

柔軟性の高い MA 回収・核変換技術の開発

(3)高濃度 MA 含有金属燃料装荷・MOX 燃料高速炉の炉心設計

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

(3) Design study on a MOX fuel fast reactor core loading highly concentrated MA-containing metal fuel

*大釜 和也¹, 原 俊治², 太田 宏一², 大木 繁夫¹, 飯塚 政利²¹ 日本原子力研究開発機構, ² 電力中央研究所

柔軟性の高い MA 回収・核変換技術の開発の一環として、本研究では、高濃度 MA 含有金属燃料を混合酸化物(MOX)燃料高速炉に非均質に装荷し、炉心安全性と MA 核変換量の増大を目指した炉心概念の核および熱流動設計を実施した。

キーワード：金属燃料、MA 核変換、ナトリウム冷却高速炉、核設計、熱流動設計

1. 緒言

湿式再処理・MOX 燃料を利用した高速炉サイクルに、比較的容易に MA の扱いが可能で、かつ、小規模でも経済性に優れる等の特長を有する金属燃料-乾式再処理を加えることで、既存インフラを有効に活用しつつ、早期に高速炉における MA 核変換を実用化できる可能性がある。本研究では、このようなサイクル実現のため、炉心安全性と MA 核変換性能の両立を目指した高濃度 MA 含有金属燃料(以下、MA 金属燃料)装荷 750MWe MOX 燃料炉心の炉心設計成立性を確認した。

2. 検討条件・解析方法

本研究では、MOX 燃料炉心の外側炉心最外周に 60 体の 16wt%MA 含有金属燃料集合体を非均質装荷した炉心(以下、非均質装荷炉心)を対象とした[1]。同炉心の MOX 燃料は高除染再処理で回収した U-Pu および随伴する Np のみを含む。3 次元拡散燃焼計算により炉心特性を評価し、3wt%MA 含有 MOX 燃料炉心(均質装荷炉心)の特性と比較した。得られた出力分布を用い、被覆管温度および累積損傷和(CDF)制限を満たす必要流量を評価した。

3. 検討結果

金属燃料の被覆管温度制限は、燃料と被覆管の接触による液相形成回避のため、MOX 燃料よりも 50°C 低い 650°C としている。均質装荷炉心の炉心冷却材流量 9000kg/s および冷却材出/入口温度 550/395°C を変更せずに、この制限を満たすための検討を行った。多様な燃料組成における成立性を確認するため、2つの代表組成で評価した。図1は、基準とした均質装荷炉心に対する非均質装荷炉心(ケース1)の各領域の相対流量(9000kg/s に対する割合)の差を示す。非均質装荷炉心は、MOX 燃料内に Am を含まないため、内側炉心の CDF が緩和し、必要流量が 1.6%改善した。一方、MA 金属燃料を装荷した外側炉心の必要流量が 4.1%増加し、合計で 2%以上増加した。そこで、ケース2では、出力に対する必要流量が高い径方向ブランケット燃料をステンレス遮蔽体に置換することで必要流量合理化を図った。径方向ブランケット削除(6.5%改善)および置換したステンレス遮蔽体の流量(ここでは全炉心流量の 1%を想定)で、差し引き 5.5%の改善となった。一方、削除した径方向ブランケットの出力を分担する内側および外側炉心はケース1より必要流量が増加した。この結果、均質装荷炉心と比較し、外側炉心で 6.6%増加し、内側炉心は 1.2%低下となった。結果、必要流量の合計は均質装荷炉心と同等に抑えることができた。ケース2の炉心特性を表1に示す。冷却材 Na ボイド反応度およびドップラ係数は均質装荷炉心と大きな差はない。最大線出力も制限値(MOX 燃料 430W/cm、金属燃料 500W/cm)を満たす。径方向ブランケットを削除したため、均質装荷炉心より低い約 1.00 となった。以上により、核・熱流動設計が成立性する見込を得た。

参考文献

[1]大釜他, 柔軟性の高い MA 回収・核変換技術の開発(2), 日本原子力学会 2017 年秋の大会, 3H07, (2017).

※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。

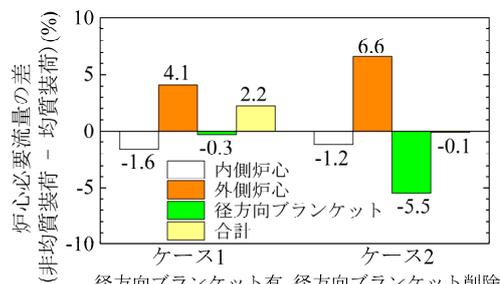


図1 炉心必要流量の比較

表1 炉心特性の比較

炉心特性	非均質装荷炉心 (ケース2) ¹⁾	均質装荷炉心 ¹⁾
冷却材 Na ボイド反応度 [S]	6.0	6.0
ドップラ係数 [Tdk/dT]	-4.4E-03	-4.6E-03
最大線出力 (MOX/金属) [W/cm]	407/366	408/-
MA核変換量 [kg/GWe-y] ²⁾	89	53
増殖比 [-]	1.00	1.12

¹⁾ LWR 45~49GWd/使用済燃料を炉外時間40年で低除染再処理(TRU一括回収)

(MA含有率が高く、Puフィッサイル率が低い組成)

²⁾ 定検期間45日を考慮。

*Kazuya Ohgama¹, Toshiharu Hara², Hirokazu Ohta², Shigeo Ohki¹ and Masatoshi Iizuka²

¹ Japan Atomic Energy Agency, ² Central Research Institute of Electric Power Industry.