

第3回核融合炉核データ専門家会議

日本原子力研究所

大山 幸夫

oyama@fnshp.tokai.jaeri.go.jp

平成7年11月29、30日の両日にわたって、原研・東海研究所において核融合炉核データ専門家会議が開催された。会議の目的は、核融合炉核設計のための核データ整備を進めるために、核データの評価研究者、核融合核設計研究者そして両者をつなぐ中性子工学実験の研究者が集まって問題点の認識と対応を議論することである。

本会議は約5年毎に開催され、今回が第3回目にあたる。第1回の会議は1984年に開催され、その当時はFNSとOKTAVIANが完成し、積分実験データが量産しはじめた頃であった。同時に、JENDLの活動においてもJENDL-3PR1、3PR2等の評価が核融合炉用のファイルとしてようやく始められていた。第2回の会議は1990年で、この時には、FNSでは日米協力実験が行なわれており、大学ではDDXデータが集積された時期で、シグマ委員会では初めて核融合炉への応用にも対応したファイルとしてJENDL-3.1を完成させた。ベンチマーク実験による積分テストの活動も、この時期にはMCNPを中心とした連続モンテカルロ計算が解析の中心となり、より断面積に直接的な実験比較ができるようになった。この第2回の会議では以下のような問題点が指摘された。

- 1) ガンマ線データの改善
- 2) File6形式のFusion Fileの必要性
- 3) File6形式のファイルの処理コードの必要性
- 4) 感度解析の必要性
- 5) 高エネルギーデータの必要性

第2回の会議以後、ガンマ線データについてはOKTAVIANの二次ガンマ線積分実験の外にFNSでも平板積分実験でのガンマ線測定が行なわれ、また、中性子・ガンマ線の全核発熱では直接測定法による新しいデータが得られた。さらに、ITER/EDAのR&Dの一環としてFNSでは遮蔽積分実験が行なわれ、同時にIAEAの下でITER核設計用の国際標準核データファイルとして、FENDL計画が始まり、その第一次ファイルに選ばれた評価データ(FENDL-1)のベンチマーク実験による積分テストの本格的な国際的活動が、1993年に東海で行なわれたIAEA諮問グループ会合から開始された。また、FENDL-1の改良版として、FENDL-2の編集作業が平成7年に始まり、このフ

ファイルに JENDL からは先の会議で要請のあった JENDL Fusion File が候補として出された。一方、この JENDL Fusion File と合わせて JENDL-3.1 の改訂版として 3.2 が一昨年に公開され、シグマ委員会の核融合ニュートロニクス積分テストWGにおいてその積分テストを実施してきた。

以上のような背景の下に、前回から 5 年経過したことから JENDL-3.2 や FENDL の活動状況等を考慮して、核融合の核データの現状を総合的に検討するよい時期であると考え、第 3 回目を開催した訳である。

会議には原研所外から 14 名、所内から 26 名合わせて 40 名と前回とほぼ同規模の人数が集まった。会議のプログラムは表 1 に示す。会議は核融合炉核設計のセッションから始まったが、ITER の設計 (真木、佐藤) と FNS で行なっている R&D 遮蔽実験 (池田) 及び DEMO 炉研究 (関) の講演からは、前回までの増殖ブランケット問題とは異なり、核融合炉の設計研究が遮蔽を含む放射化物の安全性問題が最重要項目になっていて、正に装置を作ろうとしているときの問題に対処せざるを得ない状況になったと言う印象であった。

核データ評価とライブラリーのセッションでは JENDL-3.2 について軽核では実験値ベースの評価をしたのと Fusion File として file6 を Be 等には適用したことなどが上げられ、ガンマ線についても 3.1 で指摘されたエネルギーバランスを考慮するなどの改善が示された (柴田)。また、中重核では DDX 実験との比較を重視し、Fusion File では、さらに W、Pb についての積分テスト結果を下に修正を行なったことが報告された (千葉)。ライブラリーでは MCNP 用のライブラリーが file6 から処理できるようになったことが報告された (小迫)。また、輸送計算コードの現状では原研で開発された連続モンテカルロコード MVP の計算の高速化を進めており (森)、前回に比べこの分野でも大きく進歩しつつあることがわかった。

積分テストのセッションでは、まず FNS の平板 TOF 漏洩スペクトルと体系内反応率の積分実験についてテスト結果が報告され、特に JENDL Fusion File がかなり実験をよく再現することを示した (大山)。一方、より角度積分的な実験である球体系について、オブニスクやカールスルーエの実験を含めた OKTAVIAN のテスト結果では、Be で平板実験と異なった傾向が得られたこと以外は同様の傾向を示した (市原)。二次ガンマ線では OKTAVIAN の球体系からの漏洩ガンマ線と FNS 平板体系内でのガンマ線測定データでテストが行なわれ JENDL-3.2 から JENDL Fusion File でエネルギーバランスの見直しがあったために、ほぼ満足すべき結果が得られた (前川)。続いて、工学的応用として、ITER のバルク遮蔽実験への適用結果の報告があったが (今野)、多群断面積を使用した Sn コードでの計算で多群の処理コードによって結果に差があり、自己遮蔽の取り扱いや熱群の処理等をよく吟味する必要があるとの議論があった。さらに MCNP と多群 (VITAMIN-J) の比較を FNS の平板実験で比較した報告があり (林)、

ここでも熱群を2群にした VITAMIN-J の構造ではアップスキャッターが無いため熱中性子束の結果がゆがむという結果が示された。

放射化断面積のセッションでは JENDL/Activation File の現状が報告され(中島)、1995年12月には公開予定であるとのことであった。いくつかの反応については JENDL-3.2 から変更され積分テストの結果もほぼよかったが、次のステップとして不安定核の評価が必要であるとされた。積分テストでは REAC や FENDL/A-1 との比較が行なわれ、JENDL/ACT ファイルが FENDL より良かったと報告された(池田)。

PKA、KERMA データのセッションでは、PKA スペクトルの計算が進み 1996 年には公開されるであろうとのことであった。ESPERANT コードによる中重核の計算は JENDL Fusion File を用いて行ない、軽核ではモンテカルロコードで輸送断面積と同時評価されている(深堀)。中性子の KERMA データの唯一の実験である核発熱直接測定実験による検証の現状紹介が行なわれ(池田)、JENDL-3.1 では誤差内で一致したが JENDL-3.2 ではエネルギーバランス法で作成した核発熱定数は 10 MeV 以上で過小となってしまう、PKA ファイルから計算された定数が早急に望まれるとのことであった。

総括討論では中性子・ガンマ線・放射化についてまとめがあり、一般目的ファイルについては図1のような点数評価が行なわれ JENDL Fusion File がかなり総合的によいことが示された。

また、今後の方向についてのコメント発表として(1)核設計・場の評価・強力中性子源を柱にした「中性子工学」の学問分野の確立を目指すべきであるという一般的な中性子工学の立場を明確にした上で、会議で問題となった実験値の再測定を計画すべきであること、核発熱のベンチマークテストはこれからであり、感度解析も方法論の議論が必要であるとの主張(高橋)。(2) DEMO 炉に向けて新材料のデータ、安全性のための多段・連続反応放射化等のデータの必要性(関)。(3) JT-60U 計画に関連して低放射化材や DD 中性子による放射化・遮蔽のデータの必要性(宮)。(4) 一般的な核設計の立場から安全係数評価のための誤差ファイル、不安定核種のデータ等の必要性(真木)が述べられた。さらに、感度解析について第1回会議から言われていて誰もやらないのは問題である。定式化はすぐにできなくても、定性的なことから始めるべきであり、そのようなWGを作るべきだという意見も出された(神田)。

最後に菊池氏がまとめとして、3者の方向が一致し良くかみ合った議論ができたこと、核データ・ライブラリー・計算コードとも良く整備されたこと、FENDL-2 に JENDL Fusion File は有力候補として推せる等を上げ、今後の課題として

- 1) JENDL Fusion File の最終版公開
- 2) JENDL 放射化断面積ファイルの公開
- 3) JENDL-3.2 のアップデートの早期実現
- 4) 誤差ファイルの検討

5) FNS/OKTAVIAN での実験の見直し検討が必要

6) 感度解析をどう進めるか、WGの設置?

7) 多群処理コードの問題

の7項目を確認して閉会した。

会議の全体的な印象としては、前回会議での課題のうち感度解析を除いてほぼ達成されたことは大きな進歩であると思う。また、感度解析が強調されたのは逆に、評価・計算ともに誤差の問題を議論するまで一致がよくなったとも言えるのではないだろうか。最後に準備でいろいろ貴重な時間を割いていただいた幹事(柴田、千葉、森、前川、真木、山野)の各氏及び会議の運営に協力と発表をしていただいた座長と講師の方々に感謝するとともに、活発な御討論をしていただいた参加者の皆様にもあらためてお礼申し上げます。

表1 第3回核融合炉核データ専門家会議プログラム

11月29日(水)

0-1 開会挨拶	村尾 良夫(原研)
0-2 会議の趣旨説明	大山 幸夫(原研)
Session 1: 核融合炉設計	座長: 前川 洋(原研)
1-1 ITER 核設計のレビュー	真木 紘一(日立)
1-2 ITER 核設計のトピックス	佐藤 聡(原研)
1-3 ITER/EDA の R&D タスク	池田裕二郎(原研)
1-4 核融合 DEMO 炉研究のレビュー	関 泰(原研)
Session 2: 核データの評価とライブラリー	座長: 神田 幸則(九大)
2-1 軽核とガンマ線生成データ	柴田 恵一(原研)
2-2 中重核	千葉 敏(原研)
2-3 ライブラリーの現状(連続・多群)	小迫 和明(住友原子力)
2-4 輸送計算コードの現状	森 貴正(原研)
Session 3: 中性子・ガンマ線断面積の積分テスト — クリーンベンチマーク実験 —	座長: 馬場 護(東北大)
3-1 FNS 平板実験による核データテスト	大山 幸夫(原研)

- 3-2 OKTAVIAN 球実験による核データベンチマーク 市原 千博(京大炉)
 3-3 積分実験による二次ガンマ線核データテスト 前川 藤夫(原研)

懇親会(阿漕が浦クラブ)

11月30日(木)

Session 4: 中性子・ガンマ線断面積の積分テスト 座長: 菊池 康之(原研)
 — 工学的適用性 —

- 4-1 FNS における ITER バルク遮蔽実験 今野 力(原研)
 4-2 多群断面積ライブラリーの適用性評価 林 克己(日立エンジ)

Session 5: 放射化断面積ファイル 座長: 浅見 哲夫(データ工学)
 5-1 JENDL 放射化断面積評価 中島 豊(原研)
 5-2 積分テスト 池田裕二郎(原研)

Session 6: PKA、KERMA データ 座長: 山野 直樹(住友原子力)
 6-1 JENDL Fusion File からの PKA/KERMA File 深堀 智生(原研)
 作成の現状
 6-2 核発熱実験によるデータテスト 池田裕二郎(原研)

Session 7: 総括と討論 座長: 高橋 亮人(阪大)
 7-1 総合評価(現状・採点、FENDL-2 への推薦)
 a) 中性子データ 大山 幸夫(原研)
 b) 二次ガンマ線データ 前川 藤夫(原研)
 c) 放射化断面積 池田裕二郎(原研)
 7-2 今後の課題(討論)
 a) コメント1(中性子工学から) 高橋 亮人(阪大)
 b) コメント2(DEMO 炉と安全性から) 関 泰(原研)
 c) コメント3(ITER と JT60-SU から)

宮 直之(原研)、真木 紘一(日立)

討論・コメント

閉会挨拶 菊池 康之(原研)

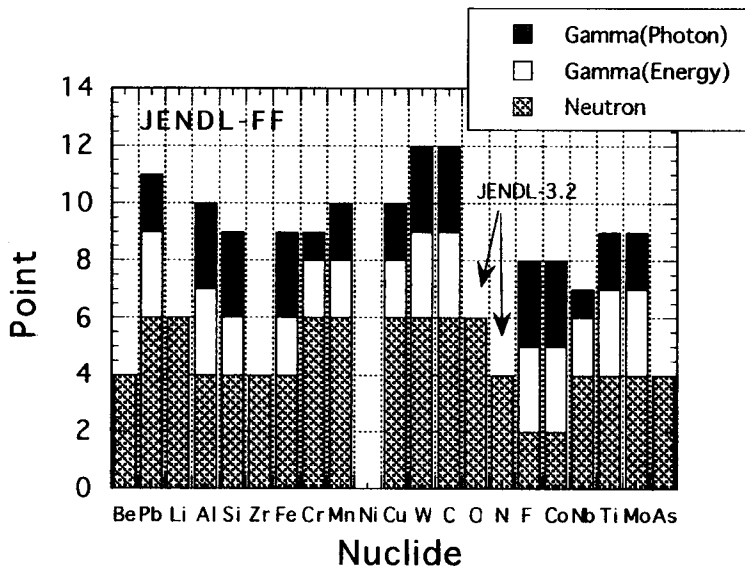
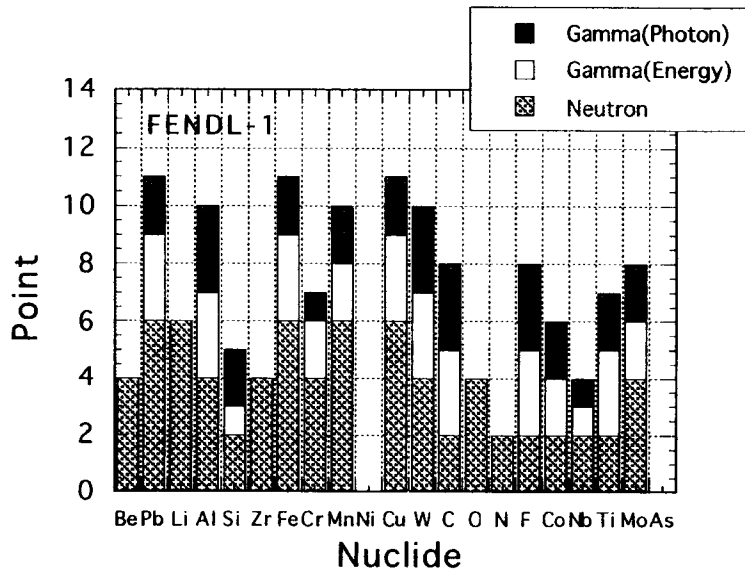


図1 JENDL-Fusion File と FENDL-1 との総合比較。点数の高い方が実験との一致がよい。満点は12点でガンマ線についてはガンマ線束積分とエネルギー積分とで比較している。