

福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会 （２０１８．２．８）宿題回答

2018年7月24日



東京電力ホールディングス株式会社

1-1 3号機使用済燃料プールの水質に係るご質問

- 2018年2月8日の「福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会」において、以下のご質問を頂いております。

○藤城委員

ご質問 1

3号機使用済み燃料プールの水質変化の変位について

ご質問 2

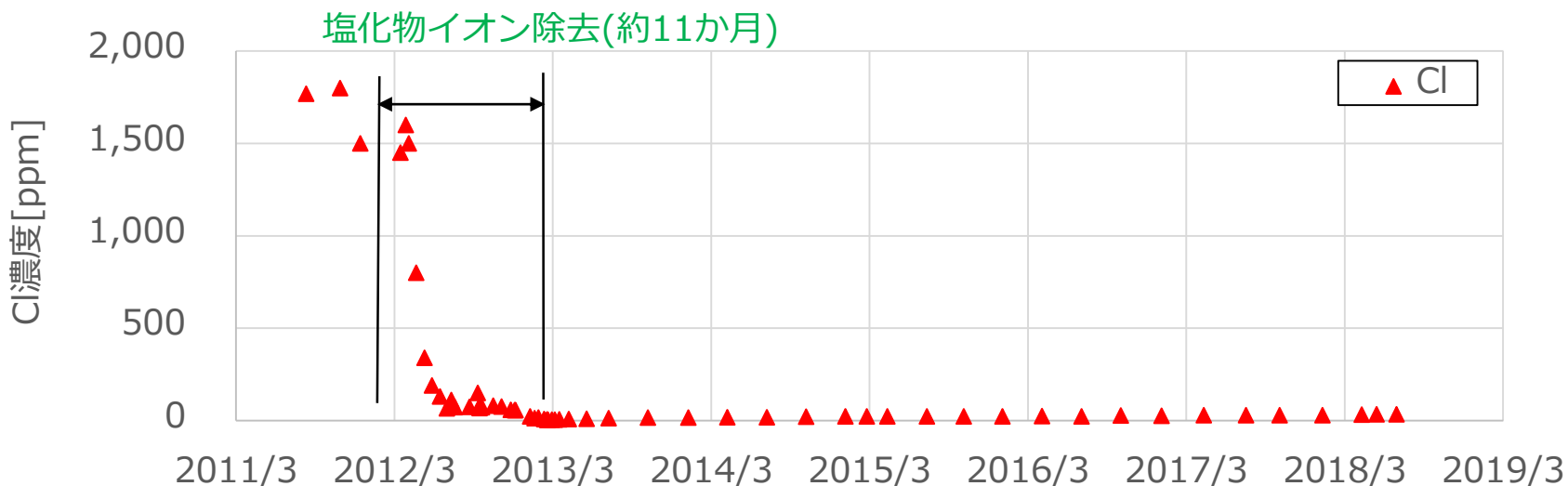
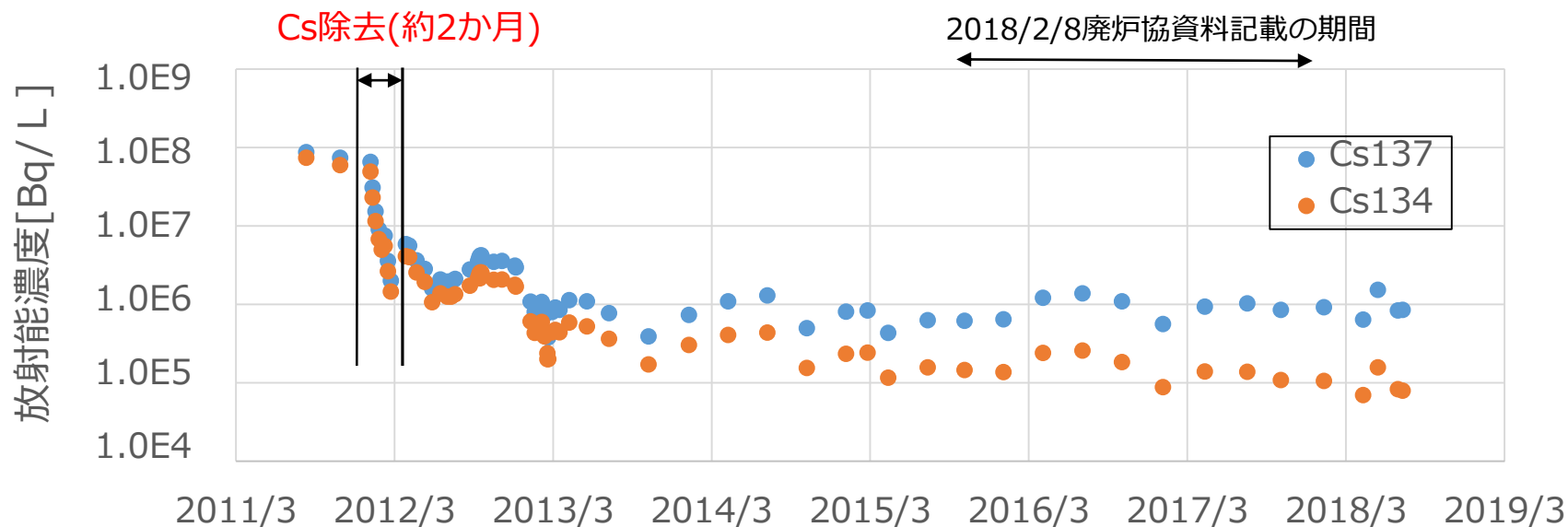
3号機使用済み燃料プール水の浄化設備の効果について

○長谷川委員

ご質問

3号機使用済み燃料プールの2017年1月のCsの放射能濃度の変化について

1-2 3号機使用済燃料プールの水質の推移（1）

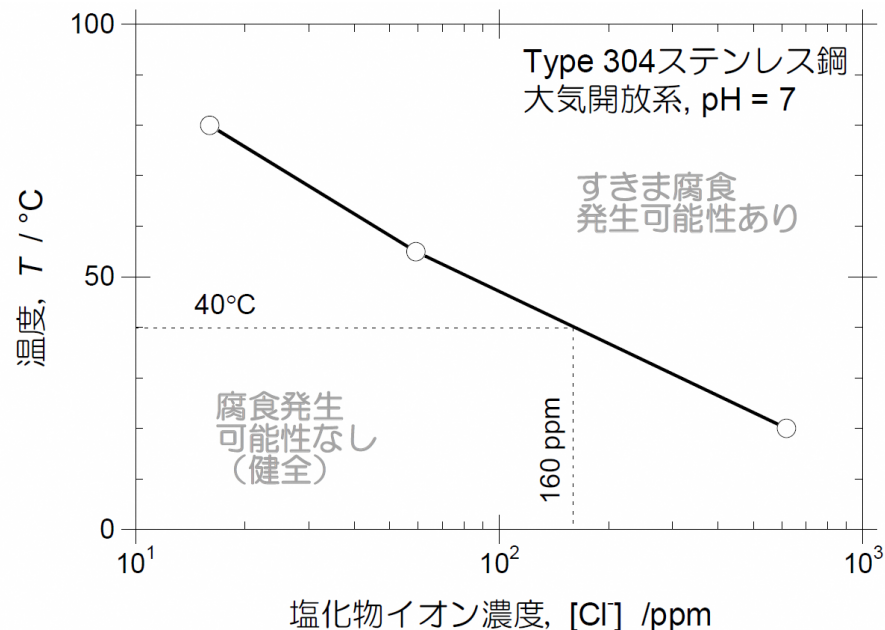


1-3 3号機使用済燃料プールの水質の推移（2）

- 2012年～2013年に線量低減および塩分除去を実施
 - 塩分除去の事前準備としてCs吸着塔による線量低減を実施
 - 逆浸透膜装置（RO装置）、イオン交換装置、モバイル逆浸透膜装置（RO装置）により塩化物イオン除去を実施（同時にCsも除去される）
- 保安規定上の制限値として定めた塩化物イオン濃度100ppm以下で推移している
- Cs濃度はCs吸着塔による低減、塩分除去以降は概ね安定的に推移している
- 2016年6月～2017年6月のCs濃度低下は、過去見られた変動と同程度

<100ppmの根拠>

- 塩化物イオンによるSUS304の局部腐食発生限界を考慮。
 - ・ 図中曲線の下領域が腐食が発生しない環境
 - ・ 使用済燃料プール水の温度は実績として40℃以下で管理しており、40℃の局部腐食臨界電位に相当する塩化物イオン濃度を評価すると、図より160ppm
 - ・ 以上から、水質の目標値を保守的に100ppmと設定
 - ・ プール水温度が長期間40℃を上回る場合は目標値を見直す



大気開放条件での304ステンレス鋼の腐食マップ¹⁾²⁾

1) M. Akashi, G. Nakayama, T. Fukuda: CORROSION/98 Conf., NACE International, Paper No. 158 (1998).

2) T. Fukuda, M. Akashi: Proc. Nuclear Waste Packaging -FOCUS'91, ANS, p. 201 (1991).

無断複製・転載禁止 東京電力ホールディングス株式会社

2-1 構内用輸送容器の安全対策に関するご質問

- 2018年2月8日の「福島県原子力発電所の廃炉に関する安全監視協議会」において、以下のご質問を頂いております。

○原委員

ご質問

3号機燃料取扱設備（クレーン）の構内用輸送容器取扱時の安全対策について

- 既存の燃料取扱設備（クレーン）と同様の二重化,フェイルセーフ設計
 - 吊具及びクレーン吊りワイヤの二重化
 - フックは外れ止め装置を有する構造
 - 巻上装置は電源遮断時にブレーキで保持する構造
- 耐震設計
 - 原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）に基づき,燃料取扱機は基準地震動 S_s （600gal）,クレーンは弾性設計用地震動 S_d を用い,移送作業中の地震に対して吊り荷を含む荷重を考慮した地震応答解析を行い,落下に至らないことを確認
- 構内用輸送容器落下時の敷地境界線量評価
 - 落下を仮定した評価で,敷地境界の実効線量は約 1.6×10^{-3} mSvと十分小さい
- 遠隔操作訓練の実施
 - 吊具の訓練は工場にて実施。今後燃料取出し前に現場での訓練を行う。

クレーン

クレーンフック
安全板

クレーン
シーブ

クレーン
フック

補アーム

主アーム

吊具

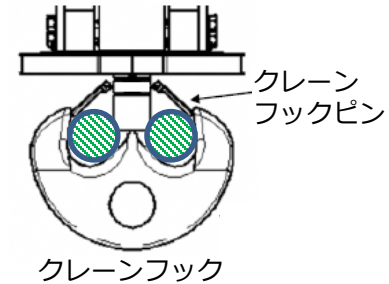
■ 吊具の二重化

クレーンと吊具の取付け

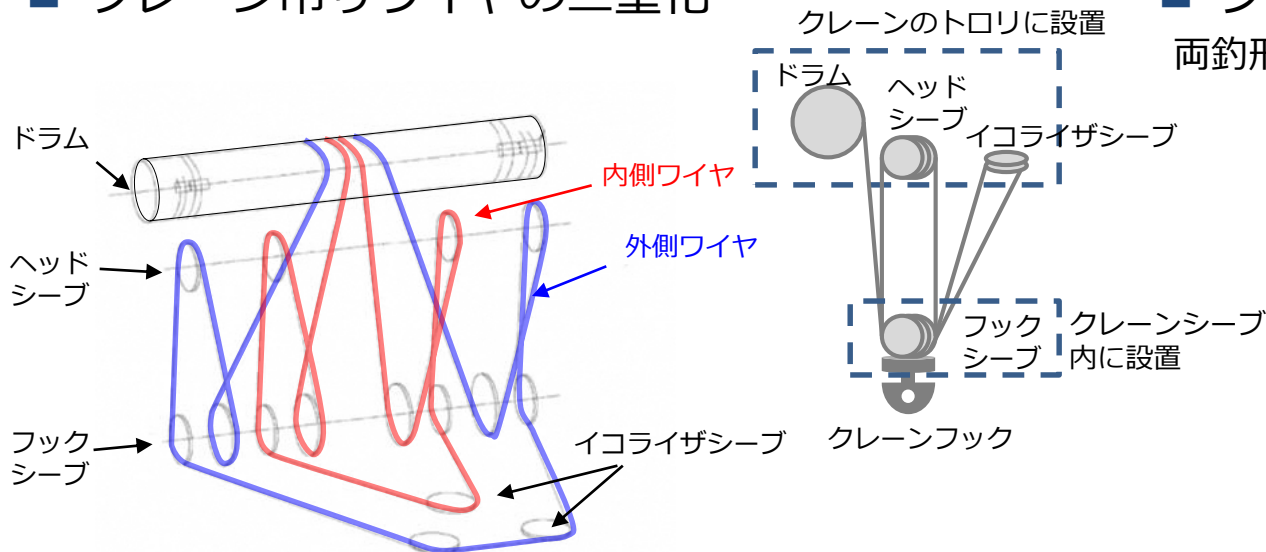
- クレーンフックと吊具をクレーンフックピン2本で接続
- クレーンシーブと吊具をクレーンフック安全板とボルトで接続
- 荷重はクレーンフックが受けており、クレーンフック破損時にクレーンフック安全板で荷重を受ける

吊具と構内用輸送容器の取付け

- 吊具と構内用輸送容器を主アーム（1対）と補アーム（1対）で接続
- 荷重は主アームで受けており、主アーム破損時に補アームで荷重を受ける

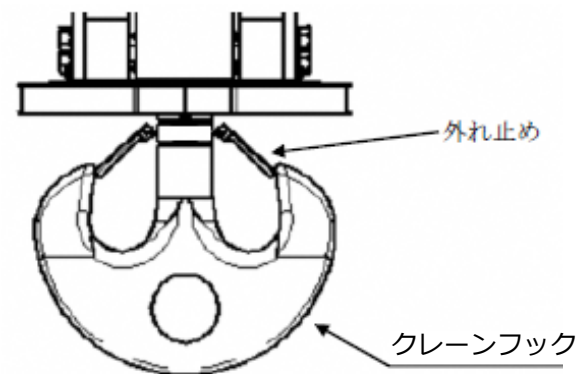


■ クレーン吊りワイヤの二重化



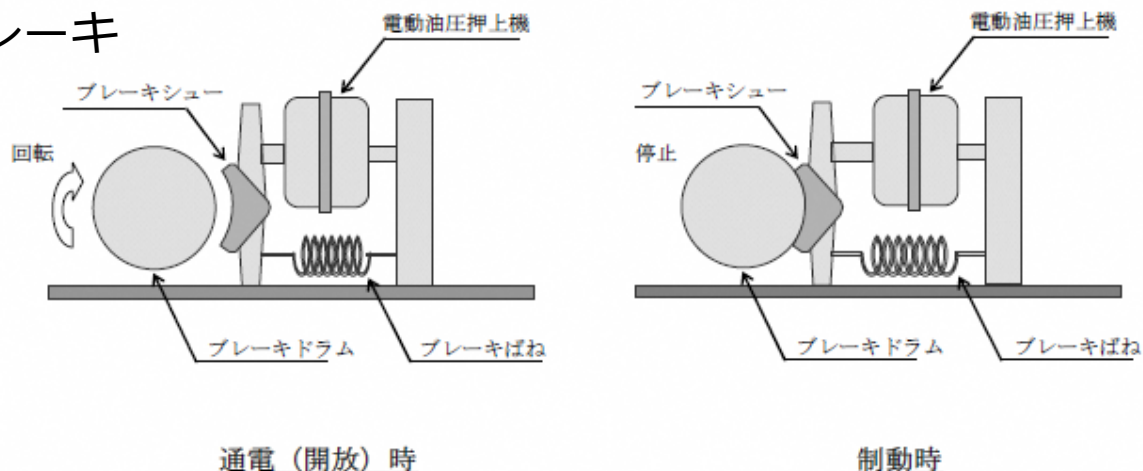
■ フックの外れ止め構造

両釣形フックで外れ止めを有する構造



■ クレーンの巻き上げ装置ブレーキ

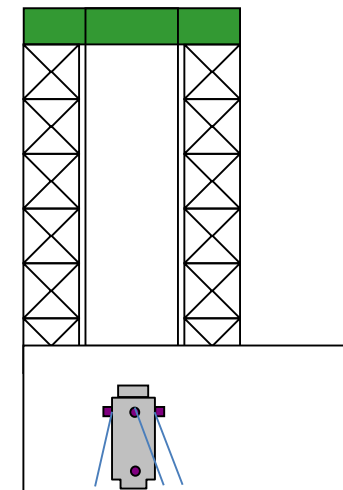
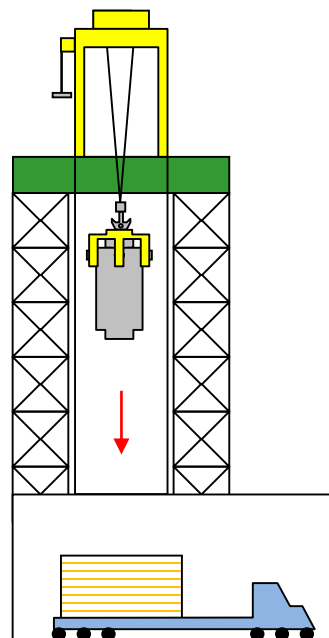
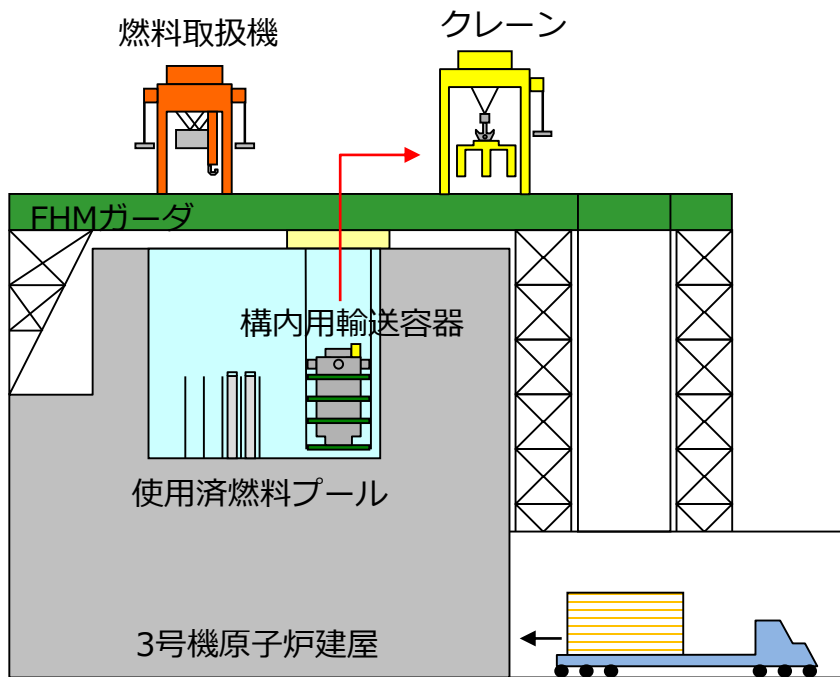
電源切断時に電動油圧押し上げ機が停止すると、ブレーキばねによりブレーキがかかり保持できる構造



- 万一の備えとして、構内用輸送容器落下時に密封機能を確保するため、落下時の衝撃を吸収する緩衝体を準備

緩衝体

- 寸法：約3.4m×約5.1m、高さ約5m（車両込）
- 材質：硬質発泡ポリウレタン（R-PUF）
- 構造：鋼製フレームにR-PUFを敷詰める



- ① 緩衝体搬入・設置
- ② 構内用輸送容器吊り下ろし

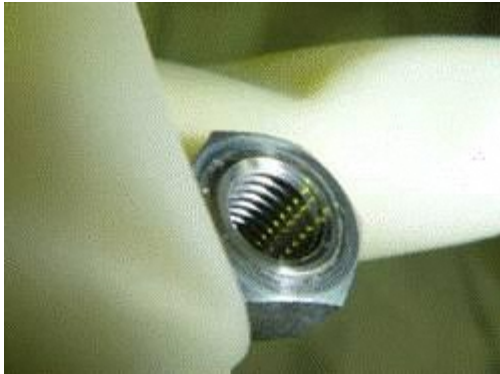
- ③ 構内用輸送容器を緩衝体上方へ下降

- ④ ワイヤを張り転倒防止
- ⑤ 二次蓋取付け後、輸送車両に積載して輸送

構内用輸送容器の地上階への吊り下ろし作業概要

参 考 資 料

- 4号機SFPにある未照射燃料の調査(2012年7月に2体取り出し)
 - 全体的に有意なキズも腐食もないことを確認。
 - 下部タイプレート的一部分に僅かな錆が見られた。



ナット



上部端栓



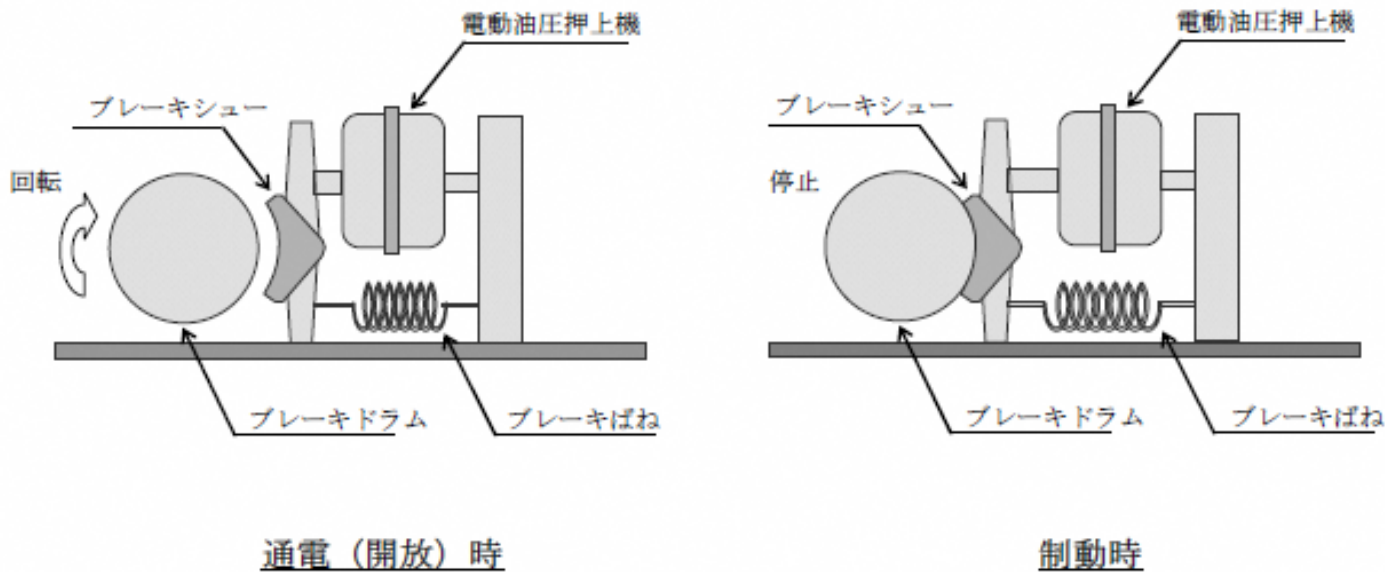
下部タイプレート

- SFP環境(水質,水温)を模擬した燃料構造部材の腐食試験
 - 最も多くの海水を注入した4号機SFPと大量のコンクリートが混入した3号機SFPの水質環境を模擬して評価。
 - 腐食試験は震災初期の腐食リスクが最も高い代替冷却実施前かつ塩化物イオン濃度が高い状態を模擬(震災2011.3.11~3号機代替冷却開始2011.6.30に対し, 腐食試験時間は最大3500時間で温度が高い時期を包含)。
 - ジルカロイ(燃料棒)に有意な腐食は見られなかった。
 - ステンレス(上部/下部タイプレート)には孔食が稀に発生するが,発生確率は低く燃料の健全性へは影響がない。



上部タイプレートの孔食の例
(90°C, Cl⁻濃度:2500ppm,
2000時間,上部端栓は照射材)

- クレーンの電動油圧押し機ブレーキは電源切断時にブレーキばねによりブレーキドラムをブレーキシューで押さえる力がかかり保持できる構造



<動作原理>

ブレーキばねの力によってブレーキシューをブレーキドラムに押し付けて電動機の回転を制動

【通電（開放）時】

巻上モータに通電すると、同時に電動油圧押し機も通電され、内臓モータにより油圧が発生し、シリンダロッドを押し上げ、ブレーキばねを縮めることによりブレーキを開放

【制動時】

巻上モータを停止させると、電動油圧押し機も停止するため、再びブレーキばねの力によってブレーキシューがブレーキドラムを押し付けて制動

■ 核分裂生成物の放出量

取扱作業中に構内用輸送容器が落下し、収納された燃料7体全てが破損すると仮定して、希ガス及びよう素の大気中への放出量を評価

核分裂生成物	放出量 (Bq)
希ガス	約 1.3×10^{14}
よう素	約 6.6×10^8

■ 線量当量の評価

大気中へ放出される核分裂性生成物は、地上放出されるものとし、これによる実効線量を評価した結果、周辺公衆に与える被ばくのリスクは小さい

	小児(mSv)	成人(mSv)
よう素のガンマ線による実効線量	約 3.9×10^{-4}	約 7.1×10^{-4}
希ガスのガンマ線による実効線量	約 1.9×10^{-4}	約 1.9×10^{-4}
希ガスのベータ線による実効線量	約 6.7×10^{-4}	約 6.7×10^{-4}
実効線量 (合計)	約 1.3×10^{-3}	約 1.6×10^{-3}

(参考) 構内用輸送容器の落下について

- 構内用輸送容器は、取扱い中に想定される荷重に耐えるよう設計しているが、構内用輸送容器の落下については、落下防止対策を講じているため、設計要件としていない
- 万一の構内用輸送容器の落下に備え、緩衝体を設置し、オペレーティングフロアから落下したとしても発生する応力が許容値以下であることを確認している

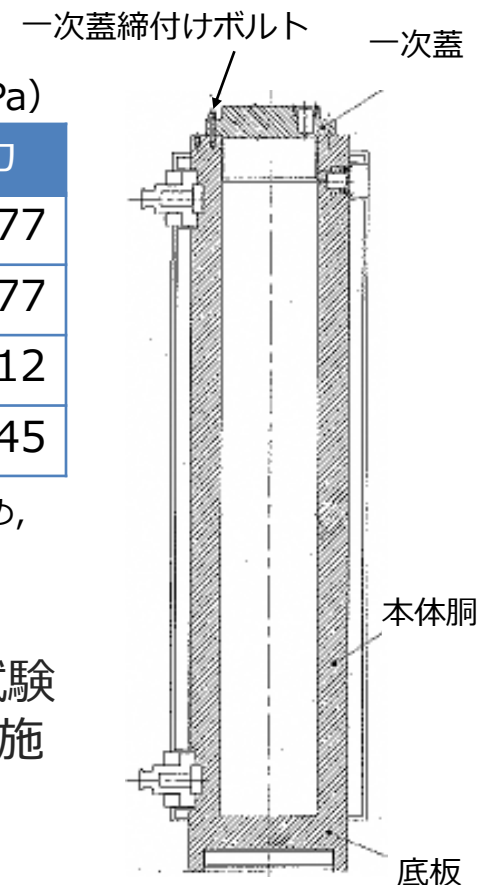
40m落下時の解析結果

(単位：MPa)

	垂直落下時応力	水平落下時応力	許容応力
本体胴	85	60	377
底板	77	118	377
一次蓋	4	18	412
一次蓋締付けボルト	—※	797	845

※一次蓋締付けボルトには垂直落下による荷重が付加されず水平落下時に包絡されるため、水平落下のみ評価

- なお、所外運搬用輸送容器は輸送中の事故を想定し9m落下試験が求められるが、今回の輸送容器は構内運搬用であるため、実施していない



4号機及び3号機の主な概要・仕様

分類	項目	4号機	3号機	備考
基本事項	燃料	<ul style="list-style-type: none"> プール燃料1535体 変形燃料（震災前） 1体 漏えい燃料（震災前） 2体 	<ul style="list-style-type: none"> プール燃料566体 ハンドル変形燃料6体* 漏えい燃料（震災前） 1体 	*現在約100体外観確認によるもの
	操作方法	<ul style="list-style-type: none"> 有人作業 	<ul style="list-style-type: none"> 無人作業： （燃料取り出し用カバー内） 有人作業： （機器搬出入口エリア） 	<ul style="list-style-type: none"> 無人作業を実施するため、工場訓練を2015.3.16～2015.12.21に実施、今後現場での訓練を実施
	訓練期間	<ul style="list-style-type: none"> 約2週間 	<ul style="list-style-type: none"> 3か月程度の予定 	
	監視	<ul style="list-style-type: none"> 水中カメラ1台 webカメラ1台 	<ul style="list-style-type: none"> ITVカメラ35台 webカメラ7台 	
	燃料取り出し作業概要	<ol style="list-style-type: none"> プール内ガレキ撤去 操作訓練 燃料調査 燃料取り出し 共用プール*へ輸送・保管（2014.12完了） <p>*新燃料の一部は6号機へ輸送</p>	<ol style="list-style-type: none"> プール内大ガレキ撤去（2015.12完了） 操作訓練・工場（2015.12完了） 操作訓練・実機 プール内小ガレキ撤去 燃料調査 燃料取り出し 共用プールへ輸送・保管 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料かじり時を想定して引っ掛かり解除治具を準備中

4号機及び3号機の主な概要・仕様

分類	項目	4号機	3号機	備考
設備	燃料取扱機	<ul style="list-style-type: none"> オペフロ床上を南北に走行 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料取扱機架構上(オペフロ上約6m)を東西に走行 	<ul style="list-style-type: none"> カバーの構造による違い
		<ul style="list-style-type: none"> 燃料把握機 1基 補助ホイスト 1基 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料把握機 1基 補助ホイスト 2基 	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉ウエルから燃料ハンドルまでの高さ約16m
		<ul style="list-style-type: none"> 燃料取扱機から燃料ハンドルまでの高さ：約8m 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料取扱機から燃料ハンドルまでの高さ：約13.4m 	
	クレーン	<ul style="list-style-type: none"> マニピュレータなし (瓦礫撤去は作業台車より有人作業) 	<ul style="list-style-type: none"> マニピュレータあり (瓦礫撤去等の作業用) 	
		<ul style="list-style-type: none"> 天井式 	<ul style="list-style-type: none"> 門型 	<ul style="list-style-type: none"> FHMとの衝突防止のインターロックとダンパーを設置
	換気設備	<ul style="list-style-type: none"> 主巻定格荷重：100t 補巻定格荷重：5t 	<ul style="list-style-type: none"> 主巻定格荷重：50t 補巻定格荷重：5t 	<ul style="list-style-type: none"> カバーの荷重制限による違い
		<ul style="list-style-type: none"> 排気風量：25000m³×2台 (予備1台, 合計3台) 高性能粒子フィルタ 	<ul style="list-style-type: none"> 排気風量：30000m³×1台 (予備1台, 合計2台) 高性能粒子フィルタ 	<ul style="list-style-type: none"> カバー内の空間の違い
	電源	<ul style="list-style-type: none"> 二重化 	同左	
構内用輸送容器	<ul style="list-style-type: none"> 収納体数：22体 基数：2基 重量：約91t 	<ul style="list-style-type: none"> 収納体数：7体 基数：3基 重量：約46.3t 	<ul style="list-style-type: none"> クレーン主巻(50t)で取扱可能な容器として新規に設計・製造 	

4号機及び3号機の主な概要・仕様

分類	項目	4号機	3号機	備考
安全	構内用輸送容器の落下防止	<ul style="list-style-type: none"> ・巻上装置は電源遮断時にブレーキで保持する構造 ・クレーン吊りワイヤー及び吊り具の二重化 ・フックは外れ止め装置を有する構造 ・緩衝体設置（落下時の衝撃緩和） 	同左	
	燃料の落下防止	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料把握機は空気源喪失時にフックが開かない構造 ・ホイストは電源断時に電磁ブレーキで保持する構造 ・燃料把握機の機械的インターロック ・燃料把握機の過荷重時に上昇を阻止するインターロック ・燃料把握機は二重のワイヤロープで保持する構造 	<ul style="list-style-type: none"> ・燃料把握機は水圧源喪失時にフックが開かない構造 ・ホイストは電源断時に電磁ブレーキで保持する構造 ・燃料把握機の機械的インターロック ・燃料把握機の過荷重時に上昇を阻止するインターロック ・燃料把握機は二重のワイヤロープで保持する構造 	
	放射線・放射性物質監視	<ul style="list-style-type: none"> ・エリアモニタ 2台 ・ダストモニタ 3台 	同左	

4号機及び3号機の主な概要・仕様

分類	項目	4号機	3号機	備考
	プール水	<ul style="list-style-type: none"> 3か月毎にサンプリング分析 塩分除去 (2011.8.20~2012.10.12) 放射能除去 (2011.8.20~2011.11.8) 	<ul style="list-style-type: none"> 3か月毎にサンプリング分析 塩分除去 (2012.1.14~2013.3.18) 放射能除去 (2012.1.14~2012.7.11) 	塩分濃度管理値：100ppm以下 4号機22ppm (2018.7.20) 3号機33ppm (2018.7.9)
環境	燃料取り出しエリアの作業環境（線量）	<ul style="list-style-type: none"> 遮へい後の線量率： 0.03mSv/h 遮へい： 鉄板 16mm厚さ 鉛マット12mm厚さ（最大） 	<ul style="list-style-type: none"> 遮へい後の線量率： 1.0mSv/h以下 主な作業エリアの線量率： 0.05~0.8mSv/h 遮へい： 鉄板 250mm厚さ（最大） 	