

「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

(2) JENDL 委員会リアクタ積分テスト WG 活動紹介

(2) Activities of the reactor integral test WG of the JENDL committee

千葉 豪¹

¹北海道大学

1. 緒言

リアクタ積分テスト WG は、旧シグマ委員会の WG として、JENDL-3.2 の公開直後である 1994 年にそれまでの LWR 積分テスト WG と FBR 積分テスト WG を統合して設置された。設置後は JENDL-3.2 のベンチマークを中心に活動し、その後、対象を JENDL-3.3、-4.0 に移しながら継続して活動した。現在は JENDL 委員会の炉定数専門部会に属している。2011 年度より、JENDL-4.0 の軽水炉核特性に対する性能の評価に重点を置いた活動を行い、得られた成果は、核データ研究会での発表[1]や核データニュースへの投稿[2]、OECD/NEA の核データ評価国際協力 WP (WPEC) の年会[3]等を通じ、積極的に外部に発信している。

JENDL の V&V においては、検証に用いる積分データの整備が重要となる。本 WG においても、核データの積分検証のためのベンチマークデータ集の整備に関する活動を行っている。この活動は、2012 年度の WG の会合における「ICSBEP や IRPhEP といった公開のデータベースから良質かつ核データの積分検証に役立つデータを評価してピックアップできないか」という提案が契機となって始まった。2013 年度には、軽水炉のための核データベンチマークデータの雛形が作成され、現在までに内容の拡充が継続的に行われた。

本発表では、リアクタ積分 WG がまもなく公開する、軽水炉のための核データベンチマークデータ集についての紹介を行う。

2. ベンチマークデータ整備の方針と検討手順

ベンチマークデータの整備は、公開性、説明責任、透明性、追跡可能性をキーワードとして、以下に示す方針、検討手順に則って行った。

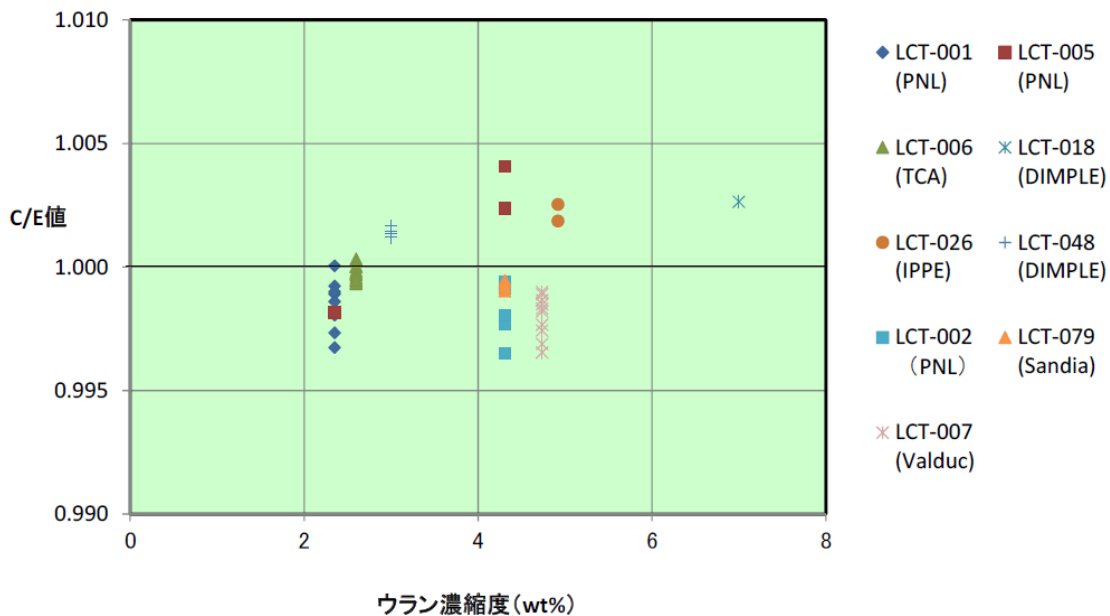
- ① 国際的な評価が行われて、その品質がある程度保証されており、さらに実験の詳細情報が公開されている OECD/NEA の ICSBEP および IRPhEP 公開データベースの中から、過去の汎用ライブラリに使用されたベンチマークデータを参考にして、ベンチマークデータの候補を選定する。
- ② 個々の選定した候補について、ICSBEP、IRPhEP の書類及び関連文献を詳細に調査する。ここで重視するのは、実験体系情報の詳細度及び信頼度、不確かさ評価の品質の 2 点に対して、技術的に妥当な評価がなされているかどうかである。
- ③ 選定した候補について、連続エネルギーモンテカルロコード MVP のための入力データを整備し、JENDL-4.0 による解析を行う。
- ④ 上記②の調査結果と③で得られた C/E 値の傾向などから対象データ毎に取捨選択を行い、軽水減速低濃縮ウラン格子系および軽水減速 MOX 格子系の中性子実効増倍率に対するベンチマークデータ集を作成する。

⑤ ユーザーの便宜を図るため、③で整備した MVP 入力データ、JENDL-4.0 による解析結果等を CD-R に格納して報告書に付する。

また、C/E 値の結果を検討する方法論の雛形として、JENDL-4.0、ENDF/B-VII.1、JEFF-3.2 を用いて幾つかのベンチマークデータを計算し、結果におけるライブラリ間の差異を感度解析手法によって分析することも行った。この過程で計算した中性子実効増倍率の核データに対する感度係数及び関連データは、上記⑤で述べた CD-R に格納することとした。

3. 軽水減速低濃縮ウラン格子系ベンチマークの整備

軽水減速低濃縮ウラン格子系のベンチマークデータのうち、「U-235、U-238 基本ベンチマークデータ」として整備されたものについて、JENDL-4.0 を用いて得た C/E 値を燃料のウラン濃縮度について整理したものを図 1 に示す。



今回の評価値は ICSBEP で採用されたものに比べると系統的に反応度の絶対値が小さい結果となっている。今回、同一の評価手法を実験データ全てに適用し、非均質反応度効果を評価することによって、より信頼性の高いベンチマークデータ集の構築を実現した。

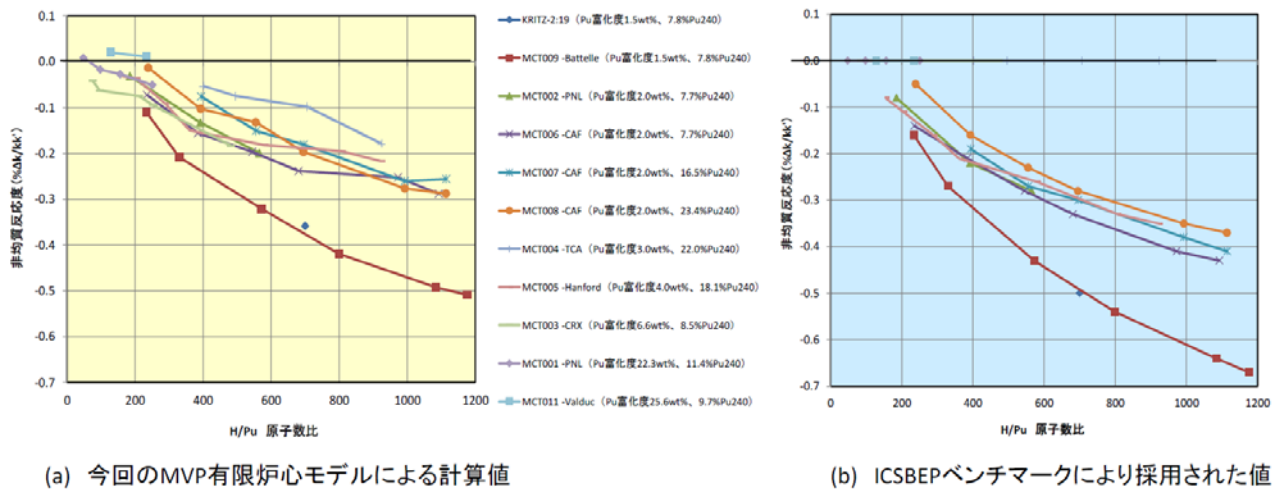
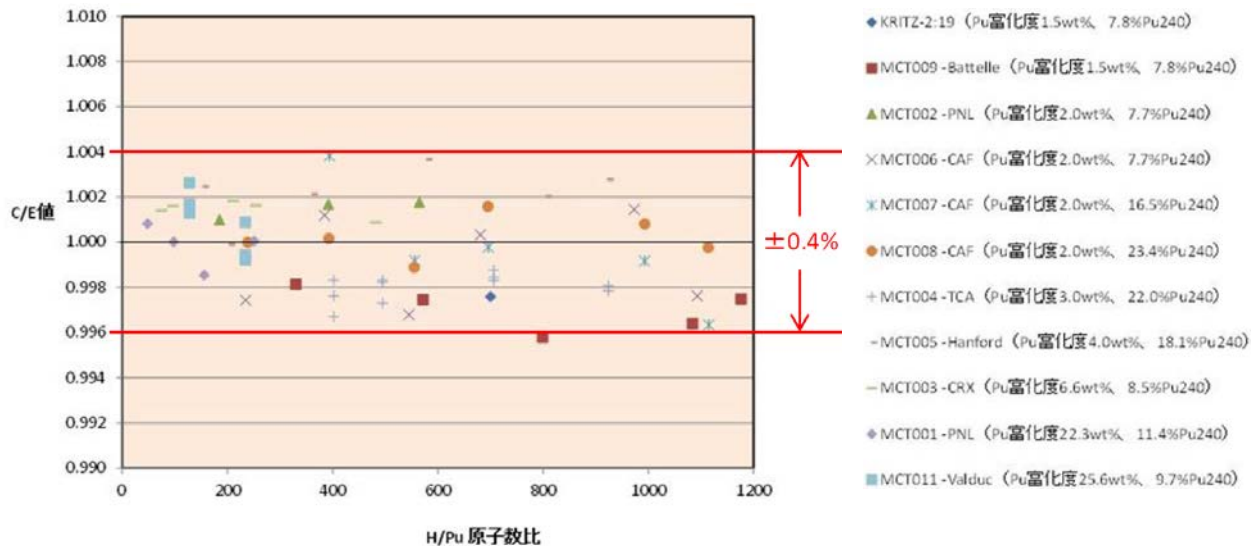


図2 PuO₂粒子の非均質反応度

また、今回整備したベンチマークデータにおける JENDL-4.0 の解析結果を図3に示す。C/E値は H/Pu 原子数比に依存せず、計算値は実験値を概ね±0.4%以内で再現していることが分かる。



5. 結言

次期 JENDL の原子炉核特性に対する性能を評価・検証するためのベンチマークデータ集を整備した。本検討では軽水炉の臨界特性（中性子実効増倍率）に着目し、公開データベースである ICSBEP ハンドブック及び IRPhEP ハンドブックに収納されている炉物理実験データを活用した。今回整備したベンチマークデータ集は、これまでの種々の評価済み核データライブラリの積分検証に利用されてきたものと比べても、極

めて高い信頼性を有するものとする。このベンチマークデータ集は、次期 JENDL のみならず、汎用核データライブラリの積分検証をする上で極めて有用であり、長い将来に亘って広く活用されるであろう。

なお、今回のベンチマークデータ集の整備では、作業に充てられる時間が限られていたことから、既存の公開データベースのごく一部について検討を行った。従って、臨界特性（中性子実効増倍率）の、H/U 原子個数比等の種々の物理パラメータに対する依存性を網羅する観点から、さらに追加すべき公開データが存在する可能性が大いに考えられる。この点については、今回整備したベンチマークデータ集を運用しながら、適宜、有益なデータを追加していく作業が重要となるであろう。また、主要な重核種や水素、酸素等の軽核に加えて軽中重核に感度を有するデータや、溶液系等といった格子系以外のデータについても網羅できるように、ベンチマークデータ集の拡張を継続的に行う必要がある。

原子力エネルギーの活用には核データの利用が必須である。また、より高い信頼度での原子力エネルギーの活用を実現するためには、核データの精度検証は避けては通れず、そのためには信頼性の高い検証用のデータベースが必要となる。今回整備した軽水炉ベンチマークデータ集がそのための出発点となることを、強く期待するものである。

謝辞

本報告は著者が代表して行ったが、ベンチマークデータの整備作業はリアクタ積分 WG として実施したものである。ここに、全ての WG メンバーのベンチマークデータ整備の実作業やブラッシュアップへの貢献に深い謝意を示す。

参考文献

- [1] G. Chiba, "Validation of JENDL-4.0 and future: reactor integral test working group," JAEA-Conf 2013-002, p.65 (2013).
- [2] 千葉豪、「Gd-157 熱中性子捕獲断面積に関する最近の検討状況」、核データニュース No.108 (2016)
- [3] <https://www.oecd-neo.org/science/wpec/meeting2016/>など。
- [4] G. Chiba, "JENDL-4.0 benchmarking for fission reactor applications," J. Nucl. Sci. Technol., 48[2], p.172 (2011).

Go Chiba¹

¹Hokkaido Univ.