

使用済燃料の崩壊熱の減衰について

使用済燃料の崩壊熱の発生源は、核分裂生成物（Fission Products: FP）、アクチノイド核種及び構造材等の放射化物で構成される。主な特徴を以下に示す。

① 核分裂生成物（Fission Products: FP）

原子炉の停止直後では、運転中の出力の7～8%もの熱を放出する。FPの半減期から、原子炉停止直後から約10年以内の冷却期間において重要とされている。

② アクチノイド核種

核分裂性核種（ウラン：U、プルトニウム：Pu）の中性子核反応により生成した高次のアクチノイド核種（アメリシウム：Am、キュリウム：Cm）が放射性崩壊（多くが α 崩壊）しながら放射線を放出し続ける。原子炉の炉型、燃料組成や燃焼度に大きく依存するが、一般的に長寿命核種の寄与が大きく、冷却期間が数10年以上では崩壊熱の主成分となる。使用済燃料の再処理や輸送・貯蔵などにおいて重要とされている。ただし、原子炉停止後の数十日間においては、U-238の中性子捕獲反応によって生成したU-239（半減期：23.5分）、Np-239（半減期：2.35日）の β 、 γ 崩壊熱が主である。

③ 構造材等の放射化物

上記①の数%程度でありほとんど無視できる。

発電用軽水炉に用いられるウラン燃料と高速炉で用いられるMOX燃料の大きな違いは、Puの有無である。燃料にPuが多く含まれている場合、使用済燃料中のAm、Cmの蓄積量は多くなり、上記②の効果が大きくなるため、使用済燃料の崩壊熱の減衰は緩やかになる。

(参考)

図1に軽水炉ウラン燃料（PWR、燃焼度：45GWd/tHM、60GWd/tHM）、軽水炉 MOX 燃料（PWR、45GWd/tHM）、高速炉 MOX 燃料（FR：78.8GWd/tHM）の全崩壊熱（アクチノイド崩壊熱+FP 崩壊熱）の時間推移を、図2と図3にその内訳としてアクチノイド崩壊熱及びFP 崩壊熱の時間推移をそれぞれ示す（参考文献1の p. 15 のデータを JAEA が整理。冷却期間2年の全崩壊熱で規格化。）。

軽水炉ウラン燃料の燃焼度による違い（青－オレンジ）から、高燃焼度ほど高次化アクチノイドが多くなるため、減衰が緩やかになることが確認できる。

燃焼度 45GWd/tHM における軽水炉のウラン燃料と MOX 燃料による違い（青－灰）から、初期組成に Pu が入ることにより高次化アクチノイドが多くなるため、減衰が緩やかになることが確認できる。

MOX 燃料における軽水炉と高速炉による違い（灰－黄）から、初期組成の Pu 量増加及び燃焼度増加により高次化アクチノイドが多くなるため、減衰が緩やかになることが確認できる。

ここで、Pu 含有率の増加に比べて崩壊熱の減衰が緩やかになる効果が小さいのは、高速炉では高次化したアクチノイドの多くを核分裂で利用（消費）できるようになる効果があること、軽水炉 MOX より高燃焼度でその効果が顕著なためである。

参考文献1 第12回高速炉開発会議 戦略ワーキンググループ（2018年8月10日） 資料2 「使用済み燃料の処理・処分の観点からの核燃料サイクルにおける高速炉の意義と高速炉使用済み燃料再処理の技術動向と課題」（長岡技術科学大学 鈴木教授 御提出資料）

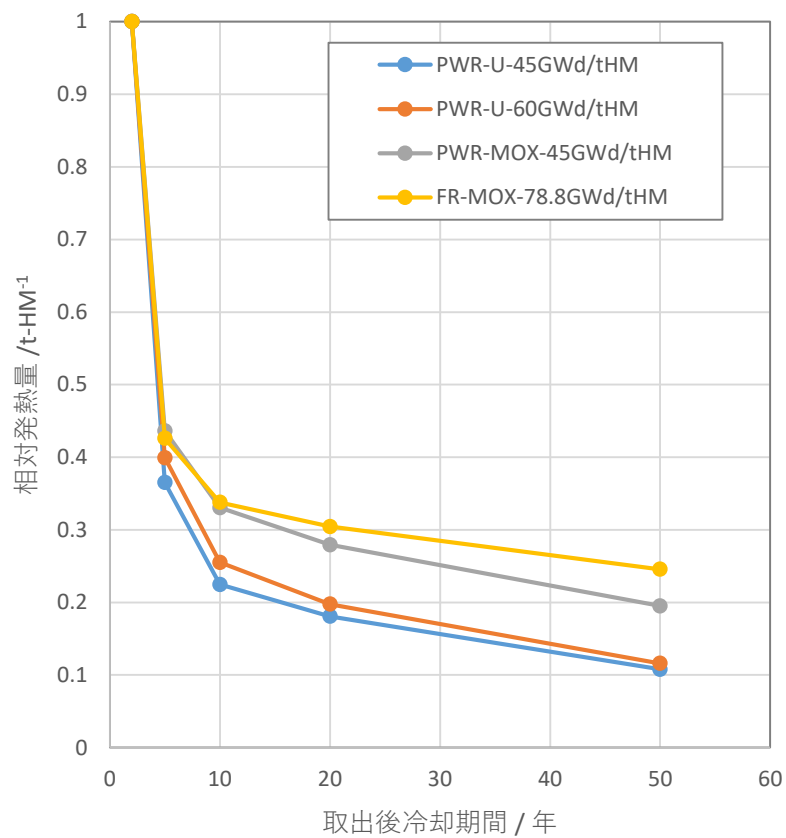


図1 全崩壊熱の推移

(参考文献1のp.15のデータをJAEAが整理。冷却期間2年の全崩壊熱で規格化。)

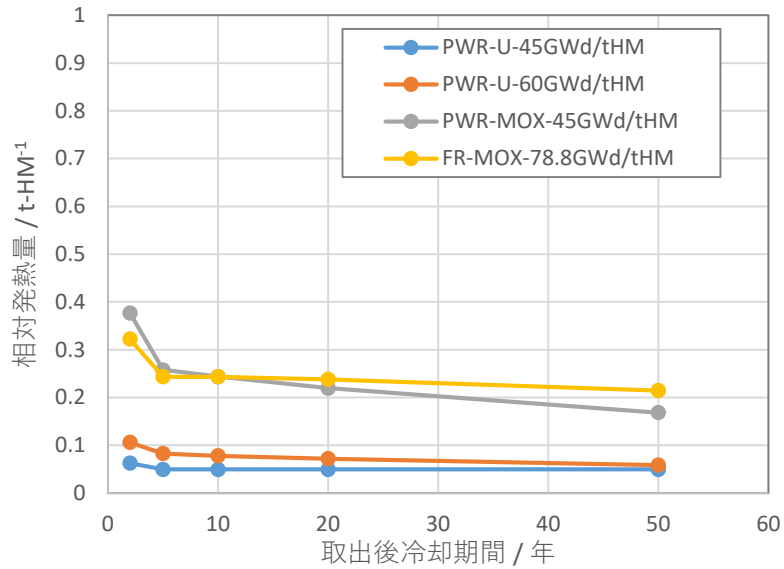


図2 アクチノイド崩壊熱の推移

(参考文献1のp.15のデータをJAEAが整理。冷却期間2年の全崩壊熱で規格化。)

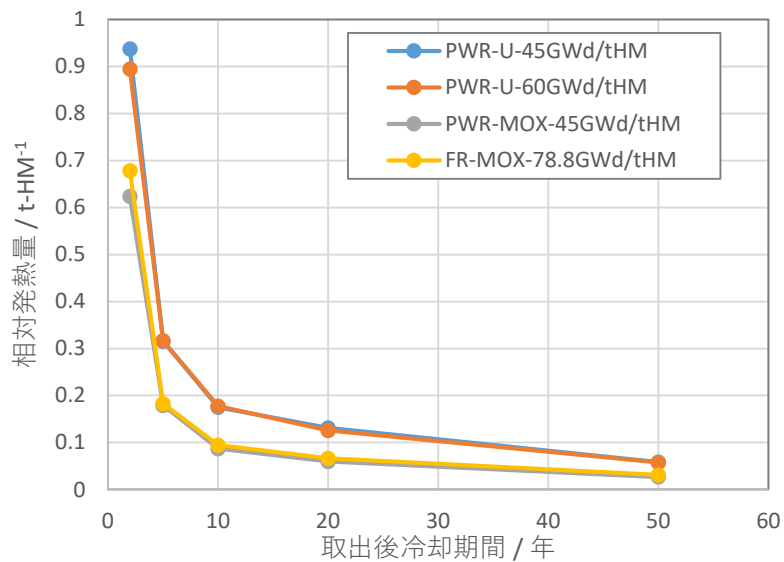


図3 FP崩壊熱の推移

(参考文献1のp.15のデータをJAEAが整理。冷却期間2年の全崩壊熱で規格化。)