

1. 緒言 BWR 炉心解析の高精度化を目的として三次元 Pin-by-pin 炉心計算手法の BWR への適用を検討した。炉心解析は主に核計算、熱水力計算、燃焼計算から構成されるが、本研究では核計算手法の高精度化について検討を行った。

2. BWR 炉心核計算への三次元 Pin-by-pin 計算の適用 BWR 炉心核計算手法に三次元 Pin-by-pin 計算を適用することを検討する場合、いくつかの問題点が挙げられる。BWR 炉心核計算手法に三次元 Pin-by-pin 計算を適用する際の問題点として、本研究では「三次元 Pin-by-pin 計算に用いる輸送計算手法の検討」、「集合体境界でメッシュが食い違う、メッシュ不整合体系を取り扱い可能な Simplified P3 (SP3)法計算コードの検討」、「空間離散化誤差低減手法の検討」の三つを挙げ、それらについて検討を行った。これらの検討は軸方向にはメッシュ不整合領域が存在しないことや、メッシュ誤差の低減などの検討は二次元で実施することが出来ることなどから二次元体系において検討を行った。

その結果、三次元 Pin-by-pin 計算に用いる輸送計算手法には SP3 法を用いることで高い計算精度が得られることが分かった。また、メッシュ不整合体系を取り扱うために、中性子束の計算に応答行列法を用い、集合体境界においてセル内の放出中性子流分布を 0 次関数で補間することで高い計算精度が得られることが分かった。さらに空間離散化手法として Scattered source subtraction (SSS)法を適用した多項式解析的ノード法を用いることで空間離散化誤差を低減できることが分かった。

3. 三次元炉心計算コードの開発 以上の検討から、三次元 Pin-by-pin 計算コードの開発に取り組んだ。二次元体系では対象とした計算体系が小さいことなどから計算時間を大幅に短縮させる加速法は用いていなかった。しかし、三次元 BWR 炉心計算を行う場合、加速法を適用しないことは計算時間の観点から現実的ではない。そのため、本研究では加速法として Generalized Coarse Mesh Rebalance (GCMR)法を適用し、計算時間の高速化についても検討を行った。本研究ではこれらの研究結果を踏まえ、世界で初めて三次元燃料棒単位詳細メッシュ炉心計算コード SUBARU を作成した。SUBARU には表 1 のような特徴がある。

4. 計算精度検証 SUBARU の計算精度検証に適した三次元計算コードが存在しないため、本研究では平均濃縮度 0.95wt% の 8×8 低濃縮 UO_2 燃料集合体 と平均濃縮度 3.50wt% の 9×9 高濃縮 UO_2 燃料集合体、平均 Pu-fissile 富化度 3.50wt% の 10×10MOX 燃料集合体 の三種類から構成される仮定の ABWR 炉心を作成し、二次元体系において非均質体系を Characteristics 法計算コード CHAPLET で計算した結果と比較した。エネルギー群数は 8 群、ボイド率は 70% とし、均質化誤差低減のため、集合体単位で SPH 法を、集合体境界で不連続因子を適用した。また輸送計算手法に SP3 法を、空間離散化手法として多項式解析的ノード法+SSS 法を用いた。さらに加速法として GCMR 法を用いた。

図 1 に計算体系を、図 1 及び表 2 に計算結果を示す。なお、図 1 では 1/8 炉心となっているが、実際に計算を行った体系は 1/4 炉心である。計算の結果、CHAPLET との燃料棒出力分布の最大差異が 3% 程度と高い計算精度を有し、かつ短時間で計算できていることが分かった。また、炉心の内側と外側で差異の傾向が異なっていることが分かった。特に炉心外周部での MOC との差異が若干大きくなっている。この原因の究明及び計算精度の更なる向上については現在検討中である。なお、仮想的な三次元 ABWR1/4 炉心体系を作成し、計算コストを検証したところ、メモリー容量は約 1.7GB、計算時間は約 1 時間であり、参照解算用として十分に実用可能な計算時間であることが分かった。

5. 結論 高精度 BWR 炉心核計算手法の開発を目的として、三次元 Pin-by-pin 計算を BWR 炉心解析手法に適用することを検討した。二次元体系において計算を行ったところ、高い計算精度を有していることが分かった。また、加速法を用いることで三次元体系においても高速に計算出来ることが分かった。

公刊論文

- 1) K.Tada, A. Yamamoto, et al., "Application of Pin-by-pin Fine Mesh Calculation Method to BWR Core Analysis," *Proc. Physor2006*, Vancouver, Canada, Sep. 10-14, 2006 (2006).
- 2) 多田健一, 山本章夫他, "メッシュ不整合体系を取り扱う詳細メッシュ BWR 炉心計算手法の基礎研究," 日本原子力学会 春の年会, 名古屋大学, 2007 年 3/27-29, (2007).
- 3) K. Tada, A. Yamamoto et al., "Applicability of The Diffusion and Simplified P3 Theories for BWR Pin-by-pin Core Analyses," *Proc. ICONE-15*, Nagoya, Japan, April. 22-26, 2007, (2007).
- 4) K. Tada, A. Yamamoto, et al., "Treatment of Staggered Mesh in BWR Pin-by-pin Fine Mesh Core Analysis," *Trans. Am. Nucl. Soc.*, **96**, 508, (2007).
- 5) 多田健一, 山本章夫他, "詳細メッシュ BWR 炉心計算手法への多項式解析的ノード法の適用とその精度," 日本原子力学会 秋の大会, 北九州国際会議場, 2007 年 9/27-29, (2007).

表1 三次元燃料棒単位詳細メッシュ炉心計算コードSUBARUの特徴

1. 三次元燃料棒単位詳細メッシュ炉心核計算
2. 輸送計算手法としてSP3法、拡散計算を選択可能
3. 応答行列法を利用
4. メッシュ不整合体系が取り扱い可能
空間離散化手法として有限差分法、中性子源を一定と仮定した多項式解析的ノード法、多項式解析的ノード法+Scattered source subtraction (SSS)法の三通りの選択が可能
6. 集合体の回転が可能
7. 加速法としてGeneralized Coarse Mesh Rebalance (GCMR)法を適用
8. 集合体境界で不連続因子を適用可能

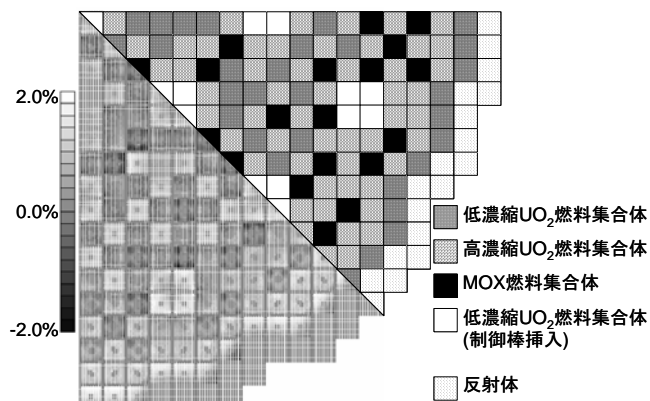


図1 計算体系及び非均質体系との差異

表2 計算結果

SUBARU	実効増倍率		燃料棒出力分布			計算時間等	
	reference	差異	RMS	最大差異	外部反復回数	計算時間	メモリー
0.97855	0.97866	-0.01%	0.66%	2.23%	132	173s	65MB