

# 核種生成量不確かさ評価のためのランダムサンプリング法における 入力データの確率分布に関する研究

Study on Probability Distribution of Input Nuclear Data using Random Sampling Method  
for Uncertainty Quantification of Reactor Physics Parameters

\*木村遼太郎<sup>1</sup>, 千葉豪<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北海道大学

核分裂収率の不確かさに対数正規分布を仮定した場合と正規分布を仮定した場合のそれぞれの結果を比較することで、入力情報となる核データの確率分布が燃焼計算の結果に与える影響について評価する。

**キーワード**：不確かさ、燃焼計算、対数正規分布、ランダムサンプリング

**1. 背景** 評価済み核データファイルには核データが従う確率分布は明示されておらず、一般的には正規分布を仮定した計算を行っている。しかし、その場合標準偏差が 50%を超えるような不確かさの大きい核データではランダムサンプリングにおいて負値が抽出されるという問題がある。この問題に対処するため、本研究では対数正規分布を用いて計算を行い、入力データの確率分布の違いが出力に与える影響について評価する。

**2. 解析手法** 本研究の燃焼計算は燃焼度が 45 GWd/t の軽水炉  $\text{UO}_2$  燃料のピンセルモデルを対象とする。対数正規分布とは、この分布に従う確率変数の対数が正規分布に従う確率分布であり、常に正の値が保証されている。核分裂収率に対数正規分布と正規分布のそれぞれを仮定した場合の燃焼後数密度の統計量を比較する。対数正規分布に従う確率変数  $X$  の平均値を  $E$ 、標準偏差を  $\sigma$  としたとき、 $X$  の対数が従う確率分布の平均値は  $m = \log E - 0.5 \log(1 + \sigma^2/E^2)$ 、標準偏差は  $s = \sqrt{\log(1 + \sigma^2/E^2)}$  のように表される。核データより  $E$ 、 $\sigma$  を取得し上記の式を用いて  $m$ 、 $s$  を算出する。次に  $m$ 、 $s$  から正規分布を作成し、その指数をとることにより対数正規分布を用いたサンプリングを行うことができる。このサンプリングに基づいて燃焼計算を行い、燃焼後数密度の統計量とその不確かさを評価する。本研究では Devillers の方法で同一質量チェーンに属する核種間の相関を考慮し、核分裂収率の共分散行列を作成する。この時、多変量対数正規分布の相関には理論上限界があることに注意する必要がある[2]。2 つの確率変数の不確かさにより、許容できる相関の範囲は定まり、相関がその範囲を超えると  $X$  の対数が従う共分散行列が半正定値行列とならない。そのため、共分散行列の非対角成分を 0.0~0.9 倍し、対数が従う共分散行列が半正定値行列となる範囲を調べ計算を行う。

**3. 解析結果** 0.0~0.7 倍の範囲では対数が従う共分散行列は半正定値行列となった。燃焼後数密度の統計量を比較すると平均値と標準偏差には仮定する確率分布による差異はなかった。一方、歪度と尖度は対数正規分布を仮定した場合大幅に増加する核種があることを確認した。それらの核種の内、変化が特に大きかった Te-129m の数密度の頻度分布を図 1 に示す。図 1 より対数正規分布を仮定した場合、数密度の頻度分布が対数正規分布に近い形になっていることがわかる。

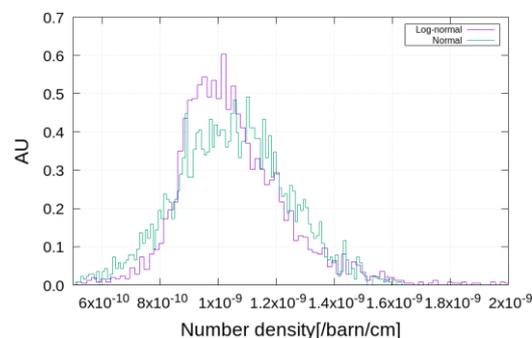


図 1 Te-129m の頻度分布

**参考文献** [1]G.Zerovnik, A.Trkov, L.C.Leal, *Nucl. Inst. Methods in Phys.* (2014). [2]G.Žerovnika, A.Trkova, D.L.Smith, R.Capotec, *Nucl. Inst. Methods in Phys.* (2013).

\*Ryotaro Kimura<sup>1</sup>, Go Chiba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hokkaido Univ.