

4-① 使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の長期健全性評価

事業の目的

福島第一原子力発電所の廃止措置において、水素爆発や海水注入の影響を受けた使用済燃料プールから取り出した燃料集合体を共用プールに長期間安全に保管するため、また、将来的な乾式保管の実現性を検討するため、その長期健全性を評価するための評価・管理手法、長期的な湿式・乾式保管の可否判断の検討に必要なデータを取得するための技術開発を実施した。

1. 事業の内容と成果

下記2. 関連事業の結果を反映して以下の成果が得られている。

(1) 燃料集合体の長期健全性評価技術開発

○燃料集合体表面の堆積物の評価

共用プールに保管中の福島第一原子力発電所(1F)4号機燃料集合体の部材(ロックナット)を照射後試験施設に輸送し、白色堆積物の成分分析、腐食すきま再不動態化電位測定を実施した。白色堆積物の構成成分としてMgが最も多く、Al、Siがその半分程度であり、Clは検出限界以下であった。Mg(OH)₂が析出し、Clも捕捉されていないため腐食の可能性はないと考えられる(図1)。電気化学試験では、塩化物イオン濃度が100ppmよりも低い領域ではすきま腐食感受性がない結果となり、1ppm以下の共用プールでの腐食の可能性は、ほぼないことを確認した(図2)。

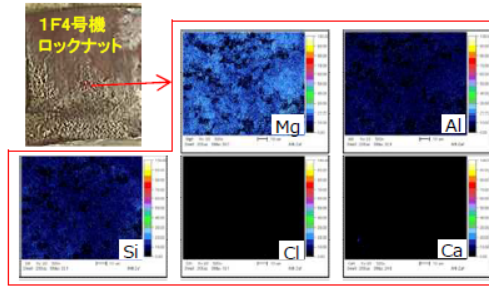


図1 1F4号機ロックナット白色堆積物の成分分析結果例

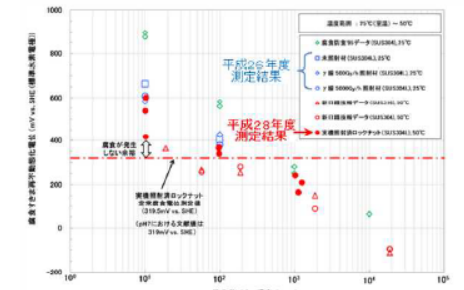


図2 ロックナットの腐食すきま再不動態化電位測定結果

○乾式保管時の燃料健全性評価

1Fの使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の乾式貯蔵を想定し、瓦礫落下や海水成分等の影響が重畳した燃料集合体の乾式保管時の健全性について、水素化物析出挙動確認試験、クリープ試験を実施し、1F特有因子が材料特性に及ぼす影響を評価した。瓦礫損傷、海水付着等の重畳状態においても、水素化物析出挙動、クリープ挙動に及ぼす影響は小さいことを確認した。(図3、図4)

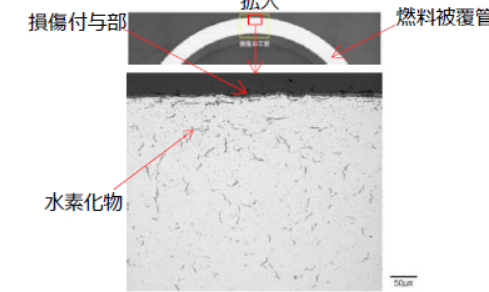


図3 水素化物析出挙動確認試験結果の例 (照射試験片, 300℃, 冷却速度0.04℃/h, 周方向応力70MPa, 損傷付与, 海水付着, 瓦礫固着)

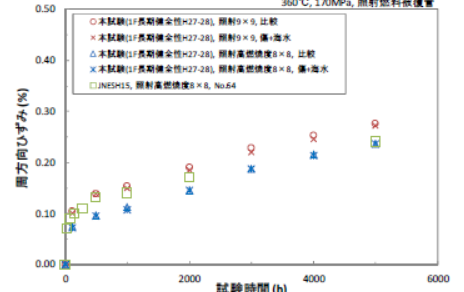


図4 クリープ速度試験結果の例 (照射試験片, 360℃, 周方向応力170MPa, 損傷付与, 海水付着, 5000h)

(2) 長期健全性に係る基礎試験

燃料部材すきま構造部への海水成分の移行挙動評価試験を行い、すきま構造部で海水成分が濃縮することはなく、すきま外の塩分濃度に従って変化することが分かった。

実施者

技術研究組合国際廃炉研究開発機構(IRID)

2. 関連事業

これまで行われた関連事業における成果は以下のとおりである。

○使用済燃料プールから取り出した燃料集合体他の長期健全性評価(2012~2014年度)

(2012年度 図0)

- 未使用及び照射材から採取した材料を用いて腐食試験及び強度試験を行い燃料集合体の長期健全性を検討する上で必要な水質及び照射の影響に関するデータを取得した。
- 海水及びガンマ線照射等の実機環境下において腐食等の可能性が低いことを実験で確認した。

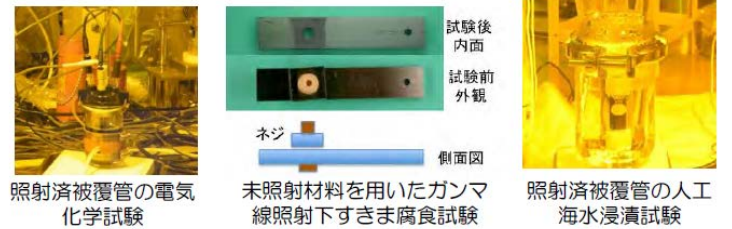


図0 2012年度実施内容

(2013~2014年度)

- 長期健全性評価のための試験条件検討: 共用プールに移送した燃料部材の輸送計画、材料マトリックス、試験要領を含む試験計画を策定した(図1)。
- 長期健全性評価技術開発: 燃料部材を模擬した試験片を用いて、瓦礫や応力等の腐食の影響を評価するための腐食試験及び強度試験を実施し、評価対象箇所のねじ部や被覆管において、健全性に影響を与えるような腐食や強度劣化はないことを確認した。(図2)
- 共用プール保管燃料の状態調査: 4号機から移送した燃料集合体の外観観察や被覆管酸化膜厚さ測定等を実施した。調査した使用済燃料において異常な腐食は認められなかった(図3)。
- 乾式保管時の燃料健全性に関する評価: 被覆管材料内の水素化物析出挙動や瓦礫に含まれる水分が乾式保管時の燃料集合体健全性に与える影響について評価した。
- 海水成分の燃料部材への移行挙動評価: クラッドや被覆管酸化皮膜等への海水成分移行を評価した。
- 放射線下における海水及び瓦礫由来成分の腐食への影響評価: ジルカロイとステンレス鋼を組み合わせた試験片を用い、γ線環境下での電気化学試験及び腐食試験を実施した(図4)。

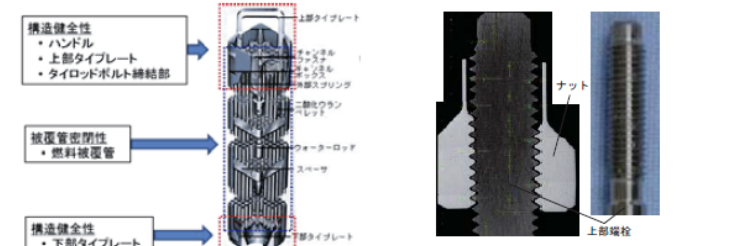


図1 1FSFP取出し燃料集合体の湿式保管時の長期健全性評価項目

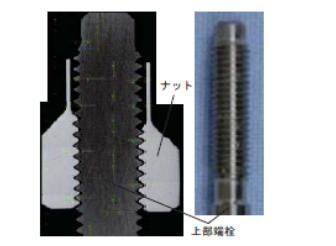


図2 腐食試験後のロックナット等外観



図3 4号機使用済燃料上部タイプレート締結部の外観

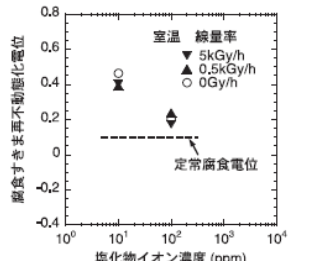


図4 希釈人工海水中での腐食すきま再不動態化電位と塩化物イオン濃度の関係

2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
使用済燃料プールから取り出した燃料集合体他の長期健全性評価			使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の長期健全性評価			