

## 令和3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4年3月3日（木） 13:30 ～ 18:15

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）、竹田敏（大阪大学）、佐野忠史（近畿大学）、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）、小池啓基（三菱重工）、横山賢治（JAEA）、多田健一（JAEA）、羽様平（JAEA）、奥村啓介（JAEA）、岩本修（JAEA、WG リーダー）、小玉泰寛（原子燃料工業、オブザーバ）、辻田浩介（原子力エンジニアリング、オブザーバ）、山中正朗（原子力エンジニアリング、オブザーバ）、平野雅美（四電エンジニアリング、オブザーバ）、柴茂樹（原子力規制庁、オブザーバ）、松本吉弘（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）、池原正（東芝エネルギーシステムズ、オブザーバ）、中山梓介（JAEA、オブザーバ）

### 議事録

#### 1. JENDL-5 の評価

・ JENDL-5 の概要（岩本委員、資料 RIT-R3-1-1）

2021 年末に公開した JENDL-5 の概要を報告した。中性子反応データについては、軽核から重核にわたって大幅な改訂がなされるとともに、核種数も JENDL-4.0 の 406 核種から 795 核種へと大幅に増加し、天然核種が全て網羅された。また、特殊目的ファイルの多くが統合されるなど、様々な放射線利用へも対応するものとなっている。

当 WG に関係の深い重核データについては、主要核種に関して、分離共鳴パラメータ (U-235, 238, Pu-239)、核分裂中性子スペクトル (U-235)、高速中性子核分裂断面積、核分裂中性子数、を微分実験や積分テスト結果を基に改訂した。また、マイナーアクチニドに関して、共鳴パラメータ、高速中性子断面積、核分裂中性子数を J-PARC での微分実験等を基に改訂した。

本報告に対し、積分テスト結果を基に核データを改訂する際に、共分散データも改訂しているかとの質問があった。これに対し、現状では積分テスト結果を核データにフィードバックさせる際に共分散データの改訂はしていないものの、その検討の必要性は認識しているとの回答があった。

#### 2. JENDL-5 の積分テスト

・ Integral Tests of Preliminary JENDL-5 for Critical and Shielding Experiments : Thermal-Spectrum Systems（多田委員、資料 RIT-R3-2-1a）

熱中性子体系での臨界性に関する JENDL-5 のベンチマークテストの結果を報告した。

全ケース平均で JENDL-4.0 よりも良好な結果となっており、特に Pu 燃料系においては大きな改善が見られた。

なお、JENDL-5 では Gd-155,157 のデータが ENDF/B-VII.1 や-VIII.0 と大きく異なっているにもかかわらず、Gd 含有体系における Gd 濃度に対する C/E 値の依存性にはあまり差が見られなかった。これは、Gd-155 が臨界性を上げる方向で、Gd-157 が臨界性を下げる方向で他のライブラリと異なっているために、両者が相殺しているものと考えられる。

・ JENDL-5 の検証：軽水炉体系の燃焼解析結果比較（多田委員、資料 RIT-R3-2-1b）

軽水炉体系における燃焼解析に関する JENDL-5 のベンチマーク結果を報告した。JENDL-5（や ENDF/B-VIII.0）では Pu-239 の第一共鳴のパラメータが JENDL-4.0（や ENDF/B-VII.1）から改訂されている。この改訂の影響によって、PWR の単ピンセル体系での燃焼に伴う無限増倍率の推移を比較すると、JENDL-5 は ENDF/B-VIII.0 と近くなるものの、ENDF/B-VII.1 や JENDL-4.0 とは燃焼末期（60GWd/t）で 500pcm ほどの差が出る。このことは ENDF/B-VIII.0 に関する懸念事項にも挙げられている。しかしながら、Pu 燃料の熱中性子体系での臨界実験解析結果は JENDL-5 の方が JENDL-4.0 よりも良好である上、上記の無限増倍率の差はあくまで計算値同士の比較であることから、JENDL-5 では当初の改訂を維持することとした。なお、核種生成量については ENDF/B-VII.1 や JENDL-4.0 とおおむね同様の傾向となった。

BWR の単一集合体体系での燃焼に伴う無限増倍率の推移については、燃焼度 8.5 から 12GWd/t の範囲で JENDL-5 は JENDL-4.0 や ENDF/B-VII.1, -VIII.0 と差異が見られた。これは、資料 RIT-R3-2-1a で述べた Gd-155,157 の改訂に起因している。8.5 から 12GWd/t の範囲で差異が見られるのは、この範囲では Gd-157 がほぼ燃焼し尽くして Gd-155 のみが残り、臨界実験解析で見られていた Gd-155 と 157 の相殺効果がなくなるためである。

本報告に対し、核データ間の差異低減よりもまずは差異要因の分析と差異の妥当性確認が重要であり、燃焼に伴う原子数密度の差異の影響と、断面積そのものの差異の影響を分離する等の詳細検討の必要性や、共分散データに基づく核特性不確かさとの整合性を確認すれば良いのでは、とのコメントがあった。

また、本報告での燃焼解析は PWR と BWR いずれも実験値間の比較であるため、どの計算値が最も確からしいかを検証する実験データや実機データについて、可能な範囲での情報提供を依頼した。これに対し、BWR についてはスタズビック社による LAGER プロジェクトの結果が活用できるのではないかとこのコメントがあった。

・ JENDL-5 の積分テスト－高速炉ベンチマーク結果－（横山委員、資料 RIT-R3-2-2）

中型・大型高速炉体系における JENDL-5 のベンチマークテストの結果を報告した。計算の効率化と核種・反応ごとの寄与を定量化するため、JENDL-4.0 を用いたモンテカルロ法による結果を基準とし、感度解析により C/E 値を計算した。臨界性や制御棒価値、Na ボイ

ド反応度については、JENDL-4.0と同程度ないしやや改善が見られた。核種や反応に分けた感度解析の結果、JENDL-5ではJENDL-4.0から様々な改訂がなされているものの、それらの変化が相殺してほぼ同じベンチマーク結果を与えていることが分かった。

核分裂反応率比については、Pu-242/Pu-239やCm-244/Pu-239比に大幅な改善が見られた。また、MAサンプル照射後の原子数密度比については、Cm-245, 246の捕獲断面積に感度のあるものについて、大幅な改善が見られた。

本報告に対し、感度解析時に無限希釈断面積を使用していることの妥当性について質問があった。これに対し、感度解析に基づく結果とモンテカルロ法による直接計算の結果を適宜比較して両者で大きな差がない事を確認しており、妥当であるとの回答があった。また、核分裂反応率比の結果について、全体的にほぼ改善しているが、Pu-241/U-235比についてはPu-241/Pu-239比と比べて少し傾向が異なるので、断面積変化の影響の内訳が異なっている可能性があり検討する余地があるとのコメントがあった。

・ UTR-KINKI、KUR、KUCA 固体減速架台の結果（佐野委員、資料 RIT-R3-2-3）

近畿大学原子炉(UTR-KINKI)、京都大学原子炉(KUR)、京都大学臨界集合体(KUCA) 固体減速架台での臨界性に関する JENDL-5 のベンチマークテストの結果を報告した。各施設に対する結果を中性子スペクトルの硬さで整理すると、JENDL-5 は JENDL-4.0 よりもスペクトル依存性が強く出る上、C/E 値も悪化する傾向が見られた。

核種ごとの寄与を見ると、軽水(UTR-KINKI, KUR) やポリエチレン(KUCA) 中の H-1 の熱中性子散乱則と U-235 の核分裂断面積や核分裂中性子数が結果に大きく影響していることが分かった。また、これまであまり考慮されてこなかった軽水中の O-16 の熱中性子散乱則の影響が少なからずあることも分かった。なお、ポリエチレン中の C-12 については熱中性子散乱則データが JENDL-5 に無いためフリーガスとして扱った。本データについては今後整備されることが望ましい。

・ 東芝臨界実験装置(NCA)での JENDL-5 の積分ベンチマーク解析（吉岡委員、資料 RIT-R3-2-4）

東芝臨界実験装置(NCA)での JENDL-5 のベンチマークテストの結果を報告した。計 23 ケースの炉心体系に対する臨界性について、JENDL-4.0 では実験値と良い一致を示していたが、JENDL-5 では実験値の誤差範囲を超えて高めの傾向となった。また、JENDL-5 と ENDF/B-VIII.0 は細かく見ると異なる箇所もあるものの、おおむね似た傾向となった。感度解析の結果、U-235 の核分裂断面積や U-238 の捕獲断面積、軽水中の H-1 の熱中性子散乱則が大きな感度を持つ一方で、Gd-155,157 の捕獲断面積の感度は小さいことが分かった。

本報告に対し、Gd 濃度依存性やボイド依存性について、基準ケースからの変化量を見る等、結果を整理し直すと何か傾向が見られるかもしれないとのコメントがあった。

・ MVP-BURN を用いた照射後試験解析（柴講師・オブザーバ、資料 RIT-R3-2-5）

福島第二原子力発電所1号機の照射後試験解析に対する JENDL-5 のベンチマークテストの結果を報告した。JENDL-5 と JENDL-4.0 でアクチノイド核種の生成量に大きな違いは見られなかったが、Pu-238 のみ JENDL-5 の方がやや生成量が小さくなった。これは、Pu-238 の捕獲断面積の改訂の影響と考えられる。なお、核分裂生成物の生成量については JENDL-5 と JENDL-4.0 の差異は小さかった。ただし、今回の計算では崩壊燃焼チェーンは両者ともに JENDL-4.0 のものを使用している。

本報告に対し、燃焼度の不確かさを考慮しているかとの質問があったが、現状ではまだ考慮しておらず、今後検討していく予定であるとの回答があった。

### 3. 来年度の計画

・ R3 年度の活動報告と R4 年度の活動計画（岩本委員、資料 RIT-R3-3-1）

今年度は JENDL-5 のテスト版や公開版について、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。

来年度は JENDL-5 の利用や検証を進めて今後の JENDL 開発のためのフィードバックを行うとともに、これまでに行ってきたベンチマークテストの入力を可能な範囲で集約する。また、WG で進めてきた軽水炉ベンチマーク問題に対する感度係数や共分散データの整備結果を公開するなど、共分散データの活用に向けた取り組みも行う。

以上