会議のトピックス(II)

第 29 回 NEA 核データ評価国際協力ワーキングパーティ（WPEC）会合報告

日本原子力研究開発機構
原子力基礎工学研究センター
原田　秀郎 harada.hideo@jaea.go.jp
岩本　修　 iwamoto.osamu@jaea.go.jp
木村　敦　 kimura.atsushi04@jaea.go.jp
横山　賢治 yokoyama.kenji09@jaea.go.jp
多田　健一 tada.kenichi@jaea.go.jp

1. はじめに

経済協力開発機構原子力機関(OECD/NEA)で行われている核データ評価に関する国際協力の枠組みである核データ評価国際協力ワーキングパーティ(WPEC)の第 29 回年会とその中で活動しているサブグループの会合が、5 月 15～19 日の日程でパリの OECD 本部において行われた。WPEC は世界の主要な核データプロジェクトである JENDL(日本)、ENDF(アメリカ)、JEFF(NEA データバンク加盟国)、RUSFOND/BROND(ロシア)及び CENDL(中国)から、核データ評価及び核データ測定、核データ処理、核データ利用の各分野の代表者が集まり、国際協力を通じて効果的に評価済み核データの質及び完備性を向上させることを目指している。

本年会では、各地域や各国の核データに関する測定及び評価の進捗とサブグループの活動状況が報告され、今回日本から 4 名(原田、岩本、木村、横山)が参加した。また、サブグループ会合にはその他に 1 名(多田)が参加した。

今回は SG-C、EG[1]-GNDS と SG[2]-38～45 の合計 10 のサブグループ会合が開かれ、5 日間すべての日程でサブグループ会合が開かれる異例の展開となった。なお、年会会合の資料は以下の URL から入手可能である。

https://www.oecd-nea.org/science/wpec/meeting2017/

[1] Expert Group の略。WPEC の下で比較的中長期に渡る活動を行う。
[2] Subgroup の略。特定のテーマについて、3 年程度の短期間で検討結果をまとめる。

写真 1：OECD 本部(会議場)の外観

2. 核データ測定活動の現状

2016 年の核データ測定に関する総括的報告が米国、欧州、日本、ロシア、中国からあった。

米国

米国からは、RPI の Danon 氏が、ロスアラモス(LANL)、オークリッジ(ORNL)、ローレンスバークレイ(LBNL)、ケンタッキー大学、レンセラー工科大学(RPI)、国立標準・技術研究所(NIST)での各研究活動について報告した。米国では、LANL を中心に、U 及び Pu の中性子捕獲断面積、核分裂断面積、即発核分裂中性子エネルギースペクトル測定の他、^{16}O(n, α)反応断面積の測定等、主要核データの再測定に力を入れている。また、NIST を中心に Au や B 等の標準断面積に関する測定値の再評価が行われた。これらの結果は 2017 年夏後期に公開予定の ENDF/B-VIII.0 に反映されるようである。

LANL での研究活動では、DANCE を用いた ^{236}U、^{63}Cu、^{239}Pu の中性子捕獲反応断面積の測定、LENZ を用いた ^{16}O(n,α)反応測定、Chi-Nu 実験の成果として ^{235}U と ^{239}Pu の即発中性子のスペクトルの暫定値が報告された。その他の研究機関の成果として、ケンタッキー大学での ^{56}Fe、^{12}C の非弾性散乱断面積の測定、レンセラー工科大学での Dy、Mo、Fe の全断面積・中性子捕獲反応断面積の測定、NIST での標準となる核反応の断面積の評価状況等多くの内容が報告された。

また、カリフォルニア大学の医療用 RI 作成のための(n,p)反応の断面積測定研究の報告があり、日本と同様に米国においても加速器を用いた医療用 RI の製造研究が進んでいる

ことが示された。

欧州

欧州からは、JRC の Plompen 氏が、JRC(Geel)、CERN(n_TOF プロジェクト)、ウプサラ大学、ユバスキュラ大学、CEA の各研究所を中心とする研究活動について報告した。

JRC(Geel)の GELINA を用いた研究活動では、原子力機構との共同研究として実施した中性子共鳴透過測定法による核燃料の非破壊測定技術開発の研究成果を紹介しつつ、U、Pu、Ag、Ce、V の透過実験による共鳴パラメータの再評価を通じて中性子共鳴パラメータ高精度化の意義を強調した。また、^{235}U(n,f)の即発核分裂中性子多重度測定結果について原子力機構のタンデム加速器で取得された測定値と比較して差異があることを報告した。また、γ 線発熱予測を高めるのに必要となる ^{239}Pu(n_{th},f)での即発 γ 線分布測定なども報告された。ユバスキュラ(Jyvaskyla)大学では、崩壊熱の成分をガンマ線とベータ線に分けた高精度の測定を実施し、各成分は核構造データファイル ENSDF と 30%程度の差異があることを $^{87, 88}$Br、^{94}Rb について指摘した。その他に、ラウエ・ランジュバン研究所での ^{239}Pu(n_{th},f)反応の Fission Yield 測定、Budapest Research Reactor での ^{241}Pu(n_{th},f)反応の測定、CERN の n-TOF プロジェクトでの実験の概況などが報告された。

GELINA での飛行時間法による測定と CEA カダラッシュにある研究炉 MINERVE でのパイルオシレーション法での測定に同一の試料を利用し、その結果を比較することで試料の非均一性の影響を評価する研究が進められていることが報告された。また CEA カダラッシュのグループは、高フラックスの研究炉 ILL を用いて UO_2 の中性子散乱則データの温度依存性を 300, 600, 900K と変化させた測定結果を示した。本測定は、PWR の核計算に用いる実効温度を推奨することを目的に実施しているとのことである。欧州では人の移動が活発なためか、このような複数の研究機関をまたぐ共同研究が多数実施されており、そのアクティビティの高さには目を見張るものがあった。

日本

日本からは原田が、JAEA の J-PARC/MLF/ANNRI における $^{120, 122, 124}$Sn、^{99}Tc、^{35}Cl 同位体の中性子捕獲断面積の測定、原子力システム研究開発事業として実施した AIMAC プロジェクト研究成果から ^{243}Am、^{239}Np 同位体の崩壊ガンマ線強度測定を含むサンプル量高精度測定技術の開発、東京工業大学における ^{185}Re 同位体の中性子捕獲断面積の測定、量子機構、甲南大学や北海道大学による光核反応断面積の測定、大阪大学による 14MeV 中性子の後方散乱断面積の積分実験、九州大学による重陽子ビームによる高エネルギー中性子生成や重イオンによるがん治療のための中性子生成等、各研究活動を報告した。

ロシア

ロシアからは IPPE の Ignatyuk 氏が、テレビ会議システムによりロシアの核データ測定に関する現状を口頭で説明した。現在、核データ測定活動は、それほど活発ではない模様である。

中国

中国からは中国原子能科学研究院(CIAE)の Ruan 氏が、北京大学、蘭州大学の 2 大学及び中国原子能科学研究院、中国科学院上海応用物理研究所、中国散裂中子源(CSNS)、中国工程物理研究院、中国科学院近代物理研究所の 5 研究所における核データ測定研究活動を報告した。

主な内容としては、CIAE のタンデム加速器を用いて行われている DX、DDX 測定や、北京大学の n+^{10}B->t+α+α 断面積測定等が報告された。また、(n,2n)反応に関連する測定は着実に進捗しており、SiC 等の新たなデータが数例示された。広東省に建設した中国の核破砕中性子源である CSNS では、飛行距離 50m 及び 80m の TOF 実験施設の建設を進めており、中性子飛行時間測定法による中性子捕獲断面積及び核分裂断面積の測定用に整備した測定装置の写真が示された。2017 年 9 月に中性子の生成を開始し、測定データが得られるのは、秋予定の初ビームを受入れ以降で、最初の実験は ^{169}Tm の中性子捕獲反応断面積測定を計画しているとのことであった。

写真 2：OECD 本部(会議場)の内観 (その 1)

写真 3：OECD 本部(会議場)の内観 (その 2)

3. 核データ評価活動の現状

各ライブラリの評価プロジェクトより、進捗が報告された。

ENDF

ENDF では ENDF/B-VIII.0 の公開に向けて最終的な調整が行われているようであり、簡単に状況が示されただけであった。現在ベータ版としてβ4 が作られており、ベンチマークの結果は良好とのことである。また、軽核に対する陽子、重陽子、三重陽子等の荷電粒子入射反応データについて、改訂及び追加がなされており、測定データとの一致が非常に悪かった ^{7}Li(p,n)反応の断面積も改訂されるようである。ENDF の品質保証活動の状況として、ADVANCE というシステムを開発していることが紹介された。このシステムはインターネット上に公開されており、短い時間であったが実際にシステムにアクセスして紹介が行われた。このシステムは、最近のソフトウェア開発手法で採用されている「継続的インテグレーション」と呼ばれる手法を核データ評価作業に応用したものであり、評価済核データライブラリのファイルをソースコードに対応させている。なお、継続的インテグレーションとは、ソフトウェアのリリースをいつでも実施できるように、頻繁、かつ、継続的にソースコードの変更を取り込む作業を行い、プログラムのコンパイルやテストを行うようにする技法のことを言い、この作業を自動化するためのシステムがいろいろと開発されている。ADVANCE では、ENDF の評価ファイルの新規追加や変更をシステムに登録すると、プログラムのコンパイルに対応する操作として PREPRO、Fudge、NJOY による処理を自動的に実施し、処理が正常に完了するかどうかをテストしているようである。この結果は、周期表上のアイコンで示され、関係者全員が作業状況

を把握できるようになっている。このようなシステムを開発していることから、ENDF の評価ではプロセスの透明化や追跡可能性を重視していることがよく分かる。

JEFF

JEFF の開発状況が紹介された。JEFF の最新バージョンである JEFF-3.2 は 2014 年の 3 月に公開され、現在 3.3 の開発を行っている。最初のテストバージョンである 3.3T1 が 2016 年 3 月に、次のバージョン T2 が 2016 年 6 月に作られ、現在 T3 となっている。IAEA で整備されている標準データを取り入れて ^{235}U、^{238}U のデータが改訂される他、すべての重要核種を含む多くの核種に共分散データが整備されるようである。また、熱中性子散乱則についての共分散の計算結果が示された。だたし、現在の ENDF フォーマットでは収録できないため、ライブラリとして公開するためには、新たに収録するフォーマットを検討する必要がある。JEFF のベンチマーク関連活動としては、JEFF-3.3 の公開に向けて、主に ICSBEP の実験データを使った臨界性に対するベンチマークが積極的に行われていることが紹介された。また、安全解析や新型炉の設計解析への影響評価や、共分散データを用いた不確かさ評価への影響評価等も並行して実施していることが紹介された。

CENDL

CENDL の開発状況について紹介があった。現在 CENDL-3.2β0 が作られており、250 核種を収録している。Li などの軽核から、Al、Fe などの構造材、Xe、Pd などの核分裂生成物、U、Am などのアクチニド核種に渡り多くの結果が示された。CENDL は ENDF や JEFF とは異なり、JENDL と同様にほとんどのデータを独自に評価している。また、共分散の評価についても、評価手法や Zr や W 等の構造材に対する評価結果を含む多くの紹介があった。臨界性の積分テストの結果についても示され、現バージョンの CENDL-3.1 から大きく改善するようである。

JENDL

JENDL の核データ評価活動に関する進捗として、JENDL の次期バージョンである JENDL-5 の計画及び評価の状況を岩本が説明した。JENDL-5 は 2021 年度公開予定であり、現在、軽核、構造材、FP、アクチニドについて評価を実施している。軽核の評価では様々な反応チャンネルを統一的に扱える新しい共鳴解析コードを開発し、^{16}O や ^{19}F の解析へ適用した結果を示した。また、J-PARC/ANNRI の新しい測定データを用いた ^{99}Tc 及び ^{157}Gd の評価結果を示し、JENDL-4.0 との違いを報告した。^{241}Am の熱中性子断面積については、過去の測定データを見直した結果、実験値間の整合性が向上し、評価値の信頼性が向上する可能性があることを報告した。

また、JENDL の核データ評価活動に関する進捗の一環として、ベンチマーク関連活動の進捗を横山が報告した。ベンチマーク関連活動として、核データ処理システム FRENDY の開発状況と、JENDL 委員会のリアクタ積分テスト WG で公開報告書を作成した軽水減速濃縮ウラン格子系および軽水減速 MOX 格子系における臨界性のベンチマークの整備

について報告した。また、ベンチマークの整備に関連して、ベンチマーク計算の自動実行システム VACANCE の開発を進めていることについても報告した。なお、このベンチマーク問題の整備については、今回の WPEC で新規に提案された SG-45 の活動を先取りしたものとなっており、JENDL の関係者の参加が強く期待されている。

写真 4：OECD(会議場)の会議室 (その 1)

写真 5：OECD(会議場)の会議室 (その 2)

4. サブグループ活動の現状

1) SG-C 活動(NEA nuclear data high priority request list: HPRL)の概要

SG-C は 5 月 15 日の午後 13 時半より開催された。SG-C は HPRL を管理するサブグループであり、HPRL の登録された要求のレビューとスクリーニングを担当している。本サブグループは JENDL、ENDF、JEFF、CENDL、BROND からのメンバーに加えて、KAERI、IAEA からのメンバーで構成されており、今回は日本から 3 名、アメリカから 3 名、欧州から 3 名、中国から 2 名、NEA から 1 名の合計 12 名で開催された。

残念ながら、2016 年度には新しい HPRL への登録提案はなく、今回の SG-C では例えば ^{23}Na (n,γ) ^{24}Na 等の”Missing HP(High Priority)/GP(General Purpose) request”と呼ばれる重要であるにも関わらず、HPRL に登録されていない反応や、^{235}U の核分裂後のベータ線のスペクトルなどの特殊目的（Special purpose quantity: SPQ）の反応の新設についての議論が行われた。また、Au(n,γ)等の測定の標準として使われる反応についても議論を行い、同様の議論を進めている IAEA との連携を進めることが確認された。その他にも原子力関連分野である核物理分野や医療用 RI のグループに対して HPRL の広報をすすめていくべきである事が確認された。

今後のスケジュールであるが、今年秋のリストの更新を目指し、6～9 月に HPRL 掲載された反応に対する測定状況をまとめることとなった。

2) EG-GNDS 活動(Expert group on the recommended definition of GNDS)の概要

EG-GNDS は、後述の SG-38 で作成された評価済み核データライブラリの新しい標準フォーマット（Generalized Nuclear Data Structure: GNDS）の今後の運営・管理を行うためのグループであり、長期的に運営していく必要があることから、SG でなく EG で区分されるグループとなっている。

本 EG は、GNDS の仕様の維持管理（変更）やその普及等に対しての責任を持っており、GNDS の公開、共同作業を行うためのプラットフォームの提供、普及活動を行う予定である。本 EG の意思決定は、基本的に議論による合意によってなされることが期待されているが、どうしても合意が得られない場合には、各プロジェクトから選出されている代表者 2 名による投票によって意思決定することになっている。なお、JENDL からは岩本修と横山賢治が代表者を務めることとなった。

今回は EG-GNDS の初回会合ということで、上記の基本方針が確認された後、EG-GNDS で管理・推進していくことになる GNDS の仕様書の原稿ファイルのバージョン管理や公開方法、GNDS の文書作成やトレーニング等の普及活動等について議論が行われた。

GNDS の仕様書の原稿ファイルは、近年ソースコードの管理に広く使われている課題管理システムやバージョン管理システムを採用する方針であり、どのシステムを使うのが良いかが議論になった。候補としては GForge と GitHub の二つのシステムが挙げられ

た。前者は、BNL が GForge というオープンソースのソフトウェアを使ってサーバを運営しているものであり、ENDF や FUDGE（GNDS の前身である GND の関連ツール）の開発で利用されている。後者は、GitHub という企業が運営しているサーバであり、近年、オープンソース開発で広く使われるようになっている。各プロジェクト間の関係者が共同作業を進めていくために必須のシステムであるため、両者の得失を整理した資料を作成して、1～2 月以内に意思決定することで合意された。

GNDS の普及に向けた活動としては、初心者への導入説明用のチュートリアルの作成（場合によってはビデオによる解説を含む）等についての提案もあったが、現状ではユーザーマニュアルの作成に注力するのが良いであろうとの結論になった。また、トレーニングについては、当面は各プロジェクトが個別に開催して普及に努めることとなった。

3) SG-38 活動(Beyond the ENDF format: A modern nuclear database structure)の概要

本 SG は、評価済み核データライブラリの標準フォーマットとして現在利用されている ENDF-6 フォーマットに代わる新しい標準フォーマットである GNDS について検討している。本 SG は今回で活動終了となるため、GNDS フォーマットマニュアルの作成をメンバー間で議論しながら進めた。ローレンスリバモア(LLNL)での FUDGE を用いた核データ処理などの報告が一部あったが、ほとんどの時間はマニュアルの作成に費やされた。

LLNL では、FUDGE という ENDF-6 フォーマットから GNDS への変換も可能な核データ処理コードを開発している。LLNL では GNDS を拡張し、XML 形式の断面積ライブラリフォーマットを策定しており、今回の発表では XML 形式の断面積ライブラリフォーマットへの核データ処理について紹介があった。GNDS は将来的には評価済核構造データファイル(ENSDF)や輸送計算コードの断面積ライブラリも取り込むことを検討しており、今回の発表はその一例を紹介するものである[3]。

フォーマットマニュアルの作成については、既存の ENDF-6 フォーマットに対応する部分でマニュアルが未整備な部分は共鳴パラメータと共分散データであり、本 SG ではこれらについて集中的に議論することとなった。WPEC ミーティング中の完成を目指したが、一部未作成の部分が残り、今後も作成が継続されることとなった。

また、SG-42 において、ENDF-6 フォーマットでの S(α,β)のデータ表記の制約について不満が述べられた。そこで今後 SG-42 メンバーの要望を聞きながら、GNDS 独自の S(α,β)のフォーマットの作成を行うこととなった。

4) SG-39 活動(Methods and approaches to provide feedback from nuclear and covariance data adjustment for improvement of nuclear data files)の概要

[3] LANL の Conlin 氏に確認したところ、今のところは MCNP の断面積ライブラリを GNDS にすることを考えていないが、将来的には ACE ファイルも GNDS に統一されるかもしれないとのことであった。

本 SG は、核データや共分散の調整結果（積分実験データを利用した炉定数調整結果）を核データファイルの改良に反映するための方法について検討するサブグループである。特に後述の SG-40（CIELO）の核データ評価のパイロットプロジェクトに反映することが大きな目標の一つになっている。炉定数調整法を適用するためには核データ共分散が必須であるが、CIELO の共分散データがまだ整備されていないため、現在は最終的なフィードバックを行うための検討を行っている段階である。米国（INL）からは、ENDF/B-VII.0 から CILEO に置き換えた場合の臨界実験データの C/E 値への影響評価（感度解析による核種・反応毎の寄与の分析）の結果が報告された。臨界性に対する C/E 値に関しては、C/E 値はほとんど変化がないように見えても、核種・反応毎に詳細に見ると複数の反応の影響が相殺しているケースが多いこと等が説明された。スイス（PSI）からは、^{238}U の共鳴領域の捕獲断面積を標準断面積として扱った（調整対象から外す）場合の影響評価について報告があった。日本（JAEA）からは、横山が SG-39 の前身の SG-33 で整備された炉定数調整計算ベンチマークを使って調整した結果と現状の CIELO の断面積との比較結果を報告した。その他、関連する技術的なトピックスとして、米国（UC Berkley/INL）からは、連続エネルギーでの炉定数調整計算方法についての最新の状況が報告された。また、NEA からは ICSBEP の実験データ間の相関係数を評価して考慮した場合の炉定数調整計算結果への影響評価の結果が報告された。なお、この実験データの相関係数の評価には、SG-33 で提案された考え方が用いられている。

本 SG は、昨年度の WPEC 年会においてもう一年（2018 年 5 月まで）延長することが承認されおり、今後、CIELO の共分散データが整備され次第、各関係者は CIELO の共分散データを使って検討を行う予定である。

5) SG-40 **活動**(Collaborative international evaluated library organisation pilot project: CIELO)**の概要**

本 SG は原子力で重要となる ^{1}H、^{16}O、^{56}Fe、^{235}U、^{238}U、^{239}Pu の 6 核種について、国際協力で核データ評価を行うパイロットプロジェクトである。2013 年の WPEC 会合で米国から提案され活動が開始された。現在、ほぼ評価ファイルは完成しており、様々な積分テストがなされ、その結果をもとに改善が進められている。IAEA が ^{235}U、^{238}U の評価を精力的に行っており、中性子捕獲断面積や非弾性散乱についての結果を示していた。非弾性散乱断面積は測定が困難なため、核データライブラリ間で差異が大きい。14MeV 中性子の透過実験によるスペクトルと比較し、改善されたことを示していた。IAEA は今後も CIELO を続け寄与を強めていきたいようであり、CIELO の今後を議論するための会合を今年の 12 月に IAEA で開催することを提案していた。CIELO の成果の詳細は Nuclear Data Sheets 誌の特別号や NEA から出版される SG 活動報告書で報告される予定である。なお、現在共分散データが未整備のため、今後共分散データの整備のための活動が続け

られる。

6) SG-41 **活動**(Improving nuclear data accuracy of ^{241}Am and ^{237}Np capture cross-sections)**の概要**

報告者の原田が主査を務める SG-41 は、MA 核種の中性子捕獲断面積の精度向上を目的と活動しており、ここでは第 3 回目となるワークショップを行うとともに、SG-41 としての推奨すべき ^{241}Am の熱中性子捕獲断面積について議論を行った。ワークショップでは、原子炉放射化法による測定データ、パイルオシレータ法による測定データ、TOF 法による微分測定データについて報告があった。本報告を基に、パイルオシレータ法による測定データについてはさらなる検討が必要であり、推奨値として採用しないこととなった。前回のワークショップで報告された冷中性子ビームを用いた測定データについては、採用に対し賛否両論があった。このため、SG-41 としての推奨すべき ^{241}Am の熱中性子捕獲断面積として、原子炉放射化法と TOF 法による微分測定データの加重平均を採用する案とさらに冷中性子ビームを用いた測定データを付加した加重平均を採用する 2 案に絞りこまれた。また、不確定さの評価方法についても 2 通りの考え方が提案され、今後、絞り込むための検討を実施することとなった。

7) SG-42 **活動**(Thermal scattering kernel S(α,β) measurement, evaluation and application)**の概要**

本 SG では、既存の S(α,β)の改良や、新たな物質・温度に対する S(α,β)の作成を進めている。今回の会合では、S(α,β)の測定結果の報告や、新たな S(α,β)の評価などについての報告が主に行われた。なお、IAEA から S(α,β)に関する報告書が来年出版される旨が報告された。また、本 SG で紹介された実験データについては、EXFOR に載せることを検討しているとの説明があった。

S(α,β)の測定結果に関する報告としては、ORNL の SNS での低温から高温までのコンクリート(5K、300K)や Lucite($C_5O_2H_8$: 5K、300K、400K)、テフロン(C_2F_4 : 5K、300K、500K)の測定結果や、ILL での高温の UO_2 の測定結果、トリガー炉である PULSTAR を使った黒鉛の測定などが紹介された。ENDF/B-VIII.β4 と比較すると、コンクリートは測定結果とよく一致するものの、Lucite ではやや差異が見られるとのことであった。

新たな S(α,β)の評価に関する報告では、原子炉用黒鉛の S(α,β)について、全てを原子炉用黒鉛として評価したものよりも、一部を化学分解で作成した一般の黒鉛として評価したものの方が、実験結果を再現するとの報告があった。また、水の S(α,β)の共分散データを評価したという発表もあった。但し、他の参加者からコメントや質問が多く寄せられており、S(α,β)の共分散データの評価手法についてはまだ発展途上のようである。また、集合体体系の解析で、水及び氷の温度のみを変化して実効増倍率を評価したところ、水と氷とで実効増倍率の温度変化に違いはなく、連続的に変化することが分かった。ただ

し、今回の評価は氷の密度も水の密度と同じとした計算である。氷の密度は水に比べて小さいため、氷の密度を用いると実効増倍率は大幅に低下する。

全体的な討論では、水の S(α,β)について議論が集中した。水の S(α,β)について、運転時、使用済み燃料保管時、事故時などの使う場面でどう評価するか考えるべきというコメントがあるなど、今後も多くの評価がなされるものと考えられる。

本 SG において GNDS における S(α,β)のフォーマットについて説明したところ、弾性散乱断面積について、干渉性か非干渉性のどちらかしか選べないことや、S(α,β)を用いた非干渉性非弾性散乱断面積の計算式に近似が入っており、厳密な式が使えるようにしてほしいといった要望が出された。今後本 SG のメンバーと SG-38 のメンバーとで議論し、ENDF-6 フォーマットを拡張した形で GNDS フォーマットを策定することとなった。なお、今年公開予定の ENDF/B-VIII.0 については、従来の ENDF-6 フォーマット準拠の S(α,β)データとするとのことである。

8) SG-43 **活動**(Code infrastructure to support a modern general nuclear database (GND) structure) **の概要**

本 SG は、SG-38 の後継であり、SG-38 は長期に渡ってフォーマット作成・修正を取りまとめる EG-GNDS と、GNDS ファイルを読み取る Application Programming Interface (API) の策定を行う本 SG に分割された。そのため、EG-GNDS と SG-43 の参加者はほぼ同じである。本 SG の目標は GNDS の読み書き用の API の仕様と、読み取り時の核データの検証方法の策定であり、可能であれば策定した API を基にした GNDS の読み書きツールや核データの可視化ツールなどの開発を行っていく予定である。なお、本 SG で作成するツールの対象言語は Python、C++(11 or 14)、Fortran(95 or 2015)、Java を想定している。ただし、Fortran95 についてはオブジェクト指向言語ではなく、手続き型言語であり、API の仕様が大きく異なってしまう。MCNP など既存のコードに GNDS 読み取り機能を実装するのであれば手続き型言語用の API を策定する必要があるが、多くの労力と時間を要することから、オブジェクト指向言語用の API の策定を先に進め、手続き型言語用の API を策定するかどうかについては引き続き議論することとなった。

GNDS については、現状では XML 形式の核データフォーマットとなっているが、HDF5 など他のデータ構造にも拡張することを検討している。そのため、API ツールについても HDF5 など他のデータ構造も読めるようにするべきか今後議論していくこととした。

XML の読み取りツール自体は本 SG で作ることはせず、Java の JAXB や C++の pugixml など既に公開されているソフトを使う予定である。なお、pugixml は MIT ライセンスに準拠しており、本コードを取り込んだことを謝辞に書くだけで利用できるため、本コードの使用に問題はないものと考えられる。

また、LANL の NJOY21、ORNL の AMPX、LLNL の FUDGE、CEA の GALILEE での

GNDS への対応状況について報告があった。これらのコードでは既に GNDS フォーマットの一部を読み取り可能とのことで、API ツール作成時にも活用できるのではといった議論があった。なお、発表はされなかったが、中国の CIAE が開発中の Ruller についても GNDS フォーマットに対応しているとのことである。核データフォーマットの検証としては、FUDGE で一部整備しているとの報告があった。警告メッセージや警告レベルを標準化し、他のコードとのクロスチェックを容易にすることが必要なのではといった議論があった。

今後は電話会議や GitHub 上での議論を通じて作業を進め、今年中に API 及び核データの検証項目を策定し、来年 4 月までに API ツールの α 版の完成を目指すという非常にタイトなスケジュールで進めるとのことであった。

9) **新たな** SG(SG-44、SG-45、SG-46)**の提案**

全体会合では、各 SG 活動の進捗と今後の計画が報告されるとともに、新たな SG(SG-44、SG-45、SG-46)の提案が行われ、検討が行われた。新たな SG 活動の提案に関し、初めに ORNL の Sobes 氏により、汎用核データファイルにおける共分散の評価方法に関する SG-44(Investigation of covariance data in general purpose nuclear data libraries)の内容が説明された。原田は、共分散の評価方法についてはレポート等に記載されていないノウハウが多いため、共通した評価方法を構築することは難しいとコメントした。ただし、本提案の意義は全てのファイルプロジェクトに共通するものであり、賛成多数で本提案は認められた。次に、LANL の White 氏により、核データライブラリの検証手法に関する SG-45(Validation of nuclear data libraries: VaNDaL)の提案が説明された。これは、ベンチマーク計算による核データライブラリの検証を自動化するための QA 手法を構築しようとするものであり、賛成多数で本提案は認められた。本 SG では検証用のコードをオープンソースとして開発することも含まれる提案である。最後に、INL の Palmiotti 氏により、核データ検証のための積分実験の有効活用に関する SG-46(Efficient and effective use of integral experiments for nuclear data validation)の提案が説明された。本提案はこれまでの SG-39 の活動を引き継ぐものであるが、SG-39 のレポートを完成させるという約束のもとに、賛成多数で本提案は認められた。

写真 6：OECD 本部(シャトー)の外観

写真 7：OECD 本部(シャトー)の会議室

5. おわりに（所感）

全体会合では ENDF 主導で 3 つの SG 活動が提案された。最近の SG 活動には取り組むべき課題がシャープに絞り込まれていないものが増えているようである。SG-40 のように活動テーマを広く設定することも知見を広げるという観点で意義があるとは思うが、JENDL が主導した SG-41 のように世界の専門家の知を集結して絞り込んだテーマを深掘

りする活動の意義は捨てがたい。JENDL からの新規 SG 提案に期待したい。（原田秀郎）

ENDF や JEFF では評価データの独自性にこだわらず、SG 等の成果をそのまま取り入れており、それぞれのライブラリ開発と一体化しているようである。ライブラリの更新間隔も短く、WPEC 会合でのライブラリの活動紹介でも、核データの評価内容より、積分テストの結果に多くの力点が置かれている印象を受けた。JENDL はほとんど独自の評価を行っており、データの説明性が高い特徴がある。それぞれ、一長一短があるかもしれないが、科学技術として発展していくためには、多様性を保ちつつ、お互いに刺激しあうことが重要であると考える。（岩本修）

これまでは SG のみに参加させていただいていたが、今回、WPEC のメンバーとなり初めて WPEC の全体会合に参加した。全体会合では SG で行われている特定の目的に向けた一流の研究者の突っ込んだ議論だけでなく、より大局的に核データ評価・研究の方向を決定するような議論が活発になされていた。今後、核データ測定の立場から全体会合を引っ張っていけるような存在になれるよう、幅広い知識や英語力を獲得できるよう精進していきたい。(木村敦)

今回、テレビ会議システムがほとんどの会合で利用されていた。システム上のトラブルも多いが、現地に来られない関係者も参加できるので今後も活用が進むものと思われる。一方で、オープンソース開発で利用されている Web ベースの共同作業用のシステムを利用したいという議論が多くあった。このようなインターネットを活用した議論や共同作業は今後も加速するものと思われる。システムがいくら進化しても、実際に集まって議論したり共同作業したりすることの必要性は変わらないと思うが、今後、国際協力を円滑に進めていくためには、このような Web ベースの共同作業に参加できる体制の整備が重要になると感じている。（横山賢治）

今回初めて SG 会合に参加することとなった。国際学会の延長線上という印象を持っていたが、討論の激しさに圧倒され、また一流の研究者が膝を突き合わせて朝から夕方まで延々と議論する様に圧倒されっぱなしであった。彼らの議論に積極的に入っていけるように、また将来的には SG を引っ張っていけるように、知識と技術(と語学力)を磨いていかなければいけないと強く実感し、非常にいい刺激になった。(多田健一)

写真 8：WPEC 会合の集合写真 (その 1)

写真 9：WPEC 会合の集合写真 (その 2)