

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：2024年2月1日（木）13:30 - 16:10

場所：オンライン（Zoom）

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）、
権（量子科学技術研究開発機構）、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）、
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）、
岩橋（原子力規制庁、オブザーバー）、丸山（原子力機構、オブザーバー）

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. 2.02（2023年8月31日に公開周知済み）及び2.03（2024年1月19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 GROUPR での MT=252, 253 の計算機能の実装、Dosimetry データの多群処理、断面積データ等の出力機能、バグ修正、FRENDY と NJOY の差異とその要因について報告された。
- Ver. 2.02 に関しては、FRENDY/MG で KERMA, DPA を処理できるように修正したことが報告された（入力となる ACE ファイル自体は FRENDY と NJOY/HEATR で作成）。
- また、GROUPR の MT=252, 253 の計算機能の実装については、MT=252(ξ)と(γ)の計算方法について NJOY での計算方法の根拠が不明確なため、文献(1)の(A.6)式と(A.7)式を利用したこと、当該対応により「H001などで NJOY と大きな差異がみられるものの、重い核種では NJOY と同様の分布になる」ことが報告された。
(1) H. Yamamoto and S. Ito, "New Continuous Slowing-Down Theory for Fast Reactor Spectra," J. Nucl. Sci. Technol., 9[11], pp.662-669 (1972).
- Dosimetry データの多群処理機能の実装については、FRENDY と NJOY で処理結果がよく一致することを確認したと報告された。
- バグ修正としては、SiO₂ (mixed material) の処理において、「TSL の処理エネルギーの上限で非干渉性非弾性 (incoherent inelastic) 散乱断面積と弾性散乱断面積を比較し、差異が大きい場合に両断面積が一致するように入力値を自動修正する機能」が、

入力側に問題ないにも関わらず不適切に自動修正する不具合、Dosimetry データの処理において MF=10 のデータ生成の順番に起因して MF=9/MT=102 から MF=10/MT=102 のデータを生成できない不具合、二次元内挿 (MCE) において一次関数の傾き α が極端に大きいもしくは小さい場合に顕在化する不具合、線形化処理において非常に小さな反応断面積によって内挿点が追加されてしまう不具合、について報告され、何れも修正したことが報告された。

- Ver. 2.03 に関しては、Ver. 2.02 で行われた「線形化処理において非常に小さな反応断面積によって内挿点が追加されてしまう不具合」の修正の影響で JENDL-4.0 の As075.dat、JENDL-5 の n_068-Er-167.dat の処理で無限ループを生じる不具合を修正したことが報告された。
- また、JEFF-3.3 の H in CaH2 の処理で用いる”number of principal atoms (atom_no_principal)”を「核データファイルのコメント文中に 1 とするようにとの記載がある」との指摘を受け、2 から 1 に修正したことが報告された。
- 次に、FRENDY の周辺ツールとして整備していた「核データの一次元データ出力機能」を FRENDY に統合したことが報告された。当該機能では、ENDF (PENDF), ACE, GENDF に対応し、断面積再構成や Doppler 拡がりの処理を行い、核データを調整した上でプロット可能であることや、サンプル入・出力例が紹介された。
- FRENDY と NJOY の差異とその要因については、NJOY の BROADR において n_021-Sc-044m1 など MF=3/MT=4(z,n) の温度依存断面積が適切に計算できない現象の原因を調査した結果、核データ側ではなく NJOY 側の問題であると判断されたことから、この問題と修正方法について NJOY 側に通知すると報告された。
- 加えて、BROADR の MT=627 や MT=810 などの処理において NJOY で 1.0E-15 barn 以下を 0.0barn としていること、JENDL-4.0 の U-235 の (n,2n) 反応で入射エネルギーが 4.49E+6~5.49E+6eV の時の二次エネルギー分布で、9.17E+1~1.37E+2eV の値が NJOY に比べて大きいこと、弾性散乱の熱エネルギー領域の散乱行列において二次エネルギー分布が NJOY では 1.0E-5 barn 以下で分布の形状が変化することが報告された。
- 最後に来年度計画として、核発熱機能 (NJOY/HEATR 相当機能) の開発に取り組むこと、MATXS-J50 の整備に取り組む計画が示された。
- 以上の報告に対し、今野委員より、VITAMINE は 174 群構造で、200 群は VITAMINE-B6 の 199 群に 19.64-20MeV の群を追加した SCALE で使われている群構造で VITAMINE ではないとのコメントがあった。また、Dosimetry データの処理で 8 桁の MFD とは何かと質問があり、多田委員より、GENDF で設定されているものとの回答があった。
- 「核データの一次元データ出力機能」については、今野委員より、ヒストグラムを Excel 等で散布図として描画できるようデータ出力する際、ヒストグラムのステップ状に変

化する形状の高エネルギー側の x 座標を僅かに大きめとする対応の必要性について質問あり、多田委員から、必要ないかもしれないが、手間ではないので念のためそうしたとの回答があった。また奥村委員より、「MF = 9、MF=10 は JENDL-5 で充実化が図られており、プロットできた方が良い」との見解が示され、多田委員にて実装を検討する旨、回答された。

- MATXS ファイルの 200 群構造の位置づけについて奥村委員から質問あり、今野委員より「放射化計算時の適切な群数として設定したもの。なお、以前の検討で SCALE の 252 群は必ずしも良くなかった」と回答された。
- JEFF-3.3 の H in CaH₂ の処理で用いる "number of principal atoms (atom_no_principal)" を 1 とすることに対する物理的意味について木村委員から質問あり、「おそらく CaH として評価が行われたためではないか」と多田委員より回答された。
- また、n_021-Sc-044m1 の MT=51、91 のしきい値がないことについて今野委員より質問があり、Sc44m1 の励起エネルギーが高いため、MT=91 の励起エネルギーと同じに設定されているのかもしれないとの回答が多田委員よりあった。
- JENDL-4.0 の U-235 の(n,2n)反応で特定入射エネルギーの二次エネルギー分布の一部値が NJOY に比べて大きくなることの原因として、ユニットベース内挿手法に起因するとの多田委員の説明に対し、岩本委員より疑問が示され、多田委員にて再検討すると回答された。

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。SCALE6.2 で使う JENDL-5 の種々の断面積ライブラリ (ORIGEN 用放射化断面積ライブラリ (公開済み) / 崩壊ライブラリ / 核分裂収率ライブラリ (公開に向けテスト中)、AMPX ライブラリ (連続エネルギー / 多群)) 作成を進めており、当該発表では JENDL-5 の AMPX ライブラリ (連続エネルギー) 作成状況が紹介された。
- 具体的には、入力データ作成補助コード ExSite や処理コード AMPX-6 を用いて熱中性子散乱則データ以外の AMPX ライブラリ (連続エネルギー) の作成は全て完了し、現在は取り組んでいる熱中性子散乱則データの処理が終わり次第、検証計算を行う予定であることが報告された。
- 今年度中目途に JENDL-5 の AMPX 連続エネルギーライブラリと共に JENDL-5 の多群ライブラリを完成させ、次年度は比較評価用に JENDL-4.0 の AMPX ライブラリ (連続エネルギー / 多群)、可能であれば JENDL-5、JENDL-4.0 の AMPX 共分散ライブラリまで整備し、公開したいとの計画が示された。
- 当該発表に対し、山路委員より、公開時の同ライブラリ使用時の制約について質問あり、

「ACE-J50 ライブラリと同様、web からダウンロードできるようにし、商用使用含め、使用上の制約は設けない見込み」と回答された。

- 奥村委員からは、ORIGEN ライブラリの作成の仕方について質問あり、「崩壊ライブラリについては独自ツールで処理した」と今野委員より回答された。また、AMPX 多群ライブラリを使用できるコードについて質問あり、「KENO や DOORS で使用可能」と回答された。
- 千葉委員から「熱中性子散乱の上限エネルギー設定に関する検討」について発表があった。当該発表では、FRENDY の熱中性子散乱データの多群処理において上限エネルギーに制約がない (NJOY の THERMR では 10eV) ことを利用し、100eV を上限 (ただし、核データ上は黒鉛で約 2eV、水で約 4eV までが与えられていることから、これ以上のエネルギー領域では Short Collision Time 近似が適用される) とした場合の臨界性へ与える影響を感度解析した結果が紹介された。
- 結果、1eV を上限とした場合と 100eV を上限とした場合の影響は、HTTR 体系で 0.2%dk、LWR ウラン燃料体系で 0.1%dk、LWR MOX 燃料体系で 1%dk となり、エネルギー毎の感度分布から、HTTR 体系では 6~12eV に上限を設けた場合に影響が有意となること、LWR MOX 燃料体系では上限エネルギーを高め設定するほど、より正確な評価となることが示唆された。
- 当該発表に対し、渡嘉敷委員より、現状の $S(\alpha, \beta)$ の核データ上の上限 4eV に対し、本感度解析はより高いエネルギー領域まで $S(\alpha, \beta)$ の核データの必要性を示唆するののかとの質問に対し、「現段階では、そこまで明確なことは言えない」と回答された。遠藤委員からは、「水の $S(\alpha, \beta)$ の妥当性確認として、臨界性に関する積分実験ではなく、核燃料を含まない水槽体系における即発中性子減衰定数に関する積分実験に着目して妥当性確認を試みる研究を行っているが、当該研究では共鳴物質を含まないため、本発表で示唆される影響が現れづらいと考えられる」とコメントされた。
- 山路委員から「熱中性子散乱則 $S(\alpha, \beta)$ に対する MHI の要望」について発表があった。当該発表では、グラファイト、グラフェン等の黒鉛系材料に対する断面積測定に関する以下の論文(2)によると、グラフェンの冷中性子領域における全散乱断面積はグラファイトよりも有意に大きい、熱伝導性に優れ工学的応用が期待されるグラフェンをシミュレーション上考慮する場合、どのように模擬したら良いか、またグラフェンの核データ取得にニーズを伝える窓口はどこが適当か、との論点が示された。

(2) M. Teshigawara, et. al., “New Material Exploration to Enhance Neutron Intensity Below Cold Neutrons; Nanosized Graphene Flower Aggregation,” *Nanomaterials* 2023, 13, 76.
- 当該発表に対し、岩本委員からは、「上記論文に示された各素材の全散乱断面積の傾向

の違いは、小角散乱に起因するものと推測されるが、当該現象は核データのフォーマット上、格納できるようにはなっておらず、したがってシミュレーション・コード上も取り扱えない」との見解が示された。

- 多田委員からは、「ノースカロライナ州立大の Hawari 教授が開発している FLASSH コード等を使えば、グラフエンの $S(\alpha, \beta)$ は評価できると思われるが、小角散乱の考慮については実際に核計算で用いるグラフエンの情報が必要となる」こと、「小角散乱の考慮については、当該現象を $S(\alpha, \beta)$ に押し込めることで、中性子輸送計算で考慮できる可能性があるものの、それ自体が研究課題である」こと、「上記論文で使用されたグラフエンの構造と工学的応用時に利用される際のグラフエンの構造の差に起因して、断面積の特性が大きく異なる可能性があることが課題」との見解が示された。
- 岩本委員より、「PHITS では小角散乱を取り扱えるように改良を行っており、本測定結果を PHITS で利用できるようにしたと聞いている」こと、「工学的に利用する際の材料が提供されれば、核データ測定ニーズに対して対応は可能である」との見解が示され、山路委員より、岩本委員に個別に相談することとなった。

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 開発計画が確認された。昨年度多田委員報告の 2023 年度 HEATR 相当機能整備、2024 年度以降 ERRORR/COVR 相当機能整備の計画は遅れており、当該計画を一年後ろ倒しする形で 2024 年度 HEATR 相当機能整備とすることが確認された。
- 同計画に対し渡嘉敷委員より、来年度計画の開発見込みについて質問あり、多田委員より「JAEA 計画上、これ以上の延期は難しいため、取り組む必要ある」との見解が示された。

以上