

## 出力の漸近的挙動に基づく反応度評価

Reactivity estimation based on asymptotic behavior of power in subcritical 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た後には生じる出力の漸近挙動を表す方程式に基づいて、未臨界度評価手法を開発した。これを、過渡臨界実験装置 TRACY の未臨界過渡実験で得られた中性子計数率の時系列データに適用してドル単位の反応度を評価し、誤差 4%程度以下で評価できる見通しを得た。

**キーワード：**未臨界、反応度評価、一点炉動特性、TRACY、出力漸近挙動

### 1. 緒言

核燃料施設においては核燃料溶液の臨界管理されていない容器への流入、原子炉では燃料の装荷や制御棒引き抜き、福島第一原発では燃料デブリ取出しや準備のための水張りなどを想定し、未臨界の核燃料の反応度が変化した後には生じる出力の漸近挙動を反応度の関数として表す方程式を、一点炉動特性方程式に基づいて導出した<sup>[1]</sup>。この出力漸近挙動を表す方程式を利用して反応度を評価する手法を開発し、実験データ<sup>[2]</sup>に適用してドル単位の反応度を誤差 4%程度以下で評価できる見通しを得た。この手法では、中性子の計数率以外には、遅発中性子先行核比率と遅発中性子先行核崩壊定数しか必要としないため、核分裂性物質の主な同位体（ウラン 235、プルトニウム 239 等）とその割合がわかれば良く、核燃料の化学的組成や形状、大きさなどの状態についての情報は必要ない。臨界計算を必要としないため、その誤差の影響を受けない。この成果は、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. 解析した実験の条件

過渡臨界実験装置 TRACY（硝酸ウラニル水溶液）の未臨界過渡実験において、中性子吸収用の調整トランジェント棒の瞬時引き抜きにより、反応度を $-3.1\%$ から $-1.4\%$ にして得られたデータ<sup>[2]</sup>を解析の対象とした。

#### 2-2. 評価手順

中性子計数率の時系列データを  $n_t$ 、 $i$  番目の遅発中性子先行核濃度  $C_i$  に比例する量を  $f_i (= \beta_i / \Lambda C_i)$  で表す。

①  $\ln(n_\infty - n_t)$  を計算し、直線  $(at+b)$  でフィッティング

②  $n(t) = \exp(at+b)$  より  $f_i$  を計算  $f_i = \int_{-\infty}^t n(t) \exp(\lambda_i(\tau-t)) d\tau$

③  $n$  と  $f_i$  より  $\dot{f}_i$  を計算  $\dot{f}_i = (n - f_i) \beta_i / \beta_{eff}$

④  $\dot{f}_i$  から  $q$  を計算（文献[1]に基づく、詳細は発表時説明）

⑤ 点  $(q, n)$  に直線をフィッティングし、傾き  $\alpha_y$  を求める

⑥  $\rho_{\$} = 1 / (\alpha_y + 1)$  でドル単位の反応度  $\rho_{\$}$  を計算

### 3. 結果

評価結果は  $\rho_{\$} = -1.46\%$  で、実験に対する誤差は約 4% である。

#### 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] S. Gunji, et al., "Study of accelerator transient on ADS operation using TRACY (Transient experiment critical facility)," PHYSOR 2004 (2004).

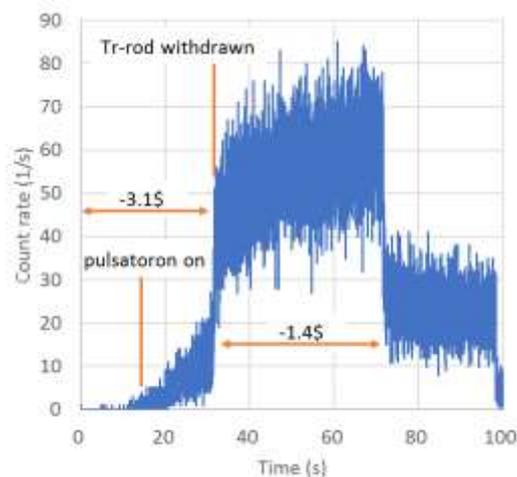


図1. TRACYを用いた未臨界過渡実験のデータ (Ch-1) <sup>[2]</sup>

\*Yuichi Yamane

JAEA