



OECD/NEA 及び IAEA での 核データ国際協力枠組みについて

日本原子力研究開発機構

長谷川 明

hasegawa.akira@jaea.go.jp

1. はじめに

これまで、筆者らは、本誌に NEA/NSC/EG 会合や NEA/NSC 会合、NEA/NSC/WPEC 会合への出席報告、IAEA/INDC 会合や、IAEA/NRDC 会合への出席報告をしばしば書かせてきていただいている。読者から見ると、それら会合報告が定期的に現れてきているものの、全体として、核データとどういう関係があるか、非常に分かりづらいとの指摘もあり、OECD/NEA 及び IAEA での核データに関する国際協力枠組みがどうなっているのか、今回まとめて書かせていただくこととした。

中性子核データの国際協力に関しては、1960 年代の初めから、全世界で取得される実験核データについて、世界の誰でもが利用できるようにしようという目的で、EXFOR (Exchange Format (交換フォーマット) の略) という電子計算機可読の共通フォーマットでのデータ相互交換を実施する国際協力の枠組みである、4 センターネットワークを通しての、核データの国際協力が強力に推し進められてきたことは、皆さんもご存知であろう。4 センターとは、北米 (カナダ、USA) を統括するニューヨーク・アプトンにある BNL の NNDC (国立核データセンター)、東欧・ロシアを統括するモスクワ・オブニンスクの CJD (核データセンター)、日本・韓国を含め先進 28 ヶ国をカバーするフランス・パリにある OECD/NEA (経済協力開発機構 原子力機関) のデータバンク (略称 NEA DB 加盟国は 22)、上記以外の全ての国を管轄するオーストリア・ウィーンにある IAEA (国際原子力機関) の NDS (核データセクション) で、世界の全ての国で測定された中性子核データのデータベース化作業とデータ交換を、センター間で相互に実施し、世界の利用者へのデータ提供をこれまで行ってきた。

4 センターネットワークの事業としては、EXFOR によるデータ交換のみではなく、CINDA (Computer Index of Neutron Data、中性子核データ文献情報)、評価済核データ (JENDL (日)、ENDF/B (米)、JEFF (欧) 等)、その他の核データに関する情報交換を実施している。その後、4 センターの枠組みは、1980 年代の中ごろになると明確ではな

くなってきて、4センターの枠組みは崩壊する。その代わり、荷電粒子核反応データを包含した、核反応データセンターネットワークが、IAEA/NDSの基に編成され、4センターに代わる機能を持つNRDC (Nuclear Reaction Data Center network) が結成され、それが現在に続いている。

これらセンター協力の対象としてのCINDA、EXFORの現状は次の通りである。

1) CINDA (Computer Index of Neutron Data) 中性子核データ文献情報

いわゆる、黄色の分厚い本であり、中性子の実験データ、評価値等についてのデータ情報をそれが発表されている世界の主要論文誌等から入力した、35万件にのぼる文献情報のデータベースであり、IAEAからの出版になるものである。現状、印刷版としての出版が続けられているが、これも日本のリクエストと、NEAデータバンクが出版費用を負担していることにより、続けられているものである。日本からのリクエストも図書館への納本の意味もあり実施しているが、そのうち、印刷物はなくなる運命にあるものと考えている。現在、CD-CINDA (NEAデータバンク作成になるCD-ROM版) や、WEBによるデータセンターからのCINDAの情報検索が利用にあたっての常套手段であり、個人の利用者は、EXFORデータベースや原論文とのリンク等のサービスが受けられるこれらの手段に切り替わりつつある。米国を除いては、CINDAの利用はかなりあるものの、米国においては、NSR (Nuclear Science References) データベースがもっぱら利用されており、CINDAの利用はそれほどでもない。そのため、米国は、CINDAの維持に、極めて消極的である。

NRDCが、中性子データのみであったCINDAに、荷電粒子反応を入れることを提唱し、それによりCINDA-2000として、新たに情報を付加した版を出すべく、CINDA-2000プロジェクトを世紀の変わり目ごろに開始したが、それがようやくできつつある。最新の情報では、CINDA-2000の新フォーマットで、2006年に、現状データの全てを出力した印刷版の出版で(35万件、6分冊程度になる)、本での出版は凍結となるようである。

2) EXFOR (EXchange FORmat) 交換フォーマットによる実験核データ データベース

現在は、NRDCのコアセンター(旧4センター)の国際協力の枠組みで、電子計算機可読の共通フォーマットでのデータ相互交換により、世界の測定核データの数値データベースが構築されている。中性子に関する測定データとして、15,500エントリー(件数)、データテーブルとして105,000データセット(約400MB)のデータが収容されており、日々、データ量は増大している。当初は、各コアセンター(旧4センター)のおののみに実験データの起票入力の義務が課せられていたが、これらの義務は2000年はじめ、撤廃され、IAEA/NDSがその責を負うことになった。NDSが作業ができるセンターに起票入

力の指示を出すことになっているのであるが、入力は、手作業のためなかなかはかどらない状況にあり、入力遅延がかなりある。

次に NRDC のうち本稿のテーマである OECD/NEA、特にデータバンクと IAEA による国際協力機能についてまとめる。

2. 経済協力開発機構原子力機関 (OECD/NEA)

2.1 NEA/Data Bank (NEA データバンク)

NEA データバンク (DB) は OECD (経済協力開発機構) 内の一機関である、NEA (Nuclear Energy Agency : 原子力機関) の一セクションである。1964 年、パリ郊外サクレーに設立された ENEA/CCDN (Centre de Compilation Données Neutroniques : 中性子データ編集センター) がその前身である。CCDN は OECD 諸国内の中性子核データについての実験データ引き起こし作業とその編集作業を担当していたセンターで、当初から 4 センターの一員であった。1978 年、当初イタリアのイスプラにあった NEA/CPL (Computer Program Library : 計算機プログラムライブラリー) と CCDN が合併する形で、サクレーに NEA/DB が新たに設立された。それ以降、NEA/DB は中性子核データの編集・利用支援と計算機プログラムライブラリーの収集・利用支援という 2 大事業を中心に、周辺の事業を付加し、例えば、JEFF (Joint Evaluated Fission and Fusion library : 統合評価済み核分裂炉・核融合炉用核データライブラリー) の開発支援、放射性廃棄物処理処分のための熱力学データベース (TDB) の作成・評価、燃料挙動のデータベース (IFPE : International Fuel Performance Experiments data base) や熱水力コード評価のための安全性データの収集等のデータベース作成・公開等に寄与してきた。

NEA データバンクは参加国、22 ヶ国 (Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Italy, Japan, R.o. Korea, Mexico, Netherlands, Norway, Portugal, Slovak Republic, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, United Kingdom) で、米国は参加していない。年間予算、360 万ユーロで、日本の分担金は政府拠出金で総予算の 25% の負担率となっている。データバンクは、NEA 本体とは予算も別枠となっているが、NEA/NSC (原子力科学委員会) のコントロールの基に事業をしている。

NSC のゴールは、科学的データの推進のための、基礎科学、技術の知識の交流を進める所にあり、加盟各国のニーズを基にした緊密な協力関係の構築にある。NEA データバンクは、加盟各国の国際レファレンスデータセンターの役割としての、原子力のための、核データを始めとする、データ貯蔵所であると共に、計算コードや核データの検証整備の実施による品質保証の確保、ユーザーへの高品質の直接サービスを目標として事業を実施している。

NEA データバンクの事業は、NEA/NSC/EG (NEA/NSC 実行グループ会合) で、審議さ

れ、事業の計画、予算の承認、事業評価がなされてきている。年 1 回、NSC 会合の初日の午前中を使い審議している。これへの参加報告が年 1 回、本ニュースに原稿を書かせていただいている。NEA データバンクは、研究スタッフ 9 人、サービススタッフ 7 人のこじんまりとしたデータセンターである。

個別事業としては、核反応データ関連では、中性子データを中心とした、EXFOR・CINDA への入力データの起票・編集作業を中心に、JEFF 評価済核データファイルの評価、編集作業を実施している。すなわちメンバー国で発生する全核データの EXFOR・CINDA へのデータ登録や、加盟国の核データ利用者への WEB によるデータ提供サービス、CINDA 入力マニュアルの維持改訂がデータバンクに義務づけられている。また、NSC (原子力科学委員会) の基にある WPEC の枠組みで、評価済核データファイル及び実験データの世界の協力体制の確立に寄与している。そこでは、核データの評価・検証、評価済みデータに存在する共通問題点の解決、評価済みデータの品質向上、データ完全性の追及を行っている。

また、原子力コードの収集・配布も 2 大事業の一つであり、これらコードの北米 (USA、カナダ) 以外への配布を行っている。OECD 諸国外へは、IAEA との協定により配布となるが、無条件の配布とはならない。提供国の配布の許可の下での配布となる。この点、無条件での配布が行われている核データとは異なる。従って、計算機上の鍵のかけられた領域にコードは収容されており、代表者を通しての、コード入手、利用となる。入手利用者のさらなる再配布は禁じられている。日本国内利用者への配布に関しては、データバンクが直接行うわけではなく、すべて高度情報科学技術研究機構 (RIST) を通じて国内加盟機関 (研究機関、原子力メーカー、大学、その他計 232 機関) への配布となっている。

そのほか、放射性廃棄物の地層処分のための化学熱力学データベースの作成、評価及びそれらデータのオンラインによるデータ公開や原子炉過渡特性等の安全性解析における巨大熱水力計算コード検証のための実験データ収集、編集、評価等が行われている。

OECD 加盟国の核データ・原子力コード等 Reference データのサービスのためのデータセンターの役割をはたしている。

2.2 NEA/NSC/WPEC : 核データ評価国際協力ワーキング・パーティー (WPEC : Working Party International Evaluation Cooperation)

2.2.1 NSC と WPEC との関係

核データ評価国際協力ワーキングパーティー (WPEC) は、NEA の原子力科学委員会 NEA/NSC の基に設置されている。その系譜をさかのぼれば、1970 年代はおろか 1960 年代へとさかのぼれる。OECD/NEA の、炉物理委員会 (NEA/CRP) 及び核データ委員会 (NEA/NDC) がそのおもとである。それらは、90 年代の初めに NEA/NSC (原子力科

学委員会)が設立されるまで、それぞれ独立した別個の委員会として存在した。当時 D&M (データ&メソッド) と言う言葉が盛んに言われていたが、なかなか両委員会が統合されることはなかった。80年代の終わり頃、原子力における D&M (核データと炉物理) の不可分性から、両者を別個に扱うのではなく統一的に扱うべきということ、及び視野を更に広くみて原子力一般から先端サイエンスまで取り入れて前広に議論するべきとして、NEA/NDC と NEA/CRP を合体させて、これらを統一的に取り扱う一般的な枠組みとして、NEA/NSC が発足した。この精神に沿うべく、NSC の扱う範囲もそれまでの核分裂炉、核融合炉、核燃料サイクル等に代表される炉物理の枠をさらに広げ、原子力における水素利用等原子力一般、さらには、化学、物質科学、スーパーコンピューター、高度情報技術、核物理、イオンビーム、PET、等々が取り上げられるようになってきており、NSC は原子力の先進分野を含んだ先端科学研究までを対象とした委員会に変遷してきている。(NSC の活動については、詳しくはホームページ

<http://www.nea.fr/html/science/>

を参照ください。)

2.2.2 WPEC とは

従来からの NEA/NDC、NEA/CRP の活動のうち、核データを中心に扱うワーキンググループとして 1989 年に活動を開始し、第 3 回目からワーキングパーティ形式の WPEC が 1992 年正式発足した。当初は、日 (JENDL)、米 (ENDF/B)、欧 (JEF) 3 極の評価済ライブラリーが協力の中心であったが、WPEC の正式発足に伴い、それまで OECD 加盟国以外へは非公開であった JEF が全世界に完全公開となるとともに、IAEA 傘下の評価済核データライブラリー (露: BROND、中: CENDL、IAEA: FENDL) が新たな協力の対象として入ってきた。ここに、全世界を対象とした評価済核データライブラリーの協力体制が出来上がった。

WPEC のもともとの目的は、原子力開発に必要な精度の高い核データの提供であり、評価済データについての、情報交換並びに、評価に際しての共通問題の解決にある。特に、遠い将来の統一ファイルを目指して、現状極めて大きな違いが存在する、各極の評価済ファイル間の食い違いを解消することを目的としている。最終的には世界統一ファイルを目指した方向ではあるが、それへ向けての地ならしの段階にある。1999 年に核データ測定活動ワーキング・パーティー (WPMA) と、WPEC が統合されたが、その際の統合会合では統一ファイルの作成が大きな議論となったが、その方向への進歩は認めたと、近い将来まとまる方向にはなっていない。

2.2.3 WPMA の設立と WPEC との再統合

WPEC が発足して 2~3 年後、測定データの重要性が WPEC を初め、NSC 内で認識さ

れてくるのは、全く反対の現実が世界のそこかしこで起こりだした。すなわち核データ測定施設の閉鎖や、測定の専門家の引退である。それらの貴重なノウハウを若い人や、引継ぐ人のいないままに消え去ろうとしている現実を憂慮して、測定のネットワーク化、サンプルの貸借、人的協力等を効率的に行うための枠組みの作成を目指して、測定活動に対するワーキングパーティ WPMA が WPEC から派生するワーキングパーティとして発足することとなった。実際の活動は、これ以前、既に数年間の実績のある、実験活動に関する NEA 研究所間協力タスクフォースにその源泉がある。即ち、B-10(n, α)標準断面積の測定に関する NIST と ORNL の共同研究、原研 FNS 等での放射化断面積の測定協力、U-238 非弾性散乱断面積の測定協力等の協力関係が元となり 1995 年から測定活動ワーキングパーティとして WPMA が独立した。核データ利用者や、評価者からの実験要求について、実験者を交えてその可能性、実験の実施までを含む事項が、本ワーキングパーティのスコープに入ることになり、それまで、もっぱら期限をきったサブグループのみの活動であったが、このワーキングパーティができると同時に長期的な観点からの常置グループが設置されることとなった。WPMA は、その後 1999 年に WPEC に再度統合されるまで存続した。

2.2.4 評価済みデータに対する国際協力

ワーキングパーティの仕事の進め方は、評価済み核データの評価の際に問題となっている共通的に解決すべき問題を提案し、取り上げることが決まったら、問題毎にその道の専門家からなる小グループ（SG：サブグループ）を結成して仕事をする形式をとっている。まず、グループの進み具合をチェックするモニターを一人決め、その基にグループリーダーとして1~2人を選び、各極から推薦した人でグループを結成し、e-mail や国際会議のサテライトミーティング等を利用してグループ作業を行い、各サブグループの研究課題に対する最終報告書としてまとめるという手法をとっている。これまでに、20 数件のサブグループが作られ報告書が出版されている。共通事項の解決には、大いに役立っていると理解している。このような形で、評価済みデータに対する全世界を対象とした国際協力が成立し、現在も活動を続けている。

3. IAEA NDS (Nuclear Data Section : 核データセクション) について

IAEA の原子力科学・応用局 (Department of Nuclear Sciences and Applications) の下の物理・化学部 (Division of Physical and Chemical Sciences) の中の1セクション (課) として核データセクションが設置されており、英国人の A. Nichols が課長を務めている。

沿革は、1964 年に加盟各国への核データの提供を目的として核データセクションが IAEA に設置されたことによる。この年、他の3センターと共に、4センターネットワークを設立し、世界規模での、中性子核反応データの編集作業と配布事業のために、セン

ター間のデータ交換に都合の良い共通フォーマットによる編集作業の標準化、重複作業の排除等による、低コストで、高品質のデータサービスの実現を目的として事業が開始された。

1975年にNDSは、4センターの対象外である、荷電粒子核反応、光核反応を扱う、データセンターネットワークを設立した。1979年に「荷電粒子及び光核反応データセンターネットワーク」と「4センターネットワーク」は合体し、核反応データセンターネットワークとしてあらゆる核反応データを扱うネットワークが誕生した。また、1975年には、NDSは、核構造・崩壊データの評価作業と配布事業を世界規模で推進するため、NSDD (Nuclear Structure Decay Data : 核構造崩壊データ) ネットワークも設立している。さらに同年、核融合のための、原子分子データの評価と配布事業を推進するべく、原子分子データに関するグループをNDS内に設置している。

現在、研究員10人、秘書等8人で核データ・原子分子データのサービスを実施している。核反応データに関しては、中性子核反応、荷電粒子核反応、重イオン誘起核反応、光核反応をカバーしている。実験核データ等のデータ編集作業としては、実験核データ (EXFOR) の編集、中性子核反応文献情報 (CINDA) の編集と出版、これらデータ編集のセンター間統括と編集の推進、EXFOR辞書ファイル、EXFOR及びCINDAのマスターファイルの維持管理、それらファイルの他センターへの送付の責任を有している。

個別事業としては、核データ研究での重点課題について、IAEAのCRP (Coordinated Research Projects : 共同研究プロジェクト) の枠組みでの、核データ生産、実験、理論、評価、検証等の研究協力による研究を推進するための事業を実施している。常時、3~5プロジェクトが走っている。また、NEA WPECの枠組みでの評価核データファイルに対する国際協力事業への参画や、NSDD (核構造崩壊データ) ネットワークによる、核構造・崩壊データの評価等国際協力の推進を行っている。核融合炉のための評価済核データライブラリーであるFENDL (Fusion Evaluated Nuclear Data Library) 等特殊目的ライブラリーの作成も行っている。INDC (国際核データ委員会) の事務局 (日本で言えば、シグマ委員会の事務局としての活動) や、発展途上国に対する核データについての技術移転として、核データ提供のためのサテライトセンターの設立、WEBミラーサイトの立ち上げ等、途上国に対する、トレーニング、技術協力 (Technical Cooperation Projects)、研究契約 (途上国研究者への補助事業) 等による技術支援を行っている。また、核融合で重要となる原子分子データについてのデータセンター機能、共同研究プロジェクトの実施も主要業務の一つとなっている。

3.1 国際核データ委員会 (INDC)

IAEA核データセクション (NDS) の実施している事業についての運営委員会で、事務総長 (DG) へNDS事業運営に関する勧告 (リコメンデーション) を行う委員会である。

即ち、NDS の行っている核データ活動について、世界の核データ測定活動の動向、並びに、各国の核データ活動の現状を踏まえ、今後の NDS のあるべき方向について、IAEA 事務局長に対する勧告案を作成する委員会である。現状及び今後の NDS の事業の方向性について「NDS データ活動のレビュー」、技術進歩の著しい核データ利用普及及び今後のデータセンター活動のための「核データの利用普及及び国際協力について」、途上国をかなり持つ国際機関の役割として重要な「核データ技術移転とトレーニング」の 3 点が通常議論される。具体的には、トピック的な核データにおける重要事項に関する CRP 活動（現状プロジェクトの進捗管理、次期プロジェクトの採択）のレビュー、データセンター間協力として、核反応データセンターネットワーク（NRDC）、核構造崩壊データネットワーク（NSDD）のレビュー、データ交換で最重要な CINDA、EXFOR での協力、そして途上国への技術移転での問題、例えば、極めて弱体化してしまった核構造崩壊データ分野での人材育成のために、毎年トリエステで実施している ICTP-IAEA のワークショップの利用等が議論されている。

施設の閉鎖、専門家の減少等核データを取り巻く問題は数々あるが、それゆえに IAEA NDS を核としての国際協力が今後とも重要となってくる。

3.2 NRDC（核反応データセンターネットワーク：Nuclear Reaction Data Center Network）について

3.2.1 ネットワーク概要

NRDC ネットワークは IAEA の下で、各国、各地域で設立されている世界の核データセンター間の協力を行うために設置された、ネットワーク協力体制である。その目的は、核データの収集、評価、編集、収納、検証、利用普及について国際的に協力し、重複があれば排除し、効率的なデータ利用を加速、調整する事にある。核データ一般、即ち、核反応データに対する、実験核データや評価済核データファイル、核構造崩壊データに対する核構造崩壊データファイル等の数値データや、これら核データに関連する諸々の文献等の文献情報のユーザーへの普及が第一の目的である。主要業務は、

- ・ 実験データ（EXFOR）や文献情報（CINDA）のデータ入力や編集、
- ・ 評価済核データの収集、
- ・ データセンター間でのデータの交換、
- ・ 特殊目的データファイル開発の促進、
- ・ 核データの共通フォーマットの開発、
- ・ 核データの処理や普及の為のソフトウェアの開発の調整、
- ・ ユーザーの要求に応えるための現在及び将来におけるニーズの整理、

となっている。

現在 4 つの中心となるセンター（米国国立核データセンター、NEA データバンク、IAEA

核データセクション、ロシア核データセンター；即旧 4 センター）の他 9 つのセンター（中国核データセンター、ハンガリー核データグループ、北大荷電粒子核反応データグループ、原子力機構核データ評価研究グループ、韓国原子力研究所、ロシア核構造核反応データセンター、ロシア光核反応実験データセンター、ロシア核物理データセンター、ウクライナ核データセンター）がネットワークに参加している。以前参加していた、理研のグループ（1983 年から参加）は 2000 年 4 月をもって活動を停止した。

原子力機構の核データ評価研究グループは、主に CINDA の編集に関し、日本の文献情報を編集し、NEA データバンクに送付する事や、JENDL の公開等で当ネットワークに協力している。

3.2.2 NRDC 会合

各データセンター間の協力の枠組みを調整する役目を、NRDC 会合が負っている。データ交換の頻度、フォーマット、それぞれの専門性を持つ各センターの役割分担等がこの会合で決められている。各国、各地域の核データセンターの役割は、核データの生産者とエンドユーザーである利用者とを結びつけることが仕事であり、ユーザーへの効率的な核データの利用できる形での提供がまず求められている。

日本は核データ活動に関して NEA データバンクの下での参加となっていたが、CINDA の編集への参加は 1964 年にシグマ委員会（1963 年設置、事務局原研核物理第 1 研究室）にグループを結成したときから始めている（経緯は不明だが日本が NEA に加盟（1972 年、1965～1971 年は OECD/ENEA に準加盟）する前は、IAEA との関係を持って核データに関する協力を進めていたと思われる）。会合は毎年開催されている（センター長の集まるセンター長会合は 2 年に 1 回、EXFOR の規約やデータ交換に関する技術会合は毎年）。旧原研はこれまで、センター長会合に出席してきた。そのため 2 年に 1 度の開催報告がなされている。

CINDA、EXFOR に対するコアセンター（旧 4 センター）の最近のデータ入力作業の停滞から、今後 NDS が編集作業に対する責任を一手に引き受けることになった。全ての、これらデータに対する司令塔は、IAEA NDS であり、データの編集をどのセンターが実施するか、編集ルール、辞書ファイルの改定作業、データファイルのセンター間転送の責任、CINDA、EXFOR マスターファイルの保持、等ほとんどすべての責任を IAEA/NDS が引き受ける事となった。従来あった、地域別の各センターが持っていた EXFOR のデータ入力作業及び編集の義務はなくなった。現在では、最終的に IAEA が責任を持つ体制に変わっている。

4. むすび

OECD/NEA データバンクと IAEA/NDS について説明した。核データ等、基礎データの

重要性は、増すことはあっても減ずることはない。特に、モンテカルロ法等の計算手法の高度化が進み、かなりの程度の問題にも実規模をモデル化した計算が行えるようになってきており、最終的に残る問題としては、核データ等の入力データの信頼性が最終結果を左右するものとして残ってくる。核データの評価には、良い測定データが欠かせない。断面積は計るのが一番である。その上で、知力を働かせて、計算、システマティックスを駆使して最良のデータを推定するしか道はない。その意味で、以上述べた国際協力は、核データコミュニティーにとって必要不可欠なインフラストラクチャーなのである。原子力開発にむけての高信頼度の核データの提供のための、国際協力に対して、皆様のご理解と、ご協力をお願いしたい。