

シグマ委員会・炉定数専門部会
リアクター積分テストWG議事録

日 時： 2007年3月5日（月） 13:30-17:30

場 所： 三菱重工業(株)、横浜ビル 33階 3305会議室

出席者：北田孝典（阪大）、山本徹（JNES）、小坂進矢（テプコシステムズ）、藤原大資（同、オブザーバ）、田原義壽（エンジニアリング開発）、安部晋司（同、オブザーバ）、山本宗也（GNF）、石井一弥（日立）、瑞慶覧篤（ナイス）、千葉豪、佐々敏信（辻本氏代理）、三好慶典、秋江拓志、久語輝彦（岡嶋氏代理）、奥村啓介、岩本修（オブザーバ）、石川眞（以上、JAEA）（順不同、敬称略）

配付資料：

RIT-06-1：前回（06. 3/15）議事録（石川）

RIT-06-2：3大汎用ライブラリ等の軽水炉 UO_2 及び MOX 炉心臨界試験解析への適用（山本徹）

RIT-06-3：SRAC2006 の JAEA レポート（抜粋）（奥村）

RIT-06-4：JAEA のコンピュータプログラム等管理規程（奥村）

RIT-06-5：高速炉核特性に対する核データファイルベンチマークテスト（千葉）

RIT-06-6：WPEC Subgroup Proposal（岩本）

RIT-06-7：MISTRAL 炉心 1 と炉心 2 における JENDL-3.2 と JENDL-3.3 の違いについて～感度解析による、原因核種・反応・エネルギー範囲の解明～（北田）

RIT-06-8：感度係数を用いたライブラリ間の差異の影響評価について（北田）

RIT-06-9：FCA の積分テスト（久語）

議 事：

1. 前回議事録の確認

石川委員から、資料 06-01 を用いて前回（06.3/15）の議事録確認及びアクションリストの対応状況整理が行われた。

<アクション 05-1> MISTRAL 実験の炉心 1（ケース No.5）と炉心 2（No.12）等について、JAEA 東海が 3. の解析システムを用いて感度係数をなるべく早期に算出し、JNES がその結果を用いてライブラリ効果を評価することを検討する。また、JNES（又は、JAEA 東海）は、感度係数を利用して、MISTRAL 試験等の体系（燃料組成等）の誤差が臨界性に与える影響を評価する。 → 奥村氏が、他の業務との関連で作業を行っているが、本日は報告無し。

<アクション 05-2> JNES は、今回報告した炉心の一部に対して、ENDF/B-VII β 1.2 を適用し評価することを検討する。 → 本日、山本徹氏が報告する。

<アクション 05-3> 実験体系の誤差（とくに燃料組成、炉心寸法に起因する誤差）を定量的に評価することを検討する。 → 小坂氏から、正確な誤差データが入手できなかったが実機燃料等のスペックから推測される実験体系の反応度に関する不確かさは濃縮度によるもので $0.1\% \Delta k$ 前後のバイアスではないかということと、臨界水位の測定誤差（再現性）に関しては $0.01\% dk$ オーダーと無視できると、口頭で報告があった。

<アクション 05-4> 2wt%一様ウラン濃縮度のケース①と②は、ボイド率が 0%と 40%で違うだけで他の条件は同じなのに、 k_{eff} のライブラリ依存性が異なる。この原因を探るために、均質組成と体系情報を阪大に提供して、感度解析を行うことができないか検討する。 → 本日、北田氏から報告する。

<アクション 05-5> U-238 捕獲断面積のエネルギー依存ライブラリ間比較の図について、MVP による統計誤差をプロットした改訂図を、ML を通じて、WG メンバーに後ほど配布する。 → 前回の会議直後に、藤原氏が対応済み。

<アクション 05-6> ENDF/B-VII β 1.2 による高浜 3 号炉の照射後試験解析において、 C_m 組成や燃焼反応度損失について、他の核データを使用した場合と異なる結果が得られた原因を調べるために、JAEA 大洗が高速炉用に開発した燃焼感度解析システム PSAGEP が適用できないか検討する。（この作業は、当 WG ではなく、核種生成量評価 WG の活動の一環として行うこととした。） → 奥村氏から、内部検討を開始したが、かなりの困難が予想されると報告があった。

<アクション 05-7> 当初、予定されていた XVI-1 炉心などについても、解析を行う。 → 本日、久語氏が報告する。

<アクション 05-8> 本日報告されたライブラリ効果について、感度解析により分析を行う。 → まだ完了していない。

<アクション 05-9> 今回の評価・分析結果から、核データ評価側にどのようなコメントまたは改善提案ができるのかを、今後検討する。 → 本日、千葉氏が報告する。

2. JENS におけるライブラリベンチマーク解析

山本徹委員から、資料 06-2 を用いて、JNES が前回報告した軽水炉 UO₂ 及び MOX 炉心臨界実験解析以後の進捗が報告された。今回追加となったのは、UO₂ の燃焼効果測定のための REBUS 試験（2000～06）の燃焼燃料（GUN/MOX 燃料、61GWD/t）の照射後試験解析、高燃焼度 BWR MOX 炉心のための FUBILA 試験（2005～06）の 9×9Gd 燃料炉心（40%、70%ボイド）である。GUN/MOX 燃料の JENDL-3.2 による MVP 臨界性解析結果は、以前の BR3/MOX 炉心と有意な差はみられなかった。また FUBILA 試験解析では、一見ボイド率増大につれて、 k_{eff} が大きく増加する傾向が JENDL-3.3、JEFF-3.1、ENDF/B-VI.8 とも共通して見られたが、山本徹委員の見解では、これはボイドの影響ではなく、臨界性を保つために増加したドライバ 7%MOX 燃料本数の影響ではないかとのことであった。

<アクション 1> JNES がこれまで系統的に解析を行ってきた PWR30%MOX 炉心のための EPICURE 試験、高減速フル MOX 炉心（一様、PWR 模擬）のための MISTRAL 試験、高減速フル MOX 炉心（BWR 模擬）のための BASALA 試験、

UO₂の燃焼効果測定のための REBUS 試験、高燃焼度 BWR MOX 炉心のための FUBILA 試験の中から、特徴的なものを選定し、昨年 12 月に公開された ENDF/B-VII.0 で MVP 解析を行うい、JENDL3.3 等との比較を行う。(追記：本 WG 後の調整で、FUBILA、REBUS 炉心の解析は JNES が行い、MISTRAL、BASALA 試験については JAEA 奥村氏が解析することとなった。)

3. MISTRAL 炉心 1 と炉心 2 の感度解析による分析

北田委員から、資料 06-7 を用いて、MISTRAL の炉心 1 (U-235、3.7wt%) と炉心 2 (MOX、7.0wt%Pu-total) の感度解析を SAINT-II コードを用いて行った結果が報告された。JENDL-3.3 は、炉心 1 において k_{∞} を 0.6% Δk だけ JENDL-3.2 より小さく評価するが、その原因は、ほとんどが U-235 捕獲断面積のためであることが分かった。エネルギー領域で見ると、数十 eV から数 keV の範囲でこの差が生じている。一方、炉心 2 は、Pu-240 捕獲と Am-241 の捕獲の寄与が相殺して、JENDL-3.3 と 3.2 の k_{∞} には差が見られなかった。この検討から、4 月に NEA に提案する U-235 捕獲反応の過大評価の問題は、軽水炉体系でも大きな影響があることが分かった。

<アクション 2> 今回の感度解析を、ENDF/B-VII.0 および JEFF-3.1 に対しても行い、計 4 つのライブラリの差異の核種・反応・エネルギー寄与を分析する。

4. NCA 臨界実験の感度解析による分析

北田委員から、資料 06-8 を用いて、NCA のピンセル体系 (U-235、2wt%、ボイド率 0% と 40%) に対して SAINT-II を用いた感度解析結果が報告された。JENDL-3.3 に対して、JEFF-3.1 β (SRAC ライブラリの名称、06 年 6 月時点) は、0%ボイドで 1.5% Δk 過大評価、40%ボイドで 2.0% Δk 過大評価となったが、このほとんどが U-238 捕獲断面積によることが分かった。JENDL-3.3 と ENDF/B-VII.0 β (同上) の、差異及び原因も JEFF とほとんど同じであった。

<アクション 3> 今回のライブラリ間の差異は、U-238 の無限希釈断面積ではなく、共鳴による自己遮蔽の効果と考えられるので、岩本氏が、上記 3 つのライブラリの U-238 の共鳴パラメータを調査する。

<アクション 4> 今回の感度解析を、ENDF/B-VII.0 (06 年 12 月公開の最終版) に対しても行い、ライブラリの差異の核種・反応・エネルギー寄与を分析する。

5. NCA 実験解析による断面積ライブラリの比較

藤原氏から、OHP を用いて、UO₂ 及び UO₂+Gd₂O₃ を用いた東芝 NCA 臨界実験解析の追加検討結果が報告された。臨界性に関しては、ENDF/B-VII.0 が、他のライブラリと比べて圧倒的に C/E 値が良いとの結論であった。

<アクション 5> 議論の中で、熱中性子の散乱則 ($S(\alpha, \beta)$) が、ENDF/B-VII.0 では改訂されており、これが k_{eff} に約 0.1% Δk の効果があることが指摘された。従来から、日本のシグマ委員会では、 $S(\alpha, \beta)$ は評価できないとして、JENDL ライブラリには含めておらず、各ユーザーが ENDF などから自分の判断で引用

する慣例であったが、ライブラリの完全性という観点から、やはり核データの専門家が、推奨値を決めるべきであるとの結論になり、石川が評価側との調整にあたることになった。

6. SRAC 用炉定数の整備状況

奥村委員から、資料 06-3 を用いて、SRAC2006 コード (SRAC95 の次のバージョン) のための炉定数の作成状況が説明された。作成したライブラリは、JENDL-3.3、-3.2、JEFF-3.1、-3.0、JEF-2.2、ENDF/B-VII.0、-VI.8、-VI.5 である。まもなく、JAEA レポートが発行されるとのことであった。

<アクション 6> 奥村氏は、SRAC2006 及び炉定数が RIST に登録され、ユーザーが入手できるようになったら、ML で周知する。

7. JAEA のコンピュータプログラム等管理規程

奥村委員から、資料 06-4 を用いて、昨年 11 月に改正された JAEA の標記規程の紹介があった。これによれば、SRAC コードなどは、第一種指定プログラムとなり、システム計算科学センター長の管理下におかれ、機構以外のものがこれを利用しようとする場合は、同センター長に申し込むことになる。ただし、この規程と RIST のコード配布の関係について、まだ詳細が決められていないらしい。

8. FCA 実験の積分テスト

久語氏が、資料 06-9 を用いて、FCA によるライブラリベンチマーク結果の代読を行った。前回報告から追加された炉心は、FCA-XVI (金属燃料 FBR 炉心) の炉心 1 (テスト領域が Pu と濃縮ウランの混合、富化度 15%)、炉心 2 (テスト領域は Pu のみ、富化度 10%)、FCA-XVII (テスト領域は MOX のみ、富化度 13%) である。これらの 3 炉心に対して、JENDL-3.3 が ENDF/B-VII.0 などと比べてかなり keff を過小評価しているが、原因等はまだ分析できていない。

<アクション 7> 前回と今回の FCA 解析結果について、感度解析を行い、ライブラリ間の差異のメカニズムを、核種・反応・エネルギーで分析する。

9. 高速炉核特性に対するベンチマークテスト

千葉氏が、資料 06-5 を用いて、ZPPR、MOZART、BFS、ロスアラモス超小型、常陽、もんじゅなどの、大洗が整備した高速炉心実験解析データベースによる 4 つのライブラリ (JENDL-3.2、-3.3、ENDF/B-VII.0、JEFF-3.1) のベンチマークを行い、この結果から、核データ側に以下のようなコメントを行った。

① ENDF/B-VII.0 が JENDL-3.3 に比べて BFS とロスアラモスを除く高速炉心の keff を大きくする要因として U-238 弾性散乱断面積 P1 係数、Pu-239 捕獲断面積、Pu-240 捕獲断面積が挙げられる。ENDF/B-VII と JENDL-3.3 は中性子漏洩を過大に評価する傾向がある。4 つのライブラリの中では、ENDF/B-VII.0 が最も予測がよい。

- ② BFS の臨界性解析結果から、ブランケット領域の一部が SUS 反射体に置換された炉心を全ての核データファイルは C/E 値を大きく評価しており、その傾向は特に JENDL-3.3 で顕著である。
- ③ ロスアラモスの臨界性解析において、JENDL-3.3 と ENDF/B-VII との相違は主に弾性散乱断面積の P1 係数の相違に、JEFF-3.1 と ENDF/BVII との相違は数百 keV 付近の U-238 の弾性散乱断面積 P1 係数と核分裂あたりの中性子発生数の相違に起因していることが分かった。
- ④ JUPITER、MOZART 実験の非漏洩項の寄与が支配的なデータに対する感度解析の結果、JEFF-3.1 の JENDL-3.3 に対する相違は数百 keV から 10MeV のエネルギー領域の Na の非弾性散乱断面積の相違に、ENDF/B-VII の JENDL-3.3 に対する相違は 1keV から 2keV のエネルギー領域の Pu-239 の核分裂断面積の相違に主に起因していることが分かった。
- ⑤ JUPITER 実験、MOZART 実験の漏洩項の寄与も含まれるデータに対する。感度解析の結果、ENDF/B-VII とその他の漏洩項計算値の相違は主に Na の弾性散乱断面積の P1 係数の相違に起因していることが分かった。
- ⑥ BFS-2 炉心の Na ボイド反応度の解析結果において、62-3A 炉心の MOX 領域のデータでは全ての核データファイルが誤差の範囲で実験値を予測した一方、U 領域のデータでは JENDL-3.2 以外は非漏洩項が大きく評価し C/E 値が悪化した。感度解析の結果、JENDL-3.2 とその他の計算値の相違は分離共鳴領域 (2keV 以下) の U-235 の捕獲断面積の相違に起因していることが分かった。

今回の報告結果は、大洗の炉心解析 Gr が所有している高速炉実験解析データベースのうち、核データの検証に有用なものがほとんど含まれている。まもなく、詳細な分析結果を載せた JAEA レポートが発行されるので、そちらも参照していただきたい。

10. OECD/NEA に対する U-235 捕獲断面積再評価の提案

岩本氏が、資料 06-6 を用いて、現在 JAEA の基礎工学部門と次世代部門が協力して作業を行っている標記の提案内容を紹介した。この内容は、まさにリアクタ積分テスト WG が目的としているものと同じであるので、今後とも適宜、情報提供を続けていくことになった。

<アクション 8> 本 WG における阪大とテプコシステムズの報告から、今回の U-235 捕獲断面積の問題は、軽水炉にも大きな影響があることが判明したので、データを整理して、岩本氏が 4 月に NEA で報告する材料の一つとして準備することになった。

11. 今後の予定

本日のアクション結果の報告や議論については、WG のメーリングリスト上で行う。H19 年度は、シグマ委員会の予算に依存して、1~2 回の会合を持ちたいが、各機関の作業の進捗を末必要があるので、10 月頃に第 1 回を開きたい。

(以上)