

JAERI-Data/Code

2004-015



JP0450801



JENDL-3.3に基づくORIGEN2用
断面積ライブラリセット
: ORLIBJ33

2004年11月

片倉 純一・片岡 理治・須山 賢也・神 智之*・大木 繁夫*

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。
入手の間合わせは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財団法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費頒布をおこなっております。

This report is issued irregularly.
Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 2004

編集兼発行 日本原子力研究所

JENDL-3.3 に基づく ORIGEN2 用断面積ライブラリセット：ORLIBJ33

日本原子力研究所東海研究所エネルギーシステム研究部

片倉 純一・片岡 理治・須山 賢也⁺

神 智之^{*1}・大木 繁夫^{*2}

(2004 年 10 月 1 日 受理)

ORIGEN2 コード用の断面積データライブラリ ORLIBJ33 を最新の評価済核データライブラリ JENDL-3.3 を基に作成した。作成したライブラリは、軽水炉である PWR、BWR 及びそれらの MOX 燃料用のライブラリと高速炉用ライブラリである。軽水炉用ライブラリについては、JENDL-3.2 に基づく旧ライブラリとの比較及び実燃料の破壊試験の測定値との比較を行なった。高速炉用ライブラリについても、旧ライブラリを用いた計算結果との比較を行ない燃焼計算への影響を把握した。

東海研究所 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

⁺ 燃料サイクル安全工学部

^{*1} 株式会社 NESI

^{*2} 核燃料サイクル開発機構

A Set of ORIGEN2 Cross Section Libraries Based on JENDL-3.3 Library: ORLIBJ33

Jun-ichi KATAKURA, Masaharu KATAOKA, Kenya SUYAMA⁺
Tomoyuki JIN^{*1} and Shigeo OHKI^{*2}

Department of Nuclear Energy System
Tokai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 1, 2004)

A set of cross section libraries for ORIGEN2 code, ORLIBJ33, has been produced based on the latest Japanese Evaluated Nuclear Data Library JENDL-3.3. The produced libraries are for LWR's which include PWR, BWR and their MOX fuels. The libraries for FBR's are also produced. Using the libraries for LWR, comparisons with old libraries based on JENDL-3.2 were performed. The comparisons with measured PIE data were also carried out. For the libraries for FBR, the comparisons with the calculations using the old libraries were performed and the effects using different libraries were discussed.

Keywords: ORIGEN2 Library, JENDL-3.3, Cross Section, LWR, MOX Fuel, FBR

⁺ Department of Fuel Cycle Safety Research

^{*1} NESI incorporation

^{*2} Japan Nuclear Cycle Development Institute

目次

1 はじめに	1
2 ORIGEN2 用ライブラリの作成	2
3 軽水炉用ライブラリ	5
3.1 軽水炉用ライブラリの作成	5
3.2 PWR 用ライブラリ作成パラメータ	7
3.3 BWR 用ライブラリ作成パラメータ	9
3.4 作成ライブラリによる計算	12
3.5 軽水炉用ライブラリのまとめ	16
4 高速炉用ライブラリ	26
4.1 作成方法	26
4.2 作成対象炉心	38
4.3 JENDL-3.3 ベース断面積ライブラリと JENDL-3.2 ベース断面積ライブラリの比較	56
4.4 高速炉用ライブラリのまとめ	87
5 おわりに	87
謝辞	87
参考文献	88
付録 A: JENDL-3.2 に基づく高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリの改訂	90

Contents

1	Introduction	1
2	Production of ORIGEN2 Libraries	2
3	Libraries for Light Water Reactor	5
3.1	Production of Libraries for Light Water Reactor	5
3.2	Parameters for PWR Libraries	7
3.3	Parameters for BWR Libraries	9
3.4	Calculations Using New Libraries	12
3.5	Summary for Light Water Reactors	16
4	Libraries for Fast Breeder Reactor	26
4.1	Production of Libraries for Fast Breeder Reactor	26
4.2	Reactor Core for Libraries	38
4.3	Comparisons among Libraries of JENDL-3.2 and JENDL-3.3	56
4.4	Summary for Fast Breeder Reactor	87
5	Summary	87
	Acknowledgement	87
	References	88
	Appendix A: Revision of Fast Breeder Reactor Libraries Based on JENDL-3.2	90

1 はじめに

ORIGEN2 コード¹⁾は、簡便な燃焼計算コードとして、核燃料施設や輸送容器の安全評価、核変換技術の開発研究等に広く使われているコードである。このコードは、様々な炉型に対応した断面積ライブラリが用意されているのが特徴であるが、ライブラリが作成されたのが1980年代であり、その後、ライブラリ作成の基となった核データが更新されて来ているにも関わらず、ORIGEN2 コードに附随しているライブラリは改訂されていないという問題があった。また、コードに附随しているライブラリとして用意されている炉型が必ずしも現在日本で使われている炉型に対応している訳ではないということも指摘されていた。このような事情の下、日本の評価済核データライブラリ JENDL を用い、日本の燃料集合体の設計パラメータに合わせた ORIGEN2 用のライブラリを作成することが試みられた。この作業においては、ライブラリ作成が試みられた当時最新版であった日本の評価済核データライブラリ JENDL-3.2²⁾が用いられた。この JENDL-3.2 に基づいた ORIGEN2 用の断面積ライブラリは1999年（軽水炉及び高速炉）³⁾及び2000年（軽水炉用 MOX 燃料）⁴⁾に作成され、ORLIBJ32 として公開された。

その後、JENDL は更に改訂され、JENDL-3.3⁵⁾として2002年5月に公開された。ORLIBJ32 の作成及び公開からそれ程時間は経っていないが、JENDL-3.3 は JENDL-3.2 で指摘されていた問題を解決し、より信頼性が向上したものであり、この最新の評価済核データに基づくデータを利用できるようにしておくことは、JENDL-3.3 の利用・普及にとっても重要なことである。このため JENDL-3.3 に基づく ORIGEN2 コード用の断面積データライブラリを作成することとしたものである。作成された断面積データは、軽水炉用及び高速炉用である。軽水炉用は JENDL-3.2 を用いた場合と同様、PWR、BWR 及びそれらの MOX 燃料に対応するものである。高速炉用についても、JENDL-3.2 を用いた ORLIBJ32 の作成の時と同様の炉心を対象とした。

本報告書では、JENDL-3.3 に基づいて作成した、MOX 燃料を含む軽水炉用及び高速炉用の ORIGEN2 ライブラリについて述べる。

2 ORIGEN2 用ライブラリの作成

ORIGEN2 用ライブラリには、断面積ライブラリの他に崩壊及び光子データのライブラリがある。これらについては、既に、JENDL FP Decay Data File 2000⁶⁾に基づき、作成されたもの⁷⁾があり、本 JENDL-3.3 に基づくライブラリの作成には含めない。ここでの対象は断面積データとする。この断面積データには2種類あり、一つは、Activation Products、Actinides それに Fission Products として用意されている断面積データライブラリである。二つ目は Actinides 用の燃焼度依存断面積セット (Variable Actinide Cross Section) であり、ソースプログラムの中にサブルーチンとして与えられているものである。このサブルーチンでは幾つかの燃焼度に対応する断面積が与えられている。ORIGEN2 コードでは、計算に対応する燃焼度の一群断面積をこの燃焼度依存の断面積セットの内挿により求めて使用している。ここでは、これらの断面積データライブラリ及び燃焼度依存断面積セットを評価済核データライブラリ JENDL-3.3 を用いて作成し、ORIGEN2 コードで使えるようにしたものである。

JENDL-3.3 は汎用ライブラリであり、原子力開発で必要とされている主要な核種について評価した核データが収納されているが、全ての核種についての核データが含まれている訳では無い。JENDL-3.3 に含まれる核種は、表 2.1 に示すように、335 核種でその他 2 種類の天然元素のデータが含まれている。

表 2.1 JENDL-3.3 に含まれる核種のリスト

Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.
¹ H	125	² H	128	³ He	225	⁴ He	228
⁶ Li	325	⁷ Li	328	⁹ Be	425	¹⁰ B	525
¹¹ B	528	<i>nat</i> C	600	¹⁴ N	725	¹⁵ N	728
¹⁶ O	825	¹⁹ F	925	²³ Na	1125	²⁴ Mg	1225
²⁵ Mg	1228	²⁶ Mg	1231	²⁷ Al	1325	²⁸ Si	1425
²⁹ Si	1428	³⁰ Si	1431	³¹ P	1525	³² S	1625
³³ S	1628	³⁴ S	1631	³⁶ S	1637	³⁵ Cl	1725
³⁷ Cl	1731	⁴⁰ Ar	1837	³⁹ K	1925	⁴⁰ K	1928
⁴¹ K	1931	⁴⁰ Ca	2025	⁴² Ca	2031	⁴³ Ca	2034
⁴⁴ Ca	2037	⁴⁶ Ca	2043	⁴⁸ Ca	2049	⁴⁵ Sc	2125
⁴⁶ Ti	2225	⁴⁷ Ti	2228	⁴⁸ Ti	2231	⁴⁹ Ti	2234
⁵⁰ Ti	2237	<i>nat</i> V	2300	⁵⁰ Cr	2425	⁵² Cr	2431
⁵³ Cr	2434	⁵⁴ Cr	2437	⁵⁵ Mn	2525	⁵⁴ Fe	2625
⁵⁶ Fe	2631	⁵⁷ Fe	2634	⁵⁸ Fe	2637	⁵⁹ Co	2725
⁵⁸ Ni	2825	⁶⁰ Ni	2831	⁶¹ Ni	2834	⁶² Ni	2837
⁶⁴ Ni	2843	⁶³ Cu	2925	⁶⁵ Cu	2931	⁶⁹ Ga	3125
⁷¹ Ga	3131	⁷⁰ Ge	3225	⁷² Ge	3231	⁷³ Ge	3234
⁷⁴ Ge	3237	⁷⁶ Ge	3243	⁷⁵ As	3325	⁷⁴ Se	3425
⁷⁶ Se	3431	⁷⁷ Se	3434	⁷⁸ Se	3437	⁷⁹ Se	3440
⁸⁰ Se	3443	⁸² Se	3449	⁷⁹ Br	3525	⁸¹ Br	3531
⁷⁸ Kr	3625	⁸⁰ Kr	3631	⁸² Kr	3637	⁸³ Kr	3640
⁸⁴ Kr	3643	⁸⁵ Kr	3646	⁸⁶ Kr	3649	⁸⁵ Rb	3725
⁸⁷ Rb	3731	⁸⁶ Sr	3831	⁸⁷ Sr	3834	⁸⁸ Sr	3837
⁸⁹ Sr	3840	⁹⁰ Sr	3843	⁸⁹ Y	3925	⁹¹ Y	3931
⁹⁰ Zr	4025	⁹¹ Zr	4028	⁹² Zr	4031	⁹³ Zr	4034

continued on next page

Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.
⁹⁴ Zr	4037	⁹⁵ Zr	4040	⁹⁶ Zr	4043	⁹³ Nb	4125
⁹⁴ Nb	4128	⁹⁵ Nb	4131	⁹² Mo	4225	⁹⁴ Mo	4231
⁹⁵ Mo	4234	⁹⁶ Mo	4237	⁹⁷ Mo	4240	⁹⁸ Mo	4243
⁹⁹ Mo	4246	¹⁰⁰ Mo	4249	⁹⁹ Tc	4331	⁹⁶ Ru	4425
⁹⁸ Ru	4431	⁹⁹ Ru	4434	¹⁰⁰ Ru	4437	¹⁰¹ Ru	4440
¹⁰² Ru	4443	¹⁰³ Ru	4446	¹⁰⁴ Ru	4449	¹⁰⁶ Ru	4455
¹⁰³ Rh	4525	¹⁰⁵ Rh	4531	¹⁰² Pd	4625	¹⁰⁴ Pd	4631
¹⁰⁵ Pd	4634	¹⁰⁶ Pd	4637	¹⁰⁷ Pd	4640	¹⁰⁸ Pd	4643
¹¹⁰ Pd	4649	¹⁰⁷ Ag	4725	¹⁰⁹ Ag	4731	^{110m} Ag	4735
¹⁰⁶ Cd	4825	¹⁰⁸ Cd	4831	¹¹⁰ Cd	4837	¹¹¹ Cd	4840
¹¹² Cd	4843	¹¹³ Cd	4846	¹¹⁴ Cd	4849	¹¹⁶ Cd	4855
¹¹³ In	4925	¹¹⁵ In	4931	¹¹² Sn	5025	¹¹⁴ Sn	5031
¹¹⁵ Sn	5034	¹¹⁶ Sn	5037	¹¹⁷ Sn	5040	¹¹⁸ Sn	5043
¹¹⁹ Sn	5046	¹²⁰ Sn	5049	¹²² Sn	5055	¹²³ Sn	5058
¹²⁴ Sn	5061	¹²⁶ Sn	5067	¹²¹ Sb	5125	¹²³ Sb	5131
¹²⁴ Sb	5134	¹²⁵ Sb	5137	¹²⁰ Te	5225	¹²² Te	5231
¹²³ Te	5234	¹²⁴ Te	5237	¹²⁵ Te	5240	¹²⁶ Te	5243
^{127m} Te	5247	¹²⁸ Te	5249	^{129m} Te	5253	¹³⁰ Te	5255
¹²⁷ I	5325	¹²⁹ I	5331	¹³¹ I	5337	¹²⁴ Xe	5425
¹²⁶ Xe	5431	¹²⁸ Xe	5437	¹²⁹ Xe	5440	¹³⁰ Xe	5443
¹³¹ Xe	5446	¹³² Xe	5449	¹³³ Xe	5452	¹³⁴ Xe	5455
¹³⁵ Xe	5458	¹³⁶ Xe	5461	¹³³ Cs	5525	¹³⁴ Cs	5528
¹³⁵ Cs	5531	¹³⁶ Cs	5534	¹³⁷ Cs	5537	¹³⁰ Ba	5625
¹³² Ba	5631	¹³⁴ Ba	5637	¹³⁵ Ba	5640	¹³⁶ Ba	5643
¹³⁷ Ba	5646	¹³⁸ Ba	5649	¹⁴⁰ Ba	5655	¹³⁸ La	5725
¹³⁹ La	5728	¹⁴⁰ Ce	5837	¹⁴¹ Ce	5840	¹⁴² Ce	5843
¹⁴⁴ Ce	5849	¹⁴¹ Pr	5925	¹⁴³ Pr	5931	¹⁴² Nd	6025
¹⁴³ Nd	6028	¹⁴⁴ Nd	6031	¹⁴⁵ Nd	6034	¹⁴⁶ Nd	6037
¹⁴⁷ Nd	6040	¹⁴⁸ Nd	6043	¹⁵⁰ Nd	6049	¹⁴⁷ Pm	6149
¹⁴⁸ Pm	6152	^{148m} Pm	6153	¹⁴⁹ Pm	6155	¹⁴⁴ Sm	6225
¹⁴⁷ Sm	6234	¹⁴⁸ Sm	6237	¹⁴⁹ Sm	6240	¹⁵⁰ Sm	6243
¹⁵¹ Sm	6246	¹⁵² Sm	6249	¹⁵³ Sm	6252	¹⁵⁴ Sm	6255
¹⁵¹ Eu	6325	¹⁵² Eu	6328	¹⁵³ Eu	6331	¹⁵⁴ Eu	6334
¹⁵⁵ Eu	6337	¹⁵⁶ Eu	6340	¹⁵² Gd	6425	¹⁵⁴ Gd	6431
¹⁵⁵ Gd	6434	¹⁵⁶ Gd	6437	¹⁵⁷ Gd	6440	¹⁵⁸ Gd	6443
¹⁶⁰ Gd	6449	¹⁵⁹ Tb	6525	¹⁶² Er	6825	¹⁶⁴ Er	6831
¹⁶⁶ Er	6837	¹⁶⁷ Er	6840	¹⁶⁸ Er	6843	¹⁷⁰ Er	6849
¹⁷⁴ Hf	7225	¹⁷⁶ Hf	7231	¹⁷⁷ Hf	7234	¹⁷⁸ Hf	7237
¹⁷⁹ Hf	7240	¹⁸⁰ Hf	7243	¹⁸¹ Ta	7328	¹⁸² W	7431
¹⁸³ W	7434	¹⁸⁴ W	7437	¹⁸⁶ W	7443	¹⁹⁶ Hg	8025
¹⁹⁸ Hg	8031	¹⁹⁹ Hg	8034	²⁰⁰ Hg	8037	²⁰¹ Hg	8040
²⁰² Hg	8043	²⁰⁴ Hg	8049	²⁰⁴ Pb	8225	²⁰⁶ Pb	8231
²⁰⁷ Pb	8234	²⁰⁸ Pb	8237	²⁰⁹ Bi	8325	²²³ Ra	8825
²²⁴ Ra	8828	²²⁵ Ra	8831	²²⁶ Ra	8834	²²⁵ Ac	8925
²²⁶ Ac	8928	²²⁷ Ac	8931	²²⁷ Th	9025	²²⁸ Th	9028
²²⁹ Th	9031	²³⁰ Th	9034	²³² Th	9040	²³³ Th	9043
²³⁴ Th	9046	²³¹ Pa	9131	²³² Pa	9134	²³³ Pa	9137
²³² U	9219	²³³ U	9222	²³⁴ U	9225	²³⁵ U	9228

continued on next page

Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.	Nuclide	MAT No.
²³⁶ U	9231	²³⁷ U	9234	²³⁸ U	9237	²³⁵ Np	9340
²³⁶ Np	9343	²³⁷ Np	9346	²³⁸ Np	9349	²³⁹ Np	9352
²³⁶ Pu	9428	²³⁷ Pu	9431	²³⁸ Pu	9434	²³⁹ Pu	9437
²⁴⁰ Pu	9440	²⁴¹ Pu	9443	²⁴² Pu	9446	²⁴⁴ Pu	9452
²⁴⁶ Pu	9458	²⁴¹ Am	9543	²⁴² Am	9546	^{242m} Am	9547
²⁴³ Am	9549	²⁴⁴ Am	9552	^{244m} Am	9553	²⁴⁰ Cm	9625
²⁴¹ Cm	9628	²⁴² Cm	9631	²⁴³ Cm	9634	²⁴⁴ Cm	9637
²⁴⁵ Cm	9640	²⁴⁶ Cm	9643	²⁴⁷ Cm	9646	²⁴⁸ Cm	9649
²⁴⁹ Cm	9652	²⁵⁰ Cm	9655	²⁴⁷ Bk	9746	²⁴⁹ Bk	9752
²⁵⁰ Bk	9755	²⁴⁹ Cf	9852	²⁵⁰ Cf	9855	²⁵¹ Cf	9858
²⁵² Cf	9861	²⁵⁴ Cf	9867	²⁵⁴ Es	9914	²⁵⁵ Es	9915
²⁵⁵ Fm	9936						

なお、表中の MAT No. は、JENDL や ENDF 等評価済核データファイルで使用されている核種識別番号である。

ORIGEN2 の断面積データには、Activation Products で 394 核種、Actinides で 78 核種、Fission Products で 824 核種が含まれており、JENDL-3.3 で全てを網羅しているわけではない。従って、JENDL-3.3 に含まれていない核種については、ORIGEN2 の元のデータをそのまま使うことになる。しかし、重要な核種については JENDL-3.3 に含まれていると考えている。

3 軽水炉用ライブラリ

3.1 軽水炉用ライブラリの作成

軽水炉用ライブラリの作成は、先に JENDL-3.2 に基づくライブラリを作成した時と同様の方法で作成した。すなわち、SWAT コードシステム⁸⁾を用いた。SWAT は汎用核計算コードシステム SRAC⁹⁾ と ORIGEN2 を組み合わせたコードシステムであり、任意の燃焼度における断面積データを最新のデータから作成して ORIGEN2 を使用した燃焼計算を行うものである。中性子スペクトルの計算は SRAC で行うが、SRAC で使用可能な体系は SWAT でも全て使用することが出来、複数のピンが配置されているような体系も取り扱える特徴がある。SWAT で出力する断面積データは、ORIGEN2 の断面積データライブラリと同一であり、容易に JENDL-3.3 に基づく ORIGEN2 用ライブラリの作成ができる。なお、SWAT システムには ORIGEN2 用の燃焼度依存の断面積データを作成する機能は含まれていないが、付属パッケージ SWAT2ORI2 により、SWAT の出力から ORIGEN2 用の燃焼度依存の断面積セットを作成することができる。図 3.1 に SWAT の流れ図を示す。

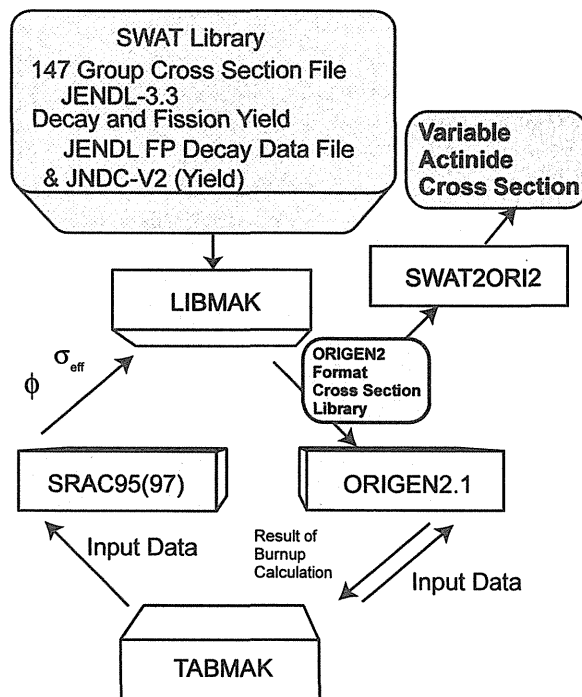


図 3.1 SWAT システムの流れ図

この図の LIBMAK は、多群断面積を縮約して ORIGEN2 用断面積を作成するルーチンである。

る。SRAC で計算された中性子スペクトルを利用して縮約を行う。対象となる反応は、 (n, γ) と (n, f) である。TABMAK では ORIGEN2 による計算結果を編集することと、ORIGEN2 と SRAC の入力データを作成することを行っている。

断面積データは、日本で使用されている典型的な軽水炉の燃料仕様を基に選定した。すなわち、PWR 燃料では最新の PWR 用 17×17 型の燃料集合体の設計パラメータを基にし、初期 ^{235}U 濃縮度 3.4、4.1、4.7 % の燃料のライブラリを作成することとした。BWR 燃料については軸方向にボイドが発生し、中性子スペクトルが異なるため、平均的なボイド率 40 % を基本とし、その他、0 及び 70 % のボイド率に相当するライブラリを作成した。また、BWR 燃料集合体の型式については、現在及び将来にわたって利用されると考えられる STEP-1 (8×8 -2 型) STEP-2 (8×8 -4 型) 及び STEP-3 (9×9 型) を対象とした。なお、ORIGEN2 での計算は集合体平均の同位体組成を計算することを目的としているため、作成対象の燃料集合体と等価な単一ピンセルモデルを基に作成した。単一ピンセルにおいては、燃料ペレットと被覆材の大きさ、燃料棒ピッチは基となった集合体と同一であるが、集合体を平均するようなウラン対水素比を与えるように冷却材領域の原子個数密度を調整し、さらに、非均質補正のためのダンコフ係数を適切に選んで設定した。表 3.1 に作成したライブラリの一覧を示す。この表に示す作成したライブラリの燃料パラ

表 3.1 作成した軽水炉用ライブラリの一覧

Library	Fuels	NLB*			NLB(12)
		S	A	F	
PWR34J33.LIB	PWR 17×17 U5 3.4% $\text{UO}_2 < 60 \text{ GWd/THM}$	750	751	752	95
PWR41J33.LIB	PWR 17×17 U5 4.1% $\text{UO}_2 < 60 \text{ GWd/THM}$	753	754	755	96
PWR47J33.LIB	PWR 17×17 U5 4.7% $\text{UO}_2 < 60 \text{ GWd/THM}$	756	757	758	97
BS100J33.LIB	BWR STEP-1 VR=0 $\text{UO}_2 < 40 \text{ GWd/THM}$	759	760	761	98
BS140J33.LIB	BWR STEP-1 VR=40 $\text{UO}_2 < 40 \text{ GWd/THM}$	762	763	764	99
BS170J33.LIB	BWR STEP-1 VR=70 $\text{UO}_2 < 40 \text{ GWd/THM}$	765	766	767	100
BS200J33.LIB	BWR STEP-2 VR=0 $\text{UO}_2 < 50 \text{ GWd/THM}$	768	769	770	101
BS240J33.LIB	BWR STEP-2 VR=40 $\text{UO}_2 < 50 \text{ GWd/THM}$	771	772	773	102
BS270J33.LIB	BWR STEP-2 VR=70 $\text{UO}_2 < 50 \text{ GWd/THM}$	774	775	776	103
BS300J33.LIB	BWR STEP-3 VR=0 $\text{UO}_2 < 60 \text{ GWd/THM}$	777	778	779	104
BS340J33.LIB	BWR STEP-3 VR=40 $\text{UO}_2 < 60 \text{ GWd/THM}$	780	781	782	105
BS370J33.LIB	BWR STEP-3 VR=70 $\text{UO}_2 < 60 \text{ GWd/THM}$	783	784	785	106
BS2M040SJ33.LIB	BWR STEP-2 MOX Pu: 4% STD VR=0 $< 50 \text{ GWd/t}$	950	951	952	107
BS2M044LJ33.LIB	BWR STEP-2 MOX Pu: 4% LOW VR=40 $< 50 \text{ GWd/t}$	953	954	955	108
BS2M044SJ33.LIB	BWR STEP-2 MOX Pu: 4% STD VR=40 $< 50 \text{ GWd/t}$	956	957	958	109
BS2M044HJ33.LIB	BWR STEP-2 MOX Pu: 4% HIGH VR=40 $< 50 \text{ GWd/t}$	959	960	961	110
BS2M047SJ33.LIB	BWR STEP-2 MOX Pu: 4% STD VR=70 $< 50 \text{ GWd/t}$	962	963	964	111
BS2M084SJ33.LIB	BWR STEP-2 MOX Pu: 8% STD VR=40 $< 50 \text{ GWd/t}$	965	966	967	112
BS2M134SJ33.LIB	BWR STEP-2 MOX Pu: 13% STD VR=40 $< 50 \text{ GWd/t}$	968	969	970	113
PWRM0113J33.LIB	PWR 17×17 : Pu Vector 1: Pu enrichment 13%	971	972	973	114
PWRM0205J33.LIB	PWR 17×17 : Pu Vector 2: Pu enrichment 5%	974	975	976	115
PWRM0210J33.LIB	PWR 17×17 : Pu Vector 2: Pu enrichment 10%	977	978	979	116
PWRM0213J33.LIB	PWR 17×17 : Pu Vector 2: Pu enrichment 13%	980	981	982	117
PWRM0305J33.LIB	PWR 17×17 : Pu Vector 3: Pu enrichment 5%	983	984	985	118

* NLB の S は構造材及び放射化生成物、A はアクチニド、F は FP である。

メータについて次に示す。

3.2 PWR 用ライブラリ作成パラメータ

PWR 用ライブラリ作成のためのデータは 1100 MW 級 PWR (17 × 17 燃料集合体) に関する燃料設計パラメータを基に作成した。ライブラリ作成のための単一ピンセルの体系に関するデータを表 3.2 に示す。PWR 用ライブラリでは初期 ^{235}U 濃縮度 3.4、4.1 及び 4.7 % のライブラリを

表 3.2 PWR ライブラリ作成時の単一ピンセルのパラメータ

ピッチ (cm)	1.265
ペレット半径 (cm)	0.412
被覆管外半径 (cm)	0.476
被覆管厚さ (cm)	0.064
燃料温度 (K)	968.8
被覆管温度 (K)	604.0
減速材温度 (K)	574.2

作成する。その時の燃料領域の原子個数密度及び被覆管、減速材領域の原子個数密度を表 3.3 に示す。また、この集合体を構成する燃料棒の平均化したダンコフ補正係数は 0.305 である。SWAT

表 3.3 PWR 燃料集合体各領域の原子個数密度 (1/barn·cm)

燃料			
^{235}U 初期濃縮度 (%)	3.4	4.1	4.7
^{235}U	7.753E-4	9.349E-4	1.072E-3
^{238}U	2.175E-2	2.159E-2	2.146E-2
^{16}O	4.505E-2	4.505E-2	4.505E-2
被覆管			
Zr	3.786E-2		
Fe	2.382E-4		
Cr	6.770E-5		
減速材			
^1H	5.572E-2		
^{16}O	2.786E-2		
^{10}B	4.592E-6		
Ni	3.688E-4		
Cr	1.609E-4		
Fe	1.306E-4		

での燃焼計算では、燃料の比出力を 40 MW/tU として 50 日毎に SRAC でのセル計算を行った。

PWR の MOX 燃料については、Pu 富化度と Pu 組成をパラメータとして 5 つのライブラリを作成することとした。そのデータを表 3.4 に示す。このデータは、国内の PWR で使用されること

表 3.4 PWR MOX 燃料のパラメータ

Pu 組成		Composition 1		Composition 2		Composition 3	
Isotope Weight Ratio (%)	²³⁸ Pu	4.1	2.1		0.04		
	²³⁹ Pu	45.4	54.5		79.24		
	²⁴⁰ Pu	25.3	25.0		17.76		
	²⁴¹ Pu	9.6	9.3		2.36		
	²⁴² Pu	13.0	6.4		0.36		
	²⁴¹ Am	2.6	2.7		0.24		
²³⁵ U 濃縮度 (%)		0.2					
Pu 富化度 (%)		13	5	10	13	5	

が予定されている MOX 燃料の燃料組成仕様 (UO₂ 燃料の初期濃縮度、取り出し燃焼度、冷却時間等) に基づいて決められたものである。Pu 富化度と Pu 組成の組み合わせについて未燃焼時のペレット領域の原子個数密度を表 3.5 に示す。なお、MOX 燃料の被覆管及び冷却材の原子個数密度

表 3.5 PWR 用の MOX ペレットの原子個数密度 (1/barn-cm)

Pu 組成	Composition 1	Composition 2			Composition 3
Pu 富化度 (%)	13	5	10	13	5
²³⁵ U	3.967E-5	4.332E-5	4.104E-5	3.967E-5	4.332E-5
²³⁸ U	1.955E-2	2.134E-2	2.022E-2	1.955E-2	2.134E-2
²³⁸ Pu	1.201E-4	2.366E-5	4.731E-5	6.151E-5	4.505E-7
²³⁹ Pu	1.324E-3	6.114E-4	1.223E-3	1.590E-3	8.887E-4
²⁴⁰ Pu	7.349E-4	2.793E-4	5.586E-4	7.261E-4	1.984E-4
²⁴¹ Pu	2.777E-4	1.035E-4	2.069E-4	2.690E-4	2.625E-5
²⁴² Pu	3.745E-4	7.090E-5	1.418E-4	1.843E-4	3.987E-6
²⁴¹ Am	7.521E-5	3.004E-5	6.007E-5	7.809E-5	2.669E-6
¹⁶ O	4.498E-2	4.501E-2	4.500E-2	4.499E-2	4.501E-2

は表 3.3 の PWR 燃料と同じである。また、この集合体を構成する燃料棒の平均化したダンコフ補正係数は 0.305 である。SWAT の計算は UO₂ 燃料作成のときと同様に燃料の比出力を 40 MW/tU として 50 日毎に SRAC でのセル計算を行った。

3.3 BWR 用ライブラリ作成パラメータ

BWR 用ライブラリ作成のためのデータは STEP-1、STEP-2 及び STEP-3 型燃料集合体を対象とした。ライブラリ作成のための単一ピンセルの体系に関するデータを表 3.6 に示す。ボイド率に

表 3.6 BWR ライブラリ作成時の単一ピンセルのパラメータ

摘要	燃料集合体のタイプ		
	STEP-1	STEP-2	STEP-3
ピッチ (cm)	1.63		1.44
ペレット半径 (cm)	0.529		0.490
被覆管外半径 (cm)	0.615		0.560
被覆管厚さ (cm)	0.086		0.070
燃料温度 (K)	968.8		
被覆管温度 (K)	559.0		
減速材温度 (K)	559.0		

ついては、先に述べたように 40 % を基本に、0 及び 70 % を考慮したが、それぞれのボイド率に対するダンコフ補正係数を表 3.7 に示す。また、各領域における原子個数密度を表 3.8 に示す。な

表 3.7 BWR ライブラリ作成時の単一ピンセルのダンコフ補正係数

冷却材領域のボイド率 (%)	燃料集合体のタイプ		
	STEP-1	STEP-2	STEP-3
0	0.276		0.336
40	0.399		0.460
70	0.551		0.604

お、SWAT の燃焼計算は、燃料の比出力 25.6 MW/tU として行った。BWR の MOX 燃料については、STEP-2 型燃料集合体を対象にしている。この体系の単一ピンセルデータは、表 3.6 の STEP-2 に対応するものと同一である。また、ダンコフ補正係数も表 3.7 に示したものと同一のものをを用いている。BWR の MOX 燃料のライブラリは、Pu 富化度、Pu 組成及びボイド率をパラメータに 7 種類のライブラリを作成した。これらのデータは国内の BWR で使用されることが予定されている燃料の仕様に基づいて決められたものである。そのデータを表 3.9 及び 3.10 に示す。また、未燃焼時のペレット領域、減速材及び被覆管領域の原子個数密度を表 3.11 に示す。なお、MOX 燃料の SWAT での燃焼計算は UO_2 燃料と同様に比出力 25.6 MW/tU で行った。

表 3.8 BWR 燃料集合体各領域の原子個数密度 (1/barn-cm)

燃料				
		燃料集合体のタイプ		
		STEP-1	STEP-2	STEP-3
^{234}U		5.847E-6	7.81607E-6	8.053E-6
^{235}U		6.593E-4	8.53593E-4	8.888E-4
^{236}U		4.069E-6	5.30793E-6	5.419E-6
^{238}U		2.103E-2	2.13654E-2	2.104E-2
^{16}O		4.368E-2	4.47604E-2	4.438E-2
冷却材				
Void = 0 %	^1H	7.8072E-2	8.1980E-2	8.8510E-2
	^{16}O	3.9036E-2	4.0990E-2	4.4255E-2
Void = 40 %	^1H	5.8976E-2	6.2702E-2	6.8436E-2
	^{16}O	2.9488E-2	3.1351E-2	3.4218E-2
Void = 70 %	^1H	4.4687E-2	4.8244E-2	5.3380E-2
	^{16}O	2.2343E-2	2.4122E-2	2.6690E-2
被覆材				
Zr		4.3371E-2		

表 3.9 BWR MOX 燃料のパラメータ (I)

Pu 富化度 (wt %)	ボイド率 (%)	Pu 組成
4	0	Standard
	40	Low, Standard, High
	70	Standard
8	40	Standard
13	40	standard

表 3.10 BWR MOX 燃料のパラメータ (II) : Pu 組成

同位体	Standard	High	Low
^{238}Pu	1.53	0.82	1.66
^{239}Pu	58.70	67.75	53.43
^{240}Pu	26.62	21.77	29.74
^{241}Pu	8.32	6.87	8.70
^{242}Pu	4.01	2.11	5.59
^{241}Am	0.82	0.68	0.88

表 3.11 BWR MOX 燃料集合体各領域の原子個数密度 (1/barn-cm)

ペレット領域					
Pu 富化度 (%)	4			8	13
Pu 組成	Low	Standard	High	Standard	Standard
²³⁴ U	1.996E-6	1.991E-6	1.991E-6	1.923E-6	1.810E-6
²³⁵ U	2.493E-4	2.487E-4	2.487E-4	2.384E-4	2.254E-4
²³⁶ U	1.664E-6	1.660E-6	1.660E-6	1.593E-6	1.503E-6
²³⁸ U	2.115E-2	2.111E-2	2.111E-2	2.023E-2	1.913E-2
²³⁸ Pu	1.483E-5	1.361E-5	7.297E-6	2.725E-5	4.427E-5
²³⁹ Pu	4.749E-4	5.205E-4	6.008E-4	1.041E-3	1.692E-3
²⁴⁰ Pu	2.632E-4	2.351E-4	1.922E-4	4.701E-4	7.639E-4
²⁴¹ Pu	7.668E-5	7.318E-5	6.041E-5	1.463E-4	2.378E-4
²⁴² Pu	4.907E-5	3.511E-5	1.849E-5	7.023E-5	1.141E-4
²⁴¹ Am	7.750E-6	7.206E-6	5.975E-6	1.441E-5	2.344E-5
¹⁶ O	4.466E-2				
冷却材領域					
Void = 0 %	¹ H	8.198E-2			
	¹⁶ O	4.099E-2			
Void = 40 %	¹ H	6.245E-2			
	¹⁶ O	3.147E-2			
Void = 70 %	¹ H	4.857E-2			
	¹⁶ O	2.429E-2			
被覆管領域					
Zr	4.337E-2				

3.4 作成ライブラリによる計算

3.4.1 旧ライブラリとの比較

作成したライブラリを先に作成した JENDL-3.2 ベースのライブラリと比較するため、JAERI-Data/Code 99-003 及び 2000-036 のレポートに記載されている計算と同様の計算を実施し、核種生成量の違いを見た。PWR 燃料については、初期 ^{235}U 濃縮度 4.1 % 及び 3.4 % の濃縮ウラン 1 ton を 40 MW/tU の比出力で 825 日間連続燃焼させ、33000 MWd/t の燃焼度としたものと、濃縮度 4.1 % の燃料を燃焼度 55000 MWd/t まで燃焼させたものの 3 件である。使用したライブラリはそれぞれ PWR41J33、PWR34J33 及び PWR41J32 である。1 番目と 3 番目の計算は、同一のライブラリを用いているが、燃焼度が異なっている。JENDL-3.2 ベースのライブラリを用いた場合の計算結果との差を図 3.2 から 3.4 に示す。アクチニドについては、大部分の核種が JENDL-3.2 を用いた場

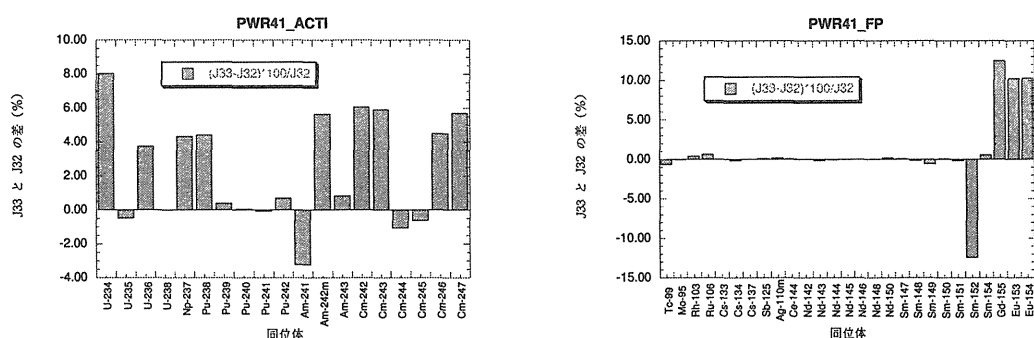


図 3.2 PWR41J32 と PWR41J33 との比較 (33000 MWd/t)

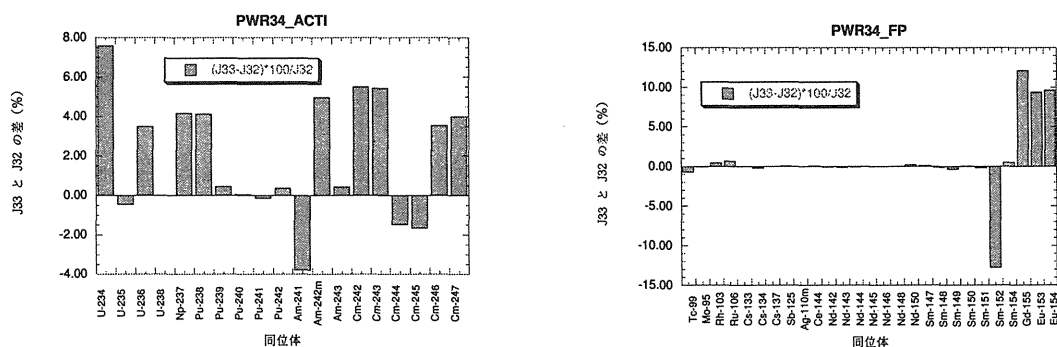


図 3.3 PWR34J32 と PWR34J33 との比較 (33000 MWd/t)

合よりも JENDL-3.3 を用いた場合の方が大きめに算出されている。少なく算出されるのは ^{241}Am 等比較的少数である。FP 核種については ^{152}Sm 、 ^{155}Gd 、 ^{153}Eu 、 ^{154}Eu で顕著な差が見られるが、他の核種については殆ど差が見られない。これは、FP の生成量は、核分裂収率が殆ど決まるが、今回作成したライブラリでも核分裂収率のデータは以前と変わっていないためである。 ^{152}Sm 等で変わっているのは、断面積の作成において mutual shielding の影響を考慮して詳細な取扱いを行ったため¹⁰⁾である。

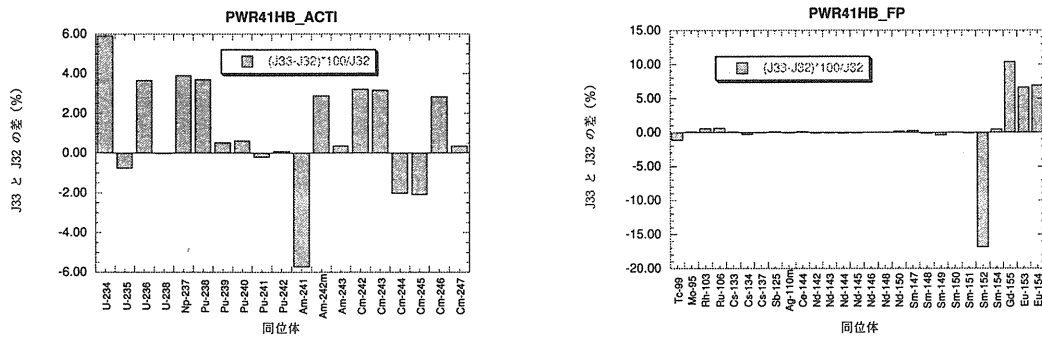


図 3.4 PWR41J32 と PWR41J33 との比較 (55000 MWd/t)

BWR 燃料については、初期 ^{235}U 濃縮度 3.8 % の濃縮ウラン 1 ton を 25.6 MW/tU の比出力で燃焼させ、燃焼度 27500 MWd/t での組成を見たものである。使用したライブラリは BS240J33 である。これは、STEP-2 燃料の 40 % ボイド率で作成したライブラリである。JENDL-3.2 ベースのライブラリを用いた場合の計算結果との差を図 3.5 に示す。BWR 燃料の場合も、PWR 燃料の

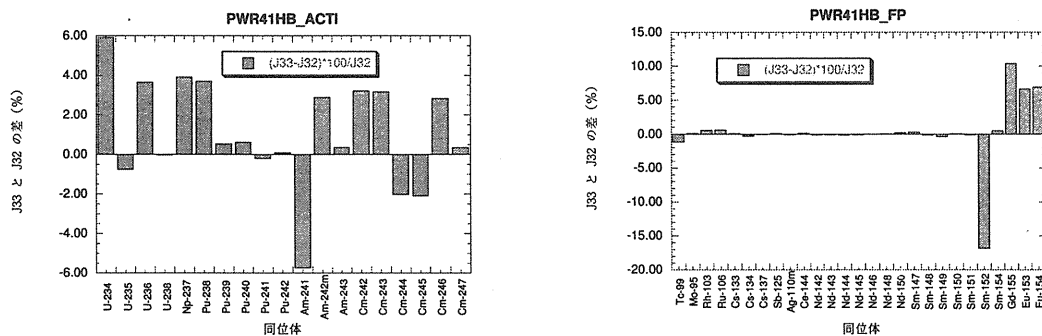


図 3.5 BS240J32 と BS240J33 との比較 (27500 MWd/t)

場合と同様な傾向にあり、特に BWR 燃料に特有の傾向は無い。

次に MOX 燃料について、JENDL-3.2 ベースのライブラリと JENDL-3.3 ベースのライブラリを用いた計算結果の比較を示す。PWR MOX 燃料は、40 MW/t の比出力で 840 日の連続運転を想定して生成量を計算した。計算に使用したライブラリは、PWR MOX 燃料用ライブラリの標準ともいえる PWRM0210J33 である。BWR MOX 燃料については、27.3 MWd/t の比出力で 1200 日間燃焼させた場合の生成量を計算した。ライブラリとしては BS2M044SJ33 である。JENDL-3.2 ベースのライブラリを用いた場合との生成量の差を図 3.6 と 3.7 に示す。MOX 燃料の場合も、ウラン燃料の場合と、それ程大きな違いは見られないが、 ^{234}U の差が、ウラン燃料より MOX 燃料の方が小さい。これは、ウラン燃料の場合、 ^{234}U は、 ^{235}U の (n,2n) 反応で出来るが、JENDL-3.2 と JENDL-3.3 では、この反応の大きさが改訂されており、その変化が反映されている。一方、MOX 燃料の場合、初期燃料に既に ^{234}U が含まれており、燃焼により生成・消滅する量の寄与が相対的に小さく、JENDL-3.2 と JENDL-3.3 の違いが見えにくくなっているためである。

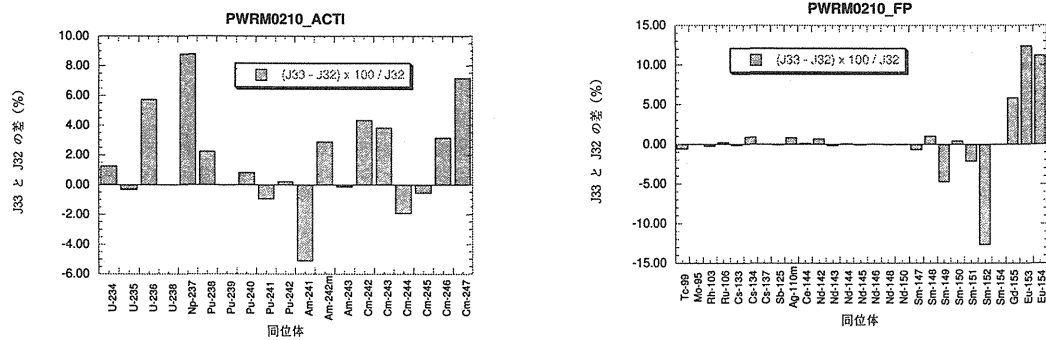


図 3.6 PWRM0210J32 と PWRM0210J33 との比較 (33600 MWd/t)

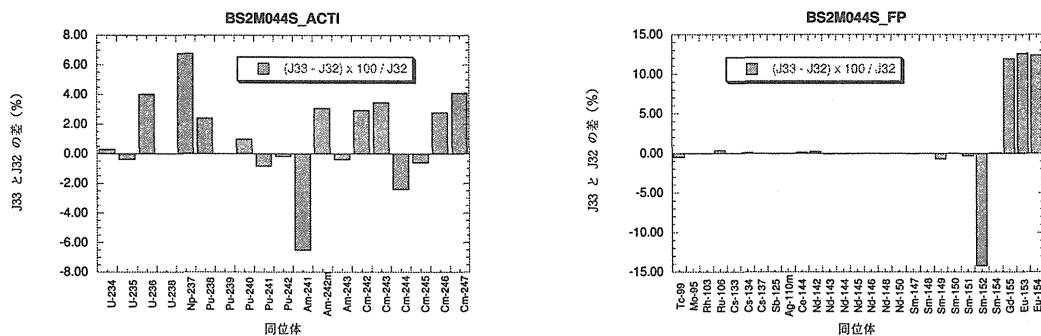


図 3.7 BS2M044SJ32 と BS2M044SJ33 との比較 (32760 MWd/t)

3.4.2 測定データとの比較

原研では、貯蔵施設等の臨界安全設計への燃焼度クレジット導入に関する技術開発「軽水炉使用済燃料臨界安全管理技術開発」の一貫として、商用 PWR/BWR 使用済燃料の実燃料を使用した使用済燃料試料を用いて破壊試験を実施し、核種毎の実測データを取得している。この測定データは原研のレポート¹¹⁾としてまとめられており燃焼履歴も与えられている。PWR 燃料については、 UO_2 燃料棒 2 本 (SF95、SF97) 及び $\text{UO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ 燃料棒 1 本 (SF96)、BWR 燃料については、 UO_2 燃料棒 1 本 (SF98) 及び $\text{UO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ 燃料棒 1 本 (SF99) が破壊試験に用いられている。SF95 及び SF96 からは 5 ケ所、SF97 からは 6 ケ所、SF98 からは 8 ケ所、SF99 からは 10 ケ所試料を切り出して分析を行っている。試料の取り出し位置を燃料試料の ID 及びその試料の燃焼度と伴に表 3.12 に示す。これらの燃料試料に対応する照射履歴も、燃料集合体あるいは出力履歴を基にし、 ^{148}Nd 法により測定された破壊試験のサンプルの燃焼度になるように評価したものが与えられている。この照射履歴に基づいて ORIGEN2 コード及び作成したライブラリを用いて核種生成量を計算し、破壊試験の結果と比較した。その結果を計算値に対する測定値の比 (C/E) として表 3.13 から 3.19 に示す。計算に用いたライブラリとしては、PWR 燃料 (SF95、SF96 及び SF97) では、初期 ^{235}U 濃縮度 4.1 % で作成した PWR41J33、BWR 燃料 (SF98 及び SF99) では、STEP-1 燃料で作成したもので軸方向のボイド率を考慮して、BS100J33、BS140J33 及び BS170J33 の 3 種類を用いた。表には、それぞれの燃料における C/E 値の他、その燃料における C/E 値の平

均値と標準偏差も記載した。これらの各燃料の平均 C/E 値を図示したものを Fig. 3.8 ～ 3.12 に示す。誤差バーで示してあるのは標準偏差である。それぞれの図の上段がアクチニドで下段が FP 核種である。SF98 及び SF99 の燃料については、全てのデータを考慮すると、 ^{234}U や ^{235}U 等の標準偏差が大きくなっているが、これは表 3.18 や 3.19 を見ると分かるように燃料の上部や下部での C/E 値が余りにも他と違い過ぎるためである。このような上端や下端に近い部分のデータは、測定にも問題があると思われる。このため、この部分のデータを除いたものも図に示してある。少し、薄く表示されているのが上部及び下部のデータを除いたものである。これらの図から分かるよう

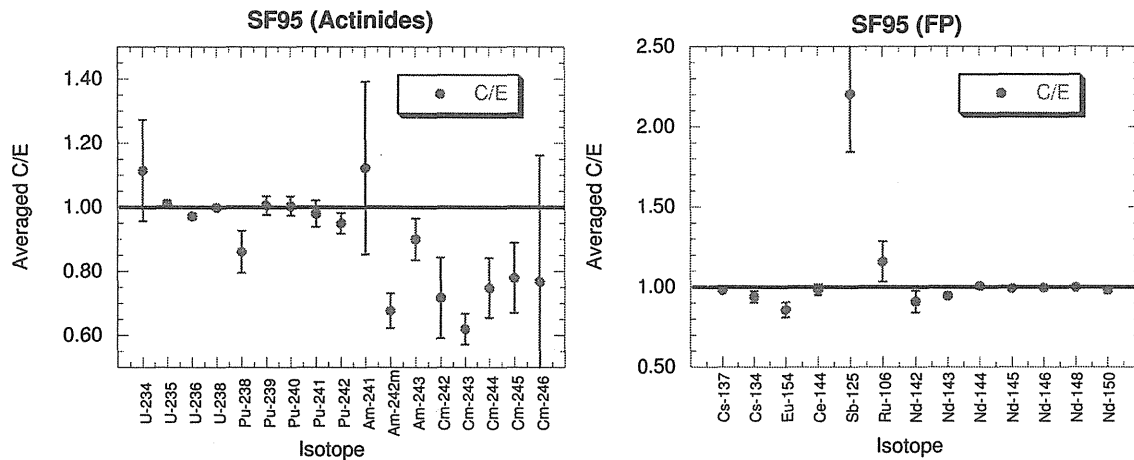


図 3.8 SF95 燃料の平均 C/E 値

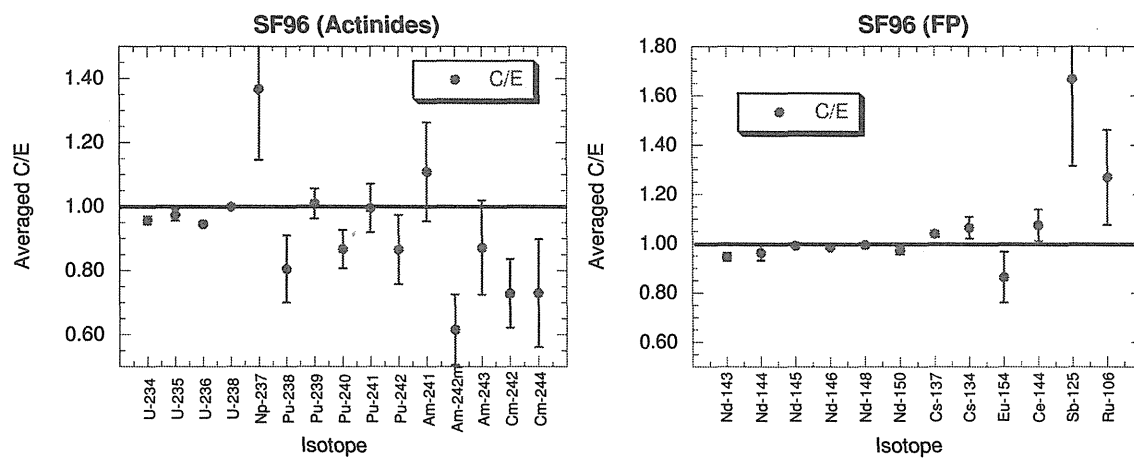


図 3.9 SF96 燃料の平均 C/E 値

に、PWR 燃料も、BWR 燃料も測定データがある範囲では、アクチニド核種については、 ^{234}U から ^{241}Am までは、 ^{238}Pu が若干低めであるのを除いて、C/E 値がほぼ 1.0 近傍にあるのに対して、 ^{242m}Am より重い核種は C/E 値が 1.0 より小さく、計算値が過小評価となっている。FP 核種については、 ^{125}Sb 及び ^{106}Ru の過大評価が目につくが、これらの核種は、不溶解残渣やフラスコ等への吸着があり、測定者自身が除外しているデータであり、明らかに測定が過小評価になっている

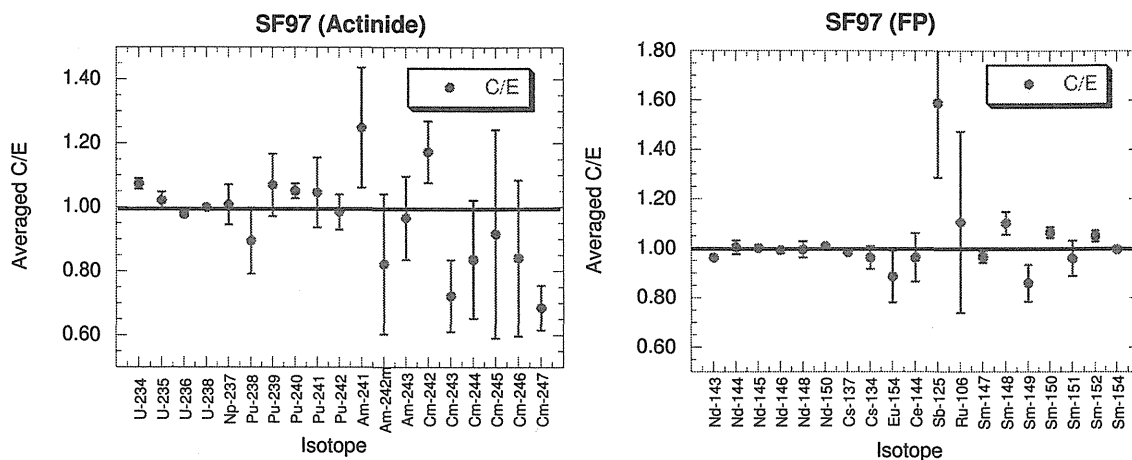


図 3.10 SF97 燃料の平均 C/E 値

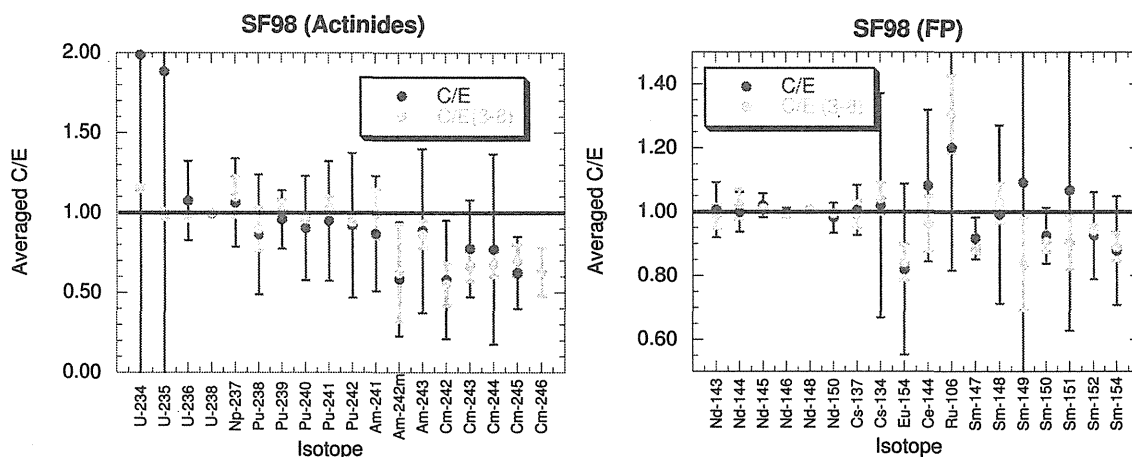


図 3.11 SF98 燃料の平均 C/E 値

ものである。また、 ^{154}Eu の過小評価がいずれの場合も見て取れるが、 ^{154}Eu は、今回の作成で、mutual shielding が考慮されており、JENDL-3.2 ベースのものよりも 10 % 程度大きく計算されるようになったが、まだ、検討の余地があるように思われる。

3.5 軽水炉用ライブラリのまとめ

軽水炉用の ORIGEN2 用ライブラリを最新の評価済核データファイル JENDL-3.3 に基づき作成した。以前の JENDL-3.2 ベースのライブラリと比べ、FP 核種については、mutual shielding を考慮した取り扱いになっているため、 ^{152}Sm 以降の核種において生成量が 10 % 以上異なっているが、それ以外では、基本的に収率のデータが同じなため、大きな違いは見られない。アクチニド核種については、JENDL-3.2 のときの ^{242m}Am や ^{242}Cm に見られた過小評価は改善される方向に向かってはいるが、測定値との比較では、まだ、過小評価の程度は大きく、改善の余地があるようである。いわゆるマイナーアクチニド核種については、今後とも、継続して、評価を行なってい

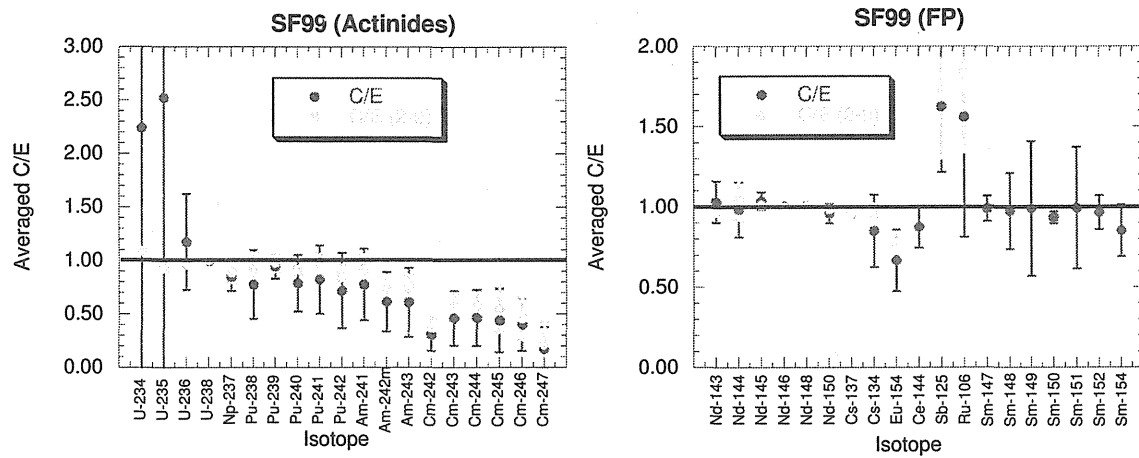


図 3.12 SF99 燃料の平均 C/E 値

くことが予定されている。新たな評価により、より良い評価済み核データが提供され、現在、見られている過小評価等が改善されることが望まれる。

表 3.12 試料の取り出し位置及び燃焼度

	PWR			BWR	
試料	SF95	SF96	SF97	SF98	SF99
燃料タイプ	UO ₂	UO ₂ -Gd ₂ O ₃	UO ₂	UO ₂	UO ₂ -Gd ₂ O ₃
平均燃焼度	33.5 GWd/t	26.4 GWd/t	44.3 GWd/t	36.3 GWd/t	29.2 GWd/t
	上端部からの距離 (mm) と燃焼度 (GWd/t)				
	SF95-1 201 mm 14.30 GWd/t	SF96-1 176 mm 7.79 GWd/t	SF97-1 163 mm 17.69 GWd/t	SF98-8 672 mm 27.18 GWd/t	SF99-10 393 mm 7.19 GWd/t
	SF95-2 361 mm 24.35 GWd/t	SF96-2 336 mm 16.44 GWd/t	SF97-2 350 mm 30.73 GWd/t	SF98-7 1312 mm 39.41 GWd/t	SF99-9 529 mm 16.65 GWd/t
	SF95-3 881 mm 35.42 GWd/t	SF96-3 856 mm 28.20 GWd/t	SF97-3 627 mm 42.16 GWd/t	SF98-6 2014 mm 39.92 GWd/t	SF99-8 681 mm 21.83 GWd/t
	SF95-4 2161 mm 36.69 GWd/t	SF96-4 2136 mm 28.91 GWd/t	SF97-4 1839 mm 47.03 GWd/t	SF98-5 2855 mm 43.99 GWd/t	SF99-7 1325 mm 32.13 GWd/t
	SF95-5 3561 mm 30.40 GWd/t	SF96-5 3536 mm 24.19 GWd/t	SF97-5 2926 mm 47.25 GWd/t	SF98-4 3377 mm 42.35 GWd/t	SF99-6 2008 mm 32.36 GWd/t
			SF97-6 3556 mm 40.79 GWd/t	SF98-3 3646 mm 36.94 GWd/t	SF99-5 2880 mm 37.41 GWd/t
				SF98-2 3902 mm 26.51 GWd/t	SF99-4 3383 mm 35.42 GWd/t
				SF98-1 4030 mm 4.15 GWd/t	SF99-3 3567 mm 32.44 GWd/t
					SF99-2 3783 mm 22.63 GWd/t
					SF99-1 3935 mm 7.53 GWd/t

表 3.13 SF95 燃料の計算値と測定値との比 (C/E)

同位体	SF95-1	SF95-2	SF95-3	SF95-4	SF95-5	平均値	標準偏差
アクチノイド核種							
²³⁴ U	1.1078	1.0035	1.2840	1.2594	0.9212	1.1152	0.1577
²³⁵ U	1.0056	1.0109	0.9932	1.0203	1.0240	1.0108	0.0123
²³⁶ U	0.9734	0.9593	0.9803	0.9796	0.9709	0.9727	0.0085
²³⁸ U	0.9998	1.0003	1.0005	0.9997	0.9994	0.9999	0.0005
²³⁸ Pu	0.8260	0.7674	0.8752	0.9200	0.9193	0.8616	0.0653
²³⁹ Pu	1.0213	0.9742	0.9784	1.0146	1.0431	1.0063	0.0294
²⁴⁰ Pu	0.9855	0.9656	1.0046	1.0281	1.0373	1.0042	0.0296
²⁴¹ Pu	0.9995	0.9279	0.9482	0.9959	1.0304	0.9804	0.0415
²⁴² Pu	0.9552	0.9018	0.9429	0.9625	0.9889	0.9503	0.0319
²⁴¹ Am	0.7975	1.0730	1.0770	1.5474	1.1197	1.1229	0.2696
^{242m} Am	0.6663	0.6303	0.6310	0.6995	0.7603	0.6775	0.0545
²⁴³ Am	0.8423	0.8292	0.8993	0.9606	0.9707	0.9004	0.0652
²⁴² Cm	0.7914	0.6869	0.6385	0.5786	0.8933	0.7178	0.1254
²⁴³ Cm	0.5955	0.5491	0.6452	0.6723	0.6407	0.6205	0.0485
²⁴⁴ Cm	0.7165	0.6172	0.7455	0.7927	0.8701	0.7484	0.0936
²⁴⁵ Cm	0.8014	0.6162	0.7557	0.8078	0.9188	0.7800	0.1094
²⁴⁶ Cm	0.4047	0.4630	0.7617	0.8170	1.3955	0.7684	0.3941
核分裂生成核種							
¹³⁷ Cs	0.9824	0.9715	0.9822	0.9793	0.9878	0.9806	0.0060
¹³⁴ Cs	0.9074	0.8948	0.9516	0.9742	0.9687	0.9393	0.0362
¹⁵⁴ Eu	0.9301	0.8277	0.8250	0.8299	0.8866	0.8599	0.0469
¹⁴⁴ Ce	0.9706	0.9772	0.9522	1.0418	0.9778	0.9839	0.0340
¹²⁵ Sb*	1.9538	1.8628	2.2655	2.7835	2.1585	2.2048	0.3608
¹⁰⁶ Ru*	0.9766	1.1547	1.2596	1.2912	1.1192	1.1603	0.1250
¹⁴² Nd	0.8081	0.9514	0.8880	0.9118	0.9876	0.9094	0.0682
¹⁴³ Nd	0.9607	0.9480	0.9317	0.9430	0.9503	0.9467	0.0106
¹⁴⁴ Nd	1.0030	1.0081	1.0323	0.9854	1.0063	1.0070	0.0168
¹⁴⁵ Nd	0.9916	0.9918	0.9934	0.9945	0.9919	0.9926	0.0013
¹⁴⁶ Nd	1.0004	0.9923	0.9952	0.9958	1.0008	0.9969	0.0036
¹⁴⁸ Nd	0.9994	0.9945	1.0010	1.0007	1.0021	0.9995	0.0030
¹⁵⁰ Nd	0.9713	0.9801	0.9773	0.9832	0.9975	0.9819	0.0098

* 不溶解残渣、フラスコ等への吸着があるため、参考データ。

表 3.14 SF96 燃料の計算値と測定値との比 (C/E)

同位体	SF96-1	SF96-2	SF96-3	SF96-4	SF96-5	平均値	標準偏差
アクチノイド核種							
²³⁴ U	0.9618	0.9757	0.9544	0.9424	0.9505	0.9570	0.0126
²³⁵ U	0.9794	0.9560	0.9565	0.9939	0.9853	0.9742	0.0172
²³⁶ U	0.9367	0.9506	0.9495	0.9428	0.9509	0.9461	0.0062
²³⁸ U	0.9999	1.0004	1.0001	0.9995	0.9992	0.9998	0.0005
²³⁷ Np	1.0119	1.2918	1.5332	1.5173	1.4832	1.3675	0.2211
²³⁸ Pu	0.6534	0.7517	0.8433	0.8574	0.9235	0.8059	0.1050
²³⁹ Pu	0.9643	0.9610	1.0098	1.0455	1.0658	1.0093	0.0471
²⁴⁰ Pu	0.7779	0.8347	0.8971	0.9068	0.9211	0.8675	0.0600
²⁴¹ Pu	0.8921	0.9530	1.0067	1.0392	1.0873	0.9957	0.0758
²⁴² Pu	0.6848	0.8508	0.9216	0.9137	0.9589	0.8660	0.1085
²⁴¹ Am	0.9205	1.1216	1.1185	1.0410	1.3443	1.1092	0.1548
^{242m} Am	0.4547	0.5493	0.6986	0.6692	0.7071	0.6158	0.1100
²⁴³ Am	0.6493	0.8044	0.9438	0.9393	1.0232	0.8712	0.1473
²⁴² Cm	0.5672	0.6781	0.7733	0.7844	0.8398	0.7286	0.1074
²⁴⁴ Cm	0.4837	0.6455	0.7960	0.8079	0.9180	0.7302	0.1685
核分裂生成核種							
¹⁴³ Nd	0.9703	0.9533	0.9300	0.9408	0.9370	0.9463	0.0158
¹⁴⁴ Nd	0.9994	0.9922	0.9351	0.9359	0.9528	0.9631	0.0308
¹⁴⁵ Nd	1.0011	0.9994	0.9886	0.9895	0.9829	0.9923	0.0077
¹⁴⁶ Nd	0.9824	0.9887	0.9845	0.9850	0.9862	0.9854	0.0023
¹⁴⁸ Nd	0.9912	0.9941	0.9953	0.9963	0.9967	0.9947	0.0022
¹⁵⁰ Nd	0.9494	0.9663	0.9786	0.9822	0.9895	0.9732	0.0157
¹³⁷ Cs	1.0338	1.0297	1.0432	1.0332	1.0609	1.0402	0.0126
¹³⁴ Cs	1.0289	1.0146	1.0759	1.0793	1.1259	1.0649	0.0444
¹⁵⁴ Eu	0.7077	0.8189	0.8976	0.9242	0.9712	0.8639	0.1033
¹⁴⁴ Ce	0.9915	1.0418	1.1428	1.1381	1.0626	1.0754	0.0648
¹²⁵ Sb*	1.2045	1.4733	2.1454	1.7389	1.7789	1.6682	0.3529
¹⁰⁶ Ru*	1.0360	1.4074	1.3181	1.4826	1.1042	1.2697	0.1928

* 不溶解残渣、フラスコ等への吸着があるため、参考データ。

表 3.15 SF97 燃料の計算値と測定値との比 (C/E)

同位体	SF97-1	SF97-2	SF97-3	SF97-4	SF97-5	SF97-6	平均値	標準偏差
アクチノイド核種								
²³⁴ U	1.0735	1.1056	1.0726	1.0598	1.0601	1.0724	1.0740	0.0167
²³⁵ U	1.0311	0.9955	0.9874	1.0197	1.0419	1.0561	1.0219	0.0266
²³⁶ U	0.9856	0.9779	0.9789	0.9767	0.9774	0.9734	0.9783	0.0040
²³⁸ U	0.9980	1.0002	1.0007	1.0000	0.9997	0.9988	0.9996	0.0010
²³⁷ Np	1.1328	0.9534	0.9897	0.9938	0.9845	0.9979	1.0087	0.0628
²³⁸ Pu	1.0954	0.8256	0.8303	0.8475	0.8589	0.9159	0.8956	0.1031
²³⁹ Pu	1.2562	0.9963	0.9978	1.0335	1.0442	1.0897	1.0696	0.0977
²⁴⁰ Pu	1.0827	1.0198	1.0348	1.0442	1.0555	1.0697	1.0511	0.0230
²⁴¹ Pu	1.2547	0.9603	0.9698	1.0073	1.0200	1.0656	1.0463	0.1089
²⁴² Pu	1.0964	0.9527	0.9636	0.9616	0.9598	0.9769	0.9852	0.0550
²⁴¹ Am	1.5925	1.1947	1.1748	1.1037	1.1006	1.3288	1.2492	0.1876
^{242m} Am	1.2564	0.7427	0.7010	0.6900	0.7094	0.8353	0.8225	0.2190
²⁴³ Am	1.2210	0.8620	0.8986	0.9174	0.9251	0.9761	0.9667	0.1300
²⁴² Cm	1.2371	1.0238	1.1055	1.1962	1.2943	1.1850	1.1737	0.0962
²⁴³ Cm	0.9376	0.6214	0.6514	0.6910	0.7034	0.7339	0.7231	0.1123
²⁴⁴ Cm	1.2000	0.6973	0.7324	0.7632	0.7775	0.8526	0.8372	0.1852
²⁴⁵ Cm	1.5547	0.6836	0.7167	0.7799	0.8157	0.9509	0.9169	0.3260
²⁴⁶ Cm	1.3283	0.6900	0.7171	0.7305	0.7425	0.8424	0.8418	0.2439
²⁴⁷ Cm	—	0.6020	0.6389	0.6852	0.7259	0.7780	0.6860	0.0695
核分裂生成核種								
¹⁴³ Nd	0.9802	0.9630	0.9487	0.9580	0.9590	0.9665	0.9626	0.0105
¹⁴⁴ Nd	1.0360	1.0366	1.0128	0.9853	0.9712	0.9870	1.0048	0.0278
¹⁴⁵ Nd	0.9918	1.0068	1.0063	1.0066	1.0034	0.9972	1.0020	0.0062
¹⁴⁶ Nd	0.9986	0.9927	0.9905	0.9919	0.9911	0.9930	0.9930	0.0029
¹⁴⁸ Nd	1.0082	0.9286	1.0092	1.0104	1.0111	1.0102	0.9963	0.0332
¹⁵⁰ Nd	1.0215	1.0019	1.0040	1.0064	1.0107	1.0155	1.0100	0.0074
¹³⁷ Cs	0.9796	0.9818	0.9823	0.9920	0.9898	0.9817	0.9845	0.0051
¹³⁴ Cs	0.9903	0.8812	0.9355	0.9930	0.9995	0.9816	0.9635	0.0464
¹⁵⁴ Eu	1.0925	0.8201	0.8157	0.8401	0.8530	0.8947	0.8860	0.1051
¹⁴⁴ Ce	0.8174	0.8971	0.9777	1.0655	1.0715	0.9513	0.9634	0.0982
¹²⁵ Sb*	1.3286	1.2374	1.8643	1.7323	1.4133	1.9573	1.5889	0.3014
¹⁰⁶ Ru*	0.9132	0.9423	0.9787	1.0966	1.8399	0.8678	1.1064	0.3676
¹⁴⁷ Sm	0.9758	1.0039	0.9716	0.9441	0.9403	0.9578	0.9656	0.0235
¹⁴⁸ Sm	1.1899	1.0670	1.0789	1.0813	1.0802	1.1194	1.1028	0.0462
¹⁴⁹ Sm	0.8501	0.7503	0.8049	0.9181	0.9550	0.8782	0.8594	0.0747
¹⁵⁰ Sm	1.0340	1.0400	1.0656	1.0871	1.0795	1.0816	1.0646	0.0226
¹⁵¹ Sm	1.0451	0.8616	0.8942	0.9591	0.9775	1.0224	0.9600	0.0713
¹⁵² Sm	1.0179	1.0811	1.0705	1.0539	1.0402	1.0356	1.0499	0.0234
¹⁵⁴ Sm	1.0077	0.9835	0.9879	0.9912	0.9891	1.0123	0.9953	0.0118

(Sm : 3.96 年冷却時点の生成量)

* 不溶解残渣、フラスコ等への吸着があるため、参考データ。

表 3.16 SF98 燃料の計算値と測定値との比 (C/E) : アクチノイド核種

同位体	SF98-1 (BS100J33)	SF98-2 (BS100J33)	SF98-3 (BS100J33)	SF98-4 (BS100J33)	SF98-5 (BS140J33)	SF98-6 (BS170J33)	SF98-7 (BS170J33)	SF98-8 (BS170J33)	平均値	標準偏差
²³⁴ U	7.8750	1.1039	1.1552	1.1554	1.1282	1.1876	1.1361	1.1623	1.9880	6.2473
²³⁵ U	8.3091	0.8164	0.9795	0.9328	0.9910	1.0280	1.0180	1.0116	1.8858	6.8214
²³⁶ U	1.6721	1.1335	0.9774	0.9762	0.9725	0.9646	0.9599	0.9532	1.0762	0.6458
²³⁸ U	0.9702	1.0021	1.0008	1.0018	1.0005	0.9996	1.0002	1.0000	0.9969	0.0285
²³⁷ Np	0.4956	1.4172	1.0314	0.9664	1.3312	1.0380	1.1515	1.0843	1.0644	0.7336
²³⁸ Pu	0.1044	1.4199	0.8090	0.7837	0.9525	1.1442	0.9025	0.8025	0.8648	0.9918
²³⁹ Pu	0.5281	1.0466	0.9637	0.9270	1.0417	1.1095	1.0439	1.0109	0.9589	0.4811
²⁴⁰ Pu	0.1534	1.3087	0.9761	0.9496	0.9755	0.9707	0.9464	0.9576	0.9047	0.8639
²⁴¹ Pu	0.0760	1.3373	0.9611	0.9384	1.0657	1.1323	1.0657	1.0209	0.9497	0.9874
²⁴² Pu	0.0158	1.6939	0.8884	0.8994	0.9699	0.9960	0.9653	0.9437	0.9215	1.1952
²⁴¹ Am	0.0416	0.9539	0.8340	0.7949	0.9713	1.1784	1.0925	1.0983	0.8706	0.9289
^{242m} Am	0.0257	0.9201	0.8006	0.7607	0.0082	0.7806	0.7469	0.6446	0.5859	0.9488
²⁴³ Am	0.0046	1.8996	0.7666	0.7649	0.9537	0.9400	0.9246	0.8444	0.8873	1.3573
²⁴² Cm	0.0180	1.3234	0.6226	0.6116	0.5110	0.2999	0.5996	0.6749	0.5826	0.9780
²⁴³ Cm	—	1.4364	0.5793	0.6694	0.8100	0.7389	0.6418	0.5620	0.7768	0.3035
²⁴⁴ Cm	0.0013	2.1117	0.6162	0.6044	0.7554	0.7786	0.7034	0.6113	0.7728	1.5652
²⁴⁵ Cm	—	0.1574	0.6680	0.6478	0.8355	0.8085	0.6836	0.5766	0.6253	0.2254
²⁴⁶ Cm	—	—	0.4665	0.4595	0.6379	0.7302	0.6515	0.8434	0.6315	0.1496

表 3.17 SF98 燃料の計算値と測定値との比 (C/E) : 核分裂生成核種

同位体	SF98-1 (BS100J33)	SF98-2 (BS100J33)	SF98-3 (BS100J33)	SF98-4 (BS100J33)	SF98-5 (BS140J33)	SF98-6 (BS170J33)	SF98-7 (BS170J33)	SF98-8 (BS170J33)	平均値	標準偏差
¹⁴³ Nd	1.2012	0.9364	1.0225	1.0342	0.9955	0.9503	0.9468	0.9664	1.0066	0.0864
¹⁴⁴ Nd	0.8994	0.9510	0.9647	0.9859	1.0237	1.0187	1.0663	1.0880	0.9997	0.0621
¹⁴⁵ Nd	1.1097	0.9864	1.0153	1.0231	1.0083	1.0021	1.0055	1.0123	1.0203	0.0376
¹⁴⁶ Nd	1.0323	1.0034	0.9899	0.9848	0.9909	0.9947	0.9917	0.9930	0.9976	0.0150
¹⁴⁸ Nd	1.0059	1.0083	1.0062	1.0047	1.0064	1.0073	1.0057	1.0057	1.0063	0.0011
¹⁵⁰ Nd	0.8651	1.0133	0.9952	0.9863	1.0009	1.0014	0.9957	0.9935	0.9814	0.0476
¹³⁷ Cs	0.9260	1.1687	1.0135	0.9784	1.0126	0.9702	0.9262	1.0487	1.0055	0.0786
¹³⁴ Cs	0.3062	1.6017	1.0505	1.0206	1.1140	1.0588	0.9630	1.0461	1.0201	0.3511
¹⁵⁴ Eu	0.2673	1.2425	0.8674	0.8193	0.9304	0.8431	0.8297	0.7611	0.8201	0.2679
¹⁴⁴ Ce	1.5327	1.3448	1.0908	1.0305	0.9145	0.9804	0.9015	0.8622	1.0822	0.2373
¹⁰⁶ Ru*	0.2955	1.4788	1.1787	1.3226	1.3869	1.4960	1.2460	1.2081	1.2016	0.3847
¹⁴⁷ Sm	1.0301	1.0148	0.8848	0.8824	0.8992	0.8651	0.8800	0.8806	0.9171	0.0658
¹⁴⁸ Sm	0.3856	1.3833	0.9673	0.9655	1.0836	1.0933	1.0724	0.9824	0.9917	0.2796
¹⁴⁹ Sm	2.7438	0.9787	0.9405	1.0196	0.7798	0.9096	0.7264	0.6392	1.0922	0.6803
¹⁵⁰ Sm	0.8400	1.1229	0.8722	0.8655	0.9396	0.9369	0.9318	0.8966	0.9257	0.0878
¹⁵¹ Sm	2.1414	0.9799	0.9596	0.9459	1.0048	0.8860	0.8580	0.7696	1.0682	0.4403
¹⁵² Sm	0.6323	1.1269	0.9165	0.9158	0.9469	0.9570	0.9591	0.9498	0.9255	0.1362
¹⁵⁴ Sm	0.5345	1.1521	0.8592	0.8563	0.9261	0.9488	0.9121	0.8421	0.8789	0.1706

(Sm SF98-1 ~ 4 : 5.5 年冷却時点の生成量)

(Sm SF98-5, 7 及び 8 : 5.9 年冷却時点の生成量)

(Sm SF98-6 : 6.2 年冷却時点の生成量)

* 不溶解残渣のため、参考データ。

表 3.18 SF99 燃料の計算値と測定値との比 (C/E) : アクチニド核種

同位体	SF99-1 (BS100J33)	SF99-2 (BS100J33)	SF99-3 (BS100J33)	SF99-4 (BS140J33)	SF99-5 (BS140J33)	SF99-6 (BS170J33)	SF99-7 (BS170J33)	SF99-8 (BS170J33)	SF99-9 (BS170J33)	SF99-10 (BS170J33)	平均値	標準偏差
²³⁴ U	7.0754	1.1271	1.0836	1.0666	1.0699	1.0946	1.1035	1.1031	1.0765	6.6292	2.2429	2.4317
²³⁵ U	8.8877	0.9535	0.8800	1.0609	0.8976	0.9509	0.9203	0.9765	0.9853	8.7175	2.5230	3.3103
²³⁶ U	2.0079	0.9723	0.9805	0.9554	0.9662	0.9511	0.9579	0.9500	0.9629	2.0451	1.1749	0.4490
²³⁸ U	0.9778	1.0018	1.0022	0.9994	1.0017	1.0012	1.0020	1.0014	1.0007	0.9766	0.9965	0.0102
²³⁷ Np	0.5620	0.8039	0.8164	1.0636	0.9047	0.9785	0.9008	0.8561	0.8005	0.7981	0.8485	0.1329
²³⁸ Pu	0.1625	0.8175	0.8267	1.0961	1.1499	0.9578	0.9405	0.7906	0.7543	0.2738	0.7770	0.3225
²³⁹ Pu	0.7023	0.9027	0.9083	1.1607	0.9864	1.0206	0.9510	0.9453	0.9721	0.9170	0.9466	0.1143
²⁴⁰ Pu	0.2675	0.8881	0.9282	0.9826	0.9290	0.9080	0.8866	0.8925	0.8976	0.3126	0.7893	0.2649
²⁴¹ Pu	0.1797	0.8144	0.8996	1.1238	0.9942	1.0245	0.9787	0.9509	0.9700	0.2973	0.8233	0.3195
²⁴² Pu	0.0463	0.7257	0.8656	0.8880	0.9277	0.9421	0.9530	0.8950	0.8805	0.0736	0.7198	0.3535
²⁴¹ Am	0.1027	1.0280	0.7215	1.1032	0.8703	1.0298	0.9641	0.9019	0.7771	0.2717	0.7770	0.3343
^{242m} Am	0.0873	0.6237	0.7590	1.0041	0.7940	0.7189	0.7215	0.5995	0.6547	0.1770	0.6140	0.2786
²⁴³ Am	0.0147	0.5815	0.7140	0.8808	0.8499	0.8338	0.8204	0.6880	0.6719	0.0309	0.6086	0.3226
²⁴² Cm	0.0472	0.2617	0.4454	0.4113	0.2578	0.3697	0.3445	0.3703	0.5258	0.0620	0.3095	0.1561
²⁴³ Cm	0.0131	0.4769	0.5977	0.7541	0.6872	0.6272	0.5691	0.4691	0.3872	0.0258	0.4607	0.2562
²⁴⁴ Cm	0.0045	0.4123	0.5505	0.7660	0.6923	0.6376	0.6190	0.4720	0.4822	0.0111	0.4648	0.2634
²⁴⁵ Cm	0.0022	0.3668	0.5421	0.9391	0.7323	0.5937	0.5525	0.4038	0.2574	0.0070	0.4397	0.2982
²⁴⁶ Cm	0.0003	—	0.4106	0.6524	0.5974	0.5620	0.5495	0.3842	0.0618	—	0.4023	0.2466
²⁴⁷ Cm	9.5e-07	—	0.1325	—	0.5013	—	0.2218	—	0.0003	—	0.1712	0.2071

表 3.19 SF99 燃料の計算値と測定値との比 (C/E) : 核分裂生成核種

同位体	SF99-1 (BS100J33)	SF99-2 (BS100J33)	SF99-3 (BS100J33)	SF99-4 (BS140J33)	SF99-5 (BS140J33)	SF99-6 (BS170J33)	SF99-7 (BS170J33)	SF99-8 (BS170J33)	SF99-9 (BS170J33)	SF99-10 (BS170J33)	平均値	標準偏差
¹⁴³ Nd	1.2844	0.9989	0.9848	1.0079	0.9583	0.9470	0.9313	0.9650	0.9694	1.2543	1.0301	0.1283
¹⁴⁴ Nd	0.7410	1.0353	0.8009	0.9618	1.0635	1.0857	1.2275	1.1381	1.0433	0.7286	0.9826	0.1713
¹⁴⁵ Nd	1.1463	1.0242	1.0149	1.0035	1.0033	1.0129	1.0088	1.0165	1.0084	1.1285	1.0367	0.0536
¹⁴⁶ Nd	1.0347	1.0036	0.9958	0.9965	0.9954	0.9982	0.9944	0.9932	0.9949	1.0227	1.0029	0.0142
¹⁴⁸ Nd	1.0045	1.0064	1.0056	1.0074	1.0058	1.0062	1.0042	1.0042	1.0043	1.0133	1.0062	0.0027
¹⁵⁰ Nd	0.8415	0.9781	0.9869	1.0043	0.9944	0.9844	0.9832	0.9798	0.9864	0.8517	0.9591	0.0598
¹³⁷ Cs	0.9612	0.9719	0.9634	0.9636	0.9601	0.9504	0.9313	0.9587	0.9627	0.9473	0.9571	0.0114
¹³⁴ Cs	0.4011	0.8841	0.9707	1.0568	1.0199	0.9851	0.9254	0.8867	0.9004	0.4738	0.8504	0.2257
¹⁵⁴ Eu	0.3039	0.6902	0.7679	0.9332	0.8191	0.7324	0.6943	0.6796	0.6930	0.3721	0.6686	0.1913
¹⁴⁴ Ce	—	0.9740	—	1.0511	0.8336	0.8892	0.6604	0.7835	0.9397	—	0.8759	0.1300
¹²⁵ Sb*	1.2160	1.1628	1.5769	1.6593	1.7433	1.3899	1.8212	1.8058	2.5673	1.3128	1.6255	0.4096
¹⁰⁶ Ru*	0.4769	2.0024	1.4672	1.8448	2.2582	1.9293	2.6399	1.6672	0.9596	0.3651	1.5611	0.7490
¹⁴⁷ Sm	1.1422	—	0.9893	—	0.9242	—	0.9368	0.9639	0.9847	—	0.9902	0.0788
¹⁴⁸ Sm	0.4937	—	1.0754	—	1.1070	—	1.1013	1.0126	1.0511	—	0.9735	0.2376
¹⁴⁹ Sm	1.8403	—	0.8951	—	0.7936	—	0.7933	0.7884	0.8269	—	0.9896	0.4187
¹⁵⁰ Sm	0.8618	—	0.9503	—	0.9378	—	0.9507	0.9377	0.9688	—	0.9345	0.0374
¹⁵¹ Sm	1.7479	—	0.9610	—	0.9358	—	0.7673	0.7503	0.8016	—	0.9940	0.3797
¹⁵² Sm	0.7527	—	1.0093	—	0.9662	—	1.0117	1.0243	1.0288	—	0.9655	0.1066
¹⁵⁴ Sm	0.5248	—	0.9177	—	0.9288	—	0.9276	0.9000	0.9123	—	0.8519	0.1606

(Sm SF99-1, 3, 5, 7 and 9 : 6.7 年冷却時点の生成量)

(Sm SF99-8 : 6.5 年冷却時点の生成量)

* 不溶解残渣、フラスコ等への吸着があるため、参考データ。

4 高速炉用ライブラリ

本章では、JENDL-3.3に基づく ORIGEN2 コード用断面積ライブラリ「ORLIBJ33」に納められた高速炉用ライブラリの作成について述べる。ライブラリ作成方法ならびに対象高速炉は、前バージョンである ORLIBJ32 の高速炉用ライブラリと同一とした。ライブラリ中の 1 群断面積 (327 核種) は JENDL-3.3 に準拠している。 ^{241}Am 捕獲反応の核異性体比 ($g/(g+m)$) については、最近の核データ研究で得られた知見を反映し、従来値 0.8 あるいは JENDL-3.3 に基づく 0.7 ではなく、推奨値 0.85 を採用した。作成した高速炉用ライブラリを用いたテスト計算を行い、ライブラリの違いによる燃焼計算結果への影響を把握した。なお、今回の作業において ORLIBJ32 の高速炉用ライブラリの見直しも行った。この見直しは、主に高速炉用 70 群炉定数セットの改訂を反映したものである。付録 A に詳細をまとめる。

4.1 作成方法

JENDL-3.3 に基づく ORIGEN2 コード用高速炉断面積ライブラリの作成には、「高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツール」¹²⁾を用いた。同ツールは、JENDL のオリジナルライブラリから作成した 73 群定数 (無限希釈断面積) を内蔵しており、それらを断面積ライブラリ作成の対象炉心・領域の中性子スペクトルで 1 群に縮約し、ORIGEN2 コード用断面積ライブラリ形式で格納するものである。ここで、炉心を構成する主要核種については、共鳴による自己遮蔽効果を考慮した実効断面積を用いる。以下、73 群定数の作成方法と高速炉断面積ライブラリ作成ツールについて詳しく説明する。

4.1.1 73 群定数の作成

高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールが内蔵している 73 群定数は、JENDL-3.3 に収録されている 337 核種 (表 2.1 参照。2 天然元素を含む) のうち、327 核種についての (n,γ) 、 $(n,2n)$ 、 $(n,3n)$ 、 $(n,\text{fission})$ 、 (n,p) 、 (n,α) の 6 反応の断面積データからなる。73 群構造は、10 MeV 以下は高速炉用 70 群炉定数セット JFS-3 ライブラリと同様 (レサジー幅 0.25) であり、10 MeV から 20 MeV までの間に 3 群を追加した構造 (第 2 群と第 3 群は 10 MeV 以下と同じくレサジー幅を 0.25、第 1 群は 0.19) となっている (表 4.1 参照)。

表 4.1 エネルギー群構造

Energy Group	Energy [eV]		Lethargy width	Energy Group	Energy [eV]		Lethargy width
	Upper	Lower			Upper	Lower	
1	2.00000E+07	1.64870E+07	0.19	38	2.03468E+03	1.58461E+03	0.25
2	1.64870E+07	1.28400E+07	0.25	39	1.58461E+03	1.23410E+03	0.25
3	1.28400E+07	1.00000E+07	0.25	40	1.23410E+03	9.61117E+02	0.25
4	1.00000E+07	7.78801E+06	0.25	41	9.61117E+02	7.48518E+02	0.25
5	7.78801E+06	6.06531E+06	0.25	42	7.48518E+02	5.82947E+02	0.25
6	6.06531E+06	4.72367E+06	0.25	43	5.82947E+02	4.53999E+02	0.25
7	4.72367E+06	3.67879E+06	0.25	44	4.53999E+02	3.53575E+02	0.25
8	3.67879E+06	2.86505E+06	0.25	45	3.53575E+02	2.75365E+02	0.25
9	2.86505E+06	2.23130E+06	0.25	46	2.75365E+02	2.14454E+02	0.25
10	2.23130E+06	1.73774E+06	0.25	47	2.14454E+02	1.67017E+02	0.25
11	1.73774E+06	1.35335E+06	0.25	48	1.67017E+02	1.30073E+02	0.25
12	1.35335E+06	1.05399E+06	0.25	49	1.30073E+02	1.01301E+02	0.25
13	1.05399E+06	8.20850E+05	0.25	50	1.01301E+02	7.88932E+01	0.25
14	8.20850E+05	6.39279E+05	0.25	51	7.88932E+01	6.14421E+01	0.25
15	6.39279E+05	4.97871E+05	0.25	52	6.14421E+01	4.78512E+01	0.25
16	4.97871E+05	3.87742E+05	0.25	53	4.78512E+01	3.72665E+01	0.25
17	3.87742E+05	3.01974E+05	0.25	54	3.72665E+01	2.90232E+01	0.25
18	3.01974E+05	2.35177E+05	0.25	55	2.90232E+01	2.26033E+01	0.25
19	2.35177E+05	1.83156E+05	0.25	56	2.26033E+01	1.76035E+01	0.25
20	1.83156E+05	1.42642E+05	0.25	57	1.76035E+01	1.37096E+01	0.25
21	1.42642E+05	1.11090E+05	0.25	58	1.37096E+01	1.06770E+01	0.25
22	1.11090E+05	8.65170E+04	0.25	59	1.06770E+01	8.31529E+00	0.25
23	8.65170E+04	6.73795E+04	0.25	60	8.31529E+00	6.47595E+00	0.25
24	6.73795E+04	5.24752E+04	0.25	61	6.47595E+00	5.04348E+00	0.25
25	5.24752E+04	4.08677E+04	0.25	62	5.04348E+00	3.92786E+00	0.25
26	4.08677E+04	3.18278E+04	0.25	63	3.92786E+00	3.05902E+00	0.25
27	3.18278E+04	2.47875E+04	0.25	64	3.05902E+00	2.38237E+00	0.25
28	2.47875E+04	1.93045E+04	0.25	65	2.38237E+00	1.85539E+00	0.25
29	1.93045E+04	1.50344E+04	0.25	66	1.85539E+00	1.44498E+00	0.25
30	1.50344E+04	1.17088E+04	0.25	67	1.44498E+00	1.12535E+00	0.25
31	1.17088E+04	9.11882E+03	0.25	68	1.12535E+00	8.76425E-01	0.25
32	9.11882E+03	7.10174E+03	0.25	69	8.76425E-01	6.82560E-01	0.25
33	7.10174E+03	5.53084E+03	0.25	70	6.82560E-01	5.31579E-01	0.25
34	5.53084E+03	4.30743E+03	0.25	71	5.31579E-01	4.13994E-01	0.25
35	4.30743E+03	3.35463E+03	0.25	72	4.13994E-01	3.22419E-01	0.25
36	3.35463E+03	2.61259E+03	0.25	73	3.22419E-01	1.00000E-05	10.38
37	2.61259E+03	2.03468E+03	0.25				

* 4 ~ 73 群の群構造は JFS-3 ライブラリと同じ

73 群定数は、NJOY コード¹³⁾ を中核とする「汎用炉定数作成システム」を用いて作成した。汎用炉定数作成システムによる 73 群定数作成の流れは次のとおりである。

- ① LINEAR コード … JENDL-3.3 オリジナルライブラリの断面積データ (ENDF 形式) を線形内挿する。
- ② RECENT コード … 共鳴領域の処理を行い 0 K の point wise の断面積データを作成する。
- ③ SIGMA1 コード … ② の 0 K の point wise 断面積データを、任意の温度の断面積データに変換する (今回使用するのは 300 K の断面積データである)。
- ④ NJOY コード … ③ の point wise の断面積データを縮約して 73 群断面積を作成する。縮約に使用した中性子スペクトルは、典型的な高速炉の中性子スペクトルであり、高速炉用 70 群炉定数セット JFS-3-J3.3¹⁴⁾ の作成に使用したものと同一のものである。

4.1.2 高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリの作成

高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールでは、ベースとなるオリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリ (ベースライブラリ) の断面積を JENDL ベースの 1 群実効断面積もしくは 1 群無限希釈断面積で更新し、さらに、核分裂収率データを JNDC 核分裂生成物ライブラリ第 2 版¹⁵⁾ の値に置き換える。今回、ベースライブラリには ORLIBJ32 同様「LMFBR: Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」*を用いた。ライブラリ作成の流れを以下に示す (図 4.1 をあわせて参照されたい)。②～⑥ がライブラリ作成ツールにより処理をする部分である。

- ① SLAROM コード¹⁶⁾ により、70 群実効断面積 (エネルギー範囲: 10^{-5} eV ～ 10 MeV) を計算する。使用する核データは、高速炉用 70 群炉定数セット JFS-3-J3.3¹⁴⁾ である。ここで実効断面積を求める核種は、炉心計算に必要な数十核種であり、ORLIBJ32 作成時と同一の平衡サイクル原子数密度とした。次に、CITATION-FBR コード¹⁷⁾ による全炉心計算から 70 群中性子スペクトルを求め、JOINT コード¹⁸⁾ により、この 70 群中性子スペクトルを重みとした 1 群実効断面積を作成する。
- ② CITATION-FBR コードで求めた 70 群中性子スペクトルを 73 群に拡張する。拡張する 3 群部分は 10 MeV ～ 20 MeV 部分であり、JENDL-3.3 の縮約に用いた中性子スペクトルの 10 MeV ～ 20 MeV 部分を 3 群に分割してエネルギー積分し、70 群中性子スペクトルの第 1 群の中性子束で規格化して 70 群スペクトルに付け加える。
- ③ 処理 ② の 73 群中性子スペクトルを重みとして、ツール内蔵の 73 群無限希釈断面積を 1 群に縮約する。さらに、以下に示す 1 群無限希釈断面積の 10 MeV ～ 20 MeV 成分と 10^{-5} eV

* 「LMFBR: Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」は、炉心燃料に軽水炉取出し Pu 組成の MOX 燃料を用いた、燃焼度 100 GWd/t、出力 125 万 kWe の商業炉を対象としたライブラリである。

～ 10 MeV 成分の 2 つを求めておく。

$$\begin{aligned} 10 \text{ MeV} \sim 20 \text{ MeV 成分} &= \sum_{g=1}^3 \sigma_g \phi_g \\ 10^{-5} \text{ eV} \sim 10 \text{ MeV 成分} &= \sum_{g=4}^{73} \sigma_g \phi_g \end{aligned} \quad \text{このとき、} \quad \sum_{g=1}^{73} \phi_g = 1$$

- ④ 処理 ① で作成した 1 群実効断面積の捕獲反応及び核分裂反応断面積について、JFS-3-J3.3 ライブラリ内の自己遮蔽因子データの有無を判別する。自己遮蔽因子を持つもののみが、1 群実効断面積による断面積ライブラリアップデートの対象となる。なお、1 群実効断面積のベースとなる JFS-3-J3.3 ライブラリで取り扱っているエネルギー範囲が $10^{-5} \text{ eV} \sim 10 \text{ MeV}$ であることから、1 群実効断面積に処理 ③ の 1 群無限希釈断面積の 10 MeV ～ 20 MeV 成分を加える。さらに、JFS-3-J3.3 ライブラリの捕獲反応断面積には (n,γ) 反応断面積の他、(n,p)、(n,α) 反応断面積等が含まれて定義されていることから、捕獲反応 1 群実効断面積から処理 ③ の (n,p)、(n,α) 反応の $10^{-5} \text{ eV} \sim 10 \text{ MeV}$ 成分を引くことで 1 群無限希釈断面積との整合をとる。
- ⑤ ベースライブラリより、(n,γ)、(n,2n) 反応の核異性体比を得る。また、JNDC 核分裂生成物ライブラリ第 2 版の核分裂収率は、ライブラリ作成ツール内蔵のファイルより値を読み込む。
- ⑥ 処理 ③ の 1 群無限希釈断面積、処理 ④ の 1 群実効断面積に核異性体比をかけて、基底状態になる断面積と励起状態になる断面積に分離する。これと核分裂収率データで、ベースライブラリの値を更新する。このとき、JENDL-3.3 に収録されていない核種については、ベースライブラリのままとする。

以上が高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成の流れである。なお、JENDL-3.3 ベースの断面積ライブラリ作成においては、次に示すいくつかの留意点がある。

(1) 核異性体比

JENDL-3.3 では $^{237}\text{Np}(n,2n)$ 反応及び $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 反応の核異性体比が評価され、初めてライブラリに格納された。 $^{237}\text{Np}(n,2n)$ 反応の核異性体比については、JENDL-3.3 の値とベースライブラリの値で大きな違いがないことから、今回は従来通りベースライブラリの値を採用することにした。 $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 反応の核異性体比については、JENDL-3.3 は高速炉での積分値として約 0.7 (^{242}Am の基底状態になる割合) を与える。ベースライブラリの値は 0.80 であった。今回の断面積ライブラリ作成では、最近の核データ研究で得られた知見¹⁹⁾ より 0.85 を採用した。その他の核種については、使用したベースライブラリの炉心部用、軸方向ブランケット部用、径方向ブランケット部用それぞれの核異性体比を用いるものとした (表 4.2～表 4.4 参照)。

(2) Cr、Fe、Ni 同位体の (n,γ) 反応断面積

JENDL-3.2 ベースの JFS-3-J3.2 ライブラリで Cr、Fe、Ni は、天然元素の炉定数セットのみが与えられ、同位体ごとの炉定数セットは与えられていない。そのため、ORLIBJ32 ではこれらの同位体について実効断面積によるアップデートができなかった。そこで ORLIBJ32 の作成では、少なくとも (n,γ) 反応断面積については実効断面積を使用することが望ましいという理由からベースライブラリの値のままとした。しかし、JENDL-3.3 ベースの JFS-3-J3.3 ライブラリでは、同位体ごとの炉定数セットが格納されているので、実効断面積によるアップデートが可能となった。

(3) C、V の断面積の取り扱い

JENDL-3.3 で天然元素として断面積が与えられている C と V については、それぞれ ^{12}C 、 ^{51}V として ORIGEN2 断面積ライブラリのアップデートに用いた。

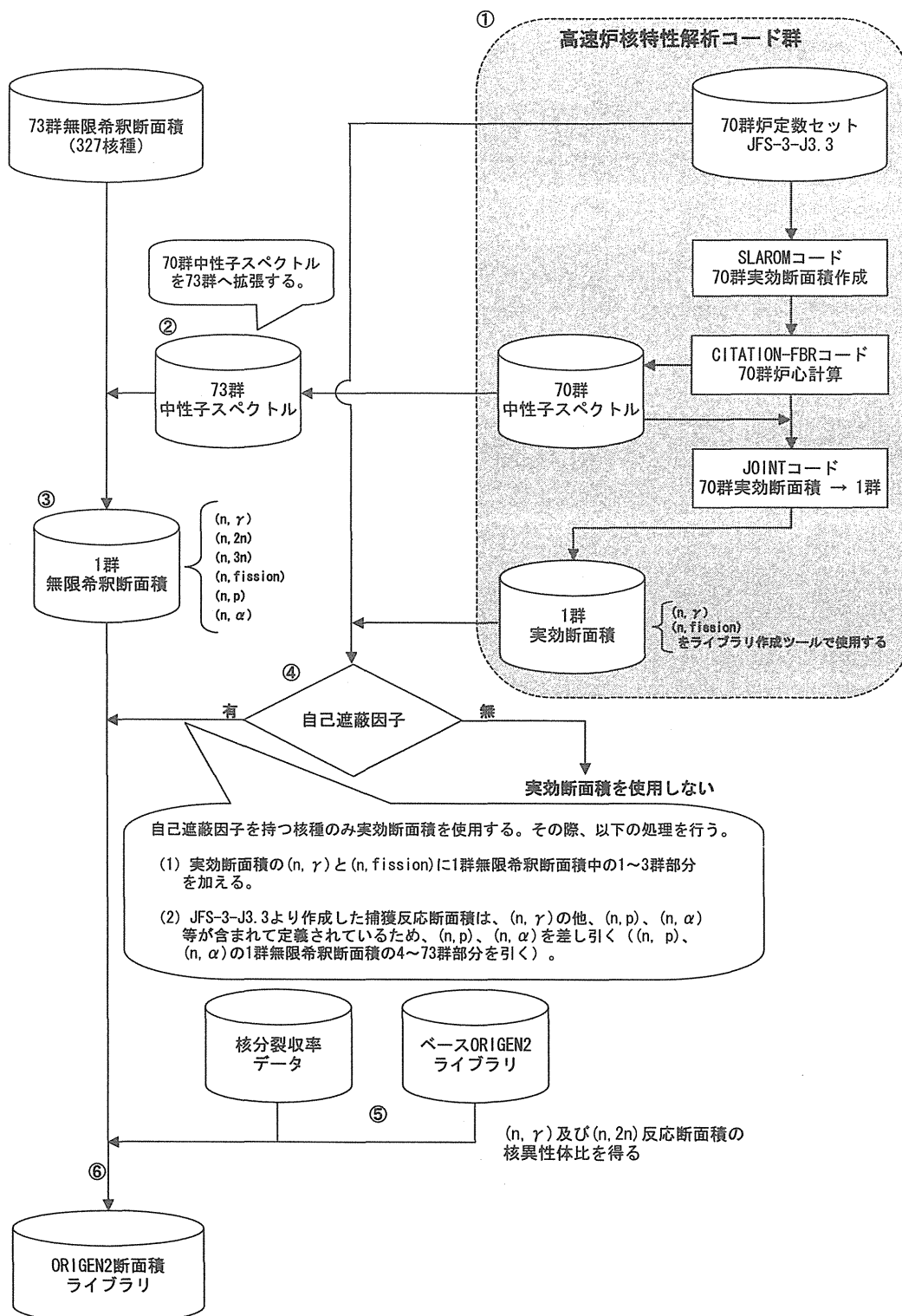


図 4.1 ORIGIN2 断面積ライブラリ作成フロー

表 4.2 (n,γ) 反応及び (n,2n) 反応の核異性体比 (1/2)

- 炉心部[†] -

核種	ORIGEN2 ID 番号	JENDL-3.3 MAT 番号	(n,γ) 反応断面積の核異性体比		(n,2n) 反応断面積の核異性体比	
			基底状態	励起状態	基底状態	励起状態
Na-23	110230	1125	7.967E-01	2.033E-01	-	-
Cl-37	170370	1731	9.871E-01	1.290E-02	-	-
Sc-45	210450	2125	6.378E-01	3.622E-01	-	-
Co-59	270590	2725	4.648E-01	5.352E-01	-	-
Zn-68	300680	-	9.328E-01	6.721E-02	-	-
Zn-70	300700	-	9.051E-01	9.489E-02	-	-
Ga-71	310710	3131	9.691E-01	3.090E-02	-	-
Ge-70	320700	3225	9.184E-01	8.159E-02	-	-
Ge-74	320740	3237	9.918E-01	8.178E-03	-	-
Ge-76	320760	3243	9.038E-01	9.624E-02	-	-
Se-76	340760	3431	9.003E-01	9.970E-02	-	-
Se-78	340780	3437	9.099E-01	9.014E-02	-	-
Se-80	340800	3443	9.936E-01	6.372E-03	-	-
Se-82	340820	3449	9.996E-01	4.395E-04	-	-
Br-79	350790	3525	9.207E-01	7.932E-02	-	-
Br-81	350810	3531	8.249E-01	1.751E-01	-	-
Kr-78	360780	3625	9.554E-01	4.460E-02	-	-
Kr-80	360800	3631	8.677E-01	1.323E-01	-	-
Kr-82	360820	3637	5.045E-01	4.955E-01	-	-
Kr-84	360840	3643	9.455E-01	5.449E-02	-	-
Rb-85	370850	3725	9.938E-01	6.187E-03	-	-
Sr-84	380840	-	3.211E-01	6.789E-01	-	-
Sr-86	380860	3831	9.170E-01	8.301E-02	-	-
Y-89	390890	3925	9.999E-01	5.448E-05	-	-
Y-90	390900	-	9.913E-01	8.690E-03	-	-
Nb-93	410930	4125	9.962E-01	3.774E-03	-	-
Mo-92	420920	4225	9.948E-01	5.165E-03	-	-
Rh-103	451030	4525	8.394E-01	1.606E-01	-	-
Rh-105	451050	4531	6.934E-02	9.307E-01	-	-
Pd-106	461060	4637	9.975E-01	2.459E-03	-	-
Pd-108	461080	4643	9.617E-01	3.833E-02	-	-
Pd-110	461100	4649	9.832E-01	1.677E-02	-	-
Ag-107	471070	4725	9.825E-01	1.753E-02	-	-
Ag-109	471090	4731	8.096E-01	1.904E-01	-	-
Ag-110m	471101	4735	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Cd-110	481100	4837	9.978E-01	2.231E-03	-	-
Cd-112	481120	4843	9.174E-01	8.258E-02	-	-
Cd-114	481140	4849	9.882E-01	1.183E-02	-	-
Cd-116	481160	4855	9.989E-01	1.070E-03	-	-
Cd-118	481180	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-113	491130	4925	6.659E-01	3.341E-01	-	-
In-115	491150	4931	9.632E-02	9.037E-01	-	-
In-117	491170	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-117m	491171	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-119	491190	-	4.000E-01	6.000E-01	-	-
In-119m	491191	-	4.000E-01	6.000E-01	-	-
Sn-112	501120	5025	6.956E-01	3.044E-01	-	-
Sn-116	501160	5037	7.721E-01	2.279E-01	-	-
Sn-118	501180	5043	9.106E-01	8.939E-02	-	-
Sn-120	501200	5049	9.996E-01	3.921E-04	-	-
Sn-122	501220	5055	9.998E-01	2.300E-04	-	-
Sn-124	501240	5061	7.291E-01	2.709E-01	-	-
Sn-126	501260	5067	9.873E-01	1.273E-02	-	-
Sb-121	511210	5125	9.939E-01	6.063E-03	-	-
Sb-123	511230	5131	9.979E-01	2.149E-03	-	-
Sb-125	511250	5137	9.982E-01	1.754E-03	-	-
Te-120	521200	5225	8.548E-01	1.452E-01	-	-
Te-122	521220	5231	8.699E-01	1.301E-01	-	-

[†] オリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリより、高速炉の炉心部用「LMFBR : Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」、NLIB(5)=311、NLIB(5)=312、NLIB(5)=313

表 4.2 (続き) - 炉心部 - (2/2)

核種	ORIGEN2 ID 番号	JENDL-3.3 MAT 番号	(n,γ) 反応断面積の核異性体比		(n,2n) 反応断面積の核異性体比	
			基底状態	励起状態	基底状態	励起状態
Te-124	521240	5237	9.997E-01	2.772E-04	-	-
Te-126	521260	5243	9.802E-01	1.984E-02	-	-
Te-128	521280	5249	9.982E-01	1.761E-03	-	-
Te-130	521300	5255	9.955E-01	4.451E-03	-	-
I-129	531290	5331	9.058E-01	9.419E-02	-	-
Xe-124	541240	5425	8.281E-01	1.719E-01	-	-
Xe-126	541260	5431	9.350E-01	6.501E-02	-	-
Xe-128	541280	5437	9.924E-01	7.590E-03	-	-
Xe-130	541300	5443	9.868E-01	1.324E-02	-	-
Xe-132	541320	5449	9.988E-01	1.246E-03	-	-
Xe-134	541340	5455	9.998E-01	1.845E-04	-	-
Cs-133	551330	5525	8.925E-01	1.075E-01	-	-
Cs-134	551340	5528	9.076E-01	9.240E-02	-	-
Cs-134m	551341	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Ba-130	561300	5625	8.147E-01	1.853E-01	-	-
Ba-132	561320	5631	9.259E-01	7.409E-02	-	-
Ba-134	561340	5637	9.740E-01	2.598E-02	-	-
Ba-135	561350	5640	9.989E-01	1.148E-03	-	-
Ba-136	561360	5643	9.989E-01	1.127E-03	-	-
Ce-136	581360	-	8.690E-01	1.310E-01	-	-
Ce-138	581380	-	9.865E-01	1.349E-02	-	-
Pr-141	591410	5925	9.622E-01	3.778E-02	-	-
Pm-147	611470	6149	4.299E-01	5.701E-01	-	-
Eu-151	631510	6325	6.526E-01	3.474E-01	-	-
Gd-154	641540	6431	9.998E-01	2.055E-04	-	-
Dy-164	661640	-	3.975E-01	6.025E-01	-	-
Ho-165	671650	-	9.623E-01	3.775E-02	-	-
Er-166	681660	6837	8.664E-01	1.336E-01	-	-
Tm-169	691690	-	9.336E-01	6.640E-02	-	-
Yb-174	701740	-	2.924E-01	7.076E-01	-	-
Lu-175	711750	-	2.991E-01	7.009E-01	-	-
Lu-176	711760	-	9.967E-01	3.301E-03	-	-
Hf-177	721770	7234	9.970E-01	2.999E-03	-	-
Hf-178	721780	7237	3.836E-01	6.164E-01	-	-
Hf-179	721790	7240	9.924E-01	7.600E-03	-	-
Ta-181	731810	7328	9.995E-01	4.899E-04	-	-
W-182	741820	7431	9.996E-01	3.787E-04	-	-
W-184	741840	7437	9.989E-01	1.101E-03	-	-
Re-187	751870	-	2.140E-02	9.786E-01	-	-
Os-190	761900	-	3.000E-01	7.000E-01	-	-
Os-192	761920	-	9.926E-01	7.407E-03	-	-
Ir-191	771910	-	9.996E-01	4.099E-04	-	-
Ir-193	771930	-	9.499E-01	5.008E-02	-	-
Pt-192	781920	-	8.428E-01	1.572E-01	-	-
Pt-194	781940	-	9.250E-01	7.500E-02	-	-
Pt-196	781960	-	9.324E-01	6.762E-02	-	-
Pt-198	781980	-	9.927E-01	7.300E-03	-	-
Hg-196	801960	8025	8.752E-01	1.248E-01	-	-
Hg-198	801980	8031	9.905E-01	9.495E-03	-	-
Bi-209	832090	8325	5.757E-01	4.243E-01	-	-
Po-210	842100	-	9.836E-01	1.640E-02	-	-
Pa-233	912330	9137	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Np-235	932350	9340	1.031E-01	8.969E-01	-	-
Np-237	932370	9346	-	-	2.585E-01	7.415E-01
Np-239	932390	9352	9.675E-01	3.253E-02	-	-
Am-241*	952410	9543	8.500E-01	1.500E-01	-	-
Am-243	952430	9549	5.000E-02	9.500E-01	-	-
Es-253	992530	-	5.900E-01	4.100E-01	-	-

* 例外として、Am-241(n,γ) 反応については、基底状態が 0.85、励起状態が 0.15 とした。

表 4.3 (n,γ) 反応及び (n,2n) 反応の核異性体比 (1/2)

- 軸方向ブランケット部[†] -

核種	ORIGEN2 ID 番号	JENDL-3.3 MAT 番号	(n,γ) 反応断面積の核異性体比		(n,2n) 反応断面積の核異性体比	
			基底状態	励起状態	基底状態	励起状態
Na-23	110230	1125	8.444E-01	1.556E-01	-	-
Cl-37	170370	1731	9.871E-01	1.290E-02	-	-
Sc-45	210450	2125	6.377E-01	3.623E-01	-	-
Co-59	270590	2725	7.586E-01	2.414E-01	-	-
Zn-68	300680	-	9.328E-01	6.721E-02	-	-
Zn-70	300700	-	9.051E-01	9.490E-02	-	-
Ga-71	310710	3131	9.691E-01	3.090E-02	-	-
Ge-70	320700	3225	9.184E-01	8.159E-02	-	-
Ge-74	320740	3237	9.921E-01	7.904E-03	-	-
Ge-76	320760	3243	9.456E-01	5.439E-02	-	-
Se-76	340760	3431	9.355E-01	6.453E-02	-	-
Se-78	340780	3437	9.426E-01	5.742E-02	-	-
Se-80	340800	3443	9.946E-01	5.363E-03	-	-
Se-82	340820	3449	9.995E-01	4.678E-04	-	-
Br-79	350790	3525	9.516E-01	4.841E-02	-	-
Br-81	350810	3531	8.808E-01	1.192E-01	-	-
Kr-78	360780	3625	9.554E-01	4.460E-02	-	-
Kr-80	360800	3631	9.272E-01	7.280E-02	-	-
Kr-82	360820	3637	6.697E-01	3.303E-01	-	-
Kr-84	360840	3643	9.716E-01	2.839E-02	-	-
Rb-85	370850	3725	9.955E-01	4.496E-03	-	-
Sr-84	380840	-	3.211E-01	6.789E-01	-	-
Sr-86	380860	3831	9.502E-01	4.976E-02	-	-
Y-89	390890	3925	1.000E+00	4.965E-05	-	-
Y-90	390900	-	9.935E-01	6.541E-03	-	-
Nb-93	410930	4125	9.974E-01	2.567E-03	-	-
Mo-92	420920	4225	9.948E-01	5.165E-03	-	-
Rh-103	451030	4525	8.800E-01	1.200E-01	-	-
Rh-105	451050	4531	9.315E-02	9.068E-01	-	-
Pd-106	461060	4637	9.983E-01	1.718E-03	-	-
Pd-108	461080	4643	9.820E-01	1.803E-02	-	-
Pd-110	461100	4649	9.899E-01	1.009E-02	-	-
Ag-107	471070	4725	9.876E-01	1.243E-02	-	-
Ag-109	471090	4731	8.821E-01	1.179E-01	-	-
Ag-110m	471101	4735	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Cd-110	481100	4837	9.985E-01	1.526E-03	-	-
Cd-112	481120	4843	9.364E-01	6.364E-02	-	-
Cd-114	481140	4849	9.919E-01	8.150E-03	-	-
Cd-116	481160	4855	9.991E-01	8.724E-04	-	-
Cd-118	481180	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-113	491130	4925	7.171E-01	2.829E-01	-	-
In-115	491150	4931	1.296E-01	8.704E-01	-	-
In-117	491170	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-117m	491171	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-119	491190	-	4.000E-01	6.000E-01	-	-
In-119m	491191	-	4.000E-01	6.000E-01	-	-
Sn-112	501120	5025	6.956E-01	3.044E-01	-	-
Sn-116	501160	5037	8.464E-01	1.536E-01	-	-
Sn-118	501180	5043	9.331E-01	6.693E-02	-	-
Sn-120	501200	5049	9.997E-01	2.883E-04	-	-
Sn-122	501220	5055	9.998E-01	1.989E-04	-	-
Sn-124	501240	5061	8.024E-01	1.976E-01	-	-
Sn-126	501260	5067	9.857E-01	1.427E-02	-	-
Sb-121	511210	5125	9.956E-01	4.396E-03	-	-
Sb-123	511230	5131	9.986E-01	1.446E-03	-	-
Sb-125	511250	5137	9.988E-01	1.169E-03	-	-
Te-120	521200	5225	8.547E-01	1.453E-01	-	-
Te-122	521220	5231	9.196E-01	8.036E-02	-	-

[†] オリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリより、高速炉の炉心部用「LMFBR : Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」、NLIB(5)=314、NLIB(5)=315、NLIB(5)=316

表 4.3 (続き) - 軸方向ブランケット部 - (2/2)

核種	ORIGEN2 ID 番号	JENDL-3.3 MAT 番号	(n,γ) 反応断面積の核異性体比		(n,2n) 反応断面積の核異性体比	
			基底状態	励起状態	基底状態	励起状態
Te-124	521240	5237	9.998E-01	2.249E-04	-	-
Te-126	521260	5243	9.874E-01	1.260E-02	-	-
Te-128	521280	5249	9.985E-01	1.486E-03	-	-
Te-130	521300	5255	9.963E-01	3.680E-03	-	-
I-129	531290	5331	9.359E-01	6.413E-02	-	-
Xe-124	541240	5425	8.281E-01	1.719E-01	-	-
Xe-126	541260	5431	9.350E-01	6.500E-02	-	-
Xe-128	541280	5437	9.950E-01	5.025E-03	-	-
Xe-130	541300	5443	9.877E-01	1.229E-02	-	-
Xe-132	541320	5449	9.990E-01	1.024E-03	-	-
Xe-134	541340	5455	9.998E-01	1.714E-04	-	-
Cs-133	551330	5525	9.302E-01	6.981E-02	-	-
Cs-134	551340	5528	9.453E-01	5.473E-02	-	-
Cs-134m	551341	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Ba-130	561300	5625	8.147E-01	1.853E-01	-	-
Ba-132	561320	5631	9.259E-01	7.409E-02	-	-
Ba-134	561340	5637	9.841E-01	1.592E-02	-	-
Ba-135	561350	5640	9.994E-01	6.056E-04	-	-
Ba-136	561360	5643	9.992E-01	7.733E-04	-	-
Ce-136	581360	-	8.689E-01	1.311E-01	-	-
Ce-138	581380	-	9.865E-01	1.349E-02	-	-
Pr-141	591410	5925	9.789E-01	2.109E-02	-	-
Pm-147	611470	6149	5.797E-01	4.203E-01	-	-
Eu-151	631510	6325	7.626E-01	2.374E-01	-	-
Gd-154	641540	6431	9.999E-01	1.229E-04	-	-
Dy-164	661640	-	4.918E-01	5.082E-01	-	-
Ho-165	671650	-	9.794E-01	2.056E-02	-	-
Er-166	681660	6837	9.155E-01	8.448E-02	-	-
Tm-169	691690	-	9.336E-01	6.639E-02	-	-
Yb-174	701740	-	2.923E-01	7.077E-01	-	-
Lu-175	711750	-	2.992E-01	7.008E-01	-	-
Lu-176	711760	-	9.967E-01	3.301E-03	-	-
Hf-177	721770	7234	9.970E-01	3.001E-03	-	-
Hf-178	721780	7237	3.837E-01	6.163E-01	-	-
Hf-179	721790	7240	9.924E-01	7.600E-03	-	-
Ta-181	731810	7328	9.995E-01	4.899E-04	-	-
W-182	741820	7431	9.996E-01	3.786E-04	-	-
W-184	741840	7437	9.989E-01	1.100E-03	-	-
Re-187	751870	-	2.140E-02	9.786E-01	-	-
Os-190	761900	-	3.000E-01	7.000E-01	-	-
Os-192	761920	-	9.926E-01	7.408E-03	-	-
Ir-191	771910	-	9.996E-01	4.098E-04	-	-
Ir-193	771930	-	9.499E-01	5.007E-02	-	-
Pt-192	781920	-	8.429E-01	1.571E-01	-	-
Pt-194	781940	-	9.250E-01	7.500E-02	-	-
Pt-196	781960	-	9.324E-01	6.760E-02	-	-
Pt-198	781980	-	9.927E-01	7.300E-03	-	-
Hg-196	801960	8025	8.752E-01	1.248E-01	-	-
Hg-198	801980	8031	9.905E-01	9.503E-03	-	-
Bi-209	832090	8325	5.759E-01	4.241E-01	-	-
Po-210	842100	-	9.836E-01	1.640E-02	-	-
Pa-233	912330	9137	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Np-235	932350	9340	1.031E-01	8.969E-01	-	-
Np-237	932370	9346	-	-	2.585E-01	7.415E-01
Np-239	932390	9352	9.675E-01	3.252E-02	-	-
Am-241*	952410	9543	8.500E-01	1.500E-01	-	-
Am-243	952430	9549	5.000E-02	9.500E-01	-	-
Es-253	992530	-	5.900E-01	4.100E-01	-	-

* 例外として、Am-241(n,γ) 反応については、基底状態が³0.85、励起状態が³0.15 とした。

表 4.4 (n,γ) 反応及び (n,2n) 反応の核異性体比 (1/2)
- 径方向ブランケット部† -

核種	ORIGEN2 ID 番号	JENDL-3.3 MAT 番号	(n,γ) 反応断面積の核異性体比		(n,2n) 反応断面積の核異性体比	
			基底状態	励起状態	基底状態	励起状態
Na-23	110230	1125	8.030E-01	1.970E-01	-	-
Cl-37	170370	1731	9.871E-01	1.290E-02	-	-
Sc-45	210450	2125	6.378E-01	3.622E-01	-	-
Co-59	270590	2725	6.442E-01	3.558E-01	-	-
Zn-68	300680	-	9.328E-01	6.722E-02	-	-
Zn-70	300700	-	9.051E-01	9.489E-02	-	-
Ga-71	310710	3131	9.691E-01	3.089E-02	-	-
Ge-70	320700	3225	9.184E-01	8.159E-02	-	-
Ge-74	320740	3237	9.895E-01	1.046E-02	-	-
Ge-76	320760	3243	9.166E-01	8.339E-02	-	-
Se-76	340760	3431	9.068E-01	9.321E-02	-	-
Se-78	340780	3437	9.177E-01	8.225E-02	-	-
Se-80	340800	3443	9.925E-01	7.544E-03	-	-
Se-82	340820	3449	9.994E-01	6.253E-04	-	-
Br-79	350790	3525	9.296E-01	7.037E-02	-	-
Br-81	350810	3531	8.337E-01	1.663E-01	-	-
Kr-78	360780	3625	9.554E-01	4.460E-02	-	-
Kr-80	360800	3631	8.892E-01	1.108E-01	-	-
Kr-82	360820	3637	5.843E-01	4.157E-01	-	-
Kr-84	360840	3643	9.552E-01	4.477E-02	-	-
Rb-85	370850	3725	9.936E-01	6.432E-03	-	-
Sr-84	380840	-	3.211E-01	6.789E-01	-	-
Sr-86	380860	3831	9.250E-01	7.497E-02	-	-
Y-89	390890	3925	9.999E-01	6.511E-05	-	-
Y-90	390900	-	9.907E-01	9.270E-03	-	-
Nb-93	410930	4125	9.962E-01	3.753E-03	-	-
Mo-92	420920	4225	9.948E-01	5.164E-03	-	-
Rh-103	451030	4525	8.370E-01	1.630E-01	-	-
Rh-105	451050	4531	7.490E-02	9.251E-01	-	-
Pd-106	461060	4637	9.975E-01	2.487E-03	-	-
Pd-108	461080	4643	9.742E-01	2.580E-02	-	-
Pd-110	461100	4649	9.844E-01	1.561E-02	-	-
Ag-107	471070	4725	9.822E-01	1.776E-02	-	-
Ag-109	471090	4731	8.365E-01	1.635E-01	-	-
Ag-110m	471101	4735	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Cd-110	481100	4837	9.978E-01	2.201E-03	-	-
Cd-112	481120	4843	9.112E-01	8.880E-02	-	-
Cd-114	481140	4849	9.879E-01	1.207E-02	-	-
Cd-116	481160	4855	9.988E-01	1.243E-03	-	-
Cd-118	481180	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-113	491130	4925	6.428E-01	3.572E-01	-	-
In-115	491150	4931	9.899E-02	9.010E-01	-	-
In-117	491170	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-117m	491171	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
In-119	491190	-	4.000E-01	6.000E-01	-	-
In-119m	491191	-	4.000E-01	6.000E-01	-	-
Sn-112	501120	5025	6.956E-01	3.044E-01	-	-
Sn-116	501160	5037	7.810E-01	2.190E-01	-	-
Sn-118	501180	5043	9.057E-01	9.433E-02	-	-
Sn-120	501200	5049	9.996E-01	4.221E-04	-	-
Sn-122	501220	5055	9.997E-01	2.836E-04	-	-
Sn-124	501240	5061	7.438E-01	2.562E-01	-	-
Sn-126	501260	5067	9.812E-01	1.882E-02	-	-
Sb-121	511210	5125	9.937E-01	6.276E-03	-	-
Sb-123	511230	5131	9.979E-01	2.100E-03	-	-
Sb-125	511250	5137	9.983E-01	1.727E-03	-	-
Te-120	521200	5225	8.547E-01	1.453E-01	-	-
Te-122	521220	5231	8.849E-01	1.151E-01	-	-

† オリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリより、高速炉の炉心部用「LMFBR : Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」、NLIB(5)=317、NLIB(5)=318、NLIB(5)=319

表 4.4 (続き) - 径方向ブランケット部 - (2/2)

核種	ORIGEN2 ID 番号	JENDL-3.3 MAT 番号	(n, γ) 反応断面積の核異性体比		(n,2n) 反応断面積の核異性体比	
			基底状態	励起状態	基底状態	励起状態
Te-124	521240	5237	9.997E-01	3.226E-04	-	-
Te-126	521260	5243	9.815E-01	1.845E-02	-	-
Te-128	521280	5249	9.979E-01	2.097E-03	-	-
Te-130	521300	5255	9.949E-01	5.136E-03	-	-
I-129	531290	5331	9.081E-01	9.185E-02	-	-
Xe-124	541240	5425	8.281E-01	1.719E-01	-	-
Xe-126	541260	5431	9.350E-01	6.500E-02	-	-
Xe-128	541280	5437	9.926E-01	7.431E-03	-	-
Xe-130	541300	5443	9.834E-01	1.659E-02	-	-
Xe-132	541320	5449	9.986E-01	1.445E-03	-	-
Xe-134	541340	5455	9.998E-01	2.300E-04	-	-
Cs-133	551330	5525	9.006E-01	9.936E-02	-	-
Cs-134	551340	5528	9.201E-01	7.990E-02	-	-
Cs-134m	551341	-	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Ba-130	561300	5625	8.148E-01	1.852E-01	-	-
Ba-132	561320	5631	9.259E-01	7.409E-02	-	-
Ba-134	561340	5637	9.759E-01	2.414E-02	-	-
Ba-135	561350	5640	9.991E-01	9.172E-04	-	-
Ba-136	561360	5643	9.988E-01	1.153E-03	-	-
Ce-136	581360	-	8.690E-01	1.310E-01	-	-
Ce-138	581380	-	9.865E-01	1.350E-02	-	-
Pr-141	591410	5925	9.683E-01	3.166E-02	-	-
Pm-147	611470	6149	4.791E-01	5.209E-01	-	-
Eu-151	631510	6325	6.822E-01	3.178E-01	-	-
Gd-154	641540	6431	9.998E-01	1.865E-04	-	-
Dy-164	661640	-	3.931E-01	6.069E-01	-	-
Ho-165	671650	-	9.690E-01	3.102E-02	-	-
Er-166	681660	6837	8.790E-01	1.210E-01	-	-
Tm-169	691690	-	9.336E-01	6.639E-02	-	-
Yb-174	701740	-	2.924E-01	7.076E-01	-	-
Lu-175	711750	-	2.991E-01	7.009E-01	-	-
Lu-176	711760	-	9.967E-01	3.301E-03	-	-
Hf-177	721770	7234	9.970E-01	3.000E-03	-	-
Hf-178	721780	7237	3.837E-01	6.163E-01	-	-
Hf-179	721790	7240	9.924E-01	7.604E-03	-	-
Ta-181	731810	7328	9.995E-01	4.900E-04	-	-
W-182	741820	7431	9.996E-01	3.787E-04	-	-
W-184	741840	7437	9.989E-01	1.100E-03	-	-
Re-187	751870	-	2.140E-02	9.786E-01	-	-
Os-190	761900	-	3.000E-01	7.000E-01	-	-
Os-192	761920	-	9.926E-01	7.406E-03	-	-
Ir-191	771910	-	9.996E-01	4.099E-04	-	-
Ir-193	771930	-	9.499E-01	5.009E-02	-	-
Pt-192	781920	-	8.429E-01	1.571E-01	-	-
Pt-194	781940	-	9.250E-01	7.500E-02	-	-
Pt-196	781960	-	9.324E-01	6.762E-02	-	-
Pt-198	781980	-	9.927E-01	7.301E-03	-	-
Hg-196	801960	8025	8.752E-01	1.248E-01	-	-
Hg-198	801980	8031	9.905E-01	9.500E-03	-	-
Bi-209	832090	8325	5.759E-01	4.241E-01	-	-
Po-210	842100	-	9.836E-01	1.640E-02	-	-
Pa-233	912330	9137	5.000E-01	5.000E-01	-	-
Np-235	932350	9340	1.032E-01	8.968E-01	-	-
Np-237	932370	9346	-	-	2.585E-01	7.415E-01
Np-239	932390	9352	9.675E-01	3.253E-02	-	-
Am-241*	952410	9543	8.500E-01	1.500E-01	-	-
Am-243	952430	9549	5.001E-02	9.500E-01	-	-
Es-253	992530	-	5.899E-01	4.101E-01	-	-

* 例外として、Am-241(n, γ) 反応については、基底状態が0.85、励起状態が0.15とした。

4.2 作成対象炉心

断面積ライブラリの作成対象炉心は、ORLIBJ32 と同様、以下に示す 8 炉心である。

- ① 高速実験炉「常陽」MK-I
- ② 原型炉「もんじゅ」
- ③ 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心（軽水炉取出し Pu 組成）
- ④ 60 万 kWe 級金属燃料炉心
- ⑤ 60 万 kWe 級窒化物燃料炉心
- ⑥ 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心（高速炉リサイクル Pu 組成）
- ⑦ 130 万 kWe 級酸化物燃料炉心
- ⑧ Pu バーナー炉心

これらは、(1) 炉心規模、(2) 炉心燃料、(3) Pu 組成の 3 つのパラメータを基準に選択したものである。(1) 炉心規模では、小型炉に高速実験炉「常陽」MK-I、原型炉に「もんじゅ」、実証炉に 60 万 kWe 級炉心、商業炉に 130 万 kWe 級炉心を選定した。(2) 炉心燃料では、60 万 kWe 級酸化物燃料炉心（軽水炉取出し Pu 組成）²⁰⁾ を基準炉心に、金属、窒化物の 3 炉心を、同様に (3) Pu 組成では、基準炉心から Pu 組成を高速炉リサイクル組成にかえた炉心を選定した。そして、これらに Pu バーナー炉心を加えた。対象炉心の主な炉心仕様を以下に示す。なお、炉心仕様の詳細を表 4.5 に、炉心構成図を図 4.2～図 4.6 に、断面積の縮約に使用した中性子スペクトルを表 4.6～表 4.13 に、対象炉心間の炉心部の中性子スペクトルの比較を図 4.7～図 4.10 に示す。

① 高速実験炉「常陽」MK-I（初臨界炉心の仕様、増殖炉心）

出力	50 MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	17.7 wt% (U 濃縮度 約 23 wt%)
Pu 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = -/76.6/19.0/3.7/0.7 \text{ wt}\%$
燃焼度	2.5 万 MWD/t
炉心高さ	60 cm
炉心等価直径	約 0.7 m

② 原型炉「もんじゅ」（初臨界炉心の仕様）

出力	714 MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	内側炉心/外側炉心 = 20.0/27.6 wt%
Pu 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = -/58/24/14/4 \text{ wt}\%$
燃焼度	約 8 万 MWD/t
炉心高さ	93 cm

炉心等価直径 約 1.8 m

③ 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心（軽水炉取出し Pu 組成）

出力 1600 MWt
 燃料組成 MOX 燃料
 Pu 富化度 内側炉心/外側炉心 = 17.1/20.9 wt%
 Pu 同位体組成比 $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7$ wt%
 燃焼度 約 9 万 MWD/t
 炉心高さ 100 cm
 炉心等価直径 約 2.75 m

平成 3 年度に動燃で設計研究された増殖炉心。軽水炉取出し Pu 組成は、燃焼度 約 5 万 MWD/t の軽水炉からの取出 Pu を 5 年間冷却した組成。

④ 60 万 kWe 級金属燃料炉心

出力 1600 MWt
 燃料組成 金属燃料
 Pu 富化度 内側炉心/外側炉心 = 13.7/17.2 wt%
 Pu 同位体組成比 $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7$ wt%
 燃焼度 約 9 万 MWD/t
 炉心高さ 75 cm
 炉心等価直径 約 2.75 m

60 万 kWe 級酸化物燃料炉心の仕様をベースに作成。スミア密度 75%、Na ボンド、炉心高さを 75 cm と酸化物燃料炉心よりも低くし、燃焼度を酸化物燃料炉心と同じくするため燃焼日数で調整している。

⑤ 60 万 kWe 級窒化物燃料炉心

出力 1600MWt
 燃料組成 窒化物燃料
 Pu 富化度 内側炉心/外側炉心 = 15.4/18.7 wt%
 Pu 同位体組成比 $^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7$ wt%
 燃焼度 約 9 万 MWD/t
 炉心高さ 60 cm
 炉心等価直径 約 2.75 m

金属燃料炉心と同様に、60 万 kWe 級酸化物燃料炉心の仕様をベースに作成しており、炉心高さを 60 cm とさらに酸化物燃料炉心よりも低くし、燃焼度を酸化物燃料炉心と同じくするため燃焼日数で調整している。

⑥ 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心（高速炉リサイクル Pu 組成）

出力	1600 MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	内側炉心/外側炉心 = 20.2/24.5 wt%
Pu 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 1.59/48.11/24.46/6.53/19.31 \text{ wt\%}$
燃焼度	約 9 万 MWD/t
炉心高さ	100 cm
炉心等価直径	約 2.75 m

60 万 kWe 級酸化物燃料炉心の仕様をベースに作成。Pu 同位体組成比は、60 万 kWe 級酸化物燃料炉心の取出 Pu 組成比を使用した。

⑦ 130 万 kWe 級酸化物燃料炉心

出力	3200 MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	内側炉心/外側炉心 = 18.4/21.0 wt%
Pu 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7 \text{ wt\%}$
燃焼度	約 15 万 MWD/t
炉心高さ	100 cm
炉心等価直径	約 4 m

60 万 kWe 級酸化物燃料炉心を基本コンセプトとした大型炉心。

⑧ Pu バーナー炉心

出力	2080 MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	内側炉心/外側炉心 = 28.4/31.47 wt%
Pu 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu}/^{241}\text{Am} = 1.80/58.20/22.30/11.10/5.50/1.10 \text{ wt\%}$
燃焼度	約 9 万 MWD/t
炉心高さ	60 cm
炉心等価直径	約 5.2 m

燃料体積比を通常の炉心よりも小さくし、且つ、炉心を扁平化することで中性子漏洩を増大させて、Pu 燃焼を狙った高 Pu 富化度炉心としている。

以上の各対象炉心ごとに作成した ORIGEN2 断面積ライブラリの一覧を表 4.14 に示す。

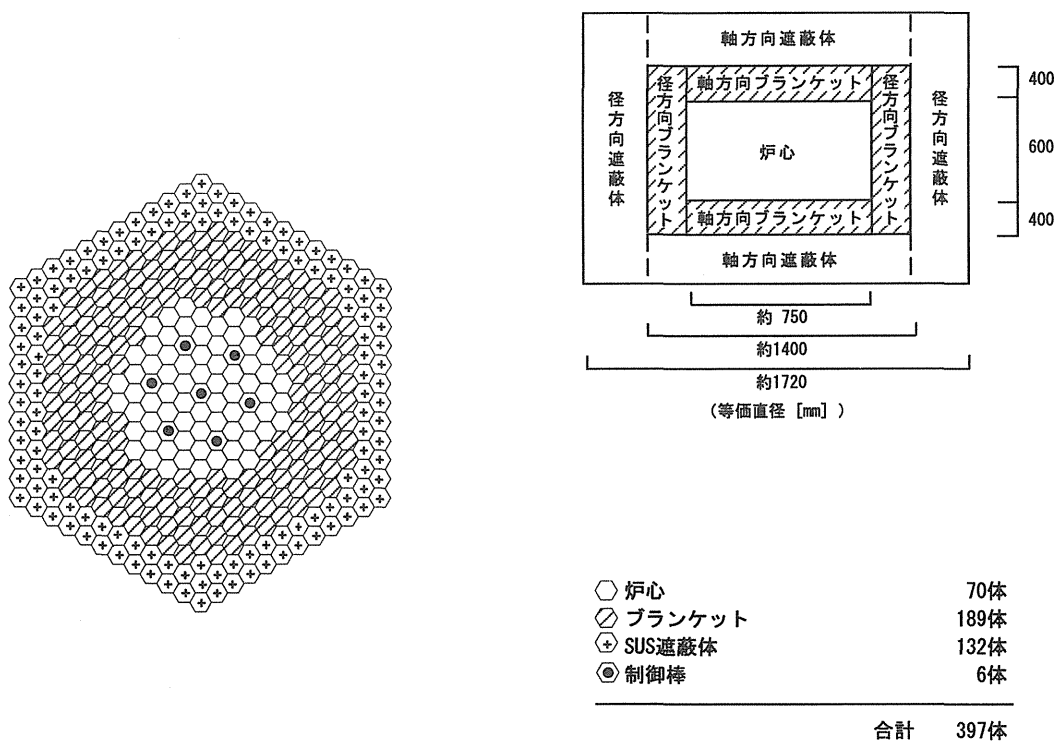


図 4.2 常陽 MK-I 炉心構成図

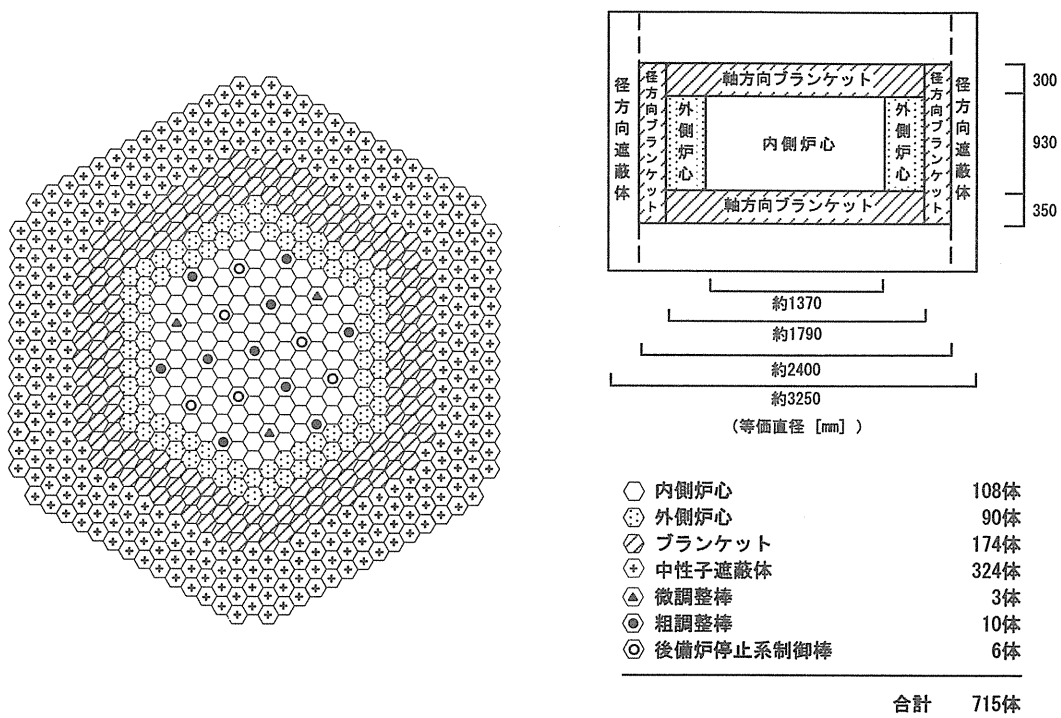


図 4.3 もんじゅ 炉心構成図

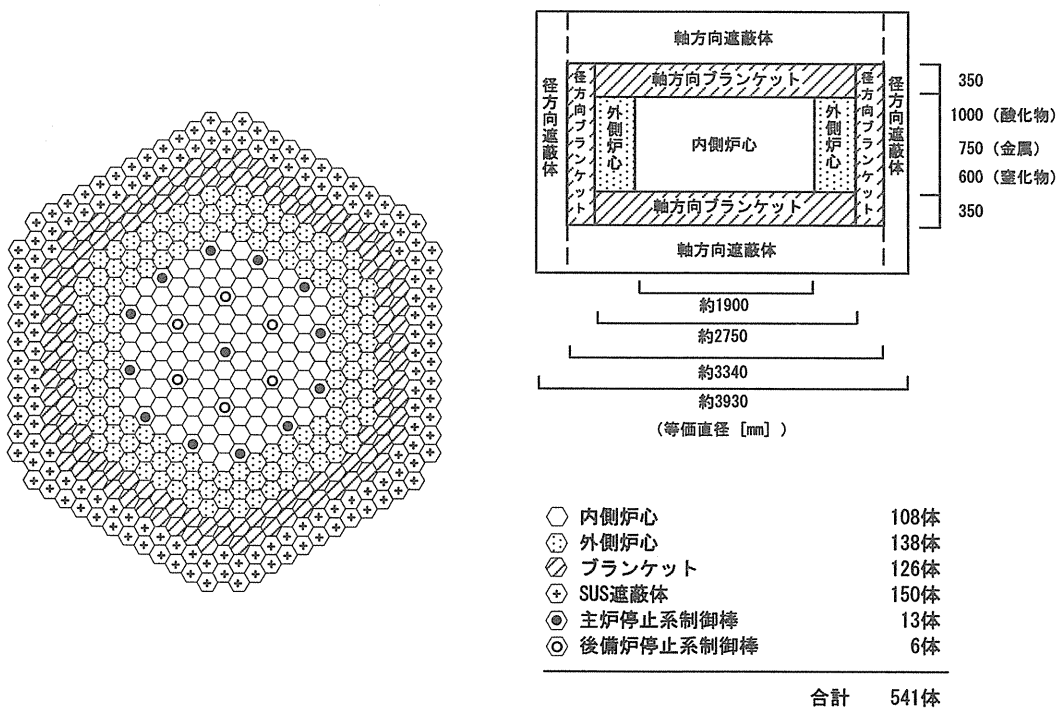


図 4.4 60 万 kW 級炉心構成図

(酸化物燃料、(軽水炉取出し Pu 及び高速炉リサイクル Pu)、金属燃料、窒化物燃料)

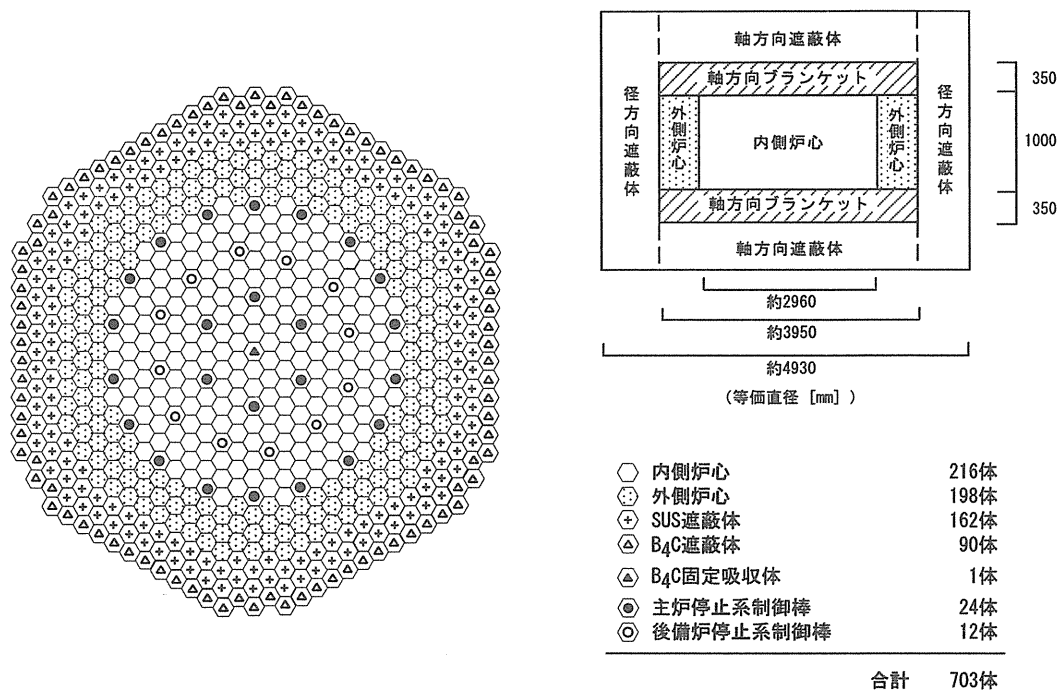


図 4.5 130 万 kWe 級 炉心構成図

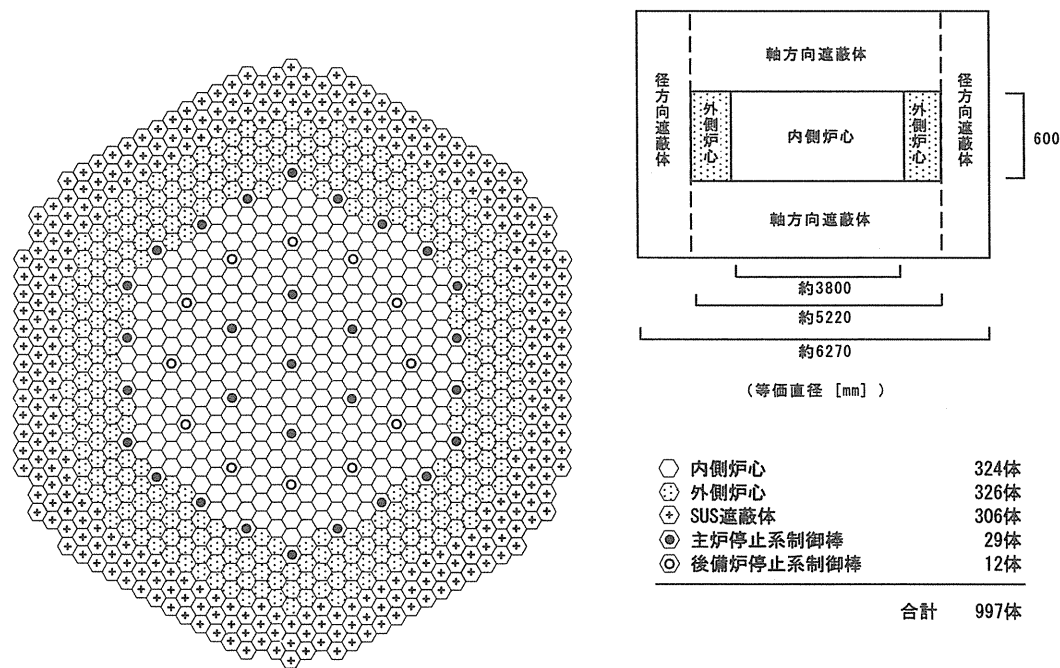


図 4.6 Pu バーナー 炉心構成図

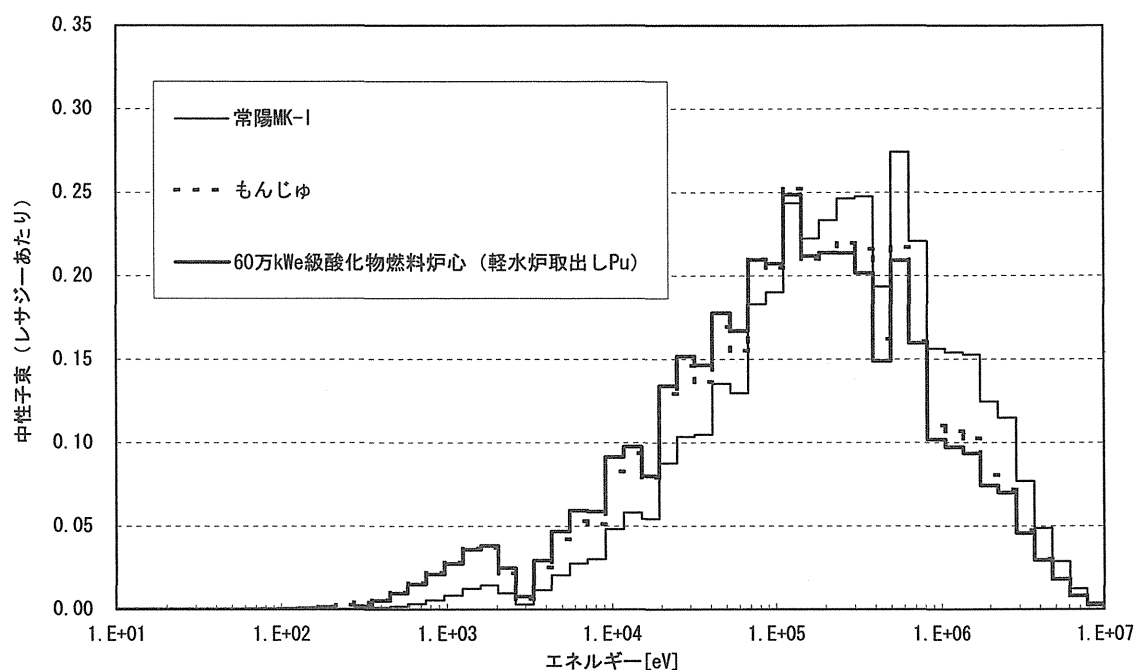


図 4.7 ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較
(常陽 MK-I、もんじゅ、60 万 kWe 級酸化燃料炉心)

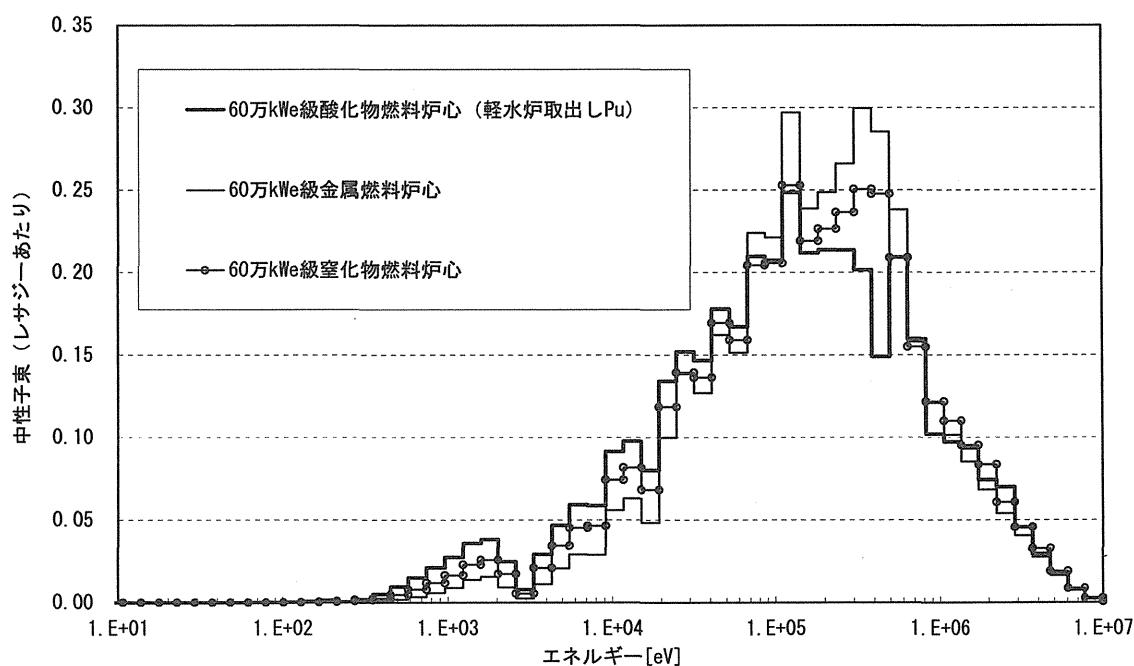


図 4.8 ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較
(60 万 kWe 級炉心：酸化燃料、金属燃料、窒化物燃料)

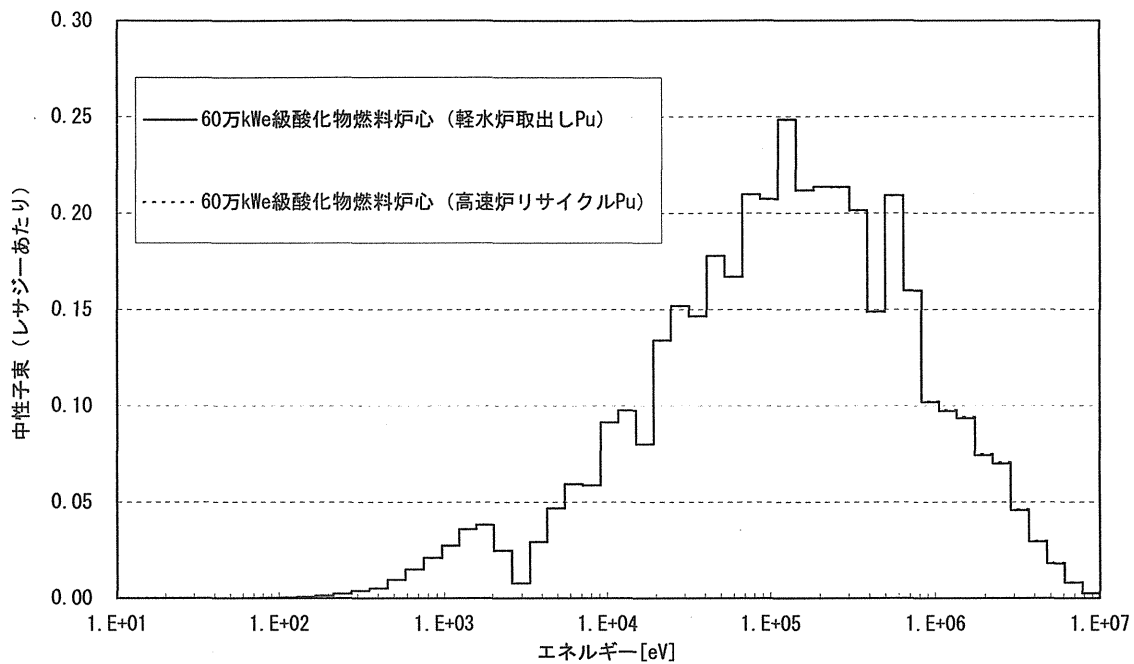


図 4.9 ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較
(60 万 kWe 級炉心：軽水炉取出し Pu、高速炉リサイクル Pu)

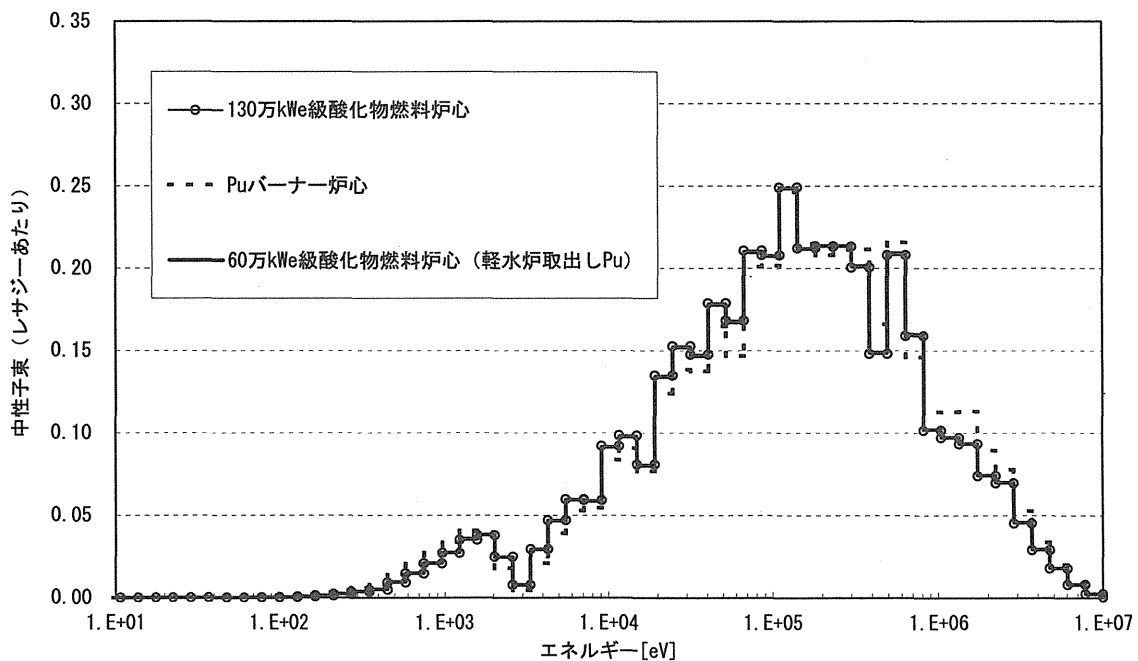


図 4.10 ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較
(130 万 kWe 級炉心、Pu バーナー炉心、60 万 kWe 級酸化燃料炉心)

表 4.5 断面積ライブラリ作成対象炉心の炉心仕様

仕様	単位	常陽 MK-I	もんじゅ	60万kW級 酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu)	60万kW級 酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクル Pu)	60万kW級 金属燃料炉心	130万kW級 窒化物燃料炉心	酸化物燃料炉心	Puバーナー炉心
炉出力	MWt	50	714	1600	1600	1600	1600	3200	2080
運転日数/サイクル	日	-	148	375	375	395	338	396	182.5
パッチ数		-	5	3	3	3	3	5	6
炉心領域数		2	2	2	2	2	2	2	2
内側炉心	体	70	108	108	108	108	108	216	324
外側炉心	体	-	90	138	138	138	138	198	326
径ブランクセット	体	189	174	126	126	126	126	0	0
制御棒	体	6	19	19	19	19	19	37	41
遮蔽体	体	132	324	150	150	150	150	252	306
炉心高さ	cm	60	93	100	100	75	60	100	60
炉心等価直径	mm	約 750	約 1800	約 2750	約 2750	約 2750	約 2750	約 3950	約 5220
集合体配列ピッチ	mm	82.06	115.6	160.7	160.7	160.7	160.7	176.9	189.17
燃料集合体									
燃料体積比	%	36.2	33.5	38.2	38.2	38.2	38.2	38.4	21.10
ギャップ体積比	%	-	2.0	5.1	5.1	5.1	5.1	6.3	7.03
構造材体積比	%	20.9	24.5	22.4	22.4	22.4	22.4	21.9	14.58
冷却材体積比	%	40.1	40.0	34.3	34.3	34.3	34.3	33.4	57.29
炉心燃料		MOX	MOX	MOX	MOX	金属燃料	窒化物燃料	MOX	MOX
Pu 富化度									
内側炉心/外側炉心	w/o	17.7	16/21	17.1/20.9	20.2/24.5	13.7/17.2	15.4/18.7	18.4/21.0	28.4/31.5
Pu 同位体組成比									
Pu-238	w/o	0.0	0	3	1.6	3	3	3	1.8
Pu-239	w/o	76.6	58	53	48.1	53	53	53	58.2
Pu-240	w/o	19.0	24	25	24.5	25	25	25	22.3
Pu-241	w/o	3.7	14	12	6.5	12	12	12	11.1
Pu-242	w/o	0.7	4	7	19.3	7	7	7	5.5
Am-241	w/o	0.0	0	0	0	0	0	0	1.1
U 同位体組成比									
U235/U238	w/o	23/77	0.3/99.7	0.3/99.7	0.3/99.7	0.3/99.7	0.3/99.7	0.3/99.7	0.3/99.7
燃料集合体									
炉心燃料ペレット									
外径	mm	5.4	5.4	7.36	7.36	7.36	7.36	7.36	5.83
スミヤ密度	%TD	93.5	85	96	96	96	96	95	75
O/M 比		1.98	1.97	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	-
被覆管									
外径	mm	6.3	6.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	7.5
内径	mm	5.6	5.56	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	6.4
燃料要素数	本	91	169	217	217	217	217	271	271
ピンピッチ	mm	7.6	7.87	9.85	9.85	9.85	9.85	9.8	-
スベアワイヤ径	mm	1.2	1.32	1.3	1.3	1.3	1.3	1.25	-
ワイヤ巻き付けピッチ	mm	266	307	200	200	200	200	200	-

表 4.6 断面積の縮約に用いた 73 群中性子スペクトル

- 常陽 MK-I -

Energy Group	Energy [eV]			Energy Group	規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)			Energy Group	Energy [eV]			規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)		
	Upper	Lower	炉心部		軸方向	径方向	ブランケット		Upper	Lower	炉心部	軸方向	径方向	ブランケット
1	2.000E+07	1.6487E+07	9.20598E-07	38	2.0347E+03	1.5846E+03	3.61347E-03	38	2.0347E+03	1.5846E+03	3.61347E-03	1.4502E-02	1.00921E-02	1.00921E-02
2	1.6487E+07	1.2840E+07	2.20756E-05	39	1.5846E+03	1.2341E+03	3.10289E-03	39	1.5846E+03	1.2341E+03	3.10289E-03	1.14021E-02	9.56540E-03	9.56540E-03
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.84646E-04	40	1.2341E+03	9.6112E+02	2.09127E-03	40	1.2341E+03	9.6112E+02	2.09127E-03	9.41570E-03	7.73280E-03	7.73280E-03
4	1.0000E+07	7.7880E+06	9.39385E-04	41	9.6112E+02	7.4852E+02	1.34824E-03	41	9.6112E+02	7.4852E+02	1.34824E-03	7.68583E-03	6.28336E-03	6.28336E-03
5	7.7880E+06	6.0653E+06	3.10904E-03	42	7.4852E+02	5.8295E+02	7.98133E-04	42	7.4852E+02	5.8295E+02	7.98133E-04	5.83699E-03	4.79471E-03	4.79471E-03
6	6.0653E+06	4.7237E+06	7.18435E-03	43	5.8295E+02	4.5400E+02	4.18579E-04	43	5.8295E+02	4.5400E+02	4.18579E-04	4.62485E-03	3.81548E-03	3.81548E-03
7	4.7237E+06	3.6788E+06	1.21846E-02	44	4.5400E+02	3.5358E+02	2.42266E-04	44	4.5400E+02	3.5358E+02	2.42266E-04	3.41414E-03	2.86459E-03	2.86459E-03
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.92342E-02	45	3.5358E+02	2.7536E+02	1.28945E-04	45	3.5358E+02	2.7536E+02	1.28945E-04	2.77647E-03	2.36464E-03	2.36464E-03
9	2.8650E+06	2.2313E+06	2.87387E-02	46	2.7536E+02	2.1445E+02	5.76644E-05	46	2.7536E+02	2.1445E+02	5.76644E-05	2.08040E-03	1.79324E-03	1.79324E-03
10	2.2313E+06	1.7377E+06	3.11459E-02	47	2.1445E+02	1.6702E+02	1.67925E-02	47	2.1445E+02	1.6702E+02	1.67925E-02	1.60795E-03	1.40397E-03	1.40397E-03
11	1.7377E+06	1.3534E+06	3.81630E-02	48	1.6702E+02	1.3007E+02	1.40551E-05	48	1.6702E+02	1.3007E+02	1.40551E-05	1.04552E-03	9.42230E-04	9.42230E-04
12	1.3534E+06	1.0540E+06	3.85305E-02	49	1.3007E+02	1.0130E+02	6.51194E-06	49	1.3007E+02	1.0130E+02	6.51194E-06	6.59286E-04	6.02532E-04	6.02532E-04
13	1.0540E+06	8.2085E+05	3.90697E-02	50	1.0130E+02	7.8893E+01	4.14567E-06	50	1.0130E+02	7.8893E+01	4.14567E-06	5.82387E-04	5.39354E-04	5.39354E-04
14	8.2085E+05	6.3928E+05	5.51898E-02	51	7.8893E+01	6.1442E+01	2.01848E-06	51	7.8893E+01	6.1442E+01	2.01848E-06	3.78447E-04	3.59368E-04	3.59368E-04
15	6.3928E+05	4.9787E+05	6.85304E-02	52	6.1442E+01	4.7851E+01	7.78030E-07	52	6.1442E+01	4.7851E+01	7.78030E-07	2.81785E-04	2.79987E-04	2.79987E-04
16	4.9787E+05	3.8774E+05	4.83647E-02	53	4.7851E+01	3.7267E+01	3.54813E-07	53	4.7851E+01	3.7267E+01	3.54813E-07	1.51785E-04	1.54528E-04	1.54528E-04
17	3.8774E+05	3.0197E+05	6.18660E-02	54	3.7267E+01	2.9023E+01	2.13190E-07	54	3.7267E+01	2.9023E+01	2.13190E-07	6.28178E-05	6.11795E-05	6.11795E-05
18	3.0197E+05	2.3518E+05	6.15672E-02	55	2.9023E+01	2.2603E+01	1.62239E-07	55	2.9023E+01	2.2603E+01	1.62239E-07	4.40323E-05	4.48527E-05	4.48527E-05
19	2.3518E+05	1.8316E+05	5.82984E-02	56	2.2603E+01	1.7603E+01	4.31172E-08	56	2.2603E+01	1.7603E+01	4.31172E-08	1.44183E-05	1.44353E-05	1.44353E-05
20	1.8316E+05	1.4264E+05	5.56033E-02	57	1.7603E+01	1.3710E+01	2.33342E-08	57	1.7603E+01	1.3710E+01	2.33342E-08	1.09141E-05	1.21180E-05	1.21180E-05
21	1.4264E+05	1.1109E+05	6.08937E-02	58	1.3710E+01	1.0677E+01	1.12262E-08	58	1.3710E+01	1.0677E+01	1.12262E-08	8.44568E-06	1.01969E-05	1.01969E-05
22	1.1109E+05	8.6517E+04	4.75525E-02	59	1.0677E+01	8.3153E+00	9.25740E-09	59	1.0677E+01	8.3153E+00	9.25740E-09	4.75378E-06	6.08723E-06	6.08723E-06
23	8.6517E+04	6.7379E+04	4.57509E-02	60	8.3153E+00	6.4760E+00	4.13398E-09	60	8.3153E+00	6.4760E+00	4.13398E-09	2.15183E-06	2.85690E-06	2.85690E-06
24	6.7379E+04	5.2475E+04	3.24496E-02	61	6.4760E+00	5.0435E+00	1.95042E-09	61	6.4760E+00	5.0435E+00	1.95042E-09	4.92055E-07	6.79230E-07	6.79230E-07
25	5.2475E+04	4.0868E+04	3.38416E-02	62	5.0435E+00	3.9279E+00	3.03405E-09	62	5.0435E+00	3.9279E+00	3.03405E-09	4.45527E-07	6.63905E-07	6.63905E-07
26	4.0868E+04	3.1828E+04	2.62229E-02	63	3.9279E+00	3.0590E+00	2.38288E-09	63	3.9279E+00	3.0590E+00	2.38288E-09	3.58678E-07	5.73648E-07	5.73648E-07
27	3.1828E+04	2.4788E+04	2.58944E-02	64	3.0590E+00	2.3824E+00	2.22735E-09	64	3.0590E+00	2.3824E+00	2.22735E-09	3.25292E-07	5.53466E-07	5.53466E-07
28	2.4788E+04	1.9305E+04	2.19111E-02	65	2.3824E+00	1.8554E+00	2.08031E-09	65	2.3824E+00	1.8554E+00	2.08031E-09	2.95838E-07	5.33255E-07	5.33255E-07
29	1.9305E+04	1.5034E+04	1.35803E-02	66	1.8554E+00	1.4450E+00	1.67433E-09	66	1.8554E+00	1.4450E+00	1.67433E-09	2.78572E-07	5.29570E-07	5.29570E-07
30	1.5034E+04	1.1709E+04	1.45278E-02	67	1.4450E+00	1.1254E+00	4.61263E-10	67	1.4450E+00	1.1254E+00	4.61263E-10	3.17437E-07	6.32381E-07	6.32381E-07
31	1.1709E+04	9.1188E+03	1.20433E-02	68	1.1254E+00	8.7642E-01	2.16946E-11	68	1.1254E+00	8.7642E-01	2.16946E-11	2.00559E-07	4.43977E-07	4.43977E-07
32	9.1188E+03	7.1017E+03	7.53121E-03	69	8.7642E-01	6.8256E-01	5.68130E-11	69	8.7642E-01	6.8256E-01	5.68130E-11	1.22869E-07	2.71615E-07	2.71615E-07
33	7.1017E+03	5.5308E+03	6.86387E-03	70	6.8256E-01	5.3158E-01	5.89207E-11	70	6.8256E-01	5.3158E-01	5.89207E-11	1.12558E-07	2.49512E-07	2.49512E-07
34	5.5308E+03	4.3074E+03	5.11762E-03	71	5.3158E-01	4.1399E-01	2.91317E-11	71	5.3158E-01	4.1399E-01	2.91317E-11	9.41407E-08	2.12437E-07	2.12437E-07
35	4.3074E+03	3.3546E+03	2.87945E-03	72	4.1399E-01	3.2242E-01	8.37649E-12	72	4.1399E-01	3.2242E-01	8.37649E-12	6.83618E-08	1.60111E-07	1.60111E-07
36	3.3546E+03	2.6126E+03	7.24105E-04	73	3.2242E-01	1.0000E-05	1.35051E-11	73	3.2242E-01	1.0000E-05	1.35051E-11	1.07233E-07	2.54880E-07	2.54880E-07
37	2.6126E+03	2.0347E+03	2.42886E-03				6.82872E-03							

表 4.7 断面積の縮約に用いた73群中性子スペクトル

- めんじゅ -

Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)				Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)			
	Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	燃料棒心	ブランケット		Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	燃料棒心	ブランケット
1	2.000E+07	1.6487E+07	6.2847E-07	7.3287E-07	2.6305E-07	2.7995E-07	38	2.0347E+03	1.5846E+03	9.2369E-03	8.3485E-03	1.6802E-02	1.6255E-02
2	1.6487E+07	1.2840E+07	1.3070E-07	1.7574E-07	6.3079E-06	6.7132E-06	39	1.3846E+03	1.2341E+03	9.1017E-03	7.6912E-03	1.7622E-02	1.6353E-02
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.2605E-07	1.4699E-07	5.2760E-05	5.6150E-05	40	1.2341E+03	9.6112E+02	7.0383E-03	5.6610E-03	1.4744E-02	1.3467E-02
4	1.0000E+07	7.7880E+06	6.4131E-07	7.4783E-07	2.6842E-04	2.8568E-04	41	9.6112E+02	7.4852E+02	5.4964E-03	4.2991E-03	1.2947E-02	1.1620E-02
5	7.7880E+06	6.0653E+06	2.0217E-07	2.3564E-07	8.7271E-04	9.4662E-04	42	7.4852E+02	5.8295E+02	3.9405E-03	3.0521E-03	1.0352E-02	9.2629E-03
6	6.0653E+06	4.7237E+06	4.5445E-07	5.2706E-07	1.9528E-03	2.1034E-03	43	5.8295E+02	4.5400E+02	2.5240E-03	1.8803E-03	8.4446E-03	7.6016E-03
7	4.7237E+06	3.6788E+06	7.5272E-07	8.7502E-07	3.0912E-03	3.2298E-03	44	4.5400E+02	3.3538E+02	1.3539E-03	1.0045E-03	5.2043E-03	4.8510E-03
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.1806E-07	1.3653E-07	4.9320E-03	5.0629E-03	45	3.3538E+02	2.7536E+02	1.0197E-03	7.2976E-04	4.5893E-03	4.1866E-03
9	2.8650E+06	2.2313E+06	1.7917E-07	2.0372E-07	8.2590E-03	8.6363E-03	46	2.7536E+02	2.1445E+02	6.3258E-04	4.4963E-04	3.8474E-03	3.4744E-03
10	2.2313E+06	1.7377E+06	2.0133E-07	2.2431E-07	9.2360E-03	8.9528E-03	47	2.1445E+02	1.6702E+02	3.8267E-04	2.8033E-04	3.4132E-03	3.1273E-03
11	1.7377E+06	1.3544E+06	2.5617E-07	2.7960E-07	1.2700E-03	1.2097E-03	48	1.6702E+02	1.3007E+02	1.8652E-04	1.4333E-04	2.2395E-03	2.1490E-03
12	1.3544E+06	1.0540E+06	2.6699E-07	2.9125E-07	1.3631E-02	1.2854E-02	49	1.3007E+02	1.0130E+02	8.7696E-05	7.0611E-05	1.4109E-03	1.3830E-03
13	1.0540E+06	8.2085E+05	2.7570E-07	3.0037E-07	1.4768E-02	1.4145E-02	50	1.0130E+02	7.8893E+01	5.3197E-05	4.5669E-05	1.2992E-03	1.2968E-03
14	8.2085E+05	6.3928E+05	4.0133E-07	4.4229E-07	2.4782E-02	2.3929E-02	51	7.8893E+01	6.1442E+01	2.1017E-05	1.9924E-05	8.4402E-04	9.0485E-04
15	6.3928E+05	4.9787E+05	5.4268E-07	5.6350E-07	3.7832E-02	3.6067E-02	52	6.1442E+01	4.7851E+01	9.0744E-06	1.0180E-05	6.0183E-04	7.1897E-04
16	4.9787E+05	3.8774E+05	4.0527E-07	4.0847E-07	2.8064E-02	2.6384E-02	53	4.7851E+01	3.7267E+01	3.0290E-06	3.8786E-06	3.0778E-04	4.0139E-04
17	3.8774E+05	3.0197E+05	5.3982E-07	5.4696E-07	4.0483E-02	3.8463E-02	54	3.7267E+01	2.9023E+01	1.8564E-06	2.6701E-06	1.4020E-04	1.7815E-04
18	3.0197E+05	2.3518E+05	5.4868E-07	5.5279E-07	4.4089E-02	4.3562E-02	55	2.9023E+01	2.2603E+01	1.2467E-06	1.8685E-06	1.0892E-04	1.5797E-04
19	2.3518E+05	1.8316E+05	5.3429E-07	5.3976E-07	4.5329E-02	4.4553E-02	56	2.2603E+01	1.7603E+01	7.5849E-07	3.8153E-07	3.9225E-05	6.1900E-05
20	1.8316E+05	1.4264E+05	5.2531E-07	5.2054E-07	4.6608E-02	4.5167E-02	57	1.7603E+01	1.3710E+01	9.9585E-08	1.4254E-07	3.7952E-05	8.4831E-05
21	1.4264E+05	1.1109E+05	6.4033E-07	6.1867E-07	5.9680E-02	5.8135E-02	58	1.3710E+01	1.0677E+01	5.6089E-08	9.6449E-08	3.0019E-05	8.0594E-05
22	1.1109E+05	8.6517E+04	5.1204E-07	5.0065E-07	5.1280E-02	5.1282E-02	59	1.0677E+01	8.3153E+00	4.1669E-08	9.0261E-08	1.8376E-05	5.3055E-05
23	8.6517E+04	6.7379E+04	5.2452E-07	5.1048E-07	5.5471E-02	5.5057E-02	60	8.3153E+00	6.4760E+00	1.0413E-08	2.0369E-08	8.8610E-06	2.3138E-05
24	6.7379E+04	5.2475E+04	3.8797E-07	3.7861E-07	4.3117E-02	4.4647E-02	61	6.4760E+00	5.0455E+00	2.4665E-09	5.1369E-09	2.5345E-06	8.3943E-06
25	5.2475E+04	4.0868E+04	4.2343E-07	4.1161E-07	4.9265E-02	5.0041E-02	62	5.0455E+00	3.9279E+00	3.2030E-09	7.7667E-09	3.2801E-06	1.1395E-05
26	4.0868E+04	3.1828E+04	3.4128E-07	3.2832E-07	4.1286E-02	4.3245E-02	63	3.9279E+00	3.0590E+00	4.3890E-09	1.4081E-08	3.1715E-06	1.1482E-05
27	3.1828E+04	2.4788E+04	3.6537E-07	3.5092E-07	4.5838E-02	4.5962E-02	64	3.0590E+00	2.3824E+00	2.4164E-09	9.0699E-09	3.2187E-06	1.1971E-05
28	2.4788E+04	1.9305E+04	3.2356E-07	3.0886E-07	4.2543E-02	4.3215E-02	65	2.3824E+00	1.8554E+00	3.6284E-09	1.8274E-08	3.1050E-06	1.1808E-05
29	1.9305E+04	1.5034E+04	1.9808E-07	1.8754E-07	2.6865E-02	2.8891E-02	66	1.8554E+00	1.4450E+00	3.3405E-09	1.9324E-08	2.9777E-06	1.1553E-05
30	1.5034E+04	1.1709E+04	2.3423E-07	2.2125E-07	3.2630E-02	3.3504E-02	67	1.4450E+00	1.1254E+00	1.2041E-09	8.0293E-09	3.1981E-06	1.2866E-05
31	1.1709E+04	9.1188E+03	2.0676E-07	1.9480E-07	2.9925E-02	3.0469E-02	68	1.1254E+00	8.7642E-01	4.2120E-12	2.3293E-11	1.0201E-06	5.4100E-06
32	9.1188E+03	7.1017E+03	1.2763E-07	1.1946E-07	1.9112E-02	2.0515E-02	69	8.7642E-01	6.8256E-01	1.3783E-10	1.3200E-09	5.8516E-07	3.1477E-06
33	7.1017E+03	5.5308E+03	1.3218E-07	1.2376E-07	2.0397E-02	2.1093E-02	70	6.8256E-01	5.3158E-01	1.8274E-10	2.0190E-09	4.7380E-07	2.5579E-06
34	5.5308E+03	4.3074E+03	1.0520E-07	9.9026E-07	1.6907E-02	1.7506E-02	71	5.3158E-01	4.1399E-01	8.6799E-11	9.7344E-10	2.8783E-07	1.6186E-06
35	4.3074E+03	3.3546E+03	6.2299E-07	5.9831E-07	1.6570E-02	1.7241E-02	72	4.1399E-01	3.2242E-01	7.6520E-12	7.4816E-11	8.4465E-08	5.4012E-07
36	3.3546E+03	2.6126E+03	1.5768E-07	1.4958E-07	2.7018E-03	3.0349E-03	73	3.2242E-01	1.0000E-05	2.3518E-12	2.2117E-11	3.6106E-08	2.5852E-07
37	2.6126E+03	2.0347E+03	5.3975E-03	5.1604E-03	9.5197E-03	1.0134E-02							

表 4.8 断面積の縮約に用いた 73 群中性子スペクトル
- 60 万 kW_e 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu)

Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)				規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)			
	Upper	Lower	Inner Core	Outer Core	Blanket	Reflector	Inner Core	Outer Core	Blanket	Reflector
1	2.000E+07	1.6487E+07	6.21118E-07	6.92206E-07	2.71245E-07	2.86455E-07	9.55049E-03	8.57917E-03	1.69633E-02	1.61940E-02
2	1.6487E+07	1.2840E+07	1.48942E-05	1.65988E-05	6.50435E-06	6.86907E-06	8.95878E-03	7.84298E-03	1.73894E-02	1.57163E-02
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.24579E-04	1.38837E-04	5.74547E-05	5.74547E-05	9.6112E+02	5.81548E-03	1.44816E-02	1.27591E-02
4	1.0000E+07	7.7880E+06	6.33794E-04	7.06333E-04	2.76781E-04	2.92301E-04	9.6112E+02	4.36720E-03	1.25905E-02	1.07971E-02
5	7.7880E+06	6.0653E+06	2.02805E-03	2.25516E-03	9.16123E-04	9.83251E-04	7.4852E+02	3.05638E-03	9.98620E-03	8.44761E-03
6	6.0653E+06	4.7237E+06	4.52591E-03	5.02969E-03	2.03841E-03	2.17228E-03	5.8295E+02	1.89414E-03	8.08018E-03	6.79876E-03
7	4.7237E+06	3.6788E+06	7.35285E-03	8.19165E-03	3.14264E-03	3.26054E-03	1.28379E-03	1.00325E-03	4.97436E-03	4.31549E-03
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.14177E-02	1.26963E-02	4.92525E-03	5.03153E-03	9.54478E-04	4.72537E-03	4.72537E-03	4.02503E-03
9	2.8650E+06	2.2313E+06	1.74982E-02	1.92696E-02	8.35359E-03	8.70280E-03	5.89144E-04	4.33768E-04	3.92962E-03	3.28039E-03
10	2.2313E+06	1.7377E+06	1.85725E-02	2.03004E-02	8.75240E-03	8.54479E-03	3.50891E-04	2.53763E-04	3.12551E-03	2.60279E-03
11	1.7377E+06	1.3534E+06	2.33829E-02	2.52974E-02	1.18311E-02	1.13861E-02	1.71704E-04	1.24048E-04	2.06229E-03	1.76221E-03
12	1.3534E+06	1.0540E+06	2.43195E-02	2.62688E-02	1.25575E-02	1.20566E-02	7.74957E-05	5.55926E-05	1.26845E-03	1.09362E-03
13	1.0540E+06	8.2083E+05	2.54895E-02	2.74684E-02	1.36883E-02	1.33392E-02	4.59978E-05	3.32976E-05	1.16829E-03	1.02047E-03
14	8.2083E+05	6.3928E+05	3.99405E-02	4.29100E-02	2.43949E-02	2.59031E-02	1.75869E-05	1.29292E-05	7.59108E-04	7.05508E-04
15	6.3928E+05	4.9787E+05	5.23119E-02	5.47024E-02	3.65576E-02	3.74763E-02	7.45526E-06	5.86725E-06	5.59961E-04	5.65755E-04
16	4.9787E+05	3.8774E+05	3.72436E-02	3.85485E-02	2.61608E-02	2.53411E-02	2.39161E-06	2.00422E-06	2.92583E-04	3.18469E-04
17	3.8774E+05	3.0197E+05	5.03905E-02	5.19147E-02	3.76059E-02	3.68414E-02	1.33739E-06	1.16982E-06	1.26335E-04	1.37125E-04
18	3.0197E+05	2.3518E+05	5.33936E-02	5.46161E-02	4.24202E-02	4.26782E-02	9.18423E-07	8.33084E-07	1.06098E-04	1.33503E-04
19	2.3518E+05	1.8316E+05	5.34201E-02	5.44155E-02	4.45566E-02	4.53484E-02	1.87446E-07	1.57966E-07	3.71387E-05	5.14075E-05
20	1.8316E+05	1.4264E+05	5.29702E-02	5.37443E-02	4.65552E-02	4.73466E-02	7.28438E-08	6.01756E-08	4.40105E-05	8.68625E-05
21	1.4264E+05	1.1109E+05	6.21390E-02	6.19248E-02	5.81243E-02	5.75702E-02	4.25887E-08	3.70262E-08	3.78258E-05	8.70218E-05
22	1.1109E+05	8.6517E+04	5.18384E-02	5.13068E-02	5.11520E-02	5.15175E-02	3.29334E-08	3.34877E-08	2.45599E-05	5.99596E-05
23	8.6517E+04	5.24362E-02	5.14699E-02	5.14699E-02	5.44279E-02	5.46829E-02	8.59594E-09	7.89596E-09	1.21136E-05	3.25296E-05
24	6.7379E+04	5.2475E-04	4.17635E-02	4.08408E-02	4.53548E-02	4.68748E-02	2.9859E-09	2.00924E-09	3.63705E-06	1.02286E-05
25	5.2475E+04	4.0868E+04	4.44514E-02	4.31367E-02	5.05739E-02	5.13018E-02	3.66139E-09	3.27139E-09	5.32506E-06	1.59480E-05
26	4.0868E+04	3.1828E+04	3.66371E-02	3.52928E-02	4.34916E-02	4.49313E-02	5.32983E-09	5.94515E-09	5.33192E-06	1.71371E-05
27	3.1828E+04	2.4788E+04	3.79766E-02	3.63632E-02	4.65677E-02	4.68036E-02	2.49821E-09	3.12559E-09	5.57582E-06	1.87191E-05
28	2.4788E+04	1.9305E+04	3.35152E-02	3.18237E-02	4.30840E-02	4.37122E-02	4.57065E-09	8.03867E-09	5.48901E-06	1.91321E-05
29	1.9305E+04	1.5034E+04	2.00235E-02	1.88947E-02	2.65652E-02	2.81325E-02	4.60017E-09	9.32528E-09	5.34945E-06	1.93344E-05
30	1.5034E+04	1.1709E+04	2.44191E-02	2.29255E-02	3.32248E-02	3.38229E-02	1.65366E-09	3.58287E-09	5.65731E-06	2.17484E-05
31	1.1709E+04	9.1188E+03	2.28659E-02	2.13549E-02	3.23102E-02	3.23017E-02	6.15561E-12	1.06788E-11	1.75132E-06	8.21858E-06
32	9.1188E+03	7.1017E+03	1.46755E-02	1.36406E-02	2.14846E-02	2.22494E-02	2.10376E-10	4.79248E-10	1.03870E-06	4.94721E-06
33	7.1017E+03	5.5308E+03	1.48343E-02	1.37249E-02	2.22630E-02	2.26044E-02	2.88985E-10	7.77487E-10	8.48339E-07	4.06874E-06
34	5.5308E+03	4.3074E+03	1.16894E-02	1.07781E-02	1.82473E-02	1.86057E-02	1.42899E-10	3.73725E-10	5.14349E-07	2.52967E-06
35	4.3074E+03	3.3546E+03	7.32028E-03	6.73732E-03	1.18222E-02	1.24495E-02	1.39533E-11	2.74900E-11	1.47519E-07	7.64254E-07
36	3.3546E+03	2.6126E+03	1.94619E-03	1.79002E-03	3.20565E-03	3.38741E-03	5.72150E-12	6.76376E-12	6.66791E-08	3.68763E-07
37	2.6126E+03	2.0347E+03	6.18759E-03	5.67301E-03	1.04211E-02	1.09485E-02				

表 4.9 断面積の縮約に用いた 73 群中性子スペクトル
- 60 万 kWe 級金属燃料炉心 -

Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)				Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)			
	Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向	後方向		Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向	後方向
1	2.000E+07	1.6487E+07	6.08767E-07	6.94127E-07	2.54391E-07	2.52156E-07	38	2.0347E+03	1.5846E+03	3.89883E-03	3.22610E-03	8.18396E-03	6.66513E-03
2	1.6487E+07	1.2840E+07	1.45980E-05	1.66449E-05	6.10020E-06	6.04659E-06	39	1.5846E+03	1.2341E+03	3.44183E-03	2.73219E-03	8.29816E-03	6.30502E-03
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.22101E-04	1.39222E-04	5.10236E-05	5.05752E-05	40	1.2341E+03	9.6112E+02	2.22984E-03	1.68314E-03	6.00897E-03	4.27425E-03
4	1.0000E+07	7.7880E+06	6.21191E-04	7.08293E-04	2.59583E-04	2.57302E-04	41	9.6112E+02	7.4852E+02	1.46262E-03	1.05573E-03	4.75574E-03	3.25407E-03
5	7.7880E+06	6.0653E+06	1.86745E-03	2.12963E-03	7.75469E-04	7.68089E-04	42	7.4852E+02	5.8295E+02	8.46527E-04	5.91444E-04	3.27074E-03	2.19420E-03
6	6.0653E+06	4.7237E+06	4.07915E-03	4.64899E-03	1.68239E-03	1.64927E-03	43	5.8295E+02	4.5400E+02	4.23260E-04	2.79852E-04	2.31313E-03	1.58450E-03
7	4.7237E+06	3.6788E+06	6.89898E-03	7.85896E-03	2.81592E-03	2.74245E-03	44	4.5400E+02	3.5385E+02	1.72136E-04	1.10968E-04	1.14066E-03	8.36971E-04
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.01361E-02	1.15132E-02	4.16542E-03	3.95701E-03	45	3.5385E+02	2.7536E+02	1.08439E-04	6.64219E-05	9.88192E-04	7.50991E-04
9	2.8650E+06	2.2313E+06	1.34986E-02	1.52715E-02	5.63655E-03	5.27830E-03	46	2.7536E+02	2.1445E+02	5.63664E-05	3.31440E-05	8.13833E-04	6.52357E-04
10	2.2313E+06	1.7377E+06	1.71006E-02	1.91459E-02	7.56700E-03	6.97158E-03	47	2.1445E+02	1.6702E+02	2.74065E-05	1.56192E-05	6.17816E-04	5.38170E-04
11	1.7377E+06	1.3534E+06	2.13152E-02	2.35375E-02	1.02636E-02	9.36515E-03	48	1.6702E+02	1.3007E+02	1.08500E-05	6.11971E-06	3.76302E-04	3.69398E-04
12	1.3534E+06	1.0540E+06	2.53621E-02	2.78139E-02	1.32535E-02	1.25325E-02	49	1.3007E+02	1.0130E+02	4.04473E-06	2.22253E-06	2.21156E-04	2.32140E-04
13	1.0540E+06	8.2085E+05	3.02441E-02	3.29101E-02	1.75216E-02	1.75313E-02	50	1.0130E+02	7.8933E+01	2.37507E-06	1.30988E-06	2.40522E-04	2.94342E-04
14	8.2085E+05	6.3928E+05	3.94799E-02	4.28893E-02	2.48342E-02	2.46758E-02	51	7.8933E+01	6.1442E+01	7.87503E-07	4.30380E-07	1.61803E-04	2.33188E-04
15	6.3928E+05	4.9787E+05	5.95230E-02	6.25831E-02	4.33714E-02	4.47863E-02	52	6.1442E+01	4.7851E+01	3.66719E-07	2.21310E-07	1.27484E-04	2.11385E-04
16	4.9787E+05	3.8774E+05	7.13348E-02	7.37961E-02	5.73550E-02	6.02291E-02	53	4.7851E+01	3.7267E+01	1.07691E-07	6.64314E-08	5.77654E-05	1.05401E-04
17	3.8774E+05	3.0197E+05	7.49182E-02	7.66265E-02	6.51286E-02	6.75053E-02	54	3.7267E+01	2.9023E+01	7.29087E-08	4.13357E-08	2.35966E-05	4.19119E-05
18	3.0197E+05	2.3518E+05	6.65155E-02	6.72648E-02	6.02995E-02	6.29963E-02	55	2.9023E+01	2.2603E+01	7.18378E-08	4.45761E-08	3.21359E-05	7.40276E-05
19	2.3518E+05	1.8316E+05	6.21524E-02	6.26471E-02	5.82521E-02	6.08414E-02	56	2.2603E+01	1.7603E+01	1.21880E-08	6.41343E-09	1.01856E-05	2.43378E-05
20	1.8316E+05	1.4264E+05	5.97001E-02	5.93460E-02	5.82268E-02	6.01843E-02	57	1.7603E+01	1.3710E+01	1.02424E-08	7.97746E-09	2.23689E-05	7.50977E-05
21	1.4264E+05	1.1109E+05	7.42526E-02	7.29291E-02	7.76590E-02	7.85660E-02	58	1.3710E+01	1.0677E+01	1.02791E-08	1.05921E-08	1.86593E-05	6.81141E-05
22	1.1109E+05	8.6517E+04	5.53070E-02	5.37648E-02	6.06049E-02	6.16145E-02	59	1.0677E+01	8.3153E+00	1.04181E-08	1.39343E-08	1.11477E-05	4.04559E-05
23	8.6517E+04	6.7379E+04	5.60066E-02	5.39087E-02	6.46718E-02	6.61184E-02	60	8.3153E+00	6.4760E+00	2.28903E-09	2.17010E-09	4.88766E-06	1.93438E-05
24	6.7379E+04	5.2475E+04	3.78394E-02	3.61530E-02	4.52007E-02	4.62428E-02	61	6.4760E+00	5.0435E+00	6.62670E-10	4.03911E-10	1.36447E-06	5.32419E-06
25	5.2475E+04	4.0868E+04	4.05221E-02	3.83572E-02	5.10322E-02	5.13256E-02	62	5.0435E+00	3.9279E+00	1.91744E-09	1.79512E-09	3.00817E-06	1.32335E-05
26	4.0868E+04	3.1828E+04	3.17155E-02	2.97024E-02	4.14357E-02	4.23683E-02	63	3.9279E+00	3.0590E+00	3.85742E-09	6.34018E-09	3.24104E-06	1.48758E-05
27	3.1828E+04	2.4788E+04	3.45960E-02	3.211996E-02	4.74134E-02	4.75026E-02	64	3.0590E+00	2.3824E+00	1.81631E-09	3.61864E-09	3.45943E-06	1.63779E-05
28	2.4788E+04	1.9305E+04	2.49628E-02	2.28235E-02	3.57646E-02	3.49683E-02	65	2.3824E+00	1.8554E+00	4.72383E-09	1.27041E-09	3.32743E-06	1.61019E-05
29	1.9305E+04	1.5034E+04	1.20848E-02	1.08976E-02	1.75503E-02	1.72092E-02	66	1.8554E+00	1.4450E+00	4.58620E-09	1.28965E-09	3.09530E-06	1.53804E-05
30	1.5034E+04	1.1709E+04	1.57461E-02	1.41128E-02	2.36843E-02	2.25199E-02	67	1.4450E+00	1.1254E+00	1.26370E-09	3.41115E-09	2.84101E-06	1.55468E-05
31	1.1709E+04	9.1188E+03	1.39868E-02	1.24299E-02	2.20786E-02	2.02253E-02	68	1.1254E+00	8.7642E-01	2.49761E-12	4.65175E-12	4.87199E-07	3.49809E-06
32	9.1188E+03	7.1017E+03	7.23983E-03	6.36158E-03	1.17451E-02	1.05262E-02	69	8.7642E-01	6.8256E-01	1.08328E-10	1.90445E-10	3.08204E-07	2.09038E-06
33	7.1017E+03	5.5308E+03	7.27806E-03	6.34008E-03	1.22922E-02	1.07230E-02	70	6.8256E-01	5.3158E-01	1.17789E-10	2.61888E-10	2.46250E-07	1.65040E-06
34	5.5308E+03	4.3074E+03	5.17422E-03	4.47088E-03	9.09103E-03	7.85484E-03	71	5.3158E-01	4.1399E-01	4.30599E-11	6.81878E-11	1.24833E-07	8.53915E-07
35	4.3074E+03	3.3546E+03	2.79871E-03	2.40558E-03	5.07948E-03	4.38896E-03	72	4.1399E-01	3.2242E-01	3.31811E-12	2.80026E-12	2.45154E-08	1.80538E-07
36	3.3546E+03	2.6126E+03	6.23880E-04	5.35572E-04	1.14010E-03	9.87450E-04	73	3.2242E-01	1.0000E-05	1.81947E-12	6.91380E-13	1.24503E-08	1.01280E-07
37	2.6126E+03	2.0347E+03	2.29497E-03	1.95943E-03	4.37164E-03	3.79742E-03							

表 4.10 断面積の縮約に用いた 73 群中性子スペクトル
- 60 万 kWe 級望化物燃料炉心 -

Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)				Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)			
	Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向	径方向		Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向	径方向
1	2.0000E+07	1.6487E+07	6.8365E-07	7.66320E-07	2.9207E-07	2.80927E-07	38	2.0347E+03	1.5846E+03	6.44125E-03	5.60340E-03	1.26169E-02	1.20615E-02
2	1.6487E+07	1.2840E+07	1.63938E-05	1.83760E-05	7.00375E-06	6.75652E-06	39	1.5846E+03	1.2341E+03	4.74042E-03	4.84326E-03	1.24869E-02	1.13183E-02
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.37122E-04	1.53702E-04	5.85812E-05	5.63459E-05	40	1.2341E+03	9.6112E+02	4.13461E-03	3.7038E-03	9.87429E-03	8.71656E-03
4	1.0000E+07	7.7880E+06	6.97609E-04	7.81960E-04	2.98032E-04	2.86660E-04	41	9.6112E+02	7.4852E+02	2.98712E-03	2.36444E-03	8.20602E-03	7.07738E-03
5	7.7880E+06	6.0653E+06	2.17102E-03	2.43167E-03	9.37827E-04	9.09304E-04	42	7.4852E+02	5.8295E+02	1.99196E-03	1.54519E-03	6.19979E-03	5.29833E-03
6	6.0653E+06	4.7237E+06	4.73067E-03	5.30232E-03	2.00301E-03	1.91447E-03	43	5.8295E+02	4.5400E+02	1.16973E-03	8.73745E-04	4.75172E-03	4.08723E-03
7	4.7237E+06	3.6788E+06	1.17121E-03	9.15513E-03	3.43470E-03	3.24961E-03	44	4.5400E+02	3.5358E+02	5.84689E-04	4.30606E-04	2.77894E-03	2.48238E-03
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.13979E-02	1.27659E-02	4.66148E-03	4.27336E-03	45	3.5358E+02	2.7335E+02	4.06554E-04	2.88206E-04	2.53552E-03	2.25167E-03
9	2.8650E+06	2.2313E+06	1.51960E-02	1.69888E-02	6.20533E-03	5.58301E-03	46	2.7335E+02	2.1445E+02	2.32524E-04	1.60378E-04	2.01154E-03	1.78029E-03
10	2.2313E+06	1.7377E+06	2.09022E-02	2.30931E-02	9.44883E-03	8.57110E-03	47	2.1445E+02	1.6702E+02	1.29765E-04	8.7828E-05	1.52214E-03	1.36803E-03
11	1.7377E+06	1.3534E+06	2.37945E-02	2.59651E-02	1.15169E-02	1.02113E-02	48	1.6702E+02	1.3007E+02	6.08832E-05	4.09827E-05	9.62250E-04	9.08172E-04
12	1.3534E+06	1.0540E+06	2.75100E-02	2.98291E-02	1.43687E-02	1.30895E-02	49	1.3007E+02	1.0130E+02	2.58154E-05	1.72518E-05	5.66410E-04	5.50355E-04
13	1.0540E+06	8.2085E+05	3.04127E-02	3.27798E-02	1.72467E-02	1.63064E-02	50	1.0130E+02	7.8893E+01	1.49957E-05	1.00593E-05	5.03588E-04	5.18463E-04
14	8.2085E+05	6.3928E+05	3.87268E-02	4.16071E-02	2.38564E-02	2.37698E-02	51	7.8893E+01	6.1442E+01	5.57412E-06	3.73813E-06	3.17822E-04	3.65160E-04
15	6.3928E+05	5.22445E-02	5.47497E-02	5.82445E-02	3.63108E-02	3.51869E-02	52	6.1442E+01	4.7851E+01	2.49514E-06	1.72923E-06	2.32072E-04	3.05921E-04
16	4.9787E+05	6.19178E-02	6.40181E-02	4.73120E-02	4.67234E-02	4.67234E-02	53	4.7851E+01	3.7267E+01	7.81039E-07	5.57159E-07	1.16294E-04	1.70135E-04
17	3.8774E+05	3.0197E+05	6.26193E-02	6.40953E-02	5.13060E-02	5.02405E-02	54	3.7267E+01	2.9023E+01	4.63745E-07	3.28345E-07	4.59064E-05	6.66171E-05
18	3.0197E+05	2.3518E+05	5.91120E-02	5.99705E-02	5.10930E-02	5.11047E-02	55	2.9023E+01	2.2603E+01	3.42708E-07	2.35680E-07	4.39832E-05	7.70207E-05
19	2.3518E+05	1.8316E+05	5.66036E-02	5.71932E-02	5.09135E-02	5.13873E-02	56	2.2603E+01	1.7603E+01	6.25271E-08	3.89314E-08	1.45211E-05	2.81526E-05
20	1.8316E+05	1.4264E+05	5.47907E-02	5.47491E-02	5.15899E-02	5.21288E-02	57	1.7603E+01	1.3710E+01	2.73473E-08	1.52519E-08	2.19463E-05	6.12967E-05
21	1.4264E+05	1.1109E+05	6.32152E-02	6.24624E-02	6.31371E-02	6.22918E-02	58	1.3710E+01	1.0677E+01	1.87265E-08	1.20258E-08	1.93907E-05	6.24418E-05
22	1.1109E+05	8.6517E+04	5.14090E-02	5.04285E-02	5.39737E-02	5.43651E-02	59	1.0677E+01	8.3153E+00	1.59683E-08	9.84238E-09	1.28997E-05	4.26037E-05
23	8.6517E+04	6.7379E+04	5.11121E-02	4.96889E-02	5.63490E-02	5.67992E-02	60	8.3153E+00	6.4760E+00	4.01625E-09	2.21647E-09	6.06416E-06	2.20031E-05
24	6.7379E+04	5.2473E+04	3.97582E-02	3.84760E-02	4.57546E-02	4.76420E-02	61	6.4760E+00	5.0433E+00	1.22106E-09	6.28831E-10	1.82440E-06	6.71541E-06
25	5.2473E+04	4.0868E+04	4.23576E-02	4.06453E-02	5.12182E-02	5.25851E-02	62	5.0433E+00	3.9279E+00	2.45815E-09	1.18814E-09	3.00408E-06	1.15039E-05
26	4.0868E+04	3.1828E+04	3.40730E-02	3.24138E-02	4.29659E-02	4.59596E-02	63	3.9279E+00	3.0590E+00	4.00569E-09	2.35276E-09	3.17963E-06	1.26969E-05
27	3.1828E+04	2.4788E+04	3.48236E-02	3.29011E-02	4.54789E-02	4.63928E-02	64	3.0590E+00	2.3824E+00	1.81173E-09	1.21428E-09	3.37813E-06	1.39780E-05
28	2.4788E+04	1.9305E+04	2.95958E-02	2.76727E-02	4.05316E-02	4.18667E-02	65	2.3824E+00	1.8554E+00	3.69697E-09	3.40408E-09	3.32153E-06	1.42157E-05
29	1.9305E+04	1.5034E+04	1.70548E-02	1.58237E-02	2.40413E-02	2.59027E-02	66	1.8554E+00	1.4450E+00	3.62560E-09	3.80744E-09	3.18972E-06	1.41944E-05
30	1.5034E+04	1.1709E+04	2.04327E-02	1.88395E-02	2.96089E-02	3.05954E-02	67	1.4450E+00	1.1254E+00	1.13889E-09	1.29519E-09	3.07029E-06	1.53923E-05
31	1.1709E+04	9.1188E+03	1.85874E-02	1.70187E-02	2.80602E-02	2.84806E-02	68	1.1254E+00	8.7642E-01	3.43316E-12	3.17861E-12	7.18214E-07	5.75628E-06
32	9.1188E+03	7.1017E+03	1.15954E-02	1.05495E-02	1.81413E-02	1.90322E-02	69	8.7642E-01	6.8256E-01	1.25208E-10	1.58555E-10	4.42252E-07	3.42617E-06
33	7.1017E+03	5.5308E+03	1.13320E-02	1.02442E-02	1.8376E-02	1.87033E-02	70	6.8256E-01	5.3158E-01	1.59386E-10	2.38979E-10	3.51879E-07	2.69553E-06
34	5.5308E+03	4.3074E+03	8.63338E-03	7.76328E-03	1.44995E-02	1.48806E-02	71	5.3158E-01	4.1399E-01	6.96219E-11	1.00987E-10	1.95647E-07	1.57714E-06
35	4.3074E+03	3.346E+03	5.24094E-03	4.69750E-03	9.12833E-03	9.64613E-03	72	4.1399E-01	3.2242E-01	6.22873E-12	6.45097E-12	4.59565E-08	4.34542E-07
36	3.346E+03	2.6126E+03	1.36927E-03	1.22608E-03	2.42849E-03	2.71468E-03	73	3.2242E-01	1.0000E-05	3.11399E-12	1.75016E-12	1.99161E-08	2.02297E-07
37	2.6126E+03	2.0347E+03	4.32742E-03	3.85794E-03	7.91633E-03	8.31982E-03							

表 4.11 断面積の縮約に用いた 73 群中性子スペクトル
- 60 万 kW_e 級酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクル Pu) -

Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)				Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)					
	Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向	径方向		Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向	径方向		
1	2.0000E+07	1.6487E+07	6.25620E-07	6.97861E-07	2.72221E-07	2.87842E-07	38	2.0347E+03	1.5846E+03	9.52941E-03	8.56680E-03	1.69563E-02	1.61807E-02		
2	1.6487E+07	1.2840E+07	1.50021E-05	1.67344E-05	6.52776E-06	6.97342E-06	39	1.5846E+03	1.2341E+03	8.96470E-03	7.86098E-03	1.73849E-02	1.57057E-02		
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.25482E-04	1.39971E-04	5.45999E-05	5.77329E-05	40	1.2341E+03	9.6112E+02	6.83552E-03	5.82469E-03	1.44789E-02	1.27517E-02		
4	1.0000E+07	7.7880E+06	6.38388E-04	7.12103E-04	2.77777E-04	2.93716E-04	41	9.6112E+02	7.4852E+02	5.21799E-03	4.33449E-03	1.25847E-02	1.07882E-02		
5	7.7880E+06	6.0653E+06	2.04338E-03	2.27439E-03	9.19660E-04	9.86262E-04	42	7.4852E+02	5.8295E+02	3.72363E-03	3.04708E-03	9.98120E-03	8.44042E-03		
6	6.0653E+06	4.7237E+06	4.56255E-03	5.07573E-03	2.04679E-03	2.18394E-03	43	5.8295E+02	4.5400E+02	2.37128E-03	1.87734E-03	8.07539E-03	6.79235E-03		
7	4.7237E+06	3.6788E+06	7.41318E-03	8.26800E-03	3.15503E-03	3.27761E-03	44	4.5400E+02	3.5358E+02	1.27246E-03	9.97089E-04	4.97122E-03	4.31128E-03		
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.15115E-02	1.28145E-02	4.94478E-03	5.05786E-03	45	3.5358E+02	2.7536E+02	9.38000E-04	7.09650E-04	4.72234E-03	4.02107E-03		
9	2.8650E+06	2.2313E+06	1.76441E-02	1.94496E-02	8.3985E-03	8.75081E-03	46	2.7536E+02	2.1445E+02	5.77783E-04	4.26610E-04	3.92677E-03	3.27680E-03		
10	2.2313E+06	1.7377E+06	1.87183E-02	2.04786E-02	8.8893E-03	8.58968E-03	47	2.1445E+02	1.6702E+02	3.44524E-04	2.50372E-04	3.12337E-03	2.60009E-03		
11	1.7377E+06	1.3534E+06	2.35403E-02	2.54846E-02	1.18756E-02	1.14403E-02	48	1.6702E+02	1.3007E+02	1.66360E-04	1.20653E-04	2.06078E-03	1.76033E-03		
12	1.3534E+06	1.0540E+06	2.44297E-02	2.63931E-02	1.25940E-02	1.21026E-02	49	1.3007E+02	1.0130E+02	7.41663E-05	5.34151E-05	1.26749E-03	1.09243E-03		
13	1.0540E+06	8.2085E+05	2.55352E-02	2.75119E-02	1.37145E-02	1.33755E-02	50	1.0130E+02	7.8893E-01	4.44630E-05	3.24566E-05	1.16768E-03	1.01949E-03		
14	8.2085E+05	6.3928E+05	3.99400E-02	4.28879E-02	2.44181E-02	2.59416E-02	51	7.8893E-01	6.1442E+01	1.67292E-05	1.23997E-05	7.58899E-04	7.04912E-04		
15	6.3928E+05	4.9787E+05	5.22441E-02	5.45930E-02	3.74916E-02	3.65605E-02	52	6.1442E+01	4.7851E+01	6.81970E-06	5.39036E-06	5.60130E-04	5.65526E-04		
16	4.9787E+05	3.8774E+05	3.71885E-02	3.84673E-02	2.61605E-02	2.53509E-02	53	4.7851E+01	3.7267E+01	2.19382E-06	1.85843E-06	2.92718E-04	3.18300E-04		
17	3.8774E+05	3.0197E+05	5.03212E-02	5.18122E-02	3.75985E-02	3.68465E-02	54	3.7267E+01	2.9023E+01	1.28618E-06	1.14837E-06	1.26381E-04	1.37062E-04		
18	3.0197E+05	2.3518E+05	5.33402E-02	5.45340E-02	4.24096E-02	4.26790E-02	55	2.9023E+01	2.2603E+01	9.17596E-07	8.52961E-07	1.06155E-04	1.33468E-04		
19	2.3518E+05	1.8316E+05	5.33802E-02	5.43518E-02	4.45463E-02	4.53470E-02	56	2.2603E+01	1.7603E+01	1.88263E-07	1.62618E-07	3.71636E-05	5.13991E-05		
20	1.8316E+05	1.4264E+05	5.29375E-02	5.33206E-02	4.65445E-02	4.73426E-02	57	1.7603E+01	1.3710E+01	7.49659E-08	6.31818E-08	4.40667E-05	8.68578E-05		
21	1.4264E+05	1.1099E+05	6.29002E-02	6.18500E-02	5.81077E-02	5.75576E-02	58	1.3710E+01	1.0677E+01	4.39697E-08	3.87598E-08	3.78904E-05	8.70447E-05		
22	1.1099E+05	8.6517E+04	5.18007E-02	5.12502E-02	5.11362E-02	5.15018E-02	59	1.0677E+01	8.3153E+00	3.56237E-08	3.07880E-08	2.45981E-05	5.99725E-05		
23	8.6517E+04	6.7379E+04	5.24159E-02	5.14365E-02	5.44120E-02	5.46634E-02	60	8.3153E+00	6.4760E+00	9.25400E-09	8.71416E-09	1.21341E-05	3.25315E-05		
24	6.7379E+04	5.2475E+04	4.17616E-02	4.08332E-02	4.53435E-02	4.68370E-02	61	6.4760E+00	5.0435E+00	2.52795E-09	2.29736E-09	3.64223E-06	1.02243E-05		
25	5.2475E+04	4.0868E+04	4.44394E-02	4.31197E-02	5.05612E-02	5.13975E-02	62	5.0435E+00	3.9279E+00	4.10366E-09	3.78956E-09	5.26060E-06	1.59428E-05		
26	4.0868E+04	3.1828E+04	3.66217E-02	3.52742E-02	4.34803E-02	4.49099E-02	63	3.9279E+00	3.0590E+00	5.43866E-09	6.04722E-09	5.33680E-06	1.71335E-05		
27	3.1828E+04	2.4788E+04	3.79612E-02	3.63468E-02	4.65558E-02	4.67803E-02	64	3.0590E+00	2.3824E+00	1.74501E-09	2.12202E-09	5.58128E-06	1.87177E-05		
28	2.4788E+04	1.9305E+04	3.34942E-02	3.18019E-02	4.30719E-02	4.36878E-02	65	2.3824E+00	1.8545E+00	3.84509E-09	6.76837E-09	5.49380E-06	1.91303E-05		
29	1.9305E+04	1.5034E+04	2.00127E-02	1.88846E-02	2.65577E-02	2.81160E-02	66	1.8545E+00	1.4450E+00	4.09799E-09	8.34548E-09	5.35426E-06	1.93312E-05		
30	1.5034E+04	1.1709E+04	2.44026E-02	2.29114E-02	3.32155E-02	3.38030E-02	67	1.4450E+00	1.1254E+00	1.49740E-09	3.24365E-09	5.66722E-06	2.17093E-05		
31	1.1709E+04	9.1188E+03	2.28368E-02	2.13279E-02	3.22998E-02	3.22803E-02	68	1.1254E+00	8.7642E-01	4.87625E-12	8.39284E-12	1.76108E-06	8.612094E-06		
32	9.1188E+03	7.1017E+03	1.36230E-02	1.36230E-02	2.22420E-02	2.22340E-02	69	8.7642E-01	6.8256E-01	1.89091E-10	4.15877E-10	1.04412E-06	4.89522E-06		
33	7.1017E+03	5.5308E+03	1.46554E-02	1.37046E-02	2.25502E-02	2.25879E-02	70	6.8256E-01	5.3158E-01	2.74596E-10	3.46968E-10	8.52712E-07	4.03147E-06		
34	5.5308E+03	4.3074E+03	1.16653E-02	1.07578E-02	1.82402E-02	1.85914E-02	71	5.3158E-01	4.1399E-01	1.36670E-10	1.74596E-10	5.17295E-07	2.51023E-06		
35	4.3074E+03	3.3546E+03	7.30213E-03	6.72206E-03	1.18174E-02	1.24397E-02	72	4.1399E-01	3.2242E-01	3.35579E-11	2.54412E-11	1.48643E-07	7.59790E-07		
36	3.3546E+03	2.6126E+03	1.94222E-03	1.78699E-03	3.20436E-03	3.58438E-03	73	3.2242E-01	1.0000E-05	5.85048E-12	6.79963E-12	6.72505E-08	3.67301E-07		
37	2.6126E+03	2.0347E+03	6.16971E-03	5.65837E-03	1.04167E-02	1.09397E-02									

表 4.12 断面積の縮約に用いた 73 群中性子スペクトル
- 130 万 kWe 級酸化物燃料炉心 -

Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)			Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)		
	Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向		Upper	Lower	内側炉心	外側炉心	軸方向
1	2.0000E+07	1.6487E+07	6.15492E-07	6.83134E-07	3.03594E-07	38	2.0347E+03	1.5846E+03	9.47065E-03	8.46079E-03	1.62050E-02
2	1.6487E+07	1.2840E+07	1.47593E-05	1.63813E-05	7.28066E-06	39	1.5846E+03	1.2341E+03	8.74754E-03	7.62361E-03	1.64821E-02
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.23450E-04	1.37017E-04	6.08923E-05	40	1.2341E+03	9.6112E+02	6.76346E-03	5.73970E-03	1.36710E-02
4	1.0000E+07	7.7880E+06	6.28053E-04	6.97076E-04	3.09790E-04	41	9.6112E+02	7.4852E+02	5.18020E-03	4.32935E-03	1.18292E-02
5	7.7880E+06	6.0653E+06	2.00882E-03	2.22517E-03	1.01880E-03	42	7.4852E+02	5.8295E+02	3.65206E-03	3.04720E-03	9.35136E-03
6	6.0653E+06	4.7237E+06	4.48158E-03	4.95971E-03	2.26642E-03	43	5.8295E+02	4.5400E+02	2.30808E-03	1.91247E-03	7.45100E-03
7	4.7237E+06	3.6788E+06	7.27885E-03	8.07044E-03	3.52730E-03	44	4.5400E+02	3.5358E+02	1.21166E-03	1.03216E-03	4.58819E-03
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.13108E-02	1.25104E-02	5.50593E-03	45	3.5358E+02	2.7536E+02	8.96061E-04	7.70045E-04	4.26924E-03
9	2.8650E+06	2.2313E+06	1.73795E-02	1.90910E-02	9.15341E-03	46	2.7536E+02	2.1443E+02	5.41573E-04	4.90686E-04	3.47950E-03
10	2.2313E+06	1.7377E+06	1.84852E-02	2.01785E-02	9.57535E-03	47	2.1443E+02	1.6702E+02	3.19468E-04	3.23627E-04	2.73195E-03
11	1.7377E+06	1.3534E+06	2.33292E-02	2.52300E-02	1.27726E-02	48	1.6702E+02	1.3007E+02	1.52083E-04	1.81062E-04	1.79107E-03
12	1.3534E+06	1.0540E+06	2.42648E-02	2.62535E-02	1.35227E-02	49	1.3007E+02	1.0130E+02	6.70128E-05	9.83330E-05	1.10459E-03
13	1.0540E+06	8.2085E+05	2.53784E-02	2.73954E-02	1.46757E-02	50	1.0130E+02	7.8893E+01	3.87207E-05	8.55139E-05	1.00605E-03
14	8.2085E+05	6.3928E+05	3.97242E-02	4.29766E-02	2.58160E-02	51	7.8893E+01	6.1442E+01	1.43511E-05	5.71561E-05	6.61454E-04
15	6.3928E+05	4.9787E+05	5.19991E-02	5.46682E-02	3.78014E-02	52	6.1442E+01	4.7851E+01	5.79834E-06	4.03288E-05	4.77676E-04
16	4.9787E+05	3.8774E+05	3.70288E-02	3.86445E-02	2.70098E-02	53	4.7851E+01	3.7267E+01	1.67361E-06	1.86488E-05	2.50037E-04
17	3.8774E+05	3.0197E+05	5.01405E-02	5.23819E-02	3.87252E-02	54	3.7267E+01	2.9023E+01	9.48567E-07	2.23332E-05	1.28691E-04
18	3.0197E+05	2.3518E+05	5.32877E-02	5.49593E-02	4.34701E-02	55	2.9023E+01	2.2603E+01	6.57566E-07	2.55063E-05	1.28200E-04
19	2.3518E+05	1.8316E+05	5.33574E-02	5.46534E-02	4.53787E-02	56	2.2603E+01	1.7603E+01	1.35543E-07	9.77999E-06	4.69778E-05
20	1.8316E+05	1.4264E+05	5.30489E-02	5.34368E-02	4.71322E-02	57	1.7603E+01	1.3710E+01	4.61056E-08	1.04352E-05	6.61411E-05
21	1.4264E+05	1.1109E+05	6.22685E-02	6.22132E-02	5.84158E-02	58	1.3710E+01	1.0677E+01	2.73345E-08	1.10356E-05	6.01132E-05
22	1.1109E+05	8.6517E+04	5.20101E-02	5.14293E-02	5.12423E-02	59	1.0677E+01	8.3153E+00	2.05794E-08	8.81435E-06	4.21403E-05
23	8.6517E+04	6.7379E+04	5.26934E-02	5.18114E-02	5.43977E-02	60	8.3153E+00	6.4760E+00	5.09846E-09	3.86099E-06	2.26903E-05
24	6.7379E+04	5.2475E+04	4.20443E-02	4.09093E-02	4.52321E-02	61	6.4760E+00	5.0435E+00	1.31044E-09	1.45173E-06	7.83613E-06
25	5.2475E+04	4.0868E+04	4.46810E-02	4.30057E-02	5.06628E-02	62	5.0435E+00	3.9279E+00	2.72384E-09	3.27493E-06	1.32557E-05
26	4.0868E+04	3.1828E+04	3.68903E-02	3.50328E-02	4.29935E-02	63	3.9279E+00	3.0590E+00	4.36689E-09	4.98444E-06	1.44172E-05
27	3.1828E+04	2.4788E+04	3.81581E-02	3.61816E-02	4.57891E-02	64	3.0590E+00	2.3824E+00	2.14673E-09	2.03624E-06	1.55948E-05
28	2.4788E+04	1.9305E+04	3.37407E-02	3.18249E-02	4.24325E-02	65	2.3824E+00	1.8554E+00	4.05217E-09	3.12438E-06	1.56602E-05
29	1.9305E+04	1.5034E+04	2.02235E-02	1.89353E-02	2.63187E-02	66	1.8554E+00	1.4450E+00	3.98058E-09	2.53199E-06	1.52626E-05
30	1.5034E+04	1.1709E+04	2.46355E-02	2.29009E-02	3.26655E-02	67	1.4450E+00	1.1254E+00	1.13118E-09	7.15320E-07	1.37117E-05
31	1.1709E+04	9.1188E+03	2.30318E-02	2.11842E-02	3.15545E-02	68	1.1254E+00	8.7642E-01	3.80706E-12	2.11829E-09	1.85278E-06
32	9.1188E+03	7.1017E+03	1.47960E-02	1.34914E-02	2.10198E-02	69	8.7642E-01	6.8256E-01	1.02119E-10	7.53653E-08	1.42776E-06
33	7.1017E+03	5.5308E+03	1.49208E-02	1.35352E-02	2.17442E-02	70	6.8256E-01	5.3158E-01	1.13025E-10	1.09043E-07	1.30063E-06
34	5.5308E+03	4.3074E+03	1.17419E-02	1.06449E-02	1.77206E-02	71	5.3158E-01	4.1399E-01	5.20218E-11	6.41614E-08	7.65758E-07
35	4.3074E+03	3.3546E+03	7.36127E-03	6.68099E-03	1.5006E-02	72	4.1399E-01	3.2242E-01	5.38124E-12	8.58695E-09	1.70110E-07
36	3.3546E+03	2.6126E+03	1.96116E-03	1.77982E-03	3.14093E-03	73	3.2242E-01	1.0000E-05	2.62717E-12	5.39310E-09	9.01957E-08
37	2.6126E+03	2.0347E+03	6.19888E-03	5.63232E-03	1.00993E-02						

表 4.13 断面積の縮約に用いた 73 群中性子スペクトル
- Pu バナー炉心 -

Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)		Energy Group	Energy [eV]		規格化中性子束 (中性子束の合計を 1.0 に規格化)	
	Upper	Lower	内側炉心	外側炉心		Upper	Lower	内側炉心	外側炉心
1	2.0000E+07	1.6487E+07	6.8920E-07	7.5077E-07	38	2.0347E+03	1.5846E+03	9.4166E-03	8.6449E-03
2	1.6487E+07	1.2840E+07	1.6526E-05	1.8003E-05	39	1.5846E+03	1.2341E+03	1.0142E-02	9.1551E-03
3	1.2840E+07	1.0000E+07	1.3823E-04	1.5058E-04	40	1.2341E+03	9.6112E+02	8.3871E-03	7.4006E-03
4	1.0000E+07	7.7880E+06	7.0326E-04	7.6609E-04	41	9.6112E+02	7.4852E+02	6.8246E-03	5.9432E-03
5	7.7880E+06	6.0653E+06	2.2212E-03	2.4174E-03	42	7.4852E+02	5.8295E+02	5.1684E-03	4.4806E-03
6	6.0653E+06	4.7237E+06	5.0238E-03	5.4609E-03	43	5.8295E+02	4.5400E+02	3.4745E-03	2.9693E-03
7	4.7237E+06	3.6788E+06	8.4197E-03	9.1540E-03	44	4.5400E+02	3.5358E+02	1.9738E-03	1.7132E-03
8	3.6788E+06	2.8650E+06	1.3173E-02	1.4284E-02	45	3.5358E+02	2.7536E+02	1.4966E-03	1.2917E-03
9	2.8650E+06	1.7377E+06	1.9441E-02	2.0991E-02	46	2.7536E+02	2.1445E+02	1.0686E-03	9.3725E-04
10	2.2313E+06	1.3534E+06	2.2330E-02	2.3937E-02	47	2.1445E+02	1.6702E+02	8.0174E-04	7.2806E-04
11	1.7377E+06	1.0540E+06	2.8246E-02	2.9997E-02	48	1.6702E+02	1.3007E+02	4.8620E-04	4.6005E-04
12	1.3534E+06	8.2085E+05	2.8171E-02	2.9921E-02	49	1.3007E+02	1.0130E+02	3.0110E-04	2.9663E-04
13	1.0540E+06	6.3928E+05	2.8182E-02	2.9889E-02	50	1.0130E+02	7.8893E+01	2.7211E-04	2.8138E-04
14	8.2085E+05	4.9787E+05	3.6505E-02	3.8909E-02	51	7.8893E+01	6.1442E+01	1.8377E-04	2.0343E-04
15	6.3928E+05	3.8774E+05	5.3938E-02	5.6201E-02	52	6.1442E+01	4.7851E+01	1.2256E-04	1.3796E-04
16	4.9787E+05	3.0197E+05	4.1484E-02	4.2850E-02	53	4.7851E+01	3.7267E+01	5.5215E-05	6.7431E-05
17	3.8774E+05	2.3518E+05	5.2865E-02	5.4678E-02	54	3.7267E+01	2.9023E+01	6.2087E-05	8.3195E-05
18	3.0197E+05	1.8316E+05	5.2804E-02	5.4024E-02	55	2.9023E+01	2.2603E+01	6.0910E-05	8.1835E-05
19	2.3518E+05	1.4264E+05	5.1998E-02	5.2932E-02	56	2.2603E+01	1.7603E+01	2.4968E-05	3.4907E-05
20	1.8316E+05	1.1099E+05	5.3777E-02	5.3945E-02	57	1.7603E+01	1.3710E+01	2.1824E-05	3.3295E-05
21	1.4264E+05	8.6517E+04	6.1557E-02	6.1332E-02	58	1.3710E+01	1.0677E+01	1.9180E-05	3.0058E-05
22	1.1099E+05	6.7379E+04	5.0441E-02	4.9807E-02	59	1.0677E+01	8.3153E+00	1.5331E-05	2.4634E-05
23	8.6517E+04	5.2475E+04	5.0220E-02	4.9399E-02	60	8.3153E+00	6.4760E+00	6.9946E-06	1.2320E-05
24	6.7379E+04	4.0868E+04	3.6694E-02	3.5770E-02	61	6.4760E+00	5.0435E+00	3.2062E-06	6.1472E-06
25	5.2475E+04	3.1828E+04	4.1191E-02	3.9828E-02	62	5.0435E+00	3.9279E+00	5.4428E-06	9.9536E-06
26	4.0868E+04	2.4788E+04	3.4660E-02	3.2849E-02	63	3.9279E+00	3.0590E+00	7.3030E-06	1.3599E-05
27	3.1828E+04	1.9305E+04	3.4615E-02	3.3075E-02	64	3.0590E+00	2.3824E+00	3.1394E-06	5.7385E-06
28	2.4788E+04	1.5034E+04	3.0980E-02	2.9523E-02	65	2.3824E+00	1.8554E+00	4.2229E-06	8.0496E-06
29	1.9305E+04	1.1709E+04	1.9204E-02	1.8192E-02	66	1.8554E+00	1.4450E+00	3.2595E-06	6.4021E-06
30	1.5034E+04	9.1188E+03	2.2706E-02	2.1387E-02	67	1.4450E+00	1.1254E+00	8.8860E-07	1.8620E-06
31	1.1709E+04	7.1017E+03	2.0892E-02	1.9506E-02	68	1.1254E+00	8.7642E-01	2.8759E-09	5.4517E-09
32	9.1188E+03	5.5308E+03	1.3607E-02	1.2611E-02	69	8.7642E-01	6.8256E-01	1.1509E-07	2.1988E-07
33	7.1017E+03	4.3074E+03	1.3158E-02	1.2149E-02	70	6.8256E-01	5.3158E-01	1.3553E-07	2.7621E-07
34	5.5308E+03	3.3546E+03	9.7170E-03	8.9748E-03	71	5.3158E-01	4.1399E-01	7.0884E-08	1.4615E-07
35	4.3074E+03	2.6126E+03	5.2111E-03	4.8206E-03	72	4.1399E-01	3.2242E-01	8.7498E-09	1.7471E-08
36	3.3546E+03	2.0347E+03	1.1132E-03	1.0300E-03	73	3.2242E-01	1.0000E-05	6.5333E-09	1.3532E-08
37	2.0347E+03		4.4623E-03	4.1377E-03					

表 4.14 断面積ライブラリー一覧

炉心	領域	ライブラリ名	ライブラリ識別番号			
			NLIB(5)	NLIB(6)	NLIB(7)	NLIB(12)
常陽 MK-I	炉心	JOYOMK1CO	800	801	802	55
	軸方向ブランケット	JOYOMK1AX	803	804	805	56
	径方向ブランケット	JOYOMK1RD	806	807	808	57
もんじゅ	内側炉心	MONJMXIC	809	810	811	58
	外側炉心	MONJMXOC	812	813	814	59
	軸方向ブランケット	MONJMXAX	815	816	817	60
	径方向ブランケット	MONJMXRD	818	819	820	61
60 万 kWe 級 酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu)	内側炉心	600MMXIC	821	822	823	62
	外側炉心	600MMXOC	824	825	826	63
	軸方向ブランケット	600MMXAX	827	828	829	64
	径方向ブランケット	600MMXRD	830	831	832	65
60 万 kWe 級 金属燃料炉心	内側炉心	600MMTIC	833	834	835	66
	外側炉心	600MMTOC	836	837	838	67
	軸方向ブランケット	600MMTAX	839	840	841	68
	径方向ブランケット	600MMTRD	842	843	844	69
60 万 kWe 級 窒化物燃料炉心	内側炉心	600MNIIC	845	846	847	70
	外側炉心	600MNIOC	848	849	850	71
	軸方向ブランケット	600MNIAX	851	852	853	72
	径方向ブランケット	600MNIIRD	854	855	856	73
60 万 kWe 級 酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクル Pu)	内側炉心	600MRPIC	857	858	859	74
	外側炉心	600MRPOC	860	861	862	75
	軸方向ブランケット	600MRPAX	863	864	865	76
	径方向ブランケット	600MRPRD	866	867	868	77
130 万 kWe 級 酸化物燃料炉心	内側炉心	1300MXIC	869	870	871	78
	外側炉心	1300MXOC	872	873	874	79
	軸方向ブランケット	1300MXAX	875	876	877	80
Pu バーナー炉心	内側炉心	PUBRMXIC	878	879	880	81
	外側炉心	PUBRMXOC	881	882	883	82

4.3 JENDL-3.3 ベース断面積ライブラリと JENDL-3.2 ベース断面積ライブラリの比較

作成した JENDL-3.3 ベース断面積ライブラリと JENDL-3.2 ベース断面積ライブラリの比較を行った。まず、1 群断面積の変化とその内訳、対象炉心間での 1 群断面積変化の比較を示す。次に、1 群断面積変化が燃焼計算結果へ与える影響を見る。

4.3.1 1 群断面積の変化

JENDL-3.2 ベース断面積ライブラリから JENDL-3.3 ベース断面積ライブラリへの 1 群断面積の変化は、以下の 3 項目の効果に分けることができる。

- ① 断面積そのものの変化 (直接効果)
- ② 中性子スペクトルの変化 (間接効果)
- ③ Cr、Fe、Ni 同位体の (n,γ) 反応断面積の取り扱いの変化

③ は、第 4.1.2 節で述べたように、ベースライブラリの断面積値から JENDL-3.3 ベースの実効断面積への変化である。表 4.15 に 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) の内側炉心用断面積ライブラリを例に、1 群断面積の変化とその内訳を示す。なお、ここで示す 1 群断面積変化の内訳は、上述の変化項目 ① ～ ③ を順番に変更した場合のものである。① ～ ③ の変化を段階的に加えた場合の 1 群断面積を a ～ d で表すとき、

変化項目	①	②	③
1 群断面積	a → b → c → d		

変更効果を次のように定義した：

$$\begin{array}{lll} \text{① の変更} & = \frac{b-a}{a}, & \text{② の変更} = \frac{c-b}{a}, & \text{③ の変更} = \frac{d-c}{a} \\ \text{効果} & & \text{効果} & \text{効果} \end{array}$$

すなわち、JENDL-3.2 ベースから JENDL-3.3 ベースへの変化割合が各変更効果の和となるようにした。

$$\begin{array}{l} \text{JENDL-3.2 ベースから} \\ \text{JENDL-3.3 ベースへの} \\ \text{変化} \end{array} = \frac{d-a}{a} = \begin{array}{l} \text{① の変更} \\ \text{効果} \end{array} + \begin{array}{l} \text{② の変更} \\ \text{効果} \end{array} + \begin{array}{l} \text{③ の変更} \\ \text{効果} \end{array}$$

表 4.15 の JENDL-3.2 ベース断面積ライブラリから JENDL-3.3 ベース断面積ライブラリへの 1 群断面積の変化は、次のように分類できる：

○ 100% 以上変化しているもの

- ・ JENDL の改訂によるもの (変更効果 ① が主要因)

$^9\text{Be}(n,2n) +129\%$ 、 $^{15}\text{N}(n,\gamma) +2477\%$ 、 $^{50}\text{Ti}(n,\alpha) +175\%$ 、 $^{60}\text{Ni}(n,\alpha) +137\%$ 、 $^{181}\text{Ta}(n,\alpha) -100\%$ 、 $^{236}\text{Pu}(n,\text{fission}) +320\%$ 、 $^{241}\text{Am}(n,2n) +139\%$

- ・ Cr、Ni、Fe 同位体の (n,γ) 反応断面積の取り扱い (変更効果 ③)

$^{50}\text{Cr}(n,\gamma) +194\%$ 、 $^{53}\text{Cr}(n,\gamma) +163\%$ 、 $^{54}\text{Cr}(n,\gamma) +1119\%$ 、 $^{54}\text{Fe}(n,\gamma) +933\%$ 、 $^{57}\text{Fe}(n,\gamma) +996\%$ 、 $^{58}\text{Fe}(n,\gamma) +615\%$ 、 $^{60}\text{Ni}(n,\gamma) +756\%$ 、 $^{61}\text{Ni}(n,\gamma) +2938\%$ 、 $^{62}\text{Ni}(n,\gamma) +157\%$ 、 $^{64}\text{Ni}(n,\gamma) +819\%$

- ・ JENDL-3.3 で新たに追加された核種・反応

$^{164}\text{Er}(n,\gamma) +992\%$ 、 $^{166}\text{Er}(n,\alpha) +216\%$ 、 $^{167}\text{Er}(n,\alpha) +899\%$ 、 $^{168}\text{Er}(n,\gamma) +456\%$ 、 $^{170}\text{Er}(n,\gamma) +560\%$ 、 $^{200}\text{Hg}(n,\gamma) +171\%$ 、 $^{201}\text{Hg}(n,\gamma) +713\%$ 、 $^{202}\text{Hg}(n,\gamma) +950\%$ 、 $^{204}\text{Hg}(n,\gamma) +12530\%$ 、 $^{237}\text{Pu}(n,3n) -100\%$

○ JENDL の改訂により数%～数十% 変化しているものの例 (変更効果 ①)

- ・ 軽核種： $^{16}\text{O}(n,\gamma) +11\%$ 、 $^{16}\text{O}(n,2n) -89\%$ 、 $^{61}\text{Ni}(n,\alpha) +62\%$ 、
- ・ FP： $^{99}\text{Tc}(n,\gamma) +8\%$ 、 $^{99}\text{Tc}(n,\alpha) -18\%$
- ・ U、Pu： $^{235}\text{U}(n,\gamma) +11\%$ 、 $^{238}\text{Pu}(n,2n) -90\%$
- ・ MA： $^{243}\text{Cm}(n,\gamma) +43\%$ 、 $^{247}\text{Cm}(n,\text{fission}) +16\%$ 、 $^{242m}\text{Am}(n,2n) +33\%$

○ 中性子スペクトルの変化によるもの (変更効果 ②)

図 4.11 に中性子スペクトルの変化を示す。中性子スペクトルの変化により 1 群断面積には次の変化が生じる。

- ・ 10 eV ～ 1 keV 付近の中性子束寄与の増加：

FP 核種の (n,γ) 反応断面積が最大約 4 % 増加

重金属核種の (n,γ) 反応断面積が最大約 1 % 増加

核分裂性核種の $(n,\text{fission})$ 反応断面積が最大約 2 % 増加

- ・ 10 MeV 付近の中性子束寄与の増加：

同エネルギー領域に閾値を持つ $(n,2n)$ 、 $(n,3n)$ 、 (n,p) 、 (n,α) 反応断面積が 10 ～ 20 % 程度増加する。中性子束寄与の増加は ^{239}Pu 核分裂スペクトルの改訂によりもたらされたものである。

○ $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 反応について

$^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 反応断面積は、 $^{241}\text{Am}(n,\gamma)^{242g}\text{Am}$ と $^{241}\text{Am}(n,\gamma)^{242m}\text{Am}$ に分けて格納される。これらには、JENDL の改訂による断面積の変化と核異性体比を変更した効果が生じる。例えば、 $^{241}\text{Am}(n,\gamma)^{242m}\text{Am}$ の場合、断面積改訂効果で 6 % 増加、核異性体比変更効果で 26 % 減少、正味で 20 % 減少している。

4.3.2 1 群断面積変化の炉心間の比較

ここでは 1 群断面積の変化について、対象炉心間の比較を行う。各対象炉心の内側炉心（常陽 MK-I は炉心部）の 1 群断面積の変化とその内訳を比較したものを図 4.12 に示す。ここで次の 3 核種・反応を例として選んだ。

- ① $^{235}\text{U}(\text{n},\gamma)$ … JENDL の改訂、中性子スペクトルの変化（10 eV ～ 1 keV の増加）
- ② $^{239}\text{Pu}(\text{n},\text{fission})$ … 中性子スペクトルの変化（10 eV ～ 1 keV の増加）
- ③ $^{238}\text{U}(\text{n},2\text{n})$ … 中性子スペクトルの変化（10 MeV 付近の増加）

図 4.12 より以下のことがわかる。

- ・ ^{235}U の (n,γ) 反応断面積は、JENDL の改訂により 1 keV 付近の共鳴エネルギー領域で増加している。この JENDL の改訂に伴う 1 群断面積の増加は、中性子スペクトルが軟らかい炉心ほど大きくなる。また、中性子スペクトルの変化による影響も若干あり、常陽 MK-I 以外の炉心では 1 群断面積を増加させる傾向にある。
- ・ ^{239}Pu の $(\text{n},\text{fission})$ 反応断面積は、主に中性子スペクトルの変化（10 eV～1 keV 付近の増加）により増加するが、変化量は小さい。
- ・ ^{238}U の $(\text{n},2\text{n})$ 反応断面積は、主に中性子スペクトルの変化（10 MeV 付近の増加）により増加している。なお、常陽 MK-I のみ傾向が異なるのは、燃料中に ^{235}U が多く含まれているためであり、そのため、JENDL の改訂による変化の大きな ^{239}Pu 核分裂スペクトルの影響が減少している。

4.3.3 燃焼計算結果の比較

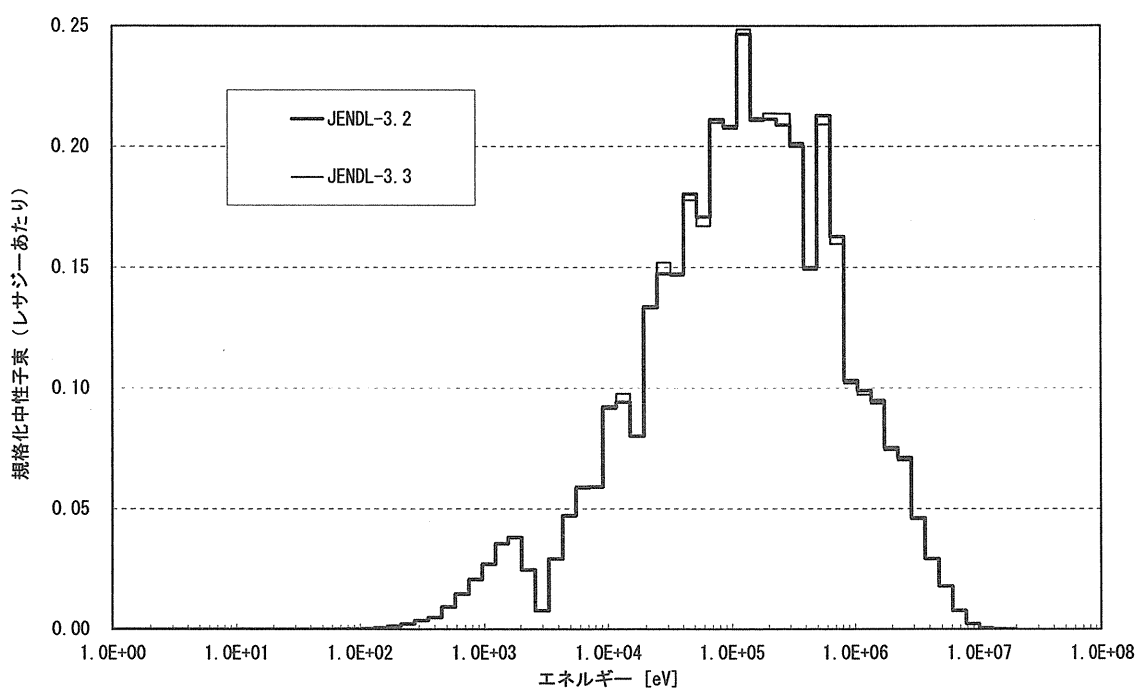
1 群断面積の変化が燃焼計算結果に与える影響を調べた。ここで各対象炉心の内側炉心部の燃焼による核種重量変化に着目した。以下に計算条件を示す。

燃焼日数	3 サイクル（1 サイクルは、365 日燃焼 + 64 日炉停止）
冷却期間	第 3 サイクルの燃焼終了後、4 年間冷却
出力	72.2 MW/t（出力一定）
燃焼度	8.6 万 MWd/t
Pu 富化度	19 wt%
Pu 組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7$ wt%
（※ 全ての対象炉心について上記条件で燃焼計算を行った。）	

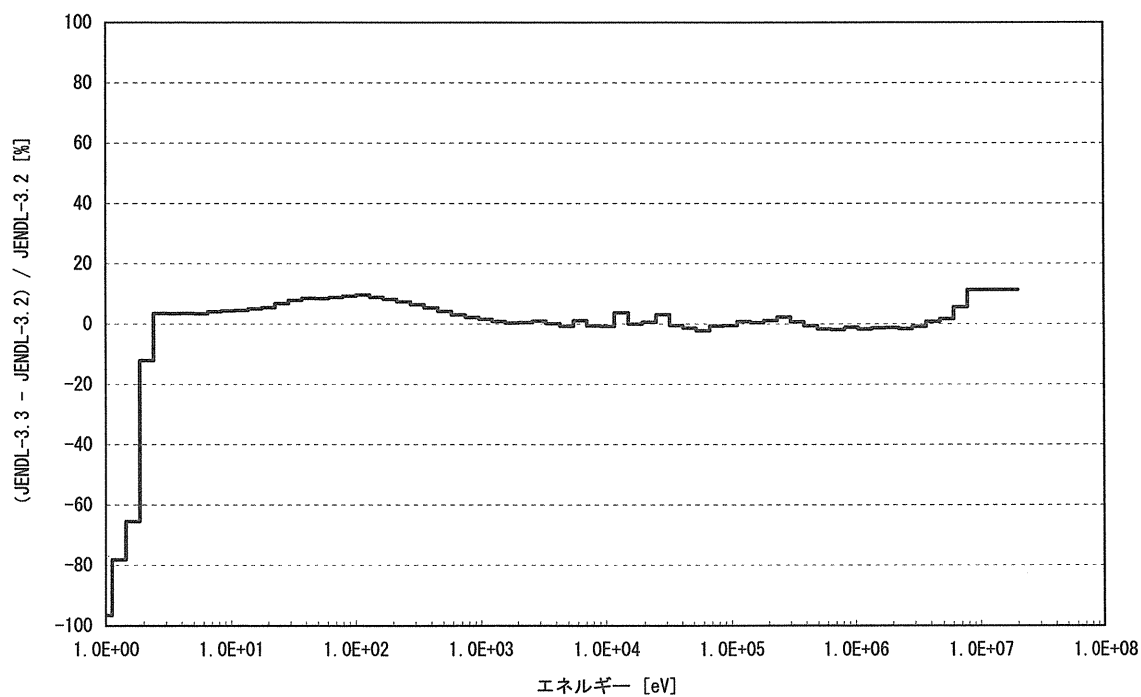
重金属核種の結果を表 4.16 及び図 4.13 に示す。燃焼による核種重量変化量を比較した場合、生成量と消費量がバランスする Pu 同位体（ ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{242}Pu ）については、断面積ライブラリ改訂による影響が見かけ上大きくなる場合がある。これらを除外して、燃焼による核種重量変化

量に対するライブラリ改訂の影響を見ると、 $^{238}\text{U}(n,2n)$ 反応断面積の増加に伴う ^{237}Np の増加や、 $^{235}\text{U}(n,\gamma)$ 反応断面積の断面積の増加に伴う ^{236}U の増加、MA 核種では、 $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 反応断面積の核異性体比と JENDL の改訂に伴う 1 群断面積の増加による ^{242m}Am 生成量の 20 % 程度の減少が顕著である。他の MA 核種の生成量については、最大で 10 % 程度の変化が見られる。 ^{236}U と ^{237}Np 生成量についての炉心間の比較を図 4.14 に示すが、第 4.3.2 節に示した 1 群断面積変化と整合のとれていることが分かる。

代表的な線源核種 (^3H 、 ^{14}C 、 ^{85}Kr 、 ^{131}I) や、燃焼度指標 FP (^{148}Nd)、LLFP (^{99}Tc 、 ^{129}I 、 ^{135}Cs)、その他 FP の生成量計算を行った結果 (60 万 kWe 級酸化物燃料 (軽水炉取出し Pu) 炉心) を表 4.17 に示す。今回、これらの生成量に最も影響する核分裂収率の改訂は行っていないため、影響はどれも 1 % 以下の小さいものであった。なお、放射化 Na (^{22}Na) の生成量計算では、 ^{23}Na の $(n,2n)$ 反応断面積が約 10 % 程度増加したことに伴い、 ^{22}Na の生成量も 10 % 程度増加した。このように閾値を持った反応により生成する核種に対しては、 ^{239}Pu の核分裂スペクトルの改訂に起因する 10 ~ 20 % 程度の増加が生じる。



(1) 中性子スペクトル



(2) 中性子スペクトルの変化

図 4.11 中性子スペクトルの比較

(60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu)、内側炉心部)

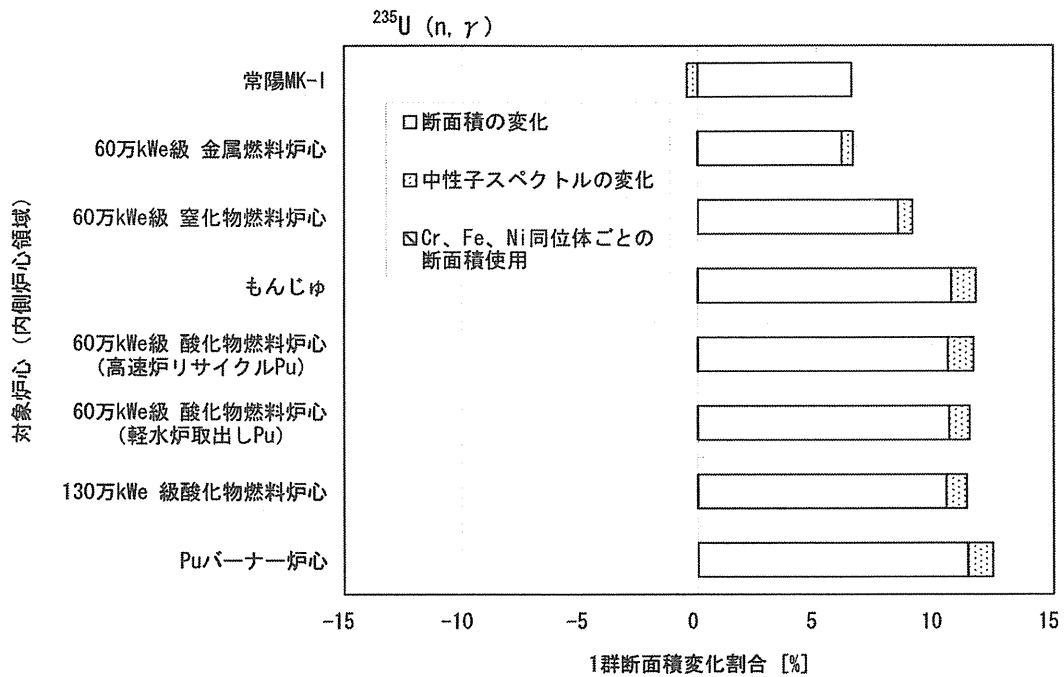
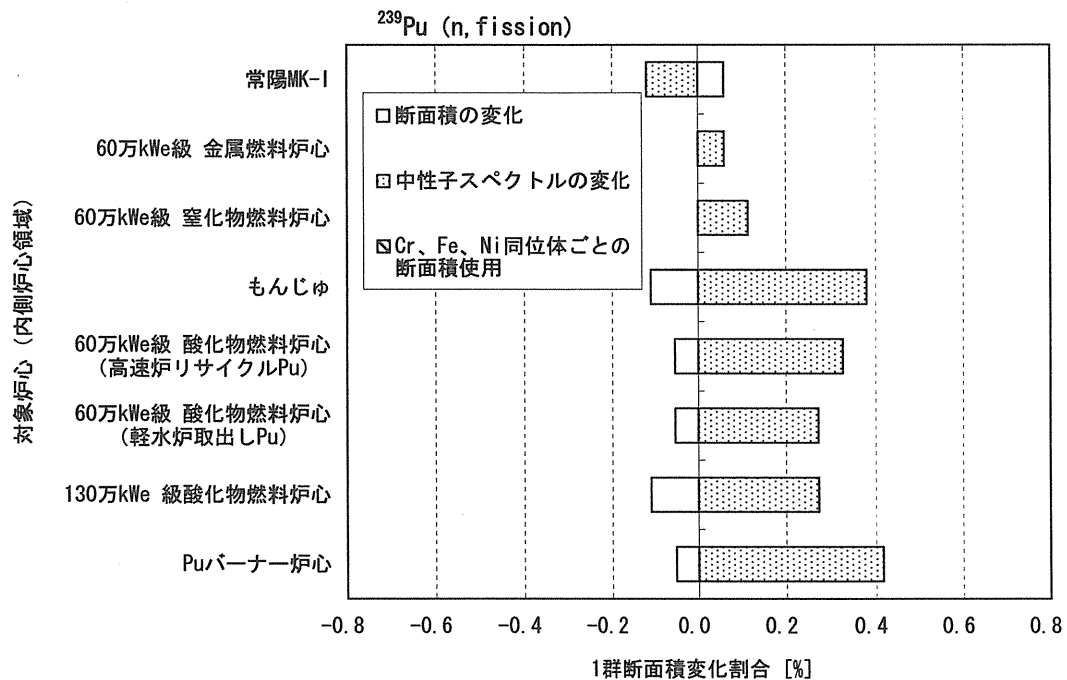
(1) $^{235}\text{U}(n, \gamma)$ 反応断面積(2) $^{239}\text{Pu}(n, \text{fission})$ 反応断面積

図 4.12 JENDL-3.2 版ライブラリから JENDL-3.3 ライブラリへの 1 群断面積の変化
 (対象炉心間の比較) (1/2)

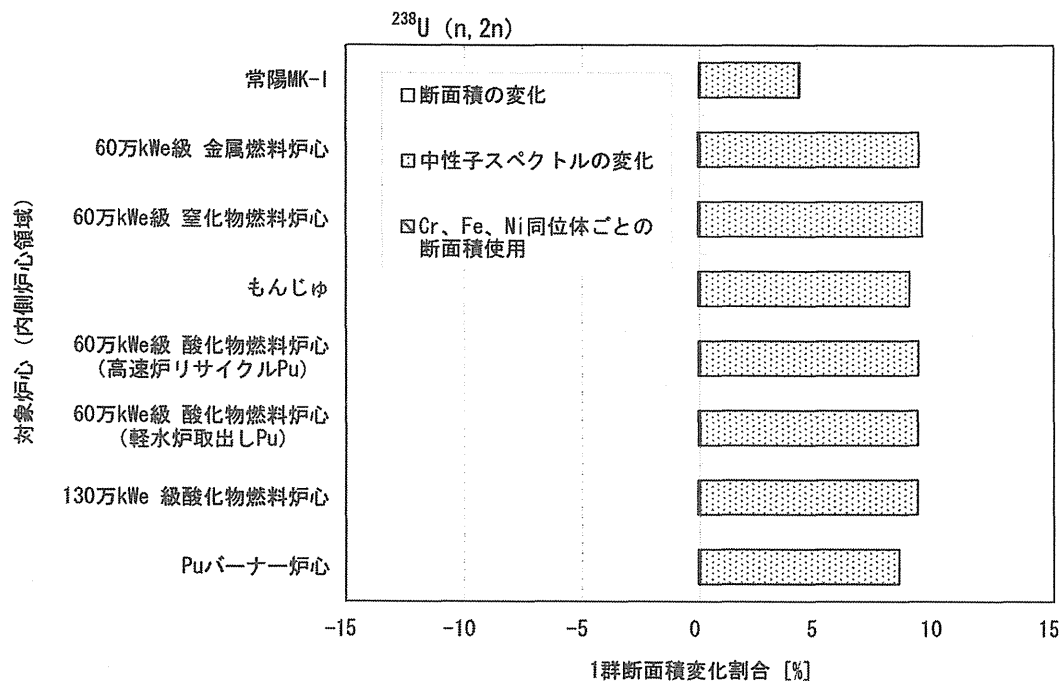
(3) $^{238}\text{U}(n,2n)$ 反応断面積

図 4.12 (続き) (2/2)

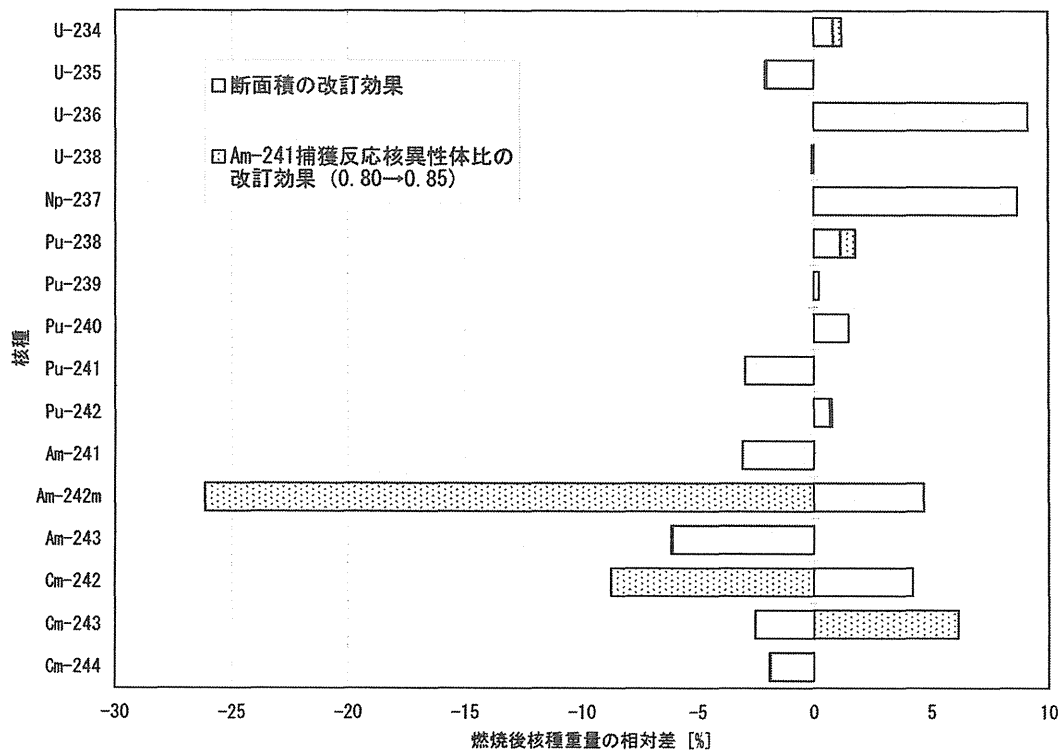


図 4.13 JENDL-3.2 から JENDL-3.3 への改訂による燃焼後核種重量の変化と内訳
(60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu)、内側炉心部)

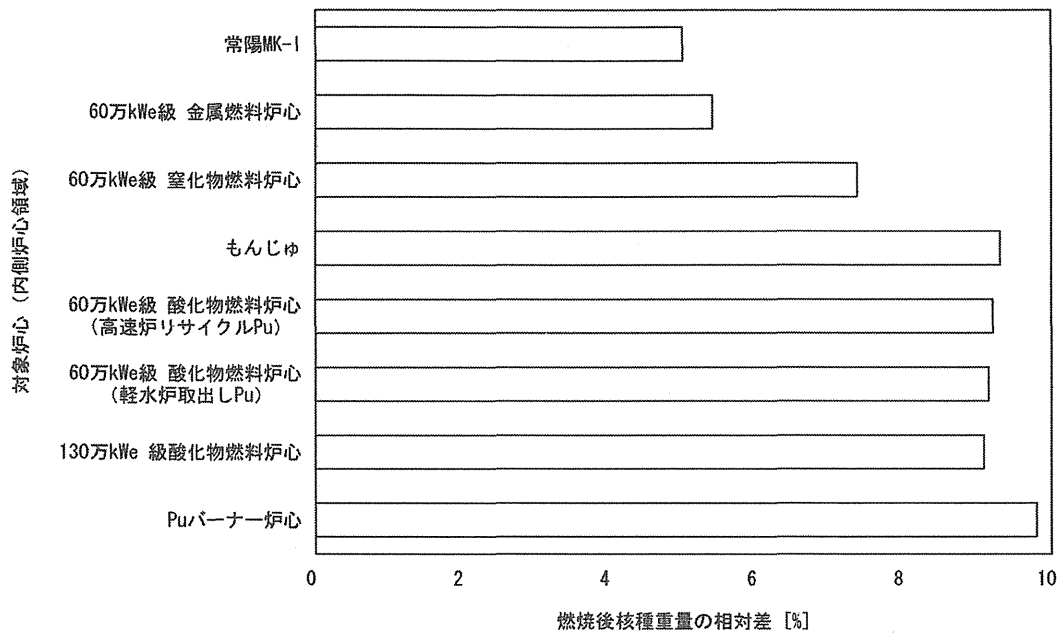
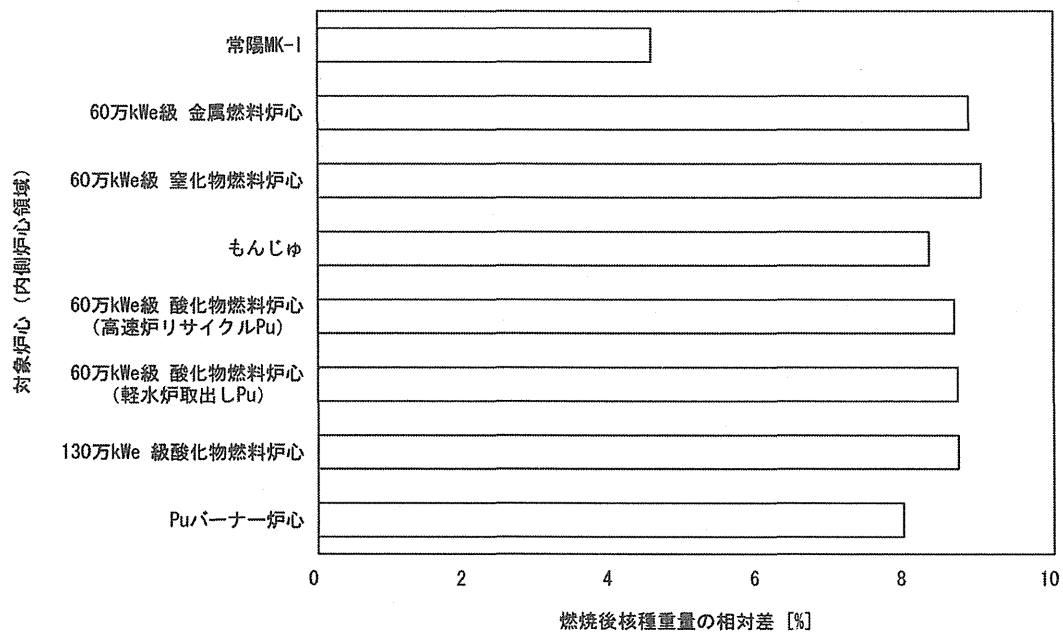
(1) ^{236}U 生成量(2) ^{237}Np 生成量

図 4.14 JENDL-3.2 から JENDL-3.3 ライブラリへの改訂による燃焼後核種重量の変化
(対象炉心間の比較)

表 4.15 JENDL-3.2 ベースライブラリから JENDL-3.3 ベースライブラリへの 1 群断面積の変化とその内訳
 - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (1/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$J_{33}-J_{32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
H-1	(n,γ)	2.205E-04	2.225E-04	0.91	0.00	0.95	-0.05
H-2	(n,γ)	3.295E-06	3.288E-06	-0.21	0.00	-0.21	0.00
	(n,2n)	5.390E-04	5.606E-04	4.01	0.00	4.01	0.00
He-3	(n,γ)	2.079E-05	2.073E-05	-0.29	0.00	-0.29	0.00
	(n,p)	3.455E+00	3.486E+00	0.90	0.00	0.90	0.00
Li-6	(n,γ)	3.575E-05	3.597E-05	0.62	0.00	0.64	-0.03
	(n,2n)	1.859E-05	2.048E-05	10.17	0.00	10.11	0.05
	(n,p)	4.429E-04	4.488E-04	1.33	0.00	1.33	0.00
Li-7	(n,γ)	3.569E-05	3.597E-05	0.78	0.00	0.81	-0.03
	(n,2n)	3.833E-06	4.266E-06	11.30	0.00	11.30	0.00
Be-9	(n,γ)	5.974E-06	6.022E-06	0.80	0.00	0.80	0.00
	(n,2n)	6.087E-03	1.396E-02	129.34	127.53	1.81	0.00
	(n,α)	4.808E-03	4.772E-03	-0.75	0.00	-0.75	0.00
	(n,p)	2.098E-09	2.335E-09	11.30	0.00	11.30	0.00
B-10	(n,γ)	3.931E-04	3.962E-04	0.79	0.00	0.79	0.00
	(n,2n)	3.232E-06	3.597E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	2.894E+00	2.918E+00	0.83	0.00	0.83	0.00
	(n,p)	2.178E-03	2.169E-03	-0.41	0.00	-0.41	0.00
B-11	(n,γ)	3.443E-05	3.460E-05	0.49	0.00	0.52	-0.03
	(n,2n)	5.114E-08	5.691E-08	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	6.131E-06	6.819E-06	11.22	0.00	11.22	0.00
	(n,p)	6.080E-08	6.767E-08	11.30	0.00	11.30	0.00
C-12	(n,γ)	1.786E-05	1.787E-05	0.06	0.00	0.06	0.00
	(n,α)	1.185E-04	1.311E-04	10.63	0.00	10.63	0.00
	(n,p)	1.812E-08	2.017E-08	11.31	0.00	11.26	0.06
N-14	(n,γ)	6.653E-05	6.697E-05	0.66	0.00	0.68	-0.02
	(n,2n)	1.048E-07	1.166E-07	11.26	0.00	11.26	0.00
	(n,α)	1.022E-02	1.020E-02	-0.20	0.00	-0.20	0.00
	(n,p)	1.141E-02	1.138E-02	-0.26	0.70	-0.96	0.00
N-15	(n,γ)	3.684E-07	9.495E-06	2477.36	2484.15	-6.79	0.00
	(n,2n)	1.044E-06	1.162E-06	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	4.915E-06	5.470E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,p)	1.435E-06	1.598E-06	11.36	0.00	11.29	0.07
O-16	(n,γ)	5.208E-05	6.816E-05	30.88	31.45	-0.56	-0.02
	(n,2n)	1.104E-09	1.229E-10	-88.87	-90.00	1.13	0.00
	(n,α)	7.783E-04	8.046E-04	3.38	0.00	3.38	0.00
	(n,p)	2.040E-06	2.271E-06	11.32	0.00	11.32	0.00
F-19	(n,γ)	2.501E-03	2.543E-03	1.68	0.00	1.64	0.04
	(n,2n)	8.908E-07	9.914E-07	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,α)	1.515E-03	1.550E-03	2.31	0.00	2.31	0.00
	(n,p)	1.178E-04	1.245E-04	5.69	0.00	5.69	0.00
Na-23	(n,γ)g	1.242E-03	1.275E-03	2.66	2.25	0.40	0.00
	(n,2n)	2.679E-07	2.956E-07	10.34	-0.86	11.16	0.04
	(n,α)	5.864E-05	7.217E-05	23.07	12.06	11.02	0.00
	(n,p)	1.541E-04	1.633E-04	5.97	-0.13	6.10	0.00
Mg-24	(n,γ)	1.741E-03	1.730E-03	-0.63	0.00	-0.63	0.00
	(n,2n)	2.820E-09	3.138E-09	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	5.374E-04	5.728E-04	6.59	0.00	6.59	0.00
	(n,p)	1.616E-04	1.756E-04	8.66	0.00	8.66	0.00
Mg-25	(n,γ)	2.329E-03	2.320E-03	-0.39	0.00	-0.39	0.00
	(n,2n)	8.626E-05	9.600E-05	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,α)	1.786E-03	1.832E-03	2.58	0.00	2.58	0.00
	(n,p)	1.720E-04	1.791E-04	4.13	0.00	4.13	0.00
Mg-26	(n,γ)	2.929E-04	2.935E-04	0.20	0.00	0.20	0.00
	(n,2n)	6.306E-06	7.018E-06	11.29	0.00	11.27	0.02
	(n,α)	1.656E-05	1.841E-05	11.17	0.00	11.17	0.00
	(n,p)	1.814E-06	2.019E-06	11.30	0.00	11.30	0.00
Al-27	(n,γ)	2.731E-03	2.747E-03	0.59	0.00	0.62	-0.04
	(n,2n)	4.006E-07	3.146E-07	-21.47	-29.43	7.96	0.00
	(n,α)	6.742E-05	7.367E-05	9.27	0.00	9.26	0.01
	(n,p)	4.406E-04	4.577E-04	3.88	0.00	3.88	0.00
Si-28	(n,γ)	8.055E-04	8.006E-04	-0.61	0.20	-0.81	0.00
	(n,2n)	3.397E-11	3.781E-11	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	2.591E-04	2.796E-04	7.91	0.00	7.91	0.00
	(n,p)	6.173E-04	6.570E-04	6.43	0.00	6.42	0.02
Si-29	(n,γ)	2.293E-03	2.206E-03	-3.79	-3.58	-0.22	0.00
	(n,2n)	2.402E-05	2.674E-05	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	6.128E-04	6.359E-04	3.77	0.00	3.77	0.00
	(n,p)	3.047E-04	3.192E-04	4.76	0.00	4.76	0.00
Si-30	(n,γ)	1.959E-02	1.963E-02	0.20	0.00	0.20	0.00
	(n,2n)	7.191E-06	8.003E-06	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,α)	1.278E-05	1.416E-05	10.80	0.00	10.72	0.08
	(n,p)	1.567E-06	1.744E-06	11.30	0.00	11.23	0.06

* 本表の (n,γ), (n,2n) 反応断面積は核異性体比をかけた値 (基底状態へ変換する値) であり、それぞれ (n,γ), (n,2n) と表記する。

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (2/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe、Cr、Ni を 同位体毎に 入力
P-31	(n,γ)	1.246E-03	1.252E-03	0.48	0.00	0.48	0.00
	(n,2n)	2.223E-07	2.474E-07	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	2.460E-04	2.616E-04	6.34	0.00	6.34	0.00
	(n,p)	4.349E-03	3.588E-03	-17.50	-17.82	0.32	0.00
S-32	(n,γ)	2.710E-03	2.723E-03	0.48	0.00	0.48	0.00
	(n,2n)	4.128E-10	4.594E-10	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	1.604E-02	1.603E-02	-0.06	0.00	-0.06	0.00
	(n,p)	8.010E-03	8.063E-03	0.66	0.00	0.66	0.00
S-33	(n,γ)	1.223E-03	1.243E-03	1.64	0.00	1.64	0.00
	(n,2n)	1.898E-05	2.112E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	1.725E-01	1.724E-01	-0.06	0.00	-0.06	0.00
	(n,p)	1.131E-02	1.124E-02	-0.62	0.00	-0.62	0.00
S-34	(n,γ)	3.332E-04	3.347E-04	0.45	0.00	0.45	0.00
	(n,2n)	4.008E-06	4.461E-06	11.30	0.00	11.28	0.02
	(n,α)	3.399E-04	3.571E-04	5.06	0.00	5.06	0.00
	(n,p)	8.000E-05	8.588E-05	7.35	0.00	7.35	0.00
S-36	(n,γ)	5.257E-04	5.285E-04	0.53	0.00	0.53	0.00
	(n,2n)	2.442E-05	2.718E-05	11.30	0.00	11.26	0.04
	(n,α)	5.277E-06	5.801E-06	9.93	0.00	9.91	0.02
	(n,p)	4.655E-08	5.181E-08	11.30	0.00	11.28	0.02
Cl-35	(n,γ)	9.342E-03	9.606E-03	2.83	0.00	2.86	-0.03
	(n,2n)	9.757E-08	1.086E-07	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	6.066E-03	6.154E-03	1.45	0.00	1.45	0.00
	(n,p)	1.700E-02	1.699E-02	-0.06	0.00	-0.06	0.00
Cl-37	(n,γ)g	1.645E-03	1.646E-03	0.06	0.00	0.06	0.00
	(n,2n)	7.624E-06	8.485E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	9.687E-05	1.024E-04	5.71	0.00	5.71	0.00
	(n,p)	3.831E-05	4.108E-05	7.23	0.00	7.23	0.00
Ar-40	(n,γ)	1.673E-03	1.670E-03	-0.18	0.00	-0.18	0.00
	(n,2n)	3.077E-05	3.424E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	2.005E-05	2.182E-05	8.83	0.00	8.78	0.05
	(n,p)	1.902E-06	2.117E-06	11.30	0.00	11.25	0.05
K-39	(n,γ)	1.359E-02	1.363E-02	0.29	0.00	0.29	0.00
	(n,2n)	5.004E-08	5.569E-08	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	4.485E-03	4.557E-03	1.61	0.00	1.61	0.00
	(n,p)	1.466E-02	1.463E-02	-0.20	0.00	-0.20	0.00
K-40	(n,γ)	1.804E-02	1.823E-02	1.05	0.00	1.11	-0.06
	(n,2n)	5.210E-05	5.799E-05	11.31	0.00	11.29	0.02
	(n,α)	4.121E-02	4.109E-02	-0.29	0.00	-0.29	0.00
	(n,p)	1.416E-02	1.415E-02	-0.07	0.00	-0.07	0.00
K-41	(n,γ)	4.590E-02	4.612E-02	0.48	0.00	0.48	0.00
	(n,2n)	1.231E-06	1.370E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	9.575E-05	9.955E-05	3.97	0.00	3.97	0.00
	(n,p)	2.177E-04	2.232E-04	2.53	0.00	2.53	0.00
Ca-40	(n,γ)	3.825E-03	3.822E-03	-0.08	0.00	-0.08	0.00
	(n,2n)	8.071E-09	8.983E-09	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	5.878E-03	5.900E-03	0.37	0.00	0.37	0.00
	(n,p)	1.409E-02	1.415E-02	0.43	0.00	0.43	0.00
Ca-42	(n,γ)	8.745E-03	8.718E-03	-0.31	0.00	-0.31	0.00
	(n,2n)	4.506E-06	5.015E-06	11.30	0.00	11.27	0.02
	(n,α)	2.762E-04	2.871E-04	3.95	0.00	3.95	0.00
	(n,p)	9.325E-04	9.772E-04	4.79	0.00	4.79	0.00
Ca-43	(n,γ)	3.996E-02	4.020E-02	0.60	0.00	0.60	0.00
	(n,2n)	6.243E-05	6.949E-05	11.31	0.00	11.29	0.02
	(n,α)	1.388E-03	1.382E-03	-0.43	0.00	-0.43	0.00
	(n,p)	2.891E-03	2.928E-03	1.28	0.00	1.28	0.00
Ca-44	(n,γ)	4.089E-03	4.115E-03	0.64	0.00	0.61	0.02
	(n,2n)	1.138E-05	1.266E-05	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	2.066E-05	2.273E-05	10.02	0.00	9.97	0.05
	(n,p)	6.995E-06	7.689E-06	9.92	0.00	9.91	0.01
Ca-46	(n,γ)	8.714E-04	8.774E-04	0.69	0.00	0.70	-0.01
	(n,2n)	2.285E-05	2.543E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	6.620E-06	7.148E-06	7.98	0.00	7.98	0.00
	(n,p)	2.490E-07	2.763E-07	10.96	0.00	10.92	0.04
Ca-48	(n,γ)	3.435E-04	3.483E-04	1.40	0.00	1.40	0.00
	(n,2n)	2.792E-05	3.107E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	3.273E-10	3.643E-10	11.30	0.00	11.27	0.03
	(n,p)	4.150E-08	4.619E-08	11.30	0.00	11.30	0.00
Sc-45	(n,γ)g	2.766E-02	2.771E-02	0.18	0.00	0.18	0.00
	(n,2n)	3.959E-06	4.406E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	3.888E-04	3.879E-04	-0.23	0.00	-0.23	0.00
	(n,p)	3.269E-03	3.275E-03	0.18	0.00	0.18	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (3/18)

核種	反応	I 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Ti-46	(n,γ)	1.308E-02	1.205E-02	-7.87	-7.57	-0.31	0.00
	(n,2n)	3.193E-07	4.406E-07	37.99	23.99	14.00	0.00
	(n,α)	8.875E-05	9.524E-05	7.31	0.00	7.30	0.01
	(n,p)	1.185E-03	1.395E-03	17.72	13.76	3.97	0.00
Ti-47	(n,γ)	3.234E-02	3.256E-02	0.68	0.03	0.68	-0.03
	(n,2n)	1.294E-05	1.440E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	3.545E-04	3.642E-04	2.74	0.00	2.74	0.00
	(n,p)	2.961E-03	2.224E-03	-24.89	-25.19	0.30	0.00
Ti-48	(n,γ)	1.978E-02	2.014E-02	1.82	1.06	0.76	0.00
	(n,2n)	6.670E-06	7.424E-06	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	2.249E-06	2.503E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,p)	2.511E-05	3.075E-05	22.46	12.98	9.48	0.00
Ti-49	(n,γ)	9.058E-03	8.189E-03	-9.59	-9.77	0.19	-0.01
	(n,2n)	7.162E-05	7.972E-05	11.31	0.00	11.30	0.01
	(n,α)	1.745E-05	1.858E-05	6.48	0.00	6.48	0.00
	(n,p)	8.378E-05	8.532E-05	1.84	0.00	1.84	0.00
Ti-50	(n,γ)	1.178E-03	1.423E-03	20.80	21.56	-0.76	0.00
	(n,2n)	1.713E-05	1.907E-05	11.33	0.00	11.33	0.00
	(n,α)	1.337E-07	3.671E-07	174.57	146.90	27.60	0.07
	(n,p)	5.755E-07	6.401E-07	11.23	0.00	11.21	0.02
V-51	(n,γ)	2.437E-02	2.449E-02	0.49	0.29	0.21	0.00
	(n,2n)	1.111E-05	1.237E-05	11.34	0.00	11.34	0.00
	(n,α)	3.569E-06	3.840E-06	7.59	0.03	7.57	0.00
	(n,p)	6.243E-05	6.482E-05	3.83	0.00	3.83	0.00
Cr-50	(n,γ)	1.165E-02	3.421E-02	193.65	0.00	0.00	193.65
	(n,2n)	1.876E-07	2.088E-07	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	5.928E-05	7.396E-05	24.76	18.05	6.71	0.00
	(n,p)	5.343E-03	3.493E-03	-34.62	-35.54	0.92	0.00
Cr-52	(n,γ)	1.876E-02	7.852E-03	-58.14	0.00	0.00	-58.14
	(n,2n)	3.368E-06	3.900E-06	15.80	4.04	11.76	0.00
	(n,α)	5.319E-06	3.912E-06	-26.45	-33.09	6.62	0.02
	(n,p)	1.020E-04	1.088E-04	6.67	0.00	6.67	0.00
Cr-53	(n,γ)	1.357E-02	3.565E-02	162.71	0.00	0.00	162.71
	(n,2n)	6.520E-05	7.256E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	7.407E-05	6.278E-05	-15.24	-18.28	3.04	0.00
	(n,p)	4.587E-05	4.834E-05	5.38	-0.02	5.41	0.00
Cr-54	(n,γ)	2.759E-04	3.364E-03	1119.28	0.00	0.00	1119.28
	(n,2n)	2.618E-05	2.914E-05	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	3.814E-06	4.140E-06	8.55	0.00	8.55	0.00
	(n,p)	6.107E-07	6.793E-07	11.23	0.00	11.23	0.00
Mn-55	(n,γ)	5.156E-02	5.277E-02	2.35	0.19	2.21	-0.06
	(n,2n)	2.158E-05	2.402E-05	11.31	0.00	11.26	0.05
	(n,α)	1.251E-05	1.360E-05	8.71	0.00	8.71	0.00
	(n,p)	5.878E-05	6.181E-05	5.15	0.00	5.15	0.00
Fe-54	(n,γ)	1.840E-03	1.900E-02	932.61	0.00	0.00	932.61
	(n,2n)	1.060E-07	1.179E-07	11.23	0.00	11.23	0.00
	(n,α)	8.688E-05	9.266E-05	6.65	0.00	6.64	0.01
	(n,p)	9.072E-03	9.322E-03	2.76	1.70	1.06	0.00
Fe-56	(n,γ)	1.140E-02	9.352E-03	-17.96	0.00	0.00	-17.96
	(n,2n)	7.599E-06	7.499E-06	-1.32	-11.34	10.01	0.01
	(n,α)	3.330E-05	3.567E-05	7.12	0.00	7.09	0.03
	(n,p)	1.057E-04	1.133E-04	7.19	0.00	7.19	0.00
Fe-57	(n,γ)	1.993E-03	2.184E-02	995.84	0.00	0.00	995.84
	(n,2n)	1.572E-04	1.750E-04	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	6.027E-05	6.165E-05	2.29	0.00	2.29	0.00
	(n,p)	5.106E-05	5.314E-05	4.07	0.00	4.07	0.00
Fe-58	(n,γ)	1.824E-03	1.304E-02	614.91	0.00	0.00	614.91
	(n,2n)	3.266E-05	3.635E-05	11.30	0.00	11.27	0.03
	(n,α)	2.339E-06	2.578E-06	10.22	0.00	10.22	0.00
	(n,p)	1.101E-06	1.223E-06	11.08	0.00	11.08	0.00
Co-59	(n,γ)g	2.505E-02	2.760E-02	10.18	5.47	4.79	-0.08
	(n,2n)	1.845E-05	1.934E-05	4.82	-5.80	10.62	0.00
	(n,α)	1.638E-05	1.772E-05	8.18	0.00	8.18	0.00
	(n,p)	1.550E-04	1.601E-04	3.29	0.00	3.29	0.00
Ni-58	(n,γ)	2.043E-02	2.311E-02	13.12	0.00	0.00	13.12
	(n,2n)	3.145E-07	4.396E-07	39.78	25.60	14.18	0.00
	(n,α)	6.479E-04	7.771E-04	19.94	17.55	2.41	-0.02
	(n,p)	1.254E-02	1.257E-02	0.24	-0.48	0.72	0.00
Ni-60	(n,γ)	2.299E-03	1.967E-02	755.59	0.00	0.00	755.59
	(n,2n)	5.605E-06	6.752E-06	20.46	8.22	12.22	0.02
	(n,α)	7.349E-05	1.740E-04	136.77	125.61	11.16	0.00
	(n,p)	2.640E-04	2.356E-04	-10.76	-15.72	4.96	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kW_e 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (4/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Ni-61	(n,γ)	2.453E-03	7.453E-02	2938.32	0.00	0.00	2938.32
	(n,2n)	1.702E-04	1.175E-04	-30.96	-37.96	6.99	0.00
	(n,α)	2.829E-04	4.575E-04	61.72	59.21	2.51	0.00
	(n,p)	2.443E-04	1.687E-04	-30.95	-32.95	2.01	0.00
Ni-62	(n,γ)	1.042E-02	2.683E-02	157.49	0.00	0.00	157.49
	(n,2n)	2.026E-05	2.330E-05	15.00	3.31	11.70	0.00
	(n,α)	4.454E-06	4.581E-06	2.85	-6.26	9.12	0.00
	(n,p)	3.673E-06	3.739E-06	1.80	-7.92	9.72	0.00
Ni-64	(n,γ)	1.686E-03	1.550E-02	819.34	0.00	0.00	819.34
	(n,2n)	5.005E-05	5.653E-05	12.95	1.48	11.45	0.02
	(n,α)	1.113E-06	2.482E-07	-77.70	-79.94	2.24	0.00
	(n,p)	1.735E-07	3.184E-07	83.52	64.90	18.62	0.00
Cu-63	(n,γ)	8.501E-02	8.617E-02	1.36	0.00	1.38	-0.01
	(n,2n)	9.028E-06	1.005E-05	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	5.622E-05	5.947E-05	5.78	0.00	5.78	0.00
	(n,p)	3.261E-03	3.260E-03	-0.03	0.00	-0.03	0.00
Cu-65	(n,γ)	3.039E-02	3.058E-02	0.63	0.00	0.66	-0.03
	(n,2n)	3.214E-05	3.578E-05	11.33	0.00	11.29	0.03
	(n,α)	1.903E-06	2.079E-06	9.25	0.00	9.25	0.00
	(n,p)	5.849E-05	6.052E-05	3.47	0.00	3.47	0.00
Ga-69	(n,γ)	1.376E-01	1.395E-01	1.38	0.00	1.38	0.00
	(n,2n)	1.913E-05	2.129E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	4.502E-05	4.707E-05	4.55	0.00	4.55	0.00
	(n,p)	2.775E-04	2.845E-04	2.52	0.00	2.52	0.00
Ga-71	(n,γ)g	1.247E-01	1.274E-01	2.17	0.00	2.25	-0.08
	(n,2n)	4.007E-05	4.460E-05	11.31	0.00	11.28	0.02
	(n,α)	1.166E-06	1.265E-06	8.49	0.00	8.49	0.00
	(n,p)	1.001E-05	1.060E-05	5.89	0.00	5.89	0.00
Ge-70	(n,γ)g	7.437E-02	7.463E-02	0.35	0.00	0.36	-0.01
	(n,2n)	6.348E-06	7.066E-06	11.31	0.00	11.29	0.02
	(n,α)	2.214E-04	2.266E-04	2.35	0.00	2.35	0.00
	(n,p)	5.986E-04	6.179E-04	3.22	0.00	3.24	-0.02
Ge-72	(n,γ)	3.978E-02	3.966E-02	-0.30	0.00	-0.30	0.00
	(n,2n)	1.807E-05	2.011E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	8.838E-06	9.397E-06	6.32	0.00	6.31	0.01
	(n,p)	3.243E-05	3.466E-05	6.88	0.00	6.88	0.00
Ge-73	(n,γ)	2.513E-01	2.575E-01	2.47	0.00	2.51	-0.04
	(n,2n)	2.212E-04	2.454E-04	10.94	0.00	10.94	0.00
	(n,α)	2.359E-05	2.443E-05	3.56	0.00	3.56	0.00
	(n,p)	1.710E-05	1.780E-05	4.09	0.00	4.15	-0.06
Ge-74	(n,γ)g	1.361E-02	1.363E-02	0.15	0.00	0.15	0.00
	(n,2n)	4.278E-05	4.761E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	1.956E-06	2.151E-06	9.97	0.00	9.97	0.00
	(n,p)	8.871E-07	9.816E-07	10.65	0.00	10.64	0.01
Ge-76	(n,γ)g	1.696E-02	1.742E-02	2.71	0.00	2.77	-0.06
	(n,2n)	6.601E-05	7.347E-05	11.30	0.00	11.29	0.02
	(n,α)	3.643E-08	4.053E-08	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,p)	8.137E-08	9.055E-08	11.28	0.00	11.27	0.01
As-75	(n,γ)	4.532E-01	4.596E-01	1.41	0.00	1.43	-0.02
	(n,2n)	2.662E-05	2.963E-05	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	2.024E-06	2.210E-06	9.19	0.00	9.19	0.00
	(n,p)	5.089E-05	5.254E-05	3.24	0.00	3.24	0.00
Se-74	(n,γ)	2.479E-01	2.521E-01	1.69	0.00	1.73	-0.04
	(n,2n)	3.637E-06	4.048E-06	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	4.383E-04	4.546E-04	3.72	0.00	3.72	0.00
	(n,p)	1.801E-03	1.864E-03	3.50	0.00	3.50	0.00
Se-76	(n,γ)g	1.070E-01	1.087E-01	1.59	0.00	1.59	0.00
	(n,2n)	1.605E-05	1.786E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	2.520E-05	2.708E-05	7.46	0.00	7.46	0.00
	(n,p)	6.039E-05	6.501E-05	7.65	0.00	7.65	0.00
Se-77	(n,γ)	3.898E-01	3.938E-01	1.03	0.00	1.03	0.00
	(n,2n)	3.845E-04	4.277E-04	11.24	0.00	11.21	0.03
	(n,α)	8.324E-05	8.426E-05	1.23	0.00	1.23	0.00
	(n,p)	9.283E-05	9.517E-05	2.52	0.00	2.52	0.00
Se-78	(n,γ)g	7.462E-02	7.565E-02	1.38	0.00	1.39	-0.01
	(n,2n)	3.028E-05	3.370E-05	11.29	0.00	11.26	0.03
	(n,α)	1.648E-06	1.807E-06	9.65	0.00	9.65	0.00
	(n,p)	2.078E-06	2.294E-06	10.39	0.00	10.39	0.00
Se-79	(n,γ)	3.691E-01	3.732E-01	1.11	0.00	1.14	-0.03
	(n,2n)	6.530E-04	7.220E-04	10.57	0.00	10.55	0.02
	(n,α)	7.916E-06	8.274E-06	4.52	0.00	4.52	0.00
	(n,p)	2.634E-06	2.804E-06	6.45	0.00	6.45	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (5/18)

核種	反応	I 群断面積 [barn]		$J33-J32$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Se-80	(n,γ)g	4.296E-02	4.305E-02	0.21	0.00	0.23	-0.02
	(n,2n)	5.773E-05	6.425E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	1.010E-06	1.121E-06	10.99	0.00	10.99	0.00
	(n,p)	5.250E-07	5.841E-07	11.26	0.00	11.26	0.00
Se-82	(n,γ)g	2.826E-02	2.858E-02	1.13	0.00	1.17	-0.04
	(n,2n)	8.744E-05	9.732E-05	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	4.963E-09	5.524E-09	11.30	0.00	11.28	0.02
	(n,p)	4.193E-08	4.666E-08	11.28	0.00	11.28	0.00
Br-79	(n,γ)g	6.179E-01	6.258E-01	1.28	0.00	1.29	-0.02
	(n,2n)	2.237E-05	2.490E-05	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	5.383E-06	5.809E-06	7.91	0.00	7.91	0.00
	(n,p)	4.831E-04	4.928E-04	2.01	0.00	2.01	0.00
Br-81	(n,γ)g	2.178E-01	2.209E-01	1.42	0.00	1.47	-0.05
	(n,2n)	4.063E-05	4.522E-05	11.30	0.00	11.27	0.02
	(n,α)	3.457E-07	3.823E-07	10.59	0.00	10.59	0.00
	(n,p)	2.293E-05	2.411E-05	5.15	0.00	5.15	0.00
Kr-78	(n,γ)g	3.218E-01	3.246E-01	0.87	0.00	0.90	-0.03
	(n,2n)	2.587E-06	2.880E-06	11.33	0.00	11.33	0.00
	(n,α)	2.483E-04	2.580E-04	3.91	0.00	3.91	0.00
	(n,p)	1.194E-03	1.233E-03	3.27	0.00	3.27	0.00
Kr-80	(n,γ)g	2.407E-01	2.433E-01	1.08	0.00	1.08	0.00
	(n,2n)	1.177E-05	1.310E-05	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.861E-05	1.987E-05	6.77	0.00	6.77	0.00
	(n,p)	1.202E-04	1.269E-04	5.57	0.00	5.57	0.00
Kr-82	(n,γ)g	5.021E-02	5.056E-02	0.70	0.00	0.70	0.00
	(n,2n)	2.094E-05	2.331E-05	11.32	0.00	11.27	0.05
	(n,α)	2.225E-06	2.427E-06	9.08	0.00	9.08	0.00
	(n,p)	8.819E-06	9.547E-06	8.25	0.00	8.24	0.01
Kr-83	(n,γ)g	2.709E-01	2.740E-01	1.14	0.00	1.18	-0.04
	(n,2n)	2.713E-04	3.019E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	1.328E-06	1.381E-06	3.99	0.00	3.99	0.00
	(n,p)	8.100E-06	8.405E-06	3.77	0.00	3.77	0.00
Kr-84	(n,γ)g	4.671E-02	4.758E-02	1.86	0.00	1.88	-0.02
	(n,2n)	2.815E-05	3.133E-05	11.30	0.00	11.26	0.04
	(n,α)	1.451E-07	1.611E-07	11.03	0.00	11.03	0.00
	(n,p)	7.832E-07	8.681E-07	10.84	0.00	10.83	0.01
Kr-85	(n,γ)g	6.040E-02	6.064E-02	0.40	0.00	0.43	-0.03
	(n,2n)	5.097E-04	5.657E-04	10.99	0.00	10.99	0.00
	(n,α)	1.690E-07	1.841E-07	8.93	0.00	8.93	0.00
	(n,p)	5.877E-07	6.434E-07	9.48	0.00	9.48	0.00
Kr-86	(n,γ)g	2.916E-03	2.918E-03	0.07	0.00	0.07	0.00
	(n,2n)	4.702E-05	5.233E-05	11.29	0.00	11.27	0.02
	(n,α)	2.376E-08	2.645E-08	11.32	0.00	11.28	0.04
	(n,p)	1.272E-07	1.415E-07	11.24	0.00	11.24	0.00
Rb-85	(n,γ)g	2.703E-01	2.730E-01	1.00	0.00	1.00	0.00
	(n,2n)	2.830E-05	3.149E-05	11.27	0.00	11.27	0.00
	(n,α)	4.779E-07	5.277E-07	10.42	0.00	10.40	0.02
	(n,p)	4.264E-05	4.406E-05	3.33	0.00	3.33	0.00
Rb-87	(n,γ)g	2.359E-02	2.419E-02	2.54	0.00	2.59	-0.04
	(n,2n)	5.394E-05	6.003E-05	11.29	0.00	11.27	0.02
	(n,α)	9.325E-08	1.038E-07	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,p)	7.946E-07	8.779E-07	10.48	0.00	10.47	0.01
Sr-86	(n,γ)g	8.908E-02	9.043E-02	1.52	0.00	1.50	0.01
	(n,2n)	1.411E-05	1.571E-05	11.34	0.00	11.34	0.00
	(n,α)	6.521E-07	7.189E-07	10.24	0.00	10.23	0.02
	(n,p)	5.791E-05	6.118E-05	5.65	0.00	5.65	0.00
Sr-87	(n,γ)g	7.742E-02	7.811E-02	0.89	0.00	0.90	-0.01
	(n,2n)	1.731E-04	1.927E-04	11.32	0.00	11.27	0.06
	(n,α)	2.877E-06	3.041E-06	5.70	0.00	5.70	0.00
	(n,p)	6.383E-05	6.540E-05	2.46	0.00	2.46	0.00
Sr-88	(n,γ)g	4.151E-03	4.205E-03	1.30	0.00	1.30	0.00
	(n,2n)	1.781E-05	1.982E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	1.085E-07	1.207E-07	11.24	0.00	11.15	0.09
	(n,p)	4.947E-07	5.503E-07	11.24	0.00	11.24	0.00
Sr-89	(n,γ)g	1.282E-02	1.286E-02	0.31	0.00	0.31	0.00
	(n,2n)	1.072E-03	1.172E-03	9.33	0.00	9.33	0.00
	(n,α)	4.269E-07	4.593E-07	7.59	0.00	7.59	0.00
	(n,p)	2.813E-07	3.126E-07	11.13	0.00	11.13	0.00
Sr-90	(n,γ)g	1.008E-02	1.010E-02	0.20	0.00	0.20	0.00
	(n,2n)	3.237E-04	3.603E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	7.501E-08	8.312E-08	10.81	0.00	10.80	0.01
	(n,p)	1.102E-07	1.227E-07	11.34	0.00	11.25	0.09

表 4.15 (続き) - 60 万 kW_e 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (6/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe、Cr、Ni を 同位体毎に 入力
Y-89	(n,γ)g	1.828E-02	1.834E-02	0.33	0.00	0.33	0.00
	(n,2n)	1.397E-05	1.554E-05	11.24	0.00	11.24	0.00
	(n,α)	2.732E-07	3.030E-07	10.91	0.00	10.87	0.04
	(n,p)	2.061E-05	2.189E-05	6.21	0.00	6.21	0.00
Y-91	(n,γ)	8.822E-02	8.887E-02	0.74	0.00	0.75	-0.01
	(n,2n)	2.678E-04	2.980E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	3.266E-07	3.586E-07	9.80	0.00	9.80	0.00
	(n,p)	1.039E-06	1.136E-06	9.34	0.00	9.34	0.00
Zr-90	(n,γ)	1.443E-02	1.385E-02	-4.02	-3.95	-0.07	0.00
	(n,2n)	8.729E-06	9.716E-06	11.31	0.00	11.30	0.01
	(n,α)	1.138E-06	1.247E-06	9.58	0.00	9.58	0.00
	(n,p)	1.739E-05	1.875E-05	7.82	0.00	7.82	0.00
Zr-91	(n,γ)	8.545E-02	8.578E-02	0.39	-1.25	1.66	-0.02
	(n,2n)	2.236E-04	2.483E-04	11.05	0.00	11.05	0.00
	(n,α)	1.594E-05	1.626E-05	2.01	0.00	2.01	0.00
	(n,p)	1.009E-05	1.076E-05	6.64	0.00	6.64	0.00
Zr-92	(n,γ)	4.269E-02	4.081E-02	-4.40	-4.73	0.33	0.00
	(n,2n)	1.561E-04	1.737E-04	11.27	0.00	11.27	0.00
	(n,α)	5.620E-06	5.969E-06	6.21	0.00	6.21	0.00
	(n,p)	2.073E-06	2.284E-06	10.18	0.00	10.18	0.00
Zr-93	(n,γ)	1.016E-01	1.028E-01	1.18	0.00	1.18	0.00
	(n,2n)	8.357E-04	9.207E-04	10.17	0.00	10.16	0.01
	(n,α)	2.596E-06	2.682E-06	3.31	0.00	3.31	0.00
	(n,p)	7.652E-07	8.402E-07	9.80	0.00	9.80	0.00
Zr-94	(n,γ)	2.612E-02	2.489E-02	-4.71	-4.98	0.27	0.00
	(n,2n)	2.572E-04	2.863E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	5.677E-07	6.170E-07	8.68	0.00	8.67	0.02
	(n,p)	3.034E-07	3.375E-07	11.24	0.00	11.24	0.00
Zr-95	(n,γ)	1.446E-01	1.461E-01	1.04	0.00	1.04	0.00
	(n,2n)	1.061E-03	1.163E-03	9.61	0.00	9.52	0.09
	(n,α)	8.385E-08	9.109E-08	8.63	0.00	8.63	0.00
	(n,p)	1.199E-07	1.333E-07	11.18	0.00	11.18	0.00
Zr-96	(n,γ)	3.038E-02	3.100E-02	2.04	-2.04	4.21	-0.13
	(n,2n)	3.945E-04	4.390E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	7.587E-08	8.418E-08	10.95	0.00	10.94	0.01
	(n,p)	5.767E-08	6.419E-08	11.31	0.00	11.29	0.02
Nb-93	(n,γ)g	2.474E-01	2.493E-01	0.77	0.00	0.81	-0.04
	(n,2n)	1.455E-04	1.620E-04	11.34	0.00	11.34	0.00
	(n,α)	1.351E-05	9.171E-06	-32.12	-34.43	2.32	0.00
	(n,p)	3.003E-05	3.139E-05	4.53	0.00	4.53	0.00
Nb-94	(n,γ)	2.764E-01	2.793E-01	1.05	0.00	1.09	-0.04
	(n,2n)	5.073E-04	5.628E-04	10.94	0.00	10.94	0.00
	(n,α)	1.170E-05	1.197E-05	2.31	0.00	2.31	0.00
	(n,p)	4.532E-05	4.587E-05	1.21	0.00	1.21	0.00
Nb-95	(n,γ)	3.584E-01	3.616E-01	0.89	0.00	0.92	-0.03
	(n,2n)	1.910E-04	2.126E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	2.202E-06	2.337E-06	6.13	0.00	6.13	0.00
	(n,p)	5.544E-06	5.923E-06	6.84	0.00	6.84	0.00
Mo-92	(n,γ)g	5.262E-02	5.279E-02	0.32	0.00	0.34	-0.02
	(n,2n)	1.985E-06	2.210E-06	11.34	0.00	11.28	0.05
	(n,α)	1.498E-05	1.583E-05	5.67	0.00	5.67	0.00
	(n,p)	1.157E-03	1.188E-03	2.68	0.00	2.68	0.00
Mo-94	(n,γ)	9.549E-02	9.562E-02	0.14	0.00	0.15	-0.01
	(n,2n)	5.690E-05	6.332E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	1.022E-04	1.042E-04	1.96	0.00	1.96	0.00
	(n,p)	3.278E-05	3.488E-05	6.41	0.00	6.41	0.00
Mo-95	(n,γ)	3.273E-01	3.297E-01	0.73	0.00	0.73	0.00
	(n,2n)	2.447E-04	2.722E-04	11.24	0.00	11.24	0.00
	(n,α)	2.848E-04	2.853E-04	0.18	0.00	0.18	0.00
	(n,p)	2.472E-05	2.583E-05	4.49	0.00	4.49	0.00
Mo-96	(n,γ)	8.253E-02	8.323E-02	0.85	0.02	0.85	-0.02
	(n,2n)	9.992E-05	1.112E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	8.753E-06	9.207E-06	5.19	0.00	5.19	0.00
	(n,p)	2.383E-06	2.621E-06	9.99	0.00	9.95	0.04
Mo-97	(n,γ)	3.408E-01	3.437E-01	0.85	0.00	0.85	0.00
	(n,2n)	4.149E-04	4.595E-04	10.75	0.00	10.73	0.02
	(n,α)	1.089E-05	1.108E-05	1.74	0.00	1.74	0.00
	(n,p)	1.541E-06	1.678E-06	8.89	0.00	8.89	0.00
Mo-98	(n,γ)	1.107E-01	1.121E-01	1.26	0.09	1.17	0.00
	(n,2n)	1.608E-04	1.789E-04	11.26	0.00	11.26	0.00
	(n,α)	8.954E-07	9.634E-07	7.59	0.00	7.59	0.00
	(n,p)	1.879E-07	2.090E-07	11.23	0.00	11.23	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (7/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Mo-99	(n,γ)	3.713E-01	3.745E-01	0.86	0.00	0.89	-0.03
	(n,2n)	1.930E-03	2.088E-03	8.19	0.00	8.19	0.00
	(n,α)	7.865E-07	8.092E-07	2.89	0.00	2.89	0.00
	(n,p)	2.667E-07	2.960E-07	10.99	0.00	10.99	0.00
Mo-100	(n,γ)	9.389E-02	9.470E-02	0.86	0.01	0.88	-0.03
	(n,2n)	2.140E-04	2.382E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	1.163E-07	1.282E-07	10.23	0.00	10.23	0.00
	(n,p)	4.345E-08	4.836E-08	11.30	0.00	11.30	0.00
Tc-99	(n,γ)	5.853E-01	6.320E-01	7.98	7.12	0.87	-0.02
	(n,2n)	1.309E-04	1.456E-04	11.23	0.00	11.23	0.00
	(n,α)	2.438E-06	2.000E-06	-17.97	-23.01	5.05	0.00
	(n,p)	5.868E-06	6.228E-06	6.13	0.00	6.13	0.00
Ru-96	(n,γ)	2.468E-01	2.483E-01	0.61	0.00	0.65	-0.04
	(n,2n)	1.819E-05	2.024E-05	11.27	0.00	11.27	0.00
	(n,α)	1.211E-03	1.218E-03	0.58	0.00	0.58	0.00
	(n,p)	3.394E-04	3.521E-04	3.74	0.00	3.74	0.00
Ru-98	(n,γ)	2.215E-01	2.231E-01	0.72	0.00	0.77	-0.05
	(n,2n)	3.691E-05	4.108E-05	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	6.866E-05	7.097E-05	3.36	0.00	3.36	0.00
	(n,p)	4.685E-05	5.008E-05	6.89	0.00	6.87	0.02
Ru-99	(n,γ)	5.998E-01	6.090E-01	1.53	0.50	1.05	-0.02
	(n,2n)	3.893E-04	4.332E-04	11.28	0.00	11.25	0.03
	(n,α)	1.650E-04	1.648E-04	-0.12	0.00	-0.12	0.00
	(n,p)	3.766E-05	3.906E-05	3.72	0.00	3.72	0.00
Ru-100	(n,γ)	2.009E-01	2.028E-01	0.95	0.00	0.95	0.00
	(n,2n)	8.703E-05	9.686E-05	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,α)	7.097E-06	7.493E-06	5.58	0.00	5.58	0.00
	(n,p)	1.818E-06	1.997E-06	9.85	0.00	9.85	0.00
Ru-101	(n,γ)	7.293E-01	7.361E-01	0.93	0.00	0.95	-0.01
	(n,2n)	8.303E-04	9.177E-04	10.53	0.00	10.51	0.01
	(n,α)	7.255E-06	7.378E-06	1.70	0.00	1.70	0.00
	(n,p)	3.569E-06	3.848E-06	7.82	0.00	7.82	0.00
Ru-102	(n,γ)	1.638E-01	1.646E-01	0.49	0.00	0.49	0.00
	(n,2n)	1.287E-04	1.433E-04	11.34	0.00	11.34	0.00
	(n,α)	5.673E-07	6.169E-07	8.74	0.00	8.73	0.02
	(n,p)	5.629E-07	6.259E-07	11.19	0.00	11.17	0.02
Ru-103	(n,γ)	4.937E-01	4.986E-01	0.99	0.00	1.01	-0.02
	(n,2n)	1.382E-03	1.509E-03	9.19	0.00	9.19	0.00
	(n,α)	2.435E-07	2.613E-07	7.31	0.00	7.31	0.00
	(n,p)	6.143E-07	6.777E-07	10.32	0.00	10.32	0.00
Ru-104	(n,γ)	1.648E-01	1.662E-01	0.85	0.00	0.85	0.00
	(n,2n)	1.954E-04	2.175E-04	11.31	0.00	11.26	0.05
	(n,α)	8.222E-08	9.110E-08	10.80	0.00	10.79	0.01
	(n,p)	1.582E-07	1.761E-07	11.31	0.00	11.31	0.00
Ru-106	(n,γ)	9.165E-02	9.222E-02	0.62	0.00	0.63	-0.01
	(n,2n)	2.631E-04	2.929E-04	11.33	0.00	11.29	0.04
	(n,α)	1.290E-08	1.436E-08	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,p)	6.548E-08	7.288E-08	11.30	0.00	11.30	0.00
Rh-103	(n,γ)g	5.580E-01	5.627E-01	0.84	0.00	0.86	-0.02
	(n,2n)	7.974E-05	8.875E-05	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	1.954E-06	2.107E-06	7.83	0.00	7.83	0.00
	(n,p)	2.056E-05	2.145E-05	4.33	0.00	4.33	0.00
Rh-105	(n,γ)g	4.455E-02	4.491E-02	0.81	0.00	0.81	0.00
	(n,2n)	1.521E-04	1.693E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	1.637E-07	1.809E-07	10.51	0.00	10.51	0.00
	(n,p)	2.300E-06	2.488E-06	8.17	0.00	8.13	0.04
Pd-102	(n,γ)	3.658E-01	3.695E-01	1.01	0.00	1.01	0.00
	(n,2n)	1.980E-05	2.204E-05	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	7.321E-05	7.493E-05	2.35	0.00	2.35	0.00
	(n,p)	2.150E-04	2.241E-04	4.23	0.00	4.23	0.00
Pd-104	(n,γ)	2.870E-01	2.902E-01	1.11	0.00	1.15	-0.03
	(n,2n)	5.970E-05	6.644E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	8.288E-06	8.709E-06	5.08	0.00	5.08	0.00
	(n,p)	1.258E-05	1.363E-05	8.35	0.00	8.35	0.00
Pd-105	(n,γ)	9.460E-01	9.532E-01	0.76	0.00	0.77	-0.01
	(n,2n)	6.070E-04	6.737E-04	10.99	0.00	10.99	0.00
	(n,α)	1.024E-05	1.039E-05	1.46	0.00	1.46	0.00
	(n,p)	1.792E-05	1.868E-05	4.24	0.00	4.24	0.00
Pd-106	(n,γ)g	2.701E-01	2.723E-01	0.81	0.00	0.81	0.00
	(n,2n)	9.865E-05	1.098E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.168E-06	1.257E-06	7.62	0.00	7.62	0.00
	(n,p)	1.343E-06	1.487E-06	10.72	0.00	10.72	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (8/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$J_{33}-J_{32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Pd-107	(n,γ)	1.031E+00	1.039E+00	0.78	0.00	0.87	-0.10
	(n,2n)	1.048E-03	1.153E-03	10.02	0.00	10.02	0.00
	(n,α)	9.844E-07	1.016E-06	3.21	0.00	3.21	0.00
	(n,p)	1.310E-06	1.430E-06	9.16	0.00	9.08	0.08
Pd-108	(n,γ)g	2.181E-01	2.204E-01	1.05	0.00	1.05	0.00
	(n,2n)	1.331E-04	1.481E-04	11.27	0.00	11.27	0.00
	(n,α)	1.487E-07	1.631E-07	9.68	0.00	9.68	0.00
	(n,p)	4.298E-07	4.774E-07	11.07	0.00	11.07	0.00
Pd-110	(n,γ)g	1.281E-01	1.287E-01	0.47	0.00	0.47	0.00
	(n,2n)	2.046E-04	2.277E-04	11.29	0.00	11.24	0.05
	(n,α)	2.408E-08	2.674E-08	11.05	0.00	11.05	0.00
	(n,p)	1.176E-07	1.309E-07	11.31	0.00	11.31	0.00
Ag-107	(n,γ)g	6.285E-01	6.326E-01	0.65	0.00	0.67	-0.02
	(n,2n)	7.862E-05	8.751E-05	11.31	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	1.693E-06	1.807E-06	6.73	0.00	6.73	0.00
	(n,p)	5.197E-05	5.315E-05	2.27	0.00	2.29	-0.02
Ag-109	(n,γ)g	5.446E-01	5.493E-01	0.86	0.00	0.88	-0.02
	(n,2n)	1.093E-04	1.216E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	3.571E-07	3.920E-07	9.77	0.00	9.77	0.00
	(n,p)	1.019E-05	1.070E-05	5.00	0.00	5.00	0.00
Ag-110m	(n,γ)g	1.107E+00	1.113E+00	0.54	0.00	0.54	0.00
	(n,2n)	7.294E-04	8.072E-04	10.67	0.00	10.65	0.01
	(n,α)	2.959E-07	3.178E-07	7.40	0.00	7.40	0.00
	(n,p)	8.339E-06	8.535E-06	2.35	0.00	2.35	0.00
Cd-106	(n,γ)	5.012E-01	4.564E-01	-8.94	-9.48	0.56	-0.02
	(n,2n)	1.786E-05	1.988E-05	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	6.835E-04	6.954E-04	1.74	0.00	1.74	0.00
	(n,p)	1.731E-04	1.786E-04	3.18	0.00	3.18	0.00
Cd-108	(n,γ)	4.224E-01	3.930E-01	-6.96	-8.24	1.33	-0.05
	(n,2n)	3.275E-05	3.645E-05	11.30	0.00	11.27	0.03
	(n,α)	1.936E-05	2.027E-05	4.70	0.00	4.70	0.00
	(n,p)	3.821E-05	4.085E-05	6.91	0.00	6.91	0.00
Cd-110	(n,γ)g	2.149E-01	1.952E-01	-9.17	-9.91	0.74	0.00
	(n,2n)	5.065E-05	5.637E-05	11.29	0.00	11.27	0.02
	(n,α)	1.561E-06	1.665E-06	6.66	0.00	6.66	0.00
	(n,p)	3.994E-06	4.360E-06	9.16	0.00	9.16	0.00
Cd-111	(n,γ)	7.422E-01	6.658E-01	-10.29	-10.85	0.57	-0.01
	(n,2n)	5.997E-04	6.654E-04	10.96	0.00	10.94	0.02
	(n,α)	2.530E-06	2.581E-06	2.02	0.00	2.02	0.00
	(n,p)	9.467E-06	1.007E-05	6.37	0.00	6.37	0.00
Cd-112	(n,γ)g	1.869E-01	1.707E-01	-8.67	-9.36	0.75	-0.05
	(n,2n)	9.803E-05	1.091E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	2.376E-07	2.585E-07	8.80	0.00	8.80	0.00
	(n,p)	7.856E-07	8.702E-07	10.77	0.00	10.76	0.01
Cd-113	(n,γ)	5.202E-01	4.771E-01	-8.29	-9.03	0.77	-0.02
	(n,2n)	9.587E-04	1.056E-03	10.15	0.00	10.15	0.00
	(n,α)	2.382E-07	2.504E-07	5.12	0.00	5.12	0.00
	(n,p)	5.920E-07	6.498E-07	9.76	0.00	9.76	0.00
Cd-114	(n,γ)g	1.730E-01	1.623E-01	-6.18	-7.40	1.21	0.00
	(n,2n)	1.513E-04	1.684E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.641E-08	1.817E-08	10.73	0.00	10.73	0.00
	(n,p)	2.532E-07	2.817E-07	11.26	0.00	11.26	0.00
Cd-116	(n,γ)g	8.223E-02	7.475E-02	-9.10	-9.60	0.51	-0.01
	(n,2n)	1.928E-04	2.146E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	1.661E-09	1.848E-09	11.26	0.00	11.26	0.00
	(n,p)	4.117E-08	4.583E-08	11.32	0.00	11.29	0.02
In-113	(n,γ)g	5.142E-01	5.169E-01	0.53	0.00	0.53	0.00
	(n,2n)	6.981E-05	7.770E-05	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	3.720E-07	4.062E-07	9.19	0.00	9.17	0.03
	(n,p)	4.594E-06	4.953E-06	7.81	0.00	7.79	0.02
In-115	(n,γ)g	5.814E-02	5.848E-02	0.58	0.00	0.58	0.00
	(n,2n)	9.531E-05	1.061E-04	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	1.433E-07	1.577E-07	10.05	0.00	10.05	0.00
	(n,p)	7.815E-07	8.585E-07	9.85	0.00	9.85	0.00
Sn-112	(n,γ)g	1.345E-01	1.354E-01	0.67	0.00	0.67	0.00
	(n,2n)	2.705E-05	3.011E-05	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	1.429E-05	1.491E-05	4.34	0.00	4.34	0.00
	(n,p)	1.819E-05	1.957E-05	7.59	0.00	7.59	0.00
Sn-114	(n,γ)	1.574E-01	1.586E-01	0.76	0.00	0.83	-0.06
	(n,2n)	3.781E-05	4.208E-05	11.29	0.00	11.27	0.03
	(n,α)	1.828E-06	1.947E-06	6.51	0.00	6.51	0.00
	(n,p)	4.383E-06	4.828E-06	10.15	0.00	10.15	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (9/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe、Cr、Ni を 同位体毎に 入力
Sn-115	(n,γ)	3.227E-01	3.241E-01	0.43	0.00	0.46	-0.03
	(n,2n)	3.303E-04	3.676E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	3.298E-06	3.373E-06	2.27	0.00	2.27	0.00
	(n,p)	5.002E-06	5.369E-06	7.34	0.00	7.34	0.00
Sn-116	(n,γ)g	8.076E-02	8.117E-02	0.51	0.00	0.52	-0.01
	(n,2n)	7.379E-05	8.212E-05	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,α)	2.738E-07	2.993E-07	9.31	0.00	9.31	0.00
	(n,p)	8.888E-07	9.890E-07	11.27	0.00	11.26	0.01
Sn-117	(n,γ)	2.349E-01	2.364E-01	0.64	0.00	0.64	0.00
	(n,2n)	7.103E-04	7.871E-04	10.81	0.00	10.80	0.01
	(n,α)	3.738E-07	3.940E-07	5.40	0.00	5.40	0.00
	(n,p)	8.938E-07	9.855E-07	10.26	0.00	10.25	0.01
Sn-118	(n,γ)g	7.574E-02	7.653E-02	1.04	0.00	1.06	-0.01
	(n,2n)	8.985E-05	1.000E-04	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	2.231E-08	2.474E-08	10.89	0.00	10.85	0.04
	(n,p)	1.879E-07	2.091E-07	11.28	0.00	11.28	0.00
Sn-119	(n,γ)	1.855E-01	1.865E-01	0.54	0.00	0.54	0.00
	(n,2n)	1.092E-03	1.199E-03	9.80	0.00	9.80	0.00
	(n,α)	5.328E-08	5.801E-08	8.88	0.00	8.88	0.00
	(n,p)	1.766E-07	1.963E-07	11.16	0.00	11.16	0.00
Sn-120	(n,γ)g	4.482E-02	4.508E-02	0.58	0.00	0.58	0.00
	(n,2n)	1.298E-04	1.444E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	7.160E-09	7.967E-09	11.27	0.00	11.26	0.01
	(n,p)	7.923E-08	8.818E-08	11.30	0.00	11.28	0.01
Sn-122	(n,γ)g	2.778E-02	2.785E-02	0.25	0.00	0.25	0.00
	(n,2n)	1.776E-04	1.977E-04	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	1.418E-09	1.578E-09	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,p)	1.548E-08	1.723E-08	11.30	0.00	11.24	0.06
Sn-123	(n,γ)	3.538E-01	3.577E-01	1.10	0.00	1.13	-0.03
	(n,2n)	1.926E-03	2.091E-03	8.57	0.00	8.57	0.00
	(n,α)	1.379E-09	1.534E-09	11.24	0.00	11.24	0.00
	(n,p)	3.673E-08	4.088E-08	11.30	0.00	11.30	0.00
Sn-124	(n,γ)g	1.097E-02	1.101E-02	0.36	0.00	0.36	0.00
	(n,2n)	2.286E-04	2.544E-04	11.29	0.00	11.24	0.04
	(n,α)	2.375E-10	2.643E-10	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,p)	2.157E-08	2.401E-08	11.31	0.00	11.31	0.00
Sn-126	(n,γ)g	8.495E-03	8.500E-03	0.06	0.00	0.07	-0.01
	(n,2n)	3.025E-04	3.367E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	2.870E-11	3.195E-11	11.32	0.00	11.29	0.03
	(n,p)	1.538E-09	1.712E-09	11.31	0.00	11.31	0.00
Sb-121	(n,γ)g	4.298E-01	4.333E-01	0.81	0.00	0.84	-0.02
	(n,2n)	8.793E-05	9.787E-05	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	1.801E-07	1.974E-07	9.61	0.00	9.61	0.00
	(n,p)	3.501E-06	3.676E-06	5.00	0.00	5.00	0.00
Sb-123	(n,γ)g	2.805E-01	2.827E-01	0.78	0.00	0.78	0.00
	(n,2n)	1.422E-04	1.583E-04	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	4.183E-08	4.645E-08	11.04	0.00	11.04	0.00
	(n,p)	9.881E-07	1.070E-06	8.29	0.00	8.29	0.00
Sb-124	(n,γ)	6.858E-01	6.904E-01	0.67	0.00	0.67	0.00
	(n,2n)	9.562E-04	1.052E-03	10.02	0.00	10.02	0.00
	(n,α)	4.935E-08	5.479E-08	11.02	0.00	11.00	0.02
	(n,p)	4.010E-07	4.356E-07	8.63	0.00	8.63	0.00
Sb-125	(n,γ)g	4.403E-01	4.436E-01	0.75	0.00	0.75	0.00
	(n,2n)	1.677E-04	1.867E-04	11.33	0.00	11.33	0.00
	(n,α)	2.448E-08	2.725E-08	11.32	0.00	11.27	0.04
	(n,p)	9.435E-08	1.049E-07	11.18	0.00	11.18	0.00
Te-120	(n,γ)g	2.478E-01	2.501E-01	0.93	0.00	0.93	0.00
	(n,2n)	3.336E-05	3.713E-05	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	7.700E-05	7.831E-05	1.70	0.00	1.70	0.00
	(n,p)	1.889E-05	2.024E-05	7.15	0.00	7.15	0.00
Te-122	(n,γ)g	2.404E-01	2.429E-01	1.04	0.00	1.08	-0.04
	(n,2n)	5.555E-05	6.183E-05	11.31	0.00	11.29	0.02
	(n,α)	5.251E-06	5.487E-06	4.49	0.00	4.49	0.00
	(n,p)	1.264E-06	1.392E-06	10.13	0.00	10.13	0.00
Te-123	(n,γ)	7.400E-01	7.470E-01	0.95	0.00	0.96	-0.01
	(n,2n)	5.521E-04	6.108E-04	10.63	0.00	10.63	0.00
	(n,α)	1.674E-05	1.674E-05	0.00	0.00	0.00	0.00
	(n,p)	1.554E-06	1.676E-06	7.85	0.00	7.85	0.00
Te-124	(n,γ)g	1.519E-01	1.530E-01	0.72	0.00	0.72	0.00
	(n,2n)	8.465E-05	9.421E-05	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,α)	5.237E-07	5.631E-07	7.52	0.00	7.52	0.00
	(n,p)	4.520E-07	5.023E-07	11.13	0.00	11.13	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (10/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$J33-J32$ J32 [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe、Cr、Ni を 同位体毎に 入力
Te-125	(n,γ)	3.651E-01	3.692E-01	1.12	0.00	1.12	0.00
	(n,2n)	8.561E-04	9.435E-04	10.21	0.00	10.20	0.01
	(n,α)	7.119E-07	7.291E-07	2.42	0.00	2.42	0.00
	(n,p)	3.910E-07	4.326E-07	10.64	0.00	10.61	0.03
Te-126	(n,γ)g	8.465E-02	8.555E-02	1.06	0.00	1.09	-0.02
	(n,2n)	1.137E-04	1.265E-04	11.26	0.00	11.26	0.00
	(n,α)	1.372E-07	1.493E-07	8.82	0.00	8.82	0.00
	(n,p)	1.484E-07	1.652E-07	11.32	0.00	11.32	0.00
Te-127m	(n,γ)	8.493E-01	8.579E-01	1.01	0.00	1.02	-0.01
	(n,2n)	9.647E-04	1.059E-03	9.78	0.00	9.78	0.00
	(n,α)	9.627E-08	1.034E-07	7.41	0.00	7.41	0.00
	(n,p)	1.269E-07	1.411E-07	11.19	0.00	11.19	0.00
Te-128	(n,γ)g	3.857E-02	3.885E-02	0.73	0.00	0.73	0.00
	(n,2n)	1.491E-04	1.659E-04	11.27	0.00	11.27	0.00
	(n,α)	2.109E-08	2.337E-08	10.81	0.00	10.81	0.00
	(n,p)	5.487E-08	6.107E-08	11.30	0.00	11.28	0.02
Te-129m	(n,γ)	7.391E-01	7.466E-01	1.01	0.00	1.04	-0.03
	(n,2n)	1.375E-03	1.499E-03	9.02	0.00	9.02	0.00
	(n,α)	2.602E-08	2.864E-08	10.07	0.00	10.07	0.00
	(n,p)	5.132E-08	5.711E-08	11.28	0.00	11.28	0.00
Te-130	(n,γ)g	1.293E-02	1.295E-02	0.15	0.00	0.23	-0.08
	(n,2n)	2.098E-04	2.335E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	4.134E-09	4.598E-09	11.22	0.00	11.20	0.02
	(n,p)	3.280E-08	3.650E-08	11.28	0.00	11.28	0.00
I-127	(n,γ)	5.839E-01	5.900E-01	1.04	0.00	1.06	-0.02
	(n,2n)	1.446E-04	1.609E-04	11.27	0.00	11.27	0.00
	(n,α)	9.789E-08	1.072E-07	9.51	0.00	9.41	0.10
	(n,p)	1.653E-06	1.810E-06	9.50	0.00	9.50	0.00
I-129	(n,γ)g	3.404E-01	3.431E-01	0.79	0.00	0.79	0.00
	(n,2n)	1.585E-04	1.764E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	7.202E-08	7.969E-08	10.65	0.00	10.64	0.01
	(n,p)	2.061E-07	2.281E-07	10.67	0.00	10.63	0.05
I-131	(n,γ)	2.684E-01	2.717E-01	1.23	0.00	1.27	-0.04
	(n,2n)	2.054E-04	2.286E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	3.037E-08	3.375E-08	11.13	0.00	11.10	0.03
	(n,p)	6.749E-08	7.505E-08	11.20	0.00	11.19	0.01
Xe-124	(n,γ)g	9.379E-01	9.439E-01	0.64	0.00	0.64	0.00
	(n,2n)	2.250E-05	2.504E-05	11.29	0.00	11.24	0.04
	(n,α)	6.847E-05	6.977E-05	1.90	0.00	1.90	0.00
	(n,p)	4.189E-05	4.422E-05	5.56	0.00	5.56	0.00
Xe-126	(n,γ)g	6.646E-01	6.701E-01	0.83	0.00	0.84	-0.02
	(n,2n)	4.114E-05	4.578E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	6.630E-06	6.907E-06	4.18	0.00	4.18	0.00
	(n,p)	5.716E-06	6.179E-06	8.10	0.00	8.10	0.00
Xe-128	(n,γ)g	2.530E-01	2.550E-01	0.79	0.00	0.79	0.00
	(n,2n)	6.504E-05	7.239E-05	11.30	0.00	11.29	0.02
	(n,α)	1.008E-06	1.069E-06	6.05	0.00	6.05	0.00
	(n,p)	2.609E-06	2.873E-06	10.12	0.00	10.12	0.00
Xe-129	(n,γ)	4.549E-01	4.608E-01	1.30	0.00	1.32	-0.02
	(n,2n)	4.579E-04	5.078E-04	10.90	0.00	10.90	0.00
	(n,α)	1.255E-06	1.282E-06	2.15	0.00	2.15	0.00
	(n,p)	8.899E-07	9.661E-07	8.56	0.00	8.56	0.00
Xe-130	(n,γ)g	2.631E-01	2.648E-01	0.65	0.00	0.65	0.00
	(n,2n)	1.157E-04	1.288E-04	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	1.829E-07	1.992E-07	8.91	0.00	8.91	0.00
	(n,p)	4.325E-07	4.810E-07	11.21	0.00	11.21	0.00
Xe-131	(n,γ)	3.335E-01	3.369E-01	1.02	0.00	1.05	-0.03
	(n,2n)	9.163E-04	1.009E-03	10.12	0.00	10.12	0.00
	(n,α)	3.067E-07	3.201E-07	4.37	0.00	4.37	0.00
	(n,p)	4.131E-07	4.549E-07	10.12	0.00	10.09	0.02
Xe-132	(n,γ)g	9.184E-02	9.337E-02	1.67	0.00	1.67	0.00
	(n,2n)	1.323E-04	1.472E-04	11.26	0.00	11.26	0.00
	(n,α)	5.768E-08	6.353E-08	10.14	0.00	10.14	0.00
	(n,p)	9.425E-08	1.049E-07	11.30	0.00	11.30	0.00
Xe-133	(n,γ)	1.318E-01	1.335E-01	1.29	0.00	1.29	0.00
	(n,2n)	1.072E-03	1.176E-03	9.70	0.00	9.70	0.00
	(n,α)	4.993E-08	5.446E-08	9.07	0.00	9.07	0.00
	(n,p)	1.068E-07	1.187E-07	11.14	0.00	11.14	0.00
Xe-134	(n,γ)g	2.794E-02	2.805E-02	0.39	0.00	0.43	-0.04
	(n,2n)	1.857E-04	2.066E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	2.100E-08	2.330E-08	10.95	0.00	10.95	0.00
	(n,p)	4.555E-08	5.070E-08	11.31	0.00	11.28	0.02

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (11/18)

核種	反応	I 群断面積 [barn]		$\frac{J_{33}-J_{32}}{J_{32}}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Xe-135	(n,γ)	6.965E-02	6.994E-02	0.42	0.00	0.43	-0.01
	(n,2n)	1.035E-03	1.136E-03	9.76	0.00	9.76	0.00
	(n,α)	3.870E-08	4.292E-08	10.90	0.00	10.90	0.00
	(n,p)	3.649E-08	4.060E-08	11.26	0.00	11.26	0.00
Xe-136	(n,γ)	1.200E-03	1.200E-03	0.00	0.00	0.08	-0.08
	(n,2n)	3.773E-04	4.199E-04	11.29	0.00	11.26	0.03
	(n,α)	8.667E-09	9.640E-09	11.23	0.00	11.21	0.01
	(n,p)	3.713E-09	4.132E-09	11.28	0.00	11.28	0.00
Cs-133	(n,γ)g	4.153E-01	4.202E-01	1.18	0.00	1.20	-0.02
	(n,2n)	1.319E-04	1.468E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	8.905E-08	9.767E-08	9.68	0.00	9.68	0.00
	(n,p)	1.105E-06	1.207E-06	9.23	0.00	9.23	0.00
Cs-134	(n,γ)g	1.030E+00	1.042E+00	1.17	0.00	1.17	0.00
	(n,2n)	7.771E-04	8.598E-04	10.64	0.00	10.64	0.00
	(n,α)	1.675E-07	1.803E-07	7.64	0.00	7.64	0.00
	(n,p)	5.904E-07	6.381E-07	8.08	0.00	8.08	0.00
Cs-135	(n,γ)	2.170E-01	2.198E-01	1.29	0.00	1.34	-0.05
	(n,2n)	1.727E-04	1.922E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	5.368E-08	5.936E-08	10.58	0.00	10.58	0.00
	(n,p)	1.671E-07	1.849E-07	10.65	0.00	10.65	0.00
Cs-136	(n,γ)	2.401E-01	2.435E-01	1.42	0.00	1.42	0.00
	(n,2n)	8.930E-04	9.867E-04	10.49	0.00	10.48	0.01
	(n,α)	5.128E-08	5.660E-08	10.37	0.00	10.35	0.02
	(n,p)	1.449E-07	1.592E-07	9.87	0.00	9.87	0.00
Cs-137	(n,γ)	1.630E-02	1.633E-02	0.18	0.00	0.18	0.00
	(n,2n)	2.646E-04	2.945E-04	11.30	0.00	11.26	0.04
	(n,α)	2.203E-08	2.447E-08	11.08	0.00	11.08	0.00
	(n,p)	2.480E-08	2.760E-08	11.29	0.00	11.29	0.00
Ba-130	(n,γ)g	5.931E-01	5.969E-01	0.64	0.00	0.66	-0.02
	(n,2n)	3.567E-05	3.970E-05	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.344E-05	1.392E-05	3.57	0.00	3.57	0.00
	(n,p)	2.241E-05	2.382E-05	6.29	0.00	6.29	0.00
Ba-132	(n,γ)g	4.353E-01	4.385E-01	0.74	0.00	0.74	0.00
	(n,2n)	6.073E-05	6.759E-05	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	3.406E-06	3.565E-06	4.67	0.00	4.67	0.00
	(n,p)	3.186E-06	3.462E-06	8.66	0.00	8.63	0.03
Ba-134	(n,γ)g	1.987E-01	1.996E-01	0.45	0.00	0.45	0.00
	(n,2n)	7.434E-05	8.274E-05	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	8.289E-07	8.773E-07	5.84	0.00	5.84	0.00
	(n,p)	8.183E-07	8.994E-07	9.91	0.00	9.91	0.00
Ba-135	(n,γ)g	5.215E-01	5.267E-01	1.00	0.00	1.02	-0.02
	(n,2n)	4.780E-04	5.302E-04	10.92	0.00	10.92	0.00
	(n,α)	1.122E-06	1.143E-06	1.87	0.00	1.87	0.00
	(n,p)	7.749E-07	8.397E-07	8.36	0.00	8.36	0.00
Ba-136	(n,γ)g	6.867E-02	6.905E-02	0.55	0.00	0.57	-0.01
	(n,2n)	1.111E-04	1.236E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	1.407E-07	1.525E-07	8.39	0.00	8.32	0.07
	(n,p)	2.821E-07	3.132E-07	11.02	0.00	11.02	0.00
Ba-137	(n,γ)	7.762E-02	7.860E-02	1.26	0.00	1.29	-0.03
	(n,2n)	6.892E-04	7.628E-04	10.68	0.00	10.66	0.01
	(n,α)	1.608E-07	1.698E-07	5.60	0.00	5.60	0.00
	(n,p)	1.912E-07	2.113E-07	10.51	0.00	10.51	0.00
Ba-138	(n,γ)	5.181E-03	5.194E-03	0.25	0.00	0.27	-0.02
	(n,2n)	1.727E-04	1.922E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	9.758E-08	1.073E-07	9.96	0.00	9.96	0.00
	(n,p)	4.238E-08	4.717E-08	11.30	0.00	11.28	0.02
Ba-140	(n,γ)	2.409E-03	2.420E-03	0.46	0.00	0.46	0.00
	(n,2n)	1.296E-03	1.424E-03	9.88	0.00	9.88	0.00
	(n,α)	5.857E-08	6.380E-08	8.93	0.00	8.91	0.02
	(n,p)	1.996E-08	2.221E-08	11.27	0.00	11.27	0.00
La-138	(n,γ)	3.043E-01	3.084E-01	1.35	0.00	1.35	0.00
	(n,2n)	4.159E-04	4.627E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	4.642E-07	4.889E-07	5.32	0.00	5.30	0.02
	(n,p)	2.297E-06	2.374E-06	3.35	0.00	3.35	0.00
La-139	(n,γ)	3.413E-02	3.436E-02	0.67	0.00	0.67	0.00
	(n,2n)	1.565E-04	1.741E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	1.651E-07	1.807E-07	9.45	0.00	9.45	0.00
	(n,p)	1.394E-07	1.551E-07	11.26	0.00	11.26	0.00
Ce-140	(n,γ)	6.266E-03	7.849E-03	25.26	25.25	0.03	-0.02
	(n,2n)	1.099E-04	1.162E-04	5.73	-5.00	10.74	0.00
	(n,α)	3.712E-07	4.006E-07	7.92	0.00	7.89	0.03
	(n,p)	1.898E-07	2.113E-07	11.33	0.00	11.28	0.05

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (12/18)

核種	反応	I 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトルの 変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Ce-141	(n,γ)	2.859E-01	2.888E-01	1.01	0.00	1.01	0.00
	(n,2n)	2.888E-03	3.113E-03	7.79	0.00	7.79	0.00
	(n,α)	1.139E-05	1.132E-05	-0.61	0.00	-0.61	0.00
	(n,p)	1.250E-07	1.391E-07	11.28	0.00	11.28	0.00
Ce-142	(n,γ)	2.506E-02	2.514E-02	0.32	0.00	0.36	-0.04
	(n,2n)	7.145E-04	7.930E-04	10.99	0.00	10.97	0.01
	(n,α)	7.058E-07	7.481E-07	5.99	0.00	5.99	0.00
	(n,p)	8.599E-08	9.571E-08	11.30	0.00	11.29	0.01
Ce-144	(n,γ)	2.334E-02	2.355E-02	0.90	0.00	0.90	0.00
	(n,2n)	1.006E-03	1.114E-03	10.74	0.00	10.74	0.00
	(n,α)	1.661E-07	1.754E-07	5.60	0.00	5.60	0.00
	(n,p)	2.941E-08	3.274E-08	11.32	0.00	11.29	0.03
Pr-141	(n,γ)g	1.395E-01	1.420E-01	1.79	0.00	1.79	0.00
	(n,2n)	1.049E-04	1.167E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	6.512E-07	6.909E-07	6.10	0.00	6.10	0.00
	(n,p)	9.019E-07	9.924E-07	10.03	0.00	10.02	0.01
Pr-143	(n,γ)	1.194E-01	1.211E-01	1.42	0.00	1.42	0.00
	(n,2n)	6.128E-04	6.808E-04	11.10	0.00	11.08	0.02
	(n,α)	1.587E-06	1.648E-06	3.84	0.00	3.84	0.00
	(n,p)	2.496E-07	2.768E-07	10.90	0.00	10.90	0.00
Nd-142	(n,γ)	5.064E-02	5.062E-02	-0.04	0.00	-0.04	0.00
	(n,2n)	7.585E-05	8.442E-05	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,α)	3.481E-06	3.636E-06	4.45	0.00	4.45	0.00
	(n,p)	1.332E-06	1.472E-06	10.51	0.00	10.51	0.00
Nd-143	(n,γ)	3.307E-01	3.360E-01	1.60	0.00	1.63	-0.03
	(n,2n)	1.583E-03	1.726E-03	9.03	0.00	9.03	0.00
	(n,α)	2.802E-04	2.795E-04	-0.25	0.00	-0.25	0.00
	(n,p)	6.297E-07	6.961E-07	10.54	0.00	10.53	0.02
Nd-144	(n,γ)	7.888E-02	7.955E-02	0.85	0.00	0.85	0.00
	(n,2n)	3.567E-04	3.970E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.639E-06	1.707E-06	4.15	0.00	4.15	0.00
	(n,p)	3.883E-07	4.321E-07	11.28	0.00	11.25	0.03
Nd-145	(n,γ)	5.461E-01	5.520E-01	1.08	0.00	1.10	-0.02
	(n,2n)	2.870E-03	3.107E-03	8.26	0.00	8.26	0.00
	(n,α)	9.623E-06	9.625E-06	0.02	0.00	0.02	0.00
	(n,p)	2.478E-07	2.755E-07	11.18	0.00	11.18	0.00
Nd-146	(n,γ)	1.058E-01	1.064E-01	0.57	0.00	0.57	0.00
	(n,2n)	5.064E-04	5.635E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	2.611E-07	2.808E-07	7.55	0.00	7.55	0.00
	(n,p)	9.518E-08	1.059E-07	11.26	0.00	11.26	0.00
Nd-147	(n,γ)	1.165E+00	1.181E+00	1.37	0.00	1.46	-0.09
	(n,2n)	4.537E-03	4.855E-03	7.01	0.00	6.99	0.02
	(n,α)	4.992E-07	5.069E-07	1.54	0.00	1.54	0.00
	(n,p)	8.017E-08	8.923E-08	11.30	0.00	11.29	0.01
Nd-148	(n,γ)	1.360E-01	1.379E-01	1.40	0.00	1.40	0.00
	(n,2n)	6.334E-04	7.040E-04	11.15	0.00	11.15	0.00
	(n,α)	8.632E-08	9.504E-08	10.10	0.00	10.09	0.01
	(n,p)	4.653E-08	5.179E-08	11.30	0.00	11.28	0.02
Nd-150	(n,γ)	1.556E-01	1.573E-01	1.09	0.00	1.09	0.00
	(n,2n)	5.363E-04	5.961E-04	11.15	0.00	11.15	0.00
	(n,α)	4.556E-08	5.053E-08	10.91	0.00	10.91	0.00
	(n,p)	2.677E-08	2.979E-08	11.28	0.00	11.28	0.00
Pm-147	(n,γ)g	5.200E-01	5.269E-01	1.33	0.00	1.35	-0.02
	(n,2n)	4.400E-04	4.897E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.566E-06	1.600E-06	2.17	0.00	2.17	0.00
	(n,p)	3.547E-07	3.935E-07	10.94	0.00	10.94	0.00
Pm-148	(n,γ)	1.897E+00	1.922E+00	1.32	0.00	1.32	0.00
	(n,2n)	1.885E-03	2.049E-03	8.70	0.00	8.70	0.00
	(n,α)	3.697E-06	3.700E-06	0.08	0.00	0.08	0.00
	(n,p)	3.061E-07	3.386E-07	10.62	0.00	10.62	0.00
Pm-148m	(n,γ)	3.088E+00	3.124E+00	1.17	0.00	1.20	-0.03
	(n,2n)	1.885E-03	2.049E-03	8.70	0.00	8.70	0.00
	(n,α)	3.697E-06	3.700E-06	0.08	0.00	0.08	0.00
	(n,p)	3.061E-07	3.386E-07	10.62	0.00	10.62	0.00
Pm-149	(n,γ)	1.169E+00	1.186E+00	1.45	0.00	1.45	0.00
	(n,2n)	5.808E-04	6.457E-04	11.17	0.00	11.16	0.02
	(n,α)	3.043E-07	3.194E-07	4.96	0.00	4.96	0.00
	(n,p)	1.344E-07	1.495E-07	11.24	0.00	11.24	0.00
Sm-144	(n,γ)	8.941E-02	8.944E-02	0.03	0.00	0.03	0.00
	(n,2n)	3.242E-05	3.609E-05	11.32	0.00	11.29	0.03
	(n,α)	2.235E-05	2.280E-05	2.01	0.00	2.01	0.00
	(n,p)	7.596E-06	8.205E-06	8.02	0.00	8.00	0.01

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (13/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe、Cr、Ni を 同位体毎に 入力
Sm-147	(n,γ)	1.200E+00	1.217E+00	1.42	0.00	1.42	0.00
	(n,2n)	6.701E-04	7.370E-04	9.98	0.00	9.97	0.01
	(n,α)	2.417E-05	2.436E-05	0.79	0.00	0.79	0.00
	(n,p)	1.063E-06	1.176E-06	10.63	0.00	10.63	0.00
Sm-148	(n,γ)	2.706E-01	2.742E-01	1.33	0.00	1.37	-0.04
	(n,2n)	2.951E-04	3.285E-04	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	2.183E-06	2.236E-06	2.43	0.00	2.43	0.00
	(n,p)	2.927E-07	3.256E-07	11.24	0.00	11.24	0.00
Sm-149	(n,γ)	2.197E+00	2.225E+00	1.27	0.00	1.32	-0.05
	(n,2n)	2.310E-03	2.504E-03	8.40	0.00	8.40	0.00
	(n,α)	2.246E-05	2.249E-05	0.13	0.00	0.13	0.00
	(n,p)	3.557E-07	3.953E-07	11.13	0.00	11.10	0.03
Sm-150	(n,γ)	4.155E-01	4.197E-01	1.01	0.00	1.03	-0.02
	(n,2n)	2.863E-04	3.186E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	5.029E-07	5.278E-07	4.95	0.00	4.95	0.00
	(n,p)	1.581E-07	1.759E-07	11.26	0.00	11.26	0.00
Sm-151	(n,γ)	2.015E+00	2.041E+00	1.29	0.00	1.34	-0.05
	(n,2n)	2.133E-03	2.304E-03	8.02	0.00	8.02	0.00
	(n,α)	3.553E-07	3.679E-07	3.55	0.00	3.55	0.00
	(n,p)	1.834E-07	2.039E-07	11.18	0.00	11.18	0.00
Sm-152	(n,γ)	4.585E-01	4.640E-01	1.20	0.00	1.22	-0.02
	(n,2n)	2.685E-04	2.988E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	6.486E-08	7.123E-08	9.82	0.00	9.81	0.02
	(n,p)	8.689E-08	9.671E-08	11.30	0.00	11.29	0.01
Sm-153	(n,γ)	7.861E-01	7.982E-01	1.54	0.00	1.56	-0.03
	(n,2n)	1.516E-03	1.648E-03	8.71	0.00	8.71	0.00
	(n,α)	2.864E-08	3.163E-08	10.44	0.00	10.44	0.00
	(n,p)	9.369E-08	1.043E-07	11.32	0.00	11.22	0.11
Sm-154	(n,γ)	2.380E-01	2.406E-01	1.09	0.00	1.09	0.00
	(n,2n)	3.565E-04	3.968E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.576E-08	1.751E-08	11.10	0.00	11.10	0.00
	(n,p)	4.356E-08	4.848E-08	11.29	0.00	11.27	0.02
Eu-151	(n,γ)g	2.346E+00	2.372E+00	1.11	0.00	1.15	-0.04
	(n,2n)	2.525E-04	2.810E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	8.255E-06	8.522E-06	3.23	0.00	3.23	0.00
	(n,p)	3.491E-06	3.677E-06	5.33	0.00	5.33	0.00
Eu-152	(n,γ)	4.031E+00	4.066E+00	0.87	0.00	0.89	-0.02
	(n,2n)	8.128E-04	8.947E-04	10.08	0.00	10.06	0.01
	(n,α)	1.227E-06	1.256E-06	2.36	0.00	2.36	0.00
	(n,p)	9.858E-07	1.061E-06	7.63	0.00	7.63	0.00
Eu-153	(n,γ)	2.502E+00	2.530E+00	1.12	0.00	1.12	0.00
	(n,2n)	1.610E-04	1.792E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.853E-07	2.024E-07	9.23	0.00	9.23	0.00
	(n,p)	1.235E-06	1.325E-06	7.29	0.00	7.29	0.00
Eu-154	(n,γ)	3.359E+00	3.390E+00	0.92	0.00	0.95	-0.03
	(n,2n)	1.064E-03	1.171E-03	10.06	0.00	10.06	0.00
	(n,α)	1.066E-07	1.158E-07	8.63	0.00	8.63	0.00
	(n,p)	2.684E-07	2.962E-07	10.36	0.00	10.36	0.00
Eu-155	(n,γ)	1.269E+00	1.286E+00	1.34	0.00	1.42	-0.08
	(n,2n)	2.589E-04	2.882E-04	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,α)	5.863E-08	6.441E-08	9.86	0.00	9.86	0.00
	(n,p)	1.036E-07	1.152E-07	11.20	0.00	11.20	0.00
Eu-156	(n,γ)	6.780E-01	6.881E-01	1.49	0.00	1.52	-0.03
	(n,2n)	1.162E-03	1.276E-03	9.81	0.00	9.81	0.00
	(n,α)	4.065E-08	4.492E-08	10.50	0.00	10.50	0.00
	(n,p)	8.244E-08	9.169E-08	11.22	0.00	11.22	0.00
Gd-152	(n,γ)	1.063E+00	1.076E+00	1.22	0.00	1.22	0.00
	(n,2n)	1.678E-04	1.868E-04	11.32	0.00	11.26	0.06
	(n,α)	9.158E-05	9.259E-05	1.10	0.00	1.11	-0.01
	(n,p)	6.146E-07	6.819E-07	10.95	0.00	10.93	0.02
Gd-154	(n,γ)g	9.307E-01	9.405E-01	1.05	0.00	1.06	-0.01
	(n,2n)	2.154E-04	2.397E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	5.281E-07	5.553E-07	5.15	0.00	5.15	0.00
	(n,p)	3.377E-07	3.753E-07	11.13	0.00	11.13	0.00
Gd-155	(n,γ)	2.558E+00	2.584E+00	1.02	0.00	1.02	0.00
	(n,2n)	7.817E-04	8.623E-04	10.31	0.00	10.30	0.01
	(n,α)	3.751E-07	3.857E-07	2.83	0.00	2.83	0.00
	(n,p)	3.725E-07	4.125E-07	10.74	0.00	10.71	0.03
Gd-156	(n,γ)	6.736E-01	6.818E-01	1.22	0.00	1.23	-0.01
	(n,2n)	2.082E-04	2.317E-04	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,α)	1.445E-07	1.563E-07	8.17	0.00	8.17	0.00
	(n,p)	2.237E-07	2.489E-07	11.27	0.00	11.22	0.04

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (14/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Gd-157	(n,γ)	1.296E+00	1.312E+00	1.23	0.00	1.23	0.00
	(n,2n)	1.041E-03	1.145E-03	9.99	0.00	9.99	0.00
	(n,α)	7.137E-08	7.652E-08	7.22	0.00	7.22	0.00
	(n,p)	2.002E-07	2.226E-07	11.19	0.00	11.19	0.00
Gd-158	(n,γ)	3.272E-01	3.311E-01	1.19	0.00	1.19	0.00
	(n,2n)	3.661E-04	4.075E-04	11.31	0.00	11.28	0.03
	(n,α)	5.566E-08	6.147E-08	10.44	0.00	10.42	0.02
	(n,p)	5.195E-08	5.782E-08	11.30	0.00	11.30	0.00
Gd-160	(n,γ)	2.117E-01	2.148E-01	1.46	0.00	1.51	-0.05
	(n,2n)	5.821E-04	6.476E-04	11.25	0.00	11.25	0.00
	(n,α)	3.602E-08	4.007E-08	11.24	0.00	11.22	0.03
	(n,p)	3.165E-08	3.522E-08	11.28	0.00	11.28	0.00
Tb-159	(n,γ)	1.813E+00	1.829E+00	0.88	0.00	0.88	0.00
	(n,2n)	3.325E-04	3.700E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	1.093E-07	1.207E-07	10.43	0.00	10.43	0.00
	(n,p)	1.905E-07	2.115E-07	11.02	0.00	10.97	0.05
Er-162	(n,γ)	7.358E-01	8.800E-01	19.60	18.27	1.36	-0.03
	(n,2n)	0.000E+00	9.256E-05	-	-	-	-
	(n,α)	7.609E-06	1.952E-06	-74.35	-75.00	0.66	0.00
	(n,p)	0.000E+00	1.131E-06	-	-	-	-
Er-164	(n,γ)	1.610E-01	1.758E+00	991.93	985.09	6.83	0.00
	(n,2n)	0.000E+00	1.905E-04	-	-	-	-
	(n,α)	8.251E-07	6.922E-07	-16.11	-17.99	1.88	0.00
	(n,p)	0.000E+00	6.417E-07	-	-	-	-
Er-166	(n,γ)g	4.261E-01	5.400E-01	26.73	25.32	1.43	-0.02
	(n,2n)	0.000E+00	2.806E-04	-	-	-	-
	(n,α)	4.829E-08	1.524E-07	215.59	200.89	14.70	0.00
	(n,p)	0.000E+00	3.018E-07	-	-	-	-
Er-167	(n,γ)	1.351E+00	1.502E+00	11.18	9.92	1.26	0.00
	(n,2n)	0.000E+00	1.422E-03	-	-	-	-
	(n,α)	4.622E-08	4.618E-07	899.13	844.61	54.52	0.00
	(n,p)	0.000E+00	3.950E-07	-	-	-	-
Er-168	(n,γ)	5.519E-02	3.070E-01	456.26	448.83	7.43	0.00
	(n,2n)	0.000E+00	5.796E-04	-	-	-	-
	(n,α)	6.188E-08	2.768E-08	-55.27	-58.84	3.57	0.00
	(n,p)	0.000E+00	1.441E-07	-	-	-	-
Er-170	(n,γ)	3.066E-02	2.023E-01	559.82	550.68	9.46	-0.33
	(n,2n)	0.000E+00	9.200E-04	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	7.122E-09	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	5.593E-08	-	-	-	-
Hf-174	(n,γ)	9.858E-01	9.964E-01	1.08	0.00	1.10	-0.02
	(n,2n)	2.537E-04	2.824E-04	11.31	0.00	11.27	0.04
Hf-176	(n,γ)	4.182E-01	4.235E-01	1.27	0.00	1.27	0.00
	(n,2n)	3.920E-04	4.363E-04	11.30	0.00	11.28	0.03
	(n,α)	1.962E-07	2.011E-07	2.50	0.00	2.50	0.00
	(n,p)	1.435E-07	1.583E-07	10.31	0.00	10.24	0.07
Hf-177	(n,γ)g	1.379E+00	1.395E+00	1.16	0.00	1.16	0.00
	(n,2n)	1.220E-03	1.342E-03	10.00	0.00	10.00	0.00
	(n,α)	3.859E-07	4.025E-07	4.30	0.00	4.30	0.00
	(n,p)	1.615E-07	1.779E-07	10.15	0.00	10.15	0.00
Hf-178	(n,γ)g	1.061E-01	1.074E-01	1.23	0.00	1.23	0.00
	(n,2n)	5.682E-04	6.324E-04	11.30	0.00	11.28	0.02
	(n,α)	2.520E-08	2.677E-08	6.23	0.00	6.23	0.00
	(n,p)	3.110E-08	3.456E-08	11.13	0.00	11.09	0.03
Hf-179	(n,γ)g	1.001E+00	1.015E+00	1.40	0.00	1.40	0.00
	(n,2n)	1.662E-03	1.818E-03	9.39	0.00	9.33	0.06
	(n,α)	9.949E-08	1.043E-07	4.83	0.00	4.83	0.00
	(n,p)	8.348E-08	9.255E-08	10.86	0.00	10.85	0.01
Hf-180	(n,γ)	1.787E-01	1.804E-01	0.95	0.00	0.95	0.00
	(n,2n)	5.406E-04	6.004E-04	11.06	0.00	11.04	0.02
	(n,α)	7.235E-09	7.896E-09	9.14	0.00	9.12	0.01
	(n,p)	1.238E-08	1.377E-08	11.23	0.00	11.23	0.00
Ta-181	(n,γ)g	8.689E-01	8.810E-01	1.39	0.00	1.42	-0.02
	(n,2n)	4.984E-04	5.547E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	1.521E-01	9.931E-09	-100.00	-100.00	0.00	0.00
	(n,p)	2.289E-07	2.532E-07	10.62	0.00	10.62	0.00
W-182	(n,γ)g	2.953E-01	2.994E-01	1.39	0.00	1.39	0.00
	(n,2n)	3.072E-04	3.419E-04	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,α)	5.102E-07	5.282E-07	3.53	0.00	3.53	0.00
	(n,p)	2.291E-07	2.544E-07	11.04	0.00	11.04	0.00
W-183	(n,γ)	4.339E-01	4.408E-01	1.59	0.00	1.61	-0.02
	(n,2n)	1.436E-03	1.510E-03	5.15	-3.97	9.12	0.00
	(n,α)	6.706E-07	7.006E-07	4.47	0.00	4.47	0.00
	(n,p)	1.793E-07	1.988E-07	10.88	0.00	10.82	0.06

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (15/18)

核種	反応	I 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
W-184	(n,γ)g	2.356E-01	2.383E-01	1.15	0.00	1.15	0.00
	(n,2n)	5.477E-04	6.091E-04	11.21	0.00	11.19	0.02
	(n,α)	8.934E-08	9.409E-08	5.32	0.00	5.32	0.00
	(n,p)	6.477E-08	7.207E-08	11.27	0.00	11.26	0.02
W-186	(n,γ)	1.949E-01	1.978E-01	1.49	0.00	1.49	0.00
	(n,2n)	8.955E-04	8.331E-04	-6.97	-16.11	9.13	0.01
	(n,α)	6.769E-08	7.399E-08	9.31	0.00	9.31	0.00
	(n,p)	8.416E-08	9.367E-08	11.30	0.00	11.29	0.01
Hg-196	(n,γ)g	6.331E-01	3.532E-02	-94.42	-94.58	0.16	0.00
	(n,2n)	0.000E+00	2.195E-04	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	2.175E-07	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	5.267E-07	-	-	-	-
Hg-198	(n,γ)g	1.063E-01	1.737E-01	63.41	60.49	3.01	-0.09
	(n,2n)	0.000E+00	3.501E-04	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	2.604E-08	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	2.811E-07	-	-	-	-
Hg-199	(n,γ)	2.345E-01	4.113E-01	75.39	72.54	2.90	-0.04
	(n,2n)	0.000E+00	9.469E-04	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	6.286E-08	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	2.786E-07	-	-	-	-
Hg-200	(n,γ)	4.139E-02	1.121E-01	170.84	169.87	0.97	0.00
	(n,2n)	0.000E+00	4.468E-04	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	5.835E-09	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	1.088E-07	-	-	-	-
Hg-201	(n,γ)	4.139E-02	3.365E-01	713.00	699.23	14.01	-0.24
	(n,2n)	0.000E+00	1.487E-03	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	1.864E-08	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	9.156E-08	-	-	-	-
Hg-202	(n,γ)	7.512E-03	7.886E-02	949.79	947.26	2.53	0.00
	(n,2n)	0.000E+00	5.460E-04	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	2.432E-09	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	3.267E-08	-	-	-	-
Hg-204	(n,γ)	2.966E-04	3.746E-02	12529.80	12448.89	84.29	-3.37
	(n,2n)	0.000E+00	5.607E-04	-	-	-	-
	(n,α)	0.000E+00	2.851E-10	-	-	-	-
	(n,p)	0.000E+00	9.403E-09	-	-	-	-
Pb-204	(n,γ)	8.259E-02	8.275E-02	0.19	0.00	0.21	-0.01
	(n,2n)	2.189E-04	2.436E-04	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,α)	2.250E-08	2.438E-08	8.36	0.00	8.36	0.00
	(n,p)	5.742E-08	6.224E-08	8.39	0.00	8.39	0.00
Pb-206	(n,γ)	8.432E-03	8.451E-03	0.23	0.05	0.17	0.01
	(n,2n)	3.670E-04	4.085E-04	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,α)	4.006E-08	4.286E-08	6.99	0.00	6.96	0.02
	(n,p)	1.559E-07	1.687E-07	8.21	0.00	8.21	0.00
Pb-207	(n,3n)	7.183E-08	7.995E-08	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,γ)	5.329E-03	5.325E-03	-0.08	0.11	-0.19	0.00
	(n,2n)	6.872E-04	7.614E-04	10.80	0.00	10.78	0.01
	(n,α)	4.961E-08	5.320E-08	7.24	0.00	7.24	0.00
Pb-208	(n,p)	7.983E-08	8.681E-08	8.74	0.00	8.74	0.00
	(n,3n)	1.465E-07	1.631E-07	11.33	0.00	11.26	0.07
	(n,γ)	6.747E-04	6.694E-04	-0.79	0.00	-0.79	0.00
	(n,2n)	4.769E-04	5.303E-04	11.20	0.00	11.18	0.02
Bi-209	(n,α)	4.000E-08	4.377E-08	9.43	0.00	9.43	0.00
	(n,p)	7.487E-09	8.333E-09	11.30	0.00	11.29	0.01
	(n,3n)	1.696E-07	1.888E-07	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,γ)g	3.695E-03	3.178E-03	-13.99	-14.86	0.84	0.03
Ra-223	(n,2n)	4.371E-04	4.863E-04	11.26	0.00	11.23	0.02
	(n,α)	1.048E-07	1.110E-07	5.92	0.00	5.92	0.00
	(n,p)	3.085E-08	3.425E-08	11.02	0.00	11.02	0.00
	(n,3n)	2.994E-07	3.332E-07	11.29	0.00	11.29	0.00
Ra-224	(n,γ)	5.855E-01	5.931E-01	1.30	0.00	1.32	-0.02
	(n,2n)	6.825E-03	7.243E-03	6.12	0.00	6.12	0.00
	(n,3n)	1.446E-05	1.610E-05	11.34	0.00	11.34	0.00
	(n,fission)	5.567E-02	5.567E-02	0.00	0.00	0.00	0.00
Ra-226	(n,γ)	1.977E-01	1.997E-01	1.01	0.00	1.06	-0.05
	(n,2n)	2.411E-03	2.636E-03	9.33	0.00	9.33	0.00
	(n,3n)	1.906E-05	2.121E-05	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,γ)	3.936E-01	3.968E-01	0.81	0.00	0.84	-0.03
Ac-227	(n,2n)	2.607E-03	2.845E-03	9.13	0.00	9.09	0.04
	(n,3n)	2.657E-05	2.957E-05	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,fission)	3.546E-05	3.632E-05	2.43	0.00	2.43	0.00
	(n,γ)	1.005E-01	1.021E-01	1.59	0.00	1.59	0.00
	(n,2n)	2.283E-03	2.495E-03	9.29	0.00	9.29	0.00
	(n,3n)	1.699E-05	1.892E-05	11.36	0.00	11.30	0.06
	(n,fission)	1.652E-03	1.650E-03	-0.12	0.00	-0.12	0.00

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (16/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$J33-J32$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe、Cr、Ni を 同位体毎に 入力
Th-227	(n,γ)	1.371E+00	1.385E+00	1.02	0.00	1.02	0.00
	(n,2n)	3.851E-03	4.117E-03	6.91	0.00	6.91	0.00
	(n,3n)	1.678E-06	1.868E-06	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,fission)	8.183E-01	8.209E-01	0.32	0.00	0.32	0.00
Th-228	(n,γ)	3.947E-01	3.989E-01	1.06	0.00	1.06	0.00
	(n,2n)	7.456E-04	8.265E-04	10.85	0.00	10.84	0.01
	(n,3n)	4.525E-06	5.037E-06	11.31	0.00	11.29	0.02
	(n,fission)	1.720E-02	1.710E-02	-0.58	0.00	-0.58	0.00
Th-229	(n,γ)	1.391E+00	1.405E+00	1.01	0.00	1.08	-0.07
	(n,2n)	4.926E-03	5.229E-03	6.15	0.00	6.15	0.00
	(n,3n)	2.170E-06	2.415E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,fission)	8.138E-01	8.161E-01	0.28	0.00	0.29	-0.01
Th-230	(n,γ)	4.095E-01	4.143E-01	1.17	0.00	1.20	-0.02
	(n,2n)	1.035E-03	1.141E-03	10.24	0.00	10.24	0.00
	(n,3n)	7.231E-06	8.048E-06	11.30	0.00	11.28	0.01
	(n,fission)	2.850E-02	2.824E-02	-0.91	0.00	-0.91	0.00
Th-232	(n,γ)	3.859E-01	3.901E-01	1.09	0.16	0.93	0.00
	(n,2n)	1.408E-03	1.544E-03	9.66	0.00	9.66	0.00
	(n,3n)	1.193E-05	1.327E-05	11.23	0.00	11.23	0.00
	(n,fission)	1.096E-02	1.090E-02	-0.55	-0.27	-0.27	0.00
Th-233	(n,γ)	5.798E-01	5.865E-01	1.16	0.00	1.17	-0.02
	(n,2n)	6.770E-03	7.161E-03	5.78	0.00	5.78	0.00
	(n,3n)	1.573E-05	1.751E-05	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,fission)	2.106E-01	2.112E-01	0.28	0.00	0.28	0.00
Th-234	(n,γ)	4.012E-01	4.051E-01	0.97	0.00	0.97	0.00
	(n,2n)	2.124E-03	2.315E-03	8.99	0.00	8.99	0.00
	(n,3n)	2.377E-05	2.645E-05	11.27	0.00	11.27	0.00
	(n,fission)	5.091E-03	5.064E-03	-0.53	0.00	-0.53	0.00
Pa-231	(n,γ)	1.688E+00	1.701E+00	0.77	0.00	0.77	0.00
	(n,2n)	5.685E-04	6.256E-04	10.04	0.00	10.04	0.00
	(n,3n)	2.203E-06	2.452E-06	11.30	0.00	11.26	0.05
	(n,fission)	1.897E-01	1.877E-01	-1.05	-0.05	-1.00	0.00
Pa-232	(n,γ)	1.032E+00	1.042E+00	0.97	0.00	0.97	0.00
	(n,2n)	2.628E-03	2.817E-03	7.19	0.00	7.19	0.00
	(n,3n)	4.222E-06	4.699E-06	11.30	0.00	11.27	0.02
	(n,fission)	1.636E+00	1.642E+00	0.37	0.00	0.37	0.00
Pa-233	(n,γ)g	7.508E-01	7.561E-01	0.71	0.00	0.71	0.00
	(n,2n)	1.108E-03	1.217E-03	9.84	0.00	9.84	0.00
	(n,3n)	7.201E-06	8.014E-06	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,fission)	5.996E-02	5.945E-02	-0.85	0.00	-0.87	0.02
U-232	(n,γ)	3.392E-01	3.434E-01	1.24	0.00	1.24	0.00
	(n,2n)	4.699E-05	5.219E-05	11.07	0.00	11.04	0.02
	(n,3n)	6.016E-08	6.695E-08	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,fission)	2.007E+00	2.009E+00	0.10	0.00	0.10	0.00
U-233	(n,γ)	2.603E-01	2.620E-01	0.65	0.08	0.58	0.00
	(n,2n)	4.030E-04	4.352E-04	7.99	-0.30	8.29	0.00
	(n,3n)	1.329E-07	1.475E-07	10.99	-0.30	11.29	0.00
	(n,fission)	2.805E+00	2.794E+00	-0.39	-0.75	0.39	-0.04
U-234	(n,γ)	5.509E-01	5.559E-01	0.91	0.02	0.91	-0.02
	(n,2n)	4.671E-04	5.147E-04	10.19	0.00	10.19	0.00
	(n,3n)	1.526E-06	1.699E-06	11.34	0.00	11.34	0.00
	(n,fission)	3.182E-01	3.151E-01	-0.97	0.00	-0.97	0.00
U-235	(n,γ)	5.659E-01	6.304E-01	11.40	10.55	0.87	-0.02
	(n,2n)	1.152E-03	1.238E-03	7.47	0.09	7.38	0.00
	(n,3n)	7.386E-07	8.673E-07	17.42	5.51	11.90	0.01
	(n,fission)	1.975E+00	1.989E+00	0.71	0.25	0.46	0.00
U-236	(n,γ)	4.789E-01	4.834E-01	0.94	0.02	0.92	0.00
	(n,2n)	7.429E-04	8.175E-04	10.04	-0.01	10.06	0.00
	(n,3n)	6.984E-06	7.773E-06	11.30	0.00	11.28	0.01
	(n,fission)	1.037E-01	1.029E-01	-0.77	0.00	-0.77	0.00
U-237	(n,γ)	6.365E-01	6.433E-01	1.07	0.00	1.08	-0.02
	(n,2n)	4.157E-03	4.400E-03	5.85	0.00	5.85	0.00
	(n,3n)	8.590E-06	9.560E-06	11.29	0.00	11.28	0.01
	(n,fission)	7.698E-01	7.711E-01	0.17	0.00	0.17	0.00
U-238	(n,γ)	2.976E-01	3.006E-01	1.01	0.40	0.60	0.00
	(n,2n)	1.180E-03	1.288E-03	9.15	-0.08	9.24	0.00
	(n,3n)	6.451E-06	7.905E-06	22.54	10.11	12.42	0.02
	(n,fission)	4.423E-02	4.394E-02	-0.66	-0.14	-0.52	0.00
Np-235	(n,γ)g	1.269E-01	9.312E-02	-26.62	-27.32	0.71	-0.01
	(n,2n)	0.000E+00	6.244E-05	-	-	-	-
	(n,3n)	0.000E+00	7.912E-09	-	-	-	-
	(n,fission)	0.000E+00	1.355E+00	-	-	-	-

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (17/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J33-J32}{J32}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトルの 変化	Fe, Cr, Ni を 同位体毎に 入力
Np-236	(n,γ)	6.032E-01	6.070E-01	0.63	0.00	0.65	-0.02
	(n,2n)	7.828E-04	8.403E-04	7.35	0.00	7.35	0.00
	(n,3n)	1.021E-06	1.137E-06	11.36	0.00	11.36	0.00
	(n,fission)	2.841E+00	2.854E+00	0.46	0.00	0.46	0.00
Np-237	(n,γ)	1.762E+00	1.689E+00	-4.14	-4.99	0.85	0.00
	(n,2n)g	7.842E-05	8.625E-05	9.98	0.00	9.97	0.01
	(n,3n)	1.460E-06	3.553E-07	-75.66	-78.14	2.47	0.01
	(n,fission)	3.314E-01	3.285E-01	-0.88	0.18	-1.06	0.00
Np-238	(n,γ)	4.365E-01	4.398E-01	0.76	0.00	0.78	-0.02
	(n,2n)	8.059E-04	8.804E-04	9.24	0.00	9.23	0.01
	(n,3n)	2.916E-06	3.245E-06	11.28	0.00	11.28	0.00
	(n,fission)	2.281E+00	2.292E+00	0.48	0.00	0.48	0.00
Np-239	(n,γ)g	2.022E+00	2.039E+00	0.84	0.00	0.84	0.00
	(n,2n)	3.587E-04	3.911E-04	9.03	0.00	9.00	0.03
	(n,3n)	3.786E-06	4.214E-06	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,fission)	4.457E-01	4.416E-01	-0.92	0.00	-0.92	0.00
Pu-236	(n,γ)	1.024E+00	2.622E-01	-74.39	-74.55	0.16	0.00
	(n,2n)	3.069E-05	4.307E-05	40.34	26.16	14.17	0.00
	(n,3n)	2.905E-08	2.612E-08	-10.09	-19.21	9.12	0.00
	(n,fission)	6.509E-01	2.731E+00	319.57	317.88	1.84	-0.15
Pu-237	(n,γ)	1.859E-01	3.299E-01	77.46	76.49	0.97	0.00
	(n,2n)	2.664E-04	7.316E-05	-72.54	-74.88	2.35	0.00
	(n,3n)	2.217E-06	2.024E-09	-99.91	-99.92	0.01	0.00
	(n,fission)	3.641E+00	2.937E+00	-19.34	-19.53	0.19	0.00
Pu-238	(n,γ)	7.314E-01	7.208E-01	-1.45	-2.38	0.94	-0.01
	(n,2n)	3.561E-04	3.661E-05	-89.72	-90.74	1.02	0.00
	(n,3n)	1.437E-06	1.919E-08	-98.66	-98.80	0.14	0.00
	(n,fission)	1.129E+00	1.115E+00	-1.24	-1.24	0.00	0.00
Pu-239	(n,γ)	5.593E-01	5.657E-01	1.14	0.04	1.13	-0.02
	(n,2n)	4.006E-04	4.334E-04	8.19	0.00	8.19	0.00
	(n,3n)	2.740E-07	3.050E-07	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,fission)	1.837E+00	1.841E+00	0.22	-0.05	0.27	0.00
Pu-240	(n,γ)	6.255E-01	5.794E-01	-7.37	-8.15	0.78	0.00
	(n,2n)	3.455E-04	3.244E-04	-6.11	-14.53	8.42	0.00
	(n,3n)	1.545E-06	2.020E-07	-86.93	-88.25	1.33	0.00
	(n,fission)	3.730E-01	3.713E-01	-0.46	0.35	-0.80	0.00
Pu-241	(n,γ)	5.072E-01	5.110E-01	0.75	0.00	0.77	-0.02
	(n,2n)	2.171E-03	2.293E-03	5.62	0.00	5.62	0.00
	(n,3n)	1.884E-06	2.097E-06	11.31	0.00	11.25	0.05
	(n,fission)	2.625E+00	2.640E+00	0.57	0.11	0.46	0.00
Pu-242	(n,γ)	5.148E-01	4.856E-01	-5.67	-6.39	0.74	-0.02
	(n,2n)	6.507E-04	3.201E-04	-50.81	-55.11	4.30	0.00
	(n,3n)	4.550E-06	8.704E-07	-80.87	-82.81	1.94	0.00
	(n,fission)	2.591E-01	2.561E-01	-1.16	-0.19	-0.96	0.00
Pu-244	(n,γ)	2.106E-01	4.154E-01	97.25	95.73	1.57	-0.05
	(n,2n)	2.561E-03	1.189E-03	-53.57	-57.36	3.79	0.00
	(n,3n)	1.259E-05	5.892E-06	-53.20	-57.95	4.75	0.00
	(n,fission)	2.586E-01	2.363E-01	-8.62	-7.62	-1.01	0.00
Am-241**	(n,γ)g	1.500E+00	1.701E+00	13.40	12.47	0.93	0.00
	(n,γ)m	3.751E-01	3.001E-01	-19.99	-20.61	0.61	0.00
	(n,2n)	6.041E-05	1.443E-04	138.87	116.69	22.18	0.00
	(n,3n)	1.013E-06	5.315E-08	-94.75	-95.29	0.53	0.00
Am-242	(n,γ)	2.739E-01	2.724E-01	-0.55	0.37	-0.91	0.00
	(n,γ)g	6.306E-01	4.547E-01	-27.89	-28.48	0.60	-0.02
	(n,2n)	4.364E-04	5.841E-04	33.85	24.36	9.49	0.00
	(n,3n)	1.892E-06	1.742E-07	-90.79	-91.73	0.94	0.00
Am-242m	(n,γ)	3.313E+00	3.244E+00	-2.08	-2.57	0.48	0.00
	(n,γ)	5.700E-01	5.152E-01	-9.61	-10.18	0.58	-0.02
	(n,2n)	4.364E-04	5.788E-04	32.63	23.10	9.53	0.00
	(n,3n)	1.892E-06	1.871E-07	-90.11	-91.12	1.00	0.01
Am-243	(n,fission)	3.202E+00	3.214E+00	0.37	-0.09	0.47	0.00
	(n,γ)g	8.235E-02	8.607E-02	4.52	3.78	0.75	-0.01
	(n,2n)	3.629E-04	4.031E-04	11.08	1.21	9.86	0.00
	(n,3n)	3.473E-06	4.815E-07	-86.14	-87.54	1.41	0.00
Am-244	(n,fission)	2.004E-01	2.009E-01	0.25	1.10	-0.85	0.00
	(n,γ)	8.410E-01	8.445E-01	0.42	0.00	0.42	0.00
	(n,2n)	2.423E-03	2.570E-03	6.07	0.00	6.07	0.00
	(n,3n)	4.969E-06	5.531E-06	11.31	0.00	11.29	0.02
Am-244m	(n,fission)	3.313E+00	3.329E+00	0.48	0.00	0.51	-0.03
	(n,γ)	7.846E-01	7.880E-01	0.43	0.00	0.43	0.00
	(n,2n)	2.423E-03	2.570E-03	6.07	0.00	6.07	0.00
	(n,3n)	4.969E-06	5.531E-06	11.31	0.00	11.29	0.02
	(n,fission)	3.313E+00	3.329E+00	0.48	0.00	0.51	-0.03

** Am-241 の (n,γ) 反応断面積については、基底状態に変わる (n,γ)g と励起状態に変わる (n,γ)m をそれぞれ示した。

表 4.15 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 - (18/18)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		$\frac{J_{33}-J_{32}}{J_{32}}$ [%]	断面積変化の内訳 [%]		
		JENDL-3.2	JENDL-3.3		断面積の変化	中性子スペクトル の変化	Fe、Cr、Ni を 同位体毎に 入力
Cm-242	(n,γ)	5.485E-01	5.223E-01	-4.78	-5.60	0.84	-0.02
	(n,2n)	1.676E-04	1.855E-05	-88.93	-90.04	1.11	0.00
	(n,3n)	4.738E-07	4.190E-09	-99.12	-99.21	0.09	0.00
	(n,fission)	7.201E-01	7.152E-01	-0.68	-0.18	-0.50	0.00
Cm-243	(n,γ)	3.979E-01	5.852E-01	47.07	46.04	1.03	0.00
	(n,2n)	1.558E-03	3.449E-04	-77.86	-79.56	1.70	0.00
	(n,3n)	1.566E-06	1.159E-07	-92.60	-93.35	0.75	0.00
	(n,fission)	3.112E+00	3.233E+00	3.89	3.50	0.39	0.00
Cm-244	(n,γ)	7.438E-01	7.642E-01	2.74	1.86	0.90	-0.01
	(n,2n)	4.484E-04	1.354E-04	-69.80	-72.66	2.85	0.00
	(n,3n)	1.691E-06	1.127E-07	-93.34	-94.01	0.67	0.00
	(n,fission)	4.204E-01	4.169E-01	-0.83	0.07	-0.90	0.00
Cm-245	(n,γ)	3.607E-01	5.659E-01	56.89	55.78	1.14	-0.03
	(n,2n)	1.803E-03	5.552E-04	-69.21	-71.48	2.27	0.00
	(n,3n)	2.154E-06	1.854E-07	-91.39	-92.27	0.87	0.00
	(n,fission)	2.729E+00	2.856E+00	4.65	4.14	0.51	0.00
Cm-246	(n,γ)	3.652E-01	5.677E-01	55.45	54.08	1.40	-0.03
	(n,2n)	4.941E-04	4.642E-04	-6.05	-14.39	8.34	0.00
	(n,3n)	3.633E-06	5.267E-07	-85.50	-86.97	1.47	0.00
	(n,fission)	2.749E-01	2.954E-01	7.46	8.40	-0.95	0.00
Cm-247	(n,γ)	4.849E-01	6.114E-01	26.09	25.16	0.93	0.00
	(n,2n)	1.335E-03	3.654E-04	-72.63	-74.56	1.93	0.00
	(n,3n)	4.081E-06	4.689E-07	-88.51	-89.68	1.17	0.00
	(n,fission)	2.348E+00	2.729E+00	16.23	15.67	0.55	0.00
Cm-248	(n,γ)	2.819E-01	2.913E-01	3.33	2.41	0.92	0.00
	(n,2n)	8.078E-04	3.889E-04	-51.86	-56.24	4.38	0.00
	(n,3n)	3.843E-06	1.738E-06	-54.77	-59.35	4.58	0.00
	(n,fission)	2.906E-01	2.900E-01	-0.21	0.72	-0.93	0.00
Cm-249	(n,γ)	3.993E-01	1.647E-01	-58.75	-59.23	0.48	0.00
	(n,2n)	2.916E-03	1.735E-03	-40.50	-43.28	2.78	0.00
	(n,3n)	9.398E-06	7.821E-07	-91.68	-92.52	0.84	0.00
	(n,fission)	2.092E+00	2.360E+00	12.81	12.67	0.14	0.00
Cm-250	(n,γ)	1.293E-01	1.334E-01	3.17	2.24	1.01	-0.08
	(n,2n)	1.199E-03	2.855E-04	-76.19	-78.33	2.14	0.00
	(n,3n)	9.622E-06	5.204E-06	-45.92	-51.40	5.49	0.00
	(n,fission)	2.901E-01	2.825E-01	-2.62	-1.69	-0.93	0.00
Bk-249	(n,γ)	1.405E+00	1.418E+00	0.93	0.00	0.93	0.00
	(n,2n)	3.965E-04	4.287E-04	8.12	0.00	8.12	0.00
	(n,3n)	2.974E-06	3.310E-06	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,fission)	1.644E-01	1.632E-01	-0.73	0.00	-0.73	0.00
Bk-250	(n,γ)	5.373E-01	5.424E-01	0.95	0.00	0.97	-0.02
	(n,2n)	2.702E-03	2.852E-03	5.55	0.00	5.55	0.00
	(n,3n)	1.131E-05	1.259E-05	11.32	0.00	11.32	0.00
	(n,fission)	2.191E+00	2.194E+00	0.14	0.00	0.14	0.00
Cf-249	(n,γ)	5.892E-01	6.052E-01	2.72	2.12	0.61	-0.02
	(n,2n)	1.417E-03	1.179E-04	-91.68	-92.39	0.71	0.00
	(n,3n)	2.578E-06	3.730E-08	-98.55	-98.70	0.15	0.00
	(n,fission)	2.551E+00	2.562E+00	0.43	-0.04	0.47	0.00
Cf-250	(n,γ)	6.576E-01	6.636E-01	0.91	0.00	0.93	-0.02
	(n,2n)	1.658E-04	1.816E-04	9.53	0.00	9.53	0.00
	(n,3n)	1.627E-06	1.811E-06	11.31	0.00	11.31	0.00
	(n,fission)	4.279E-01	4.232E-01	-1.10	0.00	-1.10	0.00
Cf-251	(n,γ)	3.435E-01	3.470E-01	1.02	0.00	1.02	0.00
	(n,2n)	1.247E-03	1.322E-03	6.01	0.00	6.01	0.00
	(n,3n)	4.666E-06	5.193E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,fission)	2.607E+00	2.611E+00	0.15	0.00	0.15	0.00
Cf-252	(n,γ)	3.433E-01	3.456E-01	0.67	0.00	0.70	-0.03
	(n,2n)	4.853E-04	5.254E-04	8.26	0.00	8.26	0.00
	(n,3n)	3.673E-06	4.088E-06	11.30	0.00	11.30	0.00
	(n,fission)	1.385E+00	1.384E+00	-0.07	0.00	-0.07	0.00
Cf-254	(n,γ)	8.682E-02	8.776E-02	1.08	0.00	1.11	-0.02
	(n,2n)	6.859E-04	7.416E-04	8.12	0.00	8.12	0.00
	(n,3n)	6.935E-06	7.718E-06	11.29	0.00	11.29	0.00
	(n,fission)	1.326E+00	1.325E+00	-0.08	0.00	-0.08	0.00
Es-254	(n,γ)	4.406E-01	4.422E-01	0.36	0.00	0.39	-0.02
	(n,2n)	1.903E-03	2.019E-03	6.10	0.00	6.10	0.00
	(n,3n)	7.897E-06	8.789E-06	11.30	0.00	11.28	0.01
	(n,fission)	2.345E+00	2.349E+00	0.17	0.00	0.17	0.00

表 4.16 燃焼による核種重量変化の比較 (1/4)

(1) 常陽 MK-I 炉心部							
核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3
		燃焼後		-JENDL-3.2	燃焼後 - 燃焼前		-JENDL-3.2)
		JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2	JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2
				[%]			[%]
U-234	0.0	2.226E+02	2.241E+02	0.7	2.226E+02	2.241E+02	0.7
U-235	2.430E+03	1.437E+03	1.427E+03	-0.7	-9.930E+02	-1.003E+03	1.0
U-236	0.0	2.202E+02	2.312E+02	5.0	2.202E+02	2.312E+02	5.0
U-238	8.076E+05	7.478E+05	7.476E+05	0.0	-5.980E+04	-6.000E+04	0.3
Np-237	0.0	3.546E+02	3.707E+02	4.5	3.546E+02	3.707E+02	4.5
Pu-238	5.700E+03	3.685E+03	3.723E+03	1.0	-2.015E+03	-1.977E+03	-1.9
Pu-239	1.007E+05	9.220E+04	9.236E+04	0.2	-8.500E+03	-8.340E+03	-1.9
Pu-240	4.750E+04	4.443E+04	4.468E+04	0.6	-3.070E+03	-2.820E+03	-8.1
Pu-241	2.280E+04	1.085E+04	1.069E+04	-1.5	-1.195E+04	-1.211E+04	1.3
Pu-242	1.330E+04	1.247E+04	1.250E+04	0.2	-8.300E+02	-8.000E+02	-3.6
Am-241	0.0	4.486E+03	4.404E+03	-1.8	4.486E+03	4.404E+03	-1.8
Am-242m	0.0	6.523E+01	5.255E+01	-19.4	6.523E+01	5.255E+01	-19.4
Am-243	0.0	9.645E+02	9.201E+02	-4.6	9.645E+02	9.201E+02	-4.6
Cm-242	0.0	3.310E-01	3.233E-01	-2.3	3.310E-01	3.233E-01	-2.3
Cm-243	0.0	2.578E+00	2.829E+00	9.7	2.578E+00	2.829E+00	9.7
Cm-244	0.0	1.126E+02	1.136E+02	0.9	1.126E+02	1.136E+02	0.9

(2) もんじゅ 内側炉心部							
核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3
		燃焼後		-JENDL-3.2)	燃焼後 - 燃焼前		-JENDL-3.2)
		JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2	JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2
				[%]			[%]
U-234	0.0	2.183E+02	2.206E+02	1.1	2.183E+02	2.206E+02	1.1
U-235	2.430E+03	1.253E+03	1.227E+03	-2.1	-1.177E+03	-1.203E+03	2.2
U-236	0.0	2.826E+02	3.089E+02	9.3	2.826E+02	3.089E+02	9.3
U-238	8.076E+05	7.356E+05	7.350E+05	-0.1	-7.200E+04	-7.260E+04	0.8
Np-237	0.0	2.323E+02	2.516E+02	8.3	2.323E+02	2.516E+02	8.3
Pu-238	5.700E+03	3.634E+03	3.694E+03	1.7	-2.066E+03	-2.006E+03	-2.9
Pu-239	1.007E+05	9.879E+04	9.907E+04	0.3	-1.910E+03	-1.630E+03	-14.7
Pu-240	4.750E+04	4.933E+04	5.007E+04	1.5	1.830E+03	2.570E+03	40.4
Pu-241	2.280E+04	1.113E+04	1.081E+04	-2.9	-1.167E+04	-1.199E+04	2.7
Pu-242	1.330E+04	1.296E+04	1.306E+04	0.8	-3.400E+02	-2.400E+02	-29.4
Am-241	0.0	4.402E+03	4.272E+03	-3.0	4.402E+03	4.272E+03	-3.0
Am-242m	0.0	8.878E+01	6.978E+01	-21.4	8.878E+01	6.978E+01	-21.4
Am-243	0.0	1.429E+03	1.339E+03	-6.3	1.429E+03	1.339E+03	-6.3
Cm-242	0.0	4.600E-01	4.398E-01	-4.4	4.600E-01	4.398E-01	-4.4
Cm-243	0.0	5.553E+00	5.774E+00	4.0	5.553E+00	5.774E+00	4.0
Cm-244	0.0	2.521E+02	2.472E+02	-1.9	2.521E+02	2.472E+02	-1.9

表 4.16 燃焼による核種重量変化の比較 (2/4)

(3) 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部

核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3 -JENDL-3.2 /JENDL-3.2 [%])	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3 -JENDL-3.2 /JENDL-3.2 [%])
		燃焼後 JENDL-3.2	燃焼後 JENDL-3.3		燃焼後 - 燃焼前 JENDL-3.2	燃焼後 - 燃焼前 JENDL-3.3	
U-234	0.0	2.182E+02	2.208E+02	1.2	2.182E+02	2.208E+02	1.2
U-235	2.430E+03	1.235E+03	1.209E+03	-2.1	-1.195E+03	-1.221E+03	2.2
U-236	0.0	2.884E+02	3.148E+02	9.2	2.884E+02	3.148E+02	9.2
U-238	8.076E+05	7.351E+05	7.345E+05	-0.1	-7.250E+04	-7.310E+04	0.8
Np-237	0.0	2.311E+02	2.512E+02	8.7	2.311E+02	2.512E+02	8.7
Pu-238	5.700E+03	3.635E+03	3.699E+03	1.8	-2.065E+03	-2.001E+03	-3.1
Pu-239	1.007E+05	9.884E+04	9.907E+04	0.2	-1.860E+03	-1.630E+03	-12.4
Pu-240	4.750E+04	4.973E+04	5.046E+04	1.5	2.230E+03	2.960E+03	32.7
Pu-241	2.280E+04	1.114E+04	1.081E+04	-3.0	-1.166E+04	-1.199E+04	2.8
Pu-242	1.330E+04	1.300E+04	1.310E+04	0.8	-3.000E+02	-2.000E+02	-33.3
Am-241	0.0	4.390E+03	4.255E+03	-3.1	4.390E+03	4.255E+03	-3.1
Am-242m	0.0	9.062E+01	7.114E+01	-21.5	9.062E+01	7.114E+01	-21.5
Am-243	0.0	1.475E+03	1.384E+03	-6.2	1.475E+03	1.384E+03	-6.2
Cm-242	0.0	4.711E-01	4.498E-01	-4.5	4.711E-01	4.498E-01	-4.5
Cm-243	0.0	5.862E+00	6.072E+00	3.6	5.862E+00	6.072E+00	3.6
Cm-244	0.0	2.695E+02	2.643E+02	-1.9	2.695E+02	2.643E+02	-1.9

(4) 60 万 kWe 級金属燃料炉心 内側炉心部

核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3 -JENDL-3.2 /JENDL-3.2 [%])	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3 -JENDL-3.2 /JENDL-3.2 [%])
		燃焼後 JENDL-3.2	燃焼後 JENDL-3.3		燃焼後 - 燃焼前 JENDL-3.2	燃焼後 - 燃焼前 JENDL-3.3	
U-234	0.0	2.190E+02	2.208E+02	0.8	2.190E+02	2.208E+02	0.8
U-235	2.430E+03	1.306E+03	1.291E+03	-1.1	-1.124E+03	-1.139E+03	1.3
U-236	0.0	2.574E+02	2.713E+02	5.4	2.574E+02	2.713E+02	5.4
U-238	8.076E+05	7.449E+05	7.445E+05	-0.1	-6.270E+04	-6.310E+04	0.6
Np-237	0.0	2.540E+02	2.765E+02	8.9	2.540E+02	2.765E+02	8.9
Pu-238	5.700E+03	3.613E+03	3.662E+03	1.4	-2.087E+03	-2.038E+03	-2.3
Pu-239	1.007E+05	9.355E+04	9.375E+04	0.2	-7.150E+03	-6.950E+03	-2.8
Pu-240	4.750E+04	4.630E+04	4.673E+04	0.9	-1.200E+03	-7.700E+02	-35.8
Pu-241	2.280E+04	1.054E+04	1.034E+04	-1.9	-1.226E+04	-1.246E+04	1.6
Pu-242	1.330E+04	1.283E+04	1.289E+04	0.5	-4.700E+02	-4.100E+02	-12.8
Am-241	0.0	4.322E+03	4.219E+03	-2.4	4.322E+03	4.219E+03	-2.4
Am-242m	0.0	7.516E+01	6.096E+01	-18.9	7.516E+01	6.096E+01	-18.9
Am-243	0.0	1.178E+03	1.131E+03	-4.0	1.178E+03	1.131E+03	-4.0
Cm-242	0.0	3.905E-01	3.849E-01	-1.4	3.905E-01	3.849E-01	-1.4
Cm-243	0.0	3.755E+00	4.130E+00	10.0	3.755E+00	4.130E+00	10.0
Cm-244	0.0	1.731E+02	1.774E+02	2.5	1.731E+02	1.774E+02	2.5

表 4.16 燃焼による核種重量変化の比較 (3/4)

(5) 60 万 kWe 級窒化物燃料炉心 内側炉心部							
核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3
		燃焼後		-JENDL-3.2	燃焼後 - 燃焼前		-JENDL-3.2)
		JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2	JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2
				[%]			[%]
U-234	0.0	2.191E+02	2.214E+02	1.0	2.191E+02	2.214E+02	1.0
U-235	2.430E+03	1.285E+03	1.265E+03	-1.6	-1.145E+03	-1.165E+03	1.7
U-236	0.0	2.685E+02	2.883E+02	7.4	2.685E+02	2.883E+02	7.4
U-238	8.076E+05	7.407E+05	7.402E+05	-0.1	-6.690E+04	-6.740E+04	0.7
Np-237	0.0	2.627E+02	2.864E+02	9.0	2.627E+02	2.864E+02	9.0
Pu-238	5.700E+03	3.634E+03	3.692E+03	1.6	-2.066E+03	-2.008E+03	-2.8
Pu-239	1.007E+05	9.589E+04	9.612E+04	0.2	-4.810E+03	-4.580E+03	-4.8
Pu-240	4.750E+04	4.767E+04	4.823E+04	1.2	1.700E+02	7.300E+02	329.4
Pu-241	2.280E+04	1.084E+04	1.058E+04	-2.4	-1.196E+04	-1.222E+04	2.2
Pu-242	1.330E+04	1.285E+04	1.293E+04	0.6	-4.500E+02	-3.700E+02	-17.8
Am-241	0.0	4.365E+03	4.248E+03	-2.7	4.365E+03	4.248E+03	-2.7
Am-242m	0.0	8.168E+01	6.511E+01	-20.3	8.168E+01	6.511E+01	-20.3
Am-243	0.0	1.305E+03	1.238E+03	-5.1	1.305E+03	1.238E+03	-5.1
Cm-242	0.0	4.229E-01	4.105E-01	-2.9	4.229E-01	4.105E-01	-2.9
Cm-243	0.0	4.562E+00	4.857E+00	6.5	4.562E+00	4.857E+00	6.5
Cm-244	0.0	2.099E+02	2.102E+02	0.1	2.099E+02	2.102E+02	0.1

(6) 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクル Pu) 内側炉心部							
核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3
		燃焼後	燃焼後	-JENDL-3.2)	燃焼後 - 燃焼前	-JENDL-3.2)	
							JENDL-3.2
[%]							
U-234	0.0	2.183E+02	2.209E+02	1.2	2.183E+02	2.209E+02	1.2
U-235	2.430E+03	1.237E+03	1.211E+03	-2.1	-1.193E+03	-1.219E+03	2.2
U-236	0.0	2.877E+02	3.142E+02	9.2	2.877E+02	3.142E+02	9.2
U-238	8.076E+05	7.350E+05	7.344E+05	-0.1	-7.260E+04	-7.320E+04	0.8
Np-237	0.0	2.324E+02	2.525E+02	8.6	2.324E+02	2.525E+02	8.6
Pu-238	5.700E+03	3.636E+03	3.701E+03	1.8	-2.064E+03	-1.999E+03	-3.1
Pu-239	1.007E+05	9.897E+04	9.922E+04	0.3	-1.730E+03	-1.480E+03	-14.5
Pu-240	4.750E+04	4.969E+04	5.045E+04	1.5	2.190E+03	2.950E+03	34.7
Pu-241	2.280E+04	1.112E+04	1.080E+04	-2.9	-1.168E+04	-1.200E+04	2.7
Pu-242	1.330E+04	1.301E+04	1.311E+04	0.8	-2.900E+02	-1.900E+02	-34.5
Am-241	0.0	4.388E+03	4.253E+03	-3.1	4.388E+03	4.253E+03	-3.1
Am-242m	0.0	9.032E+01	7.100E+01	-21.4	9.032E+01	7.100E+01	-21.4
Am-243	0.0	1.457E+03	1.368E+03	-6.1	1.457E+03	1.368E+03	-6.1
Cm-242	0.0	4.693E-01	4.495E-01	-4.2	4.693E-01	4.495E-01	-4.2
Cm-243	0.0	5.816E+00	6.038E+00	3.8	5.816E+00	6.038E+00	3.8
Cm-244	0.0	2.651E+02	2.606E+02	-1.7	2.651E+02	2.606E+02	-1.7

表 4.16 燃焼による核種重量変化の比較 (4/4)

(7) 130 w kWe 級酸化物燃料炉心 内側炉心部							
核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3
		燃焼後		-JENDL-3.2	燃焼後 - 燃焼前		-JENDL-3.2)
		JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2	JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2
				[%]			
U-234	0.0	2.184E+02	2.209E+02	1.1	2.184E+02	2.209E+02	1.1
U-235	2.430E+03	1.236E+03	1.210E+03	-2.1	-1.194E+03	-1.220E+03	2.2
U-236	0.0	2.882E+02	3.144E+02	9.1	2.882E+02	3.144E+02	9.1
U-238	8.076E+05	7.348E+05	7.343E+05	-0.1	-7.280E+04	-7.330E+04	0.7
Np-237	0.0	2.298E+02	2.498E+02	8.7	2.298E+02	2.498E+02	8.7
Pu-238	5.700E+03	3.637E+03	3.701E+03	1.8	-2.063E+03	-1.999E+03	-3.1
Pu-239	1.007E+05	9.912E+04	9.937E+04	0.3	-1.580E+03	-1.330E+03	-15.8
Pu-240	4.750E+04	4.972E+04	5.045E+04	1.5	2.220E+03	2.950E+03	32.9
Pu-241	2.280E+04	1.112E+04	1.080E+04	-2.9	-1.168E+04	-1.200E+04	2.7
Pu-242	1.330E+04	1.300E+04	1.309E+04	0.7	-3.000E+02	-2.100E+02	-30.0
Am-241	0.0	4.387E+03	4.253E+03	-3.1	4.387E+03	4.253E+03	-3.1
Am-242m	0.0	9.041E+01	7.103E+01	-21.4	9.041E+01	7.103E+01	-21.4
Am-243	0.0	1.474E+03	1.384E+03	-6.1	1.474E+03	1.384E+03	-6.1
Cm-242	0.0	4.699E-01	4.494E-01	-4.4	4.699E-01	4.494E-01	-4.4
Cm-243	0.0	5.827E+00	6.043E+00	3.7	5.827E+00	6.043E+00	3.7
Cm-244	0.0	2.689E+02	2.643E+02	-1.7	2.689E+02	2.643E+02	-1.7

(8) Pu バーナー炉心 内側炉心部							
核種	燃焼前	核種重量 [g]		(JENDL-3.3	核種重量変化量 [g]		(JENDL-3.3
		燃焼後		-JENDL-3.2)	燃焼後 - 燃焼前		-JENDL-3.2)
		JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2	JENDL-3.2	JENDL-3.3	/JENDL-3.2
				[%]			
U-234	0.0	2.181E+02	2.203E+02	1.0	2.181E+02	2.203E+02	1.0
U-235	2.430E+03	1.251E+03	1.223E+03	-2.2	-1.179E+03	-1.207E+03	2.4
U-236	0.0	2.867E+02	3.148E+02	9.8	2.867E+02	3.148E+02	9.8
U-238	8.076E+05	7.350E+05	7.344E+05	-0.1	-7.260E+04	-7.320E+04	0.8
Np-237	0.0	2.410E+02	2.602E+02	8.0	2.410E+02	2.602E+02	8.0
Pu-238	5.700E+03	3.646E+03	3.702E+03	1.5	-2.054E+03	-1.998E+03	-2.7
Pu-239	1.007E+05	9.865E+04	9.887E+04	0.2	-2.050E+03	-1.830E+03	-10.7
Pu-240	4.750E+04	4.974E+04	5.050E+04	1.5	2.240E+03	3.000E+03	33.9
Pu-241	2.280E+04	1.132E+04	1.098E+04	-3.0	-1.148E+04	-1.182E+04	3.0
Pu-242	1.330E+04	1.299E+04	1.310E+04	0.8	-3.100E+02	-2.000E+02	-35.5
Am-241	0.0	4.444E+03	4.311E+03	-3.0	4.444E+03	4.311E+03	-3.0
Am-242m	0.0	9.124E+01	7.109E+01	-22.1	9.124E+01	7.109E+01	-22.1
Am-243	0.0	1.459E+03	1.364E+03	-6.5	1.459E+03	1.364E+03	-6.5
Cm-242	0.0	4.719E-01	4.479E-01	-5.1	4.719E-01	4.479E-01	-5.1
Cm-243	0.0	5.998E+00	6.191E+00	3.2	5.998E+00	6.191E+00	3.2
Cm-244	0.0	2.642E+02	2.566E+02	-2.9	2.642E+02	2.566E+02	-2.9

表 4.17 JENDL-3.2 から JENDL-3.3 への改訂による FP 等の核種生成量の変化
(60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu)、内側炉心部)

核種	核種生成量** [g]			(JENDL-3.3 -JENDL-3.2) /JENDL-3.2		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3				
線源核種	H-3	1.68E-01	1.68E-01	0.0		
	C-14	6.14E-05	6.14E-05	0.0		
	Kr-85	4.29E+01	4.29E+01	0.0		
	I-131	1.93E+01	1.94E+01	0.1		
燃焼度指標 FP	Nd-148	8.52E+02	8.51E+02	-0.1		
LLFP	Tc-99	1.86E+03	1.85E+03	-0.6		
	I-129	6.04E+02	6.04E+02	0.0		
	Cs-135	3.27E+03	3.27E+03	0.0		
放射化 Na	Na-22	-	-	10.3		
FP	Kr-83	8.23E+01	8.23E+01	0.0		
	Zr-93	1.18E+03	1.18E+03	-0.1		
	Zr-96	1.58E+03	1.57E+03	-0.1		
	Mo-95	1.43E+03	1.43E+03	-0.1		
	Mo-97	1.64E+03	1.64E+03	-0.1		
	Mo-98	1.89E+03	1.89E+03	0.1		
	Mo-100	2.18E+03	2.18E+03	0.0		
	Ru-101	2.02E+03	2.02E+03	0.0		
	Ru-102	2.42E+03	2.43E+03	0.1		
	Ru-103	8.79E-10	8.83E-10	0.5		
	Ru-104	2.22E+03	2.22E+03	0.0		
	Rh-103	2.17E+03	2.17E+03	-0.1		
	Pd-105	1.71E+03	1.71E+03	-0.1		
	Pd-106	1.72E+03	1.72E+03	0.1		
	Pd-107	1.01E+03	1.01E+03	-0.2		
	Pd-108	8.45E+02	8.46E+02	0.0		
	Ag-109	6.38E+02	6.38E+02	0.0		
Gd-155	Cd-110	5.93E+01	5.99E+01	1.1		
	Cd-111	1.35E+02	1.36E+02	0.9		
	Cd-113	4.74E+01	4.74E+01	0.1		
	In-115	2.63E+01	2.62E+01	-0.3		
	I-127	1.83E+02	1.83E+02	0.1		
	核種	FP	Xe-131	1.75E+03	1.75E+03	0.0
		Xe-132	2.36E+03	2.36E+03	0.0	
		Xe-136	3.15E+03	3.15E+03	0.0	
Cs-133		2.91E+03	2.90E+03	-0.1		
Cs-134		3.32E+01	3.35E+01	1.1		
La-139		2.68E+03	2.67E+03	0.0		
Ce-141		2.79E-12	2.79E-12	0.0		
Pr-141		2.44E+03	2.44E+03	0.0		
Pr-143		1.69E-31	1.69E-31	-0.1		
Nd-143		2.04E+03	2.04E+03	-0.1		
Nd-145		1.43E+03	1.42E+03	-0.1		
Nd-147		2.65E-39	2.65E-39	0.0		
Pm-147		2.14E+02	2.13E+02	-0.2		
Pm-148m		1.35E-10	1.36E-10	0.5		
Pm-148		9.28E-13	9.35E-13	0.7		
Sm-147		6.81E+02	6.80E+02	-0.3		
Sm-148		1.52E+02	1.53E+02	1.2		
Sm-149	5.12E+02	5.10E+02	-0.4			
Sm-150	1.67E+02	1.69E+02	1.0			
Sm-151	3.12E+02	3.11E+02	-0.3			
Sm-152	3.87E+02	3.88E+02	0.2			
Eu-153	1.84E+02	1.84E+02	-0.2			
Eu-154	3.47E+01	3.49E+01	0.7			
Eu-155	5.64E+01	5.65E+01	0.1			
Eu-156	2.52E-29	2.53E-29	0.4			
Gd-154	1.76E+01	1.77E+01	0.7			
Gd-155	6.14E+01	6.14E+01	0.0			
Gd-156	9.46E+01	9.48E+01	0.2			
Gd-157	5.64E+01	5.64E+01	0.0			
Gd-158	4.62E+01	4.63E+01	0.2			

** 線源核種は、炉停止直後の重量。その他は、炉停止後 4 年冷却した重量。

4.4 高速炉用ライブラリのまとめ

我が国の評価済み核データライブラリ JENDL が JENDL-3.2 から JENDL-3.3 に改訂されたため、JENDL-3.3 に基づく高速炉用の ORIGEN2 コード断面積ライブラリを作成した。JENDL-3.2 ベース断面積ライブラリ作成と同様、作成には高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールを用い、JENDL-3.3 より作成した 327 核種の 73 群無限希釈断面積を対象炉心・領域の中性子スペクトルにより 1 群に縮約し、ORIGEN2 断面積ライブラリ形式で格納した。炉心を構成する主要核種については、共鳴による自己遮蔽効果考慮した実効断面積を用いた。なお、 $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 反応の核異性体比については、最近の核データ研究で得られた知見を反映し、従来値 0.80 から 0.85 に変更した。作成したライブラリを用いた燃焼計算を行い、JENDL-3.2 ベースの断面積ライブラリから JENDL-3.3 ベースの断面積ライブラリへの 1 群断面積の変化が、燃焼による核種重量変化に与える影響を把握した。 $^{238}\text{U}(n,2n)$ 反応断面積の増加による ^{237}Np 生成量の 10 % 程度の増加、 $^{241}\text{Am}(n,\gamma)$ 反応の核異性体比変更による ^{242m}Am 生成量の 20 % 程度の減少などが主な変化としてあらわれている。また、FP 核種や代表的な線源核種の生成量への影響は 1 % 以下の小さなものである。なお、 ^{239}Pu を主な核分裂性核種とする高速炉では、閾値を持った $(n,2n)$ 反応等により生成する核種に対して 10 ～ 20 % 程度の増加が生じる。

5 おわりに

簡便に使える燃焼計算コードとして、使用済み燃料の核種生成量評価等に我が国で広く使われている ORIGEN2 コード用の断面積ライブラリを、最新の評価済み核データファイル JENDL-3.3 を基に作成した。作成したライブラリは、軽水炉用 24 種類、高速炉用 28 種類である。軽水炉用のライブラリは、PWR、BWR 及びそれらの MOX 燃料用のものであり、燃料の種類や燃焼度等により分類してある。ライブラリを作る際の燃料仕様は、以前、JENDL-3.2 に基づくライブラリを作成したときと同様なものを用いているが、これらは、我が国で使われる燃料の仕様に合わせて検討されたものである。高速炉用のライブラリも、JENDL-3.2 に基づくライブラリを作成したときと同様の炉を対象としている。この高速炉用については、基になる評価済みライブラリを JENDL-3.3 に変えただけでなく、 ^{241}Am の捕獲反応で生成される ^{242}Am の基底状態及び核異性体の生成割合を最新の知見に基づく推奨値 0.85 を採用してある。

今回のライブラリ作成により、ORIGEN2 コードによる計算に、中性子核データに関しては、最新の知見を取り入れたライブラリを使用することが出来るようになった。今後、様々な解析に利用され、評価済み核データの今後の評価へのフィードバックがあることを期待したい。ORIGEN2 用の断面積ライブラリは、1 群構造であり、詳細な核データへのフィードバックは、難しいことであるが、グロスの傾向等を把握することにより、核データ評価への方向性は得られるものと思われる。

謝辞

本作業は、シグマ委員会の核種生成量評価ワーキンググループの活動の一貫として行なったものである。当該ワーキンググループのメンバー及びグループリーダーの支援協力に感謝致します。

参考文献

- 1) A. G. Croff, "ORIGEN2 - A Revised and Updated Version of the Oak Ridge Isotope Generation and Depletion Code," ORNL-5621, (1980).
- 2) T. Nakagawa et al., J. Nucl. Sci. Technol., 32, 1259 (1995).
- 3) 須山 賢也、片倉 純一、大川内 靖、石川 眞、"JENDL-3.2 に基づく ORIGEN2 用ライブラリ：ORLIBJ32", JAERI-Data/Code 99-003 (1999).
- 4) 須山 賢也、尾上 昌晃、松本 英樹、笹原 昭博、片倉 純一、"JENDL-3.2 に基づく 軽水炉 MOX 燃料用 ORIGEN2 ライブラリ", JAERI-Data/Code 2000-036 (2000).
- 5) K. Shibata et al., J. Nucl. Sci. Technol., 39, 115 (2002).
- 6) J. Katakura et al., "JENDL FP Decay Data File 2000", JAERI-1343 (2001).
- 7) J. Katakura and H. Yanagisawa, "Photon and Decay Data Libraries for ORIGEN2 Code Based on JENDL FP Decay Data File 2000", JAERI-Data/Code 2002-021 (2002).
- 8) 須山 賢也、清住 武秀、望月 弘樹、"統合化燃焼計算コードシステム SWAT 改訂版", JAERI-Data/Code 2000-027 (2000).
- 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", JAERI-Data/Code 96-015 (1996).
- 10) K. Okumura, et al., J. Nucl. Sci. Technol., 37, 128 (2000).
- 11) (編) 中原 嘉則、須山 賢也、須崎 武則、"軽水炉使用済燃料の燃焼度クレジットに関する技術開発", JAERI-Tech 2000-071 (2000).
- 12) 大川内 靖、福島 学、"JENDL-3.2 に基づく 高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールの開発", JNC TN9400 99-051 (1999).
- 13) R. E. MacFarlane and D. W. Muir, "The NJOY Nuclear Data Processing System, Version 91", LA-12740-M (1994).
- 14) 奥村 啓介, private communication (2002).
- 15) K. Tasaka et al., "JNDC Nuclear Data Library of Fission Products - Second Version -", JAERI 1320 (1990).
- 16) M. Nakagawa and K. Tsuchihashi, "SLAROM : A Code for Cell Homogenization Calculation of Fast Reactor", JAERI 1294 (1984).
- 17) T. B. Fowler et al., "Nuclear Reactor Core Analysis Code : CITATION", ORNL-TM-2496, Rev.2 (1971).

- 18) 中川 正幸, 他, “高速炉の核特性解析コードシステム”, JAERI-M 83-066 (1983).
- 19) T. Nakagawa, “Present Status of Minor Actinide Nuclear Data”, Proc. The 2003 Symposium on Nuclear Data, Tokai, Japan, Nov.27-28, 2003, JAERI-Conf 2004-005, p.9 (2004).
- 20) 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).

付録 A: JENDL-3.2 に基づく高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリの改訂

評価済み核データライブラリ JENDL-3.2 に基づく軽水炉と高速炉の ORIGEN2 コード用断面積ライブラリ「ORLIBJ32」が 1999 年に公開されているが、2002 年に同高速炉用ライブラリの作成に用いた高速炉用炉定数セット JFS-3-J3.2 が JFS-3-J3.2R に改訂された [A.1] ため、ORLIBJ32 に納められた高速炉用ライブラリの改訂を行った。また、改訂作業の過程で見つかったライブラリ作成ツール不具合の修正・改良も合わせて実施した。

1. ライブラリ作成ツールの不具合点の修正・改良

高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリの JFS-3-J3.2R への改訂に先立ち、以下の 4 点の見直しを行った。

- ① 常陽 MK-I 用ライブラリを作成する上で、ブランケット部の縮約に使用する中性子スペクトルの指定に誤りがあったため、修正を行った。また、SLAROM で 70 群実効断面積を計算する際の下方向散乱を考慮するエネルギー群数の設定を変更した。
- ② ライブラリ作成ツールで、 (n,γ) 反応実効断面積の取り扱いにコーディング上のミスが見つかったため、これを修正した。また、天然元素の実効断面積を使用したときの、各同位体の断面積のアップデート方法について改良を行った。
- ③ 汎用炉定数作成システムにより 73 群無限希釈断面積を再作成した。また、70 群中性子スペクトルの 73 群への拡張について見直しを行った。
- ④ 70 群実効断面積を計算する際に用いる SLAROM コードにおいて、バックグラウンド断面積の計算方法に関する改良が行われたので、これを適用した。

以下において上記 4 点の見直しの詳細を示す。

(1) 常陽 MK-I 用ライブラリ作成における訂正

常陽 MK-I 用ライブラリの作成において、軸方向ブランケット及び径方向ブランケット部について、実効断面積の 70 群から 1 群への縮約スペクトルの選択に誤りがあったため訂正した。軸方向ブランケット部の縮約には径方向ブランケットのスペクトルが、径方向ブランケットの縮約には炉心燃料部のスペクトルが使用されていた。また、SLAROM で 70 群実効断面積を計算する際、下方向散乱を考慮するエネルギー群数の設定が、常陽 MK-I 以外のライブラリは 70 群となっていたが、常陽 MK-I のみは 30 群となっていたため、他のライブラリと計算条件を合わせて 70 群に変更した。

SLAROM の下方向散乱を考慮するエネルギー群数の設定を 70 群にしたことで、低エネルギー領域の中性子スペクトルがより大きくなる。そのため、低エネルギー領域に大きな値を持つ ^{135}Xe の (n,γ) 反応断面積がこれまでより約 20 % 大きくなった。他の核種・反応断面積への影響はきわめて小さい。一方、ブランケット部の縮約スペクトルの選択誤りによる断面積への影響は非常に大きく、全ての核種・反応に数十 % もの相違が見られる。軸方向ブランケットではより軟らかい

スペクトルが、径方向ブランケットではより硬いスペクトルが使用されていたため、特に (n,γ) 反応断面積は、軸方向ブランケット用ライブラリでは過大評価、径方向ブランケット用ライブラリでは過小評価となっていた。

ブランケット部断面積の誤りが、燃焼による核種重量変化へ与える影響を調べるため、以下のような計算条件（影響評価のための設定であり、実際の常陽 MK-I のものとは異なる）で、ORIGEN2 による燃焼計算を行った。

中性子束 1.0×10^{15} n/cm²/sec
 燃焼期間 365 日
 初期組成 劣化ウラン（1 t に規格化）。
 同位体組成比は、 $^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0.02/99.8[\%]$ 。

結果を表 A.1 に示す。燃焼計算による核種重量変化を比較すると、影響は大きく、 ^{235}U 、 ^{238}U の重量変化量を比較すると約 15 ～ 30 % の相違が見られ、さらに、 ^{235}U 及び ^{238}U から生成する核種の重量変化量は、訂正前後の相違がさらに大きくなっている。このように常陽 MK-I のブランケット部の核種燃焼計算に、これまでのライブラリを用いると誤った計算結果を与えるため、注意を要する。

(2) 高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールの改良

a) (n,γ) 反応実効断面積の取り扱いの修正

高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールにおいて、JFS-3-J3.2 ライブラリから求めた 1 群実効断面積の (n,γ) 反応に対する処理にコーディングの誤りがあることがわかった。

JFS-3-J3.2 より作成した捕獲反応断面積は、(n,γ) の他、(n,p)、(n,α) 等が含まれて定義されているため、(n,p)、(n,α) を差し引く処理を行なう。正しくは 1 群実効断面積から $10^{-5} \sim 10$ MeV の (n,p)、(n,α) 反応の無限希釈断面積成分を差し引くところを、実際のコーディングでは 1 群実効断面積から 10 MeV ～ 20 MeV の (n,p)、(n,α) 反応の無限希釈断面積成分を差し引くようになっていた。この誤りにより軽中核種について、(n,p)、(n,α) 反応を持つ核種の実効断面積がライブラリのアップデートに使用されると、(n,γ) 反応断面積が誤って評価されてしまう。すでに公開されている ORLIBJ32 の高速炉用ライブラリでこの影響があるのは、 ^{15}N （金属燃料*及び窒化物燃料炉心）、 ^{16}O （酸化物燃料炉心）、 ^{23}Na （全ての対象炉心）、 ^{55}Mn （全ての対象炉心）である。なお、Fe、Ni、Cr、Mo、Zr のように実効断面積作成時に天然元素の断面積が用いられている場合には、オリジナルのベース断面積がそのまま使用されるため影響は無い。

例として、60 万 kWe 級の酸化物燃料炉心、金属燃料炉心、窒化物燃料炉心それぞれの内側炉心部における ^{15}N 、 ^{16}O 、 ^{23}Na 、 ^{55}Mn の (n,γ) 反応断面積のライブラリ作成ツールの改良前後での比較を表 A.2 に示す。 ^{15}N は、ライブラリ作成ツールのバグのために (n,γ) 反応断面積が負になってしまい、強制的に断面積を“0”とするような処理をしていた。しかし、正しくは 10 MeV 以下の

*本来、金属燃料炉心に ^{15}N は用いられないが、入力データ作成作業の省力化から実効断面積計算時に ^{15}N を原子数密度“0”として入力していた。すると、 ^{15}N も実効断面積によるライブラリアップデート処理が行われることになり、バグの影響が生じた。

(n,p) 及び (n,α) 反応断面積は小さいため、(n,γ) 反応断面積は正となる。¹⁶O は (n,α) 反応断面積が (n,γ) 反応断面積に比べて大きいので、このライブラリ作成ツールの誤りによる影響が大きい。

一方、²³Na や ⁵⁵Mn は、(n,p) 及び (n,α) 反応断面積が (n,γ) 反応断面積と比べて小さいため影響は比較的小さい。

b) 天然元素の断面積が与えられたときのアップデート方法の改良

JFS-3-J3.2 ライブラリには、天然元素の断面積しか与えられていないものがある。高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリの作成対象となる炉心で使用している天然元素の断面積は、Cr (全ての対象炉心)、Fe (全ての対象炉心)、Ni (全ての対象炉心)、Zr (金属燃料炉心)、Mo (全ての対象炉心) の 5 元素である。Zr と Mo については、JFS-3-J3.2 ライブラリに同位体ごとの断面積データも収録されているが、天然元素と同位体の断面積には F-Table の温度点数に相違があった。天然元素は 4 点 (300 K、800 K、2100 K、4500 K) を持っているのに対し、同位体の断面積には 300 K の 1 点のみとなっているため、これまでは、より正確な中性子スペクトルの計算が可能な天然元素の断面積を使用していた。天然元素の実効断面積によって同位体ごとの断面積のアップデートはできない。そして、少なくとも (n,γ) 反応断面積については共鳴による自己遮蔽効果を考慮した実効断面積を使用することが望ましいという理由から、ライブラリ作成ツールではこれら 5 元素の同位体 (天然に存在しない ⁹³Zr、⁹⁹Mo も含む) の全ての反応断面積に対して、天然元素の断面積の入力如何に関わらず、常にベースとなるオリジナルの ORIGEN2 ライブラリの実効断面積をそのまま使用していた。しかし、無限希釈断面積で十分なはずの (n,2n)、(n,α)、(n,p) 反応、天然にない ⁹³Zr や ⁹⁹Mo、Zr を構造材として用いない炉心までベースライブラリの値を用いる必要はなかった。それらは、JENDL-3.2 ベースの無限希釈断面積でアップデートできるのである。

JFS-3-J3.2R からは、Zr と Mo の同位体の断面積に対しても天然元素と同一の F-table の温度点が整備されているため、天然元素の断面積と同位体ごとの断面積使用時に同等の中性子スペクトルの計算が可能となった。また、ORIGEN2 ライブラリの作成対象となる炉心の多様化によって上記 5 元素以外の天然元素を中性子スペクトルの計算に輸入するニーズも出てきている。

そこで、ライブラリ作成ツールで、天然元素の実効断面積使用時の同位体の断面積の処理について次の改良を行った。

- ① 天然元素に対する例外処理は、中性子スペクトル計算時に天然元素の実効断面積が入力された場合にのみ行う。対象となる天然元素は Cr、Fe、Ni、Zr、Mo の 5 つに限定せず、JFS-3 ライブラリに収録されている全ての天然元素とした。
- ② 天然元素の実効断面積が入力された場合、天然に存在する各同位体の (n,γ) 反応断面積にはベースとなる ORIGEN2 ライブラリの実効断面積をそのまま使用する。天然に存在しない同位体の (n,γ) 反応断面積については、JENDL-3.2 ベースの 73 無限希釈断面積を 1 群に縮約したものでアップデートする。
- ③ 天然元素の実効断面積の入力如何に関わらず、(n,2n)、(n,3n)、(n,α)、(n,p) 反応断面積は JENDL-3.2 ベースの 73 無限希釈断面積を 1 群に縮約したものでアップデートする。

(3) 73 群無限希釈断面積データの再作成等

高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールを開発した当時、サイクル機構では JENDL-3.2 から炉定数を作成するツールを有していなかったため、外部機関に委託して 73 群無限希釈断面積を作成した。このとき使用されたコードは、JENDL-3.2 オリジナルライブラリから point wise の断面積データを作成する RESEND-D コードと、この point wise の断面積データを 73 群に縮約する CRECT-J5 コードである。また、73 群無限希釈断面積の縮約に用いる 73 群縮約スペクトルを、CITATION で求めた 70 群縮約スペクトル (10^{-5} eV $\sim$ 10 MeV) に 10 MeV $\sim$ 20 MeV 部分の 3 群分を繋いで 73 群とする際に用いられた 10 MeV $\sim$ 20 MeV の ^{239}Pu 核分裂スペクトルの値についても、外部機関より得られた値を用いていた。その後、サイクル機構でも「汎用炉定数作成システム」が整備され、自ら任意の炉定数を作成することが可能となっている。そこで、再現性の観点から今回の ORIGEN2 ライブラリの作成にあたっては、この汎用炉定数作成システムを用いて改めて 73 群無限希釈断面積を作成した。また、10 MeV $\sim$ 20 MeV の縮約スペクトルにはこれまで ^{239}Pu の核分裂スペクトルを用いていたが、今回は JFS-3-J3.2R 作成時に JENDL-3.2 の縮約に使用したものと同一スペクトルを用いることにした。

汎用炉定数作成システムにより、ほとんどの核種及び反応でこれまでのライブラリ作成ツール内蔵のものと一致した 73 群無限希釈断面積を得ることができた。ただし、以下に示すような炉定数作成コードあるいは縮約スペクトルの違いによる計算誤差と考えられる例外があった。

- ・断面積の第 73 群（エネルギー範囲： 10^{-5} eV $\sim$ 0.3 eV）に系統的な相違が見られた。これらは汎用炉定数作成システムで作成した断面積の方が小さくなる傾向にある。この相違が有意な大きさとなるのは、熱エネルギー領域に大きな断面積を持つ ^{135}Xe の (n, γ) 反応のみであり、1 群断面積の相違はライブラリ作成の対象となる炉心及び領域によって異なるが約 2 $\sim$ 約 30 % であった。
- ・一方、高速エネルギー領域においても汎用炉定数作成システムで作成した断面積が小さくなる傾向が見られた。この影響を受けるものは、高エネルギー領域（MeV 領域）において閾値を持つ (n,2n)、(n,3n)、(n,p)、(n, α) 反応断面積であり、軽核種を中心に数十 % の相違となった。

また、70 群縮約スペクトルの 73 群への拡張に JFS-3-J3.2R 作成時の縮約スペクトルを用いたことで、縮約スペクトルが以前のものに比べて第 1 群では約 10 % 減少、第 2 群と第 3 群では約 20 % 増加となった。そのため、高エネルギー領域（MeV 領域）において閾値を持つ多くの核種の (n,2n)、(n,3n)、(n,p)、(n, α) 反応断面積に相違が見られた。第 1 群部分が反応の大半を占めるものは最大で 10 % 程度の減少、第 2 群、第 3 部分が反応の大半を占めるものは最大で 20 % 程度の増加となった。

(4) 改良 SLAROM コードの適用

前バージョンの高速炉用 ORIGEN2 ライブラリ作成以降、JFS-3 ライブラリから 70 群実効断面積を求める SLAROM コードにおいて、バックグランド断面積の計算方法の改良が行われている（バックグランド断面積計算のための実効断面積反復計算機能の導入）。本改良により、これま

でバックグラウンド断面積が過大評価され、自己遮蔽効果を小さく評価していた点が改善された。ここでは、改良後 SLAROM コードの適用に伴う 1 群断面積への影響について述べる。

SLAROM コードの改良前後の 1 群断面積を比較すると、60 万 kWe 級酸化物燃料炉心（軽水炉取出し Pu）の内側炉心の場合、影響が見られたものは $^{55}\text{Mn}(n,\gamma)$ 反応断面積の約 1 % 減少、 $^{59}\text{Co}(n,\gamma)$ 反応断面積の約 1 % 増加であった。なお、大半の核種・反応断面積の変化は 1 % 以下であった。 ^{55}Mn の (n,γ) 反応断面積の変化は、主に自己遮蔽効果の増加による 70 群定数の減少によるもの、 ^{59}Co の (n,γ) 反応断面積の変化は、縮約スペクトルの変化によるものである。縮約スペクトルは、10 eV ~ 100 eV 付近で最大で約 10 % 増加しており、これは自己遮蔽効果の増加により主に ^{238}U の (n,γ) 反応断面積が同エネルギー領域で減少したためと考えられる。

表 A.1 常陽 MK-I 用ライブラリ作成における訂正が燃焼による核種重量変化に及ぼす影響

(1) 軸方向ブランケット						
核種	燃焼前 核種重量 [g]	燃焼後 核種重量 [g]		核種重量変化量 [g]		変化量の比較 [%] 改訂後－改訂前 改訂前
		改訂前	改訂後	改訂前	改訂後	
U-234	0.0	2.487E-02	4.896E-02	2.487E-02	4.896E-02	96.9
U-235	2.000E+03	1.781E+03	1.825E+03	-2.190E+02	-1.750E+02	-20.1
U-236	0.0	5.440E+01	4.072E+01	5.440E+01	4.072E+01	-25.1
U-238	9.980E+05	9.850E+05	9.871E+05	-1.300E+04	-1.090E+04	-16.2
Np-237	0.0	1.224E+01	2.375E+01	1.224E+01	2.375E+01	94.0
Pu-238	0.0	5.938E-01	8.351E-01	5.938E-01	8.351E-01	40.6
Pu-239	0.0	1.175E+04	9.321E+03	1.175E+04	9.321E+03	-20.7
Pu-240	0.0	2.264E+02	1.184E+02	2.264E+02	1.184E+02	-47.7
Pu-241	0.0	3.162E+00	1.070E+00	3.162E+00	1.070E+00	-66.2
Pu-242	0.0	2.158E-02	5.371E-03	2.158E-02	5.371E-03	-75.1
Am-241	0.0	3.878E-02	1.318E-02	3.878E-02	1.318E-02	-66.0
Am-242m	0.0	1.587E-04	3.883E-05	1.587E-04	3.883E-05	-75.5
Am-243	0.0	1.288E-04	2.238E-05	1.288E-04	2.238E-05	-82.6
Cm-242	0.0	4.177E-04	1.018E-04	4.177E-04	1.018E-04	-75.6
Cm-243	0.0	2.368E-06	3.970E-07	2.368E-06	3.970E-07	-83.2
Cm-244	0.0	1.980E-06	2.467E-07	1.980E-06	2.467E-07	-87.5
Cm-245	0.0	1.180E-08	1.047E-09	1.180E-08	1.047E-09	-91.1

(2) 径方向ブランケット						
核種	燃焼前 核種重量 [g]	燃焼後 核種重量 [g]		核種重量変化量 [g]		変化量の比較 [%] 改訂後－改訂前 改訂前
		改訂前	改訂後	改訂前	改訂後	
U-234	0.0	9.592E-02	6.068E-02	9.592E-02	6.068E-02	-36.7
U-235	2.000E+03	1.868E+03	1.832E+03	-1.320E+02	-1.680E+02	27.3
U-236	0.0	2.723E+01	3.852E+01	2.723E+01	3.852E+01	41.5
U-238	9.980E+05	9.890E+05	9.876E+05	-9.000E+03	-1.040E+04	15.6
Np-237	0.0	4.703E+01	2.946E+01	4.703E+01	2.946E+01	-37.4
Pu-238	0.0	1.024E+00	9.718E-01	1.024E+00	9.718E-01	-5.1
Pu-239	0.0	6.680E+03	8.687E+03	6.680E+03	8.687E+03	30.0
Pu-240	0.0	4.576E+01	1.025E+02	4.576E+01	1.025E+02	124.0
Pu-241	0.0	2.337E-01	8.743E-01	2.337E-01	8.743E-01	274.1
Pu-242	0.0	7.716E-04	4.135E-03	7.716E-04	4.135E-03	435.9
Am-241	0.0	2.892E-03	1.077E-02	2.892E-03	1.077E-02	272.4
Am-242m	0.0	5.327E-06	2.976E-05	5.327E-06	2.976E-05	458.7
Am-243	0.0	1.970E-06	1.625E-05	1.970E-06	1.625E-05	724.9
Cm-242	0.0	1.390E-05	7.791E-05	1.390E-05	7.791E-05	460.5
Cm-243	0.0	3.194E-08	2.847E-07	3.194E-08	2.847E-07	791.4
Cm-244	0.0	1.360E-08	1.683E-07	1.360E-08	1.683E-07	1137.5
Cm-245	0.0	3.585E-11	6.695E-10	3.585E-11	6.695E-10	1767.5

表 A.2 (n,γ) 反応実効断面積についてのライブラリ作成ツール改良による変化
 – 60 万 kWe 級炉心（酸化物燃料、金属燃料、窒化物燃焼）内側炉心 –

炉心	核種・反応	1 群断面積 [barn]		改良後－改良前 改良前 [%]
		改良前	改良後	
酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu)	O-16 (n,γ)	7.955E-04	6.151E-05	-92.3
	Na-23* (n,γ)	1.331E-03	1.199E-03	-9.9
	Mn-55 (n,γ)	4.865E-02	4.859E-02	-0.1
金属燃料炉心	N-15** (n,γ)	-2.381E-06	1.700E-06	—
	Na-23* (n,γ)	7.990E-04	6.756E-04	-15.4
	Mn-55 (n,γ)	2.144E-02	2.139E-02	-0.3
窒化物燃料炉心	N-15** (n,γ)	-2.723E-06	1.849E-06	—
	Na-23* (n,γ)	1.086E-03	9.445E-04	-13.0
	Mn-55 (n,γ)	3.307E-02	3.300E-02	-0.2

* 娘核種の基底状態へ移る断面積

** 改良前の N-15 の (n,γ) 反応断面積は、ライブラリ作成ツールのバグにより負となる。

2. JFS-3-J3.2R 版高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリの作成

前節のライブラリ作成上の改訂をふまえて、JENDL-3.2 に基づく高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリの JFS-3-J3.2R 版を作成した。例として 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心のの内側炉心用ライブラリにおける主要な重核種、構造材核種、FP の 1 群断面積について、改訂前後の比較と改訂項目ごとの内訳を表 A.3 に示す。

(1) JFS-3-J3.2 ライブラリ改訂による 1 群断面積変化

JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂効果について詳しく見ることにする。JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂効果には、70 群定数が変化した直接効果と、70 群縮約スペクトルが変化した間接効果、Zr と Mo の同位体ごとの断面積の使用による変化があるが、70 群中性子スペクトルの変化が主なものとなっている。類似した改訂効果を持つ核種・反応のグループは、次のように分類することができる。

- ・ 重金属核種の (n, γ) 反応断面積は、炉心部*では最大約 3 % 増加している。また、ブランケット部では断面積の変化がさらに大きくなり最大で 10 % 程度増加している。
- ・ 重金属核種の核分裂性核種の $(n, \text{fission})$ 反応断面積は、炉心部では最大約 1 % 増加、ブランケット部では最大約 4 % 増加している。
- ・ 重金属核種の閾値を持った $(n, \text{fission})$ 反応断面積は、炉心部では最大約 1 % の増加もしくは減少、ブランケット部では最大約 2 % 増加している。
- ・ ^{238}U の $(n, 2n)$ 反応断面積は、炉心部では 1 % 未満の増加ないしは減少、ブランケット部では最大約 1 % 増加ないしは減少している。また、構造材核種の (n, α) 及び (n, p) 反応断面積は、炉心部では 1 % 以下の増加ないしは減少、ブランケット部では約 1 ~ 2 % 増加ないしは減少している。
- ・ FP 核種の (n, γ) 反応断面積は、炉心部では最大で 6 % 程度増加、ブランケット部では最大で 20 % 程度増加している。
- ・ FP 核種の中でも ^{135}Xe の (n, γ) 反応断面積は例外である。炉心部では最大約 8 % 程度減少、ブランケット部では数十 % 増加する。
- ・ Zr と Mo を同位体ごとに分離して入力することで、 (n, γ) 反応断面積がこれまでベースとなるオリジナルの ORIGEN2 ライブラリの値だったものが、JENDL-3.2 ベースに変わり、各同位体の断面積が数 % ~ 数十 % 変化している。Zr と Mo の同位体ごとの断面積を使用したことに伴う中性子スペクトルの変化による間接的な影響が他の核種に見られるが、どれも 1 % 以下の小さなものである。

図 A.1 に 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心について、JFS-3-J3.2 ライブラリ改訂前後での 73 群縮約スペクトルの比較（相対差）を示す。炉心部の縮約スペクトルは、 10^{-5} eV ~ 10 eV 領域で減少、10 eV ~ 1 keV 領域で増加している。1 keV 以上の変化は数 % 程度である。この 10 eV ~ 1

*130 万 kWe 級酸化物燃料炉心の外側炉心部、Pu バーナー炉心の炉心部は、他の対象領域の炉心部に比べ、軟らかいスペクトルのために断面積の変化傾向がブランケット部のものに近くなっている。そのため、ここでの炉心部からは除いている。

keV 領域の縮約スペクトルの増加が、重金属核種と FP の (n, γ) 反応断面積及び核分裂性核種の (n, fission) 反応断面積を増加させ、 10^{-5} eV $\sim$ 10 eV 領域の縮約スペクトルの減少が、 ^{135}Xe の (n, γ) 反応断面積を減少させた。

閾値を持った (n, fission) 反応断面積の変化には、増加する場合と減少する場合が見られたが、70 群定数自体の減少による 1 群断面積の減少効果と、70 群中性子スペクトルの正味の増加効果が打ち消し合っている。

一方、ブランケット領域 (130 万 kWe 級酸化燃料炉心の外側炉心、Pu バーナーの炉心部を含む) においては、JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂により、熱エネルギー領域から keV 領域にかけて中性子スペクトルが増加する。これにより、(n, γ) 反応断面積及び核分裂性核種の (n, fission) 反応断面積が増加し、断面積の増加量は炉心部のものよりも大きくなっている。また、 ^{135}Xe の (n, γ) 反応断面積が炉心部とは反対に増加するの、熱エネルギー領域の中性子スペクトルが増加するからである。

(2) 1 群断面積変化の炉心間の比較

ここでは新旧ライブラリの 1 群断面積の変化について各対象炉心間の比較を行う。各対象炉心の内側炉心 (常陽 MK-I は炉心部) の 1 群断面積変化の旧ライブラリから新ライブラリへの変化とその主な内訳の炉心間の比較を図 A.2 に示す。ここで示した核種・反応は、変化傾向が類似するグループの代表として選んだものである。

- ① 重金属核種の (n, γ) 反応の代表 ... $^{238}\text{U}(\text{n}, \gamma)$
- ② 重金属核種の核分裂性核種の (n, fission) 反応の代表 ... $^{239}\text{Pu}(\text{n}, \text{fission})$
- ③ 重金属核種の閾値を持った (n, fission) 反応の代表 ... $^{238}\text{U}(\text{n}, \text{fission})$
- ④ ^{238}U の (n, 2n) 反応
- ⑤ FP 核種の (n, γ) 反応の代表 ... $^{143}\text{Nd}(\text{n}, \gamma)$
- ⑥ FP 核種の (n, γ) 反応の例外 ... $^{135}\text{Xe}(\text{n}, \gamma)$
(常陽 MK-I のライブラリ作成上の誤り、73 群無限希釈断面積の再作成、JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂の効果が出る)
- ⑦ ライブラリ作成ツールの改良で (n, γ) 反応断面積が変化した ^{15}N 、 ^{16}O 、 ^{23}Na 、 ^{55}Mn の例 ... $^{23}\text{Na}(\text{n}, \gamma)$
- ⑧ 73 群無限希釈断面積の再作成で変化のあった高エネルギー領域の反応の例 ... $^{28}\text{Si}(\text{n}, 2\text{n})$
- ⑨ 70 群縮約スペクトルの 73 群への拡張についての見直しで変化のあった高エネルギー領域の反応の例 ... $^{34}\text{S}(\text{n}, 2\text{n})$

なお、常陽 MK-I の縮約スペクトルの選択誤りによる軸方向及び径方向ブランケットの断面積の変化や、天然元素断面積入力時の処理の改良による各同位体の断面積の変化については、ここで炉心間の比較は行わない。

これまでの結果と図 A.2 より次のことがわかる。

- ^{238}U の (n, γ) 及び ^{239}Pu の $(n, \text{fission})$ 反応断面積は、JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂に伴う 10 eV ~ 1 keV 領域の縮約スペクトルの増加により主に増加する。これらの 1 群断面積の変化は約 2 % 以下であるが、スペクトルが軟らかい炉心ほど 1 群断面積の変化は大きい傾向にある。
- 閾値を持つ ^{238}U の $(n, \text{fission})$ 反応断面積の変化は、主に JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂によるものである。MeV 領域における 70 群定数の減少と縮約スペクトルの変化の打ち消し合いのため、断面積の変化には正の場合と負の場合がある。変化量はどの対象炉心も小さく 1 % 未満である。なお、 ^{238}U と同様に閾値反応の ^{240}Pu や ^{242}Pu 等の $(n, \text{fission})$ 反応断面積も同じ傾向を示す。
- ^{238}U の $(n, 2n)$ 反応断面積の変化は、主に 73 群無限希釈断面積の再作成に伴う減少と 70 群縮約スペクトルの 73 群への拡張についての見直しによる増加による。また、JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂に伴う MeV 領域の縮約スペクトルの変化による影響も見られる。MeV 領域の縮約スペクトルの変化は炉心によって異なっており、スペクトルの硬い炉心ほど MeV 領域の縮約スペクトルの減少量が大きい。なお、73 群無限希釈断面積の再作成と 70 群縮約スペクトルの 73 群への拡張についての見直しに伴う影響に対象炉心依存性は無い。
- FP 核種の代表として選んだ ^{143}Nd の (n, γ) 反応断面積は、 $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ や $^{239}\text{Pu}(n, \text{fission})$ 反応断面積と同様に、JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂に伴う縮約スペクトルの変化により増加している。増加量は $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ や $^{239}\text{Pu}(n, \text{fission})$ に比べ大きく、数 % となっている。
- ^{135}Xe の (n, γ) 反応断面積の変化は、熱エネルギー領域における 73 群無限希釈断面積の減少、JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂による熱エネルギー領域の縮約スペクトルの増加あるいは減少、常陽 MK-I については、ライブラリ作成上の誤り（SLAROM の下方散乱で考慮する群数の設定誤り）による増加といった複数の変化要因により構成されている。JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂による熱エネルギー領域の縮約スペクトルの変化が増加するのは、Pu バーナー炉心や 130 万 kWe 級炉心の外側炉心部、各対象炉心のブランケット部の場合である。
- ライブラリ作成ツールの改良により ^{23}Na では、 (n, γ) 反応実効断面積から (n, α) 、 (n, p) 反応断面積が正しく引かれるようになった。 (n, α) 、 (n, p) 反応断面積は高エネルギー領域に閾値を持つため、縮約スペクトルの硬い炉心ほど (n, γ) 反応断面積の減少量が大きいことがわかる。
- ^{28}Si の $(n, 2n)$ 反応断面積は、73 群無限希釈断面積の再作成に伴う高エネルギー領域の断面積の著しい減少例である。70 群縮約スペクトルの 73 群への拡張についての見直しによる影響も見られる。これらに対象炉心依存性は無い。
- ^{34}S の $(n, 2n)$ 反応断面積は、70 群縮約スペクトルの 73 群への拡張についての見直しに伴う高エネルギー領域の断面積の増加例である。73 群無限希釈断面積の再作成による影響も見られる。これらに対象炉心依存性は無い。

(3) ORIGEN2 燃焼計算に与える影響

最後に、今回の高速炉用 ORIGEN2 ライブラリの改訂により、燃焼による核種重量変化にどのくらい影響が出るのかを調べる。以下の計算条件で ORIGEN2 による重金属核種の燃焼計算を行った。計算対象は、各ライブラリ作成対象炉心の炉心部である。

燃焼期間	1223 日 = 365 日 × 3 サイクル + 定検 64 日 × 2 回
出力	72.2 MW
燃焼度	約 8 万 MWD/t
重金属量	重金属の合計は 1 t
Pu 富化度	19 wt%
U 同位体組成比	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U} = 0.3/99.7 \text{ wt}\%$
Pu 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7 \text{ wt}\%$

計算条件は全ての炉心で同一である。表 A.4 に旧ライブラリと新ライブラリの燃焼による核種重量変化の比較を示す。燃焼による核種重量変化を変化量で比較した場合、生成量と消滅量がバランスする ^{239}Pu 、 ^{241}Pu 、 ^{242}Pu についてはライブラリ改訂による影響が大きく出ている。これらを除外して、燃焼による核種重量変化に対するライブラリ改訂の影響を見ると、大半の核種に対しては 1 % 程度と改訂影響の小さいことが確認できる。これは (n, γ) あるいは (n, fission) 反応断面積の増加と出力規格化による中性子束の減少が打ち消しあったためである。

以上のように重金属核種の燃焼計算については、今回の JFS-3-J3.2 ライブラリ改訂による影響は小さい。しかしながら、常陽 MK-I のブランケット部のライブラリを用いた計算や、Cr、Fe、Ni、Zr、Mo の各同位体の断面積、熱中性子領域に大きな反応断面積を持つ ^{135}Xe の (n, γ) 反応断面積、高エネルギー領域 (MeV 領域) における閾値を持つ (n, 2n)、(n, 3n)、(n, α)、(n, p) 反応断面積が計算結果に関係する場合には、ライブラリ改訂による計算結果への影響に注意を要する。

参考文献

[A.1] 千葉 豪, 他, “高速炉用炉定数セット JFS-3-J3.2 の改訂”, 日本原子力学会和文論文誌, Vol.1, No.4, pp.335~340 (2002) .

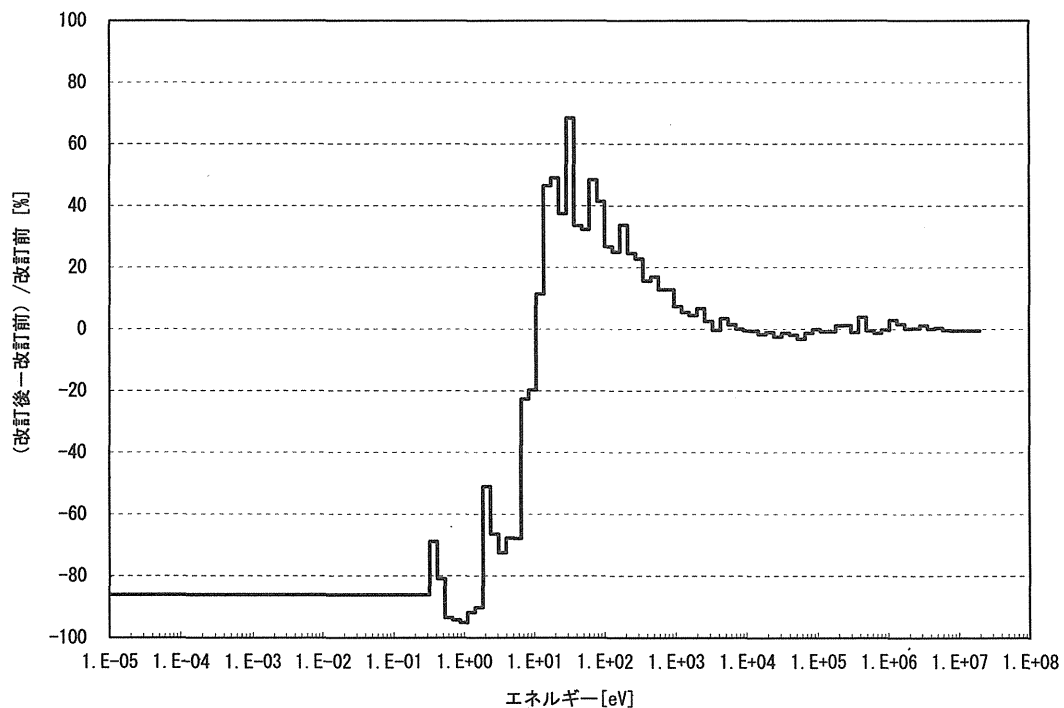
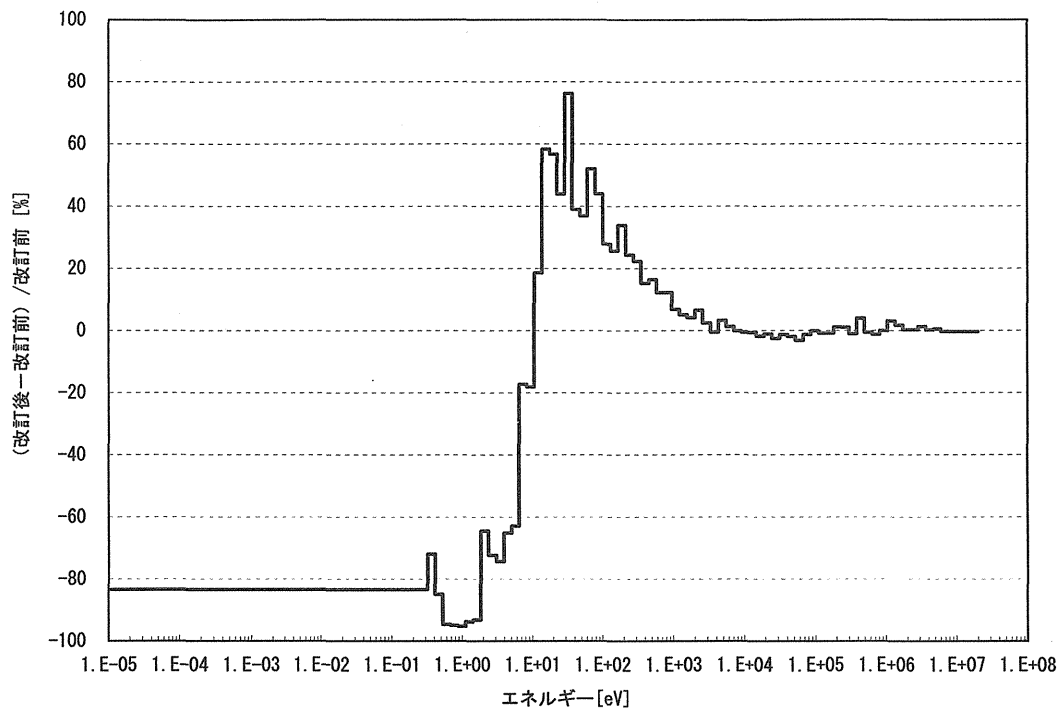


図 A.1 JFS-3-J3.2 ライブラリ改訂による縮約スペクトルの変化
- 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) - (1/2)

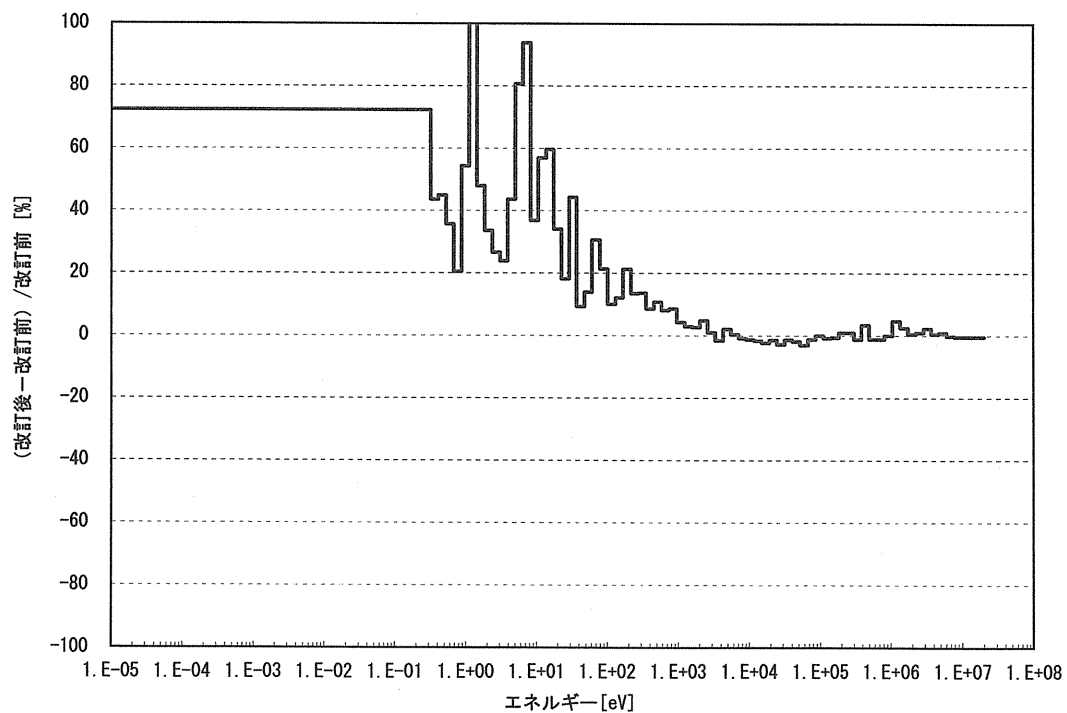
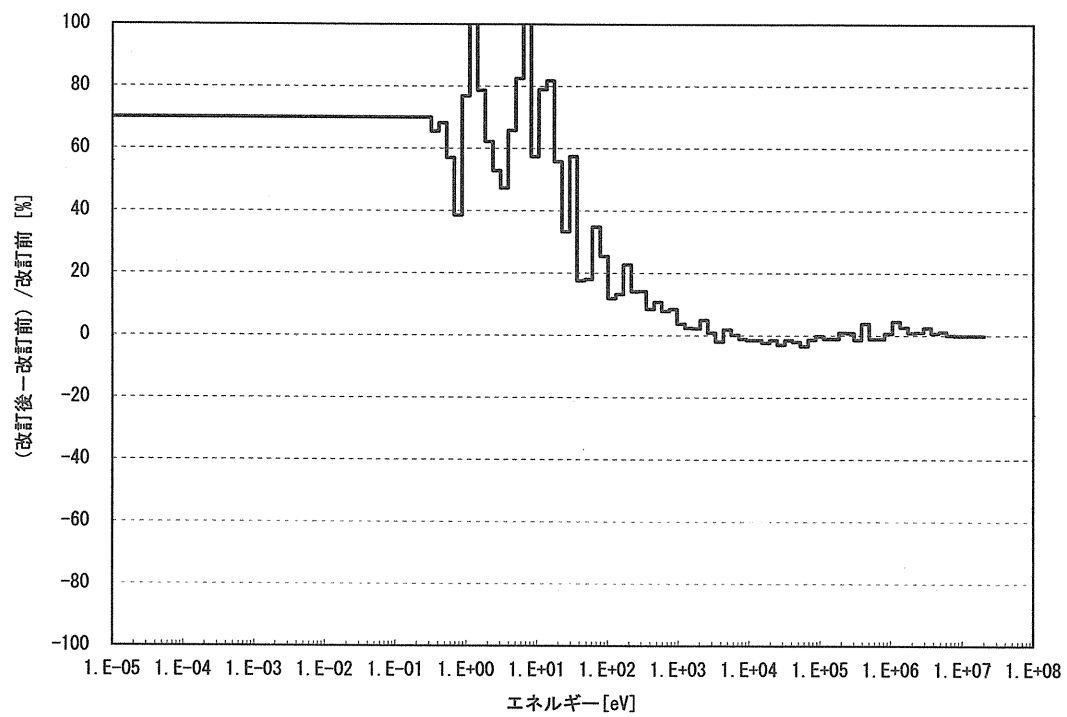


図 A.1 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) - (2/2)

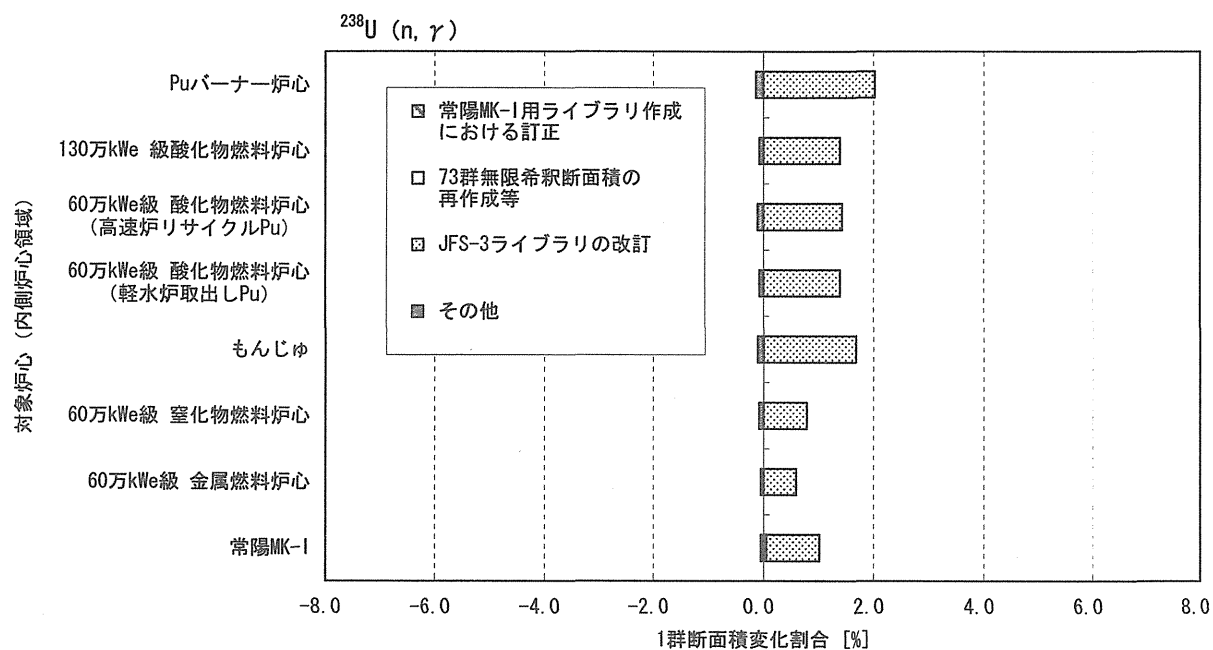
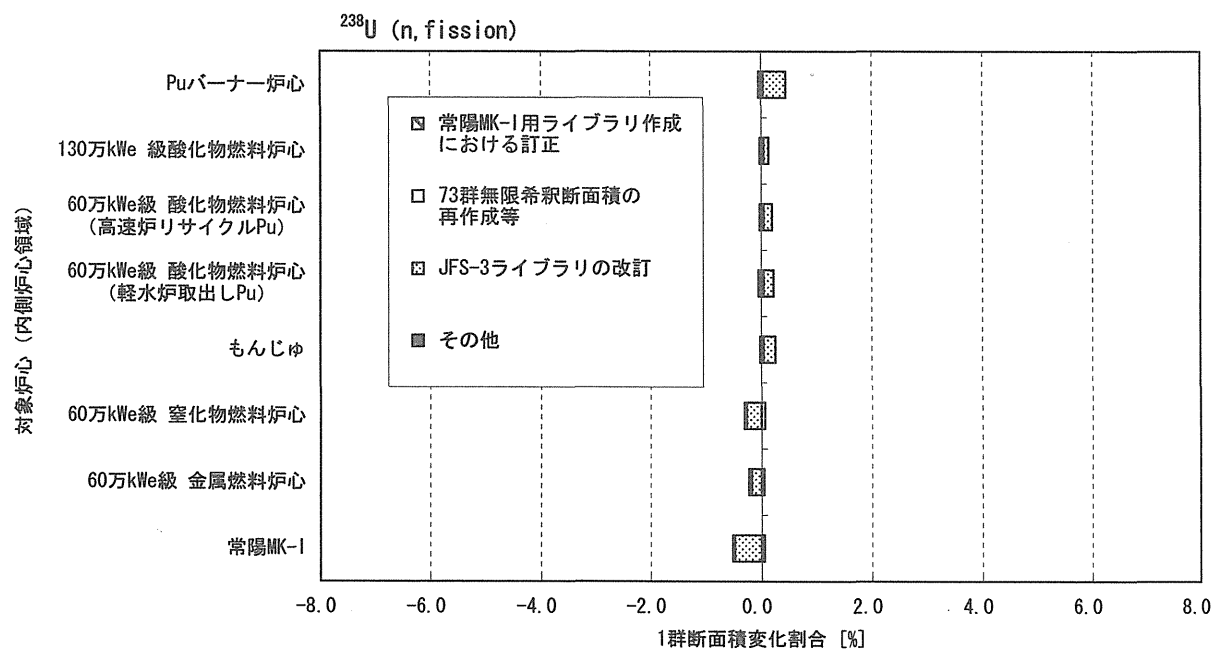
(1) $^{238}\text{U}(n, \gamma)$ 反応断面積(2) $^{238}\text{U}(n, \text{fission})$ 反応断面積

図 A.2 旧ライブラリから新ライブラリへの1群断面積変化 (対象炉心間の比較)

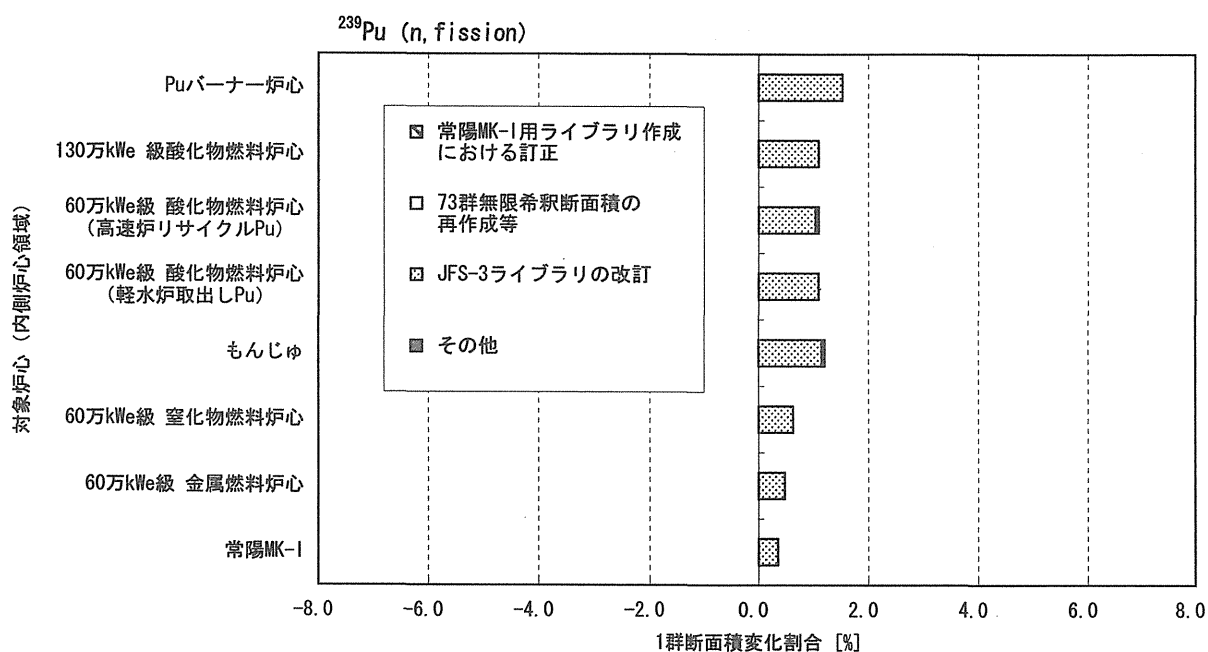
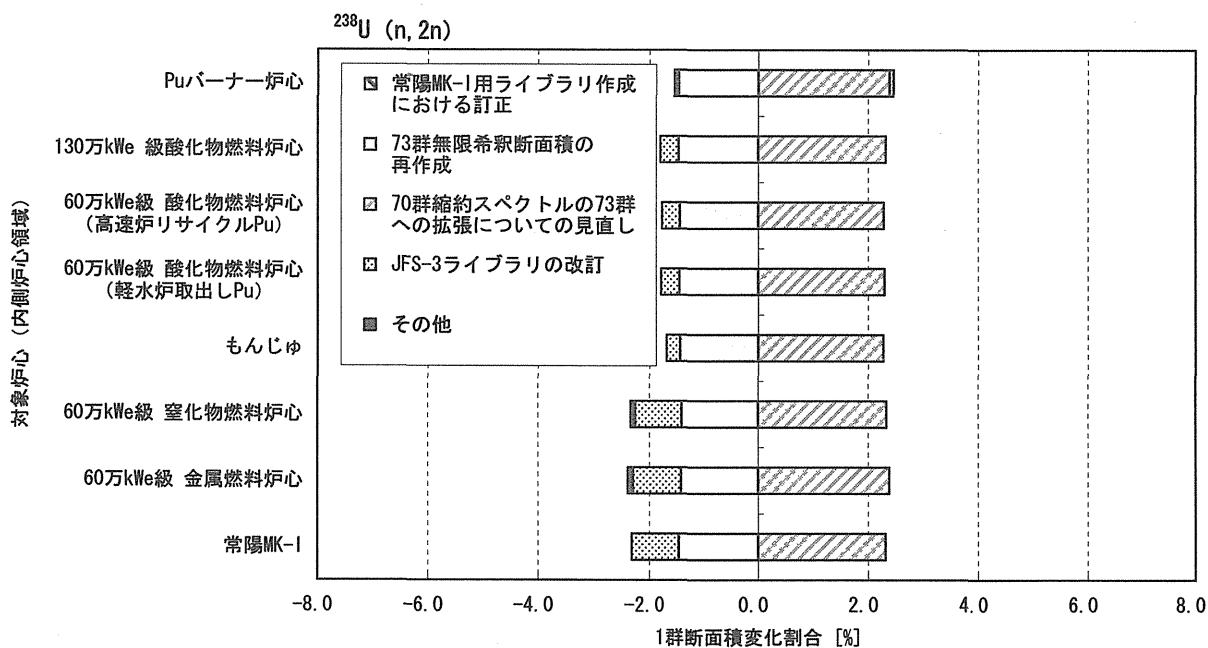
(3) $^{239}\text{Pu}(n, \text{fission})$ 反応断面積(4) $^{238}\text{U}(n, 2n)$ 反応断面積

図 A.2 (続き)

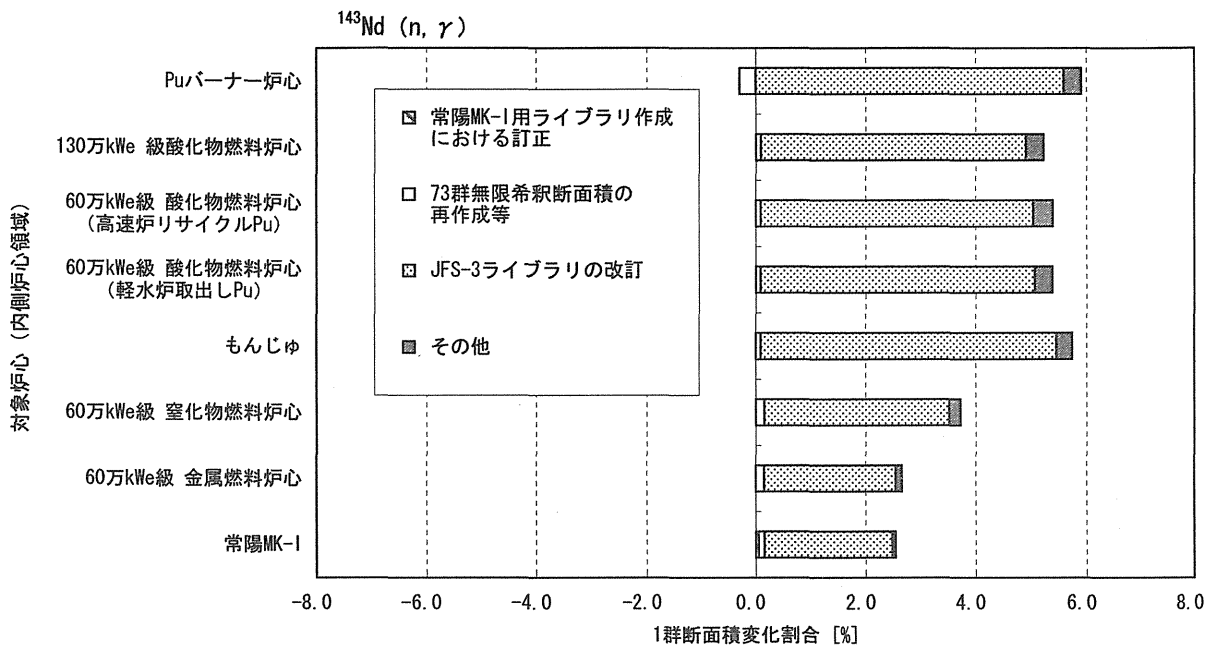
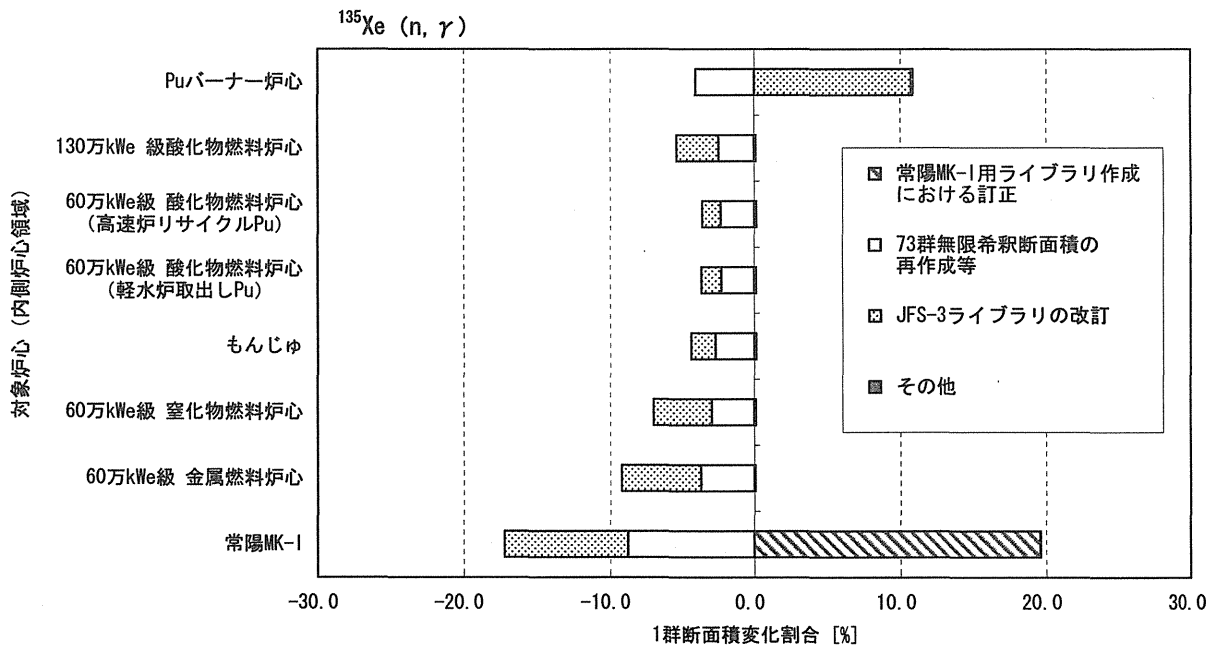
(5) $^{143}\text{Nd}(n, \gamma)$ 反応断面積(6) $^{135}\text{Xe}(n, \gamma)$ 反応断面積

図 A.2 (続き)

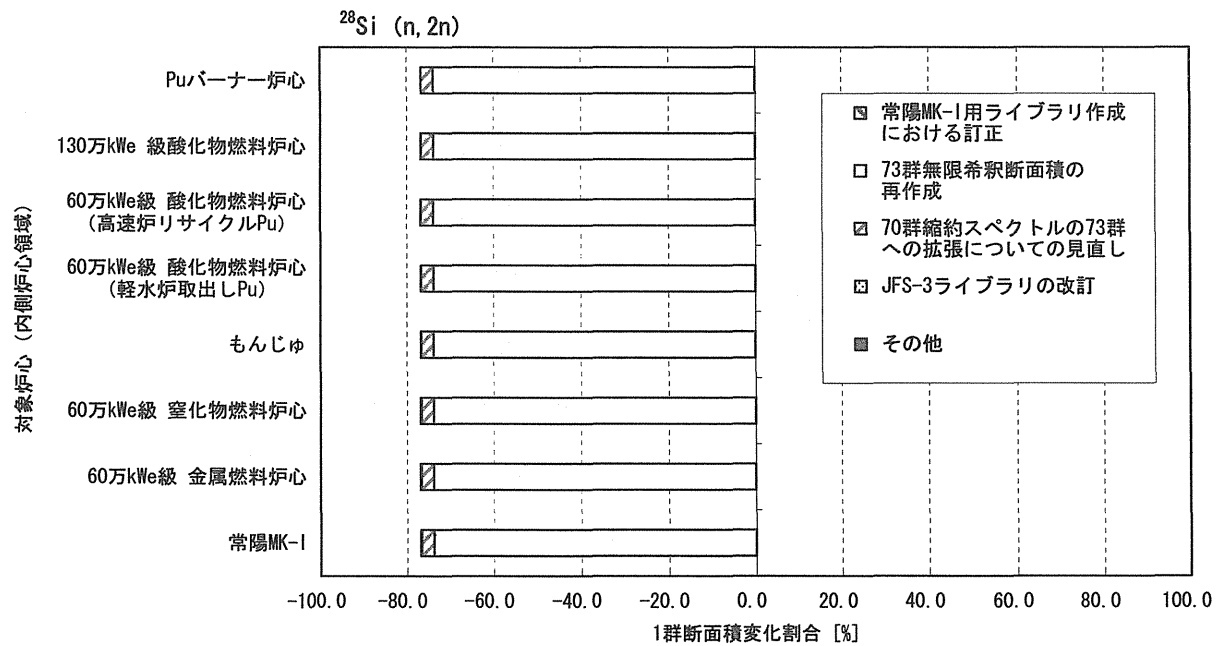
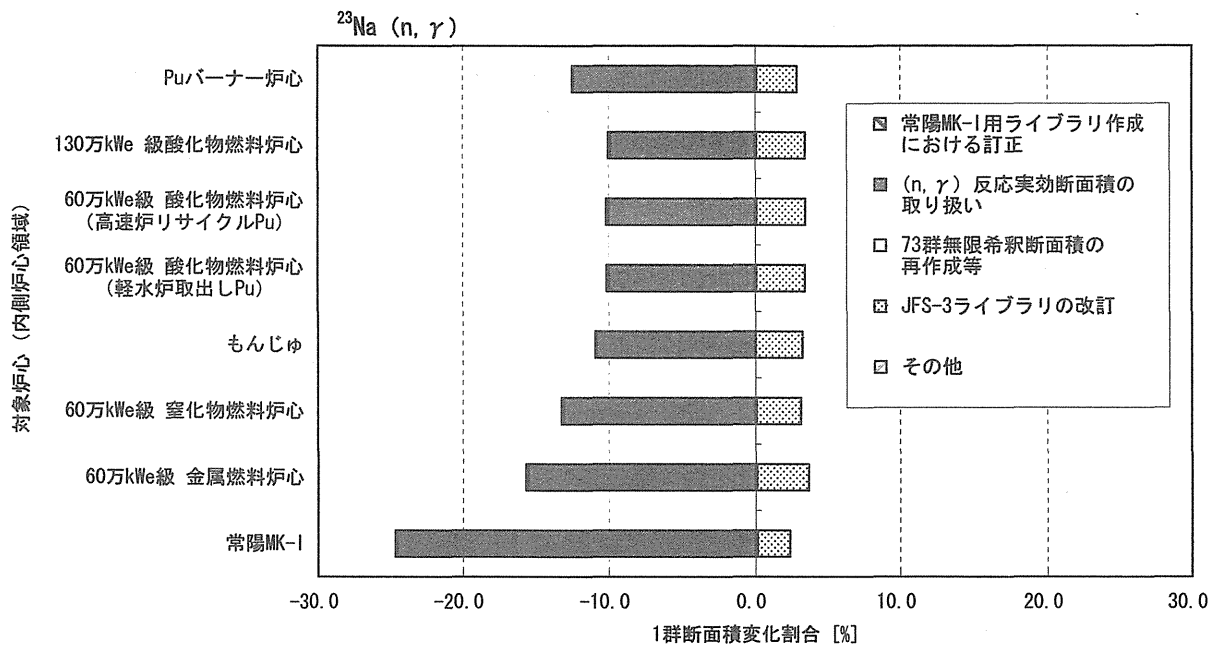


図 A.2 (続き)

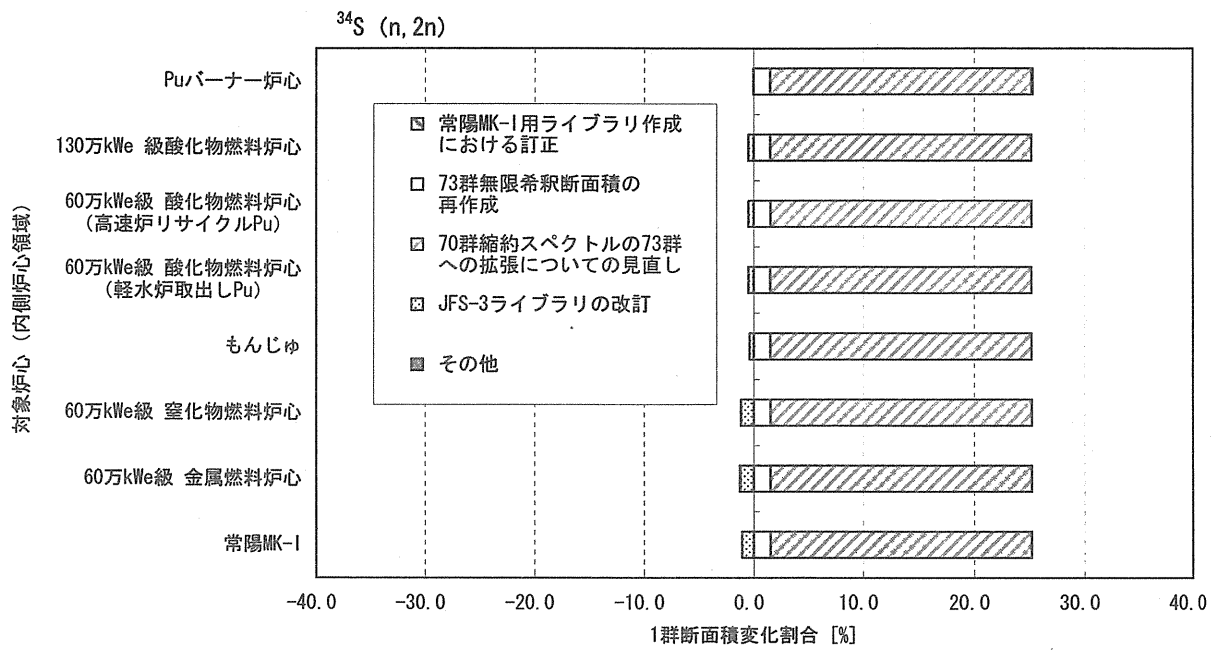
(9) $^{34}\text{S}(n,2n)$ 反応断面積

図 A.2 (続き)

表 A.3 旧ライブラリから新ライブラリへの 1 群断面積の変化とその内訳
 - 60 万 kWe 級酸化燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心 - (1/4)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		新-旧 旧 [%]	断面積変化の内訳 [%]							備考
		旧ライブラリ	新ライブラリ		ライブラリ作成 ツールの改良		73 群 無限希釈 断面積の 再作成等	SLAROM コードの 改良	JFS-3.J3.2 ライブラリの改訂			
					軽中核種 の (n,γ) 反応実効 断面積の 取り扱い	天然元素 断面積 入力時の 処理			70 群定数 の変化	70 群縮約 スペクト ルの変化	Zr, Mo を 同位体ご とに入力	
U-234	(n,γ) (n,fission)	5.347E-01 3.166E-01	5.509E-01 3.182E-01	3.03 0.51	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.15 -0.03	0.15 0.00	0.00 0.00	3.03 0.54	0.00 0.00	
U-235	(n,γ) (n,fission)	5.543E-01 1.947E+00	5.659E-01 1.975E+00	2.09 1.44	-0.02 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.11 0.10	0.16 -0.10	1.84 1.44	0.00 0.00	
U-236	(n,γ) (n,fission)	4.658E-01 1.029E-01	4.789E-01 1.037E-01	2.81 0.78	-0.02 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.15 0.00	-0.06 -0.39	2.75 1.17	0.00 0.00	
U-237	(n,γ) (n,fission)	6.186E-01 7.673E-01	6.365E-01 7.698E-01	2.89 0.33	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.61 -0.20	0.18 0.03	0.00 0.00	3.33 0.50	0.00 0.00	
U-238	(n,γ) (n,2n) (n,fission)	2.937E-01 1.174E-03 4.414E-02	2.976E-01 1.180E-03 4.423E-02	1.33 0.51 0.20	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00	0.00 0.85 0.05	-0.07 0.00 -0.02	0.00 0.00 -0.52	1.36 -0.34 0.68	0.03 0.00 0.02	
Np-237	(n,γ) (n,fission)	1.728E+00 3.295E-01	1.762E+00 3.314E-01	1.97 0.58	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.35 0.03	0.12 0.00	0.00 0.00	2.20 0.55	0.00 0.00	
Np-239	(n,γ)g (n,fission)	1.975E+00 4.435E-01	2.022E+00 4.457E-01	2.38 0.50	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.02	0.10 -0.02	0.00 0.00	2.23 0.50	0.05 0.00	
Pu-238	(n,γ) (n,fission)	7.065E-01 1.120E+00	7.314E-01 1.129E+00	3.52 0.80	-0.01 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.10 0.00	0.61 0.00	2.83 0.80	0.00 0.00	
Pu-239	(n,γ) (n,fission)	5.395E-01 1.817E+00	5.593E-01 1.837E+00	3.67 1.10	-0.02 -0.06	0.00 0.00	0.00 0.00	0.15 0.06	0.13 0.00	3.39 1.10	0.02 0.00	
Pu-240	(n,γ) (n,fission)	6.107E-01 3.721E-01	6.255E-01 3.730E-01	2.42 0.24	0.00 -0.03	0.00 0.00	-0.02 0.03	-0.08 -0.03	0.07 -0.27	2.46 0.54	0.00 0.00	
Pu-241	(n,γ) (n,fission)	4.957E-01 2.588E+00	5.072E-01 2.625E+00	2.32 1.43	-0.02 -0.04	0.00 0.00	0.00 0.00	0.10 0.08	0.08 0.04	2.16 1.35	0.00 0.00	
Pu-242	(n,γ) (n,fission)	5.041E-01 2.582E-01	5.148E-01 2.591E-01	2.12 0.35	-0.02 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.04 -0.04	0.06 -0.31	2.04 0.70	0.00 0.00	
Am-241	(n,γ)g (n,fission)	1.468E+00 2.724E-01	1.500E+00 2.739E-01	2.18 0.55	0.00 0.00	0.00 0.00	0.00 0.00	0.14 0.00	-0.20 -0.33	2.25 0.88	0.00 0.00	
Am-242m	(n,γ) (n,fission)	5.639E-01 3.165E+00	5.700E-01 3.202E+00	1.08 1.17	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.48 -0.13	0.07 0.06	0.00 0.00	1.49 1.23	0.00 0.00	
Am-242	(n,γ) (n,fission)	6.181E-01 3.268E+00	6.306E-01 3.313E+00	2.02 1.38	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.03 -0.03	0.11 0.06	0.00 0.00	1.94 1.35	0.00 0.00	
Am-243	(n,γ)g (n,fission)	8.209E-02 1.982E-01	8.235E-02 2.004E-01	0.32 1.11	0.00 0.00	0.00 0.00	-1.72 0.15	0.11 0.00	0.00 0.00	1.92 0.96	0.00 0.00	
Cm-242	(n,γ) (n,fission)	5.357E-01 7.156E-01	5.485E-01 7.201E-01	2.39 0.63	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.30 -0.03	0.15 0.00	0.00 0.00	2.54 0.66	0.00 0.00	
Cm-243	(n,γ) (n,fission)	3.915E-01 3.081E+00	3.979E-01 3.112E+00	1.63 1.01	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.54 -0.36	0.10 0.06	0.00 0.00	2.07 1.30	0.00 0.00	
Cm-244	(n,γ) (n,fission)	7.236E-01 4.178E-01	7.438E-01 4.204E-01	2.79 0.62	0.00 0.00	0.00 0.00	0.11 0.02	0.14 0.00	0.00 0.00	2.54 0.60	0.00 0.00	
Cm-245	(n,γ) (n,fission)	3.576E-01 2.711E+00	3.607E-01 2.729E+00	0.87 0.66	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.64 -0.66	0.08 0.07	0.00 0.00	1.43 1.25	0.00 0.00	
Cm-246	(n,γ) (n,fission)	3.569E-01 2.721E-01	3.652E-01 2.749E-01	2.33 1.03	0.00 0.00	0.00 0.00	-0.34 0.11	0.11 0.00	0.00 0.00	2.55 0.92	0.00 0.00	
B-10	(n,γ) (n,α) (n,p)	3.841E-04 2.827E+00 2.156E-03	3.931E-04 2.894E+00 2.178E-03	2.34 2.37 1.02	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00	0.03 0.00 0.23	0.10 0.11 0.00	0.00 0.00 0.00	2.19 2.26 0.79	0.03 0.00 0.00	
B-11	(n,γ) (n,α) (n,p)	3.457E-05 5.678E-06 4.905E-08	3.443E-05 6.131E-06 6.080E-08	-0.40 7.98 23.96	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00	0.14 8.42 24.49	0.00 -0.02 -0.04	0.00 0.00 0.00	-0.55 -0.44 -0.49	0.00 0.02 0.00	
N-15	(n,γ) (n,α) (n,p)	3.728E-07 4.096E-06 1.141E-06	3.684E-07 4.915E-06 1.435E-06	-1.18 20.00 25.77	0.00 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00	-2.15 20.48 26.29	-0.03 -0.02 0.00	0.00 0.00 0.00	1.02 -0.49 -0.53	-0.03 0.02 0.00	
O-16	(n,γ) (n,α) (n,p)	7.952E-04 7.725E-04 1.609E-06	5.208E-05 7.783E-04 2.040E-06	-93.45 0.75 26.79	-92.03 0.00 0.00	0.00 0.00 0.00	-0.24 0.70 27.35	0.00 -0.03 -0.06	-1.19 0.00 0.00	0.00 0.08 -0.50	0.00 0.00 0.00	

表 A.3 (続き) - 60 万 kW_e 級酸化燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心 - (2/4)

核種	反応	1 群断面積 [barn]		新-旧 旧 [%]	断面積変化の内訳 [%]							備考
		旧ライブラリ	新ライブラリ		ライブラリ作成 ツールの改良		73 群 無限希釈 断面積の 再作成等	SLAROM コードの 改良	JFS-3,J3.2 ライブラリの改訂			
					軽中核種 の (n,γ) 反応実効 断面積の 取り扱い	天然元素 断面積 入力時の 処理			70 群定数 の変化	70 群縮約 スペクト ルの変化	Zr, Mo を 同位体ご とに入力	
Na-23	(n,γ)g	1.331E-03	1.242E-03	-6.69	-9.99	0.00	0.08	-0.15	0.75	2.63	0.00	
	(n,α)	5.665E-05	5.864E-05	3.51	0.00	0.00	3.92	-0.02	0.00	-0.41	0.02	
	(n,p)	1.528E-04	1.541E-04	0.85	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	-0.20	0.07	
Cr-50	(n,γ)	1.165E-02	1.165E-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	9.802E-05	5.928E-05	-39.52	0.00	-40.20	0.89	-0.02	0.00	-0.20	0.01	
	(n,p)	3.823E-03	5.343E-03	39.76	0.00	38.82	0.29	-0.03	0.00	0.68	0.00	
Cr-52	(n,γ)	1.876E-02	1.876E-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	2.226E-05	5.319E-06	-76.11	0.00	-77.52	1.51	0.00	0.00	-0.09	0.00	
	(n,p)	5.270E-04	1.020E-04	-80.65	0.00	-80.82	0.21	-0.02	0.00	-0.04	0.02	
Cr-53	(n,γ)	1.357E-02	1.357E-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	4.526E-04	7.407E-05	-83.63	0.00	-83.76	0.14	0.00	0.00	-0.01	0.00	
	(n,p)	1.496E-05	4.587E-05	206.62	0.00	203.81	3.01	-0.07	0.00	-0.20	0.07	
Cr-54	(n,γ)	2.759E-04	2.759E-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	6.937E-06	3.814E-06	-45.02	0.00	-46.84	1.96	-0.01	0.00	-0.14	0.01	
	(n,p)	6.032E-07	6.107E-07	1.24	0.00	-13.00	14.66	-0.03	0.00	-0.40	0.02	
Mn-55	(n,γ)	4.865E-02	5.156E-02	5.98	-0.12	0.00	-0.02	-0.76	-0.31	7.19	0.00	
	(n,α)	1.227E-05	1.251E-05	1.96	0.00	0.00	2.28	0.00	0.00	-0.33	0.00	
	(n,p)	5.813E-05	5.878E-05	1.12	0.00	0.00	1.15	-0.02	0.00	-0.03	0.02	
Fe-54	(n,γ)	1.840E-03	1.840E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	3.615E-04	8.688E-05	-75.97	0.00	-76.20	0.28	-0.01	0.00	-0.04	0.00	
	(n,p)	9.968E-03	9.072E-03	-8.99	0.00	-9.55	0.18	-0.02	0.00	0.39	0.01	
Fe-56	(n,γ)	1.140E-02	1.140E-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	3.702E-05	3.330E-05	-10.05	0.00	-11.10	1.24	0.00	0.00	-0.19	0.00	
	(n,p)	7.564E-04	1.057E-04	-86.03	0.00	-86.18	0.20	-0.01	0.00	-0.03	0.00	
Fe-57	(n,γ)	1.993E-03	1.993E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	5.275E-04	6.027E-05	-88.57	0.00	-88.66	0.05	0.00	0.00	0.03	0.00	
	(n,p)	6.058E-05	5.106E-05	-15.71	0.00	-16.51	0.74	-0.03	0.00	0.08	0.00	
Fe-58	(n,γ)	1.824E-03	1.824E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	1.508E-06	2.339E-06	55.11	0.00	47.68	8.02	0.00	0.00	-0.60	0.00	
	(n,p)	1.508E-06	1.101E-06	-26.99	0.00	-34.44	7.79	-0.07	0.00	-0.27	0.00	
Ni-58	(n,γ)	2.043E-02	2.043E-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	6.093E-04	6.479E-04	6.34	0.00	5.76	0.39	-0.03	0.00	0.20	0.02	
	(n,p)	1.027E-02	1.254E-02	22.10	0.00	21.42	0.10	0.00	0.00	0.58	0.00	
Ni-60	(n,γ)	2.299E-03	2.299E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	1.208E-04	7.349E-05	-39.16	0.00	-39.59	0.55	-0.02	0.00	-0.11	0.01	
	(n,p)	3.014E-04	2.640E-04	-12.41	0.00	-12.97	0.66	0.00	0.00	-0.10	0.00	
Ni-61	(n,γ)	2.453E-03	2.453E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	5.903E-04	2.829E-04	-52.08	0.00	-52.36	0.15	-0.02	0.00	0.15	0.00	
	(n,p)	2.565E-04	2.443E-04	-4.76	0.00	-5.42	0.55	-0.04	0.00	0.16	0.00	
Ni-62	(n,γ)	1.042E-02	1.042E-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 1
	(n,α)	9.804E-06	4.454E-06	-54.57	0.00	-56.01	1.60	-0.01	0.00	-0.15	0.00	
	(n,p)	1.508E-05	3.673E-06	-75.64	0.00	-77.37	1.83	-0.01	0.00	-0.09	0.00	
Ni-64	(n,γ)	1.686E-03	1.686E-03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 3
	(n,α)	0.000E+00	1.113E-06	100.00	0.00	95.60	4.67	0.00	0.00	-0.27	0.00	
	(n,p)	0.000E+00	1.735E-07	100.00	0.00	82.88	17.52	-0.06	0.00	-0.40	0.06	
Kr-83	(n,γ)	2.606E-01	2.709E-01	3.95	0.00	0.00	0.12	0.19	0.00	3.65	0.00	
Zr-90	(n,γ)	2.236E-02	1.443E-02	-35.47	0.00	-35.33	0.31	0.00	0.00	-0.45	0.00	
	(n,α)	5.453E-07	1.138E-06	108.69	0.00	97.69	11.74	0.00	0.00	-0.73	0.00	
	(n,p)	1.358E-04	1.739E-05	-87.19	0.00	-87.50	0.35	-0.01	0.00	-0.03	0.00	
Zr-91	(n,γ)	7.829E-02	8.545E-02	9.15	0.00	2.98	0.45	0.29	0.00	5.44	-0.01	
	(n,α)	2.264E-04	1.594E-05	-92.96	0.00	-93.03	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	
	(n,p)	4.215E-05	1.009E-05	-76.06	0.00	-76.67	0.64	0.00	0.00	-0.02	0.00	
Zr-92	(n,γ)	3.763E-02	4.269E-02	13.45	0.00	13.53	-0.21	0.00	0.00	0.11	0.03	
	(n,α)	1.115E-05	5.620E-06	-49.60	0.00	-50.41	0.88	-0.02	0.00	-0.05	0.01	
	(n,p)	2.414E-05	2.073E-06	-91.41	0.00	-92.02	0.64	0.00	0.00	-0.03	0.00	

表 A.3 (続き) - 60 万 kWe 級酸化燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心 - (3/4)

核種	反応	I 群断面積 [barn]		新-旧 旧 [%]	断面積変化の内訳 [%]							備考
		旧ライブラリ	新ライブラリ		ライブラリ作成 ツールの改良		73 群 無限希釈 断面積の 再作成等	SLAROM コードの 改良	JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂			
					軽中核種 の (n,γ) 反応実効 断面積の 取り扱い	天然元素 断面積 入力時の 処理			70 群定数 の変化	70 群縮約 スペクトル の変化	Zr, Mo を 同位体ご とに入力	
Zr-93	(n,γ)	8.585E-02	1.016E-01	18.35	0.00	13.71	0.43	0.26	0.00	3.95	0.00	
Zr-94	(n,γ)	2.015E-02	2.612E-02	29.63	0.00	29.13	0.20	0.00	0.00	0.30	0.00	
	(n, α)	2.110E-06	5.677E-07	-73.09	0.00	-74.41	1.39	0.00	0.00	-0.08	0.00	
	(n,p)	1.510E-06	3.034E-07	-79.91	0.00	-82.95	3.13	-0.01	0.00	-0.08	0.00	
Zr-96	(n,γ)	4.300E-02	3.038E-02	-29.35	0.00	-37.44	-0.58	0.65	0.00	8.02	0.00	
	(n, α)	4.529E-08	7.587E-08	67.52	0.00	44.89	23.32	-0.04	0.00	-0.64	0.00	
	(n,p)	6.027E-08	5.767E-08	-4.31	0.00	-19.10	15.18	-0.03	0.00	-0.37	0.00	
Mo-92	(n,γ)g	7.972E-04	5.262E-02	6500.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6500.60	
	(n, α)	4.697E-06	1.498E-05	218.93	0.00	214.88	4.26	0.00	0.00	-0.21	0.00	
	(n,p)	9.348E-04	1.157E-03	23.77	0.00	23.02	0.43	0.00	0.00	0.32	0.00	
Mo-94	(n,γ)	4.690E-02	9.549E-02	103.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	103.60	
	(n, α)	9.954E-05	1.022E-04	2.67	0.00	1.97	0.40	0.00	0.00	0.30	0.00	
	(n,p)	1.251E-04	3.278E-05	-73.80	0.00	-74.21	0.46	-0.01	0.00	-0.03	0.00	
Mo-95	(n,γ)	2.750E-01	3.273E-01	19.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	19.02	
	(n, α)	5.580E-04	2.848E-04	-48.96	0.00	-49.25	0.07	-0.02	0.00	0.23	0.00	
	(n,p)	1.963E-05	2.472E-05	25.93	0.00	23.94	1.94	-0.05	0.00	0.05	0.05	
Mo-96	(n,γ)	5.554E-02	8.253E-02	48.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.60	
	(n, α)	4.522E-05	8.753E-06	-80.64	0.00	-80.88	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	
	(n,p)	2.867E-05	2.383E-06	-91.69	0.00	-92.24	0.59	0.00	0.00	-0.03	0.00	
Mo-97	(n,γ)	2.605E-01	3.408E-01	30.83	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.83	
	(n, α)	1.960E-04	1.089E-05	-94.44	0.00	-94.50	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	
	(n,p)	1.962E-05	1.541E-06	-92.15	0.00	-92.70	0.58	-0.01	0.00	-0.02	0.00	
Mo-98	(n,γ)	1.008E-01	1.107E-01	9.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	9.82	
	(n, α)	9.954E-06	8.954E-07	-91.00	0.00	-91.39	0.41	0.00	0.00	-0.02	0.00	
	(n,p)	1.205E-06	1.879E-07	-84.41	0.00	-86.76	2.41	-0.01	0.00	-0.06	0.00	
Mo-99	(n,γ)	4.473E-01	3.713E-01	-16.99	0.00	-18.94	0.09	0.09	0.00	1.77	0.00	
Mo-100	(n,γ)	7.479E-02	9.389E-02	25.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.54	
	(n, α)	5.733E-07	1.163E-07	-79.71	0.00	-82.23	2.58	0.00	0.00	-0.07	0.00	
	(n,p)	1.506E-07	4.345E-08	-71.15	0.00	-75.98	4.95	-0.01	0.00	-0.11	0.00	
Tc-99	(n,γ)	5.764E-01	5.853E-01	1.54	0.00	0.00	0.03	0.07	0.00	1.44	0.00	
Ru-101	(n,γ)	7.105E-01	7.293E-01	2.65	0.00	0.00	0.11	0.14	0.00	2.39	0.00	
Ru-102	(n,γ)	1.621E-01	1.638E-01	1.05	0.00	0.00	-0.06	0.00	0.00	1.11	0.00	
Ru-103	(n,γ)	4.780E-01	4.937E-01	3.28	0.00	0.00	0.38	0.15	0.00	2.76	0.00	
Ru-104	(n,γ)	1.612E-01	1.648E-01	2.23	0.00	0.00	-0.37	0.12	0.00	2.48	0.00	
Ru-105	(n,γ)	3.246E-01	3.246E-01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 2
Rh-103	(n,γ)g	5.461E-01	5.580E-01	2.18	0.00	0.00	0.20	0.11	0.00	1.87	0.00	
Rh-105	(n,γ)g	4.364E-02	4.455E-02	2.09	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	1.86	0.00	
Pd-105	(n,γ)	9.257E-01	9.460E-01	2.19	0.00	0.00	0.18	0.10	0.00	1.91	0.00	
Pd-106	(n,γ)g	2.633E-01	2.701E-01	2.58	0.00	0.00	0.04	0.15	0.00	2.39	0.00	
Pd-107	(n,γ)	1.010E+00	1.031E+00	2.08	0.00	0.00	-0.10	0.10	0.00	2.08	0.00	
Pd-108	(n,γ)g	2.108E-01	2.181E-01	3.46	0.00	0.00	0.05	0.19	0.00	3.23	0.00	
Ag-109	(n,γ)g	5.343E-01	5.446E-01	1.93	0.00	0.00	-0.37	0.13	0.00	2.15	0.02	
Cd-110	(n,γ)g	2.102E-01	2.149E-01	2.24	0.00	0.00	-0.29	0.14	0.00	2.38	0.00	
Cd-111	(n,γ)	7.348E-01	7.422E-01	1.01	0.00	0.00	0.04	0.05	0.00	0.91	0.00	
Cd-113	(n,γ)	5.101E-01	5.202E-01	1.98	0.00	0.00	0.24	0.08	0.00	1.67	0.00	
In-115	(n,γ)g	5.737E-02	5.814E-02	1.34	0.00	0.00	0.17	0.07	0.00	1.10	0.00	
I-127	(n,γ)	5.658E-01	5.839E-01	3.20	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00	3.06	0.00	
I-129	(n,γ)g	3.326E-01	3.404E-01	2.35	0.00	0.00	0.06	0.09	0.00	2.16	0.03	
I-131	(n,γ)	2.576E-01	2.684E-01	4.19	0.00	0.00	0.08	0.23	0.00	3.88	0.00	
I-135	(n,γ)	5.915E-04	5.915E-04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 2
Xe-131	(n,γ)	3.229E-01	3.335E-01	3.28	0.00	0.00	0.15	0.12	0.00	3.00	0.00	
Xe-132	(n,γ)g	8.734E-02	9.184E-02	5.15	0.00	0.00	-1.31	0.25	0.00	6.21	0.00	
Xe-133	(n,γ)	1.266E-01	1.318E-01	4.11	0.00	0.00	0.08	0.16	0.00	3.87	0.00	
Xe-135	(n,γ)	7.218E-02	6.965E-02	-3.51	0.00	0.00	-2.27	0.15	0.00	-1.39	0.00	
Xe-136	(n,γ)	1.136E-03	1.200E-03	5.63	0.00	0.00	2.02	-0.18	0.00	3.79	0.00	

表 A.3 (続き) - 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心 - (4/4)

核種	反応	I 群断面積 [barn]		新-旧 旧 [%]	断面積変化の内訳 [%]							備考
		旧ライブラリ	新ライブラリ		ライブラリ作成 ツールの改良		73 群 無限希釈 断面積の 再作成等	SLAROM コードの 改良	JFS-3-J3.2 ライブラリの改訂			
					軽中核種 の (n,γ) 反応実効 断面積の 取り扱い	天然元素 断面積 入力時の 処理			70 群定数 の変化	70 群縮約 スペクト ルの変化	Zr, Mo を 同位体ご とに入力	
Cs-133	(n,γ)g	4.009E-01	4.153E-01	3.59	0.00	0.00	0.07	0.17	0.00	3.34	0.00	
Cs-134	(n,γ)g	9.920E-01	1.030E+00	3.83	0.00	0.00	0.08	0.16	0.00	3.59	0.00	
Cs-135	(n,γ)	2.075E-01	2.170E-01	4.58	0.00	0.00	0.10	0.24	0.00	4.24	0.00	
La-139	(n,γ)	3.332E-02	3.413E-02	2.43	0.00	0.00	0.03	0.15	0.00	2.25	0.00	
Ce-141	(n,γ)	2.760E-01	2.859E-01	3.59	0.00	0.00	-0.04	0.18	0.00	3.41	0.04	
Pr-141	(n,γ)g	1.317E-01	1.395E-01	5.92	0.00	0.00	-0.08	0.30	0.00	5.69	0.00	
Pr-143	(n,γ)	1.139E-01	1.194E-01	4.83	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00	4.57	0.00	
Nd-143	(n,γ)	3.138E-01	3.307E-01	5.39	0.00	0.00	0.10	0.32	0.00	4.97	0.00	
Nd-145	(n,γ)	5.254E-01	5.461E-01	3.94	0.00	0.00	0.23	0.17	0.00	3.54	0.00	
Nd-147	(n,γ)	1.108E+00	1.165E+00	5.14	0.00	0.00	0.09	0.18	0.00	4.87	0.00	
Nd-148	(n,γ)	1.305E-01	1.360E-01	4.21	0.00	0.00	-0.15	0.23	0.00	4.14	0.00	
Pm-147	(n,γ)g	4.969E-01	5.200E-01	4.65	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	4.41	0.00	
Pm-148m	(n,γ)	2.970E+00	3.088E+00	3.97	0.00	0.00	0.03	0.17	0.00	3.77	0.00	
Pm-148	(n,γ)	1.814E+00	1.897E+00	4.58	0.00	0.00	0.06	0.22	0.00	4.30	0.00	
Pm-149	(n,γ)	1.114E+00	1.169E+00	4.94	0.00	0.00	0.00	0.27	0.00	4.67	0.00	
Pm-151	(n,γ)	3.229E-02	3.229E-02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	※ 2
Sm-147	(n,γ)	1.141E+00	1.200E+00	5.17	0.00	0.00	0.09	0.26	0.00	4.82	0.00	
Sm-148	(n,γ)	2.591E-01	2.706E-01	4.44	0.00	0.00	-0.19	0.27	0.00	4.36	0.00	
Sm-149	(n,γ)	2.101E+00	2.197E+00	4.57	0.00	0.00	-0.05	0.24	0.00	4.38	0.00	
Sm-150	(n,γ)	4.042E-01	4.155E-01	2.80	0.00	0.00	-0.37	0.15	0.00	3.02	0.00	
Sm-151	(n,γ)	1.929E+00	2.015E+00	4.46	0.00	0.00	0.10	0.21	0.00	4.15	0.00	
Sm-152	(n,γ)	4.398E-01	4.585E-01	4.25	0.00	0.00	0.27	0.23	0.00	3.75	0.00	
Eu-153	(n,γ)	2.412E+00	2.502E+00	3.73	0.00	0.00	0.04	0.17	0.00	3.52	0.00	
Eu-154	(n,γ)	3.262E+00	3.359E+00	2.97	0.00	0.00	0.03	0.12	0.00	2.82	0.00	
Eu-155	(n,γ)	1.215E+00	1.269E+00	4.44	0.00	0.00	0.00	0.25	0.00	4.20	0.00	
Eu-156	(n,γ)	6.433E-01	6.780E-01	5.39	0.00	0.00	0.08	0.26	0.00	5.05	0.00	
Gd-154	(n,γ)g	8.973E-01	9.307E-01	3.72	0.00	0.00	0.02	0.19	0.00	3.51	0.00	
Gd-155	(n,γ)	2.477E+00	2.558E+00	3.27	0.00	0.00	0.04	0.12	0.00	3.11	0.00	
Gd-156	(n,γ)	6.437E-01	6.736E-01	4.65	0.00	0.00	0.16	0.20	0.00	4.29	0.00	
Gd-157	(n,γ)	1.241E+00	1.296E+00	4.43	0.00	0.00	0.08	0.24	0.00	4.11	0.00	
Gd-158	(n,γ)	3.128E-01	3.272E-01	4.60	0.00	0.00	0.35	0.19	0.00	4.06	0.00	

- ※ 1 JFS-3-J3.2 ライブラリに天然元素の断面積しか与えられていない。そのため、縮約スペクトル計算時には天然元素の断面積を使用するが、天然元素の実効断面積によって同位体のライブラリのアップデートを行うことはできない。そこで、各同位体の (n,γ) 反応断面積にはオリジナルの ORIGEN2 ライブラリの実効断面積をそのまま使用し、(n,2n)、(n,p)、(n,α) 反応断面積は JENDL-3.2 ベースの 73 群無限希釈断面積を 1 群に縮約したものでアップデートする。
- ※ 2 JENDL-3.2 に収録されていない核種である。(オリジナルの ORIGEN2 ライブラリの断面積を使用)
- ※ 3 天然元素の同位体である Ni-64 の (n,α)、(n,p) 反応断面積は、オリジナルの ORIGEN2 ライブラリの値が“0”のため、旧ライブラリにおいても“0”となっていた(詳細は本文参照)。そのため、新旧ライブラリ間の断面積の相対差を求める際、例外として分母を新ライブラリの値にしている。

表 A.4 新旧ライブラリの燃焼による核種重量変化の比較 (1/4)

(1) 常陽 MK-I 炉心部

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]	旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]
U-234	0.0	1.068E+02	1.067E+02	-0.1	1.068E+02	1.067E+02	-0.1
U-235	2.430E+03	1.431E+03	1.427E+03	-0.3	-9.990E+02	-1.003E+03	0.4
U-236	0.0	1.999E+02	2.016E+02	0.9	1.999E+02	2.016E+02	0.9
U-238	8.076E+05	7.481E+05	7.478E+05	0.0	-5.950E+04	-5.980E+04	0.5
Np-237	0.0	3.303E+02	3.293E+02	-0.3	3.303E+02	3.293E+02	-0.3
Pu-238	5.700E+03	3.721E+03	3.718E+03	-0.1	-1.979E+03	-1.982E+03	0.2
Pu-239	1.007E+05	9.199E+04	9.207E+04	0.1	-8.710E+03	-8.630E+03	-0.9
Pu-240	4.750E+04	4.430E+04	4.443E+04	0.3	-3.200E+03	-3.070E+03	-4.1
Pu-241	2.280E+04	1.315E+04	1.316E+04	0.1	-9.650E+03	-9.640E+03	-0.1
Pu-242	1.330E+04	1.246E+04	1.247E+04	0.1	-8.400E+02	-8.300E+02	-1.2
Am-241	0.0	2.208E+03	2.204E+03	-0.2	2.208E+03	2.204E+03	-0.2
Am-243	0.0	9.527E+02	9.642E+02	1.2	9.527E+02	9.642E+02	1.2
Cm-242	0.0	8.418E+01	8.497E+01	0.9	8.418E+01	8.497E+01	0.9
Cm-244	0.0	1.297E+02	1.311E+02	1.1	1.297E+02	1.311E+02	1.1
FP Total	0.0	7.918E+04	7.918E+04	0.0	7.918E+04	7.918E+04	0.0

(2) もんじゅ 内側炉心

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]	旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]
U-234	0.0	1.045E+02	1.042E+02	-0.3	1.045E+02	1.042E+02	-0.3
U-235	2.430E+03	1.248E+03	1.243E+03	-0.4	-1.182E+03	-1.187E+03	0.4
U-236	0.0	2.596E+02	2.620E+02	0.9	2.596E+02	2.620E+02	0.9
U-238	8.076E+05	7.359E+05	7.356E+05	0.0	-7.170E+04	-7.200E+04	0.4
Np-237	0.0	2.098E+02	2.089E+02	-0.4	2.098E+02	2.089E+02	-0.4
Pu-238	5.700E+03	3.642E+03	3.630E+03	-0.3	-2.058E+03	-2.070E+03	0.6
Pu-239	1.007E+05	9.873E+04	9.862E+04	-0.1	-1.970E+03	-2.080E+03	5.6
Pu-240	4.750E+04	4.904E+04	4.931E+04	0.6	1.540E+03	1.810E+03	17.5
Pu-241	2.280E+04	1.345E+04	1.349E+04	0.3	-9.350E+03	-9.310E+03	-0.4
Pu-242	1.330E+04	1.294E+04	1.296E+04	0.2	-3.600E+02	-3.400E+02	-5.6
Am-241	0.0	2.065E+03	2.061E+03	-0.2	2.065E+03	2.061E+03	-0.2
Am-243	0.0	1.407E+03	1.428E+03	1.5	1.407E+03	1.428E+03	1.5
Cm-242	0.0	1.191E+02	1.204E+02	1.1	1.191E+02	1.204E+02	1.1
Cm-244	0.0	2.912E+02	2.935E+02	0.8	2.912E+02	2.935E+02	0.8
FP Total	0.0	7.947E+04	7.947E+04	0.0	7.947E+04	7.947E+04	0.0

表 A.4 新旧ライブラリの燃焼による核種重量変化の比較 (2/4)

(3) 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]	旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]
U-234	0.0	1.045E+02	1.041E+02	-0.4	1.045E+02	1.041E+02	-0.4
U-235	2.430E+03	1.230E+03	1.225E+03	-0.4	-1.200E+03	-1.205E+03	0.4
U-236	0.0	2.652E+02	2.675E+02	0.9	2.652E+02	2.675E+02	0.9
U-238	8.076E+05	7.353E+05	7.351E+05	0.0	-7.230E+04	-7.250E+04	0.3
Np-237	0.0	2.087E+02	2.079E+02	-0.4	2.087E+02	2.079E+02	-0.4
Pu-238	5.700E+03	3.640E+03	3.628E+03	-0.3	-2.060E+03	-2.072E+03	0.6
Pu-239	1.007E+05	9.883E+04	9.866E+04	-0.2	-1.870E+03	-2.040E+03	9.1
Pu-240	4.750E+04	4.943E+04	4.970E+04	0.5	1.930E+03	2.200E+03	14.0
Pu-241	2.280E+04	1.346E+04	1.350E+04	0.3	-9.340E+03	-9.300E+03	-0.4
Pu-242	1.330E+04	1.298E+04	1.300E+04	0.2	-3.200E+02	-3.000E+02	-6.3
Am-241	0.0	2.051E+03	2.047E+03	-0.2	2.051E+03	2.047E+03	-0.2
Am-243	0.0	1.454E+03	1.474E+03	1.4	1.454E+03	1.474E+03	1.4
Cm-242	0.0	1.223E+02	1.236E+02	1.1	1.223E+02	1.236E+02	1.1
Cm-244	0.0	3.118E+02	3.137E+02	0.6	3.118E+02	3.137E+02	0.6
FP Total	0.0	7.950E+04	7.950E+04	0.0	7.950E+04	7.950E+04	0.0

(4) 60 万 kWe 級金属燃料炉心 内側炉心

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	旧	旧ライブラリ	新ライブラリ	旧
				[%]			[%]
U-234	0.0	1.056E+02	1.055E+02	-0.1	1.056E+02	1.055E+02	-0.1
U-235	2.430E+03	1.298E+03	1.295E+03	-0.2	-1.132E+03	-1.135E+03	0.3
U-236	0.0	2.368E+02	2.380E+02	0.5	2.368E+02	2.380E+02	0.5
U-238	8.076E+05	7.450E+05	7.450E+05	0.0	-6.260E+04	-6.260E+04	0.0
Np-237	0.0	2.315E+02	2.306E+02	-0.4	2.315E+02	2.306E+02	-0.4
Pu-238	5.700E+03	3.633E+03	3.627E+03	-0.2	-2.067E+03	-2.073E+03	0.3
Pu-239	1.007E+05	9.350E+04	9.339E+04	-0.1	-7.200E+03	-7.310E+03	1.5
Pu-240	4.750E+04	4.617E+04	4.630E+04	0.3	-1.330E+03	-1.200E+03	-9.8
Pu-241	2.280E+04	1.276E+04	1.278E+04	0.2	-1.004E+04	-1.002E+04	-0.2
Pu-242	1.330E+04	1.283E+04	1.283E+04	0.0	-4.700E+02	-4.700E+02	0.0
Am-241	0.0	2.109E+03	2.106E+03	-0.1	2.109E+03	2.106E+03	-0.1
Am-243	0.0	1.167E+03	1.177E+03	0.9	1.167E+03	1.177E+03	0.9
Cm-242	0.0	1.015E+02	1.021E+02	0.6	1.015E+02	1.021E+02	0.6
Cm-244	0.0	2.010E+02	2.015E+02	0.2	2.010E+02	2.015E+02	0.2
FP Total	0.0	7.937E+04	7.936E+04	0.0	7.937E+04	7.936E+04	0.0

表 A.4 新旧ライブラリの燃焼による核種重量変化の比較 (3/4)

(5) 60 万 kWe 級窒化物燃料炉心 内側炉心

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]	旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]
U-234	0.0	1.053E+02	1.050E+02	-0.3	1.053E+02	1.050E+02	-0.3
U-235	2.430E+03	1.278E+03	1.275E+03	-0.2	-1.152E+03	-1.155E+03	0.3
U-236	0.0	2.468E+02	2.485E+02	0.7	2.468E+02	2.485E+02	0.7
U-238	8.076E+05	7.407E+05	7.407E+05	0.0	-6.690E+04	-6.690E+04	0.0
Np-237	0.0	2.403E+02	2.391E+02	-0.5	2.403E+02	2.391E+02	-0.5
Pu-238	5.700E+03	3.650E+03	3.640E+03	-0.3	-2.050E+03	-2.060E+03	0.5
Pu-239	1.007E+05	9.588E+04	9.573E+04	-0.2	-4.820E+03	-4.970E+03	3.1
Pu-240	4.750E+04	4.749E+04	4.766E+04	0.4	-1.000E+01	1.600E+02	-1700.0
Pu-241	2.280E+04	1.312E+04	1.314E+04	0.2	-9.680E+03	-9.660E+03	-0.2
Pu-242	1.330E+04	1.285E+04	1.285E+04	0.0	-4.500E+02	-4.500E+02	0.0
Am-241	0.0	2.089E+03	2.085E+03	-0.2	2.089E+03	2.085E+03	-0.2
Am-243	0.0	1.290E+03	1.304E+03	1.1	1.290E+03	1.304E+03	1.1
Cm-242	0.0	1.098E+02	1.107E+02	0.8	1.098E+02	1.107E+02	0.8
Cm-244	0.0	2.432E+02	2.443E+02	0.5	2.432E+02	2.443E+02	0.5
FP Total	0.0	7.940E+04	7.940E+04	0.0	7.940E+04	7.940E+04	0.0

(6) 60 万 kWe 級酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクル Pu) 内側炉心

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]	旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]
U-234	0.0	1.045E+02	1.042E+02	-0.3	1.045E+02	1.042E+02	-0.3
U-235	2.430E+03	1.232E+03	1.227E+03	-0.4	-1.198E+03	-1.203E+03	0.4
U-236	0.0	2.646E+02	2.669E+02	0.9	2.646E+02	2.669E+02	0.9
U-238	8.076E+05	7.352E+05	7.351E+05	0.0	-7.240E+04	-7.250E+04	0.1
Np-237	0.0	2.100E+02	2.091E+02	-0.4	2.100E+02	2.091E+02	-0.4
Pu-238	5.700E+03	3.642E+03	3.630E+03	-0.3	-2.058E+03	-2.070E+03	0.6
Pu-239	1.007E+05	9.896E+04	9.879E+04	-0.2	-1.740E+03	-1.910E+03	9.8
Pu-240	4.750E+04	4.940E+04	4.967E+04	0.5	1.900E+03	2.170E+03	14.2
Pu-241	2.280E+04	1.345E+04	1.349E+04	0.3	-9.350E+03	-9.310E+03	-0.4
Pu-242	1.330E+04	1.299E+04	1.301E+04	0.2	-3.100E+02	-2.900E+02	-6.5
Am-241	0.0	2.052E+03	2.048E+03	-0.2	2.052E+03	2.048E+03	-0.2
Am-243	0.0	1.439E+03	1.457E+03	1.3	1.439E+03	1.457E+03	1.3
Cm-242	0.0	1.219E+02	1.231E+02	1.0	1.219E+02	1.231E+02	1.0
Cm-244	0.0	3.074E+02	3.086E+02	0.4	3.074E+02	3.086E+02	0.4
FP Total	0.0	7.950E+04	7.950E+04	0.0	7.950E+04	7.950E+04	0.0

表 A.4 新旧ライブラリの燃焼による核種重量変化の比較 (4/4)

(7) 130 万 kWe 級酸化物燃料炉心 内側炉心

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]	旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]
U-234	0.0	1.045E+02	1.042E+02	-0.3	1.045E+02	1.042E+02	-0.3
U-235	2.430E+03	1.230E+03	1.225E+03	-0.4	-1.200E+03	-1.205E+03	0.4
U-236	0.0	2.652E+02	2.674E+02	0.8	2.652E+02	2.674E+02	0.8
U-238	8.076E+05	7.350E+05	7.349E+05	0.0	-7.260E+04	-7.270E+04	0.1
Np-237	0.0	2.073E+02	2.065E+02	-0.4	2.073E+02	2.065E+02	-0.4
Pu-238	5.700E+03	3.642E+03	3.630E+03	-0.3	-2.058E+03	-2.070E+03	0.6
Pu-239	1.007E+05	9.909E+04	9.893E+04	-0.2	-1.610E+03	-1.770E+03	9.9
Pu-240	4.750E+04	4.943E+04	4.969E+04	0.5	1.930E+03	2.190E+03	13.5
Pu-241	2.280E+04	1.345E+04	1.349E+04	0.3	-9.350E+03	-9.310E+03	-0.4
Pu-242	1.330E+04	1.298E+04	1.300E+04	0.2	-3.200E+02	-3.000E+02	-6.3
Am-241	0.0	2.051E+03	2.047E+03	-0.2	2.051E+03	2.047E+03	-0.2
Am-243	0.0	1.453E+03	1.473E+03	1.4	1.453E+03	1.473E+03	1.4
Cm-242	0.0	1.222E+02	1.233E+02	0.9	1.222E+02	1.233E+02	0.9
Cm-244	0.0	3.114E+02	3.130E+02	0.5	3.114E+02	3.130E+02	0.5
FP Total	0.0	7.951E+04	7.950E+04	0.0	7.951E+04	7.950E+04	0.0

(8) Pu バーナー炉心 内側炉心

核種	燃焼前	核種重量 [g]		新-旧	核種重量変化量 [g]		新-旧
		燃焼後		旧	燃焼後-燃焼前		旧
		旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]	旧ライブラリ	新ライブラリ	[%]
U-234	0.0	1.041E+02	1.037E+02	-0.4	1.041E+02	1.037E+02	-0.4
U-235	2.430E+03	1.245E+03	1.240E+03	-0.4	-1.185E+03	-1.190E+03	0.4
U-236	0.0	2.630E+02	2.659E+02	1.1	2.630E+02	2.659E+02	1.1
U-238	8.076E+05	7.353E+05	7.350E+05	0.0	-7.230E+04	-7.260E+04	0.4
Np-237	0.0	2.183E+02	2.174E+02	-0.4	2.183E+02	2.174E+02	-0.4
Pu-238	5.700E+03	3.651E+03	3.640E+03	-0.3	-2.049E+03	-2.060E+03	0.5
Pu-239	1.007E+05	9.860E+04	9.847E+04	-0.1	-2.100E+03	-2.230E+03	6.2
Pu-240	4.750E+04	4.941E+04	4.972E+04	0.6	1.910E+03	2.220E+03	16.2
Pu-241	2.280E+04	1.370E+04	1.372E+04	0.1	-9.100E+03	-9.080E+03	-0.2
Pu-242	1.330E+04	1.297E+04	1.299E+04	0.2	-3.300E+02	-3.100E+02	-6.1
Am-241	0.0	2.070E+03	2.063E+03	-0.3	2.070E+03	2.063E+03	-0.3
Am-243	0.0	1.436E+03	1.458E+03	1.5	1.436E+03	1.458E+03	1.5
Cm-242	0.0	1.222E+02	1.236E+02	1.1	1.222E+02	1.236E+02	1.1
Cm-244	0.0	3.034E+02	3.075E+02	1.4	3.034E+02	3.075E+02	1.4
FP Total	0.0	7.947E+04	7.947E+04	0.0	7.947E+04	7.947E+04	0.0

This is a blank page.

国際単位系 (SI) と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名 称	記 号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名 称	記号	他のSI単位 による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m・kg/s ²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N・m
工率, 放射束	ワット	W	J/s
電気量, 電荷	クーロン	C	A・s
電位, 電圧, 起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラド	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメン	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V・s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	°C	
光度	ルーメン	lm	cd・sr
照度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量等量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名 称	記 号
分, 時, 日	min, h, d
度, 分, 秒	°, ', "
リットル	l, L
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記 号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

表4 SIと共に暫定的に維持される単位

名 称	記 号
オングストローム	Å
バーン	b
バル	bar
ガリ	Gal
キュリー	Ci
レントゲン	R
ラド	rad
レム	rem

$$1 \text{ Å} = 0.1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ b} = 100 \text{ fm}^2 = 10^{-28} \text{ m}^2$$

$$1 \text{ bar} = 0.1 \text{ MPa} = 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/s}^2 = 10^{-2} \text{ m/s}^2$$

$$1 \text{ Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

$$1 \text{ R} = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

$$1 \text{ rad} = 1 \text{ cGy} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

$$1 \text{ rem} = 1 \text{ cSv} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

(注)

- 表1-5は「国際単位系」第5版, 国際度量衡局1985年刊行による。ただし, 1 eVおよび1 uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里, ノット, アール, ヘクトールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは, JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC閣僚理事会指令では bar, barnおよび「血圧の単位」 mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換 算 表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
	1	0.101972	0.224809
	9.80665	1	2.20462
	4.44822	0.453592	1

$$\text{粘 度 } 1 \text{ Pa} \cdot \text{s} (\text{N} \cdot \text{s/m}^2) = 10 \text{ P (ポアズ)} (\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St (ストークス)} (\text{cm}^2/\text{s})$$

圧	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
	1	10.1972	9.86923	7.50062×10 ³	145.038
力	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
	0.101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322×10 ⁻⁴	1.35951×10 ⁻³	1.31579×10 ⁻³	1	1.93368×10 ⁻²
	6.89476×10 ⁻³	7.03070×10 ⁻²	6.80460×10 ⁻²	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(=10 ⁷ erg)	kgf・m	kW・h	cal(計量法)	Btu	ft・lbf	eV
	1	0.101972	2.77778×10 ⁻⁷	0.238889	9.47813×10 ⁻⁴	0.737562	6.24150×10 ¹⁸
	9.80665	1	2.72407×10 ⁻⁶	2.34270	9.29487×10 ⁻³	7.23301	6.12082×10 ¹⁹
	3.6×10 ⁵	3.67098×10 ⁵	1	8.59999×10 ⁵	3412.13	2.65522×10 ⁶	2.24694×10 ²⁵
	4.18605	0.426858	1.16279×10 ⁻⁶	1	3.96759×10 ⁻³	3.08747	2.61272×10 ¹⁹
	1055.06	107.586	2.93072×10 ⁻⁴	252.042	1	778.172	6.58515×10 ²¹
	1.35582	0.138255	3.76616×10 ⁻⁷	0.323890	1.28506×10 ⁻³	1	8.46233×10 ¹⁸
	1.60218×10 ⁻¹⁹	1.63377×10 ⁻²⁰	4.45050×10 ⁻²⁶	3.82743×10 ⁻²⁰	1.51857×10 ⁻²²	1.18171×10 ⁻¹⁹	1

$$1 \text{ cal} = 4.18605 \text{ J (計量法)}$$

$$= 4.184 \text{ J (熱化学)}$$

$$= 4.1855 \text{ J (15°C)}$$

$$= 4.1868 \text{ J (国際蒸気表)}$$

$$\text{仕事率 } 1 \text{ PS(仏馬力)}$$

$$= 75 \text{ kgf} \cdot \text{m/s}$$

$$= 735.499 \text{ W}$$

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270×10 ⁻¹¹
	3.7×10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58×10 ⁻⁴	1

線量当量	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

(86年12月26日現在)

J E N D E L 3 . 3 に 基 づ く O R R I G E N 2 用 断 面 積 フ ァ イ プ リ セ ッ ト : O R R I B J 3 3 3



古紙配合率100%再生紙を使用しています