



2002 年米国断面積評価ワーキンググループ(CSEWG) 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

標記会合が 2002 年 11 月 5~7 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。参加者リストを表 2 に示す。米国以外の参加者は筆者と、IAEA/NDS の A. Trkov、NEA/Data Bank の A. Nouri 及び KAERI の J. Chang の各氏の計 4 人であった。P. Oblozinsky センター長 (BNL) の開会の辞に引き続き、各委員会の座長から本会合のハイライトが述べられた。Measurements and Basic Science Committee 座長の D.L. Smith 氏 (ANL) は、核データ測定活動をどのように維持・活性化するかが緊急の課題であり、これには将来的な核データニーズのよりよい策定が必要であろうと述べた。Evaluation Committee の M.B. Chadwick 座長 (LANL) は、LANL 及び ORNL の評価活動のハイライトを示した。Formats and Processing Committee 座長の M. Greene 氏 (ORNL) は、ENDF フォーマットは今や国際標準であるし、十分な定義と汎用性を持っており、大きな変更はコード改造等に多大な予算を必要とすると釘を刺した。Data Validation Committee の R. Mcknight 座長 (ANL) は、今や ENDF/B-VI の主な炉心計算に対する予測精度は、 $\pm 0.3\%$ に達していると述べた。最後に、S.A. Coon 氏 (DOE) が、2002 年予算では US Nuclear Data Program に DOE から \$4.8M (内 \$2.7M が BNL/NNDC) であり、2003 年には DOE/Nuclear Physics Division で若手研究者の活性化を図る計画があると述べた。また、テロ対策のためのワークショップを行い、必要な核データの洗い出しを始めた旨報告した。DOE の長期計画では、1) 核データニーズの調査、2) 高優先度整備計画の策定、3) 国内安全保障に対する核データの寄与を盛り込んでいるようだ。

筆者の本会合参加の主目的はフォーマットの変更に関する確認と情報交換であったが、以下、最後に示す会合の agenda にしたがって、会合の概要を報告する。なお、敬称は省略し、所属は略称のみを示すので、必要な方は表 2 の参加者リストにて確認されたい。また、本文中、関連配付資料を [] で示し、これは表 1 にまとめてあるので、必要な方は筆者までご連絡頂きたい。

2. 国内安全保障のための核データ

通常の Committee 報告に先立ち、2001.09.11 テロに関連した DOE からの要請で、テロ対策のための核データ整備に関して CSEWG でどのように対応するか議論された。これは、本年開催された“Workshop on Combating Terrorism Regarding Nuclear Data”の議論から必要性を指摘されたものである。

Chadwick は、評価の立場から ENDF 及び ENSDF 使用の一般的特徴を述べた。ENDF は中性子輸送計算コードのライブラリーとして重要であるし、ENSDF は含有物質の同定や受動的検出器に利用でき、2002 年の DOE/Office of Security Standard に採用されている。核不拡散の観点からは、使用済み核燃料中に多く含まれるので、モニターとして重要な ^{237}Np の臨界質量（現時点では 60 ± 15 kg）の精度向上のため、核分裂及び非弾性散乱断面積や核分裂当たりの中性子数の再評価が必要であると考えられる。このため、2003 年に NNSA（略さない名前は不明）から LANL へ \$100k の予算が付いた。また、能動的検出のための光核反応データの改良が必要であろう。光核分裂からの遅発中性子検出を基本とした、アクチニド検出器のためには、光核分裂反応関連のデータが必要で、これを用いて MCNP で輸送計算を行うことが可能である。更に、アクチニドに対する中性子核データの改良が ENDF には必要であり、鉛スーロイングダウンスペクトロメータによる測定が不可欠である。

Smith は、核データ測定と核物質検出について述べた。上記ワークショップでは、核データの必要性は何度も言われている。光及び中性子入射放射化断面積は低放射化光・中性子核物質検出システムには不可欠であり、このためにも、精度向上が必要である。TUNL の High-Intensity Gamma Source (HIGS) が使用可能である。

以上の議論を踏まえて、Oblozinsky が国土安全保障のための核データに関するタスクフォースを CSEWG 内に組織することを提案した。ここには、核不拡散を考慮した原子炉の特徴を検討することも含まれる。メンバーは基本的に国立研究所の核データ研究者とし、核物理のコミュニティーにも働きかける。核データ改良の長期計画では間に合わないので、既存の ENDF 改良でユーザを納得させる必要がある。

3. Measurement and Basic Science Committee

ここでは、米国内での測定に関する活動状況が報告された。まず、E.T. Cheng (TSI Research, Inc.) が、2002 年 9 月 5~7 日に Technical University Dresden で開催された Dresden Fast Neutron Physics Workshop について報告した[1]。これは、主に ITER、IFMIF 及び核融合中性子源に関するニュートロニクスの信頼性検証のための会議で、高速中性子の利用、放射化分析、核変換等に関連する中性子断面積データや中性子検出に関する議論があったそうだ。

3.1 個別の測定施設に関する報告

次に、個別の測定施設に関する報告が、Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)、ANL、LANL、NIST、オハイオ大の代表者によって行われた。RPI に関しては、Y. Danon が断面積測定とその解析について報告した。Cd、Rh、 $^{236,238}\text{U}$ の熱及び熱外中性子エネルギー領域の透過係数及び捕獲断面積測定が実施又は予定されている。将来的には、核分裂収率及び multiplicity detector による α 粒子測定を予定している。SAMMY による Gd、Hf、Nd、Nb の共鳴パラメータ解析が終了し、Mo、Cs、Cd、 ^{236}U の解析は人手不足のため遅れている。 ^{238}U の測定及び ENDF のパラメータから分解能を決定した。Sm の共鳴パラメータに関しては、ENDF と比べて、少しエネルギーのずれが観測された。 ^{149}Sm に関してはいくつかのスピンの違いが見られた。

ANL の測定活動に関して、F. Kondev が報告した。測定に関しては、厚い Ag ターゲットや薄い T、D、Ti、O、C ターゲットに 2~7 MeV 重陽子を照射した測定を行っている。 $^{239}\text{Pu}(n,2n)$ 反応評価 (Phys. Rev.へ投稿) や $^{207,208}\text{Pb}$ 、 ^{209}Bi の 1.4 GeV ビームを用いた、マイナーアクチノイドの 1 粒子移行反応 (例えば、 $^{209}\text{Bi}+^{241}\text{Am} \rightarrow ^{242}\text{Cm}+x$) による準位構造測定を行っている。

LANL の測定活動に関して、R. Haight が報告した。主なものは、FIGARO による準位密度測定及び C、Si、Fe、Mo(n,n' γ)断面積測定、GEANIE による 1~400 MeV 中性子入射反応の γ 線生成断面積 (^{11}B 、 ^{18}O)、FP 核種に対する(n,xn)反応断面積測定、 ^{238}U 核分裂生成物電荷分布測定、isomer 生成断面積、Fe、Cr(n,n' γ)断面積測定、DANCE による捕獲断面積測定 (0.5mg の試料でいい!) や陽子入射スポレーション反応断面積測定などである。

NIST の活動に関して A. Carlson が報告した。10 MeV における水素の中性子弾性散乱断面積測定、D、 ^3He 中性子弾性散乱の高精度測定、4 MeV における $^6\text{Li}(n,t)$ 断面積の誤差 0.4%の測定、鉄断面積のチェックなどが報告された。

オハイオ大加速器研究所の活動を D.L. Smith が報告した。4.5MV タンデム加速器を使って、 $^9\text{Be}(p,n)$ 、 $^9\text{Be}(d,n)$ 中性子源による水素の弾性散乱 (オハイオ大、NIST、LANL の協力) 測定を行っている。

3.2 標準断面積測定に関する報告

A. Carlson が世界の標準断面積測定に関する報告を行った。新しい国際標準断面積 ($\text{H}(n,n)$ 、 $^3\text{He}(n,p)$ 、 $^6\text{Li}(n,t)$ 、 $^{10}\text{B}(n,\alpha)$ 、 $^{10}\text{B}(n,\alpha_1\gamma)$ 、 $^{197}\text{Au}(n,\gamma)$ 、 $^{235,238}\text{U}(n,f)$ 等) 評価協力に関して、以下の測定が行われている。100 MeV 領域の $\text{H}(n,n)$ 角度分布の実験間の一致はよい。ENDF/B-VI の 100 keV 領域における $^{10}\text{B}(n,\alpha_1\gamma)$ 断面積は 5%程高いようである。これは分岐比に 2 つの違ったデータがあり、ENDF/B-VI はその中間をとっているためのようだ。 $^{10}\text{B}(n,\alpha)$ 断面積は JENDL-3.2 が ENDF/B-VI より低くて良いようであるが、それでもまだ実験データより高い (G. Zhang の 1999、2002 年のデータがあるようだ)。この他、C の全

断面積、 ${}^3\text{He}(n,p)$ 及び全断面積、 ${}^6\text{Li}(n,t)$ 断面積についても報告された。また、ENDF/B-VI の ${}^{197}\text{Au}(n,\gamma)$ 断面積は 300 keV で実験データとやや相違がある。 ${}^{235}\text{U}(n,f)$ 反応の中高エネルギー領域の断面積に Nolte (2001) の実験データがある。 ${}^{235}\text{U}(n,f)$ の ${}^{252}\text{Cf}$ 自発核分裂スペクトル平均値は JENDL-3.3 (1.35) が ENDF/B-VI (1.27) より Schoder (1989) の実験データに近い。 ${}^{239}\text{Pu}(n,f)$ 断面積に関して、60 MeV 以上では Shcherbakov のデータが 5%程 Lisowski より高い。

この他、D.L. Smith より「米国の実験施設や評価者によるリクエストに関する www サイト (<http://www.td.anl.gov/NDP/request.html>)」、C. Wemple より「INEEL における核データ測定の将来計画」に関する報告があった。

4. Evaluation Committee

M.B. Chadwick 及び P. Talou は、「LANL における U、Pu 同位体、 ${}^{208}\text{Pb}$ 及び軽核に対する評価活動」について報告した。 ${}^{208}\text{Pb}$ に対する ENDF/B-VI の第 1 励起準位への中性子非弾性散乱断面積は、ピークのところで実験値より 2 倍大きい。 ${}^{233}\text{U}$ に関しては、ORNL の共鳴解析を採用し、ENDF/B-VI の 8 MeV 以上の(n,f)断面積が JENDL-3.3 より 10%程小さい。JENDL-3.3 の弾性散乱及び非弾性散乱中性子角度分布は問題なさそうだが、 v は高エネルギー側で高すぎではないかと報告した。 ${}^{238}\text{U}$ 及び ${}^{239}\text{Pu}$ の LA150 中高エネルギー核データ評価に関して、これらは米国の Advanced Fuel Cycle Initiative (AFCI)、Advanced Accelerator Application (AAA) Program、第 4 世代原子炉計画 (ADS) に重要である。基本的に ECIS 及び GNASH を用いてこれらの核種のデータを評価しており、(n,f)反応断面積に関しては実験データを基に共分散解析をしている。核分裂収率に関しては CEM/Furihata、全断面積に関しては Lisowski (2001) の実験データを利用している。ここで、簡単に JENDL 高エネルギーファイルのアクチノイド核種評価が紹介された。

L. Leal は、「ORNL における ${}^{235}\text{U}$ 非分離共鳴及び ${}^{238}\text{U}$ 分離・非分離共鳴解析、 ${}^{19}\text{F}$ 、 ${}^{35,37}\text{Cl}$ の評価」に関する報告を行った[2]。 ${}^{19}\text{F}$ に関しては、1 MeV 以下で 2 s-wave + 5 p-wave 共鳴を Reich-Moore 公式により SAMMY で非弾性散乱を含めて解析した。Cl に関しては、1.2 MeV 以下で 380 s-wave + 244 p-wave (${}^{35}\text{Cl}$)、136 p-wave (${}^{37}\text{Cl}$)について解析した。 ${}^{233}\text{U}$ については 600 eV~500 keV、 ${}^{235}\text{U}$ については 2.25~25 keV のエネルギー範囲を解析した (ORNL/TM-2000/129)。 ${}^{238}\text{U}$ に関しては、共鳴の上限を 10 keV から 20 keV へ引き上げ、367 s-wave + 1102 p-wave の解析を行い、平均捕獲断面積が今までより 10~15%低くなった。

D. McNabb は、「LLNL の評価活動」について報告した。基本的に HF モデル計算 (MOARC コード) を用いて Br、Kr、Se に対する 30 MeV 以下の中性子及び陽子入射エネルギー領域の評価を行っている。

P. Oblozinsky は、「BNL における評価活動」について報告した[3]。KEARI との協力で

19 FP 核種 (^{95}Mo , ^{99}Tc , $^{101,103}\text{Ru}$, ^{105}Pd , ^{109}Ag , ^{131}Xe , ^{133}Cs , ^{141}Pr , $^{143,145}\text{Nd}$, $^{147,149-152}\text{Sm}$, ^{153}Eu , $^{155,157}\text{Gd}$) について、共鳴解析を終了し、現在高速中性子反応データ評価に関してレビューを行っている。また、WPEC/SG-21 に関する作業として評価のレビューのため比較図を作成している。2003 年 3 月から IAEA/NDS の M. Herman の NNDC への移動により、EMPIRE-2.18 を核とした IAEA との協力を通じてモデルコード開発が可能になると報告した。

R. MacFarlane は、「光核反応データ評価」について、IAEA/CRP により光核反応データの整備がなされており、NJOY で処理したので MCNP で利用可能となっていると報告した。JENDL の光核反応データはまだ処理できないが、LANL、KAERI、CNDC、BOFOD の評価が含まれており、出発点としては上々であると評価した。

最後に ENDF/B-VII 評価に関する議論が行われた。未格納の元素を特定し、リストを用意する。他国の評価済核データファイルも考慮して、best selection をするのも一つの方法である。このためには、相互比較が不可欠であり、ユーザニーズの収集の必要性が言及された。

5. Formats and Processing Committee

5.1 BNL での活動

V. McLane (BNL) が BNL の活動について報告し、「テープ」の概念はもはや必要ではないと述べた。C. Dunford (BNL) は、CHECKR 等のユーティリティーコード (v.6.13) [4] について報告した。CHECKR、FIZCON、PSYCHE、STANEF、INTER に関しては FORTRAN-95 で書き直し、グラフィカルインターフェースを Windows 及び UNIX で準備した。

5.2 処理コードに関する報告

R. MacFarlane (LANL) は、NJOY99 の FORTRAN-95 版である NJOY2000 について報告した。Photoatomic データを MCNP 用の ACE に組み込み可能にし、光核反応データに関して Kalbach の a パラメータを TRANCEX ファイルに利用可能にした。また、JEFF-3.0 の核分裂遅発中性子に関する処理方法の変更を行った。

D. McNabb (LLNL) は、FUDGE コードの整備を続けている。FUDGE は次のような機能を持つ。

- ENDF フォーマットファイルを point-wise ファイルに変換する。これを基に Sn 及びモンテカルロコード用ライブラリーを作成できる。
- Double-differential Lorentz Transformation を用いて、二重微分断面積の内挿や重心系・実験室系変換等、高エネルギーに対応する。
- point-wise ファイルのプロット (2D、3D)、比較、編集機能を持つため、感度解

析や再評価に利用できる。

- www インターフェースを内蔵し、プロットや JAVA にも対応できる。

FUDGE コードは、まだ ENDF フォーマットに対応し切れていない部分があるが、カット、ペースト、編集機能の追加及び ENDF フォーマットへの再書き出し機能を付加する予定である。

M. Dunn (ORNL) は ORNL で整備している AMPX-2000 について報告した。AMPX-2000 は、ENDF-5、6 フォーマットファイル进行处理して、SCALE/CENTRM ライブラリーを作成する。新しいものとしては、KENO.a の連続版 PKINO を MCNP の計算結果を用いてチェックし、VODKA、SPARTICUS の連続エネルギー随伴データを作成した。

その他、汎用ファイルの上限エネルギーや荷電粒子入射データの取り込み方などを議論したが、最終的には利用分野の開発に任せるという基本姿勢を確認した。

5.3 ENDF-7 フォーマット提案

Greene は、米国内での ENDF-7 フォーマットに関する議論の結果をレビューした[5,6]。個別の革命的变化に関しては、

- 従来の ZA (1000*Z + A) を 8 桁 (ZA*100 + 終状態番号) にする問題
- 計算精度 (precision) の問題
- 既存の処理コードに対するインパクトの最小化の問題
- 以前のバージョンとの互換性の問題

等の解決が必要となる。桁数に関する提案[5]は、行番号は不必要であるとしているが、構造 (値の並び方) は保存されている。これに対して、Greene は、

- 11 桁以上の精度が必要な利用分野は今のところ無いようである。80 桁/行はまだいくらかアドバンテージがある。
- 全ての提案は、互換性の問題を引き起こし、処理コードに 2 つ以上のフォーマットを理解させる必要がある。
- ZA 及び LISO は既に現在のフォーマットにあり、特別にファイルの先頭に持ってこなくても十分に検索可能である。
- File 6 は、他の要求に対してまだ十分に拡張の余地がある。

とコメントした。これに基づき、「ENDF-7 フォーマット改訂には、ENDF-6 フォーマットを基礎として改訂を加えることを基本姿勢としたい」と提案し、反対はなかった。

MacFarlane と McLane は、MAT 及び MT 番号の桁数の増加を提案した。今の MAT 番号では、宇宙物理の元素合成問題に対応できない。また、MT 番号を MT="16" → "2n" のように変えることができれば、MT 番号不足の問題はなくなる。桁数の増加は、これらの番号をセクションの最初に持ってくれば解決できると主張した。McLane は、ファイルの完全性のフラグ (例えば、元素合成には捕獲断面積くらいしか必要ないので、他の物理

量を格納しないとされたときに、一部の物理量しか格納しないファイルができる)を立てるべきだと主張した。これに対し、大方は、これらは汎用ファイルのフォーマット修正ではなく、個別の特殊目的ファイルで対応すればよいとの意見であった。

A. Nouri (NEA/DB) は、MF=8, 9, 10 において安定同位体のデータを格納可能にし、更に、精度を保障するために半減期、Q 値、分岐比の誤差をファイル中に格納することを提案した[7]。これは、特別なフラグの設定で対応可能なので、採択された。

N. Larson (ORNL) は、現在の Reich-Moore パラメータはモデルを完全に再現していないので、これを再現できるようなフォーマット修正を提案した。これにより、SAMMY 出力を完全に利用できる。主張の概要は、

- L=0 と L=2 の混在の解消
- チャンネルスピンの混在の解消
- 荷電粒子入射及び放出チャンネルの追加
- R 行列から導出される Γ は γ の符号を付加する
- 量子数 l の記述の追加
- 基本フォーマットは変える必要はない

であった。これへの対応としては、提案の詳細を Processing Committee に送り、そこで検討してもらうこととした。また、分離共鳴パラメータの共分散データへ共鳴間の long-range correlation を追加するという主張を行ったが、非常に複雑であるので、配付資料無しでは著者にはフォローできなかった。大方の参加者もそうであったようで、「Processing Committee 送り」となった。

A. Trkov (IAEA/NDS) は、WPEC からのフォーマット提案[8]を紹介した。しかし、ただ紹介しただけで、内容説明はあまりできなかったもので、次節に示す CSWEG 会合終了後のフォーマットに関する追加議論で検討された。

Dunford は、MF4 及び MF5 を MF6 に統一する[9]という提案を行った。これに対して、MF5 の Multiplicity を MF6 へ移すことは、更に検討することとした。

この他、データ数の制限に関する議論が行われた。制限を無くすという主張に対して、十分大きな制限を課すと言うことで話はまとまった。この制限値に関しては、次回の会合までに検討することとした。また、ライブラリー名に関して、他のライブラリー (JENDL、JEFF) のように ENDF/B をやめて、ENDF にしたらどうかという提案に関しては、フォーマット名との区別を付けるためにもそのままの方が良いという意見が過半数を占めた。

5.4 フォーマットに関する追加議論

フォーマットに対する個別の提案を十分議論できなかったため、CSEWG 会合の終了後、希望者 (殆どは残っていた) だけで、個別の提案に対する対応を検討した。以下、対応をまとめる。

- Kalbach-Mann の系統式の f_{MSD} だけでなく a パラメータもファイルに格納可能にする (A. Koning (ECN)) → 採択
- エネルギー依存の遅発中性子時間定数 (JENDL) → 次回までに検討する (Processing Committee で検討)
- 荷電粒子弾性散乱角度分布を Rutherford 散乱との比で格納 (JENDL) → 採択
- エネルギー依存非分離共鳴パラメータの共分散 (JENDL) → Larson の Long-range 共鳴パラメータの共分散と一緒に次回までに議論する
- MT 番号の追加 (J.-C. Sublet (CEA)) → 次回までに検討する

採択された提案に関しては、次回までに ENDF-6 フォーマットマニュアルに反映させることになった。

ENDF-7 フォーマット以降のフォーマットの将来方針に関して、Dunford が XML (Extensive Markup Language) を用いた格納方法について説明した[10]。膨大な数の tag の定義をどう処理するのだろうか。

6. Data Validation Committee

B. Briggs は、「INEEL/ICSBEP 活動状況」について報告した。臨界安全ベンチマークに関して実験リストを作成し、DICE コードの改良 (アクチニド核種の 30 群構造に関して感度解析が可能となった等) を行った。

R. Schaefer 及び R. McKnight は、「ZPR-6 炉心 10 (Pu/C/SST) の解析」について報告した。この炉心は、中性子スペクトルがより低エネルギーへ伸びており、測定された k_{eff} は $1.00069 \pm 0.127\%$ である。ベンチマーク計算は、ENDF/B-V,VI + KENO-V.a、MC²-2/TWODANT、VIM で行った。ENDF/B-V の場合、それぞれ 1.0269 ± 0.0009 、1.0161、0.9862 であり、ENDF/B-VI では 1.0262 ± 0.0009 、0.9875、1.0222 となった。比較のため、MCNP-4B+ ENDF/B-V、MCNP-4C+ ENDF/B-V、MCNP-4C+ ENDF/B-VI の計算を行ったところ、それぞれ $k_{eff}=1.0038$ 、0.9945、1.0245 となった。 k_{eff} は、鉄等のスムーズ断面積の共鳴処理方法、マンガンの低エネルギー共鳴、²³⁹Pu の共鳴に感度が高い。また、「ZPR-9 炉心 2~4 の Tungsten-bearing 解析」の報告を行った。ZPR-9/1-9 は原子力ロケットのための炉心で、高濃縮 U 燃料とタングステン反射体 (有 (炉心 2、3)、無ただし劣化 U (炉心 4)) と軽水減速のため漏れの大きい体系となっている。測定された k_{eff} は 1.00361 (炉心 2)、1.00292 (炉心 3)、1.00166 (炉心 4) $\pm 0.1142\%$ (炉心 4 のエラーが最大) であった。KENO-V.a + ENDF/B-V の計算では、それぞれ 1.0118、1.0094、1.0291 となった。ZPR-6 の場合と同様の組み合わせで計算すると、炉心 2 は 1.015~0.995 (leakage 0.261)、炉心 3 は、1.012~0.998 (leakage 0.238)、炉心 4 は、1.040~1.011 (leakage 0.320) という結果であった。

R. Mosteller は、「Zeus 第 3 実験解析」に関する報告を行った[11]。ENDF/B-V、-VI.4 を

用いた、ベンチマーク解析であり、 k_{eff} に関する測定及び ENDF/B-V、-VI.4 による結果はそれぞれ 1.0002 ± 0.0008 、 0.9989 ± 0.0003 、 1.0006 ± 0.0003 であった。また、ENDF/B-VI.6 による MCNP ライブラリーの UH3(6)、Zeus(1)、ZEBRA-SH に対する暫定的な解析結果を報告した。

A. Kahler は「選択された ICSBEP に対する ENDF/B、JEFF、JENDL のモンテカルロ固有値の比較」に関する報告を行った[13]。HEU-SOL-THERM ICSBEP ベンチマークに関しては、 ^{235}U の共鳴パラメータが同じであるので、全てのファイルが同様に 1 に近い結果を示した。HEU-または IEU-MET-FAST ICSBEP ベンチマークに関しては、JENDL-3.3 が系統的に大きい値を示した。LEU-COMP-及び SOL-THERM ICSBEP ベンチマークに関しては、全てのファイルは同様の結果（核分裂割合増加とともに固有値が下がる傾向）を示した。

J. Weinman は「JENDL-3.3 の ^{235}U 及び ^{238}U に対するベンチマークテスト」に関する報告を行った[14]。 ^{235}U に関しては、JENDL-3.3 は ENDF/B-VI.5 同様に ORNL 及び Rocky Flats solution-critical を JENDL-3.2 より改善したが、GODIVA (fast-spectrum、metal reactor) に対しては、JENDL-3.3 は高めの固有値を示した。中間的なスペクトル炉心に関しては、ENDF/B-VI 同様に高いが、JENDL-3.2 よりは改善されている。 ^{238}U に関しては、高速スペクトル及び LEU metal-reactor に関して、JENDL-3.2、-3.3 は低めの固有値を示すが、VALDUC LEU pin-array の結果に対して JENDL-3.3 は ENDF/B-VI 及び JENDL-3.2 より改善されている。全体として、JENDL-3.2 の ^{235}U 及び ^{238}U の組み合わせが最も良い固有値を与えるが、これは ^{235}U の反応度効果を ^{238}U の吸収でキャンセルしているため、偶然であろうと言う意見であった。

C. Lubitz が、「WPEC/SG-22 (^{238}U の熱中性子断面積)」の進捗状況に関する報告を行った[15]。また、D.P. Heinrichs (LLNL) が、 ^{233}U の臨界安全に関するデータテストに関して大きな改善があったと報告した。

7. 全体セッション

Oblozinsky が今回の会合のハイライトをまとめた。国土防衛のための核データタスクフォースが CSEWG 内に組織された。また、ENDF-7 フォーマットは ENDF-6 フォーマットを基に改訂される。WPEC のメンバーは CSEWG Committee の 4 人の座長と Oblozinsky の 5 人ということを確認した。

この後、各 committee の座長により議論のまとめが行われた。Greene は、フォーマットに関するワークショップのようなものを次回 CSEWG の 1 日前に開きたいと提案した。また、WPEC によるフォーマットの議論は歓迎するが、CSEWG による管理を強化したいという思惑から、最終決定権は CSEWG にあるようにする旨提案された。Mcknight は今後増えるであろう荷電粒子入射反応に対する検証に関する議論を進めたいと述べた。

ENDF/B-VII の整備予定として、2002 年はフォーマット検討、2002～2004 年は評価作業、2004 年に検証、2005 年公開というスケジュールで行きたいと Oblozinsky から提案があり、とりあえず了承された。

今回の議事録は、各 committee の座長がとりまとめ、NNDC へ 2003 年 1 月 15 日までに提出する。次回の会合は、2003 年 11 月 4～6 日に予定する。

8. 国立核データセンター (NNDC) 50 周年記念行事

この行事は、CSEWG 会合の前日に催された。国立核データセンター (NNDC) の [www \(http://www.nndc.bnl.gov/~mclane/jubilee/history.html\)](http://www.nndc.bnl.gov/~mclane/jubilee/history.html) から引用した歴史の概略は、以下の通りである。NNDC のルーツを遡ると 1952 年の Donald J. Hughes を長としたブルックヘブン中性子断面積編集グループがブルックヘブン国立研究所 (BNL) の物理部の 1 グループとして承認されたところへ行き着く。このグループは、1955 年に有名な BNL-325 (Neutron Cross Sections, “Barn Book”, 表紙に小屋 (barn の基の意味、理化学事典を参照) の絵を使用した) の第 1 版を公刊した。1960 年には、Hughes の亡き後、John R. Stehn 率いるシグマセンターが原子力工学部の原子炉物理部門に移動した。同時期に同じ部署に断面積評価グループが、原子核理論を専門とする Charles E. Porter を長に組織された。これらのグループは、緩い協調をしながら、サポート部隊を構成していた。Porter が 1964 年になくなった後、John Stehn が両グループの長を実質的に兼任した。その後、Sol Pearlstein が断面積評価グループ、Murrey Goldberg がシグマセンターのグループ長を引き継いだ。1967 年には、原子力委員会によりシグマセンターが国立中性子断面積センター (NNCSC) に選定され、Pearlstein が実質的ディレクターに指名された。更に、1968 年には正式にディレクターとなった。1977 年には、NNCSC は、エネルギー研究開発局 (ERDA) により核構造・崩壊データの機能を追加され、名称を現在の NNDC (<http://www.nndc.bnl.gov/>) に変更された (翻訳、ここまで)。この後、1992 年から Charles L. Dunford、2002 年から Pavel Oblozinsky がセンター長を務めている。

式典の最初に、Oblozinsky から、「NNDC は今や核データ流通の中核をなすセンターとなっている。先達の偉業を思うと 50 年の歴史は重い。センター長としての責任を感じている」と挨拶があった。William Horak (Chair, Energy Science & Technology Department) からは、「NNDC は米国内の人的及び知的資源を最終的にまとめ上げるという、リーダーシップの必要なユニークな組織であり、原子力利用及び研究の新しいエリアの一つである。したがって、非常に重要である。納税者も満足しているだろう。今後、次世代のエネルギー供給に重要な役割を果たすと思われるので、NNDC には原子力研究が減退しないで増進するようにリーダーシップを発揮して欲しい」と述べた。一方、Dennis Kovar (Director, Division of Nuclear Physics, DOE Office of Sciences) は、「原子力開発のリーダーシップを発揮している NNDC は素晴らしいが、現在は変革の時代であるので、先を見通した活動

をして欲しい」と挨拶した。

これら挨拶の後、NNDC の歴史について先達の招待者を含めた講演者から紹介があった。V. McLane から上記のような NNDC の概略と各時代の Staff 写真の紹介があった。John A. Harvey (Member of BNL Data Compilation Group) が創立期 (1952~1955) の逸話を、Robert Chrien (Physics Dept., BNL) が初期 (1957~1960) の逸話を述べた。Chrien は NNDC の前身が「アイゼンハワー大統領の“Atom for Peace”を冠した 3 セント切手を最初に実現したといえる」という話をした。Dunford は、国際的な情報交換に関して、国際原子力機関 (IAEA) や 4 センターネットワーク (1967 年より) との関わり、CINDA や EXFOR について話した。また、「IBM のパンチカードの大きさは当時の 1 ドル札と同じで、旧ソ連はこの大きさだけパクって、1 枚に 12 行書くようにした」ことや、Hans Lemmel (former staff member of Nuclear Data Section, IAEA) の核データ評価に対する下記の法則について述べ、会場をわかせた。

Lemmel's Laws for Data Evaluation

1. If there is only a single measurement, don't trust it.
2. If there are two measurements and both agree, then both may be wrong.

この他、Mulki Bhat, Norman Holden (former NNDC Staff Member)、Robert A. Bari (Former Dept. Chair, Energy Sciences & Technology)、Martin Blume (Editor-in-Chief, American Physics Society; Former BNL Deputy Director) 等から、裏話の紹介があった。Holden は、1937 年の Emilio Segre (Enrico Fermi の弟子) による N-Z チャートの創出や 1948 年の Godart Fnedlander (GE) による Z-N チャート作成に関する話があった。

この後のパーティー後に William C. Horak (Chair, Energy Sciences and Technology Department)、Ralph James (Associate Director, Energy, Environment and National Security)、Sol Pearlstein (NNDC, former Center Head) の話があった。Pearlstein の話が面白かったので、一部記すことにする。Data Compilation は評価の後に必ず必要であるが、これを知らない人が多い。「それは、学問分野か」とか言う。「報告は物理分野にするのか、コンピュータサイエンスにするのか、こんなことを 50 年もやってきたのか？」等と言われるが、誰が社会にもっとも貢献していると言うのか。お金を供給するから銀行員か、人の命を救うから医者か、有用なものを知らしめるから宣伝コピーライターか？否、compiler である。一部の人しか compiler を見たことがないであろうが、これが唯一の解答である。「データベースがなければその都度測定すればいいでしょう」は夢物語である。

最後に、この「50 周年」行事に関する裏話を一つ。Oblozinsky が「50 周年」に気がついたのは 2002 年の夏前であった。部長に言われて DOE への説明 (研究評価) 用ポスタ

一の作成中に、歴史を調べていた時にわかったそうだ。

9. おわりに

以上、2002年度 CSEWG 会合の報告概要を記した。全体として、実験、評価、積分テストなどの報告は、我が国のものとさほど変わらない。しかし、ENDF/B-VII の構想が 2-3 年で公開というのは「大丈夫かいな？」という第一印象であった。JEFF のような「他国のファイルからの引用も可」という姿勢転換がこれを可能にするのかも知れない。ENDF もこの路線を行こうとしているようであり、今後の評価済ファイル作成の流行になるのではないかという危惧もある。今回の目的でもあったフォーマット修正に関する議論が、大体、ENDF-6 フォーマットを基に改良を加えるといったところに落ち着いてほっとしている。また、ここ 4、5 年 KAERI から Chang さんが CSEWG に毎年参加しているそうである。我が国からも、米国の活動を調査するためにも定期的に参加できるような体制が必要であると感じた。

表 1 配付資料リスト

- [1] International Fast Neutron Physics Workshop (E. Cheng)
- [2] ORNL Evaluation Work (L. Leal)
- [3] BNL Evaluation Activities (P. Oblozinsky)
- [4] ENDF Utility Codes (C. Dunford)
- [5] Collected Observations Regarding ENDF/B-7 Format Proposals (R. Cullen)
- [6] Comments for Format Proposals (M. Greene)
- [7] Summary of JEFF Proposals to Change the ENDF-6 Format (A. Nouri)
- [8] WPEC Format Proposals (A. Trkov)
- [9] Comments on ENDF-7 Format Proposals (C. Dunford)
- [10] ENDF and XML (C. Dunford)
- [11] Analysis of the Third ZEUS Critical Experiment with ENDF/B-V and ENDF/B-VI.4 (R.D. Mosteller)
- [12] Data Testing of the ENDF66 Nuclear Data Library with the MCNP Criticality Validation Suite (R.D. Mosteller)
- [13] Monte Carlo Eigenvalue Comparisons for Selected ICSBEP Benchmarks with ENDF/B-VI.8, JEFF-3.0 and JENDL-3.3 Cross Sections (A.C. Kahler)
- [14] Benchmark Testing of JENDL-3.3 (U-235 and U-238) (J.P. Weinman)
- [15] Status of U-238 Cross Section Activities (C. Lubitz)
- [16] Present Status of JENDL High Energy File (T. Fukahori)

表 2 参加者リスト

Name	Affiliation/Address
Robert C. Block	Rensselaer Polytechnic Institute / Troy, NY (USA)
J. Blair Briggs	Idaho National Engineering Laboratory / Idaho Falls, ID (USA)
Allan D. Carlson	National Institute of Standards & Technology / Gaithersburg, MD (USA)
Edmund Caro	KAPL Inc. / Schenectady, NY (USA)
Mark B. Chadwick	Los Alamos National Laboratory / Los Alamos, NM (USA)
Jonghwa H. Chang	Korea Atomic Energy Research Institute / Taejon (Republic of Korea)
Edward T. Cheng	TSI Research, Inc. / Solana Beach, CA (USA)
Dermott E. Cullen	University of California, Lawrence Livermore National Laboratory / Livermore, CA (USA)
Yaron Danon	Rensselaer Polytechnic Institute / Troy, NY (USA)
Charles L. Dunford	Brookhaven National Laboratory / Upton, NY (USA)
Michael E. Dunn	Oak Ridge National Laboratory / Oak Ridge, TN (USA)
Maurice Greene	Oak Ridge National Laboratory / Oak Ridge, TN (USA)
Robert C. Haight	Los Alamos National Laboratory / Los Alamos, NM (USA)
David P. Heinrichs	Lawrence Livermore National Laboratory / Livermore, CA (USA)
Harish C. Huria	Westinghouse Electric Co. / Monroeville, PA (USA)
Albert C. Kahler	Bechtel Bettis Inc. / West Mifflin, PA (USA)
Filip G. Kondev	Argonne National Laboratory / Argonne, IL (USA)
Nancy M. Larson	Oak Ridge National Laboratory / Oak Ridge, TN (USA)
Luiz C. Leal	Oak Ridge National Laboratory / Oak Ridge, TN (USA)
Cecil R. Lubitz	Knolls Atomic Power Laboratory / Schenectady, NY (USA)
Jeffrey E. McAninch	Lawrence Livermore National Laboratory / Livermore, CA (USA)
Victoria McLane	Brookhaven National Laboratory / Upton, NY (USA)
Dennis P. McNabb	Lawrence Livermore National Laboratory / Livermore, CA (USA)
Richard D. McKnight	Argonne National Laboratory / Argonne, IL (USA)
Russell D. Mosteller	Los Alamos National Laboratory / Los Alamos, NM (USA)
Said F. Mughabghab	Brookhaven National Laboratory / Upton, NY (USA)
Ali Nouri	OECD Nuclear Energy Agency Data / Issy-les-Moulineaux (France)
Pavel Oblozinsky	Brookhaven National Laboratory / Upton, NY (USA)
Sol Pearlstein	Brookhaven National Laboratory / Upton, NY (USA)
Robert W. Schaefer	Argonne National Laboratory / Argonne, IL (USA)
Donald L. Smith	Argonne National Laboratory / Coronado, CA (USA)
Andrej Trkov	International Atomic Energy Agency (IAEA) / Vienna (Austria)
Jy-An J. Wang	Oak Ridge National Laboratory / Oak Ridge, TN (USA)
Morgan C. White	Los Alamos National Laboratory / Los Alamos, NM (USA)
James P. Weinman	KAPL Inc. / Schenectady, NY (USA)
Charles A. Wemple	Idaho National Engineering & Environmental Laboratory / Idaho Falls, ID (USA)

CSEWG Annual Meeting Tentative Agenda

DATE: Tuesday, November 5, 2002

- | | | |
|-------------|--|-----------------|
| 08:30-08:45 | Opening Session | P. Oblozinsky |
| 08:45-11:30 | Measurement and Basic Science Committee | D. Smith, Chair |
| 1. | Report on the Dresden Fast Neutron Workshop | Ed Cheng |
| 2. | Laboratory Experimental Reports | All |
| | RPI | Yaron Danon |
| | ANL | Filip Kondev |
| | LANL | Bob Haight |
| | NIST | Allan Carlson |
| 3. | Reminder: CSEWG Wwwsite Exists for U.S. Experimental Resources | Don Smith |
| 4. | Experimental Data Needed for Evaluations – Available Wwwsite | Don Smith |
| | INEEL Request | Chuck Wemple |
| 5. | Report on Experimental Standards Measurements World-wide | Allan Carlson |
| 6. | Technical Presentation on Large Errors and Confidence Intervals | Don Smith |
| 7. | ND-2004 International Conference in Santa Fe | Bob Haight |
| 8. | WPEC-2003 Evaluation Cooperation Annual Meeting in Coronado | Don Smith |
| 9. | Future plans for experimental nuclear data measurements at INEEL | Chuck Wemple |
| 10. | Announcement of a workshop on neutron activation cross sections to be held at Geel on 13-14 January 2003. This workshop is being convened under the auspices of the WPEC Subgroup 19 activity on neutron activation cross sections | Don Smith |

11:30-13:00 LUNCH

- | | | |
|-------------|--|--------------------|
| 13:00-17:00 | Evaluation Committee | M. Chadwick, Chair |
| 1. | LANL Evaluations for U, Pu isotopes, Pb-208, and light-nucleus reactions | M. Chadwick |
| 2. | High energy LA150 actinide evaluations for ²³⁹ Pu and ²³⁸ U | P. Talou |
| 3. | ORNL Evaluation work for ²³⁵ U unres., ²³⁸ U res. and unresolved, F-19, Cl-35,37 | L. Leal |
| 4. | BNL Evaluation Activities | P. Oblozinsky |
| 5. | LLNL Evaluation Activities | D. McNabb |
| 6. | Status report on the (International) Standards Evaluations | A. Carlson |
| 7. | Status of the U ²³⁸ problem studied by C. Lubitz, A. Courcelle, et al. | Y.A. Chao |
| 8. | Systematic Re-evaluation of Neutron Resonance Parameters | S. Mughabghbab |
| 9. | Photonuclear data evaluations | R. MacFarlane |
| 10. | ENDF/B-VII discussion | All |

DATE: Wednesday, November 6, 2002

- | | | |
|-------------|--------------------------------|------------------|
| 08:30-11:30 | Formats & Processing Committee | M. Greene, Chair |
| 1. | Introduction | M. Greene |

- | | |
|---|---------------|
| 2. Formats Manual | V. McLane |
| 3. Utility Codes | C. Dunford |
| 4. Processing Codes | |
| LANL | R. MacFarlane |
| ANL | R. McKnight |
| LLNL | D. McNabb |
| ORNL | M. Dunn |
| Others | All |
| 5. Format Proposals | |
| a) General Remarks on ENDF-7 | M. Greene |
| b) Change to Increase the Number of Digits for MAT and MT | R. MacFarlane |
| | V. McLane |
| c) Changes Necessary to Treat Stable Isotopes | A. Nouri |
| d) Flag for Evaluation Completeness | V. McLane |
| e) Energy Dependent Delayed Neutron Time Constant Data | R. MacFarlane |
| | B. Wilson |
| f) Generalized Reich-Moors Format | N. Larson |
| g) Format for Resolved Resonance Covariance Data | N. Larson |
| h) WPEC Formats Needs | A. Trkov |
| i) Size Limits in Present Files | All |
| j) Other | All |

11:30-13:00 LUNCH

- | | |
|---|--------------------|
| 13:00-16:00 Data Validation Committee | R. McKnight, Chair |
| 1. Introduction | R. McKnight |
| 2. Status of ICSBEP Activity | B. Briggs |
| 3. Analysis of ZPR-6 Assembly 10, the Pu/C/SST Benchmark Assembly | R. Schaefer |
| | R. McKnight |
| 4. Analysis of Tungsten-bearing Assemblies of ZPR-9 | R. Schaefer |
| | R. McKnight |
| 5. Analysis of the 3rd Zeus Experiment, Including Comparison with Results for the First 2 Experiments | R. Mosteller |
| 6. Preliminary Results with the ENDF66 Library for MCNP (Based on ENDF/B-VI.6) | R. Mosteller |
| 7. Monte Carlo Eigenvalue Comparisons of ENDF/B, JEFF and JENDL Cross Sections Using Selected ICSBEP Benchmarks | |
| | A. Kahler |
| 8. Benchmark Testing for 235U and 238U of JENDL 3.3 | J. Weinman |
| 9. Status of the NEA WPEC Subgroup 22 on 238U | C. Lubitz |
| 10. Additional Data Testing Results with ENDF/B-VI | |
| 11. Discussion of Data Testing Plans for ENDF/B-VII | |

DATE: Thursday, November 7, 2002

- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| 08:30-12:00 Closing Session | P. Oblozinsky, Chair |
| 1. ENDF/B-VII Planning | All |
| 2. Next Meeting | All |
| 3. Other Business | All |