

関西電力株式会社美浜発電所 3 号機
二次系配管破損事故について(最終報告書)

平成 1 7 年 3 月 3 0 日
原子力安全・保安院

目 次

1. はじめに	1
2. 事故の状況と対応	3
2.1. 事故発生時の状況	3
2.2. 関西電力株の初動対応と評価	4
2.2.1 通報連絡及び救助活動とその評価	4
2.2.2 運転停止の操作とその評価	6
2.3. 原子炉及び関連設備への影響と評価	7
2.3.1 原子炉への影響	7
2.3.2 タービン動補助給水ライン補助給水流量制御弁の一時的な動作不具合	7
2.3.3 蒸気及び高温水による設備への影響	8
2.4. 周辺環境への影響	9
3. 配管破損に関する技術的検討	10
3.1. 配管破損状況	10
3.2. 類似箇所の調査	11
3.3. 設計仕様調査	11
3.4. 配管等の据え付け状況の調査	12
3.5. 二次系冷却水の水質管理履歴調査	12
3.6. 運転履歴調査	13
3.7. 配管破損メカニズムの調査	14
3.7.1 金属調査	14
3.7.2 配管流況解析	14
3.7.3 減肉挙動解析	15
3.7.4 配管破損挙動解析	15
3.7.5 配管流況可視化試験	15
3.7.6 調査結果	15
4. 配管の肉厚管理に関する検討	17
4.1. 配管の肉厚管理に関する法律上の位置づけ	17
4.2. 配管の肉厚に関する管理手法の検証	17
4.2.1 PWRプラントにおける管理手法	17
4.2.2 BWRプラントにおける管理手法	19

4.3.	事業者による配管の肉厚管理の実施状況.....	20
4.3.1	管理体制.....	20
4.3.2	判定基準.....	20
4.3.3	各事業者における改善状況.....	22
4.4.	保安院の対応.....	22
4.4.1	配管の肉厚管理に係るルールの確立.....	22
4.5.	今後の課題.....	22
5.	原因究明と再発防止に向けた対応.....	24
5.1.	「中間とりまとめ」を受けて行ってきた対応.....	24
5.2.	保安院による調査.....	25
5.3.	関西電力株による原因究明及び再発防止対策の報告.....	25
5.3.1	「中間とりまとめ」以降の再発防止のための取組状況.....	25
5.3.2	「関西電力再発防止報告書」の概要.....	26
5.4.	三菱重工業株による原因究明及び再発防止対策の報告.....	27
5.4.1	「中間とりまとめ」以降の再発防止のための取組状況.....	27
5.4.2	報告書の概要.....	27
5.5.	(株)日本アームからの聴取結果.....	28
5.5.1	「中間とりまとめ」以降の再発防止のための取組状況.....	28
5.5.2	(株)日本アームからの聴取結果の概要.....	29
5.6.	原因究明及び再発防止対策についての評価.....	30
5.6.1	関西電力株及び三菱重工業株の調査体制についての評価.....	30
5.6.2	点検箇所登録漏れが発生した経緯についての評価.....	31
5.6.3	保守管理業務の基本姿勢と登録漏れが見逃され続けた経緯についての評価.....	32
5.6.4	不適切な配管余寿命管理の常態化についての評価.....	33
5.6.5	関西電力株及び三菱重工業株の再発防止対策についての評価.....	35
6.	事故に関連して明らかになった課題への対応.....	40
6.1.	本事故から得られた教訓とその反映.....	40
6.1.1	原子力安全規制の改革について.....	40
6.1.2	事業者における効果的な品質保証体制の構築の確認.....	41
6.1.3	原子力発電所の高経年化に対する対応.....	42
6.2.	その他の課題への対応.....	42
6.2.1	労働安全に関する取り組み.....	42
6.2.2	事故に伴う社会的・地域的影響とその対応.....	44
7.	おわりに.....	47

参考 1 美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故調査委員会委員名簿.....	49
参考 2 審議経過	50
添付資料.....	52

1. はじめに

平成16年8月9日、関西電力株式会社(以下「関西電力㈱」という。)美浜発電所3号機において、二次系配管が破損し高温の二次系冷却水が流出して、原子炉が自動停止した。現場を確認したところ、復水系配管に破口が認められた。

本事故は、加圧水型軽水炉の二次系配管の破損事故であり、安全審査における同種事故に対する解析の結果と比べて、事故直後の原子炉パラメータの変化に特段の問題は認められなかった。しかし、事故により、タービン建屋内にいた作業員のうち、5名の方が亡くなり、6名の方が負傷するという、我が国の原子力発電所で例をみない重大な結果となった。

原子力安全・保安院(以下「保安院」という。)は、事故発生後、直ちに保安院審議官を現地に派遣して、現地対策本部を設置し、事故後の対応に当たり、翌10日には、中川昭一経済産業大臣が現地視察を行った。また、同日、保安院は、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会原子炉安全小委員会を開催し、事故について調査・検討を進めるため、美浜発電所3号機二次系配管破損事故調査委員会(以下「事故調査委員会」という。)を設置した。事故調査委員会は直ちに2名の委員を現地に派遣するとともに、平成16年8月11日に第1回の事故調査委員会を開催した。

また、事故調査委員会における検討と並行して、保安院では、原子力発電所及び一定規模以上の火力発電所を設置する事業者に対し、配管の肉厚管理の実施状況を報告するよう指示するとともに、美浜発電所への立入検査を実施し、破損部の調査及び発電所関係者からの事情聴取を行った。

このような調査・検討を踏まえ、保安院として、平成16年9月27日、事故調査委員会による検討結果の中間的なとりまとめとして「関西電力株式会社美浜発電所3号機二次系配管破損事故に関する中間とりまとめ」(以下「中間とりまとめ」という。)を公表した。これを受けて、経済産業大臣は、関西電力㈱社長に対して、今回の事故に関し文書による厳重注意を行うとともに、美浜発電所第3号機について電気事業法第40条の規定に基づく技術基準適合命令を発し、技術基準への適合が確認されるまでの間、使用の一時停止を命じた。

事故調査委員会では、その後も「中間とりまとめ」で指摘された事項に対する調査・検討がなされ、平成17年3月1日に関西電力㈱及び三菱重工業株式会社(以下「三菱重工業㈱」という。)から提出された報告書についても検討が行われた。これらを踏まえ、保安院は、今回の事故についての最終的な調査結果をとりまとめたものである。

なお、今回の事故調査に当たっては、審議の透明性を確保する観点から事故調査委員会は公開で行うとともに、この間、保安院が、調査検討の進捗状況などについて、福井県、美浜町等の地元などに対して、直接説明を行うなど今回の事故に対する説明責任を果たすよう努めてきたところである。

また、保安院では、原子力安全委員会における調査審議に資するため、原子力安全委員会に対し、事故調査委員会における調査検討の進捗状況等の報告を適宜行ってきたところである。

2. 事故の状況と対応

2.1. 事故発生時の状況

美浜発電所 3 号機は、定格熱出力で運転中のところ、平成 16 年 8 月 9 日 15 時 22 分、中央制御室にある「火災報知器動作」警報等が発報した。運転員は、警報動作箇所がタービン建屋 2 階であることを把握し、現場を確認したところ、タービン建屋内に蒸気が充満していた。このため、二次系配管から蒸気又は高温水が漏えいしている可能性が高いと判断し、15 時 26 分から緊急負荷降下を開始して操作を行っていたところ、15 時 28 分、「3 A S G 給水 < 蒸気流量不一致トリップ¹」警報が発報し、原子炉、続いてタービンが自動停止した。

事故時におけるプラント主要パラメータの変化に特別の問題は認められず、原子炉は、平成 16 年 8 月 10 日 23 時 45 分、低温停止した。

運転員がタービン建屋内の点検を実施した結果、平成 16 年 8 月 9 日 17 時 30 分にタービン建屋 2 階の脱気器側の天井付近にある第 4 給水加熱器²から脱気器³への給水ラインである A 系の復水配管に破口を確認した。その後、保安院の原子力保安検査官も同じ状況を確認した。

当該号機においては、平成 16 年 8 月 14 日から第 21 回定期検査が計画されており、タービン建屋では、事故発生当時、関西電力(株)の社員及び協力企業の社員計 105 名が定期検査の準備作業等を行っていた。このうち、破損した A 系復水配管付近で作業していた協力企業の社員が、破口部から流出した蒸気及び高温水により被災し、5 名が死亡、6 名が負傷した。

PWR の主要系統と破損位置を図 1 に示す。

関西電力(株)によれば、事故発生前後の運転パラメータを調査したところ、破損前には破損の兆候を示す変化は認められず、また、今回の事故を誘発するような特別な運転操作も行っていないとしている。

1 S G 給水 < 蒸気流量不一致トリップ：蒸気発生器の水位が低い時及び蒸気発生器に供給する給水流量が蒸気流量よりも少ないときに発報する。

2 給水加熱器：タービンからの抽気で給水を加熱する熱交換器。

3 脱気器：タービンからの抽気で給水を加熱し、給水中の非凝縮性ガス(酸素等)を分離除去する機器。

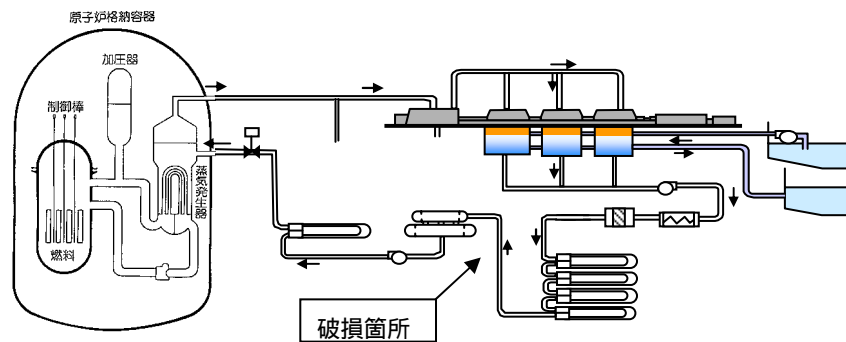


図 1 PWRの主要系統と破損位置

(参考) 美浜発電所 3号機の概要

- 1 . 名称 関西電力㈱美浜発電所 3号機
- 2 . 所在地 福井県三方郡美浜町丹生
- 3 . 定格熱出力 2 4 4 万 k W
- 4 . 定格電気出力 8 2 . 6 万 k W
- 5 . 原子炉形式 加圧水型軽水炉 (P W R)
- 6 . 運転開始 昭和 5 1 年 1 2 月 1 日
- 7 . 運転時間 約 1 8 5 , 7 0 0 時間

2.2. 関西電力㈱の初動対応と評価

2.2.1 通報連絡及び救助活動とその評価

(1) 通報連絡及び救助活動

平成 1 7 年 3 月 1 日付けで関西電力㈱から提出された「美浜発電所 3号機二次系配管破損事故について(以下「関西電力事故報告書」という。)」によれば、事故発生後、美浜発電所では、火災報知器の発報を受けて、直ちに所長室員が一斉放送により、タービン建屋からの避難を指示するとともに、同室員が 1 1 9 番通報を行い救急車の出動を要請した。また、関係機関へは、事故発生後、1 0 分後に保安院美浜原子力保安検査官事務所に通報連絡するとともに、地元自治体には 8 分後に美浜町、1 2 分後に福井県に通報連絡を行った。

被災者の救助活動については、当初、タービン建屋内に高温の蒸気が充満していたため容易に進まなかったが、発電所員と協力企業社員により6名を救出し、消防隊員到着後には発電所員と消防隊員が協力して捜索を行い、5名を救出した。事故発生から1時間24分後の16時46分には、11名の被災者すべての搬出を完了した。

これら一連の状況を添付資料 1 に示す。

(2) 保安院の評価

保安院は、「中間とりまとめ」において、「本件を単なる事故と捉えることなく、これにより得られた様々な教訓を今後の原子力発電所のトラブルや事故における初動体制の拡充や関係機関の連携強化等の防災対策のより一層の充実に活かすべきである」旨、指摘している。

今回の事故発生時の関西電力㈱の初動対応については、被災者の救出や関係機関への通報連絡等は概ね適切に実施されたが、消防本部への緊急通報が消防計画に定められた通報経路に則して連絡されなかったことや、管理区域外での被災者に関する汚染の有無に関する情報について、事業者から医療機関へ直接連絡する仕組みがなかったなど、幾つかの点で不適切な対応がみられた。

これに対し、関西電力㈱では、消防本部からの指摘を受けて、規則に基づく通報連絡経路の遵守や医療機関への連絡の社内標準への反映等の改善措置を既に実施しており、これらの改善措置は、現時点での対応として概ね妥当なものと評価される。今後は、今回報告された再発防止対策を全社的なマネジメントシステムの中に位置づけ、関係各部門に周知徹底するなど、その着実な実施が求められる。

初動対応は、事故発生後の最初の対応として、その対応の良し悪しが、その後の被害の拡大の抑制や最小化に決定的に重要な役割を果たす。もとより、事故の発生を回避する未然防止対策が重要であることは言うまでもないが、それに加えて、事故が発生した後の被害の拡大の抑制や最小化のためには、初動対応を含めたいわゆる危機管理の観点からの対策が重要であり、事故対応に当たっては、この点に留意する必要がある。

保安院としては、上記のような初動対応の重要性にかんがみ、救急活動や緊急被ばく医療等を所管する関係省庁と緊密な連携を図るとともに、緊急時の即応体制等を記載した初動対応マニュアルを整備するなど、事故発生時の初動対応の充実・強化に努めることとする。

2.2.2 運転停止の操作とその評価

(1) 運転停止の操作

「関西電力事故報告書」によれば、今回の事故時における運転員の操作について、緊急負荷降下の判断、原子炉トリップ後の対応、脱気器水位制御弁の閉止、原子炉高温停止から低温停止までの移行操作の各段階に分けて検討している。その結果、については「発電室業務マニュアル」、については「事故時マニュアル」、については「通常運転マニュアル」に基づき実施しており、については、事故で二次系配管が破口していたことから系統水の沸騰を懸念して操作したとしている。

また、関西電力(株)は、今回の事故時においては、後述するように多量の二次系冷却水が破口部からタービン建屋内に流出したことから、運転員の操作による流出量低減の可能性に関する検討を行っており、その結果、脱気器水位制御弁の閉止操作を早めるなどの対応を行っていれば、流出量を低減させることができた可能性があるとの評価を行っている。

(2) 保安院の評価

保安院としては、事故時の運転員の対応について、各マニュアルに沿った対応をしていたか、より適切な操作を行っていれば事故被害の拡大を防ぐことができたか、の観点から評価を行った。

については、事故時における運転員の対応操作をそれぞれのマニュアルと対比した結果、マニュアルに沿ったものであることを確認した。

については、万一の事故時の被害を可能な限り低減させる上で有効な運転操作について、事業者が真摯に検討しておくことは重要である。従って、関西電力が、事後的ではあるものの、どうすれば流出量を低減できたかについて様々なケーススタディを行ったことは評価できる。

ただし、今回の事故では、配管破損直後に相当量の流出があり、その時点で被災が起きていると推測できる。従って、運転員が最善の流出量低減操作を行ったと想定しても、事故被害の低減にどの程度寄与したかについては疑問の残るところである。

なお、今回の事故時においては非常用補給水系により原子炉の冷却は維持されていたので、二次系からの冷却水の流出量の多少は原子炉の安全性に影響を与えるものではなかった。

2.3. 原子炉及び関連設備への影響と評価

2.3.1 原子炉への影響

今回の事故による原子炉への影響については、「中間とりまとめ」において述べたとおり、原子炉の安全に係る系統は正常に作動しており、原子炉圧力、一次冷却材温度などの主要パラメータは、安全審査時に行った安全評価解析で想定した結果を上回る影響を示していない。

2.3.2 タービン動補助給水ライン補助給水流量制御弁の一時的な動作不具合

(1) 事象の概要及び原因と対策

「関西電力事故報告書」によれば、事故発生当日の15時28分に電動補助給水ポンプ2台が自動起動した後、蒸気発生器水位異常低によりタービン動補助給水ポンプ1台が自動起動した。その後、必要な補助給水流量が確保できていることから、一次冷却材温度低下防止のため、15時32分にタービン動補助給水ラインのA、B、C補助給水流量制御弁を閉止した。

その後、蒸気発生器の水位が回復し安定していることから、17時12分にタービン動補助給水ポンプを停止し、引き続き同ポンプを自動待機状態とするため、17時13分にA、B、C補助給水流量制御弁の開操作を実施したところ、A弁及びC弁が閉止したまま開動作しなかった。なお、A弁、C弁について、翌日再度開操作したところ、両弁は開動作した。

原因調査の結果、当該弁の背圧がポンプ停止中の弁開放力を上回っていたこと及び当該弁の設計条件に背圧がポンプ停止中の弁開放力を上回るような系統状態を想定していなかったことが原因と推定された。対策として、当該弁について、設計上想定される最大背圧よりも大きな弁開放力を持たせるために、弁駆動用バネをバネ定数の大きなものに取り替えることとした。

(2) 保安院の評価

関西電力㈱から報告された内容について検討した結果、保安院としては、これらの推定原因は妥当なものとする。

また、本件は、タービン動補助給水ポンプが機能して必要な補助給水流量を確保したこと、タービン動補助給水ポンプが起動した場合には、弁入口側の圧力が増加し背圧を上回り弁の開動作は可能となることから、結果的には、原子炉の安全な停止に影響を及ぼすものではなかったと考えられる。他方、原子炉の安全確保上重要な機器については、動作が期待されるいかなる状態においても、機能が維持されるよう設計す

る必要があるのも事実である。本件は、今回の事故時のような使用条件が十分に設計に反映されていなかったことに起因するものであり、弁駆動用バネをバネ定数の大きなものに取り替えるという対策は妥当なものとする。

2.3.3 蒸気及び高温水による設備への影響

(1) 漏えい量の評価及び影響範囲

「中間とりまとめ」において、破損した配管から流出した二次系冷却水量は、二次系純水タンクからの補給水量、脱気器水位低下量及び配管保有水量(第4 低圧給水加熱器から脱気器まで)から計算した結果、約 885 トンと評価されている。

表 1 各部からの漏えい量

(単位；トン)

二次系純水タンクからの補給水量	約 5 6 5
脱気器水位低下量	約 3 0 7
配管保有水量	約 1 3
合 計	約 8 8 5

「関西電力事故報告書」によれば、現場の状況確認の結果、破口部からは高温水が流出し、流出した高温水は2 階床面から階段部及び床面開口部を通じて1 階床面に流れ落ち、最終的にタービンサンプへ流入したものと推定されている。また、破口部から噴出した蒸気は、配管破口後急速にタービン建屋のほぼ全域に広がり、また、タービン建屋に隣接する制御建屋及び中間建屋の一部の区画にも浸入したものと推定されている。

配管破口によって噴出した高温水や蒸気が接触したと推定される範囲には、安全系設備として主蒸気隔離弁駆動用電磁弁、中央制御室制御盤、計器用電源設備、直流電源設備及びタービン動補助給水ポンプが設置されていた。

このうち、主蒸気隔離弁駆動用電磁弁については、3 台のうち1 台の電磁弁の端子箱に高温水が浸入し、直流回路に片側接地が生じていたが、事故時には正常に動作した。

また、中央制御室制御盤、計器用電源設備及び直流電源設備に蒸気浸入の痕跡が認められたが、事故時には正常に動作した。

タービン動補助給水ポンプについては、ポンプ室への蒸気の浸入等の痕跡は認められず、事故時においても正常に動作した。

なお、これらの設備以外には、配管破口によって噴出した高温水や蒸気が接触したと推定される範囲に、プラントの安全停止に係る設備は設置されていなかった。

(2) 保安院の評価

今回の事故において、「関西電力事故報告書」によれば、高温水や蒸気が接触したと推定される範囲には、安全系設備として、主蒸気隔離弁駆動用電磁弁、中央制御室制御盤、計器用電源設備、直流電源設備及びタービン動補助給水ポンプがあった。また、同報告によれば、今回の事故では、これらの機器は正常に動作し、事故時のプラント停止に支障はなかったが、事故時におけるプラントの安全停止に係る一部の設備に高温水や蒸気が浸入したとしている。

今回の事故では、中央制御室制御盤内に蒸気の浸入が認められているが、中央制御室は、事故時にも運転員がとどまり事故対策のための操作を行う場所であり、不要な外気が浸入しないよう換気設計がなされる必要がある。関西電力㈱は、今回の蒸気の浸入は、ケーブルトレイ及び電線管の壁貫通部等のシール施工に不適切な箇所があったため発生したとしている。このような不適切な箇所は、中央制御室の居住性に大きな影響を与え得るものであることから、保安院としては重要な問題と考えており、美浜発電所3号機以外のお他プラントにおいても確実な施工がなされているかについて、必要に応じて確認するよう事業者に対して指示を行う。

2.4. 周辺環境への影響

「中間とりまとめ」に記載しているとおり、漏えいした二次冷却水に起因する周辺環境への放射線による影響は認められなかった。

3. 配管破損に関する技術的検討

配管破損メカニズムの原因調査については、「中間とりまとめ」において配管破損状況調査などを行い、当該配管が破損した原因は、「いわゆるエロージョン/コロージョンにより配管肉厚が運転に伴い徐々に減少した結果、配管の強度が不足し、運転時の荷重により破損したもの」と推定した。その後、独立行政法人原子力安全基盤機構(以下「JNES」という。)及び日本原子力研究所(以下「原研」という。)の協力を得つつ、破損箇所の金属調査、配管流況解析、配管破損挙動解析などを実施して調査を進めてきたところである。本章は、「中間とりまとめ」に記載した内容に、その後に実施した調査結果を加えて、配管破損に関する技術的検討結果として整理したものである。

3.1. 配管破損状況

破損が認められた箇所は、タービン建屋2階の脱気器側の天井付近にある第4低圧給水加熱器から脱気器へ行く2系統ある復水配管のうちのA系統復水配管で、A系の復水流量を計測する流量計オリフィス⁴の下流近傍である。

保安院及びJNESの合同チームによる立入検査を行った結果、破損部においては、配管軸方向に最大約515mm、周方向に約930mmにわたって破口が認められた。警察当局の立会いの下、関西電力(株)が測定した結果によれば、配管肉厚は、技術基準では4.7mm以上必要⁵なところ、最も薄いところで0.4mmであった。また、添付資料2において示すように、減肉は配管の上部で著しかった。

なお、当該破損部を含むA系配管を切り出し、原研において、調査を行った結果、オリフィスのベント孔⁶下流部において、配管の減肉がオリフィスを支えるフランジ部に達している箇所を確認した。

また、配管内面をデジタルマイクロスコープによって観察した結果、オリフィス下流部においては、配管下部(180°)を除き全体的に、いわゆるエロージョン/コロージョン⁷の特徴である鱗片状模様を呈していたが、配管下部(180°)にはほぼ公称肉厚の部分が存在し、配管内面に厚い表面皮膜(約0.5mm)があり、鱗片状模様が見られなかった。

なお、配管に取り付けられていた保温材などは、周辺に飛散していた。

配管の破損状況を図2に示す。

4 オリフィス：管路の断面を狭める絞り機構をいう。管に流れる流量を測定するために設置されるものを「流量計オリフィス」、管内の流体圧力を減圧するために設置されるものを「減圧オリフィス」という。

5 PWR二次系において適用される「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」に基づく、蒸気タービンに付属する管の耐圧強度計算による。

6 オリフィスのベント孔：空気抜きのためオリフィス上部に設けた穴(当該オリフィスでは直径4mm)。

7 エロージョン/コロージョン：機械的作用による浸食と化学的作用による腐食との相互作用によって起きる減肉現象。

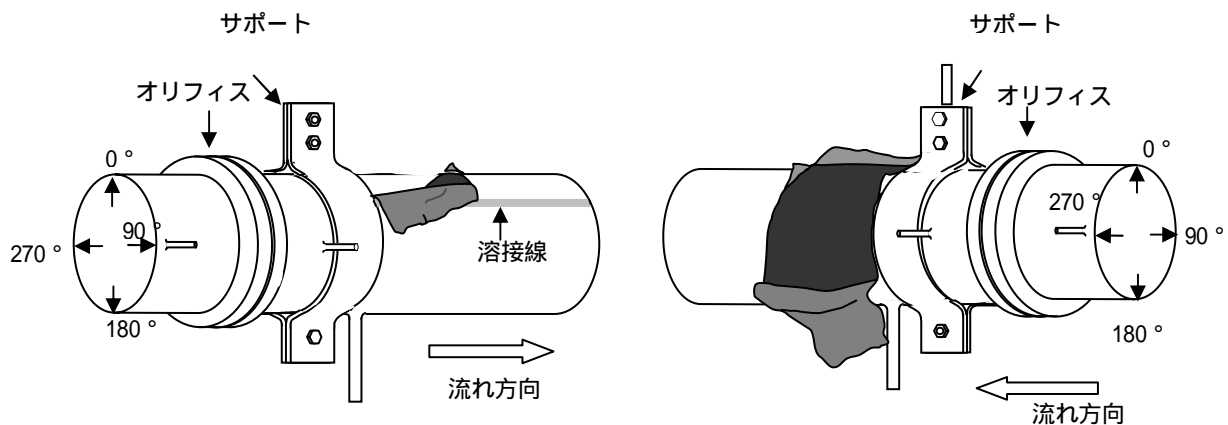


図 2 配管の破損状況

3.2. 類似箇所の調査

今回破損した箇所は、第4給水加熱器から脱気器へ行く2系統(A・B系統)ある復水配管のA系のラインであるが、関西電力㈱は、警察当局立会いの下、B系の同じ箇所(以下「類似箇所」という。)の配管肉厚を調査した。また、類似箇所を含むB系配管を切り出し、原研において、配管肉厚測定及び内面観察等を実施した。

その結果、オリフィス下流側においては、添付資料2に示すとおり、ほぼ全面にわたり減肉傾向が認められている。また、オリフィスのベント孔下流部において、配管の減肉が認められた。他方、オリフィス上流側においては、有意な減肉傾向は認められなかった。なお、肉厚の最も薄いところで1.8mmの箇所があった。

また、配管内面をデジタルマイクロスコープによって観察した結果、概ね全体にわたり、いわゆるエロージョン/コロージョンの特徴である鱗片状模様を呈していた。

3.3. 設計仕様調査

関西電力㈱によれば、二次系配管の設計にあたり、「発電用火力設備の技術基準」に基づき、材料の選定・耐圧部の強度計算を行っている。

当該配管の最高使用圧力は1.27MPa、最高使用温度は195℃であり、強度的に余裕のある材料から、使用実績を考慮し、炭素鋼(SB42)を選定している。

当該配管の主な設計仕様を「表2 当該配管の主な仕様」に示す。

表 2 当該配管の主な仕様

材 料	炭素鋼(SB42)
外 径 (mm)	558.8
厚 さ (mm)	10
最高使用温度()	195
最高使用圧力(MPa)	1.27

なお、関西電力㈱によれば、実使用状態における破損箇所の温度は約 140 、圧力は約 0.93MPa、流量は、約 1,700m³/h である。

当該配管の設計仕様は、使用環境を考慮したものとなっており、引張強度、材料成分などについてミルシート⁸を確認したが、保安院としては、問題となる点は認められなかった。

3.4. 配管等の据え付け状況の調査

当該 A 系配管及び類似箇所である B 系配管の真円度を調査した結果、A 系配管の破損箇所の下流部において、日本工業規格(JIS)で規定されている外径の許容差(±0.8%)を一部超える部分があったが、それ以外の部分では許容差の範囲内であった。

また、破損箇所に設置されているオリフィス等の取り付け状況を調査した結果、配管内径中心位置に対するオリフィス穴径の中心位置ずれは、垂直方向に 0.61mm、水平方向に 0.71mm であった。

3.5. 二次系冷却水の水質管理履歴調査

「関西電力事故報告書」によれば、美浜発電所 3 号機では、二次系配管機器全体の腐食抑制の観点に立って、基本的に復水处理装置の下流から給水处理薬品を注入している。給水处理薬品には、運転開始当初からアンモニア(pH 調整剤)及びヒドラジン(脱酸素剤)を用いて処理する全揮発性薬品処理(AVT: All Volatile Treatment)を実施している。なお、蒸気発生器伝熱管の腐食対策として、第 10 運転期間から第 15 運転期間までホウ酸注入⁹を実施している。また、第 17 運転期間から pH 調整剤にエタノールアミンを加えている。

また、同社が、美浜発電所 3 号機の運転開始からの水質管理履歴を調査した結果、給水、復水の水質データは、いずれも水質管理値内に維持されているとしており、pH、溶

8 ミルシート：規格が指定された鋼材を受注した場合に、その製造結果が指定された規格などの要求事項を満足していることを証明した書類のこと。

9 ホウ酸注入：蒸気発生器の伝熱管 / 支持板の一部にアルカリが濃縮して、インコネル 600 合金伝熱管に粒界腐食が起るのを防ぐため、中和用に注入するもの。

存酸素などに変化がなかったとしている。また、過去に２回復水器細管の漏えいが発生し、海水が二次系冷却水に流入しているが、酸素がほとんどない復水側から銅合金は腐食しないことから、この影響はないものと考えられる。

なお、ホウ酸中における配管減肉に対する影響を調査したが、ホウ酸注入の有無による減肉率への影響に有意な差は認められなかった。

美浜３号機における二次系水質の管理値を表３に示す。

表 ３ 美浜発電所３号機における二次系水質の管理値

項 目		管理値
pH (at 25) (給水)	AVT	8.8～9.3(9.2)
	AVT + ホウ酸注入	8.5～9.3
	AVT + E T A 注入	8.8～9.7
エタノールアミン(E T A 注入時、給水)		3ppm
ヒドラジン (給水)	1	復水溶存酸素 + 5ppb
	2～7	2ppb
	8～15	5ppb
	16～18	200ppb
	19～21	100ppb + 復水溶存酸素 × 40
溶存酸素(給水)		5ppb
溶存酸素(復水)	1～15	50ppb
	16～21	10ppb
全鉄(給水)	1～15	20ppb
	16～18	10ppb
	19～21	20ppb

(注) 「項目」の数字は、運転期間を表す

3.6. 運転履歴調査

「関西電力事故報告書」によれば、当該配管部の復水流量、温度、圧力が変動し、当該部へ影響を及ぼした可能性のあるプラントトリップ等の過去の過渡事象を調査した結果、その給水流量、圧力、温度への影響は設計条件の範囲内であり、また、その発生回数は、設計想定回数の範囲内であることを確認したとしている。

さらに、当該部の破損直前のプラント運転状況及び異音等の有無の聞き取り調査結果によると、当該破損を誘発するような過渡事象や前兆は認められなかったとしている。

3.7. 配管破損メカニズムの調査

J N E S、原研、関西電力(株)は、配管破損メカニズムの推定を行うため、以下の調査を行った。

3.7.1 金属調査

原研は、切り出された損傷配管(A系配管)及びB系配管に対する金属調査として、外観観察、材料調査(材料化学成分分析、引張試験、組織観察、硬さ試験等)、肉厚測定及び破面観察等を行った。

目視による破口部の外観観察結果から、破損の原因となるような外部荷重の痕跡、有害な傷や割れ等は認められなかった。

配管材料の化学成分、引張特性等に関しては、当該配管に使用された材料は、A系配管及びB系配管ともにミルシートどおりであることを確認した。

減肉部の内面には、いわゆるエロージョン/コロージョンにより形成される表面の滑らかな鱗片状模様が観察された。破口部の軸方向き裂近傍の肉厚は、最薄部において0.3~0.4mmであり、破口部の代表的破面の全てにおいて、延性破壊の特徴であるディンプル¹⁰が観察され、疲労き裂などは観察されなかった。

その概要を添付資料 3 に示す。

3.7.2 配管流況解析

流況解析においては、モデルの作り方やコードによる特徴が出やすいため、J N E S及び原研の所有する複数のコードにより、独立に流況解析を実施し、流れの乱れによる減肉傾向等を評価した。

乱流による減肉傾向の予測解析(J N E S、原研)を実施したところ、実測値との比較において、減肉が最大となる位置(オリフィス下流部：配管直径の約1.2倍の距離)は比較的良く一致する結果となった。

3次元乱流解析(J N E S、原研)から、オリフィス入口流速分布は、A系配管では上流側から見て反時計回りの強い旋回流が、B系配管では上流側から見て時計回りの弱い旋回流が確認された。

設計値を用いた1次元二相流解析(J N E S)によれば、オリフィス下流部での減圧沸騰(キャビテーション)の可能性は低いとの結果を得た。

10 ディンプル：金属材料が延性破壊で破断した際に、破断面に生ずる小さなくぼみ。

その概要を添付資料 4 に示す。

3.7.3 減肉挙動解析

原研が所有する減肉配管信頼性解析コード(PASCAL-EC)を用いて、水単相流中における、いわゆるエロージョン/コロージョンを評価した。

A系配管及びB系配管で実測された最大減肉量は、解析結果と比較して若干大きな値であったが、従来の知見の範囲内であった。減肉速度に関する感度解析から、pHと溶存酸素の影響が大きいとの結果が得られた。

A系配管に運転圧力及び設計曲げモーメントを負荷した場合、破損肉厚は、0.5～0.6mmである。また、曲げモーメントは破損肉厚に大きく影響を及ぼさないとの結果が得られた。

その概要を添付資料 5 に示す

3.7.4 配管破損挙動解析

事故時の配管破口部の開口挙動把握を目的に、J N E S が所有する解析コード(AUTODYN-3D)を用い、3次元モデルにより破口部の開口進展解析を行った。配管の肉厚は事故後、原研にて実測されたものを使用した。

その結果、き裂発生後、き裂は、先ず軸方向に進展し、その後、円周方向に進展し、1/100秒程度で最終形状になったと推定される。

その概要を添付資料 6 に示す

3.7.5 配管流況可視化試験

関西電力㈱では、A系配管及びB系配管の上流のヘッダ部からオリフィス下流部までを含めた1/2.6モデルの可視化試験装置を製作し、オリフィス上流部の流速分布及びオリフィス下流部の圧力変動を測定した。

可視化試験の結果、ヘッダ部の配管分岐に起因してA系配管はB系配管に比べて強い旋回流が発生し、オリフィス下流部で比較的大きな流れの乱れが発生していることを確認した。

3.7.6 調査結果

以上の調査から、判明した内容の要点をまとめると以下のとおりである。

- a. 破損した配管は、炭素鋼であり、破損箇所は偏流の発生しやすいオリフィスの下

流部であった。

- b. 破損箇所周辺の復水の温度は、140 程度であり、いわゆるエロージョン / コロージョンの発生しやすい温度であった。
- c. 給復水系の pH、溶存酸素などの水質データは、管理値内に維持されていた。
- d. 配管内面は大きく減肉しており、概ね全体にわたり、いわゆるエロージョン / コロージョンに見られる鱗片状模様を呈していた。また、破口部の代表的破面において、延性破壊特有のディンプルが観察された。
- e. B 系の類似箇所においても、同様に配管内面は大きく減肉しており、鱗片状模様を呈していた。
- f. 配管流況解析結果から、A 系配管は B 系配管に比べ強い旋回流が認められた。また、当該破口部に見られた急激な減肉傾向は、解析で比較的良く再現できた。

従って、当該配管が破損した原因は、いわゆるエロージョン / コロージョンにより配管の肉厚が運転に伴い徐々に減少した結果、配管の強度が不足し、運転時の荷重により破損したものと推定する。

また、当該配管における最大減肉量は、これまでの種々のプラントでの運転経験や実験データ等の従来知見の範囲内であった。

なお、オリフィスのベント孔下流部において、オリフィスを支えるフランジ部に達する局所的な減肉が認められたが、破口部の減肉に影響を与えたとは考えられない。また、当該箇所の減肉は局所的なものであり、フランジが補強部材となっていることから、配管の大きな破口を引き起こす可能性はなかったと考える。

4. 配管の肉厚管理に関する検討

4.1. 配管の肉厚管理に関する法律上の位置づけ

PWRプラントの二次系配管については、平成2年5月に関西電力㈱が「原子力設備二次系配管肉厚の管理指針(PWR)」(以下「PWR管理指針」という。)を制定し、全てのPWR事業者は、これに基づき、自主的な点検として肉厚測定を行っていた。現在では、平成15年10月の原子力施設の検査制度改正により、二次系配管管理は、定期事業者検査の対象に組み込まれ、事業者による履行状況の適切性を規制当局も確認する仕組みとなっている。

火力発電所における配管の肉厚管理については、添付資料 10 に示す。

4.2. 配管の肉厚に関する管理手法の検証

4.2.1 PWRプラントにおける管理手法

(1) 「PWR管理指針」制定の経緯

PWRについては、昭和50年代後半に一部のプラントで、エロージョン/コロージョンによる減肉が発生し、配管の肉厚調査が行われた。その後、昭和61年12月の米国サリー原子力発電所二次系配管破損事故を契機として、関西電力㈱は、三菱重工業㈱に委託し、当時行っていた関西電力㈱のPWRプラントの二次系配管に係る減肉状況調査の結果から得られたデータを統計的に評価して、当該減肉の管理方法を検討した。その結果を踏まえ、平成2年5月に関西電力㈱は「PWR管理指針」を制定した。

「PWR管理指針」の制定を受け、PWR各事業者は、当時原子力安全規制を所管していた資源エネルギー庁に同指針を策定した旨の報告を行うとともに、これに沿って自主点検を行う旨付記した。

この事業者からの報告を受け、資源エネルギー庁は、原子力発電技術顧問会で審議を行い、その妥当性を確認した上、電気事業法が事業者課している「技術基準適合義務」に基づき、事業者の自主保安に委ねることとした。

(2) 「PWR管理指針」の妥当性の検証

「PWR管理指針」については、策定後10年以上経過し減肉に関する多くのデータが得られているにもかかわらず、最新のデータを踏まえた見直しが行われていなか

った。このため、保安院は、今回PWR各プラントで測定した減肉に関するデータ¹¹を用いて、添付資料 7に示すとおり、「PWR管理指針」の妥当性について検討を行った。

主要な配管の測定箇所と減肉傾向

「PWR管理指針」は、点検の対象となる系統に関し、二相流、水単相流のそれぞれについて、湿り度、流速、温度別に初期減肉率を規定している。今回、後述する全国の原子力発電所のこれまでの点検によって得られたデータに基づく実績減肉率は、一部を除き「PWR管理指針」に規定されている初期設定減肉率を下回っており、同指針に規定された初期設定減肉率は概ね妥当なものと評価される。

サンプリング箇所の選定

「PWR管理指針」では、減肉傾向のない箇所については、10年間に約25%を点検対象にしている。今回調査した結果、全体の傾向として、「その他の系統」とされているサンプリング箇所の減肉傾向は、主要点検系統に比べ小さく、サンプリングによる管理で問題ないことを示すデータが得られている。しかし、一部の箇所については、主要点検系統と同程度の減肉傾向が認められることから、注意を要する。

減肉の測定範囲と測定ポイント

「PWR管理指針」では、減肉の測定範囲を、例えば、オリフィスについては、設置場所から下流の $2 \times D$ (D は、配管口径)としている。調査の結果、減肉が著しくなっている箇所は $2 \times D$ の範囲内となっている。また、測定ポイントは、「PWR管理指針」において規定されていないが、1断面当たり8点又は4点の測定ポイントを設け、肉厚がある判定基準肉厚を下回った場合には、当該測定ポイントの周辺に対し測定ピッチを細かくして詳細測定を行うという運用が行われている。この結果、「PWR管理指針」に規定される測定範囲や測定ポイントは、詳細測定と組み合わせることにより、減肉を適切に把握できると認められる。

(3) 「PWR管理指針」における課題

PWRの二次系配管のうち、主要点検系統の配管の減肉については、一部の減肉率が「PWR管理指針」の初期設定減肉率を上回っており、今後さらにデータを追加して検証する必要があるものの、大半の減肉率の実績が同指針で想定している数値に収まっている。初期設定減肉率は、最初の減肉測定の時期を決めるために用いるもので

11 減肉に関するデータ：電気事業法第106条第1項に基づく「配管減肉事象に係る点検に関する報告徴収について」(平成16年8月11日)により、電気事業者から得た最小肉厚地点における減肉率等のデータ(PWR21箇所、BWR27箇所及び、美浜発電所3号機38箇所)。

あり、減肉測定が行われると、その測定値に基づき減肉率を新たに設定し、余寿命及び次回の測定時期が決定されることとなる。このため、最初の減肉測定については、余裕をもった時期に行うとともに、測定が行われている箇所について、適切な減肉率の設定及び余寿命評価を行い、これに基づき補修又は取り替えを実施している限り、安全上の問題は生じないとする。

一方、PWRでサンプリングによる管理の対象になっている「その他の系統」については、全体として主要点検系統よりも減肉率がかなり小さくなっているが、添付資料 7 に示す美浜発電所 3 号機の例や、添付資料 8 に示す大飯発電所 1 号機の例にも見られるように、一部に主要点検系統と同程度の減肉が見られるものがある。したがって、これらと同様の箇所も含めてこのような箇所について、これまでの測定実績から安全上の問題がないかどうか検討し、必要に応じ、点検時期を繰り上げるなどして肉厚測定を行うべきであると考えられる。また、併せて、当該箇所を主要点検系統として管理を行う必要があるかどうか検討すべきである。

また、代表測定ポイントによる測定及びそのデータに応じた詳細測定により、様々な減肉について、その形状・寸法を適切に把握できると考えるが、このような詳細測定手法は「PWR 管理指針」に明示されていない。今後の同指針の見直し作業の中で、詳細な測定手法も指針に追加するなどして、実際の測定手法を指針に適切に反映すべきである。

4.2.2 BWRプラントにおける管理手法

(1) 管理手法の現状

BWRプラントにおいても、その運転初期の段階で、エロージョン/コロージョンによる減肉が一部プラントで認められ、水質の環境改善対策として給復水系への酸素注入を行うとともに、エロージョン/コロージョン対策材への取替えを行ってきている。減肉管理については、前述のサリー原子力発電所二次系配管破損事故を契機として、各プラントで減肉データの測定が行われ、これを基に各事業者が独自に管理手法を定めている。

(2) BWR管理手法における課題

BWR各事業者は、それぞれ独自に管理指針を定めているが、内容としては共通的な事項が多くなっている。「PWR 管理指針」に基づき管理を行っているPWR事業者と比較すれば、点検頻度(点検対象箇所のうち、点検済み箇所数と代表点検部で評価済み等の箇所数の割合)は、添付資料 9 に示すようにBWRの方が低い。

BWR各プラントで測定された減肉量の推移及びこれに基づく実績減肉率を調査

した結果、PWRとBWRでは減肉の傾向が異なり、BWRの減肉率はPWRを下回っている。これにはPWRとBWRの水質の違いが関係していると思われる。

今後、事業者として、点検頻度を拡充し、減肉傾向を分析するために十分なデータを入手するとともに、各事業者の減肉データを有効活用し、共同して更なる科学的分析を深め、管理指針の共通化を図るべきである。

4.3. 事業者による配管の肉厚管理の実施状況

保安院は、平成16年8月下旬～10月上旬(平成16年度第2回保安検査)及び11月下旬～12月中旬(同第3回保安検査)にかけて、全国に駐在する原子力保安検査官他により、東北電力㈱東通原子力発電所を除く全発電所において、「配管の減肉管理の実施方針及び実施状況」を重点検査項目とする保安検査を行った。その際、事業者による配管肉厚の管理(点検部位の選定、評価方法の決定、測定結果の評価)を行う体制及び判定基準の適切性に重点を置いた。また、保安院は、関西電力㈱に対しては、検査官を倍増する等の措置をとった上で、特別な保安検査等を実施した。

保安検査の結果、以下に示すとおり、管理体制については、事業者による主体的な管理が行われる体制が構築されつつあると認められた。他方、判定基準については、関西電力㈱以外の事業者においても、過去において、余寿命の評価に際し、事業者によって種々の不適切な解釈が適用されるなどの事例があったことが認められた。

保安院では、平成16年度第2回及び第3回保安検査の結果、配管の肉厚管理に係る点検計画や評価方法の具体化など保安規定の適切な遵守の観点から改善を要すると認められた事項について、各事業者に対し改善を指導している。

4.3.1 管理体制

今回の事故以前は、いずれの事業者も配管肉厚管理業務を協力企業に外注して実施しており、点検部位の選定、評価方法の決定及び測定結果の評価について、一部の事業者を除き、協力企業が行った結果を事業者が確認し、承認するといった運用がなされていた。事故以後は、事業者が主体的に管理していくよう所要の体制の構築が図られつつある。

4.3.2 判定基準

PWR各事業者は、「PWR管理指針」に基づき、余寿命が2年以下の場合は取替計画を立案することとしている。

しかし、実際には余寿命が2年以下となった場合であっても、実機の運転圧力やミル

シートによる許容引張応力、更には「発電用火力設備の技術基準の解釈について」第4条(材料の許容応力)第1項第1号の“ただし書き”(以下「技術基準の解釈の“ただし書き”」という。)による再評価を実施し、取り替えを先送りしていた事例が認められた。

関西電力㈱で認められた不適切な管理事例については、次章で取り上げることとし、同社以外のPWR事業者で認められた不適切な管理事例を表4に示す。

表 4 不適切なPWR管理指針の適用事例(関西電力㈱以外の事業者)

<p>北海道電力㈱泊発電所2号機 平成11年(第6回定期検査)、余寿命が1年未満となった2箇所について、運転圧力による再評価を実施。次回定期検査で交換済み。</p> <p>日本原子力発電㈱敦賀発電所2号機 平成13年(第11回定期検査)、余寿命が1年未満となった2箇所について、実機材料のミルシートによる許容引張応力で再評価を実施。次回及び次々回定期検査で交換済み。</p> <p>九州電力㈱川内原子力発電所1、2号機 ・1号機 平成8年(第10回定期検査)、余寿命が1年未満となった1箇所について、運転圧力による再評価を実施。次回定期検査で交換済み。</p> <p>・2号機 平成12年(第12回定期検査)及び平成14年(第13回定期検査)、余寿命が1年未満となった各1箇所について、運転圧力による再評価を実施。次回定期検査で交換済み。 平成15年(第14回定期検査)、余寿命が1年未満となった1箇所について、技術基準の解釈の“ただし書き”による再評価を実施。次回定期検査で交換済み。</p>

また、BWR各事業者については、余寿命の共通的な評価手法が確立されておらず、事業者の個々の判断により、技術基準に定める必要最小肉厚に達する前に計画的に交換することとしていた。

このような運用が行われている中、保安院としては、平成16年9月、東京電力株式会社(以下「東京電力㈱」という)が、福島第一原子力発電所5号機の定期検査中に行った肉厚点検(平成15年5月)により、同社が自主的に定める管理手法で評価した場合に余寿命が1年以下と算定される部位を見つけていたにもかかわらず、次回定検まで配管の使用を継続しても安全上問題は生じないと判断し、運転を継続した事案を確認した。これは、従来の事業者の管理方法の問題点を示唆するものである。本件について、保安院は、配管管理方針を社内標準とすることを指摘し、同社は、平成16年11月に「配管減肉管理指針」を策定した。

4.3.3 各事業者における改善状況

保安院は、関西電力(株)以外の事業者に対しては、平成16年9月27日付けで「中間とりまとめ」を送付し、各事業者による配管の肉厚管理に係る自主的改善活動を求めているところ、平成17年3月1日に各社から「中間とりまとめ」を踏まえた対応状況について報告があった。その内容については、改善が必要と思われるものが一部見受けられたが、概ね保安院が保安検査等で確認してきたとおりであった。保安院としては、今後、保安検査等を通じ、これらの点を含め事業者の取り組みを監視していくとともに、必要に応じ、指導を行う方針である。

4.4. 保安院の対応

4.4.1 配管の肉厚管理に係るルールの確立

(1) 原子力発電所に係る定期事業者検査の対象・検査方法の明確化

「中間とりまとめ」を受け、保安院では、原子力発電所について、定期事業者検査等の対象となる設備や検査方法を規定している電気事業法施行規則を改正し、蒸気タービンに係る配管を含め検査対象及び、検査方法の明確化等を図った(平成16年12月28日公布及び施行)。

また、保安院は、社団法人日本機械学会(以下「(社)日本機械学会」という。)によって、より精度の高い規格が策定されるまでの間においても、安全規制上の要求事項を明確化することが必要と判断し、配管の肉厚についての詳細な測定方法等を規定した通達を平成17年2月18日付けで発出した。その内容を添付資料11に示す。

(2) (社)日本機械学会に対する規格策定の要請

(社)日本機械学会においては、保安院からの要請を受け、透明性のあるプロセスで配管肉厚管理規格を策定するための作業が進められている。保安院は、この策定作業に参加するとともに、検討に際しての留意事項の提起を行った。同学会では、このような保安院の要請を踏まえ、美浜発電所の事故後公表されたトラブル事例データも活用して、平成17年9月を目途に規格策定作業が進められている。

4.5. 今後の課題

今回の事故に関する原因の調査及び対応策の検討を進めていく中で、各事業者が、配管の肉厚管理に当たって独自に定めた社内基準を用いており、過去、一部に不適切な判定基準の運用が行われていたことが明らかになった。これまで具体的な管理方法を各事業者に委ねてきたことが、このような事態を招いた一因であるとの反省に立ち、今後は統一的な指針に基づいた管理が必要であると考ええる。

このため、保安院としては、(社)日本機械学会に対して、透明性のあるプロセスで検討を行い、より精度の高い規格を策定する作業に取りかかるよう要請を行った。産学官の協力により、早急に同規格が策定されることが期待され、保安院としても、同学会における配管肉厚管理に関する規格の策定が行われ次第、別途、改めて同規格に関する技術評価を行い、行政手続法上の判断基準として位置づけるとともに、事業者が同基準に則り適切な配管肉厚管理を行っているかについて、保安検査等を通じ監視を行う方針である。

また、保安院は、原子力発電所における不適切な判定基準の適用が行われないようにするとともに、事業者による関係規定類の制定・改正など、適切な減肉管理体制を構築するための取り組みが行われるように、引き続き、原子力保安検査官による日常巡視や保安検査等により、確認していく方針である。

なお、保安院は、関西電力㈱に対しては、同社の再発防止対策の検証が終わるまで、特別な保安検査等を継続する方針である。

5. 原因究明と再発防止に向けた対応

5.1. 「中間とりまとめ」を受けて行ってきた対応

「中間とりまとめ」において、保安院は、本事故の直接的な原因は、「関西電力㈱、三菱重工業㈱、㈱日本アームの3社が関与する二次系配管の減肉管理ミス」によって、「要管理箇所が当初の管理リストから欠落し、かつ、事故に至るまで修正できなかったこと」にあると判断した。これに基づき、各社に対して「昨年度原子力施設の検査制度改正で安全規制に導入された品質保証の観点から調査、検討し、管理面での過誤防止対策を考えていくべきである。」と指摘した。この取りまとめに基づき、添付資料 12 に示すとおり、経済産業大臣は、関西電力㈱社長に対し、事故の直接的原因として、「原子力安全」を組織的に確保するための同社の品質保証システムや、保守管理システムの整備が不十分であったことを指摘する嚴重注意を行った。その上で、関西電力㈱に対し、本年度内に再発防止対策に関する報告書を提出するよう指示した。

一方、美浜発電所3号機については、電気事業法第40条の規定に基づき、破損した部位を含む設備が技術基準に適合することを経済産業省が確認するまでの間、使用を一時停止するよう、技術基準適合命令を同日付けで発出した。

さらに、保安院は、電気事業法第55条の規定に基づき、JNESが定期事業者検査の実施に係る体制(実施に係る組織、検査の方法、工程管理、協力企業の管理及び検査に係る教育訓練)を審査する定期安全管理審査において、事故以前までに評価を行った美浜発電所1号機、大飯発電所2号機、高浜発電所3号機の評価結果を取り消した。その上で、「C.当該審査を受けた組織は、定期事業者検査の実施につき重大な不適合事項があり、品質マネジメントシステムは機能していない。」¹²旨の再評価結果を関西電力㈱へ同日付けで通知した。

また、保安院は、「中間とりまとめ」において示された「当面の対応」及び「今後の調査事項」を受け、配管肉厚管理に関する所要の措置を講じるとともに、本事故の根本原因を解明すべく、関西電力㈱、三菱重工業㈱及び株式会社日本アーム(以下「㈱日本アーム」という。)の品質保証体制に焦点を当てながら調査を行ってきた。

12 平成17年2月23日付けで、評価基準を以下のように改訂した。

- A.当該審査を受けた組織の定期事業者検査の実施体制は、自律的かつ適切に定期事業者検査を行い得る。
- B.当該審査を受けた組織の定期事業者検査の実施体制は、一部改善すべき点が認められるものの、自律的かつ適切に定期事業者検査を行い得る。
- C.当該審査を受けた組織の定期事業者検査の実施体制は、自律的かつ適切に定期事業者検査を行い得るために、相当程度改善すべき事項がある。

なお、平成17年3月7日付けで保安院は、関西電力㈱が本事故に係る再発防止対策が検討中であることから、同社大飯発電所1号、4号機及び高浜発電所4号機について、C評価とした。

5.2. 保安院による調査

「中間とりまとめ」における指摘を踏まえ、保安院は、経済産業大臣が平成16年9月27日に行った指示を補足する形で、これらの過誤が発生した原因について、関西電力㈱に対し、平成15年の原子力施設に係る検査制度改正で導入された品質保証の観点に立ちつつ本事故の根本原因を究明し、その結果を踏まえ、実効的な再発防止対策を策定するよう求めた。

保安院は、中間とりまとめにおける指摘を踏まえ、平成16年10月以降、関西電力㈱、三菱重工業㈱、㈱日本アームの3社に対し、以下のような調査を行った。調査は、保安院内での関係者に対する聞き取りを基本とし、本年2月末までに関西電力㈱に対し14回、三菱重工業㈱に対し15回、㈱日本アームに対し3回実施した。調査項目は、「中間とりまとめ」において示されている以下の3点である。

関西電力㈱の保守管理、調達管理などの関連プロセス
三菱重工業㈱、㈱日本アームの社内業務プロセス
三菱重工業㈱から㈱日本アームへの配管点検業務の移管及びその後の情報連絡等の実態

以上の各項目に対する調査の実施に当たって、本事故の根本原因を明確に分析するため、事故の背景を把握する観点から、以下の調査も併せて行った。

- a. PWRにおける二次系配管の設計上の考え方や、それを踏まえた適切な配管肉厚管理の方法。
- b. 原子力発電所の保守管理に関する事業者の実施方針及びその展開状況。特に二次系配管肉厚管理がこれまでどのような変遷を経ながら実施されてきたか。
- c. どのような仕組みで、3社において保守管理業務が行われてきたか。特に、保守管理業務において偶発的に発生する誤りを含めたいわゆる不適合事象をどのように是正していたか。また、その知見をどのように未然防止に結び付けていたか。

5.3. 関西電力㈱による原因究明及び再発防止対策の報告

5.3.1 「中間とりまとめ」以降の再発防止のための取組状況

関西電力㈱は平成17年3月1日に上記の大臣指示に対する回答として、「美浜発電所3号機事故再発防止対策～より安全な原子力の事業運営を目指して～」と題する報告書(以下「関西電力再発防止報告書」という。)を保安院に提出した。

「関西電力再発防止報告書」によれば、同社は、事故発生後、直ちに事故原因究明及び、再発防止対策を立案するために、社長主導の下、全社大で各種委員会を順次発足させたとしている。

具体的には、事故原因の究明、再発防止対策検討のため「美浜発電所 3 号機事故対策委員会」を、技術的、物理的側面以外の原因、背景の調査・検証を行うため「美浜発電所 3 号機事故原因検証委員会」を設置した。また、保全機能強化の観点から、上記の両委員会に対して、検討の方向性を示し、必要な指示を行い、事故の再発防止や未然防止策を検討し確立するため、「原子力保全機能強化検討委員会」を設置したとしている。なお、従来から社内に設けている「品質・安全委員会」にも適宜報告を行い、客観的な指導・助言を得ることとしたとしている。

5.3.2 「関西電力再発防止報告書」の概要

(1) 事故部位(流量計オリフィス下流部)の登録漏れの経緯等

- a. 「PWR 管理指針」に基づく減肉管理を三菱重工業㈱に委託して開始した後、主要点検系統において、点検対象箇所への登録漏れの箇所数は、美浜 3 号機では当該事故箇所を含み 3 箇所、関西電力㈱ 11 基合計では 42 箇所が登録漏れであったが、関西電力㈱としてはこれを認識していなかった。
- b. 登録漏れの原因は、三菱重工業㈱による確認作業が単調な 1 人作業であったため、また、管理指針作成前後で流量計オリフィスの取扱が変更されたことの影響があったためと推定される。三菱重工業㈱は平成 7 年までに 10 箇所の登録漏れを修正したが、関西電力㈱への報告はしなかった。

(2) 二次系配管の保守管理に関する基本的な姿勢

- a. 関西電力㈱は、平成 2 年から平成 7 年までは三菱重工業㈱に対し、平成 8 年以降は㈱日本アームに対し、二次系配管の減肉管理を「PWR 管理指針」に基づき実施するよう委託していた。
- b. 関西電力㈱としては、「PWR 管理指針」に則り、両社において、それぞれ減肉管理箇所の抽出、管理が行われていると思っていた(登録漏れ等は認識していなかった)。

(3) 不適切な配管減肉管理の常態化

- a. 二次系配管の点検記録を調査する過程で、平成 7 年以降、技術基準を下回るか、そのおそれがあるような配管が当該定期検査期間中に交換されずに、一時的にせ

よ継続して使用されていたことを示す多数の点検記録があることが判明した。このような配管は、全体で67部位あった。うち34部位は技術基準を下回っていた。

- b. このような不適切な運用が常態化した背景は、定期検査工程を守ろうとする意識が強かったためである。

(4) 再発防止対策

以下の再発防止対策を実施し、着実なフォローを行う。

- a. 「安全最優先」の経営方針・経営計画の第一線への浸透・定着
- b. 原子力部門の組織の再編
- c. ゆとりある原子力の職場作りのための資源(工程、要員、教育、投資)の再配分
- d. 各人による安全基準の宣言・行動

5.4. 三菱重工業㈱による原因究明及び再発防止対策の報告

5.4.1 「中間とりまとめ」以降の再発防止のための取組状況

保安院は、三菱重工業㈱に対しても調査を行い、事故の背景分析に努めてきたが、類似事故の再発を防止するためには、三菱重工業㈱からの報告も必要と判断し、同社としての再発防止対策を取りまとめて提出するよう要請した。これを受け、平成17年3月1日に同社からも再発防止に関する報告書が保安院に提出された。

5.4.2 報告書の概要

(1) 事故部位(流量計オリフィス下流部)の登録漏れの経緯等

- a. 平成2年に関西電力㈱が「PWR管理指針」を制定した。それ以前に三菱重工業㈱が行っていた二次系配管点検箇所には事故部位を含む流量計オリフィス下流部は含まれていなかったが、関西電力㈱は流量計オリフィス下流部を管理指針に入れて制定した。その後、同指針に基づく点検を受託した三菱重工業㈱は、管理指針制定前後での流量計オリフィスの取り扱いの変更に係る確認が不十分なまま、ベテランの1人作業に任せたこともあり、結果的に42箇所の点検箇所の登録漏れを発生させた。
- b. 管理指針の対象とする点検箇所を欠落(登録漏れ)させたことは事実であり、プラントメーカーとして真摯に反省している。

(2) 二次系配管の保守管理に対する基本姿勢

- a. PWRの二次系配管は、コスト面で有利な炭素鋼を使用しているものが多く、状

態を監視しながら補修をするという考え方で設計されている。したがって、二次系配管には、常に減肉発生の可能性があり、「PWR管理指針」に掲げられた点検部位は、あくまでも平成2年当時の知見に基づく例示に過ぎないとの前提に基づき、定期的な肉厚管理に加え、指針制定後も点検によって得られた知見を逐次点検範囲の拡大変更に反映していくことが保守管理の基本と認識していた。

- b. このため、点検リストについても、常に未点検箇所の抽出、検証、点検対象への追加を行っていくことが一般的であった。（「登録漏れ」という概念が希薄であった。）

(3) 不適切な配管減肉管理の常態化

余寿命評価の際に実力評価と称し、技術基準に根拠のない評価方法を適用して配管の交換を遅らせるなど不適切な運用を行ったことは、技術基準を意識しつつも電力会社との関係を優先した結果であり、法令遵守という企業の基本理念の徹底が不十分であったと反省している。

(4) 再発防止対策

- a. 「リスト漏れ」対策として、スケルトン図等の文書管理を強化するとともに、不適合の水平展開を徹底。
- b. 未然防止に向けた全社的取り組みとして、以下の3項目を展開。
- ・ 原子力社内改革委員会の設置
 - ・ 品質マネジメントシステムの改善
 - ・ 社会的責任(CSR¹³)関係活動の改善等

5.5. ㈱日本アームからの聴取結果

5.5.1 「中間とりまとめ」以降の再発防止のための取組状況

㈱日本アームは関西電力㈱の子会社であり、関西電力㈱から㈱日本アームが受注している「二次系配管経年変化調査工事」は、主に関西電力㈱からの出向者や移籍者が行っている。

また、関西電力㈱が「二次系配管経年変化調査工事」に係る管理の主体を㈱日本アームから関西電力㈱へ移管するとの方針を表明していることもあり、「中間とりまとめ」以降の再発防止の取り組みについては、㈱日本アームが主体的に実施できる状況になく、

13 Corporate Social Responsibility: 経済産業省の定義によれば、「企業が法律遵守にとどまらず、企業自ら、市民、地域及び社会に利するような形で、経済、環境、社会問題においてバランスの取れたアプローチを行うことにより、事業を成功させること。」をいう。

関西電力㈱による調査に協力する形で㈱日本アーム内での検討が進められていた。

そのため、保安院は、㈱日本アームについては、「5.6.2 点検箇所登録漏れが発生した経緯についての評価」に示すとおり、㈱日本アームの作業管理面にも品質保証体制上改善すべき点は認められるものの、その内容は、関西電力㈱が取りまとめる再発防止対策の中に実質的に含まれると判断できたことから、同社から再発防止のための報告書を提出する必要はないと判断した。

5.5.2 ㈱日本アームからの聴取結果の概要

(1) 三菱重工業㈱から㈱日本アームへの情報提供の状況

㈱日本アームは、各プラントの定期検査ごとに配管関係のトラブル情報を収集し、それを関西電力㈱に報告するとともに、調査計画に反映させるため、平成8年12月から三菱重工業㈱の子会社である原子力サービスエンジニアリング株式会社(以下「NUS EC」という。)と定期検査ごとに情報提供契約を締結した。

それに基づき、平成10年以降、㈱日本アームは、NUS ECから他社プラントの配管点検結果の概要報告を受けた。その中に、北海道電力株式会社泊発電所1号機(以下「泊1号機」という。)や日本原子力発電株式会社敦賀発電所2号機(以下「敦賀2号機」という。)の当該同一部位の減肉情報も含まれていた。この減肉情報の提供について、㈱日本アームとNUS ECとの間に認識の相違があり、NUS ECは水平展開を意図したものであったとしているのに対し、㈱日本アームは数多くの情報の中の一つであり特別な情報とは受け止めず、関西電力㈱の全プラントへ水平展開することはなかったとしている。こうした泊1号機や敦賀2号機における要検査箇所の登録漏れを含め点検リストに登録漏れがある可能性に関する情報は、NUS ECから㈱日本アームには正しく伝えられなかった。

(2) 事故発生部位(流量計オリフィス下流部)の登録の経緯等

平成13年度から平成14年度にかけて、㈱日本アームは関西電力㈱からの委託を受けて、二次系配管保全管理業務高度化のため、スケルトンCAD図に余寿命評価値等を識別表示させる機能の追加作業を行った。委託作業後に、㈱日本アーム独自で、この追加機能を使用してスケルトン図への余寿命評価データの取り込みを行ったところ、原子力検査データ処理システム(以下「NIPS」という。)の点検管理票に登録されているもののスケルトン図に記載のない部位が多数あることが判明し、平成15年2月から7月にかけて、不具合の修正作業を一斉に実施した。

この一斉作業において、美浜発電所3号機の当該破損部位のNIPS点検管理票及びスケルトン図への登録漏れを発見し、追加登録を行った。追加登録部位は、それま

でと同様の手順に基づき、未点検箇所として至近の点検計画に反映し、関西電力㈱に提案した。

(3) 不適切な配管減肉管理の常態化

㈱日本アームによる配管の余寿命評価においては、関西電力㈱が承認した「作業実施要領」に添付される「計測結果評価フロー図」に基づいて、配管の余寿命が1年未満となった部位に対して、配管取替を推奨するとともに参考情報として運転圧力による余寿命評価値を報告していた。

なお、余寿命が1年未満となった配管の取替時期を次回定期検査以降に先送りする判断は、最終的には関西電力㈱が自ら実施していた。

(4) 再発防止対策

㈱日本アームは、再発防止対策として、「PWR管理指針」に適合するように「二次系配管経年変化調査工事」の具体的な手順を定めた社内規定を改訂し、運転圧力による余寿命評価の規定を削除した。

また、関西電力㈱が事故後の平成16年9月17日付けで改正した「保修業務要領指針」を受け、「主要点検部位において未登録部位を認めた場合の処置」や、「スケルトン図の変更管理」などについても規定を追加した。

5.6. 原因究明及び再発防止対策についての評価

5.6.1 関西電力㈱及び三菱重工業㈱の調査体制についての評価

関西電力㈱及び三菱重工業㈱から報告のあった社内調査体制については、最終的には、客観性のある調査を取りまとめる上で妥当な体制となったと評価できるものの、保安院の調査過程においては、以下のような問題が認められた。今後の事故等の際の原因究明に係る調査体制を迅速に構築する上で、こうした問題点は、貴重な反省材料となるものとする。

(1) 関西電力㈱の調査体制

関西電力㈱は、同社の報告書の中で、社長主導の下、事故後直ちに検討体制を構築して調査を行ってきたとしているが、保安院の追加調査に対して、「関西電力再発防止報告書」に記載したような検討体制が示されたのは、平成16年12月初旬であり、その時点でもまだ各委員会の目的や相互関係が明確ではなかった。

関西電力㈱の社内調査は、各委員会による実態把握に努めながら行われてきたとし

ているものの、専ら点検リスト漏れに関する調査に焦点が当てられ、事故の背景を的確に把握するためのものとしては、必ずしも十分とは言えなかった。このため、保安院は関西電力㈱を指導し、各委員会の役割分担の明確化や、客観的調査が可能となるような社内体制の構築を求めた。この結果、本年２月になって、従来の調査に加え、原子力事業部門から独立した「事故検証委員会」が匿名で現場における保守管理の実態を調査するなど、より適切な原因把握ができる調査が行われた。

(2) 三菱重工業㈱の調査体制

三菱重工業㈱においては、事故後直ちに二次系設備を所管する同社高砂製作所に対策本部を設置し、原子力事業本部、一次系設備を所管する同社神戸造船所と一体となって原因究明や調査を行ってきたとしているが、保安院が追加調査を開始した当初は、関西電力㈱と同様、点検リスト漏れに関する調査を中心に行っていた。

保安院の調査により、二次系配管管理業務に関連して、「PWR管理指針」を不適切な形で適用しかねない社内マニュアルが改定されずにいたことなど、同社の品質保証活動に改善すべき点が明らかになった。その結果、同社は、社会的責任(CSR)を果たすという経営方針に照らして、平成１６年１２月に社長を委員長とする「原子力社内改革委員会」を設置し、コーポレート部門(会社管理部門)が原子力事業本部と協調して、改善策を審議検討してきた。

5.6.2 点検箇所登録漏れが発生した経緯についての評価

「PWR管理指針」は、関西電力㈱が同社のプラントをモデルに三菱重工業㈱に業務委託を行いながら策定したものである。三菱重工業㈱が当時関西電力㈱に提出した委託調査報告書には、流量計オリフィスは含まれていなかったが、関西電力㈱が管理指針を制定する際、流量計オリフィスを追加したことから、三菱重工業㈱に若干の混乱があったと考えられる。

しかしながら、両社は、お互いに管理指針を策定する過程に深く関与してきたため、十分な知見が共有できていると思い込んでいたと推測される。この結果、関西電力㈱が管理指針制定後に三菱重工業㈱に対する委託により実施した二次系配管点検工事では、制定された「PWR管理指針」に従って行われたが、点検リストの見直しを「PWR管理指針」に従って行うことは明確に要求されなかった。

このため、関西電力㈱のプラントにおいては、今回の事故で破損した箇所を含む複数の流量計オリフィス下流部の登録漏れが当初の段階から発生しており、登録漏れに関する認識は両社ともに希薄であったと推測される。

なお、三菱重工業㈱では、二次系配管管理業務の計画を下請け業者の助勢を受けなが

ら、ベテラン職員が担当しており、その職員が策定した検査計画に対するチェック機能は、形式上存在したが、実際には十分働いていなかった。また、業務プロセスが定められたとおり実施されているか、計画された業務プロセス自体が適切であるかなどの観点からの監査が行われていなかった。

三菱重工業(株)は、当初存在した点検箇所の登録漏れについて、同社のPWR二次系配管管理の方針に基づき、点検範囲を逐次拡大しながら修正してきており、関西電力(株)以外の電力に対しては、現時点での登録漏れは無いとしている。しかしながら、これらは、点検範囲の拡充を行った結果として是正されたに過ぎない。発見された登録漏れの未点検箇所については、不適合管理として、未点検箇所を速やかに点検するだけでなく、何故、未点検となっていたのかに関する原因を調査し、類似箇所の調査、点検を行うなどの再発を防止するための適切な是正処置(いわゆる登録漏れの水平展開)が行われるべきであったが、これらがなされたとは言い難い。

(株)日本アームについては、三菱重工業(株)による当初の登録漏れに加えて、スケルトン図の不備もあったことから、未点検箇所について、業務の移管以後においてある程度の頻度で継続して発見してきたとしており、発見した未点検箇所については至近の定期検査の計画に反映する手順が定着したものと推測される。しかしながら、三菱重工業(株)の場合と同様、発見された登録漏れの未点検箇所について、何故、未点検となっていたのかに関する原因を調査し、類似箇所の調査、点検を行うなどの再発を防止するための適切な是正処置がなされたとは言い難い。

このように、関西電力(株)から二次系配管管理業務を受託した両社の品質保証体制には改善すべき点が見られる。

5.6.3 保守管理業務の基本姿勢と登録漏れが見逃され続けた経緯についての評価

PWRの設計者である三菱重工業(株)によれば、PWR二次系配管は、コスト面で有利な炭素鋼を使用しているものが多く、常に減肉発生の可能性があるとの前提の下、状態を監視しながら補修をするという考え方で設計されている。したがって、「PWR管理指針」に掲げられた点検部位は、あくまでも平成2年当時の知見と考え、指針制定後も点検によって得られた知見を逐次点検範囲の拡大変更に反映していくことを保守管理の基本として、二次系配管の減肉管理を行ってきたと主張している。

他方、「5.6.2 点検箇所登録漏れが発生した経緯についての評価」に示すとおり、関西電力(株)は、同社の二次系配管の減肉管理を三菱重工業(株)及び(株)日本アームに対して、定期検査毎に点検に係る請負契約(二次系配管経年変化調査工事)を締結して実施していた。同契約には、点検箇所の記載漏れを発見した際の報告義務等は定められていなかったことから、未点検箇所が発見されたときの両者の処理は、前述のとおり不十分なも

のであった。こうした不十分な状態での業務の継続を防げなかったことは、発注者である関西電力㈱の調達先に対する管理が不十分であったことを示すものである。

また、関西電力㈱は、例えば、「関西電力再発防止対策報告書」において、「二次系配管のスケルトン図の確認は、三菱重工業㈱が「PWR管理指針」に基づいて行ったと考え、当社は点検箇所の漏れを防止するための確認を行わなかった。」¹⁴と記載している。保守管理作業において外注は不可欠であるが、発注者である関西電力㈱の適切な管理の下で行わなければならないことは、許可を受けた事業者の責任として当然のことであり、原子炉等規制法の関係省令にも規定¹⁵されている。上述の報告書の記述は、このような管理不十分なまま外注した結果によって発生した責任が、一義的には、事業者の責任であることの自覚が不足していたことを示している。

定期点検の際に行われる修繕や、改造工事などによって、配管配置は変更される可能性を有している。このような状況を踏まえ、二次系配管の点検計画策定は、最新の配管配置を示した更新されたスケルトン図を基本とし、点検すべき箇所を的確に管理しながら行われるべきものである。しかしながら、保安院の調査によれば、関西電力㈱は、修繕や改良工事などで配管が変更されてもその実態を正確にスケルトン図に反映するように努めていたとは認め難く、保守管理業務に係る発注者として、適切な管理を行っていたとは言えない。また、前述のとおり、「PWR管理指針」に掲げられた点検部位は、あくまでも平成2年当時の知見と考え、指針制定後も点検によって得られた知見を逐次点検範囲の拡大変更反映していくとの三菱重工業㈱が有しているような基本認識が、関西電力㈱においては、「PWR管理指針」を策定したという自信があるが故に逆に希薄となっていたと推測される。

こうした状況の下、プラントの実状を正確に反映したスケルトン図が十分に整備されていないまま、定期点検時に行う二次系配管点検の計画が策定されていた。即ち、関西電力㈱は、三菱重工業㈱や㈱日本アームにプラントの実状の反映が不十分なスケルトン図から点検箇所を抽出して、点検リストや点検計画を作成するよう作業を行わせ、自らは、その成果物である「点検リスト」の確認を中心に行ってきたが、スケルトン図までは十分にチェックしていなかった。この結果、当初から漏れていた要点検箇所に対するチェックが行われないままになってしまったものと推測される。

5.6.4 不適切な配管余寿命管理の常態化についての評価

保安院が保守管理業務の実態調査を行ってきた中で、保守管理において偶発的に、あ

14 「4. 二次系配管肉厚管理システムに関する検討と対策」 「(2) 事実関係の調査結果」フェーズ 最終パラグラフ参照。

15 平成15年10月に改正された「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」の第7条の3の4第3号及び第7条の3の5第2号に規定されている。

るいは必然的に発生する不適合事象の是正を、事業者がどのように実施してきたかについて前述のとおり調査した。

その過程において、関西電力㈱においては、平成7年前後から現在に至るまで、配管減肉調査を行って技術基準を下回ることが判明した場合でも、材料手配に時間がかかり、発電所の運転再開が遅延するおそれがあることから、技術基準を独自に解釈して、補修を先送りするなど、技術基準不適合が常態化していたことが判明した。

関西電力㈱は、「安全第一」という方針を掲げていたが、この方針が名目上のものとして形骸化して機能しなかったこと、こうした状態が長年にわたり是正されずにいたことは、安全文化の劣化を具体的に示すものとして重大な問題と考える。また、この関西電力㈱の不適切な運用に際して、実力評価と称し、不適切な配管余寿命評価にプラントメーカーである三菱重工業㈱が関与したことは、三菱重工業㈱が掲げている社会的責任(CSR)に反しており、同様に安全文化の劣化を示す重大な問題であるとする。

保安院は、関西電力㈱から提出された資料を基に、関西電力㈱の全プラントにおいて余寿命1年未満でありながら、当該定期検査で取替えなどの適切な補修を行わなかった件数について整理し、分析を行った。

関西電力㈱の全プラントにおいて、過去に余寿命1年を割り込みながら定期検査で適切な補修を行わなかった件数を集計した。その結果を「表5 余寿命1年を割り込みながら定期検査で適切な補修を行わなかった件数」に示す。

なお、関西電力㈱の報告書において、「PWR管理指針」の不適切な運用が67部位あったとし、そのうち、34部位が技術基準に適合していなかったとしている。他方、保安院は、「PWR管理指針」の不適切な運用が78件、そのうち、技術基準に明らかに適合しないものは46件と集計した。

この集計値の違いについて説明する。関西電力㈱報告書における集計と保安院の集計の内訳を「表6 不適切な配管余寿命管理に対する箇所数の集計について」に示す。関西電力㈱の集計は、余寿命評価の結果不適切な対応が行われた部位の数を件数として集計している。

他方、保安院が調査した結果、関西電力㈱が不適切な余寿命評価を行った際に、減肉した配管の取替えなどの補修を行わず、複数回の定期検査にわたり先送りした箇所が見受けられた。このため、保安院は、これらの行為も件数としてカウントすべきとの観点から、不適切な余寿命評価が行われた回数を件数として集計したものである。

なお、関西電力㈱は、計算必要厚さ(Tsr)割れとカウントすべきものは、0年未満のものであるとして、余寿命0年である場合を除外しているが、保安院は、余寿命0年では、

定期検査後の運転に使用できないことから、これも含めている。

表 5 余寿命 1 年を割り込みながら定期検査で適切な補修を行わなかった件数

年度	A:[余寿命 0年]の件数				B:[0<余寿命<1年]の件数				C = A + B:[余寿命<1年]の件数					設備利用率の平均	
	発電所			小計	発電所			小計	発電所			合計	率	関西電力	全国
	美浜	大飯	高浜		美浜	大飯	高浜		美浜	大飯	高浜				
平成3年度														66.5%	73.8%
平成4年度					1			1	1			1	1.3%	65.5%	74.2%
平成5年度	1			1					1			1	1.3%	63.4%	75.4%
平成6年度		1		1		1		1		2		2	2.6%	64.8%	76.6%
平成7年度	1	6		7					1	6		7	9.0%	65.5%	80.2%
平成8年度	1			1			1	1	1			2	2.6%	76.3%	80.8%
平成9年度	3	10	2	15		7	2	9	3	17	4	24	30.8%	84.1%	81.3%
平成10年度		1	1	2	1	1		2	1	2	1	4	5.1%	85.2%	84.2%
平成11年度	1	2	2	5		2	1	3	1	4	3	8	10.3%	80.8%	80.1%
平成12年度		7		7		3		3		10		10	12.8%	82.4%	81.7%
平成13年度	2	1		3	3	4	1	8	5	5	1	11	14.1%	84.5%	80.5%
平成14年度														89.3%	73.4%
平成15年度	4			4	3			3	7			7	9.0%	71.1%	74.8%
平成16年度						1		1		1		1	1.3%		
合計	13	28	5	46	8	19	5	32	21	47	10	78	100.0%		

注 1 関西電力㈱の資料を基に原子力安全・保安院が集計した。

注 2 複数回の定期検査にわたり減肉した配管の補修先送りした同一部位の重複件数を含む。

注 3 設備利用率が年度(4月～翌年3月)別の集計となっているため、件数についても工事報告書の作成年月に基づき年度別に集計した。

表 6 不適切な配管余寿命管理に対する箇所数の集計について

関西電力㈱報告書における記載	計算上の余寿命が1年未満の部位 (管理指針の不適切な運用)		67部位
	内訳	内圧基準のみによる評価部位	1部位
		ただし書きの誤った解釈による評価部位	6部位
		運転圧力を用いた評価部位	45部位
		降伏応力ベースによる評価部位	6部位
		その他の評価部位	9部位
	計算必要厚さ(Tsr)割れ(余寿命0年未満)の部位 (技術基準不適合)		34部位
原子力安全・保安院による集計	計算上の余寿命が1年未満の件数 (管理指針の不適切な運用)		78件
	内訳	余寿命1年未満の部位	67部位
		余寿命1年未満の部位に対して、複数回の定期検査にわたり先送りした部位	11件
	計算必要厚さ(Tsr)以下(余寿命0年以下)の件数 (技術基準不適合)		46件
	内訳	余寿命0年未満の部位	34部位
		余寿命0年の部位	4部位
		余寿命0年以下の同一部位に対して、複数回の定期検査にわたり先送りした部位	8件

5.6.5 関西電力㈱及び三菱重工業㈱の再発防止対策についての評価

(1) 関西電力㈱の再発防止対策についての評価

保守管理、運転管理において、発電所の現場は、修繕、改造によるプラントの状態

の変化や、運転経験によって得られた知見を的確に反映することが不可欠である。しかしながら、本事故の調査において、関西電力㈱においては、これを的確に行っていなかったことが明らかになった。

関西電力㈱は、「関西電力再発防止報告書」の中で、「安全最優先」の経営方針・経営計画の第一線への浸透・定着、原子力部門の組織の再編、ゆとりある原子力の職場作りのための資源(工程、要員、教育、投資)の再配分、各人による安全基準の宣言・行動、を再発防止対策として掲げている。

関西電力㈱が、本事故で得られた教訓として認識しているように、単に再発防止対策を現場に指示すれば、それだけでそのとおりに機能するものではない。これら再発防止対策を達成するためには、早急に現状を十分に見極め、実現可能性を考慮した的確な計画を策定し、それに従って着実に実行する必要がある。また、再発防止対策が当初の目標どおり実行されているか、適時的確に評価を行い、その結果を踏まえ更なる改善に結び付けていく仕組みを確立することも不可欠である。

また、関西電力㈱は、プラントの所有者であり原子炉等規制法による設置許可を受けた者の責任として、自らのプラントに対する保守管理の方針を明確にした上で、プラントライフを踏まえた的確な保守管理計画を策定し、それを実行することが必要である。加えて、事業者には、保守管理によって得られた知見を踏まえ、常にその保守・運転管理計画を見直していくことも求められている。

しかしながら、保安院の調査に対し、関西電力㈱の保守管理の方針や、関西電力㈱が自ら行うべき事項、業務委託する場合の留意点などが、明確に示されたとは言い難かった。また、再発防止対策が継続して実施され、当初の目標に沿った成果を着実に生み出すための仕組みなどが、具体的に示されなかった。

このため、保安院は、再発防止対策を具体化させる観点から、添付資料 13 に示すとおり、平成17年3月10日に関西電力に対して、5項目からなる「再発防止対策の具体化に際しての必要な要件」を示した。その中では、本事故調査を通じて、関西電力㈱全体にわたる安全文化の浸透や、品質保証体制、保守管理体制の強化が必要であることが認識されたため、再発防止対策の骨格は、経営層によるコミットメント¹⁶(約束)を基本とすることを求めた。その上で、この骨格に基づき個々の対策を的確に展開するよう指示した。

16 ここでは、「約束」の意味で ISO 9001 などの国際的な品質保証規格で使用されている「コミットメント」という言葉を使用した。英語でいう「コミットメント」の本来の意味は、単なる約束を表す「プロミス」とは異なり、責任をもって果たさなければならない責務や責務の表明、あるいは決意表明を意味するものである。単に約束というと、両方の意味にとられることから、ここでは敢えて「コミットメント」という言葉を使用した。プロミスは「このようにするつもりだ」としていることの単なる意思表示である。

その結果、関西電力㈱は、平成17年3月14日の第9回事故調査委員会に、再発防止対策の骨格を提示したが、例えば、保安院が示した要件にある保守管理や調達管理の対策が明確となっていない点が見られたことなどから、要件との整合性を確保するとともに、内容の充実を図る必要がある旨の指摘がなされた。これらを受けて、関西電力㈱は、3月25日に「美浜3号機事故 再発防止に係る行動計画」(以下「行動計画」という。)を保安院に提出した。

「行動計画」には、関西電力㈱社長自らが、安全の確保が最も優先することの宣言として、「安全を守る。それは、私の使命、わが社の使命」を掲げている。その社長による宣言の下、安全を何よりも優先します、安全のために積極的に資源を投入します、安全のために保守管理を継続的に改善し、メーカー、協力会社との協業体制を構築します、地元の皆様からの信頼の回復に努めます、安全への取組みを客観的に評価し、広くお知らせします、の5項目からなる基本行動方針を掲げている。それぞれの基本行動方針には、これを実現するための具体的な項目を展開し、各項目について、実施済みの対策、短期の取組み、中期の取組みに分類し、取組み時期を具体化している。これらは、先に保安院が示した要件を満たしており、かつ、事故調査委員会の指摘に沿ったものと評価できる。

しかしながら、今回の事故において、当初の点検箇所の登録漏れやそれを訂正するための水平展開情報の不足があったこと、二次系配管の点検箇所の体系的な見直しを長年にわたって行わなかったこと、「PWR管理指針」を不適切に運用してきたことは重大な問題である。また、現場で発生しているこうした問題について品質監査などを通じて適切に把握し、管理できなかったことや、原子炉設置者として保守管理における外注(調達)管理に対する第一義的責任を果たすために必要な経営機能の見直しが必要であることなどから、今回の報告をもって解決(是正)されたとの判断を行うことは時期尚早である。

関西電力㈱の「行動計画」は、国民、社会に対して具体的な再発防止を宣言するものであるから、その適切な履行が確認されなければならない。これを担保するため、基本行動方針の「安全への取組みを客観的に評価し、広くお知らせします」の展開として、再発防止対策の確実な実施のため、地元有識者などを含めた「原子力品質安全委員会(仮称)」を設置し、実施状況を定期的に評価して、公表することを定めている。したがって、その実施及び内容については、社会全体で注視されることになる。

なお、保安院としても、行動計画に従って再発防止対策が確実に行われていることを確認する必要があるため、関西電力㈱に対して、特別な保安検査や特に厳格な安全管理審査を継続して行っていくほか、必要に応じ立入検査を実施するなど、現行検査制度を十分に活用しながら、同社の取組みを厳格にフォローアップしていく方針で

ある。

関西電力㈱は、我が国の全PWR23基のうち、11基を所有する我が国トップのPWRオーナーであり、例えば、平成2年に同社が率先して、同社のプラントで得られたデータを評価、分析して「PWR管理指針」を策定するなど、これまで我が国のPWR事業者をリードしてきた。このような我が国トップのPWRオーナーに相応しい対応が求められていることをこの機会に改めて自覚すべきである。その上で、責任をもって自ら定めた再発防止対策に真摯に取り組み、他の事業者の模範となるよう、その内容を社会に示していくことが同社に課せられた社会的使命であるとする。

(2) 三菱重工業㈱の再発防止対策についての評価

三菱重工業㈱は、前述のとおり平成17年3月1日に同社の再発防止対策を、さらに、3月23日に具体的な再発防止対策を示した「関西電力株式会社美浜発電所3号機二次系配管破損事故に関する追加報告書」を保安院に提出した。

三菱重工業㈱の再発防止対策としては、二次系配管点検のためのスケルトン図作成・見直しプロセスの強化、スケルトン図管理の電算化を行うとともに、社内に「三菱保全検討委員会」を設置し、三菱グループとして高経年化に向けた保全管理の強化を図っていくほか、「原子力品質・安全監査室」の新設等の再発防止対策及び「原子力社内改革委員会」の新設、同社の社会的責任(CSR)の向上等の社内改革活動を掲げている。

これらは、考えられる一通りの再発防止対策として一定の評価ができる。しかしながら、今回の事故における当初の点検箇所登録漏れや登録漏れ訂正のための水平展開情報の不足などに対する三菱重工業㈱の関与は、品質管理上の問題に該当するものである。特に、二次系配管の点検箇所登録状況の体系的な見直しを長年にわたって行わなかったこと、関西電力㈱と協議の上、「PWR管理指針」の不適切な運用に関与してきたことは重大な問題である。また、現場で発生しているこうした問題について品質監査などを通じて適切に把握し、管理できなかったことは、組織における品質マネジメントシステムの問題でもあり、今回の報告をもって解決(是正)されたとの判断を行うことはできない。

また、関西電力㈱における不適切な配管余寿命評価に三菱重工業㈱が関与したことは、同社の経営方針として掲げている社会的責任(CSR)に反する行為である。このため、三菱重工業㈱は社会的責任(CSR)の向上等の社内改革活動を行うとしている。

保安院としては、こうした三菱重工業㈱が挙げた各種対策を同社が着実に実施することを注視していく考えである。特に、保安院としては、三菱重工業㈱が同社の再発

防止策の中で、我が国唯一のPWRメーカーとしての責任を自覚し、事故の未然防止のために全社一丸となった社内改革活動を進めるとしていることに注目していく。三菱重工業㈱を始めとする原子炉施設のメーカーは、原子力安全規制(原子炉等規制法)上の被規制者ではなく、事業者の請負・委託契約の相手方として、原子力発電所の運営に関与する者である。しかしながら、メーカーは原子炉施設の建設から保全に至るまで広汎かつ詳細な知識、経験を有しており、事業者もこれに少なからず依存しているのが実情である。特に、PWRプラントでは、三菱重工業㈱が国内唯一のメーカーであり、競争原理が機能しにくいという状況にある。三菱重工業㈱には、このような状況を改めて認識した上で、単に保全業務に関する請負・委託契約の相手方との立場に止まらず、我が国原子力産業界の中核的担い手としての自覚をもって原子力安全確保への関与をより高める取組姿勢を平素から心掛けることが期待される。例えば、事業者との間で安全確保を最優先する認識の共有と取り組みの協調を図ること、また、プラントの事象、保全業務等に関する何らかの新知見があった場合に、他のPWR事業者の原子力発電所への水平展開に率先して取り組むことなどが望まれる。

6. 事故に関連して明らかになった課題への対応

6.1. 本事故から得られた教訓とその反映

我が国は、既に営業運転中の53基の原子力発電所を有するに至っており、名実ともに原子力先進国である。この中には営業運転開始間もない原子力発電所もあり、新たな設計上の改良点の安全性確認など、ハード面の規制は引き続き重要であるものの、総じてみれば、建設中心の時代から現在は運転の時代に移行している。

平成11年に発生したJCO臨界事故においても、設計安全の重要さとともに、運転安全の重要性が示されている。我が国の原子力発電が、建設から運転の時代に移行したこと、また、多くの発電所で高経年化対策が重要になってきたことを踏まえれば、組織運営、保守管理体制等のソフト面に焦点を当てた対応がますます重要になっており、規制当局としてもこの問題に適切に取り組むことが課題になっている。

6.1.1 原子力安全規制の改革について

我が国の原子力安全規制は、原子力発電導入初期におけるトラブル克服に始まる機器や設備の健全性といったハード面の安全を確保することに主眼を置いて、整備、運営されてきた。このような従来の規制体系が、事業者の関心を専ら直接の規制対象となる機器や設備の管理に向かわせ、プラント全体の保守管理に、自ら主体的に取り組むことをおろそかにさせた要因のひとつとなっていたとも考えられる。

平成11年に発生したJCO臨界事故から得られた教訓として、国は、従来のハード面の安全確保に主眼を置いただけでは適切な安全規制を行うことが困難であることを認識した。このため、従来のハード面に加え、事業者が保安活動を的確に行うといったソフト面も安全規制の対象とすることとし、我が国の原子力安全規制の考え方を根本的に変更した。

この中で、国は、平成12年度から新たに事業者の保安活動を確認する保安検査を導入するとともに、過去の反省に立ち、更なる抜本的な検査制度の改革が必要と判断し、平成13年度から新しい原子力施設の検査制度の検討を開始した。

その結果、これまで事業者の自主活動としてきた品質保証活動や保守管理活動に関しては、これらが的確に実施されていることを規制当局が検査によって確認することが必要と判断した。このため、平成15年10月に電気事業法や原子炉等規制法の関係省令の改正を経て、事業者による適切な品質保証と保守管理の確立が法定の義務とされた新しい検査制度が開始された。

新しい検査制度の特徴は、原子炉等規制法の目的である「原子炉による災害の防止」

を達成するため、規制当局と事業者の役割を再認識した上で、事業者によるプラント全体を対象とした自律的保守管理能力の向上を目指すことにある。規制当局(保安院及びJNES)は、安全上重要な設備に対する検査を行うとともに、事業者が自律的に保守管理を行うことを促す仕組みを構築する役割を担うこととなった。

このような規制制度改革を推進する観点から、二次系配管に関する規制を振り返って見た場合、米国では、平成元年に発生したサリー原子力発電所事故後、事業者の反対があったものの、二次系配管に対する事業者の管理プログラムを監視対象とするなど、NRCが積極的に規制制度改革に取り組んできた姿勢に比べ、我が国の対応には反省すべき点が多いと思われる。保安院としては、今後とも制度改正を含めた規制の改善を積極的に続けていくことが必要と考える。

6.1.2 事業者における効果的な品質保証体制の構築の確認

新しい検査制度の検討過程で発生した東京電力(株)の自主点検作業記録に関する意図的な不正や、今回の美浜発電所事故は、新しい検査制度の必要性を裏付けるものであった。

本事故が発生した当初、その直接的な原因は、要点検箇所が点検リストから漏れたことによる減肉の結果生じた配管破損事故であったことから、エロージョン/コロージョンの発生メカニズムや、点検リスト登録漏れの経緯に調査の関心が集中していた。しかしながら、その後の調査により、関西電力(株)における保守管理体制、品質保証体制が十分機能せず、安全文化の浸透が不十分な状況にあって、長年にわたって当初の登録漏れが是正されなかったことが明らかになった。

安全は、単に発電所の現場だけで達成できるものではなく、安全を達成するための方針を組織の各階層で具体的に展開し、継続的に改善していくことが必要である。改善を行うには、組織として何が不足しているのかを評価し、人員、組織、施設、資金などの「経営資源」を適切に再配分することが必要であることから、経営者層が主体となって取り組んでいくことが不可欠である。これこそが、平成15年10月の検査制度改革にあわせて保安院が導入した品質保証制度において、原子炉設置者(社長)を当該事業者の品質マネジメントシステムの責任者(トップマネジメント)に指定した理由である。

新しい検査制度の下では、今回事故が発生した二次系配管管理は、定期事業者検査の対象であり、その履行状況の適切性を規制当局も確認する仕組みとなっている。また、今回の事故では、不具合情報が適切に水平展開されていなかったことが明らかになったが、新制度の下で、事業者は、自らの発電所のみならず他の事業者の不具合情報の水平展開を法定された品質保証活動の一環として行わなければならない仕組みとなっている。

しかしながら、たとえ新しい検査制度が構築されても、それがその趣旨を踏まえて適切に運用されなければ効果が期待できないため、保安院としては、適切な検査を行うよう不断の取り組み努力を行っていく。また、事業者が、的確な品質保証体制を構築し、それを規定通りに運用し、更に、その実施状況を開かれた仕組みにおいて客観的に評価されているか否かを、適切にフォローアップするとともに、それを事業者が社会に公表していくよう指導する。

6.1.3 原子力発電所の高経年化に対する対応

今回の事故原因調査の結果、関西電力㈱がプラントオーナーとして、プラントの運転履歴を踏まえた適切な保守管理を行っていなかったことが、重要な問題として明らかになった。このような運転履歴の影響は、運転年数が長期にわたるほど大きくなることから、いわゆる高経年化プラントへの社会的関心を集めた。このため、保安院は、これまでの技術評価等の蓄積と最新の技術的知見を有効に活用し、事業者、規制当局とも高経年化への取り組みの充実を図るため、平成16年12月、総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会に高経年化対策検討委員会を設置し、審議を開始した。

高経年化対策検討委員会は、本年4月初旬に、二次系配管の経年変化(減肉)管理に関する基本方針を含めた中間報告「高経年化対策の充実に向けた基本的考え方」をとりまとめる予定である。さらに、本年7～8月頃を目途に、高経年化対策に必要な基準、指針等の明確化や国による合理的な検査のあり方等についてとりまとめる方針である。

配管の減肉現象全般は重要な経年劣化事象のひとつであることから、今後、事業者には原子炉ごとの高経年化対策の中で配管減肉管理対策を適切に位置付け、必要な管理方針を策定し、それを実施することが求められる。保安院としても、高経年化対策検討委員会でとりまとめられる方針に沿って、各事業者による配管減肉管理の方針及びその実施状況を効果的に評価及び監視するための合理的な審査・検査制度の充実を図っていく方針である。

6.2. その他の課題への対応

6.2.1 労働安全に関する取り組み

(1) 電気事業分野における労働安全

原子力発電所における作業員の安全確保に関して、保安院では、原子炉等規制法及び電気事業法に基づき、原子炉等の利用による災害を防止し、公共の安全を確保する観点から、原子炉等の設備についての設計・設置・運転・廃止の各段階において、各種の審査、検査等を行っている。

一方、厚生労働省においては、労働安全衛生法に基づき労働者の安全と健康を確保する観点から、法令で定める労働災害防止のための措置の履行を確保し、事業者が行う労働災害防止活動の自主的な取り組みを促進するため、必要な指導、援助等を行っている。

今回の事故においては、破損した配管が電気事業法の適用を受ける電気工作物であることから、当該安全対策については、施設安全を所管する保安院が対応してきた。他方、今回の事故は、11名の作業員が死傷した重大な労働災害であることから、事業者には義務付けられている安全管理体制、従業員に対する安全教育等の措置が適切に行われてきたか等については、労働安全を所管する厚生労働省が、労働安全衛生対策の観点から対応してきた。

(2) 今回の事故を踏まえた国の指摘等

保安院としては、「中間とりまとめ」において、「事業者は、原子力発電所における放射線障害の防止だけでなく労働災害の防止についても事業者のマネジメントシステムに明確に位置づけ、あらゆる事態を踏まえ、適切な管理、運営を行っていくことが重要である」とした。具体的には、プラントの運転状態に応じた作業環境の潜在的リスクを周知する方策として、事前研修の実施、危険箇所へのリスク情報の表示等の措置を行うべき旨を指摘したところである。

また、厚生労働省は、平成16年10月25日付け福井労働局長から美浜発電所所長宛ての指導文書「労働災害防止対策の徹底について」において、「大規模製造業における安全管理の強化に係る緊急対策要綱」(平成16年3月16日付け厚生労働省労働基準局長通達)に基づき、「職場の危険箇所の特定・評価及びそれに基づく対策の徹底」及び「設備の適切な維持管理の確保」の措置の徹底、事業場内における施設安全担当者と労働安全担当者の相互連携の確保、美浜発電所における総括安全衛生管理者を中心とする適切な安全管理活動の実施、同発電所における下請会社を含めた全体的な緊急避難訓練等の徹底、を指導している。

(3) 国の指摘等を踏まえた事業者の対応

国の指摘及び指導を受けて、関西電力(株)は、「関西電力事故報告書」において、労働安全に係る再発防止対策として、労働安全衛生マネジメントシステムの導入、安全管理活動の確実な実施、コミュニケーションの充実、安全管理者への教育の実施、を掲げている。

また、厚生労働省からの指導に対しては、同社は、同じく労働安全衛生マネジメントシステムの導入等を内容とした回答文書(平成16年11月30日付け)を福井労

働局に提出した。また、同社は、この指導に対するその後の実施状況を、美浜発電所に関しては平成17年2月28日に福井労働局に、関西電力㈱の全社的な対応状況に関しては平成17年2月24日に厚生労働省に、それぞれ報告している。

(4) 事業者の対応についての評価

関西電力㈱は、国の指導等を受け、美浜発電所において、同社の原子力発電所では初めて労働安全衛生マネジメントシステムの本格的導入を図ることを決め、平成17年1月6日には、「美浜発電所労働安全衛生管理所達(労働安全衛生マニュアル)」他3つの所達、所則の制定を行うなど、労働安全に係る体制の整備等に積極的に取り組んでいる。

具体的な運用としては、現場設備に精通した保守部門の管理職を安全管理者として選任し、安全管理活動と設備管理活動の一体的実施に努めるとともに、総括安全衛生管理者を中心とする安全管理活動の確実な実施や、安全管理者に対する選任時等の教育の充実、職場の危険箇所の特定・評価及びそれに基づく対策の徹底を図るといった対策を進めている。今回の事故を契機とした労働安全に係る関西電力㈱の上記取り組みの着実な実施が求められる。

また、このような事業者の労働安全に係る取り組みを着実なものとし、電気事業における労働安全の一層の拡充を図るため、保安院は、労働安全を所管する厚生労働省と緊密に連絡を取り、整合性の取れた施策を実施するとともに、それら施策の内容を事業者にも周知徹底する方針である。

- a. 労働安全に関する情報と原子力施設の保安に関する情報の関係省庁の政策決定者レベルでの共有・意思疎通の円滑化
- b. 原子力保安検査官事務所及び労働基準監督署等、現場レベルでの上記情報の共有・意思疎通の円滑化
- c. 他の事業者を含む電気事業者全般への上記情報の周知徹底及び水平展開

6.2.2 事故に伴う社会的・地域的影響とその対応

今回の事故は、多くの死傷者を出し、発電所の設備に物理的な支障を生じるなどという影響のみならず、原子力安全規制への不信や地域における不安の増大など、社会的・地域的な面での影響をもたらした。この社会的・地域的な影響は、今回の事故についての国民、地域住民の印象や理解を反映して、多様な形で現れたものと考えられる。このような観点から、今回の事故が及ぼした影響を見ると、その主なものとして、次の4つを挙げることができる。

(1) 地域住民の原子力発電所に対する安心感の喪失

今回の事故により、発電所の所在する美浜町を始め、周辺市町、更には福井県内の他地域の住民が、原子力発電所の安全に対する不安や、事業者及び規制機関の活動に対する不信を持ち、原子力に対する信頼感が大きく損なわれた。健康阻害への懸念や事故やトラブル時の避難手段確保への問題意識も高まった。原子力発電所を職場とする地域住民も多く、こうした人々は、自らの働く場に対する不安・不信を高めた。

さらに、地域と原子力発電所の「共生」で表現されるような、原子力発電所の地域への貢献についても、これを疑問視する向きが多くなるといった影響も生じている可能性がある。

(2) 地元自治体の行政対応の増大

福井県の原子力安全専門委員会の開催に見られるように、事故について精力的な検証・検討を行う、住民への説明・対話に多大な時間を要する、事業者と自治体の関係を再検討するなど、事故に関連した地域での行政対応が飛躍的に増大した。このため、必要な資源の配分を受けることが困難な他の分野の行政事務に、支障を生じかねない状態となったというのが立地地域の自治体関係者の声である。

(3) 立地地域の経済活動に係る風評被害の発生

事故発生後、現に、宿泊施設の予約キャンセル、観光の取りやめなどにより、観光客を始めとして地域を訪れる人が減少するという事態が発生した。これは、正確な情報・知識に基づいた判断がなされず、「原子力関係の事故の近隣地域」ということのみにより、観光や地元産品の購買などが忌避される、いわゆる風評被害と見られる。

(4) 原子力利用に対する国民的な信頼の喪失

原子力発電所における事業者の安全確保への取り組み姿勢、国の安全規制の実効性に対する不信が高まることなどにより、原子力利用に対する国民的な信頼感が減少したことは否めない。

保安院は、自治体関係者の声を聞き、このような影響が存在することを視野に入れて、事故原因の究明と再発防止対策の検討を進め、「中間取りまとめ」に示されたものについては、これを速やかに実行に移してきた。また、地域において安全規制を実施する体制の強化に取り組むことも表明している。

さらに、事故の性質や再発防止対策等について、多様な手段を用いて迅速かつ正確な情報を提供するとともに、自治体や地域住民に対して、直接に説明する機会を設け、

加えて、広く全国レベルで保安院の取り組みを紹介するという、情報発信に注力してきた。さらに、緊急時搬送に支障があった経路の道路整備の支援、原子力安全に係る研究の充実といった課題にも対処してきている。

他方、こうした取り組みを効果的に実施するためには、工学的な視点からの事故原因の究明や再発防止対策の検討に加えて、社会的・地域的要因からの調査分析及び対応策の検討が必要との指摘もなされている。保安院としては、過去の原子力発電所における事故や災害等の事例においても、社会的・地域的な影響が発生していることを踏まえ、今後の事故や災害等への対応に当たり、その社会的・地域的な影響を正確に評価・分析し、その結果に基づいて必要な対策を検討する場を設定するなど、効果的な対策の実施につながる取り組みに努める方針である。

7. おわりに

今回の事故の発生から8か月が経過しようとしている。この間、事故調査委員会における調査・検討の枠組みの下で、事故の原因究明及び再発防止に係る各方面の精力的な取り組みがなされてきたところであり、これらの結果を踏まえ、保安院としてここに最終報告書を取りまとめるに至った。

事故のあった配管の破損メカニズムについては、JNES、原研その他の関係機関の協力を得て技術的検討がなされた結果、いわゆるエロージョン/コロージョンが原因であったことなど、これまでの種々のプラントでの運転経験、実験データ等で得られた知見の範囲内のものであることが確認された。

このように、今回の事故が従来の科学的知見をもって予見・予防が可能であったにもかかわらず、結局これを回避できなかった原因は、関西電力㈱、三菱重工業㈱、㈱日本アームによる原子力施設の不適切な管理であることが明らかとなった。すなわち、事故のあった配管の点検リストからの記載漏れにより、当該配管が減肉していた事実を長年見落としてきた過誤が事故の直接的原因であったこと、さらには、各社の不適切な保守管理・品質保証活動が事故の根本原因であり、その背景には、社内での「安全文化」の綻びがあったことが判明した。関西電力㈱による、原子炉設置者としての法的・対外的責任に反する不適切な外注管理、現場の実態を把握・是正できない管理体制は問題であり、原子力安全への信頼を著しく損なうものであった。また、三菱重工業㈱による不適切な保守管理も、原子力施設の建設・保全の中核を担うメーカーとしての自己規律を欠いた行為であった。

各社の責任及び再発防止対策の評価については既述のとおりであるが、事業者の保守管理・品質保証体制が、原子力安全に関する企業文化及び組織風土に密接に関わるものであり、その確立には粘り強い努力が必要であることを忘れてはならない。関西電力㈱及び三菱重工業㈱からは、一通りの再発防止対策が提出されたが、これらの対策が経営層の実質的な意識改革と改善努力を伴い、原子力安全に関する企業文化及び組織風土の改革・定着につながるかどうか成否の鍵となる。両社がこのような取り組みを誠実にを行い、その過程及び結果を対外的に説明することが、立地地域を始め国民の原子力安全への信頼を失墜させた者としての責務であろう。この点について、保安院は、関西電力㈱に対する特別な保安検査等を通じ、厳格なフォローアップを行っていくこととする。

また、今回の事故は、他の事業者にとっても、原子力安全の確保に必要な保守管理・品質保証活動を推進する上での大きな教訓となるものである。各事業者は、ここで明らかにされた課題と対応策を自社の保守管理・品質保証活動にも反映させることが重要であり、保安院としても、この点についての事業者間の水平展開を徹底していくこととす

る。

一方、保安院としても、今回の事故を重く受け止め、改めて原子力安全規制の検証及び課題の抽出に真摯に取り組んだ。その結果、まず、配管の肉厚管理の具体的方法を各事業者の社内基準に委ねてきたことが、不適切な判定基準の運用を招いた一因であるとの反省に立ち、今後の統一的な指針に基づいた管理を徹底することとし、電気事業法施行規則の改正(平成16年12月)、通達の発出(平成17年2月)等の措置により、定期事業者検査の対象及び検査方法に関する国の基準としての要求事項を明確にしたところである。当院は、今後とも、(社)日本機械学会による配管肉厚管理規格の策定作業に積極的に参画するとともに、事業者が配管の肉厚管理を適切に行っているかどうか、保安検査等を通じて監視・指導していくこととする。

また、原子力施設の安全確保に当たっては、事業者の自律的な保守管理・品質保証活動が根幹をなすものであり、その活動を国が監視・指導する新たな検査制度(平成15年10月施行)が重要であることを、保安院として改めて確認したところである。この点については、今回の事故を通じ、適切な保守管理・品質保証体制の確立には、経営層の実質的な意識改革と改善努力が肝要であること、原子炉設置者には、メーカー・協力企業への外注業務を含め、原子力施設の保全業務に係る一切の責任を全うするため、より実質的な外注管理が求められること、が明らかになった。保安院としては、これらの知見を各事業者の保守管理・品質保証活動に対する今後の検査において活用し、引き続き、検査の質的向上に努めていくこととする。

今回の事故は、我が国の原子力発電所で例をみない重大な結果となった。この事実を忘れることなく、原子力安全規制のあり方を絶えず謙虚に省みていくことが、保安院に求められた責務であると認識する。また、原子力との「共生」を指向する立地地域の住民、自治体が今回の事故で受けた困難にも十分配慮し、その要請に真摯に耳を傾けることも重要である。このような認識に基づき、保安院は、今後とも、国民との対話と安全規制の不断の検証を重ねつつ、検査の充実、原子力保安検査官の資質の向上を始めとする安全規制の継続的改善を図り、原子力安全への信頼の確保・維持に努めていくよう、決意を新たにしているものである。

参考 1 美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故調査委員会委員名簿

委員長	朝田 泰英	社団法人火力原子力発電技術協会技術顧問
	飯塚 悦功	東京大学大学院工学系研究科教授(第 4 回から)
	小林 英男	東京工業大学大学院理工学研究科教授
	柴田 勝之	日本原子力研究所東海研究所原子炉安全工学部研究主幹
	辻川 茂男	東京大学名誉教授
委員長代理	班目 春樹	東京大学原子力研究総合センター教授
	宮 健三	慶應義塾大学大学院理工学研究科教授

参考 2 審議経過

第 1 回 平成 16 年 8 月 11 日(水)

- ・ 美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故の概要
- ・ 現地調査の結果
- ・ 配管破損部位に対する点検の考え方、点検の状況について

第 2 回 平成 16 年 8 月 19 日(水)

- ・ 美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故に係る報告
- ・ 立入検査結果の概要
- ・ 美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故に係る原因調査の進め方について
- ・ 配管減肉事象に係る点検に関する報告徴収結果

第 3 回 平成 16 年 8 月 27 日(金)

- ・ 美浜発電所 3 号機二次系配管破損事故調査委員会における調査の進め方
- ・ 配管破損メカニズムの解明について
- ・ 配管減肉傾向と管理手法について
- ・ 配管肉厚に関する保守管理の適切性について
- ・ 米国の減肉管理に関する規制について
- ・ 相馬共同火力(株)の新地発電所第 2 号機配管事故の調査結果について
- ・ 発電用火力設備の水・蒸気系配管の技術基準適合状況調査について

第 4 回 平成 16 年 9 月 6 日(月) < 福井市内にて開催 >

- ・ 配管破損メカニズムの解明について
- ・ 関西電力(株)の点検状況等について
- ・ 配管減肉管理について
- ・ 再発防止対策について
- ・ 中間報告のスケルトン(案)について

第 5 回 平成 16 年 9 月 17 日(金)

- ・ 関西電力(株)による経緯及び当面の対策と今後の課題等について
- ・ 配管破損メカニズムの解明について
- ・ 点検状況等について
- ・ 点検記載漏れの経緯等について
- ・ 中間とりまとめ(案)について

第6回 平成16年9月27日(月)

- ・ 配管破損メカニズムに係る調査状況について
- ・ 点検状況等について
- ・ 中間とりまとめ(案)について

第7回 平成16年12月13日(月)

- ・ 配管破損メカニズムの解明について
- ・ 国としてのその後の対応状況

第8回 平成17年3月3日(木)

- ・ 事故時の運転操作の妥当性及び設備に関する課題について
- ・ 事故原因の究明及び再発防止策

第9回 平成17年3月14日(月) <福井市内にて開催>

- ・ 再発防止対策について
- ・ 最終報告書案について

第10回 平成17年3月30日(水)

- ・ 最終報告書案について

添付資料

添付資料 1	初動対応、関係機関への連絡、被災者の救出に係る対応 (時系列) ……………	53
添付資料 2	美浜発電所 3 号機二次系配管の破損状況 ……………	54
添付資料 3	日本原子力研究所による金属調査結果 ……………	57
添付資料 4	(独)原子力安全基盤機構及び日本原子力研究所による配管流況 解析結果 ……………	59
添付資料 5	日本原子力研究所による減肉挙動解析結果 ……………	61
添付資料 6	(独)原子力安全基盤機構による配管破損挙動解析結果 ……………	62
添付資料 7	「PWR 管理指針」の妥当性の検討 ……………	63
添付資料 8	大飯発電所 1 号機主給水配管の減肉事象の概要 ……………	74
添付資料 9	電気事業者からの配管肉厚の管理状況に係る報告について 原子力安全・保安院が行った検証結果 ……………	76
添付資料 10	火力発電所における配管の肉厚管理について ……………	77
添付資料 11	原子力発電所の配管肉厚管理に対する要求事項について (平成 17 年 2 月 18 日 NISA-163a-05-1 原子力安全・保安院) ……………	79
添付資料 12	関西電力に対する指導文書 (平成 16 年 9 月 27 日 経済産業大臣) ……………	91
添付資料 13	再発防止対策の具体化に際しての必要な要件について (平成 17 年 3 月 14 日 原子力安全・保安院) ……………	94