

Super LWR のスペクトルシフト運転が炉心平均特性に及ぼす影響の研究

Evaluation of the Core Average Characteristics of Super LWR with Spectral Shift Operation

*廣瀬 陽¹, 福田 貴斉¹, 山路 哲史¹

¹早稲田大

超臨界水冷却熱中性子炉のスーパー軽水炉（Super LWR）のスペクトルシフト運転法を検討した。運転サイクル中に水排除棒を引き抜き、給水温度を低減することで、水素対重金属原子数比（H/H_m）を約 2～6 の範囲で変化させ、燃料取出燃焼度を 1 割程度向上できる可能性を示した。

キーワード：第四世代炉，スーパー軽水炉（Super LWR），スペクトルシフト運転，炉心設計，燃焼計算

1. 背景と目的

原子力発電技術には、プラント稼働率（運転サイクル長）やウラン資源の使用効率の向上が求められている。超臨界水冷却熱中性子炉のスーパー軽水炉（Super LWR）は現行 BWR と同様に運転中に炉内冷却材密度を増大して中性子スペクトルを軟らかくし、炉心反応度の向上による運転サイクル長の延長や省ウラン効果が期待できる。しかし単相流の貫流冷却炉のため、冷却材密度変化はその温度変化をもたらし、炉心の冷却性やプラントの熱特性に影響する。これら进行评估するにはスペクトルシフトに伴う燃料組成・反応度変化と、炉心出力分布及び冷却材温度分布の変化とそれらの相互作用を考慮する必要がある。本研究では、そのような解析による炉心概念構築を将来の目標に、スペクトルシフトが Super LWR の炉心平均特性に及ぼす影響を評価し、Super LWR に適したスペクトルシフト運転法を明らかにすることを目的とした。

2. 対象炉心と Super LWR のスペクトルシフト法の提案

対象炉心は図 1 に示すようなウラン燃料、改良ステンレス鋼被覆管及び構造材、水ロッドから構成される燃料集合体を用いる熱中性子炉の Super LWR[1]とした。但し、本研究では簡単のため、給水の全量が完全断熱された水ロッド中を下降した後に、冷却材チャンネルを上昇しながら燃料棒を冷却すると仮定した。

スペクトルシフト運転には以下のような方法を検討した。運転サイクル初期には給水温度を擬臨界温度（25 MPa で約 385 °C）以下の範囲で高く設定し、水ロッド中に水排除棒を挿入して、比較的に硬い中性子スペクトルによる ²³⁸U から ²³⁹Pu への転換を促進する。そして、運転サイクル中に複数回に分けて水排除棒の引き抜きと給水温度の低減により、中性子スペクトルを軟化させ、サイクル初期に蓄積した ²³⁹Pu を燃焼させる方法を検討した。このとき、タービン系への影響低減の観点から炉心平均冷却材出口温度を一定に保つように炉心流量を調節した。反応度評価には、燃料棒 1 本とその周囲の冷却材及び減速材を模擬した単位セル体系の中性子衝突確率法による燃焼計算（SRAC2006）と JENDL-4.0 核データライブラリを用いた。スペクトルシフト直前の燃料組成計算結果をその直後の初期燃料組成に用いた燃焼計算を実施した。

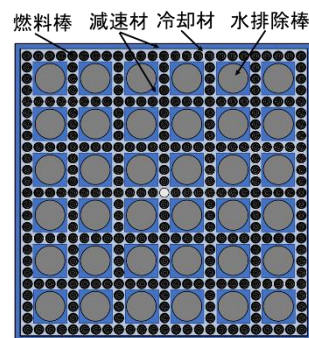


図1 Super LWRの燃料集合体

3. 評価結果と今後の課題

上述の方法で水素対重金属原子数比（H/H_m）を約 2～6 の範囲で変化させた結果、燃料集合体取出し燃焼度が 3.7 GWd/t（約 10.8%）増加した。但し、運転中の水排除棒の引き抜きや給水温度変更に係る成立性の検討は今後の課題である。水排除棒の引き抜きに伴う炉心出力分布の歪みや、給水温度の変更が炉心の冷却性に及ぼす影響は、核熱結合炉心燃焼計算等により、評価する必要がある。

参考文献 [1] A Yamaji, et al., Annals of Nucl. Energy 32(7) 651 - 670 2005 年 5 月。

*Akira Hirose¹, Takanari Fukuda¹, Akifumi Yamaji¹

¹Waseda Univ.