

使用済燃料プールから取り出した燃料集合体の  
長期健全性評価に係る  
平成23年度実績及び平成24年度計画について

平成24年4月23日

日本原子力研究開発機構

使用済燃料プールの燃料集合体は、冷却機能の喪失、海水投入、瓦礫コンクリートの混入などによる塩化物イオンを含む高温で高pHの環境に晒されていた時間が長く続き、通常の燃料とは異なる履歴を経験している。

これらの燃料の共用プールにおける長期健全性を評価するにあたって、長期保管時に影響を受ける可能性のある、孔食、応力腐食割れ、すきま腐食などの腐食劣化、あるいはこれに起因する局所的な強度低下などの観点から試験を行い、劣化予測精度の向上を図ることとしており、今年度は、以下の基礎試験を先行して着手する。

## ①ジルカロイ製被覆管の評価

初期冷却のための海水注入によりジルカロイ製被覆管が腐食するかどうかを確認するために、海水を含有環境での腐食発生条件を明らかにする。

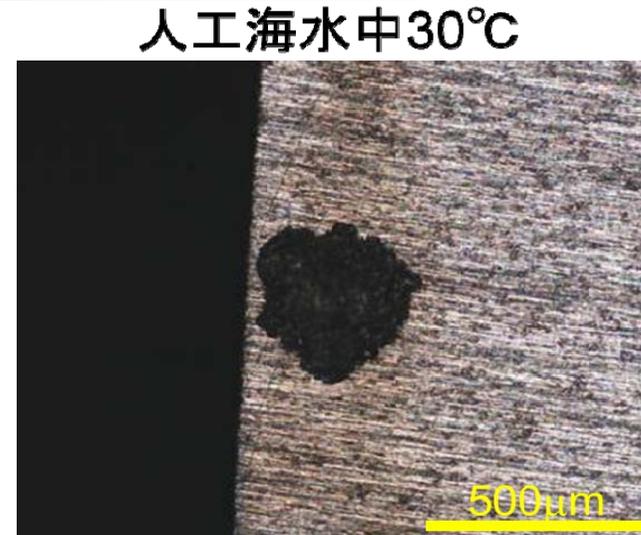
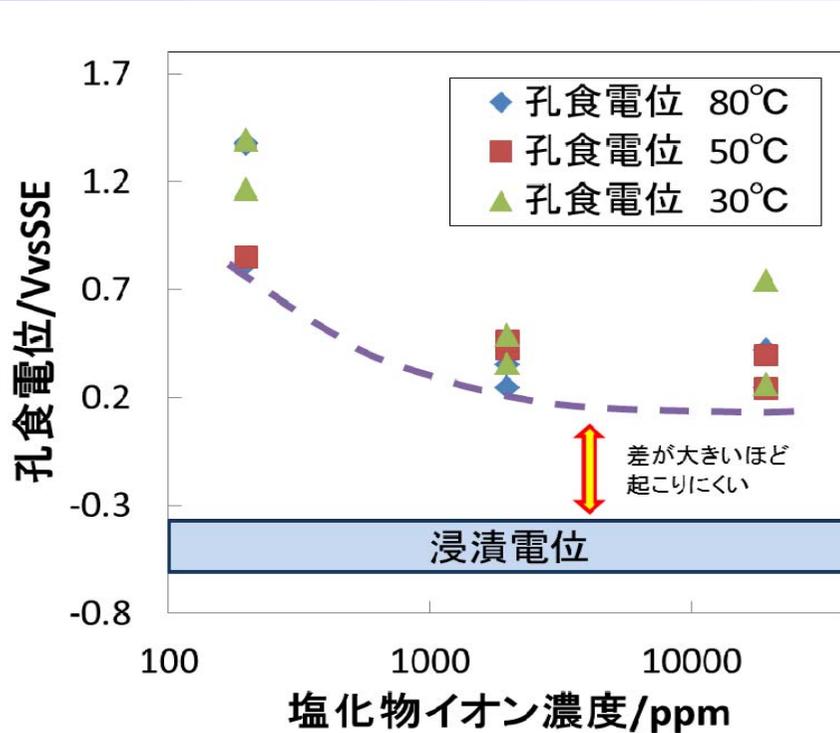
## ②腐食環境評価用解析コードの開発

照射済燃料被覆管から出る放射線と海水成分混入による腐食環境を予測する解析コードを開発するために、予備実験を実施する。

## ③放射線と海水の相乗作用評価

腐食環境に及ぼす放射線(ガンマ線)の影響を調べるために、高崎量子応用研究所においてガンマ線照射試験を実施し、海水成分が混入した水より発生する腐食に影響を及ぼす物質を定量的に評価する。

# ①ジルカロイ製被覆管の評価



最大深さ100μm

発生させた孔食の写真例

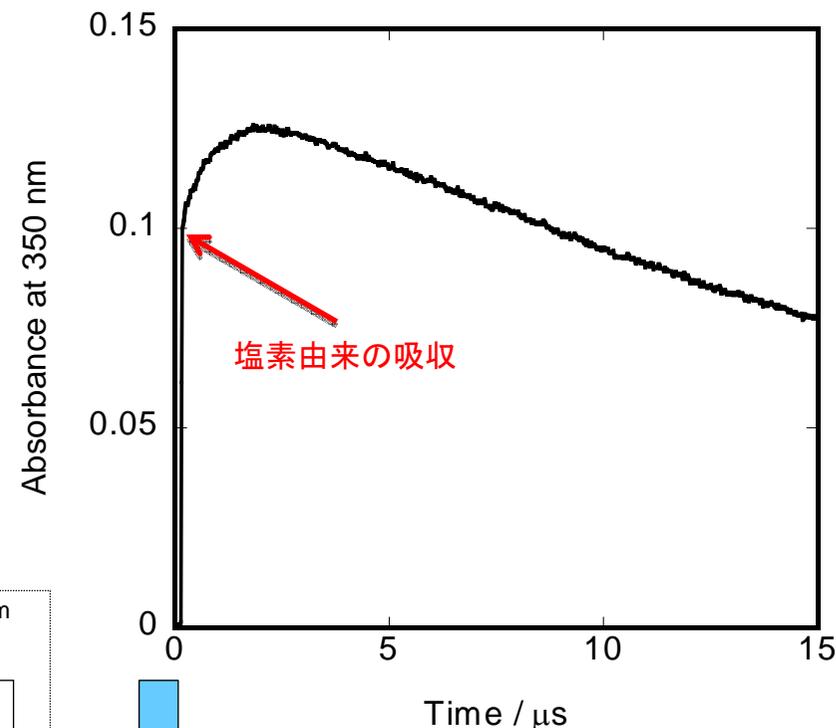
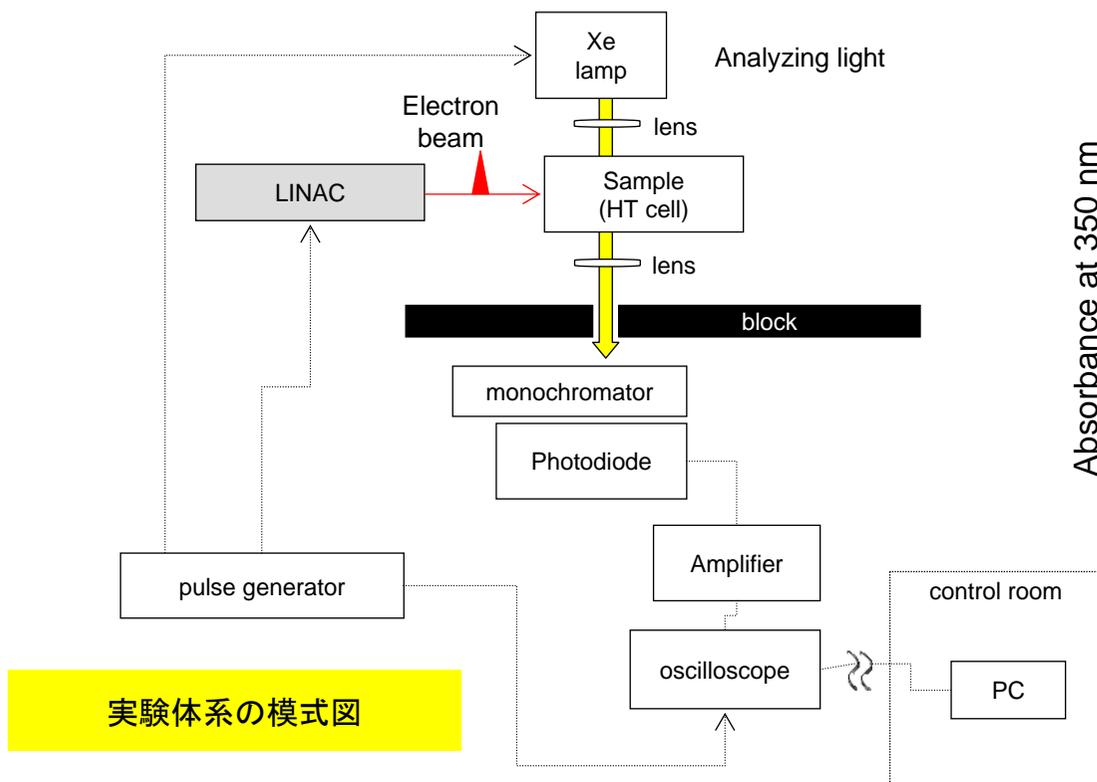
図. 温度・塩化物イオン濃度と孔食電位の関係

- 塩化物イオン濃度の低下に伴い孔食電位は上昇(発生抑制)。
- 温度の低下も孔食電位を上昇させる。

塩化物イオン濃度の低下、温度の低下が重要であり、現状の水質条件では孔食が発生しない状態に維持されている。

- ・放射線分解による過酸化水素による電位上昇
- ・照射済みジルカロイの酸化皮膜、水素化物の影響の検討

- 各化学反応の反応速度定数の測定に高速反応に対する高時間分解能測定が可能なパルスラジオリス法を使用
- 東大原子力専攻の電子線線形加速器(ライナック)を使用



実際の測定データ  
1 MのNaCl水溶液(pH6)についての実験結果  
(塩素由来のラジカル( $\text{ClOH}^\bullet$ ,  $\text{Cl}_2^\bullet$ )による  
350 nm付近の光吸収の時間変化を観測)

照射直後のラジカルの生成挙動から、高濃度NaCl水溶液の初期生成物の収率(G値)が純水のものとは異なることを確認

ヒドラジン 32ppm添加時、室温

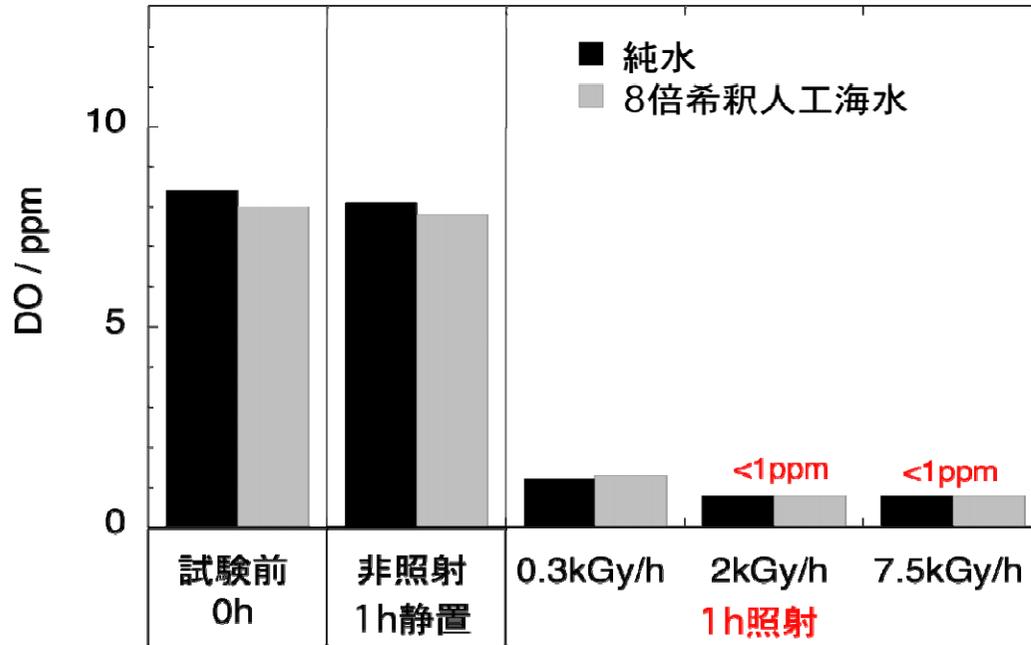


図 非照射と放射線下でのヒドラジンによる脱酸素(DO低減)効果の比較

非照射下では、効果の低いヒドラジンの脱酸素(DO低減)が、放射線下では有効に作用することを明らかにした。

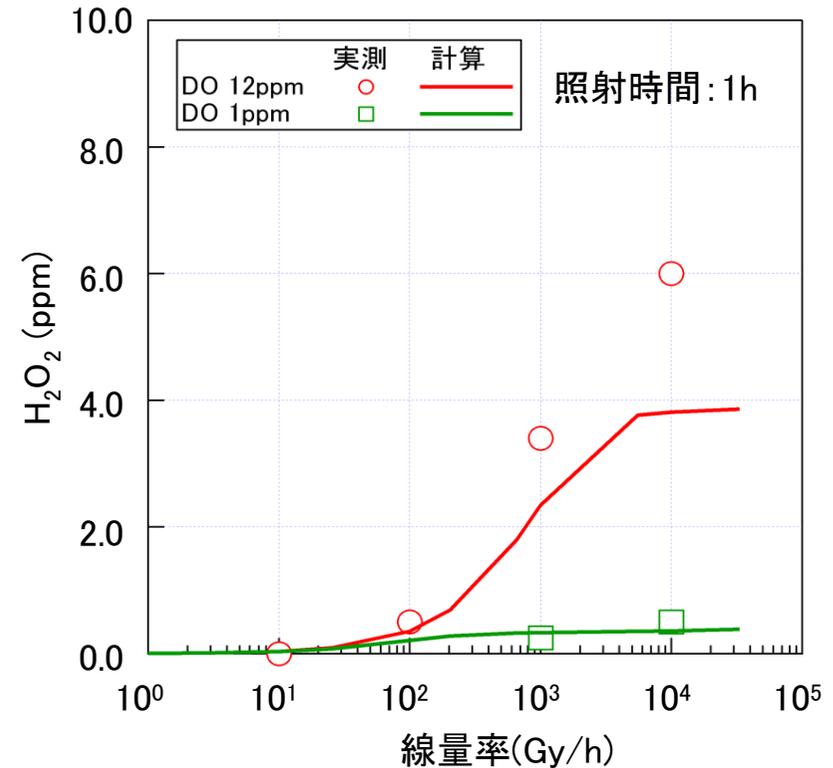


図 過酸化水素生成量の実測値と解析値の比較

溶存酸素DO濃度を低減することで、過酸化水素H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>濃度が低下することを実験により確認した。

## ①ジルカロイ製被覆管の評価

- 塩化物イオン濃度の上昇、温度の上昇はジルカロイの孔食発生電位を下げる。(孔食発生の傾向を上げる)
- 塩化物イオン濃度の低下が最も有効で、温度低下も有効。
- 現状の水質では腐食発生の可能性が低い。

## ②腐食環境評価用解析コードの開発

- 海水投入により通常と異なる腐食に影響を及ぼす物質が生成することを確認した。
- 感度解析を実施し、解析コードの整備を進めた。

## ③放射線と海水の相乗作用評価

- 脱酸素効果を期待したヒドラジン添加は、放射線の存在により有効に作用することを確認した。
- 腐食環境評価用解析コードで予測された過酸化水素の生成量と溶存酸素の関係を実験的に確かめた。

## 1. 使用済み燃料被覆管による腐食特性評価試験(先行試験)

### ○概要:

当機構施設内に保管されている使用済み燃料被覆管を用いた腐食特性評価試験を実施し、実機相当の燃料被覆管の構造健全性に及ぼす塩化物イオンの影響を評価する。

### ○試験材:

BWR条件で使用された被覆管(ジルカロイ2、燃料は抜き取り済み)

燃焼度:45、55GWd/t (2種類)

### ○試験内容

- ◆塩化物イオン含有水溶液中で孔食電位、すきま腐食再不働態化電位測定
- ◆浸漬試験:80℃、濃度の異なる人工海水などで浸漬、1000h程度
- ◆浸漬後に一部機械的試験を実施し、腐食による強度低下などを検討

## 日本原子力研究開発機構

### 東海研究開発センター (原子力科学研究所)

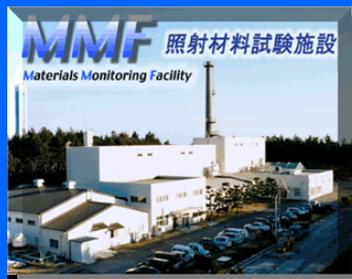
燃料試験施設

廃棄物安全試験施設 (WASTEF)



### 大洗研究開発センター

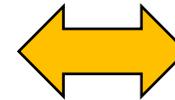
照射材料試験施設 (MMF)



- 材料関係専門家が連携
- 機構内の試験施設においてこれまでの知見を活かし研究開発を実施

### 東京電力(株) (株)東芝 日立GEニュークリア・エナジー(株)

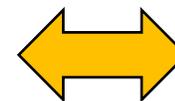
- 事故時のプラントデータ等
- 試験条件の設定や試験結果の評価



情報共有

### 国内外関連機関 (電力中央研究所、腐食防食協会等)

- 材料専門家等との意見交換
- 試験条件の設定や試験結果の評価に関する議論(学会等)



情報交換  
協力

# 1. 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

---

## 背景と目的

1F使用済燃料プールの燃料集合体:2013年度以降共用プールへ移送

### 事故により過酷な環境履歴を経験

海水投入、瓦礫コンクリートの混入→塩化物イオン増加、高pH  
瓦礫落下→被覆管等破損の可能性

### 長期保管時の燃料集合体の劣化評価が必要

事故時に使用済燃料プールにあった燃料集合体を調査／試験

→長期健全性を評価し、必要に応じて対策案を検討

→将来の再移送時まで健全性を維持することを目的とする

# 1. 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

## 実施計画

### 1. 共用プールでの燃料集合体他の長期健全性評価(H25～H29年度)

#### (1) 長期健全性評価のための試験条件検討

1F各号機のプール水詳細分析と試験条件検討

#### (2) 共用プールでの燃料集合体材料の長期健全性評価

- ① 使用済燃料集合体の照射後試験施設への輸送、腐食状況等の分析調査
- ② 共用プール模擬環境下での長期腐食試験および強度試験
- ③ 共用プールにおける使用済燃料集合体の定期的な外観観察、酸化膜厚さ測定
- ④ 共用プール機器材料の長期腐食試験
- ⑤ 必要に応じて燃料集合体部材の腐食抑制対策を検討・提言

### 2. 燃料集合体移送による水質への影響評価(H27～H29年度)

#### (1) 燃料集合体表面からの共用プール等水質側への溶出評価

#### (2) 破損燃料からのFP等の共用プール等水質側への溶出評価

