

軽水のみ体系に対する即発中性子減衰定数の核データ起因不確かさ評価

Nuclear Data-induced Uncertainty Quantification of Prompt Neutron Decay Constant for Water-only System

*遠藤 知弘¹, 野口 晃広¹, 山本 章夫¹

¹名古屋大学

非増倍体系における即発中性子減衰定数 α の不確かさ評価を実施するため、 S_N 法とべき乗法に基づいて α 固有値計算コードを試作した。過去に水槽体系で実施されたパルス中性子実験を対象として、一次摂動論に基づいて核データ起因の α の感度解析ならびに不確かさ評価を実施した。

キーワード：即発中性子減衰定数、一次摂動論、感度解析、不確かさ評価、軽水

1. 緒言 評価済み核データの更新や数値解析結果の妥当性を確認するための積分実験として、核燃料の無い非増倍体系でも測定可能な即発中性子減衰定数 α に注目している。中性子増倍体系における α の数値解析手法としては α - k 反復解法が既に確立されているが、核分裂の無い非増倍体系における α の数値解析手法については未だ検討の余地がある。そこで本研究では、決定論的手法に基づいた α 固有値計算手法について検討した。

2. 計算手法 非増倍体系におけるエネルギー ω 固有値方程式は $(\mathbf{A} - \alpha/v_g)\psi_g(\vec{r}, \vec{\Omega}) = 0$ と記述できる(\mathbf{A} :正味の中性子消滅演算子, v_g :中性子速度, $\psi_g(\vec{r}, \vec{\Omega})$:角度中性子束)。べき乗法による反復では、①メモリを削減するため球面調和関数による l 次の角度中性子束展開係数 $\phi_{l,g}(\vec{r})$ のみを保存し、② n 回目外部反復時の推定固有値 $\alpha^{(n)}$ に基づいて全断面積を $\Sigma_{t,g} - \alpha^{(n)}/v_g$ とした上で、 S_N 法により散乱中性子源のみを与えた transport sweep を実施し、③得られた $\phi_{0,g}^{(n)}(\vec{r})$ を全位相で数値積分し $\alpha^{(n+1)} = 1/\langle \phi_{0,g}^{(n)}(\vec{r})/v_g \rangle$ と更新することで、基本モードの α 固有値と固有関数を求めた。ここで、べき乗法の反復回数を削減するため詳細エネルギー群の一点炉加速計算を利用した。断面積転置法により随伴固有関数 $\phi_{l,g}^\dagger(\vec{r})$ を求めることで、一次摂動論に基づいて核データ σ に対する α の相対感度係数を効率良く推定し、サンドイッチ則により核データ起因の α 不確かさ評価を実施した。

3. 計算結果 参考文献[1]で報告された 10°Cの軽水から成る直方体の水槽(4.49cm×4.51cm×3.41cm)におけるパルス中性子実験を対象として数値解析を実施した。軽水の252群巨視的断面積を求めるため、無限均質体系の水を対象として、評価済み核データ ENDF-B/VII.1 を用いた SCALE6.2.4/CENTRM コードによる超詳細群減速計算を実施した。 α 固有値計算は3次元xyz体系における S_N 法により実施し、非等方散乱次数P5、角度分点として改良 Even-Odd 分点(384 分割)を用いた。¹Hの核データ(弾性散乱 σ_{ela} 、 (n,γ) 反応 $\sigma_{(n,\gamma)}$ 、弾性散乱の平均方向余弦 $\bar{\mu}$)に対する α 感度係数評価結果を図1に示す。得られた α 計算結果は49629 [1/s]であった。SCALE6.2 付属の核データ共分散(scale.rev08.252groupcov7.1)に基づいた α 不確かさは

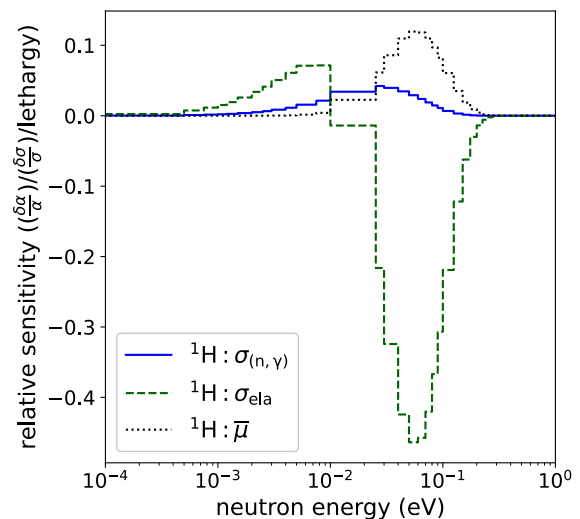


図1 ¹Hの核データに対する α 感度係数

68 [1/s]であり、内訳としては¹H(n,γ)反応に由来する不確かさ52 [1/s]が支配的であった。得られた核データ起因不確かさと比較して、 α の計算値と実験値(44683±182 [1/s])の間には大きな差異(C/E=1.11)が観察された。

参考文献 [1] K. Kobayashi et al., *J. Nucl. Sci. Technol.*, **3**(7), pp. 275–288 (1966).

謝辞 本研究は JSPS 科研費(19K05328)の助成による。

* Tomohiro Endo¹, Akihiro Noguchi¹, Akio Yamamoto¹

¹ Nagoya University