

## RSE 法を用いた二重非均質性を有する高温ガス炉燃料の共鳴計算

A resonance calculation of HTGR fuel with double heterogeneity using the RSE method

\*山本 章夫<sup>1</sup>, 遠藤 知弘<sup>1</sup>, 竹田 敏<sup>2</sup>, 小池 啓基<sup>3</sup>, 山路 和也<sup>3</sup>, 浅野 耕司<sup>3</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学,<sup>2</sup>大阪大学,<sup>3</sup>MHI

エネルギースペクトルの展開基底を用いる RSE 法を高温ガス炉の二重非均質燃料に適用した。燃料コンパクト内の燃料カーネルと黒鉛は中性子束重みで空間均質化する。均質化した燃料コンパクトを仮想的な均質物質と考えて、燃料要素内の幾何形状を RSE 法により非均質で扱う。モンテカルロコードとの比較の結果、本手法の妥当性を確認した。

**キーワード：**共鳴、RSE 法、HTGR、二重非均質性、統計的幾何形状 (STGM)

**1. 緒言：**高温ガス炉などで用いられている二重非均質燃料の共鳴計算手法としては、STGM、衝突確率の補正、Reactivity-equivalent physical transformation (RPT)、MOC の利用、超多群エネルギー不利因子の適用など様々な手法が開発されている。本研究では、新たな共鳴計算手法である resonance calculation using energy spectrum expansion (RSE)法[1]を二重非均質性の取り扱いに適用した。

**2. 解析手法：**(1)燃料コンパクト内の燃料カーネルと母材の黒鉛については、空間依存の超多群スペクトル計算を実施し、得られた燃料カーネルと黒鉛の超多群不利因子を用いて均質化する。エネルギー縮約は行わない。(2)均質化された燃料コンパクトを一つの仮想的な物質と考えて、複数の燃料コンパクトからなる燃料要素の非均質体系を RSE 法で取り扱い、領域毎の超多群スペクトルを計算する。(3) (1)及び(2)の超多群スペクトルを合成することにより、二重非均質性を考慮した領域毎の超多群スペクトルを計算する。(4) (3)の結果より実効断面積を計算する。なお、(1)は、確率論的幾何形状を用いた MOC による超多群計算により実施することで、燃料コンパクト内のランダムな燃料カーネルの配置を考慮する。

**3. 適用結果：**図 1 に示す典型的な高温ガス炉の燃料要素を想定して解析を行った。具体的には、図(b)に示す燃料コンパクトセルを対象とした。なお、燃料要素内の位置により、周囲の黒鉛の量が異なるため、燃料コンパクトセルのピッチを変更した感度解析も実施している。温度は全て 1000K とした。共鳴計算にあたっては、誤差の要因を分解しやすくするため、NR 近似を適用した。参照解として、STGM を用いた GMVP による超多群計算(UFG)を実施した。図 2 に代表的な燃料コンパクトセルピッチにおける燃料カーネル内の U238 の微視的全反応率の比較を示す。誤差は小さく、本手法の妥当性が示されている。なお、主要な核分裂/吸収物質である U235, U238 の反応率の差異を実効増倍率に換算したところ、本計算条件では約 0.025%dk/k であった。

[1] R. Kondo, et al. "A New Resonance Calculation Method Using Energy Expansion Based on a Reduced Order Model," *Nucl. Sci. Eng.*, **195**, 694 (2021).

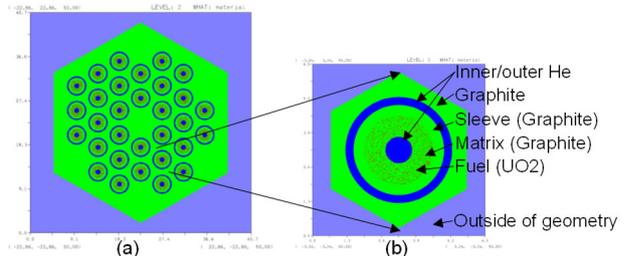


図1 計算体系(左：燃料要素、右：燃料コンパクトセル)

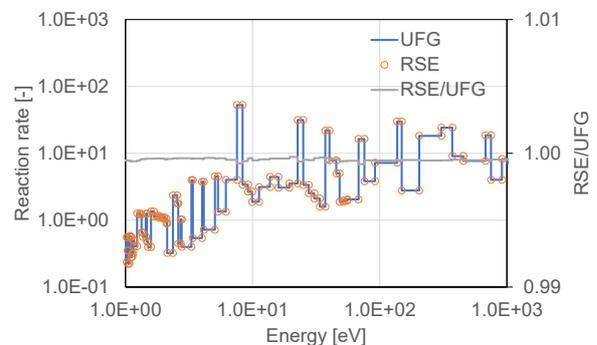


図2 微視的全反応率の比較(U238, 燃料カーネル内)

\*Akio Yamamoto<sup>1</sup>, Tomohiro Endo<sup>1</sup>, Satoshi Takeda<sup>2</sup>, Hiroki Koike<sup>3</sup>, Kazuya Yamaji<sup>3</sup>, Koji Asano<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>Osaka University, <sup>3</sup>MHI