

未臨界炉の即発中性子減衰定数に関する数値解析の基礎研究

Investigation of numerical analysis of the prompt-neutron decay constant of a subcritical reactor

*中島基行¹, Van Rooijen Willem F.G.¹

¹福井大学

未臨界度測定手法の一つである Simons-King 法では、即発中性子減衰定数(以下、 α とする)を測定し、未臨界度に換算するが、測定される α の値には空間依存性がある。本検討では、中性子輸送解析コード PARTISN を用いて 3 次元時間依存解析を行い、 α の測定値の空間依存性を評価した。

キーワード：パルス中性子法、時間依存輸送理論、京都大学臨界集合体、即発中性子減衰定数

1. 緒言

Simons-King 法では、未臨界体系にパルス中性子を投入し、その後の中性子計数の減衰の時定数である α を指数関数のフィッティングで求め、未臨界度に換算する。 α は原子炉固有の値であるため、中性子検出器の位置に依らず一定の値が測定されるはずだが、京都大学臨界集合体(KUCA)のベンチマークでは、 α の値は中性子検出器の位置に依存し変化することが確認されている^[1]。 α の測定値の空間依存性を中性子拡散理論を用いた検討例^[2]はあるが、KUCA のような小さな体系では中性子輸送理論を適用した方が良いため、本検討では中性子輸送解析コード PARTISN を用いて 3 次元時間依存解析を行い、 α の測定値の空間依存性を評価した。

2. 解析概要

本検討では、まず縮約群数を変えると α 固有値解析により求める α の値がどのように変化するか評価した。次に、時間依存解析と α 固有値解析を行い、 α の測定値の空間依存性を評価した。解析体系は 1 辺が 60[cm] のポリエチレンで構成される立方体であり、中心に 1 辺が 30[cm]の立方体の燃料領域を持つ。 α フィッティングには(1)式の $f_{\alpha p}$ の値が 0.9999 以上となる時間領域を採用した。ここで、 $\Psi_{\alpha p}$ は α 固有値解析で求めた基底モードの中性子束分布、 ψ_s は時間依存解析で求めた任意の時間における中性子束分布である^[2]。

$$f_{\alpha p} = \frac{\langle \Psi_{\alpha p}, \psi_s \rangle}{\sqrt{\langle \Psi_{\alpha p}, \Psi_{\alpha p} \rangle} \sqrt{\langle \psi_s, \psi_s \rangle}} \quad (1)$$

3. 結果

4 群時間依存解析の結果を Fig.1 に示す。凡例の x,y,z は解析体系の中心を原点としたときの座標の値である。パルス中性子投入直後は高次モードの影響により、中性子束は空間に依存した時間変化を示す。パルス中性子投入の 1.88[ms]後には、 $f_{\alpha p}=0.9999$ 以上となり高次モードが消滅したことから、中性子束は空間に依らず単一の時定数で減衰するようになる。この時間領域でフィッティングにより求めた α にも空間依存性が見られず、 α 固有値解析で求めた α との相対差異も $\pm 0.5\%$ 以内であった。

参考文献

- [1] C.H.Pyeon, “Experimental Benchmarks of Neutronics on Solid Pb-Bi in Accelerator-Driven System with 100 MeV Protons as Kyoto University Critical Assembly”, Technical Report of The Kyoto University Research Reactor Institute (2017).
- [2] W.F.G. van Rooijen, T. Endo, G. Chiba, C.H.Pyeon, “Analysis of the KUCA ADS benchmarks with diffusion theory” Progress in Nuclear Energy 101 (2017) 243-250.

*Motoyuki Nakajima¹, Willem F.G. van Rooijen¹

¹University of Fukui

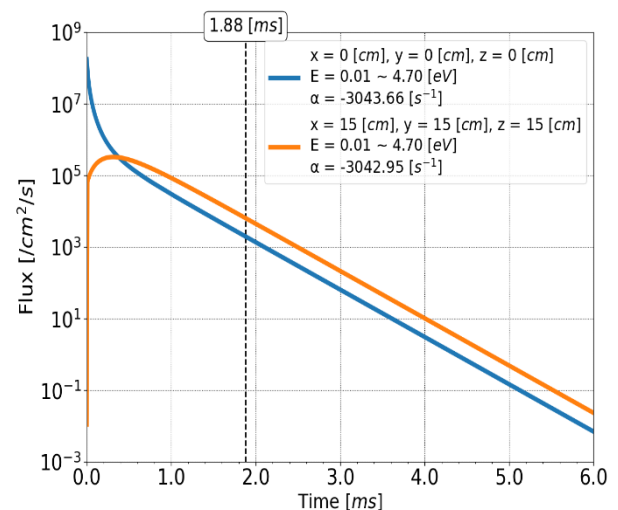


Fig.1 パルス中性子投入後の中性子束の変化