

課題名	FBR 燃料・炉心設計の特徴を考慮した燃料配置最適設定手法の開発			
参画機関	大阪大学、東京都市大学、三菱重工業（株）			
事業規模	期間	平成 21～24 年度	総額	38 百万円
<p>【研究代表者】 菅 太郎 三菱重工業（株） 主席 (現)三菱 FBR システムズ 主席</p> 				
<p>【研究概要】</p> <p>高速増殖炉（FBR）の経済性の観点では、燃料を効率良く使い、取出平均燃焼度を向上させることが重要ですが、そのためには炉心を構成する燃料集合体をどのように交換するか、すなわち、燃料交換パターンを工夫する必要があります。今回は、優れた燃料交換パターンを見出すための組合せ最適化問題を解く手法を開発しました。</p> <p>取出平均燃焼度を向上させるためには、運転サイクルの期間を長くすることが効果的ですが、燃料の健全性を確保するための熱的な制限条件の点で厳しくなります。そこで、燃料交換パターンを最適化することにより、出力分布の平坦化を図ることにしました。</p> <p>出力分布は最適化における目的関数となり、炉心計算コードを用いて評価されます。しかし、その計算には時間がかかるため、多数の燃料交換パターンの評価を行う必要がある最適化解析では解が得られない場合があります。そこで、出力分布を短時間で簡易に予測する手法を導入し、最適化の初期段階で有望な解（燃料交換パターン）の選別に用いることにしました。</p> <p>また、最適化のアルゴリズムとしては、良く知られた遺伝的アルゴリズムや焼き鈍し法等を採用し、それらを組合わせて使えるようにしました。</p> <p>この手法を用いて、「もんじゅ」等を対象とした最適化を行い、FBR における配置最適化の効果を定量的に明らかにしました。特に、電気出力が 150 万 kW で燃料集合体数が 500 体を超える大型の FBR 実用炉に対しても、現実的な時間で最適化解析が可能であることが示されました。</p>				
<p>【その後の取り組み】</p> <p>今回、開発した手法は、今後、「もんじゅ」の運転や FBR 実用炉の設計に適用して行くことにより実用性を向上させる必要があると考えています。また、FBR の将来的な炉心運用、例えば、シャッフリングを含む燃料交換や出力分布制御のための制御棒運用等への応用が可能であり、FBR の更なる性能向上や安全裕度拡大のために活用されることが期待されます。</p>				

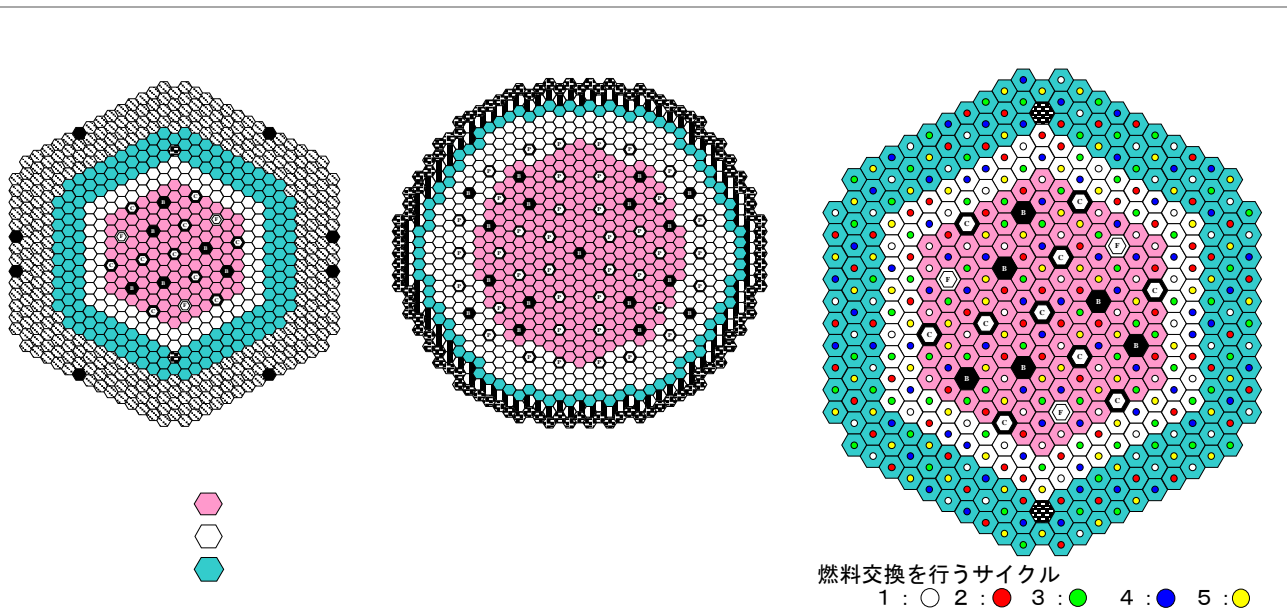
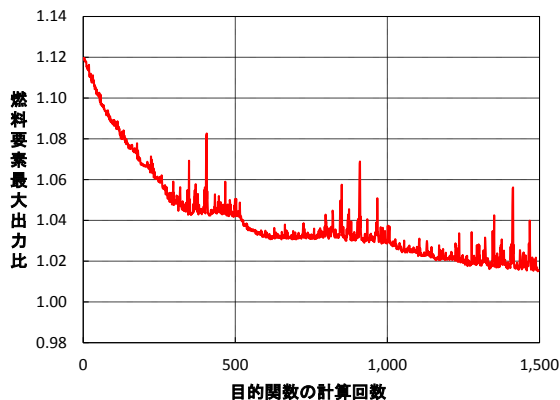


図1 代表的なFBRの炉心配置

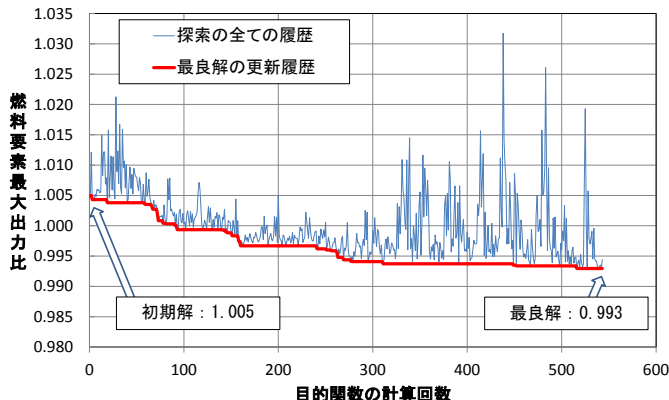
FBR 実用炉は炉心燃料集合体の数が「もんじゅ」の3倍近くあり、燃料交換パターンの組合せ数は更に膨大となります。

図2 燃料交換パターンの例

この例では、各サイクルで約1/5の燃料集合体を交換し、1つの燃料集合体は5サイクル毎に交換されることを繰り返します。



(1) ランダムな初期解から開始した場合



(2) 簡易な予測手法で選別した初期解から開始した場合

図3 FBR 実用炉の燃料交換パターンの最適化

出力分布の平坦化の指標（目的関数）とした燃料要素最大出力比は、ランダム解から開始した場合、設計者がマニュアルで作成した燃料交換パターンより優れていることを示す1.0以下になりませんが、簡易な予測手法による選別解から開始する場合は0.993まで下がりました。

代表的な特許、論文受賞など

- 菅 太郎 高木 直行 北田 孝典, “FBRの燃料配置最適設定手法の開発”, 日本原子力学会春の年会, (2013).
- 竹生 諭司 高木 直行 菅 太郎 北田 孝典, “人工蜂コロニー法を用いたもんじゅ炉心燃料配置最適化に関する研究 (1)人工蜂コロニー法の原理と本問題への応用方法”, 日本原子力学会秋の大会, (2013).
- 竹生 諭司 高木 直行 菅 太郎 北田 孝典, “人工蜂コロニー法を用いたもんじゅ炉心燃料配置最適化に関する研究 (2)適応度関数及び最適パラメータについての考察”, 日本原子力学会秋の大会, (2013).