

渦巻型燃料移動によるブリードバーン型原子炉の成立性

Feasibility of Bread and Burn reactor with spiral pattern fuel movement

*西山 潤¹、桑垣 一紀²、小原 徹¹

¹ 東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所

² 東京工業大学 環境・社会理工学院 融合理工学系 原子核工学コース

ブリードバーン型原子炉における燃料装荷方法として渦巻型燃料移動手法を提案する。この燃料装荷方法は天然ウランを燃料とする燃料集合体を炉心外側に装荷し、燃焼サイクル毎に渦巻型に炉心中心へ向けて燃料集合体を移動させ、炉心中心到達後は同様に渦巻き型で炉心外側へ移動させていく方式である。金属燃料鉛ビスマス冷却高速炉体系において、この燃料装荷方法の成立性及び燃焼特性の評価を行った。

キーワード： ブリードバーン型原子炉、渦巻燃料移動、臨界計算、燃焼計算

1. 緒言

ブリードバーン型原子炉は炉心内での核分裂生成物の生成と消費が釣り合う原子炉である。中性子経済の良い高速炉体系に適用することで天然ウランもしくは劣化ウランを新燃料とすることができ、ワンスルーサイクルで高燃焼度を達成可能な原子炉システム概念である。これまでに炉心軸方向に燃焼領域が移動するCANDLE 燃焼炉や径方向に燃料を移動させる TWR などの原子炉が提案、解析が行われている。CANDLE 燃焼炉では燃料ピンや炉心サイズなどの幾何条件を決定すると核反応断面積のバランスによって燃焼領域の移動速度が自動的に決定する。これは自律的燃焼という点では有利ではあるが燃焼領域移動速度や到達燃焼度を調整する自由度がない。そこで、これまでに燃料集合体を連続的に動かすブリードバーン型炉心を提案し、その成立性を確認した[1]。しかしこの燃料移動方法では移動パターンの組み合わせが膨大となり最適化が難しいことから、燃料移動が一意に決まる方法として、今回渦巻型燃料移動を考案した。この燃料移動は新燃料を炉心外側に装荷し、燃焼サイクル毎に渦巻型で炉心中心へ向けて燃料集合体を移動させ、炉心中心到達後は同様に炉心外側へ移動させていく方式である（図1参照、数字は移動順序）。本研究では、この燃料移動方法の成立性と基本的な特性を明らかにすることを目的として、炉心燃焼計算を行った。

2. 炉心燃焼計算

炉心燃焼計算は SRAC2006 コードシステムを用い、鉛ビスマス冷却金属燃料高速炉について計算を行った。炉心の集合体数 N と燃料集合体の移動サイクル $T_{FM}[\text{day}]$ を計算パラメータとした。このとき集合体が炉心に装荷されてから取り出されるまでの炉心滞在時間は NT_{FM} となる。また平衡サイクルを仮定すると T_{FM} は以下の式により取出し平均燃焼度と関連付けられる。

$$BU = \frac{P \times T_{FM}}{m}$$

ここで BU は取出し平均燃焼度[GWd/t]、 P は炉心出力[GW]、 m はサイクル毎の装荷ウラン量（=1 集合体のウラン量）[t]である。

3. 結果

この燃料移動方式において平衡状態で臨界となる炉心があることを確認した。なお取出し燃焼度、炉心燃料体積を一定にして集合体数を変化させた場合、サイクル中の実効増倍率変化は集合体数を増やすほど小さくなる結果が得られた。また集合体数を固定し、燃料移動サイクルつまり取出し燃焼度を変化させた場合の実効増倍率の特性について図2に示す。取出し燃焼度が低い領域では常にサイクル中に実効増倍率が増加する特性を持つ。また300 GWd/t 付近に増倍率のピークを持ちその後減少する。このとき BOC と EOC で実効増倍率がほとんど変化しない点があることが明らかとなった。

参考文献

[1] I 桑垣一紀, 西山 潤, 小原 徹, 「連続燃料移動によるブリードバーン型原子炉の成立性」日本原子力学会 2017 年春の年会予稿集 3F16 (2017)。

*Jun Nishiyama¹, Kazuki Kuwagaki², Toru Obara¹

¹ Laboratory for Advanced Nuclear Energy, Institute of Innovative Research, Tokyo Institute of Technology

² School of Environment and Society, Transdisciplinary Science and Engineering, Nuclear engineering, Tokyo Institute of Technology

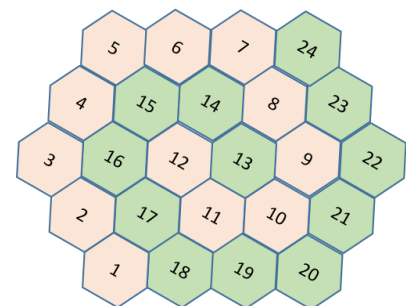


Fig. 1 Spiral pattern fuel movement (24 assemblies)

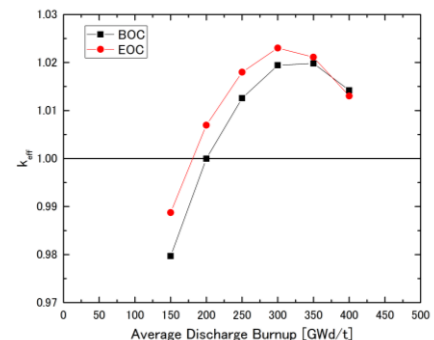


Fig. 2 Burnup characteristic