

会議のトピックス(III)

日本原子力学会「2023年春の年会」

「シグマ」調査専門委員会、核データ部会合同セッション

シグマ委員会設立 60 周年記念

「核データ研究へのオールジャパンでの取り組み」

2023年3月15日 13:00~14:30 東京大学 駒場キャンパス

(1) シグマ委員会 60 年の歩み

日本原子力研究開発機構

福島研究開発拠点

深堀 智生

fukahori.tokio@jaea.go.jp

1. はじめに

シグマ委員会の 60 周年にあたり、その歩みを概観する。本稿の多くは、文献[1-28]に示された今までのシグマ委員会の歴史的な記述をレビューしたものである。なお、シグマ委員会の詳細な年表は、核データニュース 134 号のシグマ委員会 60 周年記念記事の最後に示されている。

中沢正治先生の記述[5]によると「原子力の魅力の原点としての核データがある」。核分裂連鎖反応によるエネルギー発生が原子力のスタートである。原子核的現象をエネルギー生産システムとして実現させる方策として、核分裂現象自身の基本的性質に関する理解のための核データ活動が、原子力の魅力の原点に最も近いところでの仕事となる。核データ活動は核データの生産（測定）、収集・評価、利用という 3 部門に大別され、それぞれ核データの生産者、評価者、利用者が分担する。

設立当初、シグマ委員会は、表裏一体である日本原子力学会（原子力学会）シグマ特別専門委員会と日本原子力研究所（原研）シグマ研究委員会から成り立っていた。「委員会」の語感から感じられる「検討の場」というよりは核データの調査・評価・編集等の実際の

作業（測定も加えて以下「核データ活動」と称する）を行っている点が、現在に至るまで、独自のと言える。現在では、原子力学会シグマ調査専門委員会と原子力機構 JENDL 委員会は個別に活動しており、核データ活動の作業の多くは JENDL 委員会が継承している（図 1）。

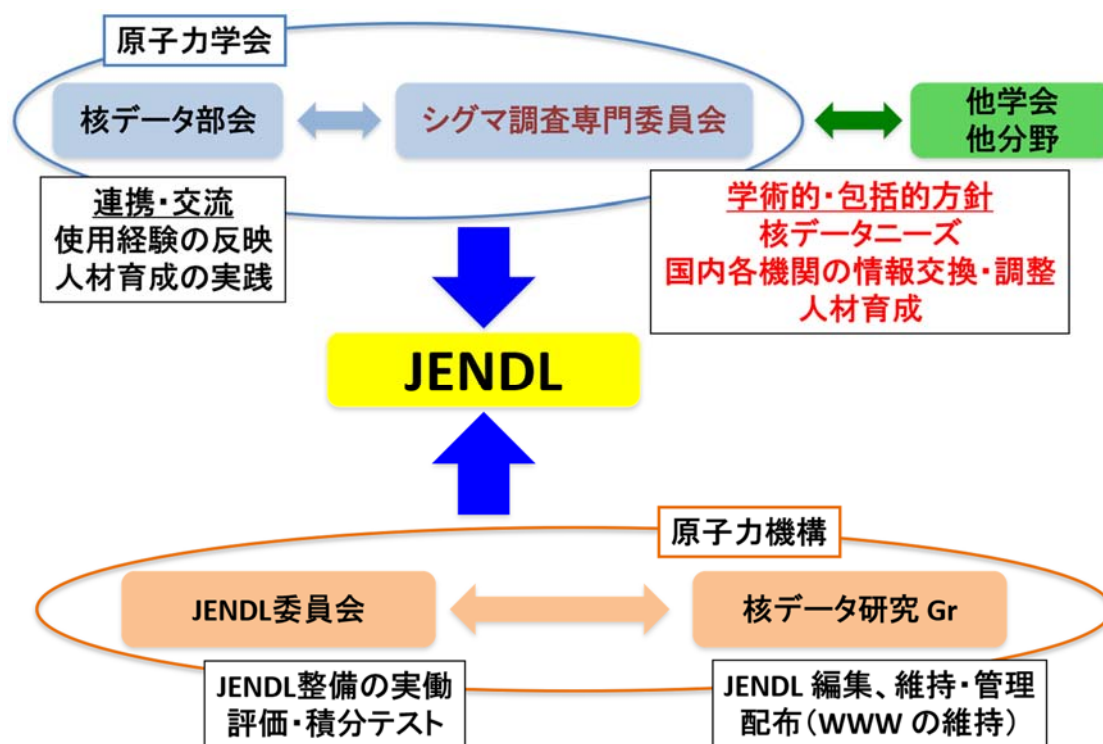


図 1 シグマ調査専門委員会と関連委員会との関係

2. シグマ委員会の歩み

2.1 黎明期

1956 年、我が国への軽水炉の導入の検討開始と時期を同じくして、原研が発足する。産業界においてはすでに核データに関する議論が始まっていた。原子力学会の企画委員の諸氏が、シグマ委員会を設置し、原子力平和利用研究委託金を受けるよう提案した。この受け口として、1963 年 2 月 14 日、主査に百田氏、幹事に安、大野、立花、高橋の各氏、委員数 19 名でシグマ専門委員会が発足した。対象とする核データは、中性子反応断面積及び核分裂に関するデータで、原子核物理的な核データと異なることから、「核データ」という言葉を使わずにシグマ委員会（英文名は Japanese Nuclear Data Committee）とした。シグマ委員会の発足当初の目的は、「自分たちの使うデータは納得のいくものになりたい」及び「核データセンターの設置」であった。

同時期の国際協力体制では、米英カナダによる 3 国原子核断面積委員会（Tripartite

Nuclear Cross Sections Committee、TNCC、1956年創設）と OECD 傘下の欧州諸国が参加する欧米核データ委員会（European American Nuclear Data Committee、EANDC）が設立されていた（1963年）。一方、国際原子力機関（IAEA）では、同様の意図での国際核データ科学ワーキンググループ（International Nuclear Data Science Working Group、INDSWG）が設立された。1964年に日本が OECD に加盟する。これに伴い EANDC の第 8 回会合（1965年）がロスアラモスで開催された際、日本の EANDC への加盟が検討された。この後、第 9 回会合（英アスコット、1966年）からメンバーとして参加できるようになった。1964年第 2 回 INDSWG 会合で ENEA が仏国サクレー研究所で核データ収集センター設置の準備をしていると報告した。報告者の H. Smet 氏（ENEA）から、散会后、日本にここへの参加を打診された。実際の ENEA 核データ収集センター（現 NEA/Data Bank）への参加は、2年後の 1966年 1 月であった。1965年 EANDC の会合に先立って米国ブルックヘブン国立研究所（BNL）で EANDC 企画の「中性子断面積データ評価に関するセミナー」が開催された。「核データ評価」という「新しい概念」が研究者の間で共通に認知されるようになった。

シグマ委員会の黎明期には、提供側と利用側の組織的な協力により、高速中性子グループ、共鳴中性子グループ、熱中性子グループの 3 作業グループを設置し作業を始めた。当初、その目標に「日本のシグマ・センターの確立」（役割の想定は、外国のデータセンターとの連絡窓口、国内の測定結果または測定要請の調査、外国から入手したデータの国内配布、独自のデータ収集・整理・評価・計算）を謳った。1966年には JNDC ニュースを創刊するとともに、日本の測定要求リストを作成した。この頃、核データ評価活動も始まる。核データの収集については国際協力で解決する等、発足 4 年で基礎固めを果たす。

2.2 発展期

「日本でも専門の核データ研究者（evaluator）を養成して、彼らの研究の場を作る」ことが提案された。このため、評価を専門とする研究者のグループを創設し、渉外・情報活動とデータの収集・評価とを専門の業務として行うセンター機能を持った組織を確立することが必要だとされた。シグマ委員会の事務局は、原研にあった核物理研究室（1963年）、核データ研究室（1968年）、原子核データ室（1976年、認可組織）、核データセンター（1977年、改称）と変化し、核データセンターの設置により組織の確立としては、一段落した。

核データセンターの設立の流れは以下のとおりである。1960年代末ごろからセンター設立に向けた核データ活動の必要性のアピールは進められていた。NAIG、MAPI、日立の 3 社から原研理事長に核データセンター設立要望書が提出（1967年 7 月 20 日付）されたのを皮切りに、日本原子力学会から科学技術庁原子力局長宛に「核データの収集・整備の機関設立に関する要望書」（1967年 7 月 25 日付）が提出されるなど、矢継ぎ早に運動が

なされた。また、原子力学会会長より原子力委員長宛に「核データ整備の専門機関設置に関する要望書」(1975年9月12日付)が出された。さらに、原子力産業新聞4面全体に「新たな役割を期待される核データ」の記事が掲載(1974年7月11日)され、同6面全体に原子力学会会長/日本学術会議副会長・伏見康治先生による「核データセンターの早期設置を」の記事掲載(1975年6月19日)があった。このような努力があり、シグマ委員会設立当初の目的であった「核データセンター設置」が達成された。

核物理及び炉物理両サイドによる「評価済核データライブラリ」(後のJENDL)作成というもう一つの目標に邁進し、JENDLの作成に踏み切ったのは1973年である。JENDL-1は、1974年から評価作業が開始された(1977年に完成)。この前、「各国の核データファイル(西独KEDAK、英UKNDL、米ENDF)があるのに、日本で独自に評価済み核データファイルが必要か?」、「外国のライブラリーを手軽に継ぎ合わせて使う方が利口である」という風潮があったようだ。外国ファイルを使って炉定数を作成していたのが実情であり、ここからの指摘だったと思われる。しかし、独自の核データファイルを持たなければ先進諸国は対等に扱ってくれなくなる。現在の日本の立ち位置を考えれば、まさに先見の明であったと言える。すなわち、ENDF/B-Vの非公開(1978年)である。翌年には、この波紋が広がる。欧州でEuropean-Japanese Nuclear Data Fileの構想が立ち上がる。これは後の、JEF(1981年開始)からJEFFにつながっていく。すでに、日本は国際的な地位を確立していた。日本では、JENDL-1からJENDL-2へと作業が移り、1982年にJENDL-2が完成する(1984年原子力学会賞特賞受賞)。

1983年に、シグマ委員会が成人式を迎えると、長期的観点に立って問題をとらえる諮問・調整委員会を設置、核データ研究会を1984年から「アジア地域核データセミナー」として開催、特殊目的データファイルの作成開始、核データ普及の視点の獲得等、次々と新しい活動を展開していく。この象徴が、1988年に水戸で開催された我が国初めての「科学と技術のための核データ国際会議(ND1988)」である。これが、本当の意味で、核データの国際社会で「大人の仲間入り」した時期となった。

2.3 成熟期

1989年にJENDL-3を公開した頃、それまでの評価作業で培われた核データ評価法を利用しやすくするための統合核データ評価システム(INDES)の開発が始まった。どの評価用コードをどんな核物理パラメータセットで評価に利用したか、核種ごとに収集を始めた。今では、これを残すために、核データファイルの冒頭説明の部分(ENDF-6フォーマットのファイル1)にこれらを記載するようになっているが、この発想は画期的であった。これが、後のRIPL(Reference Input Parameter Library)であり、IAEA/NDSのCRPとして国際協力で活動し、現在まで続いている。

1989年、JENDL、JEF、ENDFの3者がNEANDCの元に置いた作業部会として評価国

際協力ワーキングパーティー（WPEC）が創立された。この後すぐ欧米核データ委員会（EANDC）以来 30 年活動してきた NEA 核データ委員会（NEANDC）が、NEA 炉物理委員会（NEACRP）とともに 1991 年末で廃止され、新たに設立された NEA 原子力科学委員会（NEANSC）に吸収された。

1993 年にシグマ委員会は創立 30 周年を迎えた。この後、JENDL-3.2 が完成（1994 年）し、旧ソ連の科学者支援のための国際科学技術センター（ISTC）が設置された頃、核データセンターの web サービス及びシグマ委員会 ML（JNDCmail）が開始された（1995 年）。2003 年、シグマ委員会は 40 周年を迎える。JENDL-3.3 が完成（2002 年）したことによって、JENDL の一時期が画したと言える。この頃、原子力学会に核データ部会も設立（2000 年）された。長谷川氏はシグマ委員会 40 年記念に当たっての一連の寄稿[6]で「核データファイルにはその時点までの最新の実験データ、使用経験のすべてが蓄積されている。利用者はこのファイルにアクセスするだけで、最先端知見が凝縮されたデータを使用できる」と述べている。これが「素性の分かった」国産の核データを持つ意義である。

2005 年、サイクル機構と原研が統合し、原子力機構が発足した際、シグマ委員会は最大の危機を迎える。原研シグマ研究委員会の廃止及び核データセンターの消滅（研究主体でセンター業務は陰に隠れてしまった）により、原子力学会シグマ特別専門委員会が常置委員会から 2 年毎に延長を申請する普通の特別専門委員会になった。幸い、原研シグマ研究委員会は当時の原子力機構核データ関係者の働きかけで、2006 年 JENDL 委員会として復活することができた（図 1）。

JENDL-5 として JENDL が統合ファイルとして一応の完成を見た現在、JENDL の容量の変遷（図 2）をもとに、その進化を振り返ってみたい。JENDL-1 はおっかなびっくり作成されていた感はあるが、この経験をもとに JENDL-2 は格納核種数を伸ばした。JENDL-3 では、特殊目的ファイルの一つである核融合ファイルの経験を活かし、二重微分断面積の大幅追加により、容量が増えた。JENDL-4 では、誤差データである共分散が多くの核種に与えられ、指数関数的に容量が増えた。ここまでは、他国の主要ファイルとの容量の差はあまりない。しかし、JENDL-5 はさらに桁の違う格納容量となっており、他のファイルとの差が大きくなっている。このあたりの理由は、JENDL-5 のレポートに譲るが、JENDL は進化し続けている。

さらに、この間、炉物理における悲願である「自前のフルスケール核データ処理コード FRENDY」が公開された（2019 年第 1 版、2022 年第 2 版）。関係各位のご努力には大いに感謝したい。これにより、評価屋の断面積と炉物理屋の炉定数が、完全に同じ土俵に立つことができた。JENDL の商品価値も上がり、普及に弾みがつくと思う。

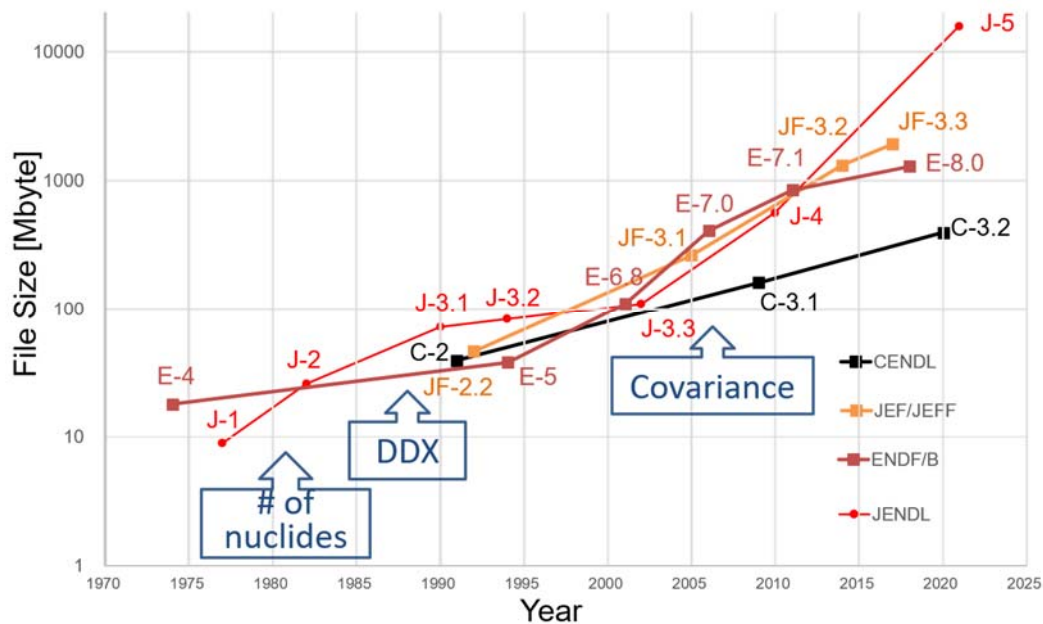


図2 評価済み核データファイルの変遷

3. おわりに

シグマ委員会も還暦を迎えたが、まだまだ発展の余地が残されている。国際統一ファイルはまだであるが、個人的には「ユーザニーズに適時に対応できる究極の核データベースとは何か」が、次世代の核データの担い手たちに是非考えてほしい命題である。一方、日本での核データ評価能力を維持出来なければ、世界統一ファイルに対抗出来ないし、究極の核データもおぼつかない。この意味でも、人材の確保と育成は最重要課題である。

最後になったが、核データの将来を担うであろう4人の研究者（石塚知香子先生（東工大）、羽倉尚人先生（都市大）、小川達彦氏（原子力機構）、奥村森氏（IAEA））とシグマ委員会の将来についてブレストを実施させていただいた。内容を要約すると、(1)シグマ委員会の活動やトピックをより積極的に発信し、オープンな議論で周辺分野の研究者が貢献しやすい空気を作ってくれること、(2) 開発者と使用者を繋ぐ役割、(3) 性別も世代も関係なく発展に貢献できるシグマ委員会への期待が述べられていたように思う。

参考文献

- [1] 深堀智生、「企画セッション（核データ部会・「シグマ」調査専門委員会共催）「核データ部会 20年間の歩みとこれからの20年」：(2) 核データ部会 20年に寄せて」、核データニュース、127、20-27（2020）
- [2] 中嶋龍三、「原子力における核データーその歴史と展望ー」、原子力学会誌、23[7]、465-469（1981）.

- [3] 更田豊次郎, 「核データセンターの活動」, 原子力学会誌, 20[5], 323-328 (1981).
- [4] 中嶋龍三, 「20周年記念講演: シグマ委員会 20年を振り返って, 1982年核データ研究会報文集, JAERI-M83-041, 2-8 (1983).
- [5] 中嶋龍三他, 「シグマ委員会創立 30周年記念」, 核データニュース, 44, 1-31 (1993).
- [6] 五十嵐信一他, 「シグマ委員会創立 40周年記念」, 核データニュース, 74, 1-20 (2003).
- [7] 五十嵐信一他, 「シグマ委員会創立 50周年記念」, 核データニュース, 104, 1-34 (2013).
- [8] シグマ委員会, 「シグマ委員会 2年報 1963-1964」, 原子力学会誌, 7[5], 248-252 (1965).
- [9] 同, 「シグマ委員会 2年報 1965-1966」, 原子力学会誌, 9[10], 604-610 (1967).
- [10] 同, 「シグマ委員会 2年報 1967-1970」, 原子力学会誌, 14[2], 70-78 (1972).
- [11] 同, 「シグマ委員会 2年報 1971-1972」, 原子力学会誌, 15[12], 832-842 (1973).
- [12] 同, 「シグマ委員会 2年報 1973-1974」, 原子力学会誌, 17[12], 645-652 (1975).
- [13] 同, 「シグマ委員会 2年報 1975-1976」, 原子力学会誌, 19[12], 814-821 (1977).
- [14] 同, 「シグマ委員会 2年報 1977-1978」, 原子力学会誌, 21[11], 840-847 (1979).
- [15] 同, 「シグマ委員会 2年報 1979-1980」, 原子力学会誌, 24[2], 122-130 (1982).
- [16] 同, 「シグマ委員会 2年報 1981-1982」, 原子力学会誌, 25[12], 993-1003 (1983).
- [17] 同, 「シグマ委員会 2年報 1983-1984」, 原子力学会誌, 27[12], 1114-1123 (1985).
- [18] 同, 「シグマ委員会 2年報 1985-1986」, 原子力学会誌, 29[11], 982-991 (1987).
- [19] 同, 「シグマ委員会 2年報 1987-1988」, 原子力学会誌, 32[1], 56-64 (1990).
- [20] 同, 「シグマ委員会 2年報 1989-1990」, 原子力学会誌, 33[12], 1142-1150 (1991).
- [21] 同, 「シグマ委員会 2年報 1991-1992」, 原子力学会誌, 36[1], 60-67 (1994).
- [22] 同, 「シグマ委員会 2年報 1993-1994」, 原子力学会誌, 37[12], 1095-1103 (1995).
- [23] 同, 「シグマ委員会 2年報 1995-1996」, 原子力学会誌, 39[12], 1019-1027 (1997).
- [24] 同, 「シグマ委員会 2年報 1997-1998」, 原子力学会誌, 41[12], 1213-1221 (1999).
- [25] 同, 「シグマ委員会 2年報 1999-2000」, 原子力学会誌, 44[1], 106-114 (2002).
- [26] 同, 「シグマ委員会 2年報 2001-2002」, 原子力学会誌, 45[12], 808-810 (2003).
- [27] 深堀智生、原田秀郎、石川眞、「第 24 回 OECD/NEA 原子力科学委員会核データ評価国際協力ワーキングパーティ (WPEC) 会合報告」、核データニュース、102、44-65 (2012).
- [28] 深堀智生、原田秀郎、石川眞、「第 25 回 OECD/NEA 原子力科学委員会核データ評価国際協力ワーキングパーティ (WPEC) 会合報告」、核データニュース、105、52-71 (2013).