

# 水の熱中性子散乱則に起因した即発中性子減衰定数 $\alpha$ の不確かさ評価およびデータ同化

名古屋大学工学部エネルギー理工学科 山本研究室 原田 善成

**1. 緒言** 軽水炉のような、減速材として軽水が用いられた核燃料を含む体系の核計算では、熱中性子散乱則 (TSL) が計算予測精度に大きく影響することが知られている。TSL とは、熱中性子の散乱後エネルギー・散乱方向を記述する際に用いられる、熱中性子領域の散乱反応を厳密に表現するための重要な核データである。従って、核計算の精度向上のためには、積分実験の測定値を用いたデータ同化により TSL データを改善することが重要な研究課題となっている。しかし、従来の核燃料を使用した臨界実験の場合には体系内に複数の核種が含まれ、特に燃料中の  $^{235}\text{U}$  等が中性子増倍率  $k_{\text{eff}}$  に与える影響が支配的であるため、 $k_{\text{eff}}$  測定値を利用して特定核種の TSL データを選択的に改善することが困難であった。そこで本研究では、核燃料の無い体系でも測定可能な核特性「即発中性子減衰定数 $\alpha$ 」に着目した。先行研究[1]において、過去に実験[2]が行われた水槽体系に対して $\alpha$ 固有値計算を実施した。結果として、体系寸法が小さい(中性子の漏れが大きい)場合に $\alpha$ 測定値と計算値の差異が大きいことが分かり、この原因は水分子の TSL データ不確かさに起因すると考察した。そこで本発表では、 $\alpha$ 測定値を用いたデータ同化による TSL データの改善に向けた基礎研究として、ランダムサンプリングされた水の TSL データを用いた $\alpha$ 不確かさ評価、および水槽寸法が異なる体系間における $\alpha$ 計算値の相関評価を目的とした。さらに、 $\alpha$ 相関評価にて TSL データに起因した強い相関が確認できたことから、ベイズ推定に基づいたデータ同化手法であるベイズモンテカルロ (BMC) によって $\alpha$ 測定値を用いたデータ同化を実施し、水の TSL データ不確かさに起因した $\alpha$ 計算結果の改善を図ることも目的とした。

**2. 計算条件**  $\alpha$ 不確かさ評価では、水の TSL データは TENDL-2021 で公開されている 200 個のランダムサンプリングデータを、 $^1\text{H}$ ,  $^{16-18}\text{O}$  の評価済み核データは JENDL-5 を用いた。過去実験[2]で実施された最小体系 (4.49 cm×4.51 cm×3.41 cm) を含む 4 つの水槽体系を対象として、先行研究[1]で開発された中性子拡散計算コードにより $\alpha$ 固有値計算を実施した。 $\alpha$ 相関評価では、最小体系と寸法の異なる複数の体系における $\alpha$ 計算値間の相関を評価した。BMC によるデータ同化では、最小体系における $\alpha$ 測定値  $44683 \pm 182$  [1/s] を用いた。

**3. 評価結果**  $\alpha$ 不確かさ評価では、全体系において $\alpha$ 測定値が計算値の不確かさ約  $2\sigma$  範囲内に含まれることを確認し、 $\alpha$ 測定値と計算値の差異は、TSL データ不確かさが主要因であることを明らかにした。 $\alpha$ 相関評価では、相関係数が全て 0.9 を超える強い正の相関が確認できたため、 $\alpha$ 計算結果を改善できる見込みを得た。一例として、最小体系から水の高さのみを変更した体系 (4.49 cm×4.51 cm×4.40 cm) について、最小体系における $\alpha$ 計算値を活用したデータ同化結果を図 1 に示す。図 1 より、BMC 適用後 $\alpha$ 計算値の不確かさ  $1\sigma$  範囲内に測定値が含まれており、 $\alpha$ 計算結果の改善が可能であることを明らかにした。

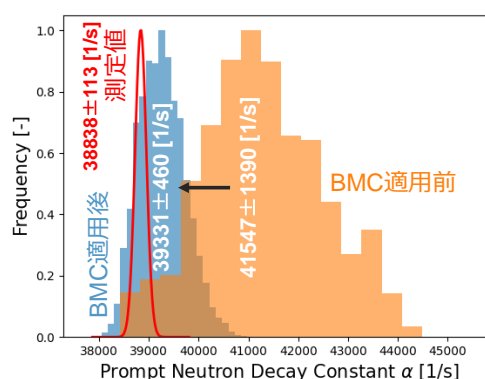


図 1 BMC 適用前と適用後の $\alpha$ 計算結果

**参考文献** [1] H. Yamaguchi *et al.*, 日本原子力学会 2022 年春の年会, 2D10, (2022); [2] K. Kobayashi *et al.*, *J. Nucl. Sci. Technol.*, **3**, p. 275 (1966).

**口頭発表** : 1. 原田善成, 他, 第 54 回日本原子力学会中部支部研究発表会, R13, 12 月 15 日 (2022); 2. 原田善成, 他, 日本原子力学会 2023 春の年会, 3 月 13–15 日 (2023). (発表予定); 3. Y. Harada *et al.*, *Proc. M&C2023*, August 13–17 (2023). (submitted); 4. Y. Harada *et al.*, *Proc. ICNC2023*, October 1–6 (2023). (submitted)