

4-3 核変換用炉心設計に必要な核データの信頼性評価 — FCA を用いた臨界実験による TRU 核種断面積データの検証 —

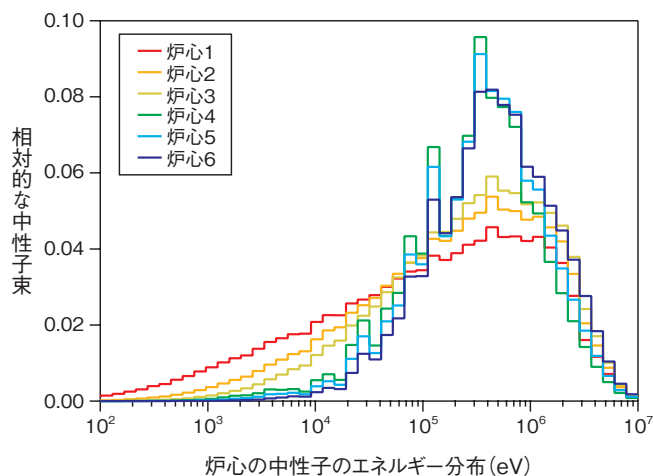


図4-6 炉心中性子のエネルギー分布

実験炉心の番号が1 (—) から6 (—) に大きくなるに従って、徐々にエネルギーの高い中性子が増加 (平均的なエネルギーが増加) しています。本実験では、これらの複数の実験炉心を用いて TRU 核種に関する核分裂率比が系統的に測定されました。

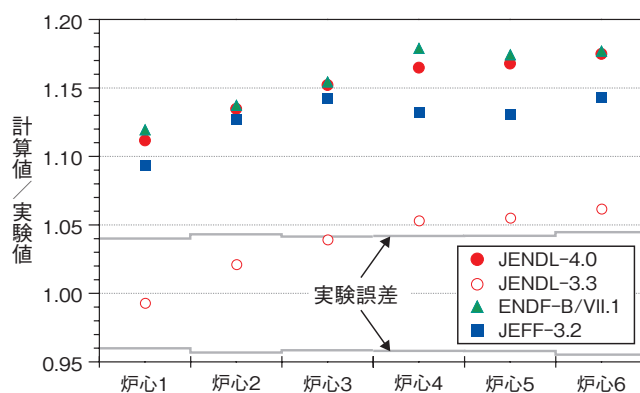


図4-7 実験値と計算値の比較の一例 (^{244}Cm に関する核分裂率比)

●は原子力機構で開発した JENDL-4.0 (最新版) の結果、○は JENDL-3.3 (一世代前の旧版) の結果、▲は米国の ENDF-B-VII. 1 (最新版) の結果、■は欧州の JEFF-3.2 (最新版) の結果です。

原子力発電所から排出される高レベル放射性廃棄物には、長期にわたり放射性毒性が強い長寿命核種としてアメリシウム (Am)、ネプツニウム (Np)、キュリウム (Cm) 等のマイナーアクチノイド (MA) が含まれます。これらの長寿命核種を分離して、中性子との核反応として核分裂させることにより安定または短寿命の核種に変えることができます。私たちは、加速器を用いた核変換専用のシステム (加速器駆動システム: ADS) を検討し、放射性廃棄物の環境負荷の低減を目指しています。

核種ごとに核分裂を起こす確率 (核分裂断面積) は中性子のエネルギーに依存し、特に MA の核分裂断面積は核変換用の炉心を設計する上で重要な核データの一つです。この核データの信頼性を評価するために、臨界集合体等を用いて取得された実験値と核データを用いてシミュレーションにより得られた計算値を比較することが有効です。

高速炉臨界実験装置 (FCA) では、MA を含む超ウラン核種 (TRU) に関する核分裂率比が複数の実験炉心で測定されました。本実験では、各炉心が燃料とグラファイトまたはステンレスといった減速材 (衝突により中性子がエネルギーを失う材質) の単純な組み合わせで構成されており、その混合割合の違いにより炉心中性

子の平均的なエネルギーが系統的に異なるのが特徴です (図 4-6)。私たちは、本実験データを TRU 核種の核分裂断面積の検証に活用しやすいようにベンチマーク問題として整備し、原子力機構で開発した核データである JENDL 及び国外の最新核データを用いた解析を行いました。

^{237}Np 核分裂断面積に関して、いずれの核データによる計算値も実験値を良く再現することが分かりました。また、 ^{241}Am 及び ^{243}Am 核分裂断面積に関しては、いずれの核データによる計算値も実験値をわずかに過小評価することを示しました。さらに、 ^{244}Cm に関する核分裂率比に関しては、JENDL-3.3 (一世代前の旧版) による計算は実験値を比較的良く再現する一方で、JENDL-4.0 を含む国内外のいずれの最新の核データによる計算は大幅に過大評価することが分かりました (図 4-7)。これに対して、これらの計算値の過大評価が、10 MeV 付近の中性子エネルギーの ^{244}Cm の核分裂断面積の差異に起因していることを示しました。

FCA を用いて得られた本実験データは、世界的にも類がなく、その活用により MA を含む TRU 核種の核分裂断面積の精度向上に寄与することが期待されています。

●参考文献

Fukushima, M. et al., Analyses with Latest Major Nuclear Data Libraries of the Fission Rate Ratios for Several TRU Nuclides in the FCA-IX Experiments, Journal of Nuclear Science and Technology, vol.54, issue 7, 2017, p.795-805.