

高濃縮ウラン燃料を用いた KUCA-C 架台における反応度の不確かさ評価

Uncertainty Quantification of Reactivity in KUCA-C cores with HEU Fuel

*森岡 洗太¹, 卞 哲浩²

¹京都大学大学院 エネルギー科学研究科

²京都大学 複合原子力科学研究所

SCALE6.2.4 コードシステムを用いた不確かさ解析の結果、KUCA-C 架台における反応度に対する核データ起因の不確かさは 10% 以下であった。また、炉定数調整により、U-235 の χ 値は反応度における調整量の約 70% を占めていた。これより、U-235 の χ 値の不確かさが臨界性の過大評価の主な要因であることがわかった。

キーワード：京都大学臨界集合体実験装置(KUCA)、HEU 燃料、固有値バイアス、不確かさ、反応度

1. 背景・目的 高濃縮ウラン燃料を用いた KUCA-C 架台の臨界性における固有値バイアスは 400 から 700 pcm であった^[1]。本研究は反応度に対する不確かさ解析を行い、固有値バイアスが生じる要因について調べることを目的としている。

2. 計算条件 反応度に対する不確かさ解析は、SCALE6.2.4 コードシステムを用いて行われた。核データライブラリは、ENDF/B-VII.1 および 252 群の共分散データライブラリが使用された。固有値計算 (KENO-VI) は総ヒストリ数 2×10^8 (総サイクル数を 300、スキップサイクルを 100) で行われ、実効増倍率の標準偏差は 10 pcm 以下であった。マテリアルの温度は 300 K を指定し、 $S(\alpha, \beta)$ は軽水中の水素および酸素、構造材のアルミニウムに適用した。

3. 結果 各炉心の余剰反応度における代表的な核種および反応に起因する不確かさ (表 1: TSAR) は 10% 以下であり、不確かさの主な要因は U-235 の χ 値および構造材における Al-27 の弾性散乱反応であった。さらに、炉定数調整前後の余剰反応度の差異における代表的な核データの寄与率の内訳 (表 2: TSURFER) から、U-235 の χ 値が反応度における調整量の 70% 以上を占めていた。実効増倍率に対する炉定数調整においても U-235 の χ 値の寄与率が 50% 程度であったことから^[1]、U-235 の χ 値の不確かさが臨界性の過大評価の主な要因であることがわかった。

参考文献

[1] K. Morioka and C. H. Pyeon, *Proc. Annu. Mtg., AESJ, Zoom Mtg.*, Mar. 17-19, **1B07** (2021).

*Kota Morioka¹, Cheol Ho Pyeon², ¹ Kyoto Univ., Graduate School of Energy Science, ² Kyoto Univ., Institute for Integrated Radiation and Nuclear Science

表 1 TSAR モジュールによる余剰反応度における代表的な核種および反応に起因する不確かさ(単位: %)

Component	Nuclides		Excess reactivity			
	Reaction vs.	Reaction	C30G0(5)	C35G0(4)	C35G0(5)	C45G0(4)
HEU fuel	²³⁵ U χ	²³⁵ U χ	1.62	1.71	1.33	1.55
(U-Al alloy)	²³⁸ U v-bar	²³⁵ U v-bar	0.37	0.36	0.36	0.37
	²³⁸ U (n, γ)	²³⁵ U (n, γ)	0.16	0.16	0.14	0.15
	²³⁸ U (n, f)	²³⁵ U (n, γ)	0.12	0.12	0.13	0.13
	²³⁸ U (n, f)	²³⁵ U (n, f)	0.13	0.12	0.15	0.14
	²⁷ Al (n, n)	²⁷ Al (n, n)	0.14	0.39	0.32	0.26
Light water	²⁷ Al (n, n')	²⁷ Al (n, n')	0.15	0.11	0.24	0.12
	¹ H (n, n)	¹ H (n, n)	0.20	0.56	0.54	0.79
	¹ H (n, γ)	¹ H (n, γ)	0.49	0.59	0.45	0.59
Fuel clad and frame	¹⁶ O (n, n)	¹⁶ O (n, n)	0.14	0.61	0.30	0.70
	²⁷ Al (n, n)	²⁷ Al (n, n)	0.63	9.78	2.35	1.72
	²⁷ Al (n, n')	²⁷ Al (n, n')	0.30	0.75	1.40	0.68
Total			1.91 \pm 0.03	10.03 \pm 0.07	3.20 \pm 0.25	2.76 \pm 0.06

表 2 TSURFER モジュールによる炉定数調整前後の余剰反応度の差異における代表的な核データの寄与率の内訳(単位: %)

Component	Reaction	Excess reactivity			
		C30G0(5)	C35G0(4)	C35G0(5)	C45G0(4)
HEU fuel	²³⁵ U χ	76.70	72.30	69.56	70.95
(U-Al alloy)	²³⁵ U v \bar{f}	4.35	3.57	3.96	4.08
	²³⁸ U (n, γ)	1.02	0.84	0.79	0.90
	²³⁸ U (n, f)	0.88	0.72	1.00	0.90
	²⁷ Al (n, n)	3.84	4.57	7.20	4.84
	²⁷ Al (n, n')	0.42	0.34	0.68	0.31
Light water	¹ H (n, n)	7.54	4.61	5.81	5.70
	¹ H (n, γ)	2.90	7.55	5.95	8.38
	¹⁶ O (n, n)	1.26	4.48	3.62	2.38