



### (3) 炉物理関連(積分実験)

日本原子力研究開発機構

福島 昌宏

[fukushima.masahiro@jaea.go.jp](mailto:fukushima.masahiro@jaea.go.jp)

北海道大学

千葉 豪

[go\\_chiba@eng.hokudai.ac.jp](mailto:go_chiba@eng.hokudai.ac.jp)

本会議の研究分野のうち「Validation, benchmarking of evaluated data」、 「Integral experiments」、 「Uncertainty quantification and covariance matrix」等に関連する発表の一部を紹介させて頂く。

- INL の J.B. Briggs 氏が「Integral Benchmark Data for Nuclear Data Testing Through the ICSBEP and IRPhEP」と題して、ND2007 開催時からの ICSBEP、IRPhEP ハンドブックの拡充状況について報告した。UO<sub>2</sub>-ThO<sub>2</sub>-D<sub>2</sub>O 系、MOX-carbide 系、ZPPR-12 のナトリウムボイド反応度のデータ等が新たに加えられたようである。ICSBEP ハンドブックの最新版は 2013 年の 9 月にリリースされる予定とのことである。
- INL の J.D. Bess 氏は「What If Lady Godiva Was Wrong?」と題した発表において、高濃縮ウラン・高速中性子核分裂系の標準ベンチマーク体系として用いられている Godiva の臨界データが誤差を含んでいる可能性について言及した。Godiva の臨界特性について、既存の核データファイルは極めて良好に実験データを再現するが、Godiva と異なる高濃縮ウラン・高速中性子核分裂系のベンチマーク体系（例えば ORNL や Russian Federal Nuclear Center で取得された臨界データ）については、系統的な過少評価が観察され、Godiva ベンチマークデータの見直しが必要であるとのことである。
- INL の M.A. Marshall 氏（発表自体は Bess 氏が代理で実施）は、「Evaluation of Delayed Critical ORNL Unreflected HEU Metal Sphere」と題して、GODIVA 実験との比較のためオークリッジで 1971 年と 1972 年で実施された高濃縮ウランの裸の金属球を使用した臨界実験のベンチマーク化について報告した。実験方法、幾何形状及び臨界実験の

不確かさ等の詳細について説明があり、今後、ICSBEP ハンドブックに収納されることである。

- 原子炉の燃焼特性に対する不確かさの定量化に関する研究が何件か報告された。CNRS の F. Ferragut 氏は「Propagation of Nuclear Data Uncertainties in PWR Burnup Pin-Cell Deterministic Calculations using the Total Monte Carlo Approach」と題して、TENDL-NJOY-DRAGON を用いた UAM ベンチマーク Phase I の問題に対する結果を、GRS の J. Martinez Gonzalez 氏は「Propagation of Neutron Cross Section, Fission Yield, and Decay Data Uncertainties in Depletion Calculations」と題して、同様に SCALE6.1 を用いた結果をそれぞれ報告した。前者の発表では、一般化摂動理論に基づく燃焼特性に対する感度を用いた不確かさの定量化の計算例についても述べられていたように思う。また、NRG の D.F. da Cruz も「Quantification of Uncertainties due to U-235, -238, Pu-239, -240, -241 and Fission Products Nuclear Data Uncertainties」と題して、TENDL-NJOY-DRAGON を用いた結果を報告した。主に Total Monte Carlo に基づいた原子炉の燃焼特性に対する不確かさの定量化が着々と進んでいることが分かった。なお、TMC で論文を量産している NRG の Rochman 氏と話したが、Monte Carlo ベースでの計算は時間がかかって大変のようではあり、簡単に燃焼感度が計算できる決定論ベースのコードなどがあつたら是非使いたいと話していた。
- Seoul National University の H.J. Shim 氏は「Monte Carlo Sensitivity and Uncertainty Analysis with Continuous-Energy Covariance Data」と題して、連続エネルギーのモンテカルロ法により不確かさを計算する方法について発表した。詳細について、別途論文で勉強したいと思わせる内容であった。
- NRG の D. Rochman 氏は「Uncertainty Propagation with Fast Monte Carlo Techniques」で、GRS の Zwemann 氏が開発した Fast Monte Carlo Techniques（詳細は Physor2012 にて報告されている）を用いた不確かさの定量化について発表した。TMC アプローチの問題のひとつとして莫大な計算負荷を必要とすることが挙げられるが、本手法により負荷が大きく低減されることである。
- BNL の S. Hoblit 氏は「Towards Unified Reaction Cross Sections through Assimilation of Integral and Differential Experiments」と題して、核データ評価コード EMPIRE の入力パラメータを、積分データを用いて調整する検討について報告した。JENDL actinoid file 作成時にも同様なことが行われていたわけで、当事者としては懐かしい感じがした。
- IRSN の G. Ferran 氏は「Development Progress of the GAIA Nuclear Data Processing Software」と題して、IRSN で開発が始まった核データファイルの処理コードについて発表した。学位論文のテーマとして共鳴断面積の共鳴パラメータからのポイントワイズ断面積作成機能が開発されたようである。GAIA は C++で作られていることである。

- IPEN の A. dos Santos 氏は、「Three Heavy Reflector Experiments in the IPEN/MB-01 Reactor: Stainless Steel, Carbon Steel, and Nickel」と題して、IPEN/MB-01 臨界集合体を用いた反射体効果について発表した。反射体の材質は、ステンレス鋼、炭素鋼（主として鉄）及びニッケルを対象としていた。各材質に対して、厚さ約 0.3mm のプレートを束ねて反射体の厚さ（最大 32 プレート）を変化させた応度測定の結果は次のとおりであった。ステンレス鋼では、第 6 プレートまで一旦減少し、その後は増加して第 21 プレートでほぼゼロになり、最終的に全 32 プレートで約 155pcm に達する。炭素鋼やニッケルでも同様な振る舞いであるが、全 32 プレートのケースにおいて、炭素鋼ではステンレス鋼に比べて反応度効果は小さく、その一方でニッケルではより高い反応度効果を示す結果であった。これらの実験に対する ENDF/B-VII.0 を用いた計算結果は、ステンレス鋼の実験値を良く再現しているが、炭素鋼及びニッケルの実験値に対して系統的な過大評価があると報告された。これらの結果から、鉄及びニッケルによる過大評価がクロムによる過小評価と相殺していることが指摘された。
- CEA の Yi-Kang Lee 氏は、「Investigation of Nuclear Data Libraries with TRIPOLI-4 Monte Carlo Code for Sodium-Cooled Fast Reactors」と題して、ABR-1000 の MOX 炉心及び金属炉心に対する JEFF-3.1.1 及び ENDF/B-VII.0 による積分テストの結果を発表した。JEFF-3.1.1 に比べて ENDF/B-VII.0 が、 $k_{\text{eff}}$  を MOX 炉心において 0.86%、金属炉心において 1.3%程度下げる結果であった。両核データの差異は、Pu-238、Pu-240 及び Na-23 に起因しているとのことである。



ニューヨーク・タイムスクエア