

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報告書

平成17年3月1日

三菱重工業株式会社

# 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報告書

### 目 次

1 . まえがき	1
2 . 二次系配管破損事故に関する調査内容	2
2 . 1 調査目的	2
2 . 2 調査体制	2
2 . 3 調査方法	2
2 . 4 調査期間	2
3 . 調査結果	3
3 . 1 二次系配管減肉管理の基本的なあり方	3
3 . 2 二次系配管破損事故に係る調査結果	4
3 . 3 減肉管理における関西電力殿と当社との関係について	10
3 . 4 「火力技術基準」の適切でない解釈について	10
4 . 課題の整理と再発防止について	12
4 . 1 課題の整理	12
4 . 2 再発防止について	13
5 . 教訓を活かす全社的な改善への取り組み	16
5 . 1 原子力社内改革委員会の設置	16
5 . 2 品質マネジメントシステム(QMS)に係る改善策	16
5 . 3 企業の社会的責任(CSR)に関する改善策	17
5 . 4 改善策の有効性評価と継続的推進	18
6 . おわりに	19
用語集	22

添付資料 美浜3号機 二次系配管破損事故に係る改革行動計画書

## 1. まえがき

平成16年8月9日、関西電力株式会社殿（以下、関西電力殿という）美浜発電所3号機（以下、美浜3号機という）において発生した二次系配管破損事故は、5名の尊い命が失われ6名の方が負傷されるという重大な事故であった。この事故は原子力産業への信頼を大きく揺るがすものであり、また、当社が納入した美浜3号機で起きた重大な事故であり、亡くなられた方々のご冥福と負傷された方々の一刻も早いご回復を衷心よりお祈り申し上げます。

国内の原子力発電所の約半数を製造してきた当社の役割を考えると、当社に対する信頼は即ちPWR原子力プラントに対する信頼に繋がるものである。したがって、今回の事故に関する事実関係を調査し改善点を明らかにすることは、当社の義務であり責任であると考えている。

当社は今回の事故発生後直ちに二次系設備を所掌する高砂製作所に対策本部を設置し、コーポレート部門と原子力事業本部が一体となって原因の究明や調査を行ってきた。さらに、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、全社一体となって再発防止策の策定と未然防止活動への取り組みを開始した。

本報告書は、これまでの当社の調査結果と再発防止策及び未然防止に向けた取り組みについて報告するものである。

## 2．二次系配管破損事故に関する調査内容

### 2．1 調査目的

今回の事故では配管破損に至った機械的メカニズムの解明とともに、高経年化プラントにおける二次系配管の減肉管理のあり方が問われている。

このため、今回の事故に至った経緯、特に減肉管理の基本的な考え方、減肉管理に関する関西電力殿、日本アーム殿及び当社の係り合い、実施状況等についての事実関係を明らかにし減肉管理をさらに改善する目的で調査を実施した。

### 2．2 調査体制

当社は事故発生後直ちに二次系設備を所掌する高砂製作所に対策本部を設置し、原子力事業本部、一次系設備を所掌する神戸造船所と一体となって原因の究明や調査を行ってきた。

さらに、原子力産業の一翼を担うメーカーとしての社会的責任を果たすために平成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<sup>(注1)</sup>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。

(注1) 企画部、広報・IR部、総務部、法務部の管理部門を指す。

### 2．3 調査方法

美浜3号機における初期の減肉管理からは既に20数年経過しており、関連資料には当社の文書管理規定で定めた文書保存期間を過ぎているものがあり調査は困難を極めた。

したがって、当時の担当者(退職者を含む)からの聞き取り調査を行い、さらに残っていた関連資料を収集し裏付けを取る方法とした。

### 2．4 調査期間

原因究明の調査は今回の事故発生直後より開始し今日に至っている。また、「原子力社内改革委員会」は、平成16年12月の発足以来、現在までに5回開催した。

### 3. 調査結果

#### 3.1 二次系配管減肉管理の基本的なあり方

##### (1) 設計上の考え方

- ・ PWR原子力プラントの二次系設備は原子炉等で構成される一次系とは異なり放射性物質を扱っておらず、配管には火力プラントで実績があり経済的にも有利な炭素鋼が主に使われている。炭素鋼を使用した二次系配管では、偏流の発生し得る部位は常に減肉の可能性がある。このため、二次系配管と配管構成部品についてはプラント運転開始後の健全性(強度)を減肉管理によって確保する必要がある。
- ・ 最近のプラントでは電力会社殿の決定に基づき二次系の水質管理を強化するとともに、ステンレス鋼や低合金鋼を使用し減肉管理の負担を軽減している。

##### (2) 管理上の考え方

- ・ 二次系配管や配管構成部品は、プラント運転開始後電力会社殿が配管や部品の現物(配管構成、溶接部の位置や管内径の変化等流れに乱れを生ずる位置や程度)に応じ減肉管理を行っている。
- ・ 炭素鋼を使用した二次系配管の偏流の発生し得る部位は常に減肉の可能性があり、各電力会社殿は知り得た新たな減肉経験を逐次反映し点検範囲を拡大しながら定期的に点検を実施し、減肉が著しい部分を取り替えることが基本である。
- ・ この減肉管理は、実際にプラントを運用する電力会社殿と点検会社とがお互いの知見を共有化して行うものと考えられる。
- ・ 当社は原子力プラントの配管減肉調査に、昭和40年代後半から取り組んできた。当初は火力プラントの経験に基づいていたが、昭和50年代初期からは原子力プラントにおける減肉事象の経験を逐次反映し、点検の範囲を拡大した点検計画を電力会社殿に提案することでプラントメーカーとしての役割を果たしてきた。
- ・ このような取り組みの中で、平成2年5月に「原子力設備二次系配管肉厚の管理指針(PWR)」(以下「管理指針」という)が関西電力殿により制定された。

- ・「管理指針」はそれまでに得られた減肉データを整理した結果に基づくとともに、最新知見に基づき点検対象を定め点検間隔を適正化したものである。
- ・当社としては、「管理指針」に従い減肉調査を実施することに加え二次系配管の健全性をさらに確保するため「減肉事象の経験の逐次反映」として「他プラントの特定部位で発生した著しい減肉事象に基づき当該部位の点検状況を確認し反映すること」、「取り替え配管の減肉状況に基づき点検状況の確認や点検対象を見出し反映すること」さらに、「火力プラント等の実績や国内外で報告された減肉情報に基づき点検状況が適切であることを確認し反映すること」により点検範囲を拡大してきた。
- ・この結果、「管理指針」制定後「管理指針」に規定された部位以外に主要点検系統で点検対象を拡大した例として、管台、異材継手溶接部、ボス、ウェル下流部等があり、平成2年から平成8年の間で関西電力殿11プラント約200箇所にとんでいる。(他電力会社殿では、平成2年から平成8年の間で11プラント約200箇所、平成9年から現在に至るまで12プラント約1600箇所となっている。)(図 1)
- ・今後のプラントの高経年化を考えると、引き続き上記経験則に従って点検範囲を拡大しつつ配管減肉調査を実施し配管の健全性を確保することが重要と考える。

### 3.2 二次系配管破損事故に係る調査結果

#### (1) 「管理指針」制定の経緯に係る調査結果(平成2年5月まで)

- ・関西電力殿は昭和59年以降国内外減肉事例を反映し点検箇所を拡大することを積極的に行っていたが、米国サリー原子力発電所の給水管の破損事故を契機に昭和62年に点検対象適正化の必要性の観点から、原子力プラントで蓄積したデータや国内外情報をベースに当社に技術検討を委託した。受託者である当社は関西電力殿と協議を重ね、平成元年10月に委託調査報告書を取り纏め関西電力殿に提出した。
- ・委託調査結果を踏まえて、関西電力殿は平成元年9月から「管理指針」(案)を当時の資源エネルギー庁に提示するとともに、平成

2年5月に「管理指針」を制定した。

- ・関西電力殿の平成元年9月の「管理指針」(案)においては、主要点検部位として「オリフィス下流部」の記載はない。また、関西電力殿の平成元年12月の「管理指針」(案)においては、主要点検部位として「オリフィス下流部」の記載があるものの、減肉の可能性のある部位としては減圧オリフィス下流のみ記載されており、流量計オリフィス下流については記載されていない。
- ・平成2年5月に関西電力殿が制定された「管理指針」には、減圧及び流量計オリフィスいずれのオリフィスの下流部も主要点検部位として明記されており、平成元年12月から平成2年5月の間にどのような経緯があつて流量計オリフィス下流部が点検箇所に含まれることになったのかは、当社の調査では明らかではない。
- ・当時、給水系流量計オリフィス下流部の減肉事象はあつたが、復水流量計オリフィス下流部の減肉事象はこの時点では経験していない。なお、復水流量計オリフィス下流部の著しい減肉事象が発生したのは、平成10年の北海道電力殿泊1号機が初めてであつた。

(2)「管理指針」制定時のスケルトン図見直しに係る調査結果(平成2年)

- ・当社は関西電力殿プラントに対して、他電力会社殿と同様の委託としてではなく、「管理指針」制定後初めての定検の準備作業として、二次系配管経年変化調査工事計画業務とあわせてスケルトン図の見直しを行った。
- ・関西電力殿以外の電力会社殿においては「管理指針」制定後、通常の二次系配管経年変化調査工事とは別に「管理指針」に基づく帳票類の整備を電力会社殿からの委託業務として実施しており、この中でスケルトン図を見直した。なお、見直し作業に関する委託報告書により実施した内容を調査した結果、下記の作業が実施されていることを確認した。

主要点検系統 / その他点検系統の区別

主要点検系統の余寿命計算

スケルトン図、点検票の見直し

点検計画提案

- ・上記作業は平成2年6月から平成3年12月までの約1年半に亘って実施した。この作業で確認した全PWR原子力プラントの点検

箇所総数は約 63,000 箇所（この内、主要点検系統では約 11,000 箇所、内訳としての関西電力殿分は約 6,000 箇所）であった。

- ・スケルトン図の見直し作業は、「管理指針」の趣旨を熟知し業務に精通したベテランを配置し実施した。本作業はスケルトン図に付番されていた点検箇所を確認のうえ、新たに点検箇所として追加していくものであった。

(3) 「管理指針」制定後の調査工事への取り組みに係る調査結果(平成2年から8年)

- ・当社は「管理指針」制定後、平成8年に関西電力殿が日本アーム殿に発注先を変更されるまでの二次系配管経年変化調査工事を次の手順で確実に実施してきた。

#### 点検計画の作成

契約締結前の受注活動で、調査計画書(案)(受注活動用図書：関西電力殿の点検工事を受注するために当社が作成したもの)を作成、この調査計画書(案)に基づき関西電力殿と協議した上で調査計画書を提出することにより、最終的な点検対象箇所が決定されていた。

なお、新規に追加した点検箇所は「未調査箇所」として調査計画書(案)に注記を付して明示し提案する仕組みとなっていた。

#### 現地点検作業

契約締結後、調査計画書に基づいた関西電力殿工事仕様書に従い、当社は作業計画書を作成し提出、関西電力殿が作業計画書を承認後工事(肉厚計測)に着手する。

#### 点検対象箇所の余寿命評価

点検対象箇所の余寿命評価を実施し、調査結果報告書を作成し関西電力殿に提出するとともに報告会を実施する。

- ・当時、関西電力殿各プラントの配管経年変化調査工事の計画に際しては、1プラント当たり約1,000箇所の中から余寿命等を参照し一定検当たり約100～200箇所の点検箇所を調査した。なお、他電力は約300箇所を調査した。(図-2)



- ・「管理指針」に従い二次系配管経年変化調査工事を行うようになった結果として、1 定検・1 プラントあたりの点検箇所数は約 1 / 3 まで減少したが、当社は配管の健全性を確保するため「管理指針」の運用を拡大するよう次の通り関西電力殿に提案した。

当社は「管理指針」におけるその他系統調査の前倒し、余寿命評価の精度向上のためできるだけ早く 3 回計測すること（精度の高い最小自乗法が適用できる回数）等について提案した。（平成 2 年 7 月）

当社はそれまでの減肉経験から水配管の点検間隔の短縮を提案した。（平成 5 年 7 月）

当社は精度向上のためデータ整備による管理手法の見直し（コンピュータ化、減肉率の見直し等）に係る電力共同研究を提案した。（平成 7 年 7 月）

- ・ 1 定検・1 プラントあたり約 1 0 0 ~ 2 0 0 箇所の点検により、一年間では、関西電力殿全プラントの主要点検系統の主要点検部位約 6 , 0 0 0 箇所の中から約 1 , 5 0 0 箇所を調査することになる。
- ・ 関西電力殿の決定による平成 8 年の日本アーム殿への発注先変更までに当社が「付番の見落とし」箇所を点検箇所として追加付番したのは、平成 3 年に高浜 3 号機で 2 箇所、平成 5 年に高浜 4 号機で 4 箇所、平成 6 年に美浜 1 号機で 1 箇所、平成 7 年に大飯 3 号機で 3 箇所の合計 1 0 箇所であった。この際、担当者は「付番の見落とし」を認識せずに「付番の見落とし」箇所に追加付番していた。
- ・ 「管理指針」制定後「管理指針」の規定以外に主要点検系統で点検対象を拡大した例として、管台、異材継手溶接部、ボス、ウェル下流部等があり、関西電力殿 1 1 プラントの約 2 0 0 箇所に及んでいる。

（ 4 ） 関西電力殿による当社から日本アーム殿の点検業務の発注先変更時に係る調査結果（平成 8 年）

- ・ 配管減肉調査は経験、技術的知見が必要との観点から、当社は関西電力殿に対して他電力会社殿同様に引き続き減肉調査を行いたい旨申出をした。しかし、関西電力殿の御意向により日本アーム殿に発注先が変更された。
- ・ 当社はこれまでの蓄積データ（過去に計測した関西電力殿全プラン

トの計測データ、配管仕様データを次の 、 に示す契約書記載通りに関西電力殿に提出した。

#### 計測箇所の調査・基本データの整理

全プラント二次系配管経年変化調査工事の計測箇所の基本データとしてラインスペックデータ、スケルトン図を調査し取り纏めを行う。

ラインスペックデータは、フロッピーディスクに収録し提出する。

スケルトン図は最新のもの<sup>(注2)</sup>をファイルに整理し、提出する。

#### 過去の計測データの調査・整理

過去に計測した全プラントの計測データを調査・整理しフロッピーディスクにて提出する。

(注2)各スケルトン図については、配管改造(ステンレス鋼管化等) 或いは「管理指針」に規定された以外の部位(管台等)へ点検範囲を拡大(追加付番)していく毎に新しくなるため、最新のものであることの確認が必要であった。

- ・また、当社は代表4プラント(美浜3号機を含む)の二次系配管経年変化調査工事における点検計画の作成、現地計測データの一次評価、計測対象箇所の寿命評価を日本アーム殿との契約書通りに実施し、現地計測作業についても日本アーム殿への指導・助言を行った。
- ・さらに、当社は日本アーム殿からの種々の照会に対して書面等により回答した。

(5) 日本アーム殿と原子力サービスエンジニアリング(株)の定期連絡会開催時に係る調査結果(平成8年以降)

- ・当社の子会社である原子力サービスエンジニアリング(株)(以下、NUSECという)は、日本アーム殿からの要請に応じ、同社が主催する情報連絡会(ワーキング)へ参加した。
- ・日本アーム殿から各社の役割について、以下の 、 に示す通り意向表明があった。

NUS E Cは、関西電力殿以外のプラントにおける二次系配管減肉情報を日本アーム殿に提供する。

日本アーム殿は、NUS E Cが提供した減肉情報に基づき関西電力殿プラントへの水平展開を実施する。

- ・ 関西電力殿以外の電力会社殿のプラントにおける当該復水流量計オリフィス下流部の著しい減肉事象の情報について、3回（平成11年4月第3回、平成11年7月第5回、平成12年8月第15回）のワーキングにおいて報告し、さらに、年度報告書（平成15年3月）にて調査概要を日本アーム殿に提供した。
- ・ 特に上記の第5回ワーキングにおける情報提供に対して、日本アーム殿は他電力会社殿のPWR原子力プラントの状況として当該復水流量計オリフィス下流部に、「Aプラントの第8回定検で、主復水管（流量計下流）で余寿命が短いものがでてきている。」と記載した議事録を作成している。
- ・ なお、日本アーム殿は「管理指針」制定時点検対象となっていなかった美浜1号機及び高浜4号機の当該箇所について追加付番していた。
- ・ また、当社は北海道電力殿泊1号機の当該箇所の著しい減肉事象を日本アーム殿に情報提供するとともに、日本原子力発電殿敦賀2号機にも水平展開をして追加付番している。この際、日本アーム殿に減肉事象の情報提供をしていたので日本アーム殿が関西電力殿のプラントへ水平展開すると考え、「付番の見落とし」については関西電力殿及び日本アーム殿に連絡しなかった。
- ・ なお、関西電力殿以外の各電力会社殿については、当社が運転開始から一貫して点検計画を策定していたこと、並びに減肉管理の基本に基づき「減肉事象の経験の逐次反映」という管理手法によって点検範囲の拡大を図ってきたことから、平成16年8月の時点では各電力会社殿の追加点検箇所は総計約1,800箇所及び、結果的に「管理指針」に規定されている全ての主要点検部位のスケルトン図への付番の見落としはなかった。

### 3.3 減肉管理における関西電力殿と当社との関係について

- ・ 当社は関西電力殿が昭和59年に策定した管理要領に従って配管経年変化調査工事を実施した。この関西電力殿の管理要領の適用によって、点検箇所は約700～900箇所/定検・プラントにまで増加した。(昭和59年管理要領策定直前は、約200～400箇所/定検・プラントのレベル)
- ・ 関西電力殿は昭和59年の管理要領策定以降も国内外減肉事例を反映し点検箇所を拡大することを積極的に行っていたが、昭和62年に点検対象適正化の必要性の観点から、原子力プラントで蓄積したデータや国内外情報をベースに当社に技術検討を委託した。受託者である当社は関西電力殿と協議を重ね、上記観点からの検討結果として平成元年10月に委託調査報告書を取り纏め関西電力殿に提出した。
- ・ 委託調査結果を踏まえて、関西電力殿は平成元年9月から「管理指針」(案)を当時の資源エネルギー庁に提示するとともに、平成2年5月に「管理指針」を制定した。当社は、「管理指針」制定の過程で下記の協力を行った。

関西電力殿の要請に応じ、関西電力殿が作成した「管理指針」(案)のPWR電力説明会に同席した。(平成元年8月)

関西電力殿の御指示により、通商産業省資源エネルギー庁原子力発電技術顧問会の対応に万全を期すためにオリフィス下流部を含む米国機械学会

(ASME)の基準(案)と比較した。(平成元年10月)

- ・ 一方、定検で実施すべき点検箇所の選定等については、優先順位など具体的な協議を行う等関西電力殿の指導を受けた。因みに、大飯発電所4号機の第2回定検における調査計画書(案)については、関西電力殿との協議を行い3回の改訂をした上で関西電力殿に最終的な調査計画書として提出している。

### 3.4 「火力技術基準」の適切でない解釈について

- ・ 「管理指針」では余寿命2年以下評価された場合には取り替えを検討するよう規定されている。しかしながら、検査において余寿命1年未満と評価された場合には、プラント運用の実態に照らし、技術

的に充分安全であると評価されるものについては、電力会社と当社で協議し、余寿命の再評価を行い、電力会社の判断で次の定期検査まで当該配管の使用を延長した例があったことについて監督官庁から不適切との指摘を受けた。

- ・ さらに、本事故後に余寿命評価の際、適切でない評価を実施している旨原子力安全・保安院から指摘された後、実際に上述の評価はしていないが、約1ヶ月の間先に発行していた文書を無効にする処置を行わなかった。

#### 4．課題の整理と再発防止について

調査結果は以上のとおりであるが今回の事故が発生したことを踏まえ、課題の整理を行い再発防止のための改善策について検討した。

##### 4．1 課題の整理

###### (1) 「管理指針」制定時のスケルトン図見直しに係る調査結果からの課題

- ・当社はスケルトン図見直し作業では、それまで通りの作業の質を維持するため配管減肉調査業務に精通したベテランを配置し業務の質を確保したがベテランに過度に頼る状況となっていたこと、各プラントの多量のスケルトン図見直し作業が集中し付番チェックと付番追加という単調な手作業が連続したこと、関西電力殿各プラントの調査工事の計画時期が重なり一時的に負荷が高い傾向にあったこと等の作業環境があり、この過程で「見落とし」が発生したものと考える。
- ・また、関西電力殿が当初提示した「管理指針」(案)(平成元年9月)では流量計オリフィス下流部は点検対象に含まれていなかったが「管理指針」(平成2年5月)では含まれていたこと、及び復水流量計オリフィス下流部についてはそれまで著しい減肉事象の経験がなかったことから、当社の担当者に混乱が生じ得る状況にあったと考えられる。
- ・以上のような背景があったが、「付番の見落とし」があったのは事実であり真摯に受け止めて反省し、適切に改善を図ることとする。

###### (2) 「管理指針」制定後(平成2年から8年)の調査結果からの課題

- ・当社は減肉管理の基本に基づき、「管理指針」に規定される点検箇所に加えて「管理指針」に規定されていない箇所についても「減肉事象の経験の逐次反映」を行い日常業務としてスケルトン図に追加付番し、これまで今回のような配管破損を未然に防いできた。このため、「付番の見落とし」箇所の追加付番を行った際にも未調査箇所を通常の点検プロセスに乗せる必要があるという方に意識が働いたため調査箇所の追加が「付番の見落とし」の補完の契機にはならなかった。
- ・以上のような背景があったものと推定されるが、現時点で振り返ると改善を要する点として「付番の見落とし」を確実に意識できる作業上の仕組みを作ることが考えられる。

(3) 日本アーム殿への発注先変更時(平成8年)の調査結果からの課題

- ・当社はこれまでの蓄積データを契約通りに関西電力殿に提出した。また、代表4プラント(美浜3号機を含む)の二次系配管経年変化調査工事における点検計画の作成、現地計測データの一次評価、計測対象箇所の余寿命評価及び現地計測作業についての指導・助言を日本アーム殿との契約通りに実施した。さらに、当社は日本アーム殿からの種々の照会に対して書面等により回答した。

(4) 日本アーム殿へ業務移管後(平成8年以降)の調査結果からの課題

- ・関西電力殿プラントへの「水平展開」は日本アーム殿が実施する旨の意向表明があったことと、減肉情報に関するワーキングへの出席要請が日本アーム殿からあったこと及び関西電力殿の各プラントの二次系配管経年変化調査工事を日本アーム殿が主体的に行っていたこと等から日本アーム殿は他プラントの著しい減肉事象を関西電力殿のプラントに逐次反映すべきこと、さらにはその方法について承知していたと考える。
- ・したがって、当該箇所の減肉情報の提供を受けた日本アーム殿が減肉事象の水平展開を確実に実施していれば、結果として当該箇所の「付番の見落とし」は補完されたと考える。
- ・当社は北海道電力殿泊1号機の当該箇所の著しい減肉事象の情報を日本アーム殿に提供した。また、当社は日本原子力発電殿敦賀2号機当該箇所に「減肉事象の水平展開」をした際に、この「付番の見落とし」について関西電力殿及び日本アーム殿に伝えておく気配りが必要であったと考えられ、その点についての改善を図ることとする。

#### 4.2 再発防止について

前項の検討を踏まえ、再発防止に向けて以下の改善を行う。

(1) 「付番の見落とし」が発生したことに対する再発防止策

「管理指針」に基づく点検箇所の選定において「付番の見落とし」が発生したことに対して、以下の再発防止策を行う。

スケルトン図作成と見直しプロセスの強化

スケルトン図作成時の手順を詳細に規定するとともに、各作業ステップにおいて作成者、審査者、承認者が確認すべき事

項を「スケルトン図作成チェックリスト」としてまとめ、スケルトン図作成時に適用しチェックを強化する。さらに、スケルトン図単体を配管減肉調査計画書の添付資料としての位置付けから品質管理文書と規定し、設計図面と同等の品質管理（作成時の管理、変更管理）を行う。

#### スケルトン図管理の電算化

「付番の見落とし」が生じないようにするために、スケルトン図の管理を電算化することによりベテランの技量に過度に頼ることがないようにする。さらに、配管を3次元CADで設計する場合には、スケルトン図を自動的に作成し、また減肉の発生の可能性がある部位を自動的に選択するシステムとし管理を行う。

### (2) 「付番の見落とし」としての情報が関西電力殿及び日本アーム殿に伝わっていなかったことを踏まえた改善策

現時点で振り返って、「付番の見落とし」としての情報が関西電力殿及び日本アーム殿に伝わっていなかったことを踏まえ、以下の改善策を実施する。

スケルトン図を品質管理文書とし変更管理を行うことにより、変更の日付及び変更が必要な理由を明確にしスケルトン図の変更箇所が電力会社殿、社内関係部門に正確に伝達されるようにする。

スケルトン図の「付番の見落とし」が確認された場合には、電力会社殿へ直ちに報告することを業務マニュアルへ明記する。また、「付番の見落とし」要因を分析し、類似の見落としの有無について確認する要領を具体的に規定する。

確実な業務遂行のために、配管減肉管理に関する情報として当該プラントの余寿命情報、他プラントの著しい配管減肉情報等を電力会社殿と共有化する仕組みを構築し、電力会社殿とのコミュニケーションの改善を図る。

### (3) 原子力保全業務の管理強化の取り組み

今回の配管破損事故に係る上述の改善活動に加えて、一次系、二次系全般に関する保全情報の横通しと水平展開をさらに充実し、電力会社殿と一体となり原子力プラントの信頼性向上、安全・安定運



転を確保する高経年化対策への取り組みを強化する。このために、原子力事業本部内に事業本部直轄の「三菱保全検討委員会」を設置し、プラント高経年化に備えた「国内外不適合事例」、「潜在的経年変化事象」の検討・評価に基づく適切な保全施策をプラントの運転年数に応じて展開して行く。

#### (4) 改善点の実施状況と有効性の確認

二次系配管減肉調査業務における上述の再発防止に向けての改善策の実施状況と有効性を確認するため、平成17年3月1日付けで原子力事業本部内に設置した「原子力品質・安全監査室」が継続的にフォローしていく。

一方、プラントの高経年化に備え二次系配管の健全性を確保することは重要であり、当社の果たす役割は大きいものがあると考え。この観点から、当社の二次系配管減肉調査業務に対して電力会社殿から継続的な信頼を得るために、当社の品質保証システムの有効性を確認していく必要があると認識している。このために今回の事故に係る改善策に留まらず、業務の個々のプロセス及びシステム全体を「原子力発電所における安全のための品質保証規程」(J E A C 4 1 1 1)の要求事項に照らして改善すべき事項がないか評価して、改善を進めていくことが必要であると考え。この改善活動は、業務を担当する高砂製作所と原子力品質・安全監査室が協調して進めていくものとする。

#### (5) 「火力技術基準」の適切でない解釈に対する再発防止策

本調査の過程で余寿命評価に際し適切でない評価を実施している旨の原子力安全・保安院のご指摘があり、事実関係の調査に基づき再発防止策を検討した。

今後は、このような技術基準の重要な解釈については、監督官庁に確認することを当社から電力会社に強く要請していく。指摘を受けた後速やかに是正ができなかったこと技術基準の解釈を含み、設計、製作、検査への法令・規制要求事項、指示事項が確実に伝達され、必要な処置が取られたことを確認する仕組みを構築し、運用停止の指示が確実に処置されたことをフォローする。

## 5．教訓を活かす全社的な改善への取り組み

二次系配管減肉調査業務に係る品質保証上の再発防止と改善に向けた取り組みについては、第4章にて述べたが、原子力の安全性確保に向けて、また社会に対しての責任を誠実に果たすために、全社一体となった未然防止に向けた社内改革活動を推進することとした。

### 5．1 原子力社内改革委員会の設置

#### (1) 設置の目的

- ・今回の美浜3号機事故についての調査・分析を踏まえ、減肉調査業務に係る品質保証上の再発防止に向けた取り組みに加えて、全社的な未然防止に向けた取り組みとして社内改革活動を強力に推進するため、平成16年12月に、社長を委員長とした「原子力社内改革委員会」を設置した。

#### (2) 委員会の構成

- ・社長を委員長とし、コーポレート部門担当常務及び原子力事業担当常務が副委員長として委員長の補佐にあっている。また、コーポレート部門及び原子力事業本部の各部門長である11名が委員となり委員会を構成する。

#### (3) 検討内容

- ・本委員会は現在までに5回開催し、今回の美浜3号機事故の事実調査、さらには事故発生以降の対応状況の課題を抽出し、課題の検討及び改善策について審議、検討を実施してきた。以下にその改善策を示す。

### 5．2 品質マネジメントシステム(QMS)に係る改善策

類似の事象の発生を防ぐためには、業務の仕組みと適切な人的資源及び作業環境を一層整えるとともに、原子力安全の確保に向けての更なる意識改革が肝要であり、その基盤整理のため品質マネジメントシステムの観点から、以下の改善策を検討した。

#### (1) 方針展開の徹底

- ・方針展開は、トップの品質方針、目標を示し、それを実行、フォローし、改善する活動であり、当社においてもこの方針展開の活動を実行し、推進してきているが、今後は更なる改善を目指し、特に目標管理の明確化とその徹底を推進することにより、次の改善へ結びつける活動を展開する。

## (2) 実務本位のマニュアルの再構築

- ・マネジメントの責任、役割を明確にし、上位マニュアルから実務標準への具体化を徹底し、実務本位のマニュアルを再構築する。特に、再発防止、未然防止につなげることに重点を置き、是正、予防処置要領の充実を図る。

## (3) 監査機能の強化・改善

### コーポレート部門による原子力事業本部の監査

- ・コーポレート部門による牽制を働かせるために、社長直轄の「内部監査室」を新設し、より客観的な立場から全社の内部監査を統括する。

### 原子力事業本部内の監査の改善

- ・平成17年3月1日付けで、原子力事業本部内に「原子力品質・安全監査室」を設置すると同時に人員強化も図り、「監査機能の強化・改善」を強力に推進していく。

## (4) 教育、キャンペーン等の継続的な啓蒙活動

管理者を対象として、品質マネジメントシステム及びその運用面における注意点についての教育を実施する。

安全文化意識の向上のための教育、キャンペーン等の啓蒙活動を、原子力関係者各階層を対象に実施する。

## 5.3 企業の社会的責任(CSR)に関する改善策

今回の事故が「原子力」という社会的影響の大きい分野で発生した人身事故であることから、当社コーポレート部門と原子力事業本部が連携を密にし、バランスのとれたCSR活動を展開する必要があるとの観点から、以下の改善策を検討した。

### (1) 全社CSR向上活動

#### 社内啓発、情報発信

- ・事業所所内報平成17年1月号からコンプライアンス特集記事を掲載中である。また社員の意識向上に向けて、イントラネット上にCSRに関する情報発信の手段として、CSRサイト「CSR・コンプライアンス関連情報」を平成17年2月に新設した。

#### CSRの取り組みのためのCSR推進体制等の更なる強化

- ・コーポレート部門内にCSRを推進するための専門職制の新設を

検討し、C S R 経営の意識を事業活動全般に浸透させるとともに、その姿勢を社内外に示す。また、C S R 推進のための委員会の設置を検討し、各ラインが所掌している情報開示、人権尊重、コーポレート・ガバナンス等との横通しを図り、C S R 全般の取り組みの強化を図る。

( 2 ) 社会的な影響の大きい事象に対する危機管理

- ・社会的影響の大きな問題が発生した場合、事業本部の危機管理対応に関して、コーポレート部門が指導するなど積極的に関与していく。
- ・事故・トラブルの発生時に、初期対応・初期動作としてC S R 上の対応手順を間違わないように注意することなど、本委員会で抽出された意見を整理し、「危機管理に関する指針」などを補強することを検討する。

5 . 4 改善策の有効性評価と継続的推進

ここで述べた未然防止に向けた全社的取り組みについては、今後とも継続して取り組み、それら改善策の有効性を評価するために専門性を有するフォローチームを作り、不十分な点が見受けられた場合には更に改善を図ることとする。フォローチーム、フォロー期間については、「原子力社内改革委員会」の承認を得て、推進していくものとする。

## 6．おわりに

今回の事故においては11名もの死傷者が出たこともあり、現在も警察や経済産業省事故調査委員会による調査が行われている。

当社としては今回の事故を真摯に受け止め、明確にした事実に基づき具体的な改善策をまとめ確実に実行していく考えである。さらに、今回の事故に関する改善活動を二次系配管の経年変化調査業務固有の問題にとらえるのではなく、当社改革の出発点として全社を挙げて取り組む考えである。

本報告書をまとめるにあたり経済産業省原子力安全・保安院から頂いた厚い御指導に対し御礼申し上げますとともに、当社として再発防止さらには未然防止に向けての取り組みを推進し、社会の要請・期待に応えていきたい。

以上

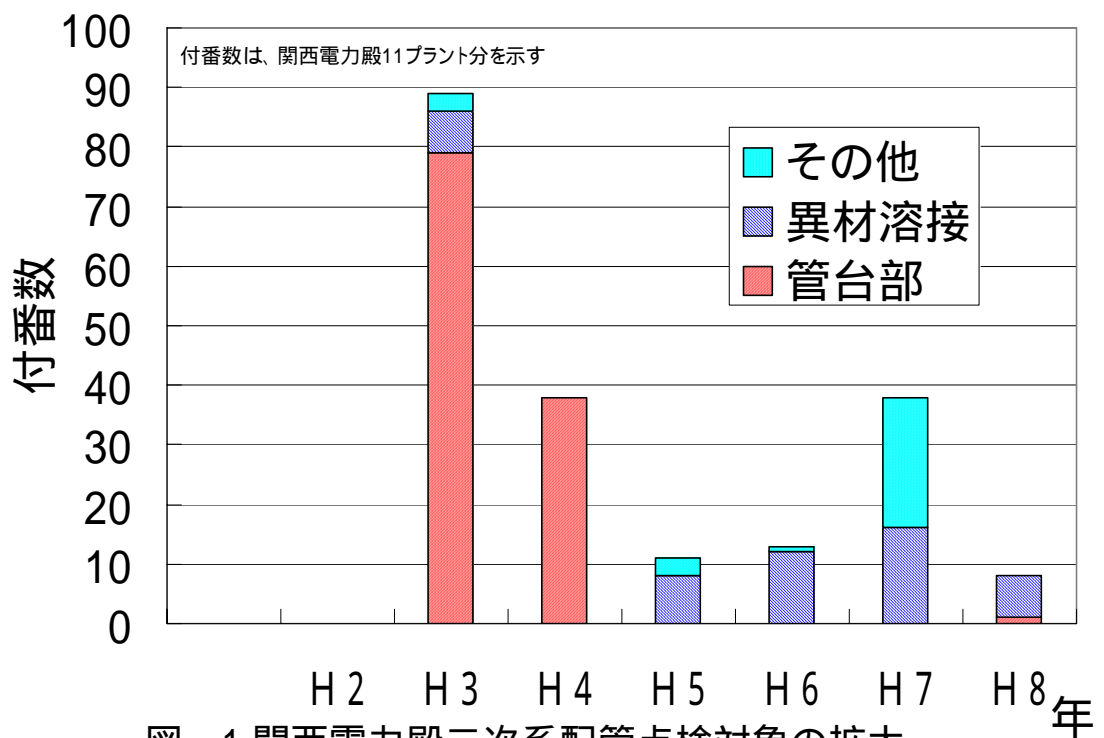


図 - 1 関西電力殿二次系配管点検対象の拡大  
(管理指針以外の点検)

点検箇所数

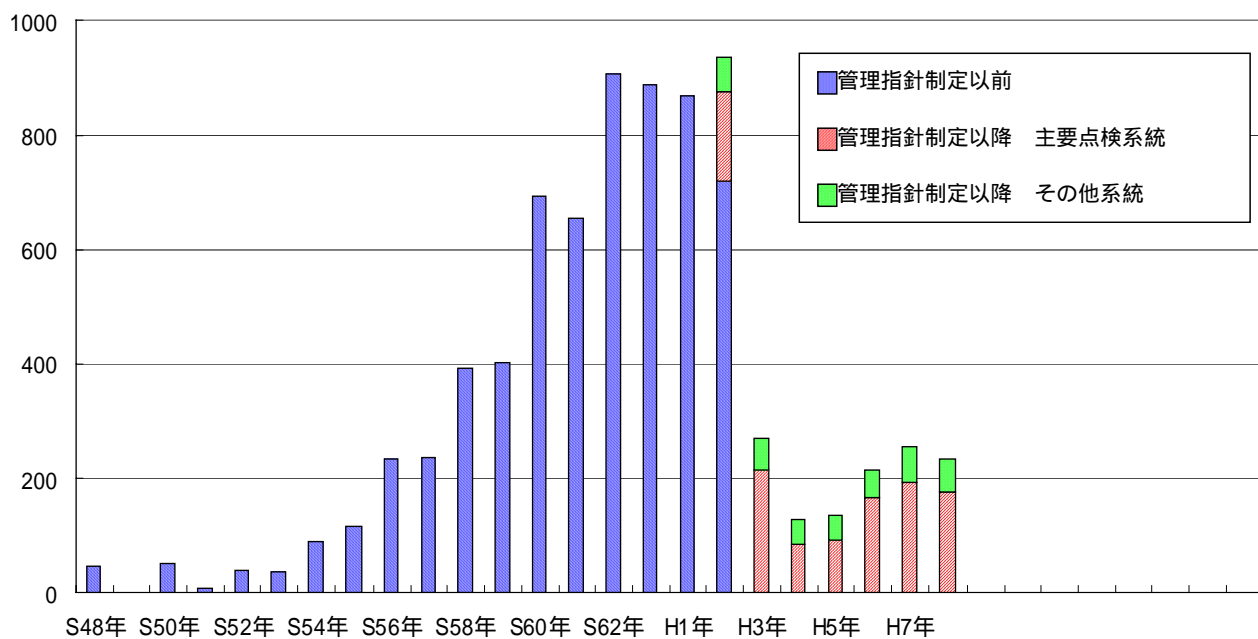


図 - 2 関西電力殿二次系配管点検箇所数  
( 1 プラント当りの平均数 )

## 用語集

- ・ PWR

商業用の原子力発電所にはいくつかのタイプがあるが、PWRは Pressurized Water Reactor の略で加圧水型原子力発電所のことをいう。加圧水型原子力発電所の設備は、放射性物質を含む一次系と放射性物質を含まない二次系とに分かれている。

- ・ 一次系、二次系

加圧水型原子力発電所は原子炉とその関連設備から成る部分と、放射性物質を含まないタービン・復水系・給水系などから成る部分に分けられるが、前者を構成する設備を一次系、後者を構成する設備を二次系という。一次系の代表的な機器として原子炉、加圧器、蒸気発生器、一次冷却材ポンプなどがあり、二次系の代表的な機器としてタービン、復水器、給水ポンプなどがある。

- ・ 二次系配管

二次系のタービン、熱交換器、タンク、ポンプ等の設備をつなぐ配管である。配管内を水や蒸気等が流れている。

- ・ 給水系

蒸気発生器に水を圧送するポンプを給水ポンプというが、給水ポンプから蒸気発生器までの系統の配管や設備を給水系という。

- ・ 復水系

タービンから出た蒸気は復水器で水に戻り給水ポンプに送られるが、タービンから給水ポンプまでの系統の配管や設備を復水系という。

- ・ 復水器

タービンから出た蒸気を海水で冷やして、水に戻す機器である。

- ・ 減肉

二次系配管の材料には主に炭素鋼が使用されるが、炭素鋼の配管は内部を流れる水や蒸気の状態によっては材料の腐食が起こりやすくなり、配管の内面が削れ配管の厚さが薄くなることもある。これを「減肉事象」という。



- ・減肉管理

発電所の定期検査のときに配管の厚さを点検して、使用限度よりも薄くなっていれば取り替えるという一連の保守活動を減肉管理という。

- ・原子力設備 2 次系配管肉厚の管理指針 ( P W R )

関西電力殿が、P W R 二次系配管の減肉管理に対する電力会社殿の自主的な指針として制定したもので、点検対象、方法などを取り決めたものである。

- ・「付番の見落とし」

配管の減肉管理において、「管理指針」で規定された点検箇所に識別のための番号を付ける際に、何らかの理由で点検箇所を見落した事象をいう。

- ・スケルトン図

配管の減肉を発電所の現場で点検する際に、作業を効率的に行うために配管のルートや配管部品の構成を示した図に点検箇所を明示した図をいう。各定期検査毎に電力会社殿向けに点検箇所を提案する調査計画書の添付資料である。

- ・偏流

配管の内部の水や蒸気の流れは、配管が曲がっている箇所では流れが均一ではない。配管の同じ断面上で、流れの早い部分と遅い部分が発生することを偏流という。

- ・減肉率

ある運転時間とその時の減肉量の記録を 3 点プロットし最小自乗法を適用した 1 年間当たりの減肉量をいう。

- ・最小自乗法

3 点の数値データから 3 点を通る近似直線を求める方法をいう。配管減肉管理においては減肉量と運転時間の 3 組のデータから減肉の進み具合を推定するために適用する。即ち、定期検査で測定した配管の厚さと運転時間から、配管の厚さが使用限度に達するまでの時間 ( 余寿命 ) を推定するために適用する。

- ・ラインスペックデータ

配管の材質や口径等のデータが、復水系や給水系等の各系統についての配管が一覧表の形でまとめられたものをいう。

- ・電力共同研究

電力会社とプラントメーカーが、各種の技術開発のために共同で行う研究をいう。

- ・管台

タービン、熱交換器、タンク、ポンプ等の設備と配管をつなぐ設備側の部分を管台という。

- ・異材継手

二次系の配管には主に炭素鋼を使用しているが、「減肉事象」が起こり易い配管には耐食性のあるステンレス鋼等を使用する。炭素鋼とこのステンレス鋼等をつなぐ、材料が異なる継手部分を異材継手という。

- ・ボス

大きな直径の配管と小さな直径の配管をつなぐ場合に、大きな配管に取り付ける取り出し口のような部品をいう。

- ・ウェル

配管の内部を流れる水や蒸気の温度を測定するために配管の内部に流れに直角方向に差し込む鞘のような部品をいう。ウェル下流部はウェルの下流側の部分をいう。

- ・オリフィス

配管の経路の途中で管の断面を狭めるために挿入するドーナツ状の薄板をいう。オリフィスで流れが塞ぎ止められるので、オリフィスの上流側の圧力は下流側の圧力よりも高くなる。

- ・減圧オリフィス

オリフィスを挿入する位置の後流で、配管内部を流れる水や蒸気の圧力を低く変える場合に使用するオリフィスをいう。オリフィス下流側の圧力は、上流側の圧力に比べて低くなる。

- ・流量計オリフィス

オリフィス前後の圧力差から配管内部を流れる水や蒸気の流量を計測するために使用するオリフィスをいう。オリフィス前後の圧力を計測して、圧力差から流量を算出する。