

## 柔軟性の高い MA 回収・核変換技術の開発

### (13) MA 回収・核変換を含むサイクルシナリオ検討とマルチリサイクル評価

Development of highly flexible technology for recovery and transmutation of minor actinide

#### (13) Evaluation of fuel cycle scenarios with multiple MA recovery and transmutation

\*飯塚 政利<sup>1</sup>, 太田 宏一<sup>1</sup>, 野平 俊之<sup>2</sup>, 大釜 和也<sup>3</sup>, 小藤 博英<sup>3</sup>

<sup>1</sup>電力中央研究所, <sup>2</sup>京都大学, <sup>3</sup>JAEA

原子力発電容量が 2030 年度時点における総発電量の約 22% (32GWe) で維持される条件下で、金属燃料高速炉、乾式再処理の特徴を活かした炉心を用いた複数のマイナーアクチニド (以下 MA) 回収・核変換シナリオについて、マルチリサイクルも考慮した燃料炉心の成立性、Pu/MA バランス、MA 核変換性能等の観点から評価を行った結果、いずれのシナリオでも高い Pu/MA 蓄積量・放射毒性低減効果が得られることが示された。

**キーワード:** 金属燃料, 乾式再処理, MA 核変換, ナトリウム冷却高速炉, 燃料サイクルシナリオ

#### 1. 背景・目的

高速炉燃料サイクルに高濃度 MA 含有金属燃料と乾式再処理技術を取り込むことにより、幅広い高速炉導入/Pu 需給シナリオに柔軟に対応し、廃棄物有害度低減効果を最大化する MA 回収・核変換システム (図 1) を構築するための技術開発を進めてきた。その中で、マルチリサイクルも考慮した成立性が確認された 3 種類の炉心<sup>[1]</sup>、(a) 高濃度 MA 金属燃料を MOX 燃料炉心に部分装荷、(b) 金属燃料炉心の一部に高濃度 MA 金属燃料を装荷、(c) SiC 減速材集合体を分散配置した金属燃料炉心に高濃度 MA 金属燃料を均質装荷、を用いた MA 回収・核変換シナリオについて、本研究で別途得

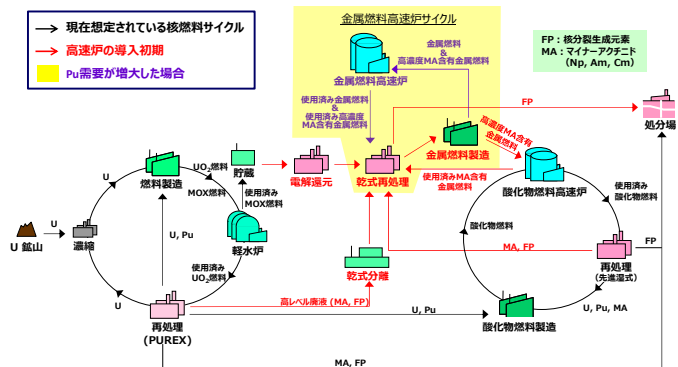


図1 柔軟性の高いMA回収・核変換システム概念

られた MA 核変換量・回収性能評価結果を踏まえた Pu/MA の物質収支評価により、新たな MA リサイクル手法の成立性と導入による Pu/MA 蓄積量と放射毒性に対する低減効果を定量的に示すことを目的とした。

#### 2. 結果と考察

(a)~(c) 各炉心の仕様と性能の概要を表 1 に示す。Pu/MA の物質収支評価における固定条件として、軽水炉 UOX 燃料再処理工場は 800t/y の処理速度を保持して順次リプレースされ、高速炉は軽水炉 UOX 燃料再処理で得られる核分裂性 Pu 量とバランスする規模 (約 11.6GWe) まで、2GWe/10 年のペースで導入されると仮定した。また、軽水炉 UOX 燃料再処理で発生する高レベル廃液中の MA および使用済軽水炉 MOX 燃料は、シナリオ毎の必要時期/必要量に応じて高濃度 MA 金属燃料の原料として供給されるものとした。

炉心 (a) を用いた場合のシナリオにおける各炉型の設備容量推移を図 2 に示す。このシナリオにおいては、MOX 燃料高速炉心に部分装荷される高濃度 MA 金属燃料製造に必要な核分裂性 Pu を調達するために、18.7t-HM/y 規模の使用済軽水炉 MOX 燃料を対象とする乾式再処理施設を 10 年毎に (最終的には 93.7t-HM/y) 導入する必要がある。高速炉立ち上げに備えて蓄積される核分裂性 Pu および MA 量はそれぞれ最大で 11.9t および 34.2t であり、全ての回収 MA を高速炉サイクルに移行するまでに 80 年を要すると評価された。また、高濃度 MA 金属燃料中のアクチニド全体の GWe 年あたりの放射毒性は照射により経口年摂取限度 (50mSv) に対する比で約  $2.84 \times 10^{10}$  減少する。炉心 (b)、(c) を用いた場合のシナリオについても同様の評価を行ったところ、MA 最大蓄積量低減、高速炉サイクルへの MA 移行に要する期間短縮および放射毒性低減について、(c) > (b) > (a) の順で大きな効果が得られるという結果が得られた。

#### 参考文献

[1] 文部科学省受託研究「柔軟性の高い MA 回収・核変換技術の開発」平成 28~令和元年度成果報告書)

※本研究は文部科学省原子力システム研究開発事業「柔軟性の高い MA 回収・核変換技術の開発」の成果である。

\*Masatoshi Iizuka<sup>1</sup>, Hirokazu Ohta<sup>1</sup>, Toshiyuki Nohira<sup>2</sup>, Kazuya Ohgama<sup>3</sup>, Hirohide Kofuji<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CRIEPI, <sup>2</sup>Kyoto Univ., <sup>3</sup>JAEA

表1 検討対象炉心の仕様・性能概要

炉心構成	(a)	(b)	(c)
Pu 蓄積度 (wt%) <sup>*1</sup>	18.7/24.8/18.5	13.7/13.7/22.7	18.8/18.8/-
MA 添加率 (wt%) <sup>*2</sup>	16.0	22.7	18.8
運転サイクル長 (d)	548	709	709
増殖比 (-)	1.00	0.98	0.78
取出燃焼度 (GWd/t)	116	96	133
冷却材ボイド反応度 (\$)	6.0	6.7	6.6
MA 変換量 (kg/GWe-y)	89	94	461

<sup>\*1</sup> 内側炉心/外側炉心/非均質装荷・高濃度 MA 含有金属燃料。

<sup>\*2</sup> 高濃度 MA 含有金属燃料の MA 添加率。

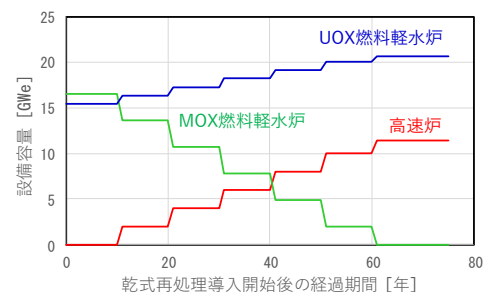


図2 炉心(a)を用いたシナリオにおける設備容量推移