

# 多目的のプルトニウム利用戦略に合わせた PWR 炉心設計の最適化

Optimization of PWR core design for multipurpose plutonium utilization strategies

\*藤岡 里英<sup>1</sup>, Karim Ammar<sup>2</sup>, Frederic Damian<sup>2</sup>, Anthime Farda<sup>2</sup>, 相楽 洋<sup>1</sup>, 韓 治暎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学, <sup>2</sup>フランス原子力・代替エネルギー庁

軽水炉における多目的のプルトニウム(Pu)利用戦略の一つとして、PWR 炉心を Pu 低減率最大化に最適な炉心へ設計変更するために、炉心パラメータの Pu 収支に関する感度解析、炉心性能性を考慮した多目的最適化の結果を報告する。

**キーワード** : Pu 燃焼, 軽水炉設計, 多目的最適化, 遺伝的アルゴリズム

**1. 緒言** 軽水炉では多様な中性子スペクトルを実現できることから多目的の Pu 利用が可能である。本研究では PWR 炉心パラメータが Pu 収支に与える感度を明らかにし、炉心性能性を考慮した上で Pu 低減率( $\Delta M_{Pu}/M_{Pu,BOC}$ )最大化に最適な PWR の炉心設計を多目的最適化手法を用いて提案する。

**2. 研究手法** Pu 収支に対する感度解析においては 3 次元炉物理解析多目的コード APOLLO2[1]を用い、PWR 用基本 MOX 燃料ピン(減速材対燃料比( $V_m/V_f$ )=1.95, Pu 富化度=10.42wt.%, MOX 燃料保管期間=0 日)に対し 2 次元のピンセル体系で  $V_m/V_f$ , Pu 富化度, MOX 燃料中の母材を  $UO_2$  から YSZ へ置換した重量割合( $M_{UO_2}/M_{matrix}$ )、MOX 燃料保管期間の 4 つのパラメータの燃焼反応度を計算し Pu 低減率を求めた。続いて多目的最適化においては、CEA が開発を進める中小型 PWR(500MWth)を対象炉心とし、3 つのパラメータ( $V_m/V_f$ , Pu 富化度, MOX 燃料保管期間)について、Pu 低減率及び燃焼期間が最大且つピーキング係数(3 次元炉心内の最大出力密度/平均値)が最小になるよう最適な範囲を決定した。多目的最適化コード URANIE[2]を用い、APOLLO2 での多様な炉心パラメータ毎の実効断面積作成と 3 次元全炉心計算コード CRONOS2[3]での燃焼反応度及び 3 次元熱出力分布データ作成を制御し、遺伝的アルゴリズムによって最適化を行った。

**3. 結果・考察** Pu 収支に対する感度解析の結果を図 1 に示す。減速材割合を 0.5 から 5 まで大きくすると中性子の減速効果の増大によって、また  $M_{UO_2}/M_{matrix}$  割合が 100 から 0wt.% 変化させると Pu 内部転換量の減少によって、どちらも Pu 低減率が大きく増加した。また MOX 燃料の貯蔵期間を 50 年と長くさせると初期 MOX 燃料中  $^{241}Am$  割合が増加し燃焼を通じて偶数番号 Pu 同位体に核変換することにより Pu 低減率は大幅に減少した。

PWR 炉心設計最適化の結果を図 2 に示す。青いラインで示した、Pu 低減率、ピーキング係数、燃焼期間の最適解群を明らかにした。さらに星印で示す一般商業用 PWR-MOX の性能を上回る(ピーキング係数 2.87 以下及び燃焼日数 674 日以上)ピンク色で示した領域は、 $V_m/V_f$  が 0.5 から 1.74, Pu 富化度が 12 から 25 wt.%, 保管期間が 0 から 19.6 年の範囲を取る、つまり、若干の Pu 高富化度、 $V_m/V_f$  低減を行った中小型低減速軽水炉が Pu 低減に優れていることを明らかにした。

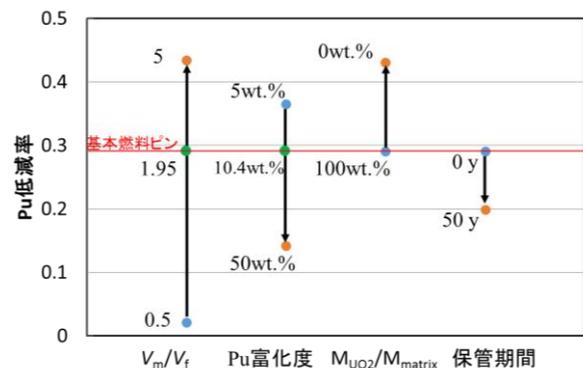


図 1 Pu 低減率に対する感度解析

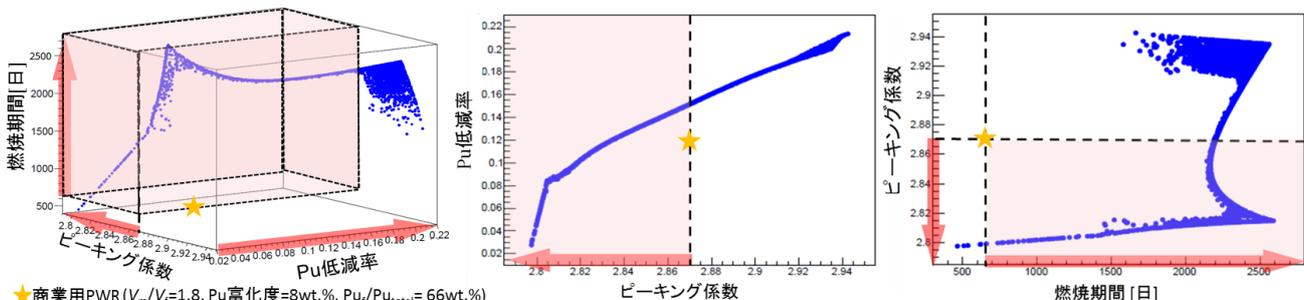


図 2 3 つの指標 (Pu 低減率、ピーキング係数、燃焼期間) の最適解群

## 参考文献

[1] R. Sanchez, Nucl. Eng. Technol. 42, 474–499. 2010 [2] F. Gaudier, Procedia Social and Behavioral Sciences, 2, 6, 7660–7661, 2010 [3] J.J. LAUTARD, “CRONOS, A Modular Computational System for Neutronic Core Calculations”, IAEA Top. Mtg., 1990

<sup>1</sup>Rie Fujioka<sup>1</sup>, Karim Ammar<sup>2</sup>, Frederic Damian<sup>2</sup>, Anthime Farda<sup>2</sup>, Hiroshi Sagara<sup>1</sup> and Chi Young Han<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Institute of Technology, <sup>2</sup>Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA)