

1/f^β周波数分布乱雑体系における中性子実効増倍率分布の指数依存性

Exponent dependency of neutron multiplication factor distribution

in system randomized with 1/f^β frequency spectrum

*荒木 祥平¹, 山根 祐一¹, 植木 太郎¹, 外池 幸太郎¹

¹ 日本原子力研究開発機構

体系の空間分布の乱雑さの様子と中性子実効増倍率 (k_{eff}) の分布の関係を明らかにする目的で解析を行った。確率論的乱雑化モデルを用いて 1/f^βの周波数分布を持つ乱雑体系を生成し、周波数 f の指数 β と k_{eff} 分布の標準偏差 σ との関係性を調査した。解析の結果、標準偏差 σ は β に対し正の相関があることが分かった。

キーワード：燃料デブリ、中性子実効増倍率、モンテカルロ計算、乱雑さ、臨界安全

1. 緒言

福島第一原子力発電所の燃料デブリ取出し時の再臨界リスクを評価するためには、様子のわからないデブリ内部について、物質の乱雑な分布を仮定して臨界計算を行う必要がある。仮定する乱雑さの候補として、ホワイトノイズの他、ピンクノイズ、ブラウンノイズなどの自然界の無秩序な体系でよく見られる 1/f^βの周波数分布を持つ乱雑さが考えられる。計算結果の中性子実効増倍率 (k_{eff}) は仮定した乱雑さに応じた分布を持つが、その分布は再臨界時の影響（核分裂数、被ばく量等）に分布を与えるため、乱雑さの様子の仮定が再臨界リスクの評価に影響を与えると予想される。ここでは、1/f^βの周波数分布を持つ乱雑な体系に対し、 k_{eff} の分布の広がり（標準偏差 σ ）と指数 β との関係について調査した結果について報告する。

2. 解析手法

本解析では、1/f^βの周波数分布を持つ乱雑体系を確率論的乱雑化モデル[1]を用いて生成した。1/f^βの周波数分布の指数 β の 1 近傍から 3 の範囲において、それぞれの β に対し 100~300 個のサンプル体系を作成して k_{eff} を計算し、 k_{eff} 分布の標準偏差 σ を計算した。燃料デブリの組成で臨界近傍となるように条件を設定した。具体的には、各サンプル体系は 1 辺が 100cm の立方体とその周囲を覆う 140cm の立方体で構成し、内部の立方体には燃料成分とコンクリート成分とを体積割合 1:7 で乱雑に配置し、その周囲を覆う領域はコンクリートのみで配置した。なお、乱雑領域全体で 1/f^β周波数特性が満たされるように、1/f^βの周波数分布に対応する空間変動スケールの周期 S を 100cm とした。

3. 結果・結論

図 1 に k_{eff} 分布の標準偏差 σ と指数 β との関係を示す。 β の増加に伴って σ は増加しており、 $1 < \beta \leq 3$ の範囲において β と σ には正の相関があることが分かる。このことから、同じ組成の体系であっても β が大きいほど、 k_{eff} 分布の広がり大きくなり、 $k_{\text{eff}} + 3\sigma$ に相当する再臨界時の影響の上限が大きくなると予測される。

参考文献

[1] T. Ueki, Monte Carlo criticality analysis under material distribution uncertainty, J. Nucl. Sci. Tech. 2017, 54(3), 267-279.

*Shouhei Araki¹, Yuichi Yamane¹, Taro Ueki¹ and Kotaro Tonoike¹

¹Japan Atomic Energy Agency

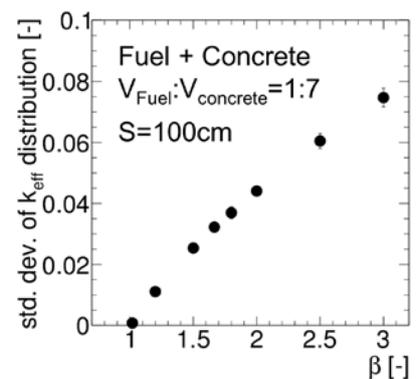


図 1. 1/f^βの周波数分布を持つ乱雑体系における指数 β と k_{eff} 分布の標準偏差との関係