

第53回原子力安全委員会
資料 第 4 号

関西電力㈱大飯発電所1号機の定期検査中に発見された主給水配管の減肉の原因と対策に係る関西電力㈱からの報告及び検討結果について

平成16年7月29日
経 済 産 業 省
原子力安全・保安院

関西電力㈱大飯発電所1号機（加圧水型軽水炉、定格電気出力117万5千kW）の定期検査中に確認された主給水配管の一部が減肉した事象について、関西電力㈱から、平成16年7月27日付けで原因と対策に関する報告書が原子力安全・保安院に提出されたので報告します。

添付資料1：

「関西電力㈱大飯発電所1号機の定期検査中に発見された主給水配管の減肉の原因と対策に係る関西電力㈱からの報告及び検討結果について」

(原子力安全・保安院)

添付資料2：

「大飯発電所1号機 2次系主給水配管曲がり部の減肉について」

(関西電力㈱)

平成16年7月27日
経済産業省
原子力安全・保安院

関西電力㈱大飯発電所1号機の定期検査中に発見された主給水配管の減肉の原因と対策に係る関西電力㈱からの報告及び検討結果について

定期検査中の大飯発電所1号機（加圧水型軽水炉、定格電気出力117万5千キロワット）において、主給水配管の一部の減肉が確認された事象（平成16年7月5日発表済み）に関し、関西電力㈱は、本日（7月27日）、原子力安全・保安院（以下「当院」という。）に対し、原因と対策に係る報告書を提出した。

1. 関西電力㈱の原因と対策に係る報告書の要点

(1) 調査結果

切断した配管の内面を目視点検した結果、割れや腐食等の異常は認められなかったが、ほぼ全面にわたりエロージョン・コロージョン*に見られる鱗片状模様を呈し減肉していた。

また、当該曲がり部及びその上流にある主給水隔離弁（玉型弁）による流況について解析を実施した結果、当該弁内部で生じた流れの乱れが、曲がり部でさらに強くなっており、エロージョン・コロージョンを発生させる可能性があることが確認された。

一方、当該曲がり部においては、平成元年と平成5年に関西電力㈱から自主点検が実施されており、減肉傾向が認められていたことが判明した。

* 金属材料の腐食が流体の流れにより加速される現象。

(2) 推定原因

報告対象となる厚さに至る減肉が発生した原因は、主給水隔離弁（玉型弁）の構造に起因して大きく乱れた水流が、当該曲がり部においてさらに乱れたことにより減肉が発生し、ゆるやかに進展したためと推定される。

また、今回の原因調査の過程において、過去に把握された減肉傾向について、フォローアップの方針が明確でなかったこと等、保守管理上の不適切な点が抽出された。

(3) 対策

- ①当該配管曲がり部については、同寸法・同材料の配管に取り替える。
- ②玉型弁下流の曲がり部での減肉発生の知見が得られたため、今後、同型の主給水隔離弁を有する大飯発電所2号機を含め、当該部位について、減肉傾向の監視を強化する。また、他プラントを含め、主給水系統で著しい減肉が発生する可能性のある部位についても、同様の措置を講じる。
- ③今般の保守管理上明らかになった問題点に関し、保守管理に係るシステム全般について点検を行うとともに、その結果を踏まえた対策を講じる。

2. 本報告に係る当院の評価について

当院として、関西電力(株)から提出された報告書について検討した結果、報告対象となる厚さに至る減肉が発生した原因の推定とその背景にある保守管理上の不適切な部分の分析、及びこれらに対する対策は首肯できるものとする。

また、関西電力(株)が今回の事象を踏まえ、保守管理に係るシステムについても点検を行うこととしていることを踏まえ、当院としては、保安検査等の機会を通じ、関西電力(株)の保守管理活動に関する取組み状況を適宜確認していくこととする。

(INESによる暫定評価)

| 基準1 | 基準2 | 基準3 | 評価レベル |
|-----|-----|-----|-------|
| — | — | 0— | 0— |

【本発表資料のお問い合わせ先】

原子力安全・保安院

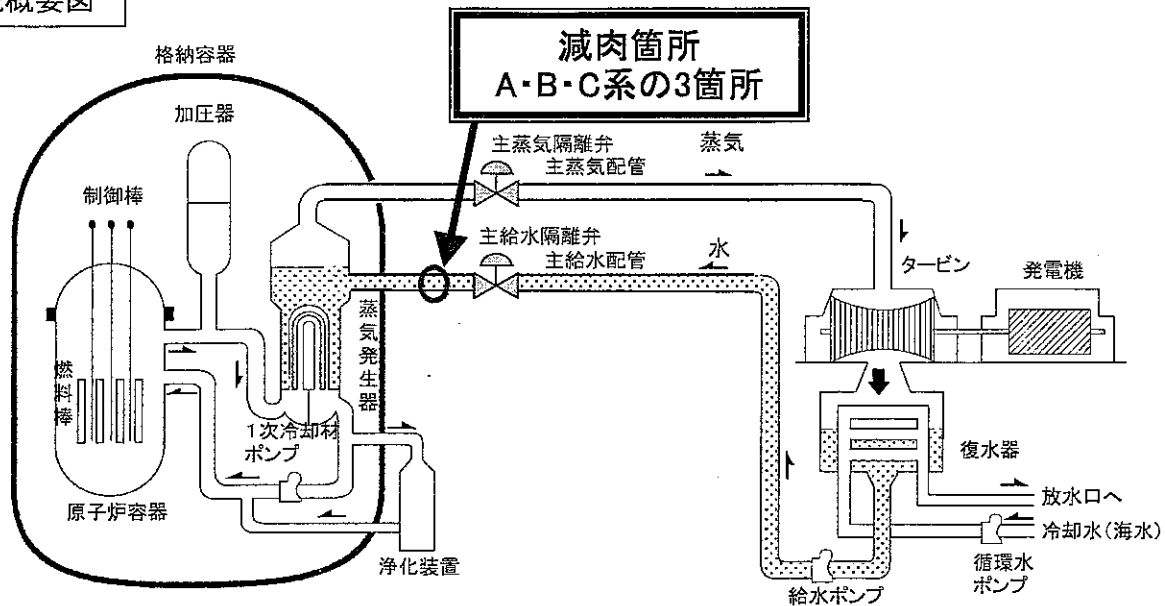
原子力防災課原子力事故故障対策室 前田、天野

電話：03-3501-1511 (内) 4911

03-3501-1637

2次系主給水配管曲がり部の減肉の調査結果について

系統概要図



測定結果

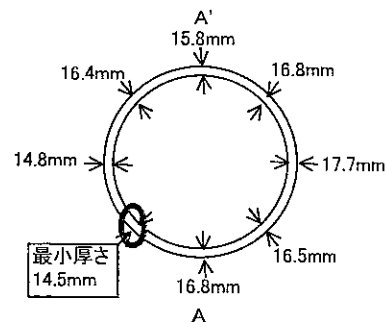
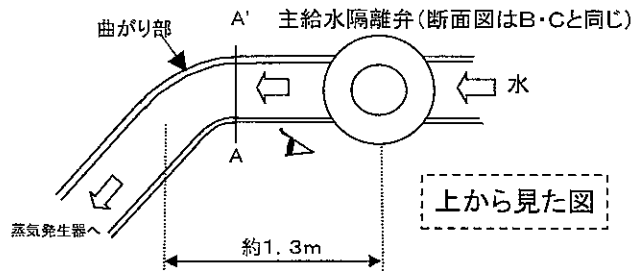
| 配管形状 | 計算上の必要厚さ | 実測最小値 |
|------------------|----------|--------|
| A-主給水配管曲がり部(45°) | 15.7mm | 14.5mm |
| B-主給水配管曲がり部(90°) | | 12.1mm |
| C-主給水配管曲がり部(90°) | | 13.9mm |
| D-主給水配管曲がり部(90°) | | 20.0mm |

配管仕様

外 径: 約410mm
 厚 さ: 約21mm
 最高内圧: 約8MPa
 最高温度: 約230°C
 材 質: 炭素鋼鋼管
 流 量: 約1,700t/h・ループ

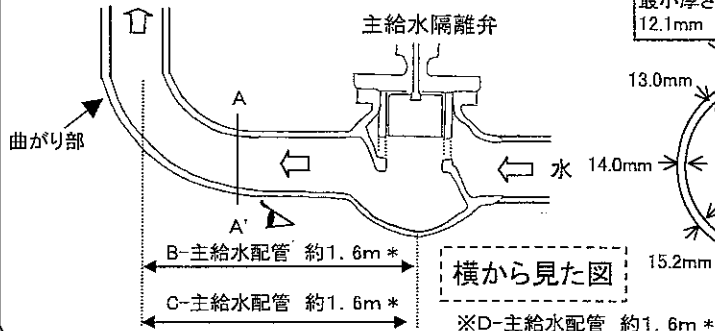
A-主給水配管曲がり部の減肉状況

曲がり部(45°)イメージ

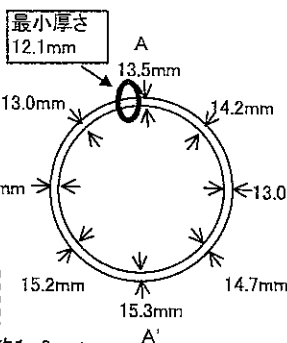


B・C-主給水配管曲がり部の減肉状況

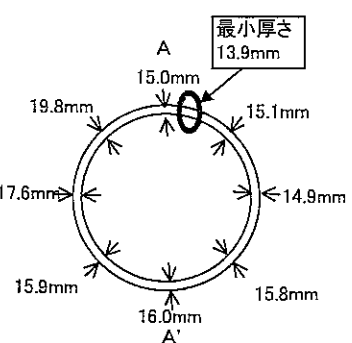
蒸気発生器へ 曲がり部(90°)イメージ



(B-主給水配管曲がり部)

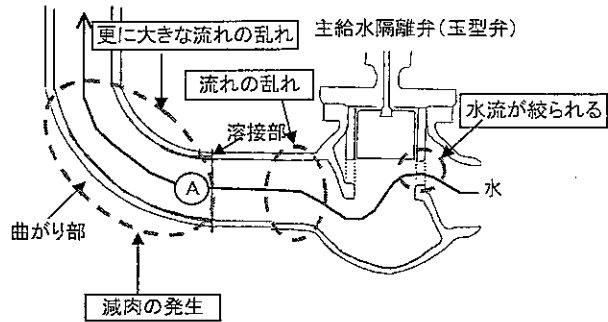


(C-主給水配管曲がり部)



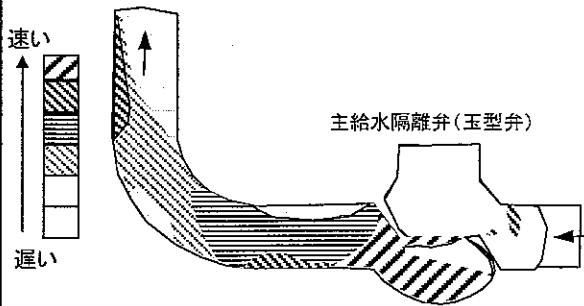
【訂正】 * 前回発表値 B-主給水配管 約1.1m, C-主給水配管 約1.0m, D-主給水配管 約1.5m

減肉発生メカニズム



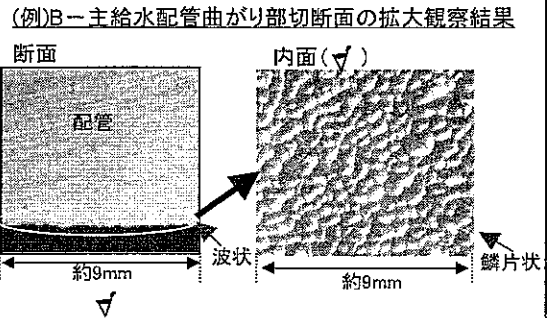
主給水隔離弁(玉型弁)内部で生じた流れの乱れが、配管曲がり部でさらに強くなっており、エロージョン・コロージョンを発生させる可能性があることが確認された。

流況解析



主給水隔離弁下流部で流れに乱れが生じ、エロージョン・コロージョンを起こす可能性があることが確認された

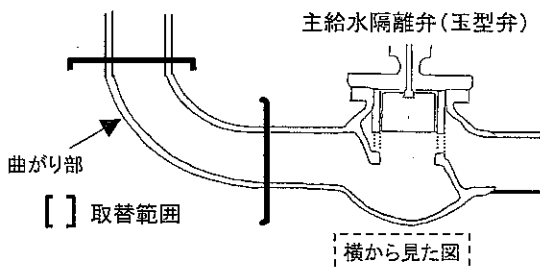
拡大観察(Ⓐ部)



エロージョン・コロージョンに見られる鱗片状模様を呈し減肉していた。

対策

(例)B・C-主給水配管曲がり部(90°)の取替



○今後、主給水隔離弁(玉型弁)と同型式の弁を有する大飯2号機を含め、当該部について、減肉傾向の監視を強化する。
また、他プラントを含め主給水系統で著しい減肉が発生する可能性のある部位についても、同様の措置を講じる。

○保守管理上明らかになった問題点に関し、保守管理システム全般について点検を行うとともに、その結果を踏まえ対策を講じる。

大飯発電所1号機 2次系主給水配管曲がり部の減肉について

関西電力株式会社
平成16年7月

1. 件名

大飯発電所1号機 2次系主給水配管曲がり部の減肉について

2. 事象の発生日時

平成16年 7月5日 13時30分

〔主給水隔離弁から蒸気発生器までの主給水配管（エルボ部）点検完了により
計算上必要厚さを下回っていることを確認した日時〕

3. 事象発生 of 電気工作物

原子炉冷却系統設備 主給水配管

4. 事象発生時の運転状況

第19回定期検査中

5. 事象発生の状況

(添付資料-1、2)

大飯発電所1号機（加圧水型軽水炉 定格電気出力117万5千キロワット、定格熱出力342万3千キロワット）は、平成16年6月4日から第19回定期検査を実施中のところ、7月1日から2日にかけて、2次系配管経年変化調査工事において主給水配管（炭素鋼（STPT42））の厚さを測定した結果、4系統ある配管のうち3系統（A、B、C）の主給水隔離弁下流の配管曲がり部（以下「エルボ部」という）（格納容器バウンダリ部）の厚さが部分的に計算上必要厚さ（15.7mm）を下回っていることを確認した。

その後、7月5日13時30分に主給水隔離弁から蒸気発生器までの主給水配管の厚さ測定を完了したが、当該エルボ部以外で計算上必要厚さを下回る減肉は認められなかった。

なお、今回の事象は保安規定に定める運転上の制限を満足している。

6. 時系列

6月15日 2次系配管経年変化調査工事にて主給水配管の厚さ測定開始

7月 1日

18時頃

B、C主給水隔離弁下流エルボ部の測定値が計算上必要厚さを下回っているとの連絡を協力会社から受けて、測定計画外であったA、D主給水隔離弁下流エルボ部の追加測定を決定

7月 2日

10時頃

A、B、C主給水隔離弁下流エルボ部の測定値が計算上必要厚さを下回っていることを確認（D主給水隔離弁下流エルボ部は計算上必要厚さを満足）

7月 5日

13時30分

主給水隔離弁から蒸気発生器までの主給水配管の厚さ測定完了

7. 主給水配管厚さ測定結果

(添付資料-3、4)

6月15日から7月5日の間で、主給水配管の厚さ測定を実施し、評価した結果、A、B、C主給水隔離弁下流エルボ部（格納容器バウンダリ部）の一部において、計算上必要厚さを下回っていた。

(厚さ測定最小値
A : 14.5 mm、B : 12.1 mm、C : 13.9 mm
(計算上必要厚さ : 15.7 mm))

なお、D主給水隔離弁下流エルボ部の厚さ測定最小値は20.0 mmであり、計算上必要厚さ(15.7 mm)を上回っていた。

A～Cエルボ部の厚さを、さらに詳細調査した結果、内面から全体的に薄くなっており、A～Cとも最も薄くなっていた箇所はエルボ部内面腹側であった。(Cには一部減肉が認められない部分があった。)

また、Aエルボ部は水平左方向に45°曲がっているのに対し、B～Dエルボ部は上方向に90°曲がっている。

類似箇所の点検として、当該エルボ部から下流側の蒸気発生器までの間の全てのエルボ部の厚さ測定を実施した結果、全ての類似箇所で計算上必要厚さを上回っていることを確認した。

8. 原因調査 (設備面) (添付資料-5)

今回の事象について、FT図に基づき調査を実施した。

(1) 現地調査

①外面目視点検 (添付資料-6)

A、B、Cエルボ部の保温材を取外し、エルボ部外面の目視点検を実施した結果、腐食、当て傷等の異常は認められなかった。また、溶接不良や割れ及び変形等も認められなかった。

②厚さ測定 (添付資料-7)

当該エルボ部を20 mmピッチで厚さを測定した結果、A、B、C系統でエルボ部は上流側と直管(短管)部の取り合い箇所付近が最も厚さが薄く(減肉量が多い)、また蒸気発生器に向うエルボ部下流側ほど減肉量が少なくなっていることを確認した。

主給水隔離弁とエルボ部との間の直管(短管)部についても厚さ測定を実施した結果、一部に減肉は認められたものの計算上必要厚さを満足しており、エルボ部と比較して減肉量は少ないことを確認した。

また、主給水隔離弁上流側の配管の厚さ測定を実施した結果、A～D系統とも若干の減肉は認められたが、計算上必要厚さを満足していることを確認した。

③内面目視点検 (添付資料-8)

A、B、Cエルボ部の溶接部近傍(主給水隔離弁側)を切断し、エルボ部内面を目視点検した結果、割れや腐食ピット等の異常は認められなかったが、ほぼ全体にエロージョン・コロージョンに見られる鱗片状模様を呈し、減肉していることを確認した。

また、A～C主給水隔離弁とエルボ部との間にある直管(短管)部についても同様に内面の目視点検を行った結果、一部にエロージョン・コロージョンに見られる鱗片状模様を呈した減肉を確認した。

なお、A～Cエルボ部の内面を目視点検した結果、Cエルボ部において、厚さ測定で減肉が認められなかったエルボ部入口側取り合い部には、上流側から見て約45°～105°(配管上部が0°)の範囲で溶接裏波が最大高さ約2.3 mm残

存していることを確認した。一方、A、Bエルボ部入口側の溶接裏波は残存していなかった。

配管厚さが計算上必要厚さを上回っていたDエルボ部等におけるエロージョン・コロージョンの影響の有無を確認するために、エルボ部上流のD主給水隔離弁を分解し、当該弁上流側及び下流側の配管内面をファイバースコープ等により点検した。

その結果、主給水隔離弁上流側にはエロージョン・コロージョンに見られる鱗片状模様は認められなかった。また、給水隔離弁下流側にも鱗片状模様は認められなかった。ただし、触手にて配管内面がざらついていることが判った。また、溶接裏波は全周にわたり残っていた。

④断面マクロ観察 (添付資料-9)

切断したA、B、Cエルボ部のうち、最も減肉していた箇所を一部切り取り、拡大観察した結果、内表面にエロージョン・コロージョンに見られる波状形状が認められ、その高さは平均約0.05mmであった。

⑤エルボ部の設置状況 (添付資料-10)

当該エルボ部の設置状況を確認した結果、主給水隔離弁からエルボ部までの間の直管(短管)部の長さはA~Dとも約43.0cmであり、差がないことを確認した。直管(短管)部の配管外径は約40.6cmであることから、配管長さと配管外径の比は約1.1であった。その結果、エロージョン・コロージョン対策の目安である L (配管長) $>2D$ (配管外径の2倍の長さ)を満足していなかった。

(2) 運転パラメータの調査 (添付資料-11)

至近6サイクルの主給水流量、温度、圧力を確認した結果、全て目標値内で推移しており、問題のないことを確認した。

(3) 水質パラメータの調査 (添付資料-12)

至近6サイクルの運転中の給水水質を確認した結果、pH、電気伝導率、鉄濃度、塩素(Cl)イオン濃度は管理値内で推移しており、問題のないことを確認した。

(4) 過去の厚さ測定結果 (添付資料-13)

平成元年9月(第8回定期検査)及び平成5年7月(第11回定期検査)に、当該エルボ部の厚さ測定を実施しており、記録を確認した結果、軽微な減肉が認められた。

厚さ測定最小値 (最小公称厚さ 18.7mm)

○第8回定期検査時

A: 18.5mm、B: 18.7mm、C: 19.3mm、D: 21.3mm

○第11回定期検査時

B: 17.8mm、D: 21.2mm (A、C系統は測定せず)

(5) クロム(Cr)含有量測定結果 (添付資料-14)

A、B、Cエルボ部の切り取った一部をメーカー研究所に持ち込み、クロム(Cr)含有量を分析した結果、配管の耐エロージョン・コロージョン性に影響を及ぼすクロム(Cr)含有量は、A: 0.02wt%、B: 0.01wt%、C: 0.01wt%

であり、また系統間で有意な差はなかった。

なお、建設時の材料証明書にてクロム（Cr）含有量が規定されているかを調査した結果、特に規定されていなかった。

（6）設計等の調査

①建設当時の設計の考え方

建設当時（1970年代）、配管内の流況によるエロージョン・コロージョンへの影響についての知見が当時ほとんどなかったことから、その影響について検討がなされなかった。

なお、原子力発電所でのエロージョン・コロージョンに対する検討が具体的に行われるようになったのは、1980年代に入ってからである。

②指針策定時の知見

（添付資料－15）

点検指針策定時においては、温度による影響を評価している。その時に得られた知見は配管の減肉率に対する温度の影響については、水単相（給水）の場合、減肉は100℃～200℃の範囲で発生しやすく、その範囲の中でも150℃前後に減肉率が最大となる傾向にあるとされていた。（実機プラントでの減肉データの評価により150℃付近に減肉率が最大となる傾向が認められたこと、及び文献調査においても同様な研究データが存在する。）

この知見を基準にすると、当該の主給水隔離弁（玉型弁）は弁開度が全開であり、温度が約100～200℃でないことから「その他系統」に分類されていたが、今回温度が230℃程度の主給水隔離弁（玉型弁）の下流においても減肉が生じるという新しい知見が得られた。

（7）玉型弁と仕切弁の違い

（添付資料－16、17、18）

大飯1，2号機を除くプラントに採用されている仕切弁タイプの主給水隔離弁の下流側の流況変化の影響についても解析を行った。

この結果、流動解析及び弁型式による流れの乱れ度の確認結果から、主給水隔離弁（玉型弁）内を給水が通過することにより弁内部で生じた流れの乱れが、下流側のエルボまで残存し、エルボを通過する際に、更に流れが乱れたことによる影響が加わり、主給水隔離弁下流でエロージョン・コロージョンが発生する可能性があることが判った。

主給水隔離弁（玉型弁）との比較のため、他のプラントで使用されている主給水隔離弁（仕切弁）を模擬し調査した結果、仕切弁を通過する流れは直管モデルでも90度エルボモデルでも、流体自体は真っ直ぐ通過し玉型弁のように乱れが生じることはない。

また、エルボ曲り部腹側では、流速が背側に比べ増加傾向になることが確認できた。

以上の結果から、大飯1，2号機で採用している玉型弁と他の発電所で採用している仕切弁の違いが分かった。

ただし、同じ玉型弁を採用している大飯1，2号機でも減肉進展に違いがあり、過去の減肉測定データをプロットすると、主給水隔離弁（玉型弁）、直管、エルボの寸法形状に大きな差はないが、大飯1号機のA～C系エルボは、D及び大飯2号機の

A～D系エルボに比べて減肉の進展が速いことが分かる。

(8) A～C主給水系統とD主給水系統との差 (添付資料-17)

A～C主給水系統とD主給水系統において、減肉量に差が見られたことから各種比較及び主給水隔離弁（玉型弁）及び同弁の下流配管をモデル化し、流況変化の影響について解析するとともに、減肉量の差について検討を実施した。

エルボ部の形状や配管敷設状況から、特異な差はなく、製造段階の状況においても、同一材料で製作され、成分分析からもクロム(Cr)含有量も差がなかった。

このことから、D系統は、A～C系統に比べてエロージョン・コロージョンが少なかったが、エロージョン・コロージョンの程度に影響すると考えられる要因についてA～D系統の比較検討した結果、明確な差は認められなかったが、主給水隔離弁（玉型弁）の構造、エルボ部の微妙な形状の違い等によるバラツキにより、主給水の水流れに乱れの差が生じたためと推定される。

(9) 原因調査（設備面）まとめ (添付資料-18)

①建設当時（1970年代）大飯1，2号機の主給水隔離弁は他の国内プラントと異なり、仕切弁と比較して、流況の乱れの度合いの大きい全開運用の玉型弁を採用しているとともに、耐エロージョン・コロージョン対策が具体的に検討されていなかった。

②主給水隔離弁（玉型弁）内を給水が通過することにより弁の下流での流れの乱れに、エルボ部での流速増加による影響が加わったこと、及び主給水隔離弁からエルボ部までの直管が短かった（2D（配管外径の2倍）以下）ため、主給水隔離弁（玉型弁）の出口エルボ部でエロージョン・コロージョンが発生し、徐々に減肉が進展した結果、計算上必要厚さを下回ったものと推定される

③なお、A～D主給水系統間においては、エルボ部の形状（45°または90°）及び配管の敷設状況には系統間の違いはあるものの、主給水逆止弁～主給水隔離弁～当該エルボ部間の配置には、流れの乱れに影響を与える面で大きな差はなく、当該エルボ部の製造状況、クロム（Cr）含有量、当該エルボ部周辺の配管長さにも大きな差がないことから、エロージョン・コロージョンの程度の違いに影響を与えるような明確な差は見い出せなかったが、主給水隔離弁やエルボ部の微妙な形状の違いに起因する主給水の水流れの乱れの差等により、各系統のエルボ部におけるエロージョン・コロージョンの程度に差が生じたものと推定される。

9. 原因調査（保守管理面）

当該エルボ部の点検頻度は、平成2年に策定した「原子力設備2次系配管肉厚の管理指針(PWR)」(平成元年4月に基本的事項決定、平成2年6月に制定)（以下「点検指針」という）に基づき、「その他系統」に分類し、10年で対象箇所約25%を点検することとしていた。

今回、上記に基づき保守していたにもかかわらず、エルボ部に計算上必要厚さを下回る減肉を認めたことから、保守管理面に改善すべき点がないかの調査を実施した。

(1) 点検計画の調査 (添付資料-19)

①点検指針策定の経緯

当社は、昭和58年頃から2次系配管の減肉による漏えい事象を経験し、その反

映として昭和60年より2次系配管の体系的減肉調査を実施した。昭和62年12月に発生した米国サリー発電所の主給水配管破断事象を受け、昭和63年度からこのデータをもとに、実機配管の点検計画（点検指針）を策定した。

②点検指針について

点検指針では、昭和60年より実施した2次系配管の体系的減肉調査において得られた減肉データを統計的に処理し、湿り度、温度、流速の要因に区分し整理した結果から、減肉が顕著に発生する流体条件に当てはまる系統を「主要点検系統」として傾向監視保全に、それ以外の系統を「その他系統」として時間計画保全に整理している。

(2) 保守管理面の調査結果

(添付資料-20)

今回の事象に鑑み過去の点検結果の点検指針への反映経緯等について、保守管理の観点から詳細な調査を実施した結果、以下の問題点が抽出された。

1号機第8回定期検査（平成元年8月）での減肉調査の結果は、A系統の当該エルボ部で18.5mm（最小公称厚さ18.7mm）であり、工事報告書において「注意」（肉厚が最小公称厚さ未満～判定基準厚さ（17.7mm）以上）に分類されていた。この「注意」の対応としては、プラントメーカ（2次系）は3回以上減肉調査し、減肉の進展を確認することを推奨していたが、当該エルボ部の「注意」は、軽微な減肉であり計算上必要厚さ（15.7mm）に対して十分余裕があったことから、組織的な対応をとらずに継続的な監視は不要と判断したものと推定される。

また、この頃、上位機関は著しい減肉があった場合には減肉調査結果を報告する仕組みを構築していたが、具体的な報告基準を定めておらず、また発電所も、プラントメーカ（2次系）が減肉調査し、かつ指針策定に携わっていることから、報告の必要性を意識できなかったため、点検指針策定時に減肉データが伝わらなかったため指針の策定に反映できなかった。

平成5年、1号機第11回定期検査での減肉調査の結果は、B系統の当該部で17.8mm（計算上の必要厚さ15.7mm）であり、プラントメーカ（1次系）は余寿命評価を行い、1.9年以内に計算上の必要厚さを下回る可能性があるとして、次回（第12回）定期検査での取り替えを推奨していた。しかし、提出した余寿命評価（実際の余寿命は約7年）に誤りがあったことから、当面对応は不要として組織的には特に行動をしなかった。

取替推奨があったが、配管の余寿命評価の間違いに気づき、当面の対応は不要と判断したと推定される。

また、格納容器バウンダリ部の減肉であり、かつ減肉が想定されない「その他系統」での減肉事象が判明したにもかかわらず、発電所は具体的な点検計画についての検討を組織的に実施しなかった。

平成8年、減肉調査の施工会社をプラントメーカから協力会社に移行するための準備作業として上位機関はプラントメーカ（2次系）より過去の点検データを入手し、配管の減肉調査結果を一元管理するために協力会社の減肉データ管理システム（以下「NIPS」という）への入力を指示した。しかし、プラントメーカ（1次系）が採取した平成5年のデータについて、データの存在を認識していなかったため減肉デー

タの引渡しを依頼しなかったことにより、プラントメーカ(1次系)のデータはNIPSに入力されなかった。

平成9年、協力会社よりNIPSを活用した「主要点検系統」における配管の余寿命評価精度の向上や、今回の減肉事象の当該部である「その他系統」の余寿命評価結果による計画的な点検の推奨及び未点検箇所を中心に10年以内に全ての部位を最低1度点検する等について提案があり、発電所は協力会社の提案を受けて、点検範囲を拡大した。

一方、協力会社からあわせて「その他系統」にも減肉傾向がある部位が存在するとの提案を受けたが、点検指針において「その他系統」は減肉傾向のない部位であり、かつ減肉データが1点しか取れていない場合保守的な減肉評価であると判断し、NIPSにて余寿命超過部位の確認はしていなかった。

このため、この時点ではNIPS上、B系統の当該部の余寿命評価が7.4年(次回点検時期平成7年(第12回))となっていたことに気付かなかった。

(3) 定期事業者検査に係る取扱い

当該部位は省令62号第9条に要求される機能を満足させるための健全性を確認する必要があるとして、定期事業者検査項目「第3種機器供用期間中検査」において、10年毎に漏えい検査を実施することを規定している。

一方、当社の点検計画においては、過去の知見に基づき策定された点検指針に規定しているとおり、当該部位では内部流体の条件から配管厚さに有意な減肉進展が認められないとする知見があったことから「その他系統」に整理し、約25%/10年の点検頻度で厚さ計測を実施する保全プログラムとしていた。したがって、当該部の厚さ計測は「第3種機器供用期間中検査」で実施する漏えい検査の補完的な点検と位置づけて、電力自主点検を実施していた。

なお、主給水隔離弁より復水器側の2次系配管については、定期事業者検査項目である「2次系配管検査」として実施している。

10. 推定原因

主給水隔離弁(玉型弁)により乱れが大きくなった給水が主給水隔離弁から下流のエルボ部を通過する際に更に流れが乱れたことによりエロージョン・コロージョンが発生し、ゆるやかに進展したため、当該部の配管肉厚が計算上必要厚さを下回ったものと推定される。

また、今回の原因調査の過程において、過去に把握された減肉傾向について、フォローアップの方針が明確でなかったこと、点検指針がその後の調査結果を踏まえて見直しを行う仕組みとなっておらず、当該エルボ部に減肉が見られたものの「その他系統」として扱われたこと、設備所管範囲の相違や管理の移行に伴う情報の引き継ぎが不十分であったため、今回の定期検査まで減肉に対する対応が実施されなかったこと等、保守管理上の不適切な点が抽出された。

11. 対策

(添付資料-21, 22)

(1) 計算上必要厚さを下回ったA、B、Cエルボ部について、同寸法・同材料の配管に取り替える。

- (2) 現在定期検査中の大飯1号機からすべての発電所において、主給水隔離弁から蒸気発生器まで及び蒸気発生器から主蒸気隔離弁までの範囲の厚さ測定については、定期事業者検査として位置付ける。
- (3) 今回の事象で玉型弁下流エルボ部での減肉発生の知見が得られたため、今後、同型の主給水隔離弁を有する大飯2号機を含め、主給水系統（主給水隔離弁から蒸気発生器まで）のエルボ部及び玉型弁下流側の2D（配管外径の2倍）の範囲内にある直管部で、常時通水状態である系統については、配管厚さの経年監視を強化することとした。また、他プラントを含め、主給水系統で著しい減肉が発生する可能性のある部位についても、同様の措置を講じる。
- (4) 今後これまでに蓄積されたデータを調査・分析し、点検指針の見直しについて検討を実施する。その際、点検時期については、設備の重要性を考慮したものに見直す。また、「その他系統」において、著しい減肉が認められた場合は、点検指針の見直しについて検討することを点検指針に明記する。
- (5) プラントメーカ（1次系）分の過去の調査データについては、NIPSに入力する。
- (6) 安全上重要な設備について、点検を実施する協力会社を変更する場合、若しくは管理システムを変更する場合には、過去の懸案事項等を整理、把握し、確実に引き継がれることを確認するように「保守に関する社内標準」に反映するとともに、保守関係者に周知し、定期的に内部監査で確認する。
- (7) 保守管理上明らかになった問題点に関し、保守管理に係るシステム全般について点検を行うとともに、その結果を踏まえた対策を講じる。

以 上

用語の定義

- 主給水隔離弁
事故時に蒸気発生器への給水を早期に隔離する弁。
- 計算上必要厚さ
発電用原子力設備に関する構造等の技術基準（告示501号）により求まる、当該配管の使用圧力、外径、使用材料等を考慮した強度上必要な計算上の厚さをいう。
- 格納容器圧力バウンダリ
格納容器設計用の想定事象に対して圧力障壁となり、かつ、放射性物質の放散に対する障壁を形成するように設計された施設をいう。
- 鱗片状模様
エロージョン・コロージョンが発生した部位に見られる特有の模様をいう。
- 断面マイクロ観察
金属組織断面をマイクロ（拡大）観察する手法をいう。
- エロージョン・コロージョン
金属材料の腐食が流体の流れにより加速される現象。なお、エロージョンは材料表面に流体が衝突することなどの機械的な作用による磨耗現象であり、エロージョン・コロージョンとは区別される。最近ではエロージョン・コロージョンをエロージョンと明確に区別するためにFAC（Flow Assisted Corrosion、或いはFlow Accelerated Corrosion）と呼ばれることもある。因みにコロージョンとは腐食であり、化学的な浸食や溶解である
- サリー発電所での給水管破断事故
昭和62年12月、米国サリー発電所2号機で主蒸気隔離弁が閉止する事象が発生し、これを契機に給水系配管が破断した事故。
- 制御弁
流体の流れを弁体の開閉度合いにより制御する弁をいう。
- 玉型弁
流体の流れを正面からふたをするように玉型をした弁体を弁棒のねじにより押し付けて止める弁をいう。
- スウィング逆止弁
流体の流れをスウィング式の弁体により一方向だけに制限する弁をいう。
- レジャーサ
配管の口径と口径が相違する箇所をつなぐための短管をいう。
- 原子力設備2次系配管肉厚管理指針
米国サリー発電所における2次系配管の破断事故に鑑み、一層の安全性及び健全性を確保するため定めた、管理のための指針をいう。
- NIPS
原子力検査データ処理システム（Nuclear Inspection data Processing System）の略。原子力発電所設備の欠陥発生状況評価、設備信頼性の向上、経年的な欠陥進行状況と余寿命評価を支援するシステムをいう。
- 裏波
「裏波板」無しの溶接において、母材の真裏に形成される「ビード」のこと。このビードで裏側までの溶け込みが確認できる。
- ETA
エタノールアミンの略で2次系系統の水質を調整(pHを高める)するための水処理薬品であり、給水中の鉄濃度低減を目的に使用している。

添付資料

1. 発生場所図
2. 2次系主管系統（第19回定期検査点検範囲図）
3. 主給水配管厚さ測定結果
4. 類似箇所の点検結果
5. 主給水配管エルボ部減肉に係わる要因分析(FT)図
6. 主給水配管外観写真
7. 主給水配管厚さ測定結果
8. 内面目視点検結果
9. 断面マクロ観察結果
10. 主給水隔離弁から下流エルボ部までの寸法図
11. 運転パラメータ
12. 大飯1号機給水水質データ
13. 第8回及び第11回定期検査時のエルボ部厚さ測定結果
14. 大飯1号機主給水配管クロム（Cr）含有量分析結果
15. 文献調査結果
16. 当社の主給水隔離弁の型式について
17. 主給水系統の減肉量の検討について
18. 減肉発生メカニズム
19. 2次系配管減肉調査の経緯
20. 保守管理面の調査
21. 配管取替範囲
22. 「保守に関する社内標準」新旧比較表

今回の会議にて配布した資料は多量な資料のため、入手を希望される方は
下記機関において閲覧・複写（有料）に応じております。

原子力公開センター（東京都千代田区霞が関3 - 8 - 1 ）

TEL 03 - 3509 - 6131 虎の門三井ビル2階

FAX 03 - 3509 - 6132 土・日・祝日、10 / 1日は休館

サイエンス・サテライト（大阪府大阪市北区扇町 ）

TEL 06 - 6316 - 8110 扇町キッズパーク3F

月曜日、祝祭日の翌日は休館