

Oral presentation | II. Radiation, Accelerator, Beam and Medical Technologies : 201-1 Nuclear Physics, Nuclear Data Measurement/Evaluation/Validation, Nuclear Reaction Technology

📅 Thu. Mar 17, 2022 4:25 PM - 6:00 PM JST | Thu. Mar 17, 2022 7:25 AM - 9:00 AM UTC | 🏠 Room A

[2A16-21] Uncertainty Quantification, Fission Product Yield and Decay Data

Chair: Shinsuke Nakayama (JAEA)

4:25 PM - 4:40 PM JST | 7:25 AM - 7:40 AM UTC

[2A16] Analysis of effects of cross section correlation of fissile nuclides on the uncertainty of systematic nuclear properties of benchmark by Total Monte Carlo method

*Haruka Hirano¹, Tsunenori Inakura¹, Naoki Yamano¹, Satoshi Chiba¹ (1. Tokyo Tech)

4:40 PM - 4:55 PM JST | 7:40 AM - 7:55 AM UTC

[2A17] Uncertainty analysis of transmutation properties of Chloride molten salt fast reactors due to uncertainties in nuclear data of ³⁵Cl by a random sampling method

*Maho Kawaguchi¹, Yoshihisa Tahara¹, Naoki Yamano¹, Tsunenori Inakura¹, Chikako Ishizuka¹, Satoshi Chiba¹ (1. Tokyo Tech)

4:55 PM - 5:10 PM JST | 7:55 AM - 8:10 AM UTC

[2A18] Uncertainty quantification for peak energy of giant dipole resonance using Skyrme interaction

*Tsunenori Inakura¹ (1. ZC, Tokyo Tech)

5:10 PM - 5:25 PM JST | 8:10 AM - 8:25 AM UTC

[2A19] Calculations on fission product yield and fission observables by nuclear reaction code TALYS

(1) From statistical decay theory to independent fission product yield

*Kazuki Fujio¹, Shin Okumura², Arjan Koning², Satoshi Chiba¹ (1. Tokyo Tech, 2. IAEA)

5:25 PM - 5:40 PM JST | 8:25 AM - 8:40 AM UTC

[2A20] Calculations on Fission Product Yields and Fission Observables by Nuclear-Reaction Code TALYS

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

*Shin Okumura¹, Kazuki Fujio², Arjan Koning¹, Satoshi Chiba² (1. IAEA, 2. Tokyo Tech)

5:40 PM - 5:55 PM JST | 8:40 AM - 8:55 AM UTC

[2A21] Study of nuclear data for production of reactor neutrinos

*Karen Sasaki¹, Tadashi Yoshida², Chikako Ishizuka¹, Futoshi Minato³, Takahiro Tachibana⁴, Satoshi Chiba¹ (1. Tokyo Tech, 2. TCU, 3. JAEA, 4. Waseda Univ.)

5:55 PM - 6:00 PM JST | 8:55 AM - 9:00 AM UTC

Time reserved for Chair

Total Monte Carlo 法による核分裂性核種の断面積相関が
ベンチマーク体系核特性の不確かさに与える影響の解析

Analysis of effects of cross section correlation of fissile nuclides on the uncertainty of systematic nuclear
properties of benchmark by Total Monte Carlo method

*平野 はるか¹, 稲倉 恒法¹, 山野 直樹¹, 千葉 敏¹
¹東工大

断面積と角度分布の相関が炉物理量の不確かさに与える影響を調べるために、Total Monte Carlo (TMC) 法により ²³⁵U の核データを生成し、ランダムサンプリング法に基づいて GODIVA と FLATTOP 体系の核特性の不確かさ解析を行なった。MCNP6 計算の結果を統計処理し、実効増倍係数、核分裂数、漏れ中性子数などの分散及び相関を求め、核データの標準形式に含まれない相関が計算結果に与える影響を検討した。

キーワード：核データ、共分散、TMC 法、T6、²³⁵U、GODIVA、FLATTOP、不確かさ解析

1. 緒言

評価済み核データには二次中性子の角度分布の共分散や他の物理量との相関は完全には格納されていないが、TMC 法を用いることで角度依存を含めた核データ起因の炉物理量の不確かさを検討できる。コンクリートの深層透過問題では ²⁸Si の弾性散乱断面積の角度分布と全断面積の正の相関関係により、相関を無視した場合に比べて透過中性子線量の不確かさが減少することが示された^[1]。一方で漏れの大きい臨界ベンチマーク体系の実効増倍係数の不確かさが統計的見地から過大評価となっている可能性も指摘されており、これが同じ相関によって減少する可能性が想定される。以上を踏まえて、本研究では臨界ベンチマーク問題 GODIVA や FLATTOP における ²³⁵U の核データの角度分布と断面積の相関が与える炉物理量への影響を検討した。

2. 方法

T6 を用いて ²³⁵U 評価済み核データを再現し、各種モデルパラメータに摂動を与えランダムな核データファイルを多数作成した。T6 で作成されたランダムファイルでは二次中性子の全ての角度分布(MF=4)の摂動や断面積(MF=3)との相関が考慮される。さらに、角度分布の摂動を無視したランダムファイルも作成し、これらのランダムファイルを用いて、臨界ベンチマーク問題の MCNP6 計算から炉物理諸量の期待値と標準偏差や相関関係を求め、角度分布データに摂動を与える場合と与えない場合での結果を比較した。

3. 結果

表 1 に実効増倍係数の期待値と標準偏差を示す。図 1 には実効増倍係数と核分裂数の相関関係を示す。角度分布データの摂動の有無による炉物理諸量の標準偏差や相関関係への影響は見られなかった。この理由を考察するために ²³⁵U が核分裂中性子を生じない仮想的な深層透過体系に対しても断面積相関の効果を調べた。

4. 結論

角度分布と断面積の相関は臨界ベンチマーク問題における炉物理量の標準偏差や相関関係に影響を与えないことが示された。当日はその理由に対する考察結果も述べる。

参考文献

[1] N. Yamano, T. Inakura, C. Ishizuka, S. Chiba, “Crucial importance of correlation between cross sections and angular distributions in nuclear data of ²⁸Si on estimation of uncertainty of neutron dose penetrating a thick concrete”, JNST, DOI: 10.1080/00223131.2021.1997665 (2021).

表 1 GODIVA 体系の実効増倍率

角度分布摂動	実効増倍係数
有	0.99550 ± 0.00945
無	0.99556 ± 0.00945

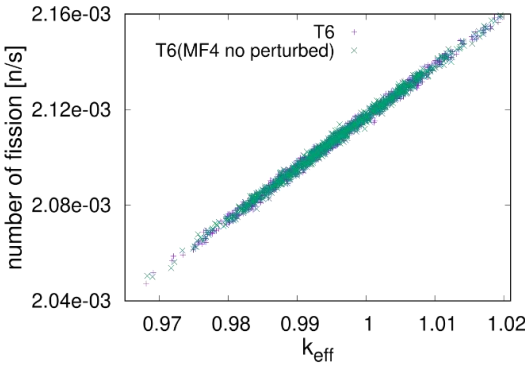


図 1 GODIVA 体系の実効増倍係数と核分裂数の相関関係

*Haruka Hirano¹, Tsunenori Inakura¹, Naoki Yamano¹ and Satoshi Chiba¹
¹Tokyo Tech

ランダムサンプリング法による塩化物溶融塩高速炉における ^{35}Cl による核変換特性の不確かさ解析

Uncertainty analysis of transmutation properties of Chloride molten salt fast reactors due to uncertainties in nuclear data of ^{35}Cl by a random sampling method

*川口 真穂¹, 田原義壽¹, 山野直樹¹, 稲倉恒法¹, 石塚千香子¹, 千葉敏¹

¹東工大

本研究では我々が導入・開発したランダムサンプリング法による解析手法を用いて ^{35}Cl の核データの不確かさが塩化物溶融塩高速炉の臨界性および TRU の核変換特性に与える不確かさの解析を行った。 ^{35}Cl の核データが実効増倍率と転換率に相対標準偏差でそれぞれ 1.3%、2.6%の不確かさを及ぼし、さらに一次の摂動的取り扱いが不正確であり炉システムの成立性も影響を受ける可能性のあることがわかった。

キーワード：溶融塩炉，超ウラン元素，不確かさ，核変換，核データ，塩素 35

1. 緒言

塩化物溶融塩高速炉による TRU の核変換では、原子力システムでこれまで用いられてきたものに比べて十分検証されていない核種や元素が用いられるため、これらの核データの不確かさが核特性の予測に大きな影響を与え、場合によっては成立性そのものを左右する可能性がある。本研究ではランダムサンプリング法^{1), 2)}による不確かさ解析を溶融塩炉における MA 含有の燃料燃焼を対象とする計算に適用し、実効増倍率と転換率の不確かさへの影響を定量的に検証することを目的とする。

2. 計算方法

塩化物溶融塩炉を対象とするため、核データの不確かさが大きいことが予備検討³⁾で分かっている ^{35}Cl をランダムサンプリング^{2), 3)}の対象にした。 ^{35}Cl に対してはノミナルな核データとして JENDL4.0 を使用した。その他の核種の核データには SERPENT⁴⁾コードにデフォルトとして導入されている ENDF/B-VII.0 のものを使用し、我々が以前に評価した共分散データ⁵⁾をもとに SANDY⁴⁾を用いてランダムサンプルを生成した。まず『JENDL4.0+共分散』ファイルの ENDF 形式の核データを NJOY で PENDF 形式に変換し、その共分散データをもとに SANDY⁴⁾で 200 個のランダムファイルを生成し、それらを NJOY で ACE 形式のファイルに変換した。それらを用いて多目的 3 次元連続エネルギーモンテカルロの粒子輸送コード SERPENT により 1 年間分の燃焼計算を行った。燃焼計算で用いる初期燃料の組成は文献[6]の「取出し燃焼 45GWd/t, 冷却期間 10 年, 濃縮度 3.9 wt% ^{235}U の PWR-UO₂ 燃料に対する核種組成データ」から設定した。また、燃料中の TRU のモル分率は燃焼初期で実効増倍率が 1.000 を上回るように設定した。200 個のランダムファイルを用いて計算を実行し、その計算結果を統計的に処理することで核特性の平均値・不確かさを求めた。それらをノミナル核データから 1 回計算で導かれた場合の炉物理量と比較した。さらに ^{35}Cl (n,p) 反応が炉物理量へ与える寄与を定量的に検証した。

3. 結論

^{35}Cl のランダムファイルから SERPENT を通して導出された実効増倍率と転換率の分布は正規分布に近いものとなった。1 年間の燃焼計算から導く実効増倍率や転換率の計算値について、不確かさは相対標準偏差でそれぞれ 1.3%、2.6%と非常に大きいことがわかった。核データノミナル値を用いた 1 回計算の値とランダムサンプルを用いた結果の平均値が不確かさの範囲で値の一致しない期間が存在した。この結果は ^{35}Cl の核データの不確かさが炉物理量に与える影響が大きく、摂動的取り扱いが不正確であることを示している。また、 ^{35}Cl (n,p) 反応の核データのみをランダムサンプリングの対象にした場合、転換率は両者が不確かさの範囲で一致し、実効増倍率は不確かさの範囲で値の一致しない期間が存在した。この結果から実効増倍率は ^{35}Cl (n,p) 反応の核データの不確かさのみにより一次の摂動を超える影響を受けることが分かった。新型炉設計には炉物理特性に関する不確かさを正確かつ定量的に検証する必要がある。特に本研究の溶融塩炉に含有されている ^{35}Cl のように不確かさの大きい核データを扱う場合は摂動的取り扱いが不正確となるため、分布関数を直接扱うランダムサンプリングによる不確かさ解析が必須となると考えられる。このような不確かさの定量的評価により、成立性を含む定量的な炉心設計が可能になる。

参考文献

- [1] 田原義壽, 「塩化物を用いた溶融塩高速炉の炉心特性と ^{35}Cl 核断面積の影響」 日本原子力学会 2020 年秋の大会, オンライン
- [2] L.Fiorito, G.Zerovnik, A.Stankovskiy, G.Van den Eynde and P.L. Labeau. Ann.Nucl.Energy 101(2017)359-366.
- [3] 川口真穂, 「ランダムサンプリング法による核データ起因の炉物理量の不確かさ解析手法の開発と GODIVA への適用」 日本原子力学会 2021 年春の年会, オンライン
- [4] Jaakko Leppänen, “Serpent – a Continuous-energy Monte Carlo Reactor Physics Burnup Calculation Code” (2015)
- [5] 稲倉恒法, 「塩化物溶融塩高速炉のための 塩素の核データ評価」 日本原子力学会 2020 年秋の大会, オンライン
- [6] 安藤良平, 高野秀機 「使用済軽水炉燃料の核種組成評価」 (1999 年), JAERI-Research-99-004

*Maho Kawaguchi¹, Yoshihisa Tahara¹, Naoki Yamano¹, Tsunenori Inakura¹, Chikako Ishizuka¹, Satoshi Chiba¹

ランダムサンプリング法による有効相互作用パラメーター起因の 巨大共鳴の不確かさ解析

Uncertainty quantification for peak energy of giant dipole resonance using Skyrme interaction

*稲倉 恒法¹

¹東工大

巨大共鳴を微視的に計算することは、核データにおいて重要である。しかし、軽い核では巨大共鳴のピークエネルギーが低く出ることが知られている。有効相互作用のパラメーターをランダムに振ってモンテカルロ計算を行い、巨大共鳴のピークエネルギーなどの不確かさを解析した。

キーワード：ランダムサンプリング法、巨大共鳴、モンテカルロ計算、密度汎関数理論、不確かさ解析、

1. 緒言

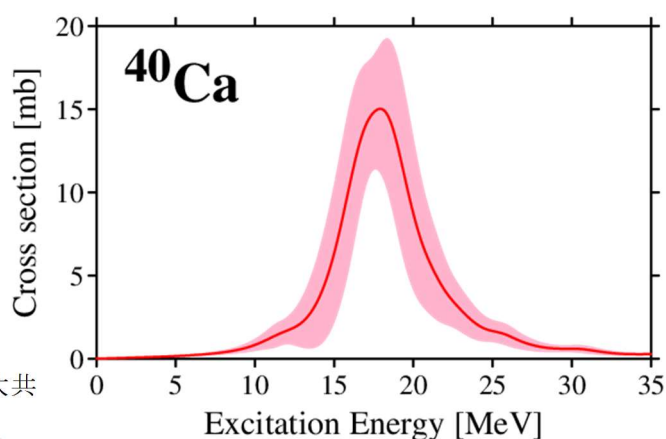
ほぼ全ての原子核で MeV 領域に巨大共鳴が現れるが、実験で観測されているのは一部の原子核に限られている。実験結果がない原子核の核データを整備するためには、微視的計算を用いて巨大共鳴の断面積を推定することが有効である。微視的計算の不確かさを明らかにすべく、巨大共鳴の計算によく使われる Skyrme 有効相互作用を用いて、ランダムサンプリング法で巨大共鳴の計算値の不確かさを解析した。

2. 方法

Skyrme 有効相互作用のパラメーターに、パラメーター間の相関を取り入れた上で摂動を与え、1000 個のパラメーターセットを作成した。これらのパラメーターセットを用いて平均場計算で原子核の基底状態を計算し、その上で乱雑位相近似計算を実行することで、1000 通りの巨大共鳴の断面積を求めた。この断面積を統計処理して、巨大共鳴の断面積の不確かさを解析した。

3. 結果

図 1 にランダムサンプリング法で計算した ^{40}Ca の双極子型巨大共鳴の断面積とその標準偏差を示す。ピークエネルギー付近で大きな不確かさが見られた。



4. 結論

有効相互作用のパラメーターの不確かさが巨大共鳴の断面積に有意な影響を及ぼすことが示された。

発表では、主にピークエネルギーに着目して、その不確かさや核種依存性、個々のパラメーターとピークエネルギーの相関などについて詳細な議論を行う。

図 1 ^{40}Ca での巨大共鳴の断面積とその標準偏差

*Tsunenori Inakura¹

¹Tokyo Tech

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

(1) 統計崩壊から独立収率まで

Calculations on fission product yield and fission observables by nuclear reaction code TALYS

(1) From statistical decay theory to independent fission product yield

*藤尾 和樹¹, 奥村 森², Arjan Koning², 千葉 敏¹

¹東工大, ²IAEA

原子核反応コード TALYS の Hauser-Feshbach 計算機能を用いて、核分裂生成物独立収率や核分裂片の統計崩壊から生じる物理量を調べた。演題(1)では中性子エネルギー5 MeV までの核分裂生成物独立収率及び関連する物理量を実験値及び評価済みデータと比較する。

キーワード：Hauser-Feshbach 統計崩壊理論、核分裂収率、即発中性子多重度及びエネルギースペクトル

1. 緒言

核分裂生成物収率や核分裂片の崩壊から生じる即発中性子及びγ線に関する物理量は核分裂機構を理解する上で重要な研究対象であるとともに原子炉の制御や核セキュリティ上で必要不可欠な核データである。核分裂は非常に複雑な過程であるため実験からだけでなく理論からのアプローチも必要である。原子核反応コード TALYS[1]は様々な核反応を系統的に計算できる能力を有しており、核分裂に関しては核分裂片に関する情報をインプットとして Hauser-Feshbach 統計崩壊理論に基づき核分裂片の脱励起計算を行い、核分裂生成物独立収率及び即発中性子多重度やそのエネルギースペクトル等を調べられる。本研究は核分裂に関連する物理量に対する TALYS コードの有用性を検証することを目的とする。

2. 計算方法

TALYS の Hauser-Feshbach 統計崩壊計算では核分裂片の質量数と電荷毎の収率に加えて、各分裂片が持つ励起エネルギー、スピンパリティの分布がインプットとして必要である。本講演では実験値を基に 1)モンテカルロ法で核反応を計算する GEF[2]、2)決定論的に計算を行う HF³D[3]、3)微視的模型を基に計算する SPY[4]の3つの異なるモデルから得られる核分裂片に関するインプットを用いて統計崩壊計算を行った。対象の系を一般的な原子炉中で起こる反応である ²³⁵U+n とし、入射中性子エネルギー5 MeV 以下の領域で核分裂生成物独立収率や核分裂片の崩壊から生じる即発中性子に関する物理量を計算した。

3. 結果

図は GEF から生成したインプットを用いた熱中性子エネルギーにおける計算結果で、実線は核分裂生成物独立収率、破線は放出される即発中性子平均多重度である。横軸は核分裂生成物の質量数を示し、縦軸は左側が収率、右側が即発中性子多重度である。各点はそれぞれの実験値を示しており、TALYS による Hauser-Feshbach 統計崩壊が実験値を再現していることを示す。特にこれまで多くの理論計算で困難であった収率における A=134 のピークを再現できることがわかる。

講演では核分裂生成物収率及び即発中性子多重度やそのエネルギースペクトル等の計算結果を実験値及び評価済みデータと比較する。

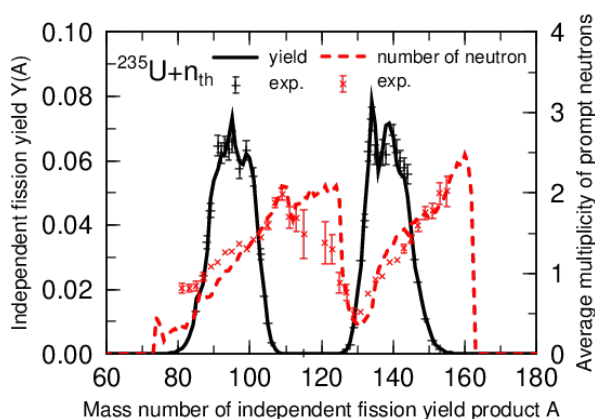


図1: 核分裂生成物収率と放出する中性子数

参考文献

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

[2] F. Nordström, Uppsala university private communication (2021).

[3] S. Okumura, et al., JNST 55, 1009 (2018).

[4] J.-F. Lemaître, et al., Phys. Rev. C 99, 034612 (2019).

*Kazuki Fujio¹, Shin Okumura², Arjan Koning², and Satoshi Chiba¹

¹ Tokyo Institute of Technology, ² IAEA

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.

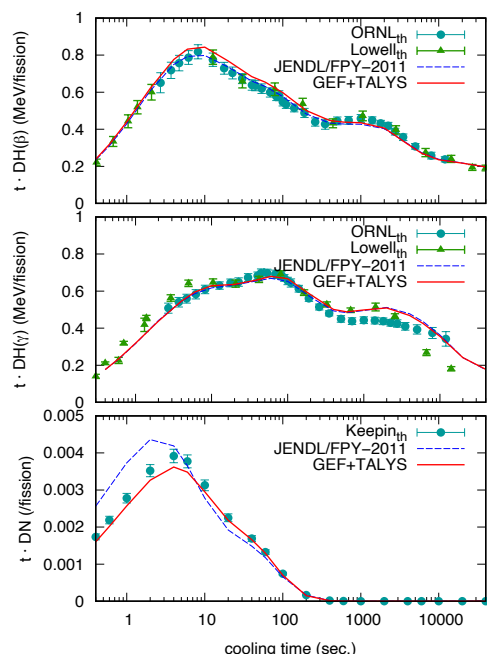


図 1 β 線、 γ 線からの崩壊熱、遅発中性子収率の照射後時間依存

原子炉ニュートリノ生成核データの研究

Study of nuclear data for production of reactor neutrinos

*佐々木 華蓮¹, 吉田 正², 石塚 知香子¹, 湊 太志³, 橘 孝博⁴, 千葉 敏¹

¹東工大, ²東京都市大, ³JAEA, ⁴早稲田大

原子炉では、核分裂生成物の β 崩壊に伴って反電子ニュートリノ（以下「原子炉ニュートリノ」）が放出され、核セキュリティや保障措置の観点から原子炉内部及び使用済み核燃料の情報を探る手掛かりとなるとともに、ニュートリノ振動に関するシグナルとなる。本研究では核分裂生成物の総和計算を基に、原子炉ニュートリノの収率とエネルギースペクトルを計算するための核データの整備を行う。

キーワード：原子炉ニュートリノ、ベータ崩壊、核データ、総和計算、大局的理論

1. 緒言

原子炉ニュートリノの挙動解明は、遠隔地点からの原子炉の運転状況や原子炉内部の燃料構成の把握、使用済み燃料の所在の検知を可能にするなど、核セキュリティや保障措置の観点から重要である[1]。さらに核分裂機構やニュートリノ振動の解明、ステライルニュートリノの存在可能性検証、それらを通しての宇宙・天体物理学への貢献など、基礎研究分野においても貢献が期待される。これまで原子炉ニュートリノ放出に関する核データは整備されてこなかったが、本研究ではその整備を本格化する。

2. 方法

計算のフローチャートを図1に示す。まず、燃焼時間と冷却時間を基に、核分裂に伴う核分裂生成物（FP）の生成消滅計算を行い、ある時点におけるFP量の分布を得る。FP崩壊データとしてはJENDL/FPD2011、FPYデータとしてJENDL-5に格納予定のデータ[2]を用いた。次に、この結果と大局的理論を用いて計算された各FPから放出される電子・ニュートリノスペクトルの情報[3]とIBD（逆 β 崩壊）断面積[4]、崩壊データを基に総和計算を行い、エネルギースペクトル等の結果を得た。

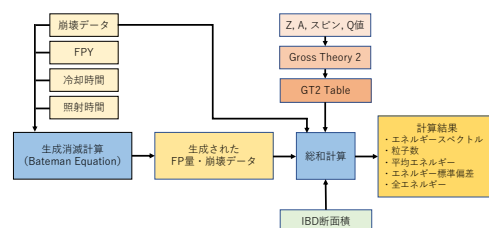


図1 計算フローチャート

3. 結果

総和計算から得られた結果のうち、 $^{235}\text{U}+\text{n}_{\text{th}}$ の結果を図2に示す。本研究の結果（一番上の赤線）が実験データを良く再現できていることが分かる。特にJENDL/FPY2011を用いる計算（青線）において高エネルギー部で見られた不一致が改善していることが分かる。図より、非常に多くの核種による寄与が見られるが、中でも ^{92}Rb をはじめとするいくつかの核種が高エネルギー領域でのスペクトルの傾向に大きく寄与していることが分かった。

4. 考察

図2より、特に高エネルギー領域において、我々の以前の計算に比べて実験値との差異が小さくなり、改善傾向が見られた。当日は他の核種の結果やJENDL-4に与えられているニュートリノエネルギーなどとの比較を示す。

5. 謝辞

本研究の一部は阪大RCNPのCOREnet-032共同研究として行われた。

参考文献

- [1]A.Bernstein et al., Review of Modern Physics, vol.92 (2020), DOI:10.1103/RevModPhys.92.011003
- [2]K.Tsubakihara et al., J.Nucl.Sc.Tech., 58, 151-165(2021).
- [3]T.Yoshida et al., Progress in Nuclear Energy 88, p.175-182 (2016)
- [4]A.Strumia and F.Vissani, Phys. Lett. B 564(2003) 42-54.

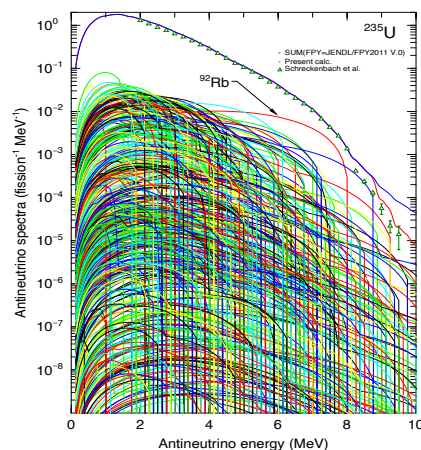


図2 $^{235}\text{U}+\text{n}_{\text{th}}$ 系の反電子ニュートリノスペクトル

*Karen Sasaki¹, Tadashi Yoshida², Chikako Ishizuka¹, Futoshi Minato³, Takahiro Tachibana⁴, Satoshi Chiba¹

¹Tokyo Tech, ²TCU, ³JAEA, ⁴Waseda Univ.