

## 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：2022年1月27日（木）13:30 - 16:15

場所：オンライン（Cisco WebEx）

参加者（敬称略）：

千葉（北海道大学）、遠藤（名古屋大学）、森本（日立 GE ニュークリアエナジー）、  
山路（三菱重工）、木村（東芝 ESS）、辻田（原子力エンジニアリング）、小野（GNF-J）、  
渡嘉敷（原燃工、リーダー）、  
今野（原子力機構）、多田（原子力機構）、奥村（原子力機構）、岩本（原子力機構）、久語（原子力機構）、  
黒田（テプコシステムズ、オブザーバー）、平野（四電エンジニアリング、オブザーバー）、  
池原（東芝 ESS、講師）

### 議事概要

#### FRENDY の開発状況

- 多田委員から FRENDY の開発状況として、「FRENDY 第 2 版の開発」について報告が行われた。当該報告では、2022 年 1 月末の FRENDY 第 2 版の公開に向け手続きが進められていること、第 2 版で盛り込まれた多数機能のうち、公開に向け今年度整備が進められた機能について報告があった。
- 具体的には「中性子入射の多群断面積生成機能（GENDF 及び MATXS 形式のライブラリを生成）」と「確率テーブルの統計誤差計算機能（従来のラダー数だけでなく、統計誤差を確率テーブル作成時の入力パラメータとして利用可能に）」について整備状況が報告された。
- 「中性子入射の多群断面積生成機能」については、GENDF/MATXS の出力形式において NJOY99, NJOY2016 で MF=6 の出力形式が異なることから、FRENDY ではユーザ指定により、両コードの出力形式に加え、FRENDY/MG 出力形式（PL 次数 > 1、 $\sigma_0$  データ数 > 0）を指定可能としたとの報告がなされた。また、複数温度点の MATXS ファイルの取り扱いに関し、出力ブロック 7d, 9d, 10d での複数温度点の NJOY 出力に一貫性がないことから、FRENDY では（当該仕様を踏襲する合理性が欠けるとの判断から）温度点毎の MATXS ファイルを生成する仕様としたと報告された。
- 「確率テーブルの統計誤差計算機能」については、確率テーブルの統計誤差計算機能として中心極限定理(CLT)、Bootstrap 法、Jackknife 法をそれぞれ検討したところ、各手法の効果に違いが認められなかったことから、計算時間の観点から中心極限定理を用

いることが望ましいと報告された。また当該機能の利点として、U-235 の処理では従来の一律 100 回の反復回数と同程度の最大統計誤差の処理結果を得るのに「従来の一律 100 回指定」と比べ半分程度の回数に効率化可能であると報告された。また、昨年度会合で報告された「Sr-90 の特異な傾向」については、「各ラダーで生成される疑似共鳴において、共鳴の数が少ないこと」が判明し、FRENDY 第 2 版ではこの問題を修正したことが報告された (NJOY99 や NJOY2012 でも同様の問題が発生、NJOY2016.49 以降では対策されていることを確認)。

- その他の改良点として、「XSDIR 自動生成機能の改良」、「不連続点の取り扱い方法の修正 (PREPRO と同じく、不連続点を核データに忠実に扱うように修正)」について報告がされた。
- 最後に、今後の開発計画として「FRENDY の多群断面積作成機能の拡張 ( $(n, \gamma)$  で生成される二次ガンマ線データの GENDF 出力機能の実装、GAMINR の実装)」の完了後、2022 年度に HEATR 機能の実装、2023 年度以降に ERRORR/COVR 機能の実装を進める計画が示された。
- 以上の報告に対し、木村委員より、「共鳴干渉効果を考慮した複数核種の同時処理機能」に関し、「入力として各核種の数密度を指定するのか」との質問に対し、「必要ではあるが、絶対量自体は重要でなく、各核種間の数密度の相対割合が重要」との見解が千葉委員から示された。
- 今野委員より、「10d の問題については NJOY99 でも顕在化し、5 年以上前に論文で発表していること、中性子流重み全断面積は NJOY でも作成されていること、GROUPR 入力で MF=3 として MT を指定しない場合、NJOY でも一部の特殊な MT 番号以外の全ての MT の断面積を出力するため、発表資料中の『NJOY とは異なり、MF=3 として MT を指定しない場合、MF=3 中の全ての MT の断面積を出力』という説明は不適切である」とのコメントがあった。
- 奥村委員からは、今後の開発計画の「FRENDY の多群断面積作成機能の拡張」に関し、質問があり、「ACE ファイルまでは対応済みで FRENDY/MG 側の対応が必要」と回答された。また、「MCNP における  $\gamma$  線の取り扱いでは、同位体毎の質量数は使用されず、XSDIR 記載の『天然核種』の AWR (原子核の質量/中性子の質量) が利用されるため、Pu にも何らかの『天然核種』の AWR を設定する必要があるはず」との見解に対し、LANL の NJOY のサイトからダウンロードした XSDIR のサンプルには「Pu 天然核種の AWR」の記載が見当たらないとの回答があった。関連して、今野委員から、LANL の ACE ファイルをダウンロードするサイトの ENDF/B-VIII.0 の XSDIR には「Pu 天然核種の AWR」が入っているので、今後は、後者からダウンロードしたものを参考にした方が良いとのコメントがあった。

## 各機関における核データ処理の現状

- 今野委員から「JENDL-5 中性子入射ファイル処理のための NJOY2016.65 修正」について発表があった。当該発表では、JENDL-5 を最新版の NJOY2016.65 で処理し ACE ファイルを作成する場合に発生した処理エラーと対処方法が紹介された。具体的には、Ni-58, Cu-63 等の acer 処理時及び Gd-155 等の purr 処理時にエラーが発生した。
- 1 番目のエラーは acefc.f90 における変数 nw の不適切な使い回しが原因であり、NJOY2016.9 より後の特定バージョンから追加されたエラーチェック処理でエラー検出されるようになったものの、当該処理が追加される以前のバージョンでは、見かけ上、正常に処理されているように見えても、不適切な処理がされている場合がある（当該 ACE ファイルにより MCNP 解析を実施するとエラーが発生）と説明された。
- 2 番目のエラーは、acefc.f90 で設定される反応数に関する上限値 nxcmax=500 を JENDL-5 の Cu-63 等の反応数が超えたため、当該上限値を 1000 などの十分大きな値に変更することで解消できると説明された。
- 3 番目のエラーは、purr.f90 で非分離共鳴の背景断面積を読み込むルーチンの配列 thr の配列上限超過が原因であり、関連変数の nthr=140 を 500 などの十分大きな値に変更することで解消できると説明された。なお、当該不具合は、NJOY2016.65 より前のある特定バージョンまで（例：NJOY2016.20）は、mt 番号が 150 未満の反応しか扱っておらず、当該不具合が顕在化しなかったが、NJOY2016.65 では取り扱う反応の最大の mt 番号を 891 まで広げたことから顕在化したものと説明された。
- 当該発表に対し、本発表で作成した ACE ファイルの MCNP 解析の内容について渡嘉敷委員から質問あり、「シンプルな仮想的遮へい計算問題で全核種に対し解析を実施し、問題なく計算できたが、IEEE\_INVALID is signaling の warning が出た核種があったため MCNP を調査したところ MCNP のバグが見つかり、LANL にバグ報告をしたが何も回答はきていない」ことが説明された。
- 次に、池原講師から「FRENDY ベース ACE ライブラリ処理システムの紹介」について発表があった。当該発表では、集合体核特性計算コードに対する最新知見の影響を確認することを目的として、MCNP6 解析用 ACE ライブラリを FRENDY によって整備した使用実績の紹介と、MCNP 同梱の温度内挿機能 makssf の使用法とその検証結果について説明された。
- 具体的には、ACE ファイルを作成する際の FRENDY と NJOY99（NJOY 入力は FRENDY によって自動作成されたものを使用）の処理時間のベンチマークでは、U-235,238, Pu-239,240 で処理時間（wall clock time）に遜色ないこと、ENDF/B-VII.0 の V000, Zn000 以外の JENDL-4.0u, ENDF/B-VII.0, 1 の全核種の処理が問題なく処理できたことが説明された。また、makssf については、makxs\_params.f90 の nxss, nsave の値を十分、大きな値に変更することで使用することができ、検証として評価済

核データライブラリとして与えられている特定温度点を直接、利用した場合を参照解として、当該温度点前後の温度点のデータで **makssf** により内挿したものをを用いた場合の比較を行い、何れも適切に評価できていると判断されると説明された。

- 当該発表に対し、「ENDF/B-VII.0 の V000, Zn000 については 2022 年 1 月末にリリースされる **FRENDY** 第 2 版では解消されている」との説明が多田委員よりあった。また、岩本委員より、「**makssf** による温度内挿の検証結果に対し、評価済核データライブラリで用意する温度点として、現状の温度点数の過不足について議論できるか」との質問に対し、渡嘉敷委員より「当該検証結果は現状の供給温度点を仮に半減した場合に臨界性に与える影響として見ることができるが、当該状況でもその影響は限定的であることから、現状の供給温度点は実用上、十分であると考えられる」との見解が示された。
- 最後に千葉委員から「**FRENDY** を用いた媒質の巨視的断面積の計算」について発表があった。当該発表では、複数核種の共鳴干渉効果を取り扱うための **FRENDY** の特徴を活用し、巨視的断面積を **FRENDY** で直接作成した際の臨界集合体の臨界特性に対する結果が説明された。
- 結果、裸の高速炉体系である **Godiva, Jezebel, Jezebel - Pu** では、無限希釈、中性子流重みの有無に依存せず、何れも **MCNP** の結果を良く再現するが、**U** 反射体付き高速炉体系 **Flatop - U, Flatop - Pu, Flatop - 233** では無限希釈、中性子流重みなしで **MCNP** よりも過大傾向、中性子流重みありで過小評価傾向となった。反射体からの炉心内の距離に応じてトータル断面積が変化する傾向から、反射体からの距離に応じて巨視的断面積の作成の仕方を工夫することで、上記過大・過小評価傾向が解消されることが期待されたとの説明がされた。
- 当該発表に対し、辻田委員から「中性子束重みと中性子流重みの効果の違いは反射体の媒質によって変わるか」との質問があり、「異なるエネルギー群で同様の傾向が見られていることから媒質にも依存しないものとする」と千葉委員より回答された。また、山路委員からは、「トータル断面積の重みの影響は計算時のエネルギー群数を超詳細群化することで小さくなるという理解でよいか」との質問に対し、「基本的にはその通りであるが、本傾向は非分離共鳴領域の関与によるものであるため、超詳細群による計算は現実的ではない」と回答された。

#### 次年度計画

- 次年度計画について、多田委員から報告のあった次年度以降の **FRENDY** 開発計画を基に議論された。多田委員報告の 2022 年度 **HEATR** 相当機能整備、2023 年度以降 **ERRORR/COVR** 相当機能整備の計画は、平成 30 年度 **WG** 会合にて出席者各位から示された見解「**ERRORR** 相当の整備よりも **HEATR** 相当の整備を優先する事で、**ACE** ファイルの完全性を高めた方が望ましい」に沿っていることを確認した。

- 奥村委員からは、「次期中長期計画と FRENDY 開発計画との関係」について質問あり、多田委員より、「上位計画との整合性を確認している」と回答された。

その他

- 渡嘉敷委員より、今年度から開始される予定の「WG 会合配布資料の JENDL 委員会内限定での公開について」、具体的な対応を事務局へ確認することとなった。

以上