

総合講演・報告2 「放射性廃棄物の処理・処分と分離・変換技術」研究専門委員会

**分離・変換技術の廃棄物処理・処分への適用：  
先進的核燃料サイクルの総合的な性能評価の試み  
(4) MOX プルサーマルサイクルを対象とした検討**

Application of partitioning and transmutation technology to waste management:

An attempt to assess total performance of advanced nuclear fuel cycle

(4) A trial assessment for MOX plu-thermal cycle

\*牧野仁史<sup>1</sup>、朝野英一<sup>2</sup>、宇佐見剛<sup>3</sup>、兼平憲男<sup>4</sup>、池田孝夫<sup>5</sup>、川合康太<sup>6</sup>、渡邊大輔<sup>7</sup>

<sup>1</sup>日本原子力研究開発機構、<sup>2</sup>原子力環境整備促進・資金管理センター、<sup>3</sup>電力中央研究所、

<sup>4</sup>日本原燃株式会社、<sup>5</sup>日揮(株)、<sup>6</sup>(株)三菱総合研究所、<sup>7</sup>日立GEニュークリア・エナジー(株)

本発表では、先進的核燃料サイクルの総合的な性能評価の一部として実施している「MOX プルサーマルサイクル」を対象とした検討の現状について述べる。

**キーワード：核燃料サイクル、性能評価、MOX、プルサーマルサイクル**

## 1. はじめに

本委員会の評価対象とした3種類の核燃料サイクルの中で、WG-BでのMOXプルサーマルサイクルを対象とした検討の状況について述べる。なお、WG-A（現行軽水炉サイクルを対象）およびWG-C（高速炉サイクルを対象）では各々の核燃料サイクルに対して分離・変換技術を導入した場合の得失を検討することとしているが、本WG-Bでは、MOXプルサーマルの使用済燃料再処理からの高レベル放射性廃棄物（HLW）に（従来の意味での）分離・変換技術を適用するより前に、まず、プルサーマル使用済燃料自体をどのようにマネジメントするかが喫緊の課題であるため、その点に着目した検討を実施することとした。

## 2. シナリオの選定

本WG-Bでは、MOXプルサーマルの使用済燃料のマネジメントに着目した検討を行うために、検討対象とするプルサーマルのシナリオ（検討対象シナリオ）、及び比較対象とするシナリオ（リファレンスシナリオ）を設定した。なお、これらシナリオの候補は複数と考えられ、本来は様々な組み合わせを考えることが理想的であるが、まずは現実的なシナリオから具体的に着手し進めてみることを重視し、下記のシナリオを設定した（図1参照）。今後、必要に応じて他のシナリオも検討の対象にしていく。

・検討対象シナリオ：MOX使用済燃料再処理（Puリサイクル）

・リファレンスシナリオ：Pu一回りサイクル（再処理、プルサーマル利用、MOX使用済燃料長期貯蔵）

## 3. 技術－特性マトリクス評価の検討状況

「(2) 核燃料サイクルの性能評価の考え方」で示された技術－特性マトリクスの考え方に基づき、MOXプルサーマルを対象とした検討に着手している。その際、技術－特性マトリクスのすべてのマス（項目）を同じレベルで評価することは膨大な作業量を伴うため、まず、検討対象シナリオとリファレンスシナリオとの比較において、どの「技術」のどの「特性」に着目すべきかのあたりをつけること、及びそのための評価手順を具体化し試行すること（図2参照）を目的として、以下の作業を行った。

**Step1**：検討対象シナリオとレファレンスシナリオの特徴およびシナリオ間での主な違いの「技術」ごとの洗い出し。

**Step2**：「技術」ごとのシナリオ間での主な違いについて、各「特性」に影響を与え得るか否か、また、影響を与え得る場合には、それが「利点」につながるものか、「技術的課題」につながるものか等の推定

このような作業を通じて、技術－特性マトリクスの評価について、以下のような見通しや今後の評価に反映できる知見等を得ることができた：

- 技術－特性マトリクスの評価により、包括的にフロントエンドからバックエンドまでの燃料サイクル全体を対象とした検討が可能であるとともに、シナリオの特徴（着目すべき利点や技術的課題等）の分析・比較について、「技術」と「特性」の組み合わせによりある程度の網羅性を担保した形で実施できる見通しが得られた。
- 上記の包括的な検討により、検討対象シナリオ（WG-Bでは「MOX使用済燃料再処理（Puリサイクル）」）において特に着目すべき利点や技術的課題等を、「技術」と「特性」の各組み合わせを対象として、かつ、レファレンスシナリオとの違いに着目することで、効率的に検討できる見通しが得られた。
- これらの見通しについては、利点や技術的課題等に係る情報を以下の2つのレベルで段階的に整理しかつ相互に参照できるようにすることが有効であった：
  - ・ 詳細レベル：利点や技術的課題等についての背景、考え方、根拠等の情報を提供
  - ・ 俯瞰レベル：利点や技術的課題等の有無、それらの基本的内容と技術－特性マトリクス中での該当箇所等を提示
- また、ある「技術」についての利点や技術的課題が、他の「技術」での仕様・条件の設定の影響を受ける可能性があるなどの、燃料サイクルを構成する「技術」が横断的で重要な関連性を有する場合があることが見出された（例えば、再処理までの冷却期間の長短による発熱量の違いが廃棄物の貯蔵や処分に与える影響：MOX使用済燃料の冷却期間の増加に応じたPu→Amの崩壊による発熱量増加に起因するガラス固化体貯蔵時の収納可能本数の減少や貯蔵期間の延長、処分時の廃棄体の占有面積や本数の増加等）。さらに、着目すべき利点や技術的課題は、「技術」と「特性」のすべての組み合わせで抽出されるわけではなく、特定の組み合わせにおいて特徴的に抽出される可能性があること、なども見いだされた。その他、シナリオの中でさらにオプションとして検討していくべき項目等も抽出された（例えば、MOXのPu1回サイクルとPuマルチサイクル、1/3MOXとフルMOX、使用済燃料の貯蔵期間の長短等）。

なお、これらの作業においては、文献情報を最大限活用することを基本としつつも、実態としては、参考となる文献情報等が限定されるため、本WGメンバーが有する各分野の専門家としての知見と経験が最も有効な情報源となった。

#### 4. まとめと今後の展望

技術－特性マトリクスを用いた核燃料サイクル間の相対評価のうち、WG-Bではプルサーマル使用済燃料をどのようにマネジメントするかに着目した検討を実施し、検討対象とするシナリオの設定、技術－特性マトリクスを用いた評価の具体的な実施手順と現段階での試行結果を示すとともに、試行を通じて明らかとなった評価の見通しや今後の評価に向けた期待や課題等を示した。今後は、試行を通じて得られた見通しや課題などを踏まえつつ、着目すべき利点や技術的課題に係る検討を、分離・変換技術を導入した場合やMOXプルサーマルサイクルで考えられる他のシナリオやオプションを想定した場合も

含めて深化・拡充させることで、MOX プルサーマルサイクルを対象とした技術-特性マトリクスの評価を進めていく。特に、MOX 使用済燃料由来のガラス固化体特性に関しては考慮すべき点が多いと認識している。

\*Hitoshi Makino<sup>1</sup>, Hidekazu Asano<sup>2</sup>, Tsuyoshi Usami<sup>3</sup>, Norio Kanehira<sup>4</sup>, Takao Ikeda<sup>5</sup>, Kota Kawai<sup>6</sup>, Daisuke Watanabe<sup>7</sup>

<sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>RWMC, <sup>3</sup>CRIEPI, <sup>4</sup>JNFL, <sup>5</sup>JGC, <sup>6</sup>MRI, <sup>7</sup>Hitachi-GE

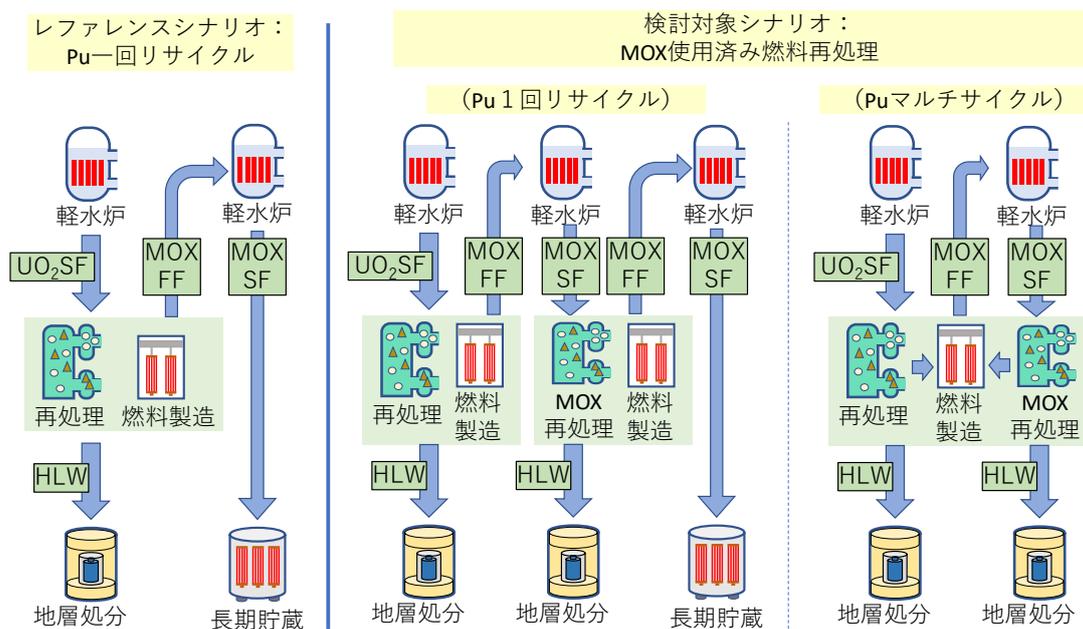


図1 WG-B (MOX プルサーマルサイクルを対象とした検討) で想定するシナリオ (MOX: Pu 混合酸化物、FF: 新燃料、SF: 使用済み燃料、HLW: 高レベル廃棄物)

## (a) 作業フォーマット

		シナリオ			特性								
		レファレンスシナリオ： Pu一回リサイクル (再処理、プルサーマル利用、MOX使用済み燃料長期貯蔵)	検討対象シナリオ： MOX使用済み燃料再処理 (Puマルチサイクル)	シナリオ間の各技術の観点での主な違いの	1. 経済性	2. 安定性	3. 資源	4. 環境影響	5. 安全性	6. セキュリティ	7. 核不拡散性	8. 技術的成立性・実現性	9. 柔軟性
技術	1.U採掘												
	2. 転換/濃縮												
	3. 燃料製造												
	4. 原子炉												
	5.1 SF貯蔵												
	5.2 SF輸送												
	6.1. 再処理												
	6.2 廃棄体化												
	7.1 HLW貯蔵												
	7.2 HLW輸送												
	8.1 処分 (LLW)												
	8.2 処分 (ILW)												
	8.3 処分 (HLW)												

## (b)上記フォーマットでの情報の段階的整理:

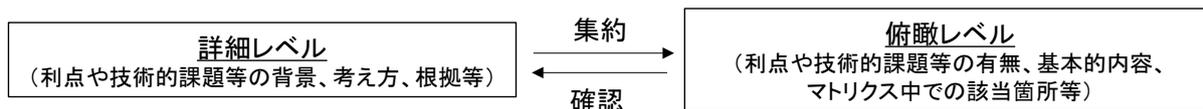


図2 WG-B (MOX プルサーマルサイクルを対象とした検討) での作業フォーマット例