

会議のトピックス(V)

米国断面積評価ワーキング・グループ (CSEWG) 及び 米国核データプログラム (USNDP) 2003 年会合報告

日本原子力研究所
核データセンター

深堀 智生

fukahori@ndc.tokai.jaeri.go.jp

1. はじめに

CSEWG 会合が 2003 年 11 月 4~6 日、米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL) で、約 40 名の参加で開催された。米国以外の参加者は私と、国際原子力機関核データ・セッション (IAEA/NDS) の Trkov 氏の 2 人であった。また、CSEWG 会合の一部は、米国核データプログラム (USNDP) 会合 (11 月 6、7 日) と共催で行われ、引き続き同会合が行われたので、両会合に参加することができた。CSEWG 会合は、Oblozinsky 国立核データセンター (NNDC, Dept. of Energy Sciences and Technology) 長の挨拶で始まった。以下 CSEWG 及び USNDP 会合の概要を報告する。また、文中「資料有」とあるものは、冊子としてまとめられた view graph 集に収録されている資料があるという意味である。必要な方は、筆者までご連絡いただければ、コピーをお渡しすることができます。

2. フォーマット及び核データ処理

M. Greene (ORNL) が座長で、3. とパラレル・セッションで行われた。

2.1 ENDF/B-VII に対するフォーマットの提案

N.M. Larson (ORNL) は、分離共鳴パラメータに対する共分散行列のコンパクト・フォーマットについての提案を行った (資料有)。ここでは、MF2/MT151 のすべてのパラメータに対して誤差を格納する。2%以下の相関係数を落とし、0 でない値だけ 2 digits で格納する。Short-range 相関だけでなく、Long-range にまで拡張する。これらの機能は、現状でも SAMMY で使用可能である。処理コードや利用コードでの使用法を考えなくてはならないので、毎年処理コードの動向を見ながら、今年は中間的なフォーマットとして採択された。

Larson は、更に、R-行列限定のフォーマットを提案した (資料有)。LRU=1/LRF=7 を

R-行列によるフォーマットに定義した。現状では、 $LRF=3$ は Reich-Moore 公式だが、入射チャンネルは 1 つしかなく、核分裂チャンネルは最大 2 であるし、荷電粒子放出や非弾性散乱に対応したチャンネル定義がない。これに対し、入射・放出粒子やスピン・グループの定義を行い、reduced パラメータを与えるようにした。拡張オプションとして、バックグラウンドを含むパラメータの与え方、phase shift table や相対論的な取り扱いについても言及された。SAMMY は、これらフォーマットでの read/write が既に可能である。SAMRML は、これらを扱い断面積を計算する独立コードであり、処理コードに組み込むことも可能である。ORNL の評価者は既に受け入れている。Larson に連絡すれば、サンプルを日本に送る用意があるそうだ。これも、毎年処理コードの動向を見ながら、今年では中間的なフォーマットとして採択することになった。

A. Trkov (IAEA/NDS) は、OECD/NEA 評価国際協力ワーキング・パーティー (WPEC) からのフォーマット提案を行った (資料有)。遅発中性子に関するエネルギー依存の崩壊定数格納 (中川 (原研)) の提案は、採択された。table で角度分布を与える場合の角度分点数 (MF4 の NP、現在 101)、同位体生成断面積比を与える場合の生成同位体数 (MF6/MT5 の NK、現在 1000) 等の各格納数上限値の拡張に関する提案 (小迫 (SAE)) に関しては、実質的な上限は、今後公開される実際のファイルを見てから決めることで採択された。実験室系または重心系表示に関するフラグの拡張 (小迫) に関しては、MF6 で全ての放出粒子を重心系として与えるフラグ (LCT=4) の定義の提案があった。これに対しては LCT=2 の説明文中に“energy”と“outgoing”という語を追加することで対応することになった。非分離共鳴パラメータに関する新フォーマット (N. Janeva (INRNE)) は、Th-U サイクルのための核データに関する IAEA/CRP からの提案として、Reich-Moore 公式に基づくパラメータが格納できるようにする提案を行った。処理手順のチェックのためにサンプルを提供する必要があるため、MacFarlane に連絡することを再提案し、次年度に持ち越した。NLIB パラメータ及び参考文献に関する文書に IAEA/NDS からの配布に関する定義を追加する (A. Trkov) ことに関するマニュアルの修正要求は採択された。また、「荷電粒子に関する内挿法」に関しては、マニュアルの表記ミスの可能性をチェックすることとした。

この他、マニュアル中の訂正要求に関しては、Herman に MSword ファイルで送ればよいことがアナウンスされた。

2.2 核データ処理コード

ロス・アラモス国立研究所 (LANL) の NJOY (R.E. MacFarlane) に関しては、多群断面積の処理を改定し、昨年 Larson により提案された表記法について作業 (SAMMY の誤差モジュールに関する作業も) した。FORTRAN 90 から 95 への移行にまだ問題があるようだ。

オークリッジ国立研究所 (ORNL) の AMPX (M.E. Dunn (ORNL)、資料有) を用いて、KENO V.a 用に 50 核種の ENDF/B-VI.7 多群断面積の処理を行った。SCALE-5 コードシス

テムを用いたベンチマークテスト（33 KENO 問題、ベンチマーク問題）は良い結果を与えた。

ローレンス・リバモア国立研究所 (LLNL) の ENDL 処理コード (D.P. McNabb (LLNL)、資料有) に関しては、ENDF/B-VI から ENDL へ FETE コードを用いて翻訳し、ENDF/B-VI 中 D, ^{209}Bi , ^{233}Pa , ^{237}Np , ^{249}Bk , ^{14}N , ^{233}U のバグの修正を行った。報告書は <http://www.nndc.bnl.gov/csewg/errors.html> にある。 ^{237}Np , ^{233}U に関しては ENDF/B-VII のβ版評価で修正される予定である。

その他、アルゴンヌ国立研究所 (ANL) の ANL の処理コード (R.D. McKnight (ANL)) に関する MCNP 等のライブラリーのチェックや ENDF フォーマット・チェック・コードの改訂 (C.L. Dunford (BNL)) に関する報告も行われた。

3. 核データ測定及び基礎物理

D.L. Smith (ANL) が座長で、2.とパラレル・セッションで行われたため、報告を聞くことが出来なかった。ANL (F.G. Kondev)、NIST (A.D. Carlson、資料有)、RPI (Y. Danon)、LANL (R.C. Haight、資料有) 他の研究機関の測定活動報告が行われたようである。また、その他の活動報告として、Carlson より標準断面積測定の現状 (資料有)、E.T. Cheng (TSI) より使用済み燃料の核融合中性子を用いた核変換処理、D.L. Smith より実験データの対数表示の分布について (資料有) 及び核物理における米国実験資源に関する www サイト (資料有) に関する報告がなされたようである。

4. 国際会議及びその他の会合

国際会議及びその他の会合に関する報告が、D.L. Smith (ANL) の座長で行われた。

2004 年 Santa Fe 核データ国際会議の案内及び現状について M.B. Chadwick 及び R.C. Haight (LANL) から報告された。

2003 年 4 月 24～25 日に BNL で開催された Gen-IV 原子炉に対する核データニーズに関する Brookhaven ワークショップに関する報告を Oblozinsky (資料有) が行った。25 名の原子炉及び核データの専門家が集い、核データニーズに関する議論を行った。核データ処理・検証・利用のグループからは、共分散データの多群表示フォーマットやニーズの確認が必要であるとの意見が出されたようだ。核データの理論及び評価グループからも共分散の必要性が指摘された。測定のグループからは、試料の有効利用のために、手持ちの試料を融通しあう仕組みが必要であるとも意見が出された。更なるワークショップの必要性及び CSEWG が上記議論のコーディネータとしての役割を果たすよう推奨されたそうである。

2003 年 5 月 12～15 日に Coronado で開催された WPEC 会合報告を Oblozinsky 及び Smith (資料有) が行った。23 名の参加で、各極の実験及び評価活動報告が行われた。また、サブグループ (SG) の報告に関しては、長期的 SG である理論コード (SG-A)、フォーマットと処理 (SG-B) 及び HPRL (SG-C) に関する報告や、短期的な SG である標準核デ

ータ (SG7)、核分裂スペクトル (SG9)、放射化断面積 (SG19)、共分散 (SG20)、FP (SG21)、低濃縮軽水ウラン炉心の問題 (SG22) についての報告が行われたそうである。また、SG21 のフォローアップとして新 SG が承認された旨報告された。

高優先度核データ要求リスト (High Priority Request List, HPRL) に関する Paris 会合に関して D.L. Smith 及び R.D. McKnight (ANL) が報告した (資料有)。詳細は、本誌記事を参照していただきたい。

2003年9月1~5日のDarmstadt核変換処理ワークショップに関して、E.T. Cheng (TSI)、T. Kawano (LANL)、A.J. Koning (NRG) が、それぞれの視点から報告した (資料有)。ワークショップでの発表の内、37論文が低エネルギー分野、21論文が200 MeV以下、30論文が200 MeV以上に関するものだったようだ。高エネルギーに関して、Koning が HINDAS 計画の現状について報告した。Kawano は、ワークショップでの低エネルギー関連報告をレビューして、n_TOF からの多くの output (共鳴パラメータ、 ^{210}Bi の分岐比、核分裂断面積等) 及び評価の現状 (BNL, KAERI の FP 核種、LANL のアクチノイド核種) に関して報告した。

5. ENDF/B-VII のための核データ評価及び検証

このセッションは、評価及び検証の2専門部会の合同となったため、M.B. Chadwick (LANL) 及び R.D. McKnight (ANL) の共同座長で進行された。

5.1 一般

ENDF 管理者からの現状報告が M. Herman (BNL) により行われた (資料有)。LANL では、中性子、荷電粒子、150 MeV 以下のデータ評価、NJOY のテスト等、ORNL では、共鳴領域や主要アクチノイドの評価、BNL/KAERI の協力では、FP 領域の評価及び EMPIRE-II の開発、IAEA-CRP (LANL が参加) では光核反応データが、それぞれ整備されている。ENDF/B-VII では、30 中性子データ、10 陽子データ、5 重陽子データ、3 三重陽子データ、2つの ^3He データ、160 光核反応データ等、全体で210データが更新される予定である。この内、BNL/KAERI では3 中性子データ (^{99}Tc , ^{153}Eu , ^{157}Gd)、ORNL では4 中性子データ (^{19}F , $^{35,37}\text{Cl}$, ^{241}Pu)、LANL/ORNL では7 中性子データ (^{28}Si , ^{208}Pb , $^{232-235,238}\text{U}$)、LANL では16 中性子データ (^{27}Al , Hg , $^{236,237,239-241}\text{U}$, ^{237}Np , ^{239}Pu , ^{241}Am)、10 陽子データ (^3H , $^6,7\text{Li}$, Hg)、5 重陽子データ ($^{2,3}\text{H}$, ^3He , $^6,7\text{Li}$)、3 三重陽子データ (^3H , ^3He , ^6Li)、2つの ^3He データ (^3He , ^6Li) を整備している。提出された評価及びレビューキットが http://www.nndc.bnl.gov/csewg_members/eval/ で公開されている。

A.D. Carlson (NIST) により $^1\text{H}(n,n)$, $^3\text{He}(n,p)$, $^6\text{Li}(n,t)$, $^{10}\text{B}(n,\alpha)$, $(n,\alpha_1\gamma)$, $^{197}\text{Au}(n,\gamma)$, $^{235,238}\text{U}(n,f)$ の200 MeV 以下の中性子標準断面積についての IAEA/CRP の現状報告を行った (資料有)。高エネルギー核分裂断面積データに関して Lisowsky と Shcherbakov のデータ間に相違がある。PPP 効果 (核データニュース No.41, No.42 の千葉氏の解説を参照) も考慮されつつある。

5.2 個々の評価のレビュー

主要アクチノイドに関して、M.B. Chadwick (LANL) は LANL の $^{235,238}\text{U}$ に関する評価について報告した。基本は GNASH による計算であり、 v_p は Madland モデル、 v_d は Willson-Moller モデルを用いて評価した。GEANIE 及び LANSCE の実験や、臨界集合体の実験による検証を行い、評価に反映している。 $^{235}\text{U}(n,f)$ 断面積の新評価は、JENDL-3.3 より MeV 領域で若干小さい。 $^{235}\text{U}(n,2n)$ 断面積の 15~20 MeV 領域は何かおかしいようだと言われた。 $^{235,238}\text{U}$, ^{239}Pu の Godiva, Flattop, jezebel によるデータ検証は 0.2%以下に収まっている。14 MeV 中性子の ^{235}U 中での減速では、非弾性散乱、前平衡過程及び keV 領域で過大評価であるようだ。 ^{238}U の弾性散乱角度分布は Maslov のポテンシャルを用いて改訂された。後方散乱が若干大きくなったことにより、Flattop の結果が良くなった。小さな変更が効果的である。 ^{238}U の非弾性散乱によって低エネルギーの散乱の増加により、同様の効果があった。高い Q-値を持つ非弾性散乱により中性子スペクトルのギャップを埋め、実験値を再現するようにした (JENDL-3.3 では、埋められていない)。L. Leal (ORNL) は、 ^{238}U の分離共鳴パラメータのエネルギー上限を 10 から 20 keV へ拡張したことを報告した (ICNC2003 での発表と同じ)。捕獲断面積が全体的に 4%程度大きくなっている。 ^{235}U に関しては、SAMMY による非 (?) 分離共鳴パラメータの評価では、2~100 keV と 2~25 keV との 2 セットで評価を行い、10~100 keV での捕獲断面積は JENDL-3.3 より 10% 高いようだ。

これらに関して、J.P. Weinman は (ENDF/B-VI.8 による) 熱中性子炉における高濃縮ウラン炉心ベンチマーク計算を行い、N, O, F の吸収を除いて、濃縮度に依存する結果のばらつきは十分平坦であると結論した。 $^{235,238}\text{U}$ 改訂評価結果を用いたモンテカルロベンチマーク計算結果について、A.C. Kahler (BBI/BAPL、資料有) が報告した。使用した核データは、ENDF/B-VI.8, JEFF-3.0, JENDL-3.3, LANL/ORNL (ORNL の共鳴パラメータ + LANL の評価)、BRC3, KAPL, Maslov であり、HEU-SOL-THERM, LEU-COMP-THERM, LEU-SOL-THERM のベンチマーク問題についての結果である。高濃縮炉心 (HEU) における熱中性子より高いエネルギーの中性子の漏洩率 (ATLF) に対する固有値に関しては、ENDF/B-VI.8, JEFF-3.0, JENDL-3.3 は良好な結果を与え、LANL/ORNL の結果は負の傾きを持つ。これは ^{235}U の熱中性子スペクトルの効果であろうと報告された。低濃縮炉心 (LEU-C) に関しては、固有値は一般的に低く、新しい評価はやや大きい結果を与えるが、まだ小さい。

R.E. MacFarlane (LANL) は、臨界計算に対する断面積改訂について報告した。LANL の新評価の傾向は、 ^{235}U 及び ^{239}Pu 集合体に対して改善されており、CSEWG big-10 及び LEU-MET-FAST のベンチマークにおける k_{eff} にほぼ一致している。熱中性子 UO_2 格子 (LEU-COMP-THERM 6-06,11,16) に対する LANL 及び ORNL 評価データによる解析では、0.995xx であったものが、0.997xx (LANL) \rightarrow 0.999xx (LANL+ORNL) となった。

WPEC/SG-22 の進捗状況報告が C.R. Lubitz (KAPL) によりなされた (資料有)。熱中性子低濃縮ウラン軽水炉心の k_{eff} が、現状では約 0.4%程度過小評価している問題である。

$^{238}\text{U}(n,\gamma)$ の上方修正は、PIE における ^{239}Pu 蓄積の過大評価を招く。現状は、Poenitz, Mughabghab: 2.68b (thermal)、ENDF/B-VI、JEFF-3.0、JENDL-3.3: 2.72b (thermal)、Molnar の実験値: 2.74b (unpublished)、Trkov の評価: 2.709b (全ての実験値の平均値) である。 ^{238}U の ORNL による新共鳴パラメータは、やや大きな捕獲断面積を与える。thermal \sim 120 eV における捕獲反応断面積の高精度の実験が必要であろう。また、現在のパラメータ評価は自由ガスモデルで行われているが、固体効果を考慮すべきではないか。Courcell による SAMMY+CLM の結果は、より良いフィッティング結果を与える。共鳴パラメータのアジャストメントでは、 Γ_γ , Γ_n は若干小さくなる。これを JEFF-3.0 にあわせて、TCA-1.50, 1.83, 2.48, 3.00 を MCNP4C で解析すると、 k_{eff} が 0.996 \sim 0.997 となる。 $^{235,238}\text{U}$ の非分離共鳴エネルギー以上の LANL 評価では、 $^{238}\text{U}(n,n')$ のより軟らかいスペクトルを与えているので、裸の炉心とウラン反射体付炉心における k_{eff} のバイアスを無くし、LEU-COMP-THERM における k_{eff} を 0.992 \rightarrow 0.994 程度にあげた。 ^{235}U の改訂はあまり効果がないようであり、 ^{238}U の改訂は k_{eff} を非常に増加させる。thermal \sim 10 MeV における $^{16}\text{O}(n,\alpha)$ 断面積では、JENDL-3.2, -3.3 は 30%も ENDF/B-VI, JEFF-3.0 より小さく、 k_{eff} を 0.9996 \rightarrow 0.9997 とする効果がある。3 \sim 6 MeV における測定が必要であろう。

ENDF/B-V, -VI を用いた LWBR SB 炉心の MCNP5 による計算を R.C. Little (LANL) が報告した (資料有)。ThO₂-UO₂ ブランケットを持つ (^{233}U : 97.19w%) $^{233,235}\text{U}$ 炉心 (小炉心+大ブランケット)解析では、最大で 0.5%の過小評価があった。これは、Gd の-0.2 \sim -0.4%の反応度によるものであろうと報告された。私の印象では、新評価に対してもっと多くのベンチマークテストを行っているようである。

上記以外のアクチノイド核種の評価に関して、Chadwick 及び Leal が報告した。 ^{233}U に関しては、核分裂断面積は実験解析よりもとめ、他は GNASH+ECIS の計算によって評価した。また、Jezebel-23、Flatop-23 等の臨界解析結果 0.99872 \pm 0.00021 も考慮した。非弾性散乱断面積が以前より 50%大きくなり (直接過程部分が 2 倍、角度分布が等方から前方性が強くなった)、JENDL-3.3 に近くなった。 v は以前と変わらず、JENDL-3.3 よりずっと小さい。また、捕獲断面積計算に Direct&semi-direct 部分を考慮している。 $^{232,234,236,237,239,240,241}\text{U}$ に関しては、基本的に GNASH+ECIS を用いており、捕獲断面積は将来的に LANSCE/DANCE で測られる予定のものを使う。 ^{234}U の 1 keV 以下の捕獲断面積は ISTC の結果、Godiva, Jezebel-23 等のベンチマーク結果を利用する。 ^{237}U に関しては、TA-18 臨界集合体の解析にまあまあの結果 (10% low, good shape) を与えている。 $^{239,240,241}\text{Pu}$ に関しても、基本的に GNASH+ECIS を用いており、 $^{239}\text{Pu}(n,2n)$ 断面積の LANSCE/GEANIE 及び核分裂断面積の LANSCE 測定値を用いた Bayes 推定による評価、 v_d の Wilson&Moller モデルによる評価も加えた。 ^{239}Pu では非弾性散乱の連続部分が十分ではないので、次年度改良の予定である。 ^{241}Pu の PIE 解析による ^{243}Am , $^{244,245}\text{Cm}$ 生成が過小評価されているが、これは thermal \sim 20 eV の ^{241}Pu 共鳴パラメータによるものであろう。Weston の核分裂+捕獲断面積 (1976)、Wagemans の核分裂断面積 (1991)、Young&Smith の全断面積 (1968) を用いると、 $^{241,242}\text{Pu}$, ^{243}Am 生成の ^{238}U に対する比が改善される。 ^{241}Am に関しては、(n,2n),

(n,3n)断面積は LANL & LLNL 及び Filatenkov の実験、核分裂断面積は実験データのフィッティングと GNASH 計算 (17~30 MeV) により評価している。捕獲断面積は準安定状態と基底状態の分岐比を除いて以前と同じである。この分岐比は Shinohara (1997)、Wisshak ら (1982)、Mughabghab (1984)、LANL の実験データ及び最近の評価により求めたが、JENDL-3.3 より 20%程大きい。Wisshak らのデータは他と比べて整合性がないようである。²³⁷Np に関しては、核分裂断面積が 15 MeV 以上で以前より大きくなっている。

Np 球臨界質量実験の MCNP5 及び ENDF/B-VI を用いた解析に関して、Little (資料有) が報告した。実験では 6.0704kg ²³⁷Np 球 (R=1.6335 inches) + HEU 球 (全体で 62.555kg) で $k_{\text{eff}}=1.0026 \pm 0.0034$ であったが、計算では理由はわからないが 1%の質量が消え、 $k_{\text{eff}}=0.9900 \pm 0.0002$ となる。これは 0.12% Δk に相当 (非常に小さい)。核分裂の 85%が ²³⁵U で、²³⁷Np は 13%。²³⁷Np の臨界質量は 57kg と計算されるが、²³⁷Np の核分裂断面積は改良 (増加) される必要がある。

⁹⁵Mo, ⁹⁹Tc, ^{101,103}Ru, ¹⁰⁵Pd, ¹⁰⁹Ag, ¹³¹Xe, ¹³³Cs, ¹⁴¹Pr, ^{143,145}Nd, ^{147,149-152}Sm, ¹⁵³Eu, ^{155,157}Gd の核分裂生成物 (FP) 核種評価 (韓国原子力研究所 (KAERI) との協力、⁹⁹Tc, ¹⁵³Eu, ^{155,157}Gd は BNL による) について Oblozinsky から報告された (資料有)。Mughabghab の新共鳴パラメータを参照し、EMPIRE を用いて評価した。他の FP 核種 (200 核種) に関しては、OECD/NEA の国際協力 (WPEC/SG-21) により推奨された各国核データファイルからのもの (107 核種の内、JENDL から 59 thermal & RP、45 fast が選ばれた) を利用しようとしている。ただし、共鳴パラメータには Mughabghab の新評価値を用いる。

新 BNL-325 共鳴パラメータなどの評価について S. Mughabghab (BNL) が報告した (資料有)。BNL-325 4th (1984 発行) は既に 20 年も前になった。ENDF/B-VII の FP 核種の評価では、改訂の必要がある。最近の熱中性子エネルギーでの値、共鳴積分に関する実験をレビューし、標準断面積、半減期、分岐比、転換係数などを用いて規格化した。熱中性子断面積及び共鳴積分値に共鳴パラメータを合わせるために、Porter-Thomas 分布を仮定し、Bayes 推定も行った。s-及び p-波強度関数、散乱半径は、それぞれ球形光学模型及び変形光学模型計算結果と比較された。s-波強度関数、散乱半径は計算結果と比較された。s-波の $\langle \Gamma_\gamma \rangle$ は、それぞれスプラインフィットで求めた (Mughabghab & Dunford, Phys. Lett. **B487**, 155 (2000))。p-波のそのの実験データは少ない。新しい特徴としては、幾つかの核種についてエネルギー範囲を拡張し、9 個の不安定核に関しデータを与えた。また、系統性を改善し、D₀ から求めた準位密度パラメータを含めた。Z=50~83 の共鳴パラメータに関しては、ENDF フォーマットのファイルがある。将来的には、Z=1~49, 93~100 を完成させ、新しいデータブックを刊行する予定である。

5.3 臨界安全のための核データ評価

ORNL の ¹⁹F, ^{35,37}Cl 及び Gd 同位体の核データ評価についての報告が Leal からあった (資料有)。^{35,37}Cl に関して、1.2 MeV 以下の全断面積、捕獲断面積及び(n,p)反応断面積に対する共鳴パラメータを (³⁵Cl に 244 本、³⁷Cl に 136 本) SAMMY により評価した。荷電粒子

に対するパラメータは現状の ENDF フォーマットでは与えられない(→改善要求)。700 eV 以下の全断面積は、ENDF/B-VI より大きく、これ以上では 20%程度小さい。¹⁹F に関して、ORELA の 80m flight path で 3 種類の厚さの資料を用いた透過実験を 5 eV~20 MeV の領域で行った。700 keV 以下の捕獲断面積の実験は、同 40m flight path で行った。捕獲断面積は、谷の部分が ENDF/B-VI より深く、連続領域でより大きい。1 MeV 以下の非弾性散乱の実験は Obninsk で行われ、JENDL-3.3 はこの結果を支持しているが、ENDF/B-VII は 0.4~1.0 MeV で非常に小さい。“Why JENDL-3.3 assumes such high values?”と質問された。^{152-158,160}Gd に関しては、分離及び非分離共鳴パラメータを SAMMY により改訂し (MLBW →RM)、共分散データを求めた。

その他の核データ評価として、LANL の Pb, Si, Hg の 150 MeV までの新評価について、Chadwick が報告した。Pb に関しては非弾性散乱断面積、Si に関しては 150 MeV までの荷電粒子生成 DDX (LANL の実験値を元に修正) を改訂した。Hg の 20 MeV 以下は JENDL-3.3 を採用し、150 MeV までの評価を行ったことなどを報告した。また、軽核の荷電粒子入射反応核データ評価についても報告した。光核反応データに関しては、LANL の評価を出来るだけ採用し、他は他から補充する。NJOY による処理を全ての LANL 評価について完了し (MacFarlane)、本土防衛に重要な遅発中性子データは BROND から採用するか、GNASH の光核分裂の部分を改造して整備する。HEU の不拡散のため光核分裂による遅発中性子検出は重要であり (White)、小規模の加速器とポリエチレン減速材付 ³He 検出器 (検出効率~10%) の組み合わせで 25kg の HEU ($k_{eff}=0.4\sim 0.8$) を検出できるとした。D.P. Henrichs (LLNL) は、MCNPX, COG? による光核反応データに関するベンチマークテスト結果に関する報告を行ったが、C, Al, Cu, Ta, Pb, U に関しては非常に良い結果であったと報告した (最大で 35%の過小評価)。

A.J. Koning (NRG) は、Pb 及び Bi の欧州新核データライブラリーについて報告した。基本的に共鳴パラメータは他のライブラリーのものを採用し、それ以外の計算を TALYS で行うことによって評価している。IAEA ADS ベンチマーク、PDS-XADS、MUSE、他の ADS 設計 (CIEMAT, ANL) に関して 20 MeV 以下の(n,n'), (n,2n)反応断面積の感度解析を行った。Pb(n,n')に関して、JENDL-3.3 は直接過程へ移行する断面積の点で物理的で無い振る舞いをしている。JENDL-3.3 の Pb(n,2n)断面積は、阪大の DDX データを低エネルギー側のスペクトルで採用しているため、弾性外散乱断面積より 20%高いピークになっている。

5.4 ENDF/B-VII の予定

ENDF/B-VII の公開予定等について、2004 年に検証、2005 年末 (CSEWG 会合後) 公開との報告があった。重要な核種に関しては、慎重な検証を www で公開している pre-B-7 file により行う。標準断面積及び FP 核種の評価にはもう少し時間がかかる。Broomstick 等の遮蔽ベンチマークテストはまだ行われていない。共分散の検証をどうするか議論があったが、結論は出なかった。

6. 本土防衛のための核データ (D.P. McNabb (LLNL), M.B. Chadwick (LANL) 座長)

USNDP 核反応ワーキング・グループ (WG) との共通セッションとして、本土防衛のための核データ及び核反応モデルと宇宙核物理のセッションが催された。本土防衛のための核データのセッションでは、Department of Homeland Security (DHS) から、外部からの中性子または γ 線入射による核分裂または光中性子を検出する方法についてのコメント (M. Burns, S.M. Bowyer (DHS)) があった。また、核データニーズに関する LANL (W. Johnson (LLNL)、資料有) 及び LLNL の展望 (K. Sale (LLNL)) において、光核分裂反応からの遅発中性子・ γ 線検出及び Ge 検出器を用いた高精度・高分解能測定に関連する核データに関する重要性が指摘された。これに対する核データ活動の現状として、以下の報告があった。核不拡散手順評価のための ^{237}Np データ (MacFarlane、資料有) に関しては、先に Little の発表したものと殆ど同じであった。DTRA のための核データ活動 (R.D. McKnight (ANL)) に関しては資料もなく、よくわからなかった。核実験検証のための Am データ (Chadwick) では、Am は Pu 中で汚染物質として存在するので、核爆発前及び技術レベルで検出できる元素である。DTRA, DHS, NNSA/DP 計画において、(n,2n) は A-1 同位体、(n, γ) は A+1 同位体の生成率を推定するのに必要であるが、Am 同位体の (n,2n) に関する 1999 年及び 2001 年の実験では、30% も ENDF/B-VI より大きな値を与えている。現状の評価はこれを改善している。核実験検証のための核データ活動 (D.P. McNabb (LLNL)) に関する報告もあった。

核物質検出研究 (本土防衛) のための核構造・崩壊データとは、装荷量制御、放射性同位元素の同定、汚い爆弾への使用物検出、時限装置としての放射性物質の検出等に用いるものである (J. Tuli (BNL)、資料有)。核物質検出と光核分裂遅発中性子に関して、Little (資料有) が報告した。MCNP (X) は、 ^{235}U 検出、核不拡散、能動的検出システム (遅発中性子検出) の最適設計等のためのシミュレーションツールとして使用可能である。MCNPX/CINDER90 で、NIS-6 実験に関し、10 MeV, 8mA の電子で 5 及び 21kg の高濃縮ウランを検出する場合を想定した計算を行った。E.B. Norman (LBNL) は、核分裂誘起高エネルギー γ 線を用いた核分裂性物質の同定について報告した (資料有)。遅発 γ 線を測定するための装置を試作し (3 秒で資料移送、3 秒測定)、6 MeV までの γ 線を ^{235}U , ^{239}Pu 試料 (実際のコンテナではない) について測定した。Oblozinsky は、爆発物検出のための光共鳴データについて報告し (資料有)、 $^{13}\text{C}(p,\gamma)^{14}\text{N}$ 反応の 9.17 MeV 共鳴の γ 線による測定 (逆反応の $^{14}\text{N}(\gamma,p)$ として測定?) の可能性を述べた。これは、1.75 MeV 程度の小型陽子加速器で事足りる。MCNP によるシミュレーションを実施しているが、 ^{16}O , ^{35}Cl の陽子反応及び ^{14}N 光共鳴データが必要である。Herman は、Ge 検出器シミュレーションのための γ 線生成データに関する報告を行った。中性子が Ge 検出器に入り、 γ 線を生成しバックグラウンド等になる問題のために、Ge の γ 線生成データが必要である。現在、 ^{74}Ge のデータを EMPIRE-2.18 で評価した。今後他の同位体の評価を行う予定である。

本土防衛のための核データニーズに関するタスク・フォースの共通認識の改善につい

て、Oblozinsky が中心となって議論した（資料有）。核データコミュニティと本土防衛コミュニティの恒常的な連絡の機能をこのタスク・フォースに持たせるべきであるとしている。ここでは、核データニーズ（モンテ・カルロ・シミュレーション、物質検出、核不拡散、核物質審問、核実験発見）を理解し、対応する活動を調整する。BNL, LANL, LLNL, ANL, LBNL をメンバー機関とし、McNabb を座長、Chadwick を共同座長として、年1回の会合を持って活動する。「核構造・崩壊データを ENDF フォーマットに出来れば、よりニーズに合うのでは?」、「ユーザとの CSEWG/USNDP/NNDC での接触が重要となる」などの意見が出た。

7. 核反応モデルと宇宙核物理（M.B. Chadwick（LANL）座長）

6.に引き続き、USNDP 核反応（WG）との共通セッションとして、核反応モデルと宇宙核物理のセッションが行われた。ここでは、PRECO（Duke 大）、EMPIRE（BNL）、McGNASH（LANL）及び TALYS（オランダ）等の核反応モデル・コード開発や宇宙核物理のための評価及びモデル開発に関する報告があった。これらに関しては、宇宙核物理タスク・フォースを組織して対応している。

7.1 核反応モデル・コード開発

C. Kalbach-Walker（Duke 大）は、彼女が開発しているエキシトンモデルを用いた前平衡過程計算コード PRECO に関する報告を行った（資料有）。PRECO-2000 では、14~100 MeV 領域で、中性子入射に関する表面における局所反応 $((n,p), (n,n'))$, $V_{\text{eff}} = 7 \text{ MeV for } n$, $7+5.2E_{\text{in}}[(N-Z)/A]^2$ ）を用いた計算が出来る。アイソスピン保存や（低質量及びエネルギーで重要な）Fermi エネルギーの上下によるエキシトン状態密度の変化などを加えた改良を行っている。

M. Herman（BNL）は、EMPIRE について報告した（資料有）。1 keV~200 MeV 領域の計算に使用可能で、RIPL-2 パラメータを自動的に利用できる。光学模型計算では、球形は SCAT2、変形は ECIS により計算する。 γ 線カスケードを含む Hauser-Feshbach モデル及び集団運動効果、核分裂チャンネル（three-hump barrier）、MSD+MSC（TUL）+exciton model+Iwamoto-Harada による前平衡過程計算が可能である。PKA スペクトルの計算、ENDF フォーマットによる出力、EXFOR の自動検索・作図等 GUI を用いた機能がある。

McGNASH に関して、P.M. Talou（LANL）が報告した。FORTRAN95 で記述し、単純な入力で、1 keV~200 MeV のエネルギー範囲に対し計算可能である。width fluctuation 補正、核分裂モデルの改良（E. Lynn&P. Mollar）、 n - γ 競争、個別のスペクトルの出力などの改良を行っている。

A.J. Koning（NRG）は TALYS に関する報告を行った（資料有）。1 keV~200 MeV における、 $n, p, d, t, h, \alpha, \gamma$ 放出を取り扱え、核分裂断面積、全断面積、弾性及び非弾性散乱断面積及び角度分布、DDX 等を計算する。ENDF フォーマットでの出力が可能。ポリシーは、「First completeness, then quality」。

7.2 宇宙核物理

USNDP 宇宙核物理タスク・フォース報告を M.S. Smith (ORNL) が行った (資料有)。ここでは反応データ及び崩壊データを扱っている。評価データベースは、実験をする時間を節約し、ファイル化に要する時間を短縮する。BNL、LANL、TUNL で、評価・格納を行っており、ANL、ORNL で評価及び処理ツールの開発、ORNL ではデータ普及、LANL では核物理理論の構築を行っている。詳細は、<http://www.nucastrodata.org> を参照していただきたい。

ヨーロッパにおける宇宙核物理のための評価及びモデル開発に関して、V. Demetriou (Brussels) が報告した (資料有)。Brussels Nuclear Lib. for Astrophys. Application (BRUSLIB) を整備している。European Nuclear Astrophys. Compilation of Reaction Rates (NACRE) は、Hauser-Feshbach 反応割合、準位密度、崩壊データ、質量等のデータベースである。ミクロスコピックモデル関連では、HF-BCS, HFB (Mass)、HF-BCS (Level Density)、HF-QRPA (Gamma Strength)、JLM (OMP)、ETFSI, HFB (Fission Barrier)、ETFSI-cQRPA (Beta Decay Strength)、等も開発している。

8. 核構造データ・ワーキング・グループ

C.M. Baglin (LBNL) が座長で、7.と平行・セッションで行われたため、報告を聞くことが出来なかった。ここでは、核構造データに関連して、核科学文献データベース (NSR) (D. Winchell (BNL)、資料有)、核構造実験データ (XUNDL) (B. Singh (McMaster)、資料有)、評価済み核構造データファイル (ENSDF) (J. Tuli (BNL))、崩壊データ評価プロジェクト (DDEP) (T.W. Browne (BNL)、資料有)、ENSDF 解析及びユーティリティー・コード (T.W. Browne、資料有)、 (n, γ) データベースに関する IAEA/CRP (C.M. Baglin、資料有)、質量表の改訂 (C.M. Baglin)、Nuclear Data Sheets に関する引用実態調査 (A. Sonzogni (BNL)、資料有)、NSDD 会合の調整 (J. Tuli)、質量チェーン分担、NSDD 参加者等の進捗状況が報告されたようだ。

この他、評価者の補充と訓練に関連して、Tuli が 2002 年 11 月の Vienna 及び 2003 年 11 月の Trieste トレーニング・コースの報告を行い、Sonzogni が NSDD 外からの評価補助 (資料有) について報告した。Y.A. Akevali (ORNL) の β 崩壊の専門用語定義に関する NSDD 要求への対応 (資料有) 及び α 崩壊障害の r_0 係数計算 (資料有)、Burrows/Tuli の Band/Raman 変換係数表の実装 (資料有)、Sonzogni の陽子放射 proton radioactivity におけるスピン・パリティ決定 (資料有)、Burrows の Nuclear Data Sheets 中の XREF カラムの拡張 (資料有)、F.G. Kondev (ANL) の Nomenclature for 回転バンドに対する命名法と配置も報告された。また、「特定の著者のデータに対する独占的公刊機構としての ENSDF サービス」、「Nuclear Data Sheets におけるバンド記述の明確さ」及び「単一核種評価を Nuclear Data Sheets で公刊すべきか？」に関する議論も行われたようだ。

9. 核データ普及と研究機関報告 (C.L. Dunford (BNL) 座長)

9.1 核データ普及

NNDC のデータベース移転計画について、C.L. Dunford (BNL) が報告した (資料有)。ユーザのアクセスを快適にするため、インターフェース、速度、データベース環境を改善する (2004 年 4 月)。IAEA/NDS と同期。この他、ANALOG コードを用いた www 統計 (T.W. Burrows (BNL)、資料有)、LLNL の www 作図技術 (D.P. McNabb (LLNL)) の報告があった。

9.2 タスク・フォース報告

宇宙核物理のための核データ (M.S. Smith (ORNL)、上を参照) 及び希少同位体加速器のための核データ (M.B. Chadwick (LANL)) タスク・フォースに関する報告があった。

社会に対する核データのインパクトに関し、J.H. Kelley (North Carolina 州立大) が以下のような報告を行った (資料有)。社会に対する核データのインパクトに関して以下のような報告があった。医学利用のためには、効率的な医療用放射性同位体製造技術のための放射化断面積や放射線治療のための核反応シミュレーションコード用データベースの必要性が大きい。考古学における年代測定に関しては $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$, $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ 等の同位体含有率比に関連した半減期データ及び種々の元素同定のための崩壊データ等が大きな意味を持つ。本土防衛のための核データ整備も緊急を要するものの一つであり、核データ活動は様々な場面で有用な情報を提供すると言うことは実証済みである。核データのような基礎研究は、技術開発に対する波及効果が大きく、社会に対して大きく寄与するので、活動を続けるべきであり、新技術開発計画の責任者から継続的な支援を得るべく努力することが期待される。

9.3 2003 年度研究機関報告

NNDC に関する報告を Oblozinsky が行った (資料有)。人員は、12.25 人。調整、報告、データベース管理等が主たる業務。2004 年 3 月新計算機導入、2004 年 12 月全てのデータベースを一括管理、2005 年 6 月新システムのテスト、2005 年 12 月旧システムの引退を予定している。評価に関しては、FP、new BNL-325、本土防衛のための核データ、Nucl. Data Sheets、ENSDF/NuDat (NSR)、Nucl Wallet cards を担当。

ANL に関する報告を F.G. Kondev (ANL) が行った (資料有)。核構造・崩壊データ評価、実験活動 (A~180 領域の k-isomers、陽子ドリップライン、重核の分光学、13~20 MeV の中性子断面積)、原子核モデル開発 (WPEC/SG-19、統計模型)、核データの普及 (<http://www.td.anl.gov/reports/>、[/nres/](#)、[/NDP/](#)) 等。

この他、Georgia Tech. (J.L. Wood (GIT)、資料有)、Idaho (R.G. Helmer (INEEL)、資料有)、LANL/T-16 (M.B. Chadwick (LANL)、資料有)、LBNL (C.M. Baglin (LBNL)、資料有)、LLNL (D.P. McNabb (LLNL))、NIST (A.D. Carlson (NIST)、資料有)、McMaster (B. Singh (McMaster)、資料有)、ORNL (M.S. Smith (ORNL)、資料有)、TUNL (C.

Kalbach-Walker, J. Kelley (TUNL)、資料有)、中性子物理グループ (G.H.R. Kegel (Massachusetts Lowell 大)、資料有) 等の報告があった。

10. 閉会セッション (P. Oblozinsky (BNL) 座長)

10.1 報告、調整、計画

2003 年度年報は遅れている。年末年始には準備できる予定である。2005 年度活動計画は各自からの要求を集めつつある。これを基に活動計画を作成する (以上、C.L. Dunford (BNL))。核反応 WG、核構造 WG、タスク・フォースの調整に関しては、現状維持。

10.2 予算要求及びその他 (P. Oblozinsky (BNL))

目標達成指標の聞き取りに関して報告があった。US\$160M が核物理プログラムに使用されている。2004 年 4 月、Office of Science で 2006 年度予算のヒアリングが開始される。Head (Oblozinsky) , Reaction WG (Chadwick) , Structure WG の体制で臨む。\$4M が最初のブリーフィング。タスクの再調整が必要かもしれない。核データの普及及びレポート数は政治的に重要である。政府は宇宙物理、核反応に興味を持っているが、核構造はどうか？

新規計画に関しては、あまり無い (昨年は 3 件提案した)。宇宙物理関連で \$0.25M 程度であり Dick Meyer & Michel Smith の新規提案は平行して進んでいる (\$0.5M × 4~5 years?)。人員の老齢化の問題もある (55 歳以上が 85%)。

議事録は、2~3 週間以内に提出すること。特に、フォーマット提案や各研究機関報告。www 上に既にあるものもある。

次回日程として、2004 年 11 月 1 日に臨界安全グループ会合 (非公開)、同 2~4 日に CSEWG 会合、同 4~5 日に USNDP 会合を予定している。

11. おわりに

CSEWG は、ENDF や ENSDF 等の核データファイルの評価・作成以外にも、本土防衛や核データ普及に関して、積極的かつ戦略的に政府との連携を進めているようである。この傾向は Oblozinsky が NNDC のセンター長になってから顕著になっているように感じた。