

JENDL 委員会・炉定数専門部会「核データ処理プログラム WG」議事録

日時：2025 年 1 月 29 日（水）13:00 - 16:00

場所：オンライン（Zoom）

参加者（敬称略、順不同）：

千葉（北海道大学）、遠藤（名古屋大学）、山路（三菱重工）、木村（東芝 ESS）、
竹生（日立 GE ニュークリアエナジー）、辻田（原子力エンジニアリング）、小野（GNF-J）、
権（量子科学技術研究開発機構）、
多田（原子力機構）、岩本（原子力機構）、久語（原子力機構）、今野（原子力機構）、
渡嘉敷（日立 GE ニュークリアエナジー、リーダー）（以上、委員）、
黒田（テプコシステムズ）、平野（四電エンジニアリング）、岩橋（原子力規制庁）、
丸山（原子力機構）（以上、オブザーバー）、
和田（東芝 ESS、講師）

議事概要

FRENDY の開発状況

- 多田委員から「FRENDY の開発状況」について報告が行われた。当該報告では、Ver. 2.04（2024 年 6 月 7 日に公開周知済み）及び 2.05（2024 年 11 月 5 日に公開周知済み）の改訂内容中心に報告があった。具体的には次のものが報告された。
- Ver. 2.04 での改訂内容
 - ✓ 断面積ファイルプロット機能の拡充
 - ✓ ENDF/B-V 等の処理上の不具合の修正
 - ✓ 多群処理における二次エネルギー分布の二次元内挿手法の修正
- 上記に対し今野委員より、「p.6 の H in H₂O の評価(MD のヒストリー数)を変えることで keff に差異が出る要因について調査中」に対して確認があり、「要因は特定できていない」と多田委員より回答あった。
- 続いて、Ver. 2.05 での改訂内容について次のものが報告された。
 - ✓ ENDF/B-VIII.1 の処理に対応するための不具合修正
 - ✓ JEFF-3.3 の Be-9 の処理で(n,2n)反応をうまく取り扱えない問題の修正
 - ✓ JENDL-5 の F-19 など、MT=5 と MT=203-207 が混在しているために ACE ファイル生成時に 20MeV 以上で荷電粒子の収率がゼロになる不具合の修正
 - ✓ ACE ファイルから GENDF ファイルを生成する際の MAT 番号が 0 となっていた問題の修正

- ✓ ACE ファイルの角度分布の摂動機能の追加
- ✓ FRENDY の連続処理のための、FRENDY Parallel の整備
- 上記に対し今野委員より、「p.18 の MF=7/MT=4 の B(6)に格納されている” Number of principal scattering atom in the material”は、ENDF/B-VIII.1 ではこの値がかなり変則的であるが、処理結果から妥当と判断した」ことに対して確認があり、「最新のライブラリでは B(6)に格納されている Number of principal scattering atom in the material を使えば妥当な処理結果が得られることを確認したが、ENDF/B-V などの古いライブラリまでは確認していない。ただし、処理が妥当ではない場合、Warning が出るようにしているので、大きな影響はないと考えている」と多田委員より回答あった。
- また、今野委員より、「p.22 の Be-9 の処理において MT=16 が無い場合、GENDF ファイル中に MT=875-891, 6-9 を出力するように改良された」ことに対して確認があり、「NJOY でも MT=875-891,6-9 を出力するだけで、MT=16 を出力することはない」と多田委員より回答あった。
- 続けて、「p.27 の FRENDY の並列実行ツールは単一核種の処理の高速化には寄与しているか」と確認があり、「(各ジョブ自体はシングル・スレッドで処理されるため)高速化には寄与しない」と多田委員より回答あった。
- 次に、Ver. 2.05 公開以降の改訂内容として下記が多田委員より報告された。
 - ✓ R-matrix Limited の処理の修正
 - ✓ Mixed TSL(LTHR=3)の多群処理機能の実装
 - ✓ プロット機能の拡張
- また、今後の予定として、上記の R-matrix Limited の処理の不具合を修正したものを Ver.2.06 として公開する予定であり、OECD/NEA Data-Bank の Gitlab サーバーに配置した公開版のリポジトリを Github サーバーにクローンすることで、Github 上での公開要望に応えたいと報告された。

各機関における核データ処理の現状

- 今野委員から「JENDL-5 AMPX 連続エネルギーライブラリ作成（途中報告）」について発表があった。昨年度報告からの進捗として、JENDL-5 の主な熱中性子散乱則（以下、「TSL」という）の AMPX 連続エネルギーライブラリ（以下、「AMPX CE ライブラリ」という）の作成状況について紹介された。
- 具体的には、軽水の H1、重水の H2、ポリエチレンの H1、ベリリウム金属の Be9、酸化ベリリウムの Be9 と O16、グラファイトの Cnat（C12 を Cnat とした）の TSL を整備し、軽水の H1 及びベリリウム金属の AMPX 処理時に見つかった問題について紹介された。
- H1 の問題については、本来、log-linear で内挿すべきところを APMX 側の問題により、linear-linear で内挿していたことが原因と説明された。

- ベリリウム金属の問題については、非干渉性非弾性散乱(MT=4)断面積、干渉性弾性散乱(MT=2)断面積におけるエネルギー点の与えられ方と AMPX 側の外挿処理の仕方の不整合によるものと推定されるとの説明がされた。
- 今野委員から「JENDL-5 AMPX 多群ライブラリ作成（途中報告）」について発表があり、JENDL-5 の AMPX 多群ライブラリ（以下、「AMPX MG ライブラリ」という）の作成状況について紹介された。
- C14, Na23, Fe57 の AMPX-6 処理でエラーが発生した。C14 のエラーは POLIDENT での配列不足によるもの、Na23 と Fe57 のエラーは FILE6 の MT51 の最初の 2 つのエネルギーの中性子の multiplicity が 0 になっていたことが原因と説明され、Na23 は upd14 で修正されたものを利用、Fe57 については同エネルギーを 19MeV から始まるように修正することで解消することが説明された。
- TSL については、軽水の H1、重水の H2、ポリエチレンの H1、ベリリウム金属、酸化ベリリウムの Be9 と O16、グラファイトを対象に、AMPX CE ライブラリ向けに修正した AMPX-6 で適切に処理できた。
- 作成した AMPX MG ライブラリを用いた SCALE6.2 のテスト計算時に多数のエラーが発生したことが説明された。調査の結果、JENDL-5 の AMPX CE ライブラリの xml ファイル（MCNP の xsdir ファイルのようなもの）のファイル名が不適切だったためと判明し、適正化により問題が解消したと説明された。
- 上記で整備された AMPX MG ライブラリと ORNL から入手した SCALE 入力ファイルを用いて ICSBEP 臨界実験(360+56 実験)の解析を実施し、ENDF/B-VII.1 の結果との比較を行い、大きな問題が見られないことが説明された。なお、当該解析時に AMPX MG ライブラリで設定した以外の温度を SCALE6.3 で使うとエラーになる現象が発生した。これについては来年度、検討する予定であることが説明された。
- 上記説明に対し、渡嘉敷委員より、「p.12 の臨界実験解析結果の ENDF/B-VII.1 と JENDL-5 の keff の差異については、ライブラリ起因の差異で説明できそうか」との確認に対し、「詳細な分析は未実施」と今野委員より回答あった。
- 丸山オブザーバーから「FRENDY/ACE ファイル摂動ツールの機能拡張 ―最大エントロピー法に基づく弾性散乱角度分布の摂動機能の実装―」について紹介された。
- 既存の FRENDY/ACE ファイル摂動ツール（ユーザ指定の入力値に基づき断面積を摂動させることで、共分散データに基づくランダムサンプリング法による不確かさ評価が可能）に対し、弾性散乱角度分布の摂動機能を拡張したことが説明された。
- 具体的には、 $\bar{\mu}$ （一次モーメント）に関する不確かさ情報を「分布」に対する不確かさに焼き直すため、最大エントロピー法に基づく手法を開発し、FRENDY/ACE ファイル摂動ツールを拡張したことが説明された。

- 検証として、ORNL のナトリウム遮蔽実験の解析を行い、決定論的手法に基づく GPT の解析結果と比較し、整合する結果が得られることを確認したと説明された。
- 上記説明に対し、渡嘉敷委員及び今野委員より、p.20 の FRENDY/CEMC（連続エネルギーモンテカルロ輸送計算）と GPT 参照解析の比較について確認があり、「CEMC のランダムサンプリング試行回数は 1,000 回で CEMC の 1 ケースの解析時間は（シングルコアで）数十分～数時間程度、GPT は輸送計算及び不確かさ評価とも決定論的手法」と丸山オブザーバーより回答あった。
- また、今野委員より、「不確かさとして断面積の影響に比べ、角度分布の影響はどの程度か」と確認があり、「前者が支配的である」と丸山オブザーバーより回答あった。
- 和田講師から「JENDL-4.0 ベースの MCNP6.3 用 DBRC ライブラリ整備」について紹介された。
- MCNP6.3 では、ドップラー効果補正機能(Doppler Broadening Resonance Correction)が追加されたが、同梱の DBRC 用ライブラリが ENDF/B-VII.1 および ENDF/B-VIII.0 のみであることから、JENDL-4.0u の DBRC 用ライブラリの作成の仕方が説明された。
- 作成にあたっては、MCNP6.3 同梱の “dbrc_make_lib” を用いたが、同ツールが ENDF/B-VII.1, VIII.0 の処理を前提としていることから、“xsdir_mcn6.3” 記載の Suffix の記載を JENDL-4.0u にて疑似的に ENDF/B-VIII.0 用の Suffix で処理させたことが説明された。
- 検証として、LA-UR-21-21189 で紹介されている DBRC モデルの検証で用いられている Mosteller FTC benchmark の解析を行い、DBRC 考慮有無の影響が 10%程度であることを確認したと説明された。
- 上記に対し、小野委員より、「p.9 のリファレンスとの比較において、今回作成した JENDL-4.0u/MCNP6.3 の DBRC 効果が小さいように見える。同様な評価を ENDF/B-VII.0 に対し実施しているが、リファレンスを良く再現する結果を得ている」との確認に対し、「リファレンス解析と解析条件が整合していない可能性あり、差異理由の詳細な分析できていない」と和田講師より回答あった。
- 千葉委員から「北大における核データ処理に関する最近の検討の紹介」について説明された。
- ACE ファイル+FRENDY MG にて媒質中の核種間の共鳴干渉を直接的に考慮した多群断面積を作成し、原子炉压力容器周りの中性子輸送計算を CBZ で評価した例が紹介された。压力容器領域の高速中性子束及び生体遮蔽領域の熱中性子束に対し、連続エネルギーモンテカルロ計算結果を参照解として比較し、群数を 47 群、199 群、4412 群とした場合の評価では、4412 群とすることで、数パーセント程度の相対差異で参照解を再現することが説明された。

- ENDF/B-VIII.1 ベースの多群断面積の作成については、FRENDY の ML でアナウンスのあった Si-29, Rh-103, Pu-239 は NJOY-2016 で処理、Sr-88 については ENDF/B-VIII.0 で代用、Ar, Es の ACE ファイル作成時に Segmentation fault で FRENDY が中途終了したことが説明された。また、当該ライブラリ（361 群）を用いた CBZ による軽水炉ピンセル（4.1wt%濃縮度の UO_2 燃料）の燃焼計算ベンチマークを実施したところ、JENDL-4.0 を基準ケースとすると、ENDF/B-VIII.0 で確認された EOL（45GWd/t）で無限増倍率が低めとなる傾向が ENDF/B-VIII.1 では少し緩和され、概ね-0.2~0%の範囲で一致することが説明された。MOX 燃料の計算ベンチマークについては、ENDF/B-VIII.1 では 0~0.2%dk の範囲で一致し EOL で無限増倍率が低めとなる傾向が見られないこと、JENDL-5 では燃焼を通じて-0.3%dk 程度であり低めとなる傾向は確認されなかったと説明された。
- また、JENDL-5 の共分散活用事例として、Covariance Workshop 2022 における Discussion Session での内容の紹介として燃焼後核種組成への影響や、丸山オブザーバーからの発表に関連して、弾性散乱断面積の高次ルジャンドル係数の不確かさ（ENDF/B-VIII.0 では、U-235, 238 に対し、P0~P2 の共分散が与えられている）に関する検討結果（2022 年度実施）が紹介された。
- 上記説明に対し、岩本委員より、「高次ルジャンドル係数の共分散データとして、何次程度までニーズがあるか」との確認に対し、千葉委員より「P5 までは計算に利用する」と回答あった。
- また久語委員より、「p.16 の Big-Ten 実験における U-238 (n,n')核データ起因の不確かさが、JENDL-4.0, 5 に比べて ENDF/B-VIII.0 では大幅に小さい結果となっているが、感覚的には当該核データ不確かさを ENDF/B-VIII.0 並みに低減できるとは思えない」とコメントあった。

次年度計画

- 2024 年度において HEATR 相当機能整備する計画に対し、権委員より同機能に対する整備状況の確認があり、多田委員より「諸般の事情により着手できなかった」と回答された。
- 次年度計画についても、「同機能開発に割けるリソースに限界あり、確度の高い計画の立案が難しい状況」と多田委員より説明された。
- また、渡嘉敷委員が今年度にて退任する意向であることから、次年度以降、WG リーダーを小野委員に引き継ぐ案が示され、WG 各位の多数の賛同が得られた。

以上