

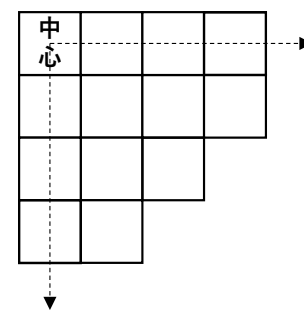
## SMR における複数炉心の燃料運用の検討

名古屋大学工学部エネルギー理工学科 山本研究室 山下芳輝

**1. 緒言** 小型モジュール炉(SMR)とは、従来の動力用軽水炉(電気出力が 100 万 kWe 程度)に対して、出力が数分の一の小型な原子炉であり、1 基あたりの電気出力は 30 万 kWe 以下である。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取出平均燃焼度の比較を行う。複数炉心で燃料を共有しない場合と燃料を共有する場合の取出平均燃焼度を比較し、燃料貯蔵プールを共有することの有効性を評価する。

**2. 手法** 複数炉心・複数サイクルにおいて、燃料装荷パターンを同時に最適化すること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れる。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. 複数炉心での計算** 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と 3 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。



対称軸  
図 1 想定した SMR の

**4. 結果** 2 つの炉心で運転した場合の最適化結果について示す。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、ある炉心で使用された燃料が別の炉心に再装荷されることで、燃焼がさらに進むためである。以上より、複数の炉心で取替体数が異なる場合に燃料を共有することで、燃料サイクルコストが改善する可能性があることが分かった。

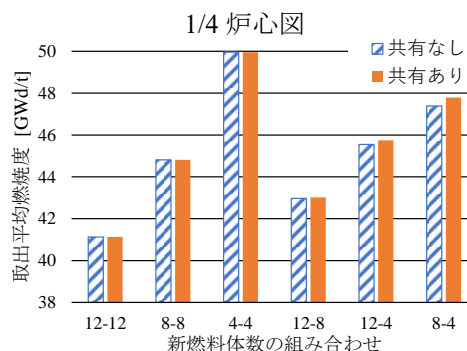


図 2 各新燃料体数の組み合わせに対する取出平均燃焼度の比較

**口頭発表** : 1. 山下芳輝, 遠藤知弘, 山本章夫, 第 54 回日本原子力学会中部支部研究発表会, R01, 12 月 15 日 (2022)

2. 山下芳輝, 遠藤知弘, 山本章夫, 日本原子力学会 2023 春の年会, 2L07, 3 月 13-15 日 (2023). (発表予定)

3. Y. Yamashita, T. Endo, A. Yamamoto, *Proc. M&C2023*, August 13-17 (2023). (submitted)