

会議のトピックス(III)

EXFOR ワークショップ

日本原子力研究開発機構

須山 賢也

suyama.kenya@jaea.go.jp

1. はじめに

JENDL 委員会国際戦略 WG では、新鮮な海外情報をベースに出来るだけ幅広い情報の交換が出来ることを心がけている。そのため毎年開催する会合では、設立当初の目的である NEA データバンクや NEA/NSC/WPEC の活動報告だけではなく海外のゲストにも発表をしていただくようにしてきた。IAEA の核データセクションには日本人スタッフが在籍しておられることから、以前からお願いをして IAEA 核データセクションの状況についての報告を行って頂いていたが、その中には IAEA/NRDC (International Network of Nuclear Reaction Data Centres) が中心となって開発している、核反応の実測データのデータベース EXFOR (Exchange Format) に関する報告も含まれている。筆者が数年前まで勤務していた NEA データバンクが NEA 域内で測定された核データの EXFOR 登録に責任をもっている関係から EXFOR には大きな興味をもっていたし、JENDL、ENDF、JEFF といった評価済みのデータファイルそのものだけでなく、ライブラリを作り出すプロセスの国際的な活動にもフォーカスすることは本 WG の活動目的にも資すると考えていた。また、近年の急速な AI や機械学習の発展に伴って核データ評価の手法が、評価者個人の長年の知見と経験に基づく職人的なものから最新の IT 技術を利用した自動化の方向にあることは明らかであり、核データ測定実験のデータベースである EXFOR の存在価値は今後益々高くなる。JENDL の将来を考えれば、その全貌を関係者で共有することは大切である。それが国際戦略 WG の正式活動として EXFOR ワークショップを開催する理由であり、その提案を 2024 年 2 月の本 WG で行ったところ、承認された。本稿では 2024 年 11 月に開催された当該ワークショップの概要について報告する。

2. 会議の概要

出来るだけ多くの方に参加していただける環境を整えたいと考えたが、本ワークショップは WG としての初の取り組みでもあり、会議を単独開催しても多くの参加者を集めることはなかなか大変な作業となる事が想定された。またオンライン併用の会議と

なる事も考えられるため、会議室の設備も考慮しなければならない。そこで以下のように、毎年開催される核データ研究会の前日の午後に開催することとして、本年度の幹事組織として核データ研究会を主催した京都大学複合原子力科学研究所の会議室をお借りすることとした。核データ研究会初日の午前中が施設見学会になる予定であったので、熊取に前泊する人もおられるだろう、という目論見もあった。

2024 年 11 月 13 日（水）（核データ研究会開始日の前日）

場所：京都大学複合原子力科学研究所 事務棟大会議室

主催：JENDL 委員会 JENDL 国際戦略 WG

参加費：無料

そして京大複合研の堀先生をお願いをして zoom も使えるようにしていただき、ハイブリッド開催を実現することが出来た。

最終的なワークショップ参加者数は 15 機関からの 31 名となった（現地 15 名、オンライン 16 名）。本会議の概要をアナウンスしたのは比較的遅かったのだが、核データ研究会の開催タイミングと合わせたこととオンライン参加も可能にしたということもあって、想定以上の参加者を得ることが出来た。

3. プログラム

EXFOR の概要が良く理解出来るように、その歴史とデータ登録の現状、利用した研究開発例、そしてさらなる発展に向けた検討が含まれるようなプログラム案を検討した。発表者の皆さんのご協力のおかげで、バランスの良い内容とすることが出来たと考える。

時刻	発表等
13:30	開会挨拶
13:35	EXFOR の歴史、概要、現在の課題・話題 (IAEA 核データセクション 大塚直彦)
14:15	我が国における EXFOR 関連活動の現状 (北海道大学理学研究院 合川正幸) (日本原子力研究開発機構核データ研究 Gr 木村 敦)
15:35	休憩
15:45	EXFOR を利用した研究開発 EXFOR と PHITS の連携 (高度情報科学技術研究機構 古立直也) ミューオン核データと EXFOR (理化学研究所 新倉潤)
17:05	休憩
17:10	総合討論－EXFOR のさらなる発展、活用、利用に向けて (20 分程度)

4. 会議の内容

以下に発表の概要を示す。個々の発表スライドは、後述するように JENDL 委員会のホームページに掲載をすることとなり、本稿の取り纏めと同時に登壇者の方には共有可能なものを準備していただくように依頼してある。興味のある方には是非それらを見ていただきたい。

EXFOR の歴史、概要、現在の課題・話題

IAEA 核データセクションの大塚直彦氏から、EXFOR を通じたデータ交換が 1970 年に開始された事や、冷戦期においては旧西側諸国と旧東側諸国の情報交換として EXFOR の活動が行われていたことなどが紹介された。現在の課題は、EXFOR の編纂活動を支える人材の育成、書式の充実、Python との親和性の高い JSON によるデータ配布、などである（これらの中には on-going で行われている活動もある）。

我が国における EXFOR 関連活動の現状

北海道大学：北大理学研究院の合川正幸氏から北大原子核反応データベース研究開発センターが EXFOR の活動に関与し始めた頃の事を含む活動状況が報告された。大学の研究室がこういった息の長い活動を継続していくには大変な苦労があると想像していたが、学生アルバイトを使ってデータの編纂作業を進め、それを確認して NRDC 事務局に送付しているとのことで、大学ならではの取り組みだと感じた。

日本原子力研究開発機構：原子力機構核データ研究 Gr の木村 敦 氏から原子力機構での活動状況が報告された。我が国は NEA データバンク加盟国であるため、原子力機構が取得したデータは NEA データバンクのスタッフが EXFOR へのデータ登録の作業を行っていたが、近年は、原子力機構職員が関与した測定値については核データ研究 Gr が取りまとめて EXFOR で必要とされるフォーマットに変換し、NEA データバンクに送付しているとの報告があった。

EXFOR を利用した研究開発

EXFOR と PHITS の連携：高度情報科学技術研究機構の古立直也氏から、PHITS による粒子輸送計算に EXFOR を利用した例の報告があった。評価済核データが無いデータについては、EXFOR に登録されている実験データを使いながら粒子輸送計算を実施している例が示されたが、これは評価済み核データがなかった時代に行われていたことであり、興味深かった。

ミューオン核データと EXFOR：理化学研究所の新倉潤氏より、ミューオンに関連する核反応データの EXFOR への登録に関する発表があった。EXFOR にはミューオンを入射粒子とするデータエントリが無く、また ENDF のフォーマットで適切な反応（粒子）名

も無い状態であるため、ミューオンが介在する反応を崩壊データに近いととらえ、評価済核データのように扱う試みの紹介が行われた。

総合討論－EXFOR のさらなる発展、活用、利用に向けて

以上の発表をうけて、EXFOR が今後も発展していくには何を行うべきなのかについて、特に制限は設けず自由に討論した。以下に、私見も交えてその概要を述べる。

人材育成（誰が EXFOR の編纂を行うべきか）について、若手研究者の取り込みの必要性が訴えられたが、研究現場を管理する立場からは EXFOR の活動は研究者の成果として認めにくいとの声があった。年度の実施目標には書けるが、論文にはならないために第 1 目標にはならないと言う。

研究者としての評価が論文で決まるのは仕方無いとしても、このようなコミュニティを支える仕事にももっとスポットライトが当たっても良いはずである。かつて NEA データバンク課長であった長谷川 明さんが、NEA データバンクでは EXFOR 用のデータ編纂作業を安価なロシアの専門家への外注に依存してスタッフが EXFOR に対する興味を失っている様子を嘆いて、それがデータバンクのリスク要因の一つとなっていると述べておられた[1]。その理由は、核データの精度と質が EXFOR の開発が始まった頃に比べて格段に上がっている中で、EXFOR の立ち位置やそれに関する仕事の価値が相対的に低下していたことも影響しているのではないかと感じた。長谷川さんの記事から 10 年近くが経過した今、AI などの EXFOR が有用となる新しい評価技術の芽が出て来ている。そういった変化を受けて EXFOR の価値が再評価されて前向きな変化が出てくることを期待したいし、若手研究者を取り込むなら、もっと EXFOR に関心を集めるための取り組みが必要なことは確かである。仮に、若手に期待することが難しいのならば、知見と経験を有するベテランの登場も考えるべきであると感じた。

EXFOR に含まれるデータの量と質が話題となった。核データの測定が行われた後にそれが EXFOR に登録されるには、まずはそのデータが EXFOR 編纂者の目に留まることが必須である。実験者が是非登録してくれと EXFOR 編纂者に依頼する例が多ければ良いのだが、実際の登録対象の選定は EXFOR 編纂者の力量や熱意に依存するとのことであった。測定施設との強いコネクションがあるだけでなく、多くの雑誌に目を通し必要なデータが何処で測定されているかをよく知っていることが EXFOR の編纂者や統括者に求められる資質なのだと改めて実感した。こういった地道な作業の価値をもう一度考えたい。これはまさにベテランの知見と経験が求められる部分であり、若手を取り込むと言っても、「はいやっておいてね」では不十分で、彼等にどのようにそう言った知見を伝授して経験を積んでもらうかには工夫が必要であろう。

また、会議の予稿集にのみ掲載されたデータの扱いに関する議論も興味深かった。EXFOR 編纂者は新しい測定値を見ればそれを EXFOR に登録したいと考えるが、国際会

議で報告されたデータの場合、後日査読付き論文にそのデータを掲載するために EXFOR への登録を測定者が拒絶する例があるようである。その国際会議での発表データがきちんと論文に掲載されれば後日登録できるために問題は生じないが、永久に査読付き論文にされない場合もままあるので、話はそう簡単ではないようである。これも若手研究者の取り込みの所で論じた研究成果とのバランスの問題であるが、解決（とまでは行かなくても状況の改善）方法は、上に述べた EXFOR 編纂者の熱意しかないのかとも思う。良いスピリッツを持った EXFOR 編纂者をどのように育てて、周囲がそれをどのようにサポートするかということではないだろうか。

その後、EXFOR で提供されるデータのフォーマットについての議論があった。核データ評価者に EXFOR のデータを提供する時に使用される固定フォーマットである Computational Format (C4、C5)は好きではない、、、との率直な意見が出された。EXFOR の源流をなすツール群の多くは、80 カラムの固定フォーマットのパンチカードが使われていた FORTRAN 全盛時代に開発されており、現代的なプログラムやデータベース開発で使用する技術から見れば見劣りしてしまうのかもしれないが、FORTRAN に親しんだ身からすれば、それだけで悪いと決めつける気にはならなかった。無論、無理に FORTRAN をつかわねばならない時代ではないし、全体としての作業効率の向上に向けた努力はあらゆるステージで常に追求されるべきであるが、EXFOR にとって大切な問題は、今のユーザーの作業に支障が無いか、そして将来はどうなのか、である。

すなわち、仮に今の大学のプログラミング教育の主流でもある Python との親和性が好まれるのなら JSON などの新しい「入れ物」を使うべきだが、EXFOR はその名前が示すように、そもそも “Data の Exchange” を目的としたものであり、メディアやフォーマットがどうであれコンピュータをベースにしていることにはかわりはない。また、EXFOR は核データ評価という最終目標を満たすためのものなのだから、IT 作業そのものが問題の本質ではない。すなわち、現在の EXFOR 編纂者と利用者（主には核データ評価者）の要望も踏まえつつ、現在の作業の進捗を阻害しないことや将来も見据え、step by step で解決していくべき問題ではないだろうか。そうやっていけば、これらの問題はタフであっても IT 系の仕事で解決するはずである。

そう考えると EXFOR の活動に若いデータ編纂者や新しいユーザーを迎え入れ、彼等が自分達のニーズを満たす活動を行う中で、既存の EXFOR を包含する新しいシステムが検討される事が期待されているのではないか。これはまさに人材育成の課題ともリンクしているし、本ワークショップで報告があったミューオンに関するデータをどう EXFOR に登録するのかといった、EXFOR への新しいニーズが出てきたタイミングで検討することが一つの手がかりになると考えて見たが、どうだろうか。



集合写真（このあと熊取町内にある焼き肉食べ放題のお店で懇親会がありました）

5. おわりに

以前から筆者が構想を持っていた EXFOR に関するワークショップを実際に開催し、EXFOR の開発の歴史的背景の説明の後にミュオンのような新しい分野や新しい IT 技術への対応など今後の改良の可能性が確認出来たことから、手前味噌ではあるが EXFOR 関係者やこれから EXFOR を使ってみようという方にとって EXFOR を考え直す有益な機会であったと考える。

また本ワークショップを JENDL 委員会国際戦略 WG の枠内で開催できたことは、本 WG が単なる情報交換だけではなく実態のあるアウトプットにつながる活動も可能であるという事を示していると思う。現時点では本ワークショップのフォローアップ会合などは計画していないが、IAEA や NEA データバンクでそういった動きがあれば国際戦略 WG としても是非協力をしたいし、そういった交流の促進を通じて本ワークショップで議論された様々な課題の解決への糸口が見つかるなら、本 WG の活動の意義がさらに向上するはずである。核データ研究会の前日開催、ということも、今後のこういった会合の開催フォーマットのアイディアの一つとなるだろう。またオンラインによる会議が手軽に実施出来るようになったが、時間がかかっても皆で頑張って現地に集まり対面で議論することの意義は大きい、というのは最近よく言われていることであるが、EXFOR に関係する人が実際にあつまって意見交換をすることが出来たことは良かった。今後もこのような意見交換の場を作りたいと考えている。

なお既に述べたように、ワークショップで使用されたスライドは JENDL 委員会のホームページからもダウンロード出来るように準備を進め、以下に示す国際戦略 WG の議事録等が保存されているページにリンクを用意していただいたので、ご覧頂ければ幸いです。

JENDL 委員会国際戦略 WG のページ

https://www.ndc.jaea.go.jp/JENDL_Committee/minutes.php?id=g27

参考文献

[1] 長谷川 明：「NEA データバンクの最近の活動」、核データニュース No.94、p.23 (2009).

謝辞

登壇者を含む本ワークショップの開催に協力していただいた皆様に感謝申し上げます。発表者の木村さんにはスライドのホームページへの掲載の作業を行っていただきました。また、京都大学複合原子力科学研究所の皆様、特に堀順一先生には本ワークショップの開催について多大なご協力を頂けましたこと、誠にありがとうございました。堀先生は核データ研究会の実行委員長という大変お忙しい合間に会場の確保から zoom の準備まで大変お世話になりました。紙面を借りてお礼を申し上げます。