高効率 TRU 燃焼を可能とする革新的水冷却炉 RBWR の研究開発
(1)全炉心輸送計算による炉心特性評価

Research and Development of RBWR for High Efficiency Transuranium Elements Burner
(1) Evaluation of Core Characteristics by Whole Core Neutron Transport Calculation

＊三輪順一[1]，長家康展[2]，大塚雅哉[1]
[1]日立研開，[2]JAEA

高効率 TRU 燃焼を可能とする革新的水冷却炉 RBWR[1]（Resource-renewable Boiling Water Reactor：資源再利用型沸騰水型軽水炉）を対象に、群定数計算に起因する誤差を排除できる全炉心モンテカルロ計算システムに熱水力計算を連成させた核熱結合計算および燃焼計算が可能な核熱連成計算システムを構築した。

キーワード：BWR、TRU 燃焼、全炉心輸送計算

1. 緒言：近年、計算機の高速化・並列化により全炉心モンテカルロ計算が行われるようになったが、設計炉心を対象とした全炉心モンテカルロ計算では計算結果の保持領域（以下タリー）と断面積データを格納するメモリが増大する課題がある。本研究では RBWR 炉心を対象に汎用計算機（PC クラスタ等）のメモリに格納可能な数 10 GB 以下を目標にタリーと断面積データの削減方法を検討し、全炉心モンテカルロ計算と熱水力計算との核熱結合計算および燃焼計算が可能な計算システムを構築した。

2. 解析モデルによるタリー削減：RBWR は断面六角形の燃料集合体に燃料棒を稠密に配置するとともに、Y 字型制御棒の上部に水を排除するフォロワーを設けて中性子減速材である冷却水領域を減らし、さらに BWR の特徴である沸騰により水の割合を減らすことで、TRU の多重リサイクルを実現した低減速スペクトル炉である(図 1)。RBWR の稠密配置した燃料棒は集合体あたり 397 本であり、燃料棒毎に燃焼領域を設定するとタリーが 0.87 TB と膨大になる。そこで RBWR は低減速スペクトル炉のため集合体内の出力分布が通常の BWR と比較して平坦であり、また集合体平均の中性子スペクトルに対する個々の燃料棒の中性子スペクトル差も小さいことから、解析モデルの集合体内の燃焼領域を一領域としてタリーを 2.2 GB に削減した。

3. 解析手法による断面積データ削減：モンテカルロ計算は核種毎にすべての温度の断面積データが必要であり、RBWR では最大 0.47 TB となる。断面積データ削減のため任意温度の断面積を 2 点の固定温度断面積で模擬できる擬似物質法[2]を採用し断面積データを 1.4 GB に削減した。単ピン体系における擬似物質法による実効増倍率は詳細計算と比較して 60 pcm 以下の反応度差で計算できることが分かった（図 2)。

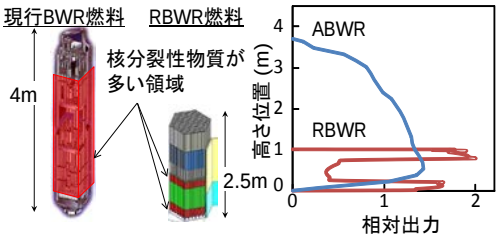

図 1 BWR と RBWR の燃料構成と軸方向出力分布

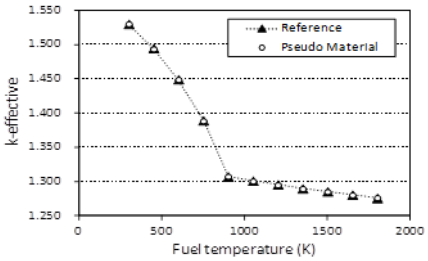

図 2 擬似物質法と詳細計算の比較

4. まとめ：本研究により全炉心モンテカルロ計算で必要なメモリを 1.34 TB から 3.6 GB とすることができ、現在の計算機リソースで実行可能な全炉心モンテカルロシステムを組み込んだ核熱連成計算システムを構築できた。

5. 謝辞：本成果は文部科学省の委託事業「原子力システム研究開発事業」により得られたものである。

参考文献：[1] T. Hino, et al., Proc. ICAPP2014, Charlotte, North Carolina, April 6-9 (2014).
[2] J. L. Conlin et al., Tran. Am. Nucl. Soc., 92, pp.225-227 (2005).

*Junichi Miwa[1], Yasunobu Nagaya[2] and Masaya Ohtsuka[1]
[1]Hitachi, Ltd. , [2] Japan Atomic Energy Agency