

## 敦賀発電所2号機の第16回定期検査開始について

敦賀発電所2号機（加圧水型軽水炉：定格電気出力116万キロワット）は、平成19年8月26日から約5ヶ月の予定で、第16回定期検査を実施します。

定期検査を実施する主な設備は、次のとおりです。

- (1) 原子炉本体
- (2) 原子炉冷却系統設備
- (3) 計測制御系統設備
- (4) 燃料設備
- (5) 放射線管理設備
- (6) 廃棄設備
- (7) 原子炉格納施設
- (8) 非常用予備発電装置
- (9) 蒸気タービン

### <添付資料>

敦賀発電所2号機 第16回定期検査の概要

### <参考>

敦賀発電所2号機の第16回定期検査は、年度当初、開始時期を平成19年9月上旬としていましたが、発電設備の総点検結果を踏まえた国の特別な検査に対応するため、平成19年7月下旬開始に変更しました。その後、新潟県中越沖地震発生に伴い、協力会社要員の確保が困難となったことから、平成19年8月26日から開始することとしました。

以 上

## 敦賀発電所2号機 第16回定期検査の概要

### 1. 主要工事等

#### (1) 原子炉容器上部ふた取替工事

(添付-1、図-1参照)

国内外で発生した原子炉容器上部ふた管台からの1次冷却材漏えい事象を踏まえ、長期的な健全性維持を図るため、材料を変更するなどの改良を施した新しい上部ふたに取り替えます。

旧上部ふたについては、新設した原子炉容器上部ふた保管庫内に保管します。

#### (2) 蒸気タービン取替工事

(添付-2、図-2参照)

海外で発生した低圧タービン円板の翼取付部での応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として、材料の変更や全一体型ロータ構造の採用等により信頼性の向上を図った低圧タービンに取り替えます。

あわせて、蒸気タービン点検時の保守性の向上の観点から、高圧タービンも取り替えます。

#### (3) 耐震裕度向上工事

(図-3参照)

既設設備の耐震裕度を一層向上させるため、加圧器逃がし配管の支持構造物を強化します。

#### (4) 600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れに係る点検・予防保全工事

(図-4参照)

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器底部、蒸気発生器出入口管台、および加圧器の安全弁用管台、並びにスプレイ用管台、サージ用管台の溶接部について、外観目視点検や超音波探傷検査を実施します。

また予防保全対策として、溶接部表面の残留応力を低減させるため、原子炉容器冷却材出入口管台の溶接部にウォータージェットピーニング工事<sup>※1</sup>を、蒸気発生器出入口管台の溶接部にショットピーニング工事<sup>※2</sup>を実施します。

※1 配管内面に高圧ジェット水を吹き付けることにより、溶接部表面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

※2 配管内面に金属の玉を高速度で叩き付けることにより、溶接部表面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

#### (5) 原子炉容器供用期間中検査

(図-5参照)

原子炉容器の供用期間中検査として、原子炉容器胴部および1次冷却材出入口管台の溶接部について超音波探傷検査を行い、健全性を確認します。

## 2. 設備の保全対策

### (1) 1次冷却材配管内構造物の流体振動対策工事 (図-6参照)

流体振動に関する新しい技術基準を踏まえ、配管内に設置されている円柱状構造物の評価を行った結果、流体振動が発生する可能性がある1次冷却材系統の温度計ウェル8本について、1次系冷却配管への差込部の隙間をなくした形状のものと取り替えます。

※各電力事業者においては、平成7年12月の「もんじゅ」事故を踏まえ、配管内に設置されている円柱状構造物について、当時の知見をもとに評価を行い、流体振動が発生しないことを確認していた。その後、日本機械学会において「配管内円柱状構造物の流力振動評価指針」が整備され、平成18年1月より技術基準として適用されたことを受けて、改めて保守的な評価を実施した。

### (2) 高サイクル熱疲労割れの対策工事 (図-7参照)

国内PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象（温度ゆらぎによる疲労）を踏まえ、AおよびB余熱除去冷却器バイパスライン合流部の2箇所について、応力集中が小さい溶接形状のものに取り替えます。

また、ほう酸注入系の4箇所および1次冷却材系統ドレンラインの1箇所について、温度ゆらぎを抑制するため配管ルートを変更します。

### (3) 2次系配管の点検等 (図-8参照)

国内プラントにおいて発生した2次系配管破断事故を踏まえ、2次系配管1,884箇所について超音波検査（肉厚測定）を実施します。

また、過去の点検で減肉が確認された部位49箇所、配管取替え時の作業性を考慮した部位150箇所、今後の保守作業を考慮した部位50箇所の合計249箇所を、耐食性に優れたステンレス鋼または低合金鋼の配管に取り替えます。

### (4) プロセスモニタ取替工事

設備信頼性維持の観点からプロセスモニタの操作パネルを取り替えるのにあわせて、1次冷却材連続モニタ、復水器排ガスモニタ、蒸気発生器ブローダウン水モニタを新品に取り替えます。

## 3. 燃料集合体取替

燃料集合体全数193体のうち、65体（うち64体は新燃料集合体）を取り替える予定です。

## 4. 運転再開予定

原子炉起動・臨界 : 平成19年12月中旬  
発電再開（調整運転開始） : 平成19年12月中旬  
定期検査終了（定常運転再開） : 平成20年1月中旬  
なお、定期検査の作業工程については、別紙を参照下さい。

以上

## 敦賀発電所 2 号機原子炉容器上部ふた取替工事の概要

### 1 概要

敦賀発電所 2 号機は、平成 19 年 8 月 26 日から開始する第 16 回定期検査において、原子炉容器上部ふた取替工事を実施します。

平成 19 年 10 月上旬に原子炉格納容器内への新上部ふたの搬入および旧上部ふたの搬出を行い、新上部ふたは 11 月下旬に原子炉容器へ据え付ける予定です。

### 2 原子炉容器上部ふた取替工事の工程（予定）

取替工事の開始（原子炉容器開放開始）：平成 19 年 8 月下旬

取替工事の終了（原子炉容器組立完了）：平成 19 年 11 月下旬

### 3 原子炉容器上部ふたの技術的改善点

（図－ 1 参照）

新上部ふたは主要寸法等の仕様に変更はありませんが、管台の材料を変更し、耐腐食性の向上を図るなどの改善を行います。

主な改善点は以下のとおりです。

項 目	改 善 点	理 由
管台の材料	600 系ニッケル基合金から 690 系ニッケル基合金に変更	耐腐食性向上
キャノピーシール	廃止	信頼性向上
フランジと鏡板の取合部	一体化による溶接部の廃止	信頼性向上
管台溶接部形状変更	溶接開先形状変更	溶接残留応力低減

### 4 旧原子炉容器上部ふたの保管

旧原子炉容器上部ふたは、保管容器内に収納した状態で、新設した原子炉容器上部ふた保管庫に保管します。

### 5 廃棄物の発生量

原子炉容器上部ふたの取替工事に伴い発生する放射性廃棄物は、旧上部ふたのほか、上部ふた搬出入時の干渉物（コンクリート）など、200リットルドラム缶に換算して約 100 本と推定されます。これらの廃棄物は、既設の廃棄物保管庫および原子炉容器上部ふた保管庫に保管します。

### 6 予想被ばく線量

約 0.15 人・シーベルト

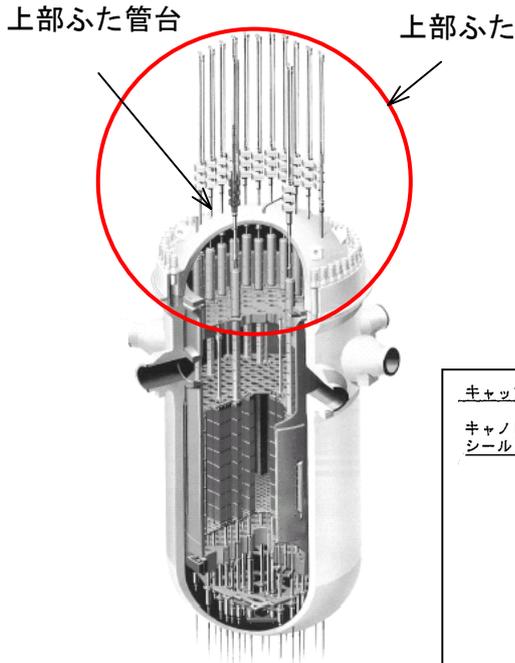
## 原子炉容器上部ふた取替工事

### 概要

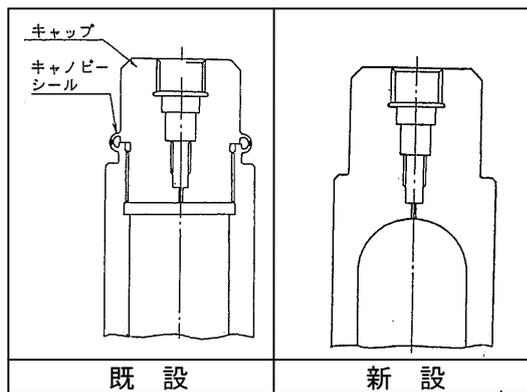
国内外で発生した原子炉容器上部ふた管台からの1次冷却材漏えい事象を踏まえ、長期的な信頼性維持を図るため、材料を変更するなどの改良を施した新しい上部ふたに取り替えます。  
旧上部ふたについては、新設した原子炉容器上部ふた保管庫内に保管します。

【管台の配置及び本数】

上部ふた用管台名称	既 設	新 設
制御棒駆動装置	53	53
炉内熱電対（温度計測用）	4	4
予備	16	4
空気抜き	1	1
合 計	74	62

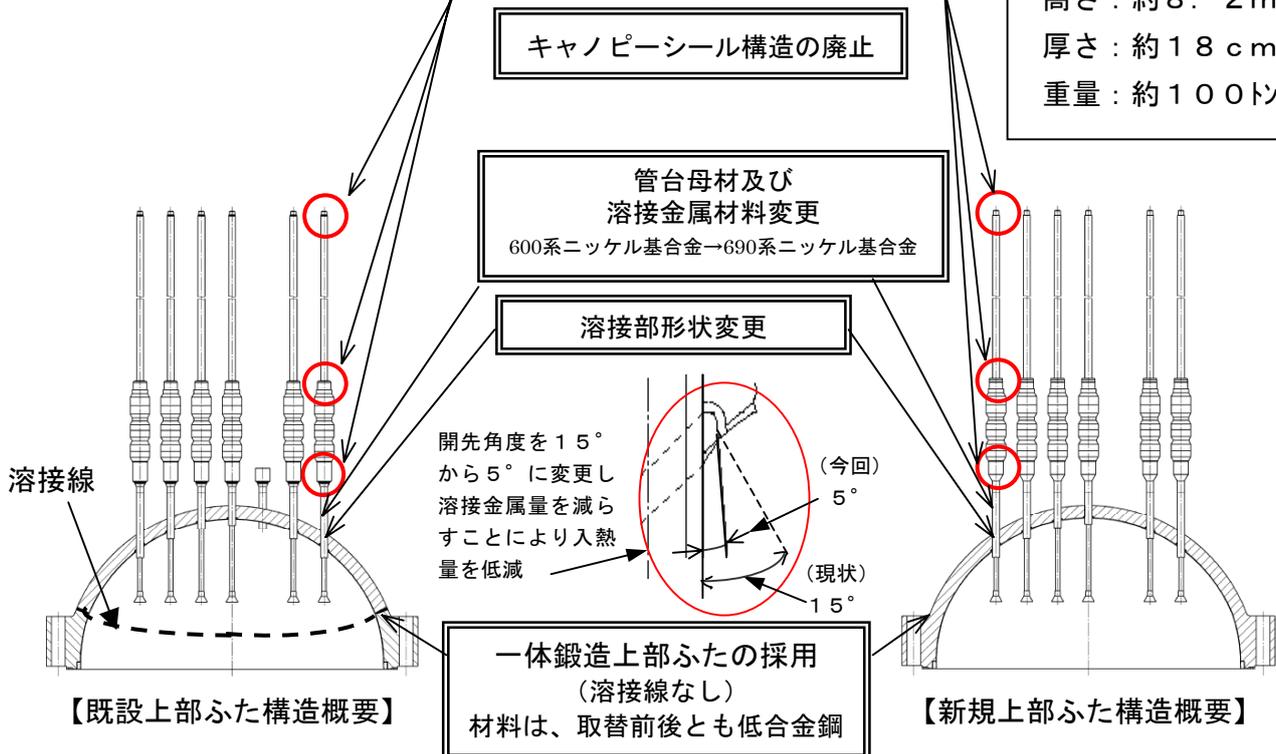


【原子炉容器鳥瞰図】



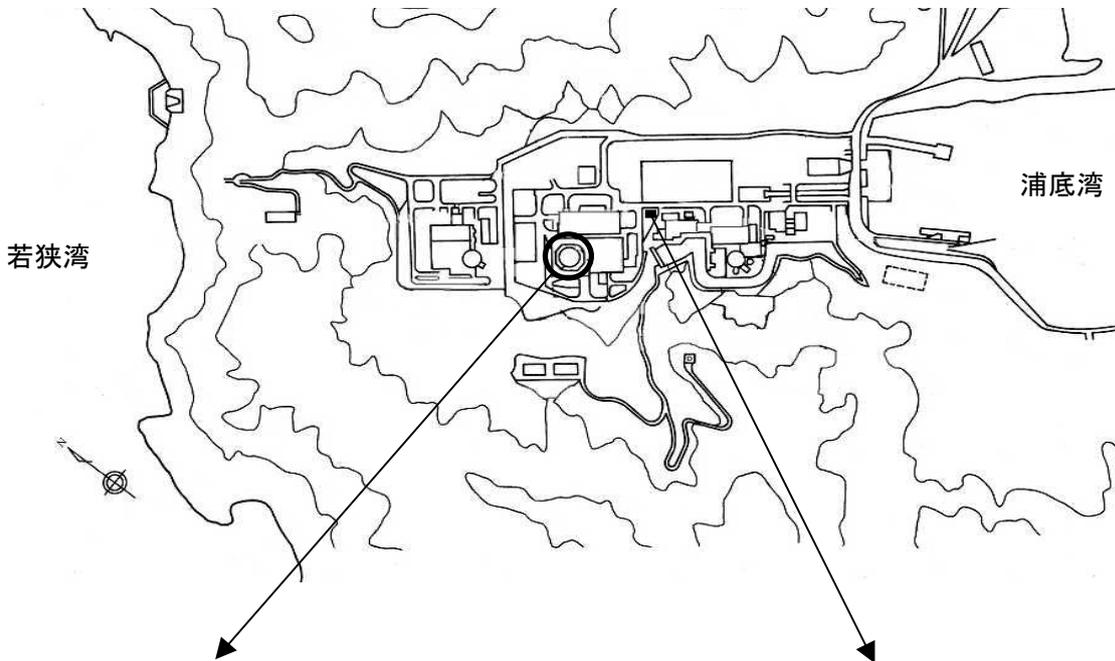
【概略寸法】

外径：約5.2m  
高さ：約8.2m  
厚さ：約18cm  
重量：約100ト

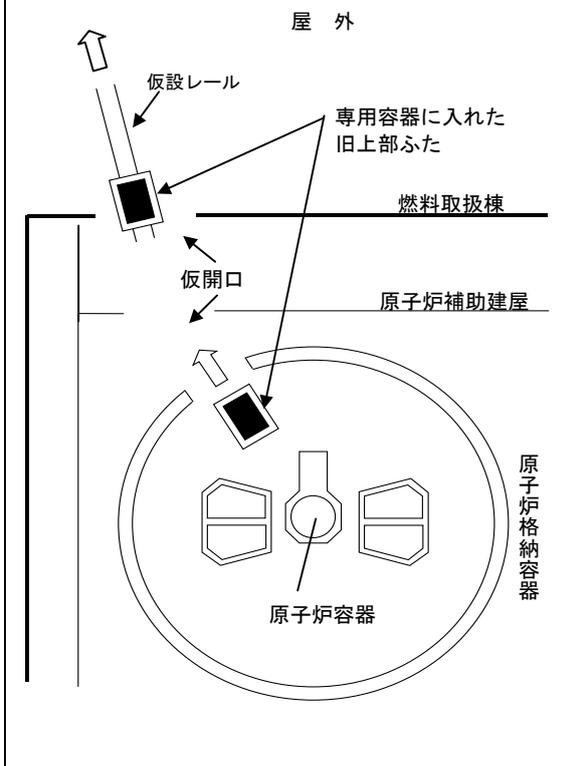


発電所全体配置図

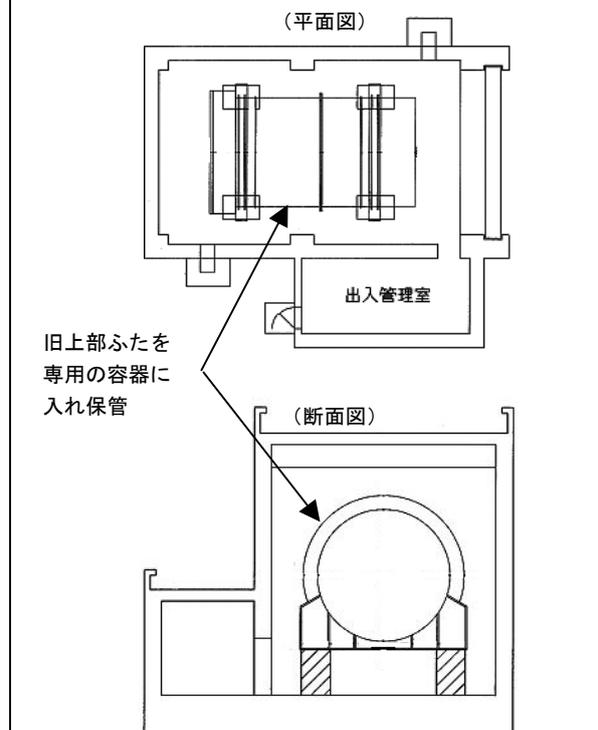
取替後の旧上部ふたについては、原子炉容器上部ふた保管庫内に保管します。



原子炉補助建屋からの搬出



原子炉容器上部ふた保管庫



## 敦賀発電所2号機蒸気タービン取替工事の概要

### 1 概要

敦賀発電所2号機は、平成19年8月26日から開始する第16回定期検査において、蒸気タービン取替工事を実施します。

平成19年9月中旬から下旬にかけて旧蒸気タービンのタービン建屋からの搬出、9月下旬から新蒸気タービンの搬入を行い、新蒸気タービンは11月下旬までに据え付ける予定です。

### 2 蒸気タービン取替工事の工程（予定）

取替工事の開始（旧蒸気タービン開放開始）：平成19年 9月上旬

取替工事の終了（新蒸気タービン組立完了）：平成19年 11月下旬

### 3 取替内容

(図-2参照)

#### (1) 低圧タービン

低圧タービンロータは、動翼を取り付けている円板部の材料として応力腐食割れに対する感受性が低い材料を使用した全一体型ロータを採用します。

また、最新設計を用いた3次元流体設計翼※および長翼化した最終翼等を採用します。

#### (2) 高圧タービン

高圧タービンロータは、タービン点検時の保守性向上（低圧タービンと高圧タービンとの脱着が容易な形状に変更する）の観点から取替えを行います。

また、最新設計の3次元流体設計翼※等を採用します。

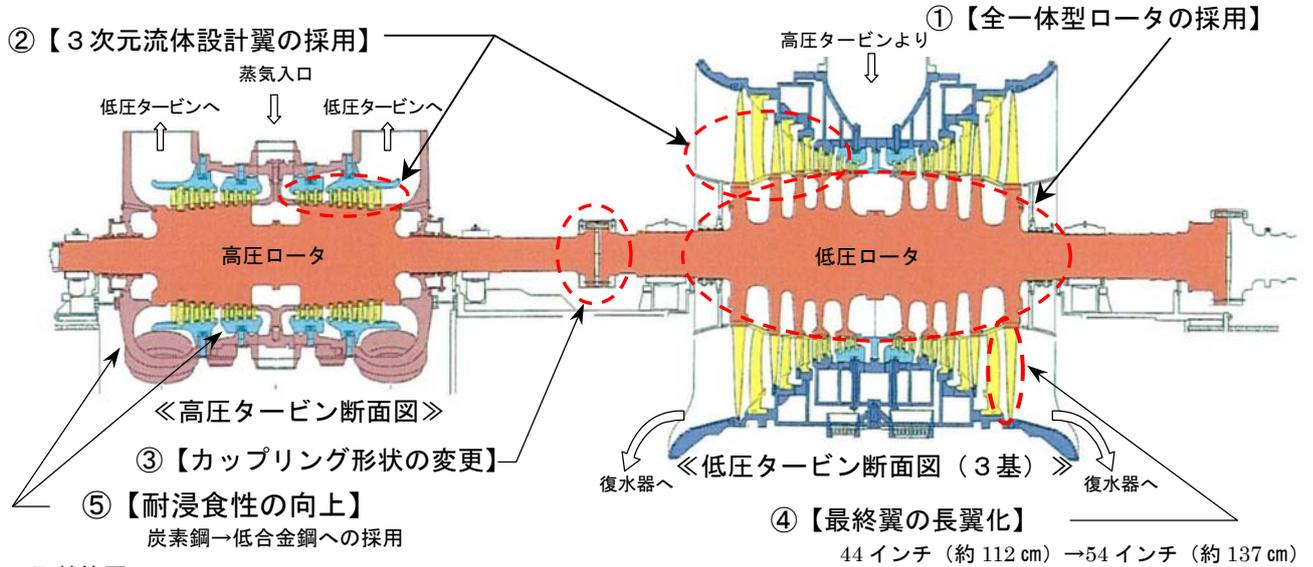
今回の取替えに伴い、タービン性能の効率が向上することにより、従来から実施している原子炉定格熱出力一定運転において、電気出力が年平均で約3～4%上昇します。

※翼を通過する蒸気の流れによる損失を抑えるとともに、振動応力を低減させるよう設計した翼。

# 蒸気タービン取替工事

## 概要

海外で発生した低圧タービン円板の翼取付部での応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全対策として、材料の変更や全一体型ロータ構造の採用等により信頼性の向上を図った低圧タービンに取り替えます。あわせて、蒸気タービン点検時の保守性の向上の観点から、高圧タービンも取り替えます。



### <取替範囲>

- : 低圧タービンロータ、高圧タービンロータ
- : 低圧タービン内部車室
- : 動・静翼
- : 翼環
- : 高圧タービン外部車室

[参考]  
低圧ロータ全長: 約955cm  
低圧ロータ主軸軸受部直径: 約66cm

### ① 全一体型ロータの採用

取替前ロータ  
(部分一体型)

軸

円板

ロータ取替

取替後ロータ  
(全一体型)

〔円板を加熱後、軸に挿入し冷却する。(焼嵌め)〕

〔SCC感受性の低い材料の円板を軸と一体成型したロータとする。〕

### ② 3次元流体設計翼の採用

取替前 (平行翼)

取替後

翼を通過する蒸気の流れによる損失を抑えるとともに、振動応力を低減させる翼形状とする。

### ③ カップリング形状の変更

取替前

取替後

カップリング形状変更

油圧で脱着可能なボルトを採用し保守性を向上させる。

	取替前	取替後
ボルト穴径	60mm	73mm
ボルト本数	24本	20本

### ④ 低圧タービン最終翼の長翼化

44インチ翼

54インチ翼

翼  
翼根  
円板

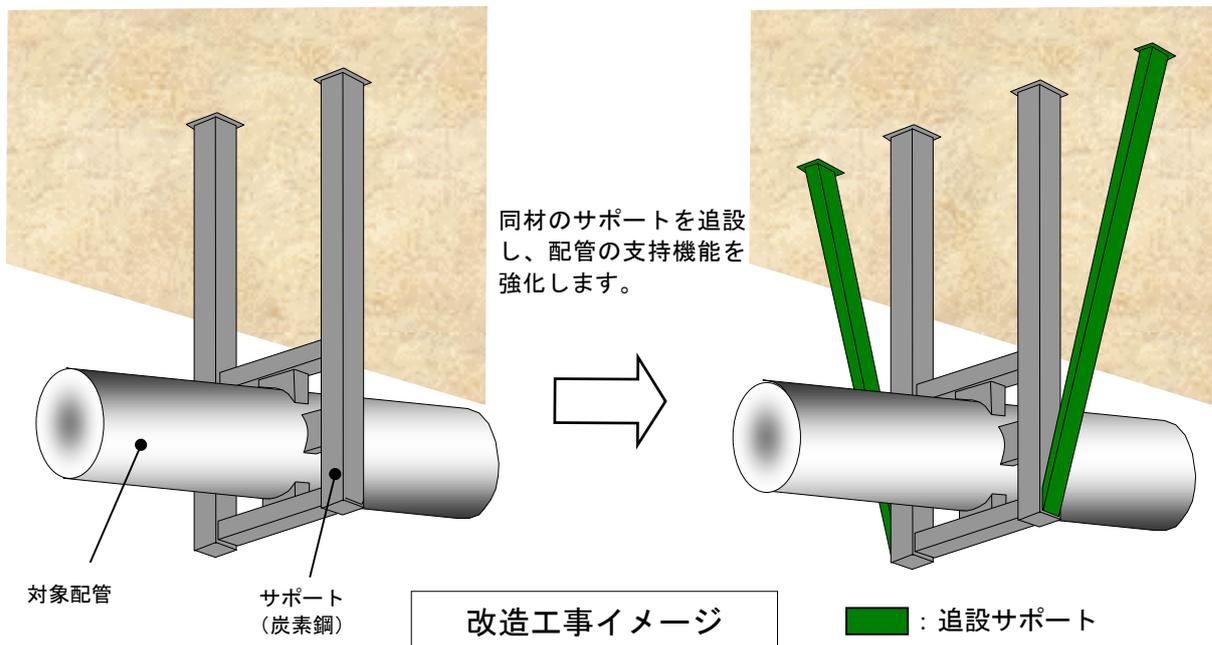
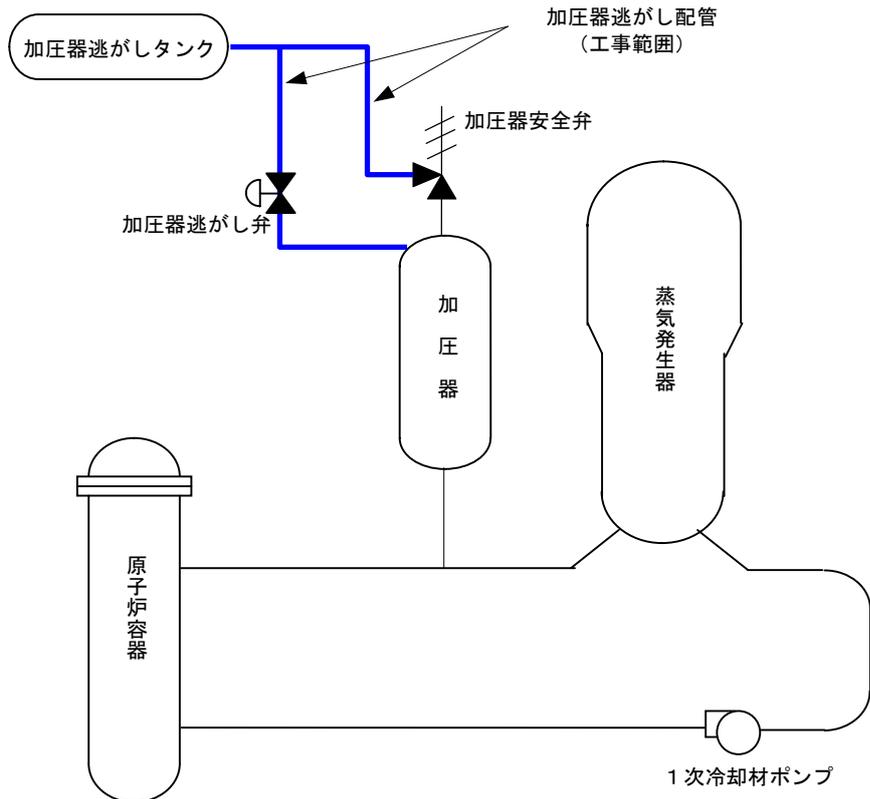
- ・最終翼を54インチ翼にすることにより、蒸気の通過流速を下げ、翼振動応力を低減させる。
- ・翼溝に発生する応力を低減させるため、翼溝及び翼根を大型化する。

## 耐震裕度向上工事

### 概要

既設設備の耐震裕度を一層向上させるため、加圧器逃がし配管の支持構造物を強化します。

### <加圧器逃がし配管概略系統図>



概要

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器底部、蒸気発生器出入口管台、および加圧器の安全弁用管台、並びにスプレイ用管台、サージ用管台の溶接部について、外観目視点検や超音波探傷検査を実施します。

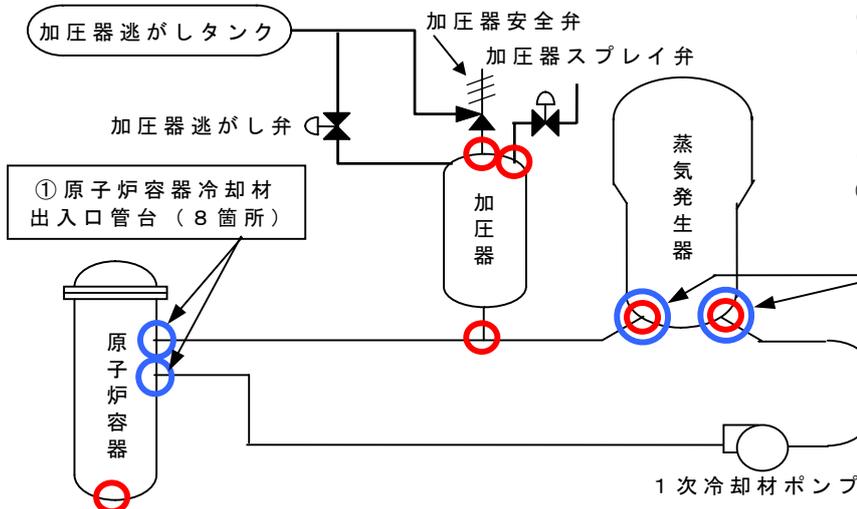
また予防保全対策として、溶接部表面の残留応力を低減させるため、原子炉容器冷却材出入口管台の溶接部にウォータージェットピーニング工事を、蒸気発生器出入口管台の溶接部にショットピーニング工事を実施します。

	原子炉容器										加圧器					蒸気発生器												
	* 上部 ふた	入口				出口				底部	逃がし弁	安全弁			スプレイ弁	サージ管	入口				出口							
		A	B	C	D	A	B	C	D			A	B	C			A	B	C	D	A	B	C	D				
外観目視点検	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	-	-	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
超音波探傷検査	-	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	-	-	-	●	●	●	●	○	○	○	●	○	○	○	○	○	○	○	
予防保全工事		①	①	①	①	①	①	①	①	-			-	-	-	-	②	②	②	②	②	②	②	②	②	②	②	

\* : 今定期検査で取替え予定

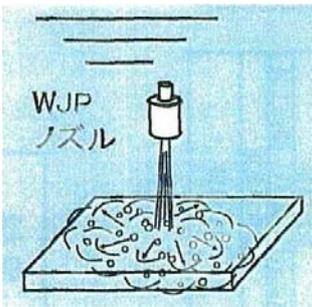
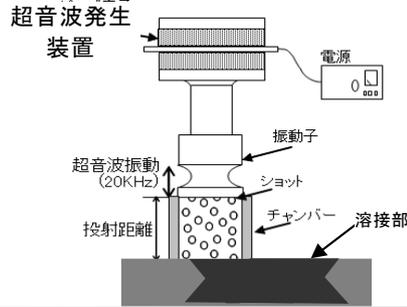
<凡例>

- ◎ : 別途供用期間中検査の実施箇所
- : 今定期検査での1次系管台点検工事箇所
- : 今定期検査対象外
- : 過去の定期検査で点検実施済み
- ①~② : 適用する予防保全工事



- (blue) : 予防保全工事範囲
- (red) : 1次系管台点検工事範囲

<適用する予防保全工事>

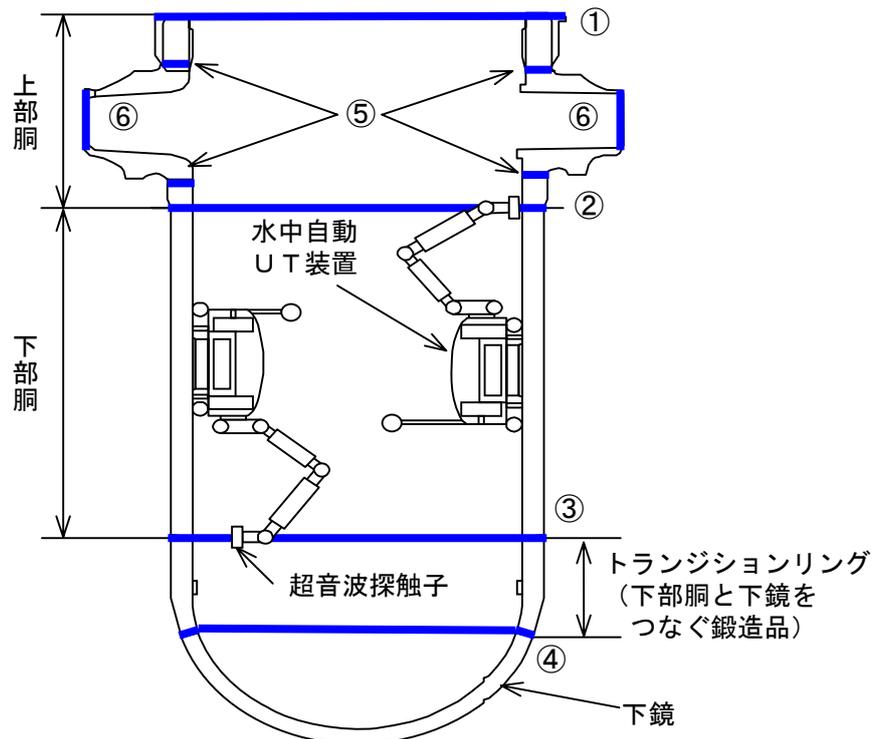
対象	①原子炉容器冷却材 出入口管台	②蒸気発生器 出入口管台
内容	ウォータージェット ピーニング	ショット ピーニング
工事概要		
原理	高圧水をノズルより噴射し、その際に生じるキャビテーション気泡崩壊時の衝撃力により、配管内面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる	超音波振動子によりチャンバー内のショットを配管に当て、配管内面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる

## 原子炉容器供用期間中検査

### 概要

原子炉容器の供用期間中検査として、原子炉容器胴部および1次冷却材出入口管台の溶接部について超音波探傷検査を行い、健全性を確認します。

■ : 検査予定箇所



### 原子炉容器供用期間中検査 検査対象範囲

#### 【原子炉容器溶接部】

- ① 原子炉容器フランジと上部胴の溶接部 (全周)
- ② 上部胴と下部胴の溶接部 (全周)
- ③ 下部胴とトランジションリングの溶接部 (全周)
- ④ トランジションリングと下鏡の溶接部 (全周)

#### 【原子炉容器と冷却材出入口管台の溶接部】

- ⑤ 上部胴と原子炉容器冷却材入口管台の溶接部 (全4箇所全周)
- ⑤ 上部胴と原子炉容器冷却材出口管台の溶接部 (全4箇所全周)

#### 【冷却材出入口管台溶接部】

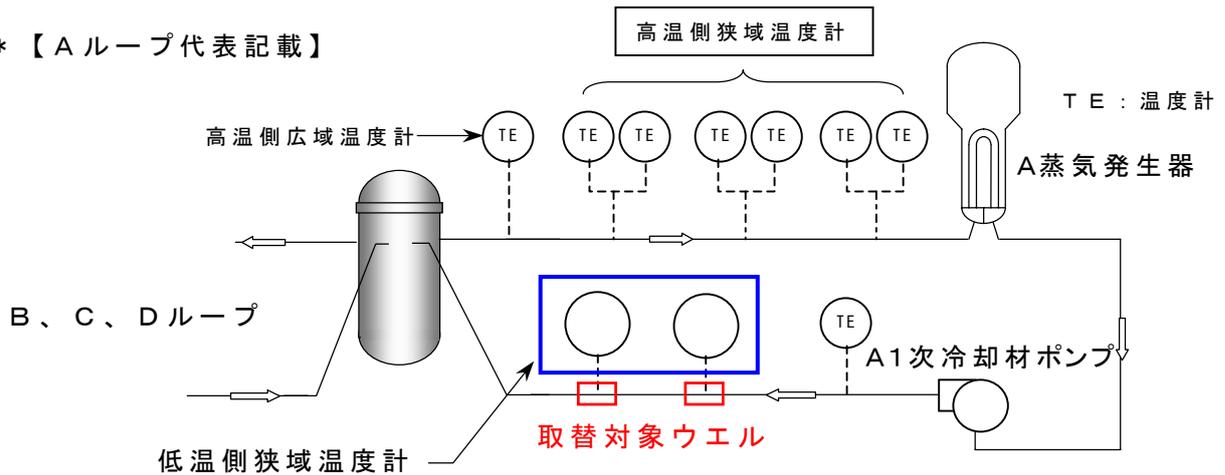
- ⑥ 原子炉容器冷却材入口管台溶接部 (全4箇所全周)
- ⑥ 原子炉容器冷却材出口管台溶接部 (全4箇所全周)

## 1次冷却材配管内構造物の流体振動対策工事

### 概要

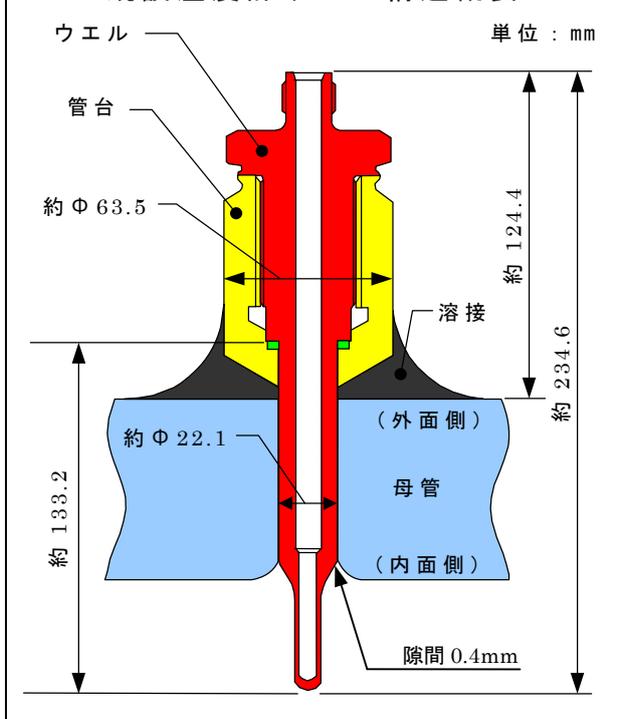
流体振動に関する新しい技術基準を踏まえ、配管内に設置されている円柱状構造物の評価を行った結果、流体振動が発生する可能性がある1次冷却材系統の温度計ウエル8本について、1次系冷却配管への差込部の隙間をなくした形状のものに取り替えます。

#### \* 【Aループ代表記載】

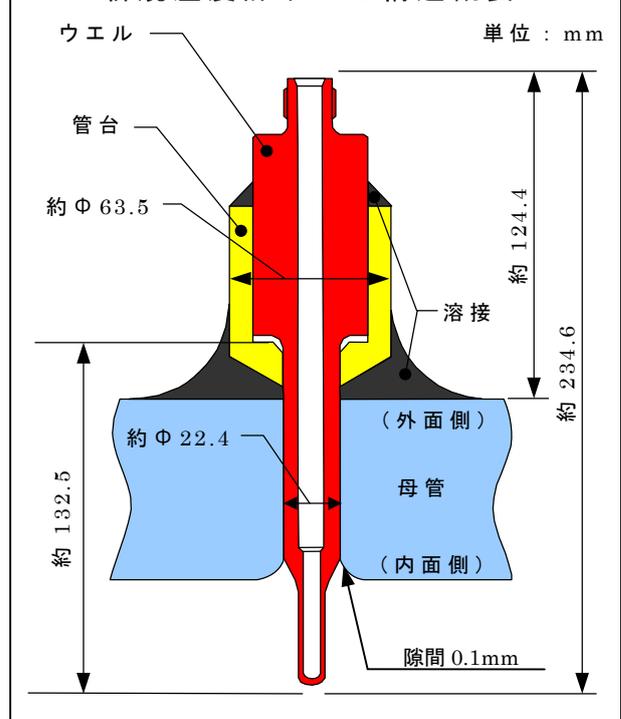


点検対象（1次冷却材系統配管低温側狭域温度計）  
 Aループ：2箇所      Bループ：2箇所  
 Cループ：2箇所      Dループ：2箇所      **合計8箇所**

#### 既設温度計ウエル構造概要



#### 新規温度計ウエル構造概要

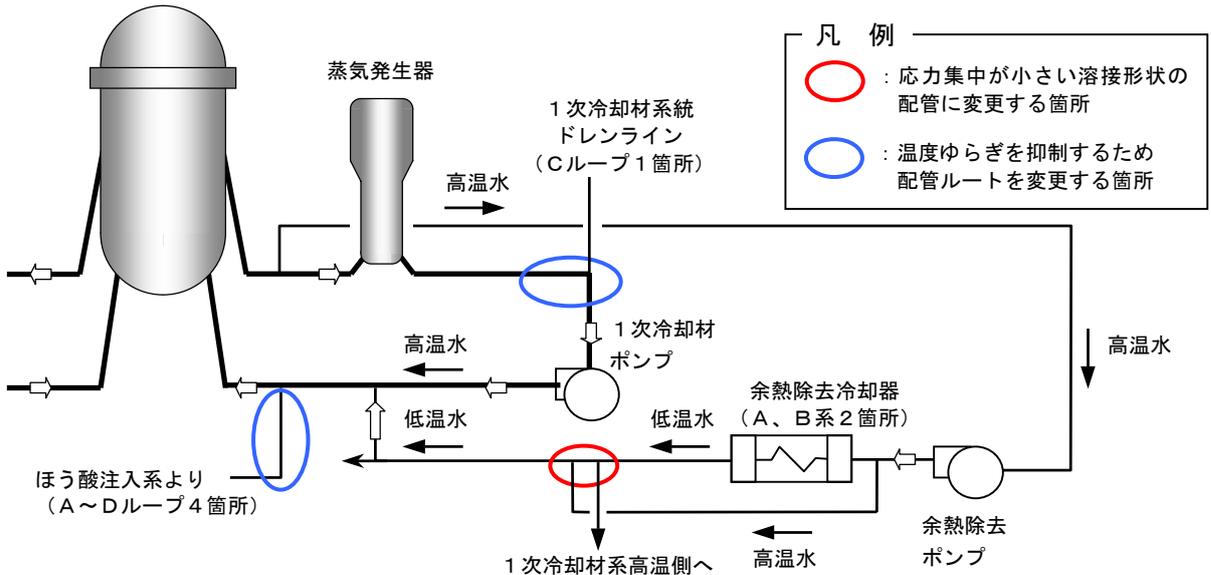


### 高サイクル熱疲労対策工事

**概要**

国内PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象（温度ゆらぎによる疲労）を踏まえ、A及びB余熱除去冷却器バイパスライン合流部の2箇所について、応力集中が小さい溶接形状のものに取り替えます。また、ほう酸注入系の4箇所及び一次冷却材系統ドレンラインの1箇所について、温度ゆらぎを抑制するため、配管ルートを変更します。

**【一次系概略系統】**



	<現 状>	<取替後>
配管の溶接形状を変更する箇所	<p>配管外面 配管内面 溶接裏波</p> <p>配管内面に溶接裏波が突起部として存在することで、当該部に応力が集中する。</p>	<p>配管外面 配管内面</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・溶接裏波を取り除き、応力集中を小さくする。</li> <li>・開先形状（狭開先）を変更することにより、溶接残留応力を低減する。</li> </ul>
配管ルートを変更する箇所	<p>主流（高温水） 閉塞分岐管 熱疲労割れ懸念部位 閉止弁</p> <p>高温流体配管に接続されている閉塞配管に高温水が流入し曲がり部で温度ゆらぎが発生する。</p>	<p>主流（高温水） 閉塞分岐管 閉止弁</p> <p>配管の長さを変更することにより、温度ゆらぎを抑制する。</p>

## 2次系配管の点検等

### 点検概要

国内プラントにおいて発生した2次系配管破断事故を踏まえ、2次系配管1,884箇所について超音波検査（肉厚測定）を実施します。

	管理指針改正後の点検対象部位 ( )内は、第15回定期検査終了時点		今回点検部位	今回点検後の 点検未実施部位
	総数	未点検部位		
主要点検部位	3516 (3516)	3 <sup>*1</sup>	242	0
その他点検部位	5323 (5094)	1327 <sup>*2</sup>	1642	28 <sup>*3</sup>
合計	8839 (8610)	1330	1884	28

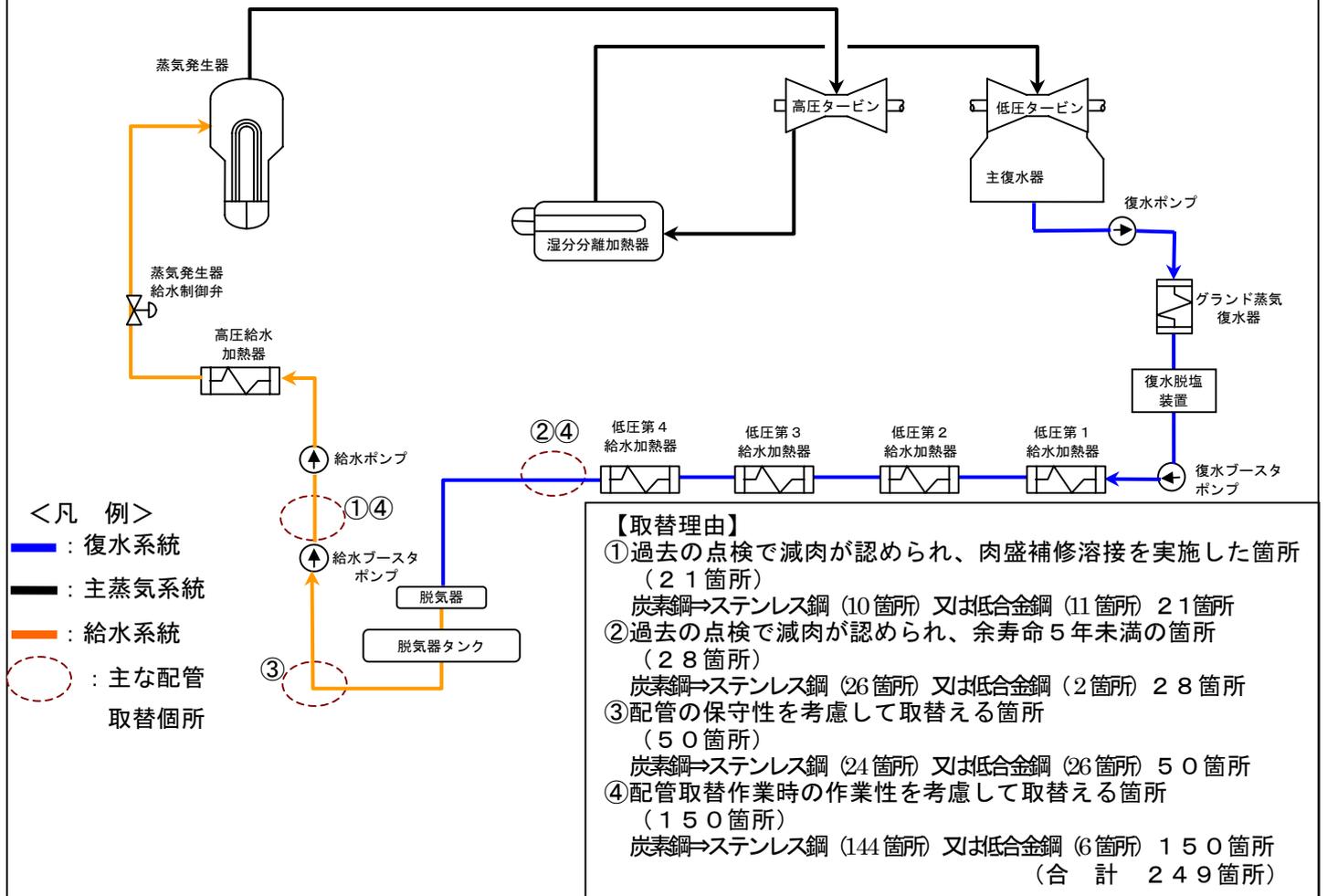
\*1:当該箇所を今定期検査にて耐食性に優れたステンレス鋼管に取り替える。

\*2:前回点検での現場確認結果および日本機械学会が制定した「配管減肉管理に関する技術規格」を踏まえ、未点検部位229箇所を追加した。

\*3:当該部位は、コンクリート内又は狭い部であり対応を検討中である。

### 取替概要

過去の点検で減肉が確認された部位49箇所、配管取り替え時の作業性を考慮した部位150箇所、今後の保守作業を考慮した部位50箇所の合計249箇所を、耐食性に優れたステンレス鋼または低合金鋼の配管に取り替えます。



# 敦賀発電所2号機第16回定期検査の作業工程

