次世代高速炉炉心の核設計における制御棒均質化法の検討

An Investigation on the Control Rod Homogenization Method
for Next-Generation Fast Reactor Cores

*滝野 一夫[1]，杉野 和輝[1]，大木 繁夫[1]
[1] 日本原子力研究開発機構

次世代高速炉炉心の核設計手法高度化のために、制御棒価値と径方向出力分布の精度向上を図ることのできる制御棒均質化法を構築した。

キーワード：次世代高速炉、制御棒均質化、反応率比保存法、制御棒価値、径方向出力分布

1. 緒言

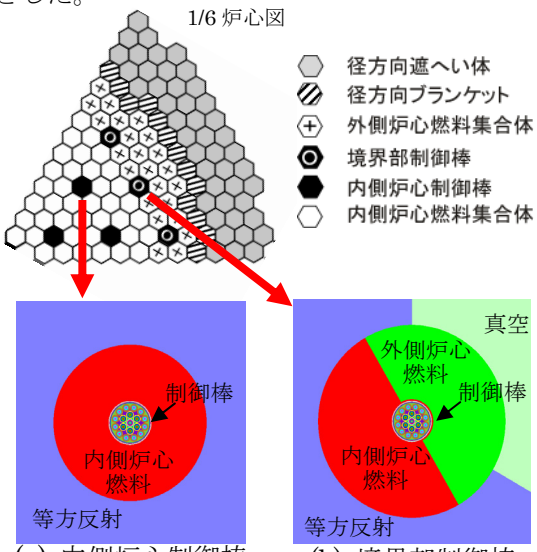
反応率比保存法による制御棒の均質化断面積計算において、従来は全ての制御棒に対して周辺に内側炉心燃料集合体を 6 体（1 層分）巻いたスーパーセルモデルを用いていた。しかし、このモデルは制御棒価値及び出力分布において径方向依存の系統的な誤差を生じさせ、特に大型炉心では有意なものとなっていた。そこで、本検討では制御棒均質化におけるスーパーセルモデルの改良を行った。解析対象炉心は電気出力 750 MWe の次世代ナトリウム冷却高速炉炉心[1, 2]の平衡末期とした。

2. 制御棒スーパーセルモデルの改良

制御棒周囲の中性子空間分布がなだらかな内側炉心制御棒と、中性子束勾配が急な内側炉心と外側炉心の境界部に位置する制御棒（境界部制御棒）に分けて、スーパーセルモデルを改良した。

①内側炉心制御棒　図 1(a)に示すように、従来モデルと同様に周辺に内側炉心燃料集合体を巻くモデルであるが、巻き数を内側炉心燃料と制御棒の体積比に合わせて従来モデルの 6 体から 10 体に変更した。反応率比保存法計算には従来と同様に SLAROM-UF の RRRP モジュールを用いた。

②境界部制御棒　図 1(b)に示すように、制御棒周囲の燃料を 2 層目までモデル化し、3 層目の環境を基に境界条件を設定、制御棒周辺の中性子束勾配を模擬した。このモデルには境界条件が 2 種類あるため、反応率比保存法計算には多群モンテカルロ法（GMVP）を用いた。



(a) 内側炉心制御棒　(b) 境界部制御棒

図 1　改良した制御棒スーパーセルモデル

3. 検証計算

上記の改良した制御棒スーパーセルモデルを用いて求めた制御棒実効断面積を使って炉心計算を行い、制御棒価値及び集合体出力分布を求めた。この結果を、制御棒を非均質に取り扱った全炉心直接計算結果（参照解）と比較して、改良モデルによる精度の向上度合いを確認した。ここで、制御棒均質化後の炉心計算及び全炉心直接計算には GMVP を使用した。

表 1 に結果を示す。改良モデルの使用により、参照解との差異が従来と比較して、制御棒価値で約 1/5、集合体出力分布で約 1/3 となり、制御棒均質化に伴い生じる誤差が大幅に縮小した。

4. 結言

内側炉心の制御棒及び内側炉心と外側炉心の境界部制御棒のスーパーセルモデルの改良を行い、炉心計算における制御棒価値、径方向出力分布において、大幅な精度向上を達成した。

表 1　改良した制御棒スーパーセルモデルによる炉心特性の計算精度向上効果（参照解からの相対差異）

	制御棒価値（粗調整制御棒）		集合体出力分布（粗調整制御棒全挿入）
	内側炉心	境界部	
従来モデル	0.92%	0.79%	−0.47% ～ 0.44%
改良モデル	0.19%	0.14%	−0.18% ～ 0.16%

参考文献
[1] 大久保努，他，日本原子力学会 2010 年秋の大会, P30.　[2] 小倉理志，他，同左, P31.

*Kazuo Takino[1], Kazuteru Sugino[1], and Shigeo Ohki[1]
[1]Japan Atomic Energy Agency