

令和2年度 JENDL 委員会リアクター積分テスト WG 会合議事録

日時：令和3年2月26日（金） 13:15 ～ 17:30

場所：オンライン（Cisco WebEx）

出席者：竹生諭司（日立 GE ニュークリア・エナジー）、遠藤知弘（名古屋大学）、佐野忠史（近畿大学）、山中正朗（原子力エンジニアリング、田渕委員代理）、千葉豪（北海道大学）、東條匡志（グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン）、渡嘉敷幹郎（原子燃料工業）、吉岡研一（東芝エネルギーシステムズ）、阿萬剛史（テプコシステムズ）、石川眞（元 JAEA）、家山晃一（三菱重工、小池委員代理）、横山賢治（JAEA）、岩本修（JAEA、WG リーダー）、多田健一（JAEA）、羽様平（JAEA）、小玉泰寛（原子燃料工業、オブザーバ）、川本洋右（四電エンジニアリング、オブザーバ）、中山梓介（JAEA、オブザーバ）、柴茂樹（原子力規制庁、オブザーバ）、坪井亨（MHINS エンジニアリング、オブザーバ）、山崎正俊（スタズビック・ジャパン、オブザーバ）、奥村啓介（JAEA、オブザーバ）

議事録

1. ベンチマーク関係データ集の整備

1.1 共分散データ信頼性向上に資するデータ集の整備状況（渡嘉敷委員、資料 RIT-R2-1-1）

過去に当 WG で MVP 入力を整備したベンチマーク問題に対する感度係数や共分散データ等の整備状況について報告した。感度係数を整備する中で、当 WG 整備の LCT-010-6 の MVP 入力で、クラスタ構成を 12×8 とすべきところを 13×8 としている誤りを発見した。この修正により C/E の異常値の適正化が期待される。また、共分散データを整備する中で、対象行列データに非対称要素が混入している不具合を発見した。影響は軽微と考えられるが、現時点で原因は不明であるので、今後、調査をすすめる。整備したデータは MVP 入力を整備した際の JAEA 報告書（JAEA-Data/Code 2017-006）の追補として、令和3年度中に公開予定である。

1.2 軽水炉・熱炉体系のベンチマークの整備状況（多田委員、資料 RIT-R2-1-2）

軽水炉および熱炉体系のベンチマークに用いる MVP 入力の整備状況について報告した。軽水炉体系については過去に当 WG で整備したものを利用する。熱炉体系については ENDF/B-VII.0, -VII.1 の検証に用いられた積分実験に対するものを採用する。現状で 102 実験 772 ケースに対する入力が整備済みである。JEFF の検証で用いられている Mosteller ベンチマークの内、熱中性子系はほぼ整備済みであるが高速炉系が未整備であるので、今後はこの高速炉系に対する入力を整備していく予定である。その他、WPEC/SG-45 の活動で MCNP の入力を入手した。JENDL の検証に利用可能である。

2. 次期 JENDL の核データ評価

2.1 次期 JENDL で収録予定の熱中性子散乱則データ（岩本委員、資料 RIT-R2-2-1）

次期 JENDL に収録予定の熱中性子散乱則データについて説明した。国内での新たな評価として、分子動力学計算に基づく評価結果を軽水、重水を含む 16 物質について整備予定である。JENDL-4.0 から ZrH を引き継ぐが、その他の物質については、12 物質について ENDF/B-VIII.0 から、4 物質について JEFF-3.3 からそれぞれ採用予定である。

2.2 JENDL-5 α 4 の概要（岩本委員、資料 RIT-R2-2-1）

令和 2 年 11 月に整備した JENDL-5 α 4 で改訂したデータの内、当 WG に関係の深い原子炉核特性に影響する核種（H-1, Na-23, U-233, 235, 238, Pu-239, 240, 241, Cm-244）の改訂内容を報告した。主な改訂内容は以下の通りである。H-1 のデータを ENDF/B-VIII.0（共分散付き）から採用した。ベンチマーク結果を受けて Na-23 の弾性散乱角度分布を改訂した。U, Pu の各同位体について、10KeV~20MeV での核分裂断面積の同時評価を再実施した。U-235 の 2.25keV~10keV の核分裂断面積に 2015 年の IAEA 標準断面積を採用した（JENDL-4.0 よりやや大きな値となる）。U-238 について、即発核分裂中性子数をガウス過程回帰で評価し、非弾性散乱断面積を ENDF/B-VIII.0 から採用した。P-239 の捕獲断面積を 10~300keV で 10%減少させた。Pu-240 の熱中性子核分裂断面積を最新の実験に合うよう大きくした。高速炉ベンチマークを受けて Cm-244 の核分裂断面積を再評価した。

3. 核データ処理

3.1 FRENDY を用いた ACE ファイルの作成（多田委員、資料 RIT-R2-3-1）

FRENDY を用いた ACE ファイルの作成内容について説明した。ACE ファイルの作成対象は、JENDL-3.3, -4.0, -5 α 3, -5 α 4, ENDF/B-VI.8, -VII.1, -VIII.0, JEFF-3.3 である。FRENDY と NJOY の処理結果を比較し、FRENDY が核データ処理を適切に実施できていることを確認した。作成した ACE ファイルは当 WG 内の希望者に配布している。

3.2 FRENDY/MG による JENDL-5 α 4 の処理（遠藤委員、資料 RIT-R2-3-2）

ACE ファイル形式の核データを入力として多群の実効断面積を作成する核データ処理コード FRENDY/MG による JENDL-5 α 4 の処理結果を報告した。FRENDY/MG と NJOY-2016 の処理結果を比較したところ両者はよく一致しており、FRENDY/MG が核データ処理を適切に実施できていることを確認した。¹⁸O で比較的大きな差が見られたが、NJOY の内挿精度に起因すると考えられる。また、軽水減速ウラン体系での実効増倍率増加の主因と考えられる熱中性子散乱則について、水槽パルス中性子実験での即発中性子減衰定数 α の解析の検討結果を示した。JENDL-5 α 4 の H in H₂O 熱中性子散乱則データを用いると、 α の C/E に対する水槽寸法変化に対する依存性は ENDF/B-VIII.0 と同程度に抑えられ、どちらかという和好ましいと考えられる。

4. ベンチマーク結果

4.1 熱炉のベンチマーク結果（多田委員、資料 RIT-R2-4-1）

熱炉体系における JENDL-5 α 4 の臨界ベンチマーク結果を報告した。JENDL-5 α 4 は JENDL-4.0 に比べて、低濃縮ウラン系で C/E 値が高めになる一方、Pu 系では C/E 値が 1 に近づいた。また、MCNP による感度解析も実施した。ENDF/B-VIII.0 と比較して JENDL-5 α 4 の C/E 値が悪化するケースについて調べたところ、アクチノイド核種だけでなく、構造材核種（Fe や Cu, Zr 等）の核データの差異も C/E 値の差異の要因となっていることが判明した。さらに JENDL-5 α 4 での Gd 同位体データの改訂が臨界実験解析に与える影響を調査した。実効増倍率には改訂による大きな変化は見られなかったものの、これは ^{155}Gd と ^{157}Gd の改訂の影響が互いに打ち消しあった結果と考えられる。

4.2 JENDL-5 α 4 を用いた NCA 実験解析（吉岡委員、資料 RIT-R2-4-2）

東芝臨界実験装置（NCA）での臨界実験を、MCNP を用いて解析して結果を報告した。JENDL-5 α 4 を用いると他のライブラリーを用いた時よりも全体的に実効増倍率が高めに出るものの、各実験ケース間でのばらつきが大きいわけではなく、この結果だけから JENDL-5 α 4 のデータが悪化していると結論することはできない。また、JENDL-5 α 4 と ENDF/B-VIII.0 を対象に感度解析を実施したところ、両ライブラリー間で差異は見えるものの統計不足もあり確定的な結論には至らなかった。明確な結論を得るためには現状より 10 倍以上のヒストリー数が必要になると考えられるので、今後検討が必要である。

4.3 MISTRAL、IPEN/MB-01 炉心での β_i/λ_i 評価（東條委員、資料 RIT-R2-4-3）

IPEN/MB-01, TCA18, MISTRAL-1,2 炉心での遅発中性子に関するベンチマーク結果を報告した。6 群の遅発中性子割合 β_i および崩壊定数 λ_i について、IPEN/MB-01 炉心での測定結果と MCNP による計算結果を比較したところ、 β_i, λ_i とともに JENDL-5 α 4 を用いた時の計算結果は概ね測定値を良好に再現した。また、実効中性子割合 β_{eff} についても、IPEN/MB-01, TCA-18, MISTRAL-1,2 の各炉心に対し、JENDL-5 α 4 を用いた MCNP 計算結果は実測値を差異 2%以内と良好に再現した。

4.4 高速炉体系（中・大型炉）における JENDL-5 α 4 のベンチマーク結果（横山委員、資料 RIT-R2-4-4）

中・大型の高速炉体系に対する感度解析によるベンチマーク結果を報告した。臨界性については、JENDL-5 α 4 は JENDL-4.0 と同程度の性能となっていることが確認された。Na ボイド反応度についても JENDL-5 α 4 は JENDL-4.0 とほぼ同じであるものの、やや改善傾向となった。特に BFS 炉心は JENDL-5 α 3 で悪化していたが、JENDL-5 α 4 への改訂で改善した。制御棒価値についても、JENDL-5 α 4 は JENDL-4.0 と同程度の性能である。

BFS や FCA における Cm-244/Pu-239 の核分裂率比については、Cm-244 の核分裂断面積の改訂により、JENDL-5 α 4 では JENDL-4.0 よりも結果が改善した。

5. 共分散データ

5.1 共分散データ活用推進 WG 最終報告書の概要紹介（千葉委員、資料 RIT-R2-5-1）

共分散データ活用推進 WG 最終報告書の概要を紹介した。現在の核データライブラリでは、核データ評価に炉物理実験データなどの積分データが利用されている一方で、共分散データは微分データの情報のみから評価されている。このため、炉物理実験データの予測精度と核データ共分散から見積もった不確かさに乖離が見られる場合がある。しかしながら、積分データを参照せずに核データ評価を行うことや、共分散データ評価に積分データの情報を考慮することは、現状では現実的とは言えない。よって、共分散データ活用推進 WG では上記の乖離があることは現状ではやむを得ないという結論となったことを紹介した。また、核データライブラリを公開する際には、核データ評価において利用した積分データの情報や核データ評価への反映方法を公開することが重要であることも述べた。

5.2 共分散データの信頼性に関する公開炉物理実験データベースの活用（渡嘉敷委員、資料 RIT-R2-5-2）

本 WG で整備している感度係数と共分散データを活用し、以前に本 WG で MVP 入力を整備した公開炉物理実験データを検討した結果を紹介した。なお、本検討の詳細は共分散活用推進 WG 最終報告書で報告される予定である。検討の結果、JENDL-4.0u について、核データ共分散を考慮したバイアス補正を行っても実効増倍率の C/E 値を過大評価する場合があります。鉛同位体の弾性散乱断面積に（比較的大きな）改訂の余地がある、もしくはその共分散が過小評価となっている可能性があることが分かった。この検討を通じて、信頼性の高い炉物理実験データベースと共分散及び感度係数データを活用することにより、共分散データに関するフィードバックが得られる可能性が示唆されたことを紹介した。

6. 活動計画

6.1 今年度の活動報告と来年度の活動計画（岩本委員、資料 RIT-R2-6-1）

今年度は JENDL-5 α 4 の原子炉核特性に係わるテストを中心に活動したことを確認した。また、来年度の活動として、JENDL-5 開発版や完成版のテストを行い JENDL 開発へのフィードバックを行うこと、ベンチマークテストのデータ集の整備を継続することを確認した。また、得られた成果については、可能な範囲でできるだけ公開に努めることも確認した。

以上