



# JENDL-4.0 に基づく ORIGEN2 用断面積 ライブラリセット :ORLIBJ40

A Set of ORIGEN2 Cross Section Libraries Based on JENDL-4.0: ORLIBJ40

奥村 啓介 杉野 和輝 小嶋 健介 神 智之  
岡本 力 片倉 純一

Keisuke OKUMURA, Kazuteru SUGINO, Kensuke KOJIMA, Tomoyuki JIN  
Tsutomu OKAMOTO and Jun-ichi KATAKURA

原子力基礎工学研究部門  
核工学・炉工学ユニット

Division of Nuclear Data and Reactor Engineering  
Nuclear Science and Engineering Directorate

March 2013

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。  
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。  
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)  
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課  
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4  
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency  
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to  
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,  
Japan Atomic Energy Agency  
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan  
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2013

## JENDL-4.0に基づくORIGEN2用断面積ライブラリセット:ORLIBJ40

日本原子力研究開発機構

原子力基礎工学研究部門 核工学・炉工学ユニット

奥村 啓介、杉野 和輝、小嶋 健介、神 智之\*<sup>1</sup>、岡本 力\*<sup>1</sup>、片倉 純一\*<sup>2</sup>

(2012年12月17日 受理)

2010年5月に公開されたJENDL-4.0を中核とする近年の評価済み核データに基づき、核反応断面積、核分裂収率、核異性体比、半減期を修正した、核種崩壊生成計算コードORIGEN2用の断面積ライブラリセット(ORLIBJ40)を作成した。作成した断面積ライブラリは、PWRとBWRの代表的なUO<sub>2</sub>燃料及びMOX燃料用のライブラリ(24個)と種々の高速炉燃料用のライブラリ(36個)である。

本ライブラリを使用した軽水炉使用済み燃料の照射後試験解析により、従来のORIGEN2ライブラリに比べて、特に、Am及びCmの同位体といったマイナーアクチノイド、EuやSmの同位体等の断面積に大きな感度を有する核分裂生成核種、並びにSe-79等の長寿命核分裂生成核種のインベントリや放射能評価において、予測精度が向上することを確認した。

また、高速炉用ライブラリについても、JENDL-4.0を用いて高速炉のMAサンプルの照射後試験を解析し、旧核データによる計算結果と比較を行うことにより、マイナーアクチノイドの予測精度の向上が期待できることを示した。

## A Set of ORIGEN2 Cross Section Libraries Based on JENDL-4.0: ORLIBJ40

Keisuke OKUMURA, Kazuteru SUGINO, Kensuke KOJIMA,  
Tomoyuki JIN<sup>\*1</sup>, Tsutomu OKAMOTO<sup>※1</sup> and Jun-ichi KATAKURA<sup>\*2</sup>

Division of Nuclear Data and Reactor Engineering,  
Nuclear Science and Engineering Directorate,  
Japan Atomic Energy Agency  
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received December 17, 2012)

A set of cross section libraries for the isotope generation and depletion calculation code ORIGEN2 was produced by using recent nuclear data based on JENDL-4.0 which was released in May 2010. In this new library (ORLIBJ40), neutron-induced cross sections, fission product yields, isomeric ratios and half-lives were updated. ORLIBJ40 includes 24 libraries for typical UO<sub>2</sub> or MOX fuels of PWR and BWR. In addition, it includes 36 libraries for various fast reactor fuels.

ORLIBJ40 was applied to the post irradiation examination analyses of LWR nuclear spent fuels. As a result, it was found that improvements were achieved especially for the inventory and radioactivity estimations of minor actinides (Am and Cm isotopes) and fission products sensitive to cross sections (Eu and Sm isotopes) and for long-lived fission products (Se-79, etc.), compared with other existing ORIGEN2 libraries.

As for the libraries for fast reactors, it was clarified that prediction accuracy of minor actinoides would be improved judging from differences of the calculation results on the fast reactor post irradiation examination of MA samples between JENDL-4.0 and former nuclear data library.

Keywords: ORLIBJ40, ORIGEN2, JENDL-4.0, Spent Nuclear Fuel Composition, Burn-up Calculation, Post Irradiation Examination, Light Water Reactor, Fast Reactor

---

※1 Collaborating Engineer

\*1 NESI Incorporation

\*2 Nagaoka University of Technology

目 次

1. はじめに .....	1
2. 核種生成崩壊計算に必要な核データ .....	4
3. 軽水炉用ライブラリ .....	7
3.1 ライブラリの概要 .....	7
3.2 ライブラリの作成方法 .....	8
3.3 ライブラリ作成パラメータ .....	27
3.4 照射後試験解析による検証 .....	34
4. 高速炉用ライブラリ .....	52
4.1 JENDL-4.0による改善 .....	56
4.2 ライブラリの作成方法 .....	60
4.3 ライブラリ作成対象炉心 .....	71
4.4 作成ライブラリによる計算 .....	86
5. まとめ .....	122
参考文献 .....	124
付録 .....	131
A.1 ORLIBJ40 の配布ファイルと使用法 .....	131
A.2 ORLIBJ40 のライブラリ一覧 .....	141
A.3 Eu-156 の断面積データに関する検討 .....	145

Contents

1. Introduction .....	1
2. Nuclear Data for Isotope Generation and Depletion Calculation .....	4
3. Libraries for Light Water Reactors .....	7
3.1 Outline of Libraries .....	7
3.2 Production Method of Libraries .....	8
3.3 Parameters for Library Production .....	27
3.4 Validation by Post Irradiation Examination Analyses .....	34
4. Libraries for Fast Reactors .....	52
4.1 Improvements by JENDL-4.0 .....	56
4.2 Production Method of Libraries .....	60
4.3 Reactor Cores for Libraries .....	71
4.4 Calculation Results with Libraries .....	86
5. Summary .....	122
References .....	124
Appendices .....	131
A.1 Distribution Files and Instruction of ORLIBJ40 .....	131
A.2 List of ORLIBJ40 libraries .....	141
A.3 Review of Cross Section Data for Eu-156 .....	145

## 1. はじめに

ORIGEN コードは、1960 年代の終わりから 1970 年代初めにかけて、米国のオークリッジ国立研究所 (ORNL) によって開発された核種崩壊生成計算コードであり<sup>1)</sup>、その後の改訂版は現在も使用済み燃料のインベントリ、放射能、崩壊熱などの計算評価に広く利用されている。

ORIGEN コードの初版では、中性子スペクトルの概形を構築するための重みインデックスと中性子温度を入力として、エネルギー3 群の簡易モデルに基づき 1 群実効断面積を作成し、Matrix Exponential 法によって燃焼方程式を解いて核種組成を計算する。この流れは、ORIGEN-79 コード<sup>2)</sup>や SCALE システムの ORIGEN-S コード<sup>3)</sup>に受け継がれている。

一方、1980 年には、簡易モデルによる中性子スペクトルは使用せず、代表的な炉型や燃料仕様を仮定して、予め精度の高い詳細群中性子輸送(拡散)計算に基づいて 1 群実効断面積ライブラリを作成しておく方式の ORIGEN2 コード<sup>4)</sup>が開発された。ORIGEN2 コードは、その後何度かの改訂を経て、1991 年に ORIGEN2.1<sup>5)</sup>がリリースされ、日本ではこれが比較的長く利用されている。その後、軽微な改訂版として、2002 年に ORIGEN2.2<sup>6)</sup>がリリースされたが、FLUXO ルーチンの核分裂収率が与えられない重核種の扱いにおいて、軽微な不具合が指摘された<sup>7)</sup>。開発元の ORNL からはその後の改訂版はリリースされていないため、ORIGEN2.2 を使用する場合には、ユーザーが FLUXO ルーチンを修正して使用することが望ましい。

スペクトル計算に簡易モデルを使用する ORIGEN-79 コードは、物質の温度や中性子スペクトルの形状が広範囲で変化する原子炉周りの放射化計算などで利用されることが多い。一方、ORIGEN2 シリーズは、原子炉燃料中の中性子スペクトルを仮定して 1 群実効断面積が作成されていることから、主に使用済み燃料組成の計算に利用されている。ORIGEN2 シリーズでは、ユーザーが計算対象に依存するスペクトルインデックスを用意する面倒さはないが、適切な断面積ライブラリを使用しないと、得られる核種生成量に大きな誤差を生じることがある。

ORNL からリリースされている ORIGEN2 シリーズに付属されている初期の 1 群断面積ライブラリは、1970 年代から 1980 年代にかけて作成された古い評価済み核データである ENDF/B-IV<sup>8)</sup>や ENDF/B-V<sup>9,10)</sup>に基づいて作成されている。これが原因で、ORIGEN2 による計算結果が照射後試験における分析値と大きく異なることがある。また、同じ炉型であっても、古い燃料設計を想定して作成された断面積ライブラリを新しい設計燃料に使用すると、中性子スペクトルや自己遮蔽効果の違いにより、精度のよい結果は期待できない。

こうした問題に対応するため、1999 年には、シグマ委員会・核種生成量評価ワーキンググループの活動の一環として、近年の軽水炉設計や高速炉設計の仕様を反映させるとともに、核分裂生成核種の断面積評価に定評があった日本の評価済み核データライブラリである JENDL-3.2<sup>11)</sup>に基づく新しい ORIGEN2.1 用の断面積ライブラリセット(ORLIBJ32)<sup>12)</sup>が作成された。更に、2004 年には、その改訂版として JENDL-3.3<sup>13)</sup>に基づく ORIGEN2.2 用の断面積ライブラリセット(ORLIBJ33)<sup>14)</sup>が作成された。ORLIBJ32 と ORLIBJ33 は、ORIGEN2.2 の FLUXO ルーチンの不具合が修正された ORIGEN2.2-UPJ コード<sup>15)</sup>の付属ライブラリとして OECD/NEA Data Bank から配布されている。

ORLIBJ33 は、オリジナルライブラリに比べると、特に核分裂生成核種の予測精度に関して

大きな改善効果はあったが、その後、照射後試験データが蓄積されるにつれ、幾つかの精度上の問題点も分かってきた。例えば、軽水炉の使用済み燃料組成の解析では、Am-241 生成量(照射直後値)の過大評価(約 10%)の他、Pu-238 や Cm 同位体の過小評価 (15%~30%) の傾向が見られた<sup>16)</sup>。一方、高速炉においても、「常陽」MK-II で照射されたマイナーアクチノイド(MA) サンプルの照射後組成において、特に Cm 同位体組成に対して計算値と分析値に大きな差異が見られた(4.1 節参照)。これらの問題は ORIGEN2 の計算手法に起因するものではなく、主として JENDL-3.3 の核反応断面積評価の誤差に起因している。

JENDL-3.3 が 2002 年に公開された頃から、世界中で行われた数千もの臨界試験データが公開のデータベースとして利用できるようになってきた<sup>17,18)</sup>。また、軽水炉や高速炉の使用済み燃料組成に関する照射後試験データも、以前に比べ豊富に利用できるようになってきた<sup>19-29)</sup>。近年の照射後試験の解析では、ORIGEN 計算のような簡便な手法ではなく、超詳細群中性子輸送計算コードや連続エネルギーモンテカルロコードを利用した精緻な燃焼計算が行われており<sup>30-33)</sup>、核データの誤差が使用済み燃料組成の計算結果に与える影響を議論できるような精度が得られている。更に、燃焼感度解析手法の開発により、使用済み燃料組成の誤差が、どの核種のどの核反応断面積に起因するものであるかが定量的に把握できるようになってきた<sup>34,35)</sup>。

2010 年には、JENDL-3.3 以降の核データ測定や新しい理論計算の結果に加え、これまでにない多数の臨界試験や照射後試験の解析結果が、新しい評価済み核データライブラリの開発に反映され、同年5月に JENDL-4.0<sup>36)</sup>として公開された。JENDL-4.0 には、 $1 \times 10^5$ eV から 20MeV までのエネルギー範囲の中性子入射核反応断面積が 406 核種に対して収納されている。また、JENDL-4.0 では、推奨する熱中性子散乱則データや新しい核分裂収率データも同時に提供された。従来の JENDL の核分裂収率データ<sup>37)</sup>は、主に 1980 年代後半にデータ編集作業が行われた JNDC-V2<sup>38),39)</sup>に基づいて作られたもので、その値自体は長い間更新されてこなかった。一方、JENDL-4.0 の核分裂収率データは、2006 年に公開された ENDF/B-VII.0<sup>40)</sup>のデータに基づいて編集と修正がなされたもので、JNDC-V2 に評価がなかった Am や Cm 同位体などのマイナー核種に対する核分裂収率データや核分裂収率の誤差が新たに収納され、核種生成量の信頼性評価により有効なものとなった。

JENDL-4.0 を使ったベンチマークテストでは、多種多様な原子炉体系において、核種生成量や臨界性などを含む核特性の予測性能評価が行われ、従来の核データライブラリに比べ、高い予測精度があることが確認されている<sup>41-43)</sup>。また、従来分析が困難であった Se-79 や Sn-126 など、高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性評価で重要とされる長寿命核分裂生成核種(LLFP)の分析手法が近年格段に向上しており<sup>44-47)</sup>、これらの照射後試験により得られた半減期データなどの知見を導入することにより、難分析長寿命核分裂生成核種の生成量や放射能に対する予測精度も従来に比べて大幅に向上している<sup>48)</sup>。

JENDL-4.0 に基づく炉定数ライブラリの整備<sup>49)</sup>は、これまで主に核データのベンチマークテストを主な用途にしてきたため、SRAC<sup>32)</sup>、MVP<sup>50)</sup>、MCNP<sup>51)</sup>、PHITS<sup>52)</sup>などの詳細な中性子輸送計算を行うコード用に進めてきたが、これらのコードになじみが少ないバックエンド分野等においても、JENDL-4.0 の高い性能を容易に利用できるようにするため、新しい ORIGEN2 コードとライブラリのセット ORLIBJ40 を開発した。ORLIBJ40 は、



ORIGEN2.2-UPJ コードを基に、JENDL-4.0 を中核とする最新核データを導入し、燃焼度依存断面積データを含むコード本体の他、付属の 1 群断面積ライブラリ、崩壊ライブラリ、ガンマ線ライブラリを改良したものである。ORLIBJ40 の 1 群断面積ライブラリは、主要な軽水炉燃料（24 種類）と高速炉燃料（36 種類）に対して用意した。

本報告書では、ORLIBJ40 で採用した核データ、ライブラリの内容と作成方法、照射後試験解析による検証結果、及び既存の ORIGEN2<sup>†</sup>ライブラリとの差異などについて報告する。

---

<sup>†</sup> 以降では、特に必要が無い限り、バージョンを区別しないで「ORIGEN2」と記載する。

## 2. 核種生成崩壊計算に必要な核データ

本章では、核種生成崩壊計算で一般に必要とされる主要な核データと、ORLIBJ40 が提供するデータについて概説する。

一般に、中性子照射場における核種生成崩壊計算をするには、図 2-1 に示すように、計算で対象とする核種を設定し、それらの核種に対し中性子の核反応または崩壊による核種変化の経路（燃焼チェーン）を与える必要がある。例えば ORIGEN2 では、計算対象とする核種を、アクチノイド核種とその娘核種(ACT : Actinoids)、核分裂生成核種(FP : Fission Products)、及び放射化核種 (AP : Activation Products) に分類し、1400 近い核種を扱うことができる。

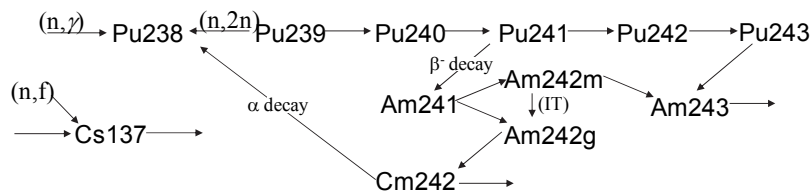


図 2-1 燃焼チェーンの例

着目する核種( $i$ )の原子数密度 $N^i$ の時間変化は、以下の微分方程式によって表わされる。

$$\frac{dN^i}{dt} = \sum_{j \neq i} f^{j \rightarrow i} \lambda^j N^j + \sum_{k \neq i} \sum_x g_x^{k \rightarrow i} R_x^k N^k + \sum_{l \in \text{ACT}} \gamma^{l \rightarrow i} R_f^l N^l - \{\lambda^i + R_a^i\} N^i \quad (2-1)$$

ここで、 $i, j, k, l$  は核種インデックス、 $\lambda$  は崩壊定数、 $f^{j \rightarrow i}$  は核種  $j$  の崩壊により  $i$  核種が生成する崩壊分岐比、 $g_x^{k \rightarrow i}$  は  $k$  核種の反応タイプ  $x$  の核反応により  $i$  核種が生成する分岐比（核異性体比）、 $\gamma^{l \rightarrow i}$  は、着目核種が FP 核種である場合に、アクチノイド核種  $l$  の核分裂により  $i$  核種が生成する割合（核分裂収率）である。また、 $R_x^i$  は以下のように定義される  $i$  核種の微視的核反応率である。

$$R_x^i = C \int \sigma_x^i(E) \psi(E) dE \quad (2-2)$$

$\sigma_x^i(E)$  は微視的断面積、 $\psi(E)$  は相対値として得られる中性子スペクトル、 $C$  は後述するように、体系の熱出力または比出力で決まる中性子束を絶対値に変換するための係数である。

(2-1) 式の第 1 項は親核種の崩壊による着目核種の生成率、第 2 項は核分裂以外の核反応による生成率、第 3 項は着目核種が FP 核種である場合における核分裂による生成率、最後の { } 内の項は着目核種の崩壊と核反応による消滅率を意味している。最後の項にある  $R_a^i$  は微視的吸収反応率であり、核変換する全ての反応が含まれるが、コードによって扱う反応タイプは異な

る。ORIGEN2 では、ACT 核種に対して、 $(n, \gamma)$ ,  $(n, f)$ ,  $(n, 2n)$ ,  $(n, 3n)$  反応を、FP 核種と AP 核種に対しては、 $(n, \gamma)$ ,  $(n, \alpha)$ ,  $(n, p)$ ,  $(n, 2n)$  反応を考慮する。

MVP-BURN<sup>30)</sup>のように、連続エネルギーモンテカルロ法を使用した燃焼計算コードでは、微視的反応率 $R_x^i$ を(2-2)式の定義にしたがって与えることができる。一方、SRAC<sup>32)</sup>のように、多群法により中性子輸送方程式を解いて中性子スペクトルを計算する燃焼計算コードでは、 $R_x^i$ は(2-3)式で与えられる。同式で $NG$ はエネルギーの離散化数(群数)であり、近年の多群法燃焼計算コードの多くは、群数を100~200程度で扱っている。

$$R_x^i = C \sum_{g=1}^{NG} \sigma_{x,g}^i \psi_g \quad (2-3)$$

一方、中性子の輸送方程式を解かないORIGEN2のようなコードでは、 $R_x^i$ は以下のように与えられる。

$$R_x^i = \langle \sigma_x^i \rangle \Phi \quad (2-4)$$

ここで、 $\langle \sigma_x^i \rangle$ は以下の式で定義される1群実効断面積、 $\Phi$ は熱出力に規格化された1群中性子束である。

$$\langle \sigma_x^i \rangle = \frac{\int \sigma_x^i(E) \psi(E) dE}{\int \psi(E) dE} \approx \frac{\sum_{g=1}^{NG} \sigma_{x,g}^i \psi_g}{\sum_{g=1}^{NG} \psi_g} \quad (2-5)$$

ORIGEN2の場合、中性子スペクトルを計算する機能が備わっていないため、予め、炉型・燃料仕様・運転条件などを想定した中性子輸送計算を他の計算コードで行って、得られた中性子スペクトル $\psi_g$ を使用して(2-5)式により1群実効断面積 $\langle \sigma_x^i \rangle$ を用意しておく必要がある。このようにして作成された $\langle \sigma_x^i \rangle$ は、ORIGEN2の断面積ライブラリに収納される。したがって、想定された条件と大きく異なるORIGEN2の断面積ライブラリを使用すると、中性子スペクトルや断面積に感度がある核種の予測精度は悪くなる。

1群中性子束 $\Phi$ は、ユーザーが指定する体系の熱出力 $P$ を使用して、(2-6)式を満足するように与えられる。

$$P = \sum_i \kappa^i N^i R_f^i V = \sum_i \kappa^i N^i \langle \sigma_f^i \rangle \Phi V \quad (2-6)$$

ここで、 $\kappa^i$ は核分裂あたりの回収可能な放出エネルギー(約200MeV)であり、 $V$ は計算体系における燃焼領域の体積である。複数領域から成る体系の場合には、(2-6)式は各領域の体積積分と

して表わされる。ゼロ次元（1点燃焼）計算を行う ORIGEN2 の場合は、 $P$  の代わりに、初期重核種組成の単位重量あたりの熱出力(比出力)を使用して、中性子束 $\Phi$ の値が決める。また $\kappa^i$ の値は核分裂核種( $i$ )によって異なるが、ORIGEN2 では、 $i$  核種の原子量  $Z$  と質量数  $A$  の関数として、以下のフィッティング式で与えている。

$$\kappa^i(\text{MeV/fission}) = 1.29927 \times 10^{-3}(Z^2A^{0.5}) + 33.12 \quad (2-7)$$

多群法コードの場合の 1 群中性子束は、(2-8)式で与えられ、これを(2-6)式に代入した式から、中性子束を絶対値に変換する係数 $C$ が定められる。

$$\Phi = C \sum_{g=1}^{NG} \psi_g \quad (2-8)$$

以上のデータと初期組成を用意することにより、(2-1)式を解くことが可能となる。実際の核種生成崩壊計算は、(2-1)式を燃焼チェーンで扱う核種について連立させ、時間について差分化して扱う。その代表的な方法として、Bateman の方法<sup>53),54)</sup>や Matrix Exponential 法<sup>31),55)</sup>などがあるが、ORIGEN2 では、後者の方法を採用する。ただし、一部の短寿命核種について数値計算上の問題を避けるため Bateman 法を適用している。ORIGEN2 の数値解法の詳細については、関連文献<sup>31),55)</sup>に詳説されていたため、本報告書での記述は割愛する。

ORLIBJ40 は、(2-1)式で扱うデータのうち、半減期 ( $= \log_e 2 / \lambda^i$ )、崩壊分岐比 $f^{j \rightarrow i}$ 、核異性体比 $g_x^{k \rightarrow i}$ 、1 群実効断面積( $\sigma_x^i$ )、核分裂収率 $\gamma^{l \rightarrow i}$ を、日本の最新核データである JENDL-4.0 等に基づき改訂し、ORIGEN2.2-UPJ に組み込んだものである。以降の章では、ORLIBJ40 で作成した新しい軽水炉用ライブラリと高速炉用ライブラリのそれぞれについて、ライブラリの作成方法、照射後試験解析の例、従来 ORIGEN2 計算との比較等について記述する。

### 3. 軽水炉用ライブラリ

本章では、軽水炉用のライブラリの内容とその作成方法について記述する。ライブラリの具体的な使用方法については、付録 A.1 に主な留意点を記載した。

#### 3.1 ライブラリの概要

軽水炉用ライブラリとしては、表 3.1-1 に示すように、 $UO_2$  燃料に対し 12 種類（PWR 用  $UO_2$  燃料 3 種類と BWR 用  $UO_2$  燃料 9 種類）、MOX 燃料に対し 12 種類（PWR 用 MOX 燃料 5 種類と BWR 用 MOX 燃料 7 種類）の計 24 種類を作成した。

表 3.1-1 軽水炉用 ORIGEN2 ライブラリ一覧

ライブラリ名 (ファイル名,LIB)	代表燃料	ライブラリ識別番号 (ORIGEN2入力用)			
		NLIB(5)	NLIB(6)	NLIB(7)	NLIB(12)
PWR34J40	PWR, 17×17, $UO_2$ , U235濃縮度3.4wt%	700	701	702	43
PWR41J40	PWR, 17×17, $UO_2$ , U235濃縮度4.1wt%	703	704	705	44
PWR47J40	PWR, 17×17, $UO_2$ , U235濃縮度4.7wt%	706	707	708	45
BS100J40	BWR, STEP-I, $UO_2$ 燃料, 0%ボイド率	709	710	711	46
BS140J40	BWR, STEP-I, $UO_2$ 燃料, 40%ボイド率	712	713	714	47
BS170J40	BWR, STEP-I, $UO_2$ 燃料, 70%ボイド率	715	716	717	48
BS200J40	BWR, STEP-II, $UO_2$ 燃料, 0%ボイド率	718	719	720	49
BS240J40	BWR, STEP-II, $UO_2$ 燃料, 40%ボイド率	721	722	723	50
BS270J40	BWR, STEP-II, $UO_2$ 燃料, 70%ボイド率	724	725	726	51
BS300J40	BWR, STEP-III, $UO_2$ 燃料, 0%ボイド率	727	728	729	52
BS340J40	BWR, STEP-III, $UO_2$ 燃料, 40%ボイド率	730	731	732	53
BS370J40	BWR, STEP-III, $UO_2$ 燃料, 70%ボイド率	733	734	735	54
BS2M040SJ40	BWR, STEP-II, 0%ボイド率, MOX Pu富化度4wt%, Pu組成:Standard	900	901	902	83
BS2M044LJ40	BWR, STEP-II, 40%ボイド率, MOX Pu富化度4wt%, Pu組成:Low	903	904	905	84
BS2M044SJ40	BWR, STEP-II, 40%ボイド率, MOX Pu富化度4wt%, Pu組成:Standard	906	907	908	85
BS2M044HJ40	BWR, STEP-II, 40%ボイド率, MOX Pu富化度4wt%, Pu組成:High	909	910	911	86
BS2M047SJ40	BWR, STEP-II, 70%ボイド率, MOX Pu富化度4wt%, Pu組成:Standard	912	913	914	87
BS2M084SJ40	BWR, STEP-II, 40%ボイド率, MOX Pu富化度8wt%, Pu組成:Standard	915	916	917	88
BS2M134SJ40	BWR, STEP-II, 40%ボイド率, MOX Pu富化度13wt%, Pu組成:Standard	918	919	920	89
PWRM0113J40	PWR, 17×17, MOX Pu富化度 13wt%, Pu組成:Low	921	922	923	90
PWRM0205J40	PWR, 17×17, MOX Pu富化度 5wt%, Pu組成:Standard	924	925	926	91
PWRM0210J40	PWR, 17×17, MOX Pu富化度 10wt%, Pu組成:Standard	927	928	929	92
PWRM0213J40	PWR, 17×17, MOX Pu富化度 13wt%, Pu組成:Standard	930	931	932	93
PWRM0305J40	PWR, 17×17, MOX Pu富化度 13wt%, Pu組成:High	933	934	935	94

NLIB(5): 構造材及び放射化生成物  
 NLIB(6): アクチノイド  
 NLIB(7): 核分裂生成物  
 NLIB(12): アクチノイド(燃焼度依存断面積)

PWR 用  $UO_2$  燃料については、17×17 型燃料集合体を想定した U-235 濃縮度の異なる 3 種類のライブラリを用意した。燃料集合体内にウラン濃縮度の分布を持つ BWR 用  $UO_2$  燃料については、STEP-I、STEP-II、及び STEP-III 型燃料集合体を想定し、平均濃縮度がそれぞれ、3.0 wt%、3.9 wt%、及び 4.1 wt%に相当するライブラリを作成した。燃料の初期組成は ORIGEN2 で別途入力するため、計算対象とする燃料組成がライブラリ作成時の組成と全く同じ条件である必要はないが、ORIGEN2 の計算精度を上げるためには、計算対象とする燃料となるべく同じ条件で作成されたライブラリを使用することが重要である。

BWR の炉心平均ボイド率は約 40%であるが、軸方向のボイド率は、炉心入口から出口まで

に 0%から約 70%の範囲で大きく変わることから、BWR 用ライブラリに対しては、ボイド率が 0%、40%、70%の 3 点についてライブラリを作成した。

MOX 燃料用ライブラリについては、現状ではプルトニウム組成の範囲が必ずしも確定されているわけではないため、将来的に利用が考えられているプルトニウムの代表的な組成を中心として、プルトニウムの富化度やプルトニウム同位体比を前後に変更したケースについてもライブラリを作成した。表 3.1-1 に示した「Standard」は、標準的なプルトニウム同位体比を示している。また、「High」は比較的燃焼度が小さい軽水炉の取り出し  $UO_2$  燃料から得られる高品位プルトニウム組成を示す。また、「Low」は、逆に燃焼度が比較的大きい  $UO_2$  燃料から得られるプルトニウムの高次化が進んだ同位体比の燃料を示す。

これらのライブラリで想定している燃料モデルは、シグマ委員会（現 JENDL 委員会）の核種生成量評価ワーキンググループで議論され、ORLIBJ32 や ORLIBJ33 で採用されたものと同じである。具体的なライブラリ作成条件については、3.3 節に記述する。

### 3.2 ライブラリの作成方法

#### (1) 1 群断面積

ORIGEN2 で使用される 1 群断面積は、一般に(2-5)式により作成されるべきものである。同式で必要となる自己遮蔽が考慮された多群実効断面積と中性子スペクトルは、別コードにより用意する必要がある。JENDL-3.2 と JENDL-3.3 に基づく ORIGEN2 ライブラリである ORLIBJ32 と ORLIBJ33 は、共に SWAT コードによって 1 群断面積が作成された<sup>12),14),56)</sup>。SWAT による実効多群断面積と中性子スペクトルの計算は、SRAC の 107 群衝突確率法計算により行われた。ただし、SRAC の断面積ライブラリのエネルギー上限は 10MeV であるため、ORIGEN2 で必要とされる(n,2n)反応や(n,3n)反応などの高エネルギー核反応の 1 群断面積を精度よく作成することができない。また、SRAC は(n,p)反応や(n, $\alpha$ )反応といった荷電粒子放出反応の断面積データを有していない。このため、SWAT では、SRAC ライブラリに不足する多群断面積を、20MeV までの無限希釈断面積で補填するとともに、SRAC では計算できない 10MeV から 20MeV の中性子スペクトルを、典型的な核分裂スペクトルを高エネルギー側へ外挿することにより補完し、これらの断面積と中性子スペクトルを使用して ORIGEN2 用の 1 群断面積を使用していた。

ORLIBJ40 のライブラリ作成においては、SWAT ではなく、SRAC の機能を拡張した MOSRA-SRAC<sup>57)</sup>を使用した。MOSRA-SRAC は、SRAC に比べて以下の点が改良されている。

- 断面積ライブラリのエネルギー上限を 20MeV まで拡張した。
- 熱エネルギー領域の群構造を詳細化した。
- 従来の SRAC ライブラリでは扱わなかった、(n, $\gamma$ )<sup>†</sup>、(n,3n)、(n,p)、(n, $\alpha$ )反応断面積をライブラリに追加し、自己遮蔽を考慮した実効多群断面積を計算できるようにした。
- 熱エネルギー領域に共鳴が存在する核種の断面積を精度よく扱えるように、超詳細群スペクトル計算(PEACO)<sup>32),58)</sup>のエネルギー下限値を 0.414 eV まで拡張した。

<sup>†</sup> 従来のSRACでは、(n, $\gamma$ )反応断面積を、核種を限定して吸収断面積と核分裂断面積の差として近似していた。この近似法は、<sup>10</sup>Bや<sup>14</sup>Nなどのように熱エネルギー領域に有意な荷電粒子放出反応を有する場合には不適切である。

- 200 群衝突確率法により、ORIGEN2 で必要とされる $(n,\gamma)$ 、 $(n,f)$ 、 $(n,2n)$ 、 $(n,3n)$ 、 $(n,p)$ 、 $(n,\alpha)$ 反応断面積を 1 群に縮約して出力できるようにした。

これらの改良により、核種生成崩壊計算において断面積に感度がある重要な核種の 1 群実効断面積を MOSRA-SRAC により精度よく計算することが可能となった。ただし、MOSRA-SRAC で扱われないマイナーな核種や JENDL-4.0 に収納されていない核種の断面積については、別に作成する必要がある。

ORLIBJ40 の軽水炉用 1 群断面積の作成に使用した方法を図 3.2-1 に示す。ORLIBJ40 の断面積ライブラリにデータを収納した核種は、構造材及び放射化生成物(NLIB(5))に対し 394 核種、アクチノイド核種とその娘核種 (NLIB(6)) に対し 78 核種、三体核分裂生成核種を含む FP 核種 (NLIB(7)) に対し 1204 核種であり、重複を除くと計 1432 核種である。これらの核種に対する 1 群断面積データの作成法は核種によって異なり、以下に記述する 4 種類の方法(①、②-J または②-F、③、④)を採用した。

#### ① MOSRA-SRAC による実効 1 群断面積

MOSRA-SRAC と、これに付属する JENDL-4.0 に基づく断面積ライブラリ及び燃焼チェーンデータ ChainJ40<sup>59)</sup>を使用して、予め対象とする各燃料モデルに対する格子燃焼計算を実施し、得られた 1 群実効断面積を ORIGEN2 ライブラリのフォーマット (付録 A.2 参照) に変換した。ORIGEN2 の 1 群断面積ライブラリは、一部のアクチノイドを除いて燃焼度依存では扱えないため、MOSRA-SRAC による格子燃焼計算で、30GWd/t 時における断面積を ORLIBJ40 に収納した。この燃焼度点は、利用頻度が高いと考えられる 0~55GWd/t までの範囲で、MOSRA-SRAC が出力する核種インベントリの計算結果を ORIGEN2 ができるだけ再現するように試行錯誤で決めたものである。なお、Eu-156 については、照射後試験解析の結果に基づき、JENDL-4.0 の断面積評価は不適切と判断し、JENDL-3.3 の核データに基づき作成した (付録 A.3 参照)。

#### ②-J JENDL-4.0 に基づく無限希釈 1 群断面積

JENDL-4.0 に収納されている 406 核種のうち、①の方法で扱わなかった核種については、JENDL-4.0 の断面積データを NJOY99 コード<sup>60)</sup>で処理し、MOSRA-SRAC の 200 群構造(表 3.2-1 参照)に対応する無限希釈多群断面積を燃料平均温度に相当する 900K の温度条件で作成した。次に、MOSRA-SRAC で計算した典型的な軽水炉の中性子スペクトル (200 群) を使用して、無限希釈多群断面積を 1 群に縮約した。軽水炉燃料においては、①の方法で作成した核種以外の生成量は一般に極微量であるため、無限希釈近似は妥当と言える。

#### ②-F JEFF-3.0/A に基づく無限希釈 1 群断面積

JENDL-4.0 に収納されていない核種については、収納核種数が豊富な欧州の最新放射化断面積ライブラリである JEFF-3.0/A<sup>61)</sup>の断面積データを使用し、②-J と同様な方法で無限希釈 1 群断面積を作成した。

#### ③ ORIGEN2 オリジナルライブラリの 1 群断面積

JENDL-4.0 と JEFF-3.0/A の双方に核データ評価が存在しない核種については、ORLIBJ33 のデータをそのまま採用した。①、②-J、②-F の方法で断面積を更新した核種は、JENDL-3.3 (337 核種のデータを収納)に基づき作成された ORLIBJ33 で更新された核種を包含するため、

本手法に該当する断面積データは、ORIGEN2 のオリジナル断面積ライブラリである PWRU ライブラリと同じデータである。

#### ④ 断面積データ

核分裂収率データを有する核種で、上記の何れの方法でも断面積データが得られない核種については、核分裂収率データのみをライブラリに与え、核反応なしの扱いとした。

ORLIBJ40 の軽水炉ライブラリに収納される 1432 核種について、上記のどの断面積作成手法を採用したかを表 3.2-2 にまとめた。

### (2) 燃焼度依存のアクチノイド断面積 (Variable Actinoid Cross Section)

ORIGEN2 計算で外部ファイルとして与える 1 群断面積は、燃焼度に対する依存性は考慮されていない。軽水炉では、燃焼とともにプルトニウムが生成あるいは消滅し、中性子スペクトルが変化するため、1 群断面積も少なからず変化する。このため、ORIGEN2 では、特に重要なアクチノイド核種と反応に限定して、燃焼度依存の断面積テーブル (NLIB(12)) をコード内蔵値 (プログラムソース内のデータ文) として収納させ、燃焼度に対して内挿するようにしている。

ORLIBJ40 では、この燃焼度依存 1 群断面積を MOSRA-SRAC による格子燃焼計算 ((1)の手法①) で作成し、ORIGEN2 (ORIGEN2.2-UPJ) のプログラムソースのデータを修正している。

燃焼度依存断面積の対象とする核種と反応は、ORIGEN2 の制限 (固定配列) により 20 までに制限されており、ORLIBJ40 では表 3.2-3 に示す核種と反応を燃焼度依存として扱っている。これらの核種と反応の選択は、ORLIBJ32 や ORLIBJ33 と同じである。ORLIBJ40 でテーブル化した燃焼度の範囲は、表 3.2-4 に示すように 70GWd/t までである。現在の日本の再処理工場の受入れ上限燃焼度は、燃料集合体平均で 55GWd/t であり、そのペレット最高燃焼度はおよそ 70GWd/t と推定されるため、現在の軽水炉使用済み燃料のペレット最高燃焼度まで対応できる断面積テーブルとした。

### (3) 核異性体比

図 2-1 の燃焼チェーンに見られるように、Am-241 が中性子捕獲反応を起こすと、基底状態の Am-242g (半減期 16.02h) と励起状態の Am-242m (半減期 141y) が生成される。Am-242m は核異性体転移(IT)により Am-242g に変わるが、Am-242m の半減期が長いので、Am-241(n,γ) 反応の核異性体比<sup>†</sup> (娘核が基底状態となる確率) の値により、燃焼チェーンの下流にある Am-242m や Cm-242 などの生成量が変化する。

Am-241(n,γ) 反応に対する近年の核データ評価の例を図 3.2-2 に示す。核異性体比は、このように中性子の入射エネルギーに依存するが、エネルギー依存のデータとして評価されている核種はそれほど多くはない。同図に見られるように、Am-241(n,γ) 反応の核異性体比は、特に高エネルギー領域で核データ評価が異なっている。ORLIBJ33 では、照射後試験解析の結果から

<sup>†</sup> 本報告書では基底状態の娘核への分岐比と定義する(逆の定義をする文献もある)。



JENDL-3.3 のデータ採用を見送り、ENDF/B-VI のデータが採用された<sup>16)</sup>。その後、新しい核データ測定の結果に基づき、Am-241(n,γ)の核異性体比の見直しがなされ、JENDL-4.0 に反映された。新しいデータを用いた照射後試験解析<sup>42)</sup>においても、Am-241(n,γ)の核異性体比に感度がある核種生成量の妥当性が確認されたことから、ORLIBJ40 においても JENDL-4.0 の核異性体比を採用することとした。

新しい核異性体比を ORLIBJ40 の軽水炉用断面積ライブラリに組み込む手順を、Am-241(n,γ)反応を例に以下に示す。

- 典型的な軽水炉燃料体系に対し、MOSRA-SRAC による格子計算を行い、Am-241(n,γ)反応率のエネルギー分布を得る (図 3.2-3)。
- 得られた Am-241(n,γ)反応率を重みにして、入射エネルギー依存の核異性体比 (図 3.2-2) を平均し、1 群の核異性体比( $g_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242g}$ )を(3.2-1)式により得る。

$$\langle g_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242g} \rangle = \frac{\sum_{g=1}^{200} \left( g_{(n,\gamma),g}^{Am241 \rightarrow Am242g} \sigma_{(n,\gamma),g}^{Am241} \psi_g \right)}{\sum_{g=1}^{200} \sigma_{(n,\gamma),g}^{Am241} \psi_g} \quad (3.2-1)$$

- ORIGEN2 では、核異性体比をそのまま扱わず、娘核が励起状態となる親核の 1 群断面積( $\sigma_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242g}$ )と、励起状態となる 1 群断面積( $\sigma_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242m}$ )とにより扱われる。これらを MOSRA-SRAC で得られる 1 群断面積( $\sigma_{(n,\gamma)}^{Am241}$ )と(3.2-1)式で得られる 1 群核異性体比から以下の式で計算する。

$$\langle \sigma_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242g} \rangle = \langle \sigma_{(n,\gamma)}^{Am241} \rangle \times \langle g_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242g} \rangle \quad (3.2-2)$$

$$\langle \sigma_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242m} \rangle = \langle \sigma_{(n,\gamma)}^{Am241} \rangle \times \left\{ 1 - \langle g_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242g} \rangle \right\} \quad (3.2-3)$$

- $\langle \sigma_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242g} \rangle$ と $\langle \sigma_{(n,\gamma)}^{Am241 \rightarrow Am242m} \rangle$ を ORIGEN2 の断面積ライブラリ (外部ファイルで与える断面積データと燃焼度依存のアクチノイド断面積) を書き換える。

表 3.2-5 に ORLIBJ40 で改訂した 1 群核異性体比を示す。Am-241(n,γ)反応と Np-237(n,2n)反応については、JENDL-4.0 の核異性体比を採用し、JENDL-4.0 に評価がないその他の反応については JEFF-3.0/A の核異性体比を採用した。また、表 3.2-5 に記載がない核種で異性体への分岐をするものについては、ORLIBJ33 の 1 群核異性体比を保存するように、JENDL-4.0 で得られた断面積を使用して(3.2-2)式と(3.2-3)式で 1 群断面積を作成した。

#### (4) 核分裂収率データ

核分裂収率データは JENDL-4.0 のものを採用した。2010 年に JENDL-4.0 が公開された後、

Pu-241 の熱核分裂に対する収率データの一部に誤りがあることが判明し、2012年9月に修正ファイルが JENDL-4.0u<sup>62)</sup>として公開された。ORLIBJ40はこの修正ファイルを反映させている。

JENDL-4.0には、Th-227からFm-255までの31個の親核種について、0.0253eV、500keV、14MeVの各入射中性子エネルギーに対する核分裂収率データが収納されている。一方、ORIGEN2に与えることができるのは7種類までであり、従来の軽水炉用ライブラリと同様に、Th-232、U-233、U-235、U-238、Pu-239、Pu-241、Cm-245、Cf-249に対する核分裂収率データを JENDL-4.0から抽出して与えた。この際、Th-232とU-238については、入射エネルギーが500keVでのデータを、他の熱核分裂性核種については0.0253eVでのデータをそのまま与え、エネルギー内挿などの加工は行っていない。これは、現在の核分裂収率データは、必ずしもエネルギー内挿を意図して入射エネルギー値が与えられているわけではなく、熱中性子核分裂、高速核分裂、高エネルギー核分裂の区別を意図したものにすぎないためである。

#### (5) 崩壊ライブラリのデータ

ORIGEN2の崩壊ライブラリには、半減期、崩壊分岐比、回収可能な平均放出エネルギー、天然元素の同位体存在比、吸入及び経口摂取の濃度制限値といったデータが収納されている(付録A.2)。

半減期データについては、2008年10月版の核構造データファイル(ENSDF)<sup>63)</sup>のデータを採用した。ただし、難分析長半減期核種であるSe-79とSn-126については、図3.2-4と図3.2-5に示すように、この数十年の間に半減期の測定値が大きく変わっているため、Bienvenu等による近年の文献値の値を採用し、Se-79に対し $(3.77 \pm 0.19) \times 10^5$ 年<sup>44)</sup>、Sn-126に対し、 $(1.98 \pm 0.06) \times 10^5$ 年<sup>45)</sup>とした。これらの半減期データの改訂により、放射能測定によるSe-79とSn-126の照射後試験解析の結果が、従来の半減期データを使用した場合に比べて、大幅に改善することが判明している<sup>48)</sup>。

崩壊分岐比については、放射化生成核種とアクチノイド核種に対してはORLIBJ33のデータをそのまま採用し、核分裂生成核種に対しては、JENDL-4.0の核分裂収率データとの整合性がとれるように、JENDL FP Decay Data File 2000<sup>37)</sup>のデータを用いた。

天然元素の同位体存在比は、ORIGEN2の入力を天然元素組成で与えた場合に、同位体毎の組成に変換するのに使用される。天然元素の同位体存在比は、近年で大きく変わってはいないが、核図表2004<sup>64)</sup>のデータで統一した。

その他のデータは、ORLIBJ33の崩壊ライブラリの値をそのまま踏襲した。

#### (6) 光子ライブラリのデータ

光子ライブラリには、ガンマ線スペクトルに関するデータが収納されている。ORLIBJ40では、JENDL FP Decay Data File 2000に基づくデータ<sup>65)</sup>を採用した。光子ライブラリのデータは、基本的にはORLIBJ33と同じものであるが、制動放射を考慮した光子ライブラリにおいて、一部の核種に負値が与えられている不具合を修正した。

表 3.2-1 軽水炉の中性子スペクトル計算に使用したエネルギー群構造 (200 群)

g	Energy range (eV)		g	Energy range (eV)		g	Energy range (eV)		g	Energy range (eV)	
1	2.00000E+07	1.73325E+07	51	3.43067E+04	3.18278E+04	101	3.72665E+01	3.37202E+01	151	9.98097E-01	9.88166E-01
2	1.73325E+07	1.49182E+07	52	3.18278E+04	2.84982E+04	102	3.37202E+01	3.05113E+01	152	9.88166E-01	9.73454E-01
3	1.49182E+07	1.38403E+07	53	2.84982E+04	2.70001E+04	103	3.05113E+01	2.76077E+01	153	9.73454E-01	9.49420E-01
4	1.38403E+07	1.16183E+07	54	2.70001E+04	2.60584E+04	104	2.76077E+01	2.49805E+01	154	9.49420E-01	9.30620E-01
5	1.16183E+07	1.00000E+07	55	2.60584E+04	2.47875E+04	105	2.49805E+01	2.26033E+01	155	9.30620E-01	9.12192E-01
6	1.00000E+07	8.18731E+06	56	2.47875E+04	2.41755E+04	106	2.26033E+01	1.94548E+01	156	9.12192E-01	8.63377E-01
7	8.18731E+06	6.70320E+06	57	2.41755E+04	2.35786E+04	107	1.94548E+01	1.59283E+01	157	8.63377E-01	8.54786E-01
8	6.70320E+06	6.06531E+06	58	2.35786E+04	2.18749E+04	108	1.59283E+01	1.37096E+01	158	8.54786E-01	7.93022E-01
9	6.06531E+06	5.48812E+06	59	2.18749E+04	1.93045E+04	109	1.37096E+01	1.12245E+01	159	7.93022E-01	7.81215E-01
10	5.48812E+06	4.49329E+06	60	1.93045E+04	1.50344E+04	110	1.12245E+01	9.90555E+00	160	7.81215E-01	7.06873E-01
11	4.49329E+06	3.67879E+06	61	1.50344E+04	1.17088E+04	111	9.90555E+00	9.18981E+00	161	7.06873E-01	6.30083E-01
12	3.67879E+06	3.01194E+06	62	1.17088E+04	1.05946E+04	112	9.18981E+00	8.31529E+00	162	6.30083E-01	5.42317E-01
13	3.01194E+06	2.46597E+06	63	1.05946E+04	9.11882E+03	113	8.31529E+00	7.52398E+00	163	5.42317E-01	5.00622E-01
14	2.46597E+06	2.23130E+06	64	9.11882E+03	7.10174E+03	114	7.52398E+00	6.16012E+00	164	5.00622E-01	4.85826E-01
15	2.23130E+06	2.01896E+06	65	7.10174E+03	5.53084E+03	115	6.16012E+00	5.35535E+00	165	4.85826E-01	4.33049E-01
16	2.01896E+06	1.65299E+06	66	5.53084E+03	4.30743E+03	116	5.35535E+00	5.04348E+00	166	4.33049E-01	4.13994E-01
17	1.65299E+06	1.35335E+06	67	4.30743E+03	3.70744E+03	117	5.04348E+00	4.12925E+00	167	4.13994E-01	3.99755E-01
18	1.35335E+06	1.22456E+06	68	3.70744E+03	3.35463E+03	118	4.12925E+00	4.00721E+00	168	3.99755E-01	3.89885E-01
19	1.22456E+06	1.10803E+06	69	3.35463E+03	3.03539E+03	119	4.00721E+00	3.38074E+00	169	3.89885E-01	3.49272E-01
20	1.10803E+06	1.00259E+06	70	3.03539E+03	2.74654E+03	120	3.38074E+00	3.29727E+00	170	3.49272E-01	3.19211E-01
21	1.00259E+06	9.07180E+05	71	2.74654E+03	2.61259E+03	121	3.29727E+00	2.76792E+00	171	3.19211E-01	3.14458E-01
22	9.07180E+05	8.20850E+05	72	2.61259E+03	2.48517E+03	122	2.76792E+00	2.72671E+00	172	3.14458E-01	3.00621E-01
23	8.20850E+05	7.06512E+05	73	2.48517E+03	2.24867E+03	123	2.72671E+00	2.60673E+00	173	3.00621E-01	2.80297E-01
24	7.06512E+05	6.08101E+05	74	2.24867E+03	2.03468E+03	124	2.60673E+00	2.55511E+00	174	2.80297E-01	2.48601E-01
25	6.08101E+05	5.50232E+05	75	2.03468E+03	1.58461E+03	125	2.55511E+00	2.37049E+00	175	2.48601E-01	2.20490E-01
26	5.50232E+05	4.97871E+05	76	1.58461E+03	1.43382E+03	126	2.37049E+00	2.13421E+00	176	2.20490E-01	1.89777E-01
27	4.97871E+05	4.50492E+05	77	1.43382E+03	1.23410E+03	127	2.13421E+00	2.10243E+00	177	1.89777E-01	1.80522E-01
28	4.50492E+05	4.07622E+05	78	1.23410E+03	1.01039E+03	128	2.10243E+00	2.02000E+00	178	1.80522E-01	1.60108E-01
29	4.07622E+05	3.50844E+05	79	1.01039E+03	9.14242E+02	129	2.02000E+00	1.93111E+00	179	1.60108E-01	1.52300E-01
30	3.50844E+05	3.01974E+05	80	9.14242E+02	7.48518E+02	130	1.93111E+00	1.84614E+00	180	1.52300E-01	1.40000E-01
31	3.01974E+05	2.94518E+05	81	7.48518E+02	6.77287E+02	131	1.84614E+00	1.76490E+00	181	1.40000E-01	1.34000E-01
32	2.94518E+05	2.87246E+05	82	6.77287E+02	5.54516E+02	132	1.76490E+00	1.67883E+00	182	1.34000E-01	1.15000E-01
33	2.87246E+05	2.73237E+05	83	5.54516E+02	4.53999E+02	133	1.67883E+00	1.59695E+00	183	1.15000E-01	1.00001E-01
34	2.73237E+05	2.47235E+05	84	4.53999E+02	3.71703E+02	134	1.59695E+00	1.50395E+00	184	1.00001E-01	9.50000E-02
35	2.47235E+05	2.12797E+05	85	3.71703E+02	3.04325E+02	135	1.50395E+00	1.48156E+00	185	9.50000E-02	8.00000E-02
36	2.12797E+05	1.83156E+05	86	3.04325E+02	2.49160E+02	136	1.48156E+00	1.44498E+00	186	8.00000E-02	7.70000E-02
37	1.83156E+05	1.49956E+05	87	2.49160E+02	2.03995E+02	137	1.44498E+00	1.37451E+00	187	7.70000E-02	6.70000E-02
38	1.49956E+05	1.22773E+05	88	2.03995E+02	1.67017E+02	138	1.37451E+00	1.34057E+00	188	6.70000E-02	5.80000E-02
39	1.22773E+05	1.11090E+05	89	1.67017E+02	1.48873E+02	139	1.34057E+00	1.30095E+00	189	5.80000E-02	5.00000E-02
40	1.11090E+05	9.80365E+04	90	1.48873E+02	1.36742E+02	140	1.30095E+00	1.23750E+00	190	5.00000E-02	4.20000E-02
41	9.80365E+04	8.65170E+04	91	1.36742E+02	1.11955E+02	141	1.23750E+00	1.17128E+00	191	4.20000E-02	3.50000E-02
42	8.65170E+04	8.25035E+04	92	1.11955E+02	9.16609E+01	142	1.17128E+00	1.15384E+00	192	3.50000E-02	3.00000E-02
43	8.25035E+04	7.94987E+04	93	9.16609E+01	7.57998E+01	143	1.15384E+00	1.12535E+00	193	3.00000E-02	2.50000E-02
44	7.94987E+04	7.19981E+04	94	7.57998E+01	6.79040E+01	144	1.12535E+00	1.10860E+00	194	2.50000E-02	2.00000E-02
45	7.19981E+04	6.73795E+04	95	6.79040E+01	5.55951E+01	145	1.10860E+00	1.09757E+00	195	2.00000E-02	1.50000E-02
46	6.73795E+04	5.65622E+04	96	5.55951E+01	5.15780E+01	146	1.09757E+00	1.07047E+00	196	1.50000E-02	1.00000E-02
47	5.65622E+04	5.24752E+04	97	5.15780E+01	4.83321E+01	147	1.07047E+00	1.04404E+00	197	1.00000E-02	6.90000E-03
48	5.24752E+04	4.63092E+04	98	4.83321E+01	4.55174E+01	148	1.04404E+00	1.03365E+00	198	6.90000E-03	5.00000E-03
49	4.63092E+04	4.08677E+04	99	4.55174E+01	4.01690E+01	149	1.03365E+00	1.01826E+00	199	5.00000E-03	3.00000E-03
50	4.08677E+04	3.43067E+04	100	4.01690E+01	3.72665E+01	150	1.01826E+00	9.98097E-01	200	3.00000E-03	1.00001E-05

指数表示法：例えば  $2.0 \times 10^7$  は  $2.0E+07$  と表記

表 3.2-2 軽水炉用断面積の作成手法一覧 (1/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
H-1	10010	①	H-2	10020	①	H-3	10030	①	He-3	20030	①
He-4	20040	①	He-6	20060	④	He-8	20080	④	Li-6	30060	②-J
Li-7	30070	②-J	Li-9	30090	④	Be-9	40090	②-J	Be-10	40100	②-F
B-10	50100	②-J	B-11	50110	②-J	C-12	60120	②-F	C-13	60130	②-F
C-14	60140	②-F	N-14	70140	②-J	N-15	70150	②-J	O-16	80160	②-J
O-17	80170	②-F	O-18	80180	②-F	F-19	90190	②-J	Ne-20	100200	②-F
Ne-21	100210	②-F	Ne-22	100220	②-F	Na-22	110220	②-F	Na-23	110230	②-J
Mg-24	120240	②-J	Mg-25	120250	②-J	Mg-26	120260	②-J	Mg-27	120270	③
Al-27	130270	②-J	Si-28	140280	②-J	Si-29	140290	②-J	Si-30	140300	②-J
Si-31	140310	②-F	P-31	150310	②-J	S-32	160320	②-J	S-33	160330	②-J
S-34	160340	②-J	S-36	160360	②-J	Cl-35	170350	②-J	Cl-36	170360	②-F
Cl-37	170370	②-J	Ar-36	180360	②-F	Ar-38	180380	②-F	Ar-39	180390	②-F
Ar-40	180400	②-J	Ar-41	180410	②-F	K-39	190390	②-J	K-40	190400	②-J
K-41	190410	②-J	Ca-40	200400	②-J	Ca-42	200420	②-J	Ca-43	200430	②-J
Ca-44	200440	②-J	Ca-46	200460	②-J	Ca-48	200480	②-J	Sc-45	210450	②-J
Sc-46	210460	②-F	Ti-46	220460	②-J	Ti-47	220470	②-J	Ti-48	220480	②-J
Ti-49	220490	②-J	Ti-50	220500	②-J	V-50	230500	②-J	V-51	230510	②-J
V-66	230660	④	Cr-50	240500	②-J	Cr-51	240510	②-F	Cr-52	240520	②-J
Cr-53	240530	②-J	Cr-54	240540	②-J	Cr-66	240660	④	Cr-67	240670	④
Cr-68	240680	④	Cr-69	240690	④	Mn-54	250540	②-F	Mn-55	250550	②-J
Mn-66	250660	④	Mn-67	250670	④	Mn-68	250680	④	Mn-69	250690	④
Mn-70	250700	④	Mn-71	250710	④	Mn-72	250720	④	Mn-73	250730	④
Fe-54	260540	②-J	Fe-56	260560	②-J	Fe-57	260570	②-J	Fe-58	260580	②-J
Fe-66	260660	④	Fe-67	260670	④	Fe-68	260680	④	Fe-69	260690	④
Fe-70	260700	④	Fe-71	260710	④	Fe-72	260720	④	Fe-73	260730	④
Fe-74	260740	④	Fe-75	260750	④	Co-58	270580	②-F	Co-58m	270581	②-F
Co-59	270590	②-J	Co-60	270600	②-F	Co-60m	270601	③	Co-66	270660	④
Co-67	270670	④	Co-68	270680	④	Co-69	270690	④	Co-70	270700	④
Co-71	270710	④	Co-72	270720	③	Co-73	270730	③	Co-74	270740	③
Co-75	270750	③	Co-76	270760	④	Co-77	270770	④	Co-78	270780	④
Ni-58	280580	②-J	Ni-59	280590	②-J	Ni-60	280600	②-J	Ni-61	280610	②-J
Ni-62	280620	②-J	Ni-63	280630	②-F	Ni-64	280640	②-J	Ni-65	280650	③
Ni-66	280660	②-F	Ni-67	280670	④	Ni-68	280680	④	Ni-69	280690	④
Ni-70	280700	④	Ni-71	280710	④	Ni-72	280720	③	Ni-73	280730	③
Ni-74	280740	③	Ni-75	280750	③	Ni-76	280760	③	Ni-77	280770	③
Ni-78	280780	③	Ni-79	280790	④	Ni-80	280800	④	Ni-81	280810	④
Cu-63	290630	②-J	Cu-65	290650	②-J	Cu-66	290660	③	Cu-67	290670	②-F
Cu-68	290680	④	Cu-68m	290681	④	Cu-69	290690	④	Cu-70	290700	④
Cu-70m	290701	④	Cu-71	290710	④	Cu-72	290720	③	Cu-73	290730	③
Cu-74	290740	③	Cu-75	290750	③	Cu-76	290760	③	Cu-77	290770	③
Cu-78	290780	③	Cu-79	290790	③	Cu-80	290800	③	Cu-81	290810	③
Cu-82	290820	④	Cu-83	290830	④	Cu-84	290840	④	Zn-64	300640	②-J
Zn-66	300660	②-J	Zn-67	300670	②-J	Zn-68	300680	②-J	Zn-69	300690	②-F
Zn-69m	300691	④	Zn-70	300700	②-J	Zn-71	300710	④	Zn-71m	300711	④
Zn-72	300720	②-F	Zn-73	300730	③	Zn-74	300740	③	Zn-75	300750	③

NUCID: ORIGEN2 の核種識別番号(原子番号×10000+質量数×10+励起準位(0/1))

Method: 断面積作成法の識別記号(本文参照)

表 3.2-2 (続き) (2/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
Zn-76	300760	③	Zn-77	300770	③	Zn-78	300780	③	Zn-79	300790	③
Zn-80	300800	③	Zn-81	300810	③	Zn-82	300820	③	Zn-83	300830	③
Zn-84	300840	④	Zn-85	300850	④	Zn-86	300860	④	Ga-67	310670	②-F
Ga-68	310680	④	Ga-69	310690	②-J	Ga-70	310700	④	Ga-71	310710	②-J
Ga-72	310720	②-F	Ga-73	310730	③	Ga-74	310740	③	Ga-74m	310741	④
Ga-75	310750	③	Ga-76	310760	③	Ga-77	310770	③	Ga-78	310780	③
Ga-79	310790	③	Ga-80	310800	③	Ga-81	310810	③	Ga-82	310820	③
Ga-83	310830	③	Ga-84	310840	③	Ga-85	310850	④	Ga-86	310860	④
Ga-87	310870	④	Ga-88	310880	④	Ga-89	310890	④	Ge-69	320690	②-F
Ge-70	320700	②-J	Ge-71	320710	②-F	Ge-72	320720	②-J	Ge-73	320730	①
Ge-73m	320731	③	Ge-74	320740	①	Ge-75	320750	③	Ge-75m	320751	③
Ge-76	320760	①	Ge-77	320770	②-F	Ge-77m	320771	③	Ge-78	320780	③
Ge-79	320790	③	Ge-79m	320791	④	Ge-80	320800	③	Ge-81	320810	③
Ge-81m	320811	④	Ge-82	320820	③	Ge-83	320830	③	Ge-84	320840	③
Ge-85	320850	③	Ge-86	320860	③	Ge-87	320870	③	Ge-88	320880	③
Ge-89	320890	④	Ge-90	320900	④	Ge-91	320910	④	As-72	330720	②-F
As-73	330730	②-F	As-74	330740	②-F	As-75	330750	①	As-76	330760	②-F
As-77	330770	②-F	As-78	330780	③	As-79	330790	③	As-80	330800	③
As-81	330810	③	As-82	330820	③	As-82m	330821	③	As-83	330830	③
As-84	330840	③	As-84m	330841	④	As-85	330850	③	As-86	330860	③
As-87	330870	③	As-88	330880	③	As-89	330890	③	As-90	330900	④
As-91	330910	④	As-92	330920	④	As-93	330930	④	As-94	330940	④
Se-74	340740	②-J	Se-75	340750	②-F	Se-76	340760	①	Se-77	340770	①
Se-77m	340771	③	Se-78	340780	①	Se-79	340790	①	Se-79m	340791	③
Se-80	340800	①	Se-81	340810	③	Se-81m	340811	③	Se-82	340820	①
Se-83	340830	③	Se-83m	340831	③	Se-84	340840	③	Se-85	340850	③
Se-86	340860	③	Se-87	340870	③	Se-88	340880	③	Se-89	340890	③
Se-90	340900	③	Se-91	340910	③	Se-92	340920	③	Se-93	340930	④
Se-94	340940	④	Se-95	340950	④	Se-96	340960	④	Br-77	350770	②-F
Br-77m	350771	④	Br-78	350780	④	Br-79	350790	②-J	Br-79m	350791	③
Br-80	350800	③	Br-80m	350801	③	Br-81	350810	①	Br-82	350820	②-F
Br-82m	350821	③	Br-83	350830	③	Br-84	350840	③	Br-84m	350841	③
Br-85	350850	③	Br-86	350860	③	Br-87	350870	③	Br-88	350880	③
Br-89	350890	③	Br-90	350900	③	Br-91	350910	③	Br-92	350920	③
Br-93	350930	③	Br-94	350940	③	Br-95	350950	③	Br-96	350960	③
Br-97	350970	④	Br-98	350980	④	Br-99	350990	④	Br-100	351000	④
Kr-78	360780	②-J	Kr-79	360790	②-F	Kr-79m	360791	④	Kr-80	360800	②-J
Kr-81	360810	②-F	Kr-81m	360811	③	Kr-82	360820	①	Kr-83	360830	①
Kr-83m	360831	③	Kr-84	360840	①	Kr-85	360850	①	Kr-85m	360851	③
Kr-86	360860	①	Kr-87	360870	③	Kr-88	360880	③	Kr-89	360890	③
Kr-90	360900	③	Kr-91	360910	③	Kr-92	360920	③	Kr-93	360930	③
Kr-94	360940	③	Kr-95	360950	③	Kr-96	360960	③	Kr-97	360970	③
Kr-98	360980	③	Kr-99	360990	④	Kr-100	361000	④	Kr-101	361010	④
Kr-102	361020	④	Rb-81	370810	④	Rb-81m	370811	④	Rb-82	370820	④
Rb-82m	370821	④	Rb-83	370830	②-F	Rb-84	370840	②-F	Rb-84m	370841	④

表 3.2-2 (続き) (3/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
Rb-85	370850	①	Rb-86	370860	①	Rb-86m	370861	③	Rb-87	370870	①
Rb-88	370880	③	Rb-89	370890	③	Rb-90	370900	③	Rb-90m	370901	③
Rb-91	370910	③	Rb-92	370920	③	Rb-93	370930	③	Rb-94	370940	③
Rb-95	370950	③	Rb-96	370960	③	Rb-97	370970	③	Rb-98	370980	③
Rb-99	370990	③	Rb-100	371000	③	Rb-101	371010	④	Rb-102	371020	④
Rb-103	371030	④	Rb-104	371040	④	Rb-105	371050	④	Sr-83	380830	②-F
Sr-84	380840	②-J	Sr-85	380850	②-F	Sr-85m	380851	④	Sr-86	380860	①
Sr-87	380870	①	Sr-87m	380871	③	Sr-88	380880	①	Sr-89	380890	①
Sr-90	380900	①	Sr-91	380910	③	Sr-92	380920	③	Sr-93	380930	③
Sr-94	380940	③	Sr-95	380950	③	Sr-96	380960	③	Sr-97	380970	③
Sr-98	380980	③	Sr-99	380990	③	Sr-100	381000	③	Sr-101	381010	③
Sr-102	381020	③	Sr-103	381030	③	Sr-104	381040	③	Sr-105	381050	④
Sr-106	381060	④	Sr-107	381070	④	Y-86	390860	②-F	Y-86m	390861	④
Y-87	390870	②-F	Y-87m	390871	②-F	Y-88	390880	②-F	Y-89	390890	①
Y-89m	390891	③	Y-90	390900	①	Y-90m	390901	③	Y-91	390910	①
Y-91m	390911	③	Y-92	390920	③	Y-93	390930	③	Y-93m	390931	④
Y-94	390940	③	Y-95	390950	③	Y-96	390960	③	Y-96m	390961	④
Y-97	390970	③	Y-97m	390971	④	Y-98	390980	③	Y-98m	390981	④
Y-99	390990	③	Y-100	391000	③	Y-100m	391001	④	Y-101	391010	③
Y-102	391020	③	Y-103	391030	③	Y-104	391040	③	Y-105	391050	③
Y-106	391060	④	Y-107	391070	③	Y-108	391080	④	Y-109	391090	④
Zr-88	400880	②-F	Zr-89	400890	②-F	Zr-89m	400891	④	Zr-90	400900	①
Zr-90m	400901	③	Zr-91	400910	①	Zr-92	400920	①	Zr-93	400930	①
Zr-94	400940	①	Zr-95	400950	①	Zr-96	400960	①	Zr-97	400970	②-F
Zr-98	400980	③	Zr-99	400990	③	Zr-100	401000	③	Zr-101	401010	③
Zr-102	401020	③	Zr-103	401030	③	Zr-104	401040	③	Zr-105	401050	③
Zr-106	401060	③	Zr-107	401070	③	Zr-108	401080	③	Zr-109	401090	③
Zr-110	401100	④	Zr-111	401110	④	Zr-112	401120	④	Nb-90	410900	②-F
Nb-91	410910	②-F	Nb-92	410920	②-F	Nb-92m	410921	②-F	Nb-93	410930	①
Nb-93m	410931	①	Nb-94	410940	①	Nb-94m	410941	③	Nb-95	410950	①
Nb-95m	410951	②-F	Nb-96	410960	②-F	Nb-97	410970	③	Nb-97m	410971	③
Nb-98	410980	③	Nb-98m	410981	③	Nb-99	410990	③	Nb-99m	410991	③
Nb-100	411000	③	Nb-100m	411001	③	Nb-101	411010	③	Nb-102	411020	③
Nb-102m	411021	④	Nb-103	411030	③	Nb-104	411040	③	Nb-104m	411041	④
Nb-105	411050	③	Nb-106	411060	③	Nb-107	411070	③	Nb-108	411080	③
Nb-109	411090	③	Nb-110	411100	③	Nb-111	411110	③	Nb-112	411120	④
Nb-113	411130	④	Nb-114	411140	④	Nb-115	411150	④	Mo-92	420920	①
Mo-93	420930	②-F	Mo-93m	420931	④	Mo-94	420940	①	Mo-95	420950	①
Mo-96	420960	①	Mo-97	420970	①	Mo-98	420980	①	Mo-99	420990	①
Mo-100	421000	①	Mo-101	421010	③	Mo-102	421020	③	Mo-103	421030	③
Mo-104	421040	③	Mo-105	421050	③	Mo-106	421060	③	Mo-107	421070	③
Mo-108	421080	③	Mo-109	421090	③	Mo-110	421100	③	Mo-111	421110	③
Mo-112	421120	③	Mo-113	421130	③	Mo-114	421140	③	Mo-115	421150	③
Mo-116	421160	④	Mo-117	421170	④	Tc-95	430950	②-F	Tc-95m	430951	②-F
Tc-97	430970	②-F	Tc-97m	430971	②-F	Tc-98	430980	②-F	Tc-99	430990	①

表 3.2-2 (続き) (4/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
Tc-99m	430991	③	Tc-100	431000	③	Tc-101	431010	③	Tc-102	431020	③
Tc-102m	431021	③	Tc-103	431030	③	Tc-104	431040	③	Tc-105	431050	③
Tc-106	431060	③	Tc-107	431070	③	Tc-108	431080	③	Tc-109	431090	③
Tc-110	431100	③	Tc-111	431110	③	Tc-112	431120	③	Tc-113	431130	③
Tc-114	431140	③	Tc-115	431150	③	Tc-116	431160	③	Tc-117	431170	③
Tc-118	431180	④	Tc-119	431190	④	Tc-120	431200	④	Ru-96	440960	②-J
Ru-98	440980	②-J	Ru-99	440990	②-J	Ru-100	441000	①	Ru-101	441010	①
Ru-102	441020	①	Ru-103	441030	①	Ru-104	441040	①	Ru-105	441050	①
Ru-106	441060	①	Ru-107	441070	③	Ru-108	441080	③	Ru-109	441090	③
Ru-109m	441091	④	Ru-110	441100	③	Ru-111	441110	③	Ru-112	441120	③
Ru-113	441130	③	Ru-114	441140	③	Ru-115	441150	③	Ru-116	441160	③
Ru-117	441170	③	Ru-118	441180	③	Ru-119	441190	④	Ru-120	441200	③
Ru-121	441210	④	Ru-122	441220	④	Ru-123	441230	④	Rh-101	451010	②-F
Rh-101m	451011	②-F	Rh-102	451020	②-F	Rh-102m	451021	②-F	Rh-103	451030	①
Rh-103m	451031	③	Rh-104	451040	③	Rh-104m	451041	③	Rh-105	451050	①
Rh-105m	451051	③	Rh-106	451060	①	Rh-106m	451061	③	Rh-107	451070	③
Rh-108	451080	③	Rh-108m	451081	③	Rh-109	451090	③	Rh-110	451100	③
Rh-110m	451101	③	Rh-111	451110	③	Rh-112	451120	③	Rh-113	451130	③
Rh-114	451140	③	Rh-115	451150	③	Rh-116	451160	③	Rh-117	451170	③
Rh-118	451180	③	Rh-119	451190	③	Rh-120	451200	③	Rh-121	451210	③
Rh-122	451220	③	Rh-123	451230	③	Rh-124	451240	④	Rh-125	451250	④
Pd-102	461020	②-J	Pd-103	461030	②-F	Pd-104	461040	①	Pd-105	461050	①
Pd-106	461060	①	Pd-107	461070	①	Pd-107m	461071	③	Pd-108	461080	①
Pd-109	461090	②-F	Pd-109m	461091	③	Pd-110	461100	①	Pd-111	461110	③
Pd-111m	461111	③	Pd-112	461120	②-F	Pd-113	461130	③	Pd-114	461140	③
Pd-115	461150	③	Pd-116	461160	③	Pd-117	461170	③	Pd-118	461180	③
Pd-119	461190	③	Pd-120	461200	③	Pd-121	461210	③	Pd-122	461220	③
Pd-123	461230	③	Pd-124	461240	③	Pd-125	461250	④	Pd-126	461260	③
Pd-127	461270	④	Pd-128	461280	④	Pd-129	461290	④	Pd-130	461300	④
Pd-131	461310	④	Ag-105	471050	②-F	Ag-105m	471051	④	Ag-106	471060	②-F
Ag-106m	471061	④	Ag-107	471070	①	Ag-107m	471071	④	Ag-108	471080	②-F
Ag-108m	471081	③	Ag-109	471090	①	Ag-109m	471091	③	Ag-110	471100	②-F
Ag-110m	471101	①	Ag-111	471110	②-J	Ag-111m	471111	③	Ag-112	471120	③
Ag-113	471130	③	Ag-113m	471131	③	Ag-114	471140	③	Ag-115	471150	③
Ag-115m	471151	③	Ag-116	471160	③	Ag-116m	471161	③	Ag-117	471170	③
Ag-117m	471171	③	Ag-118	471180	③	Ag-118m	471181	③	Ag-119	471190	③
Ag-120	471200	③	Ag-120m	471201	④	Ag-121	471210	③	Ag-122	471220	③
Ag-123	471230	③	Ag-124	471240	③	Ag-125	471250	③	Ag-126	471260	③
Ag-127	471270	④	Ag-128	471280	③	Ag-129	471290	④	Ag-130	471300	④
Ag-131	471310	④	Ag-132	471320	④	Ag-133	471330	④	Cd-106	481060	②-J
Cd-108	481080	②-J	Cd-109	481090	②-F	Cd-110	481100	①	Cd-111	481110	①
Cd-111m	481111	③	Cd-112	481120	①	Cd-113	481130	①	Cd-113m	481131	①
Cd-114	481140	①	Cd-115	481150	②-F	Cd-115m	481151	②-F	Cd-116	481160	①
Cd-117	481170	③	Cd-117m	481171	③	Cd-118	481180	③	Cd-119	481190	③
Cd-119m	481191	③	Cd-120	481200	③	Cd-121	481210	③	Cd-121m	481211	④

表 3.2-2 (続き) (5/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
Cd-122	481220	③	Cd-123	481230	③	Cd-124	481240	③	Cd-125	481250	③
Cd-126	481260	③	Cd-127	481270	③	Cd-128	481280	③	Cd-129	481290	③
Cd-130	481300	③	Cd-131	481310	③	Cd-132	481320	③	Cd-133	481330	④
Cd-134	481340	④	Cd-135	481350	④	Cd-136	481360	④	In-111	491110	②-F
In-112	491120	④	In-112m	491121	④	In-113	491130	①	In-113m	491131	③
In-114	491140	②-F	In-114m	491141	③	In-115	491150	①	In-115m	491151	③
In-116	491160	③	In-116m	491161	③	In-117	491170	③	In-117m	491171	③
In-118	491180	③	In-118m	491181	③	In-119	491190	③	In-119m	491191	③
In-120	491200	③	In-120m	491201	③	In-121	491210	③	In-121m	491211	③
In-122	491220	③	In-122m	491221	③	In-123	491230	③	In-123m	491231	③
In-124	491240	③	In-124m	491241	④	In-125	491250	③	In-125m	491251	③
In-126	491260	③	In-126m	491261	④	In-127	491270	③	In-127m	491271	③
In-128	491280	③	In-128m	491281	④	In-129	491290	③	In-129m	491291	④
In-130	491300	③	In-131	491310	③	In-131m	491311	④	In-132	491320	③
In-133	491330	③	In-134	491340	③	In-135	491350	④	In-136	491360	④
In-137	491370	④	In-138	491380	④	Sn-112	501120	②-J	Sn-113	501130	②-F
Sn-113m	501131	④	Sn-114	501140	②-J	Sn-115	501150	②-J	Sn-116	501160	①
Sn-117	501170	①	Sn-117m	501171	②-F	Sn-118	501180	①	Sn-119	501190	①
Sn-119m	501191	①	Sn-120	501200	①	Sn-121	501210	①	Sn-121m	501211	①
Sn-122	501220	①	Sn-123	501230	①	Sn-123m	501231	③	Sn-124	501240	①
Sn-125	501250	②-F	Sn-125m	501251	③	Sn-126	501260	①	Sn-127	501270	③
Sn-127m	501271	③	Sn-128	501280	③	Sn-129	501290	③	Sn-129m	501291	③
Sn-130	501300	③	Sn-130m	501301	④	Sn-131	501310	③	Sn-131m	501311	④
Sn-132	501320	③	Sn-133	501330	③	Sn-134	501340	③	Sn-135	501350	③
Sn-136	501360	③	Sn-137	501370	④	Sn-138	501380	④	Sn-139	501390	④
Sn-140	501400	④	Sb-117	511170	④	Sb-118	511180	④	Sb-118m	511181	④
Sb-119	511190	②-F	Sb-120	511200	②-F	Sb-120m	511201	④	Sb-121	511210	①
Sb-122	511220	②-F	Sb-122m	511221	③	Sb-123	511230	①	Sb-124	511240	①
Sb-124m	511241	③	Sb-125	511250	①	Sb-126	511260	①	Sb-126m	511261	①
Sb-127	511270	②-F	Sb-128	511280	③	Sb-128m	511281	③	Sb-129	511290	③
Sb-129m	511291	④	Sb-130	511300	③	Sb-130m	511301	③	Sb-131	511310	③
Sb-132	511320	③	Sb-132m	511321	③	Sb-133	511330	③	Sb-134	511340	③
Sb-134m	511341	③	Sb-135	511350	③	Sb-136	511360	③	Sb-137	511370	③
Sb-138	511380	③	Sb-139	511390	③	Sb-140	511400	④	Sb-141	511410	④
Sb-142	511420	④	Sb-143	511430	④	Te-120	521200	②-J	Te-121	521210	②-F
Te-121m	521211	②-F	Te-122	521220	①	Te-123	521230	①	Te-123m	521231	①
Te-124	521240	①	Te-125	521250	①	Te-125m	521251	①	Te-126	521260	①
Te-127	521270	②-F	Te-127m	521271	①	Te-128	521280	①	Te-129	521290	②-F
Te-129m	521291	①	Te-130	521300	①	Te-131	521310	②-F	Te-131m	521311	③
Te-132	521320	①	Te-133	521330	③	Te-133m	521331	③	Te-134	521340	③
Te-135	521350	③	Te-136	521360	③	Te-137	521370	③	Te-138	521380	③
Te-139	521390	③	Te-140	521400	③	Te-141	521410	③	Te-142	521420	③
Te-143	521430	④	Te-144	521440	④	Te-145	521450	④	I-123	531230	②-F
I-124	531240	②-F	I-125	531250	②-F	I-126	531260	②-F	I-127	531270	①
I-128	531280	②-F	I-129	531290	①	I-130	531300	①	I-130m	531301	③



表 3.2-2 (続き) (6/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
I-131	531310	①	I-132	531320	③	I-132m	531321	④	I-133	531330	②-F
I-133m	531331	③	I-134	531340	③	I-134m	531341	③	I-135	531350	①
I-136	531360	③	I-136m	531361	③	I-137	531370	③	I-138	531380	③
I-139	531390	③	I-140	531400	③	I-141	531410	③	I-142	531420	③
I-143	531430	③	I-144	531440	③	I-145	531450	④	I-146	531460	④
I-147	531470	④	I-148	531480	④	Xe-124	541240	②-J	Xe-125	541250	②-F
Xe-126	541260	①	Xe-127	541270	②-F	Xe-127m	541271	④	Xe-128	541280	①
Xe-129	541290	①	Xe-129m	541291	②-F	Xe-130	541300	①	Xe-131	541310	①
Xe-131m	541311	②-F	Xe-132	541320	①	Xe-133	541330	①	Xe-133m	541331	②-F
Xe-134	541340	①	Xe-134m	541341	③	Xe-135	541350	①	Xe-135m	541351	③
Xe-136	541360	①	Xe-137	541370	③	Xe-138	541380	③	Xe-139	541390	③
Xe-140	541400	③	Xe-141	541410	③	Xe-142	541420	③	Xe-143	541430	③
Xe-143m	541431	④	Xe-144	541440	③	Xe-145	541450	③	Xe-146	541460	③
Xe-147	541470	③	Xe-148	541480	④	Xe-149	541490	④	Xe-150	541500	④
Cs-129	551290	②-F	Cs-130	551300	④	Cs-131	551310	②-F	Cs-132	551320	②-F
Cs-133	551330	①	Cs-134	551340	①	Cs-134m	551341	③	Cs-135	551350	①
Cs-135m	551351	③	Cs-136	551360	①	Cs-136m	551361	④	Cs-137	551370	①
Cs-138	551380	③	Cs-138m	551381	③	Cs-139	551390	③	Cs-140	551400	③
Cs-141	551410	③	Cs-142	551420	③	Cs-143	551430	③	Cs-144	551440	③
Cs-145	551450	③	Cs-146	551460	③	Cs-147	551470	③	Cs-148	551480	③
Cs-149	551490	④	Cs-150	551500	③	Cs-151	551510	④	Cs-152	551520	④
Ba-130	561300	②-J	Ba-131	561310	②-F	Ba-132	561320	②-J	Ba-133	561330	②-F
Ba-133m	561331	②-F	Ba-134	561340	①	Ba-135	561350	①	Ba-135m	561351	②-F
Ba-136	561360	①	Ba-136m	561361	④	Ba-137	561370	①	Ba-137m	561371	①
Ba-138	561380	①	Ba-139	561390	②-F	Ba-140	561400	①	Ba-141	561410	③
Ba-142	561420	③	Ba-143	561430	③	Ba-144	561440	③	Ba-145	561450	③
Ba-146	561460	③	Ba-147	561470	③	Ba-148	561480	③	Ba-149	561490	③
Ba-150	561500	③	Ba-151	561510	④	Ba-152	561520	③	Ba-153	561530	④
Ba-154	561540	④	La-133	571330	④	La-135	571350	②-F	La-136	571360	④
La-137	571370	②-F	La-138	571380	②-J	La-139	571390	①	La-140	571400	①
La-141	571410	②-F	La-142	571420	③	La-143	571430	③	La-144	571440	③
La-145	571450	③	La-146	571460	③	La-146m	571461	④	La-147	571470	③
La-148	571480	③	La-149	571490	③	La-150	571500	③	La-151	571510	③
La-152	571520	③	La-153	571530	③	La-154	571540	③	La-155	571550	④
La-156	571560	④	La-157	571570	④	Ce-135	581350	②-F	Ce-136	581360	②-F
Ce-137	581370	②-F	Ce-137m	581371	④	Ce-138	581380	②-F	Ce-139	581390	②-F
Ce-139m	581391	④	Ce-140	581400	①	Ce-141	581410	①	Ce-142	581420	①
Ce-143	581430	①	Ce-144	581440	①	Ce-145	581450	③	Ce-146	581460	③
Ce-147	581470	③	Ce-148	581480	③	Ce-149	581490	③	Ce-150	581500	③
Ce-151	581510	③	Ce-152	581520	③	Ce-153	581530	③	Ce-154	581540	③
Ce-155	581550	③	Ce-156	581560	③	Ce-157	581570	③	Ce-158	581580	④
Ce-159	581590	④	Ce-160	581600	④	Pr-139	591390	④	Pr-140	591400	④
Pr-141	591410	①	Pr-142	591420	②-F	Pr-142m	591421	③	Pr-143	591430	①
Pr-144	591440	①	Pr-144m	591441	③	Pr-145	591450	③	Pr-146	591460	③
Pr-147	591470	③	Pr-148	591480	③	Pr-148m	591481	④	Pr-149	591490	③

表 3.2-2 (続き) (7/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
Pr-150	591500	③	Pr-151	591510	③	Pr-152	591520	③	Pr-153	591530	③
Pr-154	591540	③	Pr-155	591550	③	Pr-156	591560	③	Pr-157	591570	③
Pr-158	591580	③	Pr-159	591590	③	Pr-160	591600	④	Pr-161	591610	④
Pr-162	591620	④	Nd-141	601410	②-F	Nd-142	601420	①	Nd-143	601430	①
Nd-144	601440	①	Nd-145	601450	①	Nd-146	601460	①	Nd-147	601470	①
Nd-148	601480	①	Nd-149	601490	②-F	Nd-150	601500	①	Nd-151	601510	③
Nd-152	601520	③	Nd-153	601530	③	Nd-154	601540	③	Nd-155	601550	③
Nd-156	601560	③	Nd-157	601570	③	Nd-158	601580	③	Nd-159	601590	③
Nd-160	601600	③	Nd-161	601610	③	Nd-162	601620	④	Nd-163	601630	④
Nd-164	601640	④	Pm-144	611440	②-F	Pm-145	611450	②-F	Pm-146	611460	②-F
Pm-147	611470	①	Pm-148	611480	①	Pm-148m	611481	①	Pm-149	611490	①
Pm-150	611500	②-F	Pm-151	611510	①	Pm-152	611520	③	Pm-152m	611521	③
Pm-153	611530	③	Pm-154	611540	③	Pm-154m	611541	③	Pm-155	611550	③
Pm-156	611560	③	Pm-157	611570	③	Pm-158	611580	③	Pm-159	611590	③
Pm-160	611600	③	Pm-161	611610	③	Pm-162	611620	③	Pm-163	611630	④
Pm-164	611640	④	Pm-165	611650	④	Pm-166	611660	④	Sm-144	621440	②-J
Sm-145	621450	②-F	Sm-146	621460	②-F	Sm-147	621470	①	Sm-148	621480	①
Sm-149	621490	①	Sm-150	621500	①	Sm-151	621510	①	Sm-152	621520	①
Sm-153	621530	①	Sm-154	621540	①	Sm-155	621550	③	Sm-156	621560	③
Sm-157	621570	③	Sm-158	621580	③	Sm-159	621590	③	Sm-160	621600	③
Sm-161	621610	③	Sm-162	621620	③	Sm-163	621630	③	Sm-164	621640	③
Sm-165	621650	③	Sm-166	621660	④	Sm-167	621670	④	Sm-168	621680	④
Eu-149	631490	②-F	Eu-150	631500	②-F	Eu-150m	631501	②-F	Eu-151	631510	①
Eu-152	631520	①	Eu-152m	631521	②-F	Eu-153	631530	①	Eu-154	631540	①
Eu-154m	631541	④	Eu-155	631550	①	Eu-156	631560	①	Eu-157	631570	①
Eu-158	631580	③	Eu-159	631590	③	Eu-160	631600	③	Eu-161	631610	③
Eu-162	631620	③	Eu-163	631630	③	Eu-164	631640	③	Eu-165	631650	③
Eu-166	631660	④	Eu-167	631670	④	Eu-168	631680	④	Eu-169	631690	④
Eu-170	631700	④	Gd-151	641510	②-F	Gd-152	641520	①	Gd-153	641530	②-J
Gd-154	641540	①	Gd-155	641550	①	Gd-156	641560	①	Gd-157	641570	①
Gd-158	641580	①	Gd-159	641590	②-F	Gd-160	641600	①	Gd-161	641610	③
Gd-162	641620	③	Gd-163	641630	③	Gd-164	641640	③	Gd-165	641650	③
Gd-166	641660	④	Gd-167	641670	④	Gd-168	641680	④	Gd-169	641690	④
Gd-170	641700	④	Gd-171	641710	④	Gd-172	641720	④	Tb-155	651550	②-F
Tb-156	651560	②-F	Tb-156m	651561	②-F	Tb-157	651570	②-F	Tb-158	651580	②-F
Tb-158m	651581	④	Tb-159	651590	①	Tb-160	651600	①	Tb-161	651610	②-F
Tb-162	651620	③	Tb-163	651630	③	Tb-164	651640	③	Tb-165	651650	③
Tb-166	651660	④	Tb-167	651670	④	Tb-168	651680	④	Tb-169	651690	④
Tb-170	651700	④	Tb-171	651710	④	Tb-172	651720	④	Dy-156	661560	②-J
Dy-157	661570	②-F	Dy-158	661580	②-J	Dy-159	661590	②-J	Dy-160	661600	①
Dy-161	661610	①	Dy-162	661620	①	Dy-163	661630	①	Dy-164	661640	①
Dy-165	661650	②-F	Dy-165m	661651	③	Dy-166	661660	②-F	Dy-167	661670	④
Dy-168	661680	④	Dy-169	661690	④	Dy-170	661700	④	Dy-171	661710	④
Dy-172	661720	④	Ho-160	671600	④	Ho-160m	671601	④	Ho-161	671610	④
Ho-161m	671611	④	Ho-162	671620	④	Ho-162m	671621	④	Ho-163	671630	①

表 3.2-2 (続き) (8/8)

Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method	Nuclide	NUCID	Method
Ho-163m	671631	④	Ho-164	671640	②-F	Ho-164m	671641	②-F	Ho-165	671650	①
Ho-166	671660	②-F	Ho-166m	671661	①	Ho-167	671670	④	Ho-168	671680	④
Ho-169	671690	④	Ho-170	671700	④	Ho-170m	671701	④	Ho-171	671710	④
Ho-172	671720	④	Er-162	681620	①	Er-163	681630	④	Er-164	681640	①
Er-165	681650	②-F	Er-166	681660	①	Er-167	681670	①	Er-167m	681671	③
Er-168	681680	①	Er-169	681690	②-F	Er-170	681700	①	Er-171	681710	②-F
Er-172	681720	②-F	Tm-166	691660	②-F	Tm-167	691670	②-F	Tm-168	691680	②-F
Tm-169	691690	②-J	Tm-170	691700	②-F	Tm-171	691710	②-F	Tm-172	691720	②-F
Yb-168	701680	②-J	Yb-169	701690	②-F	Yb-170	701700	②-J	Yb-171	701710	②-J
Yb-172	701720	②-J	Yb-173	701730	②-J	Yb-174	701740	②-J	Yb-176	701760	②-J
Lu-172	711720	②-F	Lu-172m	711721	④	Lu-175	711750	②-F	Lu-176	711760	②-F
Hf-174	721740	②-J	Hf-176	721760	②-J	Hf-177	721770	②-J	Hf-178	721780	②-J
Hf-179	721790	②-J	Hf-180	721800	②-J	Hf-181	721810	②-J	Ta-180	731800	②-F
Ta-181	731810	②-J	Ta-182	731820	②-F	W-180	741800	②-J	W-182	741820	②-J
W-183	741830	②-J	W-184	741840	②-J	W-186	741860	②-J	W-187	741870	②-F
Re-185	751850	②-F	Re-187	751870	②-F	Re-188	751880	②-F	Os-184	761840	②-J
Os-186	761860	②-J	Os-187	761870	②-J	Os-188	761880	②-J	Os-189	761890	②-J
Os-190	761900	②-J	Os-192	761920	②-J	Os-193	761930	②-F	Ir-191	771910	②-F
Ir-192	771920	②-F	Ir-193	771930	②-F	Pt-190	781900	②-F	Pt-192	781920	②-F
Pt-194	781940	②-F	Pt-195	781950	②-F	Pt-196	781960	②-F	Pt-198	781980	②-F
Au-197	791970	②-J	Au-198	791980	②-F	Au-199	791990	②-F	Hg-196	801960	②-J
Hg-198	801980	②-J	Hg-199	801990	②-J	Hg-200	802000	②-J	Hg-201	802010	②-J
Hg-202	802020	②-J	Hg-204	802040	②-J	Tl-203	812030	②-F	Tl-204	812040	②-F
Tl-205	812050	②-F	Pb-204	822040	②-J	Pb-206	822060	②-J	Pb-207	822070	②-J
Pb-208	822080	②-J	Pb-210	822100	②-F	Bi-209	832090	②-J	Bi-210	832100	②-F
Po-210	842100	②-F	Rn-220	862200	③	Rn-222	862220	②-F	Ra-223	882230	②-J
Ra-224	882240	②-J	Ra-226	882260	②-J	Ra-228	882280	②-F	Ac-227	892270	②-J
Th-227	902270	②-J	Th-228	902280	②-J	Th-229	902290	②-J	Th-230	902300	②-J
Th-232	902320	①	Th-233	902330	②-J	Th-234	902340	②-J	Pa-231	912310	①
Pa-232	912320	②-J	Pa-233	912330	①	Pa-234	912340	③	Pa-234m	912341	③
U-230	922300	②-J	U-231	922310	②-J	U-232	922320	①	U-233	922330	①
U-234	922340	①	U-235	922350	①	U-236	922360	①	U-237	922370	①
U-238	922380	①	U-239	922390	③	U-240	922400	②-F	Np-235	932350	②-J
Np-236	932360	①	Np-237	932370	①	Np-238	932380	②-J	Np-239	932390	①
Pu-236	942360	①	Pu-237	942370	②-J	Pu-238	942380	①	Pu-239	942390	①
Pu-240	942400	①	Pu-241	942410	①	Pu-242	942420	①	Pu-243	942430	③
Pu-244	942440	②-J	Pu-245	942450	③	Am-241	952410	①	Am-242	952420	①
Am-242m	952421	①	Am-243	952430	①	Am-244	952440	②-J	Am-244m	952441	②-J
Cm-242	962420	①	Cm-243	962430	①	Cm-244	962440	①	Cm-245	962450	①
Cm-246	962460	①	Cm-247	962470	②-J	Cm-248	962480	②-J	Cm-249	962490	②-J
Cm-250	962500	②-J	Bk-249	972490	②-J	Bk-250	972500	②-J	Cf-249	982490	②-J
Cf-250	982500	②-J	Cf-251	982510	②-J	Cf-252	982520	②-J	Cf-253	982530	②-J
Cf-254	982540	②-J	Es-253	992530	②-J	Es-254	992540	②-J	Es-254m	992541	②-J

表 3.2-3 燃焼度依存断面積として扱う反応

Nuclide	Reaction	Nuclide	Reaction
U-234	(n, $\gamma$ ) to ground	Pu-240	(n, $\gamma$ ) to ground
U-235	(n, $\gamma$ ) to ground	Pu-241	(n, $\gamma$ ) to ground
U-235	(n, f)	Pu-241	(n, f)
U-236	(n, $\gamma$ ) to ground	Pu-242	(n, $\gamma$ ) to ground
U-238	(n, $\gamma$ ) to ground	Am-241	(n, $\gamma$ ) to ground
Np-237	(n, $\gamma$ ) to ground	Am-241	(n, $\gamma$ ) to meta
Pu-238	(n, $\gamma$ ) to ground	Am-243	(n, $\gamma$ ) to ground
Pu-238	(n, f)	Am-243	(n, $\gamma$ ) to meta
Pu-239	(n, $\gamma$ ) to ground	Cm-242	(n, $\gamma$ ) to ground
Pu-239	(n, f)	Cm-244	(n, $\gamma$ ) to ground

表 3.2-4 燃焼度依存断面積のテーブル化燃焼度点

Burn-up (GWd/t)		
0	10	30
1	12	35
2	14	40
3	16	45
4	18	50
5	20	55
6	22	60
7	24	65
8	26	70
9	28	—

表 3.2-5 ORLIBJ40 軽水炉ライブラリで改訂した核異性体比

Nuclide	NUCID	Reaction	Daughter nuclide	Isomeric ratio	Nuclear data
Kr-84	360840	(n, $\gamma$ )	Kr-85	0.184481	JEFF-3.0/A
Sr-86	380860	(n, $\gamma$ )	Sr-87	0.200139	JEFF-3.0/A
Nb-93	410930	(n, $\gamma$ )	Nb-94	0.310065	JEFF-3.0/A
Nb-94	410940	(n, $\gamma$ )	Nb-95	0.960973	JEFF-3.0/A
Rh-103	451030	(n, $\gamma$ )	Rh-104	0.923966	JEFF-3.0/A
Rh-105	451050	(n, $\gamma$ )	Rh-106	0.903999	JEFF-3.0/A
Ag-109	471090	(n, $\gamma$ )	Ag-110	0.953970	JEFF-3.0/A
Cd-112	481120	(n, $\gamma$ )	Cd-113	0.869072	JEFF-3.0/A
Cd-114	481140	(n, $\gamma$ )	Cd-115	0.881427	JEFF-3.0/A
Cd-116	481160	(n, $\gamma$ )	Cd-117	0.666027	JEFF-3.0/A
Sn-118	501180	(n, $\gamma$ )	Sn-119	0.979180	JEFF-3.0/A
Sn-120	501200	(n, $\gamma$ )	Sn-121	0.986743	JEFF-3.0/A
Sn-122	501220	(n, $\gamma$ )	Sn-123	0.012270	JEFF-3.0/A
Sb-121	511210	(n, $\gamma$ )	Sb-122	0.936924	JEFF-3.0/A
Sb-123	511230	(n, $\gamma$ )	Sb-124	0.989508	JEFF-3.0/A
Sb-125	511250	(n, $\gamma$ )	Sb-126	0.935529	JEFF-3.0/A
Te-122	521220	(n, $\gamma$ )	Te-123	0.644855	JEFF-3.0/A
Te-124	521240	(n, $\gamma$ )	Te-125	0.991552	JEFF-3.0/A
Te-126	521260	(n, $\gamma$ )	Te-127	0.868725	JEFF-3.0/A
Te-128	521280	(n, $\gamma$ )	Te-129	0.922704	JEFF-3.0/A
I-129	531290	(n, $\gamma$ )	I-130	0.413085	JEFF-3.0/A
Ba-136	561360	(n, $\gamma$ )	Ba-137	0.971952	JEFF-3.0/A
Pr-141	591410	(n, $\gamma$ )	Pr-142	0.651910	JEFF-3.0/A
Pm-147	611470	(n, $\gamma$ )	Pm-148	0.533011	JEFF-3.0/A
Eu-151	631510	(n, $\gamma$ )	Eu-152	0.655659	JEFF-3.0/A
Eu-153	631530	(n, $\gamma$ )	Eu-153	0.983983	JEFF-3.0/A
Ho-165	671650	(n, $\gamma$ )	Ho-166	0.948970	JEFF-3.0/A
Np-237	932370	(n,2n)	Np-236	0.400732	JENDL-4.0
Am-241	952410	(n, $\gamma$ )	Am-242	0.877983	JENDL-4.0
Am-243	952430	(n, $\gamma$ )	Am-244	0.062605	JEFF-3.0/A

NUCID: ORIGEN2 の核種識別番号

Isomeric ratio: 核異性体比(基底状態娘核へ核変換確率)

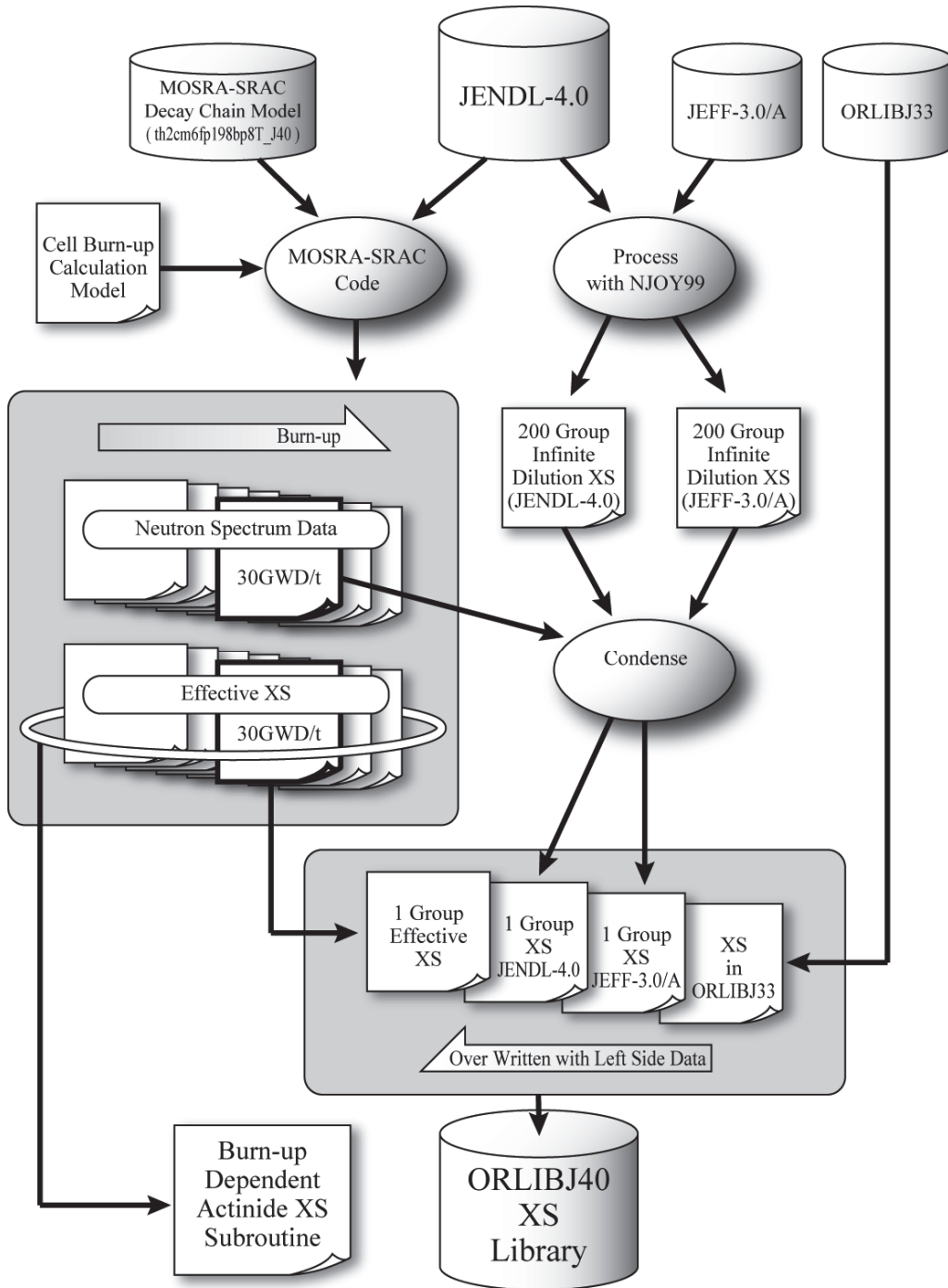


図 3.2-1 ORLIBJ40 の軽水炉用ライブラリ作成方法

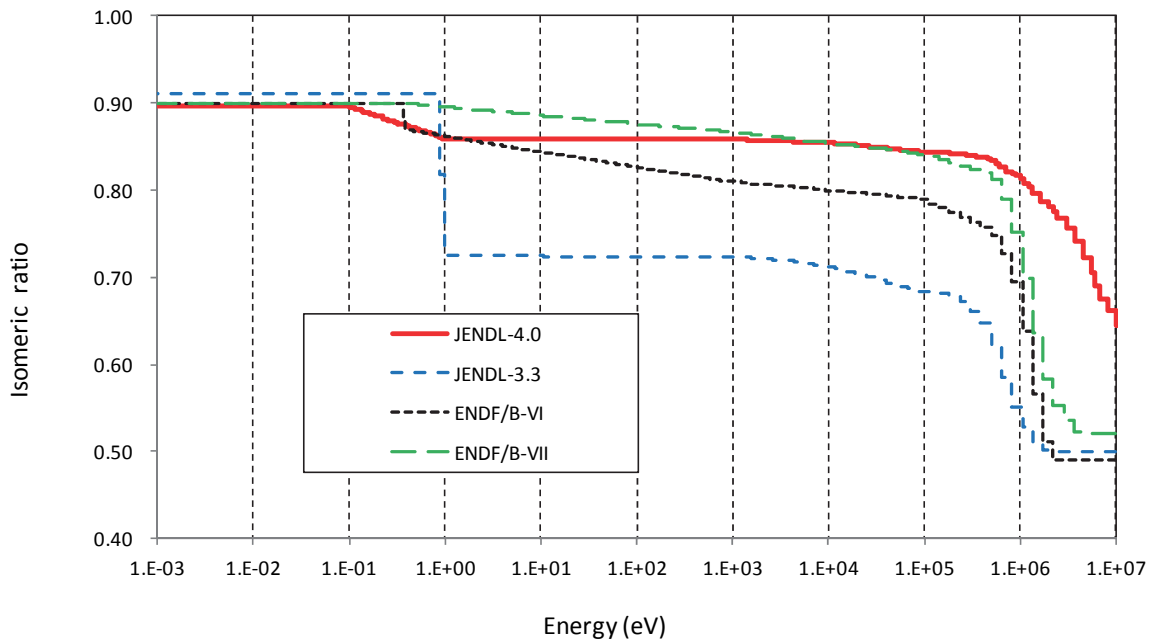


図 3.2-2 Am-241(n,γ)反応の核異性体比(Am-242 基底状態への核変換確率)

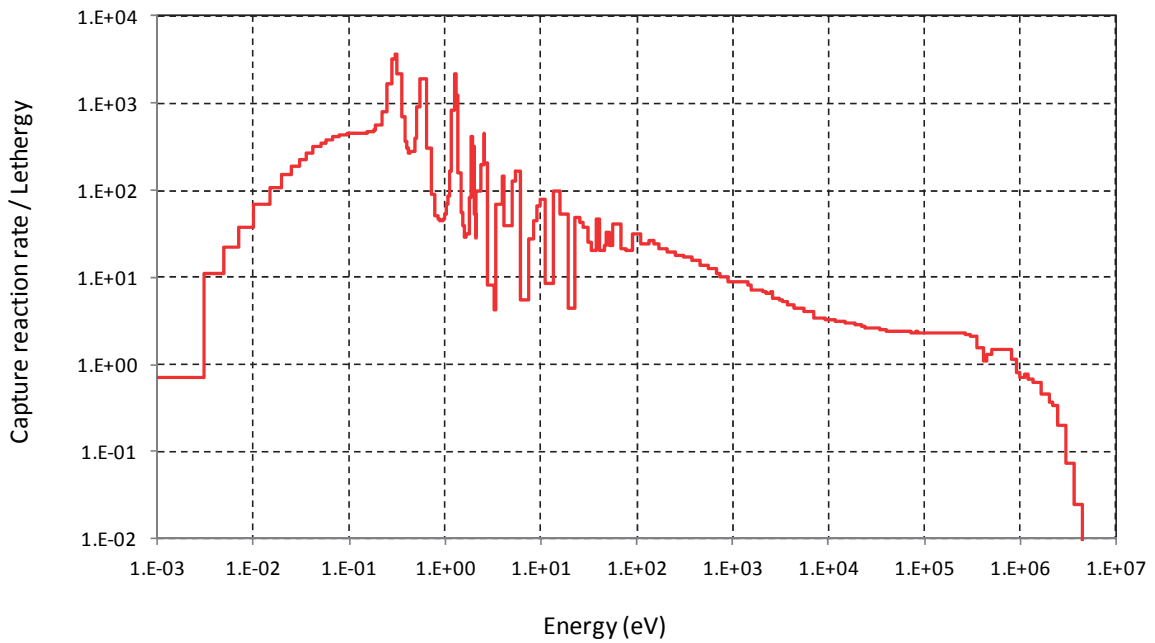


図 3.2-3 典型的な軽水炉における Am-241 の中性子捕獲反応率エネルギー分布

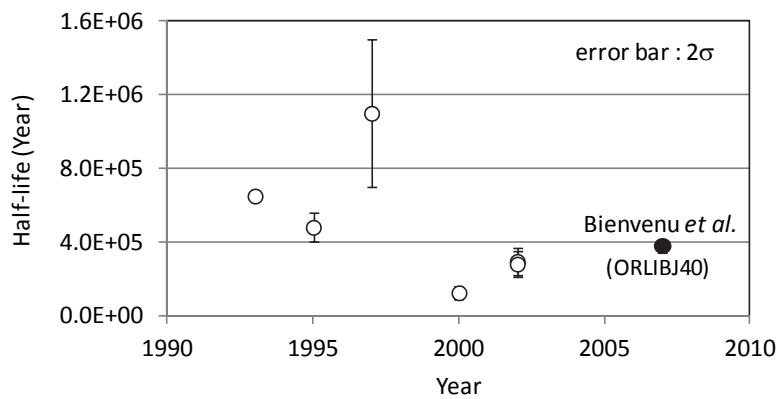


図 3.2-4 Se-79 半減期測定値の変遷

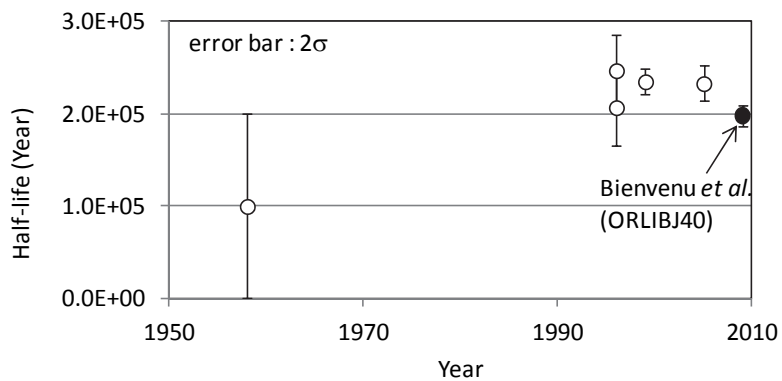


図 3.2-5 Sn-126 半減期測定値の変遷



### 3.3 ライブラリ作成パラメータ

本節では、MOSRA-SRAC により軽水炉燃料用の 1 群実効断面積を作成した際の、燃料仕様やボイド率などの中性子スペクトルに関係する計算パラメータを示す。対象は、燃料集合体を想定しているが、MOSRA-SRAC による燃焼計算は、図 3.3-1 に示す燃料集合体に等価な単一燃料棒格子モデルにより行った。ORLIBJ40 の 1 群実効断面積の作成に使用した計算パラメータは、ORLIBJ32 及び ORLIBJ33 で使用されたものと同じである。

#### (1) PWR-UO<sub>2</sub> 燃料用ライブラリ

PWR の UO<sub>2</sub> 燃料用断面積ライブラリ作成のためのデータは 1100MW 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燃料棒格子モデルに関するデータを表 3.3-1 に示す。本ライブラリでは、初期 U-235 濃縮度が 3.4、4.1、及び 4.7wt% に対応するものとして、「PWR34J40」、「PWR41J40」、及び「PWR47J40」の 3 種類を作成した。各ライブラリ作成時の燃料、被覆管、及び減速材領域の原子数密度を表 3.3-2 に示す。MOSRA-SRAC による格子燃焼計算は、比出力を 40MW/t で一定として 70GWd/t まで実施し、表 3.2-4 で示した各燃焼度点の断面積データを作成した。

#### (2) PWR-MOX 燃料用ライブラリ

PWR の MOX 燃料用断面積ライブラリ作成のためのデータは、PWR-UO<sub>2</sub> ライブラリと同じく、1100MW 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燃料棒格子モデルに関するデータは、PWR-UO<sub>2</sub> の場合と同じである。単一燃料棒格子モデルでは反射境界条件を使用しているため、このモデルはフル MOX 燃料装荷を想定したものである。PWR-MOX 燃料用ライブラリとしては、表 3.3-3 と表 3.3-4 に示すプルトニウム同位体比とプルトニウム富化度が異なる 5 種類の MOX 燃料に対応したライブラリ：「PWRM0113J40」、「PWRM0205J40」、「PWRM0210J40」、「PWRM0213J40」、及び「PWRM0305J40」を作成した。なお、MOX 燃料の被覆管、及び減速材の原子数密度は、PWR-UO<sub>2</sub> 燃料で想定したもの (表 3.3-2) と同じとした。MOSRA-SRAC による格子燃焼計算は、PWR-UO<sub>2</sub> 燃料の場合と同様に、比出力を 40MW/t で一定として 70GWd/t まで行った。

#### (3) BWR-UO<sub>2</sub> 燃料用ライブラリ

BWR の UO<sub>2</sub> 燃料用断面積ライブラリ作成のためのデータは、STEP-I、STEP-II、及び STEP-III 型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燃料棒格子モデルに関するデータを表 3.3-5 に示す。ボイド率については炉心平均値である 40% を基準として、入口相当の 0%、及び出口相当の 70% を考慮し、3 種類の燃料集合体モデルとの組み合わせで、計 9 モデルに対応したライブラリ (表 3.1-1 参照) を作成した。各ライブラリの燃料集合体タイプとボイド率の組み合わせと計算に使用したおける原子数密度を表 3.3-6 に示す。MOSRA-SRAC による格子燃焼計算では、比出力を 25.6MW/t で一定として 70GWd/t まで行った。

#### (4) BWR-MOX 燃料用ライブラリ

BWR の MOX 燃料用断面積ライブラリ作成のためのデータは、STEP-II 型燃料集合体を対象にしている。この体系の単一燃料棒格子モデルに関するデータは、表 3.3-5 の STEP-II に対

応するものと同じである。BWR-MOX 燃料用ライブラリとしては、プルトニウム同位体比、プルトニウム富化度、及びボイド率が異なる 5 種類のライブラリ（表 3.1-1 参照）を作成した。MOSRA-SRAC の計算に使用した、燃料、被覆管、減速材の組成は、表 3.3-7～表 3.3-9 に示したとおりである。MOSRA-SRAC による格子燃焼計算は、BWR-UO<sub>2</sub> 燃料の場合と同様に、比出力を 25.6MW/t で一定として 70GWd/t まで行った。

表 3.3-1 PWR 燃料用断面積ライブラリ作成時の単一燃料棒格子モデルパラメータ

Pitch (cm)	1.265
Radius of Pellet (cm)	0.412
Outer Radius of Cladding Tube (cm)	0.476
Thickness of Cladding Tube (cm)	0.064
Temperature of Fuel (K)	968.8
Temperature of Cladding Tube (K)	604.0
Temperature of Moderator (K)	574.2

表 3.3-2 PWR-UO<sub>2</sub> 燃料格子モデルの原子数密度 (1/barn・cm)

Library	PWR34J40	PWR41J40	PWR47J40
Fuel			
Initial U-235			
Enrichment (wt%)	3.4	4.1	4.7
U-235	7.753E-4	9.349E-4	1.072E-3
U-238	2.175E-2	2.159E-2	2.146E-2
O-16	4.505E-2	4.505E-2	4.505E-2
Cladding Tube			
Zr	3.786E-2	←	←
Fe	2.382E-4	←	←
Cr	6.770E-5	←	←
Moderator			
H-1	5.572E-2	←	←
O-16	2.786E-2	←	←
B-10	4.592E-6	←	←
Ni	3.688E-4	←	←
Cr	1.609E-4	←	←
Fe	1.306E-4	←	←

表 3.3-3 PWR-MOX 燃料のプルトニウム同位体比

Pu Composition	Vector 1 (Low)	Vector 2 (Standard)	Vector 3 (High)
Isotope Weight Ratio (wt%)			
Pu-238	4.1	2.1	0.04
Pu-239	45.4	54.5	79.24
Pu-240	25.3	25.0	17.76
Pu-241	9.6	9.3	2.36
Pu-242	13.0	6.4	0.36
Am-241	2.6	2.7	0.24

表 3.3-4 PWR-MOX 燃料の組成

Library	PWRM0113J40	PWRM0205J40	PWRM0210J40	PWRM0213J40	PWRM0305J40
Pu Composition	Vector 1 (Low)	Vector 2 (Standard)	Vector 2 (Standard)	Vector 2 (Standard)	Vector 3 (High)
Pu Enrichment (wt%)	13	5	10	13	5
U-235 Enrichment (wt%)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Atomic Number Density (1/barn·cm)					
U-235	3.967E-5	4.332E-5	4.104E-5	3.967E-5	4.332E-5
U-238	1.955E-2	2.134E-2	2.022E-2	1.955E-2	2.134E-2
Pu-238	1.201E-4	2.366E-5	4.731E-5	6.151E-5	4.505E-7
Pu-239	1.324E-3	6.114E-4	1.223E-3	1.590E-3	8.887E-4
Pu-240	7.349E-4	2.793E-4	5.586E-4	7.261E-4	1.984E-4
Pu-241	2.777E-4	1.035E-4	2.069E-4	2.690E-4	2.625E-5
Pu-242	3.745E-4	7.090E-5	1.418E-4	1.843E-4	3.987E-6
Am-241	7.521E-5	3.004E-5	6.007E-5	7.809E-5	2.669E-6
O-16	4.498E-2	4.501E-2	4.500E-2	4.499E-2	4.501E-2

表 3.3-5 BWR 燃料用断面積ライブラリ作成時の単一燃料棒格子モデルパラメータ

	Assembly Type		
	STEP-I	STEP-II	STEP-III
Pitch (cm)	1.630	←	1.440
Radius of Pellet (cm)	0.529	←	0.490
Outer Radius of Cladding Tube (cm)	0.615	←	0.560
Thickness of Cladding Tube (cm)	0.086	←	0.070
Temperature of Fuel (K)	968.8	←	←
Temperature of Cladding Tube (K)	559.0	←	←
Temperature of Moderator (K)	559.0	←	←

表 3.3-6 BWR-UO<sub>2</sub> 燃料格子モデルの原子数密度 (1/barn・cm)

		Assembly Type		
		STEP-I	STEP-II	STEP-III
Fuel				
U-234		5.8470E-6	7.8161E-6	8.0530E-6
U-235		6.5930E-4	8.5359E-4	8.8880E-4
U-236		4.0690E-6	5.3079E-6	5.4190E-6
U-238		2.1030E-2	2.1365E-2	2.1040E-2
O-16		4.3680E-2	4.4760E-2	4.4380E-2
Cladding Tube				
Zr		4.3371E-2	←	←
Moderator				
Void = 0%	H-1	7.8072E-2	8.1980E-2	8.8510E-2
	O-16	3.9036E-2	4.0990E-2	4.4255E-2
Void = 40%	H-1	5.8976E-2	6.2702E-2	6.8436E-2
	O-16	2.9488E-2	3.1351E-2	3.4218E-2
Void = 70%	H-1	4.4687E-2	4.8244E-2	5.3380E-2
	O-16	2.2343E-2	2.4122E-2	2.6690E-2

表 3.3-7 BWR-MOX 燃料のプルトニウム同位体比

Pu Composition	Low	Standard	High
Isotope Weight Ratio (wt%)			
Pu-238	1.66	1.53	0.82
Pu-239	53.43	58.70	67.75
Pu-240	29.74	26.62	21.77
Pu-241	8.70	8.32	6.87
Pu-242	5.59	4.01	2.11
Am-241	0.88	0.82	0.68

表 3.3-8 BWR-MOX 燃料の原子数密度 (1/barn · cm)

Pu Enrichment (wt%)	4	4	4	8	13
Pu Composition	Low	Standard	High	Standard	Standard
U-234	1.996E-6	1.991E-6	1.991E-6	1.923E-6	1.810E-6
U-235	2.493E-4	2.487E-4	2.487E-4	2.384E-4	2.254E-4
U-236	1.664E-6	1.660E-6	1.660E-6	1.593E-6	1.503E-6
U-238	2.115E-2	2.111E-2	2.111E-2	2.023E-2	1.913E-2
Pu-238	1.483E-5	1.361E-5	7.297E-6	2.725E-5	4.427E-5
Pu-239	4.749E-4	5.205E-4	6.008E-4	1.041E-3	1.692E-3
Pu-240	2.632E-4	2.351E-4	1.922E-4	4.701E-4	7.639E-4
Pu-241	7.668E-5	7.318E-5	6.041E-5	1.463E-4	2.378E-4
Pu-242	4.907E-5	3.511E-5	1.849E-5	7.023E-5	1.141E-4
Am-241	7.750E-6	7.206E-6	5.975E-6	1.441E-5	2.344E-5
O-16	4.466E-2	←	←	←	←

表 3.3-9 BWR-MOX 燃料格子モデルの被覆管及び減速材領域原子数密度 (1/barn・cm)

Cladding Tube			
Zr	4.3371E-2		
Moderator	Void = 0%	Void =4 0%	Void =7 0%
H-1	8.198E-2	6.245E-2	4.857E-2
O-16	4.099E-2	3.147E-2	2.429E-2

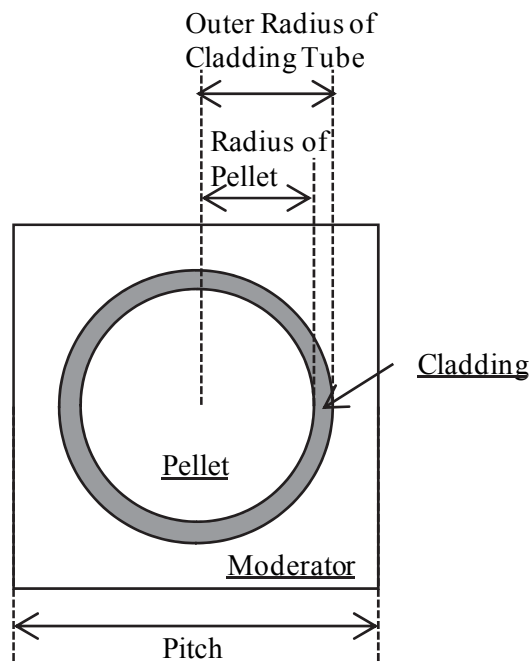


図 3.3-1 MOSRA-SRAC 計算における単一燃料棒格子モデル

### 3.4 照射後試験解析による検証

作成したライブラリの検証として、燃焼計算手法が異なる MOSRA-SRAC との比較、及び軽水炉使用済み燃料（PWR、BWR）の照射後試験による測定値との比較を行った。また、ORLIBJ40 では、半減期データも変更したことから、バックエンド分野で重要とされる長半減期核種である Se-79 ( $3.77 \times 10^5$  年)、Tc-99 ( $2.11 \times 10^5$  年)、Sn-126 ( $1.98 \times 10^5$  年)、Cs-135 ( $2.30 \times 10^6$  年)の照射後試験解析も行った。

#### (1) MOSRA-SRAC による計算値との比較

照射後試験解析に先立ち、ライブラリ作成手法の妥当性を確認するため、同じ燃焼計算の条件で計算手法が異なる MOSRA-SRAC による結果との比較を行った。計算体系は、第 3.3 節で示した ORLIBJ40 のライブラリ作成に使用した燃料モデルである。

ORIGEN2 は、Matrix Exponential 法で燃焼計算を行うのに対し、MOSRA-SRAC は改良 Bateman の手法により燃焼計算を行う。また、ORIGEN2 で扱う FP 核種のほとんどは、詳細な燃焼チェーンと独立収率で扱われるのに対し、MOSRA-SRAC の FP 核種は累積収率と独立収率が混在した燃焼チェーンで扱われる。ただし、燃焼計算に使用される、断面積、核分裂収率、核異性体比、半減期などのデータは共通の核データに基づいて作成されている。したがって、これらの比較では、核データに起因する差異は排除され、スペクトル計算の有無を含めた計算手法に起因する差異を見ることができる。

比較計算はライブラリ毎に行ったが、ここでは代表例として BWR 燃料用のライブラリ BS240J40 (STEP-II, 40%ボイド率) を使用した結果から、U-235、Pu-239、Cm-244、Sr-90、Cs-134、Xe-135 の結果を、図 3.4-1～図 3.4-6 に示す。

主要なアクチノイド核種は燃焼度依存の 1 群断面積を使用しており、U-235 と Pu-239 は、55GWd/t まで MOSRA-SRAC の結果と 2%以内で良く一致している。

Cm-244 は、燃焼初期における生成量の立ち上がりが遅くかつ極微量であり、数値誤差や燃焼ステップ数などの影響を受けるため、5GWd/t 以下での差異は大きい。以降は 4%以内で一致している。

Sr-90 の生成量は、断面積に対する感度は比較的小さく、燃焼度と核分裂収率により支配的に生成量が決まるため、同じ核分裂収率データに基づく MOSRA-SRAC の結果と良く一致している。Nd 同位体や Cs-137 など、安定または比較的半減期が長い多くの FP 核種は、同様の結果となる。

Cs-134 の多くは、核分裂により生成される Cs-133 の中性子捕獲反応により生成されるため、その生成量は断面積に感度が高い。FP 核種の断面積を燃焼度依存で扱うことができない ORIGEN2 は、このタイプの核種生成量の精度を出すことが不得意であるが、ORLIBJ40 では MOSRA-SRAC の 30GWd/t における 1 群実効断面積を採用することで、燃焼期間中の差異を最小限としている。

Xe-135 は主に I-135 の  $\beta$  崩壊で生成し、半減期が 9.14 時間と短いため、比出力に依存した平衡濃度となるが、熱中性子の捕獲断面積が約  $3 \times 10^6$  barn と大きいため、その核種生成量は Xe-135 の 1 群断面積に感度を有する。このため、Xe-135 は、燃焼期間中の 1 群断面積を一定



とする ORIGEN2 で精度を出すことが難しい核種と言える。ORLIBJ40 では、燃料集合体の最高燃焼度である 55GWd/t までの範囲で、MOSRA-SRAC による計算結果との差異ができるだけ小さくなるようにしている。Xe-135 の生成量は、炉心核特性には重要な核種であるが、使用済み燃料組成の評価を主な目的とする場合には、短時間で消失する Xe-135 の計算誤差はあまり重要とはならない。また、原子炉停止直後の崩壊熱評価においても、Xe-135 とその娘核種の寄与はせいぜい 1.5%程度であり、図 3.4-6 に見られる差異は無視できるレベルである。

以上のような考察から、軽水炉用の ORLIBJ40 ライブラリの作成手法は妥当であると判断した。実際の使用済み燃料に対する適用性については、使用した核データの不確かさに依存するため、以下で述べる照射後試験解析により評価した。

## (2) PWR 使用済み燃料の照射後試験解析

PWR 燃料の照射後試験解析には、軽水炉の使用済み燃料組成に関する照射後試験データベースとして OECD/NEA から公開されている SFCOMPO<sup>19),20)</sup>の中から、高浜 3 号炉の使用済み燃料サンプル (SF97-4) の測定データを使用した。SF97-4 サンプルは、3 サイクル期間の燃焼後に取り出された 17×17 型燃料集合体から切り出された 0.5mm 高さの UO<sub>2</sub> 燃料片で、その初期ウラン濃縮度は 4.11wt%、燃焼度は 47GWd/t である。実測データは、取り出し後約 4 年の冷却期間の後に行われた放射化学分析によるものであるが<sup>19)</sup>、SFCOMPO には Sm 同位体核種を除き照射直後値に冷却補正された値がまとめられている。Sm 同位体は冷却補正が困難なため、解析では Sm 同位体については冷却後の計算値を採用し、その他の核種については照射直後値を採用する必要がある。

照射後試験解析は、SF97-4 の燃料仕様に最も近い条件で作成した断面積ライブラリである PWR41J40 を使用して行った。比較のために、ORLIBJ33 の PWR41J33 及び ORIGEN2 に付属のオリジナルライブラリである PWRUS 及び PWRUE を使用した計算も行った。PWRUS は 3.2wt%濃縮 UO<sub>2</sub>、PWRUE は 4.2wt%濃縮 UO<sub>2</sub> を想定して作成されたライブラリである。SFCOMPO に収納されている実験値 (E 値) と ORIGEN2 による計算値 (C 値) との比較結果 (C/E-1) を、図 3.4-7～図 3.4-9 に示す。ただし、試験的に分析された不溶解性の Sb-125 と Ru-106 の実験値は、非破壊測定による実験値との整合性がとれていないことから<sup>16)</sup>、計算比較の対象から除外した。また、冷却期間が長く極微量で分析された Cm-242 の実験値についても、燃焼度が異なる他のサンプル分析値との整合性が見られないことから<sup>16)</sup>、計算比較の対象から除外した。

α 線測定と質量分析により測定された Am-241 の分析誤差は 2%未満と報告されているが<sup>19)</sup>、冷却補正による照射直後値は Pu-241 の β 崩壊による Am-241 生成分は除かれることから、以下の誤差伝播式により、照射直後値の誤差を再評価した<sup>66)</sup>。

$$\delta N_0^{Am241} = \sqrt{(\delta N^{Am241})^2 + (\delta N^{Pu241})^2 (e^{\lambda_{Pu241} T} - 1)^2} \quad (3.4-1)$$

ここで、 $\delta N_0^{Am241}$  は照射直後値における原子数の誤差、 $\delta N^{Am241}$  と  $\delta N^{Pu241}$  は測定日における

Am-241 と Pu-241 の誤差、 $\lambda_{Pu241}$  は Pu-241 の崩壊定数、 $T$  は測定日までの冷却期間である。よって、冷却期間が長いほど、Am-241 の照射直後値に対する誤差は大きくなる。

照射後試験解析の結果から、以下のことが言える。

- いずれのライブラリを使った場合も、燃焼度指標として使われる Nd 同位体や Cs-137 のように、核種生成量が断面積に大きな感度を持たない核種については、計算値と実験値の一致は良い。
- アクチノイド核種、Eu-154、Sm 同位体のように、核種生成量が断面積に感度がある核種については、オリジナルライブラリに比べて、JENDL に基づく ORLIBJ33 や ORLIBJ40 による結果は、予測精度が大きく改善される。これは、核データ評価の進歩によるものと言える。例えば、オリジナルライブラリにより、Eu-154 の計算値が大きく実験値からずれるのは、Eu-154 の中性子捕獲断面積が良くないため、ENDF/B-IV (1974)、ENDF/B-V (1994)、JEF-2.2 (1993) などの古い核データ評価を使った計算に共通してみられる特徴である<sup>16)</sup>。また、オリジナルライブラリを使った計算で、Am-242m の差異が突出しているのは、主に Am-241(n, $\gamma$ ) 反応の核異性体比(0.80)によるものである。
- ORLIBJ33 による計算結果は、オリジナルライブラリの結果に比べれば良く改善されているが、Pu-238、Cm 同位体、Eu-154 を 20%程度過小評価している。
- ORLIBJ40 による計算結果は、Cm-246 と Cm-247 を除けば、ほぼ 10%以内で実験値を再現しており、ORLIBJ33 で見られた一部核種に対する過小評価も改善されている。

### (3) BWR 使用済み燃料の照射後試験解析

BWR 燃料の照射後試験解析には、SFCOMPO の中から、福島第二 2 号炉の使用済み燃料サンプル (SF98-6) の測定データを使用した。SF98-6 サンプルは、水ロッド 2 本を含む 8×8 型燃料集合体 (STEP-I) 中の UO<sub>2</sub> 燃料棒 (ペレットスタック長 : 371cm) の燃料部下部より 205cm の位置から切り出されたもので、ウラン濃縮度は 3.91wt%、燃焼度は 39.9GWd/t である。燃焼期間の平均ボイド率は、サンプルの軸方向位置から 55%程度と推定される。分析は、照射後 6.2 年後に行われているが、SFCOMPO に収納されている実験データは、Sm 同位体を除き照射直後値に冷却補正されている。

照射後試験解析には、BS170J40 ライブラリを使用した。また、比較のため、ORLIBJ33 の BS170J33 及び ORIGEN2 に付属のオリジナルライブラリである BWRUS 及び BWRUE を使用した計算も行った。BWRUS は平均ウラン濃縮度が 3.0wt% (取り出し燃焼度 27.5GWd/t) の燃料集合体、BWRUE は 3.4wt% (取り出し燃焼度 40GWd/t) の燃料集合体を想定して作成されたライブラリである。

SFCOMPO に収納されている実験値と ORIGEN2 による計算値との比較結果 (C/E-1) を、図 3.4-10～図 3.4-12 に示す。高浜 3 号炉の照射後試験解析の場合と同様の理由により、Ru-106、Sb-125、Cm-242 は、計算比較の対象から除外した。また、初期組成に 100%近い感度がある U-234 についても、正確な初期組成の分析値が与えられていないことから、計算比較の対象から除外した。Am-241 の照射直後値に対する誤差は、(3.4-1)式で再評価した。

計算結果と実験値との比較結果は、高浜 3 号炉の照射後試験解析の結果に比べて差異がやや

大きくなっているが、定性的に得られる結論は同様なものとなっている。BWR の場合には、燃料集合体内にウラン濃縮度の分布があること、ボイド率の違いや水ロッド及び燃料集合体間の飽和水の存在が中性子スペクトルに影響を与えやすいことから、断面積やウラン濃縮度に感度がある核種生成量の予測精度は PWR 燃料の場合に比べて劣ることが多い。

#### (4) 長寿命 FP 核種に対する照射後試験解析

Se-79、Tc-99、Sn-126、Cs-135 など、半減期が 10 万年以上の長寿命 FP 核種の生成量や放射能評価は、地層処分の安全性評価などで重要となる。ORLIBJ40 では、半減期データの改訂も行ったことから、これらの核種生成量に関する照射後試験解析を行い、ORLIBJ40 を組み込んだ ORIGEN2 の妥当性を検討した<sup>67),68)</sup>。

分析が難しい長寿命 FP 核種を含む照射後試験データは多くはないが、米国のパシフィック・ノースウェスト研究所(PNL)が行った Calvert Criffs-1 (14×14 型 PWR)、Cooper (7×7 型 BWR)、H.B. Robinson-2 (15×15 型 PWR)の照射後試験データ<sup>†</sup>が利用できる。これらの測定値は、放射能測定に基づくもので、Ci/g-fuel の単位で報告されている<sup>69)</sup>。SFCOMPO にも該当するデータは収納されているが、それらは SFCOMPO が整備された頃の半減期データにより重量換算 (kg/MTU) されていることが明らかとなったため<sup>48)</sup>、SFCOMPO の重量測定値ではなく、PNL による放射能測定値を Bq/MTU 単位に換算して実験値として採用した。

近年では、半減期データの不確かさが排除できる、Se-79、Tc-99、Sn-126、Cs-135 の質量分析データも得られており、日本原子力研究開発機構で分析された大飯 1 号炉 (17×17 型 PWR) の照射後試験データ<sup>46),47)</sup>も採用した。

計算値との比較に使用した、Se-79、Tc-99、Sn-126、及び Cs-135 の照射後試験データを表 3.4-1～表 3.4-4 に示す。ただし、Tc-99 と Sn-126 は硝酸溶液に対して不溶解性であり、サンプルの溶解プロセスにおいて不溶解残渣中に残された成分 (推定 30～40%) は必ずしも分析値に含まれていない。

照射後試験サンプルのウラン濃縮度は、何れも 2.45wt%～3.2wt%と低いことから、ORLIBJ40 による計算は、PWR 燃料については PWR34J40 を、BWR 燃料についてはサンプルの軸方向位置に応じて BWR140J40 または BWR170J40 の各断面積ライブラリを使用した。また、比較のため、ORIGEN2 付属のオリジナル断面積ライブラリ (PWRUS、BWRUS) を使った計算も行った。

計算値と実験値との比較結果を、図 3.3-13～図 3.3-16 に示す。これらの図で、四角印は ORLIBJ40 による計算値と実験値との比較 (C/E-1) で、三角印はオリジナルライブラリを使った計算値と実験値との比較である。ただし、PNL の照射後試験データ (Calvert Criffs-1、Cooper、H.B. Robinson-2) については、放射能値を比較したものであり、大飯 1 号炉のデータについては、重量値を比較したものである。これらの結果から以下のことが言える。

- Se-79 については、オリジナルライブラリを使った PNL の照射後試験 (放射能値) に対する結果は、実験値の 6～8 倍もの大きな差異が見られる。同じライブラリを使用した大飯 1

<sup>†</sup> H.B. Robinson-2はTc-99のみ、他はSe-79、Tc-99、Sn-126、Cs-135のデータを含む。

号炉の照射後試験（重量値）に対する結果は、+50%程度の差異にとどまっていることから、Se-79 の半減期データが放射能値の主な誤差要因になっていると言える。一方、ORLIBJ40 による計算結果は、Calvert Criffs-1 の 9 サンプルに対する平均 C/E 値は 0.88（ばらつき  $2\sigma=14\%$ ）、Cooper の 6 サンプルに対する平均 C/E 値は 0.98（ばらつき  $2\sigma=5\%$ ）、大飯 1 号の 1 サンプルに対する C/E 値は 1.07（繰り返し測定による実験誤差  $2\sigma=29\%$ ）であり、放射能値に対しても、重量値に対しても、計算値は  $2\sigma$  内で実験値と一致している。これは、ORLIBJ40 に採用した Se-79 の核データ（主に半減期と核分裂収率値）の妥当性を示している。

- Tc-99 については、ORLIBJ40 とオリジナルライブラリによる結果は、Se-79 の場合のような大きな差異はないが、計算値は何れも実験値より大きくなっている（0%～55%）。JENDL-4.0 を使用する場合、Tc-99 の核種生成量に対して核分裂収率と断面積データに起因する誤差（ $2\sigma$ ）は 2%程度と評価されており<sup>70)</sup>、Tc-99 の半減期誤差（ $2\sigma$ ）も約 1%と小さい<sup>71)</sup>。また、Tc-99 は、燃料仕様や中性子スペクトルに対する核種生成量の依存性も大きくはない<sup>72)</sup>。よって、ORLIBJ40 による計算値の信頼性は高いものであり、Tc-99 に見られる実験値との不一致は、主に分析プロセスにおける、不溶解残渣へ残留、揮発、容器吸着等に起因するものと考えられる。
- Sn-126 に対する ORLIBJ40 による計算結果は、実験値と比べると、30%～80%の範囲で大きくなっている。JENDL-4.0 を使った Sn-126 の計算値に対する誤差は、主に核分裂収率の誤差に起因して 11%程度と推定されている<sup>70)</sup>。Sn-126 も不溶解性の難分析核種として知られることから、実験値との差異には、Tc-99 の場合と同様に、分析側の要因が含まれていると考えられる。一方、オリジナルライブラリによる PNL 照射後試験解析の結果は、ORLIBJ40 の計算値と比べて 3 倍程度大きくなっているが、大飯 1 号炉に対する結果は ORLIBJ40 の結果より 45%大きい程度であり、これらの差異は明らかに半減期データによるものである。オリジナルライブラリに収納されている Sn-126 の半減期の値は  $1.0 \times 10^5$  年であり、図 3.2-5 で示したように近年の測定値とは大きく異なっている。なお、ORLIBJ33 に収納されている Sn-126 の半減期データも  $1.0 \times 10^5$  年である。
- Cs-135 は、その大部分が Xe-135 の  $\beta$  崩壊により生成されるため、比出力や中性子スペクトルに対して感度が大きい核種であるが<sup>72)</sup>、Cs-135 の計算結果は、何れも実験誤差の範囲で一致している。ORLIBJ40 とオリジナルライブラリに収納されている Cs-135 の半減期の値は共に  $2.3 \times 10^6$  年であり、その誤差は 26%( $2\sigma$ )と評価されている<sup>71)</sup>。PNL のデータに比べて実験誤差が小さく、半減期データにも依存しない大飯 1 号炉の実験データとも良く一致しており、Cs-135 に対する予測精度は良好と言える。

Se-79 と Cs-135 は、高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性評価において特に重要とされる長寿命 FP 核種である<sup>73)</sup>。ORLIBJ40 は、これらの両核種の重量及び放射能の評価において、妥当な結果を与えることが確認できた。Tc-99 と Sn-126 については、現状の照射後試験データとの差異はあるものの、ORLIBJ40 で採用した核データ誤差の観点からは、十分な予測精度があるものと言える。今後は不溶解残渣を含めた正確な分析データの蓄積が期待される。

表 3.4-1 Se-79 の照射後試験データ

Reactor	Assembly	Rod	U-235 (wt.%)	Burn-up (GWd/t)	Measured value $\pm 2\sigma$ (Bq/MTU)	
Cooper	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	18.96	1.16E+09	$\pm 9.8\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.07	1.93E+09	$\pm 9.8\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.94	2.08E+09	$\pm 9.8\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	17.84	1.13E+09	$\pm 9.8\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	29.23	1.79E+09	$\pm 9.8\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	31.04	1.89E+09	$\pm 9.8\%$
Calvert Cliffs-1	D047	MKP109	3.04	27.35	1.91E+09	$\pm 9.8\%$
	D047	MKP109	3.04	37.12	2.53E+09	$\pm 9.8\%$
	D047	MKP109	3.04	44.34	2.72E+09	$\pm 9.8\%$
	D0101	MLA098	2.72	18.68	1.44E+09	$\pm 9.8\%$
	D0101	MLA098	2.72	26.62	1.93E+09	$\pm 9.8\%$
	D0101	MLA098	2.72	33.17	2.33E+09	$\pm 9.8\%$
	BT03	NBD107	2.45	31.40	1.76E+09	$\pm 9.8\%$
	BT03	NBD107	2.45	37.27	2.36E+09	$\pm 9.8\%$
	BT03	NBD107	2.45	46.46	2.51E+09	$\pm 9.8\%$
(kg/MTU)						
Ohi-1	G13	No.6	3.20	44.9	5.20E-03	$\pm 29\%$

表 3.4-2 Tc-99 の照射後試験データ

Reactor	Assembly	Rod	U235 (wt.%)	Burn-up (GWd/t)	Measured value $\pm 2\sigma$ (Bq/MTU)	
Cooper	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	18.96	2.63E+11	$\pm 7.0\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.07	4.32E+11	$\pm 7.0\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.94	4.45E+11	$\pm 7.0\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	17.84	2.59E+11	$\pm 7.0\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	29.23	4.14E+11	$\pm 7.0\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	31.04	4.20E+11	$\pm 7.0\%$
Calvert Cliffs-1	D047	MKP109	3.04	27.35	4.03E+11	$\pm 7.0\%$
	D047	MKP109	3.04	37.12	5.16E+11	$\pm 7.0\%$
	D047	MKP109	3.04	44.34	5.67E+11	$\pm 7.0\%$
	D0101	MLA098	2.72	18.68	2.97E+11	$\pm 7.0\%$
	D0101	MLA098	2.72	26.62	3.93E+11	$\pm 7.0\%$
	D0101	MLA098	2.72	33.17	4.74E+11	$\pm 7.0\%$
	BT03	NBD107	2.45	31.40	3.23E+11	$\pm 7.0\%$
	BT03	NBD107	2.45	37.27	3.76E+11	$\pm 7.0\%$
	BT03	NBD107	2.45	46.46	4.58E+11	$\pm 7.0\%$
H.B.Robinson	B05	N-9	2.561	16.02	2.28E+11	-
	B05	N-9	2.561	23.81	3.40E+11	-
	B05	N-9	2.561	28.47	3.76E+11	-
	B05	N-9	2.561	31.66	4.24E+11	-
(kg/MTU)						
Ohi-1	G13	No.6	3.20	44.9	6.66E-01	$\pm 24\%$

表 3.4-3 Sn-126 の照射後試験データ

Reactor	Assembly	Rod	U235 (wt.%)	Burn-up (GWd/t)	Measured value $\pm 2\sigma$ (Bq/MTU)	
Cooper	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	18.96	3.27E+09	$\pm 20.4\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.07	6.38E+09	$\pm 20.4\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.94	6.72E+09	$\pm 20.4\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	17.84	3.08E+09	$\pm 20.4\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	29.23	5.92E+09	$\pm 20.4\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	31.04	6.13E+09	$\pm 20.4\%$
Calvert Cliffs-1	D047	MKP109	3.04	27.35	5.25E+09	$\pm 20.4\%$
	D047	MKP109	3.04	37.12	7.64E+09	$\pm 20.4\%$
	D047	MKP109	3.04	44.34	9.24E+09	$\pm 20.4\%$
	D0101	MLA098	2.72	18.68	3.61E+09	$\pm 20.4\%$
	D0101	MLA098	2.72	26.62	5.71E+09	$\pm 20.4\%$
	D0101	MLA098	2.72	33.17	7.09E+09	$\pm 20.4\%$
	BT03	NBD107	2.45	31.40	5.92E+09	$\pm 20.4\%$
	BT03	NBD107	2.45	37.27	6.72E+09	$\pm 20.4\%$
	BT03	NBD107	2.45	46.46	8.82E+09	$\pm 20.4\%$
(kg/MTU)						
Ohi-1	G13	No.6	3.20	44.9	2.16E-02	$\pm 19\%$

表 3.4-4 Cs-135 の照射後試験データ

Reactor	Assembly	Rod	U235 (wt.%)	Burn-up (GWd/t)	Measured value $\pm 2\sigma$ (Bq/MTU)	
Cooper	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	18.96	1.57E+10	$\pm 28\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.07	1.87E+10	$\pm 28\%$
	ADD2966(B3)	CZ346	2.94	33.94	1.80E+10	$\pm 28\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	17.84	1.61E+10	$\pm 28\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	29.23	2.20E+10	$\pm 28\%$
	ADD2974(C3)	CZ346	2.94	31.04	1.81E+10	$\pm 28\%$
Calvert Cliffs-1	D047	MKP109	3.04	27.35	1.75E+10	$\pm 28\%$
	D047	MKP109	3.04	37.12	1.93E+10	$\pm 28\%$
	D047	MKP109	3.04	44.34	2.08E+10	$\pm 28\%$
	D0101	MLA098	2.72	18.68	1.17E+10	$\pm 28\%$
	D0101	MLA098	2.72	26.62	1.31E+10	$\pm 28\%$
	D0101	MLA098	2.72	33.17	1.39E+10	$\pm 28\%$
	BT03	NBD107	2.45	31.40	1.70E+10	$\pm 28\%$
	BT03	NBD107	2.45	37.27	1.74E+10	$\pm 28\%$
	BT03	NBD107	2.45	46.46	2.01E+10	$\pm 28\%$
(kg/MTU)						
Ohi-1	G13	No.6	3.20	44.9	4.47E-01	$\pm 8.9\%$

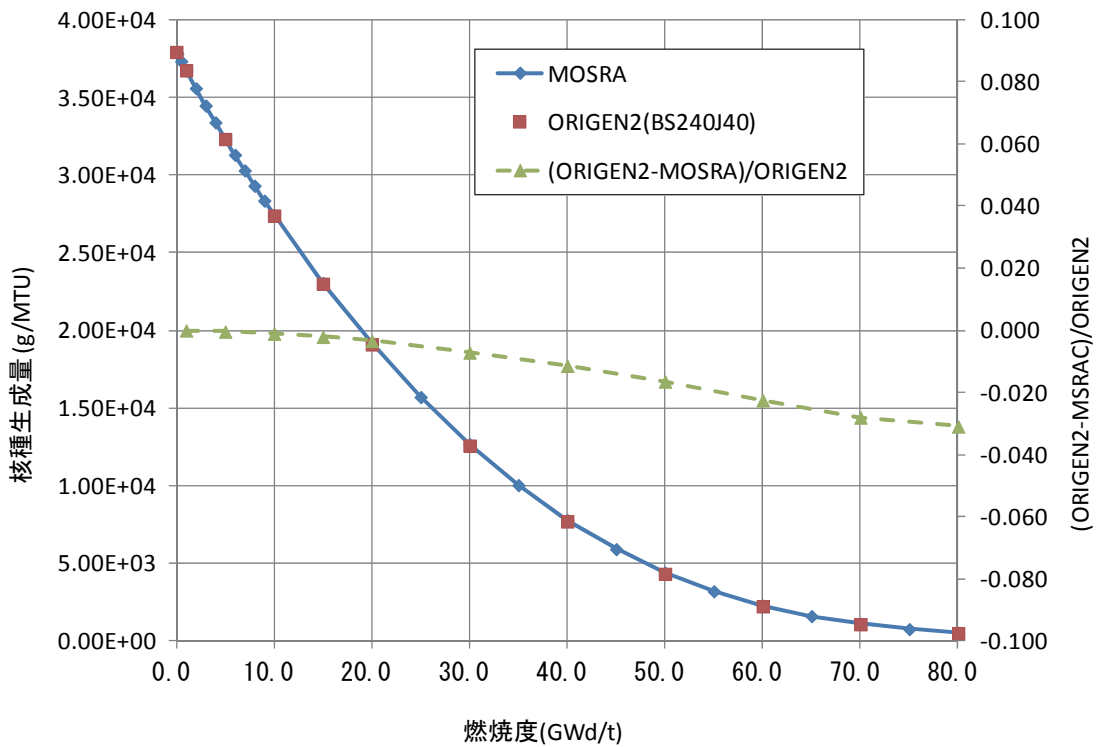


図 3.4-1 ORIGEN2(BS240J40) と MOSRA-SRAC との核種生成量比較 (U-235)

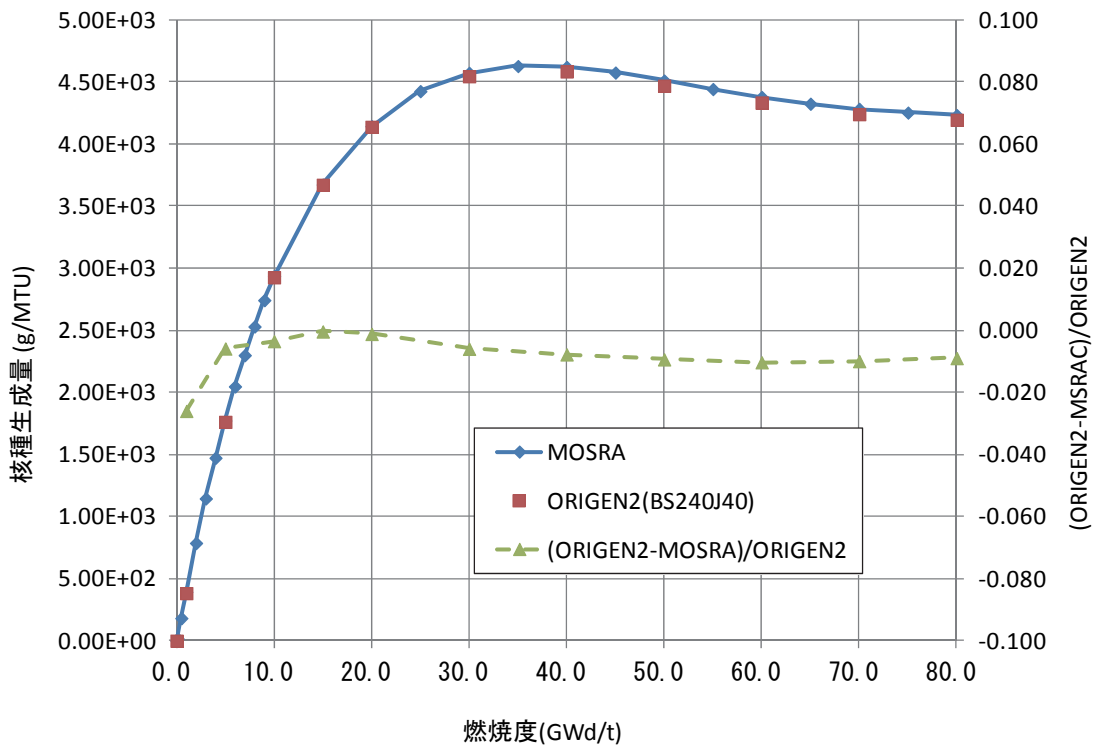


図 3.4-2 ORIGEN2(BS240J40) と MOSRA-SRAC との核種生成量比較 (Pu-239)

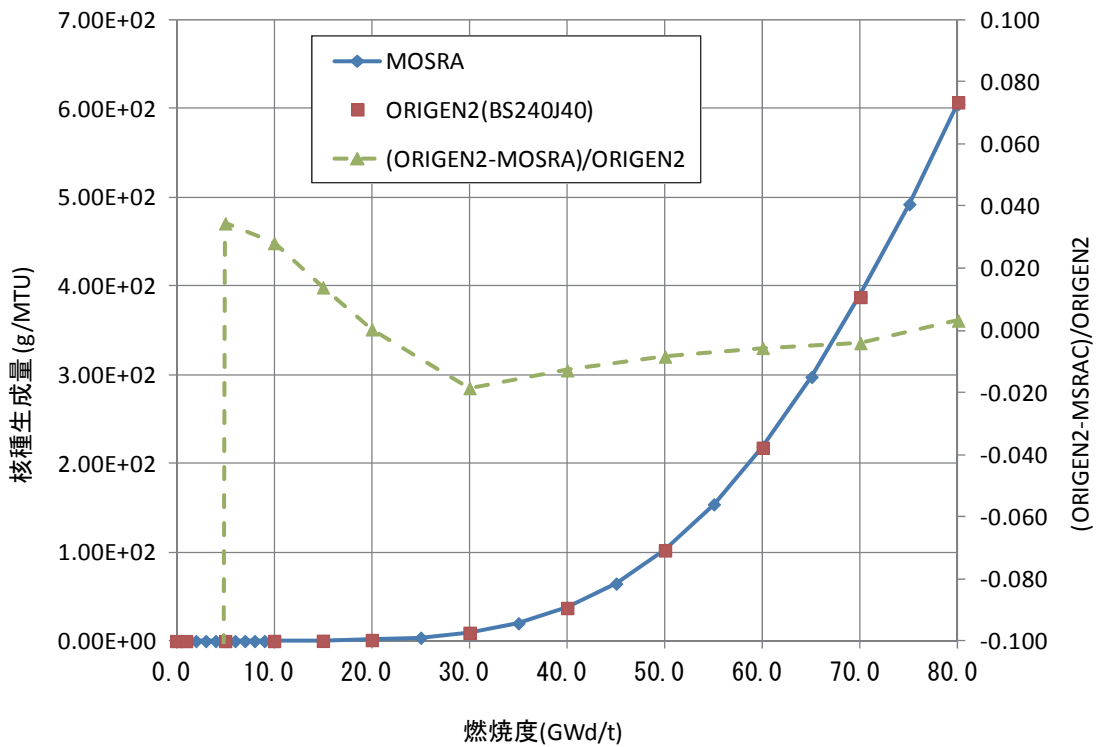


図 3.4-3 ORIGEN2(BS240J40) と MOSRA-SRAC との核種生成量比較 (Cm-244)

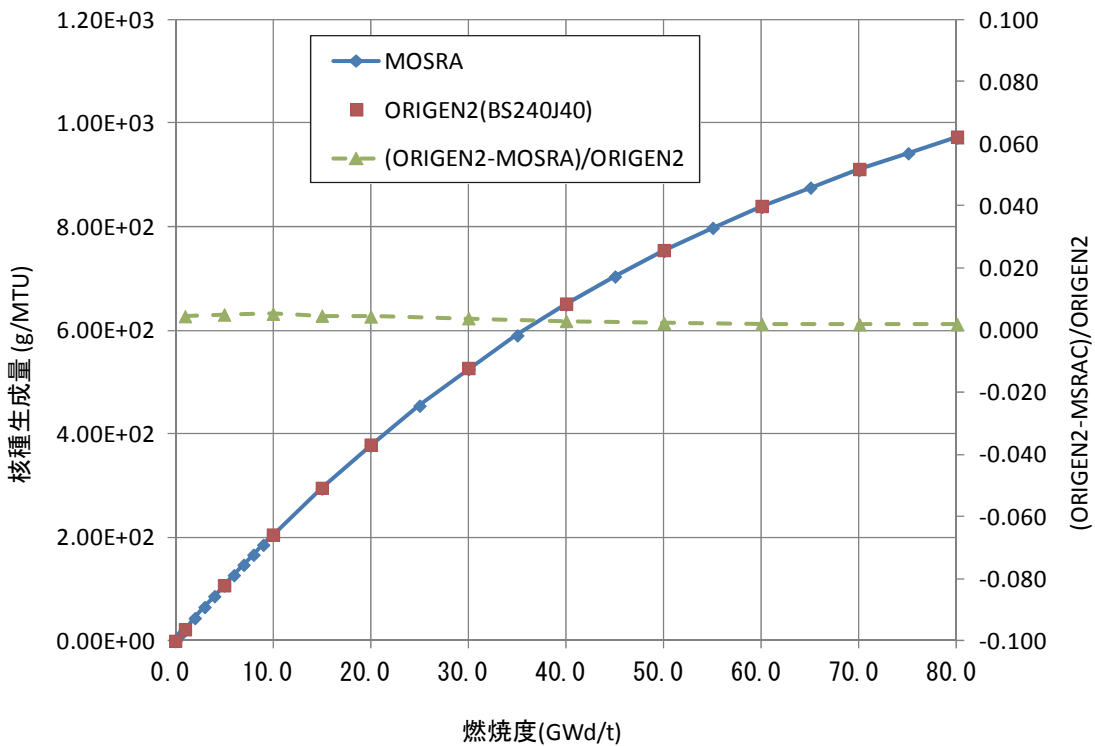


図 3.4-4 ORIGEN2(BS240J40) と MOSRA-SRAC との核種生成量比較 (Sr-90)



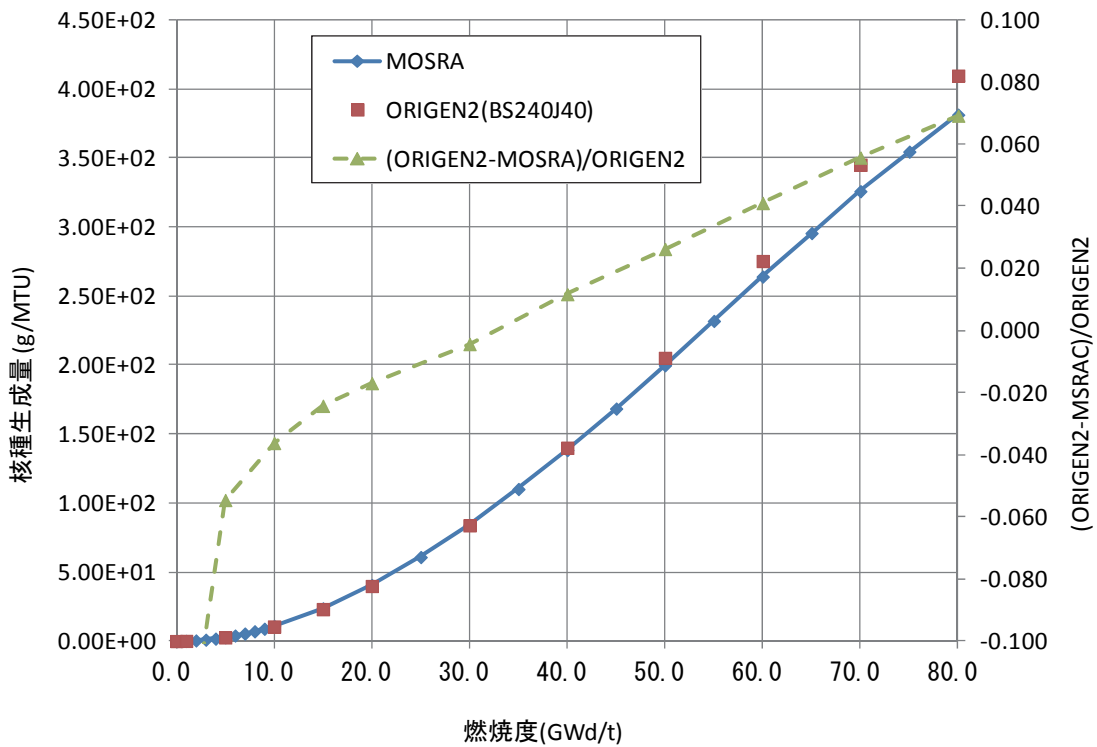


図 3.4-5 ORIGEN2(BS240J40) と MOSRA-SRAC との核種生成量比較 (Cs-134)

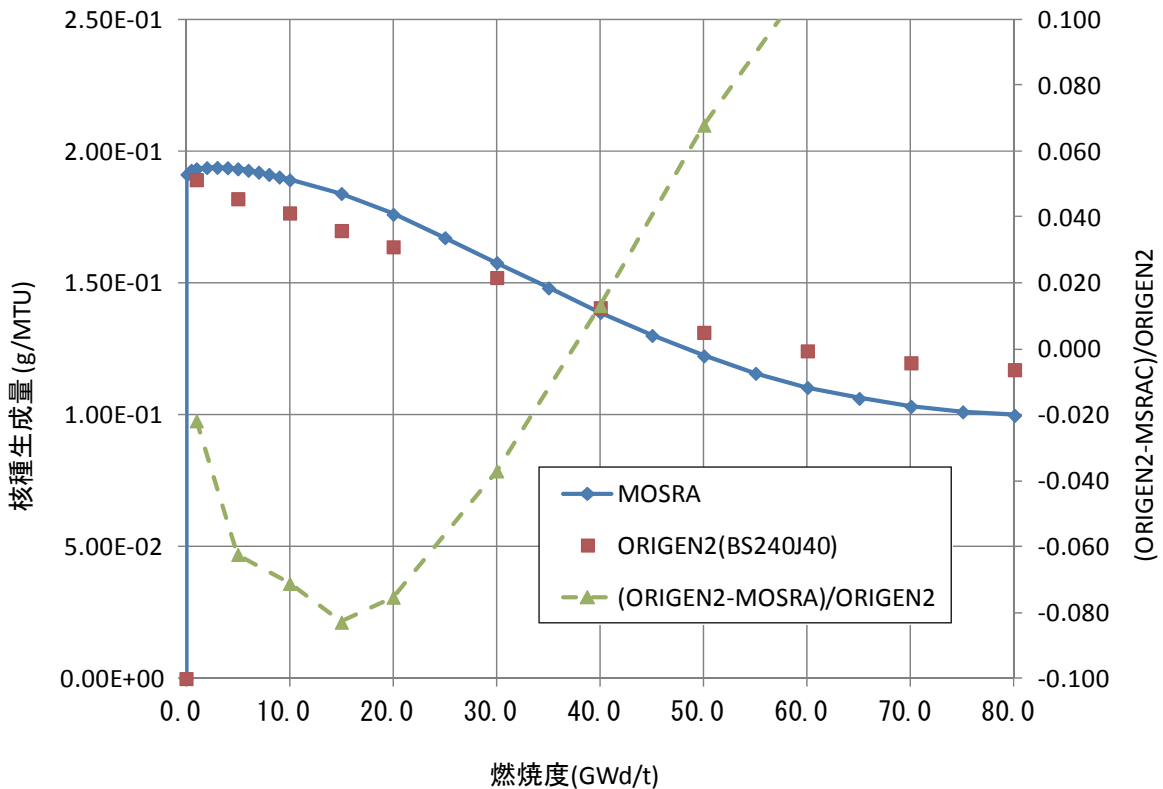


図 3.4-6 ORIGEN2(BS240J40) と MOSRA-SRAC との核種生成量比較 (Xe-135)

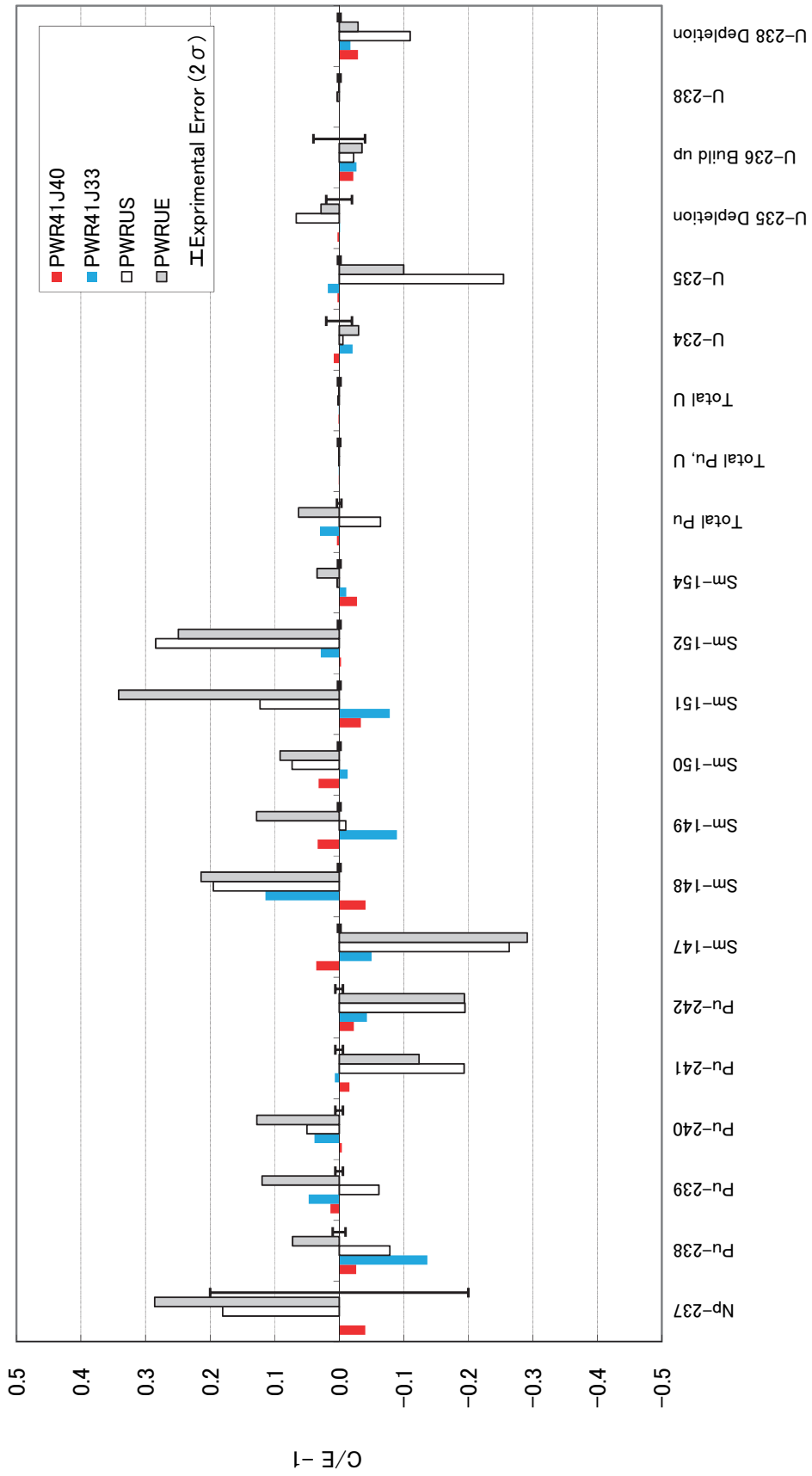


図 3.4-7 高浜 3 号炉使用済み燃料組成の計算値(C)と実験値(E)との比較(その 1)

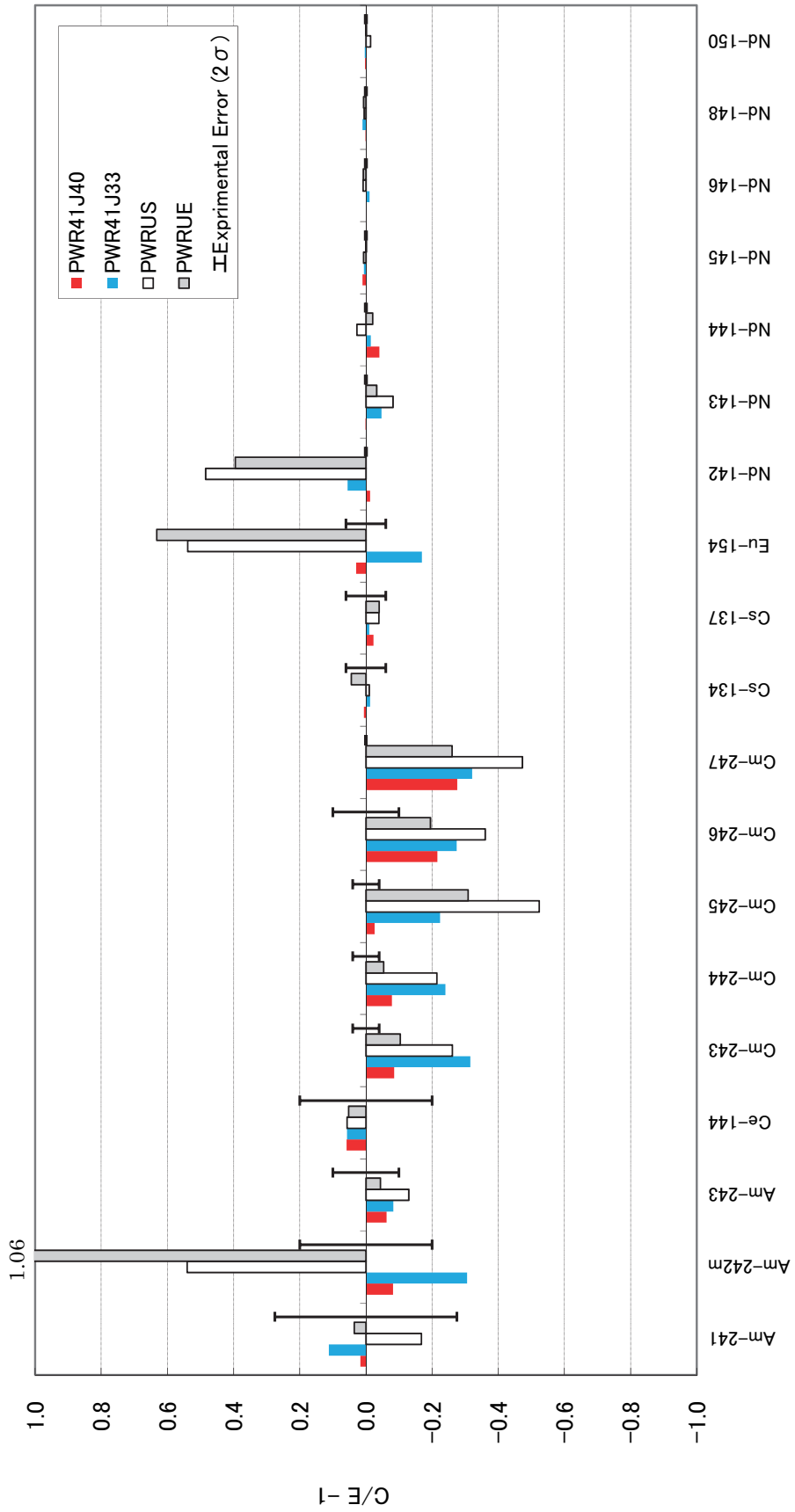


図 3.4-8 高浜 3 号炉使用済み燃料組成の計算値(C)と実験値(E)との比較(その 2)

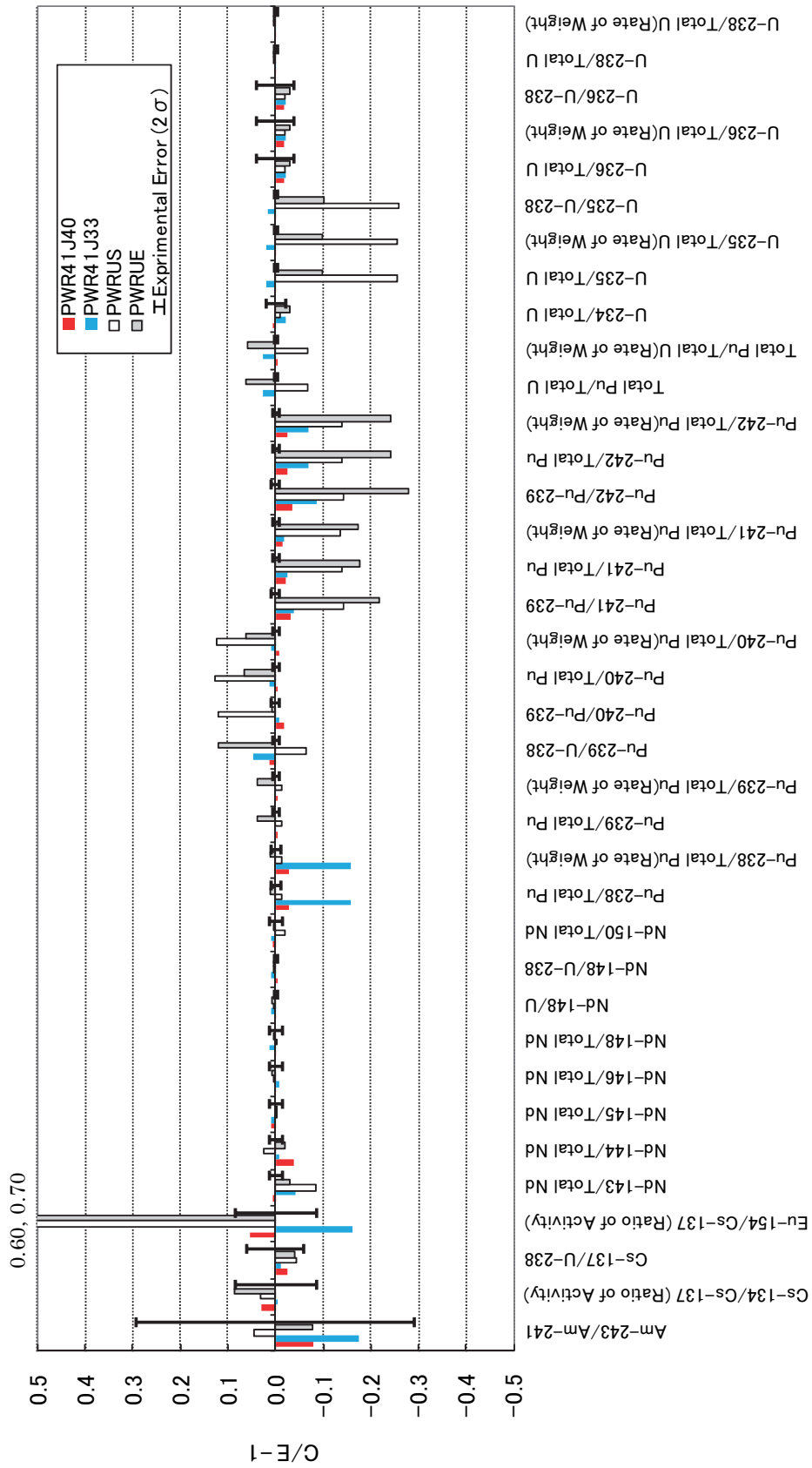


図 3.4-9 高浜 3 号炉使用済み燃料組成の計算値(C)と実験値(E)との比較(その 3)

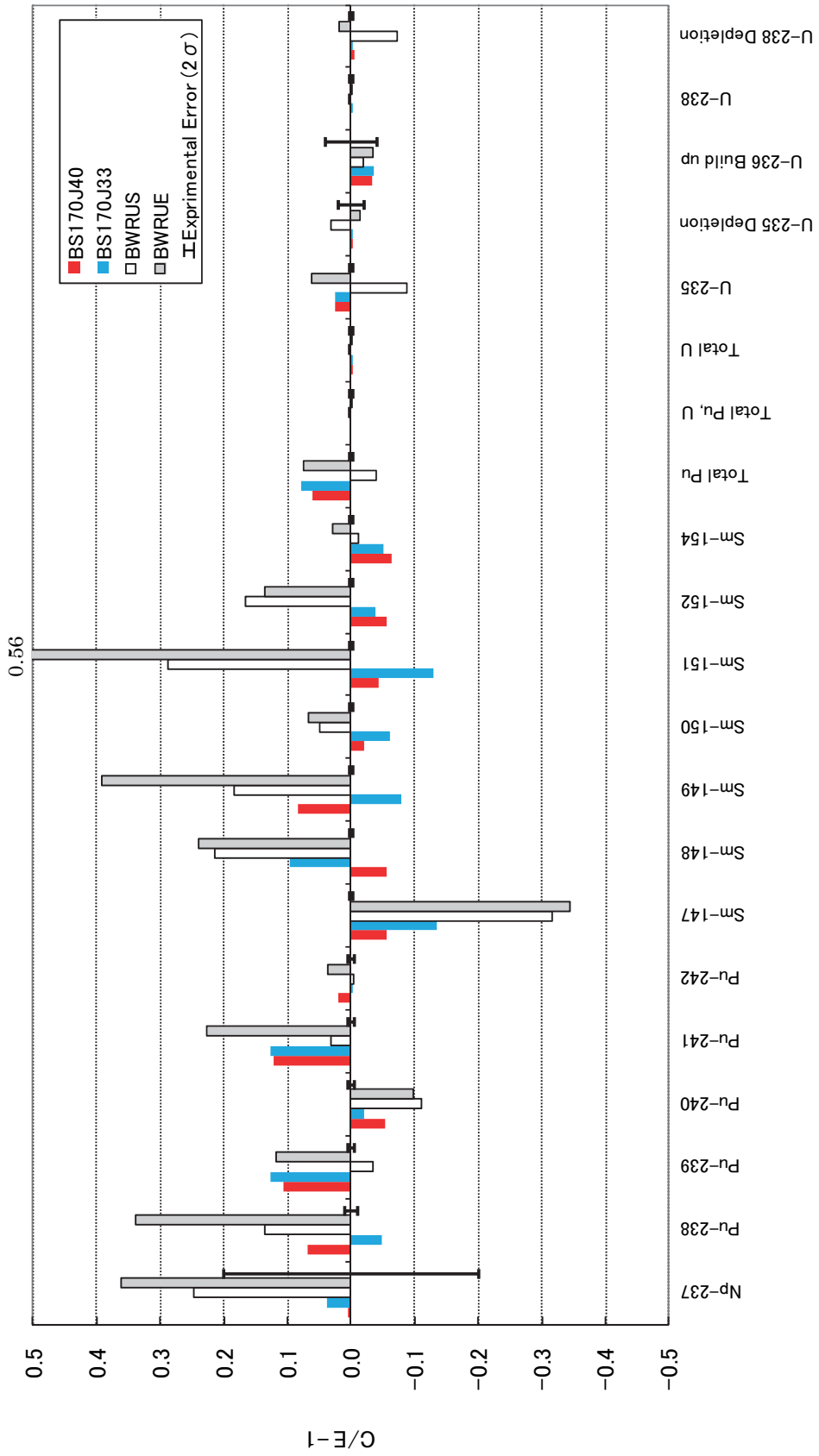


図 3.4-10 福島第二 2 号炉使用済み燃料組成の計算値(C)と実験値(E)との比較 (その 1)

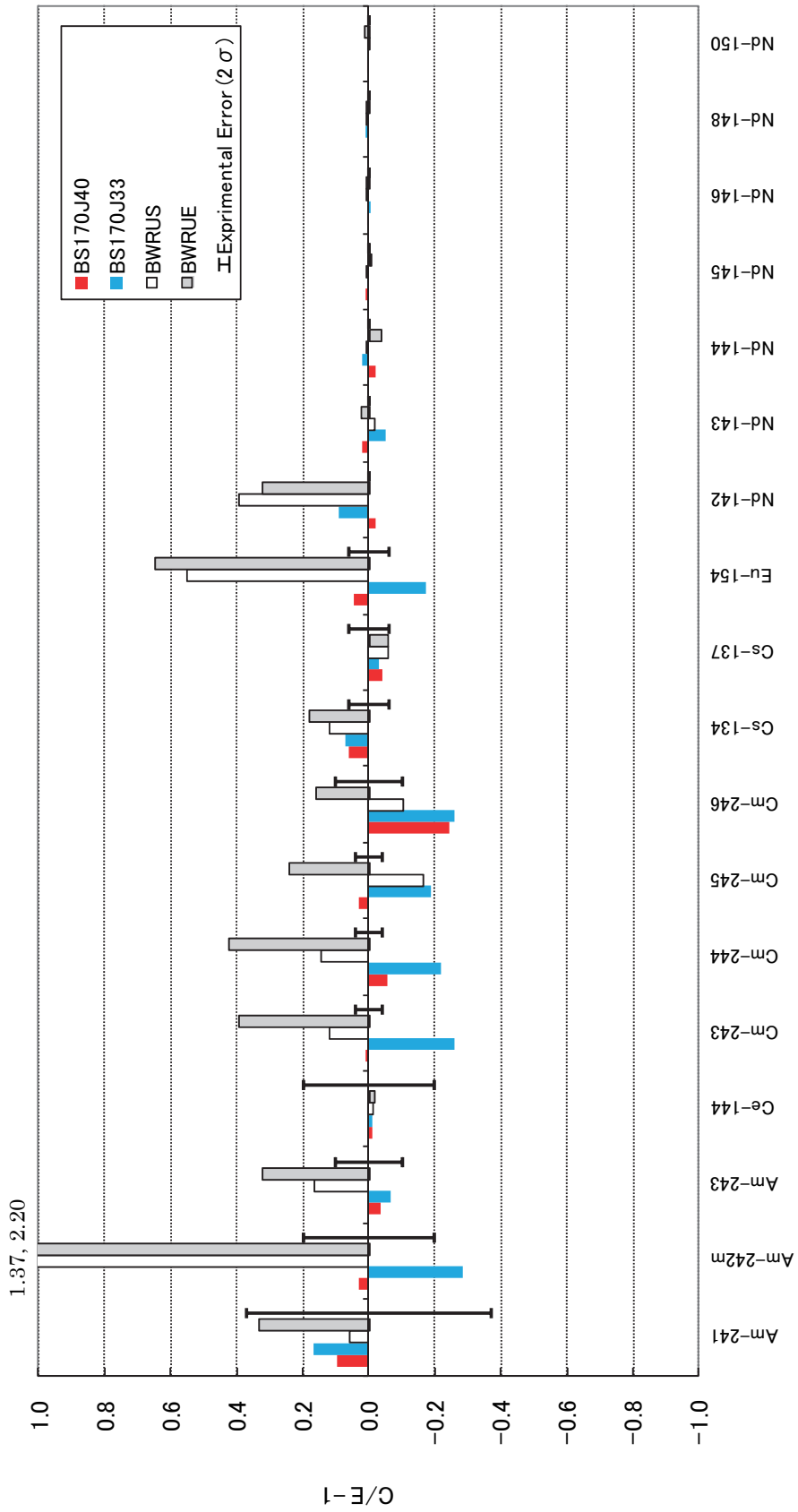


図 3.4-11 福島第二 2 号炉使用済み燃料組成の計算値(C)と実験値(E)との比較 (その 2)

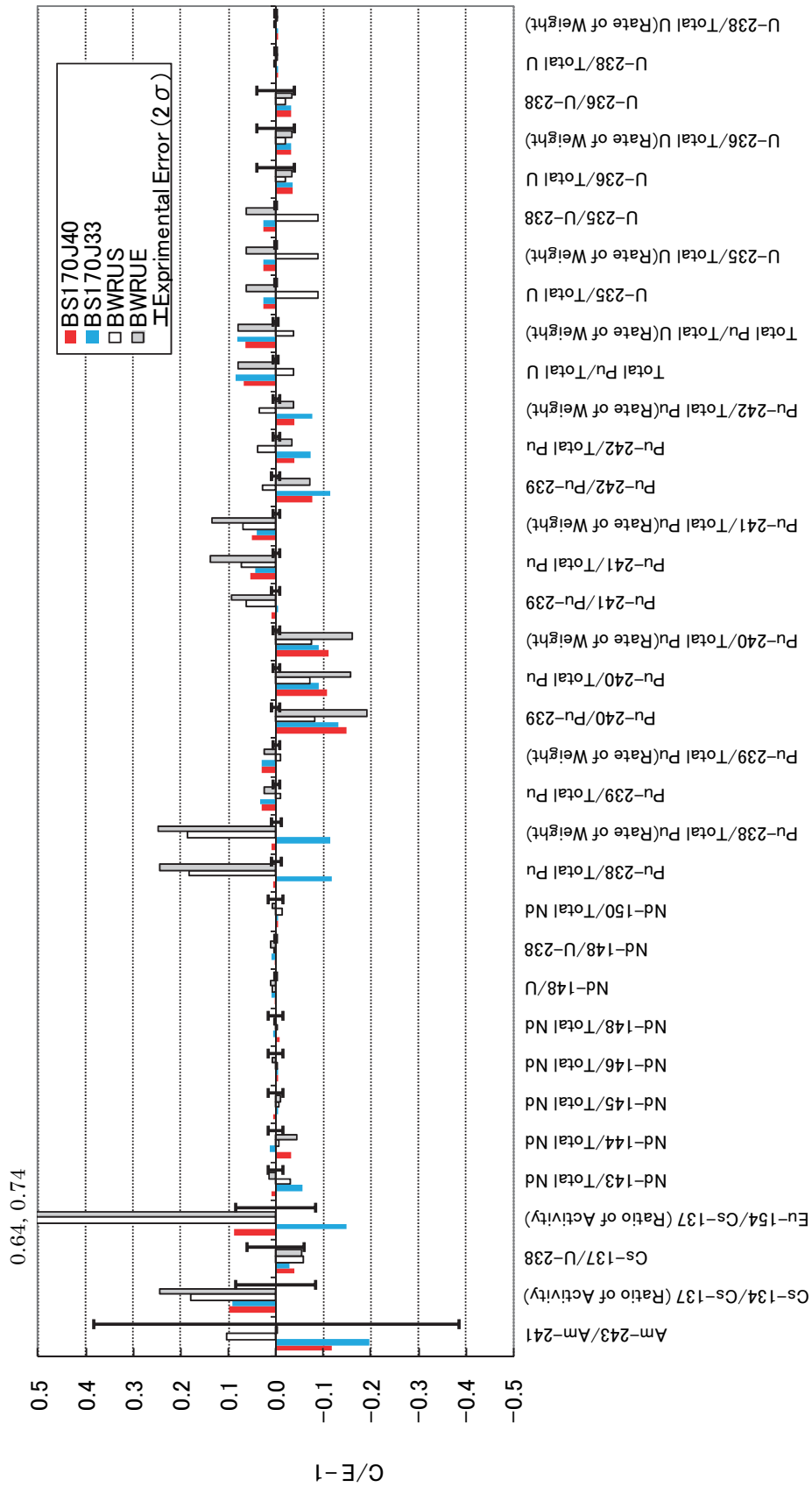


図 3.4-12 福島第二 2 号炉使用済み燃料組成の計算値(C)と実験値(E)との比較 (その 3)

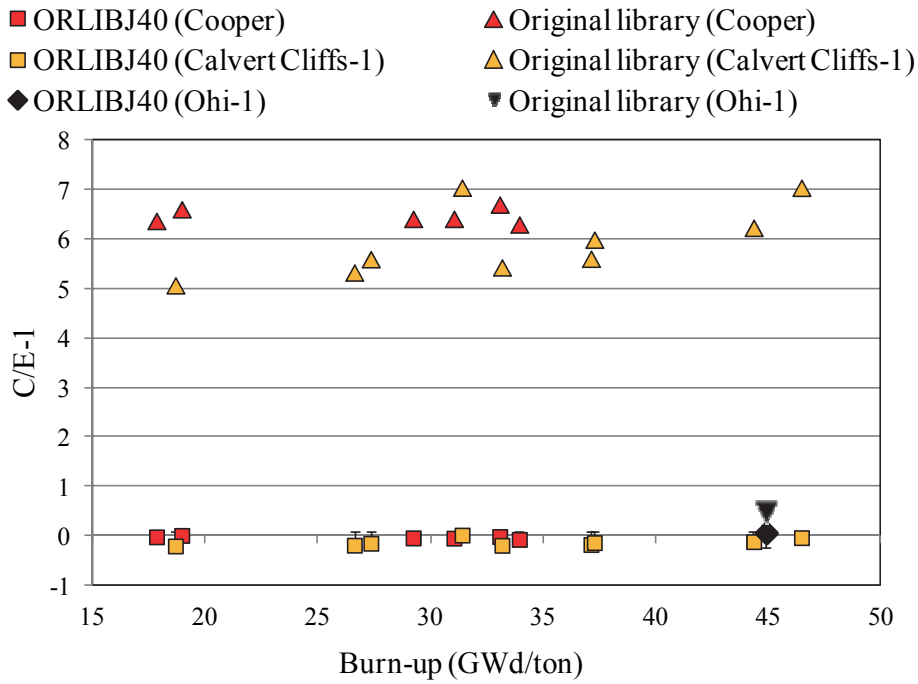


図 3.4-13 ライブラリが異なる ORIGEN2 による Se-79 の照射後試験解析結果 (C) と実験値 (E) との比較

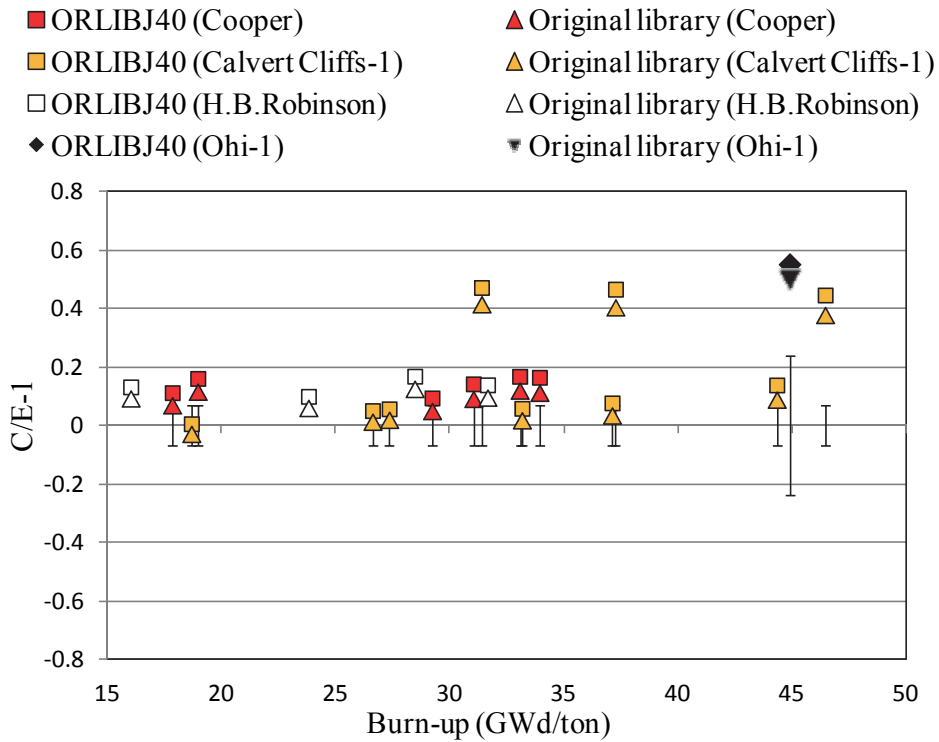


図 3.4-14 ライブラリが異なる ORIGEN2 による Tc-99 の照射後試験解析結果 (C) と実験値 (E) との比較



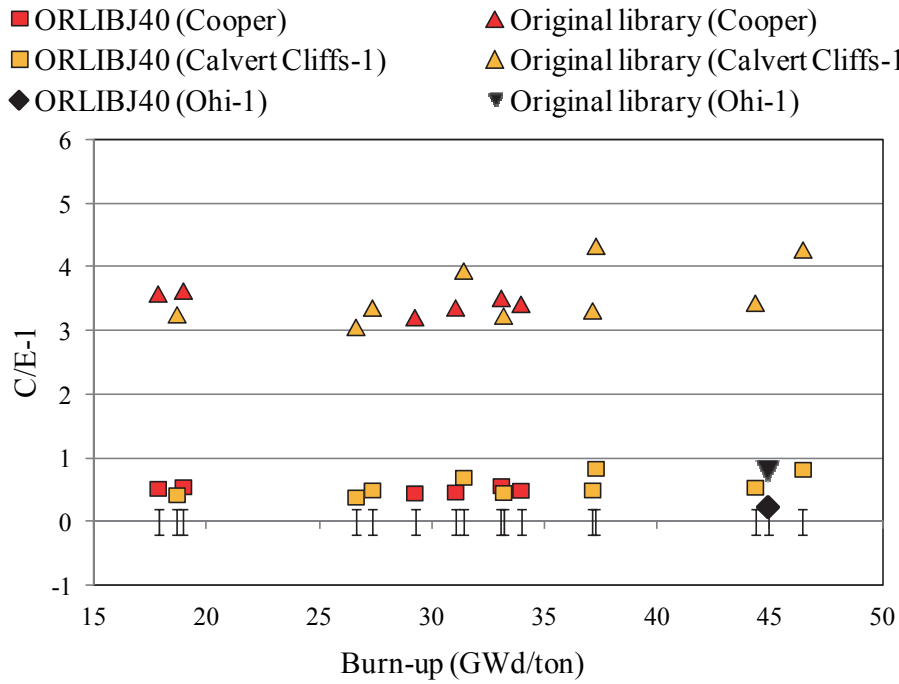


図 3.4-15 ライブラリが異なる ORIGEN2 による Sn-126 の照射後試験解析結果 (C) と実験値 (E) との比較

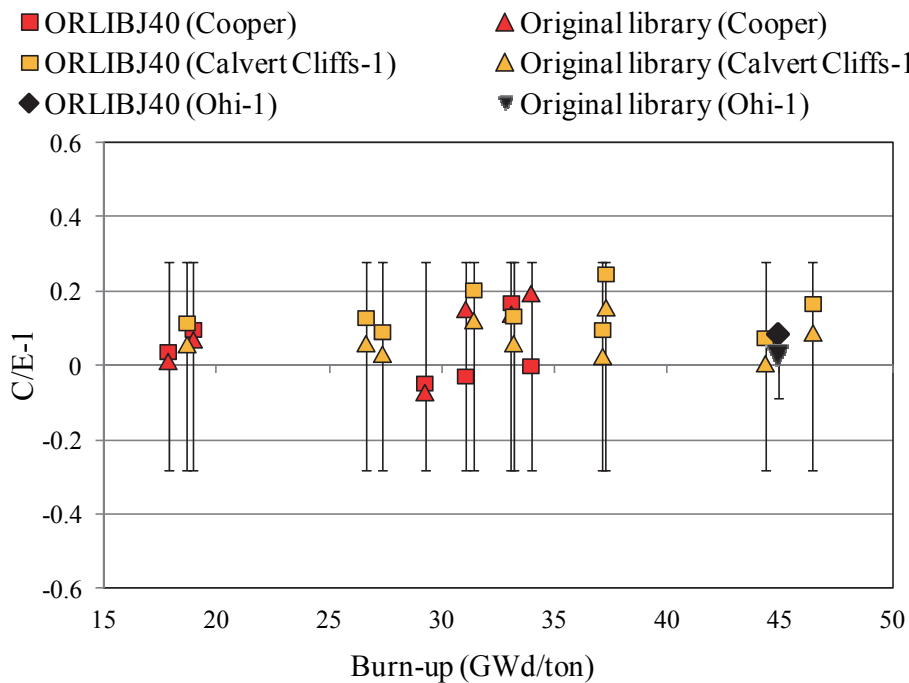


図 3.4-16 ライブラリが異なる ORIGEN2 による Cs-135 の照射後試験解析結果 (C) と実験値 (E) との比較

#### 4. 高速炉用ライブラリ

本章では、ORLIBJ40 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。高速炉用ライブラリの作成方法は、前バージョンである ORLIBJ33 の高速炉用ライブラリの作成方法と基本的に同じであるが、断面積データ（特に、重核種の共鳴領域や閾値反応の断面積データ）のエネルギー依存性をより忠実に扱うために、炉心計算を疑似 73 群から 175 群に詳細化すると共に約 50keV 以下のエネルギー領域の実効断面積に対しては超微細群炉定数を用いた処理を行った。対象高速炉は、ORLIBJ33 のものに、更に、高速増殖炉サイクル実用化研究開発 (FaCT) プロジェクトにおいて設計された電気出力 75 万 kWe の中型酸化物燃料炉心<sup>74),75)</sup>と電気出力 150 万 kWe の大型酸化物燃料炉心<sup>76)</sup>を追加した。高速炉用ライブラリ中の 1 群断面積は、JENDL-4.0 に収録されている 406 核種中の 381 核種 (表 4-1 参照) について、JENDL-4.0 に準拠した 1 群断面積に置き換えた (残りはオリジナルライブラリのもをそのまま適用)。また、核分裂収率データについては、三体核分裂の収率を含め全て JENDL-4.0 の核分裂収率データに全て置き換えた。

表 4-1 JENDL-4.0 収録核種一覧 (1/3)

核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号	核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号	核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号
H-1	125	10010	Cr-54	2437	240540	Sr-86	3831	380860
H-2	128	10020	Mn-55	2525	250550	Sr-87	3834	380870
He-3	225	20030	Fe-54	2625	260540	Sr-88	3837	380880
He-4	228	20040	Fe-56	2631	260560	Sr-89	3840	380890
Li-6	325	30060	Fe-57	2634	260570	Sr-90	3843	380900
Li-7	328	30070	Fe-58	2637	260580	Y-89	3925	390890
Be-9	425	40090	Fe-59	2640	-	Y-90	3928	390900
B-10	525	50100	Co-59	2725	270590	Y-91	3931	390910
B-11	528	50110	Ni-58	2825	280580	Zr-90	4025	400900
C-nat.	600	-	Ni-59	2828	280590	Zr-91	4028	400910
N-14	725	70140	Ni-60	2831	280600	Zr-92	4031	400920
N-15	728	70150	Ni-61	2834	280610	Zr-93	4034	400930
O-16	825	80160	Ni-62	2837	280620	Zr-94	4037	400940
F-19	925	90190	Ni-64	2843	280640	Zr-95	4040	400950
Na-23	1125	110230	Cu-63	2925	290630	Zr-96	4043	400960
Mg-24	1225	120240	Cu-65	2931	290650	Nb-93	4125	410930
Mg-25	1228	120250	Zn-64	3025	300640	Nb-94	4128	410940
Mg-26	1231	120260	Zn-65	3028	-	Nb-95	4131	410950
Al-27	1325	130270	Zn-66	3031	300660	Mo-92	4225	420920
Si-28	1425	140280	Zn-67	3034	300670	Mo-94	4231	420940
Si-29	1428	140290	Zn-68	3037	300680	Mo-95	4234	420950
Si-30	1431	140300	Zn-70	3043	300700	Mo-96	4237	420960
P-31	1525	150310	Ga-69	3125	310690	Mo-97	4240	420970
S-32	1625	160320	Ga-71	3131	310710	Mo-98	4243	420980
S-33	1628	160330	Ge-70	3225	320700	Mo-99	4246	420990
S-34	1631	160340	Ge-72	3231	320720	Mo-100	4249	421000
S-36	1637	160360	Ge-73	3234	320730	Tc-99	4331	430990
Cl-35	1725	170350	Ge-74	3237	320740	Ru-96	4425	440960
Cl-37	1731	170370	Ge-76	3243	320760	Ru-98	4431	440980
Ar-40	1837	180400	As-75	3325	330750	Ru-99	4434	440990
K-39	1925	190390	Se-74	3425	340740	Ru-100	4437	441000
K-40	1928	190400	Se-76	3431	340760	Ru-101	4440	441010
K-41	1931	190410	Se-77	3434	340770	Ru-102	4443	441020
Ca-40	2025	200400	Se-78	3437	340780	Ru-103	4446	441030
Ca-42	2031	200420	Se-79	3440	340790	Ru-104	4449	441040
Ca-43	2034	200430	Se-80	3443	340800	Ru-105	4452	441050
Ca-44	2037	200440	Se-82	3449	340820	Ru-106	4455	441060
Ca-46	2043	200460	Br-79	3525	350790	Rh-103	4525	451030
Ca-48	2049	200480	Br-81	3531	350810	Rh-105	4531	451050
Sc-45	2125	210450	Kr-78	3625	360780	Pd-102	4625	461020
Ti-46	2225	220460	Kr-80	3631	360800	Pd-104	4631	461040
Ti-47	2228	220470	Kr-82	3637	360820	Pd-105	4634	461050
Ti-48	2231	220480	Kr-83	3640	360830	Pd-106	4637	461060
Ti-49	2234	220490	Kr-84	3643	360840	Pd-107	4640	461070
Ti-50	2237	220500	Kr-85	3646	360850	Pd-108	4643	461080
V-50	2325	230500	Kr-86	3649	360860	Pd-110	4649	461100
V-51	2328	230510	Rb-85	3725	370850	Ag-107	4725	471070
Cr-50	2425	240500	Rb-86	3728	370860	Ag-109	4731	471090
Cr-52	2431	240520	Rb-87	3731	370870	Ag-110m	4735	471101
Cr-53	2434	240530	Sr-84	3825	380840	Ag-111	4737	471110

表 4-1 (続き) (2/3)

核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号	核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号	核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号
Cd-106	4825	481060	Xe-133	5452	541330	Eu-152	6328	631520
Cd-108	4831	481080	Xe-134	5455	541340	Eu-153	6331	631530
Cd-110	4837	481100	Xe-135	5458	541350	Eu-154	6334	631540
Cd-111	4840	481110	Xe-136	5461	541360	Eu-155	6337	631550
Cd-112	4843	481120	Cs-133	5525	551330	Eu-156	6340	631560
Cd-113	4846	481130	Cs-134	5528	551340	Eu-157	6343	631570
Cd-114	4849	481140	Cs-135	5531	551350	Gd-152	6425	641520
Cd-116	4855	481160	Cs-136	5534	551360	Gd-153	6428	641530
In-113	4925	491130	Cs-137	5537	551370	Gd-154	6431	641540
In-115	4931	491150	Ba-130	5625	561300	Gd-155	6434	641550
Sn-112	5025	501120	Ba-132	5631	561320	Gd-156	6437	641560
Sn-114	5031	501140	Ba-134	5637	561340	Gd-157	6440	641570
Sn-115	5034	501150	Ba-135	5640	561350	Gd-158	6443	641580
Sn-116	5037	501160	Ba-136	5643	561360	Gd-160	6449	641600
Sn-117	5040	501170	Ba-137	5646	561370	Tb-159	6525	651590
Sn-118	5043	501180	Ba-138	5649	561380	Tb-160	6528	651600
Sn-119	5046	501190	Ba-140	5655	561400	Dy-154	6619	-
Sn-120	5049	501200	La-138	5725	571380	Dy-156	6625	661560
Sn-122	5055	501220	La-139	5728	571390	Dy-158	6631	661580
Sn-123	5058	501230	La-140	5731	571400	Dy-159	6634	661590
Sn-124	5061	501240	Ce-140	5837	581400	Dy-160	6637	661600
Sn-126	5067	501260	Ce-141	5840	581410	Dy-161	6640	661610
Sb-121	5125	511210	Ce-142	5843	581420	Dy-162	6643	661620
Sb-123	5131	511230	Ce-143	5846	581430	Dy-163	6646	661630
Sb-124	5134	511240	Ce-144	5849	581440	Dy-164	6649	661640
Sb-125	5137	511250	Pr-141	5925	591410	Er-162	6825	681620
Sb-126	5140	511260	Pr-143	5931	591430	Er-164	6831	681640
Te-120	5225	521200	Nd-142	6025	601420	Er-166	6837	681660
Te-122	5231	521220	Nd-143	6028	601430	Er-167	6840	681670
Te-123	5234	521230	Nd-144	6031	601440	Er-168	6843	681680
Te-124	5237	521240	Nd-145	6034	601450	Er-170	6849	681700
Te-125	5240	521250	Nd-146	6037	601460	Tm-169	6925	691690
Te-126	5243	521260	Nd-147	6040	601470	Yb-168	7025	701680
Te-127m	5247	521271	Nd-148	6043	601480	Yb-170	7031	701700
Te-128	5249	521280	Nd-150	6049	601500	Yb-171	7034	701710
Te-129m	5253	521291	Pm-147	6149	611470	Yb-172	7037	701720
Te-130	5255	521300	Pm-148	6152	611480	Yb-173	7040	701730
Te-132	5261	521320	Pm-148m	6153	611481	Yb-174	7043	701740
I-127	5325	531270	Pm-149	6155	611490	Yb-176	7049	701760
I-129	5331	531290	Pm-151	6161	611510	Hf-174	7225	721740
I-130	5334	531300	Sm-144	6225	621440	Hf-176	7231	721760
I-131	5337	531310	Sm-147	6234	621470	Hf-177	7234	721770
I-135	5349	531350	Sm-148	6237	621480	Hf-178	7237	721780
Xe-124	5425	541240	Sm-149	6240	621490	Hf-179	7240	721790
Xe-126	5431	541260	Sm-150	6243	621500	Hf-180	7243	721800
Xe-128	5437	541280	Sm-151	6246	621510	Hf-181	7246	721810
Xe-129	5440	541290	Sm-152	6249	621520	Hf-182	7249	-
Xe-130	5443	541300	Sm-153	6252	621530	Ta-181	7328	731810
Xe-131	5446	541310	Sm-154	6255	621540	W-180	7425	741800
Xe-132	5449	541320	Eu-151	6325	631510	W-182	7431	741820

表 4-1 (続き) (3/3)

核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号	核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号	核種	JENDL-4.0 MAT番号	ORIGEN2 ID番号
W-183	7434	741830	U-237	9234	922370	Es-252	9912	-
W-184	7437	741840	U-238	9237	922380	Es-253	9913	992530
W-186	7443	741860	Np-234	9337	-	Es-254	9914	992540
Os-184	7625	761840	Np-235	9340	932350	Es-254m	9915	992541
Os-186	7631	761860	Np-236	9343	932360	Es-255	9916	-
Os-187	7634	761870	Np-237	9346	932370	Fm-255	9936	-
Os-188	7637	761880	Np-238	9349	932380			
Os-189	7640	761890	Np-239	9352	932390			
Os-190	7643	761900	Pu-236	9428	942360			
Os-192	7649	761920	Pu-237	9431	942370			
Au-197	7925	791970	Pu-238	9434	942380			
Hg-196	8025	801960	Pu-239	9437	942390			
Hg-198	8031	801980	Pu-240	9440	942400			
Hg-199	8034	801990	Pu-241	9443	942410			
Hg-200	8037	802000	Pu-242	9446	942420			
Hg-201	8040	802010	Pu-244	9452	942440			
Hg-202	8043	802020	Pu-246	9458	-			
Hg-204	8049	802040	Am-240	9540	-			
Pb-204	8225	822040	Am-241	9543	952410			
Pb-206	8231	822060	Am-242	9546	952420			
Pb-207	8234	822070	Am-242m	9547	952421			
Pb-208	8237	822080	Am-243	9549	952430			
Bi-209	8325	832090	Am-244	9552	952440			
Ra-223	8825	882230	Am-244m	9553	952441			
Ra-224	8828	882240	Cm-240	9625	-			
Ra-225	8831	-	Cm-241	9628	-			
Ra-226	8834	882260	Cm-242	9631	962420			
Ac-225	8925	-	Cm-243	9634	962430			
Ac-226	8928	-	Cm-244	9637	962440			
Ac-227	8931	892270	Cm-245	9640	962450			
Th-227	9025	902270	Cm-246	9643	962460			
Th-228	9028	902280	Cm-247	9646	962470			
Th-229	9031	902290	Cm-248	9649	962480			
Th-230	9034	902300	Cm-249	9652	962490			
Th-231	9037	-	Cm-250	9655	962500			
Th-232	9040	902320	Bk-245	9740	-			
Th-233	9043	902330	Bk-246	9743	-			
Th-234	9046	902340	Bk-247	9746	-			
Pa-229	9125	-	Bk-248	9749	-			
Pa-230	9128	-	Bk-249	9752	972490			
Pa-231	9131	912310	Bk-250	9755	972500			
Pa-232	9134	912320	Cf-246	9843	-			
Pa-233	9137	912330	Cf-248	9849	-			
U-230	9213	922300	Cf-249	9852	982490			
U-231	9216	922310	Cf-250	9855	982500			
U-232	9219	922320	Cf-251	9858	982510			
U-233	9222	922330	Cf-252	9861	982520			
U-234	9225	922340	Cf-253	9864	982530			
U-235	9228	922350	Cf-254	9867	982540			
U-236	9231	922360	Es-251	9911	-			

#### 4.1 JENDL-4.0 による改善

「常陽」MK-II で照射されたドライバ燃料（ペレット）及び MA サンプルに関する照射後試験を対象に新旧ライブラリ（JENDL-4.0 および JENDL-3.3）を用いて解析を行い、JENDL-4.0 への改定による改善について示す。

なお、高速炉の解析では中性子スペクトルの場所依存性が大きいために、燃料ペレットやサンプルと言った局在化した物体の燃焼計算では、局所的な中性子スペクトルの違いを考慮した燃焼計算が必要である。他方、高速炉用の ORIGEN2 ライブラリは、内側／外側炉心領域あるいは軸方向／径方向ブランケット領域といった領域単位の燃焼計算を想定して作成されており、ここで述べる照射後試験解析を想定したものではない。本節はあくまで核データとしての JENDL-4.0 の特徴を述べるものであり、今回用意した高速炉用の ORLIBJ40 ライブラリの性能自体を評価したものではないことに注意されたい。

##### (1) ドライバ燃料

ドライバ燃料の照射による各核種組成の変化率について、測定と解析の比較を行った。評価対象の試料として、U 組成については照射前の U 濃縮度が、Pu 組成については Pu 富化度がそれぞれ同程度であり、かつ 1 群断面積が同程度となるものを選択した。すなわち、PIE 対象の全 75 試料の中から、U 組成については 18 試料を、Pu 組成については 7 試料をそれぞれ評価対象とした。また、評価特性として、組成変化対燃焼率のトレンドをフィッティングすることにより燃焼変化率を取ることにした。なお、燃焼変化率が小さい U-234、Pu-240、Pu-242 については評価対象としていない。

分析結果と新旧解析結果の比較(C/E 値)を図 4.1-1 に示す(誤差評価については検討中)。U-236 及び Pu-241 の組成変化率において JENDL-4.0 の適用により改善が見られるが、前者は U-235 捕獲断面積の改定に、後者は Pu-241 の核分裂断面積と捕獲断面積の改定に、それぞれよるものである。

##### (2) MA サンプル

Np-237 サンプル (Np-237=100 at%)、Am-241 サンプル (Am-241=100 at%)、Am-243 サンプル (Am-241/243=88/12 at%)、Cm-244 サンプル (Cm-244/245/246=93/3/4 at%) を炉心内で照射し、照射後の組成について測定値と解析値の比較を行った。

分析結果と新旧解析結果の比較 (C/E 値) を図 4.1-2～図 4.1-5 に示す。ここで、Cm-244 サンプルに関しては、照射後の核分裂率測定データが得られておらず、照射後の各核種の原子数を照射前のサンプル核種の全原子数により規格化（通常は実施）することができなかったために、照射後の Cm-244 の原子数の C/E が 1 となるように規格化している。Np、

Pu、Am の照射後の組成については新旧ライブラリ間で差はほとんど見られないが、Cm については Cm-243 及び Cm-245～247 の組成において JENDL-4.0 の適用による改善が著しい。これらの改善は、Cm-242 及び Cm-244～246 の捕獲断面積の改定による結果である。

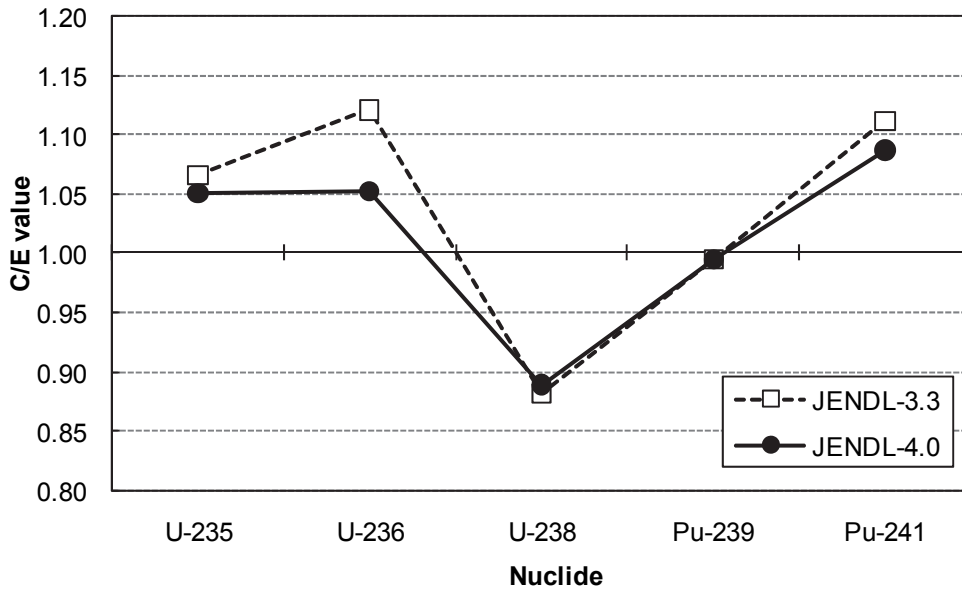


図 4.1-1 「常陽」MK-II で照射されたドライバ燃料の組成変化率に関する新旧ライブラリ間の解析結果の比較

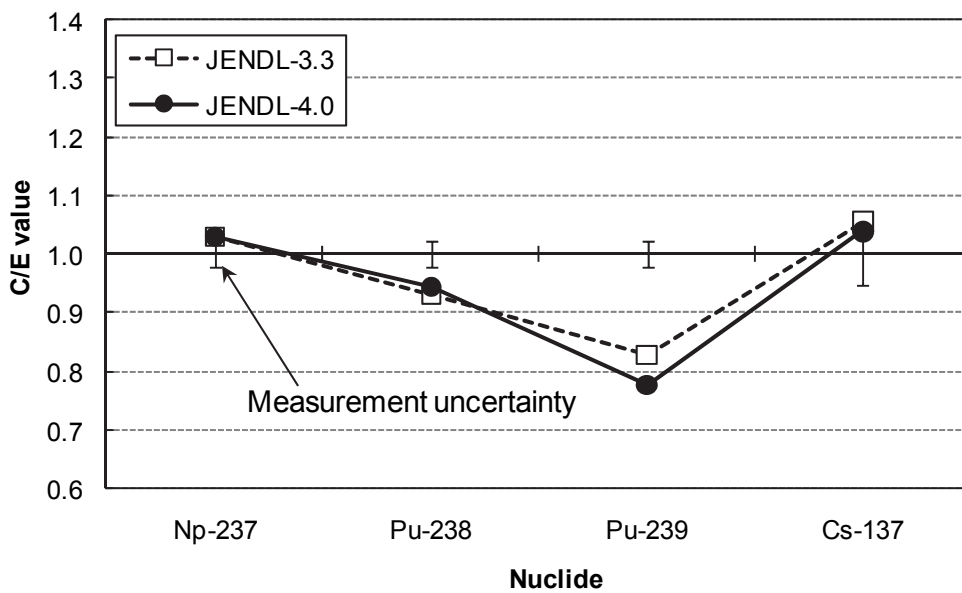


図 4.1-2 「常陽」MK-II で照射された Np-237 サンプルの照射後組成に関する新旧ライブラリ間の解析結果の比較

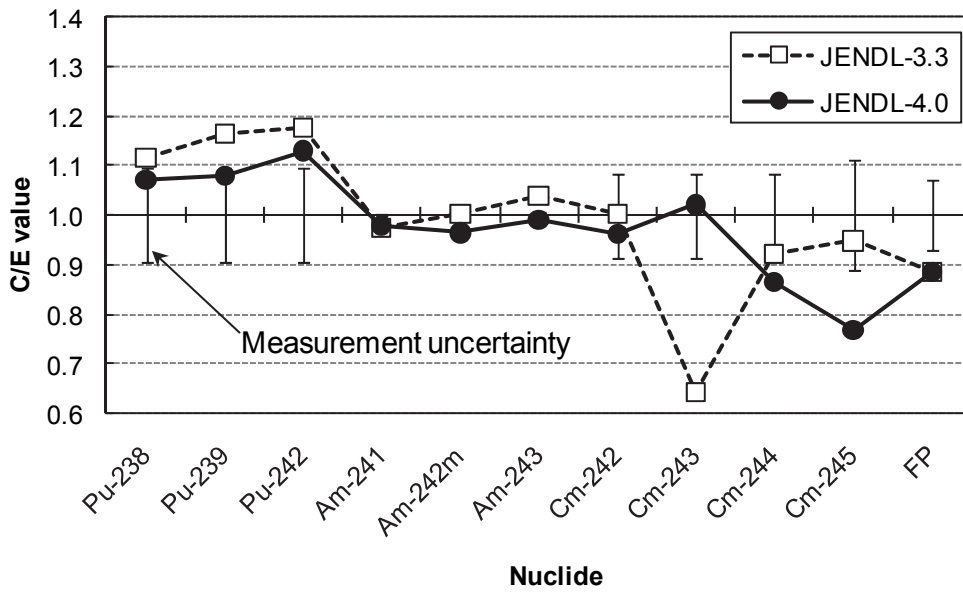


図 4.1-3 「常陽」MK-II で照射された Am-241 サンプルの照射後組成に関する  
新旧ライブラリ間の解析結果の比較

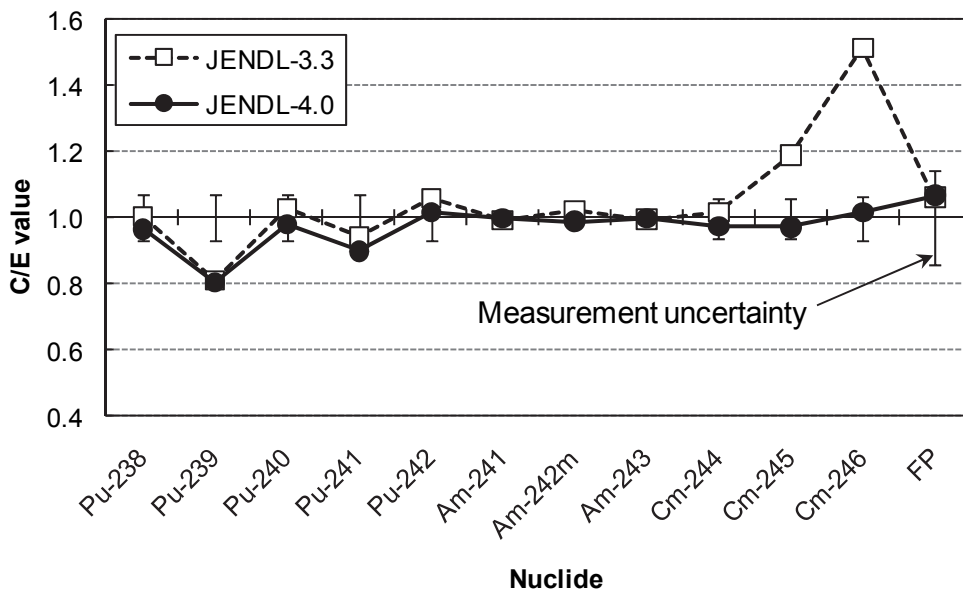


図 4.1-4 「常陽」MK-II で照射された Am-243 サンプルの照射後組成に関する  
新旧ライブラリ間の解析結果の比較



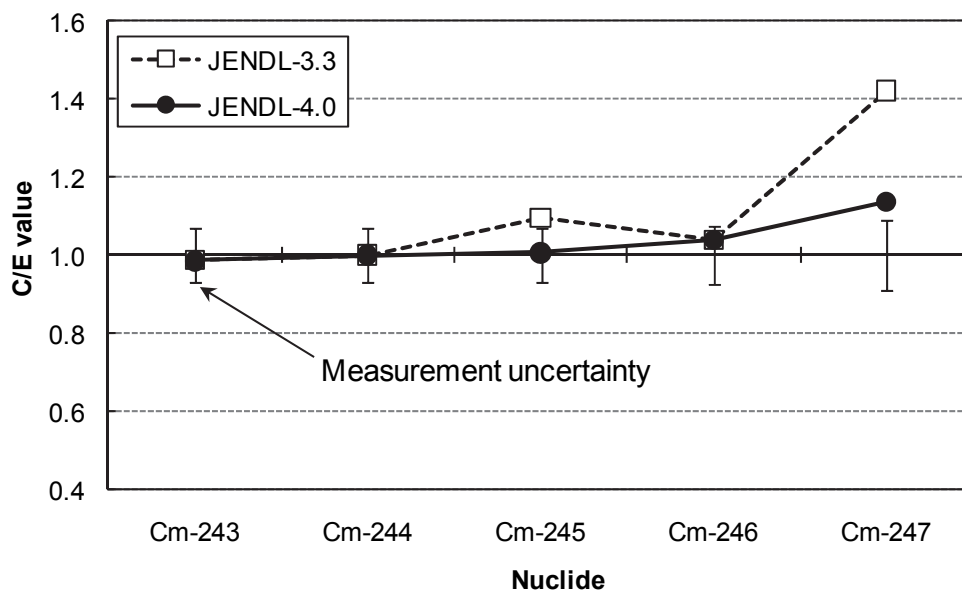


図 4.1-5 「常陽」MK-II で照射された Cm-244 サンプルの照射後組成に関する  
 新旧ライブラリ間の解析結果の比較 (Cm-244 の C/E 値で規格化)

## 4.2 ライブラリの作成方法

ORLIBJ40 の高速炉用ライブラリは、JENDL-4.0 に基づく 175 群構造の SLAROM-UF<sup>77),78)</sup> 用炉定数 UFLIB.J40<sup>79)</sup> を基に、炉心解析システム MARBLE<sup>80)</sup> 上に整備した高速炉用 ORIGEN2 断面積ライブラリ作成ツールを用いて作成した。同ツールは、175 群の断面積を対象炉心・領域の中性子スペクトルを用いて 1 群に縮約し、ORIGEN2 断面積ライブラリ形式に格納するものである。各炉心・領域を構成する核種については、共鳴による自己遮蔽効果を考慮した実効断面積を対象とし、それ以外の核種については、UFLIB に格納された 175 群の無限希釈断面積を対象に、それぞれ縮約処理を行う。以下、同ツールについて詳しく説明する。

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-4.0 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 JENDL-4.0 ベース (ORLIBJ40 中の崩壊ライブラリの崩壊チェーン (軽水炉用ライブラリの章を参照) に合わせ、必要に応じて独立核分裂収率を累積核分裂収率で置換) の値に置き換えた。

ベースライブラリには、ORLIBJ33 同様「LMFBR : Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」(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 100GWd/t、出力 125 万 kWe の商業炉を対象としたライブラリ) を用いた。高速炉用ライブラリ作成の流れを以下に示す (図 4.2-1 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る処理部分である。

- ① SLAROM-UF コードにより、175 群実効断面積 (エネルギー範囲 :  $10^{-5}\text{eV} \sim 20\text{MeV}$ ) (表 4.2-1 参照<sup>†</sup>) を計算し、CITATION-FBR コード<sup>81)</sup>による全炉心計算から 175 群中性子スペクトルを求めた。具体的には以下の通りである。実効断面積を求める核種は、炉心計算で必要となる数十核種であり、それらに対しては ORLIBJ33 作成時と同様に平衡サイクル原子数密度とした。SLAROM-UF コードにより、175 群炉定数と超微細群炉定数 ( $10^{-5}\text{eV} \sim$  約  $50\text{keV}$  を約 10 万群) の組み合わせにより超微細群計算を行った。次に、CITATION-FBR コードによる全炉心計算から 175 群中性子スペクトルを求めた。
- ② 処理①で作成した 175 群中性子スペクトルを重みとして、処理①で作成した 175 群

<sup>†</sup> ORLIBJ33の作成までは70群のJFS-3 (当時のエネルギー上限10MeV) と10～20MeVを拡張した ORIGENツール内蔵73群無限希釈断面積を組み合わせて擬似73群による取り扱いとしていたが、ORLIBJ40ではエネルギー上限が20MeVであるUFLIBの175群による取り扱いに変更

実効断面積と UFLIB.J40 に格納された 175 群無限希釈断面積を 1 群に縮約する。

- ③ 従来の JFS-3 ライブラリ同様、UFLIB の捕獲反応断面積には、 $(n, \gamma)$  反応断面積の他、 $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$  反応断面積等<sup>†</sup>を含めて定義されていることから、処理②で作成した捕獲反応 1 群実効断面積から、処理②で作成した $(n, p)$ 、 $(n, \alpha)$  反応 1 群無限希釈断面積を引くことにより、 $(n, \gamma)$  反応 1 群無限希釈断面積との整合をとる。また、処理②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、UFLIB.J40 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、実効断面積による更新の対象となる。
- ④ ベースライブラリより、 $(n, \gamma)$ 、 $(n, 2n)$  反応の核異性体比を得る。JENDL-4.0 では Bi-209  $(n, \gamma)$  反応、Np-237  $(n, 2n)$  反応、Am-241  $(n, \gamma)$  反応の核異性体比が評価され、評価済み核データファイル (ENDF) に格納されている。高速炉での核異性体比 (基底状態になる割合) の平均値は、Bi-209  $(n, \gamma)$  反応が 0.52、Np-237  $(n, 2n)$  反応が 0.35、Am-241  $(n, \gamma)$  反応が 0.85 となる。ORLIBJ40 ではこれらの値を採用する。なお、Am-241  $(n, \gamma)$  反応については、ORLIBJ33 でも当時の最新知見として 0.85 を採用しているので変更はない。その他の核種については、ベースライブラリの炉心部用、軸方向ブランケット用、径方向ブランケット用それぞれの核異性体比を用いる (表 4.2-2~表 4.2-4 参照)。
- ⑤ 核分裂収率データを更新するために、JENDL-4.0 (ENDF) から核分裂収率データを読み込む。対象核種は、ORIGEN2 断面積ライブラリに核分裂収率データが格納されている Th-232、U-233、U-235、U-238、Pu-239、Pu-241、Cm-245、Cf-249 であり、中性子入射エネルギー 500keV の値である。ただし、Cm-245 と Cf-249 については、JENDL-4.0 (ENDF) に 500keV の値が収録されていないため、代わりに 0.0253eV の値を用いる。
- ⑥ 処理③までに作成した 1 群断面積に処理④の核異性体比を乗じることにより、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、処理⑤の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-4.0 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。なお、JENDL-4.0 で天然元素の断面積が与えられている炭素 (C) については、C-12 として更新に用いる。

<sup>†</sup> UFLIB の捕獲反応断面積は ENDF 書式における MT=102~118 の合計で定義

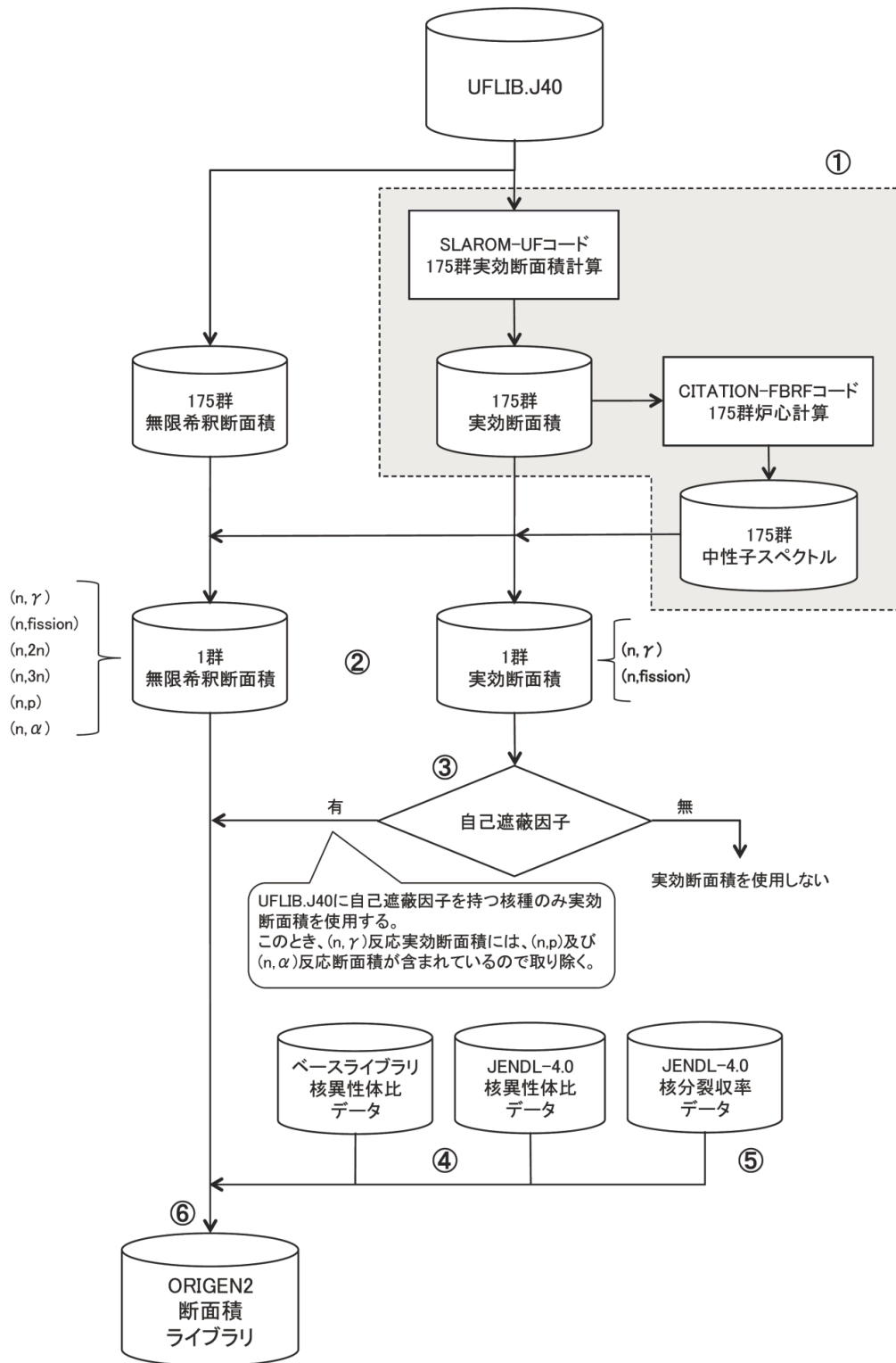


図 4.2-1 高速炉用 ORIGIN2 断面積ライブラリ作成フロー

(①～⑥は本文 4.2 節で記述した手順を示す)

表 4.2-1 エネルギー構造 (1/2)

Group			Upper energy (eV)	lethargy	$\Delta u$	Group			Upper energy (eV)	lethargy	$\Delta u$		
70G	73G	175G				70G	73G	175G					
	1	2	1	2.0000E+7	0.00000	0.19316	8	11	50	1.73774E+6	2.44315	0.05000	
			1	1.64870E+7	0.19316	0.01999			51	1.65299E+6	2.49315	0.05000	
		2	1.61607E+7	0.21315	0.08000	52			1.57237E+6	2.54315	0.05000		
		3	1.49183E+7	0.29315	0.02500	53			1.49569E+6	2.59315	0.05000		
		4	1.45499E+7	0.31815	0.02500	54			1.42274E+6	2.64315	0.05000		
		5	1.41907E+7	0.34315	0.02500	9			12	55	1.35335E+6	2.69315	0.05000
		6	1.38403E+7	0.36815	0.02500					56	1.28735E+6	2.74315	0.05000
	7	1.34986E+7	0.39315	0.05000	57		1.22456E+6	2.79315		0.05000			
		3	8	1.28403E+7	0.44315	0.02500	10	13	58	1.16484E+6	2.84315	0.05000	
			9	1.25232E+7	0.46815	0.02500			59	1.10803E+6	2.89315	0.05000	
			10	1.22140E+7	0.49315	0.05000			60	1.05399E+6	2.94315	0.05000	
			11	1.16183E+7	0.54315	0.05000			61	1.00259E+6	2.99315	0.04170	
			12	1.10517E+7	0.59315	0.05000			62	9.61640E+5	3.03485	0.05830	
13			1.05127E+7	0.64315	0.05000	63			9.07180E+5	3.09315	0.05000		
1	4	14	1.00000E+7	0.69315	0.05000	11	14	64	8.62936E+5	3.14315	0.05000		
		15	9.51229E+6	0.74315	0.05000			65	8.20850E+5	3.19315	0.05000		
		16	9.04837E+6	0.79315	0.05000			66	7.80817E+5	3.24315	0.05000		
		17	8.60708E+6	0.84315	0.05000			67	7.42736E+5	3.29315	0.05000		
		18	8.18731E+6	0.89315	0.05000			68	7.06512E+5	3.34315	0.05000		
		19	7.78801E+6	0.94315	0.05000			69	6.72055E+5	3.39315	0.05000		
2	5	20	7.40818E+6	0.99315	0.05000	12	15	70	6.39279E+5	3.44315	0.05000		
		21	7.04688E+6	1.04315	0.05000			71	6.08101E+5	3.49315	0.05000		
		22	6.70320E+6	1.09315	0.01667			72	5.78443E+5	3.54315	0.05000		
		23	6.59241E+6	1.10981	0.03333			73	5.50232E+5	3.59315	0.05000		
		24	6.37628E+6	1.14315	0.05000			74	5.23397E+5	3.64315	0.05000		
		25	6.06531E+6	1.19315	0.05000			13	16	75	4.97871E+5	3.69315	0.10000
26	5.76950E+6	1.24315	0.05000	76	4.50492E+5	3.79315	0.10000						
27	5.48812E+6	1.29315	0.05000	77	4.07622E+5	3.89315	0.05000						
	6	28	5.22046E+6	1.34315	0.05000	14	17	78	3.87742E+5	3.94315	0.05000		
		29	4.96585E+6	1.39315	0.05000			79	3.68832E+5	3.99315	0.10000		
		30	4.72367E+6	1.44315	0.05000			80	3.33733E+5	4.09315	0.10000		
		31	4.49329E+6	1.49315	0.10000			15	18	81	3.01974E+5	4.19315	0.01160
32	4.06570E+6	1.59315	0.10000	82	2.98491E+5	4.20475	0.00430						
33	3.67879E+6	1.69315	0.10000	83	2.97210E+5	4.20905	0.00910						
34	3.32871E+6	1.79315	0.05000	84	2.94518E+5	4.21815	0.02500						
35	3.16637E+6	1.84315	0.05000	85	2.87246E+5	4.24315	0.05000						
36	3.01194E+6	1.89315	0.05000	86	2.73237E+5	4.29315	0.10000						
6	9	37	2.86505E+6	1.94315	0.05000	16	19	87	2.47235E+5	4.39315	0.05000		
		38	2.72532E+6	1.99315	0.05000			88	2.35178E+5	4.44315	0.05000		
		39	2.59240E+6	2.04315	0.05000			89	2.23708E+5	4.49315	0.05000		
		40	2.46597E+6	2.09315	0.03333			90	2.12797E+5	4.54315	0.05000		
		41	2.38513E+6	2.12648	0.00833			91	2.02419E+5	4.59315	0.05000		
		42	2.36533E+6	2.13481	0.00833			92	1.92547E+5	4.64315	0.05000		
		43	2.34570E+6	2.14315	0.01667			17	20	93	1.83156E+5	4.69315	0.05000
		44	2.30693E+6	2.15981	0.03333					94	1.74224E+5	4.74315	0.05000
45	2.23130E+6	2.19315	0.05000	95	1.65727E+5	4.79315	0.05000						
7	10	46	2.12248E+6	2.24315	0.05000	96	1.57644E+5	4.84315	0.05000				
		47	2.01897E+6	2.29315	0.05000	97	1.49956E+5	4.89315	0.05000				
		48	1.92050E+6	2.34315	0.05000								
		49	1.82684E+6	2.39315	0.05000								

表 4.2-1 (続き) (2/2)

Group			Upper energy (eV)	lethargy	$\Delta u$	Group			Upper energy (eV)	lethargy	$\Delta u$
70G	73G	175G				70G	73G	175G			
18	21	98	1.42642E+5	4.94315	0.05000	41	44	145	4.53999E+2	10.69315	0.25000
		99	1.35686E+5	4.99315	0.05000	42	45	146	3.53575E+2	10.94315	0.25000
		100	1.29068E+5	5.04315	0.05000	43	46	147	2.75365E+2	11.19315	0.25000
		101	1.22773E+5	5.09315	0.05000	44	47	148	2.14454E+2	11.44315	0.25000
		102	1.16786E+5	5.14315	0.05000	45	48	149	1.67017E+2	11.69315	0.25000
19	22	103	1.11090E+5	5.19315	0.12500	46	49	150	1.30073E+2	11.94315	0.25000
		104	9.80366E+4	5.31815	0.12500	47	50	151	1.01301E+2	12.19315	0.25000
20	23	105	8.65170E+4	5.44315	0.04760	48	51	152	7.88933E+1	12.44315	0.25000
		106	8.24952E+4	5.49075	0.03690	49	52	153	6.14421E+1	12.69315	0.25000
		107	7.95066E+4	5.52765	0.09910	50	53	154	4.78512E+1	12.94315	0.25000
		108	7.20054E+4	5.62675	0.06640	51	54	155	3.72665E+1	13.19315	0.25000
21	24	109	6.73795E+4	5.69315	0.10000	52	55	156	2.90232E+1	13.44315	0.25000
		110	6.09675E+4	5.79315	0.07500	53	56	157	2.26033E+1	13.69315	0.25000
		111	5.65622E+4	5.86815	0.07500	54	57	158	1.76035E+1	13.94315	0.25000
22	25	112	5.24752E+4	5.94315	0.04600	55	58	159	1.37096E+1	14.19315	0.25000
		113	5.01160E+4	5.98915	0.10400	56	59	160	1.06770E+1	14.44315	0.25000
		114	4.51658E+4	6.09315	0.10000	57	60	161	8.31529E+0	14.69315	0.25000
23	26	115	4.08677E+4	6.19315	0.15000	58	61	162	6.47595E+0	14.94315	0.25000
		116	3.51752E+4	6.34315	0.10000	59	62	163	5.04348E+0	15.19315	0.25000
24	27	117	3.18278E+4	6.44315	0.10000	60	63	164	3.92786E+0	15.44315	0.25000
		118	2.87990E+4	6.54315	0.05000	61	64	165	3.05902E+0	15.69315	0.25000
		119	2.73945E+4	6.59315	0.05000	62	65	166	2.38237E+0	15.94315	0.25000
		120	2.60584E+4	6.64315	0.05000	63	66	167	1.85539E+0	16.19315	0.25000
25	28	121	2.47875E+4	6.69315	0.05000	64	67	168	1.44498E+0	16.44315	0.25000
		122	2.35786E+4	6.74315	0.10000	65	68	169	1.12535E+0	16.69315	0.25000
		123	2.13348E+4	6.84315	0.10000	66	69	170	8.76425E-1	16.94315	0.25000
26	29	124	1.93045E+4	6.94315	0.25000	67	70	171	6.82560E-1	17.19315	0.25000
27	30	125	1.50344E+4	7.19315	0.25000	68	71	172	5.31579E-1	17.44315	0.25000
28	31	126	1.17088E+4	7.44315	0.10000	69	72	173	4.13994E-1	17.69315	0.25000
		127	1.05946E+4	7.54315	0.15000	70	73	174	3.22419E-1	17.94315	1.00000
29	32	128	9.11882E+3	7.69315	0.25000			175	1.18611E-1	18.94315	9.38102
30	33	129	7.10174E+3	7.94315	0.25000						
31	34	130	5.53084E+3	8.19315	0.25000						
32	35	131	4.30743E+3	8.44315	0.15000						
		132	3.70744E+3	8.59315	0.10000						
33	36	133	3.35463E+3	8.69315	0.10000						
		134	3.03539E+3	8.79315	0.10000						
		135	2.74654E+3	8.89315	0.05000						
34	37	136	2.61259E+3	8.94315	0.05000						
		137	2.48517E+3	8.99315	0.10000						
		138	2.24867E+3	9.09315	0.10000						
35	38	139	2.03468E+3	9.19315	0.25000						
36	39	140	1.58461E+3	9.44315	0.25000						
37	40	141	1.23410E+3	9.69315	0.25000						
38	41	142	9.61117E+2	9.94315	0.25000						
39	42	143	7.48518E+2	10.19315	0.25000						
40	43	144	5.82947E+2	10.44315	0.25000						

表 4.2-2 (n,  $\gamma$ ) 反応及び (n,2n) 反応の核異性体比 (1/2)  
 - 炉心部<sup>†</sup> -

核種	ORIGEN2 核種ID番号	JENDL-4.0 MAT番号	(n, $\gamma$ )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	3037	9.328E-01	6.721E-02	-	-
Zn-70	300700	3043	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	3825	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	3928	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	-	-

<sup>†</sup> オリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリより、「LMFBR : Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」炉心部用、NLIB(5)=311、NLIB(6)=312、NLIB(7)=313

表 4.2-2 (続き) - 炉心部 - (2/2)

核種	ORIGEN2 核種ID番号	JENDL-4.0 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	6649	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	6925	9.336E-01	6.640E-02	-	-
Yb-174	701740	7043	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-189	761890	7640	1.000E+00	1.100E-05	-	-
Os-190	761900	7643	3.000E-01	7.000E-01	-	-
Os-192	761920	7649	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	5.200E-01	4.800E-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	-	-	3.500E-01	6.500E-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	9913	5.900E-01	4.100E-01	-	-

※ JENDL-4.0 の値を採用した。それぞれの基底状態になる割合は、Bi-209 (n,γ) 反応が 0.52、Np-237 (n,2n) 反応が 0.35、Am-241 (n,γ) 反応が 0.85 とした。



表 4.2-3 (n,  $\gamma$ ) 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<sup>†</sup> -

核種	ORIGEN2 核種ID番号	JENDL-4.0 MAT番号	(n, $\gamma$ )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	3037	9.328E-01	6.721E-02	-	-
Zn-70	300700	3043	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	3825	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	3928	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	-	-

<sup>†</sup> オリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリより、「LMFBR : Advanced oxide, LWR-Pu/U/U/U」軸方向ブランケット部用、NLIB(5)=314、NLIB(6)=315、NLIB(7)=316

表 4.2-3 (続き) - 軸方向ブランケット部 - (2/2)

核種	ORIGEN2 核種ID番号	JENDL-4.0 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	6649	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	6925	9.336E-01	6.639E-02	-	-
Yb-174	701740	7043	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-189	761890	7640	1.000E+00	1.100E-05	-	-
Os-190	761900	7643	3.000E-01	7.000E-01	-	-
Os-192	761920	7649	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	5.200E-01	4.800E-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	-	-	3.500E-01	6.500E-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	9913	5.900E-01	4.100E-01	-	-

※ JENDL-4.0 の値を採用した。それぞれの基底状態になる割合は、Bi-209 (n,γ) 反応が 0.52、Np-237 (n,2n) 反応が 0.35、Am-241 (n,γ) 反応が 0.85 とした。

表 4.2-4 (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<sup>†</sup> -

核種	ORIGEN2 核種ID番号	JENDL-4.0 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	3037	9.328E-01	6.722E-02	-	-
Zn-70	300700	3043	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	3825	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	3928	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	-	-

<sup>†</sup>オリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリより、「LMFBR : Advanced oxide, LWR・Pu/U/U/U」 径方向ブランケット部用、NLIB(5)=317、NLIB(6)=318、NLIB(7)=319

表 4.2-4 (続き) - 径方向ブランケット部 - (2/2)

核種	ORIGEN2 核種ID番号	JENDL-4.0 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	6649	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	6925	9.336E-01	6.639E-02	-	-
Yb-174	701740	7043	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-189	761890	7640	1.000E+00	1.100E-05	-	-
Os-190	761900	7643	3.000E-01	7.000E-01	-	-
Os-192	761920	7649	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	5.200E-01	4.800E-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	-	-	3.500E-01	6.500E-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	9913	5.899E-01	4.101E-01	-	-

※ JENDL-4.0 の値を採用した。それぞれの基底状態になる割合は、Bi-209 (n,γ) 反応が 0.52、Np-237 (n,2n) 反応が 0.35、Am-241 (n,γ) 反応が 0.85 とした。

### 4.3 ライブラリ作成対象炉心

ORLIBJ40 の高速炉用ライブラリの作成対象炉心は、ORLIBJ33 に対して、FaCT プロジェクトにおける最新の設計研究の成果の 2 炉心を追加した 10 炉心である。以下に一覧を示す。

- ① 高速実験炉「常陽」MK-I<sup>82)</sup>
- ② 高速原型炉「もんじゅ」<sup>83)</sup>
- ③ 60 万 kWe 酸化物燃料炉心（軽水炉取出し Pu 組成）<sup>84)</sup>
- ④ 60 万 kWe 金属燃料炉心<sup>14)</sup>
- ⑤ 60 万 kWe 窒化物燃料炉心<sup>14)</sup>
- ⑥ 60 万 kWe 酸化物燃料炉心（高速炉リサイクル Pu 組成）<sup>14)</sup>
- ⑦ 130 万 kWe 酸化物燃料炉心<sup>14)</sup>
- ⑧ Pu バーナー炉心<sup>14)</sup>
- ⑨ 75 万 kWe 酸化物燃料炉心（高除染 U-Pu 燃料）<sup>74),75)</sup>
- ⑩ 150 万 kWe 酸化物燃料炉心（FBR 多重リサイクル TRU 燃料）<sup>76)</sup>

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、原型炉に高速原型炉「もんじゅ」、中型炉に 60 万 kWe 炉心、75 万 kWe 酸化物燃料炉心、大型炉に 130 万 kWe 酸化物燃料炉心、150 万 kWe 酸化物燃料炉心を選定した。(2) 炉心燃料では、60 万 kWe 酸化物燃料炉心（軽水炉取出し Pu 組成）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 4.3-1 に、炉心構成図を図 4.3-1～図 4.3-7 に、断面積の縮約に使用した対象炉心間の炉心部の中性子スペクトルの比較を図 4.3-8～図 4.3-12 に示す。

- ① 高速実験炉「常陽」MK-I（70 体炉心の仕様、増殖炉心）
 

熱出力	50MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	17.7wt%（U 濃縮度 約 23wt%）
Pu 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = -/76.6/19.0/3.7/0.7\text{wt}\%$
炉心部取出平均燃焼度	2.5 万 MWd/t
炉心高さ	60cm
炉心等価直径	約 75cm

② 高速原型炉「もんじゅ」(初装荷炉心の仕様)

熱出力	714MWt
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	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = -/58/24/14/4\text{wt}\%$
炉心部取出平均燃焼度	約 8 万 MWd/t
炉心高さ	93cm
炉心等価直径	約 179cm

③ 60 万 kWe 酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu 組成)

熱出力	1600MWt
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	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7\text{ wt}\%$
炉心部取出平均燃焼度	約 9 万 MWd/t
炉心高さ	100cm
炉心等価直径	約 275cm

平成 3 年度に動力炉・核燃料開発事業団 (現、原子力機構) 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し Pu を 5 年間冷却した組成。

④ 60 万 kWe 金属燃料炉心

熱出力	1600MWt
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	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7\text{ wt}\%$
炉心部取出平均燃焼度	約 9 万 MWd/t
炉心高さ	75cm
炉心等価直径	約 275cm

60 万 kWe 酸化物燃料炉心の仕様をベースに作成。(燃料) スミア密度 75%、Na ボンド、炉心高さを 75cm と酸化物燃料炉心よりも低くし、炉心部取出平均燃焼度

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 窒化物燃料炉心

熱出力	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%
炉心部取出平均燃焼度	約 9 万 MWd/t
炉心高さ	60cm
炉心等価直径	約 275cm

金属燃料炉心と同様に、60 万 kWe 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 60cm と酸化物燃料炉心よりもさらに低くし、炉心部取出平均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 酸化物燃料炉心（高速炉リサイクル Pu 組成）

熱出力	1600MWt
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 wt%
炉心部取出平均燃焼度	約 9 万 MWd/t
炉心高さ	100cm
炉心等価直径	約 275cm

60 万 kWe 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 酸化物燃料炉心の取出し Pu 組成比を使用した。

⑦ 130 万 kWe 酸化物燃料炉心

熱出力	3200MWt
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	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu} = 3/53/25/12/7$ wt%

炉心部取出平均燃焼度	約 15 万 MWd/t
炉心高さ	100cm
炉心等価直径	約 395cm

60 万 kWe 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

熱出力	2080MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	内側炉心/外側炉心 = 28.4/31.47 wt%
TRU 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 wt%
炉心部取出平均燃焼度	約 9 万 MWd/t
炉心高さ	60cm
炉心等価直径	約 522cm

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。TRU 組成は、燃焼度 3 万 MWd/t の軽水炉 (PWR) からの取出しのもの。

⑨ 75 万 kWe 酸化物燃料炉心 (高除染 U-Pu 燃料)

熱出力	1765MWt
燃料組成	MOX 燃料
Pu 富化度	内側炉心/外側炉心 = 19/26 wt%
TRU 同位体組成比	$^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}/^{240}\text{Pu}/^{241}\text{Pu}/^{242}\text{Pu}/^{241}\text{Am} = 2/54/28/7/8/1$ wt%
炉心部取出平均燃焼度	約 15 万 MWd/t
炉心高さ	100cm

太径燃料ピンを採用して燃料体積比を増加させることにより内部転換比を高め、ブランケットを含む炉心全体の取出平均燃焼度の向上及び運転サイクル長さの長期化を狙った炉心概念であり、FaCT プロジェクトにおける中型炉心として位置付けられている。



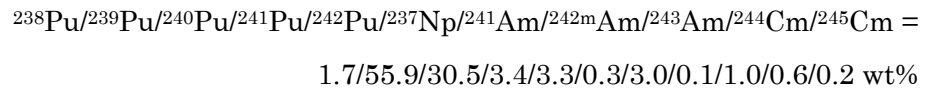
⑩ 150 万 kWe 酸化物燃料炉心 (FBR 多重リサイクル TRU 燃料)

熱出力 3530MWt

燃料組成 MOX 燃料

Pu 富化度 内側炉心/外側炉心 = 18/21 wt%

TRU 同位体組成比



炉心部取出平均燃焼度 約 15 万 MWd/t

炉心高さ 100cm

⑨の 75 万 kWe 酸化物燃料炉心と同じ燃料仕様を有するが、経済性を高めるために原子炉出力を 2 倍とした炉心概念であり、FaCT プロジェクトにおける大型炉心として位置付けられている。

以上の各対象炉心・領域ごとに作成した高速炉用ライブラリの一覧を表 4.3-2 に示す。

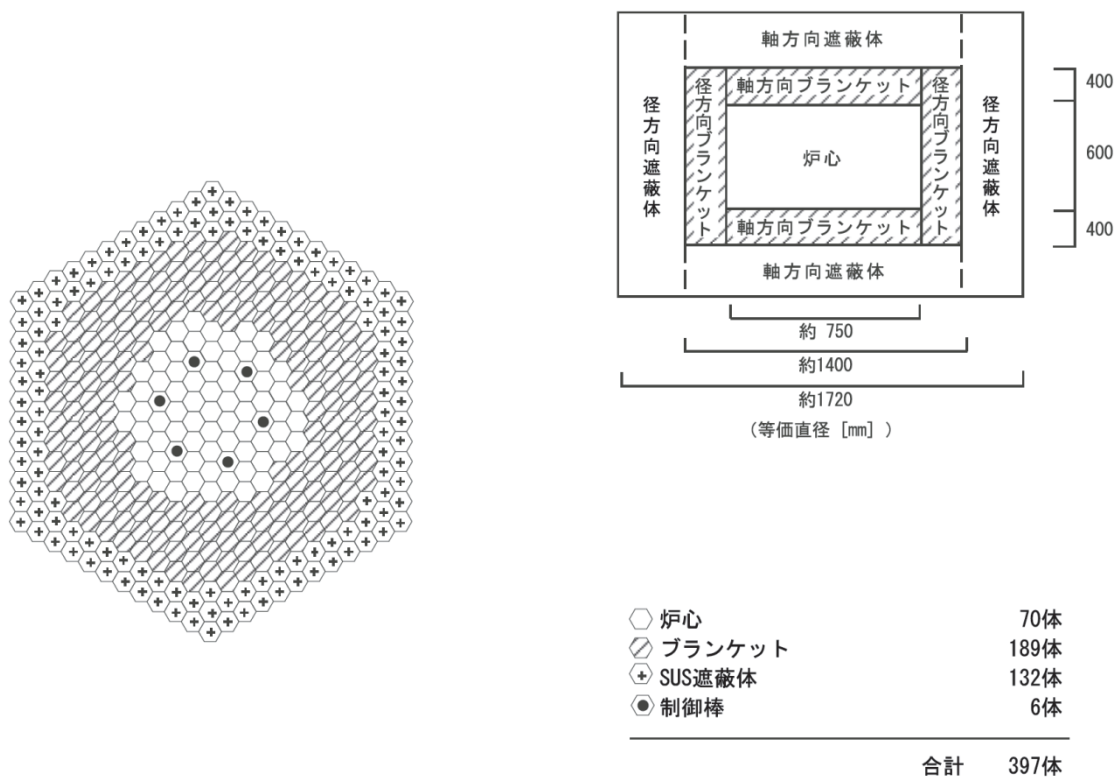


図 4.3-1 高速実験炉「常陽」MK-I の炉心構成図

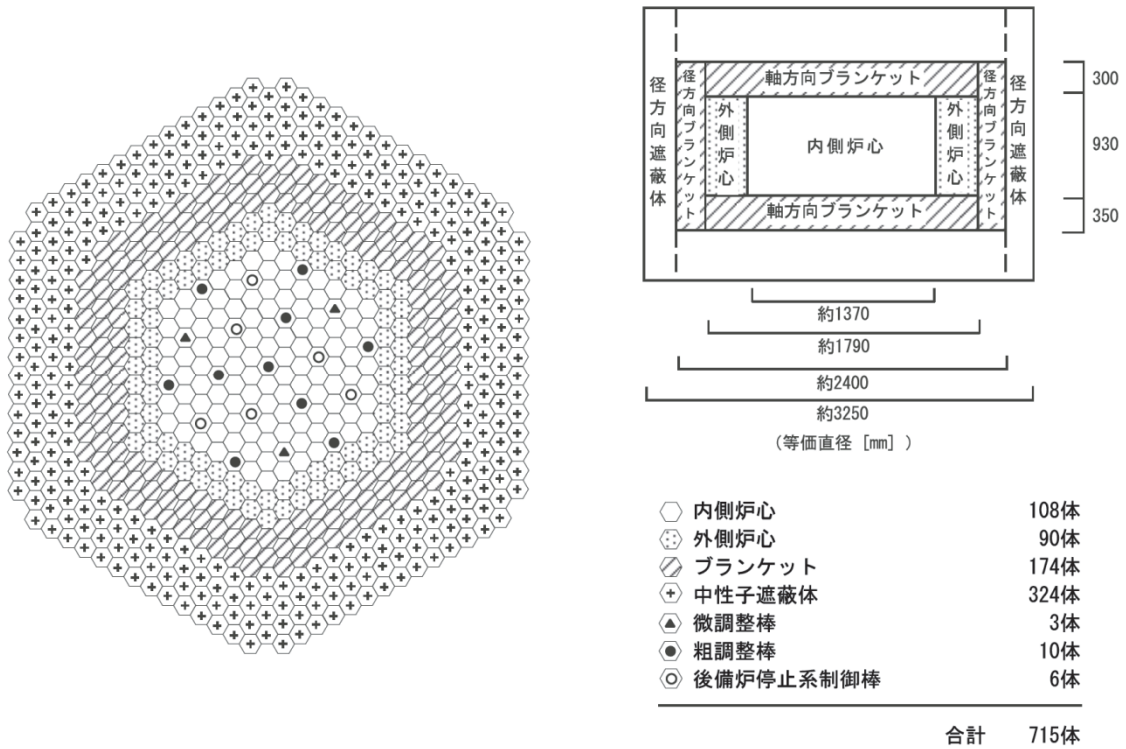


図 4.3-2 高速原型炉「もんじゅ」の炉心構成図

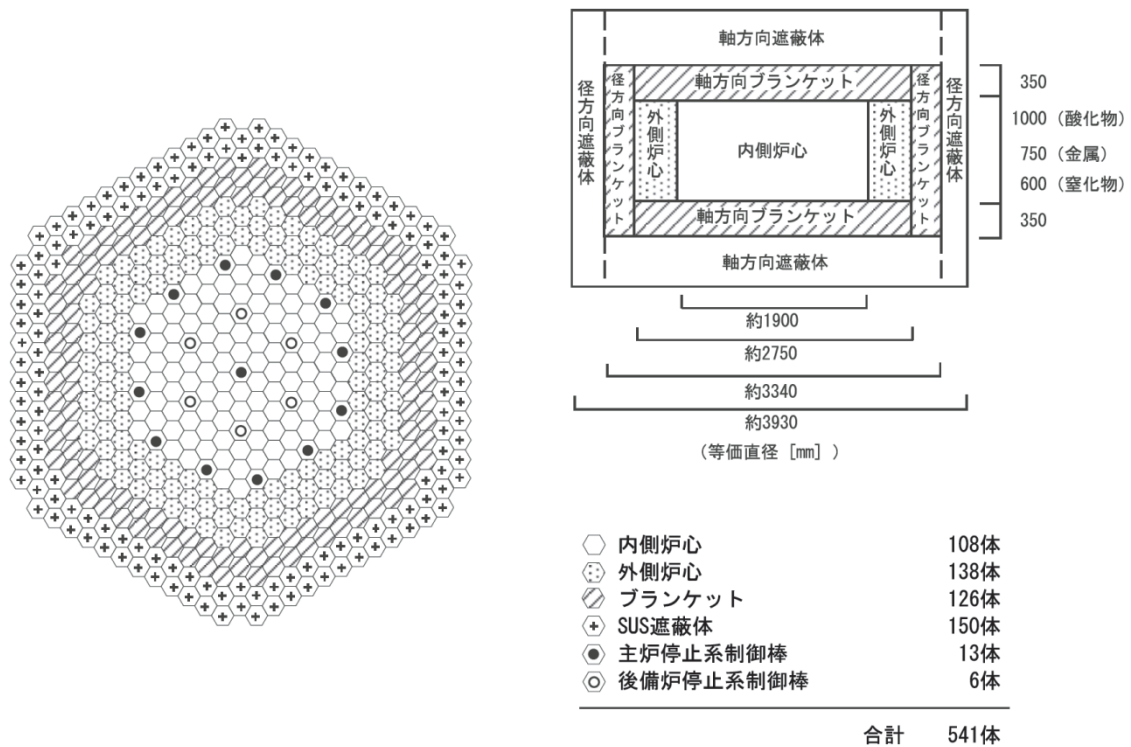


図 4.3-3 60 万 kW 炉心の炉心構成図

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

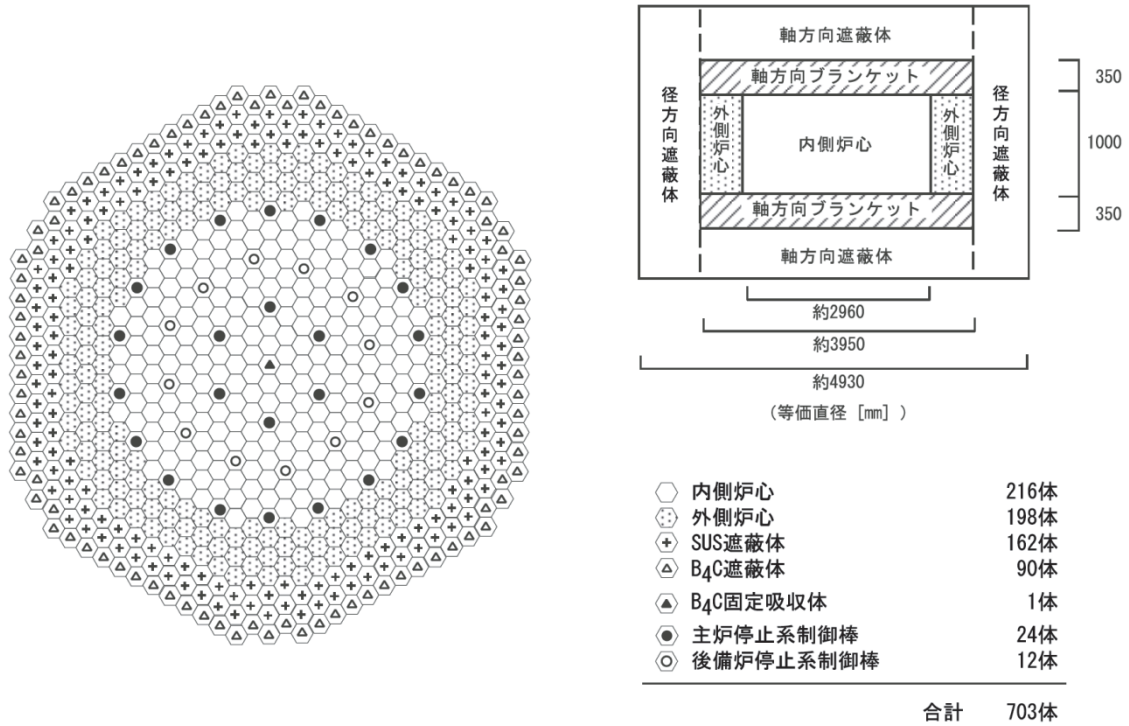


図 4.3-4 130 万 kWt 酸化燃料炉心の炉心構成図

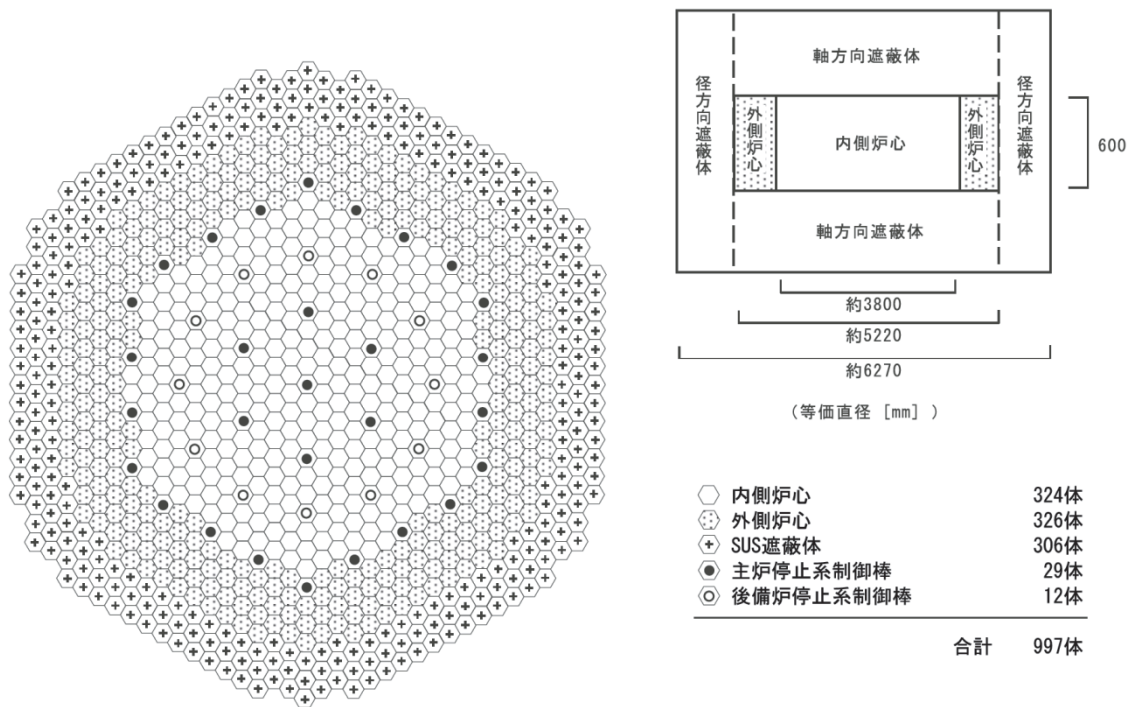
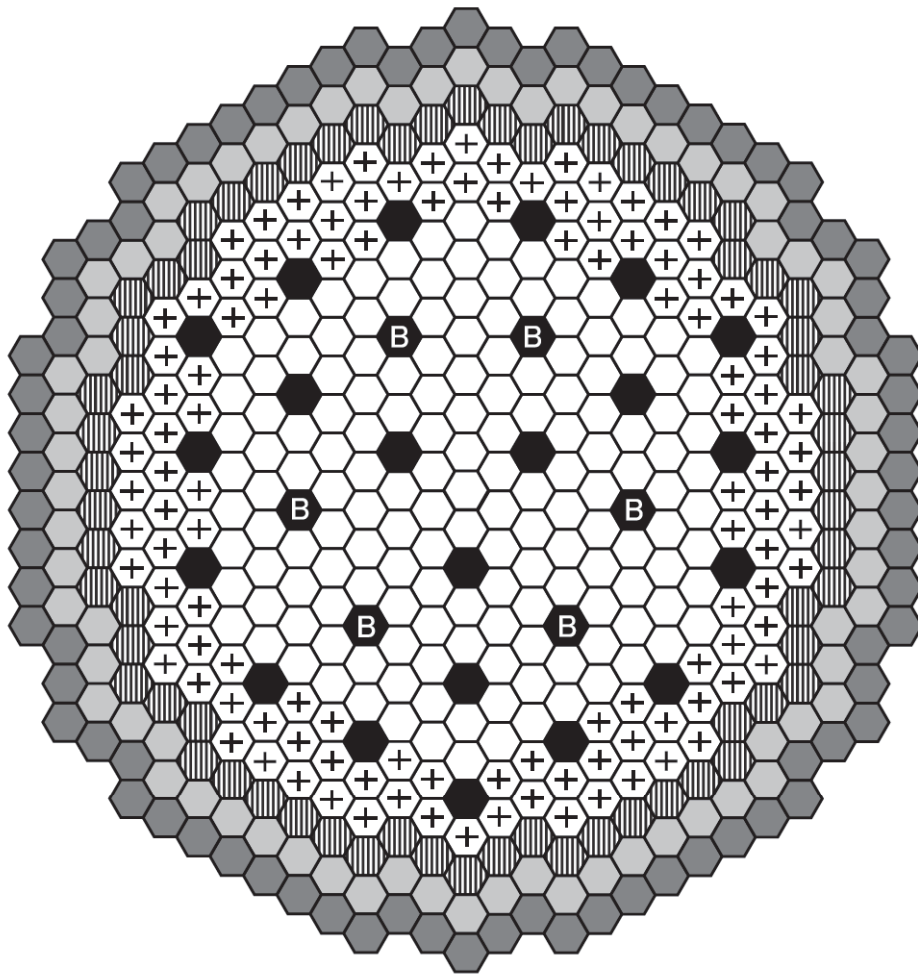
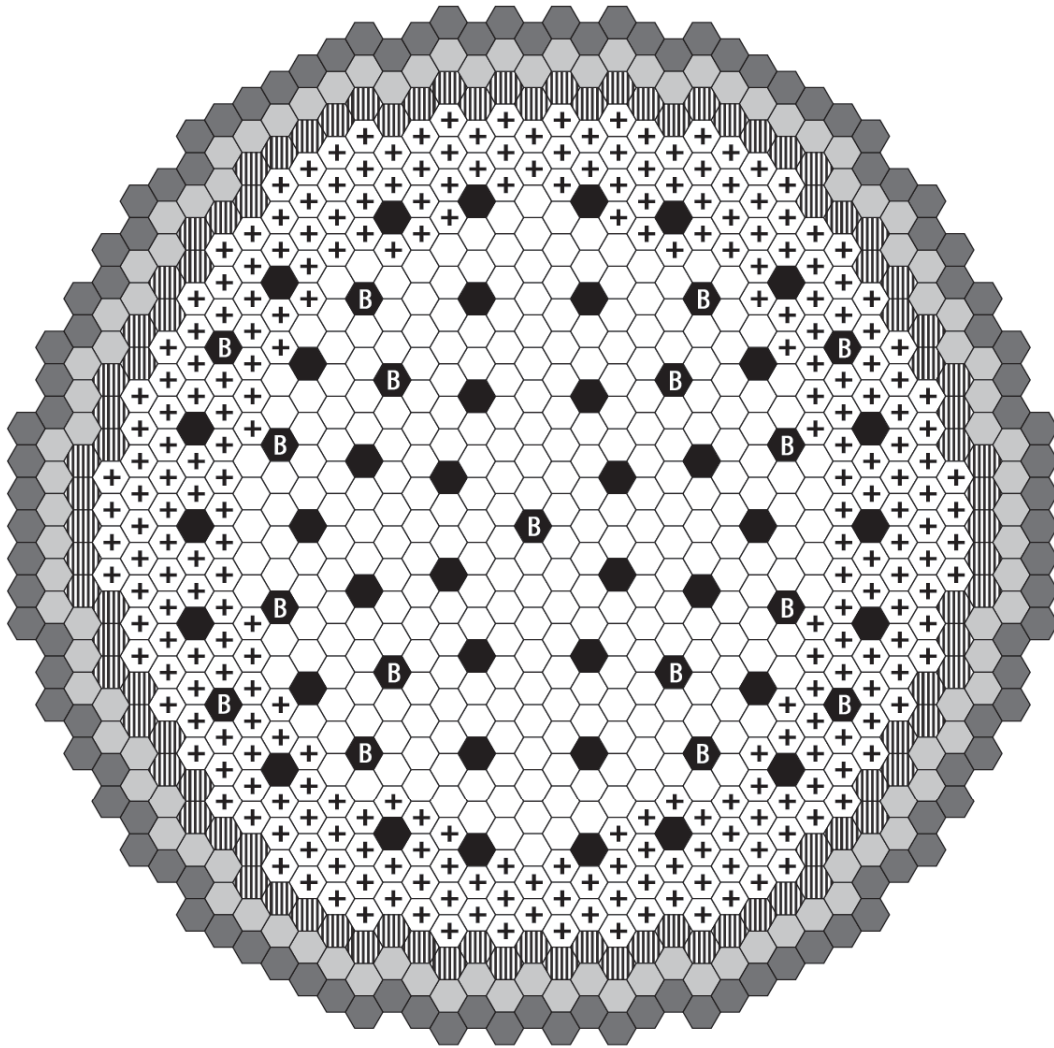


図 4.3-5 Pu バーナー炉心の炉心構成図



○	内側炉心燃料集合体	157体
+	外側炉心燃料集合体	117体
▨	径方向ブランケット燃料集合体	66体
●	主炉停止系制御棒	21体
⬛	後備炉停止系制御棒	6体
◐	ステンレス鋼遮へい体	72体
◑	Zr-H遮へい体	78体
合 計		517体

図 4.3-6 75 万 kW<sub>e</sub> 酸化燃料炉心（高除染 U-Pu 燃料）の炉心構成図










	内側炉心燃料集合体	288体
	外側炉心燃料集合体	274体
	径方向ブランケット	96体
	SUS遮へい体(1層)	102体
	Zr-H遮へい体(1層)	108体
	主炉停止系制御棒	40体
	後備炉停止系制御棒	17体
合 計		925体

図 4.3-7 150 万 kWe 酸化燃料炉心 (FBR 多重リサイクル TRU 燃料) の炉心構成図

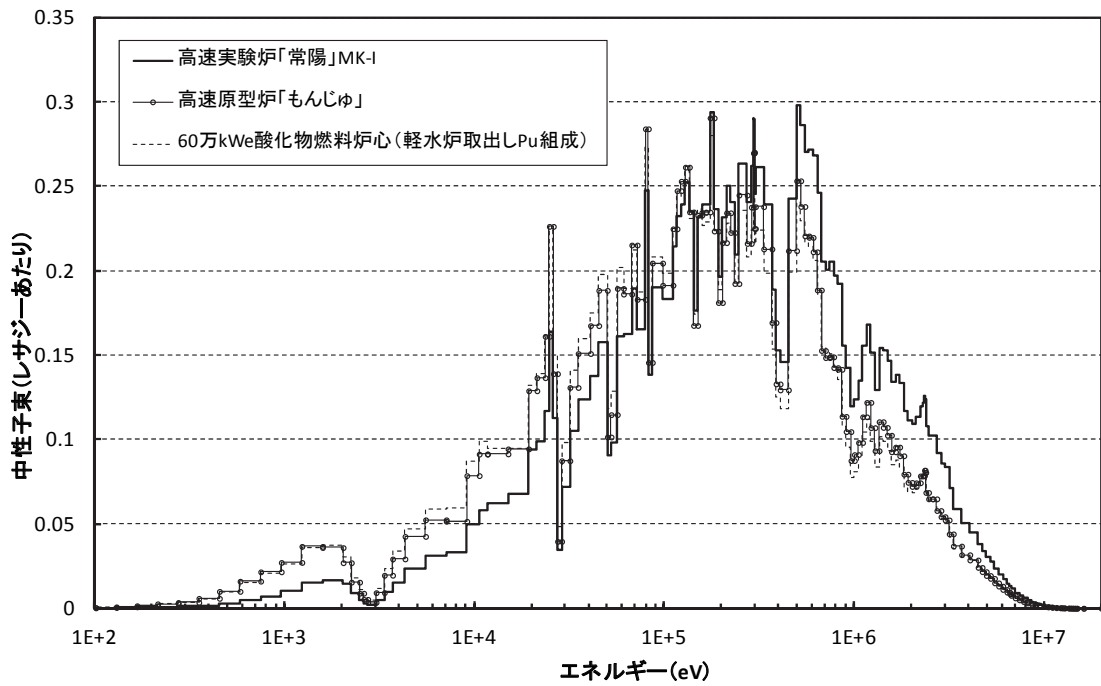


図 4.3-8 高速炉用ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較  
(高速実験炉「常陽」MK-I、高速原型炉「もんじゅ」、60万 kWe 酸化燃料炉心)

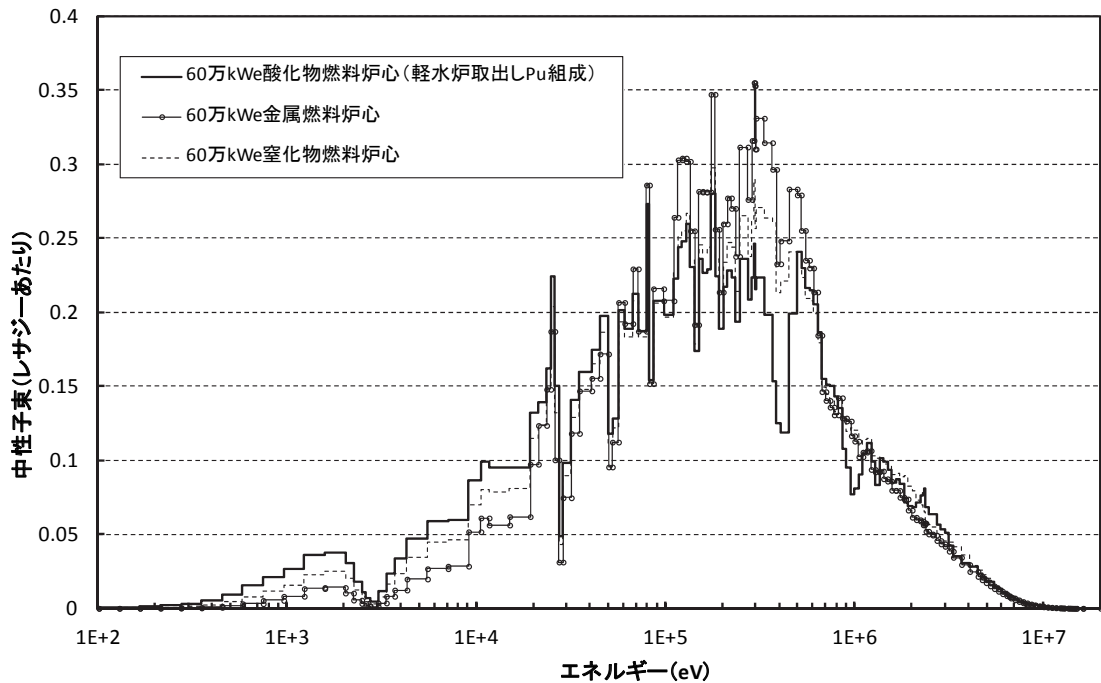


図 4.3-9 高速炉用ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較  
(60万 kWe 炉心：酸化燃料、金属燃料、窒化物燃料)

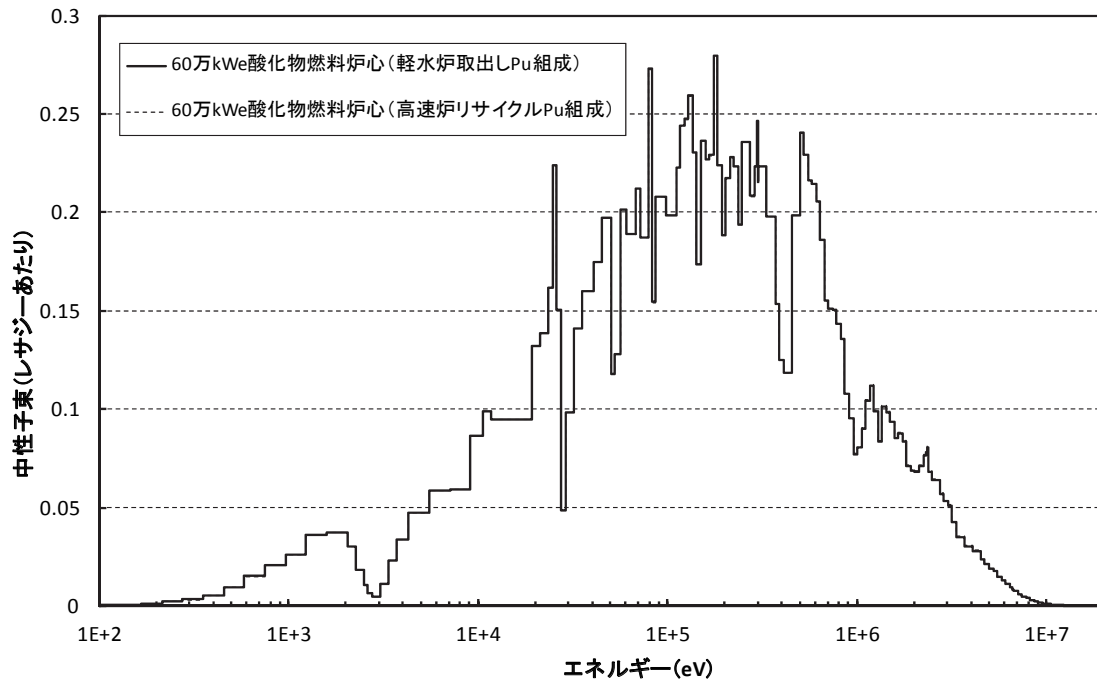


図 4.3-10 高速炉用ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較  
(60 万 kWt 炉心：軽水炉取出し Pu、高速炉リサイクル Pu)

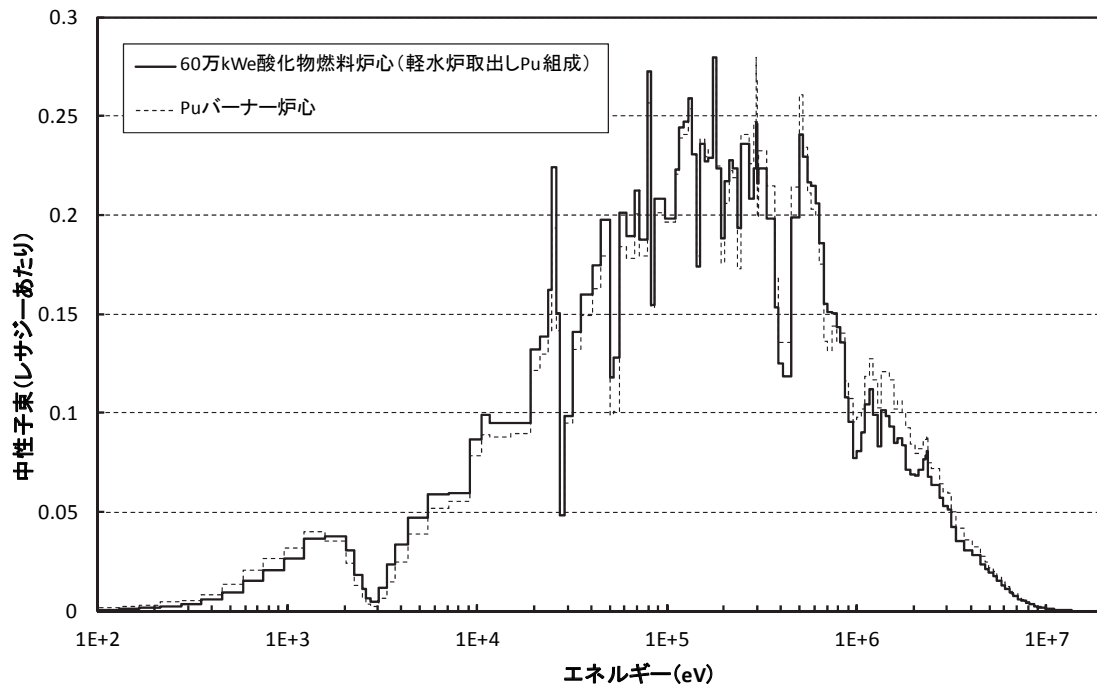


図 4.3-11 高速炉用ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較  
(60 万 kWt 酸化燃料炉心、Pu バーナー炉心)

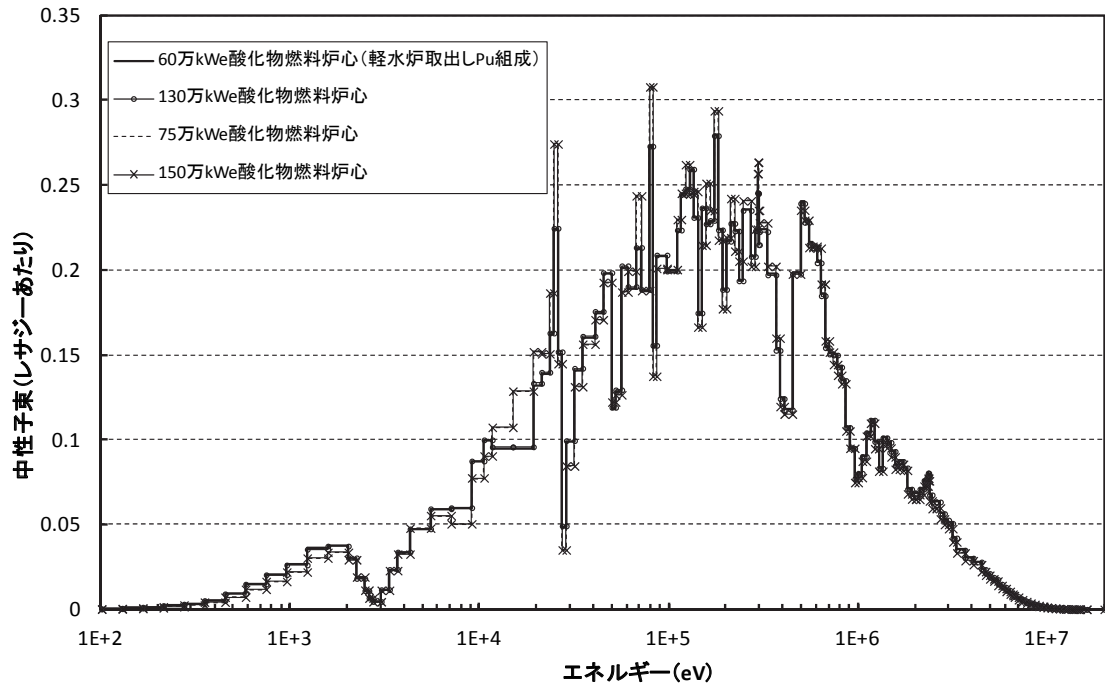


図 4.3-12 高速炉用ライブラリ作成対象炉心の内側炉心における中性子スペクトルの比較  
(酸化物燃料：60 万 kWe 炉心、75 万 kWe 炉心、130 万 kWe 炉心、150 万 kWe 炉心)



表 4.3-1 高速炉用ライブラリ作成対象炉心の炉心仕様 (1/2)

仕様	単位	高速実験炉 「常陽」MK-I	高速原型炉 「もんじゅ」	60万kWe 酸化燃料炉心 (軽水炉取出しPu)	60万kWe 酸化燃料炉心 (高速炉リサイクルPu)	60万kWe 金属燃料 炉心	60万kWe 窒化物燃料 炉心	130万kWe 酸化燃料 炉心	Puバーナー 炉心	75万kWe 酸化燃料炉心 (高濃度U-Pu燃料)	150万kWe 酸化燃料炉心 (FBR多重リサイクル TRU燃料)
原子炉熱出力	MWt	50	714	1600	1600	1600	1600	3200	2080	1765	3530
運転日数/サイクル	日	-	148	375	375	395	338	396	182.5	547.9	800.5
燃料交換バッチ数		-	5	3	3	3	3	5	6	6	4
炉心領域数		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
内側炉心	体	70	108	108	108	108	108	216	324	157	288
外側炉心	体	-	90	138	138	138	138	198	326	117	274
径ブランケット	体	189	174	126	126	126	126	0	0	66	96
制御棒	体	6	19	19	19	19	19	37	41	27	57
遮蔽体	体	132	324	150	150	150	150	252	306	150	210
炉心高さ	cm	60	93	100	100	75	60	100	60	100	100
炉心等面直径	mm	約750	約1790	約2750	約2750	約2750	約2750	約3950	約5220	N/A	N/A
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	N/A	N/A
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	N/A	N/A
ギャップ体積比	%	-	2.0	5.1	5.1	5.1	5.1	6.3	7.03	N/A	N/A
構造材体積比	%	20.9	24.5	22.4	22.4	22.4	22.4	21.9	14.58	N/A	N/A
冷却材体積比	%	40.1	40.0	34.3	34.3	34.3	34.3	33.4	57.29	N/A	N/A
炉心燃料		MOX	MOX	MOX	MOX	金属	窒化物	MOX	MOX	MOX	MOX
Pu富化度											
内側炉心/外側炉心	w/o	17.7	20.0/27.6	17.1/20.9	20.2/24.5	13.7/17.2	15.4/18.7	18.4/21.0	28.4/31.47	19/26	18/21

表 4.3-1 (続き) (2/2)

仕様	単位	高速実験炉「常陽」MK-1	高速原型炉「もんじゅ」	60万kWe 酸化物燃料炉心 (軽水炉出しPu)	60万kWe 酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクルPu)	60万kWe 金属燃料炉心	60万kWe 窒化物燃料炉心	130万kWe 酸化物燃料炉心	Puバーナー炉心	75万kWe 酸化物燃料炉心 (高除染U-Pu燃料)	150万kWe 酸化物燃料炉心 (FBR多重リサイクルTRU燃料)
Pu/TRU同位体組成比											
Pu-238	w/o	0.0	0	3	1.6	3	3	3	1.8	2	1.7
Pu-239	w/o	76.6	58	53	48.1	53	53	53	58.2	54	55.9
Pu-240	w/o	19.0	24	25	24.5	25	25	25	22.3	28	30.5
Pu-241	w/o	3.7	14	12	6.5	12	12	12	11.1	7	3.4
Pu-242	w/o	0.7	4	7	19.3	7	7	7	5.5	8	3.3
Np-237	w/o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3
Am-241	w/o	0.0	0	0	0	0	0	0	1.1	1	3.0
Am-242m	w/o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1
Am-243	w/o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.0
Cm-244	w/o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6
Cm-245	w/o	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2
U同位体組成比											
U-235/U-236/U-238	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	N/A	N/A
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	N/A	N/A
スミア密度	%TD	87	80	85	85	75	85	85	75	N/A	82
0/1比		1.98	1.97	1.98	1.98	-	-	1.98	-	N/A	N/A
被覆管											
外径	mm	6.3	6.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	7.5	約10	10.4
内径	mm	5.6	5.56	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	6.4	N/A	N/A
燃料要素数	本	91	169	217	217	217	217	271	271	255	255
ピンピッチ	mm	7.6	7.87	9.85	9.85	9.85	9.85	9.8	-	N/A	N/A
スペーサーワイヤ径	mm	1.2	1.32	1.3	1.3	1.3	1.3	1.25	-	約1	N/A
ワイヤ巻き付けピッチ	mm	266	307	200	200	200	200	200	-	N/A	N/A

表 4.3-2 高速炉用ライブラリー一覧

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)
75万kWe 酸化物燃料炉心 (高除染U-Pu燃料)	内側炉心	750MMXICJ40	786	787	788	119
	外側炉心	750MMXOCJ40	789	790	791	120
	軸方向ブランケット	750MMXAXJ40	792	793	794	121
	径方向ブランケット	750MMXRDJ40	795	796	797	122
高速実験炉 「常陽」MK-I	炉心	JOYOMK1COJ40	800	801	802	55
	軸方向ブランケット	JOYOMK1AXJ40	803	804	805	56
	径方向ブランケット	JOYOMK1RDJ40	806	807	808	57
高速原型炉 「もんじゅ」	内側炉心	MONJMXICJ40	809	810	811	58
	外側炉心	MONJMXOCJ40	812	813	814	59
	軸方向ブランケット	MONJMXAXJ40	815	816	817	60
	径方向ブランケット	MONJMXRDJ40	818	819	820	61
60万kWe 酸化物燃料炉心 (軽水炉取出しPu)	内側炉心	600MMXICJ40	821	822	823	62
	外側炉心	600MMXOCJ40	824	825	826	63
	軸方向ブランケット	600MMXAXJ40	827	828	829	64
	径方向ブランケット	600MMXRDJ40	830	831	832	65
60万kWe 金属燃料炉心	内側炉心	600MMTICJ40	833	834	835	66
	外側炉心	600MMTOCJ40	836	837	838	67
	軸方向ブランケット	600MMTAXJ40	839	840	841	68
	径方向ブランケット	600MMTRDJ40	842	843	844	69
60万kWe 窒化物燃料炉心	内側炉心	600MNIICJ40	845	846	847	70
	外側炉心	600MNIOCJ40	848	849	850	71
	軸方向ブランケット	600MNIAXJ40	851	852	853	72
	径方向ブランケット	600MNIIRDJ40	854	855	856	73
60万kWe 酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクルPu)	内側炉心	600MRPICJ40	857	858	859	74
	外側炉心	600MRPOCJ40	860	861	862	75
	軸方向ブランケット	600MRPAXJ40	863	864	865	76
	径方向ブランケット	600MRPRDJ40	866	867	868	77
130万kWe 酸化物燃料炉心	内側炉心	1300MXICJ40	869	870	871	78
	外側炉心	1300MXOCJ40	872	873	874	79
	軸方向ブランケット	1300MXAXJ40	875	876	877	80
Puバーナー炉心	内側炉心	PUBRMXICJ40	878	879	880	81
	外側炉心	PUBRMXOCJ40	881	882	883	82
150万kWe 酸化物燃料炉心 (FBR多重リサイクルTRU 燃料)	内側炉心	1500MXICJ40	884	885	886	123
	外側炉心	1500MXOCJ40	887	888	889	124
	軸方向ブランケット	1500MXAXJ40	890	891	892	125
	径方向ブランケット	1500MXRDJ40	893	894	895	126

#### 4.4 作成ライブラリによる計算

作成した ORLIBJ40 の高速炉用ライブラリと ORLIBJ33 の同ライブラリとの比較を行い、ORLIBJ40 の妥当性の確認を行った。

まず、(1)において 1 群断面積の比較と断面積変化の内訳を示す。次に、(2)において 1 群断面積の変化が燃焼計算結果に与える影響を示す。

##### (1) 1 群断面積の変化

ORLIBJ33 から ORLIBJ40 への 1 群断面積の変化を以下の 2 つの要因に分けて分析することにより、特に 1~20MeV 領域を閾値とする反応断面積への影響を把握し、また、JENDL-3.3 から JENDL-4.0 へのオリジナルの核データにおける改定との整合性を評価し、ORLIBJ40 の妥当性を確認する。

- ① 作成方法の変更（疑似 73 群炉定数から 175 群炉定数への変更）
- ② 断面積自体の変更（JENDL-3.3 から JENDL-4.0 への変更）

変更項目①については、73 群炉定数と 175 群炉定数でのエネルギー群構造の違いの他、炉定数作成時の重み関数の変更効果が含まれている。

変更項目②については、断面積自体の変化と中性子スペクトルの変化による効果に分離可能であるが、過去の検討からは主に断面積の変更の効果が主要因であることが分かっている。また、Bi-209 ( $n, \gamma$ )及び Np-237 ( $n, 2n$ )については、核異性体比の変更効果も含まれている。

表 4.4-1 に 60 万 kWe 酸化物燃料炉心（軽水炉取出し Pu 組成）の内側炉心の断面積ライブラリを用いた場合を例に、1 群断面積の変化とその内訳を示す。なお、ここで示す 1 群断面積の変化の内訳は、上述の変更項目①と②を順次変更した場合のものである。①から②への影響を段階的に加えた場合の 1 群断面積の変化を a~c で表すとき、

変更項目	①	②
1 群断面積変化	a → b	b → c

変更効果を次のように定義した：

$$\text{①の変更効果} = \frac{b-a}{a}, \text{②の変更効果} = \frac{c-b}{a}$$

すなわち、ORLIBJ33 から ORLIBJ40 への変化割合が各変更効果の和となるようにした。

$$\text{ORLIBJ33 から ORLIBJ40 への変化} = \frac{c-a}{a} = \text{①の変更効果} + \text{②の変更効果}$$

表 4.4-1 の ORLIBJ33 から ORLIBJ40 への 1 群断面面積の変化は、次のように分類できる。

➤ JENDL-4.0 で新たに追加された核種（表中の※1 で示される）

V-50、Ni-59、Zn-64、Zn-66、Zn-67、Zn-68、Zn-70、Rb-86、Sr-84、Y-90、Ru-105、  
Ag-111、Sb-126、Te-132、I-130、I-135、La-140、Ce-143、Pm-151、Eu-157、Gd-153、  
Tb-160、Dy-156、Dy-158、Dy-159、Dy-160、Dy-161、Dy-162、Dy-163、Dy-164、  
Tm-169、Yb-168、Yb-170、Yb-171、Yb-172、Yb-173、Yb-174、Yb-176、Hf-181、  
W-180、Os-184、Os-186、Os-187、Os-188、Os-189、Os-190、Os-192、Au-197、  
U-230、U-231、Cf-253、Es-253、Es-254m

ORLIBJ33 では、上記核種の反応断面面積はオリジナルの ORIGEN2 断面面積ライブラリの値のままとしていた。

➤ 核異性体比を変更したもの

- Bi-209 (n, γ) については、作成方法の変更で 3%増加、断面面積の変更で 10%減少し、さらに核異性体比の変更で Bi-209 (n, γ) Bi-210 が 9%減少、Bi-209 (n, γ) Bi-210m が 12%増加したので、それぞれ合わせて 16%減少と 5%増加している。
- Np-237 (n,2n) については、作成方法の変更で 6%増加、断面面積の変更で 25%減少し、さらに核異性体比の変更で Np-237 (n,2n) Np-236 が 28%増加、Np-237 (n,2n) Np-236m が 9%減少したので、それぞれ合わせて 9%増加と 29%減少している。

➤ 作成方法の変更による変化（変更効果①）

- 73 群炉定数に対して 175 群炉定数でより詳細なエネルギー群構造となっている 2keV 以上のエネルギー領域に共鳴構造を持つ(n, γ)反応断面面積が数%～数十%変化している (F-19、Na-23、Y-89 等)。
- 73 群炉定数に対して 175 群炉定数でより詳細なエネルギー群構造となっている MeV 領域において閾値を持つ (n,2n)、(n,3n)、(n,p)、(n, α) 反応断面面積が数%～数百%変化している。
- 炉定数作成時の重み関数として、73 群炉定数では「もんじゅ」内側炉心の均質

組成の衝突密度スペクトルが使用されたのに対し、175 群炉定数では"Fission spectrum + 1/E + Thermal Maxwellian"のスペクトルが使用された。そのため、例えば各炉心・領域を構成しない核種（実効断面積の計算に含めず、無限希釈断面積を ORLIB の更新に適用）である Co-59 については 100eV~10keV に巨大な共鳴が存在する (n,  $\gamma$ ) 反応断面積などが数%~数十%変化している。

➤ JENDL の改訂により 100%以上変化しているものの例（主に変更効果②）

Ge-74 (n,  $\gamma$ ): +112%、As-75 (n,p): +120%、Kr-85 (n,  $\gamma$ ): +172%、Sr-89 (n,  $\gamma$ ): +156%、Ag-110m (n,  $\alpha$ ): +155%、Cd-106 (n,p): +142%、Sn-112 (n,  $\alpha$ ): +170%、Sn-112 (n,p): +466%、Xe-124 (n,p): +109%、Xe-126 (n,p): +189%、Xe-129 (n,p): +546%、Cs-134 (n,p): +426%、Pu-242 (n,2n): +118%、Cm-242 (n,2n): +464%

➤ JENDL の改訂により数%~数十%変化しているものの例（主に変更効果②）

- 軽核種 : O-16 (n,  $\alpha$ ): +5%、Cr-53 (n,  $\gamma$ ): -20%
- FP : Cs-134 (n,  $\gamma$ ): -55%、Cs-137 (n,  $\gamma$ ): -36%、Nd-143 (n,  $\gamma$ ): -10%
- U、Pu : U-235 (n,  $\gamma$ ): -10%、U-238 (n,2n): +18%、Pu-239 (n,2n): -18%
- MA : Am-241 (n,  $\gamma$ ): -6%、Am-242m (n,  $\gamma$ ): -13%、Cm-242 (n,  $\gamma$ ): +64%、Cm-243 (n,  $\gamma$ ): -36%、Cm-244 (n,  $\gamma$ ): -12%

## (2) 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。

燃焼期間	3 サイクル（1 サイクルは、365 日間燃焼+64 日間炉停止）
冷却期間	第 3 サイクルの燃焼終了後、4 年間冷却
比出力	72.2 MW/t（出力一定）
燃焼度	7.9 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仮想的に上記条件で燃焼計算を行った。）

重金属核種の計算結果を表 4.4-2 に示す。燃焼による核種重量変化量を比較した場合、燃焼前の重量と比較して生成量と消滅量は非常に小さいが、それらが打ち消し合うことによりバランスする Pu 同位体（Pu-239、Pu-240、Pu-242）については、断面積ライブラリ改定による影響が見かけ上大きくなる場合がある。これらを除いて、燃焼による核種重量変

化量に対するライブラリ改定の影響を見ると、U-235 ( $n, \gamma$ )反応断面積の減少に伴う U-236 の減少、U-238 ( $n, 2n$ )反応断面積の増加に伴う Np-237 の増加、MA 核種では Cm-242 ( $n, \gamma$ )反応断面積の増加に伴う Cm-243 の増加、Cm-244 ( $n, \gamma$ )反応断面積の減少に伴う Cm-245 の減少が見られる。

代表的な線源核種 (H-3、C-14、Kr-85、I-131) や、燃焼度指標 FP (Nd-148)、LLFP (Tc-99、I-129、Cs-135)、その他 FP の生成量の計算結果を表 4.4-3 に示す。ORLIBJ40 では、FP 生成量に最も影響する核分裂収率を全ての核種について JENDL-4.0 の値に置き換えた。このため、FP 生成量に核分裂収率の変更に伴う数%~数十%の変化が見られる。なお、H-3 は、ORLIBJ33 まではオリジナルの ORIGEN2 断面積ライブラリの核分裂収率のままであったのに対し、ORLIBJ40 では JENDL-4.0 の値に変更された。

表 4.4-1 ORLIBJ33 から ORLIBJ40 への 1 群断面積の変化とその内訳 (1/26)

- 60 万 kWe 酸化燃料炉心 (軽水炉取出し Pu) 内側炉心部 -

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
H-1	(n,γ)	2.225E-04	2.212E-04	-0.6	-0.4	-0.2
H-2	(n,γ)	3.288E-06	3.282E-06	-0.2	-0.1	-0.1
	(n,2n)	5.606E-04	5.464E-04	-2.5	0.3	-2.8
He-3	(n,γ)	2.073E-05	2.076E-05	0.1	0.1	0.0
	(n,p)	3.486E+00	3.474E+00	-0.3	-0.3	0.0
Li-6	(n,γ)	3.597E-05	3.585E-05	-0.3	-0.3	-0.1
	(n,2n)	2.048E-05	2.177E-05	6.3	7.4	-1.1
	(n,p)	4.488E-04	4.256E-04	-5.2	-2.1	-3.0
Li-7	(n,γ)	3.597E-05	3.589E-05	-0.2	-0.2	0.0
	(n,2n)	4.266E-06	5.174E-06	21.3	19.6	1.7
Be-9	(n,γ)	6.022E-06	6.717E-06	11.5	-0.2	11.7
	(n,2n)	1.396E-02	1.256E-02	-10.0	-1.7	-8.3
	(n,α)	4.772E-03	4.581E-03	-4.0	-1.7	-2.3
	(n,p)	2.335E-09	3.967E-09	69.9	57.3	12.6
B-10	(n,γ)	3.962E-04	3.949E-04	-0.3	-0.3	0.0
	(n,2n)	3.597E-06	4.162E-06	15.7	15.2	0.5
	(n,α)	2.918E+00	2.909E+00	-0.3	-0.3	0.0
	(n,p)	2.169E-03	2.098E-03	-3.3	-1.4	-1.9
B-11	(n,γ)	3.460E-05	3.423E-05	-1.1	-2.1	1.0
	(n,2n)	5.691E-08	9.543E-08	67.7	56.1	11.6
	(n,α)	6.819E-06	7.555E-06	10.8	11.2	-0.4
	(n,p)	6.767E-08	9.385E-08	38.7	33.4	5.3
C-12	(n,γ)	1.787E-05	1.803E-05	0.9	0.1	0.8
	(n,α)	1.311E-04	1.337E-04	2.0	4.0	-2.0
	(n,p)	2.017E-08	3.871E-08	91.9	77.7	14.2
N-14	(n,γ)	6.697E-05	6.679E-05	-0.3	-0.2	0.0
	(n,2n)	1.166E-07	1.614E-07	38.4	33.1	5.3
	(n,α)	1.020E-02	9.755E-03	-4.4	-1.8	-2.6
	(n,p)	1.138E-02	1.163E-02	2.2	1.2	1.0
N-15	(n,γ)	9.495E-06	9.513E-06	0.2	0.1	0.1
	(n,2n)	1.162E-06	1.612E-06	38.7	33.1	5.6
	(n,α)	5.470E-06	6.508E-06	19.0	17.8	1.2
	(n,p)	1.598E-06	1.952E-06	22.2	20.3	1.8
O-16	(n,γ)	6.816E-05	6.882E-05	1.0	0.8	0.1
	(n,2n)	1.229E-10	5.728E-10	366.1	330.5	35.6
	(n,α)	8.046E-04	8.415E-04	4.6	0.2	4.4
	(n,p)	2.271E-06	2.800E-06	23.3	21.4	1.8
F-19	(n,γ)	2.543E-03	2.366E-03	-7.0	-7.0	0.0
	(n,2n)	9.914E-07	1.349E-06	36.1	31.4	4.6
	(n,α)	1.550E-03	1.490E-03	-3.9	-0.8	-3.1
	(n,p)	1.245E-04	1.215E-04	-2.4	0.2	-2.7
Na-23	(n,γ)	1.275E-03	1.221E-03	-4.2	-5.2	0.9
	(n,2n)	2.956E-07	4.762E-07	61.1	50.6	10.5
	(n,α)	7.217E-05	7.523E-05	4.2	5.7	-1.5
	(n,p)	1.633E-04	1.608E-04	-1.5	1.0	-2.5
Mg-24	(n,γ)	1.730E-03	1.673E-03	-3.3	-2.8	-0.5
	(n,2n)	3.138E-09	1.671E-08	432.5	392.0	40.5
	(n,α)	5.728E-04	5.651E-04	-1.3	1.1	-2.5
	(n,p)	1.756E-04	1.776E-04	1.1	3.1	-1.9
Mg-25	(n,γ)	2.320E-03	2.377E-03	2.5	2.0	0.4
	(n,2n)	9.600E-05	1.089E-04	13.4	13.2	0.2
	(n,α)	1.832E-03	1.765E-03	-3.7	-0.8	-2.8
	(n,p)	1.791E-04	1.747E-04	-2.5	0.4	-2.8
Mg-26	(n,γ)	2.935E-04	2.982E-04	1.6	1.1	0.5
	(n,2n)	7.018E-06	9.939E-06	41.6	35.5	6.1
	(n,α)	1.841E-05	2.050E-05	11.4	11.6	-0.3
	(n,p)	2.019E-06	2.453E-06	21.5	19.8	1.7

※ 本表の(n,γ)、(n,2n)反応断面積は基底状態に変換する値であり、それぞれ(n,γ)、(n,2n)と表記する。



表 4.4-1 (続き) (2/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Al-27	(n, $\gamma$ )	2.747E-03	2.771E-03	0.9	1.4	-0.5
	(n,2n)	3.146E-07	5.068E-07	61.1	49.4	11.7
	(n, $\alpha$ )	7.367E-05	7.591E-05	3.0	4.7	-1.7
	(n,p)	4.577E-04	4.442E-04	-2.9	-0.1	-2.8
Si-28	(n, $\gamma$ )	8.006E-04	1.518E-03	89.6	-6.6	96.2
	(n,2n)	3.781E-11	3.355E-10	787.3	918.5	-131.2
	(n, $\alpha$ )	2.796E-04	2.872E-04	2.7	2.5	0.3
	(n,p)	6.570E-04	6.251E-04	-4.9	1.2	-6.0
Si-29	(n, $\gamma$ )	2.206E-03	3.499E-03	58.6	11.0	47.6
	(n,2n)	2.674E-05	3.643E-05	36.2	19.1	17.1
	(n, $\alpha$ )	6.359E-04	6.580E-04	3.5	-0.1	3.6
	(n,p)	3.192E-04	4.769E-04	49.4	0.7	48.7
Si-30	(n, $\gamma$ )	1.963E-02	1.758E-02	-10.4	7.1	-17.6
	(n,2n)	8.003E-06	7.681E-06	-4.0	30.7	-34.7
	(n, $\alpha$ )	1.416E-05	1.750E-05	23.6	10.2	13.4
	(n,p)	1.744E-06	2.167E-06	24.3	17.9	6.4
P-31	(n, $\gamma$ )	1.252E-03	1.208E-03	-3.5	-3.7	0.2
	(n,2n)	2.474E-07	3.925E-07	58.6	48.5	10.2
	(n, $\alpha$ )	2.616E-04	2.593E-04	-0.9	1.6	-2.4
	(n,p)	3.588E-03	3.431E-03	-4.4	-1.6	-2.8
S-32	(n, $\gamma$ )	2.723E-03	2.531E-03	-7.1	-6.9	-0.1
	(n,2n)	4.594E-10	1.405E-09	205.8	182.5	23.3
	(n, $\alpha$ )	1.603E-02	1.566E-02	-2.3	-0.9	-1.4
	(n,p)	8.063E-03	7.698E-03	-4.5	-1.7	-2.9
S-33	(n, $\gamma$ )	1.243E-03	1.263E-03	1.6	2.0	-0.4
	(n,2n)	2.112E-05	2.472E-05	17.0	16.2	0.8
	(n, $\alpha$ )	1.724E-01	1.723E-01	-0.1	-0.1	0.0
	(n,p)	1.124E-02	1.103E-02	-1.9	-1.0	-0.9
S-34	(n, $\gamma$ )	3.347E-04	3.436E-04	2.7	2.3	0.4
	(n,2n)	4.461E-06	6.061E-06	35.9	31.2	4.7
	(n, $\alpha$ )	3.571E-04	3.476E-04	-2.7	0.1	-2.8
	(n,p)	8.588E-05	8.643E-05	0.6	2.8	-2.1
S-36	(n, $\gamma$ )	5.285E-04	5.265E-04	-0.4	-0.3	-0.1
	(n,2n)	2.718E-05	3.387E-05	24.6	22.3	2.4
	(n, $\alpha$ )	5.801E-06	6.038E-06	4.1	5.7	-1.6
	(n,p)	5.181E-08	6.914E-08	33.4	29.6	3.8
Cl-35	(n, $\gamma$ )	9.606E-03	1.035E-02	7.7	8.4	-0.6
	(n,2n)	1.086E-07	1.822E-07	67.8	56.2	11.6
	(n, $\alpha$ )	6.154E-03	5.869E-03	-4.6	-1.7	-3.0
	(n,p)	1.699E-02	1.679E-02	-1.2	0.3	-1.5
Cl-37	(n, $\gamma$ )	1.646E-03	1.729E-03	5.0	5.5	-0.5
	(n,2n)	8.485E-06	1.143E-05	34.7	30.2	4.5
	(n, $\alpha$ )	1.024E-04	1.008E-04	-1.6	1.0	-2.5
	(n,p)	4.108E-05	4.099E-05	-0.2	2.0	-2.3
Ar-40	(n, $\gamma$ )	1.670E-03	1.690E-03	1.2	1.6	-0.4
	(n,2n)	3.424E-05	4.328E-05	26.4	23.8	2.6
	(n, $\alpha$ )	2.182E-05	2.196E-05	0.6	2.7	-2.1
	(n,p)	2.117E-06	2.407E-06	13.7	13.5	0.2
K-39	(n, $\gamma$ )	1.363E-02	1.400E-02	2.7	3.6	-0.9
	(n,2n)	5.569E-08	9.716E-08	74.5	62.0	12.5
	(n, $\alpha$ )	4.557E-03	4.364E-03	-4.2	-1.3	-2.9
	(n,p)	1.463E-02	1.407E-02	-3.8	-1.5	-2.3
K-40	(n, $\gamma$ )	1.823E-02	1.816E-02	-0.4	-0.4	0.0
	(n,2n)	5.799E-05	6.421E-05	10.7	11.1	-0.4
	(n, $\alpha$ )	4.109E-02	4.088E-02	-0.5	-0.2	-0.3
	(n,p)	1.415E-02	1.408E-02	-0.5	-0.2	-0.3
K-41	(n, $\gamma$ )	4.612E-02	4.682E-02	1.5	0.9	0.6
	(n,2n)	1.370E-06	1.732E-06	26.4	23.8	2.6
	(n, $\alpha$ )	9.955E-05	9.683E-05	-2.7	0.1	-2.8
	(n,p)	2.232E-04	2.153E-04	-3.5	-0.7	-2.8
Ca-40	(n, $\gamma$ )	3.822E-03	3.937E-03	3.0	1.9	1.1
	(n,2n)	8.983E-09	1.046E-09	-88.4	167.6	-256.0
	(n, $\alpha$ )	5.900E-03	4.463E-03	-24.4	-1.7	-22.6
	(n,p)	1.415E-02	1.077E-02	-23.9	-1.7	-22.2

表 4.4-1 (続き) (3/26)

核種	反応	1群断面面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面面積の変化
Ca-42	(n, $\gamma$ )	8.718E-03	9.111E-03	4.5	2.6	1.9
	(n,2n)	5.015E-06	5.180E-06	3.3	33.2	-29.9
	(n, $\alpha$ )	2.871E-04	2.944E-04	2.5	-0.1	2.6
	(n,p)	9.772E-04	3.828E-04	-60.8	0.4	-61.2
Ca-43	(n, $\gamma$ )	4.020E-02	6.660E-02	65.7	-1.3	67.0
	(n,2n)	6.949E-05	8.038E-05	15.7	16.3	-0.7
	(n, $\alpha$ )	1.382E-03	2.405E-04	-82.6	-1.1	-81.5
	(n,p)	2.928E-03	6.050E-04	-79.3	-1.6	-77.7
Ca-44	(n, $\gamma$ )	4.115E-03	4.189E-03	1.8	1.9	-0.1
	(n,2n)	1.266E-05	1.452E-05	14.7	31.3	-16.6
	(n, $\alpha$ )	2.273E-05	5.120E-06	-77.5	5.6	-83.1
	(n,p)	7.689E-06	7.613E-06	-1.0	8.7	-9.7
Ca-46	(n, $\gamma$ )	8.774E-04	2.327E-03	165.2	-0.6	165.8
	(n,2n)	2.543E-05	2.907E-05	14.3	26.7	-12.4
	(n, $\alpha$ )	7.148E-06	5.514E-08	-99.2	1.7	-100.9
	(n,p)	2.763E-07	4.689E-07	69.7	22.8	46.9
Ca-48	(n, $\gamma$ )	3.483E-04	3.379E-04	-3.0	-0.7	-2.3
	(n,2n)	3.107E-05	4.036E-05	29.9	23.8	6.1
	(n, $\alpha$ )	3.643E-10	6.031E-10	65.6	57.2	8.3
	(n,p)	4.619E-08	3.828E-09	-91.7	64.1	-155.8
Sc-45	(n, $\gamma$ )	2.771E-02	2.796E-02	0.9	1.3	-0.4
	(n,2n)	4.406E-06	6.204E-06	40.8	34.9	5.9
	(n, $\alpha$ )	3.879E-04	3.784E-04	-2.4	-1.0	-1.5
	(n,p)	3.275E-03	3.149E-03	-3.8	-1.5	-2.4
Ti-46	(n, $\gamma$ )	1.205E-02	1.467E-02	21.7	1.0	20.7
	(n,2n)	4.406E-07	7.454E-07	69.2	57.1	12.1
	(n, $\alpha$ )	9.524E-05	9.537E-05	0.1	2.3	-2.2
	(n,p)	1.395E-03	1.351E-03	-3.2	-0.2	-2.9
Ti-47	(n, $\gamma$ )	3.256E-02	3.055E-02	-6.2	3.3	-9.5
	(n,2n)	1.440E-05	1.763E-05	22.4	20.6	1.9
	(n, $\alpha$ )	3.642E-04	3.514E-04	-3.5	-0.7	-2.8
	(n,p)	2.224E-03	2.141E-03	-3.7	-1.3	-2.4
Ti-48	(n, $\gamma$ )	2.014E-02	1.670E-02	-17.1	3.3	-20.4
	(n,2n)	7.424E-06	1.038E-05	39.8	34.1	5.7
	(n, $\alpha$ )	2.503E-06	2.970E-06	18.7	17.5	1.2
	(n,p)	3.075E-05	3.149E-05	2.4	4.2	-1.8
Ti-49	(n, $\gamma$ )	8.189E-03	9.779E-03	19.4	0.9	18.5
	(n,2n)	7.972E-05	9.368E-05	17.5	16.6	0.9
	(n, $\alpha$ )	1.858E-05	1.861E-05	0.2	2.4	-2.3
	(n,p)	8.532E-05	8.205E-05	-3.8	-1.0	-2.8
Ti-50	(n, $\gamma$ )	1.423E-03	1.345E-03	-5.5	-2.1	-3.4
	(n,2n)	1.907E-05	2.554E-05	33.9	29.8	4.1
	(n, $\alpha$ )	3.671E-07	4.532E-07	23.5	21.3	2.2
	(n,p)	6.401E-07	7.646E-07	19.5	18.1	1.4
V-50 ※1	(n, $\gamma$ )	1.027E-01	7.577E-02	-26.2	0.0	-26.2
	(n,2n)	0.0	3.820E-05	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	2.073E-05	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.452E-03	-	-	-
V-51	(n, $\gamma$ )	2.449E-02	2.510E-02	2.5	2.2	0.3
	(n,2n)	1.237E-05	1.574E-05	27.2	30.6	-3.3
	(n, $\alpha$ )	3.840E-06	2.887E-06	-24.8	6.5	-31.3
	(n,p)	6.482E-05	5.230E-05	-19.3	0.4	-19.7
Cr-50	(n, $\gamma$ )	3.421E-02	3.450E-02	0.8	2.5	-1.6
	(n,2n)	2.088E-07	3.010E-07	44.2	51.9	-7.7
	(n, $\alpha$ )	7.396E-05	6.641E-05	-10.2	1.9	-12.2
	(n,p)	3.493E-03	3.904E-03	11.8	-1.6	13.4
Cr-52	(n, $\gamma$ )	7.852E-03	6.526E-03	-16.9	-5.2	-11.7
	(n,2n)	3.900E-06	6.206E-06	59.1	38.8	20.3
	(n, $\alpha$ )	3.912E-06	1.057E-05	170.2	11.4	158.8
	(n,p)	1.088E-04	6.865E-05	-36.9	1.6	-38.5

※1 JENDL-4.0 で新たに追加された核種。ORLIBJ33 ではオリジナルの ORIGEN2 断面面積ライブラリの値が格納されている。

表 4.4-1 (続き) (4/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Cr-53	(n, $\gamma$ )	3.565E-02	2.837E-02	-20.4	-0.7	-19.7
	(n,2n)	7.256E-05	1.394E-04	92.1	15.3	76.8
	(n, $\alpha$ )	6.278E-05	3.439E-05	-45.2	0.7	-46.0
	(n,p)	4.834E-05	4.434E-05	-8.3	1.3	-9.6
Cr-54	(n, $\gamma$ )	3.364E-03	3.263E-03	-3.0	4.7	-7.7
	(n,2n)	2.914E-05	4.832E-05	65.8	23.5	42.3
	(n, $\alpha$ )	4.140E-06	3.252E-06	-21.4	5.8	-27.2
	(n,p)	6.793E-07	1.413E-06	108.0	20.3	87.7
Mn-55	(n, $\gamma$ )	5.277E-02	5.785E-02	9.6	-5.4	15.0
	(n,2n)	2.402E-05	3.088E-05	28.6	25.5	3.0
	(n, $\alpha$ )	1.360E-05	1.395E-05	2.6	4.3	-1.8
	(n,p)	6.181E-05	6.094E-05	-1.4	1.2	-2.6
Fe-54	(n, $\gamma$ )	1.900E-02	1.878E-02	-1.2	-0.7	-0.5
	(n,2n)	1.179E-07	2.040E-07	73.0	60.3	12.7
	(n, $\alpha$ )	9.266E-05	9.236E-05	-0.3	2.0	-2.3
	(n,p)	9.322E-03	8.913E-03	-4.4	-1.5	-2.9
Fe-56	(n, $\gamma$ )	9.352E-03	9.509E-03	1.7	1.4	0.3
	(n,2n)	7.499E-06	1.032E-05	37.6	32.5	5.2
	(n, $\alpha$ )	3.567E-05	3.578E-05	0.3	2.5	-2.2
	(n,p)	1.133E-04	1.136E-04	0.3	2.5	-2.2
Fe-57	(n, $\gamma$ )	2.184E-02	2.157E-02	-1.2	-0.9	-0.3
	(n,2n)	1.750E-04	1.960E-04	12.0	12.2	-0.2
	(n, $\alpha$ )	6.165E-05	5.933E-05	-3.8	-0.9	-2.9
	(n,p)	5.314E-05	5.194E-05	-2.3	0.5	-2.7
Fe-58	(n, $\gamma$ )	1.304E-02	1.228E-02	-5.8	-3.4	-2.5
	(n,2n)	3.635E-05	4.624E-05	27.2	24.4	2.8
	(n, $\alpha$ )	2.578E-06	2.772E-06	7.5	8.4	-0.9
	(n,p)	1.223E-06	1.404E-06	14.8	14.4	0.4
Co-59	(n, $\gamma$ )	2.760E-02	3.177E-02	15.1	12.3	2.8
	(n,2n)	1.934E-05	2.524E-05	30.5	27.0	3.5
	(n, $\alpha$ )	1.772E-05	1.805E-05	1.9	3.7	-1.9
	(n,p)	1.601E-04	1.556E-04	-2.8	-0.1	-2.7
Ni-58	(n, $\gamma$ )	2.311E-02	2.309E-02	-0.1	0.1	-0.2
	(n,2n)	4.396E-07	6.411E-07	45.8	38.5	7.4
	(n, $\alpha$ )	7.771E-04	7.478E-04	-3.8	-0.9	-2.8
	(n,p)	1.257E-02	1.203E-02	-4.3	-1.6	-2.7
Ni-59 ※1	(n, $\gamma$ )	2.116E-01	1.604E-01	-24.2	0.0	-24.2
	(n,2n)	0.0	3.654E-05	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	8.278E-03	2.738E-02	230.8	0.0	230.8
	(n,p)	0.0	3.626E-02	-	-	-
Ni-60	(n, $\gamma$ )	1.967E-02	1.954E-02	-0.7	-2.0	1.4
	(n,2n)	6.752E-06	9.417E-06	39.5	33.9	5.6
	(n, $\alpha$ )	1.740E-04	1.706E-04	-2.0	0.7	-2.6
	(n,p)	2.356E-04	2.332E-04	-1.0	1.5	-2.5
Ni-61	(n, $\gamma$ )	7.453E-02	7.656E-02	2.7	2.6	0.2
	(n,2n)	1.175E-04	1.346E-04	14.6	14.2	0.3
	(n, $\alpha$ )	4.575E-04	4.390E-04	-4.0	-1.3	-2.8
	(n,p)	1.687E-04	1.635E-04	-3.1	-0.3	-2.8
Ni-62	(n, $\gamma$ )	2.683E-02	2.653E-02	-1.1	-1.4	0.3
	(n,2n)	2.330E-05	3.049E-05	30.9	27.4	3.5
	(n, $\alpha$ )	4.581E-06	4.825E-06	5.3	6.6	-1.3
	(n,p)	3.739E-06	4.095E-06	9.5	10.0	-0.5
Ni-64	(n, $\gamma$ )	1.550E-02	1.524E-02	-1.7	-0.9	-0.8
	(n,2n)	5.653E-05	6.990E-05	23.7	21.5	2.1
	(n, $\alpha$ )	2.482E-07	3.097E-07	24.8	22.3	2.5
	(n,p)	3.184E-07	4.171E-07	31.0	27.3	3.7
Cu-63	(n, $\gamma$ )	8.617E-02	8.123E-02	-5.7	-5.9	0.2
	(n,2n)	1.005E-05	1.367E-05	36.0	31.2	4.8
	(n, $\alpha$ )	5.947E-05	5.882E-05	-1.1	1.4	-2.5
	(n,p)	3.260E-03	3.134E-03	-3.9	-1.5	-2.4

表 4.4-1 (続き) (5/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Cu-65	(n, $\gamma$ )	3.058E-02	2.952E-02	-3.5	-3.3	-0.2
	(n,2n)	3.578E-05	4.526E-05	26.5	23.8	2.7
	(n, $\alpha$ )	2.079E-06	2.216E-06	6.6	7.6	-1.0
	(n,p)	6.052E-05	5.879E-05	-2.9	0.0	-2.8
Zn-64 ※1	(n, $\gamma$ )	2.146E-03	4.402E-02	1951.3	0.0	1951.3
	(n,2n)	0.0	2.455E-06	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	1.022E-08	2.232E-03	21839430.3	0.0	21839430.3
	(n,p)	0.0	3.857E-03	-	-	-
Zn-66 ※1	(n, $\gamma$ )	1.226E-03	2.889E-02	2256.4	0.0	2256.4
	(n,2n)	0.0	1.843E-05	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	1.407E-08	1.398E-04	993503.4	0.0	993503.4
	(n,p)	0.0	1.185E-04	-	-	-
Zn-67 ※1	(n, $\gamma$ )	3.066E-02	2.046E-01	567.3	0.0	567.3
	(n,2n)	0.0	2.991E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	4.141E-09	9.561E-04	23088525.9	0.0	23088525.9
	(n,p)	0.0	1.049E-04	-	-	-
Zn-68 ※1	(n, $\gamma$ )	4.719E-03	3.526E-02	647.2	0.0	647.2
	(n,2n)	0.0	4.430E-05	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	1.405E-08	8.593E-06	61060.1	0.0	61060.1
	(n,p)	0.0	4.730E-06	-	-	-
Zn-70 ※1	(n, $\gamma$ )	5.726E-05	7.247E-03	12556.3	0.0	12556.3
	(n,2n)	0.0	9.043E-05	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.185E-06	-	-	-
	(n,p)	0.0	3.927E-07	-	-	-
Ga-69	(n, $\gamma$ )	1.395E-01	1.396E-01	0.1	-0.1	0.1
	(n,2n)	2.129E-05	2.811E-05	32.0	28.3	3.8
	(n, $\alpha$ )	4.707E-05	4.616E-05	-1.9	0.7	-2.6
	(n,p)	2.845E-04	2.742E-04	-3.6	-0.7	-2.9
Ga-71	(n, $\gamma$ )	1.274E-01	1.270E-01	-0.3	-0.6	0.3
	(n,2n)	4.460E-05	5.541E-05	24.2	22.0	2.2
	(n, $\alpha$ )	1.265E-06	1.311E-06	3.6	5.2	-1.6
	(n,p)	1.060E-05	1.066E-05	0.6	2.8	-2.3
Ge-70	(n, $\gamma$ )	7.463E-02	7.537E-02	1.0	0.4	0.6
	(n,2n)	7.066E-06	1.089E-05	54.1	35.2	18.9
	(n, $\alpha$ )	2.266E-04	3.725E-04	64.4	-1.0	65.4
	(n,p)	6.179E-04	2.890E-04	-53.2	-0.4	-52.9
Ge-72	(n, $\gamma$ )	3.966E-02	3.649E-02	-8.0	-0.5	-7.5
	(n,2n)	2.011E-05	2.894E-05	43.9	28.6	15.3
	(n, $\alpha$ )	9.397E-06	1.006E-05	7.1	2.5	4.5
	(n,p)	3.466E-05	1.791E-05	-48.3	1.8	-50.1
Ge-73	(n, $\gamma$ )	2.575E-01	2.768E-01	7.5	0.0	7.5
	(n,2n)	2.454E-04	2.658E-04	8.3	10.3	-2.0
	(n, $\alpha$ )	2.443E-05	1.513E-05	-38.1	0.0	-38.1
	(n,p)	1.780E-05	9.395E-06	-47.2	1.1	-48.3
Ge-74	(n, $\gamma$ )	1.363E-02	2.887E-02	111.8	-0.7	112.5
	(n,2n)	4.761E-05	5.046E-05	6.0	23.4	-17.4
	(n, $\alpha$ )	2.151E-06	6.663E-07	-69.0	10.0	-79.1
	(n,p)	9.816E-07	1.112E-06	13.3	12.7	0.6
Ge-76	(n, $\gamma$ )	1.742E-02	1.931E-02	10.8	-7.3	18.2
	(n,2n)	7.347E-05	9.431E-05	28.4	20.3	8.1
	(n, $\alpha$ )	4.053E-08	2.307E-08	-43.1	29.6	-72.7
	(n,p)	9.055E-08	1.548E-07	71.0	26.2	44.7
As-75	(n, $\gamma$ )	4.596E-01	4.500E-01	-2.1	-2.2	0.1
	(n,2n)	2.963E-05	4.168E-05	40.7	26.1	14.6
	(n, $\alpha$ )	2.210E-06	3.693E-06	67.1	7.6	59.5
	(n,p)	5.254E-05	1.158E-04	120.4	-0.1	120.5
Se-74	(n, $\gamma$ )	2.521E-01	2.985E-01	18.4	-2.0	20.4
	(n,2n)	4.048E-06	6.602E-06	63.1	38.9	24.2
	(n, $\alpha$ )	4.546E-04	1.209E-04	-73.4	-0.3	-73.1
	(n,p)	1.864E-03	1.187E-03	-36.3	-0.4	-35.9

表 4.4-1 (続き) (6/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Se-76	(n, $\gamma$ )	1.087E-01	1.480E-01	36.2	1.3	34.9
	(n,2n)	1.786E-05	2.420E-05	35.5	30.4	5.1
	(n, $\alpha$ )	2.708E-05	7.404E-06	-72.7	2.3	-74.9
	(n,p)	6.501E-05	6.055E-05	-6.9	2.8	-9.6
Se-77	(n, $\gamma$ )	3.938E-01	4.290E-01	8.9	-1.9	10.8
	(n,2n)	4.277E-04	3.445E-04	-19.5	8.8	-28.3
	(n, $\alpha$ )	8.426E-05	1.918E-05	-77.2	-1.1	-76.1
	(n,p)	9.517E-05	1.275E-04	34.0	-0.6	34.6
Se-78	(n, $\gamma$ )	7.565E-02	7.433E-02	-1.7	4.3	-6.1
	(n,2n)	3.370E-05	4.055E-05	20.3	25.9	-5.6
	(n, $\alpha$ )	1.807E-06	1.094E-06	-39.5	6.3	-45.7
	(n,p)	2.294E-06	3.177E-06	38.5	10.2	28.2
Se-79	(n, $\gamma$ )	3.732E-01	5.346E-01	43.2	-0.3	43.5
	(n,2n)	7.220E-04	3.685E-04	-49.0	6.0	-55.0
	(n, $\alpha$ )	8.274E-06	8.216E-07	-90.1	0.9	-90.9
	(n,p)	2.804E-06	5.233E-06	86.6	4.0	82.7
Se-80	(n, $\gamma$ )	4.305E-02	4.070E-02	-5.5	-1.2	-4.3
	(n,2n)	6.425E-05	7.926E-05	23.4	21.6	1.7
	(n, $\alpha$ )	1.121E-06	9.944E-08	-91.1	15.8	-106.9
	(n,p)	5.841E-07	7.577E-07	29.7	23.1	6.6
Se-82	(n, $\gamma$ )	2.858E-02	1.261E-02	-55.9	-7.1	-48.7
	(n,2n)	9.732E-05	1.236E-04	27.0	18.4	8.6
	(n, $\alpha$ )	5.524E-09	2.935E-09	-46.9	42.2	-89.1
	(n,p)	4.666E-08	1.284E-07	175.2	38.5	136.7
Br-79	(n, $\gamma$ )	6.258E-01	6.349E-01	1.5	-1.2	2.6
	(n,2n)	2.490E-05	2.996E-05	20.3	27.6	-7.3
	(n, $\alpha$ )	5.809E-06	5.403E-06	-7.0	3.8	-10.8
	(n,p)	4.928E-04	3.459E-04	-29.8	-1.1	-28.7
Br-81	(n, $\gamma$ )	2.209E-01	2.348E-01	6.3	-1.0	7.2
	(n,2n)	4.522E-05	5.316E-05	17.6	23.6	-6.1
	(n, $\alpha$ )	3.823E-07	3.080E-07	-19.4	14.0	-33.4
	(n,p)	2.411E-05	2.243E-05	-7.0	1.4	-8.3
Kr-78	(n, $\gamma$ )	3.246E-01	3.778E-01	16.4	0.8	15.6
	(n,2n)	2.880E-06	5.788E-06	101.0	36.7	64.3
	(n, $\alpha$ )	2.580E-04	8.225E-05	-68.1	-0.2	-68.0
	(n,p)	1.233E-03	1.973E-03	60.0	-0.4	60.4
Kr-80	(n, $\gamma$ )	2.433E-01	2.480E-01	1.9	0.8	1.2
	(n,2n)	1.310E-05	1.761E-05	34.4	32.7	1.7
	(n, $\alpha$ )	1.987E-05	1.035E-05	-47.9	2.0	-49.9
	(n,p)	1.269E-04	2.434E-04	91.8	0.9	90.9
Kr-82	(n, $\gamma$ )	5.056E-02	4.960E-02	-1.9	1.0	-2.9
	(n,2n)	2.331E-05	3.343E-05	43.4	29.2	14.2
	(n, $\alpha$ )	2.427E-06	5.376E-07	-77.8	5.6	-83.4
	(n,p)	9.547E-06	1.231E-05	28.9	4.2	24.8
Kr-83	(n, $\gamma$ )	2.740E-01	3.069E-01	12.0	0.3	11.7
	(n,2n)	3.019E-04	1.821E-04	-39.7	9.7	-49.4
	(n, $\alpha$ )	1.381E-06	5.775E-07	-58.2	2.8	-60.9
	(n,p)	8.405E-06	1.823E-05	116.9	1.3	115.6
Kr-84	(n, $\gamma$ )	4.758E-02	4.411E-02	-7.3	-5.0	-2.3
	(n,2n)	3.133E-05	4.857E-05	55.0	26.0	29.0
	(n, $\alpha$ )	1.611E-07	4.636E-08	-71.2	18.8	-90.0
	(n,p)	8.681E-07	1.341E-06	54.5	12.3	42.2
Kr-85	(n, $\gamma$ )	6.064E-02	1.652E-01	172.4	-0.5	173.0
	(n,2n)	5.657E-04	2.443E-04	-56.8	6.9	-63.8
	(n, $\alpha$ )	1.841E-07	4.576E-08	-75.1	10.4	-85.5
	(n,p)	6.434E-07	2.087E-06	224.4	10.3	214.1
Kr-86	(n, $\gamma$ )	2.918E-03	2.929E-03	0.4	-1.1	1.5
	(n,2n)	5.233E-05	7.398E-05	41.4	22.1	19.3
	(n, $\alpha$ )	2.645E-08	2.688E-09	-89.8	44.8	-134.7
	(n,p)	1.415E-07	7.907E-08	-44.1	40.8	-84.9

表 4.4-1 (続き) (7/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Rb-85	(n, $\gamma$ )	2.730E-01	2.732E-01	0.1	-1.7	1.8
	(n,2n)	3.149E-05	3.703E-05	17.6	26.5	-8.9
	(n, $\alpha$ )	5.277E-07	5.969E-07	13.1	13.4	-0.2
	(n,p)	4.406E-05	5.113E-05	16.0	-0.1	16.1
Rb-86 ※1	(n, $\gamma$ )	1.598E-01	3.395E-01	112.5	0.0	112.5
	(n,2n)	0.0	1.373E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	5.478E-07	-	-	-
Rb-87	(n,p)	0.0	8.339E-05	-	-	-
	(n, $\gamma$ )	2.419E-02	2.668E-02	10.3	6.9	3.3
	(n,2n)	6.003E-05	5.575E-05	-7.1	22.8	-29.9
	(n, $\alpha$ )	1.038E-07	3.069E-08	-70.4	30.2	-100.6
Sr-84 ※1	(n,p)	8.779E-07	6.567E-07	-25.2	13.5	-38.7
	(n, $\gamma$ )	5.217E-03	9.300E-02	1682.6	0.0	1682.6
	(n,2n)	0.0	1.120E-05	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	7.506E-06	-	-	-
Sr-86	(n,p)	0.0	5.380E-04	-	-	-
	(n, $\gamma$ )	9.043E-02	9.252E-02	2.3	4.5	-2.2
	(n,2n)	1.571E-05	1.945E-05	23.8	32.1	-8.3
	(n, $\alpha$ )	7.189E-07	4.438E-07	-38.3	13.1	-51.4
Sr-87	(n,p)	6.118E-05	5.757E-05	-5.9	1.2	-7.1
	(n, $\gamma$ )	7.811E-02	8.130E-02	4.1	0.6	3.5
	(n,2n)	1.927E-04	8.209E-05	-57.4	14.3	-71.7
	(n, $\alpha$ )	3.041E-06	3.071E-07	-89.9	2.3	-92.2
Sr-88	(n,p)	6.540E-05	4.798E-05	-26.6	-0.7	-25.9
	(n, $\gamma$ )	4.205E-03	3.420E-03	-18.7	-1.0	-17.7
	(n,2n)	1.982E-05	3.037E-05	53.2	30.2	23.0
	(n, $\alpha$ )	1.207E-07	1.131E-07	-6.3	29.4	-35.7
Sr-89	(n,p)	5.503E-07	9.746E-07	77.1	22.0	55.1
	(n, $\gamma$ )	1.286E-02	3.289E-02	155.8	-0.8	156.5
	(n,2n)	1.172E-03	6.753E-04	-42.4	3.9	-46.3
	(n, $\alpha$ )	4.593E-07	4.100E-07	-10.7	6.3	-17.0
Sr-90	(n,p)	3.126E-07	7.039E-07	125.2	22.2	103.0
	(n, $\gamma$ )	1.010E-02	9.740E-03	-3.6	0.6	-4.2
	(n,2n)	3.603E-04	4.157E-04	15.4	10.3	5.1
	(n, $\alpha$ )	8.312E-08	3.926E-08	-52.8	17.8	-70.6
Y-89	(n,p)	1.227E-07	1.747E-07	42.4	32.7	9.7
	(n, $\gamma$ )	1.834E-02	1.462E-02	-20.3	-12.6	-7.7
	(n,2n)	1.554E-05	2.089E-05	34.4	32.9	1.5
	(n, $\alpha$ )	3.030E-07	4.124E-07	36.1	17.7	18.4
Y-90 ※1	(n,p)	2.189E-05	2.602E-05	18.9	2.4	16.4
	(n, $\gamma$ )	1.224E-01	1.310E-01	7.0	0.0	7.0
	(n,2n)	0.0	5.501E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	5.146E-06	-	-	-
Y-91	(n,p)	0.0	1.495E-05	-	-	-
	(n, $\gamma$ )	8.887E-02	1.153E-01	29.7	-0.3	30.0
	(n,2n)	2.980E-04	3.828E-04	28.5	10.9	17.5
	(n, $\alpha$ )	3.586E-07	8.881E-07	147.7	10.6	137.0
Zr-90	(n,p)	1.136E-06	2.301E-06	102.6	10.3	92.3
	(n, $\gamma$ )	1.385E-02	1.396E-02	0.8	1.5	-0.7
	(n,2n)	9.716E-06	1.387E-05	42.8	36.3	6.5
	(n, $\alpha$ )	1.247E-06	1.353E-06	8.5	9.1	-0.6
Zr-91	(n,p)	1.875E-05	1.917E-05	2.2	4.1	-1.8
	(n, $\gamma$ )	8.578E-02	7.290E-02	-15.0	-3.0	-12.0
	(n,2n)	2.483E-04	2.726E-04	9.8	10.3	-0.5
	(n, $\alpha$ )	1.626E-05	1.581E-05	-2.8	-0.4	-2.4
Zr-92	(n,p)	1.076E-05	1.095E-05	1.8	3.7	-2.0
	(n, $\gamma$ )	4.081E-02	3.280E-02	-19.6	-0.8	-18.8
	(n,2n)	1.737E-04	2.015E-04	16.0	15.4	0.6
	(n, $\alpha$ )	5.969E-06	5.980E-06	0.2	2.4	-2.2
	(n,p)	2.284E-06	2.528E-06	10.7	10.9	-0.3

表 4.4-1 (続き) (8/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40	J33 (%)	作成方法変更	断面積の変化
Zr-93	(n, $\gamma$ )	1.028E-01	1.034E-01	0.6	0.9	-0.3
	(n,2n)	9.207E-04	6.050E-04	-34.3	5.0	-39.3
	(n, $\alpha$ )	2.682E-06	3.294E-06	22.8	0.7	22.1
	(n,p)	8.402E-07	7.122E-07	-15.2	13.7	-29.0
Zr-94	(n, $\gamma$ )	2.489E-02	2.127E-02	-14.5	2.5	-17.0
	(n,2n)	2.863E-04	3.208E-04	12.1	12.2	-0.2
	(n, $\alpha$ )	6.170E-07	6.598E-07	6.9	7.9	-0.9
	(n,p)	3.375E-07	4.262E-07	26.3	23.5	2.8
Zr-95	(n, $\gamma$ )	1.461E-01	1.401E-01	-4.1	-0.4	-3.7
	(n,2n)	1.163E-03	7.747E-04	-33.4	4.0	-37.4
	(n, $\alpha$ )	9.109E-08	1.971E-07	116.4	13.6	102.8
	(n,p)	1.333E-07	1.235E-07	-7.4	29.7	-37.1
Zr-96	(n, $\gamma$ )	3.100E-02	2.503E-02	-19.3	-6.3	-13.0
	(n,2n)	4.390E-04	4.777E-04	8.8	9.5	-0.7
	(n, $\alpha$ )	8.418E-08	1.076E-07	27.8	24.6	3.2
	(n,p)	6.419E-08	9.597E-08	49.5	42.2	7.3
Nb-93	(n, $\gamma$ )	2.493E-01	2.463E-01	-1.2	-0.6	-0.6
	(n,2n)	1.620E-04	1.891E-04	16.7	16.0	0.7
	(n, $\alpha$ )	9.171E-06	9.025E-06	-1.6	0.7	-2.3
	(n,p)	3.139E-05	3.187E-05	1.5	1.6	-0.1
Nb-94	(n, $\gamma$ )	2.793E-01	3.759E-01	34.6	-0.3	34.9
	(n,2n)	5.628E-04	5.235E-04	-7.0	7.1	-14.1
	(n, $\alpha$ )	1.197E-05	8.278E-06	-30.8	0.1	-30.9
	(n,p)	4.587E-05	9.027E-06	-80.3	-0.5	-79.8
Nb-95	(n, $\gamma$ )	3.616E-01	5.061E-01	40.0	-0.2	40.2
	(n,2n)	2.126E-04	2.717E-04	27.8	14.1	13.7
	(n, $\alpha$ )	2.337E-06	2.425E-06	3.8	2.7	1.1
	(n,p)	5.923E-06	5.309E-06	-10.4	4.3	-14.6
Mo-92	(n, $\gamma$ )	5.279E-02	5.126E-02	-2.9	-0.7	-2.2
	(n,2n)	2.210E-06	2.992E-06	35.4	42.0	-6.6
	(n, $\alpha$ )	1.583E-05	1.109E-05	-29.9	1.8	-31.7
	(n,p)	1.188E-03	1.124E-03	-5.4	-0.7	-4.7
Mo-94	(n, $\gamma$ )	9.562E-02	8.588E-02	-10.2	0.2	-10.4
	(n,2n)	6.332E-05	9.135E-05	44.3	21.5	22.8
	(n, $\alpha$ )	1.042E-04	4.343E-05	-58.3	-0.9	-57.5
	(n,p)	3.488E-05	4.408E-05	26.4	2.4	23.9
Mo-95	(n, $\gamma$ )	3.297E-01	3.302E-01	0.2	0.3	-0.2
	(n,2n)	2.722E-04	2.835E-04	4.2	11.3	-7.1
	(n, $\alpha$ )	2.853E-04	6.655E-05	-76.7	-0.5	-76.1
	(n,p)	2.583E-05	1.903E-05	-26.3	1.4	-27.8
Mo-96	(n, $\gamma$ )	8.323E-02	8.623E-02	3.6	2.8	0.8
	(n,2n)	1.112E-04	1.473E-04	32.5	18.3	14.1
	(n, $\alpha$ )	9.207E-06	4.910E-06	-46.7	1.4	-48.1
	(n,p)	2.621E-06	2.214E-06	-15.5	10.3	-25.8
Mo-97	(n, $\gamma$ )	3.437E-01	3.469E-01	0.9	-0.2	1.1
	(n,2n)	4.595E-04	5.226E-04	13.7	8.2	5.6
	(n, $\alpha$ )	1.108E-05	4.086E-06	-63.1	-0.4	-62.8
	(n,p)	1.678E-06	2.168E-06	29.2	10.4	18.8
Mo-98	(n, $\gamma$ )	1.121E-01	1.091E-01	-2.7	2.1	-4.7
	(n,2n)	1.789E-04	2.479E-04	38.6	15.3	23.3
	(n, $\alpha$ )	9.634E-07	9.912E-07	2.9	6.4	-3.5
	(n,p)	2.090E-07	3.688E-07	76.5	22.5	54.0
Mo-99	(n, $\gamma$ )	3.745E-01	2.965E-01	-20.8	-0.3	-20.6
	(n,2n)	2.088E-03	1.391E-03	-33.4	2.1	-35.4
	(n, $\alpha$ )	8.092E-07	9.823E-07	21.4	1.9	19.5
	(n,p)	2.960E-07	5.711E-07	92.9	22.1	70.9
Mo-100	(n, $\gamma$ )	9.470E-02	9.454E-02	-0.2	2.5	-2.7
	(n,2n)	2.382E-04	2.714E-04	13.9	13.2	0.7
	(n, $\alpha$ )	1.282E-07	1.446E-07	12.8	17.8	-5.0
	(n,p)	4.836E-08	1.906E-07	294.1	35.7	258.4

表 4.4-1 (続き) (9/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40	J33 (%)	作成方法変更	断面積の変化
Tc-99	(n, $\gamma$ )	6.320E-01	6.314E-01	-0.1	0.3	-0.4
	(n,2n)	1.456E-04	1.710E-04	17.4	16.6	0.9
	(n, $\alpha$ )	2.000E-06	2.039E-06	2.0	3.9	-1.9
	(n,p)	6.228E-06	6.314E-06	1.4	3.4	-2.1
Ru-96	(n, $\gamma$ )	2.483E-01	2.460E-01	-0.9	-0.2	-0.7
	(n,2n)	2.024E-05	2.670E-05	31.9	28.2	3.7
	(n, $\alpha$ )	1.218E-03	1.172E-03	-3.8	-1.4	-2.4
	(n,p)	3.521E-04	3.435E-04	-2.4	0.3	-2.7
Ru-98	(n, $\gamma$ )	2.231E-01	2.229E-01	-0.1	-0.2	0.1
	(n,2n)	4.108E-05	5.203E-05	26.7	24.1	2.6
	(n, $\alpha$ )	7.097E-05	6.890E-05	-2.9	-0.2	-2.7
	(n,p)	5.008E-05	5.047E-05	0.8	2.9	-2.1
Ru-99	(n, $\gamma$ )	6.090E-01	6.060E-01	-0.5	-0.6	0.1
	(n,2n)	4.332E-04	4.721E-04	9.0	9.7	-0.7
	(n, $\alpha$ )	1.648E-04	1.620E-04	-1.7	-0.7	-1.0
	(n,p)	3.906E-05	3.844E-05	-1.6	0.9	-2.5
Ru-100	(n, $\gamma$ )	2.028E-01	2.008E-01	-1.0	-1.0	0.0
	(n,2n)	9.686E-05	1.186E-04	22.4	20.6	1.9
	(n, $\alpha$ )	7.493E-06	7.442E-06	-0.7	1.7	-2.4
	(n,p)	1.997E-06	2.175E-06	8.9	9.5	-0.6
Ru-101	(n, $\gamma$ )	7.361E-01	7.350E-01	-0.1	-0.2	0.1
	(n,2n)	9.177E-04	9.575E-04	4.3	5.8	-1.5
	(n, $\alpha$ )	7.378E-06	7.214E-06	-2.2	-0.1	-2.1
	(n,p)	3.848E-06	4.081E-06	6.1	7.2	-1.1
Ru-102	(n, $\gamma$ )	1.646E-01	1.652E-01	0.4	0.4	-0.1
	(n,2n)	1.433E-04	1.710E-04	19.3	18.0	1.3
	(n, $\alpha$ )	6.169E-07	6.721E-07	8.9	9.5	-0.6
	(n,p)	6.259E-07	7.814E-07	24.8	22.4	2.4
Ru-103	(n, $\gamma$ )	4.986E-01	4.966E-01	-0.4	-0.4	0.0
	(n,2n)	1.509E-03	1.536E-03	1.8	3.6	-1.9
	(n, $\alpha$ )	2.613E-07	2.860E-07	9.5	9.9	-0.5
	(n,p)	6.777E-07	7.963E-07	17.5	16.5	1.0
Ru-104	(n, $\gamma$ )	1.662E-01	1.679E-01	1.0	1.0	0.0
	(n,2n)	2.175E-04	2.530E-04	16.3	15.6	0.7
	(n, $\alpha$ )	9.110E-08	1.135E-07	24.6	22.1	2.5
	(n,p)	1.761E-07	2.351E-07	33.5	29.4	4.1
Ru-105 ※1	(n, $\gamma$ )	3.246E-01	4.541E-01	39.9	0.0	39.9
	(n,2n)	0.0	1.531E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.800E-08	-	-	-
	(n,p)	0.0	3.074E-07	-	-	-
Ru-106	(n, $\gamma$ )	9.222E-02	9.189E-02	-0.4	-0.5	0.1
	(n,2n)	2.929E-04	3.336E-04	13.9	13.7	0.2
	(n, $\alpha$ )	1.436E-08	2.226E-08	55.0	46.9	8.1
	(n,p)	7.288E-08	1.050E-07	44.1	37.9	6.2
Rh-103	(n, $\gamma$ )	5.627E-01	5.547E-01	-1.4	-1.3	-0.1
	(n,2n)	8.875E-05	1.080E-04	21.7	19.9	1.8
	(n, $\alpha$ )	2.107E-06	2.219E-06	5.3	6.6	-1.3
	(n,p)	2.145E-05	2.109E-05	-1.7	0.9	-2.6
Rh-105	(n, $\gamma$ )	4.491E-02	4.477E-02	-0.3	-0.2	-0.1
	(n,2n)	1.693E-04	1.990E-04	17.5	16.6	0.9
	(n, $\alpha$ )	1.809E-07	2.129E-07	17.7	16.6	1.1
	(n,p)	2.488E-06	2.634E-06	5.9	7.0	-1.2
Pd-102	(n, $\gamma$ )	3.695E-01	2.591E-01	-29.9	-1.4	-28.5
	(n,2n)	2.204E-05	4.037E-05	83.2	29.0	54.1
	(n, $\alpha$ )	7.493E-05	6.403E-05	-14.5	-0.7	-13.9
	(n,p)	2.241E-04	2.278E-04	1.7	0.3	1.3
Pd-104	(n, $\gamma$ )	2.902E-01	2.492E-01	-14.1	0.4	-14.5
	(n,2n)	6.644E-05	7.766E-05	16.9	23.0	-6.1
	(n, $\alpha$ )	8.709E-06	7.126E-06	-18.2	1.3	-19.5
	(n,p)	1.363E-05	1.100E-05	-19.3	5.9	-25.2



表 4.4-1 (続き) (10/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Pd-105	(n, $\gamma$ )	9.532E-01	9.559E-01	0.3	1.9	-1.6
	(n,2n)	6.737E-04	4.130E-04	-38.7	7.5	-46.2
	(n, $\alpha$ )	1.039E-05	1.836E-05	76.7	-0.1	76.8
	(n,p)	1.868E-05	1.119E-05	-40.1	1.4	-41.5
Pd-106	(n, $\gamma$ )	2.723E-01	2.361E-01	-13.3	-0.2	-13.1
	(n,2n)	1.098E-04	1.130E-04	2.9	20.1	-17.2
	(n, $\alpha$ )	1.257E-06	7.805E-07	-37.9	5.1	-43.0
	(n,p)	1.487E-06	1.057E-06	-28.9	15.4	-44.3
Pd-107	(n, $\gamma$ )	1.039E+00	1.016E+00	-2.2	0.0	-2.2
	(n,2n)	1.153E-03	7.043E-04	-38.9	4.9	-43.9
	(n, $\alpha$ )	1.016E-06	9.467E-07	-6.8	2.4	-9.2
	(n,p)	1.430E-06	2.058E-06	43.9	11.5	32.4
Pd-108	(n, $\gamma$ )	2.204E-01	2.132E-01	-3.3	-0.5	-2.7
	(n,2n)	1.481E-04	1.788E-04	20.7	18.1	2.6
	(n, $\alpha$ )	1.631E-07	2.011E-07	23.3	13.5	9.7
	(n,p)	4.774E-07	4.918E-07	3.0	20.2	-17.2
Pd-110	(n, $\gamma$ )	1.287E-01	1.333E-01	3.6	-0.7	4.3
	(n,2n)	2.277E-04	2.603E-04	14.3	15.5	-1.2
	(n, $\alpha$ )	2.674E-08	5.543E-08	107.3	32.9	74.4
	(n,p)	1.309E-07	1.111E-07	-15.1	31.2	-46.4
Ag-107	(n, $\gamma$ )	6.326E-01	6.498E-01	2.7	0.0	2.7
	(n,2n)	8.751E-05	1.040E-04	18.8	20.6	-1.7
	(n, $\alpha$ )	1.807E-06	2.796E-06	54.7	3.4	51.4
	(n,p)	5.315E-05	4.434E-05	-16.6	-0.7	-15.8
Ag-109	(n, $\gamma$ )	5.493E-01	5.370E-01	-2.2	0.1	-2.3
	(n,2n)	1.216E-04	1.387E-04	14.1	18.3	-4.3
	(n, $\alpha$ )	3.920E-07	3.902E-07	-0.5	11.6	-12.0
	(n,p)	1.070E-05	5.351E-06	-50.0	1.7	-51.7
Ag-110m	(n, $\gamma$ )	1.113E+00	7.155E-01	-35.7	-0.2	-35.5
	(n,2n)	8.072E-04	7.198E-04	-10.8	6.5	-17.4
	(n, $\alpha$ )	3.178E-07	8.105E-07	155.0	8.8	146.3
	(n,p)	8.535E-06	4.545E-06	-46.7	0.8	-47.5
Ag-111 ※1	(n, $\gamma$ )	6.142E-01	5.349E-01	-12.9	0.0	-12.9
	(n,2n)	0.0	1.989E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.866E-07	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.285E-06	-	-	-
Cd-106	(n, $\gamma$ )	4.564E-01	4.298E-01	-5.8	0.5	-6.4
	(n,2n)	1.988E-05	3.277E-05	64.8	28.5	36.4
	(n, $\alpha$ )	6.954E-04	1.072E-04	-84.6	-0.9	-83.6
	(n,p)	1.786E-04	4.316E-04	141.7	-0.1	141.8
Cd-108	(n, $\gamma$ )	3.930E-01	3.587E-01	-8.7	-0.7	-8.0
	(n,2n)	3.645E-05	5.677E-05	55.7	24.7	31.0
	(n, $\alpha$ )	2.027E-05	1.186E-05	-41.5	0.7	-42.2
	(n,p)	4.085E-05	3.731E-05	-8.7	2.8	-11.5
Cd-110	(n, $\gamma$ )	1.952E-01	2.107E-01	7.9	1.3	6.7
	(n,2n)	5.637E-05	9.726E-05	72.5	22.3	50.2
	(n, $\alpha$ )	1.665E-06	1.079E-06	-35.2	4.0	-39.2
	(n,p)	4.360E-06	4.267E-06	-2.1	8.0	-10.2
Cd-111	(n, $\gamma$ )	6.658E-01	5.434E-01	-18.4	0.2	-18.5
	(n,2n)	6.654E-04	5.484E-04	-17.6	7.3	-24.9
	(n, $\alpha$ )	2.581E-06	2.781E-06	7.7	0.5	7.2
	(n,p)	1.007E-05	5.808E-06	-42.3	5.3	-47.6
Cd-112	(n, $\gamma$ )	1.707E-01	1.670E-01	-2.2	-0.2	-2.0
	(n,2n)	1.091E-04	1.319E-04	20.9	19.9	1.0
	(n, $\alpha$ )	2.585E-07	1.993E-07	-22.9	10.5	-33.4
	(n,p)	8.702E-07	9.010E-07	3.5	16.9	-13.3
Cd-113	(n, $\gamma$ )	4.771E-01	4.816E-01	0.9	-0.4	1.3
	(n,2n)	1.056E-03	8.470E-04	-19.8	5.2	-25.0
	(n, $\alpha$ )	2.504E-07	5.112E-07	104.2	6.6	97.6
	(n,p)	6.498E-07	1.327E-06	104.2	15.5	88.8

表 4.4-1 (続き) (11/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Cd-114	(n, $\gamma$ )	1.623E-01	1.686E-01	3.9	3.0	0.9
	(n,2n)	1.684E-04	1.833E-04	8.8	17.1	-8.3
	(n, $\alpha$ )	1.817E-08	2.890E-08	59.1	28.9	30.1
	(n,p)	2.817E-07	3.001E-07	6.5	27.6	-21.1
Cd-116	(n, $\gamma$ )	7.475E-02	7.109E-02	-4.9	-0.8	-4.1
	(n,2n)	2.146E-04	2.617E-04	21.9	15.6	6.4
	(n, $\alpha$ )	1.848E-09	6.907E-09	273.8	51.5	222.2
	(n,p)	4.583E-08	1.196E-07	161.0	40.4	120.5
In-113	(n, $\gamma$ )	5.169E-01	3.955E-01	-23.5	-0.4	-23.1
	(n,2n)	7.770E-05	1.111E-04	43.0	22.1	20.9
	(n, $\alpha$ )	4.062E-07	5.287E-07	30.2	12.3	17.9
	(n,p)	4.953E-06	1.008E-05	103.5	6.6	96.9
In-115	(n, $\gamma$ )	5.848E-02	5.868E-02	0.3	-0.3	0.6
	(n,2n)	1.061E-04	1.454E-04	37.0	19.2	17.8
	(n, $\alpha$ )	1.577E-07	1.722E-07	9.2	14.1	-4.9
	(n,p)	8.585E-07	2.917E-06	239.8	11.1	228.7
Sn-112	(n, $\gamma$ )	1.354E-01	1.410E-01	4.1	-0.7	4.9
	(n,2n)	3.011E-05	3.620E-05	20.2	27.4	-7.2
	(n, $\alpha$ )	1.491E-05	4.029E-05	170.2	0.9	169.3
	(n,p)	1.957E-05	1.107E-04	465.7	3.7	462.0
Sn-114	(n, $\gamma$ )	1.586E-01	1.386E-01	-12.6	0.1	-12.7
	(n,2n)	4.208E-05	5.530E-05	31.4	25.4	6.0
	(n, $\alpha$ )	1.947E-06	3.538E-06	81.7	4.2	77.6
	(n,p)	4.828E-06	7.106E-06	47.2	10.0	37.2
Sn-115	(n, $\gamma$ )	3.241E-01	3.111E-01	-4.0	-0.4	-3.6
	(n,2n)	3.676E-04	2.712E-04	-26.2	10.8	-37.0
	(n, $\alpha$ )	3.373E-06	5.885E-06	74.5	0.4	74.1
	(n,p)	5.369E-06	1.027E-05	91.3	5.8	85.5
Sn-116	(n, $\gamma$ )	8.117E-02	7.248E-02	-10.7	2.2	-12.9
	(n,2n)	8.212E-05	9.147E-05	11.4	21.2	-9.8
	(n, $\alpha$ )	2.993E-07	5.184E-07	73.2	11.8	61.4
	(n,p)	9.890E-07	1.112E-06	12.4	18.7	-6.3
Sn-117	(n, $\gamma$ )	2.364E-01	2.623E-01	11.0	-0.4	11.4
	(n,2n)	7.871E-04	4.977E-04	-36.8	6.7	-43.5
	(n, $\alpha$ )	3.940E-07	5.457E-07	38.5	5.5	33.0
	(n,p)	9.855E-07	1.885E-06	91.3	14.2	77.1
Sn-118	(n, $\gamma$ )	7.653E-02	8.139E-02	6.4	4.4	2.0
	(n,2n)	1.000E-04	1.292E-04	29.2	19.7	9.5
	(n, $\alpha$ )	2.474E-08	7.043E-08	184.7	29.5	155.1
	(n,p)	2.091E-07	3.257E-07	55.8	27.2	28.6
Sn-119	(n, $\gamma$ )	1.865E-01	1.898E-01	1.8	0.1	1.7
	(n,2n)	1.199E-03	8.175E-04	-31.8	4.8	-36.6
	(n, $\alpha$ )	5.801E-08	6.969E-08	20.1	18.6	1.5
	(n,p)	1.963E-07	4.244E-07	116.2	23.6	92.6
Sn-120	(n, $\gamma$ )	4.508E-02	4.294E-02	-4.7	-0.9	-3.8
	(n,2n)	1.444E-04	1.895E-04	31.2	17.6	13.6
	(n, $\alpha$ )	7.967E-09	2.037E-08	155.7	47.5	108.2
	(n,p)	8.818E-08	1.372E-07	55.6	38.1	17.5
Sn-122	(n, $\gamma$ )	2.785E-02	3.181E-02	14.2	0.5	13.8
	(n,2n)	1.977E-04	2.567E-04	29.8	15.9	13.9
	(n, $\alpha$ )	1.578E-09	6.621E-09	319.6	70.7	248.9
	(n,p)	1.723E-08	2.633E-08	52.8	49.6	3.2
Sn-123	(n, $\gamma$ )	3.577E-01	1.248E-01	-65.1	-0.2	-64.9
	(n,2n)	2.091E-03	6.838E-04	-67.3	2.6	-69.9
	(n, $\alpha$ )	1.534E-09	1.864E-09	21.5	66.2	-44.7
	(n,p)	4.088E-08	6.987E-08	70.9	40.3	30.7
Sn-124	(n, $\gamma$ )	1.101E-02	1.191E-02	8.2	-4.2	12.4
	(n,2n)	2.544E-04	3.159E-04	24.2	14.1	10.1
	(n, $\alpha$ )	2.643E-10	8.681E-10	228.5	119.0	109.4
	(n,p)	2.401E-08	1.472E-08	-38.7	63.8	-102.5

表 4.4-1 (続き) (12/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Sn-126	(n, $\gamma$ )	8.500E-03	7.042E-03	-17.2	-0.2	-16.9
	(n,2n)	3.367E-04	3.829E-04	13.7	12.2	1.5
	(n, $\alpha$ )	3.195E-11	1.643E-10	414.2	218.6	195.6
	(n,p)	1.712E-09	6.889E-09	302.4	88.6	213.8
Sb-121	(n, $\gamma$ )	4.333E-01	4.318E-01	-0.3	-0.4	0.1
	(n,2n)	9.787E-05	1.199E-04	22.5	20.7	1.8
	(n, $\alpha$ )	1.974E-07	2.268E-07	14.9	14.4	0.5
	(n,p)	3.676E-06	3.717E-06	1.1	3.1	-2.0
Sb-123	(n, $\gamma$ )	2.827E-01	2.818E-01	-0.3	-0.4	0.1
	(n,2n)	1.583E-04	1.881E-04	18.8	17.6	1.2
	(n, $\alpha$ )	4.645E-08	6.119E-08	31.7	28.0	3.8
	(n,p)	1.070E-06	1.147E-06	7.2	8.1	-0.9
Sb-124	(n, $\gamma$ )	6.904E-01	6.883E-01	-0.3	-0.3	0.0
	(n,2n)	1.052E-03	1.088E-03	3.4	5.0	-1.6
	(n, $\alpha$ )	5.479E-08	7.165E-08	30.8	27.2	3.6
	(n,p)	4.356E-07	4.754E-07	9.1	9.8	-0.6
Sb-125	(n, $\gamma$ )	4.436E-01	4.427E-01	-0.2	-0.2	0.0
	(n,2n)	1.867E-04	2.175E-04	16.5	15.8	0.7
	(n, $\alpha$ )	2.725E-08	4.021E-08	47.6	40.8	6.7
	(n,p)	1.049E-07	1.298E-07	23.7	21.5	2.2
Sb-126 ※1	(n, $\gamma$ )	3.922E-01	3.749E-01	-4.4	0.0	-4.4
	(n,2n)	0.0	5.209E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	5.850E-09	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.203E-06	-	-	-
Te-120	(n, $\gamma$ )	2.501E-01	2.504E-01	0.1	-0.1	0.2
	(n,2n)	3.713E-05	4.781E-05	28.8	25.7	3.0
	(n, $\alpha$ )	7.831E-05	7.537E-05	-3.8	-1.0	-2.7
	(n,p)	2.024E-05	2.031E-05	0.3	2.5	-2.1
Te-122	(n, $\gamma$ )	2.429E-01	2.416E-01	-0.5	0.0	-0.5
	(n,2n)	6.183E-05	7.715E-05	24.8	22.5	2.3
	(n, $\alpha$ )	5.487E-06	5.413E-06	-1.3	1.2	-2.5
	(n,p)	1.392E-06	1.517E-06	9.0	9.6	-0.6
Te-123	(n, $\gamma$ )	7.470E-01	7.478E-01	0.1	-0.1	0.2
	(n,2n)	6.108E-04	6.452E-04	5.6	6.9	-1.3
	(n, $\alpha$ )	1.674E-05	1.642E-05	-1.9	-0.6	-1.3
	(n,p)	1.676E-06	1.782E-06	6.3	7.5	-1.1
Te-124	(n, $\gamma$ )	1.530E-01	1.524E-01	-0.4	-0.4	0.0
	(n,2n)	9.421E-05	1.146E-04	21.6	19.9	1.7
	(n, $\alpha$ )	5.631E-07	5.929E-07	5.3	6.5	-1.2
	(n,p)	5.023E-07	5.962E-07	18.7	17.4	1.3
Te-125	(n, $\gamma$ )	3.692E-01	3.682E-01	-0.3	-0.3	0.1
	(n,2n)	9.435E-04	9.755E-04	3.4	5.0	-1.7
	(n, $\alpha$ )	7.291E-07	7.345E-07	0.7	2.5	-1.7
	(n,p)	4.326E-07	4.969E-07	14.9	14.3	0.5
Te-126	(n, $\gamma$ )	8.555E-02	8.255E-02	-3.5	-3.7	0.2
	(n,2n)	1.265E-04	1.510E-04	19.4	18.1	1.3
	(n, $\alpha$ )	1.493E-07	1.680E-07	12.5	12.3	0.2
	(n,p)	1.652E-07	2.113E-07	27.9	24.8	3.1
Te-127m	(n, $\gamma$ )	8.579E-01	8.565E-01	-0.2	-0.2	0.1
	(n,2n)	1.059E-03	1.087E-03	2.6	4.3	-1.7
	(n, $\alpha$ )	1.034E-07	1.173E-07	13.4	13.2	0.3
	(n,p)	1.411E-07	1.725E-07	22.3	20.3	1.9
Te-128	(n, $\gamma$ )	3.885E-02	3.848E-02	-1.0	-0.7	-0.2
	(n,2n)	1.659E-04	1.943E-04	17.1	16.3	0.8
	(n, $\alpha$ )	2.337E-08	3.126E-08	33.8	29.4	4.3
	(n,p)	6.107E-08	8.205E-08	34.4	30.0	4.3
Te-129m	(n, $\gamma$ )	7.466E-01	7.455E-01	-0.1	-0.2	0.1
	(n,2n)	1.499E-03	1.517E-03	1.2	3.2	-2.0
	(n, $\alpha$ )	2.864E-08	3.682E-08	28.6	25.3	3.2
	(n,p)	5.711E-08	7.294E-08	27.7	24.7	3.0

表 4.4-1 (続き) (13/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Te-130	(n, $\gamma$ )	1.295E-02	1.299E-02	0.3	0.4	-0.1
	(n,2n)	2.335E-04	2.668E-04	14.3	14.0	0.3
	(n, $\alpha$ )	4.598E-09	6.812E-09	48.2	41.2	7.0
	(n,p)	3.650E-08	5.194E-08	42.3	36.4	5.9
Te-132 ※1	(n, $\gamma$ )	4.077E-04	5.896E-03	1346.2	0.0	1346.2
	(n,2n)	0.0	3.890E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	2.618E-09	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.164E-07	-	-	-
I-127	(n, $\gamma$ )	5.900E-01	5.938E-01	0.6	-0.5	1.2
	(n,2n)	1.609E-04	1.921E-04	19.4	18.1	1.3
	(n, $\alpha$ )	1.072E-07	1.219E-07	13.7	13.3	0.4
	(n,p)	1.810E-06	1.994E-06	10.2	10.5	-0.3
I-129	(n, $\gamma$ )	3.431E-01	3.455E-01	0.7	0.0	0.7
	(n,2n)	1.764E-04	2.065E-04	17.1	16.3	0.8
	(n, $\alpha$ )	7.969E-08	9.718E-08	21.9	20.0	1.9
	(n,p)	2.281E-07	2.665E-07	16.8	15.9	0.9
I-130 ※1	(n, $\gamma$ )	5.131E-01	4.733E-01	-7.8	0.0	-7.8
	(n,2n)	0.0	7.719E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.132E-07	-	-	-
	(n,p)	0.0	3.099E-06	-	-	-
I-131	(n, $\gamma$ )	2.717E-01	2.715E-01	-0.1	-0.2	0.1
	(n,2n)	2.286E-04	2.651E-04	16.0	15.4	0.6
	(n, $\alpha$ )	3.375E-08	4.356E-08	29.1	25.7	3.3
	(n,p)	7.505E-08	9.367E-08	24.8	22.4	2.5
I-135 ※1	(n, $\gamma$ )	5.915E-04	3.260E-02	5411.4	0.0	5411.4
	(n,2n)	0.0	3.732E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	7.272E-09	-	-	-
	(n,p)	0.0	3.247E-08	-	-	-
Xe-124	(n, $\gamma$ )	9.439E-01	7.282E-01	-22.9	-0.4	-22.5
	(n,2n)	2.504E-05	5.238E-05	109.2	28.2	81.0
	(n, $\alpha$ )	6.977E-05	2.237E-05	-67.9	-0.9	-67.0
	(n,p)	4.422E-05	9.233E-05	108.8	1.4	107.4
Xe-126	(n, $\gamma$ )	6.701E-01	3.608E-01	-46.2	1.4	-47.5
	(n,2n)	4.578E-05	7.725E-05	68.7	25.4	43.3
	(n, $\alpha$ )	6.907E-06	3.095E-06	-55.2	0.9	-56.1
	(n,p)	6.179E-06	1.788E-05	189.4	4.4	184.9
Xe-128	(n, $\gamma$ )	2.550E-01	2.252E-01	-11.7	-0.3	-11.4
	(n,2n)	7.239E-05	1.189E-04	64.2	22.0	42.3
	(n, $\alpha$ )	1.069E-06	7.272E-07	-32.0	4.2	-36.2
	(n,p)	2.873E-06	4.605E-06	60.3	10.7	49.6
Xe-129	(n, $\gamma$ )	4.608E-01	5.377E-01	16.7	-2.3	19.0
	(n,2n)	5.078E-04	6.990E-04	37.7	7.6	30.1
	(n, $\alpha$ )	1.282E-06	2.021E-06	57.6	1.7	55.9
	(n,p)	9.661E-07	6.245E-06	546.4	9.0	537.4
Xe-130	(n, $\gamma$ )	2.648E-01	1.842E-01	-30.4	-0.7	-29.7
	(n,2n)	1.288E-04	1.728E-04	34.2	18.8	15.4
	(n, $\alpha$ )	1.992E-07	2.086E-07	4.7	12.0	-7.3
	(n,p)	4.810E-07	1.768E-06	267.6	19.1	248.5
Xe-131	(n, $\gamma$ )	3.369E-01	3.538E-01	5.0	-0.9	5.9
	(n,2n)	1.009E-03	8.519E-04	-15.6	5.1	-20.6
	(n, $\alpha$ )	3.201E-07	4.182E-07	30.6	5.0	25.7
	(n,p)	4.549E-07	2.904E-06	538.4	13.6	524.8
Xe-132	(n, $\gamma$ )	9.337E-02	7.475E-02	-19.9	5.4	-25.4
	(n,2n)	1.472E-04	2.321E-04	57.7	17.0	40.7
	(n, $\alpha$ )	6.353E-08	1.084E-07	70.6	20.1	50.6
	(n,p)	1.049E-07	6.817E-07	549.9	24.9	525.0
Xe-133	(n, $\gamma$ )	1.335E-01	1.267E-01	-5.1	-0.1	-4.9
	(n,2n)	1.176E-03	9.250E-04	-21.3	4.3	-25.7
	(n, $\alpha$ )	5.446E-08	1.595E-07	192.9	18.3	174.6
	(n,p)	1.187E-07	1.594E-06	1242.9	19.0	1223.8

表 4.4-1 (続き) (14/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40	J33 (%)	作成方法変更	断面積の変化
Xe-134	(n, $\gamma$ )	2.805E-02	2.653E-02	-5.4	1.9	-7.3
	(n,2n)	2.066E-04	2.977E-04	44.1	14.8	29.3
	(n, $\alpha$ )	2.330E-08	4.486E-08	92.5	30.7	61.8
	(n,p)	5.070E-08	4.453E-07	778.3	30.0	748.3
Xe-135	(n, $\gamma$ )	6.994E-02	3.349E-02	-52.1	-0.3	-51.8
	(n,2n)	1.136E-03	9.405E-04	-17.2	4.5	-21.7
	(n, $\alpha$ )	4.292E-08	6.438E-08	50.0	29.5	20.5
	(n,p)	4.060E-08	7.450E-07	1735.0	26.6	1708.3
Xe-136	(n, $\gamma$ )	1.200E-03	1.290E-03	7.5	4.6	2.9
	(n,2n)	4.199E-04	3.394E-04	-19.2	11.2	-30.4
	(n, $\alpha$ )	9.640E-09	1.452E-08	50.6	41.6	9.0
	(n,p)	4.132E-09	3.387E-08	719.7	58.9	660.8
Cs-133	(n, $\gamma$ )	4.202E-01	4.278E-01	1.8	0.9	0.9
	(n,2n)	1.468E-04	1.790E-04	21.9	17.8	4.2
	(n, $\alpha$ )	9.767E-08	4.518E-07	362.6	15.0	347.6
	(n,p)	1.207E-06	2.864E-06	137.3	10.2	127.1
Cs-134	(n, $\gamma$ )	1.042E+00	4.738E-01	-54.5	-0.5	-54.0
	(n,2n)	8.598E-04	7.378E-04	-14.2	6.4	-20.6
	(n, $\alpha$ )	1.803E-07	3.413E-07	89.3	9.9	79.4
	(n,p)	6.381E-07	3.353E-06	425.5	7.5	418.0
Cs-135	(n, $\gamma$ )	2.198E-01	1.824E-01	-17.0	-0.1	-16.9
	(n,2n)	1.922E-04	2.242E-04	16.6	16.4	0.2
	(n, $\alpha$ )	5.936E-08	6.778E-08	14.2	19.7	-5.5
	(n,p)	1.849E-07	9.462E-07	411.7	15.4	396.3
Cs-136	(n, $\gamma$ )	2.435E-01	1.984E-01	-18.5	-0.2	-18.4
	(n,2n)	9.867E-04	7.130E-04	-27.7	5.9	-33.6
	(n, $\alpha$ )	5.660E-08	7.273E-08	28.5	17.6	10.9
	(n,p)	1.592E-07	7.472E-07	369.3	13.5	355.8
Cs-137	(n, $\gamma$ )	1.633E-02	1.049E-02	-35.8	-0.5	-35.3
	(n,2n)	2.945E-04	2.852E-04	-3.2	13.5	-16.6
	(n, $\alpha$ )	2.447E-08	3.621E-08	48.0	26.7	21.3
	(n,p)	2.760E-08	4.174E-08	51.2	35.2	16.1
Ba-130	(n, $\gamma$ )	5.969E-01	5.955E-01	-0.2	-0.2	0.0
	(n,2n)	3.970E-05	5.149E-05	29.7	26.5	3.2
	(n, $\alpha$ )	1.392E-05	1.362E-05	-2.2	0.4	-2.5
	(n,p)	2.382E-05	2.369E-05	-0.5	1.8	-2.4
Ba-132	(n, $\gamma$ )	4.385E-01	4.374E-01	-0.3	-0.2	0.0
	(n,2n)	6.759E-05	8.496E-05	25.7	23.2	2.5
	(n, $\alpha$ )	3.565E-06	3.524E-06	-1.2	1.3	-2.5
	(n,p)	3.462E-06	3.608E-06	4.2	5.7	-1.4
Ba-134	(n, $\gamma$ )	1.996E-01	1.994E-01	-0.1	1.3	-1.4
	(n,2n)	8.274E-05	1.024E-04	23.8	21.7	2.1
	(n, $\alpha$ )	8.773E-07	8.920E-07	1.7	3.6	-1.9
	(n,p)	8.994E-07	9.833E-07	9.3	9.8	-0.5
Ba-135	(n, $\gamma$ )	5.267E-01	5.250E-01	-0.3	-0.3	0.0
	(n,2n)	5.302E-04	5.705E-04	7.6	8.5	-0.9
	(n, $\alpha$ )	1.143E-06	1.131E-06	-1.0	1.0	-2.0
	(n,p)	8.397E-07	9.002E-07	7.2	8.1	-0.9
Ba-136	(n, $\gamma$ )	6.905E-02	6.859E-02	-0.7	0.5	-1.2
	(n,2n)	1.236E-04	1.491E-04	20.6	19.1	1.5
	(n, $\alpha$ )	1.525E-07	1.693E-07	11.0	11.1	-0.1
	(n,p)	3.132E-07	3.738E-07	19.3	18.0	1.4
Ba-137	(n, $\gamma$ )	7.860E-02	7.549E-02	-4.0	-3.9	-0.1
	(n,2n)	7.628E-04	8.064E-04	5.7	7.0	-1.3
	(n, $\alpha$ )	1.698E-07	1.811E-07	6.7	7.5	-0.9
	(n,p)	2.113E-07	2.457E-07	16.3	15.5	0.8
Ba-138	(n, $\gamma$ )	5.194E-03	5.079E-03	-2.2	-2.5	0.3
	(n,2n)	1.922E-04	2.256E-04	17.4	16.5	0.9
	(n, $\alpha$ )	1.073E-07	1.257E-07	17.1	16.1	1.0
	(n,p)	4.717E-08	6.937E-08	47.1	40.1	6.9

表 4.4-1 (続き) (15/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Ba-140	(n, $\gamma$ )	2.420E-03	2.419E-03	0.0	0.0	0.0
	(n,2n)	1.424E-03	1.463E-03	2.7	4.5	-1.8
	(n, $\alpha$ )	6.380E-08	7.059E-08	10.6	10.9	-0.3
	(n,p)	2.221E-08	3.505E-08	57.8	49.1	8.7
La-138	(n, $\gamma$ )	3.084E-01	3.089E-01	0.2	0.1	0.1
	(n,2n)	4.627E-04	5.082E-04	9.8	10.4	-0.6
	(n, $\alpha$ )	4.889E-07	5.047E-07	3.2	4.7	-1.5
	(n,p)	2.374E-06	2.354E-06	-0.8	1.5	-2.3
La-139	(n, $\gamma$ )	3.436E-02	3.508E-02	2.1	-0.6	2.7
	(n,2n)	1.741E-04	2.062E-04	18.4	17.4	1.0
	(n, $\alpha$ )	1.807E-07	2.049E-07	13.4	13.1	0.3
	(n,p)	1.551E-07	1.978E-07	27.5	24.5	3.0
La-140 ※1	(n, $\gamma$ )	2.865E-01	1.237E-01	-56.8	0.0	-56.8
	(n,2n)	0.0	3.079E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	5.241E-06	-	-	-
	(n,p)	0.0	4.966E-07	-	-	-
Ce-140	(n, $\gamma$ )	7.849E-03	7.861E-03	0.2	-4.0	4.1
	(n,2n)	1.162E-04	1.369E-04	17.8	20.1	-2.2
	(n, $\alpha$ )	4.006E-07	4.790E-07	19.6	9.9	9.7
	(n,p)	2.113E-07	5.322E-07	151.9	26.5	125.3
Ce-141	(n, $\gamma$ )	2.888E-01	1.201E-01	-58.4	-0.4	-58.0
	(n,2n)	3.113E-03	1.405E-03	-54.9	1.9	-56.8
	(n, $\alpha$ )	1.132E-05	1.736E-05	53.4	-0.7	54.1
	(n,p)	1.391E-07	6.617E-07	375.7	25.6	350.1
Ce-142	(n, $\gamma$ )	2.514E-02	2.434E-02	-3.2	1.0	-4.2
	(n,2n)	7.930E-04	9.015E-04	13.7	7.9	5.8
	(n, $\alpha$ )	7.481E-07	1.057E-06	41.3	4.2	37.1
	(n,p)	9.571E-08	2.134E-07	123.0	35.0	88.0
Ce-143 ※1	(n, $\gamma$ )	2.442E-01	9.197E-02	-62.3	0.0	-62.3
	(n,2n)	0.0	2.871E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	2.713E-07	-	-	-
	(n,p)	0.0	2.283E-07	-	-	-
Ce-144	(n, $\gamma$ )	2.355E-02	4.535E-02	92.6	-0.1	92.7
	(n,2n)	1.114E-03	1.221E-03	9.6	6.1	3.5
	(n, $\alpha$ )	1.754E-07	1.205E-07	-31.3	4.0	-35.3
	(n,p)	3.274E-08	8.521E-08	160.3	44.8	115.4
Pr-141	(n, $\gamma$ )	1.420E-01	1.453E-01	2.3	2.6	-0.3
	(n,2n)	1.167E-04	1.422E-04	21.9	20.1	1.8
	(n, $\alpha$ )	6.909E-07	7.114E-07	3.0	4.6	-1.7
	(n,p)	9.924E-07	1.107E-06	11.5	11.7	-0.2
Pr-143	(n, $\gamma$ )	1.211E-01	1.293E-01	6.8	-0.1	6.9
	(n,2n)	6.808E-04	7.255E-04	6.6	7.7	-1.1
	(n, $\alpha$ )	1.648E-06	1.634E-06	-0.8	1.4	-2.2
	(n,p)	2.768E-07	3.296E-07	19.1	17.7	1.3
Nd-142	(n, $\gamma$ )	5.062E-02	3.389E-02	-33.1	-1.5	-31.6
	(n,2n)	8.442E-05	8.433E-05	-0.1	21.8	-21.9
	(n, $\alpha$ )	3.636E-06	1.421E-06	-60.9	1.7	-62.6
	(n,p)	1.472E-06	3.538E-06	140.4	11.5	128.9
Nd-143	(n, $\gamma$ )	3.360E-01	3.012E-01	-10.4	-0.8	-9.6
	(n,2n)	1.726E-03	9.160E-04	-46.9	3.3	-50.2
	(n, $\alpha$ )	2.795E-04	3.647E-05	-87.0	-0.1	-86.8
	(n,p)	6.961E-07	1.021E-06	46.7	15.6	31.1
Nd-144	(n, $\gamma$ )	7.955E-02	9.477E-02	19.1	0.7	18.4
	(n,2n)	3.970E-04	4.710E-04	18.6	11.2	7.5
	(n, $\alpha$ )	1.707E-06	2.147E-06	25.8	3.2	22.6
	(n,p)	4.321E-07	4.601E-07	6.5	23.2	-16.7
Nd-145	(n, $\gamma$ )	5.520E-01	4.809E-01	-12.9	-0.3	-12.6
	(n,2n)	3.107E-03	1.462E-03	-52.9	2.2	-55.1
	(n, $\alpha$ )	9.625E-06	1.680E-05	74.5	0.0	74.5
	(n,p)	2.755E-07	3.204E-07	16.3	23.0	-6.7

表 4.4-1 (続き) (16/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40	J33 (%)	作成方法変更	断面積の変化
Nd-146	(n, $\gamma$ )	1.064E-01	8.385E-02	-21.2	-0.4	-20.8
	(n,2n)	5.635E-04	6.732E-04	19.5	9.1	10.4
	(n, $\alpha$ )	2.808E-07	4.094E-07	45.8	10.4	35.4
	(n,p)	1.059E-07	1.103E-07	4.2	31.1	-26.9
Nd-147	(n, $\gamma$ )	1.181E+00	1.164E+00	-1.4	-0.3	-1.2
	(n,2n)	4.855E-03	2.917E-03	-39.9	1.2	-41.1
	(n, $\alpha$ )	5.069E-07	1.588E-06	213.3	2.6	210.7
	(n,p)	8.923E-08	6.984E-08	-21.7	30.3	-52.1
Nd-148	(n, $\gamma$ )	1.379E-01	1.399E-01	1.5	-0.9	2.4
	(n,2n)	7.040E-04	7.192E-04	2.2	7.6	-5.5
	(n, $\alpha$ )	9.504E-08	8.630E-08	-9.2	19.6	-28.8
	(n,p)	5.179E-08	4.774E-08	-7.8	38.5	-46.3
Nd-150	(n, $\gamma$ )	1.573E-01	1.447E-01	-8.0	0.3	-8.3
	(n,2n)	5.961E-04	7.683E-04	28.9	8.5	20.4
	(n, $\alpha$ )	5.053E-08	2.715E-08	-46.3	29.2	-75.4
	(n,p)	2.979E-08	5.679E-08	90.6	40.3	50.4
Pm-147	(n, $\gamma$ )	5.269E-01	3.690E-01	-30.0	-0.2	-29.8
	(n,2n)	4.897E-04	6.857E-04	40.0	10.0	30.1
	(n, $\alpha$ )	1.600E-06	8.022E-06	401.4	1.5	399.9
	(n,p)	3.935E-07	7.570E-07	92.4	17.5	74.8
Pm-148	(n, $\gamma$ )	1.922E+00	1.073E+00	-44.2	-0.3	-43.9
	(n,2n)	2.049E-03	2.650E-03	29.3	2.7	26.6
	(n, $\alpha$ )	3.700E-06	1.467E-04	3864.9	0.5	3864.4
	(n,p)	3.386E-07	1.694E-06	400.3	16.0	384.3
Pm-148m	(n, $\gamma$ )	3.124E+00	2.117E+00	-32.2	-0.3	-31.9
	(n,2n)	2.049E-03	2.137E-03	4.3	2.7	1.6
	(n, $\alpha$ )	3.700E-06	9.917E-05	2580.3	0.5	2579.8
	(n,p)	3.386E-07	1.731E-06	411.2	16.0	395.2
Pm-149	(n, $\gamma$ )	1.186E+00	6.494E-01	-45.2	-0.3	-45.0
	(n,2n)	6.457E-04	8.688E-04	34.6	8.0	26.5
	(n, $\alpha$ )	3.194E-07	5.095E-07	59.5	5.0	54.5
	(n,p)	1.495E-07	3.449E-07	130.7	22.7	108.0
Pm-151 ※1	(n, $\gamma$ )	3.229E-02	9.126E-01	2726.3	0.0	2726.3
	(n,2n)	0.0	5.236E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	3.114E-08	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.469E-07	-	-	-
Sm-144	(n, $\gamma$ )	8.944E-02	8.591E-02	-3.9	-0.6	-3.3
	(n,2n)	3.609E-05	4.096E-05	13.5	28.5	-15.0
	(n, $\alpha$ )	2.280E-05	9.297E-06	-59.2	-0.5	-58.7
	(n,p)	8.205E-06	2.419E-05	194.8	5.0	189.8
Sm-147	(n, $\gamma$ )	1.217E+00	1.167E+00	-4.1	-0.3	-3.8
	(n,2n)	7.370E-04	8.278E-04	12.3	5.4	6.9
	(n, $\alpha$ )	2.436E-05	3.839E-05	57.6	0.1	57.5
	(n,p)	1.176E-06	1.874E-06	59.4	13.5	45.8
Sm-148	(n, $\gamma$ )	2.742E-01	2.602E-01	-5.1	-0.6	-4.5
	(n,2n)	3.285E-04	4.510E-04	37.3	12.6	24.7
	(n, $\alpha$ )	2.236E-06	4.046E-06	80.9	1.0	79.9
	(n,p)	3.256E-07	8.167E-07	150.8	21.3	129.5
Sm-149	(n, $\gamma$ )	2.225E+00	2.115E+00	-4.9	-0.4	-4.5
	(n,2n)	2.504E-03	1.377E-03	-45.0	2.4	-47.4
	(n, $\alpha$ )	2.249E-05	4.613E-06	-79.5	0.0	-79.5
	(n,p)	3.953E-07	6.615E-07	67.3	19.3	48.1
Sm-150	(n, $\gamma$ )	4.197E-01	4.177E-01	-0.5	-0.2	-0.2
	(n,2n)	3.186E-04	5.210E-04	63.5	12.4	51.1
	(n, $\alpha$ )	5.278E-07	4.040E-07	-23.5	5.3	-28.7
	(n,p)	1.759E-07	2.124E-07	20.8	28.9	-8.2
Sm-151	(n, $\gamma$ )	2.041E+00	3.119E+00	52.8	-0.4	53.2
	(n,2n)	2.304E-03	2.336E-03	1.4	2.1	-0.7
	(n, $\alpha$ )	3.679E-07	2.589E-06	603.7	5.2	598.6
	(n,p)	2.039E-07	5.633E-07	176.3	21.6	154.6

表 4.4-1 (続き) (17/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40	J33 (%)	作成方法変更	断面積の変化
Sm-152	(n, $\gamma$ )	4.640E-01	4.467E-01	-3.7	0.2	-3.9
	(n,2n)	2.988E-04	4.665E-04	56.1	13.3	42.9
	(n, $\alpha$ )	7.123E-08	7.467E-08	4.8	21.3	-16.4
	(n,p)	9.671E-08	1.428E-07	47.7	29.1	18.5
Sm-153	(n, $\gamma$ )	7.982E-01	1.296E+00	62.4	-0.4	62.8
	(n,2n)	1.648E-03	2.568E-03	55.8	2.9	52.9
	(n, $\alpha$ )	3.163E-08	2.774E-08	-12.3	23.1	-35.4
	(n,p)	1.043E-07	3.185E-07	205.4	23.0	182.4
Sm-154	(n, $\gamma$ )	2.406E-01	2.550E-01	6.0	0.1	5.9
	(n,2n)	3.968E-04	6.384E-04	60.9	11.7	49.2
	(n, $\alpha$ )	1.751E-08	2.319E-08	32.4	35.9	-3.4
	(n,p)	4.848E-08	7.453E-08	53.7	33.1	20.7
Eu-151	(n, $\gamma$ )	2.372E+00	2.514E+00	6.0	-0.3	6.2
	(n,2n)	2.810E-04	3.351E-04	19.3	13.2	6.0
	(n, $\alpha$ )	8.522E-06	1.123E-06	-86.8	1.1	-87.9
	(n,p)	3.677E-06	5.112E-07	-86.1	2.7	-88.8
Eu-152	(n, $\gamma$ )	4.066E+00	4.403E+00	8.3	-0.3	8.6
	(n,2n)	8.947E-04	1.452E-03	62.3	5.5	56.7
	(n, $\alpha$ )	1.256E-06	2.049E-05	1531.4	2.1	1529.3
	(n,p)	1.061E-06	5.528E-06	421.0	8.3	412.7
Eu-153	(n, $\gamma$ )	2.530E+00	2.451E+00	-3.1	-0.3	-2.8
	(n,2n)	1.792E-04	3.060E-04	70.8	17.0	53.8
	(n, $\alpha$ )	2.024E-07	2.612E-07	29.1	11.2	17.9
	(n,p)	1.325E-06	3.002E-07	-77.3	6.1	-83.5
Eu-154	(n, $\gamma$ )	3.390E+00	3.097E+00	-8.6	-0.3	-8.3
	(n,2n)	1.171E-03	1.455E-03	24.3	4.9	19.4
	(n, $\alpha$ )	1.158E-07	1.677E-07	44.8	14.2	30.7
	(n,p)	2.962E-07	1.096E-06	270.0	15.4	254.6
Eu-155	(n, $\gamma$ )	1.286E+00	1.258E+00	-2.2	-0.3	-1.9
	(n,2n)	2.882E-04	4.412E-04	53.1	13.4	39.7
	(n, $\alpha$ )	6.441E-08	1.812E-08	-71.9	18.1	-90.0
	(n,p)	1.152E-07	2.864E-07	148.6	23.8	124.8
Eu-156	(n, $\gamma$ )	6.881E-01	1.108E+00	61.0	-0.2	61.2
	(n,2n)	1.276E-03	1.942E-03	52.2	4.5	47.6
	(n, $\alpha$ )	4.492E-08	2.914E-08	-35.1	20.9	-56.1
	(n,p)	9.169E-08	3.095E-07	237.6	23.6	214.0
Eu-157 ※1	(n, $\gamma$ )	3.661E-02	7.734E-01	2012.5	0.0	2012.5
	(n,2n)	0.0	7.816E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	9.698E-09	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.036E-07	-	-	-
Gd-152	(n, $\gamma$ )	1.076E+00	1.157E+00	7.5	0.4	7.2
	(n,2n)	1.868E-04	2.089E-04	11.8	16.4	-4.6
	(n, $\alpha$ )	9.259E-05	2.053E-05	-77.8	-0.4	-77.4
	(n,p)	6.819E-07	9.309E-07	36.5	18.7	17.8
Gd-153 ※1	(n, $\gamma$ )	0.0	2.999E+00	-	-	-
	(n,2n)	0.0	8.578E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	2.058E-04	-	-	-
	(n,p)	0.0	2.283E-06	-	-	-
Gd-154	(n, $\gamma$ )	9.405E-01	1.014E+00	7.8	0.1	7.7
	(n,2n)	2.397E-04	2.140E-04	-10.7	16.2	-26.9
	(n, $\alpha$ )	5.553E-07	8.407E-07	51.4	4.2	47.2
	(n,p)	3.753E-07	6.272E-07	67.1	20.1	47.0
Gd-155	(n, $\gamma$ )	2.584E+00	2.431E+00	-5.9	-0.3	-5.6
	(n,2n)	8.623E-04	1.197E-03	38.8	6.1	32.8
	(n, $\alpha$ )	3.857E-07	1.272E-07	-67.0	4.4	-71.4
	(n,p)	4.125E-07	6.056E-07	46.8	16.1	30.7
Gd-156	(n, $\gamma$ )	6.818E-01	6.450E-01	-5.4	-0.7	-4.7
	(n,2n)	2.317E-04	3.003E-04	29.6	15.2	14.4
	(n, $\alpha$ )	1.563E-07	2.290E-07	46.5	15.4	31.1
	(n,p)	2.489E-07	3.346E-07	34.4	23.7	10.7



表 4.4-1 (続き) (18/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Gd-157	(n, $\gamma$ )	1.312E+00	1.360E+00	3.7	-0.2	3.9
	(n,2n)	1.145E-03	1.523E-03	33.0	5.0	28.0
	(n, $\alpha$ )	7.652E-08	7.590E-08	-0.8	15.0	-15.8
	(n,p)	2.226E-07	2.323E-07	4.4	21.6	-17.2
Gd-158	(n, $\gamma$ )	3.311E-01	3.316E-01	0.2	-2.0	2.1
	(n,2n)	4.075E-04	5.477E-04	34.4	11.9	22.5
	(n, $\alpha$ )	6.147E-08	9.288E-08	51.1	28.2	22.9
	(n,p)	5.782E-08	1.092E-07	88.9	30.8	58.0
Gd-160	(n, $\gamma$ )	2.148E-01	2.257E-01	5.1	-0.7	5.7
	(n,2n)	6.476E-04	8.112E-04	25.3	8.5	16.8
	(n, $\alpha$ )	4.007E-08	5.390E-08	34.5	37.2	-2.7
	(n,p)	3.522E-08	5.122E-08	45.4	38.3	7.1
Tb-159	(n, $\gamma$ )	1.829E+00	1.430E+00	-21.8	-0.1	-21.8
	(n,2n)	3.700E-04	3.600E-04	-2.7	12.7	-15.4
	(n, $\alpha$ )	1.207E-07	1.571E-07	30.2	18.4	11.8
	(n,p)	2.115E-07	2.529E-07	19.6	19.8	-0.2
Tb-160 ※1	(n, $\gamma$ )	1.334E-01	2.226E+00	1568.7	0.0	1568.7
	(n,2n)	0.0	1.447E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.958E-07	-	-	-
	(n,p)	0.0	5.477E-07	-	-	-
Dy-156 ※1	(n, $\gamma$ )	1.472E+00	1.631E+00	10.8	0.0	10.8
	(n,2n)	0.0	1.359E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	6.148E-06	2.212E-05	259.8	0.0	259.8
	(n,p)	0.0	2.631E-06	-	-	-
Dy-158 ※1	(n, $\gamma$ )	1.840E-01	9.062E-01	392.5	0.0	392.5
	(n,2n)	0.0	2.189E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	4.154E-06	2.563E-06	-38.3	0.0	-38.3
	(n,p)	0.0	1.401E-06	-	-	-
Dy-159 ※1	(n, $\gamma$ )	0.0	3.468E+00	-	-	-
	(n,2n)	0.0	1.019E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.753E-05	-	-	-
	(n,p)	0.0	2.115E-06	-	-	-
Dy-160 ※1	(n, $\gamma$ )	1.851E+00	8.076E-01	-56.4	0.0	-56.4
	(n,2n)	0.0	2.942E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	2.062E-07	3.577E-07	73.5	0.0	73.5
	(n,p)	0.0	3.829E-07	-	-	-
Dy-161 ※1	(n, $\gamma$ )	2.030E+00	1.928E+00	-5.0	0.0	-5.0
	(n,2n)	0.0	1.420E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	2.058E-08	2.793E-06	13471.4	0.0	13471.4
	(n,p)	0.0	5.095E-07	-	-	-
Dy-162 ※1	(n, $\gamma$ )	8.019E-01	4.698E-01	-41.4	0.0	-41.4
	(n,2n)	0.0	5.068E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	3.244E-07	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.608E-07	-	-	-
Dy-163 ※1	(n, $\gamma$ )	8.936E-01	1.105E+00	23.7	0.0	23.7
	(n,2n)	0.0	1.871E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	1.345E-08	1.614E-07	1100.0	0.0	1100.0
	(n,p)	0.0	1.539E-07	-	-	-
Dy-164 ※1	(n, $\gamma$ )	2.401E-01	8.422E-02	-64.9	0.0	-64.9
	(n,2n)	7.039E-04	7.567E-04	7.5	0.0	7.5
	(n, $\alpha$ )	2.815E-05	1.811E-07	-99.4	0.0	-99.4
	(n,p)	3.104E-06	6.552E-08	-97.9	0.0	-97.9
Er-162	(n, $\gamma$ )	8.800E-01	8.746E-01	-0.6	-0.8	0.2
	(n,2n)	9.256E-05	1.142E-04	23.4	21.3	2.1
	(n, $\alpha$ )	1.952E-06	1.934E-06	-0.9	1.2	-2.2
	(n,p)	1.131E-06	1.253E-06	10.8	11.1	-0.3
Er-164	(n, $\gamma$ )	1.758E+00	1.753E+00	-0.3	-0.4	0.1
	(n,2n)	1.905E-04	2.256E-04	18.4	17.3	1.1
	(n, $\alpha$ )	6.922E-07	7.003E-07	1.2	2.2	-1.0
	(n,p)	6.417E-07	7.378E-07	15.0	14.4	0.5

表 4.4-1 (続き) (19/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Er-166	(n, $\gamma$ )	5.400E-01	5.379E-01	-0.4	-0.5	0.1
	(n,2n)	2.806E-04	3.257E-04	16.1	15.5	0.6
	(n, $\alpha$ )	1.524E-07	1.599E-07	4.9	5.9	-1.0
	(n,p)	3.018E-07	3.672E-07	21.7	19.8	1.8
Er-167	(n, $\gamma$ )	1.502E+00	1.499E+00	-0.2	-0.1	-0.1
	(n,2n)	1.422E-03	1.475E-03	3.7	5.3	-1.6
	(n, $\alpha$ )	4.618E-07	4.759E-07	3.1	4.7	-1.6
	(n,p)	3.950E-07	4.670E-07	18.2	17.1	1.1
Er-168	(n, $\gamma$ )	3.070E-01	3.056E-01	-0.5	-0.7	0.2
	(n,2n)	5.796E-04	6.402E-04	10.5	10.9	-0.4
	(n, $\alpha$ )	2.768E-08	3.190E-08	15.2	14.6	0.7
	(n,p)	1.441E-07	1.868E-07	29.6	26.3	3.3
Er-170	(n, $\gamma$ )	2.023E-01	2.005E-01	-0.9	-1.1	0.2
	(n,2n)	9.200E-04	9.811E-04	6.6	7.7	-1.1
	(n, $\alpha$ )	7.122E-09	9.134E-09	28.3	25.0	3.2
	(n,p)	5.593E-08	7.788E-08	39.2	34.1	5.2
Tm-169 ※1	(n, $\gamma$ )	2.462E+00	9.630E-01	-60.9	0.0	-60.9
	(n,2n)	0.0	4.340E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	6.898E-09	1.243E-06	17919.7	0.0	17919.7
	(n,p)	0.0	6.058E-07	-	-	-
Yb-168 ※1	(n, $\gamma$ )	4.752E+01	1.259E+00	-97.4	0.0	-97.4
	(n,2n)	0.0	2.004E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	2.633E-06	2.807E-06	6.6	0.0	6.6
	(n,p)	0.0	2.483E-06	-	-	-
Yb-170 ※1	(n, $\gamma$ )	4.599E-01	6.677E-01	45.2	0.0	45.2
	(n,2n)	0.0	3.997E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	2.759E-08	1.278E-06	4532.1	0.0	4532.1
	(n,p)	0.0	1.097E-06	-	-	-
Yb-171 ※1	(n, $\gamma$ )	5.090E-01	1.083E+00	112.8	0.0	112.8
	(n,2n)	0.0	1.444E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	2.759E-08	1.666E-06	5938.4	0.0	5938.4
	(n,p)	0.0	1.229E-06	-	-	-
Yb-172 ※1	(n, $\gamma$ )	3.833E-02	3.284E-01	756.8	0.0	756.8
	(n,2n)	0.0	5.548E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	2.063E-08	1.653E-07	701.3	0.0	701.3
	(n,p)	0.0	4.058E-07	-	-	-
Yb-173 ※1	(n, $\gamma$ )	5.979E-01	7.494E-01	25.3	0.0	25.3
	(n,2n)	0.0	1.729E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	2.864E-07	-	-	-
	(n,p)	0.0	3.368E-07	-	-	-
Yb-174 ※1	(n, $\gamma$ )	1.479E-02	4.075E-02	175.5	0.0	175.5
	(n,2n)	0.0	8.792E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	1.390E-08	4.060E-08	192.1	0.0	192.1
	(n,p)	0.0	1.452E-07	-	-	-
Yb-176 ※1	(n, $\gamma$ )	9.198E-03	1.115E-01	1112.2	0.0	1112.2
	(n,2n)	0.0	1.412E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.268E-08	-	-	-
	(n,p)	0.0	5.676E-08	-	-	-
Hf-174	(n, $\gamma$ )	9.964E-01	1.038E+00	4.2	0.2	3.9
	(n,2n)	2.824E-04	3.020E-04	6.9	14.9	-7.9
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.087E-06	-	-	-
	(n,p)	0.0	2.225E-06	-	-	-
Hf-176	(n, $\gamma$ )	4.235E-01	5.651E-01	33.4	-1.2	34.6
	(n,2n)	4.363E-04	4.530E-04	3.8	11.7	-7.9
	(n, $\alpha$ )	2.011E-07	2.306E-07	14.7	2.7	12.0
	(n,p)	1.583E-07	7.837E-07	395.1	15.5	379.6
Hf-177	(n, $\gamma$ )	1.395E+00	1.483E+00	6.3	0.5	5.8
	(n,2n)	1.342E-03	1.428E-03	6.4	5.1	1.3
	(n, $\alpha$ )	4.025E-07	3.717E-07	-7.7	2.9	-10.5
	(n,p)	1.779E-07	1.049E-06	489.7	14.7	474.9

表 4.4-1 (続き) (20/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Hf-178	(n, $\gamma$ )	1.074E-01	1.237E-01	15.2	-1.1	16.3
	(n,2n)	6.324E-04	7.397E-04	17.0	9.3	7.6
	(n, $\alpha$ )	2.677E-08	1.257E-07	369.6	9.2	360.4
	(n,p)	3.456E-08	3.817E-07	1004.5	22.7	981.7
Hf-179	(n, $\gamma$ )	1.015E+00	9.849E-01	-3.0	0.4	-3.4
	(n,2n)	1.818E-03	1.748E-03	-3.9	3.9	-7.7
	(n, $\alpha$ )	1.043E-07	7.317E-08	-29.8	5.8	-35.6
	(n,p)	9.255E-08	3.209E-07	246.7	19.9	226.8
Hf-180	(n, $\gamma$ )	1.804E-01	1.620E-01	-10.2	1.7	-11.9
	(n,2n)	6.004E-04	1.014E-03	68.9	7.3	61.6
	(n, $\alpha$ )	7.896E-09	2.808E-08	255.6	18.1	237.6
	(n,p)	1.377E-08	9.023E-08	555.3	29.8	525.4
Hf-181 ※1	(n, $\gamma$ )	2.759E-02	2.694E-01	876.4	0.0	876.4
	(n,2n)	0.0	3.129E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	1.435E-08	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.161E-07	-	-	-
Ta-181	(n, $\gamma$ )	8.810E-01	8.805E-01	-0.1	0.1	-0.2
	(n,2n)	5.547E-04	6.114E-04	10.2	10.7	-0.5
	(n, $\alpha$ )	9.931E-09	1.128E-08	13.6	13.4	0.2
	(n,p)	2.532E-07	2.991E-07	18.1	17.0	1.1
W-180 ※1	(n, $\gamma$ )	3.066E-01	5.616E-01	83.2	0.0	83.2
	(n,2n)	0.0	3.298E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	0.0	4.491E-06	-	-	-
	(n,p)	0.0	6.354E-07	-	-	-
W-182	(n, $\gamma$ )	2.994E-01	3.056E-01	2.1	0.3	1.8
	(n,2n)	3.419E-04	5.251E-04	53.6	13.0	40.5
	(n, $\alpha$ )	5.282E-07	3.049E-07	-42.3	4.1	-46.4
	(n,p)	2.544E-07	2.278E-07	-10.5	21.0	-31.5
W-183	(n, $\gamma$ )	4.408E-01	5.970E-01	35.4	-0.8	36.2
	(n,2n)	1.510E-03	1.914E-03	26.8	4.0	22.7
	(n, $\alpha$ )	7.006E-07	2.527E-06	260.7	3.6	257.1
	(n,p)	1.988E-07	2.632E-07	32.4	19.2	13.2
W-184	(n, $\gamma$ )	2.383E-01	2.675E-01	12.3	-0.8	13.1
	(n,2n)	6.091E-04	8.640E-04	41.8	9.4	32.4
	(n, $\alpha$ )	9.409E-08	8.825E-08	-6.2	7.7	-13.9
	(n,p)	7.207E-08	9.596E-08	33.1	29.5	3.6
W-186	(n, $\gamma$ )	1.978E-01	2.073E-01	4.8	0.5	4.3
	(n,2n)	8.331E-04	1.087E-03	30.5	7.3	23.2
	(n, $\alpha$ )	7.399E-08	2.171E-08	-70.7	18.6	-89.3
	(n,p)	9.367E-08	4.733E-08	-49.5	36.8	-86.2
Os-184 ※1	(n, $\gamma$ )	2.070E+00	7.617E-01	-63.2	0.0	-63.2
	(n,2n)	0.0	2.664E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	6.830E-06	2.433E-05	256.2	0.0	256.2
	(n,p)	0.0	1.419E-06	-	-	-
Os-186 ※1	(n, $\gamma$ )	0.0	5.236E-01	-	-	-
	(n,2n)	0.0	4.287E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	6.898E-08	4.939E-06	7060.0	0.0	7060.0
	(n,p)	0.0	3.650E-07	-	-	-
Os-187 ※1	(n, $\gamma$ )	1.364E+00	1.383E+00	1.4	0.0	1.4
	(n,2n)	0.0	1.798E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	6.954E-08	2.209E-05	31665.9	0.0	31665.9
	(n,p)	0.0	5.649E-07	-	-	-
Os-188 ※1	(n, $\gamma$ )	2.070E-01	4.502E-01	117.5	0.0	117.5
	(n,2n)	0.0	5.807E-04	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	2.076E-08	2.603E-07	1153.9	0.0	1153.9
	(n,p)	0.0	1.811E-07	-	-	-
Os-189 ※1	(n, $\gamma$ )	1.150E+00	1.275E+00	10.9	0.0	10.9
	(n,2n)	0.0	2.365E-03	-	-	-
	(n, $\alpha$ )	6.823E-09	1.495E-06	21811.2	0.0	21811.2
	(n,p)	0.0	3.820E-07	-	-	-

表 4.4-1 (続き) (21/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Os-190 ※1	(n,γ)	1.334E-02	9.820E-02	636.1	0.0	636.1
	(n,2n)	0.0	7.507E-04	-	-	-
	(n,α)	1.345E-08	3.675E-08	173.2	0.0	173.2
	(n,p)	0.0	7.260E-08	-	-	-
Os-192 ※1	(n,γ)	8.217E-03	2.206E-01	2584.7	0.0	2584.7
	(n,2n)	0.0	8.481E-04	-	-	-
	(n,α)	6.947E-09	4.382E-09	-36.9	0.0	-36.9
	(n,p)	0.0	2.901E-08	-	-	-
Au-197 ※1	(n,γ)	2.391E+00	7.276E-01	-69.6	0.0	-69.6
	(n,2n)	0.0	4.758E-04	-	-	-
	(n,α)	0.0	4.188E-08	-	-	-
	(n,p)	0.0	1.203E-07	-	-	-
Hg-196	(n,γ)	3.532E-02	3.448E-02	-2.4	-3.0	0.7
	(n,2n)	2.195E-04	2.562E-04	16.7	15.9	0.8
	(n,α)	2.175E-07	2.185E-07	0.5	2.3	-1.9
	(n,p)	5.267E-07	6.075E-07	15.3	14.7	0.6
Hg-198	(n,γ)	1.737E-01	1.691E-01	-2.6	-3.0	0.3
	(n,2n)	3.501E-04	3.964E-04	13.2	13.2	0.1
	(n,α)	2.604E-08	2.859E-08	9.8	10.1	-0.3
	(n,p)	2.811E-07	3.356E-07	19.4	18.0	1.4
Hg-199	(n,γ)	4.113E-01	4.146E-01	0.8	0.4	0.4
	(n,2n)	9.469E-04	9.980E-04	5.4	6.7	-1.3
	(n,α)	6.286E-08	6.900E-08	9.8	10.1	-0.4
	(n,p)	2.786E-07	3.261E-07	17.0	16.1	0.9
Hg-200	(n,γ)	1.121E-01	1.142E-01	1.9	2.1	-0.2
	(n,2n)	4.468E-04	4.976E-04	11.4	11.7	-0.3
	(n,α)	5.835E-09	6.917E-09	18.5	17.3	1.3
	(n,p)	1.088E-07	1.371E-07	26.0	23.3	2.7
Hg-201	(n,γ)	3.365E-01	3.242E-01	-3.7	-3.8	0.2
	(n,2n)	1.487E-03	1.531E-03	3.0	4.6	-1.7
	(n,α)	1.864E-08	2.148E-08	15.2	14.6	0.6
	(n,p)	9.156E-08	1.139E-07	24.4	22.1	2.3
Hg-202	(n,γ)	7.886E-02	7.952E-02	0.8	0.8	0.1
	(n,2n)	5.460E-04	5.990E-04	9.7	10.3	-0.6
	(n,α)	2.432E-09	3.061E-09	25.9	23.2	2.6
	(n,p)	3.267E-08	4.530E-08	38.7	33.7	5.0
Hg-204	(n,γ)	3.746E-02	3.732E-02	-0.4	-0.3	-0.1
	(n,2n)	5.607E-04	6.127E-04	9.3	9.9	-0.6
	(n,α)	2.851E-10	4.267E-10	49.7	42.8	6.9
	(n,p)	9.403E-09	1.435E-08	52.6	45.3	7.3
Pb-204	(n,γ)	8.275E-02	1.100E-01	32.9	-2.2	35.1
	(n,2n)	2.436E-04	3.370E-04	38.3	15.8	22.6
	(n,α)	2.438E-08	5.758E-07	2261.8	8.4	2253.4
	(n,p)	6.224E-08	5.206E-07	736.4	7.0	729.5
Pb-206	(n,γ)	8.451E-03	1.045E-02	23.7	4.5	19.1
	(n,2n)	4.085E-04	4.411E-04	8.0	13.3	-5.3
	(n,3n)	7.995E-08	3.127E-07	291.1	252.5	38.6
	(n,α)	4.286E-08	1.280E-07	198.6	11.0	187.7
	(n,p)	1.687E-07	2.211E-07	31.1	10.7	20.3
Pb-207	(n,γ)	5.325E-03	6.597E-03	23.9	5.2	18.6
	(n,2n)	7.614E-04	8.535E-04	12.1	8.8	3.3
	(n,3n)	1.631E-07	6.228E-07	281.9	199.0	82.8
	(n,α)	5.320E-08	1.588E-07	198.5	15.8	182.7
	(n,p)	8.681E-08	1.430E-07	64.7	16.3	48.4
Pb-208	(n,γ)	6.694E-04	4.704E-04	-29.7	-1.9	-27.8
	(n,2n)	5.303E-04	5.946E-04	12.1	10.5	1.6
	(n,3n)	1.888E-07	6.667E-07	253.1	177.9	75.2
	(n,α)	4.377E-08	3.674E-08	-16.1	37.6	-53.7
	(n,p)	8.333E-09	9.855E-09	18.3	58.2	-39.9

表 4.4-1 (続き) (22/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Bi-209 ※2	(n,γ)g	3.178E-03	2.661E-03	-16.3	2.7	-18.9
	(n,γ)m	2.342E-03	2.457E-03	4.9	2.7	2.2
	(n,2n)	4.863E-04	5.375E-04	10.5	10.9	-0.4
	(n,3n)	3.332E-07	8.820E-07	164.7	144.7	20.0
	(n,α)	1.110E-07	1.152E-07	3.8	5.2	-1.4
Ra-223	(n,p)	3.425E-08	4.259E-08	24.4	22.0	2.3
	(n,γ)	5.931E-01	5.913E-01	-0.3	-0.4	0.1
	(n,2n)	7.243E-03	7.116E-03	-1.8	0.8	-2.6
	(n,3n)	1.610E-05	2.330E-05	44.7	37.5	7.3
Ra-224	(n,fission)	5.567E-02	5.568E-02	0.0	0.0	0.0
	(n,γ)	1.997E-01	1.992E-01	-0.3	-0.3	0.1
	(n,2n)	2.636E-03	2.669E-03	1.3	3.2	-2.0
	(n,3n)	2.121E-05	3.010E-05	41.9	35.5	6.4
Ra-226	(n,γ)	3.968E-01	3.944E-01	-0.6	-0.6	0.0
	(n,2n)	2.845E-03	2.869E-03	0.8	2.9	-2.0
	(n,3n)	2.957E-05	4.080E-05	38.0	32.7	5.2
	(n,fission)	3.632E-05	3.501E-05	-3.6	-0.7	-2.9
Ac-227	(n,γ)	1.021E-01	1.158E+00	1034.2	0.1	1034.1
	(n,2n)	2.495E-03	1.754E-03	-29.7	3.1	-32.8
	(n,3n)	1.892E-05	1.009E-05	-46.7	35.7	-82.3
	(n,fission)	1.650E-03	1.452E-03	-12.0	-1.5	-10.5
Th-227	(n,γ)	1.385E+00	1.018E+00	-26.5	-0.4	-26.1
	(n,2n)	4.117E-03	2.883E-03	-30.0	1.0	-31.0
	(n,3n)	1.868E-06	3.046E-06	63.1	52.0	11.0
	(n,fission)	8.209E-01	5.563E-01	-32.2	-0.2	-32.1
Th-228	(n,γ)	3.989E-01	6.477E-01	62.4	-0.2	62.6
	(n,2n)	8.265E-04	8.465E-04	2.4	6.9	-4.5
	(n,3n)	5.037E-06	4.448E-06	-11.7	46.8	-58.5
	(n,fission)	1.710E-02	5.993E-02	250.5	-1.4	251.9
Th-229	(n,γ)	1.405E+00	1.305E+00	-7.1	-0.3	-6.8
	(n,2n)	5.229E-03	3.549E-03	-32.1	0.7	-32.8
	(n,3n)	2.415E-06	4.580E-06	89.6	47.2	42.4
	(n,fission)	8.161E-01	8.533E-01	4.6	-0.2	4.7
Th-230	(n,γ)	4.143E-01	6.176E-01	49.1	-0.3	49.3
	(n,2n)	1.141E-03	1.361E-03	19.3	5.3	14.0
	(n,3n)	8.048E-06	6.995E-06	-13.1	40.4	-53.5
	(n,fission)	2.824E-02	3.337E-02	18.2	-1.4	19.5
Th-232	(n,γ)	3.901E-01	4.233E-01	8.5	0.3	8.2
	(n,2n)	1.544E-03	1.837E-03	19.0	4.1	14.8
	(n,3n)	1.327E-05	1.262E-05	-4.9	36.5	-41.4
	(n,fission)	1.090E-02	1.069E-02	-1.9	-1.3	-0.6
Th-233	(n,γ)	5.865E-01	5.428E-01	-7.5	-0.3	-7.1
	(n,2n)	7.161E-03	6.998E-03	-2.3	0.6	-2.9
	(n,3n)	1.751E-05	1.671E-05	-4.6	34.4	-38.9
	(n,fission)	2.112E-01	2.706E-01	28.1	0.0	28.1
Th-234	(n,γ)	4.051E-01	1.624E-01	-59.9	-0.2	-59.7
	(n,2n)	2.315E-03	2.580E-03	11.4	3.1	8.3
	(n,3n)	2.645E-05	2.345E-05	-11.3	31.9	-43.3
	(n,fission)	5.064E-03	4.119E-03	-18.7	-1.2	-17.5
Pa-231	(n,γ)	1.701E+00	1.635E+00	-3.9	1.1	-5.0
	(n,2n)	6.256E-04	4.003E-04	-36.0	5.1	-41.1
	(n,3n)	2.452E-06	1.227E-06	-50.0	44.4	-94.4
	(n,fission)	1.877E-01	1.886E-01	0.5	-0.5	1.0
Pa-232	(n,γ)	1.042E+00	3.435E-01	-67.0	-0.5	-66.6
	(n,2n)	2.817E-03	2.210E-03	-21.5	1.2	-22.7
	(n,3n)	4.699E-06	1.247E-06	-73.5	44.5	-118.0
	(n,fission)	1.642E+00	2.302E+00	40.2	-0.1	40.3
Pa-233	(n,γ)	7.561E-01	8.099E-01	7.1	0.2	6.9
	(n,2n)	1.217E-03	1.154E-03	-5.2	4.8	-10.0
	(n,3n)	8.014E-06	5.383E-06	-32.8	38.0	-70.8
	(n,fission)	5.945E-02	3.481E-02	-41.4	-1.2	-40.3

※2 核異性体比を変更した Bi-209 (n,γ)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 をそれぞれ示す。

表 4.4-1 (続き) (23/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
U-230 ※1	(n, $\gamma$ )	0.0	3.516E-01	-	-	-
	(n,2n)	0.0	1.738E-05	-	-	-
	(n,3n)	0.0	4.906E-08	-	-	-
	(n,fission)	1.725E-02	2.749E+00	15836.2	0.0	15836.2
U-231 ※1	(n, $\gamma$ )	0.0	4.060E-01	-	-	-
	(n,2n)	0.0	2.242E-04	-	-	-
	(n,3n)	0.0	1.926E-08	-	-	-
	(n,fission)	2.759E-01	3.106E+00	1025.8	0.0	1025.8
U-232	(n, $\gamma$ )	3.434E-01	5.401E-01	57.3	-0.6	57.9
	(n,2n)	5.219E-05	8.955E-05	71.6	8.6	63.0
	(n,3n)	6.695E-08	2.404E-07	259.1	37.7	221.4
	(n,fission)	2.009E+00	1.661E+00	-17.3	0.0	-17.3
U-233	(n, $\gamma$ )	2.620E-01	2.771E-01	5.8	0.4	5.4
	(n,2n)	4.352E-04	2.015E-04	-53.7	2.7	-56.4
	(n,3n)	1.475E-07	1.468E-07	-0.5	80.1	-80.5
	(n,fission)	2.794E+00	2.812E+00	0.6	0.1	0.5
U-234	(n, $\gamma$ )	5.559E-01	6.251E-01	12.4	0.0	12.4
	(n,2n)	5.147E-04	2.916E-04	-43.3	4.8	-48.1
	(n,3n)	1.699E-06	5.025E-07	-70.4	43.8	-114.2
	(n,fission)	3.151E-01	3.159E-01	0.3	-0.4	0.7
U-235	(n, $\gamma$ )	6.304E-01	5.696E-01	-9.6	-0.3	-9.3
	(n,2n)	1.238E-03	1.323E-03	6.9	1.9	4.9
	(n,3n)	8.673E-07	1.329E-06	53.2	46.0	7.3
	(n,fission)	1.989E+00	1.967E+00	-1.1	-0.2	-0.9
U-236	(n, $\gamma$ )	4.834E-01	5.076E-01	5.0	0.4	4.6
	(n,2n)	8.175E-04	8.249E-04	0.9	4.6	-3.7
	(n,3n)	7.773E-06	3.279E-06	-57.8	34.4	-92.3
	(n,fission)	1.029E-01	9.275E-02	-9.9	-1.2	-8.7
U-237	(n, $\gamma$ )	6.433E-01	5.649E-01	-12.2	0.3	-12.5
	(n,2n)	4.400E-03	3.563E-03	-19.0	0.6	-19.6
	(n,3n)	9.560E-06	6.163E-06	-35.5	34.3	-69.8
	(n,fission)	7.711E-01	6.362E-01	-17.5	0.1	-17.6
U-238	(n, $\gamma$ )	3.006E-01	2.983E-01	-0.8	-0.5	-0.3
	(n,2n)	1.288E-03	1.521E-03	18.1	3.4	14.7
	(n,3n)	7.905E-06	9.761E-06	23.5	34.3	-10.9
	(n,fission)	4.394E-02	4.239E-02	-3.5	-1.2	-2.3
Np-235	(n, $\gamma$ )	9.312E-02	1.524E-01	63.7	-0.4	64.0
	(n,2n)	6.244E-05	7.978E-05	27.8	7.7	20.1
	(n,3n)	7.912E-09	7.523E-08	850.8	67.8	783.0
	(n,fission)	1.355E+00	1.495E+00	10.3	0.0	10.3
Np-236	(n, $\gamma$ )	6.070E-01	3.275E-01	-46.0	-0.1	-45.9
	(n,2n)	8.403E-04	3.388E-04	-59.7	1.1	-60.7
	(n,3n)	1.137E-06	8.412E-08	-92.6	45.6	-138.2
	(n,fission)	2.854E+00	3.226E+00	13.0	-0.2	13.2
Np-237 ※2	(n, $\gamma$ )	1.689E+00	1.695E+00	0.4	0.1	0.3
	(n,2n)g	8.625E-05	9.403E-05	9.0	5.7	3.3
	(n,2n)m	2.475E-04	1.746E-04	-29.5	5.7	-35.1
	(n,3n)	3.553E-07	3.642E-07	2.5	67.1	-64.6
	(n,fission)	3.285E-01	3.225E-01	-1.8	-0.6	-1.2
Np-238	(n, $\gamma$ )	4.398E-01	3.840E-01	-12.7	-0.3	-12.3
	(n,2n)	8.804E-04	1.405E-03	59.6	3.2	56.4
	(n,3n)	3.245E-06	8.987E-07	-72.3	39.2	-111.5
	(n,fission)	2.292E+00	2.699E+00	17.8	-0.1	17.9
Np-239	(n, $\gamma$ )	2.039E+00	1.231E+00	-39.6	-0.2	-39.4
	(n,2n)	3.911E-04	1.020E-03	160.8	3.1	157.7
	(n,3n)	4.214E-06	4.259E-06	1.1	32.8	-31.7
	(n,fission)	4.416E-01	9.207E-02	-79.2	-0.2	-78.9
Pu-236	(n, $\gamma$ )	2.622E-01	2.314E-01	-11.7	1.6	-13.3
	(n,2n)	4.307E-05	3.132E-05	-27.3	12.2	-39.5
	(n,3n)	2.612E-08	6.483E-09	-75.2	119.8	-194.9
	(n,fission)	2.731E+00	3.886E+00	42.3	1.3	41.0

※3 核異性体比を変更した Np-227 (n,2n)については、基底状態に変わる(n,2n)gと励起状態に変わる(n,2n)mをそれぞれ示す。

表 4.4-1 (続き) (24/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Pu-237	(n,γ)	3.299E-01	2.973E-01	-9.9	-0.2	-9.7
	(n,2n)	7.316E-05	1.429E-04	95.3	4.2	91.1
	(n,3n)	2.024E-09	1.109E-08	447.9	93.9	354.0
	(n,fission)	2.937E+00	3.689E+00	25.6	-0.1	25.7
Pu-238	(n,γ)	7.208E-01	6.704E-01	-7.0	-1.2	-5.8
	(n,2n)	3.661E-05	5.526E-05	50.9	7.7	43.2
	(n,3n)	1.919E-08	1.696E-07	783.8	71.4	712.4
	(n,fission)	1.115E+00	1.086E+00	-2.6	-0.3	-2.3
Pu-239	(n,γ)	5.657E-01	5.439E-01	-3.9	-0.8	-3.1
	(n,2n)	4.334E-04	3.576E-04	-17.5	2.9	-20.4
	(n,3n)	3.050E-07	2.008E-07	-34.2	65.0	-99.1
	(n,fission)	1.841E+00	1.842E+00	0.1	-0.2	0.3
Pu-240	(n,γ)	5.794E-01	5.874E-01	1.4	-0.6	2.0
	(n,2n)	3.244E-04	4.101E-04	26.4	4.7	21.8
	(n,3n)	2.020E-07	7.098E-07	251.4	52.2	199.2
	(n,fission)	3.713E-01	3.617E-01	-2.6	-0.6	-1.9
Pu-241	(n,γ)	5.110E-01	4.973E-01	-2.7	0.3	-3.0
	(n,2n)	2.293E-03	1.454E-03	-36.6	0.3	-36.9
	(n,3n)	2.097E-06	1.981E-06	-5.5	41.4	-47.0
	(n,fission)	2.640E+00	2.588E+00	-2.0	0.0	-1.9
Pu-242	(n,γ)	4.856E-01	4.931E-01	1.5	-1.4	3.0
	(n,2n)	3.201E-04	6.988E-04	118.3	4.1	114.2
	(n,3n)	8.704E-07	3.078E-06	253.6	35.9	217.7
	(n,fission)	2.561E-01	2.598E-01	1.4	-0.9	2.4
Pu-244	(n,γ)	4.154E-01	2.963E-01	-28.7	0.1	-28.8
	(n,2n)	1.189E-03	1.354E-03	13.9	2.9	11.0
	(n,3n)	5.892E-06	7.052E-06	19.7	32.2	-12.6
	(n,fission)	2.363E-01	2.184E-01	-7.6	-1.1	-6.5
Am-241	(n,γ)	1.701E+00	1.607E+00	-5.5	-0.2	-5.3
	(n,2n)	1.443E-04	1.314E-04	-8.9	5.4	-14.3
	(n,3n)	5.315E-08	2.414E-08	-54.6	60.2	-114.8
	(n,fission)	2.724E-01	2.700E-01	-0.9	-1.1	0.3
Am-242	(n,γ)	4.547E-01	3.987E-01	-12.3	-0.2	-12.1
	(n,2n)	5.841E-04	7.830E-04	34.1	1.7	32.4
	(n,3n)	1.742E-07	2.086E-07	19.7	48.9	-29.2
	(n,fission)	3.244E+00	3.240E+00	-0.1	-0.1	-0.1
Am-242m	(n,γ)	5.152E-01	4.507E-01	-12.5	-0.2	-12.3
	(n,2n)	5.788E-04	6.287E-04	8.6	1.8	6.8
	(n,3n)	1.871E-07	1.883E-07	0.6	49.0	-48.3
	(n,fission)	3.214E+00	3.251E+00	1.2	-0.2	1.3
Am-243	(n,γ)	8.607E-02	8.235E-02	-4.3	-0.3	-4.0
	(n,2n)	4.031E-04	3.943E-04	-2.2	4.2	-6.4
	(n,3n)	4.815E-07	1.307E-06	171.4	40.3	131.1
	(n,fission)	2.009E-01	1.966E-01	-2.1	-1.2	-0.9
Am-244	(n,γ)	8.445E-01	9.052E-01	7.2	0.0	7.2
	(n,2n)	2.570E-03	1.395E-03	-45.7	0.3	-46.0
	(n,3n)	5.531E-06	8.552E-07	-84.5	38.1	-122.7
	(n,fission)	3.329E+00	1.843E+00	-44.6	-0.2	-44.5
Am-244m	(n,γ)	7.880E-01	4.716E-01	-40.2	-0.2	-40.0
	(n,2n)	2.570E-03	1.955E-03	-23.9	0.3	-24.2
	(n,3n)	5.531E-06	1.174E-06	-78.8	38.1	-116.9
	(n,fission)	3.329E+00	1.830E+00	-45.0	-0.2	-44.9
Cm-242	(n,γ)	5.223E-01	8.551E-01	63.7	-0.3	64.0
	(n,2n)	1.855E-05	1.046E-04	463.9	11.4	452.5
	(n,3n)	4.190E-09	1.698E-08	305.3	83.8	221.5
	(n,fission)	7.152E-01	6.903E-01	-3.5	-0.3	-3.2
Cm-243	(n,γ)	5.852E-01	3.752E-01	-35.9	-0.3	-35.6
	(n,2n)	3.449E-04	3.826E-04	10.9	2.4	8.5
	(n,3n)	1.159E-07	1.249E-07	7.8	54.9	-47.1
	(n,fission)	3.233E+00	3.452E+00	6.8	-0.2	7.0

表 4.4-1 (続き) (25/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Cm-244	(n,γ)	7.642E-01	6.766E-01	-11.5	0.0	-11.4
	(n,2n)	1.354E-04	2.442E-04	80.4	6.2	74.2
	(n,3n)	1.127E-07	4.136E-07	267.0	59.1	207.9
	(n,fission)	4.169E-01	4.638E-01	11.2	-0.6	11.9
Cm-245	(n,γ)	5.659E-01	4.588E-01	-18.9	-0.2	-18.7
	(n,2n)	5.552E-04	8.560E-04	54.2	2.2	52.0
	(n,3n)	1.854E-07	4.701E-07	153.6	48.5	105.1
	(n,fission)	2.856E+00	2.770E+00	-3.0	-0.1	-2.9
Cm-246	(n,γ)	5.677E-01	4.115E-01	-27.5	0.1	-27.7
	(n,2n)	4.642E-04	6.190E-04	33.3	4.5	28.9
	(n,3n)	5.267E-07	1.342E-06	154.8	42.7	112.1
	(n,fission)	2.954E-01	2.905E-01	-1.7	-1.0	-0.7
Cm-247	(n,γ)	6.114E-01	3.708E-01	-39.4	-0.3	-39.1
	(n,2n)	3.654E-04	1.517E-03	315.2	2.8	312.3
	(n,3n)	4.689E-07	1.668E-06	255.7	44.3	211.4
	(n,fission)	2.729E+00	2.632E+00	-3.6	-0.1	-3.4
Cm-248	(n,γ)	2.913E-01	2.583E-01	-11.3	-0.3	-11.0
	(n,2n)	3.889E-04	1.011E-03	160.0	5.1	154.8
	(n,3n)	1.738E-06	4.430E-06	154.9	34.9	120.0
	(n,fission)	2.900E-01	2.501E-01	-13.8	-1.0	-12.8
Cm-249	(n,γ)	1.647E-01	1.558E-01	-5.4	0.6	-6.0
	(n,2n)	1.735E-03	3.822E-03	120.3	0.2	120.1
	(n,3n)	7.821E-07	6.997E-06	794.6	36.6	758.1
	(n,fission)	2.360E+00	2.028E+00	-14.1	0.2	-14.2
Cm-250	(n,γ)	1.334E-01	1.895E-01	42.1	-0.1	42.1
	(n,2n)	2.855E-04	2.416E-03	746.2	5.0	741.2
	(n,3n)	5.204E-06	1.612E-05	209.8	29.2	180.5
	(n,fission)	2.825E-01	1.113E-01	-60.6	-1.1	-59.5
Bk-249	(n,γ)	1.418E+00	1.348E+00	-4.9	0.1	-5.1
	(n,2n)	4.287E-04	3.087E-04	-28.0	2.2	-30.2
	(n,3n)	3.310E-06	6.858E-07	-79.3	38.1	-117.4
	(n,fission)	1.632E-01	1.708E-01	4.7	-1.2	5.9
Bk-250	(n,γ)	5.424E-01	8.253E-01	52.2	0.0	52.2
	(n,2n)	2.852E-03	3.782E-03	32.6	0.6	32.0
	(n,3n)	1.259E-05	1.752E-06	-86.1	32.6	-118.7
	(n,fission)	2.194E+00	1.640E+00	-25.3	0.0	-25.3
Cf-249	(n,γ)	6.052E-01	5.840E-01	-3.5	-0.2	-3.3
	(n,2n)	1.179E-04	7.772E-04	559.2	5.4	553.8
	(n,3n)	3.730E-08	3.253E-07	772.1	63.2	709.0
	(n,fission)	2.562E+00	2.658E+00	3.7	-0.2	3.9
Cf-250	(n,γ)	6.636E-01	3.877E-01	-41.6	0.2	-41.8
	(n,2n)	1.816E-04	2.727E-04	50.2	4.8	45.3
	(n,3n)	1.811E-06	5.855E-07	-67.7	40.8	-108.5
	(n,fission)	4.232E-01	2.691E-01	-36.4	-0.8	-35.6
Cf-251	(n,γ)	3.470E-01	4.954E-01	42.8	0.1	42.7
	(n,2n)	1.322E-03	1.954E-03	47.8	1.0	46.8
	(n,3n)	5.193E-06	7.425E-07	-85.7	36.9	-122.6
	(n,fission)	2.611E+00	1.965E+00	-24.7	0.0	-24.8
Cf-252	(n,γ)	3.456E-01	1.461E-01	-57.7	0.2	-57.9
	(n,2n)	5.254E-04	5.031E-04	-4.2	1.8	-6.1
	(n,3n)	4.088E-06	2.240E-06	-45.2	34.0	-79.2
	(n,fission)	1.384E+00	1.443E+00	4.3	0.0	4.3
Cf-253 ※1	(n,γ)	1.746E-01	7.636E-01	337.3	0.0	337.3
	(n,2n)	0.0	1.326E-03	-	-	-
	(n,3n)	0.0	3.002E-06	-	-	-
	(n,fission)	6.263E-01	1.458E+00	132.8	0.0	132.8
Cf-254	(n,γ)	8.776E-02	1.390E-01	58.4	-0.4	58.8
	(n,2n)	7.416E-04	1.116E-03	50.5	1.6	48.9
	(n,3n)	7.718E-06	2.462E-06	-68.1	30.2	-98.3
	(n,fission)	1.325E+00	8.139E-01	-38.6	-0.1	-38.5



表 4.4-1 (続き) (26/26)

核種	反応	1群断面積 (barn)		(J40-J33) J33 (%)	断面積変化の内訳 (%)	
		ORLIBJ33	ORLIBJ40		作成方法変更	断面積の変化
Es-253 ※1	(n, $\gamma$ )	1.321E-01	9.460E-01	616.1	0.0	616.1
	(n,2n)	0.0	4.452E-04	-	-	-
	(n,3n)	0.0	2.767E-06	-	-	-
	(n,fission)	0.0	1.809E-01	-	-	-
Es-254	(n, $\gamma$ )	4.422E-01	8.416E-01	90.3	-0.1	90.4
	(n,2n)	2.019E-03	2.045E-03	1.3	0.9	0.3
	(n,3n)	8.789E-06	1.471E-06	-83.3	34.6	-117.9
	(n,fission)	2.349E+00	3.705E+00	57.7	-0.1	57.8
Es-254m ※1	(n, $\gamma$ )	8.968E-04	3.928E-01	43700.2	0.0	43700.2
	(n,2n)	0.0	2.833E-03	-	-	-
	(n,3n)	0.0	1.927E-06	-	-	-
	(n,fission)	1.269E+00	4.371E+00	244.4	0.0	244.4

表 4.4-2 ORLIBJ33 から ORLIBJ40 への重金属核種の燃焼計算結果の変化 (1/4)

(1) 高速実験炉「常陽」MK-I

核種	燃焼前	核種重量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		JENDL-3.3	JENDL-4.0		燃焼後 - 燃焼前	JENDL-3.3	
U-234	0.0	2.241E+02	2.262E+02	0.9	2.241E+02	2.262E+02	0.9
U-235	2.430E+03	1.427E+03	1.415E+03	-0.9	-1.003E+03	-1.015E+03	1.2
U-236	0.0	2.312E+02	2.284E+02	-1.2	2.312E+02	2.284E+02	-1.2
U-238	8.076E+05	7.476E+05	7.457E+05	-0.3	-5.999E+04	-6.194E+04	3.3
Np-237	0.0	3.707E+02	4.252E+02	14.7	3.707E+02	4.252E+02	14.7
Pu-238	5.700E+03	3.723E+03	3.782E+03	1.6	-1.977E+03	-1.918E+03	-3.0
Pu-239	1.007E+05	9.236E+04	9.357E+04	1.3	-8.340E+03	-7.126E+03	-14.6
Pu-240	4.750E+04	4.468E+04	4.518E+04	1.1	-2.818E+03	-2.322E+03	-17.6
Pu-241	2.280E+04	1.069E+04	1.077E+04	0.8	-1.211E+04	-1.203E+04	-0.7
Pu-242	1.330E+04	1.251E+04	1.246E+04	-0.4	-7.950E+02	-8.438E+02	6.1
Am-241	0.0	4.404E+03	4.459E+03	1.2	4.404E+03	4.459E+03	1.2
Am-242m	0.0	5.255E+01	5.395E+01	2.7	5.255E+01	5.395E+01	2.7
Am-243	0.0	9.201E+02	1.013E+03	10.1	9.201E+02	1.013E+03	10.1
Cm-242	0.0	3.231E-01	3.395E-01	5.1	3.231E-01	3.395E-01	5.1
Cm-243	0.0	2.829E+00	5.130E+00	81.3	2.829E+00	5.130E+00	81.3
Cm-244	0.0	1.136E+02	1.274E+02	12.2	1.136E+02	1.274E+02	12.2
Cm-245	0.0	5.409E+00	5.518E+00	2.0	5.409E+00	5.518E+00	2.0

(2) 高速原型炉「もんじゅ」

核種	燃焼前	核種重量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		JENDL-3.3	JENDL-4.0		燃焼後 - 燃焼前	JENDL-3.3	
U-234	0.0	2.206E+02	2.222E+02	0.7	2.206E+02	2.222E+02	0.7
U-235	2.430E+03	1.227E+03	1.248E+03	1.7	-1.203E+03	-1.182E+03	-1.7
U-236	0.0	3.089E+02	2.859E+02	-7.4	3.089E+02	2.859E+02	-7.4
U-238	8.076E+05	7.350E+05	7.351E+05	0.0	-7.264E+04	-7.248E+04	-0.2
Np-237	0.0	2.516E+02	2.935E+02	16.7	2.516E+02	2.935E+02	16.7
Pu-238	5.700E+03	3.694E+03	3.746E+03	1.4	-2.006E+03	-1.954E+03	-2.6
Pu-239	1.007E+05	9.907E+04	9.914E+04	0.1	-1.627E+03	-1.559E+03	-4.1
Pu-240	4.750E+04	5.007E+04	4.959E+04	-1.0	2.566E+03	2.089E+03	-18.6
Pu-241	2.280E+04	1.081E+04	1.094E+04	1.2	-1.199E+04	-1.186E+04	-1.0
Pu-242	1.330E+04	1.306E+04	1.296E+04	-0.8	-2.405E+02	-3.427E+02	42.5
Am-241	0.0	4.272E+03	4.372E+03	2.3	4.272E+03	4.372E+03	2.3
Am-242m	0.0	6.978E+01	6.787E+01	-2.7	6.978E+01	6.787E+01	-2.7
Am-243	0.0	1.339E+03	1.386E+03	3.5	1.339E+03	1.386E+03	3.5
Cm-242	0.0	4.398E-01	4.360E-01	-0.9	4.398E-01	4.360E-01	-0.9
Cm-243	0.0	5.774E+00	9.197E+00	59.3	5.774E+00	9.197E+00	59.3
Cm-244	0.0	2.472E+02	2.477E+02	0.2	2.472E+02	2.477E+02	0.2
Cm-245	0.0	1.699E+01	1.535E+01	-9.7	1.699E+01	1.535E+01	-9.7

表 4.4-2 (続き) (2/4)

(3) 60 万 kWe 酸化物燃料炉心 (軽水炉取出し Pu 組成)

核種	燃焼前	核種重量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		JENDL-3.3	JENDL-4.0		JENDL-3.3	JENDL-4.0	
U-234	0.0	2.208E+02	2.223E+02	0.7	2.208E+02	2.223E+02	0.7
U-235	2.430E+03	1.209E+03	1.231E+03	1.8	-1.221E+03	-1.199E+03	-1.8
U-236	0.0	3.148E+02	2.912E+02	-7.5	3.148E+02	2.912E+02	-7.5
U-238	8.076E+05	7.345E+05	7.347E+05	0.0	-7.308E+04	-7.288E+04	-0.3
Np-237	0.0	2.512E+02	2.903E+02	15.6	2.512E+02	2.903E+02	15.6
Pu-238	5.700E+03	3.699E+03	3.752E+03	1.4	-2.001E+03	-1.948E+03	-2.6
Pu-239	1.007E+05	9.907E+04	9.913E+04	0.1	-1.635E+03	-1.565E+03	-4.2
Pu-240	4.750E+04	5.046E+04	4.993E+04	-1.1	2.963E+03	2.429E+03	-18.0
Pu-241	2.280E+04	1.081E+04	1.094E+04	1.2	-1.199E+04	-1.186E+04	-1.1
Pu-242	1.330E+04	1.310E+04	1.301E+04	-0.7	-2.020E+02	-2.879E+02	42.5
Am-241	0.0	4.255E+03	4.360E+03	2.5	4.255E+03	4.360E+03	2.5
Am-242m	0.0	7.114E+01	6.911E+01	-2.9	7.114E+01	6.911E+01	-2.9
Am-243	0.0	1.384E+03	1.421E+03	2.7	1.384E+03	1.421E+03	2.7
Cm-242	0.0	4.497E-01	4.449E-01	-1.1	4.497E-01	4.449E-01	-1.1
Cm-243	0.0	6.072E+00	9.604E+00	58.2	6.072E+00	9.604E+00	58.2
Cm-244	0.0	2.643E+02	2.623E+02	-0.8	2.643E+02	2.623E+02	-0.8
Cm-245	0.0	1.858E+01	1.660E+01	-10.7	1.858E+01	1.660E+01	-10.7

(4) 60 万 kWe 金属燃料炉心

核種	燃焼前	核種重量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		JENDL-3.3	JENDL-4.0		JENDL-3.3	JENDL-4.0	
U-234	0.0	2.208E+02	2.237E+02	1.3	2.208E+02	2.237E+02	1.3
U-235	2.430E+03	1.291E+03	1.311E+03	1.6	-1.139E+03	-1.119E+03	-1.8
U-236	0.0	2.713E+02	2.541E+02	-6.3	2.713E+02	2.541E+02	-6.3
U-238	8.076E+05	7.445E+05	7.450E+05	0.1	-6.306E+04	-6.261E+04	-0.7
Np-237	0.0	2.765E+02	3.210E+02	16.1	2.765E+02	3.210E+02	16.1
Pu-238	5.700E+03	3.662E+03	3.735E+03	2.0	-2.038E+03	-1.965E+03	-3.6
Pu-239	1.007E+05	9.375E+04	9.358E+04	-0.2	-6.953E+03	-7.119E+03	2.4
Pu-240	4.750E+04	4.673E+04	4.635E+04	-0.8	-7.741E+02	-1.152E+03	48.8
Pu-241	2.280E+04	1.034E+04	1.035E+04	0.1	-1.246E+04	-1.245E+04	-0.1
Pu-242	1.330E+04	1.289E+04	1.279E+04	-0.8	-4.117E+02	-5.088E+02	23.6
Am-241	0.0	4.219E+03	4.278E+03	1.4	4.219E+03	4.278E+03	1.4
Am-242m	0.0	6.096E+01	5.949E+01	-2.4	6.096E+01	5.949E+01	-2.4
Am-243	0.0	1.131E+03	1.151E+03	1.7	1.131E+03	1.151E+03	1.7
Cm-242	0.0	3.849E-01	3.816E-01	-0.9	3.849E-01	3.816E-01	-0.9
Cm-243	0.0	4.130E+00	6.578E+00	59.3	4.130E+00	6.578E+00	59.3
Cm-244	0.0	1.774E+02	1.708E+02	-3.7	1.774E+02	1.708E+02	-3.7
Cm-245	0.0	9.982E+00	8.181E+00	-18.0	9.982E+00	8.181E+00	-18.0

表 4.4-2 (続き) (3/4)

(5) 60 万 kWe 窒化物燃料炉心

核種	燃焼前	核種重量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		燃焼後 JENDL-3.3	燃焼後 JENDL-4.0		燃焼後 - 燃焼前 JENDL-3.3	燃焼後 - 燃焼前 JENDL-4.0	
U-234	0.0	2.214E+02	2.237E+02	1.0	2.214E+02	2.237E+02	1.0
U-235	2.430E+03	1.265E+03	1.286E+03	1.6	-1.165E+03	-1.144E+03	-1.8
U-236	0.0	2.883E+02	2.686E+02	-6.8	2.883E+02	2.686E+02	-6.8
U-238	8.076E+05	7.402E+05	7.405E+05	0.0	-6.742E+04	-6.715E+04	-0.4
Np-237	0.0	2.864E+02	3.332E+02	16.4	2.864E+02	3.332E+02	16.4
Pu-238	5.700E+03	3.692E+03	3.756E+03	1.7	-2.008E+03	-1.944E+03	-3.2
Pu-239	1.007E+05	9.612E+04	9.610E+04	0.0	-4.583E+03	-4.596E+03	0.3
Pu-240	4.750E+04	4.823E+04	4.779E+04	-0.9	7.308E+02	2.908E+02	-60.2
Pu-241	2.280E+04	1.058E+04	1.066E+04	0.8	-1.222E+04	-1.214E+04	-0.7
Pu-242	1.330E+04	1.293E+04	1.283E+04	-0.7	-3.708E+02	-4.658E+02	25.6
Am-241	0.0	4.248E+03	4.332E+03	2.0	4.248E+03	4.332E+03	2.0
Am-242m	0.0	6.511E+01	6.340E+01	-2.6	6.511E+01	6.340E+01	-2.6
Am-243	0.0	1.238E+03	1.261E+03	1.9	1.238E+03	1.261E+03	1.9
Cm-242	0.0	4.105E-01	4.057E-01	-1.2	4.105E-01	4.057E-01	-1.2
Cm-243	0.0	4.857E+00	7.724E+00	59.0	4.857E+00	7.724E+00	59.0
Cm-244	0.0	2.102E+02	2.048E+02	-2.6	2.102E+02	2.048E+02	-2.6
Cm-245	0.0	1.307E+01	1.110E+01	-15.1	1.307E+01	1.110E+01	-15.1

(6) 60 万 kWe 酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクル Pu 組成)

核種	燃焼前	核種重量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g)		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		燃焼後 JENDL-3.3	燃焼後 JENDL-4.0		燃焼後 - 燃焼前 JENDL-3.3	燃焼後 - 燃焼前 JENDL-4.0	
U-234	0.0	2.209E+02	2.224E+02	0.7	2.209E+02	2.224E+02	0.7
U-235	2.430E+03	1.211E+03	1.233E+03	1.8	-1.219E+03	-1.197E+03	-1.8
U-236	0.0	3.142E+02	2.907E+02	-7.5	3.142E+02	2.907E+02	-7.5
U-238	8.076E+05	7.344E+05	7.346E+05	0.0	-7.320E+04	-7.299E+04	-0.3
Np-237	0.0	2.525E+02	2.922E+02	15.7	2.525E+02	2.922E+02	15.7
Pu-238	5.700E+03	3.701E+03	3.754E+03	1.4	-1.999E+03	-1.946E+03	-2.6
Pu-239	1.007E+05	9.922E+04	9.928E+04	0.1	-1.483E+03	-1.418E+03	-4.4
Pu-240	4.750E+04	5.045E+04	4.991E+04	-1.1	2.948E+03	2.410E+03	-18.2
Pu-241	2.280E+04	1.080E+04	1.093E+04	1.2	-1.200E+04	-1.187E+04	-1.1
Pu-242	1.330E+04	1.311E+04	1.302E+04	-0.7	-1.918E+02	-2.783E+02	45.1
Am-241	0.0	4.253E+03	4.357E+03	2.4	4.253E+03	4.357E+03	2.4
Am-242m	0.0	7.100E+01	6.896E+01	-2.9	7.100E+01	6.896E+01	-2.9
Am-243	0.0	1.368E+03	1.405E+03	2.7	1.368E+03	1.405E+03	2.7
Cm-242	0.0	4.491E-01	4.439E-01	-1.2	4.491E-01	4.439E-01	-1.2
Cm-243	0.0	6.038E+00	9.553E+00	58.2	6.038E+00	9.553E+00	58.2
Cm-244	0.0	2.606E+02	2.584E+02	-0.8	2.606E+02	2.584E+02	-0.8
Cm-245	0.0	1.827E+01	1.630E+01	-10.8	1.827E+01	1.630E+01	-10.8

表 4.4-2 (続き) (4/4)

(7) 130 万 kWe 酸化物燃料炉心

核種	核種重量 (g) 燃焼前	核種重量 (g) 燃焼後		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g) 燃焼後 - 燃焼前		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		JENDL-3.3	JENDL-4.0		JENDL-3.3	JENDL-4.0	
U-234	0.0	2.209E+02	2.225E+02	0.7	2.209E+02	2.225E+02	0.7
U-235	2.430E+03	1.210E+03	1.232E+03	1.8	-1.220E+03	-1.198E+03	-1.8
U-236	0.0	3.144E+02	2.910E+02	-7.4	3.144E+02	2.910E+02	-7.4
U-238	8.076E+05	7.343E+05	7.344E+05	0.0	-7.335E+04	-7.317E+04	-0.2
Np-237	0.0	2.498E+02	2.893E+02	15.8	2.498E+02	2.893E+02	15.8
Pu-238	5.700E+03	3.701E+03	3.755E+03	1.5	-1.999E+03	-1.945E+03	-2.7
Pu-239	1.007E+05	9.937E+04	9.944E+04	0.1	-1.335E+03	-1.256E+03	-5.9
Pu-240	4.750E+04	5.045E+04	4.992E+04	-1.0	2.950E+03	2.422E+03	-17.9
Pu-241	2.280E+04	1.080E+04	1.093E+04	1.2	-1.200E+04	-1.187E+04	-1.1
Pu-242	1.330E+04	1.309E+04	1.301E+04	-0.6	-2.053E+02	-2.892E+02	40.9
Am-241	0.0	4.253E+03	4.357E+03	2.4	4.253E+03	4.357E+03	2.4
Am-242m	0.0	7.103E+01	6.903E+01	-2.8	7.103E+01	6.903E+01	-2.8
Am-243	0.0	1.384E+03	1.420E+03	2.7	1.384E+03	1.420E+03	2.7
Cm-242	0.0	4.491E-01	4.441E-01	-1.1	4.491E-01	4.441E-01	-1.1
Cm-243	0.0	6.043E+00	9.575E+00	58.5	6.043E+00	9.575E+00	58.5
Cm-244	0.0	2.643E+02	2.619E+02	-0.9	2.643E+02	2.619E+02	-0.9
Cm-245	0.0	1.852E+01	1.650E+01	-10.9	1.852E+01	1.650E+01	-10.9

(8) Pu バーナー炉心

核種	核種重量 (g) 燃焼前	核種重量 (g) 燃焼後		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)	核種重量変化量 (g) 燃焼後 - 燃焼前		(JENDL-4.0 -JENDL-3.3) /JENDL-3.3 (%)
		JENDL-3.3	JENDL-4.0		JENDL-3.3	JENDL-4.0	
U-234	0.0	2.203E+02	2.215E+02	0.6	2.203E+02	2.215E+02	0.6
U-235	2.430E+03	1.223E+03	1.246E+03	1.8	-1.207E+03	-1.184E+03	-1.9
U-236	0.0	3.148E+02	2.910E+02	-7.6	3.148E+02	2.910E+02	-7.6
U-238	8.076E+05	7.344E+05	7.349E+05	0.1	-7.318E+04	-7.269E+04	-0.7
Np-237	0.0	2.602E+02	3.082E+02	18.4	2.602E+02	3.082E+02	18.4
Pu-238	5.700E+03	3.702E+03	3.748E+03	1.2	-1.998E+03	-1.952E+03	-2.3
Pu-239	1.007E+05	9.887E+04	9.873E+04	-0.1	-1.828E+03	-1.970E+03	7.7
Pu-240	4.750E+04	5.050E+04	4.996E+04	-1.1	3.004E+03	2.463E+03	-18.0
Pu-241	2.280E+04	1.098E+04	1.107E+04	0.8	-1.182E+04	-1.173E+04	-0.8
Pu-242	1.330E+04	1.310E+04	1.295E+04	-1.1	-2.047E+02	-3.488E+02	70.4
Am-241	0.0	4.311E+03	4.403E+03	2.1	4.311E+03	4.403E+03	2.1
Am-242m	0.0	7.109E+01	6.882E+01	-3.2	7.109E+01	6.882E+01	-3.2
Am-243	0.0	1.364E+03	1.428E+03	4.6	1.364E+03	1.428E+03	4.6
Cm-242	0.0	4.479E-01	4.415E-01	-1.4	4.479E-01	4.415E-01	-1.4
Cm-243	0.0	6.191E+00	9.529E+00	53.9	6.191E+00	9.529E+00	53.9
Cm-244	0.0	2.566E+02	2.626E+02	2.4	2.566E+02	2.626E+02	2.4
Cm-245	0.0	1.865E+01	1.722E+01	-7.7	1.865E+01	1.722E+01	-7.7

表 4.4-3 ORLJB33 から ORLJB40 への FP 等の生成量の变化 (1/2)

核種	U-235の累積核分裂収率 (J40-J33) J33 (%)			U-238の累積核分裂収率 (J40-J33) J33 (%)			Pu-239の累積核分裂収率 (J40-J33) J33 (%)			核種生成量* (g)			(J40-J33) J33 (%)
	ORLJB33	ORLJB40	ORLJB33	ORLJB33	ORLJB40	ORLJB33	ORLJB33	ORLJB40	ORLJB33	ORLJB40	ORLJB33	ORLJB40	ORLJB33
H-3	2.00E-02	9.64E-03	-51.8	2.30E-02	8.58E-03	-62.7	1.75E-02	1.08E-02	-38.5	1.68E-01	1.00E-01	1.00E-01	-40.1
C-14	1.30E-06	-	-	1.30E-06	-	-	1.30E-06	-	-	6.14E-05	-	-	-
Kr-85	2.69E-01	2.96E-01	9.9	1.40E-01	1.62E-01	15.7	1.29E-01	1.38E-01	6.8	4.35E+01	3.53E+01	3.53E+01	-18.9
I-131	3.18E+00	3.22E+00	1.2	3.24E+00	3.29E+00	1.7	3.87E+00	3.88E+00	0.2	1.93E+01	1.74E+01	1.74E+01	-10.0
燃焼度指標FP	1.67E+00	1.68E+00	0.5	2.08E+00	2.11E+00	1.5	1.64E+00	1.66E+00	1.4	8.51E+02	8.66E+02	8.66E+02	1.7
Tc-99	5.71E+00	5.98E+00	4.6	6.20E+00	6.26E+00	1.0	5.98E+00	6.00E+00	0.3	1.85E+03	1.85E+03	1.85E+03	0.5
I-129	8.27E-01	8.36E-01	1.0	1.00E+00	1.01E+00	0.8	1.53E+00	1.41E+00	-7.9	6.04E+02	5.43E+02	5.43E+02	-10.0
Cs-135	6.57E+00	6.58E+00	0.1	6.81E+00	6.92E+00	1.6	7.45E+00	7.55E+00	1.4	3.27E+03	3.31E+03	3.31E+03	1.1
Kr-84	1.10E+00	1.03E+00	-6.6	8.97E-01	8.25E-01	-7.9	5.04E-01	4.99E-01	-1.1	1.54E+02	1.50E+02	1.50E+02	-2.7
Rb-85	1.26E+00	1.36E+00	8.4	6.59E-01	7.52E-01	14.1	5.86E-01	6.04E-01	3.2	1.77E+02	1.42E+02	1.42E+02	-20.0
Kr-86	1.94E+00	1.94E+00	0.3	1.28E+00	1.29E+00	0.8	7.77E-01	7.89E-01	1.5	2.92E+02	2.42E+02	2.42E+02	-17.1
Rb-87	2.47E+00	2.54E+00	2.8	1.59E+00	1.63E+00	2.8	1.00E+00	1.04E+00	4.1	3.07E+02	3.19E+02	3.19E+02	3.8
Sr-88	3.51E+00	3.49E+00	-0.8	2.09E+00	2.03E+00	-2.8	1.32E+00	1.33E+00	0.8	4.11E+02	4.12E+02	4.12E+02	0.1
Y-89	4.53E+00	4.36E+00	-3.8	2.85E+00	2.76E+00	-3.0	1.75E+00	1.72E+00	-1.5	5.51E+02	5.42E+02	5.42E+02	-1.7
Sr-90	5.43E+00	5.45E+00	0.3	3.24E+00	3.25E+00	0.1	2.04E+00	2.05E+00	0.6	5.65E+02	5.69E+02	5.69E+02	0.6
Zr-91	5.65E+00	5.72E+00	1.1	4.05E+00	4.01E+00	-0.8	2.43E+00	2.52E+00	3.4	7.82E+02	8.00E+02	8.00E+02	2.2
Zr-92	5.74E+00	5.84E+00	1.8	4.51E+00	4.34E+00	-3.7	2.98E+00	3.04E+00	2.0	9.64E+02	9.73E+02	9.73E+02	0.9
Zr-93	6.14E+00	6.24E+00	1.6	5.00E+00	4.92E+00	-1.7	3.73E+00	3.83E+00	2.6	1.18E+03	1.20E+03	1.20E+03	1.6
Zr-94	6.19E+00	6.28E+00	1.4	4.96E+00	4.61E+00	-7.0	4.21E+00	4.23E+00	0.6	1.34E+03	1.33E+03	1.33E+03	-0.8
Mo-95	6.36E+00	6.42E+00	0.9	5.11E+00	5.14E+00	0.7	4.69E+00	4.67E+00	-0.3	1.43E+03	1.42E+03	1.42E+03	-0.8
Zr-96	6.08E+00	6.19E+00	1.8	5.91E+00	6.02E+00	1.8	4.79E+00	4.85E+00	1.3	1.57E+03	1.59E+03	1.59E+03	1.0
Mo-97	5.99E+00	6.06E+00	1.2	5.57E+00	5.65E+00	1.3	5.32E+00	5.35E+00	0.5	1.64E+03	1.65E+03	1.65E+03	0.7
Mo-98	5.80E+00	5.81E+00	0.1	5.75E+00	5.82E+00	1.2	5.58E+00	5.56E+00	-0.4	1.89E+03	1.86E+03	1.86E+03	-1.3
Mo-100	6.33E+00	6.63E+00	4.8	6.70E+00	6.60E+00	-1.5	6.57E+00	6.59E+00	0.3	2.18E+03	2.17E+03	2.17E+03	-0.6
Ru-100	1.18E-05	2.37E-06	-79.9	3.29E-07	1.56E-07	-52.6	1.33E-04	1.92E-04	44.3	1.65E+02	1.67E+02	1.67E+02	1.2
Ru-101	5.35E+00	5.11E+00	-4.5	6.08E+00	6.21E+00	2.1	6.54E+00	6.67E+00	1.9	2.01E+03	2.05E+03	2.05E+03	1.9
Ru-102	4.53E+00	4.35E+00	-4.0	6.32E+00	6.44E+00	1.9	6.64E+00	6.78E+00	1.3	2.43E+03	2.47E+03	2.47E+03	1.7
Rh-103	3.27E+00	3.24E+00	-1.1	6.21E+00	6.27E+00	0.9	6.83E+00	6.83E+00	0.0	2.17E+03	2.18E+03	2.18E+03	0.5
Ru-104	2.28E+00	2.07E+00	-9.2	5.02E+00	5.07E+00	0.9	6.54E+00	6.59E+00	0.7	2.22E+03	2.24E+03	2.24E+03	0.9
Pd-104	2.92E-08	7.31E-09	-75.0	9.52E-10	7.43E-10	-22.0	1.46E-06	8.46E-06	481.3	1.84E+02	1.84E+02	1.84E+02	0.0
Pd-105	1.20E+00	1.19E+00	-1.4	3.94E+00	4.02E+00	2.0	5.39E+00	5.35E+00	-0.7	1.71E+03	1.71E+03	1.71E+03	0.1
Pd-106	5.59E-01	5.31E-01	-5.0	2.53E+00	2.49E+00	-1.5	4.36E+00	4.36E+00	0.1	1.72E+03	1.73E+03	1.73E+03	0.8
Pd-107	3.27E-01	3.01E-01	-8.0	1.30E+00	1.43E+00	10.6	3.05E+00	3.22E+00	5.5	1.01E+03	1.05E+03	1.05E+03	4.5
Pd-108	1.71E-01	1.31E-01	-23.7	5.99E-01	6.02E-01	0.5	1.91E+00	2.00E+00	5.0	8.46E+02	8.81E+02	8.81E+02	4.1

※ 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。

表 4.4-3 (続き) (2/2)

核種	U-235の累積核分裂収率		U-238の累積核分裂収率		(J40-J33) J33 (%)		Pu-239の累積核分裂収率		(J40-J33) J33 (%)		核種生成量* (g)		(J40-J33) J33 (%)
	ORLIBJ33	ORLIBJ40	ORLIBJ33	ORLIBJ40	ORLIBJ33	ORLIBJ40	ORLIBJ33	ORLIBJ40	ORLIBJ33	ORLIBJ40	ORLIBJ33	ORLIBJ40	
Ag-109	1.15E-01	8.12E-02	-29.4	2.68E-01	2.52E-01	-6.2	1.92E+00	1.04E+00	-46.0	6.38E+02	4.06E+02	-36.4	
Pd-110	9.07E-02	6.53E-02	-28.0	1.37E-01	1.43E-01	4.6	6.21E-01	6.48E-01	4.3	2.48E+02	2.54E+02	2.6	
Cd-111	4.31E-02	4.21E-02	-2.3	8.02E-02	6.92E-02	-13.7	3.55E-01	3.57E-01	0.4	1.36E+02	1.32E+02	-2.8	
Sn-126	1.38E-01	9.70E-02	-29.7	6.30E-02	5.39E-02	-14.4	3.06E-01	2.63E-01	-13.8	1.10E+02	9.83E+01	-10.5	
I-127	2.79E-01	3.06E-01	9.6	1.26E-01	1.36E-01	8.3	5.53E-01	5.01E-01	-9.4	1.83E+02	1.71E+02	-6.7	
Te-128	6.85E-01	5.03E-01	-26.5	4.67E-01	2.85E-01	-38.9	9.46E-01	8.79E-01	-7.2	3.60E+02	3.34E+02	-7.3	
Te-130	1.94E+00	1.82E+00	-6.0	1.87E+00	1.94E+00	3.9	2.56E+00	2.46E+00	-3.9	1.03E+03	1.01E+03	-1.6	
Xe-131	3.18E+00	3.22E+00	1.2	3.24E+00	3.29E+00	1.7	3.87E+00	3.88E+00	0.2	1.75E+03	1.57E+03	-9.9	
Xe-132	4.60E+00	4.66E+00	1.3	5.15E+00	5.15E+00	0.2	5.31E+00	5.33E+00	0.4	2.36E+03	2.38E+03	0.6	
Cs-133	6.73E+00	6.71E+00	-0.3	6.61E+00	6.76E+00	2.3	6.89E+00	6.97E+00	1.2	2.90E+03	2.91E+03	0.3	
Xe-134	7.57E+00	7.66E+00	1.1	7.75E+00	7.64E+00	-1.3	7.38E+00	7.38E+00	0.0	3.37E+03	3.35E+03	-0.6	
Ba-134	4.86E-05	5.03E-06	-89.6	3.14E-07	6.46E-07	105.6	1.01E-03	6.63E-04	-34.5	1.45E+02	1.56E+02	7.3	
Xe-136	6.14E+00	6.21E+00	1.0	6.85E+00	7.00E+00	2.2	6.90E+00	6.94E+00	0.6	3.15E+03	3.16E+03	0.3	
Ba-136	1.48E-02	1.17E-02	-20.7	9.11E-04	9.61E-04	5.4	1.29E-01	1.24E-01	-4.4	1.46E+02	1.29E+02	-12.0	
Cs-137	6.20E+00	6.21E+00	0.1	6.09E+00	6.05E+00	-0.7	6.50E+00	6.58E+00	1.2	2.62E+03	2.63E+03	0.4	
Ba-137	6.20E+00	6.21E+00	0.1	6.09E+00	6.05E+00	-0.7	6.51E+00	6.59E+00	1.2	3.68E+02	3.69E+02	0.2	
Ba-138	6.50E+00	6.67E+00	2.6	5.56E+00	5.76E+00	3.6	6.06E+00	6.12E+00	1.0	2.82E+03	2.84E+03	0.5	
La-139	6.31E+00	6.33E+00	0.3	5.90E+00	5.68E+00	-3.8	5.59E+00	5.61E+00	0.3	2.67E+03	2.68E+03	0.2	
Ce-140	6.12E+00	5.97E+00	-2.5	5.99E+00	5.82E+00	-2.9	5.33E+00	5.33E+00	0.1	2.58E+03	2.57E+03	-0.4	
Pr-141	5.95E+00	5.94E+00	-0.3	5.48E+00	5.34E+00	-2.7	5.24E+00	5.15E+00	-1.7	2.44E+03	2.41E+03	-1.1	
Ce-142	5.67E+00	5.53E+00	-2.5	4.73E+00	4.58E+00	-3.2	4.78E+00	4.75E+00	-0.5	2.28E+03	2.26E+03	-1.2	
Nd-143	5.69E+00	5.72E+00	0.6	4.57E+00	4.63E+00	1.4	4.30E+00	4.34E+00	1.1	2.04E+03	2.07E+03	1.7	
Nd-144	5.26E+00	5.28E+00	0.4	4.54E+00	4.55E+00	0.4	3.62E+00	3.67E+00	1.4	1.93E+03	1.93E+03	0.0	
Nd-145	3.74E+00	3.77E+00	0.7	3.76E+00	3.81E+00	1.4	2.96E+00	3.00E+00	1.3	1.42E+03	1.46E+03	2.6	
Nd-146	2.90E+00	2.92E+00	0.5	3.40E+00	3.45E+00	1.7	2.44E+00	2.46E+00	1.0	1.37E+03	1.38E+03	0.8	
Pm-147	2.10E+00	2.13E+00	1.8	2.53E+00	2.59E+00	2.3	1.98E+00	1.99E+00	0.6	2.13E+02	2.23E+02	4.3	
Sm-147	2.10E+00	2.13E+00	1.8	2.53E+00	2.59E+00	2.3	1.98E+00	1.99E+00	0.6	6.79E+02	7.07E+02	4.0	
Sm-148	1.10E-06	4.66E-08	-95.7	8.07E-09	2.27E-09	-71.8	2.62E-05	1.53E-05	-41.5	1.53E+02	1.22E+02	-20.4	
Sm-149	1.03E+00	1.03E+00	0.8	1.61E+00	1.62E+00	1.0	1.24E+00	1.24E+00	0.2	5.10E+02	5.16E+02	1.2	
Nd-150	6.84E-01	6.85E-01	0.1	1.27E+00	1.28E+00	0.8	9.81E-01	9.95E-01	1.4	5.16E+02	5.24E+02	1.6	
Sm-150	2.53E-04	2.51E-05	-90.1	8.01E-06	3.29E-06	-58.9	3.52E-03	2.23E-03	-36.8	1.69E+02	1.62E+02	-3.8	
Sm-151	4.08E-01	4.11E-01	0.9	8.01E-01	7.99E-01	-0.2	7.77E-01	7.85E-01	1.0	3.11E+02	2.74E+02	-12.0	
Sm-152	2.80E-01	2.70E-01	-3.4	5.21E-01	5.30E-01	1.9	6.06E-01	6.27E-01	3.4	3.88E+02	4.37E+02	12.8	
Eu-153	1.75E-01	1.67E-01	-4.8	4.11E-01	4.15E-01	1.0	4.34E-01	4.26E-01	-2.0	1.84E+02	1.85E+02	0.6	
Sm-154	7.43E-02	7.22E-02	-2.9	2.14E-01	2.17E-01	1.5	2.75E-01	2.67E-01	-3.0	1.41E+02	1.39E+02	-1.5	

FP

## 5. まとめ

2010年5月に我が国の最新評価済み核データライブラリとして、JENDL-4.0が公開された。JENDL-4.0の開発においては、旧版のJENDL-3.3と比較して、収納核種の追加、最新の測定データや理論計算による断面積の精度向上が図られた他、米国の最新核データであるENDF/B-VIIの核分裂収率データをベースに、およそ20年ぶりに核分裂収率データの全面改訂が行われた。また、軽水炉燃料や高速炉燃料の照射後試験を含むこれまでにない膨大な数の実験データを使用したベンチマーク計算を繰り返すことで、従来の核データから格段の進歩を遂げている。

JENDL-4.0を中核とする新しい評価済み核データに基づき、核反応断面積、核分裂収率、核異性体比、半減期を改訂した核種崩壊生成計算コードORIGEN2用の断面積ライブラリセット(ORLIBJ40)を作成し、日本の核データを利用できるように整備されてきた最新版のORIGEN2.2-UPJに組み込んだ。作成したライブラリは、PWRとBWRの代表的な $\text{UO}_2$ 燃料及びMOX燃料用のライブラリ(24個)と種々の高速炉燃料用のライブラリ(36個)である。

軽水炉用の断面積ライブラリの作成には、最新の中性子スペクトル計算コードであるMOSRA-SRAC(200群衝突確率法)を使用した。作成したライブラリの検証計算の一環として、高浜3号炉(PWR)と福島第二2号炉(BWR)の使用済み燃料に対する照射後試験解析を行った。その結果、既存のORIGEN2ライブラリに比べて、核種生成量の改善が確認できた。JENDL-3.3に基づくORLIBJ33に比べると、特に $\text{Cm}$ 同位体の過小評価が改善された他、断面積に感度が大きいFP核種生成量の予測精度も向上した。また、高レベル廃棄物の地層処分の安全性に重要となる $\text{Se-79}$ や $\text{Cs-135}$ 等の長寿命FP核種に対する照射後試験解析を行い、 $\text{Se-79}$ と $\text{Cs-135}$ の生成量が実験値と良く一致することを確認した。従来のORIGEN2で実験値と大きな差異が見られていた $\text{Se-79}$ と $\text{Sn-126}$ の放射能値は、今回の半減期データの改訂により、大幅に改善がなされた。

高速炉用ライブラリの作成においても、JENDL-4.0の核データ(断面積、核分裂収率、核異性体比)とともに、新しい炉心解析システム(MARBLE)を導入した。73群炉定数を基に作成したORLIBJ33に比べて、多群炉定数と断面積縮約時の中性子スペクトル計算の詳細化を行うことにより、計算精度や信頼性の向上を図った。具体的には、SLAROM-UFの175群炉定数と超微細群炉定数(約10万群)の組み合わせにより、超微細群計算に基づく175群実効断面積を作成し、これを用いたCITATION-FBRによる全炉心計算から得られる175群中性子束を用いて1群断面積への縮約を行った。また、FaCTプロジェクトで



検討対象の中型及び大型高速炉用の断面積ライブラリを追加して、高速炉用ライブラリの汎用性を高めた。

作成した ORLIBJ40 の高速炉用ライブラリと従来の ORLIBJ33 の同ライブラリとの比較を行い、1 群断面積の変化とその内訳、及び 1 群断面積の変化が各炉心での燃焼計算結果に与える影響を示した。

高速炉のサンプル照射試験に対して ORLIBJ40 による計算は直接適用できないが、JENDL-4.0 と JENDL-3.3 を用いた詳細解析コードによる「常陽」MK-II で照射されたドライバ燃料及び MA サンプルに関する照射後試験解析の結果から、ドライバ燃料における U-236 及び Pu-241 の燃焼組成変化や、MA 含有燃料における高次 Cm 同位体の燃焼組成変化が、ORLIBJ33 に比べて予測精度が向上することが期待される。

## 参考文献

- 1) M. J. Bell, “ORIGEN - The ORNL Isotope Generation and Depletion Code”, ORNL-4628, Oak Ridge National Laboratory (1973).
- 2) “ORIGEN-79: Isotope Generation and Depletion Code- Matrix Exponential Method”, CCC-217, Radiation Safety Information Computational Center, (1979).
- 3) O. W. Hermann, R. M. Westfall, “SCALE System Module to Calculate Fuel Depletion, Actinide Transmutation, Fission Product Buildup and Decay, and Associated Radiation Source Terms”, NUREG/CR-0200, Vol.2 Sec.F7, Nuclear Regulatory Commission (1998).
- 4) A.G. Croff, “ORIGEN2: A Versatile Computer Code for Calculating the Nuclide Compositions and Characteristics of Nuclear Materials”, Nucl. Technol. 62, p.335 (1983).
- 5) S.B. Ludwig, “ORIGEN2, Version 2.1”, Release Notes of CCC-0371/17, Oak Ridge National Laboratory (1991).
- 6) S.B. Ludwig, A.G. Croff, “Revision to ORIGEN2 – Version 2.2”, Transmittal memo of CCC-0371/17, Oak Ridge National Laboratory (2002).
- 7) 須山賢也, “ORIGEN2.2 コードの核分裂収率を取り扱うルーチンの問題”, 核データニュース, No.83 (2006).
- 8) (Ed.) D. Garber, “ENDF/B Summary Documentation”, BNL-17541, 2<sup>nd</sup> Edition, Brookhaven National Laboratory (1975).
- 9) (Ed.) D. Kinsey, “ENDF/B Summary Documentation”, BNL-NCS-17541, 3<sup>rd</sup> Edition, Brookhaven National Laboratory (1979).
- 10) T. R. England, W.B. Wilson, R.E. Schenter, F.M. Mann, “Summary of ENDF/B-V Data for Fission Products and Actinides”, EPRI NP-3787, Electric Power Research Institute (1984).
- 11) T. Nakagawa, K. Shibata, S. Chiba, T. Fukahori, Y. Nakajima, Y. Kikuchi, T. Kawano, Y. Kanda, T. Ohsawa, H. Matsunobu, M. Kawai, A. Zukeran, T. Watanabe, S. Igarasi, K. Kosako, T. Asami, “Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-2: JENDL-3.2”, J. Nucl. Sci. Technol., 32, p.1259 (1995).
- 12) 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, Japan Atomic Energy Research Institute (1999).
- 13) K. Shibata, T. Kawano, T. Nakagawa, O. Iwamoto, J. Katakura, T. Fukahori, S. Chiba, A. Hasegawa, T. Murata, H. Matsunobu, T. Ohsawa, Y. Nakajima, T. Yoshida, A. Zukeran, M. Kawai, M. Baba, M. Ishikawa, T. Asami, T. Watanabe, Y. Watanabe, M. Igashira, N. Yamamuro, H. Kitazawa, N. Yamano, H. Takano, “Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-3: JENDL-3.3”, J. Nucl. Sci. Technol. 39, p.1125 (2002).
- 14) 片倉純一, 片岡理治, 須山賢也, 神智之, 大木繁夫, “JENDL-3.3 に基づく ORIGEN2 用断

- 面積ライブラリセット; ORLIBJ33”, JAERI-Data/Code 2004-015, Japan Atomic Energy Research Institute (2004).
- 15) K. Suyama, “ZZ-ORIGEN2.2-UPJ, A complete package of ORIGEN2 libraries based on JENDL-3.2 and JENDL-3.3”, Computer Abstract of NEA-1642, OECD/NEA Databank (2006).
  - 16) 奥村啓介, 大木繁夫, 山本宗也, 松本英樹, 安藤良平, 辻本和文, 笹原昭博, 片倉純一, 松村哲夫, 青山卓史, 青山肇男, 金子俊幸, 小坂進矢, 須山賢也, 内藤俣孝, “JENDL による核種生成量予測精度の検討”, JAERI-Research 2004-025, Japan Atomic Energy Research Institute (2005).
  - 17) J. Blair Briggs, Lori Scott and Ali Nouri, “The International Criticality Safety Benchmark Evaluation Project”, Nucl. Sci. Eng., 145, p.1 (2003).
  - 18) NEA Nuclear Science Committee, “International Handbook of Evaluated Reactor Physics Benchmark Experiments”, NEA/NSC/DOC(2006)1.
  - 19) (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, Japan Atomic Energy Research Institute (2000).
  - 20) 望月弘樹, 須山賢也, 野村靖, 奥野浩, “WWW を利用した核種組成データベースシステム SFCOMPO on WWW Ver.2”, JAERI-Data/Code 2001-020, Japan Atomic Energy Research Institute (2001).  
SFCOMPO is available from <http://www.oecd-nea.org/sfcompo/>. (accessed 2012-12-10).
  - 21) 笹原昭博, 松村哲夫, G. Nicolaou, “高燃焼度 UO<sub>2</sub> 燃料と MOX 燃料の照射後試験と解析コードの評価性能の検討”, T95012, 電力中央研究所 (1996).
  - 22) A. Sasahara, T. Matsumura, G. Nicolaou, Y. Kiyonagi, “Isotopic Analysis of Actinides and Fission Products in LWR High-Burnup UO<sub>2</sub> Spent Fuels and its Comparison with Nuclide Composition Calculated Using JENDL, ENDF/B, JEF and JEFF”, J. Nucl. Sci. Technol. 45, p.313 (2008).
  - 23) A. Sasahara, T. Matsumura, G. Nicolaou, Y. Kiyonagi, “Chemical Isotopic Analysis of Fission Products in PWR-MOX Spent Fuels and Computational Evaluation Using JENDL, ENDF/B, JEF, and JEFF”, J. Nucl. Sci. Technol. 45, p.390 (2008).
  - 24) T. Yamamoto, Y. Kanayama, “Lattice Physics Analysis of Burnups and Isotope Inventories of U, Pu, and Nd of Irradiated BWR 9×9-9 UO<sub>2</sub> Fuel Assemblies,” J. Nucl. Sci. Technol. 45, p.547 (2008).
  - 25) K. Suyama, M. Murazaki, K. Ohkubo, Y. Nakahara, G. Uchiyama, “Re-evaluation of Assay Data of Spent Nuclear Fuel obtained at Japan Atomic Energy Research Institute for validation of burnup calculation code systems”, Ann. Nucl. Energy, 38, p.930 (2011).
  - 26) N. Shinohara, N. Kohno, Y. Nakahara, K. Tsujimoto, T. Sakurai, T. Mukaiyama, S. Raman, “Validation of Minor Actinide Cross Sections by Studying Samples Irradiated for 492 Day at the Dounreay Prototype Fast Reactor -I: Radiochemical Analysis”, Nucl. Sci. Eng. 144, p.115 (2003).

- 27) K. Tsujimoto, N. Kohno, N. Shinohara, T. Sakurai, Y. Nakahara, T. Mukaiyama, S. Raman, “Validation of Minor Actinide Cross Sections by Studying Samples Irradiated for 492 Day at the Dounreay Prototype Fast Reactor -II: Burnup Calculation”, Nucl. Sci. Eng. 144, p.129 (2003).
- 28) 大木繁夫, “高速実験炉「常陽」を用いたサンプル照射試験による MA 核データの検証 (2) –  $^{243}\text{Am}$  サンプル(試料番号 77, 78)及び  $^{244}\text{Cm}$  サンプル(試料番号 86)の予備解析–”, JNC TN9400 2004-069, 核燃料サイクル開発機構 (2004).
- 29) S. Ohki, “Validation of MA Nuclear Data by Sample Irradiation Experiments with the Fast Reactor JOYO”, Proc. of Int. Conf. on Nuclear Data for Science and Technology (ND2004), pp.472-475, (2005).
- 30) K. Okumura, T. Mori, N. Nakagawa and K. Kaneko, “Validation of a Continuous-energy Monte Carlo Burn-up Code MVP-BURN and Its Application to Analysis of Post Irradiation Experiment”, J. Nucl. Sci. Technol., 37, p.128 (2000).
- 31) 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, Japan Atomic Energy Research Institute (2000).
- 32) K. Okumura, T. Kugo, K. Kaneko, K. Tsuchihashi, “SRAC2006: A Comprehensive Neutronics Calculation Code System”, JAEA-Data/Code 2007-004, Japan Atomic Energy Agency (2007).
- 33) 須山賢也, 望月弘樹, 高田友幸, 龍福進, 奥野浩, 村崎穰, 大久保清志, “連続エネルギーモンテカルロコード MVP 及び MCNP を使用する統合化燃焼計算コードシステム; SWAT3.1”, JAEA-Data/Code 2009-002, Japan Atomic Energy Agency (2009).
- 34) T. Takeda, T. Umamo, “Burnup sensitivity analysis in a fast breeder reactor –Part I: Sensitivity calculation method with generalized perturbation theory”, Nucl. Sci. Eng., 91, p.1 (1985).
- 35) G. Chiba, K. Okumura, A. Oizumi, M. Saito, “Sensitivity Analysis of Fission Product Concentrations for Light Water Reactor Burned Fuel”, J. Nucl. Sci. Technol., 47, p.652 (2010).
- 36) K. Shibata, O. Iwamoto, T. Nakagawa, N. Iwamoto, A. Ichihara, S. Kunieda, S. Chiba, K. Furutaka, N. Otuka, T. Ohsawa, T. Murata, H. Matsunobu, A. Zukeran, S. Kamada, J. Katakura, “JENDL-4.0: A New Library for Nuclear Science and Engineering”, J. Nucl. Sci. Technol. 48 [1], p.1 (2011).  
JENDL-4.0 is available from <http://www.ndc.jaea.go.jp/jendl/j40/j40.html> (accessed 2012-12-10).
- 37) J. Katakura, T. Yoshida, K. Oyamatsu, T. Tachibana, “JENDL FP Decay Data File 2000”, JAERI 1343, Japan Atomic Energy Research Institute (2001).
- 38) (Ed.) H. Ihara, “Tables and Figures from JNDC Nuclear Data Library of Fission Products, Version 2”, JAERI-M 89-204, Japan Atomic Energy Research Institute (1989).
- 39) K. Tasaka, J. Katakura, H. Ihara, T. Yoshida, S. Iijima, R. Nakashima, T. Nakagawa

- and H. Takano, “JNDC Nuclear Data Library of Fission Products – Second Version –”, JAERI 1320, Japan Atomic Energy Research Institute (1990).
- 40) M.B. Chadwick, P. Oblozinsky, M. Herman, et al., “ENDF/B-VII.0: Next Generation Evaluated Nuclear Data Library for Nuclear Science and Technology”, Nucl. Data Sheets, 102, p.2931 (2006).
- 41) K. Okumura, K. Sugino, G. Chiba, Y. Nagaya, K. Yokoyama, T. Kugo, M. Ishikawa, S. Okajima, “JENDL-4.0 Integral Testing for Fission Systems”, Journal of the Korean Physical Society, 59 [2], p.1135 (2011).
- 42) G. Chiba, K. Okumura, K. Sugino, Y. Nagaya, K. Yokoyama, T. Kugo, M. Ishikawa, S. Okajima, “JENDL-4.0 Benchmarking for Fission Reactor Applications”, J. Nucl. Sci. Technol. 48[2], p.172 (2011).
- 43) 奥村啓介, 長家康展, “JENDL-4.0に基づく連続エネルギーモンテカルロコード MVP 用の中性子断面積ライブラリーの作成と ICSBEP ハンドブックの臨界性ベンチマーク解析への適用”, JAEA-Data/Code 2011-010, Japan Atomic Energy Agency (2011).
- 44) P. Bienvenu, P. Cassette, G. Andreoletti et al., “A new determination of  $^{79}\text{Se}$  half-life”, Appl. Radiat. Isot., 65, p.355 (2007).
- 45) P. Bienvenu, L. Ferreux, G. Andreoletti et al., “Determination of  $^{126}\text{Sn}$  half-life from ICP-MS and gamma spectrometry measurements”, Radiochim. Acta, 97, 687 (2009).
- 46) S. Asai, Y. Hanzawa, K. Okumura, et al., “Determination of  $^{79}\text{Se}$  and  $^{135}\text{Cs}$  in Spent Nuclear Fuel for Inventory Estimation of High-Level Radioactive Wastes”, J. Nucl. Sci. Technol., 48, p.851 (2011).
- 47) S. Asai, Y. Hanzawa, K. Okumura, et al., “Comparison of Post-Irradiation Experimental Data and Theoretical Calculations for Inventory Estimation of Long-Lived Fission Products in Spent Nuclear Fuel”, Proc. of the 13th Int. Conf. on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management (ICEM2010), Oct. 3-7, 2010, Tsukuba, Japan, Paper-ID 40101 (2010).
- 48) K. Okumura, S. Asai, Y. Hanzawa, et al., “Analyses of Assay Data of LWR Spent Nuclear Fuels with a Continuous-Energy Monte Carlo Code MVP and JENDL-4.0 for Inventory Estimation of  $^{79}\text{Se}$ ,  $^{99}\text{Tc}$ ,  $^{126}\text{Sn}$ , and  $^{135}\text{Cs}$ ”, Progr. Nucl. Sci. and Technol., 2, p.369 (2011).
- 49) K. Okumura, “Nuclear Data for Prediction of Isotope Generation and Depletion”, Proc. of the 2011 Symposium on Nuclear Data, Nov. 16-17, 2011, Ricotti, Tokai, Japan, JAEA-Conf 2012-001, pp.39-44, Japan Atomic Energy Agency (2012).
- 50) Y. Nagaya, K. Okumura, T. Mori, M. Nakagawa, “MVP/GMVP II: General Purpose Monte Carlo Codes for Neutron and Photon Transport Calculations based on Continuous Energy and Multigroup Methods”, JAERI 1348, Japan Atomic Energy Research Institute (2005).
- 51) X-5 Monte Carlo Team, “MCNP - A General N-Particle Transport Code, Version 5”,

- LA-UR-03-1987 (2003).
- 52) K. Niita, N. Matsuda, Y. Iwamoto, H. Iwase, T. Sato, H. Nakashima, Y. Sakamoto, L. Sihver, “PHITS: Particle and Heavy Ion Transport code System, Version 2.23”, JAEA-Data/Code 2010-022, Japan Atomic Energy Agency (2010)
- 53) Bateman, H., Proc. Cambridge Phil. Soc. 15, p.423 (1910).
- 54) 田坂完二, “DCHAIN : 放射性ならびに安定核種の生成崩壊解析コード”, JAERI 1250, Japan Atomic Energy Research Institute (1977).
- 55) A.G. Groff, “ORIGEN2 – A Revised and Updated Version of the Oak Ridge Isotope Generation and Depletion Code”, ORNL-5621, Oak Ridge National Laboratory (1980).
- 56) 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, Japan Atomic Energy Research Institute (2000).
- 57) 奥村啓介, 小嶋健介, 岡本力, “MOSRA システムの燃焼計算モジュールの開発”, 日本原子力学会「2012年秋の大会」要旨集, 広島大学, Q18 (2012).
- 58) Y. Ishiguro, “PEACO-II: A Code for Calculation of Effective Cross Section in Heterogeneous Systems”, JAERI-M 5527 (1971).
- 59) 奥村啓介, 小嶋健介, 岡本力, “JENDL-4.0に基づく燃焼チェーンデータ ChainJ40の開発”, 日本原子力学会「2012年春の年会」要旨集, 福井大学, E21 (2012).
- 60) R.E. MacFarlane, D.W. Muir, R.M. Boicourt, “The NJOY Nuclear Data Processing System”, LA-9303-M (ENDF-324) (1982),  
available from <http://t2.lanl.gov/codes/njoy99/> (accessed 2012-12-10).
- 61) J-Ch Sublet, A J Koning<sup>1</sup>, R A Forrest, J Kopecky, “The JEFF-3.0/A Neutron Activation File - EAF-2003 into ENDF-6 format –”, JEFDOC-982, OECD/NEA (2003).
- 62) Nuclear Data Center, “JENDL-4.0u JENDL-4.0 updated Files”, Japan Atomic Energy Agency, <http://www.ndc.jaea.go.jp/jendl/j40/update/> (accessed 2012-12-10).
- 63) National Nuclear Data Center, “Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF), available from <http://www.nndc.bnl.gov/> (accessed 2012-12-10).
- 64) (Ed.) T. Horiguchi, T. Tachibana, H. Koura, J. Katakura, “Chart of the Nuclides 2004”, Japanese Nuclear Data Committee and Nuclear Data Center, Japan Atomic Energy Research Institute (2004).
- 65) J. Katakura, H. Yanagisawa, “Photon and Decay Data Libraries for ORIGEN2 Code Based on JENDL FP Decay Data File 2000”, JAERI-Data/Code 2002-021, Japan Atomic Energy Agency (2002).
- 66) 奥村啓介, 森貴正, “照射後試験データの冷却補正における測定値の誤差伝播”, 日本原子力学会「2005年春の年会」要旨集, 東海大学, G10 (2005).
- 67) K. Kojima, K. Okumura, S. Asai, Y. Hanzawa, T. Okamoto, M. Toshimitsu, J. Inagawa, T. Kimura, S. Kaneko, K. Suzuki, “New ORIGEN2 Libraries Based on JENDL-4.0 and Their Validation for Long-Lived Fission Products by Post Irradiation Examination

- Analyses of LWR Spent Fuels", Proc. of GLOBAL2011, Makuhari, Japan, Dec. 11-16, 2011, Paper No.358141 (2011).
- 68) K. Okumura, K. Kojima, T. Okamoto, "Development of the ORIGEN2 Library for Light Water Reactors Based on JENDL-4.0," Proc. of the 2011 Symposium on Nuclear Data, Nov. 16-17, 2011, Ricotti, Tokai, Japan, JAEA-Conf 2012-001, pp.89-94, Japan Atomic Energy Agency (2012).
- 69) R. J. Guenther, D. E. Blahnik, T. K. Campbell et al., "Characterization of Spent Fuel Approved Testing Material", ATM-103/-104/-105/-106, Pacific Northwest Laboratory, PNL-5109-103 (1988), -104 (1991), -105 (1991), -106 (1988), Pacific Northwest National Laboratory
- 70) K. Okumura, S. Asai, Y. Hanzawa, T. Okamoto, H. Suzuki, M. Toshimitsu, J. Inagawa, T. Kimura, K. Suzuki, S. Kaneko, "Computational Study for Inventory Estimation of Se-79, Tc-99, Sn-126, and Cs-135 in High-level Radioactive Wastes from Spent Nuclear Fuels of Light Water Reactors", Proc. of The ASME 2011 14th International Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management (ICEM2011), Sep. 25-29, 2011, Reims, France, ICEM2011-59087, (2011).
- 71) (Eds.) M. Namekawa, T. Fukahori, "Tables of Nuclear Data (JENDL/TND-2012)", JAEA-Data/Code 2012-014, Japan Atomic Energy Agency (2012).
- 72) 奥村啓介, 岡本力, "軽水炉使用済み燃料の核種インベントリ", JAEA-Data/Code 2011-020, Japan Atomic Energy Agency (2011).
- 73) 核燃料サイクル開発機構, "わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第2次取りまとめ—", 分冊3, TN1400 99-023, 核燃料サイクル開発機構(JNC) (1999).
- 74) 大久保努, 大木繁夫, 小倉理志, 他, "高速増殖実証炉に向けた炉心概念検討 (1) 全体概要", 日本原子力学会「2010年秋の大会」要旨集, 北海道大学, P30 (2010).
- 75) 小倉理志, 森脇裕之, 大久保良幸, 他, "高速増殖実証炉に向けた炉心概念検討 (2) 炉心設計", 日本原子力学会「2010年秋の大会」要旨集, 北海道大学, P31 (2010).
- 76) T. Okubo, S. Ohki, M. Ogura, et al., "Conceptual Design for a Large-Scale Japan Sodium-Cooled Fast Reactor (3) Core Design in JSFR," Proc. of ICAPP 2011, May 2-5, 2011, Nice, France Paper-11345 (2011).
- 77) T. Hazama, G. Chiba, K. Sugino, "Development of a Fine and Ultra-Fine Group Cell Calculation Code SLAROM-UF for Fast Reactor Analyses", J. Nucl. Sci. Technol., 43[8], p.908, (2006).
- 78) T. Hazama, G. Chiba, W. Sato, et al., "SLAROM-UF Ultra Fine Group Cell Calculation Code for Fast Reactor -Version 20090113-", JAEA-Review 2009-003, Japan Atomic Energy Agency (2009).
- 79) 杉野和輝, 神智之, 羽様平, 沼田一幸, "JENDL-4.0に基づく高速炉用炉定数UFLIB.J40及びJFS-3-J4.0の作成", JAEA-Data/Code 2011-017, Japan Atomic Energy Agency (2012).

- 80) 横山賢治, 巽雅弘, 平井康志, 他, “次世代解析システム MARBLE の開発”, JAEA-Data/Code 2010-030, Japan Atomic Energy Agency (2011).
- 81) T. B. Fowler, D. R. Vondy, G. W. Cunningham, “Nuclear Reactor Core Analysis Code: CITATION”, ORNL-TM-2496, Rev. 2, Oak Ridge National Laboratory (1971).
- 82) NEA Nuclear Science Committee, “Japan's Experimental Fast Reactor Joyo MK-I Core: Sodium-Cooled Uranium-Plutonium Mixed Oxide Fueled Fast Core Surrounded by UO<sub>2</sub> Blanket”, International Handbook of Evaluated Reactor Physics Benchmark Experiments, NEA/NSC/DOC(2006)01.
- 83) F. Nakashima, Y. Kaise, T. Suzuki, “Core Performance and Characteristics of the Prototype Fast Breeder Reactor MONJU”, Proc. of Int. Conf. on Fast Reactors and Related Fuel Cycles (FR'91), 1991, Vol.1, pp.8.2-1 - 9, Kyoto, Japan.
- 84) 林秀行, 永田敬, 森山正敏, 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, 動力炉・核燃料開発事業団 (1992).



## 付 録

## A.1 ORLIBJ40 の配布ファイルと使用法

## (1) ORLIBJ40 の入手方法

ORLIBJ40 は、日本原子力研究開発機構(JAEA)において無償提供可の「一般データベース」として登録されている。JAEA 以外の人、高度情報科学技術研究機構 (RIST : <http://www.rist.or.jp/>) に申し込むことで入手可能である (手数料必要)。JAEA 内の人、PRODAS (Program and Database Retrieval System: <http://prodas.jaea.go.jp/>) から、「プログラム等利用申込書」をダウンロードし、必要事項を記入して原子力基礎工学研究部門・推進室に申し込むことで入手可能である。

## (2) ORLIBJ40 の配布物

ORLIBJ40 は1枚のCD (またはDVD) に収納されている。CD には、Windows または Linux (またはUNIX) を OS とする計算機で即時計算可能なデータが、以下のファイル構造で、収納されている。

```
[ORLIBJ40 CD]
|
|--(ReadMe.txt) : ORLIBJ40 の簡易利用ガイド (英文)
|
|--[Windows]
|   |--[ORLIBJ40]
|       |--(LibraryList.txt) : ORLIBJ40 断面積ライブラリ一覧表
|       |--[Code] : Windows 用実行ファイル格納フォルダ
|           |--(origen2j40f.exe) : 高速炉用実行ファイル
|           |--(origen2j40t.exe) : 熱炉用実行ファイル
|       |--[Libraries] : ORLIBJ40 ライブラリ格納フォルダ
|           |--(DECAYJ40.LIB) : JENDL-4.0 に基づく崩壊ライブラリ
|           |--(JN*BREM.LIB) : 光子ライブラリ
|           |--(*J40.LIB) : JENDL-4.0 に基づく断面積ライブラリ
|       |--[Samples] : サンプル計算用フォルダ
|           |--(*.BAT) : バッチファイル (実行用ファイル)
```

```

|
|   +-(*.INP) : サンプル入力ファイル
|   |
|   +-[Output] : サンプル出力格納用フォルダ
|   |
|   +-(*.OUT) : サンプル出力ファイル (参照用)
|
| +-[Work] : ユーザ領域
|   |
|   +-(test.BAT) : バッチファイルの雛形 (ユーザ用)
|   |
|   +-(test.INP) : 入力ファイルの雛形 (ユーザー用)
|
+-[Linux]
|
+-(ORLIBJ40.tgz) : [ORLIBJ40]ディレクトリを圧縮したファイル
|
+-[ORLIBJ40] ((ORLIBJ40.tgz)を展開した後に生成される)
|
+-(LibraryList.txt) : ORLIBJ40 断面積ライブラリー一覧表
|
+-[bin] : Linux 用実行ファイル格納ディレクトリ
|   |
|   +-(origen2j40f) : 高速炉用実行ファイル
|   |
|   +-(origen2j40t) : 熱炉用実行ファイル
|
+-[lib] : ORLIBJ40 ライブラリ格納用ディレクトリ
|   |
|   +-(DECAYJ40.LIB) : JENDL-4.0 に基づく崩壊ライブラリ
|   |
|   +-(JN*BREM.LIB) : 光子ライブラリ
|   |
|   +-(*J40.LIB) : JENDL-4.0 に基づく断面積ライブラリ
|
+-[smp1] : サンプル計算用ディレクトリ
|   |
|   +-(*.sh) : 実行シェルスクリプトファイル (Bourne Shell)
|   |
|   +-(*.csh) : 実行シェルスクリプトファイル (C-Shell)
|   |
|   +-(*.inp) : サンプル入力ファイル
|   |
|   +-[out] : サンプル出力格納用ディレクトリ
|   |
|   +-(*.out) : サンプル出力ファイル (参照用)
|
+-[src] : ソースコード格納用ディレクトリ

```

```

|
|
| +- (Makefile) : 実行ファイル作成用設定ファイル
|
| +- (origen2j40f.f) : 高速炉用ソースコード
|
| +- (origen2j40t.f) : 熱炉用ソースコード
|
| +- (xsecj40.f) : 燃焼度依存断面積サブルーチン
|
| +- (PARAMS.O2) : インクルードファイル (各種パラメータ)
|
| +- (*.o) : オブジェクトファイル
|
+--[work] : ユーザ領域
|
| +- (test.sh) : 実行シェルスクリプトの雛形 (Bourne Shell、ユーザ用)
|
| +- (test.csh) : 実行シェルスクリプトの雛形 (C-Shell、ユーザ用)
|
| +- (test.inp) : 入力ファイルの雛形 (ユーザ用)
|
|
| * 凡例 [ ] : フォルダ・ディレクトリ
|           ( ) : ファイル

```

## (2) ORLIBJ40 のインストール

### a) Windows 環境の場合

- ① 「ORLIBJ40」フォルダを CD から PC 上の任意のフォルダにコピーする。「ORLIBJ40」フォルダは「Windows」フォルダ内にある。
- ② インストール作業の確認のため、後述する方法でサンプル計算を行う。

動作確認 OS :      Windows XP  
                          Windows Vista (32bit)  
                          Windows 7 (32bit / 64bit)

### b) Linux (UNIX) 環境の場合

- ① 「ORLIBJ40.tgz」を CD から PC 上の任意のフォルダにコピーする。「ORLIBJ40.tgz」は「Linux」ディレクトリ内にある。
- ② 「ORLIBJ40.tgz」を展開（解凍）する。（「ORLIBJ40」ディレクトリが作られる）  
 例) > tar xvfz ORLIBJ40.tgz [d]
- ③ インストール作業の確認のため、後述する方法でサンプル計算を行う。

動作確認 OS :      Ubuntu 10.04 (32bit)  
                          Fedora 8 (32bit)

配布した実行ファイルが正しく動作しない場合には、原因を調査し、必要があればソースプログラムを修正した後、付属の Makefile を使用して再コンパイルし新しい実行ファイルを作成する。

### (3) サンプル計算

ORLIBJ40 の動作確認と、典型的な核種生成崩壊計算のテンプレート入力として、以下のサンプル計算用データを用意した。

#### a) サンプルケース一覧：

- burn-up\_pwr

典型的な PWR 燃料の燃焼計算用サンプル。1100MW 級 PWR (17×17 型燃料集合体) における酸化ウラン燃料 (U-235 濃縮度 3.5wt%) を想定し、45GWd/t まで燃焼させる。断面積ライブラリとして、PWR34J40 を用いる。

- cooling

典型的な PWR 燃料の冷却を計算するためのサンプル。1100MW 級 PWR (17×17 型燃料集合体) における酸化ウラン燃料 (U-235 濃縮度 3.5wt%) を想定し、45GWd/t まで燃焼させたのち、3 年間冷却。断面積ライブラリとして、PWR34J40 を用いる。

- activation

典型的な PWR 燃料の放射化を計算するためのサンプル。1100MW 級 PWR (17×17 型燃料集合体) における、窒素と酸素が添加されている酸化ウラン燃料 (U-235 濃縮度 3.5wt%) を想定し、45GWd/t まで燃焼させる。断面積ライブラリとして、PWR34J40 を用いる。

- burn-up\_fbr

高速増殖炉の燃焼計算用サンプル。600MW 級 FBR 内側炉心での LWR-Pu 酸化物燃料を想定し、79GWd/t まで燃焼させ、4 年間冷却する。断面積ライブラリとして、600MMXICJ40 を用いる。

#### b) Windows 環境でのサンプル計算実行方法

サンプル入力ファイルとバッチファイル (実行用コマンド) は「Samples」フォルダ内にあり、サンプル出力ファイルは「Samples¥Output」フォルダ内にある。サンプル計算は以下の 3 つから好みの方法を選択して実行する。

- (マウス操作) バッチファイル (サンプルケース名.BAT) をダブルクリックする。
- (キーボード操作) バッチファイルを選択し、エンターキーを押下する。
- (プロンプト操作) バッチファイルを実行する。

計算の後、出力されたファイルとサンプル出力ファイルを比較する。

#### c) Linux (または UNIX) でのサンプル計算実行方法

サンプル入力ファイルと実行シェルスクリプトファイルは「smpl」ディレクトリ内にあり、サンプル出力ファイルは「smpl/out」ディレクトリ内にある。実行シェルスクリプトファイル

は `sh` と `cs` で作成されたものがあり、好みのシェルスクリプトを選択し実行する。

計算の後、出力されたファイルとサンプル出力ファイルを比較する。

#### (4) 不具合報告

RIST から配布されている ORLIBJ40 と JAEA 内で 2011 年 11 月以前に配布した ORLIBJ40 に、以下の不具合があることが分かった。

崩壊ライブラリ (DECAYJ40.LIB) の中で、三体核分裂 FP 核種として登録してある、He-6 (核種 ID : 20060、半減期 : 0.8067 s)、He-8 (核種 ID : 20080、半減期 : 0.8399 s)、Li-9 (核種 ID : 30090、半減期 : 0.1783 s) の 3 核種について、半減期の値がゼロとなっていた。放射化核種として登録してある He-6 と He-8 については問題ない (Li-9 は放射化物として登録していない)。この不具合により、燃料物質の燃焼計算の結果、三体核分裂として生成される He-6、He-8、Li-9 が安定核種として蓄積されることになるが、累積核分裂収率は  $10^{-7}$  レベルと小さく、娘核種への影響もほとんどない。よって、これらの核種生成量を問題にしないかぎり、使用済み燃料を扱う上では実用上の問題はない。必要であれば、各自で修正するか、開発元 (連絡先 : okumura.keisuke@jaea.go.jp) から修正ファイルを受け取る。

修正方法:DECAYJ40.LIB の該当箇所(3 から始まる行で 2 番目に該当する核種 ID がある行)を以下のように書き換える。

He-6 の修正例 (1650 行目の 4 番目のデータ)

```
誤 : 「 3 20060 1 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
正 : 「 3 20060 1 0.8067 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
```

#### (5) ORLIBJ40 使用上の注意点と核種生成量評価に関する情報

- ORIGEN2 では、外部から与えるライブラリファイルとは別に、燃焼度依存の断面積はプログラムソース内に収納されている。したがって、原則としてライブラリとプログラムは 1 つのパッケージとして使用する必要がある。ORLIBJ40 の利用者は、付属の ORIGEN2 実行ファイルを使用しなければならない。他の ORIGEN2 プログラムと ORLIBJ40 が提供するライブラリを組み合わせ使用しても、正しい結果が出力される保証はない。
- ORLIBJ40 は、JENDL-3.2 に基づく ORLIBJ32 と JENDL-3.3 に基づく ORLIBJ33 を含む最新版の ORIGEN2 (ORIGEN2.2-UPJ) を基にして改良したものであるが、燃焼度依存断面積や半減期データなどを修正しているため、ORLIBJ40 に収納される ORIGEN2 プログラムを使用して、ORLIBJ32 や ORLIBJ33 の外部ライブラリを与えても、ORLIBJ32 や ORLIBJ33 の結果を再現しない。
- ORIGEN2 の入力マニュアルは、ORLIBJ40 の配布物には含めていない。ORLIBJ40 の利用者は、ORIGEN2 (ORIGEN2、ORIGEN2.1、ORIGEN2.2、ORIGEN2.2-UPJ のいずれか) の正規利用者であることを前提としているので、RIST、OECD/NEA、RSICC からいずれかのコードを入手して、付属の入力マニュアルを利用することとする。ただし、ライブラリ識別番号については、本報告書記載のものを使用すること。
- 使用するライブラリは、なるべくライブラリ作成時の条件 (本文の 3.3 節、4.3 節参照) に

近いものを選択する。迷う場合には、条件が異なるライブラリも使用し、評価目的とする核種生成量がどの程度変化するかを確認するか、異なるライブラリを使用した結果を3点でフィッティングする。例えば、BWRの場合、炉心平均ボイド率40%のライブラリを基準に使用し、0%ボイド率(入口)と70%ボイド率(出口)のライブラリを使用した結果をフィッティングに利用することができる。

- 核種生成量の予測精度が断面積ライブラリに依存しやすいものとそうでないものがある。例えば、Nd-148、Cs-137などは、断面積に対する感度は大きくはなく、スペクトル計算を行わないORIGEN2でも精度が出しやすい核種である。一方、アクチノイド核種やCs-134、Sm同位体、Eu同位体などは断面積に対する感度が大きい核種であり、適切な断面積ライブラリを使用する必要がある。詳細スペクトル計算コードに基づき、濃縮度などの燃料仕様や、ボイド率、ボロン濃度、運転時の冷却、比出力などの運転条件により、核種毎の生成量がどのような影響を受けるかをまとめたデータや報告書(例えば、JAEA-Data/Code 2011-020 A.1-1)を参考に、目的とする評価核種に応じてORIGEN2の使用方法を検討すると良い。
- 短寿命核種(長半減期核種の娘核種を除く)の核種生成量は、比出力で支配的に決まる平衡濃度となるものが多い。したがって、このタイプの核種及びその娘核種(例えばPm-149とSm-149)に精度の良い結果を求める場合には、ORIGEN2で入力する燃焼ステップの最後の比出力に、実際の運転条件に対応する適切な値を与えることが重要である。逆に、短寿命核種の寄与が支配的な炉停止後短期間の崩壊熱を安全側に評価するには、定格出力よりも高い比出力(過出力)を与えることが必要である。
- 燃焼度やボイド率が大きな範囲で分布する場合(例えば、原子炉全体や燃料集合体)、核種によっては、平均燃焼度や平均ボイド率で代表させたORIGEN2計算では十分な精度が得られないことがある。一般に、燃焼度に対して近似的に直線で生成量が変化する核種(Cs-137やNd-148など)や、平衡濃度となる短寿命核種(Mo-99やI-135など)は問題ないが、Cm-244のように核種生成量が燃焼度やボイド率に依存して大きくカーブして生成する核種には注意を要する(下に凸のカーブの場合には燃焼度分布を考慮する場合に比べて過小評価となる)。例えば、多バッチ燃料装荷を行っている炉心全体のインベントリを評価する場合には、少なくとも燃焼度が大きく異なるバッチ領域毎の燃焼度で評価すべきであり、炉心平均燃焼度で評価すると核種によっては大きな誤差要因となるA.1-2)。燃料集合体の場合も、十分な精度を出したい場合には、軸方向領域毎のインベントリを計算してから総和するか、燃焼度やボイド率の分布を考慮した補正係数を乗ずるなどの対応をすることが望ましいA.1-1,A.1-3)。
- PWRやBWRの燃料集合体には、可燃性毒物( $Gd_2O_3$ )を含む燃料棒が含まれている。ORIGEN2の計算手法では、可燃性毒物核種(Gd同位体)の燃焼組成変化を計算することはできない。ORIGEN2で計算されるGd同位体は、FP由来のものだけであり、可燃性毒物を含む場合には、燃料集合体中のGd同位体の燃焼組成変化は、初期組成とその燃焼により支配的に決定され、これを評価するためにはMVP-BURNのように、燃料集合体モデルで詳細なスペクトル計算を行う燃焼計算コードが必要である。しかしながら、中性子

の吸収断面積が大きい Gd-155 と Gd-157 は、15～20GWd/t ではほぼ燃え尽き、それぞれ Gd-156 と Gd-158 になって残る。したがって、Gd 元素の総量としては、燃焼初期の量がほぼ保存される。また、可燃性毒物入り燃料集合体であっても、使用済み燃料中の Gd-155 のインベントリは、核分裂由来の Eu-155（半減期：4.753y）のβ崩壊により生成するものが支配的であるため、ORIGEN2 による計算値は利用できる。よって、20GWd/t 以上燃焼した可燃性毒物入りの使用済み燃料集合体については、以下の近似式で主要な Gd 同位体インベントリ（ $W$ ）を評価することができる A.1-4）。

$$W_{Gd155}(\text{燃焼度 } 20\text{GWd/t 以上}) \simeq W_{Eu155}(\text{取出時}) \cdot \exp\{-\lambda_{Eu155} \times \text{冷却期間}\}$$

$$\simeq W_{Gd155}(\text{ORIGEN2 計算値})$$

$$W_{Gd156}(\text{燃焼度 } 20\text{GWd/t 以上}) \simeq W_{Gd155}(\text{毒物初期添加量}) + W_{Gd156}(\text{毒物初期添加量})$$

$$W_{Gd157}(\text{燃焼度 } 20\text{GWd/t 以上}) \simeq 0.0$$

$$W_{Gd158}(\text{燃焼度 } 20\text{GWd/t 以上}) \simeq W_{Gd157}(\text{毒物初期添加量}) + W_{Gd158}(\text{毒物初期添加量})$$

- 実行モジュール及びソースプログラムには、軽水炉用のものと高速炉用のものが用意されている。原則として炉型に対応したものを使用すべきであるが、これらの違いは、プログラム内にデータ文として内蔵されている主要アクチノイド核種の  $\nu$  値（核分裂により発生する平均中性子数）によるものだけであり、核種生成量に関してプログラム上の本質的な違いはない。この  $\nu$  値は、ORIGEN2 が出力する無限中性子増倍率「K INFINITY」を計算するために使用されるが、「K INFINITY」は厳密な意味の無限中性子増倍率ではなく、燃料部だけの 1 群断面積の比を利用した概算値であり、大雑把な臨界指標として参照すべきものである。
- 分析が難しい核種や試料の入手が困難な核種は、関連する核データにユーザーが求める精度がない場合がある。半減期データに大きな誤差があると、ORIGEN2 が出力する原子数や重量に十分な精度があっても、放射能値は必ずしも同じ精度を有するとは限らない。実測値がほとんどない核種の生成量や放射能については、感度が大きい核データの誤差を確認しておくことが望ましい。半減期データとその誤差については、JAEA がまとめた「核データの表(JENDL/TND-2012)」<sup>A.1-5)</sup>や Web 版核図表 <sup>A.1-6)</sup>などが参考になる。FP 核種の核分裂収率については、近年の評価済み核データ(JENDL-4.0、ENDF/B-VII、JEFF-3.1)には誤差データも収納されている。断面積誤差については、まだ十分とは言えないが、評価済み核データの共分散ファイルとして徐々に拡充されてきている <sup>A.1-7)</sup>。
- 核種生成量に関する相談は、JENDL 委員会の核種生成量評価 WG <sup>A.1-8)</sup>において受け付けている。同 WG は、日本の核種生成量評価に関する専門家が集まり、ORLIBJ40 を含む JENDL 版 ORIGEN2 ライブラリの開発などの活動を行っている組織である。また、今後の ORLIBJ40 のユーザーサポートは、JAEA の原子力基礎工学研究部門・原子力標準ソフトウェア開発グループのホームページで行う予定である。

(6) サンプル計算の入力データ

(3)で述べた 4 ケースのサンプル計算に対する入力データの内容を以下に示す。これらの計算

結果は、「ORLIBJ40/smpl/out/ケース名.out」のファイルとして収納されている。

● burn-up\_pwr

```

-1
-1
-1
TIT      PWR FUEL 80GWD/T 40MW/T U:3.5%
BAS      ONE METRIC TON OF PWR U FUEL
RDA      -1
CUT      -1
LIP      0 0 0
LPU      -1
RDA
RDA      DECAY LIBS  XSECT LIBS fort.9  VAR.XSECT
LIB      0  1 2 3  700 701 702 9 0 0 4 43  PWR34J40 (U235 3.4w/o PWR)
RDA
RDA      PHOTON LIBS  fort.10
PHO      101 102 103  10
RDA
TIT      INITIAL FUEL COMPOSITION
INP      -1 1  -1 -1  1  1
MOV      -1 1  0  1.0
HED      1  CHARGE
BUP
RDA      days      MW              Gwd
IRP      125.0    40.0    1  2  4  2 / 5
IRP      250.0    40.0    2  3  4  0 / 10
IRP      375.0    40.0    3  4  4  0 / 15
IRP      500.0    40.0    4  5  4  0 / 20
IRP      625.0    40.0    5  6  4  0 / 25
IRP      750.0    40.0    6  7  4  0 / 30
IRP      875.0    40.0    7  8  4  0 / 35
IRP     1000.0    40.0    8  9  4  0 / 40
IRP     1125.0    40.0    9 10  4  0 / 45
BUP
OPTL     8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTA     8 8 8 8 5 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTF     8 8 8 8 5 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OUT      10 1  -1  0
END
2  922350 35000.0  922380 965000.0  0 0.0
0

```

● cooling

```

-1
-1
-1
TIT      PWR FUEL 80GWD/T 40MW/T U:3.5%
BAS      ONE METRIC TON OF PWR U FUEL
RDA      -1
CUT      -1
LIP      0 0 0
LPU      -1
RDA
RDA      DECAY LIBS  XSECT LIBS fort.9  VAR.XSECT
LIB      0  1 2 3  700 701 702 9 0 0 4 43  PWR34J40 (U235 3.4w/o PWR)
RDA
RDA      PHOTON LIBS  fort.10
PHO      101 102 103  10
RDA
TIT      INITIAL FUEL COMPOSITION
INP      -1 1  -1 -1  1  1
MOV      -1 1  0  1.0
HED      1  CHARGE
BUP
RDA      days      MW              Gwd
IRP      125.0    40.0    1  2  4  2 / 5
IRP      250.0    40.0    2  3  4  0 / 10
IRP      375.0    40.0    3  4  4  0 / 15
IRP      500.0    40.0    4  5  4  0 / 20

```



```

IRP 625.0 40.0 5 6 4 0 / 25
IRP 750.0 40.0 6 7 4 0 / 30
IRP 875.0 40.0 7 8 4 0 / 35
IRP 1000.0 40.0 8 9 4 0 / 40
IRP 1125.0 40.0 9 10 4 0 / 45
BUP
MOV 10 2 0 1.0
TIT COOLING STEP
HED 2 DISCHARGE
DEC 3 2 3 5 4
OPTL 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTA 8 8 8 8 5 8 5 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTF 8 8 8 8 5 8 5 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OUT 3 1 -1 0
END
2 922350 35000.0 922380 965000.0 0 0.0
0

```

● activation

```

-1
-1
-1
TIT PWR FUEL 80GWD/T 40MW/T U:3.5%
BAS ONE METRIC TON OF PWR U FUEL
RDA -1
CUT -1
LIP 0 0 0
LPU -1
RDA
RDA DECAY LIBS XSECT LIBS fort.9 VAR.XSECT
LIB 0 1 2 3 700 701 702 9 0 0 4 43 PWR34J40 (U235 3.4w/o PWR)
RDA
RDA PHOTON LIBS fort.10
PHO 101 102 103 10
RDA
TIT INITIAL FUEL COMPOSITION
INP -1 1 -1 -1 1 1
MOV -1 1 0 1.0
HED 1 CHARGE
BUP
RDA days MW Gwd
IRP 125.0 40.0 1 2 4 2 / 5
IRP 250.0 40.0 2 3 4 0 / 10
IRP 375.0 40.0 3 4 4 0 / 15
IRP 500.0 40.0 4 5 4 0 / 20
IRP 625.0 40.0 5 6 4 0 / 25
IRP 750.0 40.0 6 7 4 0 / 30
IRP 875.0 40.0 7 8 4 0 / 35
IRP 1000.0 40.0 8 9 4 0 / 40
IRP 1125.0 40.0 9 10 4 0 / 45
BUP
OPTL 8 8 8 8 8 8 5 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTA 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTF 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OUT 10 1 -1 0
END
2 922350 35000.0 922380 965000.0 0 0.0
4 080000 134500.0 070000 75.0 0 0.0
0

```

● burn-up\_fbr

```

-1
-1
-1
BAS BURNUP OF TYPICAL FBR FUEL / LIBRARY: 600MWE-MOX INNER CORE
LIP 0 0 0
LIB 0 1 2 3 821 822 823 9 0 0 1 62
PHO 101 102 103 10
TIT BURNUP
INP -1 1 -1 -1 1 1
MOV -1 1 0 1.0

```

```

HED      1 * CHARGE
BUP
IRP      182.50    72.20      1  2  4  2
IRP      365.00    72.20      2  3  4  0
IRP      429.00     0.00      3  4  4  0
IRP      611.50    72.20      4  5  4  0
IRP      794.00    72.20      5  6  4  0
IRP      858.00     0.00      6  7  4  0
IRP     1040.50    72.20      7  8  4  0
IRP     1223.00    72.20      8  9  4  0
IRP     2684.00     0.00      9 10  4  0
BUP
OPTL     8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTA     8 8 8 8 5 8 5 8 5 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OPTF     8 8 8 8 5 8 5 8 5 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8 8
OUT      10 1 -1 0
STP      2
2 922350 2.430E+03 922380 8.076E+05 942380 5.700E+03 942390 1.007E+05
2 942400 4.750E+04 942410 2.280E+04 942420 1.330E+04 0      0.0
0
END

```

付録 A.1 の参考文献

- A.1-1) 奥村啓介, 岡本力, “軽水炉使用済み燃料の核種インベントリ”, JAEA-Data/Code 2011-020, Japan Atomic Energy Agency, (2011).  
On line download can be available from JAEA web site about JOPSS:  
<http://jolissrch-inter.tokai-sc.jaea.go.jp/search/servlet/interSearch> (accessed 2012-12-10)
- A.1-2) 岡本力, 奥村啓介, 小嶋健介, 羽倉洋行, 須山賢也, 永瀬文久, “福島第一原子力発電所における事故直前の核種インベントリ評価”, 日本原子力学会「2012 年秋の大会」要旨集, 広島大学, Q14 (2012).
- A.1-3) 安藤良平, 高野秀機, “使用済軽水炉燃料の核種組成評価”, JAERI-Research 99-004, Japan Atomic Energy Research Institute (1999).
- A.1-4) 小嶋健介, 奥村啓介, 岡本力, “軽水炉使用済燃料中のガドリニウムインベントリ評価”, 日本原子力学会「2012 年春の年会」要旨集, 福井大学, E24 (2012).
- A.1-5) (Eds.) M. Namekawa, T. Fukahori, “Tables of Nuclear Data (JENDL/TND-2012)”, JAEA-Data/Code 2012-014, Japan Atomic Energy Agency (2012).
- A.1-6) Nuclear Data Center (JAEA), “WWW Chart of the Nuclides 2010”, available on the JAEA web site; <http://wwwndc.jaea.go.jp/> (accessed 2012-12-10)
- A.1-7) 岩本修, “2010 年春の大会・核データ部会企画セッション (2)JENDL-4.0 共分散評価”, 核データニュース, No96 (2010).  
[http://wwwndc.jaea.go.jp/JNDC/ND-news/index\\_J.html](http://wwwndc.jaea.go.jp/JNDC/ND-news/index_J.html) (accessed 2012-12-10)
- A.1-8) 日本原子力研究開発機構, 核データ評価研究グループ, JENDL 委員会ホームページ, [http://wwwndc.jaea.go.jp/JENDL\\_Committee/](http://wwwndc.jaea.go.jp/JENDL_Committee/) (accessed 2012-12-10)

## A.2 ORLIBJ40 のライブラリー一覧

### (1) 断面積ライブラリー一覧

ORLIBJ40 の断面積ライブラリーについては、本文中に詳しく記載してあるが、ユーザーの便宜を図るため、以下に一覧表をまとめた。

表 A.2-1 軽水炉用断面積ライブラリー一覧

Library	Fuels	NLIB*			
		5	6	7	12
PWR34J40	PWR 17*17, U-235 Enrichment:3.4wt%	700	701	702	43
PWR41J40	PWR 17*17, U-235 Enrichment:4.1wt%	703	704	705	44
PWR47J40	PWR 17*17, U-235 Enrichment:4.7wt%	706	707	708	45
BS100J40	BWR STEP-I, 0% Void	709	710	711	46
BS140J40	BWR STEP-I, 40% Void	712	713	714	47
BS170J40	BWR STEP-I, 70% Void	715	716	717	48
BS200J40	BWR STEP-II, 0% Void	718	719	720	49
BS240J40	BWR STEP-II, 40% Void	721	722	723	50
BS270J40	BWR STEP-II, 70% Void	724	725	726	51
BS300J40	BWR STEP-III, 0% Void	727	728	729	52
BS340J40	BWR STEP-III, 40% Void	730	731	732	53
BS370J40	BWR STEP-III, 70% Void	733	734	735	54
BS2M040SJ40	BWR STEP-II, 0% Void, MOX Pu 4wt%, Standard Pu Compo.	900	901	902	83
BS2M044LJ40	BWR STEP-II, 40% Void, MOX Pu 4wt%, Low Pu Compo.	903	904	905	84
BS2M044SJ40	BWR STEP-II, 40% Void, MOX Pu 4wt%, Standard Pu Compo.	906	907	908	85
BS2M044HJ40	BWR STEP-II, 40% Void, MOX Pu 4wt%, High Pu Compo.	909	910	911	86
BS2M047SJ40	BWR STEP-II, 70% Void, MOX Pu 4wt%, Standard Pu Compo.	912	913	914	87
BS2M084SJ40	BWR STEP-II, 40% Void, MOX Pu 8wt%, Standard Pu Compo.	915	916	917	88
BS2M134SJ40	BWR STEP-II, 40% Void, MOX Pu 13wt%, Standard Pu Compo.	918	919	920	89
PWRM0113J40	PWR 17*17, MOX Pu 13wt%, Pu Vector : 1	921	922	923	90
PWRM0205J40	PWR 17*17, MOX Pu 5wt%, Pu Vector : 2	924	925	926	91
PWRM0210J40	PWR 17*17, MOX Pu 10wt%, Pu Vector : 2	927	928	929	92
PWRM0213J40	PWR 17*17, MOX Pu 13wt%, Pu Vector : 2	930	931	932	93
PWRM0305J40	PWR 17*17, MOX Pu 5wt%, Pu Vector : 3	933	934	935	94

\* NLIB(5) : identification number of light nuclide cross-section library

\* NLIB(6) : identification number of actinoid nuclide cross-section library

\* NLIB(7) : identification number of fission product nuclide cross-section library

\* NLIB(12) : control character identifying the set of variable actinide cross-sections

表 A.2-2 高速炉用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)
75万kWe 酸化物燃料炉心 (高除染U-Pu燃料)	内側炉心	750MMXICJ40	786	787	788	119
	外側炉心	750MMXOCJ40	789	790	791	120
	軸方向ブランケット	750MMXAXJ40	792	793	794	121
	径方向ブランケット	750MMXRDJ40	795	796	797	122
高速実験炉 「常陽」MK-I	炉心	JOYOMK1COJ40	800	801	802	55
	軸方向ブランケット	JOYOMK1AXJ40	803	804	805	56
	径方向ブランケット	JOYOMK1RDJ40	806	807	808	57
高速原型炉 「もんじゅ」	内側炉心	MONJMXICJ40	809	810	811	58
	外側炉心	MONJMXOCJ40	812	813	814	59
	軸方向ブランケット	MONJMXAXJ40	815	816	817	60
	径方向ブランケット	MONJMXRDJ40	818	819	820	61
60万kWe 酸化物燃料炉心 (軽水炉取出しPu)	内側炉心	600MMXICJ40	821	822	823	62
	外側炉心	600MMXOCJ40	824	825	826	63
	軸方向ブランケット	600MMXAXJ40	827	828	829	64
	径方向ブランケット	600MMXRDJ40	830	831	832	65
60万kWe 金属燃料炉心	内側炉心	600MMTICJ40	833	834	835	66
	外側炉心	600MMTOCJ40	836	837	838	67
	軸方向ブランケット	600MMTAXJ40	839	840	841	68
	径方向ブランケット	600MMTRDJ40	842	843	844	69
60万kWe 窒化物燃料炉心	内側炉心	600MNIICJ40	845	846	847	70
	外側炉心	600MNIOCJ40	848	849	850	71
	軸方向ブランケット	600MNIAXJ40	851	852	853	72
	径方向ブランケット	600MNIIRDJ40	854	855	856	73
60万kWe 酸化物燃料炉心 (高速炉リサイクルPu)	内側炉心	600MRPICJ40	857	858	859	74
	外側炉心	600MRPOCJ40	860	861	862	75
	軸方向ブランケット	600MRPAXJ40	863	864	865	76
	径方向ブランケット	600MRPRDJ40	866	867	868	77
130万kWe 酸化物燃料炉心	内側炉心	1300MXICJ40	869	870	871	78
	外側炉心	1300MXOCJ40	872	873	874	79
	軸方向ブランケット	1300MXAXJ40	875	876	877	80
Puバーナー炉心	内側炉心	PUBRMXICJ40	878	879	880	81
	外側炉心	PUBRMXOCJ40	881	882	883	82
150万kWe 酸化物燃料炉心 (FBR多重リサイクルTRU 燃料)	内側炉心	1500MXICJ40	884	885	886	123
	外側炉心	1500MXOCJ40	887	888	889	124
	軸方向ブランケット	1500MXAXJ40	890	891	892	125
	径方向ブランケット	1500MXRDJ40	893	894	895	126

(2) ライブラリファイルの構造

(a) 断面積ライブラリ

各ライブラリの先頭の1行目はタイトル行であり、最後の1行はコメント行である。以下ではタイトル行とコメント行を除いた行の記述方法について説明する。

● 放射化生成核種の断面積データ

NLIB, NUCID, (XS(i), i=1, 6), FYFLAG

NLIB : ライブラリ識別番号

NUCID : 核種識別番号

$$=Z \times 10000 + M \times 10 + m$$

Z : 元素番号、M : 原子量、m : 0/1 = 基底状態 / 第一励起状態

XS(1) : (n,  $\gamma$ ) to ground 断面積

XS(2) : (n, 2n) to ground 断面積

XS(3) : (n,  $\alpha$ ) 断面積

XS(4) : (n, p) 断面積

XS(5) : (n,  $\gamma$ ) to meta 断面積

XS(6) : (n, 2n) to meta 断面積

FYFLAG : 常に-1.0

● アクチノイド核種の断面積データ

NLIB, NUCID, (XS(i), i=1, 6), FYFLAG

NLIB : ライブラリ識別番号

NUCID : 核種識別番号

XS(1) : (n,  $\gamma$ ) to ground 断面積

XS(2) : (n, 2n) to ground 断面積

XS(3) : (n, 3n) 断面積

XS(4) : (n, f) 断面積

XS(5) : (n,  $\gamma$ ) to meta 断面積

XS(6) : (n, 2n) to meta 断面積

FYFLAG : 常に-1.0

● 核分裂生成核種の断面積データ

NLIB, NUCID, (XS(i), i=1, 6), FYFLAG

NLIB : ライブラリ識別番号

NUCID : 核種識別番号

XS(1) : (n,  $\gamma$ ) to ground 断面積

XS(2) : (n, 2n) to ground 断面積

XS(3) : (n,  $\alpha$ ) 断面積

XS(4) : (n, p) 断面積

XS(5) : (n,  $\gamma$ ) to meta 断面積

XS(6) : (n, 2n) to meta 断面積

FYFLAG : 1.0 / -1.0 = 核分裂収率を次の行で与えている / 核分裂収率は与えられていない

FYFLAG=1.0 の場合、次行は以下の記述に従う。

NLIB, (FY(i), i=1, 8)

NLIB : ライブラリ識別番号

FY(1) : Th-232 の核分裂収率

FY(2) : U-233 の核分裂収率

FY(3) : U-235 の核分裂収率

FY(4) : U-238 の核分裂収率  
 FY(5) : Pu-239 の核分裂収率  
 FY(6) : Pu-241 の核分裂収率  
 FY(7) : Cm-245 の核分裂収率  
 FY(8) : Cf-249 の核分裂収率

(b) 崩壊ライブラリ

各核種の第 1 行 : NLB, NUCID, IU, THALF, FBX, FPEC, FPECX, FA, FIT

各核種の第 2 行 : NLB FSF FN OREC ABUND ARCG WRCG

NLIB : ライブラリ識別番号 : (=1: 放射化生成核種, =2: アクチノイド核種, =3: FP 核種)

NUCID : 核種識別番号

IU : 半減期の単位を示す整数値 (表 A.2-3 参照)

THALF : IU で与えられた時間単位の半減期

FBX : 比較的長い寿命の励起状態の娘核を生成する $\beta^-$ 崩壊に対する分岐比

FPEC :  $\beta^+$ 、および軌道電子捕獲に対する分岐比

FPECX :  $\beta^+$ 、および軌道電子捕獲により比較的長い寿命の励起状態の娘核種を生成するものに対する分岐比

FA :  $\alpha$ 崩壊に対する分岐比

FIT : 励起状態の核の同じ核の基底状態に遷移する分岐比

FN : ( $\beta$ +中性子) 放出に対する分岐比

OREC : 回収可能な平均放出エネルギー (MeV)

ABUND : 天然同位体存在比 (原子数%)

ARCG : 連続吸入による放射線濃度指針 (米国連邦規制基準)

WRCG : 連続摂取による放射線濃度指針 (米国連邦規制基準)

表 A.2-3 半減期の単位を示す整数値 (IU)

IU	Units
1	Seconds
2	Minutes
3	Hours
4	Days
5	Years
6	Stable
7	Thousand Years
8	Million Years
9	Billion Years

### A.3 Eu-156 の断面積データに関する検討

ORLIBJ40 の軽水炉用断面積ライブラリの作成において、Eu-156 については、JENDL-4.0 のデータを使用せず、JENDL-3.3 のものを採用した（本文 3.2 節参照）。以下では、その経緯と、JENDL-3.3 のデータを採用したことの妥当性を述べる。

JENDL-4.0 が 2010 年 5 月に公開された後、海外商用 PWR の使用済み燃料に対する照射後試験 A.3-1)、A.3-2) の解析を、連続エネルギーモンテカルロ法コード MVP を用いた燃焼計算コードである MVP-BURN と、JENDL-4.0 から作成した MVP 用断面積ライブラリ A.3-3) を用いて行った。以下にその概要と結果を述べる。

#### (1) 照射後試験使用済み燃料サンプルの概要と計算モデル

照射後試験は、電力中央研究所の主導の下、ヨーロッパ連合超ウラン元素研究所（ドイツ・カールスルーエ）にて行われたもので、15×15 型 PWR で照射された高燃焼度  $\text{UO}_2$  燃料サンプルと MOX 燃料サンプルに対して使用済み燃料組成のデータが取得されている。この試験は、他ではあまり得られていない FP 核種のデータが充実している点が特長である。ただし、照射場の詳しい情報は開示されていないため、公開されている情報と典型的な PWR の炉心設計から推測される情報を利用して、燃焼度が異なる 4 つの高燃焼度  $\text{UO}_2$  燃料サンプルのうち、測定された FP 核種が多く、燃焼度が最も大きい「サンプル A」(64.7GWd/t) に対して、照射後試験解析を行った。燃料集合体の形状やサンプル位置は不明なため、Sasahara 等の論文 A.3-1) で計算に使用された単一燃料棒格子モデルの幾何形状をそのまま採用した。

表 A.3-1 に計算に用いたパラメータを示す。これらは、同論文に基づくものであるが、明示されていない燃料ペレットの密度は、PWR 用 ORIGEN2 ライブラリの作成で仮定した値を使用した。U-235 濃縮度以外は不明なため、U-234 と U-236 の初期量はゼロとした。燃料棒ピッチは、典型的な PWR のそれよりやや大きいことから、案内管や水ギャップを考慮した実効的なピッチと推察される。そこで、サンプル位置での減速材組成は明記されていないが、減速材温度は与えられているため、炉内圧力を 15.5MPa と仮定して、蒸気表により減速材密度を推定した。

照射履歴は、サンプルを含む燃料棒に対して表 A.3-2 のように評価してあるが、これは燃料サンプルに対するものではない。そこで、表 A.3-2 の燃焼度と比出力から各サイクルの運転期間を算出するとともに、サンプル燃焼度が測定値 (64.7GWd/t) に一致するように、燃料棒平均の比出力に一定値 (1.075) を乗じて、サンプル位置での照射履歴とした。また、サイクル間の冷却期間は、冷却期間を含めたサイクル長がおよそ 1 年と仮定して 60 日とした。このようにして得られたサンプルの照射履歴を表 A.3-3 に示す。

以上の条件で MVP-BURN による燃焼計算を行った。燃焼チェーンには、JENDL-4.0 に基づく ChainJ40 (u4cm6fp119bp14T\_J40) A.3-4) を使用した。FP 核種の計算値(C)を実験値(E)と比較した結果 (C/E-1) を図 A.3-1 に示す。推定パラメータが多い計算ではあるが、Gd-158 の計算値は実験値の 2 倍以上であり、明らかに過大評価と言える。更に、国内の BWR9×9 ウラン燃料集合体の使用済み燃料サンプルに対して、原子力安全基盤機構 (JNES) と JAEA が行った SRAC と JENDL-4.0 を用いた照射後試験解析において、同様な Gd-158 の過大評価が報告されている A.3-5)。

検討の結果、Gd-158 生成量の過大評価の原因は、Eu-156 の熱エネルギー領域における中性子捕獲断面積が、JENDL-3.3 の値に比べて 100 倍近く大きく評価されているためと判明した。すなわち、Eu-156(n,γ)→Eu-157 (半減期 15h でβ<sup>-</sup>崩壊) →Gd-157(n,γ)→Gd-158 の経路で、Gd-158 の生成量が JENDL-3.3 を使った場合に比べ大きくなっている。また、上記の照射後試験では測定されていないが、可燃性毒物が無い燃料では Gd-157 の生成量も大きくなる。

このような経緯から、当面の間、JENDL-4.0 の Eu-156 のデータ使用を避け、JENDL-3.3 のデータで代用してきた。ORLIBJ40 の作成においても、Eu-156 については JENDL-3.3 のデータを使用した。

2012 年 11 月に、Eu-156 の断面積評価の見直しが終了し、アップデートファイル (JENDL-4.0u Ver.1) <sup>A.3-6)</sup>として、改訂されたデータが公開された。そこで、高燃焼度 UO<sub>2</sub> 燃料サンプルの照射後試験解析を、Eu-156 のみを JENDL-3.3 で置き換えた場合と、JENDL-4.0u で置き換えた場合について再度実施した。先に行った JENDL-4.0 のみによる計算を含め、3 ケースの結果を比較したものを図 A.3-2 に示す。同図に示されるように、JENDL-4.0u の導入により、Gd-158 生成量の過大評価は改善された。また、Eu-156 の断面積を JENDL-3.3 のもので置き換えた結果も良好である。

なお、軽水炉の燃料集合体の多く (BWR 燃料集合体は全数) には、可燃性毒物として Gd-157 が燃焼初期から含まれており、その集合体平均濃度は FP 由来の Gd 濃度に比べて格段に大きいため、JENDL-4.0 の Eu-156 の断面積を使用しても、原子炉の核特性や使用済み燃料中の Gd 濃度にそれほど大きな影響を与えるわけではない。

表 A.3-1 照射後試験解析に用いたパラメータ

燃料集合体タイプ	15×15型PWR
燃料	UO <sub>2</sub>
被覆管組成	ジルカロイ-4
照射サンプル	A
U-235濃縮度 (wt.%)	3.8
燃焼度 (GWd/t)	64.7
測定までの冷却期間 (day) U, Np, Pu	1206
測定までの冷却期間 (day) Am, Cm, FP	1234
ペレット半径 (cm)	0.4555
ペレット平均温度 (K)	900
ペレット密度 (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>※</sup>	10.096
被覆管内半径 (cm)	0.4555
被覆管外半径 (cm)	0.5375
被覆管温度 (K)	600
単一燃料棒格子モデルのピッチ (cm)	1.4984
サンプル位置減速材温度 (K)	591
減速材密度 (g/cm <sup>3</sup> ) <sup>※</sup>	0.68541
平均ボロン濃度 (ppm)	500

※推定値



表 A.3-2 サンプルを含む燃料棒の照射履歴（報告値）

サイクル	平均比出力 (MW/t)	燃焼度 (GWd/t)
1	37.9	11.3
2	48.2	14.9
3	40.6	12.3
4	35.8	11.3
5	32.8	10.4

表 A.3-3 サンプル A の燃焼計算に用いた照射履歴（推定値）

サイクル	サンプル比出力 (MW/t)	運転期間 (day)	サンプル燃焼度 (GWd/t)
1	40.73	298.15	12.145
2	51.80	309.13	16.014
3	43.63	302.96	13.219
4	38.48	315.64	12.145
5	35.25	317.07	11.177

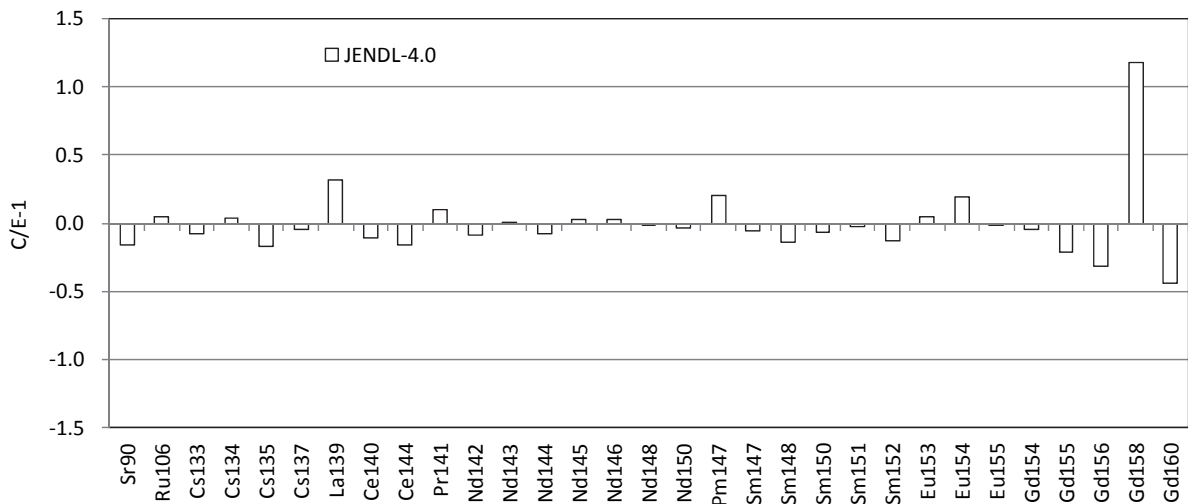


図 A.3-1 MVP-BURN と JENDL-4.0 による照射後試験解析の結果  
計算値(C)と実験値(E)との比較

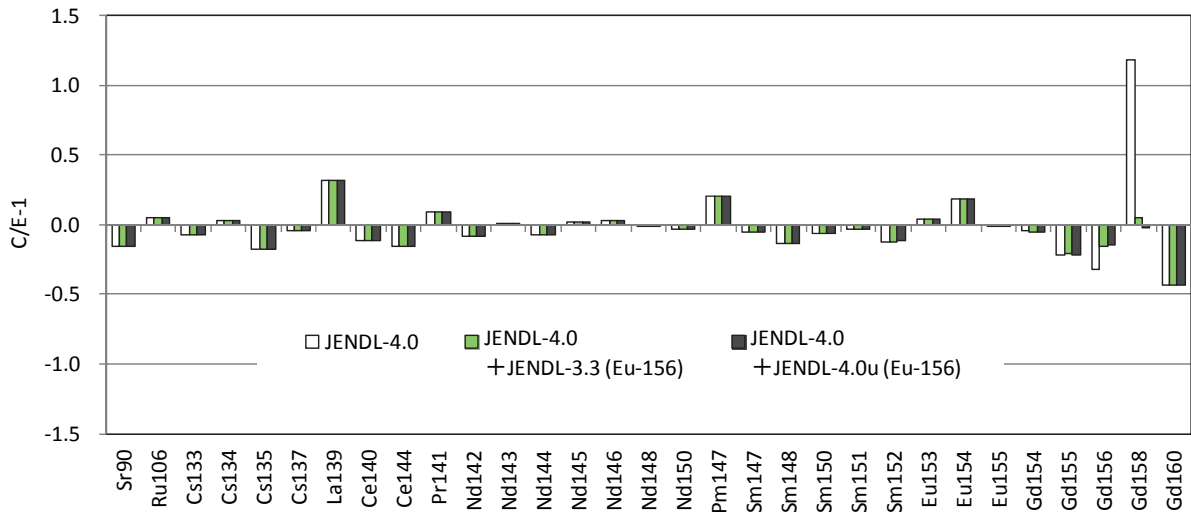


図 A.3-2 Eu-156 の断面積評価の違いによる照射後試験解析への影響  
計算値(C)と実験値(E)との比較

付録 A.3 の参考文献

- A.3-1) A. Sasahara, T. Matsumura, G. Nicolaou, Y. Kiyonagi, “Isotopic Analysis of Actinides and Fission Products in LWR High-Burnup UO<sub>2</sub> Spent Fuels and its Comparison with Nuclide Composition Calculated Using JENDL, ENDF/B, JEF and JEFF”, J. Nucl. Sci. Technol. 32[4], p.313 (2008).
- A.3-2) 笹原昭博, 松村哲夫, G. Nicolaou, “高燃焼度 UO<sub>2</sub> 燃料と MOX 燃料の照射後試験と解析コードの評価性能の検討”, T95012, 電力中央研究所 (1996).
- A.3-3) 奥村啓介, 長家康展, “JENDL-4.0 に基づく連続エネルギーモンテカルロコード MVP 用の中性子断面積ライブラリーの作成と ICSBEP ハンドブックの臨界性ベンチマーク解析への適用”, JAEA-Data/Code 2011-010, Japan Atomic Energy Agency (2011).
- A.3-4) 奥村啓介, 小嶋健介, 岡本力, “JENDL-4.0 に基づく燃焼チェーンデータ ChainJ40 の開発”, 日本原子力学会「2012 年春の年会」要旨集, 福井大学, E21 (2012).
- A.3-5) 鈴木求, 山本徹, 中島鐵雄, 深谷洋行, 上野隆, 内山軍蔵, “軽水炉燃焼燃料の核分裂生成核種組成測定試験と試験データ解析 [3] Sm、Eu、Gd、Pm 等 FP 同位体組成測定データの解析”, 日本原子力学会「2012 年春の年会」要旨集, 福井大学, E25 (2012).
- A.3-6) Nuclear Data Center, JAEA, “JENDL-4.0u JENDL-4.0 updated Files”, <http://wwwndc.jaea.go.jp/jendl/j40/update/> (accessed 2012-12-10).



