

軽水炉使用済 MOX 燃料への PUREX 再処理法の適用性検討 (3) 溶媒劣化に関する検討と総合評価

Feasibility study for LWR MOX spent fuel reprocessing using PUREX process

(3) Study on solvent degradation and comprehensive evaluation

*塚田 毅志¹

¹電力中央研究所

MOX 燃料と UO₂ 燃料の混合処理においては、Pu 濃度等の増加により溶媒劣化が増大することが懸念されるが、混合割合 UO₂:MOX=4:1 程度までは、工程内の DBP 濃度は基準値を超えないことが分かった。最後に、混合処理に関して総合評価をおこなう。

キーワード：軽水炉 MOX 燃料、PUREX プロセス再処理、混合処理、溶媒劣化、DBP

1. 緒言

MOX 燃料の再処理では Pu 濃度の増加により α 線の影響が大きくなり、溶媒抽出プロセス全体にわたり溶媒劣化が増大することが懸念される。そこで、再処理工場全体にわたる物質(放射能)の流れが評価可能な計算コードを用い、溶媒である TBP の放射線分解等の劣化により発生する DBP 量の評価を行った。特に、MOX 燃料の混合処理における DBP 発生量を評価し、通常の UO₂ 燃料のみの処理と比較することにより混合再処理の可能性を検討した。

2. 検討方法

再処理工場全体にわたる物質(放射能)の流れが評価可能なコード⁽¹⁾に、溶媒劣化を評価するモデルを追加して解析した。公開情報より再処理工場内のすべての装置、及び装置間の連結関係をモデルの範囲とし、単体装置は、装置から流出する各流れに対する分配比(係数)を用いて物質収支をモデル化している。

各装置の出口における β γ 放射線量[Bq/h]、有機相出口での Pu 流量[kg/h]の評価値に、β γ 線や Pu から α 線によるエネルギー[W/Bq or kg]、体積流量[L/h]、有機相装置内滞留時間[h]等を用いて、単位体積当たりの TBP に吸収されるエネルギー[Wh/L]を評価し、この値に、DBP 発生に関する G 値と換算係数をかけて、TBP 単位体積当たりの DBP の発生量[kg/L]を求めた。30%TBP に関する加水分解の速度定数[kg/hL]も考慮した。

3. 検討結果および考察

標準的な UO₂ 燃料(50GWd/THM)と軽水炉 MOX 燃料(45GWd/THM)を対象に ORIGEN2 コードにより燃焼計算を行い、その結果を用い、UO₂ 燃料と MOX 燃料の混合割合を UO₂:MOX=9:1~1:1 とした条件、及び、UO₂ 燃料、MOX 燃料をそれぞれ単独で処理した条件における、分離・分配設備、Pu 精製工程、U 精製工程の各工程での有機相出口の DBP 濃度を評価した。最も濃度の高くなる Pu 精製工程有機相出口での DBP 濃度を図 1 に示す(分離・分配設備出口では 18~80ppm、U 精製工程出口では 0.8~0.9ppm であった)。なお、溶媒再生設備での DBP 洗浄効率を 80%と仮定した。

処理する Pu 量の増加にほぼ比例して、発生する DBP 量も増加した。これは、有機溶媒に抽出された Pu から放射線の寄与が大きいことによる。ただし、Pu 精製工程(図 1)においても、Pu 分配工程が成立するとされる現実的な混合割合 UO₂:MOX=4:1 までは DBP 濃度が 250ppm 程度にしかならず、工程内の DBP 濃度の基準の一つである 350ppm⁽²⁾よりは小さくなることがわかった。

4. 総合評価

使用済 MOX 燃料中に含まれる Pu 量が大幅に増加していることから、その影響を緩和するために、MOX 燃料を UO₂ 燃料と適切に混合して処理することにより、従来の PUREX 再処理法において処理が可能であるか検討した。これまでに、①軽水炉 MOX 燃料の溶解性、②分離工程への影響⁽³⁾、③Pu 分配工程成立性⁽⁴⁾、④Pu 濃度の増加に伴う溶媒劣化、⑤ガラス固化工程及びガラス固化体への影響⁽³⁾の評価を行い、UO₂ 燃料と MOX 燃料を混合割合 UO₂:MOX=4:1 程度まで混合しても、現行再処理法の適用が可能である見込みを得た。

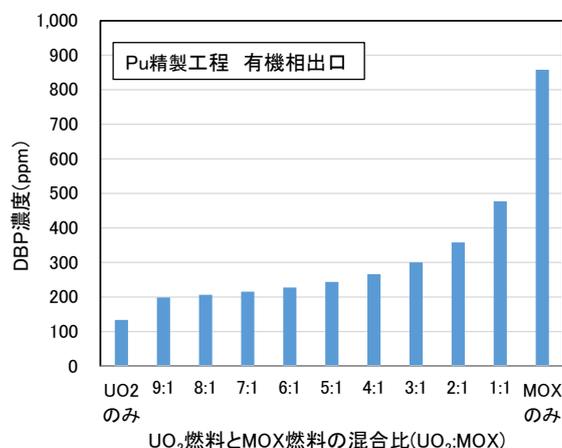


図1 UO₂燃料とMOX燃料の混合処理におけるPu精製工程有機相出口でのDBP濃度
(溶媒再生設備におけるDBP洗浄効率80%)

(1)塚田 他, 電力中央研究所報告 研究報告(T99007), (1999)、(2)Van Geel, J., etc., Proc. Int. Conf. Solvent Extraction, The Hague, Netherlands, (1971)、(3)日本原子力学会, 2020年秋の大会, [1F13]、(4) 日本原子力学会, 2019年秋の大会, [2I22]

*Takeshi Tsukada¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry