

福島第一原子力発電所における コンクリートキャスクの検討について

2024年12月16日

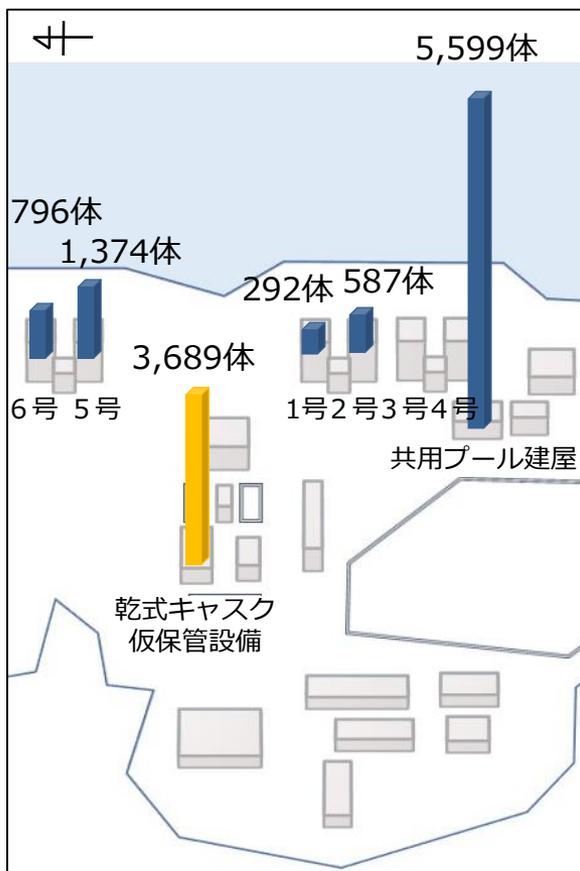


東京電力ホールディングス株式会社

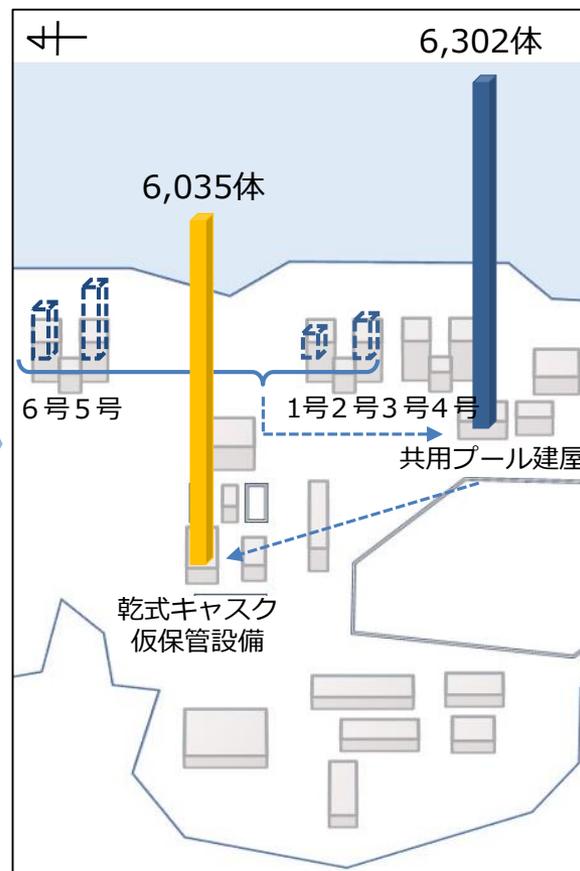
1. 今後の1F使用済燃料の乾式貯蔵について

中長期ロードマップで目標としている2031年内の1～6号燃料取り出し完了後、共用プールに貯蔵している全ての使用済燃料（6,302体）を高台で乾式貯蔵することを計画している。

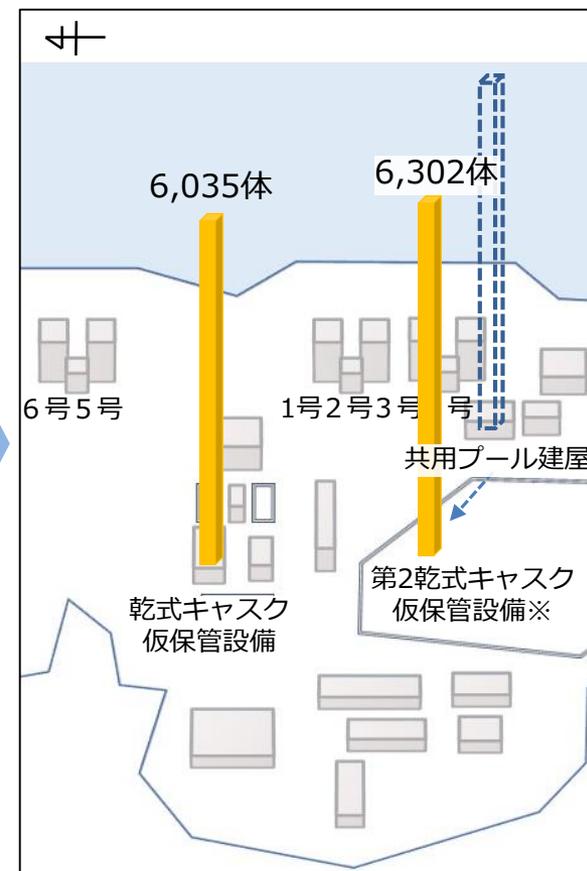
: 湿式貯蔵 : 乾式貯蔵



2024年11月28日時点



1～6号燃料取り出し後

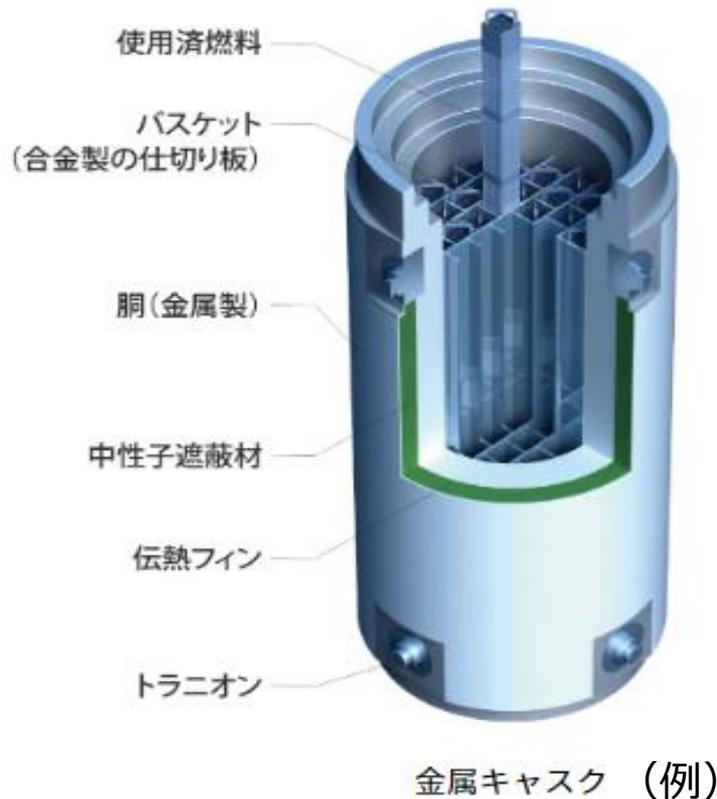


共用プール燃料取り出し後

※第2乾式キャスク仮保管設備の名称、位置は未定

2. コンクリートキャスクの検討について

- 破損燃料の乾式貯蔵、敷地の有効活用等の観点から、国内実績のないコンクリートキャスクを検討している。
- 福島第一原子力発電所におけるコンクリートキャスク検討に向けての各課題等への対応方針を説明する。



3. コンクリートキャスクの特徴（金属キャスクとの比較）

		金属キャスク	コンクリートキャスク
燃料装荷体数(BWR)		最大69体	81～89体
構成		使用済燃料を遮蔽・密封機能を有する乾式の金属製容器に収納	使用済燃料を収納して密封した乾式の金属製の容器(キャニスタ)を遮蔽機能を有するコンクリート製貯蔵容器に収納
材質		主に炭素鋼	主にステンレス鋼&コンクリート
破損燃料装荷 (国内実績なし)	海外実績	少数有り	多数有り
	収納方法	<ul style="list-style-type: none"> 燃料棒単体で専用缶に収納 破損している燃料棒の特定が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料集合体単位で専用缶に収納 破損している燃料棒の特定が不要
蓋部密封性	密封機能	一次蓋、二次蓋とも金属ガスケット(ボルト締め)	一次蓋、二次蓋とも 溶接構造
	性能評価	一次蓋、二次蓋間の圧力監視	一次蓋、二次蓋の 溶接検査
遮蔽材		鋼、鉛、レジン、水	コンクリート、鋼
輸送性		輸送可 (金属製容器単体で輸送)	輸送可 (キャニスタを輸送キャスクに詰換え)

破損燃料の乾式貯蔵	<ul style="list-style-type: none">• 事故前から貯蔵している破損燃料は燃料棒が著しく破損しており、それらを単体で取り出す作業において破損部が拡大する恐れがあるため、可能な限り集合体単位で取扱いたい• なお、海外では破損燃料の乾式貯蔵として、コンクリートキャスクでは破損燃料を集合体単位で装荷し、金属キャスクでは燃料棒単位で装荷した実績がある
敷地の有効活用	<ul style="list-style-type: none">• 金属キャスクと比べ燃料収納体数が多く必要基数が少なくなる• 設置面積を小さくでき、敷地を他の廃炉作業に活用できる可能性がある
廃棄物量の低減	<ul style="list-style-type: none">• 金属キャスクと比べ、1基あたりの使用する金属の総量が少なく、必要基数も少ないため、使用後の廃棄物量を低減できる可能性がある

- 1Fの乾式キャスク仮保管設備は、他の実用炉と同様の設備であることを踏まえ、実施計画の審査にて「措置を講ずべき事項」に加え、下記に示す規則等への適合性を確認している。
 - 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則
 - 使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則
 - 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 等
- コンクリートキャスクでも同様に規則等への適合性確認が必要と考えているが、上記規則等は金属キャスクが対象でコンクリートキャスクは考慮されていない。このため、コンクリートキャスク特有の事項については、「コンクリートキャスクを用いる使用済燃料貯蔵施設の安全審査に係る技術要件」(※)も考慮することが必要と考えている。

※：平成16年6月 総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会核燃料サイクル安全小委員会
- また、1F特有の事項として、目的の一つである破損燃料の貯蔵も考慮することが必要である。
- **コンクリートキャスクの検討にあたって、まずはコンクリートキャスクならびに1F特有の事項・課題に対する当社の対応方針を説明したい。**

- 破損燃料等貯蔵および技術要件を満たすための主な課題は以下のとおり

	課題概要
キャニスタのSCC (密封機能確保)	<ul style="list-style-type: none"> 供用中のキャニスタでSCC(応力腐食割れ)が発生した実績は確認されていないが、キャニスタが海塩を含む外気に曝されるため、SCC発生の懸念がある。
キャニスタ蓋溶接部の 体積検査 (密封機能確保)	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料を装填した後に発電所で蓋を溶接するため、体積検査が難しい。
破損燃料等の乾燥確実性 (水素発生防止)	<ul style="list-style-type: none"> 漏えい燃料や破損燃料は燃料棒内に水が浸入しているため、水分が残ると供用期間中に水素発生の懸念がある。 集合体内に混入しているガレキの水分が残ると供用期間中に水素発生の懸念がある。

7. 面談進捗について (1/4)

面談実施日 (予定)	説明項目	説明概要	説明結果等
2024年 3月14日	0 コンクリート キャスク導入 の検討につ いて	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートキャスクの特徴および導入目的 ・1F導入における課題事項 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートキャスク導入について否定的な意見はなかった。 ・今後、以下の点も順次説明することとなった。 <ul style="list-style-type: none"> 0-1 それぞれの説明項目と規制基準との関係を整理した上で、具体的な基準適合性の方針 0-2 竜巻等の自然現象への対応方針
2024年 5月14日	① 非健全燃料(破損燃料等)の保管方式について	<ul style="list-style-type: none"> ・1Fの破損燃料等の破損状況等 ・コンクリートキャスクによる破損燃料等の収納実績(専用の収納缶を用いる等)等 ・破損燃料等の保管方式を選定するうえで実現すべき事項の考え方及び当社の対応方針 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンクリートキャスク導入(非健全燃料等の乾式保管について)について否定的な意見はなかった。 ・今後、以下の点も説明することとなった。 <ul style="list-style-type: none"> ①-1 コンクリートキャスクの搬入から使用済燃料の装填・保管までの一連の取扱い及び作業の流れ ①-2 燃料ペレットの一部の損傷燃料用収納缶外への散逸可能性及びそれを前提とした安全評価の考え方 ①-3 実用炉の規制基準への適合性方針(静的地震力の取扱いやキャニスタの密封監視・負圧管理)
2024年 6月24日	② 非健全燃料(破損燃料等)の乾燥について	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥手法の有効性、乾燥確認方法等 ・乾燥完了を判定するクライテリア等の考え ・モックアップ乾燥試験の実施方針 <p>◎ 追加説明</p> <ul style="list-style-type: none"> ①-1 コンクリートキャスクの搬入から使用済燃料の装填・保管までの一連の取扱い及び作業の流れ 	<ul style="list-style-type: none"> ・乾燥を判断する基準値及び乾燥作業を停止する目安値の技術的根拠並びにそれら値の関係性について、今後準備が出来た段階(申請後の可能性あり)で説明することとなった。 ・今後、以下の点も説明することとなった。 <ul style="list-style-type: none"> ②-1 キャニスタ本体内の残留水分を不活性ガス、水蒸気及び残留空気の合計に対して10%(質量)以下に担保する「キャニスタ内部水分測定」の原理及び測定方法等

7. 面談進捗について (2/4)

面談実施日 (予定)	説明項目	説明概要	説明結果等
2024年 8月5日	③ キャニスタのSCC発生防止について	<ul style="list-style-type: none"> ・設計段階における以下の影響因子への対策 ✓ 環境因子（環境測定、蓋部二重化等） ✓ 応力因子（引張残留応力の緩和措置等） ✓ 材料因子（耐食性材料の選定等） ・供用段階における、SCC発生の検知方法、リカバリー策等 	<ul style="list-style-type: none"> ・SCC発生防止に関する基本的な考え方に否定的な意見はなかったが、1Fに適用する具体的な内容及びその根拠については、今後準備が出来た段階（申請後の可能性あり）で説明することとなった。 特に、SCC発生限界塩分濃度（許容値）や表面付着塩分濃度の推定値（発生値）、貯蔵期間中の監視頻度などについて、技術的なデータを示した上で、その妥当性を説明することとなった。 ・今後、以下の点も説明することとなった。 <ul style="list-style-type: none"> ③-1 SCC以外の腐食に対する設計上の考慮 ③-2 SCCの環境因子として塩化ナトリウム以外の物質（有機物など）が及ぼす影響並びにキャニスタ外側蓋溶接部及び母材におけるSCC発生防止対策（維持管理方法含む） ③-3 表面付着塩分濃度測定試験の具体的な内容及び試験の妥当性
2024年 9月27日	④ キャニスタ蓋溶接部の体積検査について	<ul style="list-style-type: none"> ・オーステナイト系ステンレス鋼溶接部に対する多層PTの信頼性、超音波探傷試験（UT）の技術進歩の状況等 ・供用中の密封機能維持の確認方針 <p>◎追加説明</p> <p>①-3 実用炉の規制基準への適合性方針(キャニスタの密封監視・負圧管理)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・供用中の密封機能維持の確認方針及び規制基準への適合性方針に関する基本的な考え方に否定的な意見はなかった。 ・キャニスタ蓋溶接部の体積検査については、1Fに適用する具体的な内容及びその根拠に関して、今後準備が出来た段階（申請後の可能性あり）で説明することとなった。特に、多層PTを採用する場合の層間内に顕在する欠陥が次層へ進展しない根拠、許容される最大欠陥のサイズ及び形状、PTの実施間隔、密封機能維持に係る点検の頻度などについて、その妥当性を説明することとなった。 ・今後、以下の点も説明することとなった。 <ul style="list-style-type: none"> ④-1 高温の溶接部へのPTの実施など、米国で実績のある手法と国内規格の適用範囲との関係 ④-2 内部欠陥の進展以外の溶接欠陥（次層の溶接時に下層の表面に発生する溶接欠陥など）の発生の可能性、当該欠陥の多層PTでの欠陥の検出可否 ④-3 蓋部の溶接方法について、検査実施の観点から、片側完全溶け込み溶接の採用の可否

7. 面談進捗について (3/4)

面談実施日 (予定)	説明項目	説明概要	説明結果等
2024年 9月30日	③-3 表面付着 塩分濃度測 定試験につ いて	<ul style="list-style-type: none"> ◎追加説明 ③-3表面付着塩分濃度測定試験の具体的な内容及び試験の妥当性 	<ul style="list-style-type: none"> ・表面付着塩分濃度測定試験に関して否定的な意見はなかった。 ・今後、以下の点も説明することとなった。 <ul style="list-style-type: none"> ③-3-1 試験風洞と実機との幾何形状・寸法上の差異による影響の考慮（給排気口の高さ、試験風洞①の内寸（横方向）の設定理由等）蓋溶接部の表面状態の考慮 ③-3-2 試験結果の考察のため、分析項目に有機物、海塩粒子の粒径を追加することの検討 ③-3-3 試験流速、試験片温度、水平姿勢による影響について、海外を含むその他の試験データを含めた考察
2024年 11月7日	⑤ 事故による 乾式保管へ の影響につ いて	<ul style="list-style-type: none"> ・ガレキ混入燃料の乾燥への影響、ガレキ除去等の対応方針 ・海水浸漬燃料のキャニスタ内の塩分による影響 ◎追加説明 ②-1 キャニスタ本体内の残留水分を不活性ガス、水蒸気及び残留空気の合計に対して10%（質量）以下に担保する「キャニスタ内部水分測定」の原理及び測定方法等 	<ul style="list-style-type: none"> ・「キャニスタ内部水分測定」の原理及び測定方法について否定的な意見はなかった。 ・事故の影響を受けた使用済燃料を乾式保管する場合に考慮すべき事項及びその対応方針については、大きな異論等はなかったが、申請時には、平成29年3月の国際廃炉研究開発機構の報告書の内容やその適用範囲を含め、ガレキ混入や海水浸漬の影響に対する具体的な設計の考え方及びその妥当性を説明することとなった。 ・今後以下の点も説明することとなった。 <ul style="list-style-type: none"> ⑤-1 乾燥確実性の実証試験の具体的な内容(模擬するガレキの組成、性状など)
(2024年 12月)	⑥ 耐震評価に ついて	<ul style="list-style-type: none"> ・評価に用いる地震動の選定方針 ・地震時の基本的安全機能維持の方針（地震時に転倒しない設計とする等） ・加振試験の実施方針 ◎追加説明予定 ①-3 実用炉の規制基準への適合性方針(静的地震力の取扱い) 	—

7. 面談進捗について（4/4）

面談実施日 (予定)	説明項目	説明概要	説明結果等
(2025年 1月)	⑦ 異常時の評価について	<ul style="list-style-type: none"> ・ 想定すべき異常事象の選定方針（内部事象、外部事象） ◎ 追加説明予定 0-1 それぞれの説明項目と規制基準との関係を整理した上で、具体的な基準適合性の方針 0-2 竜巻等の自然現象への対応方針 	—
(日程調整中)	その他 (追加説明)	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 追加説明予定 ①-2 燃料ペレットの一部の損傷燃料用収納缶外への散逸可能性及びそれを前提とした安全評価の考え方 ③-1 SCC以外の腐食に対する設計上の考慮 ③-2 SCCの環境因子として塩化ナトリウム以外の物質(有機物など)が及ぼす影響並びにキャニスタ外側蓋溶接部及び母材におけるSCC発生防止対策(維持管理方法含む) ③-3-1 試験風洞と実機との幾何形状・寸法上の差異による影響の考慮（給排気口の高さ、試験風洞①の内寸（横方向）の設定理由等）蓋溶接部の表面状態の考慮 ③-3-2 試験結果の考察のため、分析項目に有機物、海塩粒子の粒径を追加することの検討 ③-3-3 試験流速、試験片温度、水平姿勢による影響について、海外を含むその他の試験データを含めた考察 ④-1 高温の溶接部へのPTの実施など、米国で実績のある手法と国内規格の適用範囲との関係 ④-2 内部欠陥の進展以外の溶接欠陥（次層の溶接時に下層の表面に発生する溶接欠陥など）の発生の可能性、当該欠陥の多層PTでの欠陥の検出可否 ④-3 蓋部の溶接方法について、検査実施の観点から、片側完全溶け込み溶接の採用の可否 ⑤-1 乾燥確実性の実証試験の具体的な内容(模擬するガレキの組成、性状など) 	—

以上