

「シグマ」特別専門委員会、核データ部会、炉物理部会合同セッション

ベンチマーク問題や積分実験を用いた JENDL 及び核計算コードの  
V&V の現状と今後の展望

Current Status and Future Perspective of the Verification and Validation (V&V) of JENDL and  
Nutronics Calculation Codes by use of the Benchmark Problems and Integral Experiments

(1) JENDL の開発状況と V&V への要望

(1) Status of JENDL development and requests to V&V

岩本 修<sup>1</sup>

<sup>1</sup>日本原子力研究開発機構

1. はじめに

核データは核計算に欠かすことができない基礎的なデータである。核データの信頼性が核計算の信頼性に直結する。日本の核データライブラリーである JENDL は 1977 年に初版である JENDL-1 が公開され、その後着実に改良と拡張が重ねられ、最新版の JENDL-4.0 が 2010 年に公開されている[1]。JENDL-4.0 では核計算の信頼性に関わるものとして核データの誤差を表す共分散データが大幅に充実している。現在、次期バージョンの開発を始めている。新たな評価データライブラリーの開発において、積分テストによる検証は信頼性の確保に欠かせないものである。本報告では特殊目的ファイルを含む JENDL の開発状況と検証に関わる要望について報告する。

2. JENDL の開発状況

JENDL-4.0 では間違いが見いだされた場合できるだけ速やかに修正する方針であり、2017 年 1 月現在、38 件の修正データを JENDL-4.0 アップデートファイル JENDL-4.0u として公開している。これらは JENDL-4.0 公開の 1 年後から 3 年間後の間に集中しており、それ以降は要望が強かった Pb 同位体の共分散データを追加したものを除くと、修正については 2 件のみであることから、JENDL-4.0 の間違いについては、ほぼ収束しているものと考えられる。

JENDL では JENDL-4.0 のような汎用ファイルで対応できない利用分野へ核データを提供するため、特殊目的ファイルを公開している。加速器等では遮蔽や放射化量の評価に汎用ファイルでは収録していない高エネルギーの核反応のデータが必要となる。また、電子線加速器の場合は光核反応データが重要となる。JENDL ではこれらの利用へ対応するため、200MeV までの中性子及び陽子のデータを収録した JENDL-4.0 高エネルギーファイル JENDL-4.0/HE を 2015 年 11 月に公開する共に、2600 以上の核種について 140MeV までの光核反応データをまとめた JENDL 光核反応データファイル JENDL/PD-2016 を近く公開予定である。JENDL-4.0 の公開後、新しい測定を考慮した核分裂性生成物崩壊データファイル JENDL/FPD-2011 と核分裂収率データファイル JENDL/FPY-2011 を公開した。更に、崩壊データについては JENDL/FPD-2011 を拡張し、中性子を含み水素 (Z=1) から Rf(Z=104)までの 3,237 核種を網羅した崩壊データファイル JENDL/DDF-2015 を公開済みである。また、軽水炉廃止措置に関係する放射化量評価を目的として、放射化断面積データの整備も実施しており、現在、公開の準備を進めている。

JENDL-4.0 に続く次期の汎用データファイルとして JENDL-5 の開発を開始しており、2021 年度の公開を目指している。JENDL-4.0 で未改訂であった I, Ru, Sb, Er 同位体等の核分裂生成物については評価がほぼ終了しており、学術誌等で成果を公開している[2]。次期ライブラリーでは、データが最近あまり更新されて

いない軽核及び構造材核種の改訂を実施する予定である。そのために必要となる共鳴理論計算コード AMUR の開発を行っており、O-16 や F-19 のデータの解析が進んでいる。構造材核種については、現在 Cu や Nb、Zr 等について評価を実施している。重核については、現在 Am や Np などのマイナーアクチニドに対して共鳴領域の捕獲断面積の測定を J-PARC の ANNRI を用いて実施しており、今後、これらの測定データを用いて共鳴解析を行い、結果を JENDL へ反映する予定である。アクチニドの重要核種について、国際的核データ評価協力である CIELO で U-235, 238, Pu-239 の評価結果が出されており、JENDL への反映について今後検討していく予定である。また、共分散データは V&V にも関係する重要なデータであり、次期 JENDL でも引き続き拡充を図っていく予定である。

## 2. V&V への要望

核データの評価では、基本的に微分的な測定データや理論的な予測に基づき、最も確からしいと考えられる値を求めている。また、これら不確かさについても共分散データとして整備している。実験や理論の両面で核データの精度向上への取り組みが行われているが、別の観点となる積分的な検証は重要である。積分テストはこれらのデータの妥当性を知る指標となると共に、フィードバックにより核データの値そのものの改善にもつながる非常に重要な役割をはたす。たとえば、原子炉の臨界性の計算で要求されている精度は非常に高いと共に、断面積の少しの差が大きな影響を与えるため、微分的な観点からの議論は非常に困難である。しかしながら感度解析を組み合わせることにより、積分データを基にした核データへの知見の反映が可能となる。実際、JENDL-4.0 の開発では、JAEA 内の炉物理の研究者が中心となり、熱炉及び高速炉を対象として臨界性や核種生成に関わる多くの積分テストを行い、感度解析による核データへのフィードバックがなされた。これにより、JENDL-4.0 の核計算の予測精度は JENDL-3.3 と比較し大幅に向上した[3]。平成 25 年度に JENDL 委員会内に JENDL 開発検討小委員会が設置され、報告書が公開されている[4]。その中で JENDL の利用促進のために、幅広い対象について核データの検証が求められている。また、共分散データが使用されるためには、共分散データ自体の妥当性の検証も欠かせない。JENDL-5 の開発において、原子炉の核特性を中心とする多くの積分テストを実施し、共分散データの検証を含めて行いたいと考える。

## 参考文献

- [1] K. Shibata et al., "JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering," *J. Nucl. Sci. Technol.* **48**(1), 1-30 (2011)
- [2] K. Shibata, "Evaluation of neutron nuclear data on iodine isotopes" *J. Nucl. Sci. Technol.* **52**(9), 1174-1185 (2015) 等
- [3] G. Chiba et al., "JENDL-4.0 Benchmarking for Fission Reactor Applications," *J. Nucl. Sci. Technol.* **48**(2), 172-187 (2011)
- [4] JENDL 委員会 JENDL 開発検討小委員会、「JENDL 開発検討小委員会報告—JENDL 開発の今後の方向性—」JAEA-Review 2014-046, 日本原子力研究開発機構(2015)

---

Osamu Iwamoto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Japan Atomic Energy Agency