

美浜、大飯、高浜発電所の 運転、廃止措置状況について

2022年10月18日

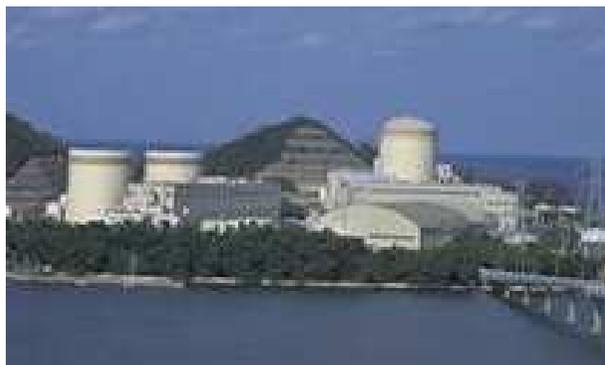
目次

1. 発電所の状況
2. 至近のトラブル
3. 委員からいただいた意見に対する説明

1. 発電所の状況

関西電力の原子力発電所

■ 美浜発電所



工号	電気出力 (万 kW)	営業運転 開始
1	34.0	1970.11
2	50.0	1972. 7
3	82.6	1976.12
合計	166.6	-

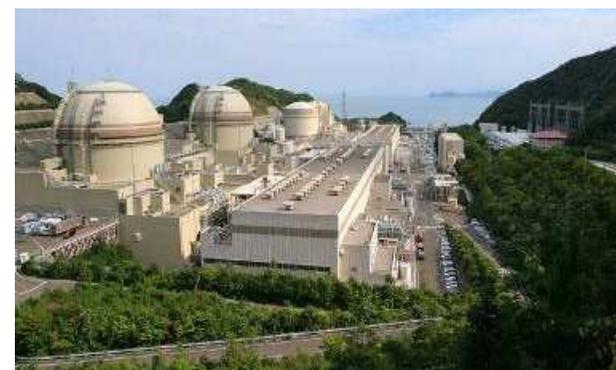
(廃止措置中)
(廃止措置中)

■ 高浜発電所



工号	電気出力 (万 kW)	営業運転 開始
1	82.6	1974.11
2	82.6	1975.11
3	87.0	1985. 1
4	87.0	1985. 6
合計	339.2	-

■ 大飯発電所



工号	電気出力 (万 kW)	営業運転 開始
1	117.5	1979. 3
2	117.5	1979.12
3	118.0	1991.12
4	118.0	1993. 2
合計	472.0	-

(廃止措置中)
(廃止措置中)

2019~2022(10/12時点)	美浜	高浜	大飯
関西電力社員数	360人	560人	420人
協力会社			
会社数	42社	40社	48社
入構者数(平均)	1,600人	4,300人	2,600人
入構者数(最大)	3,000人	5,200人	4,000人

- 協力会社数は安全衛生協議会加盟者数
- 協力会社入構者数（平均）は平日の平均入構者数
- 協力会社入構者数（最大）は定期検査中のピーク時の入構者数

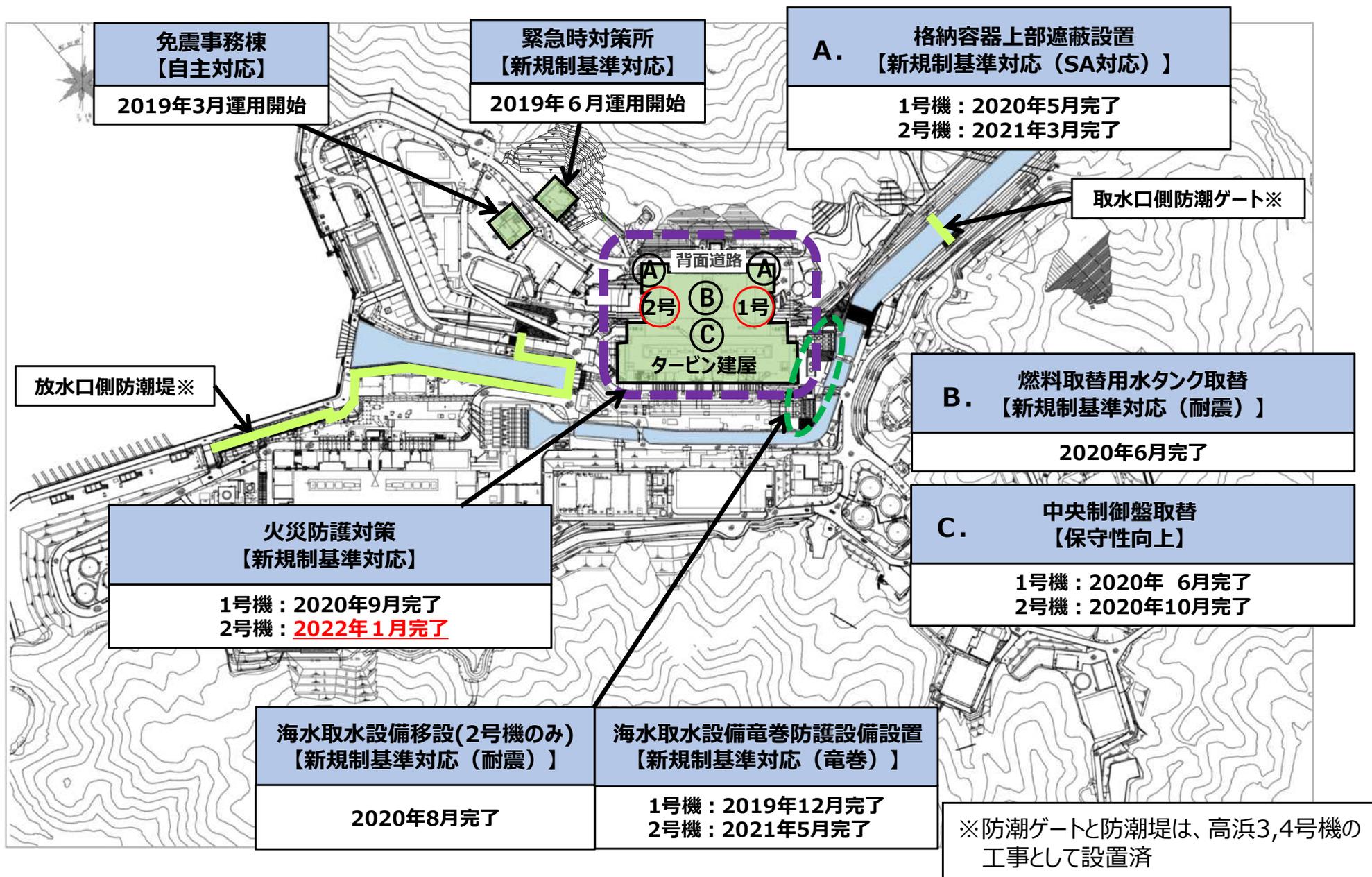
高浜の実績	2019	2020	2021	2022
主要工事	2019.4.25 開始▽ 3,4号機 特定重大事故等対処施設 設置工事	1,2号機 特定重大事故等対処施設 設置工事 2020.12.11 3号機運用開始	2021.3.25 4号機運用開始	
	1号機 安全性向上対策工事	▽2020.9.18 完了		
		2号機 安全性向上対策工事		▽2022.1.31 完了
定期検査		T4#22	T3#24	T3#25
			T4#23	T4#24
平均入構者数	約3,400人	約4,300人	約3,000人	約2,800人
最大入構者数	4,750人	5,200人	3,770人	3,400人

運転中および再稼動中プラントの状況

発電所	～2021年度	2022年度	2023年度	2024年度
美浜 3号機	▼6/29並列 第25回 定期検査	▼10/23解列 第26回 定期検査 ★10/25特重設置期限 ▼7/28特重運用開始	現時点 10月 第27回 定期検査	12月 2月 第28回 定期検査
高浜 3号機		▼3/1解列 第25回 定期検査 ★9/22特別点検開始	7/26並列 9月 第26回 定期検査	12月 1月 未定 第27回 定期検査
高浜 4号機	▼4/15並列 第23回定期検査	▼6/8解列 第24回 定期検査 ★9/22特別点検開始	10月 12月 第25回 定期検査	3月
大飯 3号機	▼7/5並列 第18回 定期検査	▼8/23解列 第19回 定期検査 ★8/24特重設置期限 ▼12月頃特重運用開始	12月	2月 4月 第20回 定期検査
大飯 4号機		▼3/11解列 第18回 定期検査 ★8/24特重設置期限 ▼8/10特重運用開始	▼7/17並列 8月 第19回 定期検査	11月 12月 2月 第20回 定期検査
高浜 1号機	▼2011/1/10解列		6月 第27回 定期検査 ★6/9特重設置期限 ▼5月頃特重運用開始	4月 7月 第28回 定期検査
高浜 2号機	▼2011/11/25解列	▼2022.1安全性向上対策工事完了 第27回 定期検査 ★6/9特重設置期限	7月 ▼6月頃特重運用開始	9月 11月 第28回 定期検査

※定期検査：解列～並列
 ▼：実績
 ▽：予定

高浜 1, 2号機 主な安全性向上対策工事実績



高浜 1, 2 号機の設備管理状況

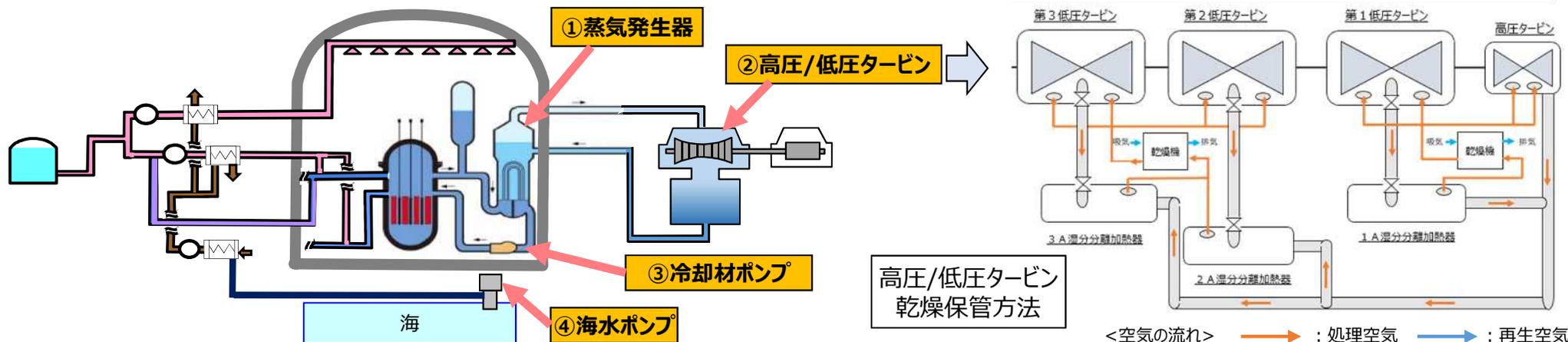
- 高浜 1, 2 号機は2011年に定期検査を開始して以来、約10年にわたり長期停止。この間、設備、機器の健全性確保のため、特別な保全計画を策定し、約 1 年毎に機器、設備の使用条件、環境に応じた追加保全や保管対策を行ってきた。

【停止期間中の設備保全】

- 停止中に使用しない蒸気発生器や高圧/低圧タービン、冷却材ポンプなどは、劣化防止の観点より系統・機器に応じた適切な保管を実施
- 停止中も機能を要求される海水ポンプなどは、待機ポンプとの定期切替えや定期運転（試験）などを通じて健全性を確認。

○主な機器と保管管理（例：1号機）

機器名	設備保安全管理	
① 蒸気発生器	健全性確認実績	2009,2011年 蒸気発生器全数の伝熱管検査にて健全性確認済
	保管対策	2次側を湿式保管（液相部高ヒドラジン添加、気相部窒素封入）中
② 高圧/低圧タービン	健全性確認実績	2011年3月 開放点検にて高圧タービン、第2低圧タービン分解点検（主軸、タービン翼他の点検手入れ）済
	保管対策	車室内部を乾燥保管中（※2021年1月 燃料装荷前の開放点検において保管状態に問題ないことを確認）
③ 冷却材ポンプ	健全性確認実績	2011年3月、2021年5月 冷却材ポンプ作動確認にて振動、異音、異臭、漏れ等の異常がないことを確認済
	保管対策	シールアセンブリを冷却水ポンプから抜き取り、気中保管中
④ 海水ポンプ	健全性確認実績	約 2 年毎のポンプ分解点検（主軸、羽根車他の点検手入れ）および性能検査（運転性能） 約 1 年毎のポンプ簡略点検（運転確認）にて健全性確認
	保管対策	停止中も機能を要求されるため、連続運転中（定期的に運転号機を切替え）

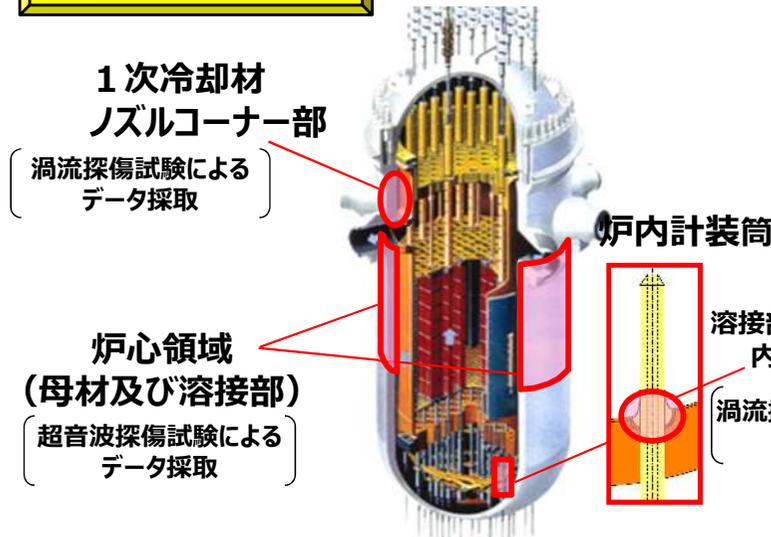


高浜3, 4号機の状況

運転開始35年以降に採取したデータを踏まえた確認・評価（特別点検）

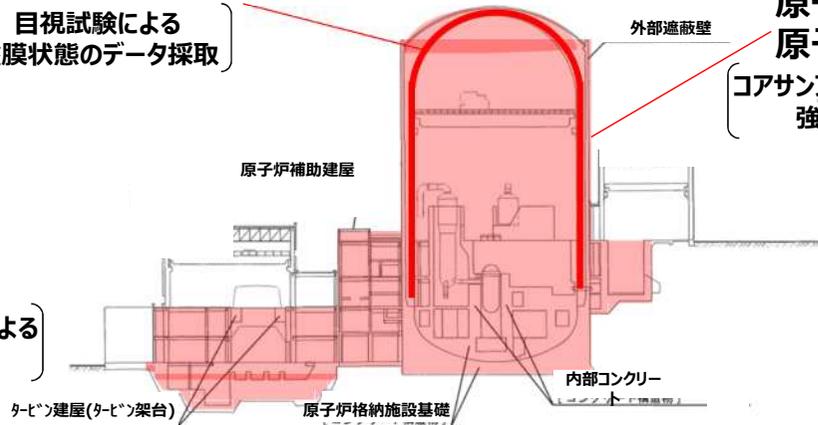
- 高浜3,4号機は運転開始40年以降の運転に向けて、原子炉容器などの設備を対象に、劣化状況を把握するため、特別点検を実施中。(9/22~)

①原子炉容器



②原子炉格納容器

原子炉格納容器鋼板
目視試験による塗膜状態のデータ採取



③コンクリート構造物

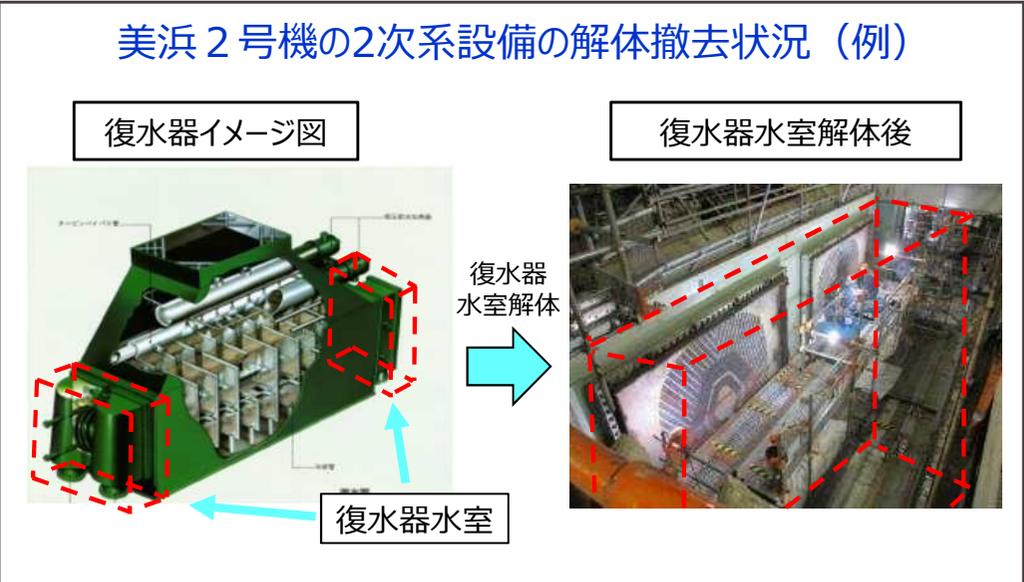
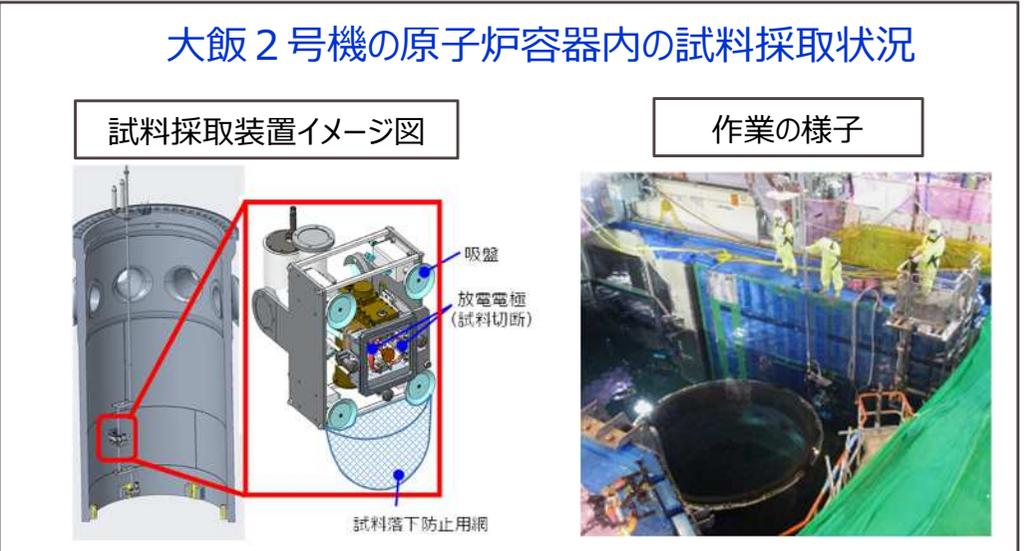
原子炉格納施設
原子炉補助建屋 等
コアサンプルの強度試験等による強度等のデータ採取
サンプル数：約150

	2019年	2020年	2021年	2022年	2023年
高浜3号機 40年:2025/1		#24(1/6~3/10) ②原子炉格納容器 ①原子炉容器		#25(3/1~7/26) ③コンクリート構造物 コア採取	
高浜4号機 40年:2025/6		#23(10/7~4/15) ②原子炉格納容器 ①原子炉容器		#24(6/8~10/24) ③コンクリート構造物 コア採取	

信頼性向上のための設備更新の検討

- 40年超運転に合わせた設備更新として、蒸気発生器の取替えや保修点検建屋の設置を検討 → 2023

廃止措置プラントの状況

発電所名	廃止措置中プラントの状況	
美浜1号機	2017.4.19 廃止措置計画認可 2022.3.23 第2段階以降の 廃止措置計画認可	 <p>美浜2号機の2次系設備の解体撤去状況（例）</p> <p>復水器イメージ図</p> <p>復水器水室解体後</p> <p>復水器水室</p> <p>復水器水室解体</p>
美浜2号機	<ul style="list-style-type: none"> 2次系設備の解体撤去作業中 2022.10 1次系設備の解体撤去作業着手予定 	
大飯1号機	2019.12.11 廃止措置計画認可	 <p>大飯2号機の原子炉容器内の試料採取状況</p> <p>試料採取装置イメージ図</p> <p>作業の様子</p> <p>吸盤</p> <p>放電電極（試料切断）</p> <p>試料落下防止用網</p>
大飯2号機	<ul style="list-style-type: none"> 系統除染2022.1終了 2次系設備の解体撤去作業中 汚染状況調査（原子炉容器内・外の試料採取、放射線測定）を実施中 	

2. 至近のトラブル

至近のトラブル一覧

- 今年度は、定期検査を実施していた大飯4号機、高浜3号機、美浜3号機が運転を再開
- 6月から定期検査に入った高浜4号機、8月から定期検査に入った大飯3号機は、予定どおり進捗
- 今年度に入り、以下のとおりトラブルが9件発生しているが、原因を調査し、必要な対策を実施済み

発生年月日	発電所	件名	法令対象	
2022.6. 7	高浜3号機	使用済燃料ピットエリア監視カメラ不調	—	
2022.6.24	大飯4号機	電動主給水ポンプミニマムフロー配管からのわずかな水漏れ	—	➡ 11
2022.7. 6	高浜3号機	特定重大事故等対処施設の計装設備一部部品未装着	—	
2022.7. 8	高浜4号機	蒸気発生器伝熱管の損傷	○	➡ 12 ~ 13
2022.7.12	高浜4号機	特定重大事故等対処施設の計装設備一部部品未装着	—	
2022.7.12	高浜3号機	原子炉水位計伝送器フランジ部にじみ跡	—	
2022.7.21	高浜3号機	タービン動補助給水ポンプ油漏れ	—	
2022.8. 1	美浜3号機	A 封水注入フィルタ蓋フランジ部からの水漏れ	—	➡ 14 ~ 16
2022.8.21	美浜3号機	A - アキュームレータ圧力低下	—	➡ 17

大飯4号機 電動主給水ポンプミニマムフロー配管からの水漏れ

○事象概要

- ・第18回定期検査において、原子炉起動に向けた準備中、2次冷却系統の水質調整のために電動主給水ポンプを起動したところ、電動主給水ポンプミニマムフロー配管から僅かな水漏れを確認した。

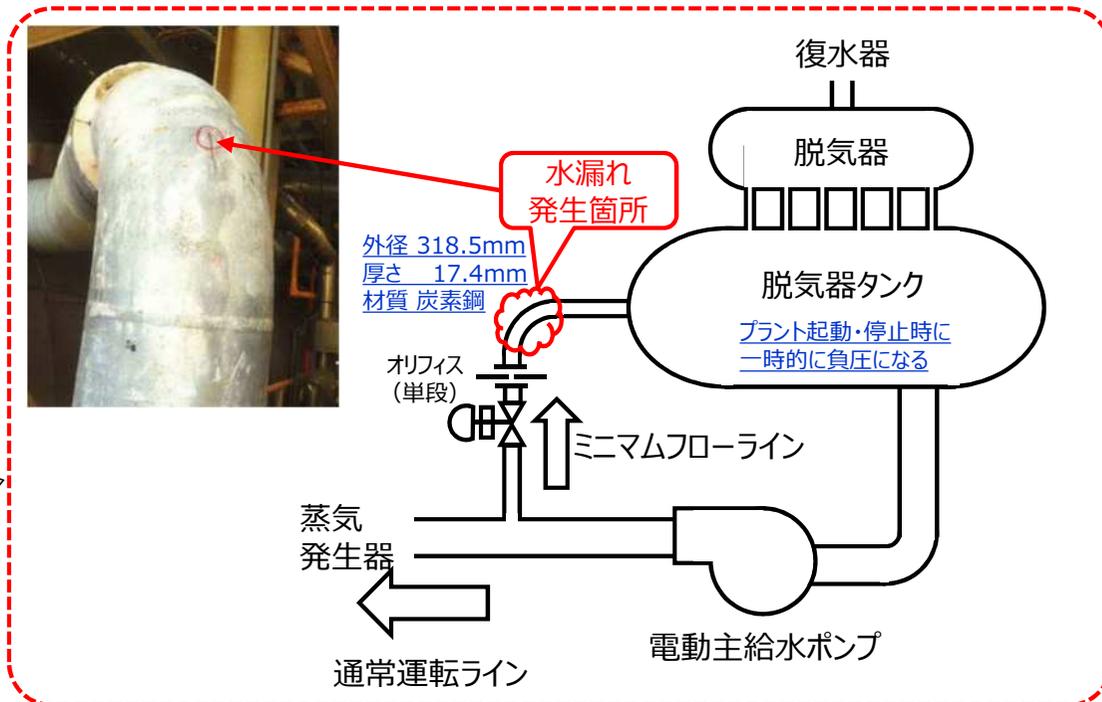
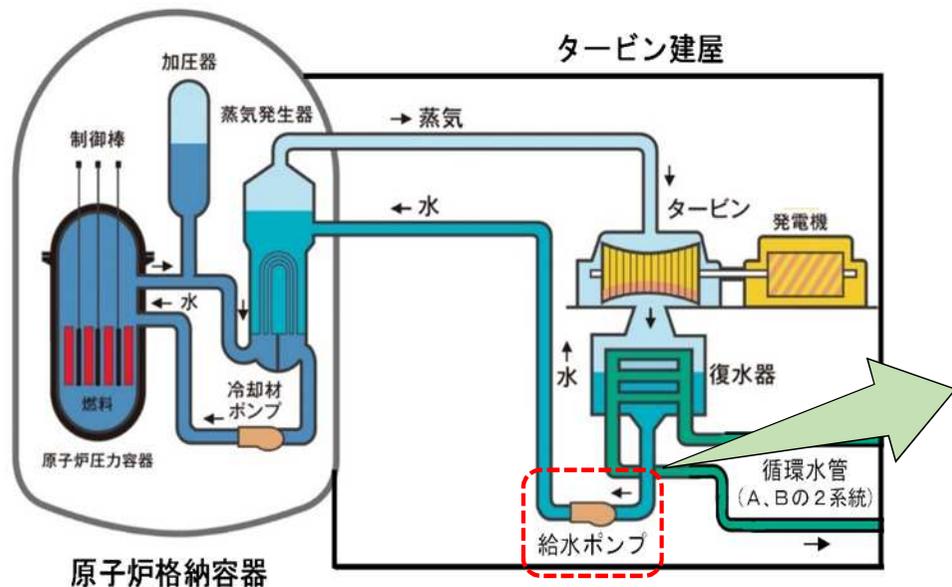
○原因

- ・当該配管を切り出し、配管の内面を調査した結果、局所的に凹凸が認められたことから、エロージョンにより侵食され、配管に微小な穴（ピンホール）があき、水漏れが発生したと推定した。
- ・電動主給水ポンプ及び当該ミニマムフロー配管は通常時は使用しないが、プラント起動・停止で一時的に使用する場合、配管の接続先である脱気器タンク内は負圧となるときがあり、高速となった液滴がエルボ部に衝突し、エロージョンが発生したものと考えられる。

○対策

- ・当該エルボを新品（ステンレス）に取り替えた。なお、大飯3号機においても同箇所でもエロージョンが認められたため、取替予定
- ・本事象を踏まえ、類似箇所の確認を行い、当該箇所を含む必要な箇所について継続的に管理を行う。

<系統概要図>



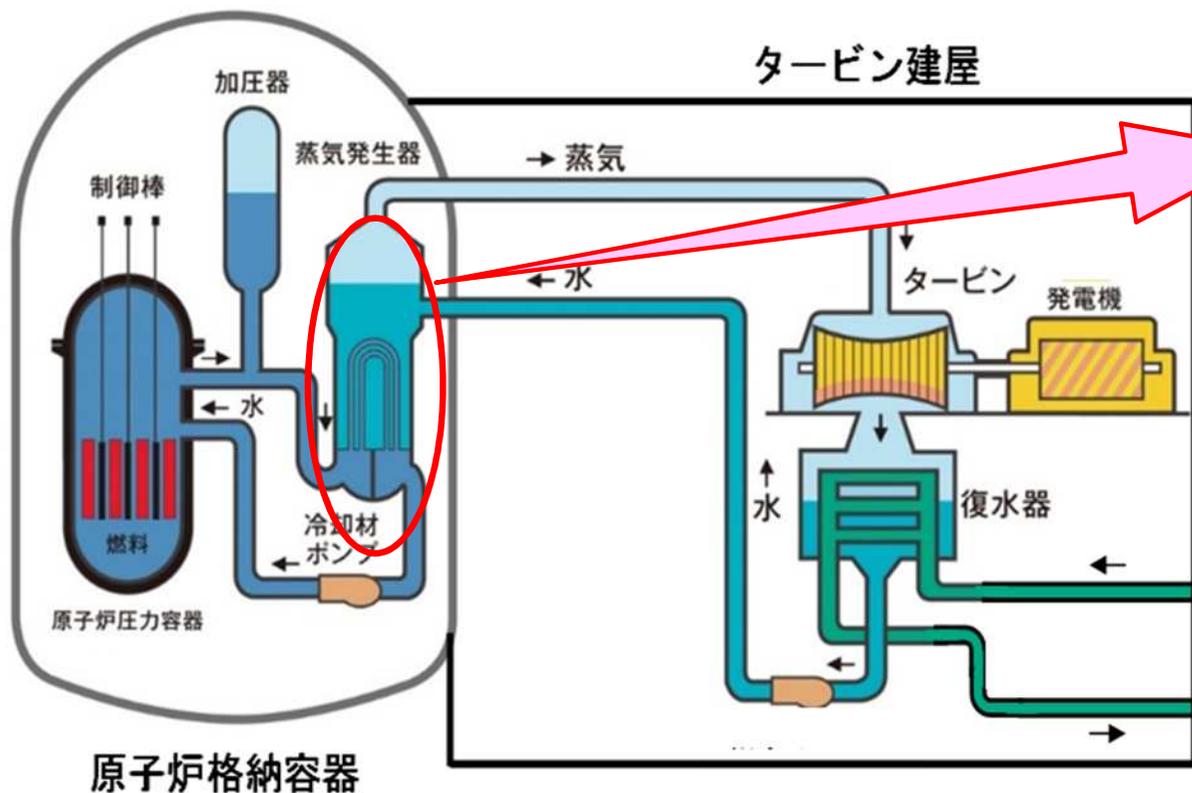
- ・蒸気発生器2次側の給水は、通常タービン動主給水ポンプで行っているが、プラント起動・停止時などでは、電動主給水ポンプを使用している。
- ・また、同ポンプの健全性確認の際には、ミニマムフローラインを用いた試験を実施している。

高浜3,4号機 蒸気発生器伝熱管損傷 (外面減肉)

<事象の概要>

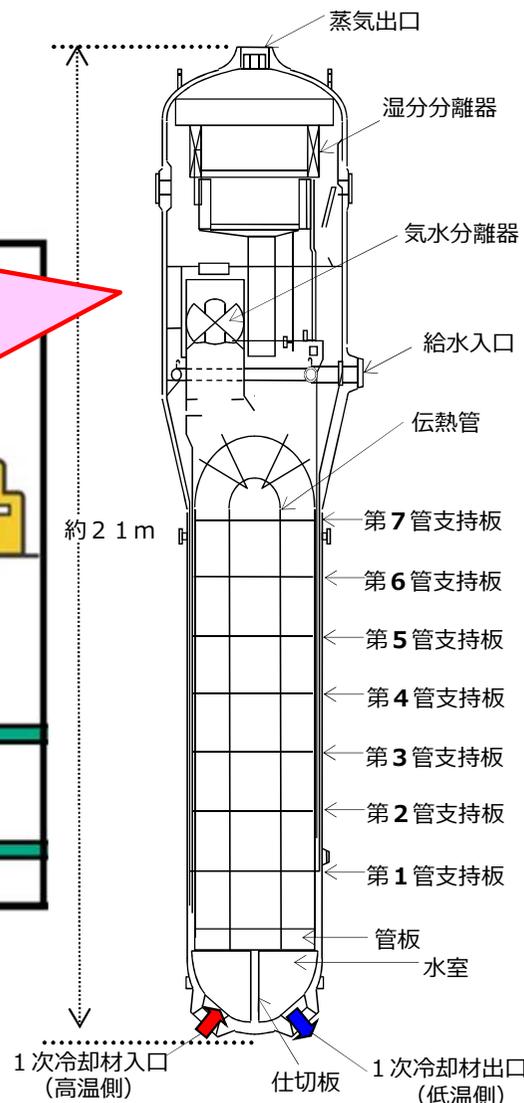
- 高浜3号機では、前々回および前回の定期検査において、SGの伝熱管に外面からの減肉信号指示が認められており、至近の第25回定期検査においても、3本の伝熱管に外面からの減肉信号指示が認められた。
- また、高浜発電所4号機でも同様の事象が発生しており、2022年6月から実施している第24回定期検査においても、12本の伝熱管に外面からの減肉信号が認められている。

<系統概要図>



高浜3,4号機運転時間
(高浜3号機 23.2万時間

高浜4号機 23.2万時間)



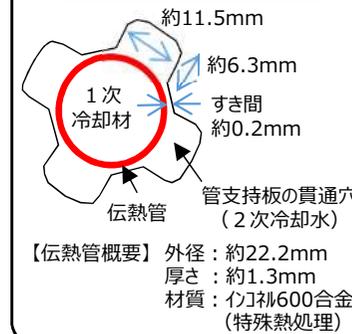
3号機

- 外面信号指示
 <第4管支持板>
 A-SG: 1本
 <第3管支持板>
 A-SG: 1本
 <第2管支持板>
 B-SG: 1本
- 内面信号指示
 <管板部>
 A-SG: 1本

4号機

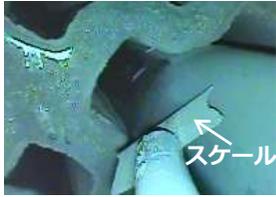
- 外面信号指示
 <第4管支持板>
 A-SG: 3本
 B-SG: 1本
 C-SG: 2本
 <第3管支持板>
 A-SG: 2本
 B-SG: 1本
 C-SG: 3本

伝熱管の拡大平面図



高浜3,4号機 蒸気発生器伝熱管損傷の経緯

これまでの経緯（高浜発電所3、4号機における蒸気発生器伝熱管外面の損傷事例）

定期検査回次	伝熱管外面の損傷本数	調査結果概要	スケールに対する対策
3号機 第23回 (2018年8月～)	A-蒸気発生器：1本 【減肉率：20%未満】	<ul style="list-style-type: none"> ・減肉指示のあった箇所付近にスケールを確認。 ・スケールの回収中に破損したため、スケール以外の異物による減肉と推定。異物は流出したものと推定。 	-
4号機 第22回 (2019年9月～)	A-蒸気発生器：1本 B-蒸気発生器：1本 C-蒸気発生器：3本 【最大減肉率：63%】	<ul style="list-style-type: none"> ・A - 蒸気発生器内にステンレス薄片を確認したが、摩耗痕が確認されなかったため、原因となった異物は前回の定期検査時に混入していたものと推定。 ・なお、異物は流出したものと推定。 	-
3号機 第24回 (2020年1月～)	B-蒸気発生器：1本 C-蒸気発生器：1本 【最大減肉率：56%】	<ul style="list-style-type: none"> ・AおよびC - 蒸気発生器内にガスケットフープ材を確認。 ・C - 蒸気発生器伝熱管の損傷原因を異物と推定。 ・B - 蒸気発生器伝熱管の損傷原因となった異物は流出したものと推定。 	薬品洗浄を実施
4号機 第23回 (2020年10月～)	A-蒸気発生器：1本 C-蒸気発生器：3本 【最大減肉率：36%】	<ul style="list-style-type: none"> ・A - 蒸気発生器の減肉箇所にスケールが残存。 ・C - 蒸気発生器の減肉箇所近傍から回収したスケール3個にも接触痕を確認し、原因は、スケールによる減肉と推定。 	薬品洗浄を実施
3号機 第25回 (2022年3月～)	A-蒸気発生器：2本 B-蒸気発生器：1本 【最大減肉率：57%】	<ul style="list-style-type: none"> ・摩耗痕のあるスケールは回収できなかったが、各蒸気発生器から採取したスケールの性状、摩耗試験等の調査の結果、スケールによる減肉と推定。 	薬品洗浄の前に小型高圧洗浄装置による洗浄を実施し、薬品洗浄を実施
4号機 第24回 (2022年6月～)	A-蒸気発生器：5本 B-蒸気発生器：2本 C-蒸気発生器：5本 【最大減肉率：49%】	<ul style="list-style-type: none"> ・小型カメラによる損傷個所の調査に加え、蒸気発生器器内のスケールの形状や性状および伝熱管の外観観察等の調査を実施した結果、スケールによる減肉と推定。 ・なお、A - 蒸気発生器およびB - 蒸気発生器より回収したスケール各1個に接触痕を確認。 	薬品洗浄の前に小型高圧洗浄装置による洗浄を実施し、薬品洗浄を実施

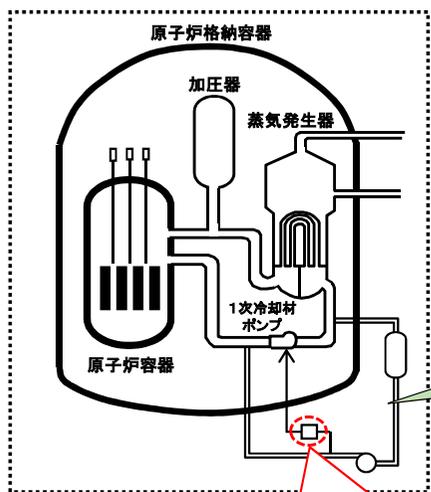
<事象の概要>

- 8月1日10時57分に「封水注入流量低」警報が発信、現場を確認した結果、原子炉補助建屋内の封水注入フィルタ室付近の床面に、約10m×約1m×約1mmの水溜まりを発見したため、封水注入フィルタを使用していたA系統からB系統に切り替え、漏えいは停止。
- 漏えい水は原子炉補助建屋サンプに回収（約7m³）し、建屋外部への漏えいはなし。（放射エネルギーは約2.2×10⁶Bqと推定）

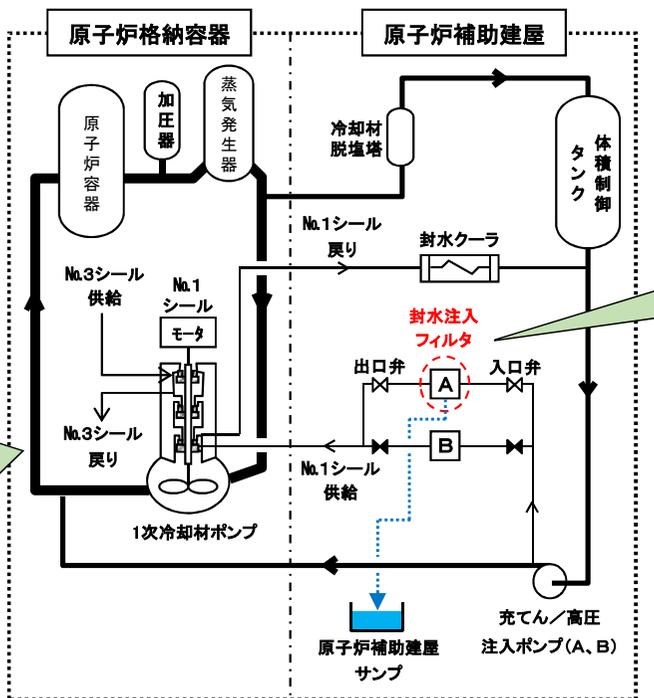
<調査結果>

- 漏えいのあった当該フランジ部は、前回定期検査でのフィルタ取替工事において、本来のトルク値より低い値でボルトが締め付けられていた。
- トルク値が低かった原因は、協力会社の作業員が、作業要領を作成するにあたり、工事計画書に記載されているトルク値の判定基準を引用すべきところ、協力会社作業員のパソコンに保存されていた誤ったトルク値の判定基準を引用したことによるものであった。
- その後のプラントの運転等に伴う系統圧力により、当該フランジ部の漏れ止め用のOリングが徐々に外側に押し出され、破断し、漏えいが発生したものと推定した。

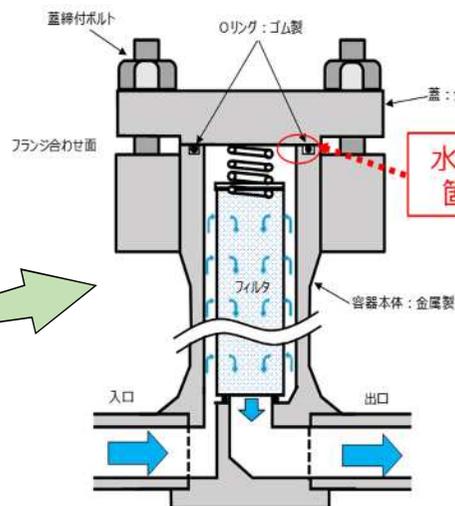
<系統概略図>



水漏れ発生
(A封水注入フィルタ蓋フランジ部)

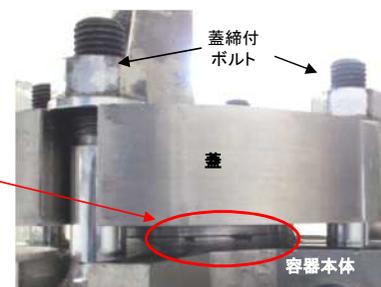


<封水注入フィルタの断面図>

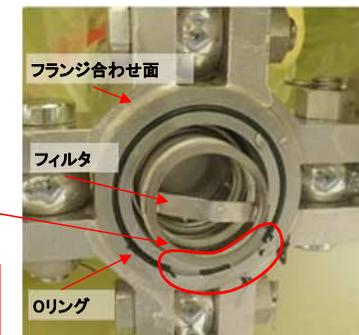


水漏れ箇所

<封水注入フィルタ蓋フランジ部写真>



<蓋を取り外した状態の写真>

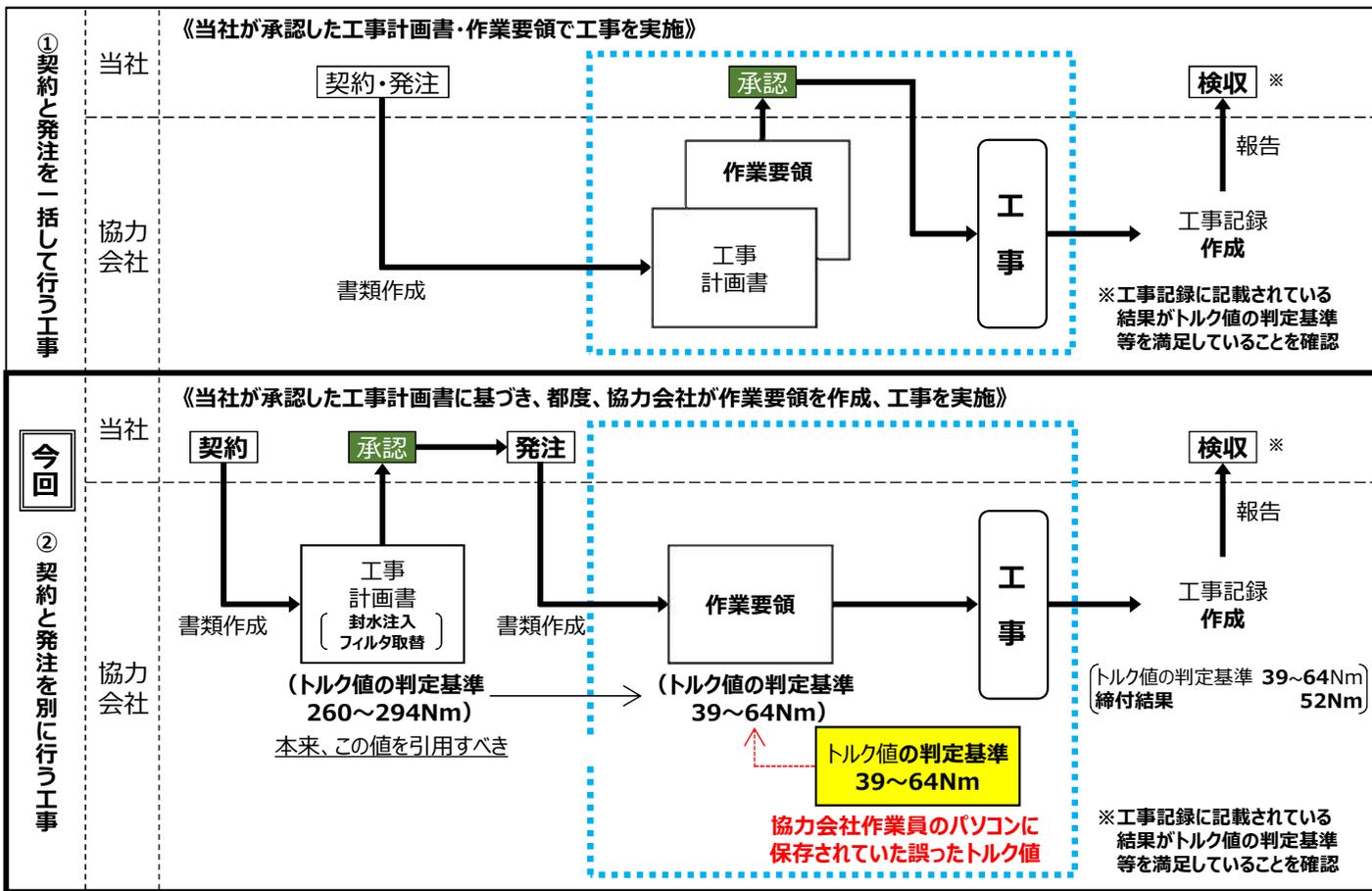


Oリングがフランジの周方向約4分の1の範囲で端面からはみ出しており、一部が破断

ボルトを締付工具により確認したところ、締付力が規定値よりも不足していた

<契約・発注フロー>

- 発電所における工事の契約・発注の流れは、①「契約と発注を一括して行う工事」と②「契約と発注を別に行う工事」の2パターンに大別。
- 今回の工事は②のパターンで実施。このパターンでは、本来、当社が承認した工事計画書に基づき、協力会社が作業要領を作成、工事を実施すべきところ、今回、工事計画書とは異なる数値を作業要領に記載し、工事を実施。



- 今回のA、B封水注入フィルタ工事以外に、契約と発注を別に行う工事を対象として、当社が承認した工事計画書と工事記録を比較した結果、トルク値の判定基準に誤りが無いことを確認した。
- 美浜発電所3号機に加えて、高浜発電所3,4号機、大飯発電所3,4号機について調査した結果、トルク値の判定基準に誤りはなかった。

対象プラント	調査機器数	結果
美浜 3 号機	1,287機器	A・B封水注入フィルタの2機器以外は問題なし
高浜 3 号機	932機器	問題なし
高浜 4 号機	899機器	問題なし
大飯 3 号機	1,395機器	問題なし
大飯 4 号機	1,387機器	問題なし
合計	5,900機器	問題があったのは2機器のみ (美浜3号機 A・B封水注入フィルタ)

<対策>

- 契約と発注を別に行う工事について、当社は従来の工事計画書の承認に加え、作業要領を工事実施前に確認する運用とした。
- 協力会社に対して、速やかに本事象を周知し、新たな運用の徹底を図った。さらに、中長期的には、定期検査ごとの説明会など、当社が協力会社に行う教育の場を通じて、ルールの遵守等について周知を図る。
- 漏えい防止および機器の動作不良防止の観点から、起動時の現場点検を強化して実施した。

【再発防止対策：教育・研修の実施】

① ルール遵守等の周知

(対象) 関西電力（各課代表者）協力会社の所長クラスおよび作業責任者クラス

(内容) 基本的事項やトラブルにより改定したルールの遵守、過去トラブル事例の蓄積から作業管理に関連する内容について周知する。（定期検査開始前の説明会）

② 工事で扱う機器の重要性を再認識する機会の付与

(対象) 関西電力工事担当者、作業責任者、棒心および作業員

(内容) 以下の内容から、必要なものを選定してディスカッションを実施する。（作業計画書の読み合わせ時）

- ・工事対象機器および工事場所近傍機器の重要性に関する事項
- ・トラブル事例（過去トラブル事象や封水注入フィルタ蓋フランジ部からの漏えい事象、アキュムレータ圧力低下に伴うLCO逸脱事象など）のうち、作業管理に関する事項
- ・安全弁設置場所に関する事項 など

③ 協力会社との対話を通じた現場力向上

(対象) 関西電力および協力会社の社員

(内容) 現場での気付き事項を蓄積、共有する仕組みにより収集した情報（CAP）のうち、作業管理に関連した事例等を活用する。10/11に美浜発電所において、当社課長以上、協力会社所長クラス約40名が参加し、選択した事例の問題点や、本来であれば、どのように作業・管理する必要があったのか、などを議論した。

参加した協力会社の意見も踏まえ、今後、参加対象者、実施時期、頻度等について検討していく。

スケジュール : 美浜発電所にて2022/10より着手。順次、高浜・大飯でも教育を展開済み。

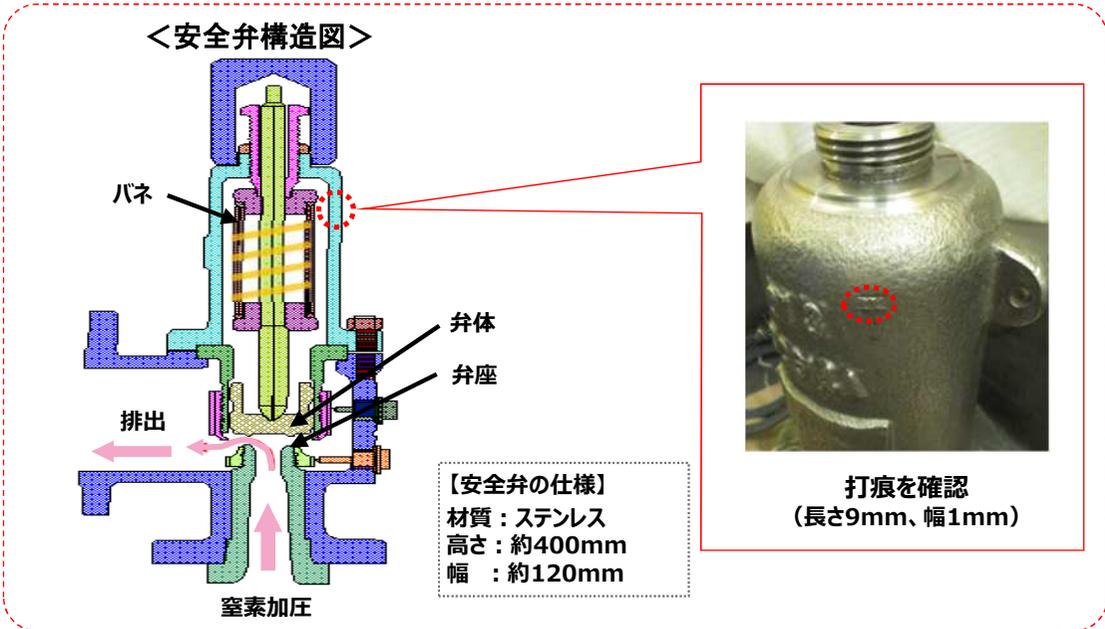
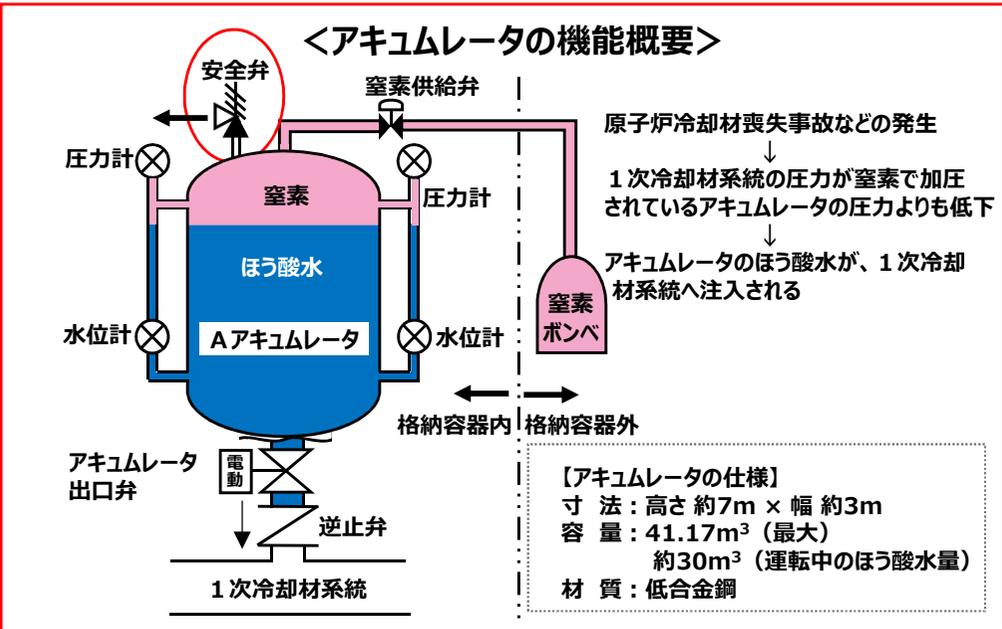
美浜3号機 Aアキュムレータ圧力低下

<事象の概要>

- 第26回定期検査中、8月21日16時54分頃、中央制御室において「Aアキュムレータ圧力低」の警報が発信した。関連パラメータから、Aアキュムレータ圧力が、保安規定に定める運転上の制限値4.04MPaを下回り、4.01MPaに低下していることを確認した。このため、同日16時54分に保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。
- その後、同日16時57分にAアキュムレータの圧力が4.052MPaに回復したことから、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰した。

<原因調査、対策>

- 今回の定期検査状況を確認した結果、当該弁近傍で足場設置等の作業が行われており、確認された打痕は作業で使用した資機材が接触したことにより生じた可能性があることが判明した。
- 当該弁に衝撃が加わった場合、弁体にずれが生じ、作動圧力が変動する可能性があることから、当該弁に資機材が接触したことで作動圧力が変動し、本来作動すべき設定値より低い値で作動した結果、Aアキュムレータの圧力が低下したものと推定した。
- 対策として、当該弁の手入れを実施し、漏えい検査等により健全性を確認したうえで復旧した。また、安全弁への接触に関する注意事項を社内マニュアルに反映するとともに、協力会社へ本事象を説明し注意喚起を図った。さらに、今回の定期検査において、足場設置等の作業を実施したエリアを対象に、資機材が接触する可能性のある全ての機器の外観点検を実施し、機能・性能に影響を及ぼすような打痕等がないことを確認した。



3. 委員からいただいた 意見に対する説明

委員からいただいた意見に対する説明 (IAEA SALTOチームの招へい)

＜美浜発電所3号機および高浜発電所1,2号機の安全性向上対策等に係るこれまでの議論の取りまとめ＞
 2021.4 福井県安全専門委員会 p80 (2)事業者を求める事項 抜粋
 ・IAEA などの外部評価を受けることにより、国際的知見や提言を取り入れ、プラントの安全性向上を図ること。

【当社の対応 (IAEA SALTOチーム招へい)】



2022.3.24 経済産業省・資源エネルギー庁を通じてIAEAのSALTOチームの招へいを要請
 2022.5.17 受諾の連絡

SALTO (Safety Aspects of Long Term Operation) : 長期運転安全評価

- ◆原子力発電所の安全な長期運転のためにIAEA支援活動として、専門家約10名でIAEAの安全基準や他国の良好事例等との比較、評価を行い、必要に応じて改善勧告などがなされるもの。
- ◆長期運転のための組織/体制、プログラム、設備/機器の劣化管理といった長期運転にフォーカスした下記6分野についてレビューが行われる

分野	項目
分野A	長期運転のための組織/体制
分野B	長期運転のための設備等の範囲及びプラントプログラム、是正処置
分野C	機械設備の経年劣化管理
分野D	電気/計装設備の経年劣化管理
分野E	コンクリート建造物の経年劣化管理
分野F	長期運転のための人的資源、力量及び知識管理

＜今後のスケジュール＞

- ◆ SALTOチームによるレビューを2024年度までに実施予定 (レビュー期間2週間程度)
- ◆ その後のフォローアップレビューを2026年度に実施予定 (レビュー期間1週間程度)

委員からいただいた意見に対する説明 (高浜3,4号機 蒸気発生器伝熱管損傷対策)

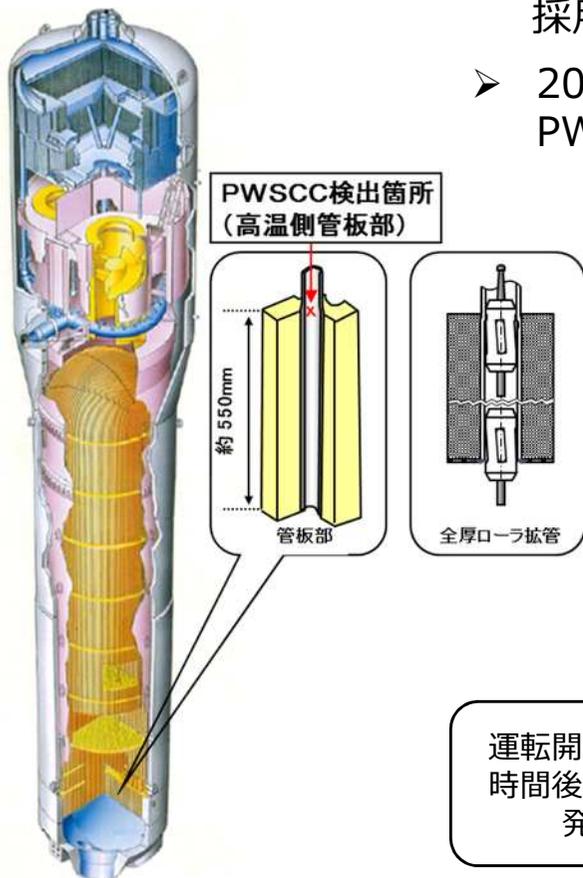
＜美浜発電所3号機および高浜発電所1,2号機の安全性向上対策等に係るこれまでの議論の取りまとめ＞

2021.4 福井県安全専門委員会 p72 高浜4号機の蒸気発生器伝熱管損傷 抜粋

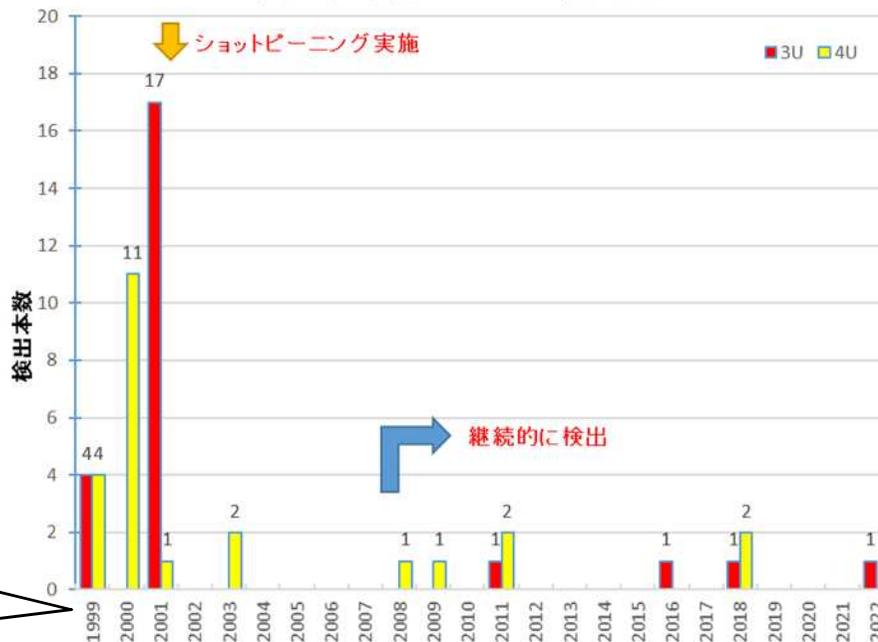
- ・高浜3,4号機の蒸気発生器伝熱管については、今後、応力腐食割れ(PWSCC)が発生する可能性があることから、早期に蒸気発生器を取替えることを求めた。これに対して、事業者は、取替の方針やその検討を加速させていく方針を示した。

【PWSCC発生状況】

- 高浜3,4号機 蒸気発生器については、PWSCC感受性のあるTT600合金伝熱管を採用しており、全厚ローラ拡管による残留応力等に起因するPWSCCが発生している。
- 2001年度に応力改善対策（ショットピーニング）を実施し、対策後、直近数年間はPWSCCを検出していなかったが、近年新たにPWSCCが検出されている。



高浜3,4号機 PWSCCの検出状況



2022.9.22 高浜3,4号機の蒸気発生器取替え検討を開始

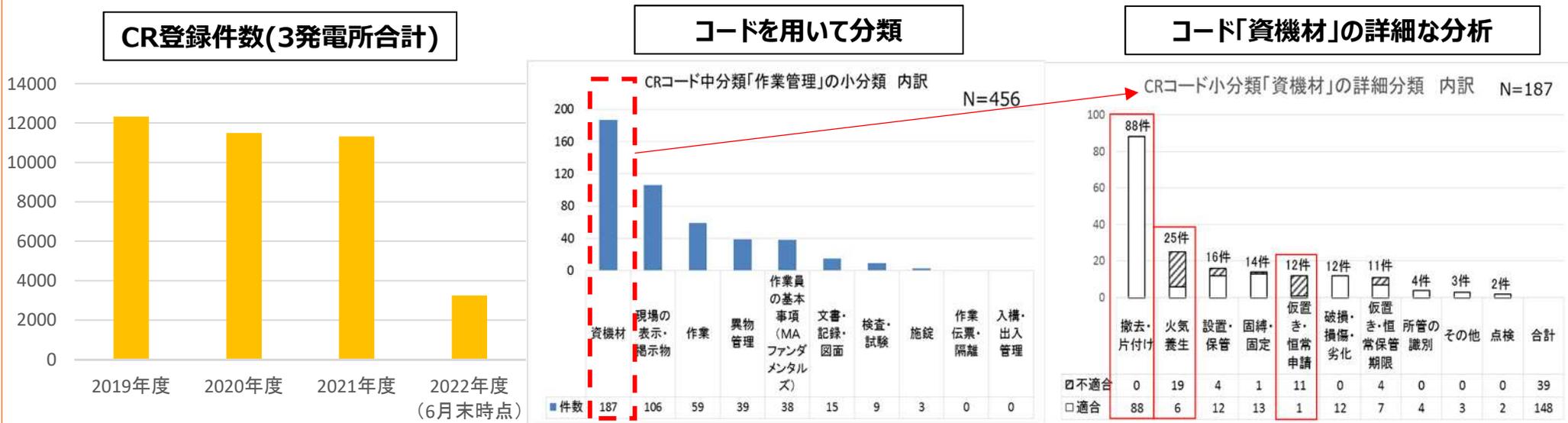
委員からいただいた意見に対する説明（是正処置プログラム）

【ご意見】コンディションレポートやCAP活動で、高浜1,2号機、美浜3号機など運転開始から時間が経ったプラントにおいて、特異的なものがないかということをも是非分析し、その結果を適当な時期にこの委員会で報告いただきたい。
(2021.4.9 第99回原子力安全専門委員会 山本委員ご意見)

【傾向分析結果】

- コンディションレポート（CR：Condition Report） 約300件/月・発電所
 - 当社・協力会社社員が、設備に係る気付き（ポンプの異音、配管からの漏れ等）やプロセスに係る気付き（パトロールや現場観察における指摘・気付き、ハットヒヤリ等）を都度報告。
- CAP活動
 - 発電所における安全上の問題を見逃さないために、低いしきい値で広範囲の不適合等の情報（通常と異なる状況があれば報告）を日々収集し、発電所長以下が日々確認し、安全への影響度に応じた是正を行うことにより、重要な問題の再発防止や未然防止を図るシステム（是正処置プログラム：CAP）を構築し実施している。

◆ 報告されたCRについては、個々に対応するとともに、発電所の弱点を抽出するための傾向分析に活用



➡ 分析の結果、発電所間において特異な相違は見られないが、今後も継続的に傾向分析を実施する。

委員からいただいた意見に対する説明（7基運転に向けた体制）

【ご意見】

今後、美浜3号機、高浜1、2号機の特重施設完成後、県内で稼働する原子力発電所は7基体制となる。プラントの安全運転のためにも複数プラントでの作業重複の回避や作業員の確保などの点検体制や品質管理の確立をお願いします。（2021.11.12 第100回原子力安全専門委員会 鞍谷委員長ご意見）

【7基運転に向けた体制】

- 従来は11基運転の体制であったが、安全対策工事等の完了に合わせて、安全を最優先に7基運転・4基廃止措置に必要な体制の構築などに取り組んでいく。
- 運転プラント数が11基→7基となるが、必要な技術力等を維持するため、以下の事項に取り組む。
 - ・育成キーマンによる技術伝承の仕組みを工夫
 - ・危険感受性を高める安全体感研修の継続
- 新規制基準を踏まえ、シビアアクシデントに対応できるよう教育・訓練を継続し、事故対応能力の向上を図っていく。



ベテランと若手
育成ペアリング活動



危険感受性を高める
安全体感研修の継続



シビアアクシデント対応能力
の継続的向上

委員からいただいた意見に対する説明（設備保全に対する環境改善）

【ご意見】

改めて現場をみると、かなり狭くなった印象がある。昨年11月の委員会でも指摘したが、点検作業スペースなどが十分確保できるか気がかりである。

今後、現場の保全に目を向けていく必要があり、工夫しているとは思いますが、現場の声も聞きながら保守点検の環境改善に努めていく必要があるのではないか。（2022.6.24 高浜発電所現場確認時 ご意見）

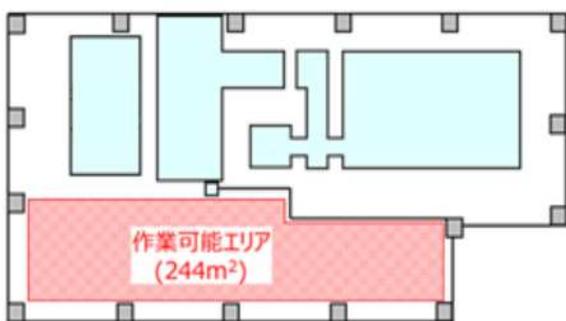
【燃料取扱建屋の状況】

- 1次冷却材ポンプなど大型機器等の点検については、燃料取扱建屋内で燃料取扱作業とエリアを兼用している。
- 一方、燃料取扱建屋は、新規規制基準対応で設置した竜巻飛来物防護対策設備、溢水対策に伴うスロープにより作業エリアが狭隘化している。
- 今後の設備保全と作業安全にも万全を期すために、大型機器等の点検専用エリアの確保が必要。

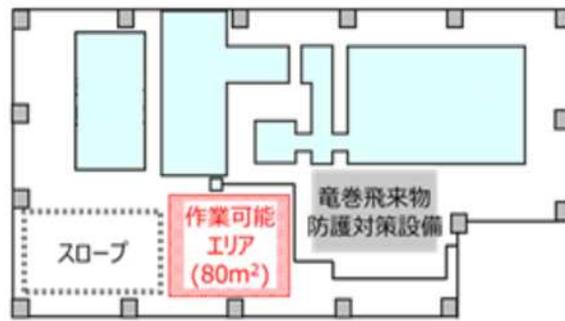


【1次冷却材ポンプモータ点検状況】

【安全対策工事実施前】



【安全対策工事実施後】

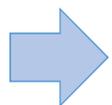


燃料取扱建屋のエリア比較

（大型機器等の点検には作業エリア、作業用資機材の仮置きなどが必要）



【1次冷却材ポンプ点検状況】



2022.9.22 高浜発電所 保守点検建屋の設置検討を開始

參考資料

至近のトラブル概要（詳細説明件名除く）

No.	トラブル事象	概要	原因対策
1	2022.6.7 高浜3号機 使用済燃料ピットエリア監視カメラの不調	使用済燃料ピットエリア監視カメラの動作確認を実施していた際に、A－使用済燃料ピットエリア監視カメラの画像が映らないことを確認した。このため、保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。	点検した結果、エンコーダの不調であることを確認した。このため、エンコーダを取り替え、中央制御室で動作確認を行った結果、画像が正常に映ることを確認したことから、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰した。
2	2022.7.6 高浜3号機 2022.7.12 高浜4号機 特定重大事故等対処施設の計装設備の一部部品の未装着	特定重大事故等対処施設の計装設備について、一部の部品が装着されていないことを確認した。このため、保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。	当該計装設備の部品を装着し、計装設備の機能に問題がないことを確認したため、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰した。
3	2022.7.12 高浜3号機 原子炉水位計伝送器フランジ部にじみ跡	定期検査中、原子炉格納容器内を点検していたところ、原子炉水位計伝送器のフランジ部に水のじみ跡を確認した。伝送器の点検等に伴い、当該水位計を隔離したことで、水位計の機能が停止したことから、保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。	当該伝送器フランジ部のシート面の部品を取り替え、漏えい試験等を行った結果、当該伝送器に異常がないことを確認した。 当該水位計の機能が復旧したことを確認したことから、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰した。
4	2022.7.21 高浜3号機 タービン動補助給水ポンプ油漏れ	「タービン動補助給水ポンプ制御油圧低」警報が発信し、床面に油（約8リットル）が漏れていることを確認したため、制御油ポンプを停止したところ、油の漏れは停止した。制御油ポンプの停止に伴い、タービン動補助給水ポンプが動作できない状態となったことから、保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。	油の漏れは、制御油ポンプの系統にあるオイルフィルタの蓋部からであり、分解点検の結果、蓋部のシート面のパッキンが中心からずれて装着されていたこと、およびフィルタ容器側のシート面の点検手入れによってわずかな凹みが生じていることが確認された。対策として、パッキンの取り替えおよびシート面の手入れを実施し、制御油ポンプの確認運転を行った結果、油漏れがないことを確認した。

高浜3号機 使用済燃料ピットエリア監視カメラの不調

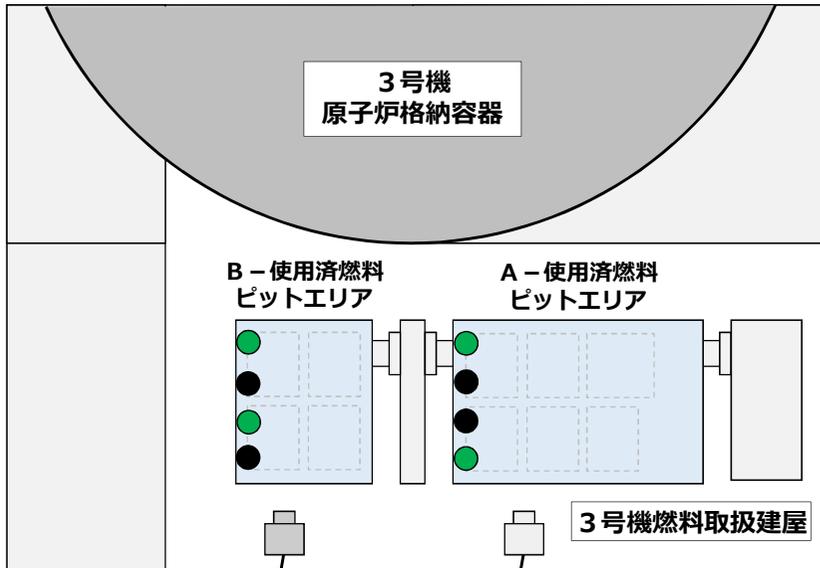
<事象の概要>

- 使用済燃料ピットエリア監視カメラの動作確認を実施していた際に、A – 使用済燃料ピットエリア監視カメラの画像が映らないことを確認した。
- このため、保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。

<原因調査、対策>

- A – 使用済燃料ピットエリア監視カメラ等を点検した結果、エンコーダの不調であることを確認した。このため、エンコーダを取り替え、中央制御室で動作確認を行った結果、画像が正常に映ることを確認したことから、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰した。

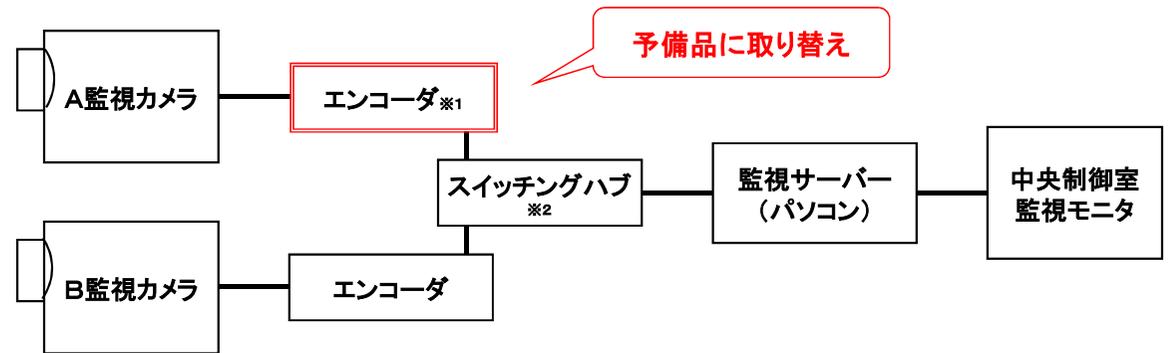
<現場概要図>



画像が映らなかったカメラ

・使用済燃料ピットエリアの監視カメラはA、Bそれぞれ1台ずつ動作可能であることが保安規定で求められています。

<監視カメラシステム構成図>



※1:カメラからのアナログ画像信号をデジタル画像信号に変換する装置
 ※2: AとBのカメラ画像を切り替えて伝送する装置

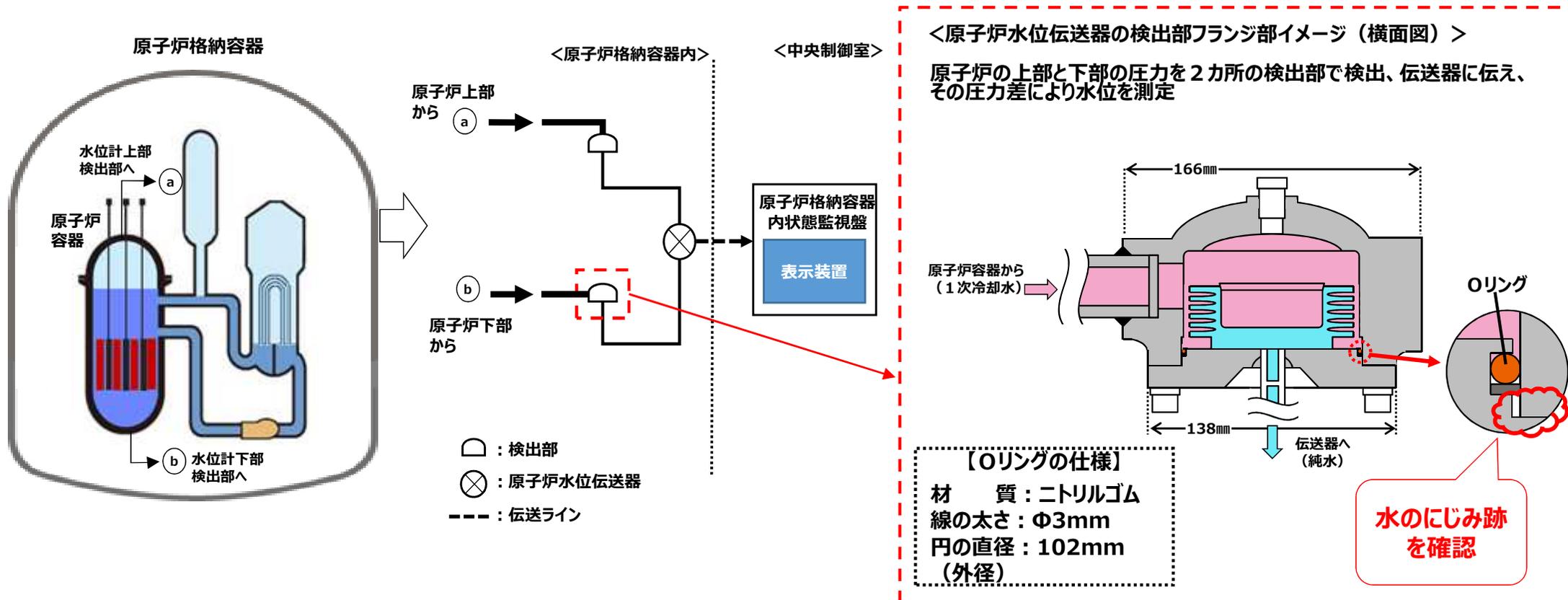
高浜3号機 原子炉水位伝送器フランジ部からの水のにじみ跡

<事象の概要>

- 原子炉格納容器内を点検中、原子炉水位伝送器の検出部のフランジ部に水のにじみ跡を確認した。
- 当該伝送器の健全性に問題はないものの、原因調査を行うため、当該伝送器の点検を行うこととした。
- この点検に伴い、原子炉水位計を隔離したことで、当該水位計の機能が停止したことから、保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。

<原因調査、対策>

- 当該伝送器フランジ部のシート面の部品を取り替え、漏えい試験等を行った結果、当該伝送器に異常がないことを確認したことから、保安規定の運転上の制限を満足する状態に復帰した。



高浜3号機 タービン動補助給水ポンプ油漏れ

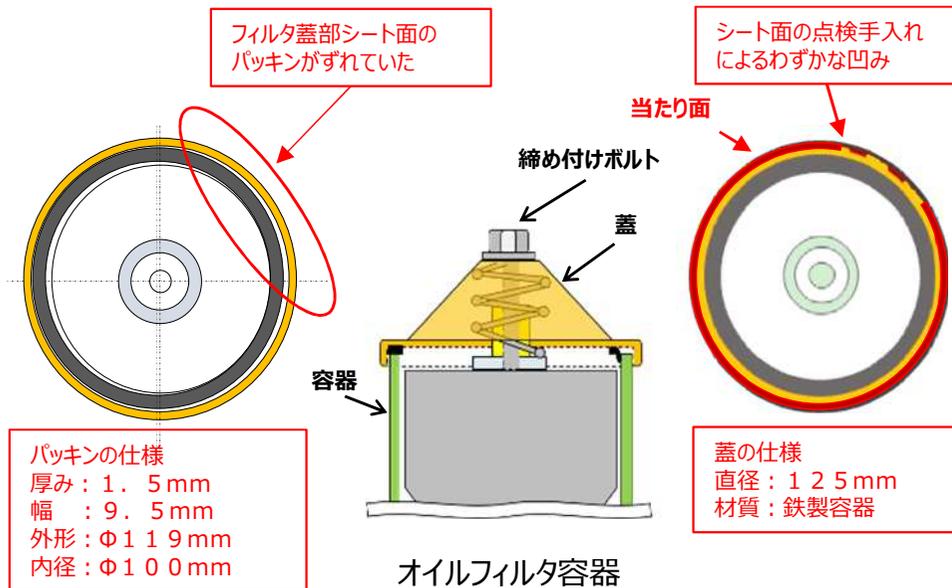
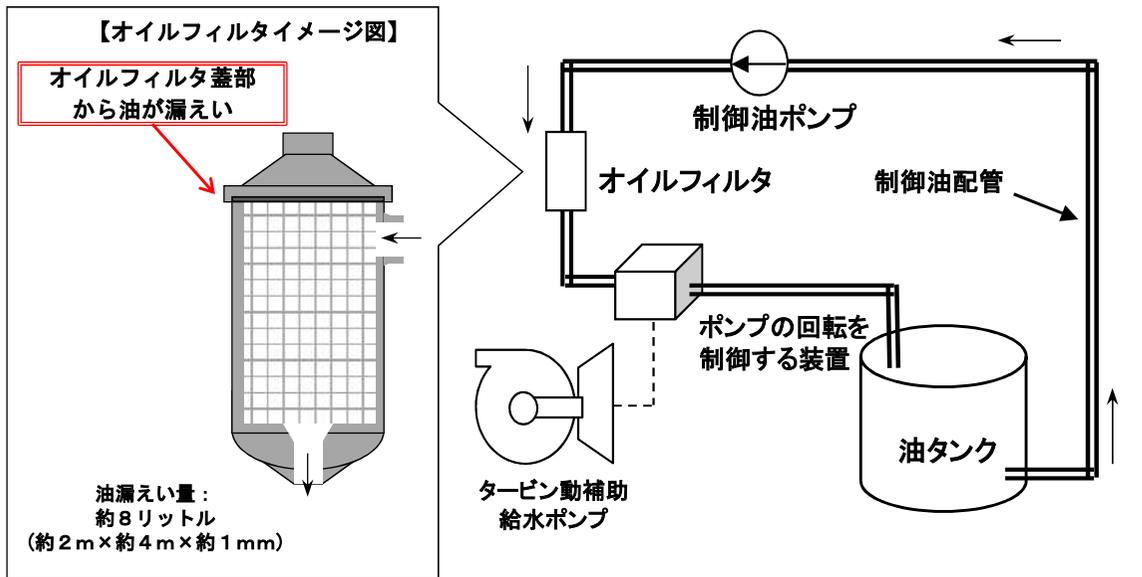
<事象の概要>

- 7月21日14時19分に、「タービン動補助給水ポンプ制御油圧低」警報が発信し、床面に約2m×約4m×約1mmの油（約8リットル）が漏れていることを確認したため、制御油ポンプを停止したところ、油の漏れは停止した。
- 制御油ポンプの停止に伴い、タービン動補助給水ポンプが動作できない状態となったことから、同日14時30分に保安規定の運転上の制限を満足していない状態にあると判断した。

<原因調査、対策>

- 油の漏れは、制御油ポンプの系統にあるオイルフィルタの蓋部からであり、分解点検の結果、蓋部のシート面のパッキンが中心からずれて装着されていたこと、およびフィルタ容器側のシート面の点検手入れによってわずかな凹みが生じていることが確認された。このため、パッキンと容器側シート面の密着が不十分となり、油漏れが発生したと推定した。
- 対策として、パッキンの取り替えおよびシート面の凹みを除去し、制御油ポンプの確認運転を行い、油漏れがないことを確認した。

<タービン動補助給水ポンプ制御油系統概略図>



美浜3号機 A封水注入フィルタ蓋フランジ部からの水漏れ(対策)

<起動時の現場点検強化>

○社員および協力会社による現場一斉点検を実施し、異常のないことを確認した。

実施時期：2022年7月15日～9月5日 復水器真空上昇時、最終ヒートアップ前後、定熱運転後など計6回実施

(特に、漏えい防止の観点から赤外線サーモによる微小漏えいに着目した点検、電磁弁の電流値確認点検などを強化)

実施範囲：1次系、2次系において、延べ約470名で点検を実施

<当社による書類確認の強化、ルールの改定>

○2022年8月16日より書類確認強化の運用開始。その後、協力会社に配布している社内マニュアルについても改訂を完了。

◇請負工事一般仕様書（2022年8月22日改訂）

・品質管理の項目に以下の内容を追記した

『規定値等を個別の記録用紙に記載し作成する場合は、その規定値等が正しいことを、承認された工事計画書と照合し作業実施までに関電工事担当者の確認を得ること』

◇保守業務ガイド（2022年8月26日改訂）

・作業員の心得に、今回の事象内容を事例として記載し、教訓に資するものとした。

【工事実施前における作業要領の値等の確認状況（8月30日現在）】

発電所号機	美浜発電所		高浜発電所		大飯発電所		
	3号機 (定検中)	3号機 (運転中)	4号機 (定検中)	3号機 (定検中)	4号機 (運転中)		
工事件数 (予定を含む)	2件	1件	10件	9件	0件		
工事件名	・水フィルタおよびストレーナ恒常修繕工事等		・水フィルタおよびストレーナ恒常修繕工事		・1次系安全弁定検等	・2次系安全弁定検等	該当工事無し

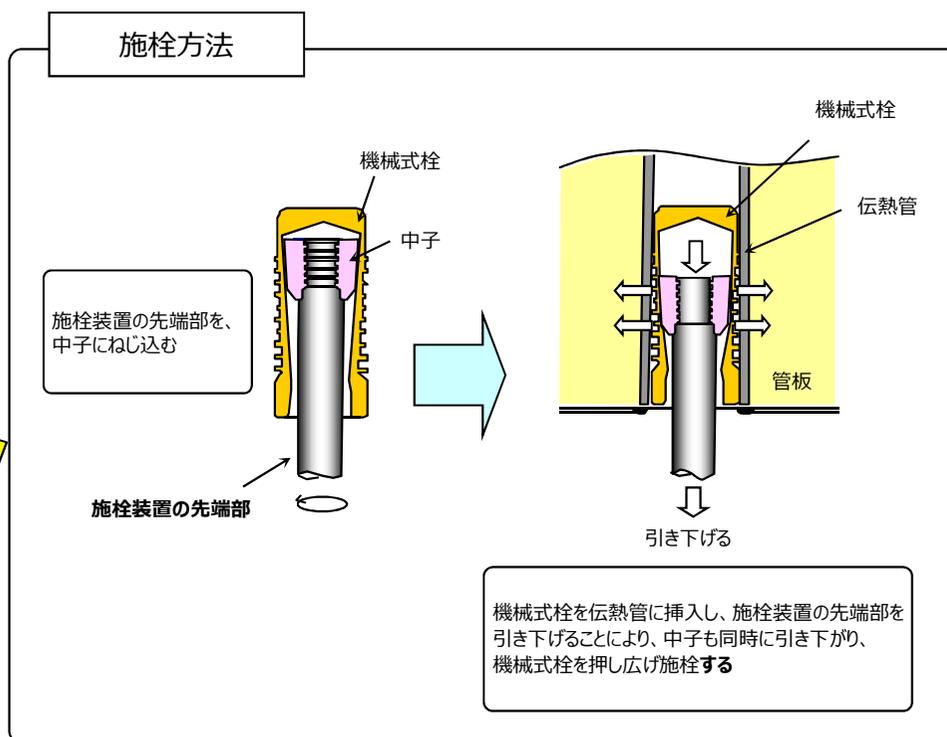
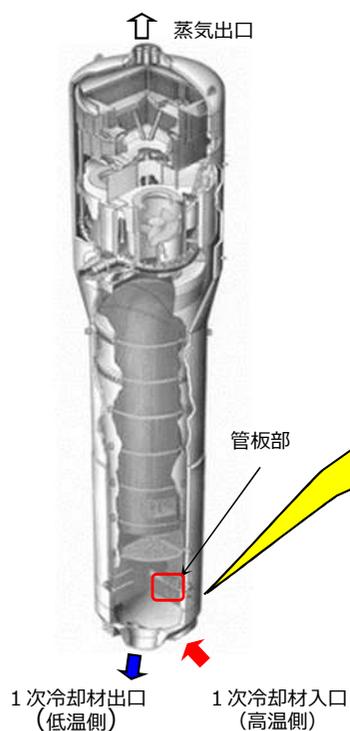
<協力会社への事象周知>

美浜発電所	高浜発電所	大飯発電所
8月4日 臨時安衛協にて説明 (31社) 8月10日 臨時安衛協にて説明 (29社)	8月18日 臨時安衛協にて説明 (24社) 8月29日 安衛協にて説明 (45社)	8月18日 安衛協にて説明 (25社) 9月2日 安衛協にて説明 (42社)

※安衛協：安全衛生協議会。安衛協での説明会以外にも加盟全社には資料配布を実施

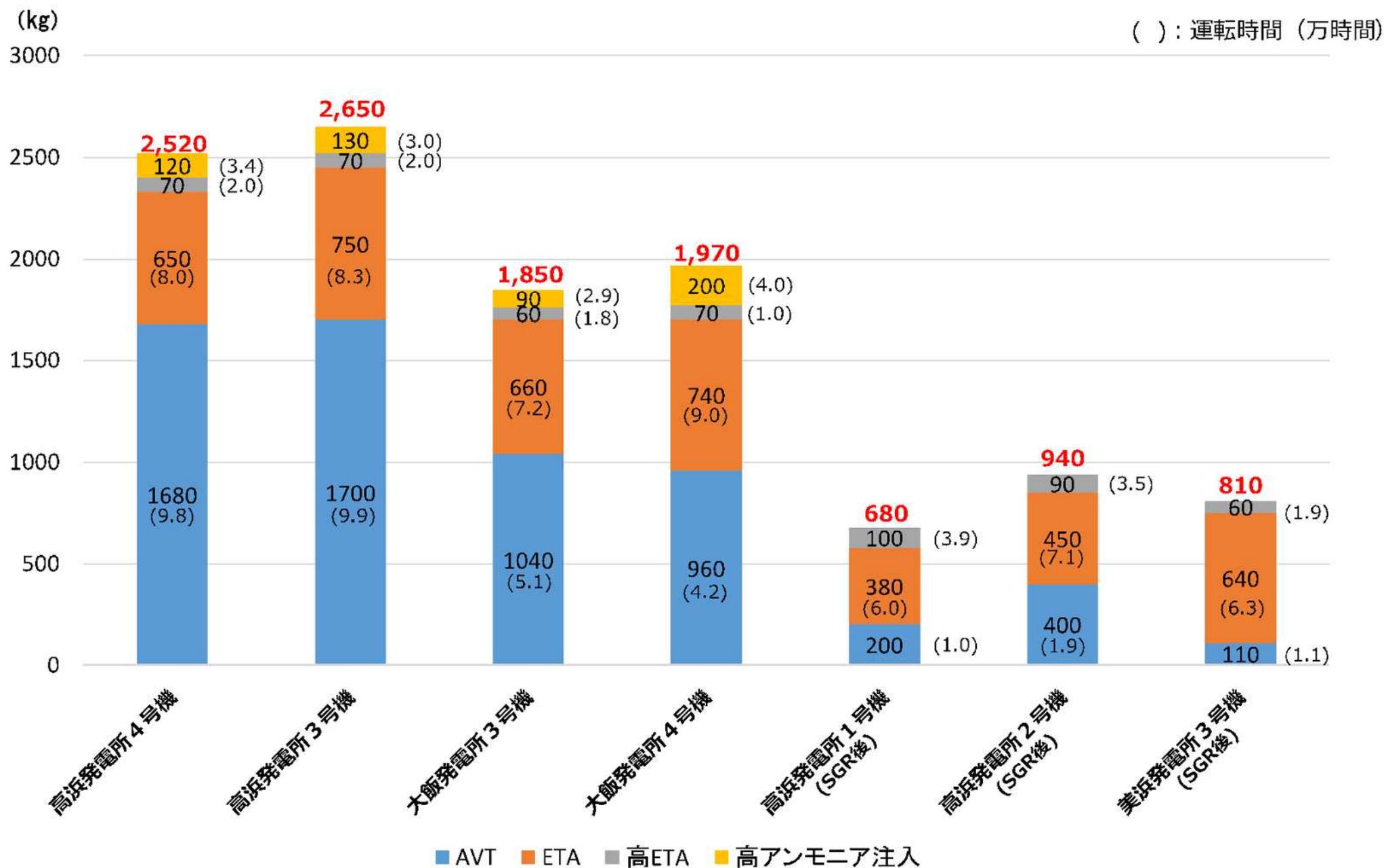
	3号機 第25回定期検査時				4号機 第24回定期検査時			
	A蒸気発生器 (3,382本)	B蒸気発生器 (3,382本)	C蒸気発生器 (3,382本)	合計 (10,146本)	A蒸気発生器 (3,382本)	B蒸気発生器 (3,382本)	C蒸気発生器 (3,382本)	合計 (10,146本)
検査対象本数	3,272	3,247	3,261	9,780	3,243	3,247	3,253	9,743
今回施栓	3	1	0	4	5	2	5	12
累積施栓本数 (応力腐食割れによる施栓本数)	113 (8)	136 (10)	121 (7)	370 (25)	144 (8)	137 (3)	134 (13)	415 (24)
(外面減肉による施栓本数)	(3)	(2)	(1)	(6)	(7)	(3)	(11)	(21)
[施栓率]	[3.4%]	[4.1%]	[3.6%]	[3.7%]	[4.3%]	[4.1%]	[4.0%]	[4.1%]

蒸気発生器の概要図



- 蒸気発生器 1 基あたりの伝熱管本数：3,382本
- 安全解析施栓率は10%
(伝熱管の施栓率が10%の状態において、プラントの安全性に問題がないことが確認されている)

蒸気発生器鉄持ち込み量比較



委員からいただいた意見に対する説明（地震データのHP公表）

【ご意見】

以前、お願いした地震計の計測結果の公表について、今回の能登で発生した地震でも迅速に対応してもらえている。

ただ、「不動作」との記載は、日本語として一般的には機器の調子が悪いようにとらえてしまう。説明を工夫すべきではないか？
(2022.6.24 高浜発電所現場確認時 ご意見)

ご意見を踏まえ、HPに掲載している地震データのページにおける注釈の記載を次のとおり修正

京都府南部における地震による当社原子力発電所での地震観測データについて

地震発生日時：2022年5月2日 22時21分頃

	観測用地震計	
	最大加速度 (ガル)	震度
美浜発電所	—	—
高浜発電所（原子炉補助建屋）	6.49	1
大飯発電所	—	—

※ガル（単位・gal）：地震による地盤や建物等の揺れの強さ

※観測用地震計が不動作の場合は「—」で表示

※掲載している最大加速度、震度のデータは、当社の原子力発電所において、地震発生時の発電所の揺れの大きさを記録するために設置した観測機器による観測データであり、気象業務法に定められている気象観測の対外となります。

【これまでの記載内容】

※観測用地震計が不動作の場合は「—」で表示

【ご意見】

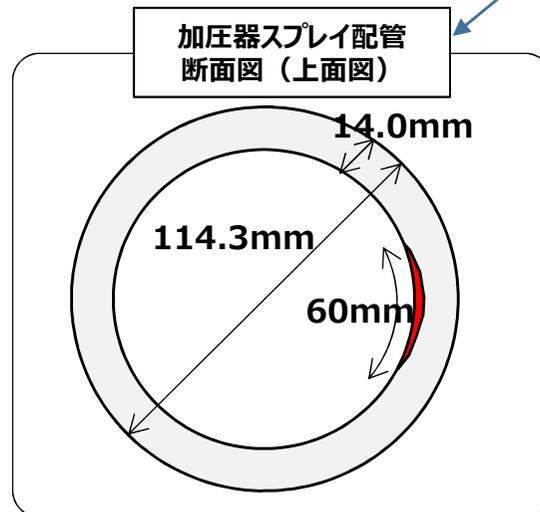
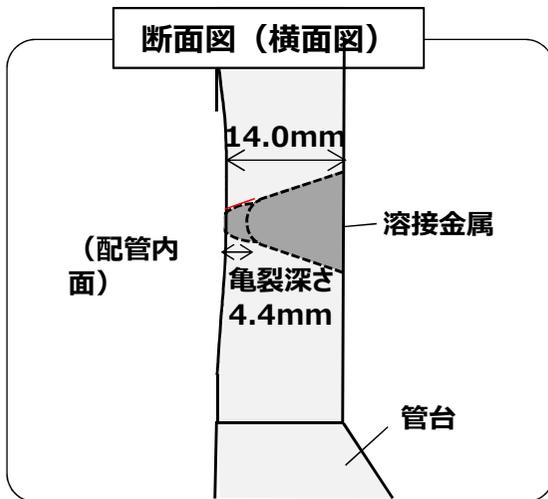
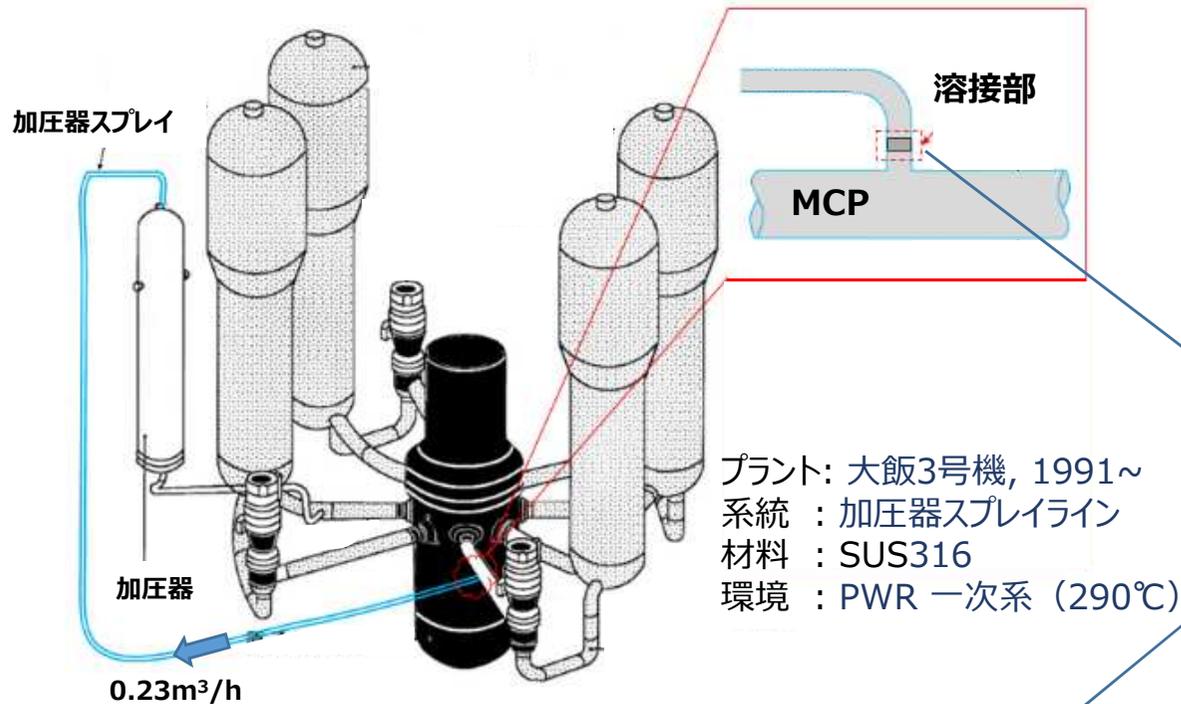
計器が“不動作”との記載では、一般的には機器が不調と捉えられるので、説明の工夫が必要

【ご意見を踏まえた修正】

※観測用地震計にて計測されたデータ（最大加速度[gal]）が設定値に満たない場合は「—」で表示

委員からいただいた意見に対する説明(大飯3号機 加圧器スプレイ配管亀裂調査の概要)

【ご意見】大飯3号の加圧器スプレイライン配管の事象については、時間をかけて基本的なところから、国内外含めて押さえていくということをお願いしたい。(2021.3.4 第98回原子力安全専門委員会 望月委員ご意見)



<時系列>

供用期間中検査

2020年8月: ステンレス鋼溶接熱影響部に4.6mm(深さ)(板厚14mm)の欠陥指示を確認。

ラボでの破壊調査

破壊調査により、4.4mm(深さ)の粒界型亀裂を確認。

原因究明と検証

溶接入熱と溶接部の形状が影響し特異な硬化が生じていた。
 亀裂進展は粒界型SCCと判断された。

対策と水平展開

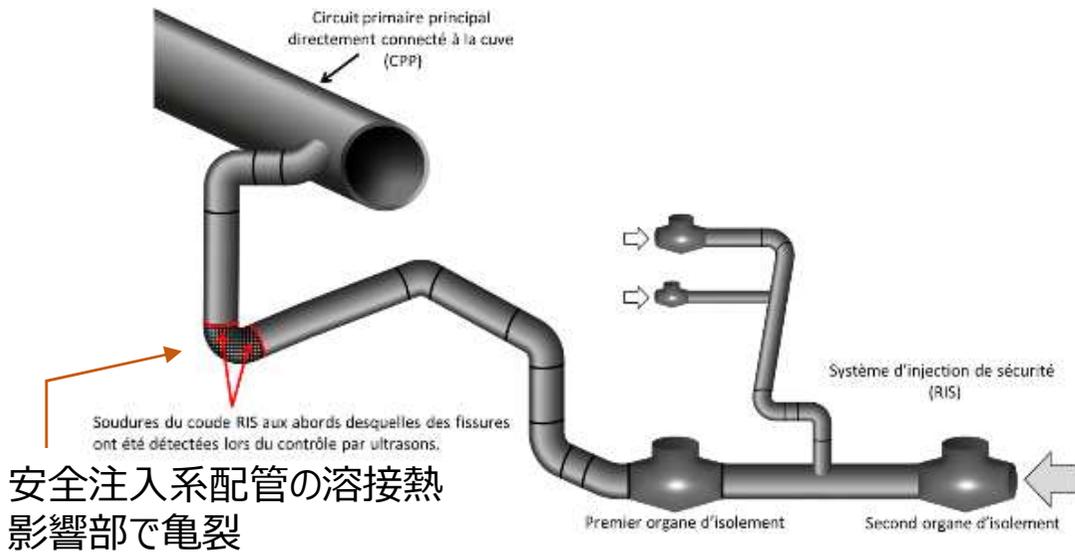
(対策)
 溶接方法等を見直し、配管の取り換えを実施
 ATENA主導で調査研究を実施。

(水平展開)
 類似性の高い箇所に対して3定検の間、毎定検検査を実施。

委員からいただいた意見に対する説明(仏EDFで報告されている安全注入配管の亀裂)

【ご意見】大飯3号の加圧器スプレイライン配管の事象については、時間をかけて基本的なところから、国内外含めて押さえていくということをお願いしたい。(2021.3.4 第98回原子力安全専門委員会 望月委員ご意見)

- 2021年10月：Civaux1号機で安全注入系配管に欠陥指示を検知
- 2022年 4月：EDFの56基中、計9基で類似事象



- 報告されている最大亀裂は5.6mm(板厚約30mm)
- 比較的新しいプラントで顕著に割れが検出されてる。
- 国内プラントの検査では類似部位で亀裂が生じていない。

【対応】

EDFの状況を注視し、必要な対応を検討する。

EDFの原子力発電所

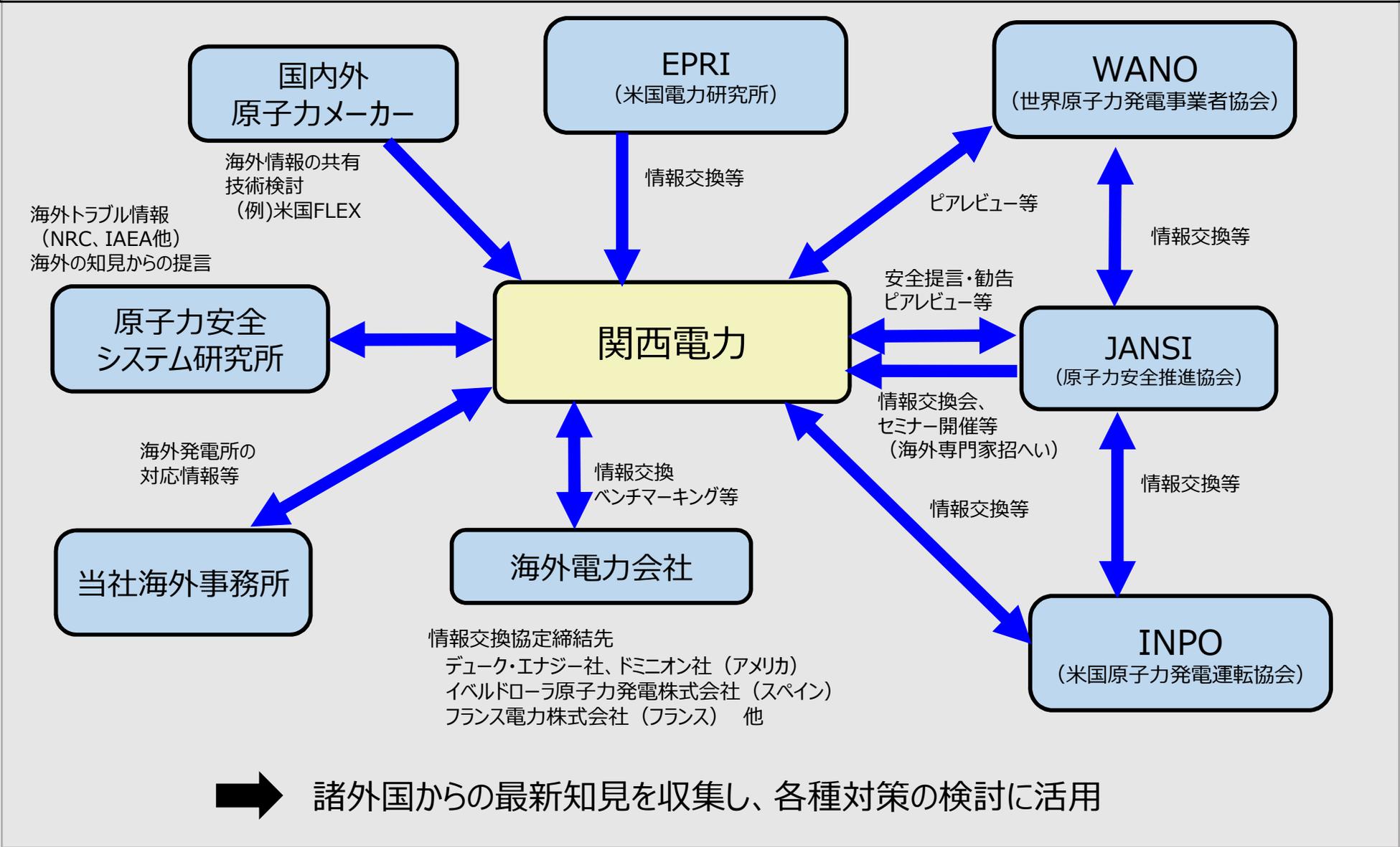
プラント名	炉系型式	出力 (MWe)	系統接続	状況
Bugey 2	CP0	910	1978年5月	
Bugey 3	CP0	910	1978年9月	調査中
Bugey 4	CP0	880	1979年3月	調査中
Bugey 5	CP0	880	1979年7月	
Dampierre 1	CP1	890	1980年3月	
Paluel 3	P4 REP 1300	1330	1985年9月	
Flamanville 1	P4 REP 1300	1330	1985年12月	調査中
Paluel 4	P4 REP 1300	1330	1986年4月	
Flamanville 2	P4 REP 1300	1330	1986年7月	亀裂
St. Alban 2	P4 REP 1300	1335	1986年7月	
Chinon B3	CP2	905	1986年10月	亀裂
Cattenom 1	P4 REP 1300	1300	1986年11月	
Cattenom 2	P4 REP 1300	1300	1987年9月	
Belleville 1	P4 REP 1300	1310	1987年10月	
Nogent 1	P4 REP 1300	1310	1987年10月	
Chinon B4	CP2	905	1987年11月	
Belleville 2	P4 REP 1300	1310	1988年7月	
Nogent 2	P4 REP 1300	1310	1988年12月	
Penly 1	P4 REP 1300	1330	1990年5月	亀裂
Golfech 1	P4 REP 1300	1310	1990年6月	亀裂
Cattenom 3	P4 REP 1300	1300	1990年7月	亀裂
Cattenom 4	P4 REP 1300	1300	1991年5月	
Penly 2	P4 REP 1300	1330	1992年2月	
Golfech 2	P4 REP 1300	1310	1993年6月	
Chooz B 1	N4 REP 1450	1500	1996年8月	亀裂
Chooz B 2	N4 REP 1450	1500	1997年4月	亀裂
Civaux 1	N4 REP 1450	1495	1997年12月	亀裂
Civaux 2	N4 REP 1450	1495	1999年12月	亀裂

古いプラント (上) → 新しいプラント (下)

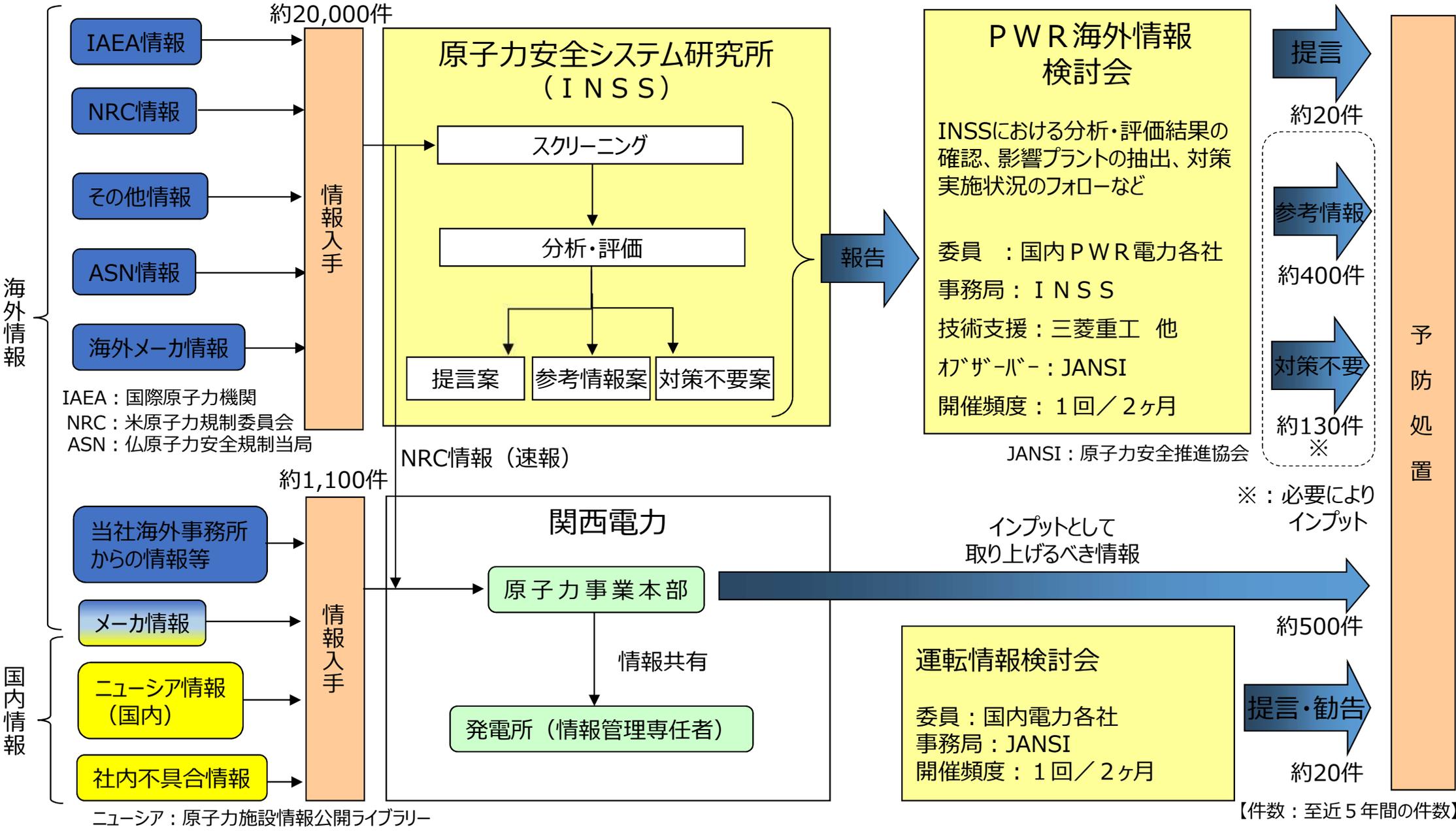
出典：

1) https://www.edf.fr/sites/groupe/files/2022-04/EDF_Mise%20a%20jour%20Note%20Info%20CSC_14%20avril2022.pdf
 2) <https://www.french-nuclear-safety.fr/asn-informs/news-releases/stress-corrosion-phenomenon-asn-asks-edf-for-more-in-depth-analyses>

海外電力会社との情報交換協定締結、および海外の団体や研究への参画による直接の情報収集を行っている他、国内関係機関との情報交換、セミナー等を通じた情報収集、知見修得により、海外の先進事例や最新知見を収集し、適宜分析、反映して当社の取り組みに展開。



国内外トラブル情報を積極的に入手し、起こり得る不適合の原因を除去することにより、同種同類の不適合の発生を防止（予防処置）。



IAEA：国際原子力機関
NRC：米原子力規制委員会
ASN：仏原子力安全規制当局

ニューシア：原子力施設情報公開ライブラリー

海外の原子力発電所視察で得た知見を反映し、発電所内での緊急時活動を改善

視察による情報入手 (H27.4)

【フランス電力ゴルフエッシュ発電所】

緊急時活動について、

- ① 個人単位で果たすべき役割を詳細に
- ② 具体的な実施事項をチェックシート化し、緊急時活動の漏れを防止

大飯発電所での 緊急時活動の改善WGで検討

大飯発電所での検討の結果、以下を実施 (H27.9~H28.5)

- 緊急時活動を行う要員(約70名)の一人ひとりについて、詳細に役割を明確化
- 緊急時活動を漏れなく、的確に行えるよう、実施すべき活動を記載したチェックシート形式の手順書を作成

試行

大飯発電所原子力防災訓練にて試行 (H28.3)

評価・導入

訓練参加者のアンケートから効果を確認し、正式導入を決定 (H28.8)

水平展開

高浜発電所 H28.8
美浜発電所 H29.2
に正式導入

本部長 (所長)

副本部長
(ユニット指揮者)

総務班長

広報班長

...

保修班長 (電気)

保修班長 (原子炉)

...

班員

班員

(支援対応) (収束対応)

発電所全体の“資源配分の決定・管理”を本部長の機能として明確化

ユニットの事故収束にかかる役割を副本部長の機能として明確化

班長、班員の役割範囲も明確化



【手順書 (活動チェックシート)】

活動チェックシートを整備。上から順に“√”を入れるだけで抜け漏れなし



【その他マニュアル類】

その他にもマニュアルを整備

【参加者意見】

- ・「体制発令後、チェックシートに従い速やかに指示できた。」
- ・「各班において、活動に抜けが無いが、チェックシートを用いて確認できた。」

協力会社からも入力可能
 他の発電所からも閲覧可能

トラブルからの
水平展開情報

内部監査における
指摘・気付き

規制検査における
指摘・気付き

所員等からの
安全上の気付き

設備不具合

プロセス不適合

設備の懸案
(劣化傾向等)

ハットヒヤリ事例



当直員の
巡回点検
における気付き

個人被ばく

パトロールにおける
指摘・気付き

冷却水の
水質の低下

パフォーマンス指標
の劣化傾向

訓練からの
反省事項

目標の未達成

協力会社からの情報

- 従来DBで管理していたもの
- 従来は個別に管理していたが、新CAP構築に伴い一元管理するようにしたもの
- 新CAP構築に伴い、新たに収集するようにしたもの

低いしきい値で収集した膨大なCRを管理するDBを新たに開発。
 これまで各業務ごとに個々で管理していた所内の問題を一元管理。

- ・項目は上記に限定するものではなく、気付いたものを広く報告
- ・発電所当たり年間約4,000件のCR

(傾向分析の例)

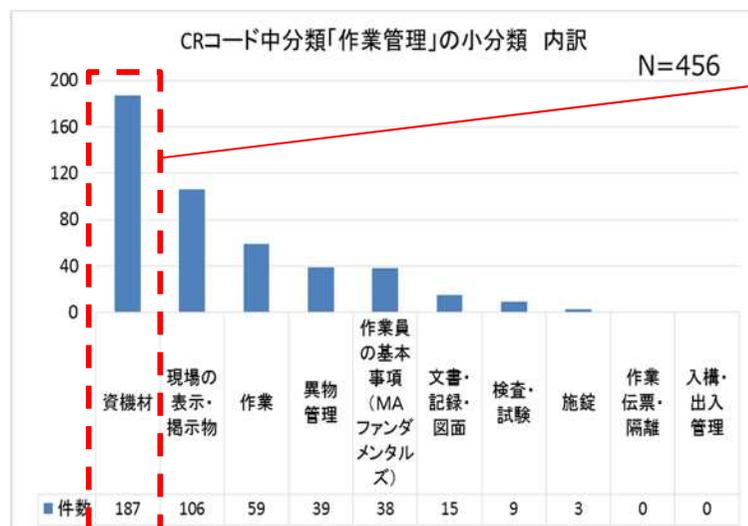
CRの例

- 防火帯エリアに枯木あり。
- 仮設電源盤付近で消火器が設置されていない箇所があった。
- グラインダー作業時の火の粉の養生が不十分であった。
-

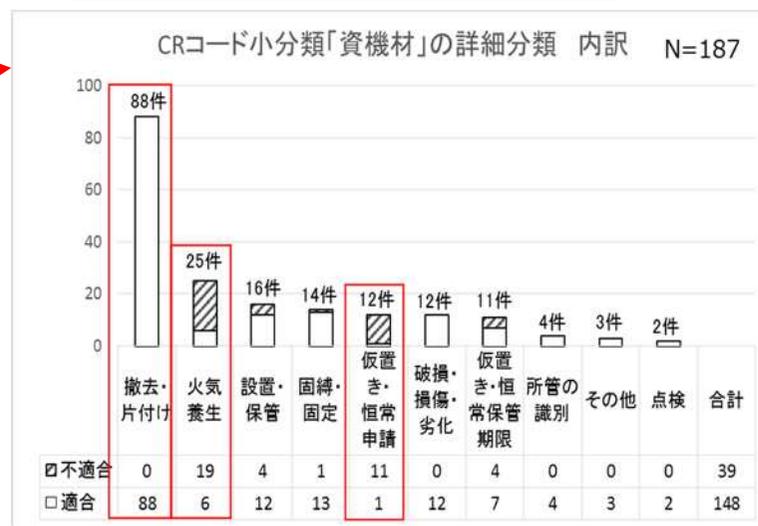
報告されたCRについては、個々に対応するとともに、Non-CAQも含めたCR情報を傾向分析に活用する。

傾向分析においては、様々な切り口を工夫して、発電所の弱点を抽出するための分析に取り組んでいる。

コードを用いて分類



コード「資機材」の詳細な分析



個々の事象は軽微であるが、現場資器材の撤去・片付けに関するCRが年度を通して多数登録されていることから、具体事例を用いた注意喚起や資機材パトロール等を継続していくこととした。