

# 新燃料配置全数探索および局所反復探索を用いた燃料装荷パターン最適化

Fuel Loading Pattern Optimization Using Exhaustive Search for Fresh Fuels and Iterated Local Search

\*石黒 諭美<sup>1</sup>, 遠藤 知弘<sup>1</sup>, 山本 章夫<sup>1</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学,

新燃料配置については、すべての組み合わせを考慮する全数探索を実施し、それぞれの新燃料配置に対して燃焼燃料の配置を局所探索する手法を PWR 炉心燃料配置の最適化に適用した。

**キーワード:** 最適化、燃料装荷パターン、全数探索、局所反復探索

## 1. 緒言

燃料装荷パターンの探索は通常、エンジニアの広範囲にわたる試行錯誤にて行われることが多い。燃料装荷パターン最適化は、組み合わせ最適化問題の範疇に所属する問題である<sup>1)</sup>。しかしながら装荷されている燃料集合体の組み合わせ総数が膨大、つまり探索空間が広いことから、全数探索は非現実的である。したがって、これまでは焼きなまし法を初めとする確率的探索法や、エンジニアの経験や知識を取り入れた探索法などが試みられてきた。しかし、これらのいずれの方法も、解空間を網羅的にカバーすることは難しいという問題が残っていた。そこで、本研究では、全数探索の網羅性をできるだけ活かした最適化手法を提案する。具体的には、炉心特性への影響が大きい Gd 新燃料配置については全ての組み合わせを考慮する全数探索を実施し、その後それぞれの Gd 新燃料配置に対して燃焼燃料の配置を局所探索するという手法である。この方法では Gd 新燃料について全数探索を行うことで解空間を網羅的に探索し、それによって有力な解空間を見出すことを目指している。本発表では燃焼計算を含んだ PWR 炉心に対して本手法を適用した結果を報告する。

## 2. 計算手法

提案手法では、以下に示すステップに従って燃料装荷パターンを探索する。

準備: 本研究では、UO<sub>2</sub> 新燃料の配置を炉心の最外周に固定する。

- ① Gd 新燃料配置について全てのパターンに通し番号 (No.1~) をつける。本研究では Gd 配置は 1815 通りである。
- ② Gd 配置 No.1 を Gd 新燃料配置としてセットする。その後、燃焼燃料をランダムに配置し、局所探索のための初期配置とする。
- ③ ステップ 2 で得た初期配置からランダムに燃焼燃料を 2 体交換する。
- ④ ステップ 3 で得た配置の炉心特性を評価する。ステップ 3 で得た配置が優れていたらステップ 3 で得た配置を採用する。ステップ 3 で得た配置が以前の配置より悪化していたらステップ 3 で燃焼燃料を交換する前の配置に戻す。ステップ 3-4 をくり返し、局所反復探索を行う。(本研究では 1000 回)
- ⑤ ステップ 2 に戻り、次の Gd 配置 (Gd 新燃料配置 No.2) について同様のステップを、全ての Gd 新燃料配置に対して繰り返す。

## 3. 検証計算

提案手法の妥当性確認のため、3 ループ PWR 炉心を評価対象とし、燃料配置の探索を行った。燃焼を通じた炉心特性は、2 群拡散計算を用いて評価した。目的関数は、燃焼を通じた出力ピーキング係数の最大値であり、この目的関数を最小化する燃料配置を探索する。炉心には、新燃料として UO<sub>2</sub> 燃料 24 体、Gd 新燃料 28 体を装荷している。

## 4. 結果

Gd 新燃料配置ごとに実施した局所探索の結果得られた炉心の出力ピーキング係数のヒストグラム(全数 1815)を図 1 に示す。図 1 より、特定の Gd 新燃料配置のみが優れた炉心特性をもつ解に行き着く可能性を有していることが分かる。同時に、適切な燃料配置に至る可能性が極めて低い Gd 新燃料配置が存在することも読み取れる。つまり、そのような Gd 新燃料配置に対しては詳細な探索が不要であることが分かる。今後の展望として、有望な Gd 新燃料配置について、燃焼燃料の段階的全数探索を行うなど、最適解の期待できる解空間を網羅的に探索する手法を検討している。

## 参考文献

- 1) K. ISHITANI, M. ADACHI, J. UENO, A. YAMAMOTO, "Development of Multi-Stage Stochastic PWR Loading Pattern Search Code SAMPLS," Advances in Nuclear Fuel Management IV (ANFM 2009) Hilton Head Island, South Carolina, USA, April 12-15, 2009, (2009) [CD-ROM]

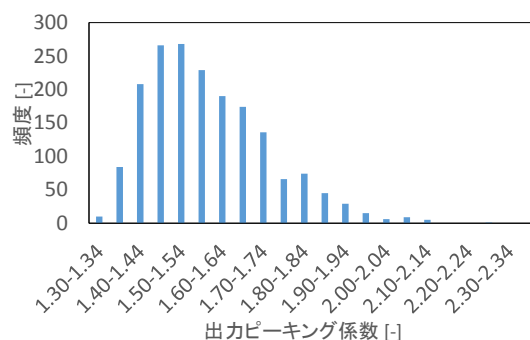


図 1 Gd 新燃料配置ごとの出力ピーキング係数

\*Satomi Ishiguro<sup>1</sup>, Tomohiro Endo<sup>1</sup> and Akio Yamamoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Nagoya Univ.