

IAEA 中性子標準断面積に関する第二回技術会合

日本原子力研究開発機構
核データ研究グループ
国枝 賢
kunieda.satoshi@jaea.go.jp

2014年12月にオーストリア・ウィーンの国際原子力機関（IAEA）において中性子標準断面積に関する技術会合が開催され、日本からは私が参加してきた。この会議は2013年7月に開催された会合に続く第二回目の会合である。このプロジェクトや会合の趣旨については核データニュース No.106 において既に報告しているため、本稿では本会合で報告された内容を手短かに述べるに留めたい。なお、参加者のスライドは下記のHPで公開されている。

<https://www-nds.iaea.org/index-meeting-crp/TM-neutron-std/>

会合には各国から核データ測定及び理論研究者が集まり、オーストラリアから1名、オーストリアから2名、中国から2名、ECから1名、フランスから2名、ドイツから2名、ロシアから1名、スペインから1名、米国から2名、IAEAから3名、日本から1名（著者）、計18名の参加があった。標準核データとは断面積測定値の規格化等に用いられる核データである。現在の最新版は2006年に公開されたバージョンであり、 $H(n,n)$ 、 ${}^3\text{He}(n,p)$ 、 ${}^6\text{Li}(n,t)$ 、 ${}^{10}\text{B}(n,\alpha)$ 、 $C(n,n)$ 、 $\text{Au}(n,\gamma)$ 、 ${}^{235,238}\text{U}(n,f)$ 反応の評価済断面積が、IAEA核データセクションのホームページ (<https://www-nds.iaea.org/standards/>) から公開されている。今回の技術会合では、主に下記の5項目に関して議論し、標準断面積やその共分散データの高品質化を図るための評価手法を検討した。

① 各国における近年の断面積測定データのレビュー

米国ロスアラモス国立研究所（LANL）や欧州原子核研究機構（CERN）、標準物質計測研究所（IRMM）等において測定された最近の実験データをリストアップし、標準断面積や共分散の評価に有用となるデータを選択・吟味した。ただし、近年の測定値間においても測定系や解析手法の不確かさにより、最大で数%程度の差異が現れているケースが見

られた。会議においては、測定データの規格化や粒子弁別法、バックグラウンド差引等の問題点が幾つか指摘された。

② 共鳴理論やスプライン関数を用いた断面積・誤差評価手法に関する報告

各国の専門家より、 R 行列理論を用いた軽核共鳴領域における断面積評価や、スプライン関数フィットを用いた中性子捕獲・核分裂断面積評価手法に関する報告があった。この中で、著者は日本における R 行列計算コード開発の進捗状況を報告した。また、前回からの宿題となっていた ${}^6\text{Li}$ 中性子断面積の解析結果 (IAEA が準備したコード妥当性検証用のベンチマーク問題に対する解析結果) を報告し、計算手法及びコードの妥当性を示した。ただし、一部の解析条件に不整合があるとの指摘があり、後日それらを修正した再解析結果を示すこととなった。さらに著者は、測定データの系統誤差の扱いに関して、従来手法に基づいた幾つかの手法及びそれらの組み合わせによる解析結果を報告し、結果の違いについて議論を行った。参加者からは個々の測定データに対する補正パラメータに関して質問を受けた他、結果の妥当性に関して従来法との比較に基づいたコメントがあった。

③ 標準核データのエネルギー範囲の拡張

天体物理分野からの要望があり、 ${}^{197}\text{Au}(n,\gamma)$ 断面積は現在の 0.2 MeV から更に低エネルギー側へ拡張されることとなった。また、 ${}^{235,238}\text{U}(n,f)$ 断面積に対しては、加速器応用分野からの要求を受けて、現在の上限 200 MeV から 1 GeV までデータの範囲を広げることが検討された。

④ 評価済みリファレンス断面積に関する核種・反応種の選定及び評価手法の検討

今回から、標準核データに含まれていない比較的需要の高い核データが新たに評価・整備され、“リファレンス断面積”として標準核データに準じる形で公開される予定である。その中には、 ${}^{48}\text{Ti}(n,n'\gamma)$ 反応断面積、 ${}^{209}\text{Bi}$ 、 ${}^{\text{nat}}\text{Pb}$ 、 ${}^{235,238}\text{U}$ 、 ${}^{239}\text{Pu}$ の高エネルギー核分裂断面積*、 ${}^{235}\text{U}$ や ${}^{252}\text{Cf}$ からの核分裂中性子スペクトル等が含まれる予定である。

⑤ 今後の方針・予定について

これまでの測定値に最新の測定値を加えて、 R 行列理論やスプライン最小二乗解析による断面積・誤差評価を継続する。その際に、系統誤差の大きな測定値に対しては、励起関数の形だけを用いて解析する。 ${}^{197}\text{Au}(n,\gamma)$ 及び ${}^{235,238}\text{U}(n,f)$ 断面積のエネルギー範囲の拡張はスプライン最小二乗解析で行い、リファレンス断面積は核モデル計算やスプライン

* 現在、高エネルギー核分裂断面積データは IAEA 核データセクションの HP (<https://www-nds.iaea.org/standards/>) にて公開されている。

最小二乗法を併用して評価・整備する。2015 年内を目標に基本となる評価作業を終了し、2016 年にデータ公開を目指す。なお、今回の標準断面積の評価においても、これまでに実績のある米国の EDA (R 行列理論) や GMA (スプライン最小二乗解析) コードが主に用いられる予定である。日本や中国の R 行列計算コードに関しては、妥当性の最終確認後に、断面積共分散等の評価に対する部分的な導入が検討される。

さて、標準核データには数十年の歴史があるが、誤差・共分散評価手法に関しては系統誤差の扱い方など、未解決の問題を残している。一方、日本は誤差・共分散評価に関する世界トップクラスの実績を有している。我々が有する知見を国内のみならず国際社会へも還元し、この分野における日本のプレゼンスを示すチャンスであると感じている。



会議参加者の集合写真 (2014 年 12 月)