

# 面積比法による未臨界度測定に対する断面積起因の不確かさの影響評価 19

名古屋大学工学部物理工学科 量子エネルギー工学コース 山本研究室 木村俊貴

## 1. 緒言

高レベル放射性廃棄物の半減期を短縮する核変換技術として、加速器を用いた核破碎中性子源と未臨界炉心から成る加速器駆動システム(ADS)が提案されている。ADSの安全な運転を担保するためには、炉心を未臨界に保つため、臨界に対する余裕を示す未臨界度の測定が必要である。本研究にて着目する未臨界度測定手法である、面積比法<sup>[1]</sup>の概念図を図1に示す。面積比法は、体系にパルス中性子源を用いて中性子を打ち込み、このとき測定された中性子数について時間的に変動する即発成分と定常となる遅発成分の比をとることで、ドル単位の未臨界度 $-\rho/\beta$  [\$]を測定する方法である。この方法による未臨界度の測定値は面積比と呼ばれるが、面積比は中性子検出器や中性子源の配置によって変化することが知られている。通常、面積比の中性子源・検出器配置依存性は、事前の数値計算により補正係数を求めることで補正されているが、数値計算に伴う補正係数の不確かさについて定量的に評価した研究はこれまで無かった。そこで本研究では、1次元平板の仮想的な未臨界体系に対し、補正係数の一つであるベル因子(数値計算にて得られる、ドル単位の未臨界度÷面積比の値)<sup>[2]</sup>の核反応断面積データに起因する不確かさ(相対標準偏差)の大きさを明らかにするため、ランダムサンプリング法(RS法)<sup>[3]</sup>に基づいた不確かさ定量評価を実施した。

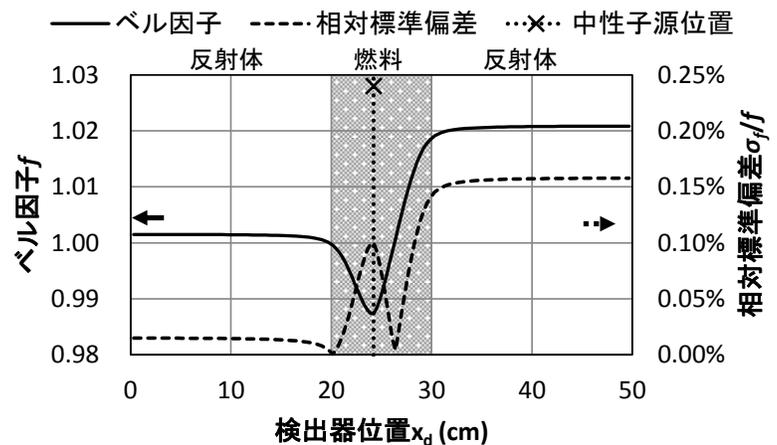
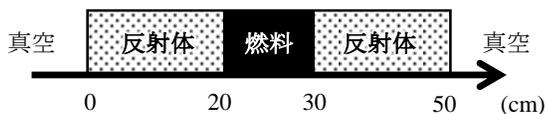
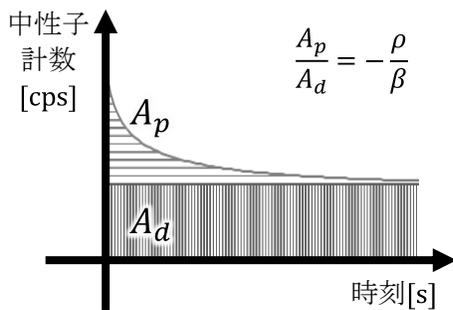
## 2. 検証計算

図2に示す、幅10cmのウラン・アルミニウム合金燃料を幅20cmのポリエチレン反射体で挟んだ1次元2領域の平板体系について、自作計算コードを用いてエネルギー2群の中性子拡散計算を行った。これにより、体系の未臨界度と様々な中性子源位置・検出器位置における面積比の値を計算し、ベル因子の値を求めた。面積比は、固定源計算によって求めた検出器位置における検出反応率の即発成分と遅発成分の比をとることで計算した。さらに、核データライブラリの共分散データに基づき2群巨視的断面積(吸収、生成、散乱)の共分散行列を評価し、RS法によって2群巨視的断面積に起因する未臨界度とベル因子の不確かさを評価した。

## 3. 結果・考察

RS法による不確かさ評価の結果、検証体系の実効増倍率は $k_{\text{eff}} = (0.9471 \pm 0.0048)$ 、ドル単位の未臨界度は $-\rho/\beta = (8.59 \pm 0.83)$  [\$]と求められた。ドル単位の未臨界度の相対標準偏差は9.7%である。

中性子源を燃料の中央付近(体系端より24.2cm)に配置した際の、検出器位置ごとのベル因子およびその相対標準偏差を図3に示す。図3より、ベル因子は検出器を中性子源と逆側の反射体内に配置した場合は $1.021 \pm 0.002$ 程度の値となる。一方、検出器を中性子源に近い方の反射体内に配置した際のベル因子の値は $1.0015 \pm 0.0001$ となり、より1に近い値となるだけでなく、その不確かさも小さくなることが分かった。すなわち、面積比とドル単位の未臨界度の差が小さいほど、その不確かさも小さくなることが分かった。従って、面積比とドル単位の未臨界度が一致するように中性子源と検出器を配置することで、核反応断面積の不確かさに影響されない、正確な測定が可能であることも明らかとなった。



## 参考文献

- [1] N. G. SJÖSTRAND, *Arkiv för Fysik*, **11**(13), pp233-246 (1956).
- [2] G. I. Bell and S. Glasstone, "Nuclear Reactor Theory," Van Nostrand Reinhold, New York, 551 (1970).
- [3] W. Wieselquist, A. Vasilliev, and H. Ferroukhi, *Proc. PHYSOR-2012*, Knoxville, Tennessee, April 15-20, 2012, (2012). [CD-ROM].