

UTOP 時の燃料溶融を回避し MA 核変換量を最大化する高速炉炉心の初期検討

Primitive Study on Fast Reactor Core Avoiding Fuel Melting under UTOP for Maximizing MA Transmutation

*川崎 主税¹, 北田 孝典¹, 竹田 敏¹

¹ 大阪大学

MA 核変換量の向上と ATWS 時の炉心安全性を両立させる高速炉の設計を目標として検討を進めている。本研究では、UTOP 時における燃料溶融の回避を評価指標とし、MA 核変換量を向上させるような Pu 富化度と MA 含有率を検討した。

キーワード：高速炉、MA 核変換、UTOP

1. 緒言

MA (マイナーアクチノイド) は半減期が長く放射性毒性が強いため、高速炉で核変換することが期待されている。また、高速炉では ATWS (スクラム失敗事象) が発生しても、燃料健全性を維持する設計が望ましい。Pu 富化度や MA 含有率等の設計仕様は、MA 核変換量や ATWS 時の燃料健全性の両方に影響を与えることをふまえ、本研究では、ATWS の一つである UTOP (過出力時原子炉停止機能喪失事象) 時における燃料溶融を回避しつつ、MA 核変換量の向上を実現できるような Pu 富化度や MA 含有率を検討した。

2. 計算条件

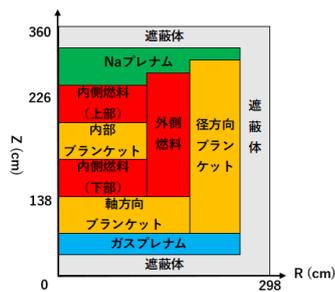


図 1：炉心体系

図 1 に炉心体系を示す。炉心熱出力は 1650MW、燃焼期間は 1 年とした。計 6 個の燃料領域が存在し、3 個の領域には MOX 燃料を、他の 3 個の領域にはブランケット燃料を配置した。全ての燃料に MA を含めている。Pu 富化度と MA 含有率の範囲は 0~20 wt % に設定した。3 個の Pu 富化度と 6 個の MA 含有率 (計 9 個のパラメータ) を対象に、探索アルゴリズムである Harris Hawks Optimization (HHO) [1] による最適化計算を行った。目的関数は MA 核変換量とした。また、UTOP 時において燃料溶融を回避できない場合は目的関数に対してペナルティを与えた。

3. 計算結果

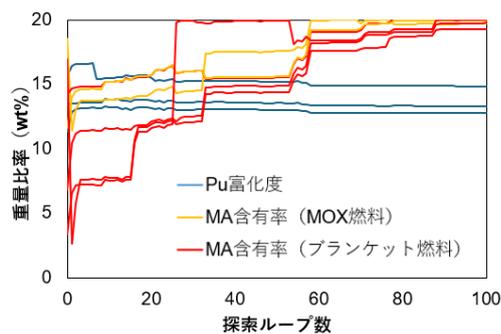


図 2：Pu 富化度と MA 含有率

図 2 に、最適化計算における Pu 富化度と MA 含有率の推移を示す。6 個の MA 含有率は 19~20 wt % の範囲に収束する結果となった。MA 含有率の増加によってドップラ係数や冷却材温度係数は UTOP 時における燃料健全性に対して悪影響を及ぼす方向に大きく変化していたが、最適化計算で得られた炉心は UTOP 時における燃料溶融を回避できる仕様となっていた。これは、燃焼初期および末期の実効増倍率を約 1 となる Pu 富化度とすることで、制御棒が引き抜けたときに炉心へ投下される反応度を小さくできたためと考えられる。

3. 結論

HHO により、上限値に設定した 20 wt % に近い MA 含有率でありつつ、UTOP 時において燃料溶融を回避できるような炉心を最適化計算で得ることができた。

参考文献

[1] Future Generation Computer Systems August 2019 Pages 849-872 Heidari, Ali Asghar, et al.

*Chikara Kawasaki¹, Takanori Kitada¹ and Satoshi Takeda¹

¹Osaka Univ.