

話 題 (Ⅲ)

FENDLのための評価と積分テストに関する IAEA 諮問グループ会合

日本原子力研究所
大山 幸夫

IAEAの主催による核融合炉設計用標準核データライブラリー (Fusion Evaluated Nuclear Data Library, FENDL)に関する標記諮問グループ会議 (IAEA Advisory Group Meeting on "Improved Evaluations and Integral Data Testing for FENDL")が1994年9月12日から5日間ドイツのミュンヘンの郊外にあるマックスプランク・プラズマ物理研究所 (IPP)で開催された。本会議は昨年(1993年)11月に日本原子力研究所・東海研で行われた同名の会議に引き続いてIAEAの核データセクション (NDS)がITERのガルヒンク (Garching)共同設計チームとの共催、マックスプランク研究所にあるEUのNETチームの後援で開催されたものである。諮問会議の役割は国際共同核融合実験炉であるITERの設計のための標準核データライブラリーとして各国のライブラリーから核種毎に良いものを選び出し、FENDLとして整備するための方向付けをすることである。このために、すでにFENDL/E-1.0としてENDF/B-VIを中心に、JENDL-3.1、EFF-1等から1次ライブラリーが選出されている。FENDL/E-1.0は、IAEA/NDSの取りまとめによって、最終的に修正・改良の必要な評価データを置き換えて、FENDL/E-2.0として1996年末に完成する予定で進められてきた。

今回の会議の出席者は11ヶ国33名で、内訳は米国9名、ドイツ2名、イタリア3名、オランダ2名、ロシア3名、NET、スイス、英国、ブルガリア、オーストリア各1名、そしてIAEA 2名、ITER 3名で、日本からは大山他3名が参加した。会議は4つの諮問グループ：1) FENDLの核データ評価、2) 積分テスト、3) ライブラリー処理及び4) 放射化断面積ライブラリーから構成され、各参加者の活動報告を2日、各ワーキンググループの討議を2日そしてサマリー作成1日の日程で進められた。

各報告では、ITERチームから共同設計チーム (JCT)のY.Goharが核データへの要求をまとめ、引き続いて各国の核データ評価の現状、ライブラリー処理の現状、ベンチマーク計算の結果、放射化断面積ライブラリーへの要求と積分テスト結果等が行われた。特にY.Goharからは、ITER/JCTの立場からFENDL-1.0の積分テストによる検証が遅れていることに対する不満が述べられ、1995年の中ごろに予定されているITERの中

間設計に検証済みファイルとして ITER チームが使用できなければ意味がないこと、従って FENDL-2.0 を ITER/JCT は除外するものではないが、FENDL-1.0 の完成が最優先であることが強調された。これは、MacFarlane が担当している FENDL/E-1.0 からの多群及び連続輸送断面積ライブラリーへの処理が ITER タスクとしてクレジットされたものであるにもかかわらず、その完成が遅れたことに対する非難が含まれたものであった。

引き続いて主目的であるワーキンググループの討議に移ったが、これがなかなか大変であった。以下各グループでの討議結果をまとめる。

(Working Group 1) ITER 設計のための FENDL/E-2.0 へ向けての評価

1. FENDL/E-1.0 の問題

A. Ba については¹³⁸Ba だけでよく、天然 Ba は輸送問題には必要ないと考える。

B. BROND-2 の ²H(n,2n) 反応は、MCNP では使えない。従って、ENDF/B-VI を FENDL/MC には採用する。

C. WG-1 は FENDL/E-1.0 に³He、⁴He を ENDF/B-VI から付け加えるが、⁸⁹Y は除くことを決議する。

2. FENDL/E-2.0 に新しく付け加える核種はあるか。1994 年 11 月 10 日までに E.T. Cheng が中心となって調べる。

3. 1993 年の東海会議で決まったように、FENDL/E-2.0 の候補の評価データを提出する者は、1995 年 2 月 28 日までに比較図表とともに R. MacFarlane に送ること。

4. Ganesan が IAEA を退職した後の FENDL 活動の監督について、WG-1 は ITER 参加国の中から運営委員会メンバーを 6 人以内選ぶことを勧告する。

5. 長期的活動に関して、FENDL/E-2.0 には以下の問題点があると認識している。

A. 共分散データの不足

B. エネルギー角度相関データが全ての核種については揃っていない。例えば、軽核はない。

C. 構造材の (n,α) 反応に関する IAEA/CRP および NEANSC の活動が FENDL-2.0 とタイミングが合わない。

D. アクチナイド核種の断面積がプラズマ診断等に必要であろう。

E. 低エネルギー領域での問題

keV 捕獲反応からの KERMA の取り扱いの改善、keV 領域での捕獲ガンマ線スペクトルの改善、レベル間隔データの改善が必要。

F. 修正に関する問題として、データテストの結果、問題のあることが明らかになったデータファイルについて欠陥がどこにあるかを示すメカニズムが必要である。

G. 長期的ファイルの保守 —— 保守と修正を行う機構を確立すべきである。

(Workin Group 2) FENDL 検証のための中性子工学についての実験と計算ベンチマーク

1. IAEA の実験ベンチマーク・データベースの現状

A. IAEA に提出されたベンチマークデータ

1993 年の東海会議であげられたほとんどのデータは IAEA のオンラインシステム上に [FENDL.BENCHMARKS] の directory にある。データはフロッピーデスクでも供給できる。

B. 未提出のデータ

中国、ORNL からの候補は未受理である。ORNL で作られている SINBAD データベースに収納中の遮蔽・ストリーミングベンチマークデータはデータベースが完成次第提出される。

C. 新たな候補

イタリア・フラスカチの FNG で CEA と ENEA が共同で行ったステンレス中のガンマ発熱実験、ロシアのクルチャトフから増倍材の範疇として Be、Pb、Bi 球からの漏洩中性子実験、バルク遮蔽・ストリーミングとして Fe 平板中の反応率・ガンマ発熱実験データが候補とあがっている。V に関するベンチマークが必要で、そのための積分実験を推奨する。

2. FENDL/MG-1.0 と FENDL/MC-1.0 のテストの初期条件

初期テストによってファイルの完全性が証明されると期待される。参加者による第 1 段階の結果は 1994 年末までに送る。それらをまとめて ITER にその初期的結果を報告する。この初期的段階の成功が FENDL/E-1.0 が核融合中性子工学の解析における最善の道具として FENDL グループのお墨付きをもつという信頼を ITER にもたらず。

3. FENDL へのフィードバックのメカニズム

テストへの参加者は、この数カ月の間にデータテストの結果を KfK の Fischer のもとへ送り、次ぎのバージョンへの改善指針とともに 1995 年 2 月 28 日までに提出する。テスト結果をレビューする会議を 1995 年の春に開くことを希望する。

4. 感度／不確定解析

これらは重要である。測定値の断面積に対する感度係数を計算し、C/E の情報から傾向分析をする。この結果は、次ぎの FENDL 会議までに FENDL の改善の指針として利用可能である。更に、バルク遮蔽計算の安全係数を C/E の傾向から導く。

5. 計算ベンチマーク

1994 年 10 月末までに ITER 計算ベンチマークの候補について詳細を計算すべきレス

ポンスとともに提出する。参加者から結果を集めて次ぎの FENDL 会議に結果を報告する。計算ベンチマークの結果は NDS のオンラインシステムのデータベースに加えらる。

6. 自己遮蔽補正法の効果

鉄球体系の中性子・ガンマ線漏洩スペクトルについて自己遮蔽計算法の効果を調べる。結果は 1995 年 2 月の末までに U. Fischer に送る。

(Workin Group 3) ITER 設計のための FENDL ライブラリー作成とインターフェイス

1. ドジメトリー

IRDF データに基づき、640 群の多群で与える。連続形式のファイルではオリジナルデータが (ENDF/B - VI のように) ポイントで与えられねばならない。

2. ガス生成

ITER の要請に基づいて、ガス生成データを加えるよう勧告された。これは一般目的ファイルの材料データに加える。R. MacFarlane は¹H、²H、³H、³He、⁴He の 5 核種を FENDL/E に加えて FENDL/E-1.1 として NDS に渡す。

3. 中性子損傷データ

dpa については損傷エネルギー断面積 (関数) を与え、dpa の計算はユーザーに委ねる。

4. 発熱データ

KERMA 係数を短寿命 ($T_{1/2} < 1 \text{ day}$) のベータ放射性核種を含めるよう変更する。このエネルギーは局所的に付与されるとして中性子 KERMA に加えられる。ガンマについては、ガンマ生成マトリックスを修正することで考慮する。これはガンマについては輸送問題を含むことを許す。これらの変更は TRANSX の入力に入れるようにする。崩壊データを含むものと含まないものの 2 種類のファイルを与える。このためには FENDL 以外のデータが必要である。KERMA は、運動学的手法の計算も可能であるけれども、多群に対してはエネルギーバランス法で作る。

5. 高次散乱次数

ITER/JCT はガンマ線の輸送に強い非等方性を考慮するため P-8 まで拡張することを主張した。中性子については P-6 以上をゼロとする。

6. 高温の要求

300 °C以外の強い要求はない。

7. 熱領域の upscatter

熱領域の upscatter の要求はないが、群数はもっと必要。

8. FENDL-2 の計画

許可申請等のために 1997 年に使えるようにするには FENDL-2 はできるだけ早くはじめるべきであった。ITER/JCT の意見は FENDL-2 は歓迎するが、優先すべきは FENDL-1 を使用可能にすることである。1995 年の中ごろに ITER 中間設計を出すためにすぐにでも FENDL-1 は必要である。

9. 他の形式

AMPX 形式を使いたいユーザーがおり、AMPX と MATX 間のチェックの必要性があげられた。ORNL と ENEA/Bologna が評価することに同意した。AMPX 形式は FENDL/MG に添え字 "a" をつけて区別される。

(Working Group 4) 放射化断面積ライブラリー

1. 重要反応のリスト

ECN/Petten から提案された 386 反応が採択された。

2. レビューキットへの要求

評価値の選択を行う選別パネルのためのレビューキットを用意する。このレビューキットは、重要反応と残りの基本ライブラリーとに分けて行う。キットは以下のものを含む。

- A. FENDL-A 形式及び VITAMIN-J 形式の評価値と推奨理由
- B. JAERI と UCLA の共同ベンチマーク実験での比較からの推奨理由

3. レビュープロセスとスケジュール

VITAMIN-J 形式の評価値を JAERI に供給し、JAERI は JAERI/UCLA ベンチマーク実験の比較図を作成し、選別パネルに送る。選別パネルは、レビュー結果を配布し次の WG 会議で議論する。

4. 放射化コード

ITER 設計に関する FENDL-A1.1 を用いた計算ベンチマークが提案された。

5. 一般目的ファイルとの整合性

放射化断面積ファイルは一般目的ファイルとソースは異なるというポリシーは続ける。

6. リーダーシップと選別パネルのメンバー

中国、EU、日本、ロシア、米国から各2名を選出する。

7. 崩壊データファイル

2800以上の核種を含むFENDL崩壊データライブラリーがMannによってENDF/B-VI形式で作成された。これは標準的なものでなく、各国の持つインベントリーコードの入力形式との整合性を調べるグループを組織する。

以上が各ワーキンググループでの議論のまとめである。会議の主目的であるワーキンググループ討議では、今回非常に多かった米国参加者が予算獲得のためにITER/JCTに直訴するような議論に振り回されて、いささか消耗する場面が多かったのは残念であるが、筆者が議長を務めた積分テスト等は、比較的日本の寄与が多いため、そのような議論に巻き込まれずに済んだのは幸いであった。今回の諮問会議の主眼は、前回の東海会議ですでに議論された通り、FENDL/E-1のライブラリー作成と積分テストであり、この対応のためにシグマ委員会の核融合ニュートロニクス積分テストWGでJENDL-3.2の積分テストにあわせてFENDLの積分テストを実施してきた。この紙面を借りてご協力頂いた皆様には感謝をします。

会議の途中でIPPのプラズマ実験の短いレクチャーとトカマク実験装置のASDEX-Upgradeとヘリカル装置のW-VII-ASの二つの大型装置の見学があった。また、研究所のカフェテリアでビュッフェスタイルのレセプションが開かれた。このようにもてなしは質素なものであったが、見学とレセプションともドイツらしい律儀な実質主義のものでそれなりに好印象であった。レセプションでは、日本から出向しているITERチームの面々も出てきて苦労話を伺うことができた。最後の出発日には、荷物を空港に預けミュンヘン市内観光を楽しむ時間があった。産業博物館の本物志向の迫力に圧倒された後、丁度開かれていたビール祭りの会場を訪ね小1時間祭り気分を楽しみミュンヘンを後にした。