

燃料間出力相関を考慮した炉外計装による炉心出力分布再構成手法の開発

(2) : 検出器信号の不確かさ影響評価

Core power distribution re-construction method based on the ex-core detector with power correlation
between fuel regions

(2): Detector uncertainty effect

*中居 勇樹¹, 木村 礼¹, 和田 怜志¹

¹東芝エネルギーシステムズ株式会社

小型炉の開発が世界中で精力的に進められているが、小型炉の監視には従来の大型炉を踏襲して炉内計装と炉外計装の両方が採用される見通しである。しかし、メンテナンス性などの観点では炉外計装のみを用いた監視システムが望ましい。小型炉では炉外計装のみで炉内を監視できる余地があるため、炉外計装による燃料出力分布の再構成手法の開発を進めてきた。これまでは検出器の不定性による影響評価が不十分であったため、検出器不定性によって燃料出力の推定値がどの程度変動するかを評価した。

キーワード : 炉外計装, 状態監視, SMR, 小型炉

1. 緒言

世界で開発が進められている小型モジュラー炉（SMR）やマイクロリアクターは次世代の分散型電源として期待されている。これらの核計装システムは、基本的には炉内へ設置されることが想定されている。炉内計装は炉内の情報を精確に取得できるものの、動作環境が過酷であるため頻繁にメンテナンスが必要となる。一方で、炉外計装は取得できる情報の質は劣るものの、動作環境は比較的穏やかである。炉外計装のみを用いた監視システムで十分な性能が担保できれば、メンテナンス性や長期信頼性が向上する。小型炉においては、その炉心サイズの小ささから炉外へと漏れ出る中性子数が増加し、炉外計装によって得られる情報の質が向上すると期待できる。そこで、炉外に設置した検出器信号から、炉内情報を用いて燃料出力の分布を再構成する手法を開発してきた。

2. 検出器の不確かさによる再構成値への影響評価

本再構成手法の性能は、シミュレーションを用いて評価してきた。しかし、実際の検出器では統計的な不定性に加え、電氣的ノイズや背景事象による系統的な不定性をもつ。この検出器の不確かさによって、推定した燃料出力がどの程度揺らぐか評価する必要がある。そこで、検出器の不確かさを考慮し、再構成値への影響を評価した。

MVP3.0^[1]を用い、MovelluXTM^[2]炉心の一部燃料の濃縮度を高めた体系に対して、出力分布と検出器応答を評価した。その後、得られた検出器応答に対してガウス分布に従った不定性をランダムに加え、本再構成手法を用いて燃料出力を推定した。この燃料出力の推定値の変動から、検出器の不確かさによる影響を評価した。図1にその結果を示す。実線は燃料出力のシミュレーション結果、破線は再構成結果を表す。推定値の誤差棒は検出器の不確かさを考慮したときの標準偏差に対応する。検出器の影響を組み込んだ場合でも、シミュレーションの結果を再構成できることが分かった。

参考文献

[1] Y. NAGAYA, et al., “MVP/GMVP II: general purpose Monte Carlo codes for neutron and photon transport calculations based on continuous energy and multigroup methods”, JAERI1348, Japan Atomic Energy Research Institute (2004),

[2] R. Kimura, et al., “Hydride moderated heat-pipe cooled very small modular reactor MovelluX (1): Overview of reactor system and core concept”, Proc. AESJ 2019 Annual Meeting, Mito, Japan, Mar. 20-22, 2019, Atomic Energy Society of Japan (2019)

*Yuki Nakai¹, Rei Kimura¹, and Satoshi Wada¹

¹Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation

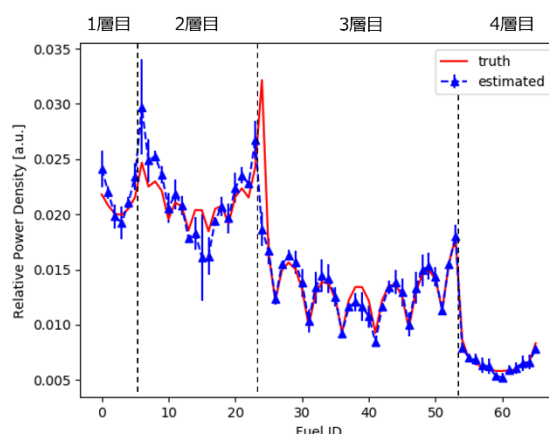


図1 : シミュレーションでの燃料出力値（実線）と検出器の不確かさを考慮したときの推定値（破線）