

2. バックエンド

乾式貯蔵時の使用済燃料健全性の確認 -長期間(20年)乾式保管した燃料の各種試験と評価-

背景

現在、原子力発電所からの使用済燃料は、再処理工場に輸送されるまでの期間、発電所敷地内に貯蔵されている。電気事業では、今後の貯蔵量の増加に対応するため、2010年までに使用済燃料を原子力発電所の敷地外でも貯蔵する計画を進めている。使用済燃料を安全に貯蔵するためには実際の使用済燃料を用いた各種試験により、貯蔵中の燃料ペレットの挙動及び被覆管の健全性を確認しておくことが必要である。

目的

長期間(20年)湿式(プール水)および乾式(空气中)保管した使用済 BWR-MOX 燃料(燃焼度約 20MWd/kgHM)と同様な期間乾式保管した PWR-UO₂ 燃料(燃焼度約 58MWd/kgHM)を用いて、ペレット特性試験、および被覆管特性試験を実施し、長期保管燃料の健全性を評価する。

主な成果

1. BWR-MOX 燃料*1ペレットの試験

- ・20年間保管中のFPガス追加放出率やプルトニウム等のアルファ崩壊で生成するヘリウム放出率を測定するためにパンチャー試験*2を実施した。FPガス放出率は文献値と同等であり、保管前後でFPガス放出率の顕著な差異がみられなかった(図1)。また、ヘリウム放出挙動はウラン燃料と同様であることがわかった。
- ・保管後のヘリウム蓄積量は保管前の約2倍と計算され、ヘリウムがペレット内に蓄積するとペレットスエリングが被覆管応力を増加させる可能性がある。ペレット密度を測定することでスエリング量の把握を行った。試験結果は、本MOX燃料の密度は公開データとほぼ同等の範囲にあり、顕著なスエリングは見られないことを示した(図2)。

2. PWR-UO₂ 燃料*1被覆管の試験

- ・被覆管表面は平均 22 μ m の薄い酸化膜に覆われており、20年間保管による顕著な変化は観察されなかった(図3)。また、燃料ペレットの金相観察から、結晶粒径は、燃料中心部で約6 μ m、周辺部で約2 μ mとなり、公開データと同等となった。
- ・被覆管の水素化物配向分布は水素脆化に影響するため、金相観察を基に配向分布をFn値*3で整理した。表1に被覆管の各測定位置におけるFn値を示す。Fn値は0.17~0.29となり製造時のFn値(0.12~0.16)からの変化は小さい結果となった。
- ・被覆管の機械的特性データを取得するために実施した引張試験の結果を図4に示す。本試験試料の照射量と試験温度における引張強さは公開データと同等となった。

以上の結果から、使用済燃料の20年間保管が燃料ペレットや被覆管の健全性に与える影響は少ないと判断される。なお、本研究は、経済産業省からの受託研究として実施した。

主 担 当 者 原子力技術研究所 発電基盤技術領域 上席研究員 笹原 昭博

関連報告書 “Post irradiation examinations focused on fuel integrity of spent BWR-MOX and PWR-UO₂ fuels stored for twenty years”, Nucl. Eng. Des. ***, *-* (2007).

*1:本試験で使用した BWR-MOX 燃料および PWR-UO₂ 燃料は 20 本程度で保管されたため、保管開始時の温度は実際の使用済燃料の温度より低かったと推定される。

*2:燃料棒のプレナム部に穴を開けて、内部の FP ガス量を測定する試験

*3:被覆管の水素化物のうち、半径方向から 45° 以内の角度をもつ水素化物の割合。この値が大きいと被覆管の機械的強度に与える影響が大きくなる。

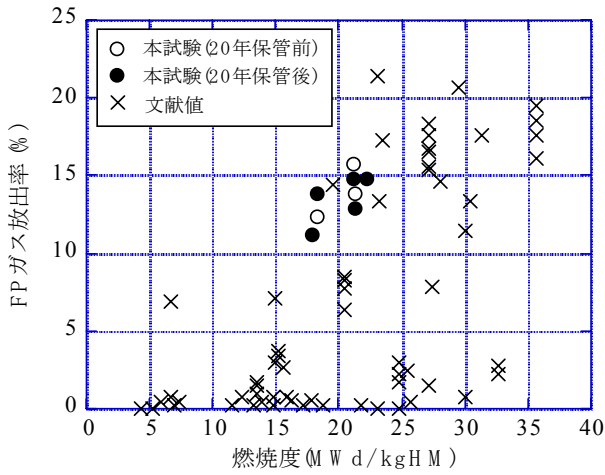


図1 20年保管前後のFPガス放出率(MOX燃料)

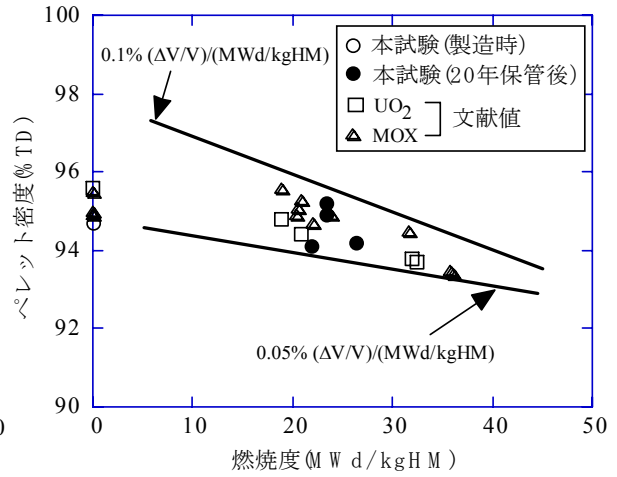


図2 20年保管後のペレット密度(MOX燃料)

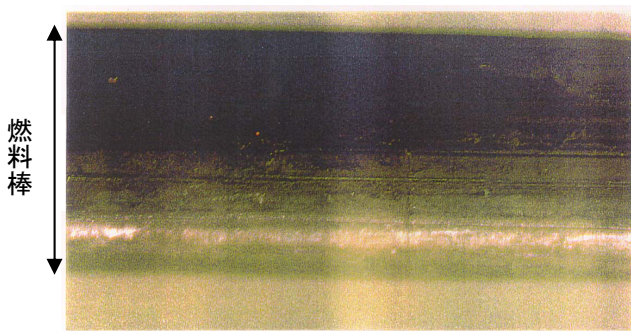


図3 20年保管後の被覆管の外観観察(PWR-UO₂)

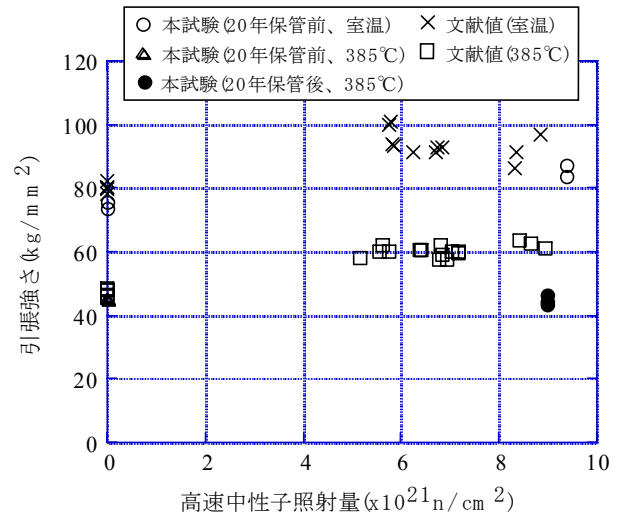


図4 20年保管後の被覆管の引張強さ(PWR-UO₂)

表1 保管後の水素化物配向分布(Fn値)(PWR-UO₂)

金相写真の測定位置*4	半径方向から45°以内の方向にある水素化物の数	観察した水素化物の総数	Fn値
1	27	176	0.15
2	32	146	0.22
3	33	114	0.29
4	17	100	0.17
製造時			0.12/0.16
JIS H4751			≤ 0.45

*4: 測定位置1-2は最高燃焼度位置より採取した被覆管試料の金相写真を使用し、測定位置2-3は最大酸化膜厚さ位置より採取した被覆管試料の金相写真を使用した。