

## 高温ガス炉の炉心解析における少数群断面積補正手法に関する研究

名古屋大学工学部エネルギー理工学科 山本研究室 芳賀周

**1. 緒言** 核計算に用いる反応断面積は連続量であるが、実用的な計算時間で炉心解析を実施するために、エネルギーを複数のグループ(群)に分ける。高温ガス炉の炉心解析では、詳細なエネルギー群数(数百程度)の単一燃料要素体系の計算より得られた中性子束を用いて、少数のエネルギー群構造(数群程度)へ断面積を縮約して炉心体系に適用する。しかし、単一燃料要素体系と炉心体系では中性子エネルギー Spektral が異なるため、単一燃料要素計算から作成される少数群断面積を用いた炉心計算では誤差が大きくなる。そのため、炉心計算で用いる少数群断面積の補正が必要となる。軽水炉での先行研究では、高速群と熱群の中性子束の比で定義されるスペクトルインデックス(SI)を用いた少数群断面積の補正により、炉心計算の誤差低減が確認されている[1]。そこで、本研究では、高温ガス炉を対象とし、エネルギー離散化による炉心計算の誤差低減を目的として、SIを用いた少数群断面積の補正を検討する。

**2. 計算手法** 補正前の少数群計算の誤差を確認するため、少数群及び詳細群断面積を用いた炉心計算を行い、実効増倍率と燃料コンパクト毎の相対核分裂出力分布の差異を比較する。次に、少数群断面積の補正に必要な情報を得るため、複数の炉心構成要素(燃料/制御棒/反射体要素)を用いた隣接体系を作成する。隣接体系は、1体の炉心構成要素の周囲を6体の炉心構成要素で取り囲む形状とする。複数の隣接体系における詳細群計算を行い、式(1)及び式(2)で定義されるSIと少数群断面積 $\Sigma_{x,G}$ を計算する。次に、炉心構成要素ごとにSIと $\Sigma_{x,G}$ の相関関係を調べ、最小二乗法による線形フィッティングでSIから $\Sigma_{x,G}$ を補正するための近似式を導出する。続いて、補正前の少数群炉心計算で得られる炉心構成要素ごとのSIを近似式に適用して $\Sigma_{x,G}$ の補正を行う。最後に、補正後の少数群断面積を用いて炉心計算を実施し、得られる実効増倍率及び燃料コンパクト毎の相対核分裂出力分布を参照解と比較することで、提案手法の有効性を検証する。

$$SI = \frac{\phi_{fast}}{\phi_{thermal}} \quad (1)$$

$$\Sigma_{x,G} = \frac{\sum_{g \in G} \Sigma_{x,g} \phi_g}{\sum_{g \in G} \phi_g} \quad (2)$$

$\Sigma_{x,g}$ : 反応 $x$ の $g$ 群の巨視的断面積  
 $\phi_g$ :  $g$ 群の中性子束  
 $g$ : 縮約前のエネルギー群  
 $G$ : 縮約後のエネルギー群

**3. 計算結果** 高温工学試験研究炉(HTTR)の二次元全炉心非均質モデル(制御棒挿入体系)を対象とし、炉心計算には輸送計算コード GENESIS を使用した。参照解としては、詳細群(361群)での炉心計算結果を使用し、少数群を9群とした場合に、式(3)で定義される入射エネルギー $G$ 群の全除去散乱断面積を補正した。炉心解析結果を表1に示す。ここで、差異は(9群-361群)/361群で計算している。

表1から、隣接体系より得られるSIと全除去散乱断面積を用いた補正方法では補正を適用

する前の少数群断面積を用いた炉心計算結果と比べて、参照解との差異が小さくなることが確認できる。したがって、本手法の有効性が示された。

$$\Sigma_{s,rem,G} = \sum_{G' \neq G} \Sigma_{s,G \rightarrow G'} \quad (3)$$

表1 補正の有無による詳細群炉心計算結果との差異

エネルギー群数	条件	実効増倍率の差異 [%]	燃料コンパクト毎の相対核分裂出力分布の差異 [%]		
			RMS	Max	Min
9	補正前	1.86	2.0	2.7	-8.3
	補正後	0.11	0.7	1.8	-2.8

## 参考文献

[1] S. Palmtag, K. Smith, *Proc. Physor1998*, Long Island, NY, Oct. 5–8, 1998.

口頭発表: 1. 芳賀周, 遠藤知弘, 山本章夫, 他, 第56回日本原子力学会中部支部研究発表会, R01, 12月17–18日(2024).

2. 芳賀周, 遠藤知弘, 山本章夫, 他, 日本原子力学会2025春の年会, 発表番号1C10, 3月12–14日(2025)(発表予定).

3. A. Haga, T. Endo, A. Yamamoto, et al., *Proc. M&C2025*, Apr. 27–30 (2025) (accepted).