

美浜、大飯、高浜発電所の 運転状況等について

2024年 1 1月 2 2日

目次

1. 発電所の運転・定期検査の状況	.....	2	
2. 廃止措置プラントの状況	.....	3	
3. 主な許認可審査状況	.....	4	~ 5
4. 新しい高経年化制度	.....	6	~ 8
5. IAEA等の外部評価	.....	9	~ 11
6. 能登半島地震を踏まえた安全性向上の取り組み	.....	12	~ 13
7. 至近に発生したトラブルの概要 (美浜3号機1次系冷却水クーラ海水管の漏えい)	.....	14	~ 16
8. これまでの委員会で出たご意見に対する対応	.....	17	~ 20

1. 発電所の運転・定期検査の状況

○現在、高浜2号機が第28回定期検査中、その他プラント6基が運転中

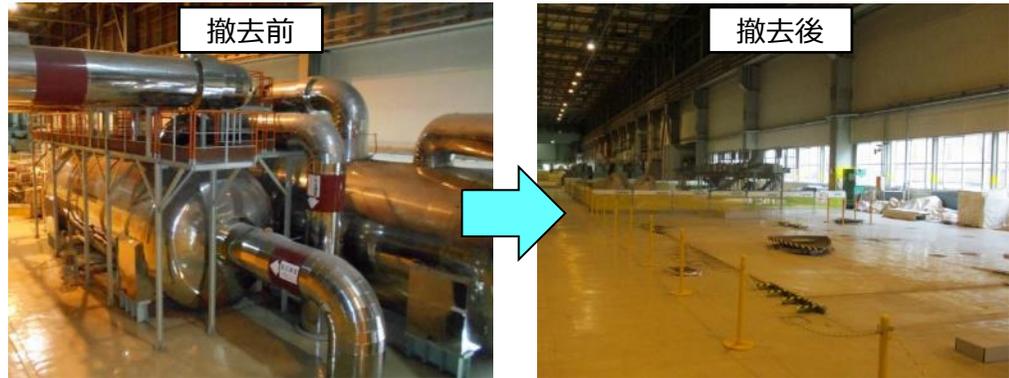
○美浜3号機は海水管トラブルに伴う調査のため原子炉手動停止(2024/10/15~2024/11/21)

▼:実績
▽:予定

発電所	2023年度	2024年度 現時点	2025年度
美浜3号機	10/25解列▼ 第27回定期検査 ▼1/20並列	10/15解列▼ ※1 ▼11/21並列	3月 第28回定期検査 5月
	79.1%	93.0% ※1	83.9%
大飯3号機	2/10解列▼ 第20回定期検査 ▼4/7並列	※1 海水管からの漏えいに伴う原子炉停止 14~17	6月 第21回定期検査 8月
	88.5%	96.1%	77.8%
大飯4号機	8/31解列▼ 第19回定期検査 ▼10/27並列	12月 第20回定期検査 2月	
	86.7%	79.0%	98.3%
高浜1号機	▼8/2並列 第27回定期検査	6/2解列▼ 第28回定期検査 ▼8/28並列	9月 第29回定期検査 12月
	66.2%	76.1%	76.6%
高浜2号機	▼9/20並列 第27回定期検査	11/6解列▼ 第28回定期検査 2月	1月 第29回定期検査
	55.2%	73.8%	81.9%
高浜3号機	9/18解列▼ 第26回定期検査 ▼12/25並列		2月 第27回定期検査 5月
	76.6%	90.7%	85.5%
高浜4号機	12/16解列▼ 第25回定期検査 ▼4/26並列		5月 第26回定期検査 8月
	74.5%	93.8%	77.2%

※定期検査：解列~並列
※下段：設備利用率(計画値)

2. 廃止措置プラントの状況

発電所	状況
<p>美浜 1,2号機</p>	<p>2017年度から2045年度にかけて、大きく4つの段階に分けて廃止措置を実施中（現在第2段階）</p> <p>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> <p>・1次系設備の解体撤去中</p> <div data-bbox="973 307 2018 803"> <p>1次系設備の解体撤去のうち 美浜1号機 ガス減衰タンクの解体撤去状況</p>  <p>The image shows two side-by-side photographs. The left photo, labeled '撤去前' (Before Removal), shows a large, cylindrical, light-colored metal tank supported by two vertical legs. A yellow caution tape is strung around the base. The right photo, labeled '撤去後' (After Removal), shows the same area empty, with yellow plastic sheeting on the floor. A blue arrow points from the 'Before' photo to the 'After' photo.</p> </div>
<p>大飯 1,2号機</p>	<p>2019年度から2048年度にかけて、大きく4つの段階に分けて廃止措置を実施中（現在第1段階）</p> <p>2019.12.11 廃止措置計画認可</p> <p>・2次系設備の解体撤去中</p> <div data-bbox="973 906 2018 1403"> <p>2次系設備の解体撤去のうち 大飯2号機 湿水分離加熱器の解体撤去状況</p>  <p>The image shows two side-by-side photographs. The left photo, labeled '撤去前' (Before Removal), shows a complex industrial structure with numerous pipes, valves, and a large cylindrical component. The right photo, labeled '撤去後' (After Removal), shows the same area cleared, with yellow caution tape on the floor. A blue arrow points from the 'Before' photo to the 'After' photo.</p> </div>

3. 主な許認可審査状況(1/2)

○原子炉設置変更許可

●:原子炉設置変更許可申請 ▼:審査会合

発電所	号機	件名	2024年	2025年
高浜	1,2,3,4	使用済燃料 乾式貯蔵施設設置 (第一期)	3/15申請● 4/23 ▼ 5/30 ▼ 6/25 ▼ 7/12 ▼ 7/30 ▼ 9/24 ▼ 審査会合	⇒ 5
大飯	3,4	使用済燃料 乾式貯蔵施設設置	7/12申請●	10/8 ▼
美浜	3			
高浜	1,2	炉内構造物取替 (1,2) 炉内構造物保管庫設置 (1,2共用)	7/25申請●	10/8 ▼ 11/7 ▼
美浜	3	タービン動補助給水ポンプ取替	7/25申請●	10/8 ▼ 11/7 ▼
高浜	1,2,3,4			

3. 主な許認可審査状況(2/2)

【高浜発電所 使用済燃料乾式貯蔵施設設置】

- 2024年3月15日：原子炉設置変更許可申請
- これまでに計6回の審査会合を実施

＜審査会合実績＞

審査会合	実施日	審査会合議論概要
第1回	2024年4月23日	全体概要を説明
第2回	2024年5月30日	安全施設、キャスクの安全機能維持、衝撃吸収カバーの性能、敷地境界および管理区域境界の線量評価を説明。
第3回	2024年6月25日	地震等の外部要因による損傷防止、並びに人の不法な侵入等の防止を説明。衝撃吸収カバーの安全重要度分類の見直しなどを説明。
第4回	2024年7月12日	乾式貯蔵施設の周辺斜面の安定性評価を説明。
第5回	2024年7月30日	乾式貯蔵施設の耐震重要度分類の見直し、敷地境界線量評価の信頼性向上のための評価条件の見直しを説明。
第6回	2024年9月24日	火災感知器設置方針の見直し、給気口閉塞防止の設計見直し、敷地線量評価の解析コードの評価の妥当性を説明。

- 審査会合での主な論点(一例)

【火災感知器の設置方針の見直し】

- 当社方針：乾式貯蔵施設には、可燃性物質を設置しないこと、発火源となる設備もないことから、火災感知設備を設置しない。
- NRA意見：屋外設置の環境条件も踏まえて、敷地外からの可燃物の飛来などを踏まえても本当に可燃物が一切ないのか説明が十分ではない。



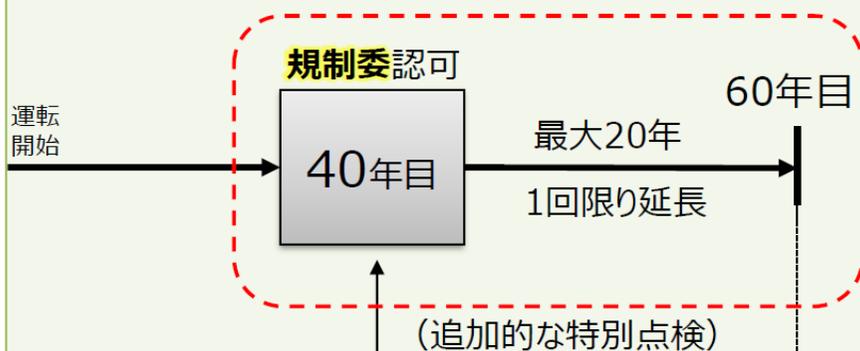
万一敷地内で火災が発生した場合を考慮し、敷地を俯瞰して監視できる場所に火災防護審査基準に基づき屋外の火災を感知可能な2種類の感知器（熱サーモカメラ、炎検出装置）を設ける設計に見直し。

4. 新しい高経年化制度（現行制度と新制度の比較）

2023.7.26
第36回原子力小委員会 資料1

<現行>

炉規法：運転期間制限

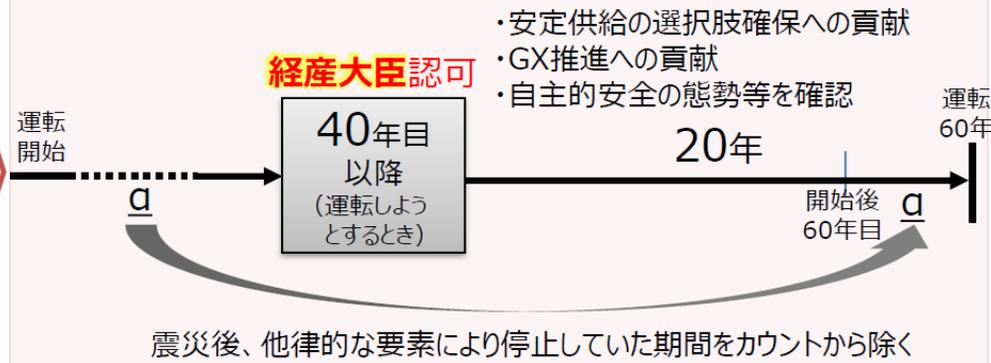


規則(省令相当) ：高経年化技術評価



<新制度>

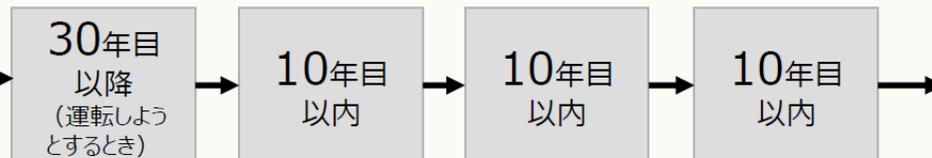
電事法（利用）：運転期間制限



利用と規制の峻別

炉規法（規制）：高経年化の安全規制

規制委認可 規制委認可 規制委認可 規制委認可



長期施設管理計画

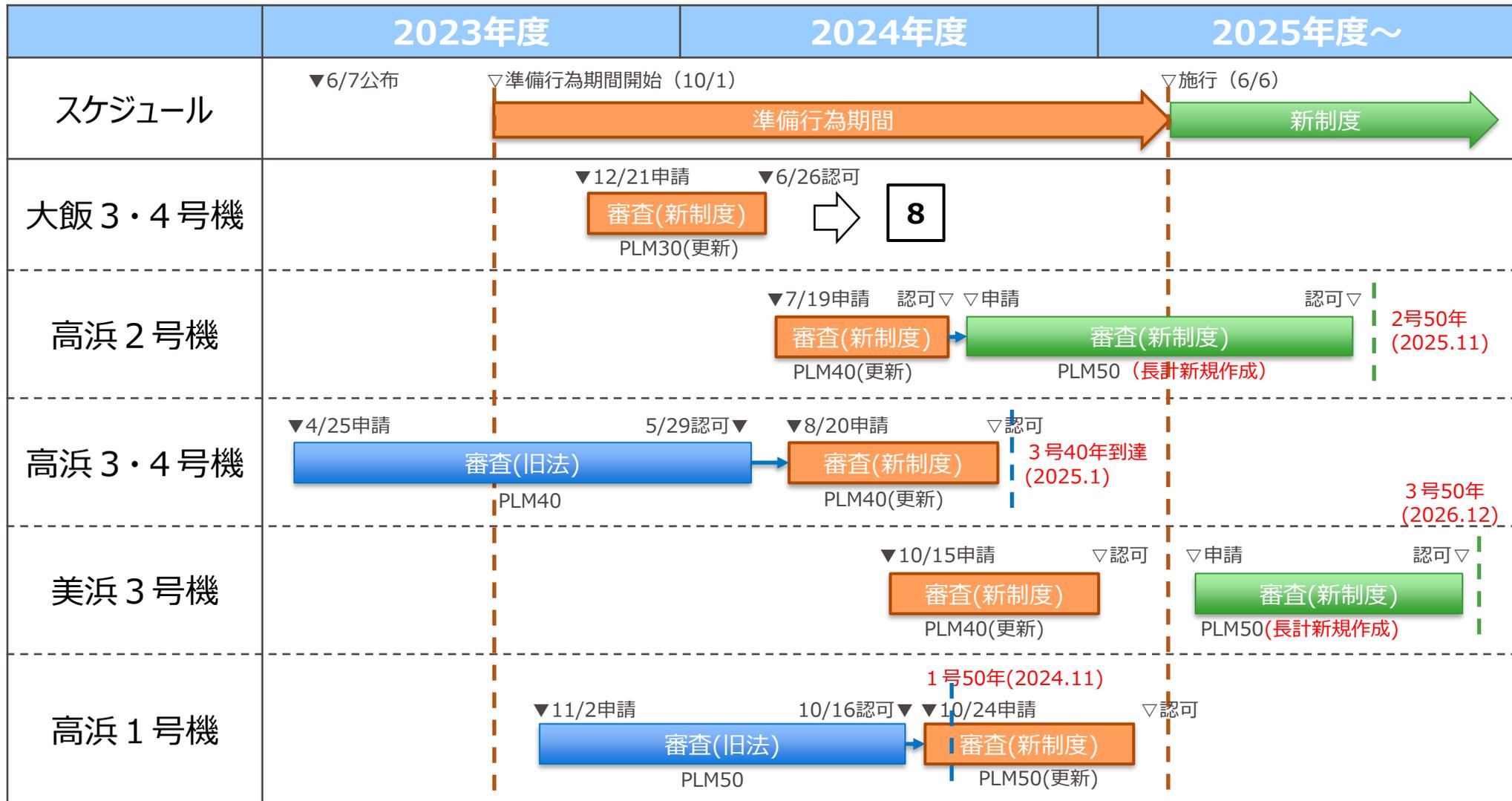
(高経年化の技術評価 + 劣化管理のための措置)

7

4. 新しい高経年化制度（申請状況）

<新制度に係る申請スケジュール>

2024.10時点



4. 新しい高経年化制度（長期施設管理計画の認可実績）

【大飯3, 4号機 長期施設管理計画】

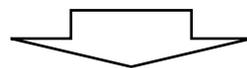
- 2023年12月21日：長期施設管理計画認可申請
- 計4回の審査会合を実施し、2024年6月26日認可

<審査会合実績>

審査会合	実施日	審査会合議論
第1回	2024年2月 6日	「長期施設管理計画」の全体概要を説明
第2回	2024年3月12日	新制度で追加となった「技術の旧式化(製造中止品対応)」及び「品質マネジメントシステム」を説明
第3回	2024年3月26日	劣化技術評価として P L M 3 0 を活用することの妥当性(設備更新や最新知見の反映など)を説明
第4回	2024年4月 9日	審査会合で指摘・質問事項について回答

➤ 審査会合での主な論点

- 当社方針：製造中止品管理については、これまでの取り組みをベースとした内容で申請
- NRA意見：今後の計画として、製造中止品への対応方針、管理プログラムの適切性を示すこと



これまでの取り組み内容も踏まえ、今後の計画として対応方針及び管理プログラムの適切性を取りまとめることとした。

5. IAEA等の外部評価（SALTOLレビューの結果）

<SALTOLレビュー>

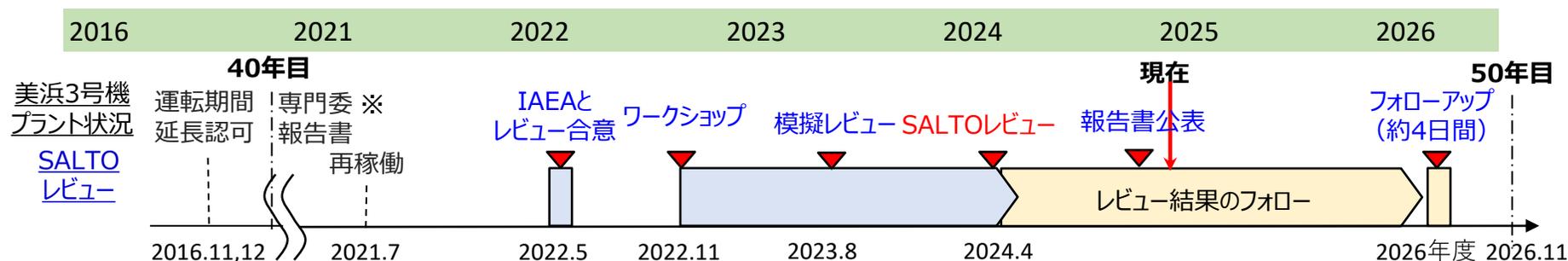
2024年4月に美浜発電所3号機の安全な長期運転に対する客観的、国際的な評価を受けるべくSALTOLレビューを実施し、2024年10月にIAEAのSALTOチームから「長期運転に向けた安全評価に係る報告書」を受領した。

<これまでの経緯>

実施項目	実施・予定日	実施内容
IAEAとレビュー合意	2022年5月	IAEAのSALTOチームの招へいを決定
模擬レビュー	2023年 8月21日～8月25日	SALTOLレビューに向け、お互いの理解を深めるため、模擬レビューを実施
SALTOLレビュー	2024年 4月16日～4月25日	長期運転に関するアドバイスを頂くためSALTOLレビューを実施
報告書公表	2024年 10月28日	美浜発電所3号機の「長期運転に向けた安全評価に係る報告書」を受領

スケジュール

レビューでの推奨・提言に対する改善への取り組みを進め、約2年後（予定）のフォローアップレビューで改善状況を確認



○SALTOLレビューの結果、推奨事項7件、提案事項4件、および良好事例6件が抽出されており、今後、ご指摘いただいた内容に基づき、アクションプランを策定し、さらなる改善に取り組む。

○これまでの安全専門委員会でも議論となっている『長期運転のための人的資源・力量・知識管理：エリアF』における推奨事項、提案事項、および良好事例は以下のとおり。

種別	内容
推奨事項	ナレッジマネジメントプログラムのさらなる発展・実施を推奨
提案事項	国内外の知見のさらなる活用について提案
良好事例	人事異動等を考慮し、重要な役割を担う候補者の事前選定、力量管理を行っている。
	社員の能力とスキルを向上させるために退職者をメンター（相談者）として効果的に活用している。

エリアA：経年劣化管理（AM）および長期運転（LTO）活動の構成 エリアD：電気・計装（I&C）SSCの経年劣化管理

エリアB：スコープ設定、プラントプログラム、是正措置プログラム

エリアE：土木SSCの経年劣化管理

エリアC：機械SSCの経年劣化管理（AMR）

エリアF：長期運転のための人的資源・力量・知識管理

5. IAEA等の外部評価（SALTOLレビュー結果対応）

○長期運転（LTO）のための人的資源・力量・知識管理：エリアF

報告書抜粋

推奨事項：総合的なナレッジマネジメントプログラムの策定を推奨

FACTS :

The plant does not have a formal Knowledge Loss Risk Assessment (KLRA) process in place, nor any equivalent commonly in use, to identify critical knowledge or critical competencies.

和訳：プラントは、正式な知識喪失リスクアセスメント（KLRA）プロセスまたは相当するプロセスを用意しておらず、重要な知識や重要な能力を特定していない。

When questioned the senior members of the HR, Training, and Competence Management organisations could not define the concept of KM, nor could they explain an effective KM programme.

和訳：人事、研修、能力管理組織の上級管理職に質問したところ、ナレッジマネジメントの概念を定義することができず、効果的なナレッジマネジメントプログラムを説明することもできなかった。

レビューとの議論において、「力量管理」「人財育成計画」「教育計画」「要員計画」など、知識管理の多くの要素は既に実施されていると評価されたものの、組織として総合的なナレッジマネジメントに係る計画・方針やそれを所管する部署がない、知識喪失リスク評価がなされていないとの指摘があった



対応状況

現状評価：SALTOLレビューを受け、IAEAのナレッジマネジメントに係るガイドを参考に、当社活動の自己評価を進めており、退職等を考慮した将来の力量保有状況を把握し、リスクのある分野や能力を特定する活動にギャップがあると考えている。

今後の対応：海外の取組状況や最新知見等のベンチマーキング等も活用し、充実すべき活動の調査・対応を進める。

6. 能登半島地震を踏まえた安全性向上の取り組み(1/2)

○電気事業連合会および原子力エネルギー協議会（ATENA）では、本年2月より、原子力事業者やメーカーと連携しながら、今回の地震による原子力発電所への影響に係る検証を実施し、7月17日に結果を公表した。

【検証結果の概要】

◆検証項目1：地震や津波の検証

- ・従前の地震動・津波評価と整合しており、地震動・津波評価の見直しを要する喫緊の課題は無いことを確認
- ・今後も、自主的に各種研究機関の分析・評価等の情報収集を継続

◆検証項目2：発電所設備への影響の検証

- ・志賀原子力発電所における設備の故障、不具合事例を検証し、課題を抽出、対応方針を取りまとめ
- ・今後は、各社がそれぞれの設備や運用に応じ、策定した計画に基づき取り組みを実施

◆検証項目3：現場状況の確認や情報発信の検証

- ・現場の状況把握から情報発信までの一連の流れについて整理・分析、課題・良好事例を抽出し、対応方針を取りまとめ
- ・今後は、電事連が作成した情報収集等に関する標準的なガイドについて水平展開を実施
(ステークホルダーの要求を踏まえた情報発信の徹底・継続や、誤った情報拡散の抑制などに資する運用の検討を実施)

【発電所設備への影響のうち、変圧器で発生した事象および得られた知見】

発生事象

- ✓ 1号起動変圧器の放熱器配管損傷及び2号主変圧器の冷却器配管損傷により、いずれも絶縁油が漏えい
- ✓ 2号主変圧器については、損傷部からの漏えいによる絶縁油の油面低下によって充電部が露出し、発生したアークにより変圧器内部のブッシングが損傷
- ✓ いずれの変圧器も放圧板が動作したことを確認

得られた知見

- ✓ 変圧器絶縁油の漏えい後、通電状態のまま油面低下が継続した場合、絶縁破壊により変圧器内部の損傷に至り、復旧に長期間を要する。(それ以外の損傷については、短期間に復旧が可能) ➡ 当社の対応 **13**

6. 能登半島地震を踏まえた安全性向上の取り組み(2/2)

【変圧器に対する当社の対策】

対策内容

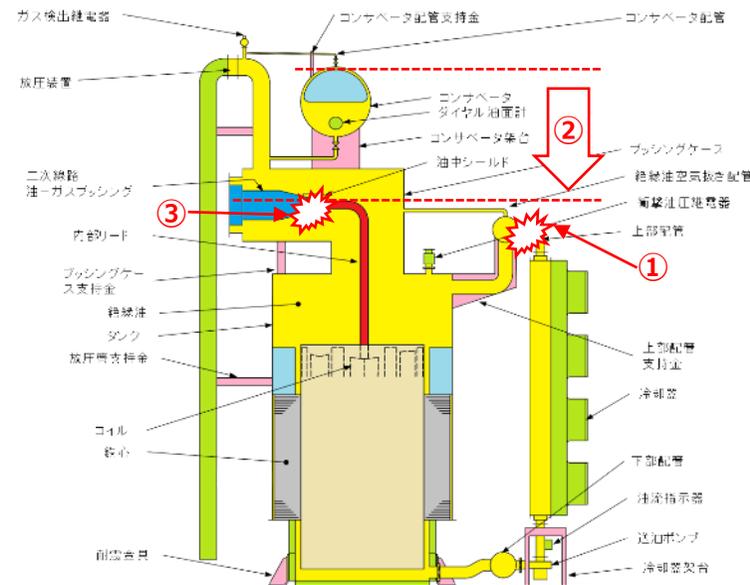
- ✓ 変圧器の絶縁油漏えいが継続した状態で運転を継続することにより内部が損傷した場合、外部電源の信頼性が低下した状態が長期間継続することになるため、変圧器の絶縁油の油面低下に伴うアーク発生による内部のブッシング損傷を防止する観点から **絶縁油漏えい時の変圧器停止手順を整備する。**
- ✓ 今回の事象で放圧板が動作したこと、また過去の地震時にも放圧板が動作したプラントが複数あったことを踏まえ、**放圧板の予備品を確保する。**

対象機器：外部電源を受電するための全ての変圧器

【変圧器外観（美浜3号主変圧器）】



【絶縁油漏えい（志賀2号主変圧器）】



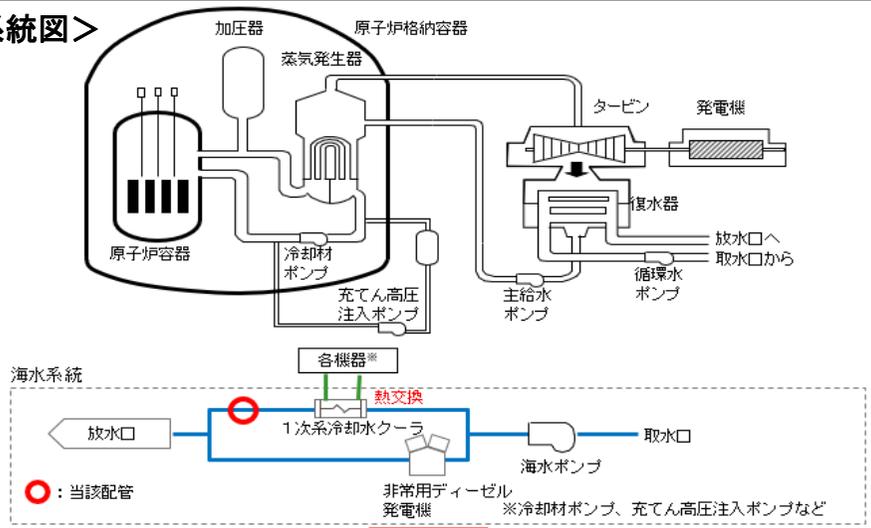
- ① 絶縁油漏えい
- ② 油面低下
- ③ 充電部が露出し内部短絡発生

7. 至近に発生したトラブルの概要(美浜3号機1次系冷却水クーラ海水管の漏えい)

【事象概要】

- 美浜発電所3号機（定格熱出力一定運転中）において、10月5日19時頃、巡視点検中の運転員が、1次系冷却水クーラの海水系統出口母管に僅かな塩の析出を確認
- 10月10日に当該配管（以下、T字管）の肉厚測定の結果、微小な穴が2か所あり、その周辺に減肉を確認したことから原因調査をすることとし、10月15日に原子炉を停止

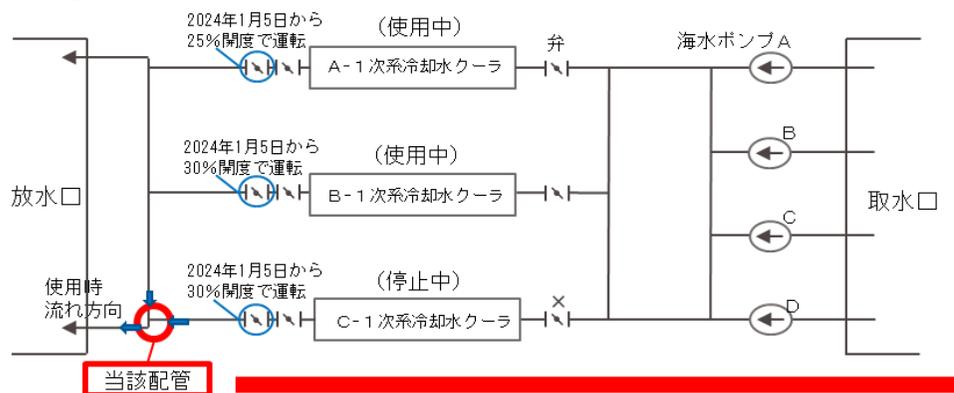
<系統図>



<T字管写真>



<海水系統詳細>

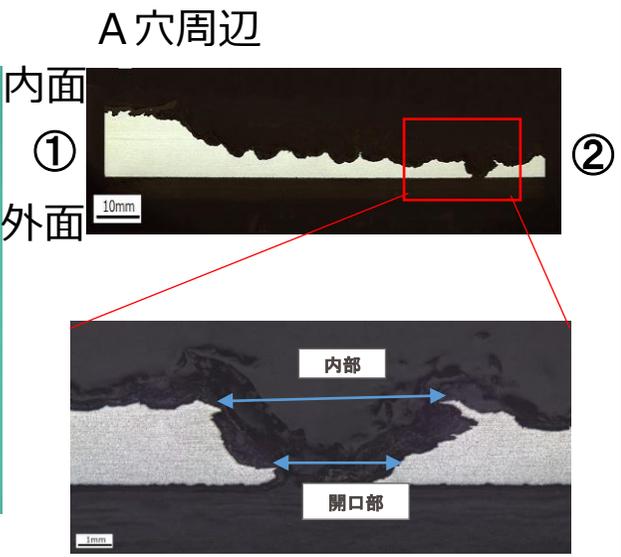
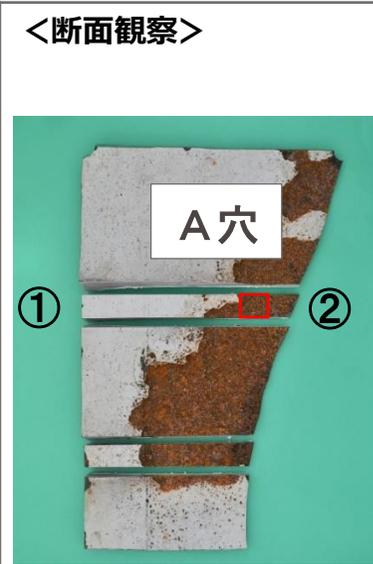
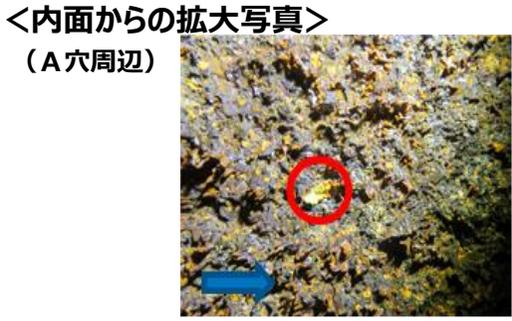
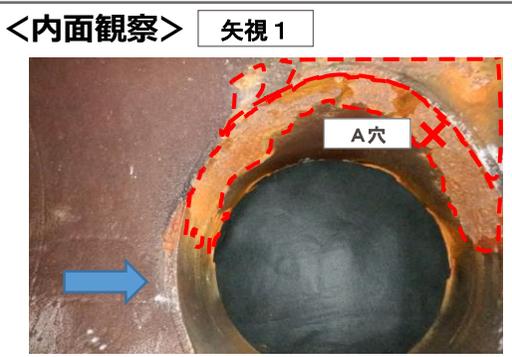
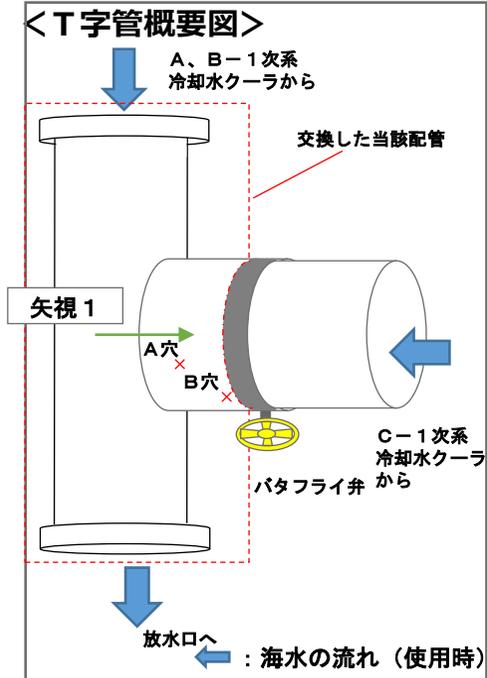


7. 至近に発生したトラブルの概要(美浜3号機1次系冷却水クーラ海水管の漏えい)

【調査結果】

- T字管を取外して内面観察等の詳細調査を実施したところ、微小な穴の周辺に凸凹状の模様や薄い錆の付着があり、これはキャビテーションによるエロージョン※の特徴であることを確認
- 断面観察では、微小な穴の周辺の配管内面が全体的に減肉をしていた。また、穴の内部は、内面から外面につぼ状であることを確認した。これは腐食が発生し、配管内面から外面に進行し貫通したことを示している。
- ポリエチレンライニングで復旧する場合は、工場においてライニング全面の張り替えが必要となり、重量物である配管の搬出入など計画外の作業も伴うため、他の補修方法を検討した結果、海水システムでも使用実績があり、現地施工が可能なエポキシ樹脂系ライニングを採用
- 施工したエポキシ樹脂系ライニングの化学成分や膜厚、硬さ等を確認した結果、施工に問題のないことを確認、また、当該ライニング材はキャビテーションによるエロージョンに対して耐久性が低いことがわかった

※：液体の急激な圧力低下によって局部的に気泡が発生（キャビテーション）し、圧力回復によって気泡が消滅する際に衝撃圧が作用し材料が損傷する事象

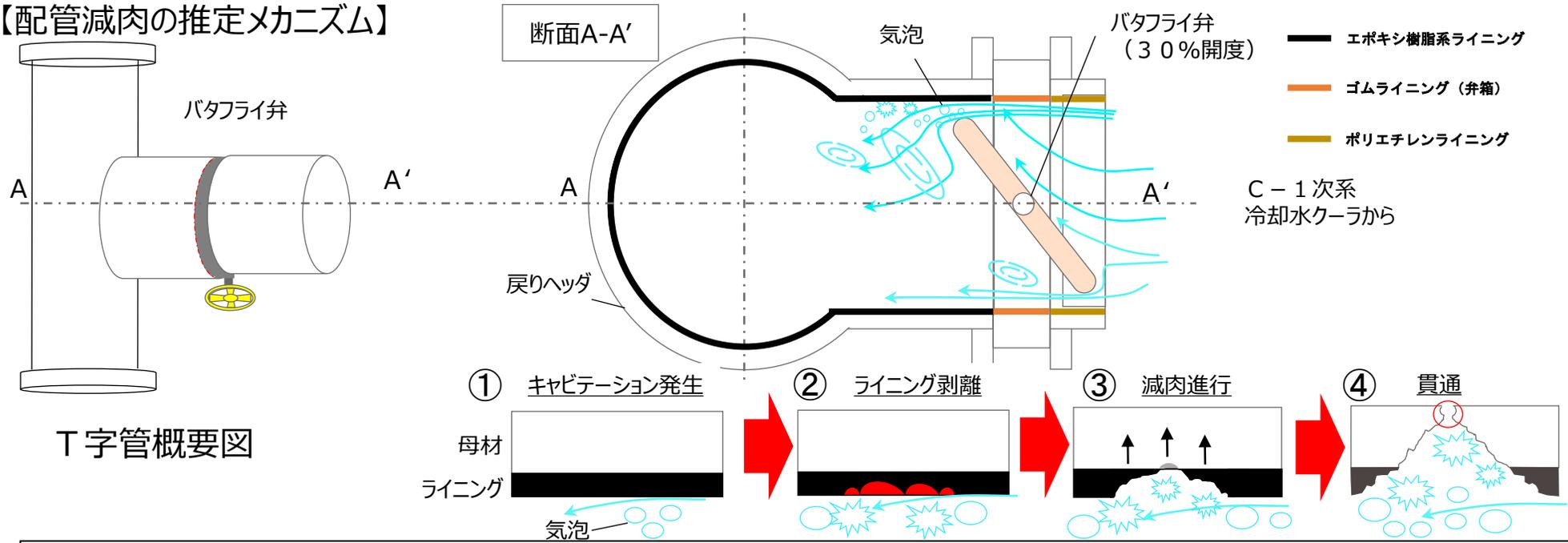


7. 至近に発生したトラブルの概要(美浜3号機1次系冷却水クーラ海水管の漏えい)

【原因】

- 前回の定期検査でポリエチレンライニングの剥離が確認された箇所を、キャビテーションによるエロージョンに対して耐久性の低いエポキシ樹脂系ライニングで補修した。
- この結果、エポキシ樹脂系ライニングをしたT字管内の上半面にて①キャビテーションが発生したことで、②ライニングに部分的な剥離が生じ、③キャビテーションによるエロージョンが継続・母材の減肉が進行し、その後、④局所腐食により貫通に至ったと推定

【配管減肉の推定メカニズム】



【対策】

- T字管をポリエチレンライニングが施工された配管に取替
- ライニングの標準的な補修や過去のライニングに関連したトラブル事例集を作成し、社内ルールに反映
- 補修方法にかかる設計根拠や過去知見確認の重要性を再認識することを目的に、設備保修の担当課員を対象としたトラブル事例研修を実施

- ① 原子力事業本部要員の年齢分布の変遷 …… 18

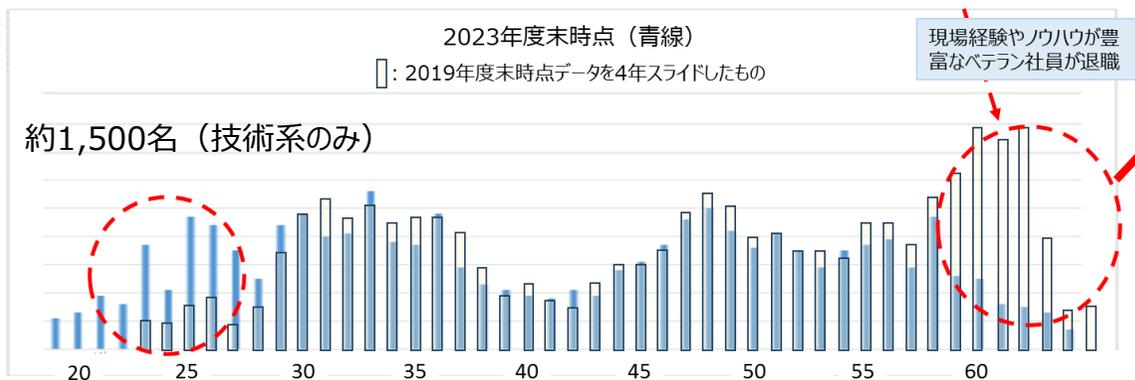
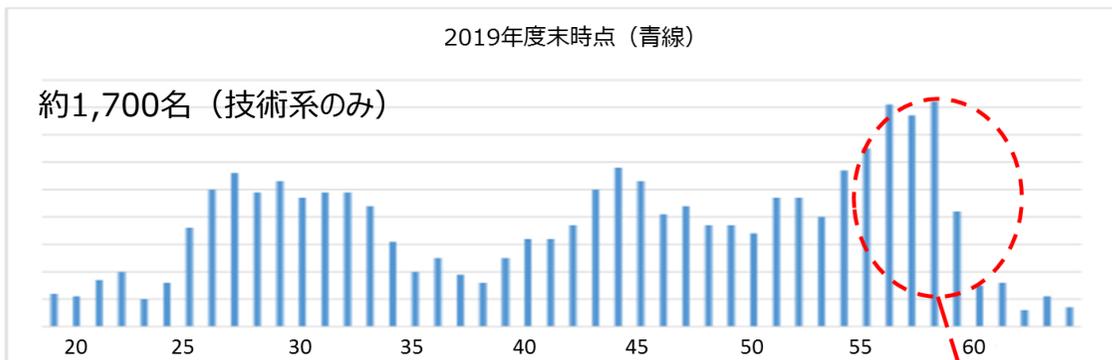
- ② 7基運転・4基廃炉における
持続可能な体制構築に向けた取組み …… 19

- ③ 関西電力原子力部門の安全に関する研究 …… 20

①原子力事業本部要員の年齢分布の変遷

【ご意見】(第106回 2024年5月17日)

現在の原子力発電に係る人員の年齢構成や現場スキル維持がどうなっているのか、説明いただきたい。



技術伝承

- ✓ 経験のあるベテラン層の退職により要員が減少するなかで、技術力確保・技術伝承が重要な課題と認識。
- ✓ ベテラン層から若年層への確実な技術伝承を行うため、「若年層が優先的に修得すべき知識の絞り込み」や「若年層への指導者ペアリングによる育成」等といった施策に取り組んでいる他、要員育成の全体的な推進の仕組みとして、各職場に育成パーソンを指名して連携強化に取り組んでいる。
- ✓ また、各部門に人財のあるべき姿と現状のギャップについてヒアリングで確認し、人財育成のための施策を策定、推進している。

要員確保

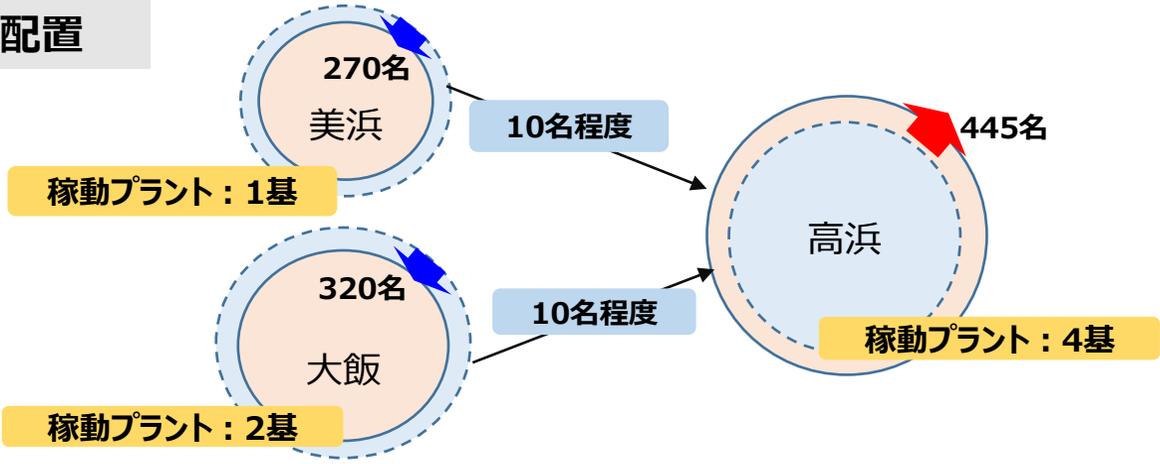
- ✓ 原子力事業者として、原子力発電所の安全・安定運転に必要な人員確保は必須。
- ✓ 至近では新卒採用数を増加させており、足元および将来に向けた要員拡充に取り組んでいる。

② 7基運転・4基廃炉における持続可能な体制構築に向けた取組み

【ご意見】(第104回 2023年11月6日)
 高浜1, 2号機が稼働し7基体制となるが、協力会社を含めた人員の確保や適切な配置、技術継承に努めて欲しい。

- 各発電所の稼働プラント数を踏まえ、2023年度に、美浜・大飯から高浜へ**要員の再配置**を実施。
- また、稼働プラント数が減少した美浜・大飯において、**定期検査業務に係る相互派遣（一体運営）**を実施。

発電所間の要員再配置



美浜と大飯の一体運営

- ✓ 美浜・大飯においては、定期検査業務に係る**技術力の維持・向上**および**業務ピーク時の負担軽減**を目的に一体運営を実施。(これまで、美浜・大飯間で延べ約70名の相互派遣を実施)
- ✓ 派遣者は、仕様書作成や現場立ち合い、協力会社との調整等、定期検査に関する業務に従事し、スキルアップを図っている。

ユニット名	2022年度												2023年度												2024年度											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
美浜3号	[第26回]												約10名派遣 (9/1)												約20名派遣 (10/25)											
大飯3号	8/23 [第19回]												約20名派遣 (8/23)												約20名派遣 (10/27)											
大飯4号	7/17 [第18回]												約20名派遣 (8/31)												約20名派遣 (12/13)											

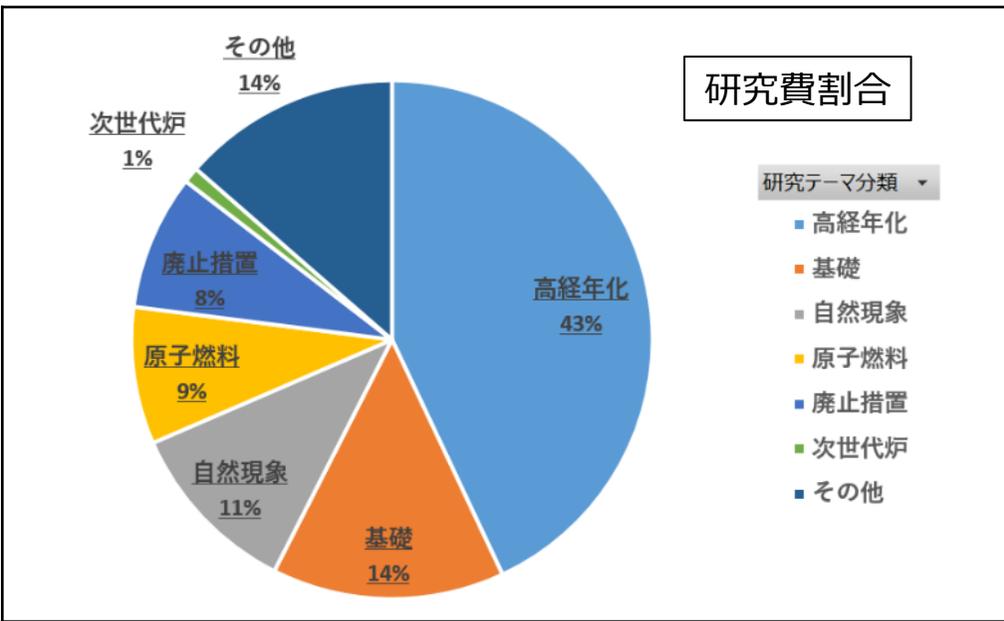
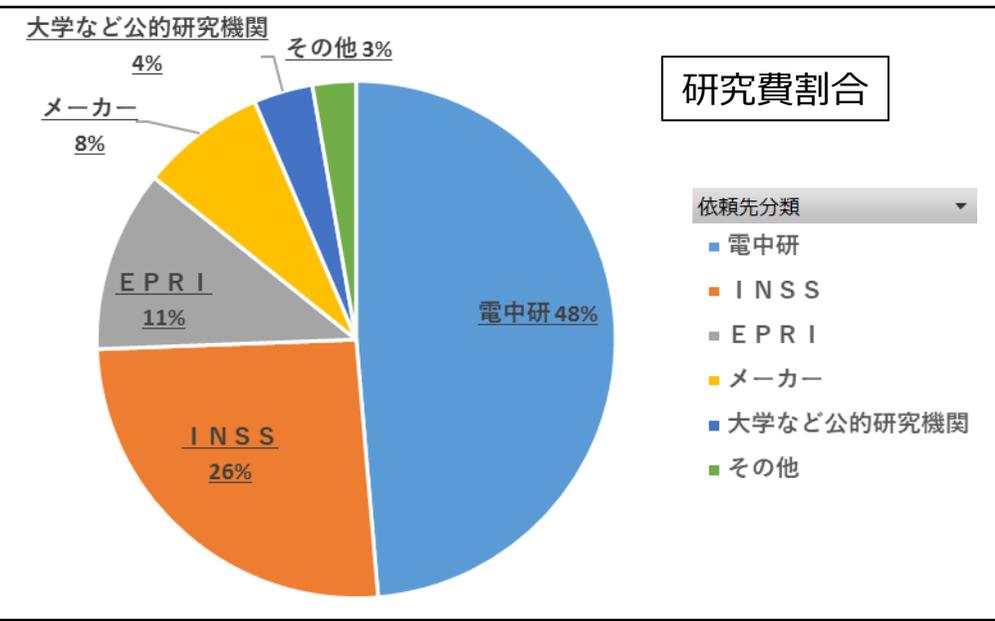
③関西電力原子力部門の安全に関する研究

【ご意見】(2024年5月17日)

福島第一事故以降の13年間を振り返ってみると、再稼働対応に注力していて、安全研究や高経年化対策はあまり手がついていなかった印象である。フェーズが変わった今の段階で、具体的に安全にどれくらい投資しているのか。

依頼先分類

研究テーマ分類



依頼先別主要研究

研究テーマ別主要研究

電中研	— 材料の基礎技術・評価技術に関する研究 (原子炉圧力容器の健全性・配管減肉予測等) — 自然現象にかかる評価の合理化・高度化に関する研究
INSS	— 原子炉プラントの安全技術に関する研究(応力腐食割れメカニズム解明等) — 原子炉プラントの経年劣化事象の解明研究(炉内構造物劣化評価等)
EPRI	— 一次系設備の材料劣化評価に関する研究(MRP) — 非破壊検査・保全技術・リスク評価に関する研究
メーカー	— 既設蒸気発生器伝熱管の耐震安全性評価合理化のための研究 — ステンレス鋼SCCの発生・進展条件の把握に関する研究

高経年化	— 原子炉プラントの安全技術に関する研究(応力腐食割れメカニズム解明等) — 原子炉プラントの経年劣化事象の解明研究(炉内構造物劣化評価等) — 一次系設備の材料劣化評価に関する研究(MRP) — ステンレス鋼SCCの発生・進展条件の把握に関する研究
基礎	— 材料の基礎技術・評価技術に関する研究 (原子炉圧力容器の健全性・配管減肉予測等) — 非破壊検査・保全技術・リスク評価に関する研究
自然現象	— 自然現象にかかる評価の合理化・高度化に関する研究 — 既設蒸気発生器伝熱管の耐震安全性評価合理化のための研究

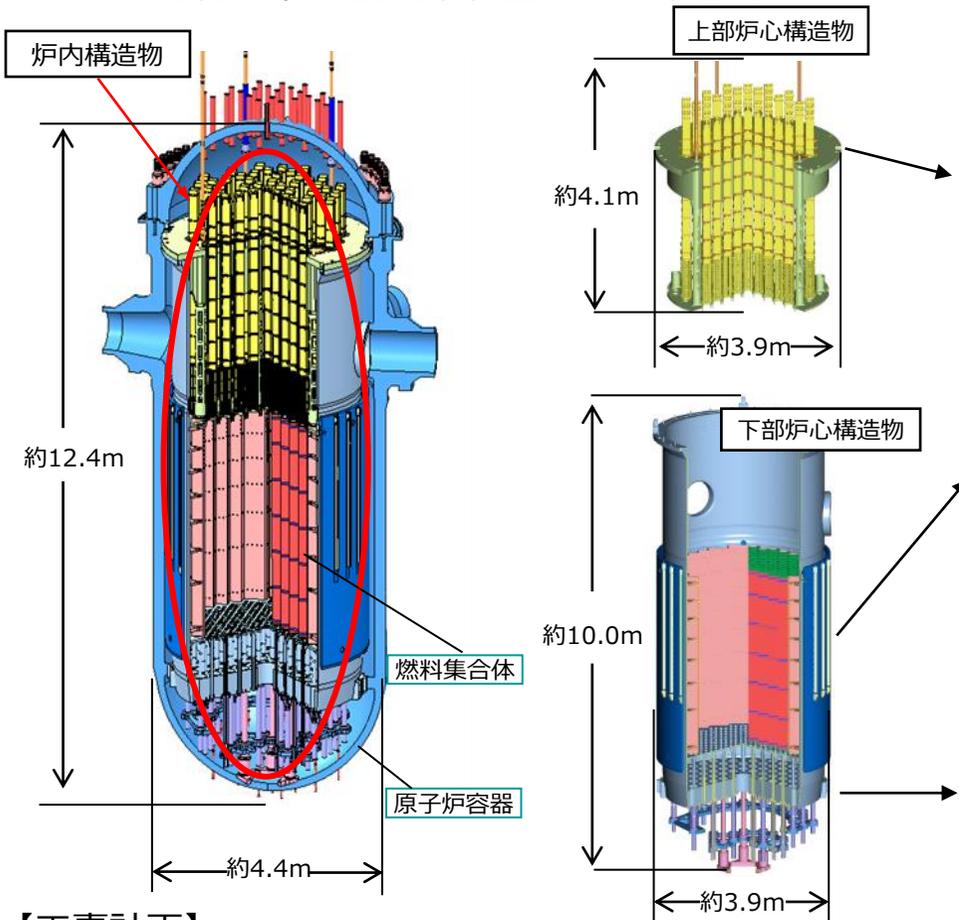
今後の対応：高経年化に係る国内外の知見を積極的に収集し、必要な安全研究を国内外の関係機関と連携しながら進めていく。

參考資料

高浜1,2号機 炉内構造物取替

- 目的：海外で発生したバップルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れ事象に鑑み、長期的な信頼性を確保するという観点から、予防保全対策として炉内構造物を取り替える。
- 概要：燃料集合体の支持や制御棒の案内等の機能を有する上部・下部炉心構造物一式を、先行機※1で採用実績のある経年劣化対策を施した最新型のものに取替え

※1：伊方1,2号機、玄海1,2号機、美浜3号機



主な改良点	旧炉内構造物	新炉内構造物
(上部炉心支持板) ● 円筒胴付鋼製円板への変更により強度改善	鋼製円板	円筒胴付鋼製円板
(バップルフォーマボルト) ● ボルト首下部の形状変更 (曲率半径の大きい緩やかな形状に変更) 及びボルトの柄の長尺化により応力低減 ● 炉心バップル取付板に冷却孔を設けることによりボルトの温度低減	R形状 炉心バップル取付板 炉心バップル 約35mm※2	緩やかな形状 ボルト冷却孔 (冷却材が通過) 約97mm※2 ※2：代表的な寸法を記載
(ラジアルサポート※) ● キー部を大型化し、耐震性を向上 ※下部炉心構造物を水平方向に拘束する	下部炉心支持板 原子炉容器 キー部	ラジアルサポートキーの大型化 ボルト本数増加

【工事計画】

高浜1号機 2028年6月～2028年12月 (第31回定期検査)

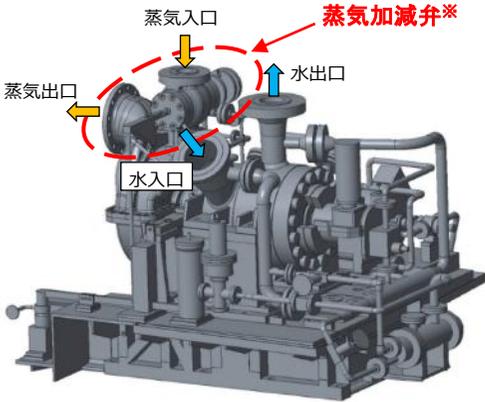
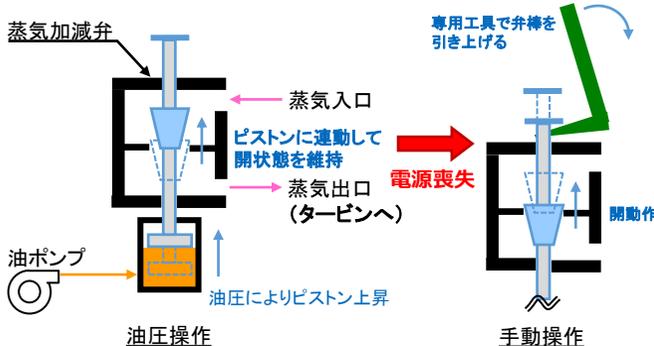
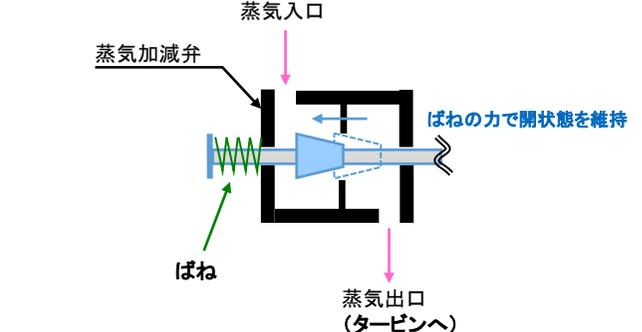
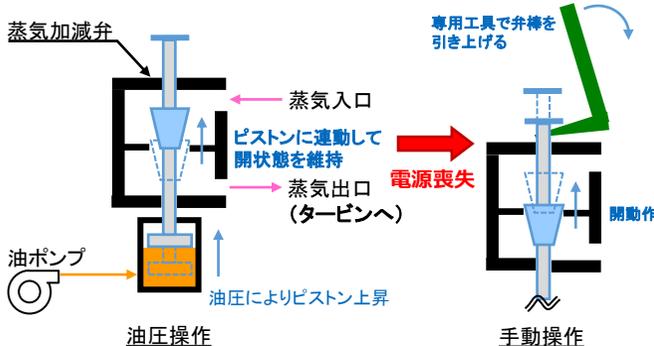
高浜2号機 2028年11月～2029年4月 (第31回定期検査)

【設置変更許可申請】

2024年7月25日 申請

- 目的：タービン動補助給水ポンプは海外メーカー製であり、今後の部品調達をより確実にするという観点から、国内メーカー製のものに取り替える。また、取替えにあたり電源喪失時の運転操作を簡素化できるポンプを採用し、安全性向上を図る。
- 概要：海外製ポンプを国産ポンプに取り替える。（大飯3,4号機は国産機のため対象外）
 - ・ポンプ基本性能（容量、揚程等）については現行機から変更はない。
 - ・電源喪失事故（停電）時のポンプ起動の際に、現行機で必要な手動操作を不要とし操作を簡素化することで、安全性向上を図る。

【運用変更の概要】

電源喪失事故（停電）時におけるタービン動補助ポンプ起動時の蒸気加減弁の運用変更の概要		
国内メーカー製ポンプイメージ図	取替前	取替後
 <p>※タービン動補助給水ポンプに流れる蒸気の量を調整する弁</p>	<p>【通常時】油ポンプ（電源要）による油圧により、蒸気加減弁を常時開の状態待機 【停電時】油ポンプが停止し、蒸気加減弁が閉となるため、ポンプ起動前に手動で開操作が必要</p>  <p>油圧操作</p>	<p>【通常時】電源を必要としないばねの伸び力により、蒸気加減弁を常時開の状態待機 【停電時】ばねの伸び力により蒸気加減弁は開状態で維持されるため、ポンプ起動前の開操作が不要</p>  <p>蒸気出口 (タービンへ)</p>
	 <p>専用工具で弁棒を引き上げる</p> <p>開動作</p>	

※本図は模式図であり、実際の弁形状とは異なる

【工事計画】

（高浜発電所）

- 1号機 2027年 1月～2027年 6月(第30回定期検査)
- 2号機 2027年 7月～2027年11月(第30回定期検査)
- 3号機 2027年12月～2028年 2月(第29回定期検査)
- 4号機 2026年10月～2027年 4月(第27回定期検査)

（美浜発電所）

- 3号機 2027年11月～2028年 2月(第30回定期検査)

【設置変更許可申請】

2024.7.25 申請

- 2024年7月12日、美浜、大飯発電所の使用済燃料乾式貯蔵施設設置に関する原子炉設置変更許可を申請
- 美浜、大飯発電所に輸送・貯蔵兼用キャスクをそれぞれ最大10基（使用済燃料 約100トン）、最大23基（使用済燃料 約250トン）配置する計画
- 高浜発電所（第一期）と同様に、キャスクは衝撃吸収カバーを取り付け、横向き状態で架台に載せ、基礎等に固定しない方法※¹で設置し、敷地境界外での放射線量を低減するため、遮蔽用の鉄筋コンクリート製の格納設備をキャスクごとに設置

	美浜発電所	大飯発電所
設置位置と 外観	<p>3号炉原子炉補助建屋北側</p> <p>最大10基</p>	<p>4号炉原子炉補助建屋西側</p> <p>最大8基</p> <p>最大15基</p>
工期※ ²	2026年～2030年頃	2025年～2030年頃

※¹ 「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド（2019年3月）」における「地盤の十分な支持を想定しない方法」

※² キャスク1基目の貯蔵開始をもって竣工

美浜、大飯発電所 使用済燃料乾式貯蔵施設（キャスクの仕様等）

- 大飯発電所は高浜発電所（第一期）と同じキャスクを採用
美浜発電所は、キャスクを取り扱う既設クレーンの吊上荷重に収まるように軽量化するため、収納体数、収納燃料の発熱量や放射線量等を考慮し新たに設計したキャスクを採用
- 原子炉設置変更許可申請では、これらのキャスクが、輸送・貯蔵兼用キャスクの基本的な安全機能を有し、かつ、地震等による自然現象等に対しても堅牢性を有する設計であることを申請

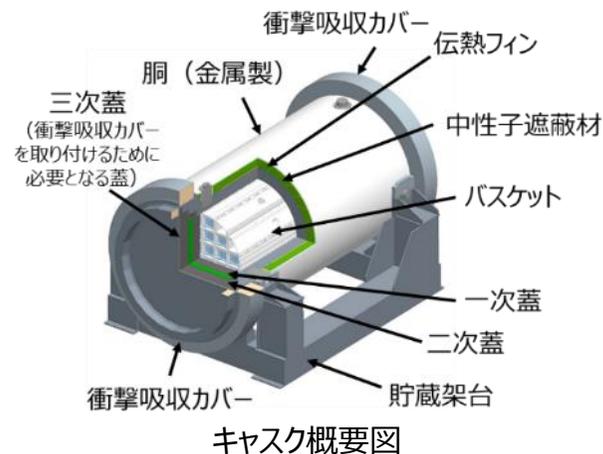
【輸送・貯蔵兼用キャスクの基本的な安全機能】

- ①除熱機能：発生する熱をキャスクの表面に伝え、外気で冷却
- ②閉じ込め機能：一次蓋、二次蓋の二重蓋で密封を維持し、放射性物質を閉じ込め
- ③遮蔽機能：金属製の胴・蓋や中性子遮蔽材等により放射線を遮蔽
- ④臨界防止機能：バスケットにより使用済燃料の間隔を保ち臨界を防止

【自然現象等に対する堅牢性】

地震時に作用する力、竜巻による飛来物の衝突、森林火災等の自然現象および地震等による格納設備損傷の影響に対しても安全機能が維持できる

キャスクの仕様	美浜発電所	大飯発電所
主要寸法 (キャスク本体)	全長 約5.2m 外径 約2.4m	全長 約5.2m 外径 約2.6m
収納燃料	15×15型ウラン燃料	17×17型ウラン燃料
使用済燃料収納体数	21体	24体
収納可能な使用済燃料の 使用済燃料ピットでの冷却期間	16年以上	15年以上
設計貯蔵期間	60年	60年



【衝撃吸収カバーの安全重要分類の見直し】

- 当社方針：通常の貯蔵状態において、衝撃吸収カバーの有無にかかわらずキャスクの機能が保持されることから、衝撃吸収カバーがキャスクの直接関連系及び間接関連系とならず、安全重要度分類を設定しない。
- NRA意見：衝撃吸収カバーを装着したキャスクの設置方法で地盤の評価を不要としており、衝撃吸収カバーを含めたキャスクと一体として安全機能を分類すべきではないか。



衝撃吸収カバーに対し、キャスクと同じ安全重要度分類（PS-2）を設定。

【乾式貯蔵施設の耐震重要分類の見直し】

- 当社方針：その他の設計基準対象施設と同様に、設置許可基準規則の別記2を準用して耐震重要度分類を設定。
- NRA意見：平成31年の兼用キャスクの規則改正時のパブコメ結果において、耐震重要度分類は適用せず、施設が耐え得るべき地震力等を明確にすることを求めることを回答しており、耐震重要度分類の設定については再検討すること。



設置許可基準規則の別記4に従い、乾式貯蔵施設には耐震重要度分類を適用せず、要求される機能に応じて個別に耐震設計方針を設定。

【火災感知器の設置方針の見直し】

- 当社方針：乾式貯蔵施設には、可燃性物質を設置しないこと、発火源となる設備もないことから、火災感知設備を設置しない。
- NRA意見：屋外設置の環境条件も踏まえて、敷地外からの可燃物の飛来などを踏まえても本当に可燃物が一切ないのか説明が十分ではない。



万一火災が発生した場合を考慮し、火災感知設備を設ける設計に見直し。

【敷地境界線量評価の信頼性向上のための評価条件の見直し】

- 当社方針：カスクおよび格納設備の配置形状を模擬し、お互いの遮蔽効果（相互遮蔽効果）を見込んだ評価を実施。
- NRA意見：敷地境界のような遠方での評価結果に対する同解析コードの不確かさを考慮しても保守的な評価結果となる条件で評価を行うこと。



カスクおよび格納設備が1基設置された状態での評価を実施し、その値を設置する基数倍とする（相互遮蔽効果なしとする）ことにより保守性の高い評価に見直し。

【積雪等時の給気口閉塞防止の設計見直し】

- 当社方針：排気口の上部に設置したプレートを設置することで、給気口が閉塞しない設計。
- NRA意見：横殴りの雪が降る場合でも、給気口が閉塞しないことの説明が必要。



横殴りの雪による積雪と火山灰が重畳した場合は給気口が閉塞する可能性はあるが、排気口が給/排気口の役割を果たすことでカスクの冷却は維持できる方針に見直し。

＜推奨・提案事項＞

エリア	推奨事項
A	長期運転プログラムのさらなる発展・実施を推奨する。
B	効果的な経年劣化管理プログラムの評価について推奨する。
C	機械、電気、計装制御機器、土木構造物の経年劣化管理レビュープロセスの充実・実施を推奨する。
C	経年劣化傾向を把握するためのデータ分析・管理の改善を推奨する。
D	過酷な条件に対する機器の耐性を確認するためのプログラムの改善を推奨する。
E	土木構造物の補修要否を判断する基準のより明確な具体化等の改善を推奨する。
F	ナレッジマネジメントプログラムのさらなる発展・実施を推奨する。

エリア	提案事項
A	安全性向上の充実に向けて中長期的な評価の実施を提案する。
A	長期運転および経年劣化管理に関する指標等の充実に提案する。
B	長期運転のための経年劣化管理の対象範囲を特定する社内ルールの改善を提案する。
F	国内外の知見のさらなる活用について提案する。

＜良好事例＞

エリア	良好事例
A	設備等の設計の古さを特定し、管理するための総合的な方法を開発・導入している。
B	故障時に安全系設備へ悪影響をおよぼす可能性のある機器について、資料調査・ウォークダウンにより特定し、管理している。
E	原子炉格納容器の経年劣化管理等に関するベンチマーキングを行い、経年劣化管理を強化している。
E	建物の定期点検の報告書において、点検結果を部屋単位でも評価している。
F	人事異動等を考慮し、重要な役割を担う候補者の事前選定、力量管理を行っている。
F	社員の能力とスキルを向上させるために退職者をメンター（相談者）として効果的に活用している。

エリアA：経年劣化管理（AM）および長期運転（LTO）活動の構成

エリアB：スコープ設定、プラントプログラム、是正措置プログラム

エリアC：機械SSCの経年劣化管理（AMR）

エリアD：電気・計装（I&C）SSCの経年劣化管理

エリアE：土木SSCの経年劣化管理

エリアF：長期運転のための人的資源・力量・知識管理

- ・当社は、原子力部門の業務を持続的に実施していくため、原子力安全の達成に影響がある業務に従事する要員に必要な力量について、力量管理を行っている。
- ・さらに、人財育成計画に基づき、今後の原子力部門に必要な人財について、計画的な育成を図っている。

種別	内容
良好事例	①人事異動等を考慮し、重要な役割を担う候補者の事前選定、力量管理を行っている。
	<p>【具体的な内容】</p> 発電室の当直課長などの重要な役割を担う要員について、必要な要員を維持できるよう、事前に候補者を選定し、必要な教育計画を立て、人材を確保している。
	②社員の能力とスキルを向上させるために退職者をメンター（相談者）として効果的に活用している。
	<p>【具体的な内容】</p> 60才の定年を超えた社員を再雇用（e-スタッフ）し、その方に、周りの社員のメンターとしての役割も担っていただき、スキル伝承※を行っている。 ※…頻度の低い業務に関する教育、問題発生時の対応策の提示と指導、設備の特徴を伝授 等

- ・力量管理、人財育成計画、要員計画など、知識管理の多くの要素は既に実施されていると評価。
- ・一方で、力量管理と人財育成等を統合的に管理するという「知識管理」に対する理解を深め、組織から重要な知識が失われないように管理・共有することを推奨された。



IAEAのナレッジマネジメントに係るガイドを参考に自己評価を実施中。将来の力量保有状況の把握等に弱点がある可能性があり、ベンチマーク等を通じて当社の活動に反映できないことがないか検討していく。

海外の情報：仏国で報告されているステンレス鋼製配管の割れ情報収集状況

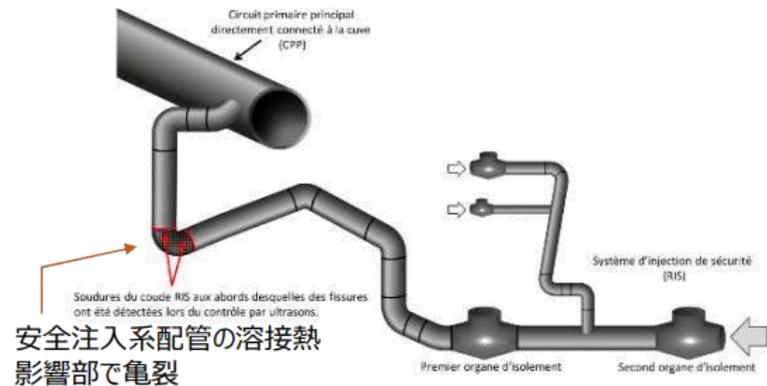
【ご意見】(第102回 2023年1月31日)
 EDF等の海外プラントを中心にステンレス鋼に関するPWSCCが起こった事象に対する調査状況がどうなっているか説明して欲しい。

○2022年10月18日 第101回原子力安全専門委員会 資料No.1 抜粋

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) 参考11

【ご意見】大飯3号の加圧器スプレ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。

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
↓
新しいプラント

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>

海外の情報：仏国で報告されているステンレス鋼製配管の割れ情報収集状況

【事象概要】

- ▶ 仏国PWRプラントでは2021年10月に非常用炉心冷却システムのステンレス鋼配管の溶接部において応力腐食割れが確認されて以降、各プラント順次検査を進めてきており、これまでに非常用炉心冷却システム及び余熱除去システムの配管で100箇所を超える応力腐食割れを確認。
- ▶ ほとんどの応力腐食割れは特定の配管設計のプラントで確認され、熱成層による荷重が寄与したものと推定。また、一部の深い欠陥は補修溶接が行われた溶接部で確認。
- ▶ ほとんどの割れの深さは0～6mm。また、2023年3月頃にPenly1号機で深さ約23mmの割れが確認されたが、これは製造時の2回の補修溶接が影響したものと推測。
- ▶ 各プラントで検査が進められる中、2024年3月以降にBlayais4号機(出力900MWe)において2箇所の亀裂を確認。
- ▶ 仏国においては同事象を踏まえた検査プログラムを2025年まで継続して実施中。

【対応】

- ▶ 引き続き仏国の状況を注視し、必要な対応を検討する。

出典：

- 1) フランス原子力安全局(ASN)のHP (<https://www.french-nuclear-safety.fr/>)
- 2) フランス電力 (EDF) のHP (<https://www.edf.fr/>)
- 3) 米国原子力規制当局資料 U.S.NRC, EDF Stress Corrosion Cracking Operating Experience Discussion, 2022/5/25
- 4) 西欧規制者会議資料 WENRA. Recommendations Following the Discovery of Intergranular Stress Corrosion Cracks on some French Pressurized Water Reactors. 2023.11.
- 5) [L'ASN confirme la corrosion sur le réacteur Blayais 4](https://montelnews.com/fr/news/e9a7be2b-bde4-424b-8908-7d306ee5bf12/lasn-confirme-lacorrosion-sur-le-reacteur-blayais-4)
<https://montelnews.com/fr/news/e9a7be2b-bde4-424b-8908-7d306ee5bf12/lasn-confirme-lacorrosion-sur-le-reacteur-blayais-4>

海外の情報：米国ロビンソン2号 炉心そう割れ等の情報収集状況（1/2）

【ご意見】(2023年11月6日)

米国ロビンソンの炉心そう割れについて、ステンレス鋼であるPWRプラントの炉心環境において、こういった比較的大きな割れというのは、今まであまり経験してこなかった事象であるが、しっかりと情報収集しているか。

○2024年2月27日 第105回原子力安全専門委員会 資料No.1抜粋

海外の40年超プラント運転経験情報：H.B.ロビンソン2号機炉心槽割れ 参考10

事象の概要

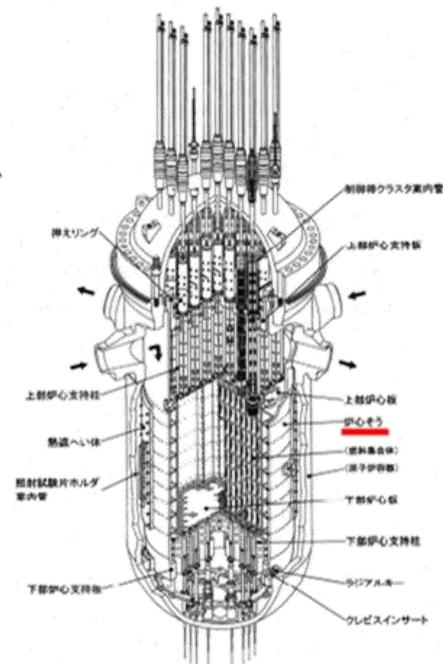
- 米国H. B. ロビンソン2号機（WH3ループ、1971年運開）において、2022年11月、供用期間中検査として、炉心槽内面の目視点検（VT-3）を実施していたところ、上部周溶接線近傍に亀裂が確認された。
- これを受け、炉心槽内外両面において、詳細な検査を実施したところ、亀裂は、合計5か所、いずれも内面であり、長さは2.8～45.1cm、深さは37～92%。
- 当該箇所のうち、無補修では1サイクルの健全性が確認できないと評価された1か所の割れに対して補修を行った上、プラントは2022年12月に運転再開済み。

米国の今後の取り組み

- 米国産業界の検討会が、原因検討等を進めているものの、原因判明は、実機サンプルの切り出しが想定される、当該炉の次回定検（2024年秋）以降の見込み。また、米国他ユニットでの点検結果の判明は、2024年末以降の見込み。

当社の保全状況

- 供用期間中検査にてVT-3を実施しており、損傷は認められていない。
- 2023年12月1日、ATENA炉心槽割れ検討サブワーキングが発足。本事象の原因調査状況等の情報収集及び必要な方策の検討を実施中。
- 炉心槽の健全性評価手法を検討中（JANSI 炉内構造物等点検評価ガイドライン（炉心槽編）の制定及び日本機械学会維持規格への取り込みを予定）。
- 炉心槽溶接部の詳細検査装置の設計、製作、モックアップ検証等に着手済み。



海外の情報：米国ロビンソン2号 炉心そう割れ等の情報収集状況（2/2）

【情報収集状況】

1. 原因調査

米国産業界において重要な関心を持って検討が行われており、原因等は現在も調査中。なお、当該ユニットの次回燃料交換停止期間中の2024年12月に、割れ部分のサンプルを採取し、ラボでの調査が実施される予定。

2. 米国における点検状況

米国において、炉心そう溶接線の点検実績は多数あるが、他ユニットでは、今回の事象が発生した溶接線（上部周溶接線）において、同様な割れは検出されていない。（詳細は次ページの通り）

3. 点検プログラムの改訂

米国産業界は、本事象の発生を受け、炉心そうの点検プログラムの改訂を実施。

- 2023年5月改訂（2024年5月発効）

ロビンソン2号機で割れが発見された炉心そう上部周溶接線を点検部位化するとともに、炉心そう内外両面の詳細目視点検またはE C T、又は片面U T。

- 2024年7月改訂（2026年1月発効）

下部周溶接線の検査方法について、U Tに限定。（下部周溶接線の内面側表面はバッフル構造により接近不可であり、目視検査やE C Tでは炉心そう内面から発生したきずの検出ができないため）

【当社の対応】

- 米国産業界の原因調査、点検結果等に係る情報収集を継続して実施中。
- 将来の炉心そう溶接線に対する詳細検査実施に備え、炉心そう溶接線詳細検査装置の開発、炉心そう健全性評価手法の検討・規格化について、国内P W R電力、メーカー共同で取り組み中。

海外の情報：米国ロビンソン2号 炉心そう割れ等の情報収集状況

○2024年9月5日 NRA-ATENA面談（資料抜粋）

Q.MRP-227に基づく当該炉以外を含めた炉心そう溶接線詳細目視検査結果は？ 1

A. <CE製プラント>

- UFW(上部フランジ溶接)
少なくとも6ユニットでMRP-227検査が行われ、いずれもNRI (inspections with no recordable indications)。うち、2ユニットは内径側表面の検査を実施。
- UGW(上部周溶接)
少なくとも6ユニットでMRP-227検査が行われ、いずれもNRI。うち、1ユニットは内径側表面の検査を実施。
- MGW*1(中間周溶接)
少なくとも6ユニットでMRP-227検査が行われ、1ユニットで指示あり*2。残り5ユニットはNRI。内径側表面はアクセス不能につき、全ての検査は外径側表面のみ。

<WH製プラント>

- UFW(上部フランジ溶接)
少なくとも27ユニットでMRP-227検査が行われ、いずれもNRI。うち、10ユニットは内径側表面の検査を実施。
- UGW(上部周溶接)
少なくとも20ユニットでMRP-227検査が行われ、1ユニットで指示あり*3。うち、9ユニットは内径側表面の検査を実施。
- LGW(下部周溶接)
少なくとも27プラントでMRP-227検査が行われ、いずれもNRI。内径側表面はアクセス不能につき、全ての検査は外径側表面のみ。

*1 CE社プラントのMGWは、WH社プラントのLGWに類似の溶接線。

*2 セントルーシー-1 (2018)

*3 H.B.ロビンソン-2 (2022)