



## (2) 核データ評価関連

日本原子力研究開発機構  
核データ評価研究グループ

岩本 修

[iwamoto.osamu@jaea.go.jp](mailto:iwamoto.osamu@jaea.go.jp)

岩本 信之

[iwamoto.nobuyuki@jaea.go.jp](mailto:iwamoto.nobuyuki@jaea.go.jp)

国枝 賢

[kunieda.satoshi@jaea.go.jp](mailto:kunieda.satoshi@jaea.go.jp)

### 1. はじめに

本稿では、米国ニューヨークで開催された「科学と技術のための核データ国際会議 (ND2013)」における核データ評価に関する部分の発表及び議論についての概要を報告する。

核データ評価に関する講演はそれぞれ「核データ評価・ライブラリー関連」24件、「核反応理論関連 (評価を含む)」26件、「共分散関連」18件となっており、講演数全体の20%程度であった。この数は核データとその評価手法に対する質的向上へのアクティビティがまだまだ高いことを感じさせるものである。

### 2. 核データライブラリー

会議のオープニングトークとして、国際評価済核データライブラリーを開発するための新しいプロジェクトである CIELO (Collaborative International Evaluated Library Organization) について、LANL の M. Chadwick 氏が講演した。CIELO については OECD/NEA における核データ評価に関する国際協力の枠組みである WPEC の昨年度の会合でも議論されており、日本、米国、欧州の核データ関係者が主となって世界共通の核データライブラリーの構築を目指すというものである。この会議の合間にも関係者が集まり、非公式な会合が開かれた。日本からは JAEA の深堀氏と岩本 (修) が参加し、2013 年 5 月に開催される WPEC 会合でサブグループ作成の提案を行い、試験的プロジェクトとして H-1, O-16, Fe-56, U-235, 238, Pu-239 の主要 6 核種について評価を行うことを合意した。評価活

動は核種ごとにグループを形成して行い、日本からはアクチノイド核種グループに岩本（修）、Fe-56 グループに岩本（信）、O-16 グループに国枝が参加する予定である。

ENDF について BNL の D. Brown 氏が講演した。現在、次期バージョンの ENDF/B-VII.2 に向けて準備を行っているとの報告があった。また、自動的なファイルのチェックシステム ADVANCE の開発や新しい核データのフォーマットである GND の採用について話があった。質疑応答で、深堀氏が米国で開発されている核データ処理コード NJOY の最新版である NJOY2012 の公開について質問し、今後公開予定であるとの返答があった（現在、LANL から公開されており、<http://t2.lanl.gov/nis/codes.shtml> から連絡先の情報が得られる）。

JEFF の状況について CEA の R. Jacqmin 氏が講演した。現在、次のバージョンの JEFF-3.2 の準備中であり、2013 年中に公開される予定である。改訂される核種は主要アクチノイドやマイナーアクチノイド、構造材を含み 100 核種以上となる予定である。ガンマ線生成データが増え、古いデータや足りないデータは TENDL で補われるようである。また、共分散データについても充実が図られる見込みである。

JLU（ドイツ）の I. Dilmann 氏が KADoNiS データベースの現状について講演した。このデータベースには宇宙での *s*-process や *p*-process による元素合成を計算するために必要となるマックスウェル平均断面積が収録されている。現在、KADoNiS v1.0 を準備中であり、4月の終わりに公開予定であるとの報告があった。KADoNiS v1.0 にはこれまで収納されていなかった Li-6, B-10,11, O-17 のデータが新たに追加される予定である。また、JENDL-4.0 や ENDF/B-VII.1 等の評価済核データライブラリーのマックスウェル平均断面積もデータベースに収納されるようである。

### 3. 評価関連

IAEA の R. Capote 氏が、アクチノイドの非弾性散乱断面積に関する講演を行った。この断面積は測定が難しく、ライブラリー間の差異が大きい核データのの一つである。特に、Pu-239 の非弾性散乱はライブラリー間で差が大きい、ベンチマークテストでは、他の断面積による影響と相殺してしまい、違いが見えなくなることなどが紹介された。しかし、非弾性散乱は理論モデルにより精度向上が可能であり、信頼性の高いモデルを使うことが重要である。この講演の内容はほぼ、2011 年 9 月に IAEA で開催された「高速中性子に対する主要核種の非弾性散乱及び捕獲断面積データ」の技術会合に沿った内容であり、INDC(NDS)-0597 にレポートとしてまとめられている。

KIT の Pereslavitsev 氏が Cu-63, 65 の中性子断面積の新しい評価について講演した。この評価は共鳴領域から 200MeV までのエネルギー領域をカバーしており、共分散を含むものである。共鳴領域は GELINA と ORELA の測定データを使い、SAMMY コードを用いて解析し、その他は TALYS コードを用いて評価されていた。

高エネルギー核データの研究に関して、フランス CEA の S. Leray 女史より、核内カスケードモデルに基づく計算コード INCL の概要及び拡張に関して発表があった。コアレスセス過程を導入することにより核子のみならず複合粒子の生成スペクトルの計算が可能となっている。また、軽イオン入射反応へモデルが拡張されており、測定データを良く再現していた。QMD に比べて精度は劣らないそうである。さらに統計崩壊を ABLA07 コードで行うことにより、低エネルギー領域の精度を向上させていた。核破碎中性子源や ADS、将来的な医療等における幅広い応用を狙っており、MCNPX、GEANT4 や PHITS などの種々の輸送計算コードに導入を検討している(C++バージョンもある?)。ベンチマーク計算の例として鉛ビスマス LBE に対する数 GeV 陽子入射のシミュレーション結果が報告され、中性子収率やポロニウム生成量が示された。

国枝は R 行列理論を用いた O-16 に対する中性子断面積及び共分散の解析結果について発表した。酸素の中性子断面積は軽水炉の臨界安全計算等に重要なデータであるが、測定データ間には不一致がある。従って、測定データに基づく各国の核データライブラリーにも問題がある可能性がある。本研究で得られた解析結果は散乱行列のユニタリ性により測定データの系統誤差にほぼ依存しないため、これまでの測定値や評価データ間の系統的な食い違いを解決することができる。質疑応答では主に測定者からの質問が数件あった。そのうちの一つは本解析に用いた低エネルギー領域における測定データにサンプルの不純物（水素）に起因するエネルギー依存の誤差が指摘されているというものであった。これは大変有用なコメントであった。確かに本解析においては低エネルギーの測定データに対するカイ二乗値がやや大きめの値となっており、以前からその理由が気になっていた。会議後に、測定データの解析において水素の断面積に比重を掛けたバックグラウンド成分をフリーパラメータとして導入するというアイデアが閃いたことは大きな成果であった。また、ロシアラモス国立研究所の共同研究者 G. Hale 博士、M. Paris 博士や河野俊彦博士と解析手法に関して再確認すると共に、モデルパラメータの扱いについて詳細な議論を行った。これまでの方針通り研究を進めることで同意したが、今後はさらに散乱行列のユニタリ性が断面積の振る舞いに如何に反映されるのか物理的根拠を明確に提示する方法を検討することで合意した。

原子力機構で開発中の核反応計算コード CCONE の 20MeV 以上の高エネルギーへの拡張について岩本（修）が発表し、Al-27 ターゲットからの陽子及び中性子入射反応による二次粒子スペクトルの計算結果を示した。現在の JENDL 高エネルギーファイルや ENDF/B-VII.1 などの評価済データを大きく改善しており、結果はおおむね好意的に受け取られたようである。

岩本（信）は東工大において系統的に測定が進められているパラジウム安定同位体の捕獲ガンマ線スペクトル及び捕獲反応断面積の測定データを基に高速中性子捕獲反応過程において重要となるガンマ線強度関数の評価結果を報告した。質疑応答では、捕獲反

応過程は核準位密度にも依存するため、その効果について指摘があった。今後、核準位密度による影響についても検討する予定である。

#### 4. 核データフォーマット

LLNL の C.M. Mattoon 氏が新しい核データのフォーマットに関する講演を行った。長い間使用されてきた 80 カラムの ENDF フォーマットを一新し、拡張性が高い全く新しいデータフォーマットで置き換えることを狙ったものである。昨年度の OECD/NEA の WPEC 会合で、サブグループの提案がなされ、SG38 として承認された。現在、Mattoon 氏を中心として精力的に活動が行われている。LLNL では XML をベースとしたフォーマットである Generalized Nuclear Data (GND) 及びそれを取り扱うための FUDGE コードが開発されており、ENDF-6 フォーマットと GND との間で変換が可能となっている。SG38 では、実際的にこの GND について議論が進んでおり、GND が様々な要望を取り入れる形で拡張されていくと考えられる。今後、処理コード等の整備が進めば、標準的に使用される可能性がある。



写真 会議最終日に降雪のあったニューヨーク・セントラルパーク