

非均質輸送計算コード AEGIS における共鳴散乱の取り扱いに関する検討

Investigation on Resonance Scattering Treatment in AEGIS Code

*佐藤 紘太郎¹, 田渕 将人¹, 巽 雅洋¹, 大岡 靖典²

¹NEL, ²原燃工

本研究では、非均質輸送計算コード AEGIS における共鳴計算手法の高度化として、散乱カーネルを用いて共鳴散乱を取り扱う手法を検討した。妥当性確認を実施し、良好な一致を確認した。また、共鳴散乱を取り扱うエネルギー範囲の適正化により、実用的な計算時間で同手法が適用可能であることを確認した。

キーワード：AEGIS, ドップラー, 共鳴散乱

1. 緒言

ドップラー係数を精度良く評価するためには、熱～熱外領域における重核種の熱振動による上方散乱を考慮した共鳴散乱の取り扱いが必要である。過去の研究^[1]において、共鳴散乱を取り扱ったモンテカルロ計算により算出した実効共鳴積分の補正テーブルを使用する手法が提案されている。しかしながら、補正テーブルを用いる場合、適用範囲は限定的である。そこで、本研究では精度向上や適用範囲の拡大のため、超多群計算において散乱カーネルを用いて共鳴散乱を取り扱う手法を採用した。本稿では採用した手法の概要及び実装した AEGIS コードを用いた妥当性確認結果を示す。

2. 共鳴散乱の取り扱い手法

超多群計算において、重核種の熱振動による上方散乱を考慮した共鳴散乱を取り扱うと、散乱カーネルを用いたエネルギーの反復が必要となり、大幅な計算時間の増加が懸念される。しかしながら、計算時間の増加は共鳴散乱を取り扱う核種及びエネルギーに大きく依存するため、これらを最適化すると計算時間の増加を低減できる。過去の研究によると、ドップラー係数に大きな影響を与える共鳴核種は U-238 であり、エネルギー範囲についても熱～熱外領域における 5 つの共鳴エネルギー付近であることが報告^[2]されている。そこで、本研究では表 1 に示す U-238 のエネルギー範囲で共鳴散乱を取り扱った。

表 1 共鳴散乱を取り扱う U-238 のエネルギー範囲

グループ	エネルギー範囲(eV)
1	101.3~130.1
2	61.38~78.95
3	29.02~37.27
4	17.59~22.61
5	6.48~8.33

3. 妥当性確認

共鳴積分の温度依存性に関する妥当性確認に広く用いられている Hellstrand らの実験式^[3]との比較による妥当性確認を実施した。共鳴散乱を考慮した AEGIS の実効共鳴積分の計算値と、Hellstrand らの実験式の比較結果を図 1 に示す。なお、比較する際の S/M (燃料表面積/燃料質量) は PWR 実用炉燃料仕様を包括するよう 0.5cm²/g 及び 0.33cm²/g とした。共鳴散乱を考慮した AEGIS の計算値は、いずれの S/M に対しても測定誤差の範囲内 (図の黒点線の範囲内) であり、実験式の評価値と良好な一致を示している。以上のことから、AEGIS における共鳴散乱の取り扱いの妥当性を確認した。また、ウラン濃縮度 4.8wt% の PWR 用 17x17 燃料集合体計算において、本手法適用による超多群計算の計算時間の増加を調査したところ約 30% であり、実用的な計算時間で同手法が適用可能であることを確認した。

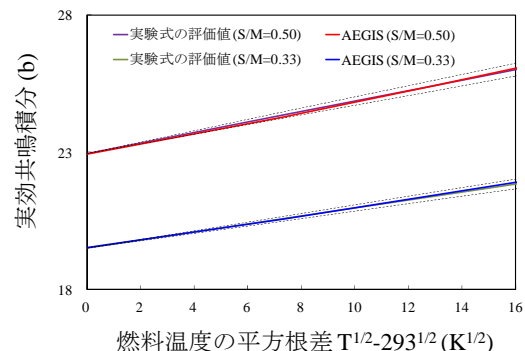


図 1 実効共鳴積分の温度依存性の実験式と計算値の比較

参考文献

- [1] Deokjung Lee, Kord Smith, Joel Rhodes “The impact of ²³⁸U resonance elastic scattering approximations on thermal reactor Doppler reactivity” Annals of Nuclear Energy 36 (2009) 274–280
- [2] M.Ono, K.Wada, T.Kitada “Simplified Treatment of Exact Resonance Elastic Scattering Model in Deterministic Slowing Down Equation”, PHYSOR2012
- [3] E. Hellstrand, P. Blomberg and S. Horner “The Temperature Coefficient of the Resonance Integral for Uranium Metal and Oxide” Nucl. Sci. Engin., 8, p497-506 (1960).

*Kotaro Sato¹, Masato Tabuchi¹, Masahiro Tatsumi¹, and Yasunori Ohoka²

¹Nuclear Engineering, Ltd., ²Nuclear Fuel Industries, Ltd.