

企画セッション（「シグマ」調査専門委員会主催、核データ部会共催）

『シグマ』調査専門委員会 2019、2020 年度活動報告」

## (4) 海外の主要な核データファイルの動向

原子力機構

須山 賢也

[suyama.kenya@jaea.go.jp](mailto:suyama.kenya@jaea.go.jp)

### 1. 海外から見た JENDL、中から見た JEFF

欧州の核データ JEFF の総本山である NEA データバンクの課長としての勤務を終え、本年 4 月から原子力機構に復帰した。帰国して感じたことは核データニュースの原稿にも書いているが[1]、二十年前の最初の赴任時からの顕著な物理的違いは OECD の多くの部局が Paris の隣にある Boulogne-Billancourt 市のセーヌ川沿いのビルに集約しつつあることだった。もちろんそのことは赴任までに何度も NEA に出張をしていたので知ってはいたが、NEA だけがポツンと Issy-les-Moulineaux の雑居ビルに入っていた時と比べて雰囲気は格段に華やかになった印象だった。

何より OECD や NEA の加盟国が大きく増えた。今年退任した OECD 前事務総長がメキシコ出身者だったということもあって、図 1 に示すようにかつては考えられなかった中南米諸国の OECD 加盟が進んだことは大きな変化だった。そして世界的な潮流なのかフランス的なゆったりとした雰囲気は OECD 全体から影を潜めて様々な管理が厳しくなるだけでなく<sup>1</sup>、英米的な成果主義が台頭し、それに引っ張られるように NEA の活動もその方向性を大きく変えつつあるようだった。

スタッフの入れ替わりも顕著だったと思う。以前、原子力科学課やデータバンクで活躍していた長期契約を持つスタッフは既に去っていたが、それを補充するためのスタッフは若手が多かったように思う。このようにスタッフを補充するときはスタッフの若返りを図る（言い換えれば低いグレードでも応募してくる若手に置き換えを進める）ことは、OECD 全体で起こっていることのようにだった。

---

<sup>1</sup> 人事評価のシステムは非常に組織的になっていたし、行動規範に関するトレーニングコースが定期的  
に開催されており、スタッフの管理にかかるエネルギーは 20 年前とは大きく異なっていた。



図1 2021年1月時点のOECD、NEA、NEAデータバンク加盟国

間近に核データ開発の苦勞を見ていただけに、赴任中は JENDL が欧州でどれだけ使われているのかを確認したいと思い、また JENDL の開發現状について質問される事を期待して、JEFF 開発者の会合に出席した。しかし JENDL の姿はあまりよく見えないな、というのが正直な印象であった。JEFF の開発において JENDL を比較対象としていることがほとんどなく、そればかりか JENDL-4 リリース時に問題となった Eu の中性子捕獲断面積の過大評価がリリース直後に修正されていることすら周知されていなかったのには愕然とさせられた。会合ではその問題はすでに解決されていると発言をしたのだが、JENDL が海外でも広くリファーされるにはまだまだ課題が多いことに変わりはないことを示す一例であった。JENDL の国際化はもう 30 年以上前から言われてきたことであるが、まだまだ道半ばなのだなど、つくづく思った。NEA には NSC がありそこで JENDL を含む世界 3 大ライブラリの交流なり協力が行われている中で、データバンクの核データ活動に日本は何を期待するのかということを考えさせられていた。

核データは NEA データバンクの主要活動の柱の一つであり JEFF はその主要製品である。データバンクは Nuclear Data Week と称した一週間の会合を春と秋の二回開催して関係者の情報交換を行いつつ、JEFF の評価・編纂活動を実施している。現在のターゲットは 2021 年中の JEFF-4 のリリースであり、開発のモチベーションを得るため 2019 年に JEFF ステークホルダー会合を実施した。事務局の努力が実りメーカーや電力会社だけではなくフランスの規制機関である ASN や規制機関を支える IRSN までもが会合に参加して会合自体は成功したが、その時参加者が示した意見は興味深いものであった。

彼らにとって重要な核データはあるにしても核データを変更する強いニーズは無く、又使用する核データは必要がなければ変えないと言う立場は鮮明であった。そして、遅発中性子先行核の群数のように伝統的にフォーマットが決まっている場合は変更されても現場では使いようがない場合があることが指摘された。さらに、規制機関はもちろんそれを支える組織（Technical Support Organization; TSO と呼ばれる）は特定の核データライブラリに縛られているわけではなく、特に研究機関である TSO にとってはどんな核データライブラリでも使えるようにしておくことが大切で、例え IRSN であっても JEFF の使用に縛られているわけでは無いという見解が示された。

その上で、仮に核データを改訂するならばきちんとその理由を解説するドキュメントを残して欲しい、というリクエストも示された。欧州では長年に亘って JEF-2.2 が主役にあって様々な所で使用されているためか、新しい核データを導入することのハードルは高いのだ。大成功したライブラリがあるだけにその後の活動の意味付けに苦しんでいるとも言える。

一方で核データの評価を行う事が出来る専門家の減少、将来的な核データ評価能力の維持に対する危機感も強く示された。JEFF 関係者がどう考えているのかはともかく、現在のデータバンク加盟 28 ヶ国のうち JEFF 統括グループ会合に参加しているのは限られた国の 10-15 人程度で、会議で主導権を握って発言をするアクティブな参加者はもっと限られる。欧州においても核データのコミュニティをどうやって維持していくのかが大きな課題になりつつあることを示していないだろうか。

考えてみれば元々核データの分野に多くの専門家がいるわけではないし、大規模な原子力利用は技術力を有する限定された国のものであって、それらの国ですら核データ改訂への要求は少なくなってきた。そして、かつての高速炉のような核データの改訂に向けた強い必要性を与える対象が無くなっているのが現状だ。結果として研究者の入り口である大学において原子力への応用を見据えた核物理と言える核データの魅力に触れる可能性は低い。

しかしドイツやスイスのように原子力からは撤退すると宣言をしている国であっても加速器や核融合といった分野の研究は継続しており核データに対する一定のニーズは確実に存在する。そして今や原子力の新規導入国であっても自主開発をするような時代ではなく、特に核データのような基礎データは人頼みである。そのために JEFF は欧州においてはやはり一定の求心力を持っていて、EU 全体での核データ関係活動の「錦の御旗」のポジションを有しているのだった。核データニュースに寄稿した教育と経験に関する拙稿[2]にも書いたように、私が見た新しく核データの分野に参入してくる若い研究者は誰もが優秀であった。錦の御旗の元にあつまる彼ら・彼女らがどう育つか、そしてコミュニティが彼等をどのように育てるかに、JEFF の未来はかかっている。

核データは変えたくないけども将来的な核データの評価能力を維持出来なくなるのは困る、というのはかなり矛盾したニーズである。レベルの差があるとしても JENDL でも同じ状況ではないだろうか。私はここに JEFF と JENDL の協力の接点があるように思っていた。核データの評価に携わる人は核物理に対する深い知識を有するだけでなくその応用先での多様なニーズを理解することが必要である。そういった機会を作りながら優秀な研究者をこの分野に迎え入れ、そして直近のニーズの有無に左右されずこのコミュニティを育てていく必要性は、世界中何処であっても少なくとも日本と欧州では変わりなく有るのだ。「JENDL はボランティアで」と言う。ならば、欧州の核データ関係者との協力の中核に JENDL を置き、JENDL 関係者が JEFF とともに核データのコミュニティを共に育てていくことに力を注ぐことが、最終的には JENDL の未来に繋がると考える。

## 2. JENDL の未来と EXFOR の重要性

JEFF の関係者がそれに気付いているかどうかは別として、開発の自動化と見える化に未来をかけているのが JEFF である。データバンクの計算機上に構築した NDEC (Nuclear Data Evaluation Cycle) というシステムによって核データ評価後の Validation の効率化を追求しようとしていたが、GitLab ベースシステムとしてその開発を継続している。JEFF-4 では計算コード TALYS で作成した TENDL を大幅に採用する予定であり、コミュニティの縮小を IT 技術と計算能力の向上による自動化と効率化によって乗り越える動きが活発になっている。AI システムの導入はともかく、連続エネルギーモンテカルロ法の実用化で核データの精度が直接的に核計算の精度に影響をもつ時代には核データ測定と核計算のリンクは益々強くなっていくだろうし、高速かつ大容量の計算環境を誰もが利用出来る環境を十分に活用して JEFF の改訂やその妥当性評価を進めようとする動きが顕著である。

評価の自動化が核データのコミュニティにとって第一優先順位を持つ課題であるとは思えないが、近年の情報技術の進歩と計算機的能力向上が核データの世界に新しい流れを作りつつあることは確かである。NSC/WPEC に将来の評価活動を見据えた EXFOR のフォーマットについて検討するグループ SG50 が出来たのはその動きの一つだ。その提案が EXFOR を管理する IAEA の NRDC から生まれたものではなく、EXFOR のユーザーである ENDF 陣営がリードして世界的な核データの評価協力の枠組みである NSC/WPEC の中で行おうとしていることも象徴的だと思って見ている。

EXFOR にアクセスして格納されたデータを読み出して評価に利用するのは現在でも普通に行われている通常の評価活動である。評価者個人の取り組みによってそういったプロセスをある程度自動化していくことはすでに行われていると思うが、それがさらに進めば評価のプロセス自体が自動化されていくのではないか。その時に AI や機械学習の技術が応用されたらどうなるのだろう。評価者の思考プロセスそのものを取り入れた作業

を計算機が自動的に行うようになったら評価の効率が飛躍的に向上するのではないか。その技術を取得したライブラリ陣営が世界に先駆けて現在のライブラリと同等の性能のライブラリを自動的で作る事に成功したら、世界の核データ評価の景色を完全に換え、評価者の作業内容を本質的に変えて次世代のリーダーとなるのかもしれない。専門家が手作業で精緻な分析を行うのが JENDL の強みと考えられているが、そういった新しい技術の導入でレベルの違う評価を行うことにも JENDL のもう一つの未来があるのではないだろうか。

この動きに関連し、EXFOR の重要性を忘れてはならない事を再度指摘したい。核データ測定的重要性は以前から変わらないし、評価の継続性ももちろん認識されている。その二つを繋ぐものは EXFOR である。AI 時代の核データ評価においては、入力データとなる信頼度の高いデータに効率的にアクセスできること、評価用のシステムに最新のデータを素早く与えることが大切になる。

IAEA で EXFOR を担当しておられる大塚さんとは良く色々な話をさせていただいているが、EXFOR に関しては

「JENDL-5 評価のため、実験共分散の EXFOR エントリーからの自動生成を実現したが、そのためには論文に戻って EXFOR エントリーを大改訂することが頻繁に必要となった。EXFOR エントリーの作成は実は評価作業の一部ではないかを感じる。」

というコメントをいただいた。そしてこの EXFOR については、元核データセンター長でありデータバンク課長であった長谷川明さんがデータバンク勤務を終えたあとに

「核データの EXFOR へのコンパイルーションも、ロシアセンターへのアウトソーシングで実際には行っており、必要となる経費は安いものである。その代りこの分野の専門家は育ててはいないし、育てようともしていない。ここに危機の芽があると私は考えている。」 [3]

とデータバンクの活動に関して述べられており、長谷川さんが 10 年以上前に EXFOR やそれに取り組むデータバンクの将来を予見しておられたのではないかと、改めて感じている。我が国はデータバンクを通じて EXFOR に貢献しているが、本稿で指摘した視点に立って、もう一度 EXFOR の現状を確認し、戦略的観点に立って EXFOR の発展に対する方針を考え確実に実行に移していくべきである。

### 3. おわりに

NEA データバンク赴任の経験から世界の核データの現状とそこから見えるもの、感じた事を纏めようと努めてみた。今再び日本に戻ってきて思う事は、JENDL の強みは、様々

な知見を持つ専門家によって支えられていると言うこと、そしてその活動は「私の JENDL」という意識に基づいたものなのではないか、ということである。産業界、規制機関を含めた個々の利用者にとって愛される JENDL であることがコミュニティ維持の条件である。関係者にはその意識を持ってこれからも JENDL の開発を行ってもらいたいと強く願う。

(本原稿は 2021 年原子力学会秋の大会における表題の予稿と発表をもとに作成したものである)

#### 参考文献

- [1] 須山賢也：「NEA 勤務を終えて」、核データニュース, No.129, p.44 (2021).
- [2] 須山賢也：「必要な教育と経験」、核データニュース, No.126, p.9 (2020).
- [3] 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).