

NEA WPEC

核データ評価国際協力ワーキング・パーティー

第 13 回会合報告

核データセンター

長谷川 明

hasegawa@ndc.tokai.jaeri.go.jp

米国サンタフェ(ニューメキシコ州)で2001年4月12~13日に開催されたNEA/NSC核データ評価国際協力ワーキングパーティー(WPEC)にJENDL代表として出席した。本ワーキング・パーティーは、評価済核データに関するOECD(経済協力開発機構)のNEA(原子力機関)/NSC(原子力科学委員会)のもとで、原子力開発に必要な精度の良い核データの提供を目指して、評価済核データについての、情報交換、評価についての共通の問題点の解明を行っている、国際協力であり、参加はメンバー制をとっており、世界主要3大ファイルプロジェクト(ENDF, JEFF, JENDL)及びこれにIAEAを加えた4極であり、OECD/NEA加盟国に限定されず、世界が対象となっている。

会議では、各極の核データの測定の現状並びに評価済核データファイルの開発の進展や、傘下の核データに関する共通問題を解決するためのサブグループ活動の進捗状況が議論されると共に、新たなサブグループの立ち上げについて議論された。また、懸案であった次期核データ国際会議の候補地として、当地サンタフェが挙げられ、ロスアラモス研究所が主催する予定であることが示唆された。決定は、この6月にパリで開催されるNEA/NSC会合で行われる。

なお、会議参加者は、日本3名(九大:河野、原研:長谷川、千葉)、米国10名、EU5名、ロシア1名、中国1名、韓国1名、NEA1名、IAEA2名、計24名であった。

以下詳しい会議の内容を報告する。

1. 各極の核データ測定の現状

a) 中国(T. Liu)

Be-9、Li-6、7のDDXデータ、放射化断面積の測定、FP yields(U-238、U-235、中性子エネルギー19~22 MeV)、荷電粒子核反応DDXデータ(B-10、Zn)、 γ 線生成断面積の取得が進んだ。

b) 日本 (S.Chiba)

低エネルギーデータ (500keV 以下) の取得として、京大、東工大、サイクル機構のデータ測定、中エネルギーデータ (0.5~20MeV) 取得として、原研 FNS、名大、阪大のデータ測定、高エネルギーデータ (20MeV 超) 取得として、東北大、原研高崎研、九大のデータ取得状況が報告された。

c) ロシア (A.Ignatyuk)

ISTC 中心に測定を行っている。NP-237 の遅発中性子収率、8 群表示での時間依存性の妥当性の検証、Am-241、243 の熱及び 5MeV 中性子による核分裂生成物収率等が主体。いずれにしても、ISTC 以外での測定はほとんど不可能、ドゥプナの施設が閉鎖されてから 5 年経過し、お金も、マンパワーも減少し、測定者は CERN 等へ行ってしまった。FBR 絡みで、Pb、Bi の High enriched sample による測定が予定されているが、Activity は低下の一途。

d) EU (IRMM:P.Rullhusen)

欧州の核データ測定活動についての報告。ADS のためのデータ取得が中心、CERN の n-TOF プロジェクトを中心に国際協力で測定が続けられている。これには、16 ヶ国の 40 の研究機関から来た 130 名の研究者が関係している。国際機関としては、CERN と IRMM が主体となっている。24GeV プロトンを用いた Pb ターゲットによる核破碎中性子源を用いて幅広いエネルギー領域について測定できる (1eV~250MeV) こと、 γ コンタミネーションの無いこと、荷電粒子コンタミネーションの無いこと、バックグラウンドが少ないこと等を特長としている、高精度核データの測定のプロジェクトである。宇宙創生研究のための核データの測定、ルビアのエネルギーアンプリファイアーのための核データ (Th-U サイクル) 測定、MOX Pu リサイクルのための核データ (Pu、U) 測定、加速器駆動炉によるマイナーアクチノイドの核種変換のための核データ測定が候補に上がっている。2001 年 5 月からビームが出始め、その後本格的な測定が開始される予定。

GEEL では、GELINA での U、UO₂、Hf、PuO₂ を用いた Doppler Broadening 測定が進展している (20K から 3000K までの測定)。Gas モデルと Lattice モデルとの決着のための測定である。

その他、GEDEON 計画では、CEA、CNRS、EDF、FRAMATOM から 100 名が参加、核廃棄物処理のための核データ取得 (Louvain la Neuve、SATURNE、TSL、GSI) が進行中、また 20MeV 以上、1.5GeV 以下の中性子、及び陽子に対する核反応データ取得の HINDAS 計画についての概要が紹介された。

またネットワークとして、HTR-TN (High Temperature Reactor Technology Network)、MICANET(Michelangelo Net Work、構成国：仏、伊、英、独、デンマーク、蘭、ベルギー、スイス等)、PECO (Pays d'Europe Centrale et Orientale)が紹介された。PECO は IRMM の協力事業で、12 カ国、26 機関が参加、中央ヨーロッパ及び東欧との協力関係が主体で、核エネルギー関係 5 分野の協力。

e) 米 (D.Smith, R.Haight)

米国については、ANL(F-19(p,α)O-16 からのγ線データ解析、アクチベーション実験及び評価活動)、LANSCE(31 元素に対する 5~560MeV 全断面積 1%精度、酸素のγ線生成断面積 4~200MeV、Pu-239(n,2n) 5~20MeV、U-235、U-238、Pu-239 のγ線生成断面積、Si 及び Mo に対する荷電粒子生成反応断面積、s-process 解明を目的とした放射性核種に対する中性子捕獲断面積等の測定)、NIST(10MeV での H(n,n), カロリメーターによる中性子 Fluence 測定、Cf-252 による Fe 非弾性散乱に関する Spherical Shell Transmission 実験)、オハイオ大学 (Thick Target gamma-ray yield、核分裂性核種からの (γ, f) 断面積、Thick Target yield: Be(p,n)断面積、その他 p-n 系の測定)、ORNL(U-233 核分裂断面積、Al 捕獲断面積、Si、Cl、K (捕獲断面積、透過実験等)、RPI (Rensselaer Polytechnic:中性子透過実験 (Zr, Hf, Sm, Gd)、及びこれらの捕獲断面積測定)についての紹介があった。

2. 各極の評価済ファイル開発の現状

a) JENDL からは、長谷川が、JENDL プロジェクトの現状について紹介した。汎用ファイル JENDL-3.3 の評価が終了して、ファイル編集が済み、公開前の積分テストの現状にあること、結果は実効増倍率に関して Fe 反射体の炉心を除いて極めて満足行く状況であること、特殊目的ファイルとして、JENDL FP Decay Data File 2000 が公開されたこと、ADS のための、アクチニドファイル、高エネルギーファイルについて、及びアクチニドデータ取得のための日本がサポートしている ISTC プロジェクトの現状を紹介した。

b) ENDF (米国：CSEWG：Oblozinsky) では、CSEWG 議長の C.Dunford がやめ、P. Oblozinsky が就任した。ENDF/B-VII 構想が明確に出てきており、4~5 年かけて作成していくこととしている。新たな標準断面積ファイルが出来るときが、公開時期となるうとのことである。ENDF/B-VI は Release 8 (4 月公開) で Frozen とする。P.Young らの中重核評価、KAERI の FP 評価データ、V.McLane の Sn、R.Q.Wright の U-232、Pa-232、Np-236 その他 D. Cullen の電子や光子のデータが公開された。Maintenance Policy について質問があり、ファイルの公開が頻繁すぎて、だれもどのバージョンを使っているのか分からなくなっている。これに対して、当分バー

ジョンアップはない。B-VIIについては、これといった対象とする特別の目的は今のところない。標準断面積ファイルが公開されたら、これに応じて、全ての関係するデータは修正されるのかとの質問に、今のところ、分からないとの答えであった。

c) JEFF (欧:R.Jaqmin)では JEFF-3 汎用ファイルの公開は 2002 年に予定されている。これに対する炉定数処理が始まり、JEF-2.2 で実施したベンチマークテストを行っている状況にある。特殊目的ファイルでは、放射化断面積ファイル EAF-2001 が作成される予定。その他、イギリスのファイルである UKPADD-6、UKHEDD-2.2 を基に JEFF-3 Decay Data File が作成されつつある。中高エネルギーファイルも作成されつつある。NEA/DB から頒布していた、評価済核データの Windows 版のユーティリティコード JEF-PC の次世代版である、JAVA 言語で書かれた JANIS が公開され、WWW から利用可となっている。前回とは違い、無料公開である。この 5 月 15 日にある JEFF の運営委員会で、次期プロジェクトの方向づけを決める。

d) CENDL (中国:T.Liu) では、汎用ファイル CENDL-3 の評価が終了し、当初予定した 178 核種に対して、全てで 206 核種のライブラリーのファイル化が完成した。ベンチマークテストが進められている。特殊目的ファイルでは、核分裂生成物の収率ファイル、ADS 用のファイル、即発捕獲 γ 線データファイルについての整備が進んだ。ADS が新たな、国家プロジェクトとして立ち上げが議論されている。また、2001～2004 年の 5 年計画が議論されたが、国家プロジェクトとして認められている CENDL-3 を中心に今後もライブラリー開発が継続されていくとのこと。

e) BROND(ロシア:A.Ignatyuk)では、GAAP-93 System に代表される全ての原子炉の計算に使える炉定数システムの整備が進んだ。Pb、Bi 等の重金属冷却材使用等の新たな炉に対するニーズが出てきて、そのためのデータの改良が要求されている。BROND-3 は 3 年前に開始されたが、評価データの充実とそのベンチマークテストを完了させることが要請されている。データとしては、データの精度と共分散との関係をつけることが要求されていて、実験データ、評価値のみでなく、積分データのシステムティックエラーも取り入れたデータ整備が要請されている。FBR 開発として、BN-600、BN-800 が継続される予定で、それに沿ったデータニーズがでてきている。Pb、Bi のデータは、まだまだ不十分とのこと。しかしながら、ライブラリー開発に関して、長期的展望は現状では考えられない状況にある。

f) FENDL (IAEA:A.Trkov, M.Herman) では、FENDL-2.0 のデータ公開が 1998 年 5 月に行われて以来、FENDL 開発は一段落し、validation とファイルの保守 (既

知エラーの修正)が中心となっている。放射化断面積ファイル FENDL/A-2.0 についての最近の活動や、その他の IAEA 活動として、Standard Reaction Cross-section Evaluation (標準断面積評価)、RIPL (標準核計算入力パラメータライブラリー)、IRDF-2002 (ドシメトリーファイル)作成、Th-U サイクル用断面積データ評価等が紹介された。RIPL については、RIPL-I の応用として 1999 年に開始された RIPL-II の作業を経て、データセットをより完全にすることが求められており、その集大成として RIPL-III が 2002 年から開始の予定で、核断面積計算のための実用ツールの公開を目指している。

3. 常置グループの活動報告

A. Model Code Development (Chadwick & Koning)

世界で現在開発されている核モデルコードの現状について、幅広いサーベイと開発者との意見交換を実施、次にコードの Validation を実施し、長期的なコード作成に持っていくとしている。現在第 1 段階にあり、HMS、McGNASH、EMPIRE、TALYS、ECIS、STAPRE、LLNL New Code 等の改良がそれぞれのコード開発部所で進んでおり、これら情報の交換を行っている。これらの相互比較を今後実施していく。IAEA の CRP (Coordinated Research Project)である RIPL プロジェクトとも関係があり、良い関係を築いて作業を実施していく。長期目標としては、well documented module の提供、データ評価のために国際的に利用できるコードの提供であり、新たな物理が出てきたときに、それがすぐ使えるようにするとの意味合いから実施している。これに対して、いつまでやるのか、誰がメンテナンスするのか、そもそもやる意味があるのか、モジュールはどう作なのか、インターフェースは、コーディングスタイルは等々の意見が出、これらがまず決められなくてはならないとした。まだ問題が数多くあるので、これらの議論のためのワークショップを来年度開くことをかんがえる。まず、まず、IAEA の RIPL に関する CRP 会合の半日でも使って、RIPL のデータとのインターフェースを考えると共に、本当の小人数からなる専門家で、informal preliminary discussion を持ってワークショップの概要を決める。これに関して今後、NEA/IAEA の協力を強め、サブグループが効率よく仕事出来るよう考えるとしている。

B. Format & Processing (A.Trkov)

従来担当であった、Roussin が引退し、IAEA の A.Trkov にグループリーダーが変更になった。このグループは、ENDF/B-6 フォーマットに対する、修正要求についての対応が中心である。もともと、フォーマットの修正は、CSEWG の専管事項であり、そこへのインプットとグループ内での議論が中心となっている。ENDF/B-6 フォーマットのマニュアルが一部改訂されている。Kinematics の Formulae の間違いが修正され、内挿

公式の利用にあたっての Point-base 及び Unit-base の指定についてのガイドラインが出されている。MF=4, LTT=3 を使用している 150MeV までのファイルについて、修正の要 (ENDF-6 では、LTT=3 は未定義であり、使えないも関わらず、使用しており、処理コードもそれに対応して処理してしまっているが、規約上 LTT=4 とすべき) がある。Isomeric state を表示するための、File10 +File6 表示が不可欠である。また、ENDF に入ったものは、全てプロセスされるべきとの立場をとっているが、File6 の処理に見られるように、フォーマットにある全てを処理可能とするとしたら、いくら時間があってもできない状況でもある。ある程度使えるオプションを制限するべきであるとの意見も出されていた。これに関しては、レビューして議論すべきとの意見が多かった。インフラを変えるには大変なお金がかかる、ENDF/B-VII が議論になる今、現実的な ENDF フォーマットを考えなおす良い機会であるとの意見である。Verification としては、Fool check と Format check を考えれば問題はやさしいが、Validation として積分実験までを考えると非常に難しいし、この部分はスコープ外と考えるとしている。問題があれば、担当者 A.Trkov までコンタクトして欲しいとのこと。

これに関して、ENDF Utility Code (CHECKR, FIZCON,...)、Pre-Processing Codes (LINEAR, RECENT,...)が改訂されていること、またこれらに新たなコードが追加されていること、EXFOR の最新版が IAEA から CD-ROM で出ており、これは ACCESS で検索可能となっていることが報告された。特に EXFOR に関しては、CD-ROM による配布のみでなく、CD-ROM と FTP により、ユーザーのローカルなデータ環境で EXFOR データベースの最新データへの up-date を可能とするような配布方式を確立すべきとの意見が出ていた。

C. High Priority Request List (HPRL 高優先度測定要求リスト) (T.Fukahori)

今回も日本は、日本の HPRL を提出した。これに基づいて、日本はプロジェクトを進めている。それに伴う、共通 List 修正の概要が配布資料でくばられた。NEA の WEB site からは、全ての、データ要求に対する経緯及び更新の履歴が残せるようにしている (誰が、何で、いつ、要求を出し、それについての測定側の意見がどうでといった情報)。現状で、大きくなりすぎた共通の HPRL に関しては、大幅に削減した本当に必要なデータからなる要求リストの作成が試みられているが、それ程進展はない。今後の作業の進展に期待したいとのコメントが出ていた。NEA の共通リストについては、米国、欧州のデータの入力を行い、最新版に改訂する。このグループについては、とりあえず今後の進展をみるとしている。

4. 短期サブグループの現状報告

SG-6. 遅発中性子データ (R.Jacqmin)

最終報告書の修正を行っている。最新の実験データの取り入れは、ロシア、米とも全てカバーしたと考えている。8群の時間パラメータでのデータ整理により、全ての核分裂システム（U、Pu、Thを燃料とした原子炉）について、より正確な予測を与えると結論できる。しかしながら、従来の6群表記でも、使えるようにしている。これに対し、8群表記を勧めるならそのメリットを明確に出して、これを使うよう強調すべき、また報告書のスタイルは各章同じとなるよう統一すべきであるとのコメントがあった。

SG-7. 標準断面積データ (A. Carlson)

ENDFの標準断面積ファイルは、最後に評価されてから、15年以上経っており、その間かなりの新たな実験データの蓄積もあり、明確な問題点（U-235の高エネルギー部分、U-238の核分裂の断面積、同時評価の部分では、与えられている誤差が小さすぎる）も指摘されておりこれらを反映した新たな評価に対するニーズは極めて強い。先週、これに関する助言者会合がIAEAのウィーンであり、そこでの議論は大変有効であった。NEA/WPEC、IAEA/CRP、CSEWGで、この関連の作業がすすめられており、それらと協力して仕事を進めている。それぞれが重複なきよう、お互いがメリットを得られるように今後協力を強めていく。纏まるまでには、あと何年かかかる。これに対して、エネルギー領域を分けて、担当を決めて対応してはどうか、またリソースを見つけるほうが先決であろうとの意見が出て、次回までにその戦略をリーダーの方から提案することとなった。

SG-9. 核分裂スペクトル (D. Madland)

U-235の即発核分裂スペクトルについて、物理的に正しいスペクトルの決定である。ロシアのKornilovらのスペクトル実験のデータ12セットから現状に対する問題が提起された。Mannhartらの現状の熱中性子による核分裂スペクトルに対する30程の積分実験の解析について、詳しいデータ評価が行われたが、特段の問題点は見い出されなかった。LANLでは、最新の理論とKornilovらの実験データに基づいて評価しなおした、それについて、最近出てきた、14.7 MeVの核分裂スペクトルについてのチェックを行い新評価値による一致を確かめた。このデータが現状では、推奨されるとのグループの結論である。以下2点の問題を残している。①熱中性子による核分裂スペクトルの実験値間の一致は良くない。実験データが3グループくらいに分かれる。どの実験を評価に取り入れたかによって結果が違ってくる。②ENDF/B-VIのデータより、新しい評価値はソフトになっている。微分と積分とで違った結論となるが、現状の妥協としては、ENDF/B-VIのデータを使うことを推奨する。また、今回のLANLモデルにさらに、Scission Neutronの影響、複合核散乱の影響等取り入れたモデルを考えたい。この点について、今後検討を続けていくとした。

これに関して、CSEWG では、ENDF/B は改訂の度ごとに K_{eff} 等の予測精度が悪くなっており、信頼感が保てなくなってきており、データの調整も考えようかという議論も出ているよし。

SG-10.FP 非弾性散乱断面積 (T.Kawano)

最終報告書がまとまり、現在ピアレビューに入っている。ピアレビューからの結果をもとに修正した後、出版して終了。内容は2つのパートからなり、一方は断面積評価の問題で、JENDLの非弾性散乱断面積について指摘されていた、大き目の断面積を与える傾向について、歪曲波ボルン近似 (DWBA) とチャンネル結合計算の計算法に起因する断面積については、手法としては両者に差となる問題はない事が明確となった。むしろ、ポテンシャルの与え方によって計算される断面積は大きく違ってくる。計算に使うコードよりも、使うパラメータによる差のほうが大きい。またもう一方の、STEK 炉によるFP核種に対する積分データ解析の結果では、大きな捕獲断面積を持つ核については、一致はよくあまり問題がないが、散乱が問題となる小さな捕獲断面積の核についての不一致は、半分は炉の体系の随伴スペクトルの形にまた残りは非弾性及び弾性散乱断面積に問題が残されているとしている。終了が認められた。

SG-11.Cr, Fe, Ni の共鳴領域断面積 (C.Nordborg)

ここ何年か進展なきことから、中止とする。

SG-19.放射化断面積 (A.Plompen)

昨年秋にこのサブグループへの参加者が全て決まり 2001 年 1 月から実際に活動を開始した。IRMM では 20MeV 以下、東北大が 20~70MeV のデータの取得。原研が断面積のモデル計算。Sample は原研 FNS からの借入。ADS のためのデータ取得もスコープに入っている。Tc-99(n,p) の断面積測定結果については JENDL-3.2 の一致が評価済ファイルの中では最良で、一方 Tc-99(n, α) は JENDL-3.2 は大きいとの結果が報告された。今後実験データを取得していくとしている。また、データの比較にあたっては、汎用ファイルより、特殊目的ファイルの中の放射化断面積ファイルのデータ、特に最近のデータファイルのデータを中心に比較すべきであるとのコメントが出ていた。

SG-20.共分散評価とその処理 (T.Kawano)

分離、非分離共鳴領域の共分散評価手法とその処理として、昨年度提案し、目的を明確に絞って行うよう注文が付き、本年度再提案し、承認された。手法の開発を中心におく。処理については、応用分野に応じた外部ニーズを踏まえて行っていくこととし、将来を考えて本グループは動的に考えていく。手法の推奨、感度解析に十分使えるデータ

の提供を順次行っていくとしている。提供する処理済み群定数ライブラリーの群数については色々な意見が出ていた。ADS を考えても、26 群程度で十分だろう。

5. 新規サブグループの提案

Fission Product の断面積評価についての新規のサブグループの立ち上げが BNL の P.Oblozinsky から提案された。JENDL、JEFF、ENDF いずれの評価ファイルもかなり古くなっており、新たな実験も蓄積されてきていることから、データの相互比較から始めて、評価の問題点を洗い出し、最良のデータの推奨や今後のファイルのあり方を探る。JENDL からは、KEK の川合氏、東工大の井頭氏、原研の中川、柴田氏の参加が決まった。

6. 核データ関連の国際会議

長谷川が原研主催でこの 10 月 7 日から 12 日まで開かれる、「科学と技術のための核データ国際会議 ND2001」の準備状況について説明した。600 件以上のアブストラクトの応募があり国際、国内プログラム部会を開催して約 500 件の採用を決定（口頭発表：130 件、ポスター：380 件）したことを報告した。数が多いことは良いが、参加者がそれだけ来るのか、600 件にもものほる発表では、議論が出来る会議として運営できるのかとの意見がでた。出来るだけ努力するとした。

次回の核データ国際会議について、米国ロスアラモス研究所の R. Hight 氏から、2004 年に米国サンタフェで開催の考えを持っている旨の表明があった。委員会はこれを歓迎した。正式には、ロスアラモスの意向、DOE の意向を確認してこの 6 月 11 日から開催される NEA/NSC 会合で正式表明したいとしている。

7. 議長選出

米国 ENDF 代表の C.Dunford の議長任期終了につき、規約により次期議長として JEFF 代表の R.Jacqmin 氏が就任した。

8. 次 回

今回はベルギーの Geel (IRMM)もしくはフランスのパリ (NEA 本部) で来年 5 月中旬に開催される。

本ワーキング・パーティーは、評価済データに共通する問題解決で、日本の JENDL 開発にも多くの貢献をしている。国際的につかえるリソースは年々少なくなっている今日、この国際協力は今後とも重要である。