

【資料2】
滋賀県原子力安全対策連絡協議会
令和6年(2024年)8月6日



美浜発電所、高浜発電所および大飯発電所構内における 使用済燃料乾式貯蔵施設の設置計画について

2024年8月6日

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る必要量を確保し、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



使用済燃料乾式貯蔵施設の概要

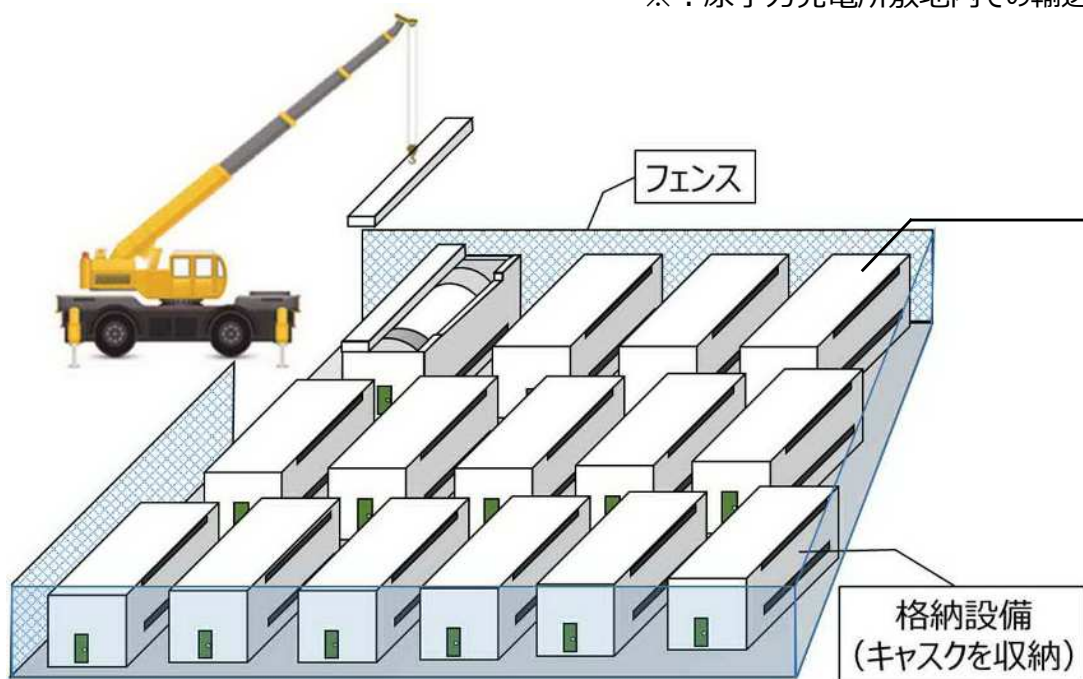
【目的】

- ・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 μ 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）



設置方法イメージ

輸送・貯蔵兼用キャスク

鉄筋コンクリート製パネル

排気口

格納設備

吸気口

衝撃吸収カバー※

鉄筋コンクリート製パネルをボルト等で接合

<格納設備の主な仕様>

材質	鉄筋コンクリート
寸法	幅：約6m、長さ：約9m、高さ：約5m

※ 落下等のトラブルがあったとしてもキャスクの閉じ込め機能を確実に確保するために設置

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】

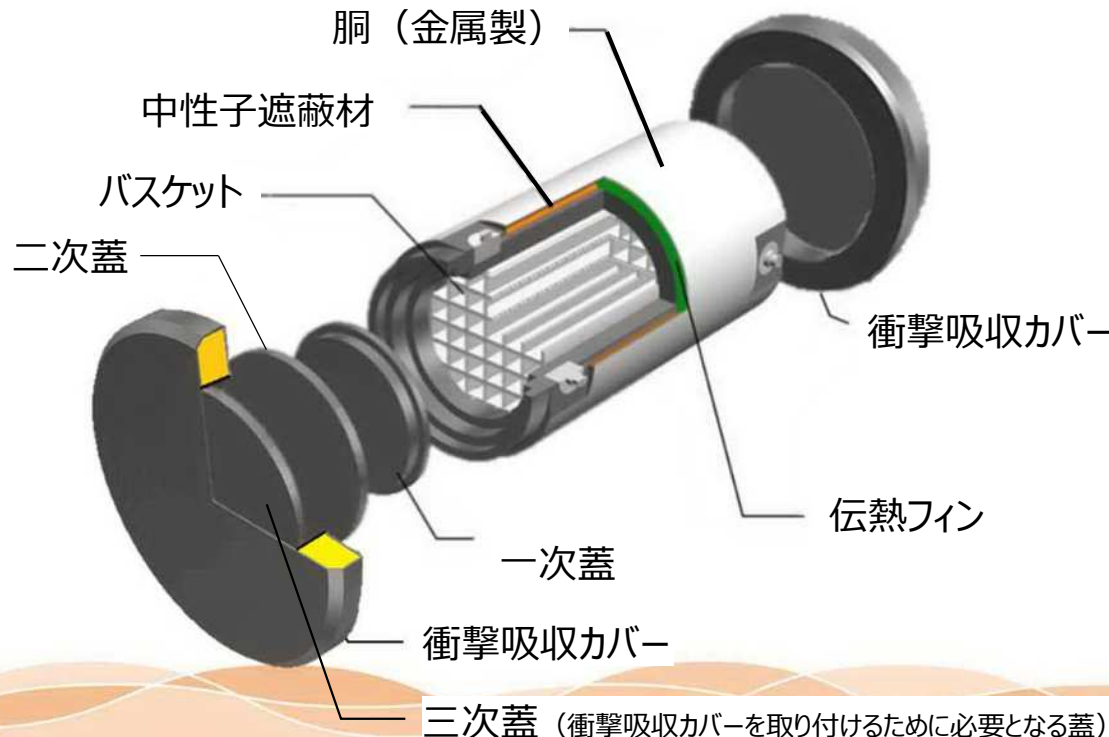
- ・除熱機能 : 発生する熱をキャスクの表面に伝え、外気で冷却
- ・閉じ込め機能 : 一次蓋、二次蓋の二重蓋で密封を維持し、放射性物質を閉じ込め
- ・遮蔽機能 : 金属製の胴・蓋や中性子遮蔽材等により放射線を遮蔽
- ・臨界防止機能 : バスケットにより使用済燃料の間隔を保ち臨界を防止
- ・堅牢性 : 地震時に作用する力、竜巻による飛来物の衝突、森林火災等の自然現象および地震等による格納設備損傷の影響に対しても安全機能が維持できる

＜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

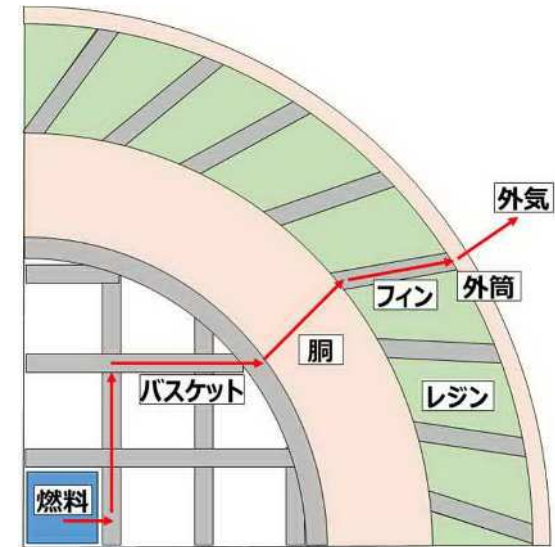
① キャスクの除熱機能

【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。



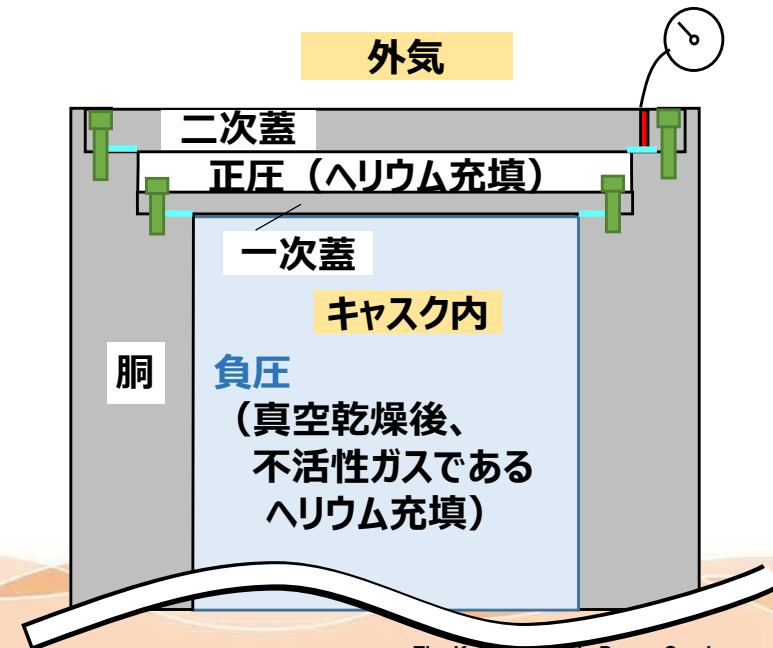
② キャスクの閉じ込め機能

【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。



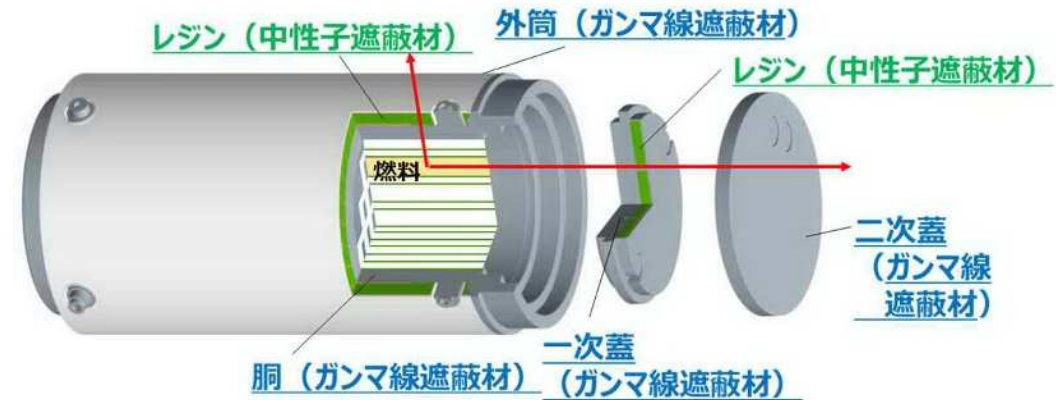
③ キャスクの遮蔽機能

【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。

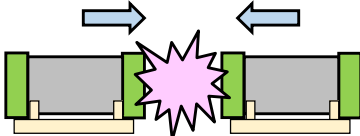
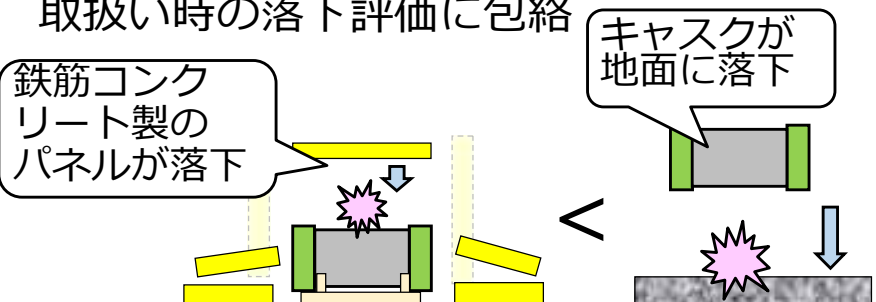
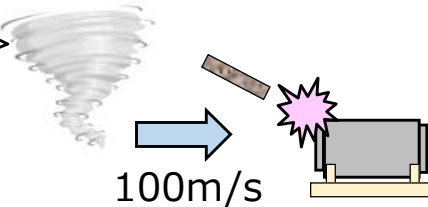

⑤ 自然現象等に対するキャスクの堅牢性

【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</p> <p>※発電炉施設と同じ条件</p>  <p>100m/s</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</p> <p>※発電炉施設と同じ条件</p>  <p>離隔距離</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>	

【要求事項】

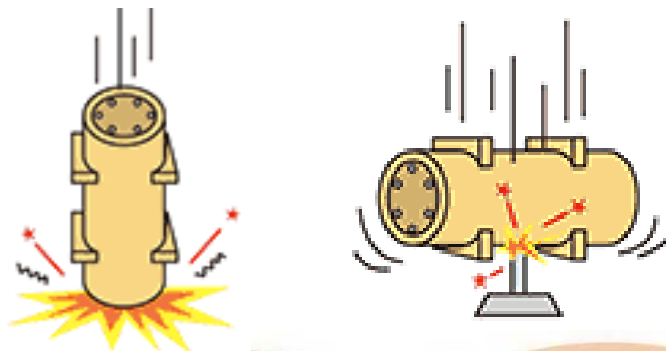
- 輸送時でも除熱、閉じ込め、遮へい、臨界防止機能が求められることに加え、以下の条件等でも安全機能を満足することが求められている。

【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。)

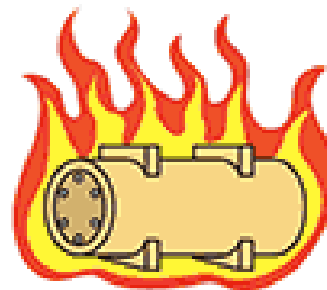
落下試験

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

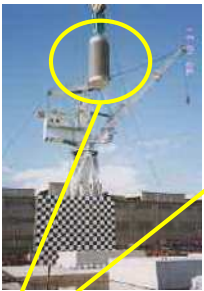



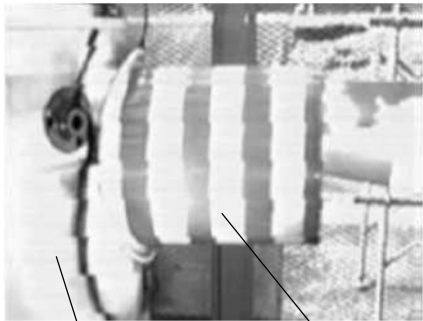
15mの水中に8時間
200mの水中に1時間



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】 </p> <p>【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>○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) 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

参考6



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



(全体鳥瞰図)

伊方発電所(四国電力)

出典：四国電力パンフレット



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