

マイナーアクチニド核種の臨界質量 — ENDF/B-V と JENDL-3.2 の比較 —

(1995 年 4 月 14 日受理)

日本原子力研究所燃料サイクル安全工学部

小室 雄一、荒川 拓也

1. はじめに

アクチニド核種の臨界質量は、これらの核種を含む物質の臨界安全性を検討する上で重要なデータの 1 つである。アクチニド核種の臨界質量は、かなり以前から実験ないし計算によって求められているが、特にマイナーアクチニド核種の場合、文献間で値のバラツキが大きい¹⁾。その原因を調べようとしても、古い文献では計算手法が不明確であったり、核種密度の記述がないなどの問題にぶつかる。

さて、1994 年にロスアラモス国立研究所のレポートとして公開された文献 2) にも、計算で求めたアクチニド核種の臨界質量が載っている。新しい文献であることに加えて、計算手法が明らか (MCNP と ENDF/B-V を使用) なことから、信頼性の高いデータであり、核データの比較のための好材料と思われる。そこで、この文献にある各アクチニド核種の臨界質量から臨界球半径を逆算して球の大きさを知り、中性子増倍率 (k_{eff}) を MCNP4A と JENDL-3.2 を使用して計算したところ、1.0 から大きく乖離した k_{eff} を得た。

以下では、4 つのマイナーアクチニド核種を例に、文献 2) と当方の計算結果の対比を通して、米国と日本の核データの違いを見る。

2. 文献 2) の概要

この文献では、MCNP (バージョンは不明) と ENDF/B-V を使用して求めたアクチニド核種の臨界質量を、既存の実験値と比較している。両者を比較して、その違いの大きさを明らかにするとともに、より精度の高い臨界質量測定実験が著者の施設において実行可能なことを訴えている³⁾。

4 つのマイナーアクチニド核種 ^{237}Np 、 ^{242}Pu 、 ^{241}Am 、 ^{243}Am の臨界質量を文献 2) から引用して、表 1 の中央にまとめた。文献 2) が引用している実験値は、その左隣に転載した。各核種の密度と計算に使用した核データは、文献 2) に記載されていないので、直接著者に問い合わせた。

文献2)が引用している実験値は、直接的に測定されたものではない。
 LASL 高速臨界集合体で得られた重元素の反応度係数から推定した値
 である。このデータは、ANSI/ANS-8.15-1981⁴⁾でも引用されている。

3. MCNP 4A と JENDL-3.2 の組合せによる臨界計算

各核種の臨界質量を計算で求めてそれらを文献2)の値と比較することは行わず、代りに、文献2)にある臨界質量と核種密度から臨界球半径を求め、その k_{eff} を標記手法により計算した。計算ヒストリーは次の通り。

1 世代当りの中性子数：	1000
計算世代数：	230
スキップ世代数：	30

計算結果が 1.0 に近いことを期待したが、表1右端に示すように 1.0 から大きくはずれた。

4. k_{eff} の差異の原因

文献2)の計算で使用した計算コード MCNP のバージョンは分らない。3. の計算で使用した MCNP 4A より古い MCNP 4.2 を文献2)の計算で使用したとしても、両コード間の違いは非常に小さい⁵⁾。よって、文献2)と当方の計算手法で異なるのは、唯一核データだけである。

本誌前号における中川氏の解説⁶⁾から、マイナーアクチニド核種の反応断面積は ENDF/B-VI と JENDL-3.2 とでは大きく異なることが分る。したがって、ENDF/B-V と JENDL-3.2 の断面積の間にも同じような違いがあるのではないか？

6. おわりに

4つのマイナーアクチニド核種の臨界質量を対象に、ENDF/B-V と JENDL-3.2 の比較を行った。実際には米国の最新の文献に記載されている臨界質量 (MCNP と ENDF/B-V を使用して求めた計算値) に対応する k_{eff} を、MCNP4A と JENDL-3.2 により求めた。得られた k_{eff} は 臨界固有値 1.0 から大きくはずれた。このことは、臨界計算に使用する核データによって、マイナーアクチニド核種の臨界質量が大きく異な

ることを示唆している。

国際臨界セミナー ICNC'95 が、今年の 9 月に米国で開催される。発表予定リストによれば、文献 2) の著者は「 ^{237}Np の臨界質量」を発表するとのこと。どのような値が示されるのか、興味深い。

参考文献

- 1) 平成 5 年度 臨界安全データの整備 成果報告書 (科学技術庁委託研究)、日本原子力研究所 (1994)
- 2) R.G.Sanchez, Proposal for Experiments with Actinide Elements, LA-UR-94-1627(1994)
- 3) D.Rutherford, Forecast of Criticality Experiments and Experimental Programs Needed to Support Nuclear Operations in the United States of America : 1994- 1999, LA- 12683(1994)
- 4) American National Standard for Nuclear Criticality Control of special Actinide Elements, ANSI/ANS-8.15- 1981, American Nuclear Society(1981)
- 5) John C. Wagner, et al., MCNP:Criticality Safety Benchmark Problems, LA-12415(1992)
- 6) 中川庸雄、核データニュース、No.50(1995)

表 1 4つのマイナーアクチニド核種の臨界条件

核種名	密度(*) [g/cm ³]	反射条件	間接的な実験値(*)	ENDF/B-V & MCNP(*)			JENDL-3.2 & MCNP 4A
			臨界質量[kg]	臨界質量[kg]	臨界半径[cm]	keff	keff
²³⁷ Np	20.45	裸	88	55.9	8.67	0.992±0.0023	0.93922±0.00150
		完全水反射	83	51.1	8.42	0.992±0.0029	0.93823±0.00159
²⁴² Pu	19.84	裸	90	85.0	10.08	0.994±0.0014	1.05279±0.00169
		完全水反射	84	80.0	9.87	0.997±0.0014	1.05725±0.00174
²⁴¹ Am	13.49	裸	58	110.0	12.49	0.999±0.0015	1.07795±0.00206
		完全水反射	51	95.0	11.89	0.993±0.0017	1.07104±0.00173
²⁴³ Am	13.65	裸	—	150.0	13.81	0.993±0.0014	0.89359±0.00180
		完全水反射	—	140.0	13.49	0.997±0.0019	0.89662±0.00187

(*) 文献2)より引用。