

Focus 原子力関連国際機関の最近の動向と日本からの期待 (第5回)

NEA における原子力科学, データバンクの活動動向

日本原子力研究開発機構* 津田 修一,
OECD/NEA データバンク 須山 賢也

NEA 原子力科学委員会およびデータバンクは、炉物理・核データ分野における国際的にも重要な情報交換の場としての役割を果たしてきた。現在原子力科学委員会では、炉物理・核データ以外にも燃料・材料などの活動を積極的に立ち上げつつあり、データバンクでは配布コードのライセンスの変更も含めた利用者のニーズに対する対応や、他委員会との共同活動の強化などを推進している。本稿ではこれらの現状を俯瞰するとともに、わが国関係者の活動にも触れることで、わが国関係者と NEA のさらなる関係の深化に向けた情報を提供する。

KEYWORDS: OECD, NEA, Nuclear Science, Data Bank, Computer Code, Nuclear Data, Reactor Physics, Criticality Safety, Fuel Cycle Physics, Material Science

I. 緒言

原子力科学委員会(以下 NSC)¹⁾は、NEA の常設委員会等での議論に共通して必要な、科学的および技術的に重要かつ必要な知見の特定、加盟国間における照合、開発およびそれらの普及を目的として、1991 年 10 月の第 83 回 NEA 運営委員会において、核データと原子炉物理に関する 2 つの科学委員会 (NEA 核データ委員会: NEANDC, NEA 炉物理委員会: NEACRP) を統合して発足した。それ以来 NSC では、原子力の研究開発におけるさまざまな科学的検討が行われてきた。初期の頃は炉物理(臨界安全を含む)と核データ関連活動が主であったが、現在ではその活動範囲を燃料や材料の分野にまで広げており、原子力科学全般をカバーするようになりつつある。

一方 NEA データバンク²⁾は、NEA の前身となる ENEA (欧州原子力機関) が、計算コードの収集・配布を業務とするコンピュータプログラムライブラリ (Computer Program Library; CPL) および中性子反応核データの収集・編纂・配布を行う中性子データ編纂セン

ター (Centre de Compilation de Données Neutroniques; CCDN) を、それぞれイストラ (イタリア) とサクレー (フランス) に 1964 年に設置した後、両センターを合併して 1978 年に発足した。日本は 1966 年から CPL および CCDN に参加している。両センターおよびデータバンクは、原子力開発において必要不可欠な計算コードと核データの入手先として、あるいは、原子力開発先進諸国との炉物理や核データの主要な技術情報交換の場として活動してきた長い歴史故に、現在もそのように理解されることが多いが、近年ではそれだけでなく、NEA の他委員会と協力した原子力分野全般を対象とした知識保存活動にも取り組みつつある。本稿では、NEA における科学活動を担う NSC とデータバンクの現状と最新の動向、そしてわが国関係者との関係と将来への期待を記す。

II. NEA 原子力科学委員会

1. NSC の概要

NSC の活動は、大まかな専門分野に対応する作業部会 (Working Party; WP) を中心に実施されている。これまでに数度の改編を経て、現在では主に以下の 5 つの WP から構成されている (図 1)。

- ・核データ評価協力活動: WPEC
- ・原子力システムのための燃料・材料のマルチスケールモデリング: WPMM
- ・核燃料サイクルの化学: WPFC
- ・臨界安全性: WPNCs
- ・原子炉システムの科学: WPRS

各 WP 内には、専門家会合 (Expert Group; EG)、サブ

Overview of OECD/NEA and contribution of Japan (5); Nuclear Science Committee and the Data Bank: Shuichi Tsuda, Kenya Suyama.

(2020 年 11 月 28 日 受理)

*2017 年 9 月から 2020 年 9 月まで、OECD/NEA 原子力科学課。

■前回タイトル

NEA における原子力の将来像の探求とその実現にむけた取り組み

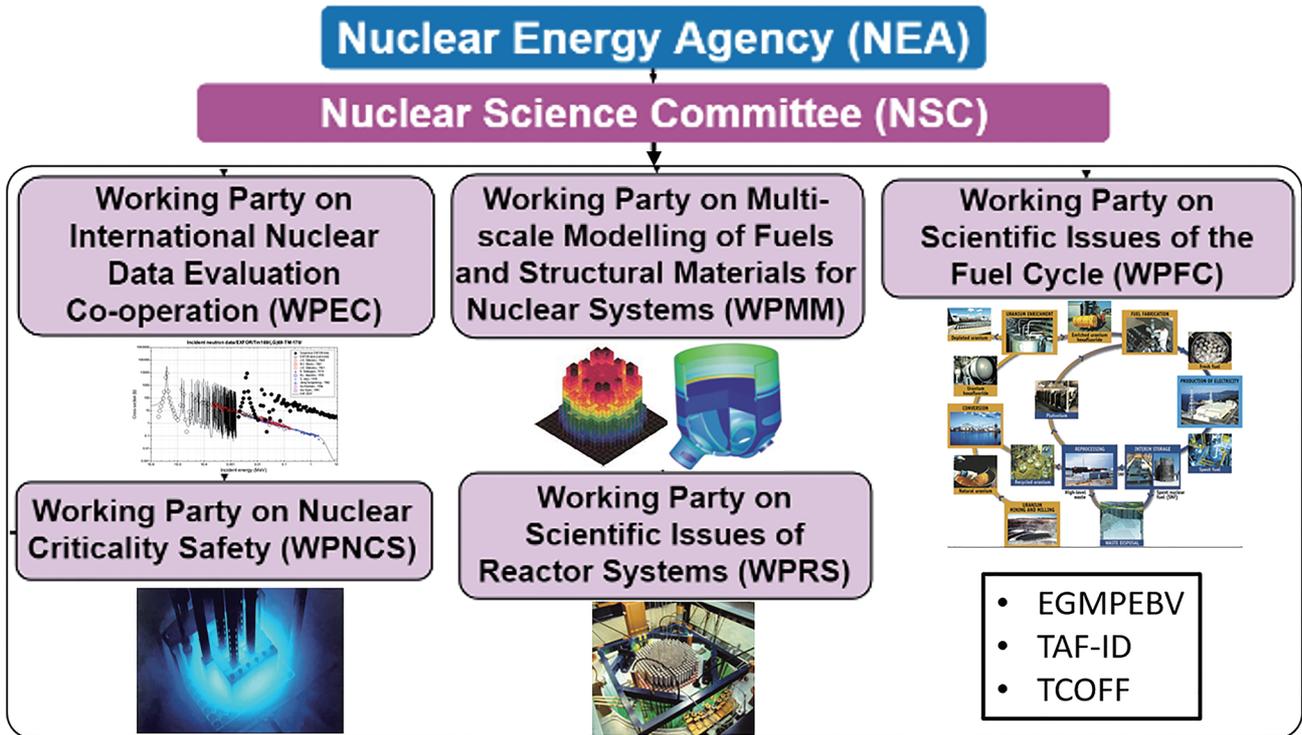


図1 NSCの活動の概要¹⁾(2020年1月現在)

グループ(Sub Group; SG), タスクフォース(Task Force; TF)等のグループが設立され, 個々の課題に取り組んでいる。2020年9月現在, WPEC および WPNCs の議長を原子力機構所属の日本人委員が務めている。

この他, WP に属さず, NSC の直接的な監督下にある, 分野横断的な EG として, マルチフィジックス“データ・ベンチマークおよびそれらの検証に関する専門家会合(EGMPEBV)”がある。また, “先進的核燃料熱力学データベース(TAF-ID)”, “福島第一原子力発電所のシビアアクシデント進展シナリオ解析に基づく燃料デブリ・FPの熱力学特性の解明(TCOFF)”は, 日本の提案で設立されたプロジェクトで, 原子力機構所属の日本人委員が議長を務めている。

上記の委員会の活動から, 毎年10~20のレポートが出版されており, 2019年は14のレポートが出版された。NSC事務局はアシスタント3名を含む合計12人で構成され, 筆者(津田)は, WPNCs と, WPRS の EG の一つを担当していた。

NSCの活動の特色の一つとして, 各WP/EGで得られた知見の体系化を目的とし, 以下に示すようなデータベース/ハンドブックの開発を行っている。

- ・国際臨界安全ベンチマーク評価ハンドブック(ICSBEPE)
- ・国際燃料性能実験データベース(IFPE)
- ・国際炉物理実験ハンドブック(IRPhE)
- ・使用済燃料の同位体組成データベース(SFCOMPO 2.0)

・遮へい積分実験ベンチマーク・アーカイブデータベース(SINBAD)

・原子炉熱水力安全実験データベース(TIETHYS)

このうち ICSBEP や IRPhE は評価済みのデータベースとして, 専用のツールが整備されており³⁾, 臨界安全や炉物理分野で広く利用されている。一方, それぞれのデータベースによってその状態は異なり, 例えば SINBAD はデータベースという名称ではあるものの, 実際には関連するレポート情報のアーカイブである。

データベースの場合には, 開発後の継続的なメンテナンスやアップデートが重要となる。ICSBEP/IRPhE/SFCOMPO/SINBAD については, 登録される実験データおよび評価計算用ベンチマークデータの信頼性を評価するために, 技術評価グループ(TRG)が設置され, およそ年に一度開催される会合において, 実験データの検証, ベンチマーク計算モデルおよびその計算結果の妥当性等について厳格に議論されている。TRGで承認または更新された結果は毎年度データベースのアップデートに反映される。これらの活動は, 日本からの参加者も含めて, 専門家の多大な自発的貢献によって成り立っており, 原子力学会に所属されている, より多くの関係者の積極的なご協力をお願いしたい。

また, これら作成されたデータベース/ハンドブックの配布は, 次章に述べるデータバンクが豊富なノウハウを有していることから, データバンクにより行われている。これは, 原子力科学委員会とデータバンクが非常に密接な協力関係にあること, データバンクがNEAの活

動を効果的に支援していることを示す一例と言えよう。

2. NSC の最近の動向

2020年3月頃から世界的な問題となったコロナウイルスの影響は本稿執筆時(2020年9月)も継続しており、NSCでもすべての会議がビデオ会議システムに全員が参加する方式となり、この状況は少なくとも2020年中は続く様子である。この大きな仕事環境の変化への対応とともに、委員会活動の重点化/再編に関する議論が進められている。この改編の目的は、過去約10年間に増えた、現在のグループ間の活動内容の重複を避け、より効率的に限られた事務局のリソースを有効活用することである。例えば、材料系/化学系と専門性の異なる専門家が参加するWPMMとWPFCについては近年多くのレポートが出版されているが、極めて近い内容を扱うグループがあり、その整理・統合をする必要性が以前より指摘されていた。

そのため、2019年後半から、NSC事務局は、各分野をとりまとめるWPを中心に比較的短期間(2~3年)での成果創出を目的としたSGからなる組織案をビューロー(議長および副議長)および各グループの議長等に示して議論を行ってきた。その結果、WPECおよびWPNCsは、SGシステムをすでに採用しているため、今回の対象から外され、主にWPMM、WPFCおよびWPRSに関する検討が中心になった。また、NEA原子力施設安全委員会(CSNI)等、NSC以外の常設委員会での活動内容に近い場合、それらの常設委員会事務局との調整も行われた。

数多くの検討が重ねられ、上記のWPMMとWPFCに関しては、現在も調整が継続しているものの、活動内容の近いグループをとりまとめた新しいWP/EGを設置する方向で概ね議論がまとまりつつある。例えば、2020年6月に開かれたビューロー会合においては、WPRSをベースとした新しいWPには、EGMPEBVを加えるとともに、熱水力に関する新しいEGを発足する方針が議論された。

2020年9月に開かれたNSC会合において、これらの組織改編案が議論された結果、大筋で承認された。今後、2021年度の新体制の発足を目指した調整作業が継続される。

III. NEA データバンク

I章で述べたように原子力開発において必要不可欠な計算コードと核データの入手先としての機能を果たすべく設立されたデータバンクは、現在ではそれら中核となる活動に加え、NEAの活動で得られたさまざまなデータを蓄積して利用者に配布する役割も果たすなど、その役割が広がりつつある。

運営の観点でのデータバンクの特徴はNEA加盟国と

データバンク参加国が異なり、NEA本体への拠出金とは別の予算を設けて運営がなされていることである。本稿を執筆している2020年9月の時点で、NEA加盟33か国のうち27か国がデータバンクに参加している。現在データバンクには、課長である筆者(須山)とアシスタントを含めて11名が在籍し、以下に述べる年間3,500以上の計算コードや実験データの配布、IAEAが管理しているEXFORへの核データ測定実験データの登録、欧州各国の主要核データライブラリと言えるJEFFの開発やその妥当性検証、そしてこれらに関連するデータベース開発までを行っている。

1. コンピュータプログラムサービス

コンピュータプログラムサービス(Computer Program Services; CPS)は、計算コードや積分実験データ、その他ドキュメントの収集と配布を行う活動である。50年以上に亘る活動によって収集された、データバンク参加国で開発された計算コードのアーカイブを有するCPSは、NSCを含むNEAの他の委員会で得られた成果(データ)も含めて年間3,500件以上の計算コードや積分実験データを配布し、原子力科学のみならず安全性、放射線防護、廃棄物の処理処分など、原子力開発のさまざまな分野を支える役割を果たしている。

データバンクは米国オークリッジ国立研究所にあるRadiation Safety Information Computational Center(RSICC)およびIAEAとの協定を有し、世界的な原子力分野の計算コード提供の枠組みにおいて中心的な役割をも果たしている。すなわちCPSでは、データバンク参加国が開発したコードだけを配布するのではなく、それらの協定によって構成された枠組みを通じて、データバンク参加国コードのRSICCへの提供およびRSICCコードのデータバンク参加国内ユーザーへの配布、非OECD加盟国ユーザーへのデータバンク加盟国開発コードの配布、および非OECD加盟国開発コードの収集も実施している。この非OECD加盟国への計算コードの配布は、IAEAが一人のスタッフをデータバンクに派遣し、さらにコード提供国が求める手続きに従って行われている。

さらにCPSは、計算コードの開発者とそのユーザーを支援するトレーニングコースを年間10件程度実施しており、原子力分野のシミュレーション技術の知識継承にも資している。わが国開発のコードでは、モンテカルロコードPHITSのトレーニングコースが2013年より開催されており、加えて2020年には最新の核データ処理コードFRENDYのトレーニングコースも計画されている。

2. 核データサービス

核データサービス(Nuclear Data Services; NDS)の最

も顕著な活動は、欧州における中心的な評価済み核データライブラリである、核分裂と核融合のための統合評価済み核データライブラリ (Joint Evaluated Fission and Fusion Nuclear Data Library; JEFF) プロジェクトの統括である。データバンクには核データの評価を行う専任スタッフはいないため直接核データの評価や開発を行っているわけではない。欧州各国にいる核データの測定者や評価者を統括し、得られた知見のとりまとめ(ファイル化)をするのがこの活動の主な柱となる。このため、毎年春と秋に関連会議を集中的に実施している。

核データは巨大なデータベースであり、その利用には適切なツールやプログラムが必要とされる。NDSでは以前から JANIS という核データ可視化ツールを開発し核データの利用普及のための取り組みを行うとともに、核データ評価に資するためにさまざまなシステム開発も行ってきている。特に、核データの性能評価はさまざまな積分実験データの解析を行いその結果を組み合わせる総合的に行うことによって達成される。このようなシステムやその結果はここで取りまとめられた JEFF の妥当性評価のみならず、わが国の核データ JENDL の他ライブラリとの比較においても重要なものである。

そして NDS は核データ評価の基礎となる断面積データの測定値を収集する国際的な枠組みの一部を担っている。すなわち、IAEA の国際核反応データセンターネットワークが統括するデータベース (EXchange FORmat; EXFOR) にデータバンク域内(ただし、韓国など 1990 年代以降にデータバンクに加盟した国は除く)で取得された核データ測定値を登録している。

3. 他委員会との協力

計算コードと核データの配布以外にも、データバンクの主要な業務の一つに NEA の他の常設科学委員会に対する支援がある。NSC の関与の下に開発が継続されている ICSBEP や IRPhEP のデータに対する要求は CPS で受け、最終的な要求者への配布までを一貫して CPS が行っている。その他、CSNI の CSNI コード妥当性検証マトリックス (CSNI Code Validation Matrix; CCVM) や燃料挙動実験データ (International Fuel Performance Experiments; IFPE)、NEA 放射線防護公保健委員会 (CRPPH) の職業被ばくに関する情報システム (Information System on Occupational Exposure; ISOE) といった、NEA の他の常設科学委員会が提供するデータベースの開発とその後のメンテナンスも、データバンクが支援をしている。

NEA 放射性廃棄物管理委員会 (RWMC) の勧告によりデータバンクで開始されたジョイントプロジェクトが、放射性廃棄物処分場の安全評価モデルで必要となる放射性廃棄物中に存在するさまざまな化合物の熱力学データを整理収集して取りまとめる、熱力学データベース (TDB) である。TDB は NEA 加盟国のうち 12 か国が

NEA 本体やデータバンクの予算とは別の独立した資金を提供して事業を実施しており、この分野における国際的なリファレンスとなるデータベースとしての地位を確立している。TDB にはわが国からは原子力機構が参加しており、わが国専門家の知見が継続的に提供されている。

4. データバンクの最近の動向

データバンクはサービスプロバイダーと言える組織であり、実際にサービスを受ける参加国、そして究極的にはその最終ユーザーの利益を第一に考えた活動が何よりも重要であると考えている。この考え方はデータバンクの管理委員会となる、「核データおよびコードの開発・応用および妥当性検証のための管理委員会 (Management Board for the Development, Application and Validation of Nuclear Data and Codes; MBDAV)」においても強く支持されており、その方針に従った活動が行われつつある。

例えば、CPS の分野では、現在データバンクが配布する多くのデータバンク参加国開発コードは、コードが配布された組織に所属する全職員がそれを使うことが出来るという「シングルサイトライセンス」という利用条件で配布されている。コード配布の効率の面では利点があるが、多様化するユーザーニーズに対応するには最終ユーザーの利用状況を正確に把握し、また積極的なコミュニケーションを取ることが必要である。そのため、コードが配布されたユーザーのみにその利用を許諾する「シングルユーザーライセンス」への変更を決定しその準備をすすめている。また、近年原子力分野でもその利用が広がっている Open-Source 化されたプログラムの収集配布も 2019 年から開始した。

また、核データの分野では、特に近年では、シミュレーション技術の進歩に伴って核データの妥当性検証を系統的に行うことに対するニーズが高まっているため、統合化核データ評価サイクル (Nuclear Data Evaluation Cycle; NDEC) という、核データのベンチマークや妥当性検証などを半自動的に行うシステムの開発が急速に活発化している。この開発は近年急速に利用が広がっている開発プラットフォーム GitLab を用いたものとなっており、多くの研究開発者にとって親和性の高いものとなっている。わが国開発コードや核データの知見が提供されることが期待される。

さらに各委員会との協力については、データバンクの有するデータベースやアプリケーション開発そしてそれらを各国の指定するルールに従って配布するノウハウを効果的に NEA の活動に活かすという視点の議論が、事務局および MBDAV 委員の間で積極的に行われている。近年、データサイエンスの進展には著しいものがあるが、原子力開発を継続的に行っていくためにはこれまでに取得された知見の保存とその有効活用は非常に重要なものとなると考えられ、わが国の貢献も期待される分野

である。このように、現在のデータバンクでは、ユーザーやデータバンク加盟国のニーズに対応した活動が着々と進められている。

IV. NEA 原子力科学委員会およびデータバンクと日本との関係

わが国の炉物理核データ関係者は、欧米各国の研究者との情報交換の場として NEA データバンクが統括してきた NEACRP および NEANDC を、そして 1990 年代以降の NSC 設立後は NSC 配下のさまざまな委員会を、交流チャンネルとして活用してきた。すなわち技術的な観点から言えば、それら委員会で実施される国際ベンチマーク活動にわが国が開発した計算コードや核データを使用して参加することでそれらの妥当性検証に役立てるとともに、欧米各国で取得された核データの入手やわが国の研究開発機関で測定された核データの欧米機関への提供を行ってきた。また、データバンクの主要活動の一つであるコンピュータプログラムサービスを通じて欧米各国の最新コードを入手できることは、わが国における計算コードのさらなる開発を促進し、上記の国際ベンチマークによる相互の情報交換も含めて、原子力開発の基礎基盤分野の礎を形作るものとなったと言える。またわが国開発のコードもこのコンピュータプログラムサービスを通じて欧米各国の研究機関で利用されており、データバンクはわが国のコード開発関係者にとっての重要な情報発信の場となるのみならず、その利用経験は開発側への重要なフィードバックとなっている。

人的関係で言えば、わが国は NSC やデータバンク事務局に継続的にスタッフを派遣してきた。NSC 設立以降の統計であるが、これまでに NSC に延べ 9 名の日本人スタッフが在籍した歴史があり、NEA 事務局において最も人的関係が深い分野にもなっている。職員の採用には公式なプロセスが存在することを考えれば、これは NSC やデータバンクの活動におけるわが国研究者の活動に対して NEA およびわが国がお互いに高く評価し、信頼していることを表すものと言えよう。

例えば、福島第一原子力発電所事故後に燃料デブリの臨界性に関する評価が課題となったが、NSC/WPNCS 配下の EG はわが国関係者の提案に基づいた国際ベンチマークを早急に立ち上げ、各国で利用される最新の計算コードと核データを用いた使用済核燃料の臨界性についての詳細な比較を行い、その結果を 2016 年にレポートとして公開した。現在 CSNI において福島第一原子力発電所事故の詳細な評価を行う活動が行われようとしているが、安全性に限らず原子力科学の分野においても、わが国関係者の要請に速やかに対応する活動が行われていることの良い例と言える。

現在 NSC の委員会活動においては、すでに記載したように核データおよび臨界安全性のワーキングパー

ティーでそれぞれわが国の研究者が議長を務めている。また、NSC では従来の炉物理・核データのみならず燃料、材料、燃料サイクルの科学など将来の原子力開発までを睨んだ活動が始められようとしており、今後益々 NEA とわが国研究機関の関係が深化することが期待される。

V. 結言

本稿では、原子力科学委員会およびデータバンクにおける活動の概要を紹介するとともに、最新のトピックスならびにこの分野におけるわが国関係者との関係を紹介した。これまで述べてきたように、原子力科学委員会とデータバンクは、原子力開発の基礎基盤に対応する部分における原子力先進各国の情報交換の場として有効に活動をしてきており、またわが国関係者も多く寄与を行ってきた。

その良き経験の基に、大きく変わりゆく原子力開発の動向に合わせた NEA の変化も踏まえつつ、国際機関の有効な活用やわが国の研究開発成果の発信、そして人材の育成へ貢献することが、原子力科学委員会とデータバンクには期待されていると考えている。またそれをもって OECD 加盟国のみならず、世界の福祉向上に貢献するという期待も込めて、本稿読者の皆様の原子力科学委員会およびデータバンクへのさらなるご協力をお願いしたい。

なお本稿は筆者二人の個人の意見を取りまとめたものであり、OECD や NEA の見解等を示すものではない。

— 参考資料 —

- 1) OECD/NEA 原子力科学課ホームページ,
<https://www.oecd-nea.org/science/>
- 2) OECD/NEA データバンクホームページ,
<https://www.oecd-nea.org/databank/>
- 3) 例えば, “Database for the International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project (DICE),”
<https://www.oecd-nea.org/science/wpncs/icsbep/dice.html> (2019).

著者紹介



津田修一 (つだ・しゅういち)

日本原子力研究開発機構 原子力基礎工学研究センター
(専門分野/関心分野)放射線計測, 線量評価



須山賢也 (すやま・けんや)

OECD/NEA データバンク
(専門分野/関心分野)計算コード, 核データ, 原子炉物理, 国際協力, 人材育成