

SMR における複数炉心での燃料運用の検討

Study on Nuclear Fuel Management for Multi-modules SMRs

*山下 芳輝¹, 遠藤 知弘¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

複数炉心の SMR(小型モジュール炉)を想定して、燃料を共有しつつ運用する条件において、燃料運用方法の検討を行った。各炉心のサイクル長(新燃料体数)を変更し、それぞれの運用パターン的小区平均燃焼度を比較した。その結果、複数炉心で燃料プールを共有しながら運転することで、燃料コストが改善する可能性があることが分かった。

キーワード: 小型モジュール炉、複数炉心、炉心設計、出力分担、最適化、最急降下法

1. 緒言 本研究で対象とする軽水型 SMR は、既存の大型軽水炉と比較して、工期の短さなどの点において優れているとされる一方で、中性子の漏えい量が多いことから燃料コストが高くなる課題が存在している。ここで SMR は、1つの原子炉建屋内に複数の原子炉を設置し、燃料プールを共有できる場合があり、燃料運用の自由度が高い。そこで本研究では複数炉心間で燃料を共有することを想定して、複数の運転パターンについて燃料サイクルコストの観点から比較を行う。また、燃料を共有しない場合との比較も行う。

2. 手法 複数炉心・複数サイクルの燃料装荷パターンの同時最適化は計算時間の点から困難である。そこで、燃焼度が同程度の燃料をグループ化し、各燃料グループの出力分担を最適化することとした。炉心に装荷されている燃料は、最適化された出力分担で燃焼され、各運転サイクル終了後に共有の燃料プールに取り出される。次の運転サイクルでは、新燃料の他に、共有燃料プールから低燃焼度順に継続使用燃料が装荷さる。複数炉心を想定した場合は、他の炉心で使用された燃料が燃料プールに存在しており、その燃料が別の炉心に再装荷されることで複数炉心間での燃料取替が実施される。

3.2 炉心での計算 NuScale 社製の SMR に相当する原子炉(1炉心当たり 37 体の燃料集合体、図 1)を想定して、2つの炉心で運転した場合の最適化を実施した。複数サイクルの計算にあたっては、1サイクルごとに出力分担を最適化する逐次最適化を採用した。すべてのサイクルにおいて新燃料体数は 12 体、8 体、4 体のいずれかに固定し、各炉心の新燃料体数の組み合わせを変えて計算を行った。12 体取替の場合は 6 サイクル、8 体取替の場合は 9 サイクル、4 体取替の場合は 18 サイクル運転するように設定し、各サイクルの運転を開始する順番をあらかじめ決めて計算した。

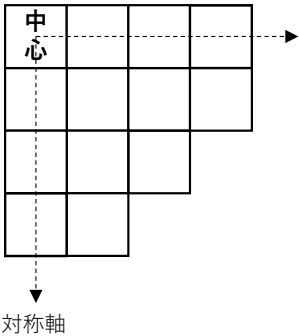


図 1 想定した SMR

4. 結果 新燃料体数の組み合わせを変えて最適化を実施し、取出平均燃焼度を比較した(図 2)。2炉心とも 4 体取替 (4-4 取替)の取出平均燃焼度が最も高くなり、2炉心とも 12 体取替(12-12 取替)の場合は最も低くなった。12 体取替と 4 体取替の組み合わせ(12-4 取替、平均 8 体取替)の取出平均燃焼度は、2炉心とも 8 体取替(8-8 取替)と比べて 2.1%高くなった。また、燃料を共有する場合の 8-4 取替の取出平均燃焼度は、燃料を共有しない場合よりも 0.9%高くなった。これは、燃料が他炉心に再装荷されることにより、燃焼がさらに進むためである。以上より、複数炉心の取替体数が異なる場合に、複数炉心間で燃料を共有しながら運用することで、燃料サイクルコストが改善する可能性があることが示唆された。

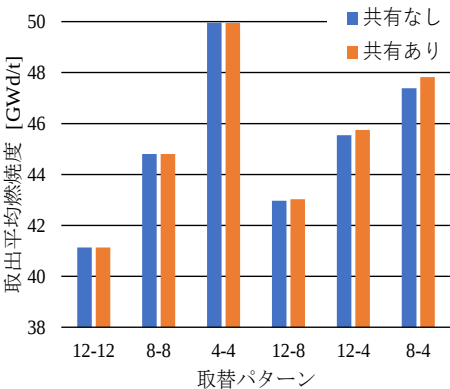


図 2 各取替パターンの取出平均燃焼度

*Yoshiki Yamashita¹, Akio Yamamoto¹ and Tomohiro Endo¹

¹Nagoya Univ.