

準定常状態の出力挙動に基づく反応度評価手法の改良

Improvement of reactivity estimation method based on behavior of power in subcritical quasi static state

*山根 祐一
原子力機構

未臨界状態の核燃料の反応度が変化し直後の準定常状態における出力挙動に基づいてドル単位の反応度を評価する手法を改良した。これを一点炉動特性コード AGNES の計算で得られた出力の時系列データに適用し、 -10 ドル以上で精度よく反応度を評価できることを確認した。

キーワード： 未臨界、反応度評価、一点炉動特性、準静的状態、燃料デブリ

1. 緒言

核燃料溶液の臨界管理されていない容器への流入の他、福島第一原発の燃料デブリへの適用を想定し、未臨界の核燃料の反応度が変化し直後の準静的状態における出力挙動に基づいて反応度を評価する手法を開発し、検証用の実験データを取得して評価を行ってきた^{[1][2]}。

出力の時系列データとそれを最小二乗法を用いて再現したデータの誤差の一部が、反応度に応じて敏感に変化することに着目して新たな手順を開発した。動特性計算で生成した出力の時系列データに擬似的なノイズを加えたデータに適用し、 $-10\$$ 程度以上の範囲で良い精度で評価できることが確認できた。

この成果は、任意の未臨界体系における数値解析に依存しない反応度測定手法の整備に寄与するとともに、核燃料施設や原子炉施設の安全性向上、核燃料物質を取り扱う際の臨界防止に役立つことが期待される。

2. 反応度評価

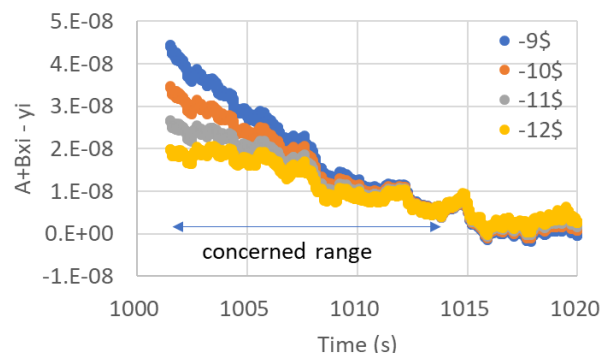
2-1. 解析したデータの条件

AGNES コードで動特性計算を行い、得られた出力の時系列データに 10% の擬似ノイズを加えたデータを解析の対象とした。

2-2. 改良後の評価手順

出力の時系列データの i 番目を y_i で表す。この y_i を用いて算出する x_i との間に、準定常状態では $y_i = A + Bx_i$ が成り立つ^[1]ことを以下で用いる。 $\rho_\$$ をパラメータとして以下の手順を行うが、新手順では、③の誤差データが $\rho_\$$ に応じて敏感に変化する ($\rho_\$$ が真値より小さいと下に凸、大きいと上に凸となる) ことを利用する。

- ① $x_i = \exp(M_i/\alpha_y)$ を計算する。 M_i は従来と同じ方法で y_i から算出する。 $\alpha_y = 1/\rho_\$ - 1$ である。
- ② 最小二乗法を用いて A, B を計算する。ただし $A = y_\infty$ (安定時出力) となるようにデータ数 N を決める (長くとる)。
- ③ 元データ y_i と②の計算で再現されたデータ $A + Bx_i$ の誤差 $A + Bx_i - y_i$ の初期数十秒 (図 1 の concerned range) における直線性が最も良い $\rho_\$$ を求める。



3. 結果

図 1 の例 (初期 $\rho_\$ = -100\$$ 、900s から直線的に反応度を添加し、1000s 以降 $\rho_\$ = -10.6\$$ を保った) では評価結果は $-10.7\$$ となった。

参考文献

[1] 山根祐一、「一点炉動特性方程式に基づく未臨界状態における出力の漸近的挙動」日本原子力学会 2017 春の年会予稿集、1F04

(2017). [2] 山根祐一他、「KUCA 未臨界炉心の反応度評価 (2) 準静的状態の出力挙動に基づく評価」日本原子力学会 2019 春の年会予稿集、2J02 (2019).

図 1. AGNES コードで生成した時系列データへの適用例

*Yuichi Yamane

JAEA