

原子核反応コード TALYS を用いた核分裂生成物収率及び 核分裂に関連する物理量の計算 (2) 独立収率からベータ崩壊関連物理量まで

Calculations on Fission Product Yields and Fission Observables by Nuclear-Reaction Code TALYS

(2) From Independent Fission Product Yields to Beta-Decay Observables

*奥村 森¹, 藤尾 和樹², Arjan Koning¹, 千葉 敏²

¹IAEA, ²東工大

原子核反応コード TALYS を用いて計算された核分裂生成物独立収率を用い、新たに開発したベータ崩壊計算コードにより核分裂生成物のベータ崩壊から生じる累積収率、崩壊熱、及び遅発中性子収率を計算した。

キーワード：核分裂生成物収率、ベータ崩壊

1. 緒言

核分裂生成物収率やそれらの脱励起やベータ崩壊により生じる物理量は、核分裂機構を理解する上で重要であり且つ必要不可欠な核データである。しかし、核分裂片を生み出す核分裂過程は、複雑な物理現象で直接的な観測が難しい。このため、核分裂機構の理解を目的として様々な微視的理論構築・計算が行われてきた。理論計算の確かさの検証のためには、観測可能な核分裂生成物の脱励起及びベータ崩壊後の物理量と比較する必要がある。近年、原子核反応コード TALYS^[1]に核分裂片の Hauser-Feshbach 統計崩壊理論に基づく脱励起計算機能が追加された。TALYS 計算で得られた核分裂生成物独立収率を、IAEA で新たに開発した Python ベータ崩壊計算コードを用い、累積収率及びベータ崩壊で生じる崩壊熱と遅発中性子収率を計算できるようにすることで、理論計算で得られる核分裂片の収率・励起エネルギー等の情報の確かさの評価を可能とした。

2. 計算方法

TALYS により計算された核分裂生成物独立収率をそれぞれ核種 X_i の初期値 $N_i(0)$ として、時刻 t における核種 X_i の生成量 $N_i(t)$ を線形分解した崩壊系列についてそれぞれの Bateman 方程式の初期値問題の解を解く方法により求めた。核種 X_i が単位時間あたりにベータ崩壊する割合（崩壊定数）を λ_i 、一回のベータ崩壊で放出される β 線と γ 線の平均エネルギーを $E_{i\beta,\gamma}$ とする。核種 X_i が単位時間あたりに放出するエネルギー $\lambda_i E_{i\beta,\gamma} N_i(t)$ を核分裂生成物独立収率に含まれる全ての核種について計算し、その和を崩壊熱とした。類似の方法により遅発中性子収率も計算した。また、半減期 1,000 年以上の核種を安定核種として無限時間における累積収率及び平均遅発中性子収率も求めた。計算に用いた評価済み崩壊データは、ENDF フォーマットの JENDL/DDF-2015 から必要箇所のみを抽出した簡易フォーマットファイルを作成し JSON 形式で読み込んだ。本コードは、現時点で核分裂による生成量の寄与は考慮せず瞬時照射の生成量（初期値）のみによっている。

3. 結果

図 1 に GEF コードから生成された $^{235}\text{U}(n_{th}, f)$ の核分裂片の収率・励起エネルギー等の情報から TALYS の脱励起計算により得られた独立収率、及び JENDL-4.0 FPY に収録されている独立収率を基に、JENDL/DDF-2015 崩壊データを参照してベータ崩壊計算した結果の β 線と γ 線からの崩壊熱及び遅発中性子収率を示した。用いる評価済み崩壊データにより再現性の違いはあるものの、概ね良い実験値の再現性が得られた。

以上の通り、理論計算から得られる核分裂片の情報を基に、講演 (1) 核分裂片の Hauser-Feshbach 統計崩壊理論に基づく脱励起計算、及び、講演 (2) ベータ崩壊計算、を組み合わせることにより多様な実験値との比較が可能となった。

参考文献

[1] A. J. Koning, et al., International Conference on Nuclear Data for Science and Technology 2007.

* Shin Okumura¹, Kazuki Fujio², Arjan Koning¹, and Satoshi Chiba²

¹IAEA, ²Tokyo Institute of Technology.

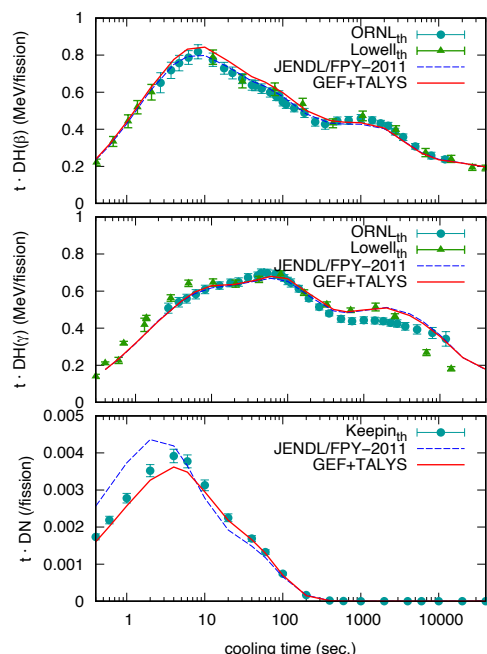


図 1 β 線、 γ 線からの崩壊熱、遅発中性子収率の照射後時間依存