

# 遺伝的アルゴリズムを用いた MA 低減型固有安全高速炉の最適化

Optimization of Minor Actinide transmutation for fast reactor with inherent safety

based on genetic algorithm

\*松田 拓朗<sup>1</sup>、北田 孝典<sup>1</sup>、竹田 敏<sup>1</sup>、山本 祐真<sup>1</sup>

<sup>1</sup>阪大

固有安全性を満たす設計基準内で MA 低減型高速炉を最適化することを対象とし、遺伝的アルゴリズムの有効な利用法を模索した。

**キーワード**：遺伝的アルゴリズム、最適化、マイナーアクチノイド、高速炉、固有安全

## 1. 緒言

Na 冷却で MA を装荷した高速炉では、MA 装荷量や MA 装荷燃料の配置が固有安全性の指標の一つである Na ボイド反応度と密接に関係する。本研究では、遺伝的アルゴリズムを用いて MA 装荷型高速炉においてボイド反応度負となる条件を満たしつつ MA 低減量を最大化させる問題を対象として、遺伝的アルゴリズムの有効な利用法を模索する。

## 2. 計算手法と結果

### 2-1. 遺伝的アルゴリズムの手法検討

本研究では、遺伝的アルゴリズムによる最適化の評価関数算出のため、ERANOS コードを用いて Sn 計算を行い、冷却材 Na が 100%ボイドした際のボイド反応度、MA 含有燃料領域の中性子束を算出した。遺伝子は燃料の種類(MA 無し MOX 燃料、MA 有り燃料)とし、燃料配置を個体情報として扱った。ボイド反応度が負となることを条件とし、MA 低減量を最大化することを目的として使用した評価関数を次式に示す。

$$E = V\phi - (R + |R|) * 10$$

[E：評価関数、V：MA 含有燃料体積、 $\phi$ ：MA 含有燃料領域中性子束、R：ボイド反応度]

全ての遺伝子を対象に 2 点交叉させる方式を基準の条件とした。しかし、この条件では局所最適に陥りやすい問題が生じた。そのため、交叉方式に着目し、遺伝的アルゴリズムの有効な利用法を模索した。表 1 で示す交叉範囲と交叉手法を用いて、それぞれ 5 回最適化計算を実施し、最適化の結果にどの程度影響を与えるかを確認した。ループ型の 2 点交叉は、遺伝子の両端をつなげて 2 点交叉を行うことで、遺伝子ごとの交叉処理が生じる確率に偏りが生じない方式となっている。

表 1 実施した交叉方式

交叉範囲	交叉手法
全ての遺伝子を対象に 1 度交叉	1点交叉
	2点交叉
同一層の集合体の遺伝子毎に交叉	一様交叉
	ループ型の 2 点交叉

### 2-2. 遺伝的アルゴリズムの手法改善による結果

交叉範囲について、全ての遺伝子を対象に交叉させる場合と比較して、同一層の集合体の遺伝子毎に交叉させる場合は評価関数が 0.23% 改善した。同一層の集合体の遺伝子毎に交叉させることで、空間的に近い遺伝子を交叉させ、より広域的な探索を行うことができたためと考えられる。また、交叉手法について、2 点交叉と比較して、ループ型の 2 点交叉とする場合は評価関数が 0.28% 改善した。

## 3. まとめ

MA 装荷型高速炉においてボイド反応度負となる条件を満たしつつ MA 低減量を最大化させる問題を対象として、遺伝的アルゴリズムの有効な利用法を検討した。

## 参考文献

[1] “Surrogates based multi-criteria predesign methodology of Sodium-cooled Fast Reactor cores – Application to CFV-like cores” (Olivier Fabbris, Saied Dardour, Patrick Blaise, Jean-Henry Ferrasse, Manuel Saez) (2016)

\*Takuro Matsuda<sup>1</sup>, Yuma Yamamoto<sup>1</sup>, Takanori Kitada<sup>1</sup>, Satoshi Takeda<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Osaka Univ.