



# 美浜・高浜・大飯発電所の 使用済燃料乾式貯蔵施設設置計画の 事前了解願いの概要について

2024年2月29日

# 使用済燃料乾式貯蔵施設の概要

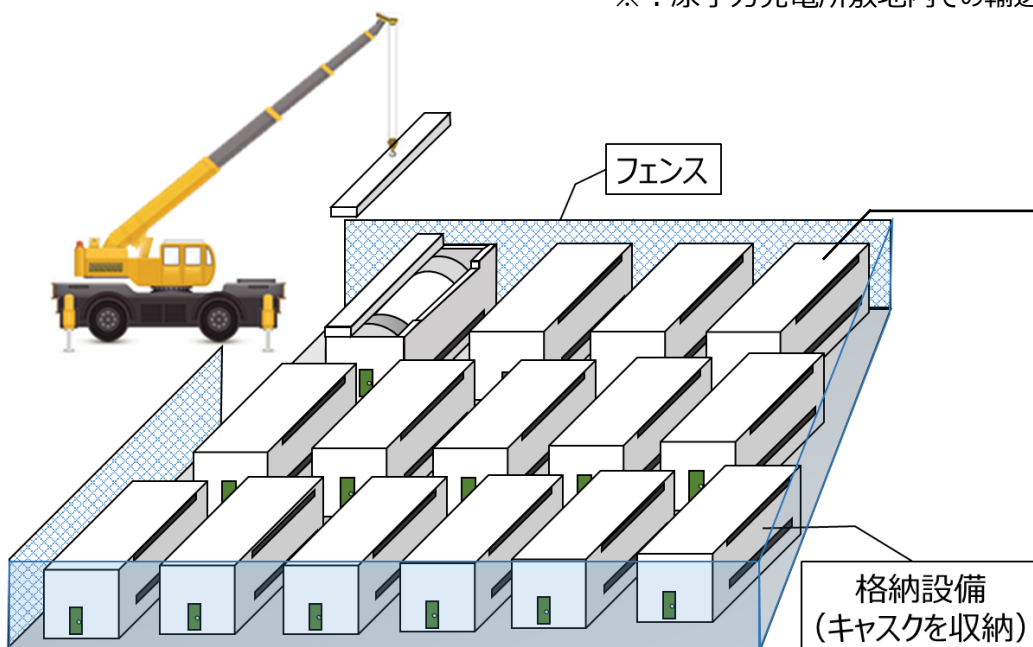
## 【目的】

- ・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】

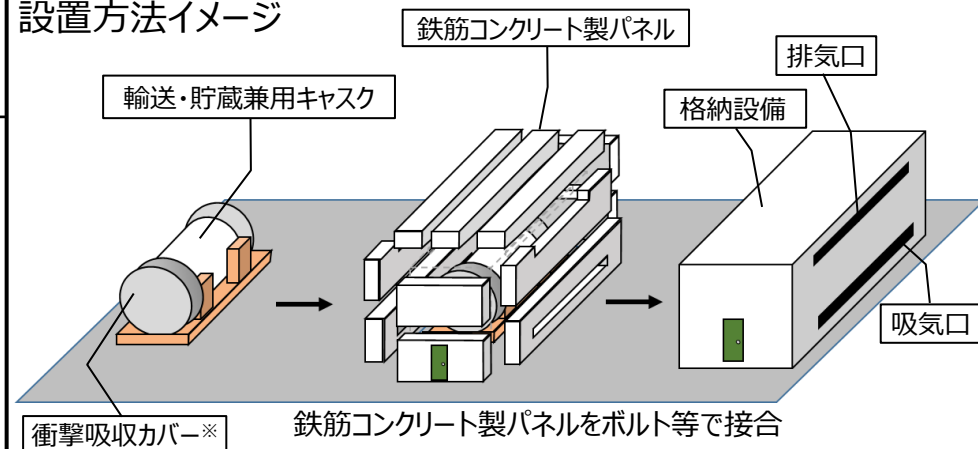
- ・輸送・貯蔵兼用キャスクに衝撃吸収カバーを取り付け、横向きの状態で架台に載せ、基礎等に固定しない方法を採用。
- ・発電所敷地境界外での放射線量を低減するため、遮蔽用の鉄筋コンクリート製の格納設備をキャスクごとに設置。  
敷地境界外における空間線量率は、原子炉施設本体等からの線量を含めても目標値である年間 $50\mu\text{Sv}$ を十分下回る。
- ・この方式は、乾式貯蔵に係る規制が見直され※、安全性が確保された様々な貯蔵方式に対応したことを受けたもの。

※：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。

### 設置方法イメージ



#### <格納設備の主な仕様>

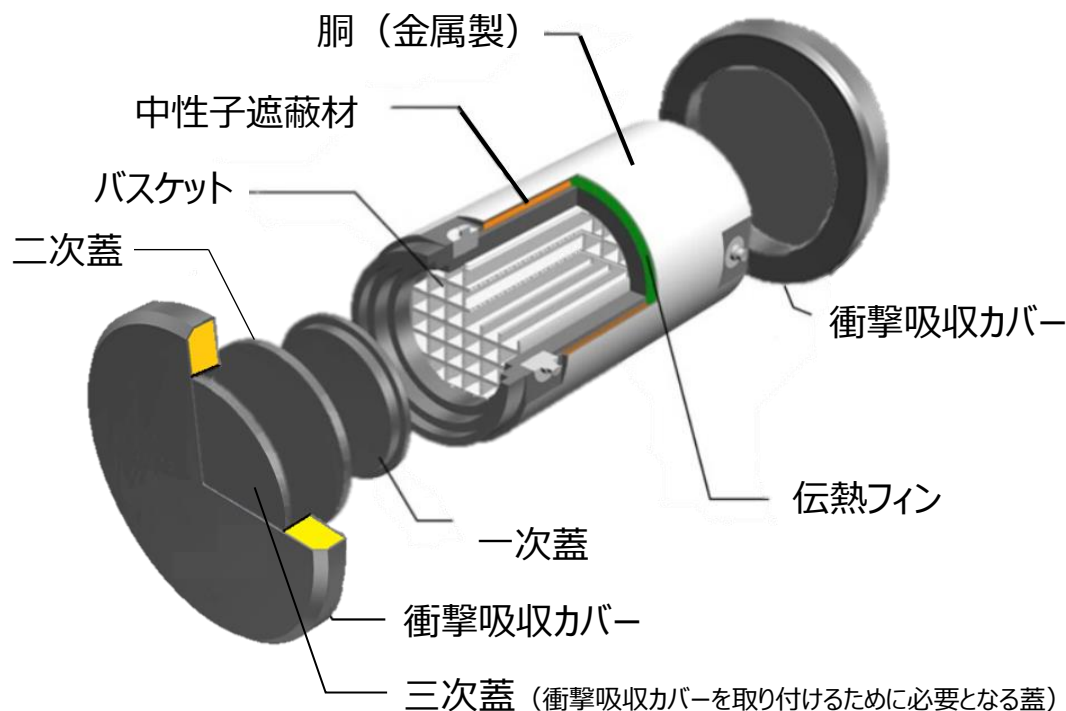
材質	鉄筋コンクリート
寸法	幅：約6m、長さ：約9m、高さ：約5m

※ 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

# 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2.5m	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	15年以上	
設計貯蔵期間	60年	

※ 美浜発電所の建屋に設置されたクレーン容量は高浜、大飯と比して小さいことから、収納体数を減らした専用のキャスクを採用

- |      |              |                                          |              |
|------|--------------|------------------------------------------|--------------|
|      | 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<br>(第二期) 2025年～2030年頃 | 2025年～2030年頃 |

- 美浜・高浜・大飯発電所について、使用済燃料乾式貯蔵施設設置計画を決定し、福井県との安全協定に基づき、使用済燃料乾式貯蔵施設設置計画に係る事前了解願いを2月8日に提出。
- 使用済燃料の貯蔵容量を増やさない観点から、使用済燃料を乾式貯蔵施設に移し替えることで空いた貯蔵プールのスペースは原則使わない。
- 乾式貯蔵施設に保管する使用済燃料は、2030年頃の間貯蔵施設設置後、順次、速やかに中間貯蔵施設へ搬出。
- 今後、福井県、立地町に対し、乾式貯蔵施設の必要性や安全性などについて、丁寧に説明。

# 参考資料



# 輸送・貯蔵兼用キャスクの安全機能

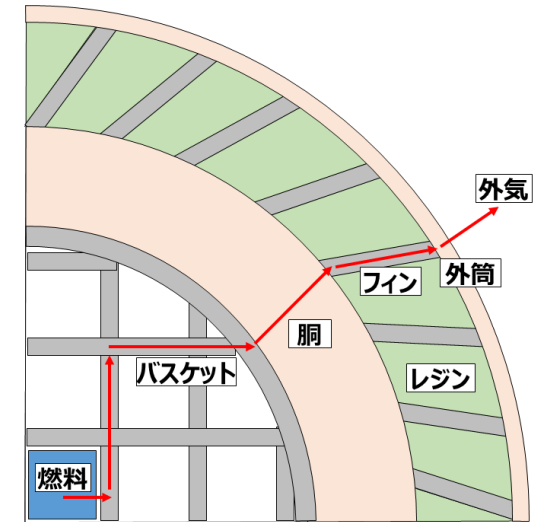
## ① キャスクの除熱機能

### 【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、銅、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。



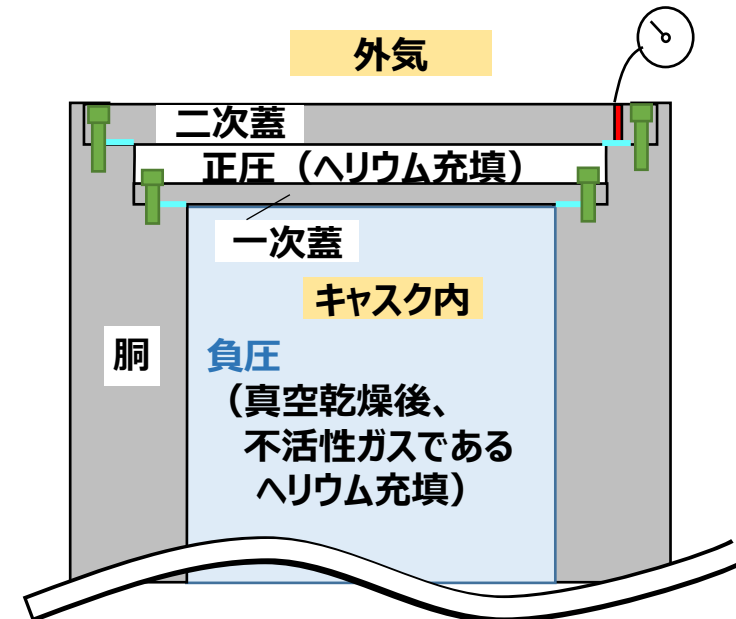
## ② キャスクの閉じ込め機能

### 【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、キャスク内から漏れ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

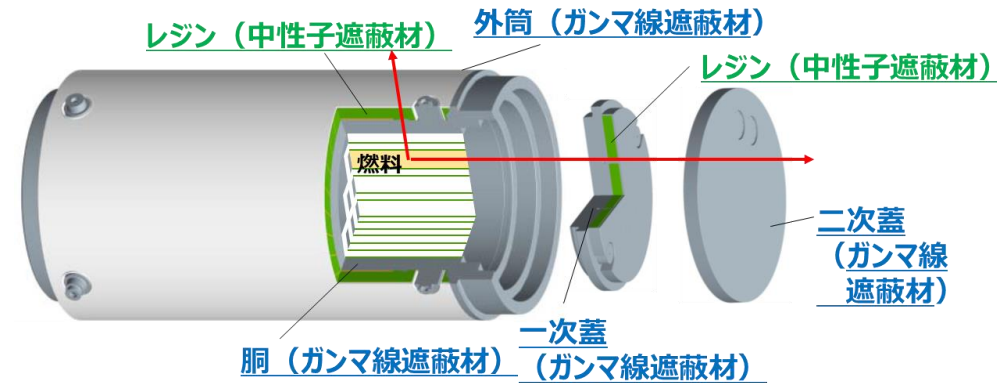
## ③ キャスクの遮蔽機能

### 【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※を0.95以下に抑え、臨界を防止する。

※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

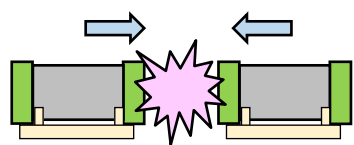
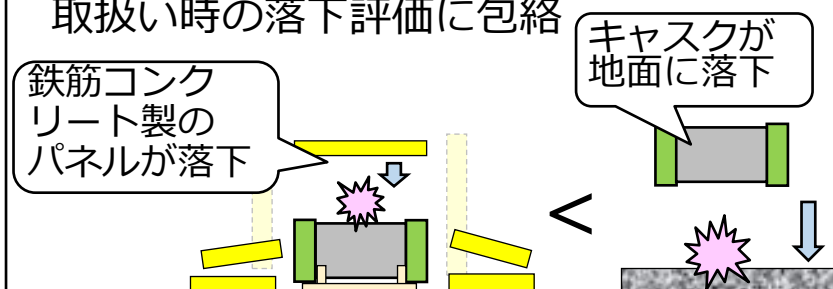
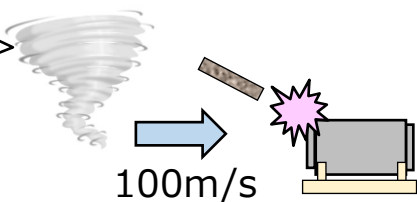

## ⑤ 自然現象等に対するキャスクの堅牢性

### 【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

### 【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力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>  <p>鉄筋コンクリート製のパネルが落下</p> <p>キャスクが地面に落下</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>衝撃吸収力バーがない状態で、最も評価が厳しい二次蓋ボルトの健全性を確認 (衝撃力<math>\leq</math>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>

# 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



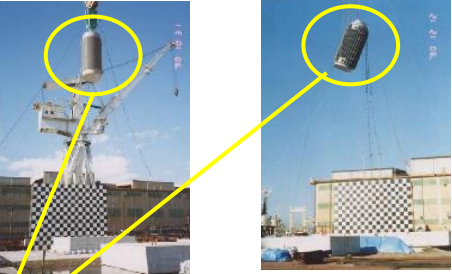


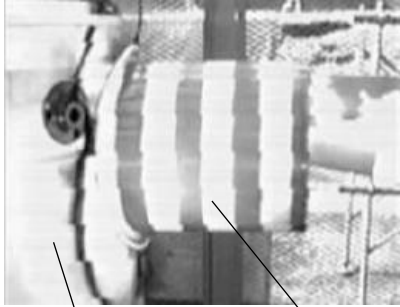
### 浸漬試験

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

- 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<sup>\*1</sup>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"><li>・垂直：最大高さ17m</li><li>・水平：最大高さ5m</li><li>・コナ：最大高さ17m</li></ul> <p>【垂直落下】      【コナ落下】</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"><li>・コンクリートスラブ (6m四方×16cm厚、水平)</li></ul> <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"><li>・2/5縮尺エンジン (直径50cm、質量300kg)</li><li>・衝突速度：57m/秒 (水平)</li></ul> <p>【水平衝突試験】</p> 
密封性	○ <sup>*2</sup>	○	○

<sup>\*1</sup>：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、<https://www.da.nra.go.jp/file/NR000075341/000152356.pdf>（2024.2.9閲覧））

<sup>\*2</sup>：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)

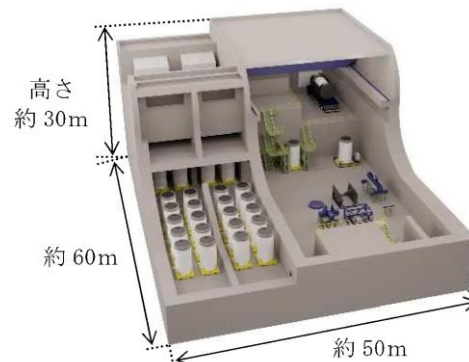
※発電所敷地内の  
海拔25mエリアに設置



(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