

## 美浜発電所2号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第22回定期検査)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

### 記

美浜発電所2号機(加圧水型軽水炉;定格電気出力50.0万kW)は、平成17年1月9日から第22回定期検査を実施していたが、平成17年3月1日に原子炉を起動し、翌2日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、3月上旬(3月3日頃)に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、3月下旬には経済産業省の最終検査を受けて営業運転を再開する予定である。

#### 1. 主要工事等

##### (1) 格納容器送気ラインベローズ取替工事 (図-1参照)

前回定期検査において、格納容器送気ライン<sup>\*1</sup>のベローズ(伸縮継手)に貫通穴が確認され、接着剤による補修を行っていたが、今回定期検査において、当該ベローズおよび前後の配管を同仕様(ステンレス)のものに取り替えた。

\*1: 格納容器送気ライン: 定期検査時などのプラント停止に、格納容器内へ送る外気を通す配管

#### 2. 設備の保全対策

##### (1) 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検 (図-2参照)

国内外PWRプラントにおいて、600系ニッケル基合金を用いた1次冷却材系統の溶接部で応力腐食割れが発生した事象を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器冷却材出口管台、蒸気発生器冷却材出入口管台、原子炉容器底部の炉内計装筒管台等の溶接部について、外観目視点検や超音波探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

##### (2) 高サイクル熱疲労割れに係る点検 (図-3参照)

国内PWRプラントにおいて、再生熱交換器の胴側出口配管部で、

高温水と低温水の混合により発生する温度ゆらぎを主要因とする高サイクル熱疲労割れが発生した事象を踏まえ、同様の熱疲労割れが発生する可能性のある余熱除去ポンプ入口ミニマムフローライン接続部等について、超音波探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

(3) 2次系配管の点検等 (図-4参照)

① 美浜発電所3号機2次系配管破損事故を踏まえ、2次系配管1,271箇所について超音波検査(肉厚測定)を行った。また、美浜3号機で現在実施している2次系配管の点検結果を踏まえ、蒸気発生器ブローダウン系統のステンレス鋼製配管等の87箇所について、追加で点検を行った。

その結果、補助給水ポンプミニマムフロー管において、必要最小肉厚と同じ厚さとなっている部位が1箇所確認されたことから、当該部の配管を炭素鋼からステンレス鋼に取り替えた。

なお、この1箇所を除くその他の炭素鋼配管については、全て必要最小肉厚を満足しており、余寿命を評価した結果、次回定期検査までに必要最小肉厚を下回ると評価された部位はなかった。また、ステンレス鋼、低合金鋼の配管については、全て著しい減肉は認められなかった。

② 過去の点検結果から減肉傾向の見られる部位等8箇所について、計画的に、既設と同種材料(炭素鋼)または耐食性に優れたステンレス鋼、低合金鋼の配管に取り替えた。

※ 美浜発電所2号機は8月13日～11月29日の間、プラントを停止し2次系配管16箇所の超音波検査(肉厚測定)を行い、健全性を確認している。

### 3. 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

蒸気発生器2台のうち、A-蒸気発生器伝熱管全数(計3,382本)について、渦流探傷検査(ECT)を実施した結果、異常は認められなかった。

### 4. 燃料集合体の取替え

燃料集合体全数121体のうち、37体(うち24体は新燃料集合体)を取り替えた。

燃料集合体の外観検査(24体)を実施した結果、異常は認められなかった。

### 5. 次回定期検査の予定

平成18年 春頃

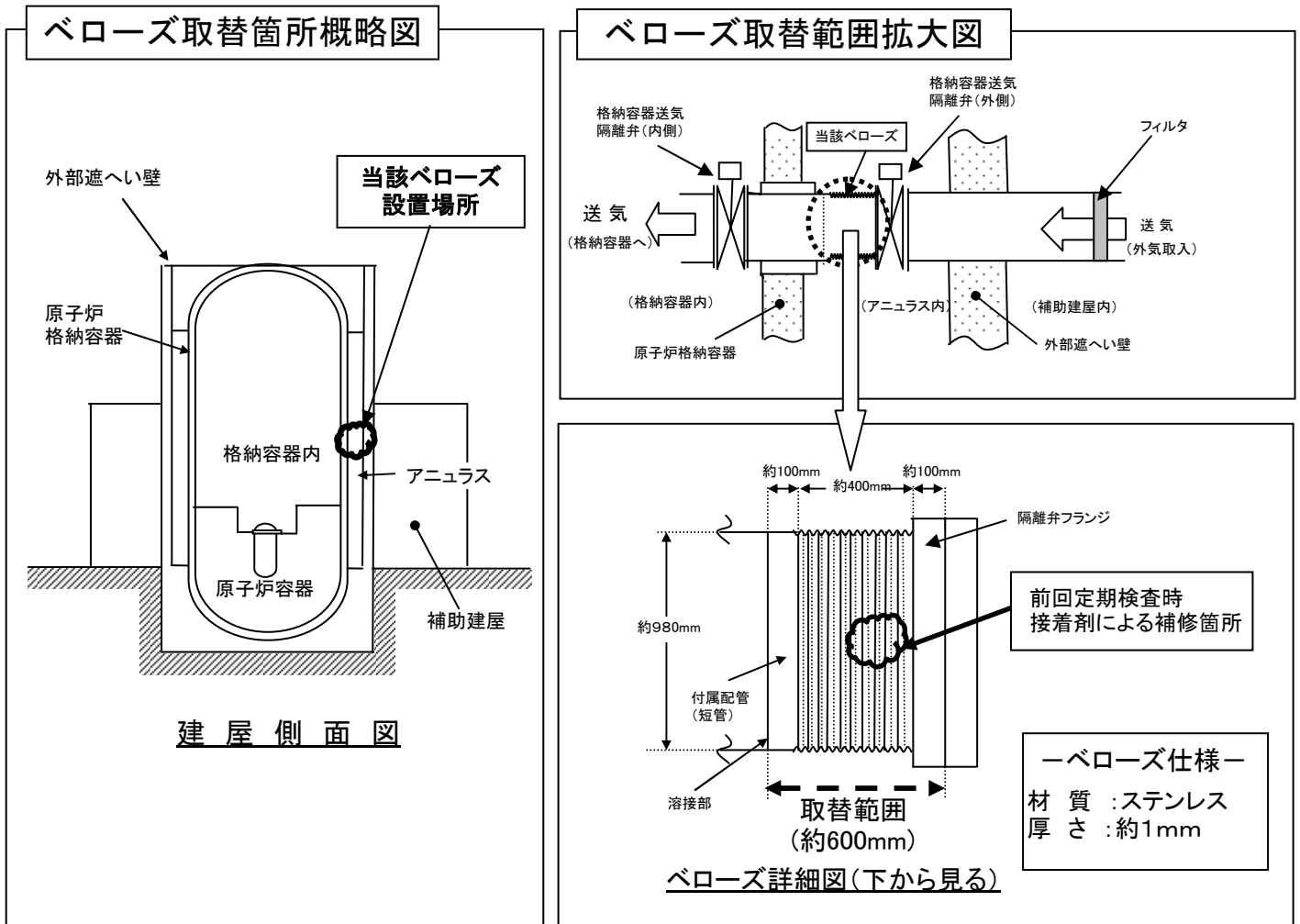
問い合わせ先(担当:宮川)  
内線2353・直通0776(20)0314

# 図－1 格納容器送気ラインベローズ取替工事

## 工事概要

前回定期検査において、格納容器送気ライン<sup>\*1</sup>のベローズ（伸縮継手）に貫通穴が確認されたことから、接着剤による補修を行った。  
 今回定期検査においては、今後の保身に万全を期す観点から当該ベローズおよび前後の配管を、同仕様（ステンレス）のものに取り替えた。

\*1：格納容器送気ライン：定期検査などのプラント停止時に、格納容器内へ送る外気を通す配管



## 前回定期検査における事象概要

格納容器漏えい率検査の局部漏えい率検査において、格納容器内の隔離弁の漏えい確認（社内事前検査）のため、格納容器送気（外気取り入れ）ラインを空気で加圧したところ、同ラインの一部であり、格納容器外周部に設置しているベローズ（伸縮継手）から貫通穴が認められた。

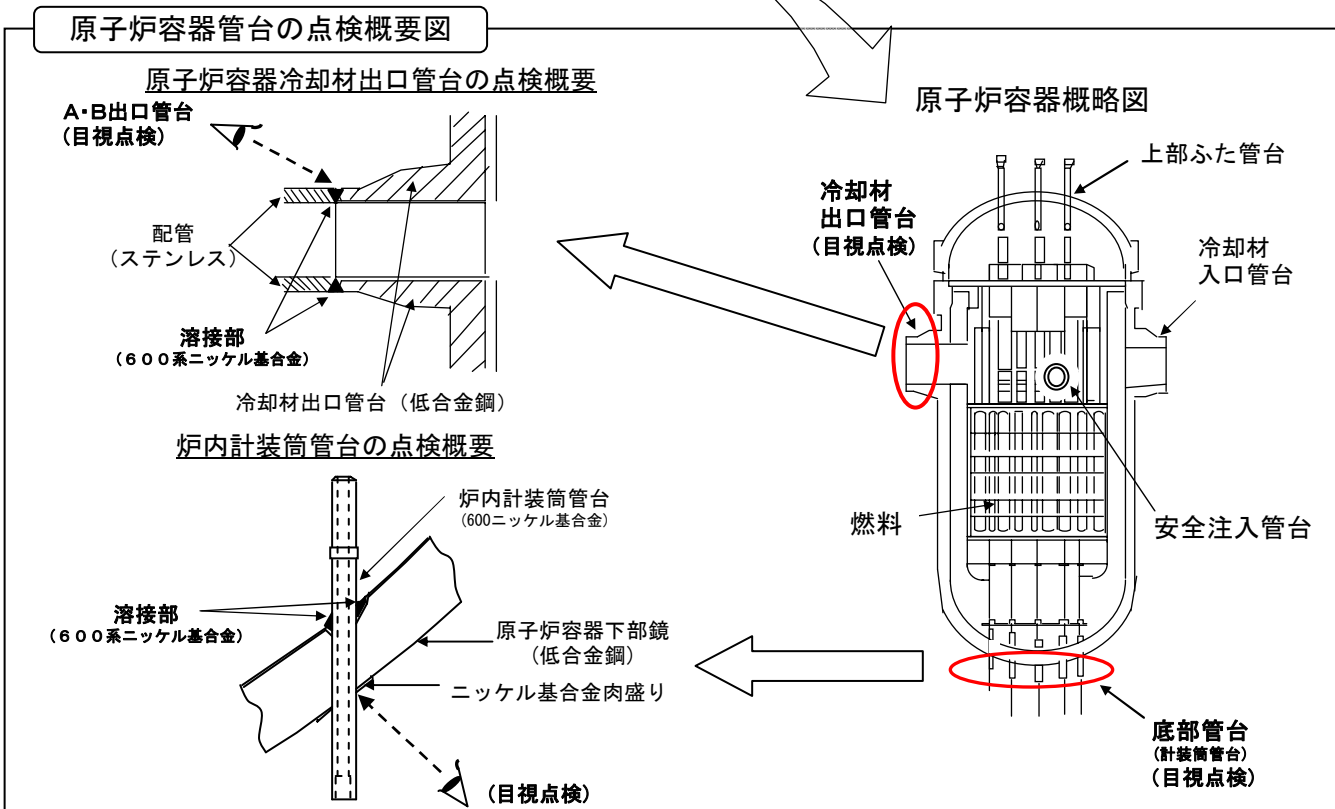
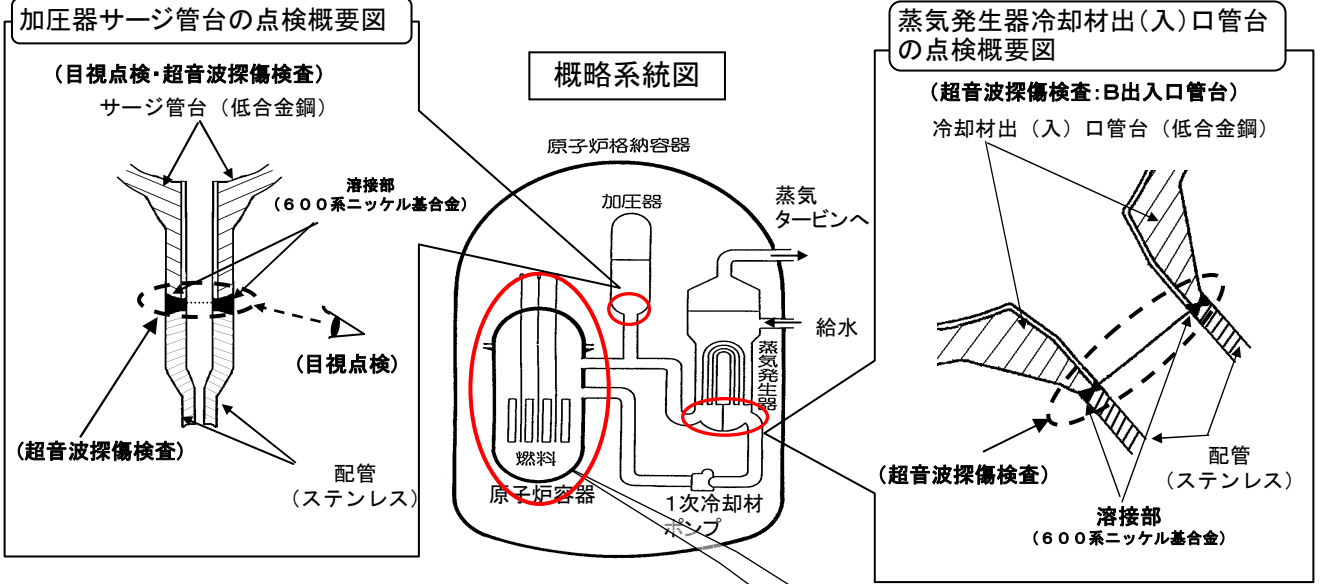
原因は、定期検査時に取り入れた外気に含まれる僅かな海塩粒子がベローズ内面に付着・濃縮し、これを起点とした塩素型応力腐食割れ等によって損傷に至ったものと推定された。

対策として、ベローズ内面より、貫通穴部を含む周辺箇所について接着剤を塗布し、損傷部の補修を実施した。

図-2 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る点検概要図

点検概要

国内外PWRプラントにおいて、600系ニッケル基合金を用いた1次冷却材システムの溶接部で応力腐食割れが発生した事象を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器冷却材出口管台、蒸気発生器冷却材出入口管台、原子炉容器底部の炉内計装筒管台等の溶接部について、外観目視点検や超音波探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。



(管台点検箇所)

点検箇所 管台	原子炉容器					加圧器			蒸気発生器						
	上部 ふた	入口		出口		安全 注入	炉内 計装 筒	逃がし 弁	安全弁	スプレ 弁	サージ	入口		出口	
		A	B	A	B							A	B	A	B
外観目視点検											○				
超音波探傷検査	*1			○	○				*2		○		○		○

\*1: 690系ニッケル基合金であり対象外  
 \*2: 600系ニッケル基合金であるが1次冷却水と接液せず対象外

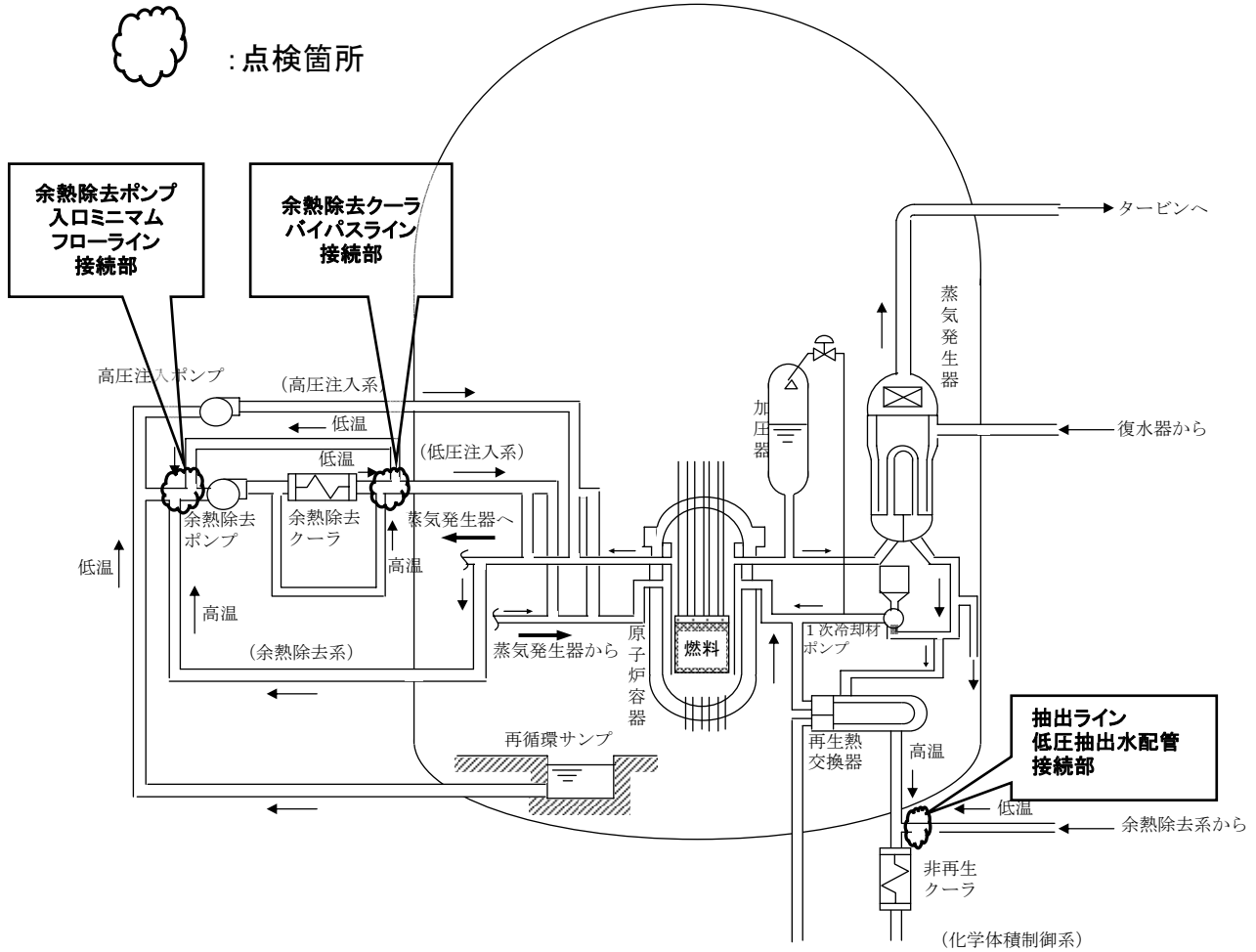
図-3 高サイクル熱疲労割れに係る点検概要図

点検概要

国内PWRプラントにおいて、再生熱交換器の胴側出口配管部で、高温水と低温水の混合により発生する温度ゆらぎを主要因とする高サイクル熱疲労割れが発生した事象を踏まえ、同様の熱疲労割れが発生する可能性のある余熱除去ポンプ入口ミニマムフローライン接続部等について、超音波探傷検査を実施し、異常のないことを確認した。

概略系統図

原子炉格納容器



配管点検範囲(例)

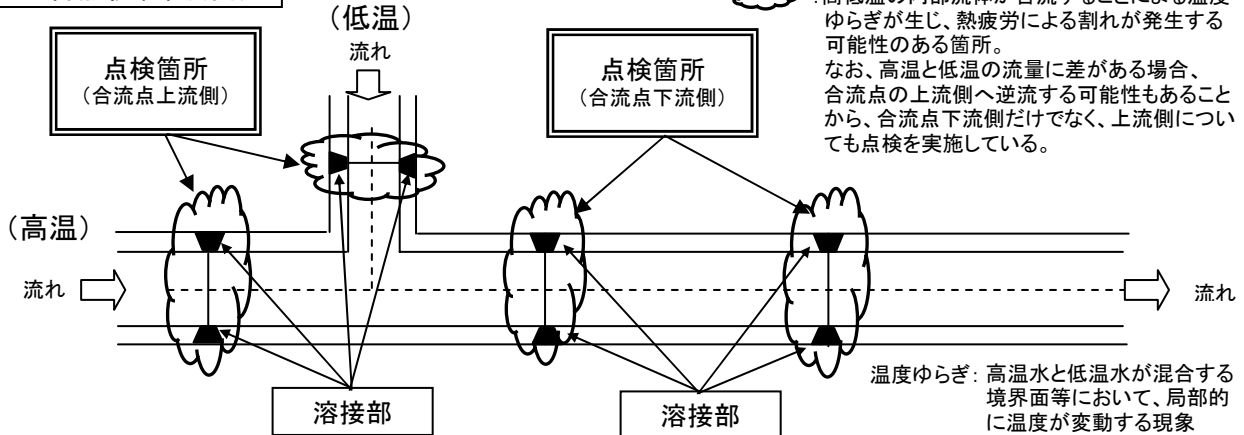


図-4 2次系配管の肉厚検査等の概要図

点検概要

① 美浜発電所3号機2次系配管破損事故を踏まえ、2次系配管1,271箇所について超音波検査(肉厚測定)を行った。また、美浜3号機で現在実施している2次系配管の点検結果を踏まえ、蒸気発生器ブローダウン系統のステンレス鋼製配管等の87箇所について、追加で点検を行った。

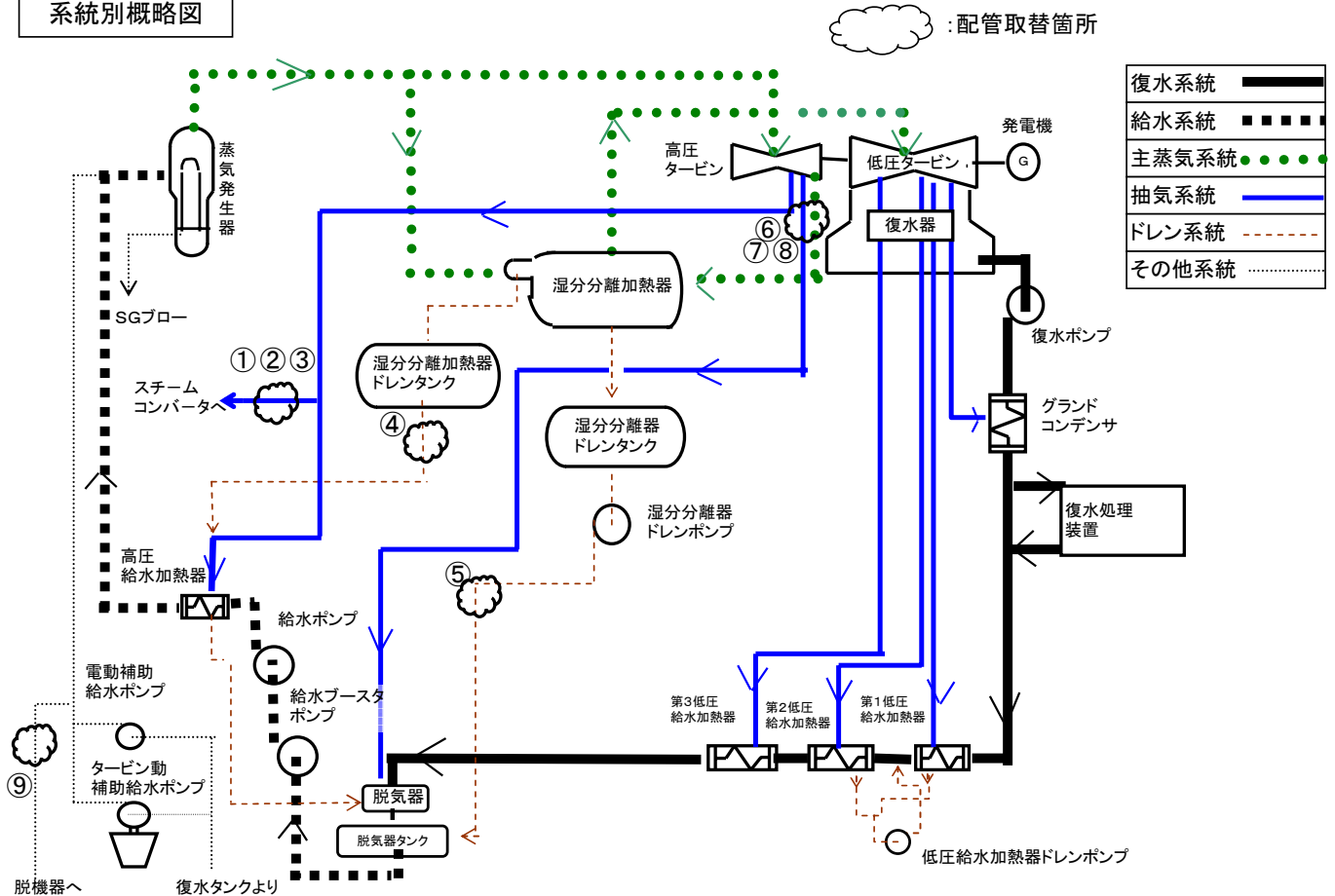
その結果、補助給水ポンプミニマムフロー管において、必要最小肉厚と同じ厚さとなっている部位が1箇所確認されたことから、当該部の配管を炭素鋼からステンレス鋼に取り替えた。

なお、この1箇所を除くその他の炭素鋼配管については、全て必要最小肉厚を満足しており、余寿命を評価した結果、次回定期検査までに必要最小肉厚を下回ると評価された部位はなかった。また、ステンレス鋼、低合金鋼の配管については、全て著しい減肉は認められなかった。

② 過去の点検結果から減肉傾向の見られる部位等8箇所について、計画的に、既設と同種材料(炭素鋼)または耐食性に優れたステンレス鋼、低合金鋼の配管に取り替えた。

※ 美浜発電所2号機は8月13日～11月29日の間プラントを停止し、2次系配管16箇所の超音波検査(肉厚測定)を実施し、健全性を確認している。

系統別概略図



今回取替箇所数

No	取替部位	材質	備考
①	コンバータ加熱蒸気管コンバータバックアップ管	炭素鋼→ステンレス鋼	当初計画とおり取替
②	コンバータ加熱蒸気管コンバータバックアップ管	炭素鋼→ステンレス鋼	当初計画とおり取替
③	コンバータ加熱蒸気管コンバータバックアップ管	炭素鋼→ステンレス鋼	当初計画とおり取替
④	MSHドレンタンクドレン管	炭素鋼→低合金鋼	当初計画とおり取替
⑤	MSドレンポンプ吐出管	炭素鋼→ステンレス鋼	当初計画とおり取替
⑥	高圧排気管	炭素鋼→同種材料	当初計画とおり取替
⑦	高圧排気管	炭素鋼→同種材料	当初計画とおり取替
⑧	高圧排気管	炭素鋼→同種材料	当初計画とおり取替
⑨	補助給水給水ポンプミニマムフロー管	炭素鋼→ステンレス鋼	点検結果により取替

今回点検箇所数

	点検対象部位	今回点検開始時点での点検未実施部位	今回点検実施部位		追加点検部位		今回点検実施後の点検未実施部位
			(点検済部位)	(未点検部位)	(点検済部位)	(未点検部位)	
主要点検部位	582	0	546	0	0	0	0
その他点検部位	3,015	1,091	259	466	0	2	623
合計	3,597	1,091	1,271		87*		623

\* 「2次系配管肉厚の管理指針」対象外の85箇所を含む (蒸気発生器ブローダウン系統(ステンレス鋼配管)他)

<参考>

## 原子炉容器胴部側面から底部にかけて確認された流れ痕について

(参考図1)

1月14日、原子炉容器底部の炉内計装筒管台溶接部の外観目視検査を行うため、原子炉容器底部保温材の取り外し状況等について確認したところ、原子炉容器の胴部側面から底部にかけて複数の流れ痕を確認した。

流れ痕（付着物）の放射能分析の結果、運転中の1次冷却材中に含まれる最も放射能濃度の高いCo-58（半減期71日）は検出されず、今サイクル運転中の漏えいではないことが確認された。また化学分析の結果、付着物はホウ酸であることが確認された。

過去の定期検査におけるキャビティシールの漏えい試験（空気圧による試験）の記録を調査した結果、

- ・初回定期検査（昭和48年）時の記録はなく、第2回（昭和50年）、第3回（昭和51年）定期検査では、漏えい試験で微小な漏えいが検出されていた。なお、第3回定期検査においてキャビティシールのパッキンをシール性の向上した改良型のものに取り替え、漏えい試験で漏えいのないことが確認されている。
- ・第4回定期検査以降は、キャビティシールの漏えい試験で漏えいのないことが確認されている。

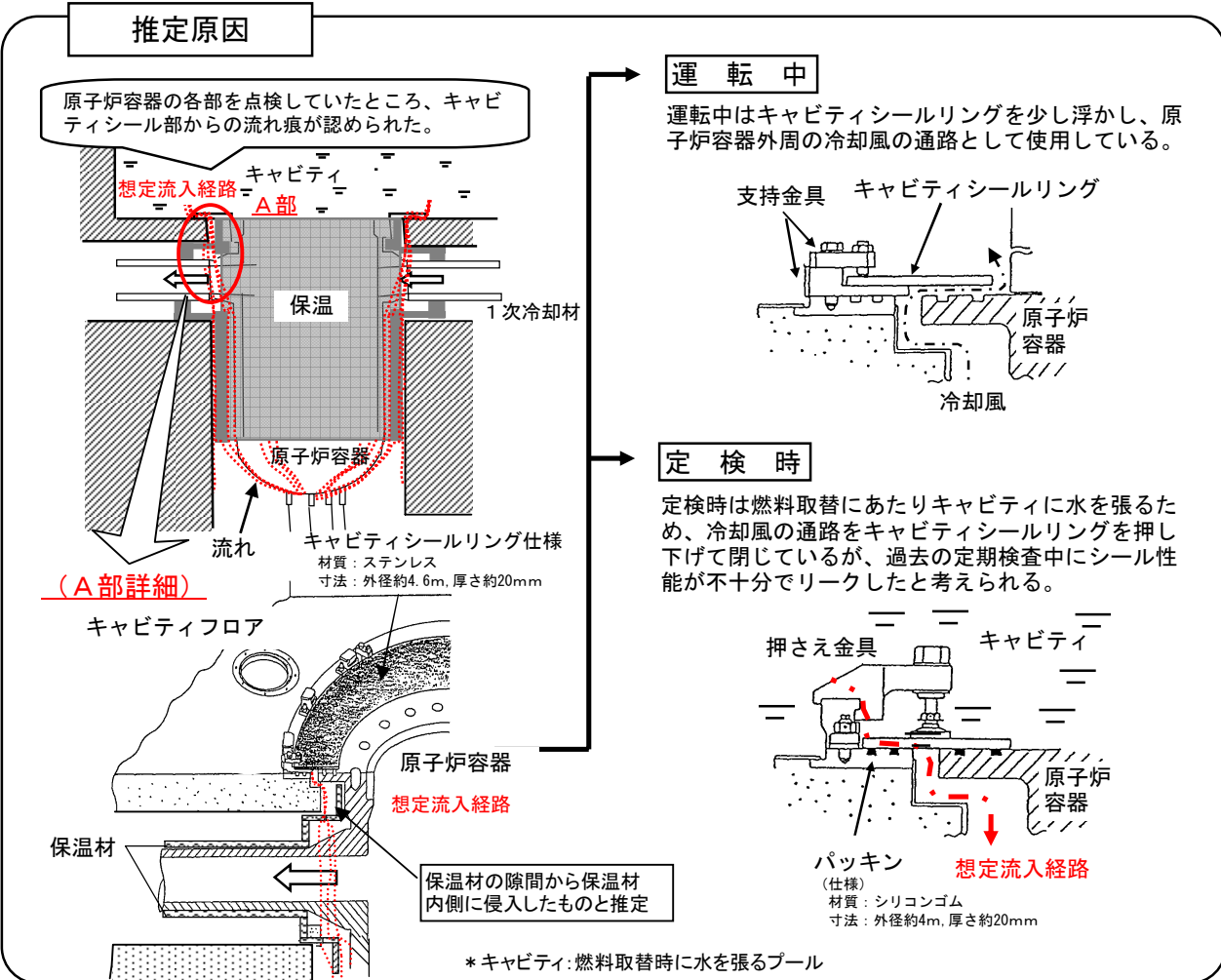
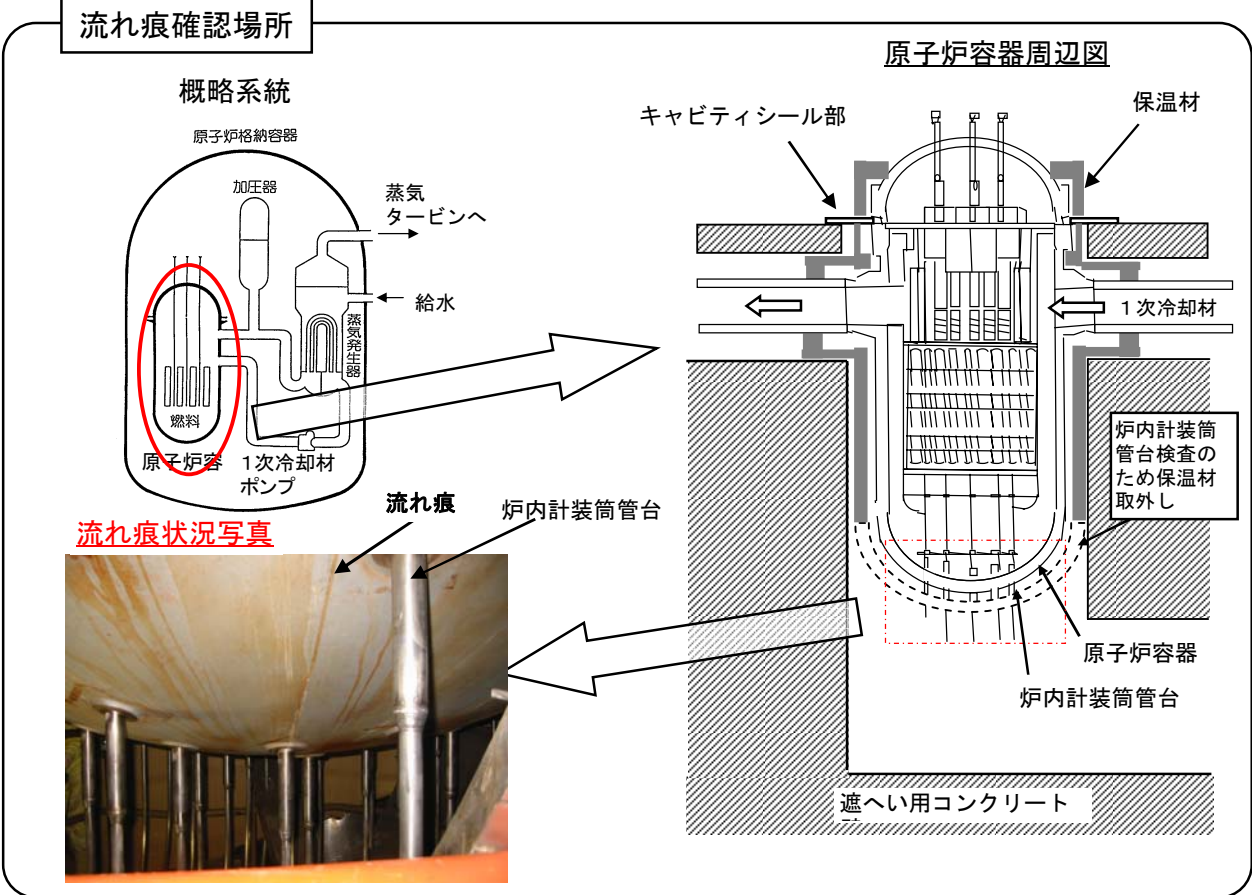
ことが分かった。

これらのことから流れ痕は、第1回定期検査（昭和48年）または第2回定期検査（昭和50年）の燃料取替時においてキャビティに水を張った際、キャビティシールリング部からわずかに浸入した水（ほう酸水）が原子炉容器の遮へい用コンクリートと原子炉容器保温材の間に流れ、保温材の隙間から内部に侵入し原子炉容器底部へ流れたものと推定された。

対策として、原子炉容器底部の流れ痕については可能な範囲で洗浄し、除去した。

[平成17年2月2日 記者発表済]

美浜発電所2号機 原子炉容器下部における流れ痕の確認について





## <参考>

### ほう酸回収装置コンデンサのラプチャディスク動作について (美浜発電所2号機第22回定期検査)

平成17年2月22日15時50分頃、原子炉補助建屋地下1階にあるほう酸回収装置\*<sup>1</sup>の試運転を実施していたところ、ほう酸回収装置コンデンサ\*<sup>2</sup>のラプチャディスク\*<sup>3</sup>が動作(設定値:約0.1MPa)し、コンデンサ内の水が飛散(約6割)した。その際に、一部の水が同装置周辺にいた作業員2人の服にかかった。

今回の試運転では、放射能を含まない水(1次系純水)を使用していたが、通常、同装置は放射能を含んだほう酸水を処理していることから、飛散した水の分析を行い、放射能濃度が検出限界値未満であることを確認した。また、水がかかった作業員2人についても、汚染や被ばくがないことを確認した。

試運転中の状況を確認した結果、コンデンサ内の水位が上昇したにもかかわらず、蒸りゅう液ポンプが起動しなかったことがわかった。このため、コンデンサ内が満水状態となり、ラプチャディスクが動作したものと推定された。

また、蒸りゅう液ポンプが起動しなかった原因について調査したところ、試運転開始前に、ほう酸回収装置の制御回路が、電源盤の点検に伴い瞬時停電したため、ポンプを起動させないインターロック信号が発信し、その状態が試運転開始時にも継続していたことがわかった。

なお、インターロック信号の発信の有無については、監視画面等により確認できないため、ほう酸回収装置を起動する際には、インターロック信号発信の可能性を考慮し、同信号の解除操作が必要であるが、運転操作マニュアルには、解除操作を行うことについての記載がなかった。

対策として、当該ラプチャディスクを新しいものに取り替えるとともに、今後、ほう酸回収装置を起動する際は、ポンプを起動させないインターロック信号を解除する操作を行った上で起動することとし、運転操作マニュアルに追記することとした。

#### \*1 ほう酸回収装置:

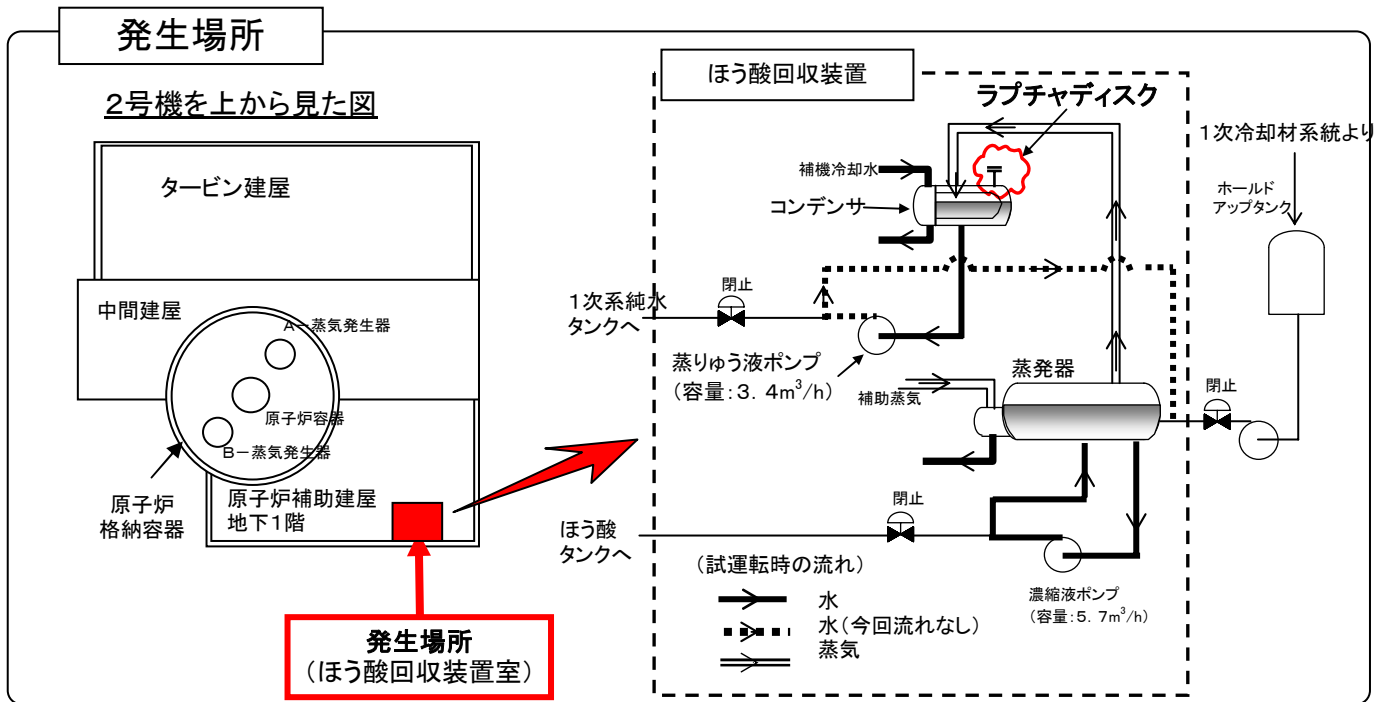
ほう酸を含む1次冷却水を加熱し、ほう酸溶液と水に分離(蒸留)する装置。ほう酸溶液はほう酸タンクへ、水(蒸留液)は1次系純水タンクへ回収して再使用している。

#### \*2 ほう酸回収装置コンデンサ

ほう酸水を蒸留する工程において発生した水蒸気を冷却し、水(蒸留液)に戻す役割を担っている。コンデンサ内に貯まった水(蒸留液)は、蒸りゅう液ポンプにより排出する仕組みとなっている。

#### \*3 ラプチャディスク:

機器(タンクや冷却器等)の内圧が高くなった場合、機器を保護するために、ある設定以上の圧力になると、圧力を逃がすために動作(瞬時に破れる)する薄い板。板の材質はテフロンやステンレス。



**事象の概要**

補機冷却水  
蒸発器からの蒸気  
ラプチャディスク  
水位上昇  
蒸りゆう液ポンプ (P)

**ラプチャディスク**

**構造概要図**

長さ: 約250cm  
外径: 約45cm  
約17cm

機器を保護するために、ある設定以上の圧力になると、圧力を逃すために動作(瞬時に破れる)する薄い板。板の材質はテフロンやステンレス。

① ほう酸回収装置の試運転により、コンデンサ内の水位が上昇したにもかかわらず、蒸りゆう液ポンプが起動しなかったため、コンデンサ内が満水状態となり、ラプチャディスクが動作した。

② 蒸りゆう液ポンプが起動しなかったのは、試運転開始前に、ほう酸回収装置の制御回路が、電源盤の点検に伴い瞬時停電したため、ポンプを起動させないインターロック信号が発信し、その状態が試運転開始時にも継続していたため。

**対策**

- ・当該コンデンサのラプチャディスクを取り替える。
- ・ほう酸回収装置を起動する前に、蒸りゆう液ポンプを起動させないインターロック信号を解除する操作を行うことをマニュアルに明記する。

<参考>

美浜発電所2号機の第22回定期検査に関する補足説明資料

- ・原子炉起動 : 3月1日 17時頃
- ・臨界 : 3月2日
- ・調整運転開始 : 3月3日頃
- ・営業運転再開 : 3月下旬頃