

ピーク核分裂数の評価において温度フィードバックを
線形で取り扱うための反応度条件

The reactivity condition for linear temperature feedback in estimating the number of fissions in power peak

*山根 祐一
原子力機構

臨界事故影響の簡易評価手法の適用性検討に資する目的で、第1ピークエネルギーの評価において、温度フィードバックを線形で扱うことができる条件について検討した。反応度温度係数の比で表される新しい指標を用いることで、線形フィードバックが適用可能な初期超過反応度の範囲が明らかになることが示された。

キーワード： 臨界事故，核分裂数，温度フィードバック，反応度，一点炉動特性

1. 緒言 臨界事故影響評価を目的として開発された手法としては、核分裂数等を核燃料溶液の体積の関数として表す手法（簡易手法）や一点炉動特性方程式を数値的に解く計算コードなどが挙げられる。計算コードでは温度上昇 ΔT に対するフィードバック反応度を ΔT の2次関数（ $\rho_{FB} = \alpha_1 \Delta T + \alpha_2 \Delta T^2$ ）として扱うことが一般的であるが、簡易手法では ΔT の線形関数（ $\rho_{FB} = \alpha \Delta T$ ）として扱っている例が多い。硝酸ウラニルなどの溶液系では線形性が低いことが知られており、これを線形で取り扱うことの妥当性を確認する必要がある。

2次関数の第1項が第2項に比べて大きければ（ $\alpha_1 \Delta T \gg \alpha_2 \Delta T^2$ ）第2項を無視して線形（ $\rho_{FB} = \alpha_1 \Delta T$ ）で取り扱うことができそうだが、一般に初期超過反応度 ρ_0 が大きいと ΔT も大きくなるため、これらの項の比較には ρ_0 も考慮する必要がある。

ここでは総核分裂数への寄与が大きい、出力の第1ピークについて、2次の温度フィードバック反応度を考慮し、遅発中性子項を無視した近似によって得られたエネルギーの式[1]

$$E_p = \int_0^{t_F} P dt = \frac{3A}{2K} \left[\sqrt{\frac{4}{3}x + 1} - 1 \right], \quad x \equiv \frac{\beta - \rho_0}{\alpha_2 A^2}, \quad A \equiv \frac{\alpha_1}{2\alpha_2} \quad (1)$$

（ここで β ：実効遅発中性子割合、 K ：熱容量の逆数）を用いて、温度フィードバック反応度を線形で取り扱うことが妥当な反応度 ρ_0 の範囲についての検討を行った。この成果は、簡易評価手法の適用性や精度向上の検討に役立つことが期待できる。

2. 検討 式（1）は、根号中の $\left| \frac{4}{3}x \right| \ll 1$ の条件において、温度フ

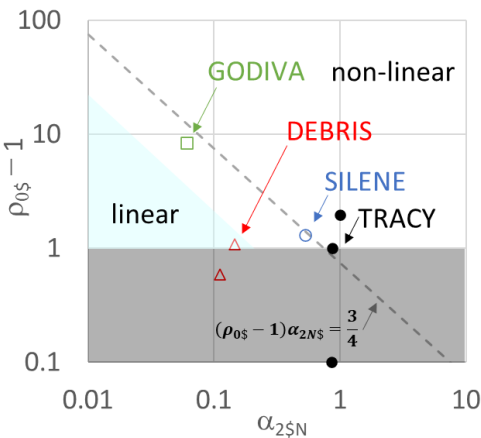


図1：線形フィードバックの条件

ィードバックを線形で扱った Nordheim-Fuchs による式 $E_{pNF} = \frac{2(\rho_0 - \beta)}{|\alpha|K}$ に一致する。ドル単位の新しい指標

$\alpha_{2sN} \equiv \frac{|\alpha_{2s}|}{\frac{1}{4}\alpha_{1s}^2} \left(= \left| \frac{1}{\alpha_{2s}A^2} \right| \right)$ を用いると、この条件は $(\rho_{0s} - 1)\alpha_{2sN} \ll \frac{3}{4}$ と表され、これより温度フィードバックを

線形で扱える反応度の範囲は図1に示される、水色の三角形の領域で表されることがわかった（ $\rho_{0s} \equiv \rho_0/\beta$ ）。

3. 結論 温度フィードバックを線形で扱える初期超過反応度の範囲と温度係数を用いた新指標との関係が明らかになった。線形温度フィードバックでも誤差がそれほど大きくならない条件等について今後検討する。

参考文献 [1] 山根祐一、2015 年春の年会 J25(2015)。

*Yuichi Yamane
Japan Atomic Energy Agency.