別添

添付書類二

東海第二発電所
劣化状況評価書

平成 29 年 11 月

(平成 30 年 2 月一部変更)

(平成 30 年 9 月一部変更)

日本原子力発電株式会社

本資料のうち，枠囲みの内容は，営業秘密
又は防護上の観点から公開できません。

目次

1. はじめに ····· 1
2. 東海第二発電所の概要 ····· 5
2.1 東海第二発電所の設備概要 ····· 5
2.2 発電所の運転実績 ····· 7
2.3 技術基準規則への適合に向けた取組及びそのスケジュール ····· 8
2.4 発電所の保守管理の概要 ····· 12
3. 劣化状況評価の実施体制 ····· 19
3.1 評価の実施に係る組織 ····· 19
3.2 評価の方法 ····· 19
3.3 工程管理 ····· 19
3.4 協力事業者の管理 ····· 20
3.5 文書・評価記録の管理 ····· 21
3.6 教育訓練 ····· 21
3.7 評価年月日 ····· 22
3.8 評価を実施した者の氏名 ····· 22
4. 劣化状況評価の実施方法 ····· 26
4.1 劣化状況評価対象機器 ····· 26
4.2 劣化状況評価手順 ····· 27
4.2.1 機器のグループ化及び代表機器の選定 ····· 27
4.2.2 国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映 ····· 28
4.2.3 経年劣化事象の抽出 ····· 31
4.2.4 経年劣化事象に対する技術評価 ····· 34
4.3 耐震安全性評価 ····· 35
4.3.1 耐震安全性評価対象機器 ····· 35
4.3.2 耐震安全性評価手順 ····· 35
4.4 耐津波安全性評価 ····· 36
4.4.1 耐津波安全性評価対象機器 ····· 36
4.4.2 耐津波安全性評価手順 ····· 36
4.5 冷温停止状態維持の技術評価 ····· 37
4.5.1 代表機器の選定 ····· 37
4.5.2 冷温停止を踏まえた再評価を行う経年劣化事象の抽出 ····· 37
4.5.3 評価対象機器全体への展開 ····· 37
5. 技術評価結果 ····· 43
5.1 運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の技術評価結果 ····· 43
5.1.1 容器等 ····· 43
5.1.2 低圧ケーブル ····· 44
5.1.3 同軸ケーブル ····· 44

5.1.4 ケーブル接続部 ····· 45
5.1.5 容器 ····· 45
5.1.6 震災影響評価 ····· 46
5.2 運転を断続的に行うことを前提とした耐震安全性評価結果 ····· 47
5.3 運転を断続的に行うことを前提とした耐津波安全性評価結果 ····· 47
5.4 冷温停止状態維持を前提とした機器・構造物の技術評価結果 ····· 48
5.5 冷温停止状態維持を前提とした耐震安全性評価結果 ····· 49
5.6 冷温停止状態維持を前提とした耐津波安全性評価結果 ····· 50
5.7 評価の結果に基づいた補修等の措置 ····· 50
6. 今後の高経年化対策 ····· 51
6.1 保守管理に関する方針（長期保守管理方針）の策定 ····· 51
6.2 長期保守管理方針の実施 ····· 51
6.3 技術開発課題 ····· 56
7. 劣化状況評価で追加する項目 ····· 57
8. まとめ ····· 58

1. はじめに

東海第二発電所については，1978年11月28日に営業運転を開始し，2018年11月に運転開始後40年を迎えようとしている。

原子力発電所ではこれまでプラントの安全・安定運転を確保するために，電気事業法に基づく定期検査[注1)]により，技術基準への適合を確認するとともに，保守管理における機器・構造物の保全活動として，点検や予防保全活動等に取組んでいる。加えて，最新の技術的知見の反映や国内外で経験された事故・故障の再発防止対策等についても，必要に応じ実施している。

また，一般的には，機器・材料は使用時間の経過とともに，経年劣化することが知られているが，これまでのところ30年の運転期間を超え40年目の劣化状況評価（高経年化技術評価）を実施した他原子力発電所の評価結果からも，劣化の傾向が大きく変化することを示す技術的知見は得られていない。

また，運転年数の増加に伴いトラブルの発生件数が増加しているという傾向も認められていないことから，現時点で高経年化による原子力発電所設備の信頼性が低下している状況にはないと考える。

しかしながら，原子力発電所のより長期の運転を仮定した場合，経年化に伴い進展する事象は顕在化してくることから，運転年数の長い原子力発電所に対して，高経年化の観点から技術評価を行い，そこで得られた知見を保全に反映していくことは，原子力発電所の安全・安定運転を継続していく上で重要である。

注1）：2013年7月8日以降は「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき，原子力規制委員会が施設定期検査を実施

このような認識のもと，1996年4月に通商産業省（現：経済産業省）資源エネルギー庁は「高経年化に関する基本的な考え方」をとりまとめ，原子力発電所の高経年化対策の基本方針を示した。

さらに，2003年9月及び2005年12月に「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」（以下，「実用炉規則」という）を改正するとともに，原子力安全・保安院（現：原子力規制委員会。以下同じ）は「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドライン」及び「実用発電用原子炉施設における高経年化対策標準審査要領（内規）」（以下，「高経年化対策実施ガイドライン等」という）を発出し，原子炉の運転を開始した日以降29年を経過する日までに，また，以降10年毎に，耐震安全性評価を含めた経年劣化に関する技術的な評価（以下，「高経年化技術評価」という）を行い，これに基づき保全のために実施

すべき措置に関する10年間の計画を策定することを電気事業者に求めた。

その後，2008年8月に実用炉規則が改正され，高経年化対策を通常の保全の中に位置づけ一体化することで，原子力発電所の運転当初からの経年劣化管理を義務づけるとともに，「保全のために実施すべき措置に関する10年間の計画」を，新たに「保全のために実施すべき措置に関する10年間の方針」（以下，「長期保守管理方針」という）として原子炉施設保安規定（以下，「保安規定」という）に位置づけ，認可の対象とした。

また，実用炉規則の改正に伴い，原子力安全・保安院は「高経年化対策実施ガイドライン等」を改訂し，2008年10月に発出後，2010年4月及び2011年5月に改正した。

また，2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震及びこれにより生じた津波に起因する東京電力福島第一原子力発電所で発生した事故に鑑み，2012年9月に原子力規制委員会設置法が施行され，原子力安全・保安院に代わる機関として，原子力規制委員会が環境省の外局として設立された。

さらに，2013年7月には同法により，発電用原子炉の運転することが出来る期間について，最初に使用前検査を合格した日から起算して40年と規定され，当該期間満了に際しては，原子力規制委員会の認可を受けて，20年を超えない期間を限度として一回に限り延長できることとなった。

それらを踏まえ，原子力規制委員会は2013年6月に「実用炉規則」を改正するとともに「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」（以下，「運転延長ガイド」という）にて，運転期間延長認可申請書の記載内容等を定め，2013年11月に「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」（以下，「運転延長審査基準」という）を制定し，運転の期間の延長の審査にあたって確認すべき事項を定めている。また，運転延長ガイドについては，2013年12月，2014年8月及び2017年9月に，運転延長審査基準については2016年4月にそれぞれ改正されている。

加えて，原子力規制委員会・規制庁は高経年化対策実施ガイドライン等に代わるものとして，2013年6月に「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」（以下，「高経年化対策実施ガイド」という）を制定し，2013年12月，2015年10月，2016年11月，2017年9月に改正している。

また，2013年7月に「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド」（以下，「高経年化対策審査ガイド」という）を制定し，2013年12月，2016年11月に改正している。

一方，一般社団法人日本原子力学会は2007年3月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2007」を制定し，2008年12月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」（以下，「学会標準2008版」という）として改定の上，2009年2月に発行，2010年4月原子力規制委員会によりエンドースされた。以降は，2010年9月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2010（追補1）」（以下，「学会標準2010追補版」という），2012年6月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2011（追補2）」（以下，「学会標準2011追補版」という），2012年12月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2012（追補3）」（以下，「学会標準2012追補版」という），2016年3月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」，2016年9月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2016（追補1）」を発行した。

さらに，旧独立行政法人原子力安全基盤機構（現：原子力規制委員会。以下同じ）は，上記，高経年化対策実施ガイド及び高経年化対策審査ガイド並びに学会標準2008版に対応して，2013年9月に「高経年化技術評価審査マニュアル」を作成し，公表している。

東海第二発電所では，運転開始後40年を迎え，プラントを構成する機器・構造物に対し，運転延長ガイド，高経年化対策実施ガイド，高経年化対策審査ガイド，学会標準2008版，学会標準2010追補版，学会標準2011追補版等に基づき，60年間の運転及び冷温停止を仮定し，想定される経年劣化事象に関する技術評価を「延長しようとする期間における運転に伴い生ずる原子炉その他設備の劣化の状況に関する技術的な評価」（以下，「劣化状況評価等」という）として実施した。劣化状況評価等にあたっては，運転延長ガイドに基づき実施した特別点検[注2)]の結果を踏まえて評価した。

注2）：「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」第113条第2項第1号による点検

また，運転を開始した日から40年以降の20年間に，高経年化の観点から現状保全を充実する新たな保全項目等を抽出し，「延長しようとする期間における原子炉その他の設備についての保守管理に関する方針」（以下，「保守管理に関する方針」という）を策定した。本評価書はこれらをとりまとめたものである。

このとりまとめには，運転開始後30年目の高経年化技術評価の検証として，劣化傾向の評価，保全実績の評価及び長期保守管理方針の有効性評価についても含めている。

なお，劣化状況評価等の対象とする機器・構造物及び評価手法は，40年目の高経年化技術評価におけるものと同様である。

この結果，現状の保全の継続等により，今後，プラントを健全に維持することが可能であることを確認した。

また，抽出した保守管理に関する方針については，長期保守管理方針として策定するとともに，東海第二発電所の保安規定に記載し，認可申請を行う。

今後は，認可された保安規定に基づき，保全活動に長期保守管理方針をとり入れ実施していくとともに，実用炉規則82条にて定める時期に高経年化技術評価の再評価を実施していくことにより，機器・構造物を健全に維持・管理していく。

なお，本評価書は各機器・構造物の劣化状況評価等及び保守管理に関する方針の概要を示すものであり，各機器・構造物の劣化状況評価等の詳細，耐震安全性評価及び耐津波安全性評価の結果については，別冊にまとめている。

2. 東海第二発電所の概要

2.1 東海第二発電所の設備概要

東海第二発電所は，電気出力約1,100 MWの沸騰水型原子力発電所で，原子炉格納容器の型式はマークⅡである。

原子炉内で発生した熱は，原子炉再循環系統により炉心内を通る冷却材に伝えられ蒸気を発生させる。この蒸気は原子炉圧力容器内に設けられている気水分離器及び蒸気乾燥器によって水分が取除かれ，飽和蒸気となってタービンに送られタービン発電機を回転させる。タービンを通った蒸気は復水器に入り，ここで冷却されて復水となり，復水ポンプ，低圧(第2～6)給水加熱器を通り原子炉給水ポンプにより高圧（第1）給水加熱器を経て原子炉圧力容器に戻り，ジェットポンプにより駆動されて再び炉心に送られる。

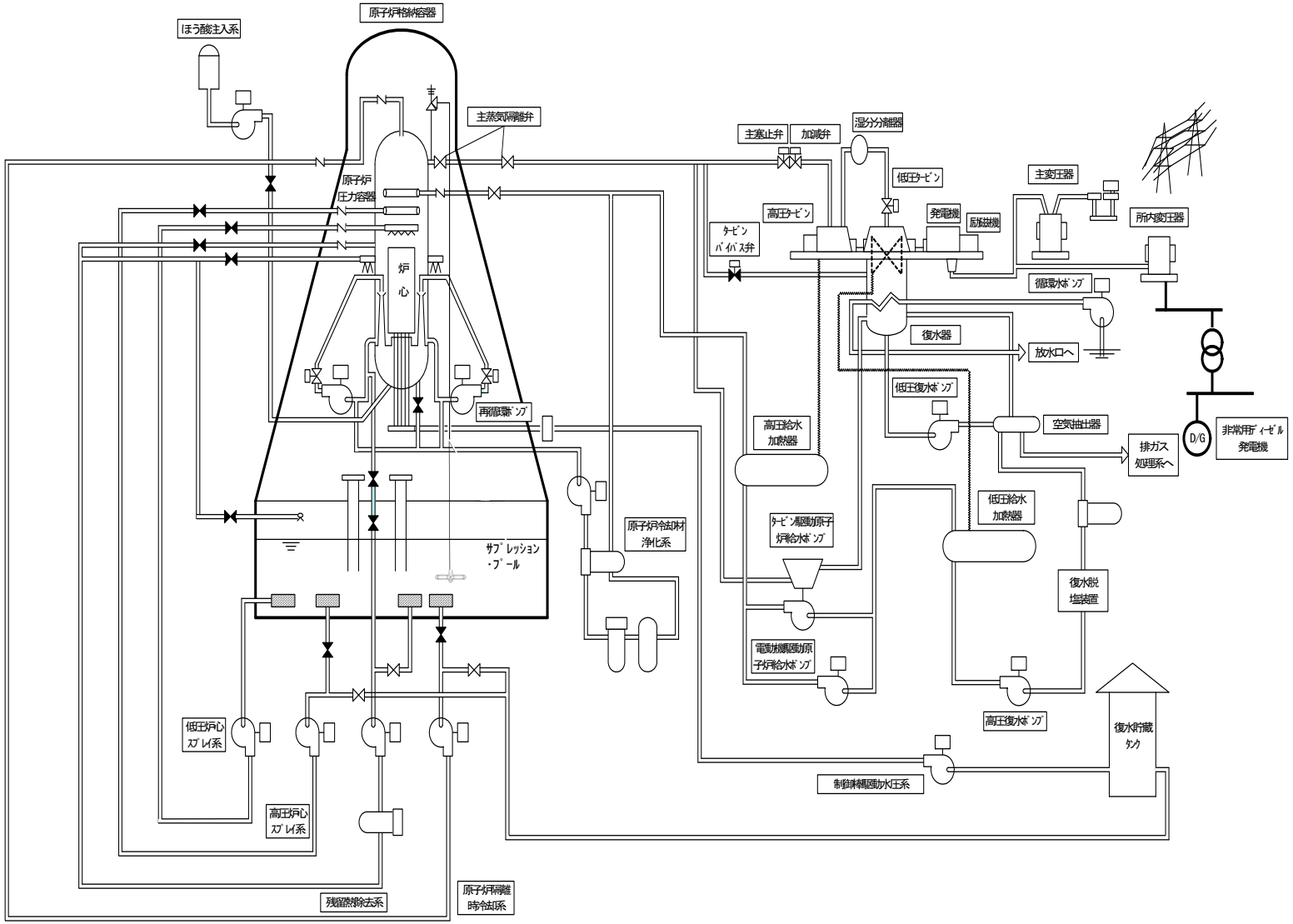
発電所の主要な仕様，系統概要を以下に示す。

(1) 発電所の主要仕様

電気出力	約1,100 MW
原子炉型式	沸騰水型軽水炉
原子炉熱出力	3,293 MW
燃料	低濃縮ウラン（燃料集合体764体）
減速材	軽水
タービン	非再熱式4車室6流排気形

(2) 発電所全体の系統概念

発電所の全体系統概念図を資料2－1に示す。



資料 2-1　東海第二発電所 全体系統概念図

2.2 発電所の運転実績

東海第二発電所は，1971 年 12 月の第 57 回電源開発調整審議会において，新規着手地点として電源開発基本計画に組み入れられることが決定し，1972 年 12 月 23 日に内閣総理大臣より原子炉設置許可を取得した。

東海第二発電所の建設工事は，敷地造成工事，建屋基礎掘削工事を経て 1973 年 6 月の建屋基礎工事によって本格化し，原子炉圧力容器据付，タービン据付，各種試験を経て燃料装荷を行い 1978 年 1 月に原子炉が臨界に達した。その後，出力上昇試験，1978 年 3 月 13 日の初並列を経て，1978 年 11 月 28 日に営業運転を開始した。2006 年 8 月，累積発電電力量 2,000 億 kWh を達成した。

また，原子力発電設備の有効利用により CO_2 排出量を削減し，地球温暖化の防止にも貢献できる定格熱出力一定運転の実施に向け，経済産業省通達「定格熱出力一定運転を実施する原子力発電設備に関する保安上の取扱いについて（平成 13・12・12 原院第 1 号)」に基づき，設備の健全性評価，運転管理方法の改善へ向けた諸対策を実施し，2003 年 12 月から定格熱出力一定運転を開始している。

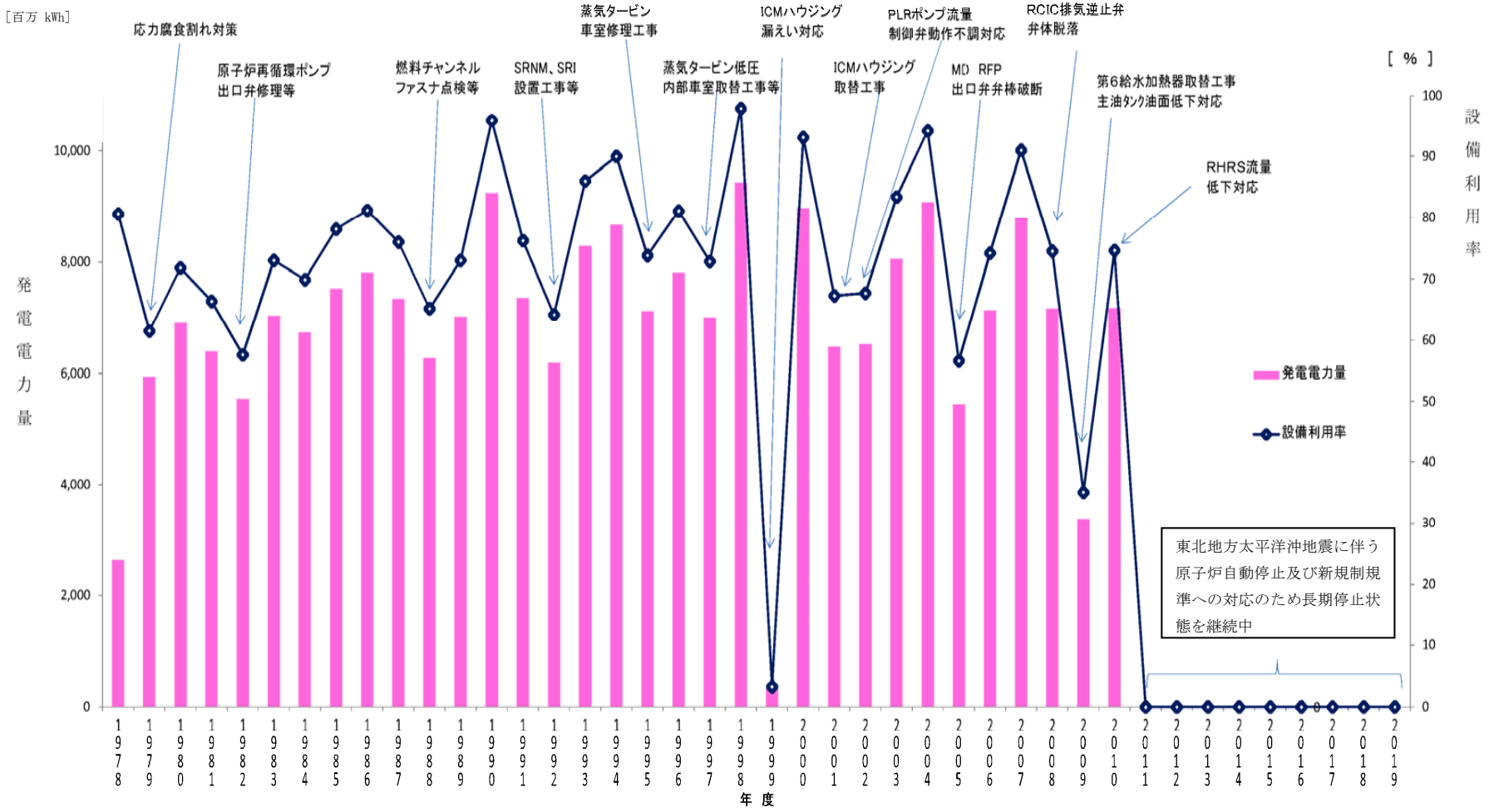
東海第二発電所における発電電力量・設備利用率の年度推移を資料 2-2，計画外停止回数の年度推移を資料 2-3，計画外停止の事故故障一覧を資料 2-4 に示す。過去約 40 年間を遡った時点までの発電電力量・設備利用率の年度推移をみると，中性子計測ハウジングのひび割れ対策（第 17 回定期検査時(1999 年度)）等により，設備利用率の低下が見られる。近年においては 2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震以降，新規制規準への対応のため発電所は長期停止状態を継続している。

なお，計画外停止（手動停止及び自動停止）回数の推移については，供用期間の長期化との間に有意な相関は認められない。

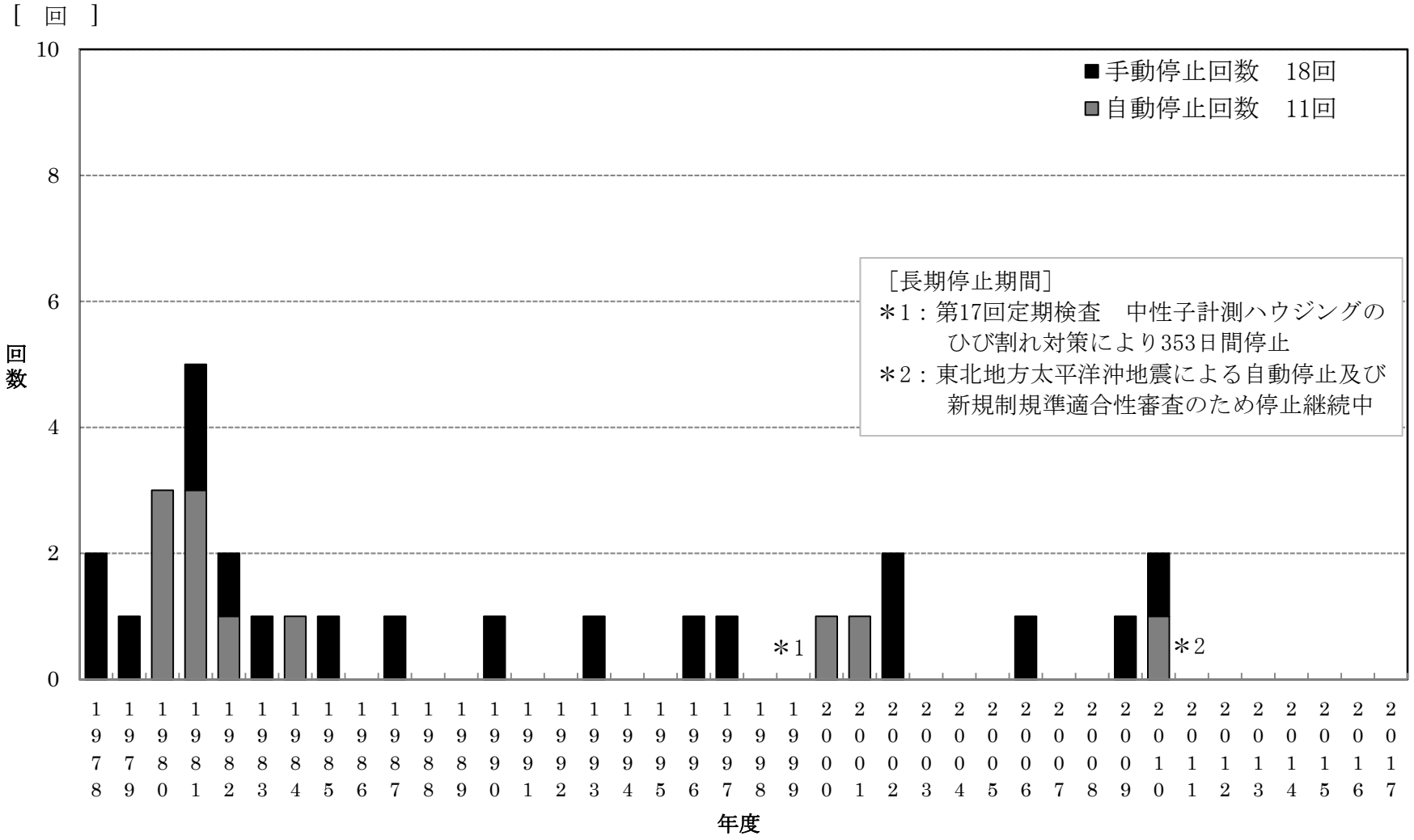
2.3 技術基準規則への適合に向けた取組及びそのスケジュール

東海第二発電所については，新規制規準へ適合させるため，平成 26 年 5 月 20 日付け総室発第 31 号をもって原子炉設置変更許可(平成 29 年 11 月 8 日付け総室発第 60 号,平成 30 年 5 月 31 日付け総室発第 18 号，平成 30 年 6 月 21 日付け総室発第 24 号，平成 30 年 6 月 27 日付け総室発第 26 号，平成 30 年 9 月 12 日付け総室発第 47 号及び平成 30 年 9 月 18 日付け総室発第 48 号にて一部補正)を申請している。また，平成 26 年 5 月 20 日付け発室発第 35 号をもって工事計画認可申請書（平成 29 年 11 月 24 日付け発室発第 175 号，平成 30 年 2 月 13 日付け発室発第 229 号及び平成 30 年 9 月 20 日付け発室発第 94 号にて一部補正）を申請している。

累積平均設備利用率 ＝ 61.4%



資料２－２　東海第二発電所　発電電力量・設備利用率の年度推移



資料 2-3　東海第二発電所　計画外停止回数の年度推移

資料 2-4　　東海第二発電所　計画外停止の事故故障一覧

No.	年度	件　　名
1	1978	原子炉冷却材再循環ポンプモータ(A)の故障に伴う原子炉手動停止
2		原子炉冷却材再循環ポンプモータ(B)の故障に伴う原子炉手動停止
3	1979	主蒸気配管に付属する計装配管弁からのリークに伴う原子炉手動停止
4	1980	蒸気タービントリップに伴う原子炉自動停止
5		給水制御系誤信号に伴う原子炉自動停止
6		蒸気タービン中間塞止弁急閉に伴う原子炉自動停止
7	1981	蒸気タービン主塞止弁リミットスイッチ動作不良による原子炉自動停止
8		給水系試験用計装用配管溶接部の損傷に伴う原子炉手動停止
9		原子炉水位低誤信号による原子炉自動停止
10		中間領域計装（IRM）の応答不調に伴う原子炉手動停止
11		蒸気タービン組合せ中間弁試験時の原子炉自動停止(調整運転中)
12	1982	原子炉冷却材再循環ポンプ(B)入口弁小口径配管の損傷に伴う原子炉手動停止
13		落雷による原子炉自動停止
14	1983	タービン抽気管ドレン系の蒸気漏洩（調整運転中）
15	1984	給水制御系不調による原子炉自動停止
16	1985	残留熱除去系手動弁ドレン配管からの漏洩による原子炉手動停止
17	1987	原子炉再循環ポンプ(B)のトリップ
18	1990	原子炉格納容器内床ドレン発生量の増加に伴う原子炉手動停止
19	1993	原子炉格納容器冷床ドレン発生量の増加に伴う原子炉手動停止
20	1996	タービン制御油漏えいに伴う原子炉手動停止
21	1997	軽油貯蔵タンク修理に伴う原子炉手動停止
22	2000	東海原子力線トリップによる原子炉自動停止
23	2001	原子炉自動停止における制御棒１本の不完全挿入について
24	2002	原子炉給水系（B 系）点検に伴う原子炉手動停止
25		原子炉冷却材再循環流量制御弁開度検出器取替のため発電停止
26	2006	タービン駆動給水ポンプ（A）軸封部シール水出口配管からの漏えいに伴う原子炉手動停止
27	2009	主油タンク油面変動等に伴う機器点検のための原子炉手動停止
28	2010	残留熱除去系海水系（B）系機器点検のための原子炉停止
29		地震による原子炉自動停止（【東日本大震災関連】非常ディーゼル発電機 2C 用海水ポンプの自動停止）

2.4 発電所の保守管理の概要

原子力発電所の保守管理においては，機器・構造物の経年劣化が徐々に進行し，最終的に故障に至ることのないよう，定期的な検査や点検等により経年劣化の兆候を早期に検知し，必要な処置を行い，事故・故障を未然に防止することを目的としている。

東海第二発電所での日常的な保守管理において時間経過に伴う特性変化に対応した劣化管理が的確に行われている経年劣化事象（以下，「日常劣化管理事象」という）の劣化管理の考え方を以下に述べる。

発電所における運転・保守は，運転監視，巡視点検，定期的な検査・試験及び点検により設備の健全性を確認し，経年劣化等の兆候が認められた場合には詳細な調査及び評価を行い，補修，取替等の保全を実施している。特に長期の使用によって発生する経年劣化事象については，点検により経年的な劣化の傾向を把握し，故障に至る前に計画的かつ合理的な保全を実施している。

また，「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づく原子力規制委員会の施設定期検査[注3)]を受検するとともに，定期事業者検査についても，その実施に係わる組織等の妥当性が定期安全管理審査において審査されている。

さらに，保安規定において，定期事業者検査等の対象機器に対する作業項目のうち，分解点検，開放点検，補修，取替及び改造等の機能回復を図るものについて，検査・試験の具体的方法を定め，所定の機能を発揮しうる状態にあることを確認・評価することを規定している。

注3)：施設定期検査申請書には保全計画が含まれる。
なお，2013年7月7日以前は，「電気事業法」に基づく経済産業大臣の定期検査を受検するとともに，定期事業者検査についても，その実施に係わる組織等の妥当性が定期安全管理審査において審査されていた。

具体的には，国が技術的な妥当性を評価し，実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則　第81条第1項（当時は第11条第1項）に掲げる保守管理に係る要求事項を満たすものとなった，「原子力発電所の保守管理規程（JEAC4209-2007)」に基づき，社内標準類を策定・整備し保守管理を実施している。

保守管理を実施するにあたり，まず初めに，社長は原子力施設の安全確保を最優先として保守管理の継続的な改善を図るため，保守管理の現状などを踏まえ，保守管理の実施方針を定めている。策定された保守管理の実施方針は，保守管理の有効性評価の結果を踏まえ見直されるとともに，高経年化技術評価等の結果として長期保守管理方針を策定又は変更した場合には，長期保守管理方針に従い保全を実施することを保守管理の実施方針に反映している。

また，発電管理室長及び東海第二発電所長は，保守管理の実施方針に基づき，保守管理の改善を図るための具体的な保守管理目標を設定し，保守管理の有効性評価の結果を踏まえ，保守管理目標の見直しを実施している。

この保守管理目標を達成するため，原子力発電所では，資料２－５に示すような考え方に基づき，保全活動を行っている。

東海第二発電所では，原子炉施設の中から，保全を行うべき対象範囲として設備を選定し，この保全対象範囲について系統毎の範囲と機能を明確にした上で，構築物，系統及び機器の保全重要度を設定している。系統の保全重要度は，重要度分類指針の重要度に基づき，確率論的リスク評価（以下，「PSA」という）から得られるリスク情報を考慮する。また，機器の保全重要度は，当該機器が属する系統の保全重要度に整合させる。構築物の保全重要度については系統又は機器の保全重要度に基づき設定する。

また，保全の有効性を監視，評価するために，保全重要度を踏まえプラントレベル及び系統レベルの保全活動監視指標を設定している。

保全計画の策定にあたっては，関係法令，関係規格及び基準を遵守するとともに，保全の対象範囲について，保全重要度を勘案し，保全の有効性評価の結果を踏まえた上で，必要に応じて以下の事項を考慮し，策定している。

a. 運転実績，事故及び故障事例などの運転経験
b. 使用環境及び設置環境
c. 劣化，故障モード
d. 機器の構造等の設計的知見
e. 科学的知見

また，あらかじめ保全方式として予防保全（時間基準保全，状態基準保全）又は事後保全を適切に選定し，①点検の方法，それらの②実施頻度及び③実施時期を定めた点検計画を作成している。なお，この保全方式は，保全重要度を踏まえた上でこれまでの保全実績，劣化，故障モード及び適用可能な設備診断技術（状態監視）を考慮し，効果的な保全方式を選定している。

①点検の方法については，個別の機器毎に保全内容を検討しているが，具体的には劣化メカニズム整理表[注4)]及びこれまでの保守管理から得られた機器の部位別に想定される劣化事象に着目した保全項目(検知方法)の検討を行い，検討結果に基づく保全内容を担保するために必要な作業，検査項目等を選定している。

注4)：劣化メカニズム整理表は，原則として東海第二発電所の高経年化技術評価において評価した経年劣化事象（部位，因子等）を検知するための保全項目，設計で考慮している事項（機器の構造等の設計的知見）等を整理し一覧表にしたもの。

②実施頻度についても，メーカ推奨周期，過去の点検実績等を参考にしながら機器に応じて適切に設定している。

また，③実施時期については，保全計画で定める機器の点検の方法及び実施頻度に基づき，点検の実施時期を保全計画の点検計画表として定めている。

補修，取替及び改造を実施する場合は，あらかじめその方法及び実施時期を定めた計画を策定している。具体的には，信頼性向上，経年劣化の観点から長期的に取り組む必要がある工事について，実施内容と実施時期を明確にする中長期設備修繕計画を策定し，中長期設備修繕計画を基に，保全計画，中長期運転保守計画並びに工事の重要性・緊急度・経済性を勘案のうえ，年度保修計画を策定している。

以上のとおり，あらかじめ定められた保全計画に従い，「工事計画」，「設計管理」，「調達管理」，「工事管理」の各プロセスにより点検・補修等の保全を実施し，記録している。

当社は，運転監視，巡視点検，定期的な検査及び点検により設備の健全性を確認し，経年劣化等の兆候が認められた場合には詳細な調査及び評価を行い，補修，取替等の保全を実施している。長期の使用によって発生する経年劣化事象については，点検により劣化の傾向を把握し，故障に至る前に計画的な保全を実施することにより機能回復を図り，長期的な健全性並びに信頼性を確保している。

さらに，劣化傾向監視による管理として状態基準保全，点検及び取替結果の評価のための点検手入れ前データ（As-Found データ）を活用し保全の充実を図っている状況にある。

一方，東海第二発電所で発生した事故・故障については，速やかに原因究明及び再発防止対策を実施するとともに，当社の他発電所及び国内外の原子力発電所で発生した事故・故障の対策についても水平展開の検討を行い，必要に応じて予防処置として設備の改善及び運転・保守管理等の改善を行うことにより，発電所のより一層の安全・安定運転に努めている。

(1) 運転監視，巡視点検

運転状態を各種指示計，記録計，計算機出力等により運転員が常時監視するとともに，原子力発電所の多種多様な設備について運転員が計画的に巡視点検を行い，機器等の健全性確認，経年劣化等の兆候の早期発見に努めている。

(2) 定期的な検査

プラント運転中を主体に待機設備の作動確認等の定期的な検査を行い，設備の健全性確認及び経年劣化等の兆候の早期発見に努め，事故・故障の未然防止を図っている。また，定期的な検査のうち，工学的安全施設等の安全上重要な設備の定期的な検査の内容を保安規定に定め，これに基づく運用を行っている。

(3) 点検

「核原料物質，核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」に基づき原子力規制委員会が行う施設定期検査に合わせ，定期的にプラントを停止し，保全担当部門によるプラント全般にわたる設備の点検を社内マニュアルに基づき実施し，設備の機能維持及び経年劣化等の兆候の早期発見に努め，事故・故障の未然防止を図るとともに，環境の維持，災害の未然防止を図っている。また，プラントを停止せずに点検を実施できる設備については，同様の点検をプラント運転中に実施している。点検の結果は記録としてまとめ，設備の経年的な劣化の傾向を管理し，以後の点検計画に反映している。

(4) 点検体制及び業務

検査及び点検については，当社の保全担当部門が担当する設備の点検計画，作業管理（技術センターは，一部の直営作業の管理を実施）を行い，分解点検等の実作業は，協力会社又は当社技術センター（以下，「協力会社等」という）が実施している。

点検等にあたっては，点検，試験，検査の担当部門が協力会社等の行う作業監理及び品質を含めた調達管理を行っている。

(5) 予防保全

プラントの運転監視，巡視点検，定期的な検査及び点検により，設備の機能低下や経年劣化等の兆候が認められた場合には，保全担当部門が故障に至る前の適切な時期に補修，取替を行うなど，事故・故障の未然防止に努めている。

(6) トラブルの処理及び再発防止

発生したトラブルについては，不適合管理及び是正処置として速やかに原因究明及び対策の検討，評価を行い，的確な復旧により設備の機能回復を図るとともに，必要に応じて再発防止対策を実施している。また，国内外他社の同種設備で発生したトラブルについてもその再発防止対策を水平展開し予防処置を行うことにより，事故・故障の未然防止に努めている。

(7) 改善活動

より一層の安全性，信頼性を確保するため，現行の保全管理のスパイラルアップが重要であるとの観点から，改善活動として保全データの推移及び経年劣化の長期的な傾向監視の実績，トラブル等の運転経験，高経年化技術評価や定期安全レビュー結果，他プラントのトラブル及び経年劣化傾向に係るデータ等に基づいて，保全の有効性評価を実施するとともに，その結果と保守管理目標の達成度から定期的に保守管理の有効性評価を実施し，保守管理が有効に機能していることを確認するとともに，継続的な改善に取り組んでいる。

以上のような日常的な保守管理の有効性評価の手法として，プラントレベル及び系統レベルの保全活動管理指標を設定し，監視しており，至近（第25保全サイクル（期中））における実績は下記の通りである。

a. プラントレベルの保全活動管理指標

プラント全体の保全の有効性が確保されていることを監視する観点から，プラントレベルの保全活動管理指標としている「7,000臨界時間あたりの計画外自動スクラム回数」，「7,000臨界時間あたりの計画外出力変動回数」，「工学的安全施設の計画外作動回数」の3項目のうち，「7,000臨界時間あたりの計画外出力変動回数」は，実績値が目標値を満足している。

なお，他の2項目は，2011年度に発生した東北地方太平洋沖地震による波及的影響を受け，目標値を逸脱しているものの，本事象は保全活動の結果によるものではないことは自明であり，カウントを除外することで,目標値はクリアー出来ることから，保全は有効に機能していると評価した。

b. 系統レベルの保全活動管理指標

原子炉施設の安全性と保全活動とを関連付け監視する観点から，系統レベルの保全活動管理指標として，保全重要度の高い系統[注5)]のうち，重要度分類指針クラス1，クラス2及びリスク重要度の高い系統機能に対して設定した「予防可能故障（MPFF[注6)]）回数」及び「非待機（UA）時間[注7)]」について，すべての実測値が目標値を満足していることから，保全は有効に機能していると評価した。

注5)：原子炉施設の安全性を確保するための重要度分類指針の重要度に基づき，PSAから得られるリスク情報を考慮して設定する。

注6)：MPFF（Maintenance Preventable Functional Failure)。系統もしくは，トレインに要求される機能の喪失を引き起こすような機器の故障のうち，適切な保全が行われていれば予防できていた可能性のある故障。

注7)：UA時間（Unavailable hours)。当該系統もしくはトレインに要求される機能が必要とされる期間内において理由によらずその機能を喪失した状態になっている時間。

これらの保全活動については，原子力発電所における機器の劣化兆候の把握及び点検の最適化につながるとともに，常にPDCAを廻して改善が図られ，高経年化プラントに対する的確な劣化管理に資するものであり，今後も日常点検を継続することで健全性を維持することが可能であると考える。

なお，改善活動の一環として，東海第二発電所において，発電所の安全性・信頼性の向上を図るために，30 年目の高経年化技術評価以降に実施した改善工事としては，次のものがある。

「腐食」

・第 6 給水加熱器取替工事

給水加熱器は，胴側内部流体（抽気蒸気）による流れ加速型腐食のため，炭素鋼製胴体の減肉が確認されたことから，炭素鋼から耐食性に優れた低合金鋼製の胴体に取替を実施した。

「応力腐食割れ」

・排ガス予熱器取替工事

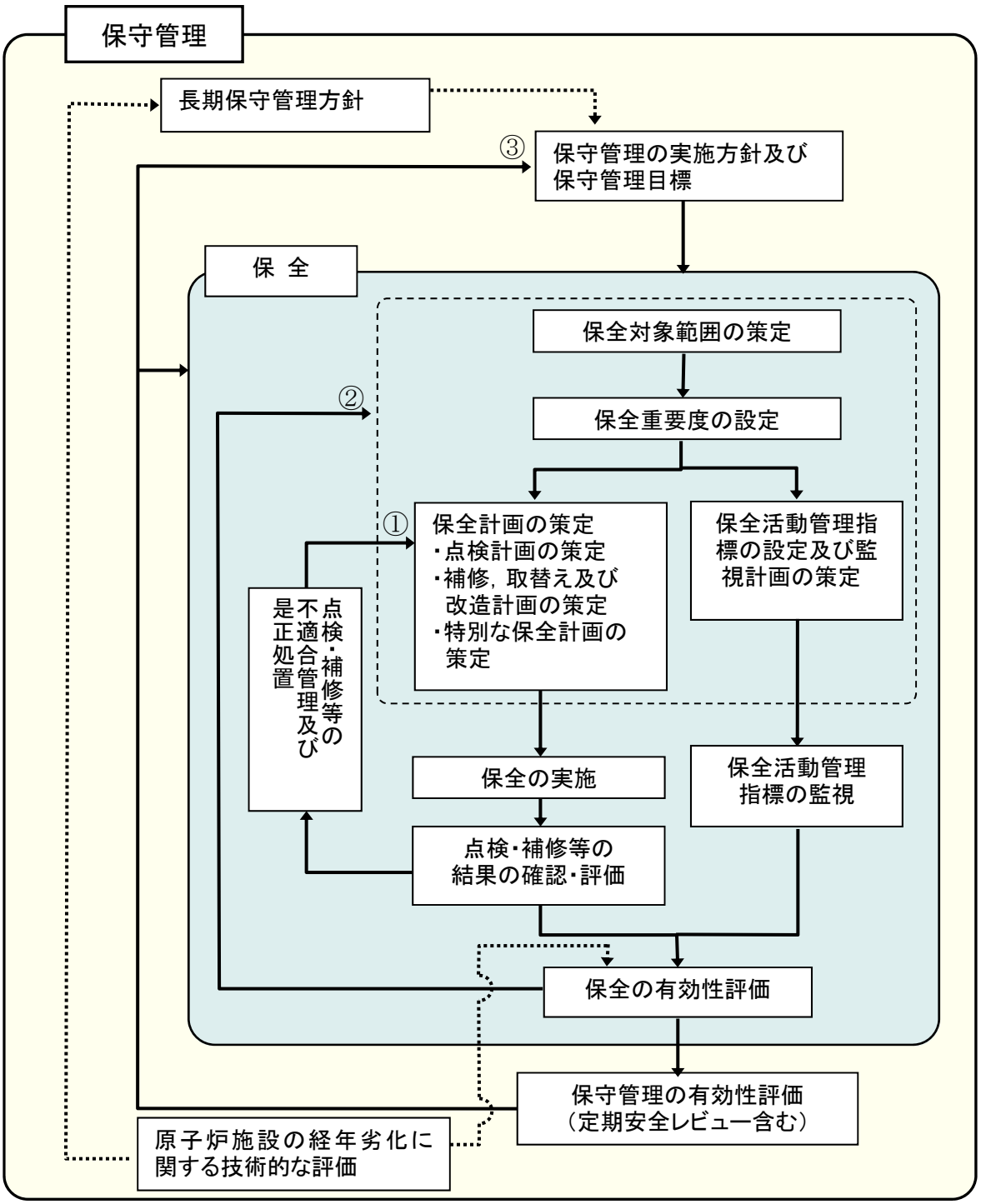
応力腐食割れの予防保全対策として，排ガス予熱器の主要材料を SUS304 ステンレス鋼から，より鋭敏化特性に優れた SUS316 ステンレス鋼に変更した。

なお，開放点検を容易に実施できるよう，管側フランジ構造を漏止め溶接を伴う 3 枚締め構造から平板構造への変更を併せて実施している。

・シュラウドサポート予防保全対策工事，制御棒駆動機構スタブチューブ等予防保全対策工事

応力腐食割れが確認されたシュラウドサポート及び炉心シュラウドの溶接部については，健全性を確認しているが，新たな亀裂の発生を抑制するため，ウォータージェットピーニング工法により残留応力低減を図っている。

また，制御棒駆動機構スタブチューブ，ICM ハウジングと原子炉圧力容器下鏡との溶接部等においても，同工法を適用し，予防保全対策を実施している。



PDCA の 3 本柱

①点検・補修等の不適合管理及び是正処置の結果から継続的改善

②保全の有効性評価の結果から継続的改善

③保守管理の有効性評価の結果から継続的改善

資料 2-5　原子力発電所の保守管理の概要

3. 劣化状況評価の実施体制

3.1 評価の実施に係る組織

評価の実施に係る組織（劣化状況評価等にあたる体制）を資料 3-1 に示す。

保守総括グループは，評価に関する実施計画及び実施手順の策定，運転経験及び最新知見の調査・分析等を行い，作成された評価書の確認及びとりまとめ等の全体調整を行った。

機械設備（コンクリート構造物，鉄骨構造物含む）の保全を担当する機械グループ及び電気・計測制御設備の保全を担当する電気・制御グループが，劣化状況評価書を検討・作成し，保守総括グループが総括した。

また，劣化状況評価等を実施する保修室員以外の者が評価結果の妥当性の確認を行った。

本店は，発電所から送付された劣化状況評価書等の確認を行い，必要な社内手続きを経て原子力規制委員会へ報告した。また，作成に伴い発生する対外的な調整や最新情報を発電所に提供する等の支援，助言を行った。

3.2 評価の方法

劣化状況評価は，運転延長ガイド，高経年化対策実施ガイド及び学会標準 2008 版等に準拠して策定した社内規程「高経年化対策実施手引書」に基づいて実施した。

評価方法の詳細については，4. 劣化状況評価の実施方法にまとめている。

3.3 工程管理

運転延長ガイド，高経年化対策実施ガイド等に基づき，運転開始後 39 年を経過する 2017 年 11 月までに運転期間延長認可の申請を行うべく工程管理を実施した。

具体的には，発電所長が定めた計画工程に対し，組織として横断的な対応を図ることにより完遂した。

また，評価結果の妥当性確認は，高経年化対策レビュー&アドバイザリー委員会（以下，「R&A 委員会」という）及び敦賀発電所により 2017 年 1 月～10 月に実施された。

原子力施設保安運営委員会において本評価書の審議を経た後，2017 年 11 月 2 日に東海第二発電所長に承認された。

さらに，2018 年 9 月の工事計画認可申請(補正)を踏まえた評価等を本評価書に反映し，原子力施設保安運営委員会において本評価書の審議を経た後，2018 年 9 月 7 日に東海第二発電所長に承認された。考査・品質監査室長は，実施手順及び実施体制の制定から評価書の承認までの手順について進捗にあわせ適時確認した。

劣化状況評価書等の策定の実施工程を資料 3 - 2 に示す。

3.4 協力事業者の管理

契約・委託に係る社内マニュアルに基づき，以下のとおりプラントメーカ等に発注し，業務委託を実施した。

協力事業者	主な委託業務
日立 GE ニュークリア・エナジー	・中性子照射脆化 ・疲労解析 ・耐震解析他
GE 日立・ニュクリアエナジー・インターナショナル・エルエルシ	・疲労解析
岡野バルブ製造	・疲労解析
日立造船	・耐震評価
日揮	・耐震評価
日本ガイシ	・耐震評価
オルガノ	・耐震評価
三菱重工業	・耐震評価
清水建設	・ＰＬＭ評価
原子力エンジニアリング	・国内外運転経験の収集，整理 ・最新知見の収集，整理等

3.5 文書・評価記録の管理

劣化状況評価等の主たる文書・記録については，高経年化対策実施手引書に以下のとおり，承認又は確認者，保存者，保存期間を定めている。

文書名称	区分		承認又は確認者	保存者	保存期間
	文書	記録			
劣化状況評価書（高経年化技術評価書）	－	○	発電所長	プラント管理グループマネージャー	*1
保守管理に関する方針（長期保守管理方針）	－	○	発電所長	プラント管理グループマネージャー	*2
実施体制	○	－	発電所長	プラント管理グループマネージャー	*1
実施工程	○	－	発電所長	プラント管理グループマネージャー	*1
敦賀発電所長による評価方法・評価結果の妥当性確認結果	－	○	発電所長	プラント管理グループマネージャー	*1
特別点検結果報告書	－	○	機械グループマネージャー	プラント管理グループマネージャー	永久

*1：原子炉施設の解体又は廃棄後 10 年の期間が経過するまでの期間

*2：次回高経年化技術評価公表まで

3.6 教育訓練

劣化状況評価を実施する力量については，高経年化対策実施手引書でその要求する力量を定めている。

具体的な評価に携わる担当者の力量水準については，保修室員教育取扱書に定める監理員認定者とし，その教育・訓練は，同取扱書に基づき実施している。

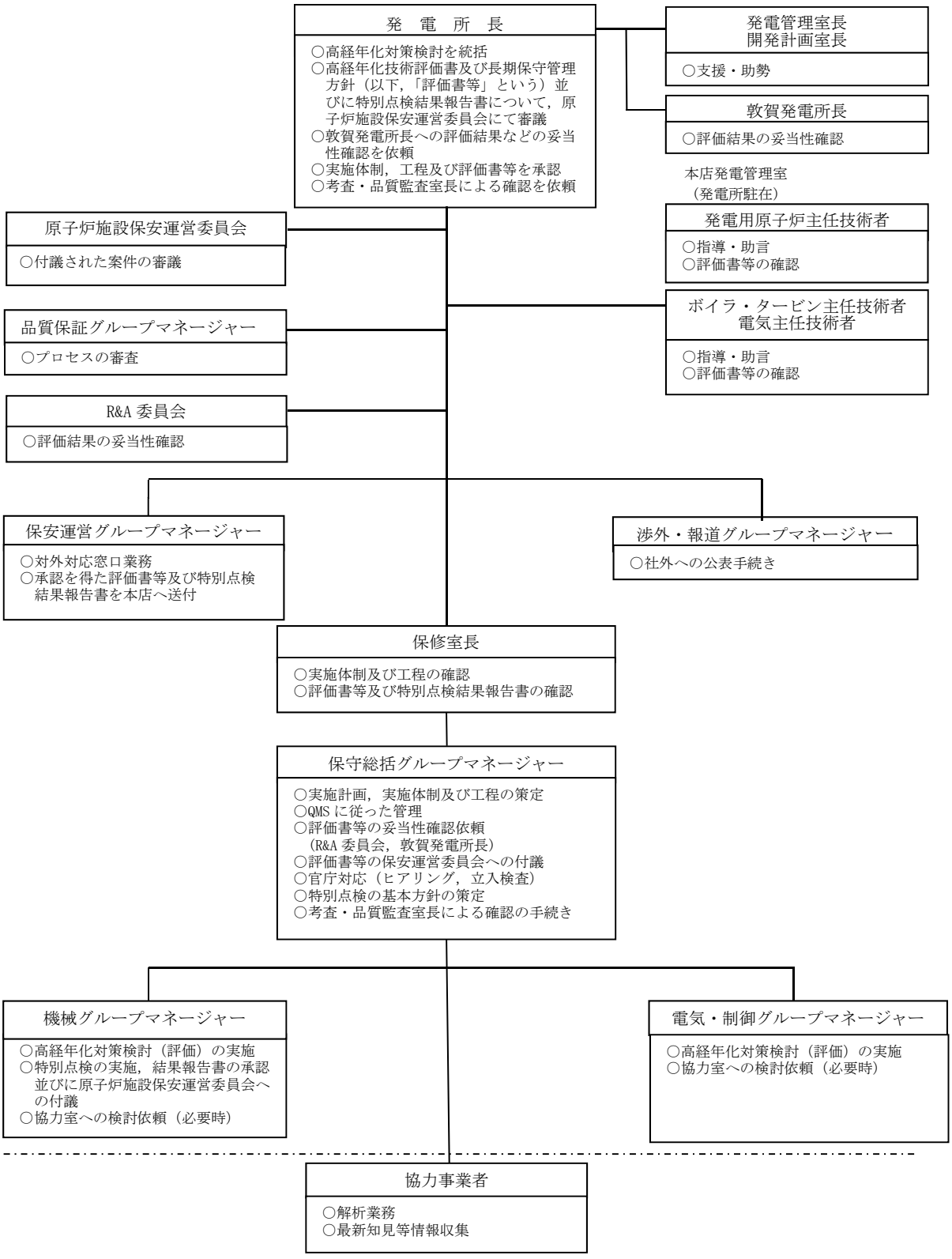
3.7 評価年月日

2018年9月7日

3.8 評価を実施した者の氏名

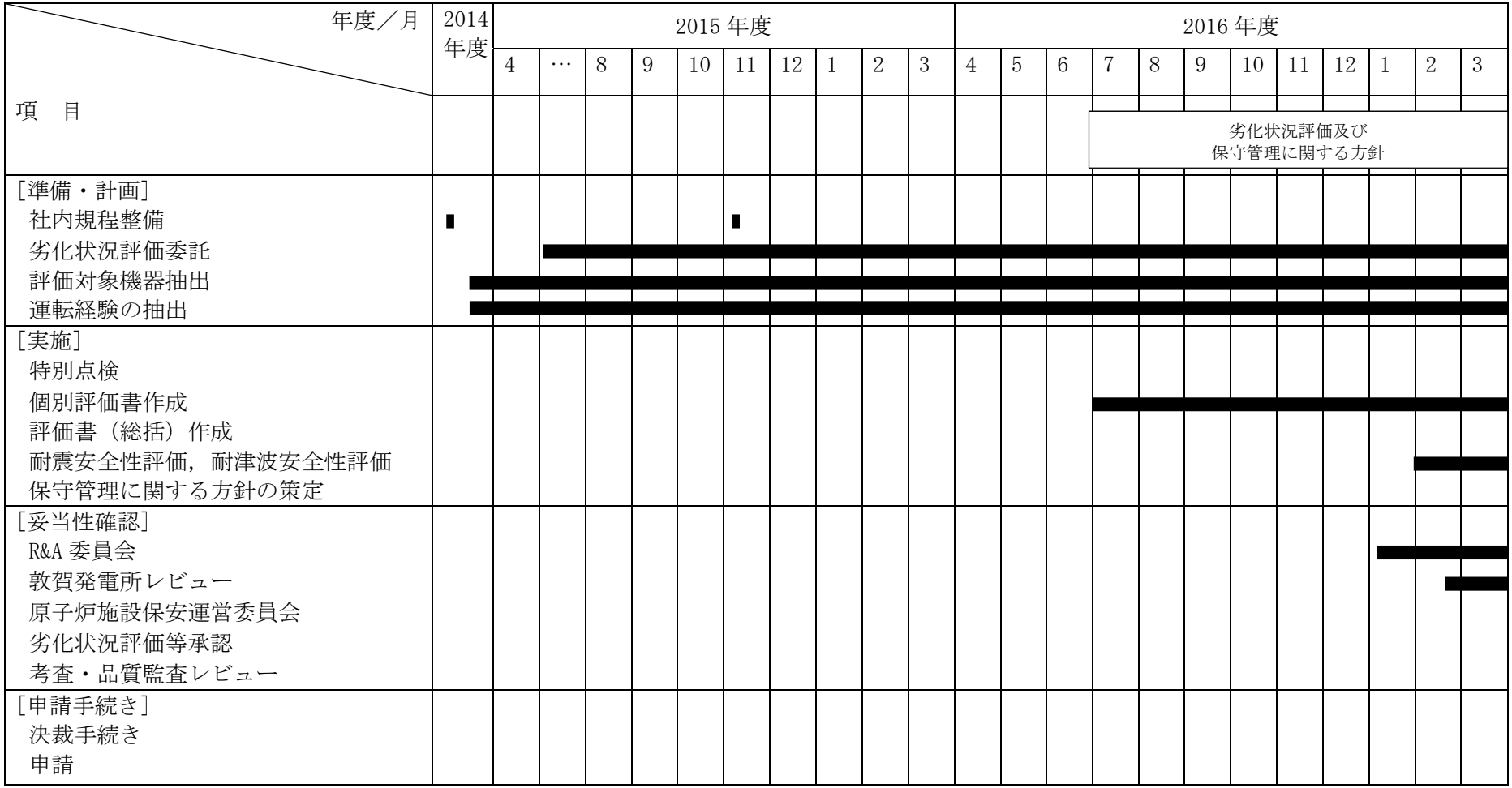
日本原子力発電株式会社

東海第二発電所長　江口　藤敏

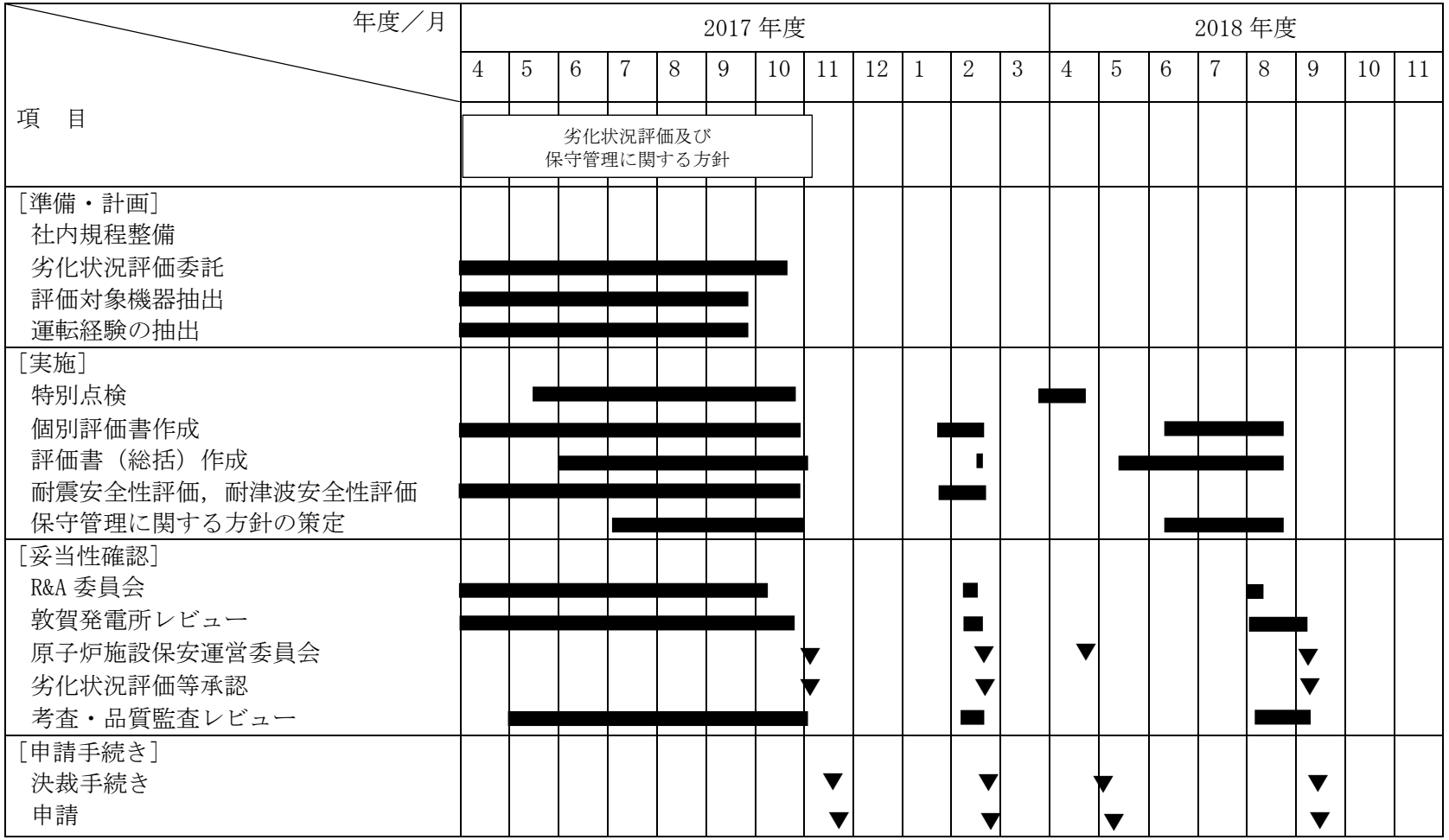


東海第二発電所　劣化状況評価の実施体制

資料 3-1　評価の実施に係る組織



資料 3-2　劣化状況評価等の策定の実施工程（1/2）



資料 3-2　劣化状況評価等の策定の実施工程（2/2）

4. 劣化状況評価の実施方法

4.1 劣化状況評価対象機器

劣化状況評価では東海第二発電所の安全上重要な機器等（「実用炉規則第 82 条第 1 項」で定める機器・構造物）を評価対象機器とした。

具体的には，「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定)」において定義されるクラス 1，2 及び 3 の機能を有する機器・構造物（実用炉規則別表第二において規定される浸水防護施設に属する機器・構造物を含む）並びに「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則（2013 年原子力規制委員会規則第 5 号）第 43 条第 2 項に規定される常設重大事故等対処設備」（以下，「常設重大事故等対処設備」という）に属する機器・構造物とし，保全プログラムシステム及び配管計装線図（P&ID）等を基に抽出した。

さらに，工事計画で新たに追加された機器･構造物についても，評価対象として追加した。

なお，供用に伴う消耗があらかじめ想定される部品であって設計時に取替を前提とするもの，又は機器分解点検等に伴い必然的に交換されるものは消耗品として評価対象から除外している。また，設計時に耐用期間（時間）内に計画的に取替えることを前提とする機器あるいは部品であり，交換基準が点検計画により定められているものについても定期取替品として評価対象から除外している。

4.2 劣化状況評価手順

4.2.1 機器のグループ化及び代表機器の選定

評価にあたっては，ポンプ，熱交換器，ポンプモータ，容器，配管，弁，炉内構造物，ケーブル，送受電設備・発電設備，タービン設備，コンクリート構造物及び鉄骨構造物，計測制御設備，空調設備，機械設備，電源設備の 15 機種に分類し，機種毎に評価した。なお，15 機種のうち送受電設備・発電設備については主要設備の評価対象機器として抽出されなかった。

選定された評価対象機器について合理的に評価するため，構造（型式等），使用環境（内部流体等），材料等により，学会標準 2008 注 8)版附属書 A（規定）に基づき，「経年劣化メカニズムまとめ表注 9)」を参考に，対象機器を分類しグループ化を行った。

次に，グループ化した対象機器から重要度，使用条件，運転状態等を考慮して各グループの代表機器（以下，「代表機器」という）を選定し，代表機器で評価した結果をグループ内の全機器に水平展開するという手法で全ての機器について評価を実施した。ただし，代表機器の評価結果をそのまま水平展開できない経年劣化事象については個別に評価を実施した。

注 8）：学会標準 2010 追補版，学会標準 2011 追補版を含む。

注 9）：「経年劣化メカニズムまとめ表」は，これまでの高経年化技術評価の知見を包括的にまとめ，高経年化技術評価対象機器個別の条件（型式，使用環境，材料等）を考慮し，安全機能達成のために要求される機能の維持に必要となる主要な部位に展開した上でその部位と経年劣化事象の組合せを整理した表であることから，これまでに確認されている使用材料及び環境に応じ，発生しているか又は発生が否定できない経年劣化事象を抜け落ちなく抽出することができる。

なお，2.4 に示す「劣化メカニズム整理表」は，「経年劣化メカニズムまとめ表」を基に保全の最適化をするため保守管理に活用する情報を集約してまとめたものであり，保守管理の結果により充実していくものである。

この「劣化メカニズム整理表」に反映される保守管理の結果による情報は必要に応じて「経年劣化メカニズムまとめ表」にフィードバックされる。

4.2.2 国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映

(1) 国内外の運転経験等の反映

経年劣化事象の抽出にあたっては，これまで実施した敦賀発電所１,2 号炉を含む先行評価プラントの技術評価書を参考にするとともに，現在までの国内外の運転経験や研究，原子力規制委員会指示文書及び原子力規制委員会設置以前については旧：原子力安全・保安院指示文書等によって新たに得られた知見を反映した。

運転経験の反映は，東海第二発電所の 30 年目の高経年化技術評価以降から 2017 年 9 月 30 日までの運転経験について事象・原因を分析し，高経年化への影響を判断して反映を実施した。なお，その期間以降においても新規に発生した又は分析が可能となった運転経験については適時分析を行い，評価書への反映を実施している。

国内の運転経験としては，法律，通達対象のトラブルに加え，法令の定めでは国への報告は必要ないが，電力自主で公開している軽微な情報も含んでいる。具体的には「原子力安全推進協会」が運営する原子力施設情報公開ライブラリー（NUCIA）において公開されている「トラブル情報」「保全品質情報」「その他情報」を対象とした。

また，海外の運転経験としては，NRC（米国原子力規制委員会；Nuclear Regulatory Commision）の Bulletin（通達），Generic Letter 及び Information Notice を対象とした。

以上により，国内外の運転経験から劣化状況評価に反映すべき経年劣化事象を抽出したが，「経年劣化メカニズムまとめ表」に記載されている以外に，東海第二発電所の劣化状況評価で新たに考慮した経年劣化事象はなかった。

次に，検討対象とした最新知見のうち，主な原子力規制委員会からの指示文書を以下に示す。

① 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」の制定，一部改正について（制定：平成 25 年 6 月 19 日 原規技発第 1306194 号，一部改正：平成 26 年 7 月 9 日 原規技発第 1407092 号，平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408062 号，平成 26 年 11 月 12 日 原規技発第 1411122 号，平成 27 年 2 月 4 日 原規技発第 1502041 号，平成 27 年 10 月 7 日 原規技発第 1510073 号，平成 27 年 10 月 21 日 原規技発第 1510212 号，平成 28 年 3 月 31 日 原規技発第 1603318 号，平成 28 年 10 月 6 日 原規技発第 1610066 号，平成 29 年 4 月 5 日 原規技発第 1704051 号，平成 29 年 7 月 19 日 原規技発第 1707197 号，平成 29 年 8 月 30 日 原規技発第 1708302 号）

② 実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド（平成 25 年 6 月 19 日 原管 P 発第 1306198 号,平成 25 年 12 月 6 日 原管 P 発第 1312062，平成 27 年 10 月 7 日 原規規発第 1510071 号，平成 28 年 11 月 2 日 原規規発第 16110218 号，平成 29 年 9 月 20 日 原規規発第 1709202 号）

③ 実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド（平成 25 年 7 月 8 日 原管 P 発第 1307081 号，平成 25 年 12 月 18 日 原管 P 発第 1312181 号，平成 28 年 11 月 2 日　原規規発第 16110217 号）

④ 実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド（平成 25 年 6 月 19 日 原管 P 発第 1306197 号，平成 25 年 12 月 6 日 原管 P 発 1312063 号，平成 26 年 8 月 26 日 原規規発第 1408263 号，平成 29 年 9 月 20 日 原規規発第 1709202 号）

⑤ 実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準（平成 25 年 11 月 27 日 原管 P 発第 1311271 号，平成 28 年 4 月 13 日　原規規発第 1604131 号）

⑥ 実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈の制定について（平成 26 年 8 月 6 日 原規技発第 1408063 号）

その他，技術評価に反映した原子力規制委員会からの指示文書以外の最新知見について，以下に示す。

・ 国の定める技術基準及び日本機械学会，日本電気協会並びに日本原子力学会等の規格・基準類

① 日本機械学会 発電用原子炉設備規格 環境疲労評価手法（2009 年版）（JSME S NF-1-2009）

② 日本電気協会　電気技術規程　原子炉構造材の監視試験方法［2013 年追補版］（JEAC 4201-2007[2013 年追補版]）

③ 日本電気協会　電気技術規程　原子炉冷却材圧力バウンダリ，原子炉格納容器バウンダリの範囲を定める規程（JEAC 4206-2016）

④ 日本電気協会　電気技術指針　安全機能を有する計測制御装置の設計指針（JEAG 4611-2009）

⑤ 日本電気協会　電気技術指針　安全機能を有する電気･機械装置の重要度分類指針（JEAG 4612-2010）

⑥ 原子力発電所の安全系電気･計装品の耐環境性能の検証に関する指針（JEAG 4623-2008）

⑦ 日本原子力学会　日本原子力学会標準　原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015（AESJ-SC-P005:2015）

⑧ 日本原子力学会　日本原子力学会標準　原子力発電所の高経年化対策実施基準：2016（追補 1）（AESJ-SC-P005:2016（Amd.1））

⑨ 原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル（JNES-RE-2013-

9012）

・ 原子力安全基盤機構の高経年化技術情報データベースにおける試験研究の情報

① 原子力安全基盤機構　原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド（JNES-RE-2013-2049）

4.2.3 経年劣化事象の抽出

劣化状況評価を行うにあたっては，選定された評価対象機器の使用条件（型式，材料，環境条件等）を考慮し，学会標準 2008 版附属書 A（規定）に基づき，「経年劣化メカニズムまとめ表」を参考に，経年劣化事象と部位の組み合わせを抽出した。

なお，抽出された経年劣化事象と部位の組み合わせのうち，下記の「①」又は「②」に該当する場合は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象として除外し，「①」及び「②」に該当しない場合は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として整理した（資料 4-1）。

このうち，下記分類の「①」に該当する経年劣化事象は，「主要 6 事象[注 10)]」のいずれにも該当しないものであって，2009 年 1 月から施行されたプラント毎の特性に応じた個別の検査の充実を含む新しい検査制度の実績を踏まえ，2.4 で記載した日常的な保守管理において時間経過に伴う特性変化に対応した劣化管理を的確に行なうことによって健全性を担保しているものである。結果としてこれらが日常劣化管理事象となる。

注 10）：原子力規制委員会の「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」に示された「低サイクル疲労」，「中性子照射脆化」，「照射誘起型応力腐食割れ」，「2 相ステンレス鋼の熱時効」，「電気・計装品の絶縁低下」及び「コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下」

①想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの[注 11)]

②現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

注 11）：②に該当する経年劣化事象であるものの，保全によりその傾向が維持できていることを確認している経年劣化事象を含む。

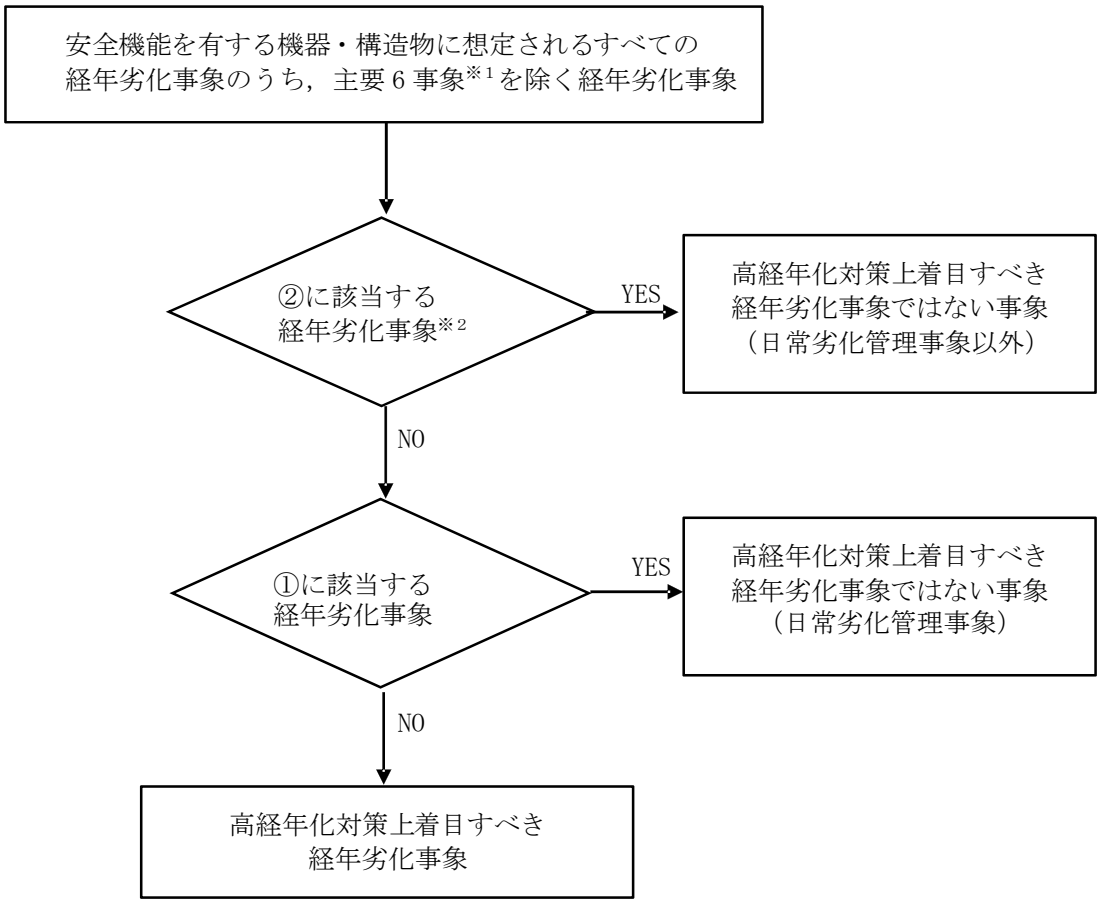
震災の影響を踏まえた経年劣化事象については，東海第二発電所は平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による影響により長期停止しているプラントであるため，震災の影響に伴い経年劣化事象が通常運転時よりも進展または新たに発生することが想定されるものについて考慮する必要があり，経年劣化傾向の変化が想定されることから，以下の観点で経年劣化事象を抽出し，震災の影響評価を実施した。

①震災による通常環境からの乖離

震災により，劣化状況評価にて前提にしている使用・環境から乖離し，経年劣化事象の発生状況に影響するもの及び従来の高経年化技術評価よりも経年劣化の進展が考えられるもの。

②使用環境の変化

上記①の他に震災によって使用環境が変化したことで経年劣化の進展が考えられるもの。



① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの。
（保全活動によりその傾向が維持できていることを確認しているものを含む）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象。

※１：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に限る。

※２：保全活動によりその傾向が維持できていることを確認している経年劣化事象は「NO」に進む。

資料 4-1　経年劣化事象の分類

4.2.4 経年劣化事象に対する技術評価

4.2.1 で選定された代表機器について，4.2.3 で抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と部位の組み合わせに対する技術評価を下記の健全性評価，現状保全，総合評価，高経年化への対応の順で実施した。

なお，特別点検を実施した機器は，特別点検結果を踏まえた評価を実施する。

a. 健全性評価

機器毎に抽出した部位と経年劣化事象の組み合わせ毎に 60 年間使用することを仮定して，傾向管理データによる評価及び解析等の定量評価，震災の影響評価，過去の保全実績，一般産業で得られている知見等により健全性の評価を実施する。また，工事計画を踏まえた健全性評価を実施する。

b. 現状保全

評価対象部位に実施している点検内容，関連する機能試験内容，補修・取替等の現状保全の内容について整理する。

c. 総合評価

上記ａ，ｂをあわせて現状の保全内容の妥当性等を評価する。具体的には，健全性評価結果と整合の取れた点検等が，現状の発電所における保全活動で実施されているか，また，点検手法は当該の経年劣化事象の検知が可能か等を評価する。

d. 高経年化への対応

60 年間の使用を考慮した場合，現状保全の継続が必要となる項目，今後新たに必要となる点検・検査項目，技術開発課題等を抽出する。

4.3 耐震安全性評価

4.2.3 で抽出した経年劣化事象及びその保全対策を考慮した上で機器毎に耐震安全性評価を実施する。

4.3.1 耐震安全性評価対象機器

技術評価対象機器と同じとした。

4.3.2 耐震安全性評価手順

a. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

4.2.3 で抽出された安全機能を有する機器・構造物に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象を対象として，これらの事象が顕在化した場合，代表機器の振動応答特性又は，構造・強度上，影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し，「有意」な事象について耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出した。

b. 耐震安全性評価

前項で抽出した経年劣化事象毎に，耐震安全性評価を実施した。評価の基本となる項目は，大別すると以下のとおりに分類される。

① 設備の耐震重要度分類
② 設備に作用する地震力の算定
③ 60 年の供用を仮定した経年劣化事象のモデル化
④ 振動特性解析（地震応答解析）
⑤ 地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
⑥ 許容限界との比較

これらの項目のうち，④及び⑥については経年劣化事象を考慮して評価を実施した。また，評価に際しては，「日本電気協会　電気技術指針　原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987)」等に準じて実施した。

c. 保全対策へ反映すべき項目の抽出

以上の検討結果を基に，耐震安全性の観点から高経年化対策に反映すべき項目について検討した。

4.4 耐津波安全性評価

4.2.3 で抽出した経年劣化事象及びその保全対策を考慮した上で耐津波安全性評価を実施する。

4.4.1 耐津波安全性評価対象機器

評価対象機器は,「技術評価」における評価対象機器のうち，津波の影響を受ける浸水防護施設を耐津波安全性評価の対象とした。

4.4.2 耐津波安全性評価手順

a. 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

耐津波安全性評価対象機器に対して4.2.3で抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象について，これらの事象が顕在化した場合，構造・強度上及び止水性上への影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し,「有意」なものを耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした。

b. 耐津波安全性評価

前項で整理される耐津波安全性評価上考慮する必要のある経年劣化事象が想定される設備に対し，耐津波安全性に関する評価を実施した。

c. 保全対策へ反映すべき項目の抽出

以上の検討結果を基に，耐津波安全性の観点から高経年化対策に反映すべき項目について検討した。

4.1～4.4 までの検討における評価フローを，資料 4-2 及び資料 4-3 に示す。

4.5 冷温停止状態維持の技術評価

冷温停止状態維持評価における技術評価フローを資料 4-4 に，冷温停止状態維持に必要な設備抽出フローを資料 4-5 に，冷温停止状態維持を前提とした経年劣化事象の抽出フローを資料 4-6 に示す。抽出された冷温停止状態維持に必要な設備，断続的運転を前提とした場合に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対して冷温停止状態の維持を前提とした場合における劣化の発生・進展に関する整理を実施し，その結果を基に冷温停止状態を前提とした評価（以下，「冷温停止を踏まえた再評価」という）を以下の手順で実施した。

4.5.1 代表機器の選定

冷温停止状態維持に必要な設備を考慮して，断続的運転を前提とした技術評価における代表機器を本検討の代表機器として選定した。

4.5.2 冷温停止を踏まえた再評価を行う経年劣化事象の抽出

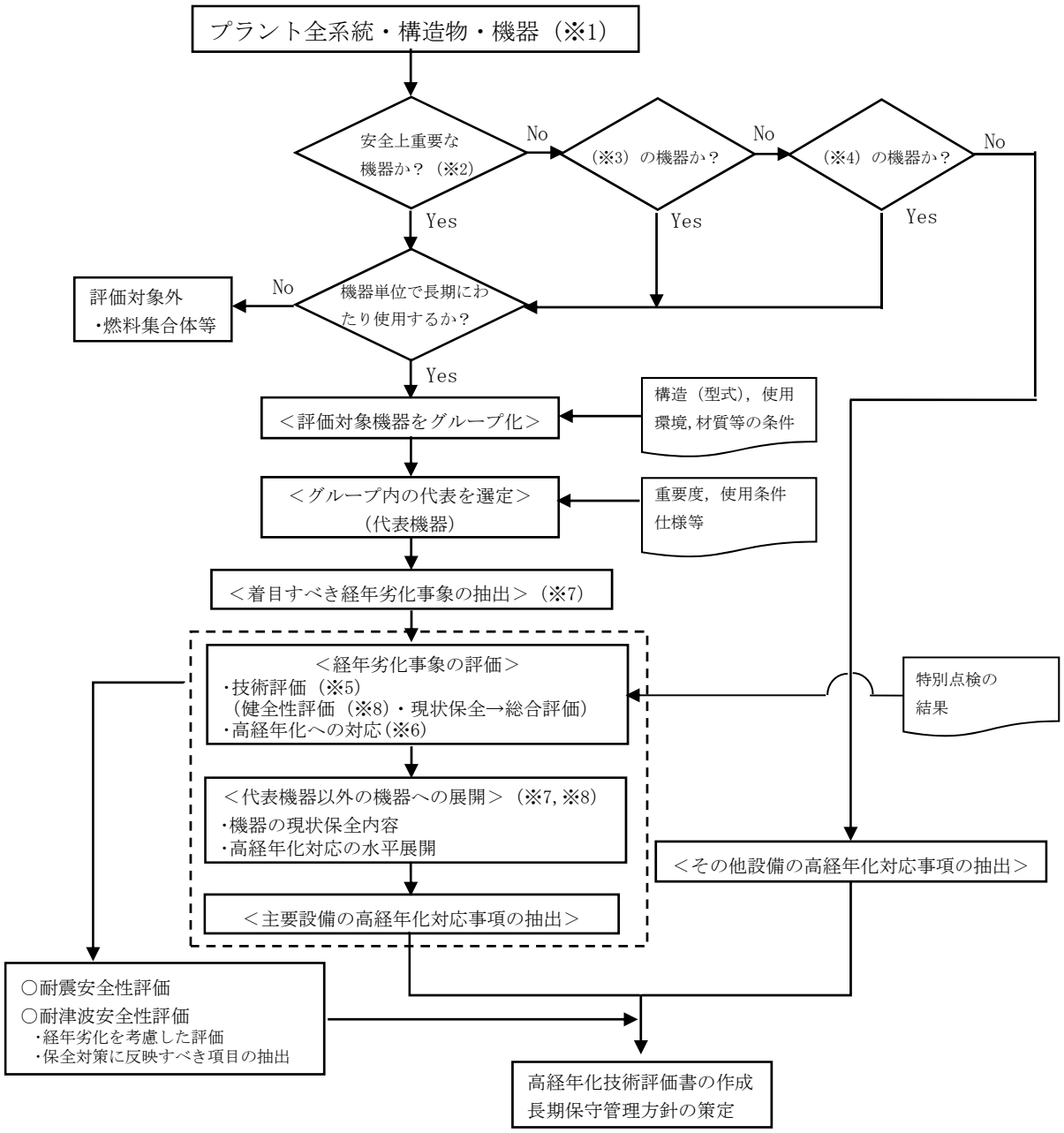
断続的運転を前提とした場合に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対して，冷温停止状態の維持を前提とした場合における劣化の発生･進展に関する整理を実施し，冷温停止状態の維持を前提とした場合において，発生･進展が断続的運転を前提とした場合より厳しくなることが想定される経年劣化事象を抽出した[注 12)]。その結果，より厳しくなることが想定される経年劣化事象が抽出された場合には，冷温停止を踏まえた再評価を実施した。

なお，保全対策に反映すべき項目の有無についてあわせて検討した。

4.5.3 評価対象機器全体への展開

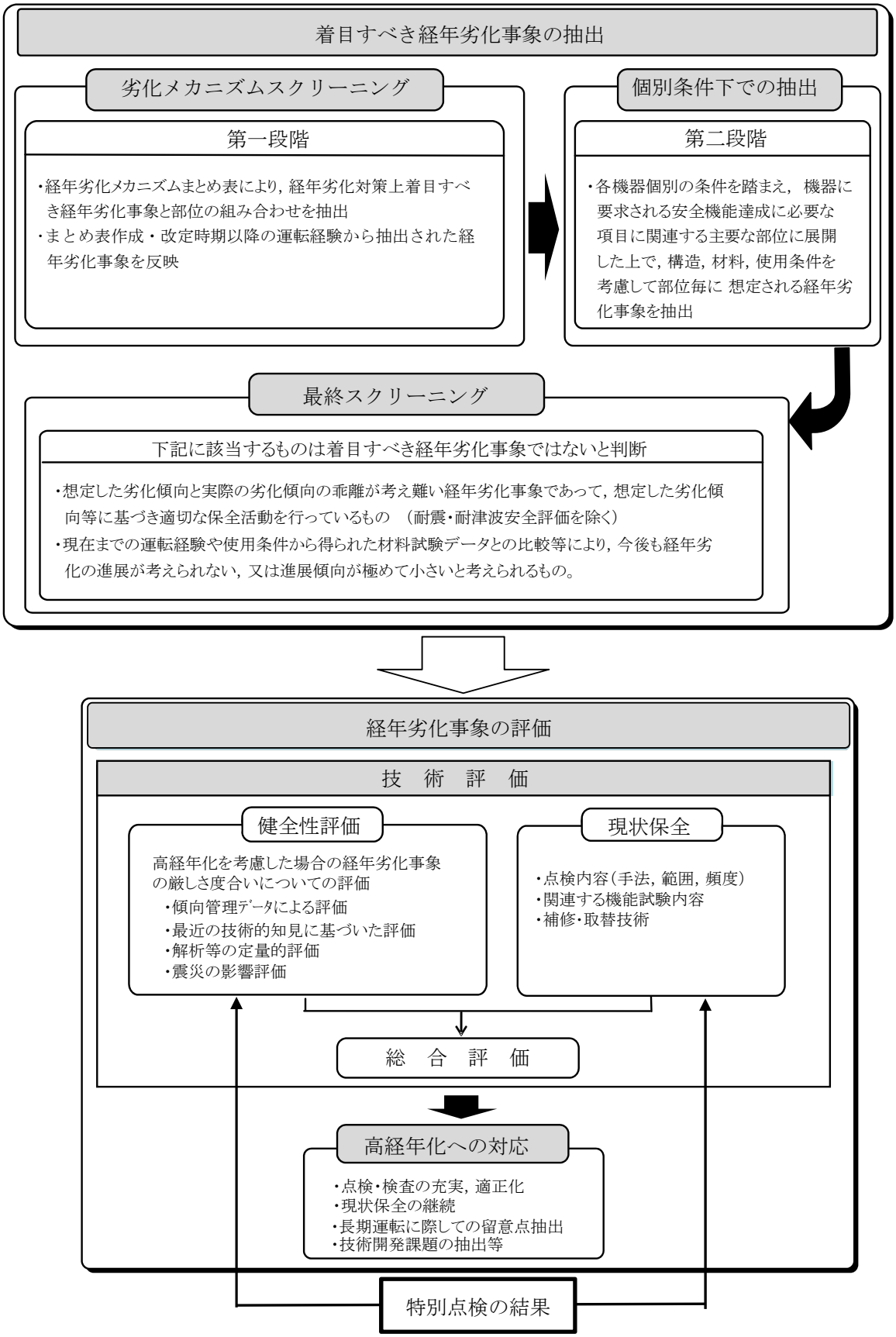
代表機器の評価結果を踏まえ，冷温停止状態の維持を前提とした場合において，発生・進展が断続的運転を前提とした場合より厳しくなることが想定される経年劣化事象を抽出した。その結果，より厳しくなることが想定される経年劣化事象が抽出された場合には，冷温停止を踏まえた再評価を実施した。なお，保全対策に反映すべき項目があるかもあわせて検討した。

注 12)：運転を断続的に行うことを前提とした評価における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象以外の事象が，冷温停止状態が維持されることを前提とした評価において着目すべき経年劣化事象となる場合はそれらもあわせて抽出した。なお，プラント通常運転時に要求のある機能に対する経年劣化事象であるが，冷温停止状態維持を前提とした場合に要求がなくなるものは対象外とした。

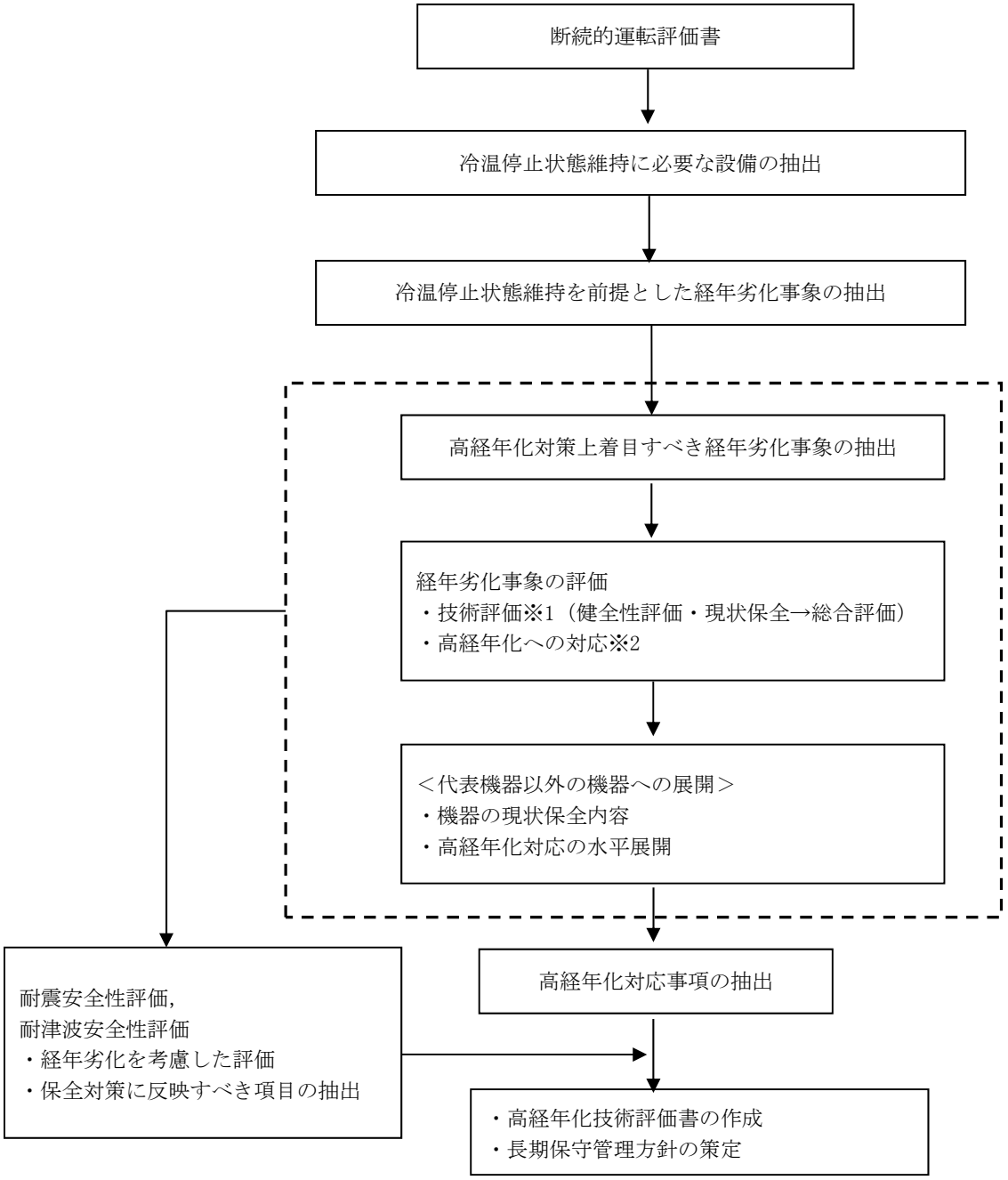


※1：重要度分類指針で定義される機器（クラス 1,2,3），実用炉則で規定される浸水防護施設及び設置許可基準規則で規定される常設重大事故等対処設備。
※2：PS-1,2　MS-1,2。
※3：浸水防護施設及び常設重大事故等対処設備
※4：最高使用温度が 95℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900kPa を超える機器で原子炉格納容器外にあるもの（冷温停止維持に必要な設備を含む）。
※5：系統レベルの機能確認を含む。
※6：高経年化対応としての保全のあり方，技術開発課題を検討する。
※7：震災の影響の有無を確認する。
※8：震災影響評価を含める。

資料 4-2　技術評価フロー

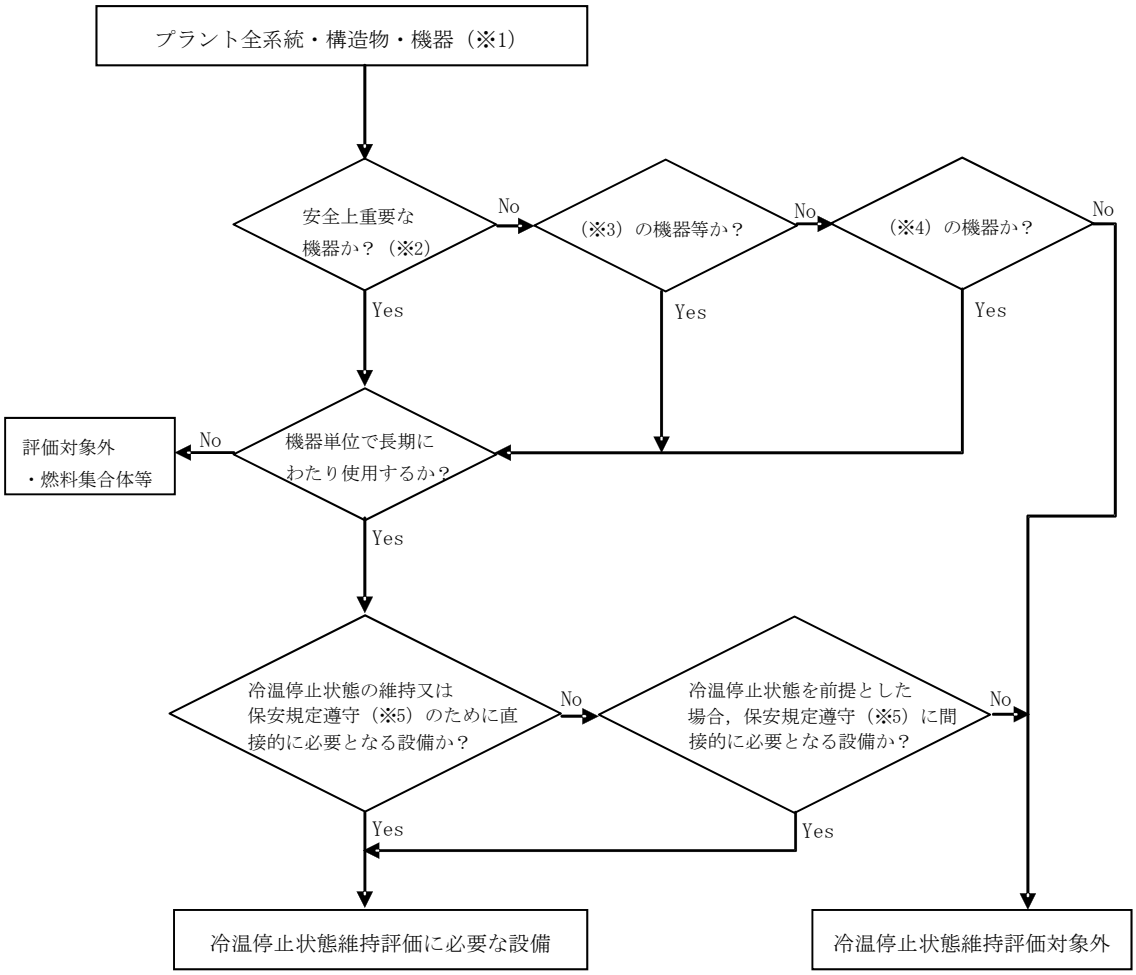


資料 4-3　経年劣化事象の抽出及び技術評価フロー



※1：系統レベルの機能確認を含む。
※2：高経年化対応としての保全のあり方，技術開発課題を検討する。

資料 4-4　高経年化対策検討の技術評価フロー（冷温停止状態維持評価）



※1：重要度分類指針で定義される機器（クラス 1，2，3），実用炉則で規定される浸水防護施設及び設置許可基準規則で規定される常設重大事故等対処設備。

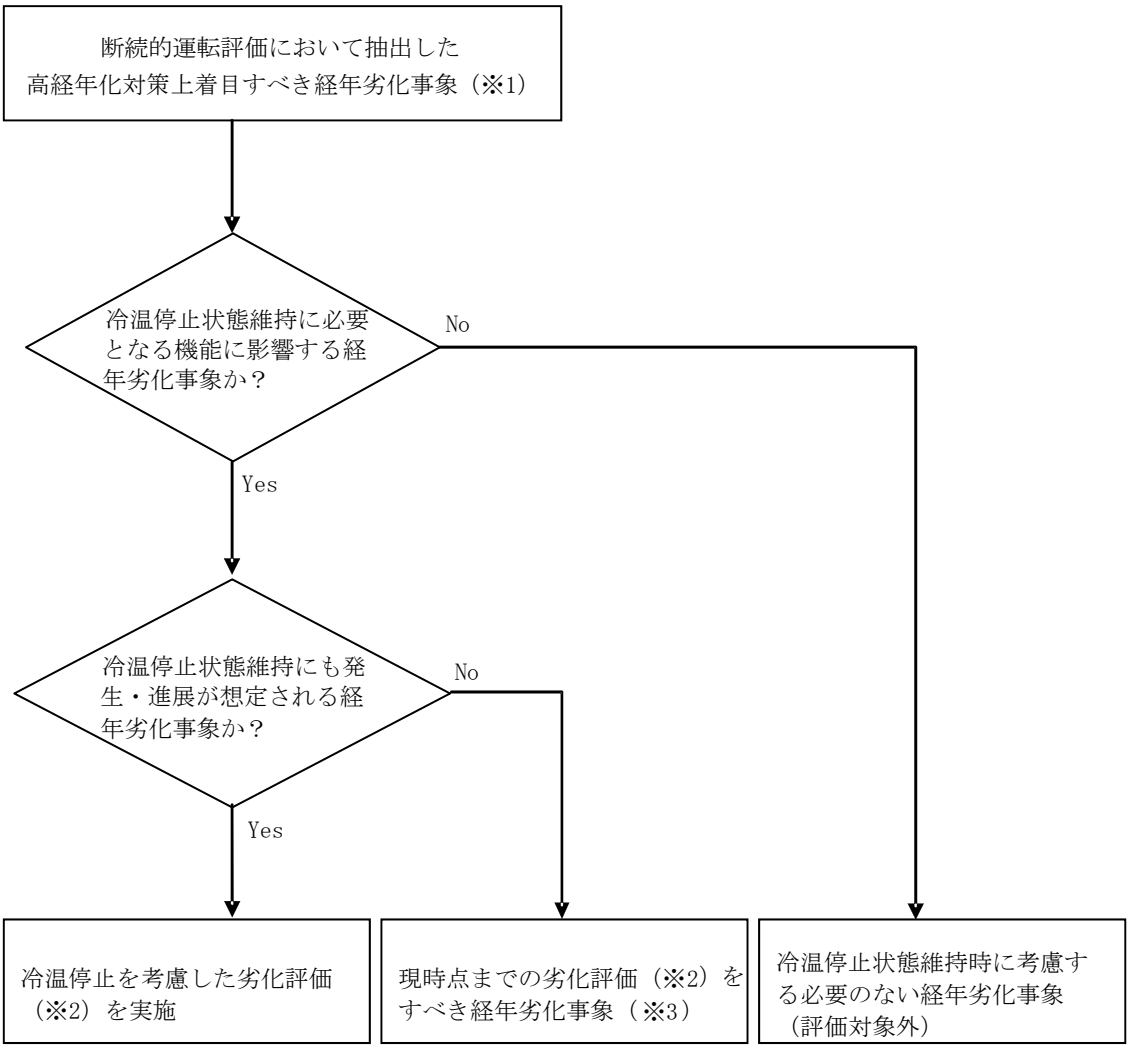
※2：PS-1,2　MS-1，2。

※3：浸水防護施設及び常設重大事故等対処設備。

※4：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が1,900 kPa を超える機器で原子炉格納容器外にあるもの。

※5：保安規定において，「原子炉モードスイッチが燃料取替又は停止及び照射済燃料の移動に対して要求される設備」並びに「運転モードによらず要求される設備」。

資料 4-5　冷温停止状態維持に必要な設備抽出フロー



※1：断続的運転評価において着目すべき経年劣化事象ではない事象が冷温停止維持時に着目すべき経年劣化事象になる場合はそれらも合わせて抽出する。

※2：プラント通常運転時に起き得る設計基準事故時の評価は要しない。

※3：技術評価対象外の事象であるが，耐震安全性評価の前提条件として必要となるため，現時点までの評価を実施する。

資料 4-6　冷温停止状態維持を前提とした経年劣化事象の抽出フロー

5. 技術評価結果

本章では，資料 4-2 及び資料 4-4 で抽出した機器・構造物に係る技術評価結果(震災の影響評価含む)，耐震安全性評価結果及び耐津波安全性評価結果の概要を記載している。

なお，各機器の詳細な評価結果については，それぞれ別冊にまとめている。

5.1 運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の技術評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした機器･構造物の詳細な技術評価については別冊にまとめているが，大部分の機器・構造物については，現状の保全を継続していくことにより，長期間の運転を考慮しても，プラントを健全に維持することは可能との評価結果が得られた。

なお，高経年化に関する技術評価結果から，現状の保全策に追加すべき項目として抽出された評価結果及び震災影響評価の概要について以下に記す。

5.1.1 容器等[注 14)]

原子炉圧力容器ノズル等の疲労割れについては，疲労評価の結果，疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。高経年化技術評価に合わせて，実過渡回数に基づく評価を実施することとしているが，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数では，冷温停止状態が維持される期間として，以下の①又は②の 2 ケースの評価条件を用い算出している。

① 2011 年 3 月～2019 年 8 月

② 2011 年 3 月～2020 年 8 月

疲労評価結果は実過渡回数に依存するため，継続的に実過渡回数の確認を把握する必要があることから，疲労評価における実過渡回数の確認を継続的に実施し，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

注 14)：疲労累積係数による低サイクル疲労の評価を実施したすべての機器

5.1.2 低圧ケーブル

低圧ケーブルの絶縁体の絶縁特性低下については,『電気学会技術報告（Ⅱ部）第139号「原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法並びに耐延焼性試験方法に関する推奨案」』（以下,「電気学会推奨案」という）及び『原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド(JNES-RE-2013-2049)』（以下,「ACA ガイド」という）に従い長期健全性について評価を行い，60 年間の通常運転期間，設計基準事故及び重大事故等雰囲気において絶縁性能を維持できることを確認した。

なお，低圧ケーブルのうち難燃 PN ケーブルについては，ACA ガイドに従った長期健全性の評価の結果を踏まえ，評価結果の期間に至る前にケーブルを引替えることで 60 年間の通常運転期間，絶縁機能を維持できる。

健全性評価結果から，絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく，絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定，系統機器の動作試験で把握可能と考えられることから，今後も，点検時の絶縁抵抗測定，系統機器の動作試験を実施することにより，健全性の確認を行っていく。

また，難燃 PN ケーブルについては，評価にて確認された期間をもとにケーブルの引替えを保全計画に反映する。

5.1.3 同軸ケーブル

同軸ケーブルの絶縁体の絶縁特性低下は，電気学会推奨案及び ACA ガイドに従い長期健全性について評価を行い，60 年間の通常運転期間，設計基準事故及び重大事故等雰囲気において絶縁性能を維持できることを確認した。

なお，同軸ケーブルのうち難燃六重同軸ケーブルについては，ACA ガイドに従った長期健全性の評価の結果を踏まえ，評価結果の期間に至る前にケーブルを引替えることで 60 年間の通常運転期間，絶縁機能を維持できる。

健全性評価結果から，絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく，絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定，系統機器の動作試験で把握可能と考えられることから，今後も，点検時の絶縁抵抗測定，系統機器の動作試験を実施することにより，健全性の確認を行っていく。

また，難燃六重同軸ケーブルについては，評価にて確認された期間をもとにケーブルの引替えを保全計画に反映する。

5.1.4 ケーブル接続部

ケーブル接続部のうち同軸コネクタ接続の絶縁体の絶縁特性低下は，IEEE Std.323-1974『IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations』（以下，「IEEE Std.323-1974」という）に従い長期健全性について評価を行い，60 年間の通常運転期間，設計基準事故及び重大事故等雰囲気において絶縁性能を維持できることを確認した。

なお，同軸コネクタ接続のうち同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）については，『IEEE Std.323-1974』に従った長期健全性の評価の結果を踏まえ，評価結果の期間に至る前に同軸コネクタ接続を取替えることで 60 年間の通常運転期間，絶縁機能を維持できることを確認した。

健全性評価結果から，絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく，絶縁特性低下は点検時の絶縁抵抗測定，系統機器の動作試験で把握可能と考えられることから，今後も，点検時の絶縁抵抗測定，系統機器の動作試験を実施することにより，健全性の確認を行っていく。

また，同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）については，評価にて確認された期間をもとに同軸コネクタ接続の取替を保全計画に反映する。

5.1.5 容器

原子炉圧力容器胴（炉心領域部）の中性子照射脆化については，最新の破壊力学的手法を用いて，運転開始後 60 年間の中性子照射を考慮し，初期き裂を想定して評価を行っても脆性破壊は起こらないことを確認した。また，監視試験片による試験で将来の破壊靱性の変化の傾向を確認している。

胴部材料の機械的性質の予測は監視試験により把握可能であり，有意な欠陥のないことを超音波探傷検査により確認しているが，今後，JEAC4201「原子炉構造材の監視試験方法」（以下，「JEAC4201」という）に基づき適切な時期に監視試験を実施して健全性評価の妥当性を確認するとともに，定期的に超音波探傷検査を実施していく。

また，監視試験の結果から，JEAC4206「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」（以下，「JEAC4206」という）に基づき，運転管理上の制限として運転時に許容しうる温度・圧力の範囲（圧力・温度制限曲線）及び耐圧漏えい試験温度を設けて運用していく。さらに，現状の保全項目に加えて，今後の原子炉の運転時間・照射量を勘案して適切な時期に第 5 回監視試験を実施する。

5.1.6 震災影響評価

(1) 震災による通常環境からの乖離で進展が考えられる事象

東北地方太平洋沖地震により，高経年化技術評価にて前提にしている使用環境から乖離し，経年劣化事象の発生状況に影響するもの及び従来の高経年化技術評価よりも経年劣化の進展が考えられるものについては，特別な保全計画及び通常の保全により今後も健全性を確認していく。

① 津波による影響

機器の腐食，動的機器のアブレシブ摩耗，電気・計装品の絶縁特性低下，コンクリートの強度低下があげられるが，機器の分解点検，コンクリートのコアサンプルによる評価の他に必要に応じて補修，洗浄，取替等により健全性を確認した。

② 地震による影響

地震による荷重の作用により損傷，疲労の蓄積があげられるが，一部損傷を確認した耐震 B，C クラスの機器については補修により健全性を確認している。

耐震 S クラス設備についての影響は軽微であると考えるが，念のため地震による疲労の影響を評価し，健全性を確認した。

③ その他の影響（原子炉格納容器内温度上昇）

温度上昇によるコンクリート構造物の強度低下及び遮へい能力低下，電気・計装品の絶縁特性低下があげられる。温度上昇（原子炉格納容器上部電線管温度約 100 ℃,原子炉格納容器頂部圧力容器ベローシール部周辺温度約 144 ℃）を考慮しても原子炉格納容器の最高使用温度以下であり，短期間であるため，影響は軽微であると考える。念のためコンクリートの強度低下及び遮へい能力低下，電気・計装品の絶縁特性低下の評価に及ぼす影響を評価し，健全性を確認した。

(2) 長期停止することで使用環境が変化し進展が考えられる事象

通常停止している機器の長期間運転による劣化（摩耗，絶縁特性低下）があげられるが，特別な保全計画により点検周期を見直している。

5.2 運転を断続的に行うことを前提とした耐震安全性評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした耐震安全性評価にあたっては，5.1 における技術評価の結果を取り込み，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象を対象として耐震安全性評価を実施した。

対象とした経年劣化事象について，これらの事象が顕在化した場合，代表機器の振動応答特性又は構造・強度上，影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し，耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行い，抽出された経年劣化事象毎に，耐震安全性に関する詳細評価を実施した。

その結果，現状の保全策に追加すべき項目や評価結果は抽出されなかった。

5.3 運転を断続的に行うことを前提とした耐津波安全性評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした耐津波安全性評価にあたっては，5.1 における技術評価の結果を取り込み，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象を対象として耐津波安全性評価を実施した。

対象とした経年劣化事象について，これらの事象が顕在化した場合，構造・強度上及び止水性上への影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し，耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行った結果，耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5.4 冷温停止状態維持を前提とした機器・構造物の技術評価結果

本節において，冷温停止状態維持を前提とした機器・構造物の技術評価についてまとめた。

冷温停止状態維持を前提とした場合に，断続的運転を前提とした場合と比較し運転条件や環境が厳しくなる恐れがある機器と経年劣化事象の組合せを抽出し，経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

a. 固定子コイル及び口出線･接続部品の絶縁特性低下［残留熱除去系ポンプモータ，残留熱除去海水系ポンプモータ］

上記の経年劣化事象について評価した結果，現状保全に新たに加えるべき項目はなかった。

5.5 冷温停止状態維持を前提とした耐震安全性評価結果

冷温停止状態維持を前提とした耐震安全性評価にあたっては，5.2 における耐震安全性評価の結果及び 5.4 における技術評価の結果を取り入れることとし，耐震安全性を評価した。

具体的には 5.4 で抽出した断続的運転を前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなる恐れがある経年劣化事象について，これらの事象が顕在化した場合，代表機器の振動応答特性又は構造・強度上，影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し，耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行い，抽出された経年劣化事象毎に，耐震安全性に関する詳細評価を実施した。

その結果，5.2 における耐震安全性評価結果に加え，耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5.6 冷温停止状態維持を前提とした耐津波安全性評価結果

冷温停止状態維持を前提とした耐津波安全性評価にあたっては，5.3 における耐津波安全性評価の結果及び 5.4 における技術評価の結果を取り入れることとし，耐津波安全性を評価した。

具体的には 5.4 で抽出した断続的運転を前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなる恐れがある経年劣化事象について，これらの事象が顕在化した場合，構造・強度上及び止水性への影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し，耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行った結果，5.3 における耐津波安全性評価結果に加え，耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5.7 評価の結果に基づいた補修等の措置

本技術評価結果を提出する以前に健全性評価に基づき実施した補修等はない。

6. 今後の高経年化対策

劣化状況評価結果より，今後の高経年化対策として充実すべき課題等を抽出した。

6.1 保守管理に関する方針（長期保守管理方針）の策定

(1) 総合評価結果

劣化状況評価の結果から，現状の保全策に追加すべき項目が抽出された。60 年間の運転及び冷温停止を仮定しても現状の保全を継続するとともに，一部の機器・構造物において追加保全策を講じることで，プラントを構成する機器・構造物の健全性が確保されることを確認した。

(2) 現状の保全策に追加すべき項目

総合評価結果をもとに，高経年化対策上現状の保全項目に追加すべき新たな保全策について具体的な実施内容，実施方法及び実施時期を保守管理に関する方針（長期保守管理方針）として策定した（資料 6-1「東海第二発電所　劣化状況評価に基づく保守管理に関する方針（長期保守管理方針)」）（以下，「長期保守管理方針」という)。

なお，疲労評価結果は実過渡回数に依存し機器にはよらないことから，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数との比較については，まとめて長期保守管理方針とした。

6.2 長期保守管理方針の実施

現状の保全策に追加すべき項目で抽出された長期保守管理方針については，今後，東海第二発電所の保全計画に反映し，運転開始後 40 年を迎える 2018 年 11 月 28 日を始期とした 20 年間の適用期間で計画的に実施していくこととする。

長期保守管理方針の実施にあたっては，これらの新たな保全項目を直ちに実施しなければならないものであることから，実施時期を下記の 3 つに大別する。

a. 短期：2018 年 11 月 28 日からの 5 年間
- 健全性評価結果から，実機プラントデータでの確認，評価が早急に必要なもの
- 5 年以内に実施計画のあるもの（取替等）等

b. 中長期：2018 年 11 月 28 日からの 10 年間
- 健全性評価において長期にわたる健全性は確保できると評価されるが，定期的（約 10 年毎）に評価条件の妥当性の確認が必要であるもの等

c. 長期：2018 年 11 月 28 日からの 20 年間

・健全性評価において長期にわたる健全性は確保できると評価されるが，更なる信頼性向上のための取り組みが必要であるもの等

資料 6-1　東海第二発電所　劣化状況評価に基づく保守管理に関する方針（長期保守管理方針）

機種名	機器名	経年劣化事象	健全性評価結果	現状保全	総合評価	保守管理に関する方針（長期保守管理方針）		
						No.	保守管理の項目	実施時期
容器	原子炉圧力容器	胴の中性子照射脆化	日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法 JEAC4201-2007（2013 年追補版を含む）」（以下，「JEAC4201」という）により求めた関連温度移行量の予測値と測定値は，予測式にマージンを見込んだものの範囲にあり，測定値について特異な脆化は認められない。 また，日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靭性の確認試験方法 JEAC 4206-2007」（以下，「JEAC4206」という）並びに JEAC4201 により求めた 2016 年 11 月時点及び 60 年時点での関連温度及び最低使用温度は，以下の通りとなった。 関連温度は 2016 年 11 月時点で 5 ℃程度，運転開始後 60 年時点で 11 ℃程度となる。その際の胴の最低使用温度は，破壊力学的検討により求めたマージン 26 ℃を考慮すると，2016 年 11 月時点で 31 ℃，運転開始後 60 年時点で 37 ℃となる。 また，上部棚吸収エネルギーの低下について JEAC4201 に基づいて評価を実施した結果，最も上部棚吸収エネルギーが低下するのは母材であり，2016 年 11 月時点で 111 J，運転開始後 60 年時点で 111 J となっている。 いずれの場合も JEAC4206 で要求されている 68 J を上回っている。	原子炉圧力容器に対しては，供用期間中検査で超音波探傷検査及び漏えい検査を実施し，有意な欠陥がないことを確認している。 胴（炉心領域部）の中性子照射による機械的性質の変化については，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む）」（以下，「設計・建設規格」という）及び JEAC4201 に基づいて，計画的に監視試験を実施し破壊靭性の将来の変化を予測している。 また，監視試験結果から，JEAC4206 に基づき漏えい検査温度を設定している。 監視試験片は全 4 セットを取出し済みであり，第 3 回にて試験した使用済試験片セットについては，炉内へ再装荷している。また，第 4 回にて試験した使用済試験片セットについては，今後，再装荷することとする。これらの試験片については，適切な時期に取出し，試験を実施する。 なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において，胴（炉心領域部）の母材及び溶接部に対して超音波探傷試験を実施した結果，中性子照射脆化による脆性破壊の起点となるような有意な欠陥は認められなかった。	胴（炉心領域部）の中性子照射脆化が機器の健全性に影響を与える可能性はないと考えられる。今後も適切な時期に監視試験を実施し，破壊靭性の変化を把握するとともに，JEAC4201 の脆化予測式に基づき，漏えい検査温度を管理していくことにより，健全性を確保していくことは可能であると考える。 炉心領域部材の機械的性質の予測は監視試験により把握可能であり，また有意な欠陥のないことを超音波探傷試験及び漏えい検査により確認していることから，保全内容として適切である。	1	原子炉圧力容器胴の中性子照射脆化については，今後の原子炉の運転時間・中性子照射量を勘案して適切な時期に第 5 回監視試験を実施する。	中長期

短期：2018 年 11 月 28 日からの 5 年間，中長期：2018 年 11 月 28 日からの 10 年間，長期：2018 年 11 月 28 日からの 20 年間

機種名	機器名	経年劣化事象	健全性評価結果	現状保全	総合評価	保守管理に関する方針（長期保守管理方針）		
						No.	保守管理の項目	実施時期
ケーブル	低圧ケーブル	絶縁体の絶縁特性低下	原子炉格納容器内に使用する難燃PNケーブルは，電気学会推奨案*及びACAガイド**に従った長期健全性評価の結果，絶縁体は制御用で15年間，制御用以外の難燃PNケーブルは28年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できることが確認され，評価結果の期間に至る前にケーブルを引替えることで60年間の通常運転期間，絶縁性能を維持できる。	難燃PNケーブルの絶縁特性低下に対しては，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。 また，系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。 さらに，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替えを行うこととしている。	健全性評価結果から判断して，絶縁体の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく，点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考えられる。 また，原子炉格納容器内設計最高温度の65.6℃を上回る箇所に布設された難燃PNケーブル及び東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で，原子炉格納容器内設計最高温度の65.6℃を上回った難燃PNケーブルについては，長期健全性試験結果をもとに確認を行い健全性に影響のないことを確認した。今後も，点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより，異常の有無は把握可能であり，点検手法としては適切であると考える。	2	低圧ケーブル及び同軸ケーブルの絶縁特性低下については，電気学会推奨案*及びACAガイド**に従った長期健全性評価結果から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。 *：「原子力発電所電線ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案（電気学会技術報告 第Ⅱ－139号 1982年11月）」 **：原子力安全基盤機構「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド JNES-RE-2013-2049」	長期
	同軸ケーブル	絶縁体の絶縁特性低下	原子炉格納容器内に使用する難燃六重同軸ケーブルは，電気学会推奨案*及びACAガイド**に従った長期健全性評価の結果，30年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できることが確認されている。難燃六重同軸ケーブルは，平成11年（運転開始後21年）にケーブルの取替を実施しており，ACAガイド**に従った長期健全性の評価で確認がとれている30年間の通常運転期間を加えると，運転開始後51年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できる。	難燃六重同軸ケーブルの絶縁特性低下に対しては，系統機器の点検時に絶縁抵抗測定を実施している。 また，系統機器の点検時に実施する動作試験においてもケーブルの絶縁機能の健全性を確認している。 さらに，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，ケーブルの取替を行うこととしている。	健全性評価結果から判断して，絶縁部の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく，また，絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考える。 今後も，系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより，異常の有無は把握可能であり，現状の保全は点検手法としては適切であると考える。			

短期：2018年11月28日からの5年間，中長期：2018年11月28日からの10年間，長期：2018年11月28日からの20年間

機種名	機器名	経年劣化事象	健全性評価結果	現状保全	総合評価	保守管理に関する方針（長期保守管理方針）		
						No.	保守管理の項目	実施時期
ケーブル	ケーブル接続部	同軸コネクタ接続部の絶縁体の絶縁特性低下	原子炉格納容器外に使用する同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）は，IEEE 323***に従った長期健全性評価の結果，6年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気並びに重大事故等時雰囲気において絶縁性能を維持できることが確認されている。今停止期間中に設置されるものであり，評価結果の期間に至る前に同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）を6年間毎に取替えることで60年間の通常運転期間，絶縁性能を維持できる。	同軸コネクタ接続（放射線計測用）（原子炉格納容器外）の絶縁特性低下に対しては，従前設備と同様に，点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験で把握可能であることから，従前設備と同様の保全項目を実施していくこととしている。	健全性評価結果から判断して，絶縁体の急激な絶縁特性低下の可能性は小さく，また，絶縁特性低下は系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験で把握可能と考える。 今後も，系統機器点検時の絶縁抵抗測定及び系統機器の動作試験を実施することにより，異常の有無は把握可能であり，現状の保全は点検手法としては適切であると考える。	3	同軸コネクタ接続の絶縁特性低下については，IEEE 323***に従った長期健全性評価結果から得られた評価期間に至る前に取替を実施する。 ***：IEEE Std.323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」	中長期
容器等※	容器等※	疲労割れ	疲労累積係数による評価を実施した結果，許容値に対し余裕のある結果が得られている。	高経年化技術評価に合わせて，実過渡回数に基づく評価を実施することとしている。	運転開始後60年時点の推定過渡回数では，運転開始後60年時点の推定過渡回数では，冷温停止状態が維持される期間として，以下の①又は②の2ケースの評価条件を用い算出している。 ①2011年3月から2019年8月まで ②2011年3月から2020年8月まで 疲労評価結果は実過渡回数に依存するため，継続的に実過渡回数を把握する必要がある。	4	疲労評価における実績過渡回数の確認を継続的に実施し，運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。	長期

※：疲労累積係数による低サイクル疲労の評価を実施したすべての機器。

短期：2018年11月28日からの5年間，中長期：2018年11月28日からの10年間，長期：2018年11月28日からの20年間

6.3 技術開発課題

高経年化に関する技術評価においては,現在までの知見と実績を基にしたものであるが,点検や検査技術の高度化及び更なる知見の蓄積に努める観点から,廃止措置プラントの解体作業時にあわせ,高経年化に関する種々のデータを採取する等,今後さらに技術開発課題に取り組んでいく必要がある。現時点では緊急性を有する課題はないが,今後も,電力研究や高経年化技術評価高度化事業の成果等を活用し,必要なものは保全計画に反映することとしている。

なお,2014 年 4 月に閣議決定された「エネルギー基本計画」において示された方針を具体化するために必要な措置のあり方が,総合資源エネルギー調査会原子力小委員会において検討され,原子力小委員会から要請を受けた自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループは 2015 年 6 月に,軽水炉の安全技術・人材の維持発展に重きを置き,国,事業者,メーカー,研究機関,学会等関係者間の役割が明確化された軽水炉安全技術・人材に関するロードマップを策定した。同ロードマップでは,高経年化技術評価によって抽出された技術開発課題も検討対象とされており,今後実施されるローリングの中で整合を図ってこれらの技術開発課題への取組を実施していく。

7. 劣化状況評価で追加する項目

運転開始以降 40 年目に実施する劣化状況評価においては，高経年化対策実施ガイド等により，30 年目で実施した高経年化技術評価をその後の運転経験，安全基盤研究成果等技術的知見をもって検証するとともに，策定された長期保守管理方針において意図した効果が現実に得られているか等の有効性評価を行い，これらの結果を適切に反映することとしており，以下の 3 項目を追加評価項目としている。

① 経年劣化傾向の評価
② 保全実績の評価
③ 長期保守管理方針の有効性評価

経年劣化傾向については，40 年目の評価は 30 年目の評価から大きく予測が変わるものではないことが確認できた。保全実績については，40 年目の評価から抽出された課題はあったものの，現状保全の継続による健全性維持の観点から課題はないことを確認した。

さらに，30 年目の高経年化技術評価に基づき策定した長期保守管理方針の有効性評価を実施した結果，有効であり，必要に応じて現状保全に反映されていると評価した。

上記 3 項目については，評価結果を「劣化状況評価で追加する評価に係る技術評価書」にまとめる。

8. まとめ

(1) 総合評価

東海第二発電所は運転開始以降 40 年を迎えるため，プラントを構成する機器・構造物について，想定される経年劣化事象に対する技術評価を実施した結果，大部分の機器・構造物については，現状の保全を継続していくことにより，長期間の運転及び冷温停止を仮定しても機器・構造物の健全性を維持することは可能であるとの見通しを得た。

さらに，緊急性を有する課題ではないが，今後さらに充実すべき課題を抽出した。これらについては電力研究や高経年化技術評価高度化事業の成果等を活用し，保全活動に反映し，更なる充実を図っていく。

(2) 今後の取り組み

今回実施した劣化状況評価は，現在の最新知見に基づき実施したものであるが，今後，以下に示すような運転経験や最新知見等を踏まえ，見直しを実施していく。

a. 材料劣化に係る安全基盤研究の成果
b. これまで想定していなかった部位等における経年劣化事象が原因と考えられる国内外の事故・トラブル
c. 関係法令の制定及び改廃
d. 原子力規制委員会からの指示
e. 材料劣化に係る規格・基準類の制定及び改廃
f. 発電用原子炉の運転期間の変更
g. 発電用原子炉の定格熱出力の変更
h. 発電用原子炉の設備利用率（実績）から算出した原子炉圧力容器の中性子照射量
i. 点検・補修・取替の実績

当社は，高経年化対策に関するこれらの活動を通じて，今後とも原子力発電所の安全・安定運転に努めるとともに，安全性・信頼性のより一層の向上に取り組んでいく所存である。

東海第二発電所
ポンプの技術評価書

（運転を断続的に行うことを前提とした評価）

日本原子力発電株式会社

本評価書は，東海第二発電所（以下，「東海第二」という）で使用している安全上重要なポンプ（重要度分類審査指針におけるクラス 1 及びクラス 2 に該当するポンプ），高温・高圧の環境下にあるクラス 3 のポンプ及び常設重大事故等対処設備に属するポンプについて，運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表 1 に，機能を表 2 に示す。

評価対象機器を型式，内部流体，材料等でグループ化し，それぞれのグループから，重要度，運転状態，最高使用温度等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後，代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書はポンプの型式等を基に以下の 3 章で構成されている。

1. ターボポンプ
2. 往復ポンプ
3. 原子炉再循環ポンプ

原子炉再循環ポンプはターボポンプに属するが，構造の複雑さとクラス 1 の重要度を考慮し，ターボポンプには分類せず単独で評価した。

また，中央制御室チラー冷水循環ポンプは「空調設備の技術評価書」，主タービン制御装置高圧油ポンプは「タービンの技術評価書」，ディーゼル機関のうち海水ポンプを除く補機ポンプは「機械設備の技術評価書」，原子炉再循環流量制御弁用油圧供給装置ポンプは「弁の技術評価書」，液体廃棄物処理系ポンプは「機械設備の技術評価書」にて評価を実施する。

さらに，ジェットポンプは「炉内構造物の技術評価書」にて，ポンプモータは「ポンプモータの技術評価書」にて，原子炉隔離時冷却系ポンプ及び原子炉給水ポンプの駆動タービンは「タービンの技術評価書」にて，原子炉再循環ポンプのサポート部は「配管の技術評価書」にてそれぞれ評価するものとし，本評価書には含めていない。

なお，文書中の単位の記載は SI 単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表１　評価対象機器一覧

型式	ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	重要度[*1]
ターボポンプ	残留熱除去海水系ポンプ	885.7 m^3/h[*2]×184.4 m[*2]	MS-1，重[*3]
	非常用ディーゼル発電機海水ポンプ	272.6 m^3/h[*2]×44 m[*2]	MS-1，重[*3]
	高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ	232.8 m^3/h[*2]×43 m[*2]	MS-1，重[*3]
	緊急用海水ポンプ[*5]	844 m^3/h×130 m	重[*3]
	残留熱除去系ポンプ	1,691.9 m^3/h×85.3 m	MS-1，重[*3]
	低圧炉心スプレイ系ポンプ	1,638.3 m^3/h×169.5 m	MS-1，重[*3]
	高圧炉心スプレイ系ポンプ	1,576.5 m^3/h×196.6 m	MS-1，重[*3]
	給水加熱器ドレンポンプ	1,032.2 m^3/h×25 m	高[*4]
	原子炉冷却材浄化系循環ポンプ	81.8 m^3/h×152.4 m	PS-2
	原子炉冷却材浄化系保持ポンプ	13 m^3/h×20 m	PS-2
	制御棒駆動水ポンプ	46.3 m^3/h×823 m	高[*4]
	常設高圧代替注水ポンプ[*5]	136.7 m^3/h[*2]×900 m[*2]	重[*3]
	格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ[*5]	10 m^3/h×40 m	重[*3]
	タービン駆動原子炉給水ポンプ	4,315 m^3/h×685.8 m	高[*4]
	高圧復水ポンプ	3,792 m^3/h×365.8 m	高[*4]
	原子炉隔離時冷却系ポンプ	142 m^3/h×869 m	MS-1，重[*3]
	電動機駆動原子炉給水ポンプ	2,157.5 m^3/h×762 m	高[*4]
	高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×38.1 m	高[*4]
	低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×38.1 m	高[*4]
	残留熱除去系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×48.8 m	高[*4]
	原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×48.8 m	高[*4]
	常設低圧代替注水ポンプ[*5]	200 m^3/h[*2]×200 m[*2]	重[*3]
	代替燃料プール冷却系ポンプ[*5]	124 m^3/h×40 m	重[*3]
	代替循環冷却系ポンプ[*5]	250 m^3/h×120 m	重[*3]
往復ポンプ	ほう酸水注入系ポンプ	9.78 m^3/h×870 m	MS-1，重[*3]
原子炉再循環ポンプ	原子炉再循環ポンプ	8,100 m^3/h×245.4 m	PS-1

*1：　当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：　公称値

*3：　重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：　最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*5：　新規に設置される機器

表 2（1/2）　評価対象機器の機能

ポンプ名称	主な機能
残留熱除去海水系ポンプ	残留熱除去系熱交換器に冷却用海水を送水する。
非常用ディーゼル発電機海水ポンプ	ディーゼル機関の冷却器に冷却用海水を送水する。
高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ	ディーゼル機関の冷却器に冷却用海水を送水する。
緊急用海水ポンプ	設計基準事故対処設備が有する最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能が喪失した場合においても，炉心の著しい損傷及び格納容器の破損（炉心の著しい損傷が発生する前に生ずるものに限る。）を防止するため最終ヒートシンクへ熱を輸送する。
残留熱除去系ポンプ	冷却材喪失事故時に原子炉及び原子炉格納容器にサプレッション・プール水を注水又はスプレイする。 また，原子炉停止時の崩壊熱除去のため，原子炉冷却材を原子炉冷却材再循環系より残留熱除去系熱交換器に送水し冷却する。
低圧炉心スプレイ系ポンプ	冷却材喪失事故時に原子炉にサプレッション・プール水をスプレイする。
高圧炉心スプレイ系ポンプ	冷却材喪失事故時に原子炉に復水貯蔵タンク水及びサプレッション・プール水をスプレイする。
給水加熱器ドレンポンプ	第5給水加熱器のドレン水を第6給水加熱器に送水する。
原子炉冷却材浄化系循環ポンプ	原子炉冷却材を浄化するため，原子炉冷却材をフィルタ脱塩器に循環供給する。
原子炉冷却材浄化系保持ポンプ	原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器の待機状態時等に，ろ材（樹脂）の剥離を防ぐために用いる。
制御棒駆動水ポンプ	制御棒の駆動に必要な高圧の駆動水を供給する。
タービン駆動原子炉給水ポンプ	高圧復水ポンプから移送されてきた復水を昇圧し，原子炉に供給する。
高圧復水ポンプ	復水脱塩装置で浄化された復水を昇圧して，原子炉給水ポンプに送水する。
原子炉隔離時冷却系ポンプ	原子炉隔離時に，主蒸気によりタービン駆動のポンプを起動して原子炉に送水し，水位低下を防ぐ。

表 2（2/2）　評価対象機器の機能

ポンプ名称	主な機能
電動機駆動原子炉給水ポンプ	プラント起動・停止時，タービン駆動原子炉給水ポンプトリップ時に，高圧復水ポンプから移送されてきた復水を昇圧し，原子炉に供給する。
レグシールポンプ （高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系）	非常用炉心冷却系ポンプ起動時のウォータハンマを防止するため，非常用炉心冷却系ポンプ吐出配管を，常時加圧する。
常設高圧代替注水ポンプ	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能が喪失した場合において，炉心の著しい損傷を防止するため，サプレッション・プール水を原子炉に注水する。
常設低圧代替注水ポンプ	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能が喪失した場合において，炉心の著しい損傷及び格納容器破損を防止するため，代替淡水貯槽水を原子炉に注水する。
代替燃料プール冷却系ポンプ	設計基準事故対処設備である使用済燃料プール冷却浄化設備の冷却機能が喪失した場合でも，使用済燃料プール内に貯蔵する使用済燃料から発生する崩壊熱を冷却するため，使用済燃料プール水を熱交換器と循環させる。
代替循環冷却系ポンプ	設計基準事故対処設備である残留熱除去系ポンプが有する原子炉の冷却機能が喪失した場合においても，炉心の著しい損傷及び原子炉格納容器の破損を防止する為，原子炉圧力容器への注水及び格納容器スプレイを実施する。
格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ	ベント停止後の放射性物質を含むスクラビング水を，サプレッション・プールに移送する。また，点検に伴うスクラビング水の移送が必要な場合は，廃棄物処理設備へ移送する。
ほう酸水注入系ポンプ	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり，原子炉の冷温停止ができない場合に，中性子吸収能力のあるほう酸水を原子炉に注入する。
原子炉再循環ポンプ	原子炉圧力容器内の原子炉冷却材を，強制循環させる。

1. ターボポンプ

［対象ポンプ］

① 残留熱除去海水系ポンプ
② 非常用ディーゼル発電機海水ポンプ
③ 高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ
④ 残留熱除去系ポンプ
⑤ 低圧炉心スプレイ系ポンプ
⑥ 高圧炉心スプレイ系ポンプ
⑦ 給水加熱器ドレンポンプ
⑧ 原子炉冷却材浄化系循環ポンプ
⑨ 原子炉冷却材浄化系保持ポンプ
⑩ 制御棒駆動水ポンプ
⑪ タービン駆動原子炉給水ポンプ
⑫ 高圧復水ポンプ
⑬ 原子炉隔離時冷却系ポンプ
⑭ 電動機駆動原子炉給水ポンプ
⑮ 高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ
⑯ 低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ
⑰ 残留熱除去系レグシールポンプ
⑱ 原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ
⑲ 緊急用海水ポンプ
⑳ 常設高圧代替注水ポンプ
㉑ 常設低圧代替注水ポンプ
㉒ 代替燃料プール冷却系ポンプ
㉓ 代替循環冷却系ポンプ
㉔ 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 1-1
1.2 代表機器の選定..... 1-1
2. 代表機器の技術評価..... 1-5
2.1 構造，材料及び使用条件..... 1-5
2.1.1 残留熱除去海水系ポンプ..... 1-5
2.1.2 残留熱除去系ポンプ..... 1-8
2.1.3 高圧炉心スプレイ系ポンプ..... 1-11
2.1.4 給水加熱器ドレンポンプ..... 1-14
2.1.5 原子炉冷却材浄化系循環ポンプ..... 1-17
2.1.6 タービン駆動原子炉給水ポンプ..... 1-20
2.1.7 原子炉隔離時冷却系ポンプ..... 1-23
2.2 経年劣化事象の抽出..... 1-26
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 1-26
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 1-26
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 1-27
3. 代表機器以外への展開..... 1-43
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 1-43
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 1-44

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要なターボポンプの主な仕様を表1-1に示す。

これらのターボポンプを型式，内部流体及びケーシング材料の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

型式，内部流体及びケーシング材料を分類基準とし，ターボポンプを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

内部流体は海水及び純水に分類され，ケーシング材料はステンレス鋼，炭素鋼，鋳鉄及び低合金鋼に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び容量／揚程の観点から代表機器を選定する。

(1) 立軸斜流ポンプ（内部流体：海水，ケーシング材料：ステンレス鋼）

このグループには，残留熱除去海水系ポンプ，非常用ディーゼル発電機海水ポンプ，高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ及び緊急用海水ポンプが属するが，重要度が高い機器は，運転状態及び最高使用温度が同等であることから，最高使用圧力の高い残留熱除去海水系ポンプを代表機器とする。

(2) 立軸斜流ポンプ（内部流体：純水，ケーシング材料：炭素鋼）

このグループには，残留熱除去系ポンプ及び低圧炉心スプレイ系ポンプが属するが，重要度及び運転状態が同等であることから，最高使用温度の高い残留熱除去系ポンプを代表機器とする。

(3) 立軸遠心ポンプ（内部流体：純水，ケーシング材料：炭素鋼）

このグループには，高圧炉心スプレイ系ポンプのみが属するため，これを代表機器とする。

(4) 立軸遠心ポンプ（内部流体：純水，ケーシング材料：鋳鉄）

このグループには，給水加熱器ドレンポンプのみが属するため，これを代表機器とする。

(5) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水，ケーシング材料：ステンレス鋼）

このグループには，原子炉冷却材浄化系循環ポンプ，原子炉冷却材浄化系保持ポンプ，制御棒駆動水ポンプ，常設高圧代替注水ポンプ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプが属するが，重要度が高い機器は，運転状態が同等であることから，最高使用温度の高い原子炉冷却材浄化系循環ポンプを代表機器とする。

(6) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水，ケーシング材料：低合金鋼）

このグループには，タービン駆動原子炉給水ポンプのみが属するため，これを代表機器とする。

(7) 横軸遠心ポンプ（内部流体：純水，ケーシング材料：炭素鋼）

このグループには，高圧復水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ，高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，残留熱除去系レグシールポンプ，原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ，常設低圧代替注水ポンプ，代替燃料プール冷却系ポンプ，代替循環冷却系ポンプが属するが，重要度の高い原子炉隔離時冷却系ポンプを代表機器とする。

表 1-1(1/2)　ターボポンプのグループ化と代表機器の選定

分類基準			ポンプ名称	選定基準					選定	選定理由
型式	内部流体	材料[*7]		仕様（容量×揚程）	重要度[*1]	使用条件 運転状態	使用条件 最高使用圧力 (MPa)[*2]	使用条件 最高使用温度 (℃)[*2]		
立軸斜流	海水	ステンレス鋼	残留熱除去海水系ポンプ	885.7 m^3/h[*3] ×184.4 m[*3]	MS-1，重[*5]	一時	3.45	38	◎	重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力
			非常用ディーゼル発電機海水ポンプ	272.6 m^3/h[*3] ×44 m[*3]	MS-1，重[*5]	一時	0.70	38		
			高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ	232.8 m^3/h[*3] ×43 m[*3]	MS-1，重[*5]	一時	0.70	38		
			緊急用海水ポンプ[*6]	844 m^3/h×130 m	重[*5]	一時	2.45	38		
	純水	炭素鋼	残留熱除去系ポンプ	1,691.9 m^3/h×85.3 m	MS-1，重[*5]	一時	3.45	174	◎	重要度 運転状態 最高使用温度
			低圧炉心スプレイ系ポンプ	1,638.3 m^3/h×169.5 m	MS-1，重[*5]	一時	4.14	100		
立軸遠心	純水	炭素鋼	高圧炉心スプレイ系ポンプ	1,576.5 m^3/h×196.6 m	MS-1，重[*5]	一時	10.69	100	◎	
		鋳鉄	給水加熱器ドレンポンプ	1,032.2 m^3/h×25 m	高[*4]	連続	0.70	149	◎	
横軸遠心	純水	ステンレス鋼	原子炉冷却材浄化系循環ポンプ	81.8 m^3/h×152.4 m	PS-2	連続	9.80	302	◎	重要度，運転状態 最高使用温度
			原子炉冷却材浄化系保持ポンプ	13 m^3/h×20 m	PS-2	連続	9.80	66		
			制御棒駆動水ポンプ	46.3 m^3/h×823 m	高[*4]	連続	12.06	66		
			常設高圧代替注水ポンプ[*6]	136.7 m^3/h[*3]×900 m[*3]	重[*5]	一時	10.70	120		
			格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ[*6]	10 m^3/h×40 m	重[*5]	一時	2.5	200		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す
*3：公称値を示す
*4：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*6：新規に設置される機器を示す　　*7:ケーシングの材料を示す

表 1-1(2/2)　ターボポンプのグループ化と代表機器の選定

分類基準			ポンプ名称	選定基準					選定	選定理由
型式	内部流体	材料[*7]		仕様（容量×揚程）	重要度[*1]	使用条件				
						運転状態	最高使用圧力 (MPa)[*2]	最高使用温度 (℃)[*2]		
横軸遠心	純水	低合金鋼	タービン駆動原子炉給水ポンプ	4,315 m^3/h×685.8 m	高[*4]	連続	15.51	233	◎	
		炭素鋼	高圧復水ポンプ	3,792 m^3/h×365.8 m	高[*4]	連続	6.14	205		重要度
			原子炉隔離時冷却系ポンプ	142 m^3/h×869 m	MS-1，重[*5]	一時	10.35	77	◎	
			電動機駆動原子炉給水ポンプ	2,157.5 m^3/h×762 m	高[*4]	一時	15.51	233		
			高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×38.1 m	高[*4]	連続	1.04	100		
			低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×38.1 m	高[*4]	連続	1.04	100		
			残留熱除去系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×48.8 m	高[*4]	連続	1.04	100		
			原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ	4.54 m^3/h×48.8 m	高[*4]	連続	0.86	77		
			常設低圧代替注水ポンプ[*6]	200 m^3/h[*3]×200 m[*3]	重[*5]	一時	3.14	66		
			代替燃料プール冷却系ポンプ[*6]	124 m^3/h×40 m	重[*5]	一時	0.98	80		
			代替循環冷却系ポンプ[*6]	250 m^3/h×120 m	重[*5]	一時	3.45	80		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

*3：公称値を示す

*4：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*6：新規に設置される機器を示す　　*7:ケーシングの材料を示す

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の7台のポンプについて技術評価を実施する。

① 残留熱除去海水系ポンプ
② 残留熱除去系ポンプ
③ 高圧炉心スプレイ系ポンプ
④ 給水加熱器ドレンポンプ
⑤ 原子炉冷却材浄化系循環ポンプ
⑥ タービン駆動原子炉給水ポンプ
⑦ 原子炉隔離時冷却系ポンプ

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 残留熱除去海水系ポンプ

(1) 構造

東海第二の残留熱除去海水系ポンプは，容量 885.7 ㎥/h(公称値)，揚程 184.4 m(公称値)の立軸斜流ポンプであり，4 台設置されている。

海水に接液する羽根車，ケーシングはステンレス鋳鋼，主軸はステンレス鋼が使用されている。

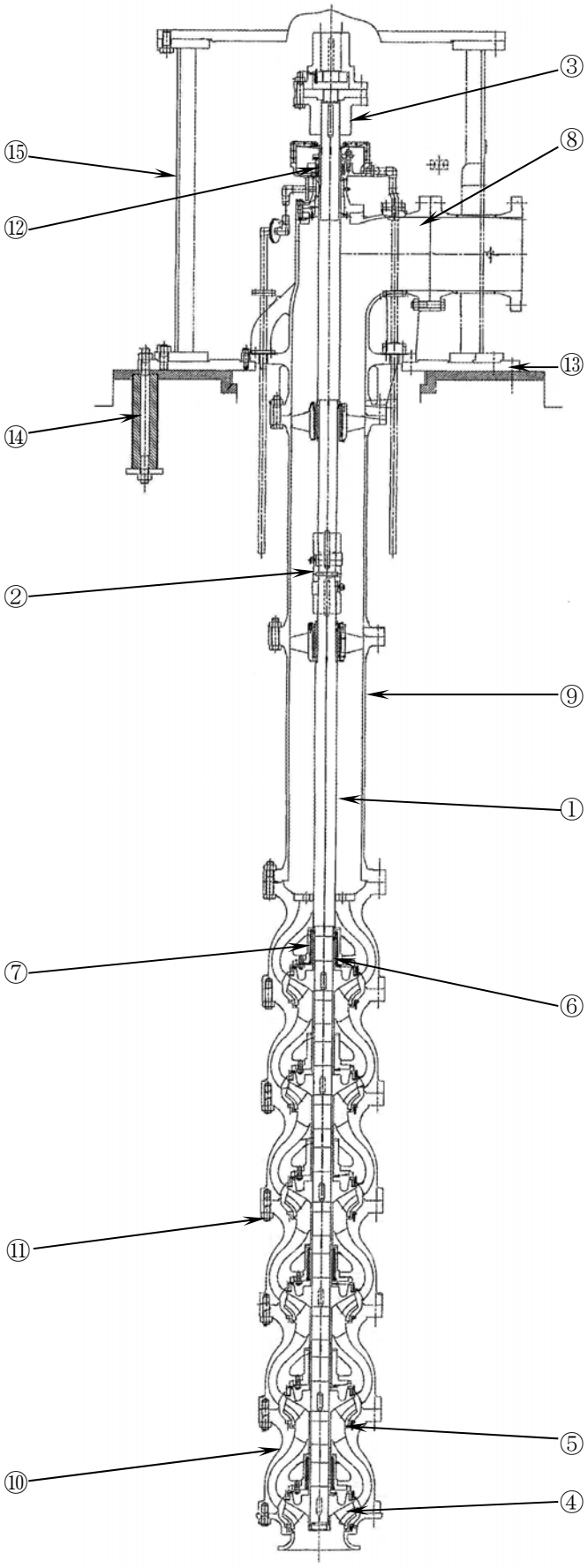
また，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，グランドパッキンが使用されている。

なお，羽根車及び主軸は，取付ボルトを緩めケーシング等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去海水系ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	主軸
②	中間軸継手
③	軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	軸受箱
⑦	水中軸受
⑧	デリベリ
⑨	コラムパイプ
⑩	ケーシング
⑪	取付ボルト
⑫	グランドパッキン
⑬	ベース
⑭	基礎ボルト
⑮	マウント

図 2.1-1　残留熱除去海水系ポンプ構造図

表 2.1-1　残留熱除去海水系ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		中間軸継手	ステンレス鋼
		軸継手	ステンレス鋳鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼
		ケーシングリング	ステンレス鋼
	軸支持	軸受箱	ステンレス鋼
		水中軸受	（消耗品）
バウンダリの維持	耐圧	デリベリ	ステンレス鋳鋼
		コラムパイプ	ステンレス鋼
		ケーシング	ステンレス鋳鋼
		取付ボルト	ステンレス鋼
	軸シール	グランドパッキン	（消耗品）
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
		マウント	炭素鋼

表 2.1-2　残留熱除去海水系ポンプの使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	38 ℃
容量	885.7 m^3/h*1
内部流体	海水

*1：公称値を示す

2.1.2 残留熱除去系ポンプ

(1) 構造

東海第二の残留熱除去系ポンプは，容量 1,691.9 m^3/h，揚程 85.3 m の立軸斜流ポンプであり，3 台設置されている。

純水に接液する羽根車はステンレス鋳鋼，ケーシングは炭素鋼鋳鋼，主軸はステンレス鋼が使用されている。

また，軸封部は，内部流体の漏れを防止するため，メカニカルシールが使用されている。

なお，羽根車及び主軸は，取付ボルトを緩めケーシング等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系ポンプの構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	主軸
②	中間軸継手
③	軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	水中軸受
⑦	ケーシング
⑧	コラムパイプ
⑨	デリベリ
⑩	取付ボルト
⑪	バレル
⑫	シール水クーラ
⑬	メカニカルシール
⑭	ベース
⑮	基礎ボルト
⑯	サイクロンセパレータ

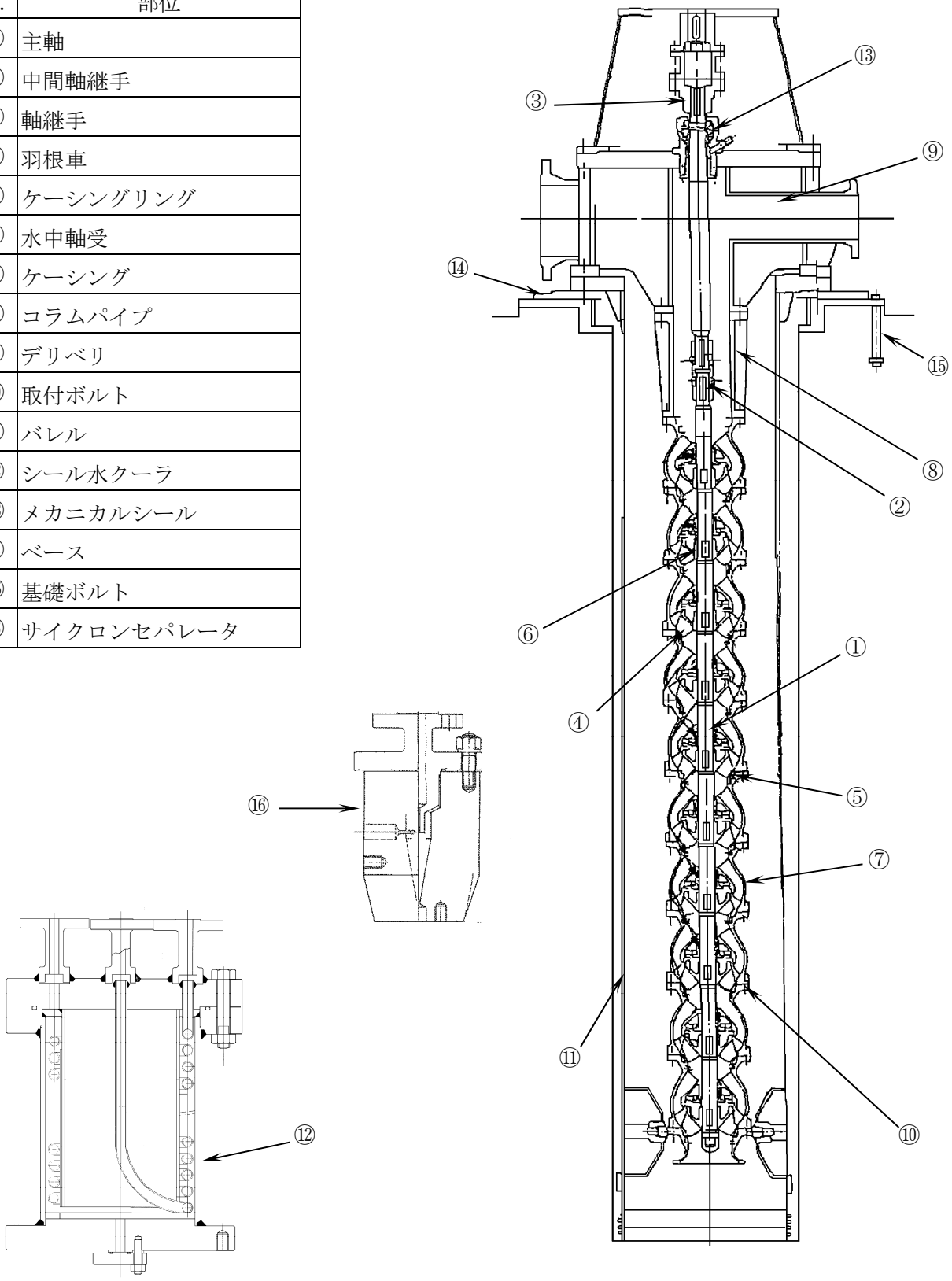


図 2.1-2　残留熱除去系ポンプ構造図

表 2.1-3　残留熱除去系ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		中間軸継手	ステンレス鋼
		軸継手	炭素鋼鋳鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼
		ケーシングリング	ステンレス鋼
	軸支持	水中軸受	炭素鋼＋カーボン
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼
		コラムパイプ	炭素鋼
		デリベリ	炭素鋼
		取付ボルト	低合金鋼
		バレル	炭素鋼
	軸シール	シール水クーラ	銅合金
		メカニカルシール	（消耗品）
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
その他	その他	サイクロンセパレータ	ステンレス鋼

表 2.1-4　残留熱除去系ポンプの使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	174 ℃
容量	1,691.9 m^3/h
内部流体	純水

2.1.3 高圧炉心スプレイ系ポンプ

(1) 構造

東海第二の高圧炉心スプレイ系ポンプは，容量 1,576.5 m^3/h，揚程 196.6 m の立軸遠心ポンプであり，1 台設置されている。

純水に接液する羽根車はステンレス鋳鋼，ケーシングは炭素鋼鋳鋼，主軸はステンレス鋼が使用されている。

また，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，メカニカルシールが使用されている。

なお，羽根車及び主軸は，取付ボルトを緩めケーシング等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の高圧炉心スプレイ系ポンプの構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の高圧炉心スプレイ系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部位
①	主軸
②	中間軸継手
③	軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	水中軸受
⑦	ケーシング
⑧	デリベリ
⑨	取付ボルト
⑩	バレル
⑪	シール水クーラ
⑫	メカニカルシール
⑬	ベース
⑭	基礎ボルト
⑮	サイクロンセパレータ

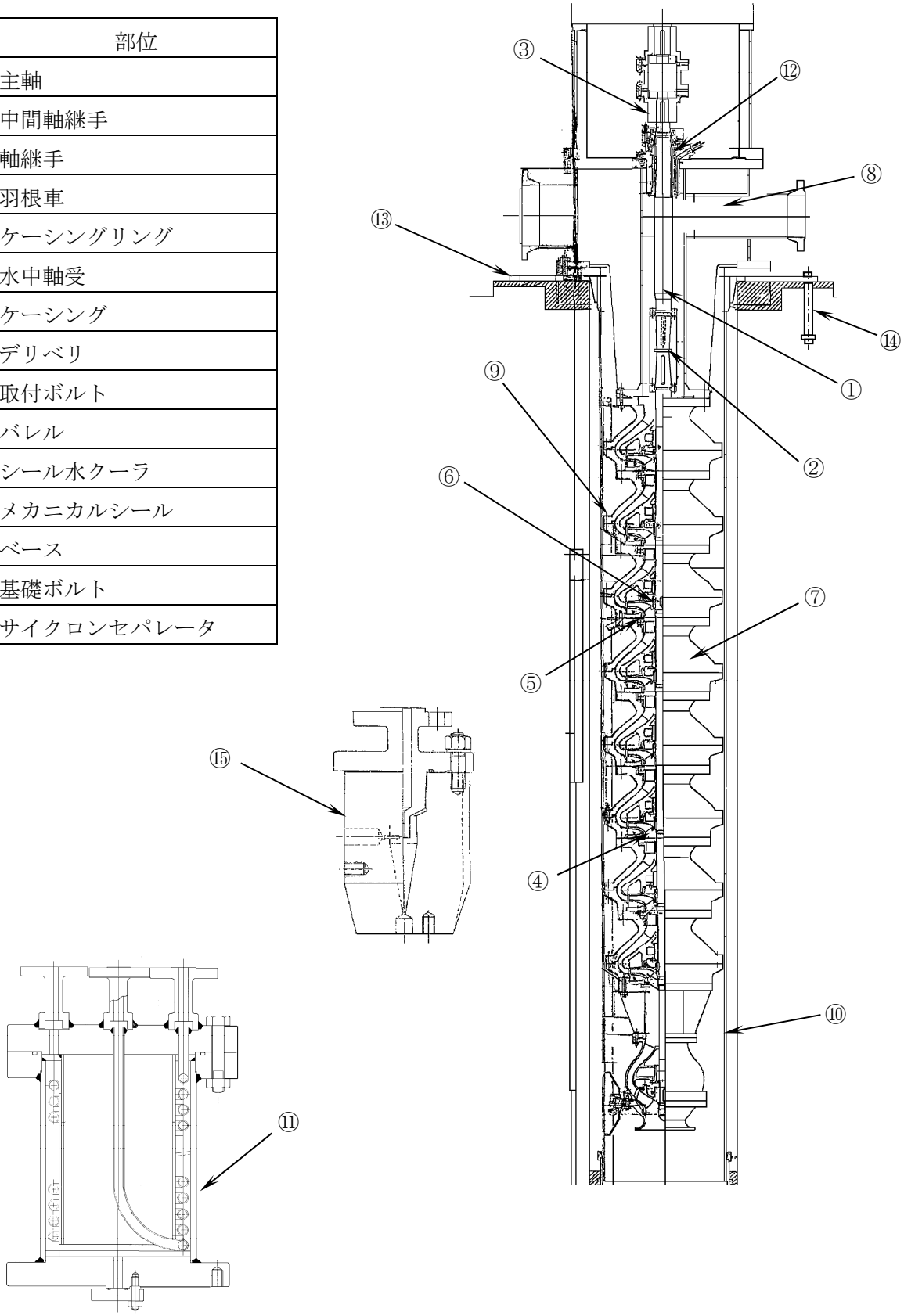


図 2.1-3　高圧炉心スプレイ系ポンプ構造図

表 2.1-5　高圧炉心スプレイ系ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		中間軸継手	ステンレス鋼
		軸継手	炭素鋼鋳鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼
		ケーシングリング	ステンレス鋼
	軸支持	水中軸受	炭素鋼＋カーボン
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼
		デリベリ	炭素鋼
		取付ボルト	低合金鋼
		バレル	炭素鋼
	軸シール	シール水クーラ	銅合金
		メカニカルシール	（消耗品）
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
その他	その他	サイクロンセパレータ	ステンレス鋼

表 2.1-6　高圧炉心スプレイ系ポンプの使用条件

最高使用圧力	10.69 MPa
最高使用温度	100 ℃
容量	1,576.5 m^3/h
内部流体	純水

2.1.4 給水加熱器ドレンポンプ

(1) 構造

東海第二の給水加熱器ドレンポンプは，容量 1,032.2 m^3/h，揚程 25 m の立軸遠心ポンプであり，3 台設置されている。

純水に接液する羽根車は青銅鋳物，主軸はステンレス鋼，ケーシングは鋳鉄が使用されている。

また，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，メカニカルシールが使用されている。

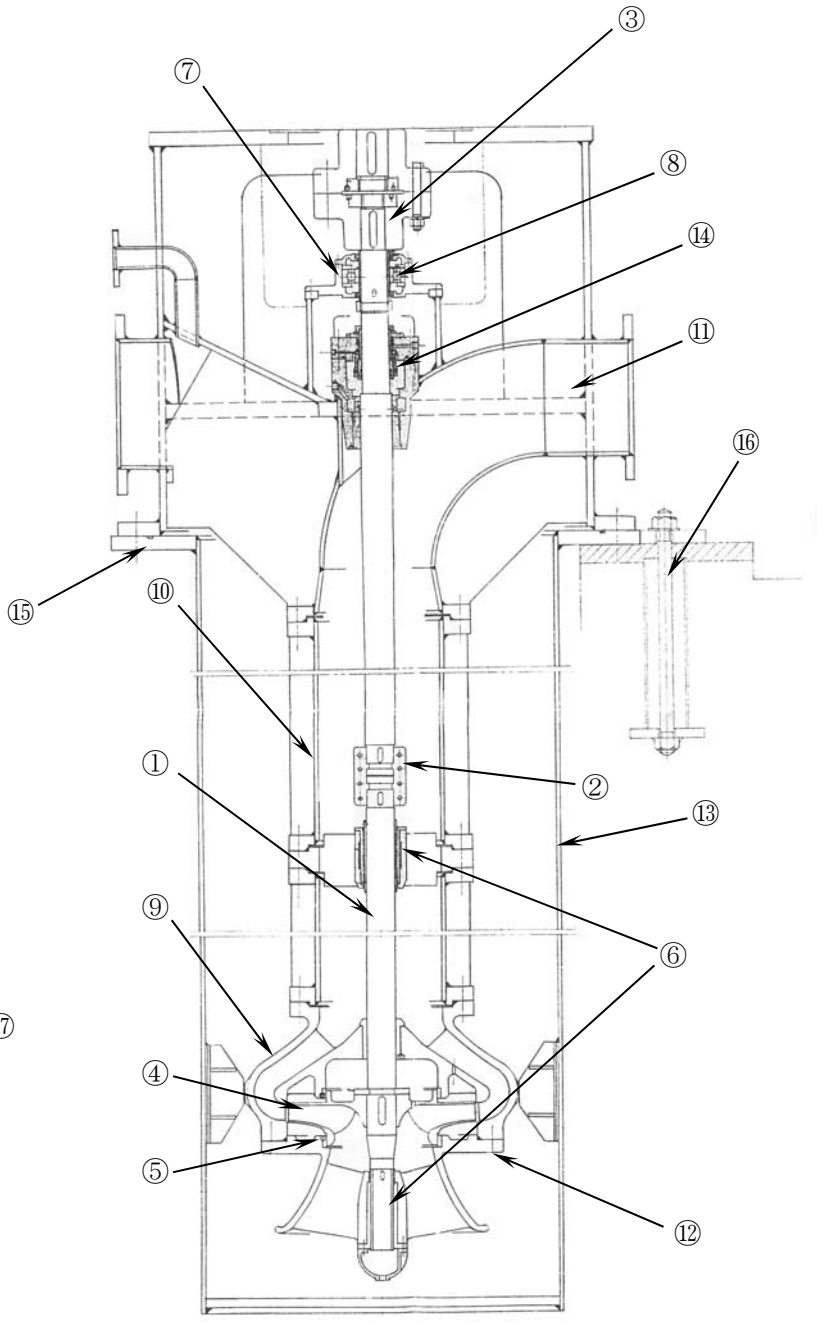
なお，羽根車及び主軸は，取付ボルトを緩めケーシング等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の給水加熱器ドレンポンプの構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の給水加熱器ドレンポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部位
①	主軸
②	中間軸継手
③	軸継手
④	羽根車
⑤	ケーシングリング
⑥	水中軸受
⑦	軸受箱
⑧	ころがり軸受
⑨	ケーシング
⑩	コラムパイプ
⑪	デリベリ
⑫	取付ボルト
⑬	バレル
⑭	メカニカルシール
⑮	ベース
⑯	基礎ボルト
⑰	サイクロンセパレータ



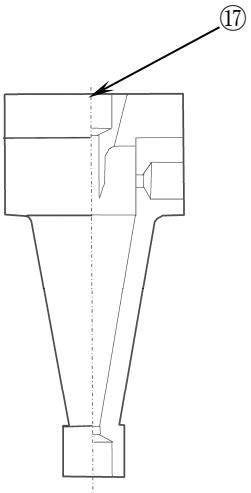


図 2.1-4　給水加熱器ドレンポンプ構造図

表 2.1-7　給水加熱器ドレンポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		中間軸継手	ステンレス鋼
		軸継手	鋳鉄
	エネルギー変換	羽根車	青銅鋳物
		ケーシングリング	青銅鋳物
	軸支持	水中軸受	青銅鋳物
		軸受箱	鋳鉄
		ころがり軸受	（消耗品）
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	鋳鉄
		コラムパイプ	炭素鋼
		デリベリ	炭素鋼
		取付ボルト	ステンレス鋼
		バレル	炭素鋼
	軸シール	メカニカルシール	（消耗品）
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
その他	その他	サイクロンセパレータ	ステンレス鋼

表 2.1-8　給水加熱器ドレンポンプの使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	149 ℃
容量	1,032.2 m^3/h
内部流体	純水

2.1.5 原子炉冷却材浄化系循環ポンプ

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系循環ポンプは，容量 81.8 m^3/h，揚程 152.4 m の横軸遠心ポンプであり，2 台設置されている。

純水に接液するケーシング，羽根車はステンレス鋳鋼，主軸はステンレス鋼が使用されている。

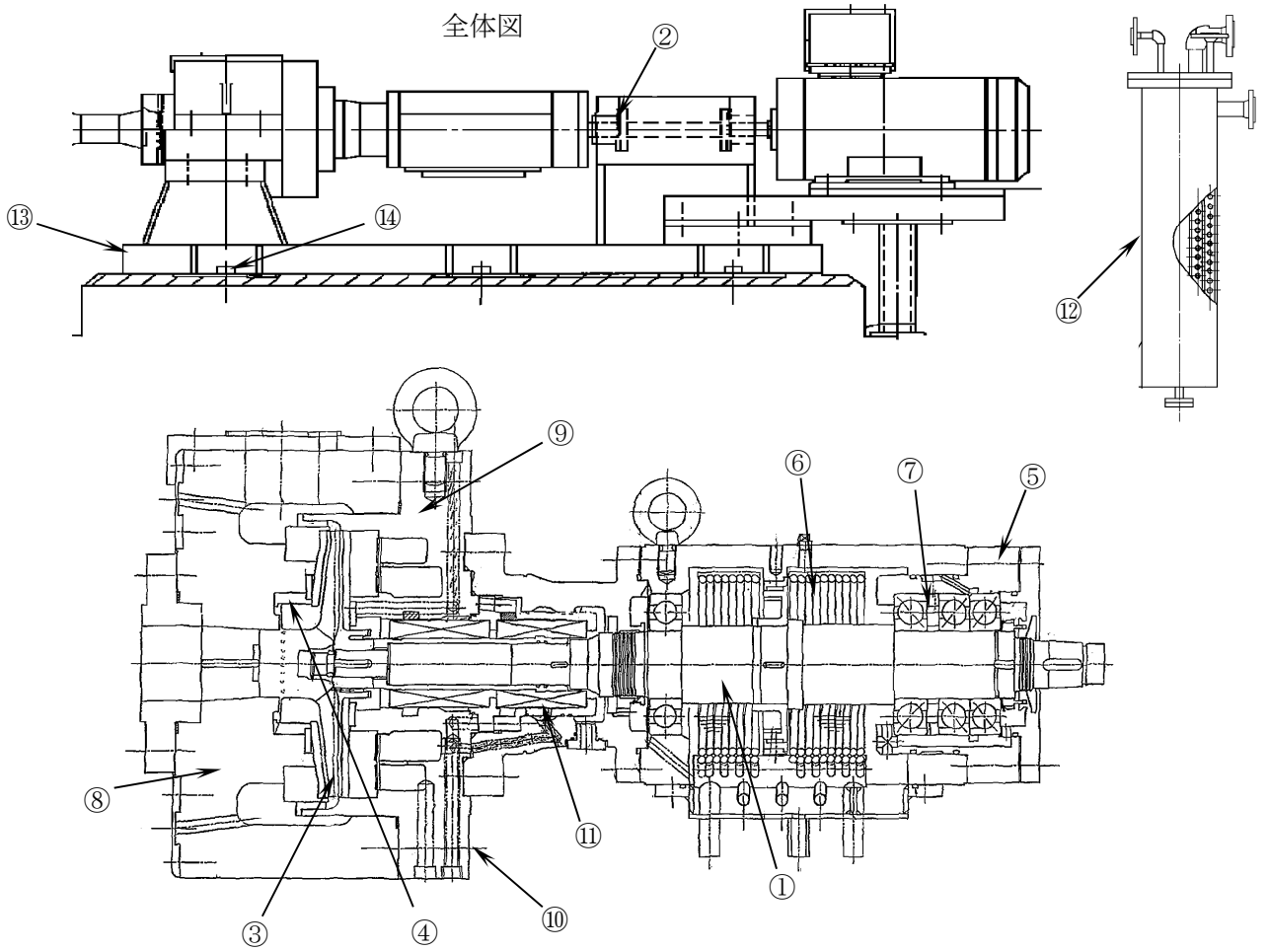
また，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，メカニカルシールが使用されている。

なお，羽根車及び主軸は，取付ボルトを緩めケーシングカバー等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却材浄化系循環ポンプの構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系循環ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	軸受箱
⑥	潤滑油クーラ
⑦	ころがり軸受
⑧	ケーシング
⑨	ケーシングカバー
⑩	取付ボルト
⑪	メカニカルシール
⑫	シール水クーラ
⑬	ベース
⑭	基礎ボルト

図 2.1-5　原子炉冷却材浄化系循環ポンプ構造図

表 2.1-9　原子炉冷却材浄化系循環ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		軸継手	低合金鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼
		ケーシングリング	ステンレス鋼
	軸支持	軸受箱	炭素鋼
		潤滑油クーラ	銅合金
		ころがり軸受	（消耗品）
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	ステンレス鋳鋼
		ケーシングカバー	ステンレス鋳鋼
		取付ボルト	低合金鋼
	軸シール	メカニカルシール	（消耗品）
		シール水クーラ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼

表 2.1-10　原子炉冷却材浄化系循環ポンプの使用条件

最高使用圧力	9.80 MPa
最高使用温度	302 ℃
容量	81.8 m^3/h
内部流体	純水

2.1.6 タービン駆動原子炉給水ポンプ

(1) 構造

東海第二のタービン駆動原子炉給水ポンプは，容量 4,315 m^3/h，揚程 685.8 m の横軸遠心ポンプであり，2 台設置されている。

純水に接液するケーシングは低合金鋼，羽根車はステンレス鋳鋼，主軸はステンレス鋼が使用されている。

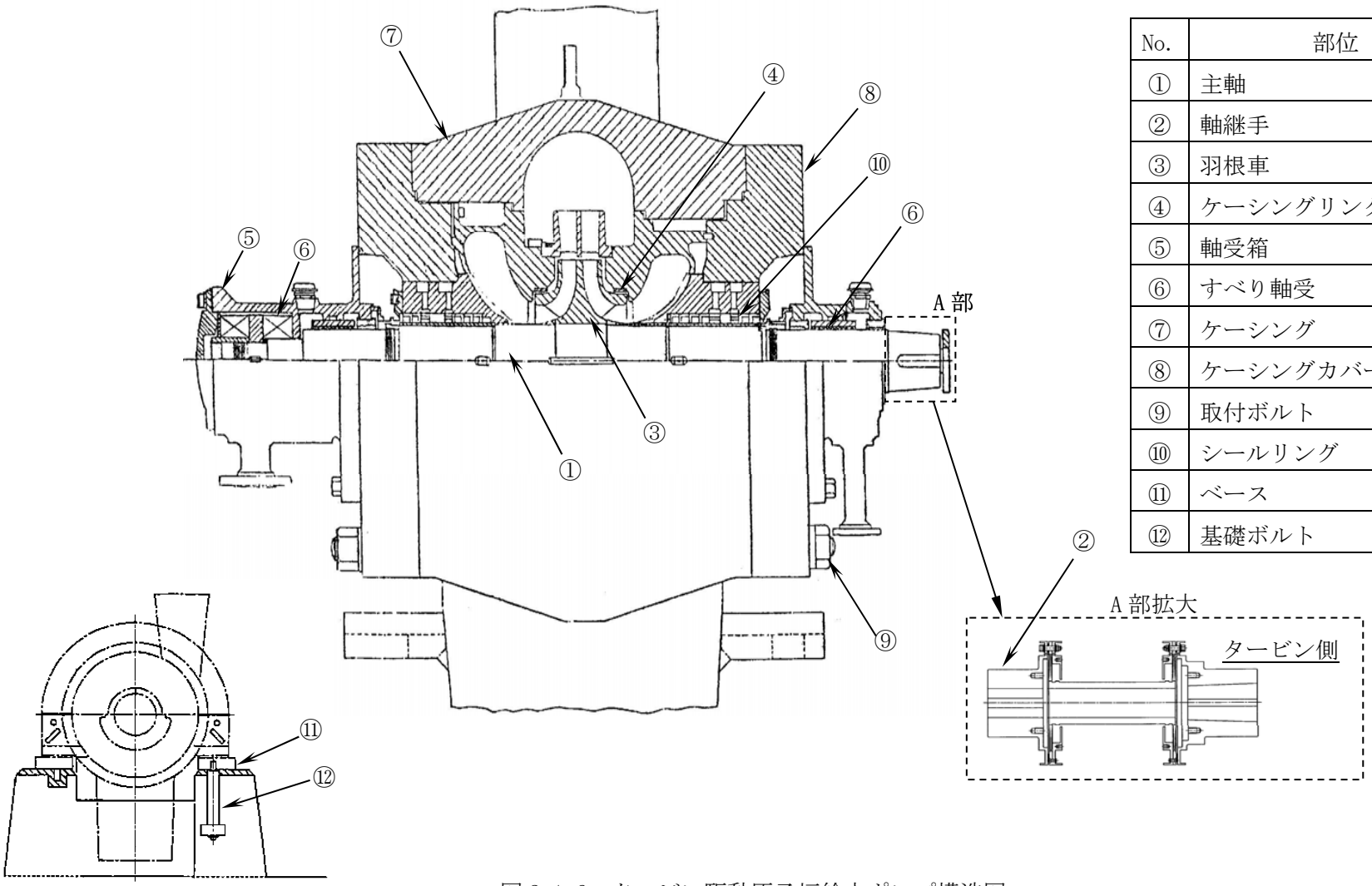
また，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，シールリングが使用されている。

なお，羽根車及び主軸は，取付ボルトを緩めケーシングカバー等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二のタービン駆動原子炉給水ポンプの構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のタービン駆動原子炉給水ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	軸受箱
⑥	すべり軸受
⑦	ケーシング
⑧	ケーシングカバー
⑨	取付ボルト
⑩	シールリング
⑪	ベース
⑫	基礎ボルト

図 2.1-6　タービン駆動原子炉給水ポンプ構造図

表 2.1-11　タービン駆動原子炉給水ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		軸継手	低合金鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼
		ケーシングリング	ステンレス鋼
	軸支持	軸受箱	炭素鋼鋳鋼
		すべり軸受	炭素鋼, Babitt Metal
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	低合金鋼
		ケーシングカバー	低合金鋼
		取付ボルト	低合金鋼
	軸シール	シールリング	（消耗品）
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	低合金鋼

表 2.1-12　タービン駆動原子炉給水ポンプの使用条件

最高使用圧力	15.51 MPa
最高使用温度	233 ℃
容量	4,315 m^3/h
内部流体	純水

2.1.7 原子炉隔離時冷却系ポンプ

(1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系ポンプは，容量 142 m^3/h，揚程 869 m の横軸遠心ポンプであり，1 台設置されている。

純水に接液する羽根車はステンレス鋳鋼，主軸はステンレス鋼，ケーシングは炭素鋼鋳鋼が使用されている。

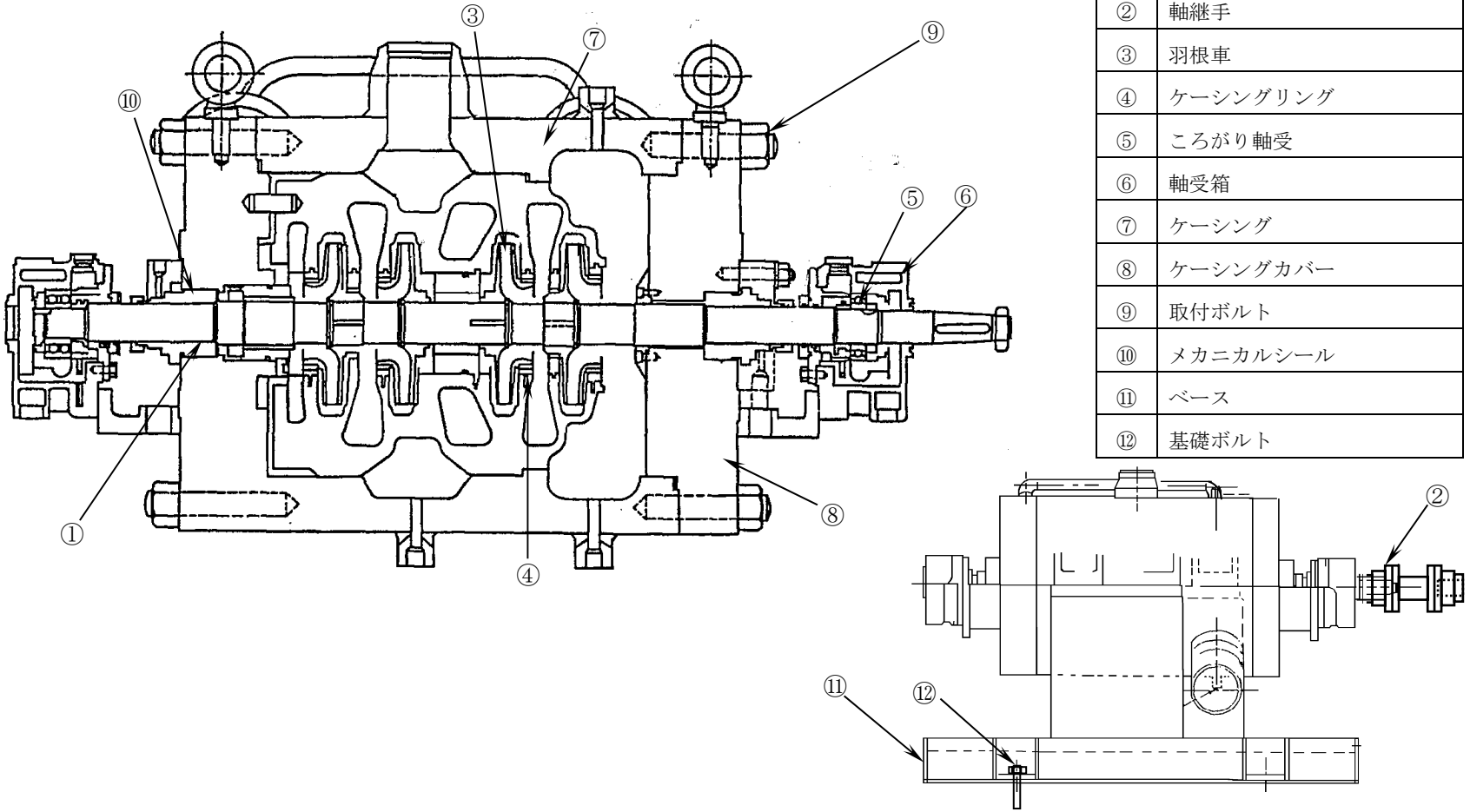
また，軸封部には，内部流体の漏れを防止するため，メカニカルシールが使用されている。

なお，羽根車及び主軸は，取付ボルトを緩めケーシングカバー等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉隔離時冷却系ポンプの構造図を図 2.1-7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉隔離時冷却系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。



No.	部位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	ケーシングリング
⑤	ころがり軸受
⑥	軸受箱
⑦	ケーシング
⑧	ケーシングカバー
⑨	取付ボルト
⑩	メカニカルシール
⑪	ベース
⑫	基礎ボルト

全体図

図 2.1-7　原子炉隔離時冷却系ポンプ構造図

表 2.1-13　原子炉隔離時冷却系ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		軸継手	炭素鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼
		ケーシングリング	青銅鋳物
	軸支持	ころがり軸受	（消耗品）
		軸受箱	炭素鋼鋳鋼
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	炭素鋼鋳鋼
		ケーシングカバー	炭素鋼
		取付ボルト	低合金鋼
	軸シール	メカニカルシール	（消耗品）
機器の支持	支持	ベース	炭素鋼
		基礎ボルト	低合金鋼

表 2.1-14　原子炉隔離時冷却系ポンプの使用条件

最高使用圧力	10.35 MPa
最高使用温度	77 ℃
容量	142 m^3/h
内部流体	純水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ターボポンプの機能は，羽根車を回転させることにより，流体にエネルギーを与えるものであり，この機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) ポンプ容量と揚程の確保

(2) バウンダリの維持

(3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

ターボポンプについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 で示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

軸シール(メカニカルシール，グランドパッキン，シールリング)，ころがり軸受，海水ポンプ用水中軸受は消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

a. 主軸の摩耗［共通］

ころがり軸受，水中軸受を使用しているポンプの主軸については，軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが，分解点検時に目視点検及び寸法測定を実施し，有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

すべり軸受を使用しているポンプの主軸については，すべり軸受との接触面において摩耗の発生が想定されるが，軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に油膜が形成される構造となっており，主軸に摩耗が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検及び寸法測定を実施し，有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 羽根車とケーシングリング間の摩耗［共通］

ケーシングリングは，羽根車と摺動することにより摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検及び羽根車とケーシングリング間の寸法測定において，有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，羽根車とケーシングリング間の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ベースの腐食（全面腐食）［共通］

ベースは炭素鋼であり腐食が発生する可能性があるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ベースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［残留熱除去海水系ポンプ，残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，給水加熱器ドレンポンプ，原子炉冷却材浄化系循環ポンプ， タービン駆動原子炉給水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ］

基礎ボルトの健全性評価は，「機械設備の技術評価書」にて評価を行うこととし，本評価書には含めない。

e. 主軸，中間軸継手，羽根車，ケーシングリング，軸受箱，デリベリ，コラムパイプ，ケーシング，取付ボルトの腐食（孔食・隙間腐食）［残留熱除去海水系ポンプ］

主軸，中間軸継手，羽根車，ケーシングリング，軸受箱，デリベリ，コラムパイプ，ケーシング，取付ボルトはステンレス鋼又はステンレス鋳鋼であり，内部流体が海水であることから，接液部に腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性があるが，分解点検時の目視点検において腐食（孔食・隙間腐食）の状況を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，主軸，中間軸継手，羽根車，ケーシングリング，軸受箱，デリベリ，コラムパイプ，ケーシング，取付ボルトの腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はないと判断する。

f. 水中軸受の摩耗［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，給水加熱器ドレンポンプ］

水中軸受は主軸との摺動部において摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検及び主軸と水中軸受間の寸法測定を行い，有意な摩耗が認められた場合は軸受の取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，水中軸受の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，原子炉冷却材浄化系循環ポンプ，タービン駆動原子炉給水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ］

取付ボルトは炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食状況を確認し，有意な腐食が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. シール水クーラの腐食（全面腐食，浸食）［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ］

シール水クーラの胴及び伝熱管は銅合金で，胴内面及び伝熱管外面が海水に接液していることから腐食が発生する可能性があるが，分解点検時の目視点検により腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

残留熱除去系ポンプについては第 25 回定期検査時に伝熱管の腐食による海水の漏えいが確認されたことから，構造を再設計し当該定期検査期間中に交換することとしており，高圧炉心スプレイ系ポンプについても同様に交換する計画である。

したがって，シール水クーラの腐食（全面腐食，浸食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 軸受箱の外面の腐食（全面腐食）［給水加熱器ドレンポンプ，原子炉冷却材浄化系循環ポンプ，タービン駆動原子炉給水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ］

軸受箱は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，軸受箱の外面の腐食（外面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 羽根車，ケーシング，コラムパイプ及びデリベリの腐食（流れ加速型腐食）［給水加熱器ドレンポンプ］

羽根車は青銅鋳物，ケーシングは鋳鉄，コラムパイプ及びデリベリは炭素鋼であり，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，羽根車，ケーシング，コラムパイプ及びデリベリの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. すべり軸受の摩耗及びはく離［タービン駆動原子炉給水ポンプ］

すべり軸受は主軸との摺動部において摩耗の発生が想定されるが，軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に油膜が形成される構造となっており，摩耗が生じる可能性は小さく，分解点検時の目視点検，寸法測定において有意な摩耗の有無を確認し，必要に応じて軸受の取替を行うことにより機能を維持している。

はく離についても，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において，有意な欠陥の有無を確認し，必要に応じて軸受の取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，すべり軸受の摩耗及びはく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 主軸のフレッティング疲労割れ［タービン駆動原子炉給水ポンプ］

主軸と羽根車の嵌め合い部は，他プラントにおいてフレッティング疲労による割れ事象が発生しており，焼き嵌めにより取付けられているポンプにおいてはフレッティング疲労割れが想定されるが，当該ポンプケーシングはダブルボリュート構造であることから，変動応力が生じる可能性は低くフレッティング疲労割れの発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検，浸透探傷検査において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，主軸のフレッティング疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 軸継手の腐食（全面腐食）［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，給水加熱器ドレンポンプ，原子炉冷却材浄化系循環ポンプ，タービン駆動原子炉給水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ］

軸継手は炭素鋼鋳鋼，鋳鉄，低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，軸継手の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. ケーシング，コラムパイプ，デリベリの外面の腐食（全面腐食）［残留熱除去系ポンプ，給水加熱器ドレンポンプ］

ケーシングは炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄，コラムパイプ及びデリベリは炭素鋼であり，外面は大気接触することから腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ケーシング，コラムパイプ，デリベリの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. ケーシング，コラムパイプ，デリベリの内面の腐食（全面腐食）［残留熱除去系ポンプ］

ケーシングは炭素鋼鋳鋼，コラムパイプ及びデリベリは炭素鋼であり，内面は純水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，ケーシング，コラムパイプ，デリベリの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. ケーシング，デリベリの外面の腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系ポンプ］

ケーシングは炭素鋼鋳鋼，デリベリは炭素鋼であり，外面は大気接触することから腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ケーシング，デリベリの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. ケーシング，デリベリの内面の腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系ポンプ］

ケーシングは炭素鋼鋳鋼，デリベリは炭素鋼であり，内面は純水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，ケーシング，デリベリの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. バレルの内面の腐食（全面腐食）［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，給水加熱器ドレンポンプ］

バレルは炭素鋼であり，内面は純水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修を行うことにより機能を維持している。

したがって，バレルの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. ケーシング，ケーシングカバーの腐食（全面腐食）［タービン駆動原子炉給水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ］

ケーシング，ケーシングカバーは低合金鋼，炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり，腐食が想定されるが，外面の大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

内面については，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，ケーシング，ケーシングカバーの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. シール水クーラ伝熱管の異物付着［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ］

シール水クーラ伝熱管は外部流体が海水であることから，異物付着の可能性があるが，分解点検時に伝熱管の手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，シール水クーラ伝熱管の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. マウントの腐食（全面腐食）［残留熱除去海水系ポンプ］

マウントは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，マウントの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. サイクロンセパレータの貫粒型応力腐食割れ［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，給水加熱器ドレンポンプ］

サイクロンセパレータはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，サイクロンセパレータの応力腐食割れ（貫粒型応力腐食割れ）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部等において，高サイクル疲労割れが想定されるが，ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことからこれらの傾向が変化する要因があるとはとは考え難い。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. 羽根車の腐食（キャビテーション）［共通］

ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ，ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが，ポンプはキャビテーションを起こさない条件［（有効吸込ヘッド）＞（必要有効吸込ヘッド）］を満たすよう設計段階において考慮されており，この大小関係は経年的に変わるものではないことから腐食の発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（キャビテーション）は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，羽根車の腐食（キャビテーション）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

y．シール水クーラ伝熱管の異物付着［原子炉冷却材浄化系循環ポンプ］

シール水クーラ伝熱管は，長期使用により異物付着が想定されるが，内部流体が水質管理された純水（防錆材入り）であることから，異物付着の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において異物は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，シール水クーラ伝熱管の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

z．軸受箱の内面の腐食（全面腐食）［給水加熱器ドレンポンプ，原子炉冷却材浄化系循環ポンプ，タービン駆動原子炉給水ポンプ，原子炉隔離時冷却系ポンプ］

軸受箱は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，内部流体は潤滑油であることから腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸受箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

aa．軸継手の摩耗［原子炉隔離時冷却系ポンプ］

軸継手はギアカップリングであり，ギア部によりトルクを伝達するため，長期使用により摩耗が想定されるが，ギア部には潤滑剤が塗布されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認さられておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸継手の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. バレルの外面の腐食（全面腐食）［残留熱除去系ポンプ，高圧炉心スプレイ系ポンプ，給水加熱器ドレンポンプ］

バレルは炭素鋼であり，外面はコンクリートに覆われていることから，地下水の浸透により浸水する場合には腐食が想定されるが，建屋は止水壁により止水処理を行っていることから腐食の発生する可能性はなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，バレルの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ケーシング及びケーシングカバーの熱時効［原子炉冷却材浄化系循環ポンプ］

ケーシング及びケーシングカバーに使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト層を含む 2 相組織であり，使用温度は 250 ℃以上（最高使用温度 302 ℃）であるため，熱時効による材料の靭性低下が想定され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，ケーシング及びケーシングカバーにはき裂原因となる経年劣化事象は想定されていないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

したがって，ケーシング及びケーシングカバーの熱時効は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1（1/7） 残留熱除去海水系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△	△*1	△*2					*1：孔食・隙間腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：キャビテーション
		中間軸継手		ステンレス鋼		△*1						
		軸継手		ステンレス鋳鋼								
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*1*3						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△	△*1						
	軸支持	軸受箱		ステンレス鋼		△*1						
		水中軸受	◎	―								
バウンダリの維持	耐圧	デリベリ		ステンレス鋳鋼		△*1						
		コラムパイプ		ステンレス鋼		△*1						
		ケーシング		ステンレス鋳鋼		△*1						
		取付ボルト		ステンレス鋼		△*1						
	軸シール	グランドパッキン	◎	―								
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
		マウント		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/7)　残留熱除去系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：内面 *4：外面 *5：全面腐食，浸食 *6：伝熱管の異物付着 *7：貫粒型応力腐食割れ
		中間軸継手		ステンレス鋼								
		軸継手		炭素鋼鋳鋼		△						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	水中軸受		炭素鋼 ＋カーボン	△							
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△*3*4						
		コラムパイプ		炭素鋼		△*3*4						
		デリベリ		炭素鋼		△*3*4						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
		バレル		炭素鋼		△*3 ▲*4						
	軸シール	シール水クーラ		銅合金		△*5					△*6	
		メカニカルシール	◎	―								
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	サイクロンセパレータ		ステンレス鋼				△*7				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (3/7)　高圧炉心スプレイ系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：内面 *4：外面 *5：全面腐食，浸食 *6：伝熱管の異物付着 *7：貫粒型応力腐食割れ
		中間軸継手		ステンレス鋼								
		軸継手		炭素鋼鋳鋼		△						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	水中軸受		炭素鋼 ＋カーボン	△							
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△*3*4						
		デリベリ		炭素鋼		△*3*4						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
		バレル		炭素鋼		△*3 ▲*4						
	軸シール	シール水クーラ		銅合金		△*5					△*6	
		メカニカルシール	◎	―								
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	サイクロン セパレータ		ステンレス鋼				△*7				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（4/7） 給水加熱器ドレンポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1					*1：高サイクル疲労割れ *2：流れ加速型腐食 *3：キャビテーション *4：外面 *5：内面 *6：貫粒型応力腐食割れ
		中間軸継手		ステンレス鋼								
		軸継手		鋳鉄		△						
	エネルギー変換	羽根車		青銅鋳物	△	△*2*3						
		ケーシングリング		青銅鋳物	△							
	軸支持	水中軸受		青銅鋳物	△							
		軸受箱		鋳鉄		△*4*5						
		ころがり軸受	◎	—								
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		鋳鉄		△*2*4						
		コラムパイプ		炭素鋼		△*2*4						
		デリベリ		炭素鋼		△*2*4						
		取付ボルト		ステンレス鋼								
		バレル		炭素鋼		△*5▲*4						
	軸シール	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	サイクロンセパレータ		ステンレス鋼				△*6				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (5/7)　原子炉冷却材浄化系循環ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△[*1]					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：外面 *4：内面 *5：伝熱管の異物付着
		軸継手		低合金鋼		△						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△[*2]						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	軸受箱		炭素鋼		△[*3*4]						
		潤滑油クーラ		銅合金								
		ころがり軸受	◎	—								
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		ステンレス鋳鋼					▲			
		ケーシングカバー		ステンレス鋳鋼					▲			
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	軸シール	メカニカルシール	◎	—								
		シール水クーラ		ステンレス鋼							△[*5]	
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (6/7)　タービン駆動原子炉給水ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1*2					*1：フレッティング疲労割れ *2：高サイクル疲労割れ *3：キャビテーション *4：外面 *5：内面 *6：はく離
		軸継手		低合金鋼		△						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*3						
		ケーシングリング		ステンレス鋼	△							
	軸支持	軸受箱		炭素鋼鋳鋼		△*4*5						
		すべり軸受		炭素鋼，Babitt Metal	△						△*6	
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		低合金鋼		△						
		ケーシングカバー		低合金鋼		△						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	軸シール	シールリング	◎	―								
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（7/7） 原子炉隔離時冷却系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1					*1：高サイクル疲労割れ *2：キャビテーション *3：外面 *4：内面
		軸継手		炭素鋼	△	△						
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*2						
		ケーシングリング		青銅鋳物	△							
	軸支持	ころがり軸受	◎	—								
		軸受箱		炭素鋼鋳鋼		△*3*4						
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		炭素鋼鋳鋼		△						
		ケーシングカバー		炭素鋼		△						
		取付ボルト		低合金鋼		△						
	軸シール	メカニカルシール	◎	—								
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		低合金鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

① 非常用ディーゼル発電機海水ポンプ
② 高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ
③ 低圧炉心スプレイ系ポンプ
④ 原子炉冷却材浄化系保持ポンプ
⑤ 制御棒駆動水ポンプ
⑥ 高圧復水ポンプ
⑦ 電動機駆動原子炉給水ポンプ
⑧ 高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ
⑨ 低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ
⑩ 残留熱除去系レグシールポンプ
⑪ 原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ
⑫ 常設高圧代替注水ポンプ
⑬ 常設低圧代替注水ポンプ
⑭ 緊急用海水ポンプ
⑮ 代替燃料プール冷却系ポンプ
⑯ 代替循環冷却系ポンプ
⑰ 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 主軸の摩耗［共通］

代表機器と同様，ころがり軸受，水中軸受を使用しているポンプの主軸については，軸受と主軸の接触面の摩耗が想定されるが，分解点検時に目視点検及び寸法測定を実施し，有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

すべり軸受を使用しているポンプの主軸については，すべり軸受との接触面において摩耗の発生が想定されるが，軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に油膜が形成される構造となっており，主軸に摩耗が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検及び寸法測定を実施し，有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 羽根車とケーシングリング間の摩耗［共通］

代表機器と同様，ケーシングリングは，羽根車と摺動することにより摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検及び羽根車とケーシングリング間の寸法測定において，有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，羽根車とケーシングリング間の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ベースの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，ベースは炭素鋼であり腐食が発生する可能性があるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，ベースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［非常用ディーゼル発電機海水ポンプ，高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ，低圧炉心スプレイ系ポンプ，原子炉冷却材浄化系保持ポンプ，制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ，高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，残留熱除去系レグシールポンプ，原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ，常設高圧代替注水ポンプ］

代表機器と同様に「機械設備の技術評価書」にて評価を行うこととし，本評価書には含めない。

e. 主軸，中間軸継手，羽根車，ケーシングリング，軸受箱，デリベリ，コラムパイプ，ケーシング，取付ボルトの腐食（孔食・隙間腐食）［非常用ディーゼル発電機海水ポンプ，高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ，緊急用海水ポンプ］

代表機器と同様，主軸，中間軸継手，羽根車，ケーシングリング，軸受箱，デリベリ，コラムパイプ，ケーシング，取付ボルトはステンレス鋼又はステンレス鋳鋼であり，内部流体が海水であることから，接液部に腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性があるが，分解点検時の目視点検において腐食（孔食・隙間腐食）の状況を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

新規に設置される緊急用海水ポンプは，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，主軸，中間軸継手，羽根車，ケーシングリング，軸受箱，デリベリ，コラムパイプ，ケーシング，取付ボルトの腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象はないと判断する。

f. 水中軸受の摩耗［低圧炉心スプレイ系ポンプ，緊急用海水ポンプ］

代表機器と同様，水中軸受は主軸との摺動部において摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検及び主軸と水中軸受間の寸法測定を行い，有意な摩耗が認められた場合は軸受の取替を行うことにより機能を維持している。

新規に設置される緊急用海水ポンプは，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，水中軸受の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［取付ボルトが炭素鋼又は低合金鋼の機器共通］

代表機器と同様，取付ボルトは炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食状況を確認し，有意な腐食が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. シール水クーラの腐食（全面腐食，浸食）［低圧炉心スプレイ系ポンプ］

代表機器と同様，シール水クーラの胴及び伝熱管は銅合金で，胴内面及び伝熱管外面が海水に接液していることから腐食が発生する可能性があるが，分解点検時の目視点検により腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

残留熱除去系ポンプの伝熱管腐食による海水漏えいの対策として，代表機器と同様，構造を再設計し第 25 回定期検査期間中に交換する計画である。

したがって，シール水クーラの腐食（全面腐食，浸食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 軸受箱の外面の腐食（全面腐食）［制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ，高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，残留熱除去系レグシールポンプ，原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ，常設低圧代替注水ポンプ，代替燃料プール冷却系ポンプ，代替循環冷却系ポンプ］

代表機器と同様，軸受箱は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，軸受箱の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. すべり軸受の摩耗及びはく離［制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

代表機器と同様，すべり軸受は主軸との摺動部において摩耗の発生が想定されるが，軸受には潤滑剤が供給され主軸と軸受間に油膜が形成される構造となっており，摩耗が生じる可能性は小さく，分解点検時の目視点検，寸法測定において有意な摩耗の有無を確認し，必要に応じて軸受の取替を行うことにより機能を維持している。

はく離についても，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において，有意な欠陥の有無を確認し，必要に応じて軸受の取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，すべり軸受の摩耗及びはく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 主軸のフレッティング疲労割れ［電動機駆動原子炉給水ポンプ］

代表機器と同様，他プラントにおいてフレッティング疲労による割れ事象が発生しており，焼き嵌めにより取付けられているポンプにおいてはフレッティング疲労割れが想定されるが，当該ポンプケーシングはダブルボリュート構造であることから，変動応力が生じる可能性は低くフレッティング疲労割れの発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検，浸透探傷検査を行うことにより機能を維持している。

したがって，主軸のフレッティング疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 軸継手の腐食（全面腐食）［軸継手の材質が炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼の機器共通］

代表機器と同様，軸継手は炭素鋼鋳鋼，炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，軸継手の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. ケーシング，コラムパイプ，デリベリの外面の腐食（全面腐食）［低圧炉心スプレイ系ポンプ］

代表機器と同様，ケーシングは炭素鋼鋳鋼，コラムパイプ，デリベリは炭素鋼であり，外面は大気接触することから腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ケーシング，コラムパイプ，デリベリの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. ケーシング，コラムパイプ，デリベリの内面の腐食（全面腐食）［低圧炉心スプレイ系ポンプ］

代表機器と同様，ケーシングは炭素鋼鋳鋼，コラムパイプ，デリベリは炭素鋼であり，内面は純水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，ケーシング，コラムパイプ，デリベリの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. バレルの内面の腐食（全面腐食）［低圧炉心スプレイ系ポンプ］

代表機器と同様，バレルは炭素鋼であり，内面は純水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食の状態を確認し，必要に応じて補修を行うことにより機能を維持している。

したがって，バレルの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. ケーシング，ケーシングカバーの外面の腐食（全面腐食）［ケーシング，ケーシングカバーの材質が炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼の機器共通］

代表機器と同様，ケーシング，ケーシングカバーは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり，腐食が想定されるが，外面の大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，ケーシング，ケーシングカバーの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. ケーシング，ケーシングカバーの内面の腐食（全面腐食）［ケーシング，ケーシングカバーの材質が炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼の機器共通］

代表機器と同様，ケーシング，ケーシングカバーは炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり，内面は純水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，ケーシング，ケーシングカバーの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. シール水クーラ伝熱管の異物付着［低圧炉心スプレイ系ポンプ］

代表機器と同様，シール水クーラ伝熱管は外部流体が海水であることから，異物付着の可能性があるが，分解点検時に伝熱管の手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，シール水クーラ伝熱管の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 軸受用潤滑油ユニットの外面の腐食（全面腐食）［制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

軸受用潤滑油ユニットは炭素鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部については塗装により腐食を防止しており，塗膜が健全であれば腐食の可能性は小さく，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸受用潤滑油ユニットの外面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t. マウントの腐食（全面腐食）［緊急用海水ポンプ］

マウントは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，今後分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能は維持できると考える。

したがって，マウントの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. サイクロンセパレータの貫粒型応力腐食割れ［低圧炉心スプレイ系ポンプ，制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，高圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，低圧炉心スプレイ系レグシールポンプ，残留熱除去系レグシールポンプ，原子炉隔離時冷却系レグシールポンプ］

代表機器と同様，サイクロンセパレータはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，サイクロンセパレータの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

代表機器と同様，主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部等において，高サイクル疲労割れが想定されるが，ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことからこれらの傾向が変化する要因があるとはとは考え難い。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 羽根車の腐食（キャビテーション）［共通］

代表機器と同様，ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ，ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが，ポンプはキャビテーションを起こさない条件［(有効吸込ヘッド)＞(必要有効吸込ヘッド)］を満たすよう設計段階において考慮されており，この大小関係は経年的に変わるものではないことからキャビテーションの発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（キャビテーション）は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，羽根車の腐食（キャビテーション）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. 軸受箱の内面の腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，軸受箱は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，内部流体は潤滑油であることから腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

新規に設置される常設重大事故等対処設備に属する機器については，今後上記同様の保全を実施することで機能は維持できると考える。

したがって，軸受箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

y. 増速機の摩耗［制御棒駆動水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

増速機及び減速機の歯車は長期使用において摩耗が想定されるが，潤滑剤により潤滑されており摩耗の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び歯当りの確認で，有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，増速機の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

z. 増速機ケーシングの内面の腐食（全面腐食）［制御棒駆動水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

増速機のケーシングは炭素鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，内面については歯車ならびに軸受を潤滑するため，潤滑油がケーシング内面にはねかけられる構造となっていることから，腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，増速機のケーシングの内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

aa. 軸継手の摩耗［制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

軸継手はギアカップリングであり，ギア部によりトルクを伝達するため，長期使用により摩耗が想定されるが，ギア部には潤滑剤が塗布されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸継手の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ab. 軸受用潤滑油ユニットの内面の腐食（全面腐食）［制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

軸受用潤滑油ユニットは炭素鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，内面については内部流体が潤滑油であることから腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸受用潤滑油ユニットの内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ac. 軸受用主油ポンプの摩耗［制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

主油ポンプは，摺動部において摩耗が想定されるが，潤滑剤で潤滑されており摩耗の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸受用主油ポンプの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

ad. 軸受用潤滑油ユニット配管の高サイクル疲労割れ［制御棒駆動水ポンプ，高圧復水ポンプ，電動機駆動原子炉給水ポンプ］

軸受用潤滑油ユニット配管は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れが想定されるが，分解点検時の目視点検において軸受用潤滑油ユニット配管に高サイクル疲労割れは確認されていない。

また，振動の状態は経年的に変化するものではなく今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸受用潤滑油ユニット配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. バレルの外面の腐食（全面腐食）［低圧炉心スプレイ系ポンプ］

バレルは炭素鋼であり，外面はコンクリートに覆われていることから，地下水の浸透により浸水する場合には腐食が想定されるが，建屋は止水壁により止水処理を行っていることから腐食の発生する可能性はなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，バレルの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

2. 往復ポンプ

［対象ポンプ］

① ほう酸水注入系ポンプ

目次

1. 対象機器 2-1
2. 往復ポンプの技術評価..... 2-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 2-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 2-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 2-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 2-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2-6

1. 対象機器

東海第二で使用している往復ポンプの主な仕様を表1-1に示す。

表 1-1　往復ポンプの主な仕様

ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	重要度[*1]	使用条件		
			運転状態	最高使用圧力 (MPa) [*2]	最高使用温度 (℃) [*2]
ほう酸水注入系ポンプ	9.78 m^3/h×870 m	MS-1，重[*3]	一時	9.66	66

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 往復ポンプの技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二のほう酸水注入系ポンプは，容量 9.78 m^3/h，揚程 870 m の水平 3 連プランジャポンプであり，2 台設置されている。

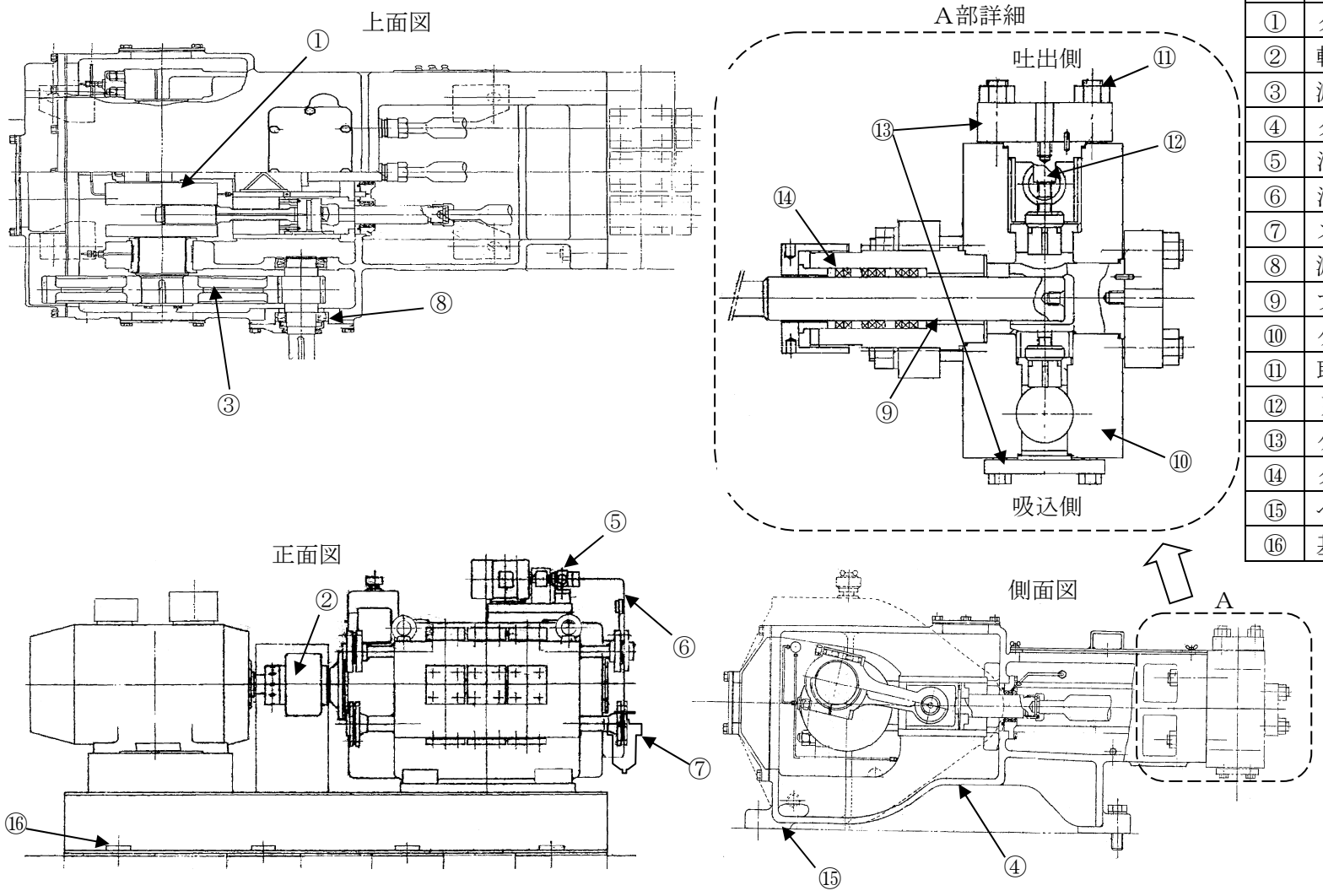
内部流体は五ほう酸ナトリウム水で，内部流体に接液するケーシング，プランジャ等には，耐食性の高いステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するため，グランドパッキンが使用されている。

また，ケーシングは取付ボルトを緩め，ケーシングカバー等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二のほう酸水注入系ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	クランク軸
②	軸継手
③	減速機歯車
④	クランクケース
⑤	油ポンプ
⑥	油配管
⑦	ストレーナ
⑧	減速機軸受
⑨	プランジャ
⑩	ケーシング
⑪	取付ボルト
⑫	リフト抑え
⑬	ケーシングカバー
⑭	グランドパッキン
⑮	ベース
⑯	基礎ボルト

図 2.1-1　ほう酸水注入系ポンプ構造図

表 2.1-1　ほう酸水注入系ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	クランク軸		炭素鋼
		軸継手		炭素鋼
		減速機歯車		鋳鉄
		クランクケース		鋳鉄
		潤滑油ユニット	油ポンプ	低合金鋼
			油配管	炭素鋼
			ストレーナ	鋳鉄
	軸支持	減速機軸受		（消耗品）
	エネルギー変換	プランジャ		ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		ステンレス鋼
		取付ボルト		低合金鋼
		リフト抑え		ステンレス鋼
		ケーシングカバー	吸込側	ステンレス鋼
			吐出側	炭素鋼
	軸シール	グランドパッキン		（消耗品）
機器の支持	支持	ベース		炭素鋼
		基礎ボルト		炭素鋼

表 2.1-2　ほう酸水注入系ポンプの使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 ℃
容量	9.78 m^3/h
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

往復ポンプの機能は，プランジャの往復動により流体の吸込・吐出作用を行うもので，この機能の達成に必要な項目としては，以下のとおり。

(1) ポンプの容量と揚程の確保

(2) バウンダリの維持

(3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

ほう酸水注入系ポンプについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，減速機軸受は消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの健全性評価は，「機械設備の技術評価書」にて評価を行うこととし，本評価書には含めない。

b. プランジャの摩耗，はく離

プランジャは往復運動を行うため，軸封部との摺動により摩耗及びはく離が想定されるが，摩耗については分解点検時に目視点検及び寸法測定を行い，有意な摩耗が認めらた場合，プランジャを補修又は取替えることにより機能を維持することとしている。

はく離については分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を行い，有意なはく離が認めらた場合，プランジャを補修又は取替えることにより機能を維持することとしている。

したがって，プランジャの摩耗，はく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. クランクケース，潤滑油ユニット油ポンプ，潤滑油ユニット油配管，潤滑油ユニットストレーナ及びケーシングカバー（吐出側）の外面の腐食（全面腐食）

クランクケース及び潤滑油ユニットストレーナは鋳鉄，潤滑油ユニット油ポンプは低合金鋼，潤滑油ユニット油配管，ケーシングカバー（吐出側）は炭素鋼であり腐食が想定されるが，外面は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，クランクケース，潤滑油ユニット油ポンプ，潤滑油ユニット油配管，潤滑油ユニットストレーナ及びケーシングカバー（吐出側）の外面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. プランジャの腐食（隙間腐食）

プランジャはステンレス鋼であり，ポンプの運転待機中（停止中）は軸封部との接触部で腐食（隙間腐食）が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，有意な腐食（隙間腐食）が確認された場合，プランジャの補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，プランジャの腐食（隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 取付ボルトの腐食（全面腐食）

取付ボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ベースの腐食（全面腐食）

ベースは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じ補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ベースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. クランク軸の高サイクル疲労割れ

クランク軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，クランク軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，クランク軸の高サイクル疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. クランク軸の摩耗

クランク軸はプランジャに駆動力を伝達するために回転運動を行うことから，摺動部の摩耗が想定されるが，摺動部には潤滑油による油膜が形成されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び寸法測定において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，クランク軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i．プランジャ，ケーシング，ケーシングカバー（吸込側）及びリフト抑えの接液部の腐食（全面腐食）

プランジャ，ケーシング，ケーシングカバー（吸込側）及びリフト抑えの接液部はステンレス鋼であり，内部流体の五ほう酸ナトリウム水であるため腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，プランジャ，ケーシング，ケーシングカバー（吸込側）及びリフト抑えの接液部の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j．ケーシング，ケーシングカバーの高サイクル疲労割れ

往復ポンプのケーシングには吸込圧力と吐出圧力が交互に加わり，この圧力変動の繰り返しにより疲労が蓄積されることが考えられる。

しかし，ケーシング，ケーシングカバーは設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，疲労割れの発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な割れは認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ケーシング，ケーシングカバーの高サイクル疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k．クランク軸の腐食（全面腐食）

クランク軸は炭素鋼であり腐食が想定されるが，クランク軸については歯車及び軸受を潤滑するため，潤滑油がケース内面にはねかけられる構造となっていることから腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，クランク軸の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. クランクケース，潤滑油ユニット油ポンプ，潤滑油ユニット油配管及び潤滑油ユニットストレーナの内面の腐食（全面腐食）

クランクケース及び潤滑油ユニットストレーナは鋳鉄，潤滑油ユニット油配管は炭素鋼，潤滑油ユニット油ポンプは低合金鋼であり腐食が想定されるが，内部流体が潤滑油であることから腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，クランクケース，潤滑油ユニット油ポンプ，潤滑油ユニット油配管及び潤滑油ユニットストレーナの内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 減速機歯車の摩耗

減速機の歯車は長期使用においては摩耗が想定されるが，潤滑油で潤滑されていることから摩耗の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，減速機歯車の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 減速機歯車の腐食（全面腐食）

減速機の歯車は長期使用においては腐食が想定されるが，潤滑油で潤滑されていることから腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，減速機歯車の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 軸継手の摩耗

軸継手は運転時に動力を伝える部品であるため，長期使用において摩耗が想定されるが，潤滑剤で潤滑されていることから摩耗の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，軸継手の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 潤滑油ユニット油ポンプの摩耗

潤滑油ユニット油ポンプ摺動部は低合金鋼であり摩耗が想定されるが，潤滑油で潤滑されていることから摩耗の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，潤滑油ユニット油ポンプの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 潤滑油ユニット油配管の高サイクル疲労割れ

潤滑油ユニット油配管は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，設計段階において適切にサポートを配置しており，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れの発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において潤滑油ユニット油配管に高サイクル疲労割れは認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，潤滑油ユニット油配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1　ほう酸水注入系ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
						減肉		割れ		材料変化		その他	
						摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプの容量と揚程の確保	エネルギー伝達	クランク軸			炭素鋼	△	△	△*1					*1:高サイクル疲労割れ *2:はく離 *3:隙間腐食 *4:内面 *5:外面 *6:接液部
		軸継手			炭素鋼	△							
		減速機歯車			鋳鉄	△	△						
		クランクケース			鋳鉄		△*4*5						
		潤滑油ユニット	油ポンプ		低合金鋼	△	△*4*5						
			油配管		炭素鋼		△*4*5	△*1					
			ストレーナ		鋳鉄		△*4*5						
	軸支持	減速機軸受		◎	—								
	エネルギー変換	プランジャ			ステンレス鋼	△	△*3*6					△*2	
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング			ステンレス鋼		△*6	△*1					
		取付ボルト			低合金鋼		△						
		リフト抑え			ステンレス鋼		△*6						
		ケーシングカバー	吸込側		ステンレス鋼		△*6	△*1					
			吐出側		炭素鋼		△*5	△*1					
	軸シール	グランドパッキン		◎	—								
機器の支持	支持	ベース			炭素鋼		△						
		基礎ボルト			炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 原子炉再循環ポンプ

［対象ポンプ］

① 原子炉再循環ポンプ

目次

1. 対象機器 3-1
2. 原子炉再循環ポンプの技術評価..... 3-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 3-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 3-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 3-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 3-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 3-6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 3-11

1. 対象機器

東海第二で使用している原子炉再循環ポンプの主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1　原子炉再循環ポンプの主な仕様

ポンプ名称	仕様 (容量×揚程)	重要度*1	使用条件		
			運転 状態	最高使用圧力 (MPa)*2	最高使用温度 (℃)*2
原子炉再循環ポンプ	8,100 m^3/h× 245.4 m	PS-1	連続	11.38	302

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：ポンプ吐出配管の仕様を示す

2. 原子炉再循環ポンプの技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプは，容量 8,100 m^3/h（100％容量），揚程 245.4 m の立軸遠心ポンプであり，原子炉冷却材を高温･高圧で循環させる機能を有し，2 台設置されている。

純水に接液する羽根車，主軸，ケーシング等には耐食性が高いステンレス鋼，ステンレス鋳鋼が使用されており，軸封部はメカニカルシール方式を採用している。

また，羽根車及び主軸はスタッドボルトをゆるめ，ケーシングカバー等を取外すことにより，点検手入れが可能である。

なお，本ポンプは，第 10 回定期検査時（1989 年度）において，東京電力福島第二原子力発電所３号機の水中軸受損傷に鑑み，水中軸受をすみ肉溶接タイプから一体鋳造型に取替を行った。さらに第 16 回定期検査時（1997 年度），第 17 回定期検査時（1999 年度）に国内 BWR 複数プラントにおける主軸・ケーシングカバーラビリンス部の熱疲労割れ事象の対策として，内装熱交換器を採用したケーシングカバーへの取替を行っている。

東海第二の原子炉再循環ポンプの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	主軸
②	軸継手
③	羽根車
④	水中軸受
⑤	ケーシング
⑥	ケーシングカバー
⑦	ケーシングリング
⑧	スタッドボルト
⑨	ガスケット
⑩	メカニカルシール
⑪	内装熱交換器

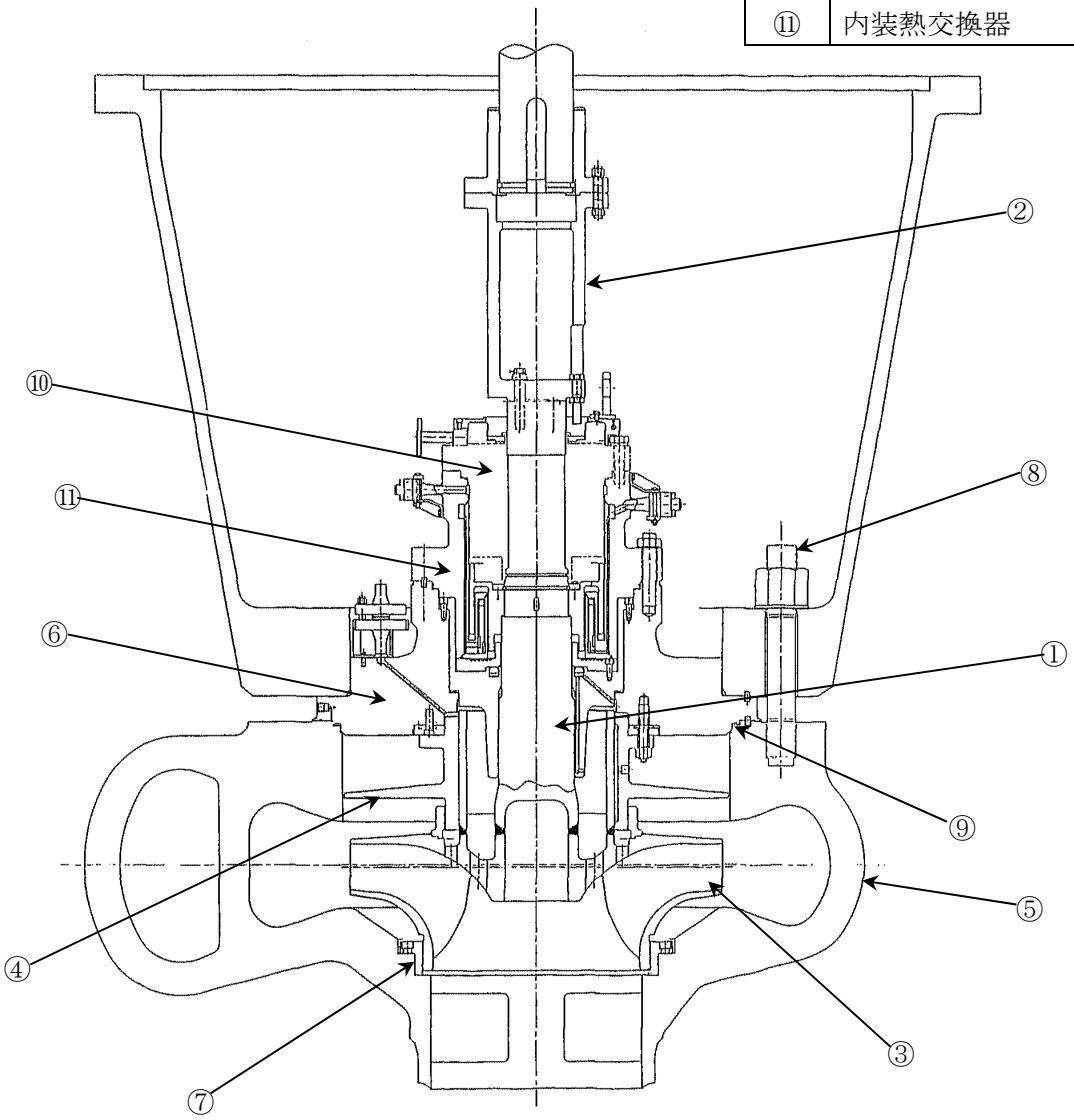


図 2.1-1　原子炉再循環ポンプの構造図

表 2.1-1　原子炉再循環ポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
		軸継手	ステンレス鋼
	エネルギー変換	羽根車	ステンレス鋳鋼
	軸支持	水中軸受	ステンレス鋳鋼
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング	ステンレス鋳鋼
		ケーシングカバー	ステンレス鋳鋼
		ケーシングリング	ステンレス鋳鋼
		スタッドボルト	低合金鋼
		ガスケット	（消耗品）
	軸シール	メカニカルシール	（消耗品）
その他	メカニカルシールパージ	内装熱交換器	ステンレス鋼

表 2.1-2　原子炉再循環ポンプの使用条件

最高使用圧力	11.38 MPa
最高使用温度	302 ℃
容量	8,100 m^3/h
内部流体	純水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉再循環ポンプの機能である送水機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) ポンプ容量と揚程の確保

(2) バウンダリの維持

(3) その他

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉再循環ポンプについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

メカニカルシール，ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. ケーシングの疲労割れ

b. ケーシングの熱時効

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 羽根車とケーシングリング間の摩耗

ケーシングリングは，羽根車と摺動することにより摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検及び寸法測定において，有意な摩耗が確認された場合は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，羽根車とケーシングリング間の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スタッドボルトの腐食

スタッドボルトは，ガスケットから漏えいした内部流体による腐食が想定されるが，分解点検時の締付管理により漏えい防止を図っており，更にボルトの手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，スタッドボルトの腐食は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 主軸の摩耗

主軸と水中軸受等が接触した場合には摩耗が想定されるが，構造的に主軸が回転中に水中軸受等と接触する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 羽根車の腐食（キャビテーション）

ポンプ内部でキャビテーションが発生すると羽根車表面にエロージョンが生じ，ポンプ性能に影響を及ぼすことが想定されるが，ポンプはキャビテーションを起こさない条件

（有効吸込ヘッド）＞（必要有効吸込ヘッド）

を満たすよう設計段階において考慮されており，この大小関係は経年的に変わるものではないことから腐食（キャビテーション）の発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（キャビテーション）は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，羽根車の腐食（キャビテーション）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主軸，ケーシングカバーの高サイクル熱疲労割れ

メカニカルシール（軸封部）へ注入されている低温のパージ水と高温純水（一次冷却材）混合部に温度変動が生じ，主軸及びケーシングカバー表面に高サイクル熱疲労割れが想定され，複数の BWR プラントで事例がある。

対策として，内装熱交換器を採用した熱疲労対策型のケーシングカバーに取替えており，高サイクル熱疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主軸，ケーシングカバーの高サイクル熱疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 主軸の高サイクル疲労割れ

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において，高サイクル疲労割れが想定されるが，ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 水中軸受の疲労割れ

水中軸受は東京電力福島第二原子力発電所３号機で疲労による損傷事例があり，同様の事象として疲労割れが想定されるが，東海第二の原子炉再循環ポンプの水中軸受は，その対策として一体鋳造型へ取替を実施している。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，水中軸受の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 主軸，羽根車の粒界型応力腐食割れ

主軸の材料はステンレス鋼，羽根車の材料はステンレス鋳鋼であり粒界型応力腐食割れが想定されるが，主軸及び羽根車の材料は耐応力腐食割れ性に優れた材料であり，主軸と羽根車の溶接部においては溶接後熱処理による残留応力低減を図っていることから，応力腐食割れの可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な欠陥は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主軸，羽根車の粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 内装熱交換器の粒界型応力腐食割れ

内装熱交換器の材料はステンレス鋼であり粒界型応力腐食割れが想定されるが，材料は耐応力腐食割れ性に優れた材料であることから，粒界型応力腐食割れの可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，内装熱交換器の粒界型応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 羽根車，水中軸受，ケーシングカバー，ケーシングリングの熱時効

羽根車，水中軸受，ケーシングカバー，ケーシングリングに使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は 250 ℃以上（最高使用温度 302 ℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靭性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，前述の e，g，h で述べたとおり羽根車，水中軸受，ケーシングカバーにはき裂の原因となる疲労割れ及び応力腐食割れが発生する可能性は小さく，ケーシングリングにはき裂の原因となる経年劣化事象は想定されていないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

したがって，羽根車，水中軸受，ケーシングカバー，ケーシングリングの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1　原子炉再循環ポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
ポンプ容量と揚程の確保	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*1*2	△*4				*1：高サイクル熱疲労割れ *2：高サイクル疲労割れ *3：キャビテーション *4：粒界型応力腐食割れ
		軸継手		ステンレス鋼								
	エネルギー変換	羽根車		ステンレス鋳鋼	△	△*3		△*4	▲			
	軸支持	水中軸受		ステンレス鋳鋼			△		▲			
バウンダリの維持	耐圧	ケーシング		ステンレス鋳鋼			○		○			
		ケーシングカバー		ステンレス鋳鋼			△*1		▲			
		ケーシングリング		ステンレス鋳鋼	△				▲			
		スタッドボルト		低合金鋼		△						
		ガスケット	◎	―								
	軸シール	メカニカルシール	◎	―								
その他	メカニカルシールパージ	内装熱交換器		ステンレス鋼				△*4				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) ケーシングの疲労割れ

a. 事象の説明

ケーシングはプラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため，繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

ケーシングについて，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む)」（以下，「設計・建設規格」という）に基づき評価した。ケーシングは局部的な応力集中を避ける形状に設計されていることから，形状が不連続で配管反力を受け荷重的に厳しいポンプケーシング入口ノズルと配管との溶接部を評価対象とした。評価にあたっては，配管・弁を含む 3 次元梁モデルにより応力算出及び評価を行った。評価対象部位を図 2.3-1 に示す。

疲労評価は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。

*:評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

また，使用環境を考慮した疲労について，日本機械学会「発電用原子力設備規格　環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表 2.3-1 に，評価結果を表 2.3-2 に示す。

その結果，運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，疲労割れの可能性は小さいと判断する。

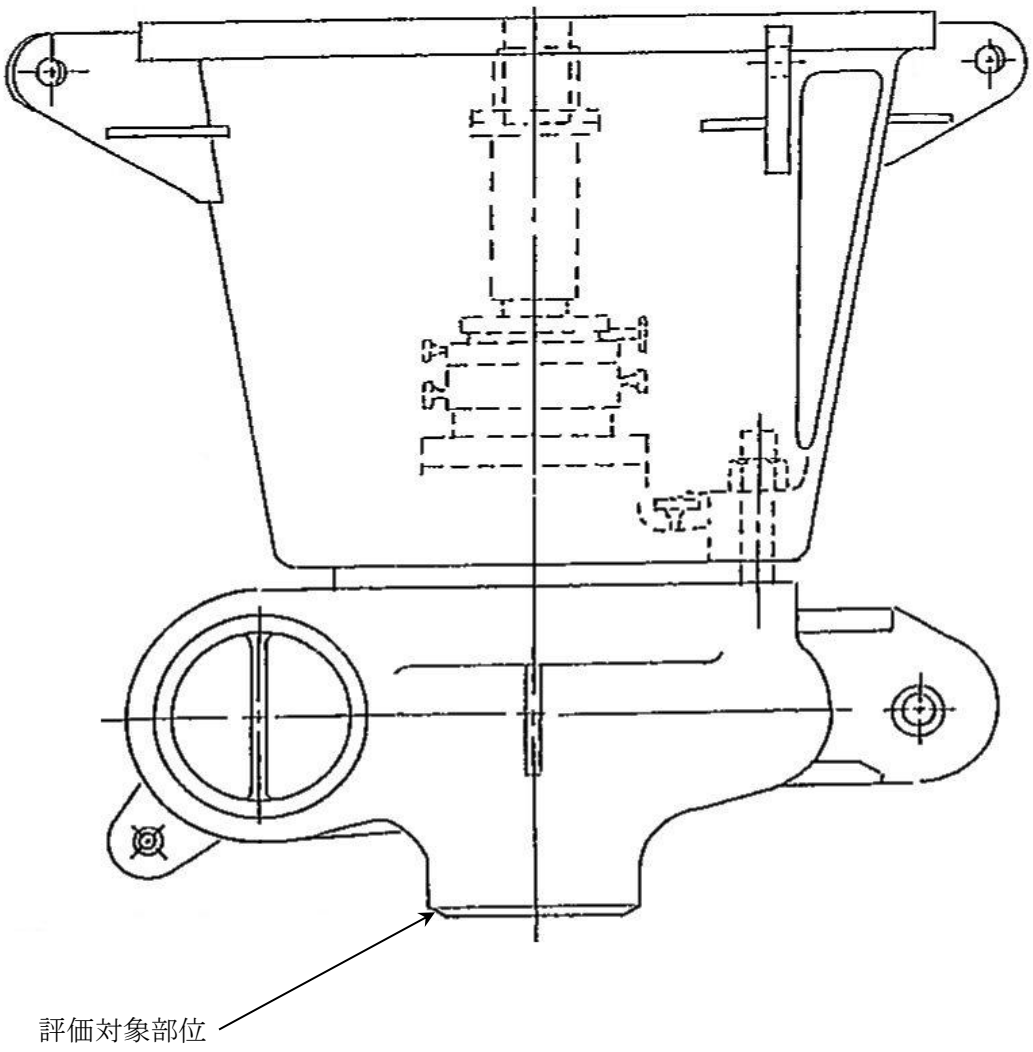


図 2.3-1　原子炉再循環ポンプ外形図

表 2.3-1　原子炉再循環系の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 （2016 年 11 月時点）	60 年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失 （給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2　原子炉再循環ポンプの疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数 （許容値：1 以下）		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 （環境を考慮）
	現時点 （2016 年 11 月時点）	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
ケーシングと配管 の溶接部	0.0000	0.0000	0.0000

② 現状保全

ケーシングの疲労割れに対しては，定期的な分解点検時にケーシング内表面の目視点検を実施している。また，ポンプケーシング出入口ノズルと配管との溶接部についても，供用期間中検査による超音波探傷検査を実施している。

さらに，実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており，今後も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果よりケーシングの疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。

ただし，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

また，疲労割れが発生する可能性は外表面に比較し内表面が高いと考えられるが，内表面は分解点検時の目視点検にて検査することとしており，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c．高経年化への対応

ケーシングの疲労割れに対しては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

(2) ケーシングの熱時効

a. 事象の説明

ケーシングに使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため，高温での長期の使用に伴い，時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし，相分離が起こることにより，靭性の低下，材料特性変化を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

プラントの長期間運転中に熱時効を受けたステンレス鋳鋼は，引張強さは増加するので材料強度の評価上の余裕は向上するが，材料の靭性が低下する。

ここでは，保守的に初期欠陥を想定し，破壊力学的手法を用いて，ステンレス鋳鋼の熱時効後のき裂の安定性評価を実施した。

熱時効による健全性評価への影響は，発生応力（荷重）が大きいほど大きくなることから，初期欠陥を想定したステンレス鋳鋼の部位の中で発生応力が最も大きい原子炉再循環ポンプケーシングを評価部位として選定した。

具体的には，評価対象部位の熱時効後の材料のき裂進展抵抗*1（J_{mat}）と構造系に作用する応力から算出されるき裂進展力*2（J_{app}）を求めてその比較を行った。

その結果，図2.3-2に示すように運転開始後60年時点までの疲労き裂進展長さを考慮した評価用き裂*3を想定しても，J_{mat}がJ_{app}と交差し，J_{mat}がJ_{app}を上回ること，およびJ_{mat}とJ_{app}の交点においてJ_{mat}の傾きがJ_{app}の傾きを上回ることから，ケーシングは不安定破壊することはなく，健全性評価上問題とならないと判断する。

*1：き裂進展抵抗は，「S.Kawaguchi et al.,”PREDICTION METHOD OF TENSILE PROPERTIES AND FRACTURE TOUGHNESS OF THERMALLY AGED CAST DUPLEX STAINLESS STEEL PIPING”,ASME PVP 2005-71528」にて公開されている脆化予測モデル（H3T モデル：Hyperbolic Time Temperature Toughness）を用いて，評価部位のフェライト量を基に，運転開始後 60 年時点の熱時効時間におけるき裂進展抵抗を予測した。また，予測の下限値を採用した。

*2：初期き裂の想定，き裂進展，貫通き裂の想定は，「原子力発電所配管破損防護設計技術指針（JEAG4613-1998)」の評価手法を参考にした。き裂進展力は，EPRI NP-6301-D(1989)のJ積分の解析解に基づき算出した。また，き裂進展力の算出において考慮する応力は，破壊に寄与する荷重である一次応力（内圧，自重，地震(Ss)）に，安全側に二次応力の熱膨張荷重を加えたものである。

*3：原子炉再循環系の疲労評価用過渡条件及び地震動による運転開始後 60 年時点までの疲労き裂の進展を考慮しても，当該き裂はケーシングを貫通しない評価結果となったが，その後のき裂の安定性評価においては，保守的に貫通き裂を想定した。

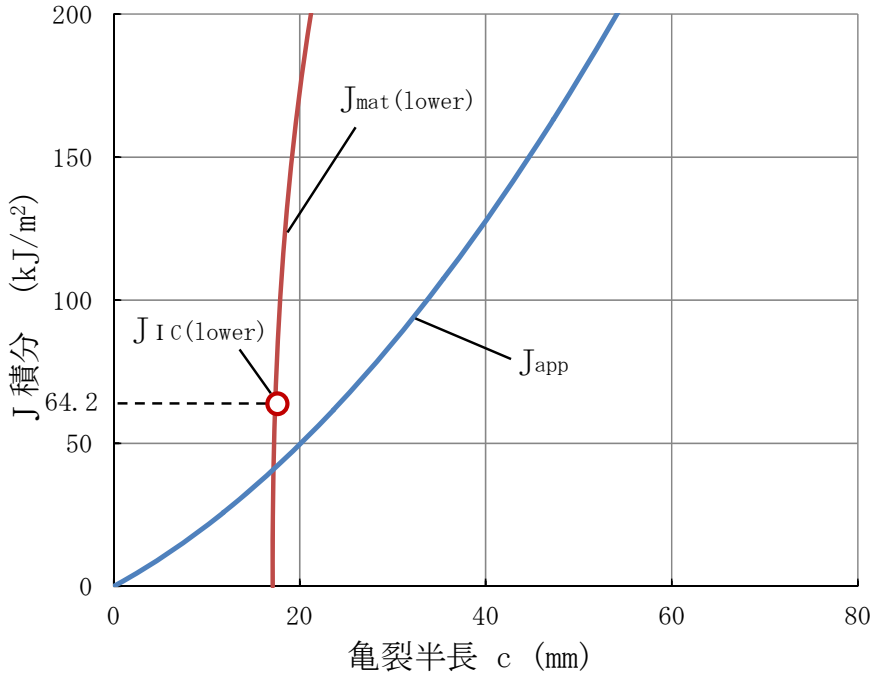


図 2.3-2　原子炉再循環ポンプケーシングのき裂安定性評価結果

② 現状保全

ケーシングは，製造時に，放射線透過検査及び浸透探傷検査を実施しており，き裂のないことを確認している。現状保全としては，分解点検時のポンプの内表面の目視点検により，異常のないことを確認している。また，供用期間中検査として定期的にケーシングと配管の溶接部の超音波探傷検査及びケーシングの内表面の目視点検を実施し，判定基準を満足していることを確認している。

③ 総合評価

運転開始後60年時点を想定したケーシングの健全性評価結果から判断して，当該部位は不安定破壊することはなく，延長しようとする期間において熱時効が構造健全性で問題となる可能性はない。

また，現状保全において，目視点検又は超音波探傷検査を実施し，異常の無いことを確認している。

c. 高経年化への対応

ケーシングの熱時効については，現状保全の内容に追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

東海第二発電所
熱交換器の技術評価書

（運転を断続的に行うことを前提とした評価）

日本原子力発電株式会社

本評価書は，東海第二発電所（以下，「東海第二」という）で使用している安全上重要な熱交換器（重要度分類審査指針におけるクラス 1 及びクラス 2 の熱交換器及び高温・高圧の環境下にあるクラス 3 の熱交換器）及び常設重大事故等対処設備に属する熱交換器について，運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象熱交換器の一覧を表 1 に，機能を表 2 に示す。

評価対象機器を型式，内部流体，材料でグループ化し，それぞれのグループから，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後，代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は熱交換器の型式を基に以下の 2 章で構成されている。

1．U 字管式熱交換器
2．プレート式熱交換器

なお，非常用ディーゼル機関の潤滑油冷却器等は「機械設備の技術評価書」に含めて評価するものとし，本評価書には含めていない。

また，文書中の単位の記載は，原則として SI 単位系に基づくものとする。（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）

表１　評価対象機器一覧

型式	機器名称	容量 (熱交換量)	重要度[*1]
U 字管式 熱交換器	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器	25.7 MW	PS-2
	原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	8.84 MW	PS-2
	グランド蒸気蒸発器	13.1 t/h[*2]	高[*3]
	給水加熱器	117～43.0 MW	高[*3]
	残留熱除去系熱交換器	53.0 MW	MS-1 重[*4]
	排ガス予熱器	0.122 MW	PS-2
	排ガス復水器	4.86 MW	PS-2
	窒素ガス貯蔵設備蒸発器	6,800 Nm^3/h[*2]	高[*3]
プレート式 熱交換器	代替燃料プール冷却系熱交換器[*5]	2.31 MW	重[*4]

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：蒸発能力を示す

*3：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器であることを示す

*5：新規に設置される機器

表２　評価対象機器の機能

機器名称	主な機能
原子炉冷却材浄化系再生熱交換器	熱効率向上のため，原子炉から取り出した高温の原子炉冷却材と，浄化した後に原子炉に戻す低温の原子炉冷却材を熱交換する。
原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器	原子炉冷却材浄化系再生熱交換器で冷却された原子炉冷却材を，ろ過脱塩装置（樹脂）通水可能温度まで原子炉補機冷却水で冷却する。
グランド蒸気蒸発器	復水をタービン抽気蒸気で加熱し，タービン軸封用の蒸気を発生させる。
給水加熱器	熱効率向上のため，タービン抽気蒸気と給水（復水含む）を熱交換する。
残留熱除去系熱交換器	原子炉停止後もしくは，重大事故等が発生した際に，原子炉冷却材の冷却（崩壊熱の除去）や，格納容器スプレイ時にサプレッション・プール水の冷却を海水ポンプから送られた海水で熱交換する。
排ガス予熱器	復水器から抽出された空気（排ガス）を再結合させやすくするため，所内蒸気を用いて排ガス温度を高める。
排ガス復水器	再結合器を出た排ガスを，原子炉補機冷却水によって冷却し，凝縮ドレンを排出して湿分を除去する。
窒素ガス貯蔵設備蒸発器	通常運転中もしくは，冷却材喪失事故時に格納容器内の水素あるいは酸素濃度を，燃焼限界以下に維持するため，液体窒素貯蔵タンクから供給される液体窒素を蒸発気化させ，格納容器内に供給する。
代替燃料プール冷却系熱交換器	重大事故等が発生し，使用済燃料プールの冷却機能が喪失した場合においても，使用済燃料から発生する崩壊熱を冷却するため，使用済燃料プール水と海水を熱交換する。

1. U 字管式熱交換器

［対象 U 字管式熱交換器］

① 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器
② 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器
③ グランド蒸気蒸発器
④ 給水加熱器
⑤ 残留熱除去系熱交換器
⑥ 排ガス予熱器
⑦ 排ガス復水器
⑧ 窒素ガス貯蔵設備蒸発器

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 1-1
1.2 代表機器の選定..... 1-1
2. 代表機器の技術評価..... 1-4
2.1 構造，材料及び使用条件..... 1-4
2.1.1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器..... 1-4
2.1.2 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器..... 1-7
2.1.3 グランド蒸気蒸発器..... 1-10
2.1.4 給水加熱器..... 1-13
2.1.5 残留熱除去系熱交換器..... 1-22
2.1.6 排ガス予熱器..... 1-25
2.1.7 排ガス復水器..... 1-28
2.1.8 窒素ガス貯蔵設備蒸発器..... 1-31
2.2 経年劣化事象の抽出..... 1-34
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 1-34
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 1-34
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 1-35

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用しているU字管式熱交換器（曲管式熱交換器を含む）のうち，主要なU字管式熱交換器の主な仕様を表1-1に示す。

これらのU字管式熱交換器を内部流体及び材料の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体及び材料を分類基準とし，U 字管式熱交換器を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

内部流体は，純水，冷却水，蒸気，海水，排ガス，窒素に分類される。

1.2 代表機器の選定

表1-1に分類するグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力の観点から代表機器を選定する。

(1) 内部流体（管側：純水，胴側：純水）

このグループには，原子炉冷却材浄化系再生熱交換器のみが属するため，代表機器は原子炉冷却材浄化系再生熱交換器とする。

(2) 内部流体（管側：純水，胴側：冷却水）

このグループには，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器のみが属するため，代表機器は原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器とする。

(3) 内部流体（管側：蒸気，胴側：純水）

このグループには，グランド蒸気蒸発器のみが属するため，代表機器はグランド蒸気蒸発器とする。

(4) 内部流体（管側：純水，胴側：蒸気）

このグループには，給水加熱器のみが属するため，代表機器は給水加熱器とする。

(5) 内部流体（管側：海水，胴側：純水）

このグループには，残留熱除去系熱交換器のみが属するため，代表機器は残留熱除去系熱交換器とする。

(6) 内部流体（管側：排ガス，胴側：蒸気）

このグループには，排ガス予熱器のみが属するため，代表機器は排ガス予熱器とする。

(7) 内部流体（管側：冷却水，胴側：排ガス）

このグループには，排ガス復水器のみが属するため，代表機器は排ガス復水器とする。

(8) 内部流体（管側：窒素，胴側：純水）

このグループには，窒素ガス貯蔵設備蒸発器のみが属するため，代表機器は窒素ガス貯蔵設備蒸発器とする。

表 1-1　U 字管式熱交換器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準					機器名称	容量 (熱交換量)	選定基準						選定	選定理由
型式	内部流体		材料				重要度[*1]	使用条件						
	管側	胴側	伝熱管	胴				運転状態	最高使用温度(℃)		最高使用圧力(MPa)			
									管側	胴側	管側	胴側		
U 字管式	純水	純水	ステンレス鋼	ステンレス鋼	原子炉冷却材浄化系 再生熱交換器	25.7 MW	PS-2	連続	302	302	9.80	9.80	◎	
	純水	冷却水[*2]	ステンレス鋼	炭素鋼	原子炉冷却材浄化系 非再生熱交換器	8.84 MW	PS-2	連続	302	188	9.79	0.86	◎	
	蒸気	純水	ステンレス鋼	炭素鋼	グランド蒸気 蒸発器	13.1 t/h[*3]	高[*4]	連続	233	233	1.04	1.04	◎	
	純水	蒸気	ステンレス鋼	低合金鋼 炭素鋼	給水加熱器	117 MW～ 43.0 MW	高[*4]	連続	233～ 205	235～ 149	12.93～ 6.14	2.97～ 0.35	◎	
	海水	純水	銅合金	炭素鋼	残留熱除去系 熱交換器	53.0 MW	MS-1 重[*5]	一時	249	249	3.45	3.45	◎	
	排ガス	蒸気	ステンレス鋼	ステンレス鋼	排ガス予熱器	0.122 MW	PS-2	連続	205	205	2.42	1.03	◎	
	冷却水[*2]	排ガス	ステンレス鋼	低合金鋼	排ガス復水器	4.86 MW	PS-2	連続	538	538	0.86	2.41	◎	
	窒素	純水	ステンレス鋼	炭素鋼	窒素ガス貯蔵設備 蒸発器	6,800 Nm^3/h[*3]	高[*4]	一時	100	100	1.81	大気圧	◎	

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：冷却水（防錆剤入り純水）
*3：蒸発能力を示す
*4：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*5：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の熱交換器について技術評価を実施する。

① 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器
② 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器
③ グランド蒸気蒸発器
④ 給水加熱器
⑤ 残留熱除去系熱交換器
⑥ 排ガス予熱器
⑦ 排ガス復水器
⑧ 窒素ガス貯蔵設備蒸発器

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 原子炉冷却材浄化系再生熱交換器

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系再生熱交換器は，熱交換量25.7 MWの横型U字管式熱交換器であり，1基（3胴）設置されている。

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器は，熱交換機能を有する伝熱管に高温側純水を送水するための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して高温側純水を冷却する低温側純水が流れる胴側構成品,機器を支持するための支持脚，取付ボルト，基礎ボルトから構成される。

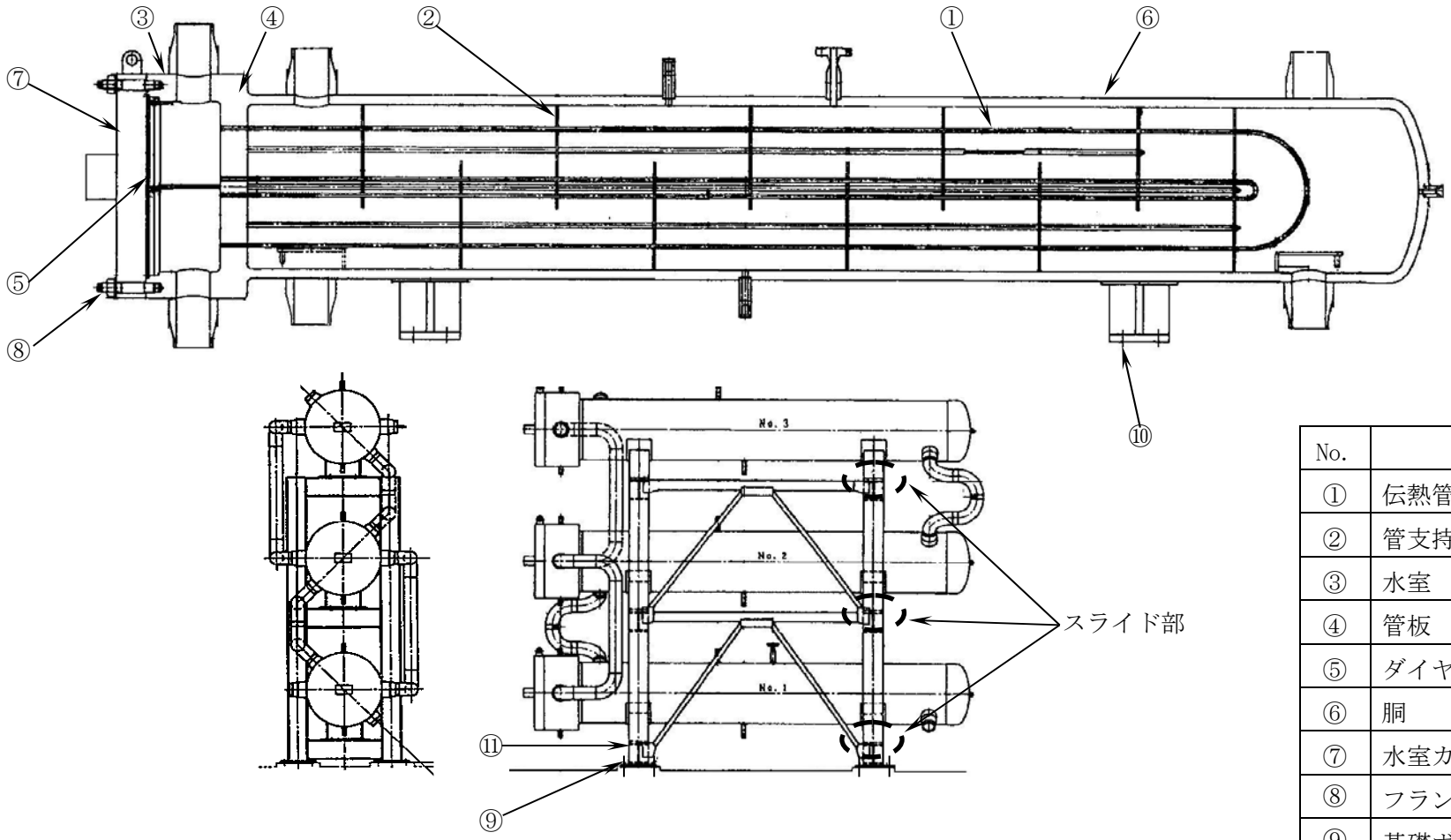
原子炉冷却材浄化系再生熱交換器については，プラント運転中に胴側，管側とも高温の純水と接しており，応力腐食割れ発生の可能性があったことから，第17回定期検査（1999～2000年度）で，鋭敏化特性に優れた低炭素系のステンレス鋼の熱交換器に取替を実施している。

また，水室とダイヤフラムは，リークポテンシャルを低減するため，溶接で取付けられている。

東海第二の原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系再生熱交換器主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部位
①	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	管板
⑤	ダイヤフラム
⑥	胴
⑦	水室カバー
⑧	フランジボルト
⑨	基礎ボルト
⑩	取付ボルト
⑪	支持脚

図 2.1-1　原子炉冷却材浄化系再生熱交換器構造図

表 2.1-1　原子炉冷却材浄化系再生熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼
	伝熱管支持	管支持板	ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	水室	ステンレス鋼
		管板	ステンレス鋼
		ダイヤフラム	ステンレス鋼
		胴	ステンレス鋼
		水室カバー	炭素鋼
		フランジボルト	低合金鋼
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼
		支持脚	炭素鋼

表 2.1-2　原子炉冷却材浄化系再生熱交換器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	302 ℃	302 ℃
最高使用圧力	9.80 MPa	9.80 MPa
容量（熱交換量）	25.7 MW	
内部流体	純水	純水

2.1.2 原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器は，熱交換量 8.84 MW の横型 U 字管式熱交換器であり，1 基(2 胴)設置されている。

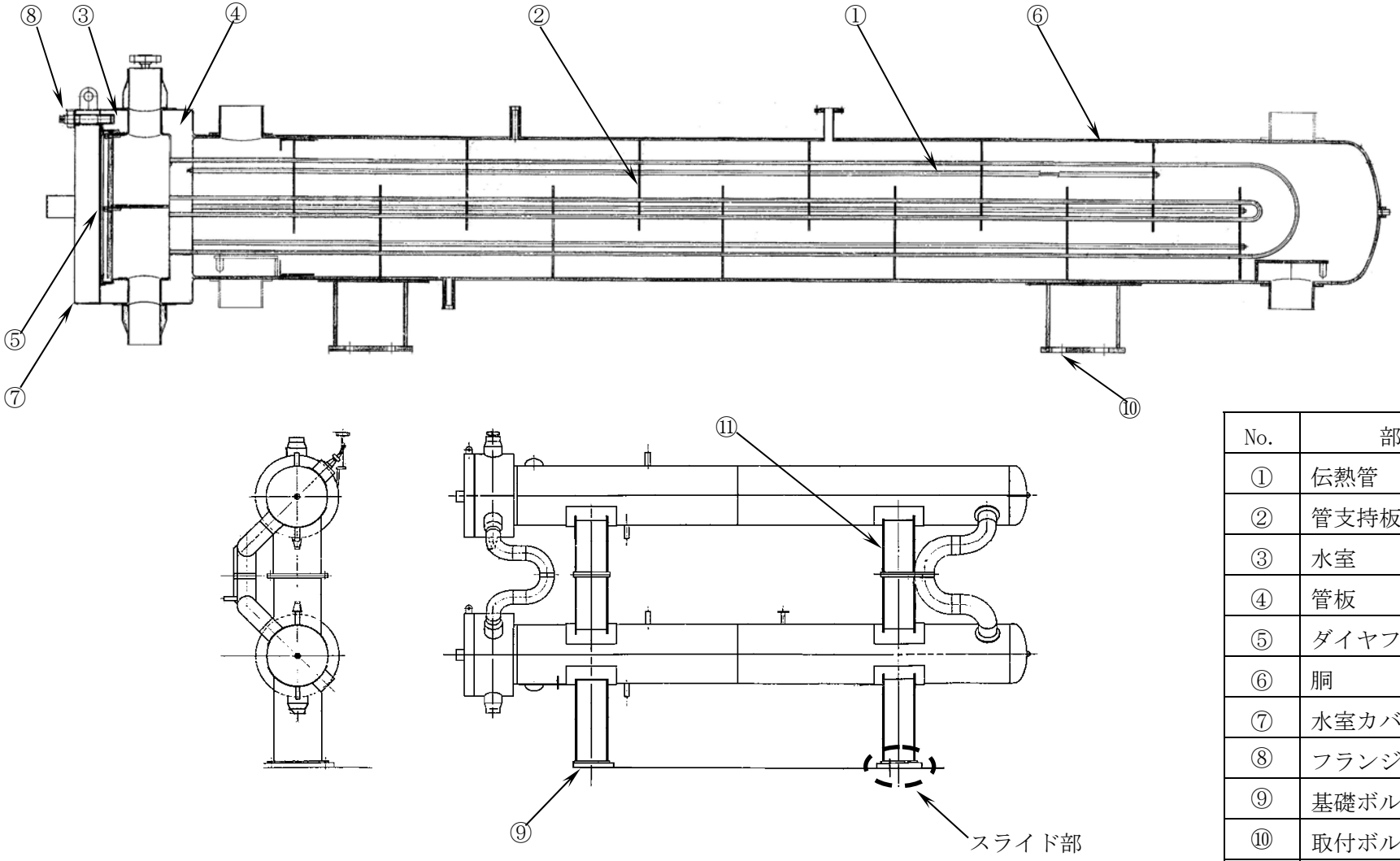
本熱交換器は，熱交換機能を有する伝熱管に高温側純水を送水するための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して高温側純水を冷却する冷却水（防錆剤入り純水）が流れる胴側構成品，機器を支持するための支持脚，基礎ボルトから構成される。

また，水室とダイヤフラムは，リークポテンシャルを低減するため，溶接で取付けられている。

東海第二の原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	管板
⑤	ダイヤフラム
⑥	胴
⑦	水室カバー
⑧	フランジボルト
⑨	基礎ボルト
⑩	取付ボルト
⑪	支持脚

図 2.1-2　原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器構造図

表 2.1-3　原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼
	伝熱管支持	管支持板	炭素鋼
バウンダリの維持	耐圧	水室	炭素鋼（ステンレスクラッド）
		管板	炭素鋼（ステンレスクラッド）
		ダイヤフラム	ステンレス鋼
		胴	炭素鋼
		水室カバー	炭素鋼
		フランジボルト	低合金鋼
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼
		取付ボルト	低合金鋼
		支持脚	炭素鋼

表 2.1-4　原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	302 ℃	188 ℃
最高使用圧力	9.79 MPa	0.86 MPa
容量（熱交換量）	8.84 MW	
内部流体	純水	冷却水 （防錆剤入り純水）

2.1.3 グランド蒸気蒸発器

(1) 構造

東海第二のグランド蒸気蒸発器は，蒸発能力 13.1 t/h の横型 U 字管式熱交換器であり，1 基設置されている。

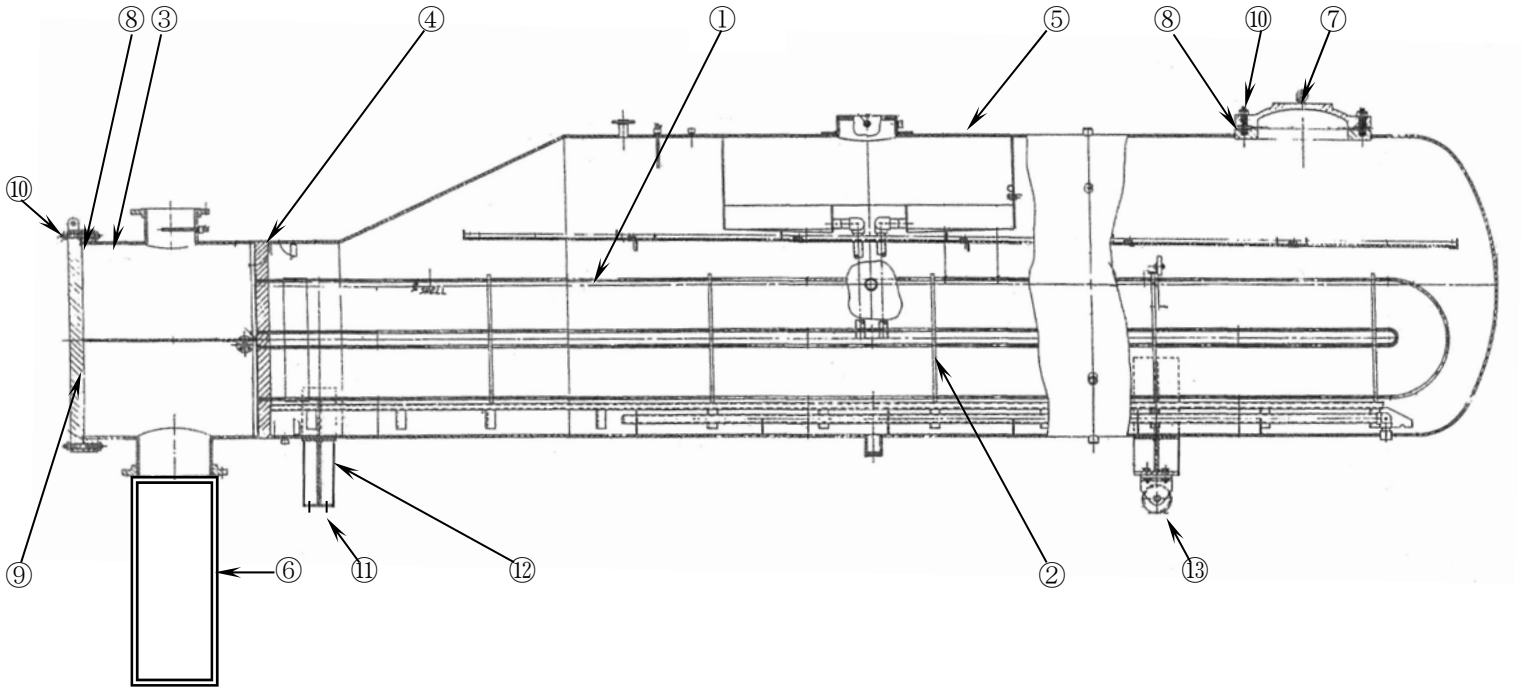
本熱交換器は，熱交換機能を有する伝熱管に蒸気を送るための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して蒸気を発生する純水が流れる胴側構成品，機器を支持するための支持脚，取付ボルトから構成される。

なお，伝熱管，水室，管板は，フランジボルトを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二のグランド蒸気蒸発器の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のグランド蒸気蒸発器主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	管板
⑤	胴
⑥	ドレンタンク
⑦	マンホール蓋
⑧	ガスケット
⑨	水室カバー
⑩	フランジボルト
⑪	取付ボルト
⑫	支持脚
⑬	台車

図 2.1-3 グランド蒸気蒸発器構造図

表 2.1-5　グランド蒸気蒸発器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼
	伝熱管支持	管支持板	炭素鋼
バウンダリの維持	耐圧	水室	炭素鋼
		管板	炭素鋼（ステンレスクラッド）
		胴	炭素鋼
		ドレンタンク	炭素鋼
		マンホール蓋	炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
		水室カバー	炭素鋼
		フランジボルト	低合金鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼
		支持脚	炭素鋼
		台車	炭素鋼

表 2.1-6　グランド蒸気蒸発器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	233 ℃	233 ℃
最高使用圧力	1.04 MPa	1.04 MPa
容量（蒸発能力）	13.1 t/h	
内部流体	蒸気	純水

2.1.4 給水加熱器

(1) 構造

東海第二の給水加熱器は，熱交換量 117 MW～43.0 MW の横型 U 字管式熱交換器であり，18 基設置されている。

給水加熱器は，熱交換機能を有する伝熱管に純水を送水するための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して純水を加熱するタービン抽気蒸気が流れる胴側構成品，機器を支持するための支持脚，基礎ボルト等から構成される。

以下に示す給水加熱器については，胴側の内部流体である抽気蒸気により炭素鋼の胴に流れ加速型腐食による減肉の進行が確認されたことから，耐食性のある低合金鋼の胴（長胴部）に取替を行っている。

・1984 年度（第 6 回定期検査）　：第 3 給水加熱器 2 基胴（長胴部）取替
・1986 年度（第 7 回定期検査）　：第 3 給水加熱器 1 基胴（長胴部）取替
　　第 5 給水加熱器 3 基胴（長胴部）取替

また，第 4 給水加熱器については，炭素鋼の管支持板に減肉の進行，第 6 給水加熱器については，炭素鋼の胴板に減肉の進行が確認されたため，それぞれ耐食性に優れた給水加熱器への取替を実施した。

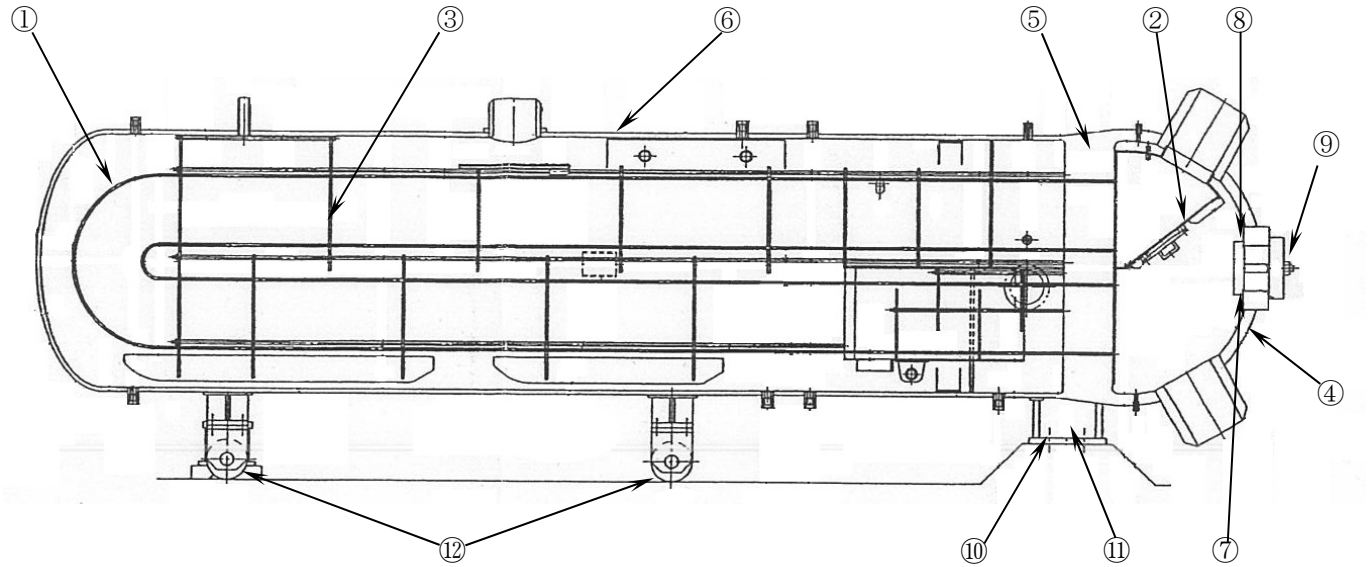
・2003 年度（第 20 回定期検査）　：第 4 給水加熱器取替
・2009 年度（第 24 回定期検査）　：第 6 給水加熱器取替

なお，伝熱管，水室，管板は，ボルトを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の給水加熱器主要部位の構造図を図 2.1-4(a)～(f)に示す。

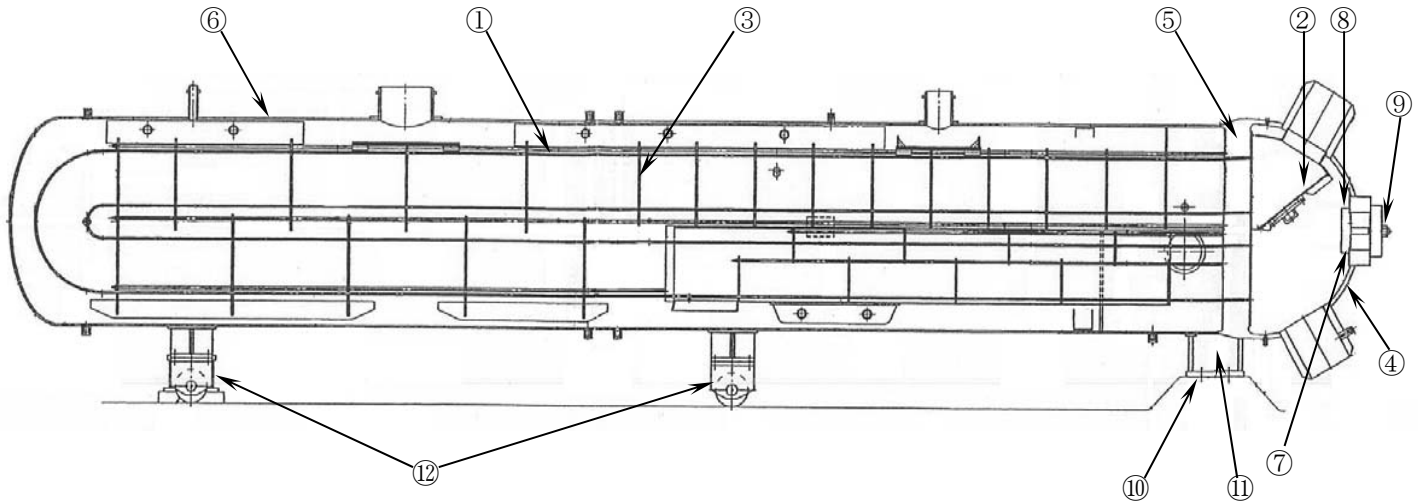
(2) 材料及び使用条件

東海第二の給水加熱器主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。



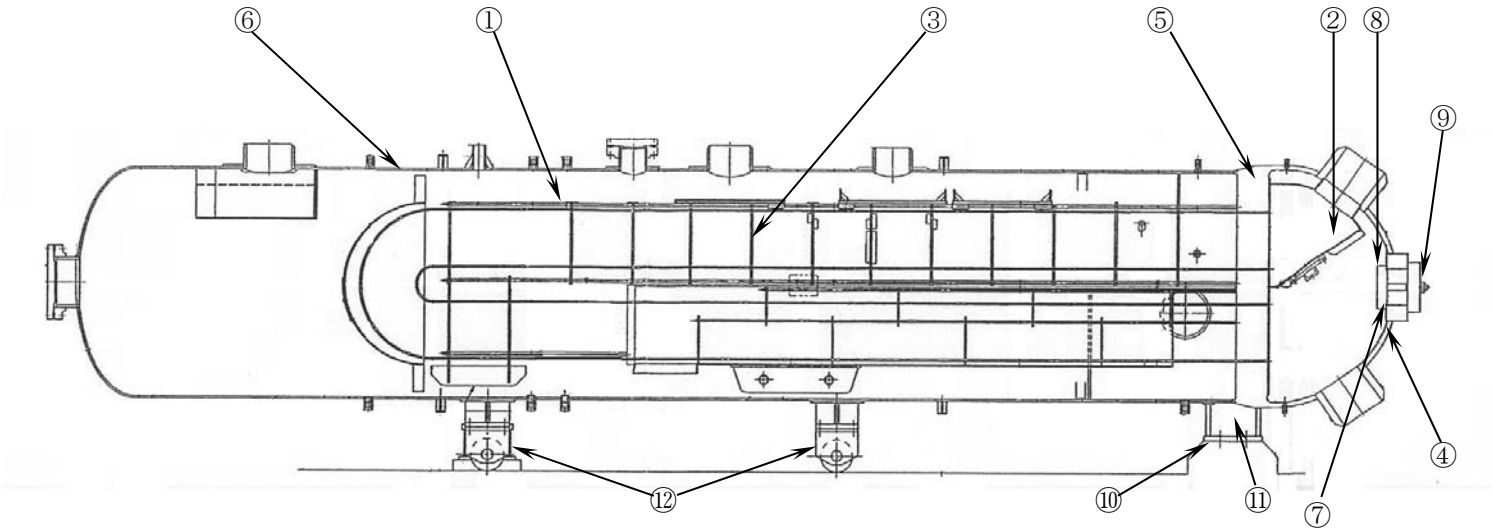
No.	部位
①	伝熱管
②	仕切板
③	管支持板
④	水室
⑤	管板
⑥	胴
⑦	ガスケット
⑧	マンホール蓋
⑨	フランジボルト
⑩	基礎ボルト
⑪	支持脚
⑫	台車

図 2.1-4(a)　第 1 給水加熱器構造図



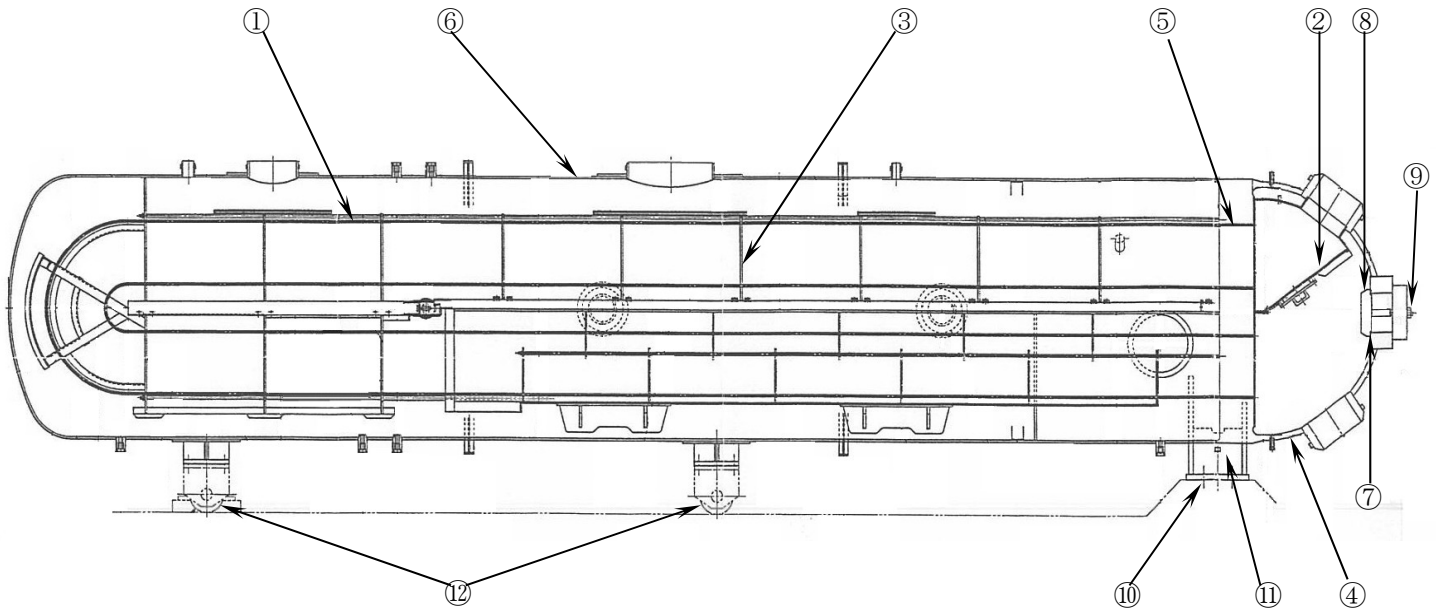
No.	部位
①	伝熱管
②	仕切板
③	管支持板
④	水室
⑤	管板
⑥	胴
⑦	ガスケット
⑧	マンホール蓋
⑨	フランジボルト
⑩	基礎ボルト
⑪	支持脚
⑫	台車

図 2.1-4(b)　第 2 給水加熱器構造図



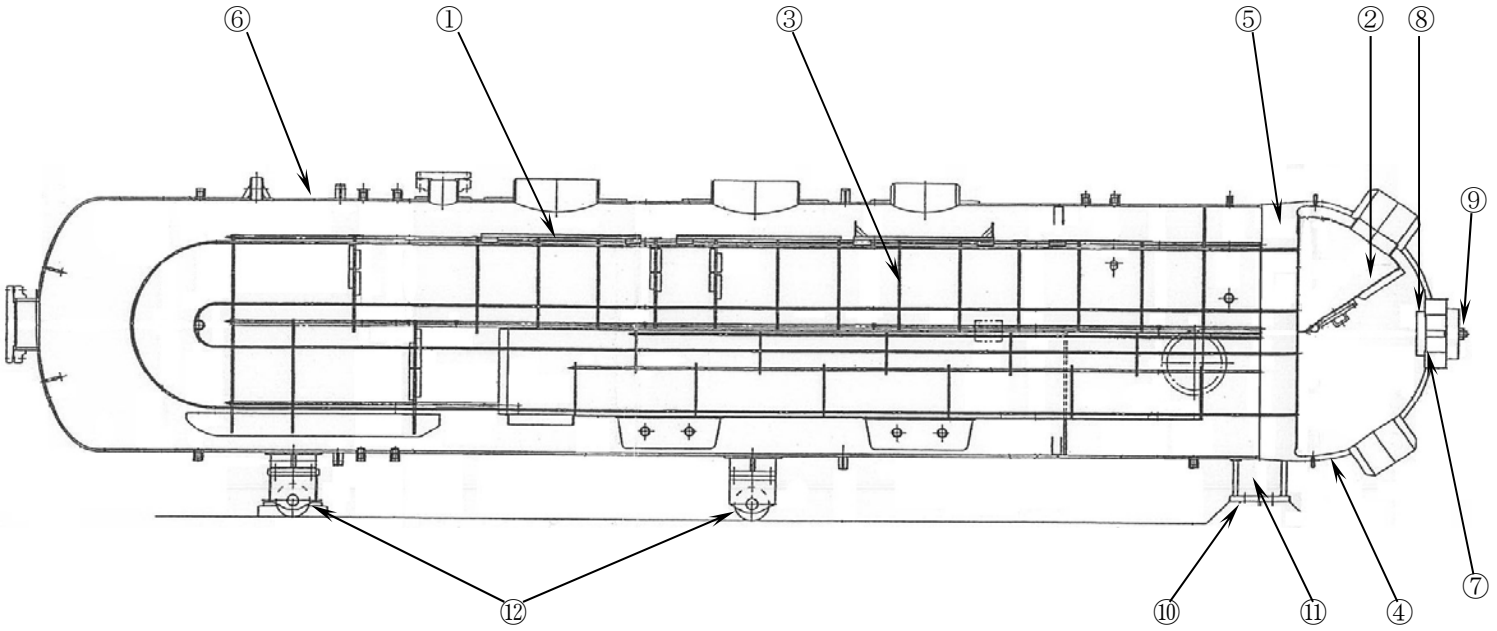
No.	部位
①	伝熱管
②	仕切板
③	管支持板
④	水室
⑤	管板
⑥	胴
⑦	ガスケット
⑧	マンホール蓋
⑨	フランジボルト
⑩	基礎ボルト
⑪	支持脚
⑫	台車

図 2.1-4(c)　第 3 給水加熱器構造図



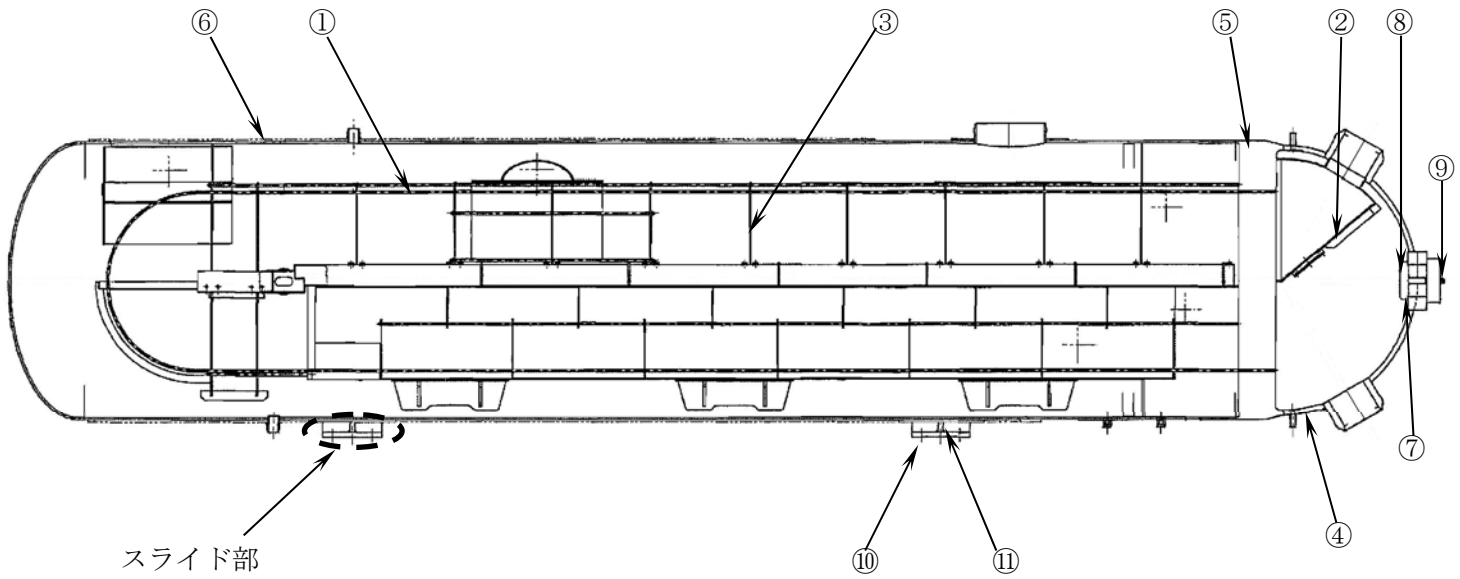
No.	部位
①	伝熱管
②	仕切板
③	管支持板
④	水室
⑤	管板
⑥	胴
⑦	ガスケット
⑧	マンホール蓋
⑨	フランジボルト
⑩	基礎ボルト
⑪	支持脚
⑫	台車

図 2.1-4(d)　第 4 給水加熱器構造図



No.	部位
①	伝熱管
②	仕切板
③	管支持板
④	水室
⑤	管板
⑥	胴
⑦	ガスケット
⑧	マンホール蓋
⑨	フランジボルト
⑩	基礎ボルト
⑪	支持脚
⑫	台車

図 2.1-4(e)　第 5 給水加熱器構造図



No.	部位
①	伝熱管
②	仕切板
③	管支持板
④	水室
⑤	管板
⑥	胴
⑦	ガスケット
⑧	マンホール蓋
⑨	フランジボルト
⑩	取付ボルト
⑪	支持脚

図 2.1-4(f)　第 6 給水加熱器構造図

表 2.1-7　給水加熱器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料					
			第 1	第 2	第 3	第 4	第 5	第 6
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼	ステンレス鋼
		仕切板	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼
	伝熱管支持	管支持板	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	低合金鋼	炭素鋼	低合金鋼
バウンダリの維持	耐圧	水室	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼
		管板	炭素鋼（ステンレスクラッド）	炭素鋼（ステンレスクラッド）	炭素鋼（ステンレスクラッド）	炭素鋼（ステンレスクラッド）	炭素鋼（ステンレスクラッド）	炭素鋼
		胴	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼, 低合金鋼	低合金鋼	炭素鋼, 低合金鋼	低合金鋼
		ガスケット	（消耗品）					
		マンホール蓋	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼
		フランジボルト	低合金鋼	低合金鋼	低合金鋼	低合金鋼	低合金鋼	低合金鋼
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	－
		取付ボルト	－	－	－	－	－	低合金鋼
		支持脚	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	低合金鋼	炭素鋼	低合金鋼
		台車	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	炭素鋼	－

表 2.1-8　給水加熱器の使用条件

	第 1		第 2		第 3		第 4		第 5		第 6	
	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側	管側	胴側
最高使用温度	233 ℃	235 ℃	205 ℃	210 ℃	205 ℃	172 ℃	205 ℃	155 ℃	205 ℃	149 ℃	205 ℃	149 ℃
最高使用圧力	12.93 MPa	2.97 MPa	6.14 MPa	1.81 MPa	6.14 MPa	0.70 MPa	6.14 MPa	0.42 MPa	6.14 MPa	0.35 MPa	6.14 MPa	0.35 MPa
容量 (熱交換量)	66.3 MW		117 MW		43.0 MW		71.9 MW		67.5 MW		91.5 MW	
内部流体	純水	蒸気, ドレン	純水	蒸気, ドレン	純水	蒸気, ドレン	純水	蒸気, ドレン	純水	蒸気, ドレン	純水	蒸気, ドレン

2.1.5 残留熱除去系熱交換器

(1) 構造

東海第二の残留熱除去系熱交換器は，熱交換量 53.0 MW の縦型 U 字管式熱交換器であり，2 基設置されている。

残留熱除去系熱交換器は，熱交換機能を有する伝熱管に海水を送るための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して冷却される純水が流れる胴側構成品，機器を支持するための取付ボルト，ラグ，架台，基礎ボルトから構成される。

また，伝熱管，水室，管板は，水室を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系熱交換器の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系熱交換器主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部位
①	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	管板
⑤	胴
⑥	ガスケット
⑦	フランジボルト
⑧	取付ボルト
⑨	ラグ
⑩	架台
⑪	基礎ボルト

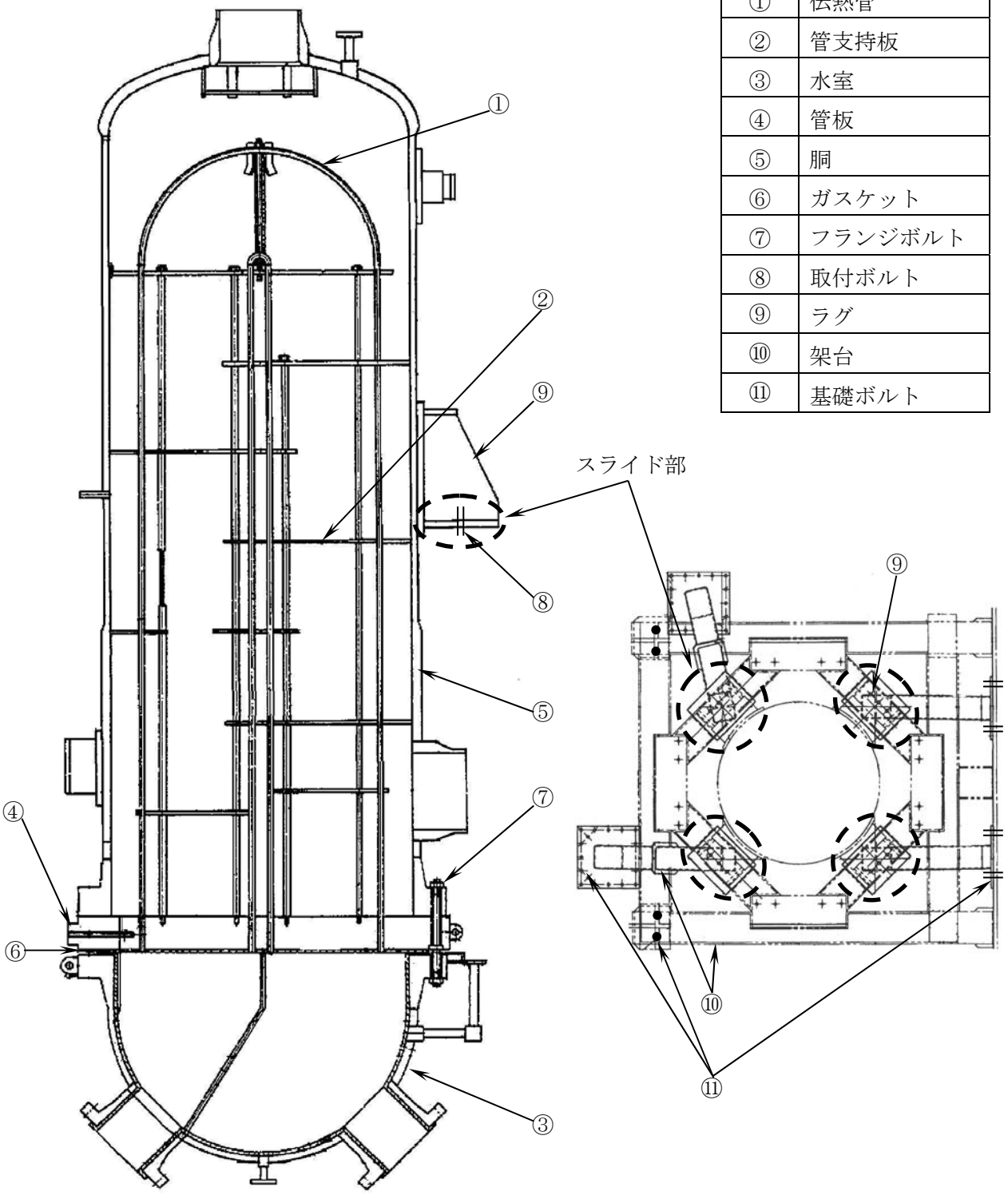


図 2.1-5 残留熱除去系熱交換器構造図

表 2.1-9　残留熱除去系熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	銅合金
	伝熱管支持	管支持板	ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	水室	炭素鋼（モネルクラッド）
		管板	炭素鋼（モネルクラッド）
		胴	炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
		フランジボルト	低合金鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼
		ラグ	炭素鋼
		架台	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，低合金鋼，樹脂

表 2.1-10　残留熱除去系熱交換器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	249 ℃	249 ℃
最高使用圧力	3.45 MPa	3.45 MPa
容量（熱交換量）	53.0 MW	
内部流体	海水	純水

2.1.6 排ガス予熱器

(1) 構造

東海第二の排ガス予熱器は，熱交換量 0.122 MW の横置 U 字管式熱交換器であり，2 基設置されている。

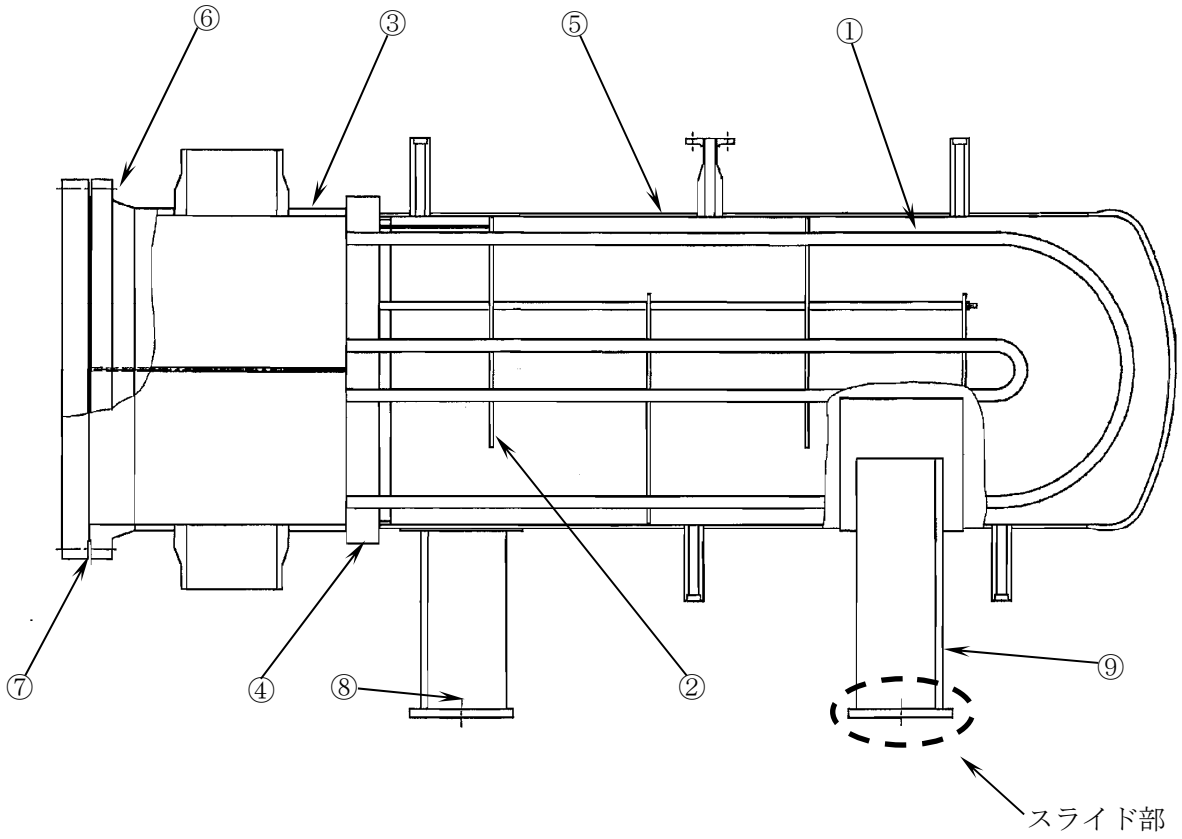
排ガス予熱器は，熱交換機能を有する伝熱管に排ガスを送るための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して排ガスを加熱する蒸気が流れる胴側構成品，機器を支持するための支持脚，基礎ボルトから構成される。

東海第二の排ガス予熱器の構造図を図 2.1-6 に示す。

排ガス予熱器については，プラント運転中に高温の蒸気と接しており，応力腐食割れ発生の可能性があったことから，第 23 回定期検査（2008 年度）で，鋭敏化特性に優れた低炭素系のステンレス鋼の熱交換器に取替を実施している。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の排ガス予熱器主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	管板
⑤	胴
⑥	フランジボルト
⑦	ガスケット
⑧	基礎ボルト
⑨	支持脚

図 2.1-6 排ガス予熱器構造図

表 2.1-11　排ガス予熱器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼
	伝熱管支持	管支持板	ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	水室	ステンレス鋼
		管板	ステンレス鋼
		胴	ステンレス鋼
		フランジボルト	低合金鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼
		支持脚	炭素鋼

表 2.1-12　排ガス予熱器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	205 ℃	205 ℃
最高使用圧力	2.42 MPa	1.03 MPa
容量（熱交換量）	0.122 MW	
内部流体	排ガス	蒸気

2.1.7 排ガス復水器

(1) 構造

東海第二の排ガス復水器は，熱交換量 4.86 MW の横置 U 字管式熱交換器であり，2 基設置されている。

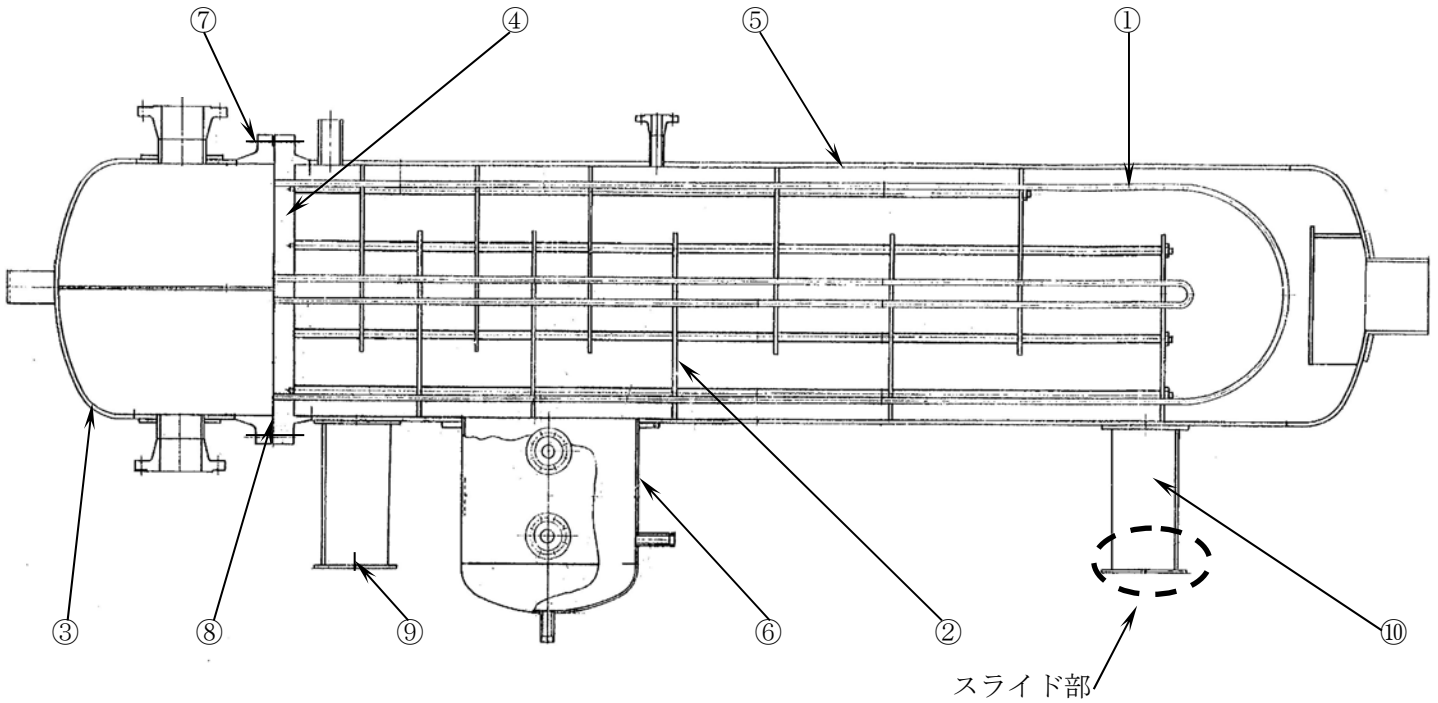
排ガス復水器は，熱交換機能を有する伝熱管に冷却水を送るための管側構成品，管側と胴側を分離するための管板，伝熱管を介して冷却される排ガスが流れる胴側構成品，機器を支持するための支持脚，基礎ボルトから構成される。

また，伝熱管，水室及び管板は，フランジボルトを取り外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の排ガス復水器の構造図を図 2.1-7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の排ガス復水器主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。



No.	部位
①	伝熱管
②	管支持板
③	水室
④	管板
⑤	胴
⑥	ドレンタンク
⑦	フランジボルト
⑧	ガスケット
⑨	基礎ボルト
⑩	支持脚

図 2.1-7　排ガス復水器構造図

表 2.1-13　排ガス復水器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼
	伝熱管支持	管支持板	ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	水室	低合金鋼
		管板	ステンレス鋼
		胴	低合金鋼
		ドレンタンク	低合金鋼
		フランジボルト	低合金鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼
		支持脚	低合金鋼

表 2.1-14　排ガス復水器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	538 ℃	538 ℃
最高使用圧力	0.86 MPa	2.41 MPa
容量（熱交換量）	4.86 MW	
内部流体	冷却水 （防錆剤入り純水）	排ガス

2.1.8 窒素ガス貯蔵設備蒸発器

(1) 構造

東海第二の窒素ガス貯蔵設備蒸発器は，蒸発能力 6,800 Nm^3/h の縦型曲管式熱交換器であり，1 基設置されている。

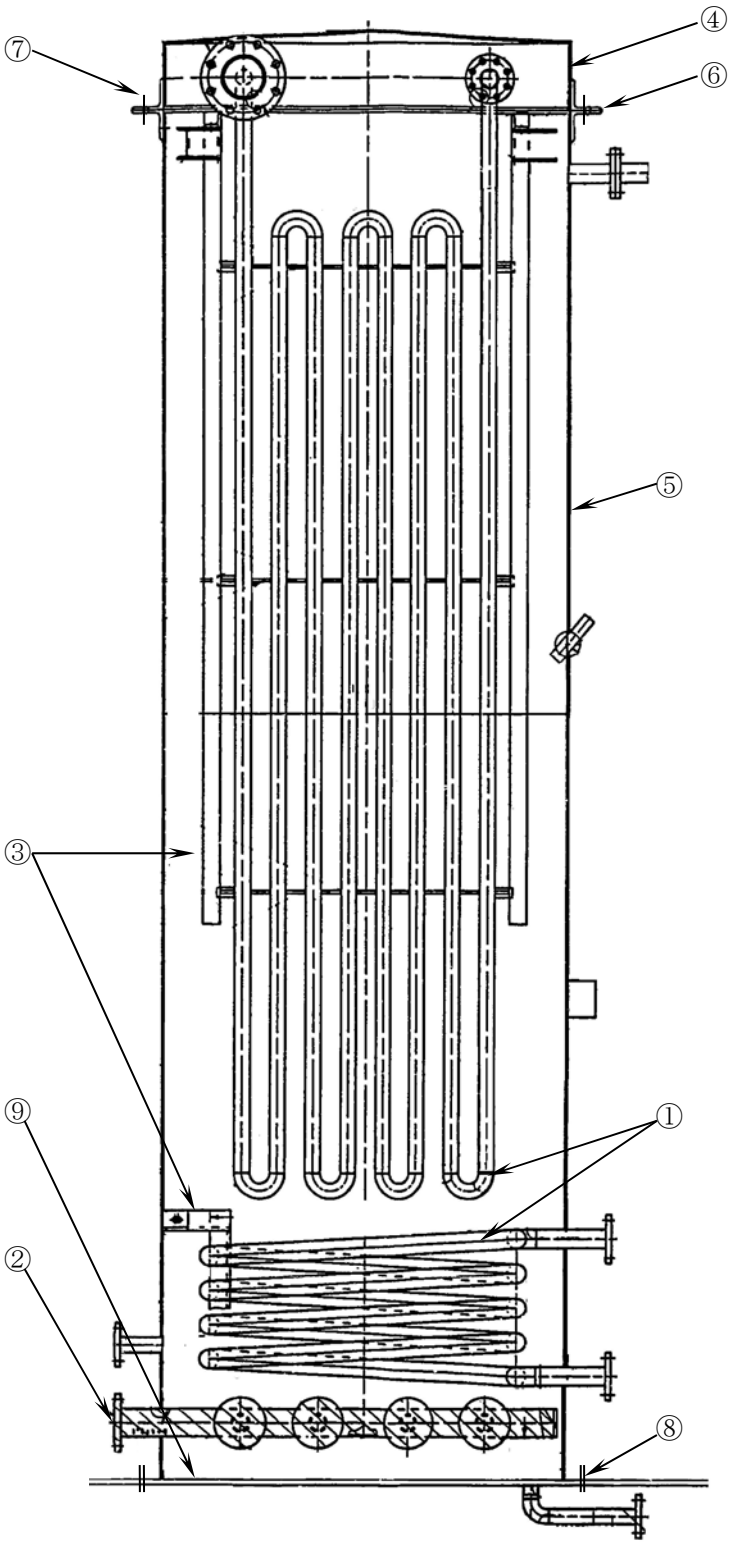
窒素ガス貯蔵設備蒸発器は，窒素ガス貯蔵設備内の内圧を使用に応じた圧力に保ち，熱交換機能を有する伝熱管に窒素を送るための管側構成品，伝熱管を介して窒素を加熱する純水を保持する胴側構成品，純水を加熱するための蒸気管，機器を支持するための基礎ボルト，ベースプレートから構成される。

また，伝熱管，上蓋は，フランジボルトを取り外すことにより，点検及び手入れが可能である。

東海第二の窒素ガス貯蔵設備蒸発器の構造図を図 2.1-8 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の窒素ガス貯蔵設備蒸発器主要部位の使用材料を表 2.1-15 に，使用条件を表 2.1-16 に示す。



No.	部位
①	伝熱管
②	蒸気管
③	管支持板
④	上蓋
⑤	胴
⑥	ガスケット
⑦	フランジボルト
⑧	基礎ボルト
⑨	ベースプレート

図 2.1-8　窒素ガス貯蔵設備蒸発器構造図

表 2.1-15　窒素ガス貯蔵設備蒸発器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管	ステンレス鋼
		蒸気管	ステンレス鋼
	伝熱管支持	管支持板	ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	上蓋	炭素鋼
		胴	炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
		フランジボルト	炭素鋼
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼
		ベースプレート	炭素鋼

表 2.1-16　窒素ガス貯蔵設備蒸発器の使用条件

	管側	胴側
最高使用温度	100 ℃	100 ℃
最高使用圧力	1.81 MPa	大気圧
容量（蒸発能力）	6,800 Nm^3/h	
内部流体	窒素	純水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

U 字管式熱交換器の機能（熱除去及び加熱）の達成に必要な項目は，以下のとおり。

(1) 伝熱性能の確保

(2) バウンダリの維持

(3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

U 字管式熱交換器について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は，以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として，表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［第 1～第 5 給水加熱器，残留熱除去系熱交換器，排ガス予熱器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 基礎ボルト（塗装部）の腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器］

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の基礎ボルトは炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，大気接触部は塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，巡視点検等の目視点検により塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装を実施することとしている。

したがって，基礎ボルト（塗装部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 基礎ボルト直上部の腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器］

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の基礎ボルトは炭素鋼であり，塗装が施されていない基礎ボルトのコンクリート直上部は，大気環境下であることから腐食の発生が想定される。

しかし，代表箇所の原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の基礎ボルトのコンクリート直上部は，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，基礎ボルト直上部の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ［原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，給水加熱器，残留熱除去系熱交換器］

伝熱管は管支持板により適切なスパンで支持することで振動を抑制しているが，流れ加速型腐食により管支持板管穴等に減肉が生じ，伝熱管の振動が大きくなり，伝熱管と支持板の接触により，伝熱管拘束点において伝熱管外表面の摩耗が発生する可能性がある。さらに，伝熱管拘束点において伝熱管外面から疲労割れが発生する可能性がある。

伝熱管については，渦流探傷検査，漏えい確認による点検結果から有意な摩耗及び高サイクル疲労割れによる欠陥は確認されておらず，判定基準を超える摩耗等が確認された場合には施栓することにより，熱交換器の機能を維持している。

したがって，伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 管支持板，胴（内面），ドレンタンク（内面），マンホール蓋（内面）の腐食（流れ加速型腐食）［グランド蒸気蒸発器，第 1，第 2 給水加熱器］

グランド蒸気蒸発器（管支持板，胴，ドレンタンク，マンホール蓋）および第 1，第 2 給水加熱器（胴）は炭素鋼であり，内部流体が高温の蒸気であるため，高速の蒸気と接する部位で腐食（流れ加速型腐食）による減肉が発生する可能性がある。

グランド蒸気蒸発器については，ドレンタンクは肉厚測定，管支持板，胴，マンホール蓋は目視点検を実施しており，有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認している。

第 1，第 2 給水加熱器の胴については，肉厚測定を実施しており，必要厚さに対し，十分な肉厚があることを確認している。

したがって，管支持板，胴（内面），ドレンタンク（内面），マンホール蓋（内面）の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 管支持板の腐食（流れ加速型腐食）［給水加熱器］

給水加熱器の管支持板は炭素鋼又は低合金鋼であり，蒸気と接することで腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性がある。

管支持板については，伝熱管の渦流探傷検査により，管支持板の管穴の減肉状況を把握しており，減肉の進行状況に応じて取替を実施することにより，熱交換器の機能を維持している。

したがって，管支持板の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）［残留熱除去系熱交換器］

残留熱除去系熱交換器の伝熱管には，耐食性の良い銅合金が使用されているが，伝熱管入口部での内部流体の渦流による保護被膜の破壊により，伝熱管内面に腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性がある。また，海生物（貝類）の付着に伴う渦流により腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性がある。

伝熱管については，開放点検時の渦流探傷検査及び管板面の目視点検において，有意な腐食がないことを確認している。

したがって，伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 水室（内面），管板（内面）の腐食（局部腐食）［残留熱除去系熱交換器］

残留熱除去系熱交換器の水室，管板はモネルクラッドが施された炭素鋼であり，内部流体が海水であるため腐食（局部腐食）が発生する可能性があるが，目視点検において有意な腐食（局部腐食）がないことを確認している。

したがって，水室（内面），管板（内面）の腐食（局部腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 水室（内面），胴（内面），ドレンタンク（内面），マンホール蓋（内面），水室カバー（内面），上蓋（内面），仕切板の腐食（全面腐食）［グランド蒸気蒸発器，給水加熱器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器］

グランド蒸気蒸発器（水室，水室カバー），第1～第6給水加熱器（仕切板，マンホール蓋），第3～第6給水加熱器（胴），排ガス復水器（胴，ドレンタンク），窒素ガス貯蔵設備蒸発器（上蓋，胴）は，炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が発生する可能性がある。

しかし，グランド蒸気蒸発器（水室，水室カバー），給水加熱器（仕切板，マンホール蓋），窒素ガス貯蔵設備蒸発器（上蓋，胴）は，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

また，給水加熱器（胴），排ガス復水器（胴）に対しては，肉厚測定を実施しており，必要厚さに対し，十分な肉厚があることを確認している。

したがって，水室（内面），胴（内面），ドレンタンク（内面），マンホール蓋（内面），水室カバー（内面），上蓋（内面），仕切板の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 水室（外面），管板（外面），胴（外面），水室カバー（外面），ドレンタンク（外面），マンホール蓋（外面），上蓋（外面）の腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，給水加熱器，残留熱除去系熱交換器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器］

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器（水室カバー），原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器（水室，管板，胴，水室カバー），グランド蒸気蒸発器（水室，管板，胴，ドレンタンク，マンホール蓋，水室カバー），給水加熱器（水室，管板，胴，マンホール蓋），残留熱除去熱交換器（水室，管板，胴），排ガス復水器（水室，胴，ドレンタンク），窒素ガス貯蔵設備蒸発器（上蓋，胴）は炭素鋼又は低合金鋼であり，腐食が発生する可能性がある。

しかし，当該部位の外気接触部には塗装を施しており，塗装が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検により腐食の有無，塗膜の健全性を確認し，必要に応じ補修塗装等を実施することにより，機能を維持している。

したがって，水室（外面），管板（外面），胴（外面），水室カバー（外面），ドレンタンク（外面），マンホール蓋（外面），上蓋（外面）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. フランジボルトの腐食（全面腐食）［共通］

フランジボルトは炭素鋼，低合金鋼であり腐食が発生する可能性があるが，点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，フランジボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，残留熱除去系熱交換器］

取付ボルトは炭素鋼，低合金鋼であり，腐食が発生する可能性がある。

しかし，取付ボルトの外気接触部には塗装を施しており，塗装が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検により腐食の有無，塗膜の健全性を確認し，必要に応じ補修塗装等を実施することにより，機能を維持している。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［第6給水加熱器］

第6給水加熱器の取付ボルトは低合金鋼であり，さらに復水器の内部にあるため，塗装が施されていないことから，腐食が発生する可能性があるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 支持脚，ラグ，架台の腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，第1～第5給水加熱器，残留熱除去系熱交換器，排ガス予熱器，排ガス復水器］

支持脚，ラグ，架台は炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が発生する可能性がある。

しかし，支持脚，ラグ，架台の外気接触部は塗装により腐食を防止しており，必要に応じ補修塗装等を実施することにより，機能を維持している。

したがって，支持脚，ラグ，架台の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 支持脚スライド部，ラグスライド部の腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，第6給水加熱器，残留熱除去系熱交換器，排ガス予熱器，排ガス復水器］

支持脚スライド部，ラグスライド部は炭素鋼又は低合金鋼であり，腐食が発生する可能性があるが，目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，支持脚スライド部，ラグスライド部の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 台車の腐食（全面腐食）［グランド蒸気蒸発器，第1～第5給水加熱器］

グランド蒸気蒸発器及び第1～第5給水加熱器の台車は炭素鋼であり腐食が発生する可能性がある。

しかし，台車の外気接触部は塗装により腐食を防止しており，目視点検により腐食の有無，塗膜の健全性を確認し，必要に応じ補修塗装等を実施することにより，機能を維持している。

したがって，台車の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. ベースプレートの腐食（全面腐食）［窒素ガス貯蔵設備蒸発器］

窒素ガス貯蔵設備蒸発器のベースプレートは炭素鋼であり，腐食が発生する可能性がある。

しかし，ベースプレートの外気接触部は塗装により腐食を防止しており，目視点検により腐食の有無，塗膜の健全性を確認し，必要に応じ補修塗装等を実施することにより，機能を維持している。

したがって，ベースプレートの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r．伝熱管の異物付着［残留熱除去系熱交換器］

残留熱除去系熱交換器の伝熱管の内部流体は海水であることから，伝熱管に異物が付着し，伝熱性能に影響を及ぼす可能性があるが，開放点検ごとに伝熱管内の清掃を行っており，点検結果からも有意な異物付着は確認されていない。

また，伝熱管外面についても，流体は水質管理された純水であり，異物付着の可能性は小さい。

したがって，伝熱管の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s．水室（内面），管板（内面）の腐食（流れ加速型腐食）［給水加熱器］

第 1～第 6 給水加熱器の水室，第 6 給水加熱器の管板は炭素鋼であり高温流体が流れるため流れ加速型腐食が発生する可能性がある。

給水加熱器の管側の内部流体は純水であり腐食対策として酸素を注入し，復水・給水中の溶存酸素濃度を調整しており，胴側は蒸気滞留環境下であることから腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，水室内部及び管板については，これまでの目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）は確認されていない。

したがって，水室（内面），管板（内面）の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

t．伝熱管外表面の腐食（液滴衝撃エロージョン）［給水加熱器］

国内数プラントの主復水器伝熱管外表面において液滴衝撃エロージョンの発生した事例があるものの，給水加熱器においては流入する蒸気及び水滴はまず受衝板に衝突し，伝熱管外表面を通過する際の流速が抑えられており，液滴衝撃エロージョンの発生の可能性は小さい。

なお，これまでの渦流探傷検査において給水加熱器伝熱管外表面に腐食（液滴衝撃エロージョン）は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，伝熱管外表面の腐食（液滴衝撃エロージョン）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

u. 水室，管板，ダイヤフラム，胴，ドレンタンク，仕切板の疲労割れ［原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，給水加熱器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器］

原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器（水室，管板，ダイヤフラム），グランド蒸気蒸発器（水室，管板，胴，ドレンタンク），給水加熱器（仕切板，水室，管板，胴），窒素ガス貯蔵設備蒸発器（胴）は，炭素鋼又は低合金鋼又はステンレス鋼であり，疲労割れが想定されるが，起動・停止時には急激な温度変化を生じないように運転されており，疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器（水室，管板，ダイヤフラム），グランド蒸気蒸発器（水室，管板，胴），給水加熱器（仕切板，水室，管板），窒素ガス貯蔵設備蒸発器（胴）については，これまでの開放点検時の目視点検において有意な欠陥は確認されていない。

また，給水加熱器の胴及びグランド蒸気蒸発器のドレンタンクについては，溶接部の超音波探傷検査において有意な疲労割れは確認されていないことから，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，水室，管板，ダイヤフラム，胴，ドレンタンク，仕切板の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

v. 伝熱管，胴等の粒界型応力腐食割れ［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，第 1～第 4 給水加熱器，排ガス予熱器］

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器（伝熱管，水室，管板，ダイヤフラム，胴），グランド蒸気蒸発器（伝熱管），第 1～第 4 給水加熱器（伝熱管），排ガス予熱器（伝熱管，水室，管板，胴）はステンレス鋼であり，粒界型応力腐食割れが発生する可能性がある。

しかし，高温純水中の粒界型応力腐食割れ感受性は，温度及び溶存酸素濃度等の環境依存性があり，100 ℃に近い低温側及び溶存酸素濃度の低い環境では感受性が低くなる。

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器及び排ガス予熱器は，鋭敏化特性に優れた低炭素ステンレス鋼を使用した熱交換器に取替を実施しており，また，原子炉冷却材浄化系再生熱交換器は水素注入により内部流体の溶存酸素濃度を低減させる環境改善を図っていることから，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

グランド蒸気蒸発器，第 1～第 4 給水加熱器，排ガス予熱器の伝熱管については，伝熱管溶接部はシール溶接であり，引張残留応力が小さいことから，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，これらの熱交換器に関しては定期的に系統の運転パラメータ確認により異常の無いことを確認しており，これまで有意な欠陥は認められていない。

したがって，伝熱管，胴等の粒界型応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

w. 伝熱管，管板，ダイヤフラム，蒸気管の粒界型応力腐食割れ［原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，第 5 及び第 6 給水加熱器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器］

原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器（伝熱管，ダイヤフラム），第 5 及び第 6 給水加熱器（伝熱管），排ガス復水器（伝熱管，管板），窒素ガス貯蔵設備蒸発器（伝熱管，蒸気管）はステンレス鋼であり粒界型応力腐食割れが発生する可能性がある。

しかし，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，第 5 及び第 6 給水加熱器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器の内部構造物については，実際の運転温度は 100 ℃以下であるため粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器及び第 5 及び第 6 給水加熱器，排ガス復水器の伝熱管は渦流探傷検査もしくは超音波探傷検査を実施しており，有意な欠陥は確認されていない。

また，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器のダイヤフラム，排ガス復水器の管板，窒素ガス貯蔵設備蒸発器の伝熱管及び蒸気管は，目視点検もしくは浸透探傷検査を実施しており有意な欠陥は確認されていない。

したがって，伝熱管，管板，ダイヤフラム，蒸気管の粒界型応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

x. 胴，ドレンタンクの貫粒型応力腐食割れ［排ガス復水器］

排ガス復水器の胴，ドレンタンクは低合金鋼であり，当該熱交換器の上流側に設置されている排ガス再結合器触媒に付着した塩化物が持ち込まれ，さらに運転中の胴の温度差により局部的に応力が発生し，貫粒型応力腐食割れが発生する可能性がある。

一般的に，低合金鋼の貫粒型応力腐食割れは，高い引張応力が作用しているときに発生する。排ガス復水器の胴，ドレンタンクは運転圧力が低く（5 kPa 程度），製造時に熱処理が実施されており，溶接による残留応力も低減されている。また，スライド部の穴部はボルト径に比べて大きな穴径となっており，スライド部がベースプレート上を滑ることにより横方向への熱移動を吸収できるようになっている。このため，当該熱交換器胴の引張応力は小さい。

なお，胴の貫粒型応力腐食割れについては，超音波探傷検査を実施しており，これまで有意な欠陥は確認されておらず，今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，胴，ドレンタンクの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

y. 伝熱管の異物付着［原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，給水加熱器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器］

原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，給水加熱器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器の伝熱管の内部流体は，水質管理された純水又は冷却水（防錆剤入り純水），液体窒素であり，伝熱管の異物付着の可能性は小さい。

グランド蒸気蒸発器のように内部流体が蒸気の場合にも，不純物の流入は抑制されており，伝熱管の異物付着の可能性は小さい。

また，これらの伝熱管外面についても，流体は水質管理された純水，冷却水（防錆剤入り純水），又は不純物の流入を抑制した蒸気及び排ガスであり，異物付着の可能性は小さく，今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

なお，原子炉冷却材浄化系再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，グランド蒸気蒸発器，給水加熱器，排ガス復水器，窒素ガス貯蔵設備蒸発器については，これまでの開放点検時の目視点検，伝熱管内部清掃において，閉塞や熱交換器の性能が著しく低下するような異物付着は確認されていない。

したがって，伝熱管の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

z. 胴（内面）の腐食（全面腐食）［残留熱除去系熱交換器］

残留熱除去系熱交換器の胴は，炭素鋼であり腐食が発生する可能性がある。

残留熱除去系熱交換器の胴に対しては，肉厚測定を実施しており，必要厚さに対し，十分な肉厚があることを確認している。

したがって，胴（内面）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）［残留熱除去系熱交換器］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 基礎ボルトの付着力低下［原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系再生熱交換器］

基礎ボルトの耐力は，主に付着力で担保されることから，付着力低下の発生が想定される。

しかしながら，「コンクリート及び鉄骨構造物の技術評価書」にて収縮及び圧縮によるコンクリートのひび割れが発生する可能性は小さいと評価されていることから，コンクリートのひび割れに起因する付着力低下が発生する可能性はなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，基礎ボルトの付着力低下は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 基礎ボルト（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器，原子炉冷却材浄化系再生熱交換器］

基礎ボルトは炭素鋼であり，腐食の発生が想定される。

しかしながら，基礎ボルトのコンクリート埋設部については，コンクリートが中性化した場合に腐食が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では，中性化は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，基礎ボルト（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 管支持板，胴（内面）の腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器］

原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器の管支持板，胴は炭素鋼であり，腐食が発生する可能性があるが，内部流体は冷却水（防錆剤入り純水）であることから，腐食が発生する可能性はなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，管支持板，胴（内面）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 伝熱管の異物付着［排ガス予熱器］

排ガス予熱器の伝熱管の内部流体は，排ガスであり，不純物の流入は抑制されているため，伝熱管の異物付着の可能性はない。

また，これらの伝熱管外面についても，流体は不純物の流入を抑制した蒸気であり，異物付着の可能性はなく，今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，伝熱管の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/9)　原子炉冷却材浄化系再生熱交換器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼				△*1			△*2	*1：粒界型応力腐食割れ *2：異物付着 *3：外面 *4：直上部 *5：塗装部 *6：コンクリート埋設部 *7：付着力低下 *8：支持脚本体 *9：スライド部
	伝熱管支持	管支持板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	耐圧	水室		ステンレス鋼				△*1				
		管板		ステンレス鋼				△*1				
		ダイヤフラム		ステンレス鋼				△*1				
		胴		ステンレス鋼				△*1				
		水室カバー		炭素鋼		△*3						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△*4*5 ▲*6					▲*7	
		取付ボルト		炭素鋼		△						
		支持脚		炭素鋼		△*8*9						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/9)　原子炉冷却材浄化系非再生熱交換器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1	△*2			△*3	*1：高サイクル疲労割れ *2：粒界型応力腐食割れ *3：異物付着 *4：ステンレスクラッド *5：外面 *6：内面 *7：直上部 *8：塗装部 *9：コンクリート埋設部 *10：付着力低下 *11：支持脚本体 *12：スライド部
	伝熱管支持	管支持板		炭素鋼		▲						
バウンダリの維持	耐圧	水室		炭素鋼*4		△*5	△					
		管板		炭素鋼*4		△*5	△					
		ダイヤフラム		ステンレス鋼			△	△*2				
		胴		炭素鋼		△*5 ▲*6						
		水室カバー		炭素鋼		△*5						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△*7*8 ▲*9					▲*10	
		取付ボルト		低合金鋼		△						
		支持脚		炭素鋼		△*11*12						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(3/9)　グランド蒸気蒸発器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼	△		△*1	△*2			△*3	*1：高サイクル疲労割れ *2：粒界型応力腐食割れ *3：異物付着 *4：流れ加速型腐食 *5：外面 *6：内面 *7：ステンレスクラッド
	伝熱管支持	管支持板		炭素鋼		△*4						
バウンダリの維持	耐圧	水室		炭素鋼		△*5*6	△					
		管板		炭素鋼*7		△*5	△					
		胴		炭素鋼		△*5△*4*6	△					
		ドレンタンク		炭素鋼		△*5△*4*6	△					
		マンホール蓋		炭素鋼		△*5△*4*6						
		ガスケット	◎	－								
		水室カバー		炭素鋼		△*5*6						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△						
		支持脚		炭素鋼		△						
		台車		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(4/9)　給水加熱器(1/2)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼	△	△*1	△*2	△*3			△*4	*1：液滴衝撃エロージョン *2：高サイクル疲労割れ *3：粒界型応力腐食割れ *4：異物付着 *5：流れ加速型腐食
		仕切板		炭素鋼		△	△					
	伝熱管支持	管支持板		炭素鋼，低合金鋼		△*5						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表2.2-1(5/9)　給水加熱器(2/2)に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	水室		炭素鋼		△*1 △*2*3	△					*1：外面 *2：流れ加速型腐食 *3：内面 *4：ステンレスクラッド（第1～第5給水加熱器） *5：第6給水加熱器 *6：第1及び第2給水加熱器 *7：第3～第6給水加熱器 *8：第1～第5給水加熱器 *9：支持脚本体 *10：スライド部
		管板		炭素鋼*4		△*1 △*2*3*5	△					
		胴		炭素鋼，低合金鋼		△*1 △*2*3*6 △*3*7	△					
		ガスケット	◎	－								
		マンホール蓋		炭素鋼		△*1*3						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支持	基礎ボルト*8		炭素鋼		△						
		取付ボルト*5		低合金鋼		△						
		支持脚		炭素鋼，低合金鋼		△*8*9 △*5*10						
		台車*8		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(6/9)　残留熱除去系熱交換器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		銅合金	△	△*1	△*2				△*3	*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：異物付着 *4：モネルクラッド *5：外面 *6：内面 *7：局部腐食 *8：ラグ本体 *9：スライド部 *10：樹脂の劣化
	伝熱管支持	管支持板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	耐圧	水室		炭素鋼*4		△*5△*6*7						
		管板		炭素鋼*4		△*5△*6*7						
		胴		炭素鋼		△*5*6						
		ガスケット	◎	－								
		フランジボルト		低合金鋼		△						
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△						
		ラグ		炭素鋼		△*8*9						
		架台		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼，低合金鋼，樹脂		△				▲*10		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(7/9)　排ガス予熱器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼				△*1			▲*2	*1：粒界型応力腐食割れ *2：異物付着 *3：支持脚本体 *4：スライド部
	伝熱管支持	管支持板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	耐圧	水室		ステンレス鋼				△*1				
		管板		ステンレス鋼				△*1				
		胴		ステンレス鋼				△*1				
		フランジボルト		低合金鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
		支持脚		炭素鋼		△*3*4						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(8/9)　排ガス復水器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼				△*1			△*2	*1：粒界型応力腐食割れ *2：異物付着 *3：外面 *4：内面 *5：貫粒型応力腐食割れ *6：支持脚本体 *7：スライド部
	伝熱管の支持	管支持板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	耐圧	水室		低合金鋼		△*3						
		管板		ステンレス鋼				△*1				
		胴		低合金鋼		△*3*4		△*5				
		ドレンタンク		低合金鋼		△*3*4		△*5				
		フランジボルト		低合金鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
		支持脚		低合金鋼		△*6*7						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(9/9)　窒素ガス貯蔵設備蒸発器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保	エネルギー伝達	伝熱管		ステンレス鋼				△*1			△*2	*1：粒界型応力腐食割れ *2：異物付着 *3：外面 *4：内面
		蒸気管		ステンレス鋼				△*1				
	伝熱管支持	管支持板		ステンレス鋼								
バウンダリの維持	耐圧	上蓋		炭素鋼		△*3*4						
		胴		炭素鋼		△*3*4	△					
		ガスケット	◎	－								
		フランジボルト		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
		ベースプレート		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2. プレート式熱交換器

［対象プレート式熱交換器］

① 代替燃料プール冷却系熱交換器

目次

1. 対象機器 2-1
2. 代替燃料プール冷却系熱交換器の技術評価..... 2-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 2-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 2-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 2-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 2-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2-6

1. 対象機器

東海第二で使用しているプレート式熱交換器の主な仕様を表1-1に示す。

表 1-1　プレート式熱交換器の主な仕様

機器名称	容量 (熱交換量)	重要度	使用条件				
			運転状態	最高使用温度 (℃)		最高使用圧力 (MPa)	
				1次側	2次側	1次側	2次側
代替燃料プール冷却系熱交換器*1	2.31 MW	重*2	一時	80	66	0.98	0.98

*1：新規に設置される機器

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 代替燃料プール冷却系熱交換器の技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

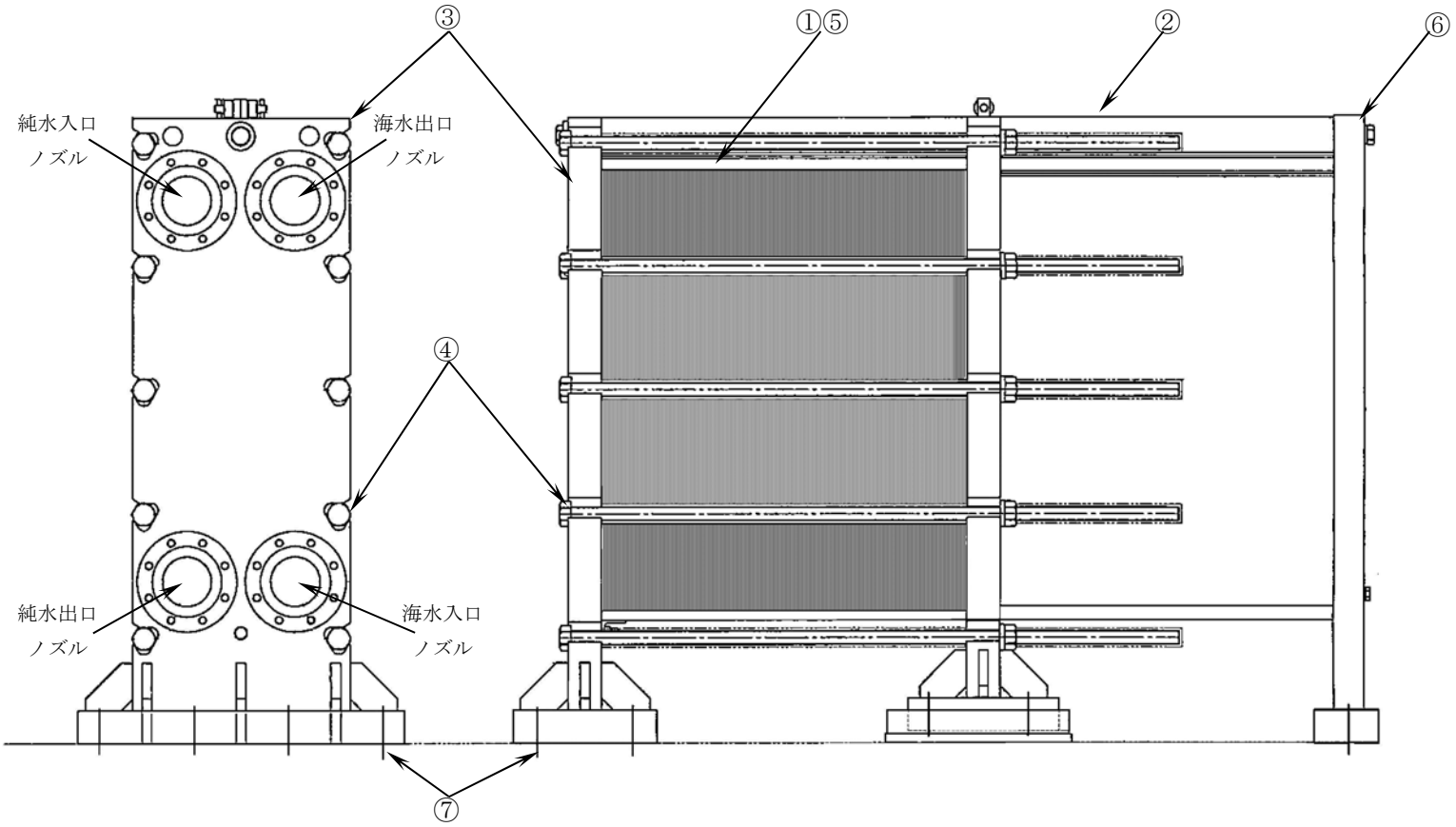
東海第二の代替燃料プール冷却系熱交換器は，熱交換量 2.31 MW のプレート式熱交換器であり，1 基設置される。

代替燃料プール冷却系熱交換器は，熱交換機能を有する伝熱板，伝熱板を上下で連結するガイドバー，左右から挟み込んで伝熱板を固定する側板，機器を支持するためのガイドバーサポート，取付ボルトから構成される。

東海第二の代替燃料プール冷却系熱交換器の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の代替燃料プール冷却系熱交換器主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	伝熱板
②	ガイドバー
③	側板
④	締付ボルト
⑤	ガスケット
⑥	ガイドバーサポート
⑦	取付ボルト

図 2.1-1　代替燃料プール冷却系熱交換器構造図

表 2.1-1　代替燃料プール冷却系熱交換器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
伝熱性能の確保 バウンダリの維持	エネルギー伝達	伝熱板	ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	側板	炭素鋼 （海水接液部：チタンノズル 純水接液部：ステンレスノズル）
		締付ボルト	低合金鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	ガイドバー	ステンレス鋼
		ガイドバーサポート	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-2　代替燃料プール冷却系熱交換器の使用条件

最高使用温度	1 次側：80 ℃ 2 次側：66 ℃
最高使用圧力	1 次側：0.98 MPa 2 次側：0.98 MPa
容量（熱交換量）	2.31 MW
内部流体	1 次側：純水 2 次側：海水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

プレート式熱交換器の機能（熱除去）の達成に必要な項目は，以下のとおり。

(1) 伝熱性能の確保

(2) バウンダリの維持

(3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

プレート式熱交換器について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は，以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として，表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

a. 伝熱板の異物付着

代替燃料プール冷却系熱交換器の伝熱板の内部流体は，1 次側が純水，2 次側が海水であることから，伝熱板表面に異物が付着し，伝熱性能に影響を及ぼす可能性がある。

しかし，1 次側の内部流体は管理された純水であり，異物付着の可能性は小さく，2 次側の海水入口側には，ストレーナを設置することから異物付着の可能性は小さい。

また，代替燃料プール冷却系熱交換器は新たに設置されることから，今後，開放点検時に伝熱板の目視点検，清掃，漏えい確認を実施することで機能を維持できると考える。

したがって，伝熱板の異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 側板，締付ボルト，ガイドバーサポート，取付ボルトの腐食（全面腐食）

代替燃料プール冷却系熱交換器の側板，ガイドバーサポート，取付ボルトは炭素鋼，締付ボルトは低合金鋼であることから腐食が発生する可能性がある。

代替燃料プール冷却系熱交換器は新たに設置されることから，側板，締付ボルト，ガイドバーサポート，取付ボルトの外気接触部は塗装により腐食を防止することとしており，今後，目視点検により腐食の有無，塗膜の健全性を確認し，必要に応じ補修塗装等を実施することで機能を維持することができると考える。

また，側板の海水が接液するノズル部にはチタンノズル，純水が接液するノズル部はステンレスノズルを取り付けることとしているため腐食が発生する可能性は小さい。

したがって，側板，締付ボルト，ガイドバーサポート，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1　代替燃料プール冷却系熱交換器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
伝熱性能の確保 バウンダリの維持	エネルギー伝達	伝熱板		ステンレス鋼							△*1	*1：異物付着 *2：海水接液部はチタンノズル，純水接液部はステンレスノズル
バウンダリの維持	耐圧	側板		炭素鋼*2		△						
		締付ボルト		低合金鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	ガイドバー		ステンレス鋼								
		ガイドバーサポート		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

東海第二発電所
ポンプモータの技術評価書

（運転を断続的に行うことを前提とした評価）

日本原子力発電株式会社

本評価書は，東海第二発電所（以下，「東海第二」という）で使用している安全上重要なポンプモータ（重要度分類審査指針におけるクラス 1 及びクラス 2 のポンプモータ），高温・高圧の環境下にあるクラス 3 のポンプモータ及び重大事故等対処設備に属するポンプモータについて，運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

なお，高温・高圧環境下にあるクラス 3 のポンプモータはない。

評価対象機器の一覧を表 1 に，機能を表 2 に示す。

評価対象機器を型式及び設置場所でグループ化し，それぞれのグループから，仕様，重要度及び使用条件等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後，代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は電圧区分をもとに，以下の 2 章で構成されている。

1. 高圧ポンプモータ
2. 低圧ポンプモータ

また，ポンプモータ以外のモータは，各機器の技術評価書にて抽出し，本評価書の評価を参照している。

文書中の単位の記載は SI 単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表１　評価対象機器一覧

電圧区分	機器名称	仕様 （定格出力×回転速度）	重要度[*1]
高圧 ポンプモータ	残留熱除去海水系ポンプモータ	900 kW×1,480 rpm	MS-1 重[*2]
	高圧炉心スプレイ系ポンプモータ	2,280 kW×1,480 rpm	MS-1 重[*2]
	低圧炉心スプレイ系ポンプモータ	1,250 kW×985 rpm	MS-1 重[*2]
	残留熱除去系ポンプモータ	680 kW×985 rpm	MS-1 重[*2]
	緊急用海水ポンプモータ[*3]	510 kW×1,500 rpm[*4]	重[*2]
低圧 ポンプモータ	ほう酸水注入系ポンプモータ	37 kW×965 rpm	MS-1 重[*2]
	ほう酸水注入系潤滑油ポンプモータ	0.4 kW×1,420 rpm	MS-1
	原子炉冷却材浄化系循環ポンプモータ	75 kW×2,930 rpm	PS-2
	常設低圧代替注水系ポンプモータ[*3]	190 kW×1,500 rpm[*4]	重[*2]
	代替燃料プール冷却系ポンプモータ[*3]	30 kW×3,000 rpm[*4]	重[*2]
	代替循環冷却系ポンプモータ[*3]	132 kW×1,500 rpm[*4]	重[*2]
	非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ	55 kW×1,455 rpm	MS-1 重[*2]
	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ	3.7 kW×3,000 rpm	PS-2
	格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータ[*3]	7.5 kW×3,000 rpm[*4]	重[*2]

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*3：新規に設置される機器

*4：同期回転速度を示す

表 2(1/2)　評価対象機器の機能

機器名称	主な機能
残留熱除去海水系ポンプモータ	残留熱除去系熱交換器へ冷却用海水を送水するポンプを駆動する。
高圧炉心スプレイ系ポンプモータ	冷却材喪失事故により炉心が露出するような場合において，炉心に冷却水をスプレイするポンプを駆動する。
低圧炉心スプレイ系ポンプモータ	冷却材喪失事故により炉心が露出するような場合において，炉心に冷却水をスプレイするポンプを駆動する。
残留熱除去系ポンプモータ	原子炉停止時に崩壊熱を除去するための冷却水を供給する。他に低圧注水系等のモードがあるポンプを駆動する。
緊急用海水ポンプモータ	設計基準事故対処設備が有する最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能が喪失した場合において，冷却用海水を残留熱除去系熱交換器等へ送水するポンプを駆動する。他に代替燃料プール冷却系熱交換器へ冷却用海水を送水するポンプを駆動する。
ほう酸水注入系ポンプモータ	何らかの理由で制御棒が挿入できなくなり原子炉の冷温停止が出来ない場合において，ほう酸水を炉心底部より注入して負の反応度を与え，原子炉を冷温停止状態にするポンプを駆動する。
ほう酸水注入系潤滑油ポンプモータ	ほう酸水注入ポンプの潤滑油を循環供給するポンプを駆動する。
原子炉冷却材浄化系循環ポンプモータ	原子炉の冷却材の純度を高く保つため，冷却水を浄化装置へ循環供給するポンプを駆動する。
常設低圧代替注水系ポンプモータ	設計基準事故対処施設である残留熱除去系ポンプ及び低圧炉心スプレイ系ポンプの冷却機能が喪失した場合において，代替淡水貯槽を水源として，原子炉に注水する。他に格納容器下部ペデスタル及び原子炉圧力容器に注水する等の系統があるポンプを駆動する。
代替燃料プール冷却系ポンプモータ	設計基準対象施設である使用済燃料プールの冷却機能が喪失した場合において，スキマサージタンクを水源とし，使用済燃料から発生する崩壊熱を除去した後，使用済燃料プールへ冷却水を送水するポンプを駆動する。
代替循環冷却系ポンプモータ	設計基準事故対処施設である残留熱除去系ポンプ及び低圧炉心スプレイ系ポンプの冷却機能が喪失した場合において，サプレッション・プールを水源として，原子炉に注水する。他に格納容器スプレイ等の系統があるポンプを駆動する。

表 2(2/2)　評価対象機器の機能

機器名称	主な機能
非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ	非常用ディーゼル機関の冷却を行うための冷却水を供給するポンプを駆動する。
原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ	原子炉の冷却材を浄化する脱塩樹脂をろ過脱塩器に保持させるための保持水を供給するポンプを駆動する。
格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータ	水の放射線分解により発生する水素がフィルタ装置内に蓄積することを防止するため，フィルタ装置スクラビング水やフィルタ装置使用後の系統フラッシング時に発生した洗浄水をサプレッション・プールへ移送するポンプを駆動する。

1. 高圧ポンプモータ

［対象高圧ポンプモータ］

① 残留熱除去海水系ポンプモータ
② 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ
③ 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ
④ 残留熱除去系ポンプモータ
⑤ 緊急用海水ポンプモータ

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定 1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 1-1
1.2 代表機器の選定 1-1
2. 代表機器の技術評価 1-3
2.1 構造，材料及び使用条件 1-3
2.1.1 残留熱除去海水系ポンプモータ 1-3
2.1.2 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ 1-6
2.2 経年劣化事象の抽出 1-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 1-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 1-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 1-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 1-15
3. 代表機器以外への展開 1-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 1-19
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 1-20

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な高圧ポンプモータの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの高圧ポンプモータを型式及び設置場所の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし，高圧ポンプモータを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，定格電圧，定格出力，運転状態及び周囲温度の観点から代表機器を選定する。

(1) 屋外設置（型式：全閉型）

このグループには残留熱除去海水系ポンプモータのみが属するため，代表機器は残留熱除去海水系ポンプモータとする。

(2) 屋内設置（型式：開放型）

このグループには高圧炉心スプレイ系ポンプモータ，低圧炉心スプレイ系ポンプモータ，残留熱除去系ポンプモータ及び緊急用海水ポンプモータが属するが，重要度及び定格電圧は同等であることから，定格出力の大きい高圧炉心スプレイ系ポンプモータを代表機器とする。

表 1-1　高圧ポンプモータのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	仕様 （定格出力×回転速度）	選定基準					選定	選定理由
				重要度[*1]	使用条件					
型式	設置場所				定格電圧（V）	定格出力（kW）	運転状態	周囲温度（℃）		
全閉	屋外	残留熱除去海水系ポンプモータ	900 kW×1,480 rpm	MS-1 重[*2]	AC 6,600	900	一時	40[*3]	◎	
開放	屋内	高圧炉心スプレイ系ポンプモータ	2,280 kW×1,480 rpm	MS-1 重[*2]	AC 6,600	2,280	一時	40.0[*4]	◎	重要度 定格電圧 定格出力
		低圧炉心スプレイ系ポンプモータ	1,250 kW×985 rpm	MS-1 重[*2]	AC 6,600	1,250	一時	40.0[*5]		
		残留熱除去系ポンプモータ	680 kW×985 rpm	MS-1 重[*2]	AC 6,600	680	一時	40.0[*6]		
		緊急用海水ポンプモータ[*7]	510 kW×1,500 rpm[*8]	重[*2]	AC 6,600	510	一時	40[*9]		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*3：水戸地方気象台における既往最厳値に余裕を持たせた温度　*4：高圧炉心スプレイ系ポンプ室における設計値

*5：低圧炉心スプレイ系ポンプ室における設計値　*6：残留熱除去系ポンプ室における設計値

*7：新規に設置される機器　*8：同期回転速度を示す　*9：緊急用海水ポンプピットにおける設計値

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下の 2 種類のポンプモータについて技術評価を実施する。

① 残留熱除去海水系ポンプモータ

② 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ

なお，基礎ボルトについては，ポンプとポンプモータの取付ベースが共通であることから，「ポンプの技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めない。

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 残留熱除去海水系ポンプモータ

(1) 構造

東海第二の残留熱除去海水系ポンプモータは，定格電圧 AC 6,600 V，定格出力 900 kW，回転速度 1,480 rpm の全閉型三相誘導モータが 4 台設置されている。

a. 固定部

モータをポンプの取付台に固定支持する下部エンドブラケットの上部にフレームが固定され，フレーム内に固定子コアが挿入されている。固定子コアには固定子コイルが保持されている。

また，フレーム上部・下部には回転子を支持するエンドブラケットが取付けられ，内側に軸受が挿入されている。

上部の油槽には，軸受表面に油膜を形成させ，摩擦熱を防ぎ，軸受から発生する熱を取り除くために潤滑油が満たされている。

b. 回転部

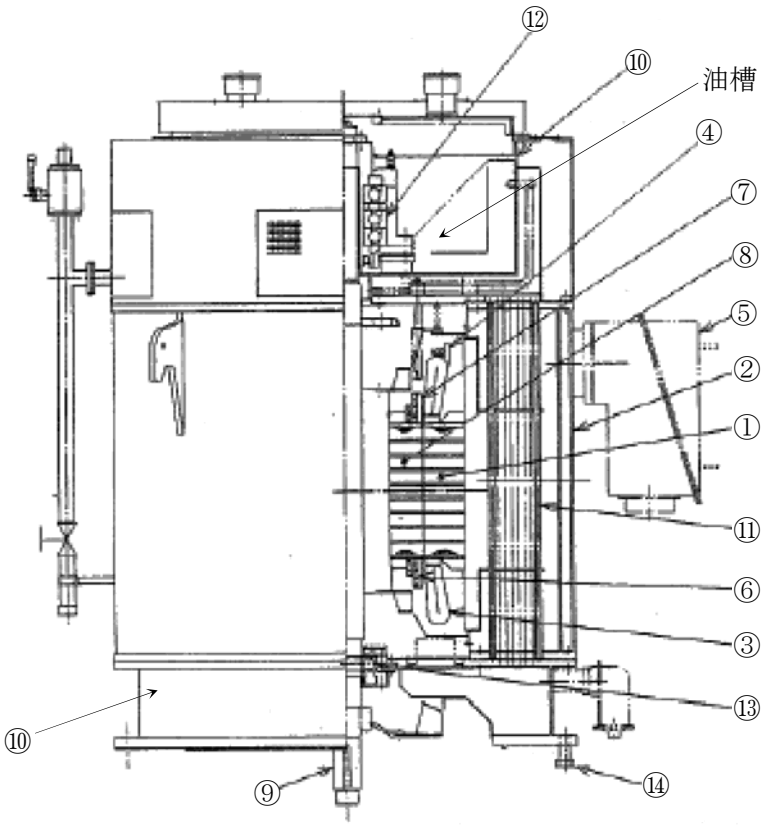
軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。回転子コアには回転子棒が挿入され，両端には回転子エンドリングが取付けられている。

なお，固定子や回転子は，フレーム，エンドブラケット間の締め付けボルトを緩め，エンドブラケットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去海水系ポンプモータの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去海水系ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	固定子コア	⑧	回転子コア
②	フレーム	⑨	主軸
③	固定子コイル	⑩	エンドブラケット（上部/下部）
④	口出線・接続部品	⑪	空気冷却器
⑤	端子箱	⑫	上部軸受（ころがり）
⑥	回転子エンドリング	⑬	下部軸受（ころがり）
⑦	回転子棒	⑭	取付ボルト

図 2.1-1　残留熱除去海水系ポンプモータ構造図

表 2.1-1　残留熱除去海水系ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		無方向性電磁鋼
		フレーム		炭素鋼
		固定子コイル		銅，マイカ，エポキシ樹脂等
		口出線・接続部品		銅，マイカ，エポキシ樹脂等
		端子箱		炭素鋼
		回転子エンドリング		銅合金，銅
		回転子棒		銅合金，銅
		回転子コア		無方向性電磁鋼
		空気冷却器		炭素鋼
	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼
	軸支持	エンドブラケット（上部／下部）		炭素鋼
		軸受（ころがり）	上部軸受	（消耗品）
			下部軸受	（消耗品）
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼

表 2.1-2　残留熱除去海水系ポンプモータの使用条件

設置場所	屋外
周囲温度*	40 ℃
運転状態	一時
定格電圧	AC 6,600 V
定格出力	900 kW

*：水戸地方気象台における既往最厳値に余裕を持たせた温度

2.1.2 高圧炉心スプレイ系ポンプモータ

(1) 構造

東海第二の高圧炉心スプレイ系ポンプモータは，定格電圧 AC 6,600 V，定格出力 2,280 kW，回転速度 1,480 rpm の開放型三相誘導モータが 1 台設置されている。

a. 固定部

モータをポンプの取付台に固定支持する下部エンドブラケットの上部にフレームが固定され，フレーム内に固定子コアが挿入されている。固定子コアには，固定子コイルが保持されている。

また，フレーム上部・下部には回転子を支持するエンドブラケットが取付けられ，内側には軸受が挿入されている。

上部軸受には，ポンプスラストを支えるためのスラスト軸受を備え，かつ，水平方向の位置決め用のガイド軸受を備えている。上部及び下部の油槽には，軸受表面に油膜を形成させ，摩擦熱を防ぎ，軸受から発生する熱を取り除くために潤滑油が満たされており，水冷式油冷却器の伝熱管により冷却される。

b. 回転部

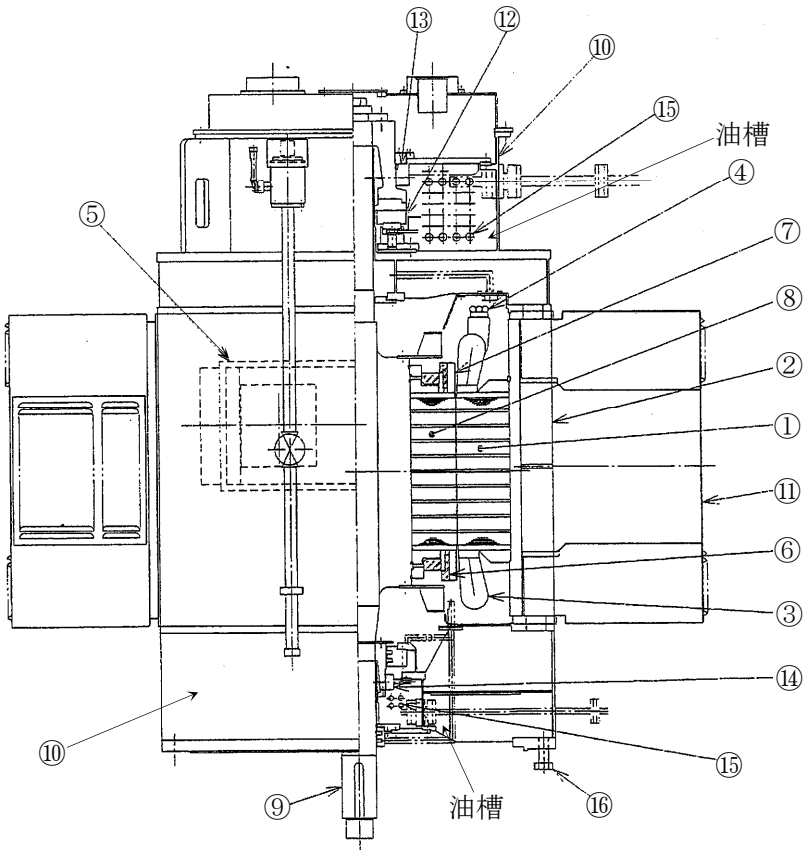
軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されている。回転子コアには回転子棒が挿入され，両端には回転子エンドリングが取付けられている。

なお，固定子や回転子は，フレーム，エンドブラケット間の締め付けボルトを緩め，エンドブラケットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の高圧炉心スプレイ系ポンプモータの構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の高圧炉心スプレイ系ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	固定子コア	⑨	主軸
②	フレーム	⑩	エンドブラケット（上部／下部）
③	固定子コイル	⑪	通風箱
④	口出線・接続部品	⑫	上部スラスト軸受（すべり）
⑤	端子箱	⑬	上部ガイド軸受（すべり）
⑥	回転子エンドリング	⑭	下部ガイド軸受（すべり）
⑦	回転子棒	⑮	伝熱管
⑧	回転子コア	⑯	取付ボルト

図 2.1-2　高圧炉心スプレイ系ポンプモータ構造図

表 2.1-3　高圧炉心スプレイ系ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		無方向性電磁鋼
		フレーム		炭素鋼
		固定子コイル		銅，マイカ，エポキシ樹脂等
		口出線・接続部品		銅，マイカ，エポキシ樹脂等
		端子箱		炭素鋼
		回転子エンドリング		銅合金，銅
		回転子棒		銅合金，銅
		回転子コア		無方向性電磁鋼
		通風箱		炭素鋼
	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼
	軸支持	エンドブラケット（上部／下部）		炭素鋼
		軸受（すべり）	上部スラスト軸受	ホワイトメタル，炭素鋼
			上部ガイド軸受	ホワイトメタル，炭素鋼
			下部ガイド軸受	ホワイトメタル，炭素鋼
	油冷却	伝熱管		銅合金
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼

表 2.1-4　高圧炉心スプレイ系ポンプモータの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	2,280 kW		
定格電圧	AC 6,600 V		
運転状態	一時		
周囲温度*	40.0 ℃（最高）	100 ℃（最高）	100 ℃（最高）
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.00015 Gy/h（最大）	4.5×10^{2} Gy（最大積算値）	100×10^{3} Gy（最大積算値）

*：高圧炉心スプレイ系ポンプ室における設計値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

高圧ポンプモータの機能であるポンプ駆動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) 駆動機能の確保

(2) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

高圧ポンプモータについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，設置場所，使用条件（電圧，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

軸受（ころがり）は消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下［共通］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 主軸の摩耗［共通］

主軸は，軸受との接触面の摩耗が想定されるが，点検時に主軸の寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食） ［共通］

固定子コア及び回転子コアは，無方向性電磁鋼であるため腐食が想定されるが，固定子コア及び回転子コアには，防食効果のある絶縁ワニス処理が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. フレーム，エンドブラケット，端子箱［共通］，空気冷却器［残留熱除去海水系ポンプモータ］，通風箱［高圧炉心スプレイ系ポンプモータ］の腐食(全面腐食)

フレーム，エンドブラケット，端子箱，空気冷却器及び通風箱は，炭素鋼であるため腐食が想定されるが，フレーム等の表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，フレーム，エンドブラケット，端子箱，空気冷却器及び通風箱の腐食(全面腐食)は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 軸受（すべり）の摩耗及びはく離 ［高圧炉心スプレイ系ポンプモータ］

軸受は，すべり軸受を使用しており，ホワイトメタルを軸受に鋳込み溶着しているため摩耗及びはく離が想定されるが，摩耗については，点検時に目視確認及び主軸と軸受隙間の寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施し機能を維持している。

また，はく離についても点検時に目視確認及び浸透探傷検査を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって，軸受（すべり）の摩耗及びはく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

取付ボルトは，炭素鋼であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

主軸には，モータ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認を行い，これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 伝熱管の腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系ポンプモータ］

伝熱管は，銅合金であるため腐食が想定されるが，伝熱管は油槽に浸かっており外部は油膜に覆われていることから腐食進行の可能性は小さい。

また，伝熱管内部の腐食については，設計段階において腐食が発生しないように考慮された設計となっており，有意な腐食が発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認及び耐圧試験を行い，これまで有意な腐食は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，伝熱管の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ［共通］

回転子棒及び回転子エンドリングには，モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定されるが，回転子棒及び回転子エンドリングは設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認及び打音確認を行い，これまで疲労割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1(1/2)　残留熱除去海水系ポンプモータの想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
駆動機能の確保	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△		△*1						*1:高サイクル疲労割れ
	エネルギー変換	固定子コア		無方向性電磁鋼		△							
		固定子コイル		銅，マイカ，エポキシ樹脂等					○				
		口出線･接続部品		銅，マイカ，エポキシ樹脂等					○				
		フレーム		炭素鋼		△							
		端子箱		炭素鋼		△							
		回転子エンドリング		銅合金，銅			△						
		回転子棒		銅合金，銅			△						
		空気冷却器		炭素鋼		△							
		回転子コア		無方向性電磁鋼		△							
	軸支持	軸受（ころがり）	◎	－									
		エンドブラケット（上部／下部）		炭素鋼		△							
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(2/2)　高圧炉心スプレイ系ポンプモータの想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	その他	
駆動機能の確保	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△		△*1						*1:高サイクル疲労割れ *2:はく離
	エネルギー変換	固定子コア		無方向性電磁鋼		△							
		固定子コイル		銅，マイカ，エポキシ樹脂等					○				
		口出線･接続部品		銅，マイカ，エポキシ樹脂等					○				
		フレーム		炭素鋼		△							
		端子箱		炭素鋼		△							
		回転子エンドリング		銅合金，銅			△						
		回転子棒		銅合金，銅			△						
		回転子コア		無方向性電磁鋼		△							
		通風箱		炭素鋼		△							
	軸支持	軸受（すべり）（上部／下部）		ホワイトメタル，炭素鋼	△							△*2	
		エンドブラケット（上部／下部）		炭素鋼		△							
	油冷却	伝熱管		銅合金		△							
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下［共通］

a. 事象の説明

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は，有機物であるため，振動等による機械的劣化，熱分解による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電等による電気的劣化，埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し，絶縁物の外表面，内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

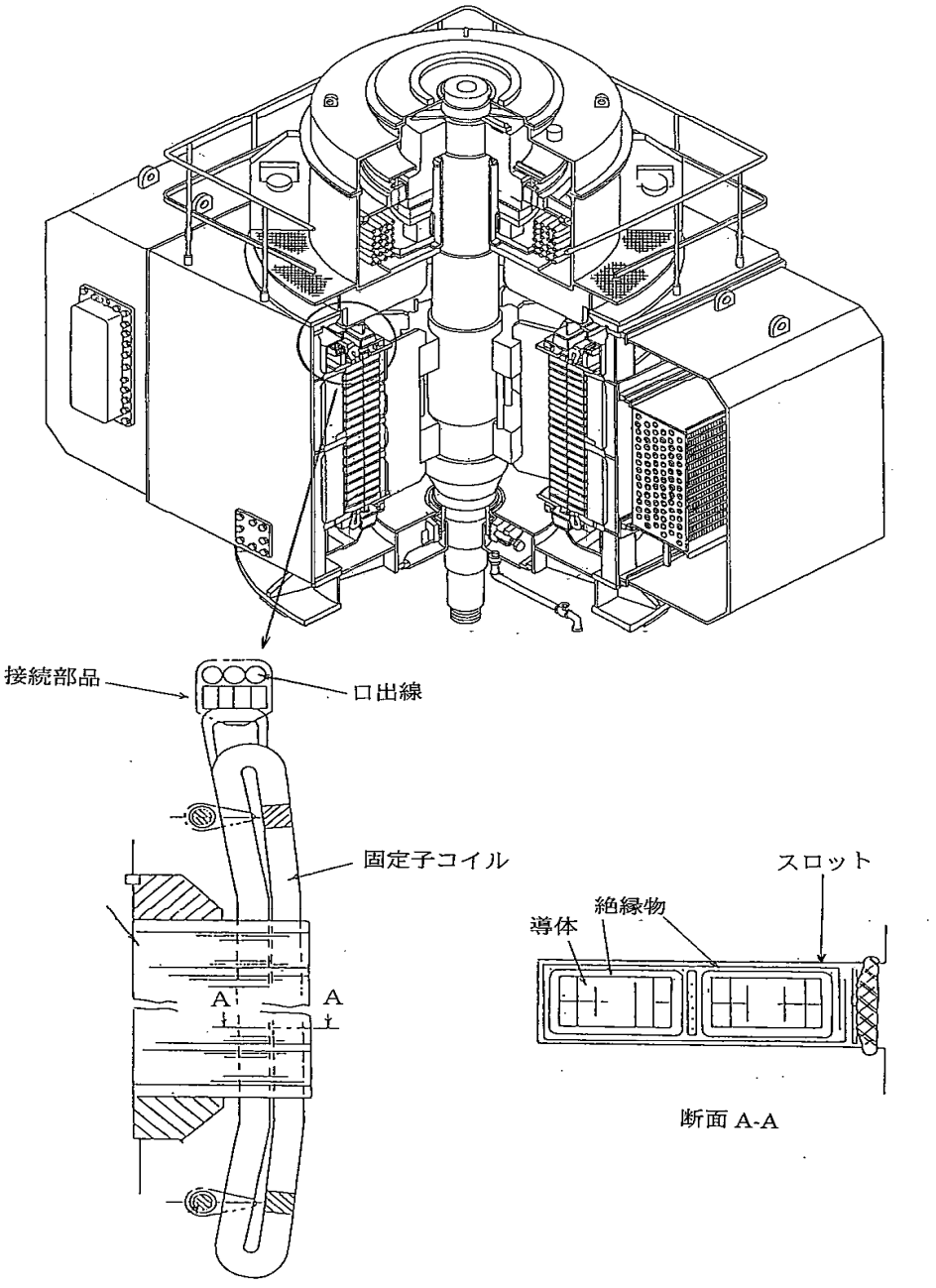


図 2.3-1　固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

設計基準事故時雰囲気にて動作要求される高圧炉心スプレイ系ポンプモータについては，実機同等品による長期健全性試験を実施しており，この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

絶縁物の放射線影響については，使用環境，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気における放射線量は低いことから，絶縁特性低下に至る可能性は小さいと考える。

高圧ポンプモータについては，図 2.3-2 に示す高圧ポンプモータ長期健全性試験手順により，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を評価した。本試験条件は，表 2.3-1 に示すとおり，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は，60 年間の通常運転期間を想定した熱的及び設計基準事故時雰囲気による劣化条件を包絡している。

本試験結果は表 2.3-2 に示すとおり，判定基準を満足しており，熱的及び設計基準事故時雰囲気による劣化に対して，固定子コイル及び口出線・接続部品絶縁物は 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気において絶縁性能を維持できると評価できる。

なお，常設重大事故等対処設備となる高圧炉心スプレイ系ポンプモータの重大事故等時における環境条件は，高圧ポンプモータ長期健全性試験の設計基準事故時暴露試験条件に包絡されていることから重大事故等時雰囲気においても絶縁性能を維持できると評価できる。

設計基準事故時雰囲気にて動作要求されない残留熱除去海水系ポンプモータについては，高圧ポンプモータ点検時に共通で実施している絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験，交流電流試験，誘電正接試験及び部分放電試験）により，絶縁特性に有意な変化がないこと及び固定子コイルの目視確認，清掃を実施し異常がないことを確認しており，これまでの点検結果から有意な劣化は見られていない。

これらのことから，今後も有意な絶縁特性の低下が起こる可能性は小さいと考えられるが，絶縁性能が変化していく可能性は否定できない。

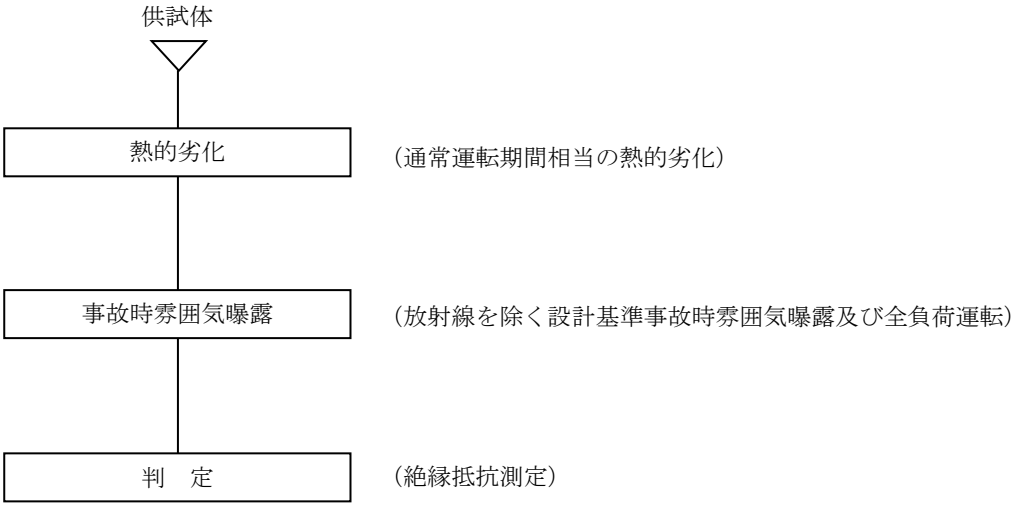


図 2.3-2　高圧ポンプモータ長期健全性試験手順

表 2.3-1　高圧ポンプモータ長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱的劣化	155 ℃*×24 日間 *周囲温度 100 ℃に定格出力時のコイル温度上昇 55 ℃を加えた値	高圧炉心スプレイ系ポンプ室の周囲最高温度 40.0 ℃に定格出力時のコイル温度上昇 55 ℃（試験データ）を加えた 95 ℃に対して，60 年間の通常運転期間を包絡する。
事故時雰囲気曝露	①試験温度：100 ℃ 試験環境：蒸気環境 試験時間：6 時間 ②試験温度：100 ℃ 試験環境：蒸気環境 試験時間：6 時間 ③試験温度：65 ℃ 試験環境：90 %湿度 試験時間：5 日間	東海第二の設計基準事故時及び重大事故等時の最高温度 100 ℃を包絡する。

表 2.3-2　高圧ポンプモータ長期健全性試験後の絶縁抵抗測定結果

試験手順	判定基準*	結果	判定
事故時雰囲気曝露試験終了後，高圧ポンプモータの絶縁抵抗測定を行う。	絶縁抵抗値：10 MΩ以上	①②の試験後：20 MΩ ③の試験後：60 MΩ	良

＊：判定基準はメーカ判定目安値

② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験，交流電流試験，誘電正接試験及び部分放電試験）を行い，絶縁特性に有意な変化がないこと及び固定子コイルの目視確認，清掃を実施し異常がないことを確認しており，これまでの点検結果から有意な劣化は見られていない。

また，これらの点検で有意な絶縁特性の変化が認められた場合は，洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入），又は固定子コイル及び口出線・接続部品を取替えることとしている。

さらに，メーカー推奨の更新時期を参考に適切な更新時期を選定しており，高圧炉心スプレイ系ポンプモータは，第 16 回定期検査時にコイルの巻替を，残留熱除去海水系ポンプモータ(A)(C)号機は，第 13 回定期検査時に，(B)(D)号機については，第 14 回定期検査時にモータの取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，固定子コイル及び口出線・接続部品の有意な絶縁特性低下の可能性は小さく，また，現状保全にて絶縁特性低下は把握可能と考えられる。今後も，絶縁抵抗測定，絶縁診断試験，目視確認及び清掃を実施することで，異常の有無を把握可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c．高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

今後も，点検時に絶縁抵抗測定，絶縁診断試験，目視確認及び清掃を実施していくとともに，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施する。

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術的評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

① 低圧炉心スプレイ系ポンプモータ

② 残留熱除去系ポンプモータ

③ 緊急用海水ポンプモータ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下［共通］

代表機器と同様，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は，有機物であるため，振動等による機械的劣化，熱分解による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電等による電気的劣化，埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し，絶縁物の外表面，内部から絶縁特性低下が想定されるが，長期健全性試験（非常用炉心冷却系ポンプモータ特殊環境状態時試験として残留熱除去系ポンプモータ，高圧炉心スプレイ系ポンプモータ，低圧炉心スプレイ系ポンプモータ 3 台共通の試験）を実施しており，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は 60 年間の通常運転期間及び設計基準事故時雰囲気おいて絶縁性能を維持できると評価できる。

また，常設重大事故等対処設備となる残留熱除去系ポンプモータの重大事故等時における環境条件は，高圧ポンプモータ長期健全性試験の設計基準事故時暴露試験条件に包絡されていることから重大事故等時雰囲気においても絶縁性能を維持できると評価できる。

さらに，代表機器と同様に固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験，交流電流試験，誘電正接試験及び部分放電試験），目視確認及び清掃を実施していくとともに，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入），又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に絶縁抵抗測定及び絶縁診断試験（直流吸収試験，交流電流試験，誘電正接試験及び部分放電試験），目視確認及び清掃を行うとともに，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入），又は固定子コイル及び口出線・接続部品の取替を実施することで健全性を維持できると判断する。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

なお，代表機器以外の各高圧ポンプモータのうち，低圧炉心スプレイ系ポンプモータは，第 17 回定期検査時に固定子の取替を，残留熱除去系ポンプモータ(B)号機においては，第 18 回定期検査時にモータの取替を実施しており，残留熱除去系ポンプモータ(A)(C)号機においては，第 26 回定期検査時に取替を計画している。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 主軸の摩耗［共通］

代表機器と同様，主軸は，軸受との接触面の摩耗が想定されるが，点検時に主軸の寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に主軸の寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，固定子コア及び回転子コアは，無方向性電磁鋼であるため腐食が想定されるが，固定子コア及び回転子コアには，防食効果のある絶縁ワニス処理が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. フレーム，エンドブラケット，通風箱及び端子箱の腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，フレーム，エンドブラケット，通風箱及び端子箱は，炭素鋼であるため腐食が想定されるが，フレーム等の表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，フレーム，エンドブラケット，通風箱及び端子箱の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，取付ボルトは，炭素鋼であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

代表機器と同様，主軸には，モータ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認を行い，これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されるが，代表機器と同様，高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さく，今後，点検時に目視確認を行い割れの有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f．回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ［共通］

代表機器と同様，回転子棒及び回転子エンドリングには，モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定されるが，回転子棒及び回転子エンドリングは設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認及び打音確認を行い，これまで疲労割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

緊急用海水ポンプモータは新たに設置されるが，代表機器と同様，疲労割れは設計上考慮されていることから，疲労割れが発生する可能性は小さく，今後，点検時に目視確認及び打音確認を行い疲労割れの有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

2. 低圧ポンプモータ

［対象低圧ポンプモータ］

① ほう酸水注入系ポンプモータ
② ほう酸水注入系潤滑油ポンプモータ
③ 原子炉冷却材浄化系循環ポンプモータ
④ 常設低圧代替注水系ポンプモータ
⑤ 代替燃料プール冷却系ポンプモータ
⑥ 代替循環冷却系ポンプモータ
⑦ 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータ
⑧ 非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ
⑨ 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 2-1
1.2 代表機器の選定..... 2-1
2. 代表機器の技術評価..... 2-3
2.1 構造，材料及び使用条件..... 2-3
2.1.1 ほう酸水注入系ポンプモータ..... 2-3
2.1.2 非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ..... 2-6
2.1.3 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ..... 2-9
2.2 経年劣化事象の抽出..... 2-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 2-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 2-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2-13
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 2-19
3. 代表機器以外への展開..... 2-21
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 2-21
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2-22

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な低圧ポンプモータの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのポンプモータを型式及び設置場所の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし，低圧ポンプモータを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，定格電圧，定格出力，運転状態及び周囲温度の観点から代表機器を選定する。

(1) 屋内設置（型式：全閉型）

このグループには，ほう酸水注入系ポンプモータ，ほう酸水注入系潤滑油ポンプモータ，原子炉冷却材浄化系循環ポンプモータ，常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ及び代替循環冷却系ポンプモータが属するが，重要度及び定格電圧の高い，ほう酸水注入系ポンプモータを代表機器とする。

(2) 屋外設置（型式：全閉型）

このグループには，非常用ディーゼル発電機冷却系海水系ポンプモータのみが属するため，代表機器は非常用ディーゼル発電機冷却系海水系ポンプモータとする。

(3) 屋内設置（型式：水浸型）

このグループには，原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータが属するが，重要度の高い原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータを代表機器とする。

表 1-1　低圧ポンプモータのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		機器名称	仕様 （定格出力 ×回転速度）	選定基準					選定	選定理由
				重要度[*1]	使用条件					
型式	設置場所				定格電圧（V）	定格出力（kW）	運転状態	周囲温度（℃）		
全閉	屋内	ほう酸水注入系ポンプモータ	37 kW×965 rpm	MS-1 重[*2]	AC 440	37	一時	40.0[*3]	◎	重要度 定格電圧
		ほう酸水注入系潤滑油ポンプモータ	0.4 kW×1,420 rpm	MS-1	AC 200	0.4	一時	40.0[*3]		
		原子炉冷却材浄化系循環ポンプモータ	75 kW×2,930 rpm	PS-2	AC 440	75	連続	40.0[*3]		
		常設低圧代替注水系ポンプモータ[*4]	190 kW×1,500 rpm[*5]	重[*2]	AC 440	190	一時	40[*6]		
		代替燃料プール冷却系ポンプモータ[*4]	30 kW×3,000 rpm[*5]	重[*2]	AC 440	30	一時	40.0[*3]		
		代替循環冷却系ポンプモータ[*4]	132 kW×1,500 rpm[*5]	重[*2]	AC 440	132	一時	40.0[*3]		
	屋外	非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ	55 kW×1,455 rpm	MS-1 重[*2]	AC 440	55	一時	40[*7]	◎	
水浸	屋内	原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ	3.7 kW×3,000 rpm	PS-2	AC 440	3.7	一時	40.0[*3]	◎	重要度
		格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータ[*4]	7.5 kW×3,000 rpm[*5]	重[*2]	AC 440	7.5	一時	40[*8]		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す　*3：原子炉建屋における設計値

*4：新規に設置される機器　*5：同期回転速度を示す　*6：常設低圧代替注水系ポンプ室における設計値

*7：水戸地方気象台における既往最厳値に余裕を持たせた温度　*8：格納容器圧力逃がし装置格納槽における設計値

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下のポンプモータについて技術評価を実施する。

① ほう酸水注入系ポンプモータ

② 非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ

③ 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ

なお，基礎ボルトについては，ポンプとポンプモータの取付ベースが共通であることから，「ポンプの技術評価書」にて評価を実施するものとし本評価書には含めない。

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 ほう酸水注入系ポンプモータ

(1) 構造

東海第二のほう酸水注入系ポンプモータは，定格電圧 AC 440V，定格出力 37 kW，回転速度 965 rpm の全閉型三相誘導モータであり，2 台設置されている。

a. 固定部

モータを基礎に固定支持するフレーム内に固定子コアが挿入され固定子コアには固定子コイルが保持されている。フレーム両端面には回転子を支持するエンドブラケットが取付られ，内側には軸受が挿入されている。

b. 回転部

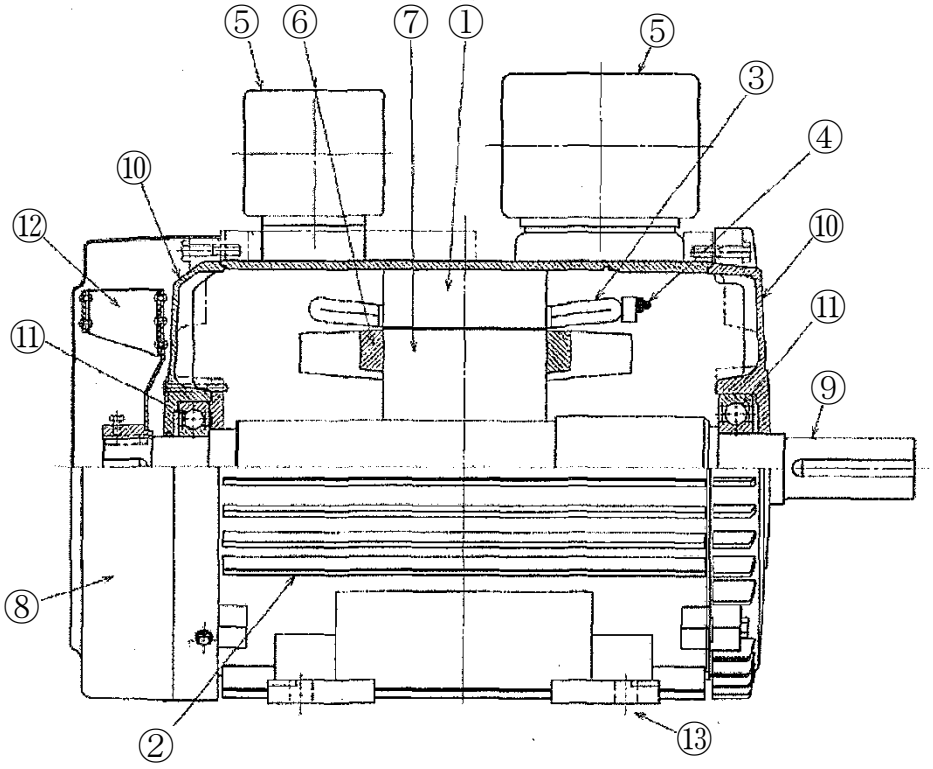
軸受により支持される主軸には回転子コアが固定されており，回転子コアには回転子棒が挿入され，両端には回転子エンドリングが取付けられている。

また，固定子や回転子はフレーム，エンドブラケット間の締め付けボルトを緩め，エンドブラケットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二のほう酸水注入系ポンプモータの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位	No.	部位	No.	部位
①	固定子コア	⑥	回転子棒, 回転子エンドリング	⑪	軸受（ころがり）
②	フレーム	⑦	回転子コア	⑫	ファン
③	固定子コイル	⑧	ファンカバー	⑬	取付ボルト
④	口出線・接続部品	⑨	主軸		
⑤	端子箱	⑩	エンドブラケット		

図 2.1-1　ほう酸水注入系ポンプモータ構造図

表 2.1-1　ほう酸水注入系ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア	無方向性電磁鋼
		フレーム	圧延鋼板
		固定子コイル	ポリアミドエミドエナメル銅線
		口出線・接続部品	耐熱性ポリフレックス銅線
		端子箱	圧延鋼板
		回転子棒，回転子エンドリング	アルミニウム
		回転子コア	無方向性電磁鋼
		ファン	圧延鋼板
		ファンカバー	圧延鋼板
	エネルギー伝達	主軸	炭素鋼
	軸支持	エンドブラケット	ねずみ鋳鉄
		軸受（ころがり）	（消耗品）
機器の支持	支持	取付ボルト	圧延鋼材

表 2.1-2　ほう酸水注入系ポンプモータの使用条件

設置場所	屋内
周囲温度*	40.0 ℃（最高）
運転状態	一時
定格出力	37 kW
定格電圧	AC 440 V

＊：原子炉建屋における設計値

2.1.2 非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ

(1) 構造

東海第二の非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータは，出力 55 kW，回転速度 1,455 rpm の全閉型三相誘導モータであり，3 台設置されている。

a. 固定部

モータをポンプの取付台に固定支持する下部エンドブラケットの上部にフレームが固定され，フレーム内に固定子コアが挿入されており，固定子コアには固定子コイルが保持されている。

また，フレーム上部・下部には回転子を支持するエンドブラケットが取付けられ，内側には軸受が挿入されている。

b. 回転部

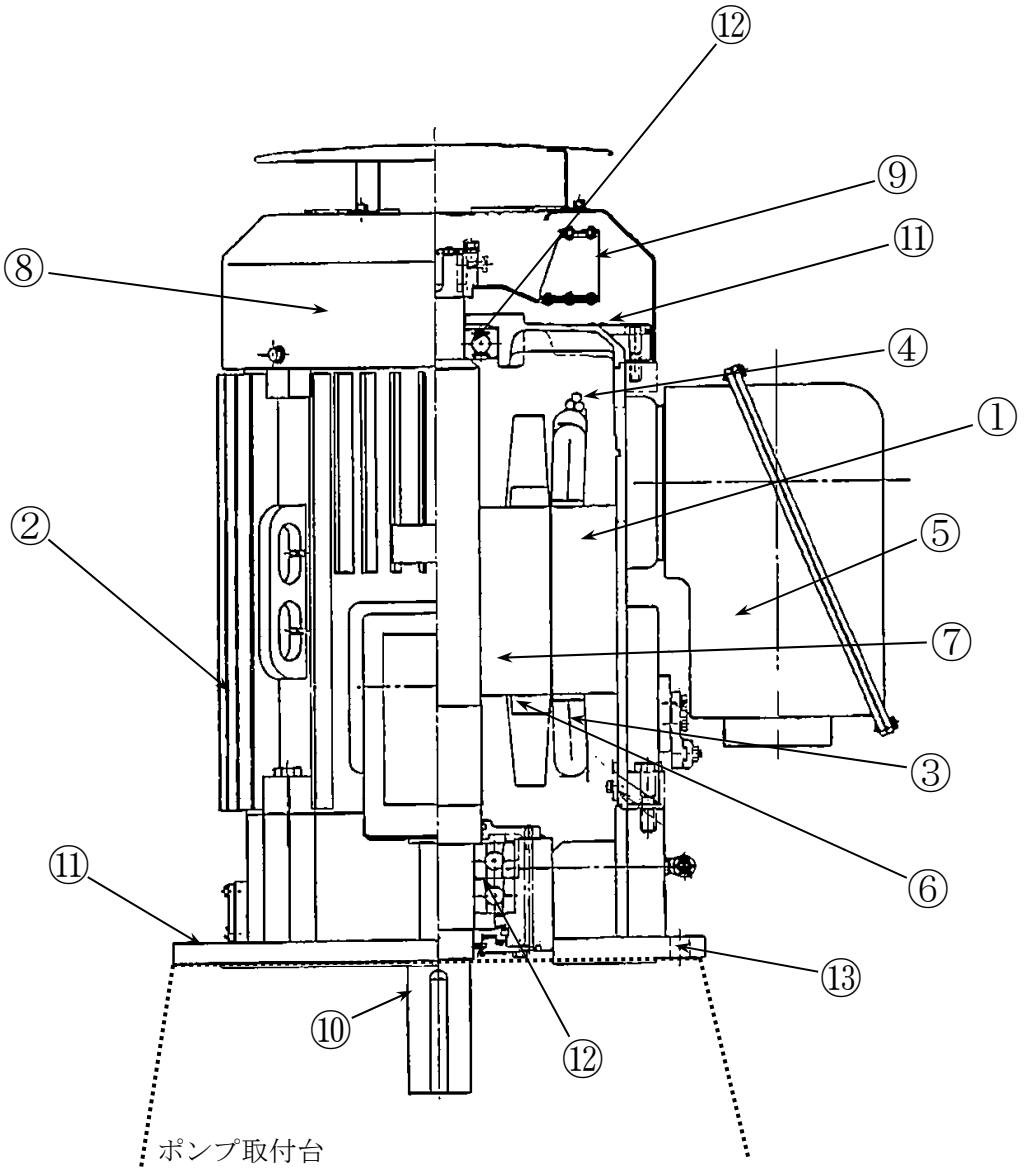
軸受により支持される主軸には回転子コアが固定され，回転子コアには回転子棒が挿入されており，両端には回転子エンドリングが取付けられている。

また，固定子や回転子はフレーム，エンドブラケット間の締め付けボルトを緩め，エンドブラケットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータの構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位	No.	部位	No.	部位
①	固定子コア	⑥	回転子棒, 回転子エンドリング	⑪	エンドブラケット （上部／下部）
②	フレーム	⑦	回転子コア	⑫	軸受（ころがり）
③	固定子コイル	⑧	ファンカバー	⑬	取付ボルト
④	口出線・接続部品	⑨	ファン		
⑤	端子箱	⑩	主軸		

図 2.1-2　非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ構造図

表 2.1-3　非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア	無方向性電磁鋼板
		フレーム	鋼板
		固定子コイル	銅，エポキシ樹脂
		口出線・接続部品	銅，エポキシ樹脂
		端子箱	鋼板
		回転子棒， 回転子エンドリング	アルミニウム
		回転子コア	無方向性電磁鋼板
		ファン	鋼板
		ファンカバー	鋼板
	エネルギー伝達	主軸	炭素鋼
	軸支持	エンドブラケット （上部／下部）	鋼板
		軸受（ころがり）	（消耗品）
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-4　非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータの使用条件

設置場所	屋外
周囲温度*	40 ℃
運転状態	一時
定格電圧	AC 440 V
定格出力	55 kW

＊：水戸地方気象台における既往最厳値に余裕を持たせた温度

2.1.3 原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータは，出力 3.7 kW，回転速度 3,000 rpm の水浸型三相誘導モータであり，2 台設置されている。

a. 固定部

モータはポンプ取付台に取付ボルトにより固定されており，ステータバンド内に固定子コアが挿入され，固定子コアには固定子コイルが保持されている。

また，ステータバンドには回転子を支持するリアカバー及びポンプケーシングが取付けられ，内側には軸受が挿入されている。

b. 回転部

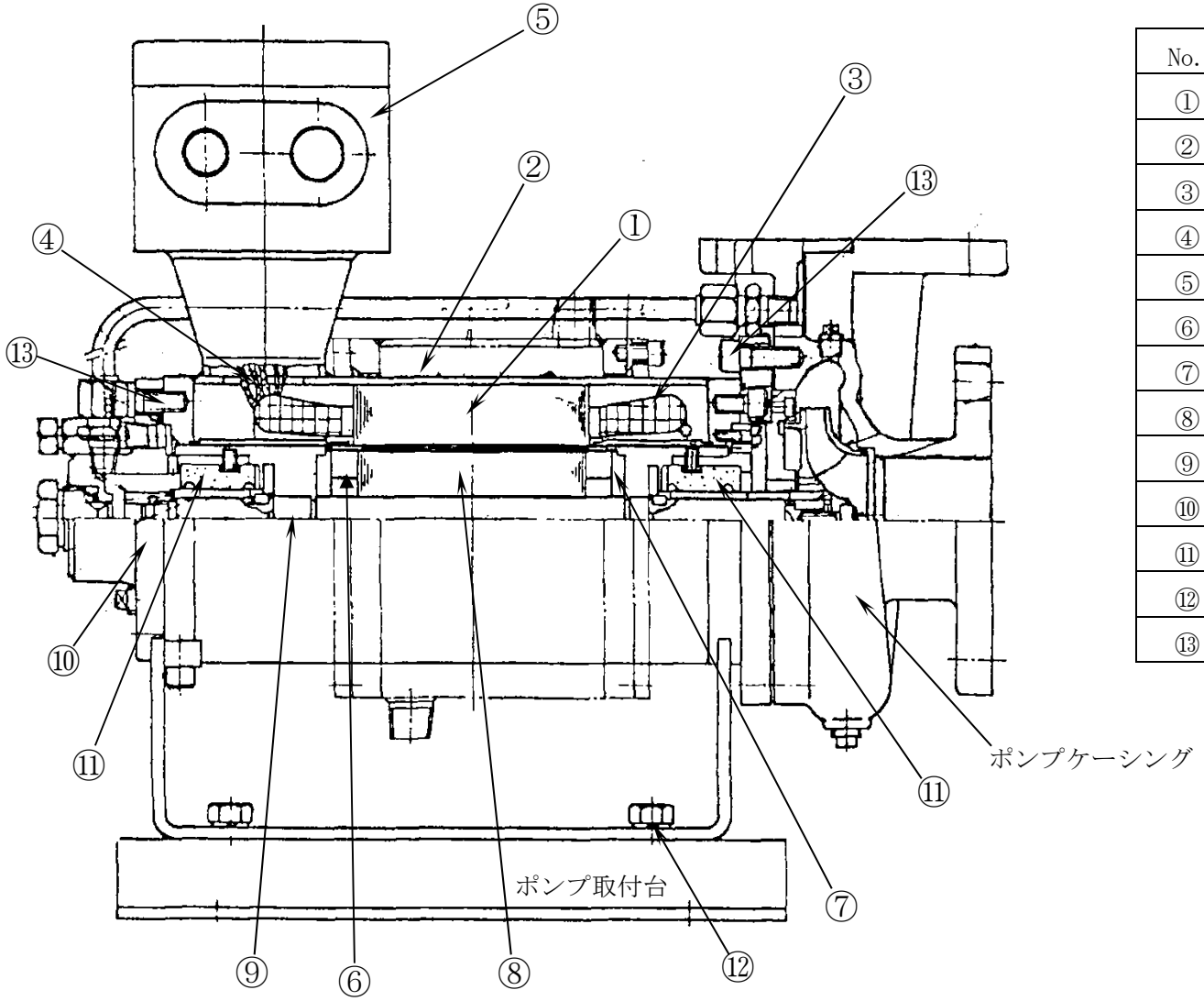
軸受により支持される主軸に回転子コアが固定されており，回転子コアには回転子棒が挿入され，両端には回転子エンドリングが取付けられている。

また，固定子や回転子はリアカバー及びポンプケーシング間の締め付けボルトを緩め，リアカバー及びポンプケーシングを取外すことにより点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータの構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	固定子コア
②	ステータバンド
③	固定子コイル
④	口出線・接続部品
⑤	端子箱
⑥	回転子棒
⑦	回転子エンドリング
⑧	回転子コア
⑨	主軸
⑩	リアカバー
⑪	軸受（すべり）
⑫	取付ボルト
⑬	締め付けボルト

図 2.1-3　原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ構造図

表 2.1-5　原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア	ケイ素鋼板
		ステータバンド	炭素鋼鋼管
		固定子コイル	エナメル銅線
		口出線・接続部品	ガラス網組導線
		端子箱	ねずみ鋳鉄品
		回転子棒, 回転子エンドリング	アルミニウム
		回転子コア	ケイ素鋼板
	エネルギー伝達	主軸	ステンレス鋼
	軸支持	リアカバー	ステンレス鋼
		軸受（すべり）	（消耗品）
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼
		締め付けボルト	炭素鋼

表 2.1-6　原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータの使用条件

設置場所	屋内
周囲温度*	40.0 ℃（最高）
運転状態	一時
定格電圧	AC 440 V
定格出力	3.7 kW

＊：原子炉建屋における設計値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低圧ポンプモータの機能であるポンプ駆動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) 駆動機能の確保

(2) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

低圧ポンプモータについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（電圧，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

軸受（ころがり）及び軸受（すべり）は消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下［共通］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）［共通］

固定子コア及び回転子コアは，無方向性電磁鋼及びケイ素鋼板であるため腐食が想定されるが，固定子コア及び回転子コアには，防食効果のある絶縁ワニス処理が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. フレーム，エンドブラケット，ファン，ファンカバー［ほう酸水注入系ポンプモータ，非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータ］，ステータバンド［原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ］及び端子箱［共通］の腐食（全面腐食）

フレーム，エンドブラケット，ファン，ファンカバー，ステータバンド及び端子箱は，炭素鋼等（炭素鋼，圧延鋼板，ねずみ鋳鉄）であるため腐食が想定されるが，フレーム等の表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，フレーム，エンドブラケット，ファン，ファンカバー，ステータバンド及び端子箱の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 主軸の摩耗［共通］

主軸は，軸受との接触面の摩耗が想定されるが，点検時に主軸の寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 取付ボルト［共通］及び締め付けボルト［原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータ］の腐食（全面腐食）

取付ボルト及び締め付けボルトは，炭素鋼等（炭素鋼，圧延鋼材）であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって，取付ボルト及び締め付けボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

主軸には，モータ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認を行い，これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ［共通］

回転子棒及び回転子エンドリングには，モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定される。

しかし，図 2.2-1 に示すとおり，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰り返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

したがって，回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

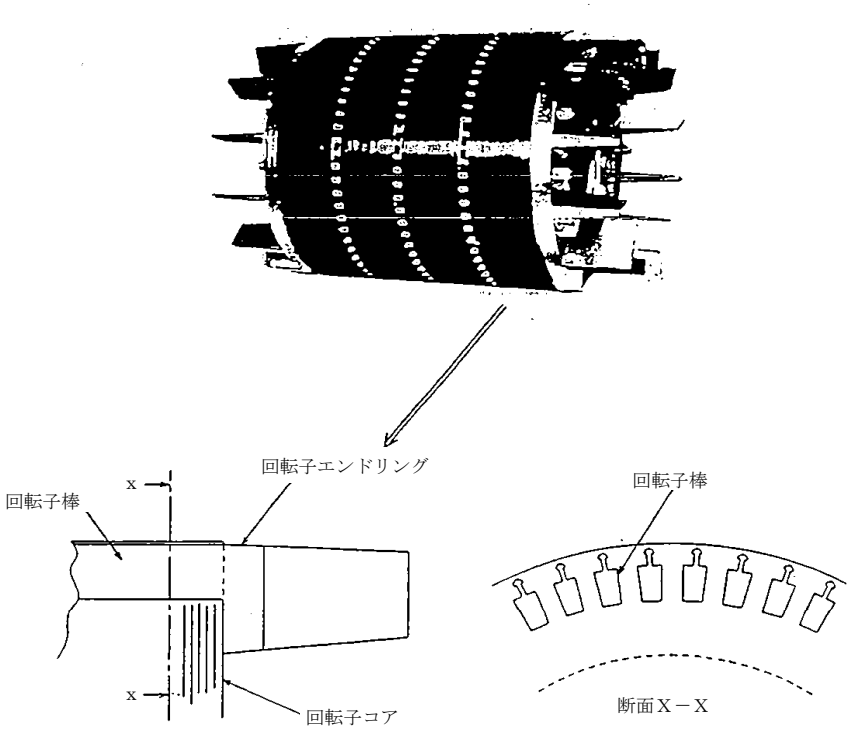


図 2.2-1　アルミダイキャスト回転子構造図

表 2.2-1(1/3)　ほう酸水注入系ポンプモータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		無方向性電磁鋼		△							*:高サイクル疲労割れ
		フレーム		圧延鋼板		△							
		固定子コイル		ポリアミドエミドエナメル銅線					○				
		口出線・接続部品		耐熱性ポリフレックス銅線					○				
		端子箱		圧延鋼板		△							
		回転子棒, 回転子エンドリング		アルミニウム			▲						
		回転子コア		無方向性電磁鋼		△							
		ファン		圧延鋼板		△							
		ファンカバー		圧延鋼板		△							
	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△		△*						
	軸支持	エンドブラケット		ねずみ鋳鉄		△							
		軸受（ころがり）	◎	－									
機器の支持	支持	取付ボルト		圧延鋼材		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/3)　非常用ディーゼル発電機冷却系海水ポンプモータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		無方向性電磁鋼板		△							*:高サイクル疲労割れ
		フレーム		鋼板		△							
		固定子コイル		銅，エポキシ樹脂					○				
		口出線・接続部品		銅，エポキシ樹脂					○				
		端子箱		鋼板		△							
		回転子棒，回転子エンドリング		アルミニウム			▲						
		回転子コア		無方向性電磁鋼板		△							
		ファン		鋼板		△							
		ファンカバー		鋼板		△							
	エネルギー伝達	主軸		炭素鋼	△		△*						
	軸支持	エンドブラケット		鋼板		△							
		軸受（ころがり）	◎	－									
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(3/3)　原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器保持ポンプモータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象								備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
駆動機能の確保	エネルギー変換	固定子コア		ケイ素鋼板		△							*:高サイクル疲労割れ
		ステータバンド		炭素鋼鋼管		△							
		固定子コイル		エナメル銅線					○				
		口出線・接続部品		ガラス網組導線					○				
		端子箱		ねずみ鋳鉄		△							
		回転子棒, 回転子エンドリング		アルミニウム			▲						
		回転子コア		ケイ素鋼板		△							
	エネルギー伝達	主軸		ステンレス鋼	△		△*						
	軸支持	リアカバー		ステンレス鋼									
		軸受（すべり）	◎	－									
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△							
		締め付けボルト		炭素鋼		△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下［共通］

a. 事象の説明

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は，有機物であるため，振動等による機械的劣化，熱分解による熱的劣化，絶縁物内空隙での放電等による電気的劣化，埃等の異物付着による環境的劣化により経年的に劣化が進行し，絶縁物の外表面，内部から絶縁特性低下を起こす可能性がある。

絶縁特性低下を生ずる可能性のある部位を図 2.3-1 に示す。

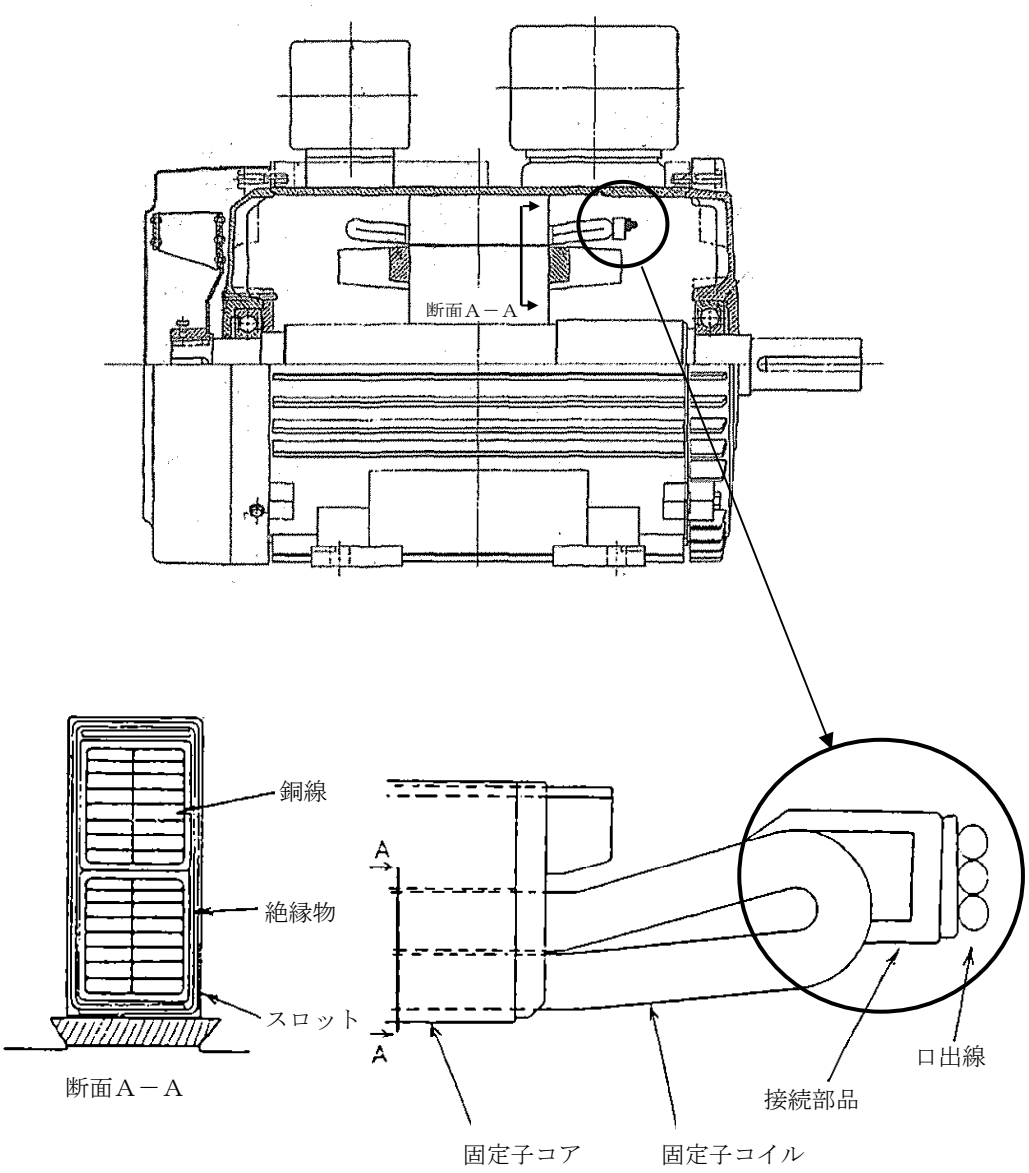


図 2.3-1　固定子コイルの絶縁部位

b. 技術評価

① 健全性評価

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下要因としては，機械的，熱的，電気的及び環境的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があるが，これまでの点検実績から最も絶縁特性低下に影響及ぼす要因は熱的劣化であることから，長期間の使用を考慮すると固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は否定できない。

② 現状保全

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を行い，熱的劣化による有意な絶縁特性低下のないことを確認している。

また，これらの点検で有意な絶縁特性低下による異常が確認された場合は，洗浄・乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又は，固定子コイル及び口出線・接続部品又はモータを取替えることとしている。

なお，第 24 回定期検査時に非常用ディーゼル発電機冷却系海水系ポンプモータ 3 台の取替を実施している。

③ 総合評価

健全性評価及び現状保全の結果から判断して，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下の可能性は小さく，また，現状保全にて絶縁特性の低下は把握可能と考えられる。今後も，目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することで，異常の有無の確認は可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

今後も点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施することにより，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又はコイル及び口出線・接続部品の取替を実施する。

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象低圧ポンプモータ］

① ほう酸水注入系潤滑油ポンプモータ
② 原子炉冷却材浄化系循環ポンプモータ
③ 常設低圧代替注水系ポンプモータ
④ 代替燃料プール冷却系ポンプモータ
⑤ 代替循環冷却系ポンプモータ
⑥ 格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下［共通］

代表機器と同様，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物は，有機物であるため，機械的，熱的，電気的，環境的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があるが，点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を実施しており，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又はコイル及び口出線・接続部品の取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ，代替循環冷却系ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認，清掃及び絶縁抵抗測定を行うとともに，必要に応じて洗浄，乾燥及び絶縁補修（絶縁物にワニスを注入）又はコイル及び口出線・接続部品の取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

なお，第 23 回定期検査時にほう酸水注入系潤滑油ポンプモータ 2 台の取替を実施している。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，固定子コア及び回転子コアは，無方向性電磁鋼等であるため腐食が想定されるが，固定子コア及び回転子コアには，防食効果のある絶縁ワニス処理が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ，代替循環冷却系ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. フレーム，エンドブラケット，ファン，ファンカバー及び端子箱の腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，フレーム，エンドブラケット，ファン，ファンカバー及び端子箱は，炭素鋼等であるため腐食が想定されるが，フレーム等の表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ，代替循環冷却系ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，フレーム，エンドブラケット，ファン，ファンカバー及び端子箱の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 主軸の摩耗［共通］

代表機器と同様，主軸は，軸受との接触面の摩耗が想定されるが，点検時に主軸の寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ，代替循環冷却系ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に主軸の寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，取付ボルトは，炭素鋼であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ，代替循環冷却系ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータは新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

代表機器と同様，主軸には，モータ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認を行い，これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ，代替循環冷却系ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータは新たに設置されるが，代表機器と同様，高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さく，今後，点検時に目視確認を行い割れの有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ［共通］

代表機器と同様，回転子棒及び回転子エンドリングには，モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定されるが，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

常設低圧代替注水系ポンプモータ，代替燃料プール冷却系ポンプモータ，代替循環冷却系ポンプモータ及び格納容器圧力逃がし装置移送ポンプモータは新たに設置されるが，代表機器と同様，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

したがって，回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

東海第二発電所
容器の技術評価書

（運転を断続的に行うことを前提とした評価）

日本原子力発電株式会社

本評価書は，東海第二発電所（以下，「東海第二」という）で使用されている安全上重要な容器（重要度分類審査指針におけるクラス 1，2 及び高温・高圧の環境下にあるクラス 3 の容器）及び常設重大事故対処設備に属する容器について，運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表 1 に，機能を表 2 に示す。

評価対象機器を型式，内部流体，材料等でグループ化し，それぞれのグループから，重要度，運転状態，最高使用温度等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後，代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は容器の型式等を基に以下の 3 章で構成されている。

1. 原子炉圧力容器
2. 原子炉格納容器
3. その他容器

なお，原子炉圧力容器と原子炉格納容器は，重要性及び特殊性を考慮し，その他の容器と分けて単独で評価している。

また，水圧制御ユニット，ディーゼル機関付属設備，可燃性ガス濃度制御系再結合装置，補助ボイラ設備の容器については「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

なお，文書中の単位の記載は， 原則として SI 単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表 1(1/2)　評価対象機器一覧

種類	機器名称		仕様	重要度[*1]
容器	原子炉圧力容器		高さ22,118 mm　胴内径6,434 mm	PS-1，重[*3]
	原子炉格納容器		ドライウェル： 全高30,067 mm　底部内径24,903 mm サプレッション・チェンバ： 全高17,891 mm　内径25,908 mm	MS-1，重[*3]
	機械ペネトレーション	配管貫通部	－	MS-1，重[*3]
		機器搬入口	－	MS-1，重[*3]
		エアロック	－	MS-1，重[*3]
		ハッチ及びマンホール	－	MS-1，重[*3]
	電気ペネトレーション	モジュール型電気ペネトレーション	－	MS-1，重[*3]
タンク	湿分分離器		長さ14,789.15 mm　内径3,200.4 mm	高[*2]
	スクラム排出水容器		全高955 mm　胴内径300 mm	高[*2]
	ほう酸水注入系貯蔵タンク		高さ3,684 mm　内径2,745 mm	MS-1，重[*3]
ライニング槽	使用済燃料貯蔵プール		縦10,363 mm　横12,192 mm 深さ11,913 mm	PS-2，重[*3]
	原子炉ウェル		深さ7,577 mm　内径11,670 mm	PS-2
	燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク		高さ7,572 mm　内径1,600 mm	重[*3]
アキュムレータ	MSIV用アキュムレータ		全長1,024 mm　胴内径500 mm	MS-1
	SRV（ADS）用アキュムレータ		全長1,270 mm　胴内径550 mm	MS-1，重[*3]
	SRV用アキュムレータ		全長800 mm　胴内径400 mm	MS-1
	SLC用アキュムレータ		全長746.1 mm　内径168.7 mm	MS-1
フィルタ等	活性炭ベッド		高さ7,800 mm　内径1,350 mm	PS-2
	排ガス後置除湿器		高さ5,200 mm　内径900 mm	高[*2]
	排ガス再結合器		高さ3,715 mm　内径1,950 mm	PS-2
	格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置		全長10,000 mm　内径4,600 mm	重[*3]
	原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器		全長4,260 mm　胴内径1,058 mm	PS-2
	制御棒駆動水系ポンプ出口ラインフィルタ		高さ844.5 mm　内径85.6 mm	高[*2]

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

表 1(2/2)　評価対象機器一覧

種類	機器名称	仕様	重要度[*1]
フィルタ等	原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ	全長 413 mm　幅 220 mm	高[*2]
	原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ	全長 1,736.5 mm　外径 216.3 mm	高[*2]
	残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ	全長 2,140 mm　胴内径 790 mm	MS-1，重[*3]
	非常用及びHPCS系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ	全長 1,360 mm　胴内径 430 mm	MS-1，重[*3]
	緊急用海水系ストレーナ	全長 1,870 mm　胴内径 576 mm	重[*3]

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

表 2(1/2)　評価対象機器の機能

機器名称	主な機能
原子炉圧力容器	原子炉の燃料及び炉内構造物を収容し，純水を加熱して蒸気を発生させる。
原子炉格納容器	原子炉圧力容器，原子炉冷却系統等を収容する。また，原子炉の事故や原子炉冷却系の事故等による放射性物質放出に対し，環境へ放出されるのを防止する。
湿分分離器	高圧タービンと低圧タービンの中間に位置し，蒸気の湿分を除去する。
スクラム排出水容器	スクラム動作時の制御棒駆動機構から排出される水を貯える。
ほう酸水注入系貯蔵タンク	制御棒の挿入不能により原子炉の冷温停止が達成できない場合，原子炉冷温停止のために注入する五ほう酸ナトリウム水を貯蔵する。
使用済燃料貯蔵プール	燃料，制御棒及び使用済燃料輸送容器の貯蔵を行う。さらに，燃料チャンネルの取替え及び機器の取扱いを行う。
原子炉ウェル	燃料の取替え時に水を満たし，原子炉圧力容器から燃料を取出す。
燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク	燃料プール，原子炉ウェルの余剰水を受け入れる。
MSIV用アキュムレータ	主蒸気隔離弁駆動用ガスである窒素又は制御用空気を貯蔵する。
SRV（ADS）用アキュムレータ	逃がし安全弁の自動減圧機能動作時に必要な駆動用ガスである窒素を貯蔵する。
SRV用アキュムレータ	逃がし安全弁の逃がし弁機能動作時に必要な駆動用ガスである窒素を貯蔵する。
SLC用アキュムレータ	ほう酸水注入系ポンプ（往復ポンプ）運転時に系統の圧力脈動を緩和する。
活性炭ベッド	放射性希ガスを装置内の活性炭に吸着させ，放射能を減衰させる。
排ガス後置除湿器	気体廃棄物処理系排ガス活性炭ベッドへ流入する排ガスの湿分を除去する。
排ガス再結合器	原子炉冷却材の放射性分解によって発生した酸素及び水素を再結合させ水蒸気に還元し，安全に処理する。
格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置	重大事故等時に，格納容器内に発生するガスに含まれる粒子状及び気体状の放射性物質を除去した上で大気に放出することで，格納容器の過圧破損を防止する。
原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器	原子炉冷却材に含まれる溶解性，不溶解性不純物をイオン交換樹脂により除去する。
制御棒駆動水系ポンプ出口ラインフィルタ	制御棒駆動水系ポンプから系統に入ってくるスケール等の異物を除去する。

表 2(2/2)　評価対象機器の機能

機器名称	主な機能
原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ	原子炉冷却材浄化系ポンプメカニカルシールへのパージ水の異物を除去する。
原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ	原子炉再循環ポンプメカニカルシールへのパージ水の異物を除去する。
残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ	残留熱除去海水系ポンプから系統に入ってくる貝等の異物を除去する。
非常用及びHPCS系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ	非常用及びHPCS系ディーゼル発電機海水ポンプから系統に入ってくる貝等の異物を除去する。
緊急用海水系ストレーナ	緊急用海水系ポンプから系統に入ってくる貝等の異物を除去する。

1. 原子炉圧力容器

［対象機器］

① 原子炉圧力容器

目次

1. 対象機器 1-1
2. 原子炉圧力容器の技術評価 1-2
2.1 構造，材料及び使用条件 1-2
2.2 経年劣化事象の抽出 1-7
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 1-7
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 1-7
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 1-9
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 1-16

1. 対象機器

東海第二で使用している原子炉圧力容器の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1　原子炉圧力容器の主な仕様

機器名称	重要度	使用条件	
		最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
原子炉圧力容器	PS-1 重*1	8.62	302

*1：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 原子炉圧力容器の技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二の原子炉圧力容器は，たて形円筒形容器であり，1 基設置されている。

原子炉圧力容器は，上鏡，胴，下鏡，ノズル，ブラケット及び容器を支持する支持スカート，基礎ボルト等から構成される。

なお，上鏡は取外し可能なフランジ構造である。

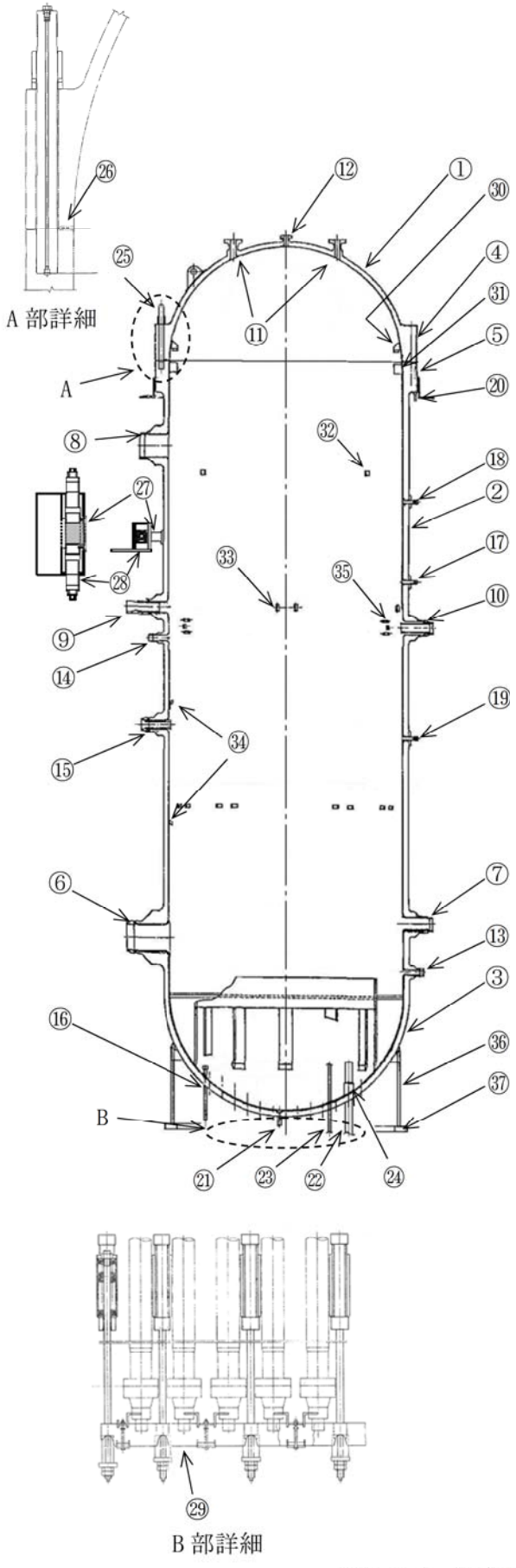
東海第二の原子炉圧力容器の改造履歴を表 2.1-1 に，構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉圧力容器主要部位の使用材料を表 2.1-2 に，炉心領域部材料の化学成分を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

表 2.1-1　原子炉圧力容器の改造履歴

部位及び改善内容	時期	理由
スタッドボルト取替	第 16 回定期検査 （1998 年度）	ボルトテンショナー 改造に伴う取替
中性子計測ハウジング改造 （母材内面を[redacted]により改善）	第 17 回定期検査 （1999 年度）	応力腐食割れ対策
中性子計測ハウジング取替（1 本） （母材内面を[redacted]により改善を含む）	第 18 回定期検査 （2001 年度）	応力腐食割れ対策



No.	部位
①	上鏡
②	胴
③	下鏡
④	上鏡フランジ
⑤	胴フランジ
⑥	再循環水出口ノズル(N1)，セーフエンド
⑦	再循環水入口ノズル(N2)，セーフエンド
⑧	主蒸気ノズル(N3)，セーフエンド
⑨	給水ノズル(N4)，セーフエンド
⑩	炉心スプレイノズル(N5)，セーフエンド
⑪	上鏡スプレイノズル／予備ノズル(N6)，閉止フランジ
⑫	ベントノズル(N7)
⑬	ジェットポンプ計測管貫通部ノズル(N8)，セーフエンド，ペネトレーションシール
⑭	制御棒駆動水戻りノズル(N9)，セーフエンド，閉止キャップ
⑮	低圧注水ノズル(N17)，セーフエンド
⑯	差圧検出・ほう酸水注入管ノズル(N10)，セーフエンド，ティ
⑰	計装ノズル(N11)，セーフエンド
⑱	計装ノズル(N12)，セーフエンド
⑲	計装ノズル(N16)，セーフエンド
⑳	漏えい検出ノズル(N13)
㉑	ドレンノズル(N15)
㉒	制御棒駆動機構ハウジング
㉓	中性子計測ハウジング
㉔	スタブチューブ
㉕	スタッドボルト
㉖	0 リング
㉗	スタビライザブラケット
㉘	スタビライザ
㉙	ハウジングサポート
㉚	ドライヤホールドダウンブラケット
㉛	ガイドロッドブラケット
㉜	ドライヤサポートブラケット
㉝	給水スパージャブラケット
㉞	サーベイランスブラケット
㉟	炉心スプレイブラケット
㊱	支持スカート
㊲	基礎ボルト

図 2.1-1　原子炉圧力容器構造図

表 2.1-2　原子炉圧力容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	上鏡，胴，下鏡	低合金鋼
		主フランジ（上鏡フランジ，胴フランジ）	低合金鋼
		ノズル(N1，N2，N3，N4，N5，N6，N7，N8，N9，N17)	低合金鋼
		ノズル(N10，N11，N12，N16)	高ニッケル合金
		漏えい検出ノズル(N13)	炭素鋼
		ドレンノズル(N15)	炭素鋼
		再循環水出口ノズル(N1)のセーフエンド 再循環水入口ノズル(N2)のセーフエンド ジェットポンプ計測管貫通部ノズル(N8)のセーフエンド，ペネトレーションシール 差圧検出・ほう酸水注入管ノズル(N10)のセーフエンド，ティ 計装ノズル(N11，N12，N16)のセーフエンド	ステンレス鋼
		主蒸気ノズル(N3)のセーフエンド 給水ノズル(N4)のセーフエンド 炉心スプレイノズル(N5)のセーフエンド 制御棒駆動水戻りノズル(N9)のセーフエンド，閉止キャップ 低圧注水ノズル(N17)のセーフエンド 予備ノズル(N6)閉止フランジ	炭素鋼
		制御棒駆動機構ハウジング 中性子計測ハウジング	ステンレス鋼
		スタブチューブ	高ニッケル合金
		スタッドボルト	低合金鋼
	シール	0 リング	（消耗品）
機器の支持	支持	スタビライザブラケット	低合金鋼
		スタビライザ	炭素鋼，低合金鋼
		ハウジングサポート	炭素鋼
		ブラケット（ドライヤホールドダウン）	炭素鋼
		ブラケット（ガイドロッド，ドライヤサポート，給水スパージャ，サーベイランス，炉心スプレイ）	ステンレス鋼
		支持スカート	低合金鋼
		基礎ボルト	低合金鋼

表 2.1-3　原子炉圧力容器の炉心領域部材料の化学成分

（単位：重量%）

区分	Cu	Ni	P	Si
母材				
溶接金属*1				

＊1：溶接方法は　　溶接

表 2.1-4　原子炉圧力容器の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水，蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉圧力容器の機能であるバウンダリ機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉圧力容器について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

0 リングは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 胴の中性子照射脆化
b. ノズル等の疲労割れ（上鏡，胴，下鏡，主フランジ，ノズル，セーフエンド，ハウジング，スタブチューブ，スタッドボルト，支持スカート）

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ステンレス鋼及び高ニッケル合金使用部位（母材，溶接部）の粒界型応力腐食割れ[セーフエンド（再循環水出口ノズルのセーフエンドの溶接部，再循環水入口ノズルのセーフエンドの溶接部），ジェットポンプ計測管貫通ノズルとセーフエンドの溶接部，ジェットポンプ計測管貫通ノズルセーフエンドとペネトレーションシールの溶接部，ブラケット]

原子炉圧力容器のステンレス鋼及び高ニッケル合金使用部位は，高温の純水中又は飽和蒸気環境中にあるため，溶接部（母材熱影響部を含む）に粒界型応力腐食割れ発生の可能性がある。

再循環水出口ノズルとセーフエンドの溶接部，再循環水入口ノズルとセーフエンドの溶接部，ジェットポンプ計測管貫通部ノズルとセーフエンドの溶接部，ジェットポンプ計測管貫通ノズルセーフエンドとペネトレーションシールの溶接部については，「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂及びその他の欠陥の解釈の制定について（平成 26 年 8 月 6 日　原規技発第 1408063 号　原子力規制委員会決定）」に基づき，通常の供用期間中検査より短周期で超音波探傷検査を実施してきており，異常は認められていない。

ブラケットと胴の溶接部については，これまでの目視点検にて異常は認められていない。

また，東海第二では 1997 年度より水素注入を行い，応力腐食割れに対して環境面からの改善を図っている。

したがって，ステンレス鋼及び高ニッケル合金使用部位（母材，溶接部）の粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スタビライザブラケット，スタビライザ，支持スカート及びハウジングサポートの腐食（全面腐食）

スタビライザブラケット，スタビライザ，支持スカート及びハウジングサポートの材料は，炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，通常運転時には窒素ガス雰囲気中にあり有意な腐食が発生する可能性は小さく，今後も使用環境がかわらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，スタビライザブラケット，スタビライザ，支持スカート及びハウジングサポートの目視点検において有意な腐食は確認されていない。

したがって，スタビライザブラケット，スタビライザ，支持スカート及びハウジングサポートの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. スタッドボルトの腐食（全面腐食）

スタッドボルトは低合金鋼であり腐食（全面腐食）が想定されるが，通常運転時には窒素ガス雰囲気中にあり有意な腐食が発生する可能性は小さく，今後も使用環境がかわらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，原子炉開放時のボルト取外し時の目視点検において有意な腐食は確認されていない。

したがって，スタッドボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. スタビライザブラケット及びスタビライザ摺動部の摩耗

機器の移動を許容するサポートの摺動部材は，摩耗が想定されるが，水平サポートであるスタビライザは，地震により摺動するものであり，発生回数が少ないことから，摩耗が発生する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，スタビライザブラケット及びスタビライザ摺動部の目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

したがって，スタビライザブラケット及びスタビライザ摺動部の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. スタビライザブラケット及びスタビライザの疲労割れ

スタビライザは水平サポートであり，地震により摺動するものであるため，運転中には有意な荷重を受けないことから，疲労が蓄積する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，スタビライザブラケット及びスタビライザの目視点検において有意な割れは確認されていない。

したがって，スタビライザブラケット及びスタビライザの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ステンレス鋼及び高ニッケル合金使用部位（母材，溶接部）の粒界型応力腐食割れ[ノズル（差圧検出・ほう酸水注入管ノズル，計装ノズル），セーフエンド（差圧検出・ほう酸水注入管ノズルセーフエンド／ティ，計装ノズルのセーフエンドの溶接部），制御棒駆動機構ハウジング，中性子計測ハウジング，スタブチューブ]

原子炉圧力容器のステンレス鋼及び高ニッケル合金使用部位は，高温の純水中又は飽和蒸気環境中にあるため，溶接部（母材熱影響部を含む）に粒界型応力腐食割れ発生の可能性がある。

スタブチューブの下鏡との溶接部については，国内他プラントで粒界型応力腐食割れと推定されるひびが発生している。また，中性子計測ハウジング取付溶接部についても東海第二の第 17 回定期検査時（1999 年度）に粒界型応力腐食割れと推定されるひびが発見される等，複数の事例がある。

差圧検出・ほう酸水注入管ノズル及びスタブチューブと下鏡の溶接部及びスタブチューブと制御棒駆動機構ハウジングの溶接部については，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検における目視点検，また，内面の母材熱影響部は渦流探傷検査を行っており，異常のないことを確認している。第 25 回定期検査（2011 年度～）において，各部のウォータージェットピーニングによる残留応力改善を行っており，起動前には全て完了する予定であることから，今後粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

中性子計測ハウジングと下鏡部の溶接部については，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検における目視点検，また，内面の母材熱影響部は渦流探傷検査を行っており，異常のないことを確認している。

また，第 17 回定期検査時（1999 年度）に割れが確認された 1 箇所について，拡管及び封止溶接を施し 1 サイクル運転した後，第 18 回定期検査時（2001 年度）において，中性子計測ハウジング材質に低炭素ステンレス鋼（SUS316TP）を適用し，原子炉圧力容器との取付溶接部では，溶加材に高ニッケル合金（インコネル 82）を用いた耐応力腐食割れ性に優れた溶接方法を適用して取替を行った。割れが確認されなかった 54 箇所について，TIG クラッドにより内表面に耐食性の優れたクラッド層を形成するとともに，高温の純水に接する外表面については溶接残留応力を改善している。

さらに，第 25 回定期検査（2011 年度～）において，ウォータージェットピーニングによる残留応力改善を行っており，今後粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

計装ノズル(N11，N12 及び N16)と胴の溶接部，計装ノズル(N11)とセーフエンド溶接部については，第 21 回定期検査時（2005 年度）にウォータージェットピーニングによる残留応力改善を行っており，目視点検により異常のないことを確認していることから，粒界型応力腐食割れ発生の可能性は小さい。

差圧検出・ほう酸水注入管ノズルセーフエンド／ティ，計装ノズルのセーフエンドの溶接部については，小口径配管であり残留応力が小さく，粒界型応力腐食割れ発生の可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ステンレス鋼及び高ニッケル合金使用部位（母材，溶接部）の粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 主フランジ（上鏡フランジ及び胴フランジのシール面）の腐食（全面腐食，隙間腐食，孔食）

上鏡フランジ及び胴フランジは低合金鋼であり，フランジシール面は狭隘であることから腐食（全面腐食，隙間腐食，孔食）が想定されるが，シール面には耐食性に優れた高ニッケル合金で肉盛がされており腐食が発生する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，原子炉開放の都度実施されている目視点検によりシール面の腐食は検知可能であり，これまでに有意な腐食は確認されていない。

したがって，主フランジ（上鏡フランジ及び胴フランジのシール面）の腐食（全面腐食，隙間腐食，孔食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ステンレス鋼及び高ニッケル合金のクラッド下層部のき裂

胴等には低合金鋼が用いられており，内面はステンレス鋼及び高ニッケル合金のクラッドが施されている。低合金鋼の中でも ASME SA-508 CL.2 は特定の溶接条件で溶接後熱処理の際にクラッド下層部にき裂が発生することが知られている。

この事象については米国の WRC(Welding Research Council) が 1974 年に発行した「WRC Bulletin197」において，溶接方法の改善または原子炉圧力容器材料の変更により対策が図られるという結論が導かれている。

東海第二のノズル（差圧検出・ほう酸水注入管ノズル，計装ノズル及びドレンノズルを除く）及び主フランジはSA-508 CL.2 であるが，溶接方法の改善（クラッドの２層盛溶接）がなされているためクラッド下層部のき裂は発生する可能性は小さいと考えられ，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検における原子炉圧力容器の母材及び溶接部について超音波探傷検査を行っており，有意な欠陥は確認されていない。

したがって，ステンレス鋼及び高ニッケル合金のクラッド下層部のき裂は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i．基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトの露出部は通常運転時に窒素ガス雰囲気中にあり，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，供用期間中検査において目視点検を実施しており，これまでに有意な腐食は確認されていない。

コンクリート埋設部は，コンクリートに水酸化カルシウムが含まれており，このため，pH12～13 程度の強いアルカリ環境を形成し，さらに鉄表面にはカルシウム系皮膜の形成，酸素による表面の不動態化により，腐食速度としては極めて小さいことが知られている。

一般にコンクリート表面から空気中の炭酸ガスを吸収すると，コンクリート中の水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化し，コンクリート表面から内部に向けて徐々にアルカリ性が失われる（中性化）。

コンクリート表面部においては，原子炉運転中窒素ガス置換を行っているため炭酸ガスが極めて少なく，コンクリートの中性化の速度は極めて小さいと考えられ，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において基礎ボルトの超音波探傷検査を実施した結果，干渉物回避のため曲がり構造となっているボルト以外は，割れその他の有害な欠陥は確認されなかったことから，腐食に起因する内部の欠陥がないことが確認できた。

また，曲がり構造のボルトを除いた条件で強度評価を実施し，原子炉圧力容器の健全性に影響がないことを確認した。

したがって，基礎ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 主蒸気ノズル，給水ノズル及び上鏡内面等の腐食（全面腐食及び流れ加速型腐食）

原子炉圧力容器内部の内面クラッドがない，主蒸気ノズル，給水ノズル，炉心スプレイノズル，低圧注水ノズル，上鏡スプレイノズル，ベントノズル，予備ノズル，閉止フランジ，制御棒駆動水戻りノズル，閉止キャップ，ドレンノズル，上鏡の内面及びドライヤホールドダウンブラケットは，低合金鋼等が高温流体に接しているため，腐食（全面腐食）が想定される。

また，蒸気が高速で流れる主蒸気ノズルは流れ加速型腐食が想定される。

全面腐食及び流れ加速型腐食による運転開始後 60 年時点におけるそれぞれの腐食量は，給水ノズル及び上鏡内面等は Wagner の酸化速度式を用いて算出した結果 0.77 mm，主蒸気ノズルは Keller の予測式を用いて算出した結果 0.16 mm であり，設計・製造段階で考慮した腐食代である 1.6 mm より十分小さいことから，腐食が問題となる可能性はない。

したがって，主蒸気ノズル，給水ノズル及び上鏡内面等の腐食（全面腐食及び流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1　原子炉圧力容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	上鏡		低合金鋼		▲*1	○					*1：主蒸気ノズル，給水ノズル及び上鏡内面等の内面クラッドのない部分 *2：内面クラッド *3：クラッド下層部き裂 *4：中性子照射脆化 *5：全面腐食，隙間腐食，孔食 *6：主蒸気ノズルの流れ加速型腐食 *7：ノズル，セーフエンド *8：粒界型応力腐食割れ *9：摺動部 *10：ドライヤホールドダウンブラケット
		胴		低合金鋼*2			○			○*4	△*3	
		下鏡		低合金鋼*2			○				△*3	
		主フランジ		低合金鋼*2		△*5	○				△*3	
		ノズル，セーフエンド，ティペネトレーションシール，閉止フランジ，閉止キャップ		炭素鋼 低合金鋼		▲*1*6	○*7				△*3	
				低合金鋼*2								
				ステンレス鋼 高ニッケル合金				△*8				
		ハウジング，スタブチューブ		ステンレス鋼 高ニッケル合金			○	△*8				
		スタッドボルト		低合金鋼		△	○					
	シール	0リング	◎	—								
機器の支持	支持	スタビライザブラケット，スタビライザ		炭素鋼 低合金鋼	△*9	△	△					
		ハウジングサポート		炭素鋼		△						
		ブラケット		炭素鋼		▲*10						
				ステンレス鋼				△*8				
		支持スカート		低合金鋼		△	○					
		基礎ボルト		低合金鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 胴の中性子照射脆化

a. 事象の説明

金属材料は中性子の照射を受けると非常に微小な欠陥（析出物，マイクロボイド）が生じ，靭性（破壊に対する抵抗）の低下が生じる。原子炉圧力容器の炉心領域部においては，中性子照射に伴い遷移温度の上昇と上部棚領域の靭性が低下（USE の低下）することが知られている（図2.3-1 参照）。

中性子照射脆化は，材料中の銅，リン等の不純物の影響を受けるが，日本では米国等に比してこれらの不純物量は一般的に低くなっている。

ここで中性子照射脆化を評価すべき部位としては，原子炉圧力容器のうち中性子照射量の大きい炉心領域部を対象とする。

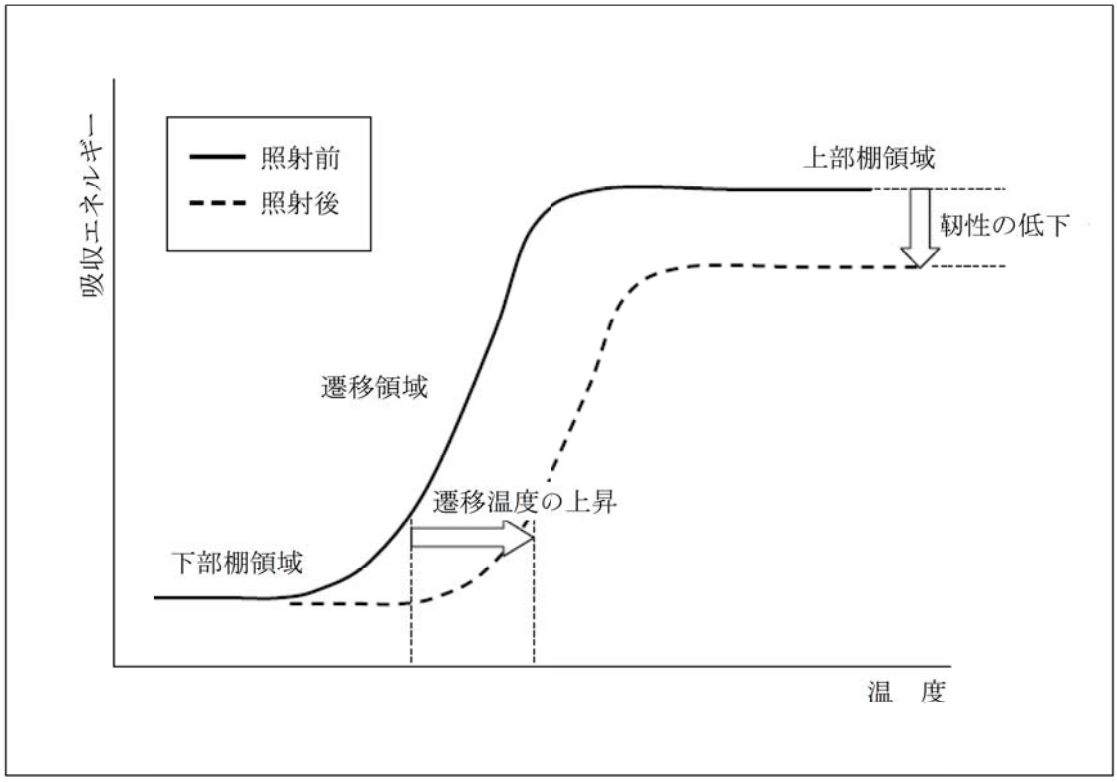


図 2.3-1　中性子照射による機械的性質（靭性）の変化

b. 技術評価

① 健全性評価

中性子照射脆化に対する健全性評価上厳しい箇所は，炉心領域の胴である。東海第二の胴内表面での中性子照射量*1は，2016 年 11 月時点*2で 3.26×10^{17} n/cm^2（＞1 MeV）程度，運転開始後 60 年時点で 5.35×10^{17} n/cm^2（＞1 MeV）程度と評価される。

また，評価に用いられる板厚 1/4 深さ位置での中性子照射量*3は，2016 年 11 月時点*2で 2.38×10^{17} n/cm^2（＞1 MeV）程度，運転開始後 60 年時点で 3.91×10^{17} n/cm^2（＞1MeV）程度と評価される。

*1：第 4 回監視試験片の中性子照射量実測値と，炉内中性子束解析により求めた監視試験片位置と胴内表面との中性子束の比率に基づき算出。

*2：中性子照射量については，2011 年 3 月 11 日のプラント停止より中性子照射が停止し，それ以降の中性子照射の累積がないことから，2011 年 3 月 11 日時点での中性子照射量とする。

*3：第 4 回監視試験片の中性子照射量実測値と，炉内中性子束解析により求めた監視試験片位置と板厚 1/4 深さ位置との中性子束の比率に基づき算出。

本項では東海第二の監視試験結果と，日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法 JEAC4201-2007（2013 年追補版を含む）」（以下，「JEAC4201」という）及び日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靭性の確認試験方法 JEAC4206-2007」（以下，「JEAC4206」という）に基づいた評価を示す。

なお，JEAC4201 における「監視試験の対象」である相当運転期間末期の最大中性子照射量が容器内面で 1×10^{17} n/cm^2（＞1 MeV）を超えると予測される炉心領域近傍には，低圧注水ノズルがあるが，運転開始後 60 年時点において，その中性子照射量は 0.87×10^{17} n/cm^2（＞1 MeV）であり中性子照射脆化を考慮する必要のある累積中性子照射量以下であることから，中性子照射脆化に対する健全性評価は，胴について実施する。

定期検査で行う漏えい検査は，比較的温度が低い状態で運転圧力まで昇圧するため，非延性破壊に対して最も厳しい状態となる。このため，漏えい検査時には原子炉圧力容器の最低使用温度を守るよう運転管理を行っている。

なお，JEAC においては，PWR プラントの原子炉（圧力）容器の炉心領域部の非延性破壊に対して供用状態 C，D で最も厳しい状態として加圧熱衝撃（PTS）評価を要求しているが，BWR プラントの原子炉圧力容器は通常運転時には蒸気の飽和圧力温度となっており，事故時に非常用炉心冷却系が作動しても冷却水の注入に伴って圧力が低下するため，高圧（高い応力がかかった状態）のまま低温になることはなく，BWR プラントでは実施する必要がない。

また，設計上，低温の水が導かれるようなノズルにはサーマルスリーブが設けられており，原子炉圧力容器が急速に冷却されないようになっている。

1) 最低使用温度の評価

東海第二の 2016 年 11 月時点の監視試験結果を表 2.3-1 に示す。

JEAC4201 附属書 B「中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」により求めた関連温度移行量の予測値と測定値は，図 2.3-2 に示すとおり，予測式にマージンを見込んだものの範囲にあり，測定値について特異な脆化は認められない。

ここで，監視試験片の関連温度について母材，溶接金属及び熱影響部を評価した結果，母材が高いことから母材の評価で代表することとした。

次に，JEAC4201 附属書 B「中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」並びに JEAC4206 附属書 A「非延性破壊防止のための解析法」及び附属書 E「破壊靭性評価方法」により求めた 2016 年 11 月時点及び 60 年時点での関連温度移行量，関連温度，最低使用温度を表 2.3-2 に示す。

関連温度は 2016 年 11 月時点で 5 ℃程度，運転開始後 60 年時点で 11 ℃程度となる。その際の胴の最低使用温度は，破壊力学的検討により求めたマージン 26 ℃を考慮すると，2016 年 11 月時点で 31 ℃，運転開始後 60 年時点で 37 ℃となる。

ここで，炉心領域胴及び保守的な評価として低圧注水ノズルのチャージ No. 毎の構成材料について，運転開始後 60 年時点における関連温度を評価した結果，27 ℃程度，その際の最低使用温度は 53 ℃となった。そのため，監視試験結果に基づき算出した運転開始後 60 年時点における関連温度の予測値に替えて適用することとした。

さらに，運転開始後 60 年時点を考慮した場合の運転時及び耐圧・漏えい検査時の圧力・温度制限曲線を求め健全性を評価した結果，図 2.3-3 に示すとおり遵守可能な温度であり，十分な安全性が確保されていることを確認した。

2) 上部棚吸収エネルギーの評価

上部棚吸収エネルギーの低下について JEAC4201 附属書 B「中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」に基づいて評価を実施した結果を表 2.3-3 に示す。

最も上部棚吸収エネルギーが低下するのは，母材であり，2016 年 11 月時点で 111 J，運転開始後 60 年時点で 111 J となっている。

いずれの場合も JEAC4206 で要求されている 68 J を上回っている。

表 2.3-1　東海第二の監視試験結果

回数	中性子照射量 ($\times 10^{19}$ n/cm^2) (E >1 MeV)	関連温度及び関連温度移行量（℃）						上部棚吸収エネルギー（J）		
		母材		溶接金属		熱影響部		母材	溶接金属	熱影響部
関連温度初期値	0	-25		-25		-25		202	188	205
第 1 回 (加速)	0.053 (29.9 EFPY*2)	関連温度移行量	関連温度	関連温度移行量	関連温度	関連温度移行量	関連温度	220	212	218
		4	-21	2	-23	11	-14			
第 2 回 (炉壁 1)	0.011 (7.42 EFPY*)	3	-22	-1	-26	9	-16	202	197	200
第 3 回 (炉壁 2)	0.026 (21.4 EFPY*)	7	-18	0	-25	20	-5	199	174	191
第 4 回 (炉壁 3)	0.029 (26.2 EFPY*)	15	-10	-2	-27	-5	-30	220	215	240

*：監視試験片位置の中性子束から，設備利用率を 80 %として原子炉圧力容器内表面に換算した場合の照射年数

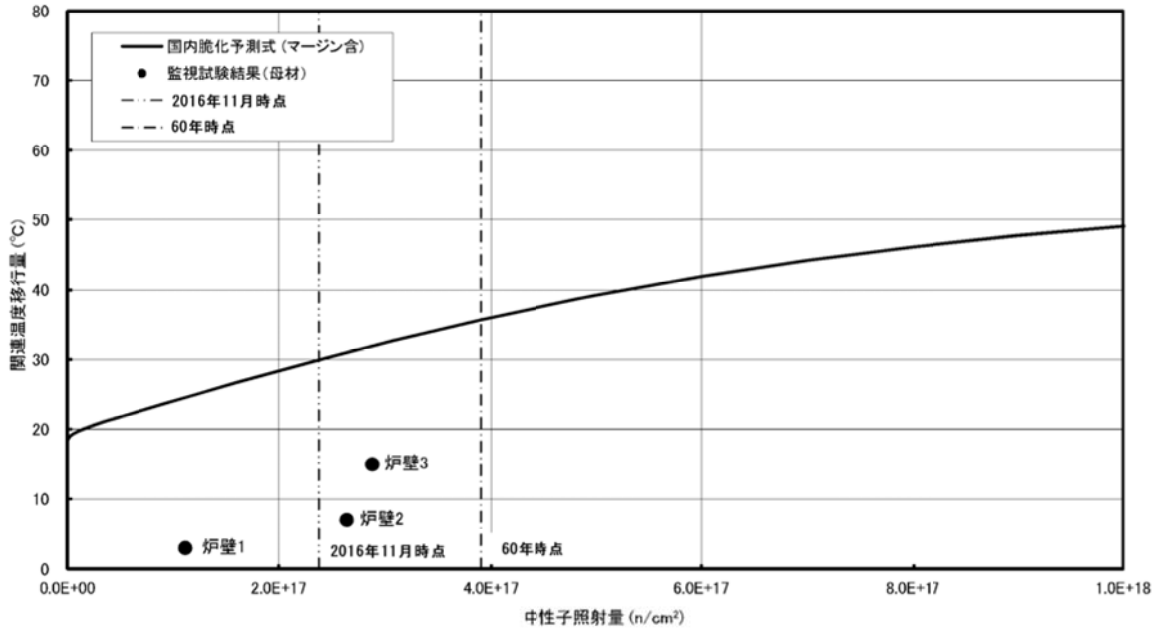


図 2.3-2　関連温度移行量の予測値と測定値（マージン有り）

表 2.3-2　東海第二の関連温度の予測値

評価時期	材料	関連温度初期値（℃）	関連温度移行量（℃）＊	関連温度（℃）	破壊力学的検討によるマージン（℃）	胴の最低使用温度（℃）
2016 年 11 月時点	母材	-25	30	5	26	31
	溶接金属	-25	27	2		
	熱影響部	-25	30	5		
運転開始後 60 年時点	母材	-25	36	11		37
	溶接金属	-25	31	6		
	熱影響部	-25	36	11		

＊：原子炉圧力容器内表面から板厚 1/4 深さでの予測値

表 2.3-3　東海第二の上部棚吸収エネルギー予測値

（単位：J）

	初期値	2016 年 11 月時点	運転開始後 60 年時点	許容値
母材	202	111*	111*	68
溶接金属	188	152	151	
熱影響部	205	113*	112*	

＊：JEAC4201-2007 SA-3440 に基づき L 方向から T 方向への補正を行っている

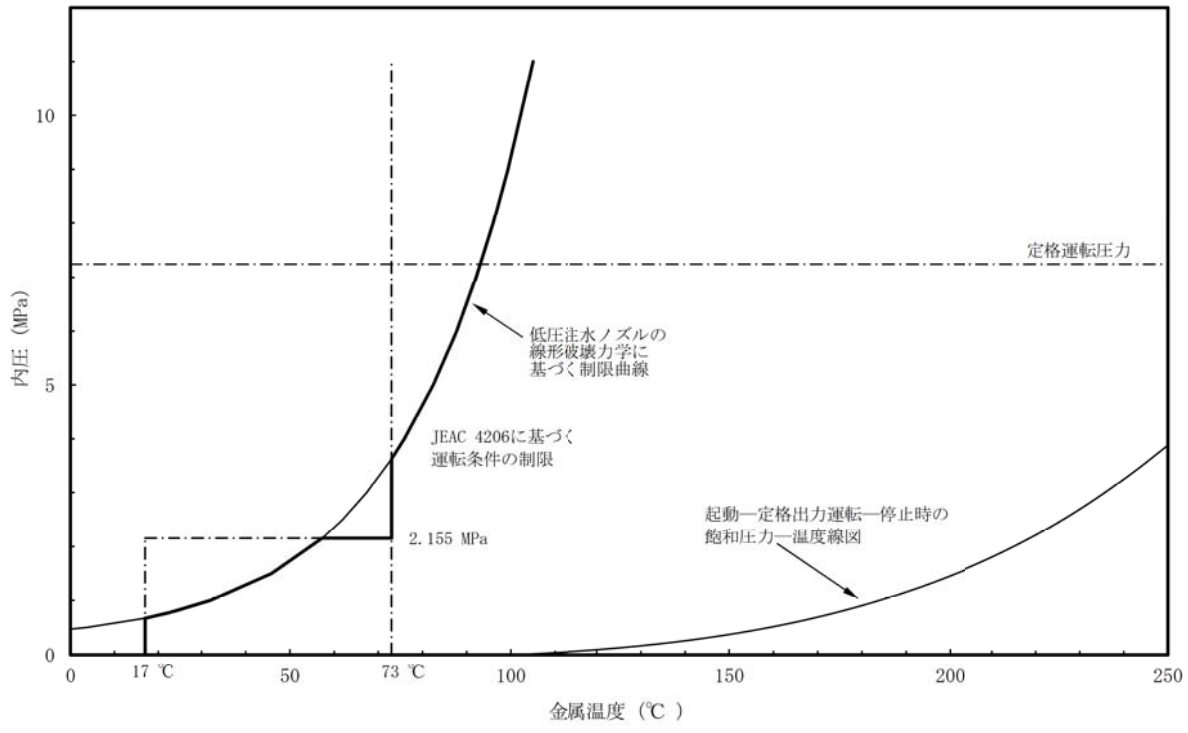


図 2.3-3（1/2）　原子炉圧力容器の圧力・温度制限曲線（運転開始後 60 年時点，運転時）

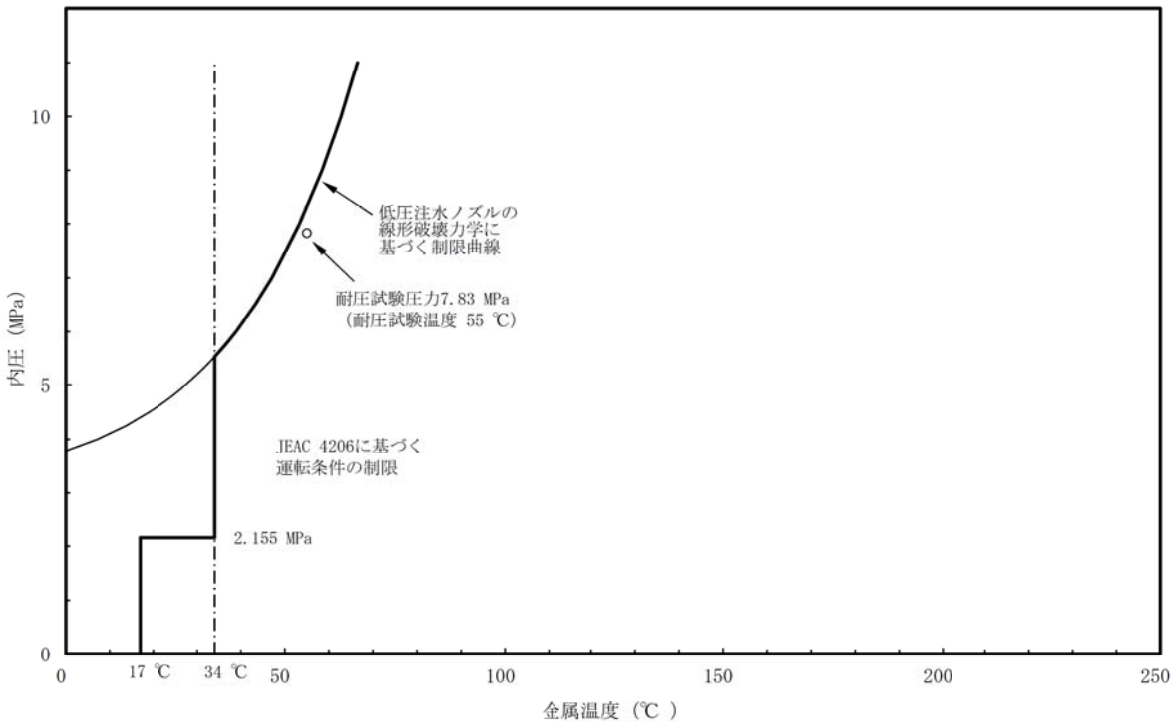


図 2.3-3（2/2）　原子炉圧力容器の圧力・温度制限曲線（運転開始後 60 年時点，検査時）

② 現状保全

原子炉圧力容器（低圧注水ノズルを含む）に対しては，供用期間中検査で超音波探傷検査及び漏えい検査を実施し，有意な欠陥がないことを確認している。

炉心領域部の中性子照射による機械的性質の変化については，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007年追補版を含む）」（以下，「設計建設規格」という）及び JEAC4201 に基づいて，計画的に監視試験を実施し破壊靭性の将来の変化を予測している。

また，監視試験結果から，JEAC4206 に基づき漏えい検査温度を設定している。監視試験片は全4セットを取出し済みであり，第3回にて試験した使用済試験片セットについては，炉内へ再装荷している。

また，第4回は運転開始後35年2ヶ月時点で監視試験片を取り出しており，第4回にて試験した使用済試験片セットについては，今後，再装荷することとする。これらの試験片については，適切な時期に取出し，試験を実施する。

なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において，原子炉圧力容器炉心領域部の母材及び溶接部に対して超音波探傷検査を実施した結果，中性子照射脆化による脆性破壊の起点となるような有意な欠陥は認められなかった。

特別点検に合わせて実施した低圧注水ノズルコーナー部の超音波探傷検査においても，中性子照射脆化による脆性破壊の起点となるような有意な欠陥は認められなかった。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，胴（炉心領域部材）の中性子照射脆化が機器の健全性に影響を与える可能性はないと考えられる。今後も適切な時期に監視試験を実施し，破壊靭性の変化を把握するとともに，JEAC4201 の脆化予測式に基づき，漏えい検査温度を管理していくことにより，健全性を確保していくことは可能であると考える。

炉心領域部材の機械的性質の予測は監視試験により把握可能であり，また有意な欠陥のないことを超音波探傷検査及び漏えい検査により確認していることから，保全内容として適切である。

c．高経年化への対応

胴（炉心領域部材）の中性子照射脆化については，JEAC4201 に基づき計画的に監視試験を実施し，定期的に超音波探傷検査及び漏えい検査を実施していく。

また，監視試験結果等から，JEAC4206 に基づき漏えい検査温度を設定していく。

なお，健全性評価の結果から胴（炉心領域部材）の中性子照射脆化が原子炉の安全性に影響を及ぼす可能性はないと考えるが，今後の原子炉の運転時間・照射量を勘案して適切な時期に第5回監視試験を実施する。

(2) ノズル等の疲労割れ（上鏡，胴，下鏡，主フランジ，ノズル，セーフエンド，ハウジング，スタブチューブ，スタッドボルト，支持スカート）

a．事象の説明

上鏡，胴，下鏡，主フランジ，ノズル，セーフエンド，ハウジング，スタブチューブ，スタッドボルト，支持スカートについては，プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため，繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性がある。

b．技術評価

① 健全性評価

評価部位として，温度変化が大きく比較的大きな熱応力が発生する給水ノズル，締付け力が加わる主フランジ（上鏡フランジ及び胴フランジ），スタッドボルト，容器の自重が加わる下鏡及び支持スカートを選択し，設計建設規格に基づき評価した。

疲労評価は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数以上を用いて実施した。

*：評価条件として，主フランジ及びスタッドボルトについては，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。給水ノズル，下鏡及び支持スカートについては，2011 年 3 月から 2019 年 8 月末まで冷温停止状態，2019 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

また，冷却材と接液する給水ノズル及び下鏡に対しては，使用環境を考慮した疲労について，日本機械学会「発電用原子力設備規格　環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価対象部位を図 2.3-4 に，評価用過渡条件を表 2.3-4 に，評価結果を表 2.3-5 に示す。

その結果，各部位の運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，疲労割れの可能性は小さいと判断する。

表 2.3-4　原子炉圧力容器評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数（2016 年 11 月時点）		60 年目推定過渡回数		
	主フランジ，給水ノズル，下鏡，支持スカート	スタッドボルト*1	主フランジ*2	給水ノズル，下鏡，支持スカート*3	スタッドボルト*1*2
ボルト締付	26	8	48	—	31
耐圧試験	72	14	132	135	74
起動（昇温）	65	17	111	113	63
起動（タービン起動）	65	17	111	113	63
夜間低出力運転（出力 75 %）	67	—	—	123	—
週末低出力運転（出力 50 %）	115	—	—	167	—
制御棒パターン変更	96	—	—	180	—
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	—	—	1	—
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	—	—	1	—
スクラム（タービントリップ）	16	3	22	23	9
スクラム（その他）	20	0	24	24	4
停止	65	17	112	114	64
ボルト取外	26	9	49	—	32
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	3	6	6	6

*1：スタッドボルトは第 16 回定期検査（1998 年度）にて取替を実施

*2：2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定

*3：2011 年 3 月から 2019 年 8 月末まで冷温停止状態，2019 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定

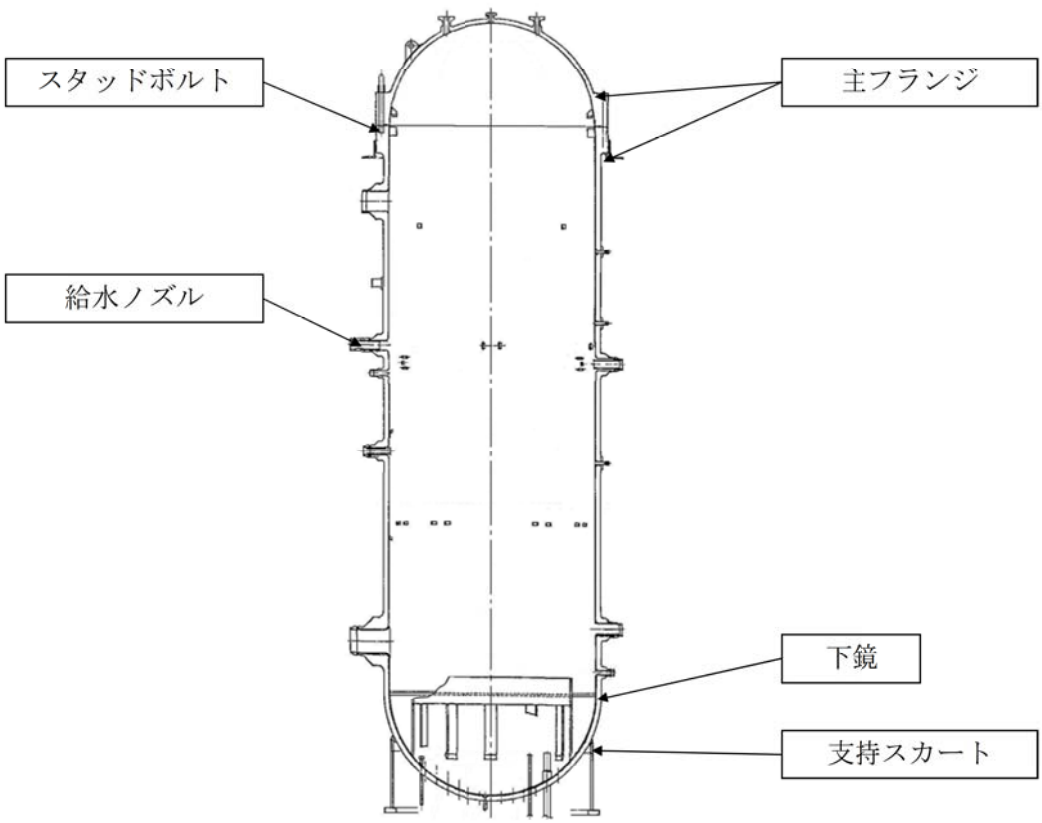


図 2.3-4　原子炉圧力容器 評価対象部位

表 2.3-5　原子炉圧力容器の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労解析（許容値：1以下）		
	設計建設規格の疲労曲線による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価（環境を考慮）
	現時点（2016年11月時点）	運転開始後60年時点	運転開始後60年時点
主フランジ	0.0103	0.0177	—
スタッドボルト	0.0689	0.2526	—
給水ノズル	0.0735	0.1270	0.6146
下鏡	0.0234	0.0416	0.4475
支持スカート	0.3297	0.5691	—

② 現状保全

主フランジ，スタッドボルト，給水ノズル，下鏡に対しては，供用期間中検査にて超音波探傷検査を，支持スカートに対しては浸透探傷検査を実施し，有意な欠陥がないことを確認している。また，供用期間中検査毎に漏えい検査を行い，耐圧部の健全性を確認している。さらに，高経年化技術評価に合わせて，実過渡回数に基づく評価を実施することとしている。なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において給水ノズルコーナー部に対しては渦流探傷検査を行っており，異常のないことを確認している。

③ 総合評価

健全性評価結果よりノズル等の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。ただし，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

また，供用期間中検査にて各部位の点検を実施しており，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c．高経年化への対応

ノズル等の疲労割れに対しては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

2. 原子炉格納容器

［対象機器］

2.1 原子炉格納容器本体

2.2 機械ペネトレーション

2.3 電気ペネトレーション

東海第二で使用されている原子炉格納容器の部位は，本体及び貫通部に大きく分かれ，形式等でグループ化すると以下のグループに分類されるため，これらについての技術評価を行う。

2.1 原子炉格納容器本体
2.2 機械ペネトレーション
2.3 電気ペネトレーション

2.1 原子炉格納容器本体

［対象機器］

① 原子炉格納容器

目次

1. 対象機器 2.1-1
2. 原子炉格納容器の技術評価..... 2.1-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 2.1-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 2.1-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 2.1-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 2.1-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2.1-6

1. 対象機器

東海第二で使用している原子炉格納容器の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1　原子炉格納容器の主な仕様

機器名称	重要度	使用条件			
		最高使用圧力（kPa）		最高使用温度（℃）	
		ドライウェル	サプレッション・チェンバ	ドライウェル	サプレッション・チェンバ
原子炉格納容器	MS-1 重*1	310（内圧） 14（外圧）	310（内圧） 14（外圧）	171	104.5

*1：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 原子炉格納容器の技術評価

2.1 構造,材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二の原子炉格納容器は，圧力抑制型格納容器であり 1 個設置されている。

原子炉格納容器は，円錐フラスタム形をしたドライウェルと，円筒形で内部に純水を保有するサプレッション・チェンバ及び機器を支持する支持構造物等から構成される。

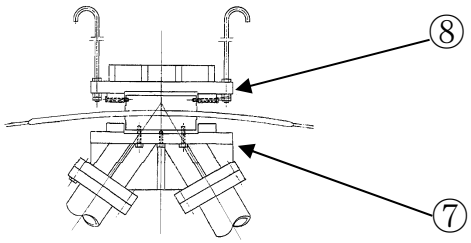
ドライウェル及びサプレッション・チェンバの外表面（底部コンクリートマット部は除く），内表面とも鋼板に塗装が施されている。

東海第二の原子炉格納容器の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉格納容器主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No	部位
①	上鏡
②	円錐胴
③	ダイアフラムフロア（ガーダ）
④	ダイアフラムフロアベローズ
⑤	主フランジボルト
⑥	ガスケット
⑦	スタビライザ
⑧	上部シアラグ
⑨	スプレイヘッダ
⑩	コリウムシールド
⑪	格納容器床ドレンサンプ
⑫	サポート
⑬	アンカーボルト
⑭	サプレッション･チェンバ本体
⑮	サンドクッション部（鋼板）
⑯	底部コンクリートマット（ライナープレート）
⑰	真空破壊弁
⑱	リングガーダ
⑲	基礎ボルト
⑳	下部シアラグ
㉑	ダウンカマパイプ
㉒	クエンチャ
㉓	ストレーナ



A-A 断面

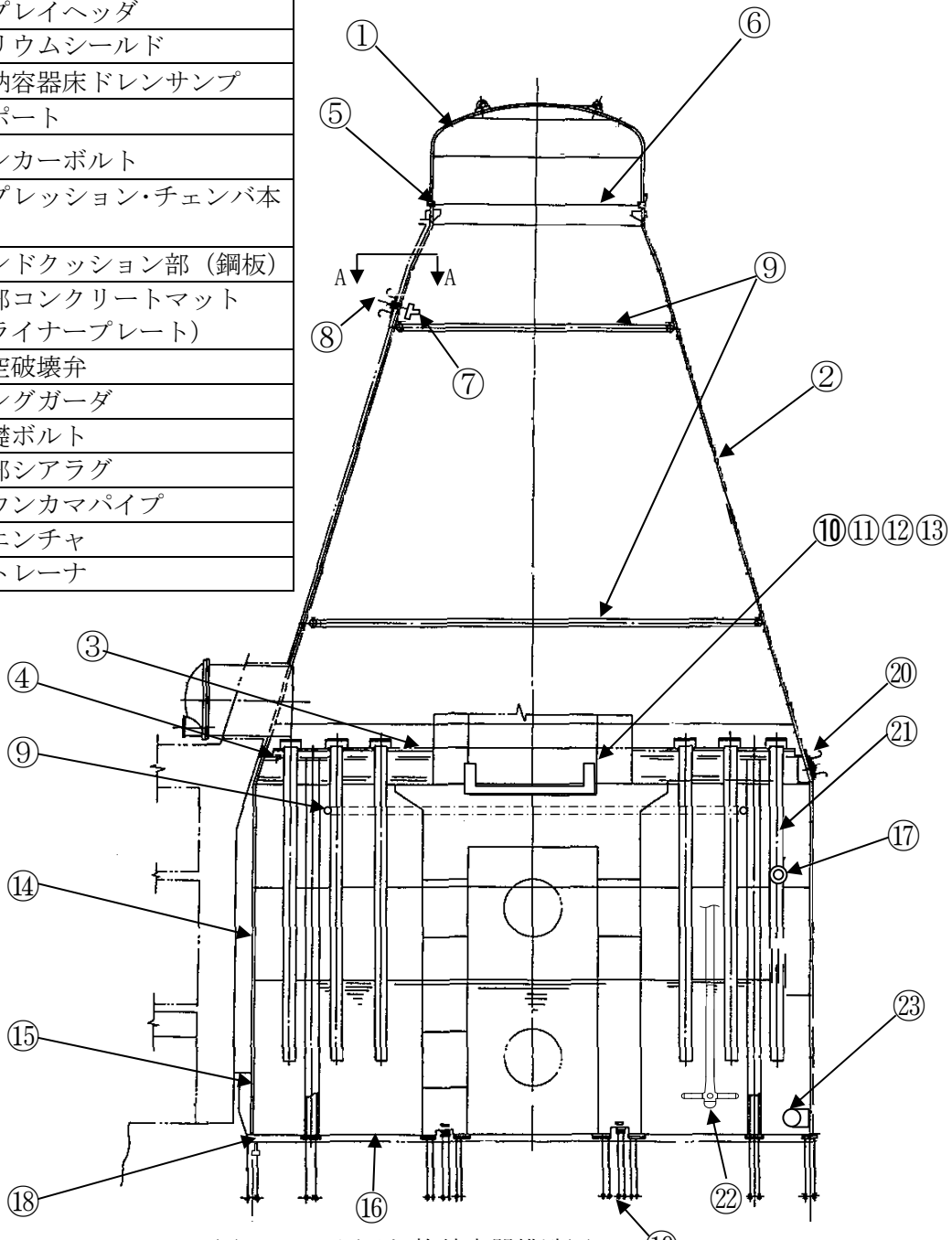


図 2.1-1　原子炉格納容器構造図

表 2.1-1　原子炉格納容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位		材料
バウンダリの維持	耐圧	ドライウェル	上鏡，円錐胴	炭素鋼
			ダイアフラムフロア（ガーダ）	炭素鋼
			ダイアフラムフロアベローズ	エチレンプロピレンゴム
			主フランジボルト	低合金鋼
			ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持		スタビライザ	炭素鋼
			上部シアラグ	炭素鋼
その他	その他		スプレイヘッダ	炭素鋼
			コリウムシールド	ジルコニア
			格納容器床ドレンサンプ	ステンレス鋼
			サポート	ステンレス鋼
			アンカーボルト	ステンレス鋼
バウンダリの維持	耐圧	サプレッション・チェンバ	本体，サンドクッション部（鋼板）	炭素鋼
			底部コンクリートマット(ライナープレート)	炭素鋼
			真空破壊弁	炭素鋼
			リングガーダ	炭素鋼
機器の支持	支持		基礎ボルト	低合金鋼
			下部シアラグ	炭素鋼
その他	その他		スプレイヘッダ	炭素鋼
			ダウンカマパイプ	炭素鋼
			クエンチャ	ステンレス鋼
			ストレーナ	ステンレス鋼

表 2.1-2　原子炉格納容器の使用条件

	ドライウェル	サプレッション・チェンバ
最高使用圧力	310 kPa(内圧) 14 kPa(外圧)	310 kPa(内圧) 14 kPa(外圧)
最高使用温度	171 ℃	104.5 ℃
内部流体	窒素	窒素，純水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉格納容器の機能である場合である格納容器外への放射性物質の漏えい防止機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 機器の支持

(3) その他

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉格納容器について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 で示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって,想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない,又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象)

a. ドライウェル（上鏡，円錐胴)，サプレッション･チェンバ本体（気中部)，上部及び下部シアラグの腐食（全面腐食）

ドライウェル（上鏡，円錐胴)，サプレッション･チェンバ本体（気中部），上部及び下部シアラグの材料は炭素鋼であり腐食が想定されるが,表面に塗装を施すことにより腐食を防止し，必要に応じて補修塗装を行うこととしていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

上述のうちドライウェル（円錐胴)，上部及び下部シアラグの外表面は，直接目視点検が出来ない構造であるが，上下に位置するドライウェル（上鏡）及びサプレッション･チェンバ本体（気中部）の外表面について目視点検により塗膜の健全性を確認しており，同様な材料及び使用環境であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また,定期的に原子炉格納容器全体漏えい率試験によりバウンダリの健全性を確認するとともに,同試験前の可視範囲の目視点検において塗膜の健全性を確認している。

これまでに有意な腐食は確認されておらず,今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において，原子炉格納容器の鋼板の塗装に対して可視範囲の目視確認を実施した結果,原子炉格納容器の健全性に影響を与えるような劣化は認められなかった。

したがって，ドライウェル（上鏡，円錐胴)，サプレッション･チェンバ本体（気中部)，上部及び下部シアラグの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

b. サプレッション･チェンバ本体（水中部）の腐食(全面腐食)

サプレッション･チェンバ本体（水中部）の材料は炭素鋼であり腐食が予想されるが，耐水性･密着性に優れたエポキシ系及びジンクリッチ等の塗装を施すことにより腐食を防止し，必要に応じて補修塗装を行うこととしていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，開放点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，肉厚測定を実施し有意な減肉がないことを確認しており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において，原子炉格納容器の鋼板の塗装に対して可視範囲の目視確認を実施した結果，原子炉格納容器の健全性に影響を与えるような劣化は認められなかった。

したがって，サプレッション･チェンバ本体（水中部）の腐食(全面腐食)は，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

c. 底部コンクリートマット（ライナープレート）の腐食（全面腐食）

底部コンクリートマット（ライナープレート）の材料は炭素鋼であり腐食が予想されるが，内表面は耐水性･密着性に優れたエポキシ系及びジンクリッチ等の塗装を施すことにより腐食を防止し，必要に応じて補修塗装を行うこととしていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず，肉厚測定を実施し有意な減肉がないことを確認しており，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において，原子炉格納容器の鋼板の塗装に対して可視範囲の目視確認を実施した結果，原子炉格納容器の健全性に影響を与えるような劣化は認められなかった。

したがって，底部コンクリートマット（ライナープレート）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

d. サンドクッション部（鋼板），リングガーダの腐食（全面腐食）

サンドクッション部（鋼板），リングガーダの材料は炭素鋼であり腐食が予想されるが，外表面は塗装を施しており，腐食が発生する可能性は小さい。

サンドクッション部（鋼板）については，外表面の埋設部について目視点検を実施しており，有意な腐食のないことを確認している。

また，サプレッション･チェンバ本体（水中部）の肉厚測定を実施し，有意な減肉のないことを確認しており，このことからも，サンドクッション部（鋼板）に有意な腐食がないことを確認している。

なお，オイスタークリーク発電所において，原子炉格納容器上部からの漏えい水がサンドクッション部に流入し，ドレン管が閉塞していたために当該部の胴板が腐食した事例があるが，東海第二の原子炉格納容器上部は，溶接構造により漏えい水の流れ込みを防止している。

一方リングガーダは，直接目視による塗膜の状況は確認できないが、直上のサンドクッション部（鋼板）と同様な材料及び使用環境であることから，腐食の可能性は小さく，今後も，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，サンドクッション部（鋼板），リングガーダの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

e. ダイアフラムフロア（ガーダ），スタビライザの腐食（全面腐食）

ダイアフラムフロア（ガーダ）及びスタビライザの材料は炭素鋼であり腐食が想定されるが，通常運転中は窒素雰囲気中であること及び表面に塗装を施すことにより腐食を防止し，必要に応じて補修塗装を行うこととしていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ダイアフラムフロア（ガーダ），スタビライザの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

f. 主フランジボルトの腐食（全面腐食）

主フランジボルトは低合金鋼であり腐食が想定されるが，定期検査時にボルトを取外した際の目視点検では有意な腐食は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主フランジボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 真空破壊弁の腐食（全面腐食）

真空破壊弁の材料は炭素鋼であり腐食が想定されるが，通常運転中は窒素雰囲気中であること及び表面に塗装を施すことにより腐食を防止し，必要に応じて補修塗装を行うこととしていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，真空破壊弁の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ドライウェルスプレイヘッダ，サプレッション･チェンバスプレイヘッダ及びダウンカマパイプの腐食（全面腐食）

ドライウェルスプレイヘッダ，サプレッション･チェンバスプレイヘッダ及びダウンカマパイプの材料は炭素鋼であり腐食が想定される。

ドライウェルスプレイヘッダ，サプレッション･チェンバスプレイヘッダの外面及びダウンカマパイプの内外面は塗装を施すことにより腐食を防止し，必要に応じて補修塗装を行うこととしていることから，腐食が発生する可能性は小さい。

また，これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

ドライウェルスプレイヘッダ，サプレッション・チェンバスプレイヘッダの内面は塗装が施されていないが，長期保守管理方針に基づく保全計画に従い，2009 年（第 24 回定期検査中）にファイバースコープを用いた配管内面点検を実施した結果，有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ドライウェルスプレイヘッダ，サプレッション･チェンバスプレイヘッダ及びダウンカマパイプの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき事象ではないと判断する。

i. ダイアフラムフロアベローズの硬化

ダイアフラムフロアベローズは，エチレンプロピレンゴム製であり，硬化の発生が想定される。ダイアフラムフロアベローズは重大事故等への対策として耐熱性を向上した改良エチレンプロピレンゴムに交換するが，同一環境にテストピースを配備することとしており，テストピースの定期的な硬度測定及び目視点検を実施していくことで，ダイアフラムフロアベローズの健全性が確認できる。

また通常運転中の環境は旧ベローズのときと変化はなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ダイアフラムフロアベローズの硬化は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. ストレーナの閉塞

非常用炉心冷却系ストレーナはポンプ起動時に，長期供用に伴いサプレッション･チェンバ内に堆積したデブリ等の影響で閉塞が想定される。しかし，サーベランスや定期検査において非常用炉心冷却機能の健全性確認を実施しており，これまでストレーナの閉塞は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，サプレッション･チェンバは清掃，目視点検を実施しており，炉心冷却機能に影響を及ぼす閉塞が発生する可能性は小さい。

また，更なる信頼性向上の観点から，第 23 回定期検査においてストレーナの閉塞対策として同ストレーナの大型化を実施している。

したがって，ストレーナの閉塞は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）

基礎ボルトは低合金鋼であり，基礎ボルト全体がコンクリートに埋設されていることから，コンクリートが中性化した場合に腐食の発生が想定されるが，実機コンクリートにおけるサンプリング結果では中性化は殆ど確認されておらず，腐食が発生する可能性はない。

したがって，基礎ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スタビライザ，上部及び下部シアラグの摩耗

スタビライザ，上部及び下部シアラグは摺動部を有しているため摩耗が想定されるが，地震等により摺動するものであり，発生回数が非常に少ないため，摩耗の進展はない。

したがって，スタビライザ，上部及び下部シアラグの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/2)　原子炉格納容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ドライウェル（上鏡，円錐胴）		炭素鋼		△						*1：水中部 *2：気中部 *3：硬化
		サプレッション･チェンバ本体		炭素鋼		△*1*2						
		底部コンクリートマット（ライナープレート）		炭素鋼		△						
		サンドクッション部（鋼板）		炭素鋼		△						
		ダイアフラムフロア（ガーダ）		炭素鋼		△						
		ダイアフラムフロアベローズ		エチレンプロピレンゴム						△*3		
		主フランジボルト		低合金鋼		△						
		ガスケット	◎	―								
		真空破壊弁		炭素鋼		△						
		リングガーダ		炭素鋼		△						
機器の支持	支持	基礎ボルト		低合金鋼		▲						
		スタビライザ		炭素鋼	▲	△						
		上部シアラグ		炭素鋼	▲	△						
		下部シアラグ		炭素鋼	▲	△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/2)　原子炉格納容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
その他	その他	ドライウェルスプレイヘッダ		炭素鋼		△						*1：閉塞
		コリウムシールド		ジルコニア								
		格納容器床ドレンサンプ		ステンレス鋼								
		サポート		ステンレス鋼								
		アンカーボルト		ステンレス鋼								
		サプレッション・チェンバスプレイヘッダ		炭素鋼		△						
		ダウンカマパイプ		炭素鋼		△						
		クエンチャ		ステンレス鋼								
		ストレーナ		ステンレス鋼							△*1	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.2 機械ペネトレーション

［対象機器］

① 配管貫通部（ベローズ式）

② 配管貫通部（固定式）

③ 機器搬入口

④ エアロック

⑤ ハッチ及びマンホール

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 2.2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 2.2-1
1.2 代表機器の選定..... 2.2-1
2. 代表機器の技術評価..... 2.2-9
2.1 構造，材料及び使用条件..... 2.2-9
2.1.1 配管貫通部（ベローズ式，固定式-2）..... 2.2-9
2.1.2 格納容器機器搬入口ハッチ..... 2.2-12
2.1.3 パーソナルエアロック..... 2.2-15
2.1.4 CRD 搬出入口ハッチ..... 2.2-18
2.2 経年劣化事象の抽出..... 2.2-21
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 2.2-21
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 2.2-21
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2.2-22
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 2.2-28
3. 代表機器以外への展開..... 2.2-31
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 2.2-31
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2.2-32

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している機械ペネトレーションの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの機械ペネトレーションを部位，型式の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

部位，型式を分類基準とし，機械ペネトレーションを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

部位は，配管貫通部，機器搬入口，エアロック，ハッチ及びマンホールに分類され，配管貫通部の型式は，ベローズ式，固定式に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，最高使用温度及び配管口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 配管貫通部（ベローズ式）

大口径で高温となる配管貫通部に使用されるもので，プラントの起動・停止時等の熱膨張差による変位を吸収するため，ベローズを取付けている。ベローズ式については，重要度及び最高使用温度が同等であり，配管口径の大きい主蒸気系（X-18A～D）を代表機器とする。

配管貫通部の構造図を，図 1-1 に示す。

(2) 配管貫通部（固定式）

低温又は小口径の配管貫通部で熱膨張差による変位のないもの，又は拘束部に発生する荷重が小さい場合に使用される。固定式については，重要度が同等であることから，最高使用温度が高く，配管口径の大きい主蒸気隔離弁漏えい抑制系（X-200A，B）を代表機器とする。

なお，構造の相違により配管貫通部（固定式）を固定式-1 又は固定式-2 と称す。

配管貫通部の構造図を，図 1-1 に示す。

(3) 機器搬入口

このグループには，格納容器機器搬入口ハッチ及びサプレッション・チェンバ機器搬入口が属するが，重要度が同等であるため，最高使用温度の高い格納容器機器搬入口ハッチを代表機器とする。

(4) エアロック

このグループには，パーソナルエアロックのみが属するため，これを代表機器とする。

(5) ハッチ及びマンホール

このグループには，CRD 搬出入口ハッチのみが属するため，これを代表機器とする。

表 1-1（1/5） 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	選定基準			選定	選定理由
部位	型式			重要度*1	最高使用温度（℃）	配管口径（A）		
配管貫通部	ベローズ式	X-18A～D	主蒸気系	MS-1，重*2	302	650	◎	重要度 最高使用温度 口径
		X-17A，B	給水系	MS-1，重*2	302	500		
		X-20	残留熱除去系（供給）	MS-1，重*2	302	500		
		X-6	高圧炉心スプレイ系	MS-1，重*2	302	300		
		X-8	低圧炉心スプレイ系	MS-1，重*2	302	300		
		X-12A～C	低圧注水系	MS-1，重*2	302	300		
		X-19A，B	残留熱除去系（戻り）	MS-1，重*2	302	300		
		X-21	原子炉隔離時冷却系（蒸気供給）	MS-1，重*2	302	250		
		X-2	原子炉圧力容器ヘッドスプレイ	MS-1，重*2	302	150		
		X-14	原子炉冷却材浄化系	MS-1，重*2	302	150		
		X-22	復水ドレン	MS-1，重*2	302	80		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

表 1-1 (2/5)　機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	選定基準			選定	選定理由
部位	型式			重要度[*1]	最高使用温度(℃)	配管口径(A)		
配管貫通部	固定式-1	X-38	再循環系ポンプシールパージ，格納容器計装，主蒸気配管計装	MS-1，重[*2]	302	25		
		X-29D	再循環系サンプリング	MS-1，重[*2]	302	25		
		X-13	ほう酸水注入系	MS-1，重[*2]	302	40		
		X-60	残留熱除去系熱交換器安全弁排気（閉止）	MS-1，重[*2]	171	450[*3]		
		X-62	残留熱除去系熱交換器安全弁排気（閉止）	MS-1，重[*2]	171	450[*3]		
		X-57	過酷事故時代替注水系，制御用空気系	MS-1，重[*2]	171	100		
		X-52A，B	可燃性ガス濃度制御系，予備	MS-1，重[*2]	171	150		
		X-76	可燃性ガス濃度制御系	MS-1，重[*2]	171	50		
		X-10A～D	制御棒駆動水圧系（引抜）	MS-1，重[*2]	66	20		
		X-9A～D	制御棒駆動水圧系（挿入）	MS-1，重[*2]	66	25		
		X-58	脱塩水供給	MS-1，重[*2]	66	50		
		X-55	制御用空気系，燃料プール水浄化系	MS-1，重[*2]	66	50		
		X-107B	ドライウェル除湿系	MS-1，重[*2]	66	150		
		X-56	ドライウェル除湿系，制御用空気系，予備	MS-1，重[*2]	66	150		
		X-71A，B	制御用空気系（真空破壊弁）	MS-1，重[*2]	66	25		
		X-69A，B	再循環系制御弁油圧駆動系	MS-1，重[*2]	80	25		
		X-29C	原子炉圧力容器フランジ漏えい検出	MS-1，重[*2]	302	25		
		X-30	主蒸気配管計装	MS-1，重[*2]	302	25		
		X-39	原子炉圧力容器計装，高圧炉心スプレイ系計装	MS-1，重[*2]	302	25		
		X-40	格納容器計装，格納容器ガスモニタリング，主蒸気配管計装，格納容器漏えい試験盤	MS-1，重[*2]	302	25		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*3：スリーブ径を示す

表 1-1（3/5） 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	選定基準			選定	選定理由
部位	型式			重要度*1	最高使用温度（℃）	配管口径（A）		
配管貫通部	固定式-1	X-41A，B	原子炉隔離時冷却系蒸気側配管計装	MS-1，重*2	302	25		重要度 最高使用温度 口径
		X-42	格納容器計装，主蒸気配管計装	MS-1，重*2	302	25		
		X-43	予備	MS-1，重*2	302	20		
		X-44A～D	ジェットポンプ計装	MS-1，重*2	302	25		
		X-54A～D	再循環系計装	MS-1，重*2	302	25		
		X-66A，B	残留熱除去系配管計装，低圧炉心スプレイ系配管計装，ボトムライナー漏えい検出	MS-1，重*2	302	25		
		X-87～90	蒸気流量計測	MS-1，重*2	302	25		
	固定式-2	X-200A，B	主蒸気隔離弁漏えい抑制系	MS-1，重*2	302	100	◎	
		X-3，79	不活性ガス系（排気）	MS-1，重*2	171	500		
		X-53，80	不活性ガス系（給気）	MS-1，重*2	171	500		
		X-203	可燃性ガス濃度制御系	MS-1，重*2	171	50		
		X-4	原子炉隔離時冷却系	MS-1，重*2	135	350		
		X-23	床ドレン系	MS-1，重*2	105	80		
		X-24	機器ドレン系	MS-1，重*2	105	80		
		X-32，35，36	残留熱除去系	MS-1，重*2	100	600		
		X-47，48	残留熱除去系	MS-1，重*2	100	400		
		X-31	高圧炉心スプレイ系	MS-1，重*2	100	600		
		X-34	低圧炉心スプレイ系	MS-1，重*2	100	600		
		X-49	高圧炉心スプレイ系	MS-1，重*2	100	300		
		X-63	低圧炉心スプレイ系	MS-1，重*2	100	300		
		X-77	原子炉隔離時冷却系	MS-1，重*2	88	50		
		X-78	予備	MS-1，重*2	－	80		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

表 1-1（4/5） 機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	選定基準			選定	選定理由
部位	型式			重要度[*1]	最高使用温度（℃）	配管口径（A）		
配管貫通部	固定式-2	X-11A，B	残留熱除去系（格納容器スプレイ）	MS-1，重[*2]	77	400		
		X-25A，B	残留熱除去系（サプレッション・チェンバスプレイ）	MS-1，重[*2]	77	100		
		X-33	原子炉隔離時冷却系	MS-1，重[*2]	77	200		
		X-5，46	原子炉補機冷却系	MS-1，重[*2]	66	200		
		X-26	予備	MS-1，重[*2]	－	400[*3]		
		X-59	予備	MS-1，重[*2]	－	400[*3]		
		X-106A	予備	MS-1，重[*2]	－	300[*3]		
		X-7	予備	MS-1，重[*2]	－	300[*3]		
		X-67	予備	MS-1，重[*2]	－	300		
		X-29A，B	γラジエーションセンサ　CH-A（CH-B）	MS-1，重[*2]	171	250[*3]		
		X-201A，B X-202A，B	予備	MS-1，重[*2]	－	80[*3]		
		X-37A，B	予備	MS-1，重[*2]	－	50[*3]		
		X-64A～D	サプレッション・チェンバ計装	MS-1，重[*2]	104.5	50		
		X-83	サンプリング系	MS-1，重[*2]	104.5	20		
		X-65，68	予備	MS-1，重[*2]	－	50[*3]		
		X-70	サプレッション・チェンバ計装	MS-1，重[*2]	104.5	50		
		X-73～75	サンプリング系	MS-1，重[*2]	171	20		
		X-82	サンプリング系	MS-1，重[*2]	171	50		
		X-27A～F	移動式炉心内校正装置ドライブ	MS-1，重[*2]	66	10		
		X-81	予備	MS-1，重[*2]	－	40		
		X-84A～D， X-85A，B X-86A～D	原子炉水位および圧力計測	MS-1，重[*2]	302	25		

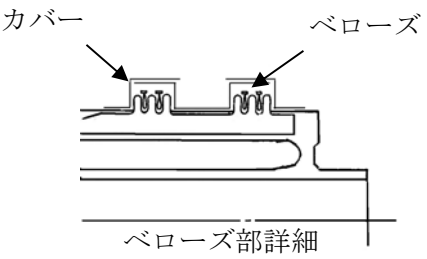
*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*3：スリーブ径を示す

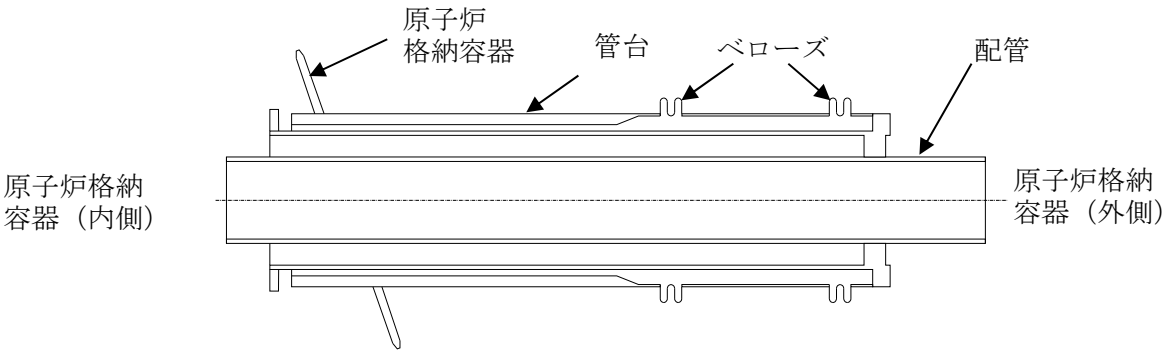
表 1-1 (5/5)　機械ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	選定基準			選定	選定理由
部位	型式			重要度*1	最高使用温度(℃)	胴内径(mm)		
機器搬入口	－	X-15	格納容器機器搬入口ハッチ	MS-1，重*2	171	3，658	◎	重要度
		X-51	サプレッション・チェンバ機器搬入口	MS-1，重*2	104.5	1，982		最高使用温度
エアロック	－	X-16	パーソナルエアロック	MS-1，重*2	171	2，400	◎	
ハッチ及びマンホール	－	X-28	CRD搬出入口ハッチ	MS-1，重*2	171	547.6	◎	

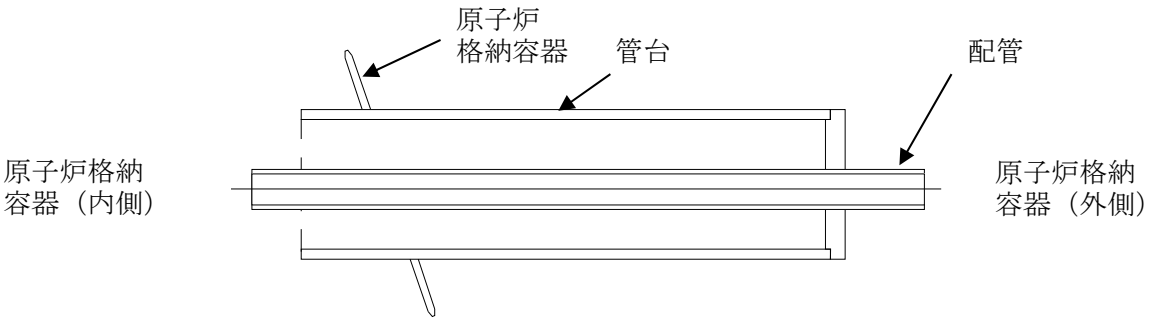
*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

【ベローズ式】





【固定式-1】



【固定式-2】

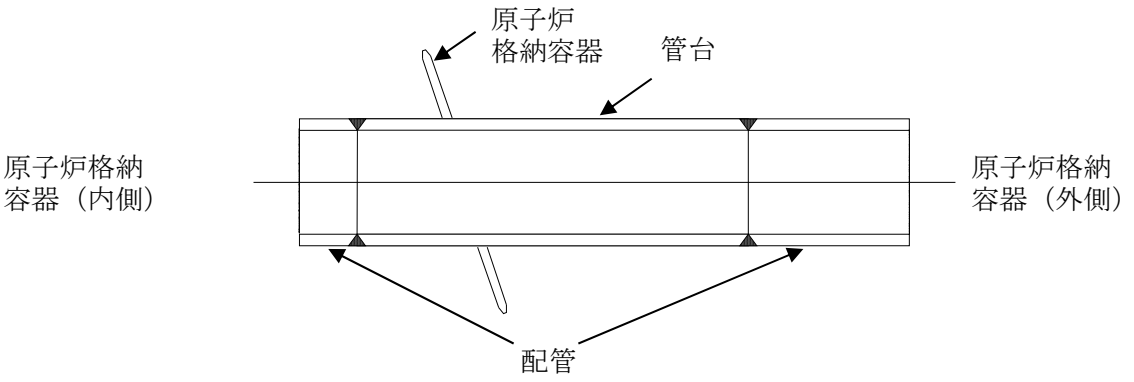


図 1-1　配管貫通部構造図

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下の機械ペネトレーションについて技術評価を実施する。

① 主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）
② 主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式-2）
③ 格納容器機器搬入口ハッチ
④ パーソナルエアロック
⑤ CRD 搬出入口ハッチ

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 配管貫通部（ベローズ式，固定式-2）

(1) 構造

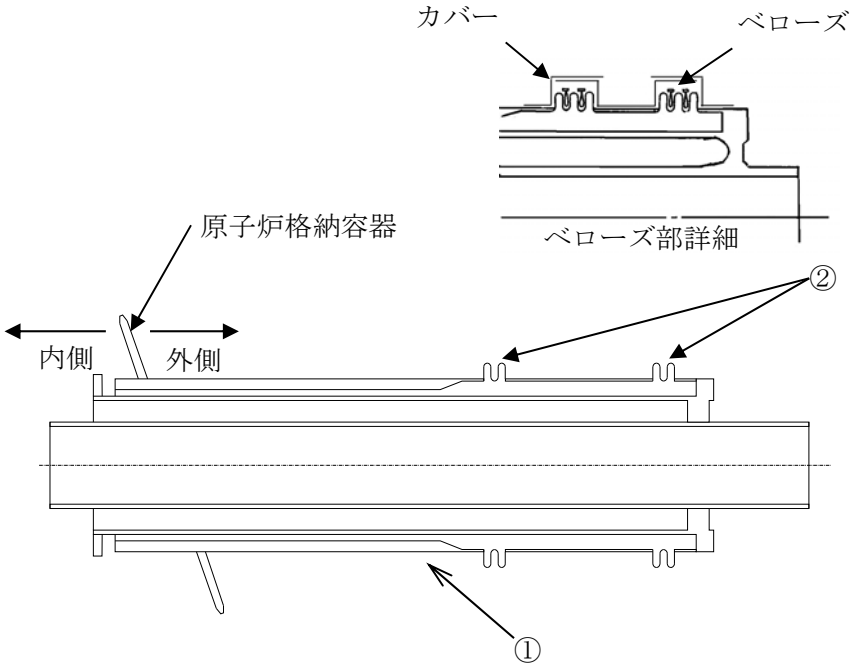
東海第二の主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）及び主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式-2）の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）及び主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式-2）主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）

No.	部位
①	管台
②	ベローズ



主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式）

No.	部位
①	管台

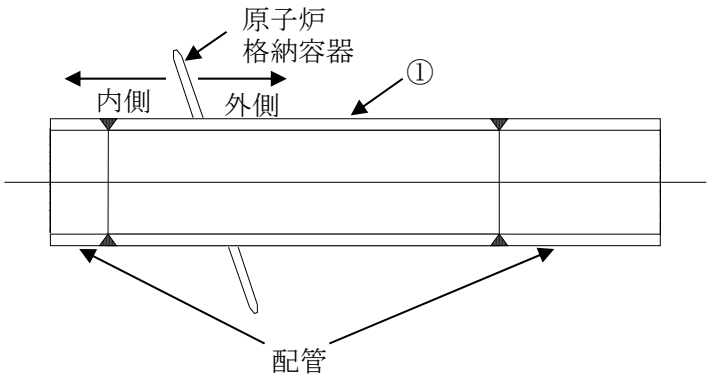


図 2.1-1　配管貫通部構造図

表 2.1-1　主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）及び主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式-2）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	配管貫通部	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）	管台	炭素鋼
			ベローズ	ステンレス鋼
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系（固定式-2）	管台	炭素鋼

表 2.1-2　主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）及び主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式-2）の使用条件

配管貫通部	主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）	主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式-2）
最高使用圧力*1	8.62 MPa	8.62 MPa
最高使用温度*1	302 ℃	302 ℃

＊1：貫通配管の使用条件

2.1.2 格納容器機器搬入口ハッチ

(1) 構造

東海第二の格納容器機器搬入口ハッチは円筒型であり，原子炉格納容器に 1 個設置されている。

格納容器機器搬入口ハッチの構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器機器搬入口ハッチ主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	胴
②	蓋
③	ガスケット
④	取付ボルト

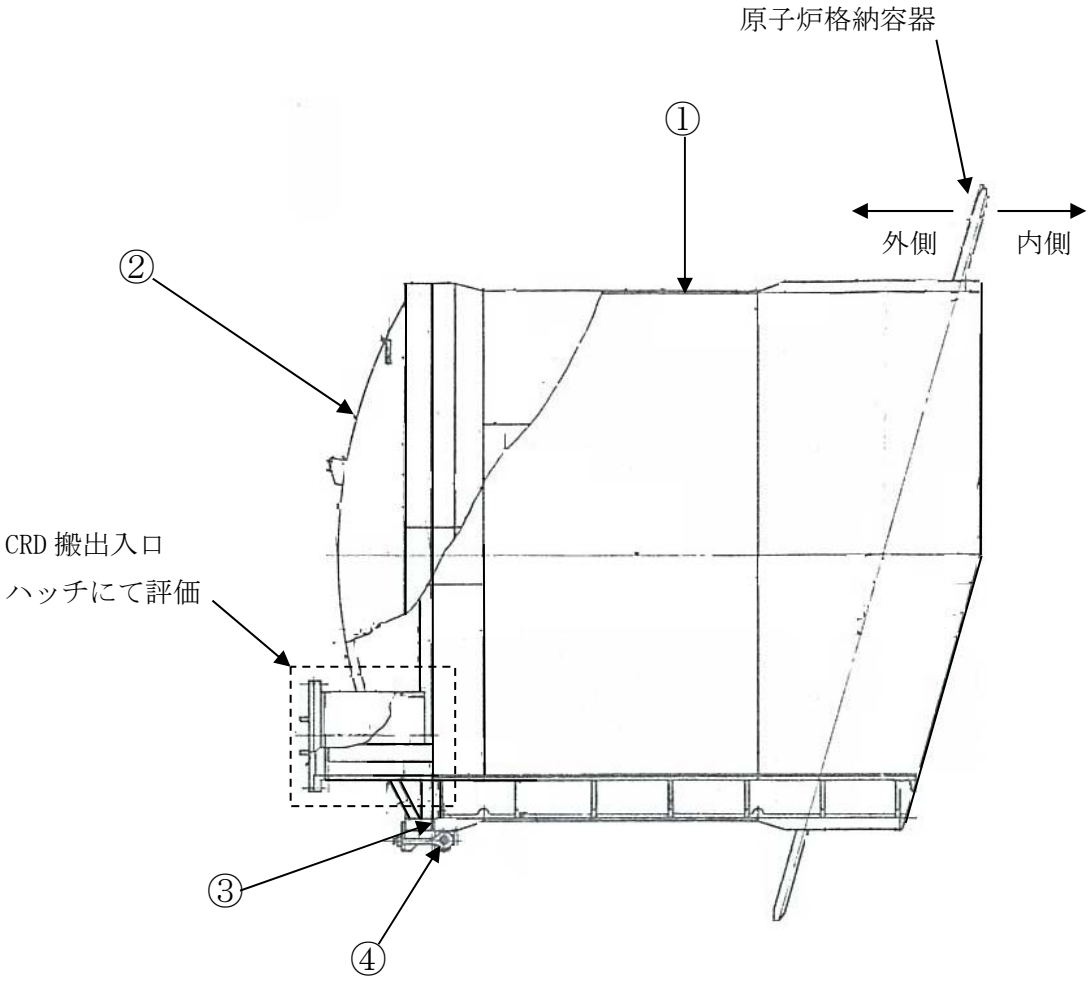


図 2.1-2　格納容器機器搬入口ハッチ構造図

表 2.1-3　格納容器機器搬入口ハッチ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	胴	炭素鋼
		蓋	炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
		取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-4　格納容器機器搬入口ハッチの使用条件

最高使用圧力	310 kPa（内圧） 14 kPa（外圧）
最高使用温度	171 ℃

2.1.3 パーソナルエアロック

(1) 構造

東海第二のパーソナルエアロックは円筒2重扉式であり，原子炉格納容器に1個設置されている。

胴と原子炉格納容器の内側及び外側に1枚ずつ設けられた扉により構成された構造となっている。

東海第二のパーソナルエアロックの構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のパーソナルエアロック主要部位の使用材料を表2.1-5に，使用条件を表2.1-6に示す。

No.	部位
①	胴
②	扉
③	ガスケット

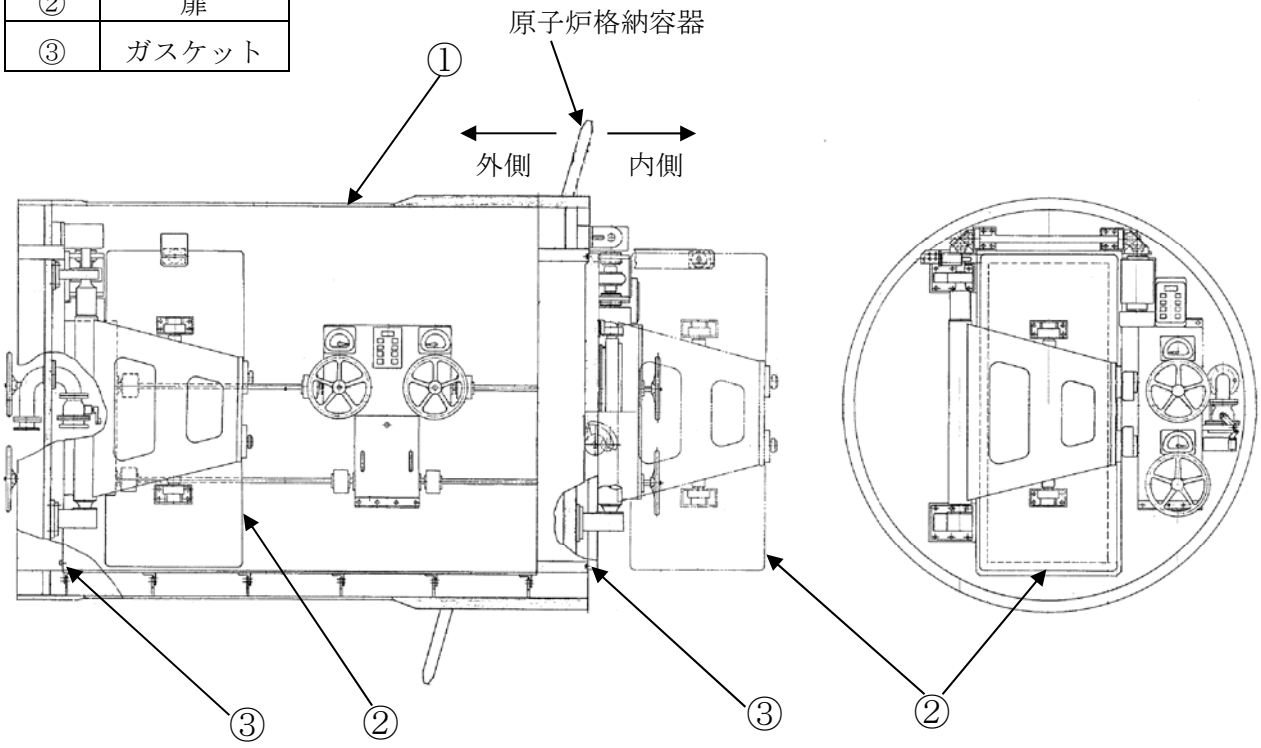


図 2.1-3　パーソナルエアロック構造図

表 2.1-5　パーソナルエアロック主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	胴	炭素鋼
		扉	炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）

表 2.1-6　パーソナルエアロックの使用条件

最高使用圧力	310 kPa（内圧） 14 kPa（外圧）
最高使用温度	171 ℃

2.1.4 CRD 搬出入口ハッチ

(1) 構造

東海第二の CRD 搬出入口ハッチは円筒型であり，原子炉格納容器（格納容器機器搬入口ハッチ）に 1 個設置されている。

CRD 搬出入口ハッチの構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の CRD 搬出入口ハッチ主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

No	部位
①	胴
②	蓋
③	ガスケット
④	取付ボルト

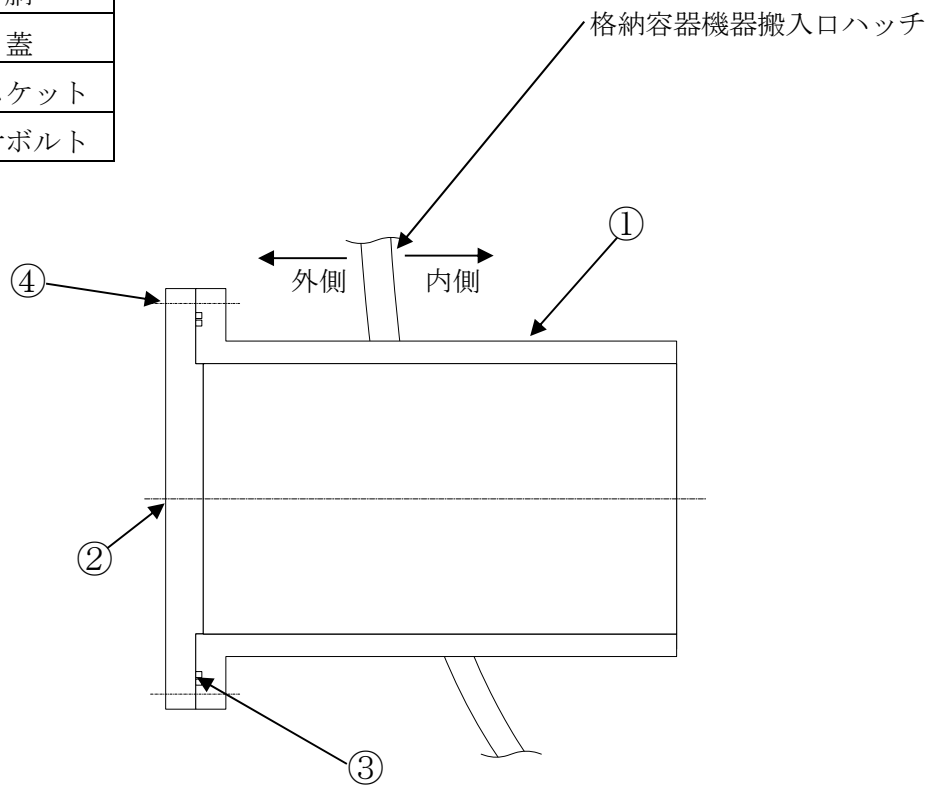


図 2.1-4　CRD 搬出入口ハッチ構造図

表 2.1-7　CRD 搬出入口ハッチ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	胴	炭素鋼
		蓋	炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
		取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-8　CRD 搬出入口ハッチの使用条件

最高使用圧力	310 kPa（内圧） 14 kPa（外圧）
最高使用温度	171 ℃

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

機械ペネトレーションとしての機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

機械ペネトレーションについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（圧力，温度）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. ベローズの疲労割れ［主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 耐圧構成品の腐食（全面腐食）［共通］

機械ペネトレーションの耐圧構成品（管台，胴，蓋，扉）の材料は炭素鋼であり，腐食が発生する可能性がある。

しかしながら，機械ペネトレーションの内外面の表面は，塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。耐圧構成品のうち，気中部に設置されている機械ペネトレーション（管台の内表面及び胴の外表面）は，一部直接目視できない構造であるが，管台又は胴が取り付けられているドライウェル（円錐胴）及びサプレッション・チェンバ本体（気中部）の内外表面について目視点検により塗膜の健全性を確認しており，同様な材料及び使用環境であることから，腐食の発生する可能性は小さい。

また，目視点検により塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は，必要に応じ補修塗装を実施することとしている。

機械ペネトレーションの耐圧構成品については，定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており，これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［格納容器機器搬入口ハッチ，CRD 搬出入口ハッチ］

取付ボルトの材料は炭素鋼であり，大気に接触していることから腐食が想定されるが，開放点検時に手入れ・清掃を行うことにより健全性は維持されている。

これまでの点検結果から有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c．ベローズの貫流型応力腐食割れ［主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）］

ベローズの材料はステンレス鋼であり， 大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，ベローズは大気が接触し難いカバー構造であること及び原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施しており，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，ベローズの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象外）

a．管台の疲労割れ［主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部（固定式-2）］

管台は内部流体の温度変化に伴い疲労が蓄積することが想定されるが，固定式配管貫通部の内部流体温度は低く，温度変動幅も小さく，通常運転時は原子炉格納容器内温度と同程度であるため有意な熱過渡を受けることはない。

したがって，管台の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1（1/4）　配管貫通部（ベローズ式・固定式-2）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	管台		炭素鋼		△	▲*1					*1：固定式-2 *2：貫粒型応力腐食割れ
		ベローズ		ステンレス鋼			○	△*2				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/4)　格納容器機器搬入口ハッチに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴		炭素鋼		△						
		蓋		炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
		取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（3/4） パーソナルエアロックに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴		炭素鋼		△						
		扉		炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	－								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（4/4） CRD 搬出入口ハッチに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部品	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴		炭素鋼		△						
		蓋		炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
		取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) ベローズの疲労割れ［主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）］

a. 事象の説明

主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）のベローズは，プラントの起動・停止等の熱過渡により，疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

疲労評価は，図 2.3-1 に示す評価部位に対して日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む）（以下，「設計・建設規格」という）に基づき疲労評価した。

過渡回数は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年度 11 月時点までの運転実績に基づき推定した 2016 年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。評価用過渡条件を表 2.3-1 に示す。

＊：評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過度回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

この結果，表 2.3-2 に示すとおり，疲労累積係数は運転開始後 60 年時点においても許容値以下であり，疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

② 現状保全

主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）のベローズについては，定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査において，バウンダリ機能の健全性を確認している。

また，高経年化技術評価に合わせて実過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より，疲労割れが発生する可能性は十分小さいと考えるが，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

また，当該部は，定期検査時の原子炉格納容器全体漏えい率検査によりバウンダリ機能の健全性は確認可能であることから，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）の疲労割れについては，高経年化対策の観点から留意すべき項目はない。

今後も，定期検査時の原子炉格納容器全体漏えい率検査を実施していくとともに，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

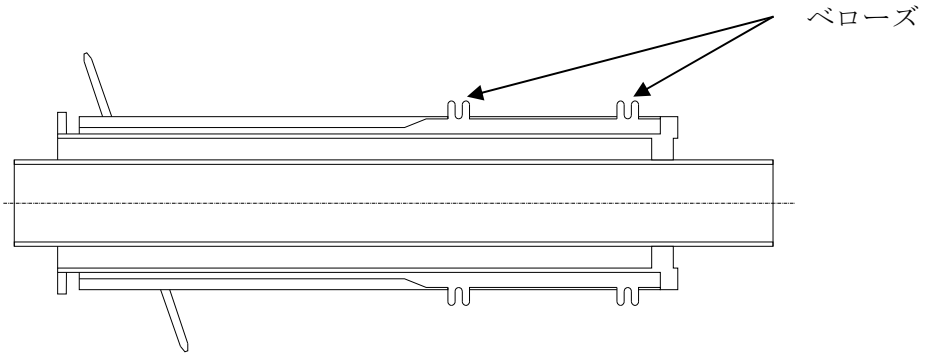


図 2.3-1 主蒸気配管貫通部（ベローズ式）の疲労評価部位

表 2.3-1　主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）の評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数（2016 年 11 月時点）	60 年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2　主蒸気系配管貫通部（ベローズ式）の疲労評価結果

貫通部	部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1 以下）	
		設計・建設規格の疲労線図による評価	
		現時点（2016 年 11 月時点）	運転開始後 60 年時点
主蒸気配管貫通部	ベローズ	0.0043	0.0071

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

① 配管貫通部（主蒸気系（ベローズ式）及び主蒸気隔離弁漏えい抑制系配管貫通部以外）

② サプレッション・チェンバ機器搬入口

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. ベローズの疲労割れ［主蒸気系以外の配管貫通部（ベローズ式）］

代表機器以外の配管貫通部（ベローズ式）のうち，プラントの起動・停止等，運転状態の変化に伴う配管熱移動の影響が大きいと判断される部位は，給水系配管貫通部である。この部位に対して代表機器と同様の評価を行い，表 3.3-1 に示すとおり問題のないことを確認した。

その他の配管貫通部（ベローズ式）についても通常運転中は待機状態にある，又は原子炉圧力容器と同時加圧・加温されており，主蒸気系及び給水系の疲労評価結果から問題ないと考えられるため，配管貫通部（ベローズ式）の疲労割れに対しては，高経年化対策の観点から留意すべき項目はないと判断する。

今後も，定期検査時の原子炉格納容器全体漏えい率検査を実施していくとともに，給水系配管貫通部（ベローズ式）については，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

表 3.3-1　給水系配管貫通部（ベローズ式）の疲労評価結果

貫通部	部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数 （許容値：1 以下）	
		設計・建設規格の疲労線図による評価	
		現時点 （2016 年 11 月時点）	運転開始後 60 年時点
給水系配管貫通部	ベローズ	0.0039	0.0064

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 耐圧構成品の腐食（全面腐食）［ドライウェル（円錐胴）及びサプレッション・チェンバ本体（気中部）に設置される機械ペネトレーション共通］

代表機器と同様，機械ペネトレーションの耐圧構成品（管台，胴，蓋，扉）の材料は炭素鋼であり，腐食が発生する可能性がある。しかしながら，機械ペネトレーションの内外面の表面は，塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

耐圧構成品のうち，気中部に設置されている機械ペネトレーション（管台の内表面又は胴の外表面）は，一部直接目視できない構造であるが，管台又は胴に取り付けられているドライウェル（円錐胴）及びサプレッション・チェンバ本体（気中部）の内外表面について目視点検により塗膜の健全性を確認しており，同様な材料及び使用環境であることから，腐食の発生する可能性は小さい。

機械ペネトレーションの耐圧構成品［ドライウェル（円錐胴）及びサプレッション・チェンバ本体（気中部）に設置される機械ペネトレーション共通］については，定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており，これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 耐圧構成品の腐食（全面腐食）［サプレッション・チェンバ本体（水中部及びサンドクッション部）に設置される機械ペネトレーション共通］

サプレッション・チェンバ本体（水中部及びサンドクッション部）に設置される機械ペネトレーションの耐圧構成品（管台）の材料は炭素鋼であり，腐食が発生する可能性がある。

しかしながら，機械ペネトレーション（管台のうち，サプレッション・チェンバ本体（水中部及びサンドクッション部））の外表面は，塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。このうち，サンドクッション部に設置されている機械ペネトレーション（管台）は，直接目視できない構造であるが，管台が取り付けられているサプレッション・チェンバ本体（気中部）の外表面について目視点検により塗膜の健全性を確認しており，同様な材料及び使用環境であることから，腐食の発生する可能性は小さい。

機械ペネトレーション（管台のうち，サプレッション・チェンバ本体（水中部））の内表面は，溶接継手により接続される配管又は弁の内表面と同様な材料及び使用環境である。弁等の機器点検時に弁内面を確認しており，これまで有意な腐食は確認されていない。

機械ペネトレーションの耐圧構成品［サプレッション・チェンバ本体（水中部及びサンドクッション部）に設置される機械ペネトレーション共通］については，定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査においてバウンダリ機能の健全性を確認しており，これまでの検査において異常は認められていない。

今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［サプレッション・チェンバ機器搬入口］

代表機器と同様，取付ボルトの表面は，ねじ部を除き塗装を施しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検等にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。ねじ部については組立時にグリースの塗布を施しており，腐食の発生する可能性は小さい。

これまでに有意な腐食は確認されておらず，今後もこの傾向が変化する要因は考え難い。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ベローズの貫流型応力腐食割れ［主蒸気系以外の配管貫通部（ベローズ式）共通］

代表機器と同様，ベローズの材料はステンレス鋼であり， 大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，ベローズは大気が接触し難いカバー構造であること及び原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施しており，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，ベローズの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 管台の疲労割れ［配管貫通部（固定式-1，2）共通］

代表機器と同様，固定式配管貫通部の内部流体温度は低く，温度変動幅も小さく，通常運転時は格納容器内温度と同程度であるため有意な熱過渡を受けることはないと考えられる。

したがって，管台の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

2.3 電気ペネトレーション

〔対象電気ペネトレーション〕

① 核計装用モジュール型電気ペネトレーション
② 制御用モジュール型電気ペネトレーション
③ 計測用モジュール型電気ペネトレーション
④ 制御棒位置指示用モジュール型電気ペネトレーション
⑤ 低圧動力用モジュール型電気ペネトレーション
⑥ 高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション

目次

１．対象機器及び代表機器の選定..... 2.3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 2.3-1
1.2 代表機器の選定..... 2.3-1
2. 代表機器の技術評価..... 2.3-3
2.1 構造，材料及び使用条件..... 2.3-3
2.1.1 核計装用モジュール型電気ペネトレーション..... 2.3-3
2.1.2 高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション..... 2.3-6
2.2 経年劣化事象の抽出..... 2.3-8
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 2.3-8
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 2.3-8
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2.3-10
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 2.3-13
3. 代表機器以外への展開..... 2.3-30
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 2.3-30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2.3-32

１．対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している電気ペネトレーションの主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの電気ペネトレーションを型式及びシール材料の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及びシール材料を分類基準とし，電気ペネトレーションを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，電気ペネトレーションの重要度及び接続機器の重要度の観点から代表機器を選定する。

(1) モジュール型電気ペネトレーション（シール材料：エポキシ樹脂）

このグループには，核計装用，制御用，計測用，制御棒位置指示用，低圧動力用モジュール型電気ペネトレーションが属するが，電気ペネトレーションの重要度は同等であることから，接続機器の原子炉保護上の重要度が高く，事故時機能要求がある核計装用モジュール型電気ペネトレーションを代表機器とする。

(2) モジュール型電気ペネトレーション（シール材料：エチレンプロピレンゴム）

このグループには，高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションのみが属するため，高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションを代表機器とする。

表 1-1　電気ペネトレーションのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		ペネトレーション番号	使用用途	仕様呼び径	選定基準		選定	選定理由
型式	シール材料				電気ペネトレーションの重要度	接続機器の重要度*1		
モジュール型	エポキシ樹脂	X-100A,B,C,D	核計装用	300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2	◎	電気ペネトレーションの重要度 接続機器の重要度
		X-102A,B	制御用	300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2		
		X-106B		300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2		
		X-107A		300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2		
		X-103	計測用	300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2		
		X-105C		300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2		
		X-230		300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2		
		X-104A,B,C,D	制御棒位置指示用	300A	MS-1 重*2	MS-3		
		X-105A,B,D	低圧動力用	300A	MS-1 重*2	MS-1 重*2		
	エチレンプロピレンゴム	X-101A,B,C,D	高圧動力用	450A	MS-1 重*2	PS-3	◎	

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下のモジュール型電気ペネトレーションについて技術評価を実施する。

① 核計装用モジュール型電気ペネトレーション

② 高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 核計装用モジュール型電気ペネトレーション

(1) 構造

東海第二の核計装用モジュール型電気ペネトレーションは，原子炉格納容器外側に電線をエポキシ樹脂でシールしたモジュールをヘッダに固定した構造となっている。

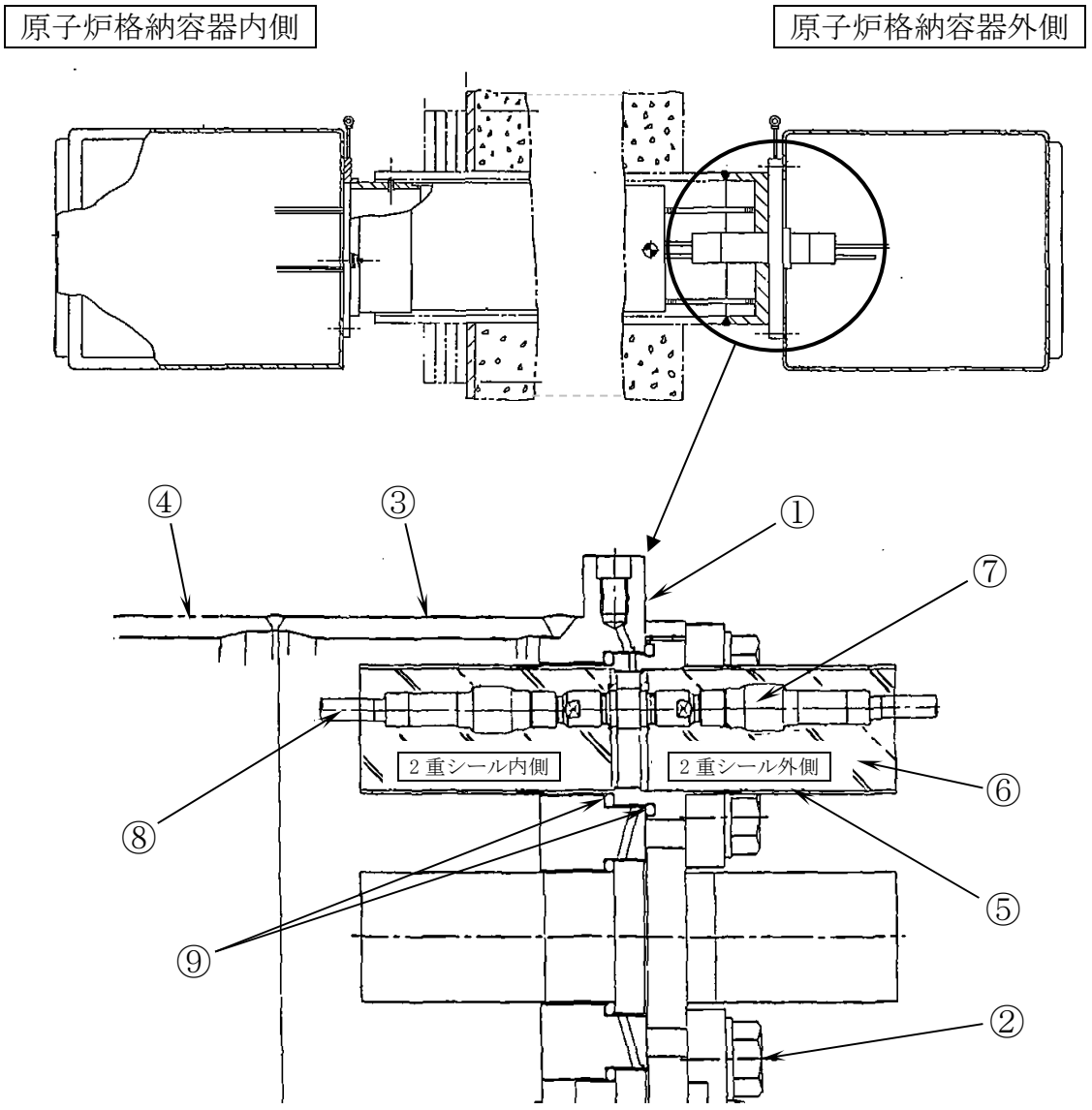
モジュールは，モジュール内にエポキシ樹脂による 2 重のシール部を設けた構造となっており，貫通している電線内部の導線部分を通して，漏えいが発生しないようにシール内部で電線同士を接続部（コネクタ）にて接続している。

なお，モジュール内の 2 重シール同士の中間部は中空で，この部分を窒素で加圧することで，シール部の気密確認が出来る構造となっている。

東海第二の核計装用モジュール型電気ペネトレーションの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の核計装用モジュール型電気ペネトレーション主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	ヘッダ	⑥	シール部
②	取付ボルト	⑦	接続部（コネクタ）
③	アダプタ	⑧	電線
④	スリーブ	⑨	0リング
⑤	モジュール		

図 2.1-1　核計装用モジュール型電気ペネトレーション構造図

表 2.1-1　核計装用モジュール型電気ペネトレーション主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	電線	銅，架橋ポリエチレン
		接続部(コネクタ)	銅
通電・絶縁性能の確保及びバウンダリの維持	耐圧，絶縁	シール部	エポキシ樹脂
バウンダリの維持	耐圧	ヘッダ	ステンレス鋼
		取付ボルト	ステンレス鋼
		モジュール	ステンレス鋼
		アダプタ	炭素鋼
		スリーブ	炭素鋼
		0 リング	エチレンプロピレンゴム

表 2.1-2　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
周囲温度*	65.6 ℃ (最高)	171 ℃ (最高)	235 ℃ (最高)
最高圧力*	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa
放射線*	0.040 Gy/h (最大)	2.6×10^{2} kGy (最大積算値)	640 kGy (最大積算値)

*:原子炉格納容器内における設計値

2.1.2 高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション

(1) 構造

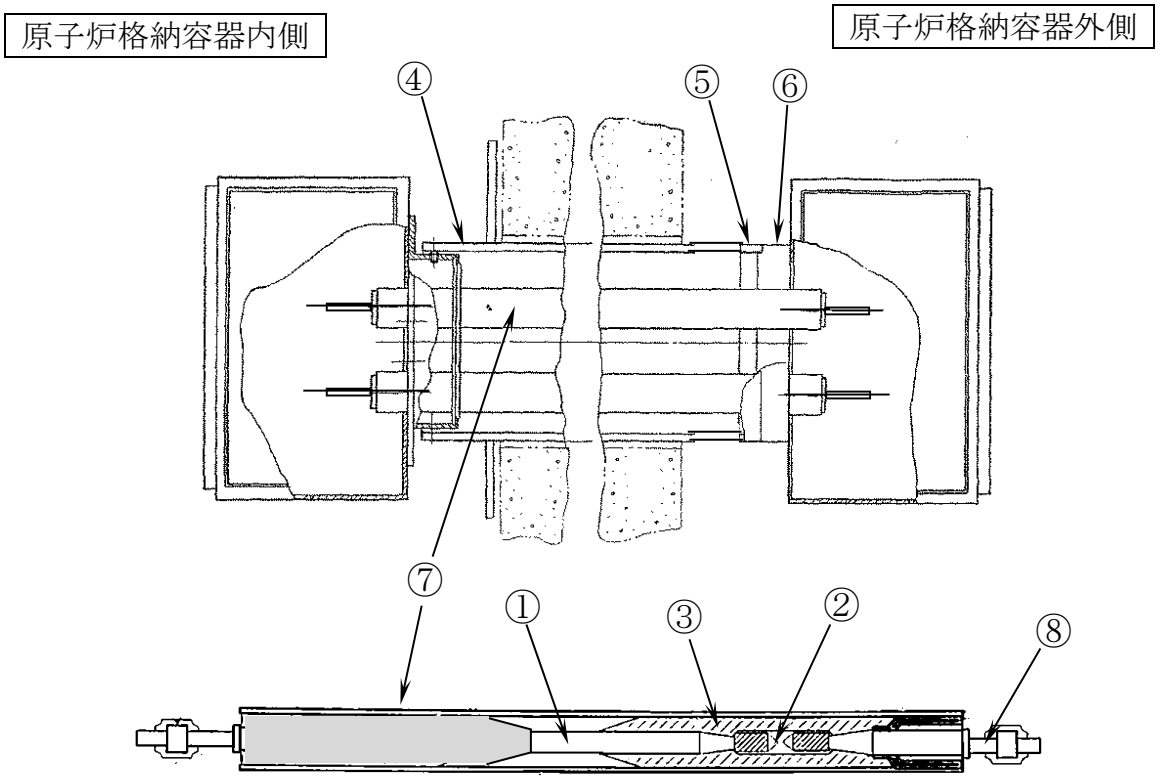
東海第二の高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションは，原子炉格納容器内外に電線をエチレンプロピレンゴムでシールしたパイプをヘッダに固定した構造となっている。

パイプは，パイプ内にエチレンプロピレンゴムによるシール部を設けた構造となっており，シール内部で電線と導体を接続スリーブにて接続している。

東海第二の高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	電線	⑤	アダプタ
②	接続スリーブ	⑥	ヘッダ
③	シール部	⑦	パイプ
④	スリーブ	⑧	導体

図 2.1-2　高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション構造図

表 2.1-3　高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	導体	銅
		電線	銅，エチレンプロピレンゴム
		接続スリーブ	銅
通電・絶縁性能の確保及びバウンダリの維持	耐圧，絶縁	シール部	エチレンプロピレンゴム
バウンダリの維持	耐圧	スリーブ	炭素鋼
		アダプタ	炭素鋼
		ヘッダ	ステンレス鋼
		パイプ	ステンレス鋼

表 2.1-4　高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
周囲温度*	65.6 ℃ (最高)	171 ℃ (最高)	235 ℃ (最高)
最高圧力*	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.62 MPa
放射線*	0.040 Gy/h (最大)	2.6×10^{2} kGy (最大積算値)	640 kGy (最大積算値)

*:原子炉格納容器内における設計値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電気ペネトレーションの機能である通電及びバウンダリ機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) 通電・絶縁性能の確保

(2) バウンダリの維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

電気ペネトレーションについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（圧力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した。（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

電気ペネトレーションには消耗品及び定期取替品はない。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. シール部及び電線の絶縁特性低下［核計装用モジュール型電気ペネトレーション］
b. シール部の劣化による気密性の低下［核計装用モジュール型電気ペネトレーション］
c. O リングの劣化による気密性の低下［核計装用モジュール型電気ペネトレーション］
d. シール部の劣化による気密性の低下［高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 電線及び接続部（コネクタ）［核計装用モジュール型電気ペネトレーション］の導通不良

電線に大きな荷重が作用すると，断線や途中接続点の接続部（コネクタ）の外れ等により導通不良が想定されるが，電線単体には外部からの大きな荷重は作用しない構造となっており，導通不良が発生する可能性はない。

したがって，電線及び接続部（コネクタ）の導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スリーブ及びアダプタ［共通］の腐食（全面腐食）

スリーブ及びアダプタは，炭素鋼であるため，腐食が想定されるが，塗装が施されており，腐食進行の可能性はない。

したがって，スリーブ及びアダプタの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/2)　核計装用モジュール型電気ペネトレーションに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	経年劣化事象									備考
				材料	減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	電線		銅，架橋ポリエチレン					○	▲			*1：気密性の低下
		接続部(コネクタ)		銅						▲			
通電・絶縁性能の確保及びバウンダリの維持	耐圧，絶縁	シール部		エポキシ樹脂					○			○*1	
バウンダリの維持	耐圧	ヘッダ		ステンレス鋼									
		取付ボルト		ステンレス鋼									
		モジュール		ステンレス鋼									
		アダプタ		炭素鋼		▲							
		スリーブ		炭素鋼		▲							
		0 リング		エチレンプロピレンゴム								○*1	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/2)　高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	経年劣化事象									備考
				材料	減肉		割れ		絶縁	導通	信号	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化		
通電・絶縁性能の確保	エネルギー伝達	導体		銅									*1：気密性の低下
		電線		銅，エチレンプロピレンゴム									
		接続スリーブ		銅									
通電・絶縁性能の確保及びバウンダリの維持	耐圧，絶縁	シール部		エチレンプロピレンゴム								○*1	
バウンダリの維持	耐圧	スリーブ		炭素鋼		▲							
		アダプタ		炭素鋼		▲							
		ヘッダ		ステンレス鋼									
		パイプ		ステンレス鋼									

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) シール部及び電線の絶縁特性低下［核計装用モジュール型電気ペネトレーション］

a. 事象の説明

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部に使用しているエポキシ樹脂及び電線の絶縁体で使用している架橋ポリエチレンは有機物であるため，熱的，放射線，機械的，電気的，環境的要因により，経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があり，経年劣化に対する評価が必要である。

ただし，核計装用モジュール型電気ペネトレーションは静止機器であることから機械的劣化，電圧が低いことから電気的劣化，密封状態であることから環境的劣化については影響を受けないと考えられる。

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁特性低下要因としては，熱及び放射線による物性変化により，モジュール，電線等との接着力が低下し，接着面の隙間から大気中の湿気が電気ペネトレーション内部に浸入する可能性がある。

このため，浸入した湿気により，電気的絶縁特性の低下に伴う信号伝送特性の低下現象として現れる。

図 2.3-1 に想定される湿気の浸入予想ルートを示す。

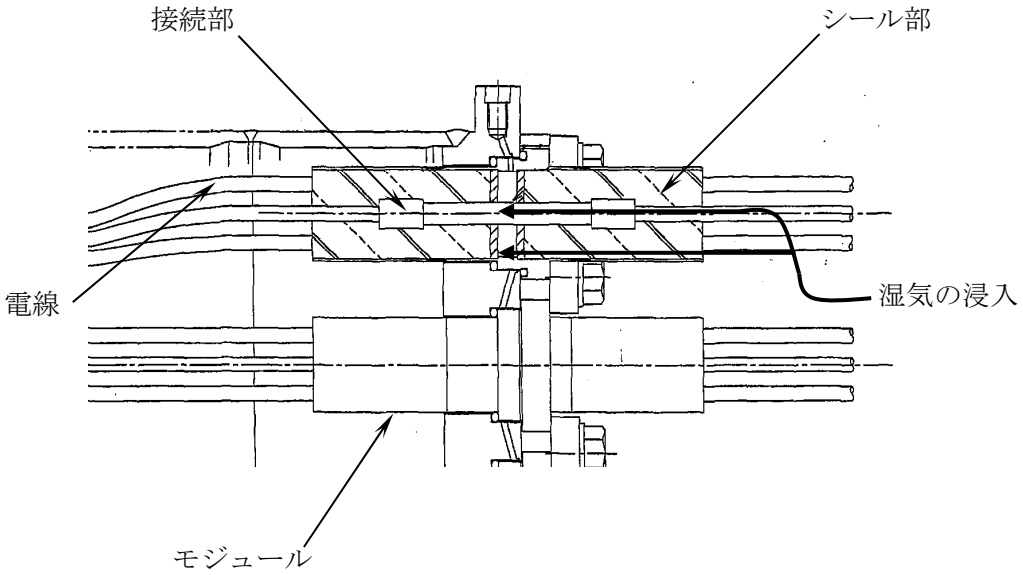


図 2.3-1　湿気の浸入予想ルート

b. 技術評価

① 健全性評価

核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期間の経年劣化を考慮した絶縁特性低下の評価は，IEEE Std.323-1974「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」（以下，「IEEE Std.323-1974」という）及び IEEE Std.317-1976「IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations」（以下，「IEEE Std.317-1976」という）の規格をもとに行う。

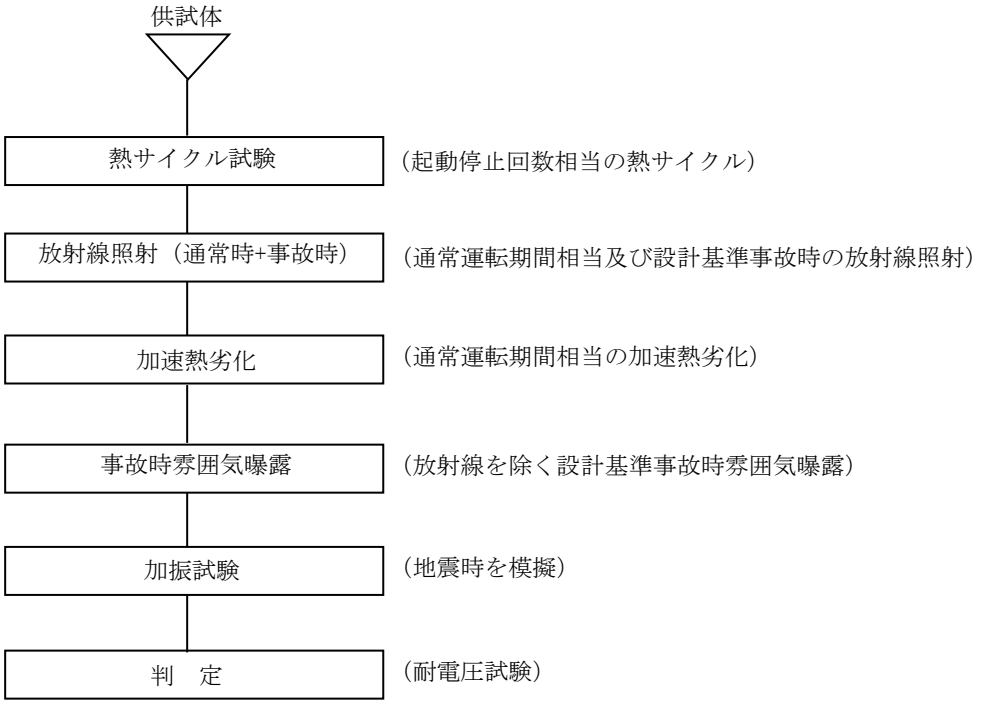


図 2.3-2　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験手順

核計装用モジュール型電気ペネトレーションについては，図 2.3-2 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は，表 2.3-1 に示すとおり核計装用モジュール型電気ペネトレーションの 60 年間の通常運転期間における使用条件，設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡しており，試験結果は，表 2.3-2 に示すとおり，耐電圧試験の判定基準を満足している。

重大事故等時における健全性評価にあたっては，重大事故等時の温度条件をもとに評価部位における温度を解析により求め評価に用いた。

本試験結果は，表 2.3-2 に示すとおり，耐電圧試験の判定基準を満足しており，核計装用モジュール型電気ペネトレーションは，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁性能は維持できると評価する。

なお，東海第二で想定される重大事故等時における最高圧力については，事故時雰囲気曝露試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた健全性試験において，重大事故等時条件を上回る圧力（0.79 MPa）にて気密に対する健全性が確認されていることから重大事故等時においても絶縁性能は維持できると評価する。

また，東海第二で想定される最大応答加速度 9.69 G については，加振試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験において，東海第二の最大応答加速度を上回る加速度 20 G にて健全性が確認されていることから重大事故等時においても絶縁性能は維持できると評価する。

表 2.3-1　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10 ℃⇔66 ℃/120 ｻｲｸﾙ	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。
放射線照射 （通常時＋事故時）	放射線照射線量 800 kGy	東海第二で想定される線量 約 281 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^{2} kGy を加えた線量）を包絡する。 また，東海第二で想定される線量 約 661 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に重大事故等時の最大積算値 640 kGy を加えた線量）を包絡する。
加速熱劣化	121 ℃×7 日間	東海第二通常運転時の温度 40 ℃[*1] に対して 60 年間の通常運転期間を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 ℃ 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 ℃[*2]，最高圧力 0.31 MPa[*2] 及び重大事故等時の最高温度約 135 ℃[*3] を包絡する。 なお，重大事故等時の最高圧力 0.62 MPa[*4] は同等のモジュール型電気ペネトレーションを用いた特性確認試験にて最高圧力を上回る圧力にて健全性を確認している。
加振試験	1.36 G	東海第二で想定される電気ペネトレーションの最大応答加速度 9.69 G に対しては，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験にて，最大応答加速度を上回る加速度 20 G にて健全性を確認している。

*1:通常運転時におけるシール部，電線部の温度解析値

*2:設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*3:重大事故等時における電線部の温度解析値

*4:重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

表 2.3-2　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験の耐電圧試験結果

試験内容	判定基準*	結果
耐電圧 AC 720 V を 4 秒間印加	絶縁破壊しないこと	良

*:判定基準は IEEE Std.317-1976 に基づく

② 現状保全

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁測定及び機器の動作試験を実施し，有意な絶縁特性の低下がないことを確認している。

さらに，定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査により，気密性が確保されていることを確認しており，有意な湿気の浸入がないことを確認している。

また，核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線に有意な絶縁特性低下が認められた場合は，補修等を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁特性低下の可能性は低く，さらに，絶縁特性低下は機器点検時に実施する絶縁抵抗測定，機器の動作試験及び原子炉格納容器漏えい率検査により把握は可能と考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定を行うことで，異常の有無を把握可能であり，現状の保全は点検手法として適切であると考える。

c．高経年化への対応

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全に追加すべき項目はない。

また，東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で，原子炉格納容器内通常運転時の設計温度を超えた箇所が確認されたため，評価結果に対する確認を行い影響がないことを確認した。機器の取替周期の設定にあたっては，震災発生後の設計温度超過を考慮し，設計温度における評価年数に超過期間における評価年数を含めて設定する。

今後も点検時に絶縁抵抗測定，機器の動作試験及び原子炉格納容器漏えい率検査を実施することにより，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修等を行うこととする。

(2) シール部の劣化による気密性の低下［核計装用モジュール型電気ペネトレーション］

a. 事象の説明

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部に使用しているエポキシ樹脂は有機物であるため，熱的，放射線，機械的，電気的，環境的要因により，経年的に劣化が進行し，リークを起こす可能性があり，経年劣化に対する評価が必要である。

ただし，核計装用モジュール型電気ペネトレーションは静止機器であることから機械的劣化，電圧が低いことから電気的劣化，密封状態であることから環境的劣化については影響を受けないと考えられる。

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の劣化による気密性の低下は，熱及び放射線による物性変化により，鋼材，導体等との接着力が低下することによるもので，この結果，プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより相互間でのはく離が生じ，リークを生じる。

b. 技術評価

① 健全性評価

核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期間の経年劣化を考慮した気密性低下の評価は，IEEE Std.323-1974 及び IEEE Std.317-1976 の規格をもとに行う。

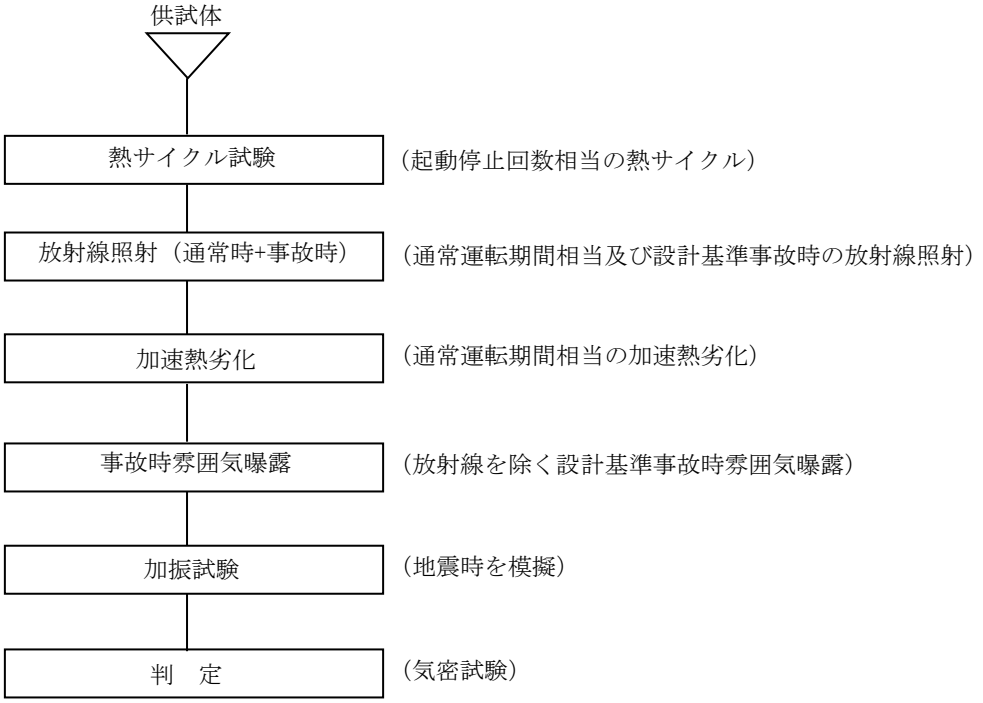


図 2.3-3　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験手順

核計装用モジュール型電気ペネトレーションについては，図 2.3-3 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は，表 2.3-3 に示すとおり核計装用モジュール型電気ペネトレーションの 60 年間の通常運転期間における使用条件，設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡しており，試験結果は，表 2.3-4 に示すとおり，気密試験の判定基準を満足している。

重大事故等時における健全性評価にあたっては，重大事故等時の温度条件をもとに評価部位における温度を解析により求め評価に用いた。

本試験結果は，表 2.3-4 に示すとおり，気密試験の判定基準を満足しており，核計装用モジュール型電気ペネトレーションは，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において気密性能は維持できると評価する。

なお，東海第二で想定される重大事故等時における最高圧力については，事故時雰囲気曝露試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた健全性試験において，重大事故等時条件を上回る圧力（0.79 MPa）にて気密に対する健全性が確認されていることから重大事故等時においても気密性能は維持できると評価する。

また，東海第二で想定される最大応答加速度 9.69 G については，加振試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験において，東海第二の最大応答加速度を上回る加速度 20 G にて健全性が確認されていることから重大事故等時においても気密性能は維持できると評価する。

表 2.3-3　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10 ℃⇔66 ℃/120 ｻｲｸﾙ	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。
放射線照射 （通常時＋事故時）	放射線照射線量 800 kGy	東海第二で想定される線量 約 281 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^{2} kGy を加えた線量）を包絡する。 また，東海第二で想定される線量 約 661 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に重大事故等時の最大積算値 640 kGy を加えた線量）を包絡する。
加速熱劣化	121 ℃×7 日間	東海第二通常運転時の温度 40 ℃[*1] に対して 60 年間の通常運転期間を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 ℃ 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 ℃[*2]，最高圧力 0.31 MPa[*2] 及び重大事故等時の最高温度約 74.5 ℃[*3] を包絡する。 なお，重大事故等時の最高圧力 0.62 MPa[*4] は同等のモジュール型電気ペネトレーションを用いた特性確認試験にて最高圧力を上回る圧力にて健全性を確認している。
加振試験	1.36 G	東海第二で想定される電気ペネトレーションの最大応答加速度 9.69 G に対しては，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験にて，最大応答加速度を上回る加速度 20 G にて健全性を確認している。

*1:通常運転時におけるシール部の温度解析値

*2:設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*3:重大事故等時におけるシール部の温度解析値

*4:重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

表 2.3-4　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験の気密試験結果

試験内容	判定基準*	測定値	結果
気密試験 リーク量測定	1×10^{-6} cc/sec	6.8×10^{-9} cc/sec 以下	良

*:判定基準は IEEE Std.317-1976 に基づく

② 現状保全

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の気密性低下に対しては，定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し，原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし，漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

なお，原子炉格納容器漏えい率検査の結果，有意な気密性の低下が認められた場合は，補修等を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の気密性低下の可能性は低く，さらに，気密性低下は定期検査時に実施する原子炉格納容器漏えい率検査により把握は可能と考えられる。今後も原子炉格納容器漏えい率検査による漏えい率の傾向管理を行うことにより，シール部の経年劣化による気密性の異常の有無は把握可能であり，現状の保全は点検手法として適切である。

c．高経年化への対応

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の気密性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全に追加すべき項目はないと考える。

また，東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で，原子炉格納容器内通常運転時の設計温度を超えた箇所が確認されたため，評価結果に対する確認を行い影響がないことを確認した。機器の取替周期の設定にあたっては，震災発生後の設計温度超過を考慮し，設計温度における評価年数に超過期間における評価年数を含めて設定する。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査時に漏えい率を監視していくとともに，必要に応じて補修等を行うこととする。

(3) 0リングの劣化による気密性の低下［核計装用モジュール型電気ペネトレーション］

a. 事象の説明

核計装用モジュール型電気ペネトレーションの0リングに使用しているエチレンプロピレンゴムは有機物であるため，熱的，放射線，機械的，電気的，環境的要因により，経年的に劣化が進行し，リークを起こす可能性があり，経年劣化に対する評価が必要である。

ただし，核計装用モジュール型電気ペネトレーションは静止機器であることから機械的劣化，密封状態であることから環境的劣化については影響を受けないと考えられる。

核計装用モジュール型電気ペネトレーションの0リングの劣化による気密性低下要因としては，熱及び放射線による物性変化により，0リングのシール性能が低下するもので，この結果，プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより0リングのシール部分からリークを生じる。

b. 技術評価

① 健全性評価

核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期間の経年劣化を考慮した気密性低下の評価は，IEEE Std.323-1974及びIEEE Std.317-1976の規格をもとに行う。

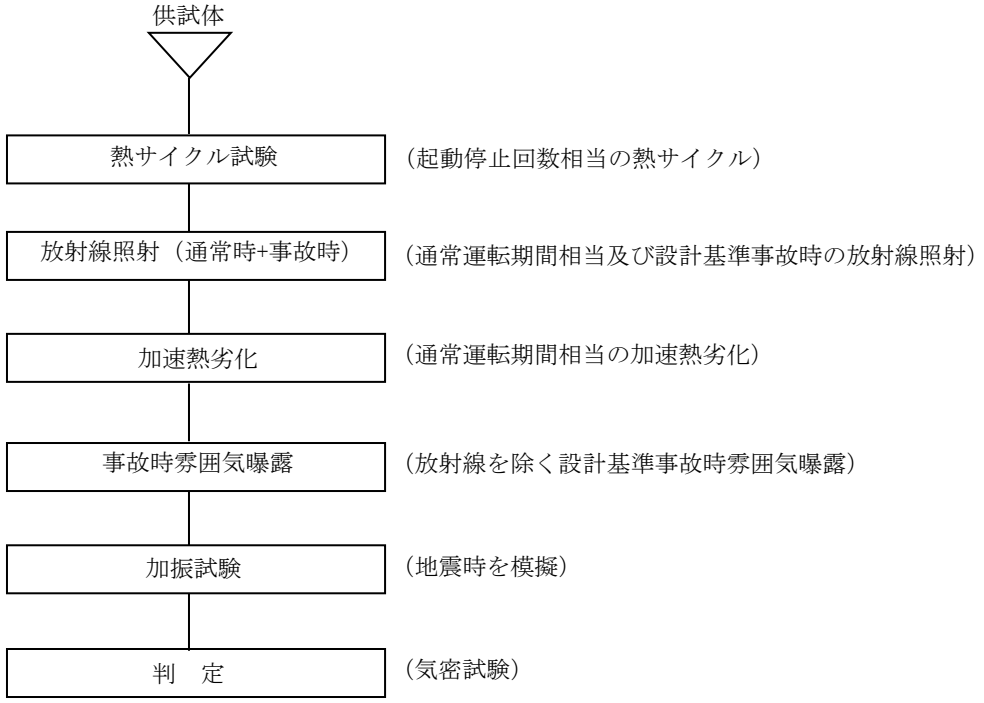


図 2.3-4　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験手順

核計装用モジュール型電気ペネトレーションについては，図 2.3-4 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は，表 2.3-5 に示すとおり核計装用モジュール型電気ペネトレーションの 60 年間の通常運転期間における使用条件，設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡しており，試験結果は，表 2.3-6 に示すとおり，気密試験の判定基準を満足している。

重大事故等時における健全性評価にあたっては，重大事故等時の温度条件をもとに評価部位における温度を解析により求め評価に用いた。

本試験結果は，表 2.3-6 に示すとおり，気密試験の判定基準を満足しており，核計装用モジュール型電気ペネトレーションは，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において気密性能は維持できると評価する。

なお，東海第二で想定される重大事故等時における最高圧力については，事故時雰囲気曝露試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた健全性試験において，重大事故等時条件を上回る圧力（0.79 MPa）にて気密に対する健全性が確認されていることから重大事故等時においても気密性能は維持できると評価する。

また，東海第二で想定される最大応答加速度 9.69 G については，加振試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験において，東海第二の最大応答加速度を上回る加速度 20 G にて健全性が確認されていることから重大事故等時においても気密性能は維持できると評価する。

表 2.3-5　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10 ℃⇔66 ℃/120 ｻｲｸﾙ	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。
放射線照射 （通常時＋事故時）	放射線照射線量 800 kGy	東海第二で想定される線量 約 281 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^{2} kGy を加えた線量）を包絡する。 また，東海第二で想定される線量 約 661 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に重大事故等時の最大積算値 640 kGy を加えた線量）を包絡する。
加速熱劣化	121 ℃×7 日間	東海第二通常運転時の温度 40 ℃[*1] に対して 60 年間の通常運転期間を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 ℃ 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 ℃[*2]，最高圧力 0.31 MPa[*2] 及び重大事故等時の最高温度約 74.5 ℃[*3] を包絡する。 なお，重大事故等時の最高圧力 0.62 MPa[*4] は同等のモジュール型電気ペネトレーションを用いた特性確認試験にて最高圧力を上回る圧力にて健全性を確認している。
加振試験	1.36 G	東海第二で想定される電気ペネトレーションの最大応答加速度 9.69 G に対しては，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験にて，最大応答加速度を上回る加速度 20 G にて健全性を確認している。

*1:通常運転時におけるシール部の温度解析値

*2:設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*3:重大事故等時におけるシール部の温度解析値

*4:重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

表 2.3-6　核計装用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験の気密試験結果

試験内容	判定基準*	測定値	結果
気密試験 リーク量測定	1×10^{-6} cc/sec	6.8×10^{-9} cc/sec 以下	良

*:判定基準は IEEE Std.317-1976 に基づく

② 現状保全

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の気密性の低下に対しては，定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し，原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし，漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

なお，原子炉格納容器漏えい率検査の結果，有意な気密性の低下が認められた場合は，補修等を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の気密性低下の可能性は低く，さらに，気密性低下は定期検査時に実施する原子炉格納容器漏えい率検査により把握は可能と考えられる。今後も原子炉格納容器漏えい率検査による漏えい率の傾向管理を行うことにより，シール部の経年劣化による気密性の異常の有無は把握可能であり，現状の保全は点検手法として適切である。

c．高経年化への対応

核計装用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の気密性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全に追加すべき項目はないと考える。

また，東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で，原子炉格納容器内通常運転時の設計温度を超えた箇所が確認されたため，評価結果に対する確認を行い影響がないことを確認した。機器の取替周期の設定にあたっては，震災発生後の設計温度超過を考慮し，設計温度における評価年数に超過期間における評価年数を含めて設定する。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査時に漏えい率を監視していくとともに，必要に応じて補修等を行うこととする。

(4) シール部の劣化による気密性の低下[高圧動力用モジュール型電気ペネトレーション]

a. 事象の説明

高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションのシール部及び電線の絶縁体として使用しているエチレンプロピレンゴムは有機物であるため，熱的，放射線，機械的，電気的，環境的要因により，経年的に劣化が進行し，リークを起こす可能性があり，経年劣化に対する評価が必要である。

ただし，高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションは静止機器であることから機械的劣化，密封状態であることから環境的劣化については影響を受けないと考えられる。

高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の劣化による気密性の低下は，熱及び放射線による物性変化により，鋼材，導体等との接着力が低下することによるもので，この結果，プラント運転・停止による温度変化のため膨張と収縮を繰り返すことにより相互間でのはく離が生じ，リークを生じる。

b. 技術評価

① 健全性評価

高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの長期間の経年劣化を考慮した気密性低下の評価は，IEEE Std.323-1974 及び IEEE Std.317-1976 の規格をもとに行う。

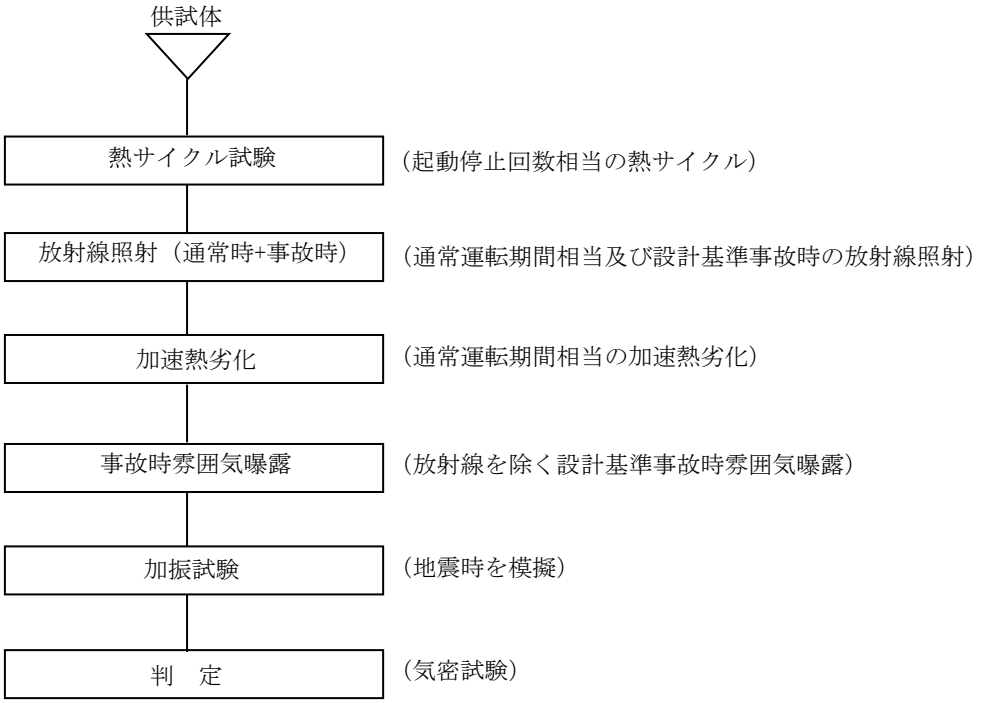


図 2.3-5　高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験手順

高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションについては，図 2.3-5 に示す長期健全性試験手順により評価した。

本試験条件は，表 2.3-7 に示すとおり高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの 60 年間の通常運転期間における使用条件，設計基準事故時条件及び重大事故等時条件を包絡しており，試験結果は，表 2.3-8 に示すとおり，気密試験の判定基準を満足している。

重大事故等時における健全性評価にあたっては，重大事故等時の温度条件をもとに評価部位における温度を解析により求め評価に用いた。

本試験結果は，表 2.3-8 に示すとおり，気密試験の判定基準を満足しており，高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションは，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において気密性能は維持できると評価する。

なお，東海第二で想定される重大事故等時における最高圧力については，事故時雰囲気曝露試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた健全性試験において，重大事故等時条件を上回る圧力（0.77 MPa）にて気密に対する健全性が確認されていることから重大事故等時においても気密性能は維持できると評価する。

また，東海第二で想定される最大応答加速度 9.69 G については，加振試験条件に包絡されていないが，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験において，東海第二の最大応答加速度を上回る加速度 20 G にて健全性が確認されていることから重大事故等時においても気密性能は維持できると評価する。

表 2.3-7　高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験条件

	試験条件	説明
熱サイクル試験	10 ℃⇔66 ℃/120 ｻｲｸﾙ	東海第二の 60 年間の起動停止回数を包絡する。
放射線照射 （通常時＋事故時）	放射線照射線量 800 kGy	東海第二で想定される線量 約 281 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^{2} kGy を加えた線量）を包絡する。 また，東海第二で想定される線量 約 661 kGy（60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy に重大事故等時の最大積算値 640 kGy を加えた線量）を包絡する。
加速熱劣化	121℃×7 日間	東海第二通常運転時の温度 43 ℃[*1] に対して 60 年間の通常運転期間を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：171 ℃ 最高圧力：0.43 MPa 曝露時間：13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 ℃[*2]，最高圧力 0.31 MPa[*2] 及び重大事故等時の最高温度約 77.5 ℃[*3] を包絡する。 なお，重大事故等時の最高圧力 0.62 MPa[*4] は同等のモジュール型電気ペネトレーションを用いた特性確認試験にて最高圧力を上回る圧力にて健全性を確認している。
加振試験	1.36 G	東海第二で想定される電気ペネトレーションの最大応答加速度 9.69 G に対しては，同等形のモジュール型電気ペネトレーションを用いた加振試験にて，最大応答加振度を上回る加速度 20 G にて健全性を確認している

*1:通常運転時におけるシール部の温度解析値に通電による温度上昇分を加えた値

*2:設計基準事故時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

*3:重大事故等時におけるシール部の温度解析値に通電による温度上昇値分を加えた値

*4:重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件設計値

表 2.3-8　高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションの長期健全性試験の気密試験結果

試験内容	判定基準*	測定値	結果
気密試験 リーク量測定	1×10^{-6} cc/sec	5.6×10^{-9} cc/sec 以下	良

*:判定基準は IEEE Std.317-1976 に基づく

② 現状保全

高圧動力用モジュール型電気ペネトレーションのシール部の気密性低下に対しては，定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し，原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし，漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

なお，原子炉格納容器漏えい率検査の結果，有意な気密性の低下が認められた場合は，補修等を行うこととしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から判断して，シール部の気密性低下の可能性は低く，さらに，気密性低下は定期検査時に実施する原子炉格納容器漏えい率検査により把握は可能と考えられる。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査による漏えい率の傾向管理を行うことにより，シール部の経年劣化による気密性の異常の有無は把握可能であり，現状の保全は点検手法として適切である。

c．高経年化への対応

シール部の気密性の低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全に追加すべき項目はないと考える。

また，東北地方太平洋沖地震発生に伴う発電所停止操作の過程で，原子炉格納容器内通常運転時の設計温度を超えた箇所が確認されたため，評価結果に対する確認を行い影響がないことを確認した。機器の取替周期の設定にあたっては，震災発生後の設計温度超過を考慮し，設計温度における評価年数に超過期間における評価年数を含めて設定する。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査時に漏えい率を監視していくとともに，必要に応じて補修等を行うこととする。

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

① 制御用モジュール型電気ペネトレーション
② 計測用モジュール型電気ペネトレーション
③ 制御棒位置指示用モジュール型電気ペネトレーション
④ 低圧動力用モジュール型電気ペネトレーション

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. シール部及び電線の絶縁特性低下［共通］

代表機器と同様に，シール部に使用しているエポキシ樹脂及び電線の絶縁体で使用している架橋ポリエチレンは有機物であるため，熱的，放射線，機械的，電気的，環境的要因により，経年的に劣化が進行し絶縁特性低下を起こす可能性があるが，代表機器と同様の長期健全性試験結果より，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時条件及び重大事故等時条件において絶縁特性を維持できると評価する。

また，絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定及び機器の動作試験を実施し，有意な絶縁特性低下がないこと，定期検査時の原子炉格納容器漏えい率検査により，気密性が確保されていることを確認しており，有意な湿気の浸入がないことを確認している。今後も点検時に絶縁特性低下を監視していくとともに，絶縁特性の低下が認められた場合には，補修を行うことで健全性が確保できると考えられる。

b. シール部の劣化による気密性の低下［共通］

代表機器と同様に，シール部は，エポキシ樹脂であることから熱的，放射線，機械的，電気的，環境的要因により，経年的に劣化が進行しリークを起こす可能性があるが，代表機器と同様の長期健全性試験結果より，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において気密性を維持できると評価する。

また，気密性低下に対しては，定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し，原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし，漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査時に漏えい率を監視していくとともに，必要に応じて補修等を行うこととする。

c. 0 リングの劣化による気密性の低下［共通］

代表機器と同様に 0 リングは，エチレンプロピレンゴム製であるため，熱的，放射線，機械的，電気的，環境的要因により，経年的に劣化が進行しリークを起こす可能性があるが，代表機器と同様の長期健全性試験結果より，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気おいて気密性を維持できると評価する。

また，気密性低下に対しては，定期検査時に原子炉格納容器漏えい率検査を実施し，原子炉格納容器全体の漏えい率が基準を満たし，漏えい率が増加傾向にないことを確認している。

今後も原子炉格納容器漏えい率検査時に漏えい率を監視していくとともに，必要に応じて補修等を行うこととする。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

日常劣化管理事象に該当する事象は抽出されなかった。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 電線及び接続部（コネクタ）の導通不良［共通］

代表機器と同様，電線に大きな荷重が作用すると，断線や途中接続点の接続部（コネクタ）の外れ等により導通不良が想定されるが，電線単体には外部からの大きな荷重が作用しない構造となっており，導通不良が発生する可能性はない。

したがって，電線及び接続部（コネクタ）の導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スリーブ及びアダプタの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，スリーブ及びアダプタは，炭素鋼であるため，腐食が想定されるが，塗装が施されており，腐食進行の可能性はない。

したがって，スリーブ及びアダプタの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

3. その他容器

［対象容器］

① 湿分分離器
② スクラム排出水容器
③ ほう酸水注入系貯蔵タンク
④ 使用済燃料貯蔵プール
⑤ 原子炉ウェル
⑥ 燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク
⑦ MSIV 用アキュムレータ
⑧ SRV (ADS) 用アキュムレータ
⑨ SRV 用アキュムレータ
⑩ SLC 用アキュムレータ
⑪ 活性炭ベット
⑫ 排ガス後置除湿器
⑬ 排ガス再結合器
⑭ 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置
⑮ 原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器
⑯ 制御棒駆動水系ポンプ出口ラインフィルタ
⑰ 原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ
⑱ 原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ
⑲ 残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ
⑳ 非常用及び HPCS 系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ
㉑ 緊急用海水系ストレーナ

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定.....3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果.....3-1
1.2 代表機器の選定.....3-1
2. 代表機器の技術評価.....3-5
2.1 構造，材料及び使用条件.....3-5
2.1.1 湿分分離器.....3-5
2.1.2 スクラム排出水容器.....3-8
2.1.3 ほう酸水注入系貯蔵タンク.....3-11
2.1.4 使用済燃料貯蔵プール.....3-14
2.1.5 SRV（ADS）用アキュムレータ.....3-17
2.1.6 SLC用アキュムレータ.....3-20
2.1.7 活性炭ベット.....3-23
2.1.8 排ガス再結合器.....3-26
2.1.9 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置.....3-29
2.1.10 原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器.....3-32
2.1.11 原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ.....3-35
2.1.12 残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ.....3-38
2.2 経年劣化事象の抽出.....3-41
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目.....3-41
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出.....3-41
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....3-42
3. 代表機器以外への展開.....3-61
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象.....3-61
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象.....3-61

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用されている主要な容器（原子炉圧力容器及び原子炉格納容器を除く）の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの容器を種類，内部流体及び胴部材料の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

種類，内部流体及び胴部材料を分類基準とし，表 1-1 に示すとおりグループ化する。

胴部材料は炭素鋼，ステンレス鋼，コンクリート（ステンレス内張り）及び低合金鋼に分類され，内部流体は蒸気，純水，五ほう酸ナトリウム水，ガス及び海水に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用圧力，最高使用温度の観点から代表機器を選定する。

(1) タンク（内部流体：蒸気・純水，胴部材料：炭素鋼）

このグループには湿分分離器のみが属することから，これを代表機器とする。

(2) タンク（内部流体：純水，胴部材料：炭素鋼）

このグループにはスクラム排出水容器のみが属することから，これを代表機器とする。

(3) タンク（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，胴部材料：ステンレス鋼）

このグループにはほう酸水注入系貯蔵タンクのみが属することから，これを代表機器とする。

(4) ライニング槽（内部流体：純水，胴部材料：コンクリート（ステンレス鋼内張り））

このグループには使用済燃料貯蔵プール，原子炉ウェル，燃料プール冷却浄化系スキマサージタンクが属するが，運転状態の観点から使用済燃料貯蔵プールを代表機器とする。

(5) アキュムレータ（内部流体：ガス，胴部材料：ステンレス鋼）

このグループには MSIV 用アキュムレータ，SRV（ADS）用アキュムレータ，SRV 用アキュムレータが属するが，最高使用圧力の高い SRV（ADS）用アキュムレータを代表機器とする。

(6) アキュムレータ（内部流体：ガス・五ほう酸ナトリウム水，胴部材料：ステンレス鋼）

このグループには SLC 用アキュムレータのみが属することから，これを代表機器とする。

(7) フィルタ等（内部流体：ガス，胴部材料：炭素鋼）

このグループには活性炭ベット，排ガス後置除湿器が属するが，重要度の高い活性炭ベットを代表機器とする。

(8) フィルタ等（内部流体：ガス，胴部材料：低合金鋼）

このグループには排ガス再結合器のみが属することから，これを代表機器とする。

(9) フィルタ等（内部流体：ガス・純水，胴部材料：ステンレス鋼）

このグループには格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置のみが属することから，これを代表機器とする。

(10) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材料：炭素鋼）

このグループには原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器，制御棒駆動水系ポンプ出口ラインフィルタが属するが，重要度が高い原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器を代表機器とする。

(11) フィルタ等（内部流体：純水，胴部材料：ステンレス鋼）

このグループには原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ，原子炉再循環ポンプシールパージフィルタが属するが，下流側機器の重要度が高い原子炉再循環ポンプシールパージフィルタを代表機器とする。

(12) フィルタ等（内部流体：海水，胴部材料：ステンレス鋳鋼）

このグループには残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ，非常用及びHPCS系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ，緊急用海水系ストレーナが属するが，最高使用圧力の高い残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナを代表機器とする。

表 1-1(1/2)　その他容器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称	選定基準				選定	選定理由
種類	内部流体	胴部材料		重要度*1	使用条件				
					運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)		
タンク	蒸気・純水	炭素鋼	湿分分離器	高*2	連続	1.81	210	◎	
	純水	炭素鋼	スクラム排出水容器	高*2	一時	8.62	138	◎	
	五ほう酸ナトリウム水	ステンレス鋼	ほう酸水注入系貯蔵タンク	MS-1,重*3	連続	静水頭	66	◎	
ライニング槽	純水	コンクリート（ステンレス鋼内張り）	使用済燃料貯蔵プール	PS-2,重*3	連続	静水頭	66	◎	運転状態
			原子炉ウェル	PS-2	一時	静水頭	66		
			燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク	重*3	連続	静水頭	66		
アキュムレータ	ガス	ステンレス鋼	MSIV用アキュムレータ	MS-1	連続	1.45	171		最高使用圧力
			SRV（ADS）用アキュムレータ	MS-1，重*3	連続	2.28	171	◎	
			SRV用アキュムレータ	MS-1	連続	1.45	171		
	ガス・五ほう酸ナトリウム水	ステンレス鋼	SLC用アキュムレータ	MS-1	一時	9.66	66	◎	
フィルタ等	ガス	炭素鋼	活性炭ベット	PS-2	連続	0.34	66	◎	重要度
			排ガス後置除湿器	高*2	連続	0.34	340		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

表 1-1(2/2)　その他容器のグループ化及び代表機器の選定

分類基準			機器名称	選定基準				選定	選定理由
種類	内部流体	胴部材料		重要度[*1]	使用条件				
					運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)		
フィルタ等	ガス	低合金鋼	排ガス再結合器	PS-2	連続	2.41	538	◎	
	ガス・純水[*2]	ステンレス鋼	格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置[*3]	重[*4]	一時	0.62	200	◎	
	純水	炭素鋼[*5]	原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器	PS-2	連続	9.79	66	◎	重要度
		炭素鋼	制御棒駆動水系ポンプ出口ラインフィルタ	高[*6]	連続	12.06	66		
		ステンレス鋼	原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ	高[*6]	連続	12.06	66		下流側機器の重要度
			原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ	高[*6]	連続	12.06	66	◎	
	海水	ステンレス鋳鋼	残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ	MS-1，重[*4]	一時	3.45	38	◎	最高使用圧力
			非常用及びHPCS系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ	MS-1，重[*4]	一時	0.70	38		
			緊急用海水系ストレーナ	重[*4]	一時	0.98,2.45	32,38		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：スクラビング液

*3：新規に設置される機器

*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*5：内面ステンレス鋼クラッド

*6：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

2. 代表機器の技術評価

本章では，1章で代表機器とした以下の12基の容器について技術評価を実施する。

① 湿分分離器
② スクラム排出水容器
③ ほう酸水注入系貯蔵タンク
④ 使用済燃料貯蔵プール
⑤ SRV（ADS）用アキュムレータ
⑥ SLC用アキュムレータ
⑦ 活性炭ベット
⑧ 排ガス再結合器
⑨ 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置
⑩ 原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器
⑪ 原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ
⑫ 残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 湿分分離器

(1) 構造

東海第二の湿分分離器は，全長14,789.15 mm，内径3,200.4 mmの円筒横型容器であり，2基設置されている。

鏡板，胴板は炭素鋼であり，蒸気が内包されている。

また，内部の波板により除去された湿分は，ドレンとして中央のドレンタンクに回収される。

湿分分離器は，マンホール蓋を取外すことにより，内部の点検手入れが可能である。

東海第二の湿分分離器の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の湿分分離器主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。

No.	部位
①	鏡板
②	胴板
③	ドレンタンク
④	マンホール蓋
⑤	フランジボルト
⑥	ガスケット
⑦	支持鋼材
⑧	埋込金物
⑨	波板

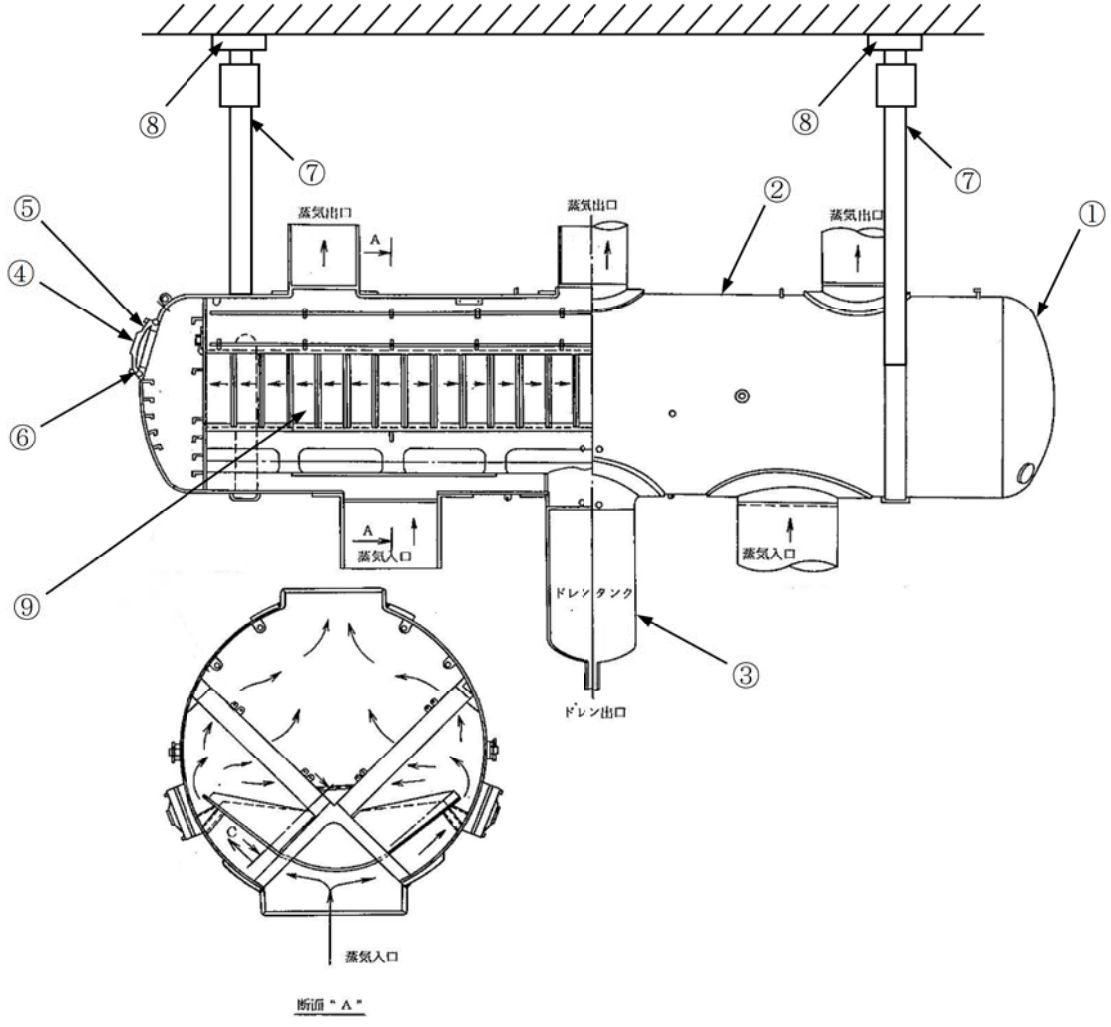


図 2.1-1　湿分分離器構造図

表 2.1-1　湿分分離器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	鏡板	炭素鋼
		胴板	炭素鋼
		ドレンタンク	炭素鋼
		マンホール蓋	炭素鋼
		フランジボルト	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	支持鋼材	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
その他	その他	波板	ステンレス鋼

表 2.1-2　湿分分離器の使用条件

最高使用圧力	1.81 MPa
最高使用温度	210 ℃
内部流体	蒸気・純水

2.1.2 スクラム排出水容器

(1) 構造

東海第二のスクラム排出水容器は，全高 955 mm，内径 300 mm の円筒型タンクであり，2 基設置されている。

胴板，鏡板は炭素鋼で，純水が内包されている。

東海第二のスクラム排出水容器の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のスクラム排出水容器主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	胴板
②	鏡板

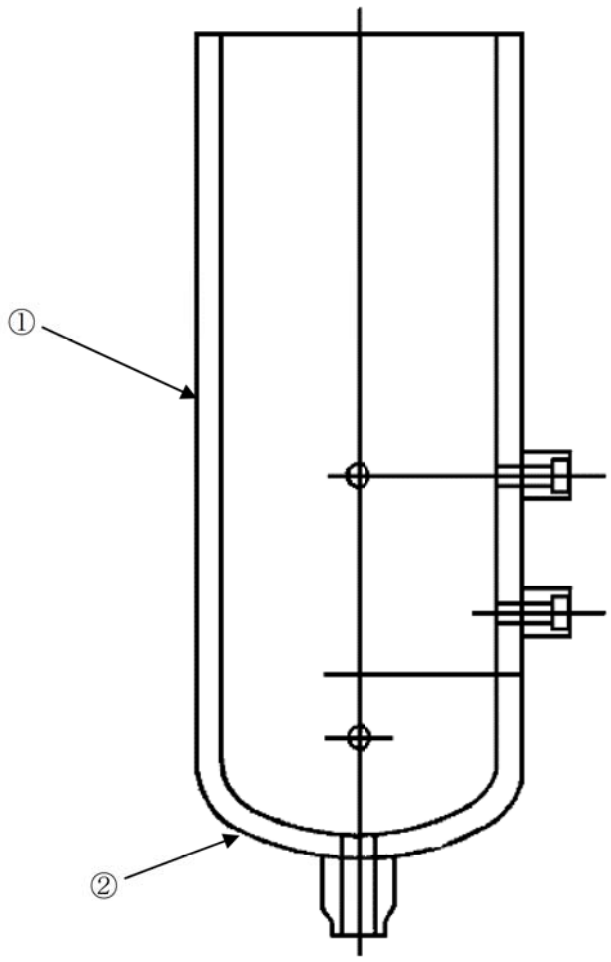


図 2.1-2　スクラム排出水容器構造図

表 2.1-3　スクラム排出水容器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	胴板	炭素鋼
		鏡板	炭素鋼

表 2.1-4 スクラム排出水容器の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	138 ℃
内部流体	純水

2.1.3 ほう酸水注入系貯蔵タンク

(1) 構造

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンクは，高さ 3,684 mm，内径 2,745 mm の円筒型開放タンクであり，1 基設置されている。

底板，胴板はステンレス鋼であり，五ほう酸ナトリウム水が貯蔵されている。

ほう酸水注入系貯蔵タンクは，上部に設置されているマンホール蓋を取外すことにより，内部の点検手入れが可能である。

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンクの構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンク主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部位
①	平板
②	胴板
③	底板
④	マンホール蓋
⑤	基礎ボルト
⑥	スパージャ

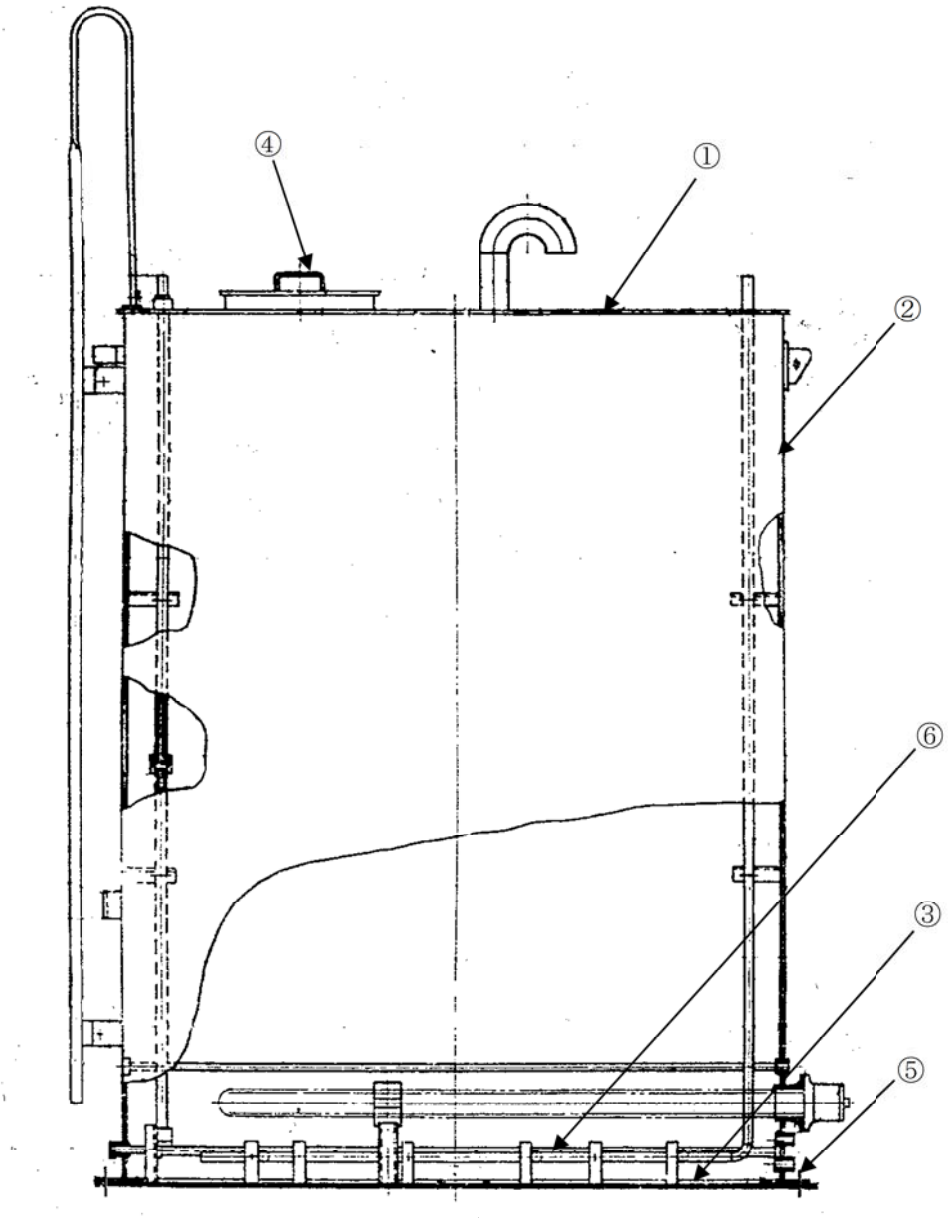


図 2.1-3　ほう酸水注入系貯蔵タンク構造図

表 2.1-5　ほう酸水注入系貯蔵タンク主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	平板	ステンレス鋼
		胴板	ステンレス鋼
		底板	ステンレス鋼
		マンホール蓋	ステンレス鋼
機器の支持	支持	基礎ボルト	低合金鋼
その他	その他	スパージャ	ステンレス鋼

表 2.1-6　ほう酸水注入系貯蔵タンクの使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	66 ℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.1.4 使用済燃料貯蔵プール

(1) 構造

東海第二の使用済燃料貯蔵プールは，縦 10,363 mm，横 12,192 mm，深さ 11,913 mm のコンクリート躯体にステンレス鋼を内張りしたプール型容器であり，1 基設置されている。

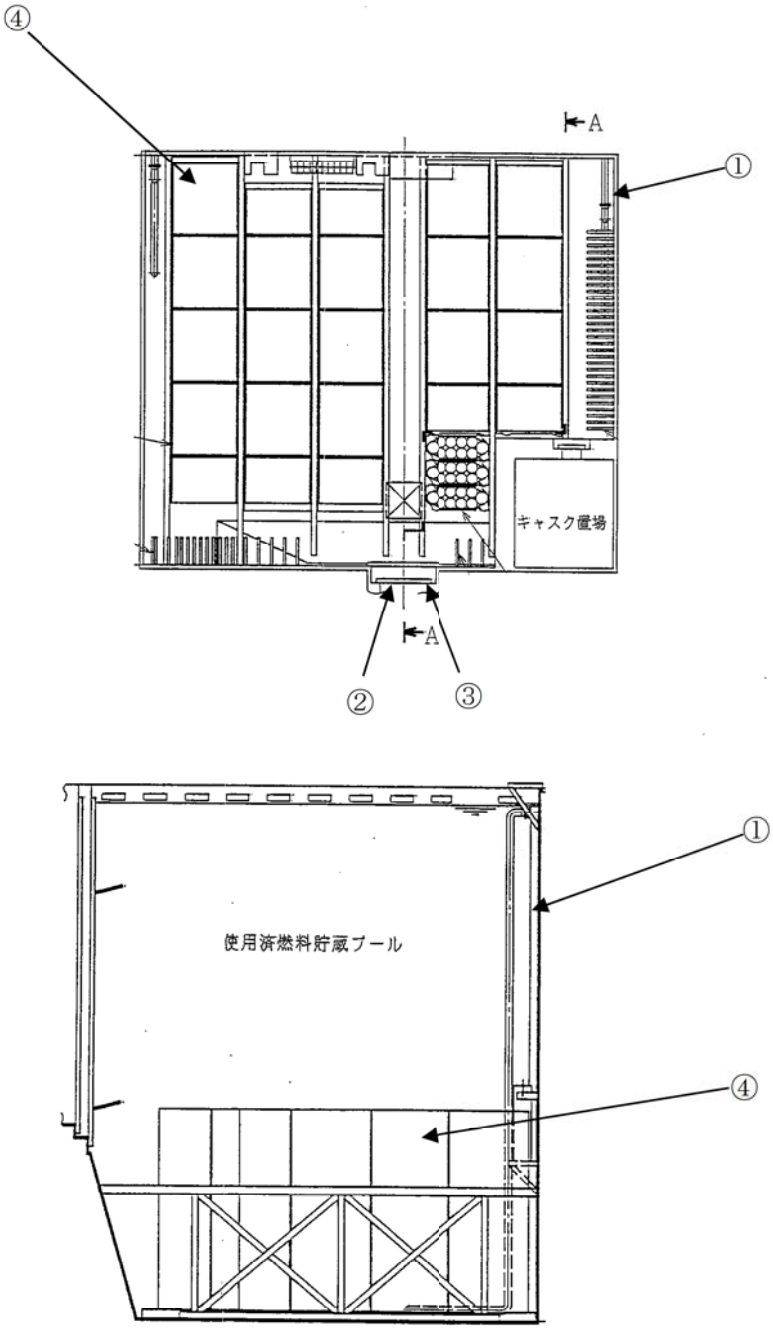
本プール内には，使用済燃料を貯蔵するためのラック類が設置されており，常時プール水（純水）で満たされている。

東海第二の使用済燃料貯蔵プールの構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の使用済燃料貯蔵プール主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部位
①	本体
②	ゲート
③	ゲートパッキン
④	使用済燃料貯蔵ラック



A～A断面図

図 2.1-4　使用済燃料貯蔵プール構造図

表 2.1-7　使用済燃料貯蔵プール主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	本体	コンクリート（ステンレス鋼内張り）
		ゲート	ステンレス鋼
	シール	ゲートパッキン	（消耗品）
その他	その他	使用済燃料貯蔵ラック	ボロン添加ステンレス鋼，ステンレス鋼

表 2.1-8　使用済燃料貯蔵プールの使用条件

最高使用圧力	静水頭
最高使用温度	66 ℃
内部流体	純水

2.1.5 SRV（ADS）用アキュムレータ

(1) 構造

東海第二のSRV（ADS）用アキュムレータは，全長1,270 mm，内径550 mmの円筒型容器であり，7基設置されている。

胴板はステンレス鋼であり，ガス（窒素及び空気）が内包されている。

東海第二のSRV（ADS）用アキュムレータの構造図を図2.1-5に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のSRV（ADS）用アキュムレータ主要部位の使用材料を表2.1-9に，使用条件を表2.1-10に示す。

No.	部位
①	鏡板
②	胴板
③	支持脚
④	取付ボルト

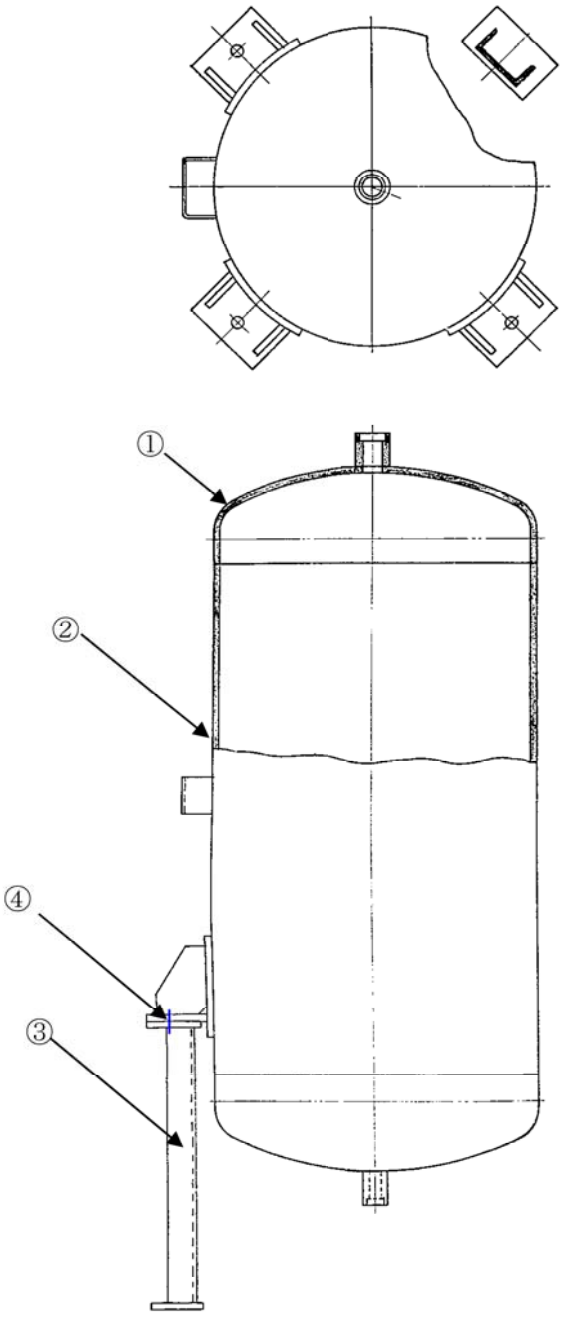


図 2.1-5　SRV（ADS）用アキュムレータ構造図

表 2.1-9　SRV（ADS）用アキュムレータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	鏡板	ステンレス鋼
		胴板	ステンレス鋼
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼
		取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-10　SRV（ADS）用アキュムレータの使用条件

最高使用圧力	2.28 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	ガス（窒素及び空気）

2.1.6 SLC 用アキュムレータ

(1) 構造

東海第二の SLC 用アキュムレータは，全長 746.1 mm，内径 168.7 mm の円筒型容器であり，2 基設置されている。

胴板はステンレス鋼であり，五ほう酸ナトリウム水が内包されている。

また，胴内部には，内部にガス（窒素）を充填したブラダが内蔵されている。

SLC 用アキュムレータは，ポート部を取外すことにより点検手入れが可能である。

東海第二の SLC 用アキュムレータの構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の SLC 用アキュムレータ主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部位
①	胴板
②	0 リング
③	ブラダ
④	スプリング

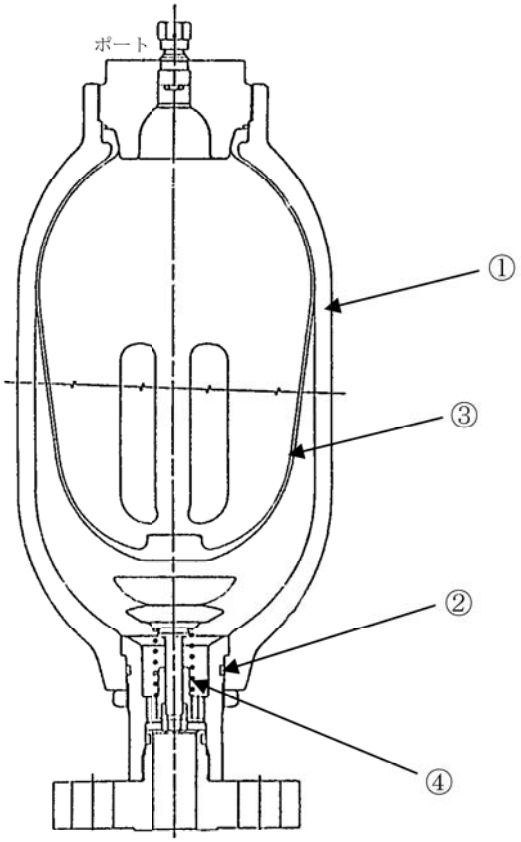


図 2.1-6　SLC 用アキュムレータ構造図

表 2.1-11　SLC 用アキュムレータ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	胴板	ステンレス鋼
	シール	0 リング	（消耗品）
その他	その他	ブラダ	（定期取替品）
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-12　SLC 用アキュムレータの使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	ガス・五ほう酸ナトリウム水

2.1.7 活性炭ベット

(1) 構造

東海第二の活性炭ベットは，全長 7,800 mm，内径 1,350 mm の円筒たて型容器であり，20 基設置されている。

胴板は炭素鋼であり，ガス（排ガス）が内包されている。

活性炭ベットは，フランジカバーを取外すことにより点検手入れが可能である。

東海第二の活性炭ベットの構造図を図 2.1-7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の活性炭ベット主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部位
①	鏡板
②	胴板
③	フランジカバー
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	支持脚
⑦	基礎ボルト

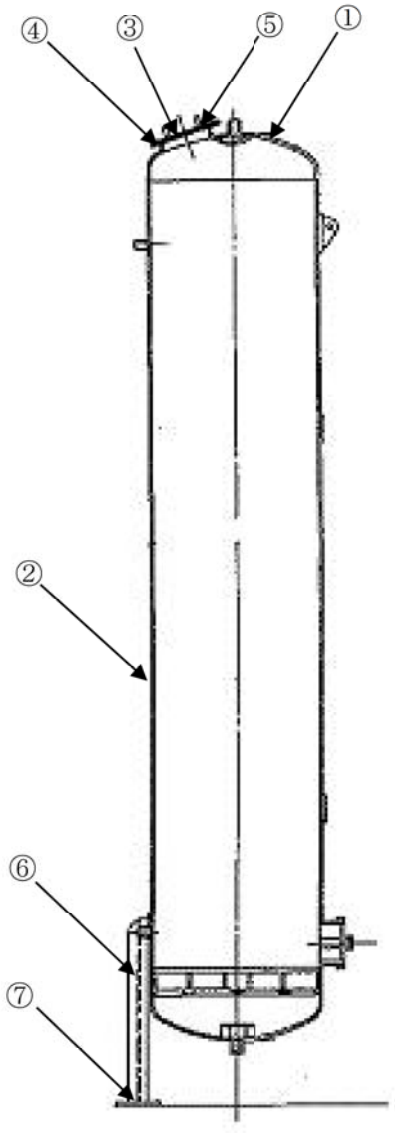


図 2.1-7　活性炭ベット構造図

表 2.1-13　活性炭ベット主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	鏡板	炭素鋼
		胴板	炭素鋼
		フランジカバー	炭素鋼
		フランジボルト	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼

表 2.1-14　活性炭ベットの使用条件

最高使用圧力	0.34 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	ガス（排ガス）

2.1.8 排ガス再結合器

(1) 構造

東海第二の排ガス再結合器は，全長 3,715 mm，内径 1,950 mm の円筒型容器であり，2 基設置されている。

胴板は低合金鋼であり，ガス（排ガス）が内包されている。

東海第二の排ガス再結合器の構造図を図 2.1-8 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の排ガス再結合器主要部位の使用材料を表 2.1-15 に，使用条件を表 2.1-16 に示す。

No.	部位
①	鏡板
②	胴板
③	支持脚
④	基礎ボルト

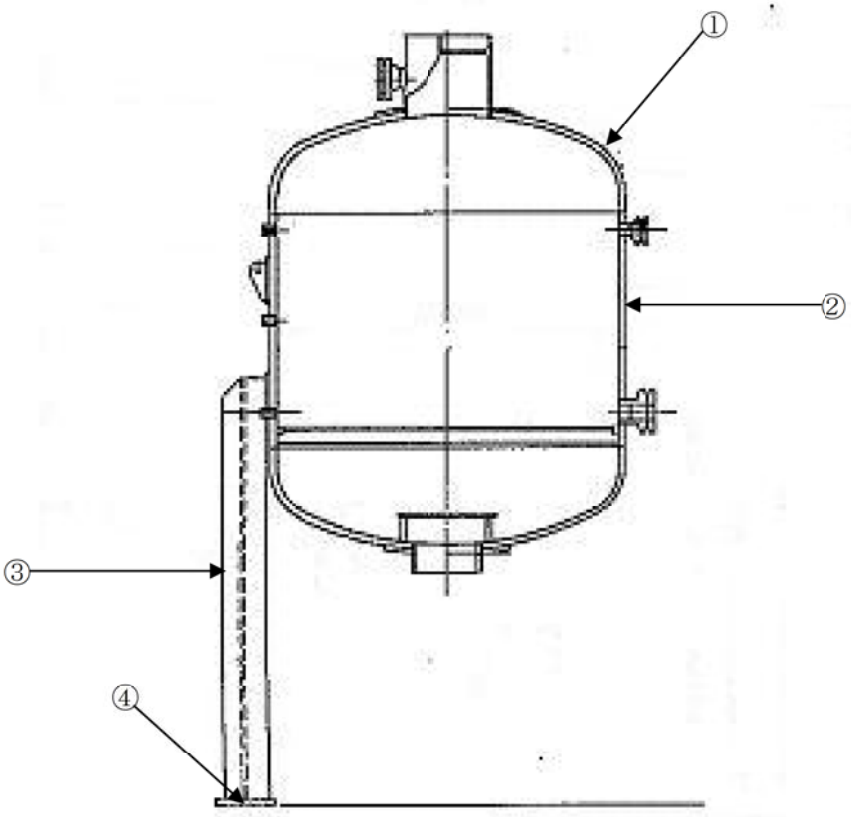


図 2.1-8 排ガス再結合器構造図

表 2.1-15 排ガス再結合器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	鏡板	低合金鋼
		胴板	低合金鋼
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼

表 2.1-16 排ガス再結合器の使用条件

最高使用圧力	2.41 MPa
最高使用温度	538 ℃
内部流体	ガス（排ガス）

2.1.9 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置

(1) 構造

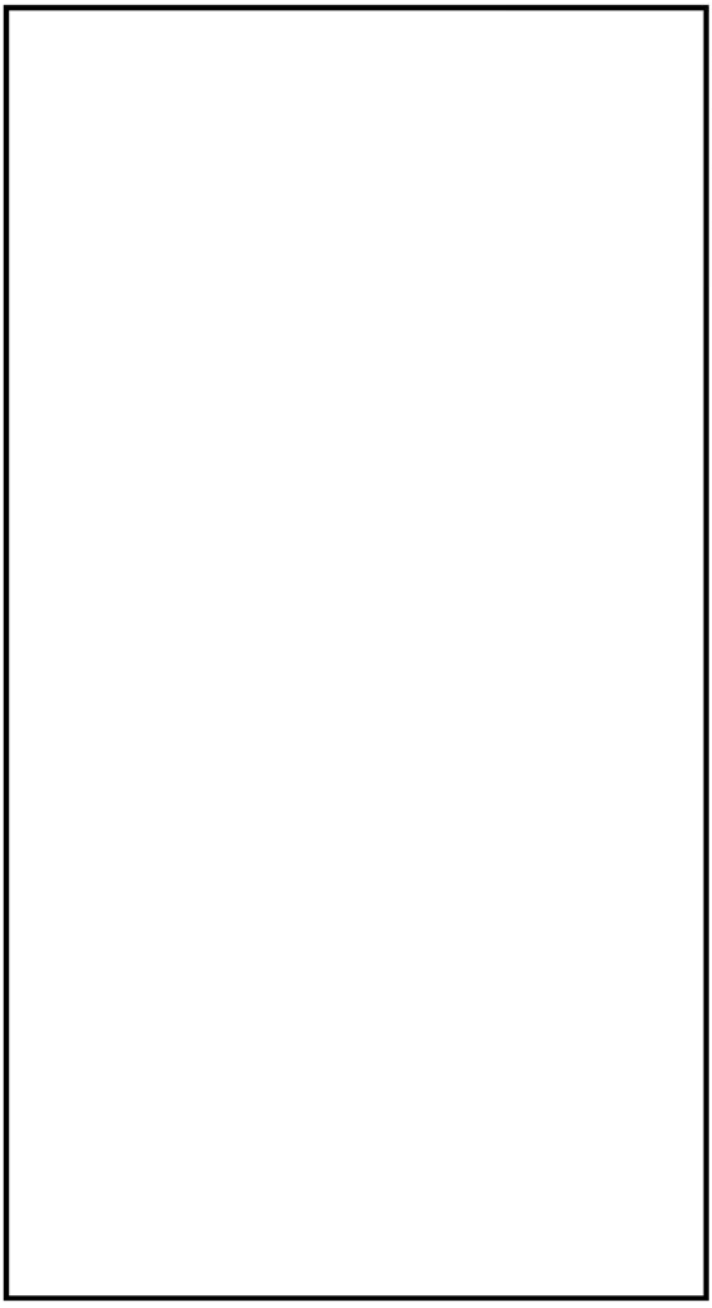
東海第二の格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置は，全長 10,000 ㎜，内径 4,600 ㎜の円筒型容器であり，1 基設置されている。

胴板はステンレス鋼であり，スクラビング液としてチオ硫酸ナトリウム，水酸化ナトリウムの混合液を内包し，それ以外の気相部はガス（窒素）で置換されている。

東海第二の格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置の構造図を図 2.1-9 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置の主要部位の使用材料を表 2.1-17 に，使用条件を表 2.1-18 に示す。



No.	部位
①	鏡板
②	胴板
③	フランジカバー
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	スカート
⑦	基礎ボルト
⑧	多孔板
⑨	モレキュラシーブ
⑩	分配管
⑪	メタルファイバーフィルタ

図 2.1-9 格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置構造図

表 2.1-17　格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	鏡板	ステンレス鋼
		胴板	ステンレス鋼
		フランジカバー	ステンレス鋼
		フランジボルト	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	スカート	ステンレス鋼
		基礎ボルト	ステンレス鋼
その他	その他	多孔板	ステンレス鋼
		モレキュラシーブ	銀，ゼオライト
		分配管	ステンレス鋼
		メタルファイバーフィルタ	ステンレス鋼

表 2.1-18　格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置の使用条件

最高使用圧力	0.62 MPa
最高使用温度	200 ℃
内部流体	ガス（窒素），純水*1

*1：スクラビング液

2.1.10 原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器は，全長 4,260 mm，内径 1,058 mm の円筒型容器であり，2 基設置されている。

胴は炭素鋼で，冷却材と接する内面はステンレス鋼がクラッディングされており，純水が内包されている。

原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器は，フランジカバーを取外すことにより点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器の構造図を図 2.1-10 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器主要部位の使用材料を表 2.1-19 に，使用条件を表 2.1-20 に示す。

No.	部位
①	胴板
②	フランジカバー
③	鏡板
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	支持脚
⑦	リフティングプレート
⑧	基礎ボルト
⑨	管板
⑩	エレメント

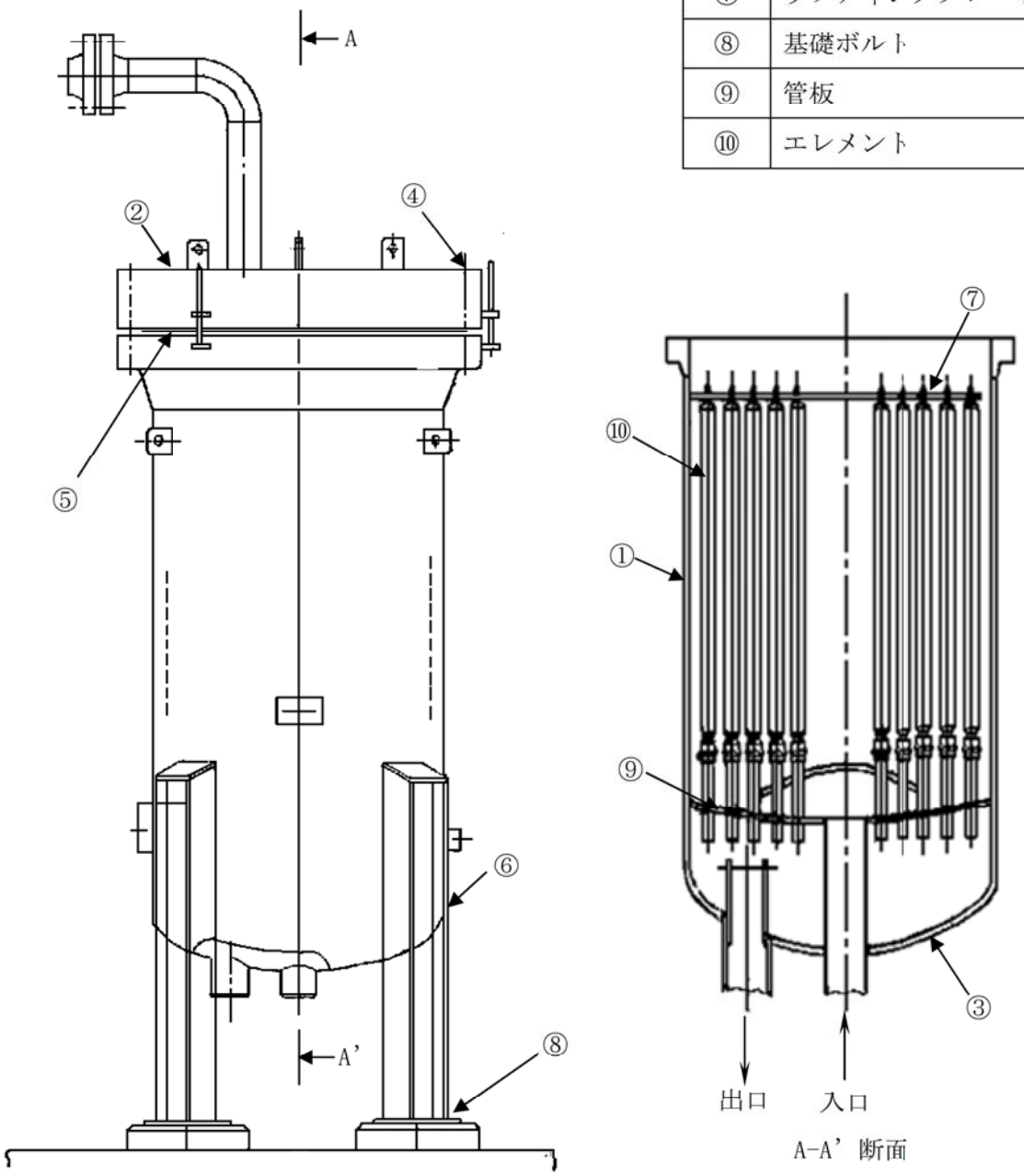


図 2.1-10　原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器構造図

表 2.1-19　原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	胴板	炭素鋼 （内面ステンレス鋼クラッド）
		フランジカバー	炭素鋼 （内面ステンレス鋼クラッド）
		鏡板	炭素鋼 （内面ステンレス鋼クラッド）
		フランジボルト	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	支持脚	炭素鋼
		リフティングプレート	ステンレス鋼
		基礎ボルト	炭素鋼
その他	その他	管板	ステンレス鋼
		エレメント	ステンレス鋼

表 2.1-20　原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器の使用条件

最高使用圧力	9.79 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	純水

2.1.11 原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ

(1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージフィルタは，全長 1736.5 mm，外径 216.3 mm の円筒形容器であり，1 基設置されている。

本体はステンレス鋼で，純水が内包されている。

原子炉再循環ポンプシールパージフィルタは，フランジカバーを取外すことにより点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージフィルタの構造図を図 2.1-11 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ主要部位の使用材料を表 2.1-21 に，使用条件を表 2.1-22 に示す。

No.	部位
①	鏡板
②	胴板
③	フランジカバー
④	フランジボルト
⑤	ガスケット
⑥	取付ボルト
⑦	中空糸膜モジュール

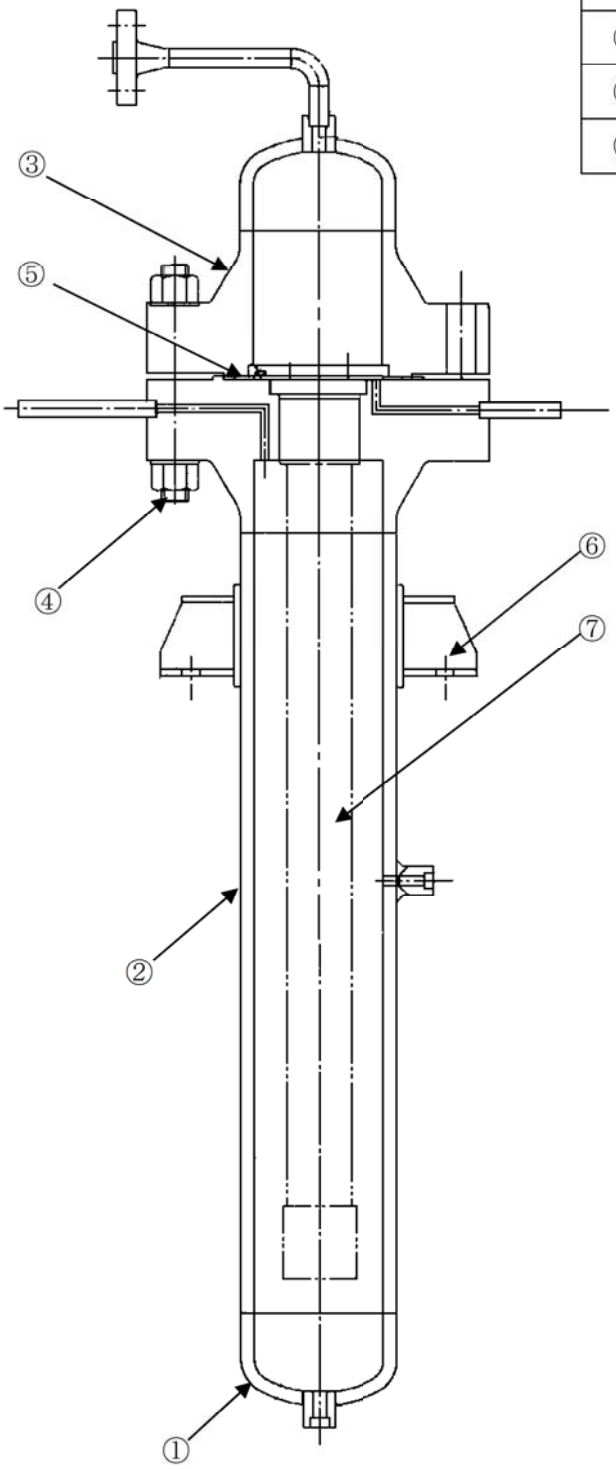


図 2.1-11　原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ構造図

表 2.1-21　原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	鏡板	ステンレス鋼
		胴板	ステンレス鋼
		フランジカバー	ステンレス鋼
		フランジボルト	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	取付ボルト	ステンレス鋼
その他	その他	中空糸膜モジュール	（定期取替品）

表 2.1-22　原子炉再循環ポンプシールパージフィルタの使用条件

最高使用圧力	12.06 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	純水

2.1.12 残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ

(1) 構造

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナは，全長 2,140 mm，内径 790 mm の円筒型容器であり，2 基設置されている。

本体はステンレス鋳鋼で，海水が内包されている。

残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナは，フランジカバーを取外すことにより点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナの構造図を図 2.1-12 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ主要部位の使用材料を表 2.1-23 に，使用条件を表 2.1-24 に示す。

No.	部位
①	本体
②	フランジカバー
③	フランジボルト
④	0 リング
⑤	基礎ボルト
⑥	エレメント
⑦	防食亜鉛板

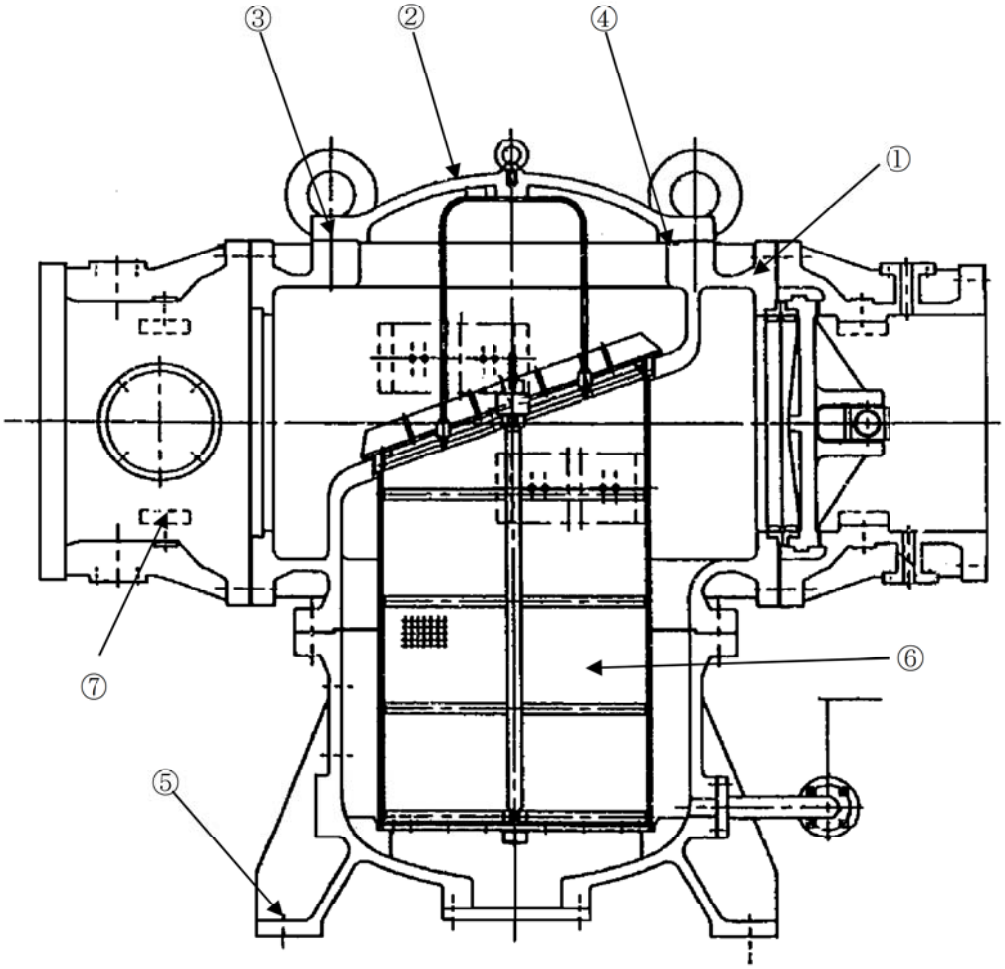


図 2.1-12　残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ構造図

表 2.1-23 残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	本体	ステンレス鋳鋼
		フランジカバー	ステンレス鋳鋼
		フランジボルト	低合金鋼
	シール	0 リング	（消耗品）
機器の支持	支持	基礎ボルト	炭素鋼
その他	その他	エレメント	ステンレス鋼
		防食亜鉛板	（消耗品）

表 2.1-24 残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナの使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	38 ℃
内部流体	海水

2.2　経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

容器の機能である貯蔵機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 機器の支持

(3) その他

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

容器について機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット，0 リング，防食亜鉛板及びゲートパッキンは消耗品，ブラダ及び中空糸膜モジュールは定期取替品であり，設計時に長期使用はせず取替えを前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系貯蔵タンク，活性炭ベット，排ガス再結合器，原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器，残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ］

基礎ボルトの腐食（全面腐食）については，「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとし本評価書には含めていない。

b. 鏡板，胴板等の腐食（全面腐食）［湿分分離器，原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器］

湿分分離器の鏡板，胴板，ドレンタンク，マンホール蓋は炭素鋼であり，内面は蒸気に接触し，外面は大気接触することから腐食が想定される。

大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

鏡板（内面），マンホール蓋（鏡板部内面）についてはパーテーションプレートで仕切られ通常は流体の流れがなく，これまでの点検結果から有意な腐食がないことを確認している。

胴板（内面），ドレンタンク（内面）マンホール蓋（胴板部内面）についてもこれまでの目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器の胴板，フランジカバー，鏡板は炭素鋼であり，内面は純水に接液し，外面は大気接触することから腐食が想定される。

内面はステンレス鋼がクラッドされており，腐食が発生する可能性は小さく，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

したがって，鏡板，胴板等の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 鏡板，胴板等の外面の腐食（全面腐食）［スクラム排出水容器，活性炭ベット，排ガス再結合器］

スクラム排出水容器の胴板，鏡板，活性炭ベットの鏡板，胴板，フランジカバー，排ガス再結合器の鏡板，胴板は炭素鋼又は低合金鋼であり，外面は大気接触することから腐食が想定される。

大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

したがって，鏡板，胴板等の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 支持鋼材，支持脚及び取付ボルトの腐食（全面腐食）［湿分分離器，SRV（ADS）用アキュムレータ，活性炭ベット，排ガス再結合器，原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器］

支持鋼材，支持脚及び取付ボルトは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

したがって，支持鋼材，支持脚及び取付ボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 本体，フランジカバー及びエレメントの腐食（孔食・隙間腐食）［残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ］

残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナの本体，フランジカバー及びエレメントはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，内部流体が海水であることから，腐食（孔食・隙間腐食）の発生が想定される。

しかし，残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナは，防食亜鉛板により腐食（孔食・隙間腐食）を防止しており，これまでの各部の目視点検で有意な腐食（孔食・隙間腐食）がないことを確認している。

また，防食亜鉛板については消耗品として取替えを実施している。

したがって，本体等の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 埋込金物（大気接触部）の腐食〔全面腐食）［湿分分離器］

埋込金物は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

したがって，埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. フランジボルトの腐食（全面腐食）［湿分分離器，活性炭ベット，格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置，原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器，原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ，残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナ］

フランジボルトは炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置は新たに設置されることから，今後，目視点検を行うことで健全性を維持できると考える。

したがって，フランジボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 鏡板，胴板等の内面の腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系貯蔵タンク，SLC 用アキュムレータ，格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置］

ほう酸水注入系貯蔵タンクの平板，胴板，底板，マンホール蓋，スパージャ，SLC 用アキュムレータの胴板，スプリングはステンレス鋼であり，内部流体の五ほう酸ナトリウム水により腐食の発生が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対して耐食性を有しているため，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化するとは考え難い。

今後設置される格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置についても，鏡板，胴板，フランジカバー，多孔板，分配管，メタルファイバーフィルタはステンレス鋼でありスクラビング液としてチオ硫酸ナトリウム，水酸化ナトリウムの混合液であることから腐食の発生が想定されるが，ステンレス鋼はチオ硫酸ナトリウム，水酸化ナトリウムの混合液に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置は新たに設置されることから，鏡板，胴板，多孔板，分配管，メタルファイバーフィルタは今後目視点検を行うことで健全性を維持できると考える。

したがって，鏡板，胴板等の内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i．鏡板，胴板等の貫粒型応力腐食割れ［ほう酸水注入系貯蔵タンク，使用済燃料貯蔵プール，SRV（ADS）用アキュムレータ，SLC用アキュムレータ，格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置，原子炉再循環ポンプシールパージフィルタ］

鏡板，胴板等はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンに起因する貫粒型応力腐食割れの発生が想定される。

しかしながら，貫粒型応力腐食割れに対しては，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することとしており，目視点検で異常を認めた場合及び付着塩分量が基準値（70 $mgCl/m^2$）を超えた箇所について，浸透探傷検査及び表面清掃を実施し，異常のないことを確認している。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼容器への塩分付着を防止している。

格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置については，新たに設置される機器であることから，上記同様，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することにより機能を維持することとしている。

使用済燃料貯蔵プールについては，2000年3月に他プラント（伊方3号機）において使用済燃料ピットのステンレス鋼ライニングに貫粒型応力腐食割れが発生している。この事象は，施工時の補修に伴い海塩粒子がステンレス鋼ライニングの裏側に侵入したことが原因と考えられている。

東海第二では，通常の巡視点検により燃料プール水の有意な水位低下のないことを確認するとともに，ライニングからの漏えいがないことを検出ラインにより確認しており，これまで漏えいが検出されたことはない。

このため，貫粒型応力腐食割れが生じる可能性は小さい。

なお，プール水接液部については管理された低塩素濃度水質であり，通常使用温度も約40 ℃程度と低く，貫粒型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

したがって，鏡板，胴板等の貫粒型応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j．胴板等の内面の腐食（流れ加速型腐食）［湿分分離器］

湿分分離器の胴板，ドレンタンク，マンホール蓋（胴板部）は炭素鋼であり，内部流体が湿分を含む高温の蒸気又は純水（凝縮水）であることから，腐食（流れ加速型腐食）による減肉が発生する可能性がある。

なお，これまでの開放点検時の目視点検及び肉厚測定で，減肉の進行は認められておらず，今後も使用環境に変化がないことから，減肉が進行する可能性は小さい。

したがって，胴板等の内面の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 鏡板，胴板等の粒界型応力腐食割れ［SRV（ADS）用アキュムレータ，格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置］

SRV（ADS）用アキュムレータの鏡板，胴板，格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置の鏡板，胴板等はステンレス鋼であり粒界型応力腐食割れが発生する可能性がある。

SRV（ADS）用アキュムレータについては，実際の運転温度は 100 ℃以下であり，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，これまでの目視点検で割れ等は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化するとは考え難い。

格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置については，使用温度が 100℃となる時間が運転時間に比べ極めて短いため，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置は新たに設置されることから，今後目視点検を行うことで健全性を維持できると考える。

したがって，鏡板，胴板等の粒界型応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 鏡板，胴板の内面の腐食（全面腐食）［スクラム排出水容器］

スクラム排出水容器の胴板，鏡板は炭素鋼であり，内部流体が純水であるため腐食が想定されるが，内部流体は通常排出されている状態であり，腐食の進行する可能性は小さい。

なお，肉厚測定で有意な減肉は認められず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化するとは考え難い。

したがって，鏡板，胴板の内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 鏡板，胴板，フランジカバーの内面の腐食（全面腐食）［活性炭ベット，排ガス再結合器］

活性炭ベットの鏡板，胴板，フランジカバー，排ガス再結合器の鏡板，胴板は炭素鋼又は低合金鋼であり，内面は内部流体に接することから腐食が想定されるが，内部流体は露点温度を氷点下で管理され，除湿されたガス（排ガス）であることから腐食が発生する可能性はない。

また，今後も使用環境の変化はなく，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，鏡板，胴板，フランジカバーの内面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. スプリングのへたり［SLC 用アキュムレータ］

ほう酸水注入系はポンプ運転時以外（通常待機中）は系統圧がなくなるため，SLC 用アキュムレータ内でブラダが最大まで膨張しており，スプリングは常時応力がかかった状態にあり，へたりの可能性がある。

しかし，スプリングはスプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらに，スプリングの材料に対する推奨使用最高温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりの進行の可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［湿分分離器］

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であり腐食が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

d. 鏡板，胴板のクリープ［排ガス再結合器］

排ガス再結合器の最高使用温度は 538 ℃でありクリープが想定されるが，運転温度は約 290 ℃であり，熱クリープの発生開始温度 370 ℃より低いため，クリープが発生する可能性はない。

したがって，胴板，鏡板のクリープは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/12)　湿分分離器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	鏡板		炭素鋼		△						*1:流れ加速型腐食 *2:胴板部 *3:コンクリート埋設部
		胴板		炭素鋼		△△*1						
		ドレンタンク		炭素鋼		△△*1						
		マンホール蓋		炭素鋼		△△*1*2						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	支持鋼材		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△▲*3						
その他	その他	波板		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/12)　スクラム排出水容器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴板		炭素鋼		△*1*2						*1：外面 *2：内面
		鏡板		炭素鋼		△*1*2						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(3/12)　ほう酸水注入系貯蔵タンクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	平板		ステンレス鋼		△*1		△*2				*1：内面 *2：貫粒型応力腐食割れ
		胴板		ステンレス鋼		△*1		△*2				
		底板		ステンレス鋼		△*1		△*2				
		マンホール蓋		ステンレス鋼		△*1		△*2				
機器の支持	支持	基礎ボルト		低合金鋼		△						
その他	その他	スパージャ		ステンレス鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(4/12)　使用済燃料貯蔵プールに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	本体		コンクリート（ステンレス鋼内張り）				△*1				*1：貫粒型応力腐食割れ
		ゲート		ステンレス鋼				△*1				
	シール	ゲートパッキン	◎	－								
その他	その他	使用済燃料貯蔵ラック		ボロン添加ステンレス鋼 ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(5/12)　SRV（ADS）用アキュムレータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	鏡板		ステンレス鋼				△*1*2				*1：貫粒型応力腐食割れ *2：粒界型応力腐食割れ
		胴板		ステンレス鋼				△*1*2				
機器の支持	支持	支持脚		炭素鋼		△						
		取付ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(6/12)　SLC 用アキュムレータに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴板		ステンレス鋼		△*1		△*2				*1：内面 *2：貫粒型応力腐食割れ *3：へたり
	シール	0 リング	◎	―								
その他	その他	ブラダ	◎	―								
		スプリング		ステンレス鋼		△					▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(7/12)　活性炭ベットに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	鏡板		炭素鋼		△*1▲*2						*1：外面 *2：内面
		胴板		炭素鋼		△*1▲*2						
		フランジカバー		炭素鋼		△*1▲*2						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	支持脚		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(8/12)　排ガス再結合器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	鏡板		低合金鋼		△*1▲*2					▲*3	*1：外面 *2：内面 *3：クリープ
		胴板		低合金鋼		△*1▲*2					▲*3	
機器の支持	支持	支持脚		炭素鋼		△						
		基礎ボルト		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(9/12)　格納容器圧力逃がし装置フィルタ装置に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	鏡板		ステンレス鋼		△*1		△*2*3				*1：内面 *2：貫粒型応力腐食割れ *3：粒界型応力腐食割れ
		胴板		ステンレス鋼		△*1		△*2*3				
		フランジカバー		ステンレス鋼		△*1		△*2*3				
		フランジボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	スカート		ステンレス鋼				△*2				
		基礎ボルト		ステンレス鋼								
その他	その他	多孔板		ステンレス鋼		△		△*3				
		モレキュラシーブ		銀，ゼオライト								
		分配管		ステンレス鋼		△		△*3				
		メタルファイバーフィルタ		ステンレス鋼		△		△*3				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(10/12)　原子炉冷却材浄化系フィルタ脱塩器に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	胴板		炭素鋼*1		△						*1:内面ステンレス鋼クラッド
		フランジカバー		炭素鋼*1		△						
		鏡板		炭素鋼*1		△						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
機器の支持	支持	支持脚		炭素鋼		△						
		リフティングプレート		ステンレス鋼								
		基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	エレメント		ステンレス鋼								
		管板		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(11/12)　原子炉再循環ポンプシールパージフィルタに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	鏡板		ステンレス鋼				△*1				*1：貫粒型応力腐食割れ
		胴板		ステンレス鋼				△*1				
		フランジカバー		ステンレス鋼				△*1				
		フランジボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
機器の支持	支持	取付ボルト		ステンレス鋼				△*1				
その他	その他	中空糸膜モジュール	◎	―								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(12/12)　残留熱除去海水系ポンプ出口ストレーナに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	本体		ステンレス鋳鋼		△*1						*1:孔食・隙間腐食
		フランジカバー		ステンレス鋳鋼		△*1						
		フランジボルト		低合金鋼		△						
	シール	0リング	◎	－								
機器の支持	支持	基礎ボルト		炭素鋼		△						
その他	その他	エレメント		ステンレス鋼		△*1						
		防食亜鉛板	◎	－								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では2章で実施した代表機器の技術評価結果について，1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

① 原子炉ウェル
② 燃料プール冷却浄化系スキマサージタンク
③ MSIV用アキュムレータ
④ SRV用アキュムレータ
⑤ 排ガス後置除湿器
⑥ 制御棒駆動水系ポンプ出口ラインフィルタ
⑦ 原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ
⑧ 非常用及びHPCS系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ
⑨ 緊急用海水系ストレーナ

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［排ガス後置除湿器，非常用及びHPCS系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ］

代表機器と同様に，「機械設備の技術評価書」にて評価を行うものとし，本評価書には含めない。

b. 鏡板，胴板等の腐食（全面腐食）［排ガス後置除湿器，制御棒駆動水系ポンプ出口ラインフィルタ］

代表機器と同様に，鏡板，胴板等は炭素鋼であり腐食が想定されるが，これまでの目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

したがって，鏡板，胴板等の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 支持脚及び取付ボルトの腐食（全面腐食）［SRV 用アキュムレータ，MSIV 用アキュムレータ，排ガス後置除湿器］

代表機器と同様に，支持脚及び取付ボルトは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

したがって，支持鋼材，支持脚及び取付ボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 本体等の腐食（孔食・隙間腐食）［非常用及び HPCS 系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ，緊急用海水系ストレーナ］

代表機器と同様に，非常用及び HPCS 系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナの本体及びフランジカバーはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，内部流体が海水であることから，腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性がある。

しかし，非常用及び HPCS 系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナは防食亜鉛板により腐食（孔食・隙間腐食）を防止しており，これまでの各部の目視点検で有意な腐食（孔食・隙間腐食）がないことを確認している。

また，防食亜鉛板については消耗品として取替えを実施している。

新たに設置される緊急用海水ストレーナについても，同様の防食対策を施すとともに，今後，目視点検を行うことで健全性を維持できると考える。

したがって，本体等の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. フランジボルトの腐食（全面腐食）［排ガス後置除湿器，制御棒駆動水系ポンプ出口ストレーナ，原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ，非常用及び HPCS 系ディーゼル発電機海水ポンプ出口ストレーナ，緊急用海水系ストレーナ］

代表機器と同様に，フランジボルトは炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に塗膜のはく離等が認められた場合は必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

また，これまでの各部の目視点検で有意な腐食がないことを確認している。

新たに設置される緊急用海水系ストレーナについても，今後，目視点検を行うことで健全性を維持できると考える。

したがって，フランジボルトの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 埋込金物の腐食（全面腐食）［MSIV 用アキュムレータ］

代表機器と同様に，埋込金物は炭素鋼であり腐食の可能性は否定できないが，外気接触部については塗装により腐食を防止しており，塗膜が健全であれば腐食進行の可能性は小さい。

また，点検時に目視により塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は，必要に応じて補修を実施することとしている。

なお，これまでの目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことからこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，埋込金物の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 鏡板，胴板等の貫粒型応力腐食割れ［MSIV 用アキュムレータ，SRV 用アキュムレータ，原子炉冷却材浄化系ポンプシールパージフィルタ］

代表機器と同様に，鏡板，胴板等はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンに起因する貫粒型応力腐食割れの発生が想定される。

しかしながら，貫粒型応力腐食割れに対しては，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することとしており，目視点検で異常を認めた場合及び付着塩分量が基準値（70 mgCl/m^2）を超えた箇所について，浸透探傷検査及び表面清掃を実施し，異常のないことを確認している。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼容器への塩分付着を防止している。

なお，これまでの各部の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことからこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，鏡板，胴板等の貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 鏡板，胴板の粒界型応力腐食割れ［MSIV 用アキュムレータ，SRV 用アキュムレータ］

代表機器と同様に，MSIV 用アキュムレータ，SRV 用アキュムレータの鏡板，胴板はステンレス鋼であり粒界型応力腐食割れが発生する可能性があるが，実際の運転温度は 100 ℃以下であり，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，これまでの各部の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことからこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，鏡板，胴板の粒界型応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物の腐食（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［共通］

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

東海第二発電所
配管の技術評価書

（運転を断続的に行うことを前提とした評価）

日本原子力発電株式会社

本評価書は，東海第二発電所（以下，「東海第二」という）で使用されている安全上重要な配管系（重要度分類審査指針におけるクラス1，2の配管系），高温・高圧の環境下にあるクラス3の配管系及び常設重大事故等対処設備に属する配管系について，運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に，機能を表2に示す。

評価対象機器を材料，内部流体で分類し，それぞれのグループから重要度及び使用条件等の観点で代表機器を選定し技術評価を行った後，代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は配管の材料をもとに，以下の3章で構成されている。

1. ステンレス鋼配管系
2. 炭素鋼配管系
3. 低合金鋼配管系

本評価書における原子炉再循環系配管サポートの評価は，原子炉再循環ポンプのサポートの評価も含まれている。

また，制御棒駆動系，ほう酸水注入系，復水系及び給水系の油配管については「ポンプの技術評価書」，原子炉再循環系流量制御弁用油圧発生装置の油配管については「弁の技術評価書」，原子炉隔離時冷却系の油配管については「タービン設備の技術評価書」，ディーゼル機関の補機系統配管（海水系を除く），水圧制御ユニット付属配管，可燃性ガス濃度制御系再結合器付属配管，制御用圧縮空気系設備付属配管，補助ボイラ設備配管及び廃棄物処理系主要配管については「機械設備の技術評価書」に含めてそれぞれ評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

なお，本文中の単位はSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1　評価対象機器一覧（1/6）

分類基準		当該系統	主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件		
材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ステンレス鋼	純水	原子炉隔離時冷却系	150A／11.0	PS-1／MS-1，重[*2]	一時	8.62	302
		原子炉再循環系	630 mm／40.0	PS-1／MS-1，重[*2]	連続	11.38	302
		ほう酸水注入系	40A／5.1	MS-1，重[*2]	一時	9.66	302
		不活性ガス系	25A／3.9	MS-1	一時	0.31	171
		原子炉系	20A／3.9	MS-1	連続	8.62	302
		原子炉冷却材浄化系	150A／11.0	PS-1／MS-1	連続	8.62	302
		残留熱除去系	300A／25.4	PS-1／MS-1，重[*2]	一時	10.69	302
		純水補給水系	50A／3.9	MS-1	一時	1.32	66
		制御棒駆動系	33.4 mm／4.5	MS-1，重[*2]	連続	12.06	66
		補助系	80A／7.6	MS-1，重[*2]	連続	0.52	105
		燃料プール冷却浄化系	250A／9.3	MS-2，重[*2]	連続	1.38	66
		事故時サンプリング設備	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302
		高圧炉心スプレイ系	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302
		低圧炉心スプレイ系	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302
		原子炉保護系	25A／4.5	MS-1	一時	8.62	138
		重大事故等対処設備[*3]	50A／3.9	重[*2]	一時	2.5	200

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*3：新規に設置される機器

表１　評価対象機器一覧（2/6）

分類基準		当該系統	主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件		
材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
ステンレス鋼	その他ガス	原子炉再循環系	20A／3.9	MS-1	一時	0.31	171
		不活性ガス系	50A／5.5	MS-1	一時	0.31	171
		制御用圧縮空気系	50A／3.9	MS-1，重[*3]	連続	1.38	66
		格納容器雰囲気監視系	25A／4.5	MS-1	一時	0.31	171
		中性子計装系	10A／2.3	MS-1	一時	0.31	171
		試料採取系	20A／3.9	MS-1	一時	0.31	171
		発電機系	15A／3.7	高[*2]	連続	14.7	40
		消火設備[*4]	100A／8.6	高[*2]	一時	10.8	40
		サプレッション・プール水 pH 制御装置[*4]	80A／5.5	MS-1	一時	0.31	171
		重大事故等対処設備[*4]	600A／12.7	重[*3]	一時	0.62	200
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40A／5.1	MS-1，重[*3]	一時	9.66	66
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302
		原子炉保護系	20A／3.9	MS-1	連続	8.62	302
		原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系	125A／6.6	高[*2]	連続	0.35	124
		所内蒸気系	25A／4.5	高[*2]	連続	0.98	183

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*4：新規に設置される機器

表１　評価対象機器一覧（3/6）

分類基準		当該系統	主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件		
材料	内部流体				運転 状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
炭素鋼	純水	原子炉隔離時冷却系	150A／14.3	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302
		原子炉系	500A／26.2	PS-1／MS-1，重[*3]	連続	8.62	302
		原子炉冷却材浄化系	65A／9.5	PS-1	連続	8.62	302
		残留熱除去系	300A／17.4	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302
		制御棒駆動系	200A／12.7	MS-1	一時	8.62	138
		補助系	80A／5.5	MS-1	一時	0.86	100
		燃料プール冷却浄化系	25A／4.5	MS-1	一時	0.35	66
		高圧炉心スプレイ系	300A／17.4	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302
		低圧炉心スプレイ系	300A／17.4	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302
		原子炉保護系	25A／4.5	MS-1	一時	8.62	138
		タービングランド蒸気系	80A／5.5	高[*2]	連続	1.04	233
		復水系	750A／28.6	高[*2]	連続	6.14	205
		給水系	600A／46.0	高[*2]	連続	8.62	302
		給水加熱器ドレン系	200A／8.2	高[*2]	連続	2.97	239
		所内蒸気系	150A／7.1	高[*2]	連続	0.96	183
		重大事故等対処設備[*4]	200A／8.2	重[*3]	一時	3.45	174

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：最高使用温度が 95℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*4：新規に設置される機器

表１　評価対象機器一覧（4/6）

分類基準		当該系統	主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*2]	使用条件		
材料	内部流体				運転 状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
炭素鋼	冷却水[*1]	原子炉補機冷却系	200A／8.2	MS-1	連続	0.86	66
		ドライウェル冷却系	150A／7.1	MS-1	連続	0.86	66
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	250A／15.1	PS-1／MS-1，重[*4]	一時	8.62	302
		原子炉系	650A／33.6	PS-1／MS-1，重[*4]	連続	8.62	302
		タービン主蒸気系	750A／56.4	PS-2	連続	8.62	302
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	50A／8.7	PS-1／MS-1	連続	8.62	302
		タービングランド蒸気系	250A／18.2	高[*3]	連続	8.62	302
		空気抽出系	250A／9.3	高[*3]	連続	2.41	205
		給水加熱器ベント系	150A／7.1	高[*3]	連続	2.97	235
		原子炉給水ポンプ駆動用 蒸気タービン系	250A／18.2	高[*3]	連続	8.62	302
		所内蒸気系	300A／10.3	高[*3]	連続	0.98	183
		重大事故等対処設備[*5]	100A／8.6	重[*4]	一時	8.62	302

*1：冷却水（防錆剤入り純水）
*2：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*3：最高使用温度が 95℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*5：新規に設置される機器

表１　評価対象機器一覧（5/6）

分類基準		当該系統	主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件		
材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
炭素鋼	その他ガス	非常用ガス再循環系	600A／12.0	MS-1，重[*3]	一時	0.014	86
		非常用ガス処理系	450A／14.3	MS-1，重[*3]	一時	0.014	86
		可燃性ガス濃度制御系	150A／7.1	MS-1	一時	0.31	171
		気体廃棄物処理系	300A／10.3	PS-2	連続	2.41	205
		不活性ガス系	600A／9.5	MS-1，重[*3]	連続	0.31	171
		消火設備	65A／7.0	高[*2]	一時	10.8	40
		希ガスチャコール系	125A／6.6	高[*2]	連続	0.34	340
		重大事故等対処設備[*4]	600A／12.7	重[*3]	一時	0.62	200
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	250A／9.3	MS-1，重[*3]	一時	0.70	66
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	250A／9.3	MS-1，重[*3]	一時	0.70	66
		残留熱除去海水系	500A／12.7	MS-1，重[*3]	一時	3.45	66
		重大事故等対処設備[*4]	150A／7.1	重[*3]	一時	0.98	66

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が95℃を超え，又は最高使用圧力が1,900 kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：新規に設置される機器

表１　評価対象機器一覧（6/6）

分類基準		当該系統	主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件		
材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)
低合金鋼	純水	給水加熱器ドレン系	80A／7.6	高[*2]	連続	1.04	233
		タービングランド蒸気系	50A／5.5	高[*2]	連続	0.42	155
		所内蒸気系	50A／5.5	高[*2]	連続	0.98	183
	その他ガス	気体廃棄物処理系	300A／14.3	PS-2	連続	2.41	538
	蒸気	原子炉系	65A／9.5	PS-2	連続	8.62	302
		抽気系	1200A／15.9	高[*2]	連続	1.81	210
		タービン補助蒸気系	125A／8.5	高[*2]	連続	8.62	302
		タービングランド蒸気系	150A／7.1	高[*2]	連続	8.62	302
		給水加熱器ベント系	40A／5.1	高[*2]	連続	1.81	210
		原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系	40A／7.1	高[*2]	連続	8.62	302

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

表2　評価対象機器機能一覧（1/3）

当該系統	機能
原子炉隔離時冷却系	原子炉隔離時に蒸気を原子炉隔離時冷却系タービンへ導き，原子炉へ給水する系統を構成する。
原子炉再循環系	原子炉内の冷却材を原子炉圧力容器より引き出し，原子炉再循環ポンプで加圧した後，原子炉圧力容器内に設置したジェットポンプを通して供給することで原子炉冷却材を強制循環させる系統を構成する。
ほう酸水注入系	制御棒の挿入不能により，原子炉の冷温停止ができない場合にほう酸水を原子炉圧力容器底部より注入して負の反応度を与え，原子炉を冷温停止状態にする系統を構成する。
不活性ガス系	プラント運転中に原子炉格納容器内を窒素雰囲気にする不活性ガス系統を構成する。
原子炉系	原子炉で発生した蒸気をタービン主蒸気系に移送する系統，給水系から移送されてきた給水を原子炉へ供給する系統等を構成する。
原子炉冷却材浄化系	原子炉冷却材の一部をろ過，脱塩し，給水系に戻す系統を構成する。
残留熱除去系	原子炉停止時の崩壊熱除去のため残留熱除去系熱交換器にて原子炉冷却材を冷却する系統を構成する。その他低圧注水モード等がある。
純水補給水系	各系統に必要な純水を復水貯蔵タンクより移送する系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
制御棒駆動系	制御棒の駆動に必要な水を供給する系統を構成する。
補助系	原子炉格納容器内で発生する廃液を液体廃棄物処理系まで移送する系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
燃料プール冷却浄化系	使用済燃料プール水の一部をろ過，脱塩し，使用済燃料プールに戻す系統を構成する。
事故時サンプリング設備	原子炉冷却材喪失事故時に放射性障壁の健全性を確認するためにサンプリングする系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
高圧炉心スプレイ系	小破断による原子炉冷却材喪失事故時に，炉圧が高い状態において，原子炉水位確保と減圧及び炉心の冷却を行うため，復水貯蔵タンク又はサプレッション・プール内の水を炉心に供給する系統を構成する。
低圧炉心スプレイ系	大破断による原子炉冷却材喪失事故時に炉心の冷却を行うため，サプレッション・プール内の水を炉心に供給する系統を構成する。
原子炉保護系	原子炉圧力，原子炉水位，原子炉格納容器内温度等を測定するため，原子炉格納容器外にある検出器に原子炉冷却材，主蒸気等を送る系統を構成する。
タービングランド蒸気系	主タービンの軸封を行う蒸気を供給する系統を構成する。
復水系	主復水器で凝縮された復水を原子炉給水ポンプへ移送する系統を構成する。

表2　評価対象機器機能一覧（2/3）

当該系統	機能
給水系	復水系から移送されてきた給水を原子炉へ供給する系統を構成する。
給水加熱器ドレン系	給水加熱器で凝縮した抽気蒸気ドレン水を主復水器へ移送する系統を構成する。
所内蒸気系	補助ボイラ設備により発生した蒸気を放射性廃棄物処理系等に供給する系統を構成する。
制御用圧縮空気系	空気作動弁や計装機器に駆動用圧縮空気を供給する系統を構成する。
格納容器雰囲気監視系	原子炉冷却材喪失事故時に原子炉格納容器内の雰囲気を監視する系統を構成する。
中性子計装系	移動式炉心内中性子束計装検出器を原子炉格納容器外から炉心内に挿入，引抜するための系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
試料採取系	各系統のサンプリングを行う系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
発電機系	発電機固定子，回転子冷却用の水素を発電機へ供給する系統を構成する。
非常用ガス再循環系	原子炉建屋内における，放射性物質の放出を伴う事故時に，放射性物質を除去する系統を構成する。
非常用ガス処理系	非常用ガス再循環系で処理されたガスの一部を，再度放射性物質を除去し，排気筒から放出する系統を構成する。
可燃性ガス濃度制御系	原子炉冷却材喪失事故に伴い，燃料被覆材のジルコニウムと水の反応により発生する水素と酸素の濃度を制御する系統を構成する。
気体廃棄物処理系	主復水器内の非凝縮性ガス（排ガス）のうち，酸素と水素を再結合させるとともに，放射性希ガスを希ガスチャコール系に移送する系統を構成する。
消火設備	火災を感知し，自動的に炭酸ガスを放出する系統を構成する。
希ガスチャコール系	気体廃棄物処理系から移送された放射性希ガスを活性炭ホールドアップ装置にて減衰させた後に排気筒から放出する系統を構成する。
原子炉補機冷却系	原子炉格納容器内，原子炉建屋内の原子炉補機等に冷却水を循環供給する系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
ドライウェル冷却系	ドライウェル内の湿度を調整する系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系	主蒸気の一部を原子炉給水ポンプ駆動用タービンへ移送する系統を構成する。
タービン主蒸気系	原子炉で発生した蒸気を主タービンに移送する系統を構成する。
主蒸気隔離弁漏えい抑制系	主蒸気管破断事故時に主蒸気隔離弁からの漏えい蒸気をサプレッション・プール等へ導く系統を構成する。
抽気系	タービン抽気を主復水器及び給水加熱器へ移送する系統を構成する。

表2　評価対象機器機能一覧（3/3）

当該系統	機能
空気抽出系	駆動用蒸気を用いて，主復水器内の非凝縮性ガスを抽出し，主復水器の真空度を確保する系統を構成する。
給水加熱器ベント系	給水加熱器内の非凝縮性ガスを主復水器へ移送する系統を構成する。
タービン補助蒸気系	主蒸気の一部を蒸気式空気抽出器，グランド蒸気蒸発器へ移送する系統を構成する。
非常用ディーゼル発電機海水系	非常用ディーゼル機関に付属する各熱交換器へ，冷却用の海水を移送する系統を構成する。
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関に付属する各熱交換器へ，冷却用の海水を移送する系統を構成する。
残留熱除去海水系	残留熱除去系熱交換器へ冷却用の海水を移送する系統を構成する。
サプレッション・プール水pH制御装置	格納容器圧力逃がし装置を使用する際，サプレッション・プール水の酸性化防止及び核分裂生成物由来のよう素を捕捉するため，サプレッション・プール水のpHを制御する系統を構成する（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）。
重大事故等対処設備	設計基準事故対処設備が有する原子炉の冷却機能等が喪失した場合において，炉心の著しい損傷防止及び原子炉格納容器の破損防止等のため，サプレッション・プール水等を原子炉に注水する系統，最終ヒートシンクへ熱を輸送する系統及び原子炉格納容器内ガスをフィルタ装置へ導き，放射性物質を低減させ放出する系統等を構成する。

1. ステンレス鋼配管系

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系
② 原子炉再循環系
③ ほう酸水注入系
④ 不活性ガス系
⑤ 原子炉系
⑥ 原子炉冷却材浄化系
⑦ 残留熱除去系
⑧ 純水補給水系
⑨ 制御棒駆動系
⑩ 補助系
⑪ 燃料プール冷却浄化系
⑫ 事故時サンプリング設備
⑬ 高圧炉心スプレイ系
⑭ 低圧炉心スプレイ系
⑮ 原子炉保護系
⑯ 制御用圧縮空気系
⑰ 格納容器雰囲気監視系
⑱ 中性子計装系
⑲ 試料採取系
⑳ 発電機系
㉑ 消火設備
㉒ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系
㉓ 所内蒸気系
㉔ サプレッション・プール水 pH 制御装置
㉕ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 1-1
1.2 代表機器の選定..... 1-1
2. 代表機器の技術評価..... 1-4
2.1 構造，材料及び使用条件..... 1-4
2.1.1 原子炉再循環系..... 1-4
2.1.2 制御用圧縮空気系..... 1-7
2.1.3 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）..... 1-10
2.1.4 原子炉保護系..... 1-13
2.2 経年劣化事象の抽出..... 1-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 1-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 1-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 1-17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 1-26
3. 代表機器以外への展開..... 1-29
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 1-30
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 1-30

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要なステンレス鋼配管系の主な仕様を表1-1に示す。

これらの配管を内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし，ステンレス鋼配管系を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

内部流体は純水，その他ガス，五ほう酸ナトリウム水，蒸気に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 内部流体：純水

このグループには，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，ほう酸水注入系，不活性ガス系，原子炉系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，純水補給水系，制御棒駆動系，補助系，燃料プール冷却浄化系，事故時サンプリング設備，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉保護系，重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度が高い系統のうち，最高使用圧力が高い原子炉再循環系を代表機器とする。

(2) 内部流体：その他ガス

このグループには，原子炉再循環系，制御用圧縮空気系，不活性ガス系，格納容器雰囲気監視系，中性子計装系，試料採取系，発電機系，消火設備，サプレッション・プール水 pH 制御装置，重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しい制御用圧縮空気系を代表機器とする。

(3) 内部流体：五ほう酸ナトリウム水

このグループには，ほう酸水注入系のみが属することから，同系統を代表機器とする。

(4) 内部流体：蒸気

このグループには，原子炉隔離時冷却系，原子炉保護系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しい原子炉保護系を代表機器とする。

表 1-1 (1/2)　ステンレス鋼配管系のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	選定理由
			主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度*1	使用条件				
材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)		
ステンレス鋼	純水	原子炉隔離時冷却系	150A／11.0	PS-1／MS-1，重*2	一時	8.62	302		重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力
		原子炉再循環系	630 mm／40.0	PS-1／MS-1，重*2	連続	11.38	302	◎	
		ほう酸水注入系	40A／5.1	MS-1，重*2	一時	9.66	302		
		不活性ガス系	25A／3.9	MS-1	一時	0.31	171		
		原子炉系	20A／3.9	MS-1	連続	8.62	302		
		原子炉冷却材浄化系	150A／11.0	PS-1／MS-1	連続	8.62	302		
		残留熱除去系	300A／25.4	PS-1／MS-1，重*2	一時	10.69	302		
		純水補給水系	50A／3.9	MS-1	一時	1.32	66		
		制御棒駆動系	33.4 mm／4.5	MS-1，重*2	連続	12.06	66		
		補助系	80A／7.6	MS-1，重*2	連続	0.52	105		
		燃料プール冷却浄化系	250A／9.3	MS-2，重*2	連続	1.38	66		
		事故時サンプリング設備	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302		
		高圧炉心スプレイ系	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302		
		低圧炉心スプレイ系	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302		
		原子炉保護系	25A／4.5	MS-1	一時	8.62	138		
		重大事故等対処設備*3	50A／3.9	重*2	一時	2.5	200		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*3：新規に設置される機器

表 1-1 (2/2)　ステンレス鋼配管系のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	選定理由
材料	内部流体		主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件 運転状態	使用条件 最高使用圧力(MPa)	使用条件 最高使用温度 (℃)		
ステンレス鋼	その他ガス	原子炉再循環系	20A／3.9	MS-1	一時	0.31	171		重要度 運転状態
		不活性ガス系	50A／5.5	MS-1	一時	0.31	171		
		制御用圧縮空気系	50A／3.9	MS-1，重[*3]	連続	1.38	66	◎	
		格納容器雰囲気監視系	25A／4.5	MS-1	一時	0.31	171		
		中性子計装系	10A／2.3	MS-1	一時	0.31	171		
		試料採取系	20A／3.9	MS-1	一時	0.31	171		
		発電機系	15A／3.7	高[*2]	連続	14.7	40		
		消火設備[*4]	100A／8.6	高[*2]	一時	10.8	40		
		サプレッション・プール水 pH 制御装置[*4]	80A／5.5	MS-1	一時	0.31	171		
		重大事故等対処設備[*4]	600A／12.7	重[*3]	一時	0.62	200		
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40A／5.1	MS-1，重[*3]	一時	9.66	66	◎	
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	20A／3.9	MS-1	一時	8.62	302		重要度 運転状態
		原子炉保護系	20A／3.9	MS-1	連続	8.62	302	◎	
		原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系	125A／6.6	高[*2]	連続	0.35	124		
		所内蒸気系	25A／4.5	高[*2]	連続	0.98	183		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：新規に設置される機器

2. 代表機器の技術評価

本章では1章で代表機器とした以下の配管について技術評価を実施する。

① 原子炉再循環系

② 制御用圧縮空気系

③ ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）

④ 原子炉保護系

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 原子炉再循環系

(1) 構造

東海第二の原子炉再循環系配管は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等），温度計ウェル，及びオイルスナッバ等で構成されており，配管にステンレス鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の原子炉再循環系配管の系統図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環系配管主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

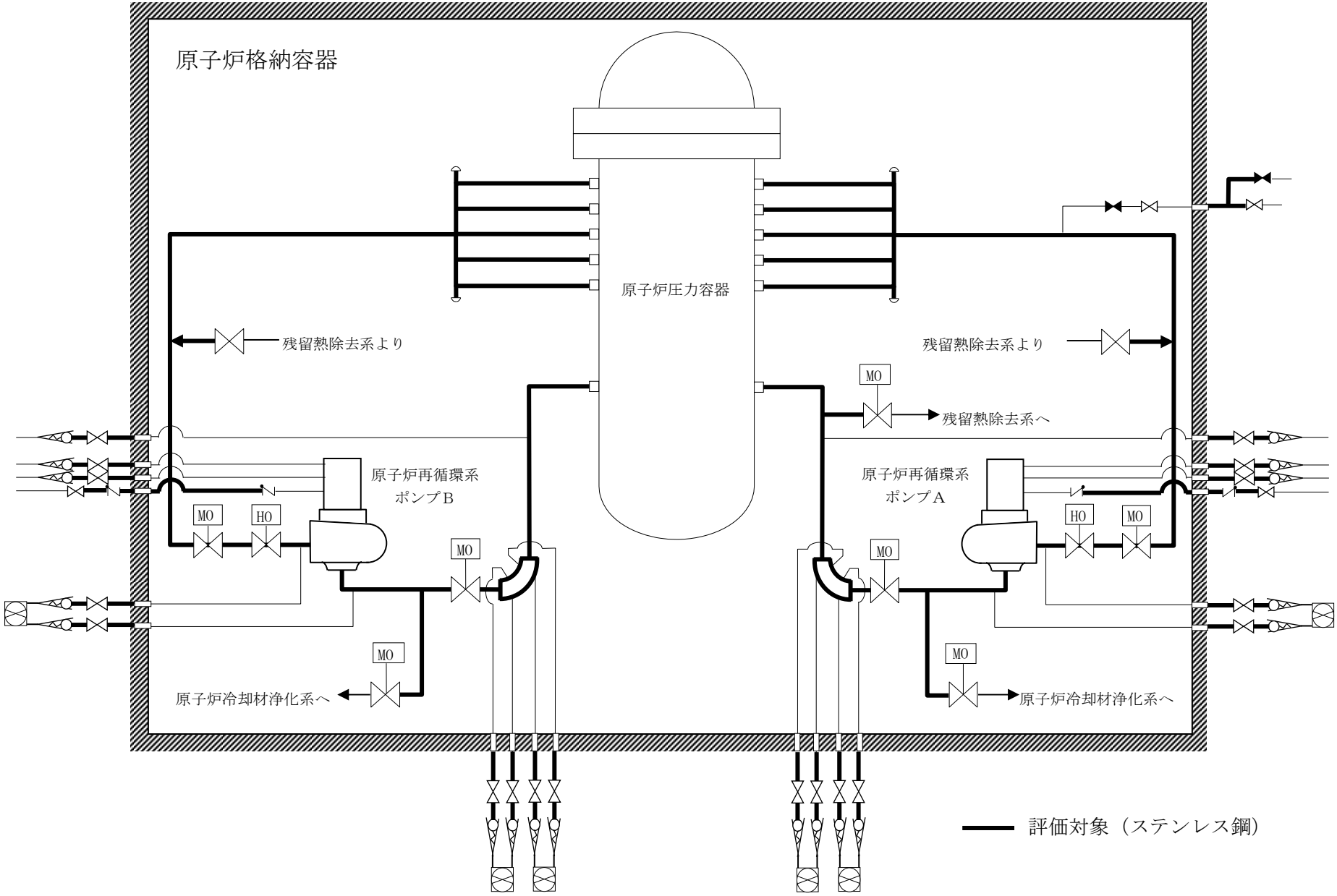


図 2.1-1　原子炉再循環系系統図

表 2.1-1　原子炉再循環系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
		温度計ウェル	ステンレス鋼
機器の支持	支持	オイルスナッバ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	低合金鋼，炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-2　原子炉再循環系配管の使用条件

最高使用圧力	11.38 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.2 制御用圧縮空気系

(1) 構造

東海第二の制御用圧縮空気系配管は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等）及びレストレイント等で構成されており，配管にステンレス鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の制御用圧縮空気系配管の系統図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の制御用圧縮空気系配管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

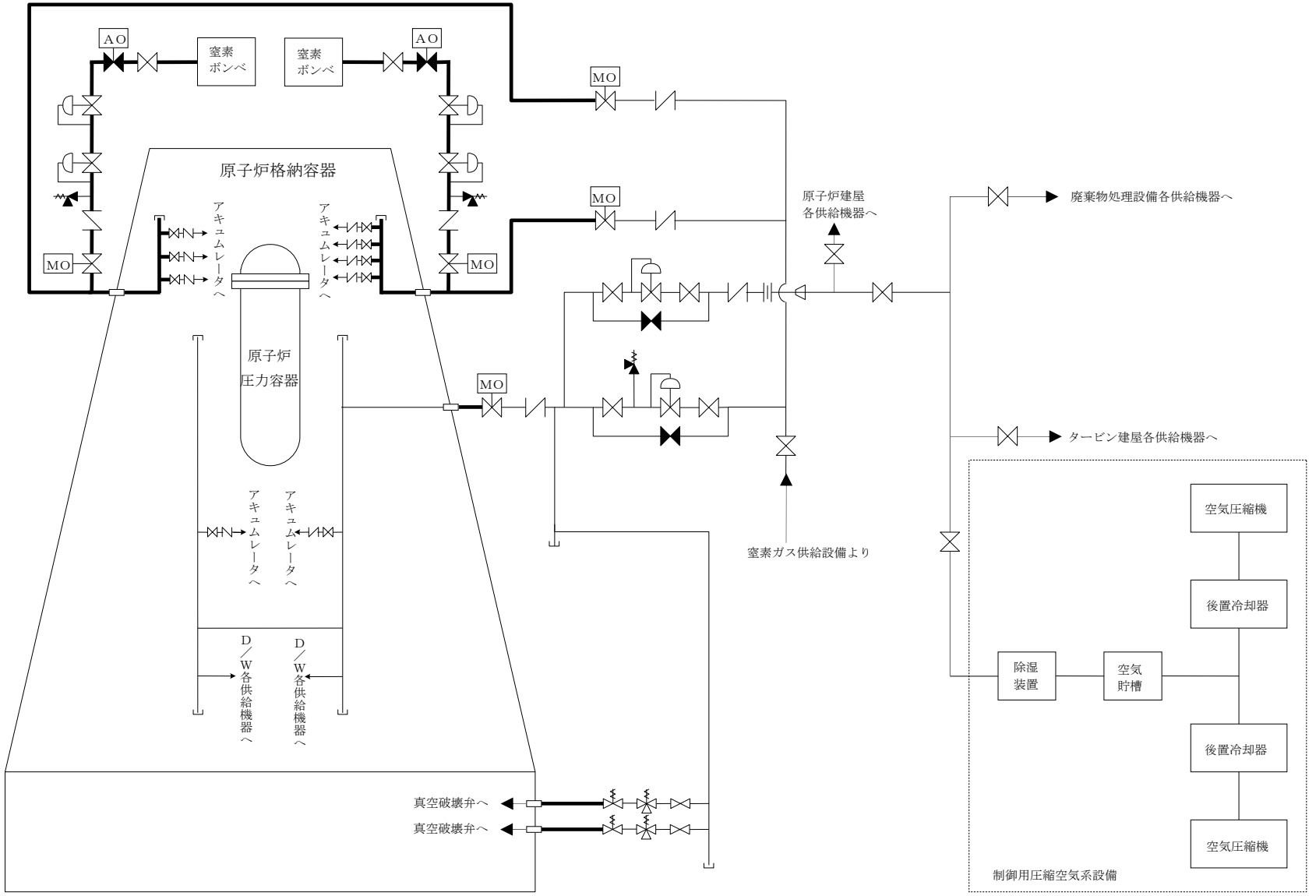


図 2.1-2　制御用圧縮空気系系統図

表 2.1-3　制御用圧縮空気系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
機器の支持	支持	レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト･ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-4　制御用圧縮空気系配管の使用条件

最高使用圧力	1.38 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	その他ガス（空気）

2.1.3 ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）

(1) 構造

東海第二のほう酸水注入系配管（五ほう酸ナトリウム水部）は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等）及びオイルスナッバ等で構成されており，配管にステンレス鋼が使用されている。

また，各配管はフランジ継手又は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二のほう酸水注入系配管（五ほう酸ナトリウム水部）の系統図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系配管（五ほう酸ナトリウム水部）主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

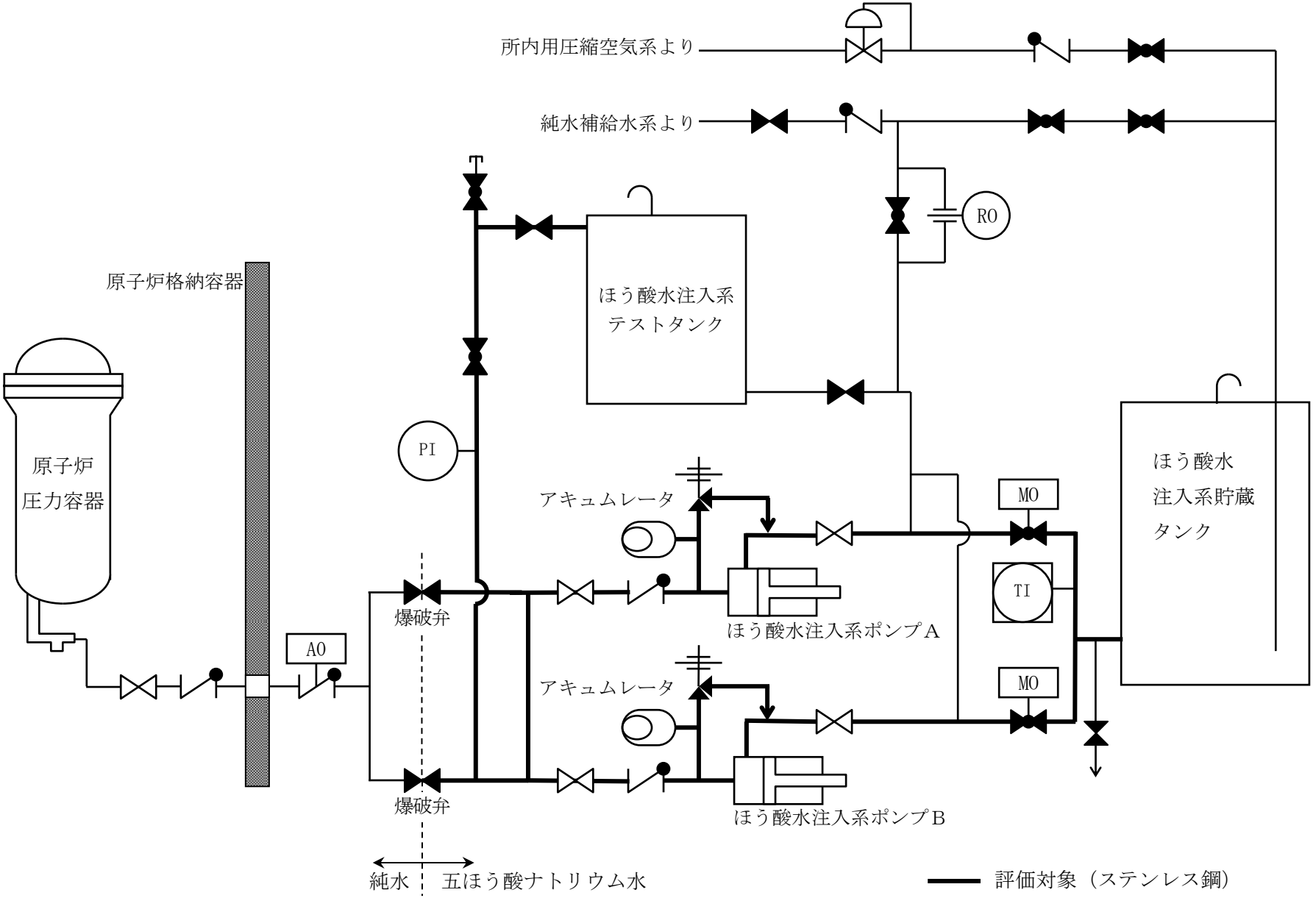


図 2.1-3　ほう酸水注入系系統図（五ほう酸ナトリウム水部）

表 2.1-5　ほう酸水注入系配管（五ほう酸ナトリウム水部）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	低合金鋼，炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	オイルスナッバ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	ステンレス鋼
		レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	ステンレス鋼，炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-6　ほう酸水注入系配管（五ほう酸ナトリウム水部）の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.1.4 原子炉保護系

(1) 構造

東海第二の原子炉保護系配管は，配管（直管，エルボ，T継手等），オリフィス及びレストレイント等で構成されており，配管の一部にステンレス鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の原子炉保護系配管の系統図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉保護系配管主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

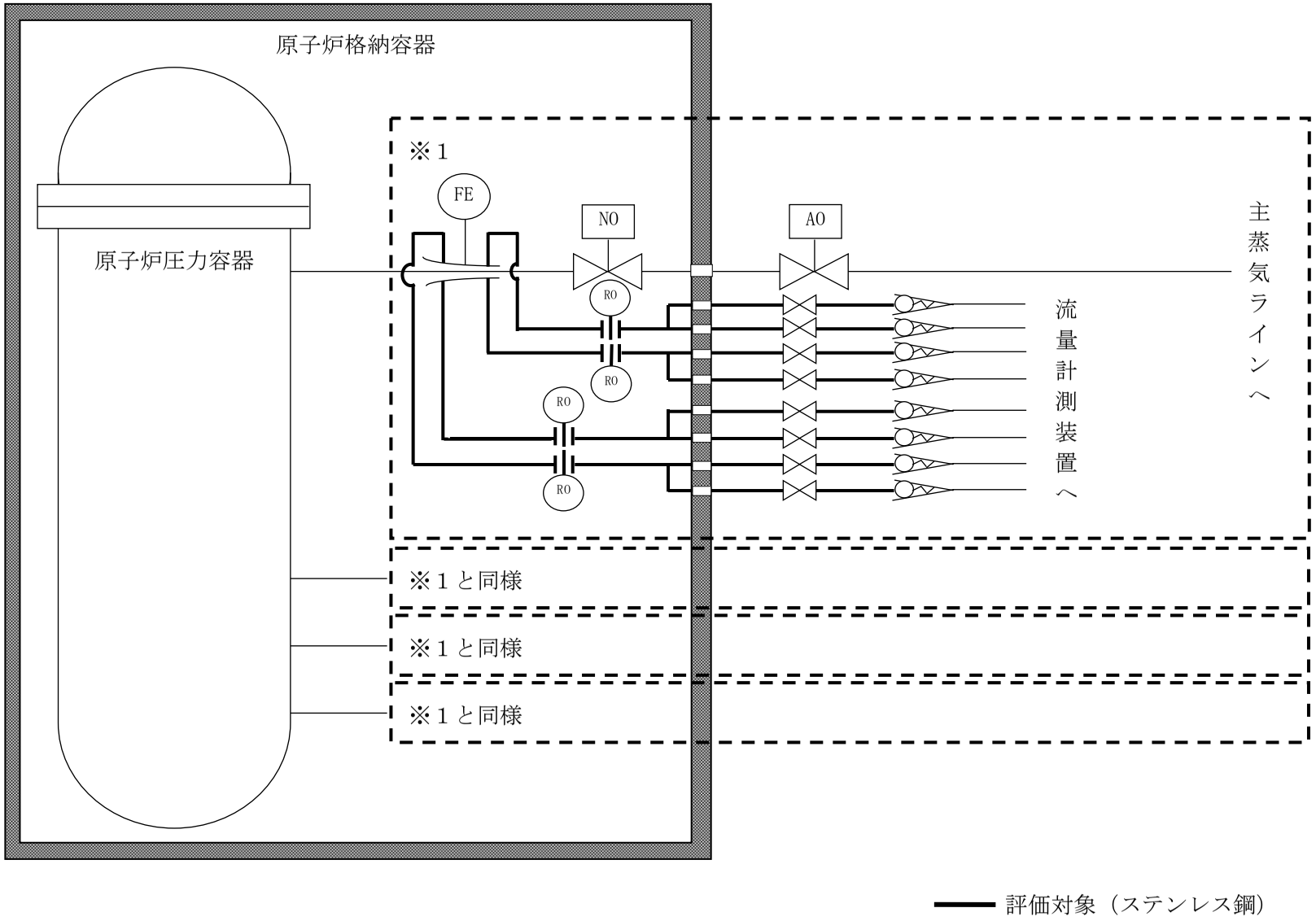


図 2.1-4　原子炉保護系系統図

表 2.1-7　原子炉保護系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	ステンレス鋼
		オリフィス	ステンレス鋼
機器の支持	支持	レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-8　原子炉保護系配管の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ステンレス鋼配管系の機能である流体の流路確保機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

ステンレス鋼配管系について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 配管の疲労割れ［原子炉再循環系］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 配管の貫粒型応力腐食割れ［共通］

配管外面に付着した大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンに起因する貫粒型応力腐食割れの発生が想定される。

しかしながら，貫粒型応力腐食割れに対しては，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することとしており，目視点検で異常を認めた場合及び付着塩分量が基準値（70 mgCl/m^2）を超えた箇所について，配管表面清掃及び浸透探傷検査を実施し，異常の無いことを確認している。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼配管への塩分付着を防止している。

したがって，配管の貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部)］

フランジボルト・ナットは，低合金鋼又は炭素鋼であり，腐食の発生が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことによりフランジボルト・ナットの機能を維持している。

したがって，フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. オイルスナッバ，ハンガ及びレストレイントの腐食（全面腐食）［共通］

オイルスナッバ(原子炉再循環系及びほう酸水注入系(五ほう酸ナトリウム水部)のみ)，ハンガ（原子炉再循環系及びほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）のみ）及びレストレイントは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，オイルスナッバ，ハンガ及びレストレイントの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）［共通］

埋込金物（大気接触部）は腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼又は低合金鋼を使用しており，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 配管及び温度計ウェルの粒界型応力腐食割れ［原子炉再循環系，原子炉保護系］

原子炉再循環系の配管，温度計ウェル及び原子炉保護系配管の 100 ℃以上の流体に接液するステンレス鋼使用部位には，粒界型応力腐食割れの発生が想定される。

しかしながら，原子炉再循環系の配管及び温度計ウェルについては，高周波誘導加熱及び水冷溶接による残留応力低減処置を実施しているとともに，1997 年以降，水素注入により溶存酸素を低減し，腐食環境を改善していることから，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

また，原子炉保護系配管については，小口径のため薄肉であり，大口径配管の溶接部と比較して溶接入熱量が低いと考えられるほか，溶接残留応力も大口径配管の溶接部ほど高くはないと考えられることから，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，定期的に溶接部の超音波探傷検査又は耐圧部の漏えい検査を実施しており，これまで粒界型応力腐食割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管及び温度計ウェルの粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h．配管の腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）］

ほう酸水注入系の内部流体は五ほう酸ナトリウム水であるため腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，定期的に耐圧部の漏えい検査を実施しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i．オイルスナッバ及びハンガの機能低下［原子炉再循環系，ほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部)］

オイルスナッバ及びハンガは，長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については起動・停止等の想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な機能低下は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，オイルスナッバ及びハンガの機能低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j．ラグ及びレストレイントの疲労割れ［共通］

ラグ（原子炉再循環系及びほう酸水注入系（五ほう酸ナトリウム水部）のみ）及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大となる部位にはスナッバを使用することとしている。

このため，ラグ及びレストレイントが熱応力により割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，ラグ及びレストレイントの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a．配管の高サイクル疲労割れ[共通]

小口径配管のソケット溶接部は，ポンプ等の機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れが想定される。東海第二の小口径配管においても過去に高サイクル疲労割れによる不具合が発生しているが，配管サポートの取付位置が不適切であったためと想定され，高サイクル疲労割れに対しても十分考慮した上で対策を実施している。

さらに，2002 年に発生した関西電力美浜発電所 3 号機小口径配管不具合の水平展開として，運転時間の短い小口径配管のソケット溶接部に対して疲労評価を実施しており，疲労評価上応力が高い場合はサポートの改造を実施している。また，併せて浸透探傷検査及び目視点検を実施しており，有意な欠陥は認められていない。

振動の状態は経年的に変化するものではなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b．温度計ウェルの高サイクル疲労割れ[原子炉再循環系]

温度計ウェルについては，内部流体の流体力，カルマン渦及び双子渦発生による励振力により，管台との取合い部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，設計上流体の同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり，当該系統において高サイクル疲労割れは発生していない。

なお，もんじゅで発生した温度計ウェルの損傷事例に対しては，原子力安全・保安院指示文書（平成 17･12･22 原院第 6 号　平成 17 年 12 月 27 日「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について」NISA-163a-05-3）に従い，日本機械学会「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針 JSME S012-1998」に基づき評価を行い，損傷の可能性が否定できない箇所については撤去又は十分な強度を有するものへの取替を実施している。

したがって，温度計ウェルの高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c．オリフィスの異物付着[原子炉保護系]

オリフィスに異物が付着することにより，顕著な性能低下が想定される。

しかしながら，これまでの運転経験で異物付着による性能低下は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，オリフィスの異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［共通］

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長時間を要する。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）［共通］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

表 2.2-1(1/4)　原子炉再循環系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			○ ▲*1	△*2*3				*1：高サイクル疲労割れ *2：貫粒型応力腐食割れ *3：粒界型応力腐食割れ *4：機能低下 *5：大気接触部 *6：コンクリート埋設部 *7：樹脂の劣化
		温度計ウェル		ステンレス鋼			▲*1	△*3				
機器の支持	支持	オイルスナッバ		炭素鋼		△					△*4	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*4	
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*5 ▲*6						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*7		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(2/4)　制御用圧縮空気系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			▲*1	△*2				*1：高サイクル疲労割れ *2：貫粒型応力腐食割れ *3：大気接触部 *4：コンクリート埋設部 *5：樹脂の劣化
機器の支持	支持	レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*3 ▲*4						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*5		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(3/4)　ほう酸水注入系配管（五ほう酸ナトリウム水部）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼		△	▲*1	△*2				*1：高サイクル疲労割れ *2：貫粒型応力腐食割れ *3：機能低下 *4：大気接触部 *5：コンクリート埋設部 *6：樹脂の劣化 *7：炭素鋼
		フランジボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	オイルスナッバ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		ラグ		ステンレス鋼			△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		ステンレス鋼，炭素鋼		△*7						
		埋込金物		炭素鋼		△*4 ▲*5						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*6		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表2.2-1(4/4)　原子炉保護系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		ステンレス鋼			▲*1	△*2*3				*1：高サイクル疲労割れ *2：貫粒型応力腐食割れ *3：粒界型応力腐食割れ *4：異物付着 *5：大気接触部 *6：コンクリート埋設部 *7：樹脂の劣化
		オリフィス		ステンレス鋼							▲*4	
機器の支持	支持	レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*5 ▲*6						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*7		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 配管の疲労割れ［原子炉再循環系］

a. 事象の説明

原子炉再循環系配管は，プラントの起動・停止時等の熱過渡により配管に疲労が蓄積する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

疲労評価は，図 2.3-1 に示す三次元梁モデルを作成し，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む）」（以下，設計・建設規格という）に基づき評価した。

過渡回数は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した 2016 年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。評価用過渡条件を表 2.3-1 に示す。

*：評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍以上を想定した。

また，使用環境を考慮した疲労について，日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法（2009 年版）」（以下，環境疲労評価手法という）に基づいて評価した。

この結果，表 2.3-2 に示すとおり，疲労累積係数は運転開始後 60 年時点においても許容値以下であり，疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

② 現状保全

原子炉再循環系配管については，供用期間中検査にて超音波探傷検査を実施し，有意な欠陥のないことを確認している。

また，供用期間中検査毎に漏えい検査を実施し，耐圧部の健全性を確認している。さらに，高経年化技術評価に合わせて実過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から，疲労割れ発生の可能性は十分に小さいと考えるが，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握する必要がある。

疲労割れは超音波探傷検査，漏えい検査にて検知可能であることから，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

c. 高経年化への対応

配管の疲労割れについては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

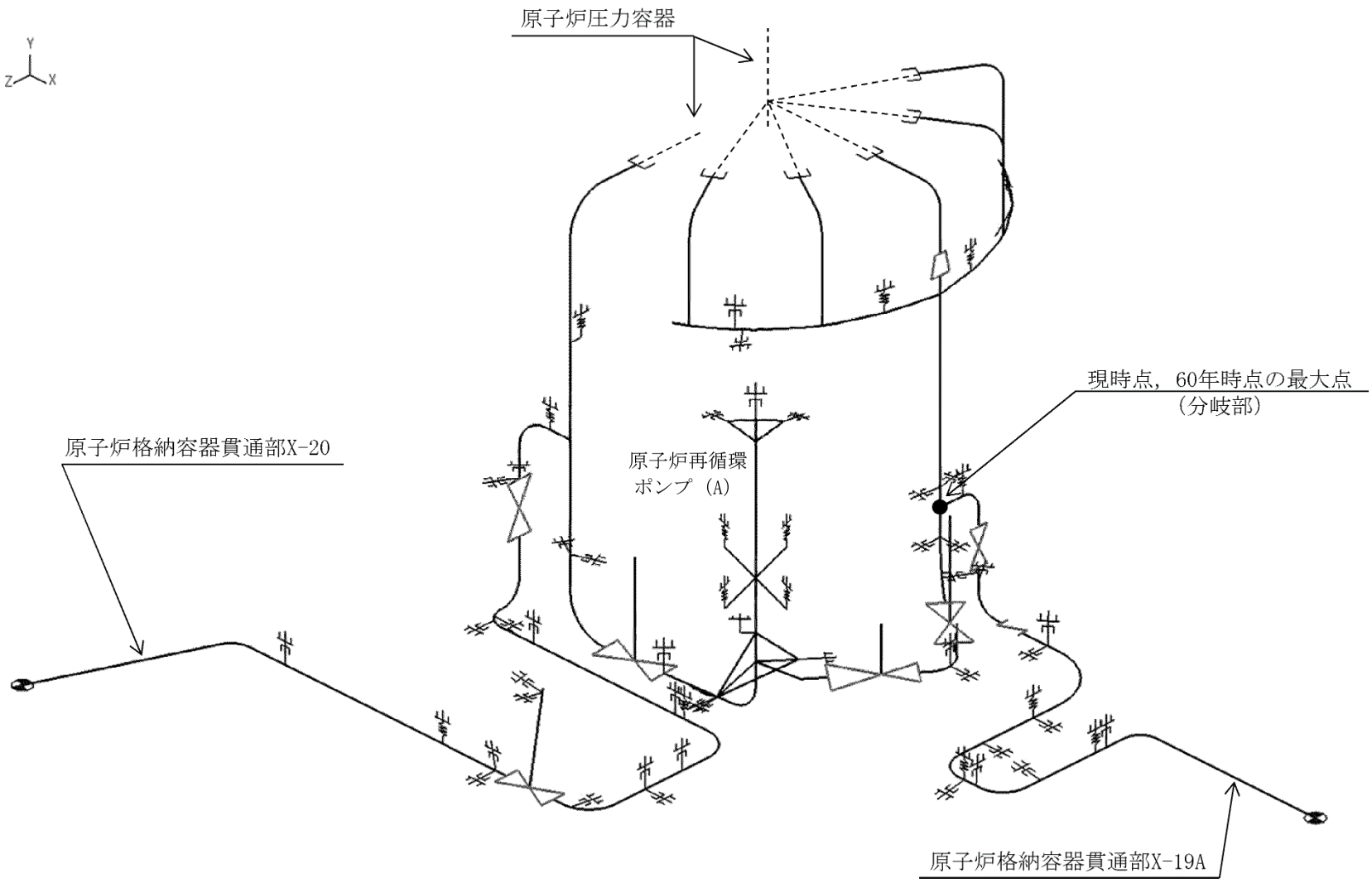


図 2.3-1　原子炉再循環系配管三次元梁モデル

表 2.3-1　原子炉再循環系配管の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016 年 11 月時点)	60 年目推定
ボルト締付	26	48
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
夜間低出力運転（出力 75%）	67	120
週末低出力運転（出力 50%）	115	165
制御棒パターン変更	96	176
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失 （給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他のスクラム）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2　原子炉再循環系配管の疲労評価結果

配管	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1 以下）		
	設計・建設規格の疲労線図による評価		環境疲労評価手法による評価 （環境を考慮）
	現時点 (2016 年 11 月時点)	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
原子炉再循環系	0.0041	0.0067	0.1182

3. 代表機器以外への展開

本章では，2章で実施した代表機器の技術評価について，1章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系
② 原子炉再循環系（その他ガス部）
③ ほう酸水注入系（純水部）
④ 不活性ガス系
⑤ 原子炉系
⑥ 原子炉冷却材浄化系
⑦ 残留熱除去系
⑧ 純水補給水系
⑨ 制御棒駆動系
⑩ 補助系
⑪ 燃料プール冷却浄化系
⑫ 事故時サンプリング設備
⑬ 高圧炉心スプレイ系
⑭ 低圧炉心スプレイ系
⑮ 原子炉保護系（純水部）
⑯ 格納容器雰囲気監視系
⑰ 中性子計装系
⑱ 試料採取系
⑲ 発電機系
⑳ 消火設備
㉑ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系
㉒ 所内蒸気系
㉓ サプレッション・プール水 pH 制御装置
㉔ 重大事故等対処設備

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 配管の疲労割れ［原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系］

代表機器と同様，プラントの起動・停止時等の熱過渡を受けるため，疲労の蓄積で疲労割れが発生する可能性があるが，疲労評価上一番厳しいと考えられる代表機器に対して疲労評価を行った結果，疲労累積係数は運転開始後 60 年時点でも十分許容値を下回っており，疲労割れが発生する可能性は小さいと判断する。

また，疲労割れは，超音波探傷検査及び漏えい検査等により検知可能であり，健全性は維持できると判断する。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［純水補給水系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系以外］

代表機器と同様，基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 配管及び温度計ウェルの貫粒型応力腐食割れ［ほう酸水注入系（純水部），原子炉保護系（純水部），原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，発電機系，所内蒸気系以外］

代表機器と同様，配管外面に付着した大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンに起因した貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ配管表面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼配管への塩分付着を防止している。

したがって，配管及び温度計ウェルの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）［原子炉隔離時冷却系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，フランジボルト・ナットは炭素鋼又は低合金鋼であり，腐食の発生が想定される。

しかしながら，目視点検を実施しており，腐食が認められた場合は必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

また，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ハンガ及びレストレイントの腐食（全面腐食）［純水補給水系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系以外］

代表機器と同様，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ハンガ及びレストレイントは炭素鋼を使用しており，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じて補修を実施することとしており，新たに設置される消火設備，サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ハンガ及びレストレイントの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）［原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系］

オリフィス等の絞り部の影響で，蒸気とともに加速され高速になった液滴が配管の壁面などに衝突する部位，配管内での減圧沸騰により発生した蒸気の体積膨張により加速された液滴が配管の壁面などに衝突する部位では，腐食（液滴衝撃エロージョン）による減肉が発生しやすい。

配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，減肉傾向を把握している。

また，必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し，その結果に応じて次回測定又は取替を行うこととしている。

したがって，配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f．サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［純水補給水系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系以外］

代表機器と同様，サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼又は低合金鋼を使用しており，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施することとしており，新たに設置される消火設備，サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g．埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）［純水補給水系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系以外］

代表機器と同様，埋込金物（大気接触部）は腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施することとしており，新たに設置される消火設備，サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 配管及び温度計ウェルの粒界型応力腐食割れ［原子炉隔離時冷却系，ほう酸水注入系（純水部），原子炉系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，補助系，事故時サンプリング設備，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉保護系（純水部），原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系，サプレッション・プール水 pH 制御装置，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，100 ℃以上の流体に接液するステンレス鋼使用部位には，粒界型応力腐食割れの発生が想定される。

しかしながら，原子炉冷却材浄化系及び残留熱除去系については，高周波誘導加熱及び水冷溶接による残留応力低減処置，並びに鋭敏化特性に優れた低炭素ステンレス鋼を使用しているため，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

原子炉隔離時冷却系，補助系，原子炉保護系（純水部），サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備については，運転温度が 100 ℃未満であり，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系及び所内蒸気系については，鋭敏化特性に優れた低炭素ステンレス鋼を使用しているため，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

その他の系統については，小口径のため薄肉であり，大口径配管の溶接部と比較して溶接入熱量が低いと考えられるほか，溶接残留応力も大口径配管の溶接部ほど高くはないと考えられることから，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，定期的に溶接部の超音波探傷検査，または，耐圧部の漏えい検査等を実施しており，これまで粒界型応力腐食割れは認められていない。

また，新たに設置されるサプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備についても，今後，定期的に漏えい検査等を実施することで健全性を確認できると考える。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管及び温度計ウェルの粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i．オイルスナッバ，メカニカルスナッバ及びハンガの機能低下［原子炉隔離時冷却系，ほう酸水注入系（純水部），原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，原子炉保護系（純水部），消火設備，サプレッション・プール水 pH 制御装置，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ及びハンガは長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については起動・停止等の想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な機能低下は認められていない。

また，新たに設置される消火設備，サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を確認できると考える。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ及びハンガの機能低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j．ラグ及びレストレイントの疲労割れ［純水補給水系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系以外］

代表機器と同様，ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大となる部位にはスナッバを使用することとしている。

このため，ラグ及びレストレイントが熱応力により割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

また，新たに設置される消火設備，サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を確認できると考える。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，ラグ及びレストレイントの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 配管の高サイクル疲労割れ[原子炉隔離時冷却系，ほう酸水注入系（純水部），原子炉系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，制御棒駆動系，事故時サンプリング設備，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，重大事故等対処設備]

代表機器と同様，小口径配管のソケット溶接部は，ポンプ等の機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れが想定される。東海第二の小口径配管においても過去に高サイクル疲労割れによる不具合が発生しているが，配管サポートの取付位置が不適切であったためと想定され，高サイクル疲労割れに対しても十分考慮した上で対策を実施している。

さらに，2002 年に発生した関西電力美浜発電所 3 号機小口径配管不具合の水平展開として，運転時間の短い小口径配管のソケット溶接部に対して疲労評価を実施しており，疲労評価上応力が高い場合はサポートの改造を実施している。また，併せて浸透探傷検査及び目視点検を実施しており，有意な欠陥は認められていない。

振動の状態は経年的に変化するものではなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

また，同様な設計方針に基づき新たに設置される重大事故等対処設備についても，同様と考えられる。

したがって，配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. オリフィス及びフローノズルの異物付着[原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系]

代表機器と同様，オリフィス及びフローノズルに異物が付着することにより，顕著な性能低下が想定される。

しかしながら，これまでの運転経験で異物付着による性能低下は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，オリフィス及びフローノズルの異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c．埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［純水補給水系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系以外］

代表機器と同様，埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長時間を要する。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d．基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）［純水補給水系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系以外］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

2. 炭素鋼配管系

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系
② 原子炉系
③ 原子炉冷却材浄化系
④ 残留熱除去系
⑤ 制御棒駆動系
⑥ 補助系
⑦ 燃料プール冷却浄化系
⑧ 高圧炉心スプレイ系
⑨ 低圧炉心スプレイ系
⑩ 原子炉保護系
⑪ タービングランド蒸気系
⑫ 復水系
⑬ 給水系
⑭ 給水加熱器ドレン系
⑮ 所内蒸気系
⑯ 原子炉補機冷却系
⑰ ドライウェル冷却系
⑱ タービン主蒸気系
⑲ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑳ 空気抽出系
㉑ 給水加熱器ベント系
㉒ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系
㉓ 非常用ガス再循環系
㉔ 非常用ガス処理系
㉕ 可燃性ガス濃度制御系
㉖ 気体廃棄物処理系
㉗ 不活性ガス系
㉘ 消火設備
㉙ 希ガスチャコール系
㉚ 非常用ディーゼル発電機海水系
㉛ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
㉜ 残留熱除去海水系
㉝ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定 2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 2-1
1.2 代表機器の選定 2-1
2. 代表機器の技術評価 2-6
2.1 構造，材料及び使用条件 2-6
2.1.1 原子炉系（純水部） 2-6
2.1.2 原子炉補機冷却系 2-8
2.1.3 原子炉系（蒸気部） 2-10
2.1.4 不活性ガス系 2-12
2.1.5 残留熱除去海水系 2-14
2.2 経年劣化事象の抽出 2-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 2-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 2-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 2-17
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 2-28
3. 代表機器以外への展開 2-32
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 2-33
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 2-33

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な炭素鋼配管系の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの炭素鋼配管系を内部流体毎にグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし，炭素鋼配管系を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

内部流体は純水，冷却水，蒸気，その他ガス，海水に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 内部流体：純水

このグループには，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，制御棒駆動系，補助系，燃料プール冷却浄化系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉保護系，タービングランド蒸気系，復水系，給水系，給水加熱器ドレン系，所内蒸気系，重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しい系統のうち，最高使用温度及び最高使用圧力が同等であることから，口径が大きい原子炉系を代表機器とする。

(2) 内部流体：冷却水

このグループには，原子炉補機冷却系，ドライウェル冷却系が属するが，重要度，運転状態，最高使用温度及び最高使用圧力が同等であることから，口径が大きい原子炉補機冷却系を代表機器とする。

(3) 内部流体：蒸気

このグループには，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，タービン主蒸気系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，タービングランド蒸気系，空気抽出系，給水加熱器ベント系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系，所内蒸気系，重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しい系統のうち，最高使用温度及び最高使用圧力が同等であることから口径の大きい原子炉系を代表機器とする。

(4) 内部流体：その他ガス

このグループには，非常用ガス再循環系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系，気体廃棄物処理系，不活性ガス系，消火設備，希ガスチャコール系，重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しい不活性ガス系を代表機器とする。

(5) 内部流体：海水

このグループには，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，残留熱除去海水系，重大事故等対処設備が属するが，重要度，運転状態及び最高使用温度が同等であることから，最高使用圧力が高い残留熱除去海水系を代表機器とする。

表 1-1 (1/3)　炭素鋼配管系のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	選定理由
材料	内部流体		主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件 運転状態	使用条件 最高使用圧力(MPa)	使用条件 最高使用温度(℃)		
炭素鋼	純水	原子炉隔離時冷却系	150A／14.3	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302		重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力 口径
		原子炉系	500A／26.2	PS-1／MS-1，重[*3]	連続	8.62	302	◎	
		原子炉冷却材浄化系	65A／9.5	PS-1	連続	8.62	302		
		残留熱除去系	300A／17.4	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302		
		制御棒駆動系	200A／12.7	MS-1	一時	8.62	138		
		補助系	80A／5.5	MS-1	一時	0.86	100		
		燃料プール冷却浄化系	25A／4.5	MS-1	一時	0.35	66		
		高圧炉心スプレイ系	300A／17.4	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302		
		低圧炉心スプレイ系	300A／17.4	PS-1／MS-1，重[*3]	一時	8.62	302		
		原子炉保護系	25A／4.5	MS-1	一時	8.62	138		
		タービングランド蒸気系	80A／5.5	高[*2]	連続	1.04	233		
		復水系	750A／28.6	高[*2]	連続	6.14	205		
		給水系	600A／46.0	高[*2]	連続	8.62	302		
		給水加熱器ドレン系	200A／8.2	高[*2]	連続	2.97	239		
		所内蒸気系	150A／7.1	高[*2]	連続	0.96	183		
		重大事故等対処設備[*4]	200A／8.2	重[*3]	一時	3.45	174		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：新規に設置される機器

表 1-1 (2/3)　炭素鋼配管系のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	選定理由
材料	内部流体		主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*2]	使用条件 運転状態	使用条件 最高使用圧力(MPa)	使用条件 最高使用温度(℃)		
炭素鋼	冷却水[*1]	原子炉補機冷却系	200A／8.2	MS-1	連続	0.86	66	◎	重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力 口径
		ドライウェル冷却系	150A／7.1	MS-1	連続	0.86	66		
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	250A／15.1	PS-1／MS-1，重[*4]	一時	8.62	302		重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力 口径
		原子炉系	650A／33.6	PS-1／MS-1，重[*4]	連続	8.62	302	◎	
		タービン主蒸気系	750A／56.4	PS-2	連続	8.62	302		
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	50A／8.7	PS-1／MS-1	連続	8.62	302		
		タービングランド蒸気系	250A／18.2	高[*3]	連続	8.62	302		
		空気抽出系	250A／9.3	高[*3]	連続	2.41	205		
		給水加熱器ベント系	150A／7.1	高[*3]	連続	2.97	235		
		原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系	250A／18.2	高[*3]	連続	8.62	302		
		所内蒸気系	300A／10.3	高[*3]	連続	0.98	183		
		重大事故等対処設備[*5]	100A／8.6	重[*4]	一時	8.62	302		

*1：冷却水（防錆剤入り純水）

*2：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*3：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*5：新規に設置される機器

表 1-1 (3/3)　炭素鋼配管系のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	選定理由
材料	内部流体		主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件 運転状態	使用条件 最高使用圧力(MPa)	使用条件 最高使用温度 (℃)		
炭素鋼	その他ガス	非常用ガス再循環系	600A／12.0	MS-1，重[*3]	一時	0.014	86		重要度 運転状態
		非常用ガス処理系	450A／14.3	MS-1，重[*3]	一時	0.014	86		
		可燃性ガス濃度制御系	150A／7.1	MS-1	一時	0.31	171		
		気体廃棄物処理系	300A／10.3	PS-2	連続	2.41	205		
		不活性ガス系	600A／9.5	MS-1，重[*3]	連続	0.31	171	◎	
		消火設備	65A／7.0	高[*2]	一時	10.8	40		
		希ガスチャコール系	125A／6.6	高[*2]	連続	0.34	340		
		重大事故等対処設備[*4]	600A／12.7	重[*3]	一時	0.62	200		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	250A／9.3	MS-1，重[*3]	一時	0.70	66		重要度 運転状態 最高使用温度 最高使用圧力
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	250A／9.3	MS-1，重[*3]	一時	0.70	66		
		残留熱除去海水系	500A／12.7	MS-1，重[*3]	一時	3.45	66	◎	
		重大事故等対処設備[*4]	150A／7.1	重[*3]	一時	0.98	66		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：新規に設置される機器

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下の配管系について技術評価を実施する。

① 原子炉系（純水部）

② 原子炉補機冷却系

③ 原子炉系（蒸気部）

④ 不活性ガス系

⑤ 残留熱除去海水系

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 原子炉系（純水部）

(1) 構造

東海第二の原子炉系（純水部）は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等）及びオイルスナッバ等で構成されており，配管の一部に炭素鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の原子炉系（純水部）配管の系統図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉系（純水部）配管主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

表 2.1-1 原子炉系（純水部）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼
機器の支持	支持	オイルスナッバ	炭素鋼
		メカニカルスナッバ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	低合金鋼，炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-2　原子炉系（純水部）配管の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

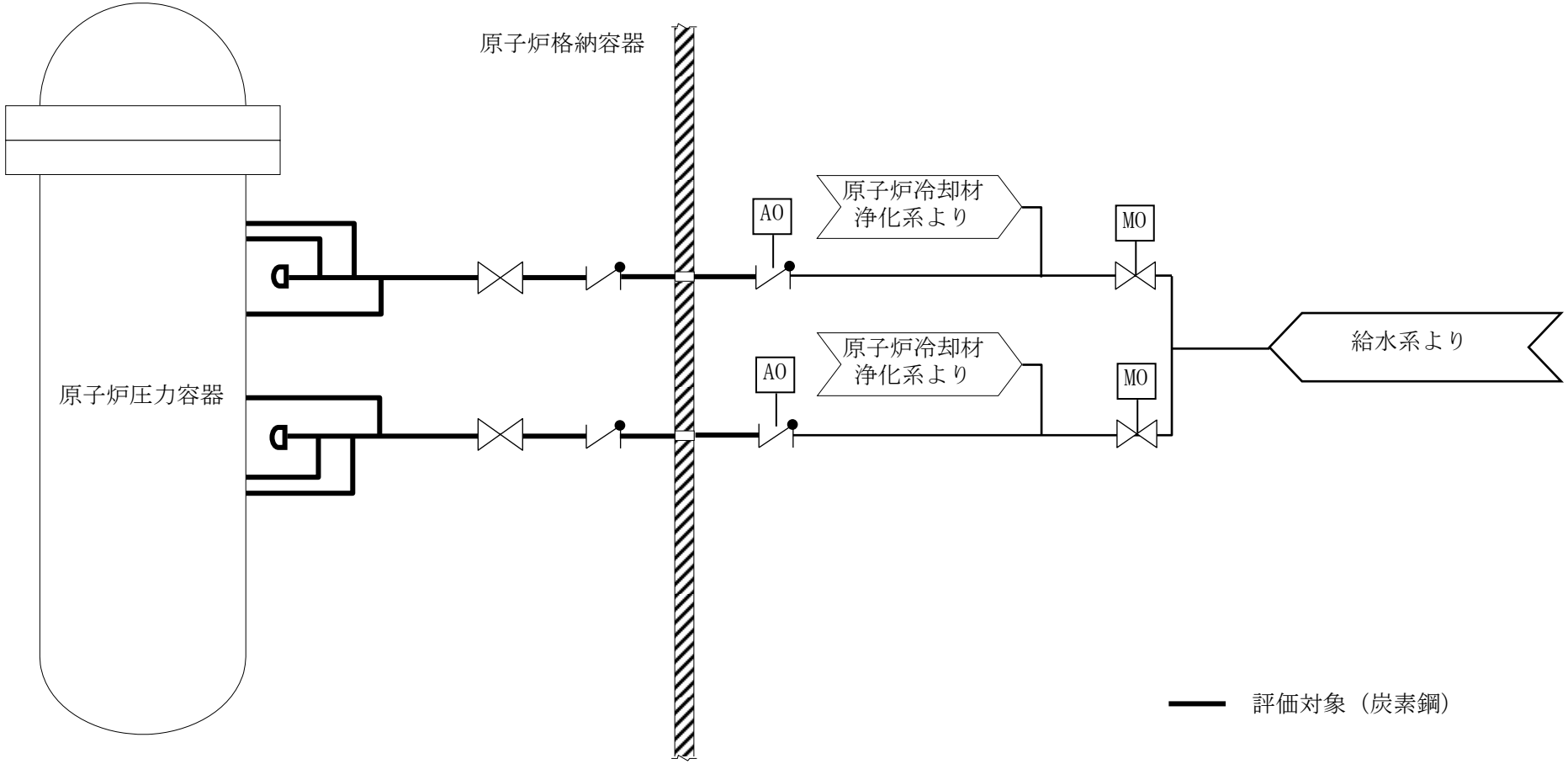


図 2.1-1　原子炉系（純水部）系統図

2.1.2 原子炉補機冷却系

(1) 構造

東海第二の原子炉補機冷却系配管は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等）で構成されており，炭素鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の原子炉補機冷却系配管の系統図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉補機冷却系配管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

表 2.1-3　原子炉補機冷却系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼

表 2.1-4　原子炉補機冷却系配管の使用条件

最高使用圧力	0.86 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	冷却水（防錆剤入り純水）

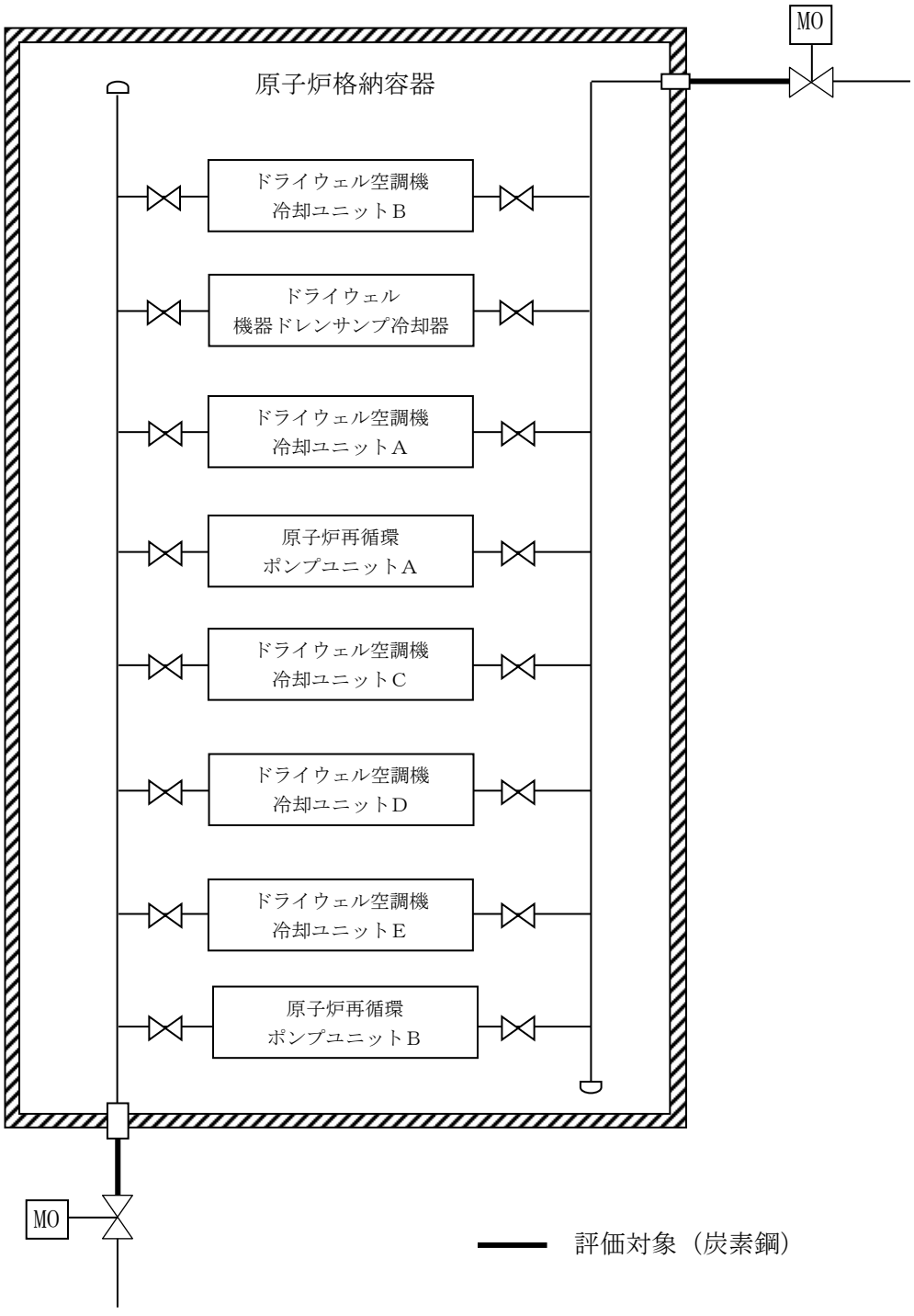


図 2.1-2　原子炉補機冷却系系統図

2.1.3 原子炉系（蒸気部）

(1) 構造

東海第二の原子炉系（蒸気部）配管は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等），フローノズル及びオイルスナッバ等で構成されており，配管の一部に炭素鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手及びフランジ継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の原子炉系（蒸気部）配管の系統図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉系（蒸気部）配管主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

表 2.1-5　原子炉系（蒸気部）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼
		フローノズル	ステンレス鋼
		オリフィス	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	低合金鋼，炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	オイルスナッバ	炭素鋼
		メカニカルスナッバ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	低合金鋼，炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-6　原子炉系（蒸気部）配管の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

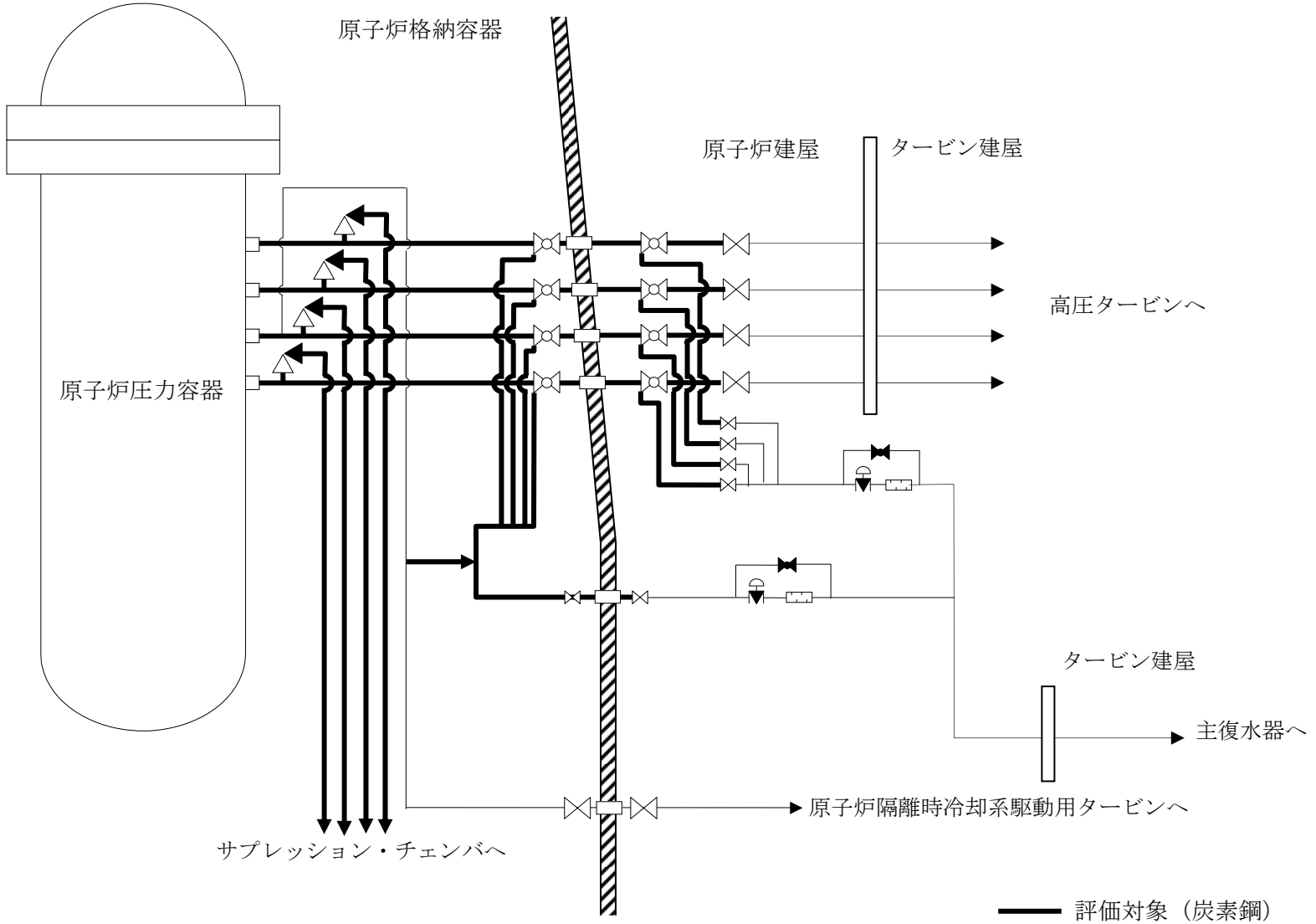


図 2.1-3　原子炉系（蒸気部）系統図

2.1.4 不活性ガス系

(1) 構造

東海第二の不活性ガス系配管は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等）及びオイルスナッバ等で構成されており，配管の一部に炭素鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手及びフランジ継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の不活性ガス系配管の系統図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の不活性ガス系配管主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

表 2.1-7　不活性ガス系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼
		フランジボルト・ナット	低合金鋼，炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	オイルスナッバ	炭素鋼
		ばね防振器	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-8　不活性ガス系配管の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	その他ガス（窒素）

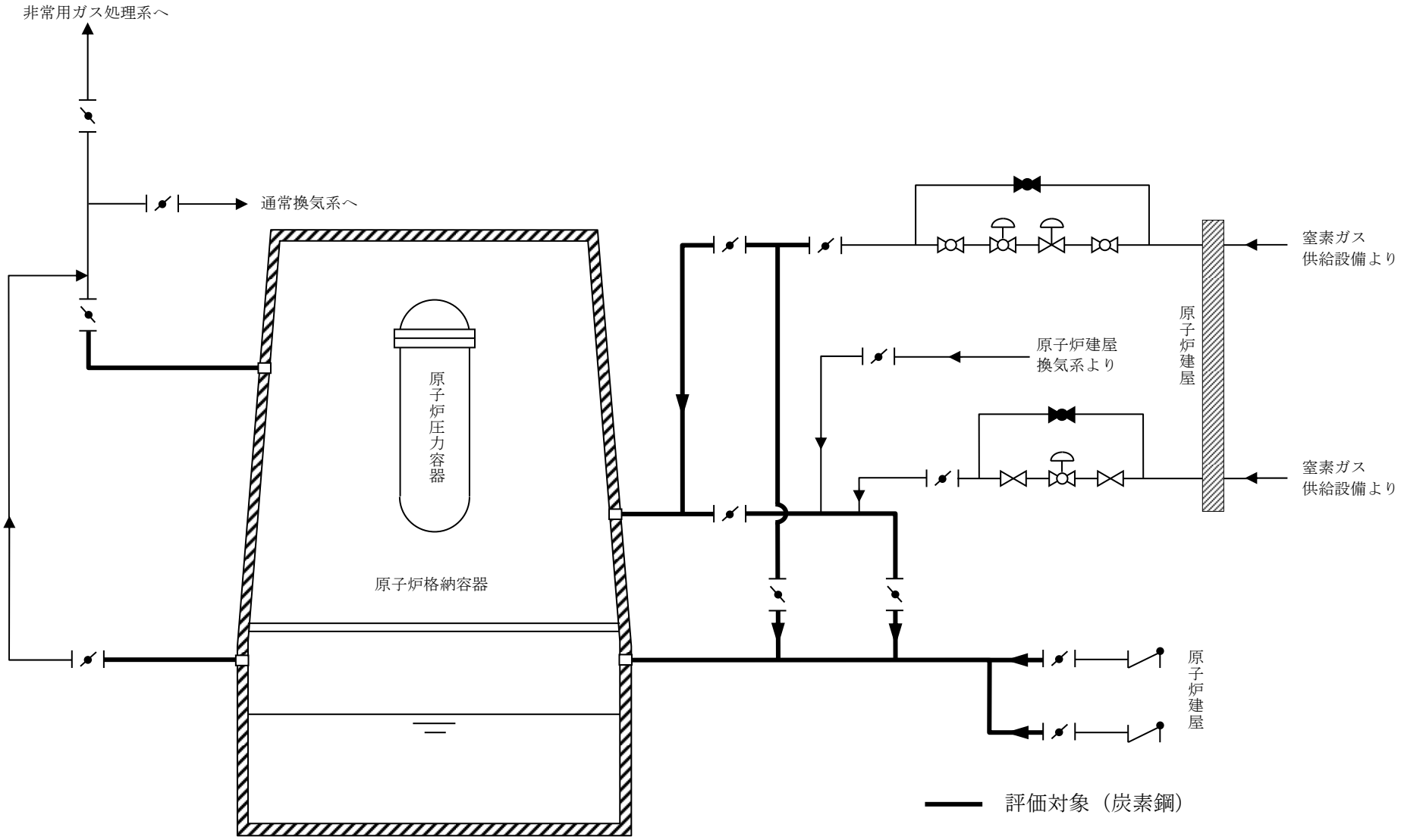


図 2.1-4　不活性ガス系系統図

2.1.5 残留熱除去海水系

(1) 構造

東海第二の残留熱除去海水系配管は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等），クローザージョイント及びラグ等で構成されており，配管に炭素鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手及びフランジ継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の残留熱除去海水系配管の系統図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去海水系配管主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。

表 2.1-9　残留熱除去海水系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	炭素鋼（ポリエチレンライニング）
		クローザージョイント	炭素鋼（タールエポキシライニング）
		オリフィス	ステンレス鋼
		フランジボルト・ナット	低合金鋼，炭素鋼
		ガスケット	（消耗品）
機器の支持	支持	ラグ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂
		二重管	炭素鋼

表 2.1-10　残留熱除去海水系配管の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	海水

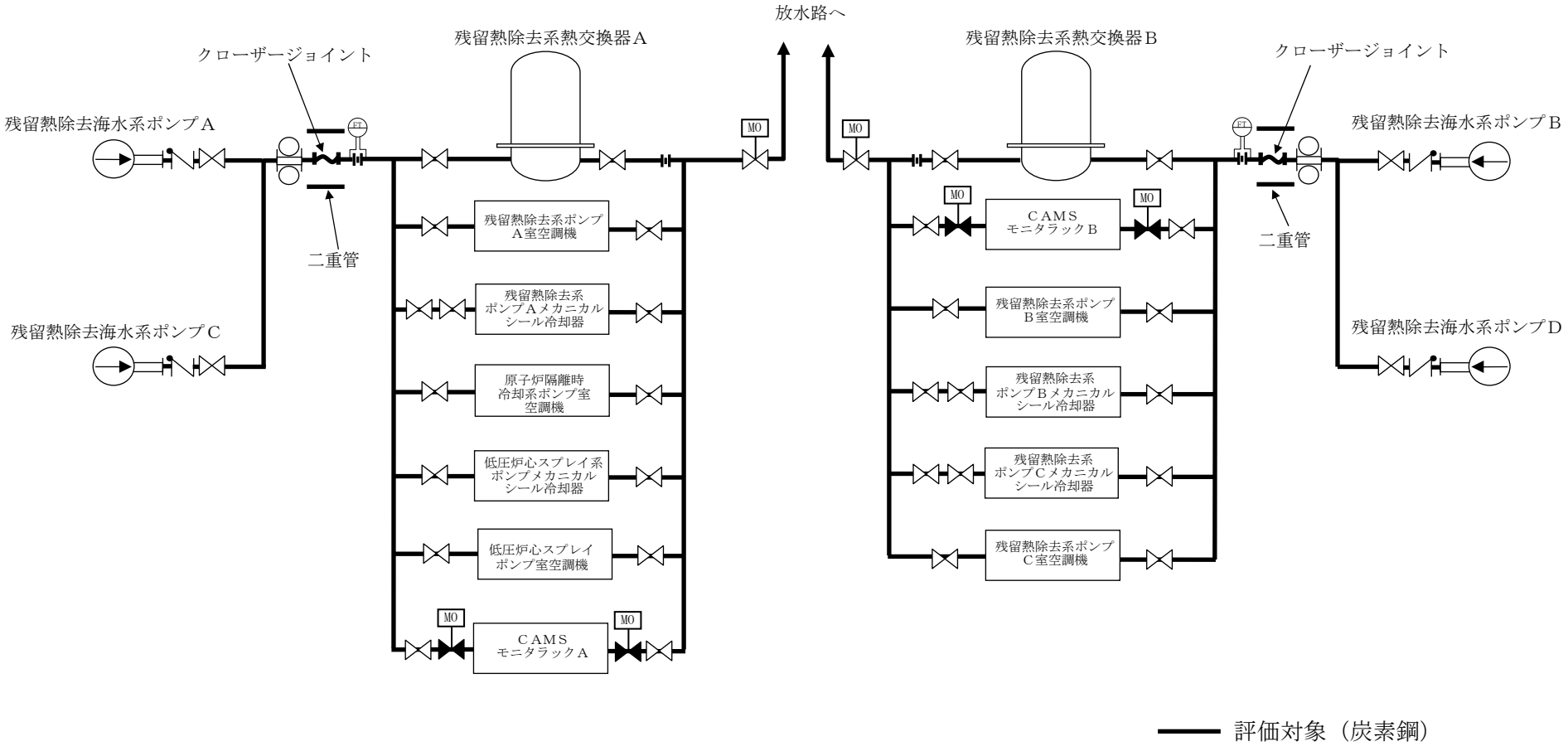


図 2.1-5　残留熱除去海水系系統図

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

炭素鋼配管系の機能である流体の流路確保機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

炭素鋼配管系について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 配管の疲労割れ［原子炉系（純水部，蒸気部）］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 配管の腐食（流れ加速型腐食）［原子炉系（純水部，蒸気部）］

常時流れがある高温の純水環境及び蒸気環境のエルボ部，分岐部及びレジューサ部等の流れの乱れが起きる箇所は，腐食（流れ加速型腐食）の発生が想定される。

配管の腐食（流れ加速型腐食）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，減肉傾向を把握している。

また，必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し，その結果に応じて次回測定又は取替を行うこととしている。

したがって，配管の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 配管及びクローザージョイントの外面腐食（全面腐食）［原子炉補機冷却系，残留熱除去海水系］

屋外に設置されている残留熱除去海水系配管については，外面に塗装が施されているが，長期間外気にさらされ，塗膜がはく離することで腐食が発生する可能性がある。

しかしながら，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，目視点検にて塗膜の状態を確認しており，必要に応じ補修を行うことで，健全性を維持している。

また，保温に覆われた残留熱除去海水系配管及びクローザージョイント，並びに原子炉補機冷却系配管については，外面に塗装が施されているが，保温が不十分であると，外気にさらされ，結露が発生し，塗膜がはく離することにより腐食が発生する可能性がある。

しかしながら，目視点検にて保温の状態を確認していること，並びに社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，代表部位について保温を取外し，塗膜の状態を確認している。不具合が確認された場合は，当該部の補修及び点検範囲を拡大し，必要に応じ補修を実施することで健全性を維持している。

したがって，配管及びクローザージョイントの外面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 配管及びクローザージョイントの内面腐食（全面腐食）［残留熱除去海水系］

海水系の配管及びクローザージョイントは，内面に腐食防止のためライニングを施しており，ライニングが健全であれば，腐食が発生する可能性は小さいが，劣化や異物の衝突等により，ライニングがはく離，損傷した場合，配管内面に腐食の発生が想定される。

しかしながら，目視点検にてライニングの状態を確認しており，必要に応じ補修を行うことで，健全性を維持している。

したがって，配管及びクローザージョイントの内面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 配管の外面腐食（隙間腐食）［残留熱除去海水系］

2010 年 1 月に東海第二の屋外に設置されている残留熱除去海水系配管の建屋貫通部のサポート取付箇所において，雨水がサポート架構上を経て，建屋貫通部のモルタルと配管表面との隙間にたまり，長期間湿潤環境になったことで，腐食（隙間腐食）が発生した。

このため，雨水が浸入しない対策を講じると共に，建屋貫通部，サポート取付部等の直接目視が困難な箇所に対する点検方法を社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に反映し，これに基づき点検を実施しており，必要に応じ補修を行うことで，健全性を維持している。

したがって，配管の外面腐食（隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 二重管の外面腐食（全面腐食）［残留熱除去海水系］

埋設されている二重管は外面腐食の発生が想定されるが，外面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，二重管の外面腐食に対しては，肉厚測定を実施することで，有意な腐食がないことを確認している。

したがって，二重管の外面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 二重管の内面腐食（全面腐食）［残留熱除去海水系］

二重管は炭素鋼であるため，内面腐食が発生する可能性があるが，内面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，二重管の内面腐食に対しては，目視点検及び肉厚測定を実施することで，有意な腐食がないことを確認している。

したがって，二重管の内面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

埋込金物（大気接触部）は腐食が発生する可能性があるが，表面は塗装されており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ラグ，レストレイント，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの腐食（全面腐食）［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

ラグ，レストレイント，オイルスナッバ（原子炉系（純水部，蒸気部）及び不活性ガス系のみ），メカニカルスナッバ（原子炉系（純水部，蒸気部）のみ），ばね防振器（不活性ガス系のみ），ハンガ（原子炉系（純水部，蒸気部）及び残留熱除去海水系のみ）は炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，ラグ，レストレイント，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）［原子炉系（蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

フランジボルト・ナットは炭素鋼又は低合金鋼であり，腐食の発生が想定される。

しかしながら，目視点検を実施しており，腐食が認められた場合は必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

しがたって，フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼又は低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの機能低下［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

オイルスナッバ（原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系のみ），メカニカルスナッバ（原子炉系（純水部，蒸気部）のみ），ばね防振器（不活性ガス系のみ）及びハンガ（原子炉系（純水部，蒸気部），残留熱除去海水系のみ）は長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については起動・停止等の想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な機能低下は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの機能低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 配管の内面腐食（全面腐食）［原子炉補機冷却系，不活性ガス系］

原子炉補機冷却系配管は，内部流体が冷却水（防錆剤入り純水）であり，腐食が進行する可能性は小さい。

また，不活性ガス系配管は，内部流体が窒素であることから，腐食が進行する可能性は小さい。

なお，弁等の機器点検時に配管内面を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の内面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. ラグ及びレストレイントの疲労割れ[原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系]

ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッバを使用することとしている。

このため，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，ラグ及びレストレイントの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 配管の高サイクル疲労割れ［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

小口径配管のソケット溶接部は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，これまでの運転で炭素鋼配管系に高サイクル疲労割れは発生していない。

さらに，2002 年に発生した関西電力美浜発電所３号機小口径配管不具合の水平展開として，運転時間の短い小口径配管のソケット溶接部に対して疲労評価を実施しており，疲労評価上応力が高い場合はサポートの改造を実施している。また，併せて浸透探傷検査及び目視点検を実施しており，有意な欠陥は認められていない。

振動の状態は経年的に変化するものではなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. オリフィス及びフローノズルの異物付着［原子炉系（蒸気部），残留熱除去海水系］

オリフィス及びフローノズルに異物が付着することにより，顕著な性能低下が想定される。

しかしながら，これまでの運転経験で異物付着による性能低下は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，オリフィス及びフローノズルの異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長時間を要する。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）［原子炉系（純水部，蒸気部），不活性ガス系，残留熱除去海水系］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

表 2.2-1(1/5)　原子炉系（純水部）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△*1	○ ▲*2					*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：機能低下 *4：大気接触部 *5：コンクリート埋設部 *6：樹脂の劣化
機器の支持	支持	オイルスナッバ		炭素鋼		△					△*3	
		メカニカルスナッバ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*4 ▲*5						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*6		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/5)　原子炉補機冷却系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△*1*2						*1：内面腐食 *2：外面腐食

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(3/5)　原子炉系（蒸気部）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△*1	○ ▲*2					*1：流れ加速型腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：異物付着 *4：機能低下 *5：大気接触部 *6：コンクリート埋設部 *7：樹脂の劣化
		フローノズル		ステンレス鋼							▲*3	
		オリフィス		ステンレス鋼							▲*3	
		フランジボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	オイルスナッバ		炭素鋼		△					△*4	
		メカニカルスナッバ		炭素鋼		△					△*4	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*4	
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*5 ▲*6						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*7		

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(4/5)　不活性ガス系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼		△*1	▲*2					*1：内面腐食 *2：高サイクル疲労割れ *3：機能低下 *4：大気接触部 *5：コンクリート埋設部 *6：樹脂の劣化
		フランジボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	オイルスナッバ		炭素鋼		△					△*3	
		ばね防振器		炭素鋼		△					△*3	
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*4 ▲*5						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*6		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(5/5)　残留熱除去海水系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		炭素鋼[*1]		△[*3*4*5]	▲[*6]					*1：ポリエチレンライニング *2：タールエポキシライニング *3：内面腐食 *4：外面腐食 *5：隙間腐食 *6：高サイクル疲労割れ *7：異物付着 *8：機能低下 *9：大気接触部 *10：コンクリート埋設部 *11：樹脂の劣化
		クローザージョイント		炭素鋼[*2]		△[*3*4]						
		オリフィス		ステンレス鋼							▲[*7]	
		フランジボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
		ガスケット	◎	－								
機器の支持	支持	ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		ハンガ		炭素鋼		△					△[*8]	
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△[*9] ▲[*10]						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲[*11]		
		二重管		炭素鋼		△[*3*4]						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 配管の疲労割れ［原子炉系（純水部，蒸気部）］

a. 事象の説明

原子炉系（純水部，蒸気部）配管は，プラントの起動・停止時等の熱過渡により疲労が蓄積する可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

疲労評価は，図 2.3-1,2 に示す三次元梁モデルを作成し，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計･建設規格 JSME S NC1-2005(2007 年追補版を含む)」（以下，設計・建設規格という）に基づき評価した。

過渡回数は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した 2016 年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。評価用過渡条件を表 2.3-1 に示す。

*：評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍以上を想定した。

また，使用環境を考慮した疲労について，日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法（2009 年版）」（以下，環境疲労評価手法という）に基づいて評価した。

この結果，表 2.3-2 に示すとおり，疲労累積係数は運転開始後 60 年時点においても許容値以下であり，疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

② 現状保全

原子炉系（純水部，蒸気部）配管については，供用期間中検査にて超音波探傷検査を実施し，有意な欠陥のないことを確認している。

また，供用期間中検査毎に漏えい検査を実施し，耐圧部の健全性を確認している。さらに，高経年化技術評価に合わせて実過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から，疲労割れ発生の可能性は十分小さいと考えるが，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握する必要がある。

疲労割れは超音波探傷検査，漏えい検査にて検知可能であることから，現状の保全は点検手法として適切である。

c. 高経年化への対応

配管の疲労割れについては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

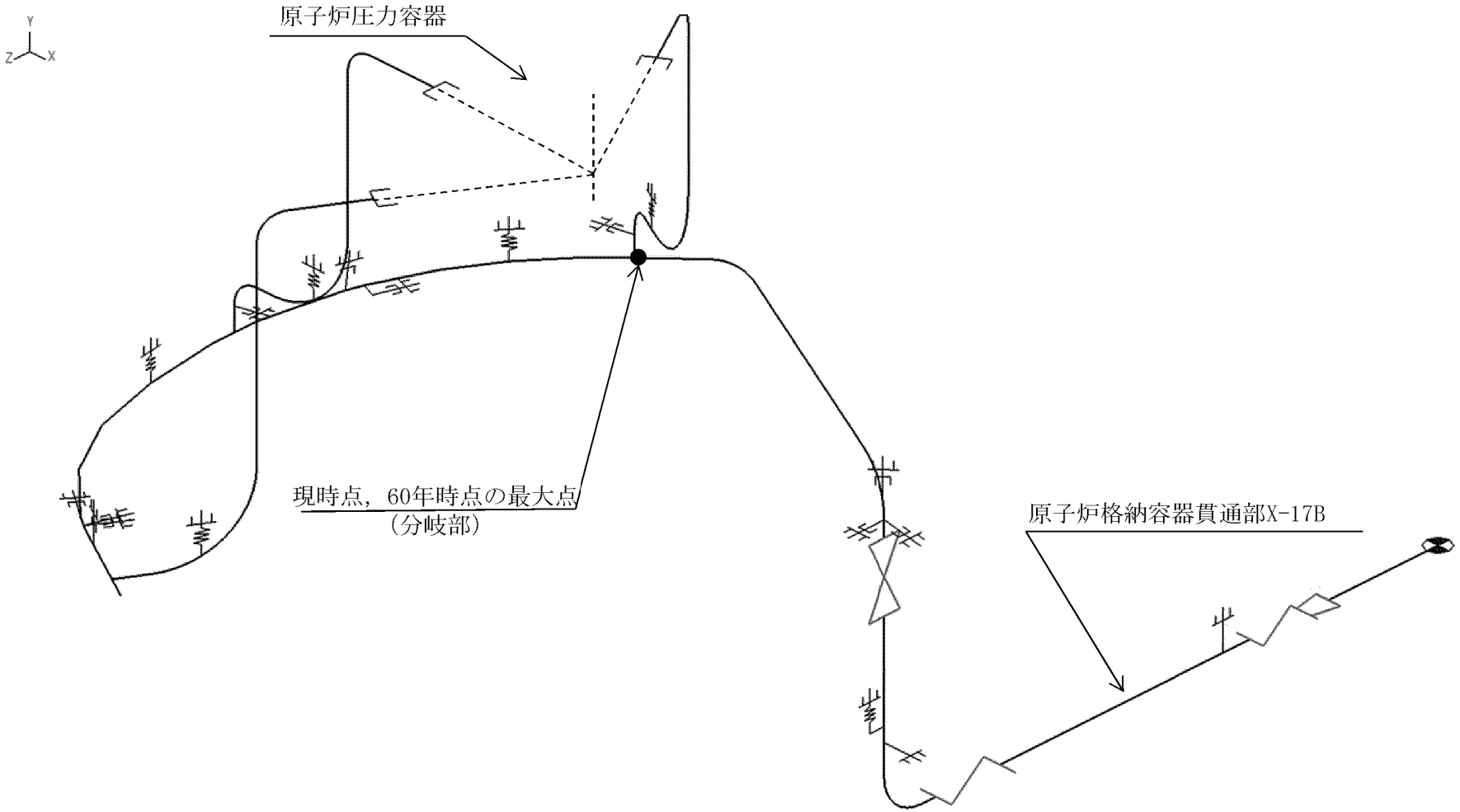


図 2.3-1　原子炉系（純水部）配管三次元梁モデル

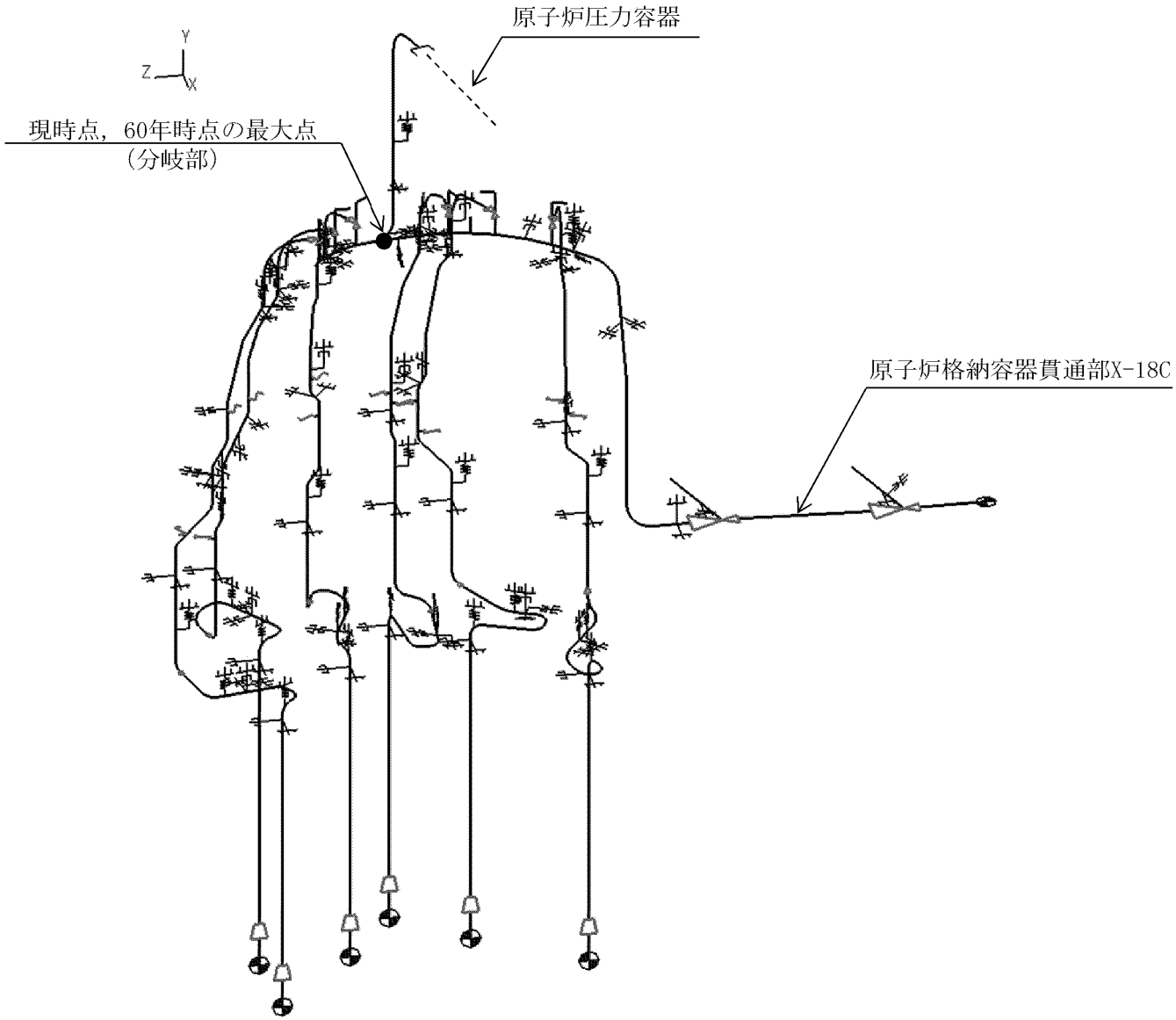


図 2.3-2　原子炉系（蒸気部）配管三次元梁モデル

表 2.3-1　原子炉系（純水部，蒸気部）評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016 年 11 月時点)	60 年目推定
ボルト締付	26	48
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
夜間低出力運転（出力 75%）	67	120
週末低出力運転（出力 50%）	115	165
制御棒パターン変更	96	176
給水加熱機能喪失(発電機トリップ)	0	1
給水加熱機能喪失 （給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他のスクラム）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2　原子炉系（純水部，蒸気部）配管の疲労評価結果

配管	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：１以下）		
	設計・建設規格の疲労線図による評価		環境疲労評価手法による評価 （環境を考慮）
	現時点 (2016 年 11 月時点)	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
原子炉系（純水部）	0.0839	0.1423	0.5799
原子炉系（蒸気部）	0.0514	0.0853	—*

*：環境疲労評価手法による解析は，軽水炉の高温水中に適用されるものであり，内部流体が蒸気である主蒸気系は対象外

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系
② 原子炉冷却材浄化系
③ 残留熱除去系
④ 制御棒駆動系
⑤ 補助系
⑥ 燃料プール冷却浄化系
⑦ 高圧炉心スプレイ系
⑧ 低圧炉心スプレイ系
⑨ 原子炉保護系
⑩ タービングランド蒸気系
⑪ 復水系
⑫ 給水系
⑬ 給水加熱器ドレン系
⑭ 所内蒸気系
⑮ ドライウェル冷却系
⑯ タービン主蒸気系
⑰ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑱ 空気抽出系
⑲ 給水加熱器ベント系
⑳ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系
㉑ 非常用ガス再循環系
㉒ 非常用ガス処理系
㉓ 可燃性ガス濃度制御系
㉔ 気体廃棄物処理系
㉕ 消火設備
㉖ 希ガスチャコール系
㉗ 非常用ディーゼル発電機海水系
㉘ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
㉙ 重大事故等対処設備

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 配管の疲労割れ［原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系］

プラントの起動・停止時等の熱過渡を受けるため，疲労の蓄積で疲労割れが発生する可能性があるが，疲労評価上一番厳しいと考えられる代表機器に対して疲労評価を行った結果，疲労累積係数は運転開始後 60 年時点でも十分許容値を下回っており，疲労割れが発生する可能性は小さいと判断する。

また，疲労割れは，超音波探傷検査及び漏えい検査等により検知可能であり，健全性は維持できると判断する。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系以外］

代表機器と同様，基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 配管の腐食（流れ加速型腐食）［復水系，給水系，給水加熱器ドレン系，タービン主蒸気系，タービングランド蒸気系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系］

代表機器と同様，常時流れがある高温の純水環境及び蒸気環境のエルボ部，分岐部及びレジューサ部等の流れの乱れが起きる箇所は，腐食（流れ加速型腐食）の発生が想定される。

配管の腐食（流れ加速型腐食）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，減肉傾向を把握している。

また，必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し，その結果に応じて次回測定又は取替を行うこととしている。

したがって，配管の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）［給水加熱器ベント系］

オリフィス等の絞り部の影響で，蒸気とともに加速され高速になった液滴が配管の壁面などに衝突する部位，配管内での減圧沸騰により発生した蒸気の体積膨張により加速された液滴が配管の壁面などに衝突する部位では，腐食（液滴衝撃エロージョン）による減肉が発生しやすい。

配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，減肉傾向を把握している。

また，必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し，その結果に応じて次回測定又は取替を行うこととしている。

したがって，配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 配管及びクローザージョイントの外面腐食（全面腐食）［ドライウェル冷却系，非常用ガス処理系，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，屋外に設置されている炭素鋼配管は，外面に塗装が施されているが，長期間外気にさらされ，塗膜がはく離することにより腐食が発生する可能性がある。

しかしながら，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，目視点検にて塗膜の状態を確認し，必要に応じ補修を行うことで，健全性を維持することとしている。

保温に覆れた炭素鋼配管及びクローザージョイントについては，外面に塗装が施されているが，保温が不十分であると，外気にさらされ，結露が発生し，塗膜がはく離することにより腐食が発生する可能性がある。

しかしながら，目視点検にて保温の状態を確認していること，並びに社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，代表部位について保温を取外し，塗膜の状態を確認している。不具合が確認された場合は，当該部の補修及び点検範囲を拡大し，必要に応じ補修を実施することで，健全性を維持することとしている。

また，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，配管及びクローザージョイントの外面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 配管及びクローザージョイントの内面腐食（全面腐食）［非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，海水系の配管及びクローザージョイントは，内面に腐食防止のためライニングが施工されており，ライニングが健全であれば，腐食が発生する可能性は小さいが，劣化や異物の衝突等により，ライニングがはく離，損傷した場合，配管内面に腐食の発生が想定される。

しかしながら，目視点検にてライニングの状態を確認し，必要に応じ補修を行うことで，健全性を維持することとしている。

また，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，配管及びクローザージョイントの内面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 配管の外面腐食（隙間腐食）［非常用ガス処理系，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，屋外に設置されている配管の建屋貫通部及びサポート取付部等の狭あい部においては，配管表面との隙間に雨水がたまり，その後長期間湿潤環境になることで，腐食（隙間腐食）が発生する可能性がある。

しかしながら，雨水が浸入しない対策を講じると共に，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき目視点検を実施し，必要に応じ補修を行うことで，健全性を維持することとしている。

また，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，配管の外面腐食（隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ラグ，レストレイント，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの腐食（全面腐食）［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系以外］

代表機器と同様，ラグ，レストレイント，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施することとしており，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，ラグ，レストレイント，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系以外］

代表機器と同様，サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼又は低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施することとしており，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）［原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，タービングランド蒸気系，復水系，給水系，給水加熱器ドレン系，所内蒸気系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，空気抽出系，給水加熱器ベント系，非常用ガス再循環系，非常用ガス処理系，気体廃棄物処理系，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，フランジボルト・ナットは，炭素鋼又は低合金鋼であり，腐食の発生が想定される。

しかしながら，目視点検を実施しており，腐食が認められた場合は必要に応じ補修又は取替を実施することとしており，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

しがたって，フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系以外］

代表機器と同様，埋込金物（大気接触部）は腐食が発生する可能性があるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施することとしており，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 排ガス気水分離器及び自在継手の貫粒型応力腐食割れ[気体廃棄物処理系，非常用ガス再循環系，非常用ガス処理系，重大事故等対処設備]

排ガス気水分離器及び自在継手はステンレス鋼であり，機器外面に付着した大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンを起因とする貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

非常用ガス再循環系，非常用ガス処理系，重大事故等対処設備の自在継手については，新たに設置される機器であることから，上記同様，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，排ガス気水分離器及び自在継手の貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

1．配管の高サイクル熱疲労割れ［残留熱除去系］

残留熱除去系熱交換器出口配管とバイパスラインの合流部（高低温水合流部）においては，局所的にバイパスラインからの高温水が流入し，複雑な流状による熱過渡を受け，疲労が蓄積されることから，高サイクル熱疲労割れが発生する可能性がある。

高低温水合流部の高サイクル熱疲労割れに対しては，日本機械学会「配管の高サイクル熱疲労に関する評価指針　JSME S 017-2003」に基づく評価及び超音波探傷検査にて健全性を維持している。

したがって，配管の高サイクル熱疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの機能低下［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，非常用ガス処理系以外］

代表機器と同様，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガは長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については起動・停止等の想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な機能低下は認められていない。

また，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を確認できると考える。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，オイルスナッバ，メカニカルスナッバ，ばね防振器及びハンガの機能低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 配管の内面腐食（全面腐食）［残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，ドライウェル冷却系，非常用ガス再循環系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系，重大事故等対処設備］

炭素鋼配管の内部流体が湿分を含む空気，窒素又は純水であることから，長期の使用に伴う配管内面の腐食の発生が想定される。

残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系及び低圧炉心スプレイ系は内部流体が純水であり，酸素含有水中（酸素濃度 8 mg0/l）における炭素鋼の腐食に及ぼす影響（防食技術便覧：腐食防食協会編）より，運転開始後 60 年時点の腐食量は 1 mm 未満と推定されることから，腐食が発生する可能性は小さい。

非常用ガス再循環系，非常用ガス処理系及び可燃性ガス濃度制御系は，内部流体が空気又は窒素であることから，腐食環境としては内部流体が純水の方が厳しい。

また，ドライウェル冷却系は，内部流体が冷却水（防錆剤入り純水）であり，腐食が進行する可能性は小さい。

なお，弁等の機器点検時に配管内面を確認しており，これまで有意な腐食は認められていない。

また，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，弁等の機器点検時に配管内面を確認することで健全性を確認できると考える。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の内面腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. ラグ及びレストレイントの疲労割れ［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系以外］

代表機器と同様，ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる部位にはスナッバを使用することとしている。

このため，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

また，新たに設置される重大事故等対処設備についても，今後，定期的に目視点検を実施することで健全性を確認できると考える。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，ラグ及びレストレイントの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 配管の高サイクル疲労割れ［原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，タービングランド蒸気系，復水系，給水系，給水加熱器ドレン系，所内蒸気系，タービン主蒸気系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，給水加熱器ベント系，非常用ガス再循環系，非常用ガス処理系，可燃性ガス濃度制御系，気体廃棄物処理系，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，小口径配管のソケット溶接部は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，これまでの運転で炭素鋼配管系に高サイクル疲労割れは発生していない。

さらに，2002 年に発生した関西電力美浜発電所３号機小口径配管不具合の水平展開として，運転時間の短い小口径配管のソケット溶接部に対して疲労評価を実施しており，疲労評価上応力が高い場合はサポートの改造を実施している。また，併せて浸透探傷検査及び目視点検を実施しており，有意な欠陥は認められていない。

振動の状態は経年的に変化するものではなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。また，同様な設計方針に基づき新たに設置される重大事故等対処設備についても，同様と考えられる。

したがって，配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れ[原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，復水系，給水系，給水加熱器ドレン系，タービン主蒸気系]

温度計ウェル及びサンプリングノズルについては，内部流体の流体力，カルマン渦及び双子渦発生による励振力により，管台との取合部に高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，設計上流体の同期振動の回避及びランダム渦による強度が考慮されていれば損傷を回避できるものであり，当該系統において高サイクル疲労割れは発生していない。

なお，もんじゅで発生した温度計ウェルの損傷事例に対しては，原子力安全・保安院指示文書（平成17･12･22原院第6号　平成17年12月27日「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の改正に伴う電気事業法に基づく定期事業者検査の実施について」NISA-163a-05-3）に従い，日本機械学会「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針 JSME S012-1998」に基づき評価を行い，損傷の可能性が否定できない箇所については撤去又は十分な強度を有するものへの取替を実施している。

したがって，温度計ウェル及びサンプリングノズルの高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. オリフィス及びフローノズルの異物付着［原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，復水系，給水系，給水加熱器ドレン系，給水加熱器ベント系，気体廃棄物処理系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，オリフィス及びフローノズルに異物が付着することにより，顕著な性能低下が想定される。

しかしながら，これまでの運転経験で異物付着による性能低下は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，オリフィス及びフローノズルの異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系以外］

代表機器と同様，埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長時間を要する。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）［燃料プール冷却浄化系，原子炉保護系，ドライウェル冷却系以外］

代表機器と同様，基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

3. 低合金鋼配管系

［対象系統］

① 給水加熱器ドレン系
② タービングランド蒸気系
③ 所内蒸気系
④ 気体廃棄物処理系
⑤ 原子炉系
⑥ 抽気系
⑦ タービン補助蒸気系
⑧ 給水加熱器ベント系
⑨ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定 3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 3-1
1.2 代表機器の選定 3-1
2. 代表機器の技術評価 3-3
2.1 構造，材料及び使用条件 3-3
2.1.1 給水加熱器ドレン系 3-3
2.1.2 気体廃棄物処理系 3-5
2.1.3 原子炉系 3-7
2.2 経年劣化事象の抽出 3-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 3-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 3-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 3-10
3. 代表機器以外への展開 3-17
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 3-17
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 3-17

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な低合金鋼配管系の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの低合金鋼配管系を内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

内部流体を分類基準とし，低合金鋼配管系を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

内部流体は純水，その他ガス，蒸気に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 内部流体：純水

このグループには，給水加熱器ドレン系，タービングランド蒸気系，所内蒸気系が属するが，重要度及び運転状態が同じであることから，最高使用温度が高い給水加熱器ドレン系を代表機器とする。

(2) 内部流体：その他ガス

このグループには，気体廃棄物処理系のみが属するため，気体廃棄物処理系を代表機器とする。

(3) 内部流体：蒸気

このグループには，原子炉系，抽気系，タービン補助蒸気系，タービングランド蒸気系，給水加熱器ベント系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系が属するが，重要度が高い原子炉系を代表機器とする。

表 1-1　低合金鋼配管系のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	選定理由
材料	内部流体		主な仕様 口径／肉厚(mm)	重要度[*1]	使用条件 運転状態	使用条件 最高使用圧力(MPa)	使用条件 最高使用温度(℃)		
低合金鋼	純水	給水加熱器ドレン系	80A／7.6	高[*2]	連続	1.04	233	◎	重要度 運転状態 最高使用温度
		タービングランド蒸気系	50A／5.5	高[*2]	連続	0.42	155		
		所内蒸気系	50A／5.5	高[*2]	連続	0.98	183		
	その他ガス	気体廃棄物処理系	300A／14.3	PS-2	連続	2.41	538	◎	
	蒸気	原子炉系	65A／9.5	PS-2	連続	8.62	302	◎	重要度
		抽気系	1200A／15.9	高[*2]	連続	1.81	210		
		タービン補助蒸気系	125A／8.5	高[*2]	連続	8.62	302		
		タービングランド蒸気系	150A／7.1	高[*2]	連続	8.62	302		
		給水加熱器ベント系	40A／5.1	高[*2]	連続	1.81	210		
		原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系	40A／7.1	高[*2]	連続	8.62	302		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

2. 代表機器の技術評価

本章では，1章で代表機器とした以下の配管系について技術評価を実施する。

① 給水加熱器ドレン系

② 気体廃棄物処理系

③ 原子炉系

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 給水加熱器ドレン系

(1) 構造

東海第二の給水加熱器ドレン系配管は，配管（直管，エルボ，T継手等）及びオイルスナッバ等で構成されており，配管の一部に低合金鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の給水加熱器ドレン系配管の系統図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の給水加熱器ドレン系配管主要部位の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。

表2.1-1　給水加熱器ドレン系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	低合金鋼
機器の支持	支持	オイルスナッバ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	低合金鋼，炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表2.1-2　給水加熱器ドレン系配管の使用条件

最高使用圧力	1.04 MPa
最高使用温度	233 ℃
内部流体	純水

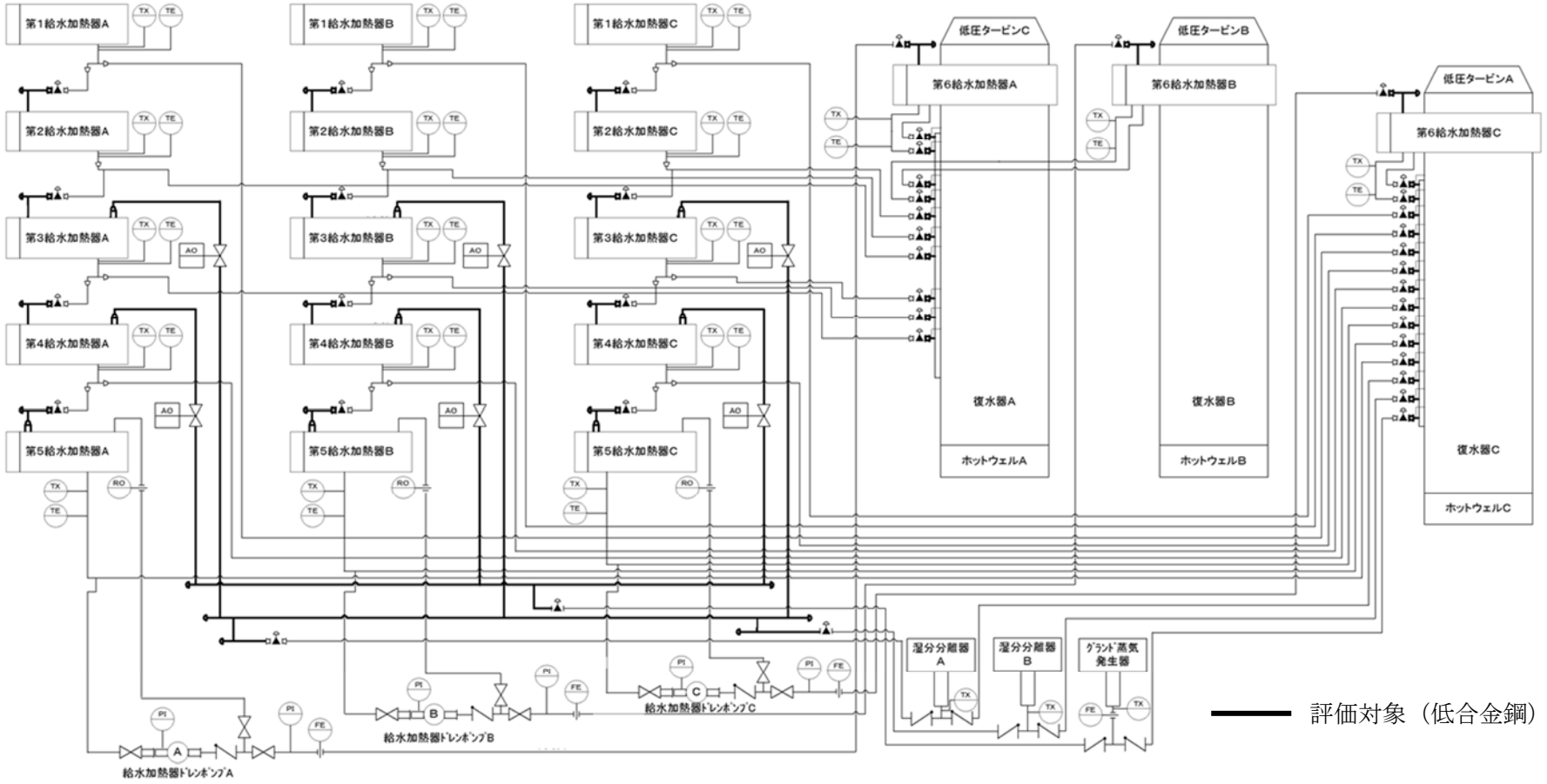


図 2.1-1　給水加熱器ドレン系系統図

2.1.2 気体廃棄物処理系

(1) 構造

東海第二の気体廃棄物処理系配管は，配管（直管，エルボ，T継手等）及びオイルスナッバ等で構成されており，配管の一部に低合金鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の気体廃棄物処理系配管の系統図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の気体廃棄物処理系配管主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

表 2.1-3　気体廃棄物処理系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	低合金鋼
機器の支持	支持	オイルスナッバ	炭素鋼
		ハンガ	炭素鋼
		ラグ	炭素鋼
		レストレイント	炭素鋼
		サポート取付ボルト・ナット	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-4　気体廃棄物処理系配管の使用条件

最高使用圧力	2.41 MPa
最高使用温度	538 ℃
内部流体	その他ガス

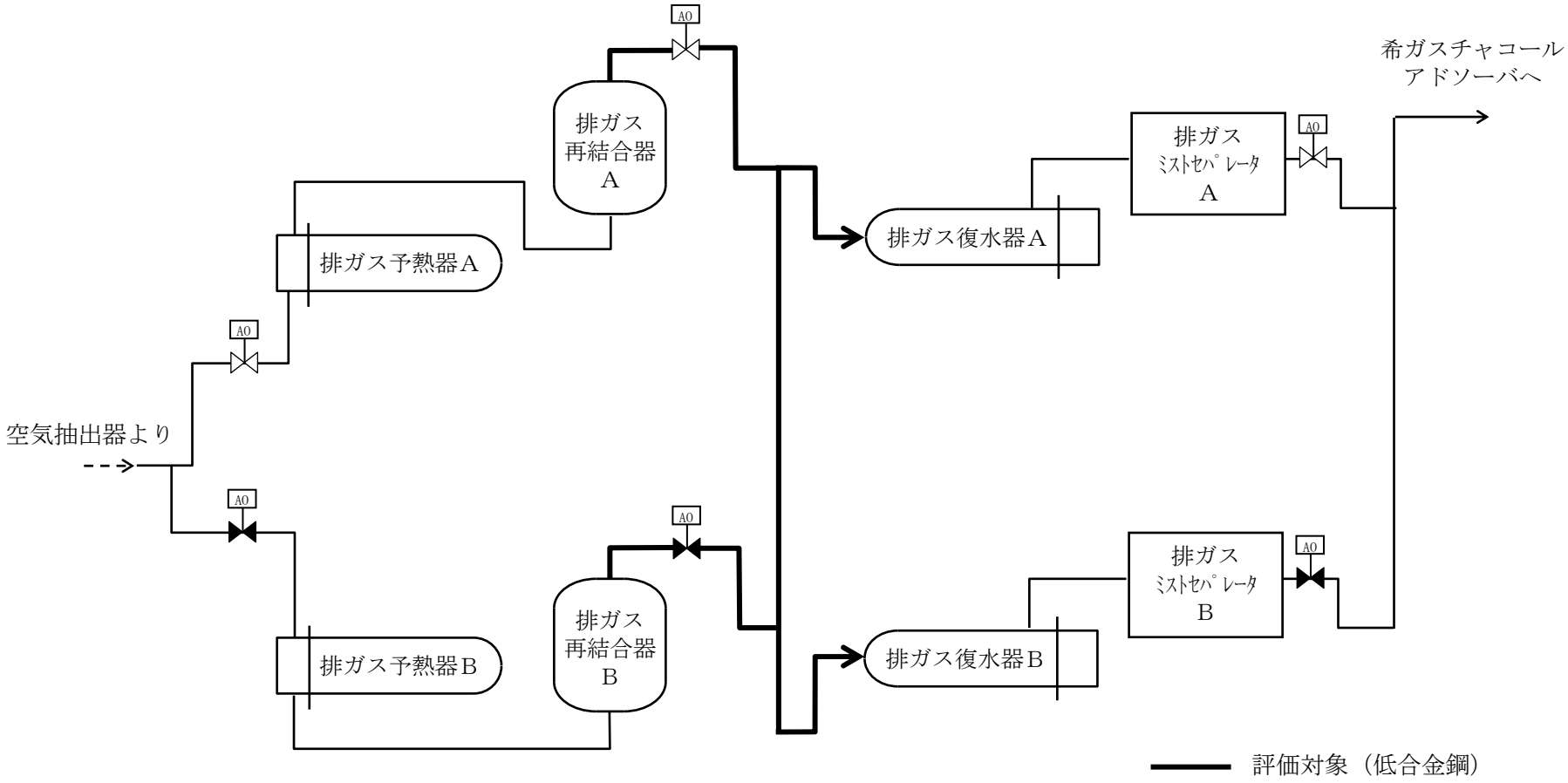


図 2.1-2　気体廃棄物処理系系統図

2.1.3 原子炉系

(1) 構造

東海第二の原子炉系配管は，配管（直管，エルボ，Ｔ継手等），温度計ウェル及びラグ等で構成されており，配管の一部に低合金鋼が使用されている。

また，各配管は溶接継手により他の配管，機器に接続されている。

東海第二の原子炉系配管の系統図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉系配管主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

表 2.1-5　原子炉系配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	配管	低合金鋼
		温度計ウェル	ステンレス鋼
機器の支持	支持	ラグ	低合金鋼
		レストレイント	炭素鋼
		埋込金物	炭素鋼
		基礎ボルト	炭素鋼，樹脂

表 2.1-6　原子炉系配管の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

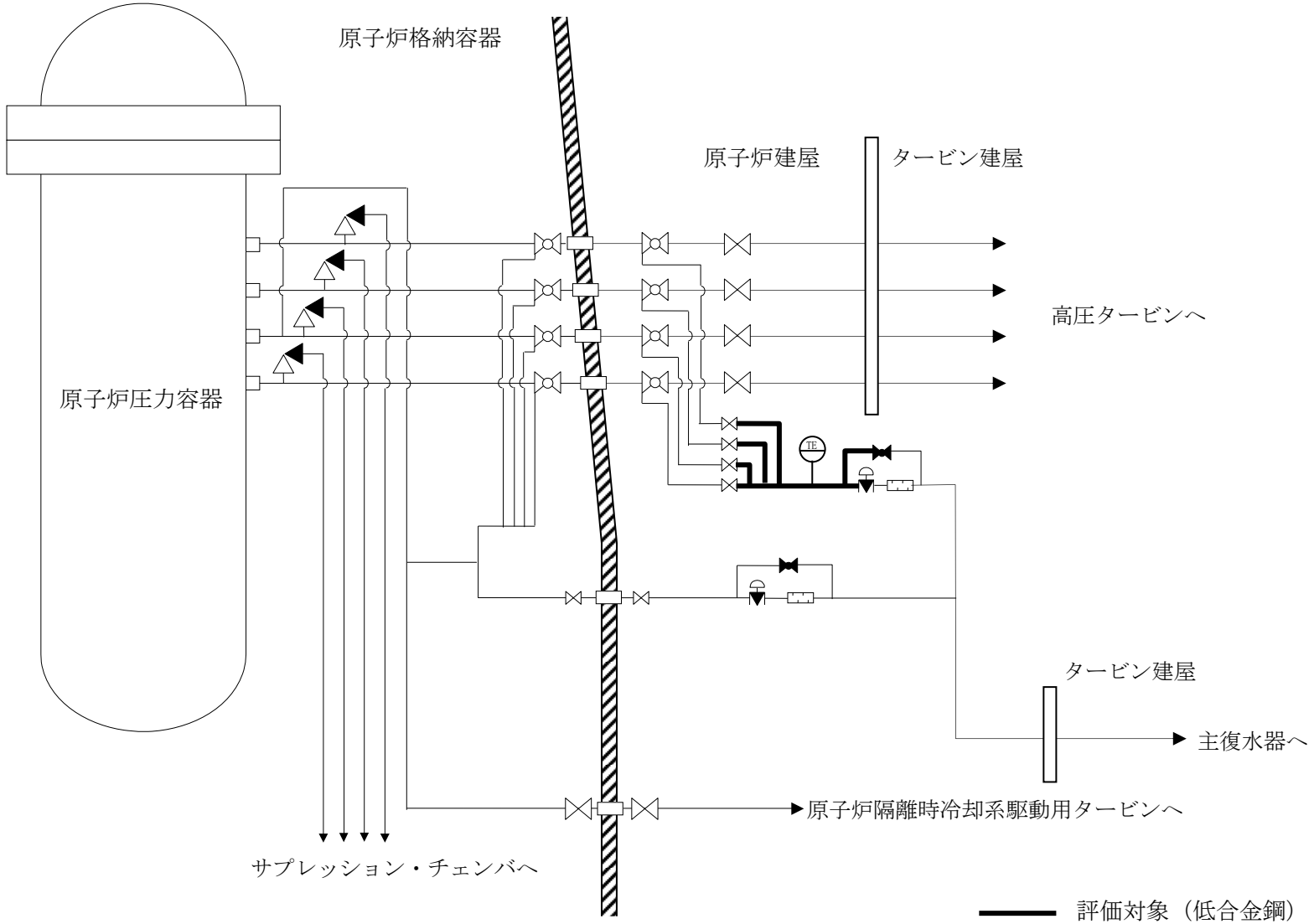


図 2.1-3　原子炉系系統図

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

低合金鋼配管系の機能である流体の流路確保機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

低合金鋼配管系について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

低合金鋼配管には，消耗品及び定期取替品はない。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 配管の腐食（液滴衝撃エロージョン）［給水加熱器ドレン系，原子炉系］

蒸気とともに加速され高速になった液滴が配管の壁面などに衝突する部位，配管内での減圧沸騰により発生した蒸気の体積膨張により加速された液滴が配管の壁面などに衝突する部位では，腐食（液滴衝撃エロージョン）による減肉が想定される。

配管の腐食（液滴衝撃エロージョン）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，減肉傾向を把握している。

また，必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し，その結果に応じて次回測定又は取替を行うこととしている。

したがって，配管の腐食（液滴衝撃エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［給水加熱器ドレン系，気体廃棄物処理系］

サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）［共通］

埋込金物（大気接触部）は炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. オイルスナッバ，ハンガ，ラグ及びレストレイントの腐食（全面腐食）［共通］

オイルスナッバ（給水加熱器ドレン系，気体廃棄物処理系のみ），ハンガ（給水加熱器ドレン系，気体廃棄物処理系のみ），ラグ及びレストレイントは炭素鋼又は低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，オイルスナッバ，ハンガ，ラグ及びレストレイントの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 配管の腐食（流れ加速型腐食）［給水加熱器ドレン系，原子炉系］

常時流れがある高温の純水環境及び蒸気環境のエルボ部，分岐部及びレジューサ部等の流れの乱れが起きる箇所は腐食（流れ加速型腐食）の発生が想定されるが，低合金鋼配管は耐食性に優れているため，腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

なお，配管の腐食（流れ加速型腐食）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認している。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. オイルスナッバ及びハンガの機能低下[給水加熱器ドレン系，気体廃棄物処理系]

オイルスナッバ及びハンガは，長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については起動・停止等の想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な機能低下は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，オイルスナッバ及びハンガの機能低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ラグ及びレストレイントの疲労割れ[共通]

ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッバを使用することとしている。

このため，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，ラグ及びレストレイントの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 配管の高サイクル疲労割れ[共通]

小口径配管のソケット溶接部は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，これまでの運転で低合金鋼配管系に高サイクル疲労割れの事例はなく，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れが発生する可能性はない。

さらに，2002 年に発生した関西電力美浜原子力発電所 3 号機小口径配管不具合の水平展開として，運転時間の短い小口径配管のソケット溶接部に対して疲労評価を実施しており，疲労評価上応力が高い場合はサポートの改造を実施している。また，併せて浸透探傷検査及び目視点検を実施しており，有意な欠陥は認められていない。

振動の状態は経年的に変化するものではなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 配管のクリープ［気体廃棄物処理系］

気体廃棄物処理系配管の最高使用温度は 538 ℃でありクリープが想定されるが，運転温度は約 290 ℃であり，熱クリープの発生開始温度 370 ℃より低いため，クリープが発生する可能性はない。

したがって，気体廃棄物処理系配管のクリープは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［共通］

埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長時間を要する。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 基礎ボルトの樹脂の劣化（後打ちケミカルアンカ）［共通］

基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

表 2.2-1(1/3)　給水加熱器ドレン系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		低合金鋼		△*1*2	▲*3					*1：液滴衝撃エロージョン *2：流れ加速型腐食 *3：高サイクル疲労割れ *4：機能低下 *5：大気接触部 *6：コンクリート埋設部 *7：樹脂の劣化
機器の支持	支持	オイルスナッバ		炭素鋼		△					△*4	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*4	
		ラグ		低合金鋼,炭素鋼		△	△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*5 ▲*6						
		基礎ボルト		炭素鋼,樹脂		△				▲*7		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/3)　気体廃棄物処理系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		低合金鋼			▲*1				▲*2	*1：高サイクル疲労割れ *2：クリープ *3：機能低下 *4：大気接触部 *5：コンクリート埋設部 *6：樹脂の劣化
機器の支持	支持	オイルスナッバ		炭素鋼		△					△*3	
		ハンガ		炭素鋼		△					△*3	
		ラグ		炭素鋼		△	△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		サポート取付ボルト・ナット		炭素鋼		△						
		埋込金物		炭素鋼		△*4 ▲*5						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*6		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(3/3)　原子炉系配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	配管		低合金鋼		△*1*2	▲*3					*1：液滴衝撃エロージョン *2：流れ加速型腐食 *3：高サイクル疲労割れ *4：大気接触部 *5：コンクリート埋設部 *6：樹脂の劣化
		温度計ウェル		ステンレス鋼								
機器の支持	支持	ラグ		低合金鋼		△	△					
		レストレイント		炭素鋼		△	△					
		埋込金物		炭素鋼		△*4 ▲*5						
		基礎ボルト		炭素鋼，樹脂		△				▲*6		

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器への技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① タービングランド蒸気系
② 所内蒸気系
③ 抽気系
④ タービン補助蒸気系
⑤ 給水加熱器ベント系
⑥ 原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様，設計上及び運転経験から，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 基礎ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，基礎ボルトの健全性については，「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めない。

b. 配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）［給水加熱器ベント系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系］

代表機器と同様，蒸気とともに加速され高速になった液滴が配管の壁面などに衝突する部位，配管内での減圧沸騰により発生した蒸気の体積膨張により加速された液滴が配管の壁面などに衝突する部位では，腐食（液滴衝撃エロージョン）による減肉が想定される。

配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，減肉傾向を把握している。

また，必要最小肉厚に達するまでの余寿命を算出し，その結果に応じて次回測定又は取替を行うこととしている。

したがって，配管及びオリフィスの腐食（液滴衝撃エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，サポート取付ボルト・ナットは炭素鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，サポート取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，埋込金物（大気接触部）は腐食が発生する可能性があるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，埋込金物（大気接触部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ラグ，レストレイント，オイルスナッバ及びハンガの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，ラグ，レストレイント，オイルスナッバ及びハンガは炭素鋼又は低合金鋼であることから，腐食の発生が想定されるが，表面は塗装を施しており，塗膜が健全であれば，腐食が発生する可能性は小さい。

また，目視点検にて塗膜の状態を確認し，はく離等が認められた場合は必要に応じ補修を実施している。

したがって，ラグ，レストレイント，オイルスナッバ及びハンガの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）［所内蒸気系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系］

フランジボルト・ナットは，炭素鋼又は低合金鋼であり，腐食の発生が想定される。

しかしながら，目視点検を実施しており，腐食が認められた場合は必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，フランジボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 配管の腐食（流れ加速型腐食）［共通］

代表機器と同様，常時流れがある高温の純水環境及び蒸気環境のエルボ部，分岐部及びレジューサ部等の流れの乱れが起きる箇所は腐食（流れ加速型腐食）の発生が想定されるが，低合金鋼配管は耐食性に優れているため，腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

なお，配管の腐食（流れ加速型腐食）に対しては，社内規程「配管肉厚管理マニュアル」に基づき，配管材質条件及び内部流体の環境条件を考慮して点検箇所を選定し，肉厚測定又は放射線透過検査にて，有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認している。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ラグ及びレストレイントの疲労割れ［共通］

代表機器と同様，ラグ及びレストレイントは，設計段階において，配管の熱応力を考慮して拘束点を選定しており，熱応力が過大になる場合はスナッバを使用することとしている。

このため，ラグ及びレストレイントが熱応力により，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な割れは認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，ラグ及びレストレイントの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. オイルスナッバ及びハンガの機能低下［共通］

代表機器と同様，オイルスナッバ及びハンガは，長期にわたる摺動の繰り返しや荷重作用等により，機能低下が想定されるが，ピン等の摺動部材については起動・停止等の想定される配管熱移動による摺動回数は少なく，著しい摩耗が生じる可能性は小さい。

また，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いため，へたりが進行する可能性は小さい。

なお，定期的に目視点検を実施しており，これまで有意な機能低下は認められていない。

したがって，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，オイルスナッバ及びハンガの機能低下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 配管の高サイクル疲労割れ［共通］

代表機器と同様，小口径配管のソケット溶接部は，ポンプの機械・流体振動による繰り返し応力により高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，これまでの運転で低合金鋼配管系に高サイクル疲労割れの事例はなく，振動の状態は経年的に変化するものではないことから，高サイクル疲労割れが発生する可能性はない。

さらに，2002 年に発生した関西電力美浜原子力発電所 3 号機小口径配管不具合の水平展開として，運転時間の短い小口径配管のソケット溶接部に対して疲労評価を実施しており，疲労評価上応力が高い場合はサポートの改造を実施している。また，併せて浸透探傷検査及び目視点検を実施しており，有意な欠陥は認められていない。

振動の状態は経年的に変化するものではなく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難いことから，配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. オリフィスの異物付着[給水加熱器ベント系，原子炉給水ポンプ駆動用蒸気タービン系]

オリフィスに異物が付着することにより，顕著な性能低下が想定される。

しかしながら，これまでの運転経験で異物付着による性能低下は認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，オリフィスの異物付着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，埋込金物（コンクリート埋設部）は炭素鋼であるため腐食の発生が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるため，コンクリートが中性化に至り埋込金物に有意な腐食が発生するまで長時間を要する。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

東海第二発電所
弁の技術評価書

（運転を断続的に行うことを前提とした評価）

日本原子力発電株式会社

本評価書は，東海第二発電所（以下，「東海第二」という）で使用している安全上重要な弁（重要度分類審査指針におけるクラス 1 及びクラス 2 に該当する弁），高温・高圧の環境下にあるクラス 3 の弁及び常設重大事故等対処設備に属する弁について，運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表 1 に，機能を表 2 に示す。

評価対象機器を型式，弁箱材料，内部流体等でグループ化し，それぞれのグループから，重要度，運転状態，最高使用温度等の観点から代表機器を選定し技術評価を行った後，代表以外の機器について評価を展開している。

本評価書は弁本体及び弁駆動部の型式等をもとに，以下の 14 章で構成されている。

弁本体

1. 仕切弁
2. 玉形弁
3. 逆止弁
4. バタフライ弁
5. 安全弁
6. ボール弁
7. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁
8. 主蒸気隔離弁
9. 主蒸気逃がし安全弁
10. 爆破弁
11. 破壊板
12. 制御弁

弁駆動部

13. 電動弁用駆動部
14. 空気作動弁用駆動部

ここで，弁型式からは主蒸気隔離弁は玉形弁に，主蒸気逃がし安全弁は安全弁に，原子炉再循環ポンプ流量制御弁はボール弁に，爆破弁は仕切弁に属することになるが，構造の複雑さと特殊性を考慮し，玉形弁，安全弁，ボール弁，仕切弁には分類せず単独で評価している。

また，主蒸気止め弁，主蒸気加減弁等の主タービン系の特殊弁及びタービン系（電気式油圧制御装置，原子炉給水ポンプ駆動タービン，原子炉隔離時冷却系タービン）の弁は「タービン設備の技術評価書」，非常用ディーゼル機関のうち海水系弁を除く補機弁，可燃性ガス濃度制御系のうち再結合装置内弁，水圧制御ユニット系弁，一部の制御用圧縮空気系弁，廃棄物処理設備系弁及び補助ボイラー設備系弁は「機械設備の技術評価書」，真空破壊弁は「容器（原子炉格納容器）の技術評価書」，原子炉建屋隔離弁は「空調の技術評価書」，各ポンプの潤滑油系弁は「ポンプの技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

なお，文書中の単位の記載は，原則として SI 単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表１　(1/7)　評価対象機器一覧

分類（型式）	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
仕切弁	炭素鋼	純水	制御棒駆動系
			残留熱除去系
			原子炉冷却材浄化系
			高圧炉心スプレイ系
			低圧炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			復水系
			給水系
			給水加熱器ドレン系
			補助系
			重大事故等対処設備*2
		冷却水*1	原子炉補機冷却系
			ドライウェル冷却系
		蒸気	原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系
			タービン主蒸気系
			タービン補助蒸気系
			タービングランド蒸気系
			気体廃棄物処理系
			所内蒸気系
			抽気系
			重大事故等対処設備*2
		ガス	原子炉隔離時冷却系
			可燃性ガス濃度制御系
			気体廃棄物処理系
			重大事故等対処設備*2
		海水	残留熱除去海水系
			非常用ディーゼル発電機海水系
			高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
			重大事故等対処設備*2
	鋳鉄	海水	残留熱除去海水系
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系
			ほう酸水注入系
			残留熱除去系
			原子炉冷却材浄化系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉再循環系
			補助系
		五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
	低合金鋼	蒸気	原子炉系

*1：冷却水（防錆剤入り純水）
*2：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表１　(2/7)　評価対象機器一覧

分類（型式）	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
玉形弁	炭素鋼	純水	制御棒駆動系
			残留熱除去系
			高圧炉心スプレイ系
			低圧炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
			燃料プール冷却浄化系
			給水系
			重大事故等対処設備*1
		蒸気	原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			タービン補助蒸気系
		ガス	可燃性ガス濃度制御系
			不活性ガス系*1
			制御用圧縮空気系
			試料採取系
			重大事故等対処設備*1
		海水	非常用ディーゼル発電機海水系
			高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
			重大事故等対処設備*1
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系
			ほう酸水注入系
			残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉再循環系
			原子炉冷却材浄化系
			燃料プール冷却浄化系
			格納容器雰囲気監視系
			不活性ガス系
			事故時サンプリング設備
			重大事故等対処設備*1
		ガス	不活性ガス系
			制御用圧縮空気系
			重大事故等対処設備*1
		海水	残留熱除去海水系
		五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
	青銅鋳物	海水	残留熱除去海水系
			高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系

*1：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表１　(3/7)　評価対象機器一覧

分類（型式）	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
逆止弁	炭素鋼	純水	制御棒駆動系
			残留熱除去系
			高圧炉心スプレイ系
			低圧炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉系
			原子炉冷却材浄化系
			復水系
			給水系
			給水加熱器ドレン系
			重大事故等対処設備*1
		蒸気	原子炉隔離時冷却系
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系
			抽気系
			所内蒸気系
			重大事故等対処設備*1
		海水	非常用ディーゼル発電機海水系
			高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
			重大事故等対処設備*1
	ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系
			ほう酸水注入系
			残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉再循環系
			原子炉冷却材浄化系
			燃料プール冷却浄化系
			重大事故等対処設備*1
		五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
		ガス	中性子計装系
			原子炉系
			制御用圧縮空気系
			サプレッション・プール水 pH 制御装置*1
			重大事故等対処設備*1
		海水	残留熱除去海水系
			浸水防護施設*1
バタフライ弁	炭素鋼	ガス	不活性ガス系
			非常用ガス処理系
			非常用ガス再循環系
			重大事故等対処設備*1
		海水	非常用ディーゼル発電機海水系
			高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
			重大事故等対処設備*1
	ステンレス鋼	ガス	重大事故等対処設備*1

*1：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表１　(4/7)　評価対象機器一覧

分類（型式）	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
安全弁	炭素鋼	純水	残留熱除去系
			高圧炉心スプレイ系
			低圧炉心スプレイ系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
			可燃性ガス濃度制御系
			タービングランド蒸気系
			復水系
			給水系
			空気抽出系
		蒸気	タービン補助蒸気系
			タービングランド蒸気系
			給水加熱器ベント系
	ステンレス鋼	純水	残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉再循環系
			原子炉冷却材浄化系
		蒸気	気体廃棄物処理系
		ガス	制御用圧縮空気系
		五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
	青銅鋳物	海水	残留熱除去海水系
ボール弁	ステンレス鋼	ガス	中性子計装系
			原子炉冷却材浄化系*1
		純水	原子炉冷却材浄化系
原子炉再循環ポンプ流量制御弁	ステンレス鋳鋼	純水	原子炉再循環系
主蒸気隔離弁	炭素鋼	蒸気	原子炉系
主蒸気逃がし安全弁	炭素鋼鋳鋼	蒸気	原子炉系
爆破弁	ステンレス鋼	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系
破壊板	ステンレス鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系
			気体廃棄物処理系
		ガス	重大事故等対処設備*2

*1：原子炉冷却材浄化系に供給される制御用圧縮空気

*2：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表１　(5/7)　評価対象機器一覧

分類（型式）	分類基準		当該系統
	弁箱材料	内部流体	
制御弁	炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系
			復水系
			給水系
			中央制御室換気系
		蒸気	不活性ガス系
			タービングランド蒸気系
			復水移送系
			バッテリー室換気系
			気体廃棄物処理系
	ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系
		ガス	制御用圧縮空気系
			重大事故等対処設備[*1]
	低合金鋼	純水	原子炉隔離時冷却系
			給水系
			給水加熱器ドレン系
		蒸気	所内蒸気系

*1：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表１　(6/7)　評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統
	電源	設置場所	
電動弁用駆動部	交流	原子炉格納容器内	原子炉系
			原子炉再循環系
			残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
		原子炉格納容器外	原子炉系
			原子炉冷却材浄化系
			ほう酸水注入系
			残留熱除去系
			残留熱除去海水系
			高圧炉心スプレイ系
			低圧炉心スプレイ系
			可燃性ガス濃度制御系
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系
			原子炉補機冷却系
			燃料プール冷却浄化系
			制御用圧縮空気系
			不活性ガス系
			格納容器雰囲気監視系
			事故時サンプリング設備
			中央制御室換気系
			ドライウェル冷却系
			空気抽出系
			気体廃棄物処理系
			重大事故等対処設備*1
	直流	原子炉格納容器外	原子炉系
			残留熱除去系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
			重大事故等対処設備*1

*1：新規に設置される系統

表１　(7/7)　評価対象機器一覧

分類	分類基準		当該系統
	型式	設置場所	
空気作動弁用駆動部	ダイヤフラム型	原子炉格納容器外	中央制御室換気系
			原子炉隔離時冷却系
			原子炉冷却材浄化系
	シリンダ型	原子炉格納容器内	原子炉再循環系
		原子炉格納容器外	不活性ガス系
			原子炉再循環系
			補助系
			原子炉系
			ほう酸水注入系
			漏えい検出系
			主蒸気隔離弁漏えい抑制系
			原子炉隔離時冷却系
			非常用ガス処理系
			非常用ガス再循環系
			原子炉再循環流量制御系
			原子炉冷却材浄化系
			格納容器雰囲気監視系
			気体廃棄物処理系

表 2　(1/3)　評価対象機器の機能

弁（系統名）	主な機能
中性子計装系弁	炉心内の中性子束分布を測定・監視する系統を構成する弁である。
制御棒駆動系弁	制御棒の駆動に必要な高圧の駆動水を供給する系統を構成する弁である。
ほう酸水注入系弁	制御棒が挿入不可の際，中性子吸収能力の高いほう酸(五ほう酸ナトリウム水)を注入して原子炉を保護する系統を構成する弁である。
残留熱除去系弁	原子炉を停止した後，原子炉冷却材の冷却（崩壊熱除去）や非常時に炉水位を維持する系統を構成する弁である。
残留熱除去海水系弁	主として残留熱除去系熱交換器に冷却用海水を供給する系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイ系弁	冷却材喪失事故時に原子炉に復水貯蔵タンク水及びサプレッション・プール水をスプレイする系統を構成する弁である。
低圧炉心スプレイ系弁	冷却材喪失事故時に原子炉にサプレッション・プール水をスプレイする系統を構成する弁である。
原子炉隔離時冷却系弁	原子炉隔離時に，主蒸気によりタービン駆動のポンプを起動して原子炉に送水し，水位低下を防ぐ系統を構成する弁である。
非常用ガス再循環系弁	事故発生時，自動的に常用換気系を閉鎖すると共に原子炉建屋内を負圧に保ち，放射性物質の外部放出を低減する系統を構成する弁である。
非常用ガス処理系弁	事故発生時，原子炉建屋内の空気を処理し，排気筒から放出する系統を構成する弁である。
原子炉系弁	原子炉圧力容器への給水及び原子炉圧力容器からタービン主蒸気系までの系統を構成する弁である。
原子炉再循環系弁	原子炉の出力制御を行う原子炉再循環系統を構成する弁である。
原子炉再循環流量制御系弁	原子炉再循環ポンプ流量制御弁を駆動するための制御油圧系統を構成する弁である。
主蒸気隔離弁漏えい抑制系弁	主蒸気管破断などの事故時における主蒸気隔離弁閉止後，タービン建屋側への原子炉蒸気の漏えいを抑制する系統を構成する弁である。
原子炉冷却材浄化系弁	原子炉及び原子炉冷却材再循環系統の水質保持の為，ろ過及びイオン交換を行う系統を構成する弁である。
燃料プール冷却浄化系	使用済燃料プール水の一部をろ過・脱塩し，水質の維持を行う系統を構成する弁である。
原子炉補機冷却系弁	原子炉建屋内にある補機(ポンプ軸受等)の冷却用に海水と熱交換した冷却水を循環させる系統を構成する弁である。
漏えい検出系弁	原子炉格納容器内の一次冷却水又は蒸気の漏えいを検出するために，原子炉格納容器内の気体を原子炉建屋内に設置された漏えい検出装置に導く系統を構成する弁である。
格納容器雰囲気監視系弁	原子炉格納容器内の水素濃度及び酸素濃度を測定して中央制御室に指示記録する系統を構成する弁である。
可燃性ガス濃度制御系弁	原子炉冷却材喪失事故時，水素濃度を安全な濃度以下になるよう処理する系統を構成する弁である。

表 2　(2/3)　評価対象機器の機能

弁（系統名）	主な機能
不活性ガス系弁	原子炉格納容器内を窒素ガスで置換し，運転中の酸素濃度を管理値内に保持する系統を構成する弁である。
ドライウェル冷却系弁	ドライウェルの冷却及び除湿を行う系統を構成する弁である。
タービン主蒸気系弁	原子炉系からの主蒸気をタービンへ供給するための系統を構成する弁である。
抽気系弁	主タービンの駆動蒸気の一部を取り出し，原子炉へ給水する水を加熱し，給水温度を高めることにより，熱効率を向上させる系統を構成する弁である。
タービン補助蒸気系弁	空気抽出器等の駆動蒸気を供給する系統を構成する弁である。
タービングランド蒸気系弁	蒸化器からタービンのグランドシール蒸気を供給し，グランド蒸気復水器を介して排ガスとドレンに分離，処理する系統を構成する弁である。
復水系弁	復水器で凝縮した純水を再び原子炉へ供給する系統のうち，復水器から給水ポンプ入口までの系統を構成する弁である。
給水系弁	復水器で凝縮した純水を再び原子炉へ供給する系統のうち，給水ポンプから原子炉までの系統を構成する弁である。
空気抽出系弁	復水器内の非凝縮性ガスを抽出し，復水器の真空を維持する系統を構成する弁である。
給水加熱器ドレン系弁	給水加熱器において原子炉給水と抽気との熱交換によって凝縮したドレン水を処理する系統を構成する弁である。
給水加熱器ベント系弁	給水加熱器における熱交換後の非凝縮蒸気及び余剰蒸気を復水器へ導く系統を構成する弁である。
非常用ディーゼル発電機海水系弁	非常用ディーゼル発電機の機関作動時に，過熱を防止するため冷却水（海水）を供給する系統を構成する弁である。
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系弁	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の機関作動時に，過熱を防止するため冷却水（海水）を供給する系統を構成する弁である。
復水移送系弁	復水貯蔵タンクから復水移送ポンプにより各建屋に送水する系統を構成する弁である。
補助系弁	原子炉格納容器内にて発生するドレン水を原子炉建屋内に設置されたサンプタンクに導く系統を構成する弁である。
中央制御室換気系弁	中央制御室等の室温を一定に保たれるようにし，非常時には外気を取り入れずにフィルタを通して再循環運転する系統を構成する弁である。
バッテリー室換気系弁	ケーブル処理室及びバッテリー室への給排気を行う系統を構成する弁である。
制御用圧縮空気系弁	各建屋内における空気作動の装置及び制御器に圧縮空気を供給する系統を構成する弁である。
所内蒸気系弁	供給された蒸気を，タンクの加熱，空調用等に移送する系統を構成する弁である。

表 2　(3/3)　評価対象機器の機能

弁（系統名）	主な機能
試料採取系弁	発電所機器の運転状況を監視する系統を構成する弁である。
事故時サンプリング設備の弁	冷却材喪失事故時等に，放射性障壁の健全性を確認することを目的として，原子炉冷却材及び原子炉格納容器雰囲気中の試料を採取する系統を構成する弁である。
気体廃棄物処理系弁	復水器の非凝縮ガス（水素･酸素）を空気抽出器で引き，再結合させ，活性炭ホールドアップ塔へ導く系統を構成する弁である。
サプレッション・プール水pH制御装置の弁	格納容器圧力逃がし装置を使用する際，サプレッション・プール水の酸性化防止及び核分裂生成物由来のよう素を補足するため，サプレッション・プール水の pH を制御する系統を構成する弁である。（ただし，対象は原子炉格納容器バウンダリのみ）
浸水防護施設の弁	取水口を経由した津波が，ドレン排出配管等から海水ポンプ室に流入するのを防止する弁である。
重大事故等対処設備の弁	設計基準事故対処設備の有する原子炉の冷却機能等が喪失した場合において，炉心の著しい損傷防止及び原子炉格納容器の破損防止等のため，サプレッション・プール水等を原子炉に注水する系統，最終ヒートシンクへ熱を輸送する系統及び原子炉格納容器内ガスをフィルタ装置へ導き，放射性物質を低減させ放出する系統等を構成する弁である。

1. 仕切弁

［対象系統］

① 制御棒駆動系
② ほう酸水注入系
③ 残留熱除去系
④ 残留熱除去海水系
⑤ 高圧炉心スプレイ系
⑥ 低圧炉心スプレイ系
⑦ 原子炉隔離時冷却系
⑧ 原子炉系
⑨ 原子炉再循環系
⑩ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑪ 原子炉冷却材浄化系
⑫ 原子炉補機冷却系
⑬ 可燃性ガス濃度制御系
⑭ ドライウェル冷却系
⑮ タービン主蒸気系
⑯ 抽気系
⑰ タービン補助蒸気系
⑱ タービングランド蒸気系
⑲ 復水系
⑳ 給水系
㉑ 給水加熱器ドレン系
㉒ 非常用ディーゼル発電機海水系
㉓ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
㉔ 補助系
㉕ 所内蒸気系
㉖ 気体廃棄物処理系
㉗ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 1-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 1-1
1.2 代表機器の選定..... 1-1
2. 代表機器の技術評価..... 1-5
2.1 構造，材料及び使用条件..... 1-5
2.1.1 原子炉給水止め弁..... 1-5
2.1.2 ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁..... 1-8
2.1.3 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁..... 1-11
2.1.4 可燃性ガス濃度制御系出口弁..... 1-14
2.1.5 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁..... 1-17
2.1.6 残留熱除去系熱交換器海水出口弁..... 1-20
2.1.7 原子炉再循環ポンプ出口弁..... 1-23
2.1.8 ほう酸水注入系ポンプ出口弁..... 1-26
2.1.9 主蒸気隔離弁第3弁..... 1-29
2.2 経年劣化事象の抽出..... 1-32
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 1-32
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 1-32
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 1-33
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 1-48
3. 代表機器以外への展開..... 1-56
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 1-57
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 1-58

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な仕切弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの仕切弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし，仕切弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，鋳鉄，ステンレス鋼，低合金鋼に分類され，内部流体は純水，冷却水（防錆剤入り純水），蒸気，ガス（空気，窒素ガス等），海水，五ほう酸ナトリウム水に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 純水系炭素鋼仕切弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，制御棒駆動系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，復水系，給水系，給水加熱器ドレン系，補助系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態の厳しい原子炉給水止め弁を代表機器とする。

(2) 冷却水系炭素鋼仕切弁（内部流体：冷却水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉補機冷却系及びドライウェル冷却系が属するが，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力が同等であるため，口径の大きいドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁を代表機器とする。

(3) 蒸気系炭素鋼仕切弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，タービン主蒸気系，タービン補助蒸気系，タービングランド蒸気系，気体廃棄物処理系，所内蒸気系，抽気系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力が同等であるため，口径の大きい原子炉隔離時冷却系内側隔離弁を代表機器とする。

(4) ガス系炭素鋼仕切弁（内部流体：ガス，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系，可燃性ガス濃度制御系，気体廃棄物処理系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は，運転状態が同等であるため，最高使用温度，最高使用圧力が高く，口径の大きい可燃性ガス濃度制御系出口弁を代表機器とする。

(5) 海水系炭素鋼仕切弁（内部流体：海水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，残留熱除去海水系，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径が同等であるため，当該系統のポンプ容量が大きい非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁を代表機器とする。

(6) 海水系鋳鉄仕切弁（内部流体：海水，弁箱材料：鋳鉄）

このグループは，残留熱除去海水系のみであり，重要度，運転状態が同等であるため最高使用温度の高い残留熱除去系熱交換器海水出口弁を代表機器とする。

(7) 純水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，制御棒駆動系，ほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系及び補助系が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度及び最高使用圧力の高い，原子炉再循環ポンプ出口弁を代表機器とする。

(8) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼仕切弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，ほう酸水注入系のみであり，重要度，運転状態，最高使用温度が同等であるため，最高使用圧力の高いほう酸水注入系ポンプ出口弁を代表機器とする。

(9) 蒸気系低合金鋼仕切弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：低合金鋼）

このグループは，原子炉系の主蒸気隔離弁第3弁のみであることから，これを代表機器とする。

表 1-1 (1/2)　仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
					使用条件				
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度*2	運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度 (℃)		
炭素鋼	純水	制御棒駆動系	20～50	高*3	連続	12.06	66		原子炉給水止め弁／重要度,運転状態
		残留熱除去系	50～600	MS-1/PS-1，重*4	一時	0.86～8.62	100～302		
		原子炉冷却材浄化系	100～150	PS-2	連続	8.62～9.80	66～302		
		高圧炉心スプレイ系	100～600	MS-1/PS-1，重*4	一時	0.70～10.69	100～302		
		低圧炉心スプレイ系	40～600	MS-1/PS-1，重*4	一時	0.70～8.62	100～302		
		原子炉隔離時冷却系	100～200	MS-1，重*4	一時	0.86～10.35	77～100		
		原子炉系	500～600	PS-1	連続	8.62～12.93	302	◎	
		復水系	450～650	高*3	連続	6.14	205		
		給水系	80～600	高*3	連続	6.14～15.51	205～233		
		給水加熱器ドレン系	50～500	高*3	連続	0.35～1.81	149～233		
		補助系	80	MS-1	連続	1.04	65		
		重大事故等対処設備*5	80～300	MS-1，重*4	一時	静水頭～10.70	66～174		
	冷却水*1	原子炉補機冷却系	200	MS-1	連続	0.86	66	◎	ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁／重要度,運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		ドライウェル冷却系	150	MS-1	連続	0.86	66		
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	40～350	MS-1/PS-1，重*4	一時	1.04～8.62	135～302	◎	原子炉隔離時冷却系内側隔離弁／重要度,運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		原子炉系	80	MS-1/PS-1	一時	8.62	302		
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	25～100	MS-1	一時	8.62	302		
		タービン主蒸気系	150	高*3	連続	8.62	302		
		タービン補助蒸気系	100	高*3	連続	2.46	225		
		タービングランド蒸気系	40～250	高*3	連続	0.35～8.62	124～302		
		気体廃棄物処理系	150～250	MS-2	連続	2.41	205		
		所内蒸気系	50～150	高*3	連続	0.35～8.62	124～302		
		抽気系	250～400	高*3	連続	1.04～1.82	210～233		
		重大事故等対処設備*5	100～350	重*4	一時	1.04～8.62	135～302		

*1：冷却水（防錆剤入り純水）
*2：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*3：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*4：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*5：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

表 1-1 (2/2)　仕切弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
					使用条件				
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度[*1]	運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度（℃）		
炭素鋼	ガス	原子炉隔離時冷却系	50	MS-1，重[*3]	一時	0.52	88		可燃性ガス濃度制御系出口弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		可燃性ガス濃度制御系	100～150	MS-1	一時	0.31	171	◎	
		気体廃棄物処理系	200～300	PS-2	連続	0.34～2.42	66～538		
		重大事故等対処設備[*5]	50～150	重[*3]	一時	0.3～0.86	66～105		
	海水	残留熱除去海水系	300～500	MS-1，重[*3]	一時	0.70～3.45	38～66		非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径，容量[*4]
		非常用ディーゼル発電機海水系	250	MS-1，重[*3]	一時	0.70	38～66	◎	
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	250	MS-1，重[*3]	一時	0.70	38～66		
		重大事故等対処設備[*5]	300～350	重[*3]	一時	2.45	38		
鋳鉄	海水	残留熱除去海水系	100～500	MS-1，重[*3]	一時	3.45	38～66	◎	残留熱除去系熱交換器海水出口弁／重要度，運転状態，最高使用温度
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	20～50	MS-1	連続	12.06	66～138		原子炉再循環ポンプ出口弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力
		ほう酸水注入系	40	高[*2]	一時	9.66	66		
		残留熱除去系	20～500	MS-1/PS-1，重[*3]	一時	8.62～10.69	302		
		原子炉冷却材浄化系	65～150	MS-1/PS-1	連続	8.62～9.80	302		
		原子炉隔離時冷却系	150	MS-1/PS-1，重[*3]	一時	10.70	302		
		原子炉再循環系	20～600	MS-1/PS-1	連続	8.62～12.06	66～302	◎	
		補助系	80	MS-1	連続	0.28	80		
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40～80	MS-1，重[*3]	一時	1.04～9.66	66	◎	ほう酸水注入系ポンプ出口弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力
低合金鋼	蒸気	原子炉系	650	PS-2	連続	8.62	302	◎	主蒸気隔離弁第3弁

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*4：選定基準が全て同等であることから，ポンプ容量の大きい系統を選定
　　非常用ディーゼル発電機海水ポンプ：272.6 m^3/h，高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ：232.8 m^3/h
*5：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では，１章で代表機器とした以下の９台の弁について技術評価を実施する。

① 原子炉給水止め弁
② ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁
③ 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁
④ 可燃性ガス濃度制御系出口弁
⑤ 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁
⑥ 残留熱除去系熱交換器海水出口弁
⑦ 原子炉再循環ポンプ出口弁
⑧ ほう酸水注入系ポンプ出口弁
⑨ 主蒸気隔離弁第３弁

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 原子炉給水止め弁

(1) 構造

東海第二の原子炉給水止め弁は，口径 500A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃の手動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

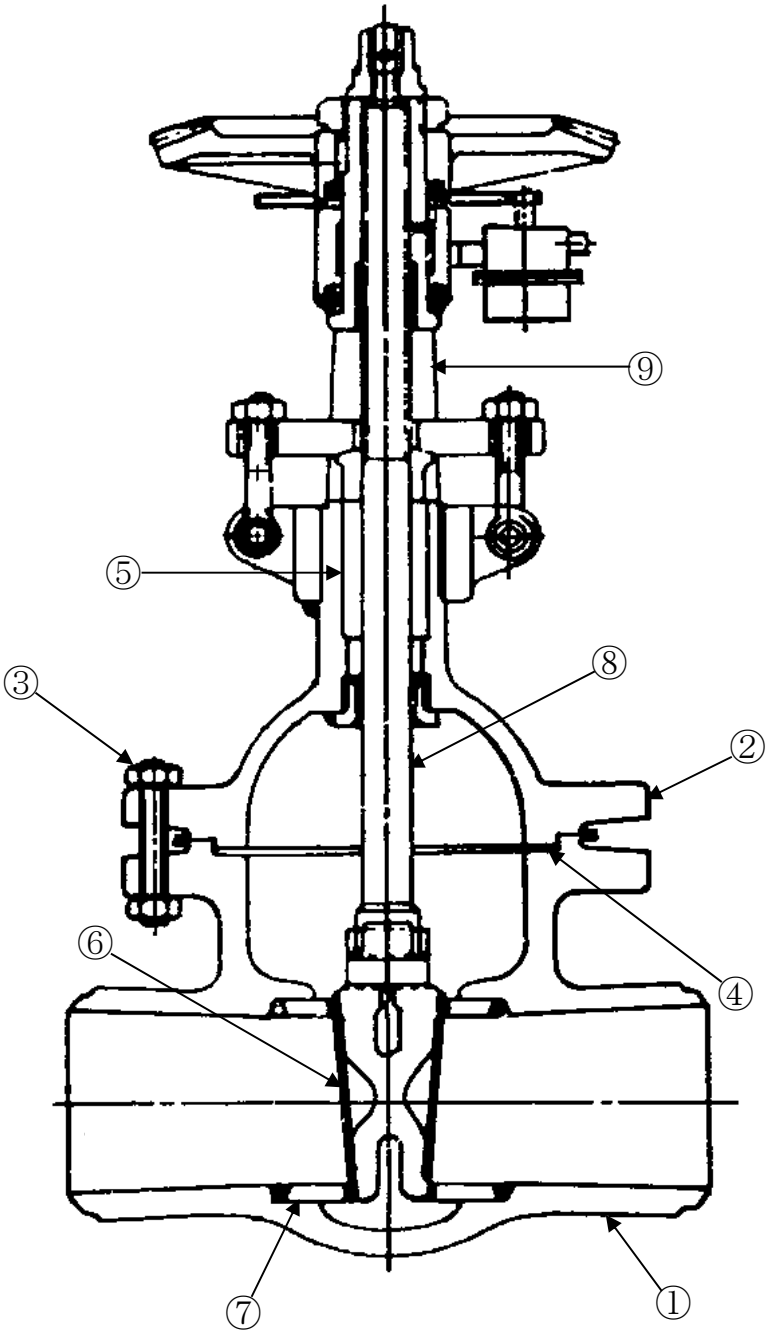
純水に接する弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉給水止め弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉給水止め弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	弁箱	⑥	弁体
②	弁ふた	⑦	弁座
③	ジョイントボルト・ナット	⑧	弁棒
④	ガスケット	⑨	ヨーク
⑤	グランドパッキン		

図 2.1-1 原子炉給水止め弁構造図

表 2.1-1　原子炉給水止め弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2　原子炉給水止め弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.2 ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁

(1) 構造

東海第二のドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁は，口径 200A，最高使用圧力 0.86 MPa，最高使用温度 66 ℃の電動弁であり，1 台設置されている。

弁本体は，冷却水（防錆剤入り純水）を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），冷却水（防錆剤入り純水）を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

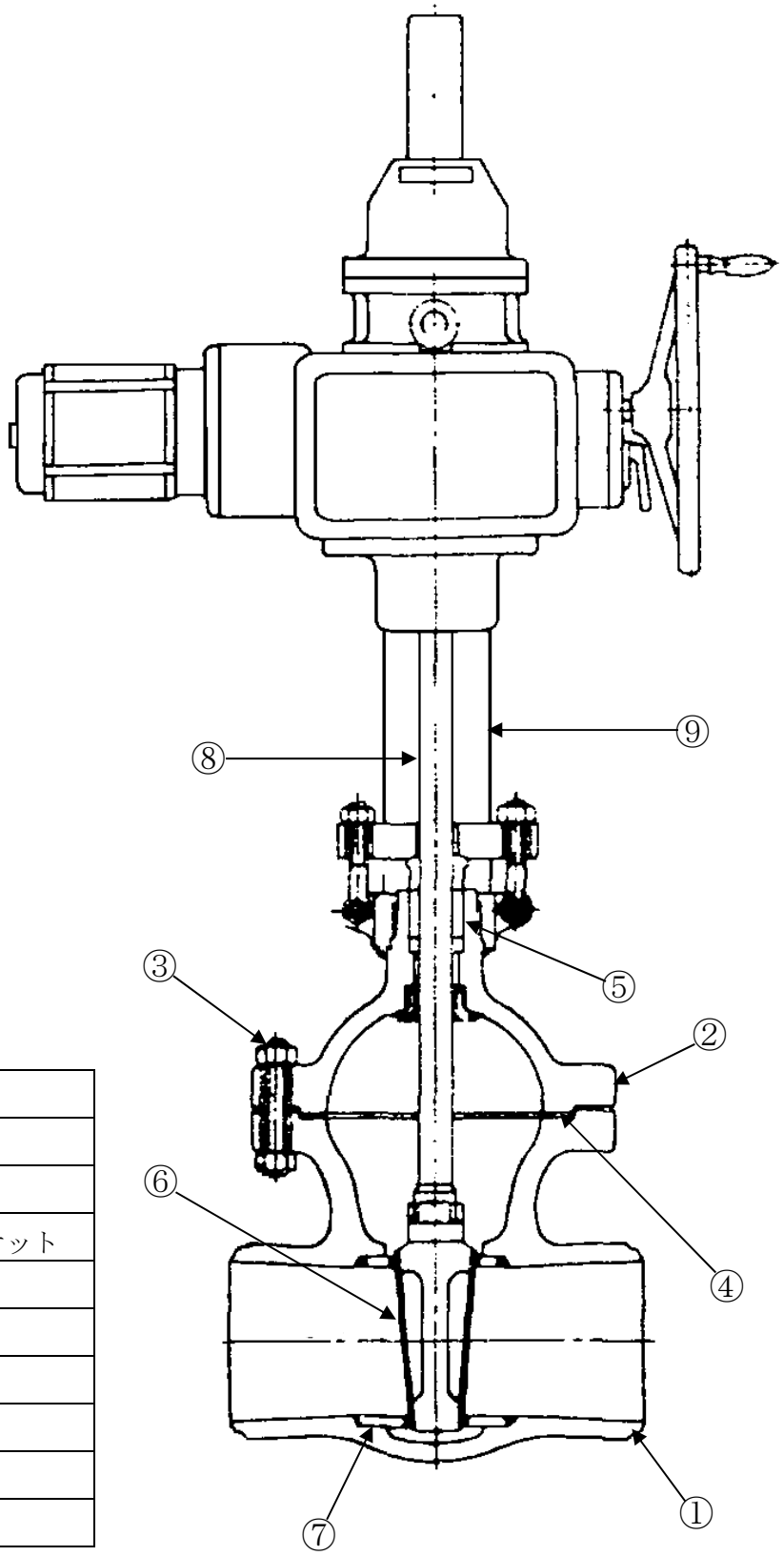
冷却水（防錆剤入り純水）に接する弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-2　ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁構造図

表 2.1-3　ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-4　ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁の使用条件

最高使用圧力	0.86 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	冷却水（防錆剤入り純水）

2.1.3 原子炉隔離時冷却系内側隔離弁

(1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系内側隔離弁は，口径 250A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃の電動弁であり，1 台設置されている。

弁本体は，蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），蒸気を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

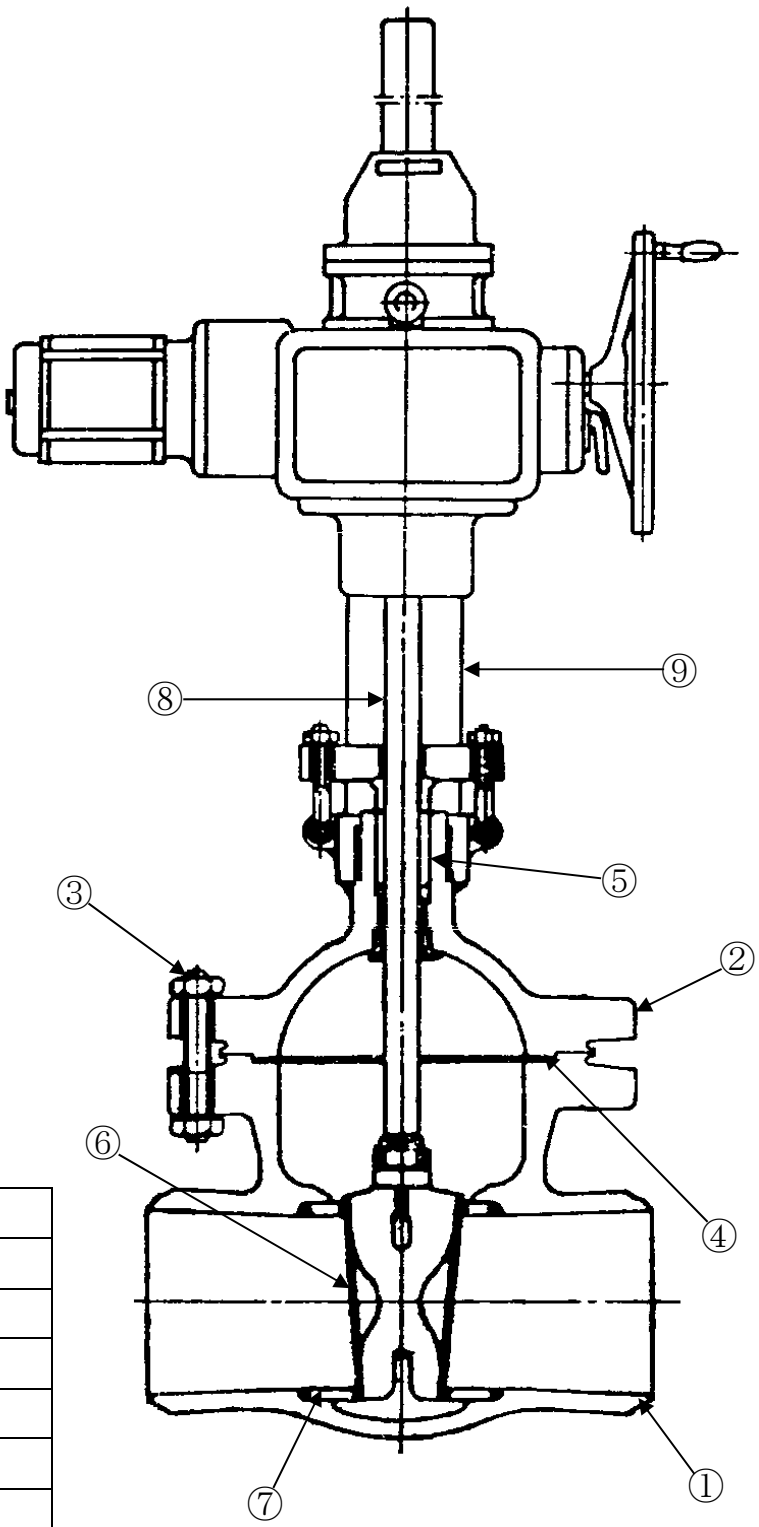
蒸気に接する弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉隔離時冷却系内側隔離弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉隔離時冷却系内側隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-3　原子炉隔離時冷却系内側隔離弁構造図

表 2.1-5　原子炉隔離時冷却系内側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6　原子炉隔離時冷却系内側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.1.4 可燃性ガス濃度制御系出口弁

(1) 構造

東海第二の可燃性ガス濃度制御系出口弁は，口径 150A，最高使用圧力 0.31 MPa，最高使用温度 171 ℃の電動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は，窒素を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），ガスを仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

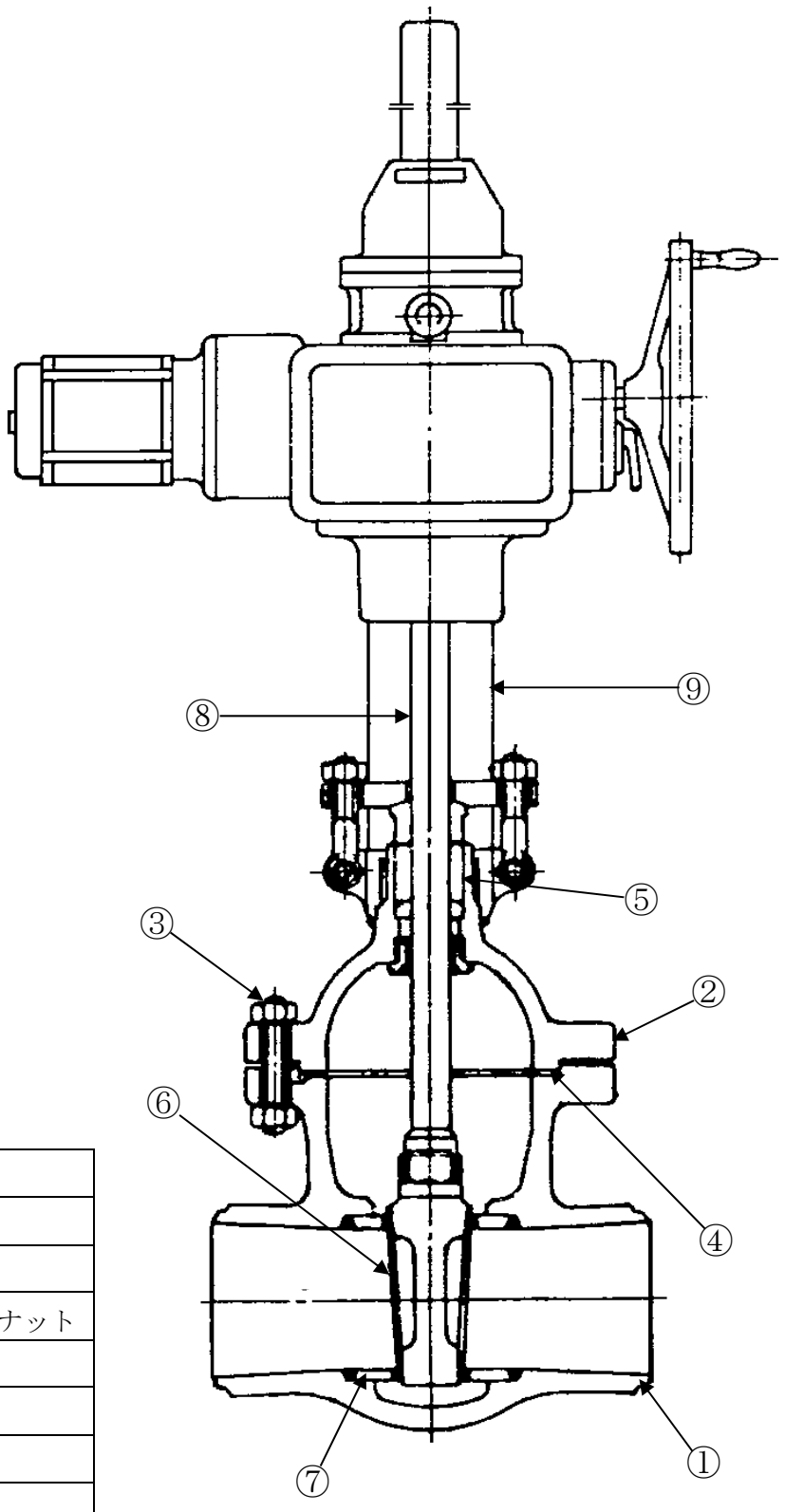
ガスに接する弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の可燃性ガス濃度制御系出口弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の可燃性ガス濃度制御系出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-4　可燃性ガス濃度制御系出口弁構造図

表 2.1-7　可燃性ガス濃度制御系出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-8　可燃性ガス濃度制御系出口弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	ガス

2.1.5 非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁

(1) 構造

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁は，口径 250A，最高使用圧力 0.70 MPa，最高使用温度 66 ℃の手動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は，海水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），海水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼が使用されており，内面にはフッ素樹脂ライニングが施されている。

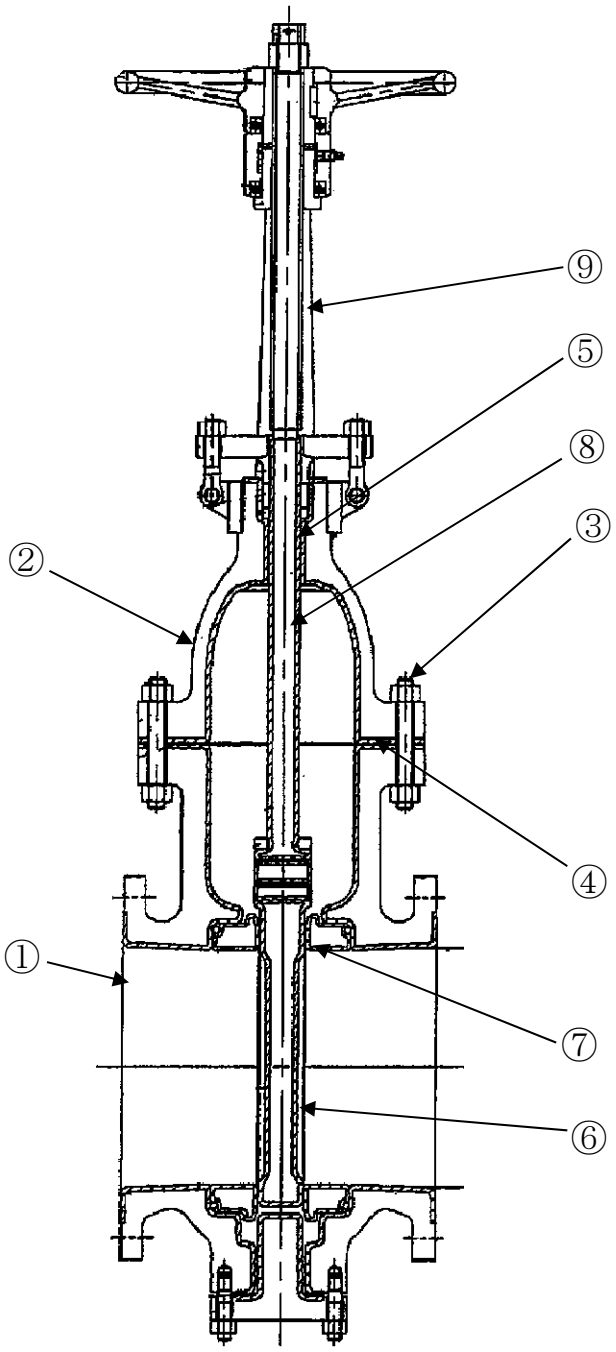
また，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-5　非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁構造図

表 2.1-9　非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		弁座	炭素鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（接液部フッ素樹脂ライニング）
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10　非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	海水

2.1.6　残留熱除去系熱交換器海水出口弁

(1) 構造

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口弁は，口径 500A，最高使用圧力 3.45 MPa，最高使用温度 66 ℃の手動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は，海水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），海水を仕切る隔離部（弁体，弁体シートリング，弁座シートリング）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

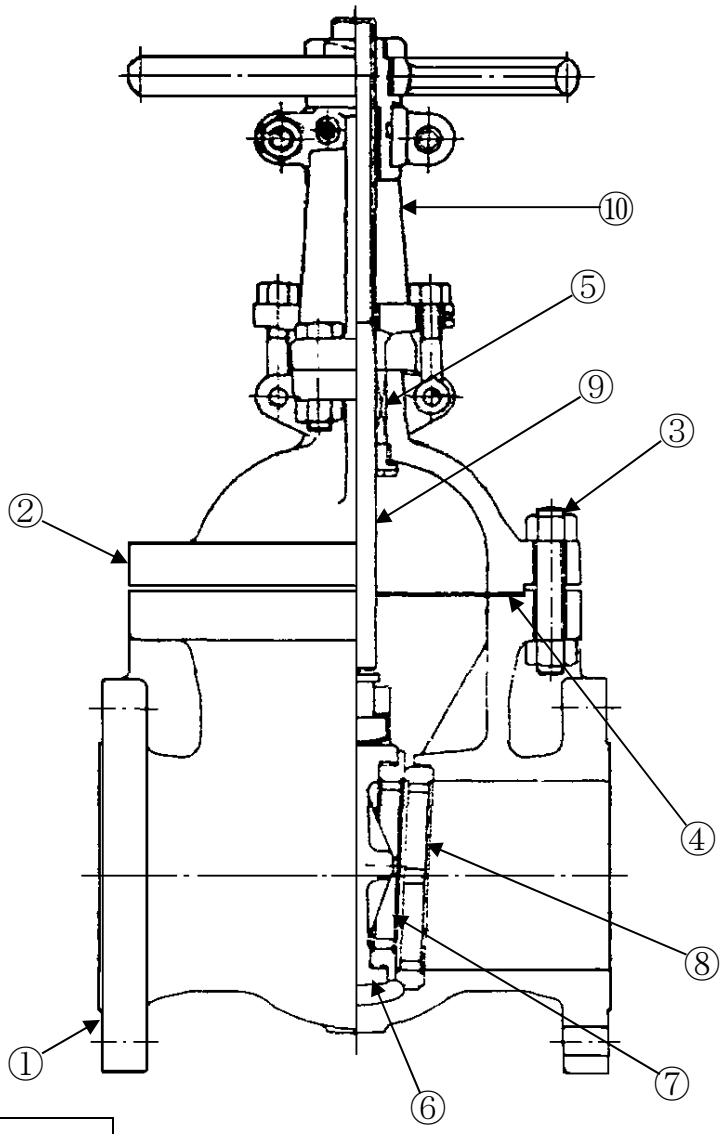
海水に接する弁箱，弁ふた，弁体は鋳鉄，弁体シートリング，弁座シートリングはステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁体シートリング
⑧	弁座シートリング
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図 2.1-6　残留熱除去系熱交換器海水出口弁構造図

表 2.1-11　残留熱除去系熱交換器海水出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	鋳鉄
		弁ふた	鋳鉄
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	鋳鉄
		弁体シートリング	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁座シートリング	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	鋳鉄

表 2.1-12　残留熱除去系熱交換器海水出口弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	海水

2.1.7 原子炉再循環ポンプ出口弁

(1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプ出口弁は，口径 600A，最高使用圧力 11.38 MPa，最高使用温度 302 ℃の電動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

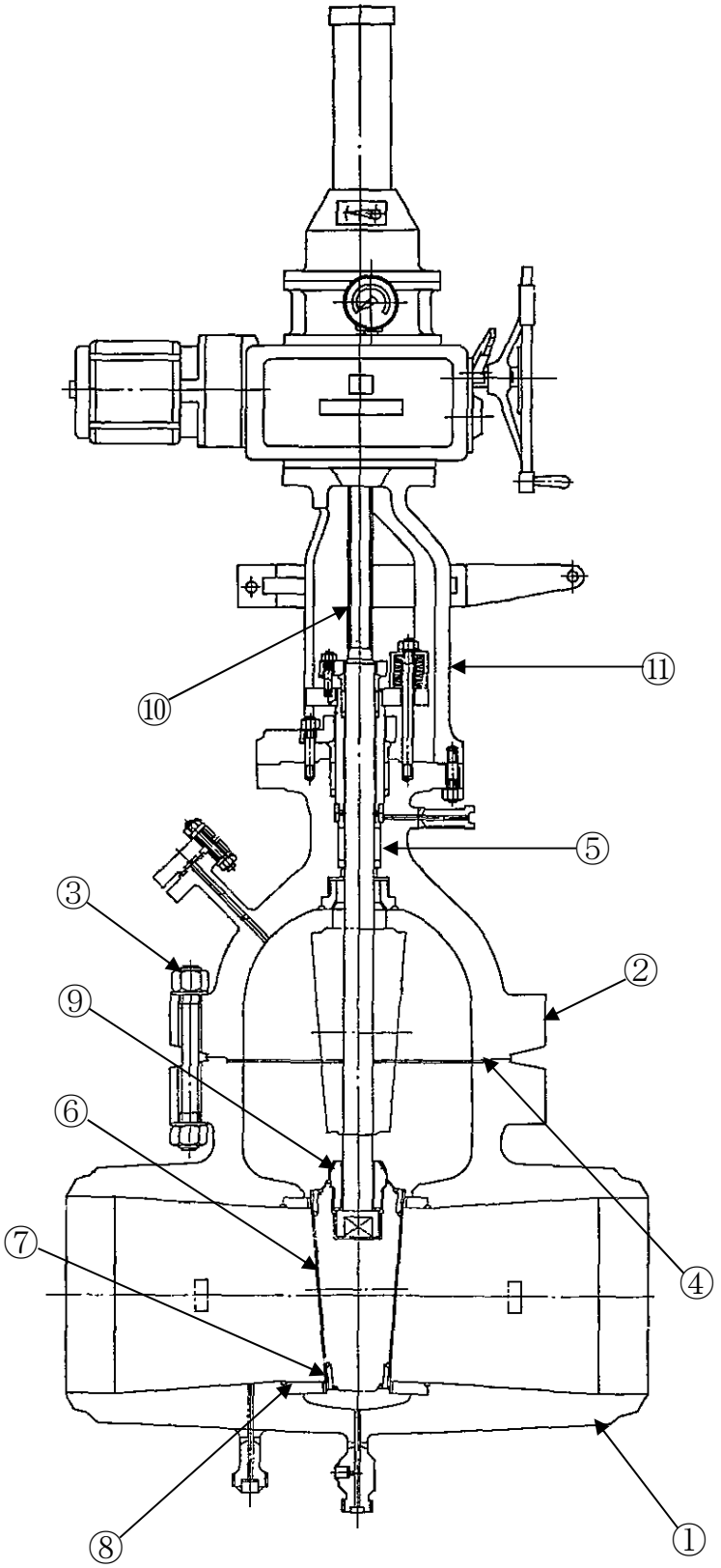
純水に接する弁箱，弁ふた，弁体はステンレス鋳鋼，弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環ポンプ出口弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプ出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁体リング
⑧	弁座
⑨	弁体（連結部）
⑩	弁棒
⑪	ヨーク

図 2.1-7　原子炉再循環ポンプ出口弁構造図

表 2.1-13 原子炉再循環ポンプ出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁体リング	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁座	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁体（連結部）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-14　原子炉再循環ポンプ出口弁の使用条件

最高使用圧力	11.38 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.8 ほう酸水注入系ポンプ出口弁

(1) 構造

東海第二のほう酸水注入系ポンプ出口弁は，口径 40A，最高使用圧力 9.66 MPa，最高使用温度 66 ℃の手動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は，五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

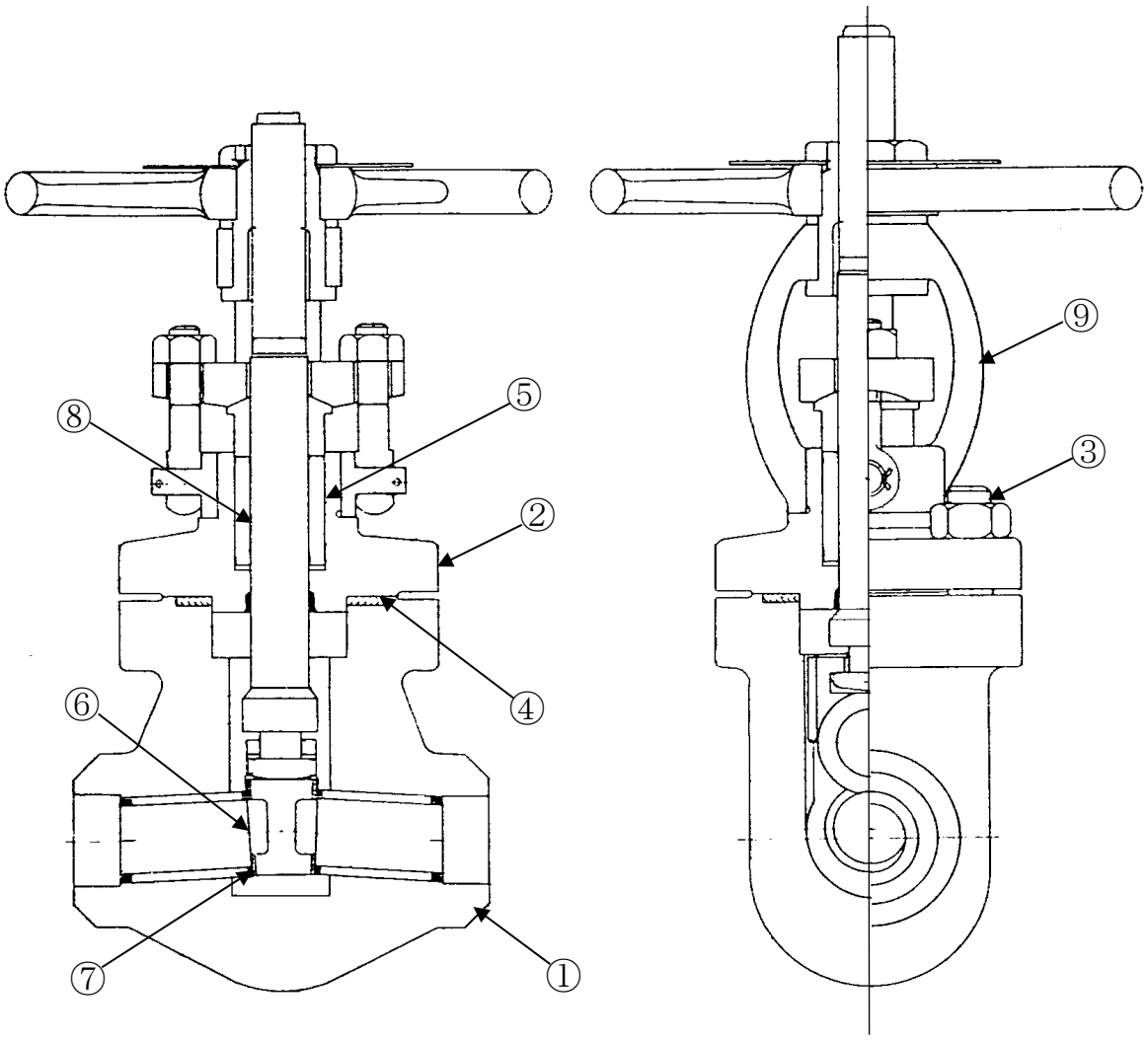
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱，弁ふた，弁体，弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のほう酸水注入系ポンプ出口弁の構造図を図 2.1-8 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系ポンプ出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-15 に，使用条件を表 2.1-16 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-8　ほう酸水注入系ポンプ出口弁構造図

表 2.1-15　ほう酸水注入系ポンプ出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁座	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-16　ほう酸水注入系ポンプ出口弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.1.9 主蒸気隔離弁第3弁

(1) 構造

東海第二の主蒸気隔離弁第3弁は，口径650A，最高使用圧力8.62 MPa，最高使用温度302 ℃の電動弁であり，4台設置されている。

弁本体は，蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），蒸気を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

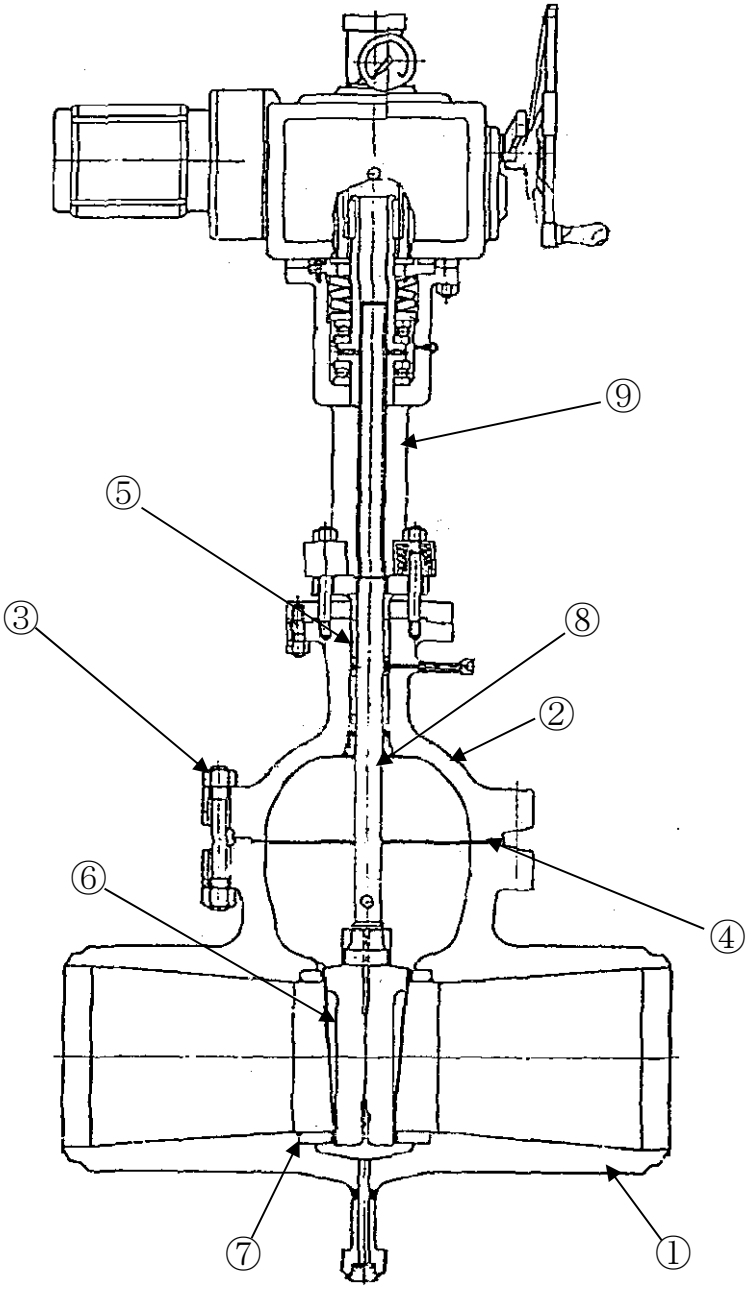
蒸気に接する弁箱，弁ふたは低合金鋼，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の主蒸気隔離弁第3弁の構造図を図2.1-9に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の主蒸気隔離弁第3弁主要部位の使用材料を表2.1-17に，使用条件を表2.1-18に示す。



No.	部位	No.	部位
①	弁箱	⑥	弁体
②	弁ふた	⑦	弁座
③	ジョイントボルト・ナット	⑧	弁棒
④	ガスケット	⑨	ヨーク
⑤	グランドパッキン		

図 2.1-9　主蒸気隔離弁第 3 弁構造図

表 2.1-17　主蒸気隔離弁第 3 弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼
		弁ふた	低合金鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-18　主蒸気隔離弁第 3 弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

仕切弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

仕切弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体，圧力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち，下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当しない事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 弁箱の疲労割れ［原子炉給水止め弁，原子炉再循環ポンプ出口弁］
b. 弁箱の熱時効［原子炉再循環ポンプ出口弁］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）［原子炉給水止め弁，ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁，原子炉隔離時冷却系内側隔離弁，可燃性ガス濃度制御系出口弁，非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁，残留熱除去系熱交換器海水出口弁，主蒸気隔離弁第 3 弁］

弁箱，弁ふたは，炭素鋼鋳鋼，低合金鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

ジョイントボルト・ナットは，低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）［共通］

ヨークは，炭素鋼鋳鋼，鋳鉄又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）［原子炉給水止め弁，原子炉隔離時冷却系内側隔離弁，主蒸気隔離弁第 3 弁］

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）［可燃性ガス濃度制御系出口弁］

弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部が窒素雰囲気であることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［残留熱除去系熱交換器海水出口弁］

弁箱，弁ふた，弁体は鋳鉄であり，内部流体は海水であることから，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）［非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁］

弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニング施工しているため，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［残留熱除去系熱交換器海水出口弁］

弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（孔食・隙間腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁］

弁棒はステンレス鋼であり，内部流体が海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニングにより腐食（孔食・隙間腐食）を防止しており，フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体，弁座の摩耗［非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁］

弁の開閉に伴いシート面で摺動するため摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な摩耗がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁体，弁座の摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ［ほう酸水注入ポンプ出口弁］

弁箱，弁ふたはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 弁棒の摩耗［共通］

弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒は硬いステンレス鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）［ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁］

弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であることから腐食が想定されるが，内部流体は冷却水（防錆剤入り純水）のため，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 弁体，弁座の摩耗［原子炉給水止め弁，ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁，原子炉隔離時冷却系内側隔離弁，可燃性ガス濃度制御系出口弁，原子炉再循環ポンプ出口弁，ほう酸水注入系ポンプ出口弁，主蒸気隔離弁第3弁］

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体，弁座の摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁体シートリング，弁座シートリングの摩耗［残留熱除去系熱交換器海水出口弁］

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体シートリング，弁座シートリングの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁体リングの摩耗［原子炉再循環ポンプ出口弁］

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体リングの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 弁体（連結部）の摩耗［原子炉再循環ポンプ出口弁］

仕切弁は，一般に弁棒で弁体を吊下げる構造になっており，弁体は，弁ふた（ボンネット）内に入り流路には出ていないため内部流体の影響は受けないが，当該仕切弁は，上流側の流量制御弁の影響により乱流が発生し，この乱流が仕切弁ボンネット内部に流入してボンネット内の弁体を振動させ，連結部（主に弁体側）の摩耗を生じた。

その対策として，弁体の連結構造を振動のしにくいディスクナット式に変更しており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，構造変更以降における分解点検時の目視点検で，弁体と弁棒の連結部に有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体（連結部）の摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 弁棒の疲労割れ［共通］

弁棒は全開位置でバックシート部に高い応力がかかる状態になると，配管振動等による疲労が蓄積し，疲労割れが想定される。

電動弁については，バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ，動作が止まるように設定されているため，バックシート部への過負荷は加わらない。

一部の電動弁では，全開位置をトルク切れによって調整しているが，バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されていることから，疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう，適切な操作を行うこととしていることから，疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において疲労割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系ポンプ出口弁］

ほう酸水注入系ポンプ出口弁の弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対して耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 弁ふた，弁体の熱時効［原子炉再循環ポンプ出口弁］

弁ふた，弁体に使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250 ℃以上（最高使用温度302 ℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靭性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁ふた及び弁体には，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

したがって，弁ふた，弁体の熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/9)　原子炉給水止め弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3	○					*1：ステライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(2/9)　ドライウェル内機器原子炉補機冷却水戻り弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						*1：ステライト肉盛 *2：外面 *3：内面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
		弁座		炭素鋼*1	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(3/9)　原子炉隔離時冷却系内側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						*1：ステライト肉盛 *2：流れ加速型腐食 *3：外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(4/9)　可燃性ガス濃度制御系出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						*1：ステライト肉盛 *2：外面 *3：内面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
		弁座		炭素鋼*1	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(5/9)　非常用ディーゼル発電機海水系出口隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						*1：接液部フッ素樹脂ライニング *2：外面 *3：内面 *4：孔食・隙間腐食
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
		弁座		炭素鋼*1	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1	△	△*4	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(6/9)　残留熱除去系熱交換器海水出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		鋳鉄		△*2*3						*1：ステライト肉盛 *2：外面 *3：内面 *4：孔食・隙間腐食
		弁ふた		鋳鉄		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		鋳鉄		△						
		弁体シートリング		ステンレス鋼*1	△	△*4						
		弁座シートリング		ステンレス鋼*1	△	△*4						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*4	△					
		ヨーク		鋳鉄		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(7/9)　原子炉再循環ポンプ出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼			○		○			*1:ステライト肉盛
		弁ふた		ステンレス鋳鋼*1					▲			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼*1	△				▲			
		弁体（連結部）		ステンレス鋼*1	△							
		弁体リング		ステンレス鋼*1	△							
		弁座		ステンレス鋼*1	△							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(8/9)　ほう酸水注入系ポンプ出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△*2		△*3				*1:ステライト肉盛 *2:内面 *3:貫粒型応力腐食割れ
		弁ふた		ステンレス鋼*1		△*2		△*3				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△						
		弁座		ステンレス鋼*1	△	△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△	△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(9/9)　主蒸気隔離弁第 3 弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		低合金鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 弁箱の疲労割れ［原子炉給水止め弁，原子炉再循環ポンプ出口弁］

a. 事象の説明

原子炉給水止め弁，原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱は，プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため，疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

原子炉給水止め弁，原子炉再循環ポンプ出口弁について，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む）」（以下，「設計・建設規格」という）に基づいて評価した。評価対象部位を図 2.3-1 に示す。

疲労評価は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した 2016 年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。

＊：評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

また，使用環境を考慮した疲労については，日本機械学会「発電用原子力設備規格　環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表 2.3-1 に，評価結果を表 2.3-2 に示す。

その結果，運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

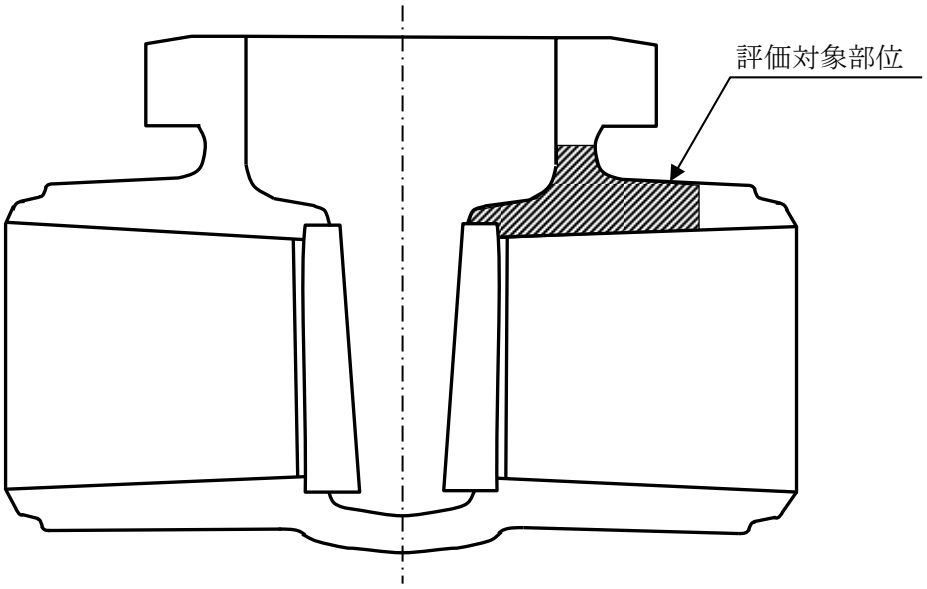


図 2.3-1　仕切弁疲労評価対象部位

表 2.3-1(1/2)　原子炉給水止め弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016 年 11 月時点)	60 年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
夜間低出力運転（出力 75%）	67	120
週末低出力運転（出力 50%）	115	165
制御棒パターン変更	96	176
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他スクラム）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2(1/2)　原子炉給水止め弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1 以下）		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016 年 11 月時点)	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
弁箱	0.0374	0.0587	0.5373

表 2.3-1(2/2)　原子炉再循環ポンプ出口弁の疲労評価用過渡条件[*1]

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016 年 11 月時点)	60 年目推定
耐圧試験	0	60
起動（昇温）	1	46
起動（タービン起動）	1	46
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	1	7
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	1	4
スクラム（その他スクラム）	0	4
停止	2	48
ボルト取外し	1	24

*1：当該弁は第 24 回定期検査時に弁一式交換を実施しており，交換以降の実績熱サイクル数を考慮した 60 年目の推定にて評価した。

表 2.3-2(2/2)　原子炉再循環ポンプ出口弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1 以下）		
	設計・建設規格の疲労線図による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016 年 11 月時点)	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
弁箱	0.0003	0.0015	0.0338

② 現状保全

弁箱内表面については，これまでの目視点検結果から異常は確認されていない。

さらに，実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており，今後も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。

また，弁箱の疲労割れについては，分解点検の目視検査により検知可能であることから，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

ただし，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

c．高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

(2) 弁箱の熱時効［原子炉再循環ポンプ出口弁］

a. 事象の説明

弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため，高温での長期の使用に伴い，時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし，相分離が起こることにより，靭性の低下，材料特性変化を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

プラントの長期間運転中に熱時効を受けたステンレス鋳鋼は，引張強さは増加するので材料強度の評価上の余裕は向上するが，材料の靭性が低下する。

熱時効による靭性低下への影響は，フェライト量が多いほど大きくなる。また，使用条件としては，発生応力（荷重）が大きいほど健全性評価への影響は大きくなる。ここで，表2.3-3に示すとおり，原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱よりも発生応力が大きく，フェライト量*1が多く，初期欠陥を想定したステンレス鋳鋼の部位の中でフェライト量が最も多い原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱の健全性評価を以下のとおり実施している。

原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱の健全性評価では，保守的に初期欠陥を想定し，破壊力学的手法を用いて，ステンレス鋳鋼の熱時効後のき裂の安定性評価を実施した。

具体的には，評価対象部位の熱時効後の材料のき裂進展抵抗*2（J_{mat}）と構造系に作用する応力から算出されるき裂進展力*3（J_{app}）を求めてその比較を行った。

その結果，図2.3-2に示すように運転開始後60年時点までの疲労き裂進展長さを考慮した評価用き裂*4を想定しても，材料のJ_{mat}がJ_{app}と交差し，J_{mat}がJ_{app}を上回ること，およびJ_{mat}とJ_{app}の交点においてJ_{mat}の傾きがJ_{app}の傾きを上回ることから，評価対象機器は不安定破壊することはなく，健全性評価上問題とならないと判断する。

したがって，より条件の厳しい原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱で不安定破壊を起こさないことが確認されていることから，原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱についても熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

*1：フェライト量は，製造時記録の材料成分を用いて，「Standard Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof(ASTM 800/A800M-14)」に示される線図より決定した。

*2：き裂進展抵抗は，「S.Kawaguchi et al.,”PREDICTION METHOD OF TENSILE PROPERTIES AND FRACTURE TOUGHNESS OF THERMALLY AGED CAST DUPLEX STAINLESS STEEL PIPING”,ASME PVP 2005-71528」にて公開されている脆化予測モデル（H3T

モデル：Hyperbolic Time Temperature Toughness）を用いて，評価部位のフェライト量を基に，運転開始後 60 年時点の熱時効時間におけるき裂進展抵抗を予測した。また，予測の下限値を採用した。

*3：初期き裂の想定，き裂進展，貫通き裂の想定は「原子力発電所配管破損防護設計技術指針（JEAG4613-1998）」の評価手法を参考にした。き裂進展力は， EPRI NP-6301-D(1989)の J 積分の解析解に基づき算出した。また，き裂進展力の算出において考慮する応力は，破壊に寄与する荷重である一次応力（内圧，自重，地震(Ss)）に，安全側に二次応力の熱膨張荷重を加えたものである。

*4：原子炉再循環系の疲労評価用過渡条件及び地震動による運転開始後 60 年時点までの疲労き裂の進展を考慮しても，当該き裂は弁箱を貫通しない評価結果となったが，その後のき裂の安定性評価においては，保守的に貫通き裂を想定した。

表 2.3-3　熱時効の評価条件の比較

評価部位	フェライト量	発生応力
原子炉再循環ポンプ 出口弁の弁箱	約 22.6 %	128.4 MPa
原子炉再循環ポンプ 入口弁の弁箱	約 24.3 %	146.7 MPa

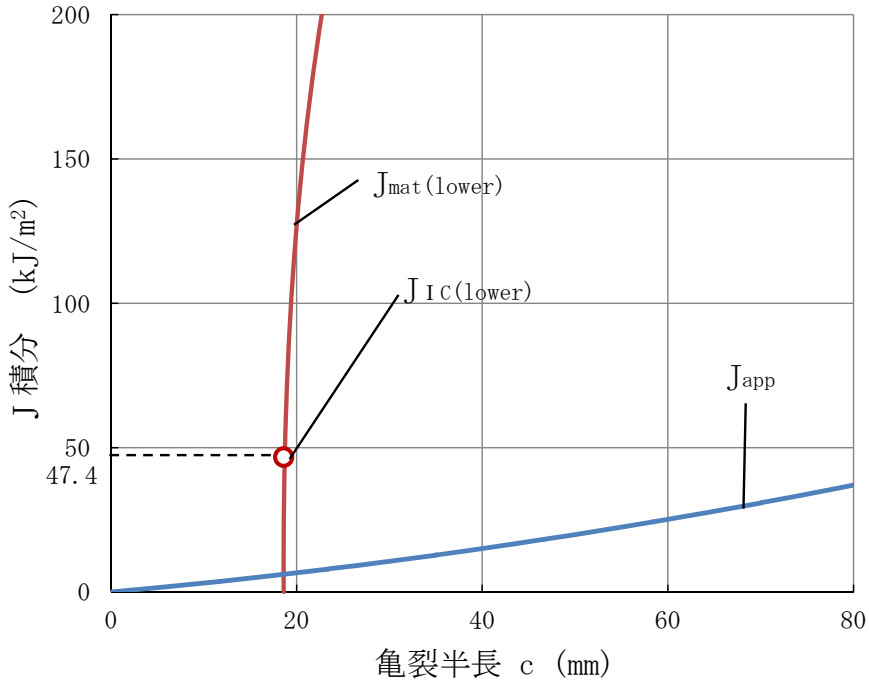


図 2.3-2　原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱のき裂安定性評価結果

② 現状保全

弁箱については，製造時に，放射線透過検査及び浸透探傷検査を実施しており，き裂のないことを確認している。

現状保全としては，分解点検時の弁の内表面の目視点検により，異常のないことを確認している。

また，供用期間中検査として定期的に弁箱と配管の溶接部の超音波探傷検査を実施し，判定基準を満足していることを確認している。

③ 総合評価

運転開始後 60 年時点を想定した原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱の健全性評価結果から判断して，原子炉再循環ポンプ出口弁の弁箱においても不安定破壊することはなく，延長しようとする期間において熱時効が構造健全性で問題となる可能性はない。

また，現状保全において，目視点検又は超音波探傷検査を実施し，異常の無いことを確認している。

c．高経年化への対応

弁箱の熱時効については，現状保全の内容に追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 制御棒駆動系
② ほう酸水注入系
③ 残留熱除去系
④ 残留熱除去海水系
⑤ 高圧炉心スプレイ系
⑥ 低圧炉心スプレイ系
⑦ 原子炉隔離時冷却系
⑧ 原子炉系
⑨ 原子炉再循環系
⑩ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑪ 原子炉冷却材浄化系
⑫ 原子炉補機冷却系
⑬ 可燃性ガス濃度制御系
⑭ ドライウェル冷却系
⑮ タービン主蒸気系
⑯ 抽気系
⑰ タービン補助蒸気系
⑱ タービングランド蒸気系
⑲ 復水系
⑳ 給水系
㉑ 給水加熱器ドレン系
㉒ 非常用ディーゼル発電機海水系
㉓ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
㉔ 補助系
㉕ 所内蒸気系
㉖ 気体廃棄物処理系
㉗ 重大事故等対処設備

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 弁箱の疲労割れ［残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，原子炉再循環系仕切弁］

代表機器と同様，プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため，繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性があるが，最も条件の厳しい代表機器の評価結果で，許容値に対し十分余裕があることから，非代表機器の弁箱に疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，分解点検時に目視点検を実施し，疲労割れがないことを確認しており，今後も分解点検時の目視点検により，弁箱内に疲労割れがないことを確認していく。

したがって，代表機器と同様に高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

b. 弁箱の熱時効［純水系ステンレス鋼仕切弁：残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系仕切弁］

代表機器と同様，弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料の靭性低下等の機械的特性が変化することが想定される。

熱時効による靭性低下への影響は，フェライト量が多いほど大きくなる。また，使用条件としては，発生応力（荷重）が大きいほど健全性評価への影響は大きくなる。

代表機器以外の機器の熱時効に関する評価のうち，フェライト量が最も多い原子炉再循環系仕切弁である原子炉再循環系ポンプ入口弁の弁箱に関しては，2. 代表機器の技術評価のうち2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価の(2) 弁箱の熱時効にて健全性評価を実施し，問題ないことを確認している。

原子炉再循環ポンプ入口弁以外の弁箱については，原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱と比較するとフェライト量が少なく，発生応力が小さいため，より条件の厳しい部位で不安定破壊を起こさないことが確認されていることから，熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

また，分解点検時における目視点検により異常のないことを確認しており，今後も分解点検時の目視点検を実施していく。

したがって，代表機器と同様に高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）［弁箱，弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼，炭素鋼，低合金鋼又は鋳鉄の仕切弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，炭素鋼，低合金鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，ヨークは炭素鋼鋳鋼，鋳鉄又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）［純水系又は蒸気系炭素鋼仕切弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）［ガス系炭素鋼仕切弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり腐食が想定されるが，内部が窒素雰囲気であることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［海水系鋳鉄仕切弁］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は鋳鉄であり，内部流体は海水であることから，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）［海水系炭素鋼フッ素樹脂ライニング仕切弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であり，内部流体が海水であることから腐食が想定されるが，内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニング施工しているため，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検及び膜厚検査を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［残留熱除去海水系］

代表機器と同様，弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（孔食・隙間腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁体シートリング，弁座シートリング，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［海水系ステンレス鋼フッ素樹脂ライニング仕切弁共通］

代表機器と同様，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体が海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，内部流体に接する部分はフッ素樹脂ライニングにより腐食（孔食・隙間腐食）を防止しており，フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食（孔食・隙間腐食）が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検及び膜厚検査においてフッ素樹脂ライニングが健全であることを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検及び膜厚検査を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体，弁座の摩耗［海水系仕切弁共通］

代表機器と同様，弁の開閉に伴いシート面で摺動するため摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な摩耗がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁座の摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ［保温の取付られていないステンレス鋼仕切弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 弁棒の摩耗［共通］

代表機器と同様，弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒は硬いステンレス鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）［ドライウェル内冷却系弁］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁座は炭素鋼であることから腐食が想定されるが，内部流体は冷却水（防錆剤入り純水）のため，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 弁体，弁座の摩耗［海水系を除く仕切弁共通］

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁座の摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁体シートリング，弁座シートリングの摩耗［残留熱除去海水系弁］

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体シートリング，弁座シートリングの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁体リングの摩耗［原子炉再循環系］

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体リングの摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 弁体（連結部）の摩耗［ダブルジスク構造の仕切弁共通］

代表機器と同様，乱流がボンネット内部に流入してボンネット内の弁体を振動させ，連結部（主に弁体側）の摩耗を生じる恐れがあるが，連結構造を振動のしにくいディスクナット式に変更しており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検で，弁体と弁棒の連結部に有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体（連結部）の摩耗は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 弁棒の疲労割れ［共通］

代表機器と同様，弁棒は全開位置でバックシート部に高い応力がかかる状態になると，配管振動等による疲労が蓄積し，疲労割れが想定される。

電動弁については，バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ，動作が止まるように設定されているため，バックシート部への過負荷は加わらない。

一部の電動弁では，全開位置をトルク切れによって調整しているが，バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定されていることから，疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう，適切な操作を行うこととしていることから，疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において疲労割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

s. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系仕切弁］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対して耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁座，弁棒の腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 弁ふた，弁体の熱時効［原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系仕切弁］

代表機器と同様，弁ふた，弁体に使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靭性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁ふた及び弁体には，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

したがって，弁ふた，弁体の熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

２．玉形弁

［対象系統］

① 制御棒駆動系
② ほう酸水注入系
③ 残留熱除去系
④ 残留熱除去海水系
⑤ 高圧炉心スプレイ系
⑥ 低圧炉心スプレイ系
⑦ 原子炉隔離時冷却系
⑧ 原子炉系
⑨ 原子炉再循環系
⑩ 原子炉冷却材浄化系
⑪ 燃料プール冷却浄化系
⑫ 格納容器雰囲気監視系
⑬ 可燃性ガス濃度制御系
⑭ 不活性ガス系
⑮ タービン補助蒸気系
⑯ 給水系
⑰ 非常用ディーゼル発電機海水系
⑱ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
⑲ 制御用圧縮空気系
⑳ 試料採取系
㉑ 事故時サンプリング設備
㉒ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 2-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 2-1
1.2 代表機器の選定..... 2-1
2. 代表機器の技術評価..... 2-5
2.1 構造，材料及び使用条件..... 2-5
2.1.1 残留熱除去系熱交換器バイパス弁..... 2-5
2.1.2 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁..... 2-8
2.1.3 格納容器 N2 ガス供給弁..... 2-11
2.1.4 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁..... 2-14
2.1.5 原子炉冷却浄化吸込弁..... 2-17
2.1.6 サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）..... 2-20
2.1.7 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁..... 2-23
2.1.8 ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁..... 2-26
2.1.9 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁..... 2-29
2.2 経年劣化事象の抽出..... 2-32
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 2-32
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 2-32
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2-33
3. 代表機器以外への展開..... 2-50
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 2-51
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 2-51

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な玉形弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの玉形弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし，玉形弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼，青銅鋳物に分類され，内部流体は純水，蒸気，ガス，海水，五ほう酸ナトリウム水に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 純水系炭素鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，制御棒駆動系，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，給水系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は運転状態が同等であるため，最高使用温度及び最高使用圧力が高く，口径の大きい残留熱除去系熱交換器バイパス弁を代表機器とする。

(2) 蒸気系炭素鋼玉形弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系，原子炉系及びタービン補助蒸気系が属するが，重要度が高い機器は運転状態，最高使用温度，最高使用圧力が同等であるため，口径の大きい原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁を代表機器とする。

(3) ガス系炭素鋼玉形弁（内部流体：ガス，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，可燃性ガス濃度制御系，不活性ガス系，制御用圧縮空気系，試料採取系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度及び運転状態が同等であるため，最高使用温度及び最高使用圧力が高く口径の大きい格納容器 N2 ガス供給弁を代表機器とする。

(4) 海水系炭素鋼玉形弁（内部流体：海水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径が同等であることから，系統流量の大きい非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁を代表機器とする。

(5) 純水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，制御棒駆動系，ほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系，格納容器雰囲気監視系，不活性ガス系，事故時サンプリング設備及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度及び最高使用圧力が高く，口径の大きい原子炉冷却浄化吸込弁を代表機器とする。

(6) ガス系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，不活性ガス系，制御用圧縮空気系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は運転状態，最高使用温度，最高使用圧力が同等であるため，口径の大きいサプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）を代表機器とする。

(7) 海水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：海水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，残留熱除去海水系のみであり，重要度，運転状態が同等であるため，最高使用温度が高く，最高使用圧力が同等であり，口径の大きい残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁を代表機器とする。

(8) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼玉形弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，ほう酸水注入系のみであり，重要度が高いほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁を代表機器とする。

(9) 海水系青銅鋳物玉形弁（内部流体：海水，弁箱材料：青銅鋳物）

このグループには，残留熱除去海水系及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系が属するが，重要度が高く，運転状態は同等であるため，最高使用温度及び最高使用圧力が高く，口径の大きい低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁を代表機器とする。

表 1-1 (1/2)　玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
			口径(A)	重要度[*1]	使用条件				
弁箱材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度 (℃)		
炭素鋼	純水	制御棒駆動系	25～50	高[*2]	連続	12.06	66		残留熱除去系熱交換器バイパス弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		残留熱除去系	25～450	MS-1，重[*3]	一時	3.45	100～174	◎	
		高圧炉心スプレイ系	20～300	MS-1	一時	0.70～10.69	100		
		低圧炉心スプレイ系	20～300	MS-1	一時	0.70～4.14	100		
		原子炉隔離時冷却系	20～100	MS-1	一時	8.62～10.35	77～302		
		原子炉冷却材浄化系	50～150	PS-2	連続	9.80	66～302		
		燃料プール冷却浄化系	250	MS-2	連続	3.45	174		
		給水系	40～50	高[*2]	連続	6.13～6.77	205		
		重大事故等対処設備[*5]	50～200	重[*3]	一時	0.62～3.45	66～200		
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	25～100	MS-1，重[*3]	一時	1.04～8.62	135～302	◎	原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		原子炉系	40～50	MS-1	一時	8.62	302		
		タービン補助蒸気系	80	高[*2]	連続	8.62	302		
	ガス	可燃性ガス濃度制御系	20	MS-1	一時	0.31	171		格納容器 N2 ガス供給弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		不活性ガス系[*5]	50～80	MS-1	一時	0.31	171	◎	
		制御用圧縮空気系	50	MS-1，重[*3]	一時	1.38	66		
		試料採取系	50	MS-1	一時	0.31	171		
		重大事故等対処設備[*5]	50	重[*3]	一時	0.62	200		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	150	MS-1，重[*3]	一時	0.70	38	◎	非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径，容量[*4]
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	100～150	MS-1，重[*3]	一時	0.70	38		
		重大事故等対処設備[*5]	150～300	重[*3]	一時	2.45	38		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*4：選定基準が全て同一であることから，ポンプ容量の大きい系統を選定
　　非常用ディーゼル発電機海水ポンプ：272.6 m^3/h，高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ：232.8 m^3/h
*5：新規に設置される機器及び構造物を示す

表 1-1 (2/2)　玉形弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
					使用条件				
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度[*1]	運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度 (℃)		
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	25～50	高[*2]	連続	12.06	66		原子炉冷却浄化吸込弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		ほう酸水注入系	40	MS-1，重[*3]	一時	9.66	302		
		残留熱除去系	25～300	PS-1/MS-1，重[*3]	一時	8.62～10.69	302		
		原子炉隔離時冷却系	20	MS-1	一時	8.62	302		
		原子炉再循環系	20	高[*2]	連続	12.06	66		
		原子炉冷却材浄化系	15～150	PS-1	連続	8.62～12.06	66～302	◎	
		燃料プール冷却浄化系	150	MS-2，重[*3]	連続	1.38	66		
		格納容器雰囲気監視系	20	MS-1	一時	0.31	104		
		不活性ガス系	25	MS-1	一時	0.31	171		
		事故時サンプリング設備	20	MS-1	一時	0.31～8.62	104～302		
		重大事故等対処設備[*4]	25～80	重[*3]	一時	0.62～2.5	66～200		
	ガス	不活性ガス系	20～25	MS-1	一時	0.31	171	◎	サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁 (AC 系) ／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		制御用圧縮空気系	15～25	高[*2]，重[*3]	一時	1.03～14.70	46～66		
		重大事故等対処設備[*4]	20～50	MS-1，重[*3]	一時	0.86～25	40～171		
	海水	残留熱除去海水系	40～350	MS-1，重[*3]	一時	3.45	38～66	◎	残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40～80	MS-1，重[*3]	一時	1.04～9.66	66	◎	ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁／重要度
青銅鋳物	海水	残留熱除去海水系	20～65	MS-1，重[*3]	一時	3.45	38～66	◎	低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	50～65	MS-1，重[*3]	一時	0.70	38～66		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：新規に設置される機器及び構造物を示す

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下の 9 台の弁について技術評価を実施する。

① 残留熱除去系熱交換器バイパス弁
② 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁
③ 格納容器 N2 ガス供給弁
④ 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁
⑤ 原子炉冷却材浄化吸込弁
⑥ サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）
⑦ 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁
⑧ ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁
⑨ 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 残留熱除去系熱交換器バイパス弁

(1) 構造

東海第二の残留熱除去系熱交換器バイパス弁は，口径 450A，最高使用圧力 3.45 MPa，最高使用温度 174 ℃の電動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

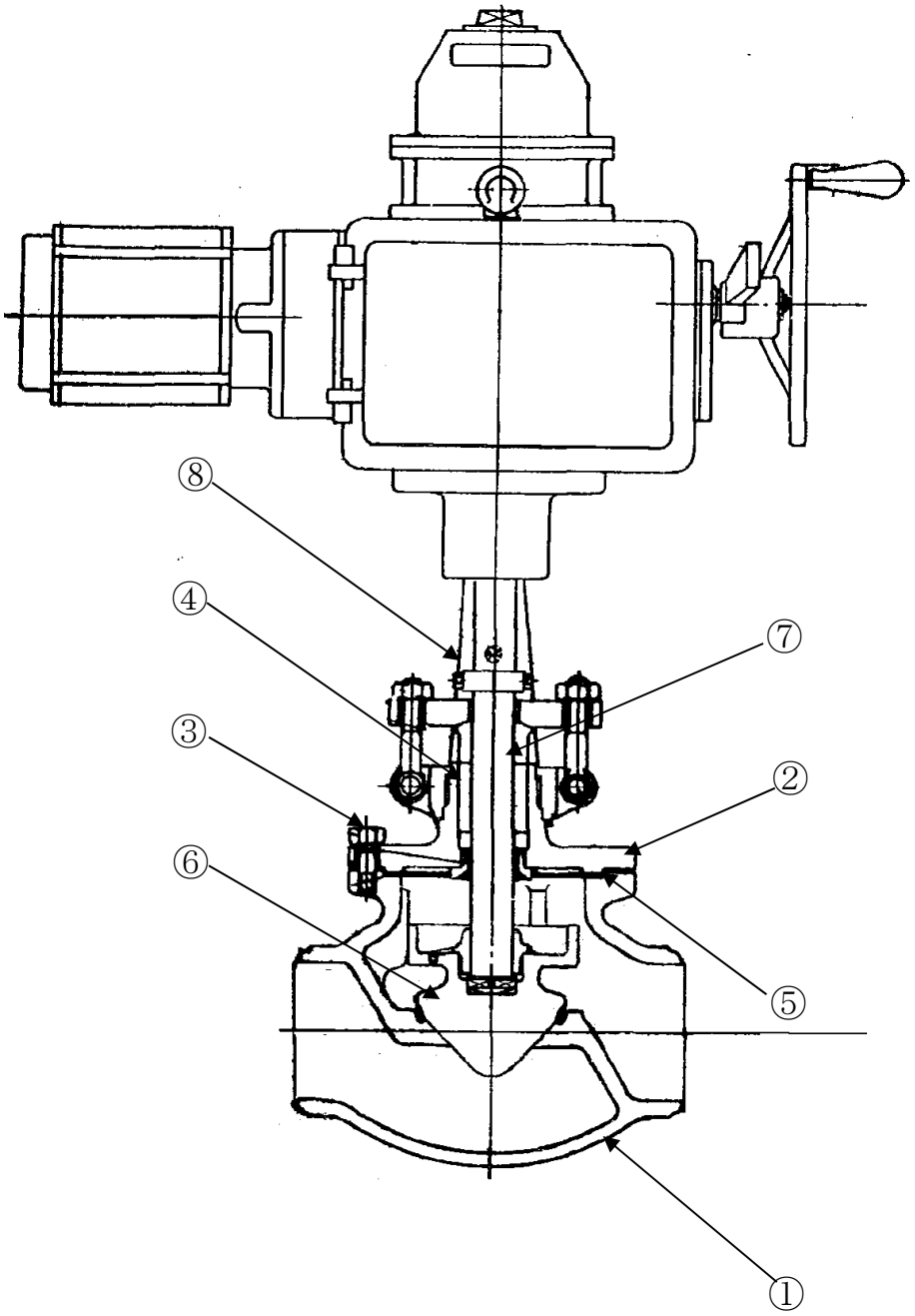
純水に接する弁箱（弁座一体型），弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系熱交換器バイパス弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系熱交換器バイパス弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位	No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）	⑤	ガスケット
②	弁ふた	⑥	弁体
③	ジョイントボルト・ナット	⑦	弁棒
④	グランドパッキン	⑧	ヨーク

図 2.1-1　残留熱除去系熱交換器バイパス弁構造図

表 2.1-1　残留熱除去系熱交換器バイパス弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステンレス肉盛）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2　残留熱除去系熱交換器バイパス弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	174 ℃
内部流体	純水

2.1.2 原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁

(1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁は，口径 100A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃の電動弁であり，1 台設置されている。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントボルト・ナット，軸封部），蒸気を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

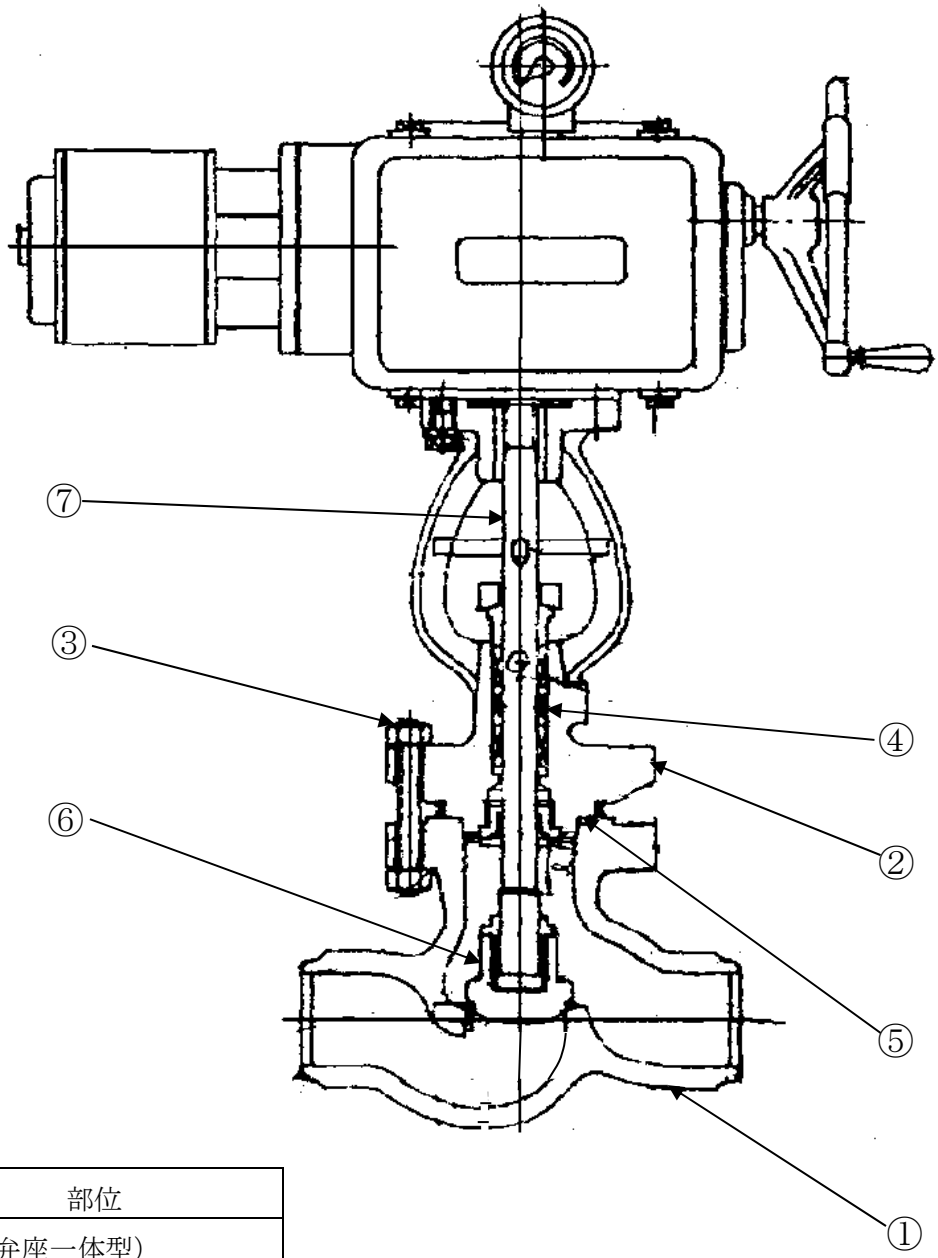
蒸気に接する弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型）は炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた（ヨーク一体型）
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒

図 2.1-2　原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁構造図

表 2.1-3　原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた（ヨーク一体型）	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-4　原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.1.3 格納容器N2ガス供給弁

(1) 構造

東海第二の格納容器N2ガス供給弁は，口径80A，最高使用圧力0.31 MPa，最高使用温度171 ℃の空気作動弁であり，1台設置されている。

弁本体はガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

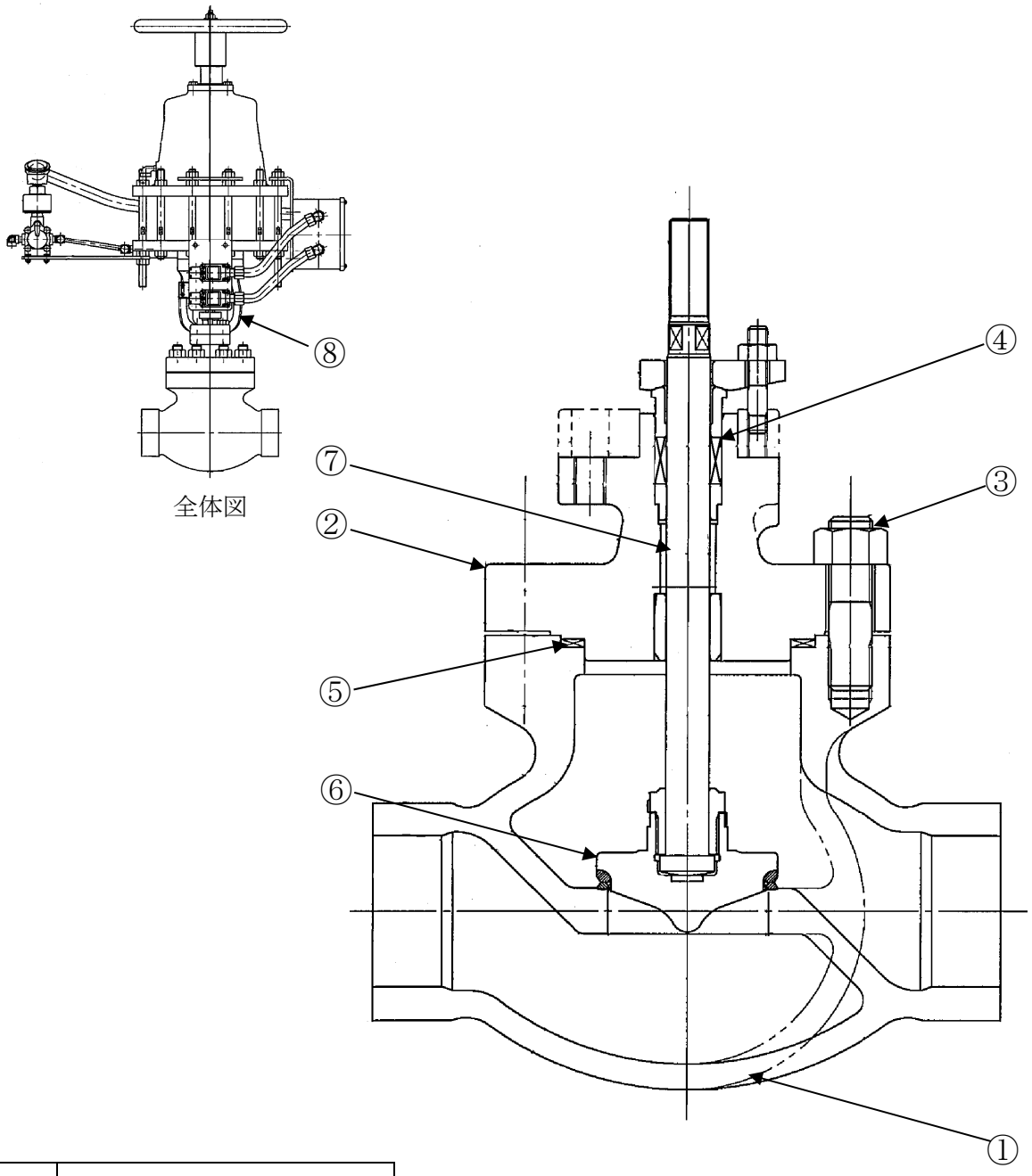
ガス（窒素）に接する弁箱（弁座一体型）及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体にはステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器N2ガス供給弁の構造図を図2.1-3に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器N2ガス供給弁主要部位の使用材料を表2.1-5に，使用条件を表2.1-6に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-3　格納容器 N2 ガス供給弁構造図

表 2.1-5　格納容器 N2 ガス供給弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6　格納容器 N2 ガス供給弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	ガス（窒素）

2.1.4 非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁

(1) 構造

東海第二の非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁は，口径 150A，最高使用圧力 0.70 MPa，最高使用温度 38 ℃の手動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），海水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱（弁座一体型），弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼が使用されており，内面にはフッ素樹脂ライニングが施されている。

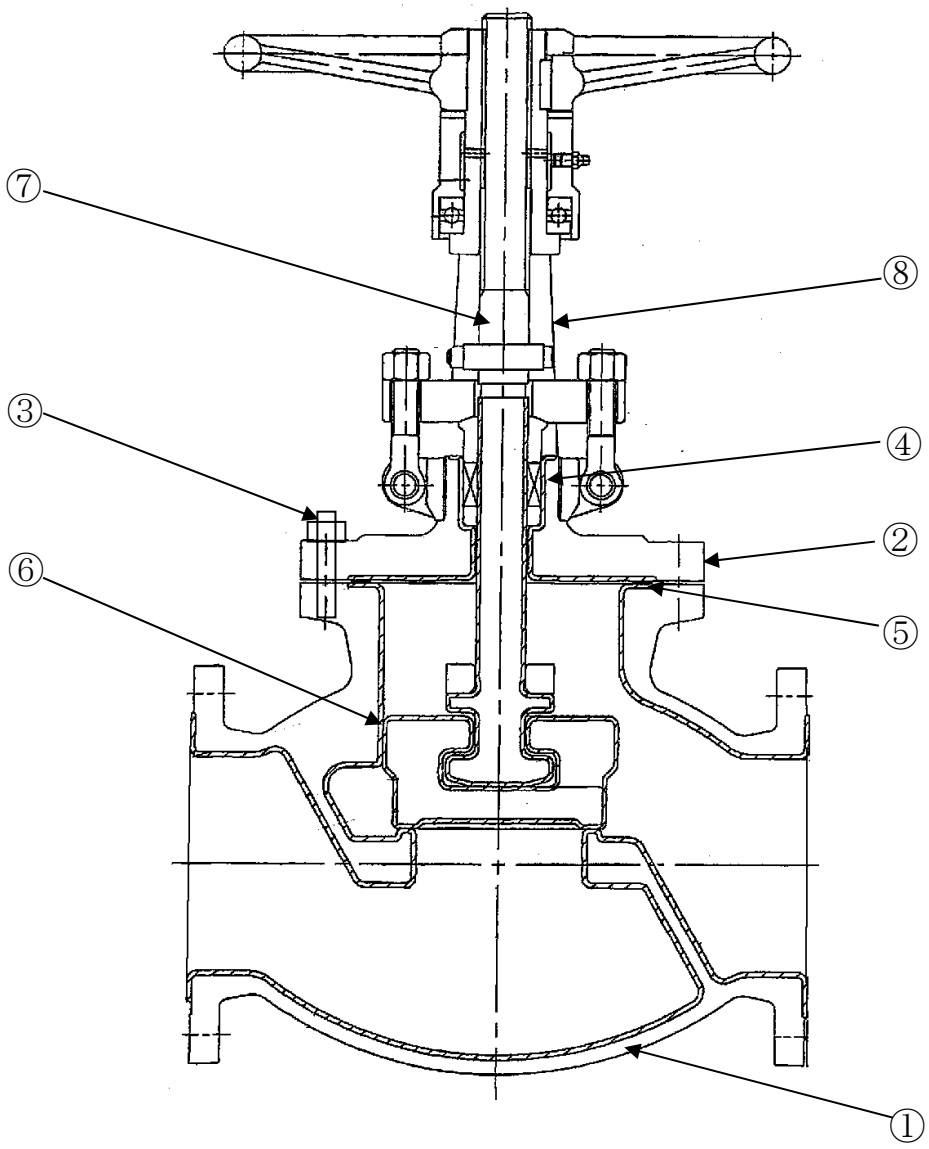
また，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-4　非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁構造図

表 2.1-7　非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（フッ素樹脂ライニング）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（フッ素樹脂ライニング）
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-8　非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	38 ℃
内部流体	海水

2.1.5 原子炉冷却浄化吸込弁

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却浄化吸込弁は，口径 150A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃の手動弁であり，1 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

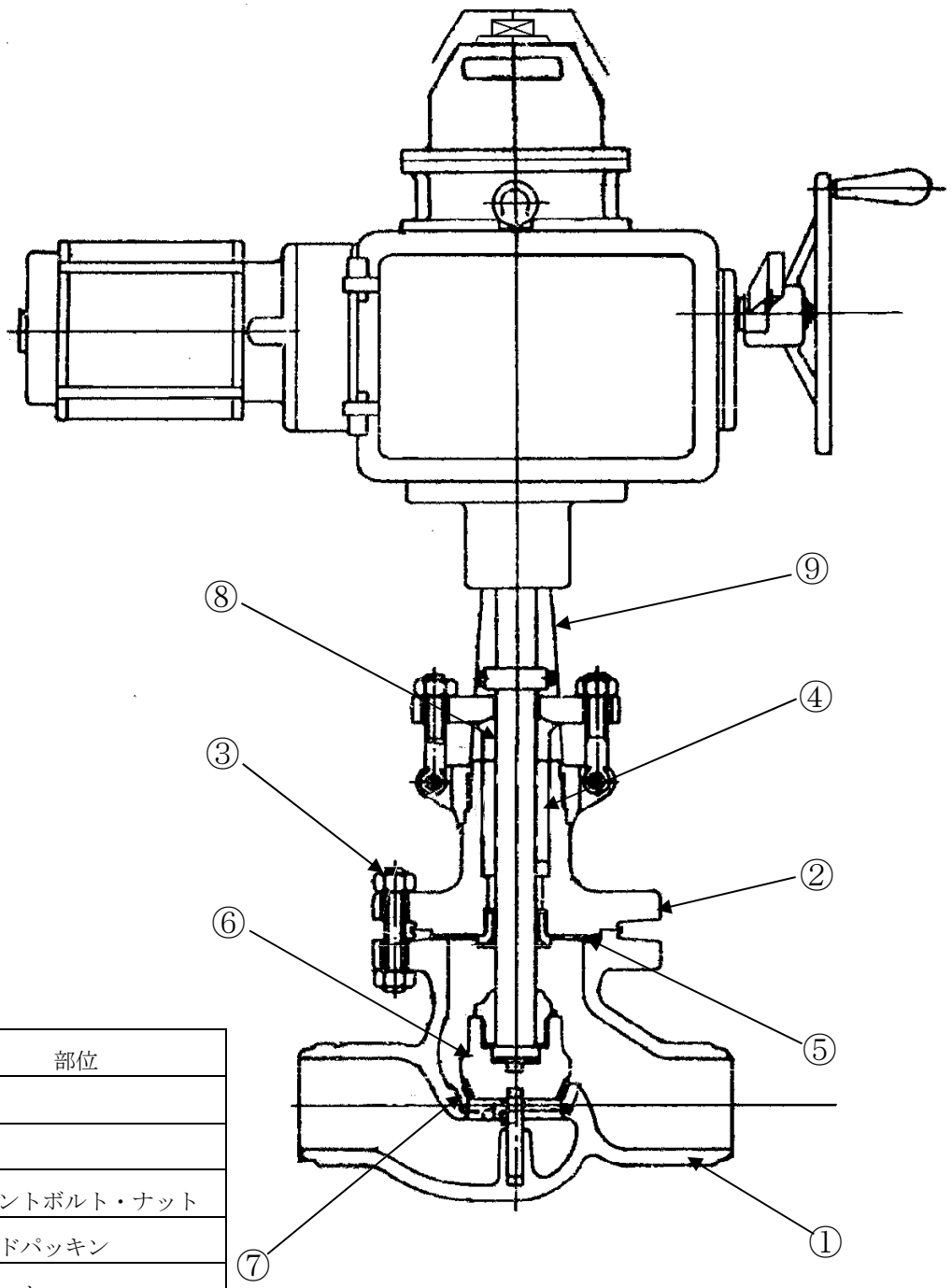
純水に接する弁箱，弁ふたはステンレス鋳鋼，弁体，弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却浄化吸込弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却浄化吸込弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-5　原子炉冷却浄化吸込弁構造図

表 2.1-9　原子炉冷却浄化吸込弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁座	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10　原子炉冷却浄化吸込弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.6 サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）

(1) 構造

東海第二のサプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）は，口径 25A，最高使用圧力 0.31 MPa，最高使用温度 171 ℃の手動弁であり，4 台設置されている。

弁本体はガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），ガスを仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

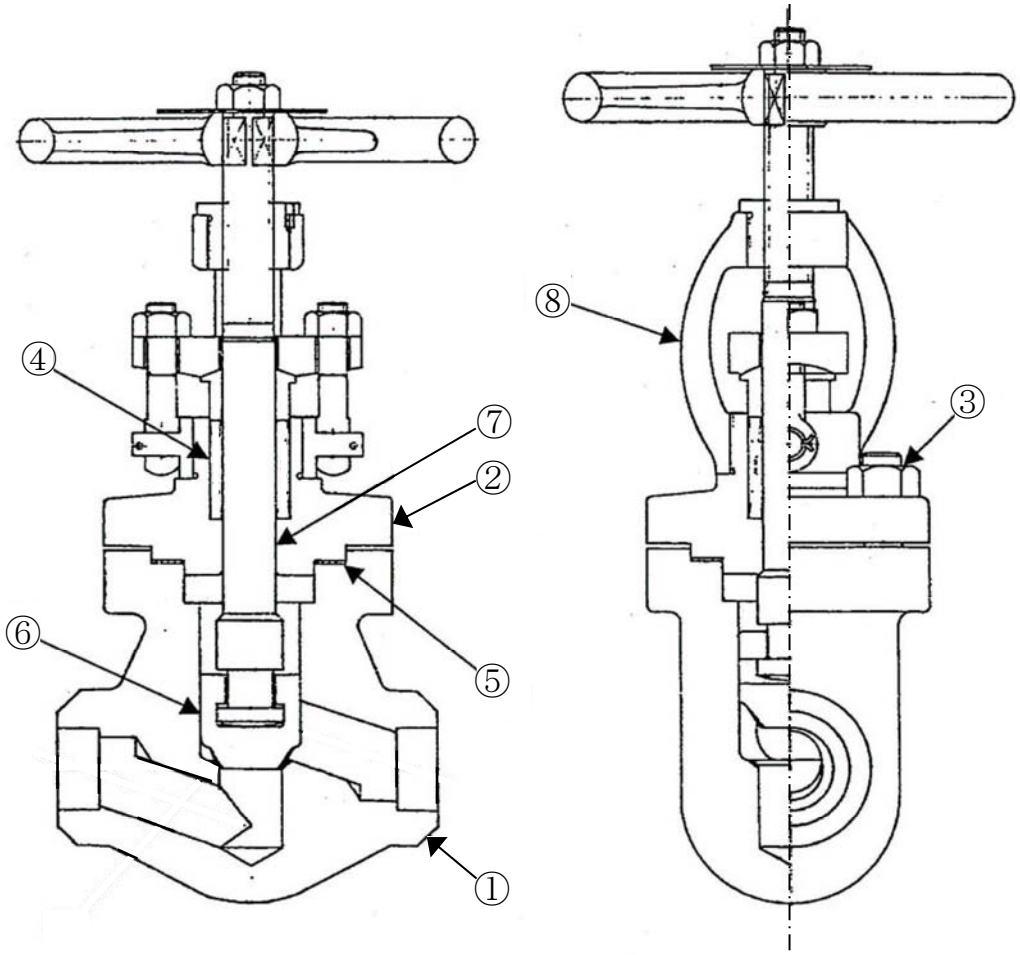
ガスに接する弁箱（弁座一体型），弁ふた，弁体はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のサプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）の構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のサプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-6　サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）構造図

表 2.1-11　サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-12　サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	ガス（窒素）

2.1.7 残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁

(1) 構造

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁は，口径 350A，最高使用圧力 3.45 MPa，最高使用温度 66 ℃の電動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），海水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

海水に接する弁箱，弁ふたはステンレス鋳鋼，弁体，弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

当該弁は，2008 年度の定期試験中に弁棒が折損する事象が発生した。

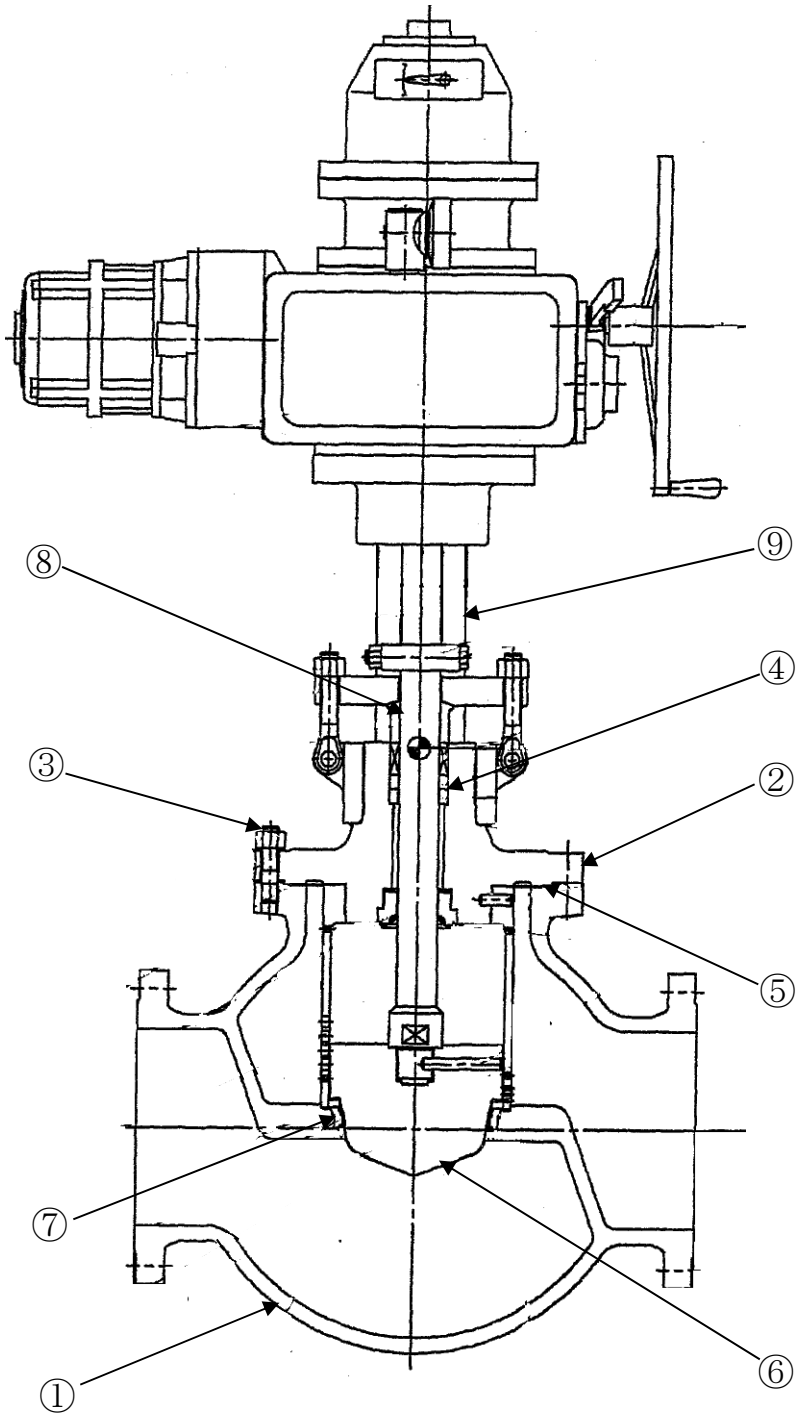
原因は，弁中間開度において弁内部でキャビテーションが発生し，弁体が流体振動を起こしたため，弁棒の疲労限を超え疲労割れに至った。

この事象を受け，現在はキャビテーション対策を講じたケージ式に交換されている。

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-7　残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁構造図

表 2.1-13　残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁座	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-14　残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	海水

2.1.8 ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁

(1) 構造

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁は,口径 80A,最高使用圧力 1.04 MPa,最高使用温度 66 ℃の電動弁であり，2 台設置されている。

弁本体は五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

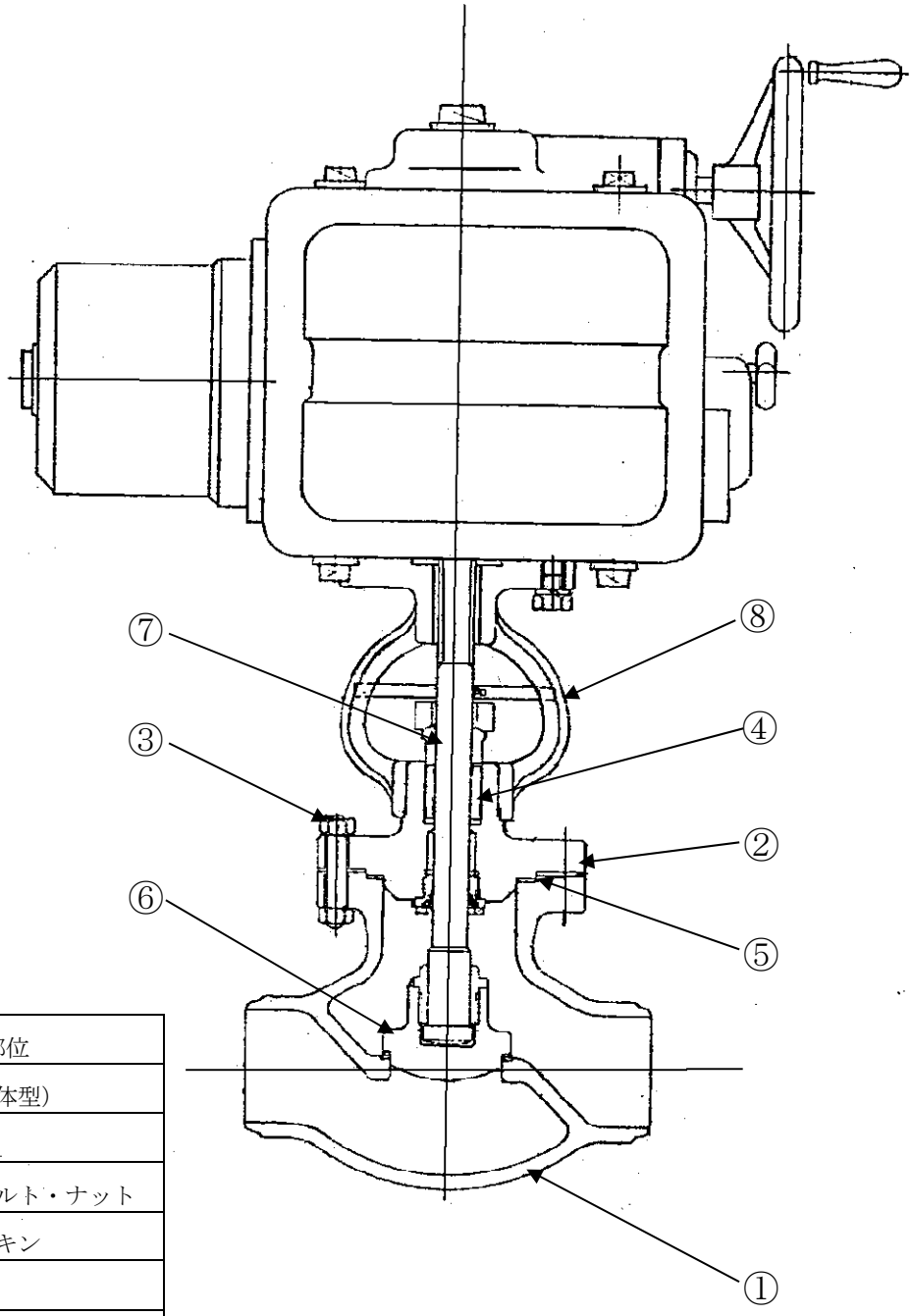
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱（弁座一体型）はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁の構造図を図 2.1-8 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-15 に，使用条件を表 2.1-16 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒
⑧	ヨーク

図 2.1-8　ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁構造図

表 2.1-15　ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-16　ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁の使用条件

最高使用圧力	1.04 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.1.9 低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁

(1) 構造

東海第二の低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁は，口径 65A，最高使用圧力 3.45 MPa，最高使用温度 66 ℃の手動弁であり，1 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントボルト・ナット，軸封部），海水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒）からなる。

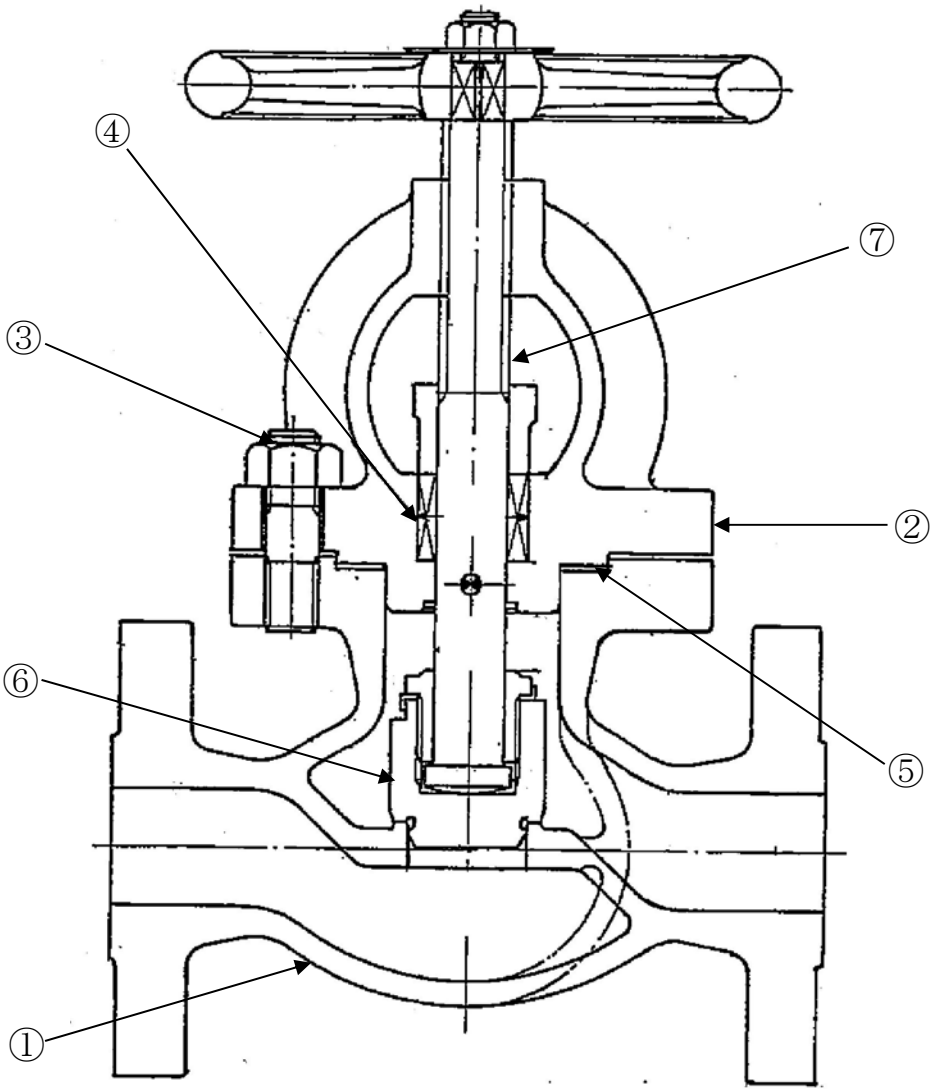
海水に接する弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），弁体は青銅鋳物が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁の構造図を図 2.1-9 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁主要部位の使用材料を表 2.1-17 に，使用条件を表 2.1-18 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた（ヨーク一体型）
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁棒

図 2.1-9　低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁構造図

表 2.1-17　低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	青銅鋳物
		弁ふた（ヨーク一体型）	青銅鋳物
		ジョイントボルト ・ナット	ステンレス鋼 黄銅
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	青銅鋳物
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	黄銅

表 2.1-18　低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	海水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

玉形弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

玉形弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体，圧力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 で示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの(日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△)

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）［残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，格納容器 N2 ガス供給弁，非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁］

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，格納容器 N2 ガス供給弁，非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁，原子炉冷却浄化吸込弁，サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系），残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁，ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁］

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）［残留熱除去系熱交換器バイパス弁，格納容器 N2 ガス供給弁，非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁，原子炉冷却浄化吸込弁，サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系），残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁，ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁］

ヨークは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型含む），弁体の腐食（流れ加速型腐食）［残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁］

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型含む），弁体の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁］

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼であり，内部流体に接する部分に施工されたフッ素樹脂ライニングが損傷すると腐食が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検によりライニング状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁］

弁箱，弁ふたはステンレス鋳鋼，弁体，弁座，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は海水であることから，腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁］

弁棒はステンレス鋼であり，内部流体に接する部分に施工されたフッ素樹脂ライニングが損傷すると腐食（孔食・隙間腐食）が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁棒の腐食（全面腐食）［低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁］

弁箱，弁ふた，ジョイントナット，弁棒は青銅鋳物又は黄銅であり，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗［低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁］

弁が開閉するとシート面で摺動するため摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型応力腐食割れ［サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）］

弁箱及び弁ふたはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び塩分付着量測定を実施し，その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁体の腐食（エロージョン）［低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁］

弁体は青銅鋳物であり内部流体の流れにより，弁体のシート面に腐食（エロージョン）が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁体の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食）［格納容器 N2 ガス供給弁］

弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，内面は窒素雰囲気であることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお，格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗［格納容器 N2 ガス供給弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）］

弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗発生の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を行い，必要に応じ補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 弁体，弁座の摩耗［原子炉冷却浄化吸込弁，残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁］

弁が開閉するとシート面で摺動することとなるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体，弁座の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁棒の摩耗［残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，格納容器 N2 ガス供給弁，原子炉冷却材浄化吸込弁，サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系），残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁，低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁］

弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒はステンレス鋼及び黄銅であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を行い，必要に応じ補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁棒の疲労割れ［残留熱除去系熱交換器バイパス弁，原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁，格納容器 N2 ガス供給弁，非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁，原子炉冷却材浄化吸込弁，サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系），残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁，ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁，低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁］

弁棒のバックシート部は角部を滑らかにし，設計上応力集中がかからないような構造としており発生応力を下げている。

また，電動弁及び空気作動弁については，バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ，動作が止まるように設定されているため，弁棒及びバックシート部に過負荷は加わらない。

一部の電動弁では，全開位置をトルク切れによって調整しており，トルク設定値を高くすると，弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり，配管振動等による疲労が蓄積し，弁棒に疲労割れを起こすことが考えられるが，バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定することにより，過大応力を抑制している。

手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう，全開操作後に若干戻す操作を行っている。

以上より，電動弁，空気作動弁及び手動弁について，弁棒の疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な割れは認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

格納容器 N2 ガス供給弁は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を行うことにより機能を維持することとしている。

残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁については，2008 年度の定期試験時にキャビテーションが起因となる疲労割れにより，弁棒が折損する事象が生じたが，本事象の水平展開として調査した結果，該当するのは当該弁のみであり，弁体部でキャビテーションが発生しない構造であるケージ式に交換を行っている。

したがって，弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 弁箱（弁座一体型）（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁］

弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において腐食の状況を確認し，必要に応じ補修又は取替を行うことにより，機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型）（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

r. 弁体，弁座の腐食（エロージョン）［原子炉冷却浄化吸込弁，残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁］

内部流体の流れにより，弁体と弁座のシート面には腐食（エロージョン）が想定されるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，腐食（エロージョン）の発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（エロージョン）は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体，弁座の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 弁箱，弁ふたの熱時効［原子炉冷却浄化吸込弁］

弁箱，弁ふたに使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250 ℃以上（最高使用温度302 ℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靭性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁箱，弁ふたには，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって，弁箱，弁ふたの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1（1/9）　残留熱除去系熱交換器バイパス弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1		△*3*4						*1：13Cr肉盛 *2：ステライト肉盛 *3：流れ加速型腐食 *4：外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*3*4						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*2		△*3						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（2/9）　原子炉隔離時冷却系蒸気供給弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1	△*4	△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面 *4:シート面
		弁ふた(ヨーク一体型)		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*1	△*4	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（3/9）　格納容器 N2 ガス供給弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1	△*4	△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:外面 *3:内面 *4:シート面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△*4							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（4/9）　非常用ディーゼル発電機エンジンエアクーラ海水入口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼[*1]		△[*2*3]						*1:フッ素樹脂ライニング *2:外面 *3:内面 *4:孔食・隙間腐食
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼[*1]		△[*2*3]						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼[*1]		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼[*1]		△[*4]	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (5/9)　原子炉冷却浄化吸込弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼					▲			*1:ステライト肉盛 *2:エロージョン
		弁ふた		ステンレス鋳鋼					▲			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△*2						
		弁座		ステンレス鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (6/9)　サプレッション・チェンバ隔離電磁弁 2-26V-95 前弁（AC 系）に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		ステンレス鋼*1	△*3			△*2				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:シート面
		弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△*3							
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△		△					
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（7/9）　残留熱除去系熱交換器海水出口流量調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*2						*1:ステライト肉盛 *2:孔食・隙間腐食 *3:エロージョン
		弁ふた		ステンレス鋳鋼		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△*2*3						
		弁座		ステンレス鋼*1	△	△*2*3						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*2	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（8/9）　ほう酸水注入系貯蔵タンク出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		ステンレス鋳鋼*1		△*2						*1:ステライト肉盛 *2:内面
		弁ふた		ステンレス鋼		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1		△						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼		△	△					
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（9/9）　低圧炉心スプレイ系ポンプ室空調海水出口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		青銅鋳物	△*3	△						*1:ジョイントナット *2:エロージョン *3:シート面
		弁ふた（ヨーク一体型）		青銅鋳物		△						
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼 黄銅		△*1						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		青銅鋳物	△*3	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		黄銅	△	△	△					

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について， 1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 制御棒駆動系
② ほう酸水注入系
③ 残留熱除去系
④ 残留熱除去海水系
⑤ 高圧炉心スプレイ系
⑥ 低圧炉心スプレイ系
⑦ 原子炉隔離時冷却系
⑧ 原子炉系
⑨ 原子炉再循環系
⑩ 原子炉冷却材浄化系
⑪ 燃料プール冷却浄化系
⑫ 格納容器雰囲気監視系
⑬ 可燃性ガス濃度制御系
⑭ 不活性ガス系
⑮ タービン補助蒸気系
⑯ 給水系
⑰ 非常用ディーゼル発電機海水系
⑱ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
⑲ 制御用圧縮空気系
⑳ 試料採取系
㉑ 事故時サンプリング設備
㉒ 重大事故等対処設備

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）［弁箱，弁ふたが炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装状態を確認し，必要に応じて補修塗装を実施することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む）の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［ジョイントボルト・ナットの材料が低合金鋼又は炭素鋼の玉形弁共通］

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）［ヨークの材料が炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の玉形弁共通］

代表機器と同様，ヨークは炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検により塗装状態を確認し，必要に応じて補修塗装を実施することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む），弁体の腐食（流れ加速型腐食）［内部流体が純水又は蒸気で材料が炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型含む），弁ふた（ヨーク一体型含む），及び弁体の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［材料が炭素鋼鋳鋼，炭素鋼の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

また，一部の海水系弁については，接液部にフッ素樹脂ライニングが施工されており，これが損傷すると腐食が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検によりライニング状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検結果により，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［残留熱除去海水系の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は海水であることから腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体に接する部分に施工されたフッ素樹脂ライニングが損傷すると腐食(孔食･隙間腐食)が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検においてライニング状態を確認し，必要に応じて補修することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁体，弁棒の腐食（全面腐食）［残留熱除去海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，ジョイントナット，弁体，弁棒は青銅鋳物又は黄銅であり，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふた（ヨーク一体型），ジョイントナット，弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗［残留熱除去海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動するため摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型応力腐食割れ［弁箱，弁ふたの材料がステンレス鋼又はステンレス鋳鋼の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁箱及び弁ふたはステンレス鋼又はステンレス鋳鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び塩分付着量測定を実施し，その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁体の腐食（エロージョン）［残留熱除去海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系の玉形弁共通］

代表機器と同様，内部流体の流れにより，弁体のシート面に腐食（エロージョン）が想定されるが，分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁体の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食）［制御用圧縮空気系，試料採取系，可燃性ガス濃度制御系，重大事故等対処設備の玉形弁共通］

弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，内面は窒素雰囲気であることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，上記同様，今後分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 弁箱（弁座一体型），弁体，弁座の摩耗［シート面にステライト肉盛されている玉形弁共通］

代表機器と同様，弁が開閉するとシート面で摺動することになるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，摩耗発生の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時の目視点検により状態を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型），弁体，弁座の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 弁棒の摩耗［共通］

代表機器と同様，弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒はステンレス鋼又は黄銅であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を実施し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁棒の疲労割れ［共通］

代表機器と同様，弁棒のバックシート部は角部を滑らかにし，設計上応力集中がかからないような構造としており発生応力を下げている。

また，電動弁及び空気作動弁については，バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ，動作が止まるように設定されているため，弁棒及びバックシート部に過負荷は加わらない。

一部の電動弁では，全開位置をトルク切れによって調整しており，トルク設定値を高くすると，弁棒のバックシート部は常に高い応力がかかった状態となり，配管振動等による疲労が蓄積し，弁棒に疲労割れを起こすことが考えられるが，バックシートが効く程度の力で動作が止まるようトルク設定することにより，過大応力を抑制している。

手動弁については開操作時にバックシート部への過負荷が加わらないよう，全開操作後に若干戻す操作を行っている。

以上より，電動弁，空気作動弁及び手動弁について，弁棒の疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な割れは認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検及び浸透探傷検査を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

p. 弁箱（弁座一体型）（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）［ほう酸水注入系玉形弁］

代表機器と同様，弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体，弁棒はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において腐食の状況を確認し，必要に応じ補修又は取替を行うことにより，機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（弁座一体型）（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

q. 弁体，弁座の腐食（エロージョン）［シート面にステライト肉盛されている玉形弁共通］

代表機器と同様，内部流体の流れにより，弁体と弁座のシート面には腐食（エロージョン）が想定されるが，シート面には硬いステライトが肉盛されており，腐食（エロージョン）の発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（エロージョン）は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置される機器であることから，今後分解点検時に目視点検を実施し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁座の腐食（エロージョン）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 弁箱，弁ふたの熱時効［原子炉冷却材浄化系，残留熱除去系の玉形弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたに使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であり，使用環境温度は250℃以上（最高使用温度302℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靭性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁箱，弁ふたには，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって，弁箱，弁ふたの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

3. 逆止弁

［対象系統］

① 中性子計装系
② 制御棒駆動系
③ ほう酸水注入系
④ 残留熱除去系
⑤ 残留熱除去海水系
⑥ 高圧炉心スプレイ系
⑦ 低圧炉心スプレイ系
⑧ 原子炉隔離時冷却系
⑨ 原子炉系
⑩ 原子炉再循環系
⑪ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑫ 原子炉冷却材浄化系
⑬ 燃料プール冷却浄化系
⑭ 抽気系
⑮ 復水系
⑯ 給水系
⑰ 給水加熱器ドレン系
⑱ 非常用ディーゼル発電機海水系
⑲ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
⑳ 制御用圧縮空気系
㉑ サプレッション・プール水 pH 制御装置
㉒ 重大事故等対処設備
㉓ 浸水防護施設

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 3-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 3-1
1.2 代表機器の選定..... 3-1
2. 代表機器の技術評価..... 3-5
2.1 構造，材料及び使用条件..... 3-5
2.1.1 原子炉給水逆止弁..... 3-5
2.1.2 MSIV-LCS 共通ベント逆止弁..... 3-8
2.1.3 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁..... 3-11
2.1.4 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁..... 3-14
2.1.5 SLC ポンプ出口逆止弁..... 3-17
2.1.6 逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁..... 3-20
2.1.7 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁..... 3-23
2.2 経年劣化事象の抽出..... 3-26
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 3-26
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 3-26
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 3-27
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 3-39
3. 代表機器以外への展開..... 3-43
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 3-44
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 3-44

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な逆止弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの逆止弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし，逆止弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，内部流体は純水，蒸気，海水，五ほう酸ナトリウム水，ガスに分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 純水系炭素鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，制御棒駆動系，残留熱除去系，原子炉冷却材浄化系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，復水系，給水系,給水加熱器ドレン系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態の厳しい原子炉給水逆止弁を代表機器とする。

(2) 蒸気系炭素鋼逆止弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，抽気系，所内蒸気系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度の高い MSIV-LCS 共通ベント逆止弁を代表機器とする。

(3) 海水系炭素鋼逆止弁（内部流体：海水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径が同等であるため，系統流量の大きい非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁を代表機器とする。

(4) 純水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，制御棒駆動系，ほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，原子炉冷却材浄化系，燃料プール冷却浄化系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度及び最高使用圧力の高い原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁を代表機器とする。

(5) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，ほう酸水注入系の SLC ポンプ出口逆止弁のみであるため，これを代表機器とする。

(6) ガス系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，中性子計装系，原子炉系，制御用圧縮空気系，サプレッション・プール水 pH 制御装置及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，運転状態が厳しく，最高使用温度は同等であるため最高使用圧力の高い逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁を代表機器とする。

(7) 海水系ステンレス鋼逆止弁（内部流体：海水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，残留熱除去海水系及び浸水防護施設が属するが，重要度の高い残留熱除去海水系ポンプ逆止弁を代表機器とする。

表 1-1 (1/2)　逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
					使用条件				
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度*1	運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度 (℃)		
炭素鋼	純水	制御棒駆動系	50	高*2	連続	12.06	66		原子炉給水逆止弁／重要度，運転状態
		残留熱除去系	25～450	PS-1/MS-1，重*3	一時	0.86～8.62	100～302		
		高圧炉心スプレイ系	25～600	PS-1/MS-1，重*3	一時	0.70～10.69	100～302		
		低圧炉心スプレイ系	25～400	PS-1/MS-1，重*3	一時	4.14～8.62	100～302		
		原子炉隔離時冷却系	25～200	PS-1/MS-1，重*3	一時	0.86～10.35	77～302		
		原子炉系	500	PS-1/MS-1	連続	8.62	302	◎	
		原子炉冷却材浄化系	100～150	PS-2	連続	9.80	302		
		復水系	500	高*2	連続	6.14	205		
		給水系	400～600	高*2	連続	15.51	233		
		給水加熱器ドレン系	80～400	高*2	連続	0.69～1.04	149～233		
		重大事故等対処設備*5	80～250	重*3	一時	1.37～10.70	66～174		
	蒸気	原子炉隔離時冷却系	80～350	高*2，重*3	一時	1.04	135		MSIV-LCS 共通ベント逆止弁／重要度
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	100	MS-1	一時	8.62	302	◎	
		抽気系	350	高*2	連続	1.81	210		
		所内蒸気系	150	高*2	連続	0.96	183		
		重大事故等対処設備*5	350	重*3	一時	1.04	135		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	250	MS-1，重*3	一時	0.70	38～66	◎	非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径，容量*4
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	250	MS-1，重*3	一時	0.70	38～66		
		重大事故等対処設備*5	150～350	重*3	一時	0.98～3.45	38～66		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*4：選定基準が同一であることから，ポンプ容量の大きい系統を選定
　　非常用ディーゼル発電機海水ポンプ：272.6 m^3/h，高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ：232.8 m^3/h
*5：新規に設置される機器及び構造物を示す

表 1-1 (2/2)　逆止弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
					使用条件				
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度*1	運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度 (℃)		
ステンレス鋼	純水	制御棒駆動系	25	高*2	連続	12.06	66		原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力
		ほう酸水注入系	40	MS-1，重*3	一時	9.66	302		
		残留熱除去系	150～300	PS-1/MS-1，重*3	一時	8.62～10.69	302		
		原子炉隔離時冷却系	150	PS-1/MS-1，重*3	一時	8.62	302		
		原子炉再循環系	20	MS-1	連続	12.06	302	◎	
		原子炉冷却材浄化系	20～150	PS-2	連続	9.80	66～302		
		燃料プール冷却浄化系	65	MS-2	連続	1.38	66		
		重大事故等対処設備*4	25～50	重*3	一時	0.62～2.5	200		
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40	MS-1，重*3	一時	9.66	66	◎	SLC ポンプ出口逆止弁
	ガス	中性子計装系	20	MS-1	一時	0.31	171		逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力
		原子炉系	15	MS-1，重*3	連続	0.86～1.38	66	◎	
		制御用圧縮空気系	50	重*3	一時	1.38	66		
		サプレッション・プール水 pH 制御装置*4	80	MS-1	一時	0.31	171		
		重大事故等対処設備*4	50	重*3	一時	0.3～0.86	66～200		
	海水	残留熱除去海水系	350	MS-1，重*3	一時	3.45	38	◎	残留熱除去海水系ポンプ逆止弁／重要度
		浸水防護施設*4	80～100	設*5	一時	0.20	38		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*4：新規に設置される機器及び構造物を示す
*5：設計基準対象施設として評価対象とした機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では，１章で代表機器とした７台の弁について技術評価を実施する。

① 原子炉給水逆止弁
② MSIV-LCS 共通ベント逆止弁
③ 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁
④ 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁
⑤ SLC ポンプ出口逆止弁
⑥ 逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁
⑦ 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 原子炉給水逆止弁

(1) 構造

東海第二の原子炉給水逆止弁は，口径が 500A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃のチルチング型逆止弁で，2 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体の支持部（弁棒）からなる。

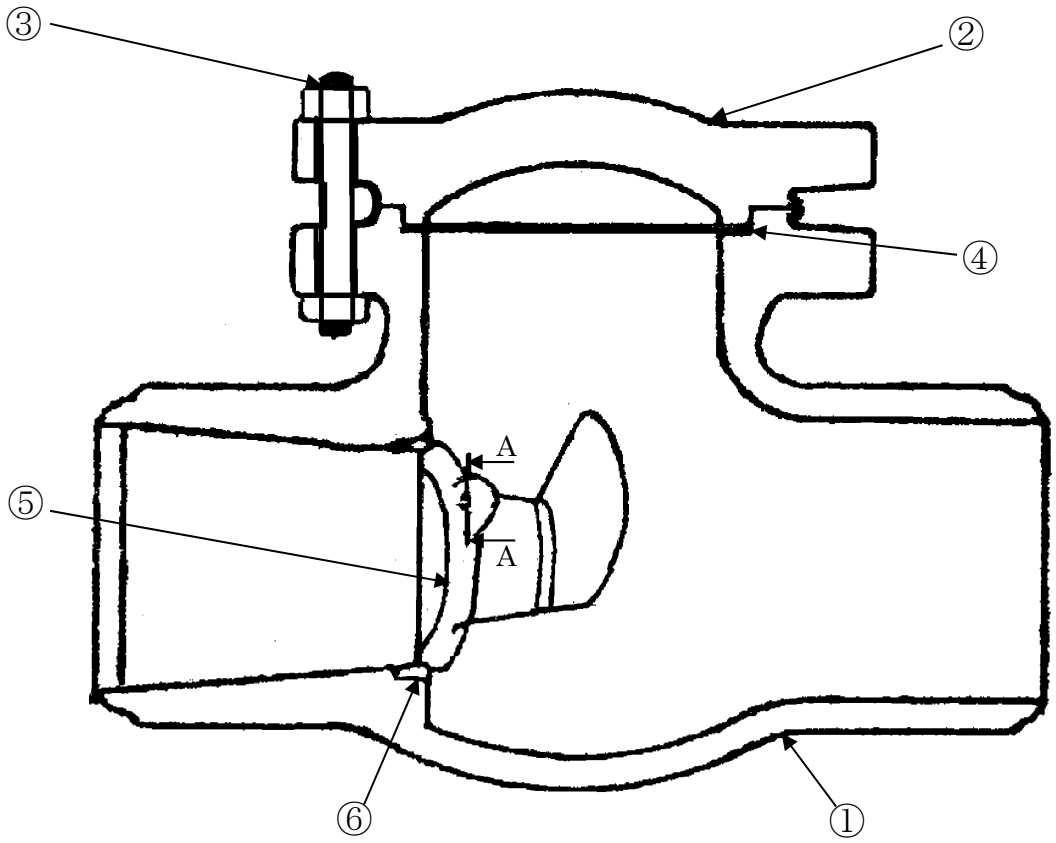
純水に接する弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼を使用している。

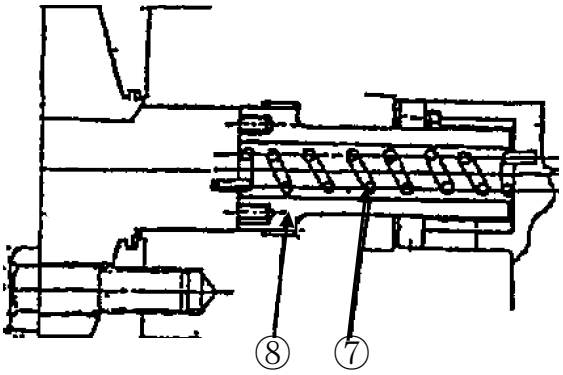
なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉給水逆止弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉給水逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。





A－A 断面詳細

No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	弁座
⑦	スプリング
⑧	弁棒

図 2.1-1　原子炉給水逆止弁構造図

表 2.1-1　原子炉給水逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	インコネル
作動機能の維持	作動支持	弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-2　原子炉給水逆止弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.2 MSIV-LCS 共通ベント逆止弁

(1) 構造

東海第二の MSIV-LCS 共通ベント逆止弁は，口径 100A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃のスイング型逆止弁で，2 台設置されている。

弁本体は蒸気を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット），蒸気を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を作動させる駆動力伝達部（アーム，弁棒）からなる。

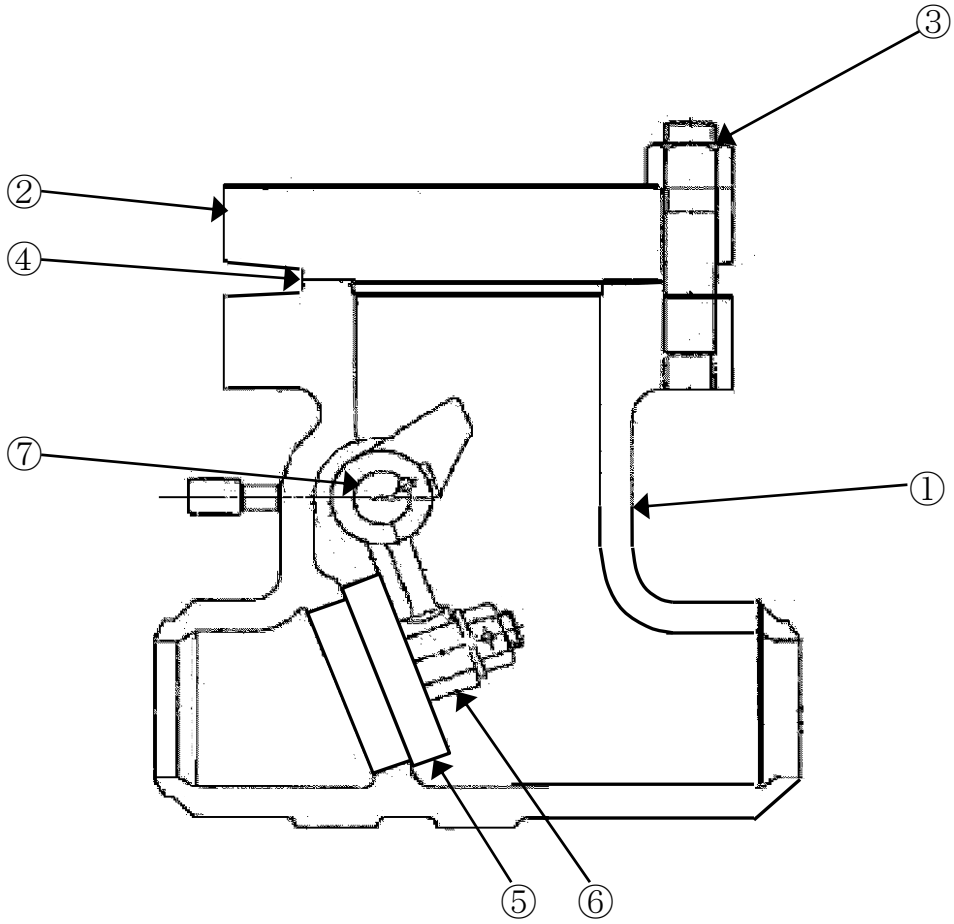
蒸気に接する弁箱（弁座一体型）及びアームには炭素鋼鋳鋼，弁ふた及び弁体には炭素鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の MSIV-LCS 共通ベント逆止弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の MSIV-LCS 共通ベント逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	アーム
⑦	弁棒

図 2.1-2　MSIV-LCS 共通ベント逆止弁構造図

表 2.1-3　MSIV-LCS 共通ベント逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	炭素鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム	炭素鋼鋳鋼
		弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-4　MSIV-LCS 共通ベント逆止弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.1.3 非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁

(1) 構造

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁は口径 250A，最高使用圧力 0.70 MPa，最高使用温度 66 ℃のスイング型逆止弁で，2 台設置されている。

弁本体は，海水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型）），弁ふた，ジョイントボルト・ナット），海水を仕切る隔離部（弁体（アーム一体型））及び弁体（アーム一体型）の支持部（弁棒）からなる。

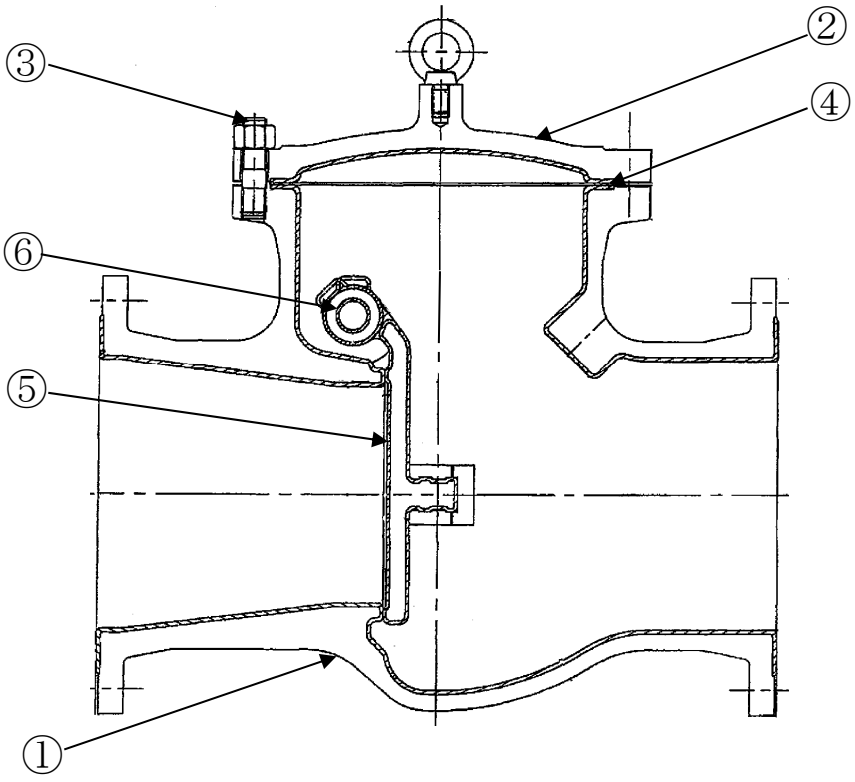
海水に接する弁箱（弁座一体型），弁ふた，弁体（アーム一体型）には炭素鋼鋳鋼，弁棒にはステンレス鋼が使用されており，接液部にはフッ素樹脂ライニングが施されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体（アーム一体型）
⑥	弁棒

図 2.1-3　非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁構造図

表 2.1-5　非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体（アーム一体型）	炭素鋼鋳鋼（フッ素樹脂ライニング）
作動機能の維持	作動支持	弁棒	ステンレス鋼（フッ素樹脂ライニング）

表 2.1-6　非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	海水

2.1.4 原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁

(1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁は，口径 20A，最高使用圧力 12.06 MPa，最高使用温度 302 ℃のリフト型逆止弁で，2 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた（リテーナ付）），純水を仕切る隔離部（弁箱（弁座一体型），弁体）からなる。

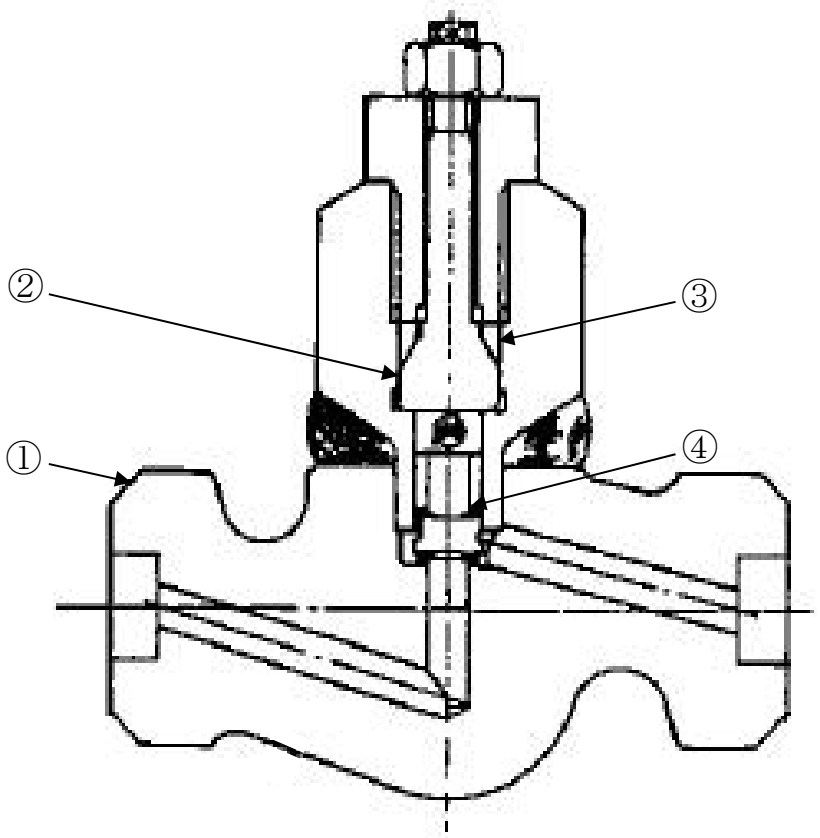
純水に接する弁箱（弁座一体型），弁ふた（リテーナ付），弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，弁ふた（リテーナ付）を取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた（リテーナ付）
③	ガスケット
④	弁体

図 2.1-4　原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁構造図

表 2.1-7　原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた（リテーナ付）	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）

表 2.1-8　原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁の使用条件

最高使用圧力	12.06 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.5 SLC ポンプ出口逆止弁

(1) 構造

東海第二の SLC ポンプ出口逆止弁は，口径 40A，最高使用圧力 9.66 MPa，最高使用温度 66 ℃のリフト型逆止弁で，2 台設置されている。

弁本体は，五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット），五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁箱（弁座一体型），弁体，スプリング）からなる。

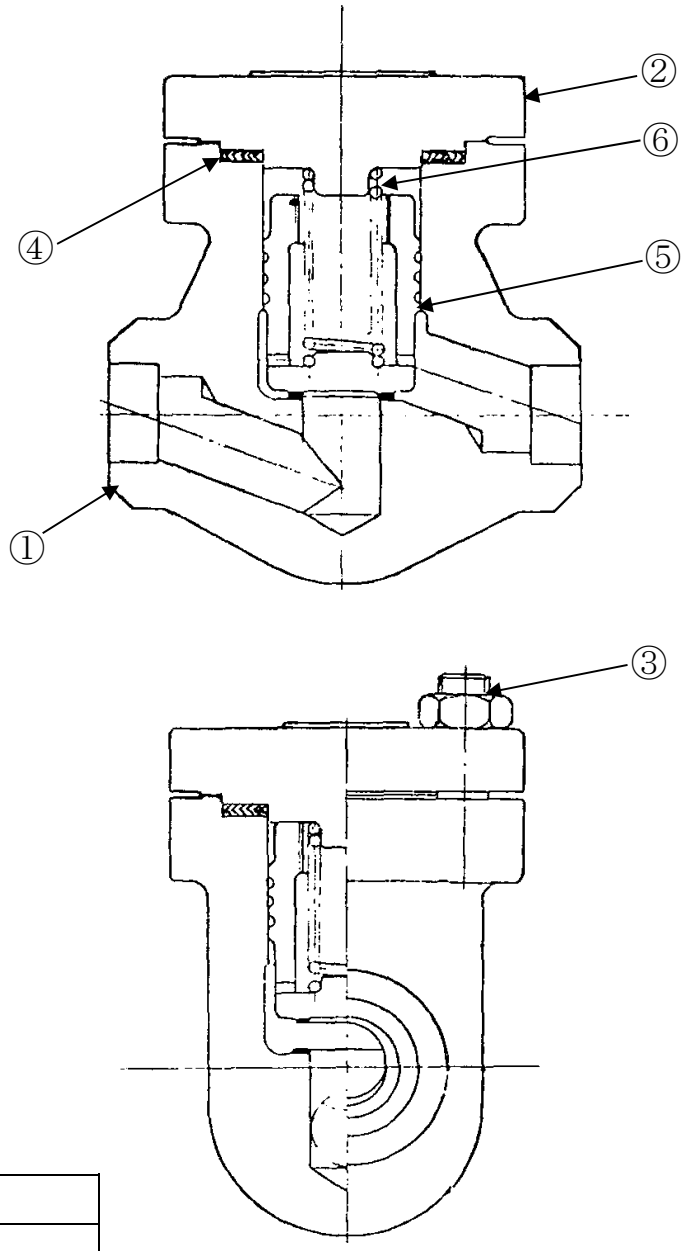
五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱（弁座一体型），弁ふた，弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の SLC ポンプ出口逆止弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の SLC ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体
⑥	スプリング

図 2.1-5　SLC ポンプ出口逆止弁構造図

表 2.1-9　SLC ポンプ出口逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-10　SLC ポンプ出口逆止弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.1.6 逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁

(1) 構造

東海第二の逃がし安全弁(ADS)N2 供給管逆止弁は口径 15A,最高使用圧力 1.38 MPa,最高使用温度 66 ℃のリフト型逆止弁で，7 台設置されている。

弁本体は，ガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱（弁座一体型），弁ふた，ジョイントボルト・ナット），ガスを仕切る隔離部（弁箱（弁座一体型），弁体）からなる。

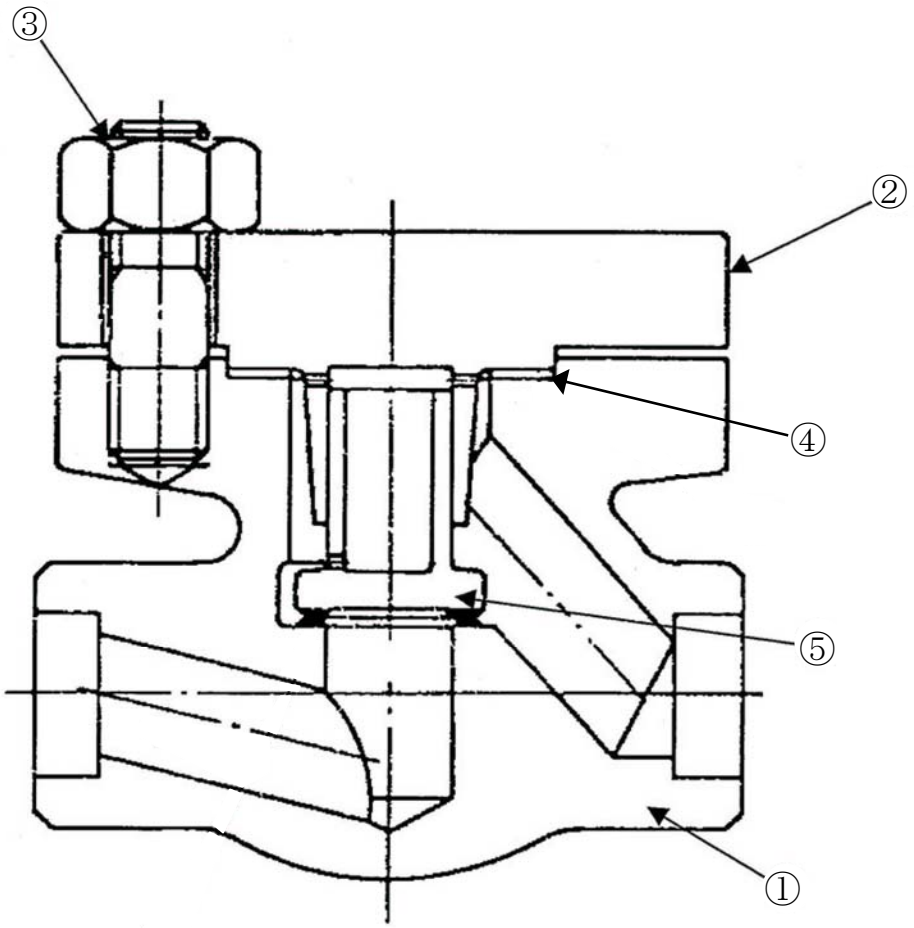
ガスに接する弁箱（弁座一体型），弁ふた，弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱（弁座一体型）
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	弁体

図 2.1-6　逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁構造図

表 2.1-11　逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）

表 2.1-12　逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁の使用条件

最高使用圧力	1.38 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	ガス(窒素)

2.1.7 残留熱除去海水系ポンプ逆止弁

(1) 構造

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ逆止弁は，口径 350A，最高使用圧力 3.45 MPa，最高使用温度 38 ℃のスイング型逆止弁で，4 台設置されている。

弁本体は，海水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット），海水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体の支持部（アーム，弁棒）からなる。

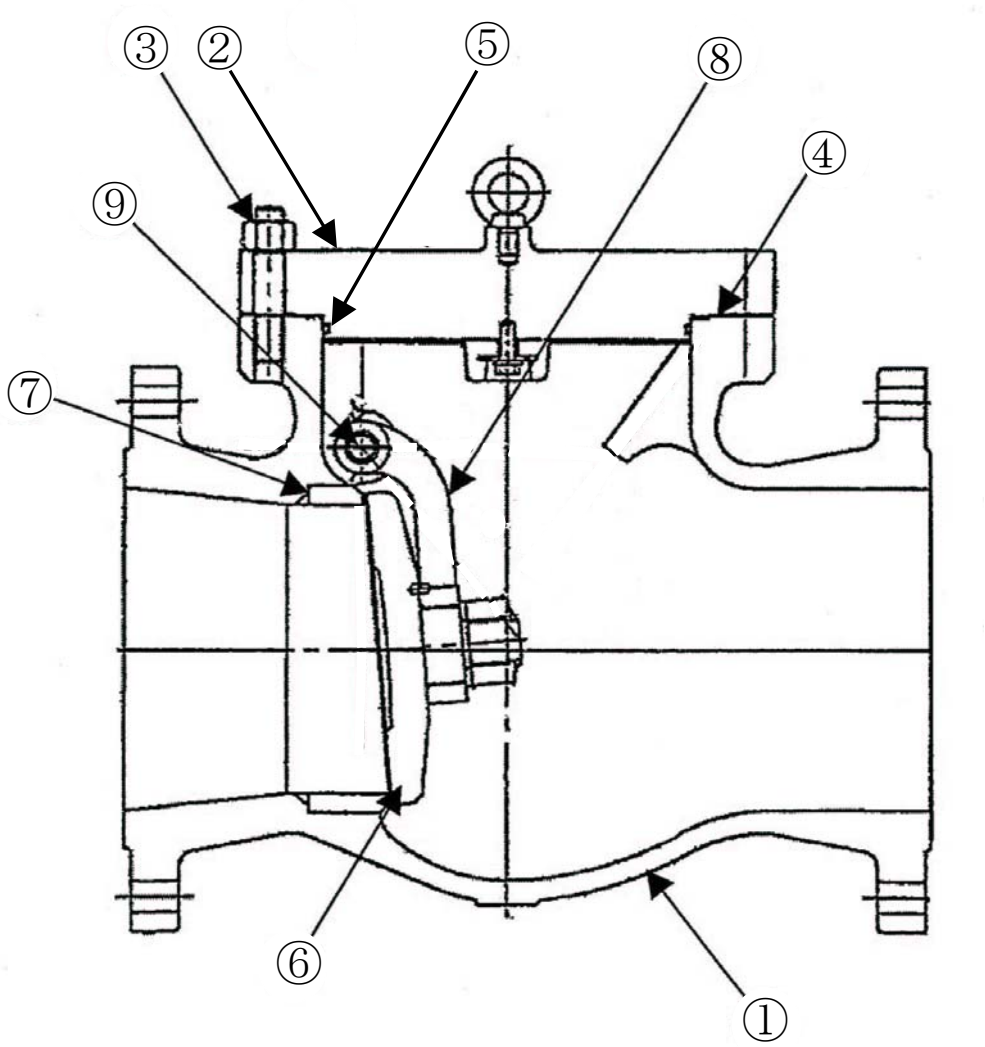
海水に接する弁箱にはステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体，弁座，アームにはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ逆止弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去海水系ポンプ逆止弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	0 リング
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	アーム
⑨	弁棒

図 2.1-7　残留熱除去海水系ポンプ逆止弁構造図

表 2.1-13　残留熱除去海水系ポンプ逆止弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		0 リング	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		弁座	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	作動支持	アーム	ステンレス鋼
		弁棒	ステンレス鋼

表 2.1-14　残留熱除去海水系ポンプ逆止弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	38 ℃
内部流体	海水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

逆止弁の機能である逆流防止機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

逆止弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，圧力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット，0 リング及びグランドパッキンは消耗品であり，設計時に長期間使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 弁箱の疲労割れ［原子炉給水逆止弁］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）［原子炉給水逆止弁，MSIV-LCS 共通ベント逆止弁］

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）［原子炉給水逆止弁］

弁箱，弁ふた，弁体，弁座は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱，弁ふた，弁体，アームの腐食（流れ加速型腐食）［MSIV-LCS 共通ベント逆止弁］

弁箱，弁ふた，弁体，アームは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，アームの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［原子炉給水逆止弁，MSIV-LCS 共通ベント逆止弁，非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁，SLC ポンプ出口逆止弁，逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁，残留熱除去海水系ポンプ逆止弁］

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体，弁棒の摩耗［原子炉給水逆止弁］

弁体，弁棒は，弁の作動に伴い摺動部に摩耗が想定される。

当該逆止弁は，平成 14 年 3 月の落雷による原子炉トリップ後の原子炉起動中において，弁体シート面の摩耗により開動作しない事象が発生した。

対策として，分解点検時の目視点検に加え，シート面ラッピング及び面粗さ測定を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. アーム，弁棒，弁体の摩耗［MSIV-LCS 共通ベント逆止弁，残留熱除去海水系ポンプ逆止弁］

スイング型逆止弁は，アームと弁体連結部を固定しているナットがゆるんだ場合にアームと弁体連結部に摩耗が想定されるが，分解点検時にナットの廻り止めの健全性を確認している。

弁棒，アームについては，弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な摩耗が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，アーム，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁体，弁棒の摩耗［非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁］

弁体，弁棒は，弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な摩耗が確認された場合は，必要に応じて補修または取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）［非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁］

弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されており，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）［非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁］

弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁棒はステンレス鋼であり腐食が想定されるが，海水接液部にはフッ素樹脂ライニングが施されており，フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ［原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁，SLC ポンプ出口逆止弁，逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁］

弁箱，弁ふたはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁箱，弁ふた，弁体の粒界型応力腐食割れ［原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁］

弁箱，弁ふた，弁体はステンレス鋼であり粒界型応力腐食割れの発生が想定されるが，分解点検時の目視点検において，有意な欠陥が確認された場合，補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体の粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 弁箱，弁ふた，弁体，弁座，アーム，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［残留熱除去海水系ポンプ逆止弁］

弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体，弁座，アーム，弁棒はステンレス鋼であり，海水接液部については，腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において腐食（孔食・隙間腐食）の状況を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，弁座，アーム，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

m. 弁体の摩耗［原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁，SLCポンプ出口逆止弁，逃がし安全弁（ADS）N2供給管逆止弁］

弁体の摺動部は，弁の開閉による摩耗が想定されるが，摺動荷重は加わらず，有意な摩耗が発生する可能性はない。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

n. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，スプリングの腐食（全面腐食）［SLC ポンプ出口逆止弁］

弁箱，弁ふた，弁体，スプリングはステンレス鋼であり，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，スプリングの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

o. 弁体の固着［原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁，SLC ポンプ出口逆止弁，逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁］

リフト型逆止弁は，過去の国外プラントにおいて，系統で発生した腐食生成物が弁体と弁体摺動部の隙間に堆積したことによる弁体の固着事例が確認されているが，東海第二においては腐食生成物の発生する環境では使用していないため，弁体が固着する可能性は小さい。

なお，分解点検時において固着は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体の固着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［スプリングのある逆止弁共通］

スプリングは，常時応力がかかった状態で使用されるためへたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1（1/7）　原子炉給水逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3	○					*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面 *4:へたり
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1	△	△*2						
		弁座		炭素鋼*1		△*2						
		スプリング		インコネル							▲*4	
作動機能の維持	作動支持	弁棒		ステンレス鋼	△							

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/7)　MSIV-LCS 共通ベント逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		炭素鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼*1	△	△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達	アーム		炭素鋼鋳鋼	△	△*2						
		弁棒		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（3/7）　非常用ディーゼル発電機海水系出口逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						*1:フッ素樹脂ライニング *2:外面 *3:内面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体（アーム一体型）		炭素鋼鋳鋼*1	△	△						
作動機能の維持	作動支持	弁棒		ステンレス鋼*1	△	△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（4/7）　原子炉再循環ポンプシールパージ内側逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		ステンレス鋼*1				△*2*3				*1：ステライト肉盛 *2：貫粒型応力腐食割れ *3：粒界型応力腐食割れ *4：固着
		弁ふた（リテーナ付）		ステンレス鋼				△*2*3				
	シール	ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△			△*3			△*4	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（5/7）　SLC ポンプ出口逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		ステンレス鋼*1		△*2		△*3				*1:ステライト肉盛 *2:内面 *3:貫粒型応力腐食割れ *4:固着 *5:へたり
		弁ふた		ステンレス鋼		△*2		△*3				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼・炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△					△*4	
		スプリング		ステンレス鋼		△					▲*5	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (6/7)　逃がし安全弁（ADS）N2 供給管逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（弁座一体型）		ステンレス鋼[*1]				△[*2]				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:固着
		弁ふた		ステンレス鋼				△[*2]				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼[*1]	△						△[*3]	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（7/7）　残留熱除去海水系ポンプ逆止弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*2						*1:ステライト肉盛 *2:孔食・隙間腐食
		弁ふた		ステンレス鋼		△*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
		0リング	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1	△	△*2						
		弁座		ステンレス鋼*1		△*2						
作動機能の維持	作動支持	アーム		ステンレス鋼	△	△*2						
		弁棒		ステンレス鋼	△	△*2						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 弁箱の疲労割れ［原子炉給水逆止弁］

a. 事象の説明

原子炉給水逆止弁の弁箱は，プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため，疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

原子炉給水逆止弁について，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む）」（以下，「設計・建設規格」という）に基づいて評価した。評価対象部位を図 2.3-1 に示す。

疲労評価は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した 2016 年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。

*：評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

また，使用環境を考慮した疲労については，日本機械学会「発電用原子力設備規格　環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表 2.3-1 に，評価結果を表 2.3-2 に示す。

その結果，運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，疲労割れ発生の可能性は小さいと判断する。

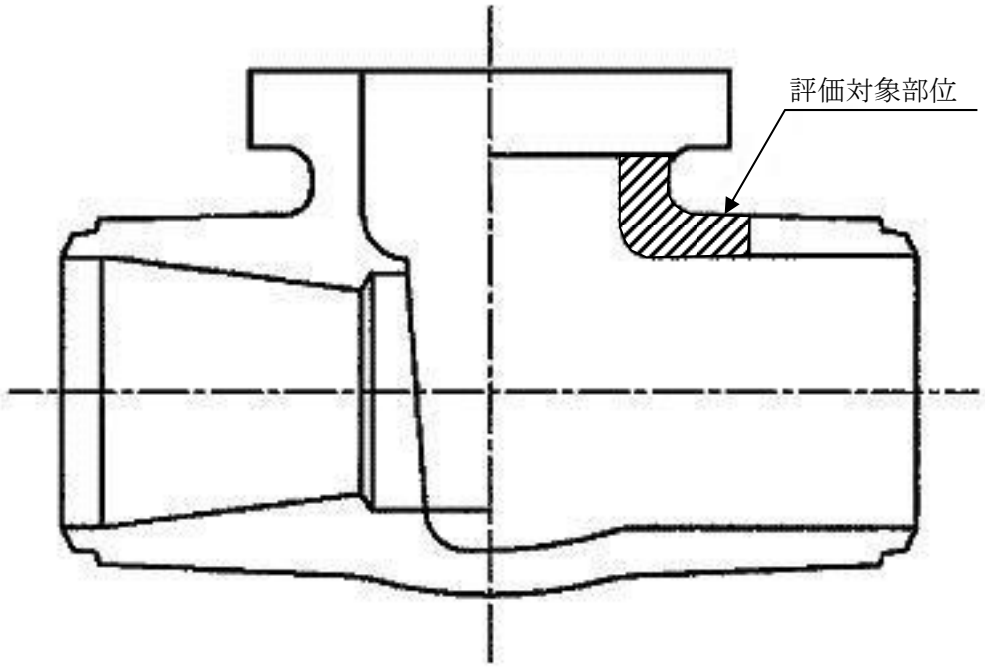


図 2.3-1　原子炉給水逆止弁疲労評価対象部位

表 2.3-1　原子炉給水逆止弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016 年 11 月時点)	60 年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
夜間低出力運転（出力 75%）	67	120
週末低出力運転（出力 50%）	115	165
制御棒パターン変更	96	176
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他スクラム）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3-2　原子炉給水逆止弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1 以下）		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016 年 11 月時点)	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
弁箱	0.0529	0.0862	0.8848

② 現状保全

弁箱内表面については，これまでの目視点検結果から異常は確認されていない。

さらに，実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており，今後も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。

また，弁箱の疲労割れについては，分解点検の目視検査により検知可能であることから，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

ただし，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

c．高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 中性子計装系
② 制御棒駆動系
③ ほう酸水注入系
④ 残留熱除去系
⑤ 高圧炉心スプレイ系
⑥ 低圧炉心スプレイ系
⑦ 原子炉隔離時冷却系
⑧ 原子炉系
⑨ 原子炉再循環系
⑩ 原子炉冷却材浄化系
⑪ 燃料プール冷却浄化系
⑫ 抽気系
⑬ 復水系
⑭ 給水系
⑮ 給水加熱器ドレン系
⑯ 非常用ディーゼル発電機海水系
⑰ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
⑱ 制御用圧縮空気系
⑲ サプレッション・プール水 pH 制御装置
⑳ 重大事故等対処設備
㉑ 浸水防護施設

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 弁箱の疲労割れ［残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系，原子炉系，原子炉冷却材浄化系］

代表機器と同様，プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため，繰返しによる熱疲労が蓄積される可能性があるが，代表機器の評価結果では，許容値に対し十分余裕があることから，弁箱に疲労割れが発生する可能性は小さい。

また，分解点検時に目視点検を実施し，疲労割れがないことを確認しており，今後も分解点検時の目視点検により，弁箱内に疲労割れがないことを確認していく。

したがって，代表機器と同様に高経年化対策の観点から現状の保全内容に対し追加すべき項目はないと判断する。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）［弁箱，弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼の逆止弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，腐食（全面腐食）が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，弁ふた，弁体，アーム，弁座の腐食（流れ加速型腐食）［純水系又は蒸気系炭素鋼逆止弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体，アーム，弁座は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体，アーム，弁座の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［材料が低合金鋼又は炭素鋼の逆止弁共通］

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. アーム，弁体，弁棒の摩耗［弁体－アーム一体型を除くスイング型逆止弁共通］

代表機器と同様，スイング型逆止弁は，アームと弁体連結部を固定しているナットがゆるんだ場合にアームと弁体連結部に摩耗が想定されるが，分解点検時にナットの廻り止めの健全性を確認している。

弁棒，アームについては，弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な摩耗が確認された場合は，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，アーム，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体，弁棒の摩耗［弁体－アーム一体型スイング型逆止弁共通］

代表機器と同様，弁体，弁棒は，弁作動時の摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検により，有意な摩耗が確認された場合は，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系逆止弁，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼，弁棒はステンレス鋼が使用されており，腐食が想定されるが海水接液部にはフッ素樹脂ライニングが施されており，フッ素樹脂ライニングが健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修することで機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁体，弁棒の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ［保温が取付けられていないステンレス鋼の逆止弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふたがステンレス鋼の機器は，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後も代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁箱，弁ふた，弁体の粒界型応力腐食割れ［材料がステンレス鋼の逆止弁共通］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，弁体がステンレス鋼の機器で 100℃以上の内部流体に接する部位は，粒界型応力腐食割れの発生が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い有意な欠陥が確認された場合，補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備等の新たに設置される機器については，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁ふた，弁体の粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 弁体（ねじ部）の疲労割れ［原子炉隔離時冷却系タービン排気ライン逆止弁］

タービン排気側に設置されている逆止弁は，タービン背圧の変動により開閉動作を繰り返し，弁体とアームを連結するねじ部に疲労割れを起こす可能性がある。

当該逆止弁は，2008 年の定期試験時において，弁体（ねじ部）の疲労割れによる弁体の脱落事象が発生した。

対策として，衝撃緩和機構付の弁に交換するとともに，分解点検時の目視点検に加え弁体（ねじ部）の浸透探傷検査を実施しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより，機能を維持している。

したがって，弁体（ねじ部）の疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁体の摩耗［リフト型逆止弁共通］

代表機器と同様，弁体の摺動部は，弁の開閉による摩耗が想定されるが，摺動荷重は加わらず，有意な摩耗が発生する可能性は少ない。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k. 弁箱，弁体ガイド，基礎ボルトの腐食（孔食・隙間腐食）［浸水防護施設］

弁箱，弁体ガイド，基礎ボルトはステンレス鋼であり，腐食（孔食・隙間腐食）が想定される。

当該弁は新規に設置される機器であることから，今後の分解点検時の目視点検において腐食（孔食・隙間腐食）の状況を確認し，必要に応じて補修又は取替を実施することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱，弁体ガイド，基礎ボルトの腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

l. 弁体の固着［リフト型逆止弁共通］

代表機器と同様，リフト型逆止弁は，過去の国外プラントにおいて，系統で発生した腐食生成物が弁体と弁体摺動部の隙間に堆積したことによる，弁体の固着事例が確認されているが，東海第二においては腐食生成物の発生する環境では使用していないため，弁体が固着する可能性は小さい。

なお，分解点検時において固着は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体の固着は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［スプリングのある逆止弁共通］

代表機器と同様，スプリングは，常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，アームの熱時効［弁箱，アームの材料がステンレス鋳鋼のほう酸水注入系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系の逆止弁］

弁箱，アームに使用しているステンレス鋳鋼はオーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であり，使用環境温度は 250 ℃以上（最高使用温度 302 ℃）であるため，熱時効による材料特性の変化により破壊靭性の低下が予想され，この状態でき裂が存在する場合には小さな荷重でき裂が進展し，不安定破壊を引き起こす可能性があるが，弁箱，アームには，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって，弁箱，アームの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

4. バタフライ弁

［対象系統］

① 不活性ガス系
② 非常用ガス処理系
③ 非常用ガス再循環系
④ 非常用ディーゼル発電機海水系
⑤ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
⑥ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 4-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 4-1
1.2 代表機器の選定..... 4-1
2. 代表機器の技術評価..... 4-3
2.1 構造，材料及び使用条件..... 4-3
2.1.1 格納容器パージ弁..... 4-3
2.1.2 DGSW 非常用放出ライン隔離弁 4-6
2.1.3 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁..... 4-9
2.2 経年劣化事象の抽出..... 4-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 4-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 4-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 4-13
3. 代表機器以外への展開..... 4-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 4-19
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 4-19

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要なバタフライ弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのバタフライ弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし，バタフライ弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼に分類され，内部流体はガス，海水に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) ガス系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：ガス，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，不活性ガス系，非常用ガス処理系，非常用ガス再循環系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い機器は，運転状態が同等であるため，最高使用温度及び最高使用圧力が高く，口径の大きい格納容器パージ弁を代表機器とする。

(2) 海水系炭素鋼バタフライ弁（内部流体：海水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，非常用ディーゼル発電機海水系，高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が同等であるため運転状態の厳しい機器のうち，最高使用温度，最高使用圧力及び口径が同等であるため，系統流量の大きい DGSW 非常用放出ライン隔離弁を代表機器とする。

(3) ガス系ステンレス鋼バタフライ弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，重大事故等対処設備のみであることから格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁を代表機器とする。

表 1-1　バタフライ弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
			口径 (A)	重要度[*1]	使用条件				
弁箱材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度（℃）		
炭素鋼	ガス	不活性ガス系	300～600	MS-1,重[*2]	一時	0.31～1.04	105～171	◎	格納容器パージ弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		非常用ガス処理系	450	MS-1,重[*2]	一時	0.01	86		
		非常用ガス再循環系	400～600	MS-1,重[*2]	一時	0.01	86		
		重大事故等対処設備[*4]	450	重[*2]	一時	0.62	200		
	海水	非常用ディーゼル発電機海水系	250	重[*2]	一時	0.70	66	◎	DGSW 非常用放出ライン隔離弁／重要度，運転状態（使用期間），最高使用温度，最高使用圧力，口径，容量[*3]
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系	250	重[*2]	一時	0.70	66		
		重大事故等対処設備[*4]	150	重[*2]	一時	0.98	38～66		
ステンレス鋼	ガス	重大事故等対処設備[*4]	600	重[*2]	一時	0.62	200	◎	格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*3：選定基準が同一であることから，ポンプ容量の大きい系統を選定

非常用ディーゼル発電機海水ポンプ：272.6 m^3/h，高圧炉心スプレイディーゼル冷却系海水系ポンプ：232.8 m^3/h

*4：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では，１章で代表機器とした以下の 3 台の弁について技術評価を実施する。

① 格納容器パージ弁

② DGSW 非常用放出ライン隔離弁

③ 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 格納容器パージ弁

(1) 構造

東海第二の格納容器パージ弁は，口径 600A，最高使用圧力 0.31 MPa，最高使用温度 171 ℃の空気作動バタフライ弁であり，1 台設置されている。

弁本体はガスを内包する耐圧部（弁箱，底ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），ガスを仕切る隔離部（弁体，弁箱付弁座，弁体付弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク，ピン）からなる。

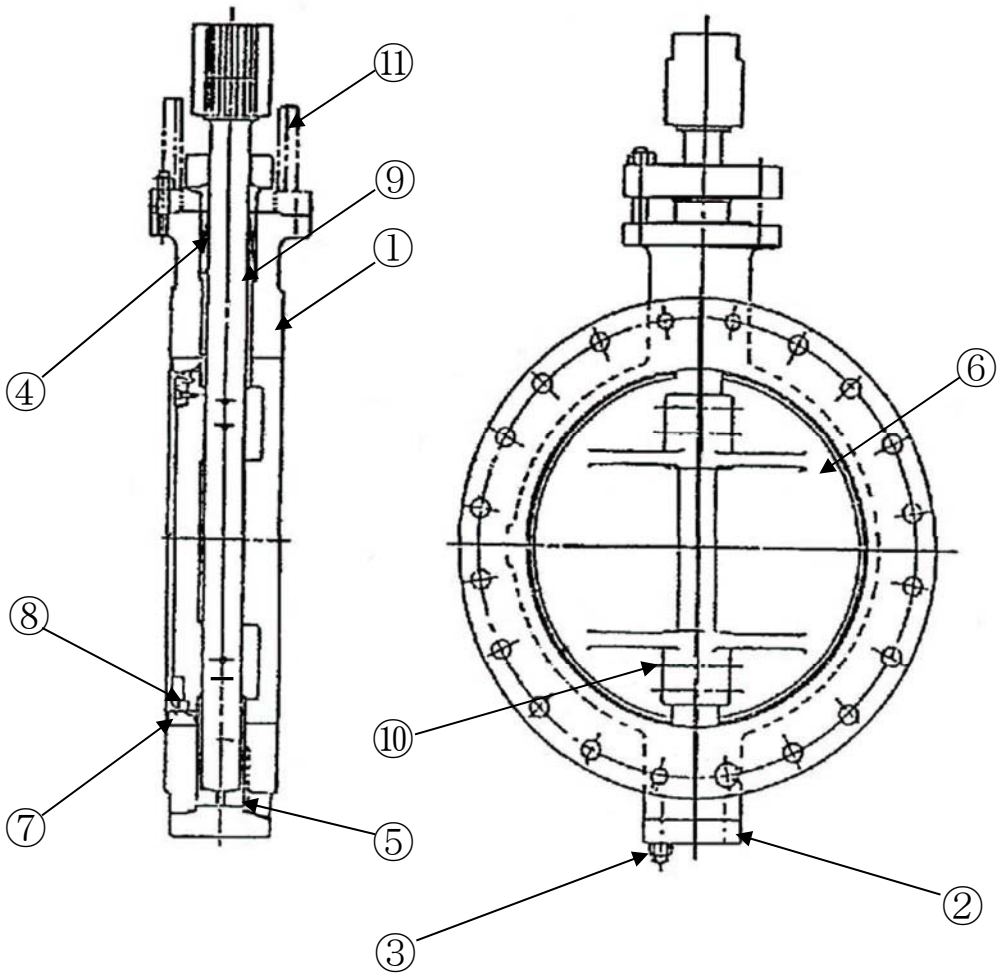
ガスに接する弁箱，弁体には炭素鋼鋳鋼が使用されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁は，フランジボルトを緩め，弁箱を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器パージ弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器パージ弁の主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁箱付弁座
⑧	弁体付弁座
⑨	弁棒
⑩	ピン
⑪	ヨーク

図 2.1-1　格納容器パージ弁構造図

表 2.1-1　格納容器パージ弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		底ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト･ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼
		弁箱付弁座	ステンレス鋼
		弁体付弁座	（定期取替品）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-2　格納容器パージ弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	ガス

2.1.2 DGSW 非常用放出ライン隔離弁

(1) 構造

東海第二の DGSW 非常用放出ライン隔離弁は口径 250A，最高使用圧力 0.70 MPa，最高使用温度 66 ℃の手動バタフライ弁であり，2 台設置されている。

弁本体は海水を内包する耐圧部（弁箱，底ふた，ジョイントボルト･ナット，軸封部），海水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク，ピン）からなる。

海水に接する弁箱，弁体には炭素鋼鋳鋼，弁座にはゴムが使用されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁は，フランジボルトを緩め，弁箱を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の DGSW 非常用放出ライン隔離弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の DGSW 非常用放出ライン隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	0 リング
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピン
⑩	ヨーク

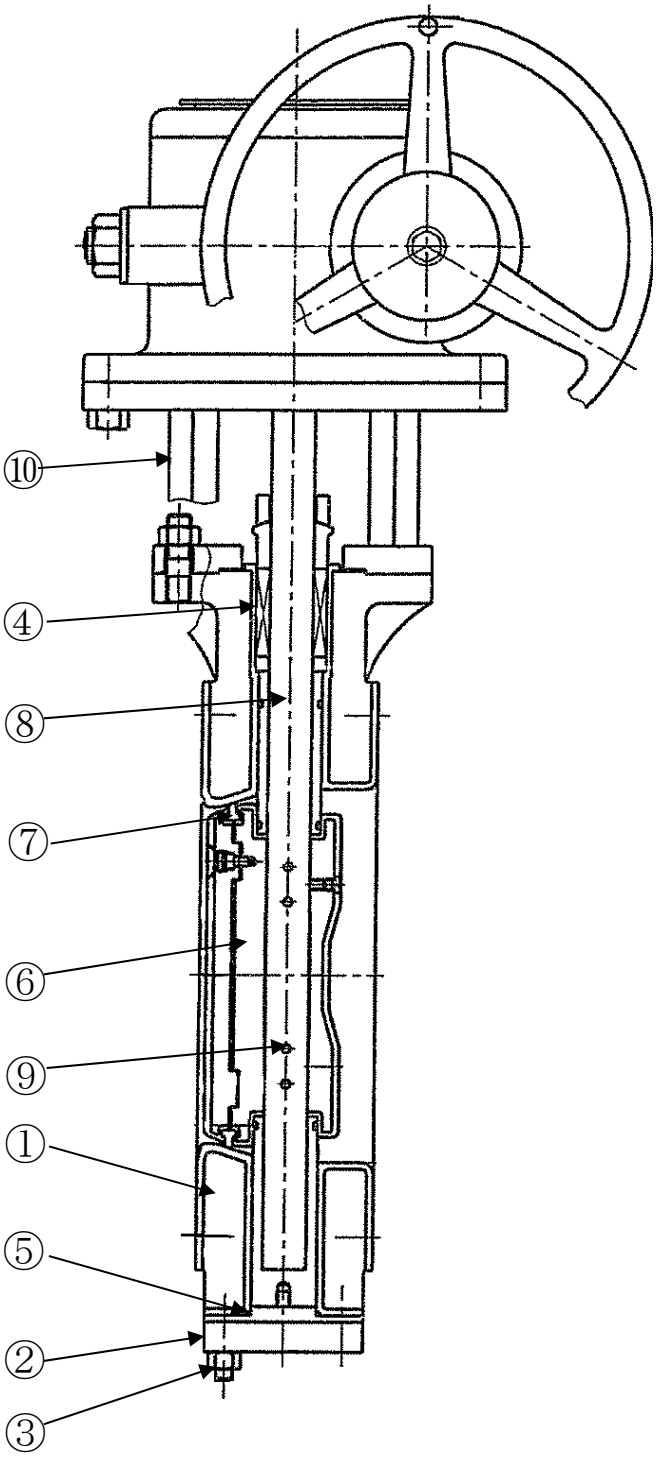


図 2.1-2　DGSW 非常用放出ライン隔離弁構造図

表 2.1-3　DGSW 非常用放出ライン隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼（ゴムライニング）
		底ふた	炭素鋼（ゴムライニング）
		ジョイントボルト･ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		O リング	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	炭素鋼鋳鋼（ゴムライニング）
		弁座	（定期取替品）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-4　DGSW 非常用放出ライン隔離弁の使用条件

最高使用圧力	0.70 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	海水

2.1.3 格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁

(1) 構造

東海第二の格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁は，口径 600A，最高使用圧力 0.62 MPa，最高使用温度 200 ℃の手動バタフライ弁であり，1 台設置予定である。

弁本体はガスを内包する耐圧部（弁箱，底ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），ガスを仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ピン，ヨーク，ブッシュ）からなる。

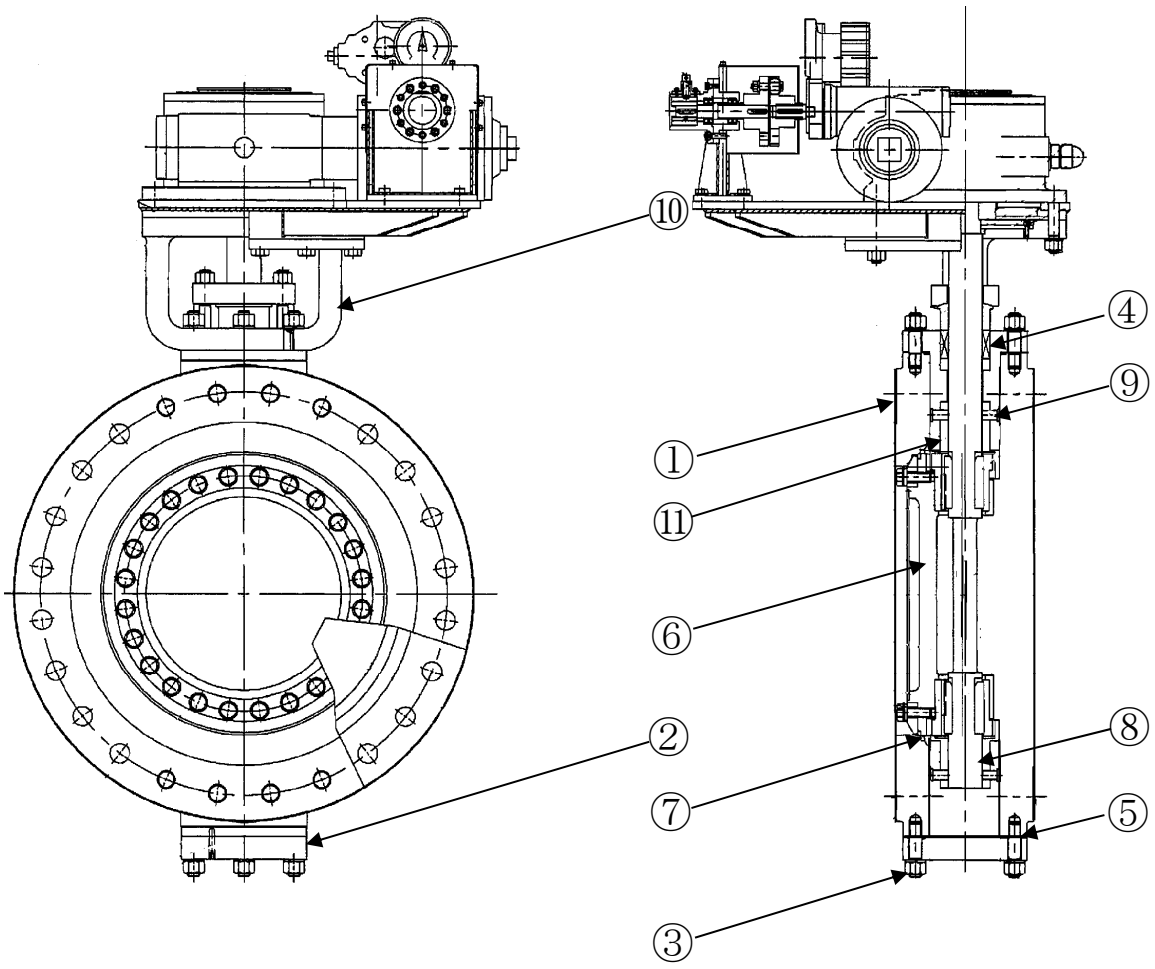
ガスに接する弁箱，弁体にはステンレス鋳鋼が使用されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁は，フランジボルトを緩め，弁箱を取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁の主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	底ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ピン
⑩	ヨーク
⑪	ブッシュ

図 2.1-3　格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁構造図

表 2.1-5　格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		底ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト･ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼
		弁座	（定期取替品）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ピン	ステンレス鋼
		ヨーク	ステンレス鋳鋼
		ブッシュ	ステンレス鋼

表 2.1-6　格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁の使用条件

最高使用圧力	0.62 MPa
最高使用温度	200 ℃
内部流体	ガス

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

バタフライ弁の機能である流体調節，隔離機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

バタフライ弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケット及び O リングは消耗品，弁体付弁座及び弁座は定期取替品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱（外面），底ふた（外面），ヨークの腐食（全面腐食）［格納容器パージ弁，DGSW 非常用放出ライン隔離弁］

弁箱，底ふた，ヨークは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（外面），底ふた（外面），ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［格納容器パージ弁］

弁箱，底ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［DGSW 非常用放出ライン隔離弁］

弁箱，底ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，海水に接液することから腐食が想定されるが，内面接液部はゴムライニングが施されていることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替をすることで機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒，ピンの摩耗［共通］

弁の開閉に伴い，弁棒についてはグランドパッキンとの摺動部，ピンについては他の部位との接触部に摩耗が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒，ピンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［DGSW 非常用放出ライン隔離弁］

弁棒はステンレス鋼であり腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ブッシュの摩耗［格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁］

ブッシュは弁の開閉に伴い摩耗が想定されるが，当該弁の開閉頻度は殆どないことから摩耗の可能性は小さい。

当該弁は，新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ブッシュの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁棒，弁箱付弁座の腐食（全面腐食）［格納容器パージ弁］

弁棒，弁箱付弁座はステンレス鋼であるため，腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境は変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒，弁箱付弁座の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i．弁体の腐食（全面腐食）［格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁］

弁体はステンレス鋳鋼であるため，腐食の可能性は小さい。

なお，当該弁は，新たに設置される機器であることから，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1(1/3)　格納容器パージ弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*1*2						*1:外面 *2:内面
		底ふた		炭素鋼鋳鋼		△*1*2						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼		△						
		弁箱付弁座		ステンレス鋼		△						
		弁体付弁座	◎	－								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△						
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(2/3)　DGSW 非常用放出ライン隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼*1		△*2*3						*1:ゴムライニング施工 *2:外面 *3:内面 *4:孔食・隙間腐食
		底ふた		炭素鋼*1		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼，炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		Oリング	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		炭素鋼鋳鋼*1		△						
		弁座	◎	－								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△	△*4						
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1(3/3)　格納容器圧力逃がし装置出口側隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								
		底ふた		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼		△						
		弁座	◎	－								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ピン		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		ステンレス鋳鋼								
		ブッシュ		ステンレス鋼	△							

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 不活性ガス系
② 非常用ガス処理系
③ 非常用ガス再循環系
④ 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系
⑤ 重大事故等対処設備

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様，設計上及び運転経験から，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱（外面），底ふた（外面），ヨークの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，弁箱，底ふた，ヨークは炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（外面），底ふた（外面），ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［不活性ガス系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，弁箱，底ふた及び弁体は炭素鋼鋳鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，弁箱，底ふた，弁体は炭素鋼鋳鋼又は炭素鋼であり，海水に接液することから腐食が想定されるが，内面接液部はゴムライニングが施されていることから，腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替をすることにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁箱（内面），底ふた（内面），弁体の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒，ピンの摩耗［共通］

代表機器と同様，弁の開閉に伴い，弁棒についてはグランドパッキンとの摺動部，ピンについては他の部位との接触部に摩耗が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒，ピンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）［高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機海水系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，弁棒はステンレス鋼であり腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒の腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒，弁箱付弁座（不活性ガス系のみ）の腐食（全面腐食）［不活性ガス系，非常用ガス処理系，非常用ガス再循環系，重大事故等対処設備］

代表機器と同様，弁棒，弁箱付弁座はステンレス鋼であるため，腐食の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境は変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，弁棒，弁箱付弁座の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

5. 安全弁

［対象系統］

① ほう酸水注入系
② 残留熱除去系
③ 残留熱除去海水系
④ 高圧炉心スプレイ系
⑤ 低圧炉心スプレイ系
⑥ 原子炉隔離時冷却系
⑦ 原子炉再循環系
⑧ 原子炉冷却材浄化系
⑨ 可燃性ガス濃度制御系
⑩ 復水系
⑪ 給水系
⑫ 給水加熱器ベント系
⑬ タービン補助蒸気系
⑭ タービングランド蒸気系
⑮ 空気抽出系
⑯ 制御用圧縮空気系
⑰ 気体廃棄物処理系

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 5-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 5-1
1.2 代表機器の選定..... 5-1
2. 代表機器の技術評価..... 5-4
2.1 構造，材料及び使用条件..... 5-4
2.1.1 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁..... 5-4
2.1.2 ヒータ 1 安全弁..... 5-7
2.1.3 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁..... 5-10
2.1.4 排ガス復水器安全弁..... 5-13
2.1.5 計装用 N2 ガス逃し安全弁..... 5-16
2.1.6 SLC ポンプ逃し弁..... 5-19
2.1.7 RHR 熱交換器管側安全弁..... 5-22
2.2 経年劣化事象の抽出..... 5-25
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 5-25
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 5-25
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 5-26
3. 代表機器以外への展開..... 5-37
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 5-37
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 5-37

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な安全弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの安全弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし,安全弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼，青銅鋳物に分類され，内部流体は純水，蒸気，ガス，五ほう酸ナトリウム水，海水に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 純水系炭素鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，残留熱除去系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，原子炉隔離時冷却系， 原子炉冷却材浄化系，可燃性ガス濃度制御系，タービングランド蒸気系，復水系，給水系，空気抽出系が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度が同等である為，最高使用圧力の高い高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁を代表機器とする。

(2) 蒸気系炭素鋼安全弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，タービン補助蒸気系，タービングランド蒸気系，給水加熱器ベント系が属するが，重要度，運転状態は同等である為，最高使用温度の高いヒータ 1 安全弁を代表機器とする。

(3) 純水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉再循環系，原子炉冷却材浄化系が属するが，重要度が高い機器は，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力が同等である為，口径の大きい残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁を代表機器とする。

(4) 蒸気系ステンレス鋼安全弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，気体廃棄物処理系のみが属するが，重要度及び運転状態が同等である為，最高使用温度の高い排ガス復水器安全弁を代表機器とする。

(5) ガス系ステンレス鋼安全弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，制御用圧縮空気系のみであることから，計装用 N2 ガス逃し安全弁を代表機器とする。

(6) 五ほう酸ナトリウム水系ステンレス鋼安全弁（内部流体：五ほう酸ナトリウム水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，ほう酸水注入系のみであることから，SLC ポンプ逃し弁を代表機器とする。

(7) 海水系銅合金安全弁（内部流体：海水，弁箱材料：青銅鋳物）

このグループは，残留熱除去海水系のみであることから，RHR 熱交換器管側安全弁を代表機器とする。

表 1-1　安全弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
					使用条件				
弁箱材料	内部流体		口径（A）	重要度*1	運転状態	最高使用圧力（MPa）	最高使用温度（℃）		
炭素鋼	純水	残留熱除去系	15～40	MS-1，重*2	一時	0.86～8.62	100～302		高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力
		高圧炉心スプレイ系	15～40	MS-1，重*2	一時	0.70～10.69	100～302	◎	
		低圧炉心スプレイ系	15～40	MS-1，重*2	一時	0.70～8.62	100～302		
		原子炉隔離時冷却系	40	重*2	一時	0.86	77		
		原子炉冷却材浄化系	25～40	高*3	連続	0.86～9.80	188～302		
		可燃性ガス濃度制御系	40	MS-1	一時	0.31	171		
		タービングランド蒸気系	50	高*3	連続	1.04	183		
		復水系	20～25	高*3	連続	6.14	205		
		給水系	20	高*3	連続	12.93	233		
		空気抽出系	90	高*3	連続	0.35	164		
	蒸気	タービン補助蒸気系	50	高*3	連続	1.04	183		ヒータ 1 安全弁／重要度，運転状態，最高使用温度
		タービングランド蒸気系	200	高*3	連続	1.04	124～233		
		給水加熱器ベント系	80～100	高*3	連続	0.36～2.98	149～235	◎	
ステンレス鋼	純水	残留熱除去系	15～25	MS-1，重*2	一時	8.62	302	◎	残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁／重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力，口径
		原子炉隔離時冷却系	15	高*3	一時	10.35	302		
		原子炉再循環系	20	高*3	連続	12.06	66		
		原子炉冷却材浄化系	25	高*3	連続	12.06	66		
	蒸気	気体廃棄物処理系	20～40	高*3	連続	0.86～2.41	205～538	◎	排ガス復水器安全弁／重要度，運転状態，最高使用温度
	ガス	制御用圧縮空気系	25	重*2	一時	1.38	66	◎	計装用 N2 ガス逃し安全弁
	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	25	MS-1，重*2	一時	9.66	66	◎	SLC ポンプ逃し弁
青銅鋳物	海水	残留熱除去海水系	40	MS-1	一時	3.45	249	◎	RHR 熱交換器管側安全弁

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*3：最高使用温度が 95 ℃を超え，または最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下の 7 台の弁について技術評価を実施する。

① 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁
② ヒータ 1 安全弁
③ 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁
④ 排ガス復水器安全弁
⑤ 計装用 N2 ガス逃し安全弁
⑥ SLC ポンプ逃し弁
⑦ RHR 熱交換器管側安全弁

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁

(1) 構造

東海第二の高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁は口径 15A，最高使用圧力 10.69 MPa，最高使用温度 302 ℃の安全弁で 1 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱 （ノズルシート一体型），弁体，スプリングシート，ジョイントボルト・ナット等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

純水に接する弁箱（ノズルシート一体型）には炭素鋼，弁体にはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	弁箱（ノズルシート一体型）
②	弁体
③	スプリングシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

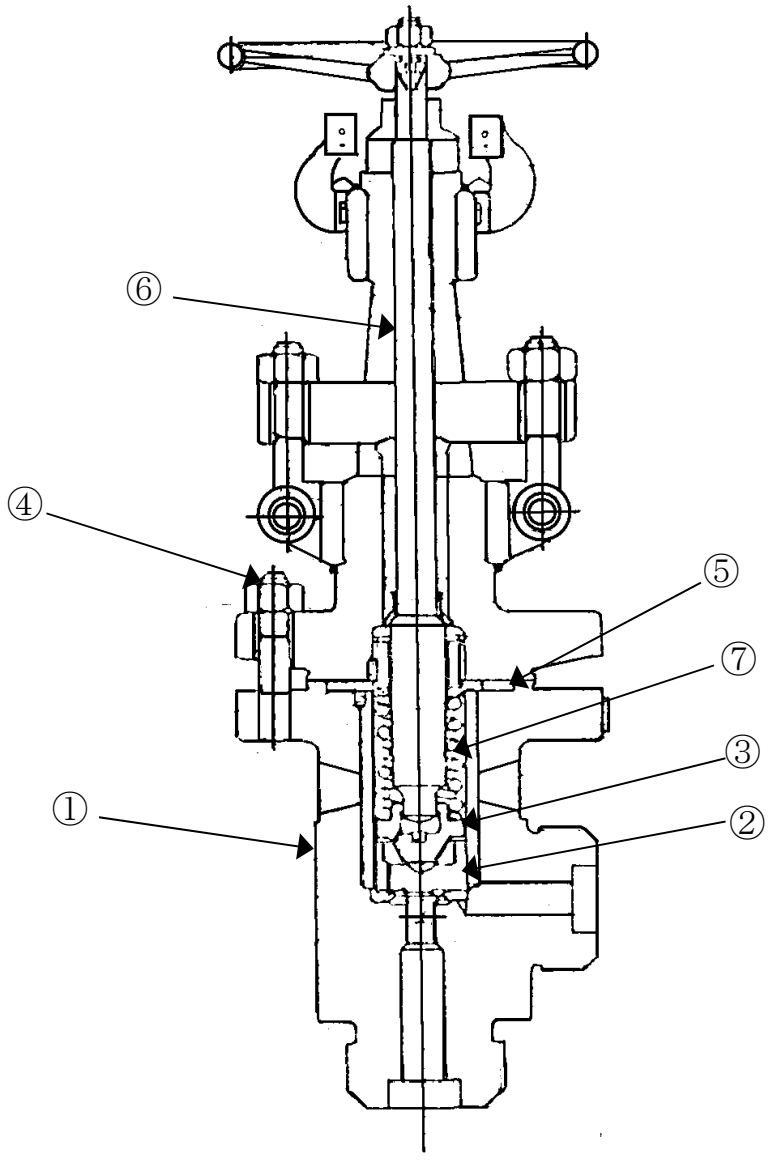


図 2.1-1　高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁構造図

表 2.1-1　高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（ノズルシート一体型）	炭素鋼（ステライト肉盛）
		弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリングシート	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	インコネル

表 2.1-2　高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁の使用条件

最高使用圧力	10.69 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.2 ヒータ 1 安全弁

(1) 構造

東海第二のヒータ 1 安全弁は口径 80A,最高使用圧力 2.98 MPa,最高使用温度 235 ℃の安全弁で 3 台設置されている。

弁本体は，蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット，ベローズ等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁体にはステンレス鋼，ノズルシートには炭素鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のヒータ 1 安全弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のヒータ 1 安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ベローズ
⑥	ガスケット
⑦	弁棒
⑧	スプリング

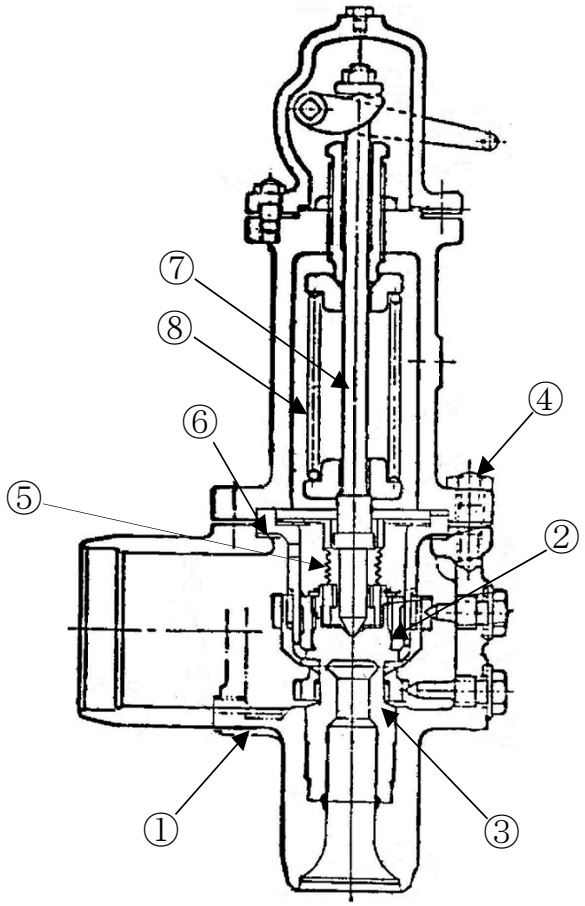


図 2.1-2　ヒータ 1 安全弁構造図

表 2.1-3　ヒータ 1 安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼
		ノズルシート	炭素鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	炭素鋼
	シール	ベローズ	ステンレス鋼
		ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-4　ヒータ 1 安全弁の使用条件

最高使用圧力	2.98 MPa
最高使用温度	235 ℃
内部流体	蒸気

2.1.3 残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁

(1) 構造

東海第二の残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁は口径 25A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃の安全弁で 1 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット，ベローズ等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼，弁体，ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ベローズ
⑥	ガスケット
⑦	弁棒
⑧	スプリング

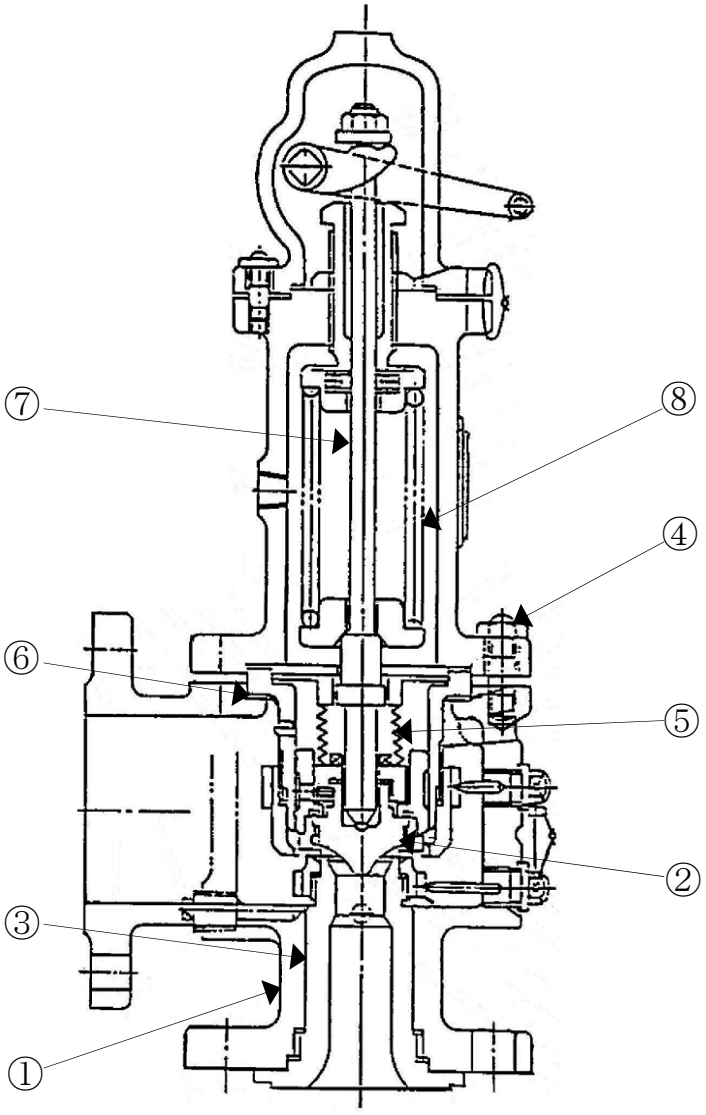


図 2.1-3　残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁構造図

表 2.1-5　残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼
		ノズルシート	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ベローズ	ステンレス鋼
		ガスケット	(消耗品)
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-6　残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.1.4 排ガス復水器安全弁

(1) 構造

東海第二の排ガス復水器安全弁は口径 40A，最高使用圧力 2.41 MPa，最高使用温度 538 ℃の安全弁で，2 台設置されている。

弁本体は，蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

蒸気に接する弁箱はステンレス鋳鋼，弁体，ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の排ガス復水器安全弁の構造図を図 2.1-4 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の排ガス復水器安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

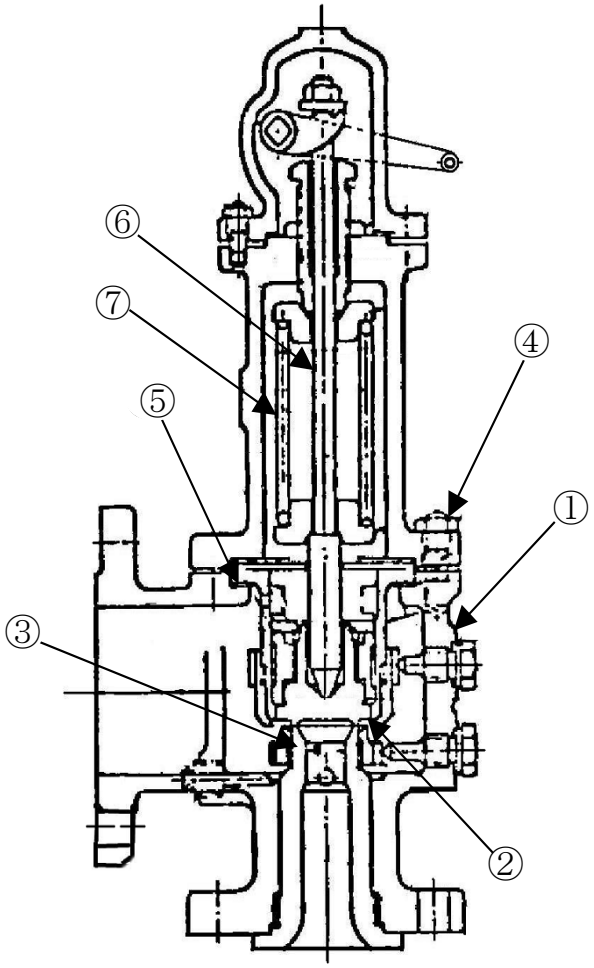


図 2.1-4　排ガス復水器安全弁構造図

表 2.1-7　排ガス復水器安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ノズルシート	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-8　排ガス復水器安全弁の使用条件

最高使用圧力	2.41 MPa
最高使用温度	538 ℃
内部流体	蒸気

2.1.5 計装用 N2 ガス逃し安全弁

(1) 構造

東海第二の計装用 N2 ガス逃し安全弁は口径 25A，最高使用圧力 1.38 MPa，最高使用温度 66 ℃の逃し弁で，2 台設置されている。

弁本体は，ガスを内包する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

ガスに接する弁箱はステンレス鋳鋼，弁体，ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の計装用 N2 ガス逃し安全弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の計装用 N2 ガス逃し安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

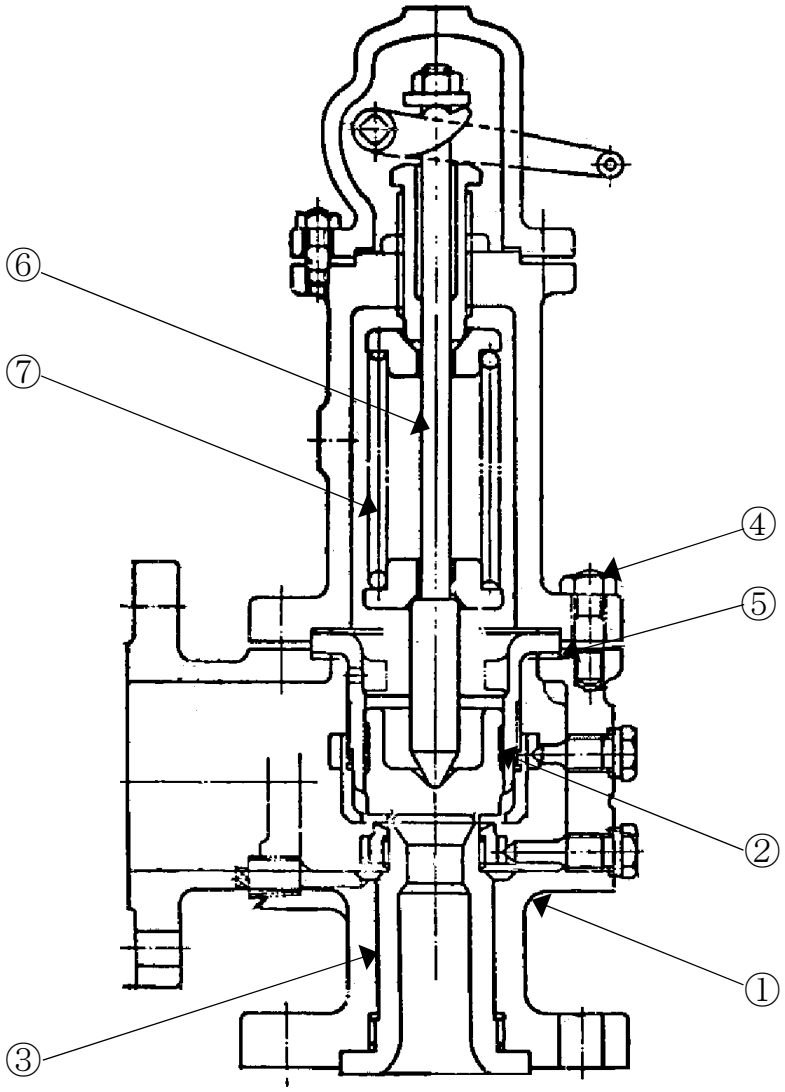


図 2.1-5　計装用 N2 ガス逃し安全弁構造図

表 2.1-9　計装用 N2 ガス逃し安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ノズルシート	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	ステンレス鋼

表 2.1-10　計装用 N2 ガス逃し安全弁の使用条件

最高使用圧力	1.38 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	ガス

2.1.6 SLC ポンプ逃し弁

(1) 構造

東海第二の SLC ポンプ逃し弁は口径 25A,最高使用圧力 9.66 MPa,最高使用温度 66 ℃の逃し弁で，2 台設置されている。

弁本体は，五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱はステンレス鋳鋼，弁体，ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の SLC ポンプ逃し弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の SLC ポンプ逃し弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

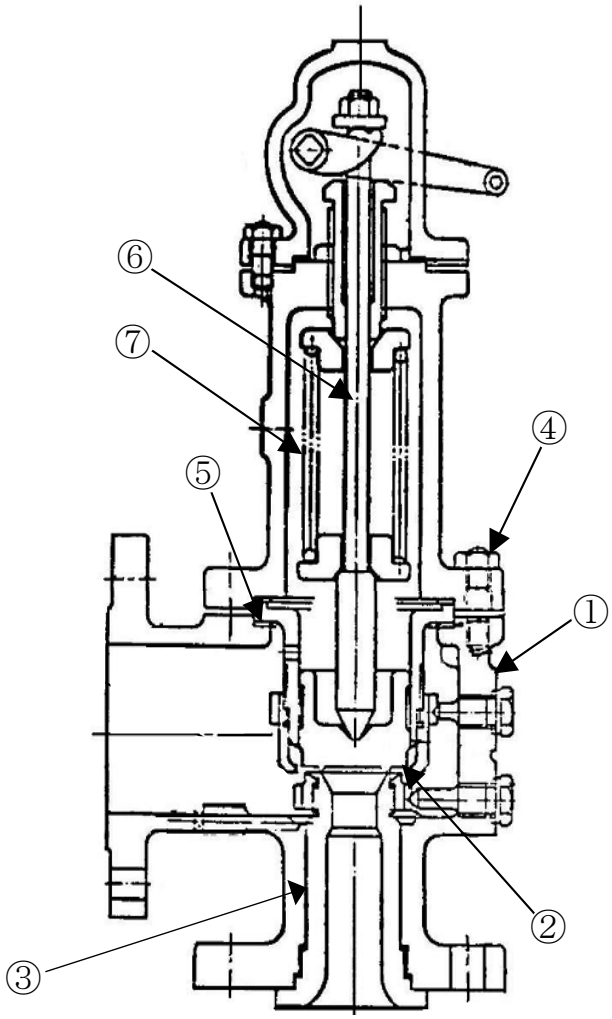


図 2.1-6　SLC ポンプ逃し弁構造図

表 2.1-11　SLC ポンプ逃し弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ノズルシート	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-12　SLC ポンプ逃し弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.1.7 RHR 熱交換器管側安全弁

(1) 構造

東海第二の RHR 熱交換器管側安全弁は口径 40A，最高使用圧力 3.45 MPa，最高使用温度 249 ℃の安全弁で，2 台設置されている。

弁本体は，海水を内包する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット等），及び弁体を作動させる作動部（弁棒，スプリング）からなる。

海水に接する弁箱は青銅鋳物，弁体，ノズルシートにはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁は，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の RHR 熱交換器管側安全弁の構造図を図 2.1-7 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の RHR 熱交換器管側安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部位
①	弁箱
②	弁体
③	ノズルシート
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	弁棒
⑦	スプリング

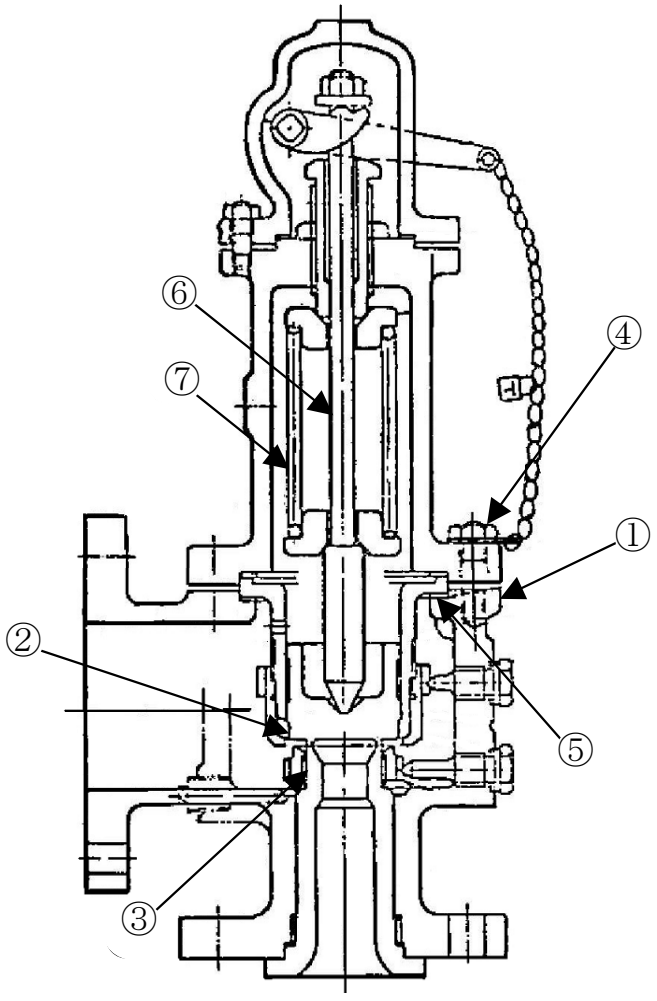


図 2.1-7　RHR 熱交換器管側安全弁構造図

表 2.1-13　RHR 熱交換器管側安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	青銅鋳物
		弁体	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ノズルシート	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-14　RHR 熱交換器管側安全弁の使用条件

最高使用圧力	3.45 MPa
最高使用温度	249 ℃
内部流体	海水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

安全弁の機能である流体吹き出し機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

安全弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，圧力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期間使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱の外面の腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁，ヒータ 1 安全弁］

弁箱は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり，外面は大気接触することから腐食が想定されるが，弁箱外面の大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱の内面の腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁，ヒータ 1 安全弁，RHR 熱交換器管側安全弁］

弁箱は炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は青銅鋳物であり，弁箱内面は純水，蒸気又は海水に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，弁箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁，ヒータ 1 安全弁，RHR 熱交換器管側安全弁］

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ノズルシートの腐食（全面腐食）［ヒータ 1 安全弁］

ノズルシートは炭素鋼であり，内部流体が蒸気であることから，腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，ノズルシートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体，ノズルシートの腐食（孔食・隙間腐食）［RHR 熱交換器管側安全弁］

弁体，ノズルシートについてはステンレス鋼であり，内部流体が海水であることから，接液部に腐食（孔食・隙間腐食）が想定されるが，分解点検時に補修を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁体，ノズルシートの腐食（孔食・隙間腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ［残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁］

弁箱，ジョイントボルト・ナットはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒の摩耗［高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁，残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁］

弁棒は弁の開閉に伴う弁ふた及び弁体との摺動により摩耗が想定されるが，安全弁は系統の異常昇圧時の保護目的で設置されており，作動回数がほとんどないことから摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型応力腐食割れ［残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁］

ノズルシート及びジョイントボルト・ナットはステンレス鋼であり，粒界型応力腐食割れの発生が想定されるが，実温度測定結果が 100℃未満であるため，粒界型応力腐食割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. ベローズの疲労割れ［ヒータ 1 安全弁，残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁］

ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰り返しにより疲労割れが想定されるが，作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ベローズの疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j. 弁箱（内面），弁体，ノズルシートの腐食（全面腐食）［SLC ポンプ逃し弁］

弁箱はステンレス鋳鋼，弁体，ノズルシートはステンレス鋼であり，内部流体が五ほう酸ナトリウム水であるため腐食の発生が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁箱（内面），弁体，ノズルシートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［共通］

安全弁のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1（1/7）　高圧炉心スプレイ系注入弁 F004 安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱（ノズルシート一体型）		炭素鋼[*1]		△[*2*3]						*1:ステライト肉盛 *2:外面 *3:内面 *4:へたり
		弁体		ステンレス鋼[*1]								
		スプリングシート		ステンレス鋼[*1]								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼・炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		スプリング		インコネル							▲[*4]	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (2/7)　ヒータ 1 安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:外面 *3:内面 *4:へたり
		弁体		ステンレス鋼								
		ノズルシート		炭素鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼		△						
	シール	ベローズ		ステンレス鋼			△					
		ガスケット	◎	―								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ばね鋼							▲*4	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（3/7）　残留熱除去系停止時冷却入口ライン安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:粒界型応力腐食割れ *4:へたり
		弁体		ステンレス鋼								
		ノズルシート		ステンレス鋼*1				△*3				
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼				△*2*3				
	シール	ベローズ		ステンレス鋼			△					
		ガスケット	◎	―								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		スプリング		ステンレス鋼							▲*4	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（4/7）　計装用 N2 ガス逃し安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼*1								
		ノズルシート		ステンレス鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎	―								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ステンレス鋼							▲*2	

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（5/7）　排ガス復水器安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼								*1:ステライト肉盛 *2:へたり
		弁体		ステンレス鋼*1								
		ノズルシート		ステンレス鋼*1								
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎	―								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ステンレス鋼							▲*2	

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（6/7）　SLC ポンプ逃し弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*2						*1：ステライト肉盛 *2：内面 *3：へたり
		弁体		ステンレス鋼*1		△						
		ノズルシート		ステンレス鋼*1		△						
		ジョイントボルト・ナット		ステンレス鋼								
	シール	ガスケット	◎	－								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ばね鋼							▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（7/7）　RHR 熱交換器管側安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		青銅鋳物		△*2						*1:ステライト肉盛 *2:内面 *3:孔食・隙間腐食 *4:へたり
		弁体		ステンレス鋼*1		△*3						
		ノズルシート		ステンレス鋼*1		△*3						
		ジョイントボルト・ナット		炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
作動機能の維持	作動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1								
		スプリング		ばね鋼							▲*4	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 残留熱除去系
② 高圧炉心スプレイ系
③ 低圧炉心スプレイ系
④ 原子炉隔離時冷却系
⑤ 原子炉再循環系
⑥ 原子炉冷却材浄化系
⑦ 可燃性ガス濃度制御系
⑧ 復水系
⑨ 給水系
⑩ 給水加熱器ベント系
⑪ タービン補助蒸気系
⑫ タービングランド蒸気系
⑬ 空気抽出系
⑭ 気体廃棄物処理系

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱の外面の腐食（全面腐食）［弁箱が炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の安全弁共通］

代表機器と同様，弁箱は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり，外面は大気接触することから腐食が想定されるが，弁箱外面の大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱の外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱の内面の腐食（全面腐食）［弁箱が炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼の安全弁共通］

代表機器と同様，弁箱は炭素鋼又は炭素鋼鋳鋼であり，弁箱内面は純水又は蒸気に接液することから腐食が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食がないことを確認している。

したがって，弁箱の内面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［ジョイントボルト・ナットが低合金鋼又は炭素鋼の安全弁共通］

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ノズルシートの腐食（全面腐食）［ノズルシートが炭素鋼の安全弁共通］

代表機器と同様，ノズルシートは炭素鋼であり，内部流体が蒸気であることから，腐食が想定されるが，分解点検時に補修を行うことによりノズルシートの機能を維持している。

したがって，ノズルシートの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ［弁箱，ジョイントボルト・ナットがステンレス鋳鋼又はステンレス鋼の純水系安全弁共通］

代表機器と同様，弁箱，ジョイントボルト・ナットはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，ジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型応力腐食割れ［ステンレス鋼で高温環境に設置されている純水系安全弁共通］

代表機器と同様，ノズルシート，ジョイントボルト・ナットはステンレス鋼であり，内部流体が 100 ℃以上の高温環境下では粒界型応力腐食割れが想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，ノズルシート，ジョイントボルト・ナットの粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒の摩耗［シートがステライト肉盛されていない安全弁共通］

代表機器と同様，弁棒は弁の開閉に伴う弁ふた及び弁体との摺動により摩耗が想定されるが，安全弁は系統の異常昇圧時の保護目的で設置されており，作動回数がほとんどないことから摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. ベローズの疲労割れ［ベローズ付の安全弁共通］

代表機器と同様，ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰り返しにより疲労割れが想定されるが，作動頻度が少ないため，ベローズの疲労割れの発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な欠陥は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ベローズの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［共通］

代表機器と同様，安全弁のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

6. ボール弁

［対象系統］

① 中性子計装系

② 原子炉冷却材浄化系

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 6-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 6-1
1.2 代表機器の選定..... 6-1
2. 代表機器の技術評価..... 6-3
2.1 構造，材料及び使用条件..... 6-3
2.1.1 移動式炉心内計装ボール弁..... 6-3
2.1.2 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁..... 6-6
2.2 経年劣化事象の抽出..... 6-9
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 6-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 6-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 6-10
3. 代表機器以外への展開..... 6-14
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 6-14
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 6-14

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要なボール弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのボール弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし，ボール弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料はステンレス鋼，内部流体はガス，純水に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) ガス系ステンレス鋼ボール弁（内部流体：ガス，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，中性子計装系及び原子炉冷却材浄化系が属するが，重要度の高い移動式炉心内計装ボール弁を代表機器とする。

(2) 純水系ステンレス鋼ボール弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループには，原子炉冷却材浄化系のみが属するが，重要度は同等であるため，運転状態の厳しい原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁を代表機器とする。

表 1-1　ボール弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度[*1]	使用条件				
					運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度（℃）		
ステンレス鋼	ガス	中性子計装系	9[*2]	MS-1	一時	0.31	171	◎	移動式炉心内計装ボール弁／重要度
		原子炉冷却材浄化系[*3]	80	PS-2	連続	9.80	66		
	純水	原子炉冷却材浄化系	50～150	PS-2	連続	9.80	66	◎	原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁／重要度，運転状態[*4]

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：単位はmmとする

*3：原子炉冷却材浄化系に供給される制御用圧縮空気

*4：プロセス系統にあり使用環境が厳しい弁

2. 代表機器の技術評価

本章では，１章で代表機器とした以下の 2 台の弁について技術評価を実施する。

① 移動式炉心内計装ボール弁

② 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 移動式炉心内計装ボール弁

(1) 構造

東海第二の移動式炉心内計装ボール弁は口径 9 ㎜，最高使用圧力 0.31 MPa，最高使用温度 171 ℃の電動式ボール弁であり，5 台設置されている。

弁本体はガス（空気）を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト，軸封部），ガス（空気）を仕切る隔離部（弁体，シートリング）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

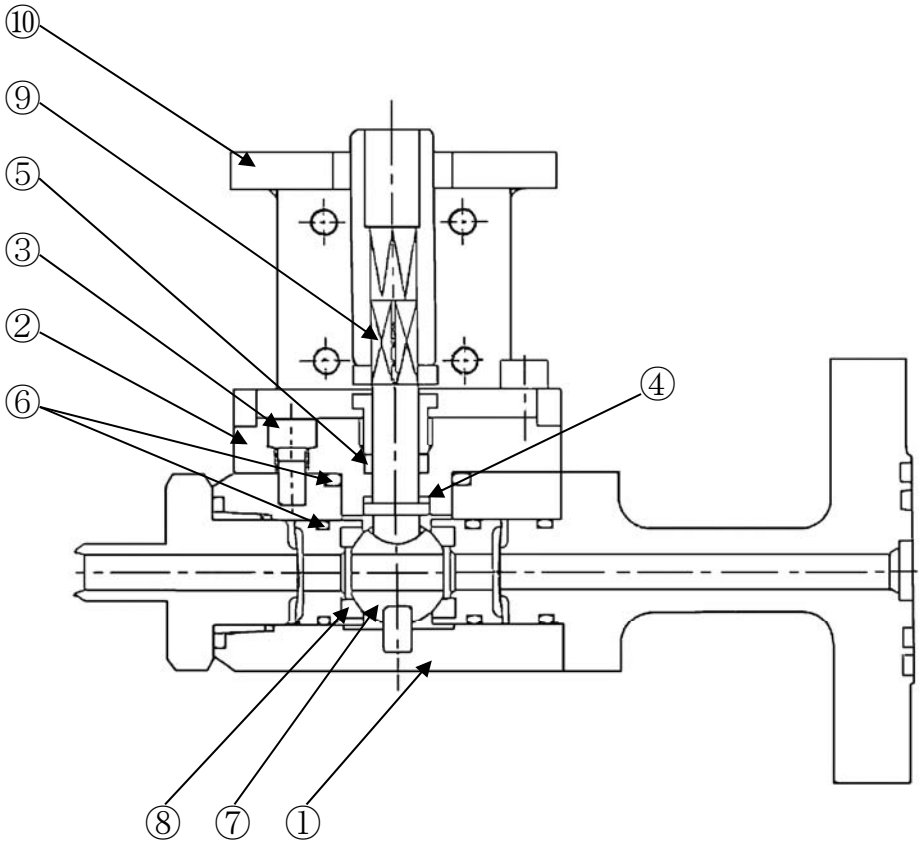
ガス（空気）に接する弁箱，弁ふた，弁体はステンレス鋼が使用されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁は駆動部を切離し，ジョイントボルトを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の移動式炉心内計装ボール弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の移動式炉心内計装ボール弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	0 リング
⑦	弁体
⑧	シートリング
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図 2.1-1　移動式炉心内計装ボール弁構造図

表 2.1-1　移動式炉心内計装ボール弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト	低合金鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
		0 リング	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		シートリング	（消耗品）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	ステンレス鋼

表 2.1-2　移動式炉心内計装ボール弁の使用条件

最高使用圧力	0.31 MPa
最高使用温度	171 ℃
内部流体	ガス

2.1.2 原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁は口径 100A，最高使用圧力 9.80 MPa，最高使用温度 66 ℃の電動式ボール弁であり，2 台設置されている。

弁本体は純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，シートリング）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

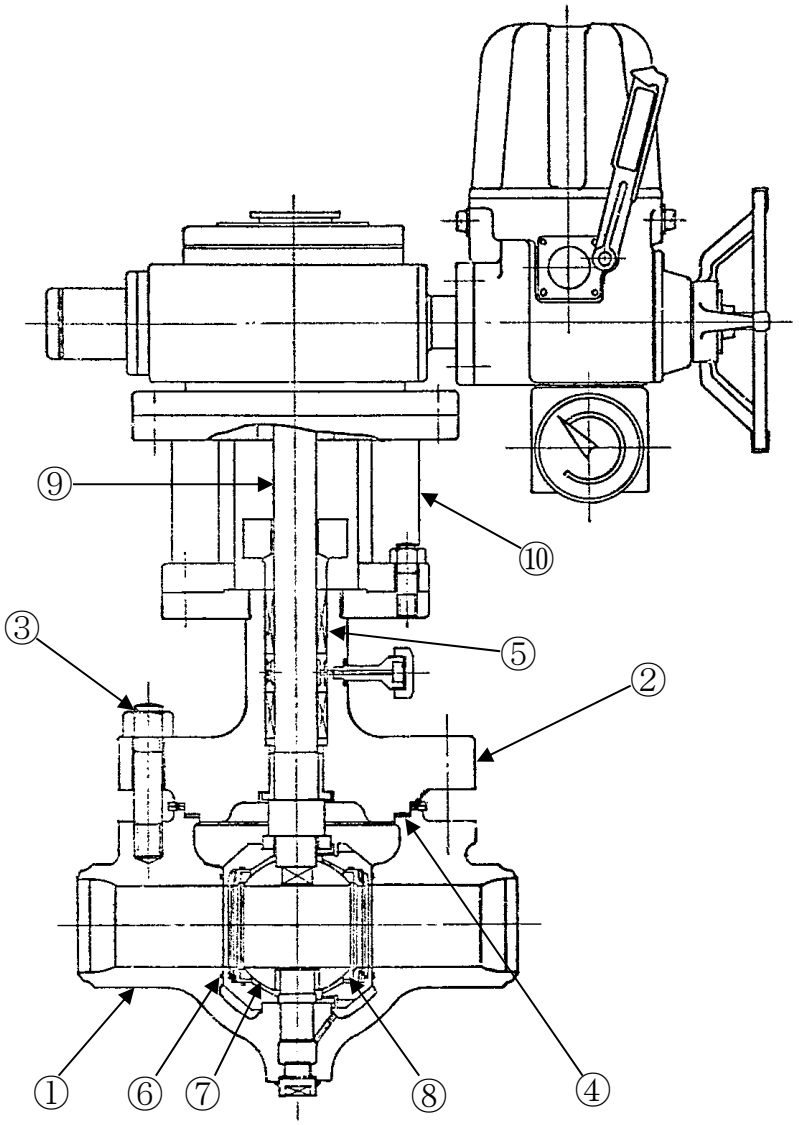
純水に接する弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体はステンレス鋼が使用されており，軸封部には流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁は，駆動部を切離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	グランドパッキン
⑥	0 リング
⑦	弁体
⑧	シートリング
⑨	弁棒
⑩	ヨーク

図 2.1-2　原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁構造図

表 2.1-3　原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼 炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
		グランドパッキン	（消耗品）
		0 リング	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		シートリング	（消耗品）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼

表 2.1-4　原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁の使用条件

最高使用圧力	9.80 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	純水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

ボール弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

ボール弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケット，シートリング，0 リングは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型応力腐食割れ［移動式炉心内計装ボール弁］

弁箱，弁ふた，ヨークはステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れ［原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁］

弁箱，弁ふたはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふたの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［移動式炉心内計装ボール弁（ジョイントボルトのみ），原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁］

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ヨークの腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁］

ヨークは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検時において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁体の摩耗［共通］

弁体はシートリングと接触しているため，弁体の回転によるシートリングとの摺動により摩耗が想定されるが，シートリングの材質がポリエチレン又はテフロンであることに対して，弁体は硬いステンレス鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの漏えい試験において異常は検知されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁棒の摩耗［共通］

弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁棒の回転によるグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒は硬いステンレス鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの作動試験において異常は検知されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1（1/2） 移動式炉心内計装ボール弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼				△*1				*1：貫粒型応力腐食割れ
		弁ふた		ステンレス鋼				△*1				
		ジョイントボルト		低合金鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
		グランドパッキン	◎	―								
		0リング	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎	―								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		ステンレス鋼				△*1				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (2/2)　原子炉冷却材浄化系 F/D 入口弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*1				*1:貫粒型応力腐食割れ
		弁ふた		ステンレス鋼				△*1				
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	－								
		グランドパッキン	◎	－								
		0リング	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼	△							
		シートリング	◎	－								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 原子炉冷却材浄化系

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型応力腐食割れ［原子炉冷却材浄化系］

代表機器と同様，弁箱，弁ふた，ヨークはステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において，代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふた，ヨークの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系］

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）［原子炉冷却材浄化系］

代表機器と同様，ヨークは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持することとしている。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 弁体の摩耗［原子炉冷却材浄化系］

代表機器と同様，弁体はシートリングと接触しているため，弁体の回転によるシートリングとの摺動により摩耗が想定されるが，シートリングの材質がポリエチレン又はテフロンであることに対して，弁体は硬いステンレス鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの漏えい試験において異常は検知されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒の摩耗［原子炉冷却材浄化系］

代表機器と同様，弁棒はグランドパッキンと接触しているため，弁棒の回転によるグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等に対して，弁棒は硬いステンレス鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの作動試験において異常は検知されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

代表機器と同様，日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

7. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁

［対象弁］

① 原子炉再循環ポンプ流量制御弁

目次

1. 対象機器 7-1
2. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の技術評価..... 7-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 7-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 7-6
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 7-6
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 7-6
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 7-8
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 7-13

1. 対象機器

東海第二で使用している原子炉再循環ポンプ流量制御弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1　原子炉再循環ポンプ流量制御弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度[*1]	使用条件			機器名称
弁箱材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度 (℃)	
ステンレス鋳鋼	純水	原子炉再循環系	600	PS-1	連続	11.38	302	原子炉再循環ポンプ流量制御弁[*2]

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：弁本体及び油圧供給装置を含む

2. 原子炉再循環ポンプ流量制御弁の技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二の原子炉再循環ポンプ流量制御弁は，口径 600A，最高使用圧力 11.38 MPa，最高使用温度 302 ℃の油圧作動ボール弁で，2 台設置されている。

純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，弁軸封部），純水の流量を制御するボールシャフト，ボールシャフトに駆動力を伝達させる駆動力伝達部（軸受，リンク，ドライバーマウント，アクチュエータ）及び油圧供給装置からなる。

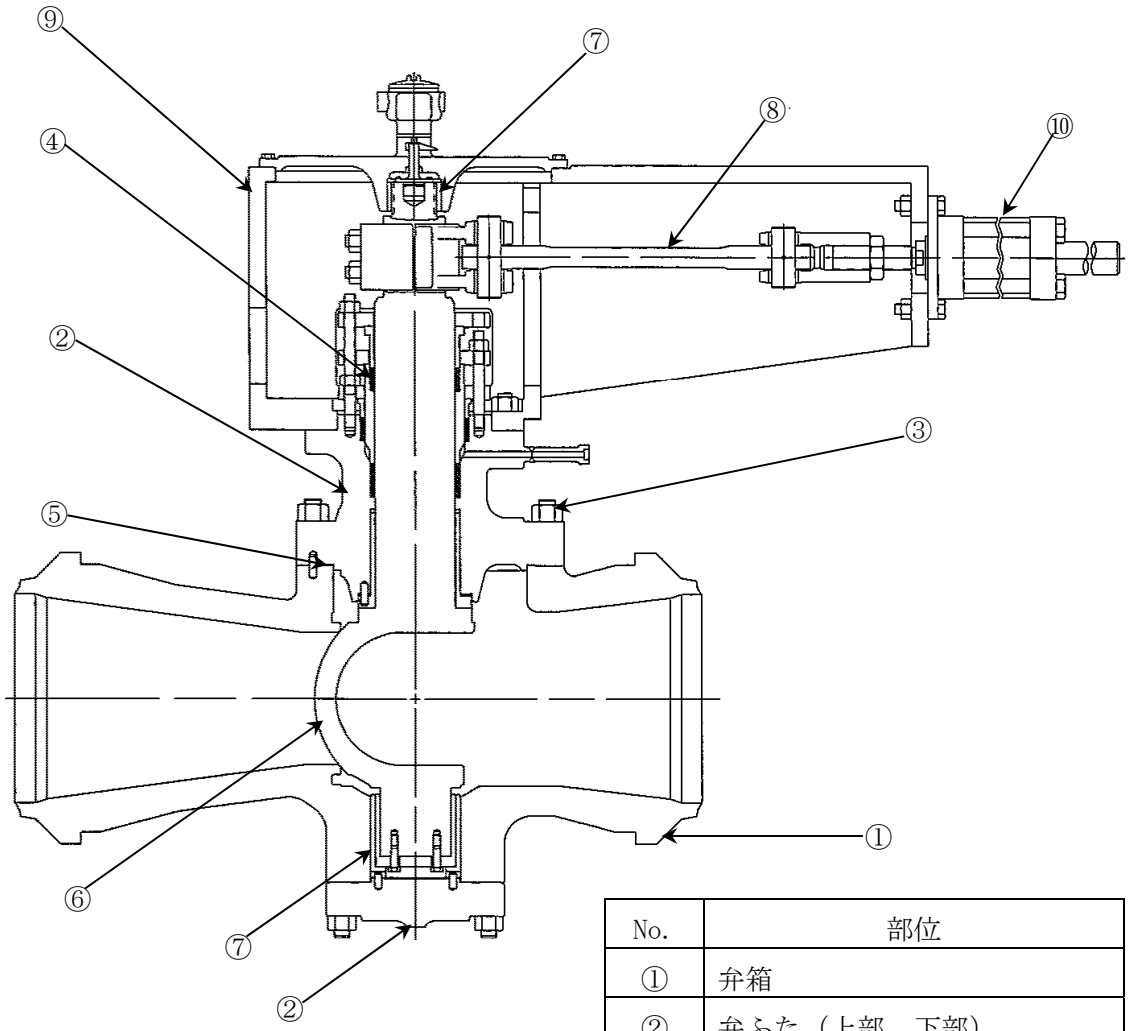
純水に接する弁箱，弁ふた，ボールシャフトはステンレス鋳鋼であり，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

また，当該弁は，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環ポンプ流量制御弁の構造図を図 2.1-1 に，油圧供給装置の系統図を図 2.1-2 に示す。

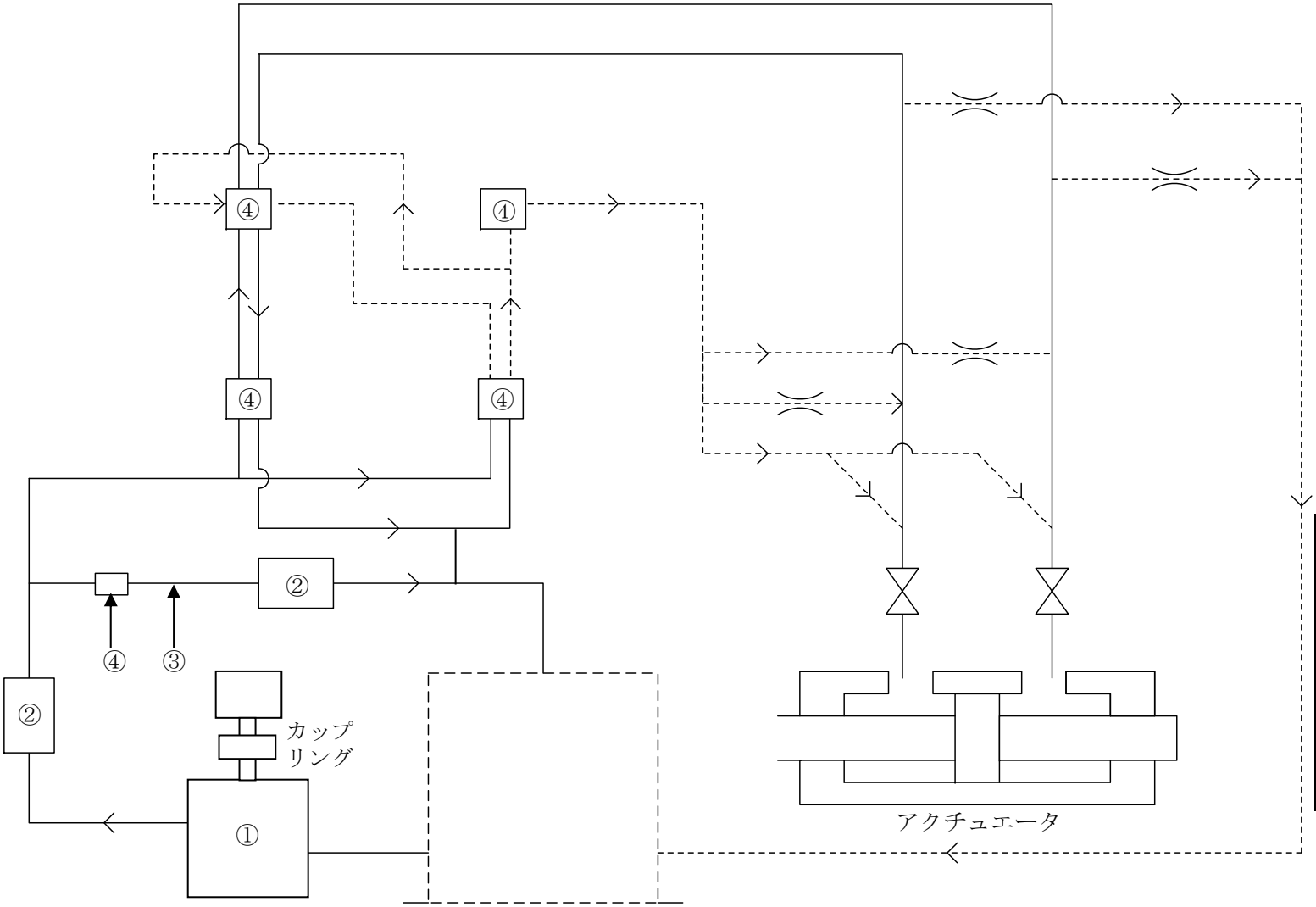
(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環ポンプ流量制御弁及び油圧供給装置主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた（上部，下部）
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）
⑦	軸受（上部，下部）
⑧	リンク
⑨	ドライバーマウント
⑩	アクチュエータ

図 2.1-1　原子炉再循環ポンプ流量制御弁構造図



No.	部位
①	油圧ポンプ
②	フィルタ
③	配管
④	弁

図 2.1-2　油圧供給装置系統図

表 2.1-1　原子炉再循環ポンプ流量制御弁及び油圧供給装置主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた（上部，下部）	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
制御機能の維持	制御	ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）	ステンレス鋳鋼
作動機能の維持	駆動力伝達	軸受（上部，下部）	合金鋼
		リンク	炭素鋼
		ドライバーマウント	炭素鋼
		アクチュエータ	炭素鋼
油圧供給機能の維持	油圧供給	油圧ポンプ	ケーシング：炭素鋼鋳鋼 主軸，ピストン：ステンレス鋼
		フィルタ	ステンレス鋼，炭素鋼鋳鋼
		配管	ステンレス鋼，炭素鋼
		弁	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2　原子炉再循環ポンプ流量制御弁の使用条件

最高使用圧力	11.38 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

原子炉再循環ポンプ流量制御弁の機能（流量調整，駆動油圧の供給）の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 制御機能の維持

(3) 作動機能の維持

(4) 油圧供給機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

原子炉再循環ポンプ流量制御弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については 2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 弁箱の疲労割れ
b. 弁箱の熱時効

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の腐食（キャビテーション）［原子炉再循環ポンプ流量制御弁］

弁内部でキャビテーションが発生すると，弁箱，ボールシャフトに腐食（キャビテーション）が生じる可能性があるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（キャビテーション）が確認された場合は，必要に応じ補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱，ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の腐食（キャビテーション）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 軸受の摩耗［原子炉再循環ポンプ流量制御弁］

運転中のボールシャフト振動等により，軸受が摩耗する可能性があるが，分解点検時の目視点検及び寸法測定において，有意な摩耗が確認された場合は必要に応じ取替を行うことにより機能を維持している。

当該弁は，2001 年度に絞り運転を長時間実施したことにより，軸受に摩耗が生じボールシャフトが変形する不具合が発生したが，その後はボールシャフト並びに軸受の取替を行うとともに，絞り運転を長時間実施しない運用に変更しており，同事象が発生する可能性は小さい。

したがって，軸受の摩耗は高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断する。

c. ピストンの摩耗［油圧供給装置：油圧ポンプ］

ピストンは往復運動を行うため，ポンプ固定部品との摺動により摩耗が想定されるが，分解点検時の目視点検において，有意な摩耗が確認された場合は必要に応じ取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，ピストンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. カップリングの摩耗［油圧供給装置：油圧ポンプ］

カップリングは運転時に動力を伝達する部品であるため，長期使用において摩耗が想定されるが，潤滑剤で潤滑されており摩耗の可能性は小さい。

また，分解点検時の目視点検において，有意な摩耗が確認された場合は必要に応じ取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，カップリングの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 油圧ポンプケーシング（外面），油圧ポンプフランジボルト，フィルタベース（外面），フィルタフランジボルト，フィルタケーシング（外面），配管埋込金物（外面），配管レストレイント，弁（外面）の腐食（全面腐食）［油圧供給装置］

油圧ポンプケーシング，フィルタケーシング，弁は炭素鋼鋳鋼，油圧ポンプフランジボルト，フィルタベース，フィルタフランジボルト，配管埋込金物，レストレイントは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，油圧ポンプケーシング（外面），油圧ポンプフランジボルト，フィルタベース（外面），フィルタフランジボルト，フィルタケーシング（外面），配管埋込金物（外面），配管レストレイント，弁（外面）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［原子炉再循環ポンプ流量制御弁］

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であるため腐食が想定されるが，格納容器内はプラント運転中窒素雰囲気であるため，腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとはとは考え難い。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 主軸の高サイクル疲労割れ［油圧供給装置：油圧ポンプ］

主軸にはポンプ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，ポンプ主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとはとは考え難い。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 小口径配管の高サイクル疲労割れ［油圧供給装置：配管］

機器運転時の振動により，高サイクル疲労割れが発生する可能性があるが，配管サポートを油圧供給装置に直接設置することにより相対変位を低減しており，さらに振動の状態は経年的に変化するものではない。

なお，分解点検時の目視点検において有意な割れは確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，小口径配管の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）［油圧供給装置：配管］

埋込金物は炭素鋼であり腐食が想定されるが，コンクリート埋設部ではコンクリートの大気接触部表面からの中性化の進行により腐食環境となるが，コンクリートが中性化に至り，埋込金物に有意な腐食が発生するまで長期間を要す。

したがって，埋込金物（コンクリート埋設部）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でないと判断する。

b. スプリングのへたり［油圧供給装置：弁］

逃し弁のスプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるように設定されており，又，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりの進行の可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁ふた，ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の熱時効［原子炉再循環ポンプ流量制御弁］

弁ふた，ボールシャフトに使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であり，使用環境温度は 250 ℃以上（最高使用温度 302℃）であるため，熱時効による材料の靭性低下等の機械的特性が変化することが想定されるが，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていないことから，熱時効が問題となる可能性はない。

したがって，弁ふた，ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）の熱時効は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1　原子炉再循環ポンプ流量制御弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼		△*1	○		○			*1：キャビテーション *2：高サイクル疲労割れ（主軸） *3：高サイクル疲労割れ（配管） *4：逃し弁スプリングのへたり *5：ピストン，カップリング *6：ケーシング，フランジボルト *7：ベース，フランジボルト，ケーシング *8：レストレイント，埋込金物（外面） *9：埋込金物（コンクリート埋設部）
		弁ふた（上部・下部）		ステンレス鋳鋼					▲			
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
制御機能の維持	制御	ボールシャフト（弁体／弁棒一体型）		ステンレス鋳鋼		△*1			▲			
作動機能の維持	駆動力伝達	軸受（上部・下部）		合金鋼	△							
		リンク		炭素鋼								
		ドライバーマウント		炭素鋼								
		アクチュエータ		炭素鋼								
油圧供給機能の維持	油圧供給	油圧ポンプ		ステンレス鋼，炭素鋼鋳鋼	△*5	△*6	△*2					
		フィルタ		ステンレス鋼，炭素鋼鋳鋼		△*7						
		配管		ステンレス鋼，炭素鋼		△*8 ▲*9	△*3					
		弁		炭素鋼鋳鋼		△					▲*4	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 弁箱の疲労割れ

a. 事象の説明

弁箱は，プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けることになるため，疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

原子炉再循環ポンプ流量制御弁の高応力部位を対象とした応力算出及び評価を実施した。評価対象部位を図 2.3.1 に示す。

応力については，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む)」（以下，「設計・建設規格」という）に基づき評価を行った。

疲労評価は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。

*：評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

また，使用環境を考慮した疲労について，日本機械学会「発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」に基づいて評価した。評価用過渡条件を表 2.3.1-1 に，評価結果を表 2.3.1-2 に示す。

その結果，運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，疲労割れの可能性は小さいと判断する。

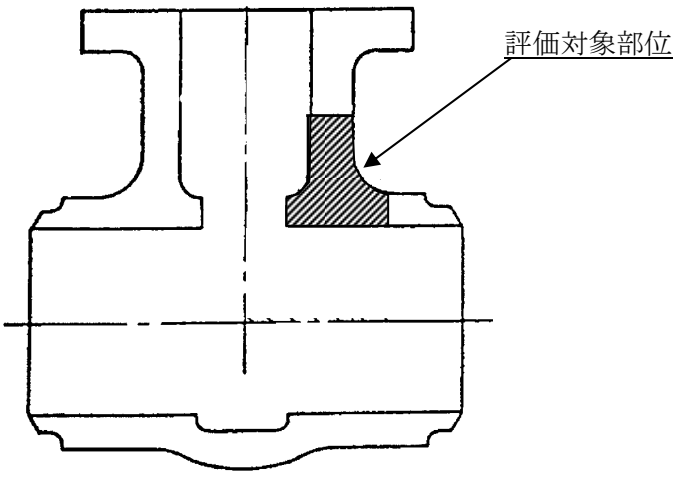


図 2.3.1　原子炉再循環ポンプ流量制御弁疲労評価対象部位

表 2.3.1-1　原子炉再循環ポンプ流量制御弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016 年 11 月時点)	60 年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
起動（タービン起動）	65	110
給水加熱機能喪失（発電機トリップ）	0	1
給水加熱機能喪失（給水加熱器部分バイパス）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他のスクラム）	20	24
停止	65	111
ボルト取外し	26	49

表 2.3.1-2　原子炉再循環ポンプ流量制御弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1 以下）		
	設計・建設規格の疲労線図 による評価		発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法による評価 (環境を考慮)
	現時点 (2016年11月時点)	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60年時点
弁箱	0.0024	0.0033	0.0738

② 現状保全

弁箱内表面については，分解点検時の目視点検結果から異常は確認されていない。

さらに，実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており，今後も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。

また，弁箱の疲労割れについては，分解点検の目視検査により検知可能であることから，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

ただし，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

c．高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

(2) 弁箱の熱時効

a. 事象の説明

弁箱に使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト相を含む2相組織であるため，高温での長期の使用に伴い，時間とともにフェライト相内でより安定な組織形態へ移行しようとし，相分離が起こることにより，靭性の低下，材料特性変化を起こす可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

熱時効による靭性低下への影響は，フェライト量が多いほど大きくなる。また，使用条件としては，発生応力（荷重）が大きいほど健全性評価への影響は大きくなる。

ここで，原子炉再循環ポンプ流量制御弁と原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱を比較すると，表2.3-2に示すとおり，原子炉再循環ポンプ流量制御弁の弁箱はフェライト量が少なく，発生応力も小さい。

より条件の厳しい原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱で不安定破壊を起こさないことが「1．仕切弁の技術評価」で確認されていることから，原子炉再循環ポンプ流量制御弁についても熱時効による不安定破壊は起こらないと判断する。

表2.3-2　熱時効の評価条件の比較

評価部位	フェライト量	発生応力
原子炉再循環ポンプ 流量制御弁の弁箱	約23.1 %	140.1 MPa
原子炉再循環ポンプ 入口弁の弁箱	約24.3 %	146.7 MPa

② 現状保全

弁箱については，製造時に，放射線透過検査及び浸透探傷検査を実施しており，き裂のないことを確認している。

現状保全としては，分解点検時の弁の内表面の目視点検により，異常のないことを確認している。

また，供用期間中検査として定期的に弁箱と配管の溶接部の超音波探傷検査及び弁の内表面の目視点検を実施し，判定基準を満足していることを確認している。

③ 総合評価

運転開始後60年時点を想定した原子炉再循環ポンプ入口弁の弁箱の健全性評価結果から判断して，原子炉再循環ポンプ流量制御弁の弁箱は不安定破壊することはなく，延長しようとする期間において熱時効が構造健全性で問題となる可能性はない。

また，現状保全において，目視点検，超音波探傷検査を実施し，異常の無いことを確認している。

c．高経年化への対応

弁箱の熱時効については，現状保全の内容に追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

8. 主蒸気隔離弁

［対象弁］

① 主蒸気隔離弁

目次

1. 対象機器 8-1
2. 主蒸気隔離弁の技術評価..... 8-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 8-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 8-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 8-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 8-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 8-6
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 8-11

1. 対象機器

東海第二で使用している主蒸気隔離弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1　主蒸気隔離弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度*1	使用条件			機器名称
弁箱材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	
炭素鋼	蒸気	原子炉系	650	MS-1 /PS-1	連続	8.62	302	主蒸気隔離弁第 1 弁*2
								主蒸気隔離弁第 2 弁*2

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：弁本体及び駆動部を含む

2. 主蒸気隔離弁の技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二の主蒸気隔離弁は空気作動式止め弁で，格納容器の内・外側に合計 8 台設置されている。

a. 弁本体

蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），蒸気を仕切る隔離部（弁体，弁座，パイロットシート）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（ヨークロッド，弁棒（パイロットディスク一体型））からなる。

蒸気に接する弁箱，弁座は炭素鋼鋳鋼，弁ふたは炭素鋼であり，軸封部には内部流体の漏れを防止するためのグランドパッキンが使用されている。

弁本体については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

b. 駆動部

主蒸気隔離弁は空気又は窒素作動式弁であるため弁棒（パイロットディスク一体型）を動かす駆動部としてシリンダを有し，シリンダを駆動するための作動空気又は作動窒素切替用の制御用電磁弁と，弁体の位置を検出するためのリミットスイッチがある。

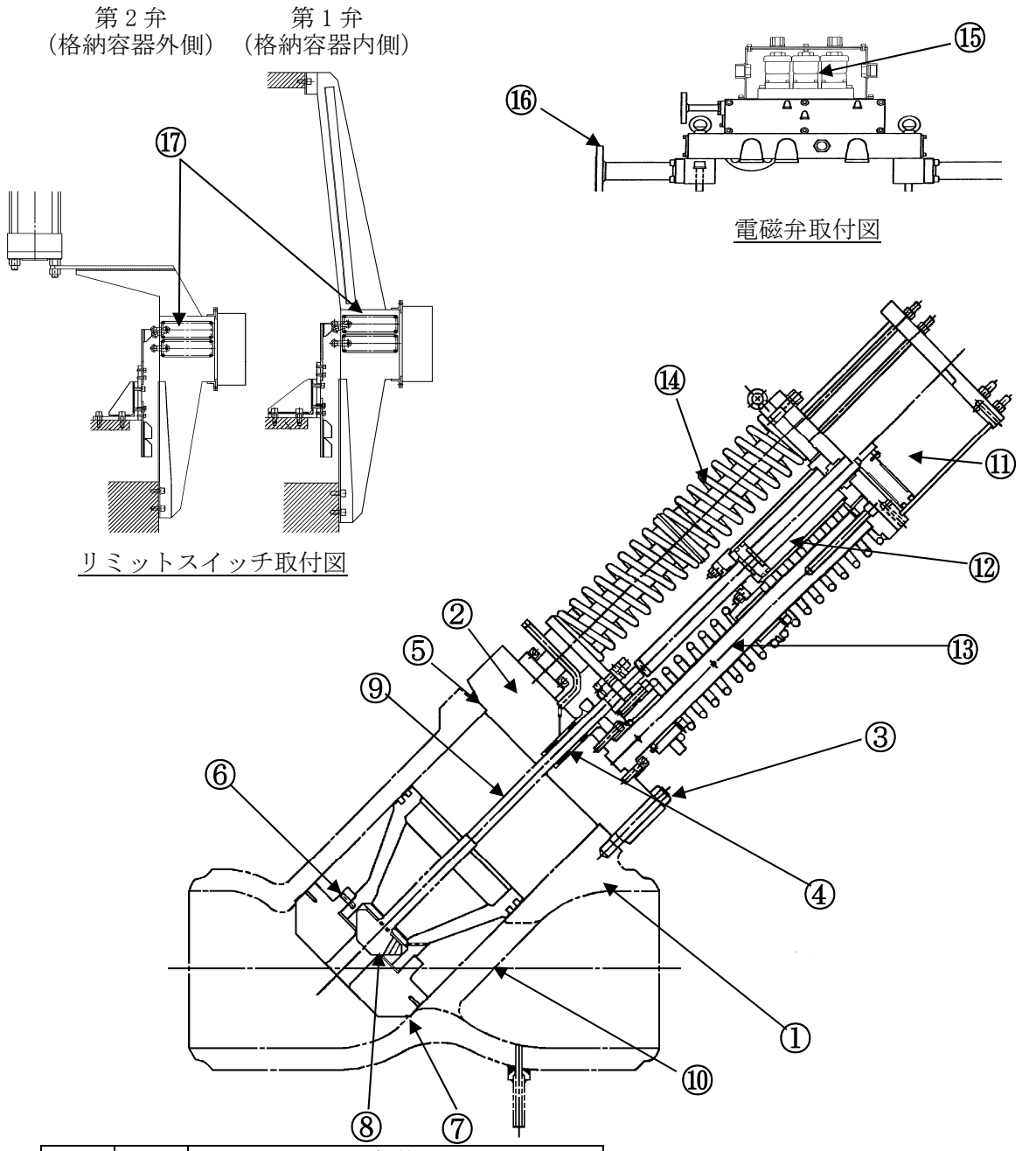
弁駆動部については，空気・油圧シリンダ用ボルト・ナットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

なお，東海第二の主蒸気隔離弁駆動部については，第 18 回定期検査時（2001 年度）に 4 台，第 19 回定期検査時（2002 年度）に 2 台，第 21 回定期検査時（2005 年度）に 2 台の取替を行い，全数国産化を実施している。

東海第二の主蒸気隔離弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の主蒸気隔離弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



	No.	部位
弁本体	①	弁箱
	②	弁ふた
	③	ジョイントボルト・ナット
	④	グランドパッキン
	⑤	ガスケット
	⑥	弁体
	⑦	弁座
	⑧	パイロットシート
	⑨	弁棒（パイロットディスク一体型）
	⑩	ガイドリブ

	No.	部位
駆動部	⑪	空気シリンダ
	⑫	油圧シリンダ
	⑬	ヨークロッド
	⑭	スプリング
	⑮	制御用電磁弁
	⑯	空気配管，フランジ
	⑰	リミットスイッチ

図 2.1-1　主蒸気隔離弁構造図

表 2.1-1　主蒸気隔離弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	グランドパッキン	（消耗品）
		ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	弁体	低合金鋼（ステライト肉盛）
		弁座	炭素鋼鋳鋼（ステライト肉盛）
		パイロットシート	低合金鋼（ステライト肉盛）
作動機能の維持	駆動力伝達駆動装置	弁棒（パイロットディスク一体型）	ステンレス鋼
		ガイドリブ	炭素鋼鋳鋼
		空気シリンダ	炭素鋼
		油圧シリンダ	炭素鋼
		ヨークロッド	低合金鋼
		スプリング	バネ鋼
		制御用電磁弁	（定期取替品）
		空気配管，フランジ	ステンレス鋼
		リミットスイッチ	（定期取替品）

表 2.1-2　主蒸気隔離弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主蒸気隔離弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

主蒸気隔離弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケットは消耗品，制御用電磁弁，リミットスイッチは定期取替品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については 2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 弁箱の疲労割れ

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1)想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）

弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁ふたは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時の目視点検において，必要に応じ補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱，弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱（内面），弁ふた（内面），弁座の腐食（流れ加速型腐食）

弁箱，弁座は炭素鋼鋳鋼，弁ふたは炭素鋼であり，内部流体が蒸気であることから，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁ふた（内面），弁座の腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ガイドリブの摩耗

弁全開時，流路に突出した弁体先端に流体が衝突することにより弁体先端に振動が発生し，弁体先端とガイドリブが衝突を繰り返すことで，ガイドリブに摩耗が発生する可能性があるが，分解点検時の目視点検においてガイドリブに有意な摩耗がないことを確認しており，必要に応じて補修することにより機能を維持している。

過去，中部電力浜岡３号機において，本事象による主蒸気隔離弁 10%閉試験時の時間遅れのトラブルが発生しているが，東海第二において同様なトラブルはこれまで発生していない。

したがって，ガイドリブの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒（パイロットディスク一体型）の粒界型応力腐食割れ

弁棒（パイロットディスク一体型）はステンレス鋼であり，100 ℃以上の蒸気に接する部位では，粒界型応力腐食割れの発生する可能性があるが，分解点検時の目視点検において有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，弁棒（パイロットディスク一体型）の粒界型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ヨークロッドの腐食（全面腐食）

ヨークロッドは低合金鋼であり，腐食が想定されるが，表面は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食の可能性は小さく，分解点検時の目視点検において塗装の状態を確認し，必要に応じ補修塗装することにより，機能を維持している。

したがって，ヨークロッドの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒（パイロットディスク一体型），ヨークロッドの摩耗

弁棒（パイロットディスク一体型）はグランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質が黒鉛に対して，弁棒（パイロットディスク一体型）はステンレス鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

ヨークロッドはブッシュと接触しているため，弁の開閉に伴うブッシュとの摺動により摩耗が想定されるが，ブッシュの材質が黄銅に対して，ヨークロッドは低合金鋼であるため，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒（パイロットディスク一体型），ヨークロッドの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 弁棒（パイロットディスク一体型）の高サイクル疲労割れ

弁棒（パイロットディスク一体型）のバックシート部は角部を滑らかにし，設計上応力集中がかからないような構造としており発生応力を下げている，さらに，バックシートが効く位置の手前でリミットスイッチが切れ，動作が止まるように設定されているため，弁棒（パイロットディスク一体型）及びバックシート部への過負荷は加わらないことから，高サイクル疲労割れの発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷検査において有意な割れは認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒（パイロットディスク一体型）の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i．空気シリンダの摩耗

空気シリンダは炭素鋼でありシリンダとピストン部に摩耗が想定されるが，ゴム製のシールリングと金属部が摺動する構造としており，金属同士の接触はないことから，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，空気シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

j．油圧シリンダの摩耗

油圧シリンダは炭素鋼でありシリンダとピストン部に摩耗が想定されるが，シリンダ内はシリコンオイルを封入することにより潤滑性が維持されることから，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，油圧シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

k．弁体，パイロットシートの腐食（流れ加速型腐食）

弁体，パイロットシートは低合金鋼であり，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，低合金鋼は耐食性に優れていることから，腐食（流れ加速型腐食）が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）は確認されておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁体，パイロットシートの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらに，スプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりの進行の可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1　主蒸気隔離弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3	○					*1:シートはステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面 *4:粒界型応力腐食割れ *5:へたり
		弁ふた		炭素鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	—								
		ガスケット	◎	—								
隔離機能の維持	隔離	弁体		低合金鋼*1		△*2						
		弁座		炭素鋼鋳鋼*1		△*2						
		パイロットシート		低合金鋼*1		△*2						
作動機能の維持	駆動力伝達駆動装置	弁棒（パイロットディスク一体型）		ステンレス鋼	△		△	△*4				
		ガイドリブ		炭素鋼鋳鋼	△							
		空気シリンダ		炭素鋼	△							
		油圧シリンダ		炭素鋼	△							
		ヨークロッド		低合金鋼	△	△						
		スプリング		バネ鋼							▲*5	
		制御用電磁弁	◎	—								
		空気配管，フランジ		ステンレス鋼								
		リミットスイッチ	◎	—								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 弁箱の疲労割れ

a. 事象の説明

主蒸気隔離弁は，プラントの起動・停止時等の熱過渡による疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

主蒸気隔離弁の高応力部位を対象とした応力算出及び評価を実施した。評価対象部位を図 2.3.1 に示す。

応力については，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む）」（以下，「設計・建設規格」という）に基づき評価した。

疲労評価は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月時点までの運転実績に基づき推定した以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。評価用過渡条件を表 2.3.1-1 に，評価結果を表 2.3.1-2 に示す。

*：評価条件として，2011 年 3 月から 2020 年 8 月末まで冷温停止状態，2020 年 9 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍を想定した。

その結果，運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，疲労割れの可能性は小さいと判断する。

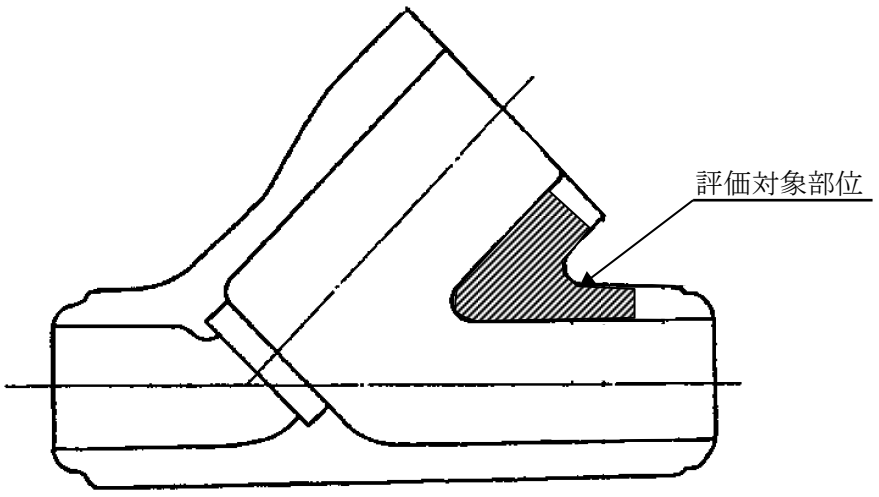


図 2.3.1　主蒸気隔離弁の疲労評価対象部位

表 2.3.1-1　主蒸気隔離弁の疲労評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく過渡回数 (2016 年 11 月時点)	60 年目推定
耐圧試験	72	132
起動（昇温）	65	110
スクラム（タービントリップ）	16	22
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他スクラム）	20	24
停止	65	111

表 2.3.1-2　主蒸気隔離弁の疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労累積係数（許容値：1 以下）	
	設計・建設規格の疲労線図による評価	
	現時点 (2016 年 11 月時点)	運転開始後 60 年時点
弁箱	0.1362	0.2278

② 現状保全

弁箱の疲労割れに対しては，分解点検時に目視点検にて弁箱内面の有意な欠陥の有無を確認するとともに，主蒸気隔離弁漏えい率検査を実施し健全性を確認している。さらに，実過渡回数に基づく評価を実施し問題ないことを確認しており，今後も高経年化技術評価に合わせて実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果より弁箱の疲労割れが発生する可能性は小さいと考えられる。

また，弁箱の疲労割れについては，分解点検の目視検査により検知可能であることから，現状の保全は点検手法として適切であると判断する。

ただし，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握し評価する必要がある。

c．高経年化への対応

弁箱の疲労割れについては，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

9. 主蒸気逃がし安全弁

［対象弁］

① 主蒸気逃がし安全弁

目次

1. 対象機器 9-1
2. 主蒸気逃がし安全弁の技術評価..... 9-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 9-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 9-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 9-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 9-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 9-6

1. 対象機器

東海第二で使用している主蒸気逃がし安全弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1　主蒸気逃がし安全弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度[*1]	使用条件			機器名称
弁箱材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	
炭素鋼鋳鋼	蒸気	原子炉系	150	MS-1/PS-1 重[*2]	一時	8.62	302	主蒸気逃がし安全弁[*3]

*1:当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2:重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物であることを示す

*3:弁本体及び駆動部を含む

2. 主蒸気逃がし安全弁の技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二の主蒸気逃がし安全弁は平衡型バネ式安全弁で，格納容器内に合計 18 台設置されている。

a. 弁本体

蒸気を内包するバウンダリを構成する耐圧部（弁箱，弁体，ノズルシート，ジョイントボルト・ナット），及び弁体を作動させる作動部（スプリング，弁棒）からなる。

蒸気に接する弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁体，ノズルシートは炭素鋼で製作されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためベローズ及びガスケットが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

b. 駆動部

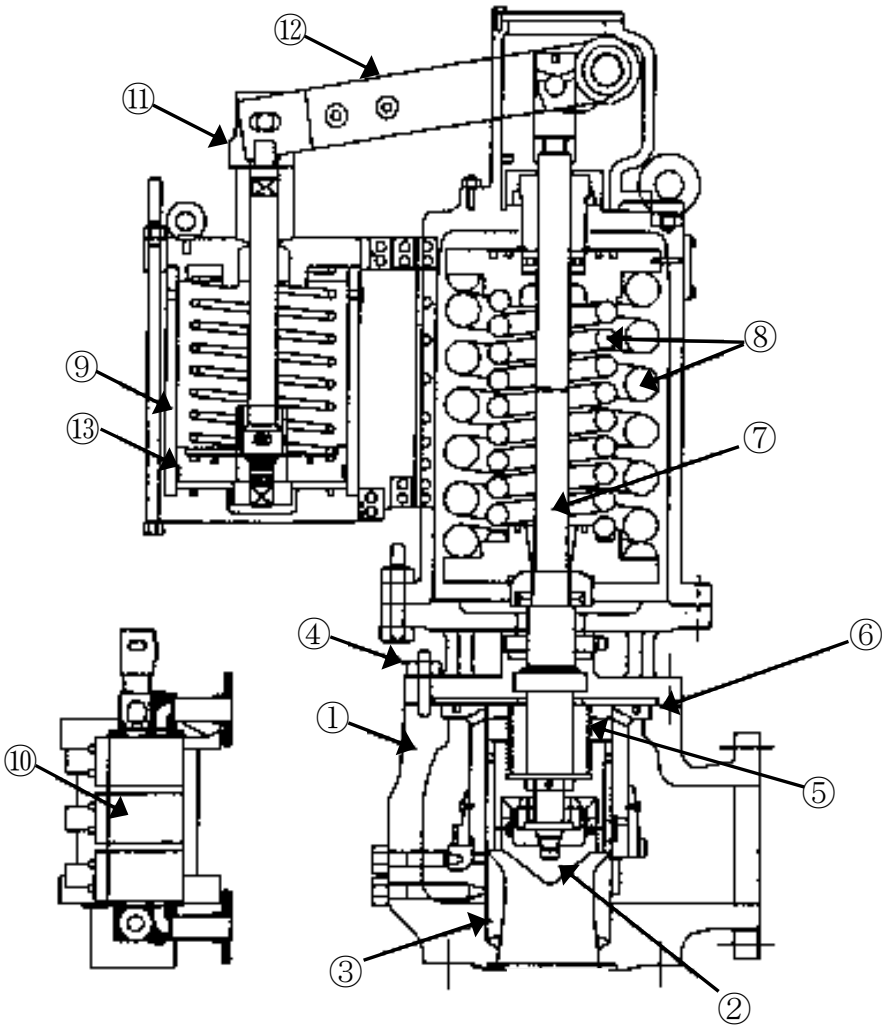
主蒸気逃がし安全弁はシリンダによって発生する力を，リンク機構を介して弁棒に伝える駆動部を有し，必要時にシリンダへ駆動用の窒素を供給するための制御用電磁弁がある。

なお，駆動部については，弁本体との連結部のボルト類及びシリンダのボルト・ナットを取外すことにより，点検手入れが可能である。

東海第二の主蒸気逃がし安全弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の主蒸気逃がし安全弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



	No.	部位
弁本体	①	弁箱
	②	弁体
	③	ノズルシート
	④	ジョイントボルト・ナット
	⑤	ベローズ
	⑥	ガスケット
	⑦	弁棒
	⑧	スプリング

	No.	部位
駆動部	⑨	シリンダ
	⑩	制御用電磁弁
	⑪	カップリング
	⑫	レバー
	⑬	0 リング

図 2.1-1　主蒸気逃がし安全弁構造図

表 2.1-1　主蒸気逃がし安全弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁体	炭素鋼（ステライト肉盛）
		ノズルシート	炭素鋼（ステライト肉盛）
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼
	シール	ベローズ	高ニッケル合金
		ガスケット	（消耗品）
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼（ステライト肉盛）
		スプリング	バネ鋼
		シリンダ	炭素鋼（内面硬質クロムメッキ）
		制御用電磁弁	（定期取替品）
		カップリング	ステンレス鋼
		レバー	炭素鋼鋳鋼
		0 リング	（消耗品）

表 2.1-2　主蒸気逃がし安全弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

主蒸気逃がし安全弁の機能である流体吹出し機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

主蒸気逃がし安全弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部品の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 で示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケット，O リングは消耗品，制御用電磁弁は定期取替品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については 2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱（内面），弁体，ノズルシートの腐食（流れ加速型腐食）

弁箱は炭素鋼鋳鋼，弁体，ノズルシートは炭素鋼であり，内部流体が蒸気であることから腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時の目視点検において有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認しており，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱（内面），弁体，ノズルシートの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱(外面)，シリンダ（外面），レバーの腐食（全面腐食）

弁箱，レバーは炭素鋼鋳鋼，シリンダは炭素鋼であり，腐食が想定されるが，プラント運転時は外面が窒素雰囲気であることから，腐食が発生する可能性は小さい。

さらに，外面は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，分解点検時に目視点検を行い，必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱(外面)，シリンダ（外面），レバーの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼であり腐食が想定されるが，プラント運転時は外面が窒素雰囲気であることから，腐食の発生する可能性は小さく，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ベローズの疲労割れ

ベローズは弁の開閉に伴う伸縮の繰り返しにより疲労割れが想定されるが，作動頻度が少ないことから，疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検及び浸透探傷試験において有意な割れは認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ベローズの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁棒，レバー，カップリングの摩耗

弁棒，レバー，カップリングは開閉に伴う摺動により摩耗が想定されるが，主蒸気逃がし安全弁は系統の異常昇圧時の保護目的で設置されており，作動頻度が少ないことから，有意な摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒，レバー，カップリングの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. シリンダの摩耗

シリンダは炭素鋼で表面に硬質クロムメッキを施したシリンダと，同様に摺動部に硬質クロムメッキを施したピストンからなるが，金属同士の接触は無く，ゴム製の０リングと金属部が摺動する構成であるため，シリンダ内面金属部の摩耗発生の可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な摩耗は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，シリンダの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力は許容ねじり応力以下になるよう設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも，実際の使用温度は低いことから，へたり進行の可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1　主蒸気逃がし安全弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*3*4						*1:ステライト肉盛 *2:内面硬質クロムメッキ *3:流れ加速型腐食（弁箱は内面） *4:外面 *5:へたり
		弁体		炭素鋼*1		△*3						
		ノズルシート		炭素鋼*1		△*3						
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼		△						
	シール	ベローズ		高ニッケル合金			△					
		ガスケット	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼*1	△							
		スプリング		バネ鋼							▲*5	
		シリンダ		炭素鋼*2	△	△*4						
		制御用電磁弁	◎	—								
		レバー		炭素鋼鋳鋼	△	△						
		カップリング		ステンレス鋼	△							
		0リング	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

10. 爆破弁

［対象系統］

① ほう酸水注入系

目次

1. 対象機器 10-1
2. 爆破弁の技術評価..... 10-2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 10-2
2.2 経年劣化事象の抽出..... 10-5
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 10-5
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 10-5
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 10-6

1. 対象機器

東海第二で使用している爆破弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

表 1-1　爆破弁の主な仕様

分類基準		当該系統	口径 (A)	重要度*1	使用条件			機器名称
弁箱材料	内部流体				運転状態	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	
ステンレス鋼	五ほう酸ナトリウム水	ほう酸水注入系	40	MS-1 重*2	一時	9.66	302	ほう酸水注入系爆破弁

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 爆破弁の技術評価

2.1 構造，材料及び使用条件

(1) 構造

東海第二のほう酸水注入系爆破弁は2台設置されている。

ほう酸水注入系爆破弁は，五ほう酸ナトリウム水を内包する耐圧部（弁箱，ジョイントボルト・ナット），五ほう酸ナトリウム水を仕切る隔離部（弁体）及び弁体を作動させる作動部（トリガーアッセンブリー）からなる。

五ほう酸ナトリウム水に接する弁箱，弁体はステンレス鋼で製作されている。

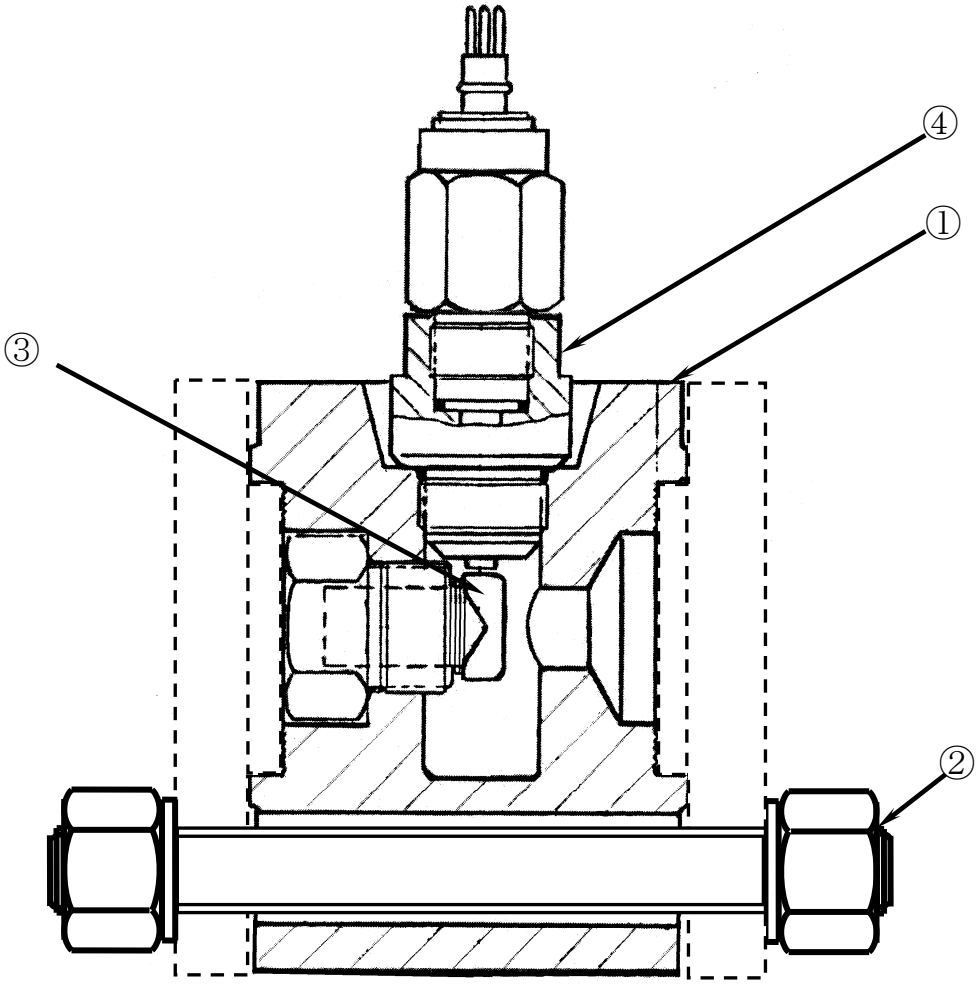
弁の作動は，トリガーアッセンブリー内に装備した火薬を，電気信号で爆発することにより移動したピストンで，弁体の先端を弾き飛ばすことにより，流路を形成させる。

当該弁は，トリガーアッセンブリー及びジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部部品の取替が可能であり，毎定期検査時，実作動が確認された同一ロット品との取替を実施している。

東海第二のほう酸水注入系爆破弁の構造図を図2.1-1に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のほう酸水注入系爆破弁の使用材料を表2.1-1に，使用条件を表2.1-2に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	ジョイントボルト・ナット
③	弁体
④	トリガーアッセンブリー

図 2.1-1　ほう酸水注入系爆破弁構造図

表 2.1-1　ほう酸水注入系爆破弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼・炭素鋼
隔離機能の維持	隔離	弁体	（定期取替品）
作動機能の維持	駆動力伝達	トリガーアッセンブリー	（定期取替品）

表 2.1-2　ほう酸水注入系爆破弁の使用条件

最高使用圧力	9.66 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	五ほう酸ナトリウム水

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

爆破弁の機能である流体仕切機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

爆破弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

トリガーアッセンブリー，弁体は定期取替品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことによりジョイントボルト・ナットの機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 弁箱の貫粒型応力腐食割れ

弁箱はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面から貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じ機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼への塩分付着を防止している。

したがって，弁箱の貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 弁箱（内面）の腐食（全面腐食）

弁箱はステンレス鋼であり，内部流体は五ほう酸ナトリウム水であることから腐食が想定されるが，ステンレス鋼は五ほう酸ナトリウム水に対し耐食性を有していることから腐食が発生する可能性は小さい。

なお，分解点検時の目視点検において有意な腐食は認められておらず，今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁箱（内面）の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1　ほう酸水注入系爆破弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋼		△*2		△*1				*1:貫粒型応力腐食割れ *2:内面
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼 炭素鋼		△						
隔離機能の維持	隔離	弁体	◎	—								
作動機能の維持	駆動力伝達	トリガーアッセンブリー	◎	—								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

11. 破壊板

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系

② 気体廃棄物処理系

③ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 11-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 11-1
1.2 代表機器の選定..... 11-1
2. 代表機器の技術評価..... 11-3
2.1 構造，材料及び使用条件..... 11-3
2.1.1 SJAE ラプチャーディスク 11-3
2.1.2 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板..... 11-6
2.2 経年劣化事象の抽出..... 11-9
2.2.1 機能達成に必要な項目..... 11-9
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 11-9
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 11-10
3. 代表機器以外への展開..... 11-13
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 11-13
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 11-13

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な破壊板（以下，「ラプチャーディスク」という）の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらのラプチャーディスクをディスク材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

ディスク材料及び内部流体を分類基準とし，ラプチャーディスクを表 1-1 に示すとおりグループ化する。

ディスク材料はステンレス鋼，内部流体は蒸気及びガスに分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，設定圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 蒸気系ラプチャーディスク（内部流体：蒸気，ディスク材料：ステンレス鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系及び気体廃棄物処理系が属するが，重要度の観点から，SJAE ラプチャーディスクを代表機器とする。

(2) ガス系ラプチャーディスク（内部流体：ガス，ディスク材料：ステンレス鋼）

このグループには，重大事故等対処設備の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板のみであるため，これを代表機器とする。

表 1-1　ラプチャーディスクのグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
			口径 (A)	重要度*1	使用条件				
材料	内部流体				運転状態	設定圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)		
ステンレス鋼	蒸気	原子炉隔離時冷却系	350	高*2	一時	1.04	135		SJAE ラプチャーディスク／重要度
		気体廃棄物処理系	300	PS-2	連続	2.41	205	◎	
	ガス	重大事故等対処設備*4	600	重*3	一時	0.08	200	◎	格納容器圧力逃がし装置圧力開放板

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*4：新規に設置される機器を示す

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下の 2 台のラプチャーディスクについて技術評価を実施する。

① SJAE ラプチャーディスク

② 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 SJAE ラプチャーディスク

(1) 構造

東海第二の SJAE ラプチャーディスクは，口径 300A，設定圧力 2.41 MPa，最高使用温度 205 ℃のラプチャーディスクであり，1 台設置されている。

ラプチャーディスク本体は，蒸気を内包する耐圧部（ベース，ホールドダウン，ジョイントボルト・ナット），蒸気を仕切る隔離部（ディスク）からなる。

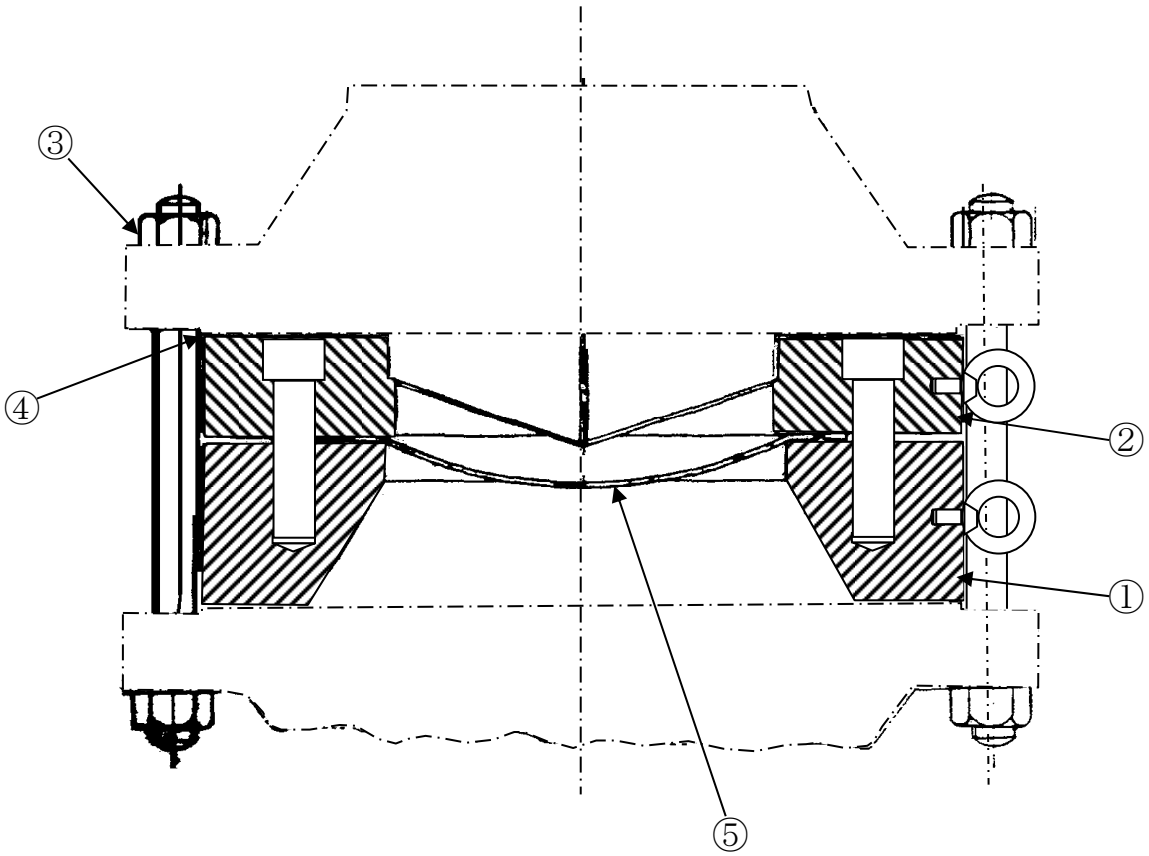
蒸気に接するベース及びディスクにはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該ラプチャーディスクは，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，内部の点検手入れが可能である。

東海第二の SJAE ラプチャーディスクの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の SJAE ラプチャーディスク主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	ベース
②	ホールドダウン
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	ディスク

図 2.1-1　SJAE ラプチャーディスク構造図

表 2.1-1　SJAE ラプチャーディスク主要部位の使用材料

機能達成に 必要な項目	サブ システム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	ベース	ステンレス鋼
		ホールドダウン	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	ディスク	ステンレス鋼

表 2.1-2　SJAE ラプチャーディスクの使用条件

設定圧力	2.41 MPa
最高使用温度	205 ℃
内部流体	蒸気

2.1.2 格納容器圧力逃がし装置圧力開放板

(1) 構造

東海第二の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板は，口径 600A，設定圧力 0.08 MPa，最高使用温度 200 ℃のラプチャーディスクで 1 台設置されている。

ラプチャーディスク本体は，ガス（窒素／空気）を内包する耐圧部（ベース，ホールドダウン，ジョイントボルト・ナット），ガスを仕切る隔離部（ディスク）からなる。

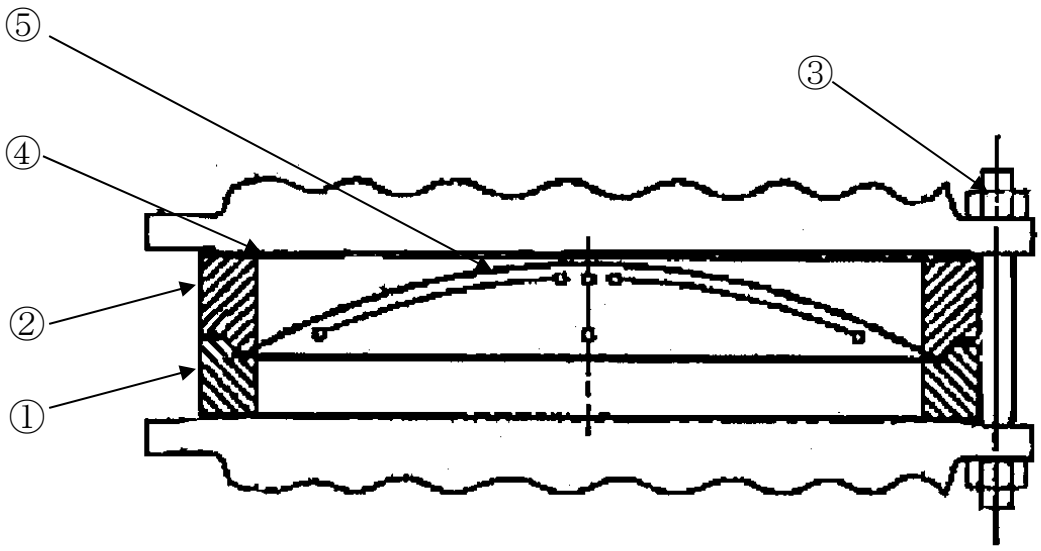
ガスに接するベース及びディスクはステンレス鋼が使用されている。

なお，当該ラプチャーディスクについては，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，内部の点検手入れが可能である。

東海第二の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の格納容器圧力逃がし装置圧力開放板主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	ベース
②	ホールドダウン
③	ジョイントボルト・ナット
④	ガスケット
⑤	ディスク

図 2.1-2　格納容器圧力逃がし装置圧力開放板構造図

表 2.1-3　格納容器圧力逃がし装置圧力開放板主要部位の使用材料

機能達成に 必要な項目	サブ システム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	ベース	ステンレス鋼
		ホールドダウン	ステンレス鋼
		ジョイントボルト・ ナット	低合金鋼・炭素鋼
	シール	ガスケット	（消耗品）
隔離機能の維持	隔離	ディスク	ステンレス鋼

表 2.1-4　格納容器圧力逃がし装置圧力開放板の使用条件

設定圧力	0.08 MPa
最高使用温度	200 ℃
内部流体	ガス

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機能達成に必要な項目

ラプチャーディスクの機能である圧力抑制機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

ラプチャーディスクについて，機能達成に必要な項目を考慮して主要部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，応力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

格納容器圧力逃がし装置圧力開放板については，新たに設置される機器であることから，上記同様，今後の分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持することとしている。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

表 2.2-1（1/2）　SJAE ラプチャーディスクに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ベース		ステンレス鋼								
		ホールドダウン		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼・炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	ディスク		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（2/2）　格納容器圧力逃がし装置圧力開放板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ベース		ステンレス鋼								
		ホールドダウン		ステンレス鋼								
		ジョイントボルト・ナット		低合金鋼･炭素鋼		△						
	シール	ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	ディスク		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器と同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ベース，ホールドダウンの腐食（全面腐食）

ベース，ホールドダウンは炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装を実施することにより機能を維持している。

したがって，ベース，ホールドダウンの腐食（全面腐食）は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）

代表機器と同様，ジョイントボルト・ナットは低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

日常劣化管理事象以外に該当する事象は抽出されなかった。

12. 制御弁

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系
② 原子炉冷却材浄化系
③ 不活性ガス系
④ タービングランド蒸気系
⑤ 復水系
⑥ 給水系
⑦ 給水加熱器ドレン系
⑧ 復水移送系
⑨ 中央制御室換気系
⑩ バッテリー室換気系
⑪ 制御用圧縮空気系
⑫ 所内蒸気系
⑬ 気体廃棄物処理系
⑭ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 12-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 12-1
1.2 代表機器の選定..... 12-1
2. 代表機器の技術評価..... 12-3
2.1 構造，材料及び使用条件..... 12-3
2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁..... 12-3
2.1.2 タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁..... 12-6
2.1.3 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁..... 12-9
2.1.4 制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁..... 12-12
2.1.5 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁..... 12-15
2.1.6 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁..... 12-18
2.2 経年劣化事象の抽出..... 12-21
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 12-21
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 12-21
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 12-22
3. 代表機器以外への展開..... 12-31
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 12-32
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 12-32

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な制御弁の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの制御弁を弁箱材料及び内部流体の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

弁箱材料及び内部流体を分類基準とし，制御弁を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

弁箱材料は炭素鋼，ステンレス鋼，低合金鋼に分類され，内部流体は純水，蒸気，ガスに分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，運転状態，最高使用温度，最高使用圧力及び口径の観点から代表機器を選定する。

(1) 純水系炭素鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，原子炉冷却材浄化系，復水系，給水系及び中央制御室換気系が属するが，重要度が高い中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁を代表機器とする。

(2) 蒸気系炭素鋼制御弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：炭素鋼）

このグループには，不活性ガス系，タービングランド蒸気系，復水移送系，バッテリー室換気系及び気体廃棄物処理系が属するが，重要度が同等であるため，運転状態が厳しく，最高使用温度が高いタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁を代表機器とする。

(3) 純水系ステンレス鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材料：ステンレス鋼）

このグループは，原子炉冷却材浄化系のみであり，原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁を代表機器とする。

(4) ガス系ステンレス鋼制御弁（内部流体：ガス，弁箱材料:ステンレス鋼）

このグループには，制御用圧縮空気系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高い制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁を代表機器とする。

(5) 純水系低合金鋼制御弁（内部流体：純水，弁箱材料：低合金鋼）

このグループには，原子炉隔離時冷却系，給水系及び給水加熱器ドレン系が属するが，重要度が高い原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁を代表機器とする。

(6) 蒸気系低合金鋼制御弁（内部流体：蒸気，弁箱材料：低合金鋼）

このグループは，所内蒸気系のみであり，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁を代表機器とする。

表 1-1　制御弁のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準					選定	代表機器／選定理由
					使用条件				
弁箱材料	内部流体		口径(A)	重要度[*1]	運転状態	最高使用圧力(MPa)	最高使用温度(℃)		
炭素鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	150	PS-2	連続	9.80	66		中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁／重要度
		復水系	100	高[*2]	連続	0.35	205		
		給水系	25～300	高[*2]	連続	6.14～15.51	66～233		
		中央制御室換気系	80	MS-1	連続	0.54	66	◎	
	蒸気	不活性ガス系	40	高[*2]	一時	0.96	164		タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁／重要度，運転状態，最高使用温度
		タービングランド蒸気系	100～200	高[*2]	連続	0.96～8.62	183～302	◎	
		復水移送系	65	高[*2]	一時	0.96	183		
		バッテリー室換気系	20	高[*2]	連続	0.96	183		
		気体廃棄物処理系	25	高[*2]	連続	0.96	183		
ステンレス鋼	純水	原子炉冷却材浄化系	80	PS-2	連続	9.80	66	◎	原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁
	ガス	制御用圧縮空気系	25	高[*2]，重[*3]	一時	14.7	66	◎	制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁／重要度
		重大事故等対処設備[*4]	20～25	重[*3]	一時	1.80～25	40～66		
低合金鋼	純水	原子炉隔離時冷却系	25	MS-1	一時	10.35	77	◎	原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁／重要度
		給水系	150	高[*2]	連続	15.51	233		
		給水加熱器ドレン系	80～400	高[*2]	連続	0.35～2.97	149～235		
	蒸気	所内蒸気系	80	高[*2]	連続	8.62	302	◎	所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：最高使用温度が 95 ℃を超え，又は最高使用圧力が 1,900 kPa を超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス 3 の機器
*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*4：新規に設置される機器及び構造物であることを示す

2. 代表機器の技術評価

本章では，1章で代表機器とした以下の6台の弁について技術評価を実施する。

① 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁
② タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁
③ 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁
④ 制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁
⑤ 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁
⑥ 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁

(1) 構造

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁は，口径 80 A，最高使用圧力 0.54 MPa，最高使用温度 66 ℃の空気作動温度制御弁であり，2台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

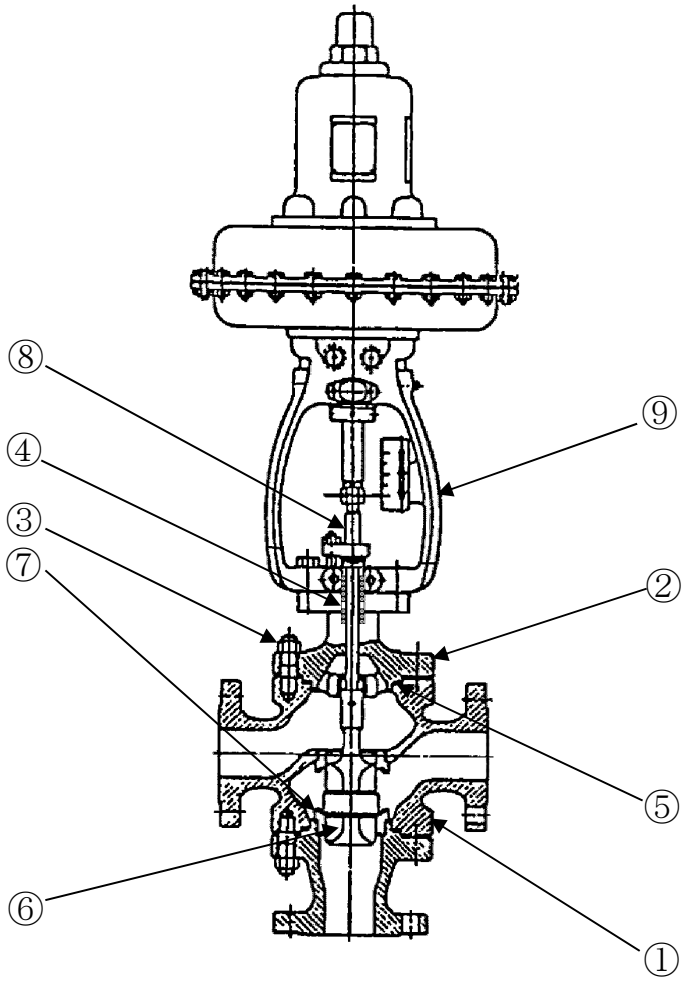
純水に接する弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体及び弁座はステンレス鋳鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-1　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁構造図

表 2.1-1　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋳鋼（ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋳鋼（ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-2　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁の使用条件

最高使用圧力	0.54 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	純水

2.1.2 タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁

(1) 構造

東海第二のタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁は，口径 100 A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃の空気作動圧力制御弁であり，1 台設置されている。

弁本体は，蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），蒸気を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

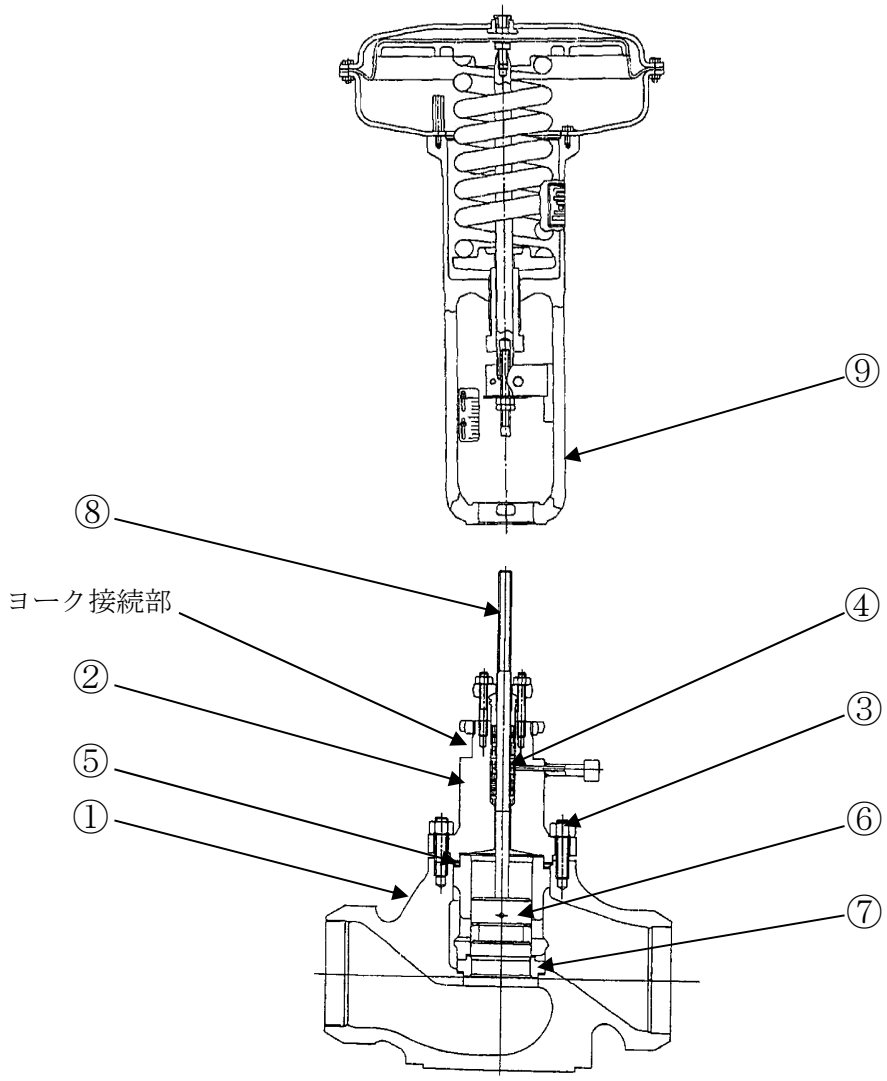
蒸気に接する弁箱及び弁ふたは炭素鋼鋳鋼，弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二のタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のタービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-2　タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁構造図

表 2.1-3　タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	炭素鋼鋳鋼
		弁ふた	炭素鋼鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼, 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		弁座	ステンレス鋼 (ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	鋳鉄

表 2.1-4　タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.1.3 原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁

(1) 構造

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁は，口径 80 A，最高使用圧力 9.80 MPa，最高使用温度 66 ℃の空気作動流量制御弁であり，2 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

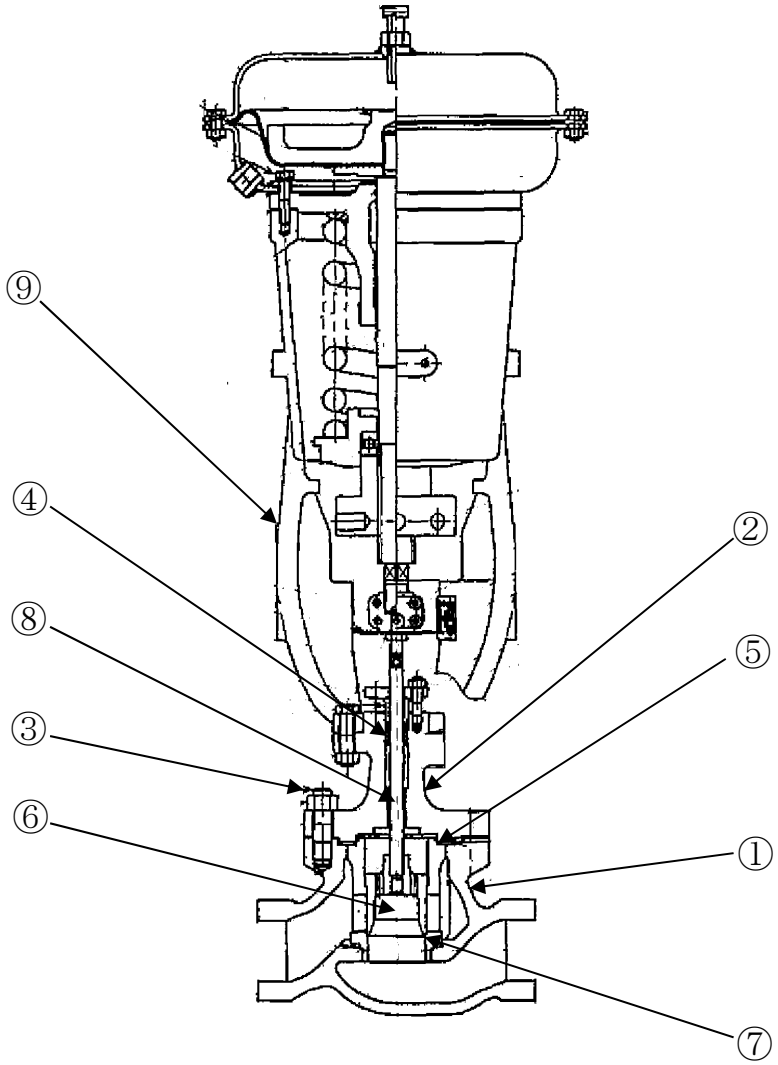
純水に接する弁箱及び弁ふたはステンレス鋳鋼，弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-3　原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁構造図

表 2.1-5　原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋳鋼
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-6　原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁の使用条件

最高使用圧力	9.80 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	純水

2.1.4 制御用圧縮空気系ドライウェルN2供給ライン圧力調整弁

(1) 構造

東海第二の制御用圧縮空気系ドライウェルN2供給ライン圧力調整弁は,口径25A,最高使用圧力14.7 MPa，最高使用温度66 ℃の自圧式圧力制御弁であり，4台（2台×2系統）設置されている。

弁本体は，ガス（窒素）を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，スプリングケース，ジョイントボルト・ナット)，ガス（窒素）を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，スプリング）からなる。

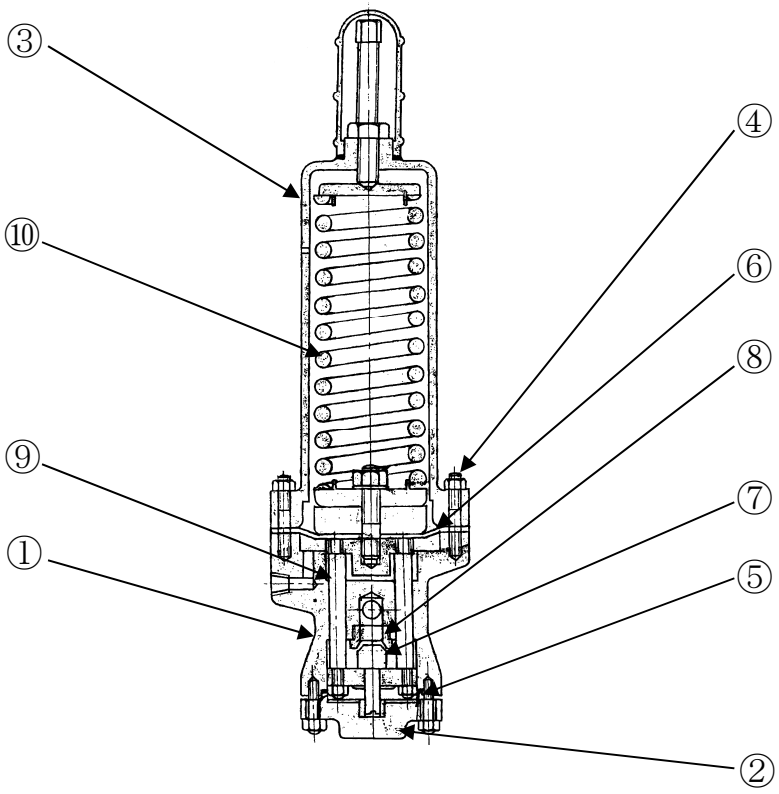
ガス（窒素）に接する弁箱はステンレス鋳鋼，弁ふた，弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されている。

なお，当該弁については，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁の構造図を図2.1-4に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁主要部位の使用材料を表2.1-7に，使用条件を表2.1-8に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	スプリングケース
④	ジョイントボルト・ナット
⑤	ガスケット
⑥	ダイヤフラム
⑦	弁体
⑧	弁座
⑨	弁棒
⑩	スプリング

図 2.1-4　制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁構造図

表 2.1-7　制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	ステンレス鋳鋼
		弁ふた	ステンレス鋼
		スプリングケース	炭素鋼
		ジョイントボルト・ナット	ステンレス鋼
	シール	ガスケット	(消耗品)
		ダイヤフラム	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
		弁座	ステンレス鋼(ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼

表 2.1-8　制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁の使用条件

最高使用圧力	14.7 MPa
最高使用温度	66 ℃
内部流体	ガス（窒素）

2.1.5 原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁

(1) 構造

東海第二の原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁は，口径 25 A，最高使用圧力 10.35 MPa，最高使用温度 77 ℃の自圧式圧力制御弁であり，1 台設置されている。

弁本体は，純水を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），純水を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

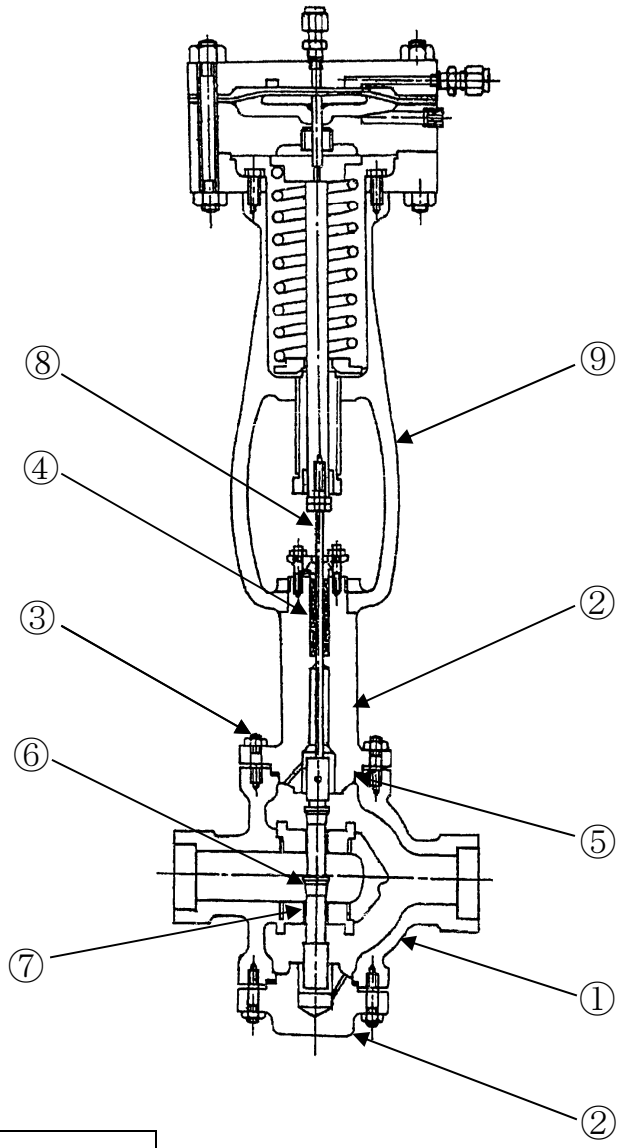
純水に接する弁箱及び弁ふたは低合金鋼，弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-5　原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁構造図

表 2.1-9　原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼
		弁ふた	低合金鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼, 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		弁座	ステンレス鋼（ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-10　原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁の使用条件

最高使用圧力	10.35 MPa
最高使用温度	77 ℃
内部流体	純水

2.1.6 所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁

(1) 構造

東海第二の所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁は，口径 80 A，最高使用圧力 8.62 MPa，最高使用温度 302 ℃の空気作動圧力制御弁であり，1 台設置されている。

弁本体は，蒸気を内包する耐圧部（弁箱，弁ふた，ジョイントボルト・ナット，軸封部），蒸気を仕切る隔離部（弁体，弁座）及び弁体に駆動力を伝達する駆動力伝達部（弁棒，ヨーク）からなる。

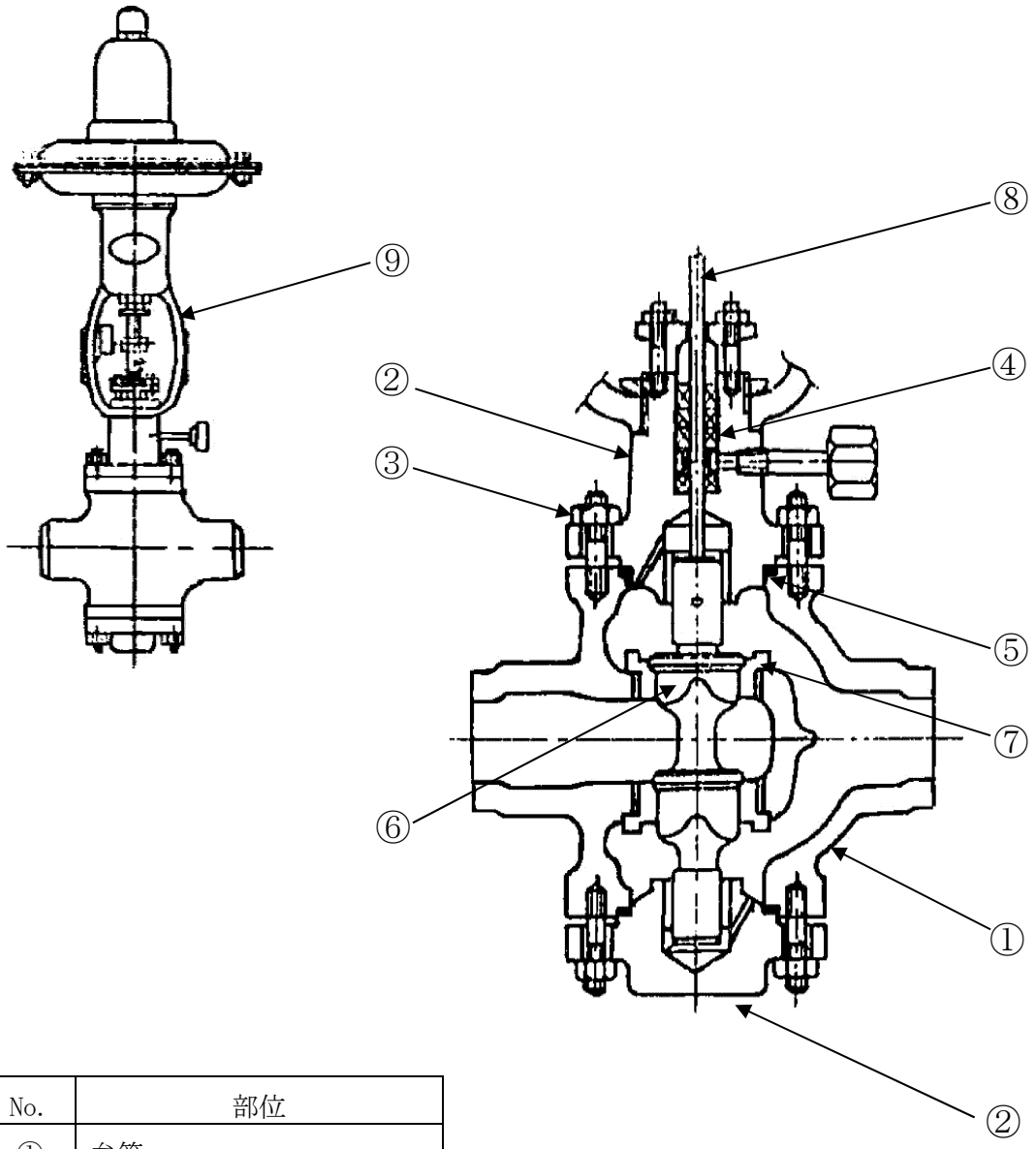
蒸気に接する弁箱及び弁ふたは低合金鋼，弁体及び弁座はステンレス鋼が使用されており，軸封部には内部流体の漏れを防止するためグランドパッキンが使用されている。

なお，当該弁については，駆動部を切り離し，ジョイントボルト・ナットを取外すことにより，弁内部の点検手入れが可能である。

東海第二の所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁の構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。



No.	部位
①	弁箱
②	弁ふた
③	ジョイントボルト・ナット
④	グランドパッキン
⑤	ガスケット
⑥	弁体
⑦	弁座
⑧	弁棒
⑨	ヨーク

図 2.1-6　所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁構造図

表 2.1-11　所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	弁箱	低合金鋼
		弁ふた	低合金鋼
		ジョイントボルト・ナット	低合金鋼, 炭素鋼
	シール	グランドパッキン	(消耗品)
		ガスケット	(消耗品)
隔離機能の維持	隔離	弁体	ステンレス鋼
		弁座	ステンレス鋼（ステライト肉盛)
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒	ステンレス鋼
		ヨーク	炭素鋼鋳鋼

表 2.1-12　所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁の使用条件

最高使用圧力	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	蒸気

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

制御弁の機能である流体仕切機能(絞り機能含む)の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 隔離機能の維持

(3) 作動機能の維持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

制御弁について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体，圧力，温度）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

グランドパッキン，ガスケット及びダイヤフラムは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）［中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁］

弁箱及び弁ふたは，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁］

ジョイントボルト・ナットは，低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）［中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁］

ヨークは，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. スプリングケースの腐食（全面腐食）［制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁］

スプリングケースは，炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，スプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁]

弁箱及び弁ふたは，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時に有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ[原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁，制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁]

弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットは，ステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面からの貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することとしている。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼へ塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒の摩耗[中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁，タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁，原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁，原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁，所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁]

弁棒は，グランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等であるのに対し，弁棒はステンレス鋼であるため，これらの摺動により摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［制御用圧縮空気系ドライウェルN2供給ライン圧力調整弁］

スプリングは，常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1（1/6）　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト･ナット		炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋳鋼*1								
		弁座		ステンレス鋳鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（2/6）　タービングランド蒸気系グランド蒸気蒸発器加熱蒸気減圧弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		炭素鋼鋳鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト･ナット		低合金鋼,炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	－								
		ガスケット	◎	－								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		鋳鉄		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (3/6)　原子炉冷却材浄化系 F/D 出口流量調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ
		弁ふた		ステンレス鋳鋼				△*2				
		ジョイントボルト･ナット		ステンレス鋼				△*2				
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（4/6）　制御用圧縮空気系ドライウェル N2 供給ライン圧力調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		ステンレス鋳鋼				△*2				*1:ステライト肉盛 *2:貫粒型応力腐食割れ *3:へたり
		弁ふた		ステンレス鋼				△*2				
		スプリングケース		炭素鋼		△						
		ジョイントボルト･ナット		ステンレス鋼				△*2				
	シール	ガスケット	◎	―								
		ダイヤフラム	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼*1								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼								
		スプリング		ばね鋼							▲*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1 (5/6)　原子炉隔離時冷却系潤滑油クーラー冷却水圧力調整弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		低合金鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト･ナット		低合金鋼,炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (6/6)　所内蒸気系 SJAE 入口圧力制御弁に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
バウンダリの維持	耐圧	弁箱		低合金鋼		△*2*3						*1:ステライト肉盛 *2:流れ加速型腐食 *3:外面
		弁ふた		低合金鋼		△*2*3						
		ジョイントボルト･ナット		低合金鋼,炭素鋼		△						
	シール	グランドパッキン	◎	―								
		ガスケット	◎	―								
隔離機能の維持	隔離	弁体		ステンレス鋼								
		弁座		ステンレス鋼*1								
作動機能の維持	駆動力伝達	弁棒		ステンレス鋼	△							
		ヨーク		炭素鋼鋳鋼		△						

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 原子炉冷却材浄化系
② 不活性ガス系
③ タービングランド蒸気系
④ 復水系
⑤ 給水系
⑥ 給水加熱器ドレン系
⑦ 復水移送系
⑧ バッテリー室換気系
⑨ 気体廃棄物処理系
⑩ 重大事故等対処設備

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）［弁箱及び弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼の制御弁共通］

代表機器同様，弁箱及び弁ふたは，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，弁箱及び弁ふたの外面の腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）［ジョイントボルト・ナットの材料が低合金鋼又は炭素鋼の制御弁共通］

代表機器同様，ジョイントボルト・ナットは，低合金鋼又は炭素鋼であり腐食が想定されるが，分解点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ジョイントボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ヨークの腐食（全面腐食）［ヨークの材料が炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄の制御弁共通］

ヨークは，炭素鋼，炭素鋼鋳鋼又は鋳鉄であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ヨークの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. スプリングケースの腐食（全面腐食）［スプリングケースが炭素鋼の制御弁共通］

代表機器同様，新たに設置される重大事故等対処設備のスプリングケースは，炭素鋼であり腐食が想定されるが，大気接触部は塗装を施すことから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持できると考える。

したがって，スプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）［弁箱及び弁ふたの材料が炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼の制御弁共通］

代表機器同様，弁箱及び弁ふたは，炭素鋼鋳鋼又は低合金鋼であり，内部流体が純水又は蒸気であるため，腐食（流れ加速型腐食）が想定されるが，分解点検時に有意な腐食（流れ加速型腐食）がないことを確認し，必要に応じて補修又は取替を行うことにより機能を維持している。

したがって，弁箱及び弁ふたの腐食（流れ加速型腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. 弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れ［弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットがステンレス鋳鋼又はステンレス鋼の制御弁共通］

代表機器同様，新たに設置される重大事故等対処設備の弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットは，ステンレス鋳鋼又はステンレス鋼であり，大気中の海塩粒子に含まれる塩化物イオンにより，外面からの貫粒型応力腐食割れの発生が想定されるが，原子炉建屋内機器の塩分測定において代表箇所における定期的な目視点検及び付着塩分量測定を実施し，その結果により必要に応じて機器外面清掃及び浸透探傷検査を実施することにより機能を維持できると考える。

また，東海第二では工事における副資材管理でステンレス鋼へ塩分付着を防止している。

したがって，弁箱，弁ふた及びジョイントボルト・ナットの貫粒型応力腐食割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 弁棒の摩耗[共通]

代表機器同様，弁棒は，グランドパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴うグランドパッキンとの摺動により摩耗が想定されるが，グランドパッキンの材質がテフロン又は黒鉛等であるのに対し，弁棒はステンレス鋼であるため，これらの摺動により摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，これまでの点検において有意な摩耗は確認されておらず，今後も使用環境に変化がないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，弁棒の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［共通］

代表機器同様，新たに設置される重大事故等対処設備のスプリングは，常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定され，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも低い温度で使用されることから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

13. 電動弁用駆動部

［対象系統］

① 原子炉系
② 原子炉再循環系
③ 残留熱除去系
④ 残留熱除去海水系
⑤ 原子炉隔離時冷却系
⑥ 原子炉冷却材浄化系
⑦ ほう酸水注入系
⑧ 高圧炉心スプレイ系
⑨ 低圧炉心スプレイ系
⑩ 可燃性ガス濃度制御系
⑪ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑫ 原子炉補機冷却系
⑬ 燃料プール冷却浄化系
⑭ 制御用圧縮空気系
⑮ 不活性ガス系
⑯ 格納容器雰囲気監視系
⑰ 事故時サンプリング設備
⑱ 中央制御室換気系
⑲ ドライウェル冷却系
⑳ 空気抽出系
㉑ 気体廃棄物処理系
㉒ 重大事故等対処設備

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定 13-1
1.1 グループ化の考え方及び結果 13-1
1.2 代表機器の選定 13-1
2. 代表機器の技術評価 13-4
2.1 構造，材料及び使用条件 13-4
2.1.1 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部 13-4
2.1.2 残留熱除去系注入弁駆動部 13-8
2.1.3 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部 13-12
2.2 経年劣化事象の抽出 13-16
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目 13-16
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出 13-16
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 13-18
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価 13-24
3. 代表機器以外への展開 13-35
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 13-35
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 13-37

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な電動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの電動弁用駆動部を電源及び設置場所の観点からグループ化し，それぞれのグループより以下のとおり代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

電源及び設置場所を分類基準とし，電動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

電源は交流及び直流に分類され，設置場所は原子炉格納容器内及び原子炉格納容器外に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，定格出力及び使用条件の観点から代表機器を選定する。

(1) 原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部

このグループには，原子炉系，原子炉再循環系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系及び原子炉冷却材浄化系が属するが，重要度が高く，定格出力の大きい残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部を代表機器とする。

(2) 原子炉格納容器外の電動（交流）弁用駆動部

このグループには，原子炉系，原子炉冷却材浄化系，ほう酸水注入系，残留熱除去系，残留熱除去海水系，高圧炉心スプレイ系，低圧炉心スプレイ系，可燃性ガス濃度制御系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，原子炉補機冷却系，燃料プール冷却浄化系，制御用圧縮空気系，不活性ガス系，格納容器雰囲気監視系，事故時サンプリング設備，中央制御室換気系，ドライウェル冷却系，空気抽出系，気体廃棄物処理系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度及び周囲温度が高く，定格出力の大きい残留熱除去系注入弁駆動部を代表機器とする。

(3) 原子炉格納容器外の電動（直流）弁用駆動部

このグループには，原子炉系，残留熱除去系，原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系及び重大事故等対処設備が属するが，重要度が高く，定格出力の大きい残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部を代表機器とする。

表 1-1(1/2)　電動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準			選定	代表機器／選定理由
			重要度[*1]	定格出力 (kW)	使用条件 周囲温度 (℃)		
電源	設置場所						
交流	原子炉格納容器内	原子炉系	MS-1／PS-1	1.1	65.6		残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁(内側)駆動部／重要度，定格出力
		原子炉再循環系	PS-1	4.7，5.2	65.6		
		残留熱除去系	MS-1／PS-1，重[*2]	0.12～16.4	65.6	◎	
		原子炉隔離時冷却系	MS-1／PS-1，重[*2]	7.8	65.6		
		原子炉冷却材浄化系	MS-1／PS-1	0.72～2.7	65.6		
	原子炉格納容器外	原子炉系	MS-1	0.28～11	60.0		残留熱除去系注入弁駆動部／重要度，定格出力，周囲温度
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	0.28～1.8	40.0		
		ほう酸水注入系	MS-1，重[*2]	0.28	40.0		
		残留熱除去系	MS-1／PS-1，重[*2]	0.094～16	40.0,60.0	◎	
		残留熱除去海水系	MS-1，重[*2]	0.12～11	40.0		
		高圧炉心スプレイ系	MS-1／PS-1，重[*2]	1.8～16	40.0		
		低圧炉心スプレイ系	MS-1／PS-1，重[*2]	1.1～16	40.0		
		可燃性ガス濃度制御系	MS-1	0.094～0.5	40.0		
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	MS-1／PS-1	0.37，0.72	60.0		
		原子炉補機冷却系	MS-1	0.72，1.1	40.0		
		燃料プール冷却浄化系	重[*2]	1.1，2	40.0		
		制御用圧縮空気系	MS-1	0.28	40.0		
		不活性ガス系	MS-1，重[*2]	0.72	40.0		
		格納容器雰囲気監視系	MS-1	0.12	40.0		
		事故時サンプリング設備	MS-1	0.12	40.0		
		中央制御室換気系	MS-1，重[*2]	1.3，5.2	40.0		
		ドライウェル冷却系	MS-1	0.37	40.0		
		空気抽出系	MS-2	1.1	40.0		
		気体廃棄物処理系	MS-2	0.72	40.0		
		重大事故等対処設備[*3]	MS-1，重[*2]	0.12～3.7	40.0		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*3：新規に設置される系統

表 1-1(2/2)　電動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準			選定	代表機器／選定理由
			重要度[*1]	定格出力 (kW)	使用条件 周囲温度 (℃)		
電源	設置場所						
直流	原子炉格納容器外	原子炉系	MS-1／PS-1	0.9	60.0		残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁(外側)駆動部／重要度，定格出力
		残留熱除去系	MS-1／PS-1，重[*2]	2.97，9.77	40.0	◎	
		原子炉隔離時冷却系	MS-1／PS-1，重[*2]	0.1～7.33	40.0		
		原子炉冷却材浄化系	MS-1／PS-1	1.92	40.0		
		重大事故等対処設備[*3]	重[*2]	0.12～1.1	40.0		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す
*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す
*3：新規に設置される系統

2. 代表機器の技術評価

本章では，1 章で代表機器とした以下の電動弁用駆動部について技術評価を実施する。

① 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部

② 残留熱除去系注入弁駆動部

③ 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部

(1) 構造

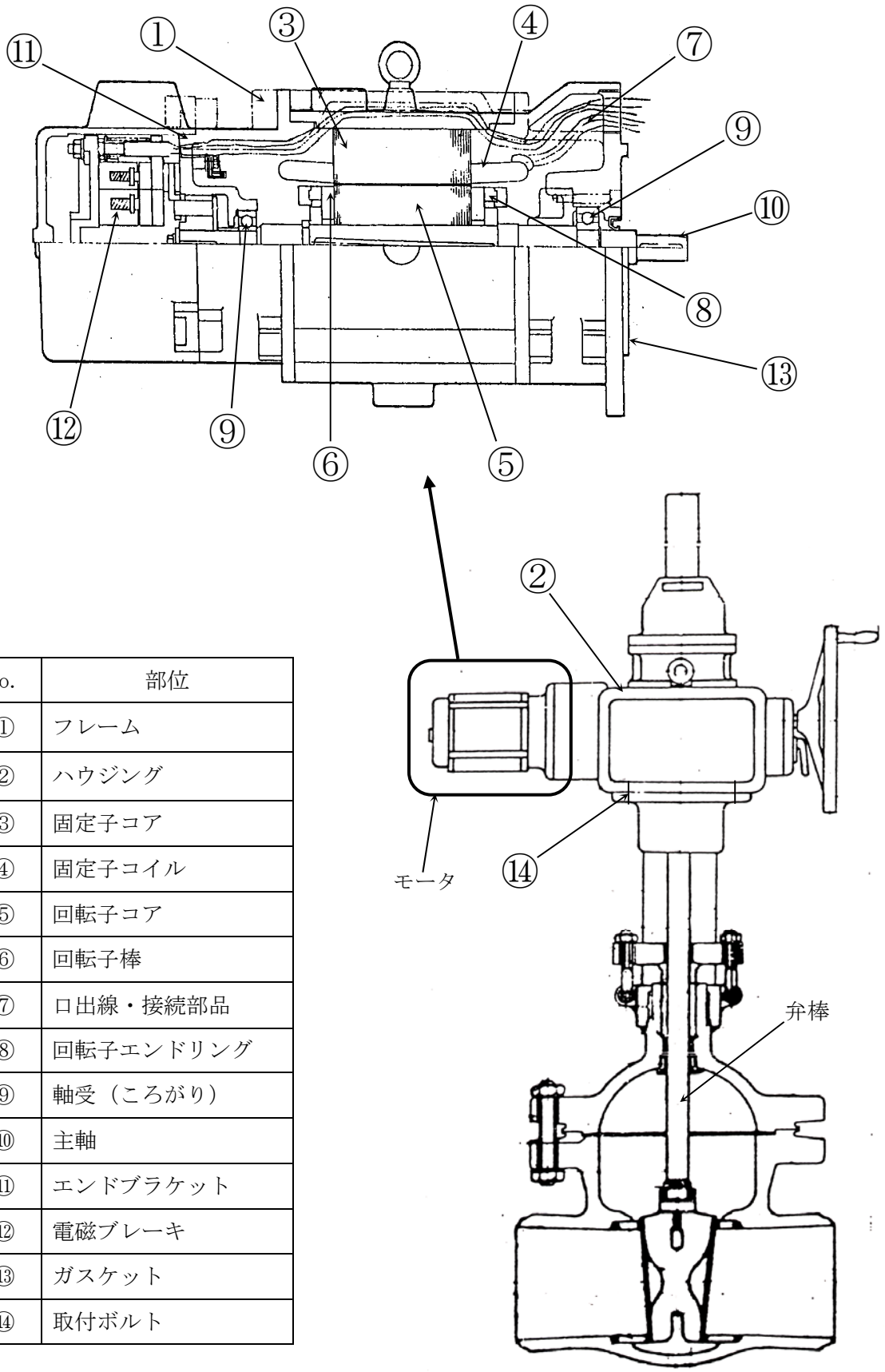
東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部はモータ，ギア，ハウジング等で構成されており，モータの回転力を，ギアを介して弁棒及びステムナットに伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し，駆動部ケース類を取外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部の構造図を図 2.1-1 に示す。

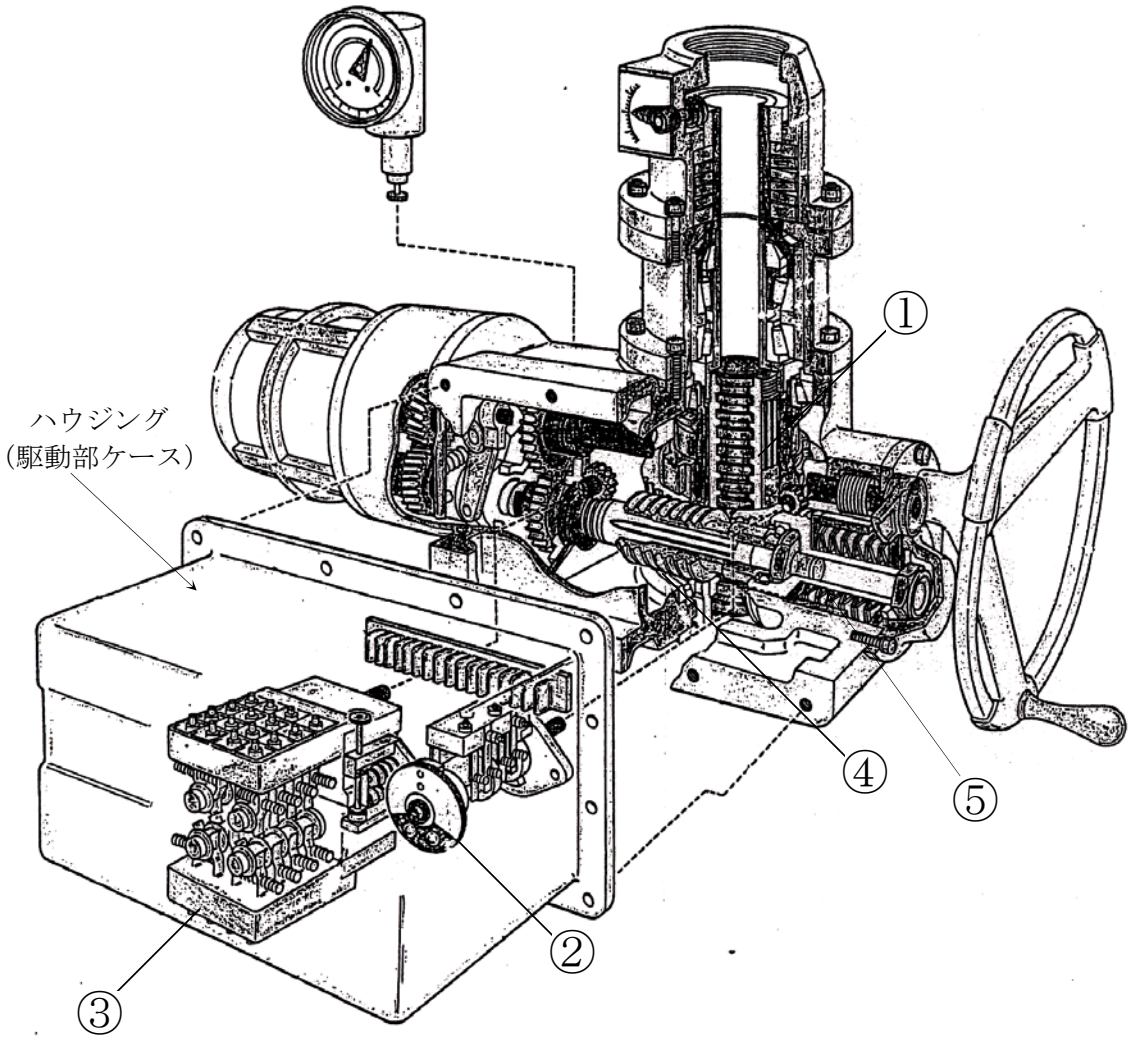
(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



No.	部位
①	フレーム
②	ハウジング
③	固定子コア
④	固定子コイル
⑤	回転子コア
⑥	回転子棒
⑦	口出線・接続部品
⑧	回転子エンドリング
⑨	軸受（ころがり）
⑩	主軸
⑪	エンドブラケット
⑫	電磁ブレーキ
⑬	ガスケット
⑭	取付ボルト

図 2.1-1(1/2)　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部構造図



No.	部位
①	ステムナット
②	トルクスイッチ
③	リミットスイッチ
④	ギア
⑤	トルクスプリングパック

図 2.1-1(2/2)　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部構造図

表 2.1-1　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	鋳鉄
		ハウジング	鋳鉄
		固定子コア	硅素鋼
		固定子コイル	銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス
		回転子コア	硅素鋼
		回転子棒	特殊銅合金
		口出線・接続部品	銅，シリコーンゴム
		回転子エンドリング	銅
		軸受（ころがり）	（消耗品）
		主軸	炭素鋼
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス
		ガスケット	(消耗品)
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	高力黄銅鋳物
		トルクスイッチ	アルミダイキャスト，ジアリルフタレート
		リミットスイッチ	亜鉛ダイキャスト，ジアリルフタレート
		ギア	低合金鋼，アルミニウム青銅鋳物
		トルクスプリングパック	ばね鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-2　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	16.4 kW		
定格電圧	AC 440 V		
設置場所	原子炉格納容器内		
周囲温度	65.6 ℃（最高）*1	171 ℃（最高）*1	123 ℃（最高）*2
最高圧力*1	0.0138 MPa	0.31 MPa	0.31 MPa
放射線*1	0.04 Gy/h（最大）	2.6×10^{2} kGy（最大積算値）	6.40×10^{2} kGy（最大積算値）

*1:原子炉格納容器内における設計値

*2:重大事故等時における原子炉格納容器内の環境条件解析値

2.1.2 残留熱除去系注入弁駆動部

(1) 構造

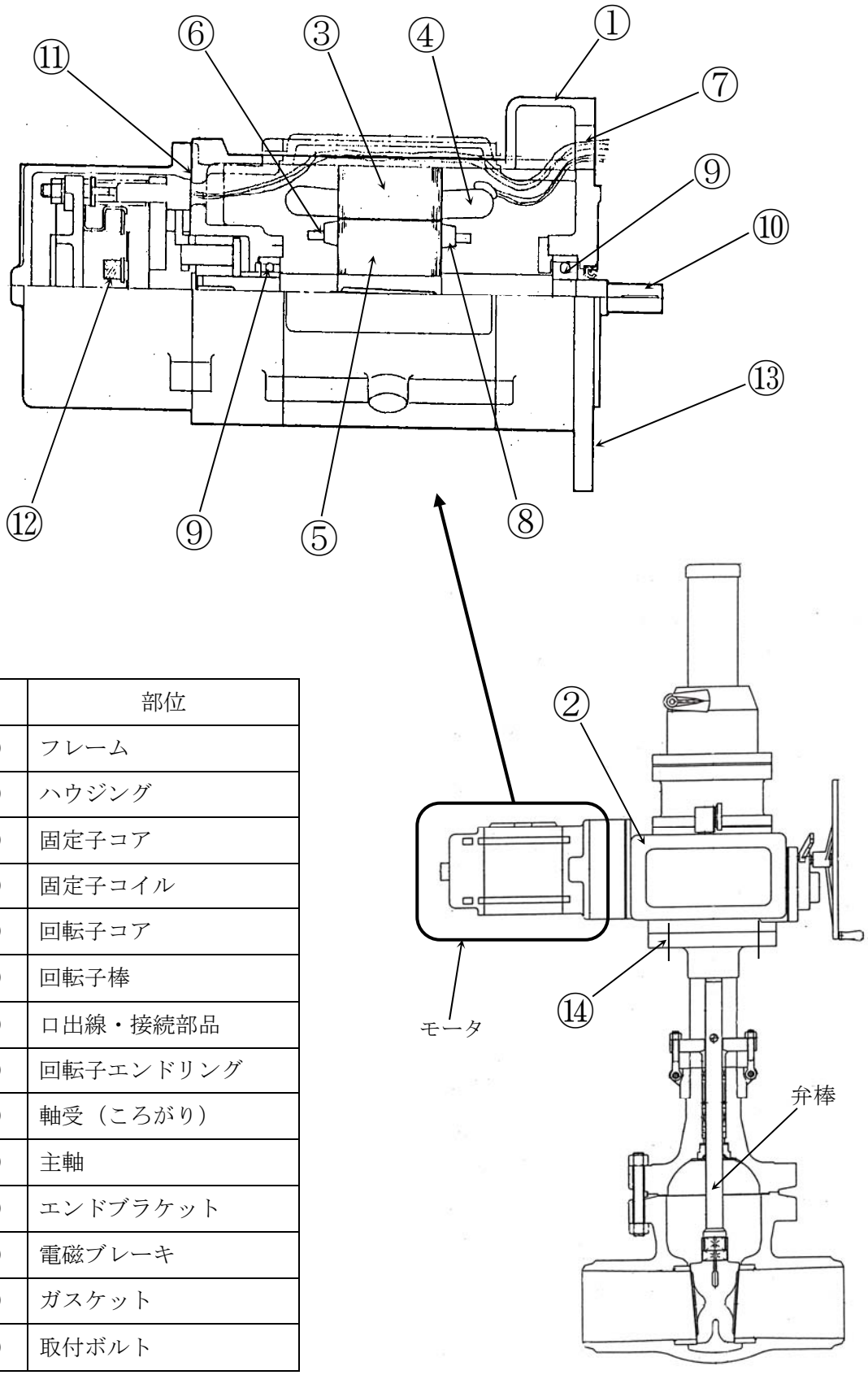
東海第二の残留熱除去系注入弁駆動部はモータ，ギア，ハウジング等で構成されており，モータの回転力を，ギアを介して弁棒及びステムナットに伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し，駆動部ケース類を取外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系注入弁駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

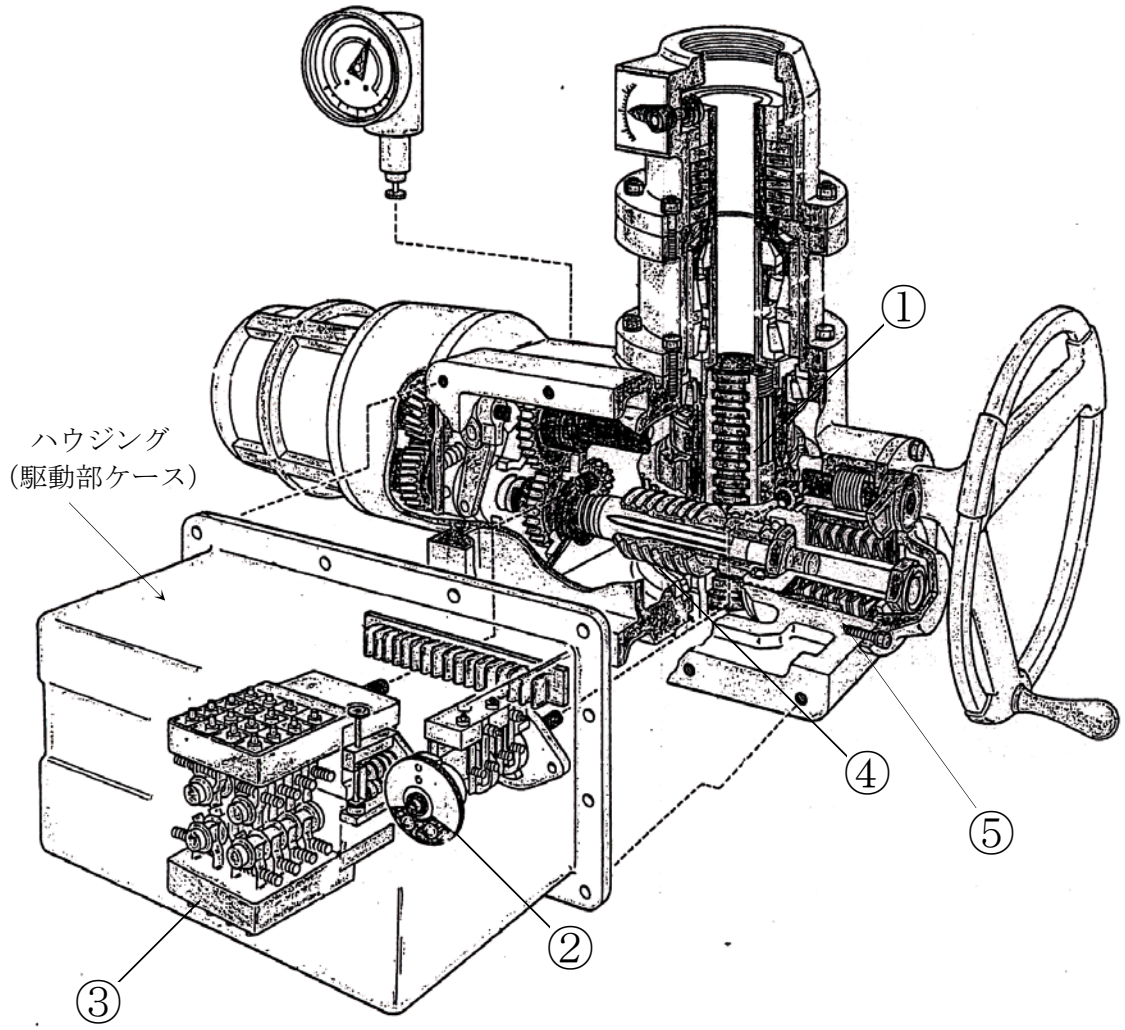
(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系注入弁駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	フレーム
②	ハウジング
③	固定子コア
④	固定子コイル
⑤	回転子コア
⑥	回転子棒
⑦	口出線・接続部品
⑧	回転子エンドリング
⑨	軸受（ころがり）
⑩	主軸
⑪	エンドブラケット
⑫	電磁ブレーキ
⑬	ガスケット
⑭	取付ボルト

図 2.1-2(1/2)　残留熱除去系注入弁駆動部構造図



No.	部位
①	ステムナット
②	トルクスイッチ
③	リミットスイッチ
④	ギア
⑤	トルクスプリングパック

図 2.1-2(2/2)　残留熱除去系注入弁駆動部構造図

表 2.1-3　残留熱除去系注入弁駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	鋳鉄
		ハウジング	鋳鉄
		固定子コア	硅素鋼
		固定子コイル	銅，ポリエステル，ポリエステルワニス
		回転子コア	硅素鋼
		回転子棒	特殊銅合金
		口出線・接続部品	銅，シリコーンゴム
		回転子エンドリング	銅
		軸受（ころがり）	（消耗品）
		主軸	炭素鋼
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス
		ガスケット	（消耗品）
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	高力黄銅鋳物
		トルクスイッチ	アルミダイキャスト，ジアリルフタレート
		リミットスイッチ	アルミダイキャスト，ジアリルフタレート
		ギア	低合金鋼，アルミニウム青銅鋳物
		トルクスプリングパック	ばね鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-4　残留熱除去系注入弁駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	16 kW		
定格電圧	AC 440 V		
設置場所	原子炉建屋内（主蒸気トンネル室）		
周囲温度*	60.0 ℃（最高）	171 ℃（最高）	171 ℃（最高）
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.05 Gy/h （最大）	4.5×10^{2} Gy （最大積算値）	100×10^{3} Gy （最大積算値）

*:原子炉建屋における設計値

2.1.3 残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部

(1) 構造

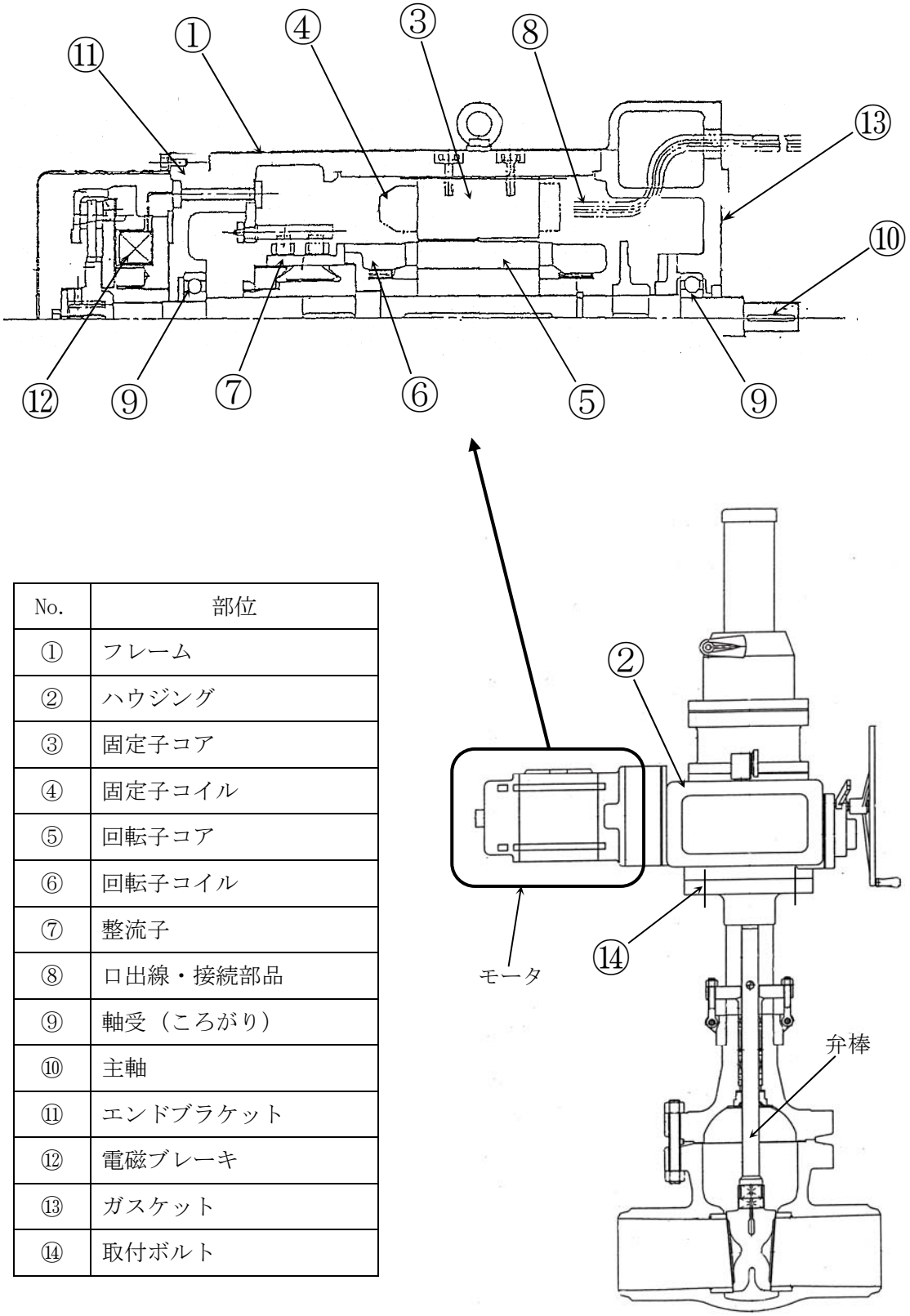
東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部はモータ，ギア，ハウジング等で構成されており，モータの回転力を，ギアを介して弁棒及びステムナットに伝達し，弁を駆動させる構造となっている。

なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し，駆動部ケース類を取外すことで駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部の構造図を図2.1-3に示す。

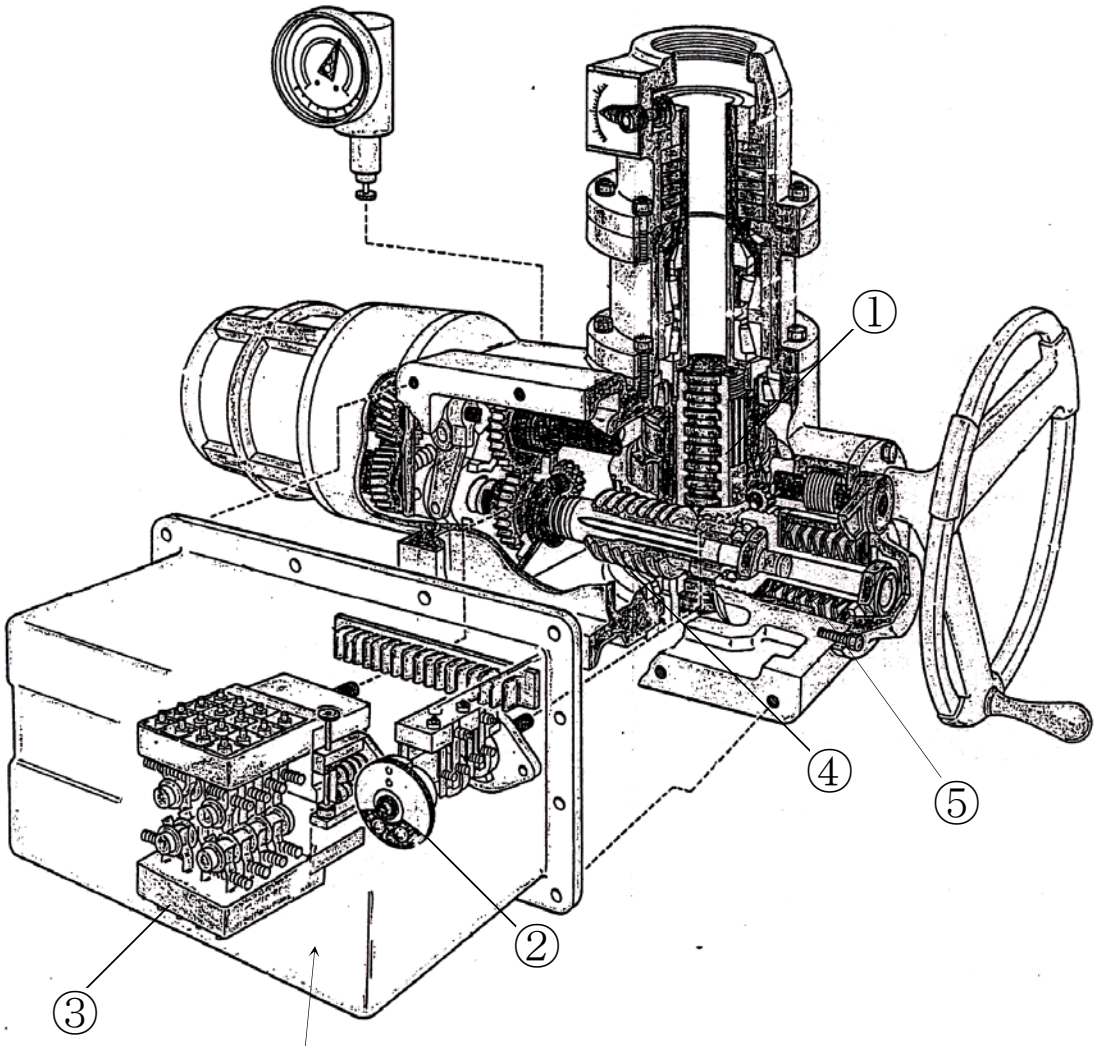
(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部主要部位の使用材料を表2.1-5に，使用条件を表2.1-6に示す。



No.	部位
①	フレーム
②	ハウジング
③	固定子コア
④	固定子コイル
⑤	回転子コア
⑥	回転子コイル
⑦	整流子
⑧	口出線・接続部品
⑨	軸受（ころがり）
⑩	主軸
⑪	エンドブラケット
⑫	電磁ブレーキ
⑬	ガスケット
⑭	取付ボルト

図 2.1-3(1/2)　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部構造図



No.	部位
①	ステムナット
②	トルクスイッチ
③	リミットスイッチ
④	ギア
⑤	トルクスプリングパック

図 2.1-3(2/2)　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部構造図

表 2.1-5　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム	軟鋼
		ハウジング	軟鋼
		固定子コア	軟鋼
		固定子コイル	銅，ポリエステル，ポリエステルワニス
		回転子コア	硅素鋼
		回転子コイル	銅，ポリエステル
		整流子	銀入銅，ブラシ(消耗品)
		口出線・接続部品	銅，シリコーンゴム
		軸受（ころがり）	(消耗品)
		主軸	炭素鋼
		エンドブラケット	鋳鉄
		電磁ブレーキ	銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス
		ガスケット	(消耗品)
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット	高力黄銅鋳物
		トルクスイッチ	アルミダイキャスト，フェノール樹脂
		リミットスイッチ	亜鉛ダイキャスト，フェノール樹脂
		ギア	低合金鋼，アルミニウム青銅鋳物
		トルクスプリングパック	ばね鋼
機器の支持	支持	取付ボルト	低合金鋼

表 2.1-6　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部の使用条件

	通常運転時	設計基準事故時	重大事故等時
定格出力	9.77 kW		
定格電圧	DC 115 V		
設置場所	原子炉建屋内		
周囲温度*	40.0 ℃（最高）	100 ℃（最高）	100 ℃（最高）
最高圧力*	大気圧	0.001744 MPa	0.0069 MPa
放射線*	0.00001 Gy/h （最大）	1.7×10^{3} Gy （最大積算値）	100×10^{3} Gy （最大積算値）

*:原子炉建屋における設計値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

電動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) モータ駆動力機能の維持

(2) 駆動力伝達機能の維持

(3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

電動弁用駆動部について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，設置場所，使用条件（定格電圧，周囲温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表 2.2-1 に示すとおり，経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

軸受（ころがり），ブラシ及びガスケットは消耗品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから，高経年化対策を見極める上での評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部］
b. 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［残留熱除去系注入弁駆動部］
c. 固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. フレーム，ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）［共通］

フレーム，ハウジング及びエンドブラケットは，鋳鉄及び軟鋼であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，フレーム，ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）［共通］

固定子コア及び回転子コアは，珪素鋼板及び軟鋼であるため腐食が想定されるが，固定子コア及び回転子コア表面には，絶縁ワニス処理が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 主軸の摩耗［共通］

主軸は，ピニオンとの接触面の摩耗が想定されるが，電動弁用駆動部のモータは連続運転ではないため，主軸の摩耗が発生する可能性は小さく，点検時に目視確認及び寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 電磁ブレーキのライニングのはく離［共通］

電磁ブレーキのライニングは，高湿度環境で結露水がライニングの接着面に浸透することにより接着力が低下し，はく離することが想定されるが，東海第二の電動弁用駆動部は結露水が発生しやすい高湿度環境にはなく，はく離が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認及びギャップ測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

したがって，電磁ブレーキのライニングのはく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ステムナット及びギアの摩耗［共通］

ステムナット及びギアは，噛合している摺動部があり，電動弁の作動により摩耗の発生が想定されるが，点検時に目視確認及び動作試験を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって，ステムナット及びギアの摩耗は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良［共通］

トルクスイッチ及びリミットスイッチは，浮遊塵埃が接点に付着することによる導通不良が想定されるが，両スイッチはカバー内に収納されていることから，塵埃付着の可能性は小さく，点検時に動作確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって，トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 整流子の摩耗［残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部］

整流子は，ブラシとの接触面に摩耗が想定されるが，整流子材はブラシ材より硬質であり摩耗の可能性は小さい。

また，屋内空調環境に設置されていることから，塵埃による摩耗の可能性も小さく，点検時に清掃，目視確認，ブラシ摩耗量測定及び動作確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって，整流子の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

取付ボルトは，低合金鋼であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

主軸には，モータ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認を行い，これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ［残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部，残留熱除去系注入弁駆動部］

回転子棒及び回転子エンドリングには，モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定されるが，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

したがって，回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. トルクスプリングパックのばねのへたり［共通］

トルクスプリングパックのばねは，電動弁の作動時に発生するトルクによりへたりが生じることが想定されるが，機器設計の過程で，ばね使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，へたりが生じる可能性はない。

したがって，トルクスプリングパックのばねのへたりは高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1(1/3)　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化	その他	
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		鋳鉄		△								*1:高サイクル疲労割れ *2:電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 *3電磁ブレーキのライニングのはく離 *4:ばねのへたり
		ハウジング		鋳鉄		△								
		固定子コア		硅素鋼		△								
		固定子コイル		銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子棒		特殊銅合金			▲							
		口出線・接続部品		銅，シリコーンゴム					○					
		回転子エンドリング		銅			▲							
		軸受（ころがり）	◎	－										
		主軸		炭素鋼	△		△*1							
		エンドブラケット		鋳鉄		△								
		電磁ブレーキ		銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス					○*2				△*3	
		ガスケット	◎	－										
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		高力黄銅鋳物	△									
		トルクスイッチ		アルミダイキャスト，ジアリルフタレート						△				
		リミットスイッチ		亜鉛ダイキャスト，ジアリルフタレート						△				
		ギア		低合金鋼，アルミ青銅鋳物	△									
		トルクスプリングパック		ばね鋼									▲*4	
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(2/3)　残留熱除去系注入弁駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化	その他	
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		鋳鉄		△								*1:高サイクル疲労割れ *2:電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 *3電磁ブレーキのライニングのはく離 *4:ばねのへたり
		ハウジング		鋳鉄		△								
		固定子コア		硅素鋼		△								
		固定子コイル		銅，ポリエステル，ポリエステルワニス					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子棒		特殊銅合金			▲							
		口出線・接続部品		銅，シリコーンゴム					○					
		回転子エンドリング		銅			▲							
		軸受（ころがり）	◎	－										
		主軸		炭素鋼	△		△*1							
		エンドブラケット		鋳鉄		△								
		電磁ブレーキ		銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス					○*2				△*3	
		ガスケット	◎	－										
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		高力黄銅鋳物	△									
		トルクスイッチ		アルミダイキャスト，ジアリルフタレート						△				
		リミットスイッチ		アルミダイキャスト，ジアリルフタレート						△				
		ギア		低合金鋼，アルミ青銅鋳物	△									
		トルクスプリングパック		ばね鋼									▲*4	
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1(3/3)　残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質		
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化	その他	
モータ駆動力機能の維持	エネルギー変換	フレーム		軟鋼		△								*1:高サイクル疲労割れ *2:電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下 *3電磁ブレーキのライニングのはく離 *4:ばねのへたり
		ハウジング		軟鋼		△								
		固定子コア		軟鋼		△								
		固定子コイル		銅，ポリエステル，ポリエステルワニス					○					
		回転子コア		硅素鋼		△								
		回転子コイル		銅，ポリエステル					○					
		整流子	◎（ブラシ）	銀入銅	△									
		口出線・接続部品		銅，シリコーンゴム					○					
		軸受（ころがり）	◎	－										
		主軸		炭素鋼	△		△*1							
		エンドブラケット		鋳鉄		△								
		電磁ブレーキ		銅，ポリアミドイミド，シリコンワニス					○*2				△*3	
		ガスケット	◎	－										
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ステムナット		高力黄銅鋳物	△									
		トルクスイッチ		アルミダイキャスト，フェノール樹脂						△				
		リミットスイッチ		亜鉛ダイキャスト，フェノール樹脂						△				
		ギア		低合金鋼，アルミ青銅鋳物	△									
		トルクスプリングパック		ばね鋼									▲*4	
機器の支持	支持	取付ボルト		低合金鋼		△								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象
△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）
▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（内側）駆動部］

a. 事象の説明

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱による特性低下，振動等による機械的劣化，絶縁物に付着する埃，又は絶縁物中の空隙等による放電等の熱的，機械的，環境的及び電気的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

絶縁物の熱，放射線及び機械的による長期間の経年劣化及び事故時雰囲気を考慮した評価を，IEEE382-1996「IEEE Standard for Qualification of Actuators for Power-operated Valve Assemblies With Safety-Related Functions for Nuclear Power Plants」（以下，「IEEE382-1996」という。）を準拠して，実機モータ（新品）による長期健全性試験を実施し，この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

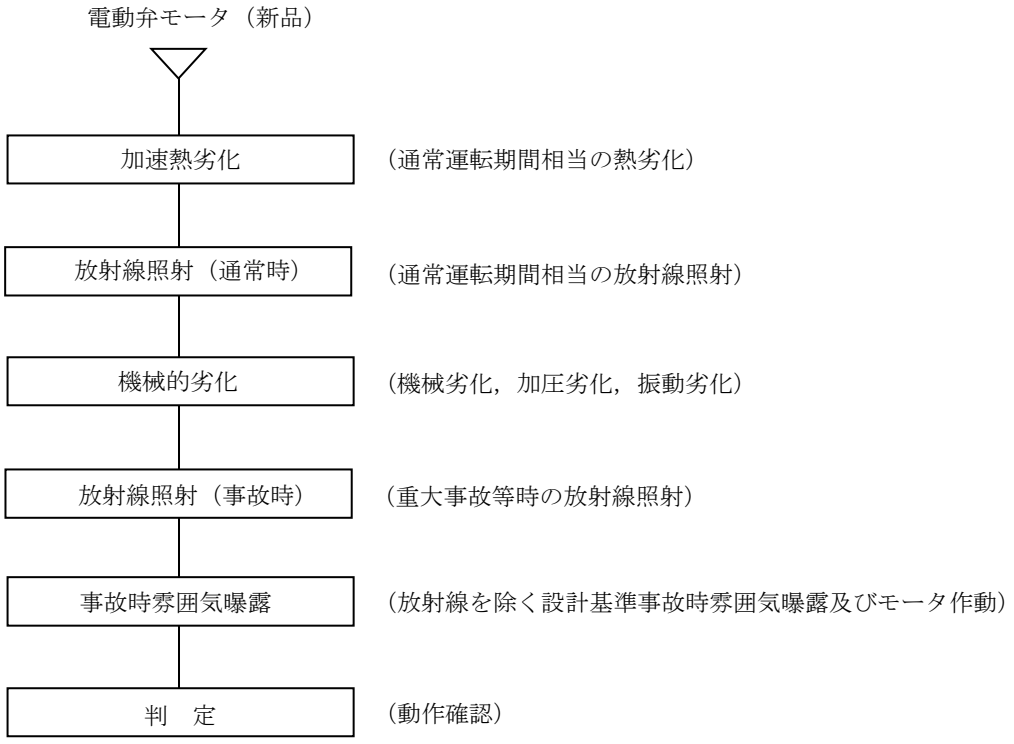


図 2.3-1 電動弁モータ長期健全性試験手順（原子炉格納容器内電動弁モータ）

表 2.3-1　電動弁モータ長期健全性試験条件（原子炉格納容器内電動弁モータ）

	試験条件	説明
加速熱劣化	105 ℃×1,740 時間	原子炉格納容器内の周囲最高温度 65.6 ℃では，60 年間の通常運転期間に相当する。
放射線照射（通常時）	放射線照射線量：22 kGy	東海第二で想定される 60 年間の通常運転期間相当の線量 約 21 kGy を包絡する。
機械的劣化	機械劣化：弁開閉往復動作相当回数 3,000 回 加圧劣化：0.48 MPa 3 分以上を 65 回 振動劣化：0.75 G，3 軸方向 各 135 分	東海第二の 60 年間の動作回数 約 800 回を包絡する。IEEE 382-1996 に基づく。 東海第二の通常運転時の最高圧力 0.0138 MPa，60 年間の加圧回数 39 回を包絡する。 IEEE 382-1996 に基づく。
放射線照射（事故時）	放射線照射線量：800 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 2.6×10^{2} kGy 及び重大事故等時の最大積算値 6.40×10^{2} kGy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：172 ℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：約 13 日間	東海第二における設計基準事故時の最高温度 171 ℃，最高圧力 0.31 MPa 及び重大事故等時の最高温度 123 ℃，最高圧力 0.31 MPa を包絡する。

表 2.3-2　電動弁モータ長期健全性試験結果（原子炉格納容器内電動弁モータ）

試験手順	判定基準	結果
電動弁事故時雰囲気曝露試験終了後，電動弁駆動モータの動作確認を行う。	正常に動作すること。	良

原子炉格納容器内電動弁モータについては，新品の電動弁モータを用いて，図2.3-1 に示す電動弁モータ長期健全性試験手順により，固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下を評価した。本試験条件は表 2.3-1 に示すとおり，モータの 60 年間の通常運転期間を想定した熱劣化，放射線劣化，機械的劣化，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気による劣化条件を包絡している。

本試験結果は表 2.3-2 に示すとおり，試験の判定基準を満足しており，固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルは 60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。

環境的劣化要因の内，絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響については，モータは埃の入りづらい全閉構造であることから影響は少ないと考えられる。

また，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，これまでの点検結果では有意な絶縁特性低下は認められていないことから，今後も有意な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられる。

② 現状保全

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し，絶縁機能の健全性を確認している。

また，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，モータの補修又は取替を行うこととしている。

③ 総合評価

原子炉格納容器内電動弁モータ長期健全性評価結果から判断して，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁特性低下の可能性は低く，また，絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定，動作試験で把握可能と考えられる。今後も，絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより，異常の有無を把握可能であり，現状の保全は点検手法としては適切であると考える。

c．高経年化への対応

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を行うこととする。

(2) 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［残留熱除去系注入弁駆動部］

a. 事象の説明

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱による特性低下，振動等による機械的劣化，絶縁物に付着する埃，又は絶縁物中の空隙等による放電等の熱的，機械的，環境的及び電気的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

絶縁物の熱，放射線及び機械的による長期間の経年劣化及び事故時雰囲気を考慮した評価を，IEEE382-1996 を準拠して，東海第二で使用している電動弁交流モータ（原子炉格納容器内）と同等の新品モータを供試体に長期健全性試験により評価した。

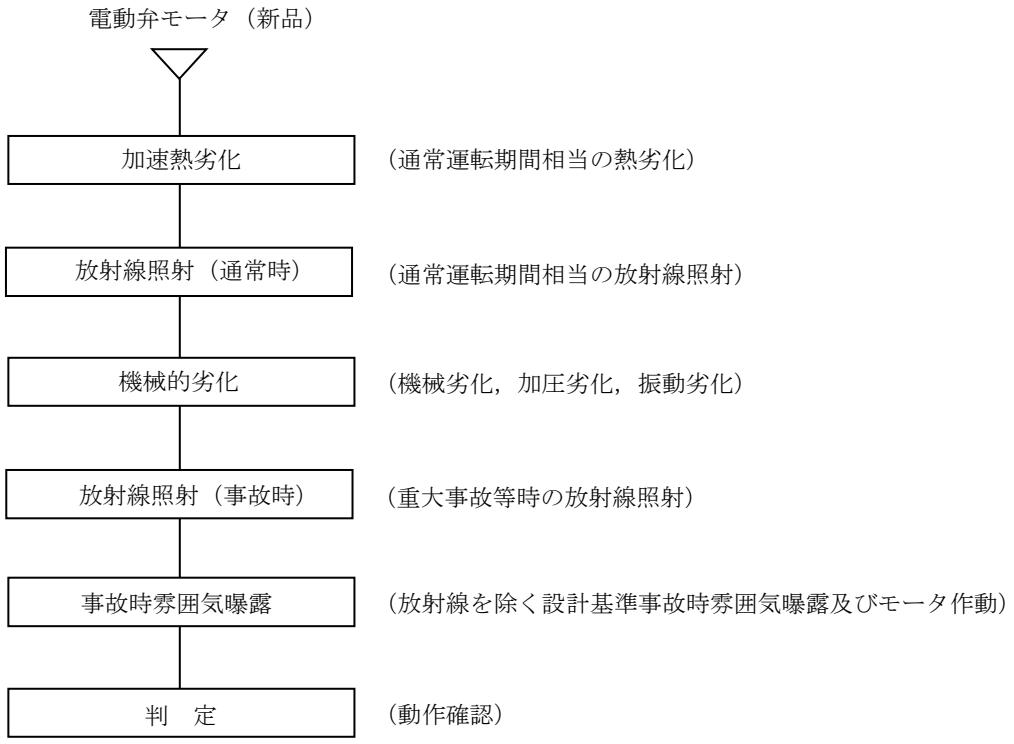


図 2.3-2　電動弁モータ長期健全性試験手順（原子炉格納容器内電動弁モータ）

表 2.3-3　電動弁モータ長期健全性試験条件（原子炉格納容器内電動弁モータ）

	試験条件	説明
加速熱劣化	105 ℃×1,740 時間	主蒸気トンネル室の周囲最高温度 60.0 ℃では，60 年以上の通常運転期間に相当する。
放射線照射（通常時）	放射線照射線量：22 kGy	東海第二で想定される 50 年間の通常運転期間相当の線量 約 22 kGy を包絡する。
機械的劣化	機械劣化：弁開閉往復動作相当回数 3,000 回 加圧劣化：0.48 MPa 3 分以上を 65 回 振動劣化：0.75 G，3 軸方向 各 135 分	東海第二の 60 年間の動作回数 約 800 回を包絡する。IEEE 382-1996 に基づく。 東海第二の通常運転時の最高圧力 大気圧，60 年間の加圧回数 39 回を包絡する。 IEEE 382-1996 に基づく。
放射線照射（事故時）	放射線照射線量：800 kGy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 4.5×10^{2} Gy 及び重大事故等時の最大積算値 100×10^{3} Gy を包絡する。
事故時雰囲気曝露	最高温度：172 ℃ 最高圧力：0.427 MPa 曝露時間：約 13 日間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 171 ℃，最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 171 ℃，最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 2.3-4　電動弁モータ長期健全性試験結果（原子炉格納容器内電動弁モータ）

試験手順	判定基準	結果
電動弁事故時雰囲気曝露試験終了後，電動弁駆動モータの動作確認を行う。	正常に動作すること。	良

原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）電動弁モータについては，東海第二で使用している電動弁交流モータ（原子炉格納容器内）と同等の新品モータを用いて，図 2.3-2 に示す電動弁モータ長期健全性試験手順により，固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を評価した。本試験条件は表 2.3-3 に示すとおり，モータの 50 年間の通常運転期間を想定した熱劣化，機械的劣化，放射線劣化，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気による劣化条件を包絡している。

本試験結果は，表 2.3-4 に示すとおり，試験の判定基準を満足しており，固定子コイル及び口出線・接続部品は 50 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。

環境的劣化要因の内，絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響については，モータは埃の入りづらい全閉構造であることから影響は少ないと考えられる。

また，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，これまでの点検結果では有意な絶縁特性低下は認められていないことから，今後も有意な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられる。

② 現状保全

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し，絶縁機能の健全性を確認している。

また，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，モータの補修又は取替を行うこととしている。

③ 総合評価

原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）電動弁モータ長期健全性評価結果から判断して，50 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁特性低下の可能性は低く，また，絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定，動作試験で把握可能と考えられる。今後も，絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより，異常の有無を把握可能であり，現状の保全は点検手法としては適切であると考える。

c．高経年化への対応

固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を行うこととする。

なお，主蒸気トンネル室に設置している事故時動作要求のある電動弁モータについては，今停止期間中に原子炉格納容器内仕様の電動弁モータへ取替を行う計画としている。

(3) 固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［残留熱除去系シャットダウンライン隔離弁（外側）駆動部］

a. 事象の説明

固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱による特性低下，振動等による機械的劣化，絶縁物に付着する埃，又は絶縁物中の空隙等による放電等の熱的，機械的，環境的及び電気的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性があることから，経年劣化に対する評価が必要である。

b. 技術評価

① 健全性評価

絶縁物の熱，放射線及び機械的による長期間の経年劣化及び事故時雰囲気を考慮した評価を，IEEE382-1996 を準拠して， 38 年間使用した実機モータに 22 年の劣化付与を行い，60 年を想定した長期健全性試験を実施し，この結果に基づき長期間の健全性を評価した。

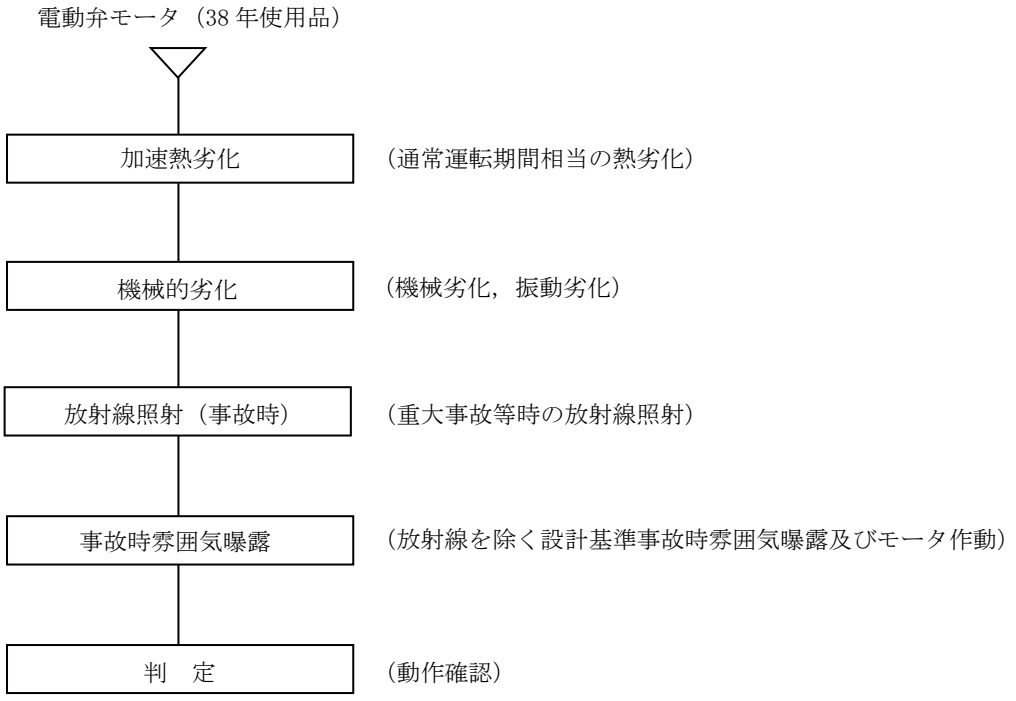


図 2.3-3　電動弁モータ長期健全性試験手順（原子炉格納容器外電動弁モータ）

表 2.3-5　電動弁モータ長期健全性試験条件（原子炉格納容器外電動弁モータ）

	試験条件	説明
加速熱劣化	105 ℃×385 時間	原子炉建屋内の周囲最高温度 40.0 ℃では，22 年間の通常運転期間に相当する。 使用期間 38 年の実機供試体に 22 年分の劣化付与を行っており，60 年の通常運転期間に相当する。
機械的劣化	機械劣化：弁開閉往復動作相当回数 1,100 回 振動劣化：0.75 G，3 軸方向 各 50 分	東海第二の 60 年間の動作回数 約 800 回を包絡する。 IEEE382-1996 に基づく。
放射線照射 (事故時)	放射線照射線量：1,700 Gy	東海第二で想定される設計基準事故時の最大積算値 1.7×10^{3} Gy を包絡する。 重大事故等時の放射線 100×10^{3} Gy に対しては，同等の原子炉格納容器外仕様のモータを用いた放射線照射試験にて，重大事故等時の放射線量を上回る 1.0×10^{6} Gy にて健全性が維持できることを確認している。
事故時雰囲気曝露	最高温度：105 ℃ 最高圧力：0.02 MPa 曝露時間：約 7 日間	東海第二で想定される設計基準事故時の最高温度 100 ℃，最高圧力 0.001744 MPa 及び重大事故等時の最高温度 100 ℃，最高圧力 0.0069 MPa を包絡する。

表 2.3-6　電動弁モータ長期健全性試験結果（原子炉格納容器外電動弁モータ）

試験手順	判定基準	結果
電動弁事故時雰囲気曝露試験終了後， 電動弁駆動モータの動作確認を行う。	正常に動作すること。	良

原子炉格納容器外電動弁モータについては，図 2.3-3 に示す電動弁モータ長期健全性試験手順により，38 年間使用した実機モータに 22 年の運転期間に相当する劣化を付与し，固定子コイル，回転子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下を評価した。本試験条件は表 2.3-5 に示すとおり，モータの 60 年間の通常運転期間を想定した熱劣化，機械的劣化，放射線劣化，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気による劣化条件を包絡している。

東海第二で想定される重大事故等時における放射線の影響による電動弁モータ（原子炉格納容器外/原子炉建屋）の絶縁低下に対しては，同等の原子炉格納容器外仕様のモータを用いた放射線照射試験にて重大事故等時線量を上回る 1.0×10^{6} Gy にて健全性が維持されていることから，絶縁低下に至る可能性は小さいと考える。

原子炉格納容器外電動弁駆動部用電磁ブレーキに用いられているコイルの絶縁材は，原子炉格納容器内電動弁モータの固定子コイルの絶縁材料と同じであり，設置環境も原子炉格納容器内に比べて緩やかであることから，原子炉格納容器内電動弁の健全性評価結果から判断して絶縁特性低下に至る可能性は小さいと考える。

本試験結果は，表 2.3-6 に示すとおり，試験の判定基準を満足しており，固定子コイル，回転子コイル及び口出線・接続部品は 60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。

環境的劣化要因の内，絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響については，モータは埃の入りづらい全閉構造であることから影響は少ないと考えられる。

また，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，これまでの点検結果では有意な絶縁特性低下は認められていないことから，今後も有意な絶縁特性低下が起こる可能性は小さいと考えられる。

② 現状保全

固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施し，絶縁機能の健全性を確認している。

また，点検で有意な絶縁特性低下が認められた場合には，モータの補修又は取替を行うこととしている。

③ 総合評価

原子炉格納容器外電動弁モータ長期健全性評価結果から判断して，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの有意な絶縁特性低下の可能性は低く，また，絶縁特性低下は点検時における絶縁抵抗測定，動作試験で把握可能と考えられる。今後も，絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより，異常の有無を把握可能であり，現状の保全は点検手法としては適切であると考える。

c．高経年化への対応

固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下に対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はないと考える。今後も点検時に絶縁抵抗測定，動作試験を実施することにより絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を行うこととする。

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［電動弁用駆動部］

① 原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部

② 原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）の電動（交流）弁用駆動部

③ 原子炉格納容器外の電動（交流又は直流）弁用駆動部

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

a. 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部］

代表機器と同様，固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的，環境的及び電気的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，代表機器と同様に固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下は，電動弁モータ長期健全性試験（原子炉格納容器内電動弁モータ）結果より，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響についても代表機器と同様に埃の入りづらい全閉構造であることから，影響は少ないと考えられる。

また，代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，今後もこの保全方法を継続し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を行うとともに，必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

b. 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）の電動（交流）弁用駆動部］

代表機器と同様，固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的，環境的及び電気的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，代表機器と同様に固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性の低下は，電動弁モータ長期健全性試験（原子炉格納容器内電動弁モータ）結果より，主蒸気トンネル室の電動弁モータは 50 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響についても代表機器と同様に埃の入りづらい全閉構造であることから，影響は少ないと考えられる。

また，代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，今後もこの保全方法を継続し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

なお，主蒸気トンネル室に設置している事故時動作要求のある電動弁モータについては，今停止期間中に原子炉格納容器内仕様の電動弁モータへ取替を行う計画としている。

c. 固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性低下［原子炉格納容器外の電動（交流又は直流）弁用駆動部］

代表機器と同様，固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁物は有機物であるため，熱的，機械的，環境的及び電気的要因により経年的に劣化が進行し，絶縁特性低下を起こす可能性がある。

しかし，代表機器と同様に固定子コイル，回転子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキコイルの絶縁特性の低下は，電動弁モータ長期健全性試験（原子炉格納容器外電動弁用モータ）結果より，60 年間の通常運転期間，設計基準事故時及び重大事故等時雰囲気において絶縁特性を維持できると評価する。絶縁物への埃の付着及び吸湿による影響についても代表機器と同様に埃の入りづらい全閉構造であることから，影響は少ないと考えられる。

また，代表機器と同様に絶縁抵抗測定及び動作試験を実施しており，今後もこの保全方法を継続し，絶縁特性低下を監視していくとともに，必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性は維持できると判断する。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に絶縁抵抗測定及び動作試験を行い，その結果により必要に応じて補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はない。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. フレーム，ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，フレーム，ハウジング及びエンドブラケットは，鋳鉄及び軟鋼であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，フレーム，ハウジング及びエンドブラケットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，固定子コア及び回転子コアは，珪素鋼板及び軟鋼であるため腐食が想定されるが，固定子コア及び回転子コア表面には，絶縁ワニス処理が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，固定子コア及び回転子コアの腐食（全面腐食）は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 主軸の摩耗［共通］

代表機器と同様，主軸は，ピニオンとの接触面の摩耗が想定されるが，電動弁用駆動部のモータは連続運転ではないため，主軸の摩耗が発生する可能性は小さく，点検時に目視確認及び寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認及び寸法測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 電磁ブレーキのライニングのはく離［共通］

代表機器と同様，電磁ブレーキのライニングは，高湿度環境で結露水がライニングの接着面に浸透することにより接着力が低下し，はく離することが想定されるが，東海第二の電動弁用駆動部は結露水が発生しやすい高湿度環境にはなく，はく離が発生する可能性は小さい。

また，点検時に目視確認及びギャップ測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認及びギャップ測定を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，電磁ブレーキのライニングのはく離は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ステムナット及びギアの摩耗［共通］

代表機器と同様，ステムナット及びギアは，噛合している摺動部があり，電動弁の作動により摩耗の発生が想定されるが，点検時に目視確認，動作試験，また，一部の機器については，電動弁診断装置によるステムナットの摩耗測定を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に動作試験を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，ステムナット及びギアの摩耗は高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良［共通］

代表機器と同様，トルクスイッチ及びリミットスイッチは，浮遊塵埃が接点に付着することによる導通不良が想定されるが，両スイッチはカバー内に収納されていることから，塵埃付着の可能性は小さく，点検時に動作確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に動作確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，トルクスイッチ及びリミットスイッチの導通不良は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 整流子の摩耗［原子炉格納容器外の電動（直流）弁用駆動部］

代表機器と同様，整流子は，ブラシとの接触面に摩耗が想定されるが，整流子材はブラシ材より硬質であり摩耗の可能性は小さい。

また，屋内空調環境に設置されていることから，塵埃による摩耗の可能性も小さく，点検時に清掃，目視確認，ブラシ摩耗量測定及び動作確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に清掃，目視確認，ブラシ摩耗量測定及び動作確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，整流子の摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. 取付ボルトの腐食（全面腐食）［共通］

代表機器と同様，取付ボルトは，低合金鋼であるため腐食が想定されるが，表面は塗装が施されており，腐食進行の可能性は小さく，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修又は取替を実施することとしている。

重大事故等対処設備は新たに設置されることから，今後，点検時に目視確認を行い，その結果により必要に応じ補修を実施することで健全性を維持できると考える。

したがって，取付ボルトの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 主軸の高サイクル疲労割れ［共通］

代表機器と同様，主軸には，モータ運転時に繰返し応力が発生することから，応力集中部において高サイクル疲労割れが想定されるが，主軸は設計段階において疲労割れが発生しないように考慮された設計となっており，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さい。

なお，点検時に目視確認を行い，これまで割れは確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

重大事故等対処設備は新たに設置されるが，代表機器と同様，高サイクル疲労割れは設計上考慮されていることから，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さく，今後，点検時に目視確認を行い割れの有無を確認することで健全性を維持できると考える。

したがって，主軸の高サイクル疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れ［原子炉格納容器内の電動（交流）弁用駆動部，原子炉格納容器外（主蒸気トンネル室）の電動（交流）弁用駆動部，原子炉格納容器外の電動（交流）弁用駆動部］

代表機器と同様，回転子棒及び回転子エンドリングには，モータ起動時に発生する電磁力等により繰返し応力を受けると疲労割れの発生が想定されるが，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

重大事故等対処設備は新たに設置されるが，代表機器と同様，回転子棒及び回転子エンドリングはアルミダイキャストで一体形成され，スロット内にアルミニウムが充満した状態で回転子棒が形成されていることから，回転子棒とスロットの間に隙間や緩みは生じないため，繰返し応力による疲労割れが発生する可能性はない。

したがって，回転子棒及び回転子エンドリングの疲労割れは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. トルクスプリングパックのばねのへたり［共通］

代表機器と同様，トルクスプリングパックのばねは，電動弁の作動時に発生するトルクによりへたりが生じることが想定されるが，機器設計の過程で，ばね使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，へたりが生じる可能性はない。

重大事故等対処設備は新たに設置されるが，代表機器と同様，機器設計の過程で，ばね使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，へたりが生じる可能性はない。

したがって，トルクスプリングパックのばねのへたりは高経年対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

14. 空気作動弁用駆動部

［対象系統］

① 中央制御室換気系
② 原子炉隔離時冷却系
③ 原子炉冷却材浄化系
④ 原子炉再循環系
⑤ 不活性ガス系
⑥ 補助系
⑦ 原子炉系
⑧ ほう酸水注入系
⑨ 漏えい検出系
⑩ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑪ 非常用ガス処理系
⑫ 非常用ガス再循環系
⑬ 原子炉再循環流量制御系
⑭ 格納容器雰囲気監視系
⑮ 気体廃棄物処理系

目次

1. 対象機器及び代表機器の選定..... 14-1
1.1 グループ化の考え方及び結果..... 14-1
1.2 代表機器の選定..... 14-1
2. 代表機器の技術評価..... 14-3
2.1 構造，材料及び使用条件..... 14-3
2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部..... 14-3
2.1.2 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部..... 14-6
2.1.3 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部..... 14-9
2.2 経年劣化事象の抽出..... 14-12
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 14-12
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 14-12
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 14-13
3. 代表機器以外への展開..... 14-19
3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象..... 14-20
3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 14-20

1. 対象機器及び代表機器の選定

東海第二で使用している主要な空気作動弁用駆動部の主な仕様を表 1-1 に示す。

これらの空気作動弁用駆動部を型式及び設置場所の観点からグループ化し，それぞれのグループより代表機器を選定した。

1.1 グループ化の考え方及び結果

型式及び設置場所を分類基準とし，空気作動弁用駆動部を表 1-1 に示すとおりグループ化する。

型式はダイヤフラム型及びシリンダ型に分類され，設置場所は原子炉格納容器内及び原子炉格納容器外に分類される。

1.2 代表機器の選定

表 1-1 に分類されるグループ毎に，重要度，周囲温度，口径及び運転状態の観点から代表機器を選定する。

(1) 原子炉格納容器外のダイヤフラム型駆動部

このグループには，中央制御室換気系，原子炉隔離時冷却系，原子炉冷却材浄化系が属するが，重要度が高く，周囲温度が高い中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部を代表機器とする。

(2) 原子炉格納容器内のシリンダ型駆動部

このグループには，原子炉再循環系の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部のみが属するため，原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部を代表機器とする。

(3) 原子炉格納容器外のシリンダ型駆動部

このグループには，不活性ガス系，原子炉再循環系，補助系，原子炉系，ほう酸水注入系，漏えい検出系，主蒸気隔離弁漏えい抑制系，原子炉隔離時冷却系，非常用ガス処理系，非常用ガス再循環系，原子炉再循環流量制御系，原子炉冷却材浄化系，格納容器雰囲気監視系及び気体廃棄物処理系が属するが，重要度が高い機器の中から周囲温度及び口径を比較し，口径が最も大きい機器の中から不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部を代表機器とする。

表 1-1　空気作動弁用駆動部のグループ化及び代表機器の選定

分類基準		当該系統	選定基準				選定	代表機器／選定理由
			重要度*1	口径（A）	使用条件			
型式	設置場所				運転状態	周囲温度（℃）		
ダイヤフラム型	原子炉格納容器外	中央制御室換気系	MS-1	80	連続	50	◎	中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部／重要度，周囲温度
		原子炉隔離時冷却系	MS-1	25	一時	40.0		
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	80	連続	40.0		
シリンダ型	原子炉格納容器内	原子炉再循環系	MS-1	20	連続	65.6	◎	原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部
	原子炉格納容器外	不活性ガス系	MS-1，重*2	50～600	一時	40.0	◎	不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部／重要度，周囲温度，口径
		原子炉再循環系	MS-1	20	連続	40.0		
		補助系	MS-1	80	連続	40.0		
		原子炉系	MS-1/PS-1	40～500	連続	40.0		
		ほう酸水注入系	MS-1，重*2	20	一時	40.0		
		漏えい検出系	MS-1	15	連続	40.0		
		主蒸気隔離弁漏えい抑制系	MS-1	100	一時	40.0		
		原子炉隔離時冷却系	MS-1，重*2	20	一時	40.0		
		非常用ガス処理系	MS-1，重*2	450	一時	40.0		
		非常用ガス再循環系	MS-1，重*2	600	一時	40.0		
		原子炉再循環流量制御系	MS-1，重*2	25	連続	40.0		
		原子炉冷却材浄化系	PS-2	50～150	連続	40.0		
		格納容器雰囲気監視系	MS-2	9.52*3～10	一時	40.0		
		気体廃棄物処理系	PS-2	200～300	連続	50		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

*3：単位は外径 mm とする

2. 代表機器の技術評価

本章では,1 章で代表機器とした以下の空気作動弁用駆動部について技術評価を実施する。

① 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部

② 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部

③ 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部

(1)構造

東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部は，ダイヤフラム型の空気操作装置で，ダイヤフラム，スプリング，ポジショナー等で構成されており，空気圧によりダイヤフラムを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

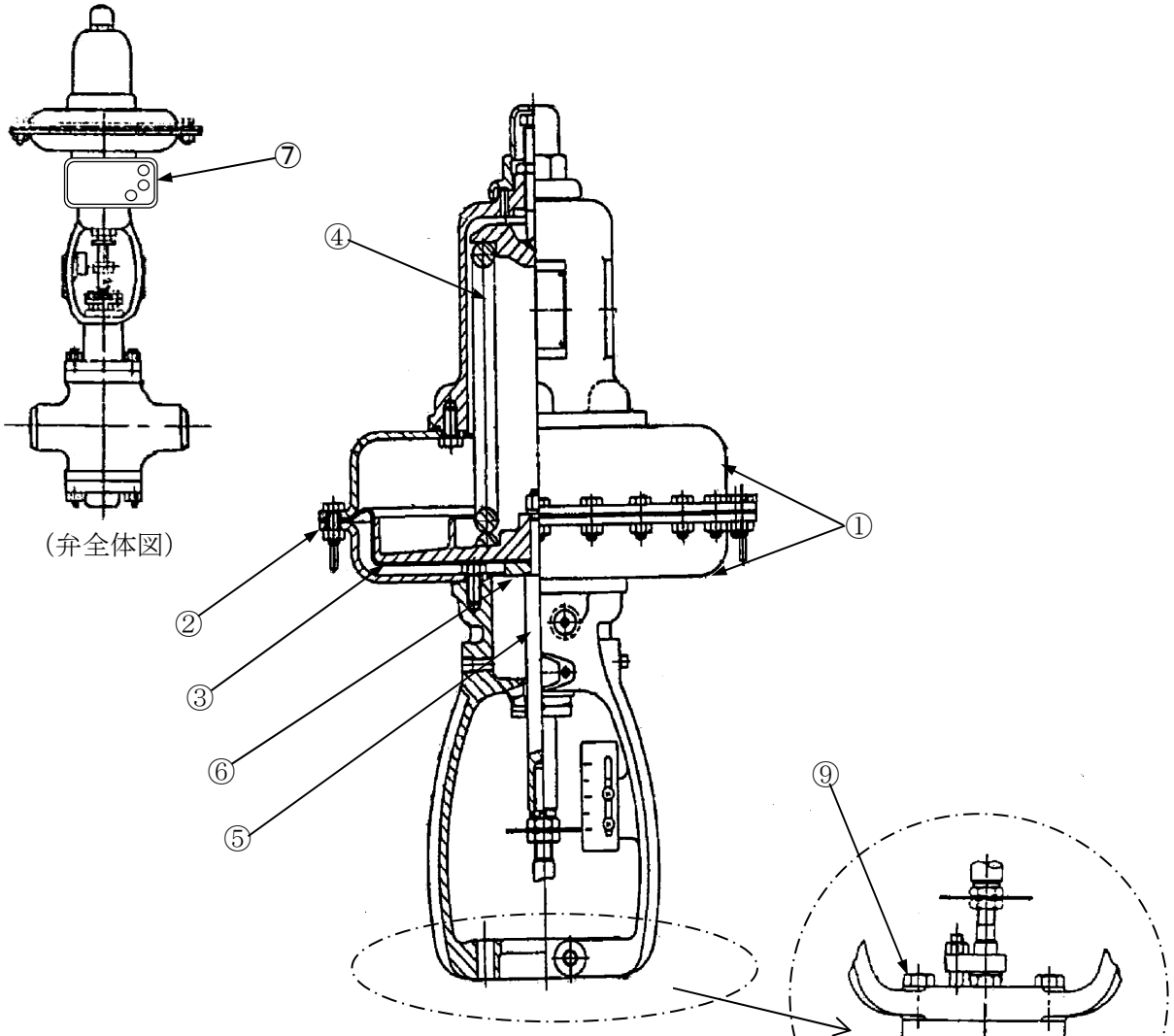
また，駆動用の空気には，除湿された制御用空気を用いている。

なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し，駆動部を取外すことで，駆動部内の点検手入れが可能である。

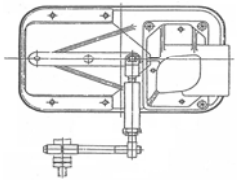
東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部の構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

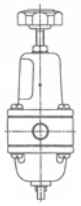
東海第二の中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。



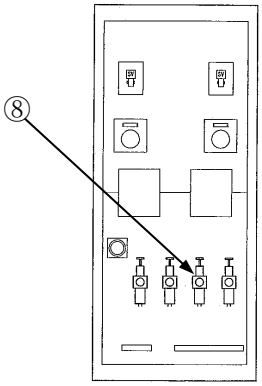
No.	部位
①	ダイヤフラムケース
②	ケースボルト・ナット
③	ダイヤフラム
④	スプリング
⑤	駆動用ステム
⑥	パッキン
⑦	ポジショナー
⑧	減圧弁
⑨	取付ボルト



⑦：詳細図



⑧：詳細図



弁近傍計装盤内に設置

図 2.1-1　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部構造図

表 2.1-1　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	ダイヤフラムケース	炭素鋼
		ケースボルト・ナット	炭素鋼
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	(消耗品)
		スプリング	ばね鋼
		駆動用ステム	ステンレス鋼
		パッキン	(消耗品)
		ポジショナー	(定期取替品)
		減圧弁	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-2　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部の使用条件

作動空気圧力	0.02～0.10 MPa
周囲温度*	50 ℃ (最高)

*:原子炉建屋空調機械室における設計値

2.1.2 原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部

(1) 構造

東海第二の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部は，シリンダ型の空気操作装置で，シリンダ，スプリング，制御用電磁弁，リミットスイッチ等で構成されており，空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

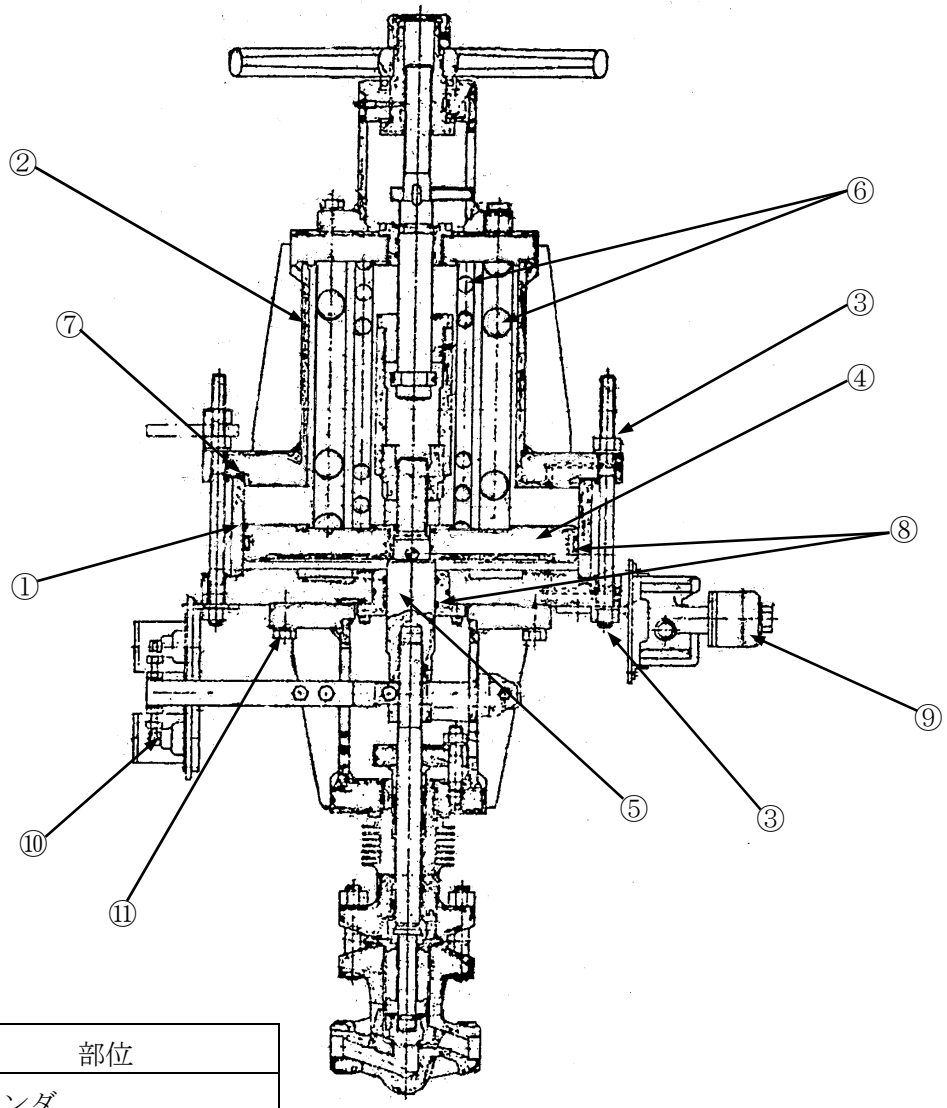
また，駆動用の空気には，除湿された制御用空気を用いている。

なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し，駆動部を取外すことで，駆動部内の点検手入れが可能である。

東海第二の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部の構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。



No.	部位
①	シリンダ
②	スプリングケース
③	ケースボルト・ナット
④	ピストン
⑤	駆動用ステム
⑥	スプリング
⑦	ガスケット
⑧	パッキン
⑨	制御用電磁弁
⑩	リミットスイッチ
⑪	取付ボルト

図 2.1-2　原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部構造図

表 2.1-3　原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼
		スプリングケース	炭素鋼
		ケースボルト・ナット	炭素鋼
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	炭素鋼
		駆動用ステム	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		ガスケット	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
		制御用電磁弁	(定期取替品)
		リミットスイッチ	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト	炭素鋼

表 2.1-4　原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部の使用条件

作動空気圧力	0.64～0.70 MPa
定格電圧 (制御用電磁弁)	AC 115 V
周囲温度*	65.6 ℃（最高）

*:原子炉格納容器内における設計値

2.1.3 不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部

(1)構造

東海第二の不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部は，シリンダ型の空気操作装置で，シリンダ，スプリング，制御用電磁弁，リミットスイッチ等で構成されており，空気圧によりシリンダを加圧することによって弁を駆動させる構造としている。

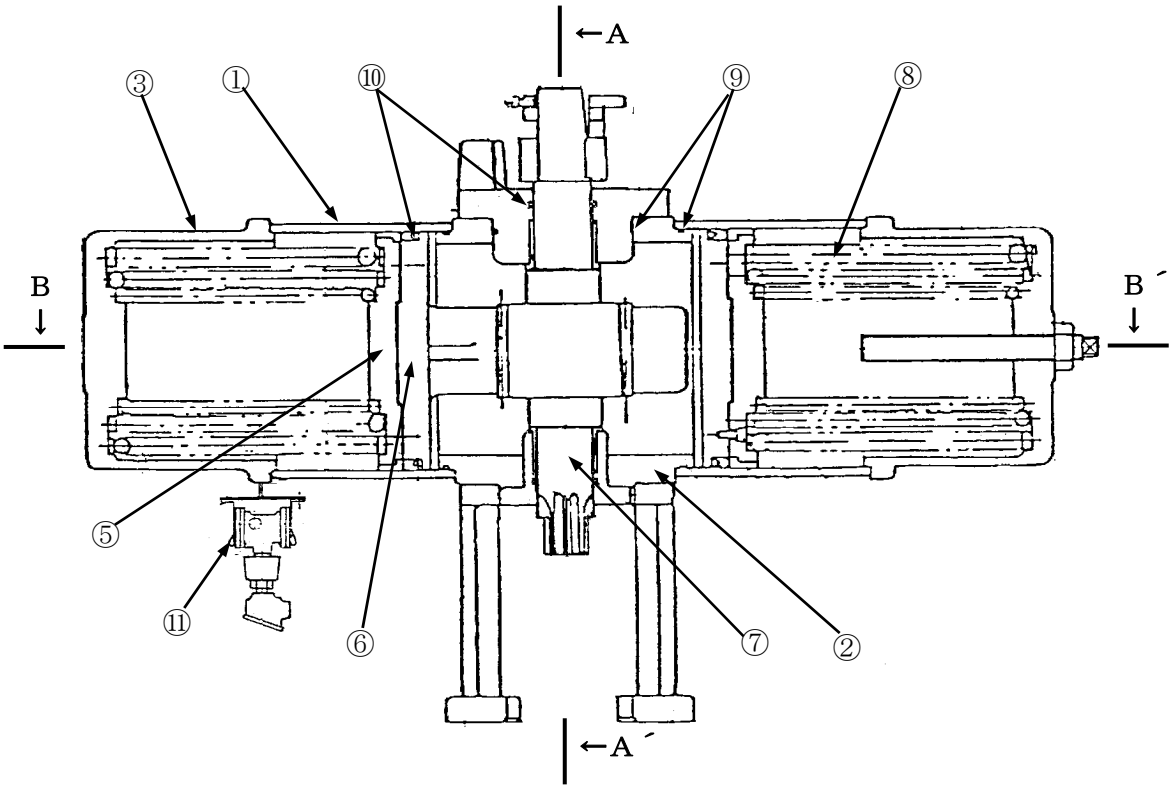
また，駆動用の空気には，除湿された制御用空気を用いている。

なお，当該駆動部については弁本体との取付ボルトを取外し，駆動部を取外すことで，駆動部内の点検手入れが可能である。

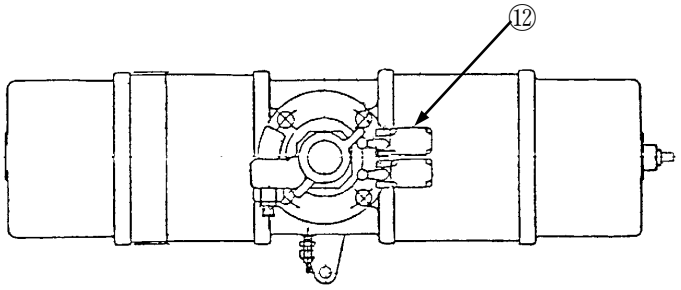
東海第二の不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部の構造図を図 2.1-3 に示す。

(2)材料及び使用条件

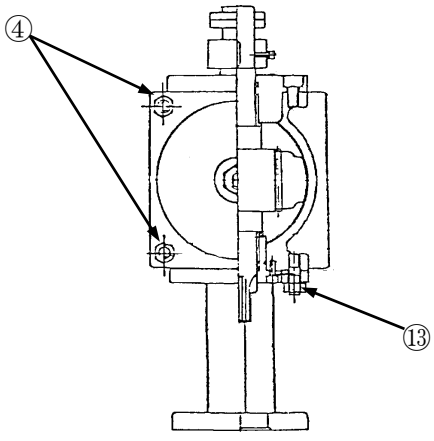
東海第二の不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。



No.	部位
①	シリンダ
②	シリンダボディ
③	スプリングケース
④	ケースボルト・ナット
⑤	ピストン
⑥	ラック
⑦	ピニオン付駆動用ステム
⑧	スプリング
⑨	ガスケット
⑩	パッキン
⑪	制御用電磁弁
⑫	リミットスイッチ
⑬	取付ボルト・ナット



B－B´矢示図



A－A´断面図

図 2.1-3　不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部構造図

表 2.1-5　不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ	炭素鋼
		シリンダボディ	鋳鉄
		スプリングケース	鋳鉄
		ケースボルト・ナット	炭素鋼
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン	炭素鋼
		ラック	鋳鉄
		ピニオン付駆動用ステム	ステンレス鋼
		スプリング	ばね鋼
		ガスケット	(消耗品)
		パッキン	(消耗品)
		制御用電磁弁	(定期取替品)
		リミットスイッチ	(定期取替品)
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット	炭素鋼

表 2.1-6　不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部の使用条件

作動空気圧力	0.64～0.70 MPa
定格電圧 (制御用電磁弁)	AC 115 V
周囲温度*	40.0 ℃（最高）

*:原子炉建屋における設計値

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

空気作動弁用駆動部の機能である弁棒作動機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) バウンダリの維持

(2) 駆動力伝達機能の維持

(3) 機器の支持

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

空気作動弁用駆動部について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，設置場所，使用条件（運転状態，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，代表機器毎に表 2.2-1 に示すとおり想定される経年劣化事象を抽出した（表 2.2-1 で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は以下のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

ダイヤフラム，ガスケット及びパッキンは消耗品，制御用電磁弁，減圧弁，リミットスイッチ及びポジショナーは定期取替品であり，設計時に長期使用せず取替を前提としていることから高経年化対策を見極める上で評価対象外とする。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。

なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）［中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部］

ダイヤフラムケースは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，ダイヤフラムケース内は除湿された清浄な空気であり，また，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. シリンダ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）［原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部］

シリンダ及びスプリングケースは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であり，また，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，シリンダ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. シリンダ，シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）［不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部］

シリンダは炭素鋼，シリンダボディ及びスプリングケースは鋳鉄が使用されているため，腐食が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であり，また，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，シリンダ，シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ピストンの腐食（全面腐食）［原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部，不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部］

ピストンは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，ピストンが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり，腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ピストンの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ラックの腐食（全面腐食）［不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部］

ラックは鋳鉄が使用されているため，腐食が想定されるが，ラックが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり，腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ラックの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［共通］

ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. ラック及びピニオン付駆動用ステムの摩耗［不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部］

ラック及びピニオン付駆動用ステムのギア部は弁の開閉に伴う摺動による摩耗が想定されるが，摺動部には潤滑油が塗布されていることから，これらの摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ラック及びピニオン付駆動用ステムの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. シリンダ，ピストン及びラックの摩耗［原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部，不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部］

シリンダとピストン及びシリンダとラックは弁の開閉に伴う摺動による摩耗が想定されるが，ピストン及びラックの外周にはゴム製のパッキンが装着され，シリンダとピストン又はラックが直接接触しない構造となっていることから，これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，シリンダ，ピストン及びラックの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗［共通］

駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴う摺動による摩耗が想定されるが，パッキンの材質がゴムに対して，駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはステンレス鋼であるため，これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［共通］

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1 (1/3)　中央制御室換気系 AH2-9 出口温度制御弁駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
バウンダリの維持	耐圧	ダイヤフラムケース		炭素鋼		△								*1:へたり
		ケースボルト・ナット		炭素鋼		△								
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ダイヤフラム	◎	－										
		スプリング		ばね鋼									▲*1	
		駆動用ステム		ステンレス鋼	△									
		パッキン	◎	－										
		ポジショナー	◎	－										
		減圧弁	◎	－										
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

表 2.2-1 (2/3)　原子炉再循環系 PLR 炉水サンプリング弁（内側隔離弁）駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼	△	△								*1:へたり
		スプリングケース		炭素鋼		△								
		ケースボルト・ナット		炭素鋼		△								
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		炭素鋼	△	△								
		駆動用ステム		ステンレス鋼	△									
		スプリング		ばね鋼									▲*1	
		ガスケット	◎	－										
		パッキン	◎	－										
		制御用電磁弁	◎	－										
		リミットスイッチ	◎	－										
機器の支持	支持	取付ボルト		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

表 2.2-1 (3/3)　不活性ガス系格納容器パージ弁駆動部に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象									備　考
					減肉		割れ		絶縁	導通	信号	材質	その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	絶縁特性低下	導通不良	特性変化	材質劣化		
バウンダリの維持	耐圧	シリンダ		炭素鋼	△	△								*1:ラックギア部 *2:外周部 *3:ピニオンギア部 *4:駆動用ステム部 *5:へたり
		シリンダボディ		鋳鉄		△								
		スプリングケース		鋳鉄		△								
		ケースボルト・ナット		炭素鋼		△								
駆動力伝達機能の維持	エネルギー伝達	ピストン		炭素鋼		△								
		ラック		鋳鉄	△*1 △*2	△								
		ピニオン付駆動用ステム		ステンレス鋼	△*3 △*4									
		スプリング		ばね鋼									▲*5	
		ガスケット	◎	－										
		パッキン	◎	－										
		制御用電磁弁	◎	－										
		リミットスイッチ	◎	－										
機器の支持	支持	取付ボルト・ナット		炭素鋼		△								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象)

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象(日常劣化管理事象以外)

3. 代表機器以外への展開

本章では，2 章で実施した代表機器の技術評価について，1 章で実施したグループ化で代表機器となっていない機器への展開について検討した。

［対象系統］

① 原子炉隔離時冷却系
② 原子炉冷却材浄化系
③ 原子炉再循環系
④ 不活性ガス系
⑤ 補助系
⑥ 原子炉系
⑦ ほう酸水注入系
⑧ 漏えい検出系
⑨ 主蒸気隔離弁漏えい抑制系
⑩ 非常用ガス処理系
⑪ 非常用ガス再循環系
⑫ 原子炉再循環流量制御系
⑬ 格納容器雰囲気監視系
⑭ 気体廃棄物処理系

3.1 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

代表機器同様，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

3.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）[原子炉格納容器外のダイヤフラム型駆動部共通]

ダイヤフラムケースは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，ダイヤフラムケース内は除湿された清浄な空気であり，また，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ダイヤフラムケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. シリンダ，シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）[炭素鋼又は鋳鉄のシリンダ，シリンダボディ及びスプリングケースを有するシリンダ型駆動部共通]

シリンダ，シリンダボディ及びスプリングケースは炭素鋼又は鋳鉄が使用されているため，腐食が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であり，また，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，シリンダ，シリンダボディ及びスプリングケースの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. ピストンの腐食（全面腐食）[炭素鋼又は鋳鉄のピストンを有するシリンダ型駆動部共通]

ピストンは炭素鋼又は鋳鉄が使用されているため，腐食が想定されるが，ピストンが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり，腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ピストンの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. ラック及びピニオンの腐食（全面腐食）［鋳鉄のラック及び炭素鋼のピニオンを有するシリンダ型駆動部共通］

ラックは鋳鉄，ピニオンは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，ラック及びピニオンが取り付けられているシリンダ内は除湿された清浄な空気であり，腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，ラック及びピニオンの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）［炭素鋼のケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットを有するダイヤフラム型駆動部及びシリンダ型駆動部共通］

ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，大気接触部は塗装が施されていることから，塗膜が健全であれば腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に必要に応じて補修塗装することにより機能を維持している。

したがって，ケースボルト・ナット及び取付ボルト・ナットの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

f. ラック及びピニオンの摩耗［ラック及びピニオン付駆動用ステム又はピニオンを有するシリンダ型駆動部共通］

ラック及びピニオンのギア部は弁の開閉に伴う摺動により摩耗の発生が想定されるが，摺動部には潤滑油が塗布されていることから，これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，目視点検時において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，ラック及びピニオンの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

g. 駆動用ステムの腐食（全面腐食）［炭素鋼の駆動用ステムを有するダイヤフラム型駆動部及びシリンダ型駆動部共通］

駆動用ステムは炭素鋼が使用されているため，腐食が想定されるが，シリンダ内は除湿された清浄な空気であり，腐食が発生する可能性は小さく，目視点検時に手入れ・清掃を行うことにより機能を維持している。

したがって，駆動用ステムの腐食（全面腐食）は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

h. シリンダ，ピストン及びラックの摩耗［共通］

シリンダとピストン及びシリンダとラックは弁の開閉に伴う摺動により摩耗の発生が想定されるが，ピストン及びラックの外周にはゴム製のパッキンが装着され，シリンダとピストン又はラックが直接接触しない構造となっており，これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，シリンダ，ピストン及びラックの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

i. 駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗［共通］

駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはパッキンと接触しているため，弁の開閉に伴う摺動により摩耗の発生が想定されるが，パッキンの材質がゴムに対して，駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムはステンレス鋼又は炭素鋼であるため，これら摺動による摩耗が発生する可能性は小さい。

なお，目視点検において有意な摩耗は確認されていない。

今後も使用環境が変わらないことから，これら傾向が変化する要因があるとは考え難い。

したがって，駆動用ステム及びピニオン付駆動用ステムの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. スプリングのへたり［スプリングを有するダイヤフラム型駆動部及びシリンダ型駆動部共通］

スプリングは常時応力がかかった状態で使用されるため，へたりが想定されるが，スプリング使用時のねじり応力が許容ねじり応力以下になるように設定されており，さらにスプリングの材料に対する推奨最高使用温度よりも実際の使用温度は低いことから，へたりが進行する可能性はない。

したがって，スプリングのへたりは高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

東海第二発電所
炉内構造物の技術評価書

（運転を断続的に行うことを前提とした評価）

日本原子力発電株式会社

本評価書は東海第二発電所（以下，「東海第二」という。）で使用している安全上重要な炉内構造物（重要度分類審査指針におけるPS-1，2及びMS-1，2に該当する機器）及び重大事故等対処設備に属する設備について，運転を断続的に行うことを前提に高経年化に係わる技術評価についてまとめたものである。

評価対象機器の一覧を表1に示す。

技術評価にあたっては炉内構造物の特殊性を考慮し，評価対象機器についてグループ化や代表機器の選定を行わずに全ての機器について評価を実施する。

なお，制御棒は「機械設備の技術評価書」にて評価を実施するものとし，本評価書には含めていない。

また，本文中の単位の記載は，原則としてSI単位系に基づくものとする（圧力の単位は特に注記がない限りゲージ圧力を示す）。

表1　評価対象機器一覧

名称	重要度[*1]
炉心シュラウド	PS-1，重[*2]
シュラウドサポート	PS-1，重[*2]
上部格子板	PS-1，重[*2]
炉心支持板	PS-1，重[*2]
燃料支持金具（中央，周辺）	PS-1，重[*2]
制御棒案内管	PS-1，重[*2]
炉心スプレイ配管・スパージャ	MS-1，重[*2]
差圧検出・ほう酸水注入管	MS-1，重[*2]
ジェットポンプ	MS-1，重[*2]
中性子計測案内管	MS-1
残留熱除去系（低圧注水系）配管	MS-1，重[*2]

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

1. 炉内構造物

［対象機器］

① 炉心シュラウド
② シュラウドサポート
③ 上部格子板
④ 炉心支持板
⑤ 燃料支持金具（中央，周辺）
⑥ 制御棒案内管
⑦ 炉心スプレイ配管・スパージャ
⑧ 差圧検出・ほう酸水注入管
⑨ ジェットポンプ
⑩ 中性子計測案内管
⑪ 残留熱除去系（低圧注水系）配管

目次

1. 対象機器 1
2. 炉内構造物の技術評価..... 2
2.1 構造，材料及び使用条件..... 3
2.1.1 炉心シュラウド..... 3
2.1.2 シュラウドサポート..... 6
2.1.3 上部格子板..... 9
2.1.4 炉心支持板..... 12
2.1.5 燃料支持金具..... 15
2.1.6 制御棒案内管..... 18
2.1.7 炉心スプレイ配管・スパージャ..... 21
2.1.8 差圧検出・ほう酸水注入管..... 25
2.1.9 ジェットポンプ..... 28
2.1.10 中性子計測案内管..... 31
2.1.11 残留熱除去系（低圧注水系）配管..... 34
2.2 経年劣化事象の抽出..... 37
2.2.1 機器の機能達成に必要な項目..... 37
2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出..... 37
2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象..... 39
2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価..... 55

1. 対象機器

主要な炉内構造物の仕様を表 1-1 に示す。

表1-1　炉内構造物の主な仕様

機器名称	重要度[*1]	最高使用圧力[*2] (MPa)	最高使用温度 (℃)
炉心シュラウド	PS-1，重[*3]	8.62	302
シュラウドサポート	PS-1，重[*3]		
上部格子板	PS-1，重[*3]		
炉心支持板	PS-1，重[*3]		
燃料支持金具（中央，周辺）	PS-1，重[*3]		
制御棒案内管	PS-1，重[*3]		
炉心スプレイ配管・スパージャ	MS-1，重[*3]		
差圧検出・ほう酸水注入管	MS-1，重[*3]		
ジェットポンプ	MS-1，重[*3]		
中性子計測案内管	MS-1		
残留熱除去系（低圧注水系）配管	MS-1，重[*3]		

*1：当該機器に要求される重要度クラスのうち，最上位の重要度クラスを示す

*2：環境の最高使用圧力を示す

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器及び構造物であることを示す

2. 炉内構造物の技術評価

本章では，1 章で評価対象機器とした炉内構造物について技術評価を実施する。

これらの評価対象機器を含む炉内構造物全体の組立図を図 1 に示す。

なお，東海第二の原子炉熱出力は，3,293 MW，原子炉冷却材全流量は，48.3×10^6 kg/h である。

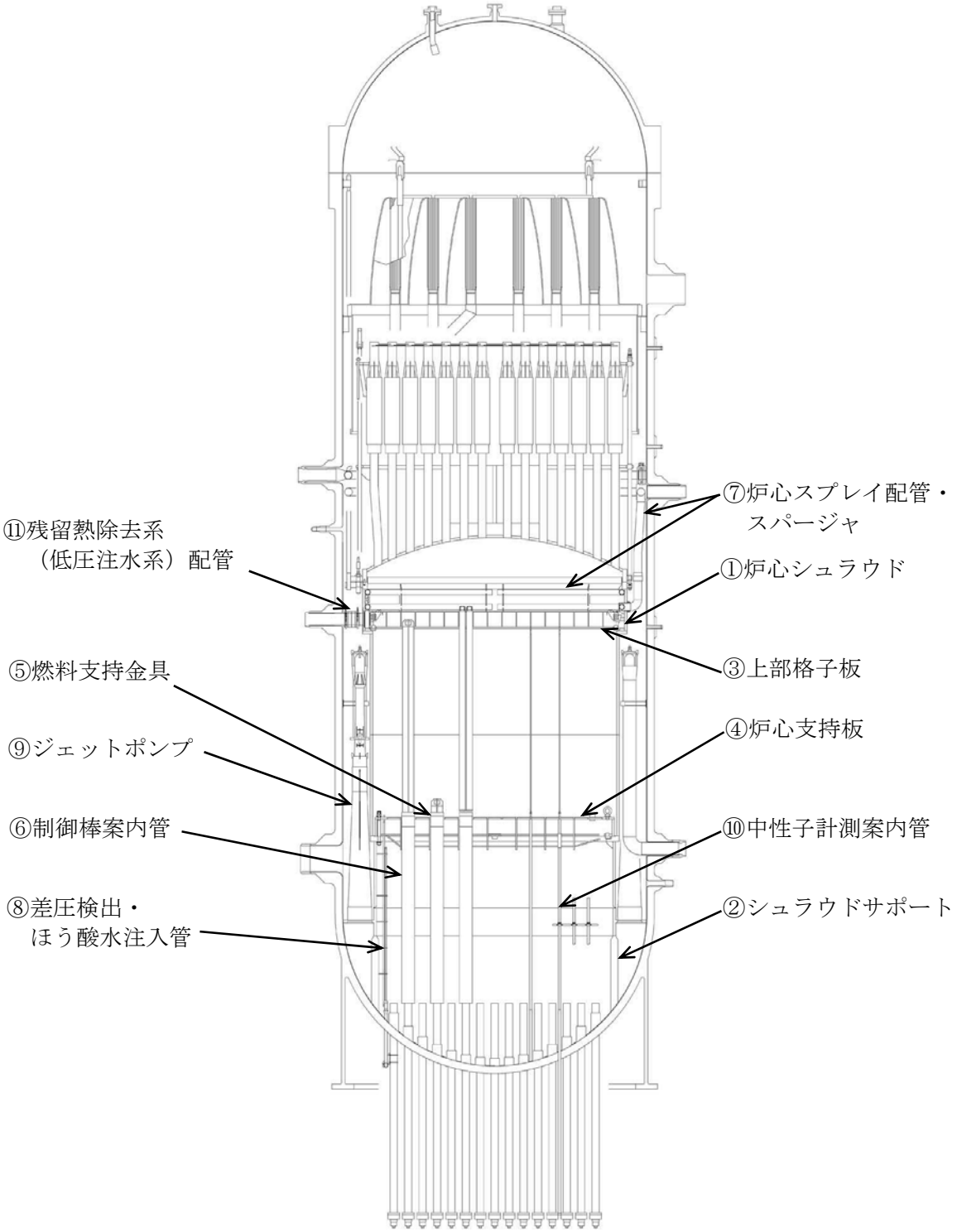


図 1　炉内構造物組立図

2.1 構造，材料及び使用条件

2.1.1 炉心シュラウド

(1) 構造

東海第二の炉心シュラウドは，円筒形の構造物であり，1 個設置されている。

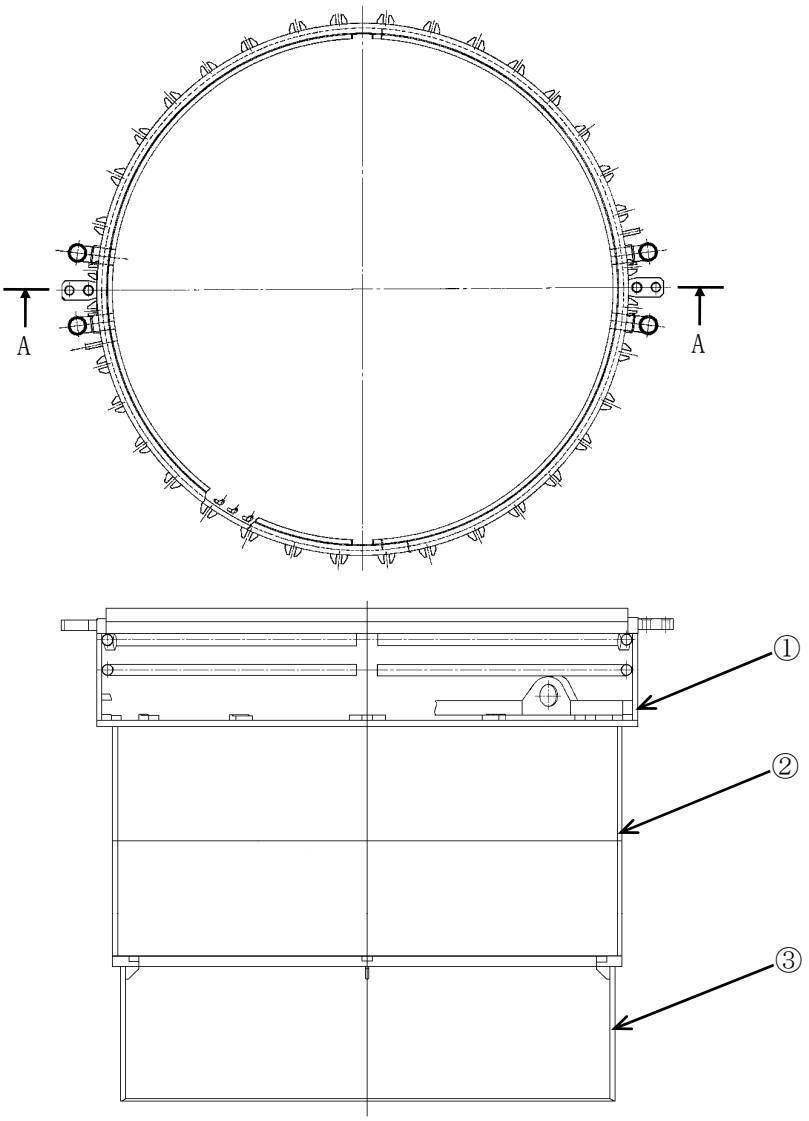
炉心シュラウドは，耐食性の高いステンレス鋼が使用されており，炉心内を上昇する原子炉冷却材の流れと炉心シュラウドと原子炉圧力容器壁との間の環状部を下降する原子炉冷却材の流れを隔離する構造となっており，下端はシュラウドサポートに溶接されている。

東海第二の炉心シュラウドの構造図を図 2.1-1 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の炉心シュラウド主要部位の使用材料を表 2.1-1 に，使用条件を表 2.1-2 に示す。

No.	部位
①	上部胴
②	中間胴
③	下部胴



A-A 断面

図 2.1-1　炉心シュラウド構造図

表 2.1-1　炉心シュラウド主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	上部胴	ステンレス鋼
		中間胴	ステンレス鋼
		下部胴	ステンレス鋼

表 2.1-2　炉心シュラウドの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.2 シュラウドサポート

(1) 構造

東海第二のシュラウドサポートは，高ニッケル合金を使用した脚支持円筒形の構造物であり，1 個設置されている。

シュラウドサポートは，耐食性の高い高ニッケル合金が使用されており，上端で炉心シュラウドを支持し，レグ及びプレートで原子炉圧力容器に支えられている。

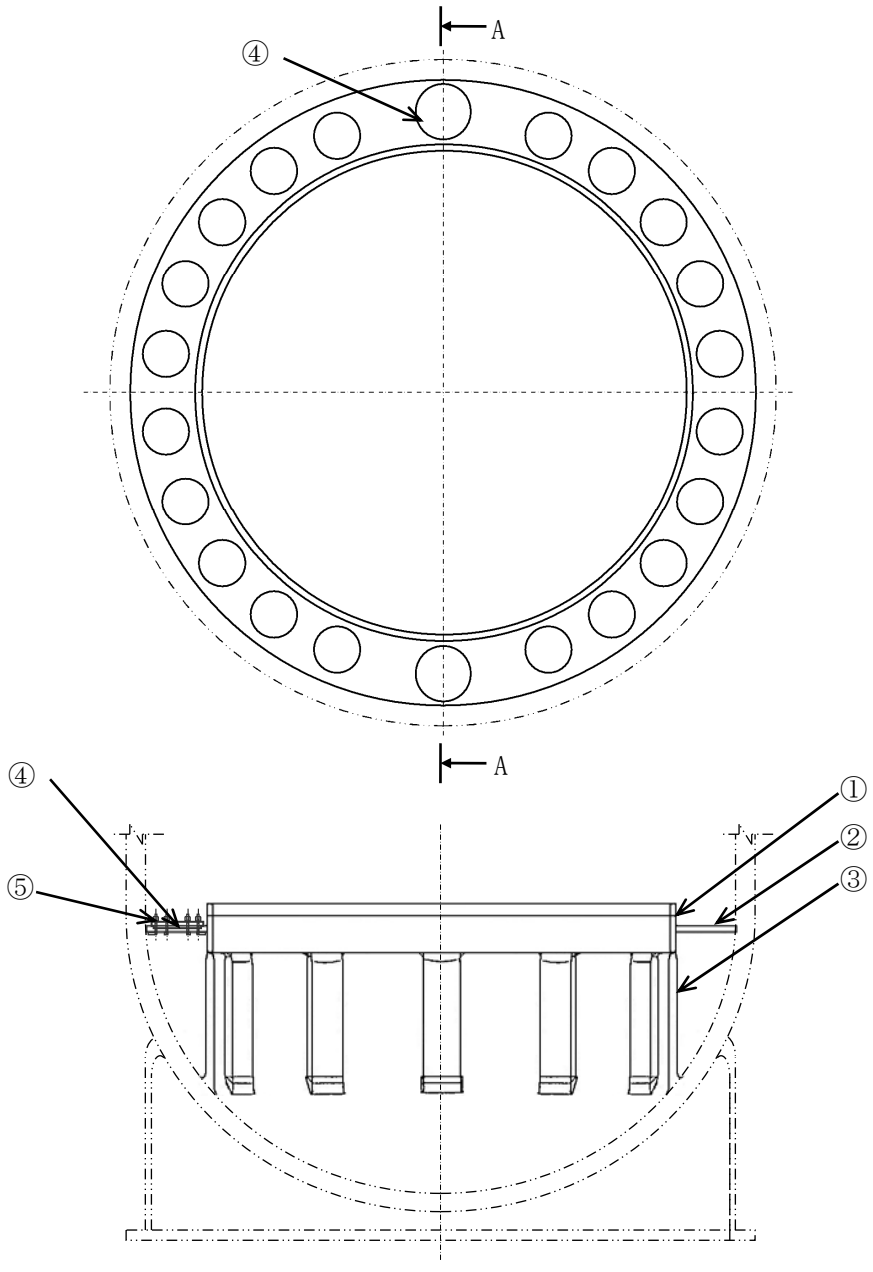
また，第 12 回定期検査（1992 年度）において，海外プラントでの応力腐食割れによる損傷事例に鑑み，マンホール蓋についてボルト締め構造に変更している。

東海第二のシュラウドサポートの構造図を図 2.1-2 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二のシュラウドサポート主要部位の使用材料を表 2.1-3 に，使用条件を表 2.1-4 に示す。

No.	部位
①	シリンダ
②	プレート
③	レグ
④	マンホール蓋
⑤	取付ボルト



A-A 断面

図 2.1-2　シュラウドサポート構造図

表 2.1-3　シュラウドサポート主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	シリンダ	高ニッケル合金
		プレート	高ニッケル合金
		レグ	高ニッケル合金
炉心冷却材流路の確保	その他	マンホール蓋	高ニッケル合金
		取付ボルト	高ニッケル合金

表 2.1-4　シュラウドサポートの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.3 上部格子板

(1) 構造

東海第二の上部格子板は，格子状の構造物であり，1 個設置されている。

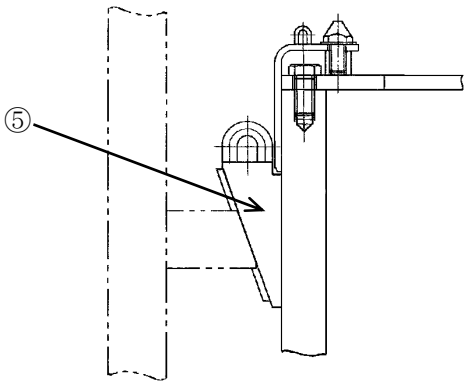
上部格子板は，耐食性の高いステンレス鋼が使用されており，燃料集合体上部の水平方向及び核計装装置の上端の支持をしており，炉心シュラウドにレストレイントで取付けられている。

東海第二の上部格子板の構造図を図 2.1-3 に示す。

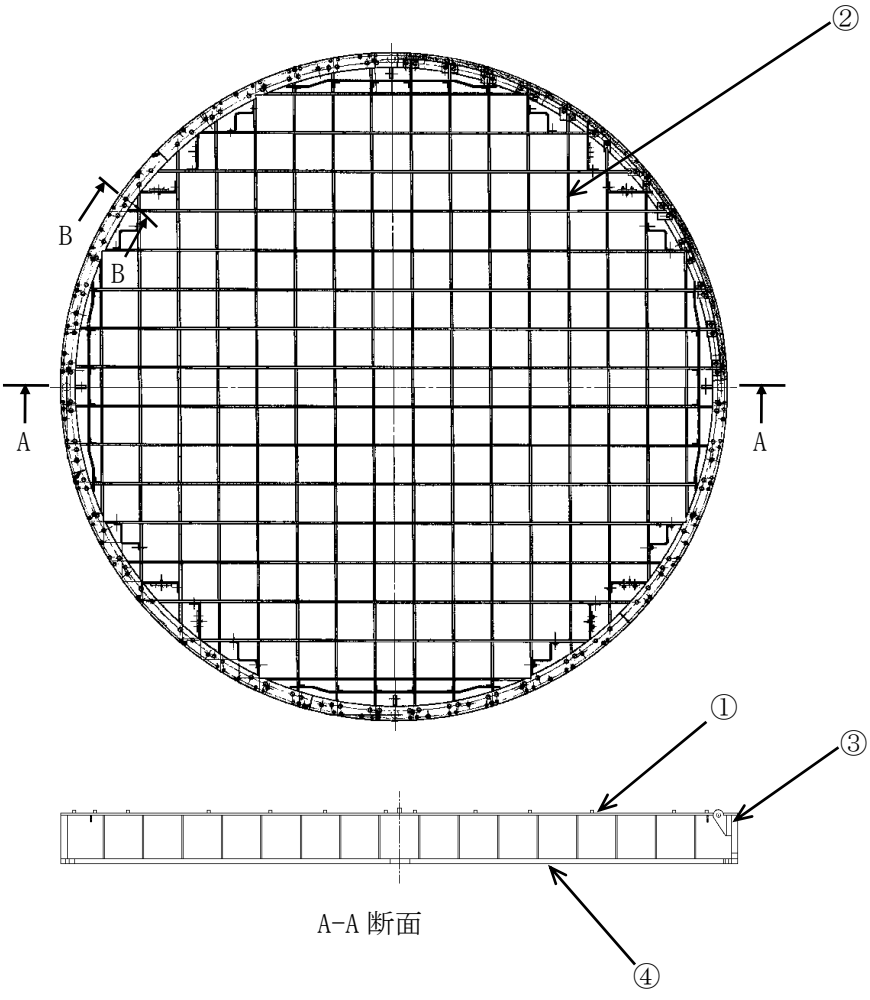
(2) 材料及び使用条件

東海第二の上部格子板主要部位の使用材料を表 2.1-5 に，使用条件を表 2.1-6 に示す。

No.	部位
①	上部フランジ
②	グリッドプレート
③	リム胴
④	下部フランジ
⑤	レストレイント



B-B 断面



A-A 断面

図 2.1-3　上部格子板構造図

表 2.1-5　上部格子板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	上部フランジ	ステンレス鋼
		グリッドプレート	ステンレス鋼
		リム胴	ステンレス鋼
		下部フランジ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	レストレイント	ステンレス鋼

表 2.1-6　上部格子板の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.4 炉心支持板

(1) 構造

東海第二の炉心支持板は，多孔円板状の構造物であり，1 個設置されている。

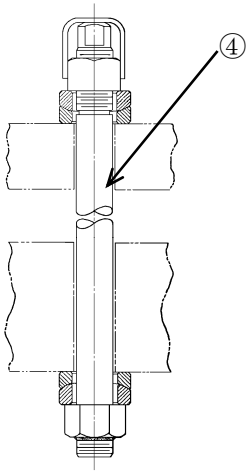
炉心支持板は，耐食性の高いステンレス鋼が使用されており，制御棒案内管上部，燃料集合体及び中性子計測案内管等の水平方向及び周辺燃料の重量を支えており，シュラウドにスタッドで取付けられている。

東海第二の炉心支持板の構造図を図 2.1-4 に示す。

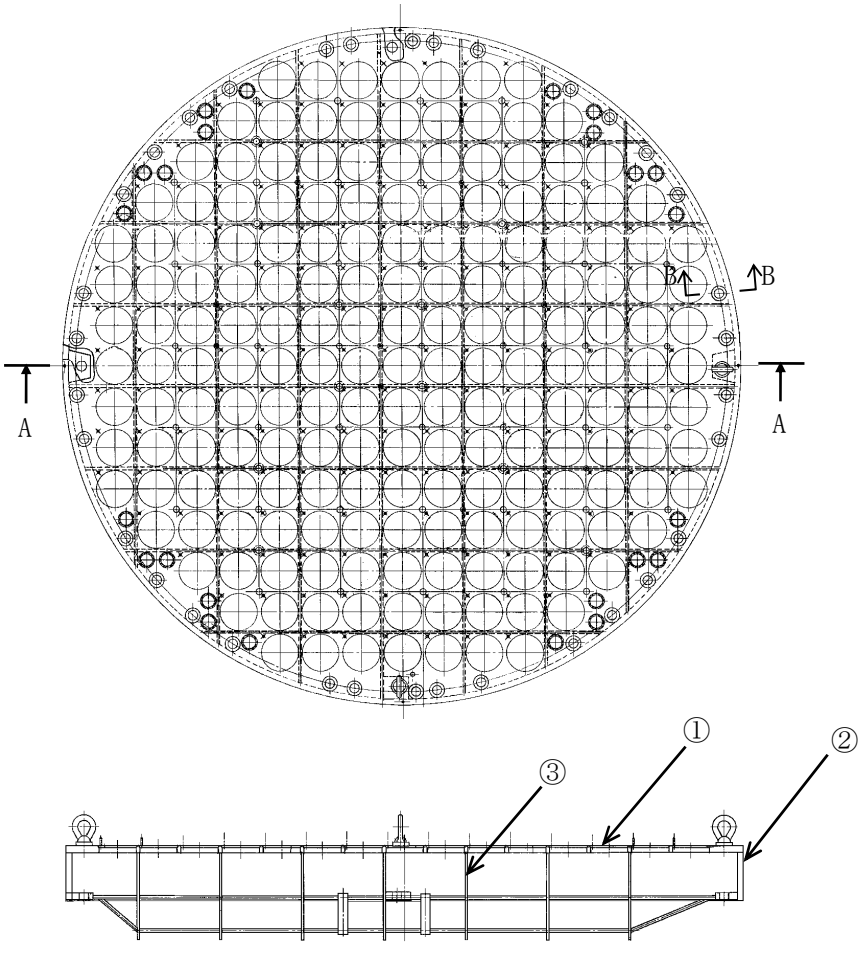
(2) 材料及び使用条件

東海第二の炉心支持板主要部位の使用材料を表 2.1-7 に，使用条件を表 2.1-8 に示す。

No.	部位
①	支持板
②	リム胴
③	補強ビーム
④	スタッド



B-B 断面



A-A 断面

図 2.1-4　炉心支持板構造図

表 2.1-7　炉心支持板主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	支持板	ステンレス鋼
		リム胴	ステンレス鋼
		補強ビーム	ステンレス鋼
機器の支持	支持	スタッド	ステンレス鋼

表 2.1-8 炉心支持板の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.5 燃料支持金具

(1) 構造

東海第二の燃料支持金具は，中央燃料支持金具が 185 個，周辺燃料支持金具が 24 個設置されている。

燃料支持金具は，耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼が使用されており，中央燃料支持金具は，制御棒案内管の上部に取付けられており，周辺燃料支持金具は，炉心支持板に取付けられている。燃料支持金具は燃料集合体を支持するとともに燃料集合体への原子炉冷却材の流路を形成している。

東海第二の燃料支持金具の構造図を図 2.1-5 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の燃料支持金具主要部位の使用材料を表 2.1-9 に，使用条件を表 2.1-10 に示す。

No.	部位
①	中央燃料支持金具
②	周辺燃料支持金具

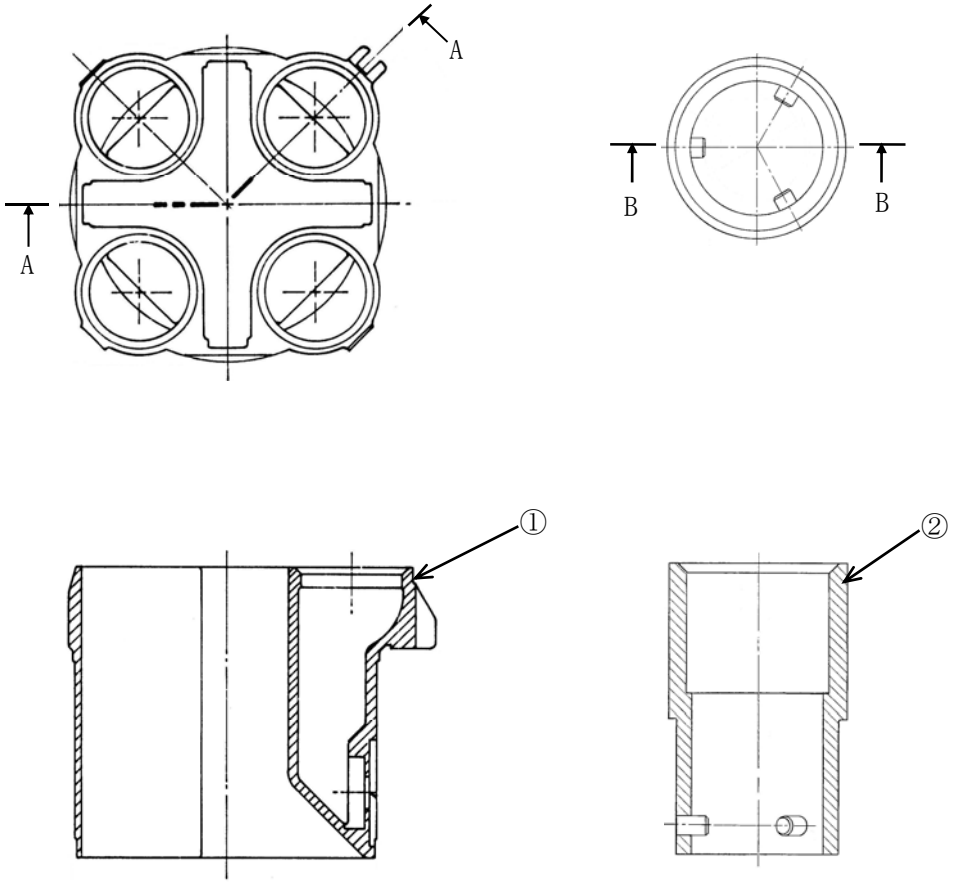


図 2.1-5　燃料支持金具構造図

表 2.1-9　燃料支持金具主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	中央燃料支持金具	ステンレス鋳鋼
		周辺燃料支持金具	ステンレス鋼

表 2.1-10　燃料支持金具の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.6 制御棒案内管

(1) 構造

東海第二の制御棒案内管は，円筒形状の構造物であり，185 個設置されている。

制御棒案内管は，耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼が使用されており，制御棒の挿入・引抜の際のガイドとなるとともに，燃料集合体及び中央燃料支持金具の重量を支えている。また，上端は炉心支持板により水平方向を支持されており，下端は制御棒駆動機構ハウジングに取付けられている。

東海第二の制御棒案内管の構造図を図 2.1-6 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の制御棒案内管主要部位の使用材料を表 2.1-11 に，使用条件を表 2.1-12 に示す。

No.	部位
①	スリーブ
②	ボディ
③	ベース

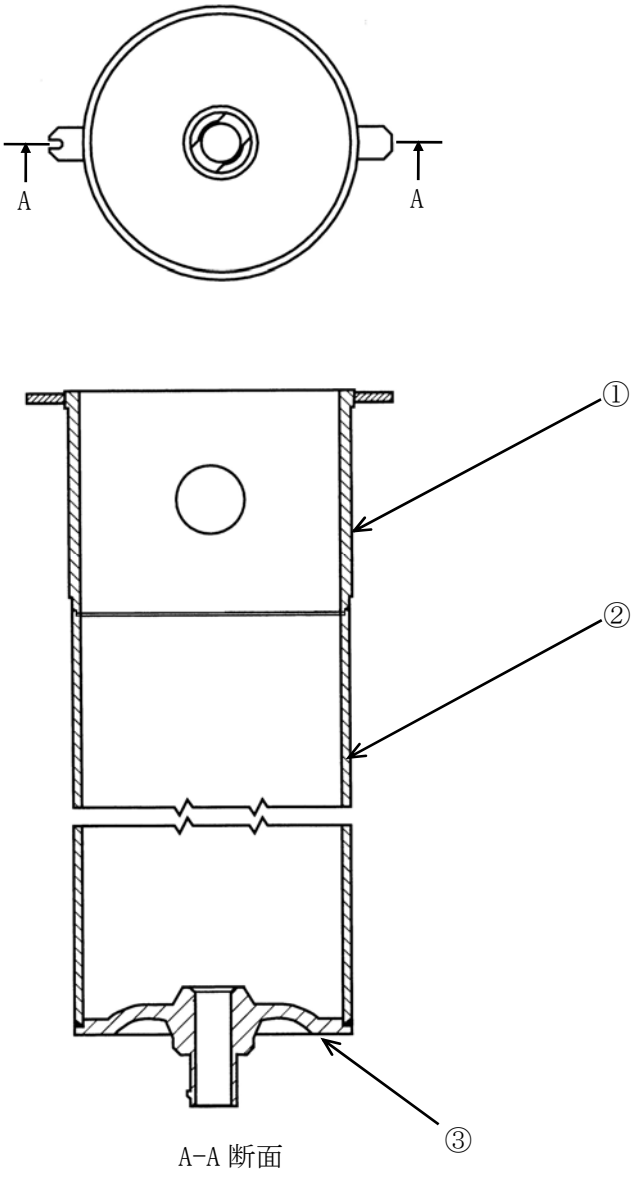


図 2.1-6　制御棒案内管構造図

表 2.1-11 制御棒案内管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心の支持	支持	スリーブ	ステンレス鋼
		ボディ	ステンレス鋼
		ベース	ステンレス鋳鋼

表 2.1-12　制御棒案内管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.7 炉心スプレイ配管・スパージャ

(1) 構造

東海第二の炉心スプレイ配管・スパージャは，管状の構造物であり，2 系統（配管 2，スパージャ 4）設置されている。

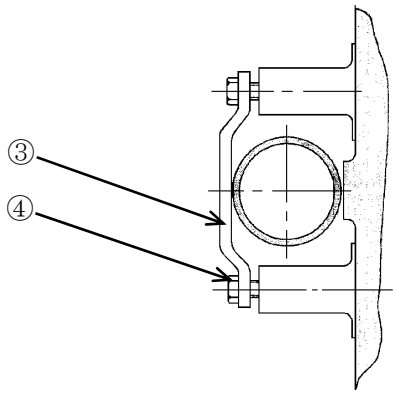
炉心スプレイ配管・スパージャは，耐食性の高いステンレス鋼及びステンレス鋳鋼が使用されており，冷却水を炉心に供給するためのものである。炉心スプレイ配管・スパージャはサーマルスリーブを介し炉心スプレイノズルセーフエンドに溶接されており，配管部は原子炉圧力容器内面のブラケットにより支持されている。

東海第二の炉心スプレイ配管・スパージャの構造図を図 2.1-7 及び図 2.1-8 に示す。

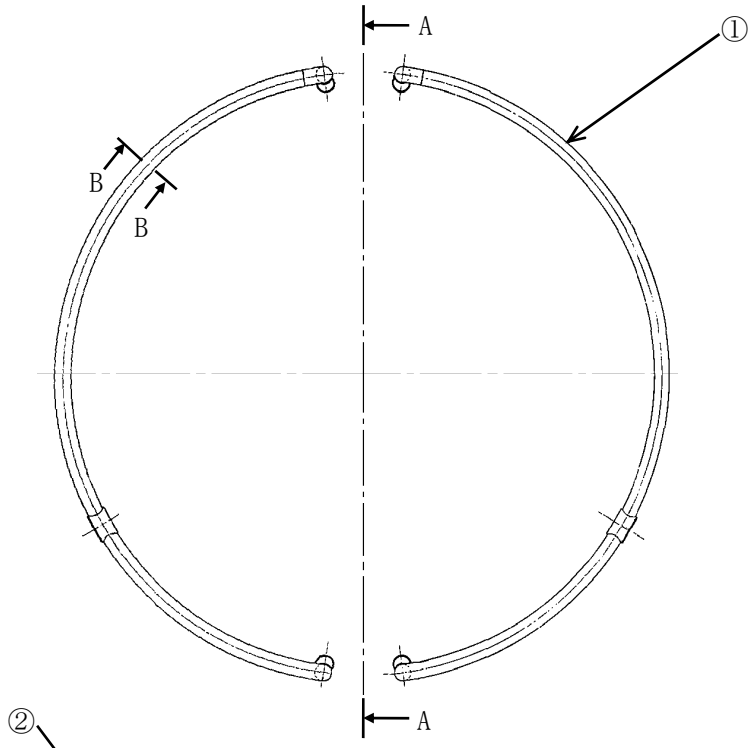
(2) 材料及び使用条件

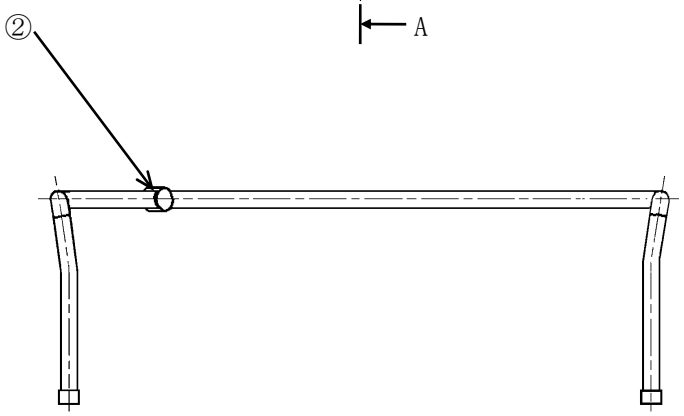
東海第二の炉心スプレイ配管・スパージャ主要部位の使用材料を表 2.1-13 に，使用条件を表 2.1-14 に示す。

No.	部位
①	パイプ
②	ティ（配管）
③	クランプ
④	取付ボルト



B-B 断面

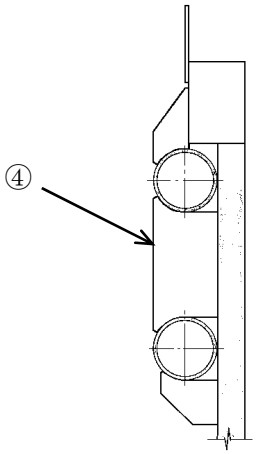




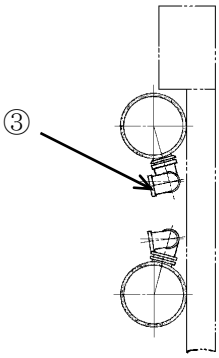
A-A 矢視

図 2.1-7　炉心スプレイ配管構造図

No.	部位
①	ティ（スパージャ）
②	ヘッダ
③	ノズル
④	スパージャブラケット



C-C 断面



D-D 断面

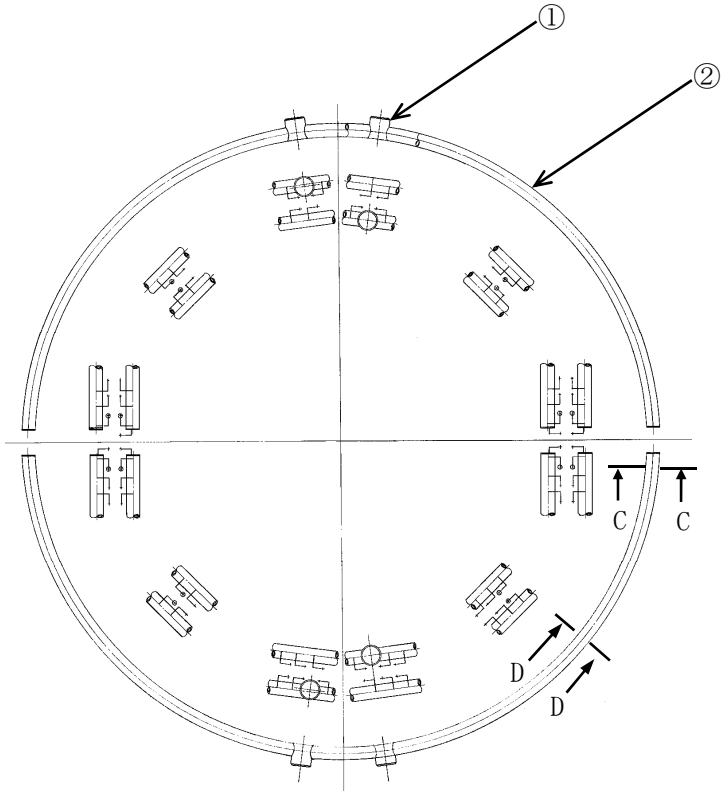


図 2.1-8　炉心スプレイスパージャ構造図

表 2.1-13　炉心スプレイ配管・スパージャ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼
		ティ（配管）	ステンレス鋼
		ティ（スパージャ）	ステンレス鋼
		ヘッダ	ステンレス鋼
		ノズル	ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼
機器の支持	支持	スパージャブラケット	ステンレス鋼
		クランプ	ステンレス鋼
		取付ボルト	ステンレス鋼

表 2.1-14　炉心スプレイ配管・スパージャの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.8 差圧検出・ほう酸水注入管

(1) 構造

東海第二の差圧検出・ほう酸水注入管は，二重配管状の構造物であり，1 個設置されている。

差圧検出・ほう酸水注入管は，耐食性の高いステンレス鋼が使用されており，差圧検出・ほう酸水注入ノズルからシュラウドサポート内側を経由し炉心支持板までの範囲に位置し，途中を炉心シュラウド及びシュラウドサポートに，上端を炉心支持板により支持されている。差圧検出・ほう酸水注入管は同心の二重管であり，炉内で内側配管と外側配管とに分離する。外側配管は，炉心支持板上部の圧力を検出している。また，内側配管は，原子炉圧力容器下部の圧力を検出するとともに，五ほう酸ナトリウム水を注入できる構造となっている。

東海第二の差圧検出・ほう酸水注入管の構造図を図 2.1-9 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の差圧検出・ほう酸水注入管主要部位の使用材料を表 2.1-15 に，使用条件を表 2.1-16 に示す。

No.	部位
①	パイプ
②	サポート

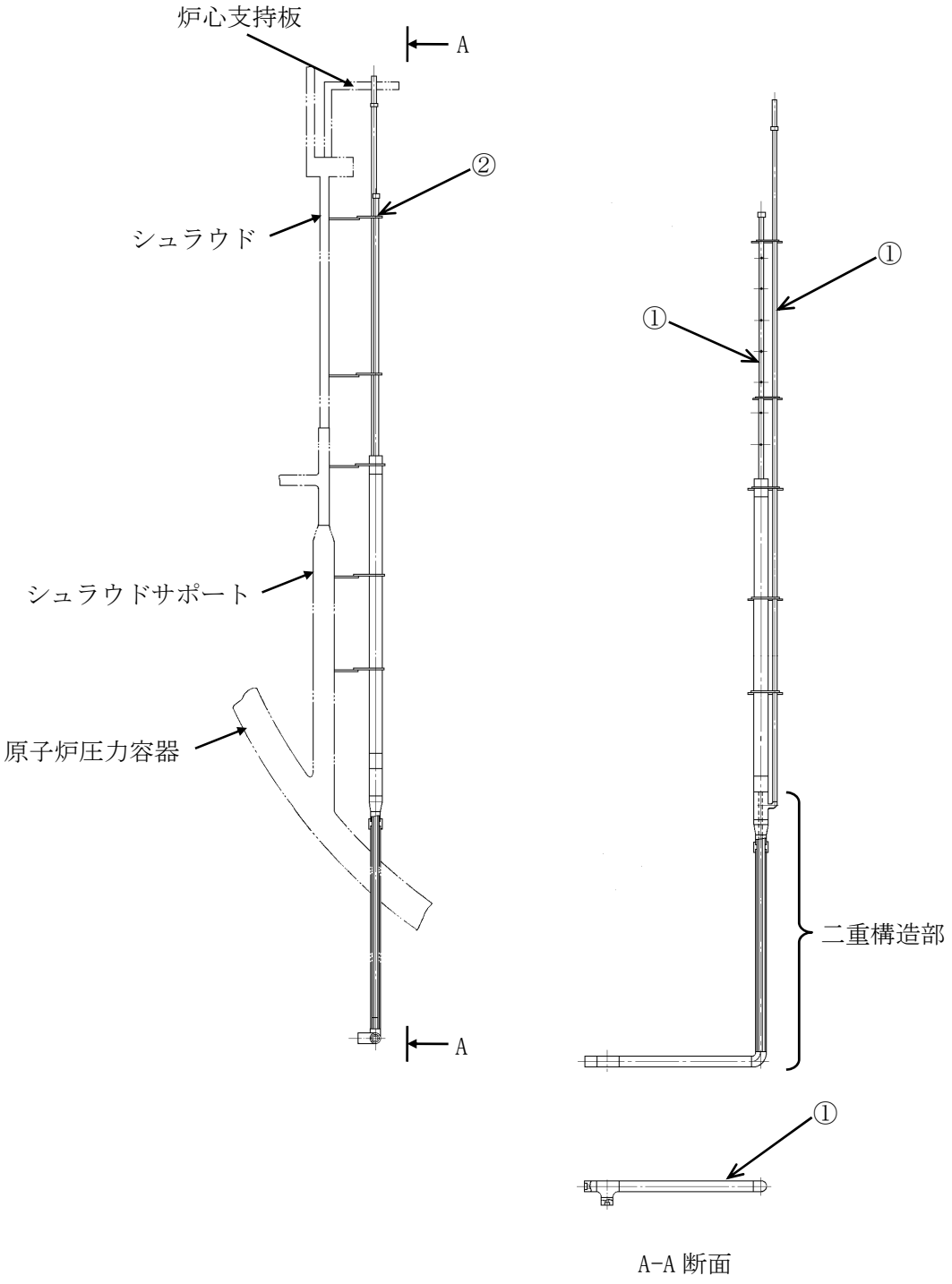


図 2.1-9　差圧検出・ほう酸水注入管構造図

表 2.1-15　差圧検出・ほう酸水注入管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材流路の確保	流路形成	パイプ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	サポート	ステンレス鋼

表 2.1-16　差圧検出・ほう酸水注入管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.9 ジェットポンプ

(1) 構造

東海第二のジェットポンプは，流体噴射駆動式のポンプであり，20 個設置されている。

ジェットポンプは，耐食性の高いステンレス鋼及び高ニッケル合金が使用されており，原子炉圧力容器ノズル及びシュラウドサポートに固定されている。また，途中，ライザブレースにより原子炉圧力容器に支持されている。インレットミキサは，取外し可能な構造となっており，ビームにより固定されている。給水並びに気水分離器及び蒸気乾燥器で分離された水の一部が再循環ループに取出され，原子炉再循環ポンプにより昇圧された後，ジェットポンプのノズルから高速で噴出し，給水並びに気水分離器及び蒸気乾燥器で分離された水の残りをディフューザで圧力回復された後，炉心に供給される。

なお，ビームについては，海外プラントにおいて応力腐食割れが発生した事例があることから，第 7 回定期検査（1986 年度）及び第 18 回定期検査（2001 年度）において，耐応力腐食割れ性に優れたビーム（熱処理方法改善，ビーム締付力の低減，形状の変更による応力低減）に全数取替えている。

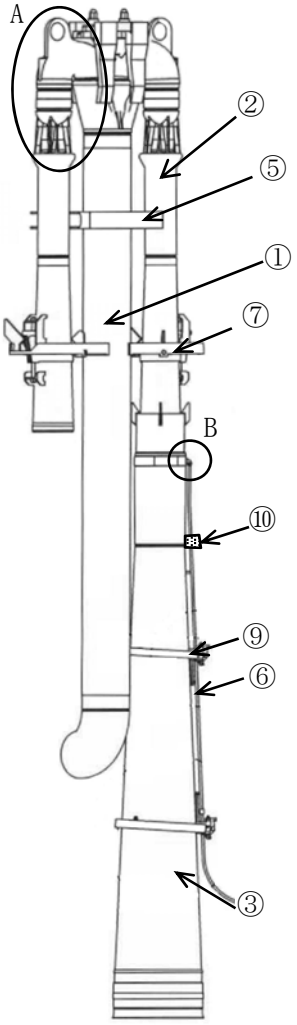
第 22 回定期検査（2006 年度）において，ジェットポンプ計測配管に疲労割れと推定される割れが認められ，当該部を形状記憶合金を用いて修繕している。

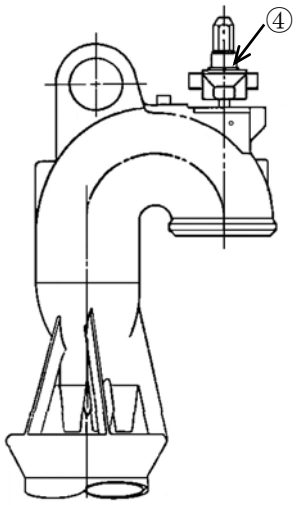
第 24 回定期検査（2009 年度）において，更なる共振対策としてＴボルトクランプの追設及びＣクランプからＴボルトクランプへの一部取替を実施している。

東海第二のジェットポンプの構造図を図 2.1-10 に示す。

(2) 材料及び使用条件

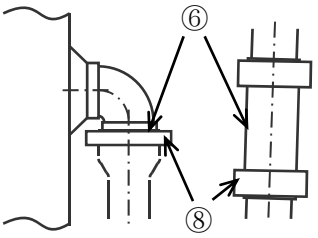
東海第二のジェットポンプ主要部位の使用材料を表 2.1-17 に，使用条件を表 2.1-18 に示す。



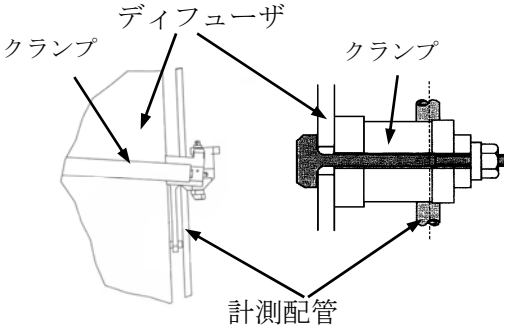


A 部詳細

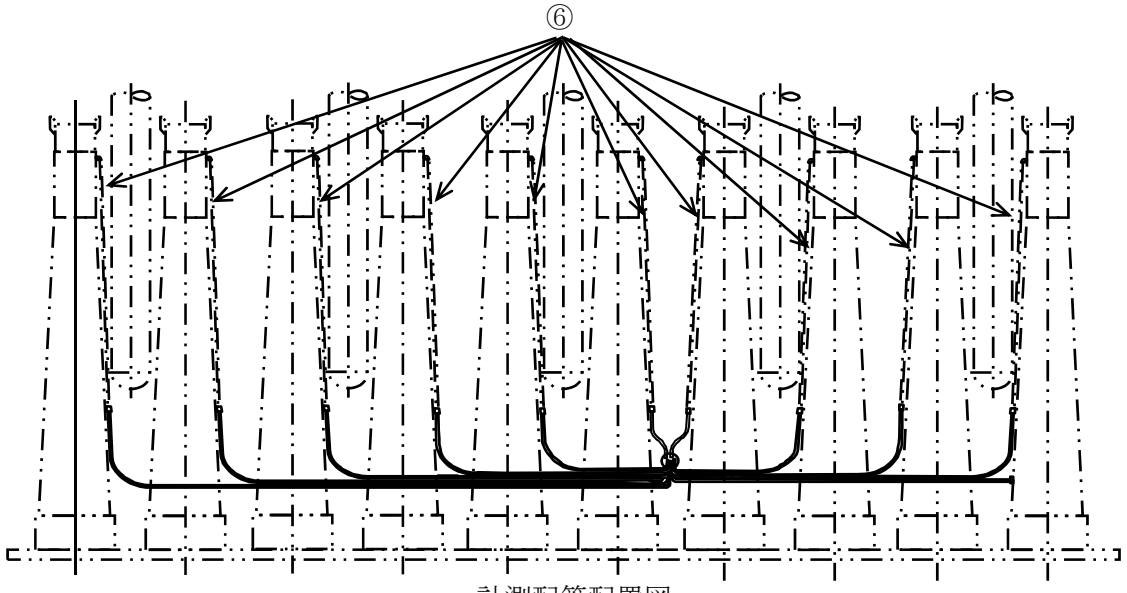
No.	部位
①	ライザ管
②	インレットミキサ
③	ディフューザ
④	ビーム
⑤	ライザブレース
⑥	計測配管
⑦	リストレーナブラケット
⑧	継手
⑨	Ｃクランプ
⑩	Ｔボルトクランプ



B 部詳細



Ｃクランプ　　Ｔボルトクランプ



計測配管配置図

図 2.1-10　ジェットポンプ構造図

表 2.1-17　ジェットポンプ主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材流路の確保	流路形成	ライザ管	ステンレス鋼
		インレットミキサ	ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼
		ディフューザ	ステンレス鋼, ステンレス鋳鋼, 高ニッケル合金
機器の支持	支持	ビーム	高ニッケル合金
		ライザブレース	ステンレス鋼
		リストレーナブラケット	ステンレス鋳鋼
その他	その他	計測配管	ステンレス鋼
		継手	形状記憶合金：合金鋼 Ｃクランプ：ステンレス鋼 Ｔボルトクランプ：低合金鋼

表 2.1-18　ジェットポンプの使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.10 中性子計測案内管

(1) 構造

東海第二の中性子計測案内管は，管状の構造物であり，55 個設置されている。

中性子計測案内管は，耐食性の高いステンレス鋼が使用されており，核計装装置のガイドをしており，上端は炉心支持板，中間部はスタビライザ，また下端は中性子計測ハウジングにより支持されている。

なお，55 個のうち 1 個は，第 18 回定期検査（2001 年度）において，中性子計測ハウジングの取替に伴い，中性子計測ハウジングとの溶接構造を変更している。

東海第二の中性子計測案内管の構造図を図 2.1-11 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の中性子計測案内管主要部位の使用材料を表 2.1-19 に，使用条件を表 2.1-20 に示す。

No.	部位
①	パイプ
②	スタビライザ

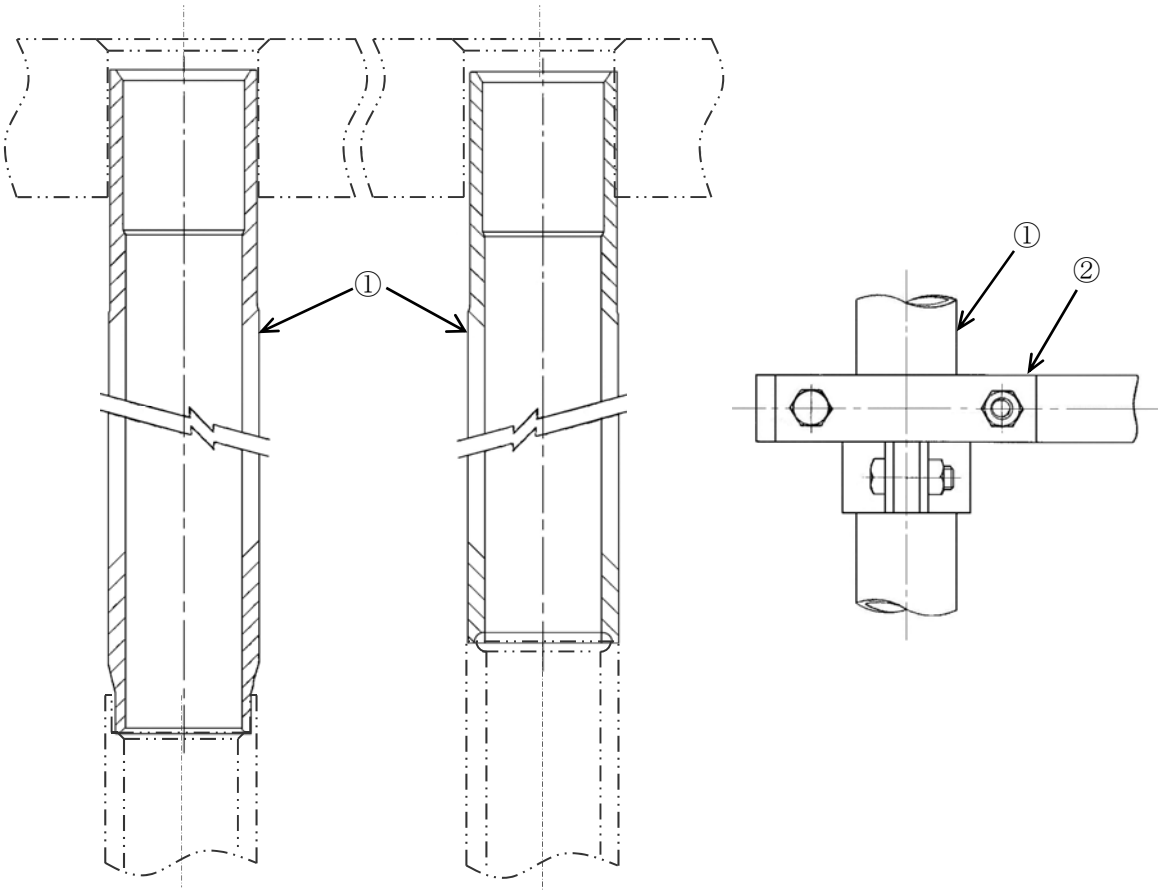


図 2.1-11　中性子計測案内管構造図

表 2.1-19　中性子計測案内管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
ガイド	支持	パイプ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	スタビライザ	ステンレス鋼

表 2.1-20　中性子計測案内管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.1.11 残留熱除去系（低圧注水系）配管

(1) 構造

東海第二の残留熱除去系（低圧注水系）配管は，管状の構造物であり，3 個設置されている。

残留熱除去系（低圧注水系）配管は，耐食性の高いステンレス鋼が使用されており，冷却水を炉心シュラウド内に供給するためのものである。残留熱除去系（低圧注水系）配管は，原子炉圧力容器の低圧注水ノズルと炉心シュラウドをサーマルスリーブ，フランジ，スリーブ等により繋いでいる。

東海第二の残留熱除去系（低圧注水系）配管の構造図を図 2.1-12 に示す。

(2) 材料及び使用条件

東海第二の残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料を表 2.1-21 に，使用条件を表 2.1-22 に示す。

No.	部位
①	フランジネック
②	スリーブ
③	フランジ
④	カップリング
⑤	ボルト
⑥	ベローズ

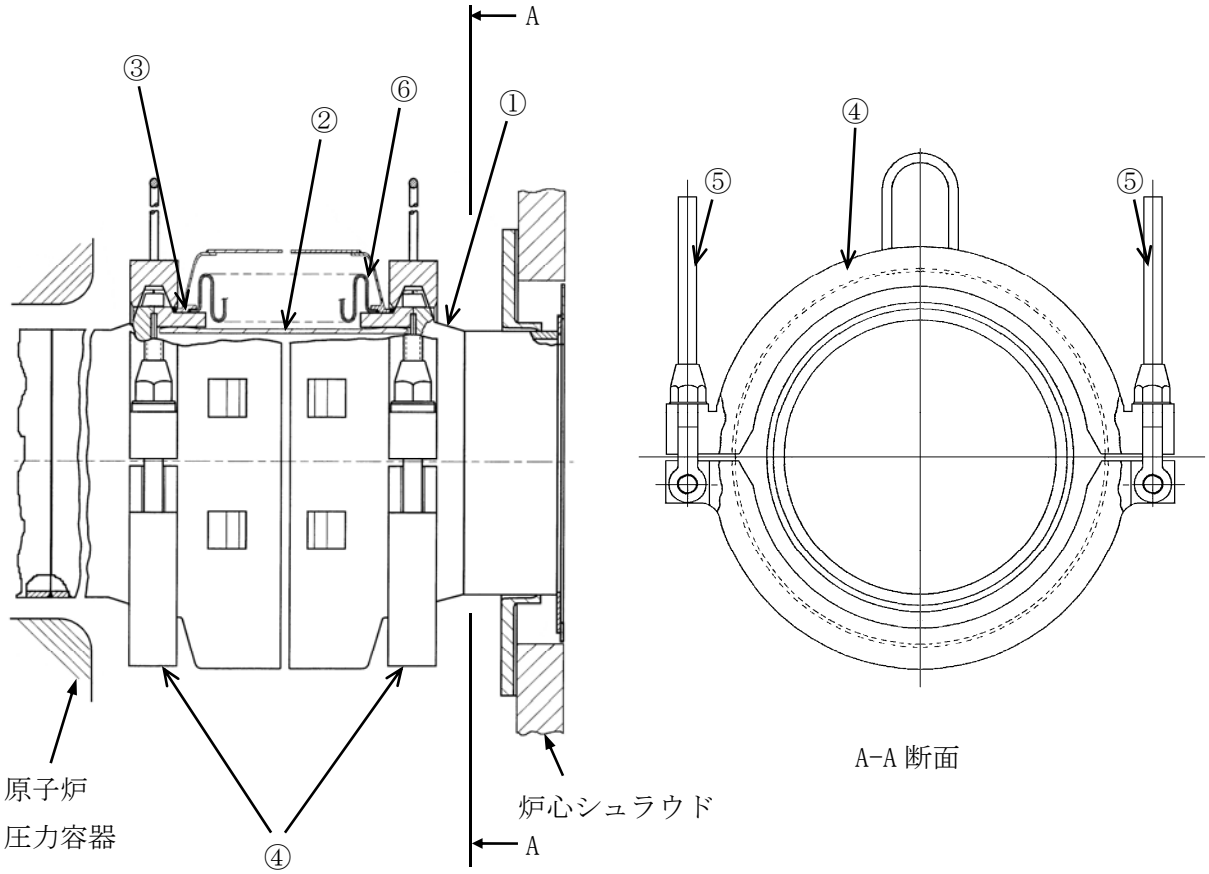


図 2.1-12　残留熱除去系（低圧注水系）配管構造図

表 2.1-21　残留熱除去系（低圧注水系）配管主要部位の使用材料

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	材料
炉心冷却材流路の確保	流路形成	フランジネック	ステンレス鋼
		スリーブ	ステンレス鋼
機器の支持	支持	フランジ	ステンレス鋼
		カップリング	ステンレス鋼
		ボルト	ステンレス鋼
その他	その他	ベローズ	ステンレス鋼

表 2.1-22　残留熱除去系（低圧注水系）配管の使用条件

最高使用圧力*1	8.62 MPa
最高使用温度	302 ℃
内部流体	純水

*1：環境の最高使用圧力を示す

2.2 経年劣化事象の抽出

2.2.1 機器の機能達成に必要な項目

炉内構造物の機能である炉心形状の維持及び炉外の機器・系統との連携による炉心冷却機能の達成に必要な項目は以下のとおり。

(1) 炉心の支持

(2) 炉心冷却材流路の確保

(3) 機器の支持

(4) ガイド

2.2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1) 想定される経年劣化事象の抽出

炉内構造物について，機能達成に必要な項目を考慮して主要な部位に展開した上で，個々の部位の材料，構造，使用条件（内部流体の種類，圧力，温度等）及び現在までの運転経験を考慮し，表2.2-1に示すとおり，想定される経年劣化事象を抽出した（表2.2-1で○又は△，▲）。

なお，消耗品及び定期取替品は次項のとおり評価対象外とする。

(2) 消耗品及び定期取替品の扱い

炉内構造物には，消耗品及び定期取替品はない。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

想定される経年劣化事象のうち下記①，②に該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と判断した。なお，下記①，②に該当する事象については，2.2.3 項に示すとおり，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

① 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象として表 2.2-1 で△）

② 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外として表 2.2-1 で▲）

この結果，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として以下の事象が抽出された（表 2.2-1 で○）。

a. 疲労割れ［炉心シュラウド，シュラウドサポート］

b. 照射誘起型応力腐食割れ［炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管］

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(1) 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難い経年劣化事象であって，想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの（日常劣化管理事象）

a. 粒界型応力腐食割れ［炉心シュラウド，シュラウドサポート，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，差圧検出・ほう酸水注入管，ジェットポンプ，中性子計測案内管，残留熱除去系（低圧注水系）配管］

炉心シュラウド，シュラウドサポート，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，差圧検出・ほう酸水注入管，ジェットポンプ，中性子計測案内管，残留熱除去系（低圧注水系）配管は，ステンレス鋼及び高ニッケル合金であり高温の純水環境中にあるため，国内外の損傷事例から粒界型応力腐食割れが想定される。

炉心シュラウドーシュラウドサポートの周方向溶接部（H7）及びシュラウドサポートのシリンダ縦溶接部（V8）については，高温純水中の高ニッケル合金であり，粒界型応力腐食割れと推定されるひび割れが確認されている。

2010 年 3 月に経済産業省に報告した「東海第二発電所におけるシュラウドサポート溶接部のひび割れに関する評価書」において，S_2 地震荷重及び当時の基準地震動 S_S を考慮し，ひびの進展評価及び破壊評価を実施しており，技術基準に適合しなくなると見込まれる時期は所定の期間（2010 年 3 月から 30 年間）を超える 45 年と評価されている。

炉心シュラウドの胴母材部には，製造時に仮設部材が一時的に溶接で取り付けられていた部位があり，溶接時の入熱や機械加工によって，材料の鋭敏化や引張残留応力が付与された状態となっている可能性があることから，将来にわたって応力腐食割れが発生することは否定できない。

しかしながら，当該部位は炉心シュラウド全体に比べごく限られた小さな範囲であり，応力腐食割れが発生したとしてもごく一部に留まるため，構造健全性に影響するき裂となることは考えられない。

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては，維持規格等に基づき計画的に水中テレビカメラによる目視点検及び超音波探傷検査を実施しており，上記の評価で用いた評価用寸法を上回るひびの進展は確認されておらず，また，現在ひびの確認されている溶接部以外においては，粒界型応力腐食割れと推定される欠陥がないことを確認している。

上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，差圧検出・ほう酸水注入管，ジェットポンプ，中性子計測案内管，残留熱除去系（低圧注水系）配管については，維持規格等に基づき計画的に水中カメラによる目視点検を実施しており，粒界型応力腐食割れと推定される欠陥がないことを確認している。

さらに，ステンレス鋼又は高ニッケル合金の粒界型応力腐食割れは，材料の感受性，腐食環境及び引張応力の3つの因子が同時に存在する条件下で発生するが，東海第二の炉内構造物については，水素注入による腐食環境改善や残留応力低減対策等を実施している。

したがって，炉心シュラウド，シュラウドサポート，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，差圧検出・ほう酸水注入管，ジェットポンプ，中性子計測案内管，残留熱除去系（低圧注水系）配管の粒界型応力腐食割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 摩耗［ジェットポンプ］

ジェットポンプのリストレーナブラケットのウェッジ及びパッド部はインレットミキサ及びディフューザの振動により摩耗が発生する可能性がある。しかしながら，必要に応じ補助ウェッジを取付ける等の対策を実施している。

また，ジェットポンプのリストレーナブラケットについては計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施しており，これまでに有意な欠陥がないことを確認している。

したがって，ジェットポンプの摩耗は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 締付力の低下［ジェットポンプ］

ジェットポンプの計測配管の一部は形状記憶合金製の継手及びクランプを用いて機械的に接続しており，温度変動等による締付力の低下が想定される。

しかしながら，ジェットポンプの計測配管で使用している継手は，電力共通研究「ＩＣＭハウジング取替工法の実機適用化研究」及び（財）原子力発電技術機構「溶接部等熱影響部信頼性実証試験等（原子力プラント保全技術信頼性実証試験（機器保全実証試験））」にて健全性が確認されている一方向性の形状記憶合金を使用している継手（Ｃクランプ），Ｔボルト及びナットにてジェットポンプディフューザに計測管クランプを固定している緩み防止機能の付いた継手（Ｔボルトクランプ）であることから，取付け後に緩みが生じる可能性は極めて小さいと判断する。

また，形状記憶合金製の継手及びクランプについては第 23 回定期検査時（2008 年度）及び第 25 回定期検査時（2011 年度）に目視点検を実施しており，緩みがないことを確認している。

したがって，ジェットポンプの締付力の低下は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 高サイクル疲労割れ［制御棒案内管，ジェットポンプ，中性子計測案内管］

制御棒案内管，ジェットポンプ，中性子計測案内管は，原子炉冷却材の流れによる流体振動を受けるため，高サイクル疲労割れの発生が想定されるが，流体振動による高サイクル疲労については，設計段階において考慮されているため，高サイクル疲労割れが発生する可能性は小さく，今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

また，ジェットポンプについては，第 22 回定期検査（2006 年度）において計測配管に割れが確認され，共振による疲労割れと推定された。当該部は同定検内に修繕され，再発防止対策として，共振の可能性が否定できない計測配管をＣクランプにてディフューザに固定し，固有振動数を高サイクル側に回避するとともに，第 24 回定期検査（2009 年度）において更なる共振対策としてＴボルトクランプの追設及びＣクランプからＴボルトクランプへの一部取替を実施している。

また，共振を引き起こした可能性のある原子炉再循環ポンプの高速試運転を今後行わないこととし，運転中はジェットポンプ流量にて異常のないことを監視している。

なお，制御棒案内管，中性子計測案内管については計画的に水中テレビカメラによる目視点検を実施しており，これまでに有意な欠陥は認められていない。

したがって，制御棒案内管，ジェットポンプ，中性子計測案内管の高サイクル疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

e. 疲労割れ［残留熱除去系（低圧注水系）配管］

残留熱除去系（低圧注水系）配管については，炉心シュラウドと原子炉圧力容器との間に熱膨張差による相対変位が発生し，プラント起動停止時等の繰返しによる低サイクル疲労割れの発生が想定される。

しかしながら，ベローズにより伸縮可能な構造で相対変位に追従可能であり，構造的に大きな荷重が作用しないため，割れに至る疲労が蓄積される可能性は小さく，今後もこれらの傾向が変化する要因があるとは考え難い。

なお，残留熱除去系（低圧注水系）配管については，水中テレビカメラによる定期的な目視点検により健全性を確認している。

したがって，残留熱除去系（低圧注水系）配管の疲労割れは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

(2) 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により，今後も経年劣化の進展が考えられない，又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外）

a. 摩耗［残留熱除去系（低圧注水系）配管］

残留熱除去系（低圧注水系）配管のフランジは起動・停止時の温度変動によりスリーブとの相対変位が生じて擦れるが，スリーブとの接触面に表面固化処理をしており，また，起動停止の温度変動による摩耗であり，繰返し回数が少ないため，有意な摩耗の発生する可能性はない。

今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難いことから，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

b. 照射スウェリング［炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，中央・周辺燃料支持金具，制御棒案内管］

高照射領域で使用される炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，中央・周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については，照射スウェリングの発生が想定されるが，BWR の温度環境（約 280 ℃）や照射量では発生の可能性は極めて小さく，今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，中央・周辺燃料支持金具，制御棒案内管の照射スウェリングは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

c. 照射下クリープ［炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，中央・周辺燃料支持金具，制御棒案内管］

高照射領域で使用される炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，中央・周辺燃料支持金具及び制御棒案内管については，照射下クリープが生じる可能性がある。

しかしながら，BWR の高照射領域にある炉内構造物においては，照射下クリープの影響が問題となる内圧等による荷重制御型の荷重はなく，差圧等による応力も非常に小さく，今後もこれらの傾向が大きく変化する要因があるとは考え難い。

したがって，炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，中央・周辺燃料支持金具及び制御棒案内管の照射下クリープは，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

d. 熱時効［中央燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，ジェットポンプ］

中央燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，ジェットポンプに使用しているステンレス鋳鋼は，オーステナイト相中に一部フェライト相を含む 2 相組織であり，使用環境温度が 250℃以上（最高使用温度 302℃）であるため，熱時効による材料の靭性低下等の機械的特性が変化することが想定されるが，中央燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，ジェットポンプでステンレス鋳鋼である部位には，き裂の原因となる経年劣化事象は想定されていない。

したがって，中央燃料支持金具，制御棒案内管，炉心スプレイ配管・スパージャ，ジェットポンプの熱時効は，高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。

表 2.2-1（1/11）　炉心シュラウドに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	上部胴		ステンレス鋼			○	△*1				*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ（中性子照射による靭性低下も考慮している） *3:照射スウェリング *4:照射下クリープ
		中間胴		ステンレス鋼			○	△*1○*2			▲*3*4	
		下部胴		ステンレス鋼			○	△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（2/11）　シュラウドサポートに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	シリンダ		高ニッケル合金			○	△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
		プレート		高ニッケル合金			○	△*1				
		レグ		高ニッケル合金			○	△*1				
炉心冷却材流路の確保	その他	マンホール蓋		高ニッケル合金			○					
		取付ボルト		高ニッケル合金			○					

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（3/11）　上部格子板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	上部フランジ		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ（中性子照射による靭性低下も考慮している） *3:照射スウェリング *4:照射下クリープ
		グリッドプレート		ステンレス鋼				△*1○*2			▲*3*4	
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		下部フランジ		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支持	レストレイント		ステンレス鋼				△*1				

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（4/11）　炉心支持板に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	支持板		ステンレス鋼				△*1○*2			▲*3*4	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ（中性子照射による靭性低下も考慮している） *3:照射スウェリング *4:照射下クリープ
		リム胴		ステンレス鋼				△*1				
		補強ビーム		ステンレス鋼				△*1				
機器の支持	支持	スタッド		ステンレス鋼								

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（5/11）　燃料支持金具に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	中央燃料支持金具		ステンレス鋳鋼					▲		▲*3*4	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ(中性子照射による靭性低下も考慮している) *3:照射スウェリング *4:照射下クリープ
		周辺燃料支持金具		ステンレス鋼				△*1○*2			▲*3*4	

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（6/11）　制御棒案内管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心の支持	支持	スリーブ		ステンレス鋼				△[*1]○[*2]			▲[*4*5]	*1:粒界型応力腐食割れ *2:照射誘起型応力腐食割れ(中性子照射による靭性低下も考慮している) *3:高サイクル疲労割れ *4:照射スウェリング *5:照射下クリープ
		ボディ		ステンレス鋼			△[*3]	△[*1]				
		ベース		ステンレス鋳鋼					▲			

○：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（7/11）　炉心スプレイ配管・スパージャに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
		ティ（配管）		ステンレス鋼				△*1				
		ティ（スパージャ）		ステンレス鋼				△*1				
		ヘッダ		ステンレス鋼				△*1				
		ノズル		ステンレス鋼				△*1				
				ステンレス鋳鋼					▲			
機器の支持	支持	スパージャブラケット		ステンレス鋼								
		クランプ		ステンレス鋼								
		取付ボルト		ステンレス鋼								

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（8/11）　差圧検出・ほう酸水注入管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材流路の確保	流路形成	パイプ		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
機器の支持	支持	サポート		ステンレス鋼				△*1				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1 (9/11)　ジェットポンプに想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材流路の確保	流路形成	ライザ管		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ *2:高サイクル疲労割れ *3:締付力の低下
		インレットミキサ		ステンレス鋼				△*1				
				ステンレス鋳鋼					▲			
		ディフューザ		ステンレス鋳鋼					▲			
				ステンレス鋼				△*1				
				高ニッケル合金				△*1				
機器の支持	支持	ビーム		高ニッケル合金				△*1				
		ライザブレース		ステンレス鋼			△*2	△*1				
		リストレーナブラケット		ステンレス鋳鋼	△				▲			
その他	その他	計測配管		ステンレス鋼			△*2	△*1				
		継手		合金鋼 ステンレス鋼 低合金鋼							△*3	

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

表 2.2-1（10/11）　中性子計測案内管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
機器の支持	支持	スタビライザ		ステンレス鋼			△*1	△*2				*1:高サイクル疲労割れ *2:粒界型応力腐食割れ
ガイド	支持	パイプ		ステンレス鋼			△*1	△*2				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

表 2.2-1（11/11）　残留熱除去系（低圧注水系）配管に想定される経年劣化事象

機能達成に必要な項目	サブシステム	部位	消耗品・定期取替品	材料	経年劣化事象							備考
					減肉		割れ		材質変化		その他	
					摩耗	腐食	疲労割れ	応力腐食割れ	熱時効	劣化		
炉心冷却材流路の確保	流路形成	フランジネック		ステンレス鋼				△*1				*1:粒界型応力腐食割れ
		スリーブ		ステンレス鋼	▲							
機器の支持	支持	フランジ		ステンレス鋼	▲			△*1				
		カップリング		ステンレス鋼								
		ボルト		ステンレス鋼								
その他	その他	ベローズ		ステンレス鋼			△	△*1				

△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）

▲：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）

2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の評価

(1) 疲労割れ［炉心シュラウド，シュラウドサポート］

a. 事象の説明

繰返し応力のもとでは，その材料の静的強度より低い応力によっても割れを起こす場合がある。

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては，プラントの起動・停止時等の熱過渡により，疲労が蓄積される可能性がある。

b. 技術評価

① 健全性評価

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについて，日本機械学会「発電用原子力設備規格　設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007 年追補版を含む）」（以下，「設計建設規格」という）に基づいて評価した。対象部位を図 2.3-1 に示す。

疲労評価は，運転期間延長認可申請に伴う評価として，2016 年 11 月末までの運転実績に基づき推定した 2016 年度以降の評価対象期間での推定過渡回数を包含し，より保守的*に設定した過渡回数とした。

＊：評価条件として，2011 年 3 月から 2019 年 8 月末まで冷温停止状態，2019 年 8 月以降の過渡回数発生頻度は実績の 1.5 倍以上を想定した。

また，使用環境を考慮した疲労について，日本機械学会「発電用原子力設備規格　環境疲労評価手法 JSME S NF1-2009」（以下，「環境疲労評価手法」という）に基づいて評価した。評価用過渡条件を表 2.3-1 に，評価結果を表 2.3-2 に示す。

その結果，運転開始後 60 年時点の疲労累積係数は許容値を下回り，疲労割れの可能性は小さいと判断する。

② 現状保全

炉心シュラウド及びシュラウドサポートについては，維持規格に基づき計画的に水中テレビカメラによる代表部位の目視点検を実施しており，これまでの目視点検において，疲労割れによるものと推定される欠陥は認められていない。

さらに，高経年化技術評価に合わせて，実過渡回数に基づく評価を実施することとしている。

③ 総合評価

健全性評価結果から，疲労割れ発生の可能性は十分小さいと考えるが，疲労評価は実過渡回数に依存するため，今後も実過渡回数を把握する必要がある。

c．高経年化への対応

炉心シュラウド及びシュラウドサポートの疲労割れに対しては，維持規格に基づく計画的な目視点検を継続していくとともに，継続的に実過渡回数の確認を行い，運転開始後 60 年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

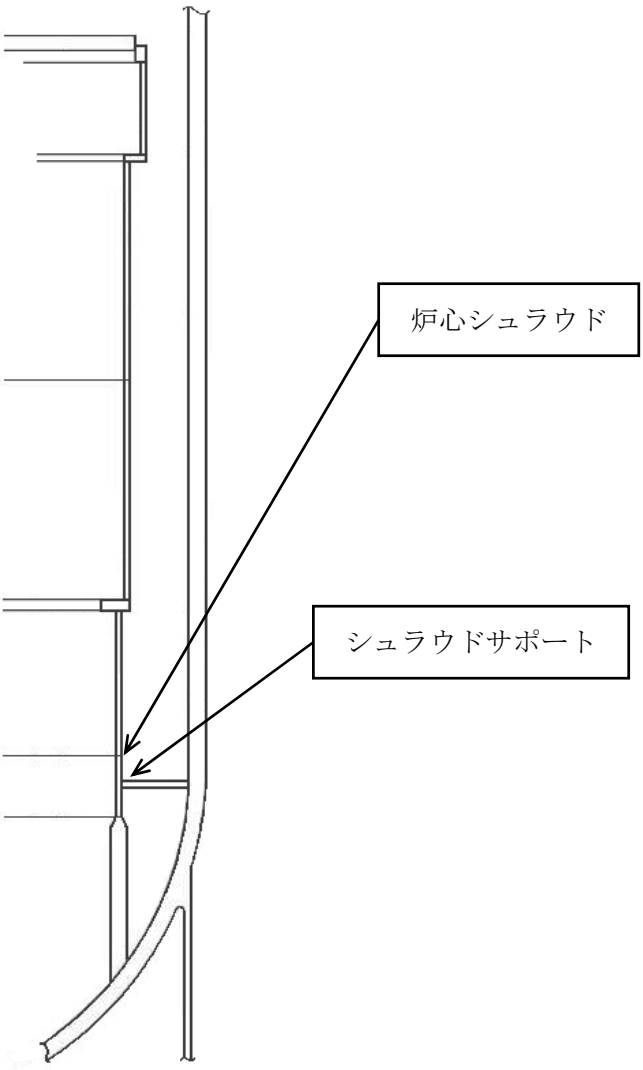


図 2.3-1　炉心シュラウド・シュラウドサポート疲労評価対象部位

表 2.3-1　炉心シュラウド・シュラウドサポート評価用過渡条件

運転条件	運転実績に基づく 過渡回数 （2016 年 11 月時点）	60 年目推定
耐圧試験	72	135
起動（昇温）	65	113
起動（タービン起動）	65	113
給水加熱器機能喪失（発電機トリップ）	0	1
スクラム（タービントリップ）	16	23
スクラム（原子炉給水ポンプ停止）	3	6
スクラム（その他）	20	24
停止	65	114

表 2.3-2　炉心シュラウド・シュラウドサポートの疲労評価結果

評価部位	運転実績回数に基づく疲労解析 （許容値：1 以下）		
	設計建設規格の疲労曲線 による評価		環境疲労評価手法による解析 （環境を考慮）
	現時点 （2016 年 11 月時点）	運転開始後 60 年時点	運転開始後 60 年時点
炉心シュラウド	0.0008	0.0014	0.0351
シュラウドサポート	0.0132	0.0230	0.0647

(2) 照射誘起型応力腐食割れ［炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管］

a. 事象の説明

ステンレス鋼については，中性子照射を受けると材料自身の靭性が低下し，応力腐食割れの感受性が高まるとともに，材料周辺の腐食環境が水の放射線分解により厳しくなることが知られている。照射誘起型応力腐食割れは，この状況に引張応力場が重畳されると粒界型応力腐食割れを生じる現象である。

図 2.3-2に示すように，BWR環境下のステンレス鋼については，比較的高い累積照射量（5×10^{24} n/m^2（以下，「しきい照射量」という）を受けた場合に応力腐食割れの感受性への影響が現れると考えられている。

b. 技術評価

① 健全性評価

1. 中性子照射要因

炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管は，炉心を取り囲む機器であり高い中性子照射を受けるため靭性が低下し，照射誘起型応力腐食割れの感受性が増加する可能性がある。運転開始後 60 年時点の照射量は以下の値と予想される。

・炉心シュラウド　　：約 2.0×10^{25} n/m^2
・上部格子板　　：約 2.9×10^{25} n/m^2
・炉心支持板　　：約 2.1×10^{24} n/m^2
・周辺燃料支持金具　　：約 7.1×10^{23} n/m^2
・制御棒案内管　　：約 2.1×10^{24} n/m^2

照射誘起型応力腐食割れ感受性への影響が考えられるしきい照射量以上の中性子照射を受ける炉内構造物は，炉心シュラウド（中間胴）及び上部格子板グリッドプレートである。

2. 応力要因

現状では，照射誘起型応力腐食割れの応力依存性に関するデータは少ないが，高い引張応力の存在が応力腐食割れ発生条件の一つとなると考えられる。

炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管の引張応力の発生要因を検討すると，差圧，熱，自重等に起因する引張応力成分は低く，応力腐食割れの主要因となる可能性はないものと評価する。

炉心シュラウド（中間胴）には溶接部があり，外面の溶接熱影響部についてはウォータージェットピーニング施工により残留応力の改善を行っているため，照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はないものと評価する。

一方，内面については，残留応力の改善を行っていないため，将来にわたって応力腐食割れが発生することは否定できない。

炉心シュラウド（中間胴）の母材部及び上部格子板のグリッドプレートについてはしきい照射量を超えるものの，溶接部がないため溶接による残留引張応力はなく，運転中の差圧，熱，自重等に起因する引張応力成分は低いことから，照射誘起型応力腐食割れの主要因となる可能性はないものと評価する。

3. 環境要因

評価対象機器は炉心近傍に位置していることから，照射による水の放射線分解の影響が顕著となる可能性がある。

なお，1997 年度より水素注入を行い，応力腐食割れに対して環境面からの改善を図っている。

また，炉心シュラウド（中間胴）の内面の溶接部及び熱影響部に対しては水素注入に対して触媒効果のある貴金属をコーティングすることにより，局部的に腐食環境の改善効果を向上させている。

4. 照射誘起型応力腐食割れの発生及び進展を考慮した評価

以上の 1.～3.の結果から，炉心シュラウド（中間胴）の内面の溶接部については，これまでの点検でき裂は認められていないが，将来にわたって照射誘起型応力腐食割れが発生することを否定できないため，周方向溶接部の内面に全周き裂を想定し，照射誘起型応力腐食割れの発生，進展に中性子照射量の増加による靭性低下を考慮した評価を実施した。

その結果，表 2.3-3 に示すように応力拡大係数は，運転開始後 60 年時点の破壊靭性値を下回ることから，不安定破壊することはなく，健全性評価上問題とならないと判断する。

表 2.3-3　炉心シュラウドの照射誘起型応力腐食割れ評価

評価対象	評価 地震力	想定き裂応力 拡大係数(MPa$\sqrt{m}$)	破壊靭性値[*1] (MPa$\sqrt{m}$)
炉心シュラウド （中間胴内面溶接部）	S_S[*2]	73.8	75

*1：維持規格 添付 E-14 3.に基づき定めた，運転開始後 60 年時点の中性子照射量を考慮した破壊靭性値

*2：静的地震力及び基準地震動 S_S の最大値

② 現状保全

炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管については，維持規格及び保守管理の実施に関する計画に基づく点検計画にしたがって計画的に水中テレビカメラによる目視点検並びに長期保守管理方針に基づきMVT-1による目視点検を実施しており，これまでの目視点検において，有意な欠陥は確認されていない。

③ 総合評価

炉心シュラウド（中間胴）の内面の溶接部については，照射誘起型応力腐食割れの発生，進展に中性子照射量の増加による靭性低下を考慮した評価を行った結果，運転開始後 60 年時点の中性子照射量を考慮しても不安定破壊に至ることはなく，維持規格等に基づき計画的に目視点検を実施することにより，健全性の確認は可能であると判断する。また，外面の溶接部については，残留応力の改善を行っていることから，照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないものと評価する。

炉心シュラウド（中間胴）母材部及び上部格子板のグリッドプレートについては，しきい照射量を超えるものの，溶接による残留引張応力はなく，運転中の差圧，熱，自重等に起因する引張応力成分が低いことから，照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないものと評価する。

炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管については，しきい照射量を超えないことから，照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないものと評価する。

c．高経年化への対応

炉心シュラウド，上部格子板，炉心支持板，周辺燃料支持金具，制御棒案内管の照射誘起型応力腐食割れに対しては，高経年化対策の観点から現状の保全内容に追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。

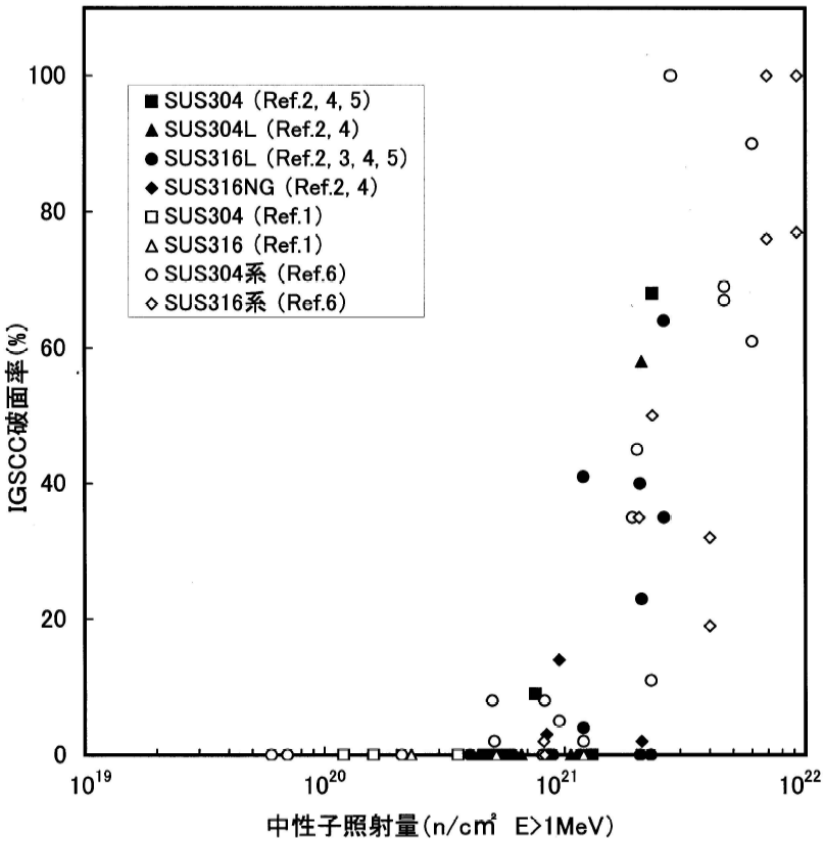


図 2.3-2　304, 316 ステンレス鋼の粒界割れ破面率に及ぼす中性子量の影響（参考）

[図で引用されている参考文献]

Ref.1: K. Chatani et al, "Irradiation Assisted Stress Corrosion Cracking Suspectibility of Core Component Materials" Proceedings of 12th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 2005.

Ref.2: 「平成 16 年度照射誘起応力腐食割れ（IASCC）評価技術調査研究に関する報告書」独立行政法人 原子力安全基盤機構

Ref.3: K. Chatani et al, "IASCC Susceptibility of Thermal Treated Type 316L Stainless Steel" Proceedings of 11th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 2003.

Ref.4: Y. Tanaka et al, "IASCC Susceptibility of Type 304, 304L, and 316L Stainless Steel" Proceedings of 8th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1997.

Ref.5: K. Fukuya et al, "Mechanical Properties and IASCC Susceptibility in Irradiated Atainless Steels" Proceedings of 6th International Conference on Environmental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems -Water Reactors, 1993.

Ref.6:S. Suzuki, M. Kodama, S. Shima, M. Yamamoto;Fifth International Symposium on Enviromental Degradation of Materials in Nuclear Power Systems-Water Reactors(1991). Effects of Fluence and Dissolved Oxygenon IASCC in Austenitic Stainless Steels.