補正計算を伴わない詳細炉心計算による高速炉核特性解析

A fast reactor core characteristics analysis by the correction-free detailed core calculation

*杉野 和輝[1]，大木 繁夫[1]

[1]日本原子力研究開発機構

キーワード：高速炉，補正，輸送理論，超微細群，非等方セルストリーミング効果

従来は基準計算に対する補正として考慮していた輸送理論や超微細群構造などの詳細な取り扱いを基準計算に取り入れた補正を伴わない詳細炉心計算とすることにより、連続エネルギーモンテカルロ法計算相当の高精度な計算結果を得ることができた。

1. 緒言

従来の高速炉の核特性解析手法では、非等方拡散計算結果を基準として、輸送理論補正や超微細群補正、必要に応じて 2 次元格子補正などを施すこととしている。また、補正後の計算結果には適用した補正の度合いに応じた不確かさが含まれるものとしている。

近年、シミュレーションにおけるモデリングの検証と妥当性評価と不確かさの定量化がますます重要視されており、解析手法の高精度化がより一層望まれている。

そのような要望に応える手段として、補正計算を伴わない詳細な手法を直接適用することが挙げられる。

2. 検討条件

Na プレナム付次世代高速炉炉心[1]の各部 Na ボイド反応度（炉心部: ＋5.6 $、Na プレナム部: －5.0 $、炉心部と Na プレナム部の双方: ゼロ）を検討対象とする。従来は、基準計算（1 次元多重リングモデル格子計算＋70 群炉心拡散計算）に対して、粗い条件下での計算により求めた表 1 に示す補正と、補正に応じた不確かさ（補正の 50%を暫定[2]）を考慮していた。それに対し、本検討では、補正により考慮していた取り扱い：非等方拡散係数、輸送理論、2 次元格子、超微細群構造、背景断面積効果[3]を全て基準計算に取り入れて補正なしとした 175 群の詳細炉心計算を新たに適用した。なお、輸送計算における非等方拡散係数の取り扱いは丸山によって考案された非等方セルストリーミング効果を取り扱う手法[4]を導入することにより対応させた。参照解は非均質モデルを用いた連続エネルギーモンテカルロ法により得た。

表1 従来法における補正

ボイド化領域	非等方拡散係数	輸送理論	2次元格子	超微細群構造	背景断面積
炉心部	-5	+7	+10	+4	-0
Naプレナム部	-17	+67	+1	-3	+4
上記の双方	-28	+87	+15	-0	+5

単位：¢

3. 検討結果

参照解に対する従来法と詳細計算の差異の比較を表 2 に示す。従来法と詳細計算共に参照解と良い一致を示している。なお、従来法の結果が詳細計算の結果とほぼ一致していることは、従来法における不確かさが統計的なものとしては過大である可能性を示唆している。

次に、計算時間の比較を表 3 に示す。格子計算は通常は繰り返し実行されることはないが、詳細計算では超微細群構造での 2 次元格子計算を適用するために膨大な時間を要している。また、炉心計算では、従来法と詳細計算共に輸送計算がほとんどあるいは全ての時間を占めているが、70 群と 175 群の違いにより、詳細計算では約 3 倍を要している。しかしながら、これらの計算コストの増加は補正を合理化する観点からは過大なインパクトではないと考える。

表2 参照解に対する差異の比較

ボイド化領域	従来法	詳細計算
炉心部	+4 ±7	+3
Naプレナム部	-6 ±35	-5
上記の双方	-3 ±46	-2

単位：¢

表3 計算時間の比較

項目	従来法	詳細計算
格子計算	1.3	109
炉心計算	24	72
摂動計算	0.2	0.7

単位：h （CPUのクロック周波数：4.5GHz）

4. 結言

補正計算を伴わない詳細な計算により、合理的な計算時間で連続エネルギーモンテカルロ法計算相当の高精度な計算結果を得ることができた。本手法は、特に補正の適用が困難である過渡解析の精度向上に有用である。

参考文献

[1] 杉野，他，原子力学会「2017 年秋の大会」, 2M22, [2] 横山，他, JAEA-Research 2018-011,
[3] 杉野，他，原子力学会「2018 年秋の大会」, 3L12, [4] 丸山，他，原子力学会「2018 年春の年会」, 1F11.

*Kazuteru Sugino[1] and Shigeo Ohki[1]

[1]Japan Atomic Energy Agency