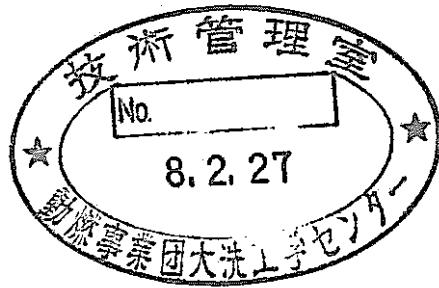


# “MAG I” の高度化のための 核熱計算作業（Ⅱ）

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1995年3月



株式会社 東芝

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 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

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

1995年3月

## "MAGI" の高度化のための核熱計算作業(II)

川島 正俊<sup>1)</sup>、森木 保幸<sup>1)</sup>

### 要 旨

「常陽」運転監視コード "MAGI" の高度化は、MK-III炉心への炉心変更に併せて、従来の運転監視機能にとどまらず、照射場全体の核熱特性の予測計算精度向上を図ることを目的としている。このような大幅な機能拡大のためには、ローカルな照射場における核熱特性計算手法を増強する適切な手法を新たに採用する必要がある。

検討の結果、中性子・ガンマ線束のエネルギー群数は18群、7群とし、炉心全体の出力分布・燃焼度分布は従来の集合体内 1メッシュから大幅に詳細化する集合体 24メッシュ分割拡散計算により求めることとした。

この詳細メッシュモデルの採用と併せて、集合体の組成領域を複数考慮することを集合体タイプ別に設定することを提案した。

今後は、選定した基本手法と提案しているモデル化を具体的に確定することと共に、システム全体の見直し検討をすすめることと基本モジュールを作成していくことが必要である。

---

\* 本報告書は、(株)東芝が動力炉・核燃料開発事業団との契約に基づいて実施した業務の成果である。

契約番号 ; 06C3987

事業団担当部課 ; 大洗工学センター 実験炉部技術課

事業団担当者 ; 長沖 吉弘

1) (株) 東芝 原子力技術研究所

PNC-TJ9164 96-003

March , 1995

Nuclear and Thermal Analyses for the "MAGI" Code System Upgrade(2)<sup>(1)</sup>

Masatoshi Kawashima<sup>(2)</sup>, Yasuyuki Moriki<sup>(2)</sup>

Abstract

The core management code system "MAGI" was developed for the Experimental Fast Reactor, JOYO. The "MAGI" system upgrade aims at improving the prediction accuracy for the neutronic and thermal characteristics along with the plant upgrade.

To achieve the goals, new appropriate methodology is needed for local characteristic predictions in the core and surrounding regions.

The new basic methodology includes fine mesh-spacing (24 mesh points per hexagon) and increased energy groups (18 neutron and 7 gamma groups) with diffusion calculation. To utilize the fine mesh-spacing model with improved heterogeneous structures for various types of subassembly, simple rules are proposed for modeling, based on the numerical comparisons for reactivity worth, power distributions and burnup composition variations.

To realize the "MAGI" system upgrade, it is required to establish further detail rules for various irradiation rigs for data flow specifications. It is also required to make the basic modules of the system, hereafter.

---

(1) The work performed by Toshiba Corporation under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation. Contract No. ;06C3987  
PNC Liaison ; Reactor Technology Section, Experimental Reactor Division,  
Yoshihiro Nagaoki

(2) Nuclear Engineering Laboratory, Toshiba Corporation

## 図表リスト

図1-1 本年度検討の位置づけと今後の展開（案）

図1-2 照射場の計算精度向上のためのモデル選定の考え方

表2.1-1 JFS-3-J2炉定数のエネルギー群構造と核分裂スペクトル

表2.1-2 ガンマ線エネルギー構造

表2.1-3 ガンマ線源計算検討用中性子 100群エネルギー構造

図2.1-1 「常陽」MK-II 炉心第20サイクル炉心配置図

図2.1-2 "特燃なし" 体系の 1/6対称化炉心体系図

図2.1-3 "特燃あり" 体系の 1/6対称化炉心体系図

表2.2-1 実効増倍率に対する70群計算と18群計算の比較

表2.2-2 ドライバー燃料各列の中性子バランス(1)

--BOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向 1 領域、軸方向 1 平均組成, CR 7.5cm-in --

表2.2-3 ドライバー燃料各列の中性子バランス(2)

--BOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向 3 領域、軸方向 1 平均組成, CR 7.5cm-in --

表2.2-4 ドライバー燃料各列の中性子バランス(3)

--EOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向 1 領域、軸方向 1 平均組成, CR 引抜 --

表2.2-5 ドライバー燃料各列の中性子バランス(4)

--EOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向 3 領域、軸方向 1 平均組成, CR 引抜 --

表2.2-6 ドライバー燃料各列の中性子バランス(5)

--EOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向 3 領域、軸方向 3 平均組成, CR 引抜 --

図2.2-1 ドライバー燃料各列の中性子バランス計算用 R Z モデル(1)

--縮約軸方向 1 領域、軸方向 1 平均組成 --

図2.2-2 ドライバー燃料各列の中性子バランス計算用 R Z モデル(2)

--縮約軸方向 3 領域、軸方向 1 平均組成 --

図2.2-3 ドライバー燃料各列の中性子バランス計算用 R Z モデル(3)

--縮約軸方向 3 領域、軸方向 3 平均組成 --

- 表2.3-1 24mesh均質・非均質モデルにおける実効増倍率の比較(1)  
 ——”1/6対称化炉心；特燃なし体系における計算——
- 表2.3-2 24mesh均質・非均質モデルにおける実効増倍率の比較(2)  
 ——”1/6対称化炉心；特燃なし体系における計算——
- 図2.3-1 燃料集合体－燃料集合体のモデル化概略図
- 図2.3-2 燃料集合体－A型特殊燃料集合体のモデル化概略図
- 図2.3-3 燃料集合体－B型特殊燃料集合体のモデル化概略図
- 図2.3-4 燃料集合体－C型特殊燃料集合体のモデル化概略図
- 図2.3-5 燃料集合体－制御棒吸収体のモデル化概略図
- 図2.3-6 燃料集合体－内側反射体のモデル化概略図
- 図2.3-7 ”特燃なし”体系の1/6対称化炉心体系の集合体番号の図
- 図2.3-8 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(1)  
 ——炉心第1列位置、燃料同士の隣接(炉心中心面)——
- 図2.3-9 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(2)  
 ——炉心第2列位置、CRP隣接の燃料(炉心中心面)——
- 図2.3-10 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(3)  
 ——炉心第4列位置、CRP & 内側反射体隣接の燃料(炉心中心面)——
- 図2.3-11 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(4)  
 ——炉心第3列位置、燃料隣接の制御棒吸収体(炉心中心面)——
- 図2.3-12 AMIR-2型集合体の非均質モデル化の影響検討

- 表2.4-1 ガンマ線計算のエネルギー群構造
- 表2.4-2 炉心－反射体領域の集合体位置平均ガンマ線束の計算群数依存性まとめ(1)  
 ——3群計算と20群計算の比較——
- 表2.4-3 炉心－反射体領域の集合体位置平均ガンマ線束の計算群数依存性まとめ(2)  
 ——7群計算と20群計算の比較——
- 表2.4-4 INTA-Sの各カプセルの測定値と計算値(PNC殿提供)
- 図2.4-1 ガンマ線束分布計算手法の検討フロー
- 図2.4-2 ガンマ線束の3群計算と20群計算(3群分割化)の比較  
 ——炉心隣接の内側反射体位置(INTA-S位置相当)炉心中心面——

図2.4-3 ガンマ線束の7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(1)――  
――炉心隣接の内側反射体位置（INTA-S位置相当）　炉心中心面――

図2.4-3 ガンマ線束の7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(2)――  
――炉心隣接の内側反射体位置（INTA-S位置相当）　炉心中心面――

図2.4-3 ガンマ線束の7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(3)――  
――炉心隣接の内側反射体位置（INTA-S位置相当）　炉心中心面――

図2.4-4 INTA\_S概略図

図2.5-1 燃焼計算モデルの比較概念図

図2.5-2 燃焼計算に対する燃料モデルの影響(1)  
---中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）  
---集合体位置5列(#14 pos)、（均質モデル）、集合体平均組成vs.マッシュ毎の組成

図2.5-3 燃焼計算に対する燃料モデルの影響(2)

---中性子束計算（非均質モデル/均質モデル）が集合体内出力分布形に与える影響  
---（初期組成）、集合体位置5列(#14 pos)---

図2.5-4 燃焼計算に対する燃料モデルの影響(3)

---中性子束計算（非均質モデル/均質モデル）がマッシュ毎の燃焼組成Pu239密度に与える影響  
---3列目制御棒15cm挿入 ---

図2.6-1 燃料中心温度の照射履歴依存性の例

図2.6-2 燃料平均温度の照射履歴依存性の例

図3.3-1 集合体内中性子束分布計算の精度向上方策案

図3.4-1 ガンマ発熱分布の計算精度改善案

図3.5-1 热特性計算法の候補案

## 目 次

1.はじめ	1
2.中性子関連特性計算手法の検討	6
2.1 核計算法全般	6
2.2 エネルギー群数最適化のためのサーベイ計算	13
2.3 集合体非均質効果の検討	24
2.4 ガンマ発熱計算手法の検討	44
2.5 燃焼計算最適化のためのサーベイ計算	57
2.6 热計算手法の課題の検討	64
3.まとめ	68
3.1 核計算法全般	69
3.2 集合体非均質効果の検討	70
3.3 出力分布計算手法の改良検討	72
3.4 ガンマ発熱計算手法の検討	74
3.5 热計算手法の課題	76
4.おわりに	79
付録1 集合体均質モデルと集合体非均質モデルによる中性子束 分布の比較検討データ	80
付録2 ガンマ線束分布計算に対するエネルギー群数の影響検討データ	114
付録3 ドライバー燃料集合体の燃焼計算に対する均質／非均質 モデルの影響検討データ	131

## 1. はじめに

本検討では、運転監視コード”MAG I”の核熱計算のためのモデル選定・エネルギー一群等の諸計算条件をパラメータとしてサーベイ計算を実施し、高度化”MAG I”の計算精度向上のための検討を行った。

”MAG I”の高度化は、常陽の照射能力向上の炉心変更に併せて、従来の運転監視機能にとどまらず、照射場全体の核熱特性の予測精度向上をはかり、ドライバー燃料の照射後試験（PIE）と対比を可能とすること、さらに各種照射物の装荷の反応度予測精度の向上、更に、照射条件の予測精度向上とPIEとの対比を可能とすることを目的とするものである。

このような大幅な機能拡大では、従来の炉心全体特性中心の特性計算手法から、ローカルな照射場における核熱特性予測精度を増強するために適切な手法を新たに採用する必要がある。

本検討の位置づけと今後の展開案を図1-1、図1-2に示している。以下に、その概略を説明する。

「照射場の核熱特性の予測精度向上を目指す」ための炉心核熱計算基本モデルの検討を開始している。H5年度の検討結果（PNC ZJ9164 94-010; ”MAG I”の高度化のための核熱計算作業）の成果はつぎの様にまとめられる：

小型高速炉である「常陽」は炉心全体的にみれば、中性子スペクトルは硬く中性子輸送における非均質効果は少ないと考えられてきた。この立場はドライバー燃料集合体については当てはまる。一方、「常陽」はドライバー燃料・反射体間に複雑な空間的な非均質性がある。更に、制御棒チャンネルの他に、照射用特殊燃料集合体・照射リグなどが複雑に配置されるという空間非均質配置が多く存在する。

この様な状況では、ローカルな核熱特性を精度よく予測するためには、非均質配置効果を反映できる計算モデルとすることがもっとも重要であることが昨年度の検討から示された。即ち、中性子束・ガンマ線束計算における空間メッシュの詳細化が有効であるということである。有限差分法を基本とする選択が現実的であるので、核計算モデルとしては、集合体あたり24メッシュ程度以上の詳細メッシュとすることが有効である。

具体的には、ドライバー燃料の集合体内出力・中性子束分布計算には、詳細空間メッシュ

シユによる集合体境界条件の決定と、多群扱いのポテンシャル論手法の適用が有効な見通しが得られた。

この集合体(SA)当たりのメッシュ数の選択は、計算時間と計算機容量への要求の大幅増大をもたらすことになる。計算モデル上は54メッシュ/SA とすることが、特殊燃料集合体内の非均質配置を表現する場合にも有利なことなどの利点が多いが、現実的には24メッシュ/S A が上限となると予想し、24メッシュ/SA を選択した。

この結果を受けて本年度の検討では、つきの事柄をモデル確定のために検討した。

(1) 「詳細空間メッシュをどう利用するのが、集合体内の非均質構造を扱うのがよいか?」という観点を中心に、24メッシュ/SAと非均質構造の関係の検討を調べる。

例えば、炉心ドライバー燃料の扱いでは、ラッパ管非均質構造をある程度考慮したモデルと従来モデルの違いを調べ、モデル選定材料とする。制御棒吸収体の扱いでは、中性子吸収体の非均質構造をある程度考慮することの影響を把握する。更に、特殊燃料の扱いについて検討する。

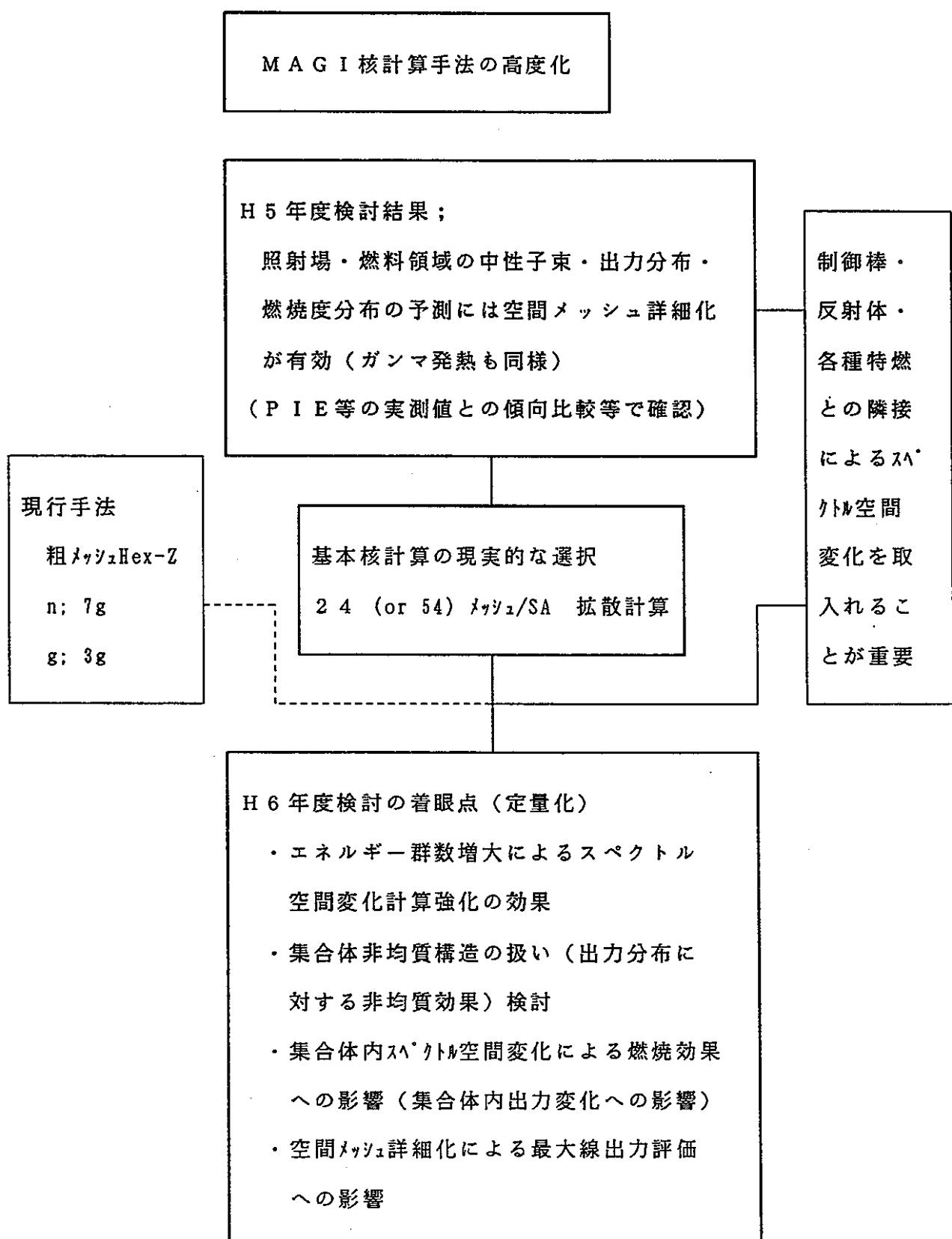
これらのモデル化の変更効果は、中性子束分布への影響の大きさなどをもとに評価するものである。

(2) 「詳細空間メッシュの利用による出力分布・燃焼度分布と集合体内組成変化予測への影響評価」として、ドライバー組成評価と炉心出力分布・集合体内出力分布への影響を調べる。

(3) エネルギー群数の増加効果を確認する。中性子については、計算精度を確保しつつ縮約モデルの簡素ができるることを確認する。ガンマ線についても、エネルギー群数の倍増効果を定量的に把握する。

(4) 炉心監視機能のMK-III炉心設計への対応能力増強を、熱計算モデルの詳細化の観点からも調査検討する。

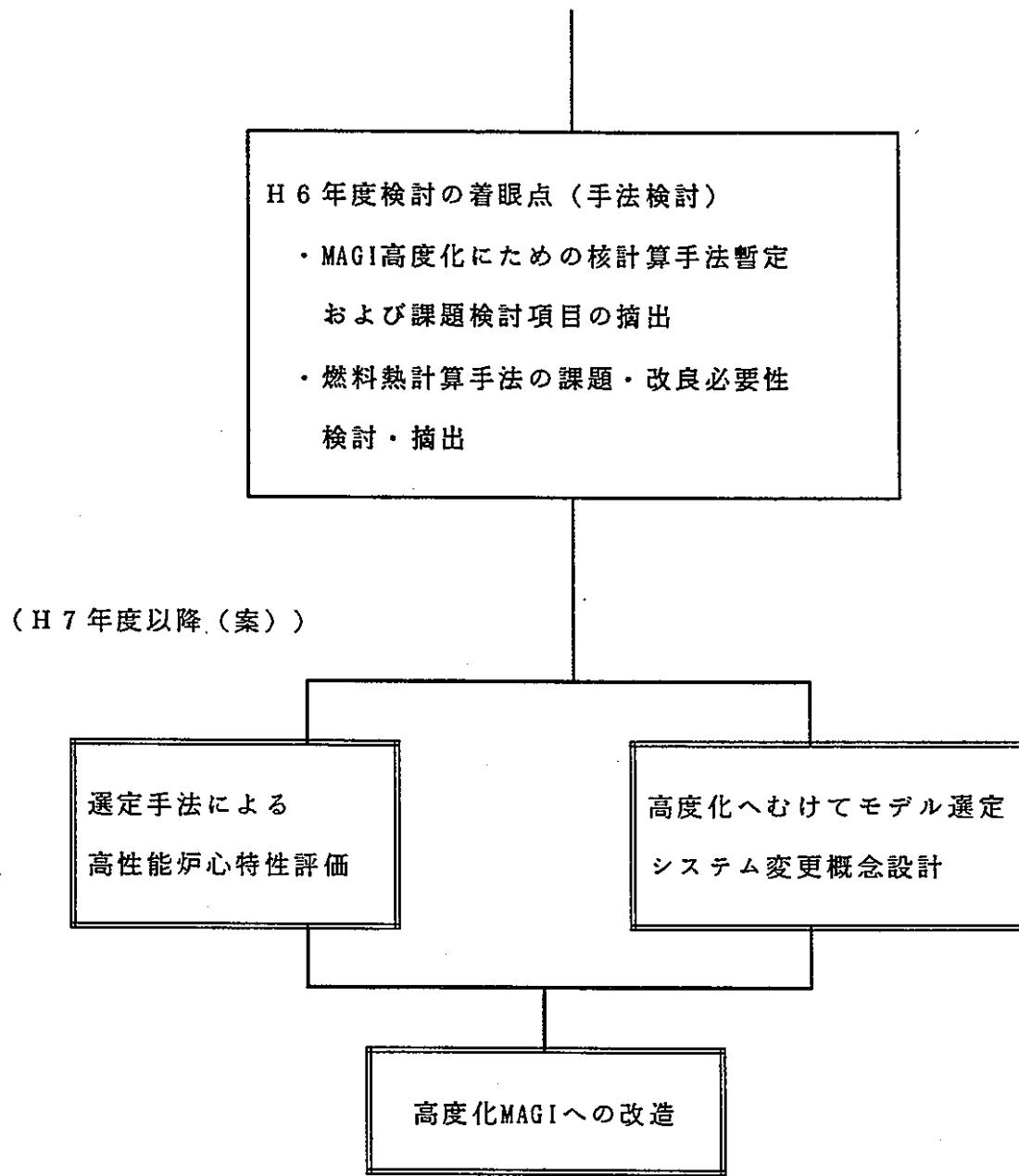
図1-1. 本年度検討の位置づけと今後の展開（案）



(continue)

図 つづき

(continued)



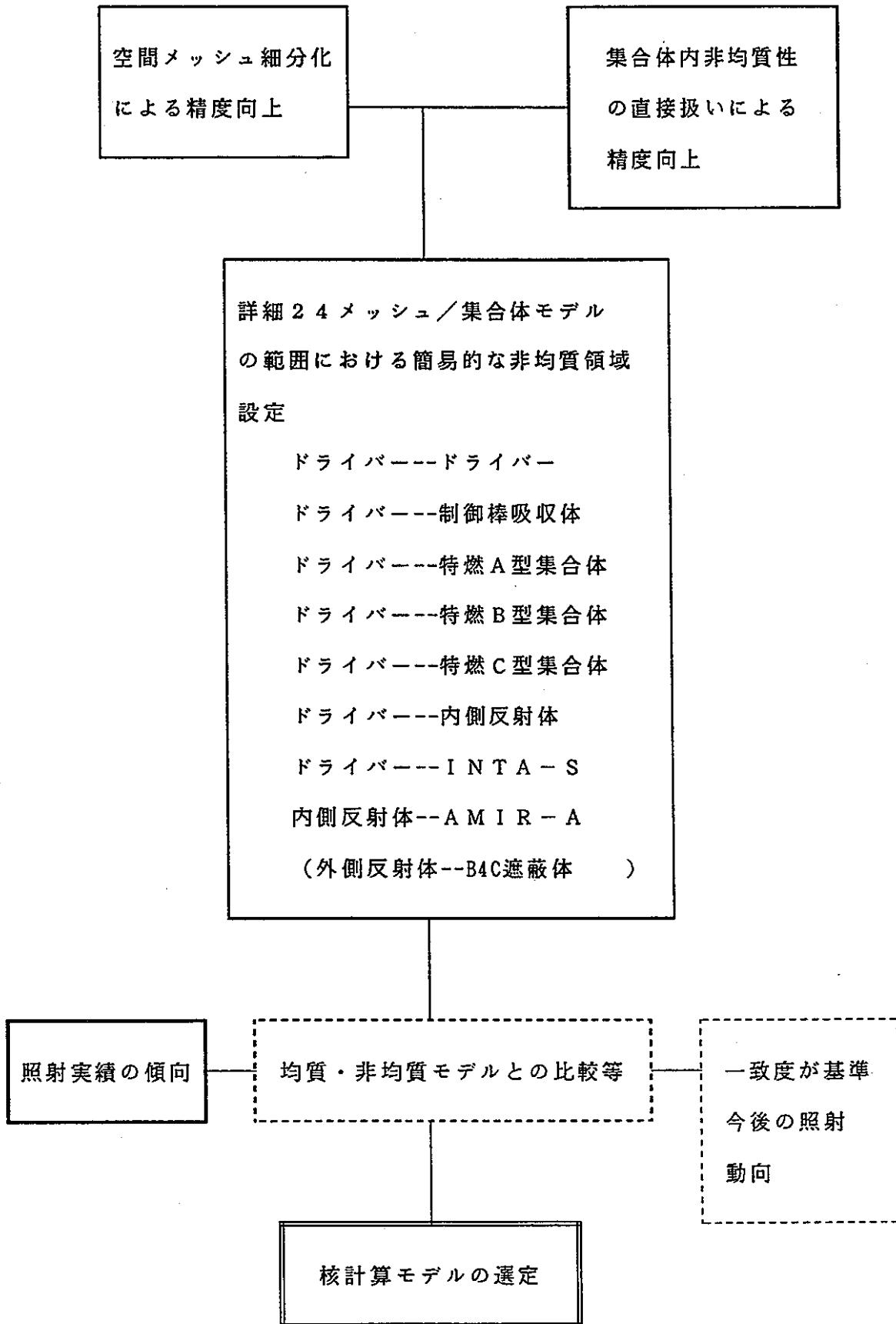


図1-2. 照射場の計算精度向上のためのモデル選定の考え方

## 2. 中性子関連特性計算手法の検討

### 2.1 核計算法全般

核定数は中性子ライブラリーはJFS-3-J2（70群）を2次元R Z拡散計算による中性子スペクトルを用いて、7群または18群に縮約して使用した（表2.1-1）。

ガンマ線輸送計算手法に係わる検討では、RADHEAT-V3コードを使用し、それに付属する中性子100群（JENDL-2基準）とガンマ発生ライブラリー（POPOP4; 20群ガンマ線）をもとに、中性子 7群、ガンマ線は 7群または 3群に縮約して使用した（ガンマ線20群数と構造は表2.1-2、中性子 100群数と構造は表2.1-3 に示されている）。

炉心体系計算の手法は、昨年度の検討の結果、集合体内の出力分布・燃焼度分布を従来のHex-Z粗メッシュ計算結果から大幅に改善することが示された3次元3角メッシュTri-Z（集合体24メッシュ分割）拡散計算を中心に使用した。ただし、検討項目により1、2次元モデルによる検討を行なっている。

炉心体系計算におけるエネルギー群数、集合体内非均質配置を考慮した実効燃料モデル等をパラメータとした。これらの比較では、従来の集合体内一様均質モデルを基本として、集合体内構造の非均質構造モデル化効果を調べる方法を採用した。

計算を行う体系は、MK-IIの第20サイクルの原子数密度をもとにして、昨年度の計算作業のために作成した組成データを使用した。

図2.1-1 に第20サイクルの炉心配置図、図2.1-2、図2.1-3 には計算手法検討のために1／6対称化した炉心断面モデルを示した。

表2.1-1 JFS-3-J2炉定数のエネルギー群構造と核分裂スペクトル

Group			Upper Energy	Lower Energy	Lethargy Width	Fission Spectra <sup>a)</sup>
1	1	1	10.0 (MeV) 7.7880	7.7880 (MeV) 6.0653	0.250 0.250	8.3498e-03 2.2710e-02
	2	3	6.0653 4.7237	4.7237 3.6788	0.250 0.250	4.5869e-02 7.3294e-02
	3	5	3.6788 2.8650	2.8650 2.2313	0.250 0.250	9.7428e-02 1.1210e-01
	4	7	2.2313 1.7377	1.7377 1.3534	0.250 0.250	1.1520e-01 1.0837e-01
	5	9	1.3534 1.0540	1.0540 0.82085	0.250 0.250	9.5137e-02 7.9137e-02
	6	11	0.82085 0.63928 0.49787	0.63928 0.49787 0.38774	0.250 0.250 0.250	6.3114e-02 4.8710e-02 3.6643e-02
	7	14	0.38774	0.30197	0.250	2.7021e-02
	15	15	0.30197	0.23518	0.250	1.9618e-02
	16	16	0.23518	0.18316	0.250	1.4072e-02
3	8	17	0.18316	0.14264	0.250	9.9987e-03
	18	18	0.14264	0.11109 (MeV)	0.250	7.0524e-03
	19	19	0.11109 (MeV)	86.517 (keV)	0.250	4.9459e-03
	9	20	86.517 (keV)	67.379 (keV)	0.250	3.4531e-03
4	21	21	67.379	52.475	0.250	2.4025e-03
	22	22	52.475	40.868	0.250	1.6671e-03
	10	23	40.868	31.828	0.250	1.1543e-03
	24	24	31.828	24.788	0.250	7.9794e-04
	25	25	24.788	19.305	0.250	5.5089e-04
5	11	26	19.305	15.034	0.250	3.7995e-04
	27	27	15.034	11.709	0.250	2.6185e-04
	28	28	11.709	9.1188	0.250	1.8035e-04
	12	29	9.1188	7.1017	0.250	1.2416e-04
6	30	30	7.1017	5.5308	0.250	8.5444e-05
	31	31	5.5308	4.3074	0.250	5.8784e-05
	13	32	4.3074	3.3546	0.250	4.0433e-05
7	33	33	3.3546	2.6126	0.250	2.7806e-05
	34	34	2.6126	2.0347	0.250	1.9120e-05
	14	35	2.0347	1.5846	0.250	1.3146e-05
8	36	36	1.5846	1.2341 (keV)	0.250	9.0376e-06
	37	37	1.2341 (keV)	961.12 (eV)	0.250	5.3758e-06

\*:  $^{239}\text{Pu}$

Group			Upper Energy	Lower Energy	Lethargy Width	Fission Spectra
6	15	38	961.12 (eV)	748.52 (eV)	0.250	0.0
	39	748.52	582.95	454.00	0.250	0.0
	40	582.95			0.250	0.0
	16	41	454.00	353.58	0.250	0.0
	42	353.58	275.36	214.45	0.250	0.0
	43	275.36			0.250	0.0
	17	44	214.45	167.02	0.250	0.0
	45	167.02	130.07	101.30	0.250	0.0
7	18	47	101.30	78.893	0.250	0.0
	48	78.893	61.442	47.851	0.250	0.0
	49	61.442			0.250	0.0
	50	47.851	37.267		0.250	0.0
	51	37.267	29.023		0.250	0.0
	52	29.023	22.603		0.250	0.0
	53	22.603	17.603		0.250	0.0
	54	17.603	13.710		0.250	0.0
8	55	13.710	10.677		0.250	0.0
	56	10.677	8.3153		0.250	0.0
	57	8.3153	6.4760		0.250	0.0
	58	6.4760	5.0435		0.250	0.0
	59	5.0435	3.9279		0.250	0.0
	60	3.9279	3.0590		0.250	0.0
	61	3.0590	2.3824		0.250	0.0
	62	2.3824	1.8554		0.250	0.0
9	63	1.8554	1.4450		0.250	0.0
	64	1.4450	1.1254		0.250	0.0
	65	1.1254	0.87642		0.250	0.0
10	66	0.87642	0.68256		0.250	0.0
	67	0.68256	0.53158		0.250	0.0
	68	0.53158	0.41399		0.250	0.0
11	69	0.41399	0.32242		0.250	0.0
	70	0.32242 (eV)	0.00001 (eV)		10.650	0.0

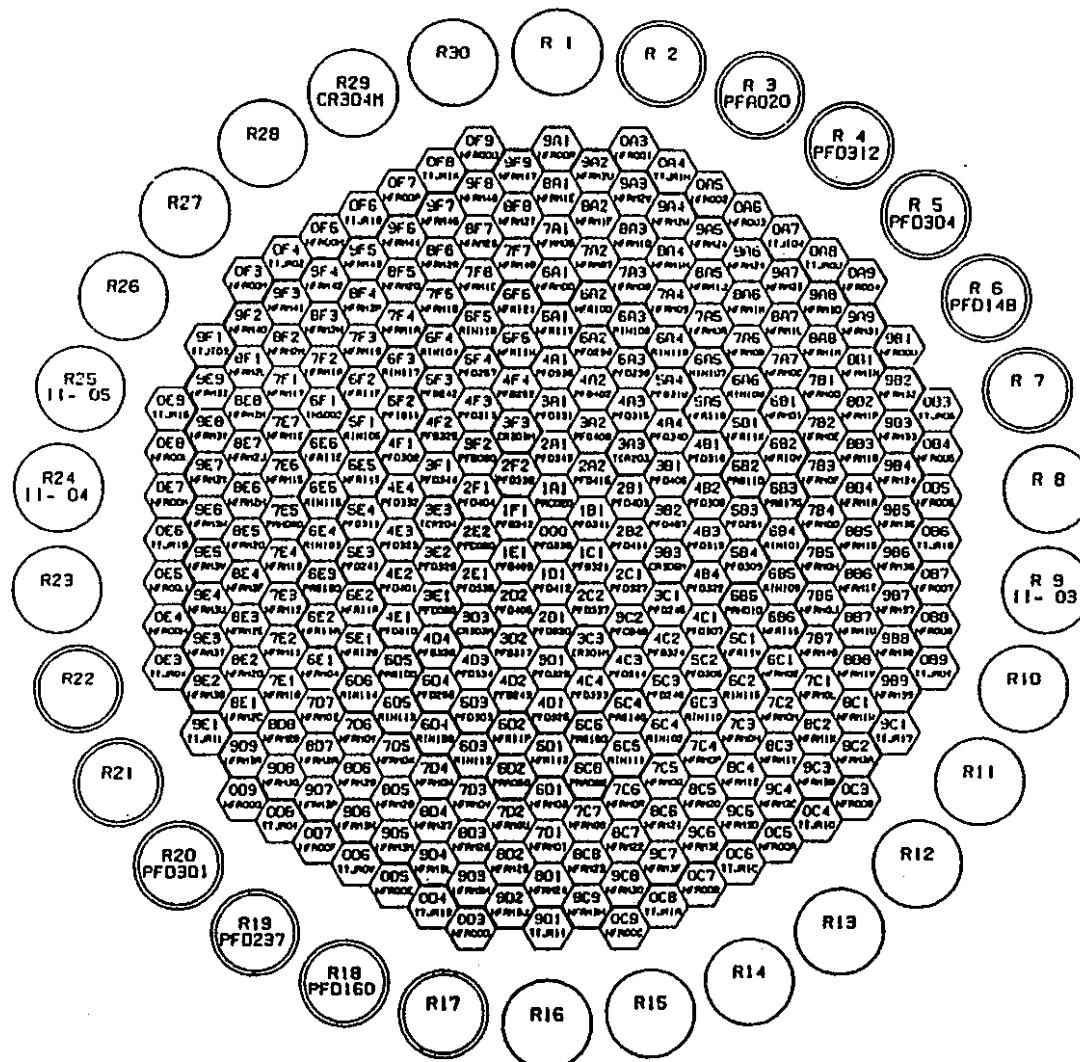
表2.1-2 ガンマ線エネルギー構造

Group			Upper Energy	Lower Energy
1	1	1	14.0 MeV	12.0 MeV
		2	12.0	10.0
		3	10.0	8.0
	2	4	8.0	6.5
		5	6.5	5.0
	3	6	5.0	4.0
		7	4.0	3.0
	4	8	3.0	2.5
		9	2.5	2.0
2	5	10	2.0	1.66
		11	1.66	1.33
		12	1.33	1.00
	6	13	1.00 MeV	800.0 keV
		14	800.0 keV	600.0
		15	600.0	400.0
3	7	16	400.0	300.0
		17	300.0	200.0
		18	200.0	100.0
		19	100.0	50.0
		20	50.0	20.0

表2.1-3 ガンマ線源計算検討用中性子 100群エネルギー構造

群番号		I群" - 上限	群番号		I群" - 上限	群番号		I群" - 上限
1	1	14.918MeV	35	3	497.87keV	69	6	961.12 eV
2		13.499	36		450.49	70		748.52
3		12.214	37		407.62	71		582.95
4		11.052	38		368.83	72		430.74
5		10.000	39		333.73	73		353.57
6		9.0484	40		301.97	74		275.36
7		8.1873	41		273.24	75		214.45
8		7.4002	42		247.24	76		167.02
9		6.7032	43		223.71	77		130.07
			44		202.42			
10	2	6.0653	45		183.16	78	7	101.30
11		5.4881	46		165.73	79		78.893
12		4.9659	47		149.96	80		61.442
13		4.4933	48		135.69	81		47.851
14		4.0657	49		122.77	82		37.267
15		3.6788	50		111.09	83		29.023
16		3.3287				84		22.603
17		3.0119	51	4	86.617	85		17.603
18		2.7253	52		67.379	86		13.710
19		2.4660	53		52.475	87		10.677
20		2.2313	54		40.868	88		8.3153
21		2.0190	55		31.828	89		6.4760
22		1.8266	56		24.788	90		5.0435
23		1.6530	57		19.305	91		3.9279
24		1.4957	58		15.034	92		3.0590
25		1.3534	59		11.709	93		2.3824
26		1.2246				94		1.8554
27		1.1080	60	5	9.1188	95		1.4450
28		1.0026	61		7.1017	96		1.1254
29		907.18keV	62		5.5308	97		0.87642
			63		4.3074	98		0.68256
30	3	820.85	64		3.3546	99		0.53158
31		742.74	65		2.6126	100		0.41399
32		672.06	66		2.0347			
33		608.10	67		158.46			
34		550.23	68		123.41			
								I群" - 下限 0.001eV

RADHEAT-V3 Energy Structure.

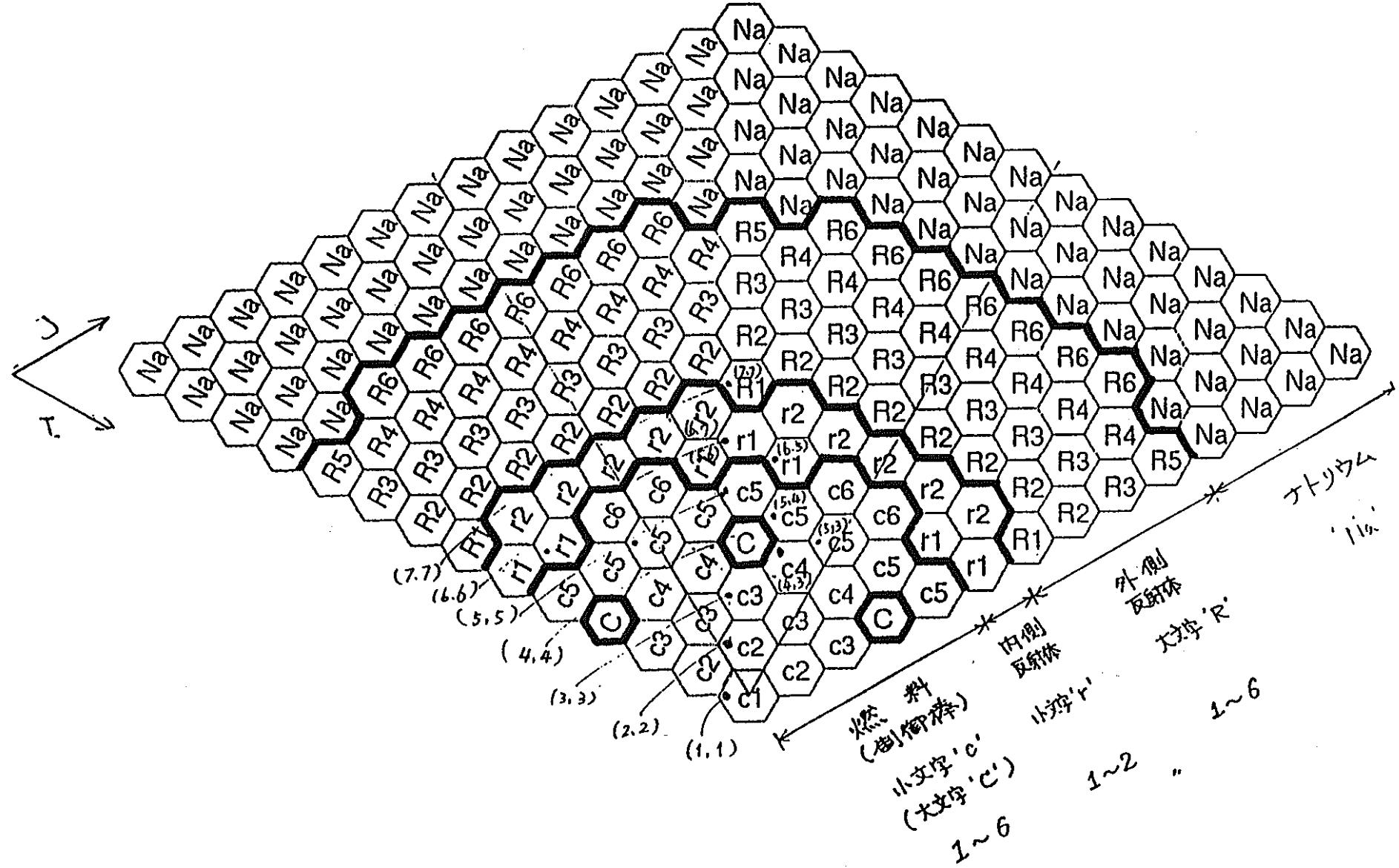


CYCLE NO. 20

EOC DATE 1990. 1. 3.

炉心	ラック
炉心燃料	63
内側反射体	37
外側反射体〔A〕	142
外側反射体〔B〕	48
制御棒	6
中性子源	1
特殊燃料A	0
特殊燃料B	1
特殊燃料C	3
特殊反射体	6
I N T A	1

図2.1-1 「常陽」MK-II 炉心第20サイクル炉心配置図



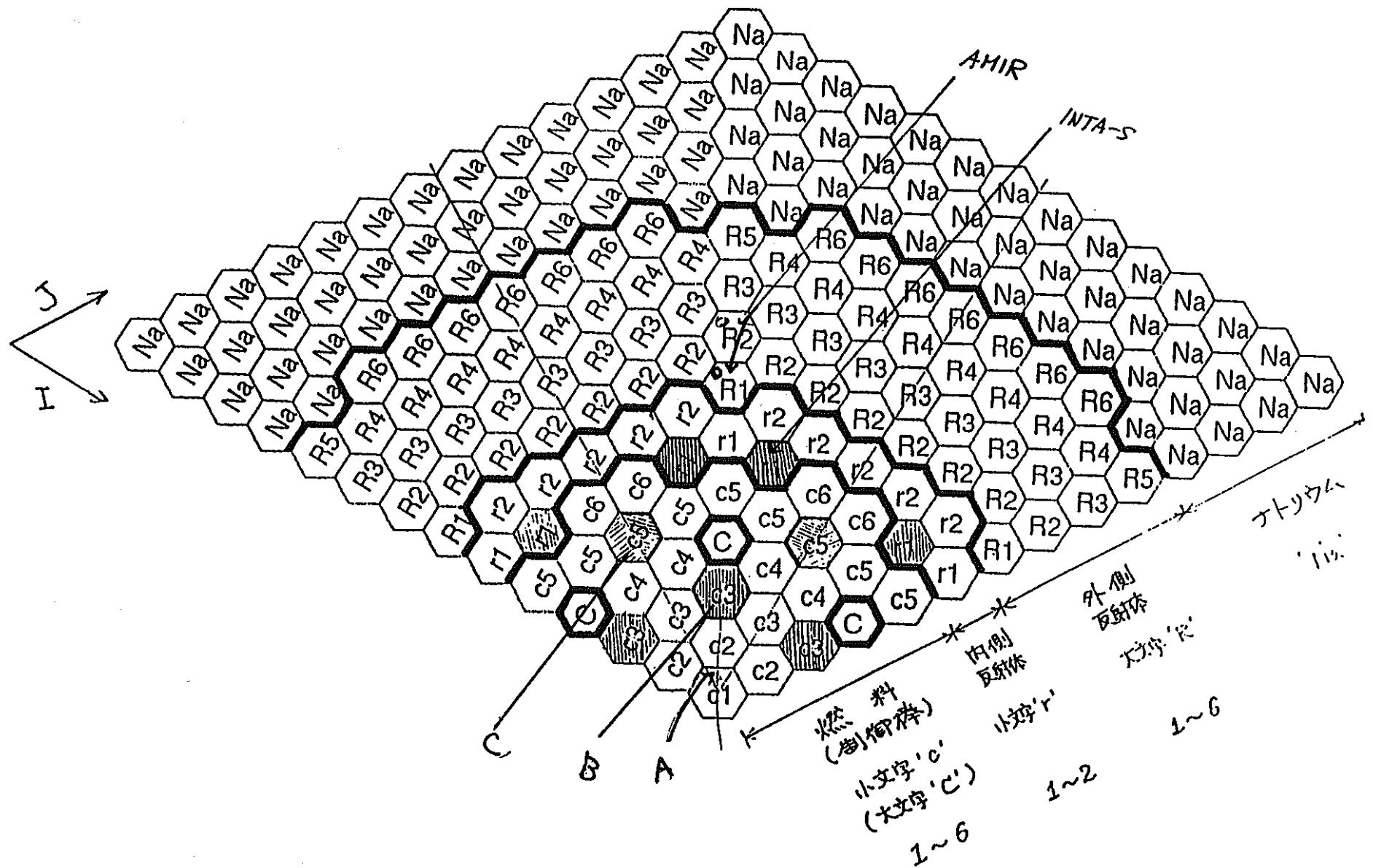


図2.1-3 “特燃あり”体系の1/6対称化炉心体系図

## 2.2 エネルギー群数最適化のためのサーベイ計算

今後、多様な照射対象が「常陽」に装荷される。炉心の特性予測精度の計算にあたって、装荷状態に依存しない計算を行うためには、手法の一層の普遍化をめざすことが必要である。「常陽」の炉心核特性の評価を中性子については18群とし、現行MAGIの7群から増大させる。この増加は、照射場の核特性予測精度向上を、炉心状態によらず普遍化するために役立つ。ここでは、表2.1-1に示される18群とする。この18群構造は、JFS-3タイプの70群構造の高速炉解析用セットを縮約して使用することに多用されている。

炉心核特性計算を従来の7群から18群とすることにより、MAGIシステムの対応としては、多様な照射対象が配置された炉心においても、実効断面積を70群から18群化する場合の縮約スペクトルの選択の厳密さは軽減できる。即ち、もともと2次元RZモデルによる縮約モデルでは厳密に表現できない3次元的な配置の扱いに関する近似による計算結果への影響が緩和されることになる。

この場合、炉心の中性子スペクトル・中性子バランスが、18群の場合にどの程度70群と一致するかをドライバー燃料領域に対して基本的な確認をすることが重要となる。これらの特性は炉心全体の基本特性であるので、炉心の運転監視コードの基本手法検討には有用である。

炉心部の縮約領域が軸方向に1領域の場合（図2.2-1）と、炉心上部・下部領域と隣接する燃料領域を分ける軸方向に3領域の場合（図2.2-2,-3）について、サイクル初期・末期の実効倍率と炉心部の中性子バランスを、縮約をしない70群計算との比較を行った。

RZモデル化した対象炉心はMK-II炉心の初期炉心（サイクル1）である。サイクル初期では各列の軸方向組成は同一である（case-1,-2）。サイクル末期では軸方向平均の場合（case-2）と軸方向に3組成平均領域とする場合（case-3）を調べた。

表2.2-1に実効倍率に対する70群と18群の比較を示す。また、表2.2-2～表2.2-6に中性子バランスを示す。

これらの結果から、18群への縮約モデルについてつぎのことが言える。

- (1) 実効増倍率については、燃料組成が軸方向平均の場合は18群化することにより70群との一致度は  $0.02\% \Delta \rho$  と小さく、現実に全体として許容される違いの1/10程度である。したがって、群縮約モデルを簡素化できることが分かる。
- (2) 燃焼組成状態では、縮約モデルの簡素化については上述と同等のポテンシャルは確保出来る。留意すべきポイントは、炉心計算に軸方向の燃焼組成を反映することである。したがって、群縮約の簡素化を行うことは可能である。燃焼組成については従来のように軸ノード毎に燃焼組成を扱えるようにすることが重要であることが確認できる。
- (3) 中性子バランスの各列の値の比較からも、縮約領域の簡素化を確認することができる。

実効断面積の作成方法は均質・非均質モデルのいかんにかかわらず、上記の結論は有効である。

これらの結果をもとに、高度化M A G I では、与えられた70群段階の実効断面積を18群に縮約するモデルは簡素化する方向で、断面積データ取扱量の増大を抑制しつつ、予測精度の向上を図ることが可能である。

表2.2-1 実効増倍率に対する70群計算と18群計算の比較

B O C (平均組成は軸方向に一樣)

	縮約軸方向 1 領域	縮約軸方向 3 領域
<hr/>		
70 g calculation		
rod-out	$k=1.01133$	$k=1.01133$
CR 7.5cm-in	$k=1.00272$	$k=1.00272$
18 g calculation		
rod-out	$k=1.01064$	$k=1.01062$
CR 7.5cm-in	$k=1.00204$	$k=1.00203$
<hr/>		

E O C (平均組成は軸方向に変化)

	列平均組成軸方向全体で平均	列平均組成軸方向 3 領域	
	縮約軸方向 1 領域	縮約軸方向 3 領域	縮約軸方向 3 領域
<hr/>			
70 g calculation			
rod-out	$k=1.00189$	$k=1.00189$	$k=1.00168$
18 g calculation			
rod-out	$k=1.01064$	$k=1.00118$	$k=1.00097$
<hr/>			

表2.2-2 ドライバー燃料各列の中性子バランス(1)

--BOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向1領域、軸方向1平均組成, CR 7.5cm-in --

	nu*fission	fission	absorption	capture
core 0x				
fissile	1.82285E-02	6.41734E-03	7.80783E-03	1.39050E-03
fertile	2.53284E-03	8.83029E-04	2.74558E-03	1.86255E-03
FP			0.00000E+00	0.00000E+00
Na			1.65741E-05	1.65741E-05
Sus			3.65600E-04	3.65600E-04
O			3.49325E-05	3.49325E-05
core 1x				
fissile	5.32934E-02	1.87651E-02	2.28140E-02	4.04890E-03
fertile	7.47076E-03	2.60489E-03	8.07126E-03	5.46637E-03
FP			0.00000E+00	0.00000E+00
Na			4.86298E-05	4.86298E-05
Sus			1.07340E-03	1.07340E-03
O			1.03614E-04	1.03614E-04
core 2x				
fissile	1.96700E-01	6.92510E-02	8.41575E-02	1.49066E-02
fertile	2.79460E-02	9.73862E-03	2.99577E-02	2.02191E-02
FP			0.00000E+00	0.00000E+00
Na			1.79145E-04	1.79145E-04
Sus			3.95970E-03	3.95970E-03
O			3.85914E-04	3.85914E-04
core 3x				
fissile	1.70344E-01	5.99985E-02	7.30897E-02	1.30912E-02
fertile	2.45459E-02	8.54421E-03	2.63414E-02	1.77972E-02
FP			0.00000E+00	0.00000E+00
Na			1.56891E-04	1.56891E-04
Sus			3.45671E-03	3.45671E-03
O			3.34957E-04	3.34957E-04
core 4x				
fissile	2.92707E-01	1.03285E-01	1.27183E-01	2.38982E-02
fertile	3.98594E-02	1.38910E-02	4.51987E-02	3.13077E-02
FP			0.00000E+00	0.00000E+00
Na			2.79765E-04	2.79765E-04
Sus			6.00451E-03	6.00451E-03
O			5.61822E-04	5.61822E-04
core 5x				
fissile	1.30749E-01	4.64435E-02	5.95442E-02	1.31007E-02
fertile	1.45383E-02	5.07386E-03	2.04328E-02	1.53589E-02
FP			0.00000E+00	0.00000E+00
Na			1.36292E-04	1.36292E-04
Sus			2.68972E-03	2.68972E-03
O			1.92911E-04	1.92911E-04
Total	1.0000			

表2.2-3 ドライバー燃料各列の中性子バランス(2)

--BOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向3領域、軸方向1平均組成, CR 7.5cm-in --

	nu*fission	fission	absorption	capture
core 0x				
fissile	1.82283E-02	6.41726E-03	7.80756E-03	1.39030E-03
fertile	2.53281E-03	8.83017E-04	2.74544E-03	1.86242E-03
FP			8.13658E-16	8.13658E-16
Na			3.72674E-06	3.72674E-06
Sus			3.65591E-04	3.65591E-04
0			3.49298E-05	3.49298E-05
core 1x				
fissile	5.32930E-02	1.87649E-02	2.28132E-02	4.04830E-03
fertile	7.47067E-03	2.60486E-03	8.07085E-03	5.46599E-03
FP			2.37801E-15	2.37801E-15
Na			1.08314E-05	1.08314E-05
Sus			1.07338E-03	1.07338E-03
0			1.03607E-04	1.03607E-04
core 2x				
fissile	1.96699E-01	6.92508E-02	8.41554E-02	1.49046E-02
fertile	2.79457E-02	9.73853E-03	2.99564E-02	2.02178E-02
FP			8.76112E-15	8.76112E-15
Na			3.83866E-05	3.83866E-05
Sus			3.95962E-03	3.95962E-03
0			3.85889E-04	3.85889E-04
core 3x				
fissile	1.70343E-01	5.99982E-02	7.30878E-02	1.30896E-02
fertile	2.45457E-02	8.54416E-03	2.63403E-02	1.77962E-02
FP			7.75475E-15	7.75475E-15
Na			3.36643E-05	3.36643E-05
Sus			3.45664E-03	3.45664E-03
0			3.34936E-04	3.34936E-04
core 4x				
fissile	2.92708E-01	1.03285E-01	1.27181E-01	2.38956E-02
fertile	3.98591E-02	1.38909E-02	4.51971E-02	3.13062E-02
FP			1.43701E-14	1.43701E-14
Na			6.31735E-05	6.31735E-05
Sus			6.00442E-03	6.00442E-03
0			5.61794E-04	5.61794E-04
core 5x				
fissile	1.30750E-01	4.64439E-02	5.95435E-02	1.30996E-02
fertile	1.45382E-02	5.07383E-03	2.04322E-02	1.53584E-02
FP			8.39618E-15	8.39618E-15
Na			3.16264E-05	3.16264E-05
Sus			2.68969E-03	2.68969E-03
0			1.92899E-04	1.92899E-04
Total	1.0000			

表2.2-4 ドライバー燃料各列の中性子バランス(3)

--EOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向1領域、軸方向1平均組成, CR 引抜 --

	nu*fission	fission	absorption	capture
core 0x				
fissile	1.80759E-02	6.36775E-03	7.76055E-03	1.39280E-03
fertile	2.55611E-03	8.89466E-04	2.81248E-03	1.92301E-03
FP			2.05470E-05	2.05470E-05
Na			1.69018E-05	1.69018E-05
Sus			3.71107E-04	3.71107E-04
0			3.47699E-05	3.47699E-05
core 1x				
fissile	5.29214E-02	1.86466E-02	2.27105E-02	4.06394E-03
fertile	7.54286E-03	2.62511E-03	8.27547E-03	5.65036E-03
FP			5.83735E-05	5.83735E-05
Na			4.96758E-05	4.96758E-05
Sus			1.09085E-03	1.09085E-03
0			1.03207E-04	1.03207E-04
core 2x				
fissile	1.96426E-01	6.92098E-02	8.43255E-02	1.51157E-02
fertile	2.82387E-02	9.82361E-03	3.08524E-02	2.10288E-02
FP			2.00776E-04	2.00776E-04
Na			1.84621E-04	1.84621E-04
Sus			4.04776E-03	4.04776E-03
0			3.85031E-04	3.85031E-04
core 3x				
fissile	1.70581E-01	6.01271E-02	7.34290E-02	1.33019E-02
fertile	2.47917E-02	8.61710E-03	2.71001E-02	1.84830E-02
FP			1.57323E-04	1.57323E-04
Na			1.61714E-04	1.61714E-04
Sus			3.53460E-03	3.53460E-03
0			3.34567E-04	3.34567E-04
core 4x				
fissile	2.92084E-01	1.03121E-01	1.27155E-01	2.40334E-02
fertile	4.02235E-02	1.39980E-02	4.61998E-02	3.22018E-02
FP			2.45154E-04	2.45154E-04
Na			2.85254E-04	2.85254E-04
Sus			6.09437E-03	6.09437E-03
0			5.60953E-04	5.60953E-04
core 5x				
fissile	1.30474E-01	4.63663E-02	5.95132E-02	1.31469E-02
fertile	1.46663E-02	5.11152E-03	2.08602E-02	1.57487E-02
FP			1.21657E-04	1.21657E-04
Na			1.38454E-04	1.38454E-04
Sus			2.72342E-03	2.72342E-03
0			1.92541E-04	1.92541E-04
Total	1.0000			

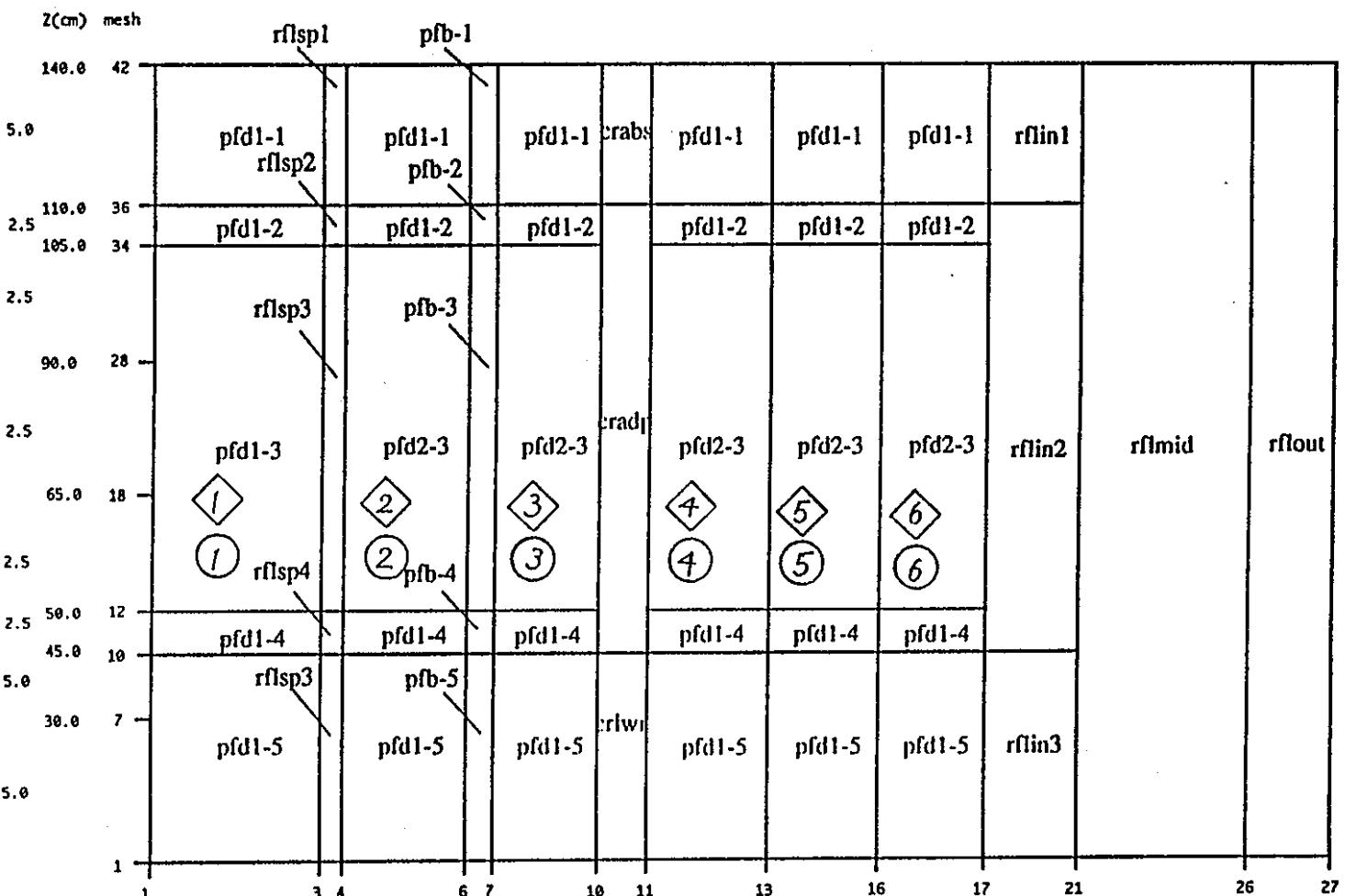
表2.2-5 ドライバー燃料各列の中性子バランス(4)

--EOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向3領域、軸方向1平均組成, CR 引抜 --

	nu*fission	fission	absorption	capture
core 0x				
fissile	1.80758E-02	6.36769E-03	7.76029E-03	1.39261E-03
fertile	2.55606E-03	8.89448E-04	2.81234E-03	1.92289E-03
FP			2.05450E-05	2.05450E-05
Na			4.00116E-06	4.00116E-06
Sus			3.71098E-04	3.71098E-04
0			3.47670E-05	3.47670E-05
core 1x				
fissile	5.29212E-02	1.86464E-02	2.27098E-02	4.06343E-03
fertile	7.54271E-03	2.62506E-03	8.27507E-03	5.65001E-03
FP			5.83681E-05	5.83681E-05
Na			1.17185E-05	1.17185E-05
Sus			1.09082E-03	1.09082E-03
0			1.03199E-04	1.03199E-04
core 2x				
fissile	1.96426E-01	6.92095E-02	8.43231E-02	1.51136E-02
fertile	2.82382E-02	9.82342E-03	3.08510E-02	2.10276E-02
FP			2.00759E-04	2.00759E-04
Na			4.31961E-05	4.31961E-05
Sus			4.04767E-03	4.04767E-03
0			3.85003E-04	3.85003E-04
core 3x				
fissile	1.70581E-01	6.01268E-02	7.34270E-02	1.33001E-02
fertile	2.47913E-02	8.61701E-03	2.70989E-02	1.84819E-02
FP			1.57311E-04	1.57311E-04
Na			3.79420E-05	3.79420E-05
Sus			3.53454E-03	3.53454E-03
0			3.34544E-04	3.34544E-04
core 4x				
fissile	2.92085E-01	1.03122E-01	1.27153E-01	2.40310E-02
fertile	4.02231E-02	1.39978E-02	4.61982E-02	3.22004E-02
FP			2.45145E-04	2.45145E-04
Na			6.79188E-05	6.79188E-05
Sus			6.09431E-03	6.09431E-03
0			5.60921E-04	5.60921E-04
core 5x				
fissile	1.30475E-01	4.63667E-02	5.95125E-02	1.31458E-02
fertile	1.46661E-02	5.11147E-03	2.08597E-02	1.57482E-02
FP			1.21655E-04	1.21655E-04
Na			3.33690E-05	3.33690E-05
Sus			2.72340E-03	2.72340E-03
0			1.92528E-04	1.92528E-04
Total	1.0000			

表2.2-6 ドライバー燃料各列の中性子バランス(5)  
--EOC 2D-RZ 18g, 縮約軸方向3領域、軸方向3平均組成、CR 引抜 --

	nu*fission	fission	absorption	capture
core 0x				
fissile	1.80737E-02	6.36699E-03	7.75801E-03	1.39102E-03
fertile	2.55598E-03	8.89422E-04	2.81204E-03	1.92262E-03
FP			2.07739E-05	2.07739E-05
Na			4.00233E-06	4.00233E-06
Sus			3.71075E-04	3.71075E-04
O			3.47581E-05	3.47581E-05
core 1x				
fissile	5.29154E-02	1.86445E-02	2.27033E-02	4.05880E-03
fertile	7.54254E-03	2.62501E-03	8.27424E-03	5.64923E-03
FP			5.90622E-05	5.90622E-05
Na			1.17220E-05	1.17220E-05
Sus			1.09076E-03	1.09076E-03
O			1.03173E-04	1.03173E-04
core 2x				
fissile	1.96408E-01	6.92037E-02	8.43000E-02	1.50963E-02
fertile	2.82385E-02	9.82353E-03	3.06484E-02	2.10249E-02
FP			2.03421E-04	2.03421E-04
Na			4.32095E-05	4.32095E-05
Sus			4.04746E-03	4.04746E-03
O			3.84920E-04	3.84920E-04
core 3x				
fissile	1.70574E-01	6.01248E-02	7.34102E-02	1.32855E-02
fertile	2.47927E-02	8.61750E-03	2.70972E-02	1.84797E-02
FP			1.59297E-04	1.59297E-04
Na			3.79542E-05	3.79542E-05
Sus			3.53442E-03	3.53442E-03
O			3.34491E-04	3.34491E-04
core 4x				
fissile	2.92094E-01	1.03125E-01	1.27132E-01	2.40070E-02
fertile	4.02272E-02	1.39992E-02	4.61963E-02	3.21971E-02
FP			2.47525E-04	2.47525E-04
Na			6.79405E-05	6.79405E-05
Sus			6.09419E-03	6.09419E-03
O			5.60861E-04	5.60861E-04
core 5x				
fissile	1.30487E-01	4.63709E-02	5.95063E-02	1.31355E-02
fertile	1.46681E-02	5.11215E-03	2.08593E-02	1.57472E-02
FP			1.22467E-04	1.22467E-04
Na			3.33779E-05	3.33779E-05
Sus			2.72338E-03	2.72338E-03
O			1.92513E-04	1.92513E-04
Total	1.0000			

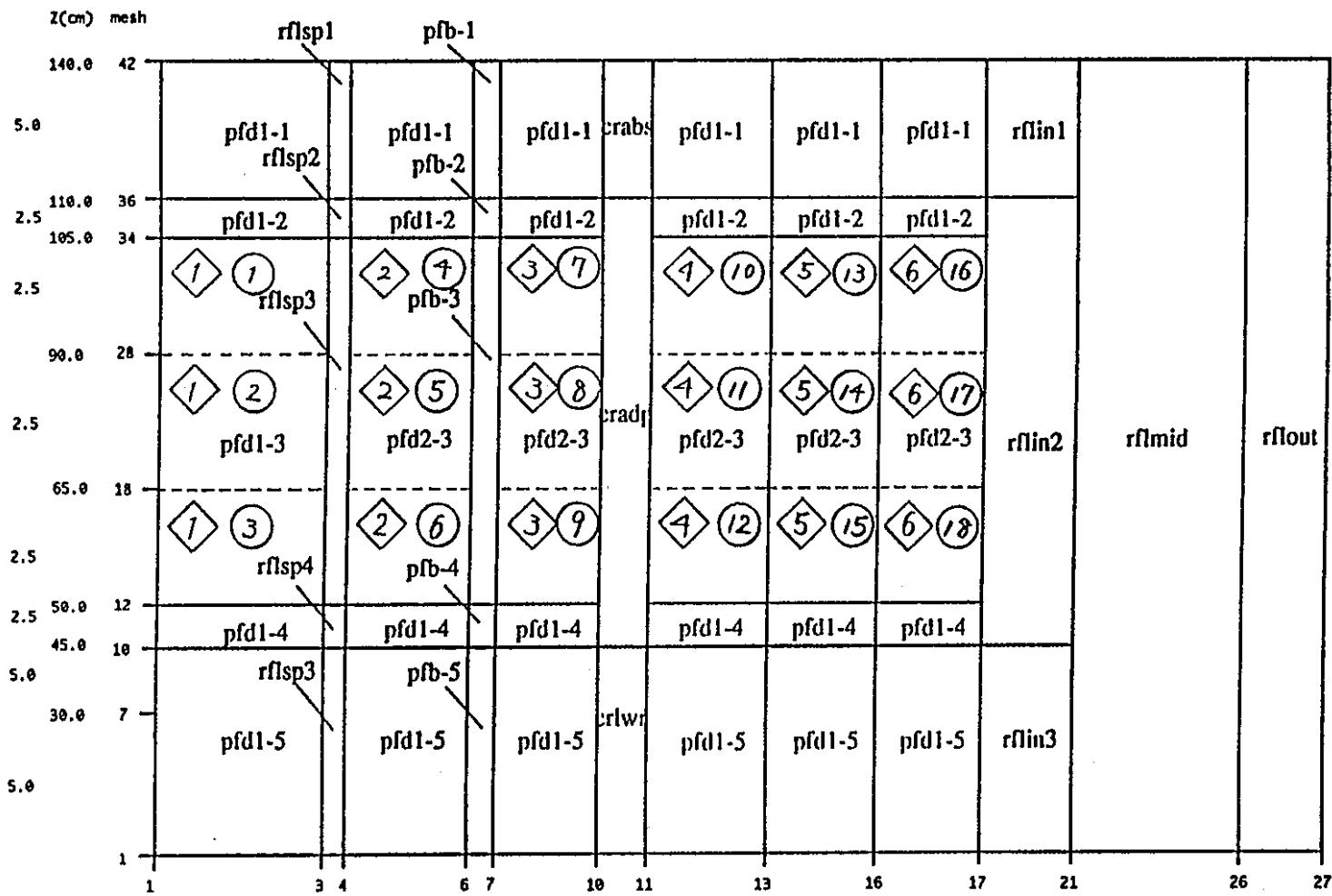


case1 ... 軸方向燃料 1組成  
縮約スペクトル 1領域

JOYO-MARK2 55cm CORE  
2D RZ MODEL

◆1～◆6 燃料組成  
①～⑥ 縮約スペクトル

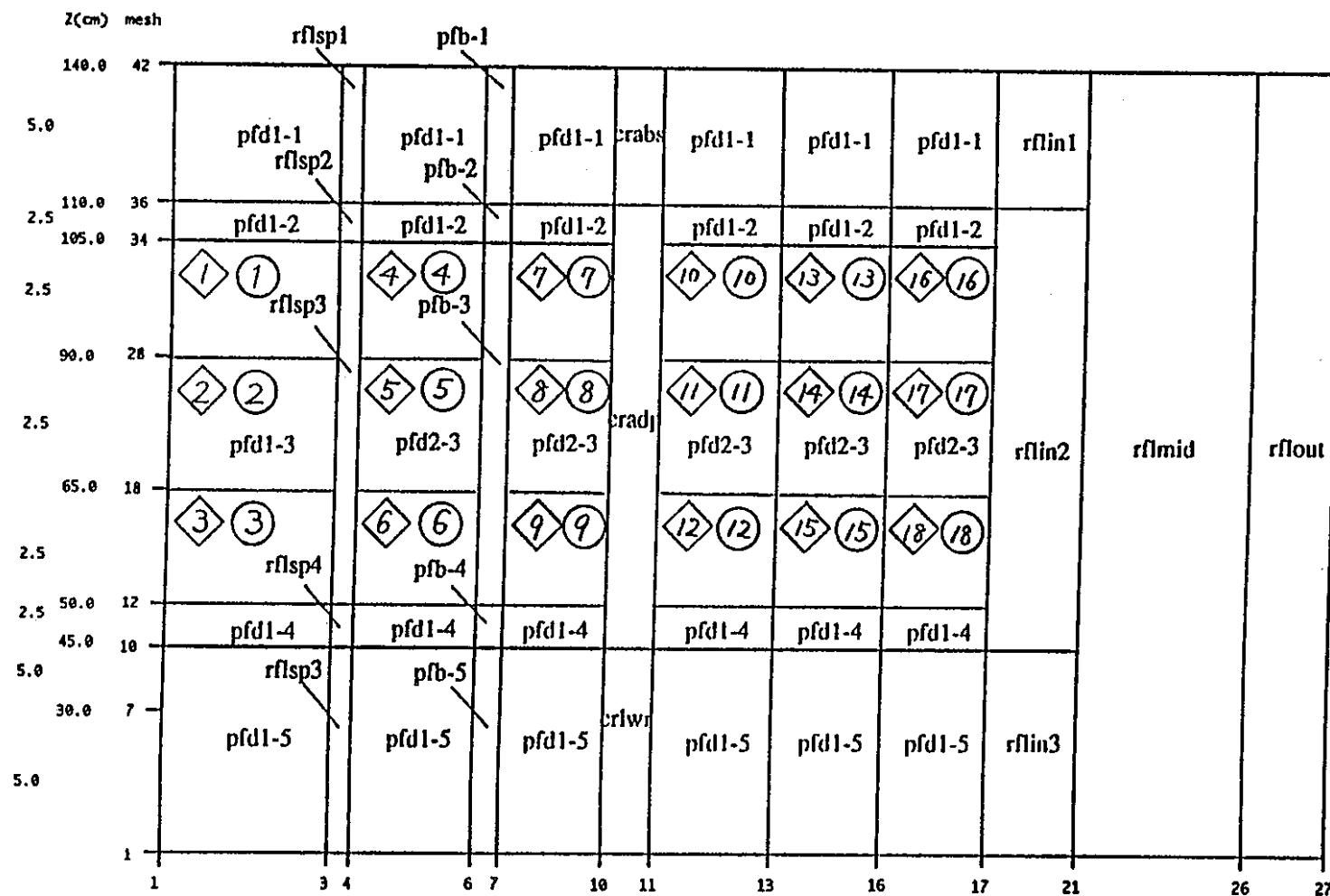
図2.2-1 ドライバー燃料各列の中性子バランス計算用RZモデル(1)  
--縮約軸方向 1領域、軸方向 1平均組成 --



case 2 車山方向 燃料 1 組成 JOYO-MARK2 55cm CORE  
縮約スペクトル 3 領域 2D RZ MODEL

◇1 ~ ◇6 燃料組成  
① ~ ⑯ 縮約スペクトル

図2.2-2 ドライバー燃料各列の中性子バランス計算用RZモデル(2)  
--縮約軸方向3領域、軸方向1平均組成 --



CASE3 軸方向燃料3組成 JOYO-MARK2 55cm CORE  
縮約スペクトル3領域 2D RZ MODEL

◇1 ~ ◇18 燃料組成

(1) ~ (18) 縮約スペクトル

図2.2-3 ドライバー燃料各列の中性子バランス計算用R Z モデル(3)  
--縮約軸方向3領域、軸方向3平均組成--

## 2.3 集合体非均質効果の検討

炉心全体にわたる中性子輸送計算については、3次元 Tri-Z拡散モデルによる計算を行い、空間メッシュの詳細化の特徴を一層活用するための検討を行った。

集合体あたり24メッシュと詳細にすることにより、これまで適用してきた各種集合体内の径方向の物質配置に関連する非均質配置に関して近似している単純均質化簡易モデル採用の影響を調べることができる。

これまで、「常陽」炉心は中性子スペクトルが硬く、集合体ピッチが約 8.2cm と中性子の平均自由行程約 15cm にくらべて 1 / 2 程度と小さいので均質近似が精度よく成立すると考えられてきた。この考え方は、今後の照射場特性予測に要求される精度として適合するかどうか検討した。ここでは、集合体あたり24メッシュという正三角形モデルの範囲で非均質配置を考慮することとする。即ち、均質化モデルの範囲を狭め、集合体内の分割において多領域化を行う。これらの多領域のそれぞれの要素については、わかりやすい単純なに約束にしたがった均質モデルを前提とする。それぞれの領域の断面積は単純均質モデルとするが、非均質モデルを適用することは可能である。この非均質モデル適用性検討は別の検討である。

図2.3-1～図2.3-6; 常陽のドライバー燃料が隣接するパターンと本検討詳細メッシュモデルの関係を示している。従来のモデルは集合体格子の中ですべて単純均質組成モデルとしている。

以下では、集合体単位で均質モデル 1 領域扱いのモデルを "24mesh-homogeneous モデル" と呼ぶ。また、集合体内を 2 種類以上の異なる均質組成から構成される非均質モデルを "24mesh-hetero モデル" と呼ぶ。

24mesh-homogeneous モデルは、集合体の断面積の扱いは、従来どおりの単純均質化モデルであり、空間メッシュとして現行 MAGI の Hex-Z モデルではなく、Tri-Z モデルとして 24mesh/SA を適用するものである。

本検討では、24mesh-hetero モデルの採用にあたって、形状をもとにした簡単なルールの適用が望ましいと考え、つぎの方策を暫定的に採用した。即ち、24個の正三角形を集合体の中心まわりの 6つの正三角形と周辺の18個の正三角形の領域にどのような

組成をモデル化するかについて、つぎのような設定を行う。

集合体

中心 6 Triangles

周辺18 Triangles

---

ドライバー燃料 集合体内のピン格子均質組成 ラッパ管、周辺冷却材を含めた

残りの燃料との均質組成

制御棒吸収体 吸収体ピン部分をmass lump 残りの構造材・冷却材の均質組成

制御棒チャンネル 従来と同一の全体均質組成 同左

内側反射体 従来と同一の全体均質組成 同左

特殊燃料A型 中心の試験ピン均質組成 残りの組成でバランス

特殊燃料B型 中心の構造材均質組成 周辺の台形部分は対応する領域  
の均質組成（やや複雑）

特殊燃料C型 内側ラッパ管内の燃料格子の 残りの燃料と二重ラッパ管と  
均質組成 冷却材の均質組成

I N T A - S

A M I R - A

ボロン遮蔽体

---

(a) 実効増倍率と制御棒反応度価値の傾向

これらの均質・非均質モデルによる実効増倍率と制御棒反応度価値の傾向を表2.3-1に示されている。この結果の特徴はつぎの様である。

(1) ドライバー燃料については、本検討の24mesh-heteroモデルは従来の均質モデルとほぼ同等の実効増倍率を示すので、適用可能と考えられる。

(2) 制御棒吸収体の 24mesh-heteroモデルはMass lump非均質効果をほぼ再現するモデルとして利用することができる。Mass Lump効果の数値の比較から、炉心第3列の制御棒に対する効果と第5列（内側反射体と一部隣接）の制御棒吸収体に対する非均質効果は類似していることが示されている。

制御棒吸収体については、制御棒吸収体ペレットのPIEによるボロンの反応率などの結果を非均質モデル化の評価に反映することで、24mesh-heteroモデルの適用性を更に明確にすることができます。

#### (b) 集合体内の中性子束分布

Appendix-1に炉心とその周辺部分の領域からいくつつかの集合体について、18群計算から4つのエネルギー群を選定した結果を示してある。ここでは、いくつかの例について検討する。

図2.2-7には炉心内位置と集合体番号の関係を示す。添付資料1.に集合体内の中性子図束分布を24mesh-homogeneousモデルと24mesh-heterogeneousモデルについて比較する結果を示している。

これらの結果の一部を代表として図2.3-8～図2.3-23に中性子束の比率または中性子束を例示する場合の集合体位置を示す。

高速・中速・低速エネルギー群から図中に示す4つの群を選択し、中性子束分布を比較している。非均質モデルにより得られた中性子束を均質モデルから得られた中性子束との比率として求め図示している。

#### (1) 燃料集合体のモデル化の影響

炉心ドライバー燃料集合体と制御棒・内側反射体集合体との隣接位置におけるドライバー燃料集合体内のモデル化の影響を図2.3-8～図2.3-11に示す。

図2.3-8は3列目制御棒が15cm挿入状態の場合の炉心中心面位置の中性子束分布の非均質モデル／均質モデルの比較である。着目集合体位置は炉心第1列（集合体位置は図2.3-7の#2位置）である。ドライバー燃料（従来の均質モデルと非均質モデルによる中性子束の両者で計算）同士が隣接している。

中性子束分布について、燃料集合体のモデル化による違いを調べた結果はつきのよ

うである。；

- ・各群の比率とともに、ドライバー集合体内ではいずれも一様に違いが見られるが、その違いは第9群(86.5keV--52.5keV)でも0.3%以内であり、実質は違いがないと言える。
- ・低エネルギー群としての例である15群では、中央領域で約2%、周辺領域では約3%の違いがある。しかし、反応率全体への寄与は小さいのでモデル化の影響は少ない。

図2.3-9 は3列目制御棒が全ストローク挿入状態の場合の炉心中心面位置の中性子束分布の非均質モデル／均質モデルの比較である。着目集合体位置は炉心第2列（集合体位置は図2.3-7 の# 4位置）である。この図では、制御棒チャンネル位置は制御棒吸収体領域（モデル化は従来の均質化と炭化ボロンのMass Lump モデルを考慮する非均質モデル適用）とドライバー燃料（従来の均質モデルと非均質モデルによる中性子束の両者で計算）が隣接している。

図2.3-9 より、制御棒に吸収体領域に隣接する燃料集合体については次の結果が示されている。；

- ・各群の比率とともに、ドライバー集合体内ではいずれも一様に違いが見られる。しかし、その違いは非均質効果が目立ってくる中低速領域にある第9群(86.5keV--52.5keV)でも3%程度であり、実質は違いがないと言える。
- ・低エネルギー群としての例である15群では、中央領域で約20--45%、周辺領域では約15--100%の違いがある。非均質モデルでは制御棒吸収体領域が集合体中央領域にまとまって配置され、燃料領域との間に冷却材・構造材領域が存在するために低エネルギー群では影響が大きい。しかし、全体として燃料部は中性子スペクトルが硬いので、低エネルギー領域における相違は、反応率全体への寄与は小さく、燃料のモデル化の影響は少ない。

図2.3-10は3列目制御棒が15cm挿入状態の場合の炉心中心面位置の中性子束分布の非均質モデル／均質モデルの比較である。着目集合体位置は炉心第4列（集合体位置は図2.3-7 の# 11位置）である。ドライバー燃料（従来の均質モデルと非均質モデルによる中性子束の両者で計算）は、第3列の制御棒チャンネル位置は引き抜き組成領域（モデル化は従来の均質化のみ）と内側反射体（モデル化は従来の均質化のみ）のいずれにも隣接している。

中性子束勾配が大きくなり、内側集合体に隣接する燃料集合体のモデル化の影響は図2.3-10から、次のことが示されている。；

- ・各群の比率とともに、ドライバー集合体内ではわずかな差しか現れていない。その違いは第9群(86.5keV--52.5keV)でも0.6%以内であり、実質は違いがないと言える。
- ・低エネルギー群としての例である15群では、約2%以内の違いである。反応率全体への寄与は小さいのでモデル化の影響は少ないことが分かる。

### (2) 制御棒吸収体のモデル化の影響

図2.3-12は3列目制御棒が全ストローク挿入状態の場合の炉心中心面位置の中性子束分布の非均質モデル／均質モデルの比較である。着目集合体位置は炉心第3列（集合体位置は図2.3-7の#7位置）にある制御棒吸収体領域である。制御棒吸収体領域（モデル化は従来の均質化と炭化ボロンのMass Lump モデルを考慮する非均質モデル適用）の周りは、ドライバー燃料（従来の均質モデルと非均質モデルによる中性子束の両者で計算）に囲まれている。

- その結果、制御棒吸収体のモデル化の影響はつきの様にまとめられる。；
- ・各群の比率とともに、制御棒吸収体領域の中央部と周辺部の間で違いが見られる。制御棒価値の違いとして現われている。
  - ・制御棒領域では高速エネルギー領域の第3, 7群の例では、2~5%程度の違いが見られる。中速エネルギー群の例である第9群では中央領域では13%程度の違いとなっている。その違いは制御棒チャンネルの扱いの非均質効果が目立っている。
  - ・低エネルギー群としての例である15群では、中央領域で約50%、周辺領域ではファクター約4-7の違いがある。
  - ・制御棒吸収体領域では非均質モデルの必要性が大きいことが示されていることが分かる。

### (3) 特殊燃料集合体のモデル化の影響

特殊燃料位置の集合体内非均質モデル検討例として、AMIR-2型照射リグ内の非均質モデル化について比較した結果を、図2.3-12に示す。この照射リグは、B型特殊燃料のようにコンパートメント型構造である。図2.3-12のように、中央の構造物と周辺のコンパートメントに分割している。

中性子束分布の非均質モデル／均質モデルの比較である。着目集合体位置は炉心第6列（集合体位置は図2.3-7 の#21位置）である。ドライバー燃料は非均質モデルによる計算において、AMIR-2 チャンネルのモデル化を比較している。

比較としては、コンパートメント 1--6 位置のBoron-10(n, alpha) 反応率の相対値を調べている。

その結果つぎのことが示されている。；

- ・炉心燃料にもっとも近い同一位置における反応率は約5%の違いが見られる。これは各コンパートメントに入る中性子吸収体の影響の違いである。
- ・また、各コンパートメントのBoron-10(n, alpha) 反応率分布形に違いが大きく、非均質モデルの影響が大きいことが示されている。

以上の検討から、集合体モデルの選択についてはつぎの結論が得られた。

1) ドライバー燃料については、隣接する集合体の種類によらず、従来の均質モデルとラッパ管との近傍の燃料体積比が中央部分と異なることを反映した非均質モデルとの違いは小さいことが示された。

モデル化については、従来の均質モデルの選択が可能と予想される。後に示す燃焼計算モデルと併せて決定することになる。

2) 制御棒吸収体については、Boron-10の Mass Lumpモデルをほとんど含めることが可能なチャンネル内2領域モデルを使用することとする。

3) 制御棒引き抜き・内側反射体は均質モデルを適用していく。

4) 特殊燃料についても均質・非均質モデルの妥当性などを比較することが重要であることが例示された。今後は、特殊燃料集合体A, B, C型、INTA-S、AMIR-2用に非均質モデルを適用する必要があると考えられる。検討例からモデルの違いが示されているが、非均質モデル化に精度は照射物と周辺の集合体に依存する。したがって、モデルの改善による予測精度の信頼性を高めるために、モデル化ルールの適用精度はPIEによる結果との比較を通して精度を確保・確認して、これまでの知識を蓄積適用することが重要となる。

表2.3-1 24mesh均質・非均質モデルにおける実効増倍率の比較(1)

— “1/6対称化炉心：特燃なし体系における計算—

計算モデル（軸方向メッシュ；5cm）

ケース	群数	燃料	制御棒	実効増倍率	制御棒価値
-----	----	----	-----	-------	-------

## (1) CR-out

1-1.	7g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	1.06060
1-2.	7g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	1.06150

1-3.	18g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	1.05892
1-4.	18g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	1.05990
1-5.	18g	24mesh-homog.	24mesh-hetero	1.05955

## 5X-control rods (3X-CRPs)

1-6.	18g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	1.05466
1-7.	18g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	1.05494

## (2) CR 15cm-in

2-1.	7g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	1.03267	2.55(1.000)
2-2.	7g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	1.03618	2.25(0.882)

2-3.	18g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	1.03127	2.53(1.000)
2-4.	18g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	1.03510	2.26(0.893)
2-5.	18g	24mesh-homog.	24mesh-hetero	1.03473	2.26(0.893)

## 5X-control rods (3X-CRPs)

2-6.	18g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	-----
2-7.	18g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	-----

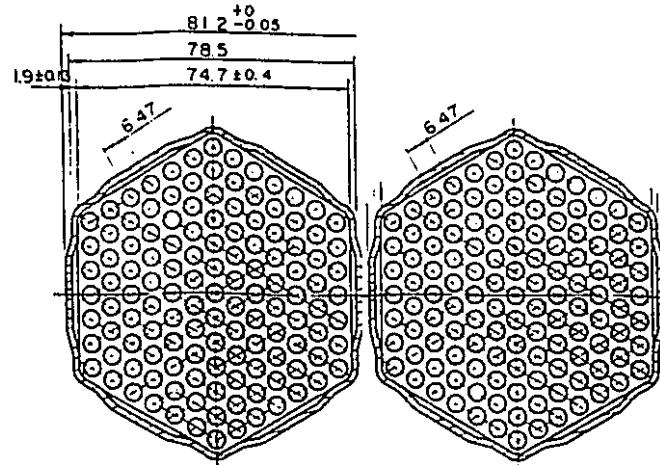
表2.3-2 24mesh均質・非均質モデルにおける実効増倍率の比較(2)

— "1/6対称化炉心; 特燃なし体系における計算 —

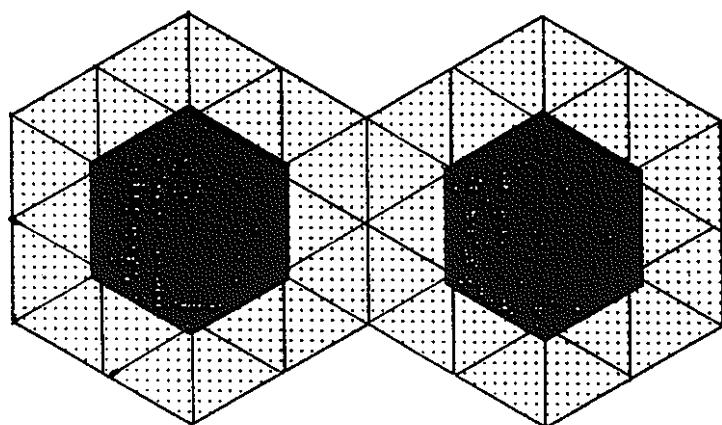
## 計算モデル (軸方向メッシュ: 5cm)

ケース	群数	燃料	制御棒	実効増倍率 (keff)	制御棒価値 (%Δρ)
(3) CR-in					
3-1.	7g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	0.93955	12.15(1.000)
3-2.	7g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	0.95428	10.58(0.871)
3-3.	18g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	0.93934	12.02(1.000)
3-4.	18g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	0.95484	10.38(0.864)
3-5.	18g	24mesh-homog.	24mesh-hetero	0.95441	10.40(0.865)
5X-control rods (3X-CRPs)					
3-6.	18g	24mesh-homog.	24mesh-homog.	1.01174	4.02(1.000)
3-7.	18g	24mesh-hetero	24mesh-hetero	1.01772	3.47(0.862)

集合体の配置

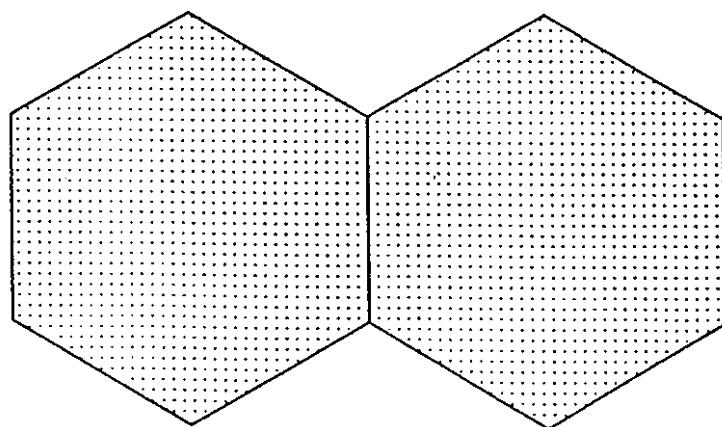


本検討  
非均質モデル



Tri-Z 24 メッシュ／集合体の場合

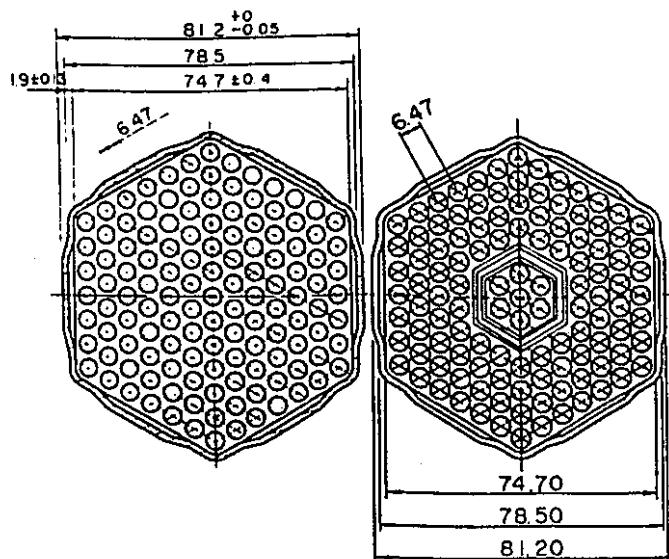
従来モデル



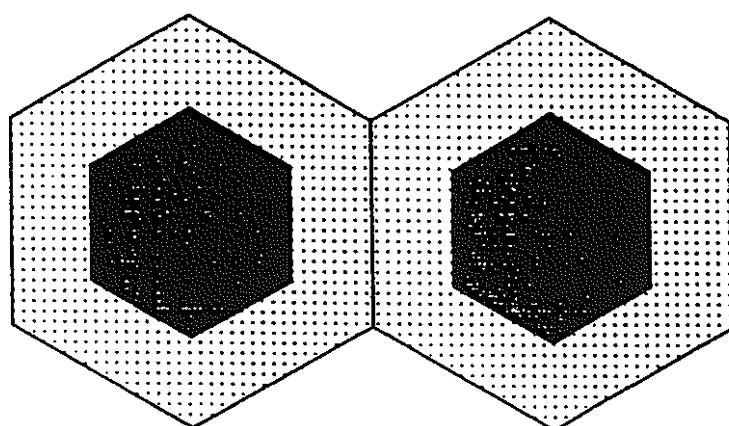
Hex-Z 1 メッシュ／集合体の場合  
(従来メッシュ)

図2.3-1 燃料集合体・燃料集合体のモデル化概略図

集合体の配置

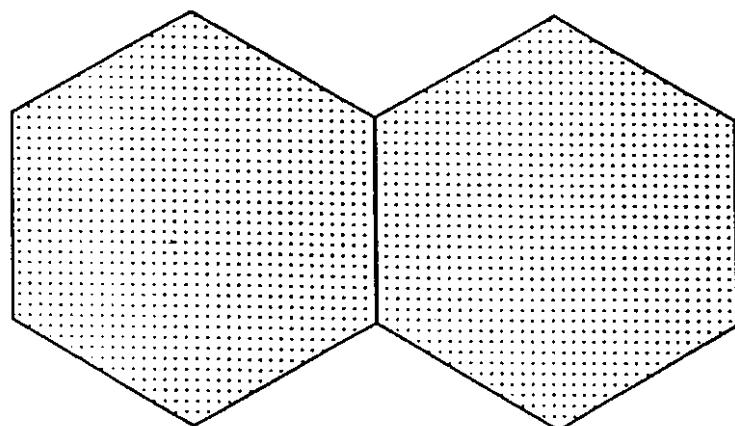


本検討  
非均質モデル



Tri-Z 24 メッシュ／集合体の場合

従来モデル

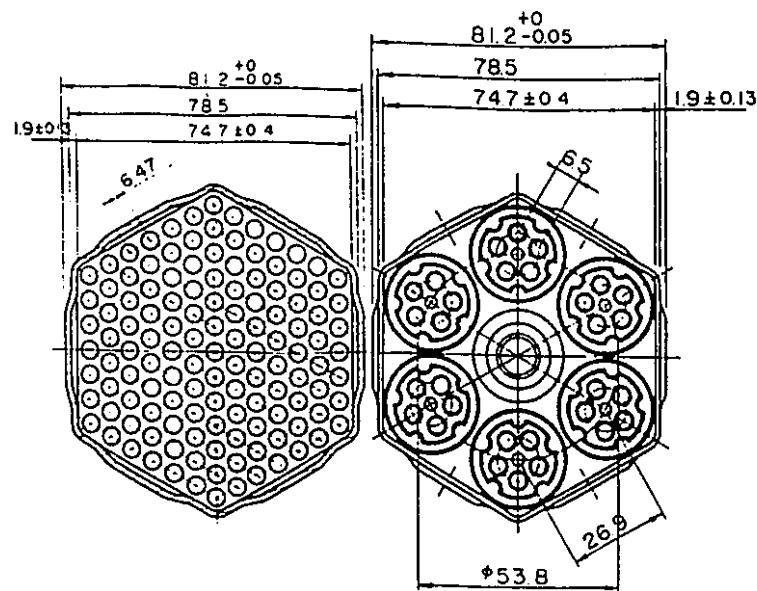


Hex-Z 1 メッシュ／集合体の場合

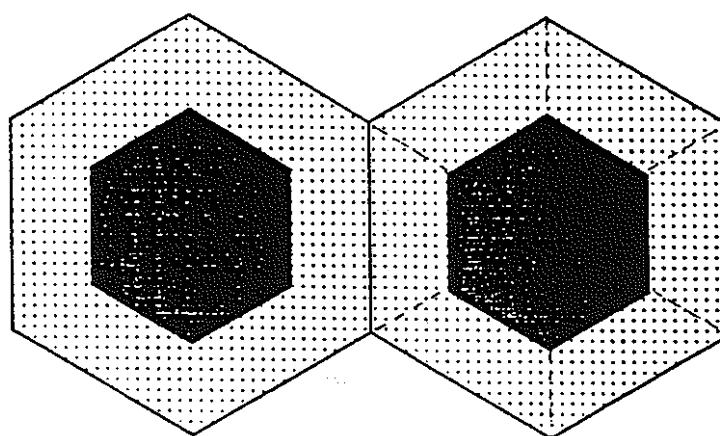
(従来メッシュ)

図2.3-2 燃料集合体-A型特殊燃料集合体のモデル化概略図

集合体の配置

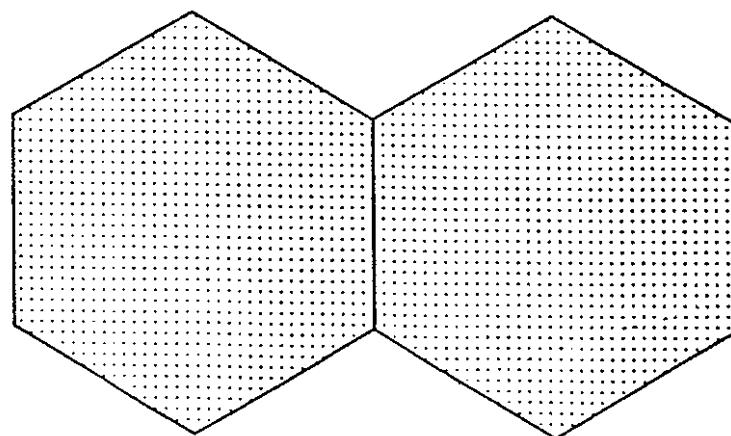


本検討  
非均質モデル



Tri-Z 24 メッシュ／集合体の場合

従来モデル

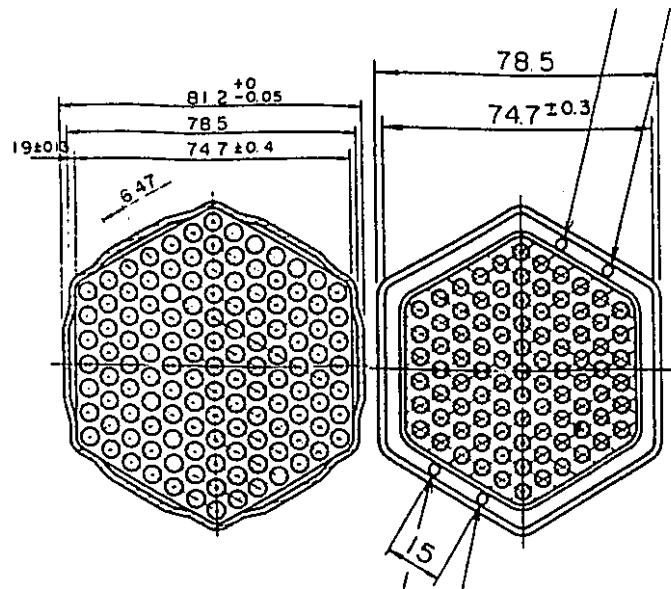


Hex-Z 1 メッシュ／集合体の場合

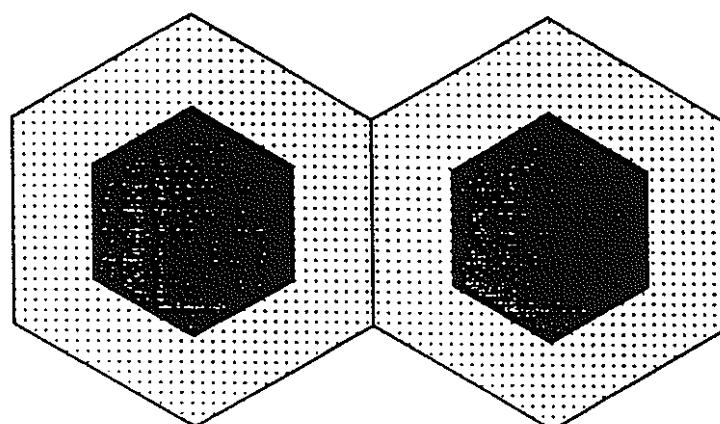
(従来メッシュ)

図2.3-3 燃料集合体-B型特殊燃料集合体のモデル化概略図

集合体の配置

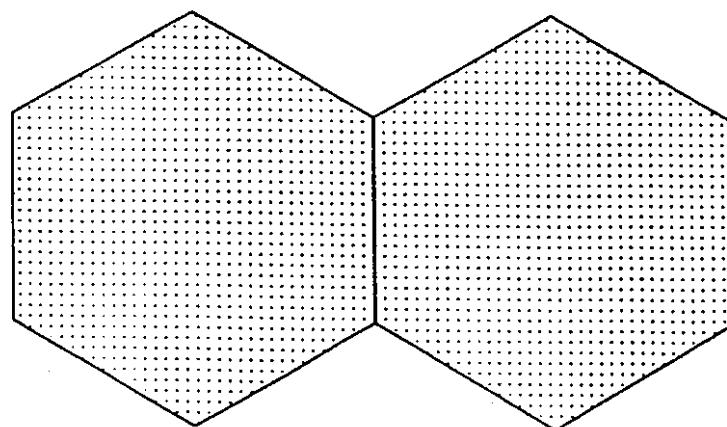


本検討  
非均質モデル



T r i - Z 2 4 メッシュ／集合体の場合

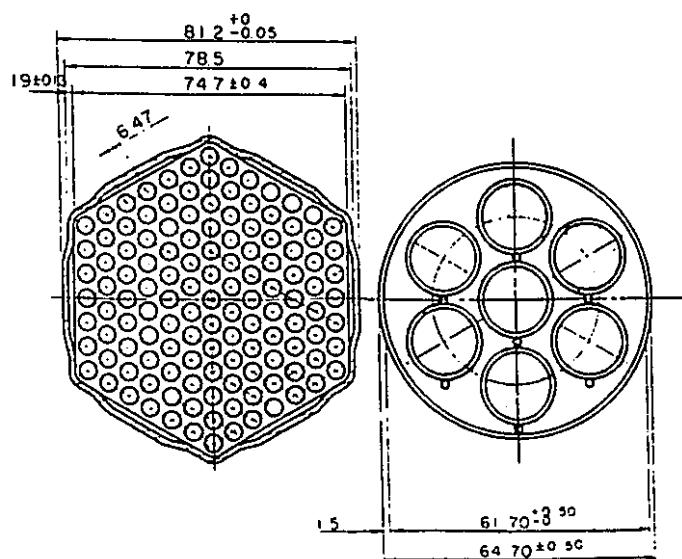
従来モデル



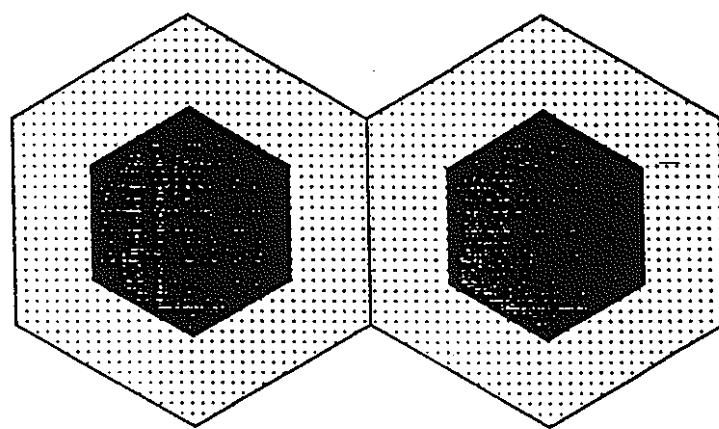
H e x - Z 1 メッシュ／集合体の場合  
(従来メッシュ)

図2.3-4 燃料集合体-C型特殊燃料集合体のモデル化概略図

集合体の  
配置

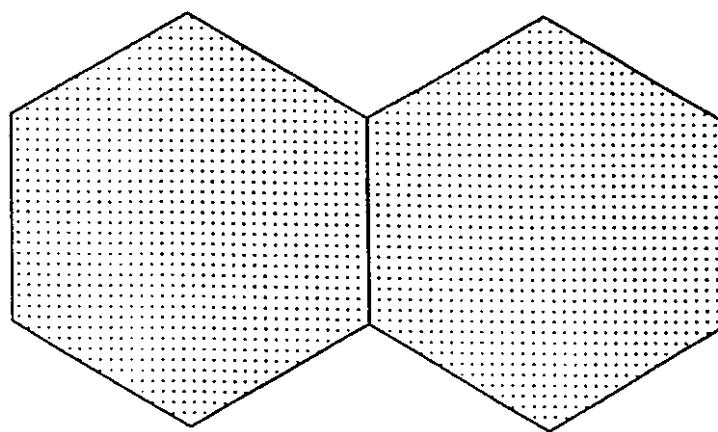


本検討  
非均質モデル



Tri-Z 24 メッシュ／集合体の場合

従来モデル

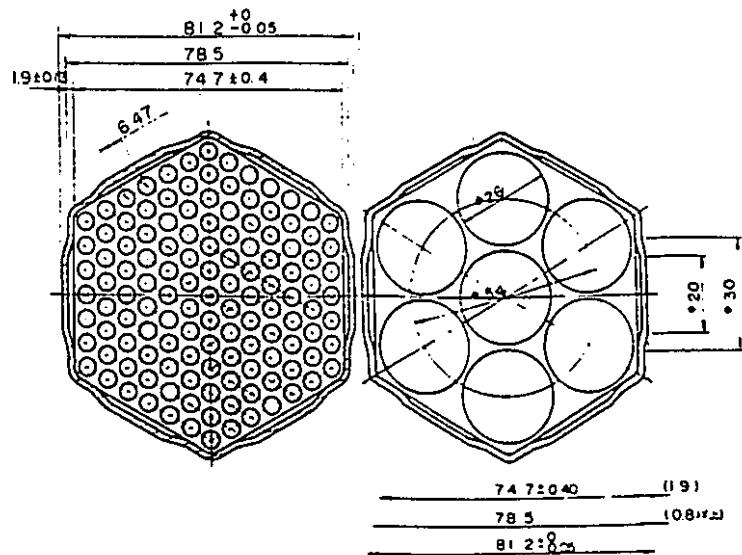


Hex-Z 1 メッシュ／集合体の場合

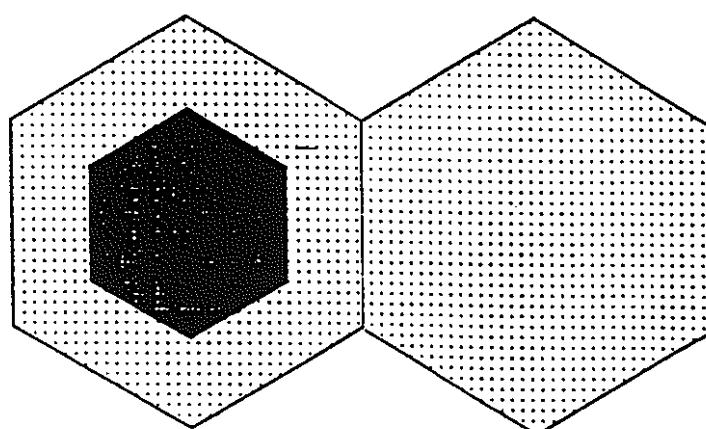
(従来メッシュ)

図2.3-5 燃料集合体-制御棒吸収体のモデル化概略図

集合体の  
配置

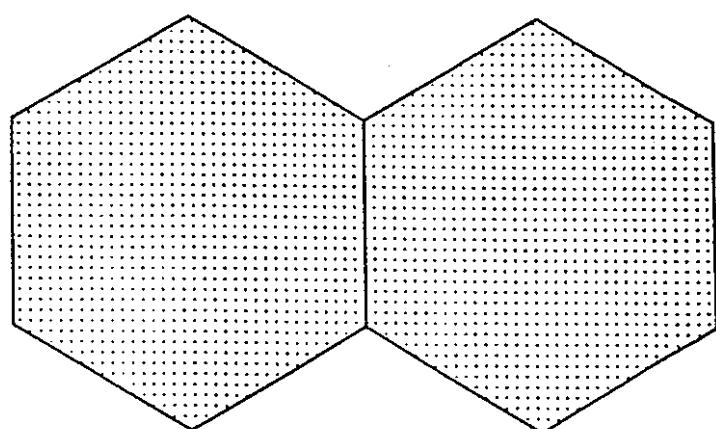


本検討  
非均質モデル



T r i - Z 24 メッシュ／集合体の場合

従来モデル



H e x - Z 1 メッシュ／集合体の場合

(従来メッシュ)

図2.3-6 燃料集合体-内側反射体のモデル化概略図

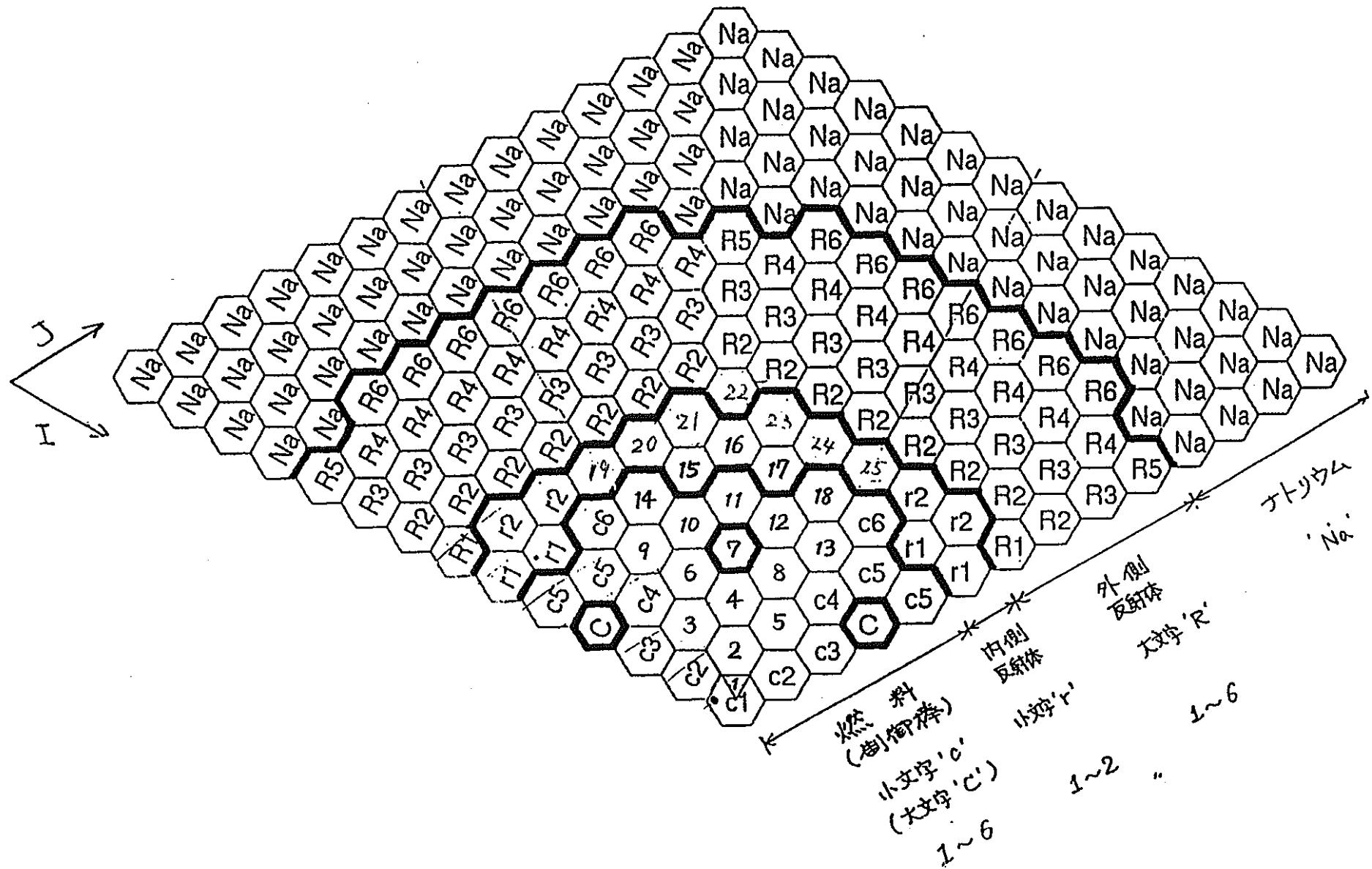
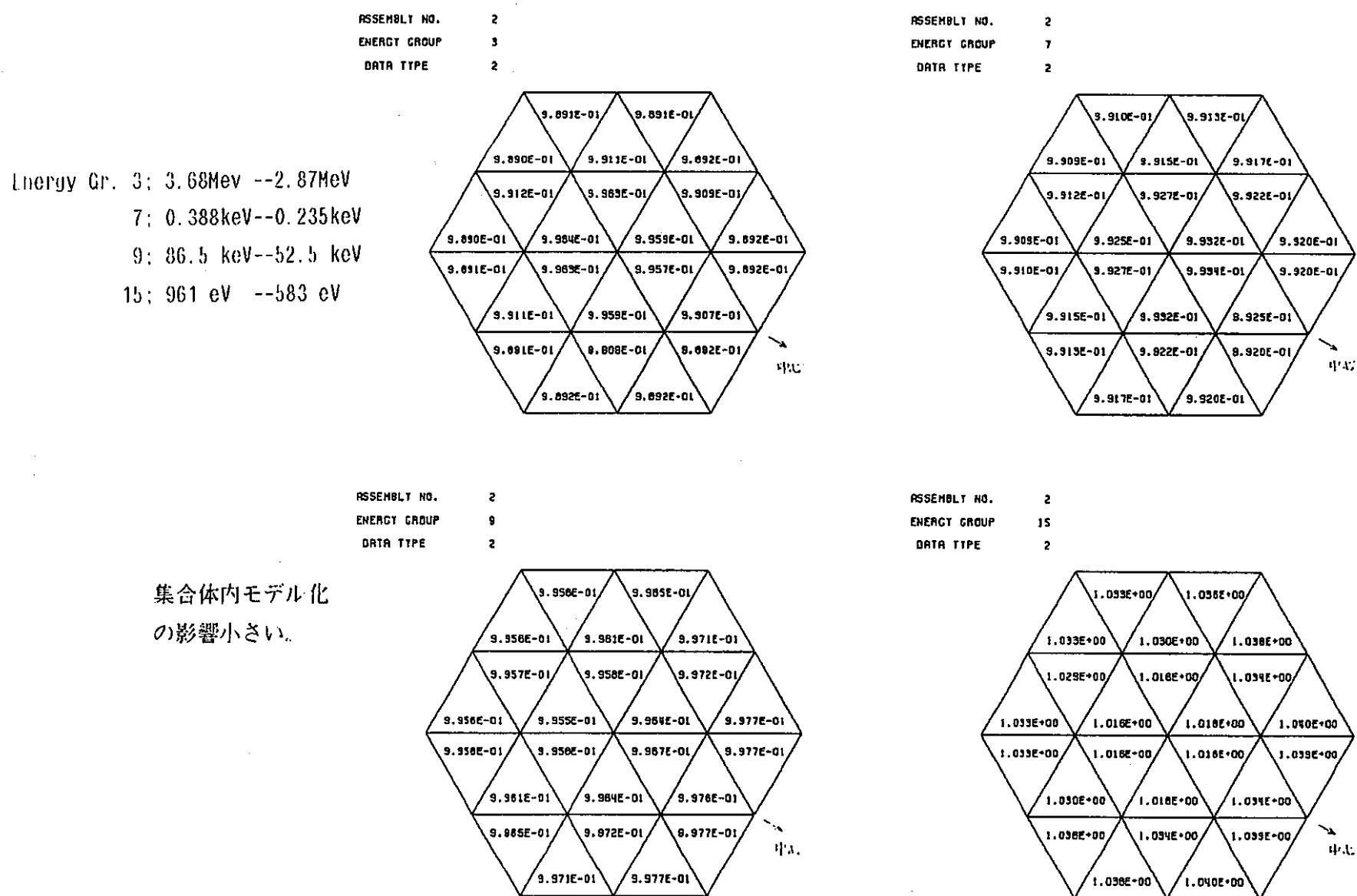


図2.3-7 “特燃なし”体系の1/6対称化炉心体系の集合体番号の図



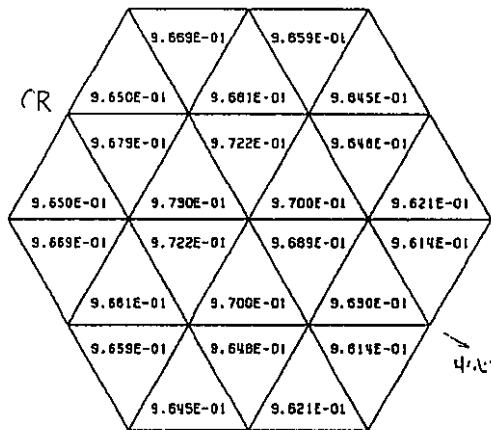
ドライバ 燃料集合体と制御棒吸収体の非均質モデルと均質モデルの違いによる  
集合体内中性子束分布（炉心中心面）への影響（1）

集合体位置# 2 - 炉心 1 列のドライバー燃料

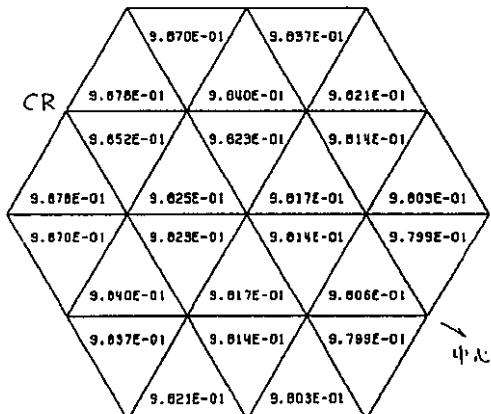
3 列目制御棒 1.5 cm 插入（非均質モデル／均質モデル）

図2.3-8 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(1)  
—炉心第1列位置、燃料同士の隣接（炉心中心面）—

ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2



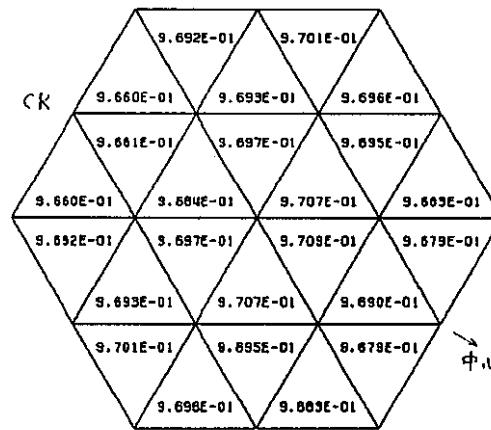
3列目制御棒挿入（非均質モデル／均質モデル）

図2.3-9 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(2)  
—炉心第2列位置、C R P隣接の燃料（炉中心面）—

ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2

ドライバー燃料集合体と制御棒吸収体の非均質モデルと均質モデルの違いによる  
集合体内中性子束分布（炉中心面）への影響（2）

集合体位置#4 C R P隣接の中心2列のドライバ燃料



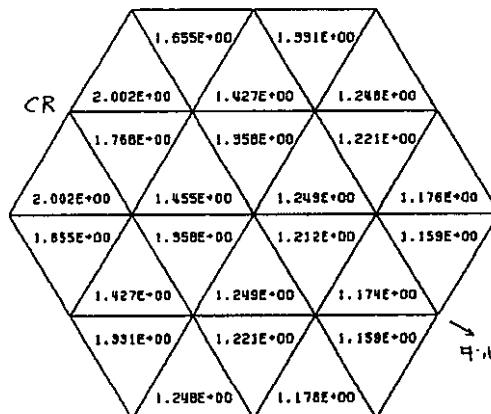
Energy Gr. 3; 3.68MeV --2.87MeV

7; 0.388keV--0.235keV

9; 86.5 keV--52.5 keV

15; 961 eV --583 eV

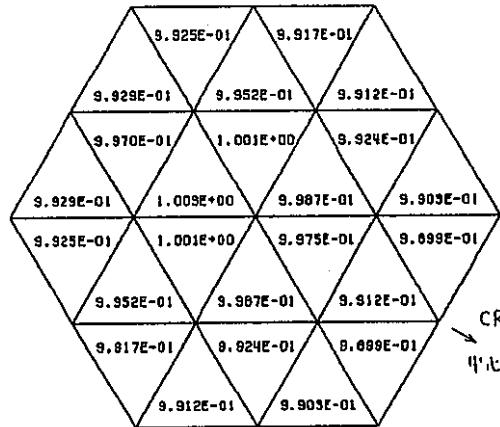
ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2



低エネルギー群  
ではある程度  
影響がある。

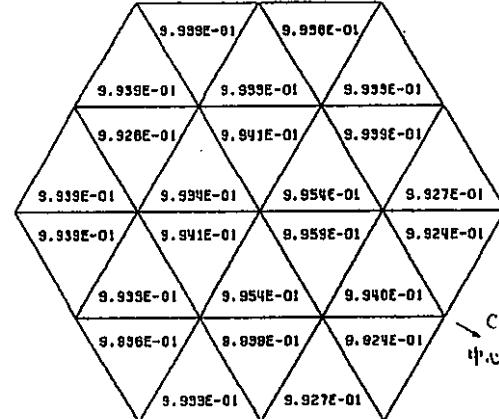
ドライバー燃料集合体と制御棒吸収体の非均質モデルと均質モデルの違いによる  
集合体内中性子束分布（炉心中心面）への影響（3）

ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2

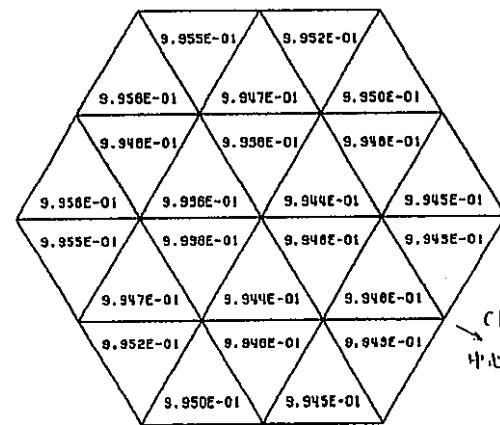


ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2

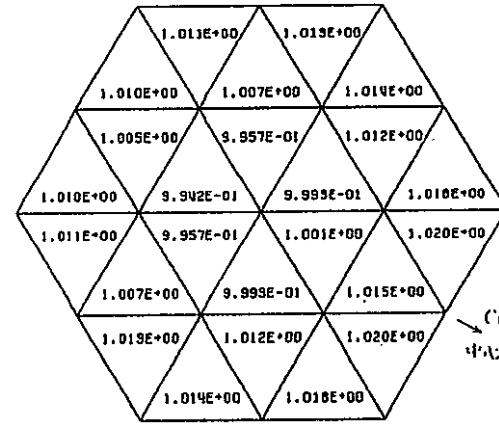
集合体位置# 11 - C R P - 反射体に隣接する炉心4列のドライバー燃料



ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2



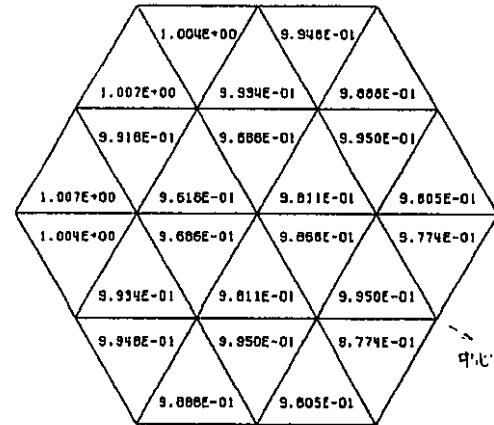
3列目制御棒 15 cm挿入（非均質モデル／均質モデル）

図2.3-10 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(3)  
—炉心第4列位置、C R P & 内側反射体隣接の燃料（炉心中心面）—

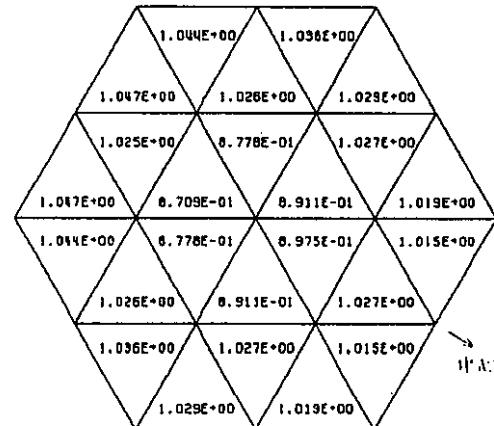
Energy Gr. 3: 3.68MeV --2.87MeV  
7: 0.388keV--0.235keV  
9: 86.5 keV--52.5 keV  
15: 961 eV --583 eV

低エネルギー 様  
ではある程度  
影響があるが  
小さい。

ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2

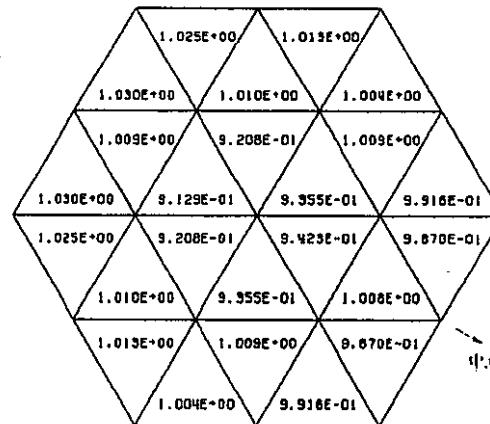


3列目制御棒挿入（非均質モデル／均質モデル）

ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2

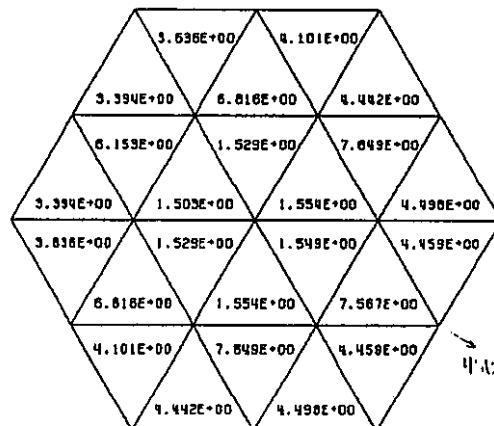
### ドライバー燃料集合体と制御棒吸収体の非均質モデルと均質モデルの違いによる 集合体内中性子束分布（炉心中心面）への影響（4）

#### 集合体位置#7 - 制御棒吸収体



Energy Gr. 3; 3.68MeV -- 2.87MeV  
7; 0.388keV -- 0.235keV  
9; 86.5 keV -- 52.5 keV  
15; 961 eV -- 583 eV

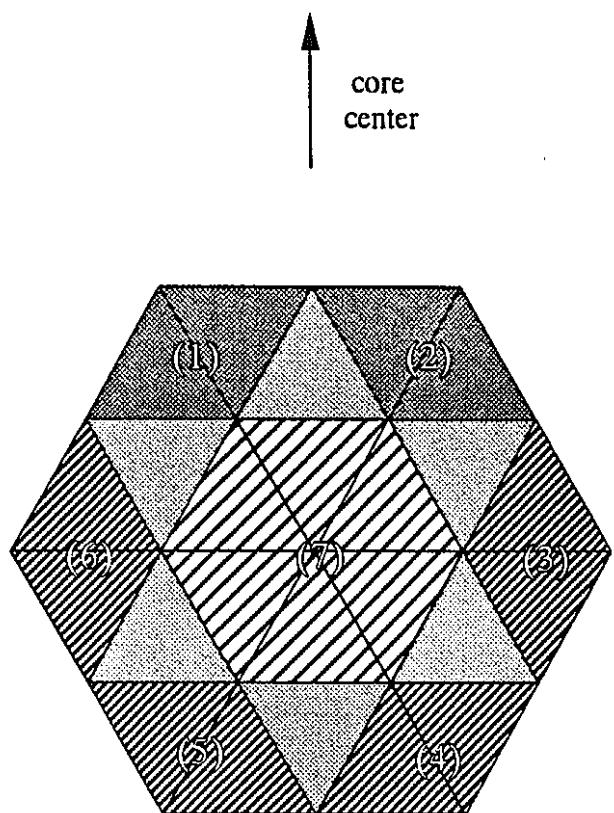
ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2



制御棒吸収体内  
モデル化の影響  
大きい。

図2.3-11 ドライバー燃料集合体の非均質モデル化の影響検討(4)

- 炉心第3列位置、燃料隣接の制御棒吸収体（炉心中心面） - -



AMIR-2型特殊反射体内

中性子束計算に対する非均質効果

(6F1位置)

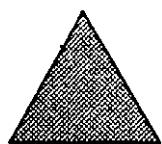
コンパート B10( $n,\alpha$ ) 反応率相対値

メント番号	非均質モデル	均質モデル
-------	--------	-------

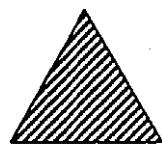
1	1. 0 0	1. 0 0
2	0. 8 9	0. 9 8
3	0. 8 2	0. 9 3
4	0. 8 2	0. 9 3
5	0. 8 8	0. 9 8
6	0. 9 9	0. 9 9

# 1の値比較 1. 0 0 0. 9 5  
(炉心より約 10 cm 上方)

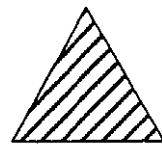
モデルにより、反応率の大きさ系統的な差が  
5~10%生ずる可能性あり。



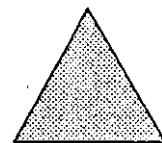
Compartment No. (1), (2)



Compartment No. (3) - (6)



Compartment No. (7)



Sodium

↓  
今後の確認

PIE試験結果の解析  
による検証

図2.3-12 AMIR-2型集合体の非均質モデル化の影響検討

## 2.4 ガンマ発熱計算手法の検討

### (a) エネルギー群数の検討

これまで、MAGIによるINTA-Sの計算が測定より低く傾向が示されている（表2.4-3には解析結果との比較の一例が示されている）。

このためにガンマ線群数効果を調べた。元来、現行MAGIでは、ガンマ発熱計算は3群で計算されてきた。しかし、炉心ドライバー領域の発熱バランスを把握するためには、ある程度その役割を果たすことができたが、上記のように照射場の特性の発熱要因がガンマ発熱が中心となり、しかも炉心周辺または炉心からある程度離れた位置における発熱等の計算精度を確保することが、新たに要請されている状況である。

計算手法の高度化として、ガンマ線の計算におけるエネルギー群数を増加させて、計算精度の確保を一般化することを検討した。

ガンマ線のエネルギー群構造は表2.4-1に、縮約前の20群と3, 7群の構造を比較している。

### (b) 検討の方法

ガンマ線20群をもとにして、7群としたときのガンマ線束レベルの比較を3次元TRi-Z拡散計算（ここでは集合体当たり6メッシュモデル）により求め比較した。中性子は7群として結合型計算を行った。ただし、一様均質組成モデルを適用した。ガンマ線エネルギー群を、従来の3群構造における計算結果との比較を通して検討する。

図2.4-1に検討方法を示している。中性子は7群に固定し、ガンマ線については20群、7群、3群扱いの計算を行っている。3次元TRi-Zモデルによる中性子・ガンマ線結合計算では同一のガンマ線源分布を与えており、ガンマ線束分布を炉心中央部(2,2)位置、炉心周辺部(5,1)位置、反射体領域(7,1)位置、反射体領域(9,1)位置の集合体平均のガンマ線束を比較する。これらの比較からガンマ線源の異なることを考慮することができる。

また、INTA-S相当位置の反射体位置について、集合体内のガンマ線束の相対分布などを測定値を参考として比較し、課題の抽出を行う。

### (c) ガンマ線束レベルの比較結果

前記の炉心中央部(2,2)位置、炉心周辺部(5,1)位置、反射体領域(7,1)位置、反

射体領域 (9, 1)位置の炉心-反射体領域にわたる 4 つの集合体位置のガンマ線束の計算結果を Appendix-2 に示している。これらの集合体位置は炉心燃料との相対関係が異なっている。表2.4-2 および表2.4-3 には、それぞれ従来の 3群構造と詳細相当の20群の比較と 7群計算結果と20群の計算結果の比較を示している。

その結果はつぎのようにまとめられる；

- ・これまでの 3群構造の計算では、ガンマ線束のレベルは詳細20群の結果と比較すると、全ガンマ線束は炉心部では 9~14% 程度過小評価する。炉心から離れた反射体領域では、14~18% の過小評価を示している。即ち、炉心からの距離の違いにより予測計算精度がかなり変動することが示されている。
- ・3群構造では、中心となる3.0MeV~400keVの範囲における過小評価が著しい。
- ・一方、7群構造の場合は、全ガンマ線束は詳細20群との違いは殆ど無いことが示されている。これは、炉心との位置関係にはあまり依存していない。
- ・7群と20群の違いは、1.0MeV~400keVまでの 5 群と400keV~100keVまでの 6 群に違がある。反射体領域では 5 群を約13% の過小評価を示し、炉心-反射体領域共通に 6 群は約7%の違いが見られる。

INTA-S相当位置のガンマ線束の集合体内分布を図2.4-2 および図2.4-3 に示している。この計算では、図2.4-4 に図示されている集合体内非均質構造を反映していないので、参考程度と解釈すべき値であるが、各コンパートメントのカンマ発熱の相対分布を調べた。

3, 7, 20群計算の全ガンマ線束を図2.4-4 に記されているC1, C2, C3の各コンパートメントに対応させた概略位置における値をまとめると次のようになる。

コンパートメント	Total Gamma Flux (unit; $\gamma / \text{cm}^2/\text{sec}$ )		
	3群計算	7群計算	測定値
C 1	3.17+14	3.44+14	3.37+14
C 2	3.72+14	3.97+14	3.86+14
C 3	2.73+14	3.04+14	2.98+14

これらの結果を相対変化として、測定値との比較をするとつきの様になる。

---

ガンマ発熱相対分布

コンパートメント	3群計算	7群計算	測定値
C 1	0. 85	0. 87	0. 90
C 2 (規格位置)	1. 00	1. 00	1. 00
C 3	0. 58	0. 77	0. 58

---

この結果からつきのことが言える；

- ・全ガンマ線束は、3G/20Gでは 0.93、7G/20Gでは0.98である。約5%の改善となる。
- ・コンパートメント間の相対関係では、測定値との明確な改善は 7群計算からは言えない。3群計算は均質化モデルなどとの関係もあり、偶然の一一致と言えると思われる。今回無視しているINTA-S内部の非均質構造を反映する必要性が考えられる。

以上の検討から、ガンマ線計算には、7群構造とすることで精度の汎用化にかなり有効であることが考えられる。

表2.4-1 ガンマ線計算のエネルギー群構造

Group			Upper Energy	Lower Energy
1	1	1	14.0 MeV	12.0 MeV
		2	12.0	10.0
	2	3	10.0	8.0
		4	8.0	6.5
		5	6.5	5.0
		6	5.0	4.0
		7	4.0	3.0
	3	8	3.0	2.5
		9	2.5	2.0
2	4	10	2.0	1.66
		11	1.66	1.33
		12	1.33	1.00
	5	13	1.00 MeV	800.0 keV
		14	800.0 keV	600.0
		15	600.0	400.0
3	6	16	400.0	300.0
		17	300.0	200.0
		18	200.0	100.0
	7	19	100.0	50.0
		20	50.0	20.0

表2.4-2 炉心-反射体領域の集合体位置平均ガンマ線束の計算群数依存性まとめ (1)  
 ——3群計算と20群計算の比較——  
 (unit:  $\gamma/cm^{**2}/sec$ )

集合体位置		ドライバ - (2, 2)	ドライバ - (5, 1)	反射体 (7, 1)	反射体 (9, 1)
		炉心中央部	炉心周辺部	内側反射体	外側反射体
ガンマGr.	3g-cal.	7.79+13	3.59+13	1.86+13	8.37+12
	1 20g-cal.	7.80+13	3.86+13	1.86+13	8.38+12
	Ratio	0.999	0.930	1.000	0.999
ガンマGr.	3g-cal.	6.18+14	2.70+14	4.89+13	1.19+13
	2 20g-cal.	6.96+14	3.22+14	7.22+13	1.66+13
	Ratio	0.888	0.839	0.677	0.717
ガンマGr.	3g-cal.	9.34+13	4.68+13	4.34+13	1.08+13
	3 20g-cal.	8.99+13	4.59+13	4.51+13	1.08+13
	Ratio	1.039	1.020	0.961	1.000
ガンマGr.	3g-cal.	7.89+14	3.53+14	1.11+14	3.11+13
	Total 20g-cal.	8.64+14	4.07+14	1.36+14	3.58+13
	Ratio	0.913	0.867	0.816	0.869

(注) 中性子は7群計算でガンマ線源は両者で共通。

3次元Tri-Z 拡散計算近似。炉心中心面、集合体平均値。

20g-cal.は20群計算結果を3群構造に編集。

表2.4-3 炉心-反射体領域の集合体位置平均ガンマ線束の計算群数依存性まとめ (2)  
 - 7群計算と20群計算の比較 -  
 (unit:  $\gamma/cm^{**2}/sec$ )

集合体位置		ト"ライ"- (2, 2)	ト"ライ"- (5, 1)	反射体 (7, 1)	反射体 (9, 1)
		炉心中央部	炉心周辺部	内側反射体	外側反射体
ガ"ンマGr. 1	7g-cal.	1.65+10	5.15-09	8.78+08	1.02+08
	20g-cal.	1.65+10	5.15-09	8.77+08	1.02+08
	Ratio	1.000	1.000	1.001	1.000
ガ"ンマGr. 2	7g-cal.	7.78+13	3.87+13	1.86+13	8.37+12
	20g-cal.	7.80+13	3.86+13	1.86+13	8.37+12
	Ratio	0.997	1.003	1.000	1.000
ガ"ンマGr. 3	7g-cal.	1.35+14	5.98-13	1.52+13	3.50+12
	20g-cal.	1.35+14	5.99-13	1.53+13	3.53+12
	Ratio	1.000	0.998	0.993	0.992
ガ"ンマGr. 4	7g-cal.	2.44+14	1.08+14	1.83+13	3.83+12
	20g-cal.	2.47+14	1.09+14	1.87+13	3.95+12
	Ratio	0.988	0.991	0.979	0.970
ガ"ンマGr. 5	7g-cal.	3.00+14	1.48-14	3.30+13	8.03+12
	20g-cal.	3.14+14	1.54+14	3.82+13	9.19+12
	Ratio	0.955	0.961	0.864	0.874
ガ"ンマGr. 6	7g-cal.	9.29+13	4.80+13	4.65+13	1.13+13
	20g-cal.	8.72+13	4.43+13	4.39+13	1.05+13
	Ratio	1.065	1.084	1.059	1.076
ガ"ンマGr. 7	7g-cal.	2.71+12	1.59+12	1.22+12	2.99+11
	20g-cal.	2.70+12	1.65+12	1.26+12	3.03+11
	Ratio	1.004	0.964	0.968	0.987
ガ"ンマGr. Total	7g-cal.	8.52+14	4.04+14	1.33+14	3.53+13
	20g-cal.	8.64+14	4.07+14	1.36+14	3.58+13
	Ratio	0.986	0.993	0.985	0.989

(注) 中性子は7群計算でガンマ線源は両者で共通。

3次元Trt-Z 拡散計算近似。炉心中心面、集合体平均値。

20g-cal.は20群計算結果を7群構造に編集。

表2.4-4 INTA-Sの各カプセルの測定値と計算値 (PNC殿提供)

カプセル			発熱密度 $\text{W/cm}^3$		
コンバートメント 位置 <sup>*2</sup>	名 称	軸方向 位置 $\text{cm}$	測定値	"MAGI" 計算値	
				JPS-2	JFS-3-J2
コンバートメント #1	γ1	-24.0	13.9～22.1	12.5	14.4
	γ2	-12.0	18.5～30.2	16.1	17.6
	γG	0.0	16.5～29.0	17.0	18.6
	γ3	+12.0	17.2～27.5	15.6	16.2
	γ4	+36.0	5.5～8.6	5.3	5.2
コンバートメント #2	M1	-24.0	11.2～21.9	4.0	5.5
	M2	0.0	9.9～19.3	5.4	7.1
	M3	+36.0	6.9～13.4	1.7	2.0
コンバートメント #3	R	-22.0	8.9～13.9	8.1	10.6
		-27.0	10.1～15.7	6.8	9.1
		-27.0	9.0～14.7	6.8	9.1
	S	0.0	10.1～13.5	10.4	13.0
		0.0	9.5～13.1	10.4	13.0
	T	+21.0	13.0～24.9	7.0	9.0

\*1 (計算値) = (INTA-S γ 発熱密度) × ("MAGI" 集合体内 γ 発熱局所ビーキング<sup>\*3</sup>)

\*2 各コンバートメント中心位置は集合体中心より30mmの距離にあり、周囲の集合体との関係は別添図に示すとおりである。

コンバートメント#1 : ドライバー-燃料2体に隣接した面に近いコンバートメント

コンバートメント#2 : ドライバー-燃料と内側反射体に隣接した面に近いコンバートメント

コンバートメント#3 : 内側反射体2体に隣接した面に近いコンバートメント

\*3 INTA-Sおよび周囲6集合体の γ 発熱密度を2次式でフィットし、コンバートメント中心位置のビーキング<sup>\*</sup>を求めた。

なお、JFS-3-J2の計算値には、遅発ガンマ線の寄与が考慮されていない。

提供炉心データ； 第20サイクル炉心  
(制御棒移設前 MK-II)  
炉心配置・R A N D出力

計算手法比較炉心の設定  
-- 1/6 対象炉心化 (制御棒チャンネル位置移動)  
-- 特殊燃料"なし"体系  
-- ドライバー燃料の列毎の組成平均化

群定数 RADHAE-T-V3 セット

1次元 R 120群中性子・ガンマ結合スペクトルにより領域毎のマクロ定数をn; 7群/ $\gamma$ ; 3, 7群に縮約

炉心計算； 3次元 27, 14, 10群 P0(P1成分補正)  
拡散計算 T r i - Z 体系 通常階差方式  
6 メッシュ/集合体

手法比較の着眼点；

ガンマ線束分布計算精度

への影響

図2.4-1 ガンマ線束分布計算手法の検討フロー

## 3群計算結果

## 20群計算結果

ASSEMBLY NO.

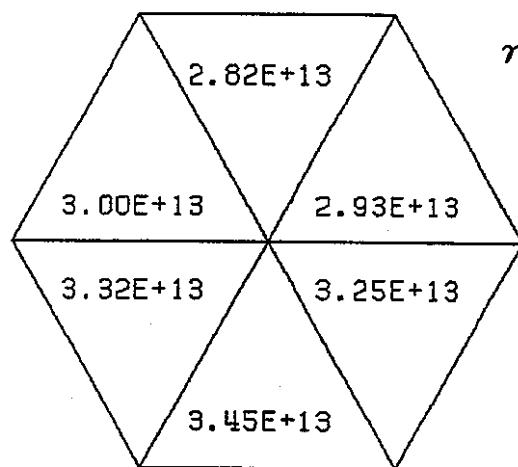
5

ENERGY GROUP

8

DATA TYPE

1

 $\gamma$  1群

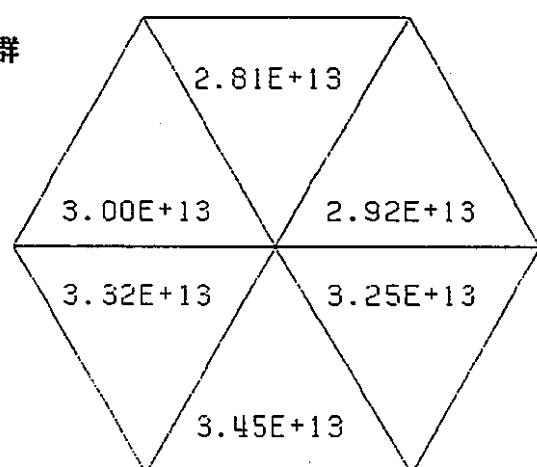
ASSEMBLY NO.

8

-

14

1



ASSEMBLY NO.

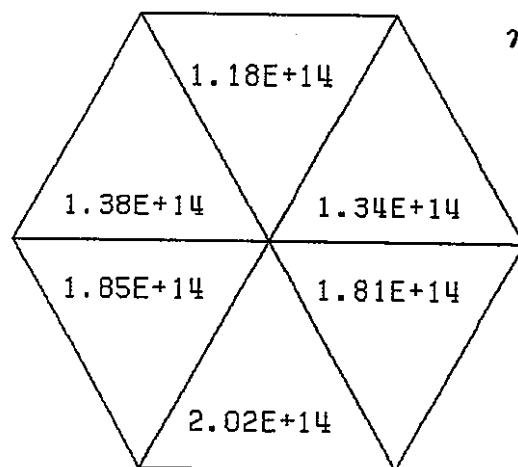
5

ENERGY GROUP

9

DATA TYPE

1

 $\gamma$  2群

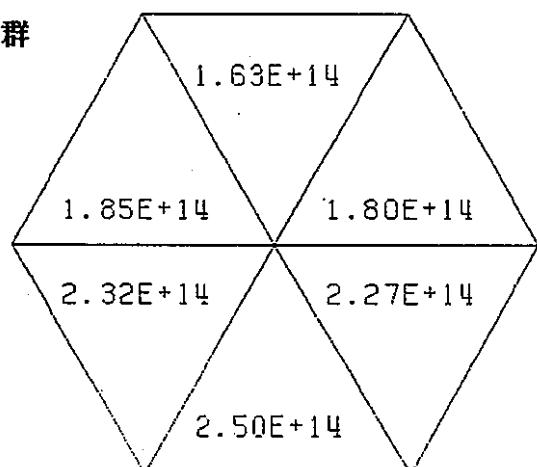
ASSEMBLY NO.

5

-

22

1



ASSEMBLY NO.

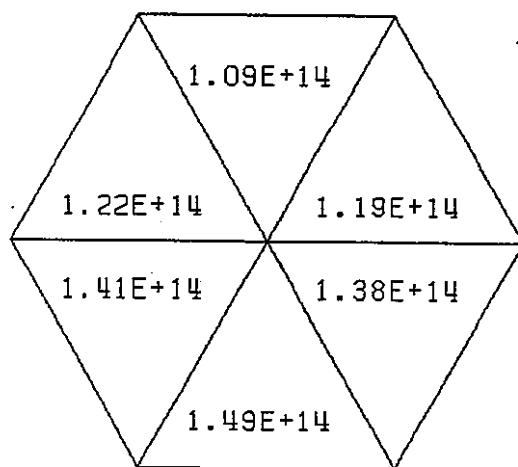
5

ENERGY GROUP

10

DATA TYPE

1

 $\gamma$  3群

ASSEMBLY NO.

5

-

27

1

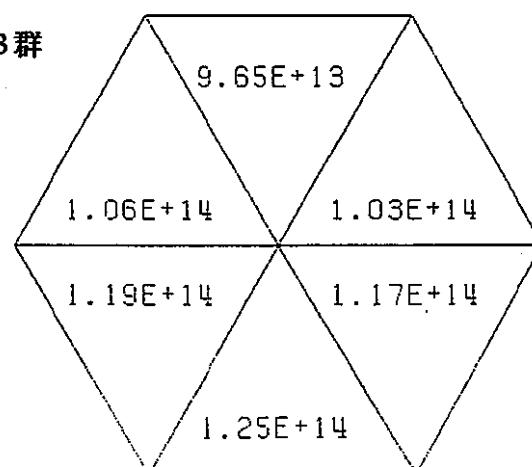


図2.4-2 ガンマ線束の3群計算と20群計算（3群分割化）の比較—

——炉心隣接の内側反射体位置（INTA-S位置相当） 炉心中心面——

## 7群計算結果

## 20群計算結果

ASSEMBLY NO.

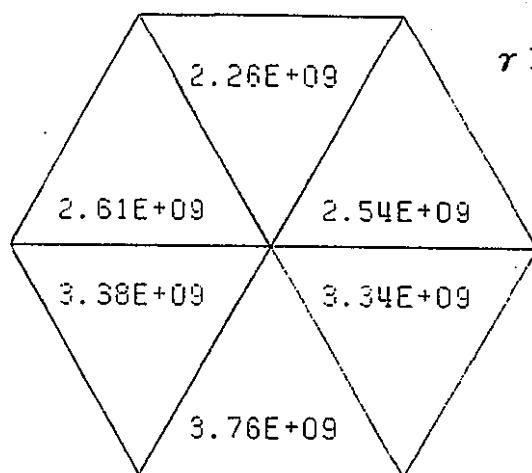
5

ENERGY GROUP

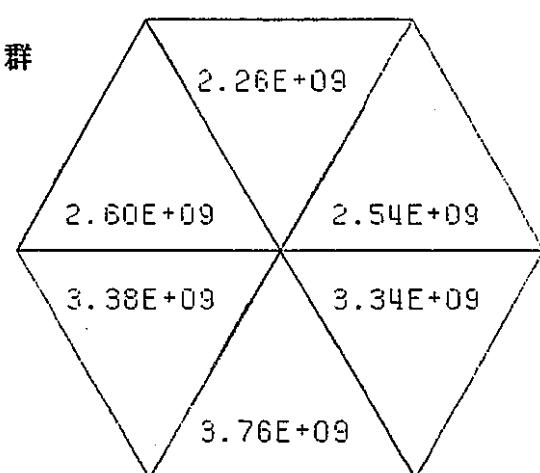
8

DATA TYPE

1



γ1群



ASSEMBLY NO.

5

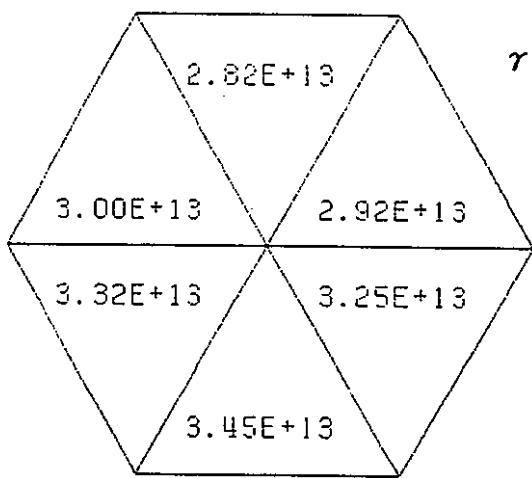
ENERGY GROUP

9

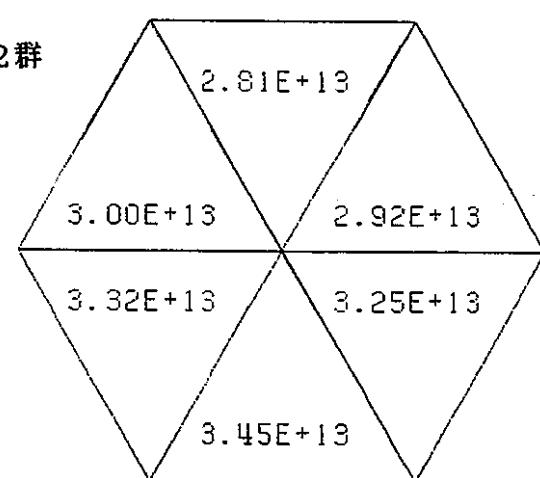
DATA TYPE

1

S  
10 - 14  
1



γ2群



ASSEMBLY NO.

5

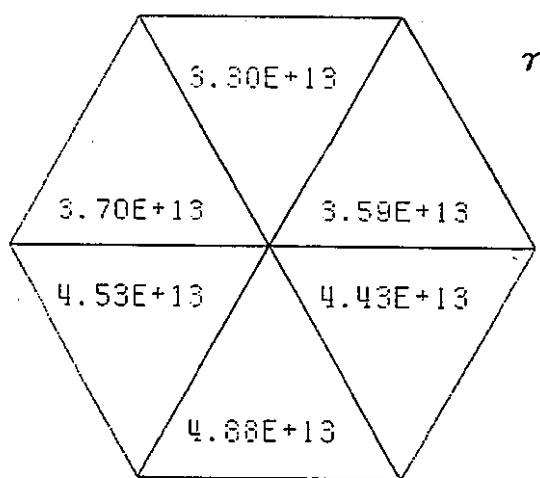
ENERGY GROUP

10

DATA TYPE

1

S  
15 - 16  
1



γ3群

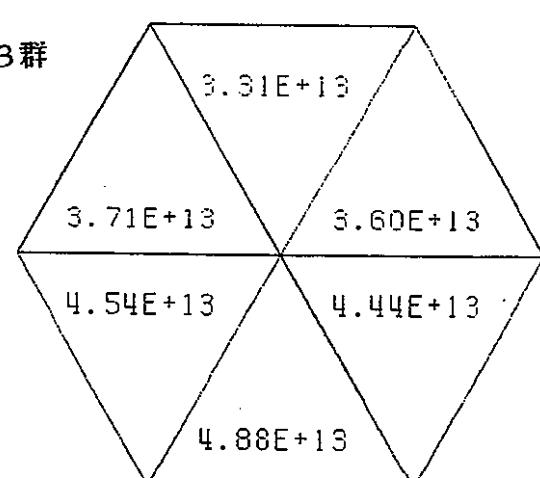


図2.4-3 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(1)――炉心隣接の内側反射体位置（INTA-S位置相当） 炉心中心面――

## 7群計算結果

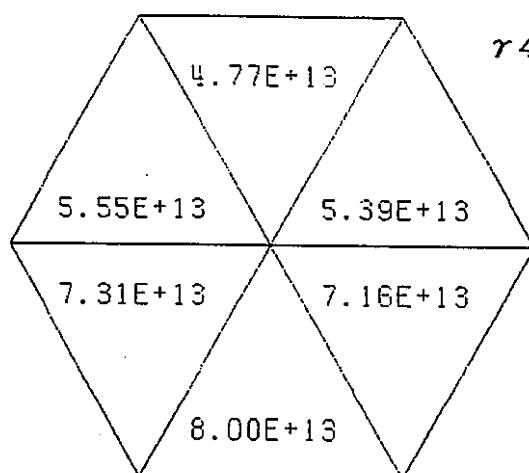
## 20群計算結果

ENERGY GROUP

11

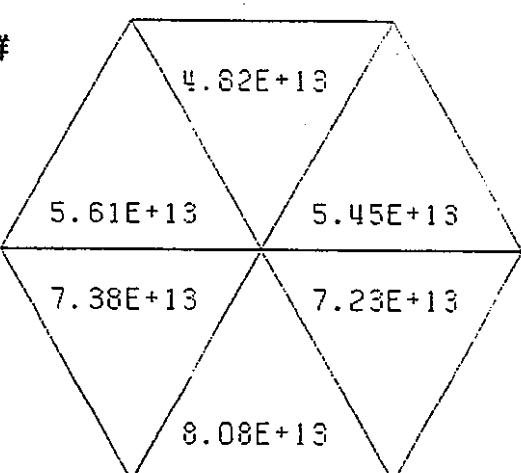
DATA TYPE

1



17 - 19

1



ASSEMBLY NO.

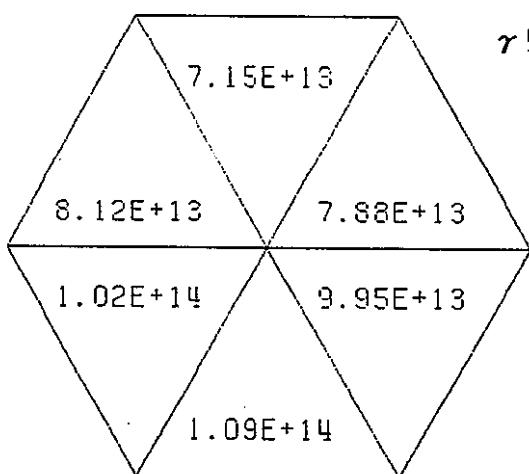
5

ENERGY GROUP

12

DATA TYPE

1



5

20 - 22

1

5

23 - 25

1

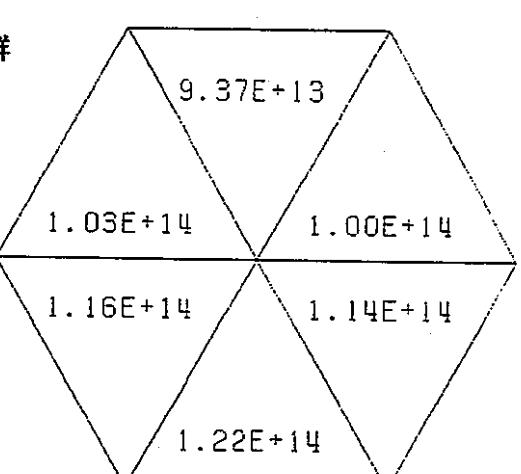
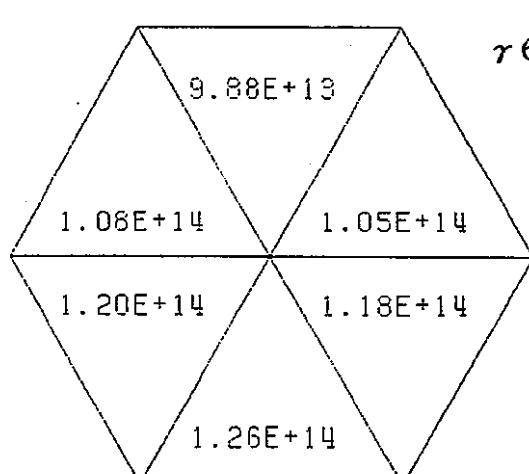


図2.4-3 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(2)  
—炉心隣接の内側反射体位置（INTA-S位置相当） 炉心中心面—

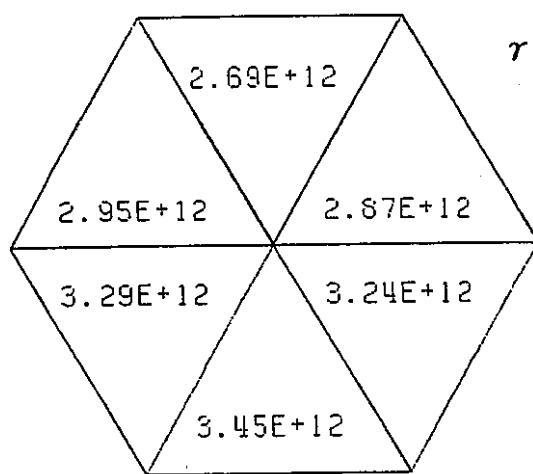
## 7群計算結果

## 20群計算結果

ENERGY GROUP 14

14

DATA TYPE 1

 $\gamma$  7群

26 - 27

1

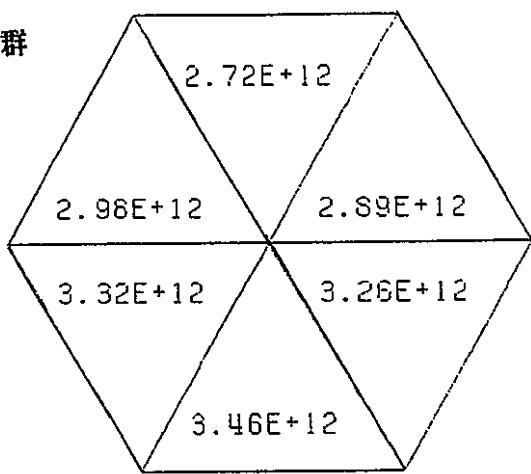
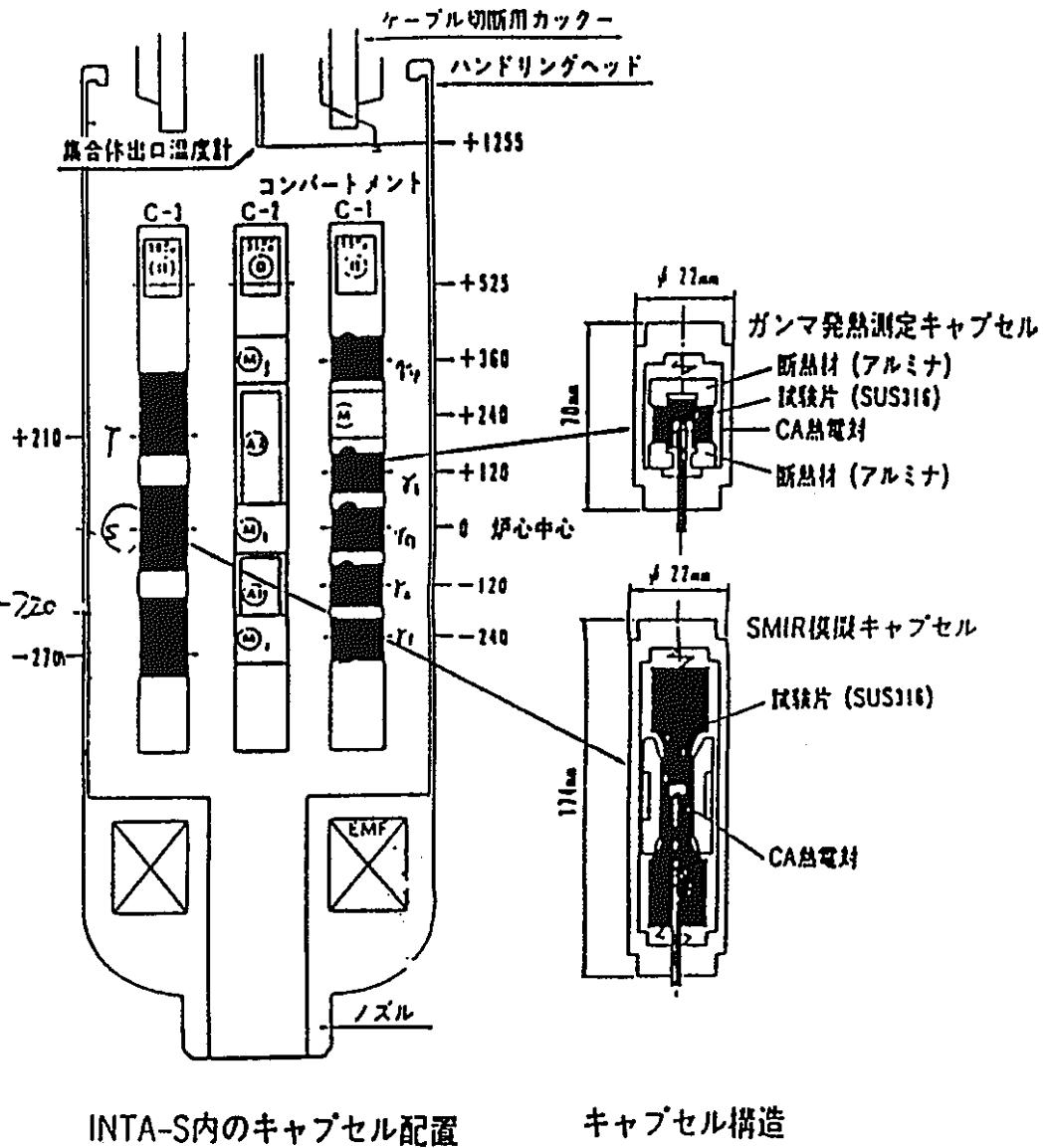
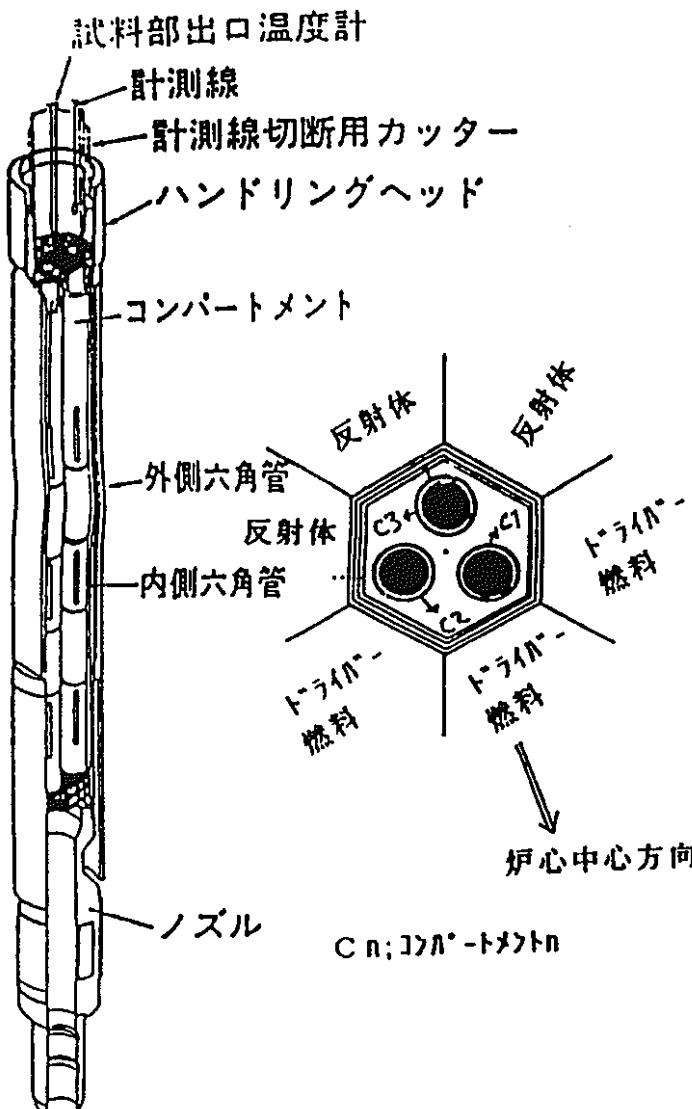


図2.4-3 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(3)－  
——炉心隣接の内側反射体位置（INTA-S位置相当） 炉中心面——



INTA-S試料部構造

INTA-Sのキャップセル配置・構造

## 2.5 燃焼計算最適化のためのサーベイ計算

### (a) サーベイ計算の内容

炉心ドライバー燃料の計算モデルを燃焼組成の観点から検討する。炉心計算用の体系は24mesh-homogeneousモデルまたは24mesh-heterogeneousモデルの採用をする場合に、運転監視コードの重要な燃焼計算の観点から、相違と実用性を考慮して、M A G I 高度化の方針を定めることを目的としている。

燃焼計算に使用する中性子束は、ドライバー燃料の均質・非均質モデルから得られた結果をいくつかのバンドルについて求め、100MWth・300日照射相当の燃焼計算を行った場合の組成変動と出力分布を比較した。

また、ドライバー燃料を径方向に集合体内24メッシュとっていることを利用して、燃焼組成を集合体平均で求める場合と、小領域ごとに求める場合を比較し、「常陽」におけるドライバー燃料の燃焼計算結果への影響について調べた。

これらの比較計算の概要を図2.5-1 に示した。図2.5-1 は従来のHex-Zモデルと今回の詳細メッシュモデルを利用する燃焼計算モデルを比較している。

### (b) 計算結果

燃焼計算の数値実験による比較は、炉心中心面の制御棒・特燃・反射体に接するドライバー燃料のノードについて行った。

サーベイ計算結果の詳細はAppendix-3に示してある。その中から代表的な例を説明する。

図2.5-2 は中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響を調べた結果である。検討対象ドライバー燃料は炉心5列のもので、集合体内の出力勾配が大きく、しかも炉心中心側と反射体隣接側では中性子スペクトル変動が大きい位置に相当する。燃焼計算を平均組成として求めた場合と、24メッシュ毎に求めた場合の違いを比較した。

結果として、「常陽」では、燃焼計算メッシュの違いにより出力分布に与える影響は軽微であることが示されている。

これは、「常陽」が小型炉であり、中性子束分布の変動が少ないと、燃料のfissile濃度が高く、fissile濃度決定は燃焼によるfissileの減少分が支配的であることによる。

図2.5-3 は中性子束計算モデルが均質・非均質モデルとした場合の集合体内出力分布形に与える影響を調べた結果である。比較対象 ドライバー燃料は同じく炉心5列のものである。しかも、燃焼計算を平均組成として求めた場合は均質計算中性子束との組み合わせ、24メッシュ毎に求めた場合は非均質計算中性子束との組み合わせの違いがある。結果として、「常陽」では出力分布に与える影響は軽微であることが再び示されている。

図2.4-4 には、燃焼による組成変化で炉心特性にもっとも影響を与えるPu239 原子数密度の分布を調べたものである。

結果は、燃焼計算法によらず大きな違いは生じさせないことが示されている。主要な核種については燃料部のモデルの違いによるfissileの減少の評価の違いは小さいことが示されている。もともと微量な核種については違いが生ずると考えられるが、炉心全体の中性子場決定の支配因子への影響はすくないことが分かる。これは、全体として燃焼による中性子束分布への影響がすくないことによる。

### (c) ドライバー燃料モデルの選定

燃焼に使用する中性子束を均質モデルによる集合体平均、非均質モデルによるメッシュワイヤ等とすることにより行い、燃焼後のメッシュ位置の組成の違いを調べた。また、燃焼計算方法の違いによる出力分布への影響を調べた。

ドライバー燃料の24mesh-heteroモデルについて、得られた結果のまとめると、昨年度の検討結果も含めてつきのようになる。

- ・ドライバー燃料の燃焼計算モデルは、炉心全体の燃焼特性を計算することに使用する。
- ・具体的な方法として、各種モデルのとり方による燃焼計算への影響を考慮した結果として、従来の均質モデルによる中性子束計算によるノード毎の平均中性子束とノード平均組成を使用した燃焼計算モデルとする。

この理由は、「常陽」では、出力分布についてはメッシュ詳細化が特に重要で、ドライバー燃料の組成のメッシュ毎の分布は2次的で空間メッシュ効果が精度を左右するとみなせることが示されているためである。

・ただし、ドライバー燃料の P I E のためには詳細メッシュ燃焼が必要となる。集合体内のスペクトル変化・隣接集合体効果を定量化する必要がある。

このために別の機能として、多群のポテンシャル論による手法等を使用する毎の燃焼計算を行えるようシステムを設定する必要がある。

該当する集合体の境界条件を多群の24mesh/SA 炉心全体計算の結果を使用することにより与える。これは、従来の 1 群化中性子束を使用するポテンシャル論手法より精度が大幅に向上することが期待できる。

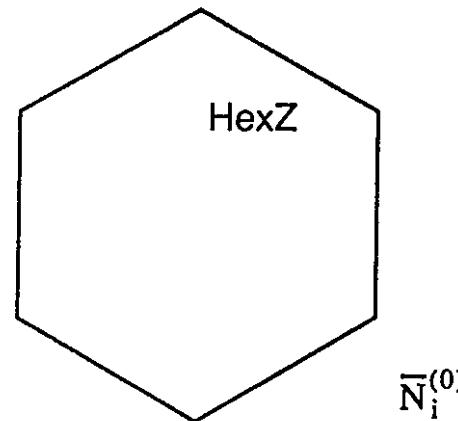
・従来型の炉心燃料の燃焼計算モデルを使用することにより、燃焼組成の格納についても、本質的な変更は必要としないことになる。

・一方、制御棒吸収体、特殊燃料集合体については、24mesh/SA 詳細メッシュ計算手法を探るので、メッシュ毎の燃焼計算をしていく必要があると考えられる。集合体内の組成配分モデルに対応する計算を行う。必要なデータの格納方式の変更は必要となる。

・特殊燃料集合体については、多群・多領域ポテンシャル論コードを開発し、適用することが有効と考えられる。

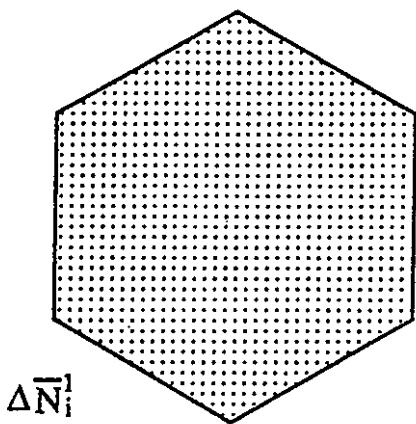
## Burnupモデル

<従来>

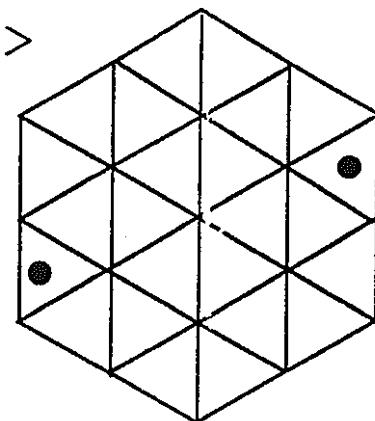


$\bar{N}_i^{(0)}$

$$\Phi_i, \langle \bar{\sigma}_i \bar{\phi}_i \rangle \longrightarrow$$



<本検討>



$$\underline{\Phi}_{i,j} \quad \langle \bar{\sigma}_i \underline{\phi}_{i,j} \rangle$$

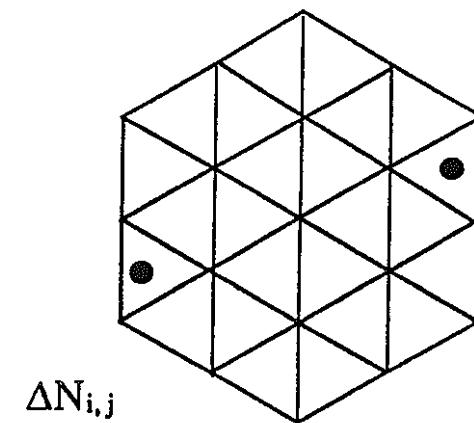


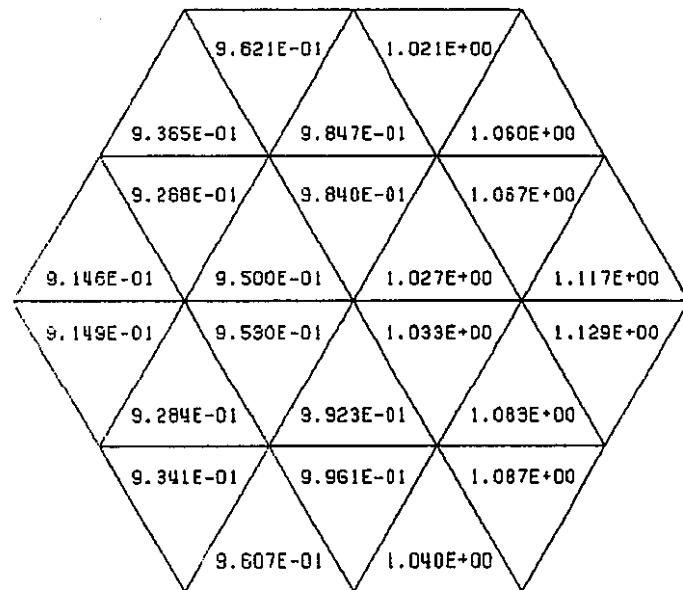
図2.5-1 燃焼計算モデルの比較概念図

## 燃焼計算に対する燃料モデルの影響(1)

集合体内出力分布形(炉心中心面)

燃焼組成の影響 小さい。

STEP NO.	2
ASSEMBLY NO.	14 各メッシュ毎の燃焼組成
DATA TYPE	6 Φ; 非均質モデル



STEP NO.	2
ASSEMBLY NO.	14 平均燃焼組成
DATA TYPE	7 Φ; 非均質モデル

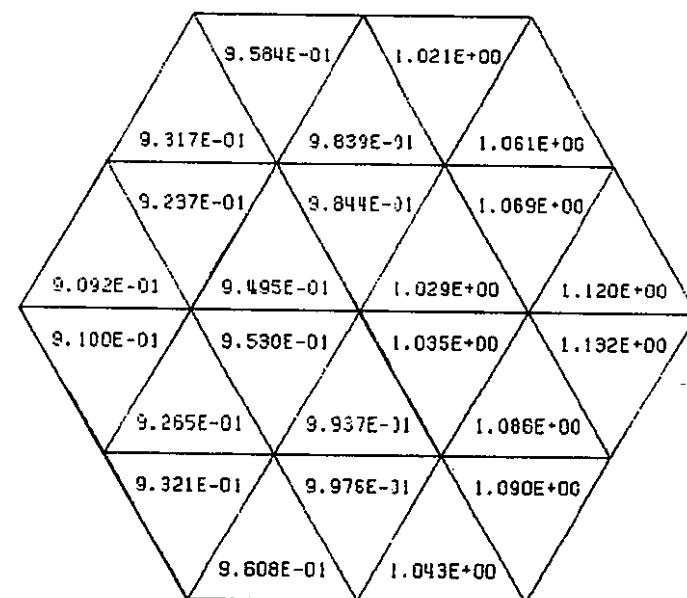


図2.5-2 燃焼計算に対する燃料モデルの影響(1)

---中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響(燃焼組成)

---集合体位置5列(#14 pos)、(均質モデル)、集合体平均組成VS.メッシュ毎の組成

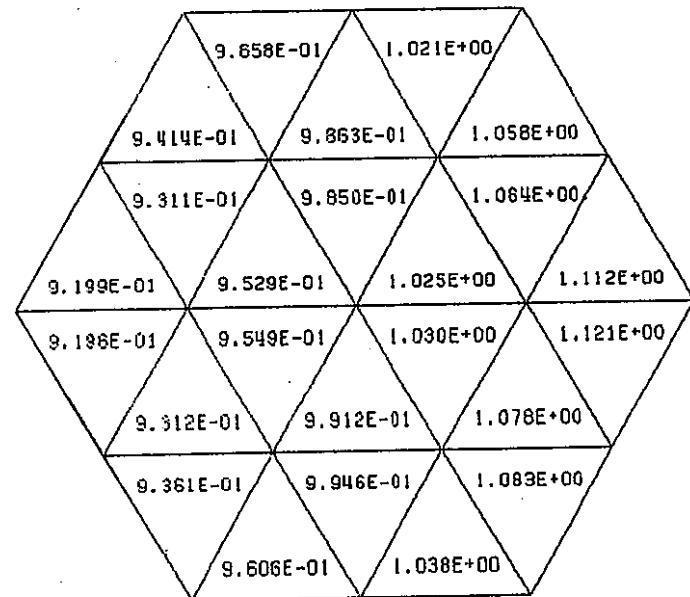
燃焼計算に対する燃料モデルの影響(2)

集合体内出力分布形(炉心中心面)

ドライバー燃焼モデルの影響——小さい。

STEP NO. 1  
ASSEMBLY NO. 14  
DATA TYPE 6

平均組成  
 $\Phi$ ; 均質モデル



STEP NO. 1  
ASSEMBLY NO. 14  
DATA TYPE 6

平均組成  
 $\Phi$ ; 非均質モデル

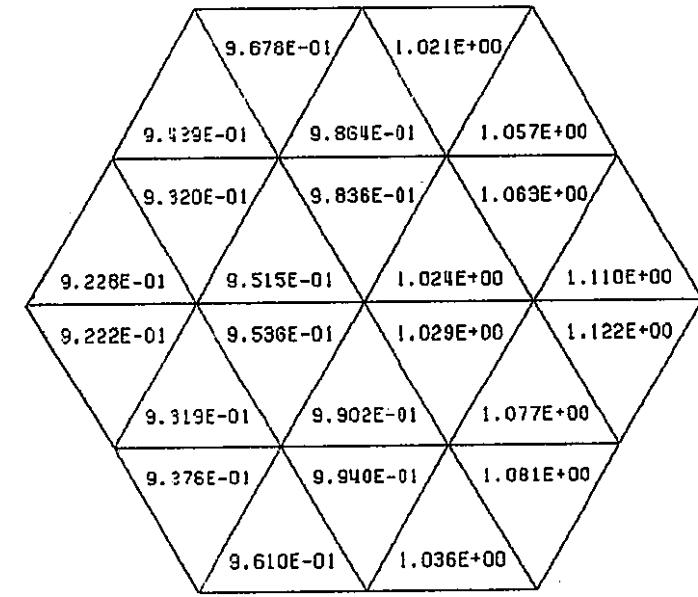


図2.5-3 燃焼計算に対する燃料モデルの影響(2)

---中性子束計算(非均質モデル/均質モデル)が集合体内出力分布形に与える影響

---(初期組成)、集合体位置5列(#14 pos)---

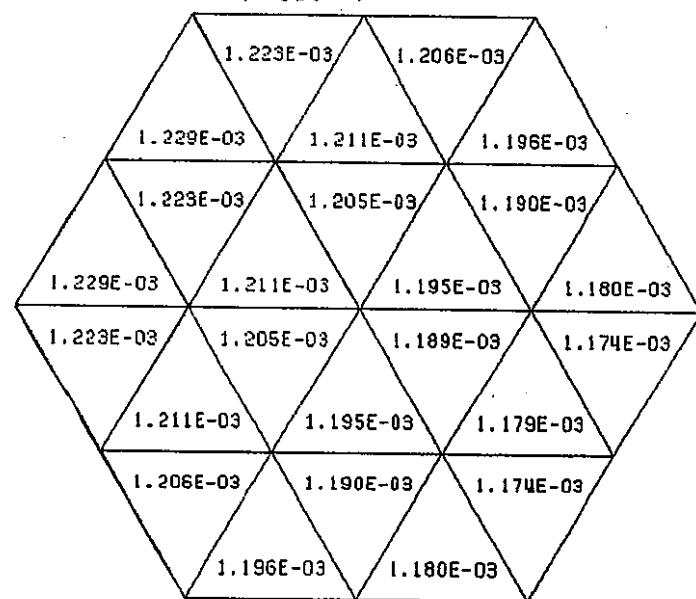
燃焼計算に対する燃料モデルの影響(3)

集合体内Pu239燃焼組成分布(炉心中心面)

燃料モデルの影響——小さい。

NUCLIDE NO. 5  
ASSEMBLY NO. 4  
DATA TYPE 1

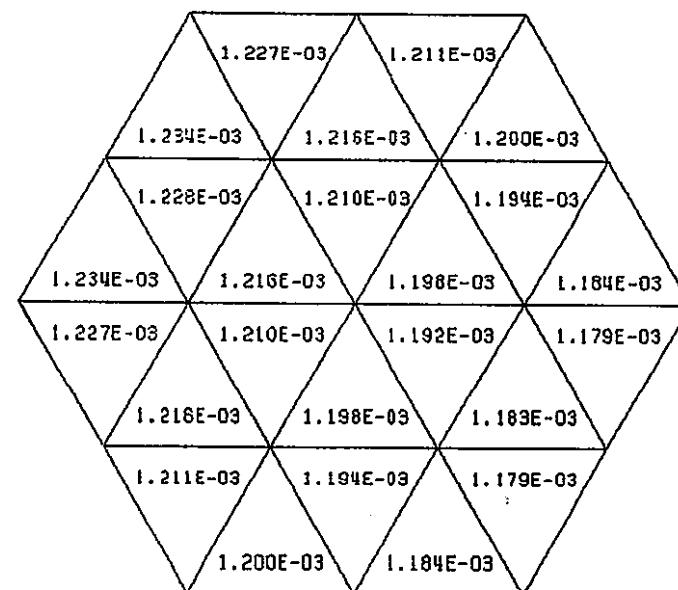
$\Phi$ ; 均質モデル



平均原子数密度 Pu239 1.201E-03

NUCLIDE NO. 5  
ASSEMBLY NO. 4  
DATA TYPE 1

$\Phi$ ; 非均質モデル



平均原子数密度 Pu239 1.205E-03

図2.5-4 燃焼計算に対する燃料モデルの影響(3)

---中性子束計算(非均質モデル/均質モデル)がメッシュ毎の燃焼組成Pu239密度に与える影響  
---3列目制御棒15cm挿入---

## 2.6 热計算手法の課題の検討

炉心の高性能化による燃料線出力の増大がある。炉心管理および照射試料の詳細温度評価の観点から次の項目を検討し、燃料・被覆管および冷却材の計算手法における課題を検討した。

- ・燃料温度計算手法；燃料照射履歴モデル導入の適用性・必要性
- ・冷却材温度計算モデルについて

### (1) 燃料温度計算手法

現行MAGIにおける燃料温度計算モデルでは、燃料の照射履歴を反映した計算は行っていない。これまでの運転前の安全確認においては、当該サイクル初期の出力最大値は新燃料に生ずるなどの運用面の前提と関連して、新燃料を対象に温度計算を設計段階と同程度の保守性を含めて事前評価することを目的としてきている。

燃料照射履歴モデル導入の必要性は、

- (a) 高性能炉心の照射計画と関連した炉心運用の柔軟性を大幅に拡大できる余地を含めていくこと、
- (b) 予測・記録計算結果の活用範囲の拡大項目として、例えば、出力係数の照射履歴依存性などを検討するためのデータ提供機能としての照射履歴を含める、  
等の機能増加との関連により決められると考えられる。

照射履歴を燃料温度計算に反映する効果を、燃料挙動簡易予測計算コード（SIEXコード）を使用し、燃料最高温度と平均温度の比較を行った。燃料温度計算では、“いわゆる3領域化モデル”が採用されている。

計算は、MK-2炉心の中心燃料を例にとり、100MWth, 45 days運転サイクルを9回経験するパターンである。

この計算では、燃焼が進むにつれてペレットから放出されるF Pガス放出効果が考慮され、ペレット-被覆管との間のギップクンダクタンスの変化が考慮されることになる。

一方、現行MAGIの燃料温度計算モデルでは、ペレット-被覆管との間のギャップコンダクタンスが一定として扱われている。この扱いは、炉心設計の考え方を踏襲して

いる。運転前の安全性確認機能のためには、設計との整合性をとる点からは適している。

図2.6-1 には燃料中心温度の温度変化の運転履歴効果の様子（中心燃料相当）を示している。また、図2.6-2 には燃料平均温度の温度変化に対する照射履歴毎の様子（中心燃料相当）を示している。

燃料の照射履歴モデルを取り入れた場合の温度変化の様子はつぎのようにまとめられる。即ち、新燃料は線出力が高くなると、燃料再組織化によりガス放出が早期に発生する。

- ・新燃料については、高線出力を示す位置では、as-fabricatedから再組織化が発生し、熱伝導度が良好になり、中心温度が再組織化を考慮しない場合よりも低下する。特に、出力が高い領域では、燃料温度の上昇率が緩やかになる。
- ・燃料の再組織化により、ガス放出が多くなり、ギャップコンダクタンスが変化する。また、燃焼が進むにつれて、変化していく。

一方、燃料照射履歴モデルを反映しない場合には、燃料の温度変化の様子は、図2.7-1 のサイクル1 (CY-1) の温度計算と同様の変化を繰り返すことになる。当然、照射による出力低減効果は燃焼・出力分布変化として考慮される。

これらのことから、つぎのようにまとめられる。

- ・高度化における燃料温度計算モデルの選定は、要求機能との関係から決定することが、計算システムの上から重要である。
- ・運転前の安全性確認のためには、現行の機能の延長は可能である。ドライバー燃料については、空間メッシュの詳細化による出力分布予測精度の向上効果が反映される。このモデルでは、ギャップコンダクタンスは設計の考え方と同様に上限値評価を前提としていくことになる。
- ・照射履歴を追跡する記録計算の機能拡充に伴う方策として考えられる。この場合は、複雑な現象全体を通して、精度評価もすすめていく必要がある。また、燃料ピンの温

度予測計算機能をどこまで求めるかなどの検討が必要となる。

- ・将来の機能として、炉心の過渡特性試験などの予測まで含める場合は、燃料照射履歴を考慮する燃料温度評価を含める必要がある。

## (2) 冷却材温度計算モデルについて

被覆管及び冷却材温度計算手法については、サブチャンネルモデル導入と集合体間熱移行効果の必要性が、評価項目と関係する。

昨年度検討（PNC ZJ9164 94-010）では、集合体間の熱移行効果を考慮することにより、特に反射体領域のラッパ管温度計算結果にはかなり影響があることが示されている。一方、反射体領域では、流量が少ないとともれ流量などの集合体間流量の評価精度の予想（実測値からの外挿）が難しいことなどから、モデル確定に難しさがある。これらの状況をシステムの設定時には考慮すべきものと考えられる。

核計算モデルとして、従来のHex-Z モデルから空間メッシュを大幅に増加させることを前提とすると、集合体内の出力分布が精度よく計算されるので、集合体内の周辺ながれ効果を考慮するなど、サブチャンネルモデルを含めることは有意義と考えられる。サブチャンネルモデルには、設計と整合性な結果が得られる簡易モデルとすることが重要と考えられる。

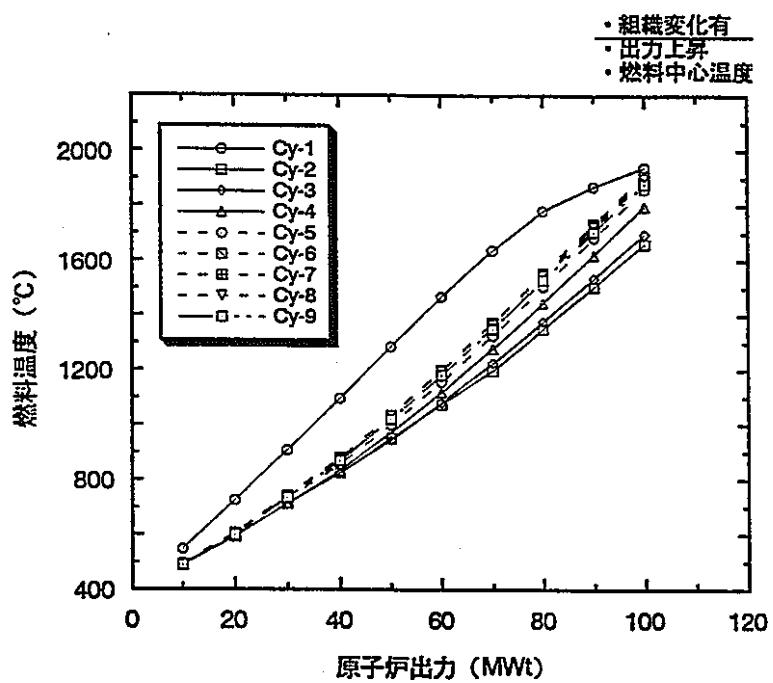


図2.6-1 燃料中心温度の照射履歴依存性の例

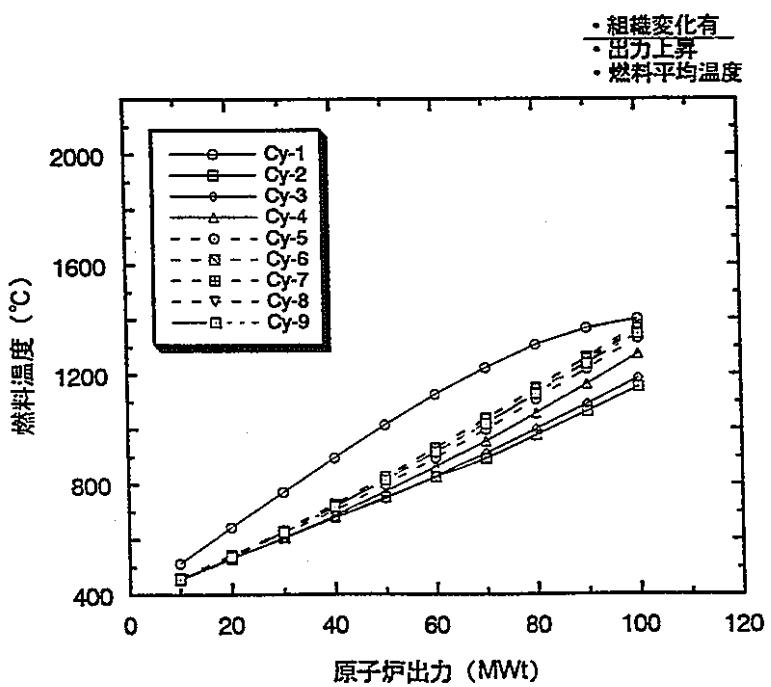


図2.6-2 燃料平均温度の照射履歴依存性の例

### 3. まとめ

“MAGI”の高度化は、常陽の照射能力向上の炉心変更に併せて、従来の運転監視機能にとどまらず、照射場全体の核熱特性の予測精度向上を図る機能を整備することになる。ドライバー燃料の照射後試験（PIE）と対比を可能とすること、さらに各種照射物の装荷の反応度予測精度の向上、更に、材料照射の予測精度向上とPIEとの対比を可能とする。このような目的を持つシステムの基本計算手法について検討した。

従来の炉心全体特性中心の特性計算手法に対して、このような大幅な機能拡大することは、ローカルな照射場における核熱特性予測精度を増強するために適切な手法を新たに採用する必要がある。

H5年度の検討結果（PNC ZJ9164 94-010; “MAGI”の高度化のための核熱計算作業）の成果をもとに、本年度の検討では、モデル確定のために以下の検討を行った。

(1) 「詳細空間メッシュをどう利用することが集合体内の非均質構造を扱うのによいか？」という観点で、24メッシュ/SAと非均質構造の関係の検討を調べた。

例えば、炉心ドライバー燃料の扱いでは、ラッパ管非均質構造をある程度考慮したモデルと従来モデルの違いを調べ、モデル選定材料とした。制御棒吸収体の扱いでは、中性子吸収体の非均質構造をある程度考慮することの影響を把握する。更に、特殊燃料の扱いについて検討した。これらのモデル変更の影響は、中性子束分布への影響の大きさなどをもとに評価した。

(2) 「詳細空間メッシュの利用による出力分布・燃焼度分布と集合体内組成変化予測への影響評価」として、ドライバー組成評価と炉心出力分布・集合体内出力分布への影響を調べた。

(3) エネルギー群数の増加効果を計算精度向上の汎用化の観点から確認した。中性子については、計算精度を確保しつつ縮約モデルの簡素ができるることを確認した。ガンマ線についても、エネルギー群数の倍増効果を定量的に把握した。

(4) 炉心監視機能のMK-III炉心設計への対応能力増強を、熱計算モデルの詳細化の観点からも調査検討した。

### 3.1 核計算法全般

"MAGI"の高度化は、核計算予測精度の向上を中心に、システムの機能拡充との関係から議論した。照射場の中性子・ガンマ線空間分布の予測精度を、炉心とその周辺の領域などの広い範囲で確保していくことを基本とした。

その結果、現行"MA GI"の核計算手法（中性子7群、ガンマ線3群の粗メッシュHex-Z拡散計算）を、エネルギー分割群数、空間メッシュの大幅増加をすることを提案した。その効果を核特性の観点から定量化した。

検討の結果、ドライバー燃料集合体内の出力分布・燃焼度分布は従来の3次元Hex-Z粗メッシュ計算結果から大幅に改善することが示された3次元3角メッシュTri-Z（集合体24メッシュ分割）拡散計算を中心とすることを提案した。中性子・ガンマ線束ともにこの詳細メッシュ拡散計算とする。

炉心体系計算におけるエネルギー群数は、中性子18群、ガンマ線7群とすることを提案している。これらのエネルギー群数をとることにより、もともとの中性子70群、ガンマ線20群とほぼ同等の出力分布を期待することができる。同時に、群数の増加により、縮約モデルの簡素化・炉心周辺領域までの適用性拡大が期待できることが示された。

また、実効断面積の作成方法としては、従来と同様の単純均質化組成をもとにすることを基本とする。しかし、今後の詳細化のための非均質実効断面積の使用も可能とするシステム化を考慮していくことが、精度確保の観点から重要と考えられる。

### 3.2 集合体非均質効果の検討

集合体あたり24メッシュと詳細にすることにより、これまで適用してきた各種集合体内の径方向の物質配置に関連する非均質配置に関して近似している単純均質化簡易モデルの採用の影響を調べた。

本検討では、24mesh-heteroモデルの採用にあたって、形状をもとにした簡単なルールの適用が望ましいと考え、つぎの方策を暫定的に採用した。即ち、24個の正三角形を集合体の中心まわりの 6つの正三角形と周辺の18個の正三角形の領域にどのような組成をモデル化するかについて、つぎのような設定を行った。

集合体	中心 6 Triangles	周辺18 Triangles
ドライバー燃料	集合体内のピン格子均質組成	ラッパ管、周辺冷却材を含めた 残りの燃料との均質組成
制御棒吸収体	吸収体ピン部分をmass lump	残りの構造材・冷却材の均質組成
制御棒チャンネル	従来と同一の全体均質組成	同左
内側反射体	従来と同一の全体均質組成	同左
特殊燃料A型	中心の試験ピン均質組成	残りの組成でバランス
特殊燃料B型	中心の構造材均質組成	周辺の台形部分は対応する領域 の均質組成（やや複雑）
特殊燃料C型	内側ラッパ管内の燃料格子の 均質組成	残りの燃料と二重ラッパ管と 冷却材の均質組成
I N T A - S		
A M I R - A		
ボロン遮蔽体		

実効増倍率と制御棒反応度価値・出力分布などの計算において、これらの非均質モデルと従来の単純均質モデルの比較を行った結果つぎモデルを推奨した。

この結果の特徴はつぎの様である。

- ・ドライバー燃料については、本検討の24mesh-heteroモデルに対しては従来の均質モデルを採用することとした。ドライバーの燃料のノード毎に燃焼計算も集合体平均中性子束を使用する均質モデルで行う。
- ・制御棒吸収体は24mesh-heteroモデルは mass lump非均質効果をほぼ再現するモデルとして利用することができると考えられる。
- ・反射体領域は従来と同様の単純均質化モデルを採用する
- ・特殊燃料集合体A、B、C、INTA-S、AMIR-2などについては、従来の単純均質化モデルでは、不十分なので、非均質配置をルール化して使用する必要がある。
- ・ボロン入り遮蔽体についても、適切な非均質配置を考慮する必要があろう。

これらのモデルにより、24メッシュ/SA であることを利用して、着目する集合体について、その境界線上の中性子・ガンマ線束を従来の粗Hex-2メッシュモデルより精度よく求めること。この結果、着目するドライバー燃料について集合体内出力分布が精度よく求めることができる特徴をもつ。

特殊燃料に対しても、集合体単位の境界条件を従来より精度よく与えることができることを活用することが可能となる。

### 3.3 出力分布計算手法の改良検討

出力分布計算は運転監視コードの主要な役割であり、また、その結果を用いて照射後の記録計算においても P I E との比較に適用が可能となることが期待されている。

そのために、集合体内出力分布計算の改良案をまとめたものを図3.3-1 に示す。中性子群数を18群、24メッシュ/SA を活用するものとなる。炉心全体の解析では、組成の大きく変化する境界領域におけるスペクトル変動が正確に予測することが可能となる。その結果、ドライバー集合体内の"pin-by-pin" 中性子束・出力分布を求めることができとなる。

また、ドライバー燃料の燃焼は軸方向ノード内で平均組成と平均中性子束を使用して計算するモデルとすることを提案した。この燃焼計算モデルは炉心全体の中性子束分布を求めるためである。P I E などの場合は、"pin-by-pin" 計算（多群ポテンシャル論手法等を利用する）による中性子束と局所的な燃焼組成を追跡計算できるようにすることも両立する必要がある。

照射用リグ集合体AMIR-2などでは、集合体内モデル化を表現して炉心計算に反映するかが大きな課題である。計算モデルと精度の関係は実測値の解析または詳細なモンテカルロ手法などによる高度化手法との比較経験を蓄積することが重要と考えられる。

## 集合体内出力分布計算手法

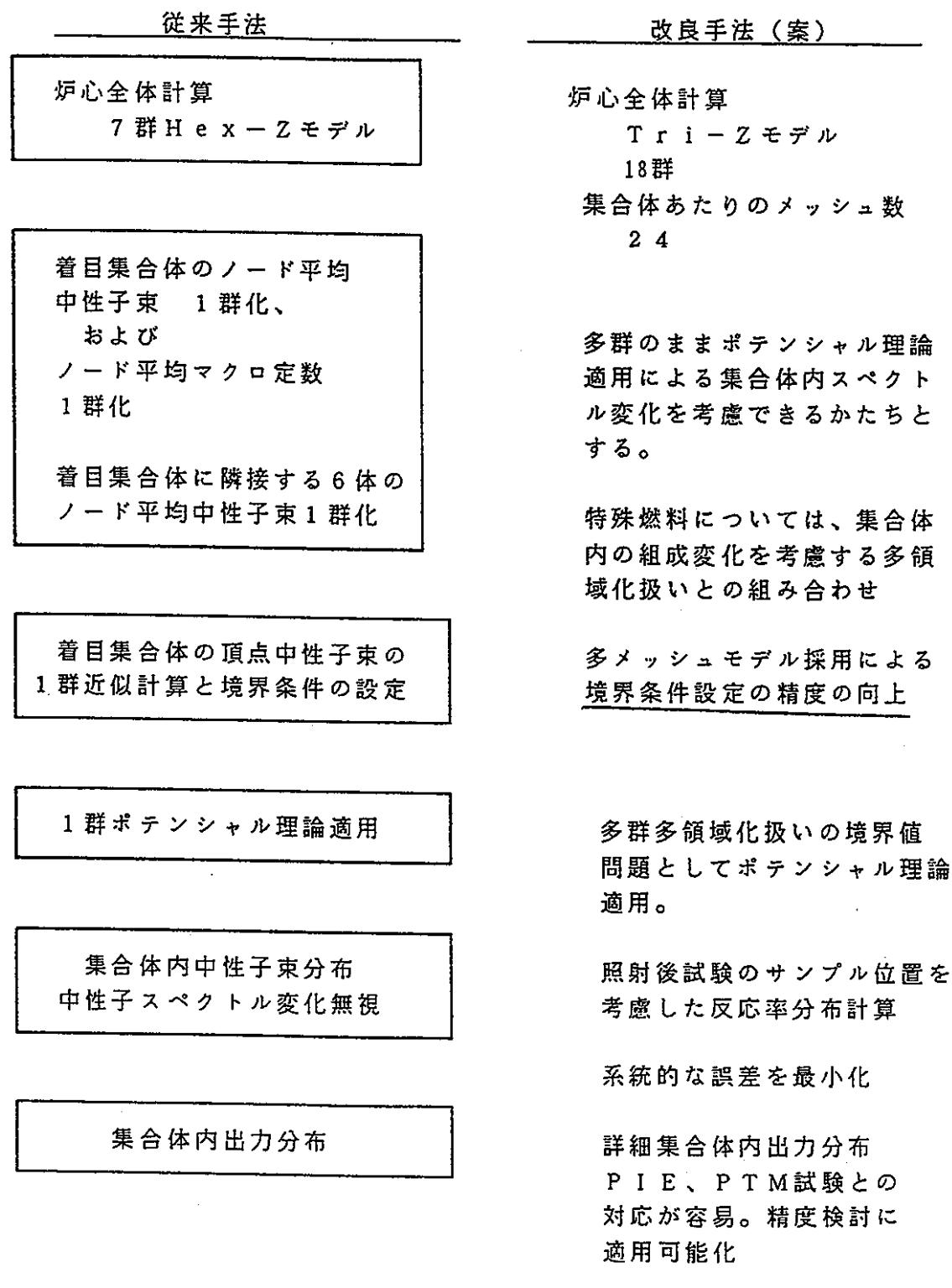


図3.3-1 集合体内中性子束分布計算の精度向上方策案

### 3.4 ガンマ発熱計算手法の検討

MAGIの計算機能の拡充としてのガンマ線発熱などの精度向上は、炉心周辺領域で特に拡充が求められている。このためにガンマ線束の計算は空間メッシュを詳細にすること、エネルギー群数の増大により、精度を確保を目指すことを目的とした。図3.4-1にその概略を示している。

ガンマ線については、集合体内の非均質効果は中性子に対する効果よりも大きく現われる。したがって、INTA-Sなどでは、集合体内非均質構造を表現して炉心計算に反映するかが大きな課題である。計算モデルと精度の関係は実測値の解析または詳細なモンテカルロ手法などによる高度化手法との比較経験を蓄積することが重要と考えられる。

## 全発熱分布計算手法

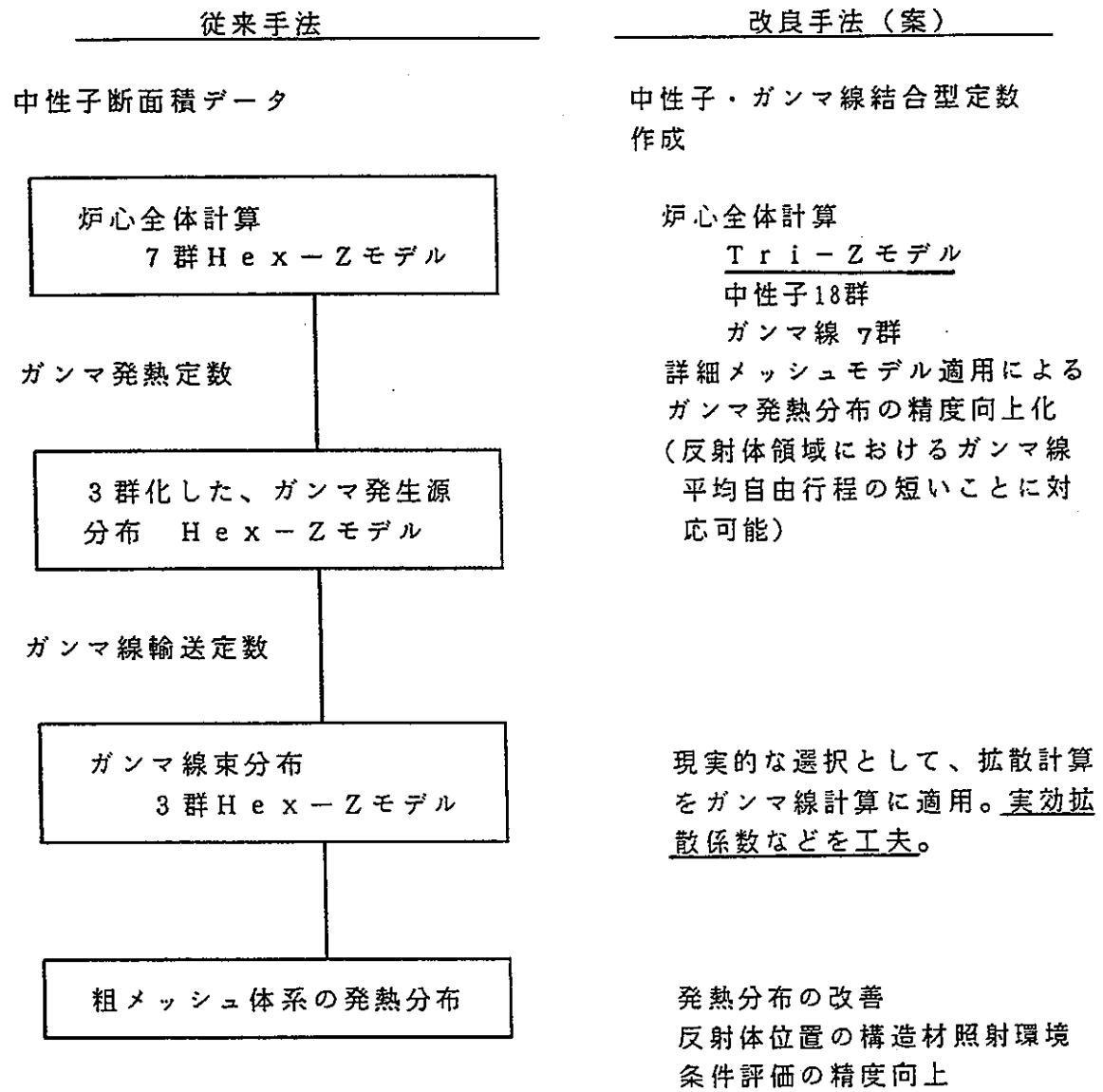


図3.4-1 ガンマ発熱分布の計算精度改善案

### 3.5 熱計算手法の課題

炉心の高性能化により燃料線出力の増大がある。炉心管理および照射試料の詳細温度評価の観点から次の項目を検討し、燃料・被覆管および冷却材の計算手法における課題を検討した。

- ・燃料温度計算手法；燃料照射履歴モデル導入の適用性・必要性
- ・冷却材温度計算モデルについて

燃料照射履歴モデル導入の必要性は、

- (a) 高性能炉心の照射計画と関連した炉心運用の柔軟性を大幅に拡大できる余地を含めていくこと、
- (b) 予測・記録計算結果の活用範囲の拡大項目として、例えば、出力係数の照射履歴依存性などを検討するためのデータ提供機能としての照射履歴を含める、等の機能増加との関連により決められると考えられる。

これらのことから、つぎのようにまとめられる。

- ・高度化における燃料温度計算は、要求機能との関係から決定することが、計算システムの上から重要である。
- ・運転前の安全性確認のためには、現行の機能の延長は可能と考えられる。この場合でも、ドライバー燃料については、空間メッシュの詳細化による出力分布予測精度の向上効果が反映される。このモデルでは、ギャップコンダクタンスは設計の考え方と同様に上限値評価を前提としていくことになる。
- ・照射履歴を追跡する記録計算の機能拡充に伴う方策として考えられる。この場合は、複雑な現象全体を通して、精度評価もすすめていく必要がある。また、燃料ピン温度予測計算をどの目的・範囲とするかなどの検討が必要となる。
- ・将来の機能として、炉心の過渡特性試験などの予測まで含める場合は、燃料照射履歴を考慮する燃料温度評価を含める必要がある。

被覆管及び冷却材温度計算手法については、サブチャンネルモデル導入と集合体間熱移行効果の必要性が、評価項目と関係する。将来の構想としては、図3.5-1 のよう

に考えられる。

集合体間の熱移行効果を考慮することにより、特に反射体領域のラッパ管温度計算結果にはかなり影響があることが示されている。一方、反射体領域では、流量が少ないことともれ流量などの集合体間流量の評価精度の予想（実測値からの外挿）が難しいことなどから、モデル確定に難しさがあるという面があることも、システムの設定には考慮すべきものと考えられる。

核計算モデルとして、従来のHex-Z モデルから空間メッシュを大幅に増加させることを前提とすると、集合体内の出力分布が精度よく計算されるので、集合体内の周辺ながれ効果を考慮するなど、サブチャンネルモデルを含めることは有意義と考えられる。サブチャンネルモデルには、設計と整合性な結果が得られる簡易モデルとすることが重要と考えられる。

M A G I の機能； ドライバー燃料の被覆管最高温度評価による安全確認  
(特殊燃料用のESPRIT-Jのための出力分布)

### 照射能力増大に伴う要求

#### ・ 照射場の温度特性予測精度の向上

#### 本検討の目的

##### 従来手法；

- ・ ドライバー燃料 : 単ピンモデル
- ・ 特殊燃料集合体A, B, C型 : 専用サブチャンネルモデル
- ・ 境界条件 : 断熱モデル
- ・ 反射体温度評価 : 断熱簡易モデル

↓ 全炉心でバランスのよい精度向上

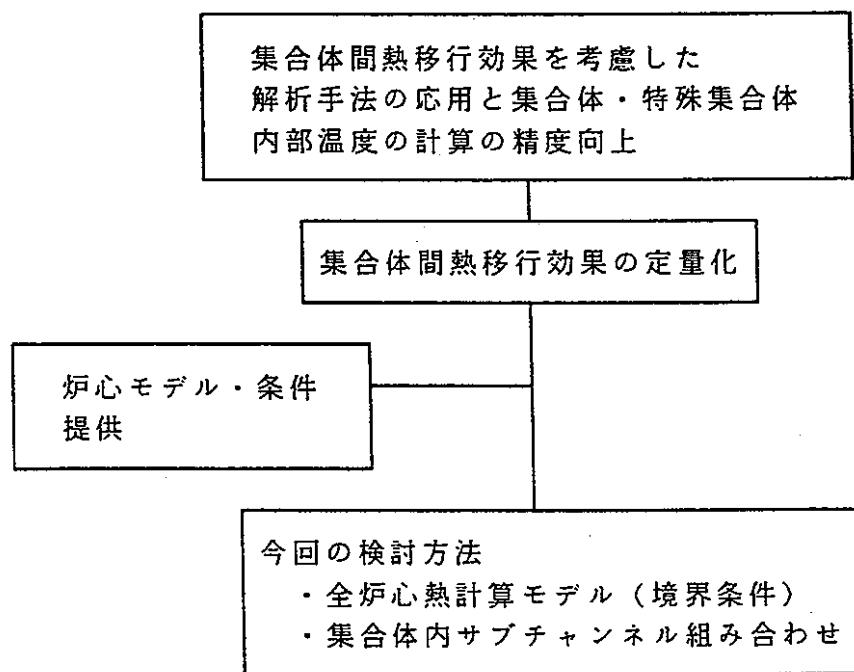


図3.5-1 热特性計算法の候補案

#### 4. おわりに

「常陽」炉心の照射能力増大に併せて、MAGIシステムの計算予測機能を増大させるとともに、照射場の予測精度を向上させる方策を提案した。

今後は、選定した基本手法と提案しているモデル化を確定することと共に、システム全体の見直し検討をすすめることが必要である。従来の簡易手法との両立的利用も考慮する全体システムの整合性も重要である。

照射場の予測精度の向上では、上限値評価である設計との整合性を考慮しつつ、PIEとの比較を可能とする詳細化であるノミナル値評価を目指すことになる。このための詳細化についても、実測値との比較の蓄積などを統一的に反映することが必要である。

また、使用する群定数は最新の評価済み核データファイルJENDL-3.2 から作成されるセットの利用も考慮されるべきであろう。これは、照射物の多様化に対応するためには最適と考えられる。ガンマ線線源についても処理システムがつくられることが期待されている。この成果は本システムの高度化に取り入れることができる。

## 付録 1.

### 集合体均質モデルと集合体非均質モデルによる中性子束分布の比較検討データ

集合体位置と番号の関係

図a1-1 炉心集合体番号

ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比較を代表として選定した4つのエネルギー群の Flux Ratio として比較。制御棒は3列(POS.7)に7.5cm挿入状態(エネルギー18群構造は表2.1-1 参照)。

集合体位置 POS. 2; ドライバー燃料第1列位置(炉心中央付近)(炉心中心面)

集合体位置 POS. 4; ドライバー燃料第2列位置(CRP隣接)(炉心中心面)

集合体位置 POS. 7; 制御棒チャンネル位置(炉心中心面)

集合体位置 POS. 11; ドライバー燃料第4列位置(CRP隣接)(炉心中心面)

集合体位置 POS. 14; ドライバー燃料第5列位置(内側反射体隣接)(炉心中心面)

図a1-2 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

--集合体位置 POS. 2; ドライバー燃料第1列位置(炉心中心面)--

図a1-3 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

--集合体位置 POS. 4; ドライバー燃料第2列位置(CRP隣接)(炉心中心面)--

図a1-4 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

--集合体位置 POS. 7; 制御棒チャンネル位置(CRP;炉心中心面)--

図a1-5 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

--集合体位置 POS. 11; ドライバー燃料第4列位置(CRP隣接)(炉心中心面)--

ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比較を代表として選定した4つのエネルギー群の Flux Ratio として比較。制御棒は3列(POS.7)にフルストローク挿入状態または5列(POS.15)にフルストローク挿入状態で、制御棒吸収体モデル化効果と併せて比較できる。

図a1-6 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

-- POS. 4; 燃料第2列位置(CR隣接)(3列目制御棒挿入)(炉心中心面)--

図a1-7 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

-- POS. 11; 燃料第4列位置(CR隣接)(3列目制御棒挿入)(炉心中心面)--

図a1-8 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

-- POS. 11; 燃料第4列位置(CR隣接)(5列目制御棒挿入)(炉心中心面)--

図a1-9 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

-- POS. 14; 燃料第5列位置(CR隣接)(5列目制御棒挿入)(炉心中心面)--

ドライバー燃料の中性子束分布に対する特殊燃料集合体の非均質構造のモデル化による影響を調べた。この例で、特殊燃料を中心(POS.1, A型)とPOS.4に配置した特殊燃料B型のいずれにも隣接するPOS.3のドライバー燃料について調べた。特殊燃料を従来のように一様均質と本試行モデルで比較。

図a1-10 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比

--集合体位置 POS. 3; 燃料第2列位置(特燃隣接)、(炉心中心面)--

特殊燃料を装荷した体系(図2.1-3 参照)において、特燃自身の非均質構造を運転監視コードで扱う簡易非均質モデル(本試行モデル)としたことによる集合体内中性子束分布を従来の一様均質モデルによる結果と比をとって調べた。

集合体位置 POS. 1; 特燃A型装荷

集合体位置 POS. 4; 特燃B型装荷

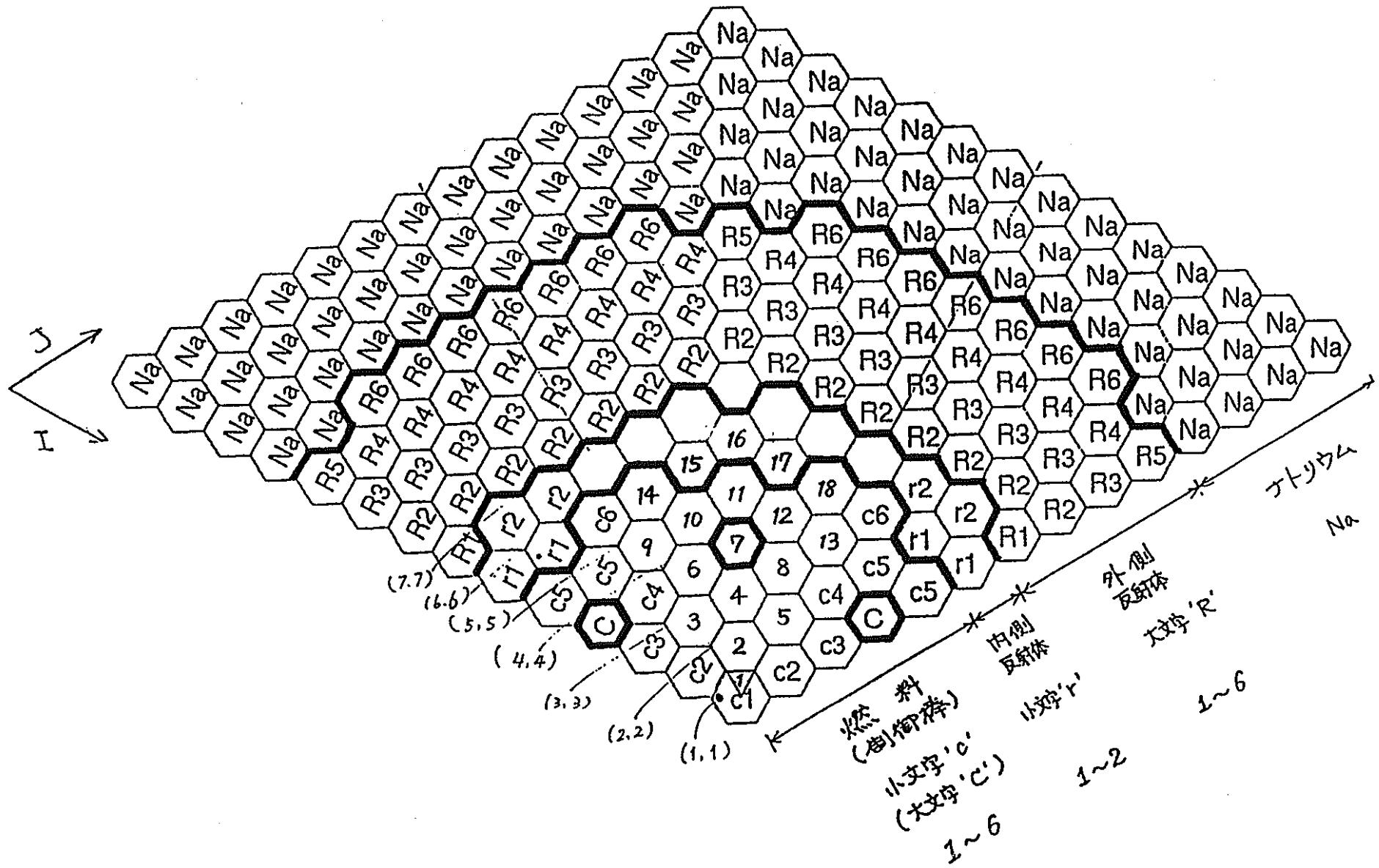
集合体位置 POS. 9; 特燃C型装荷

集合体位置 POS. 17; INTA-S型装荷

- 図a1-11 特殊燃料集合体内非均質モデル／一様均質モデル適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル；Pos. # 1; 特燃A-type SA）
- 図a1-12 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. # 1; 特燃A-type SA)
- 図a1-13 特殊燃料集合体内非均質モデル／一様均質モデル適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル；Pos. # 4; 特燃B-type SA）
- 図a1-14 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. # 4; 特燃B-type SA)
- 図a1-15 特殊燃料集合体内非均質モデル／一様均質モデル適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル；Pos. # 9; 特燃C-type SA）
- 図a1-16 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. # 9; 特燃C-type SA)
- 図a1-17 特殊燃料集合体内非均質モデル／一様均質モデル適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル；Pos. #17; INTA-S type SA）
- 図a1-18 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. #17; INTA-S type SA)

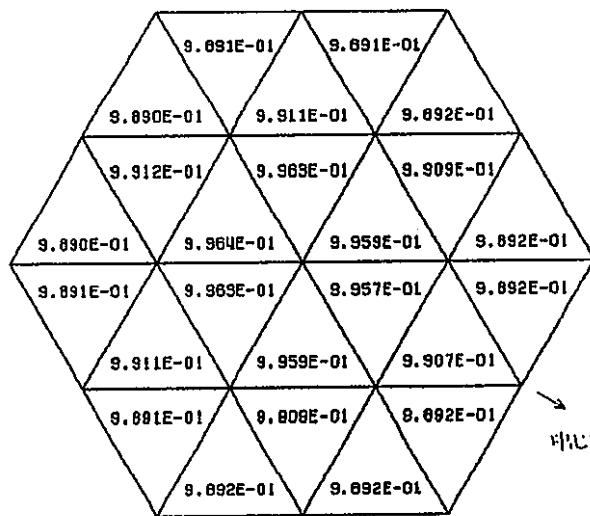
材料照射リグAMIR-2に対する非均質構造の考慮を本文の図2.3-12とした非均質モデル化することによる中性子束分布への影響を、従来の一様均質モデルによる結果との比率として比較した結果を以下に示す（3次元18g-Tri-Z 24mesh/SA 計算）：

- 図a1-19 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(1); 1 -- 4 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-20 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(2); 5 -- 8 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-21 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(3); 9 -- 12 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-22 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(4); 13 -- 16 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-23 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(5); 17 -- 18 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-24 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(1); 1 & 2 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-25 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(2); 3 & 4 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-26 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(3); 5 & 6 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-27 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(4); 7 & 8 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-28 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(5); 9 & 10 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-29 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(6); 11 & 12 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-30 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(7); 13 & 14 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-31 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(8); 15 & 16 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--
- 図a1-32 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(9); 17 & 18 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

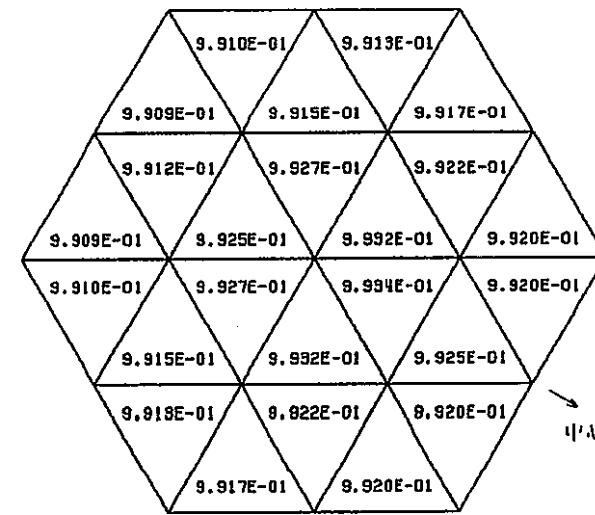


図a1-1 炉心集合体番号

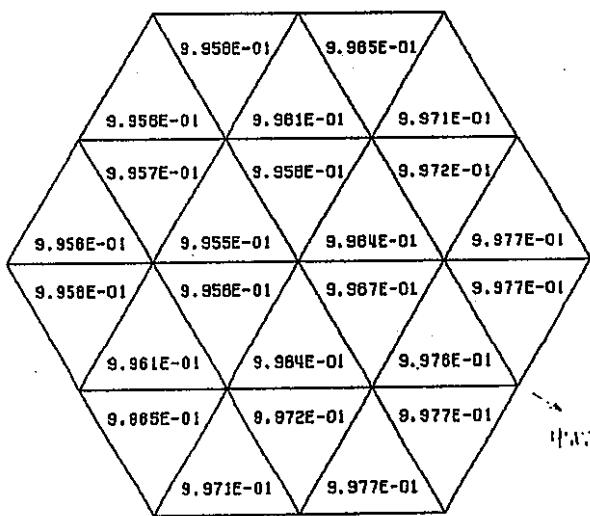
ASSEMBLY NO. 2  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



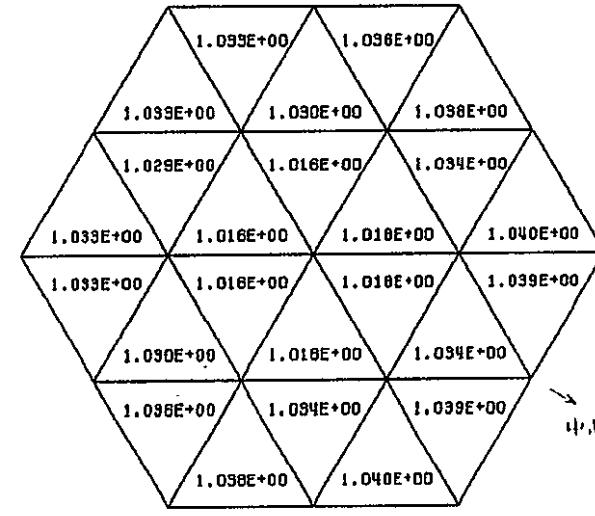
ASSEMBLY NO. 2  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 2  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2

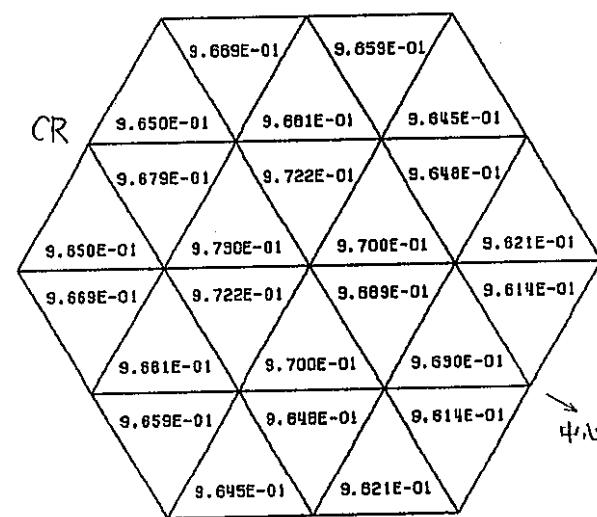


ASSEMBLY NO. 2  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2

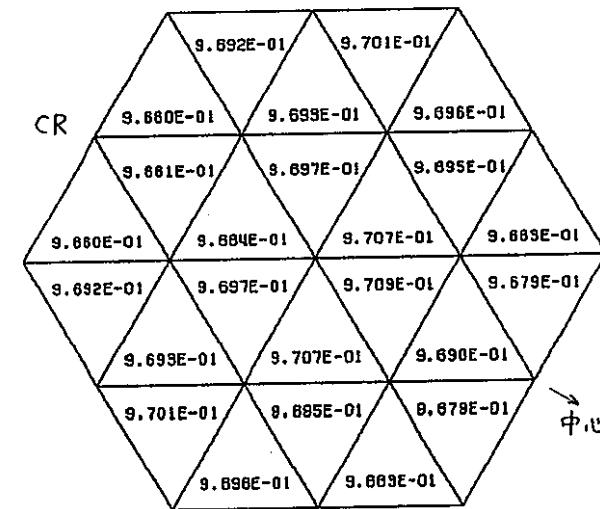


図a1-2 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
--集合体位置 POS. 2; ドライバー燃料第1列位置（炉心中心面）--

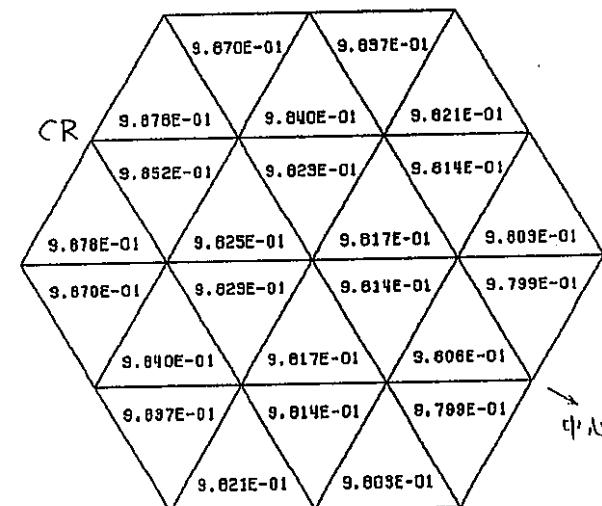
ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



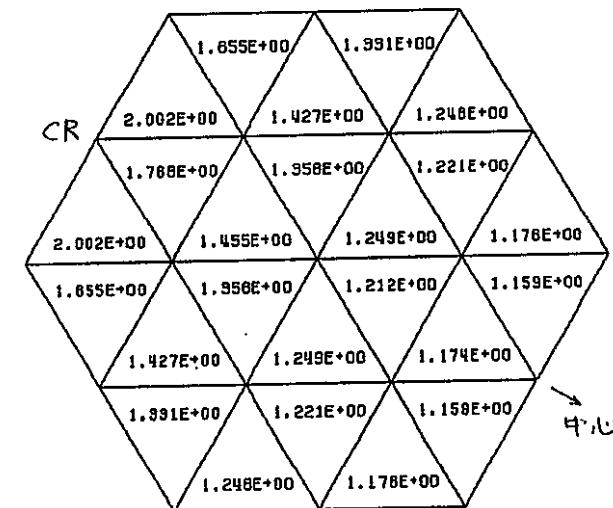
ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2

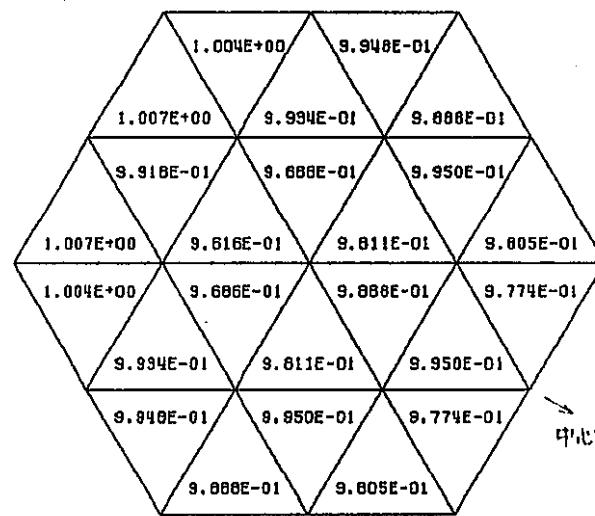


ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2

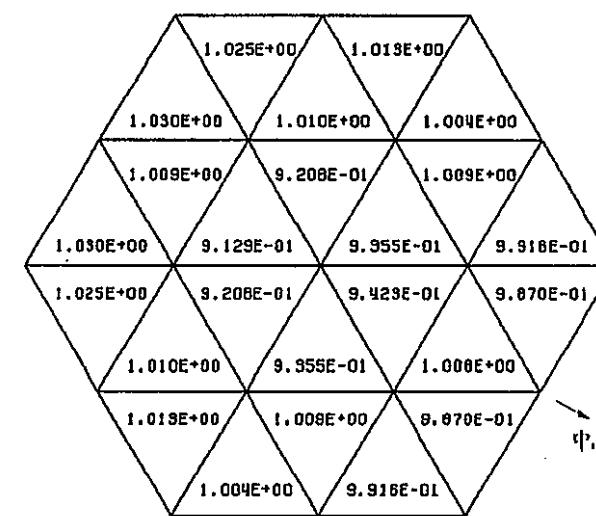


図a1-3 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
--集合体位置 POS. 4; ドライバー燃料第2列位置 (CRP隣接) (炉心中心面) --

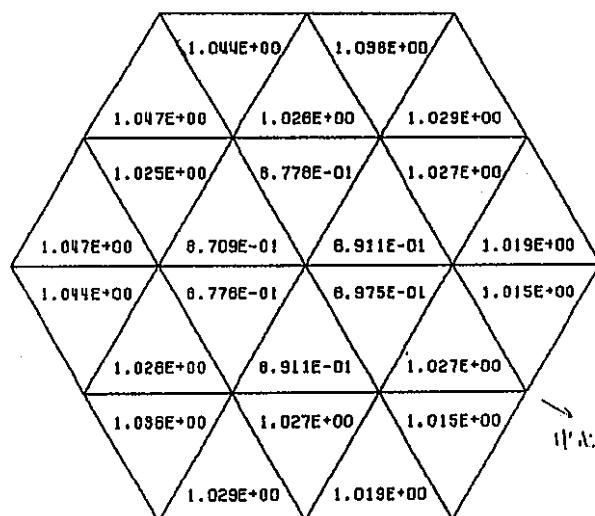
ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



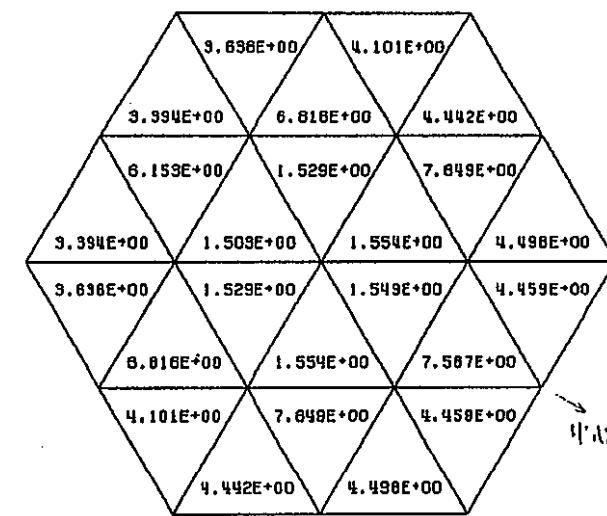
ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2

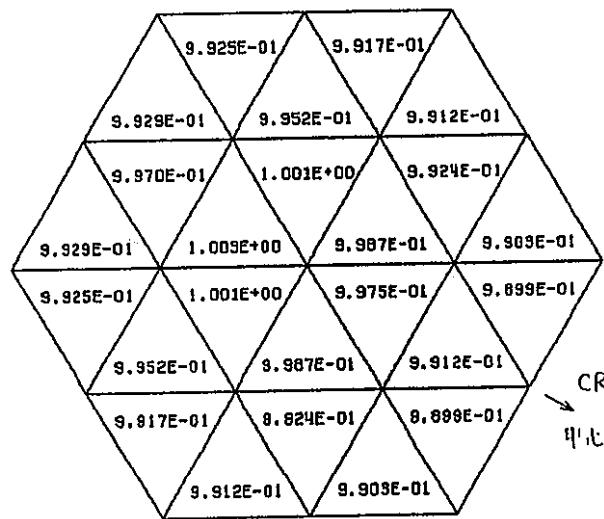


ASSEMBLY NO. 7  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2

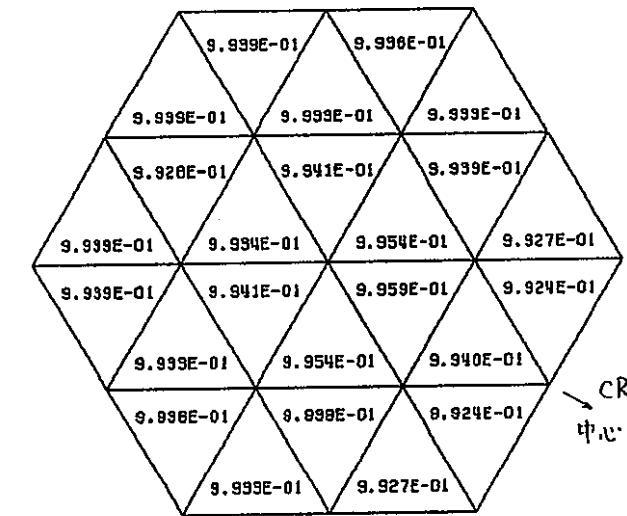


図a1-4 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
--集合体位置 POS. 7; 制御棒チャンネル位置 (CRP; 炉心中心面) --

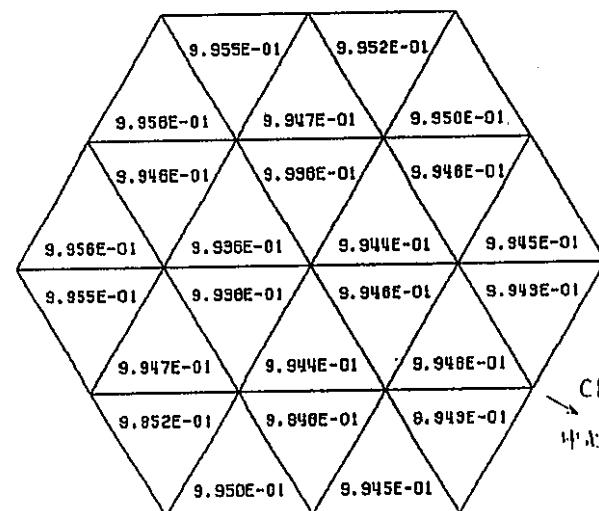
ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



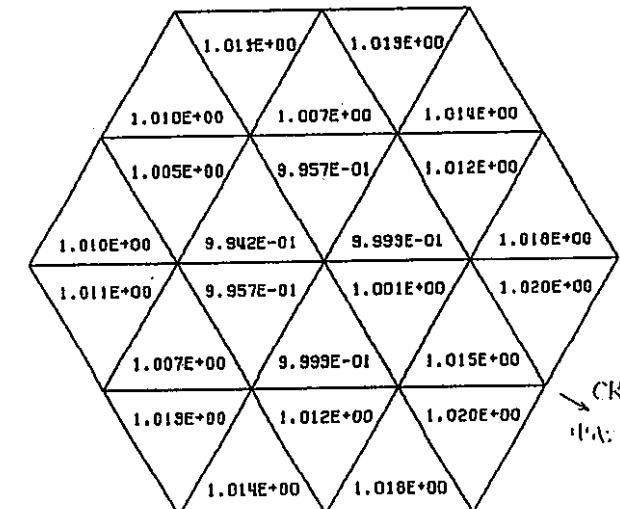
ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2



図a1-5 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
--集合体位置 POS. 11; ドライバー燃料第4列位置 (CRP 隣接) (炉心中心面) --

ASSEMBLY NO.

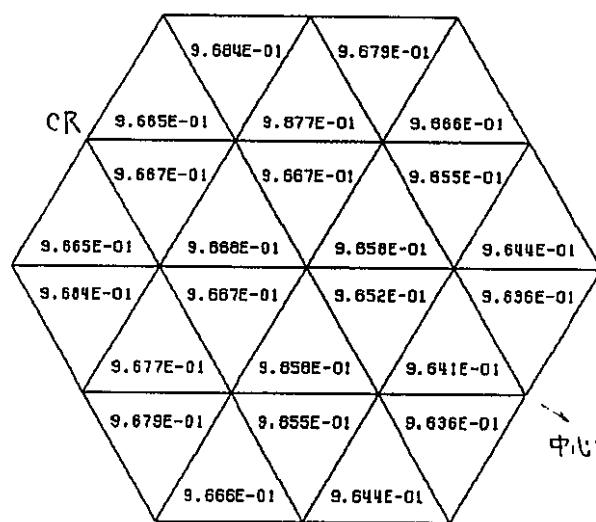
4

ENERGY GROUP

3

DATA TYPE

2



ASSEMBLY NO.

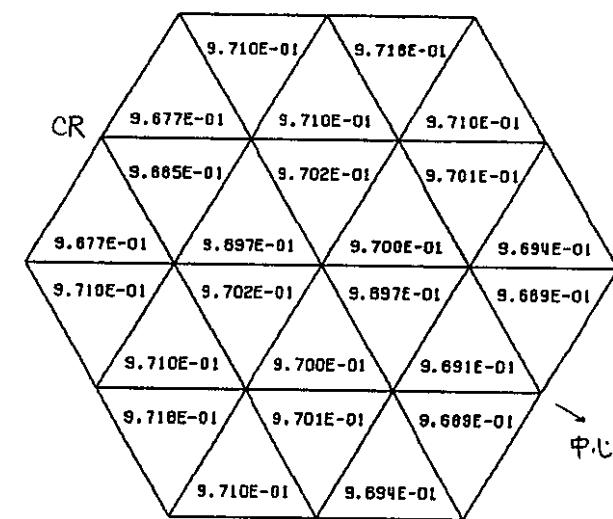
4

ENERGY GROUP

7

DATA TYPE

2



ASSEMBLY NO.

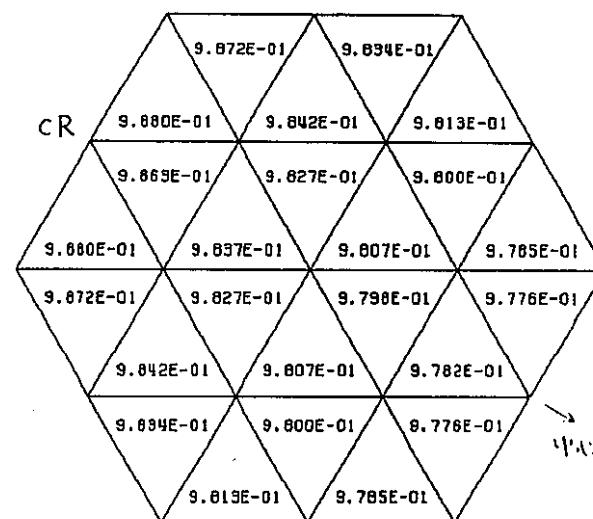
4

ENERGY GROUP

9

DATA TYPE

2



ASSEMBLY NO.

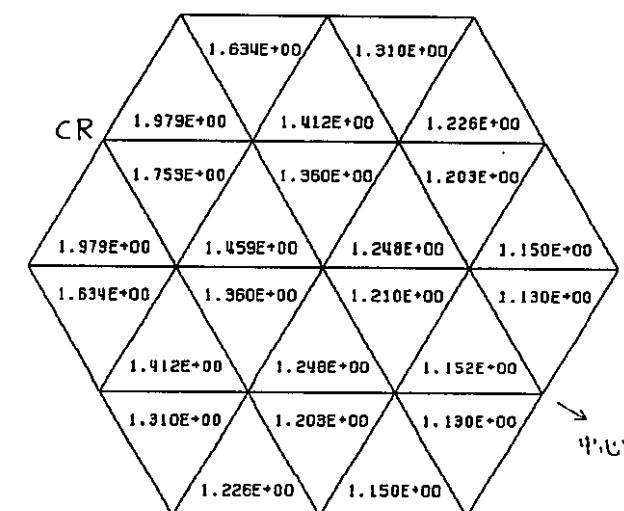
4

ENERGY GROUP

15

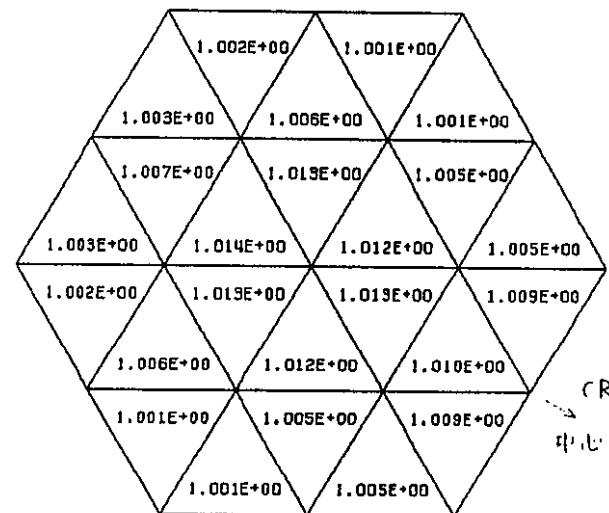
DATA TYPE

2

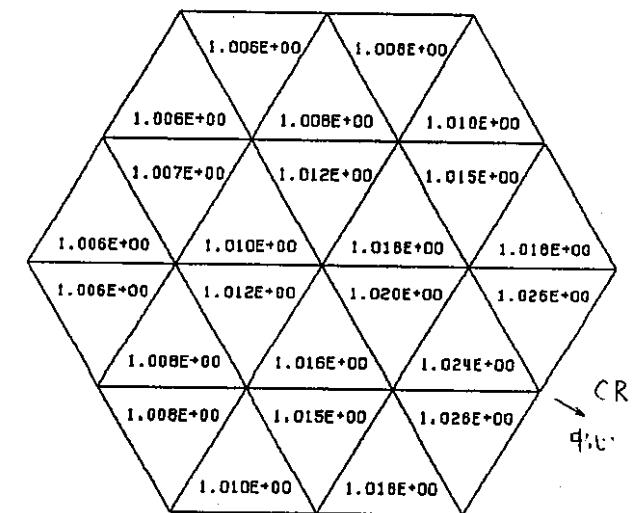


図a1-6 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
-- POS. 4; 燃料第2列位置 (CR隣接) (3列目制御棒挿入) (炉心中心面) --

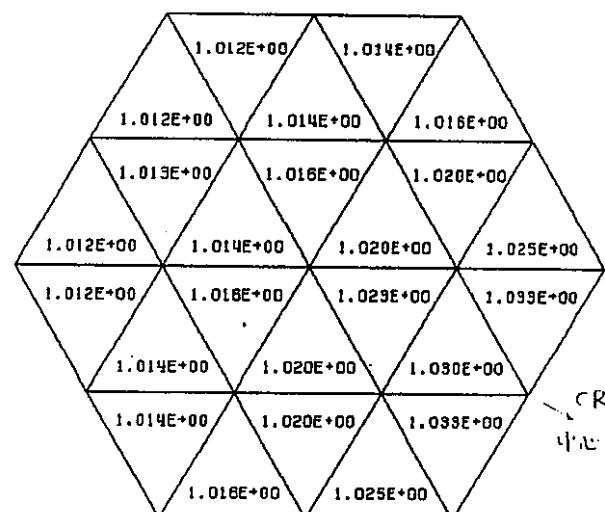
ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



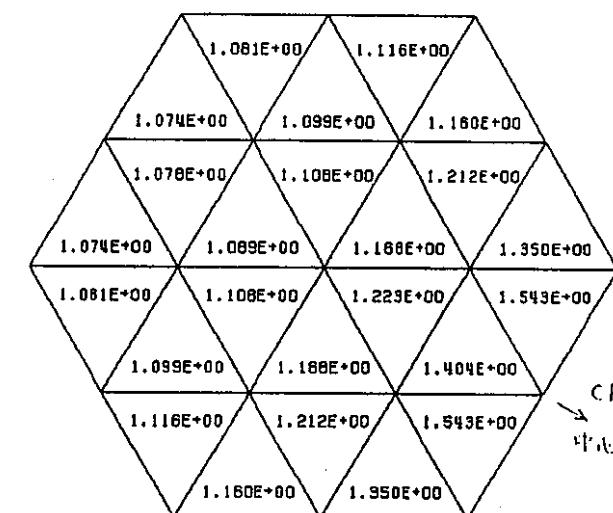
ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2

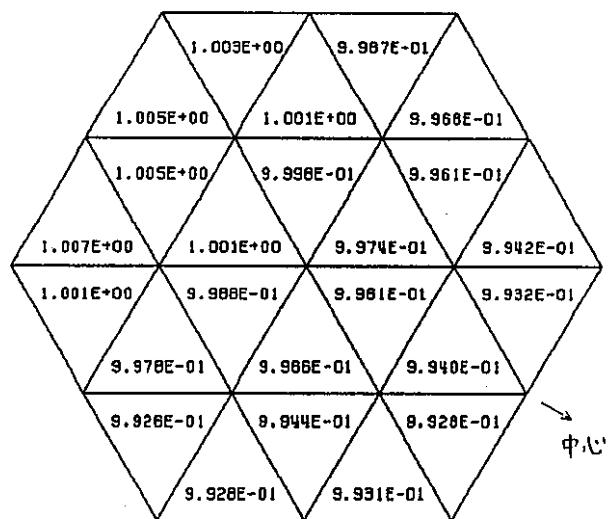


ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2

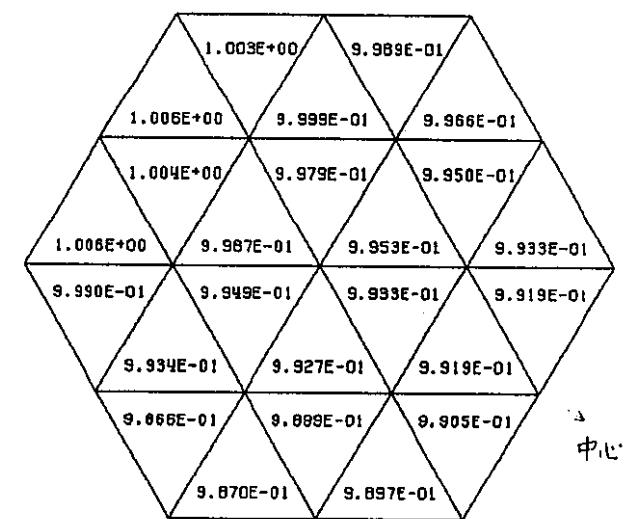


図a1-7 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
-- POS. 11; 燃料第4列位置 (CR隣接) (3列目制御棒挿入) (炉心中心面) --

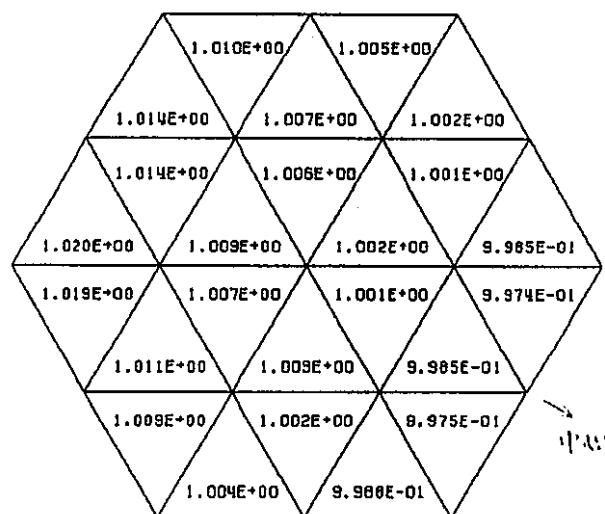
ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



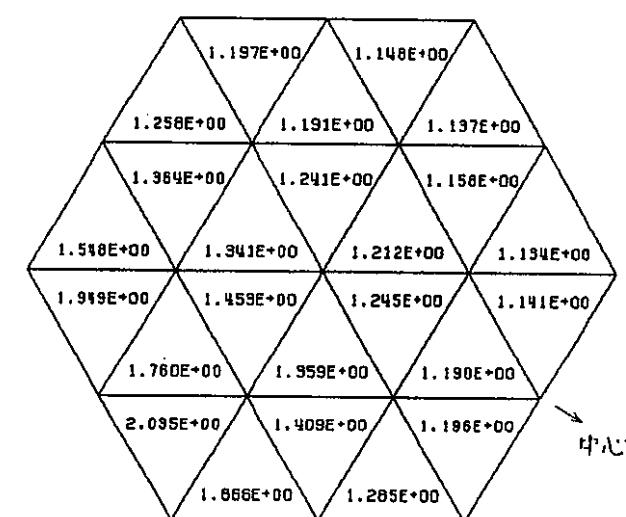
ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2

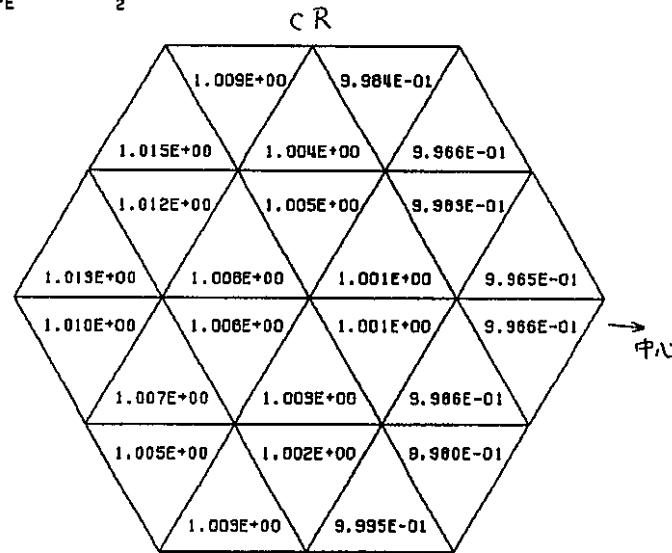


ASSEMBLY NO. 11  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2

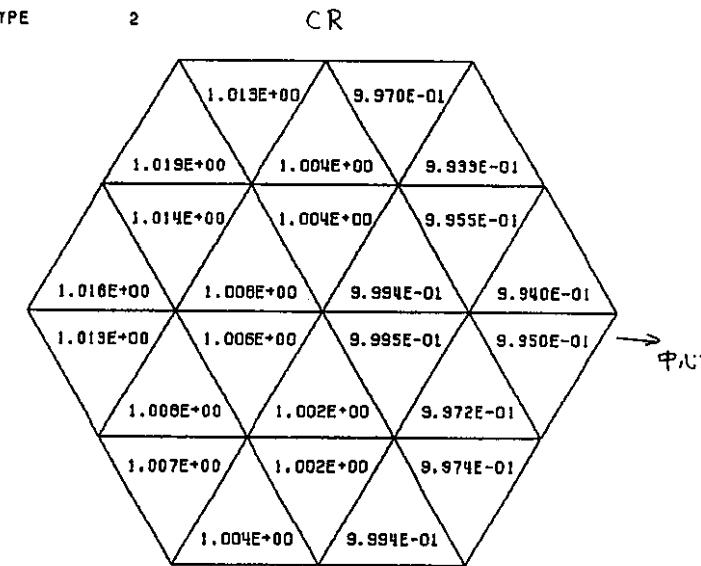


図a1-8 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
-- POS. 11; 燃料第4列位置 (CR隣接) (5列目制御棒挿入) (炉心中心面) --

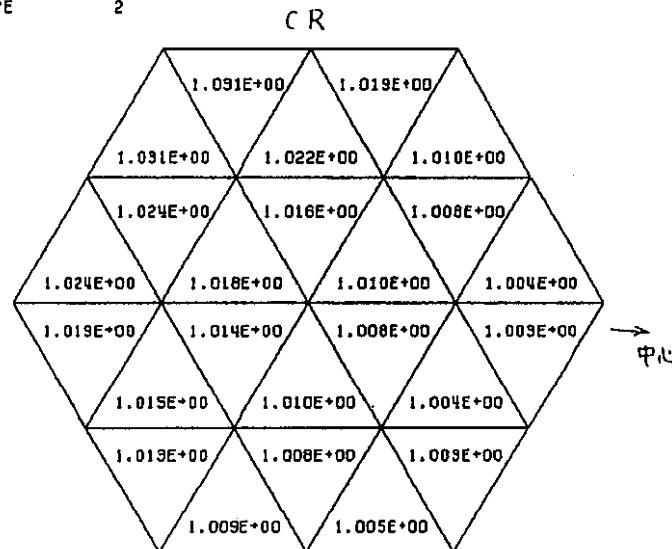
ASSEMBLY NO. 14  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



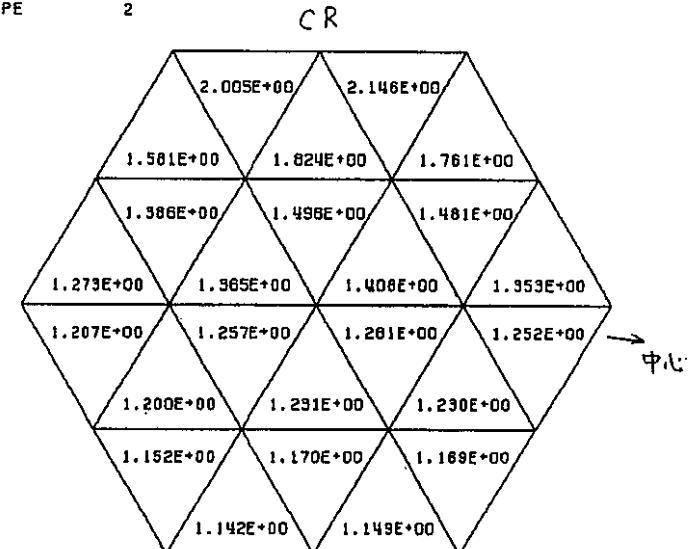
ASSEMBLY NO. 14  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 14  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 14  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2

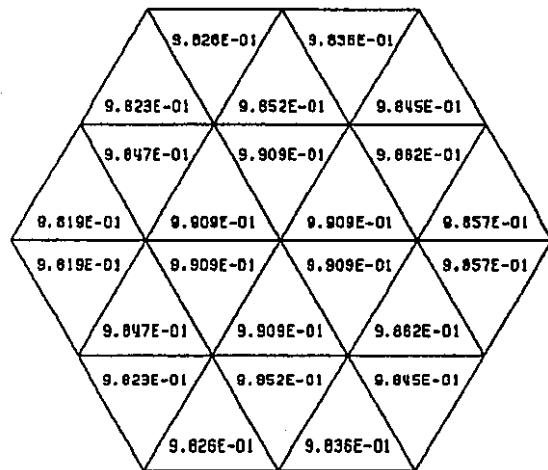


図a1-9 ドライバー燃料・制御棒に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
-- POS. 14; 燃料第5列位置 (CR隣接) (5列目制御棒挿入) (炉心中心面) --

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

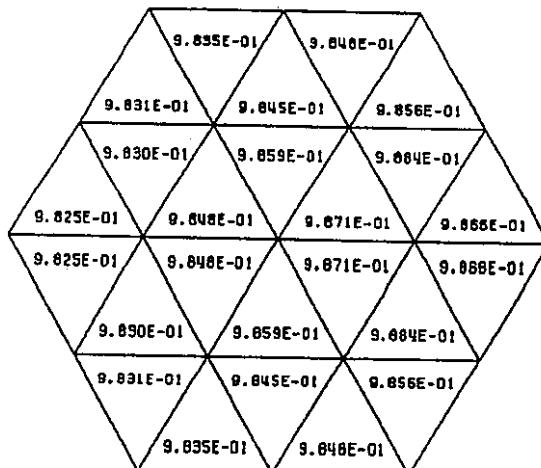
3  
3  
2

$\phi_{HT}/\phi_{HM}$



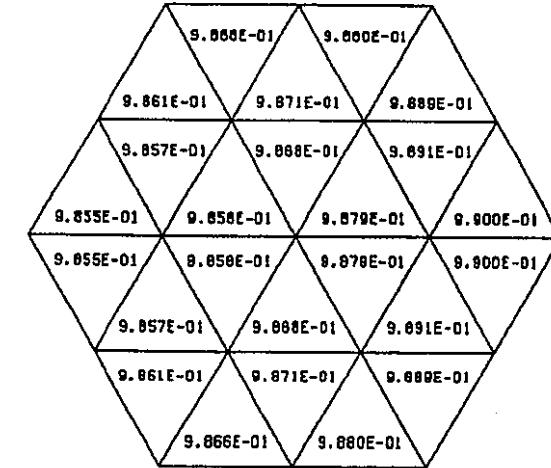
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

3  
7  
2



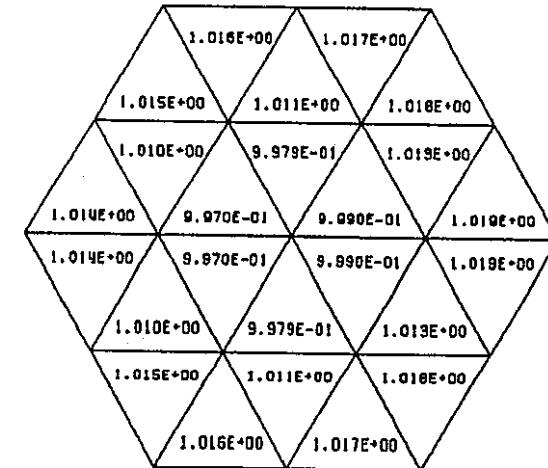
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

3  
9  
2



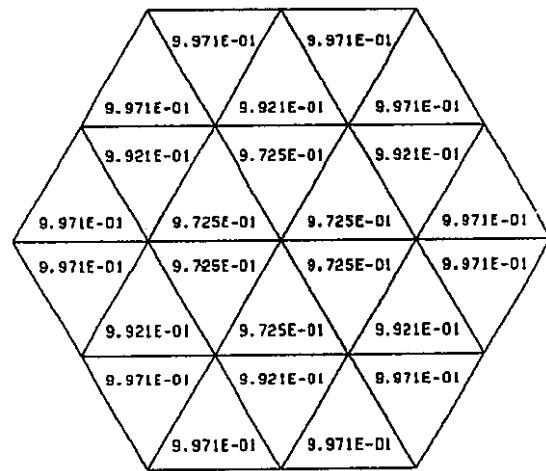
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

3  
15  
2

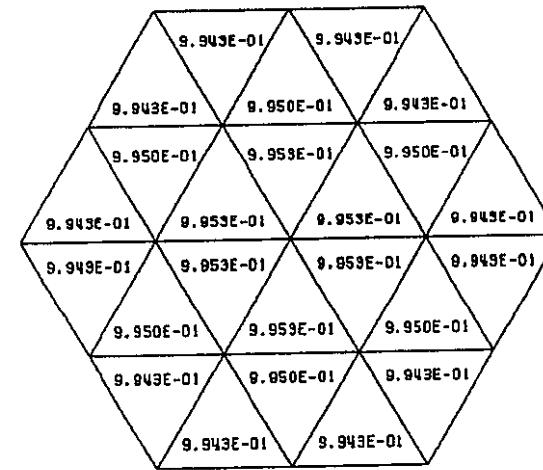


図a1-10 ドライバー燃料に対する均質／非均質モデルによる中性子束分布の比  
--集合体位置 POS. 3; 燃料第2列位置（特燃隣接）（炉心中心面）--

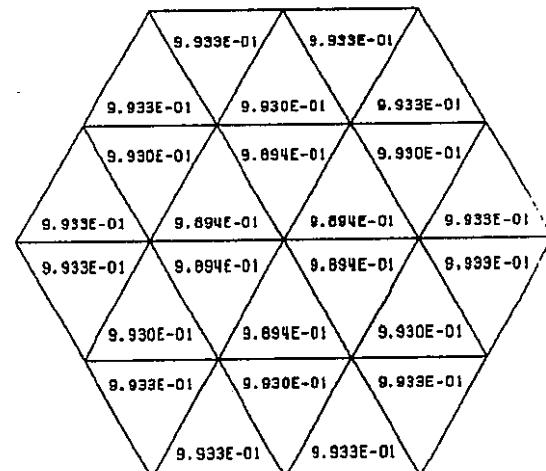
ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 1  
DATA TYPE 2



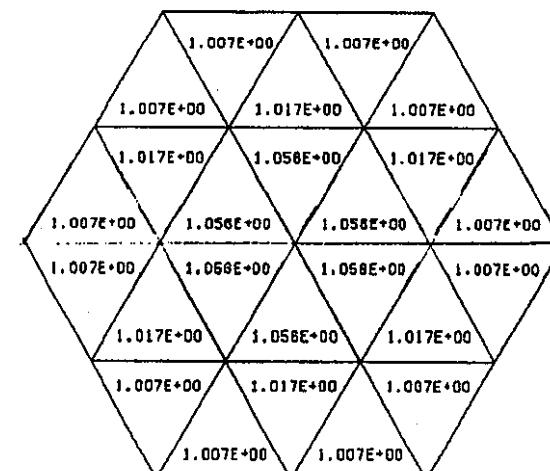
ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2

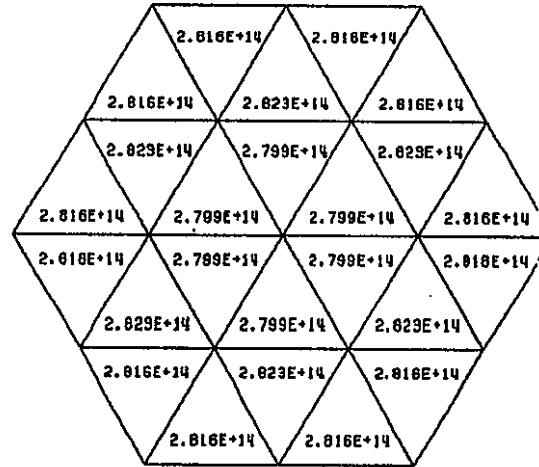


ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2

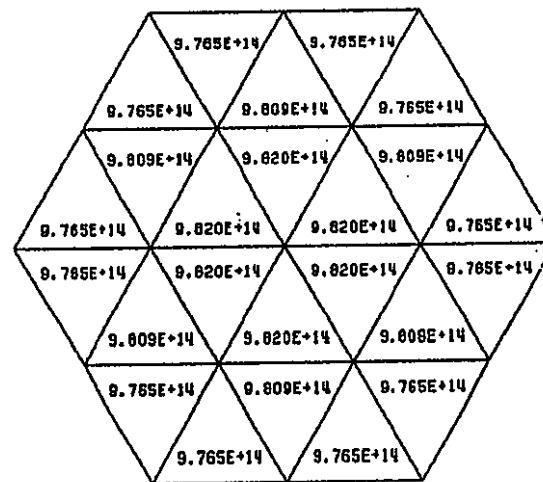


図a1-11 特殊燃料集合体内非均質モード／一様均質モード適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル；Pos. # 1;特燃A-type SA）

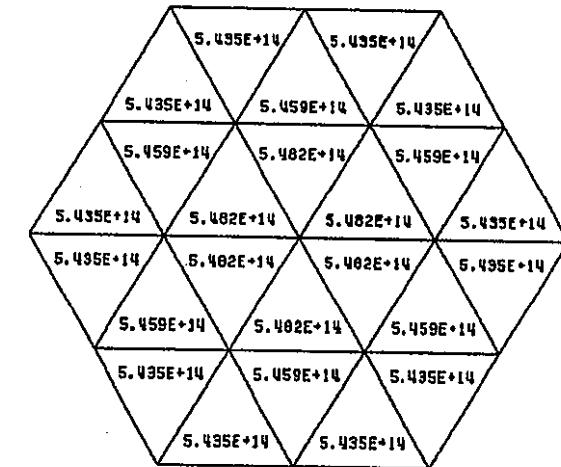
ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 1



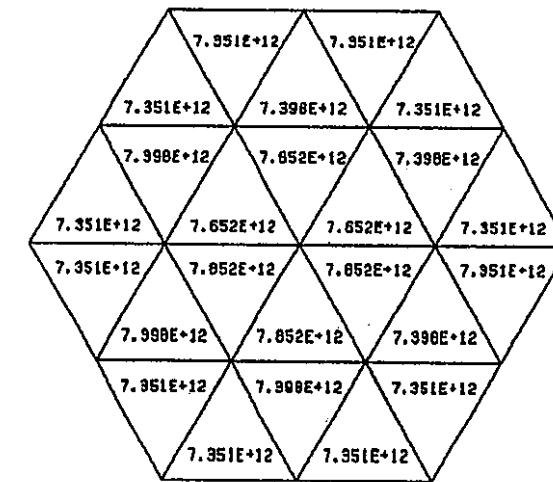
ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 1



ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 1



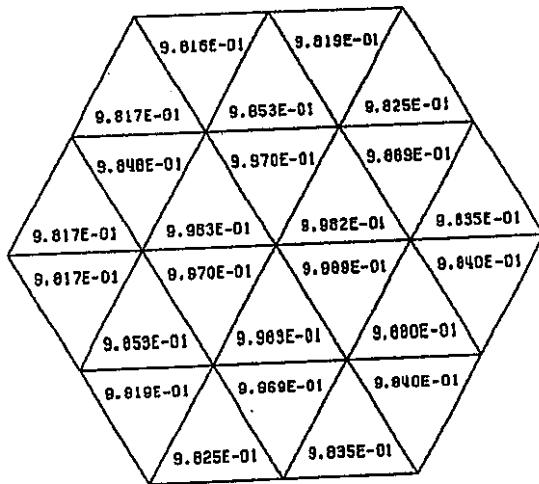
ASSEMBLY NO. 1  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 1



図a1-12 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. # 1;特燃A-type SA)

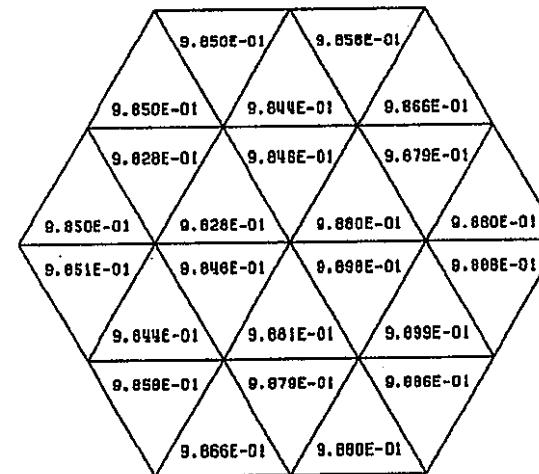
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

4



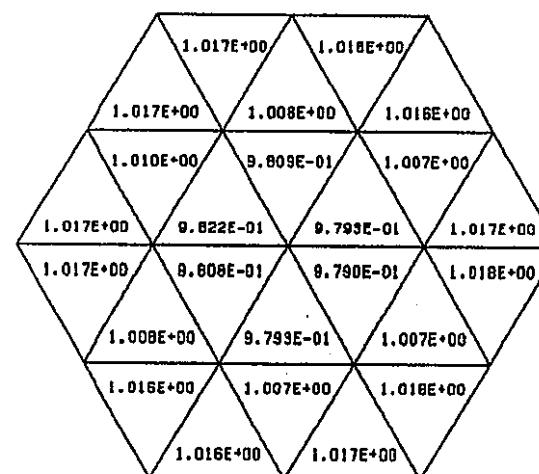
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

4



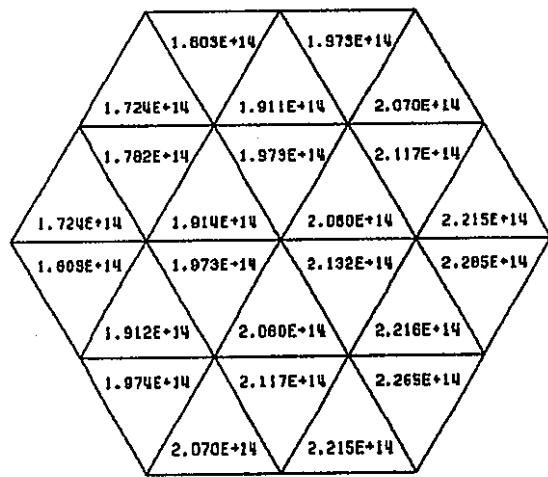
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

4

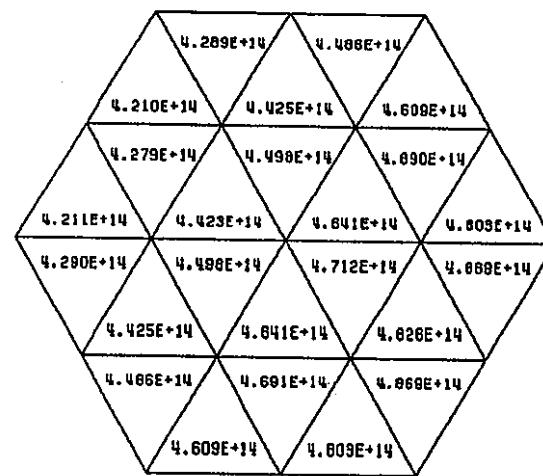


図a1-13 特殊燃料集合体内非均質モデル／一様均質モデル適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル；Pos. # 4・特燃B-type SA）

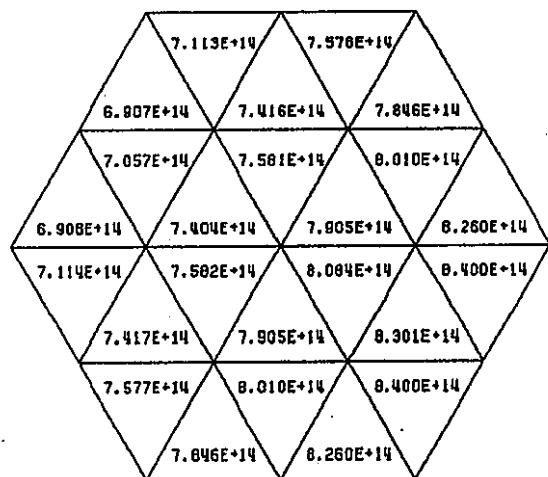
ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 1



ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 1

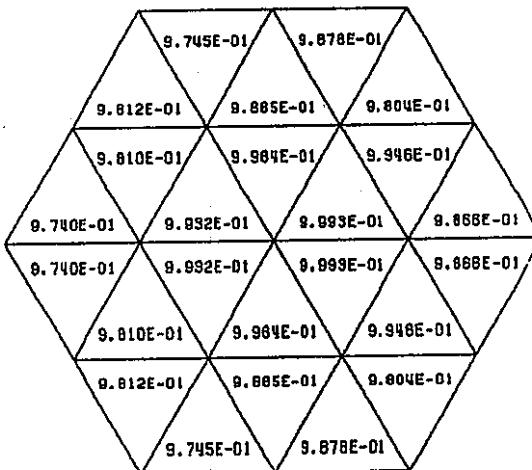


ASSEMBLY NO. 4  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 1

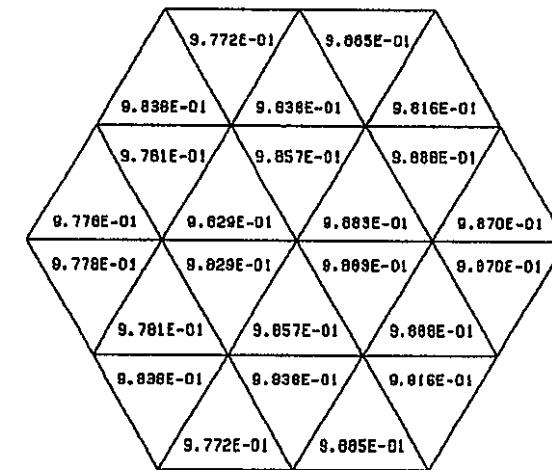


図a1-14 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. # 4;特燃B-type SA)

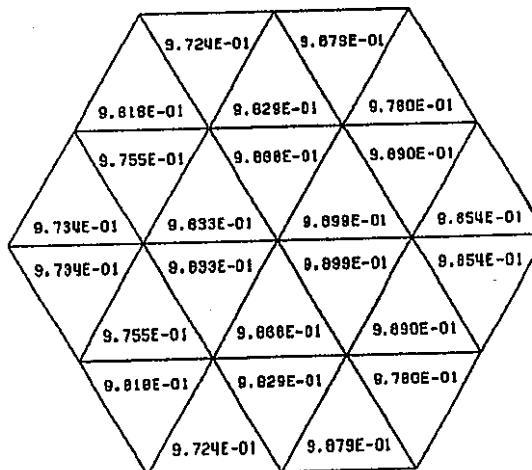
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



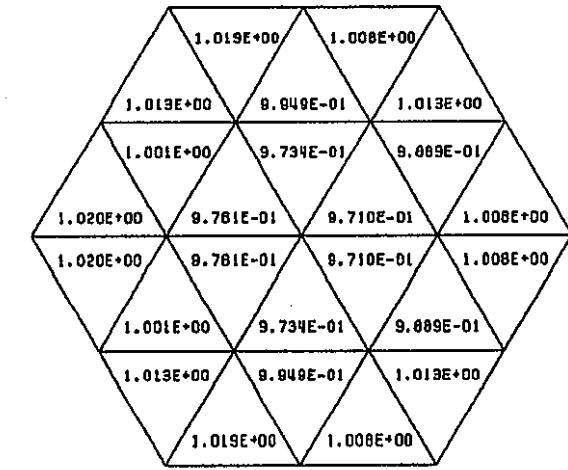
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

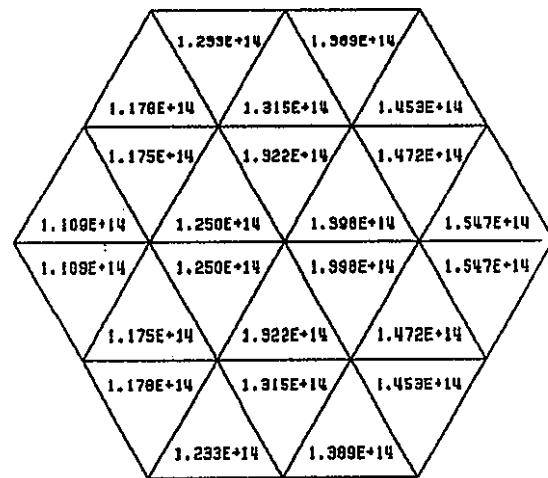


ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

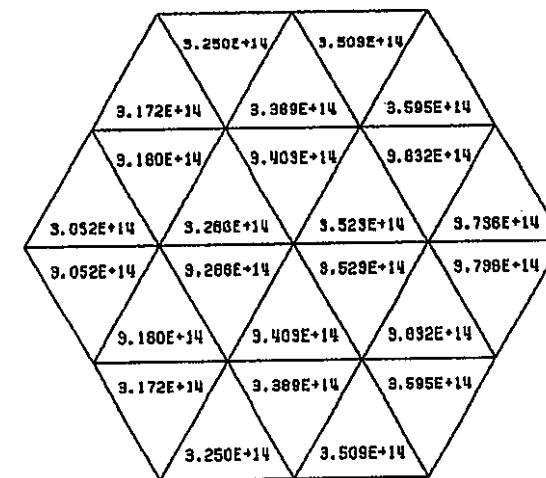


図a1-15 特殊燃料集合体内非均質モデル／一様均質モデル適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル;Pos. # 9;特燃C-type SA）

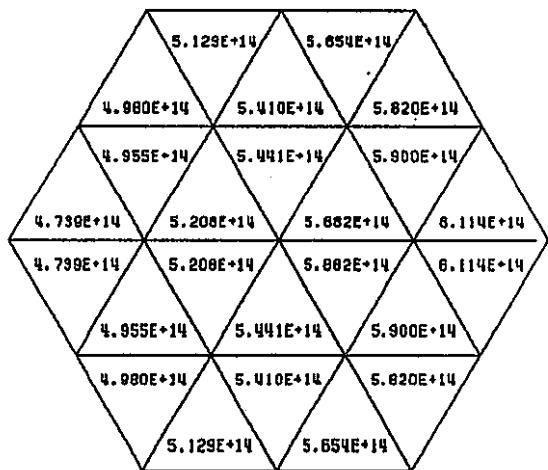
ASSEMBLY NO. 8  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 1



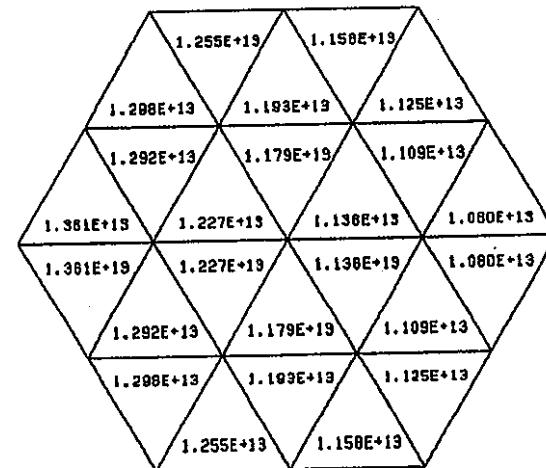
ASSEMBLY NO. 8  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 1



ASSEMBLY NO. 8  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 1

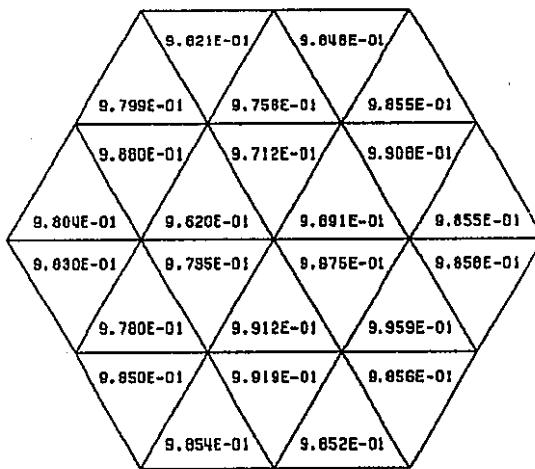


ASSEMBLY NO. 8  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 1

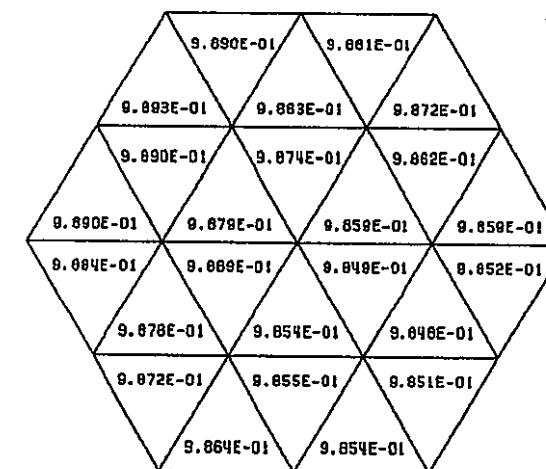


図a1-16 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. # 9;特燃C-type SA)

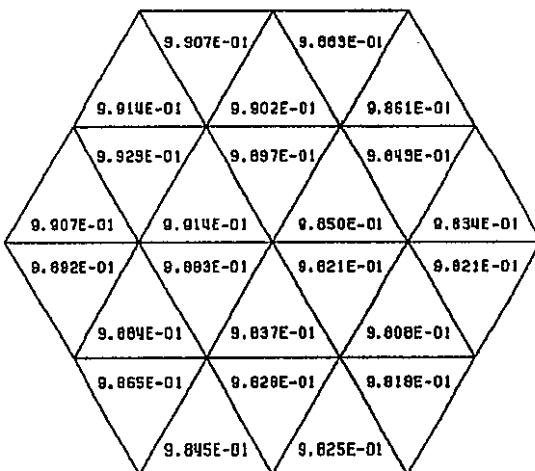
ASSEMBLY NO. 17  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



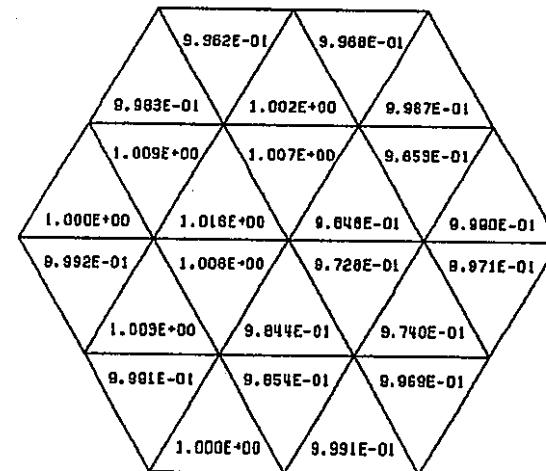
ASSEMBLY NO. 17  
ENERGY GROUP 9  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 17  
ENERGY GROUP 7  
DATA TYPE 2



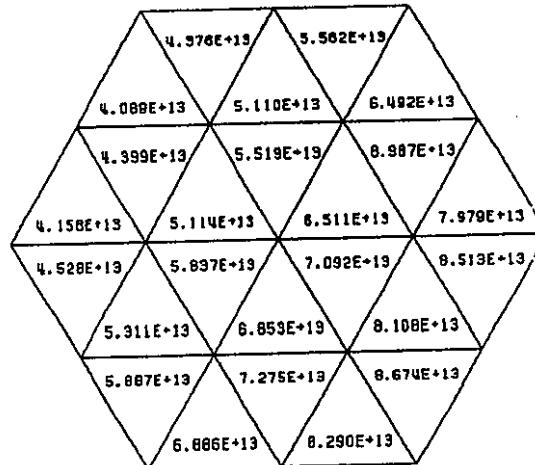
ASSEMBLY NO. 17  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2



図a1-17 特殊燃料集合体内非均質モデル／一様均質モデル適用による中性子束分布への影響  
--中性子束の比分布（非均質モデル／一様均質モデル；Pos. #17; INTA-S type SA）

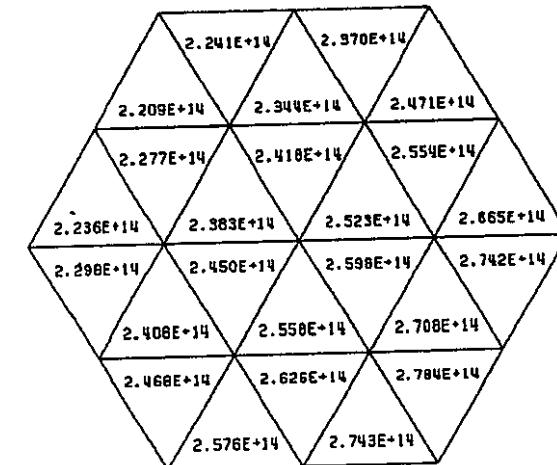
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

17

 $\phi_{HT}$ 

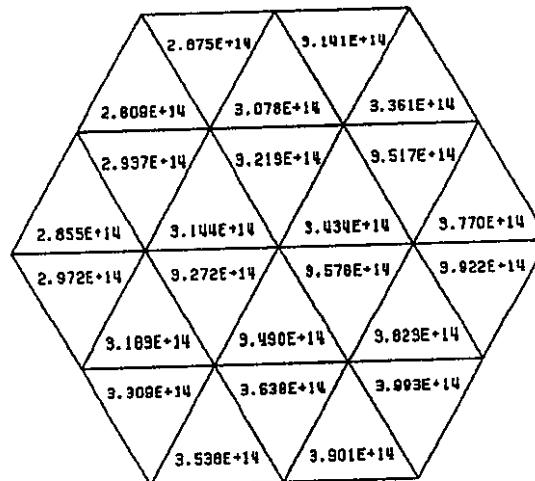
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

17

 $\phi_{HT}$ 

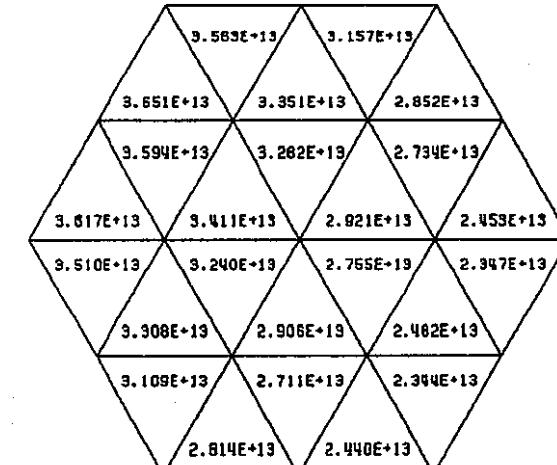
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

17

 $\phi_{HT}$ 

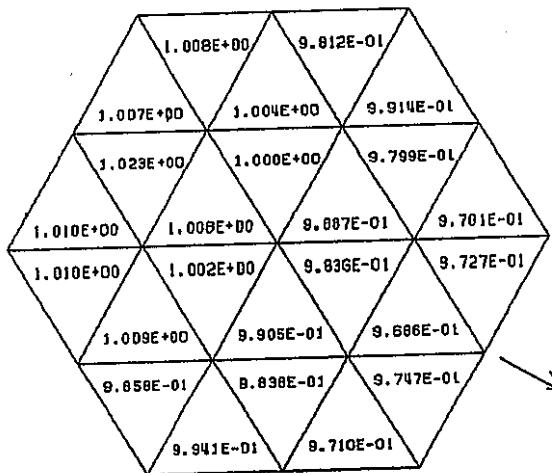
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

17

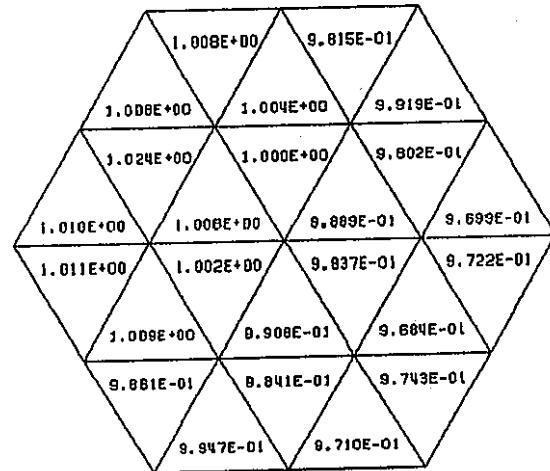
 $\phi_{HT}$ 

図a1-18 特殊燃料集合体内非均質モデル適用時の中性子束分布(Pos. #17; INTA-S type SA)

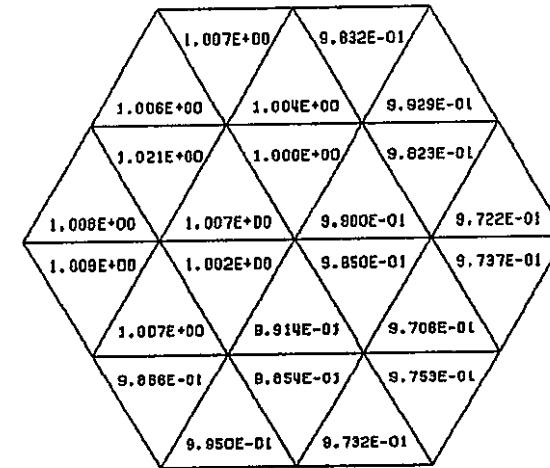
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 1  
DATA TYPE 2



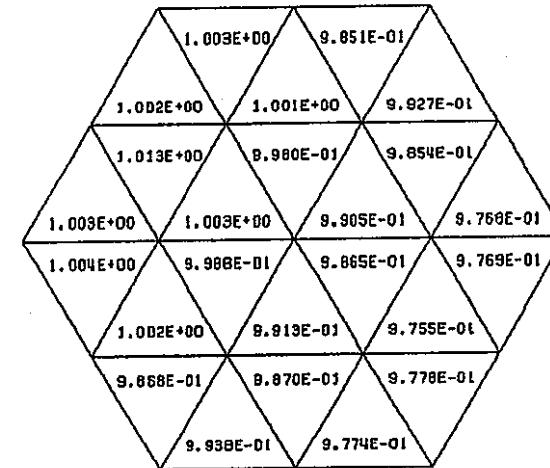
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 2  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 3  
DATA TYPE 2



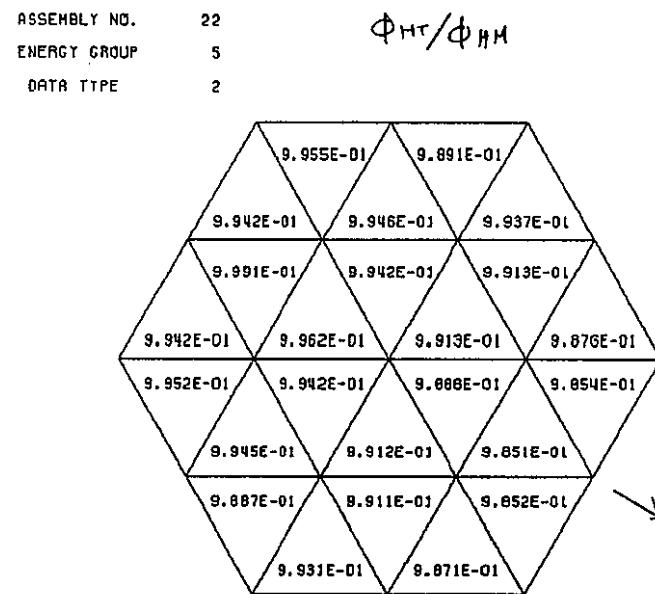
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 4  
DATA TYPE 2



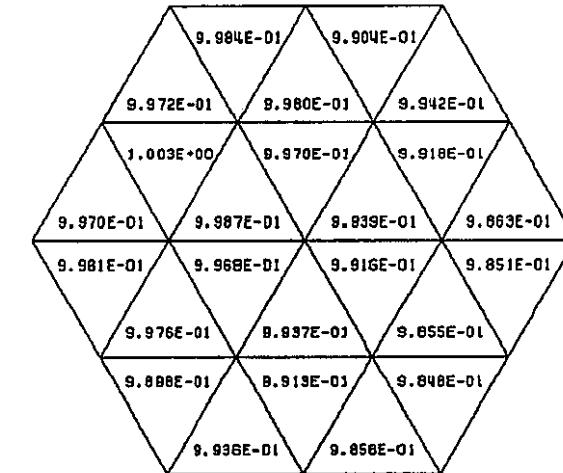
図a1-19 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(1); 1 -- 4 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

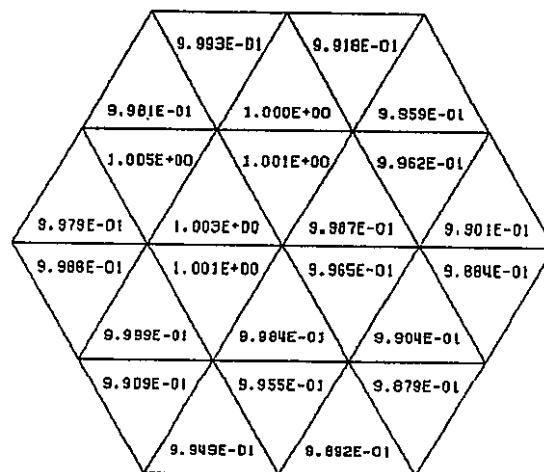
$\phi_{HT}/\phi_{HH}$



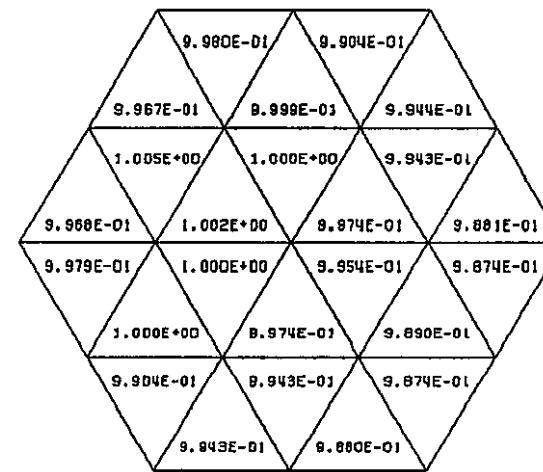
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

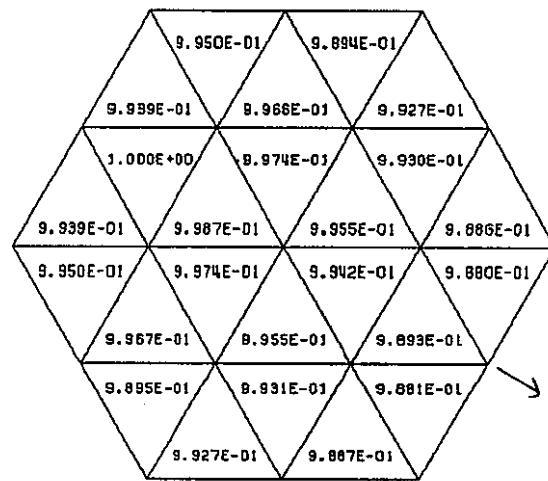


図a1-20 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(2); 5 -- 8 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

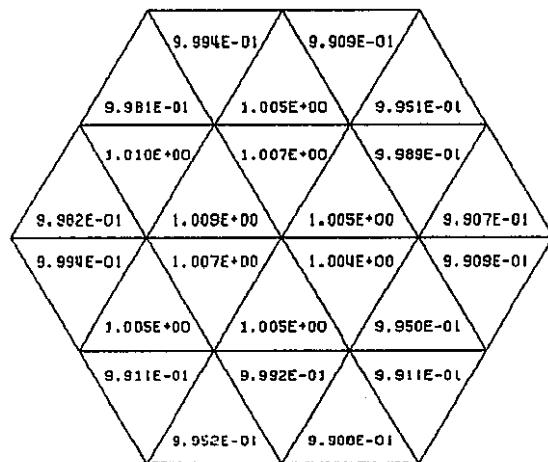
22  
9  
2

$\phi_{HT}/\phi_{HM}$



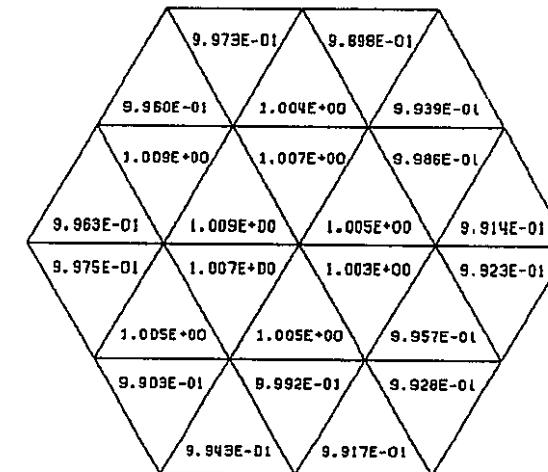
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

22  
10  
2



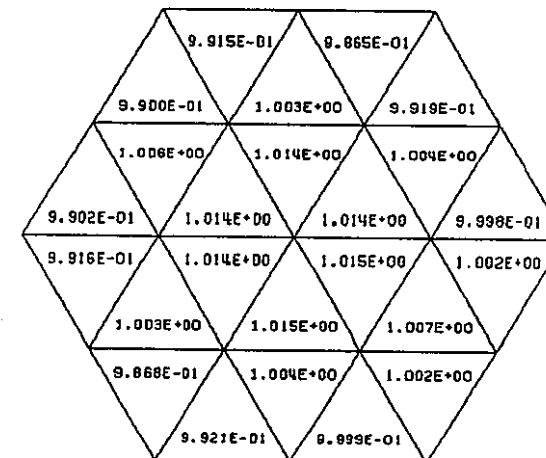
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

22  
11  
2



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

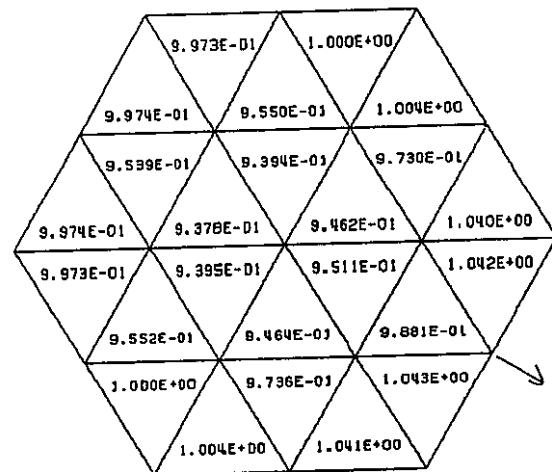
22  
12  
2



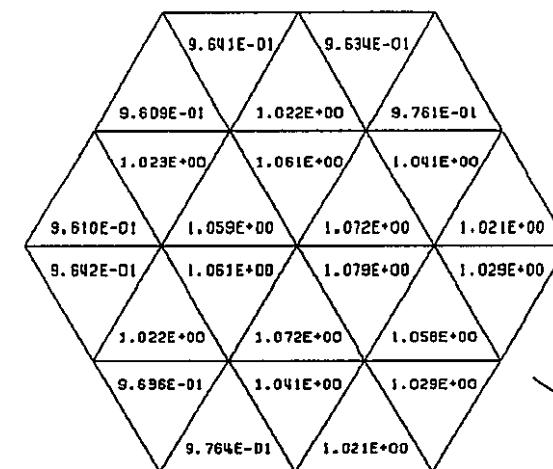
図a1-21 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(3); 9 --12 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 13  
DATA TYPE 2

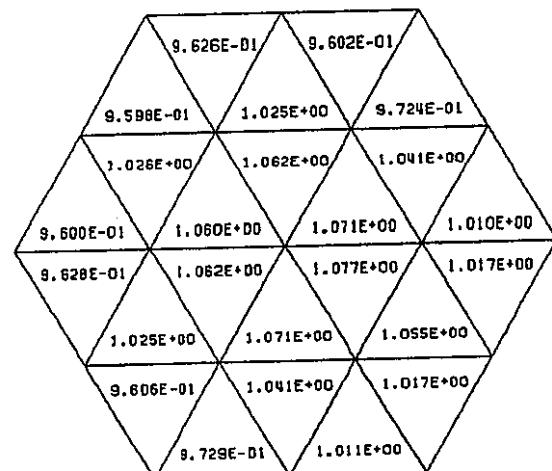
$\phi_{HT}/\phi_{HM}$



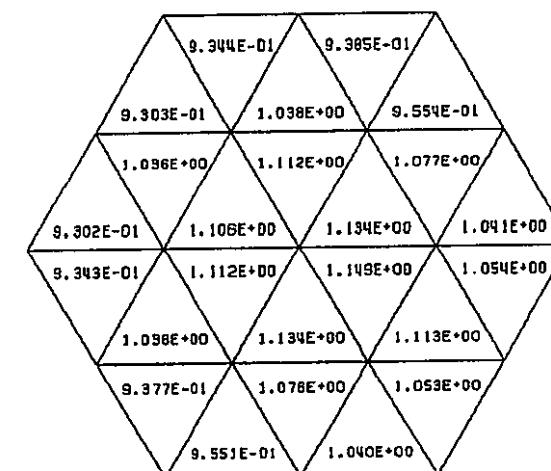
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 2



ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 14  
DATA TYPE 2



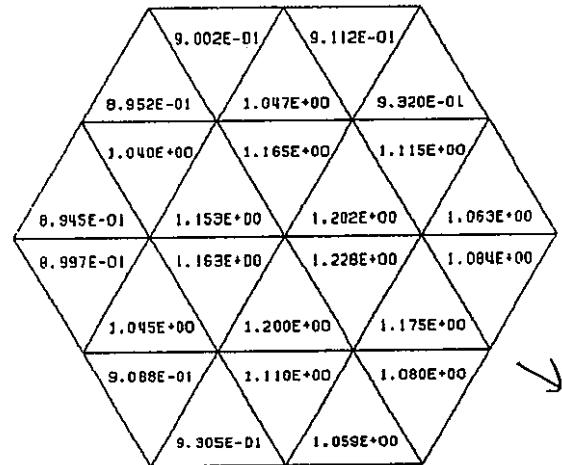
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 16  
DATA TYPE 2



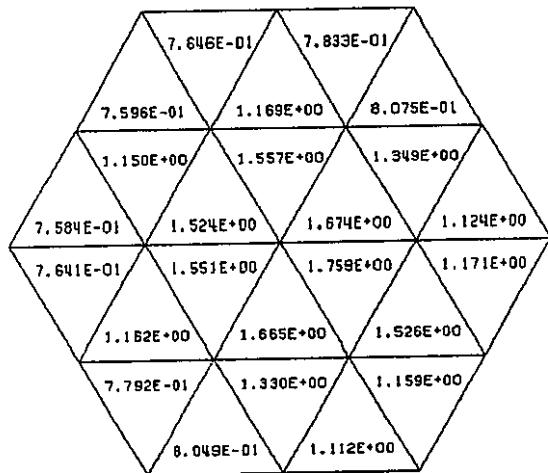
図a1-22 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(4); 13 --16 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 17  
DATA TYPE 2

$\phi_{HT}/\phi_{HM}$

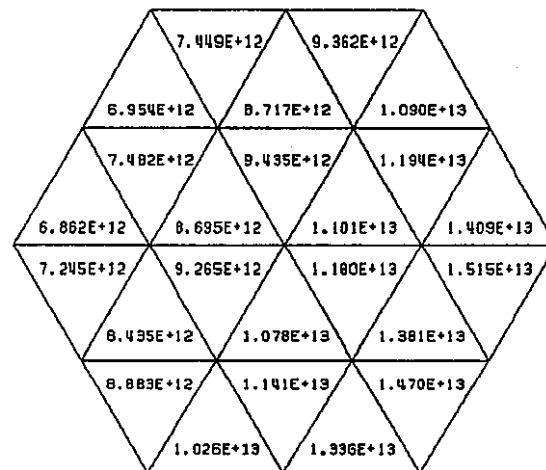


ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 18  
DATA TYPE 2

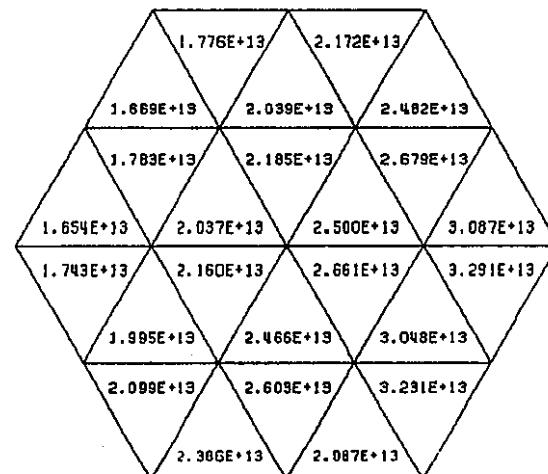


図a1-23 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布形の比較(5); 17 --18 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

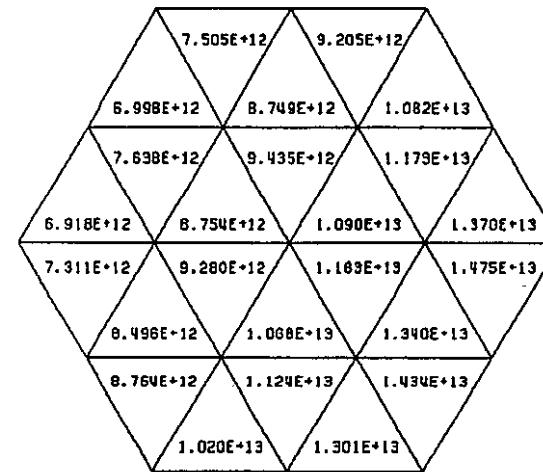
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

 $\phi_{HM}$ 

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

 $\phi_{H\bar{M}}$ 

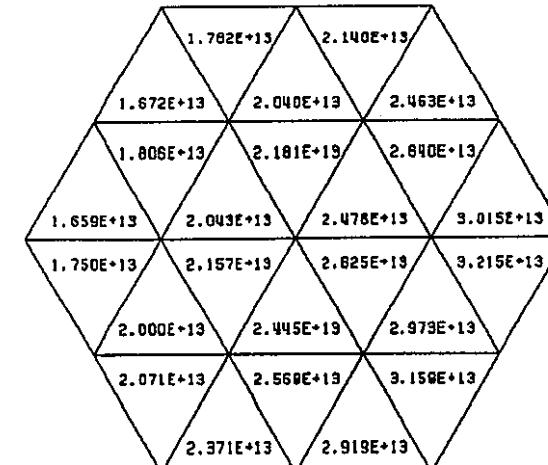
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

 $\phi_{HT}$ 

ENERGY GROUP  
DATA TYPE

4

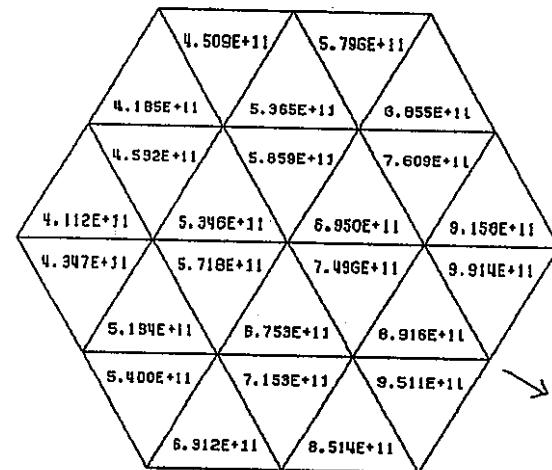
1



図a1-24 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(1); 1 & 2 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

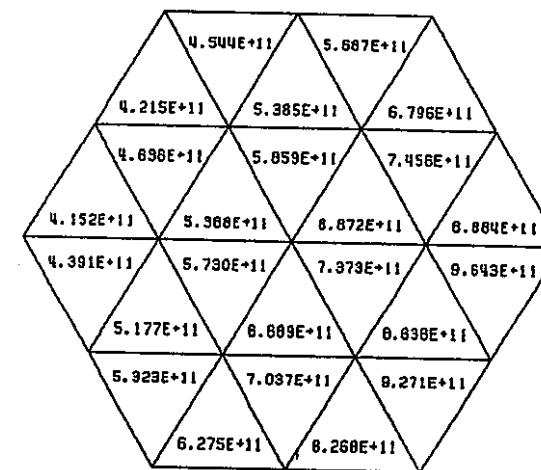
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 1  
DATA TYPE 1

$\phi$  Homog.



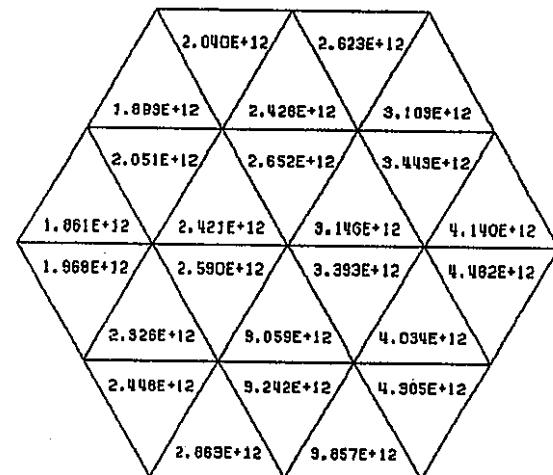
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 1  
DATA TYPE 1

$\phi$  HT

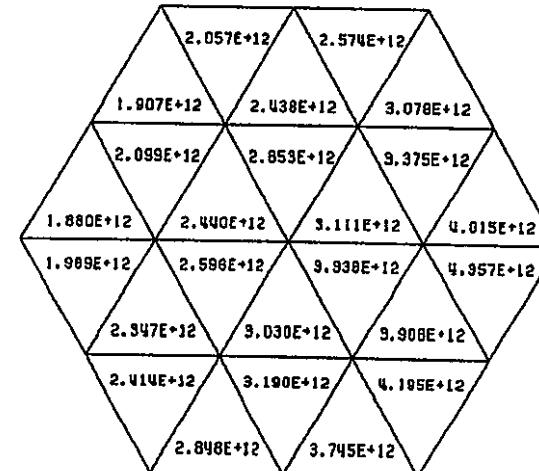


ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 2  
DATA TYPE 1

$\phi$  Homog.

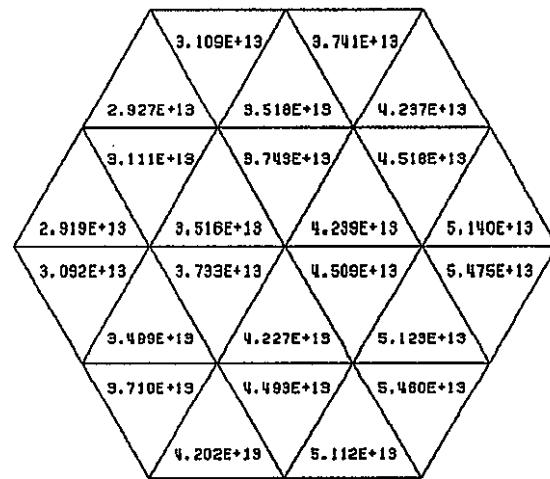


ENERGY GROUP 2  
DATA TYPE 1

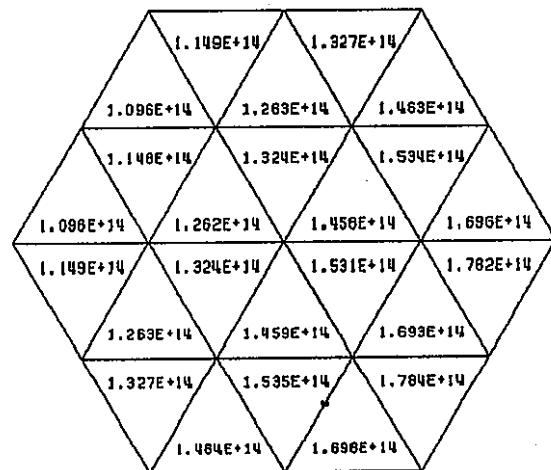


図a1-25 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(2); 3 & 4 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

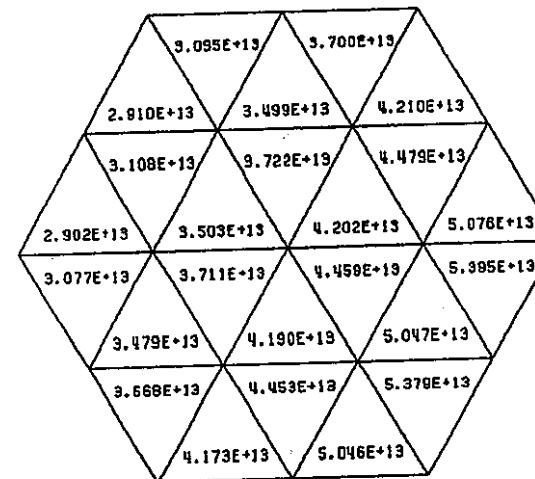
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 5  
DATA TYPE 1

 $\phi_{H/I}$ 

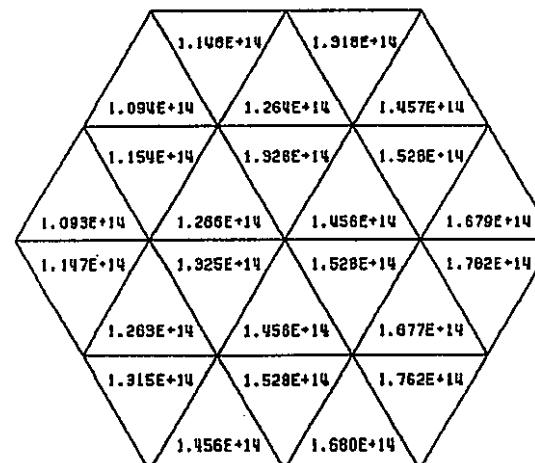
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 6  
DATA TYPE 1

 $\phi_{H/I}$ 

ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 5  
DATA TYPE 1

 $\phi_{HT}$ 

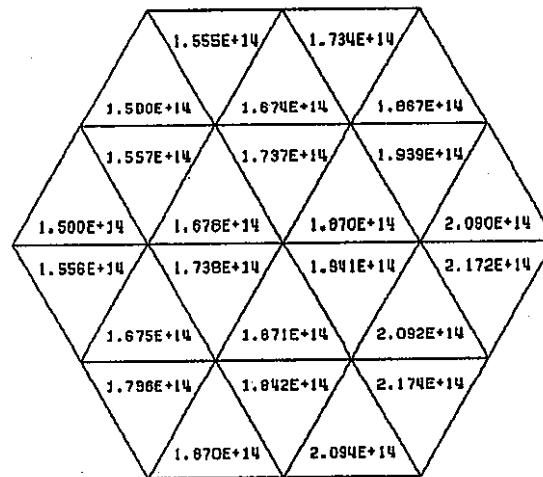
ENERGY GROUP 6  
DATA TYPE 1



図a1-26 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(3); 5 & 6 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

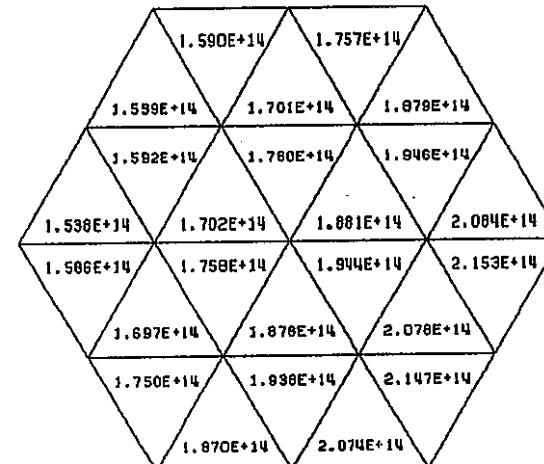
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

22

 $\phi_{HM}$ 

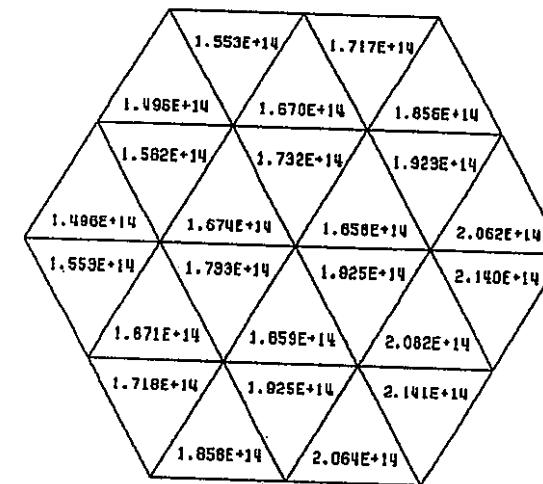
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

22

 $\phi_{HM}$ 

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

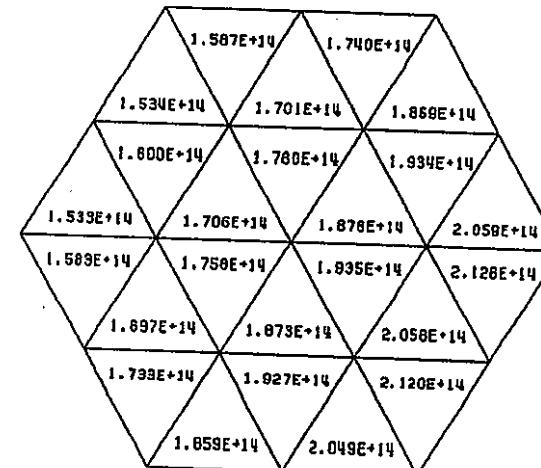
22

 $\phi_{HT}$ 

ENERGY GROUP  
DATA TYPE

8

1

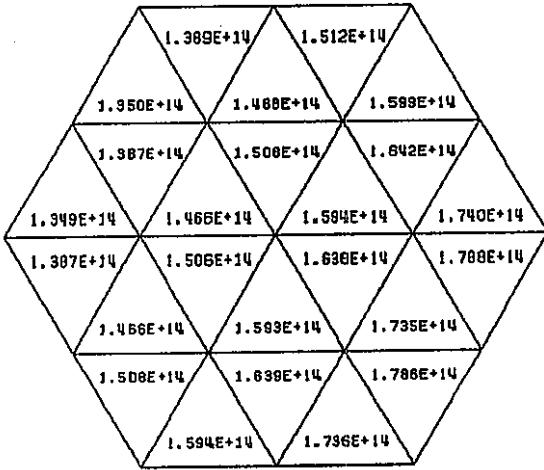


図a1-27 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(4); 7 & 8 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

 $\phi_{HM}$ 

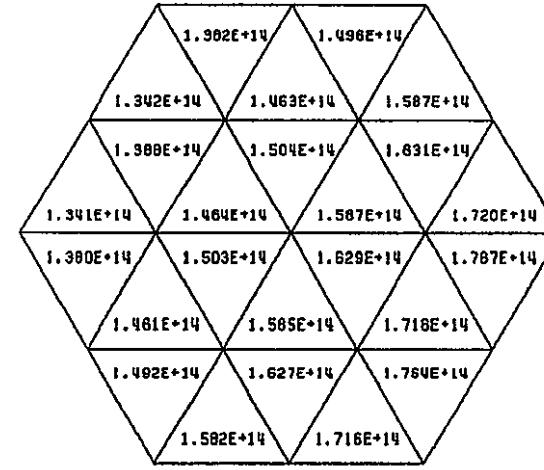
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



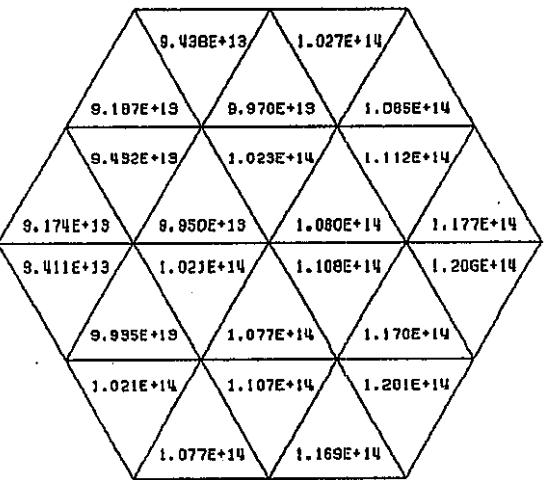
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

 $\phi_{HT}$ 

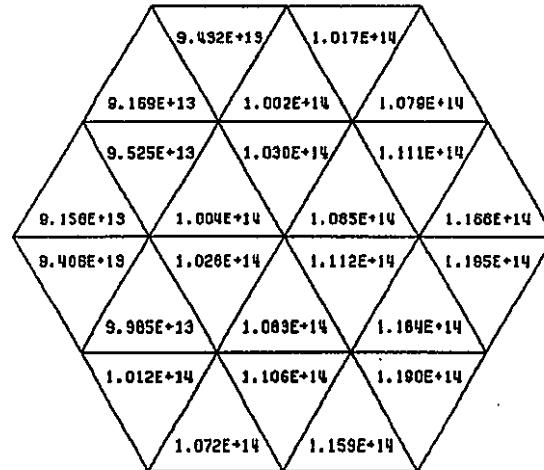
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



ENERGY GROUP  
DATA TYPE

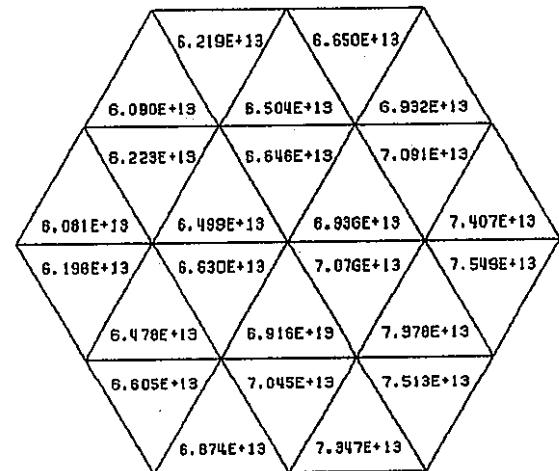


ENERGY GROUP  
DATA TYPE

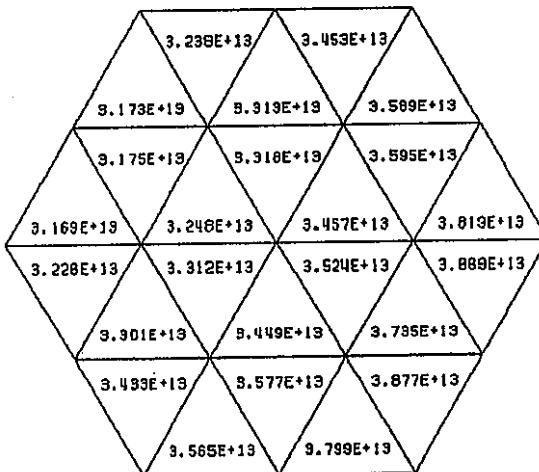


図a1-28 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(5); 9 & 10 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

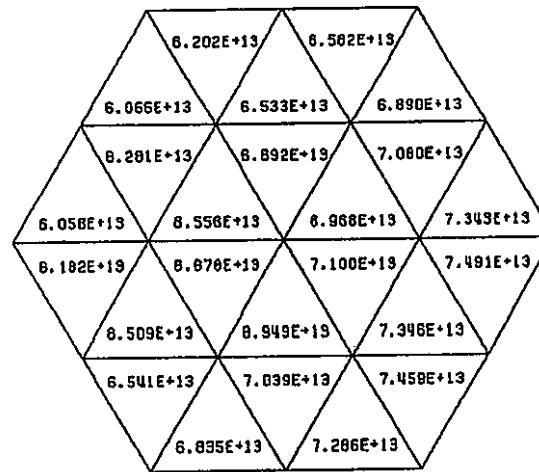
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 11  
DATA TYPE 1



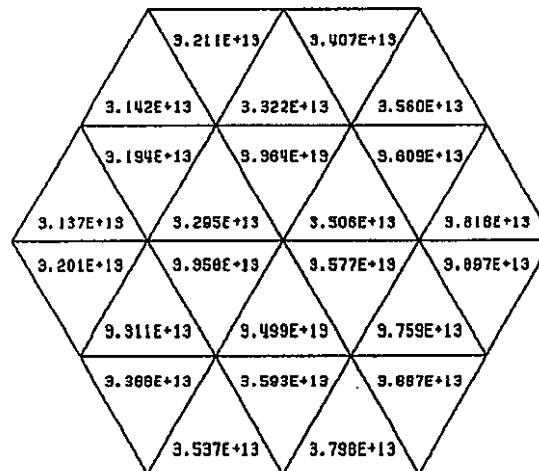
ENERGY GROUP 12  
DATA TYPE 1



ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 11  
DATA TYPE 1



ENERGY GROUP 12  
DATA TYPE 1

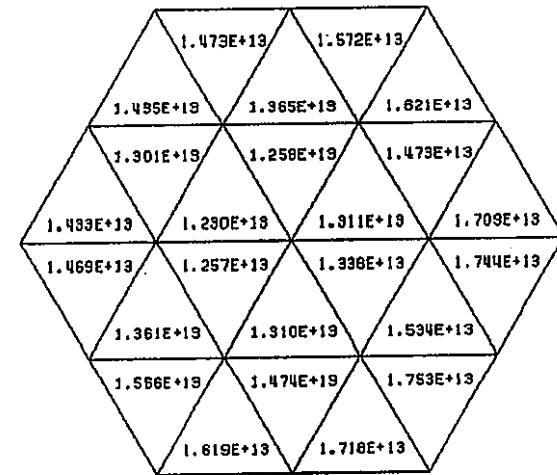


図a1-29 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(6);11 & 12 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

$\phi_{HM}$

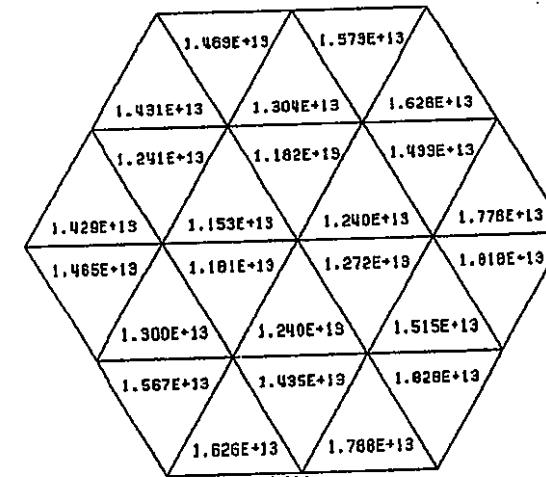
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



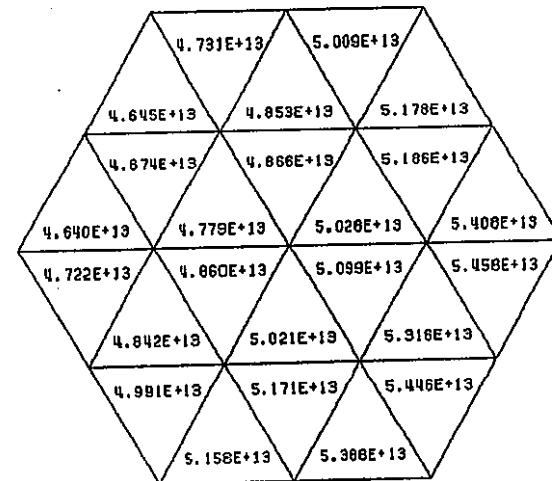
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

$\phi_{HT}$

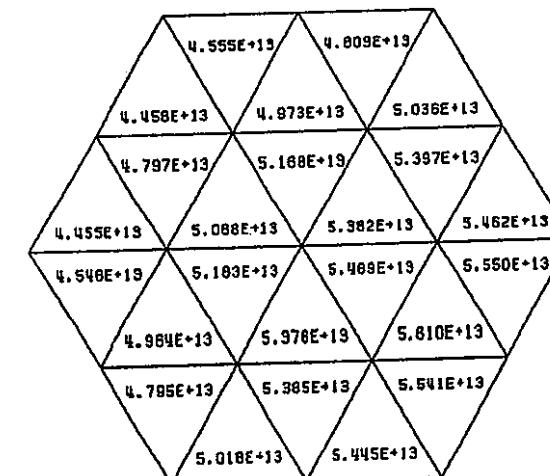
ENERGY GROUP  
DATA TYPE



ENERGY GROUP  
DATA TYPE

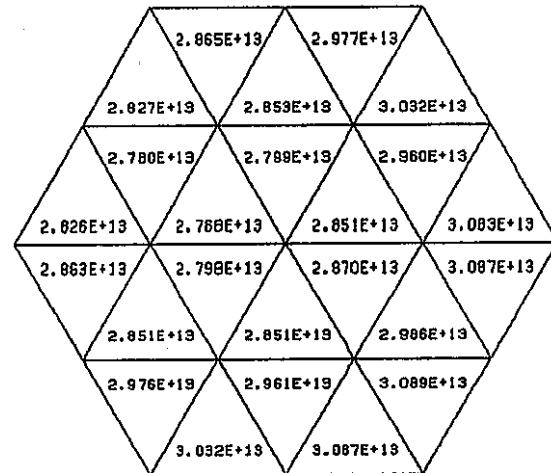


ENERGY GROUP  
DATA TYPE

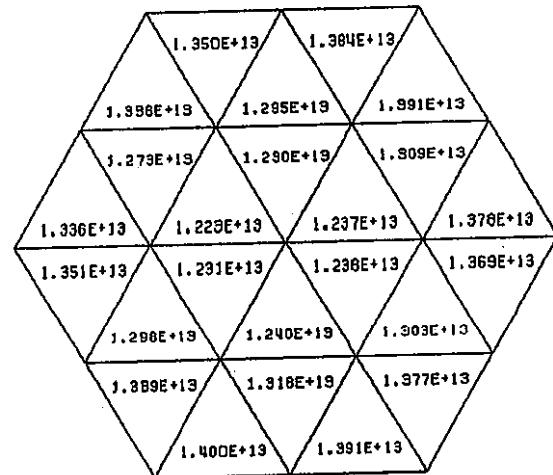


図a1-30. 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(7); 13 & 14 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

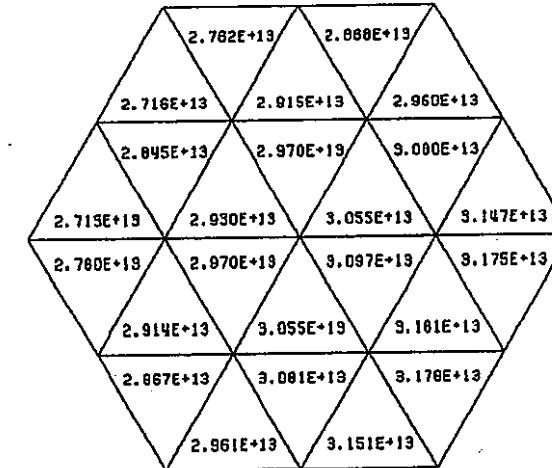
ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 1

 $\phi_{HM}$ 

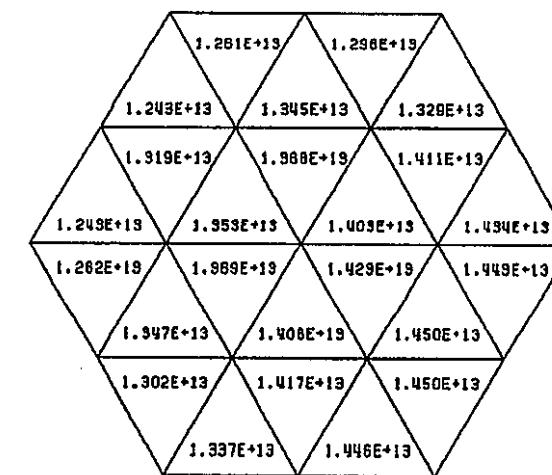
ENERGY GROUP 16  
DATA TYPE 1

 $\phi_{HM}$ 

ASSEMBLY NO. 22  
ENERGY GROUP 15  
DATA TYPE 1

 $\phi_{HT}$ 

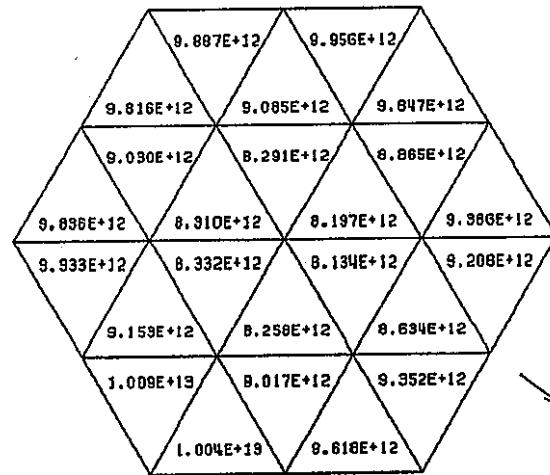
ENERGY GROUP 16  
DATA TYPE 1

 $\phi_{HT}$ 

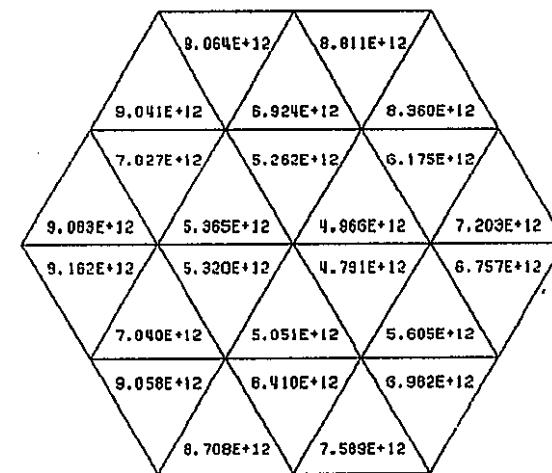
図a1-31 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(8);15 & 16 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

$\phi_{HM}$

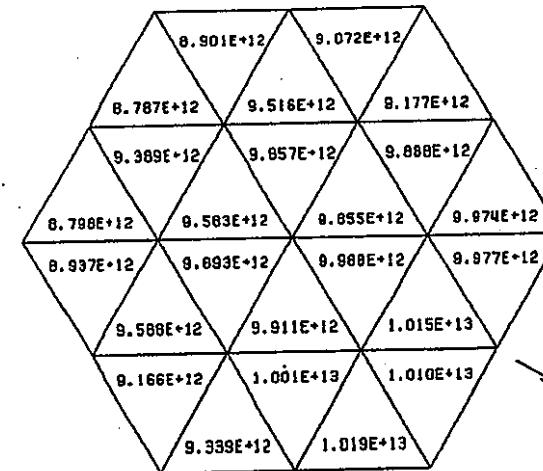


ENERGY GROUP  
DATA TYPE

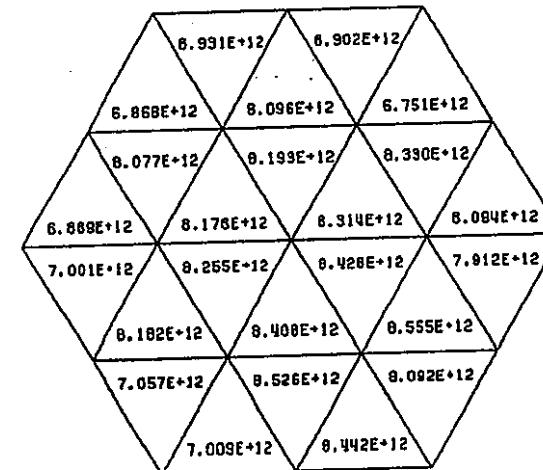


ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

$\phi_{HT}$



ENERGY GROUP  
DATA TYPE



図a1~32 特殊反射体位置(6F6位置相当)の集合体内中性子束分布の比較(9);17 &18 Gr.  
--従来均質モデル(homogeneous)と本試行モデル(Heterogeneous)の比較--

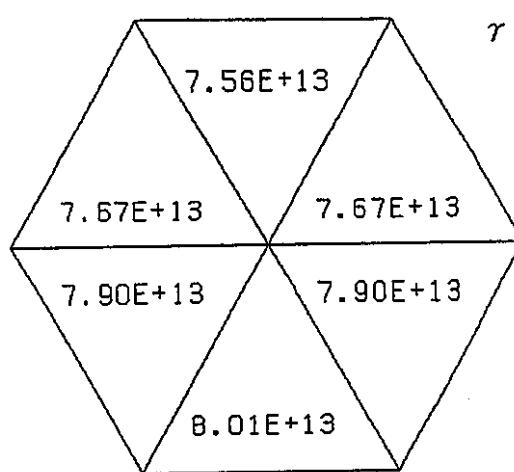
## 付録2

### ガンマ線束分布計算に対するエネルギー群数の影響検討データ

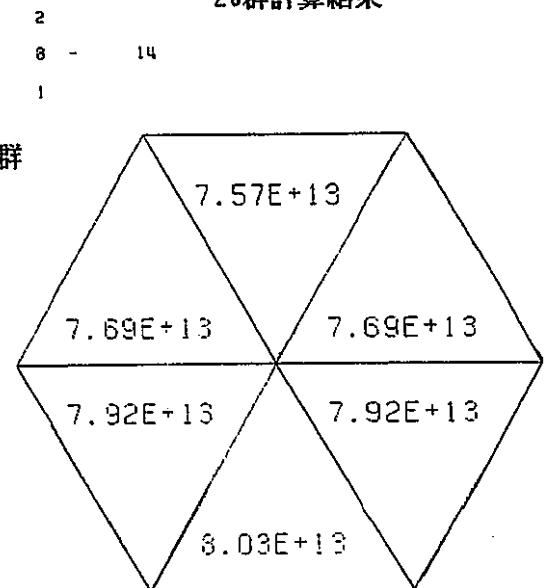
- 図a2-1 ガンマ線束の 3群計算と20群計算（3群分割化）の比較(1)  
——炉心ドライバ-燃料 ((2,2)位置;CRPチャネル隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-2 ガンマ線束の 3群計算と20群計算（3群分割化）の比較(2)  
——内側反射体 ((5,1)位置;ドライバ-燃料隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-3 ガンマ線束の 3群計算と20群計算（3群分割化）の比較(3)  
——外側反射体 ((7,1)位置;反射体中央) 炉中心中心面——
- 図a2-4 ガンマ線束の 3群計算と20群計算（3群分割化）の比較(4)  
——外側反射体 ((9,1)位置;最外周反射体) 炉中心中心面——
- 図a2-5 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(5-1)  
——炉心ドライバ-燃料 ((2,2)位置;CRPチャネル隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-5 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(5-2)  
——炉心ドライバ-燃料 ((2,2)位置;CRPチャネル隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-5 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(5-3)  
——炉心ドライバ-燃料 ((2,2)位置;CRPチャネル隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-6 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(6-1)  
——内側反射体 ((5,1)位置;ドライバ-燃料隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-6 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(6-2)  
——内側反射体 ((5,1)位置;ドライバ-燃料隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-6 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(6-3)  
——内側反射体 ((5,1)位置;ドライバ-燃料隣接) 炉中心中心面——
- 図a2-7 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(7-1)  
——外側反射体 ((7,1)位置;反射体中央) 炉中心中心面——
- 図a2-7 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(7-2)  
——外側反射体 ((7,1)位置;反射体中央) 炉中心中心面——
- 図a2-7 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(7-3)  
——外側反射体 ((7,1)位置;反射体中央) 炉中心中心面——
- 図a2-8 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(8-1)  
——外側反射体 ((9,1)位置;最外周反射体) 炉中心中心面——
- 図a2-8 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(8-2)  
——外側反射体 ((9,1)位置;最外周反射体) 炉中心中心面——
- 図a2-8 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(8-3)  
——外側反射体 ((9,1)位置;最外周反射体) 炉中心中心面——

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

3群計算結果



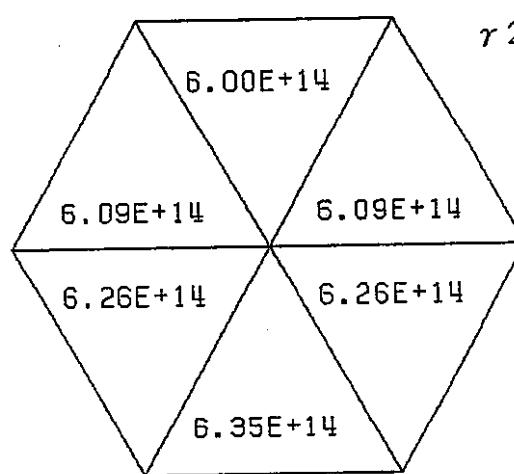
20群計算結果



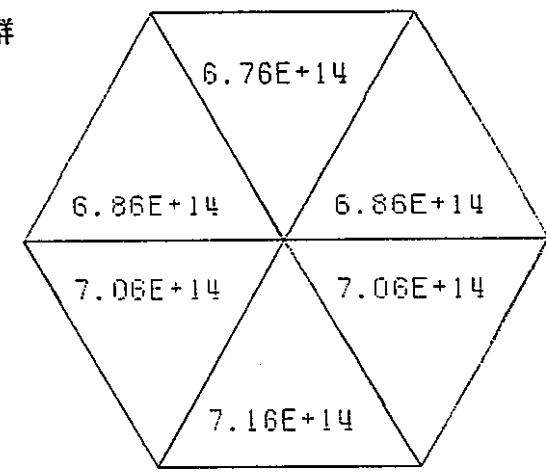
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

2  
9  
1

$\gamma$  2群



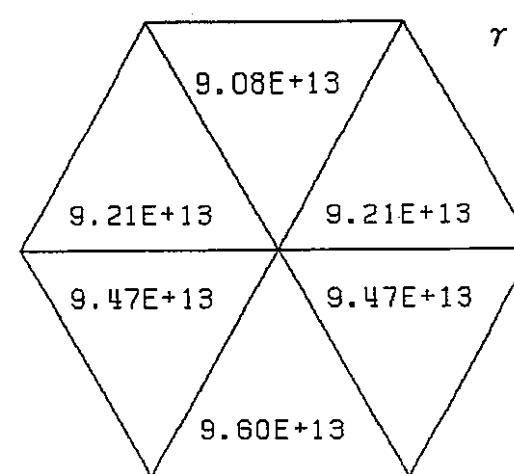
2  
15 - 22  
1



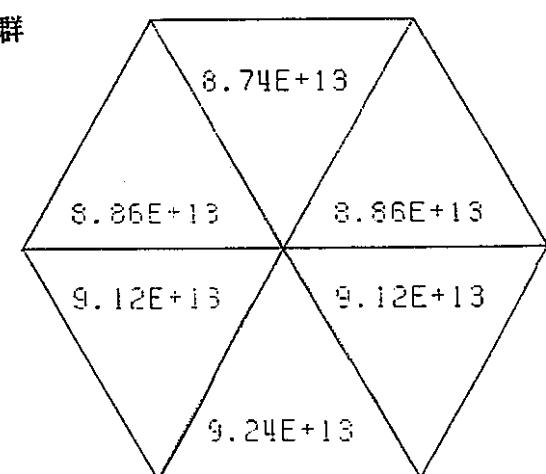
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

2  
10  
1

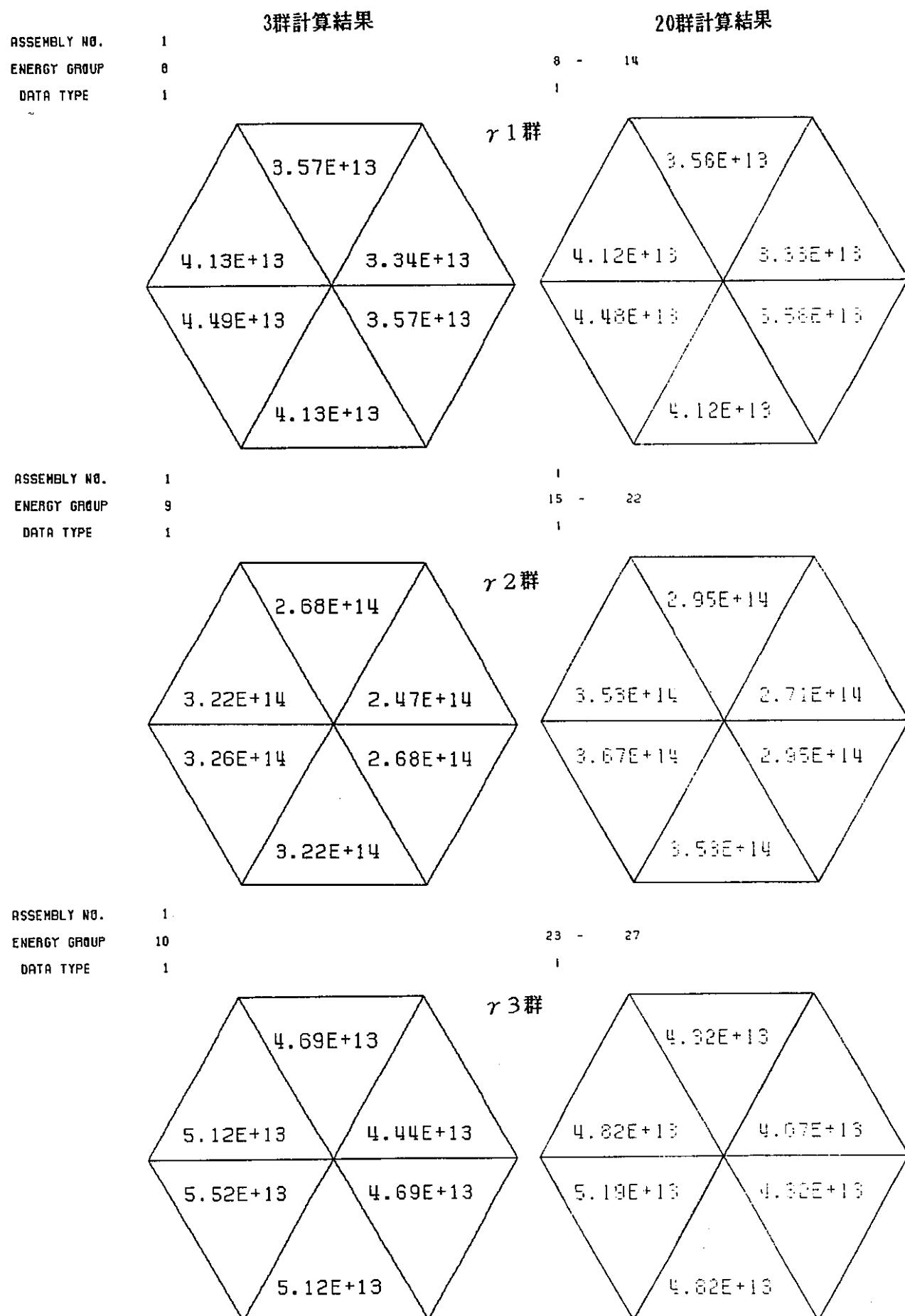
$\gamma$  3群



2  
23 - 27  
1



図a2-1 ガンマ線束の 3群計算と20群計算（3群分割化）の比較(1)  
——炉心ドライバ燃料((2,2)位置:CRPチャム隣接) 炉心中心面——

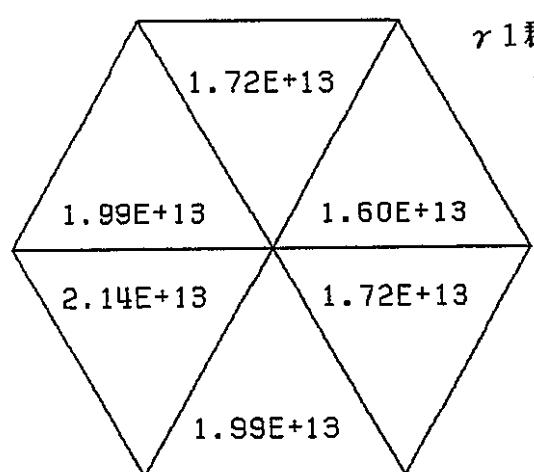


図a2-2 ガンマ線束の3群計算と20群計算(3群分割化)の比較(2)  
—内側反射体((5,1)位置:ドライバ-燃料隣接) 炉心中心面—

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

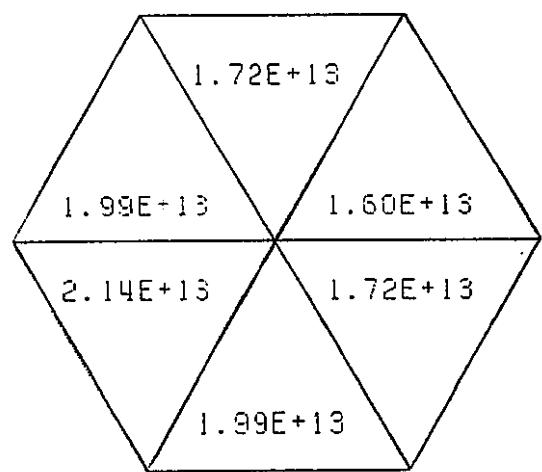
3群計算結果

1  
8  
1



20群計算結果

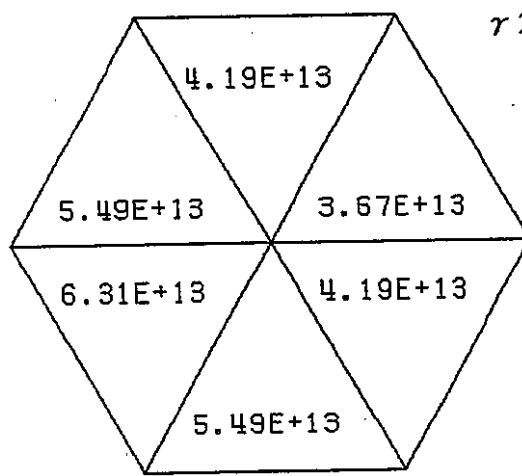
8 ~ 14  
1



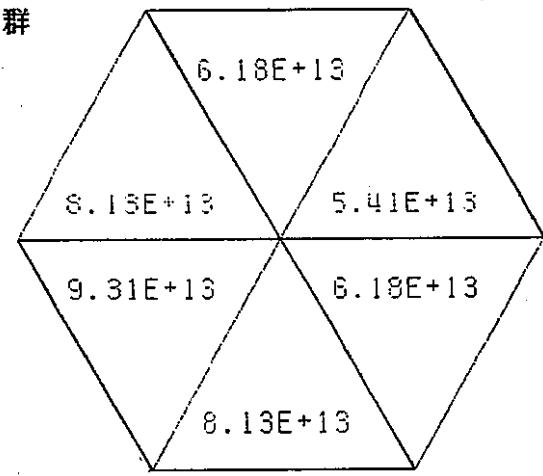
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

1  
9  
1

$\gamma 2\text{群}$



1  
15 ~ 22  
1

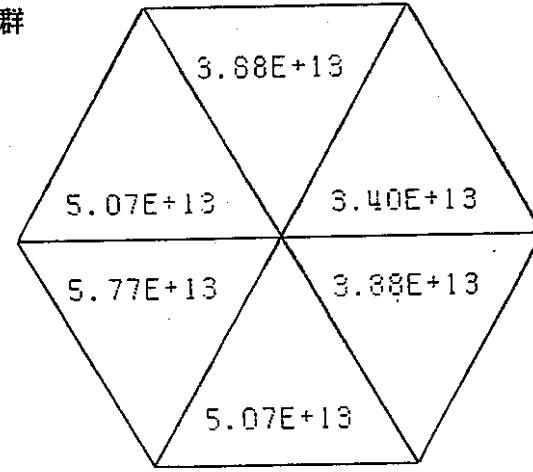
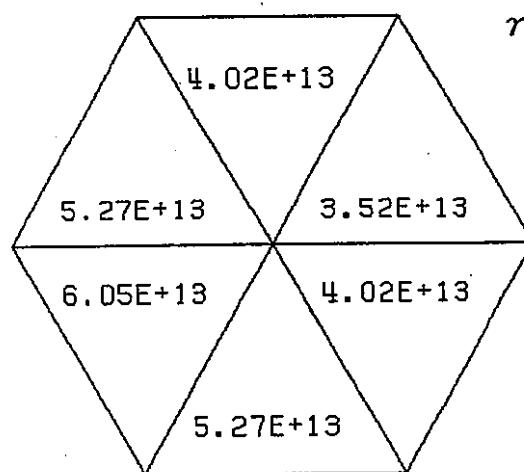


ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

1  
10  
1

$\gamma 3\text{群}$

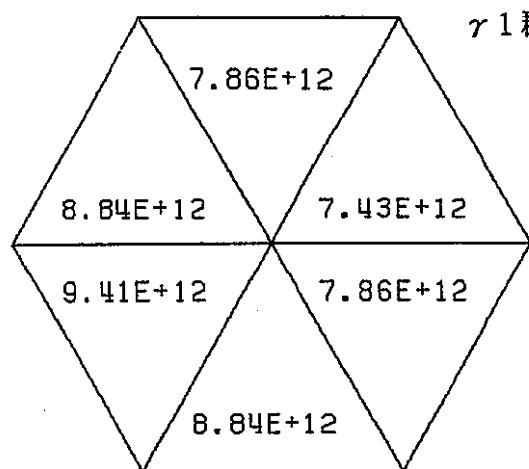
1  
23 ~ 27  
1



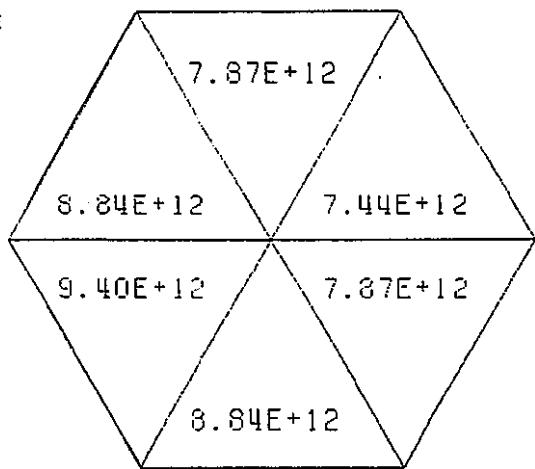
図a2-3 ガンマ線束の 3群計算と20群計算（3群分割化）の比較(3)  
——外側反射体 ((7,1) 位置;反射体中央) 炉心中心面——

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

## 3群計算結果

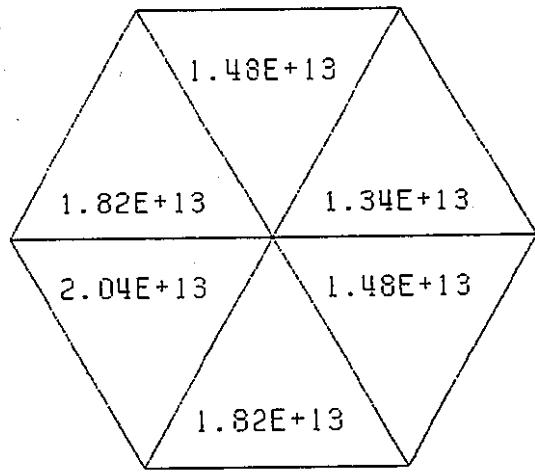
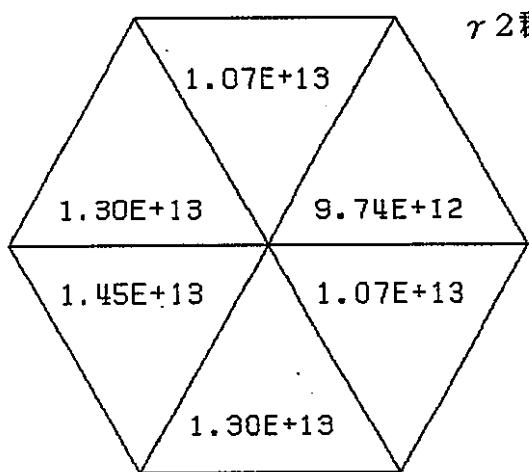


## 20群計算結果



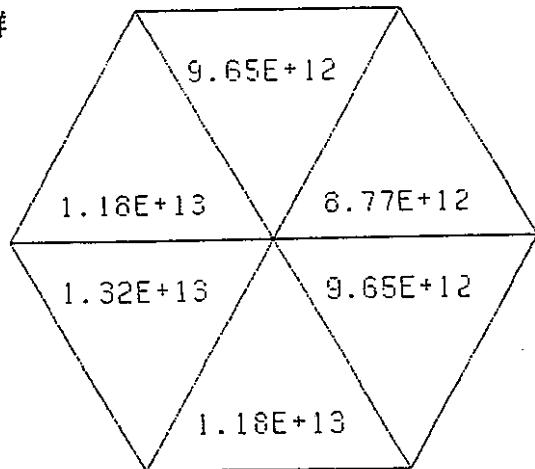
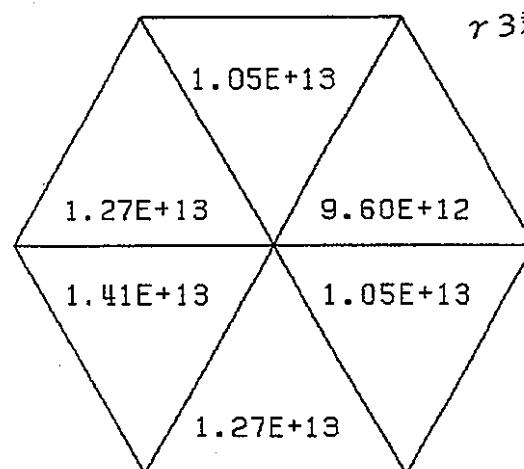
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

1  
15 - 22  
1

 $\gamma$  2群

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

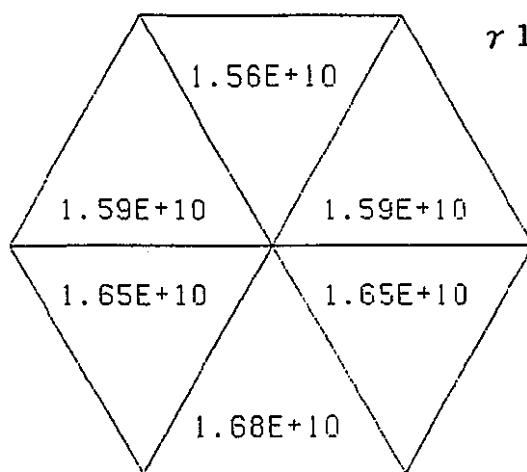
1  
23 - 27  
1

 $\gamma$  3群

図a2-4 ガンマ線束の 3群計算と20群計算（3群分割化）の比較(4)  
——外側反射体 ((9,1) 位置;最外周反射体) 炉心中心面——

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

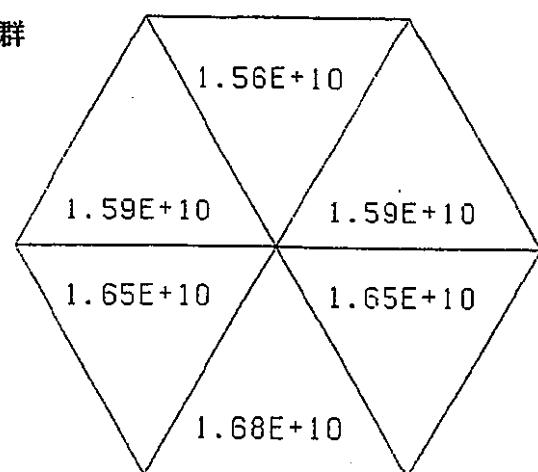
## 7群計算結果



$\gamma$  1群

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

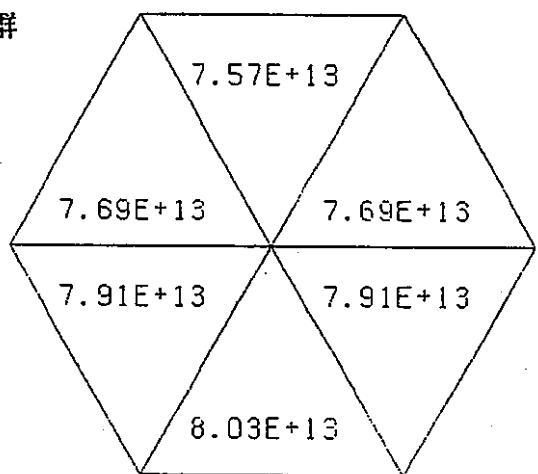
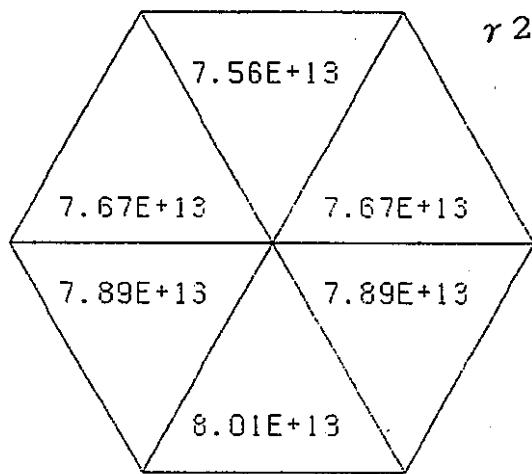
## 20群計算結果



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

2  
10 - 14  
1

$\gamma$  2群

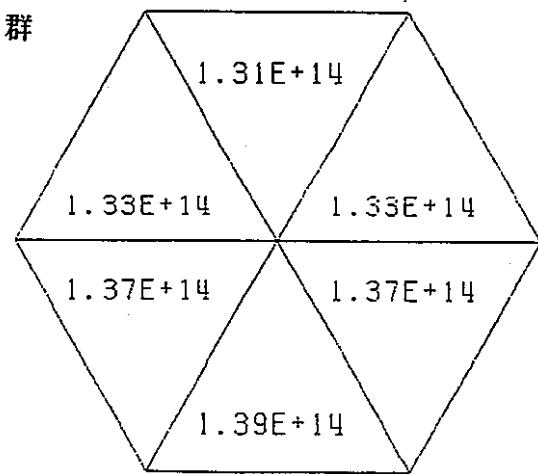
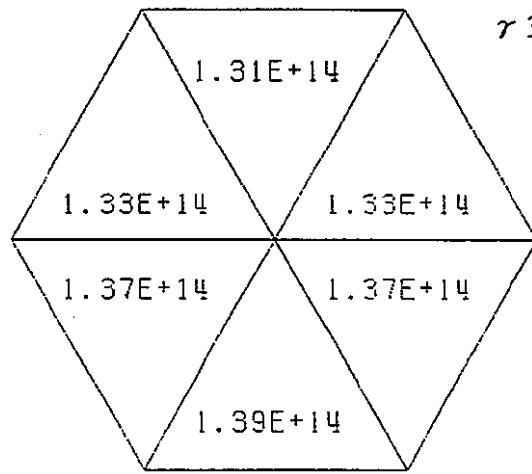


ENERGY GROUP  
DATA TYPE

10  
1

15 - 16  
1

$\gamma$  3群

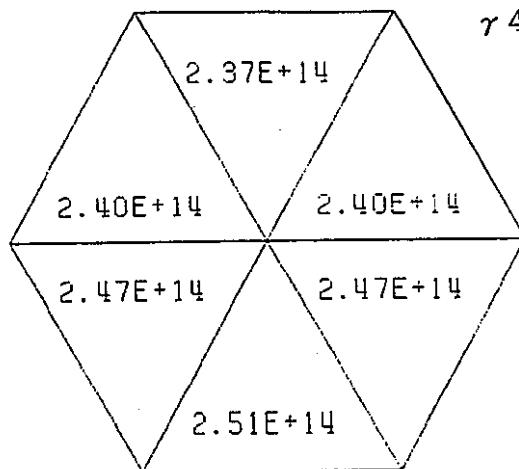


図a2-5 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(5-1)  
——炉心ドライバ燃料((2,2)位置;CRPチャンネル隣接) 炉心中心面——

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

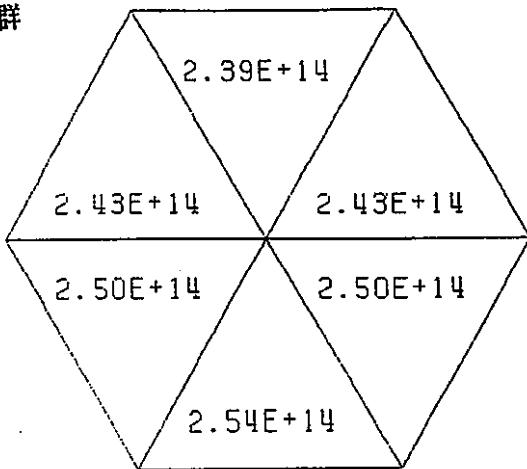
7群計算結果

2  
11  
1



20群計算結果

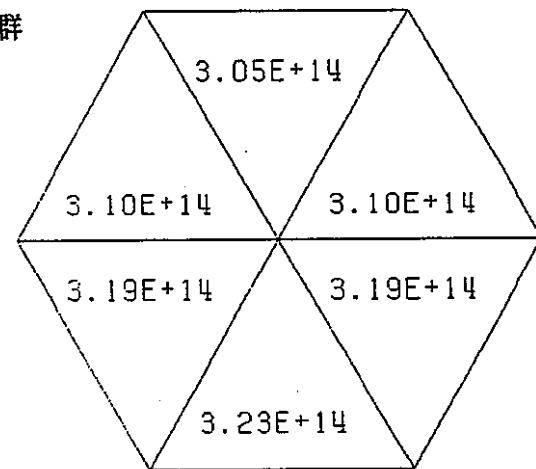
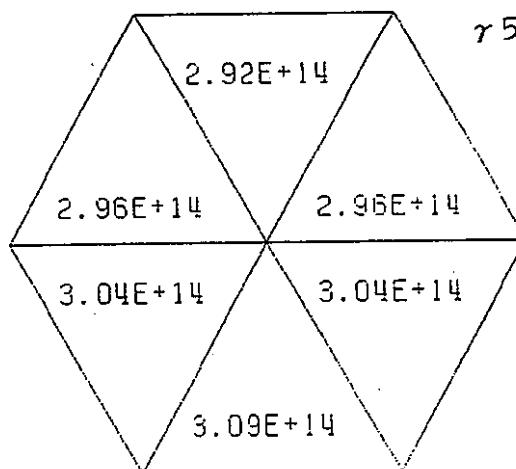
2  
17 - 19  
1



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

2  
12  
1

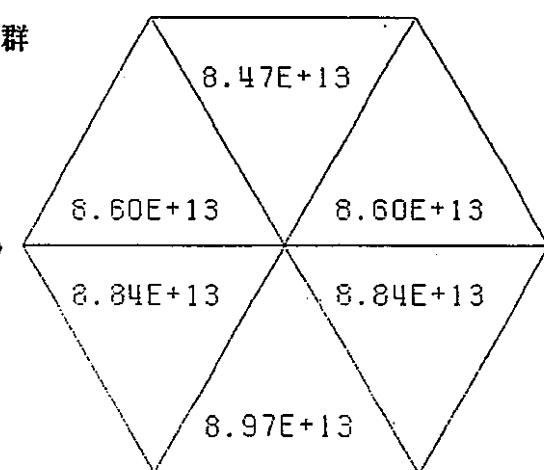
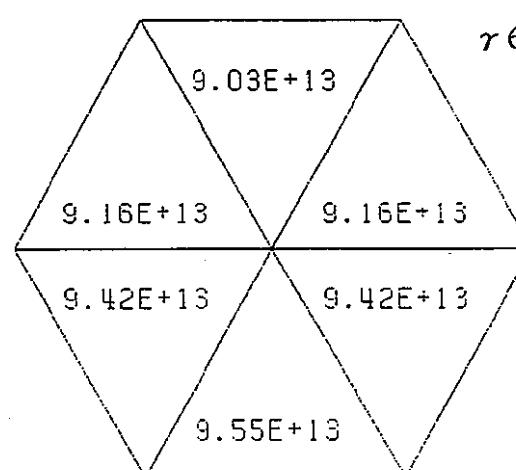
2  
20 - 22  
1



ENERGY GROUP  
DATA TYPE

13  
1

23 - 25  
1

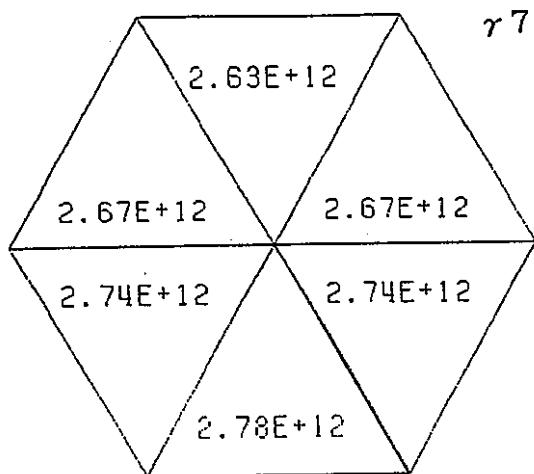


図a2-5 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(5-2)  
—炉心ドライバ-燃料 ((2,2) 位置;CRPなし隣接) 炉心中心面—

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

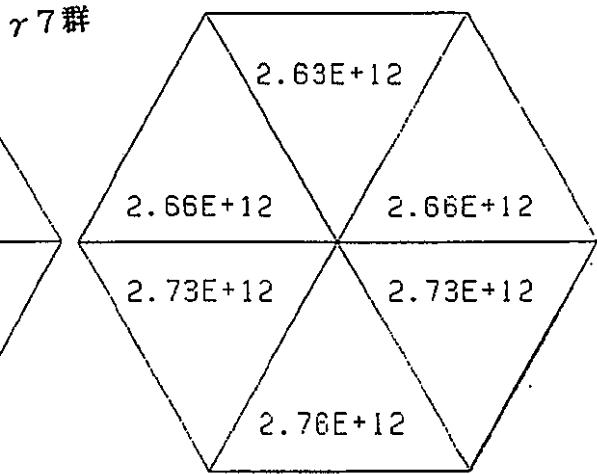
## 7群計算結果

2  
14  
1



## 20群計算結果

2  
26 - 27  
1



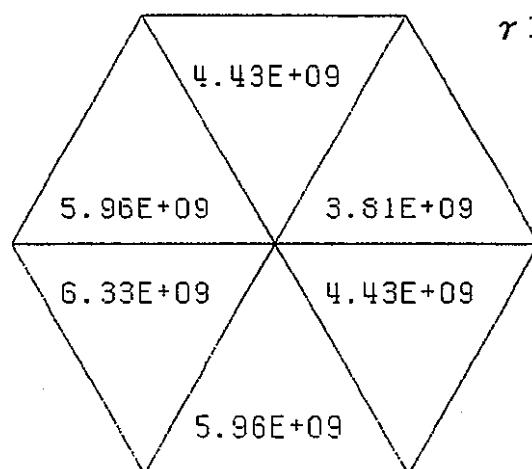
γ 7群

図a2-5 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(5-3)  
——炉心ドライバ-燃料 ((2,2) 位置;CRPチャンネル隣接) 炉心中心面——

## 7群計算結果

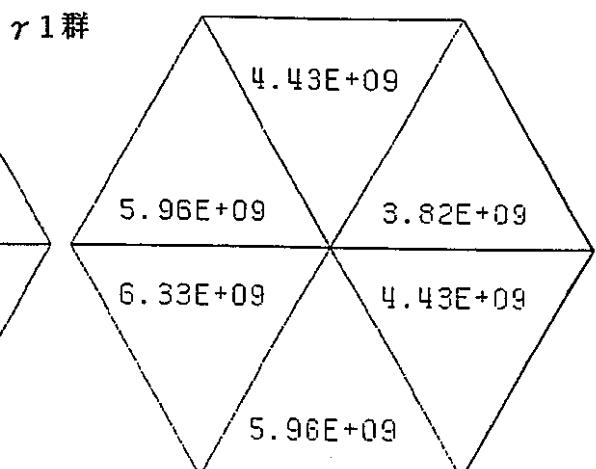
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

1  
8  
1



## 20群計算結果

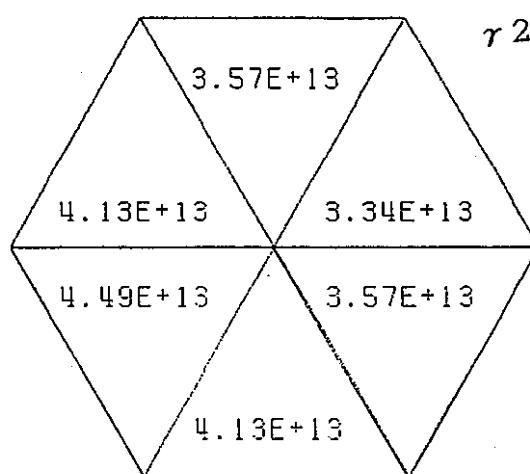
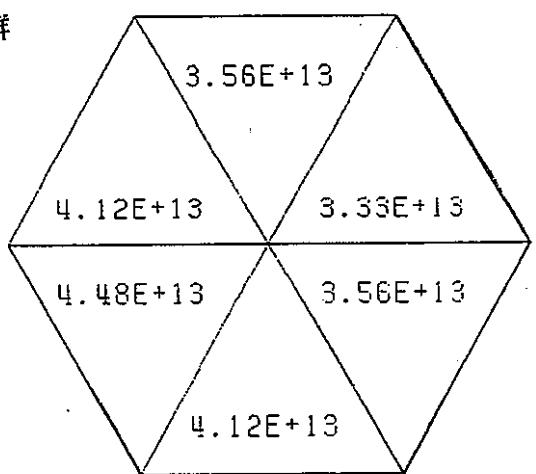
1  
8 - 9  
1



ENERGY GROUP  
DATA TYPE

9  
1

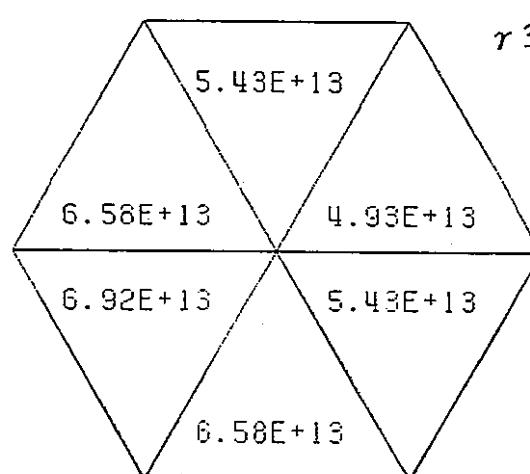
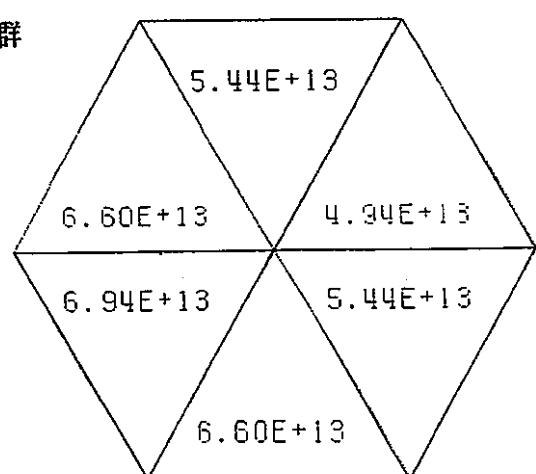
10 - 14  
1

 $\gamma$  2群

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

10  
1

15 - 16  
1

 $\gamma$  3群

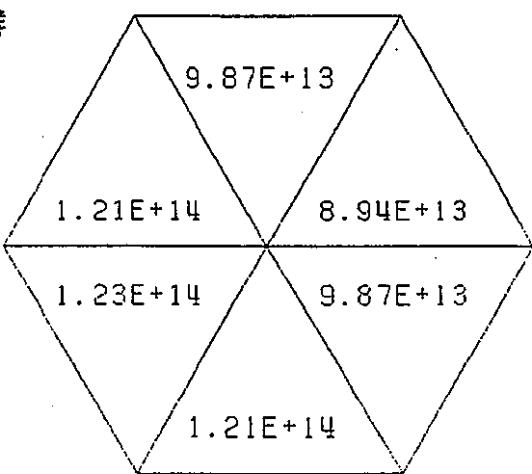
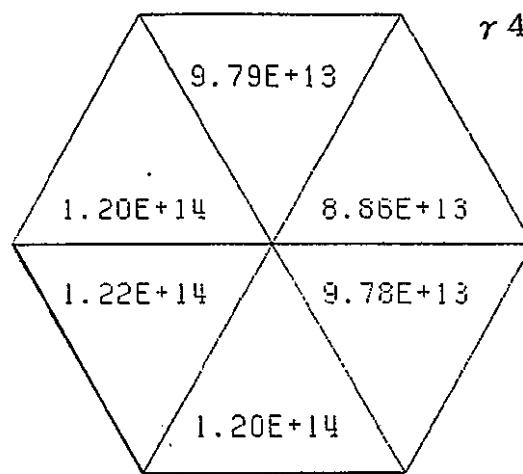
図a2-6 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(6-1)  
——内側反射体 ((5,1) 位置; “ドライ”-燃料隣接) 炉心中心面——

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

7群計算結果

1  
17 - 19  
1

20群計算結果

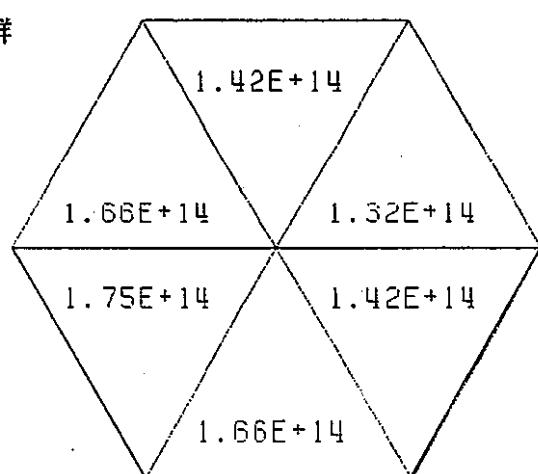
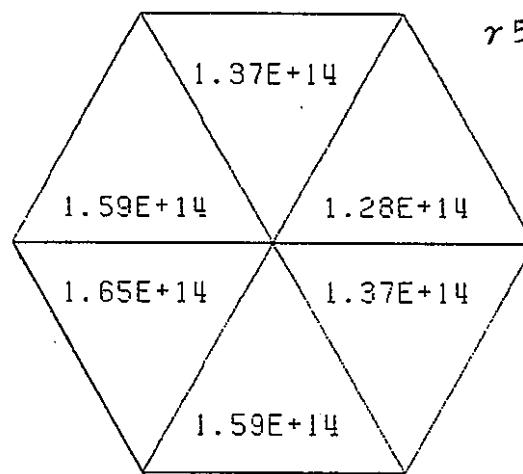


ENERGY GROUP  
DATA TYPE

12

20 - 22  
1

$\gamma$  5群

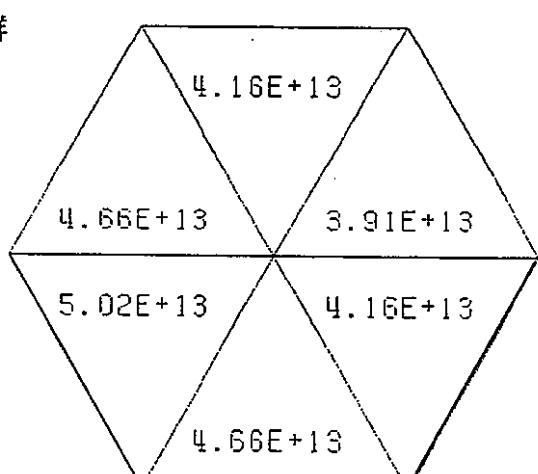
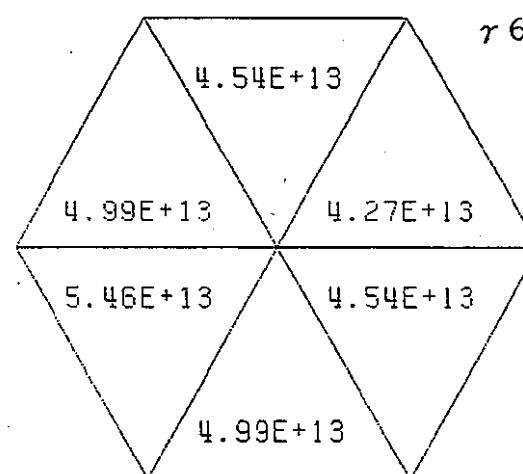


ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

13

23 - 25  
1

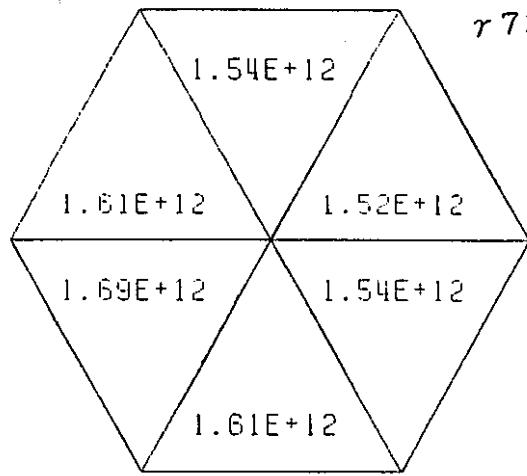
$\gamma$  6群



図a2-6 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(6-2)  
—内側反射体 ((5,1) 位置;トライアングル接続) 炉心中心面—

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

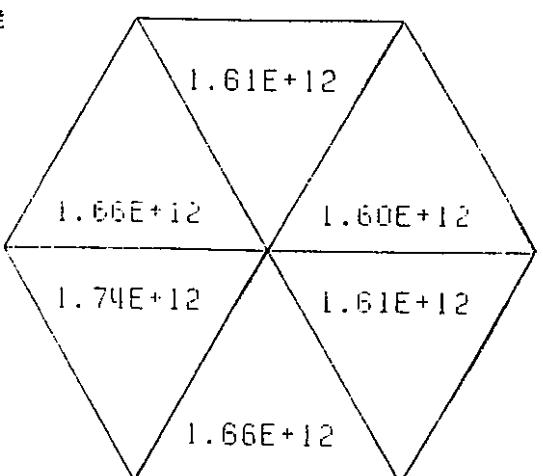
## 7群計算結果



$\gamma$  7群

1  
26 - 27  
1

## 20群計算結果

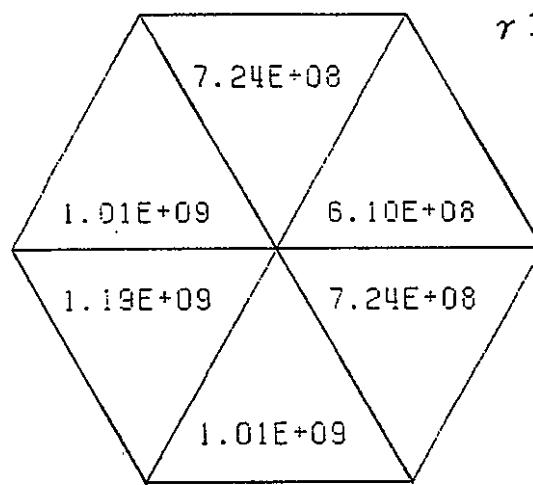


図a2-6 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(6-3)  
—内側反射体 ((5,1) 位置; ドライバ-燃料隣接) 炉中心面——

## 7群計算結果

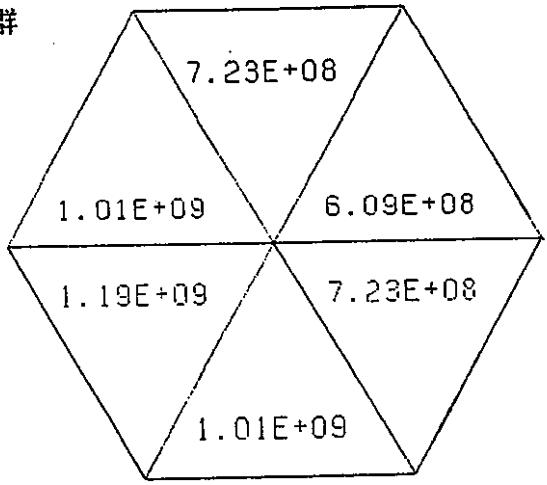
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

8  
1



## 20群計算結果

8 - 9  
1



ASSEMBLY NO.

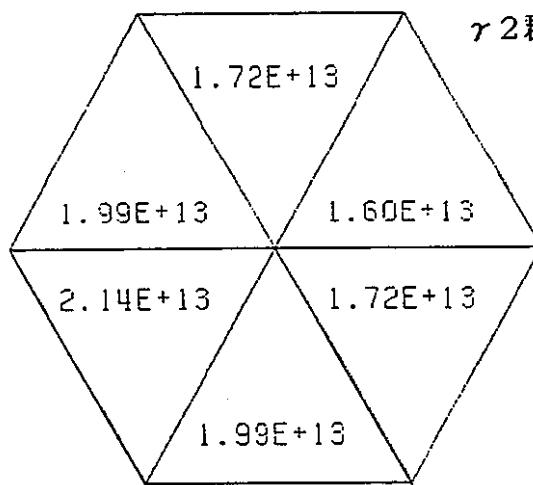
1

ENERGY GROUP

9

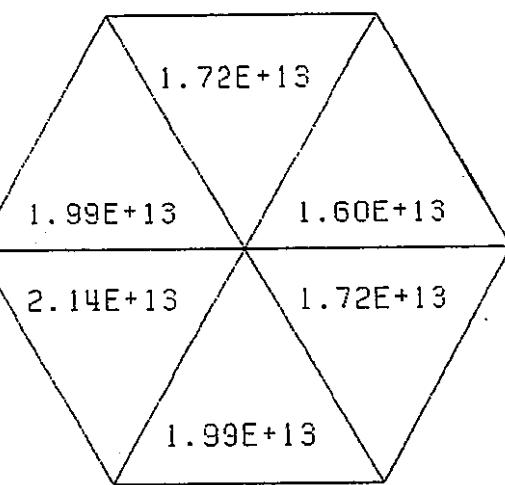
DATA TYPE

1



10 - 14

1



ASSEMBLY NO.

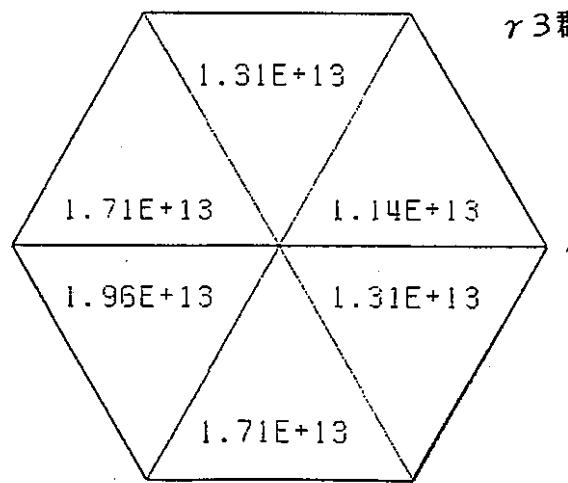
1

ENERGY GROUP

10

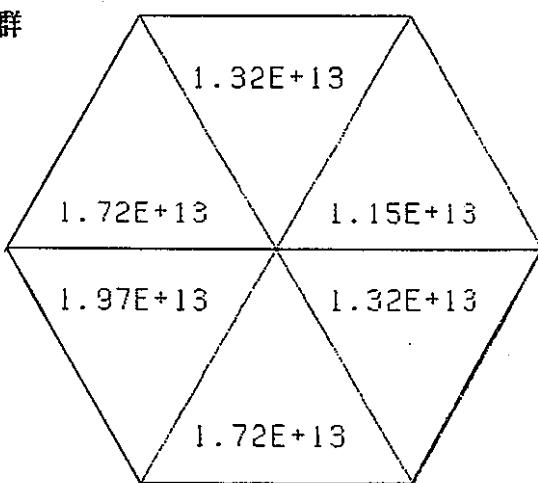
DATA TYPE

1



15 - 16

1



図a2-7 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(7-1)  
—外側反射体 ((7,1) 位置; 反射体中央) 炉心中心面—

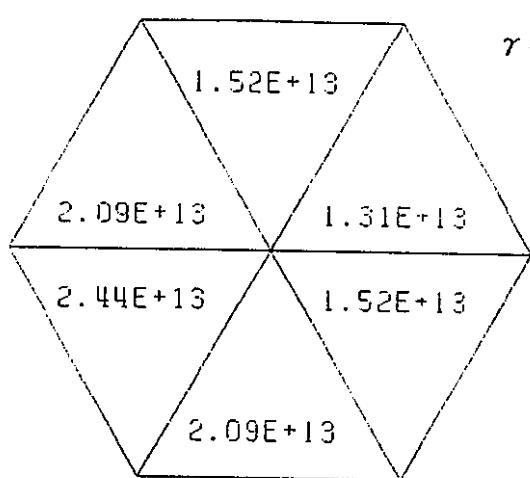
7群計算結果

ENERGY GROUP

11

DATA TYPE

1

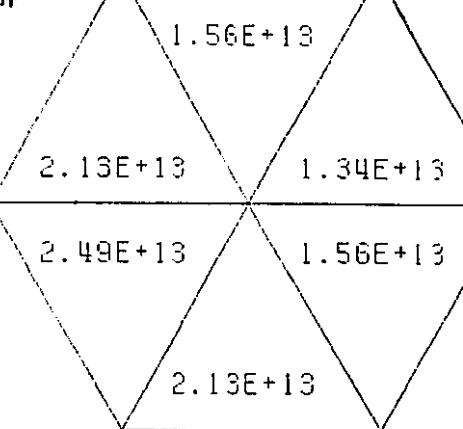


20群計算結果

17 - 19

1

$\gamma$  4群



ASSEMBLY NO.

1

ENERGY GROUP

12

DATA TYPE

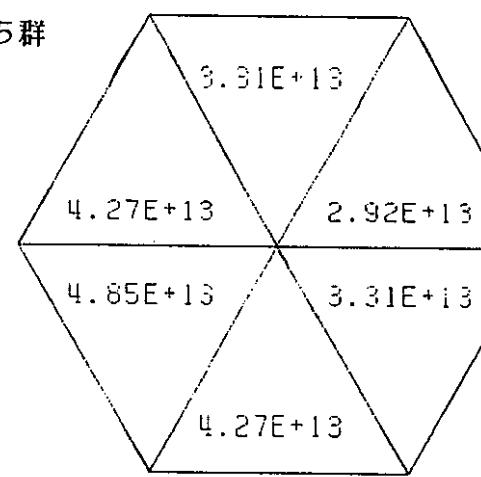
1

1

20 - 22

1

$\gamma$  5群



ASSEMBLY NO.

1

ENERGY GROUP

13

DATA TYPE

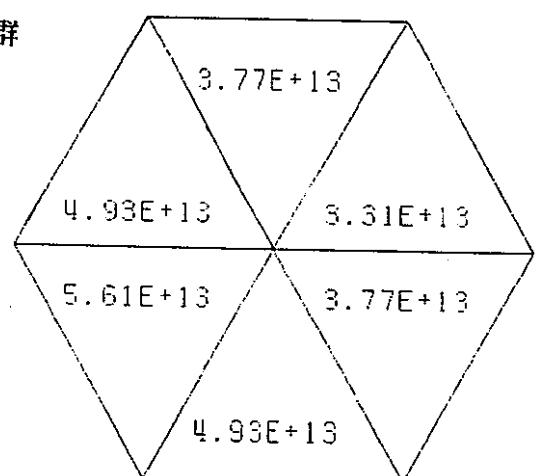
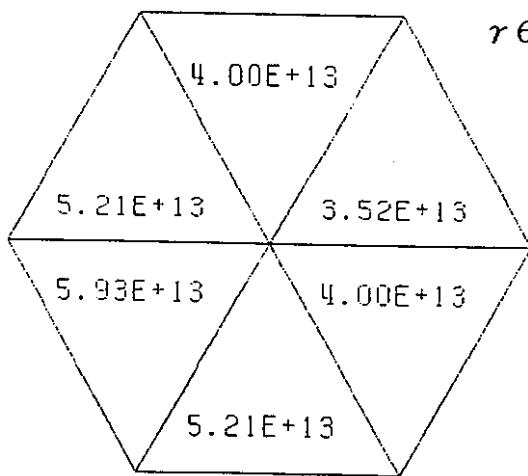
1

1

23 - 25

1

$\gamma$  6群



図a2-7 ガンマ線束の 7群計算と20群計算 ( 7群分割化 ) の比較(7-2)  
--外側反射体 ((7,1) 位置;反射体中央) 炉心中心面--

## 7群計算結果

## 20群計算結果

ENERGY GROUP

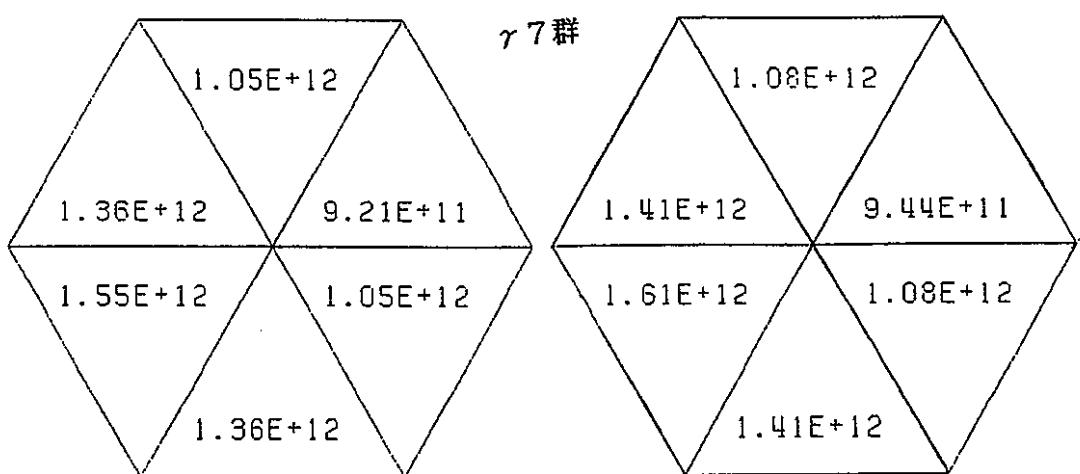
14

DATA TYPE

1

26 - 27

1

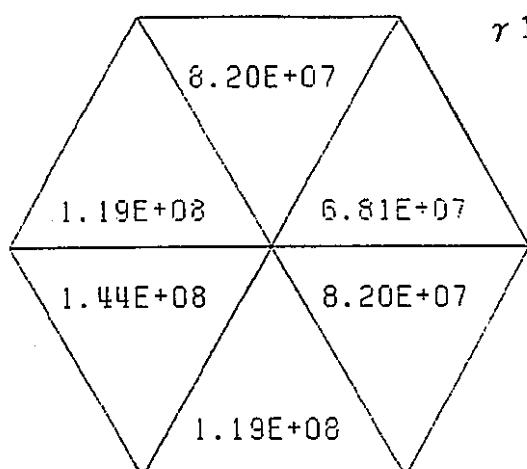


図a2-7 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(7-3)  
—外側反射体 ((7,1) 位置; 反射体中央) 炉心中心面—

## 7群計算結果

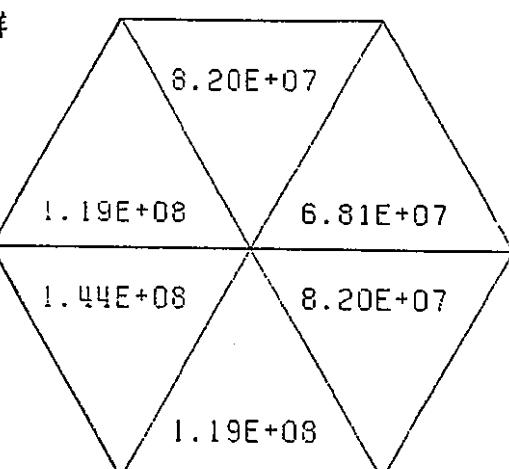
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

1  
8  
1



## 20群計算結果

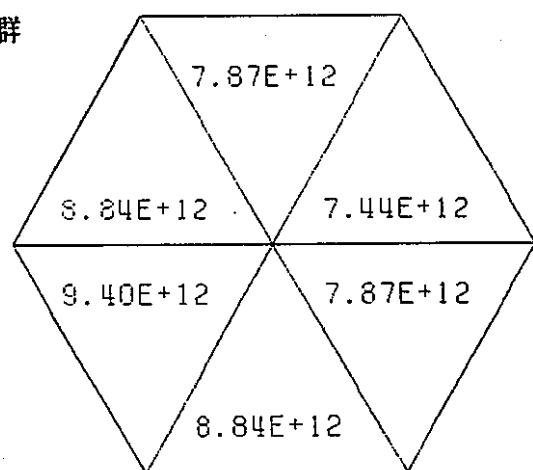
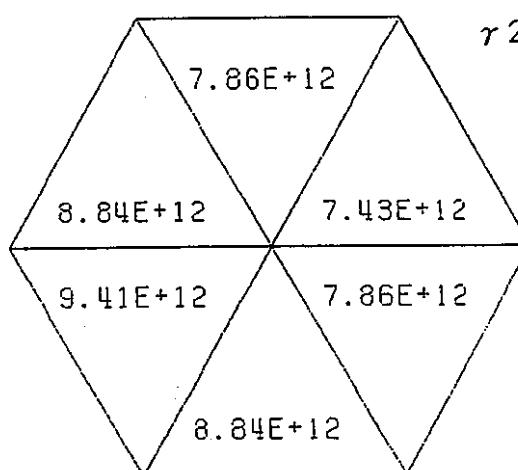
1  
6 - 9  
1



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

1  
9  
1

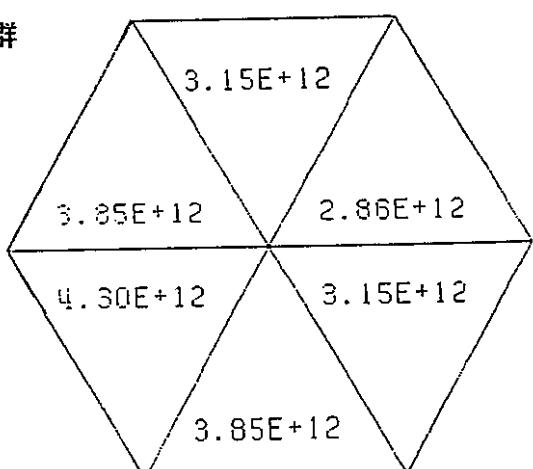
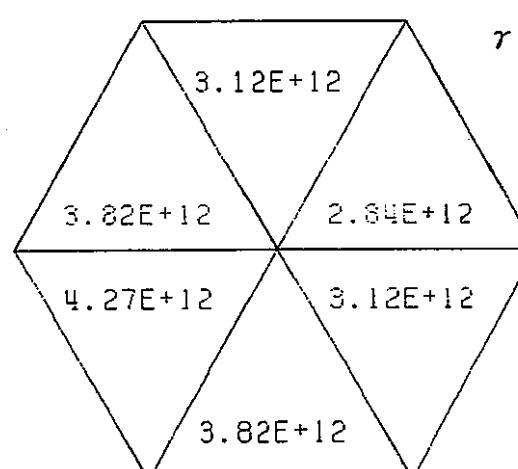
1  
10 - 14  
1



ENERGY GROUP  
DATA TYPE

10  
1

15 - 16  
1

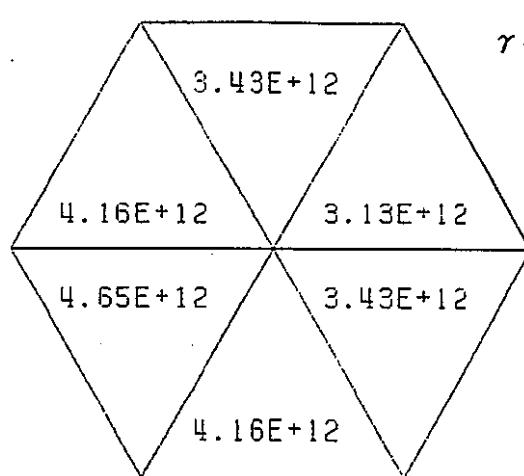


図a2-8 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(8-1)  
—外側反射体 ((9,1) 位置;最外周反射体) 炉心中心面—

ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

7群計算結果

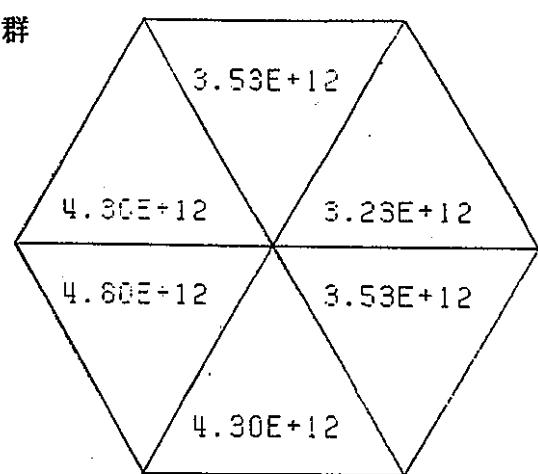
1  
11  
1



γ4群

20群計算結果

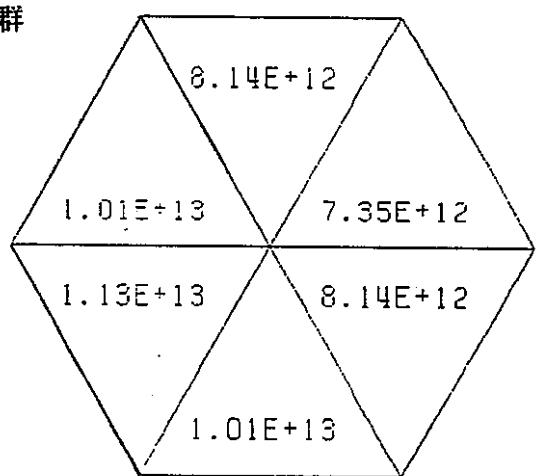
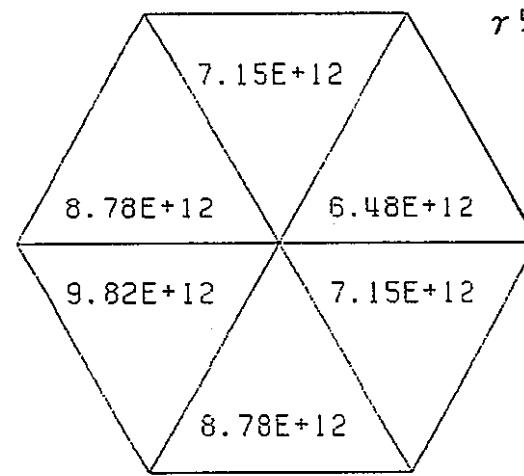
1  
17 - 19  
1



ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

1  
12  
1

γ5群

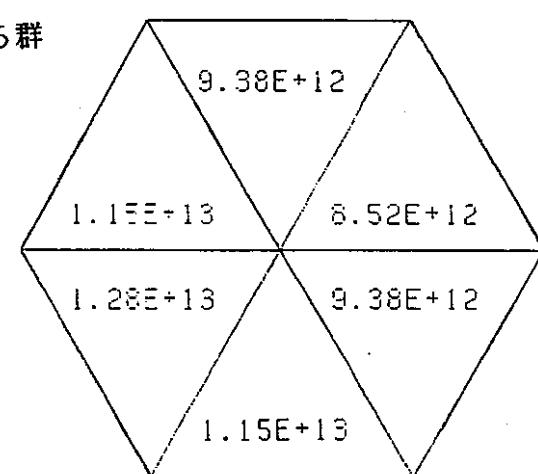
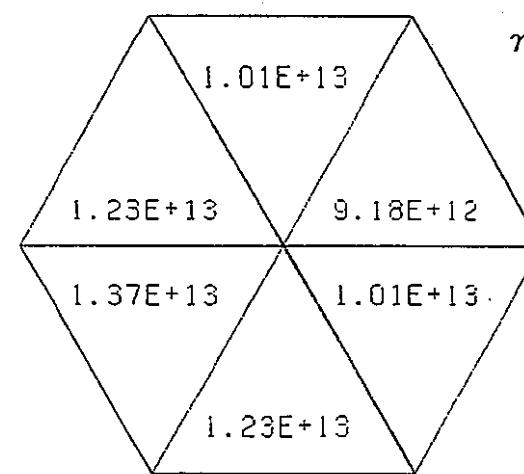


ENERGY GROUP  
DATA TYPE

13  
1

23 - 25  
1

γ6群



図a2-8 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(8-2)  
——外側反射体((9,1)位置;最外周反射体) 炉心中心面——

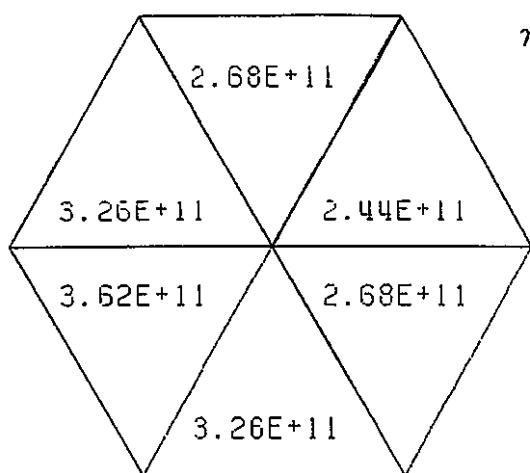
ASSEMBLY NO.  
ENERGY GROUP  
DATA TYPE

## 7群計算結果

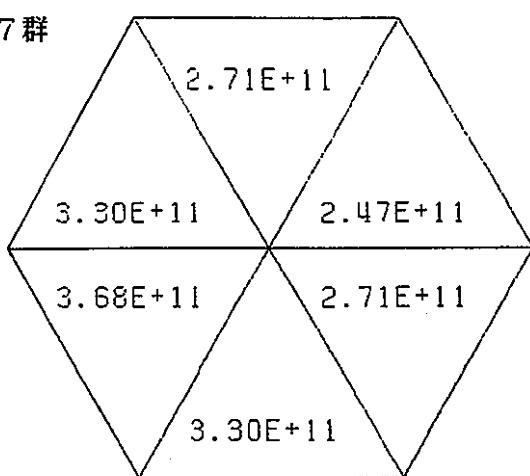
## 20群計算結果

1  
14  
1

1  
26 - 27  
1



$\gamma$  7群



図a2-8 ガンマ線束の 7群計算と20群計算（7群分割化）の比較(8-3)  
——外側反射体（(9,1)位置;最外周反射体） 炉心中心面——

### 付録3.

## ドライバー燃料集合体の燃焼計算に対する 均質／非均質モデルの影響検討データ

集合体番号# 4 pos. -(2,2) ; C R P隣接燃料位置

#10 pos. -(4,3) ; C R P隣接燃料位置 - 1面内側反射体と隣接

#11 pos. -(4,4) ; C R P隣接燃料位置 - 3面内側反射体と隣接

#14 pos. -(5,2) ; 燃料位置 - 3面内側反射体と隣接

図a3-1 燃焼計算モデルの比較概念図

図a3-2 中性子束計算モデル（非均質モデル／均質モデル）が集合体内出力分布形に与える影響（初期組成）--- 集合体位置2列(# 4 pos)---

図a3-3 中性子束計算モデル（非均質モデル／均質モデル）が集合体内出力分布形に与える影響（初期組成）--- 集合体位置4列(#11 pos)---

図a3-4 中性子束計算モデル（非均質モデル／均質モデル）が集合体内出力分布形に与える影響（初期組成）--- 集合体位置5列(#14 pos)---

図a3-5 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

--- 集合体位置2列(# 4 POS)、(均質モデル)、集合体組成 VS. マッシュ 每組成---

図a3-6 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

--- 集合体位置4列(#10 POS)、(均質モデル)、集合体組成 VS. マッシュ 每組成---

図a3-7 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

--- 2列(# 4 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 VS. マッシュ 每組成 ---

図a3-8 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

--- 4列(#10 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 VS. マッシュ 每組成 ---

図a3-9 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

--- 4列(#11 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 VS. マッシュ 每組成 ---

図a3-10 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

--- 5列(#14 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 VS. マッシュ 每組成 ---

図a3-11 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成 Pu239数密度に与える影響

--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

図a3-12 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成 Pu239分布形に与える影響

--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

図a3-13 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成 Pu240数密度に与える影響

--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

図a3-14 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成 Pu240分布形に与える影響

--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

図a3-15 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成U235数密度に与える影響

--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

図a3-16 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成U235分布形に与える影響

--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

図a3-17 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成U238数密度に与える影響

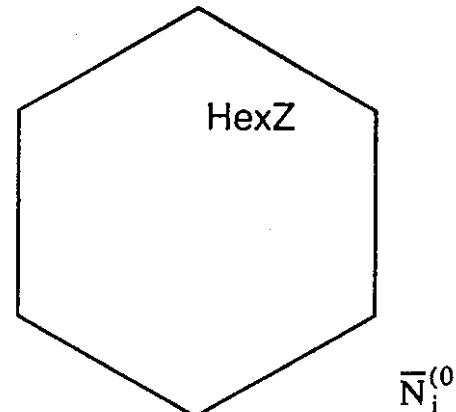
--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

図a3-18 中性子束計算モデルがマッシュ毎の燃焼組成U238分布形に与える影響

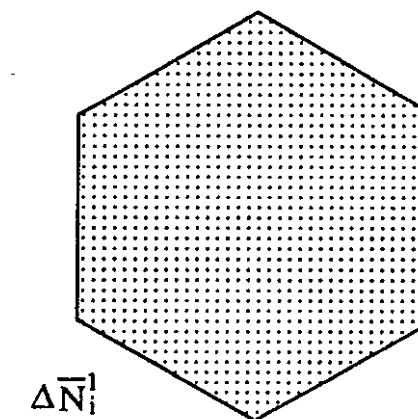
--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

## Burnupモデル

<従来>

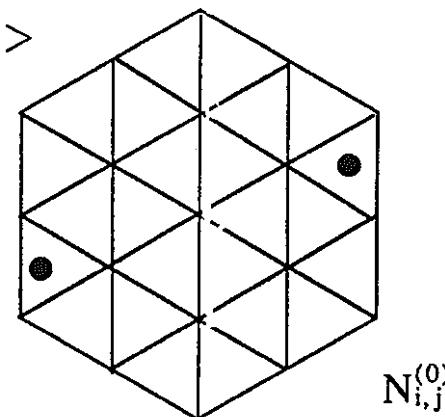


$$\Phi_i, \langle \bar{\sigma}_i \bar{\phi}_i \rangle \longrightarrow$$

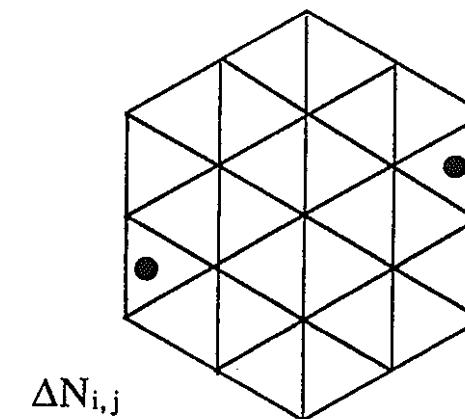


132

<本検討>



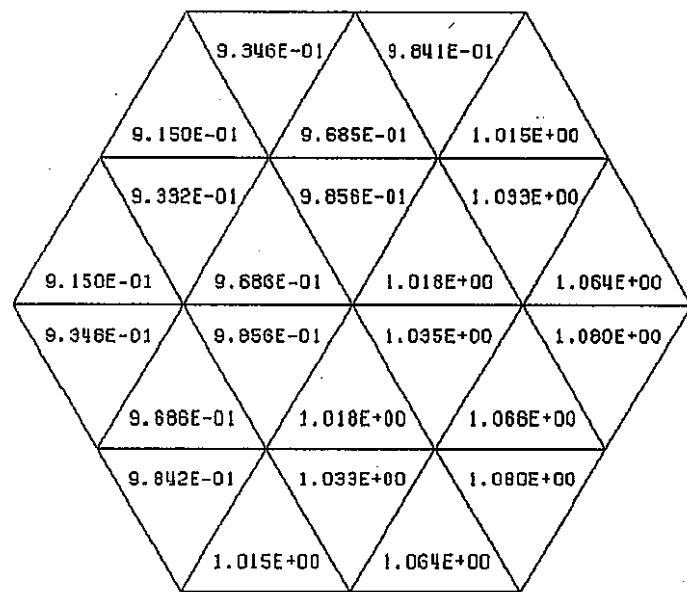
$$\underline{\Phi}_{i,j} \quad \underline{\langle \bar{\sigma}_i \bar{\phi}_{i,j} \rangle}$$



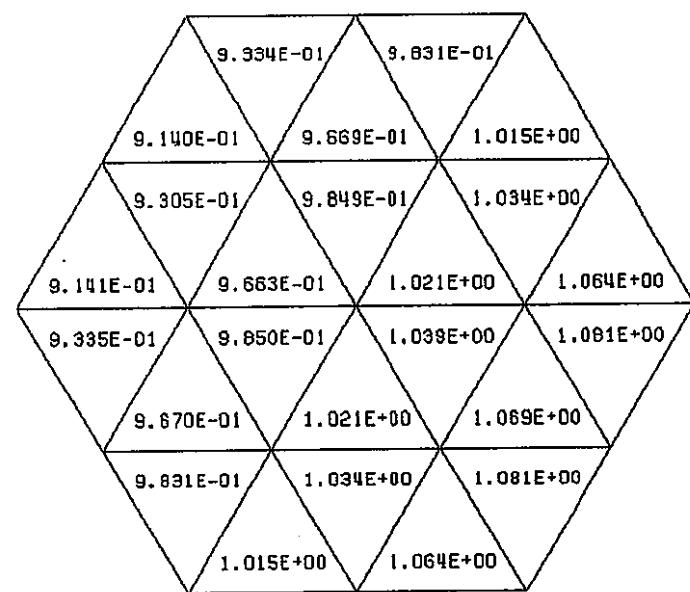
図a3-1 燃焼計算モデルの比較概念図

集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 1 中性子束分布計算： 均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 6



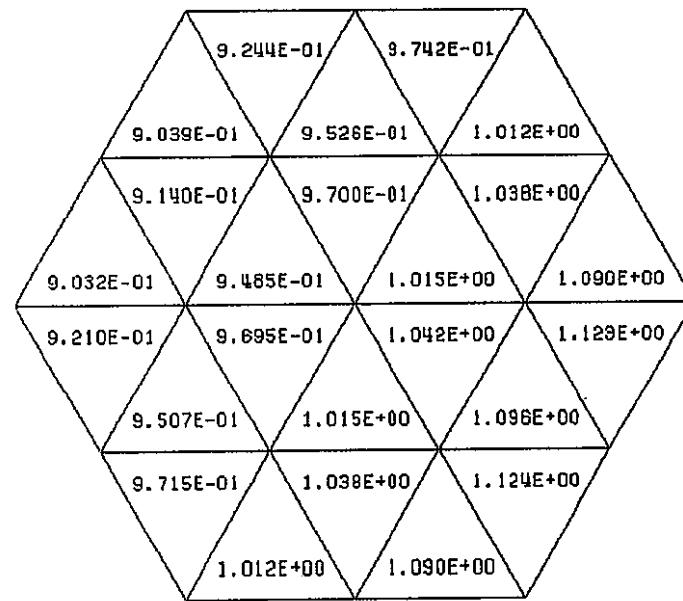
STEP NO. 1 中性子束分布計算： 非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 6



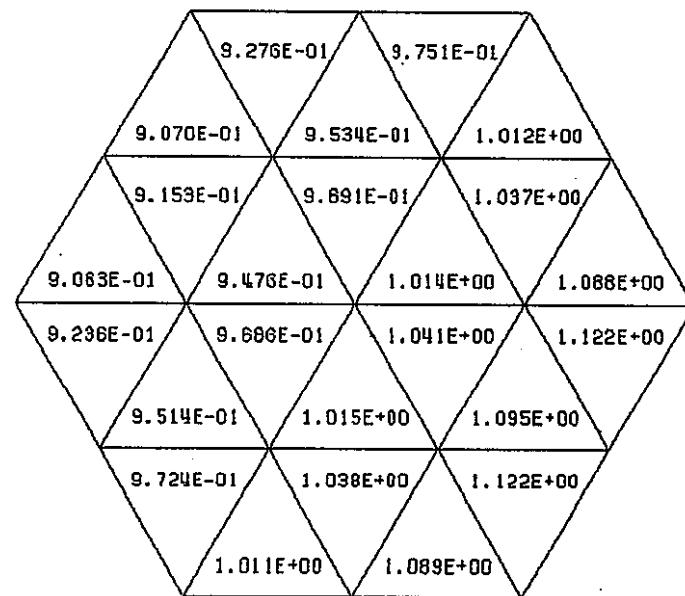
図a3-2 中性子束計算モデル（非均質モデル／均質モデル）が集合体内出力分布形に与える影響（初期組成）--- 集合体位置2列(# 4 pos) ---

## 集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 1 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 11  
 DATA TYPE 6 集合体平均組成



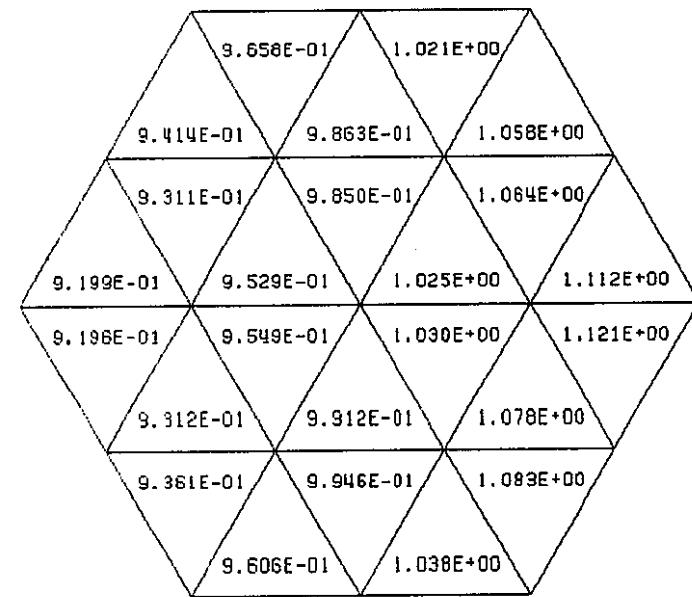
STEP NO. 1 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 11  
 DATA TYPE 6 集合体平均組成



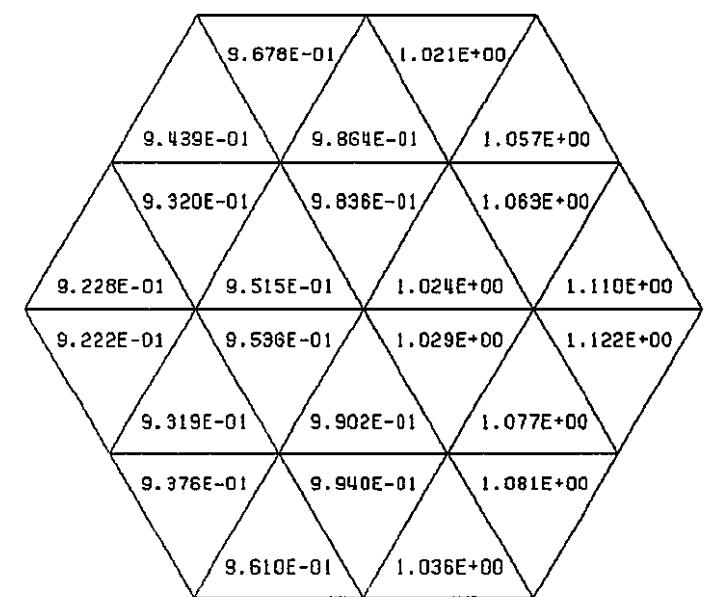
図a3-3 中性子束計算モデル（非均質モデル／均質モデル）が集合体内出力分布形に与える影響（初期組成）--- 集合体位置4列(#11 pos) ---

集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 1 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 14  
 DATA TYPE 6 集合体平均組成



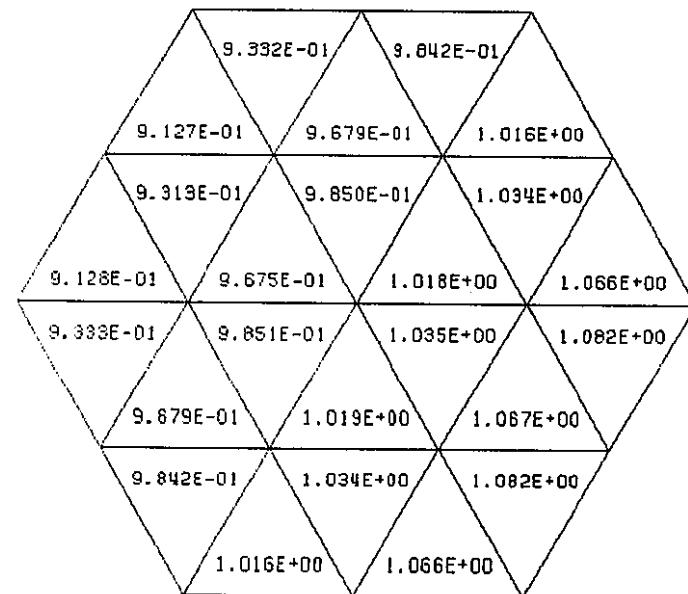
STEP NO. 1 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 14  
 DATA TYPE 6 集合体平均組成



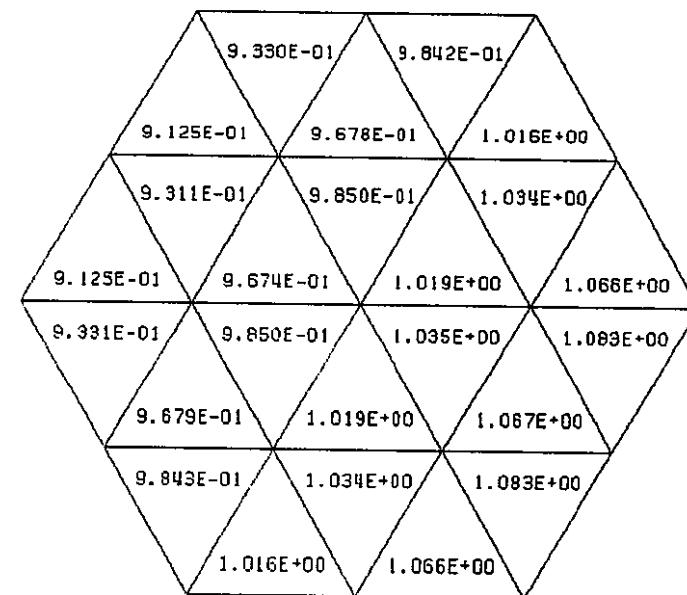
図a3-4 中性子束計算モデル（非均質モデル／均質モデル）が集合体内出力分布形に与える影響（初期組成）--- 集合体位置5列(#14 pos) ---

## 集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 2 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 6 メッシュ毎燃焼組成



STEP NO. 2 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 7 集合体平均組成

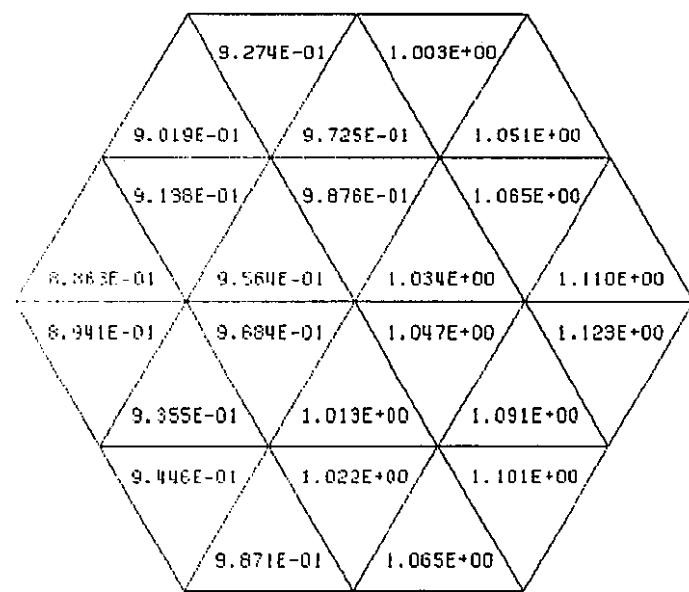


図a3-5 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

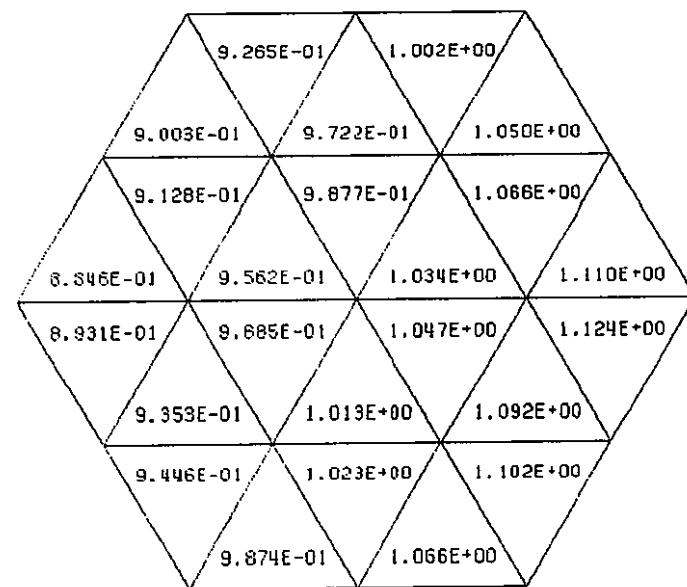
--- 集合体位置 2列 (# 4 pos)、(均質モデル)、集合体平均組成 vs. メッシュ毎組成 ---

## 集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 2 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 10  
 DATA TYPE 6 メッシュ毎燃焼組成



STEP NO. 2 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 10  
 DATA TYPE 7 集合体平均組成

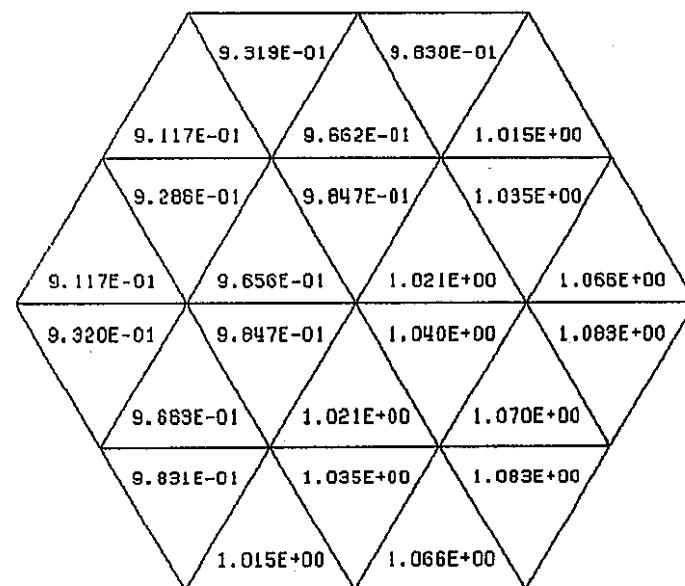


図a3-6 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

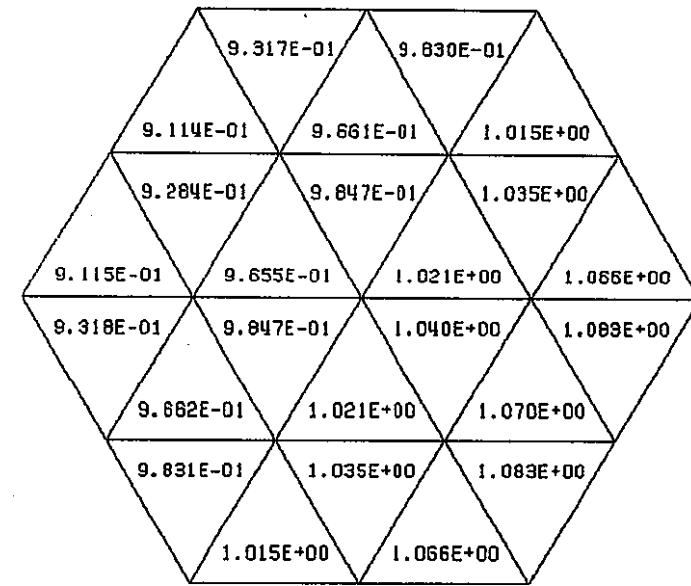
--- 集合体位置4列(#10 pos)、(均質モデル)、集合体平均組成 vs. メッシュ毎組成 ---

## 集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 6 メッシュ毎燃焼組成



STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 7 集合体平均組成

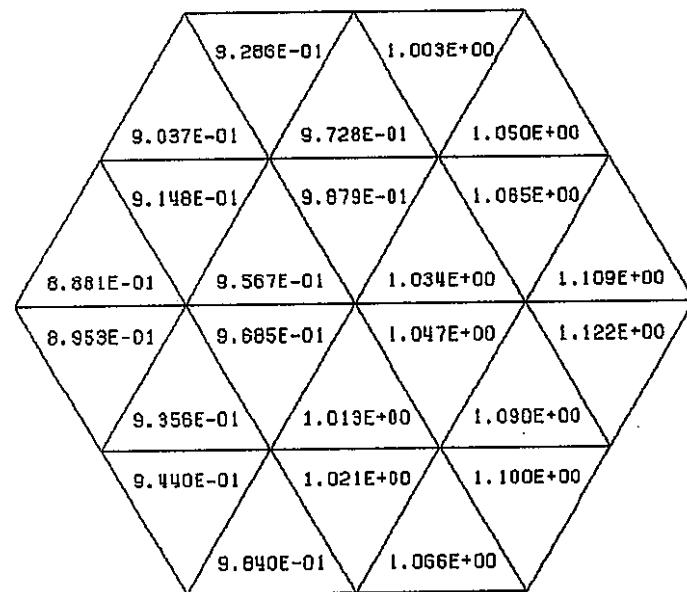


図a3-7 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

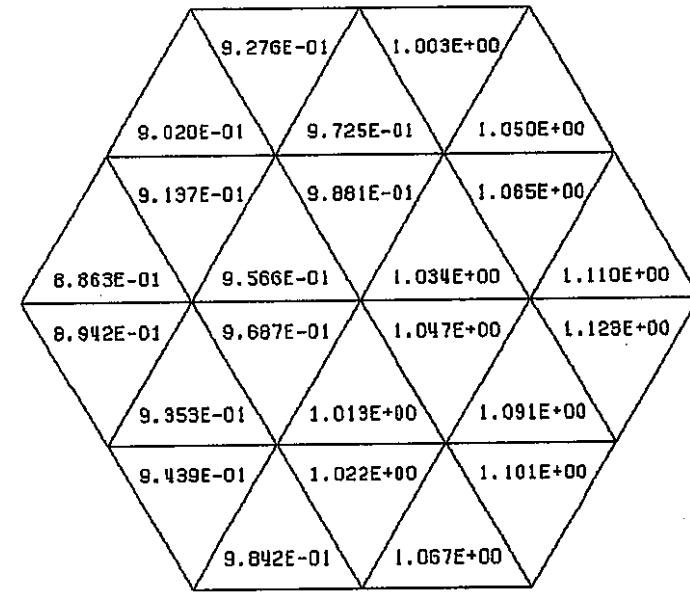
--- 2列(# 4 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 vs. メッシュ 每組成 ---

集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 10  
 DATA TYPE 6 メッシュ毎燃焼組成



STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 10  
 DATA TYPE 7 集合体平均組成

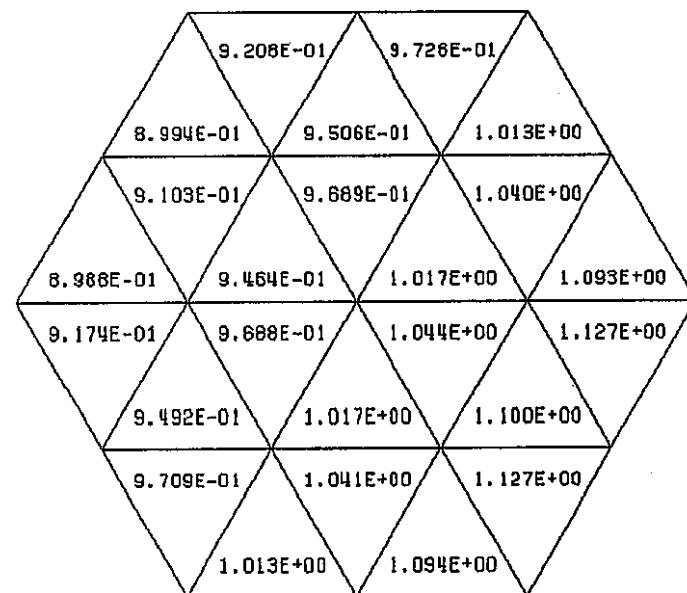


図a3-8 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

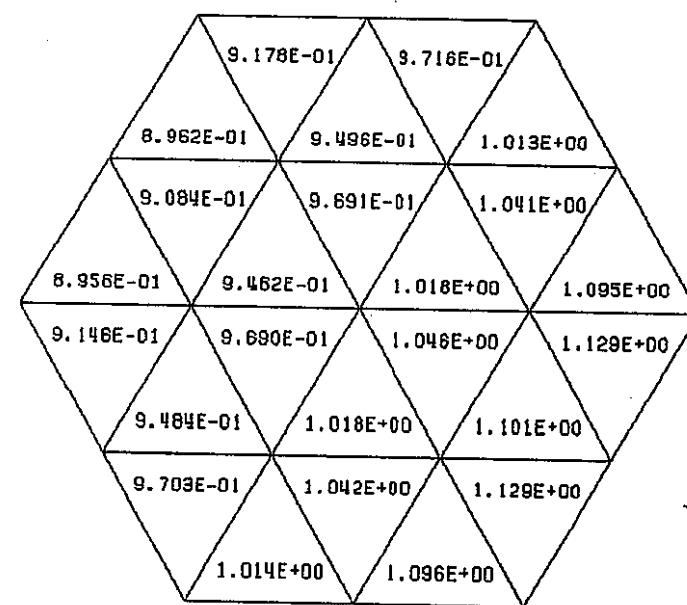
--- 4列(#10 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 VS. メッシュ 每組成 ---

## 集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 11  
 DATA TYPE 6 メッシュ毎燃焼組成



STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 11  
 DATA TYPE 7 集合体平均組成

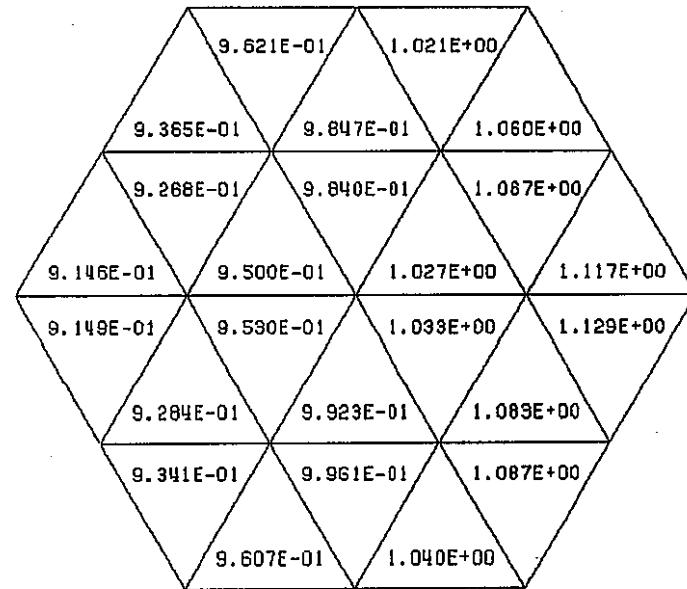


図a3-9 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

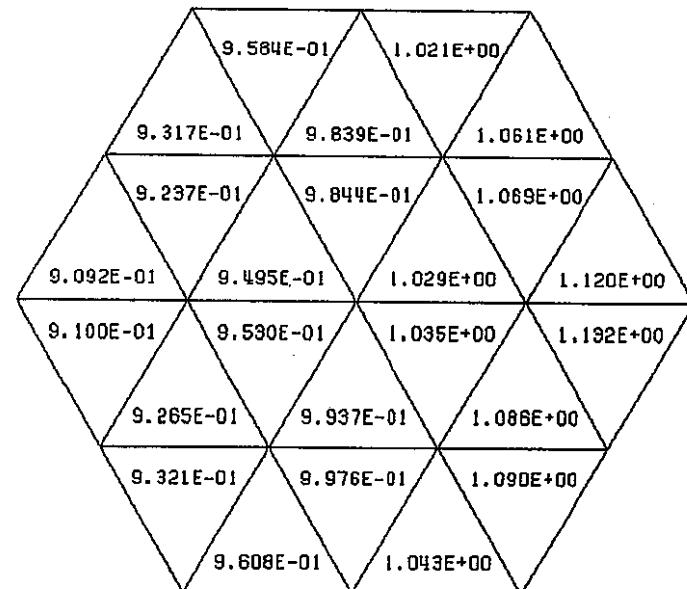
--- 4列(#11 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 VS. メッシュ 每組成 ---

## 集合体内出力分布（炉心中心面）

STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 14  
 DATA TYPE 6 メッシュ毎燃焼組成



STEP NO. 2 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 14  
 DATA TYPE 7 集合体平均組成

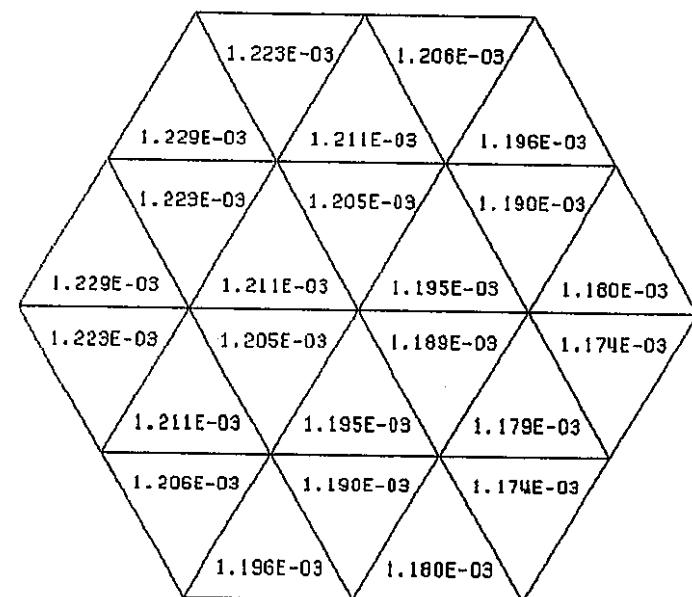


図a3-10 中性子束計算モデルが集合体内出力分布形に与える影響（燃焼組成）

--- 5列 (#14 pos)、(非均質モデル)、集合体平均組成 VS. メッシュ 每組成 ---

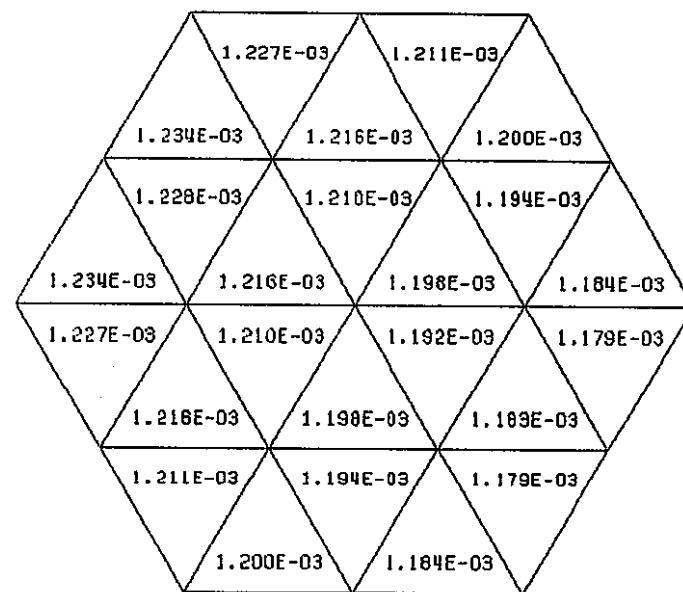
## Pu239原子数密度(炉心中心面)

NUCLIDE NO. 5 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1



平均値; 1.201E-03

NUCLIDE NO. 5 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1

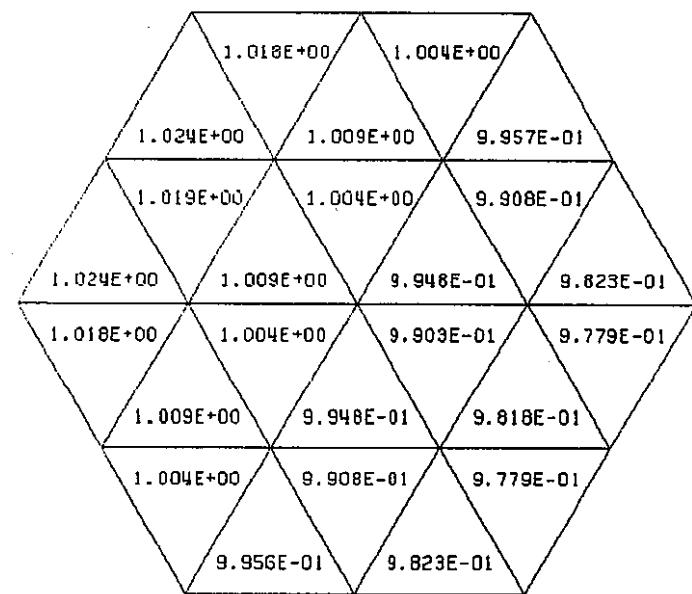


平均値; 1.205E-03

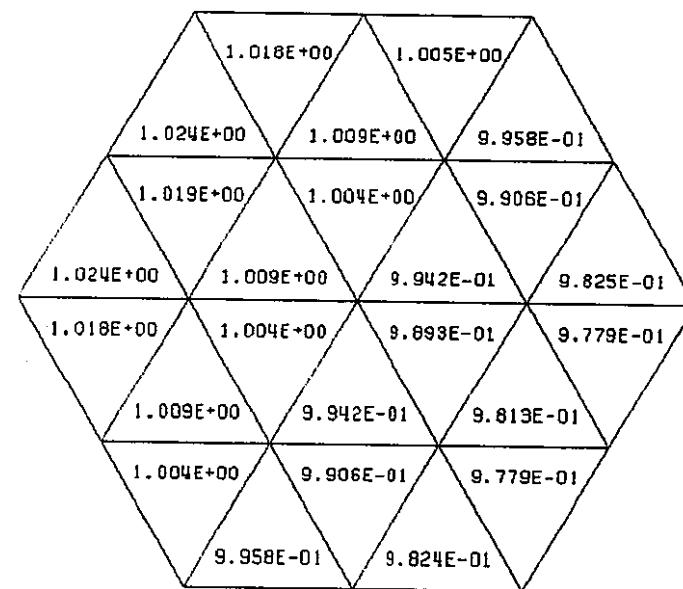
図a3-11 中性子束計算モデルが各々の燃焼組成 Pu239数密度に与える影響  
 --- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

## Pu239原子数密度集合体内相対分布(炉心中心面)

NUCLIDE NO. 5 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 3



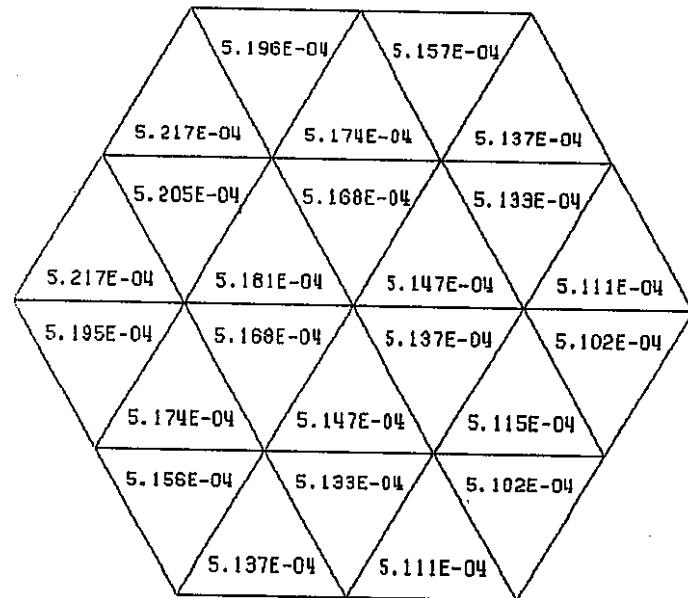
NUCLIDE NO. 5 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 3



図a3-12 中性子束計算モデルが1の燃焼組成 Pu239分布形に与える影響  
 --- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

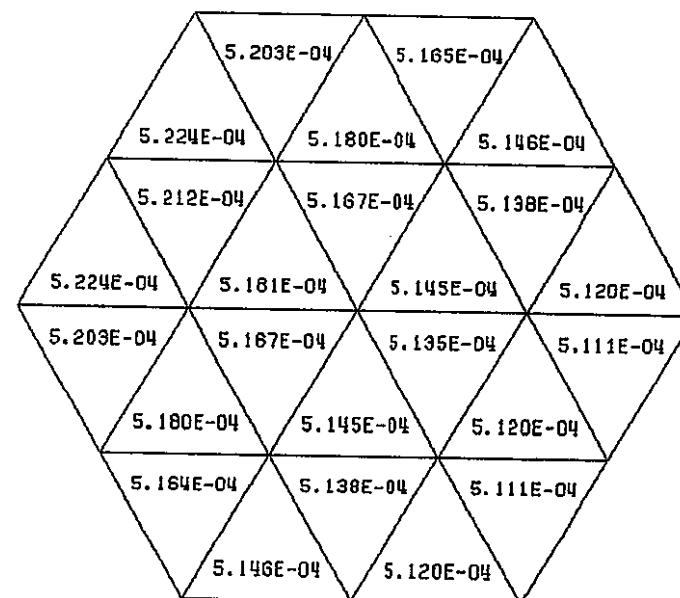
Pu240原子数密度(炉心中心面)

NUCLIDE NO. 6 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1



平均値: 5.155-04

NUCLIDE NO. 6 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1

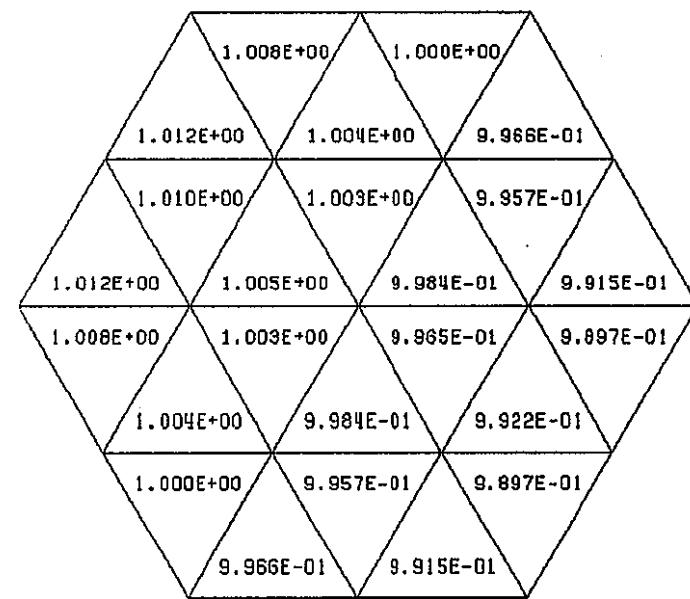


平均値: 5.160-04

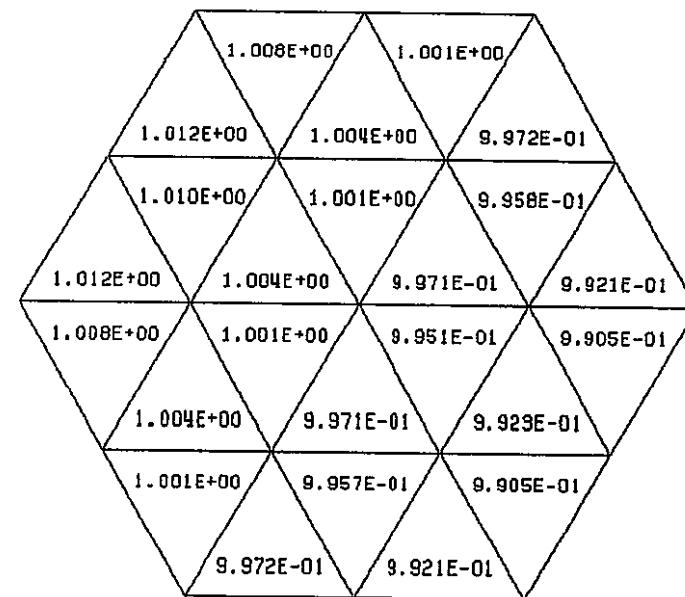
図a3-13 中性子束計算モデルが毎の燃焼組成 Pu240数密度に与える影響  
 --- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

Pu240原子数密度集合体内相対分布（炉心中心面）

NUCLIDE NO. 6 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 3



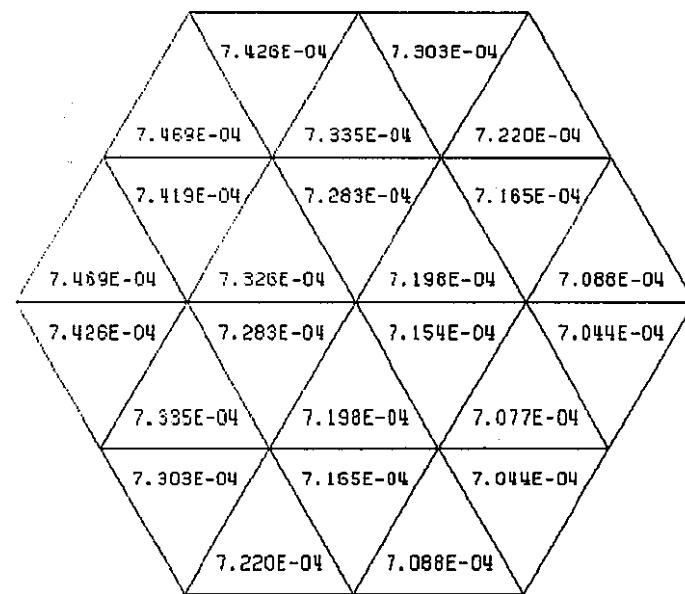
NUCLIDE NO. 6 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 3



図a3-14 中性子束計算モデルが<sup>240</sup>Puの燃焼組成 Pu240分布形に与える影響  
 --- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

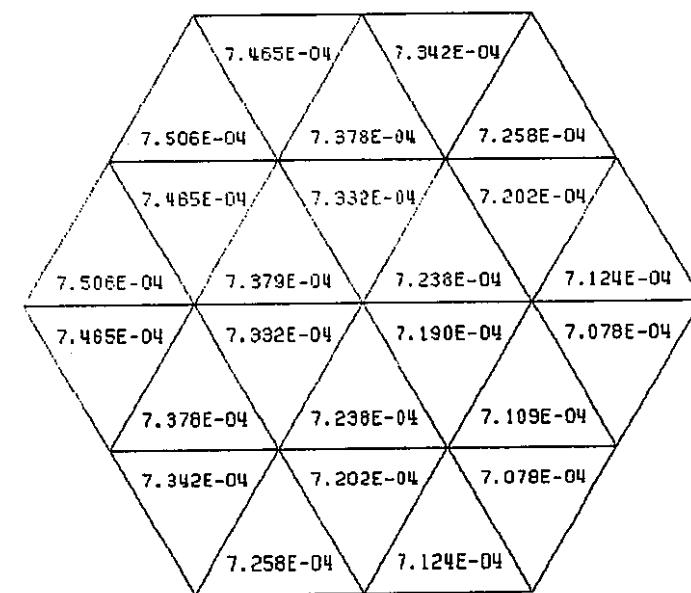
## U235 原子数密度（炉心中心面）

NUCLIDE NO. 1 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1



平均値; 7.252E-04

NUCLIDE NO. 1 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1

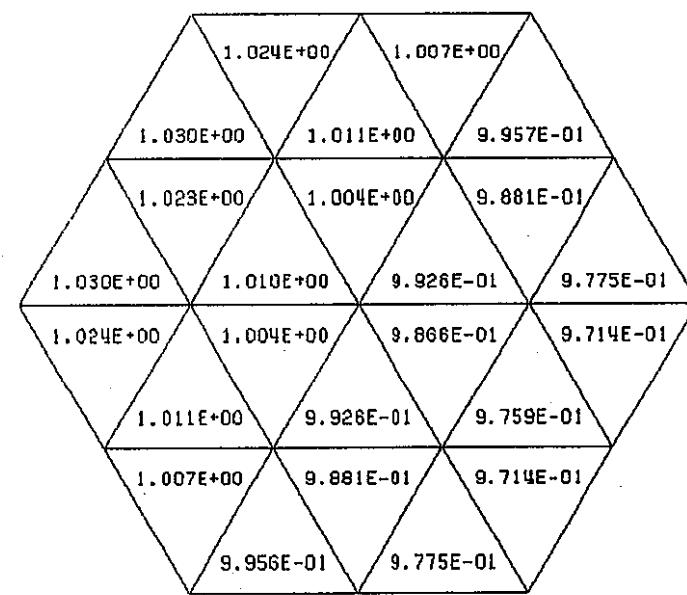


平均値; 7.291E-04

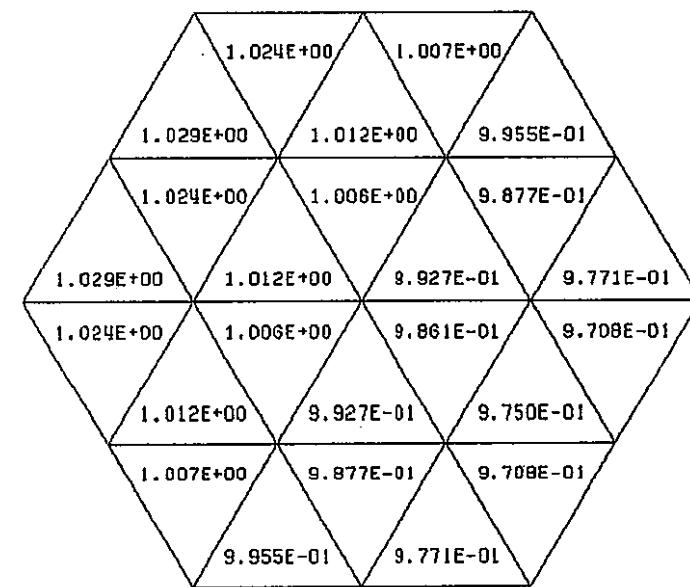
図a3-15 中性子束計算モデルが4每の燃焼組成U235数密度に与える影響  
 --- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成---

## U235 原子数密度集合体内相対分布（炉心中心面）

NUCLIDE NO. 1 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 3



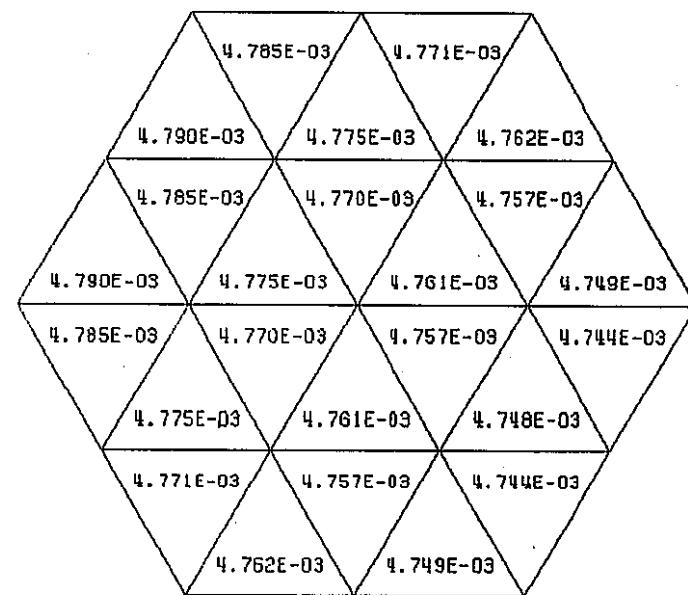
NUCLIDE NO. 1 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 3



図a3-16 中性子束計算モデルがメッシュ毎の燃焼組成U235分布形に与える影響  
 --- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

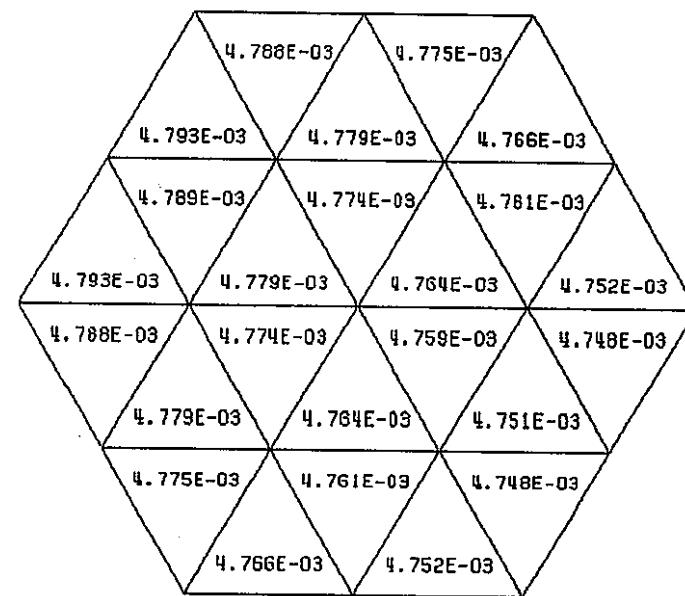
## U238 原子数密度(炉心中心面)

NUCLIDE NO. 3 中性子束分布計算；均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1



平均値; 4.766-03

NUCLIDE NO. 3 中性子束分布計算；非均質モデル  
 ASSEMBLY NO. 4  
 DATA TYPE 1



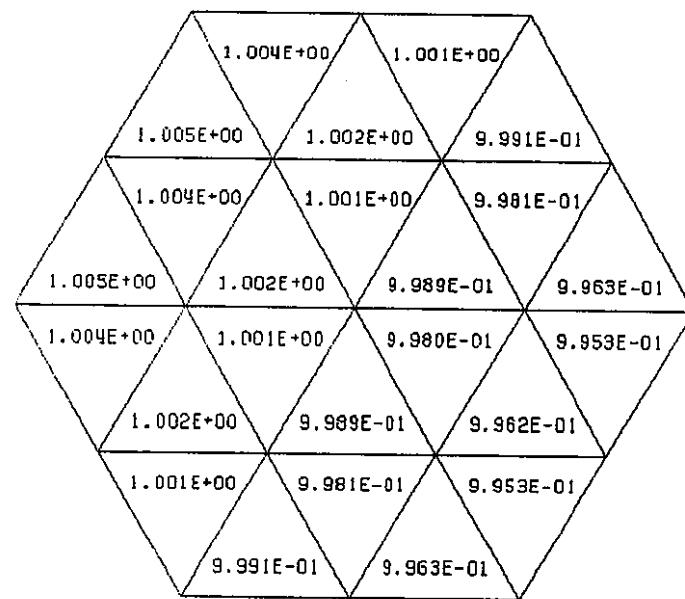
平均値; 4.770-03

図a3-17 中性子束計算モデルが<sup>147</sup>Pmの燃焼組成U238数密度に与える影響  
 --- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--

## U238 原子数密度集合体内相対分布（炉心中心面）

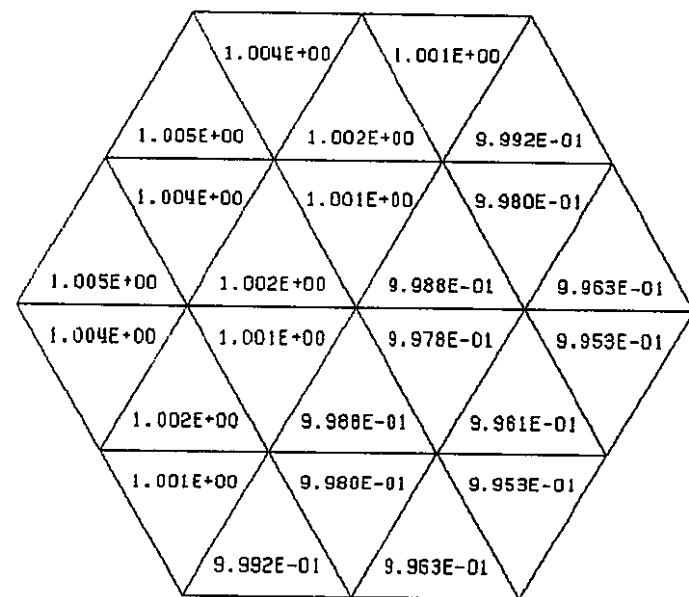
NUCLIDE NO.  
ASSEMBLY NO.  
DATA TYPE

## 中性子束分布計算：均質モデル



NUCLIDE NO.  
ASSEMBLY NO.  
DATA TYPE

## 中性子束分布計算：非均質モデル



図a3-18 中性子束計算モデルが各毎の燃焼組成U238分布形に与える影響  
--- 2列(# 4 pos)、3列目制御棒15cm挿入、炉心中心面の組成--