

JENDL-3.2 に基づく高速炉用炉定数
JFS-3-J3.2R の作成
(研究報告)



2002年2月

核燃料サイクル開発機構
大洗工学センター

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ
ください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184,
Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2002

JENDL-3.2 に基づく高速炉用炉定数 JFS-3-J3.2R の作成 (研究報告)

千葉 豪¹⁾、沼田一幸²⁾

要旨

最新の評価済み核データライブラリ JENDL-3.2 に基づく高速炉用炉定数セット JFS-3-J3.2 において、作成時の重みスペクトルに誤りがあったことが明らかとなっている。この誤りが核特性へ与える影響が大きいことから、誤りを訂正した炉定数セット JFS-3-J3.2R を作成した。また、ランプ化 FP 断面積の整備も併せて行った。

JFS-3-J3.2R を使用することにより、ドップラー反応度、ブランケット領域における反応率などの核特性予測精度が JFS-3-J3.2 使用時に比べて向上する。

1) 大洗工学センター システム技術開発部 中性子工学グループ
2) 原子力システム株式会社

Development of the fast reactor group constant set JFS-3-J3.2R based on the JENDL-3.2

Gou Chiba¹⁾, Kazuyuki Numata²⁾

Abstract

It is reported that the fast reactor group constant set JFS-3-J3.2 based on the newest evaluated nuclear data library JENDL-3.2 has a serious error in the process of applying the weighting function. As the error affects greatly nuclear characteristics, and a corrected version of the reactor constant set, JFS-3-J3.2R, was developed, as well as lumped FP cross sections.

The use of JFS-3-J3.2R improves the results of analyses especially on sample Doppler reactivity and reaction rate in the blanket region in comparison with those obtained using the JFS-3-J3.2.

-
- 1) Reactor Physics Research Group, System Engineering Technology Division,
O-arai Engineering Center, JNC
- 2) Nuclear Energy System Incorporation.

目次

第1章	緒言.....	1
第2章	JFS-3-J3.2Rの作成.....	2
2.1	汎用炉定数作成システムの概略.....	2
2.2	JFS-3-J3.2Rの検証.....	2
第3章	ZPPR炉心の解析.....	17
3.1	評価方法.....	17
3.2	評価結果.....	17
第4章	ランプ化FPの整備.....	20
4.1	はじめに.....	20
4.2	取扱い核種の選定と燃料核種毎のFP生成量の算出.....	20
4.3	ランプ化FP断面積の作成.....	20
4.4	FPガス及び揮発性ガス放出効果の取扱い.....	21
4.5	試作ランプ化FPの検証.....	21
第5章	結言.....	37
	謝辞.....	38
	参考文献.....	39

表リスト

- 表 2.1 JFS-3-J3.2R 核種一覧
- 表 2.2 TIMS コードによる共鳴処理条件
- 表 2.3 無限希釈断面積の比較 (Na)
- 表 2.4 無限希釈断面積の比較 (Fe)
- 表 2.5 無限希釈断面積の比較 (U-238)
- 表 2.6 無限希釈断面積の比較 (Pu-239)
- 表 3.1 核特性解析結果
- 表 4.1 燃焼計算における燃料初期組成
- 表 4.2 FP 核種の生成割合
- 表 4.3 FP 核種による中性子吸収割合

図リスト

- 図 2.1 REMO 補正に用いられた衝突密度スペクトル
- 図 2.2 JFS-3-J3.2R と JFS-3-J3.2 における無限希釈捕獲断面積の相違
- 図 2.3 JFS-3-J3.2R と JFS-3-J3.2 における無限希釈散乱断面積の相違
- 図 2.4 JFS-3-J3.2R と JFS-3-J3.2 における無限希釈散乱除去断面積の相違
- 図 2.5 JFS-3-J3.2R と JFS-3-J3.2 における無限希釈核分裂断面積の相違
- 図 2.6 平均散乱角余弦の比較
- 図 2.7 N-15、3 群をソースとした非弾性散乱断面積
- 図 3.1 炉定数セットによる諸核特性の C/E 値
- 図 4.1 ランプ化 FP(U-235) の捕獲断面積
- 図 4.2 ランプ化 FP(U-235) の被弾性散乱断面積
- 図 4.3 ランプ化 FP(U-235) の弾性散乱断面積
- 図 4.4 ランプ化 FP(U-238) の捕獲断面積
- 図 4.5 ランプ化 FP(U-238) の被弾性散乱断面積
- 図 4.6 ランプ化 FP(U-238) の弾性散乱断面積
- 図 4.7 ランプ化 FP(Pu-239) の捕獲断面積
- 図 4.8 ランプ化 FP(Pu-239) の被弾性散乱断面積
- 図 4.9 ランプ化 FP(Pu-239) の弾性散乱断面積
- 図 4.10 ランプ化 FP(Pu-241) の捕獲断面積
- 図 4.11 ランプ化 FP(Pu-241) の被弾性散乱断面積
- 図 4.12 ランプ化 FP(Pu-241) の弾性散乱断面積
- 図 4.13 JFS-3-J3.2 収納ランプ化 FP との無限希釈断面積の相違 (燃料核種 Pu-239)

1 緒言

核特性解析の精度向上は、安全性を確保しつつ過度な設計裕度を合理化する観点で非常に重要なものであり、サイクル機構では高速炉の核特性解析システムの高度化を継続して進めている。高速炉核特性解析、核設計には、評価済み核データライブラリを多群処理した高速炉用炉定数セットが用いられ、近年は最新の評価済み核データライブラリ JENDL-3.2⁽¹⁾ に基づく炉定数セット JFS-3-J3.2 が公開され⁽²⁾、広く用いられている。ところが最近になって、JFS-3-J3.2 作成時の重みスペクトルの設定に誤りがあったことが明らかになった⁽³⁾。サイクル機構のこれまでの検証により、この重みスペクトルの誤りによる諸核特性への影響が無視できない程度であることが明らかとなった⁽⁴⁾ ため、誤りを訂正した JFS-3-J3.2 の改訂版、JFS-3-J3.2R の作成が必要とされている。そこでサイクル機構では、適正な重みスペクトルを用いて JFS-3-J3.2R を作成し公開することとした。本報告書の第 2 章では JFS-3-J3.2R の作成方法及び検証について記述し、第 3 章では高速炉の臨界実験 JUPITER の炉心に対する解析結果を、第 4 章では新たに整備したランプ化 FP の作成方法と検証計算について報告し、第 5 章で以上をまとめることとする。

2 JFS-3-J3.2Rの作成

2.1 汎用炉定数作成システムの概略

JFS-3-J3.2は原研で開発されたTIMS-PGGシステム⁽⁵⁾により作成されている。TIMS-PGGシステムでは、TIMS-1コードが重核種の共鳴領域処理を、PGG (PROF-GROUCH-G II) コードが軽中重核及び重核の滑らかな領域の処理を担当している。

一方、JFS-3-J3.2Rはサイクル機構で整備された汎用炉定数作成システム⁽⁶⁾⁽⁷⁾により作成されている。この汎用炉定数作成システムはTIMS-1コードとNJOYコード⁽⁸⁾を中核としたシステムである。従来のPGGによって行われていた処理はNJOYにより行われる。この両者の違いは、PGGには①群数制限がある、②ENDF/B-VIの新しいDDX評価データを処理できない、③二次中性子エネルギー分布処理に誤りが生じるケースがある等の欠点があること、NJOYは中性子に限らずフォトン生成定数やガンマ線定数を計算でき汎用性が高いことが挙げられる。公開予定であるJENDL-3.3に基づく炉定数セットJFS-3-J3.3もNJOYを用いて作成される予定であることから、JFS-3-J3.2RもNJOYにより作成し、整合をとることとした。

JFS-3-J3.2Rでは287核種を整備した(ランプ化FPを含めると295核種)。そのうちJENDL-3.2で評価されていない核種もいくつかあり、それらはENDF/B-VI-2、CENDL-2などのライブラリを用いた。収納核種の一覧を表2.1に示す。また、TIMS-1により処理を行った16核種における共鳴処理条件を表2.2に示す。

縮約処理は従来通りREMO補正にて行うが、重みスペクトルは新たに作成し直したものをを用いた。「もんじゅ」内側炉心の均質組成における中性子スペクトルを、SRAC⁽⁹⁾のHOMOSPルーチンを用いてB1近似により求め、それに全断面積を乗じた衝突密度を重みスペクトルとした。図2.1に今回用いた重みスペクトルを、JFS-3-J3.2作成時に用いられた誤った重みスペクトルと併せて示す。

2.2 JFS-3-J3.2Rの検証

作成したJFS-3-J3.2Rの検証作業として、炉定数セットに格納されている各数値が物理的に妥当であることを確認した。

また、JFS-3-J3.2との比較を行い、その違いが重みスペクトルの違いに起因すること、およびJFS-3-J3.2でみられた処理の誤りが訂正されていることを確認する。

まずは、無限希釈断面積に関して比較を行った。対象とした核種はNa、Fe、U-238、Pu-239で、反応は核分裂、捕獲、弾性散乱、弾性散乱除去反応である。JFS-3-J3.2Rにおける値をJFS-3-J3.2における値とともに表2.3~2.6に、JFS-3-J3.2との相違をJFS-3-J3.2の値を基準として図2.2~2.5にそれぞれ示す。この2つの炉定数セットにみられる無限希釈断面積の相違は、主に炉定数作成時の重みスペクトルの違いに起因しており、それに関しては文献(4)に詳述されているが、以下、概略的に説明する。JFS-3-J3.2で用いられた重みスペクトルでは、各エネルギー群内で高エネルギー側に過大に重みがかげられるため、断面積の傾きに対応した相違が生じることになる(すなわち断面積が負の傾きのエネルギー群ではJFS-3-J3.2では群断面積を過小評価する)。また、散乱除去断面積に関しては群内の低エネルギー側であるほど除去される確率は高くなることから、JFS-3-J3.2で

は系統的な過小評価となる。これらの傾向は図 2.2~2.5 に示されている。なお、U-238、Pu-239 は、あるエネルギーより下の領域では相違がほとんど見られていない。これは、この領域は両炉定数セットとも TIMS コードにより処理されているためである (TIMS コードでは縮約スペクトルは入力されず、コード内で直接計算して求められる)。

非弾性散乱、 $(n,2n)$ 反応、 ν 値、 $\bar{\mu}$ 値についても比較を行った。 ν 値の相違は U-238、Pu-239 で最大でも 0.3% と大きな違いはなかった。非弾性散乱、 $(n,2n)$ 反応については、断面積が急激に立ち上がるエネルギー群で、重みスペクトルの違いに起因する相違が幾分見られた。また、 $\bar{\mu}$ については、特定のエネルギー領域で相違が大きくなった (最大で 100% 程度) が、分布を比較したところ、JFS-3-J3.2 では図 2.6 のように不自然な形状をもつエネルギー領域が存在しており、JFS-3-J3.2 に誤りがあったものと考えられる (ただしこのエネルギー領域では $\bar{\mu}$ の値が小さく、ほとんど核特性に影響はないと考えられる)。それ以外のエネルギー領域では値はほぼ一致した。

自己遮へい因子の比較も行った。その結果、高速炉の核特性に影響を与える 100eV 以上 (46 群より上の群) において、自己遮へい因子の相違は上記 4 核種で最大が 15%、平均で 0.5% 以下と大きな相違は観察されなかった。

核分裂スペクトルは JFS-3-J3.2 と同様に、Th-232、U-233、U-235、U-238、Pu-239 の 5 核種に関して整備した。JFS-3-J3.2 における値との相違は最大でも 0.01% 以下であり、ほぼ一致した。

また、JFS-3-J3.2 で誤りが指摘されている二次中性子エネルギー分布についても比較を行った。図 2.7 に N-15 の 3 群 (4.72MeV~6.06MeV) をソースとし、横軸にシンクエネルギー群をとった非弾性散乱断面積を示す。N-15 の 3 群で発生する非弾性散乱における励起エネルギーは 5.27MeV、5.29MeV であることから、JFS-3-J3.2 のような形状となるとは考えにくく、JFS-3-J3.2R の値がより妥当であると考えられる。

これらの検証作業により、JFS-3-J3.2R は問題なく作成されたことが示された。

表 2.1 JFS-3-J3.2R 核種一覧 (1/3)

	核種名	JFSコード	MAT番号	ライブラリ	TIMS処理		核種名	JFSコード	MAT番号	ライブラリ	TIMS処理
1	H-001	1	125	JENDL-3.2		64	Sr-086	386	3831	JENDL-3.2	
2	H-002	2	128	JENDL-3.2		65	Sr-087	387	3834	JENDL-3.2	
3	He-003	203	225	JENDL-3.2		66	Sr-088	388	3837	JENDL-3.2	
4	He-004	204	228	JENDL-3.2		67	Sr-089	389	3840	JENDL-3.2	
5	Li-006	306	325	JENDL-3.2		68	Sr-090	380	3843	JENDL-3.2	
6	Li-007	307	328	JENDL-3.2		69	Y-089	399	3925	JENDL-3.2	
7	Be-009	4	425	JENDL-3.2		70	Y-090	390	3928	ENDF/B62	
8	B-010	105	525	JENDL-3.2		71	Y-091	391	3931	JENDL-3.2	
9	B-011	115	528	JENDL-3.2		72	Zr-nat.	40	4000	JENDL-3.2	
10	C-012	6	625	JENDL-3.2		73	Zr-090	400	4025	JENDL-3.2	
11	N-014	147	725	JENDL-3.2		74	Zr-091	401	4028	JENDL-3.2	
12	N-015	157	728	JENDL-3.2		75	Zr-092	402	4031	JENDL-3.2	
13	O-016	8	825	JENDL-3.2		76	Zr-093	403	4034	JENDL-3.2	
14	F-019	9	925	JENDL-3.2		77	Zr-094	404	4037	JENDL-3.2	
15	Na-023	11	1125	JENDL-3.2		78	Zr-095	405	4040	JENDL-3.2	
16	Mg-nat.	12	1200	JENDL-3.2		79	Zr-096	406	4043	JENDL-3.2	
17	Al-027	13	1325	JENDL-3.2		80	Nb-093	413	4125	JENDL-3.2	
18	Si-nat.	14	1400	JENDL-3.2		81	Nb-094	414	4128	JENDL-3.2	
19	P-031	15	1525	JENDL-3.2		82	Nb-095	415	4131	JENDL-3.2	
20	S-nat.	16	1600	JENDL-3.2		83	Mo-nat.	42	4200	JENDL-3.2	
21	Cl-nat.	17	1700	JENDL-3.2		84	Mo-092	422	4225	JENDL-3.2	
22	Ar-040	180	1837	JENDL-3.2		85	Mo-094	424	4231	JENDL-3.2	
23	K-nat.	19	1900	JENDL-3.2		86	Mo-095	425	4234	JENDL-3.2	
24	Ca-nat.	20	2000	JENDL-3.2		87	Mo-096	426	4237	JENDL-3.2	
25	Sc-045	215	2125	JENDL-3.2		88	Mo-097	427	4240	JENDL-3.2	
26	Ti-nat.	22	2200	JENDL-3.2		89	Mo-098	428	4243	JENDL-3.2	
27	V-051	23	2328	JENDL-3.2		90	Mo-099	429	4246	JENDL-3.2	
28	Cr-nat.	24	2400	JENDL-3.2		91	Mo-100	420	4249	JENDL-3.2	
29	Mn-055	25	2525	JENDL-3.2		92	Tc-099	439	4331	JENDL-3.2	
30	Fe-nat.	26	2600	JENDL-3.2		93	Ru-096	446	4425	JENDL-3.2	
31	Co-059	279	2725	JENDL-3.2		94	Ru-098	448	4431	JENDL-3.2	
32	Ni-nat.	28	2800	JENDL-3.2		95	Ru-099	449	4434	JENDL-3.2	
33	Cu-nat.	29	2900	JENDL-3.2		96	Ru-100	440	4437	JENDL-3.2	
34	Ga-nat.	31	3100	JENDL-3.2		97	Ru-101	441	4440	JENDL-3.2	
35	Ga-069	319	3125	JENDL-3.2		98	Ru-102	442	4443	JENDL-3.2	
36	Ga-071	311	3131	JENDL-3.2		99	Ru-103	443	4446	JENDL-3.2	
37	Ge-nat.	32	3200	JENDL-3.2		100	Ru-104	444	4449	JENDL-3.2	
38	Ge-070	320	3225	JENDL-3.2		101	Ru-105	447	4452	ENDF/B62	
39	Ge-072	322	3231	JENDL-3.2		102	Ru-106	445	4455	JENDL-3.2	
40	Ge-073	323	3234	JENDL-3.2		103	Rh-103	453	4525	JENDL-3.2	
41	Ge-074	324	3237	JENDL-3.2		104	Rh-105	455	4531	JENDL-3.2	
42	Ge-076	326	3243	JENDL-3.2		105	Pd-102	462	4625	JENDL-3.2	
43	As-075	335	3325	JENDL-3.2		106	Pd-104	464	4631	JENDL-3.2	
44	Se-074	344	3425	JENDL-3.2		107	Pd-105	465	4634	JENDL-3.2	
45	Se-076	346	3431	JENDL-3.2		108	Pd-106	466	4637	JENDL-3.2	
46	Se-077	347	3434	JENDL-3.2		109	Pd-107	467	4640	JENDL-3.2	
47	Se-078	348	3437	JENDL-3.2		110	Pd-108	468	4643	JENDL-3.2	
48	Se-079	349	3440	JENDL-3.2		111	Pd-110	460	4649	JENDL-3.2	
49	Se-080	340	3443	JENDL-3.2		112	Ag-nat.	47	4700	JENDL-3.2	
50	Se-082	342	3449	JENDL-3.2		113	Ag-107	477	4725	JENDL-3.2	
51	Br-079	359	3525	JENDL-3.2		114	Ag-109	479	4731	JENDL-3.2	
52	Br-081	351	3531	JENDL-3.2		115	Ag-110m	470	4735	JENDL-3.2	
53	Kr-078	368	3625	JENDL-3.2		116	Cd-nat.	48	4800	JENDL-3.2	
54	Kr-080	360	3631	JENDL-3.2		117	Cd-106	486	4825	JENDL-3.2	
55	Kr-082	362	3637	JENDL-3.2		118	Cd-108	488	4831	JENDL-3.2	
56	Kr-083	363	3640	JENDL-3.2		119	Cd-110	480	4837	JENDL-3.2	
57	Kr-084	364	3643	JENDL-3.2		120	Cd-111	481	4840	JENDL-3.2	
58	Kr-085	365	3646	JENDL-3.2		121	Cd-112	482	4843	JENDL-3.2	
59	Kr-086	366	3649	JENDL-3.2		122	Cd-113	483	4846	JENDL-3.2	
60	Rb-085	375	3725	JENDL-3.2		123	Cd-114	484	4849	JENDL-3.2	
61	Rb-086	376	3728	ENDF/B62		124	Cd-116	485	4855	JENDL-3.2	
62	Rb-087	377	3731	JENDL-3.2		125	In-113	493	4925	JENDL-3.2	
63	Sr-084	384	3825	ENDF/B62		126	In-115	495	4931	JENDL-3.2	

表 2.1 JFS-3-J3.2R 核種一覧 (2/3)

	核種名	JFSコード	MAT番号	ライブラリ	TIMS処理		核種名	JFSコード	MAT番号	ライブラリ	TIMS処理
127	Sn-nat.	50	5000	CENDL-2		190	Ce-141	581	5840	JENDL-3.2	
128	Sn-112	492	5025	JENDL-3.2		191	Ce-142	582	5843	JENDL-3.2	
129	Sn-114	494	5031	JENDL-3.2		192	Ce-143	583	5846	ENDF/B62	
130	Sn-115	505	5034	JENDL-3.2		193	Ce-144	584	5849	JENDL-3.2	
131	Sn-116	501	5037	JENDL-3.2		194	Pr-141	591	5925	JENDL-3.2	
132	Sn-117	507	5040	JENDL-3.2		195	Pr-143	593	5931	JENDL-3.2	
133	Sn-118	508	5043	JENDL-3.2		196	Nd-142	602	6025	JENDL-3.2	
134	Sn-119	509	5046	JENDL-3.2		197	Nd-143	603	6028	JENDL-3.2	
135	Sn-120	500	5049	JENDL-3.2		198	Nd-144	604	6031	JENDL-3.2	
136	Sn-122	502	5055	JENDL-3.2		199	Nd-145	605	6034	JENDL-3.2	
137	Sn-123	503	5058	JENDL-3.2		200	Nd-146	606	6037	JENDL-3.2	
138	Sn-124	504	5061	JENDL-3.2		201	Nd-147	607	6040	JENDL-3.2	
139	Sn-126	506	5067	JENDL-3.2		202	Nd-148	608	6043	JENDL-3.2	
140	Sb-nat.	51	5100	JENDL-3.2		203	Nd-150	600	6049	JENDL-3.2	
141	Sb-121	511	5125	JENDL-3.2		204	Pm-147	617	6149	JENDL-3.2	
142	Sb-123	513	5131	JENDL-3.2		205	Pm-148	618	6152	JENDL-3.2	
143	Sb-124	514	5134	JENDL-3.2		206	Pm-148m	610	6153	JENDL-3.2	
144	Sb-125	515	5137	JENDL-3.2		207	Pm-149	619	6155	JENDL-3.2	
145	Sb-126	516	5140	ENDF/B62		208	Pm-151	611	6161	ENDF/B62	
146	Te-120	520	5225	JENDL-3.2		209	Sm-144	625	6225	JENDL-3.2	
147	Te-122	522	5231	JENDL-3.2		210	Sm-147	627	6234	JENDL-3.2	
148	Te-123	523	5234	JENDL-3.2		211	Sm-148	628	6237	JENDL-3.2	
149	Te-124	524	5237	JENDL-3.2		212	Sm-149	629	6240	JENDL-3.2	
150	Te-125	525	5240	JENDL-3.2		213	Sm-150	620	6243	JENDL-3.2	
151	Te-126	526	5243	JENDL-3.2		214	Sm-151	621	6246	JENDL-3.2	
152	Te-127m	527	5247	JENDL-3.2		215	Sm-152	622	6249	JENDL-3.2	
153	Te-128	528	5249	JENDL-3.2		216	Sm-153	623	6252	JENDL-3.2	
154	Te-129m	529	5253	JENDL-3.2		217	Sm-154	624	6255	JENDL-3.2	
155	Te-130	533	5255	JENDL-3.2		218	Eu-nat.	63	6300	JENDL-3.2	
156	Te-132	532	5261	ENDF/B62		219	Eu-151	631	6325	JENDL-3.2	
157	I-127	537	5325	JENDL-3.2		220	Eu-152	632	6328	JENDL-3.2	
158	I-129	539	5331	JENDL-3.2		221	Eu-153	633	6331	JENDL-3.2	
159	I-130	530	5334	ENDF/B62		222	Eu-154	634	6334	JENDL-3.2	
160	I-131	531	5337	JENDL-3.2		223	Eu-155	635	6337	JENDL-3.2	
161	I-135	535	5349	ENDF/B62		224	Eu-156	636	6340	JENDL-3.2	
162	Xe-124	534	5425	JENDL-3.2		225	Eu-157	637	6343	ENDF/B62	
163	Xe-126	536	5431	JENDL-3.2		226	Gd-152	642	6425	JENDL-3.2	
164	Xe-128	548	5437	JENDL-3.2		227	Gd-154	644	6431	JENDL-3.2	
165	Xe-129	549	5440	JENDL-3.2		228	Gd-155	645	6434	JENDL-3.2	
166	Xe-130	540	5443	JENDL-3.2		229	Gd-156	646	6437	JENDL-3.2	
167	Xe-131	541	5446	JENDL-3.2		230	Gd-157	647	6440	JENDL-3.2	
168	Xe-132	542	5449	JENDL-3.2		231	Gd-158	648	6443	JENDL-3.2	
169	Xe-133	543	5452	JENDL-3.2		232	Gd-160	640	6449	JENDL-3.2	
170	Xe-134	544	5455	JENDL-3.2		233	Tb-159	659	6525	JENDL-3.2	
171	Xe-135	545	5458	JENDL-3.2		234	Tb-160	650	6528	ENDF/B62	
172	Xe-136	546	5461	JENDL-3.2		235	Dy-160	660	6625	ENDF/B67	
173	Cs-133	553	5525	JENDL-3.2		236	Dy-161	661	6628	ENDF/B67	
174	Cs-134	554	5528	JENDL-3.2		237	Ho-165	675	6725	ENDF/B65	
175	Cs-135	555	5531	JENDL-3.2		238	Hf-nat.	72	7200	JENDL-3.2	
176	Cs-136	556	5534	JENDL-3.2		239	Ta-181	731	7328	JENDL-3.2	
177	Cs-137	557	5537	JENDL-3.2		240	W-nat.	74	7400	JENDL-3.2	
178	Ba-130	560	5625	JENDL-3.2		241	Au-197	797	7925	ENDF/B62	
179	Ba-132	562	5631	JENDL-3.2		242	Pb-nat.	82	8200	JENDL-3.2	
180	Ba-134	564	5637	JENDL-3.2		243	Bi-209	839	8325	JENDL-3.2	
181	Ba-135	565	5640	JENDL-3.2		244	Th-227	907	9025	JENDL-3.2	
182	Ba-136	566	5643	JENDL-3.2		245	Th-228	908	9028	JENDL-3.2	
183	Ba-137	567	5646	JENDL-3.2		246	Th-229	909	9031	JENDL-3.2	
184	Ba-138	568	5649	JENDL-3.2		247	Th-230	900	9034	JENDL-3.2	
185	Ba-140	569	5655	JENDL-3.2		248	Th-232	902	9040	JENDL-3.2	
186	La-138	578	5725	JENDL-3.2		249	Th-233	903	9043	JENDL-3.2	
187	La-139	579	5728	JENDL-3.2		250	Th-234	904	9046	JENDL-3.2	
188	La-140	570	5731	ENDF/B62		251	Pa-231	911	9131	JENDL-3.2	
189	Ce-140	580	5837	JENDL-3.2		252	Pa-232	912	9134	JENDL-3.2	

表 2.1 JFS-3-J3.2R 核種一覧 (3/3)

	核種名	JFSコード	MAT番号	ライブラリ	TIMS処理
253	Pa-233	913	9137	JENDL-3.2	
254	U-232	922	9219	JENDL-3.2	
255	U-233	923	9222	JENDL-3.2	○
256	U-234	924	9225	JENDL-3.2	○
257	U-235	925	9228	JENDL-3.2	○
258	U-236	926	9231	JENDL-3.2	○
259	U-237	927	9234	JENDL-3.2	
260	U-238	928	9237	JENDL-3.2	○
261	Np-236	936	9343	JENDL-3.2	
262	Np-237	937	9346	JENDL-3.2	○
263	Np-238	938	9349	JENDL-3.2	
264	Np-239	939	9352	JENDL-3.2	
265	Pu-236	946	9428	JENDL-3.2	
266	Pu-237	947	9431	ENDF/B62	
267	Pu-238	948	9434	JENDL-3.2	
268	PU-239	949	9437	JENDL-3.2	○
269	Pu-240	940	9440	JENDL-3.2	○
270	Pu-241	941	9443	JENDL-3.2	○
271	Pu-242	942	9446	JENDL-3.2	○
272	Am-241	951	9543	JENDL-3.2	○
273	Am-242	952	9546	JENDL-3.2	
274	Am-242m	950	9547	JENDL-3.2	○
275	Am-243	953	9549	JENDL-3.2	○
276	Am-244	954	9552	JENDL-3.2	
277	Am-244m	955	9553	JENDL-3.2	
278	Cm-241	961	9628	JENDL-3.2	
279	Cm-242	962	9631	JENDL-3.2	
280	Cm-243	963	9634	JENDL-3.2	
281	Cm-244	964	9637	JENDL-3.2	○
282	Cm-245	965	9640	JENDL-3.2	○
283	Cm-246	966	9643	JENDL-3.2	
284	Cm-247	967	9646	JENDL-3.2	
285	Cm-248	968	9649	JENDL-3.2	
286	Cm-249	969	9652	JENDL-3.2	
287	Cm-250	960	9655	JENDL-3.2	
288	PU241FP	814			
289	PU239FP	894			
290	U235FP	854			
291	U238FP	884			
292	PU241FP	714	gas release		
293	PU239FP	794	gas release		
294	U235FP	754	gas release		
295	U238FP	784	gas release		

注) He および Li は JFS-3-J3.2 と JFS コードが変わっていることに注意されたい。

表 2.2 TIMS コードによる共鳴処理条件

核種名	MATNO	Tape No.	非分離共鳴の断面積許容誤差 (%)	非分離共鳴の共鳴幅許容誤差 (%)
Th-232	9040	313	4	8
U-233	9222	313	4	8
U-234	9225	313	3	6
U-235	9228	313	5	10
U-236	9231	313	3	6
U-238	9237	313	3	6
Np-237	9346	313	4	8
Pu-239	9437	314	4	8
Pu-240	9440	314	3	6
Pu-241	9443	314	4	10
Pu-242	9446	314	4	8
Am-241	9543	314	4	8
Am-242m	9547	314	5	10
Am-243	9549	314	4	8
Cm-244	9637	314	3	6
Cm-245	9640	314	5	14

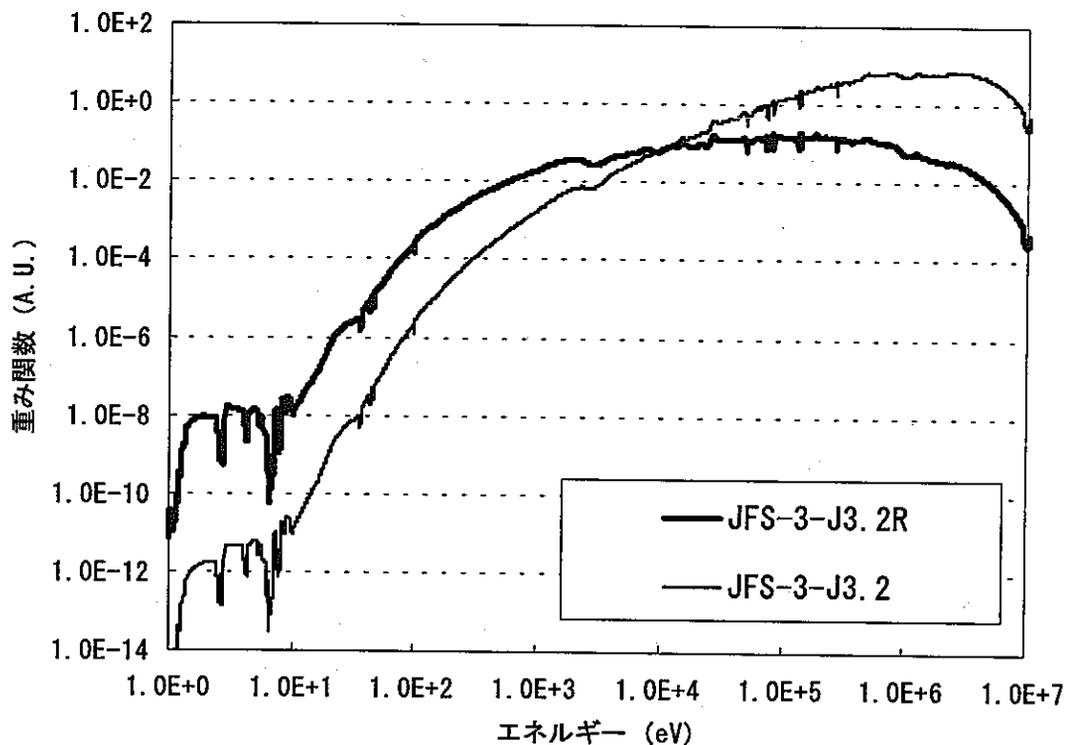


図 2.1 REMO 補正に用いられた衝突密度スペクトル

表 2.3 無限希釈断面面積の比較 (Na)

energy group	JFS-3-J3.2			JFS-3-J3.2R		
	capture	elastic	Ela. Rem.	capture	elastic	Ela. Rem.
1	1.116E-01	7.383E-01	1.648E-01	1.093E-01	7.412E-01	1.792E-01
2	4.572E-02	9.266E-01	2.277E-01	4.466E-02	9.366E-01	2.491E-01
3	8.809E-03	1.147E+00	2.532E-01	8.329E-03	1.150E+00	2.680E-01
4	5.491E-04	1.309E+00	3.030E-01	5.224E-04	1.317E+00	3.240E-01
5	1.444E-04	1.579E+00	3.431E-01	1.446E-04	1.574E+00	3.601E-01
6	1.604E-04	2.096E+00	4.657E-01	1.607E-04	2.108E+00	5.055E-01
7	1.761E-04	2.164E+00	4.557E-01	1.759E-04	2.157E+00	4.997E-01
8	1.666E-04	2.201E+00	5.441E-01	1.665E-04	2.199E+00	5.912E-01
9	1.584E-04	2.846E+00	7.855E-01	1.584E-04	2.868E+00	8.402E-01
10	1.736E-04	3.644E+00	1.195E+00	1.736E-04	3.627E+00	1.203E+00
11	2.060E-04	5.975E+00	1.680E+00	2.072E-04	5.965E+00	1.797E+00
12	2.669E-04	3.511E+00	8.195E-01	2.686E-04	3.452E+00	8.660E-01
13	4.356E-04	3.529E+00	1.196E+00	4.372E-04	3.546E+00	1.201E+00
14	2.399E-04	3.486E+00	1.098E+00	2.173E-04	3.467E+00	1.224E+00
15	6.977E-04	3.927E+00	1.677E+00	6.911E-04	3.972E+00	1.780E+00
16	8.439E-04	4.640E+00	1.471E+00	8.565E-04	4.648E+00	1.546E+00
17	5.709E-04	3.336E+00	1.032E+00	6.144E-04	3.335E+00	1.100E+00
18	5.033E-04	3.431E+00	1.008E+00	5.526E-04	3.435E+00	1.080E+00
19	1.322E-05	3.560E+00	1.178E+00	1.328E-05	3.563E+00	1.243E+00
20	2.680E-05	3.683E+00	1.145E+00	2.744E-05	3.684E+00	1.217E+00
21	2.126E-03	6.248E+00	3.147E+00	2.351E-03	6.510E+00	3.536E+00
22	8.763E-04	4.734E+00	1.236E+00	7.873E-04	4.637E+00	1.339E+00
23	3.988E-03	3.934E+00	1.265E+00	4.138E-03	3.933E+00	1.346E+00
24	2.196E-05	4.040E+00	1.373E+00	2.188E-05	4.042E+00	1.509E+00
25	2.364E-05	4.185E+00	1.328E+00	2.378E-05	4.187E+00	1.429E+00
26	3.538E-05	4.391E+00	1.449E+00	3.572E-05	4.394E+00	1.541E+00
27	6.266E-05	4.715E+00	1.441E+00	6.355E-05	4.723E+00	1.549E+00
28	1.277E-04	5.246E+00	1.617E+00	1.300E-04	5.260E+00	1.753E+00
29	3.585E-03	6.136E+00	2.119E+00	3.723E-03	6.157E+00	2.272E+00
30	7.529E-04	7.763E+00	2.555E+00	7.684E-04	7.809E+00	2.744E+00
31	2.440E-03	1.199E+01	4.275E+00	2.491E-03	1.211E+01	4.542E+00
32	1.307E-02	3.077E+01	1.268E+01	1.376E-02	3.187E+01	1.417E+01
33	1.643E-01	2.134E+02	8.350E+01	1.685E-01	2.174E+02	8.785E+01
34	5.397E-02	5.001E+01	8.450E+00	5.244E-02	4.838E+01	8.745E+00
35	1.509E-02	1.077E+01	2.587E+00	1.489E-02	1.060E+01	2.763E+00
36	8.835E-03	5.801E+00	1.560E+00	8.761E-03	5.749E+00	1.685E+00
37	6.760E-03	4.362E+00	1.182E+00	6.731E-03	4.343E+00	1.288E+00
38	5.893E-03	3.764E+00	1.069E+00	5.886E-03	3.759E+00	1.129E+00
39	5.568E-03	3.475E+00	1.003E+00	5.566E-03	3.469E+00	1.078E+00
40	5.538E-03	3.318E+00	9.284E-01	5.538E-03	3.316E+00	9.760E-01
41	5.700E-03	3.223E+00	9.258E-01	5.705E-03	3.221E+00	9.886E-01
42	6.010E-03	3.164E+00	8.846E-01	6.015E-03	3.162E+00	9.434E-01
43	6.448E-03	3.127E+00	8.439E-01	6.459E-03	3.125E+00	9.172E-01
44	7.011E-03	3.098E+00	8.436E-01	7.011E-03	3.098E+00	8.382E-01
45	7.695E-03	3.081E+00	8.285E-01	7.719E-03	3.078E+00	9.185E-01
46	8.498E-03	3.068E+00	7.733E-01	8.534E-03	3.066E+00	9.049E-01
47	9.434E-03	3.059E+00	7.313E-01	9.466E-03	3.057E+00	8.002E-01
48	1.053E-02	3.051E+00	7.192E-01	1.056E-02	3.050E+00	7.626E-01
49	1.179E-02	3.045E+00	6.817E-01	1.184E-02	3.044E+00	7.989E-01
50	1.323E-02	3.041E+00	6.502E-01	1.334E-02	3.040E+00	8.841E-01
51	1.498E-02	3.037E+00	8.209E-01	1.492E-02	3.036E+00	7.866E-01
52	1.687E-02	3.034E+00	7.782E-01	1.695E-02	3.034E+00	9.058E-01
53	1.887E-02	3.032E+00	5.564E-01	1.887E-02	3.032E+00	5.770E-01
54	2.137E-02	3.030E+00	6.302E-01	2.142E-02	3.030E+00	6.634E-01
55	2.416E-02	3.029E+00	6.310E-01	2.425E-02	3.029E+00	6.803E-01
56	2.753E-02	3.028E+00	8.228E-01	2.770E-02	3.028E+00	9.761E-01
57	3.118E-02	3.027E+00	8.460E-01	3.086E-02	3.027E+00	5.932E-01
58	3.529E-02	3.027E+00	8.458E-01	3.560E-02	3.026E+00	1.064E+00
59	3.996E-02	3.026E+00	8.457E-01	4.014E-02	3.026E+00	9.598E-01
60	4.525E-02	3.026E+00	8.456E-01	4.559E-02	3.025E+00	1.035E+00
61	5.124E-02	3.025E+00	8.455E-01	5.155E-02	3.025E+00	9.977E-01
62	5.806E-02	3.025E+00	8.455E-01	5.829E-02	3.025E+00	9.549E-01
63	6.575E-02	3.026E+00	8.459E-01	6.583E-02	3.025E+00	8.698E-01
64	7.449E-02	3.027E+00	8.460E-01	7.374E-02	3.026E+00	5.748E-01
65	8.440E-02	3.028E+00	8.463E-01	8.390E-02	3.026E+00	7.409E-01
66	9.560E-02	3.028E+00	8.464E-01	9.642E-02	3.026E+00	1.062E+00
67	1.083E-01	3.029E+00	8.465E-01	1.087E-01	3.028E+00	9.182E-01
68	1.227E-01	3.029E+00	8.466E-01	1.227E-01	3.030E+00	8.254E-01
69	1.391E-01	3.029E+00	8.467E-01	1.391E-01	3.031E+00	8.456E-01
70	4.875E-01	3.117E+00	2.193E-05	2.325E-01	3.041E+00	0.000E+00

表 2.4 無限希釈断面積の比較 (Fe)

energy group	JFS-3-J3.2			JFS-3-J3.2R		
	capture	elastic	Ela. Rem.	capture	elastic	Ela. Rem.
1	1.012E-01	1.792E+00	8.174E-02	1.000E-01	1.802E+00	9.242E-02
2	6.172E-02	2.084E+00	1.011E-01	6.060E-02	2.090E+00	1.170E-01
3	3.224E-02	2.258E+00	1.231E-01	3.183E-02	2.259E+00	1.342E-01
4	1.872E-02	2.288E+00	1.415E-01	1.857E-02	2.288E+00	1.539E-01
5	1.264E-02	2.196E+00	1.802E-01	1.253E-02	2.201E+00	1.877E-01
6	6.752E-03	2.426E+00	1.709E-01	6.653E-03	2.421E+00	1.902E-01
7	3.956E-03	2.291E+00	2.075E-01	3.916E-03	2.290E+00	2.320E-01
8	2.707E-03	2.243E+00	2.163E-01	2.702E-03	2.243E+00	2.399E-01
9	2.770E-03	2.244E+00	2.292E-01	2.775E-03	2.238E+00	2.492E-01
10	4.421E-03	2.312E+00	3.693E-01	4.414E-03	2.318E+00	3.869E-01
11	5.607E-03	3.082E+00	2.284E-01	5.601E-03	3.029E+00	2.559E-01
12	5.379E-03	2.491E+00	4.402E-01	5.376E-03	2.537E+00	4.829E-01
13	5.452E-03	3.747E+00	5.465E-01	5.452E-03	3.757E+00	5.341E-01
14	5.807E-03	2.868E+00	2.027E-01	5.820E-03	2.810E+00	2.177E-01
15	6.082E-03	2.576E+00	3.364E-01	6.080E-03	2.578E+00	3.629E-01
16	8.294E-03	4.877E+00	8.455E-01	8.164E-03	4.919E+00	8.429E-01
17	7.218E-03	3.821E+00	8.421E-01	6.991E-03	3.904E+00	9.221E-01
18	9.229E-03	3.455E+00	2.802E-01	9.070E-03	3.352E+00	3.196E-01
19	1.316E-02	3.921E+00	7.501E-01	1.357E-02	3.976E+00	8.312E-01
20	1.403E-02	5.523E+00	2.411E-01	1.328E-02	5.342E+00	2.702E-01
21	1.081E-02	3.637E+00	5.676E-01	1.102E-02	3.685E+00	6.310E-01
22	1.009E-02	4.763E+00	5.919E-01	9.526E-03	4.762E+00	6.628E-01
23	1.894E-02	7.103E+00	1.343E+00	1.895E-02	7.224E+00	1.487E+00
24	2.868E-02	2.828E+01	2.646E-01	2.804E-02	2.693E+01	2.817E-01
25	8.115E-03	1.154E+00	2.780E-01	7.708E-03	1.205E+00	3.109E-01
26	2.188E-03	3.104E+00	4.925E-01	2.145E-03	3.128E+00	5.376E-01
27	7.469E-03	4.328E+00	5.925E-01	7.249E-03	4.354E+00	6.565E-01
28	2.768E-02	6.579E+00	9.579E-01	2.740E-02	6.655E+00	1.079E+00
29	3.132E-02	1.634E+01	1.876E+00	3.223E-02	1.645E+01	2.054E+00
30	1.364E-02	9.055E+00	6.939E-01	1.343E-02	8.977E+00	7.584E-01
31	3.852E-03	5.088E+00	6.334E-01	4.381E-03	5.087E+00	6.851E-01
32	6.377E-03	6.381E+00	5.887E-01	6.288E-03	6.350E+00	6.662E-01
33	3.164E-03	5.725E+00	7.514E-01	3.167E-03	5.734E+00	8.316E-01
34	4.856E-03	6.341E+00	9.184E-01	4.832E-03	6.348E+00	9.920E-01
35	1.044E-02	6.964E+00	8.797E-01	1.102E-02	6.975E+00	1.003E+00
36	6.510E-03	7.610E+00	9.344E-01	6.588E-03	7.622E+00	1.076E+00
37	7.105E-01	8.281E+00	9.355E-01	6.868E-01	8.285E+00	1.084E+00
38	1.001E-02	8.633E+00	9.967E-01	1.004E-02	8.634E+00	1.085E+00
39	1.235E-02	9.027E+00	1.045E+00	1.241E-02	9.033E+00	1.173E+00
40	1.522E-02	9.395E+00	1.032E+00	1.526E-02	9.396E+00	1.139E+00
41	2.343E-02	9.736E+00	1.109E+00	2.415E-02	9.735E+00	1.242E+00
42	2.245E-02	1.003E+01	1.083E+00	2.250E-02	1.002E+01	1.196E+00
43	2.767E-02	1.027E+01	1.051E+00	2.780E-02	1.028E+01	1.191E+00
44	3.138E-02	1.049E+01	1.080E+00	3.136E-02	1.049E+01	1.092E+00
45	3.670E-02	1.067E+01	1.076E+00	3.686E-02	1.067E+01	1.256E+00
46	4.258E-02	1.080E+01	9.891E-01	4.283E-02	1.081E+01	1.387E+00
47	4.913E-02	1.093E+01	9.319E-01	4.934E-02	1.093E+01	9.959E-01
48	5.275E-02	1.102E+01	9.086E-01	5.274E-02	1.102E+01	8.084E-01
49	5.401E-02	1.110E+01	8.551E-01	5.410E-02	1.110E+01	1.069E+00
50	5.784E-02	1.116E+01	7.909E-01	5.822E-02	1.116E+01	1.306E+00
51	6.445E-02	1.121E+01	1.156E+00	6.424E-02	1.120E+01	1.184E+00
52	7.300E-02	1.125E+01	1.041E+00	7.337E-02	1.123E+01	1.360E+00
53	8.299E-02	1.127E+01	6.415E-01	8.299E-02	1.126E+01	8.618E-01
54	9.632E-02	1.129E+01	7.855E-01	9.664E-02	1.129E+01	7.042E-01
55	1.118E-01	1.131E+01	7.791E-01	1.123E-01	1.131E+01	7.333E-01
56	1.296E-01	1.133E+01	1.168E+00	1.303E-01	1.133E+01	1.446E+00
57	1.445E-01	1.134E+01	1.203E+00	1.432E-01	1.134E+01	5.895E-01
58	1.621E-01	1.134E+01	1.203E+00	1.634E-01	1.135E+01	1.697E+00
59	1.829E-01	1.135E+01	1.204E+00	1.839E-01	1.135E+01	1.459E+00
60	2.074E-01	1.135E+01	1.204E+00	2.090E-01	1.136E+01	1.623E+00
61	2.359E-01	1.136E+01	1.205E+00	2.373E-01	1.136E+01	1.538E+00
62	2.697E-01	1.136E+01	1.205E+00	2.710E-01	1.137E+01	1.437E+00
63	3.086E-01	1.136E+01	1.205E+00	3.090E-01	1.137E+01	1.233E+00
64	3.535E-01	1.137E+01	1.205E+00	3.495E-01	1.137E+01	5.987E-01
65	4.038E-01	1.137E+01	1.206E+00	4.015E-01	1.137E+01	1.144E+00
66	4.501E-01	1.137E+01	1.206E+00	4.534E-01	1.138E+01	1.683E+00
67	5.029E-01	1.137E+01	1.206E+00	5.043E-01	1.138E+01	1.352E+00
68	5.666E-01	1.137E+01	1.206E+00	5.662E-01	1.138E+01	1.154E+00
69	6.410E-01	1.138E+01	1.207E+00	6.409E-01	1.138E+01	1.220E+00
70	2.311E+00	1.152E+01	2.098E-05	1.097E+00	1.139E+01	0.000E+00

表 2.5 無限希釈断面積の比較(U-238)

energy group	JFS-3-J3.2				JFS-3-J3.2R			
	fission	capture	elastic	Ela. Rem.	fission	capture	elastic	Ela. Rem.
1	9.931E-01	3.824E-03	2.879E+00	2.431E-02	9.935E-01	3.860E-03	2.893E+00	2.782E-02
2	8.596E-01	5.355E-03	3.529E+00	2.479E-02	8.469E-01	5.410E-03	3.552E+00	2.926E-02
3	5.415E-01	7.522E-03	4.134E+00	2.483E-02	5.407E-01	7.568E-03	4.143E+00	2.743E-02
4	5.590E-01	1.060E-02	4.363E+00	2.596E-02	5.592E-01	1.067E-02	4.363E+00	2.883E-02
5	5.328E-01	1.559E-02	4.184E+00	3.242E-02	5.326E-01	1.568E-02	4.179E+00	3.467E-02
6	5.449E-01	2.337E-02	3.804E+00	3.193E-02	5.454E-01	2.362E-02	3.794E+00	3.642E-02
7	5.272E-01	3.592E-02	3.509E+00	4.101E-02	5.255E-01	3.620E-02	3.506E+00	4.666E-02
8	3.430E-01	5.705E-02	3.535E+00	5.435E-02	3.362E-01	5.764E-02	3.540E+00	6.141E-02
9	4.779E-02	9.356E-02	3.951E+00	6.153E-02	4.704E-02	9.425E-02	3.961E+00	7.061E-02
10	1.318E-02	1.257E-01	4.831E+00	1.138E-01	1.312E-02	1.257E-01	4.831E+00	1.249E-01
11	2.507E-03	1.209E-01	5.709E+00	1.159E-01	2.414E-03	1.207E-01	5.734E+00	1.372E-01
12	6.657E-04	1.126E-01	6.544E+00	1.496E-01	6.523E-04	1.124E-01	6.559E+00	1.696E-01
13	3.005E-04	1.089E-01	7.234E+00	1.388E-01	2.986E-04	1.089E-01	7.238E+00	1.365E-01
14	1.667E-04	1.122E-01	7.945E+00	1.951E-01	1.617E-04	1.124E-01	7.968E+00	2.251E-01
15	8.877E-05	1.197E-01	8.652E+00	2.230E-01	8.884E-05	1.198E-01	8.663E+00	2.302E-01
16	9.857E-05	1.280E-01	9.396E+00	2.816E-01	9.865E-05	1.282E-01	9.411E+00	3.101E-01
17	8.850E-05	1.406E-01	1.020E+01	3.559E-01	8.850E-05	1.407E-01	1.020E+01	3.557E-01
18	4.214E-05	1.568E-01	1.074E+01	3.696E-01	4.214E-05	1.568E-01	1.074E+01	3.696E-01
19	3.545E-05	1.827E-01	1.114E+01	3.831E-01	3.545E-05	1.827E-01	1.114E+01	3.831E-01
20	4.282E-05	2.206E-01	1.154E+01	3.966E-01	4.282E-05	2.206E-01	1.154E+01	3.966E-01
21	8.934E-05	2.754E-01	1.194E+01	4.098E-01	8.934E-05	2.755E-01	1.194E+01	4.098E-01
22	7.752E-05	3.485E-01	1.230E+01	4.210E-01	7.752E-05	3.485E-01	1.230E+01	4.210E-01
23	3.555E-05	4.017E-01	1.262E+01	4.312E-01	3.555E-05	4.017E-01	1.262E+01	4.313E-01
24	6.501E-05	4.496E-01	1.293E+01	4.425E-01	6.501E-05	4.496E-01	1.293E+01	4.422E-01
25	1.004E-04	5.024E-01	1.327E+01	4.542E-01	1.004E-04	5.024E-01	1.327E+01	4.543E-01
26	1.232E-04	5.598E-01	1.364E+01	4.673E-01	1.232E-04	5.598E-01	1.364E+01	4.673E-01
27	1.073E-04	6.213E-01	1.405E+01	4.818E-01	1.073E-04	6.213E-01	1.405E+01	4.819E-01
28	6.422E-05	6.548E-01	1.391E+01	4.910E-01	6.422E-05	6.549E-01	1.391E+01	4.911E-01
29	1.987E-04	6.651E-01	1.435E+01	4.192E-01	1.987E-04	6.651E-01	1.435E+01	4.192E-01
30	3.864E-05	8.759E-01	1.584E+01	4.669E-01	3.864E-05	8.759E-01	1.584E+01	4.669E-01
31	9.822E-09	8.807E-01	1.442E+01	5.809E-01	9.822E-09	8.807E-01	1.442E+01	5.807E-01
32	2.370E-09	9.872E-01	1.944E+01	5.767E-01	2.370E-09	9.873E-01	1.944E+01	5.767E-01
33	1.011E-09	1.199E+00	1.761E+01	6.432E-01	1.011E-09	1.199E+00	1.761E+01	6.433E-01
34	2.274E-09	1.468E+00	2.301E+01	4.830E-01	2.274E-09	1.468E+00	2.301E+01	4.831E-01
35	1.366E-08	1.817E+00	2.592E+01	1.369E+00	1.366E-08	1.817E+00	2.592E+01	1.370E+00
36	3.380E-07	1.632E+00	1.819E+01	1.395E+00	3.380E-07	1.632E+00	1.819E+01	1.395E+00
37	1.300E-03	2.438E+00	2.423E+01	5.517E-01	1.300E-03	2.438E+00	2.424E+01	5.518E-01
38	7.287E-05	3.140E+00	2.028E+01	3.560E-01	7.287E-05	3.140E+00	2.028E+01	3.560E-01
39	4.049E-03	3.568E+00	2.060E+01	3.378E-01	4.049E-03	3.568E+00	2.060E+01	3.378E-01
40	4.670E-05	3.446E+00	1.558E+01	3.684E-01	4.670E-05	3.446E+00	1.558E+01	3.684E-01
41	9.404E-07	2.392E+00	1.322E+01	5.088E-01	9.404E-07	2.392E+00	1.322E+01	5.088E-01
42	2.498E-05	4.582E+00	2.193E+01	5.143E-01	2.496E-05	4.582E+00	2.193E+01	5.143E-01
43	5.499E-06	6.624E+00	2.035E+01	5.760E-01	5.499E-06	6.624E+00	2.035E+01	5.761E-01
44	3.620E-05	1.532E+01	9.373E+01	3.131E-01	3.620E-05	1.532E+01	9.372E+01	3.131E-01
45	1.852E-07	2.491E+00	1.112E+01	4.299E-01	1.852E-07	2.491E+00	1.112E+01	4.299E-01
46	1.502E-05	4.196E+01	1.145E+02	2.127E+01	1.502E-05	4.195E+01	1.145E+02	2.128E+01
47	1.174E-05	4.972E+00	8.291E+00	3.398E-01	1.174E-05	4.972E+00	8.291E+00	3.398E-01
48	1.021E-04	4.534E+01	5.874E+01	2.602E-01	1.021E-04	4.534E+01	5.874E+01	2.603E-01
49	3.771E-07	1.423E-01	1.065E+01	4.226E-01	3.771E-07	1.423E-01	1.065E+01	4.226E-01
50	6.837E-07	2.437E+00	2.270E+01	2.987E+00	6.837E-07	2.437E+00	2.270E+01	2.987E+00
51	7.128E-05	1.654E+02	2.481E+02	2.711E-01	7.128E-05	1.654E+02	2.481E+02	2.710E-01
52	1.174E-06	7.213E-01	1.079E+01	5.195E-01	1.174E-06	7.213E-01	1.079E+01	5.195E-01
53	6.328E-04	2.675E+02	1.267E+02	2.088E-01	6.329E-04	2.674E+02	1.267E+02	2.088E-01
54	1.416E-06	4.502E-01	7.540E+00	2.815E-01	1.416E-06	4.502E-01	7.540E+00	2.815E-01
55	6.535E-07	3.405E-01	8.863E+00	3.147E-01	6.535E-07	3.405E-01	8.862E+00	3.149E-01
56	3.509E-07	8.707E-01	9.929E+00	3.623E-01	3.509E-07	8.707E-01	9.929E+00	3.622E-01
57	2.189E-04	5.068E+02	4.518E+01	1.000E-01	2.189E-04	5.068E+02	4.518E+01	9.985E-02
58	7.745E-06	1.067E+01	5.876E+00	2.582E-01	7.745E-06	1.067E+01	5.876E+00	2.584E-01
59	2.009E-06	1.128E+00	8.125E+00	2.848E-01	2.009E-06	1.128E+00	8.125E+00	2.848E-01
60	1.653E-06	6.150E-01	8.611E+00	2.956E-01	1.653E-06	6.150E-01	8.613E+00	2.957E-01
61	1.595E-06	5.016E-01	8.850E+00	3.017E-01	1.595E-06	5.015E-01	8.851E+00	3.018E-01
62	1.640E-06	4.676E-01	8.992E+00	3.058E-01	1.640E-06	4.675E-01	8.993E+00	3.058E-01
63	1.742E-06	4.669E-01	9.092E+00	3.084E-01	1.742E-06	4.670E-01	9.092E+00	3.084E-01
64	1.887E-06	4.854E-01	9.155E+00	3.103E-01	1.887E-06	4.854E-01	9.155E+00	3.103E-01
65	2.071E-06	5.176E-01	9.203E+00	3.117E-01	2.071E-06	5.176E-01	9.203E+00	3.117E-01
66	2.291E-06	5.612E-01	9.240E+00	3.128E-01	2.291E-06	5.613E-01	9.240E+00	3.128E-01
67	2.552E-06	6.157E-01	9.269E+00	3.137E-01	2.552E-06	6.157E-01	9.270E+00	3.137E-01
68	2.854E-06	6.809E-01	9.292E+00	3.144E-01	2.853E-06	6.810E-01	9.292E+00	3.144E-01
69	3.180E-06	7.529E-01	9.309E+00	2.222E-01	3.179E-06	7.530E-01	9.309E+00	2.275E-01
70	1.082E-05	2.501E+00	9.384E+00	3.815E-06	5.207E-06	1.212E+00	9.348E+00	0.000E+00

表 2.6 無限希釈断面面積の比較(Pu-239)

energy group	JFS-3-J3.2				JFS-3-J3.2R			
	capture	elastic	Ela. Rem.	fission	capture	elastic	Ela. Rem.	fission
1	1.584E-06	3.189E+00	2.600E-02	2.247E+00	1.678E-06	3.202E+00	2.975E-02	2.248E+00
2	3.966E-05	3.671E+00	2.461E-02	2.044E+00	4.286E-05	3.690E+00	2.906E-02	2.028E+00
3	4.522E-04	4.248E+00	2.663E-02	1.683E+00	4.669E-04	4.256E+00	2.940E-02	1.682E+00
4	2.190E-03	4.496E+00	3.008E-02	1.769E+00	2.240E-03	4.498E+00	3.339E-02	1.772E+00
5	6.834E-03	4.378E+00	3.475E-02	1.855E+00	6.927E-03	4.374E+00	3.716E-02	1.856E+00
6	1.467E-02	3.954E+00	3.563E-02	1.933E+00	1.490E-02	3.942E+00	4.064E-02	1.935E+00
7	2.356E-02	3.525E+00	4.157E-02	1.991E+00	2.372E-02	3.520E+00	4.731E-02	1.992E+00
8	3.266E-02	3.366E+00	4.875E-02	1.956E+00	3.287E-02	3.366E+00	5.510E-02	1.955E+00
9	4.393E-02	3.515E+00	4.777E-02	1.832E+00	4.412E-02	3.519E+00	5.488E-02	1.830E+00
10	5.858E-02	3.861E+00	8.158E-02	1.707E+00	5.859E-02	3.862E+00	8.975E-02	1.708E+00
11	7.696E-02	4.396E+00	8.225E-02	1.632E+00	7.744E-02	4.411E+00	9.749E-02	1.629E+00
12	9.893E-02	5.105E+00	1.120E-01	1.575E+00	9.949E-02	5.119E+00	1.267E-01	1.575E+00
13	1.248E-01	5.877E+00	1.088E-01	1.542E+00	1.249E-01	5.878E+00	1.070E-01	1.542E+00
14	1.530E-01	6.657E+00	1.566E-01	1.521E+00	1.541E-01	6.679E+00	1.808E-01	1.520E+00
15	1.827E-01	7.374E+00	1.812E-01	1.505E+00	1.831E-01	7.385E+00	1.870E-01	1.505E+00
16	2.040E-01	8.054E+00	2.293E-01	1.459E+00	2.044E-01	8.066E+00	2.527E-01	1.458E+00
17	2.259E-01	8.647E+00	2.155E-01	1.452E+00	2.264E-01	8.656E+00	2.382E-01	1.453E+00
18	2.529E-01	9.142E+00	2.167E-01	1.493E+00	2.535E-01	9.154E+00	2.430E-01	1.494E+00
19	2.809E-01	9.647E+00	2.605E-01	1.508E+00	2.813E-01	9.657E+00	2.886E-01	1.508E+00
20	3.121E-01	1.010E+01	2.540E-01	1.520E+00	3.130E-01	1.011E+01	2.917E-01	1.521E+00
21	3.522E-01	1.049E+01	2.332E-01	1.549E+00	3.534E-01	1.049E+01	2.602E-01	1.551E+00
22	4.045E-01	1.079E+01	2.887E-01	1.612E+00	4.056E-01	1.080E+01	3.279E-01	1.613E+00
23	4.696E-01	1.100E+01	3.140E-01	1.639E+00	4.710E-01	1.101E+01	3.545E-01	1.639E+00
24	5.684E-01	1.112E+01	3.783E-01	1.656E+00	5.684E-01	1.112E+01	3.781E-01	1.656E+00
25	6.755E-01	1.138E+01	3.874E-01	1.722E+00	6.756E-01	1.138E+01	3.875E-01	1.722E+00
26	7.977E-01	1.163E+01	3.947E-01	1.792E+00	7.977E-01	1.163E+01	3.947E-01	1.792E+00
27	9.229E-01	1.181E+01	3.994E-01	1.837E+00	9.229E-01	1.181E+01	3.994E-01	1.837E+00
28	1.045E+00	1.191E+01	4.063E-01	1.909E+00	1.045E+00	1.191E+01	4.063E-01	1.909E+00
29	1.333E+00	1.229E+01	4.160E-01	2.240E+00	1.333E+00	1.229E+01	4.160E-01	2.239E+00
30	1.670E+00	1.259E+01	4.338E-01	2.197E+00	1.670E+00	1.259E+01	4.338E-01	2.197E+00
31	1.999E+00	1.286E+01	4.312E-01	2.406E+00	1.999E+00	1.286E+01	4.312E-01	2.406E+00
32	2.212E+00	1.290E+01	4.411E-01	2.922E+00	2.212E+00	1.290E+01	4.411E-01	2.922E+00
33	2.727E+00	1.338E+01	4.571E-01	3.525E+00	2.727E+00	1.338E+01	4.571E-01	3.525E+00
34	3.489E+00	1.335E+01	3.728E-01	3.086E+00	3.489E+00	1.335E+01	3.728E-01	3.086E+00
35	3.612E+00	1.377E+01	3.984E-01	3.514E+00	3.612E+00	1.377E+01	3.984E-01	3.514E+00
36	3.657E+00	1.284E+01	3.815E-01	4.814E+00	3.657E+00	1.284E+01	3.815E-01	4.814E+00
37	4.287E+00	1.439E+01	4.378E-01	6.592E+00	4.287E+00	1.439E+01	4.378E-01	6.592E+00
38	4.264E+00	1.344E+01	6.053E-01	5.680E+00	4.264E+00	1.344E+01	6.053E-01	5.680E+00
39	5.978E+00	1.414E+01	4.805E-01	4.123E+00	5.978E+00	1.414E+01	4.805E-01	4.123E+00
40	8.265E+00	1.690E+01	5.379E-01	1.512E+01	8.265E+00	1.690E+01	5.379E-01	1.512E+01
41	4.207E+00	1.207E+01	4.646E-01	7.570E+00	4.207E+00	1.207E+01	4.646E-01	7.570E+00
42	1.553E+01	1.772E+01	1.079E+00	1.339E+01	1.553E+01	1.772E+01	1.079E+00	1.339E+01
43	1.747E+01	1.609E+01	3.863E-01	1.590E+01	1.747E+01	1.609E+01	3.863E-01	1.590E+01
44	8.732E+00	1.283E+01	6.169E-01	1.833E+01	8.732E+00	1.283E+01	6.169E-01	1.833E+01
45	1.778E+01	1.644E+01	3.358E-01	1.830E+01	1.778E+01	1.644E+01	3.358E-01	1.830E+01
46	2.138E+01	1.565E+01	3.420E-01	2.099E+01	2.138E+01	1.565E+01	3.419E-01	2.099E+01
47	2.509E+01	1.874E+01	3.719E-01	4.555E+01	2.509E+01	1.874E+01	3.720E-01	4.555E+01
48	2.640E+01	1.792E+01	3.525E-01	6.395E+01	2.640E+01	1.792E+01	3.525E-01	6.396E+01
49	5.092E+01	1.830E+01	3.284E-01	6.366E+01	5.092E+01	1.830E+01	3.284E-01	6.366E+01
50	5.393E+01	1.384E+01	2.689E-01	1.697E+01	5.393E+01	1.384E+01	2.688E-01	1.697E+01
51	3.498E+00	8.950E+00	3.288E-01	3.741E+00	3.498E+00	8.950E+00	3.289E-01	3.741E+00
52	1.787E+01	1.104E+01	5.095E-01	1.839E+01	1.787E+01	1.104E+01	5.096E-01	1.839E+01
53	4.926E+01	1.300E+01	1.248E+00	5.896E+01	4.926E+01	1.300E+01	1.248E+00	5.895E+01
54	8.304E+01	1.255E+01	2.293E-01	1.109E+02	8.304E+01	1.255E+01	2.294E-01	1.109E+02
55	8.631E+01	1.218E+01	1.342E-01	1.731E+02	8.631E+01	1.218E+01	1.342E-01	1.731E+02
56	6.445E+00	7.436E+00	3.287E-01	1.415E+01	6.445E+00	7.437E+00	3.287E-01	1.415E+01
57	7.132E+01	9.181E+00	2.637E-01	8.925E+01	7.132E+01	9.181E+00	2.637E-01	8.925E+01
58	1.560E+00	8.276E+00	2.880E-01	7.216E+00	1.559E+00	8.275E+00	2.880E-01	7.216E+00
59	1.416E+00	8.754E+00	2.998E-01	7.496E+00	1.416E+00	8.752E+00	2.998E-01	7.496E+00
60	1.674E+00	9.047E+00	3.084E-01	8.964E+00	1.674E+00	9.048E+00	3.086E-01	8.965E+00
61	2.136E+00	9.282E+00	3.158E-01	1.121E+01	2.136E+00	9.280E+00	3.158E-01	1.121E+01
62	2.848E+00	9.487E+00	3.226E-01	1.438E+01	2.848E+00	9.488E+00	3.226E-01	1.438E+01
63	3.987E+00	9.699E+00	3.299E-01	1.893E+01	3.988E+00	9.699E+00	3.302E-01	1.893E+01
64	5.993E+00	9.937E+00	3.390E-01	2.585E+01	5.992E+00	9.939E+00	3.389E-01	2.585E+01
65	1.001E+01	1.024E+01	3.506E-01	3.737E+01	1.001E+01	1.024E+01	3.507E-01	3.737E+01
66	1.943E+01	1.068E+01	3.685E-01	5.943E+01	1.943E+01	1.068E+01	3.686E-01	5.943E+01
67	4.633E+01	1.140E+01	4.010E-01	1.116E+02	4.634E+01	1.140E+01	4.011E-01	1.116E+02
68	1.508E+02	1.288E+01	4.737E-01	2.858E+02	1.508E+02	1.288E+01	4.738E-01	2.858E+02
69	7.135E+02	1.592E+01	4.145E-01	1.139E+03	7.126E+02	1.591E+01	4.240E-01	1.137E+03
70	5.862E+02	8.366E+00	2.861E-06	1.161E+03	7.776E+02	8.209E+00	0.000E+00	1.229E+03

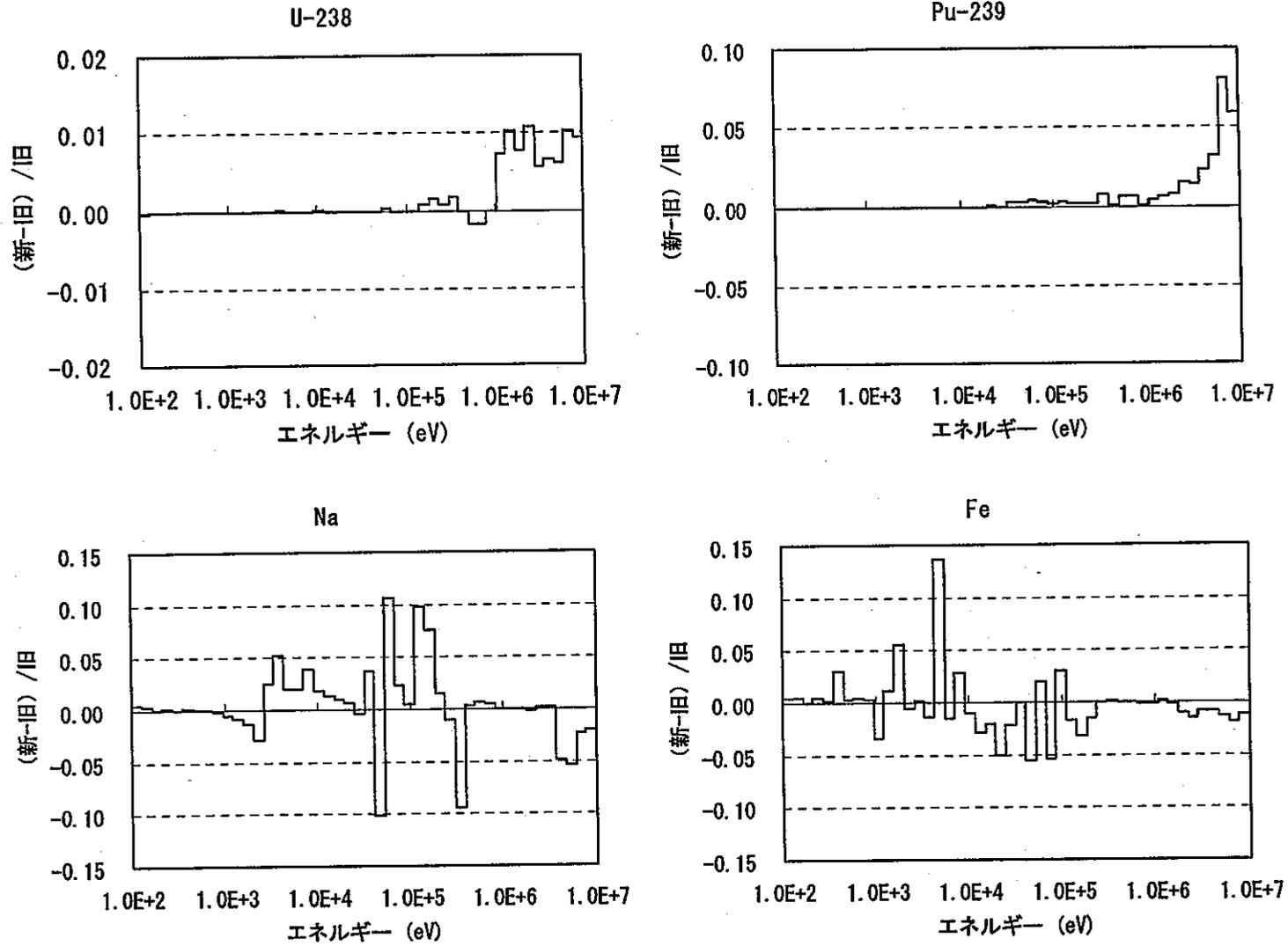


図2.2 JFS-3-J3.2RとJFS-3-J3.2における無限希釈捕獲断面積の相違

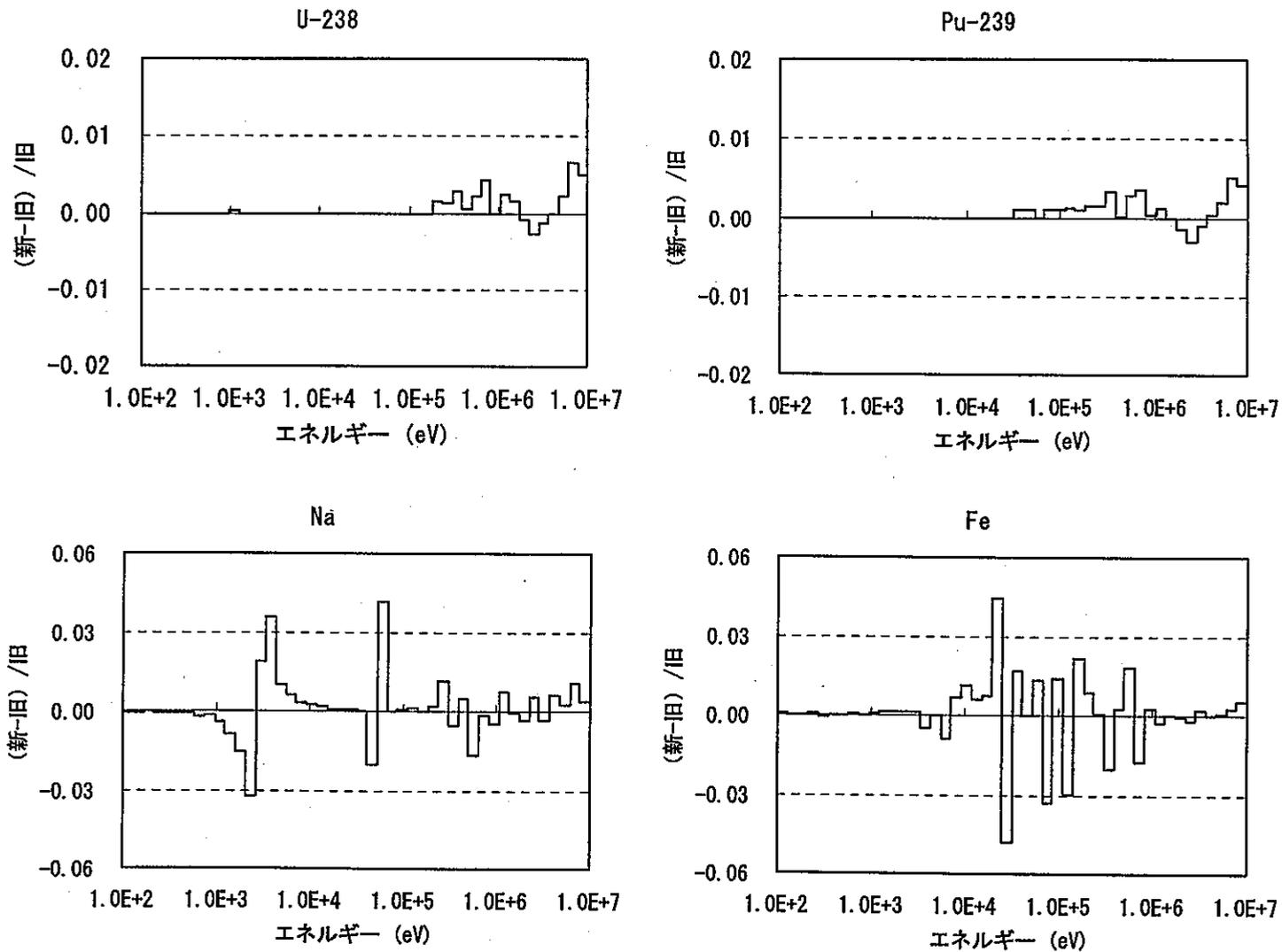


図2.3 JFS-3-J3.2RとJFS-3-J3.2における無限希釈散乱断面積の相違

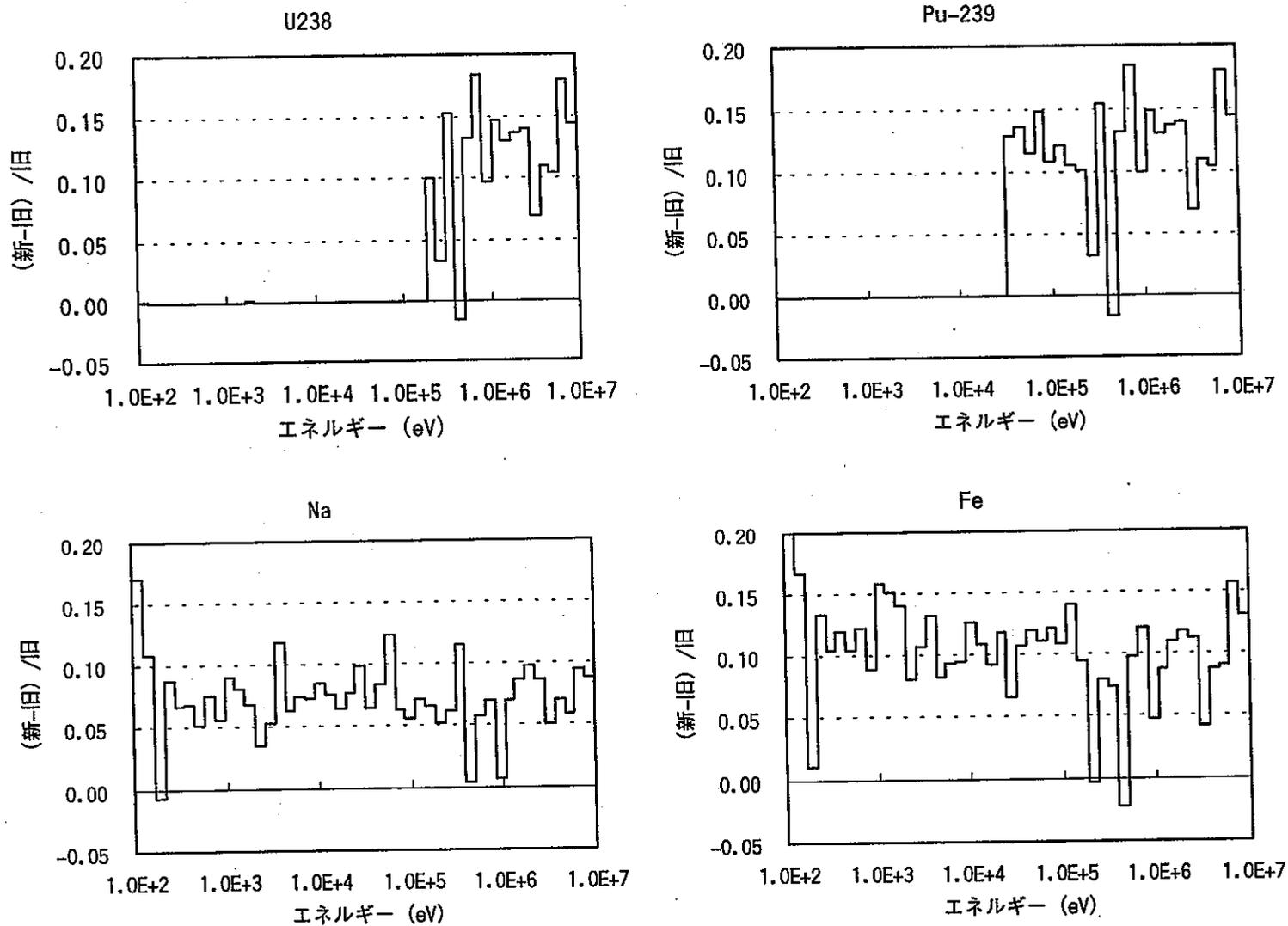


図2.4 JFS-3-J3.2RとJFS-3-J3.2における無限希釈散乱除去断面積の相違

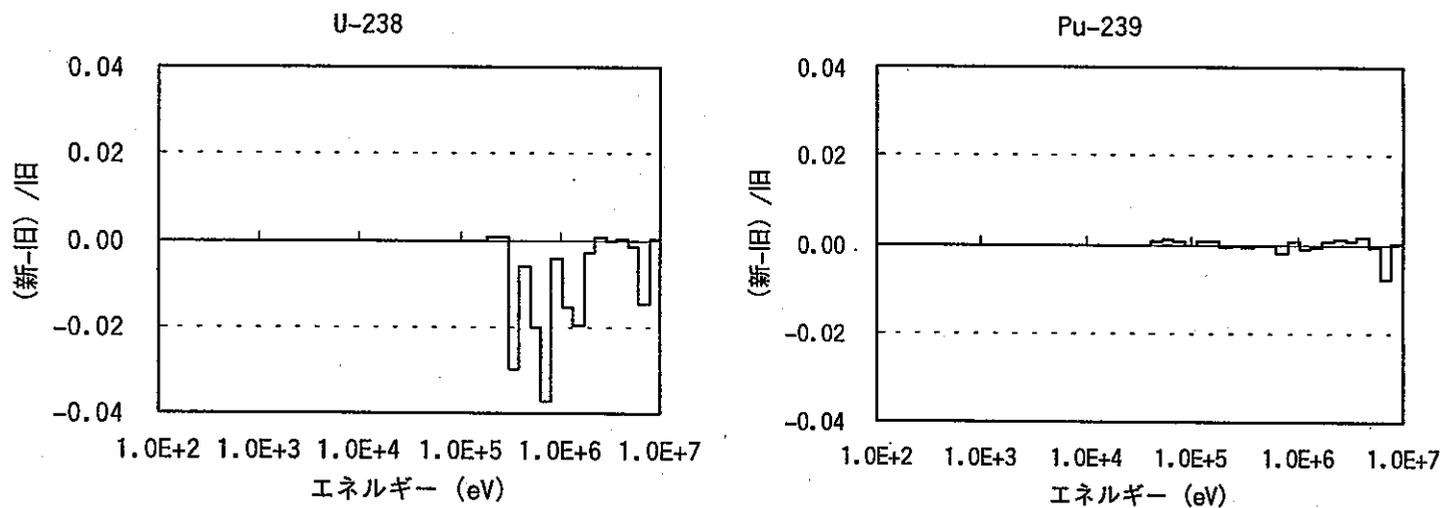


図2.5 JFS-3-J3.2RとJFS-3-J3.2における無限希釈核分裂断面積の相違

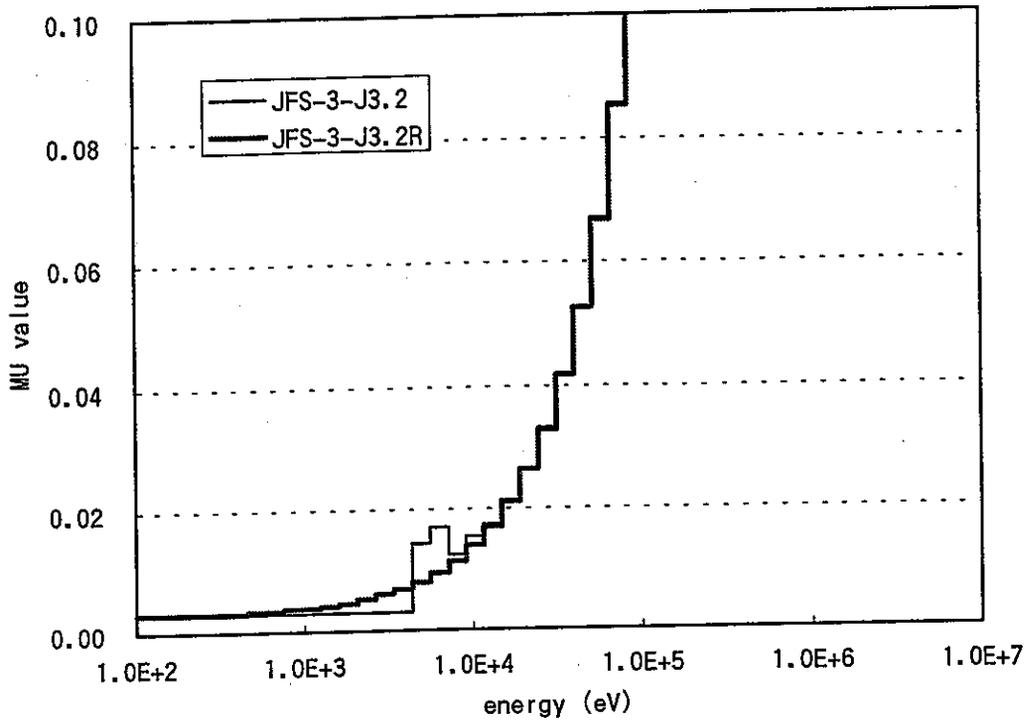


図 2.6 平均散乱角余弦の比較

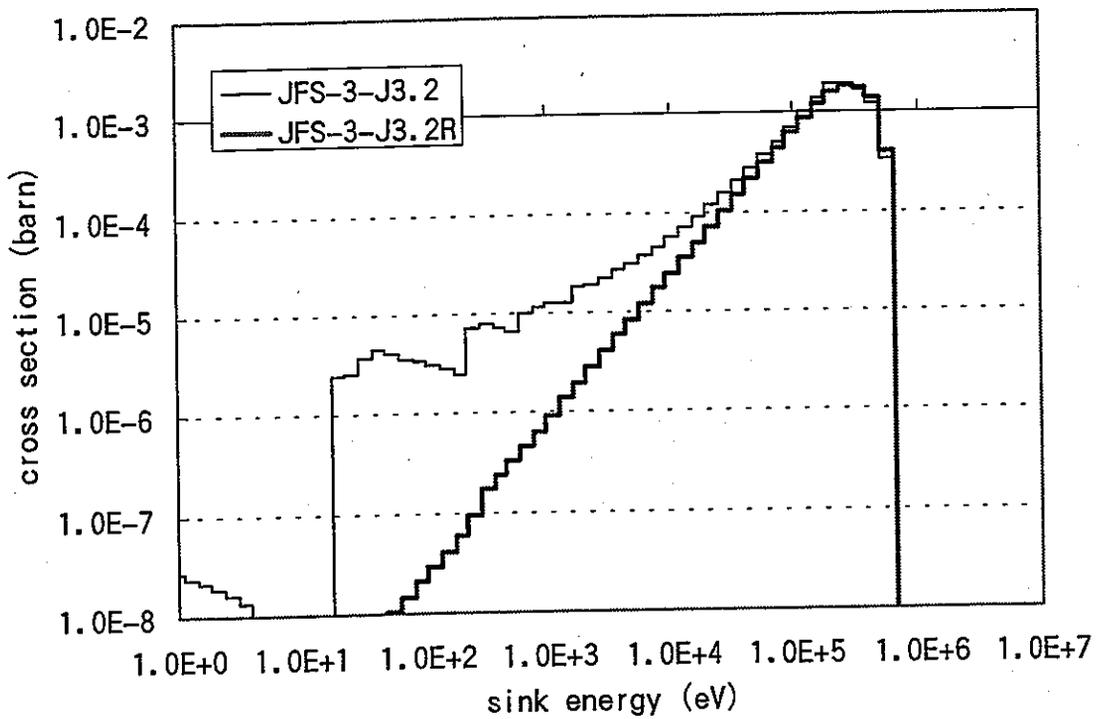


図 2.7 N-15、3群をソースとした非弾性散乱断面積

3 ZPPR 炉心の解析

3.1 評価方法

JFS-3-J3.2R のベンチマークとして、JUPITER 実験¹⁰⁾における均質炉心 ZPPR-9、径方向非均質炉心 ZPPR-13A の解析を行った。実効断面積の計算では全て均質格子モデルを用い、炉心計算は 2 次元 RZ 拡散計算で行った。解析した核特性は臨界性、ドップラー反応度（一次摂動計算）、Na ボイド反応度（厳密摂動計算）、制御棒価値（直接計算）、反応率比で、各種補正值は文献(10)より引用し C/E 値を評価した。なお、解析結果が文献(4)と若干異なっているが、これは文献(4)の解析で用いた JFS-3-J3.2R 相当の炉定数と今回作成した JFS-3-J3.2R とで、重みスペクトルや炉定数作成システムに若干の違いがあるためである。本報告書では解析結果に対して詳細な検討は行わないが、文献(4)に JFS-3-J3.2R 相当の炉定数を用いた解析結果が分析とともに記述されているので、そちらを参照されたい。

3.2 評価結果

JFS-3-J3.2 は重みスペクトルの誤りにより散乱除去断面積を過小評価しており、JFS-3-J3.2 を用いた解析では中性子スペクトルを硬めに評価することになる。これを JFS-3-J3.2R を用いて適正にすることにより、諸核特性に大きな影響を与える。解析結果を表 3.1、図 3.1 に示す。

臨界性は 0.1% から 0.2% 程度低下した。これは核分裂反応の吸収反応に対する比が高エネルギー側で高いため、中性子スペクトルの軟化により吸収の比率が増加することによる。ただし漏洩量の大きな小型炉心では、中性子スペクトルの軟化に伴い高エネルギー中性子の漏洩量が低下することで実効増倍率を増加させる働きが相対的に大きくなり、相違は小さくなることが報告されている(4)。

ドップラー反応度は 8% 程度大きな値となり、C/E 値の過小評価が大きく改善される。これはドップラー反応度への寄与が大きいエネルギー領域の中性子レベルが増加するためである。

Na ボイド反応度は 2% 弱小さな値となり、それほど大きな違いは生じない。これは、ボイド反応度の捕獲成分、散乱成分における相違が相殺することによるものであり、体系によっては大きな相違を生じる可能性があることが示唆されている(4)。

制御棒価値では相違はほとんど見られない。

反応率比ではブランケット領域における U-238 核分裂対 Pu-239 核分裂比 (F28/F49) に 3% 程度の減少が見られ、C/E 値が改善している。これは、スペクトルの軟化に起因するブランケット領域における F49 の増加と F28 の減少によるものである。

これらの結果より、JFS-3-J3.2R の使用はドップラー反応度や反応率分布などの核特性の予測精度を向上させることが明らかとなった。

表3.1 核特性解析結果

		Core	JFS-3-J3.2	(C/E)	JFS-3-J3.2R	(C/E)	(effect)
criticality		ZPPR-9	0.98276	0.9937	0.98142	0.9924	-0.00134
		ZPPR-13A	0.98016	0.9960	0.97820	0.9940	-0.00196
sample Doppler reactivity ($\Delta k/kk'$)		ZPPR-9	-2.477E-06	0.833	-2.678E-06	0.901	1.082
sodium void reactivity ($\Delta k/kk'$)	step 3	ZPPR-9	1.243E-03	1.052	1.227E-03	1.039	0.988
	step 5	ZPPR-9	1.686E-03	1.037	1.657E-03	1.019	0.983
CR worth ($\Delta k/kk'$)	A&B	ZPPR-9	1.693E-02	0.983	1.696E-02	0.985	1.002
	C&D	ZPPR-9	1.624E-02	1.013	1.626E-02	1.014	1.001
	G&H	ZPPR-9	3.951E-03	1.008	3.944E-03	1.006	0.998
Reaction Rate Ratio	F25/F49 (IC)	ZPPR-9		0.994		1.000	1.006
	F25/F49 (OC)	ZPPR-9		0.997		1.002	1.005
	F28/F49 (IC)	ZPPR-9		1.005		0.995	0.990
	F28/F49 (OC)	ZPPR-9		1.027		1.018	0.991
	C28/F49 (IC)	ZPPR-9		1.033		1.032	0.999
	C28/F49 (OC)	ZPPR-9		1.038		1.039	1.001
	F25/F49 (Core)	ZPPR-13A		1.009		1.015	1.006
	F25/F49 (Bla.)	ZPPR-13A		1.019		1.020	1.001
	F28/F49 (Core)	ZPPR-13A		1.021		1.014	0.993
	F28/F49 (Bla.)	ZPPR-13A		1.035		1.005	0.971
	C28/F49 (Core)	ZPPR-13A		1.024		1.026	1.002
	C28/F49 (Bla.)	ZPPR-13A		1.040		1.024	0.985

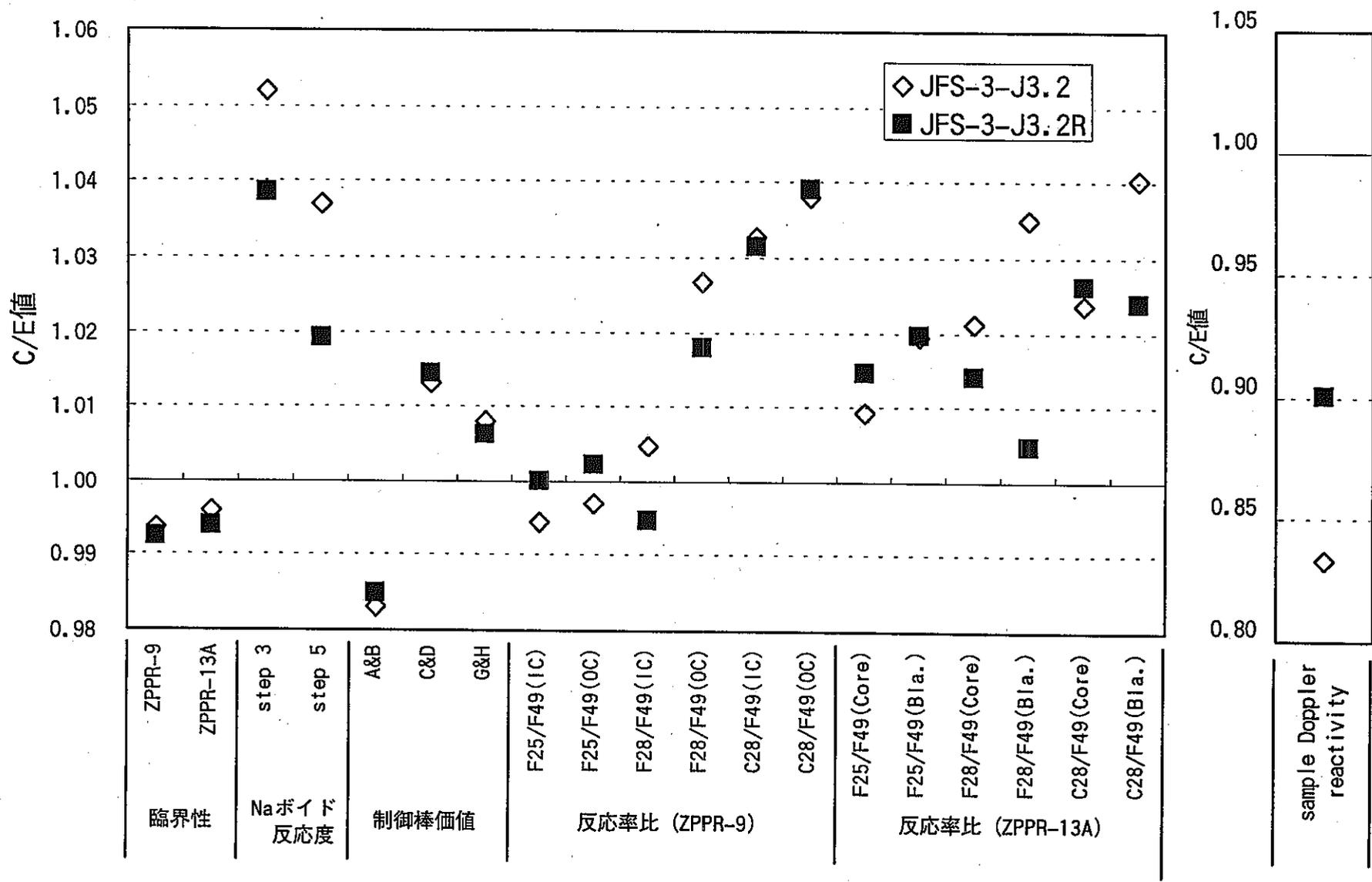


図3.1 炉定数セットによる諸核特性のC/E値

4 ランプ化FPの整備

4.1 はじめに

高速炉の燃焼解析においては、燃焼により発生する核分裂生成物（FP核種）を扱わなければならないが、その数は数百種にまでのぼり、それらすべてを厳密に扱うことは現実的ではない。そこで現在の燃焼解析では、ひとつの燃料核種から発生するFPをその生成割合を重みとしたひとつの擬似FP核種（ランプ化FP）として扱うことで計算負荷を小さくしている。今回、JFS-3-J3.2Rの作成に伴い、ランプ化FPの整備を行った。

4.2 取扱い核種の選定と燃料核種毎のFP生成量の算出

各燃料核種から生成されるFP核種の生成量を計算するため、ORIGEN2を用いて燃焼計算を行った。燃料核種としてはU-235、U-238、Pu-239、Pu-241の4核種を選定し、着目する燃料核種以外のすべての核種の核分裂収率をゼロとした4ケースの計算を行った（JFS-3-J3.2にはTh-232、U-233を燃料核種としたランプ化FPがあるが、重要度が低いためJFS-3-J3.2Rでは整備しないこととした）。燃焼期間については、ランプ化FP断面積の燃焼度依存性は小さいことが示されている⁽¹¹⁾ため、一種類のみ設定した。計算条件は以下の通りである。

燃料組成	: 平成3年度動燃60万kWe炉心 ⁽¹²⁾ の内側炉心燃料部 (表4.1)
使用ライブラリ	: JENDL-3.2に基づく高速炉用ORIGEN2ライブラリ ⁽¹³⁾ (60万kWe級酸化物燃料炉心の内側炉心中性子スペクトルで作成)
燃焼度	: 45.0GWd/t
燃焼期間	: 562.5日

計算結果を表4.2に示す（ただし、後述される167核種のみについて示す）。ORIGEN2では高速炉のMOX燃料の燃焼計算では約880核種のFPを取り扱っているが、そのうちJENDL-3.2に収録されている核種は167核種である。それら167核種の中性子吸収割合が全880FP核種の中性子吸収のどの程度となるかを求めた。その結果を表4.3に示す。これより4種類の燃料核種に関して全て99.8%を超えることが分かった。167核種以外の核種の寄与は最大でも0.2%程度と無視できる程度であるため、この167核種によりランプ化FPを作成することとした。

4.3 ランプ化FP断面積の作成

JFS-3-J3.2RのFP核種の断面積を用い、FP核種の生成量を重みとして以下の式よりランプ化FP断面積を作成した。

$$\sigma_x^{LFP} = \frac{\sum_i N_i \sigma_{x,i}}{\sum_i N_i} \quad (1)$$

$$\sigma_{g \rightarrow g'}^{LFP} = \frac{\sum_i N_i \sigma_{i,g \rightarrow g'}}{\sum_i N_i} \quad (2)$$

$$\mu^{LFP} = \frac{\sum_i N_i \mu_i \sigma_{el,i}}{\sum_i N_i \sigma_{el,i}} \quad (3)$$

式中の N_i は着目燃料核種から生成した FP 核種 i の存在量を、 σ_x は各反応断面積を、 $\sigma_{g \rightarrow g'}$ は g 群から g' 群への散乱断面積を、 μ は散乱角平均余弦をそれぞれ示す。なお、CITATION コードの計算においてはランプ化 FP は 1 核分裂で 1 個生成されると定義されているため、断面積については上式の値を 2 倍して、JFS-3-J3.2R に格納した。

なお、ランプ化 FP は無限希釈と仮定できるため、自己遮蔽因子は 1 とした。無限希釈と仮定できる理由は次の通りである。

- ① 燃焼末期には通常、核分裂性物質の 10% が燃焼して消滅する。
- ② 典型的な高速炉では、核分裂性物質に対するバックグランド断面積 σ_0 は少なくとも 10(barn) より大きい。
- ③ 従って、ランプ化 FP に対しては $\sigma_0 = 100(\text{barn})$ 以上となる。
- ④ 個々の FP 核種の数密度が全 FP 核種の数密度に占める割合は 10% を越えることはない。
- ⑤ 従って、個々の FP 核種に対しては $\sigma_0 = 1000(\text{barn})$ 以上となり、無限希釈とみなすことができる。

4.4 FP ガス及び揮発性ガス放出効果の取扱い

核分裂によって生成された Xe や Kr の放出率は、燃料温度と燃焼度に強く依存しており、高速炉では、軽水炉に比べて燃料温度が高いため燃焼が進むと 100% 近くになることが知られている。また燃焼初期から、Xe が 100%、Cs が 50% 放出された場合、1800 日燃焼時で約 10% 以上も一群断面積が小さくなると報告されている⁽¹⁴⁾。JFS-3-J3.2 においても、このようなガスの放出効果を考慮したランプ化 FP 核種が作成されており、そのモデルは Xe、Kr、Cs、I の 4 核種が全てガス放出されるとしたものである。JFS-3-J3.2R では、ガス放出が起こるとしても Xe、Kr の 2 核種であるという知見を基に、Xe、Kr のみが 100% 放出されるというモデルで作成した。従って、ランプ化 FP のガス放出モデルは JFS-3-J3.2 と比較して、ガス放出効果が幾分小さく評価されることとなる。

4.5 試作ランプ化 FP の検証

図 4.1～4.12 に各ランプ化 FP の捕獲、弾性散乱、非弾性散乱反応の無限希釈断面積を示す。

また、JFS-3-J3.2 のランプ化 FP との比較も行った。Pu-239 のランプ化 FP について、捕獲、弾性散乱、弾性散乱除去断面積の相違を図 4.13 に示す (JFS-3-J3.2 のランプ化 FP を基準としている)。高速炉の核特性に影響を与える 100eV より上のエネルギー領域では、捕獲断面積は 15% 以内、弾性散乱断面積は 20% 以内で一致していることがわかる。捕獲断面積、弾性散乱断面積とも系統的な相違はみられない。また、弾性散乱除去断面積は 100eV より上のエネルギーでは、相違が非常に大きいことがわかる。弾性散乱断面積にはそのように大きくかつ系統的な相違は見られないことから、JFS-3-J3.2 のランプ化 FP と今回作成したランプ化 FP では、炉定数作成時の重み関数が異なっていることを示している (なお、従来の JFS-3-J3.2 のランプ化 FP は $1/E$ +核分裂スペクトルを重みとして作成

したものである)。

JFS-3-J3.2のランプ化FPと今回作成したランプ化FPの違いが核特性に与える影響を大型NaMOX炉心で簡易的に評価したところ、平衡末期時(ガス放出を考慮しないモデルで燃焼させたケース)の臨界性は0.01%以内で、燃焼欠損反応度は0.1%以内で一致した。また、断面積をガス放出モデルに置き換えて同様に解析したところ、JFS-3-J3.2Rのランプ化FPによる値は、臨界性で0.5%程度小さくなり、燃焼欠損反応度で8%程度大きくなった。これはJFS-3-J3.2Rのガス放出モデルで、Cs、Iの効果を考慮にいれていないためである。JFS-3-J3.2RでCs、Iの効果を考慮にいれたランプ化FPのガス放出モデルを作成して比較したところ、臨界性は0.01%以内で、燃焼欠損反応度は0.1%以内で一致した。

表 4.1 燃焼計算における燃料初期組成

核種	重量 (g)
U-235	2.477E+03
U-238	8.232E+05
Pu-238	5.229E+03
Pu-239	9.238E+03
Pu-240	4.358E+04
Pu-241	2.092E+04
Pu-242	1.220E+04
total	1.000E+06

表 4.2 FP 核種の生成割合(1/4)

	核種	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
1	GA 69	7.52E-13	3.28E-14	1.84E-12	5.44E-13
2	GE 70	5.63E-15	2.38E-16	1.40E-14	4.06E-15
3	GA 71	1.25E-11	1.58E-13	2.96E-10	1.29E-11
4	GE 72	9.98E-07	4.60E-08	2.62E-06	7.30E-07
5	GE 73	2.94E-06	2.33E-07	3.67E-06	2.31E-06
6	GE 74	7.64E-06	4.85E-07	8.87E-06	5.57E-06
7	AS 75	4.38E-05	1.17E-06	1.31E-05	2.21E-06
8	GE 76	7.99E-05	3.99E-06	2.91E-05	4.01E-06
9	SE 76	1.67E-06	4.24E-08	4.72E-07	8.46E-08
10	SE 77	1.70E-04	1.61E-05	6.72E-05	4.62E-05
11	SE 78	3.25E-04	5.64E-05	1.87E-04	9.19E-05
12	SE 79	4.88E-04	1.63E-04	2.96E-04	1.75E-04
13	BR 79	4.15E-09	1.30E-09	2.48E-09	1.46E-09
14	SE 80	8.94E-04	3.58E-04	5.30E-04	3.28E-04
15	KR 80	4.15E-09	1.73E-09	7.64E-09	1.45E-09
16	BR 81	1.23E-03	6.95E-04	6.93E-04	4.64E-04
17	SE 82	1.89E-03	1.18E-03	1.06E-03	7.14E-04
18	KR 82	2.81E-05	1.45E-05	1.73E-05	1.04E-05
19	KR 83	2.78E-03	1.89E-03	1.51E-03	9.63E-04
20	KR 84	5.52E-03	4.49E-03	2.53E-03	1.87E-03
21	KR 85	1.75E-03	9.42E-04	7.95E-04	5.17E-04
22	RB 85	6.68E-03	3.59E-03	2.95E-03	1.97E-03
23	KR 86	1.10E-02	6.81E-03	4.94E-03	3.38E-03
24	SR 86	1.40E-04	7.06E-05	5.83E-05	4.07E-05
25	RB 87	1.23E-02	7.90E-03	4.98E-03	3.73E-03
26	SR 87	7.15E-07	3.49E-07	3.21E-07	2.06E-07
27	SR 88	1.75E-02	1.04E-02	6.56E-03	4.86E-03
28	SR 89	2.55E-03	1.83E-03	1.16E-03	7.30E-04
29	Y 89	2.00E-02	1.23E-02	7.55E-03	5.51E-03
30	SR 90	2.65E-02	1.59E-02	9.91E-03	7.46E-03
31	ZR 90	5.53E-04	3.13E-04	1.93E-04	1.54E-04
32	Y 91	3.69E-03	3.00E-03	1.85E-03	1.27E-03
33	ZR 91	2.42E-02	1.70E-02	1.02E-02	8.08E-03
34	ZR 92	2.87E-02	2.26E-02	1.48E-02	1.17E-02
35	ZR 93	3.05E-02	2.49E-02	1.85E-02	1.48E-02
36	NB 93	8.81E-10	6.43E-10	1.04E-09	4.18E-10
37	ZR 94	3.09E-02	2.47E-02	2.10E-02	1.70E-02
38	NB 94	6.33E-08	4.72E-08	7.12E-08	3.82E-08
39	ZR 95	4.57E-03	4.15E-03	3.89E-03	2.91E-03
40	NB 95	2.55E-03	2.25E-03	2.10E-03	1.61E-03

表 4.2 FP 核種の生成割合(2/4)

	核種	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
41	MO 95	2.39E-02	1.86E-02	1.69E-02	1.46E-02
42	ZR 96	3.02E-02	2.94E-02	2.38E-02	2.18E-02
43	MO 96	5.79E-04	4.34E-04	4.03E-04	3.52E-04
44	MO 97	2.89E-02	2.70E-02	2.57E-02	2.28E-02
45	MO 98	2.96E-02	2.92E-02	2.83E-02	2.51E-02
46	MO 99	1.70E-04	2.20E-04	2.19E-04	1.71E-04
47	TC 99	2.71E-02	2.95E-02	2.84E-02	2.62E-02
48	RU 99	7.56E-08	7.76E-08	7.37E-08	7.20E-08
49	MO100	3.14E-02	3.33E-02	3.25E-02	3.14E-02
50	RU100	1.37E-03	1.41E-03	1.34E-03	1.31E-03
51	RU101	2.53E-02	2.88E-02	3.09E-02	2.99E-02
52	RU102	2.38E-02	3.28E-02	3.43E-02	3.47E-02
53	PD102	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00
54	RU103	1.47E-03	3.17E-03	3.58E-03	2.96E-03
55	RH103	1.43E-02	2.67E-02	2.92E-02	2.79E-02
56	RU104	1.13E-02	2.50E-02	3.23E-02	3.55E-02
57	PD104	7.33E-04	1.30E-03	1.41E-03	1.41E-03
58	RH105	1.99E-05	7.62E-05	1.07E-04	1.08E-04
59	PD105	5.67E-03	1.84E-02	2.52E-02	2.98E-02
60	RU106	1.66E-03	7.76E-03	1.34E-02	1.83E-02
61	PD106	1.55E-03	6.14E-03	9.94E-03	1.42E-02
62	PD107	1.53E-03	6.10E-03	1.42E-02	2.26E-02
63	AG107	1.31E-10	4.93E-10	1.14E-09	1.92E-09
64	PD108	9.71E-04	3.44E-03	1.05E-02	1.90E-02
65	CD108	4.26E-09	9.51E-09	6.68E-08	9.49E-08
66	AG109	5.58E-04	1.32E-03	9.33E-03	1.26E-02
67	PD110	4.46E-04	6.75E-04	3.05E-03	7.02E-03
68	AG110M	3.53E-06	8.00E-06	5.63E-05	7.89E-05
69	CD110	2.80E-05	6.24E-05	4.38E-04	6.25E-04
70	CD111	2.03E-04	3.77E-04	1.67E-03	3.52E-03
71	CD112	2.00E-04	3.41E-04	1.04E-03	1.99E-03
72	CD113	1.61E-04	2.52E-04	6.07E-04	1.02E-03
73	IN113	1.11E-07	1.65E-07	3.97E-07	7.13E-07
74	CD114	1.69E-04	2.04E-04	4.82E-04	6.19E-04
75	SN114	5.30E-09	7.26E-09	1.70E-08	3.04E-08
76	IN115	1.39E-04	1.60E-04	3.39E-04	4.85E-04
77	SN115	5.07E-06	5.85E-06	1.23E-05	1.77E-05
78	CD116	1.72E-04	2.07E-04	2.96E-04	4.77E-04
79	SN116	7.38E-06	8.03E-06	1.68E-05	2.54E-05
80	SN117	1.66E-04	1.80E-04	3.86E-04	4.31E-04
81	SN118	1.67E-04	2.00E-04	3.17E-04	4.18E-04
82	SN119	1.68E-04	1.77E-04	3.10E-04	4.03E-04
83	SN120	1.73E-04	1.80E-04	3.10E-04	4.18E-04
84	SB121	1.68E-04	2.08E-04	3.23E-04	4.19E-04
85	SN122	2.00E-04	1.87E-04	3.76E-04	4.51E-04
86	TE122	5.99E-06	7.01E-06	1.08E-05	1.47E-05
87	SN123	2.81E-06	2.24E-06	1.06E-05	6.21E-06
88	SB123	2.17E-04	1.97E-04	4.08E-04	4.71E-04
89	TE123	8.25E-08	9.39E-08	1.43E-07	2.02E-07
90	SN124	3.28E-04	2.21E-04	6.59E-04	5.34E-04
91	SB124	1.31E-06	1.16E-06	2.47E-06	2.82E-06
92	TE124	3.84E-06	3.24E-06	7.09E-06	8.18E-06
93	SB125	2.79E-04	2.10E-04	5.91E-04	3.63E-04
94	TE125	5.73E-05	4.04E-05	1.12E-04	7.35E-05
95	SN126	6.89E-04	3.16E-04	1.52E-03	9.41E-04
96	TE126	1.40E-05	8.34E-06	5.25E-05	1.81E-05
97	XE126	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00

表 4.2 FP 核種の生成割合(3/4)

	核種	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
98	TE127M	4.55E-05	2.25E-05	1.01E-04	5.22E-05
99	I127	1.26E-03	5.69E-04	2.50E-03	1.41E-03
100	TE128	3.40E-03	2.32E-03	4.71E-03	2.97E-03
101	XE128	5.75E-05	2.46E-05	1.06E-04	6.37E-05
102	TE129M	7.59E-05	4.18E-05	8.04E-05	3.74E-05
103	I129	4.24E-03	4.93E-03	7.80E-03	4.82E-03
104	XE129	8.08E-07	3.28E-07	1.41E-06	8.68E-07
105	TE130	9.61E-03	9.31E-03	1.27E-02	8.46E-03
106	XE130	1.35E-04	1.49E-04	2.50E-04	1.52E-04
107	I131	2.71E-04	3.30E-04	4.68E-04	2.88E-04
108	XE131	1.51E-02	1.54E-02	2.12E-02	1.53E-02
109	XE132	2.30E-02	2.57E-02	2.66E-02	2.33E-02
110	BA132	6.37E-09	5.92E-09	6.08E-09	6.28E-09
111	XE133	3.81E-04	4.49E-04	4.83E-04	3.99E-04
112	CS133	3.19E-02	3.14E-02	3.27E-02	3.18E-02
113	XE134	3.76E-02	3.86E-02	3.66E-02	3.87E-02
114	CS134	1.01E-03	9.48E-04	9.79E-04	9.99E-04
115	BA134	1.87E-04	1.70E-04	1.74E-04	1.83E-04
116	XE135	2.64E-05	3.29E-05	3.70E-05	3.09E-05
117	CS135	3.22E-02	3.35E-02	3.64E-02	3.59E-02
118	BA135	1.62E-06	1.44E-06	1.56E-06	1.58E-06
119	XE136	3.06E-02	3.42E-02	3.42E-02	3.39E-02
120	CS136	3.82E-05	3.75E-05	6.26E-05	4.21E-05
121	BA136	6.19E-04	5.41E-04	1.19E-03	6.65E-04
122	CS137	3.03E-02	2.98E-02	3.17E-02	3.24E-02
123	BA137	5.74E-04	5.32E-04	5.91E-04	6.06E-04
124	BA138	3.23E-02	2.77E-02	3.01E-02	3.18E-02
125	LA138	4.12E-07	3.18E-07	5.77E-07	3.55E-07
126	LA139	3.13E-02	2.93E-02	2.77E-02	3.06E-02
127	BA140	8.35E-04	9.70E-04	8.88E-04	7.69E-04
128	CE140	3.07E-02	2.99E-02	2.65E-02	2.69E-02
129	CE141	2.10E-03	2.25E-03	2.21E-03	1.83E-03
130	PR141	2.71E-02	2.47E-02	2.35E-02	2.27E-02
131	CE142	2.82E-02	2.36E-02	2.38E-02	2.33E-02
132	ND142	3.02E-04	2.61E-04	2.45E-04	2.50E-04
133	PR143	8.08E-04	7.68E-04	7.46E-04	6.80E-04
134	ND143	2.68E-02	2.15E-02	2.01E-02	2.16E-02
135	CE144	1.37E-02	1.23E-02	9.86E-03	1.10E-02
136	ND144	1.32E-02	1.08E-02	8.61E-03	1.04E-02
137	ND145	1.79E-02	1.80E-02	1.42E-02	1.55E-02
138	ND146	1.51E-02	1.76E-02	1.26E-02	1.42E-02
139	ND147	2.54E-04	3.62E-04	2.91E-04	2.83E-04
140	PM147	7.66E-03	9.35E-03	7.29E-03	8.20E-03
141	SM147	1.66E-03	1.90E-03	1.46E-03	1.75E-03
142	ND148	8.26E-03	1.03E-02	8.09E-03	9.43E-03
143	PM148	9.30E-06	1.13E-05	8.83E-06	9.95E-06
144	PM148M	7.92E-05	9.50E-05	7.38E-05	8.45E-05
145	SM148	8.27E-04	9.38E-04	7.20E-04	8.72E-04
146	PM149	2.52E-05	4.66E-05	3.71E-05	3.71E-05
147	SM149	4.36E-03	6.84E-03	5.28E-03	6.15E-03
148	ND150	3.36E-03	6.23E-03	4.81E-03	5.87E-03
149	SM150	8.31E-04	1.23E-03	9.53E-04	1.16E-03
150	SM151	1.76E-03	3.48E-03	3.36E-03	3.93E-03
151	EU151	9.57E-06	1.79E-05	1.71E-05	2.12E-05
152	SM152	1.64E-03	3.07E-03	3.45E-03	4.07E-03
153	EU152	1.11E-06	2.03E-06	1.92E-06	2.45E-06
154	GD152	5.18E-07	9.42E-07	8.92E-07	1.14E-06

表 4.2 FP 核種の生成割合(4/4)

	核種	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
155	SM153	4.21E-06	1.13E-05	1.24E-05	1.31E-05
156	EU153	7.61E-04	1.77E-03	1.88E-03	2.31E-03
157	SM154	3.63E-04	1.04E-03	1.34E-03	1.82E-03
158	EU154	1.35E-04	2.99E-04	3.13E-04	4.07E-04
159	GD154	5.92E-06	1.27E-05	1.32E-05	1.78E-05
160	EU155	2.57E-04	6.10E-04	9.97E-04	1.40E-03
161	GD155	2.61E-05	5.87E-05	9.61E-05	1.44E-04
162	EU156	5.07E-06	1.75E-05	3.66E-05	5.03E-05
163	GD156	1.16E-04	3.69E-04	7.70E-04	1.22E-03
164	GD157	5.63E-05	1.93E-04	5.46E-04	7.64E-04
165	GD158	3.88E-05	1.04E-04	4.08E-04	6.01E-04
166	TB159	1.40E-05	3.72E-05	1.89E-04	2.82E-04
167	GD160	5.78E-06	1.58E-05	1.27E-04	1.86E-04
168	TOTAL	9.99E-01	9.99E-01	9.99E-01	9.99E-01

表 4.3 FP 核種による中性子吸収割合(1/4)

	核種	核種毎中性子吸収割合				累積中性子吸収割合			
		U-235	U-238	Pu-239	Pu-241	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
1	RU101	9.83E-02	8.99E-02	8.74E-02	7.85E-02	0.098	0.090	0.087	0.079
2	TC 99	8.55E-02	7.45E-02	6.51E-02	5.57E-02	0.184	0.164	0.152	0.134
3	CS133	7.85E-02	6.19E-02	5.84E-02	5.28E-02	0.262	0.226	0.211	0.187
4	ND145	5.16E-02	4.17E-02	2.98E-02	3.03E-02	0.314	0.268	0.241	0.217
5	RH103	5.10E-02	7.61E-02	7.56E-02	6.69E-02	0.365	0.344	0.316	0.284
6	SM149	5.01E-02	6.31E-02	4.42E-02	4.78E-02	0.415	0.407	0.360	0.332
7	PM147	4.85E-02	4.74E-02	3.35E-02	3.50E-02	0.463	0.454	0.394	0.367
8	ND143	4.63E-02	2.97E-02	2.53E-02	2.51E-02	0.510	0.484	0.419	0.392
9	MO 97	4.12E-02	3.09E-02	2.67E-02	2.19E-02	0.551	0.515	0.446	0.414
10	CS135	3.66E-02	3.05E-02	3.01E-02	2.75E-02	0.587	0.545	0.476	0.442
11	MO 95	3.60E-02	2.24E-02	1.85E-02	1.49E-02	0.623	0.568	0.495	0.456
12	PD105	2.88E-02	7.49E-02	9.27E-02	1.02E-01	0.652	0.643	0.587	0.558
13	XE131	2.68E-02	2.19E-02	2.73E-02	1.83E-02	0.679	0.665	0.615	0.577
14	RU102	2.11E-02	2.33E-02	2.22E-02	2.08E-02	0.700	0.688	0.637	0.597
15	PR141	2.03E-02	1.49E-02	1.28E-02	1.15E-02	0.720	0.703	0.650	0.609
16	SM151	1.86E-02	2.95E-02	2.58E-02	2.80E-02	0.739	0.732	0.675	0.637
17	MO 98	1.63E-02	1.29E-02	1.14E-02	9.33E-03	0.755	0.745	0.687	0.646
18	ZR 93	1.43E-02	9.38E-03	6.31E-03	4.70E-03	0.770	0.755	0.693	0.651
19	MO100	1.28E-02	1.09E-02	9.67E-03	8.66E-03	0.783	0.765	0.703	0.660
20	XE132	1.10E-02	9.85E-03	9.26E-03	7.53E-03	0.794	0.775	0.712	0.667
21	ZR 91	1.04E-02	5.86E-03	3.18E-03	2.34E-03	0.804	0.781	0.715	0.669
22	SM147	1.04E-02	9.50E-03	6.63E-03	7.38E-03	0.814	0.791	0.722	0.677
23	EU153	1.01E-02	1.88E-02	1.81E-02	2.06E-02	0.824	0.809	0.740	0.697
24	RU104	1.00E-02	1.77E-02	2.08E-02	2.12E-02	0.834	0.827	0.760	0.719
25	RB 85	9.59E-03	4.14E-03	3.08E-03	1.91E-03	0.844	0.831	0.764	0.721
26	ND146	8.65E-03	8.05E-03	5.24E-03	5.49E-03	0.853	0.839	0.769	0.726
27	I129	8.51E-03	7.94E-03	1.14E-02	6.54E-03	0.861	0.847	0.780	0.733
28	PD107	8.46E-03	2.71E-02	5.72E-02	8.44E-02	0.870	0.874	0.837	0.817
29	ZR 96	7.11E-03	5.55E-03	4.07E-03	3.46E-03	0.877	0.880	0.841	0.820
30	CS134	6.06E-03	4.54E-03	4.26E-03	4.03E-03	0.883	0.884	0.846	0.824
31	ND148	5.92E-03	5.95E-03	4.22E-03	4.57E-03	0.889	0.890	0.850	0.829
32	ZR 92	5.91E-03	3.72E-03	2.22E-03	1.62E-03	0.895	0.894	0.852	0.831
33	LA139	5.73E-03	4.30E-03	3.69E-03	3.78E-03	0.900	0.898	0.856	0.834
34	XE134	5.61E-03	4.62E-03	3.97E-03	3.90E-03	0.906	0.903	0.860	0.838
35	ND144	5.53E-03	3.65E-03	2.63E-03	2.95E-03	0.911	0.907	0.862	0.841
36	NB 95	4.87E-03	3.44E-03	2.91E-03	2.07E-03	0.916	0.910	0.865	0.843
37	KR 83	3.97E-03	2.16E-03	1.56E-03	9.28E-04	0.920	0.912	0.867	0.844
38	SM152	3.95E-03	5.92E-03	6.03E-03	6.61E-03	0.924	0.918	0.873	0.851
39	CE142	3.92E-03	2.62E-03	2.40E-03	2.18E-03	0.928	0.921	0.875	0.853
40	I127	3.91E-03	1.41E-03	5.62E-03	2.96E-03	0.932	0.922	0.881	0.856
41	RU103	3.85E-03	6.66E-03	6.83E-03	5.23E-03	0.936	0.929	0.888	0.861
42	ZR 95	3.66E-03	2.66E-03	2.27E-03	1.57E-03	0.940	0.932	0.890	0.863

表 4.3 FP 核種による中性子吸収割合(2/4)

	核種	核種毎中性子吸収割合				累積中性子吸収割合			
		U-235	U-238	Pu-239	Pu-241	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
43	ZR 94	3.41E-03	2.18E-03	1.68E-03	1.27E-03	0.943	0.934	0.892	0.864
44	CE141	3.20E-03	2.75E-03	2.45E-03	1.89E-03	0.946	0.936	0.894	0.866
45	ND150	2.78E-03	4.13E-03	2.90E-03	3.28E-03	0.949	0.941	0.897	0.869
46	CS137	2.73E-03	2.16E-03	2.08E-03	1.97E-03	0.952	0.943	0.899	0.871
47	EU154	2.41E-03	4.28E-03	4.07E-03	4.90E-03	0.954	0.947	0.903	0.876
48	PD106	2.24E-03	7.10E-03	1.04E-02	1.38E-02	0.956	0.954	0.914	0.890
49	AG109	2.02E-03	3.83E-03	2.45E-02	3.07E-02	0.958	0.958	0.938	0.921
50	Y 89	1.98E-03	9.79E-04	5.44E-04	3.69E-04	0.960	0.959	0.939	0.921
51	SM150	1.84E-03	2.18E-03	1.53E-03	1.73E-03	0.962	0.961	0.940	0.923
52	CE144	1.77E-03	1.28E-03	9.29E-04	9.62E-04	0.964	0.962	0.941	0.924
53	Y 91	1.74E-03	1.13E-03	6.34E-04	4.06E-04	0.966	0.964	0.942	0.924
54	EU155	1.71E-03	3.25E-03	4.82E-03	6.29E-03	0.967	0.967	0.947	0.930
55	BR 81	1.70E-03	7.67E-04	6.94E-04	4.32E-04	0.969	0.968	0.947	0.931
56	ND147	1.55E-03	1.77E-03	1.29E-03	1.16E-03	0.971	0.969	0.949	0.932
57	SR 90	1.51E-03	7.27E-04	4.12E-04	2.88E-04	0.972	0.970	0.949	0.932
58	RB 87	1.50E-03	7.75E-04	4.43E-04	3.08E-04	0.974	0.971	0.950	0.932
59	RU100	1.45E-03	1.20E-03	1.03E-03	9.35E-04	0.975	0.972	0.951	0.933
60	KR 84	1.38E-03	9.01E-04	4.60E-04	3.17E-04	0.976	0.973	0.951	0.934
61	PM148M	1.29E-03	1.24E-03	8.72E-04	9.27E-04	0.978	0.974	0.952	0.935
62	SM148	1.17E-03	1.07E-03	7.43E-04	8.35E-04	0.979	0.975	0.953	0.936
63	PD108	1.17E-03	3.31E-03	9.14E-03	1.54E-02	0.980	0.979	0.962	0.951
64	PD104	1.11E-03	1.58E-03	1.55E-03	1.45E-03	0.981	0.980	0.963	0.952
65	CE140	1.06E-03	8.26E-04	6.64E-04	6.28E-04	0.982	0.981	0.964	0.953
66	SE 79	9.54E-04	2.55E-04	4.21E-04	2.30E-04	0.983	0.981	0.964	0.953
67	BA138	9.04E-04	6.20E-04	6.13E-04	6.00E-04	0.984	0.982	0.965	0.954
68	RU106	8.18E-04	3.07E-03	4.81E-03	6.08E-03	0.985	0.985	0.970	0.960
69	CD111	8.16E-04	1.22E-03	4.89E-03	9.56E-03	0.986	0.986	0.975	0.969
70	TE128	7.06E-04	3.85E-04	7.10E-04	4.16E-04	0.986	0.986	0.975	0.970
71	TE130	6.91E-04	5.36E-04	6.66E-04	4.11E-04	0.987	0.987	0.976	0.970
72	SB125	6.58E-04	3.97E-04	1.01E-03	5.79E-04	0.988	0.987	0.977	0.971
73	KR 85	5.76E-04	2.48E-04	1.90E-04	1.15E-04	0.988	0.988	0.977	0.971
74	PR143	5.06E-04	3.86E-04	3.40E-04	2.88E-04	0.989	0.988	0.978	0.971
75	SM154	4.57E-04	1.05E-03	1.23E-03	1.54E-03	0.989	0.989	0.979	0.973
76	IN115	4.53E-04	4.18E-04	8.03E-04	1.07E-03	0.990	0.990	0.980	0.974
77	CD113	4.50E-04	5.65E-04	1.23E-03	1.93E-03	0.990	0.990	0.981	0.976
78	MO 99	4.15E-04	4.32E-04	3.90E-04	2.83E-04	0.991	0.991	0.981	0.976
79	GD156	4.09E-04	1.04E-03	1.97E-03	2.91E-03	0.991	0.992	0.983	0.979
80	SR 88	4.02E-04	1.92E-04	1.10E-04	7.55E-05	0.992	0.992	0.983	0.979
81	SB121	3.88E-04	3.85E-04	5.43E-04	6.53E-04	0.992	0.992	0.984	0.980
82	I131	3.82E-04	3.73E-04	4.80E-04	2.74E-04	0.992	0.993	0.984	0.980
83	GD157	3.82E-04	1.05E-03	2.70E-03	3.50E-03	0.993	0.994	0.987	0.983
84	GD155	3.54E-04	6.38E-04	9.47E-04	1.31E-03	0.993	0.994	0.988	0.985
85	SE 77	3.49E-04	2.65E-05	1.01E-04	6.43E-05	0.993	0.994	0.988	0.985
86	SB123	3.26E-04	2.37E-04	4.44E-04	4.76E-04	0.994	0.994	0.989	0.985
87	PD110	3.13E-04	3.80E-04	1.56E-03	3.33E-03	0.994	0.995	0.990	0.989
88	TE129M	2.97E-04	1.31E-04	2.29E-04	9.88E-05	0.994	0.995	0.990	0.989
89	SE 82	2.78E-04	1.39E-04	1.13E-04	7.07E-05	0.995	0.995	0.990	0.989
90	XE133	2.66E-04	2.51E-04	2.45E-04	1.88E-04	0.995	0.995	0.991	0.989
91	XE136	2.49E-04	2.23E-04	2.03E-04	1.86E-04	0.995	0.996	0.991	0.989
92	BA137	2.35E-04	1.74E-04	1.76E-04	1.67E-04	0.995	0.996	0.991	0.989
93	BA136	2.28E-04	1.59E-04	3.19E-04	1.65E-04	0.996	0.996	0.991	0.990
94	CD112	2.18E-04	2.99E-04	8.28E-04	1.47E-03	0.996	0.996	0.992	0.991
95	SN117	2.10E-04	1.83E-04	3.56E-04	3.68E-04	0.996	0.996	0.993	0.991
96	SE 80	2.07E-04	6.63E-05	8.90E-05	5.11E-05	0.996	0.996	0.993	0.991
97	BA134	2.06E-04	1.50E-04	1.40E-04	1.36E-04	0.996	0.997	0.993	0.992
98	TE127M	2.05E-04	8.11E-05	3.30E-04	1.59E-04	0.997	0.997	0.993	0.992
99	XE130	1.93E-04	1.71E-04	2.60E-04	1.47E-04	0.997	0.997	0.993	0.992
100	SR 89	1.92E-04	1.11E-04	6.34E-05	3.71E-05	0.997	0.997	0.993	0.992

表 4.3 FP 核種による中性子吸収割合(3/4)

	核種	核種毎中性子吸収割合				累積中性子吸収割合			
		U-235	U-238	Pu-239	Pu-241	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
101	EU151	1.82E-04	2.73E-04	2.36E-04	2.71E-04	0.997	0.997	0.994	0.992
102	KR 86	1.80E-04	8.88E-05	5.85E-05	3.72E-05	0.997	0.997	0.994	0.992
103	MO 96	1.76E-04	1.06E-04	8.92E-05	7.23E-05	0.998	0.997	0.994	0.992
104	SN119	1.69E-04	1.43E-04	2.28E-04	2.74E-04	0.998	0.998	0.994	0.993
105	CD114	1.56E-04	1.51E-04	3.24E-04	3.87E-04	0.998	0.998	0.994	0.993
106	PM149	1.54E-04	2.27E-04	1.65E-04	1.53E-04	0.998	0.998	0.995	0.993
107	SE 78	1.42E-04	1.97E-05	5.93E-05	2.71E-05	0.998	0.998	0.995	0.993
108	TB159	1.35E-04	2.88E-04	1.33E-03	1.84E-03	0.998	0.998	0.996	0.995
109	TE125	1.11E-04	6.28E-05	1.57E-04	9.63E-05	0.998	0.998	0.996	0.995
110	AS 75	1.04E-04	2.22E-06	2.26E-05	3.54E-06	0.998	0.998	0.996	0.995
111	PM148	9.24E-05	9.02E-05	6.38E-05	6.67E-05	0.999	0.998	0.996	0.995
112	ND142	8.32E-05	5.76E-05	4.90E-05	4.66E-05	0.999	0.998	0.996	0.995
113	XE128	7.83E-05	2.68E-05	1.05E-04	5.85E-05	0.999	0.999	0.996	0.995
114	CD116	7.63E-05	7.36E-05	9.55E-05	1.43E-04	0.999	0.999	0.996	0.995
115	SN118	7.35E-05	7.03E-05	1.01E-04	1.24E-04	0.999	0.999	0.997	0.995
116	SR 86	6.96E-05	2.82E-05	2.11E-05	1.37E-05	0.999	0.999	0.997	0.995
117	RH105	6.85E-05	2.10E-04	2.69E-04	2.52E-04	0.999	0.999	0.997	0.996
118	ZR 90	6.80E-05	3.09E-05	1.73E-05	1.28E-05	0.999	0.999	0.997	0.996
119	GD158	6.64E-05	1.42E-04	5.09E-04	6.95E-04	0.999	0.999	0.997	0.996
120	CS136	4.81E-05	3.79E-05	5.73E-05	3.58E-05	0.999	0.999	0.997	0.996
121	AG110M	4.22E-05	7.66E-05	4.89E-04	6.36E-04	0.999	0.999	0.998	0.997
122	SN120	4.13E-05	3.45E-05	5.38E-05	6.75E-05	0.999	0.999	0.998	0.997
123	SN126	3.34E-05	1.23E-05	5.37E-05	3.08E-05	0.999	0.999	0.998	0.998
124	CD110	3.23E-05	5.76E-05	3.67E-04	4.86E-04	0.999	0.999	0.998	0.998
125	SN122	3.04E-05	2.27E-05	4.15E-05	4.62E-05	0.999	0.999	0.998	0.998
126	GD154	2.91E-05	5.01E-05	4.73E-05	5.89E-05	0.999	0.999	0.998	0.998
127	SN124	2.68E-05	1.45E-05	3.92E-05	2.95E-05	0.999	0.999	0.999	0.998
128	EU152	2.39E-05	3.49E-05	3.00E-05	3.55E-05	0.999	0.999	0.999	0.998
129	EU156	1.79E-05	4.94E-05	9.37E-05	1.20E-04	0.999	0.999	0.999	0.998
130	SM153	1.71E-05	3.67E-05	3.65E-05	3.60E-05	1.000	0.999	0.999	0.998
131	BA140	1.68E-05	1.56E-05	1.30E-05	1.04E-05	1.000	1.000	0.999	0.998
132	KR 82	1.49E-05	6.15E-06	6.65E-06	3.71E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
133	XE135	1.06E-05	1.06E-05	1.08E-05	8.36E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
134	SN115	8.85E-06	8.19E-06	1.56E-05	2.08E-05	1.000	1.000	0.999	0.998
135	TE122	8.72E-06	8.18E-06	1.14E-05	1.45E-05	1.000	1.000	0.999	0.998
136	GE 76	7.45E-06	2.98E-07	1.97E-06	2.52E-07	1.000	1.000	0.999	0.998
137	TE126	6.40E-06	3.07E-06	1.75E-05	5.62E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
138	GD160	6.34E-06	1.39E-05	1.01E-04	1.38E-04	1.000	1.000	0.999	0.998
139	SN123	5.27E-06	3.38E-06	1.44E-05	7.87E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
140	SB124	4.83E-06	3.44E-06	6.64E-06	7.04E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
141	BA135	4.47E-06	3.18E-06	3.13E-06	2.95E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
142	SN116	4.17E-06	3.64E-06	6.89E-06	9.70E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
143	GE 73	3.76E-06	2.39E-07	3.40E-06	1.99E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
144	TE124	3.11E-06	2.11E-06	4.18E-06	4.48E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
145	GD152	2.90E-06	4.22E-06	3.63E-06	4.30E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
146	XE129	1.93E-06	6.27E-07	2.44E-06	1.40E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
147	SE 76	1.04E-06	2.11E-08	2.13E-07	3.54E-08	1.000	1.000	0.999	0.998
148	LA138	6.59E-07	4.08E-07	6.71E-07	3.83E-07	1.000	1.000	0.999	0.998
149	GE 74	5.71E-07	2.91E-08	4.83E-07	2.82E-07	1.000	1.000	0.999	0.998
150	IN113	4.61E-07	5.49E-07	1.20E-06	2.00E-06	1.000	1.000	0.999	0.998
151	TE123	3.25E-07	2.96E-07	4.10E-07	5.37E-07	1.000	1.000	0.999	0.998
152	SR 87	2.97E-07	1.16E-07	9.72E-08	5.79E-08	1.000	1.000	0.999	0.998
153	RU 99	2.41E-07	1.98E-07	1.71E-07	1.55E-07	1.000	1.000	0.999	0.998
154	GE 72	2.17E-07	8.02E-09	4.14E-07	1.07E-07	1.000	1.000	0.999	0.998
155	NB 94	9.28E-08	5.54E-08	7.60E-08	3.79E-08	1.000	1.000	0.999	0.998
156	BR 79	1.46E-08	3.68E-09	6.37E-09	3.48E-09	1.000	1.000	0.999	0.998
157	CD108	9.48E-09	1.70E-08	1.08E-07	1.43E-07	1.000	1.000	0.999	0.998
158	KR 80	6.08E-09	2.03E-09	8.13E-09	1.44E-09	1.000	1.000	0.999	0.998

表 4.3 FP 核種による中性子吸収割合(4/4)

	核種	核種毎中性子吸収割合				累積中性子吸収割合			
		U-235	U-238	Pu-239	Pu-241	U-235	U-238	Pu-239	Pu-241
159	SN114	4.41E-09	4.84E-09	1.03E-08	1.71E-08	1.000	1.000	0.999	0.998
160	NB 93	1.18E-09	6.87E-10	1.01E-09	3.76E-10	1.000	1.000	0.999	0.998
161	AG107	4.52E-10	1.37E-09	2.86E-09	4.47E-09	1.000	1.000	0.999	0.998
162	GA 71	8.21E-12	8.32E-14	1.42E-10	5.74E-12	1.000	1.000	0.999	0.998
163	GA 69	5.45E-13	1.90E-14	9.71E-13	2.66E-13	1.000	1.000	0.999	0.998
164	GE 70	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.000	1.000	0.999	0.998
165	PD102	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.000	1.000	0.999	0.998
166	XE126	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.000	1.000	0.999	0.998
167	BA132	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	1.000	1.000	0.999	0.998

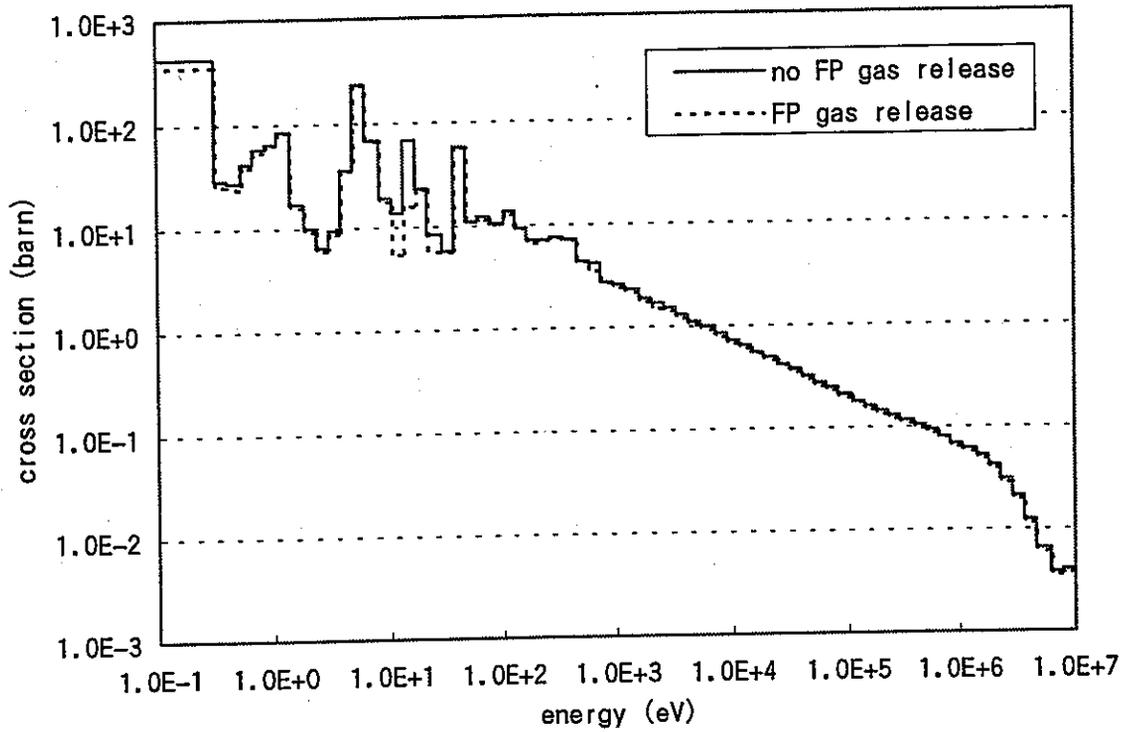


図 4.1 ランプ化 FP (U-235) の捕獲断面積

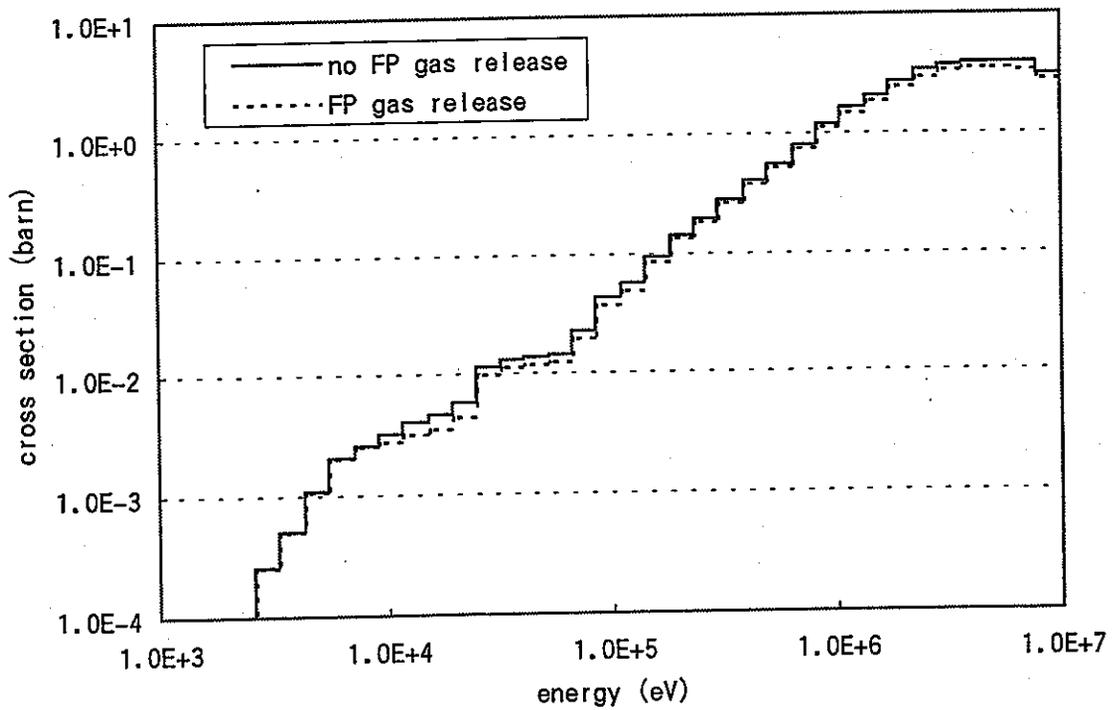


図 4.2 ランプ化 FP (U-235) の非弾性散乱断面積

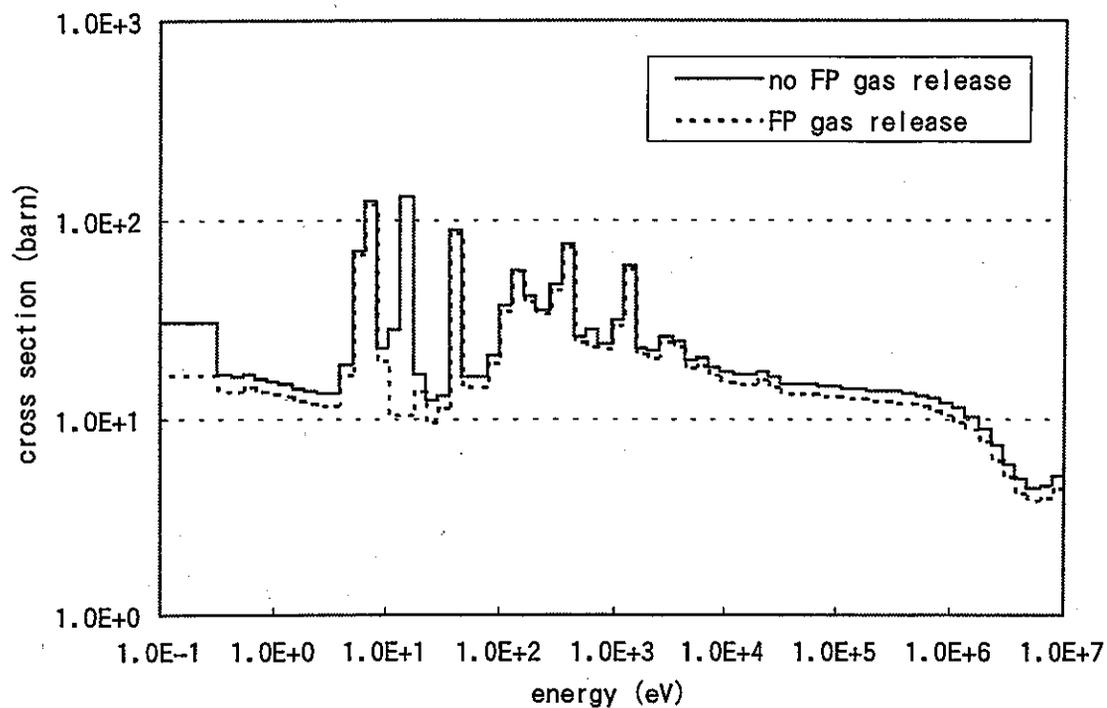


図 4.3 ランプ化 FP (U-235) の弾性散乱断面積

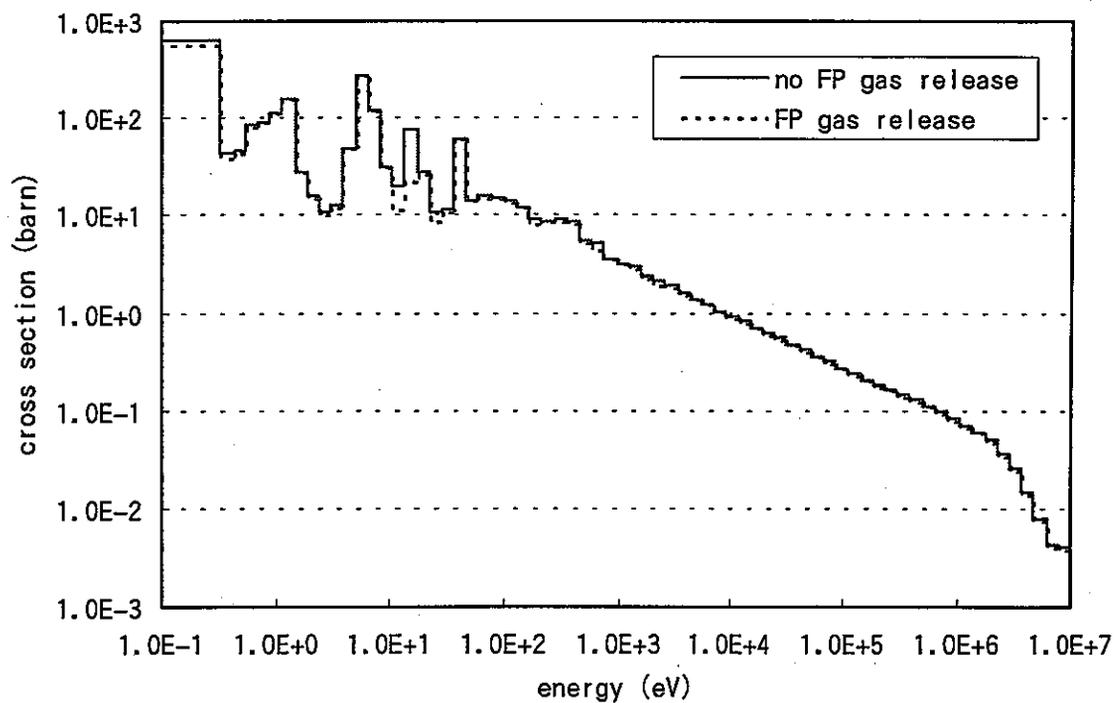


図 4.4 ランプ化 FP (U-238) の捕獲断面積

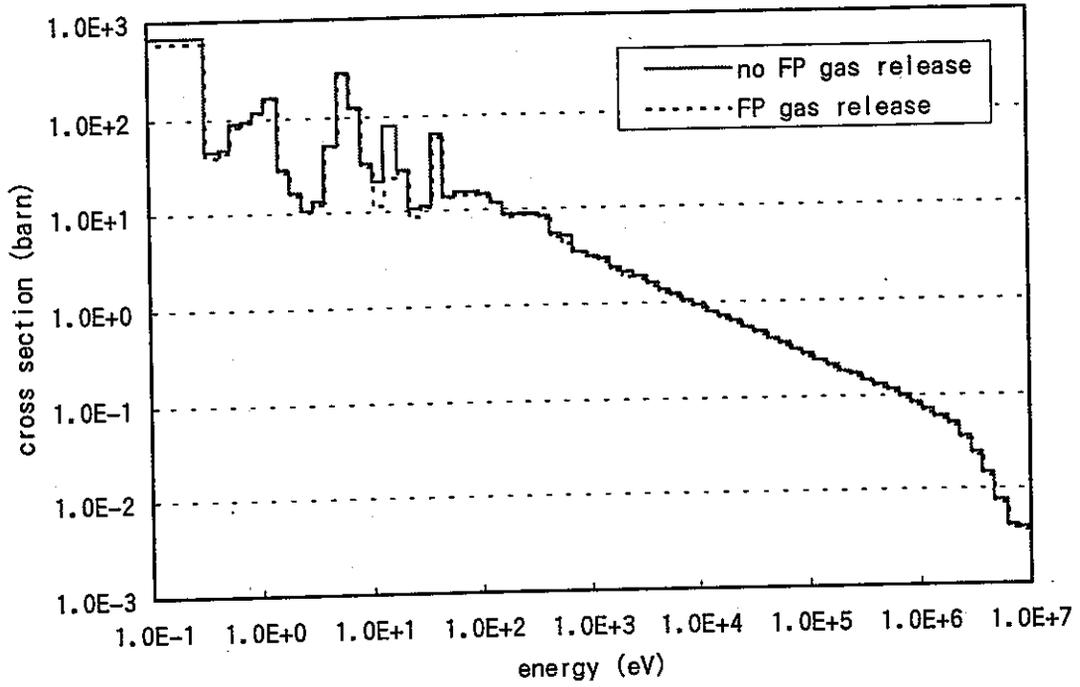


図 4.5 ランプ化 FP (U-238) の非弾性散乱断面積

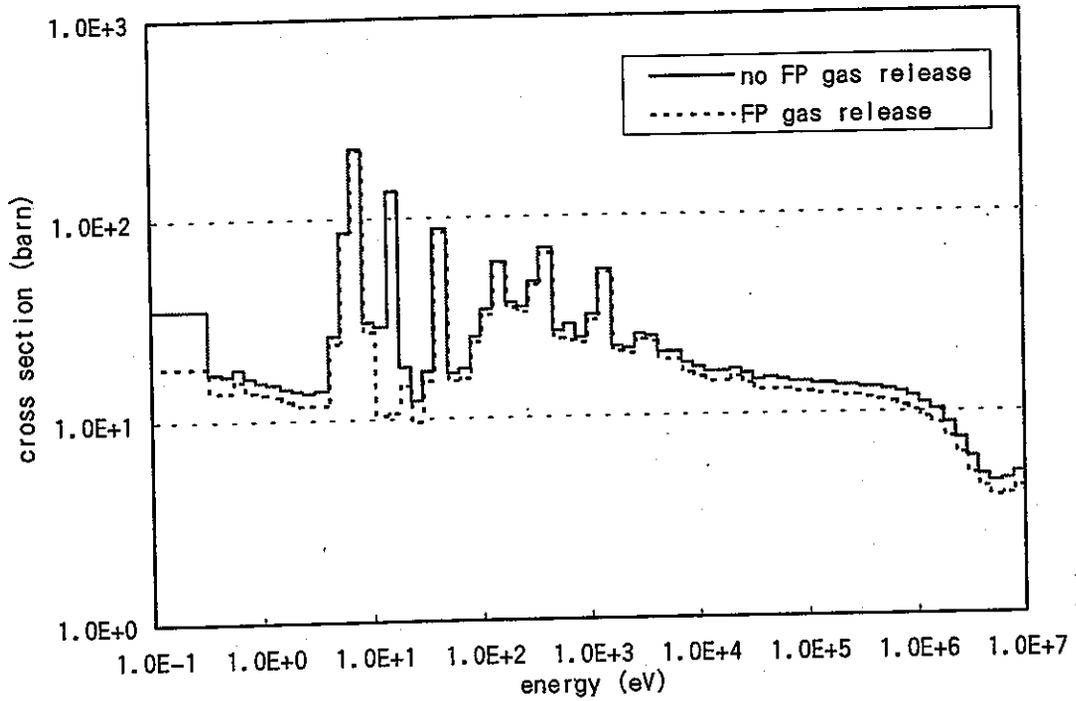


図 4.6 ランプ化 FP (U-238) の弾性散乱断面積

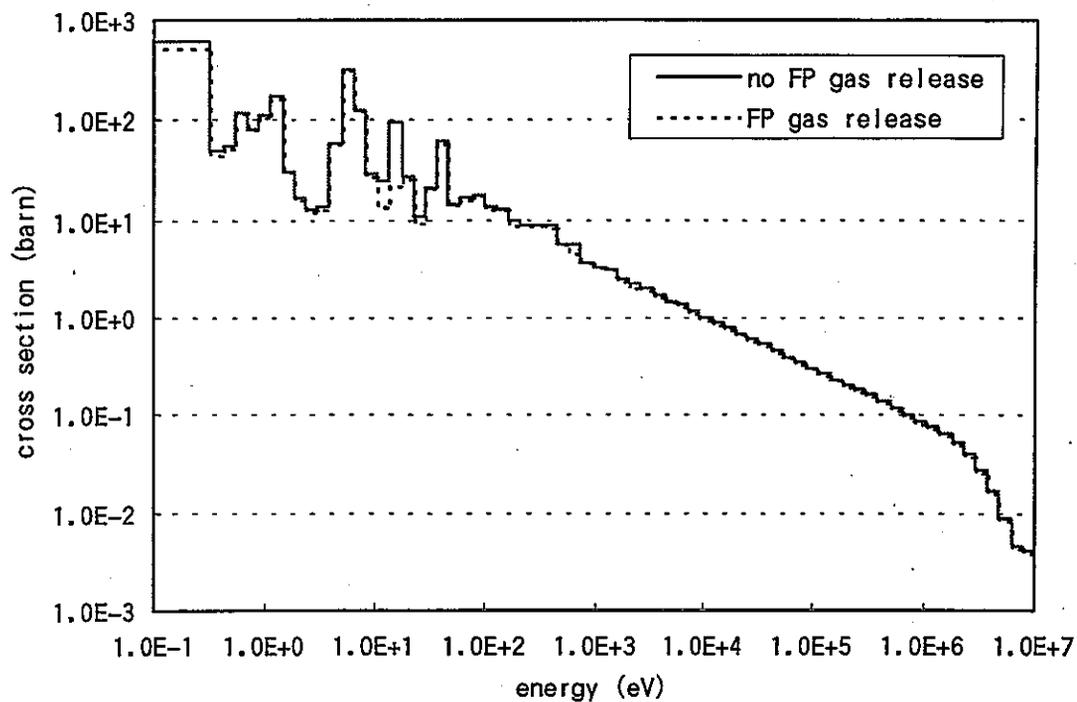


図 4.7 ランプ化 FP (Pu-239) の捕獲断面積

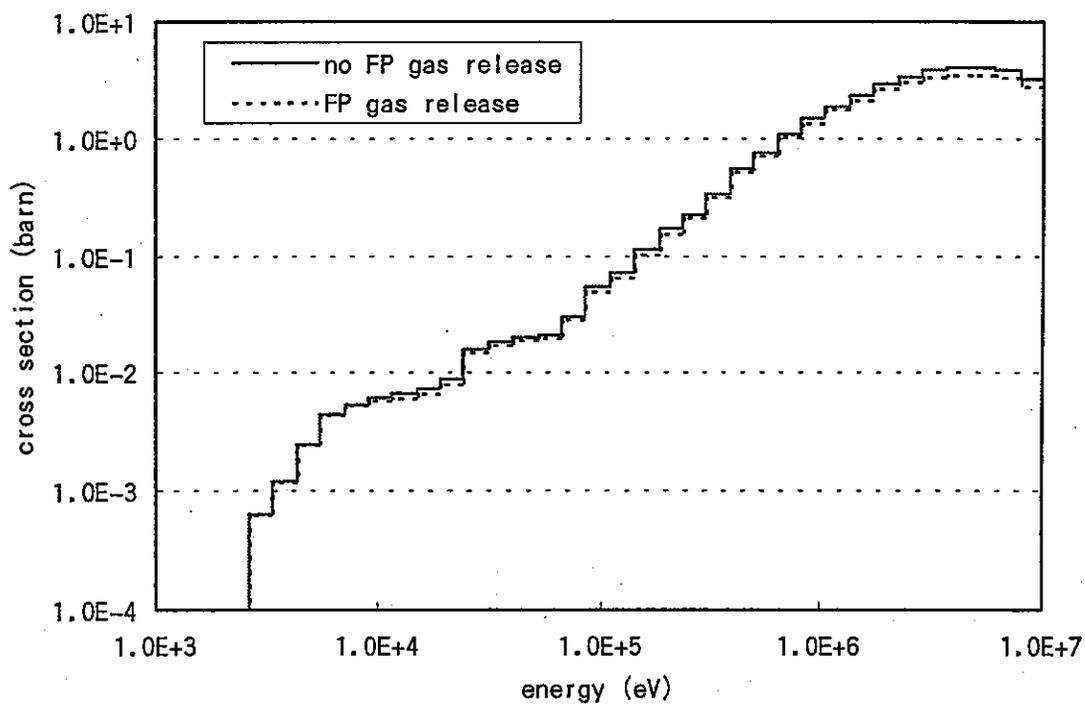


図 4.8 ランプ化 FP (Pu-239) の非弾性散乱断面積

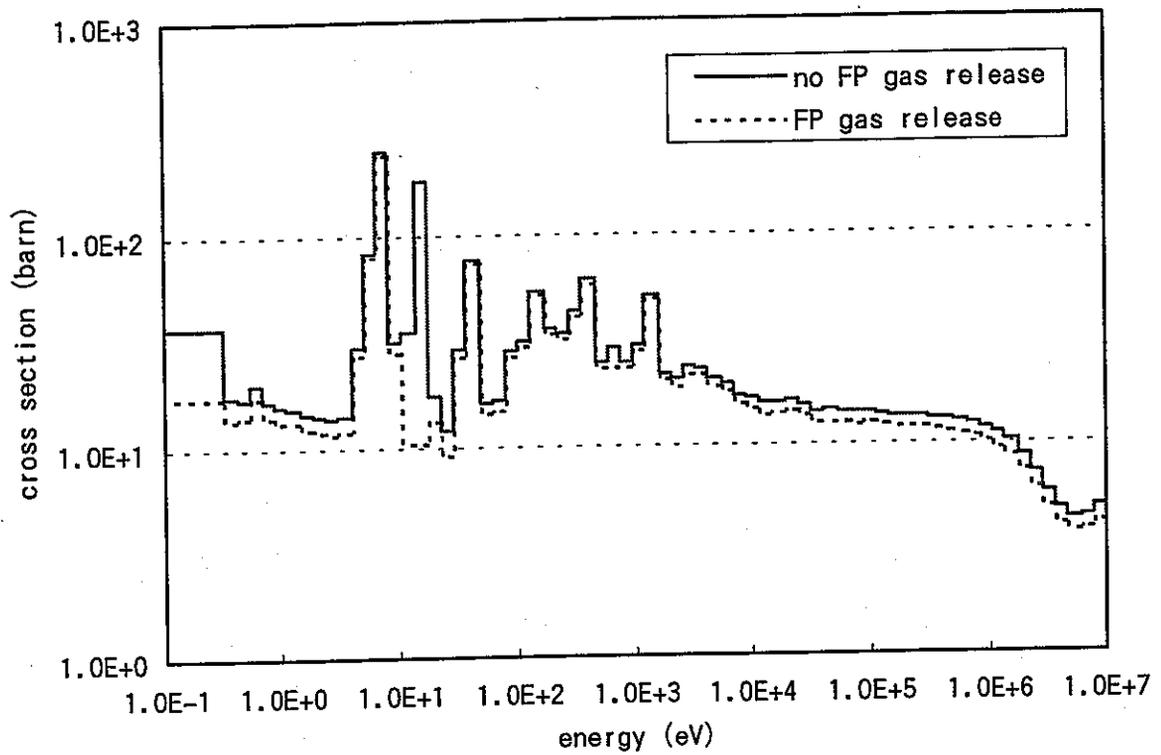


図 4.9 ランプ化FP (Pu-239) の弾性散乱断面積

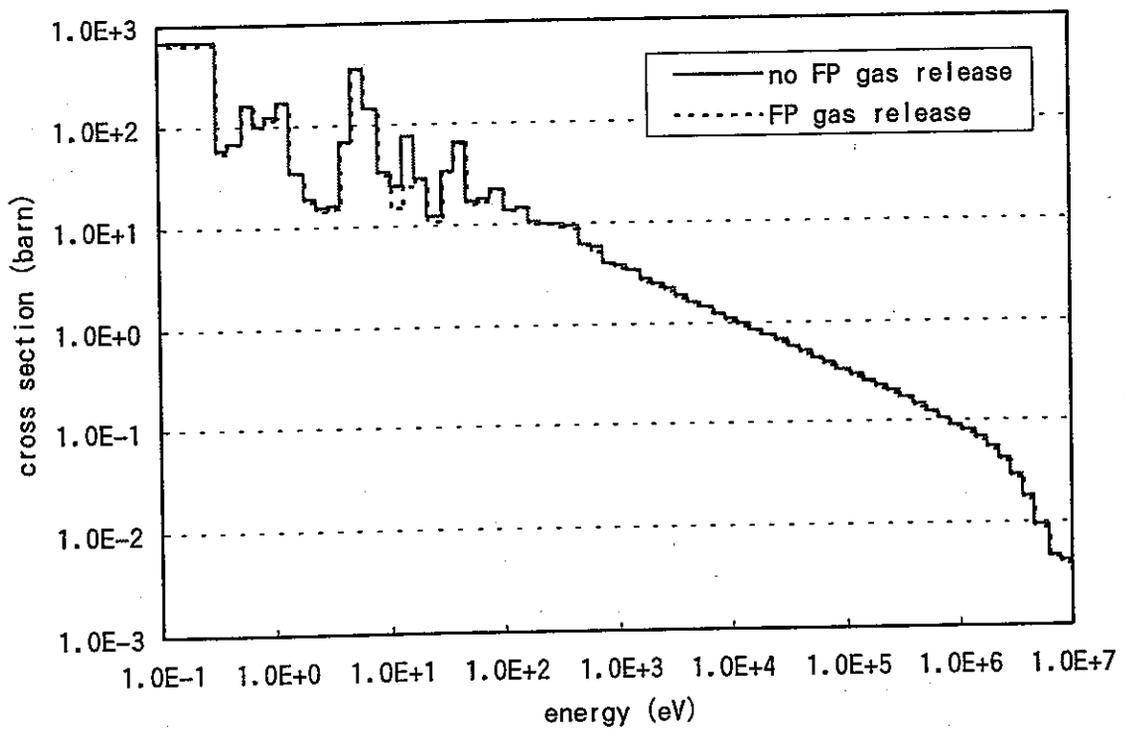


図 4.10 ランプ化FP (Pu-241) の捕獲断面積

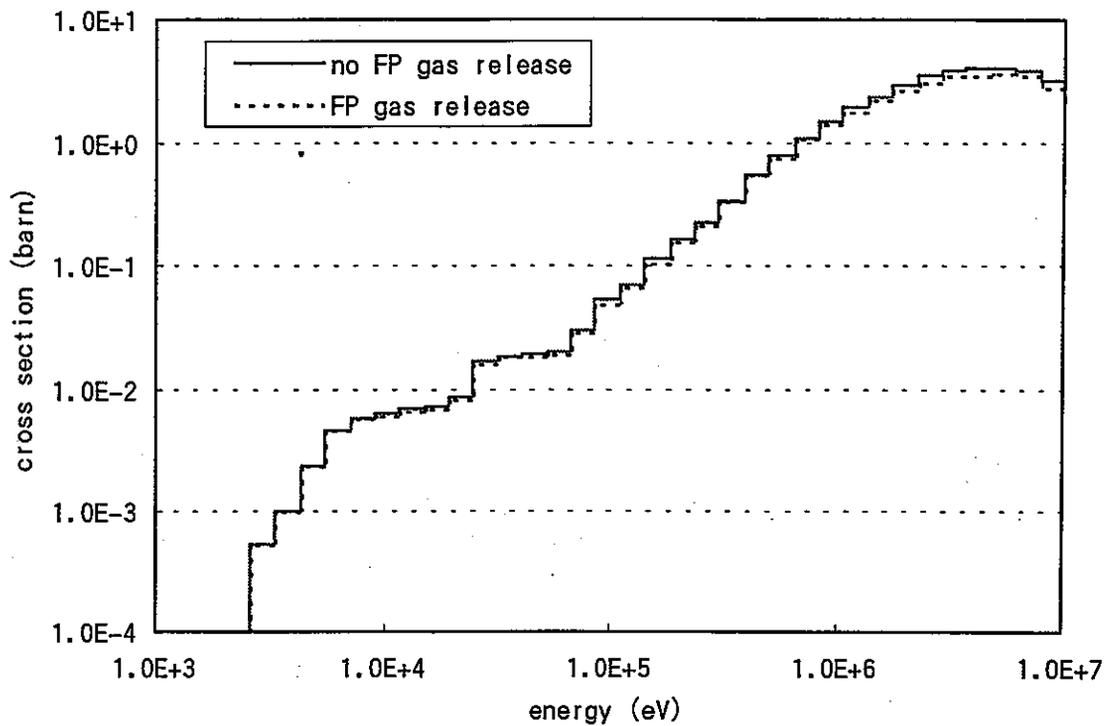


図 4.11 ランプ化FP (Pu-241) の非弾性散乱断面積

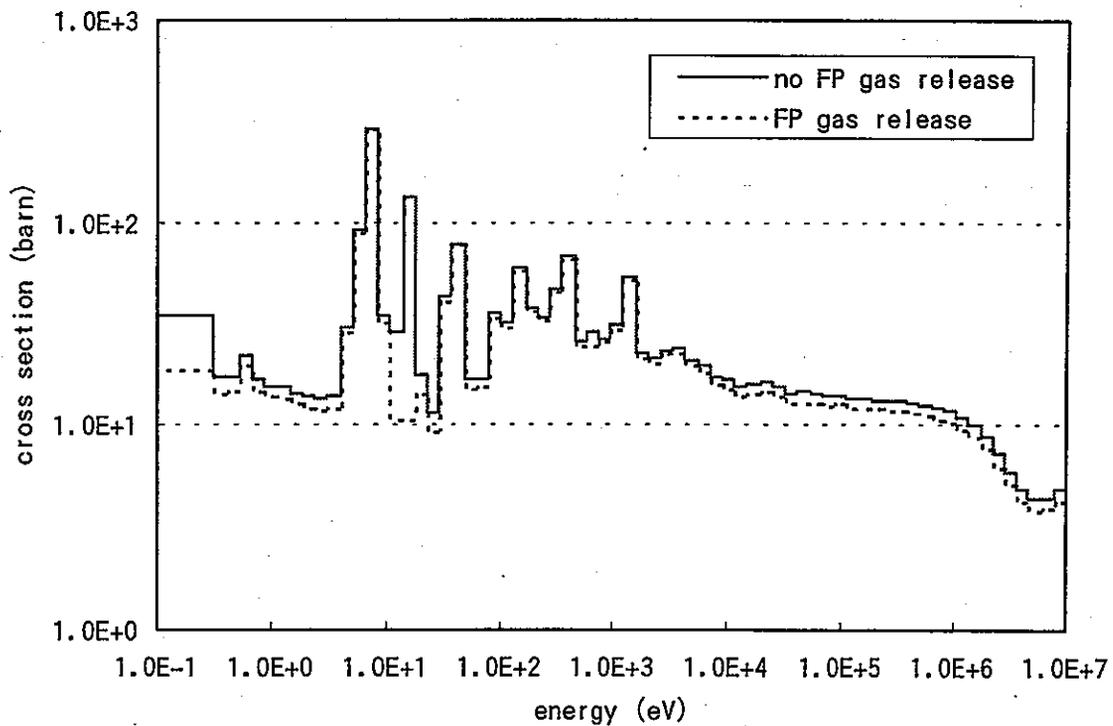


図 4.12 ランプ化FP (Pu-241) の弾性散乱断面積

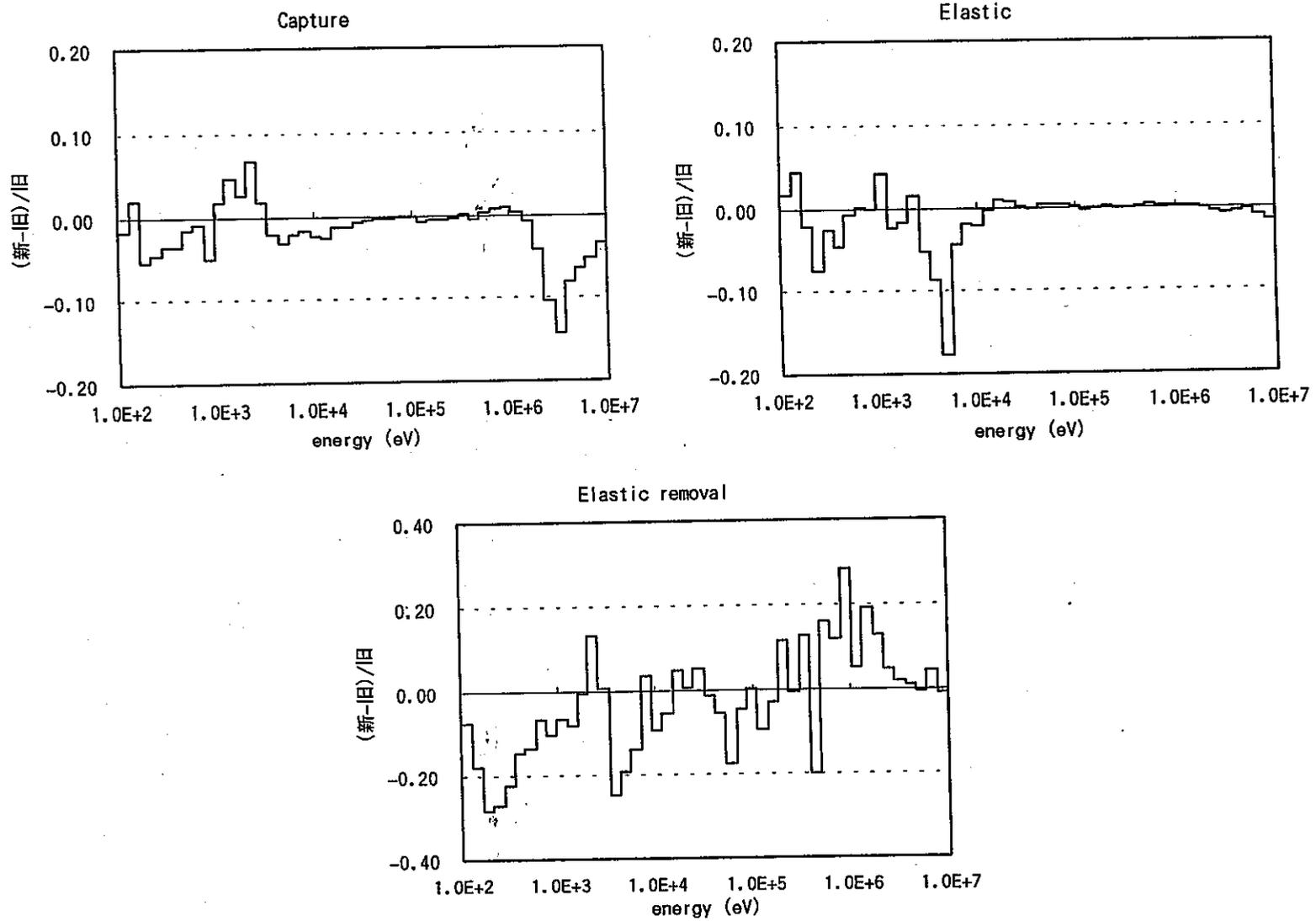


図4.13 JFS-3-J3.2収納ランプ化FPとの無限希釈断面積の相違 (燃料核種Pu-239)

5 結言

JENDL-3.2に基づく高速炉用炉定数セットJFS-3-J3.2Rを作成した。JFS-3-J3.2Rでは燃焼計算用ランプ化FP断面積も新たに作成し収納している。本報告書において、JFS-3-J3.2Rは作成過程に誤りがあったJFS-3-J3.2と比較して、いくつかの核特性予測精度を改善することが示された。JFS-3-J3.2Rが高速炉解析に広く利用されることを望む。

謝辞

JFS-3-J3.2Rの作成作業の大部分は(株)総合技術情報機構の金子邦男氏により行って頂いたものです。金子氏には、炉定数処理に関してさまざまな面で大変親切にご指導いただきました。ここに深い感謝の意を表します。

参考文献

- (1) T. Nakagawa, et al.: "Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-2: JENDL-3.2", Journal of Nuclear Science and Technology 32, p.1259 (1995)
- (2) 高野秀機、金子邦男: 「JENDL-3.2 の炉定数の整備」、JAERI-memo 07-083 (1995)
- (3) 高野秀機、炉物理・核データ特別会合、日本原子力学会 2001 年春の年会
- (4) 千葉豪、沼田一幸: 「JFS-3-J3.2 の重み関数訂正による核特性への影響評価」、JNC TN9400 2001-109 (2001 年 12 月)
- (5) 高野秀機、長谷川明、金子邦男: 「速中性子エネルギー領域群定数作成コード・システム: TMS-PGG」、JAERI-M 82-072 (1982)
- (6) 金子邦男: 「次世代炉定数の整備」、JNC TJ9400 2000-005 (2000 年 3 月)
- (7) 金子邦男: 「次世代炉定数の整備 (II)」、JNC TJ9400 2001-007 (2001 年 3 月)
- (8) R. E. MacFarlane, D. W. Muir: "The NJOY Nuclear Data Processing System, version 91", Los Alamos National Laboratory report LA-12740-M (1994)
- (9) 奥村啓介、金子邦男、土橋敬一郎: 「SRAC95; 汎用核計算コードシステム」、JEARI/Data/Code 96-015 (1996)
- (10) 石川眞、佐藤若英、杉野和輝、他: 「核設計基本データベースの整備 (VIII) -JUPITER 実験解析結果の集大成-」 PNC TN9410 97-099 (1997 年 11 月)
- (11) Y. Kikuchi, et al.: "Fission Product Fast Reactor Constants System of JNDC", JAERI 1248 (1976)
- (12) 林秀行、他: 「大型高速炉設計研究成果報告書 -60 万 kWe 級プラントの設計研究-」、PNC TN9410 92-137 (1992)
- (13) 大川内靖、他: 「JENDL-3.2 に基づく高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリー作成ツールの開発」、JNC TN9400 99-051 (1999)
- (14) 高野秀機、金子邦男: 「高速炉用群定数セット JFS-3-J2 の改訂版」、JAERI-M 89-141 (1989)
- (15) 田淵士郎、他: 「JENDL-3.2 に基づく高速炉遮へい計算用ランプ化 FP 断面積の作成」、JNC TN9400 2001-033 (2001)