

スーパー高速炉の軸方向非均質炉心の MA 変換特性予備評価

Preliminary Study on Axially Heterogeneous MA Transmutation Core of Super Fast Reactor

*福田貴齊¹, 山路哲史¹

¹早稲田大学

冷却材に超臨界圧軽水を用いるスーパー高速炉の炉心軸方向冷却材密度変化がマイナーアクチノイド (MA) 変換性能に及ぼす影響を予備評価した。複数の MOX 燃料層と blanket 燃料層により軸方向非均質炉心を構成し、MA を炉心に均一に装荷した場合と一部の燃料層にのみ添加した場合の MA 変換特性を評価した。

キーワード : マイナーアクチノイド(MA), 核変換, 超臨界圧軽水冷却炉, 高速炉, 軸方向非均質 MA 装荷

1. 背景・目的

超臨界圧軽水冷却高速炉(スーパー高速炉)の炉心では軸方向に水密度が大きく変化するが、それによる中性子スペクトルの軸方向変化を活用した効率的なマイナーアクチノイド (MA) 変換炉心概念はこれまでに研究されていない。本研究では複数の MOX 燃料層と blanket 燃料層を交互に配置した軸方向非均質炉心の各燃料領域の MA 添加量が MA 変換性能に及ぼす影響を評価した。これにより、スーパー高速炉の軸方向非均質炉心の MA 変換性能を支配・制限する因子と、MA 変換性能向上の課題を明らかにすることを目的とした。

2. 設計基準・性能評価指標・手法

負のボイド反応度係数、被覆管表面最高温度 $\leq 650(^{\circ}\text{C})$ 、最大線出力密度 $\leq 39(\text{kW}/\text{m})$ を設計基準とした。SRAC2006 を利用した 3 次元炉心燃焼計算 (1/6 炉心体系) と単チャンネル熱流動解析の核熱結合計算により、炉内冷却材密度変化が MA 変換量($\text{kg}/\text{GWe year}$)と MA 変換効率($\%$)に及ぼす影響を評価した。

3. 炉心設計・結果

先行研究[1]の 4 層炉心 (MOX2 層、blanket2 層) に MA を均一に添加したところ、MA 添加量を増やすと MA 変換性能は向上するが負のボイド反応度係数の設計制約が厳しいことがわかった。そこで炉心長は同程度に維持し、上部 MOX 層を追加した高中性子漏洩型 5 層炉心によるボイド反応度特性の改善と MA 変換性能の向上を検討した。この 5 層炉心の下部 MOX 燃料のみと上部 MOX 燃料のみに MA をそれぞれ添加した場合の MA 変換性能を評価した結果を図 1 に示す。同じ取り出し燃焼

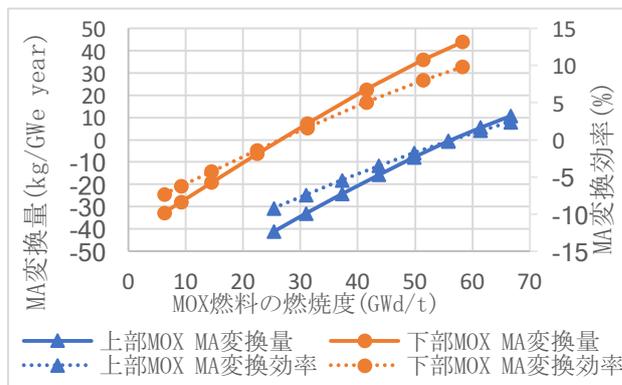


図 1 : MOX 燃料の取出し燃焼度 MA 変換性能の関係

度ならば中性子スペクトルが軟らかい下部 MOX 燃料に MA を添加したほうが高い MA の変換性能が得られた。

4. 結論

スーパー高速炉の MA 変換性能は添加する MA の量と添加する領域の軸方向位置に依存しており、MA 変換性能を向上させるためには、中性子漏洩特性などを活用し、炉心のボイド特性を改善することが効果的である。

参考文献

[1] Noda, S., *et al.*, Flexible Core Design of Super FBR with Multi-Axial Fuel Shuffling, Nuclear Engineering and Design 324,45-53, (2017).

*Takanari Fukuda¹ and Akifumi Yamaji¹

¹Waseda Univ.