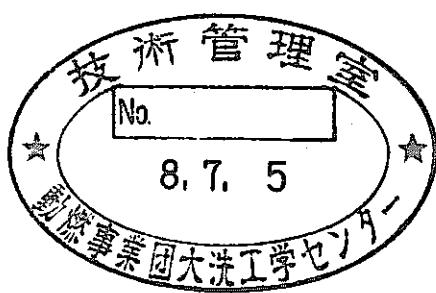


Pu高次化に伴うMK-III標準炉心 の炉心特性計算

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1996年3月



新型炉技術開発株式会社

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。については、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についてのお問い合わせは、下記に願います。

〒311-113 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

システム開発推進部・技術管理室

1996年 3月15日

P u 高次化に伴う MK - III 標準炉心の炉心特性計算

長田 博夫*, 池田一三**, 河北孝司**

要 旨

本作業では、P uが高次化した燃料をMK - III標準炉心に装荷したときの炉心特性を評価するため、MK - III標準炉心のP u等価フィッサイル係数を計算し、3種類のP u同位体組成比（燃焼度が60, 70, 80 GWd/t相当の軽水炉取出燃料のP u）について基準P u組成のMK - III新燃料と同等の反応度値を有する取替燃料のP u富化度を求めるとともに、この燃料を装荷したときの燃焼特性、出力特性等の計算を行った。

(1) P u等価フィッサイル係数の計算

^{239}Pu を1.0とし、MK - III標準炉心のP u等価フィッサイル係数を ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu および ^{241}Am について求めた。全炉心のP u等価フィッサイル係数は ^{235}U で約0.7, ^{241}Pu で約1.3であり、その他の核種についてもMK - II炉心のP u等価フィッサイル係数と同等であった。

(2) 核分裂性物質含有割合に対するサーベイ計算

燃焼度が60, 70, 80 GWd/t相当の軽水炉取出燃料のP uを取替燃料に用いた場合、外側燃料のP u富化度は、それぞれ約32%, 34%, 36%となった。

P uが高次化した燃料を装荷することで、燃焼反応度欠損は減少する。しかし、その変化量は最大0.02% $\Delta k/kk'$ （定格運転日数換算で0.8日）であり、非常に小さい。

高燃焼度の軽水炉取出燃料のP uを取替燃料に用いた場合、最大線出力は414W/cm以下、要素最高燃焼度は89,100MWd/t以下となる。また、出力分担率、出力ピーキング係数等の主な出力分布特性は、MK - III標準炉心の設計値と変わらない。

本報告書は、新型炉技術開発株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：07C5106

事業団担当部課室および担当者：実験炉部技術課 長沖 吉弘

*新型炉技術開発株式会社, **三菱重工業株式会社

15 March , 1996

Nuclear and thermal analysis of MK- III core with high ^{240}Pu contented fuel

Hiroo Osada * , Kazumi Ikeda ** , and Takashi Kawakita **

Abstract

In this investigation, Pu fissile coefficients (reactivity ratio of nuclide) of MK- III core were calculated and Pu enrichment of three kinds of Pu composition were adjusted so that their reactivity worth are as much as ones of the fuel of MK- III standard core and the characteristics of MK- III cores with these fuels were evaluated. The contents of this calculation are as follows.

(1) Calculation of Pu fissile coefficients

Normalizing coefficient of ^{239}Pu as 1.0, Pu fissile coefficients (reactivity ratio of nuclide) of MK- III core were calculated about ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu and ^{241}Am . The coefficients of ^{235}U and ^{241}Pu are 0.7 and 1.3.

(2) Survey of fissile enrichment

Using Pu produced from spent LWR fuel of 60,70 and 80 GWd/t, as fuel of MK-III core, their enrichments of outer core fuel are about 32%, 34% and 36%.

The higher ^{240}Pu fraction of Pu is, the smaller burnup reactivity is. Maximum of reduction of burnup reactivity is 0.02% $\Delta k/kk'$.

Using Pu produced from high burnup spent fuel, maximum linear heat rate is below 414 W/cm, maximum pin burnup is below 89,100 MWd/t. Power distribution and power peaking factor of these core are similar to ones of the MK- III standard core.

Work performed under the contract between Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation and Advanced Reactor Technology Co., Ltd.

PNC Liaison: Reactor Technology Section, Experimental Fast Reactor Division,
Yoshihiro Nagaoki

* Advanced Reactor Technology Co., Ltd. Engineering Department

** Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Advanced Reactors Engineering Department

目 次

要　旨	i
表リスト	iii
図リスト	iv
1. まえがき	1- 1
2. 等価フィッサイル係数の計算	2- 1
2.1 概要	2- 1
2.2 評価条件	2- 1
2.3 計算結果	2- 2
3. 核分裂性物質含有割合に対するサーベイ計算	3- 1
3.1 概　要	3- 1
3.2 評価条件	3- 1
3.3 計算結果	3- 2
3.4 検討	3- 4
4. まとめ	4- 1
5. 関連資料	5- 1
6. 謝辞	6- 1

表リスト

第2.2-1 表 エネルギー群構造及び核分裂スペクトル

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度

第2.3-1 表 Pu238 の密度係数

第2.3-2 表 Pu239 の密度係数

第2.3-3 表 Pu240 の密度係数

第2.3-4 表 Pu241 の密度係数

第2.3-5 表 Pu242 の密度係数

第2.3-6 表 U235の密度係数

第2.3-7 表 U236の密度係数

第2.3-8 表 U238の密度係数

第2.3-9 表 Am241 の密度係数

第2.3-10表 Pu等価フィッサイル係数(全炉心)

第2.3-11表 Pu等価フィッサイル係数(内側炉心)

第2.3-12表 Pu等価フィッサイル係数(外側炉心)

第3.3-1 表 Pu富化度の比較

第3.3-2 表 実効増倍率及び燃焼欠損反応度の比較

第3.3-3 表 取替燃料の原子数密度

第3.3-4 表 各列の最大集合体出力値の比較

第3.3-5 表 各列の最大線出力値の比較

第3.3-6 表 集合体最高燃焼度の比較

第3.3-7 表 要素最高燃焼度の比較

第3.3-8 表 出力分担率の比較

第3.3-9 表 出力ピーピング係数の比較

第3.3-10表 各列の最大中性子束の比較 (平衡炉心初期)

図リスト

- 第2.2-1 図 18群及び7群ミクロ定数の作成フロー
- 第2.2-2 図 Pu等価フィッサイル係数の計算フロー
- 第2.2-3 図 1次元径方向縮約計算体系図
- 第2.2-4 図 1次元軸方向縮約計算体系図
- 第2.2-5 図 2次元RZ計算の計算体系
- 第2.3-1 図 MK-III標準炉心の等価フィッサイル係数（内側炉心）
- 第2.3-2 図 MK-III標準炉心の等価フィッサイル係数（外側炉心）
- 第3.2-1 図 燃焼計算
- 第3.2-2 図 Pu同位体組成比（基準組成）
- 第3.2-3 図 Pu同位体組成比（取出燃焼度 60 GWd/t）
- 第3.2-4 図 Pu同位体組成比（取出燃焼度 70 GWd/t）
- 第3.2-5 図 Pu同位体組成比（取出燃焼度 80 GWd/t）
- 第3.2-6 図 定格時の温度分布
- 第3.2-7 図 燃焼チェイン
- 第3.4-1 図 核分裂性Pu割合とPu富化度の関係
- 第3.4-2 図 実効増倍率と最大線出力

1. まえがき

炉心燃料のPuが高次化した燃料をMK-III標準炉心に装荷したときの炉心特性を評価するため、MK-III標準炉心のPu等価フィッサイル係数を計算し、3種類のPu同位体組成比について基準Pu組成⁽¹⁾のMK-III新燃料と同等の反応度値を有する取替燃料のPu富化度を求めるとともに、この燃料を装荷したときの燃焼特性、出力特性等の計算を行った。

2. 等価フィッサイル係数の計算

2.1 概要

MK-III標準平衡炉心における等価フィッサイル係数（反応度保存方式）を以下の条件で計算した。ただし、等価フィッサイル係数は、 ^{239}Pu を1.0とし、 ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu および ^{241}Am （動燃御指定）について求めた。

2.2 評価条件

2.2.1 計算手順

第2.2-1図に縮約定数の作成手順及び第2.2-2図に等価フィッサイル係数の計算手順を示す。

2.2.2 入力データ

(1) 炉定数

炉定数は、70群定数ライブラリーJFS-3-J2(89)を用いた。第2.2-1表にエネルギー群構造と核分裂スペクトルを示す。18群は、70群を次のように縮約した。

1, 2 / 3, 4 / 5, 6 / 7, 8 / 9, 10 / 11, 12, 13 / 14, 15, 16 / 17, 18, 19 / 20, 21,
22 / 23, 24, 25 / 26, 27, 28 / 29, 30, 31 / 32, 33, 34 / 35, 36, 37 / 38, 39, 40 / 41,
42, 43 / 44, 45, 46 / 47~70

このライブラリーの妥当性は、MK-II性能試験の解析結果から確認されている。

なお、核分裂スペクトルには ^{239}Pu のものを用いた。

(2) 標準平衡炉心の組成

第2.2-2表に示す標準平衡炉心初期の組成（動燃御指示値）を用いた⁽¹⁾。

(3) 縮約定数の作成

JFS-3-J2(89)をODDBURN(ODDに等価)により処理して70群の縮約群定数を作成した。さらに、70群中性子スペクトルを荷重として70群から18群への縮約を行った。70群への縮約には径方向1次元拡散計算、軸方向1次元拡散計算から求めた中性子スペクトルを用いた。計算体系を第2.2-3図～第2.2-4図に示す。

(4) 各核種の密度係数の計算

標準平衡炉心の各核種の密度係数を摂動計算コードシステム(HANYO-DIF2DH, PERT-DFBR)により1次近似摂動法により求めた。

計算体系 2次元RZ体系……第2.2-5図
 エネルギー群 18群
 制御棒 全引抜き状態
 燃焼時期 平衡炉心初期

各核種の密度係数は、次式で定義される。

$$K = \frac{(\Delta k / k k')}{(\Delta \rho / \rho)}$$

$\Delta k / k k'$: 反応度変化

$\Delta \rho / \rho$: 各核種の原子数密度の変化割合

2.3 計算結果

等価フィッサイル係数は、核種毎の密度係数より物質反応度値を求め、 ^{239}Pu を1.0としたときの相対値とした。各核種の密度係数分布を第2.3-1表から第2.3-9表に示す。また、これより求めた領域毎の等価フィッサイル係数を、第2.3-10表から第2.3-12表および第2.3-1図から第2.3-2図に示す。ただし、反応度値の計算は、特殊燃料の領域を含む燃料領域について行った。

主な計算結果を以下に示す。

- (1) 全炉心の等価フィッサイル係数について、MK-III標準炉心とMK-IIJ2炉心*を比較した。等価フィッサイル係数がMK-II炉心より大きくなったもの（正の反応度側）は核分裂性物質（ ^{235}U , ^{239}Pu , ^{241}Pu ）であり、小さくなったものは親物質（ ^{238}U , ^{240}Pu , ^{242}Pu ）であった。しかし、その差は非常に小さかった。
- (2) MK-III標準炉心の内側炉心と外側炉心の等価フィッサイル係数は、同程度であった。
- (3) ^{241}Pu の等価フィッサイル係数は、内側炉心では1.29、外側炉心では1.30であった。また、 ^{235}U の等価フィッサイル係数は、内側炉心では0.66、外側炉心では0.68であった。

* MK-IIJ2平衡炉心について、炉定数JFS-IIを用い、今回と同一の手法により計算した値

第2.2.1表 エネルギー群構造及び核分裂スペクトル(1/2)

エネルギー範囲	70群		7群	
	群番号	核分裂スペクトル*	群番号	核分裂スペクトル*
10.0 (MeV) ~ 7.7880 (MeV)	1	8.32536×10^{-3}	1	5.83321×10^{-1}
7.7880 ~ 6.0653	2	2.26610×10^{-2}		
6.0653 ~ 4.7237	3	4.57986×10^{-2}		
4.7237 ~ 3.6788	4	7.32197×10^{-2}		
3.6788 ~ 2.8650	5	9.73698×10^{-2}		
2.8650 ~ 2.2313	6	1.12073×10^{-1}		
2.2313 ~ 1.7377	7	1.15202×10^{-1}		
1.7377 ~ 1.3534	8	1.08394×10^{-1}		
1.3534 ~ 1.0540	9	9.51769×10^{-2}		
1.0540 ~ 0.82085	10	7.91807×10^{-2}		
0.82085 ~ 0.63928	11	6.31562×10^{-2}		
0.63928 ~ 0.49787	12	4.87468×10^{-2}		
0.49787 ~ 0.38774	13	3.66733×10^{-2}		
0.38774 ~ 0.30197	14	2.70447×10^{-2}	3	8.27080×10^{-2}
0.30197 ~ 0.23518	15	1.96360×10^{-2}		
0.23518 ~ 0.18316	16	1.40851×10^{-2}		
0.18316 ~ 0.14264	17	1.00083×10^{-2}		
0.14264 ~ 0.11109	18	7.05936×10^{-3}		
0.11109 ~ 0.086517	19	4.95084×10^{-3}		
86.517 (keV) ~ 67.379 (keV)	20	3.45662×10^{-3}	4	1.08480×10^{-2}
67.379 ~ 52.475	21	2.40499×10^{-3}		
52.475 ~ 40.868	22	1.66878×10^{-3}		
40.868 ~ 31.828	23	1.15549×10^{-3}		
31.828 ~ 24.788	24	7.98769×10^{-4}		
24.788 ~ 19.305	25	5.51467×10^{-4}		
19.305 ~ 15.034	26	3.80351×10^{-4}		
15.034 ~ 11.709	27	2.62127×10^{-4}		
11.709 ~ 9.1188	28	1.80541×10^{-4}		
9.1188 ~ 7.1017	29	1.24290×10^{-4}		
7.1017 ~ 5.5308	30	8.55336×10^{-5}	5	3.83306×10^{-4}
5.5308 ~ 4.3074	31	5.88455×10^{-5}		
4.3074 ~ 3.3546	32	4.04756×10^{-5}		
3.3546 ~ 2.6126	33	2.78354×10^{-5}		
2.6126 ~ 2.0347	34	1.91401×10^{-5}		
2.0347 ~ 1.5846	35	1.31597×10^{-5}		
1.5846 ~ 1.2341	36	9.04709×10^{-6}		
1.2341 ~ 0.96112	37	5.38145×10^{-6}		

*全群の合計が1.0となるように規格化

第2.2.1表 エネルギー群構造及び核分裂スペクトル(2/2)

エネルギー範囲	70群		7群	
	群番号	核分裂スペクトル*	群番号	核分裂スペクトル*
961.12 (eV) ~ 748.52 (eV)	38	0.0	6	0.0
748.52 ~ 582.95	39	0.0		
582.95 ~ 454.00	40	0.0		
454.00 ~ 353.58	41	0.0		
353.58 ~ 275.36	42	0.0		
275.36 ~ 214.45	43	0.0		
214.45 ~ 167.02	44	0.0		
167.02 ~ 130.07	45	0.0		
130.07 ~ 101.30	46	0.0		
101.30 ~ 78.893	47	0.0		
78.893 ~ 61.442	48	0.0		
61.442 ~ 47.851	49	0.0		
47.851 ~ 37.267	50	0.0		
37.267 ~ 29.023	51	0.0		
29.023 ~ 22.603	52	0.0		
22.603 ~ 17.603	53	0.0		
17.603 ~ 13.710	54	0.0		
13.710 ~ 10.677	55	0.0		
10.677 ~ 8.3153	56	0.0	7	0.0
8.3153 ~ 6.4760	57	0.0		
6.4760 ~ 5.0435	58	0.0		
5.0435 ~ 3.9279	59	0.0		
3.9279 ~ 3.0590	60	0.0		
3.0590 ~ 2.3824	61	0.0		
2.3824 ~ 1.8554	62	0.0		
1.8554 ~ 1.4450	63	0.0		
1.4450 ~ 1.1254	64	0.0		
1.1254 ~ 0.87642	65	0.0		
0.87642 ~ 0.68256	66	0.0		
0.68256 ~ 0.53158	67	0.0		
0.53158 ~ 0.41399	68	0.0		
0.41399 ~ 0.32242	69	0.0		
0.32242 ~ 10 ⁻⁵	70	0.0		

*全群の合計が1.0となるように規格化

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(1/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)							
COMP	1	2	3	4	5	6	7
NAME	REG 1	REG 2	REG 3	REG 4	REG 5	REG 6	REG 7
COMMENT	B型特燃 0列(1/6)	B型特燃 0列(2/6)	B型特燃 0列(5/6)	B型特燃 0列(6/6)	内側燃料 1列(1/6)	内側燃料 1列(2/6)	内側燃料 1列(5/6)
ELEMENT							
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 10 O	6.301E-03	6.301E-03	6.301E-03	6.301E-03	1.663E-02	1.663E-02	1.663E-02
5 11 NA	9.757E-03	9.757E-03	9.757E-03	9.757E-03	8.248E-03	8.248E-03	8.248E-03
6 19 CR	4.422E-03	4.422E-03	4.422E-03	4.422E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03
7 20 FE	1.655E-02	1.655E-02	1.655E-02	1.655E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02
8 21 NI	5.117E-03	5.117E-03	5.117E-03	5.117E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03
9 2 MN	4.779E-04	4.779E-04	4.779E-04	4.779E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04
10 25 MO	3.795E-04	3.795E-04	3.795E-04	3.795E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04
11 30 PU238	9.164E-06	9.164E-06	9.164E-06	9.164E-06	1.928E-05	1.928E-05	1.928E-05
12 34 U235	4.137E-04	4.137E-04	4.137E-04	4.137E-04	1.079E-03	1.061E-03	1.061E-03
13 35 U236	0.0	0.0	0.0	0.0	2.093E-05	2.355E-05	2.356E-05
14 36 U238	1.861E-03	1.861E-03	1.861E-03	1.861E-03	5.243E-03	5.230E-03	5.230E-03
15 37 PU239	5.751E-04	5.751E-04	5.751E-04	5.751E-04	1.156E-03	1.143E-03	1.143E-03
16 38 PU240	2.182E-04	2.182E-04	2.182E-04	2.182E-04	4.604E-04	4.580E-04	4.579E-04
17 39 PU241	7.242E-05	7.242E-05	7.242E-05	7.242E-05	1.421E-04	1.400E-04	1.399E-04
18 40 PU242	3.607E-05	3.607E-05	3.607E-05	3.607E-05	7.603E-05	7.585E-05	7.585E-05
19 52 FP U235	0.0	0.0	0.0	0.0	8.017E-05	9.540E-05	9.554E-05
20 55 FP U238	0.0	0.0	0.0	0.0	1.420E-05	1.936E-05	1.936E-05
21 58 FP PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	9.628E-05	1.193E-04	1.195E-04
22 61 FP PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	1.489E-05	1.795E-05	1.798E-05
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(2/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)								
COMP	8	9	10	11	12	13	14	
NAME	REG 8	REG 9	REG 10	REG 11	REG 12	REG 13	REG 14	
COMMENT	内側燃料 1列(6/6)	内側燃料 2列(1/6)	内側燃料 2列(2/6)	内側燃料 2列(5/6)	内側燃料 2列(6/6)	内側燃料 3列(1/6)	内側燃料 3列(2/6)	
ELEMENT								
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4 10 O	1.663E-02	1.663E-02						
5 11 NA	8.248E-03	8.248E-03						
6 19 CR	3.179E-03	3.179E-03						
7 20 FE	1.190E-02	1.190E-02						
8 21 NI	3.679E-03	3.679E-03						
9 2 MN	3.436E-04	3.436E-04						
10 25 MO	2.728E-04	2.728E-04						
11 30 PU238	1.928E-05	1.928E-05						
12 34 U235	1.081E-03	1.063E-03	1.042E-03	1.042E-03	1.042E-03	1.066E-03	1.068E-03	1.050E-03
13 35 U236	2.010E-05	2.424E-05	2.715E-05	2.712E-05	2.304E-05	2.343E-05	2.583E-05	
14 36 U238	5.245E-03	5.232E-03	5.216E-03	5.216E-03	5.234E-03	5.236E-03	5.222E-03	
15 37 PU239	1.156E-03	1.147E-03	1.132E-03	1.131E-03	1.148E-03	1.150E-03	1.136E-03	
16 38 PU240	4.596E-04	4.605E-04	4.574E-04	4.574E-04	4.593E-04	4.611E-04	4.580E-04	
17 39 PU241	1.419E-04	1.402E-04	1.378E-04	1.378E-04	1.401E-04	1.408E-04	1.385E-04	
18 40 PU242	7.599E-05	7.602E-05	7.580E-05	7.580E-05	7.596E-05	7.606E-05	7.584E-05	
19 52 FP U235	7.876E-05	9.331E-05	1.107E-04	1.107E-04	9.099E-05	8.892E-05	1.045E-04	
20 55 FP U238	1.417E-05	1.684E-05	2.296E-05	2.294E-05	1.679E-05	1.550E-05	2.120E-05	
21 58 FP PU239	9.559E-05	1.129E-04	1.395E-04	1.397E-04	1.114E-04	1.065E-04	1.307E-04	
22 61 FP PU241	1.464E-05	1.738E-05	2.088E-05	2.089E-05	1.695E-05	1.652E-05	1.964E-05	
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(3/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)							
COMP	15	16	17	18	19	20	21
NAME	REG 15	REG 16	REG 17	REG 18	REG 19	REG 20	REG 21
COMMENT	内側燃料 3列(5/6)	内側燃料 3列(6/6)	外側燃料 3列(1/6)	外側燃料 3列(2/6)	外側燃料 3列(5/6)	外側燃料 3列(6/6)	外側燃料 4列(1/6)
ELEMENT							
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 10 O	1.663E-02	1.663E-02	1.667E-02	1.667E-02	1.667E-02	1.667E-02	1.667E-02
5 11 NA	8.248E-03						
6 19 CR	3.179E-03						
7 20 FE	1.190E-02						
8 21 NI	3.679E-03						
9 2 MN	3.436E-04						
10 25 MO	2.728E-04						
11 30 PU238	1.928E-05	1.928E-05	2.425E-05	2.425E-05	2.425E-05	2.425E-05	2.425E-05
12 34 U235	1.050E-03	1.073E-03	9.962E-04	9.802E-04	9.804E-04	1.001E-03	9.904E-04
13 35 U236	2.576E-05	2.182E-05	2.032E-05	2.247E-05	2.240E-05	1.893E-05	2.144E-05
14 36 U238	5.222E-03	5.239E-03	4.858E-03	4.846E-03	4.846E-03	4.861E-03	4.854E-03
15 37 PU239	1.136E-03	1.152E-03	1.434E-03	1.415E-03	1.415E-03	1.436E-03	1.428E-03
16 38 PU240	4.579E-04	4.596E-04	5.788E-04	5.752E-04	5.751E-04	5.773E-04	5.787E-04
17 39 PU241	1.385E-04	1.407E-04	1.775E-04	1.748E-04	1.748E-04	1.774E-04	1.762E-04
18 40 PU242	7.584E-05	7.598E-05	9.560E-05	9.533E-05	9.533E-05	9.550E-05	9.557E-05
19 52 FP U235	1.043E-04	8.561E-05	7.763E-05	9.141E-05	9.125E-05	7.465E-05	8.226E-05
20 55 FP U238	2.117E-05	1.546E-05	1.396E-05	1.907E-05	1.902E-05	1.388E-05	1.517E-05
21 58 FP PU239	1.307E-04	1.041E-04	1.256E-04	1.543E-04	1.541E-04	1.226E-04	1.336E-04
22 61 FP PU241	1.962E-05	1.590E-05	1.953E-05	2.330E-05	2.326E-05	1.880E-05	2.067E-05
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(4/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)								
COMP	22	23	24	25	26	27	28	
NAME	REG 22	REG 23	REG 24	REG 25	REG 26	REG 27	REG 28	
COMMENT	外側燃料 4列(2/6)	外側燃料 4列(5/6)	外側燃料 4列(6/6)	外側燃料 5列(1/6)	外側燃料 5列(2/6)	外側燃料 5列(5/6)	外側燃料 5列(6/6)	
ELEMENT								
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4 10 O	1.667E-02	1.667E-02						
5 11 NA	8.248E-03	8.248E-03						
6 19 CR	3.179E-03	3.179E-03						
7 20 FE	1.190E-02	1.190E-02						
8 21 NI	3.679E-03	3.679E-03						
9 2 MN	3.436E-04	3.436E-04						
10 25 MO	2.728E-04	2.728E-04						
11 30 PU238	2.425E-05	2.425E-05	2.425E-05	2.424E-05	2.424E-05	2.424E-05	2.424E-05	2.424E-05
12 34 U235	9.737E-04	9.740E-04	9.950E-04	9.869E-04	9.727E-04	9.734E-04	9.928E-04	
13 35 U236	2.372E-05	2.362E-05	2.007E-05	2.347E-05	2.535E-05	2.517E-05	2.174E-05	
14 36 U238	4.841E-03	4.841E-03	4.857E-03	4.853E-03	4.842E-03	4.842E-03	4.857E-03	
15 37 PU239	1.408E-03	1.409E-03	1.431E-03	1.429E-03	1.412E-03	1.413E-03	1.433E-03	
16 38 PU240	5.749E-04	5.748E-04	5.772E-04	5.832E-04	5.799E-04	5.798E-04	5.815E-04	
17 39 PU241	1.734E-04	1.734E-04	1.761E-04	1.765E-04	1.741E-04	1.741E-04	1.765E-04	
18 40 PU242	9.528E-05	9.528E-05	9.549E-05	9.586E-05	9.562E-05	9.562E-05	9.576E-05	
19 52 FP U235	9.665E-05	9.638E-05	7.909E-05	8.368E-05	9.593E-05	9.542E-05	7.952E-05	
20 55 FP U238	2.061E-05	2.054E-05	1.499E-05	1.275E-05	1.718E-05	1.709E-05	1.250E-05	
21 58 FP PU239	1.637E-04	1.633E-04	1.301E-04	1.300E-04	1.553E-04	1.546E-04	1.250E-04	
22 61 FP PU241	2.463E-05	2.456E-05	1.990E-05	2.079E-05	2.414E-05	2.401E-05	1.975E-05	
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(5/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)

COMP	29	30	31	32	33	34	35
NAME	REG 29	REG 30	REG 31	REG 32	REG 33	REG 34	REG 35
ELEMENT	COMMENT B 型特燃 0 列(3/6)	B 型特燃 0 列(4/6)	内側燃料 1 列(3/6)	内側燃料 1 列(4/6)	C 型特燃 1 列(3/6)	C 型特燃 1 列(4/6)	内側燃料 2 列(3/6)
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 10 O	6.301E-03	6.301E-03	1.663E-02	1.663E-02	1.090E-02	1.090E-02	1.663E-02
5 11 NA	9.757E-03	9.757E-03	8.248E-03	8.248E-03	1.075E-02	1.075E-02	8.248E-03
6 19 CR	4.422E-03	4.422E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.586E-03	3.586E-03	3.179E-03
7 20 FE	1.655E-02	1.655E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.342E-02	1.342E-02	1.190E-02
8 21 NI	5.117E-03	5.117E-03	3.679E-03	3.679E-03	4.150E-03	4.150E-03	3.679E-03
9 2 MN	4.779E-04	4.779E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.876E-04	3.876E-04	3.436E-04
10 25 MO	3.795E-04	3.795E-04	2.728E-04	2.728E-04	3.077E-04	3.077E-04	2.728E-04
11 30 PU238	9.164E-06	9.164E-06	1.928E-05	1.928E-05	1.586E-05	1.586E-05	1.928E-05
12 34 U235	4.137E-04	4.137E-04	1.056E-03	1.056E-03	7.157E-04	7.157E-04	1.036E-03
13 35 U236	0.0	0.0	2.446E-05	2.447E-05	0.0	0.0	2.817E-05
14 36 U238	1.861E-03	1.861E-03	5.226E-03	5.226E-03	3.219E-03	3.219E-03	5.212E-03
15 37 PU239	5.751E-04	5.751E-04	1.139E-03	1.139E-03	9.951E-04	9.951E-04	1.128E-03
16 38 PU240	2.182E-04	2.182E-04	4.577E-04	4.577E-04	3.775E-04	3.775E-04	4.571E-04
17 39 PU241	7.242E-05	7.242E-05	1.395E-04	1.395E-04	1.253E-04	1.253E-04	1.373E-04
18 40 PU242	3.607E-05	3.607E-05	7.583E-05	7.583E-05	6.240E-05	6.240E-05	7.577E-05
19 52 FP U235	0.0	0.0	9.958E-05	9.962E-05	0.0	0.0	1.154E-04
20 55 FP U238	0.0	0.0	2.044E-05	2.044E-05	0.0	0.0	2.422E-05
21 58 FP PU239	0.0	0.0	1.251E-04	1.251E-04	0.0	0.0	1.462E-04
22 61 FP PU241	0.0	0.0	1.877E-05	1.878E-05	0.0	0.0	2.183E-05
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(6/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)								
COMP	36	37	38	39	40	41	42	
NAME	REG 36	REG 37	REG 38	REG 39	REG 40	REG 41	REG 42	
COMMENT	内側燃料 2列(4/6)	内側燃料 3列(3/6)	内側燃料 3列(4/6)	外側燃料 3列(3/6)	外側燃料 3列(4/6)	外側燃料 4列(3/6)	外側燃料 4列(4/6)	
ELEMENT								
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4 10 O	1.663E-02	1.663E-02	1.663E-02	1.667E-02	1.667E-02	1.667E-02	1.667E-02	
5 11 NA	8.248E-03							
6 19 CR	3.179E-03							
7 20 FE	1.190E-02							
8 21 NI	3.679E-03							
9 2 MN	3.436E-04							
10 25 MO	2.728E-04							
11 30 PU238	1.928E-05	1.928E-05	1.928E-05	2.425E-05	2.425E-05	2.425E-05	2.425E-05	
12 34 U235	1.036E-03	1.044E-03	1.044E-03	9.755E-04	9.755E-04	9.688E-04	9.688E-04	
13 35 U236	2.817E-05	2.677E-05	2.676E-05	2.330E-05	2.329E-05	2.457E-05	2.456E-05	
14 36 U238	5.212E-03	5.218E-03	5.218E-03	4.842E-03	4.842E-03	4.837E-03	4.837E-03	
15 37 PU239	1.128E-03	1.133E-03	1.133E-03	1.410E-03	1.410E-03	1.403E-03	1.403E-03	
16 38 PU240	4.571E-04	4.576E-04	4.576E-04	5.748E-04	5.748E-04	5.744E-04	5.744E-04	
17 39 PU241	1.373E-04	1.381E-04	1.380E-04	1.742E-04	1.742E-04	1.728E-04	1.728E-04	
18 40 PU242	7.577E-05	7.582E-05	7.582E-05	9.530E-05	9.530E-05	9.525E-05	9.525E-05	
19 52 FP U235	1.155E-04	1.089E-04	1.088E-04	9.525E-05	9.524E-05	1.006E-04	1.006E-04	
20 55 FP U238	2.421E-05	2.237E-05	2.236E-05	2.010E-05	2.009E-05	2.169E-05	2.168E-05	
21 58 FP PU239	1.463E-04	1.369E-04	1.369E-04	1.615E-04	1.614E-04	1.711E-04	1.711E-04	
22 61 FP PU241	2.184E-05	2.051E-05	2.051E-05	2.433E-05	2.433E-05	2.570E-05	2.569E-05	
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(7/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)

COMP	43	44	45	46	47	48	49
NAME	REG 43	REG 44	REG 45	REG 46	REG 47	REG 48	REG 49
COMMENT	外側燃料 5列(3/6)	外側燃料 5列(4/6)	インシュレータ 0列下	インシュレータ 0列上	インシュレータ 1列下	インシュレータ 1列上	インシュレータ 1列下
ELEMENT							
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 10 O	1.667E-02	1.667E-02	1.642E-02	1.640E-02	1.642E-02	1.640E-02	1.642E-02
5 11 NA	8.248E-03	8.248E-03	8.481E-03	8.013E-03	8.481E-03	8.013E-03	8.481E-03
6 19 CR	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03
7 20 FE	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02
8 21 NI	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03
9 2 MN	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04
10 25 MO	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04
11 30 PU238	2.424E-05	2.424E-05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 34 U235	9.682E-04	9.683E-04	1.167E-05	1.248E-05	1.165E-05	1.246E-05	1.167E-05
13 35 U236	2.617E-05	2.614E-05	1.151E-06	8.662E-07	1.155E-06	8.711E-07	1.151E-06
14 36 U238	4.839E-03	4.839E-03	7.981E-03	8.007E-03	7.980E-03	8.006E-03	7.981E-03
15 37 PU239	1.408E-03	1.408E-03	2.412E-04	2.143E-04	2.421E-04	2.155E-04	2.412E-04
16 38 PU240	5.796E-04	5.796E-04	1.117E-05	5.911E-06	1.128E-05	5.999E-06	1.117E-05
17 39 PU241	1.736E-04	1.736E-04	3.683E-07	1.132E-07	3.741E-07	1.158E-07	3.683E-07
18 40 PU242	9.560E-05	9.560E-05	6.971E-09	1.583E-09	7.110E-09	1.628E-09	6.971E-09
19 52 FP U235	9.955E-05	9.947E-05	3.804E-06	3.275E-06	3.818E-06	3.291E-06	3.804E-06
20 55 FP U238	1.806E-05	1.804E-05	5.240E-05	5.262E-05	5.248E-05	5.270E-05	5.240E-05
21 58 FP PU239	1.619E-04	1.618E-04	3.413E-05	2.585E-05	3.441E-05	2.612E-05	3.413E-05
22 61 FP PU241	2.511E-05	2.509E-05	3.459E-08	8.782E-09	3.525E-08	9.014E-09	3.459E-08
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(8/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)

COMP	50	51	52	53	54	55	56
NAME	REG 50	REG 51	REG 52	REG 53	REG 54	REG 55	REG 56
COMMENT	インシレータ 1列上	インシレータ 1列下	インシレータ 1列上	インシレータ 2列下	インシレータ 2列上	インシレータ 3列下	インシレータ 3列上
ELEMENT							
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 10 O	1.640E-02	1.642E-02	1.640E-02	1.642E-02	1.640E-02	1.642E-02	1.640E-02
5 11 NA	8.013E-03	8.481E-03	8.013E-03	8.481E-03	8.013E-03	8.481E-03	8.013E-03
6 19 CR	3.179E-03						
7 20 FE	1.190E-02						
8 21 NI	3.679E-03						
9 2 MN	3.436E-04						
10 25 MO	2.728E-04						
11 30 PU238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 34 U235	1.248E-05	1.169E-05	1.250E-05	1.174E-05	1.257E-05	1.178E-05	1.266E-05
13 35 U236	8.662E-07	1.146E-06	8.611E-07	1.136E-06	8.449E-07	1.132E-06	8.280E-07
14 36 U238	8.007E-03	7.983E-03	8.009E-03	7.987E-03	8.015E-03	7.992E-03	8.021E-03
15 37 PU239	2.143E-04	2.403E-04	2.132E-04	2.377E-04	2.094E-04	2.353E-04	2.054E-04
16 38 PU240	5.911E-06	1.107E-05	5.823E-06	1.084E-05	5.560E-06	1.082E-05	5.306E-06
17 39 PU241	1.132E-07	3.628E-07	1.106E-07	3.519E-07	1.029E-07	3.561E-07	9.582E-08
18 40 PU242	1.583E-09	6.837E-09	1.538E-09	6.542E-09	1.405E-09	6.525E-09	1.284E-09
19 52 FP U235	3.275E-06	3.789E-06	3.258E-06	3.748E-06	3.200E-06	3.715E-06	3.138E-06
20 55 FP U238	5.262E-05	5.226E-05	5.246E-05	5.149E-05	5.167E-05	5.029E-05	5.061E-05
21 58 FP PU239	2.585E-05	3.384E-05	2.557E-05	3.301E-05	2.462E-05	3.235E-05	2.360E-05
22 61 FP PU241	8.782E-09	3.394E-08	8.550E-09	3.242E-08	7.839E-09	3.202E-08	7.177E-09
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(9/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)

COMP	57	58	59	60	61	62	63
NAME	REG 57	REG 58	REG 59	REG 60	REG 61	REG 62	REG 63
ELEMENT	COMMENT 3列下	インシュレータ 3列上	インシュレータ 4列下	インシュレータ 4列上	インシュレータ 5列下	インシュレータ 5列上	内側反射 下部
1 6	B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 7	B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 8	C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 10	O	1.642E-02	1.640E-02	1.642E-02	1.640E-02	1.642E-02	1.640E-02
5 11	NA	8.481E-03	8.013E-03	8.481E-03	8.013E-03	8.481E-03	8.013E-03
6 19	CR	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03	3.179E-03
7 20	FE	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02	1.190E-02
8 21	NI	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03	3.679E-03
9 2	MN	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04	3.436E-04
10 25	MO	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04	2.728E-04
11 30	PU238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 34	U235	1.185E-05	1.272E-05	1.204E-05	1.287E-05	1.224E-05	1.307E-05
13 35	U236	1.115E-06	8.156E-07	1.074E-06	7.867E-07	1.042E-06	7.590E-07
14 36	U238	7.997E-03	8.026E-03	8.012E-03	8.039E-03	8.030E-03	8.057E-03
15 37	PU239	2.320E-04	2.021E-04	2.234E-04	1.942E-04	2.134E-04	1.846E-04
16 38	PU240	1.045E-05	5.139E-06	9.592E-06	4.798E-06	9.091E-06	4.585E-06
17 39	PU241	3.367E-07	9.153E-08	2.947E-07	8.308E-08	2.774E-07	7.885E-08
18 40	PU242	6.072E-09	1.208E-09	5.122E-09	1.054E-09	4.610E-09	9.487E-10
19 52	FP U235	3.660E-06	3.088E-06	3.516E-06	2.962E-06	3.350E-06	2.795E-06
20 55	FP U238	4.967E-05	4.987E-05	4.745E-05	4.739E-05	4.207E-05	4.174E-05
21 58	FP PU239	3.130E-05	2.282E-05	2.867E-05	2.089E-05	2.575E-05	1.844E-05
22 61	FP PU241	2.984E-08	6.746E-09	2.518E-08	5.839E-09	2.212E-08	5.091E-09
23 27	W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.354E-04

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(10/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)								
COMP	64	65	66	67	68	69	70	
NAME	REG 64	REG 65	REG 66	REG 67	REG 68	REG 69	REG 70	
COMMENT	内側反射 上部	遮蔽体 下部	遮蔽体 放射用	内側反射 中央部	外側反射	遮蔽体 中央部	マトリクス	
ELEMENT								
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.077E-02	0.0	
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.337E-02	0.0	
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.354E-02	0.0	
4 10 O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5 11 NA	1.118E-02	6.026E-03	5.776E-03	5.926E-03	4.361E-03	5.926E-03	1.923E-02	
6 19 CR	6.877E-03	9.893E-03	1.946E-03	1.030E-02	1.132E-02	1.946E-03	2.176E-03	
7 20 FE	2.097E-02	4.020E-02	1.045E-02	2.926E-02	3.173E-02	1.045E-02	8.164E-03	
8 21 NI	1.421E-02	1.047E-02	1.271E-03	2.231E-02	2.471E-02	1.271E-03	1.360E-03	
9 2 MN	6.133E-04	1.020E-03	1.611E-04	9.375E-04	1.034E-03	1.611E-04	0.0	
10 25 MO	5.594E-04	7.913E-04	1.093E-04	8.687E-04	9.609E-04	1.093E-04	1.734E-04	
11 30 PU238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12 34 U235	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13 35 U236	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14 36 U238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15 37 PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16 38 PU240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
17 39 PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18 40 PU242	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19 52 FP U235	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20 55 FP U238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21 58 FP PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22 61 FP PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23 27 W	2.354E-04	8.972E-06	8.972E-06	3.646E-04	4.030E-04	8.972E-06	0.0	

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(11/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)								
COMP	71	72	73	74	75	76	77	
NAME	REG 71	REG 72	REG 73	REG 74	REG 75	REG 76	REG 77	
ELEMENT	COMMENT エントラス ノズル	下部 反射体(2)	下部 空間部	下部 反射体(1)	上部 反射体	ガスブレム	ハンドリング ヘッド	
1 6 B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 7 B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3 8 C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4 10 O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5 11 NA	2.181E-02	8.913E-03	1.905E-02	8.013E-03	8.013E-03	8.013E-03	1.822E-02	
6 19 CR	5.716E-04	8.477E-03	2.259E-03	8.045E-03	8.045E-03	3.609E-03	2.119E-03	
7 20 FE	2.140E-03	3.173E-02	8.455E-03	3.011E-02	3.011E-02	1.340E-02	7.933E-03	
8 21 NI	6.617E-04	9.812E-03	2.164E-03	9.312E-03	9.312E-03	3.887E-03	2.453E-03	
9 2 MN	4.906E-05	9.163E-04	2.441E-04	8.695E-04	8.695E-04	3.814E-04	2.291E-04	
10 25 MO	6.179E-05	7.275E-04	1.938E-04	6.904E-04	6.904E-04	3.058E-04	1.819E-04	
11 30 PU238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12 34 U235	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13 35 U236	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14 36 U238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15 37 PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16 38 PU240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
17 39 PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18 40 PU242	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19 52 FP U235	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20 55 FP U238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21 58 FP PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22 61 FP PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(12/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)							
COMP	78	79	80	81	82	83	84
NAME	REG 78	REG 79	REG 80	REG 81	REG 82	REG 83	REG 84
COMMENT	ハンドリング ヘッド	C/R 3列 引抜部	C/R 3列 アダプター部	C/R 3列 吸収体部	C/R 3列 上部	C/R 5列 引抜部	C/R 5列 アダプター部
ELEMENT							
1 6	B10	0.0	0.0	0.0	2.240E-02	0.0	0.0
2 7	B11	0.0	0.0	0.0	2.489E-03	0.0	0.0
3 8	C	0.0	0.0	0.0	6.199E-03	0.0	0.0
4 10	O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5 11	NA	1.848E-02	2.103E-02	1.612E-02	1.288E-02	1.778E-02	2.103E-02
6 19	CR	2.119E-03	1.097E-03	4.168E-03	2.486E-03	2.998E-03	1.097E-03
7 20	FE	7.933E-03	4.196E-03	1.595E-02	9.511E-03	1.147E-02	4.196E-03
8 21	NI	2.453E-03	8.499E-04	3.230E-03	1.926E-03	2.323E-03	8.499E-04
9 2	MN	2.291E-04	1.135E-04	4.315E-04	2.574E-04	3.104E-04	1.135E-04
10 25	MO	1.819E-04	9.285E-05	3.528E-04	2.105E-04	2.538E-04	9.285E-05
11 30	PU238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12 34	U235	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13 35	U236	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14 36	U238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15 37	PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16 38	PU240	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17 39	PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18 40	PU242	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19 52	FP U235	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20 55	FP U238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21 58	FP PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22 61	FP PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23 27	W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.2-2 表 標準平衡炉心の原子数密度(13/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)								
COMP	85	86	87	88	89	90	91	
NAME	REG 85	REG 86	REG 87	REG 88	REG 89	REG 90	REG 91	
COMMENT	C/R 5列 吸収体部	C/R 5列 上部	C型特燃 1列(1/6)	C型特燃 1列(2/6)	C型特燃 1列(5/6)	C型特燃 1列(5/6)	CMIR& B型 3列(1/6)	
ELEMENT								
1 6 B10	2.240E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2 7 B11	2.489E-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3 8 C	6.199E-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4 10 O	0.0	0.0	1.090E-02	1.090E-02	1.090E-02	1.090E-02	3.150E-03	
5 11 NA	1.288E-02	1.778E-02	1.075E-02	1.075E-02	1.075E-02	1.075E-02	9.588E-03	
6 19 CR	2.486E-03	2.998E-03	3.586E-03	3.586E-03	3.586E-03	3.586E-03	4.163E-03	
7 20 FE	9.511E-03	1.147E-02	1.342E-02	1.342E-02	1.342E-02	1.342E-02	1.558E-02	
8 21 NI	1.926E-03	2.323E-03	4.150E-03	4.150E-03	4.150E-03	4.150E-03	4.818E-03	
9 2 MN	2.574E-04	3.104E-04	3.876E-04	3.876E-04	3.876E-04	3.876E-04	4.499E-04	
10 25 MO	2.105E-04	2.538E-04	3.077E-04	3.077E-04	3.077E-04	3.077E-04	3.572E-04	
11 30 PU238	0.0	0.0	1.586E-05	1.586E-05	1.586E-05	1.586E-05	4.582E-06	
12 34 U235	0.0	0.0	7.157E-04	7.157E-04	7.157E-04	7.157E-04	2.068E-04	
13 35 U236	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14 36 U238	0.0	0.0	3.219E-03	3.219E-03	3.219E-03	3.219E-03	9.303E-04	
15 37 PU239	0.0	0.0	9.951E-04	9.951E-04	9.951E-04	9.951E-04	2.876E-04	
16 38 PU240	0.0	0.0	3.775E-04	3.775E-04	3.775E-04	3.775E-04	1.091E-04	
17 39 PU241	0.0	0.0	1.253E-04	1.253E-04	1.253E-04	1.253E-04	3.621E-05	
18 40 PU242	0.0	0.0	6.240E-05	6.240E-05	6.240E-05	6.240E-05	1.803E-05	
19 52 FP U235	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20 55 FP U238	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21 58 FP PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22 61 FP PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23 27 W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

第2.2-2 表・標準平衡炉心の原子数密度(14/14)

ATOMIC NUMBER DENSITIES (ATOMS PER BARN-CM)							
COMP	92	93	94	95	96	97	98
NAME	REG 92	REG 93	REG 94	REG 95	REG 96	REG 97	REG 98
COMMENT	CMIR& B型 3列(2/6)	CMIR& B型 3列(3/6)	CMIR& B型 3列(4/6)	CMIR& B型 3列(5/6)	CMIR& B型 3列(6/6)	CMIR& B型 インシレータ下	CMIR& B型 インシレータ上
ELEMENT							
1 6	B10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2 7	B11	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3 8	C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4 10	O	3.150E-03	3.150E-03	3.150E-03	3.150E-03	1.642E-02	1.640E-02
5 11	NA	9.588E-03	9.588E-03	9.588E-03	9.588E-03	8.481E-03	8.013E-03
6 19	CR	4.163E-03	4.163E-03	4.163E-03	4.163E-03	3.179E-03	3.179E-03
7 20	FE	1.558E-02	1.558E-02	1.558E-02	1.558E-02	1.190E-02	1.190E-02
8 21	NI	4.818E-03	4.818E-03	4.818E-03	4.818E-03	3.679E-03	3.679E-03
9 2	MN	4.499E-04	4.499E-04	4.499E-04	4.499E-04	3.436E-04	3.436E-04
10 25	MO	3.572E-04	3.572E-04	3.572E-04	3.572E-04	2.728E-04	2.728E-04
11 30	PU238	4.582E-06	4.582E-06	4.582E-06	4.582E-06	0.0	0.0
12 34	U235	2.068E-04	2.068E-04	2.068E-04	2.068E-04	1.167E-05	1.248E-05
13 35	U236	0.0	0.0	0.0	0.0	1.151E-06	8.662E-07
14 36	U238	9.303E-04	9.303E-04	9.303E-04	9.303E-04	7.981E-03	8.007E-03
15 37	PU239	2.876E-04	2.876E-04	2.876E-04	2.876E-04	2.412E-04	2.143E-04
16 38	PU240	1.091E-04	1.091E-04	1.091E-04	1.091E-04	1.117E-05	5.911E-06
17 39	PU241	3.621E-05	3.621E-05	3.621E-05	3.621E-05	3.683E-07	1.132E-07
18 40	PU242	1.803E-05	1.803E-05	1.803E-05	1.803E-05	6.971E-09	1.583E-09
19 52	FP U235	0.0	0.0	0.0	0.0	3.804E-06	3.275E-06
20 55	FP U238	0.0	0.0	0.0	0.0	5.240E-05	5.262E-05
21 58	FP PU239	0.0	0.0	0.0	0.0	3.413E-05	2.585E-05
22 61	FP PU241	0.0	0.0	0.0	0.0	3.459E-08	8.782E-09
23 27	W	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.3-1表 Pu238 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho / \rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00
炉心	94.2~106.9 (cm)	5.033E-06	3.056E-05	2.555E-05	1.104E-04	3.583E-05	7.199E-05	1.744E-04
	106.9~116.4	5.807E-06	3.607E-05	2.987E-05	1.304E-04	4.211E-05	8.523E-05	2.070E-04
	116.4~119.5	2.116E-06	1.320E-05	1.091E-05	4.773E-05	1.541E-05	3.122E-05	7.581E-05
	119.5~122.7	2.116E-06	1.320E-05	1.091E-05	4.774E-05	1.541E-05	3.124E-05	7.589E-05
	122.7~132.2	5.798E-06	3.604E-05	2.984E-05	1.304E-04	4.215E-05	8.545E-05	2.080E-04
	132.2~144.9	4.951E-06	3.008E-05	2.515E-05	1.088E-04	3.528E-05	7.121E-05	1.745E-04
下部インシュレータ	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00

INNER CORE = 1.079E-03
OUTER CORE = 1.904E-03

第2.3-2表 Pu239 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho / \rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	1.217E-05	3.400E-05	3.452E-05	1.171E-04	5.189E-05	5.786E-05	1.323E-04	9.270E-05
炉心	94.2~106.9 (cm)	5.379E-04	3.106E-03	2.703E-03	1.102E-02	3.619E-03	7.113E-03	1.693E-02
	106.9~116.4	6.135E-04	3.559E-03	3.119E-03	1.265E-02	4.148E-03	8.180E-03	1.948E-02
	116.4~119.5	2.239E-04	1.298E-03	1.140E-03	4.616E-03	1.514E-03	2.985E-03	7.108E-03
	119.5~122.7	2.238E-04	1.298E-03	1.140E-03	4.616E-03	1.514E-03	2.987E-03	7.116E-03
	122.7~132.2	6.127E-04	3.556E-03	3.116E-03	1.266E-02	4.156E-03	8.207E-03	1.959E-02
	132.2~144.9	5.358E-04	3.093E-03	2.692E-03	1.102E-02	3.643E-03	7.180E-03	1.723E-02
下部インシュレータ	1.416E-05	3.973E-05	4.026E-05	1.405E-04	6.383E-05	7.267E-05	1.688E-04	1.253E-04

INNER CORE = 1.078E-01
OUTER CORE = 1.852E-01

第2.3-3表 Pu240 の 密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho/\rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	4.570E-08	1.297E-07	1.356E-07	4.727E-07	2.274E-07	2.430E-07	5.204E-07	2.626E-07
炉心	94.2~106.9 (cm)	3.995E-05	2.445E-04	2.070E-04	9.009E-04	2.923E-04	5.973E-04	1.493E-03
	106.9~116.4	4.666E-05	2.955E-04	2.457E-04	1.083E-03	3.483E-04	7.178E-04	1.799E-03
	116.4~119.5	1.692E-05	1.080E-04	8.949E-05	3.955E-04	1.271E-04	2.625E-04	6.579E-04
	119.5~122.7	1.692E-05	1.080E-04	8.949E-05	3.955E-04	1.271E-04	2.626E-04	6.584E-04
	122.7~132.2	4.660E-05	2.953E-04	2.455E-04	1.082E-03	3.483E-04	7.188E-04	1.806E-03
	132.2~144.9	3.812E-05	2.349E-04	1.986E-04	8.616E-04	2.741E-04	5.661E-04	1.441E-03
下部インシュレータ	3.308E-08	8.251E-08	9.373E-08	2.766E-07	1.047E-07	8.740E-08	2.282E-07	-6.273E-08

INNER CORE = 8.803E-03
OUTER CORE = 1.591E-02

第2.3-4表 Pu241 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho / \rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	9.103E-09	2.526E-08	2.565E-08	8.029E-08	3.515E-08	3.632E-08	7.908E-08	5.778E-08
炉心	94.2~106.9 (cm)	8.938E-05	4.992E-04	4.453E-04	1.753E-03	5.804E-04	1.143E-03	2.701E-03
	106.9~116.4	9.965E-05	5.578E-04	5.026E-04	1.966E-03	6.503E-04	1.287E-03	3.043E-03
	116.4~119.5	3.629E-05	2.030E-04	1.833E-04	7.156E-04	2.368E-04	4.689E-04	1.109E-03
	119.5~122.7	3.629E-05	2.030E-04	1.833E-04	7.158E-04	2.369E-04	4.693E-04	1.110E-03
	122.7~132.2	9.957E-05	5.577E-04	5.024E-04	1.969E-03	6.524E-04	1.293E-03	3.063E-03
	132.2~144.9	8.995E-05	5.030E-04	4.481E-04	1.779E-03	5.956E-04	1.175E-03	2.793E-03
下部インシュレータ	3.189E-08	8.942E-08	9.051E-08	3.070E-07	1.436E-07	1.569E-07	3.317E-07	2.503E-07

INNER CORE = 1.709E-02
 OUTER CORE = 2.973E-02

第2.3-5表 Pu242 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho / \rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	8.524E-12	2.395E-11	2.543E-11	8.403E-11	4.143E-11	4.117E-11	8.293E-11	3.798E-11
炉心	94.2~106.9 (cm)	4.646E-06	2.813E-05	2.406E-05	1.047E-04	3.413E-05	7.000E-05	1.786E-04
	106.9~116.4	5.287E-06	3.375E-05	2.805E-05	1.247E-04	4.011E-05	8.326E-05	2.133E-04
	116.4~119.5	1.904E-06	1.230E-05	1.017E-05	4.544E-05	1.458E-05	3.037E-05	7.781E-05
	119.5~122.7	1.904E-06	1.230E-05	1.017E-05	4.545E-05	1.459E-05	3.038E-05	7.787E-05
	122.7~132.2	5.283E-06	3.374E-05	2.804E-05	1.247E-04	4.008E-05	8.334E-05	2.139E-04
	132.2~144.9	4.436E-06	2.694E-05	2.304E-05	9.959E-05	3.175E-05	6.583E-05	1.715E-04
下部インシュレータ	2.022E-11	5.046E-11	5.714E-11	1.660E-10	7.218E-11	6.265E-11	1.453E-10	1.224E-11

INNER CORE = 1.014E-03
OUTER CORE = 1.886E-03

第2.3-6表 U235 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho/\rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	5.322E-07	1.479E-06	1.502E-06	5.236E-06	2.340E-06	2.717E-06	6.600E-06	5.151E-06
炉心	94.2~106.9 (cm)	2.667E-04	1.975E-03	1.326E-03	6.956E-03	2.245E-03	3.367E-03	8.024E-03
	106.9~116.4	2.917E-04	2.166E-03	1.471E-03	7.641E-03	2.462E-03	3.714E-03	8.862E-03
	116.4~119.5	1.059E-04	7.854E-04	5.353E-04	2.770E-03	8.927E-04	1.348E-03	3.217E-03
	119.5~122.7	1.058E-04	7.854E-04	5.352E-04	2.770E-03	8.932E-04	1.349E-03	3.221E-03
	122.7~132.2	2.914E-04	2.166E-03	1.471E-03	7.648E-03	2.468E-03	3.728E-03	8.915E-03
	132.2~144.9	2.672E-04	1.975E-03	1.328E-03	6.986E-03	2.274E-03	3.418E-03	8.203E-03
下部インシュレータ	5.242E-07	1.465E-06	1.484E-06	5.290E-06	2.420E-06	2.844E-06	7.014E-06	5.735E-06

INNER CORE = 6.385E-02
 OUTER CORE = 8.707E-02

第2.3-7表 U236 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho / \rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	-2.411E-09	-6.888E-09	-6.422E-09	-1.904E-08	-5.837E-09	-6.681E-09	-1.582E-08	-1.884E-08
炉心	94.2~106.9 (cm)	0.000E+00	-2.296E-06	0.000E+00	-8.178E-06	-2.270E-06	-3.131E-06	-5.575E-06
	106.9~116.4	0.000E+00	-3.546E-06	0.000E+00	-1.337E-05	-3.681E-06	-5.349E-06	-9.949E-06
	116.4~119.5	0.000E+00	-1.395E-06	0.000E+00	-5.292E-06	-1.456E-06	-2.125E-06	-4.008E-06
	119.5~122.7	0.000E+00	-1.394E-06	0.000E+00	-5.295E-06	-1.459E-06	-2.131E-06	-4.026E-06
	122.7~132.2	0.000E+00	-3.548E-06	0.000E+00	-1.347E-05	-3.743E-06	-5.454E-06	-1.027E-05
	132.2~144.9	0.000E+00	-2.730E-06	0.000E+00	-1.048E-05	-3.239E-06	-4.585E-06	-8.777E-06
下部インシュレータ	-5.644E-09	-1.714E-08	-1.644E-08	-6.104E-08	-2.770E-08	-3.416E-08	-7.512E-08	-6.737E-08

INNER CORE = -8.684E-05
OUTER CORE = -9.920E-05

第2.3-8表 U238 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho/\rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	1.487E-06	-7.872E-07	4.548E-06	1.329E-05	2.264E-05	2.486E-05	8.020E-05	4.351E-05
炉心	94.2~106.9 (cm)	-3.199E-05	-3.181E-04	-1.644E-04	-9.464E-04	-2.627E-04	-3.931E-04	-4.003E-04
	106.9~116.4	-7.312E-05	-5.558E-04	-3.464E-04	-1.801E-03	-5.519E-04	-8.100E-04	-1.255E-03
	116.4~119.5	-2.941E-05	-2.155E-04	-1.372E-04	-7.041E-04	-2.183E-04	-3.181E-04	-5.089E-04
	119.5~122.7	-2.939E-05	-2.154E-04	-1.372E-04	-7.044E-04	-2.186E-04	-3.187E-04	-5.113E-04
	122.7~132.2	-7.283E-05	-5.541E-04	-3.454E-04	-1.805E-03	-5.568E-04	-8.201E-04	-1.293E-03
	132.2~144.9	-3.329E-05	-3.281E-04	-1.712E-04	-1.028E-03	-3.083E-04	-4.815E-04	-6.497E-04
下部インシュレータ	6.497E-07	-6.235E-06	-2.684E-07	-2.454E-05	-3.150E-06	-1.637E-05	-4.864E-06	-4.513E-05

INNER CORE = -1.286E-02
OUTER CORE = -8.529E-03

第2.3-9表 Am241 の密度係数 ($\Delta k/kk' / \Delta \rho/\rho$)

	0列	1列	TYPE-C	2列	CMIR&TYPE-B	3列	4列	5列
上部インシュレータ	-1.133E-07	-3.076E-07	-3.043E-07	-9.549E-07	-3.754E-07	-4.275E-07	-1.065E-06	-1.056E-06
炉心	94.2~106.9 (cm)	-1.137E-06	-3.041E-06	-2.947E-06	-9.652E-06	-4.084E-06	-4.580E-06	-9.099E-06
	106.9~116.4	-1.160E-06	-2.920E-06	-2.933E-06	-9.437E-06	-4.324E-06	-4.474E-06	-8.363E-06
	116.4~119.5	-4.272E-07	-1.061E-06	-1.074E-06	-3.439E-06	-1.599E-06	-1.631E-06	-3.056E-06
	119.5~122.7	-4.271E-07	-1.061E-06	-1.074E-06	-3.442E-06	-1.602E-06	-1.635E-06	-3.067E-06
	122.7~132.2	-1.163E-06	-2.930E-06	-2.943E-06	-9.527E-06	-4.397E-06	-4.563E-06	-8.597E-06
	132.2~144.9	-1.282E-06	-3.460E-06	-3.374E-06	-1.162E-05	-5.319E-06	-6.019E-06	-1.219E-05
下部インシュレータ	-1.657E-07	-4.759E-07	-4.714E-07	-1.701E-06	-7.822E-07	-9.411E-07	-2.225E-06	-1.966E-06

INNER CORE = -1.029E-04
OUTER CORE = -1.192E-04

表2.3-10 Pu等価フィッサイル係数(全炉心)

核種	反応度変化*	重量(kg)	モル数(mol)	物質反応度($\Delta k/kk'$ /mol)	等価係数	MK-II炉心(J2)の例
238Pu	2.983-3	2.14	8.99	3.32-4	0.600	—
239Pu	2.930-1	126.6	529.7	5.53-4	1.0	1.0
240Pu	2.471-2	51.49	214.5	1.15-4	0.208	0.234
241Pu	4.682-2	15.72	65.2	7.18-4	1.30	1.225
242Pu	2.900-3	8.58	35.5	8.17-5	0.148	0.185
235U	1.509-1	92.06	391.7	3.85-4	0.696	0.646
236U	-1.860-4	2.08	8.81	-2.11-5	-0.038	—
238U	-2.139-2	458.9	1928	-1.11-5	-0.020	-0.015
241Am	-2.221-4	0.967	4.01	-5.54-5	-0.100	—

* (反応度変化) = (密度係数) × 100%

表2.3-11 Pu等価フィッサイル係数(内側炉心)

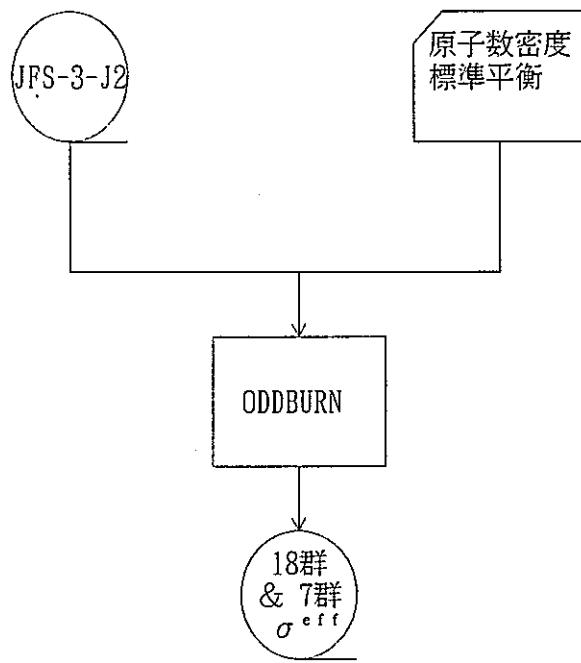
核種	反応度変化*	重量(kg)	モル数(mol)	物質反応度($\Delta k/kk'$ /mol)	等価係数	MK-II炉心(J2)の例
238Pu	1.079-3	0.493	2.07	5.21-4	0.611	—
239Pu	1.078-1	30.20	126.4	8.53-4	1.0	1.0
240Pu	8.803-3	12.08	50.3	1.75-4	0.205	0.234
241Pu	1.709-2	3.74	15.5	1.10-3	1.29	1.225
242Pu	1.014-3	2.02	8.35	1.21-4	0.142	0.185
235U	6.385-2	26.51	112.8	5.66-4	0.664	0.646
236U	-8.684-5	0.543	2.30	-3.78-5	-0.044	—
238U	-1.286-2	131.3	551.7	-2.33-5	-0.027	-0.015
241Am	-1.029-4	0.295	1.22	-8.43-5	-0.099	—

* (反応度変化) = (密度係数) × 100%

表2.3-12 Pu等価フィッサイル係数(外側炉心)

核種	反応度変化*	重量(kg)	モル数(mol)	物質反応度($\Delta k/kk'$ /mol)	等価係数	MK-II炉心(J2)の例
238Pu	1.904-3	1.647	6.92	2.75-4	0.599	—
239Pu	1.852-1	96.40	403.30	4.59-4	1.0	1.0
240Pu	1.591-2	39.41	164.20	9.69-5	0.211	0.234
241Pu	2.973-2	11.98	49.70	5.98-4	1.30	1.225
242Pu	1.886-3	6.56	27.15	6.95-5	0.151	0.185
235U	8.705-2	65.55	278.90	3.12-4	0.680	0.646
236U	-9.916-5	1.537	6.51	-1.52-5	-0.033	—
238U	-8.530-3	327.60	1376.30	-6.20-6	-0.013	-0.015
241Am	-1.192-4	0.672	2.79	-4.27-5	-0.093	—

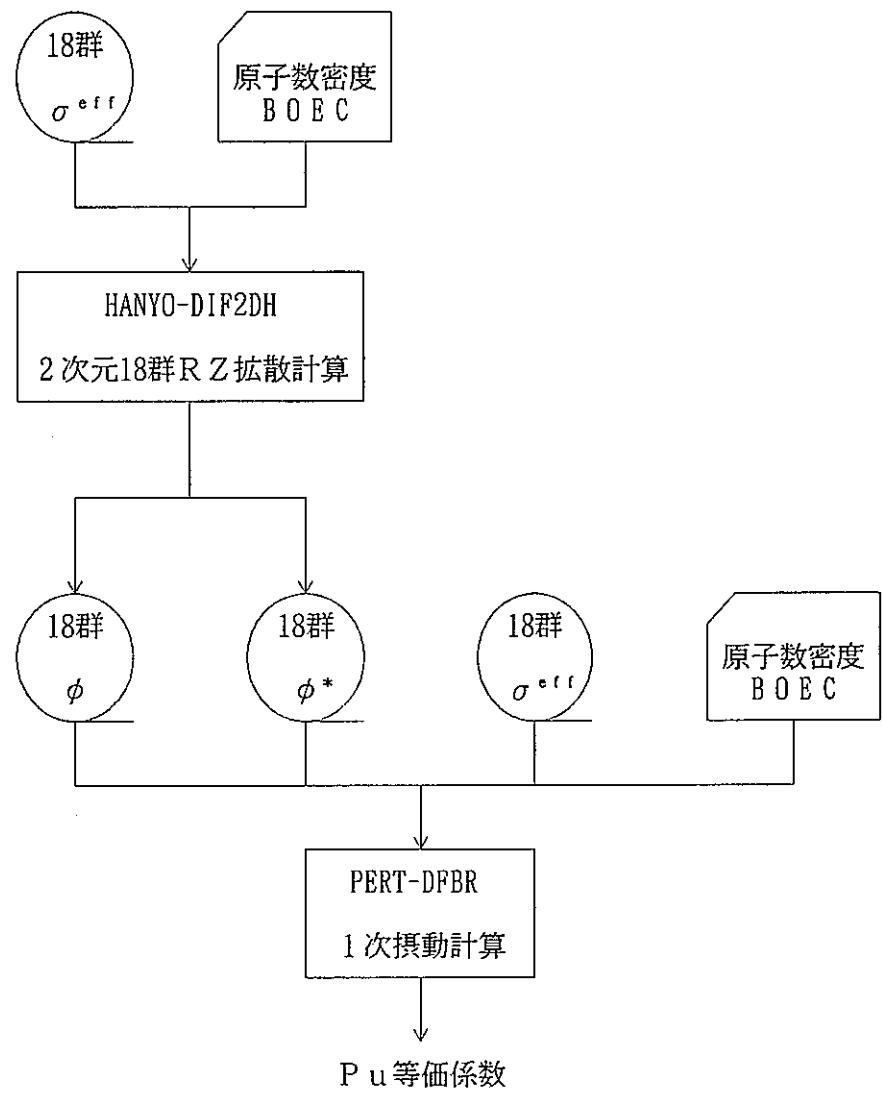
* (反応度変化) = (密度係数) × 100%



ODDBURNの計算項目

- ① 70群実効断面積作成
- ② 18群縮約計算……Pu等価フィッサイル係数計算に用いる σ_{eff} を作成
7群縮約計算……炉心特性計算に用いる σ_{eff} を作成

第2.2-1図 18群および7群ミクロ定数の作成フロー



第2.2-2図 P_u等価フィッサイル係数の計算フロー

R座標 (cm)	断面積番号 メッシュ番号	C/R. IN	
			C/R. OUT
0.0	1	28	1 TYPE - B
4.3041	5	29	2 炉心第1列
6.5028	7	30	3 TYPE - C
9.8926	9	31	4 炉心第1列
11.3876	11	32	5 炉心第2列
18.7611	15	33	6 CMIRとTYPE - B
19.7238	17	34	7 炉心第3列
21.5205	19	35	8 制御棒領域
23.1783	21	36	9 炉心第3列
26.1808	23	37	10 炉心第4列
33.6161	29	38	11 炉心第5列
40.6048	35	39	12 制御棒領域
41.0585	37	40	13 内側反射体
47.3451	41	41	14 外側反射体
63.4034	45	42	15 内側中性子遮蔽体
70.0657	47	43	16 外側中性子遮蔽体
76.1473	49	44	17 マトリックス
91.1473	51		

第2.2-3図 1次元径方向縮約計算体系図

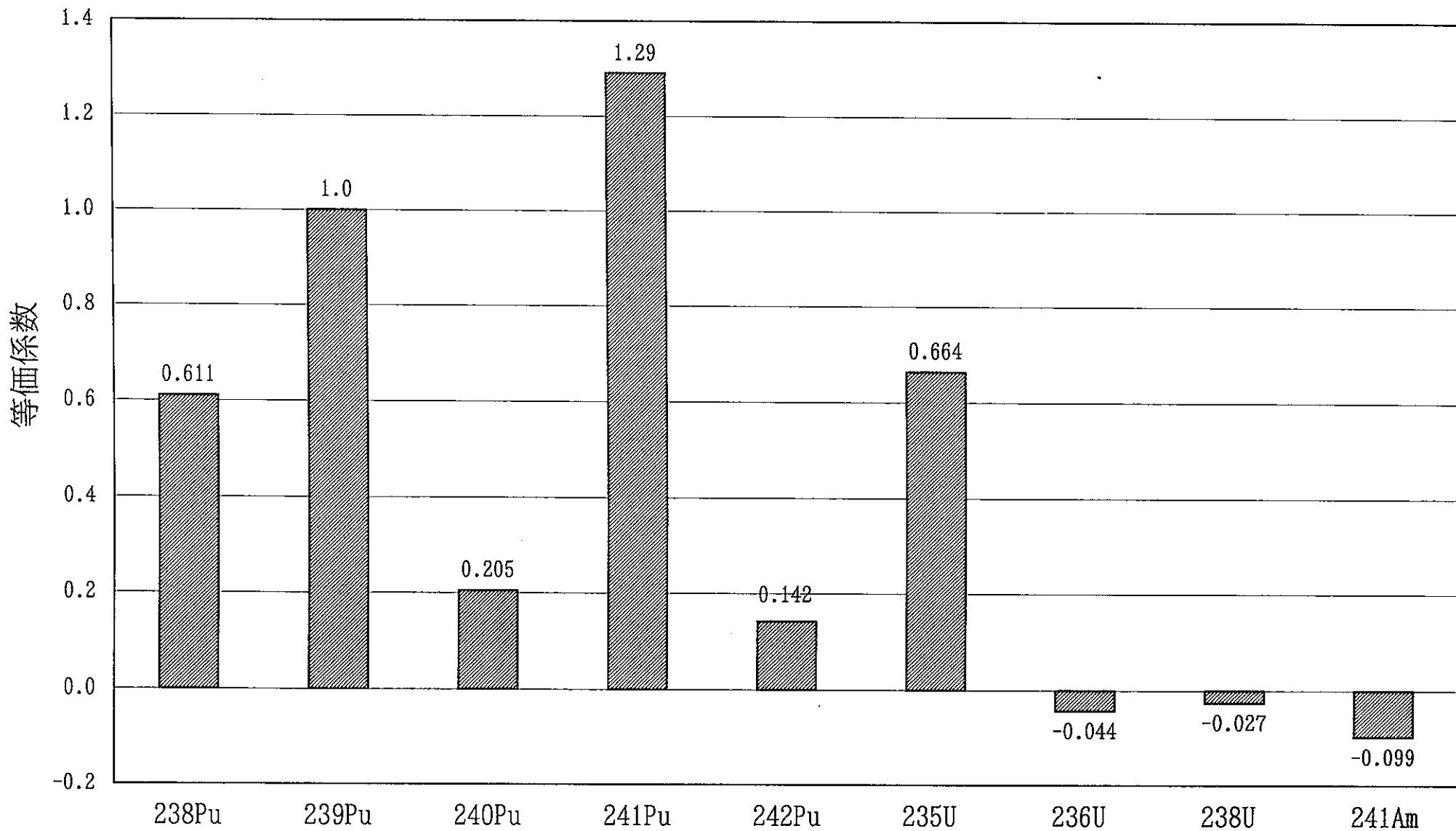
Z座標 (cm)	メッシュ番号	断面積番号
0.0	1	18 ハンドリングヘッド
5.00	3	19 ガスプレナム
58.00	9	20 制御棒吸収体
60.50	11	21 上部反射体
93.00	19	22 上部インシュレータ
94.2065	21	23 炉心（制御棒アダプタ）
144.8205	37	24 下部インシュレータ
146.0251	39	25 下部空間
164.5251	45	26 下部反射体
199.5251	51	27 支持板
205.5251	53	

第2.2-4図 1次元軸方向縮約計算体系図

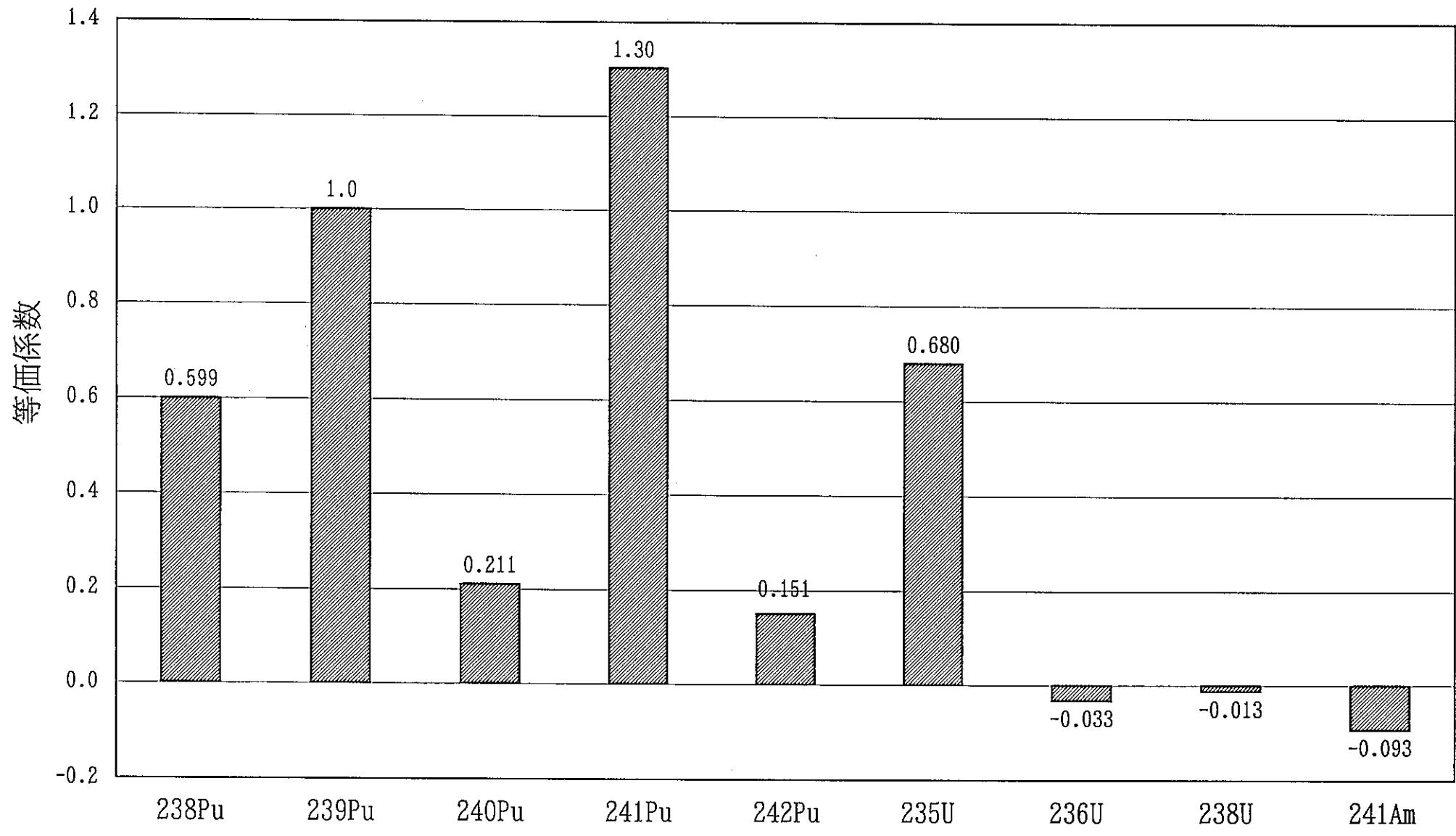
Z座標 メッシュ番号
(cm)

	1	ハンドリングヘッド						C/R 上部	ハンドリングヘッド			C/R 上部	ハンドリングヘッド				
0.0	2	ガスプレナム						C/R 吸収体部	ガスプレナム			C/R 吸収体部	ガスプレナム				
5.00	4	ガスプレナム							内側反射体上部				内側反射体上部				
22.0345	5	ガスプレナム							上部反射体				上部反射体				
32.0345	9	上部反射体							インシュレータ				インシュレータ				
63.00	10	インシュレータ						C/R アダプター部	炉心第3列(外側)			C/R アダプター部	炉心第4列			マトリックス	
69.5345	11	TYPE-B	炉心第1列	TYPE-C	炉心第1列	炉心第2列	C M I R & TYPE-B	炉心第3列(内側)	炉心第5列				内側反射体中央部			中性子遮蔽体	
72.0345	14	インシュレータ							外側反射体				外側反射体				
87.0345	16	下部反射体(1)							インシュレータ				下部反射体(1)				
93.00	18	下部空間						C/R 引抜部	炉心第3列(外側)				下部空間				
94.207	22	下部反射体(2)							炉心第4列				下部反射体(2)				
119.5345	25	エントランスノズル							炉心第5列				エントランスノズル				
144.862	30	エントランスノズル							内側反射体下部				下部反射体				
146.066	34	エントランスノズル							引抜部				下部反射体				
148.566	36	エントランスノズル							内側反射体下部				エントランスノズル				
167.566	37	エントランスノズル							下部反射体				エントランスノズル				
169.5345	40	エントランスノズル							下部反射体				エントランスノズル				
202.566	41	エントランスノズル							エントランスノズル				エントランスノズル				
208.566	45	エントランスノズル							エントランスノズル				エントランスノズル				
	46	エントランスノズル							エントランスノズル				エントランスノズル				
	1	0.0	4.3031	6.5013	9.8903	11.3850	14.7568	18.7192	21.5155	23.1729	26.1747	33.6083	40.1367	40.5940	47.3561	50.0495	51
		(a)															

第 2.2-5 図 2 次元 R Z 計算の計算体系



第2.3-1 図 MK-III 標準炉心の等価フィッサイル係数 (内側炉心)



第2.3-2 図

MK-III 標準炉心の等価フィッサイル係数 (外側炉心)

3. 核分裂性物質含有割合に対するサーベイ計算

3.1 概 要

等価フィッサイル係数と動燃御支給の高次Pu同位体組成比⁽²⁾ から基準Pu組成のMK-III新燃料と同等の反応度値を有する燃料のPu富化度を求め、これをもとに 2DBURN コードによる燃焼計算を行い、実効増倍率、出力分布等のサーベイ計算を行った。

3.2 評価条件

2次元RZ7群燃焼計算により燃焼特性、出力分布等を評価する。第3.2-1 図に燃焼計算の流れを示す。

(1) Pu同位体組成比

以下に動燃御支給のPu同位体組成比⁽²⁾ を示す。

軽水炉 取出燃焼度 (GWd/t)	Pu同位体組成比 [%]					核分裂性Pu割合 [%]
	Pu238	Pu239	Pu240	Pu241	Pu242	
60	4	52	29	9	6	61
70	5	47	31	9	8	56
80	6	42	34	8	10	50
基準Pu組成	1	63	24	8	4	71

各Pu同位体組成比を円グラフで第3.2-2 図から第3.2-5 図に示す。

(2) 計算体系

計算体系を第2.2-5 図に示す。

(3) 各部温度分布

各部温度分布を第3.2-6 図に示す。

(4) 燃焼チェイン

燃焼チェインを第3.2-7 図に示す。

Am241 の生成は標準平衡炉心の設計と同じく考慮しない。

(5) 燃料交換パターン

燃料交換は標準平衡炉心と同じとした。取替燃料は内側炉心で約3体、外側炉心で約8体に相当する。

(6) Pu富化度

燃焼計算は3ケースのPu富化度について行った。

ケース1：ケース2よりも0.1%高いPu富化度

ケース2：全炉心の等価フィッサイル係数より求めたPu富化度

ケース3：ケース1および2の燃料をMK-III炉心に装荷したときの実効増倍率を外挿し、平衡サイクル末期の実効増倍率が一致するように調整したPu富化度

サイクル末期の実効増倍率がMK-III標準平衡炉心（基準Pu組成）と一致するケース3のPu富化度について出力分布等の特性を整理した。

3.3 計算結果

(1) Pu富化度

3ケースのPu富化度を第3.3-1表に示す。ケース3の場合、軽水炉取出燃料の燃焼度が60, 70, 80 GWd/t のPuを用いた外側燃料のPu富化度は、それぞれ31.6%, 33.5%, 36.4%となった。

(2) 実効増倍率および燃焼欠損反応度

実効増倍率および燃焼欠損反応度を第3.3-2表に示す。

高次化したPuを用い、Pu富化度を調整した燃料をMK-III標準炉心に装荷した場合、燃焼欠損反応度は減少する。しかし、軽水炉取出燃料の燃焼度が80 GWd/t の場合でも、その変量は0.02% $\Delta k/k'$ であり、燃焼欠損反応度への影響は非常に小さい。なお、この変化量を定格運転日数に換算すると0.8日である。

(3) 取替燃料の原子数密度

取替燃料の原子数密度を第3.3-3表に示す。

基準Pu組成に比べて、Puが高次化した燃料の核分裂性物質の原子数密度は、

^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu が減少し, ^{238}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu が増加する。軽水炉取出燃料の燃焼度が 8.0 GWd/t の Pu を用いた場合、燃料 1 本あたりの核分裂性物質重量は、 ^{235}U , ^{239}Pu がそれぞれ 127g, 266g 減少し、 ^{241}Pu が 60g 増加する（外側燃料、金属重量換算）。

(4) 各列の集合体最大出力

各列の集合体最大出力の比較を第 3.3-4 表に示す。いずれの組成も集合体出力は同じ値である。

(5) 各列の最大線出力

各列の最大線出力の比較を第 3.3-5 表に示す。いずれの組成も最大線出力は 414 W/cm 以下であった。

(6) 集合体最高燃焼度

集合体最高燃焼度の比較を第 3.3-6 表に示す。取替燃料の Pu 富化度が増加するため、重金属インベントリーは基準 Pu 組成の燃料より多くなる。集合体最高燃焼度は（軽水炉）取出燃焼度 8.0 GWd/t の組成がもっとも小さくなつた。

(7) 要素最高燃焼度

要素最高燃焼度の比較を第 3.3-7 表に示す。(6) とおなじく要素最高燃焼度は（軽水炉）取出燃焼度 8.0 GWd/t の組成がもっとも小さくなつた。

(8) 出力分担率

取替後の出力分担率の比較を第 3.3-8 表に示す。いずれの組成も出力分担率は同じ値であった。

(9) 出力ピーキング係数

出力ピーキング係数の比較を第 3.3-9 表に示す。いずれの組成も出力ピーキング係数は同じ値であった。

(10) 各列の最大中性子束（平衡炉心初期）

各列の最大中性子束の比較を第 3.3-10 表に示す。基準 Pu 組成にくらべ、取出燃焼度 8.0 GWd/t の組成では全中性子束が 0.4~0.6 % 増加し、高速中性子についても同様であった。なお、高速中性子束は 0.1 MeV 以上で定義した。

3.4 検討

(1) Pu富化度と核分裂性Pu割合

内側炉心と外側炉心のPu富化度と核分裂性Pu割合には第3.4-1 図に示すように線型な関係がある。

(2) 実効増倍率と最大線出力

Pu富化度をパラメータとしてサイクル末期の実効増倍率と内側炉心の最大線出力を第3.4-2 図に示す。サイクル末期の実効増倍率の増加にしたがって内側炉心の最大線出力は増加する。サイクル末期の実効増倍率が同じである場合、高次化したPu同位体組成比の場合の最大線出力は基準Pu組成のときよりも小さくなつた。

第3.3-1表 Pu富化度の比較 (単位:w/o)

ケース	領域	基準Pu組成*	軽水炉取出燃料の燃焼度		
			60GWh/t	70GWh/t	80GWh/t
1			25.5/31.8	27.1/33.8	29.4/36.8
2	内側/外側	23.0/28.8	25.4/31.7	27.0/33.7	29.3/36.7
3			25.3/31.6	26.8/33.5	29.0/36.4

*標準炉心設計に用いたPu富化度

第3.3－2表 実効増倍率及び燃焼欠損反応度の比較

ケース	領域	基準Pu組成	軽水炉取出燃料の燃焼度		
			60GWD/t	70GWD/t	80GWD/t
1	平衡炉心初期		1.01048	1.01058	1.01067
	平衡炉心末期		0.99487	0.99500	0.99516
	燃焼欠損反応度 ($\Delta k/kk'$)		0.0155	0.0155	0.0154
2	平衡炉心初期	1.01017 0.99451 0.0156	1.01030	1.01042	1.01052
	平衡炉心末期		0.99468	0.99484	0.99500
	燃焼欠損反応度 ($\Delta k/kk'$)		0.0155	0.0155	0.0154
3	平衡炉心初期		1.01013	1.01008	1.01006
	平衡炉心末期		0.99452	0.99451	0.99455
	燃焼欠損反応度 ($\Delta k/kk'$)		0.0155	0.0155	0.0154

第3.3-3表 取替燃料の原子数密度（単位： $\times 10^{24}$ atom/cm³）

核種	基準Pu組成		軽水炉取出燃料の燃焼度					
			60 GWd/t		70 GWd/t		80 GWd/t	
	内側炉心	外側炉心	内側炉心	外側炉心	内側炉心	外側炉心	内側炉心	外側炉心
O	1.663E-02	1.667E-02	1.658E-02	1.662E-02	1.659E-02	1.663E-02	1.660E-02	1.665E-02
Na	8.248E-03	8.248E-03	8.211E-03	8.211E-03	8.211E-03	8.211E-03	8.211E-03	8.211E-03
Cr	3.179E-03	3.179E-03	3.503E-03	3.503E-03	3.503E-03	3.503E-03	3.503E-03	3.503E-03
Fe	1.190E-02	1.190E-02	1.285E-02	1.285E-02	1.285E-02	1.285E-02	1.285E-02	1.285E-02
Ni	3.679E-03	3.679E-03	2.190E-03	2.190E-03	2.190E-03	2.190E-03	2.190E-03	2.190E-03
Mn	3.436E-04	3.436E-04	2.925E-04	2.925E-04	2.925E-04	2.925E-04	2.925E-04	2.925E-04
Mo	2.728E-04	2.728E-04	2.792E-04	2.792E-04	2.792E-04	2.792E-04	2.792E-04	2.792E-04
Pu238	1.928E-05	2.424E-05	8.505E-05	1.067E-04	1.128E-04	1.416E-04	1.467E-04	1.849E-04
U235	1.180E-03	1.094E-03	1.146E-03	1.053E-03	1.124E-03	1.024E-03	1.091E-03	9.810E-04
U238	5.309E-03	4.922E-03	5.156E-03	4.735E-03	5.056E-03	4.607E-03	4.909E-03	4.412E-03
Pu239	1.210E-03	1.522E-03	1.101E-03	1.381E-03	1.056E-03	1.325E-03	1.023E-03	1.289E-03
Pu240	4.591E-04	5.772E-04	6.115E-04	7.669E-04	6.933E-04	8.704E-04	8.243E-04	1.039E-03
Pu241	1.524E-04	1.916E-04	1.890E-04	2.370E-04	2.005E-04	2.516E-04	1.931E-04	2.435E-04
Pu242	7.588E-05	9.541E-05	1.255E-04	1.574E-04	1.774E-04	2.228E-04	2.404E-04	3.031E-04

第3.3-4表 各列の最大集合体出力値の比較（単位：MW）

領域	列	基準Pu組成	軽水炉取出燃料の燃焼度		
			60 GWd/t	70 GWd/t	80 GWd/t
内側炉心	0,1	2.25	2.25	2.25	2.25
	2	2.18	2.18	2.18	2.18
	3	2.02	2.02	2.02	2.02
外側炉心	3	2.13	2.13	2.13	2.13
	4	1.99	1.99	1.99	1.99
	5	1.74	1.74	1.74	1.74

第3.3-5表 各列の最大線出力値の比較（単位：W/cm）

領域	列	基準Pu組成	軽水炉取出燃料の燃焼度		
			60 GWd/t	70 GWd/t	80 GWd/t
内側炉心	0,1	414	414	414	413
	2	411	411	411	411
	3	391	391	391	391
外側炉心	3	413	413	413	413
	4	394	394	394	394
	5	354	354	354	354

第3.3-6表 集合体最高燃焼度の比較（単位：MWd/t）

領域	列	基準Pu組成	軽水炉取出燃料の燃焼度		
			60 GWd/t	70 GWd/t	80 GWd/t
内側炉心	0,1	6.47E+04	6.46E+04	6.45E+04	6.44E+04
	2	7.43E+04	7.42E+04	7.41E+04	7.40E+04
	3	6.92E+04	6.91E+04	6.90E+04	6.89E+04
外側炉心	3	7.26E+04	7.24E+04	7.23E+04	7.22E+04
	4	7.92E+04	7.91E+04	7.90E+04	7.89E+04
	5	7.87E+04	7.86E+04	7.85E+04	7.84E+04

第3.3-7表 要素最高燃焼度の比較（単位：MWd/t）

領域	列	基準Pu組成	軽水炉取出燃料の燃焼度		
			60 GWd/t	70 GWd/t	80 GWd/t
内側炉心	0,1	6.53E+04	6.52E+04	6.51E+04	6.50E+04
	2	7.68E+04	7.67E+04	7.66E+04	7.65E+04
	3	7.32E+04	7.31E+04	7.30E+04	7.29E+04
外側炉心	3	7.70E+04	7.68E+04	7.67E+04	7.66E+04
	4	8.68E+04	8.67E+04	8.66E+04	8.64E+04
	5	8.92E+04	8.91E+04	8.90E+04	8.88E+04

第3.3-8表 出力分担率の比較 (単位: %)

領域	基準Pu組成	軽水炉取出燃料の燃焼度		
		60GWD/t	70GWD/t	80GWD/t
炉心部+インシュレータ	91.0	91.0	91.0	91.0
特殊燃料集合体	5.0	5.0	5.0	5.0
その他の	4.0	4.0	4.0	4.0

第3.3-9表 出力ピーピング係数の比較

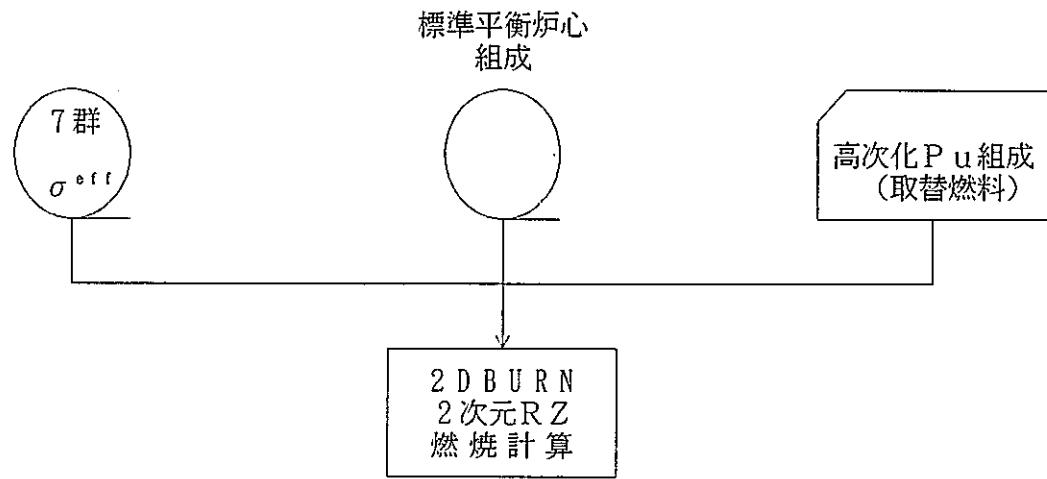
	基準Pu組成	軽水炉取出燃料の燃焼度		
		60GWD/t	70GWD/t	80GWD/t
径方向出力ピーピング係数 f_{xy}	1.38	1.38	1.38	1.38
軸方向出力ピーピング係数 f_z	1.18	1.18	1.18	1.18
局所出力ピーピング係数 f_{ass}	1.01	1.01	1.01	1.01
全炉心の出力ピーピング係数	1.64	1.64	1.64	1.64

第3.3-10表 各列の最大中性子束の比較（平衡炉心初期）（単位：n/cm²・s）

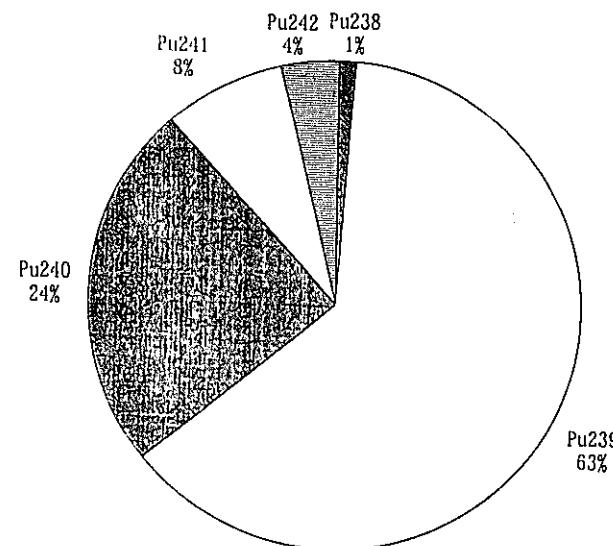
		集合体列	内側炉心				外側炉心		
			0	1	2	3	3	4	5
基準Pu組成		高速群	3.84E+15	3.87E+15	3.81E+15	3.46E+15	3.58E+15	3.18E+15	2.74E+15
		全群	5.55E+15	5.57E+15	5.44E+15	4.94E+15	5.10E+15	4.53E+15	3.93E+15
軽水炉 取出燃料 の燃焼度	60 GWd/t	高速群	3.85E+15	3.88E+15	3.82E+15	3.47E+15	3.59E+15	3.19E+15	2.75E+15
		全群	5.56E+15	5.58E+15	5.45E+15	4.95E+15	5.11E+15	4.54E+15	3.94E+15
	70 GWd/t	高速群	3.85E+15	3.88E+15	3.82E+15	3.47E+15	3.59E+15	3.19E+15	2.75E+15
		全群	5.57E+15	5.59E+15	5.46E+15	4.96E+15	5.12E+15	4.55E+15	3.95E+15
	80 GWd/t	高速群	3.86E+15	3.89E+15	3.83E+15	3.48E+15	3.60E+15	3.20E+15	2.75E+15
		全群	5.58E+15	5.60E+15	5.47E+15	4.97E+15	5.13E+15	4.55E+15	3.95E+15

平衡炉心初期、制御棒全引き抜き状態。計算方法は、2次元XY三角メッシュ計算。

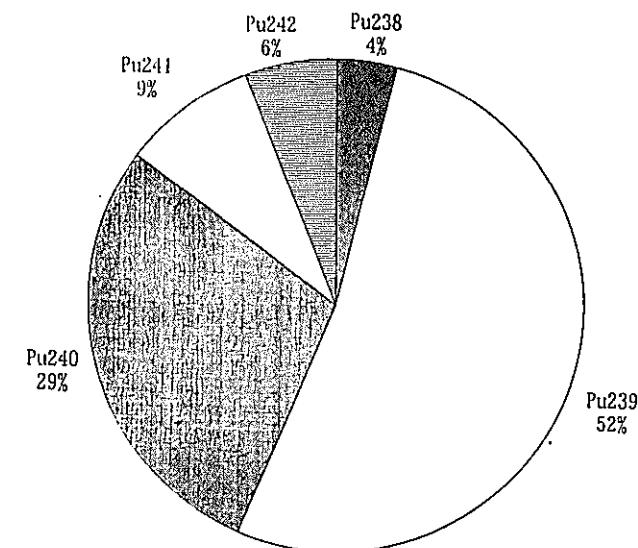
補正量/ (1) 出力分布のC/E値による補正 : 5列のみ *1.039
(2) 軸方向分布による補正 : すべて *1.004



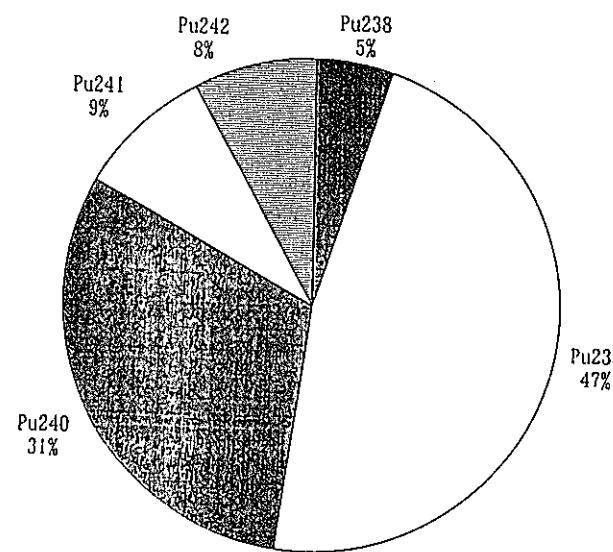
第3.2-1図 燃焼計算



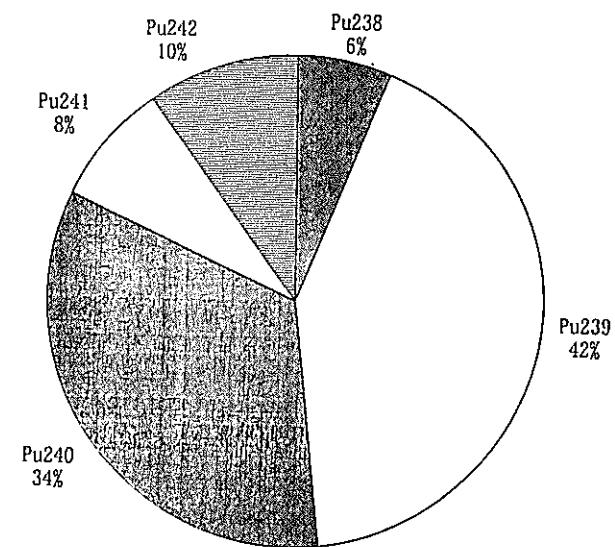
第3.2-2 図 Pu同位体組成比（基準組成）



第3.2-3 図 Pu同位体組成比（取出燃焼度 60 GWd/t）



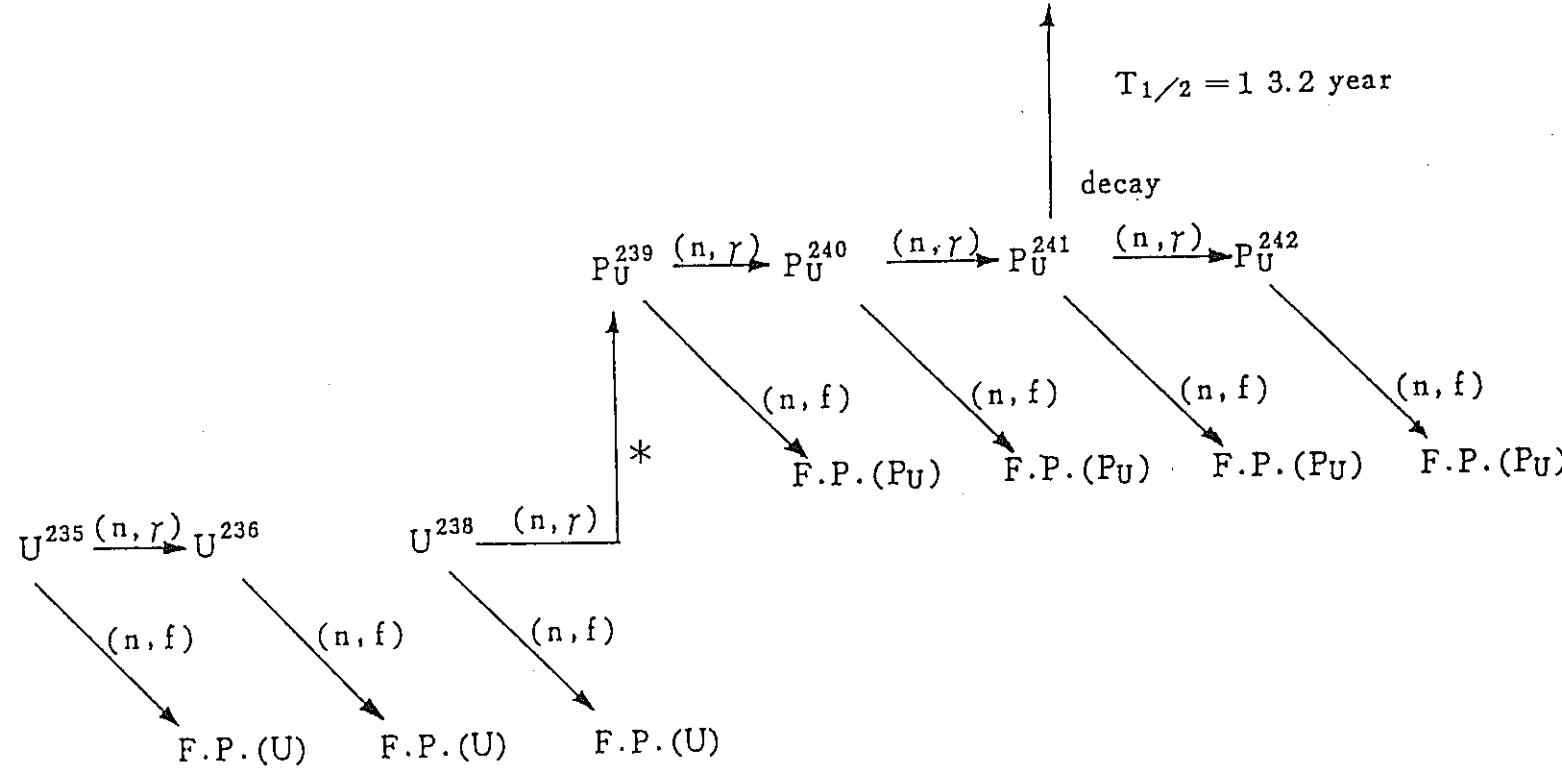
第3.2-4 図 Pu同位体組成比（取出燃焼度 70 GWd/t）



第3.2-5 図 Pu同位体組成比（取出燃焼度 80 GWd/t）

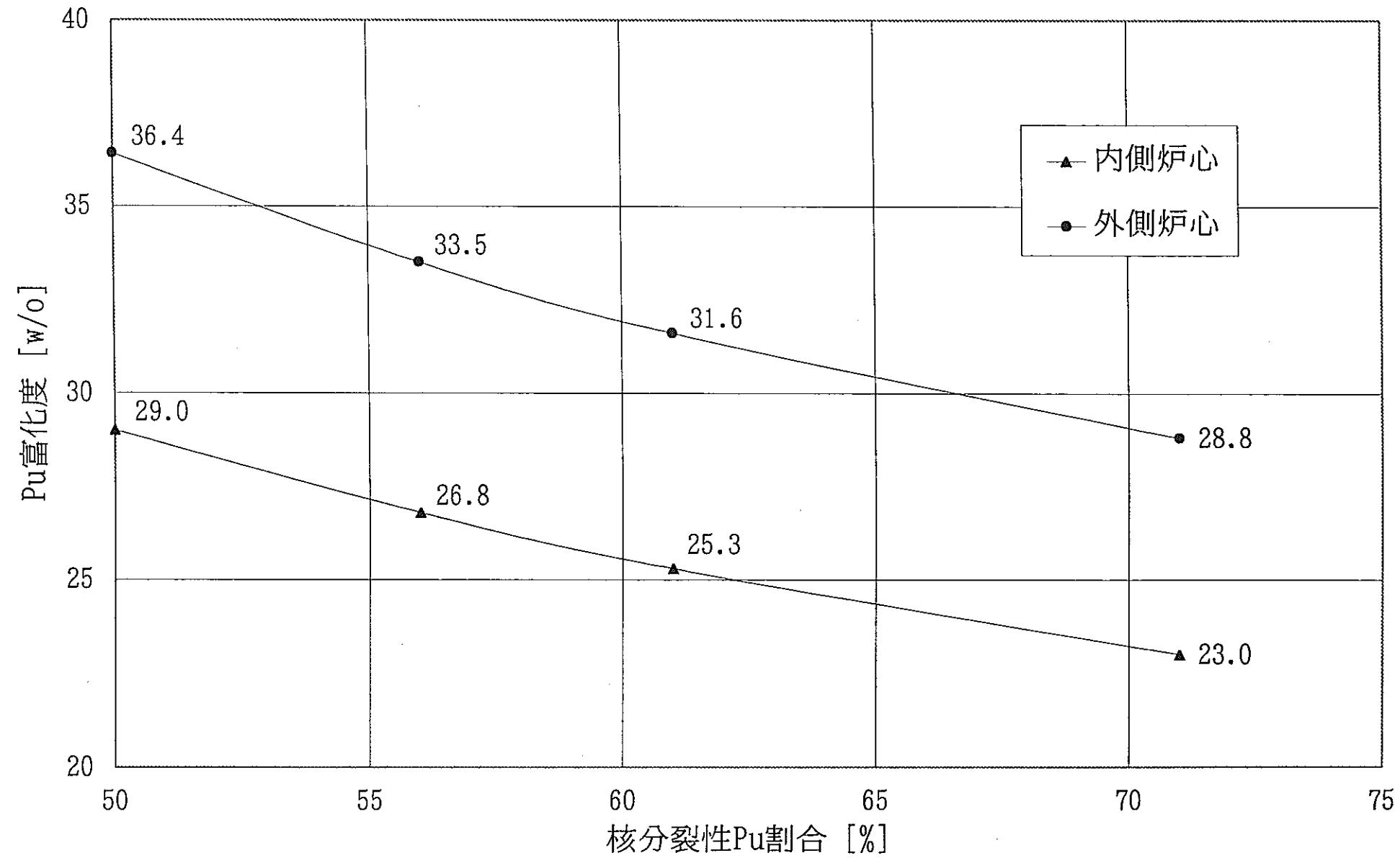
冷却材						
	構造材 ペレット 温 度	制御棒 ナトリウム チャンネル 温 度	中性子源 温 度	径方向反射体 遮蔽集合体 温 度	マ ト リ ツ ク ス 外 側	
ガスプレナム						
反 射 体	600	550	410	500	500	← リ → 15cm
インシュレータ						ツ
炉 心	1200	450	380	425	410	ク ス 外 側
インシュレータ	420					350
下 部 空 間			350			
下 部 反 射 体						
	6 cm					

第3.2-6図 定格時の温度分布



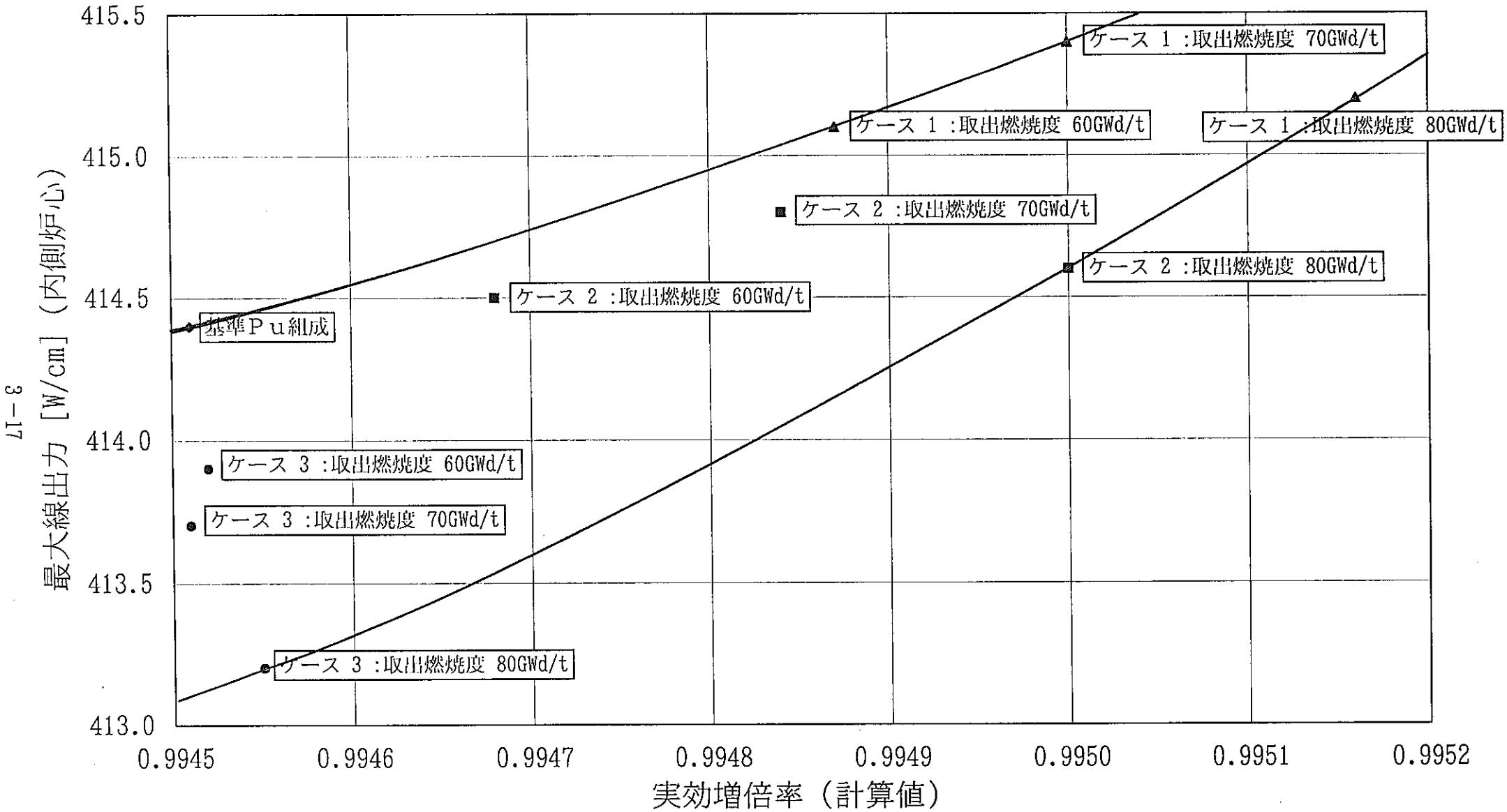
* NP^{239} の半減期 ($T_{1/2} = 2.35$ 日) は考慮しない。

第3.2-7図 燃焼チェイン



第3.4-1 図

核分裂性Pu割合とPu富化度の関係



第3.4-2図 実効増倍率と最大線出力

4. まとめ

(1) Pu等価フィッサイル係数の計算

^{239}Pu を1.0とし、MK-III標準炉心のPu等価フィッサイル係数を ^{235}U , ^{236}U , ^{238}U , ^{238}Pu , ^{240}Pu , ^{241}Pu , ^{242}Pu および ^{241}Am について求めた。全炉心のPu等価フィッサイル係数は ^{235}U で約0.7, ^{241}Pu で約1.3であり、その他の核種についてもMK-II炉心のPu等価フィッサイル係数と同等であった。

(2) 核分裂性物質含有割合に対するサーベイ計算

燃焼度が60, 70, 80 GWD/t相当の軽水炉取出燃料のPuを取替燃料に用いた場合、外側燃料のPu富化度は、それぞれ約32%, 34%, 36%となった。

Puが高次化した燃料を装荷することで、燃焼反応度欠損は減少する。しかし、その変化量は最大0.02% $\Delta k/kk'$ （定格運転日数換算で0.8日）であり、非常に小さい。

高燃焼度の軽水炉取出燃料のPuを取替燃料に用いた場合、最大線出力は414W/cm以下、要素最高燃焼度は89,100MWD/t以下となる。また、出力分担率、出力ピーキング係数等の主な出力分布特性は、MK-III標準炉心の設計値と変わらない。

5. 関連資料

(1) 池田 一三, 河北 孝司他「MK-III標準炉心の詳細核熱計算(II)」

PNC ZJ9214 93-002 三菱原子力工業株式会社 1993年 3月

(2) 長沖 吉弘 「Pu高次化燃料のPu同位体組成比」

技術課メモ(技-7-170) 平成8年1月24日

6. 謝 辞

本計算にあたっては、実験炉部技術課鈴木惣十課長、小林孝良課長代理、有井祥夫副主任研究員、長沖吉弘研究員に御指導いただいたことを感謝いたします。