



地域協議会 幹事会 説明資料

2024年8月13日
関西電力株式会社

目次

1. プラントの運転・定期検査の状況 1 ~ 2
2. これまでの保守管理と今後の保全 3 ~ 4
3. 高浜発電所 3, 4 号機 運転期間延長認可の概要 5 ~ 9
4. 高浜発電所 3, 4 号機 蒸気発生器取替計画 10 ~ 13
5. 高浜発電所 1, 2 号機 炉内構造物取替計画 14 ~ 17
6. 高経年化に係る法改正への対応 18 ~ 21
(大飯発電所 3, 4 号機 長期施設管理計画)
7. 使用済燃料対策 22 ~ 26
8. 令和6年能登半島地震を踏まえた発電所の
安全性向上の取り組み 27 ~ 31

1. プラントの運転・定期検査の状況

プラントの運転・定期検査の状況

- 昨年、高浜1,2号機が再稼動し、美浜3、高浜1~4、大飯3,4号機の7基運転に移行
- 美浜1,2号機、大飯1,2号機の廃止措置は計画通りに進捗

▼：実績

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		3月 第28回定期検査 5月
高浜1号機	第27回定期検査 ▼8/2並列	6/2解列▼ 第28回定期検査 8月	9月 第29回定期検査 12月
高浜2号機	第27回定期検査 ▼9/20並列		11月 第28回定期検査 2月 1月 第29回定期検査
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
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
大飯3号機	2/10解列▼ 第20回定期検査 ▼4/7並列		6月 第21回定期検査 8月
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

※定期検査：解列～並列

2. これまでの保守管理と今後の保全

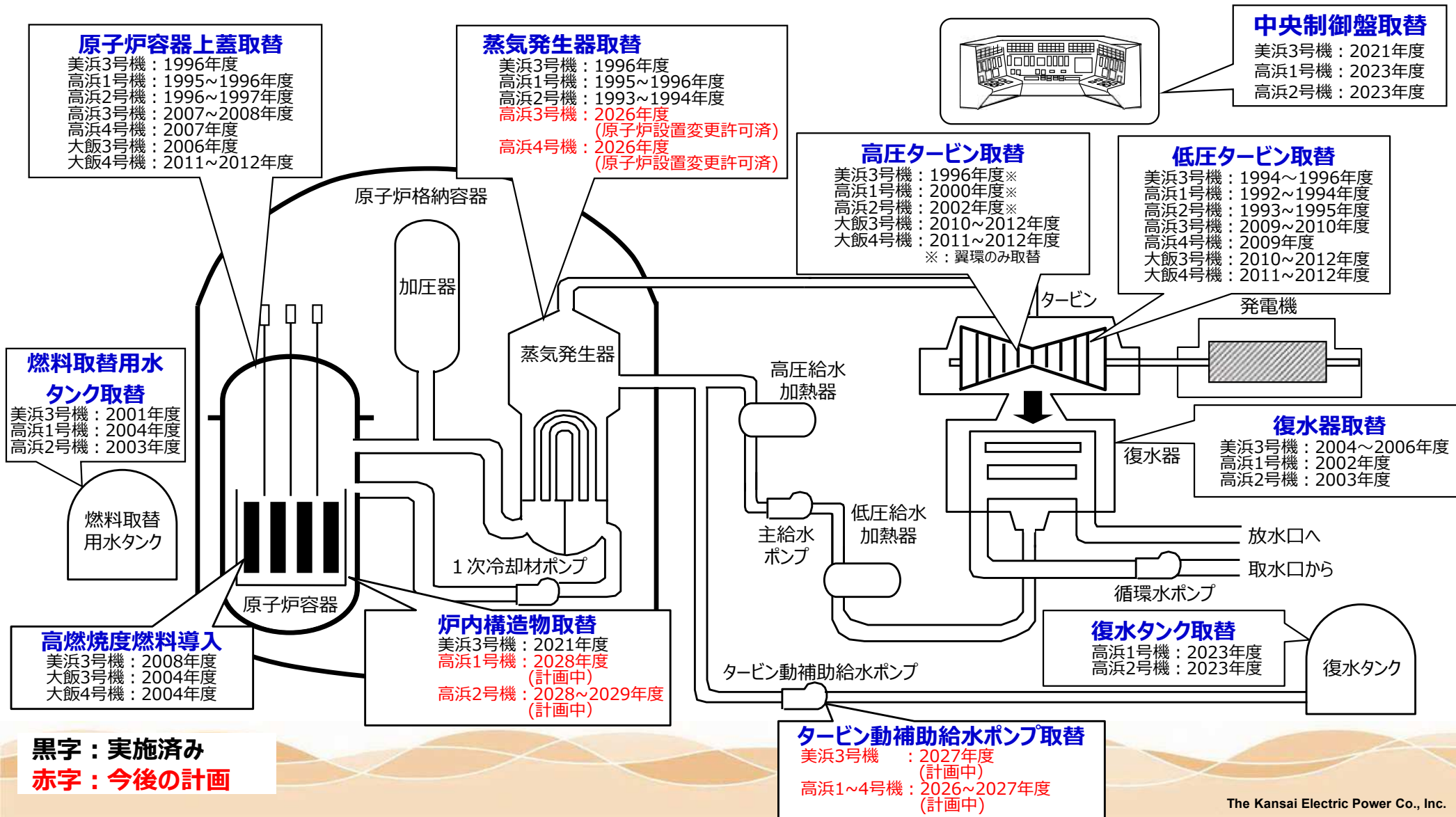
これまでの保守管理と今後の保全

<これまでの保守管理（大型機器の取替実績等）>

- 発電所では設備・機器全てについて、**保全計画に基づく保守管理を実施してきている。**
- また、計画的に大型機器の取替も実施している。
- さらに、新規制基準の導入や、自主的な安全対策工事により、プラントの安全性が向上した。

<今後実施予定>

- 今後、将来にわたり安全・安定運転を継続していくために、**信頼性向上に向けた大型工事等を計画的に実施していく。**



3. 高浜発電所3, 4号機 運転期間延長認可の概要

特別点検、設備の劣化状況評価、施設管理方針に基づき、2023年4月25日に運転期間を60年とする運転期間延長認可申請を実施し、2024年5月29日に認可をいただいた。

【運転期間延長認可申請の概要】

特別点検

対象設備（原子炉容器、原子炉格納容器、コンクリート構造物）について異常がないことを確認。



7

劣化状況評価

原子力発電所の安全上重要な機器及び構築物等に対して、延長しようとする期間(20年)の運転を想定した設備の健全性評価を実施し、問題のないことを確認。(対象機器数:約4, 200機器/基)

(30年目の高経年化技術評価および以降の運転データ等を踏まえ、計画的に評価を実施)



8

施設管理方針

特別点検、劣化状況評価の結果を踏まえ、延長しようとする期間(20年)に実施すべき施設管理に関する方針をとりまとめ。 主な方針:蒸気発生器の取替え等

※保安規定にも反映のうえ、2023年4月25日に原子炉施設保安規定変更認可申請を実施し、2024年5月29日に認可をいただいた。

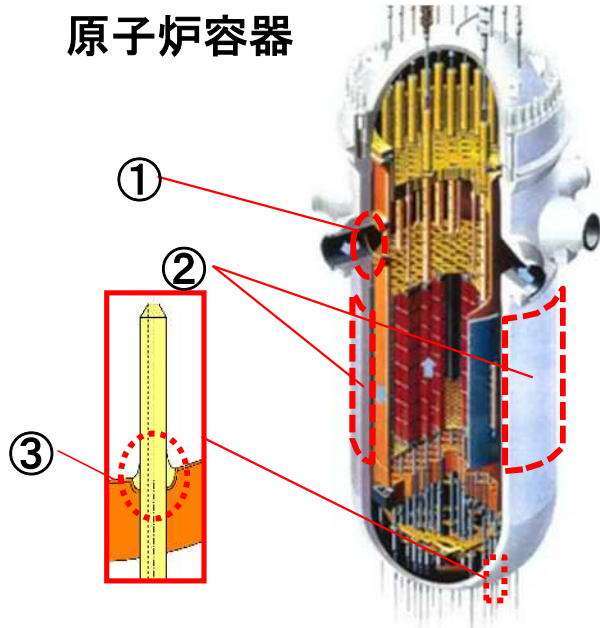


9

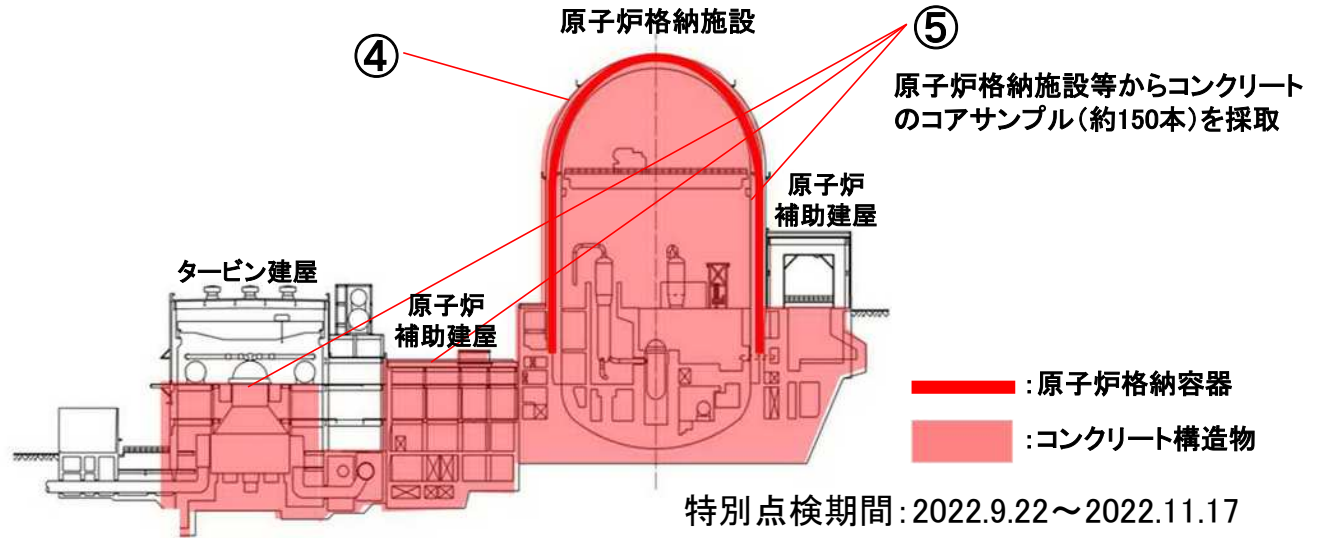
高浜発電所3、4号機 特別点検の実施結果

運転開始35年以降に採取したデータを確認・評価した結果、異常は認められなかった。

原子炉容器



原子炉格納容器、コンクリート構造物



対象機器／ 構造物	対象部位	着目する 劣化事象	データ採取期間 〔 上段:3号機 下段:4号機 〕	試験方法・結果
原子炉容器	①一次冷却材ノズル コーナー部	疲労	2020. 10～2021. 1 2022. 8～2022. 10	渦流探傷試験の結果、欠陥等の異常は認められなかった。
	②炉心領域の母材 および溶接部	中性子照射脆化	2020. 9～2021. 1 2022. 8～2022. 10	超音波探傷試験の結果、欠陥等の異常は認められなかった。
	③炉内計装筒の溶接部 および内面	応力腐食割れ	2020. 9～2020. 10 2022. 7～2022. 8	渦流探傷試験や目視試験の結果、欠陥等の異常は認められなかった。
原子炉格納容器	④原子炉格納容器の鋼板	腐食	2020. 2～2020. 9 2020. 10～2021. 2	目視試験の結果、塗膜の状態に異常は認められなかった。
コンクリート構造物	⑤原子炉格納施設他	強度や遮蔽能力の低下	2021. 11～2022. 10 2021. 11～2022. 10	採取したコアサンプルによる各種試験の結果、強度や遮蔽能力等に異常は認められなかった。

高浜発電所3、4号機 劣化状況評価の結果

高浜発電所3、4号機の安全上重要な機器および構築物等に対して、延長しようとする期間（20年）の運転を想定した設備の健全性評価を実施し、問題がないことを確認。

【主な劣化事象の評価結果】

主要な劣化事象	原子炉容器の中性子照射脆化	中性子照射脆化による靱性の低下を考慮しても、原子炉容器が破壊に至らないことを確認。
	低サイクル疲労	運転操作による今後の金属疲労の蓄積を考慮しても、原子炉容器等の疲労割れが発生しないことを確認。
	コンクリートの強度低下および遮蔽能力低下	熱や放射線照射などの影響を考慮しても、コンクリートの強度低下および遮蔽能力低下が生じないことを確認。
	電気・計装品の絶縁低下	熱や放射線照射などの影響を考慮しても、電気・計装品に有意な絶縁低下が生じないことを確認。
	照射誘起型応力腐食割れ	中性子照射の影響を考慮しても照射誘起型応力腐食割れは発生せず、炉心の健全性に影響しないことを確認。
	2相ステンレス鋼の熱時効	熱時効による材料の劣化を考慮しても、1次冷却材管等が破壊に至らないことを確認。

高浜発電所3、4号機 主な劣化状況評価結果と施設管理方針

劣化状況評価の結果、追加すべき保全策(施設管理方針)の確実な実施と、現状の保全活動の継続により、延長しようとする期間(20年)の設備健全性の確保ができることを確認。

【原子炉容器の中性子照射脆化】

過去5回の監視試験(脆化予測)に基づく評価で中性子照射脆化が機器の健全性に影響を与えないことを確認。

⇒第6回監視試験を実施予定。

【原子炉容器等の低サイクル疲労】

推定過渡回数に基づく評価で損傷発生の可能性がないことを確認。

⇒過渡回数の実績を継続的に確認。

【ステンレス鋼配管の溶接部施工条件に起因する内面からの粒界割れ】

大飯3号機加圧器スプレイ配管溶接部のき裂は、原因調査および高浜3、4号機を含む当社プラントの点検結果から、特異な事象と判断。

⇒今後の知見拡充結果を検査計画に反映。

【難燃PHケーブルの絶縁低下】

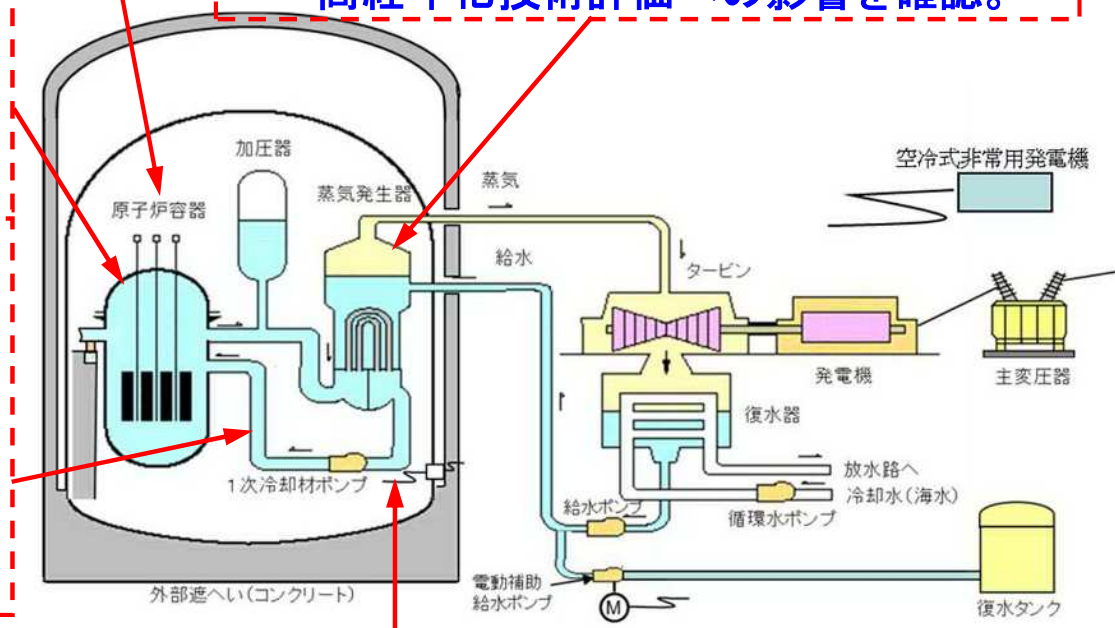
熱や放射線照射などの影響を考慮しても、一部を除き有意な絶縁低下がないことを確認。

⇒一部の難燃PHケーブルは、運転開始50年時点までに健全性の再評価を実施し、評価結果に応じて取替予定。

【蒸気発生器】

伝熱管の損傷等に対する現状の保全の適切性を確認、さらなる信頼性向上の観点から取替えを計画。

⇒蒸気発生器を計画に基づき取替実施、高経年化技術評価への影響を確認。



黒字:劣化状況評価の結果
青字:施設管理方針

4. 高浜発電所3, 4号機 蒸気発生器取替計画

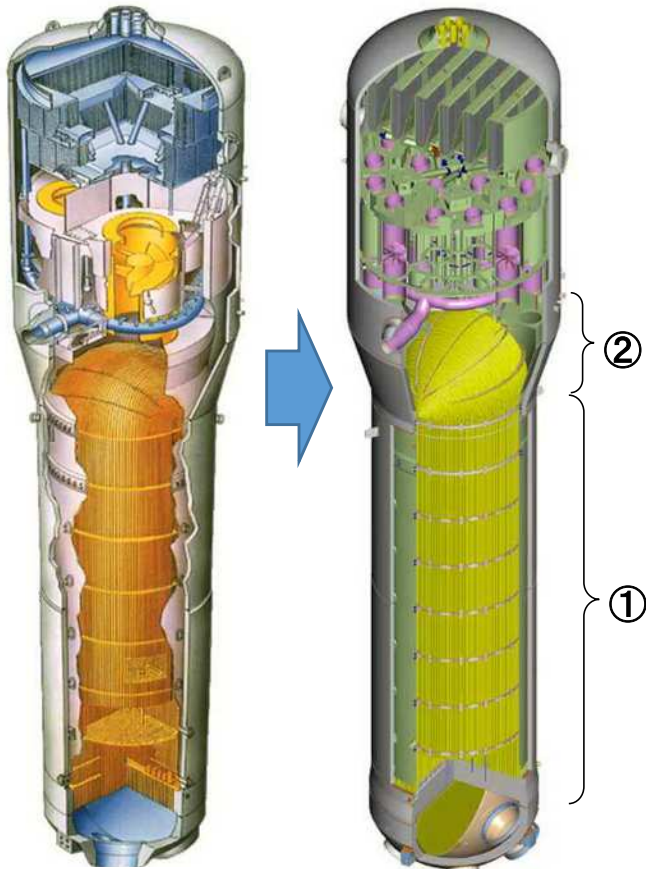
高浜発電所 3, 4号機 蒸気発生器取替計画 (1/2)

【工事目的・概要】

高温の1次冷却材中における蒸気発生器伝熱管の応力腐食割れ事象および経年的に蓄積したスケールによる伝熱管の外面減肉事象に鑑み、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蒸気発生器一式を取り替える。

また、取り外した蒸気発生器等を保管するため、3、4号機共用の蒸気発生器保管庫を設置する。

(a) 蒸気発生器の取替 (主な改良点)



5 1 F型(現行)

5 4 F II型

【①】 伝熱管材質の変更

耐食性に優れたT T 6 9 0合金の伝熱管を採用し、伝熱管に対する応力腐食割れ感受性の低減を図る。

【②】 振止め金具の改良

振止め金具の組数を2本組から3本組にして、伝熱管U字部にかかる外周部の支持点を増やすことにより伝熱管に対する耐流動振動性の向上を図る。

(その他、給水内管へのスプレイチューブの採用や改良型湿分分離器の採用などの改良も実施予定)

【工事計画】

高浜3号機 2026年6月～2026年10月 (第28回定検)

高浜4号機 2026年10月～2027年2月 (第27回定検)

高浜発電所3, 4号機 蒸気発生器取替計画 (2/2)

(b) 蒸気発生器保管庫の設置

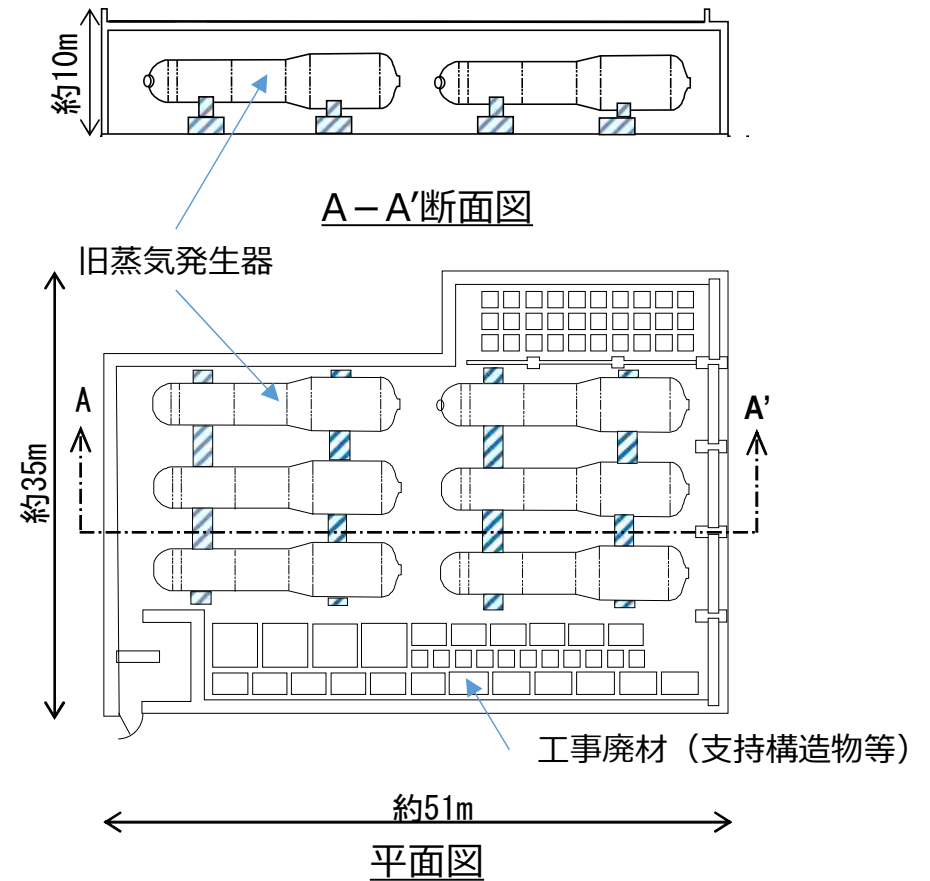
【保管対象物】

- ・高浜3,4号機旧蒸気発生器
- ・工事廃材（支持構造物他）

【設置予定地】



【概略図】



【工事計画】 2024年10月～2026年3月

高浜発電所 保修点検建屋設置計画

【工事目的・概要】

1次系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が、新規規制基準対応で設置した機器等によりエリアが狭隘化している。

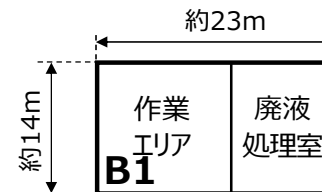
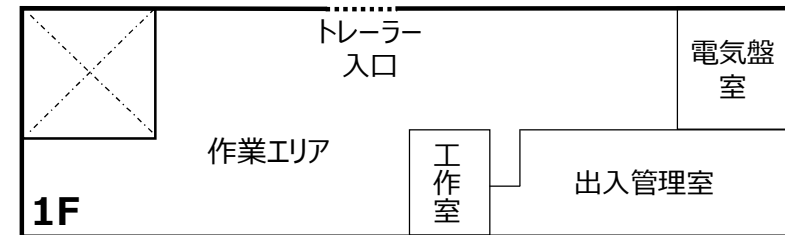
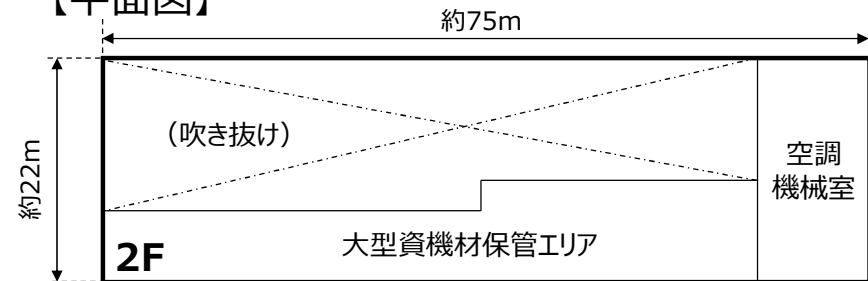
このため、今後の設備保全と作業安全に万全を期すために、大型機器の点検等のエリアの確保に向け、保修点検建屋を設置する。

【設置予定地】

	保修点検建屋(1～4号機共用)
建屋規模	縦 約22m 横 約75m 高さ 約20m (2階建)
構造	鉄骨造 (一部鉄筋コンクリート)



【平面図】



作業エリアにて、一次系大型機器の点検作業等（1次冷却材ポンプモータ点検、1次冷却材ポンプインターナル除染等）を実施。また、一部スペースを資機材置き場等として利用。

【工事計画】 2024年10月～2027年1月

5. 高浜発電所 1, 2号機 炉内構造物取替計画

高浜1,2号機 炉内構造物取替の経緯

○海外でのバップルフォーマボルトの損傷事例

1988年にフランスのブジェー発電所 2号機においてバップルフォーマボルト損傷事例が確認され、現在に至るまで海外の複数のプラントで照射誘起型応力腐食割れ※による損傷事例が発生



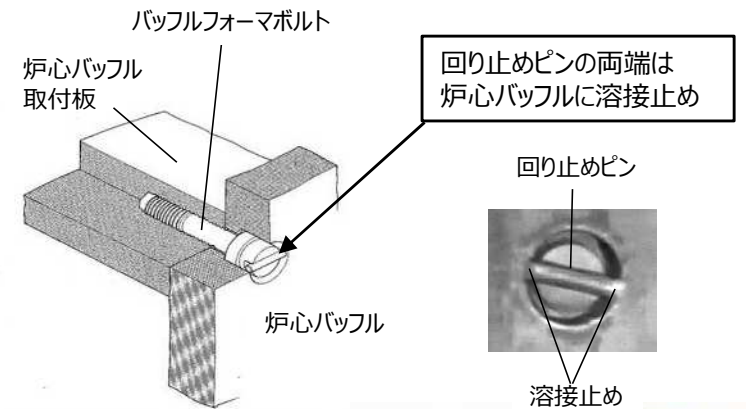
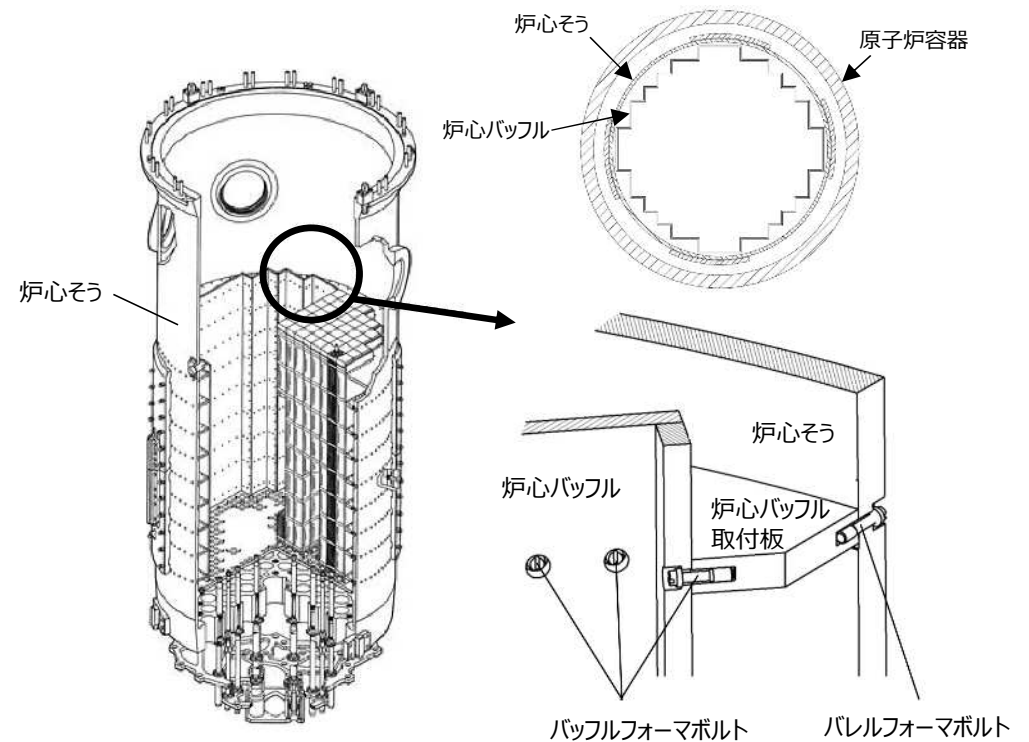
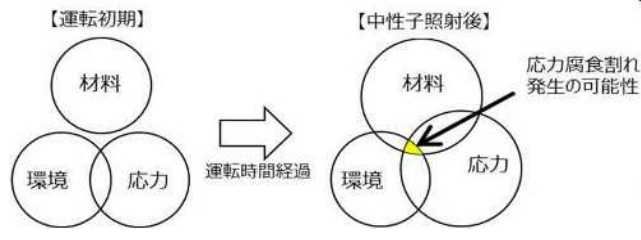
当社では1990年～1997年の間で各プラントのバップルフォーマボルトの超音波探傷検査を実施し、損傷がないことを確認
 (高浜1号機：第13回(1991～1992年度)、第17回(1997年度)
 高浜2号機：第11回(1990年度)、第15回(1995年度))

その後、定期的に水中テレビカメラによる可視範囲の目視検査を実施するとともに、福井県原子力安全専門委員会からの提言を踏まえ、2019年以降、定期検査毎に全ボルトの回り止めピンの脱落等がないことをカメラで確認

○今後の対応

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一式を取り替える。

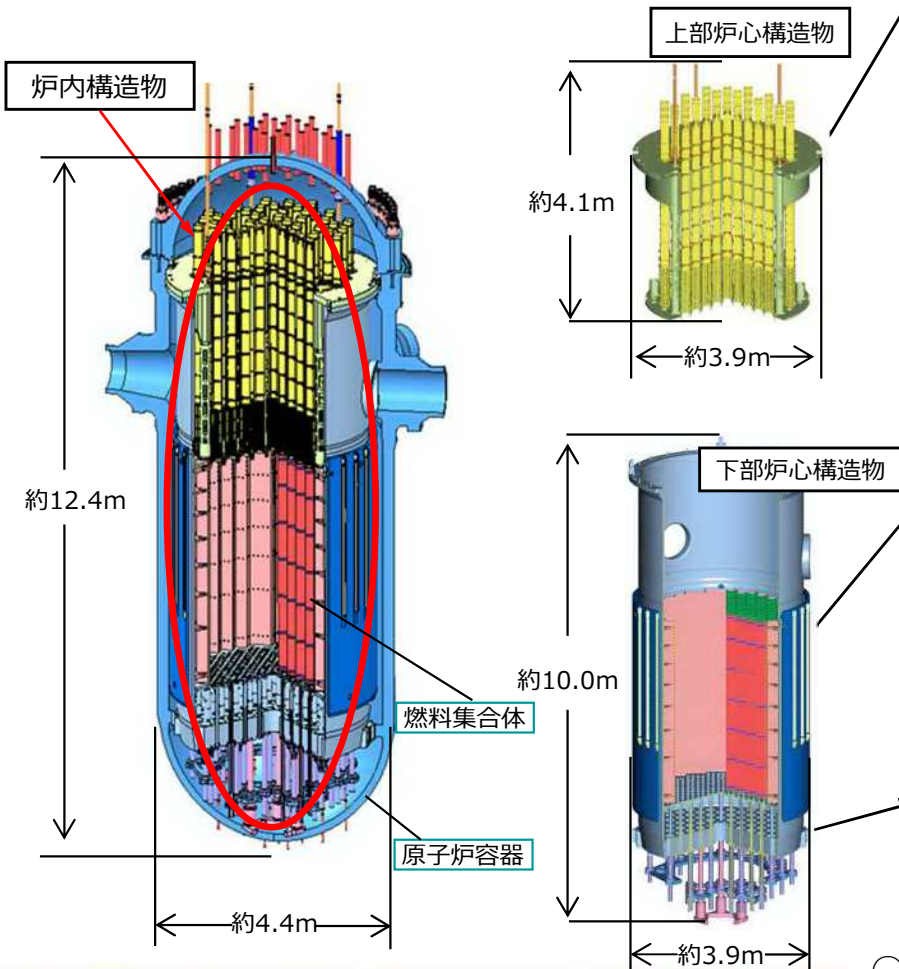
※照射誘起型応力腐食割れ (IASCC)
 応力腐食割れは、材料、環境及び応力の3つの要因が重なると発生の可能性が生じるとされており、バップルフォーマボルトは運転に伴って累積の中性子照射量が多くなることで材料が経年劣化し、応力腐食割れが発生する可能性がある。



高浜1,2号機 炉内構造物取替工事

○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) <ul style="list-style-type: none"> ● 円筒胴付鋼製円板への変更により強度改善 	<p>鋼製円板</p>	<p>円筒胴付鋼製円板</p>
(バップルフォーマボルト) <ul style="list-style-type: none"> ● 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 	<p>R形状 炉心バップル取付板 炉心バップル</p> <p>約35mm^{※2}</p>	<p>緩やかな形状 ボルト冷却孔（冷却材が通過）</p> <p>約97mm^{※2}</p> <p>※2：代表的な寸法を記載</p>
(ラジアルサポートキー[※]) <ul style="list-style-type: none"> ● キーを大型化し、耐震性を向上 <p>※下部炉心構造物を水平方向に拘束する</p>	<p>下部炉心支持板 原子炉容器 ラジアルサポートキー</p>	<p>ラジアルサポートキーの大型化 ボルト本数増加</p>

○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）

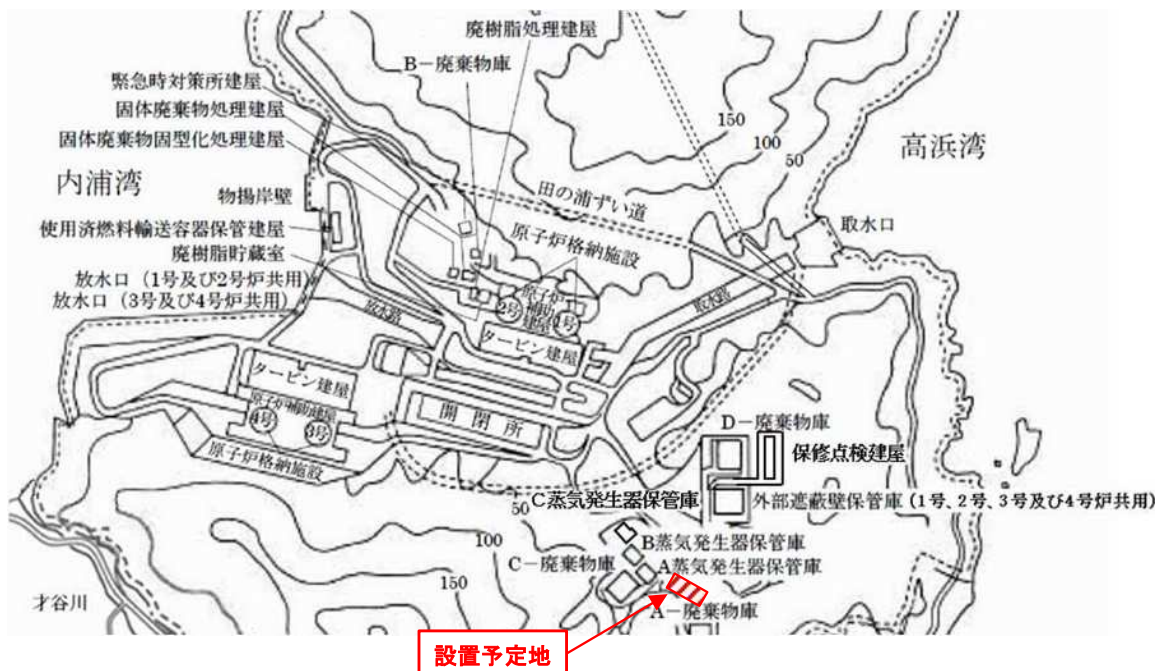
高浜1,2号機 炉内構造物保管庫設置工事

【工事目的・概要】

高浜1,2号機の炉内構造物の取替えに伴い、旧炉内構造物および工事廃材（コンクリート廃棄物他）を保管するための保管庫（管理区域設定）を新設する。

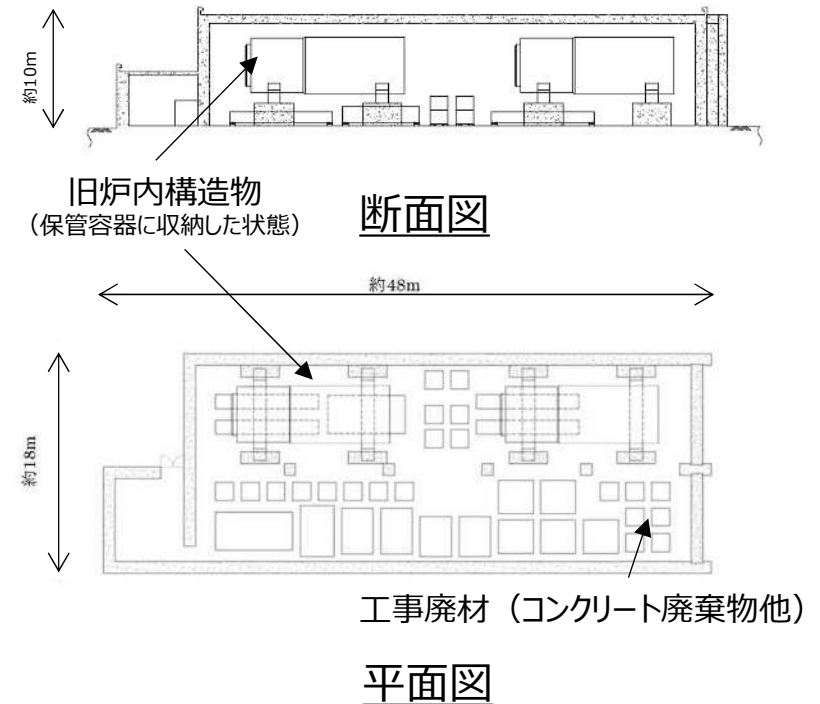
【保管対象物】

- ・1,2号機の旧炉内構造物
- ・工事廃材（コンクリート廃棄物他）



炉内構造物保管庫設置予定地

【工事計画】 2026年11月～2028年 1月



炉内構造物保管庫および保管状況概略図（案）

※：現在、詳細検討を進めており、数値等は変更することがある。

6. 高経年化に係る法改正への対応 (大飯発電所3,4号機 長期施設管理計画)

【現行制度】

高経年化技術評価(※)を行い、「保安規定」の認可を受ける。
申請内容：長期施設管理方針

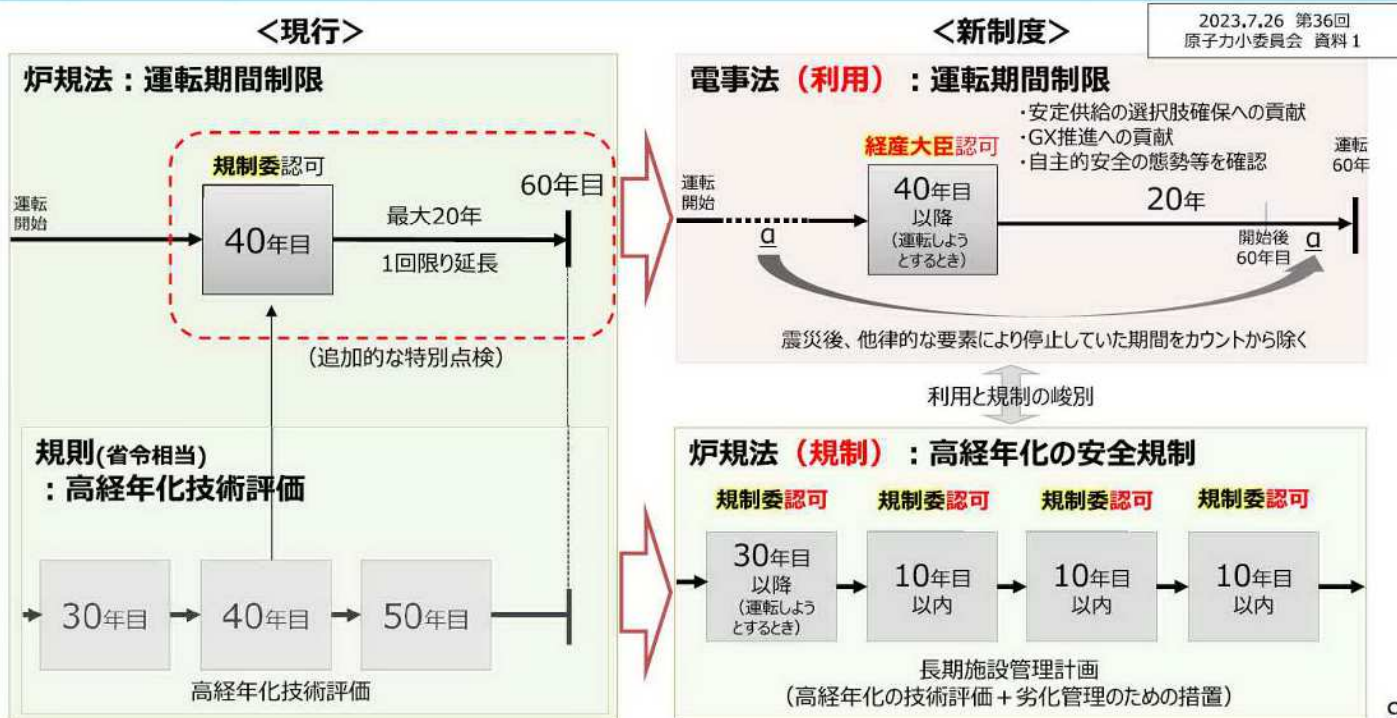
【新制度】

高経年化技術評価(※)を行い、「長期施設管理計画」の認可を受ける。
申請内容：劣化に係る点検方法と結果
劣化評価の方法と結果
劣化管理するための必要な措置（長期施設管理方針含む）
サプライチェーン等の管理（新たに追加された項目）

(※)高経年化技術評価の主な内容は、劣化に係る点検方法と結果、劣化評価の方法と結果、および劣化管理するための必要な措置（長期施設管理方針含む）

【参考】GX脱炭素電源法の成立（運転期間と高経年化炉に係る規制のイメージ）

- 昨年5月にGX脱炭素電源法が成立し、利用政策の観点からの運転期間に関する規律の整備（電気事業法）や、高経年化した原子炉に対する規制の厳格化（原子炉等規制法）といった内容が措置された。
- 利用政策の観点からの運転期間に関する規律（電気事業法）に関しては、その制度の施行（2025年6月6日）に向けて、認可の要件に係る審査基準について、引き続き検討を進めていく。



高経年化技術評価に係る現行制度、新制度に基づく申請の状況

- 大飯3, 4号機は、30年目の高経年化技術評価について、それぞれ2021年11月24日、2022年8月24日に現行制度による認可を得ていたが、2023年12月21日に、新制度に基づく申請を行い、2024年6月26日に長期施設管理計画の認可を得た。

現行制度：①運転期間の延長認可制度、②高経年化技術評価制度から構成。運転開始30、50年時点では、②に基づき高経年化技術評価を実施。運転開始40年時点では、①および②に基づき、特別点検の結果も踏まえた高経年化技術評価を実施。

新制度：①、②を組み合わせる形で統合し、運転開始30年から10年を超えない期間ごとに長期施設管理計画を策定し、認可申請することになっており、新制度が施行される2025年6月時点で30年を超えて運転しようとする場合、施行日までに認可を得る必要がある。

- 現行制度に基づき審査が行われているプラント

	運転開始日	申請日	認可期限
高浜1号機※1	1974年11月14日	2023年11月 2日申請	2024年11月13日

※1 現行制度での認可後（50年目）、速やかに新制度での50年目の申請を実施予定

- 新制度に基づく申請予定

	運転開始日	現行制度による認可日	新制度に基づく申請予定時期
高浜2号機※2	1975年11月14日	2016年 6月20日	2024年 7月19日
高浜3号機	1985年 1月17日	2024年 5月29日	2024年 8月中
高浜4号機	1985年 6月 5日	2024年 5月29日	2024年 8月中
美浜3号機	1976年12月 1日	2016年11月18日	2024年 8月下旬以降

※2 新制度での認可後（40年目）、速やかに50年目の申請を実施予定

記載項目※	内容※
長期施設管理計画の期間	改正された原子炉等規制法の施行日から運転開始40年目を経過する日までの期間。 3号機：2025年 6月 6日 から 2031年12月17日 4号機：2025年 6月 6日 から 2033年 2月 1日
劣化評価の方法およびその結果	従来の高経年化技術評価のうち、長期施設管理計画に必要な劣化評価の方法およびその結果等を計画に定める。
劣化管理に必要な措置 (従来の長期施設管理方針含む)	従来の長期施設管理方針に加え、現在行っている保全活動等を長期施設管理計画に定め、劣化管理を実施していく。
技術の旧式化等の措置	発電所の安全運転の維持・向上を図ることを目的に、製造中止品情報の管理プログラムに基づき、各メーカーから製造中止品情報等を収集していく。また、必要に応じて代替品の選定、検証を継続的に実施していく。
劣化管理に係る基本的な 方針および目標	追加すべき保全策を含め劣化を管理するための保全活動を確実に実施していく。今後とも国内外の運転経験や最新知見を踏まえ、劣化評価や長期施設管理計画の見直しの検討を行っていく。
劣化管理に係る 品質マネジメントシステム	原子力施設の保安活動のためのマネジメントシステムに基づき、劣化管理に関する一連のプロセスを実施していく。

※ 本申請については、原子力規制委員会の審査での指摘等を踏まえ、長期施設管理計画の期間（始期）を運転開始30年目を迎えた日から2025年6月6日（改正された原子炉等規制法の施行日）に変更する等の記載内容の充実、適正化等を行い、2024年5月31日に補正書を提出している。

7. 使用済燃料対策

使用済燃料対策ロードマップ

2023年10月10日
関西電力株式会社

- ・六ヶ所再処理工場の2024年度上期の出来るだけ早い時期の竣工に向け、関西電力を中心に、審査・検査に対応する人材を更に確保
- ・2025年度から再処理開始、2026年度から使用済燃料受入れ開始。再処理工場への関西電力の使用済燃料の搬出にあたり、必要量を確保し搬出するよう取り組む
- ・使用済MOX燃料の再処理実証研究のため、2027年度から2029年度にかけて高浜発電所の使用済燃料約200tを仏国オラノ社に搬出さらに実証研究の進捗・状況に応じ、仏国への搬出量の積み増しを検討
- ・中間貯蔵施設の他地点を確保し、2030年頃に操業開始
- ・中間貯蔵施設の操業を開始する2030年頃までの間、六ヶ所再処理工場および仏国オラノ社への搬出により、使用済燃料の貯蔵量の増加を抑制
- ・あらゆる可能性を組み合わせて必要な搬出容量を確保し、着実に発電所が継続して運転できるよう、環境を整備する
- ・本ロードマップの実効性を担保するため、今後、原則として貯蔵容量を増加させない
- ・使用済燃料の中間貯蔵施設へのより円滑な搬出、さらに搬出までの間、電源を使用せずに安全性の高い方式で保管できるよう、発電所からの将来の搬出に備えて発電所構内に乾式貯蔵施設の設置を検討

年度	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
六ヶ所再処理工場		竣工	各電力会社の使用済燃料の再処理										
			70t	170t	70t	(徐々に800tに増加)			800t	800t	800t	800t	800t
			各電力会社の使用済燃料受入れ(発電所から搬出)										
			70t	170t	70t	(徐々に800tに増加)			800t	800t	800t	800t	800t
使用済MOX燃料 再処理実証研究			高浜発電所から仏国搬出(オラノ社への搬出200t)										
			70t	70t	60t								
中間貯蔵施設											中間貯蔵施設 操業		

使用済燃料乾式貯蔵施設の概要

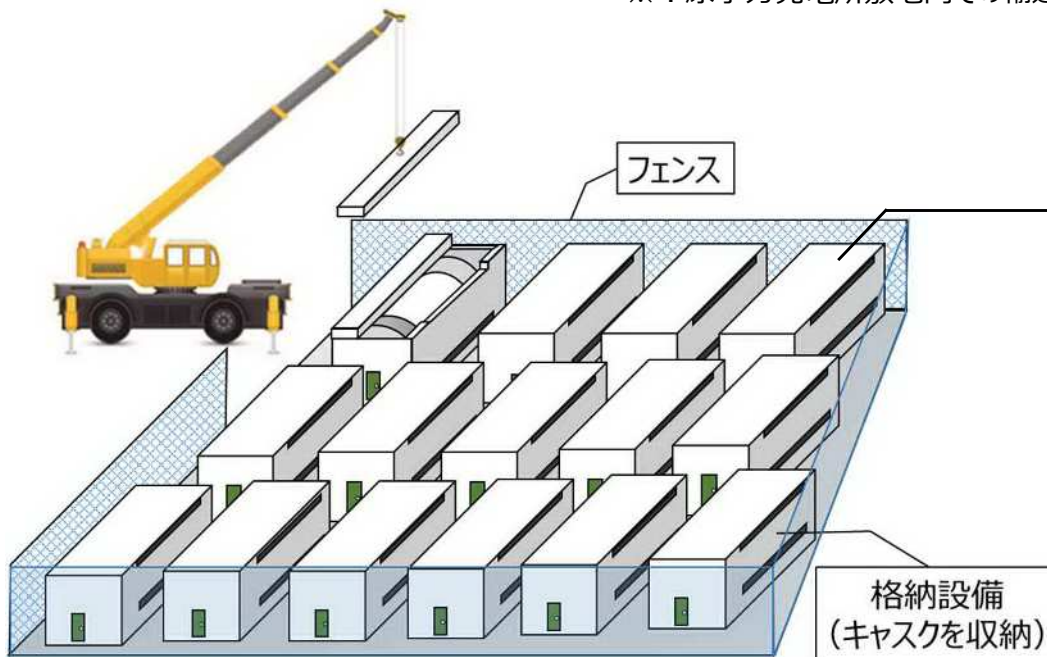
【目的】

- ・使用済燃料の中間貯蔵施設へのより円滑な搬出、さらに搬出までの間、電源を使用せずに安全性の高い方式で保管できるよう、発電所からの将来の搬出に備えて、美浜、高浜および大飯の各発電所構内に使用済燃料乾式貯蔵施設を設置する。

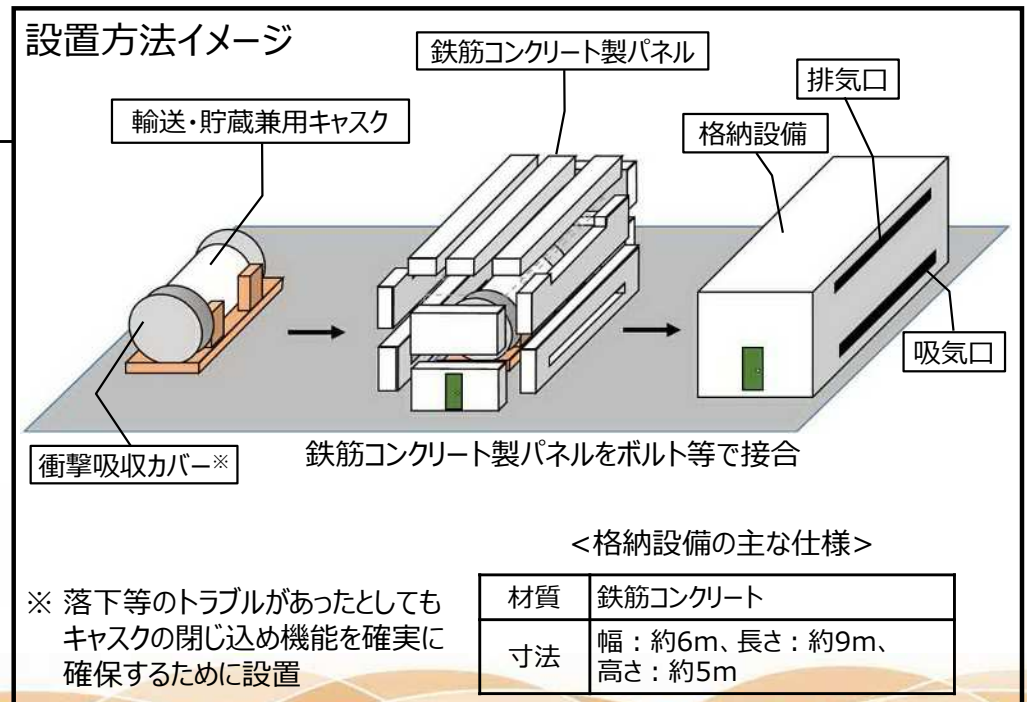
【使用済燃料の貯蔵方式：個別格納方式】

- ・輸送・貯蔵兼用キャスクに衝撃吸収カバーを取り付け、横向きの状態で架台に載せ、基礎等に固定しない方法を採用。
- ・発電所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。敷地境界外における空間線量率は、原子炉施設本体等からの線量を含めても目標値である年間 $50\mu\text{Sv}$ を十分下回る。
- ・この方式は、乾式貯蔵に係る規制が見直され※、安全性が確保された様々な貯蔵方式に対応したことを受けたもの。

※：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）



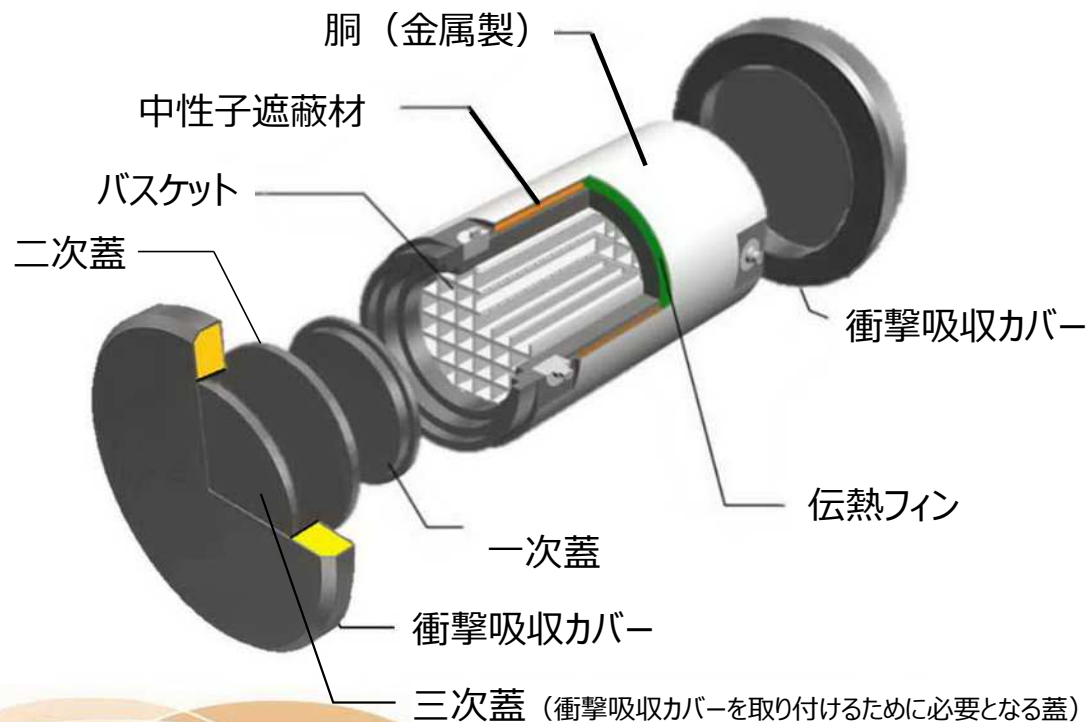
上図はイメージであり、輸送・貯蔵兼用キャスクの配置は設置基数、敷地形状、遮蔽設計等を踏まえ設定する。



輸送・貯蔵兼用キャスクの概要

【輸送・貯蔵兼用キャスクの安全機能】

- ・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
- ・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
- ・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
- ・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
- ・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



＜輸送・貯蔵兼用キャスクの主な仕様＞

	美浜	高浜、大飯
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	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
収納する使用済燃料の 使用済燃料プールでの 冷却期間	16年以上	15年以上
設計貯蔵期間	60年	

※高浜発電所、大飯発電所：原子力規制委員会により安全性が確認されているキャスク
(型式証明取得済みMSF-24P(S)型)

美浜発電所：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、
MSF-24P(S)型をベースに収納体数、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

使用済燃料乾式貯蔵施設の容量、設置位置等

- 乾式貯蔵施設の容量は、中間貯蔵施設へ輸送する輸送船の積載可能量や年間の輸送可能回数から算出した年間輸送可能量を3つの発電所合計の容量(約700t)とし、各発電所における使用済燃料の発生量に応じて按分する。
- 原子炉設置変更許可の申請は、1つの場所で最大の容量となる高浜発電所の1箇所を第一期分として先行して本年3月15日に実施。また、高浜発電所第一期の安全審査での議論を踏まえ、美浜・大飯発電所について、本年7月12日に申請。高浜発電所第二期分も、今後、準備整い次第申請予定。

	美浜発電所	高浜発電所	大飯発電所
容量	最大10基、約100t	最大32基、約350t	最大23基、約250t
設置位置			
工期	2026年～2030年頃	(第一期) 2025年～2027年頃 (第二期) 2025年～2030年頃	2025年～2030年頃

参考資料

輸送・貯蔵兼用キャスクの安全機能

参考1

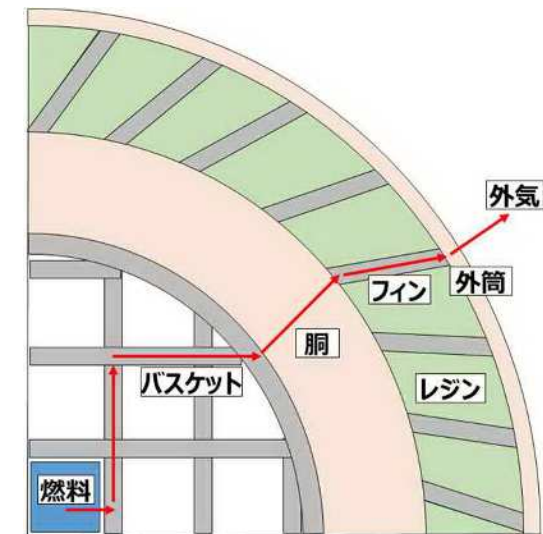
① キャスクの除熱機能

【要求事項】

- 燃料および構成部材の健全性が維持できる温度を超えないこと。

【当社の対応】

- 電源を用いず除熱する構造としており、燃料、バスケット、胴、フィン、外筒、外気の順に熱伝導する。
- 燃料被覆管およびキャスク構成部材の健全性を維持できる温度を超えないように解析・評価し、設計。



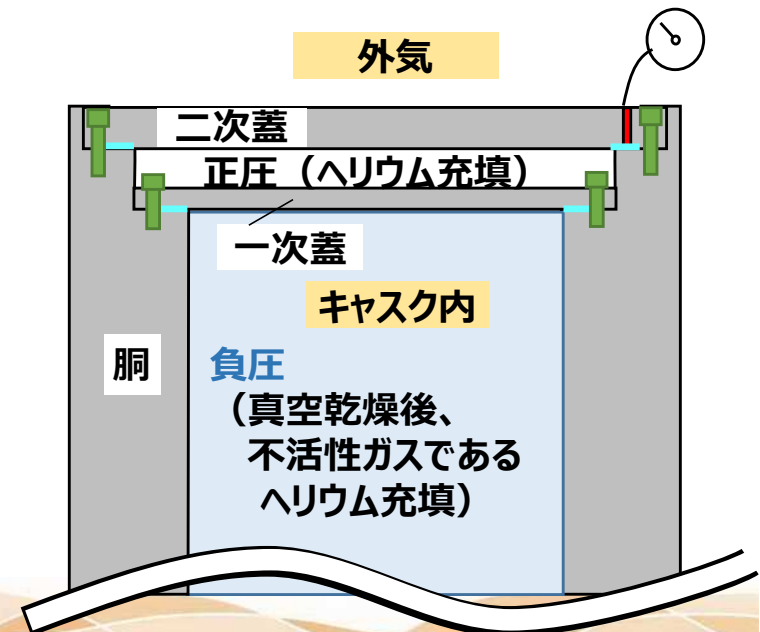
② キャスクの閉じ込め機能

【要求事項】

- キャスク内部の圧力を負圧に保つこと。

【当社の対応】

- 貯蔵時は、金属ガスケットを取り付けた一次蓋、二次蓋をボルトにて締付けて密封したうえで、設計貯蔵期間中、キャスク内部の負圧を維持することで、キャスク内から漏えいしない設計とする。
- 貯蔵中は、一次蓋、二次蓋間の空間を正圧とし、蓋間圧力が一定であることを定期的に測定・監視。



輸送・貯蔵兼用キャスクの安全機能

参考2

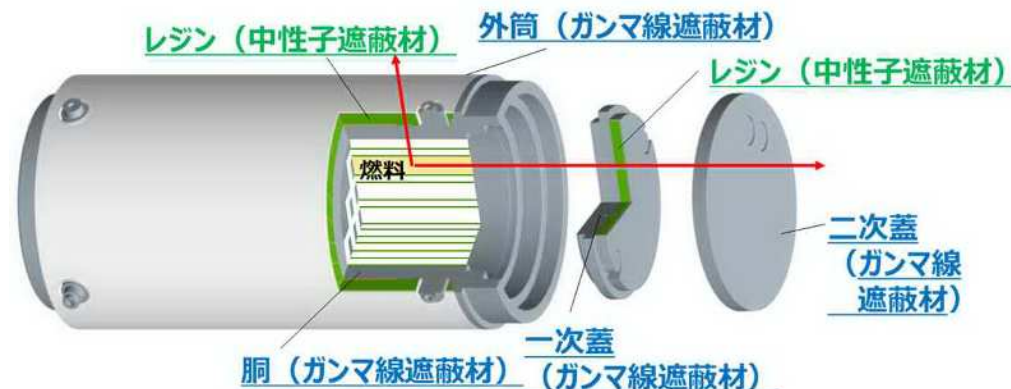
③ キャスクの遮蔽機能

【要求事項】

- キャスク表面での線量率 $\leq 2\text{mSv/h}$ 、
キャスク表面から1 mの距離の線量率 $\leq 100\mu\text{Sv/h}$

【当社の対応】

- ガンマ線は胴や蓋等の材料である炭素鋼、
中性子は内包するレジンにてそれぞれ遮蔽。
- 初期濃縮度、燃焼度および冷却期間を基に放射線源
強度を定め、遮蔽についてはキャスクの実形状を三次元
でモデル化するなどを行い、解析で安全性を確認している。



④ キャスクの臨界防止機能

【要求事項】

- 想定されるいかなる場合にも、使用済燃料が臨界に達することを防止すること。

【当社の対応】

- 使用済燃料は、キャスク本体内部に配置されたバスケットの所定の格子内に収納される。
- 構造強度を持たせたバスケットプレート(構造材)を、中性子吸収能力を有するほう素を添加した中性子吸収材で挟む構造とし、冠水状態でも中性子実効増倍率 \ast を0.95以下に抑え、臨界を防止する。

\ast 中性子実効増倍率：単位時間当たりで消滅する中性子の数に対する核分裂により発生する中性子の数の比。
臨界に達しているかどうかを判断する指標であり、増倍率が1になると臨界であり、1未満の場合は未臨界となる。

輸送・貯蔵兼用キャスクの安全機能

参考3


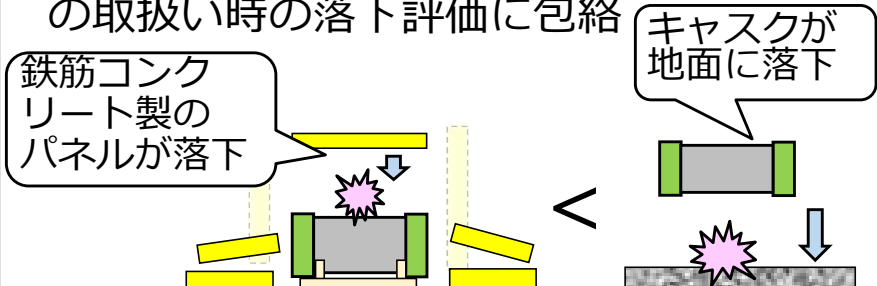
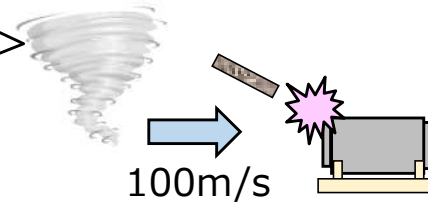

⑤ 自然現象等に対するキャスクの堅牢性

【要求事項】

- 地震時に作用する力、竜巻による飛来物の衝突、津波、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こと。

【当社の対応】

- キャスクは、以下の通り、考慮すべき自然現象等に対してキャスクの堅牢性が維持される。

自然現象等	評価の概要	
地震	<p>・キャスク同士が衝突しても、キャスクの前後には貯蔵用衝撃吸収カバーが設置されており、キャスクの健全性は確保される。 なお、キャスク間離隔距離、格納設備があるため、キャスク同士が直接衝突することはない。</p> 	<p>・格納設備が損傷し、落下した時の衝撃等は、キャスク健全性が確認されているキャスクの取扱い時の落下評価に包絡</p> 
竜巻	<p>風荷重や設計飛来物（重さ約135kgの鋼材等）の衝撃荷重を考慮 ※発電炉施設と同じ条件</p> 	<p>衝撃吸収カバーがない状態で、最も評価が厳しい二次蓋ボルトの健全性を確認 （衝撃力 ≤ 二次蓋ボルトの許容値）</p>
外部火災	<p>森林火災や近隣の産業施設の火災・爆発等を考慮 ※発電炉施設と同じ条件</p> 	<p>想定される外部火災に対しても安全機能を維持できるように火災源からの離隔距離を確保</p>
津波	<p>〔 津波が遡上しないエリアに施設を設置するため、津波の影響を受けない 〕</p>	

輸送時に求められる追加要求

【要求事項】

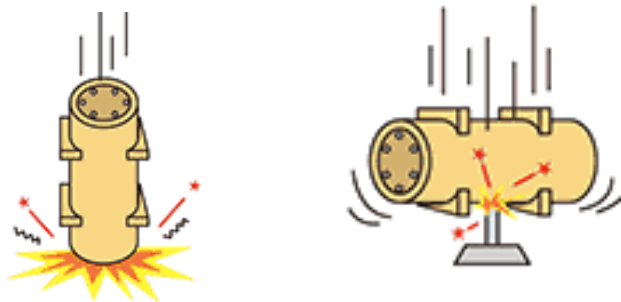
- 輸送時でも除熱、閉じ込め、遮へい、臨界防止機能が求められることに加え、以下の条件等でも安全機能を満足することが求められている。

【当社の対応】

- これらの試験条件に対して、安全性が確保できるようにキャスクを設計。
(輸送時に求められる追加要求は、炉規制法（外運搬規則）に基づく設計承認の中で確認される。)

落下試験

9mの高さから落下
1mの高さから丸棒上に落下



耐火試験

800℃で30分



浸漬試験

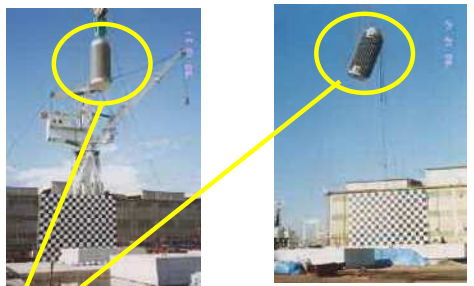


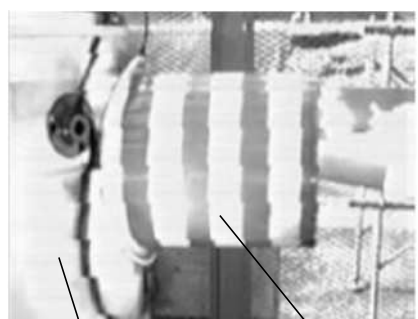
15mの水中に8時間
200mの水中に1時間



乾式貯蔵容器の安全性に係る実証試験の例

参考5

- 乾式貯蔵施設での乾式貯蔵容器の取扱い時のトラブルを想定した各種落下/衝突試験*1を実施。
- これらの試験の結果、乾式貯蔵容器の密封性が確保できていることを確認。

件名	容器への落下試験	容器への重量物落下試験	航空機エンジンの衝突試験
試験概要	<p>○以下の条件でのコンクリートの床盤上への容器落下試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・垂直：最大高さ17m ・水平：最大高さ5m ・コーナー：最大高さ17m <p>【垂直落下】 【コーナー落下】</p>  <p>乾式貯蔵容器 (実物大)</p> <p>【水平落下】</p> 	<p>○容器への建屋天井を想定したコンクリートスラブの落下試験</p> <ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートスラブ (6m四方×16cm厚、水平) <p>【コンクリートスラブ落下】</p>  <p>コンクリートスラブ</p> <p>乾式貯蔵容器 (実物大)</p>	<p>○ジャンボジェット機のエンジンが直接乾式キャスクに衝突したことを想定した試験を実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・2/5縮尺エンジン (直径50cm、質量300kg) ・衝突速度：57m/秒 (水平) <p>【水平衝突試験】</p>  <p>乾式貯蔵容器 (2/5縮尺)</p> <p>エンジン (2/5縮尺)</p>
密封性	○*2	○	○

* 1 : 電力中央研究所が試験を実施 (出典: 使用済燃料中間貯蔵施設用金属キャスクの安全評価の現状、平成20年7月)

* 2 : 垂直、水平落下試験においては、一次蓋の密封機能に低下が見られたが、二次蓋の密封機能は維持

国内における乾式貯蔵施設の例



施設イメージ(一部断面図)

約20m
約40m
約60m

乾式キャスク

(全体鳥瞰図)

施設内容(伊方発電所での計画)

建屋規模：1棟(鉄筋コンクリート造り)
(東西)約40m、(南北)約60m、
(高さ)約20m

貯蔵容量：燃料集合体約1,200体規模
〔乾式キャスク45基分〕
〔約500トン・ウラン〕

運用開始時期：2025年2月(予定)

※発電所敷地内の
海拔25mエリアに設置

伊方発電所 (四国電力)

出典：四国電力パンフレット



高さ
約30m

約60m

約50m

玄海原子力発電所 (九州電力)

出典：九州電力パンフレット

設置準備中



東海第二原子力発電所 (日本原子力発電)

出典：日本原子力発電HP



福島第一原子力発電所 (東京電力)

出典：東京電力HP

供用中

8. 令和6年能登半島地震を踏まえた 発電所の安全性向上の取り組み

令和6年能登半島地震によるプラント状況（原子力発電所への影響）

- 2024年1月1日16時10分に、能登地方を震源とする地震が発生
マグニチュード：7.6 最大震度：7（石川県志賀町）
- この地震の影響で、志賀原子力発電所では、変圧器の油漏れ、使用済燃料貯蔵プールの波打ち現象（スロッシング）による水の飛散などが発生

プラント	観測地震	観測津波
志賀	399gal※1	3m※3
柏崎刈羽	87gal※2	公表なし

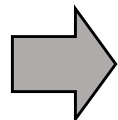
- ※1 観測された地震動の一部が、旧基準で策定した基準地震動をわずかに上回ったことが確認された。
- ※2 6号機にて原子炉自動停止信号を発信する地震計にて設定値（水平185Gal）を上回った信号が発信していたことを確認。（原子炉停止中で影響なし。）
- ※3 海底トンネルの取水路を経た取水槽での水位上昇であり、海表面での正確な津波高さではない。

- 福井県内においては、当社発電所立地町で最大震度4を観測
- 地震による自動停止の設定値以下であることを確認
- 当社発電所は地震後の点検結果、異常なし
- 地震発生当日の1月1日に、発電所に異常がないこと、および地震観測データ（観測用地震計で観測した最大加速度）を当社ホームページにて公表

	観測値 [Gal]	自動停止設定値 [Gal]		立地町 震度	基準地震動 [Gal]
		水平方向	鉛直方向		
美浜発電所	12.21	160	80	3	993
高浜発電所	3.99	160	80	4	700
大飯発電所	6.00	160	80	4	856

新規制基準を踏まえた電源の確保（美浜3号機の例）

外部電源
(5回線)



変圧器の故障等により、外部電源が使用できない場合においても、以下の非常用電源を複数台確保

非常用ディーゼル発電機
(2台)

使用できない場合に備え

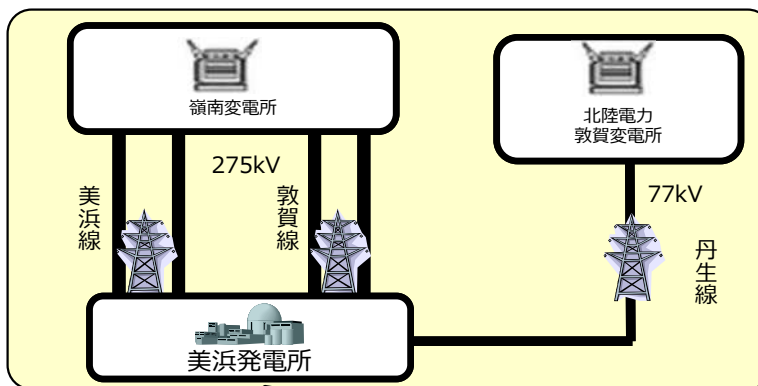
空冷式非常用発電装置
(2台)

更なるバックアップ

号機間電力融通

更なるバックアップ

電源車
(2台+予備1台)



変圧器とは

- ・電圧を変換（昇圧・降圧）する設備
- ・美浜発電所には主変圧器、起動変圧器、所内変圧器、予備変圧器を設置



変圧器からの油漏れが発生した場合、漏れ出た油は堰内に留まる設計となっている

能登半島地震を踏まえた原子力発電所の安全性向上の取り組みについて

電気事業連合会 2024.7.17 プレスリリース

2024年1月1日に発生しました能登半島地震により亡くなられた方々に謹んでお悔やみ申し上げますとともに、被災された皆さまに心よりお見舞い申し上げます。今回の地震により、北陸電力志賀原子力発電所において、いくつかの設備トラブルはありましたが、「止める・冷やす・閉じ込める」ための機能は維持され、安全性は確保されました。

しかしながら、北陸電力においては、今回発生した設備トラブルの原因等を分析の上、さらなる安全性向上に向けた取り組みを実施していく予定です。

原子力事業者としても、原子力発電所のさらなる安全性向上に向けて、様々な知見や気づきを踏まえて、改善の取り組みを進めることが大変重要であると考えております。

このため、電事連^(*1)およびATENA^(*2)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てまいりましたが、このたび、以下のとおり結果を取りまとめております。

*1 電事連：電気事業連合会

*2 ATENA：原子力エネルギー協議会

【検証結果の概要】

◆検証項目1：地震や津波の検証

現時点において、従前の地震動・津波評価と整合しており、原子力発電所の地震動・津波評価の見直しを要する喫緊の課題は無いことが確認できた。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する。

◆検証項目2：発電所設備への影響の検証

変圧器をはじめとした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た結果、複数の課題を抽出し、対応方針を取りまとめた。今後は、今回ATENAを中心に取りまとめた方針に従い、各社はそれぞれの設備や運用に応じた対策を進める。具体的には、ATENAが各社に対して対策の実施及び実施計画の策定を要求し、各社は、策定した計画に基づき取り組みを進めていく。

◆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・分析した結果、課題・良好事例を抽出し、適切な状況確認や情報発信に係る対応方針を取りまとめた。今後は、電事連において情報収集等に関する標準的なガイドを作成・水平展開する。情報発信について、各社はステークホルダーの要求を踏まえた情報発信を徹底・継続するとともに、電事連は第三者の立場から客観的な発信を行うなど、誤った情報拡散の抑制などに資する運用を検討していく。

原子力事業者といたしましては、引き続き、耐震安全性評価等に反映すべき最新情報等が確認された場合には、得られた知見を原子力事業者で共有し、安全対策の検討に活用していくことで、さらなる安全性向上に努めてまいります。

また、新規制基準への的確な対応はもとより、ATENAのみならず、JANSI^(*3)や電力中央研究所・原子力リスク研究センターなど、関係機関とも連携し、産業界一丸となって、より高い次元の安全性確保に向けた取り組みを進めてまいります。

*3 JANSI：(一社)原子力安全推進協会