

科学と技術のための核データ国際会議 (ND2022)

(4) ライブラリ・評価手法・フォーマット及び核データ処理・熱中性子散乱則・積分実験・原子炉用データ

原子力機構

國枝 賢

kunieda.satoshi@jaea.go.jp

中山 梓介

nakayama.shinsuke@jaea.go.jp

岩本 修

iwamoto.osamu@jaea.go.jp

岩元 大樹

iwamoto.hiroki@jaea.go.jp

多田 健一

tada.kenichi@jaea.go.jp

近畿大学

佐野 忠史

t-sano@kindai.ac.jp

1. はじめに (国枝)

筆者らは主に核データライブラリ、核反応理論やコード、評価手法（機械学習法を含む）、フォーマット、核データ処理、熱中性子散乱則データ、積分実験に関するセッションに参加した。本稿ではこれらのテーマについて講演内容を報告する。なお、全ての内容を網羅することには限界があり、項目によってはトピックス的な報告になっていることを予めご理解頂きたい。また、筆者同士で多少の重複記述があることをご了承頂ければ幸いである。

2. ライブラリ開発関連 (中山、岩本)

各国の核データライブラリ開発に関する発表について、発表順にその概要を述べる。なお、TENDL、JENDL、ENDF/B、CENDL、JEFF の 5 つのライブラリと ENSDF については、一般講演とは別に最終日の基調講演でも参加者全体向けの発表が行われた。

IAEA (オーストリア) の Koning 氏は TENDL について、開発の進捗を発表した。TENDL は Koning 氏らが開発している核反応モデル計算コードである TALYS の計算結果がベースになっている。最新バージョンの TALYS-1.96 が 2021 年 12 月に公開され、主に、核分裂関連の計算、ガンマ線強度関数、光学モデル等の部分が新しくなったとのことである。TENDL の特徴は完備性が高いことである。中性子、光子、陽子、重陽子、三重陽子、He-3 原子核、アルファ粒子入射反応について、安定核はもとより半減期 1 秒以上の核種を対象に 2,813 核種を網羅する巨大な核データライブラリとなっている。最新版の TENDL-2021 が TALYS と同じく 2021 年 12 月に公開された。前バージョンの TENDL-2019 との違いは、中性子反応について、JEFF からの共鳴パラメータの新たな採用、新しいガンマ線強度関数と自動フィットによる中性子捕獲反応の改善などである。また、光核反応や荷電粒子反応についても改善している。次のバージョンである TENDL-2023 に向けて EXFOR を用いた最適化が検討されている。これは TALYS のモデルパラメータの改善と共に、EXFOR 自体の質の改善も期待でき、一石二鳥を狙っているとのことであった。

JAEA (日本) の岩本は、2021 年末に公開した JENDL-5 の概要を述べた。中性子核データについては、収録核種数を 2 倍近くに増やし天然に存在する核種を網羅するとともに、軽核から重核まで大幅な改訂を行った。さらに、多くの核種で上限エネルギーを 200 MeV まで拡張するとともに、新たに開発した手法で計算した反跳スペクトルを加えた。熱中性子散乱則については、JENDL シリーズで初めて独自評価によるデータを取り入れた。こうした改訂の結果、特に Pu や中濃縮 U 体系の臨界性や MA の核分裂反応比等のベンチマーク結果が改善した。また、JENDL-5 には核分裂収率や崩壊データ、荷電粒子入射反応や光核反応データ等のサブライブラリも含まれている。なお、中山は、その内の主に加速器中性子源の設計のために開発した重陽子サブライブラリと、主にバックエンド分野での利用のために開発したアルファ粒子サブライブラリについて、評価や検証の概要を述べた。

BNL (米国) の Nobre 氏は、2024 年 2 月に公開予定の ENDF/B-VIII.1 について概要を述べた。標準断面積ライブラリに更新がないため、バージョンは IX ではなく VIII.1 であるとのことだった。中性子データについては IAEA が主導する国際プロジェクト INDEN から U-233, 235, 238 や Pu-239、構造材核種等、重要核種のデータを採用している。ENDF/B-VIII.0 ではウラン燃料体系において、燃焼に伴う反応度の減少傾向が VII.1 よりも大きくなることが指摘されており、これが原子炉応用分野からの懸念事項となっていた。これに対し、INDEN の U-238 データを取り入れることで反応度の減少傾向が改善されることが報告された。また、熱中性子散乱則データも充実させる予定で、ENDF/B-VIII.0 よりもおおよそ 2 倍の量になるとのことであった。

CIAE (中国) の Ge 氏は、CENDL 開発プロジェクトの現状と将来計画を述べた。CENDL の最新版は 2020 年に公開された CENDL-3.2 である。CENDL の開発では中国国内からの

ニーズを重視しているが、その中でも特にナトリウム冷却炉やトリウム溶融塩炉、医療用 RI 製造が重要な例として挙げられていた。CENDL-3.2 は中性子データのみであったが、その後、放射化断面積データ、崩壊データ、光核反応データの開発が進められた。これら 3 つのサブライブラリはほぼ完成しており、近日中に公開されるようである。また、昨年からの次のバージョンの CENDL の開発プロジェクトが始まり、次期 CENDL が 2025 年に公開予定とのことであった。

EC-JRC（欧州）の Plompen 氏は、2024 年末に公開予定の JEFF-4 に向けた取り組みについて述べた。2017 年に JEFF-3.3 を公開した後、現在はテストバージョンの JEFF-4T1 を 2022 年 2 月に公開したところである。JEFF-4 は、核分裂炉や核融合炉からバックエンド（ADS 含む）、非エネルギー応用まで、様々な分野で利用できる“True general purpose”ファイルを目指しているとのことであった。核データ評価の進捗例として、U-235 と Pu-239 の共鳴パラメータおよび熱核分裂収率の評価や、MA 核種の共鳴領域評価結果が示された。FP 核種や構造材核種（Fe-56 等）、O-16 の中性子核データも更新予定である。また、ENDF/B-VIII.1 と同じく、熱中性子散乱則データも充実させるようである。

核データライブラリ関連として、核構造データベースの ENSDF や EXFOR に関する発表もあった。ENSDF は現在 80 カラムの独自のフォーマットを採用しているが、データベースの拡張やデータを扱うプログラムの改良を考え、新たなフォーマットへの移行が検討されている。候補として既存のデータフォーマットである JSON (JavaScript Object Notation) や CouchDB (<https://couchdb.apache.org/>) などが検討されているようである。既存フォーマットを使うメリットは、取り扱うためのライブラリが様々な言語ですでに整備されていることである。これにより利用が容易になると考えられ、AI や機械学習など広い活用へつなげていきたいようである。核反応の実験データベース EXFOR に関しても同じ方向性の活動が始まっている。NEA の WPEC 参加で活動している SG50 (Developing an Automatically Readable, Comprehensive and Curated Experimental Reaction Database) は、EXFOR を核データ評価へより使いやすくすることを目指して、2020 年から活動中である。IAEA で EXFOR に関するシステム開発を担当している Zerkin 氏も SG50 の活動に関わっており、ND2022 では X4Pro というツールの紹介があった。IAEA の EXFOR のウェブページでは様々なフォーマットに変換されたデータが提供されている。現在 EXFOR は SQL を用いたデータベースをこのウェブページで検索し、別途様々なツールを用いて検索で得られた数値データの変換を行うことが多い。X4Pro を用いると、利用者各自が EXFOR の SQL データベース自身をダウンロードし、これを様々なプログラミング言語においてより柔軟な形で利用することが可能になるとのことである。

3. 理論・評価手法（国枝）

米国 ORNL では共鳴解析コード SAMMY を高度化する取り組みが行われている。オブジェクト指向へのシフトが徐々に進められており、これまでに多種反応の同時解析に制約があった点などが改善されるとのことである。将来的には後述の GNDS フォーマットと連携しつつ、共鳴理論そのものや近似オプションを柔軟にフォーマットへ反映させることが意図されている。また、SAMMY コードを利用した評価研究例として、Pu-239 に対する新たな共鳴解析について報告があった。その中で、即発核分裂中性子数について共鳴構造を考慮した解析と幾つかのベンチマーク結果が示され、従来の核データと比べて熱炉に対する臨界性が良くなる傾向にあることが述べられた。

IAEA を中心に核データ評価国際協力ネットワーク INDEN のもと、軽核に対する断面積評価手法の拡張・高度化を目的とした協力が進められている (INDEN-LE)。各国の R-行列コードの比較検証や評価例について報告があった他、高エネルギー領域への適用範囲の拡張を目的とした Reduced R-matrix 導入の検討、光学模型や 3 体理論等の導入について議論が進められている。ちなみに、筆者（国枝）もメンバーの一人である。この国際協力の背景には原子力工学のみならず、ニュートリノやダークマターなどの基礎科学分野から (,n)断面積測定&評価 のニーズがあることは大変興味深いと思っている。

その他、筆者が特に注目したのは共鳴のスピンを機械学習で同定しようという 米国 BNL での試みである。現状は、測定データと共鳴理論計算値との比較から経験的にアサインされているが、トリッキーなことが多々あることは筆者も経験済みであり、機械学習法を補助的に使うというこの取り組みは理にかなっていると感じた。まだ手法の検討や検証の段階であり現段階では課題も少なくないようであるが今後の進展に注目したい。

フランスからは CEA の G.Noguere 氏より CONRAD コードとその適用例について報告があった。このコードは熱中性子散乱則から高エネルギーまでがスコープに入っており、統合核データ評価システムともいえるべき巨大なコードである。エネルギー領域ごとに異なるモデルが採用されており、他のコード (TALYS, GMA, ...) を流用しつつパッケージ化されている。また、共分散評価も視野に入っている。これまでに JEFF の評価に多くの実績があるようだ。筆者は中性子共鳴領域の評価に興味を持ちつつ講演を聞いた。共鳴領域では Reich-Moore 共鳴理論が適用されている。また REFIT コードでの経験に学び、断面積測定条件の計算に多くの機能を備えているようであった。アクチノイド核を例に解析例が示されていたが、その中で興味を持ったのはドップラー広がり の計算で異なる手法間の計算値を比較していたことである。僅かではあったが確かな違いが見られていた。

4. 共分散評価関連（国枝）

フランス CEA の研究者より、モンテカルロ-マルコフチェーン法 (MCMC) を用いた Pu-239 の即発中性子数の共分散評価について発表があった。測定データの誤差や

Madland-Nix モデルの概算誤差を反映させる試みがなされており、示された不確かさの値は（評価者としての筆者の感覚では）概ね妥当と見受けられた。なお、最終的な不確かさの大きな要因の一つとして、測定の基準として用いられている Cf-252 自発核分裂中性子のデータの不確かさが挙げられており、エネルギー間に大きな相関を与える要因となっていた。これは IAEA 標準データに対するフィードバック情報として意義のある知見と思われる。

同じく MCMC を用いた光学模型ポテンシャル（OMP）と断面積の不確かさについて米国 LLNL の研究者から報告があった。報告によると、核データ評価でよく用いられる Koning-Delaroche の OMP 等を例に取り推定された不確かさは安定核で 20 % 程度とのことである。ただし、低エネルギー（keV 領域？）の中性子断面積や高エネルギー領域については、モデルの限界や測定データ同士のミスマッチにより、さらに不確かさは大きくなるようだ。なお、チャンネル結合光学模型やその OMP についても同様に不確かさを推定できないかと思っている（これに関しては北大の若手が頑張っているようだ）。

5. 機械学習関連（岩元）

米国 LANL の研究グループにより、核データ評価・検証のための統合システム EUCLID が紹介された。EUCLID は複数の機械学習の機能を取り入れたシステムであり、微分データと積分データから核データの補償誤差などを評価する機能などを持つ。スペイン CIEMAT の研究グループより、中性子捕獲断面積の測定実験において中性子捕獲事象と背景事象との弁別に深層学習を適用する試みについて報告があった。深層学習を用いない従来手法よりも事象弁別の SN 比は向上できるものの、人の手によるトライアンドエラーを必要とするなどの課題が示された。機械学習とは異なるが、本セッションでモンテカルロ粒子輸送計算コード MCNP の固定源計算における感度係数計算機能の開発状況に関する紹介があった。本機能は、次期リリース版で正式に実装される予定である。

機械学習のセッションは、今回の会議で新たに設けられた。意外なことに、本セッションで機械学習を取り扱った発表は数件にとどまった。一方で、他のセッションで、部分的ではあるが機械学習の利用が多く見られた。機械学習は、核データ研究の補助的なツールとしては広く普及してきているが、機械学習の核データ研究への本格的な導入にはもう少し時間がかかるようである。

6. フォーマット関連（多田、国枝）

米国 BNL の D.Brown 氏より、核データフォーマット GNDS-2.0 に関する発表があった。発表の冒頭では ENDF フォーマットの歴史に関するレビューがあり、記録媒体としてパンチカードが用いられていた時代から、コンピュータの進化や核データのニーズに対応し進化してきた 80 年に亘る分厚い歴史が感じられた。GNDS フォーマットは主に

熱中性子散乱則や共分散データに関する ENDF フォーマットの限界を克服するために 10 年ほど前から米国において検討が始まった。形式は WPEC 等において各国の意見やニーズも踏まえて設計されており、OECD/NEA の HP から Version 1.9 が公開されている¹。熱中性子散乱則データに対しては、干渉性弾性散乱と非干渉性弾性散乱を同時に与えることが出来るようにフォーマットを改訂中である。2024 年公開予定の ENDF/B-VIII.1 では、この新しい熱中性子散乱則フォーマットを基にした D in D₂O の熱中性子散乱則データが公開される予定となっている。また、FUDGE と呼ばれる処理コードも同時に開発されており、応用側を見据えた戦略的取り組みがなされている。今後、各国のライブラリも ENDF-6 フォーマットと併用した形でこの新たなフォーマットを採用する傾向がある(?) そうだ(発表においては各国の処理コードへ対応を暗に促す場面があった)。なお、従来のフォーマットの拡張は必須と思われるが、GNDS が ENDF-6 フォーマットに変わる真の国際スタンダードになるかは定かではない。

新たなフォーマットとしてもう一つ注目したいのは MEDUSAL と呼ばれる測定データ用のフォーマットである。発表は米国の研究者であったが、IAEA や他国の協力者も共著になっていた。従来の EXFOR が基底にあるが、最新の知見や情報科学とのシナジーを狙いとしており、形式としては幾つかのレイヤーで構成されたフォーマットとなっている。例えば、最新の標準断面積データを反映できたり、機械学習を用いて非物理的なデータを同定・排除したりすることが可能な枠組みになるようだ。このフォーマットが完成すれば、核データ評価研究そのものの合理化につながると思われる。

7. 核データ処理 (多田)

各国の核データ処理コードの概要や開発状況について報告があった。報告があった核データ処理コードは JAEA の FRENDY、LANL の NJOY2016、ORNL の APMX、LLNL の FUDGE、GIDI+、IAEA の ACEMAKER、CEA の GALILEE-1、西安交通大学の NECP-Atlas である。各国の核データ処理コード開発者の多くが注目していたのが、干渉性弾性散乱と非干渉性弾性散乱の混合に対応した新しい熱中性子散乱則フォーマットの処理と確率テーブルの処理であった。

上述した熱中性子散乱則の新しいフォーマットの処理については、NJOY や GALILEE-1、NECP-Atlas で対応しているとの報告があった。NJOY では、NJOY2016.66 以降で新しい熱中性子散乱則フォーマットに対応した。また、この新フォーマットの導入に伴い、ACE フォーマットも変更したとの報告があった。この、新しい ACE フォーマットについては MCNP6.3 以降で対応予定とのことである。また、コメントで PHITS3.28 及び OpenMC でも対応済みとの連絡があった。新しい ACE フォーマットの詳細については今後公開予

¹ https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_39689/specifications-for-the-generalised-nuclear-database-structure-gnds?details=true

定とのことなので、FRENDY については ACE フォーマットの変更点の詳細が明らかになった後に、新しい熱中性子散乱則フォーマットに対応する予定である。

確率テーブルについては、筆者が FRENDY に実装した確率テーブルの統計誤差計算機能について報告した。また、FUDGE の開発者からは新しい形式の確率テーブルの計算手法の開発について、GAILLEE-1 の開発者からは非弾性散乱の確率テーブルの計算機能の開発について、それぞれ報告があった。それぞれの核データ処理コードで注目しているポイントは異なっているが、これらは全て非分離共鳴領域の計算精度向上に寄与するものである。そのため、今後の各コードの確率テーブルの改良に注目し、必要であれば FRENDY に取り込んでいきたい。

また、FUDGE や NECP-Atlas に関しては、GNDS フォーマットへの対応状況についても報告があった。なお、FRENDY については、GIDI+を利用して GNDS に対応することを検討しているものの、いつ頃までに GNDS に対応するといったスケジュールは決まっていない。現時点で GNDS フォーマットでしか対応していないデータは無く、ENDF-6 形式のデータと完全に互換性を有している。また主要な評価済み核データライブラリは ENDF-6 形式のみ、もしくは ENDF-6 形式と GNDS 形式の両方を公開しており、ENDF-6 形式の処理が出来れば特に支障はない。そのため、FRENDY の開発においては、処理機能の拡充を進める方が GNDS フォーマットへの対応よりも優先順位が高くなっている。

今後の機能開発の予定として、NJOY2016 では *photonuclear* 反応や共鳴公式の $LRF=7$ (R-Matrix Limited Format) の $KRM=4$ (full R-matrix) への対応を、GAILLEE-1 では多群処理及び KERMA 係数計算機能の開発を、FRENDY では KERMA 係数計算機能の開発をそれぞれ進めていく予定との報告があった。

核データ処理の発表の中で気になったのは、今まで NJOY2016 の後継として開発を進めてきた NJOY21 についての発表が一切なかったことである。NJOY21 の機能を利用した ENDF-6 形式、GNDS 形式および ACE 形式のデータを編集する ENDFtk、GNDStk、ACEtk については NJOY2016 の発表などでも紹介があったが、NJOY21 については全く触れられていなかった。質疑応答において、今後 NJOY21 を使うべきか、NJOY2016 を使うべきかとの質問に対し、LANL から今後は NJOY2016 を使って欲しいとの回答があった。これらのことから、NJOY21 の開発はストップしたものと思われる。会議後に Github の NJOY のページ(<https://github.com/njoy>)を確認したところ、NJOY21 の記載が無くなっていた。ただし、インストールの説明ページ(<https://docs.njoy21.io/install.html>)では NJOY21 についての記載が残っていることから、NJOY21 の開発停止は最近決定されたものと思われる。以上のことから、今後 NJOY を利用される場合は、NJOY2016 を使うことが望ましい。

8. 熱中性子散乱則（多田）

新しい測定実験と評価コードの開発、またそのコードを用いた熱中性子散乱則の評価についての発表が多く見られた。新しい実験として、RPI の LINAC を用いたポリエチレン等の測定や、LLNL の PNDA (Pulsed-Neutron Die-Away)を用いた水等の測定、IRSN と ORNL が協力して実施した氷の測定、ESS の HighNESS での NaOH や MgH_2 、 MgD_2 等の測定などが報告された。なお、氷については、IAEA など低温 (-40°C 以上)での燃料輸送時の臨界性を考慮する必要があるとの報告があり、低温での臨界解析の計算精度向上のために測定を行ったとのことである。

評価コードの紹介として、NCSU の FLASSH、CEA の CINEL、ESS の NCrystal、ORNL の OCLIMAX、西安交通大の NECP-Atlas について報告があった。

FLASSH コードは分子動力学 (MD)を用いた解析コードで、ENDF/B-VIII.0 の熱中性子散乱則データの評価で広く使われている。今回の発表では、FLASSH コードの概要について説明があった。また、FLASSH コードを用いた新しい評価として、U in UC や C in UC、液体の HF などの発表があった。

CINEL も FLASSH コードと同様に MD を用いたコードである。コードの多くは Python で記述されているものの、計算時間の短縮化のため、一部で CUDA を用いた GPGPU による高速化を行っているとのことである。CINEL を用いた新しい評価として、 ThO_2 やジルカロイ-4、 PuO_2 の紹介があった。

NCrystal は C++と Python で書かれたオープンソースコードで、Github 上で公開されている (<https://github.com/highness-eu/NJOY-NCrystal-Library>)。なお、NCrystal の開発には ESS だけでなく、中国の CNSN など参加しているとのことである。NCrystal を用いて CaH_2 や Al など、金属の熱中性子散乱則の評価を行っており、上記の Github のサイトで公開されている²。

OCLIMAX は TSL データを評価するために開発したオープンソースコードである。発表ではポリエチレンと YH の評価結果について報告があった。測定結果との比較結果が示されたが、測定結果との差異が大きく、実用化にはまだ時間がかかるものと思われる。

NECP-Atlas はコードの概要と FLASSH や ENDF/B-VIII.0 との比較を通じた検証のみが紹介された。NECP-Atlas を用いた新しい熱中性子散乱則の評価については今後実施していく予定とのことである。

9. 積分実験（多田）

積分実験として、元 INL の John D. Bess 氏より、最近の ICSBEP と IRPhEP の活動につ

² ただし、NJOY/LEAPR の入力と ACE ファイルしか公開されていないため、ENDF-6 形式の評価済み核データファイルが必要な場合は、LEAPR を実行してユーザー自身で評価済み核データファイルを生成する必要がある。

いて紹介があった。新しく登録された臨界実験データとしては、宇宙炉のための臨界実験 (KRUSTY)や IPEN の MB-01 炉での軽水炉を模擬した実験、ORNL での熔融塩炉などが紹介された。また、ICSBEP 及び IRPhEP の議長が J. D. Bess 氏から変更になったとの報告があった。新しい議長として ICSBEP には LLNL の Catherine Percher 氏が、IRPhEP には INL の Mark Dehart 氏がそれぞれ就任した。

LLNL の C. Percher 氏は自身の発表で、LLNL で実施している臨界実験について紹介した。中速炉の実験を実施し、PU-MET-MIXED-002 (PMM-002) として ICSBEP に登録したとの報告があった。また、同様の実験を PMM-003、PMM-004、HMM-021 として登録する予定とのことである。また、今後の実験として、低温 (-40°C)での高濃縮ウランを用いた臨界実験を計画しているとの報告があった。低温の臨界実験は、氷の熱中性子散乱則データの取得と同様に、低温での燃料輸送時の臨界性のために必要だと考えているとのことである。ただし、大型の冷凍庫の確保や、原子炉を均一に低温に保つ必要があるなど、課題が多いことから、あくまで計画段階であり、実現の目途は立っていないとのことである。

また、臨界実験解析の計算精度を向上させるため、LANL、LLNL、ORNL、IRSN が協力して、各機関が持つモンテカルロ計算コード (LANL:MCNP6.1、LLNL:COG11、ORNL:KENO、IRSN; MORET5.D.1) とその入力を用いて解析した結果を比較する取り組みが進められているとの報告があった。本取り組みは 2024 年までの予定で、2022 年末にレポートのドラフトを作成する予定とのことである。現在は実効増倍率のみを比較しているが、最終的には動特性パラメータの比較や崩壊計算、遮蔽計算の比較なども実施する予定とのことである。既にいくつかの臨界実験で C/E 値がコード間で大きく異なる実験が見つかるなど、入力の問題が明らかになっており、本取り組みにより、臨界実験解析の精度向上が期待できる。

臨界実験解析の入力等の妥当性確認は JENDL の検証においても注目しており、JAEA でも MVP の入力の品質向上に努めている。本取り組みに関する報告書が公開されれば、信頼性の高い臨界実験解析の解析結果一覧が得られる可能性が高い。これらの解析結果と MVP の解析結果を比較することで、JENDL の検証に用いている MVP 入力の妥当性の確認が期待できる。

10. 原子炉用核データ (佐野)

本テーマについて 22 件の報告があった。その内訳として核分裂収率 2 件、ガンマ線・ β 線 4 件、断面積測定 3 件、核データ検証 (積分実験含む) 8 件、原子炉核特性解析 3 件、その他 2 件 (いずれも筆者による分類) であった。特に興味深い 6 件の発表について簡潔に報告する。

CEA の G. Kessedjian 氏より JEFF-4 用の新たな U-235 の核分裂収率評価について報

告があった (From fission yield measurements to evaluation: correlations of multi-observable analysis)。本手法は使用する実験データ或いはその組み合わせをランク付けし評価するとのことである。尚、本手法を適用した核種組成分布等については 2022 年 9 月に日本で開催される CW2022 で発表する予定とのことである。

CSIC 大学の A. Algora 氏より近年実施された TAGS データの測定例について、例えば Jyväskylä 大学の IGISOL IV 施設を使用した実験等の報告があった (Total absorption beta decay studies for reactor decay heat calculations)。

S. Kopecky 氏より燃焼度クレジット対象核種について GELINA で測定された断面積測定実験について報告があった (Neutron cross section measurements for burn-up credit approaches)。本発表で報告された核種は Rh-103, Ag-107, 109, Gd-155, 157 である。

SCK-CEN の P. Romojaró 氏より計画中の ADS である MYRRHA に必要とされる原子炉核特性の目標精度について報告があった (Target Accuracy Requirements for MYRRHA)。また、本精度を評価するツールとして SANDY code と同計算コードを使用した実効増倍率に対する不確かさ評価例について紹介があった。

IRSN の L. Leal 氏より O-16 の (n, alpha) 断面積が臨界性に与える影響について報告があった (Resonance Region Evaluation of O16 for Criticality Safety and Reactor Applications)。当該断面積は GELINA で高精度な測定が実施されているが、測定で得られた resonance parameter を用いて ICSBEP に収納されている PST-041 (Pu 溶液系) の臨界計算を実施したところ実効増倍率はよく一致したとのことである。

CEA の P. Leconte 氏より Pu-239 の遅発中性子収率について 2021 年に ILL/HFR において実施された測定結果について報告があった (Measurement of the delayed-neutron yield and group parameters in the thermal neutron induced fission of ^{239}Pu)。その結果、測定値は $(0.6415 \pm 0.0057)\%$ であったとのこと。

11. おわりに (国枝)

各国のライブラリ開発は、ウランやプルトニウムなどの主要核種の評価を国際協力 INDEN の枠組みを活用して実施しつつ、応用側のニーズに合わせて多様なデータを網羅した総合的なデータベースへと進化させる傾向にある。核データ評価手法については、機械学習を取り入れたアプローチが幾つも見られ、特に若手研究者が新たな風をもたらしつつあると感じた。フォーマットに関する動向は今後、各国の動きも含め注視する必要があるようだ。また今回は、熱中性子散乱則に関する発表がこれまでに比べて多かったように思う。なお、欧米からの発表においても国産核データ処理コード FRENDY が登場する場面が多々あり、他国からも注目されている様子が窺えた。JENDL-5 を世界へ PR する意味でも良い機会でもあった。次回はスペインのマドリードで開催とのことである。対面での開催になることを願いたい。