



平成20年 4月30日
日本原子力発電株式会社

東海第二発電所および敦賀発電所1号機の 配管設計の応力解析における不備への対応について

当社の敦賀発電所1号機について、配管に係る構造強度評価の解析実施メーカーが過去に実施した構造強度の評価結果の一部に誤りがあることが確認されましたが、いずれも許容値を満足しており、構造強度に問題がなく、安全上の問題がないことを確認しました。

また、敦賀発電所1号機および東海第二発電所の耐震安全性評価結果中間報告書(平成20年3月31日発表)についても再評価を実施した結果、評価結果に影響がないことを確認しました。

この事象に関し、平成20年4月10日、原子力安全・保安院より再評価および再発防止対策の報告を求める指示文書*¹を受領しました。

(平成20年4月10日発表済)

東海第二発電所について再評価した結果、評価結果の一部に同様の誤りがあるものの、いずれも許容値を満足しており、構造強度に問題がなく、安全上の問題がないことを確認しました。

今回の事象の原因は、当該解析実施メーカーの計算機プログラムの作成・変更・検証業務におけるデータ処理の検討が不十分であり、当社においても、社内規程*²でそれらを具体的に検証する要求事項がなかったことでした。

これを受けて当社では、許認可申請等*³に伴う解析においては、解析実施メーカー等に対してそのデータ処理の管理に関する要求を行い、解析実施状況調査により、その要求事項が正しく行われていることを確認する等の再発防止対策を行います。

以上をとりまとめ、東海第二発電所および敦賀発電所1号機の再評価結果および再発防止対策についての報告書を、本日、原子力安全・保安院に提出しましたのでお知らせします。

今後、敦賀発電所2号機を含めて、再発防止対策を確実に実施してまいります。

以上

* 1 : 「配管設計の応力解析における不備への対応について」(平成20年4月10日付)

* 2 : 品質マネジメントシステム

* 3 : 原子炉設置変更許可申請、工事計画認可申請など。

配管設計の応力解析における不備への
対応について（概要版）

平成 20 年 4 月 30 日
日本原子力発電株式会社

1. 経緯および指示文書への対応

(1) 経緯

- ・平成19年7月16日に発生した新潟県中越沖地震を踏まえて東京電力(株)が実施している点検・評価の中で、柏崎刈羽原子力発電所7号機における配管に係る構造強度評価結果の一部に誤りのあることが確認された。
- ・構造強度評価結果が誤っていた原因は、解析を実施したメーカーの計算機プログラムの一部に問題があったものである。
- ・本事象を踏まえ、4月10日、原子力安全・保安院から、当該メーカーが過去に実施した構造強度評価に関して、問題のあった計算機プログラム(当該計算機プログラム)のデータ処理を修正したうえ、構造強度の再評価を実施し報告すること、並びに根本的な原因究明と再発防止対策について併せて報告する旨の指示文書を受領した。

(2) 影響範囲

今回の不適合事象に係る影響範囲は以下のとおりである。

- ・昭和55年に告示501号が制定された以降のクラス1配管(告示第1種管)の分岐部を含む応力解析
(告示501号制定により、クラス1配管(告示第1種管)の分岐部の応力算定について、モーメントの符号の扱いについて規定された。)
- ・平成6年に告示501号が改正された以降のクラス2配管(告示第3種管)の分岐部を含む応力解析
(告示改正により、クラス2配管(告示第3種管)の分岐部の応力算定について、モーメントの符号の扱いについて規定された。)

(3) 指示文書への対応

- ・東海第二発電所及び敦賀発電所1号機において、当該メーカーが当該計算機プログラムを用いて配管の応力解析を行った以下のものについて、再評価を実施した。
 - a. 工事計画認可申請書における配管分岐部の応力解析
 - b. 「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の改訂(平成18年9月20日)に伴う耐震安全性評価結果 中間報告書における配管分岐部の応力解析
 - c. 高経年化技術評価等報告書における配管分岐部の応力解析(別途報告予定)
- ・根本的な原因究明を行い、再発防止対策の検討を実施した。

2. 再評価結果

再評価を実施した結果、発生応力の値がプログラム修正後に大きくなったものはあったが、既存設備のモデルでは発生応力は許容値を満足しており、構造強度に問題はなく、安全上の問題がないことを確認した*¹。

また、既存設備の評価ではないが、東海第二発電所の第23回定期検査で行う改造工事の計画モデルについても再評価を実施した結果、設計・建設規格に定める手法*²による発生応力は許容値以下であり、安全上の問題がないことを確認した。(添付資料参照)

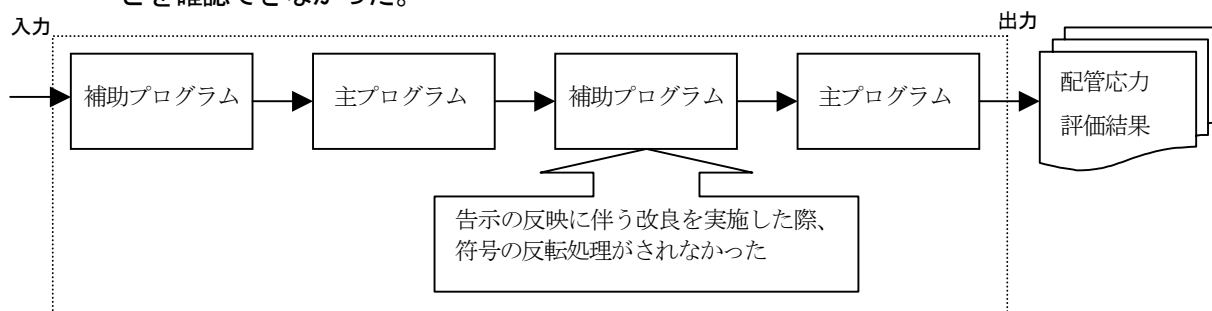
*¹ : 敦賀発電所1号機の格納容器冷却系モデルの再評価結果について、4月10日に原子力安全・保安院へ提出した報告書に一部数値の誤記が認められたため、数値を訂正している。

*² : 設計・建設規格では文献(米国機械学会規格)等に記載されている応力係数や、解析実施メーカー等が採用している応力係数を用いることができる。

3. 原因

(1) 当該メーカーにおける調査結果

- ・ 昭和 50 年に現在の計算機プログラムの原型が完成し、複数の主プログラムとその主プログラム間のデータ授受のための補助プログラムから構成されている。(下図参照)
- ・ 昭和 55 年に告示 501 号が制定され、配管分岐部の評価式が新たに規定されたことから、計算機プログラムの必要な改良を実施した。その際、同告示の規定を反映するために、補助プログラムに符号を反転させる処理が必要であったが、処理されなかった。
- ・ 計算機プログラムの改良後の検証作業においても、符号を反転させる処理が抜けていることを確認できなかった。



(2) 当社における調査結果

- ・ 過去に確認された許認可に伴う解析に係る不適合の対応として、社内規程の整備等を実施してきた。また、解析実施メーカー等に対し、監査を行い、解析実施メーカー等における対策が品質マネジメントシステムに反映されていることを確認している。
- ・ 当該計算機プログラムを用いた工事計画認可申請の解析においては、社内規程に基づき入力値の根拠、入出力値(上図参照)を確認し「解析実施状況確認記録」を作成していたが、当該計算機プログラムについては、当該メーカーから検証がなされているとの説明を受け、また汎用プログラムのみで構成されていると思い、さらに出力結果が工学的に明らかに異常な値ではなかったため、当該計算機プログラムに問題があるとは考えなかった。

(3) 根本的な原因究明の結果

- a. 当該メーカーにおける以下の対応が、当時の時点で不十分であった。
 - ・ 計算機プログラム作成業務において、プログラム間の受け渡しデータの確認項目(単位、桁数、符号等)を明確にして、整合性を確認する具体的な要領が不明確であった。
 - ・ 告示等の応力評価の考え方や計算式が変更された時の計算機プログラムに対する影響評価、検討が不十分であった。
 - ・ プログラム検証業務において、プログラム間の受け渡しデータの整合性確認の方法・結果に対する検討が不十分であった。
- b. 当社における原因究明の結果、当社品質マネジメントシステム(QMS)規程に計算機プログラムについてどのように検証されているか等を確認する要求事項がなく、今回のような問題をチェックできなかった。

4. 再発防止対策

(1) 当該メーカーにおける再発防止対策

- ・ 今後の計算機プログラムの検証においては、今回作成したプログラム間の受け渡しデータの整合性チェックシートを運用する等の具体的な要領を社内規格に定め、実施する。
- ・ プログラム改良に伴う検証作業においては、専門的な知識を有する技術者による評価会議を引き続き実施し、プログラム間の受け渡しデータの整合性を含めた検証を実施する。

- ・ なお、当該計算機プログラムで誤りのあった補助プログラムに関して、プログラム間の受け渡しデータの整合性チェックシートを作成し、符号の反転処理以外に不整合がないことを確認した。また、その他の主、補助プログラムに問題のないことを確認した。

(2) 当社における再発防止対策

許認可申請等に関する調達要求事項として、設計管理に係る当社QMS規程に以下の事項を定める。

- ・ 使用する計算機プログラムの構成を示す資料の提出を解析実施メーカー等に要求し、その構成を確認すること。
- ・ 使用する計算機プログラムが主プログラム以外に、今回のようなプログラム間の受け渡しのある補助プログラムがある場合には、解析実施メーカー等に、受け渡しデータの確認項目（単位、桁数、符号等）を明確にし、プログラム間の受け渡しデータの整合性を検証することを要求し、その結果を確認すること。

5. 水平展開

- ・ 当該メーカーにおいて、当社プラントの許認可に伴う解析に使用している同種の補助プログラムを抽出し、プログラム間の受け渡しデータの整合性確認を行った結果、同様の不適合はなかった。
- ・ 当社プラントの許認可に伴う解析に使用している主プログラムのうち、当該メーカーが開発した主プログラムについて、信頼性は確保されていると考えられるが、プログラム間の受け渡しデータの整合性等について適切な検証がなされていることを確認した。
- ・ なお、他プラントメーカーのプログラムについても同様に、今後速やかに確認を実施する。

6. 本不適合の情報共有

- ・ 当社が行った再評価結果による不適合については、原子力施設情報公開ライブラリー（NUCIA）に登録、公開し、産官学における情報共有を行う。

7. 添付資料

- ・ 配管の構造強度の再評価結果

以 上

配管の構造強度の再評価結果

(1) 東海第二発電所 工事計画書

表1 東海第二発電所 配管の構造強度の再評価結果※1

系統	配管種別	一次応力評価※2 (発生応力)			一次+二次応力評価※3 (発生応力)			疲労評価※4 (疲れ累積係数)		
		プログラム修正前 (MPa)	プログラム修正後 (MPa)	許容値 (MPa)	プログラム修正前 (MPa)	プログラム修正後 (MPa)	許容値 (MPa)	プログラム修正前 (-)	プログラム修正後 (-)	許容値 (-)
原子炉冷却材浄化系 (CU-PD-9)	クラス1	97	97	234	292	322	342	0.2128	0.2128	1
残留熱除去系 (RHR-R-31)	クラス2	119	119	154	—※3,4					
残留熱除去系 (RHR-R-33)	クラス2	100	107	154						
残留熱除去系 (RHR-R-46)	クラス2	17	17	154						
残留熱除去系 (RHR-R-55)	クラス2	18	18	154						
原子炉隔離時冷却系 (RCIC-R-14)	クラス2	59	59	154						
原子炉隔離時冷却系 (RCIC-R-33)	クラス2	51	51	180						
高圧炉心スプレイ系 (HPCS-R-1) ※5	クラス2	33	39	150						
低圧炉心スプレイ系 (LPCS-R-1) ※5	クラス2	16	46	150						
残留熱除去系 (RHR-R-40) ※5	クラス2	73	126	150						

※1：個々の評価項目における最大値を記載。但し、クラス2配管の一次応力は、「内圧応力+自重応力+短期的機械荷重」の応力値ではなく、応力値に自重の占める割合が大きな「内圧応力+自重応力」の値を記載。

※2：一次応力評価では、クラス1配管およびクラス2配管の分岐部の応力を算出する際に主管・枝管のモーメントの符号を考慮して計算することが規定されている。

※3：一次+二次応力評価では、クラス1配管の分岐部のみ応力を算出する際に主管・枝管のモーメントの符号を考慮して計算することが規定されている。

※4：クラス1配管では疲労評価が要求されている。

※5：現在実施中の第23回定期検査にて行う改造工事に係る計画モデル。

(2) 敦賀発電所1号機 工事計画書

表2 敦賀発電所1号機 配管の構造強度の再評価結果^{※1}

系統	配管種別	一次応力評価 ^{※2} (発生応力)			一次+二次応力評価 ^{※3} (発生応力)			疲労評価 ^{※4} (疲れ累積係数)		
		プログラム修正前 (MPa)	プログラム修正後 (MPa)	許容値 (MPa)	プログラム修正前 (MPa)	プログラム修正後 (MPa)	許容値 (MPa)	プログラム修正前 (-)	プログラム修正後 (-)	許容値 (-)
原子炉給水系 (FDW-PD-1)	クラス1	150	150	414	384	384	414	0.1832	0.1951	1
原子炉給水系 (FDW-PD-2)	クラス1	179	179	414	466	466 ^{※5}	414	0.1981	0.2092	1
炉心スプレイ系 (CS-PD-1)	クラス1	232	235	414	702	702 ^{※5}	414	0.2225	0.2757	1
炉心スプレイ系 (CS-PD-2)	クラス1	232	235	414	698	698 ^{※5}	414	0.2952	0.2952	1
原子炉圧力容器頭部冷却系 (RHC-PD-7)	クラス1	240	248	364	1030	1030 ^{※5}	366	0.6251	0.6333	1
格納容器冷却系 (CC-R-5)	クラス2	58	58	154	— ^{※3,4}					
格納容器冷却系 (CC-R-6)	クラス2	72	72	154						
格納容器冷却系 (CC-R-8)	クラス2	46	55	154						
格納容器冷却系 (CC-R-10)	クラス2	13 ^{※6} (14)	13 ^{※6} (14)	154 ^{※6} (68)						
格納容器冷却系 (CC-R-11)	クラス2	29	48	154						
原子炉停止時冷却系 (SHC-R-4)	クラス2	78	67	154						
原子炉停止時冷却系 (SHC-R-5)	クラス2	50	82	154						

※1：個々の評価項目における最大値を記載。但し、クラス2配管の一次応力は、「内圧応力+自重応力+短期的機械荷重」の応力値ではなく、応力値に自重の占める割合が大きな「内圧応力+自重応力」の値を記載。

※2：一次応力評価では、クラス1配管およびクラス2配管の分岐部の応力を算出する際に主管・枝管のモーメントの符号を考慮して計算することが規定されている。

※3：一次+二次応力評価では、クラス1配管の分岐部のみ応力を算出する際に主管・枝管のモーメントの符号を考慮して計算することが規定されている。

※4：クラス1配管では疲労評価が要求されている。

※5：設計・建設規格に基づく疲労評価の許容値を満足しているため設備は健全である。

※6：平成20年4月10日付報告の数値に誤記を認めため、訂正した値を記載。〔() 内は訂正前の値〕

(3) 東海第二発電所 耐震バックチェック中間報告

表3 東海第二発電所 配管の構造強度の再評価結果

系統	配管種別	一次応力評価			注記
		プログラム修正前 (MPa)	プログラム修正後 (MPa)	許容値 (MPa)	
主蒸気系 (MS-C)	クラス1	211	211	345	S s 波評価

(4) 敦賀発電所1号機 耐震バックチェック中間報告

表4 敦賀発電所1号機 配管の構造強度の再評価結果

系統	配管種別	一次応力評価			注記
		プログラム修正前 (MPa)	プログラム修正後 (MPa)	許容値 (MPa)	
主蒸気系 (MS-PD-1)	クラス1	224	224	364	S s 波評価