

核データ部会セッション

核分裂生成物核種の核データ研究のフロンティア

Frontier of Nuclear Data Researches on Fission Product Nuclides

(1) 評価研究の進展：JENDL-4.0 からその先へ

(1) Progress in nuclear data evaluation

*岩本 信之¹¹原子力機構

1. 序論

核分裂生成物は、原子番号が 30 から 68 (質量数 70 から 170 程度) に亘る核種領域に広がっており、原子核としての性質も多様である。そのため、原子核の物理的な性質が反映される断面積についても予測は難しく、これらの性質をできる限り精度良く取り込むことで断面積の予測精度も高まると期待されている。

2010 年に公開された汎用評価済核データライブラリ JENDL-4.0 の開発目的の一つに、実験データの乏しい核分裂生成物の精度向上があったので、連続領域の断面積評価用に統計モデルに基づく核反応計算コード CCONE が開発された。これにより、これまで反応過程に応じて、異なる核反応計算コードが採用されたために生じていた中性子放出スペクトルに見られた不整合などが解消された。また、前平衡過程には 2 成分励起子モデルが採用されるとともに、200MeV までの中性子エネルギー領域まで適用可能なチャンネル結合光学モデルパラメータが導出され、デフォルト計算での信頼性も向上した。低エネルギー領域では、基本的に分離共鳴パラメータの評価が行われ、JENDL-4.0 の開発では実験データを基に 109 核種のデータが更新されている。

2. 核データ評価の進展

上記の通り、断面積データの評価は、分離共鳴の存在により断面積の予測が非常に難しい低エネルギー領域と、断面積が滑らかな高速中性子エネルギー領域に分けられる。核データ評価研究においては、いずれの領域の精度も高めることが応用にとって重要である。

2-1. 低エネルギー領域

分離共鳴断面積の評価は実験解析によって導出された共鳴パラメータが無くては進めようがなかったため、研究は遅れていた。安定核種であれば、測定研究が行われており、充分ではないがデータが皆無ということはほとんどない。しかしながら、不安定核種については多くの場合に測定自体が行われていない。長寿命核分裂生成物については、有害度低減化研究において捕獲断面積などの性質が重要視されていたため、多くの核種について共鳴パラメータも与えられているが、⁷⁹Se や ¹²⁶Sn などまだまったく測定されていない核種も珍しくない。これらの共鳴断面積を予測する試みとして、共鳴パラメータの統計的性質を使った手法を開発した。共鳴のエネルギー間隔や中性子幅はそれぞれ Wigner 分布や Porter-Thomas 分布に従うことが知られており、これらからそれぞれの物理量をサンプリングすることで共鳴断面積を導出した。また、熱中性子捕獲断面積についても、同様に系統性を考慮した手法を開発し、不安定核種の評価が JENDL-4.0 と比べて相対的に多かった原子炉施設廃止措置用放射化断面積ファイル (JENDL/AD-2017) の評価に採用された。

2-2. 高速中性子エネルギー領域

断面積が連続的な領域においては、Hauser-Feshbach 統計モデルの計算で重要な高エネルギー励起レベルを記述する核準位密度モデルやガンマ線の遷移に関する強度を与えるガンマ線強度関数に対し、微視的理論からの知見を考慮することでモデルの改良を行っている。特に、核準位密度モデルについては、しきいエネルギーからの断面積の形状に大きな影響を与えるため、とりわけ重要である。JENDL/ImPACT-2018 の開発では、微視的な知見を経験的な核準位密度モデルに反映することで、断面積の予測精度を高めている。

講演では、JENDL-4.0 の公開後における評価研究の進展について、適用結果と併せて紹介する。

*Nobuyuki Iwamoto¹¹JAEA