

I-20673-97

開示制限

本資料は登録区分、
変更する。
2001.7.31
〔技術情報室〕

モーツアルト実験データの解析

- MZA, MZB 戸心の解析 -

(受託研究)

1973年4月

三菱原子力工業株式会社

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

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

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

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

MOZART

J-20673-07

開示制限



分置

モーツアルト実験データの解析

-MZA, MZB 炉心の解析-

(受託研究)

1973年4月

三菱原子力工業株式会社

モーツアルト実験データの解析

—MZ A、MZ B炉心の解析—

要 旨

本作業の成果を、高速増殖炉（原型炉）もんじゅの設計に反映する事を目的とし、その模擬実験であるモーツアルト計画の臨界実験解析を行つた。

今回は、炉物理的な興味を主とした1領域炉心のMZ A実験およびもんじゅの Clean-mock up 体系である2領域炉心のMZ B実験の解析を行つた。『但し、MZ Bに関しては、径方向グランケット部の90°セクターに、①天然ウラン酸化物、②劣化ウラン配化物および③天然金属ウランの各組成を用いた3つのVersionの解析を行つた。』

またさらに、Pu同位体の影響を見る目的で実験が行われた。FCA-V-1炉心の解析を行つた。解析した項目は、臨界量、中性子バランス、中性子スペクトル、形状因子、輸送補正值、中性反応率比、エッヂ・ワース、中心物質反応度値、非均質効果、ナトリウムボイド反応度係数および反応率分布である。とくに、反応率分布については詳細な解析を行い、実験値との比較検討からC/Eを求めた。

1973年4月

小林 隆俊・横堀 仁・佐々木 誠
多田 恵子

本報告書は、三菱原子力工業株式会社が、動力炉、核燃料開発事業団の委託により行つた研究の成果である。

The Analysis of the MOZART Experimental Data

Abstract

The Monju mock up assemblies have been analyzed to know the uncertainty of the reactor physics parameters between calculation value and experimental value. Monju mock up experiment (Mozart-project) has three different type ZERRA cores. They are ZEBRA-11 ... the physics mock up, ... MZA, ZEBRA-12 ... the engineering clean mock up ... MZB (1), (2) (3), and the control rod mock up experiments ... MZC. The Analysis includes MZA core and MZB (1), (2) (3), but does not MZC.

The Criticality, neutron balance, neutron flux spectrum, transport correction factor, central reaction rate ratio, edge mass worth, central material reactivity worth, plate type heterogeneity correction factor, sodium void reactivity coefficient and reaction rate distribution have been analyzed. Especially, about the last item, the ratio of the calculation value to experimental value C/E were obtained.

The material density coefficients of the FCA V1-1 assembly has been also analyzed.

April, 1973

Takatoshi Kobayashi
Hitoshi Yokobori
Makoto Sasaki
Keiko Tada

The work performed under contracts between Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation and Mitsubishi Atomic Power Industries, Inc.

モーツアルト実験データの解析

—MZ A、MZ B炉心の解析—

目 次

まえがき	1
第1章 MZ A炉心の解析	2
第2章 MZ B炉心の解析	42
第3章 非均質効果の詳細検討	67
第4章 反応率分布の詳細解析	116
第5章 MZ B-(2)、MZ B-(3)の反応率分布の解析	182
第6章 Pu同位体効果の解析(FCA VI-1)	207
謝 辞	210
参考文献	211

表 リ ス ト

表 1-1-1	メッシュ数による実効増倍率 (MZA)	8
表 1-1-2	MZA炉心の臨界量およびその補正量	9
表 1-2-1	中性子バランスー(大きな領域)- (MZA)	9
表 1-2-2	中性子バランスー(小さな領域)- (MZA)	10
表 1-2-3	C11-1A領域における核種毎の中性子バランスー (MZA)	10
表 1-2-4	個々の核種からの吸収項 (A_j)への寄与ー (MZA)	11
表 1-2-5	" 成生項 (S_j) " (MZA)	13
表 1-3-1	代表的な点での中性子束スペクトル (MZA)	15
表 1-5-1	軸方向バックリングの値 (MZA)	15
表 1-7-1	中心反応率比 (MZA)	16
表 1-7-2	増殖率 (MZA)	16
表 1-8-1	中心物質反応度価値 (MZA) (均質系)	17
表 1-8-2	中心物質反応度価値 (MZA) (非均質系)	18
表 1-9-1	ナトリウムボイド反応度価値 (MZA)	18
表 1-9-2	" 領域 A (MZA)	19
表 1-9-3	" 領域 C (MZA)	20
表 1-9-4	中性子束スペクトルボイド領域 A (MZA)	20
表 1-9-5	" B (MZA)	21
表 1-9-6	" C (MZA)	22
表 1-9-7	" D (MZA)	23
表 1-9-8	" A~D (MZA)	24
表 1-9-9	" A 1次元球 26群 (MZA)	26
表 1-11-1	ENDF/B-IIIによるMZA炉心の解析	27
表 2-1-1	共鳴の自己しゃへい効果による非均質効果 (MZB)	47
表 2-1-2	非均質効果 (MZB)	48
表 2-1-3	軸方向バックリング (MZB)	49
表 2-1-4	径方向バックリング (MZB)	51
表 2-1-5	MZB炉心の臨界量およびその補正量	52

表 2-2-1 中性子バランス(大きな領域) — (MZB)	53
表 2-2-2 核種毎の中性子バランス(小さな領域) — (MZB)	54
表 2-2-3 " (大きな ") — (MZB)	55
表 2-3-1 中性子スペクトル(代表点) — (MZB)	56
表 2-3-2 " (領域毎) — (MZB)	57
表 2-4-1 中心反応率比 (MZB)	58
表 2-4-2 増殖率 (MZB)	58
表 2-5-1 中心物質反応度値 (MZB)	59
表 2-6-1 1核裂あたりの等価発熱量 (MZB)	60
表 2-6-2 出力分布 (MZB)	60
表 2-7-1 エッヂ・ワース (MZB)	62
表 3-1-1 角度分点と重みのとり方による積分計算の比較	72
表 3-2-1 C D C の角度分割と重み	73
表 3-2-2 E Q U A L "	73
表 3-2-3 S G "	74
表 3-2-4 M S G "	75
表 3-2-5 D G "	76
表 3-2-6 R D G "	77
表 3-2-7 M Z A炉心セル(C11-1A)におけるセル計算の実効増倍率	78
表 3-2-8 M Z A炉心セル(C11-1A)における1次元球体系拡散計算 の実効増倍率	78
表 3-3-1 メッシュサイズの影響—セル計算— (MZA)	79
表 3-3-2 メッシュサイズの影響—球計算— (MZA)	79
表 3-4-1 セルからの中性子の漏れの評価法 (MZA)	79
表 3-4-2 B ² ならびにDB ² (ケース5) (MZA)	80
表 3-5-1 M Z A非均質効果の検討 2次元RZ11群拡散計算の実効増 倍率	80
表 3-5-2 拡散係数の違いによる効果 (MZA)	81
表 3-6-1 Aの違いが非均質系ミクロ定数におよぼす影響 (MZA)	82
表 3-6-2 M Z A非均質効果(共鳴の自己しゃへい効果のみ) (MZA)	83

表 3-7-1	セル平均 マクロ定数(非均質系)(MZA)	84
表 3-7-2	セル平均 マクロ定数(均質系)(MZA)	86
表 4-1-1	MZA As-built 体系における反応率分布	127
表 4-1-2	MZB "	128
表 4-1-3	MZA RZ 体系における径方向反応率分布	130
表 4-1-4	" 軸方向 "	131
表 4-2-1	減速断面積の比較(MZA)	132
表 4-2-2	減速断面積の違いによるスペクトル(MZA)	133
表 4-2-3	減速断面積の効果による反応率分布への影響(MZA)	134
表 4-3-1	縮約領域のとり方が反応率分布へおよぼす影響(2次元RZ体系)(MZA)	135
表 4-3-2	" " " (1次元球体系)(MZA)	136
表 4-4-1	反応率分布に対する輸送効果 (MZA)	136
表 4-4-2	" " " (MZB)	137
表 4-5-1	反応率分布に対する非均質効果 (MZA)	138
表 4-5-2	" " " (MZB)	139
表 4-6-1	核分裂スペクトルの空間依存性の効果 (MZB)	140
表 4-7-1	反応率分布におけるエネルギー群数の効果 (MZB)	141
表 4-8-1	エネルギー毎のアルベドの値 (MZA)	142
表 4-8-2	外部境界条件が反応率分布に与える影響 (MZB)	143
表 4-9-1	モデルのとり方による反応率分布の比較 (MZB)	144
表 4-10-1	反応率分布に与えるメッシュ数の影響 (MZA)	145
表 4-11-1	バックリング効果の検討で使用したバックリングの値 (MZA)	146
表 4-11-2	反応率分布に与えるバックリングの影響 (MZA)	147
表 4-12-1	第一飛程での衝突数の全衝突数との比 (β) (MZB)	148
表 4-12-2	内部境界近傍での反応率分布 —Pu239核分裂率分布— (MZB)	148
表 4-12-3	" " " —U-238中性子捕獲率分布— (MZB)	150
表 4-13-1	反応率分布の詳細検討 (MZA)	151
表 4-13-2	" " " (MZB)	152
表 4-13-3	反応率分布の実験値と計算値との比較 (MZA)	153
表 4-13-4	" " " (MZB)	185

表 5-1-1	MZB-1 S、MZB-2 S、MZB-3 S の実効増倍率	185
表 5-1-2	径方向反応率分布 MZB-1 S	186
表 5-1-3	軸方向 " "	188
表 5-1-4	径方向 " MZB-2 S	190
表 5-1-5	軸方向 " "	192
表 5-1-6	径方向 " MZB-3 S	194
表 5-1-7	軸方向 " "	196
表 5-1-8	MZB-1 S、MZB-2 S、MZB-3 S の反応率分布の比率	198
表 6-1-1	FCA VI-1 炉心実効増倍率および中心物質反応度価値の解析結果	207
表 6-1-2	密度係数の解析 (FCA VI-1)	207
表 6-2-1	標準断面積セットによる中心物質反応度価値 (FCA VI-1)	208

図　リ　ス　ト

図 1-1-1	2次元円柱計算体系 (MZA) -----	27
図 1-1-2	1次元等価球体系 (MZA) -----	28
図 1-1-3	数個のメッシュ数による 1次元円柱体系 (MZA) -----	29
図 1-1-4	メッシュ効果が実効増倍率に与える影響 (MZA) -----	30
図 1-1-5	S_n の次数 N による実効増倍率曲線 (MZA) -----	31
図 1-3-1	炉心中心での中性子束スペクトル (MZA) -----	32
図 1-3-2	径方向プランケット中心での中性子束スペクトル (MZA) -----	33
図 1-3-3	軸方向 " " (MZA) -----	34
図 1-3-4	炉心中心での中性子インポータンススペクトル (MZA) -----	35
図 1-4-1	炉心半径による実効増倍率の変化曲線 (MZA) -----	36
図 1-6-1	エッヂ・ワース計算のための 1次元円柱体系 (MZA) -----	37
図 1-8-1	非均質系板状サンプル反応度価値計算体系 (MZA) -----	38
$\left[\begin{array}{l} \text{Pu MkV(18), PuMkIII(18), PuMkII(18)} \\ \text{Pu MkV(11), 93\% \text{enrich U}^{235}} \end{array} \right]$		
図 1-8-2	非均質系板状サンプル反応度価値計算体系 (MZA) -----	39
$\left[\begin{array}{l} \text{PuMkIII} \leftrightarrow \text{PuMkV, PuMkII} \leftrightarrow \text{PuMkV} \\ \text{UO}_2, \text{dUO}_2, \text{Na, SS} \end{array} \right]$		
図 1-8-3	非均質系板状サンプル反応度価値計算体系 (MZA) -----	39
T a		
図 1-8-4	非均質系板状サンプル反応度価値計算体系 (MZA) -----	40
B-10		
図 1-9-1	ナトリウム・ボイド反応度価値、ボイド領域 A~D (MZA) -----	41
図 2-1-1	2次元円柱体系 (MZB) -----	63
図 2-1-2	1次元円柱計算体系 (MZB) -----	64
図 2-1-3	1次元板状計算体系 (MZB) -----	64
図 2-6-1	径方向出力分布 (MZB) -----	65
図 2-6-2	軸方向出力分布 (MZB) -----	66

図3-1-1	角度の分割法(16分点の場合)	88
図3-2-1	MZA炉心セル(C11-1A)プレート配置図	89
図3-2-2	セル内中性子束分布 S-16 (第1群)(MZA)	90
図3-2-3	" S-32 "	(MZA) 91
図3-2-4	" DG "	(MZA) 92
図3-2-5	" RDG "	(MZA) 93
図3-2-6	" S-16 "	(第7群)(MZA) 94
図3-2-7	" S-32 "	(MZA) 95
図3-2-8	" DG "	(MZA) 96
図3-2-9	" RDG "	(MZA) 97
図3-2-10	" S-16 "	(第13群)(MZA) 98
図3-2-11	" S-32 "	" (MZA) 99
図3-2-12	" DG "	" (MZA) 100
図3-2-13	" RDG "	" (MZA) 101
図3-2-14	" S-16 "	(第19群)(MZA) 102
図3-2-15	" S-32 "	" (MZA) 103
図3-2-16	" DG "	" (MZA) 104
図3-2-17	" RDG "	" (MZA) 105
図3-2-18	中性子束角度分布 (第1群)(MZA)	106
図3-2-19	" (第4群)(MZA)	107
図3-2-20	" (第16群)(MZA)	108
図3-2-21	" (第19群)(MZA)	109
図3-3-1	角度分割の方法と非均質効果(MZA)	110
図3-4-1	セルからの中性子の漏れの評価法による非均質効果の違い(MZA)	111
図3-7-1	均質な体系での炉心スペクトルとの比較(MZA)	112
図3-7-2	Pu-239 セル内反応率分布(MZA)	113
図3-7-3	U-238 "	(MZA) 114
図3-7-4	Na "	(MZA) 115
図4-1-1	MZA As-built 計算体系	154
図4-1-2	MZA 1次元定数縮約用体系	155

図 4-1-3 M Z B A s-built 計算体系	156
図 4-1-4 M Z B 1 次元定数縮約用体系	157
図 4-1-5 M Z A X Y 体系と R Z 体系における反応率分布の比較	158
図 4-1-6 M Z B " "	160
図 4-1-7 X Y 体系と R Z 体系の反応率分布の比較 (M Z B - N U - セクタ 一方向 Pu 239 Fission)	162
図 4-1-8 X Y 体系と R Z 体系の反応率分布の比較 (M Z B - N U - セクタ 一方向 U 238 Fission)	163
図 4-2-1 中性子束スペクトル減速断面積の効果 (M Z A)	164
図 4-2-2 中性子束微細スペクトル (M Z A)	165
図 4-3-1 M Z A 体系 11 領域分割の図	166
図 4-3-2 M Z A 11 領域分割 1 次元球体系	167
図 4-3-3 粗い領域分割による 2 次元円柱計算体系 (M Z A)	168
図 4-3-4 細い " " " (M Z A)	169
図 4-3-5 M Z A 体系 6 領域分割の図	170
図 4-3-6 M Z A 6 領域分割 1 次元球体系	171
図 4-4-1 輸送計算用 1 次元円柱体系 (M Z A)	172
図 4-4-2 " " " (M Z B)	172
図 4-4-3 輸送計算と拡散計算による反応率分布の比較 (M Z A)	173
図 4-4-4 " " " (M Z B)	174
図 4-7-1 反応率分布のエネルギー群数による効果 (Pu239Fission) (M Z B)	175
図 4-7-2 " " " (U238Fission) (M Z B)	176
図 4-8-1 アルベド計算用体系 (M Z A)	177
図 4-12-1 内部境界近傍における反応率分布 — Pu239 核分裂率分布 — (M Z B)	178
図 4-12-2 " " " — U238 中性子捕獲率分布 — (M Z B)	179
図 4-13-1 反応率分布の実験値と計算値との比較 (M Z A)	181
図 4-13-2 " " " (M Z A)	182
図 4-13-3 " " " (M Z B)	182
図 4-13-4 " " " (M Z B)	183
図 5-1-1 M Z B 2 次元 R Z 計算体系	199
図 5-1-2 M Z B 1 次元定数縮約用体系	200

まえがき

この報告書は、動力炉・核燃料開発事業団と、三菱原子力工業㈱との契約により、「もんじゅ」の模擬実験である、モーツアルト計画の、MZA炉心およびMZB炉心を解析した成果をまとめたものである。

もんじゅ、二次、三次設計においては、弊社は幹事会社を拝命しているが、その点からも「もんじゅ」の設計に本報告書が貢献するように心掛けた。

第1章 MZ-A 廉心の解析

§ 1-1	臨界性	3
§ 1-2	中性子バランス	5
§ 1-3	中性子スペクトル	5
§ 1-4	形状因子	5
§ 1-5	軸方向バックリング	5
§ 1-6	エツヂ・ワース	6
§ 1-7	中心反応率比	6
§ 1-8	中心物質反応度ワース	6
§ 1-9	ナトリウムボイド係数	7
§ 1-10	不純物 A_g の効果	7
§ 1-11	ENDF/B-IIIによる解析	8

§ 1-1 臨界性

二次元 RZ 形状 11 群拡散計算により、実効増倍率を求めた。計算に用いた円柱体系は第 1-1-1 図である。26 群から 11 群への定数縮約には、炉心部、プランケット部、しゃへい体の各領域の体積を保存した球体系の炉心部に対してのみ 0.9169 の形状因子を考慮した第 1-1-2 図のモデルを採用した。

使用した核種は、U235、Pu239、U238、Pu240、C、 \bar{O} 、Na、Fe、Cr、Cu、Pu241、Pu242、Mo、Mn、Ni、Al、H、Si、Ag¹⁰⁷、Ag¹⁰⁹ の 20 核種であり、その他はすべて無視した。

核分裂スペクトルは炉心部、プランケット部共に ABBN の $\bar{\nu} = 2.8$ に対応したものを使用した。以上の手法により求めた二次元円柱均質系の実効増倍率に対し、以下の補正を行つた。解析に用いた定数セットは ABBN 型の MICCS 5.2 セットである。

1) 群数縮約の効果

1 次元等価球体系の計算により、11 群から 26 群への反応度変化は $-0.03\% \triangle k$ である。

2) 核分裂スペクトルの効果

MZ A 炉心では、炉心部の $\bar{\nu} = 2.9$ であり、プランケット部の $\bar{\nu} = 2.6$ である。先に述べたように標準計算による $\bar{\nu} = 2.8$ に対応したスペクトルを炉心部、プランケット部共に用いた計算と比較したところ、反応度変化は $+0.05\% \triangle k$ である。但し、検討は 1 次元等価球体系によつて行つた。

3) メッシュ数効果

第 1-1-3 図に示した、101、67、35、17 メッシュ数の 4 ケースについて、1 次元円柱体系により、実効増倍率を求め、メッシュの影響を検討した。第 1-1-1 表および第 1-1-4 図がその結果である。その結果から二次元円柱モデルで採用した、 32×28 メッシュから無限メッシュ数への補正值を外挿して求めると、 $+0.06\% \triangle k$ となる。

4) 無視した核種の効果

先に述べた 20 核種以外の無視した核種が反応度へおよぼす影響は、その効果が小さい事が予想されるため、他社の結果を引用した。日立・東芝・住友三社の結果より核種を無視した効果は、 $-0.13\% \triangle k$ を見積つた。

5) 原子数密度の補正

M Z B の結果を引用した。

6) 減速断面積の効果

減速断面積の評価を、第 1 式の ABBN による第 1 近似値を使用した場合と、軽い核の弾性散乱の巾広い共鳴およびその非等方性を考慮して微細なスペクトル計算を行つて求めた場合とで、反応度の違いを計算した。

$$\langle \sigma d \rangle_e = \frac{f e \sigma_e \xi}{\Delta u} \quad (1)$$

計算は、1 次元等価球体系にて行い、C、O、Na、Fe、Cr、Ni の 6 核種の散乱断面積を 1,861 群の微細スペクトル計算において考慮した。用いた断面積データは、ENDF/B Version I である。これを ETOE でプロセスし、P₄ 成分までの非等方性を考慮した。減速項の効果として、反応度への寄与は -0.6%△k である。減速断面積についてより詳しい検討は § 4-2 で述べる。

7) 輸送補正

1 次元等価球体系により、S_n - 11 群計算を行い、拡散計算との比較かつ補正值を求めた。N の次数については 4、8、12、16 の 4 ケースを検討した。結果を第 1-1-5 図に示す。これより S_∞ へ外挿し、△k_{trans} = 0.69%△k を得た。補正には S₄ の値を用いた。

8) 非均質効果

詳しくは、第 3 章非均質効果の詳細検討の項で論じたので、ここでは概略と結果について記す。

二次元 RZ 形状 11 群拡散計算を、均質系の組成と非均質系の組成とで、それぞれ行い、両者の実効増倍率の直接な比較から非均質効果△k_{hetero} を求めた。

非均質系の組成に対してセル平均マクロ定数の作成は、以下の過程で行つた。

- ① 等価原理により、プレート状の非均質性を考慮した各プレートの実効断面積を作成する。
- ② 1 次元板状体系 26 群輸送計算によりセル内の中性子束分布の微細構造を求める。
- ③ 中性子束および体積を重みにして、反応率を保存した、セル平均の実効マクロ断面積を求める。但し、非均質系の拡散係数は、Benoist の定義によ

るものを採用したが、その他の定義のものについては第3章で述べる。

得られた結果は非均質効果 Δk_{hetero} として +1.14% Δk である。

MZA 体系の臨界性およびその補正値として得られた結果を第 1-1-2 表

にまとめた。

§ 1-2 中性子バランス

各領域毎の中性子バランスを求め、表 1-2-1 に示した。

S_j 、 A_j 、 L_j は (1-2-1) 式～(1-2-3) 式で計算した。

$$S_j = \frac{1}{k_{eff}} \int_{V_j} \int_E \nu \Sigma f_j \phi dE dV \quad (1-2-1)$$

$$A_j = \int_{V_j} \int_E \Sigma a_j \phi dE dV \quad (1-2-2)$$

$$L_j = - \int_{V_j} \int_E D_j V \phi dE dV \quad (1-2-3)$$

また表 1-2-2 は、より細かい領域で求めた中性子バランスである。第 1-1-1 図において C11-1 A 組成を使つた領域で、各元素毎の中性子バランスを表 1-2-3 にまとめた。表 1-2-4、表 1-2-5 は、各領域毎、各元素毎の中性子バランスである。

§ 1-3 中性子スペクトル

炉心中心、径方向ブランケット中心、軸方向ブランケット中心の 3 点における中性子スペクトルおよび炉心中心での中性子インポータンス・スペクトルを求め、表 1-3-1 および図 1-3-1、1-3-2、1-3-3、1-3-4 に示した。

§ 1-4 形状因子

ブランケット部としやへい体部の厚さを固定した、1 次元球形モデルで炉心半径を変化させて、実効増倍率の変動を調べた。第 1-4-1 図が得られた結果である。その変曲線から 2 次元円柱計算と同一の実効増倍率を与える等価半径を求めた。等価球と等体積球との体積比から、形状因子は 0.9169 である。

§ 1-5 軸方向バックリング

二次元 RZ 形状 11 群拡散計算で得られた中性子束分布から、領域およびエネ

ルギーに依存した軸方向バックリングを求めた。中性子束分布の勾配は、軸方向ブランケットと炉心境界面上の点およびその1つ内点の2点から求めている。得られた結果を表1-5-1に示す。

§ 1-6 エッヂ・ワース

第1-6-1図に示した1次元円柱体系により、 $(\Delta k/k) (\Delta M/M)$ を求めた。炉心部を境界の外側へ拡大した際に生じる反応度変化から、エッヂ・ワースを算出したところ、 $(\Delta k/k) (\Delta M/M) = 5,457$ である。

§ 1-7 中心反応率比

2次元R-Z円柱11群拡散計算による炉心中心の中性子束から中心反応率比を求めた。結果表1-7-1に示す。また、各領域での増殖比を求め、表1-7-2に結果をまとめた。

§ 1-8 中心物質反応度ワース

i) 均質系の中心物質反応度価値

1次元等価球体系による26群拡散計算を基にした、1次摂動理論により、中心物質反応度価値を求め、結果を表1-8-1にまとめた。

ii) 非均質系の中心物質反応度価値

11群S₁₆セル計算による中性子束を重みにして、セル平均のマクロ定数を作成した。セル計算を行なう際の各プレートのマクロ定数は、均質等価球体系での1次元26群縮約拡散計算による炉心平均のスペクトルを用いて縮約した11群の実効マクロ断面積及び、各プレートの原子数密度から求めた。

従つてセル平均の実効断面積に現われる非均質性はセル内での中性子束の微細構造によるもののみであり、共鳴自己遮へいのもつ非均質性は考えていない。

サンプル・ワースは2次元R-Z均質体系11群拡散計算の中性子束と中性子インボータンスを用いた1次摂動理論で求めた。非摂動時及び摂動時それぞれ非均質性を考慮したセル平均マクロ定数の差 $\delta \Sigma$ を炉心中心領域での摂動とみなしてワースの解析を行なつた。セル計算を行なつた体系を第1-8-1～1-8-4図に示す。ほぼ近似的に対称とみられるものについては、対称性

を考慮して第1-8-2図のような近似体系に置きかえた。また、B-10及び、Taのような強い吸収体に対してもサンプル近傍以外の非均質性は2次的な効果とみて第1-8-3図および第1-8-4図のような体系をとつた。Taの共鳴自己遮へい因子は、第1-8-3図の各状態でセル内で均質化した組成に対するものをとつた、得られた結果を表1-8-2に示す。

§ 1-9 ナトリウム・ボイド反応度価値

図1-9-1に示した領域A、B、C、DおよびA～D計5ケースのナトリウムボイド反応度価値を求めた。

計算法は、(1)、2次元RZ体系11群拡散計算の直接比較および(2)、2次元RZ体系11群拡散計算(非ボイド時)を基にした、1次摂動理論によるものの両方で行つた。またさらに中心領域Aについては、1次元等価球体系により、(3)、直接計算および(4)、1次の摂動計算の2方法でボイド反応度を求めた。但し、等価球体系では、ボイド領域Aとして形状因子を見込んだものを使用した。計算はすべて均質系として取り扱つた。ボイド領域で用いる実効断面積は、それぞれ各領域がボイドの際得られるスペクトルにより縮約したものを使つた。A領域の縮約ミクロ定数は、1次元円柱体系の径方向計算により、また、B、C、D領域のそれは、1次元板状体系の軸方向の計算により求めている。ここで、拡散係数Dは中性子束を重みにして、次式により縮約した。

$$D^I = \frac{\int_{i \in I} D_i \phi_i \Delta u_i}{\int_{i \in I} \phi_i \Delta u_i}$$

I : 少数群
i : 多数群

表1-9-1は、得られた結果である。表1-9-2にボイド領域Aの1次摂動計算で得られた、各エネルギー群の値をまとめた。表1-9-3はボイド領域Cについての2次元摂動計算の結果である。表1-9-4～表1-9-9、各ケースのボイド時の中性子束スペクトルである。

* S16 (Re-double Gauss 4, 4, 4, 4)

§ 1-10 不純物 A_f による反応度への効果

等価球体系により、 A_f が含まれる場合と A_f が含まれない場合との比較から、この不純物が反応度へ与える影響を調べた。 A_f の定数はENDF/B-IIIを使

用した。これには $A_g 107$ 、 $A_g 109$ が含まれており、天然 A_g の同位体存在比を割りあてた。結果は、 $-0.31\% \Delta k$ である。

§ 1-1-1 ENDF/B-IIIによる解析

ENDF/B-III より ET \bar{O} X コードで処理した ABBN 型炉定数セットにより、MZA 炉心の解析を行なつた。1 次元等価球体系 26 群拡散計算により求めた炉物理量を表 1-1-1 にまとめた。但し、 k_{eff} は拡散計算から求めた値そのままであり、輸送その他の補正は入っていない。

表 1-1-1 メッシュ数による実効増倍率 (MZA)

—1次元円柱体系—

メッシュ数	実効増倍率
101	0.990262
67	0.990011
35	0.989625
17	0.985927

表 1-1-2 MZA 炉心の臨界性およびその補正量

○ 2 次元円柱体系均質 11群拡散計算の実効増倍率	0.986847
○ 補 正 値 in (% △ k) unit	
i) 群 数 縮 約 11群 → 26群	-0.03
ii) 核分裂スペクトル効果	+0.05
iii) メッシュ数効果	+0.06
iv) 無視した核種による効果*	-0.13
v) 原子数密度の補正**	+0.13
vi) 減速断面積の評価法***	(-0.60)
vii) 輸送効果 (S4)	+0.79
viii) 非均質効果	+1.14
全 補 正 量	+2.01
補正した実効増倍率 C	1.00695
MZA 臨界性実験値 E	1.0106
実験値と計算値との比	C/E = 0.9964

* 他社の結果から引用した。

** MZB の計算結果から引用した。

*** 設計では考慮していないので補正からはずした。

表 1-2-1 中性子バランス (MZA) (大きな領域)

region	Sj	Aj	Lj
1 Core	0.9129	0.5536	0.3351
2 Inner R·BL	0.0605	0.2191	-0.1152
3 Outer R·BL	0.0084	0.0405	-0.0251
4 Ax·BL	0.0182	0.0693	-0.0431
5 Refl	0.0	0.0029	-0.0023
6 Plenum	0.0	0.0021	0.0008
Sum	1.0000	0.8875	0.1548

(normalized to $\sum_j S_j = 1.0$)

Comment : Leakageを求める際の $\text{grad} \phi$ は領域の境界点およびその一つ内側の点とから求めた。

表1-2-2 中性子バランス (MZA) (小さな領域)

region	S j	A j	L j
C11-1A	0.2591	0.1540	0.0964
C11-1B	0.2156	0.1289	0.0801
C11-1C	0.2811	0.1710	0.1035
C11-1D	0.1569	0.0996	0.0551
B11-3	0.0566	0.2010	-0.1125
B11-3A	0.0039	0.0182	-0.0027
B11-1	0.0052	0.0189	-0.0119
B11-1A	0.0131	0.0503	-0.0312
B11-4	0.0076	0.0370	-0.0237
B11-4A	0.0008	0.0038	-0.0014
Ref1	0.0	0.0029	0.0023
Plenum	0.0	0.0021	0.0008

表1-2-3 C11-1 A領域での核種毎の中性子バランス
(MZA)

element	S j i	A j i
U ²³⁵	0.005080	0.002583
U ²³⁸	0.02551	0.047865
Pu ²³⁹	0.20632	0.084551
Pu ²⁴⁰	0.01259	0.007194
Pu ²⁴¹	0.009374	0.003602
Pu ²⁴²	0.000265	0.000155
C	0.0	0.000006
O	0.0	0.000453
Na	0.0	0.000453
Cr	0.0	0.001274
Fe	0.0	0.003815
Ni	0.0	0.001256
Al	0.0	0.000002
B ¹⁰	0.0	0.000001

表1-2-4 個々の核種からの吸収項 (A_j)への寄与 (MZA)

Region Element	1	2	3	4	5	6	7
U ²³⁵	5.530319-4	2.052631-3	2.189942-3	2.959242-3	1.798291-3	1.346597-2	1.489562-3
Pu ²³⁹	1.812440-2	6.716216-2	7.045150-2	9.397721-2	5.510738-2	0.0	0.0
U ²³⁸	1.026087-2	3.802096-2	4.035005-2	5.346749-2	3.075466-2	1.758392-1	1.574407-2
Pu ²⁴⁰	1.543033-3	5.713161-3	6.521683-3	8.157387-3	4.643582-3	0.0	0.0
O	1.316494-6	4.861350-6	5.100053-6	6.393645-6	3.045800-6	2.628249-5	1.276594-6
O	9.728700-5	3.591615-4	3.759805-4	4.704783-4	2.232742-4	1.445308-8	1.709451-9
Na	9.669883-5	3.601059-4	3.852397-4	5.318681-4	3.343583-4	1.095955-3	1.144207-4
Fe	8.176446-4	3.031017-3	3.246978-3	4.316512-3	2.502149-3	8.435369-3	7.657805-4
B ¹¹	5.050507-12	1.864651-11	0.0	0.0	0.0	1.139636-11	0.0
Cr	2.726323-4	1.012416-3	1.077893-3	1.456850-3	8.771943-4	2.385147-3	1.483331-4
Cu	1.565497-4	5.829909-4	6.278281-4	8.688725-4	5.488016-4	3.856792-5	2.134629-6
Pu ²⁴¹	7.713439-4	2.861914-3	3.599569-3	4.702829-3	2.864314-3	0.0	0.0
Pu ²⁴²	3.317020-5	1.229417-4	1.582626-4	1.963347-4	1.165695-4	0.0	0.0
Mo	8.452830-6	3.151360-5	3.407364-5	4.790189-5	3.197807-5	1.753599-4	9.006512-6
Ni	2.697462-4	9.968686-4	1.035302-3	1.330438-3	7.038245-4	1.251654-3	6.210450-5
B ¹⁰	1.634599-7	6.083794-7	0.0	0.0	0.0	2.031983-6	0.0
A1	4.373973-7	1.617443-6	1.693934-6	2.201728-6	1.166263-6	3.573168-6	9.232508-8
H	2.634686-9	9.936375-9	2.374540-8	4.774838-8	2.047127-8	6.446527-8	1.556549-8
Ta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	3.300675-2	1.223144-1	1.300607-1	1.724916-1	1.005102-1	2.027190-1	1.833678-2

表 1-2-4 (つづき)

Region Element	8	9	10	11	12	13	14
U ²³⁵	0.0	1.184940-3	3.220955-3	2.844468-3	3.427810-4	0.0	0.0
Pu ²³⁹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
U ²³⁸	0.0	1.605955-2	4.260454-2	3.182898-2	3.283667-3	0.0	0.0
Pu ²⁴⁰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C	0.0	1.858717-6	4.512185-6	1.238433-6	1.104237-7	1.590476-8	8.233372-10
O	0.0	2.836606-9	2.092600-8	2.199037-5	1.530458-6	0.0	0.0
Na	0.0	1.964088-4	5.309789-4	3.400058-6	7.400229-8	2.456324-6	0.0
Fe	2.913964-3	1.004890-3	2.667897-3	1.622034-3	1.684388-4	1.556735-3	8.239600-5
B ¹¹	0.0	2.231039-12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cr	0.0	4.039027-4	1.077631-3	1.691838-4	0.0	1.163502-4	0.0
Cu	0.0	6.451057-6	1.761860-5	4.997323-6	1.089558-7	2.898993-6	0.0
Pu ²⁴¹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu ²⁴²	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mo	0.0	2.741463-5	7.630867-5	2.427347-5	0.0	2.016297-5	0.0
Ni	0.0	2.222742-4	5.695238-4	7.819246-5	0.0	5.290263-5	0.0
B ¹⁰	0.0	3.802812-7	0.0	2.028232-4	2.625823-5	0.0	0.0
Al	0.0	5.684827-6	1.471154-6	2.337733-4	2.133621-5	2.715460-4	1.349116-5
H	0.0	1.045746-8	4.921890-8	2.644682-7	3.889489-8	0.0	0.0
Ta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	2.913964-3	1.910863-2	5.077149-2	3.703559-2	3.844343-3	2.023068-3	9.588797-5

表1-2-5 個々の核種からの成生項(S_j)への寄与(MZA)

Region Element	1	2	3	4	5	6	7
U ²³⁵	1.088141-3	4.035763-3	4.296251-3	5.763885-3	3.440084-3	2.441997-2	2.610210-3
Pu ²³⁹	4.427295-2	1.638389-1	1.711667-1	2.254197-1	1.279243-1	0.0	0.0
U ²³⁸	5.489081-3	2.024753-2	2.115312-2	2.640238-2	1.263358-2	3.264684-2	1.322051-3
Pu ²⁴⁰	2.708720-3	9.990845-3	1.129140-2	1.352783-2	6.813154-3	0.0	0.0
C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ¹¹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu ²⁴¹	2.008241-3	7.447261-3	9.352289-3	1.216016-2	7.325150-3	0.0	0.0
Pu ²⁴²	5.705564-5	2.103641-4	2.665271-4	3.120229-4	1.555784-4	0.0	0.0
Mo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ni	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ¹⁰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Al	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	5.562418-2	2.057705-1	2.175261-1	2.835858-1	1.582917-1	5.706681-2	3.932260-3

表1-2-5(つづき)

Region Element	8	9	10	11	12	13	14
U ²³⁵	0.0	2.159642-3	5.835082-3	5.022824-3	5.932443-4	0.0	0.0
Pu ²³⁹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
U ²³⁸	0.0	3.084921-3	7.334072-3	2.684295-3	1.869840-4	0.0	0.0
Pu ²⁴⁰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Na	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fe	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ¹¹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Cu	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu ²⁴¹	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu ²⁴²	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ni	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B ¹⁰	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Al	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ta	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	0.0	5.244561-3	1.316915-2	7.707119-3	7.802283-4	0.0	0.0

表1-3-1 代表的な点での中性子束スペクトル(MZA)

position group	*1 adjoint flux $\phi^+(u)$	flux [$\phi \Delta u$]		
		core centre (0, 0)	core centre (0, 0)	R. BL (23, 0)
1	1.197	0.0149	0.0052	0.0042
2	1.185	0.1028	0.0389	0.0345
3	1.040	0.2539	0.1661	0.1602
4	1.000	0.3158	0.2757	0.2847
5	0.9747	0.2021	0.2514	0.2542
6	0.9726	0.0778	0.1411	0.1329
7	1.093	0.0234	0.0647	0.0695
8	1.291	0.0085	0.0407	0.0433
9	1.354	0.0007	0.0131	0.0135
10	1.130	0.00004	0.0028	0.0028
11	1.076	0.000001	0.0004	0.0003
$[\sum \phi \Delta u] g$	—	1.0	1.0	1.0
$[\sum_j \phi \Delta u] g^2$	—	1.0	0.218	0.206

(normalized to $\text{Sum}[\phi \Delta u]g = 1.0$ at each point)*1 $\phi^+(u)$: normalized to 4th group $\phi^+(u) = 1.0$

*2 relative to core centre

表1-5-1 軸方向バックリング

単位 (10^{-4})

region Group	Core				Inner R. BL		Ref
	1	2	3	4	1	2	
1	10.406	10.468	10.604	10.536	5.873	4.807	9.568
2	9.490	9.545	9.654	9.586	5.627	4.586	9.289
3	7.345	7.367	7.370	7.095	4.857	4.576	9.162
4	5.741	5.735	5.697	5.568	4.427	4.254	8.613
5	4.323	4.315	4.307	4.364	4.015	3.864	7.850
6	2.582	2.602	2.689	3.037	3.227	2.697	6.338
7	-3.266	-3.161	-2.566	-0.5066	4.107	3.465	6.410
8	-9.074	-8.649	-6.932	-3.015	3.485	3.561	6.698
9	-54.155	-51.526	-39.862	-17.576	2.891	3.506	6.627
10	-159.21	-147.24	-93.840	-30.769	2.795	3.647	6.556
11	-349.96	-323.07	-177.20	-45.506	3.030	3.892	6.540
B_r^2 *	6.324	6.312	6.255	6.013	4.378	3.946	7.592

* B_r^2 エネルギーに依存しないもの。

表 1-7-1 中心反応率比 (MZA)

reaction	calculation	experiment (C/E)
σ_{f8}/σ_{f5}	0.03361	$0.03348 \pm 0.5\% r \pm 0.8\% s (1.00)$ *
σ_{f5}/σ_{f9}	1.016	$0.9907 \pm 0.7\% r \pm 0.9\% s (1.03)$ *
σ_{f0}/σ_{f9}	0.2620	$0.2565 \pm 1.1\% r \pm 1.6\% s (1.02)$ *
σ_{f1}/σ_{f9}	1.292	$1.279 \pm 0.9\% r \pm 2.8\% s (1.01)$ *
σ_{f8}/σ_{f9}	0.1401	$0.1274 \pm 0.9\% r \pm 1.1\% s (1.10)$ **
$\sigma_{cB10}/\sigma_{f9}$	1.266	()
σ_{c5}/σ_{f9}	0.2641	()
σ_{c9}/σ_{f9}	0.2080	()
$\langle\sigma_f5\rangle$	1.821	()

comment * measured by fission chamber

** measured by foil

表 1-7-2 増殖率 (MZA)

region	B. R _j
Core	0.4400
R. BL	0.6072
AX. BL	0.1562
Sum	1.2034

$$BR_j = \frac{\int_{V_j} \int_E \Sigma_{c_j}^{\text{fertile}} \phi dE dv}{\sum_{j=1,3} \int_j V_j \int_E \Sigma_a^{\text{fissile}} \phi dE dv}$$

表1-8-1 中心物質反応度値 (MZA) 均質系、1次元球体系

element	$(\Delta k/k)/\text{mol}$ scattering					(barn) σ_p	experiment $(\Delta k/k)/\text{mol}$	(C/E)
	total	fission	absorption	el. scatt	inelas. scatt			
Pu ²³⁹	1.128-3	1.837-3	-7.005-4		-7.782-6	3.535		
Pu ²⁴⁰	2.222-4	4.970-4	-2.666-4		-8.086-6	6.963-1		
Pu ²⁴¹	1.529-3	2.406-3	-8.668-4		-1.014-5	4.791		
U ²³⁵	8.097-4	1.559-3	-7.404-4		-8.574-6	2.537		
U ²³⁸	-5.726-5	5.951-5	-1.017-4		-1.503-5	-1.794-1		
Fe	-7.132-6	0.0	-3.315-6		-3.817-6	-2.234-2		
Ni	-1.142-5	0.0	-8.789-6		-2.631-6	-3.578-2		
Cr	-7.545-6	0.0	-3.990-6		-3.555-6	-2.364-2		
Mo	-4.694-5	0.0	-3.811-5		-8.835-6	-1.471-1		
O	-1.982-6	0.0	-2.755-8		-1.954-6	-6.209-3		
Na	-2.953-6	0.0	-5.949-7		-2.136-6	-9.251-3		
O	-2.705-6	0.0	-5.696-7		-2.136-6	-8.475-3		
B ¹⁰	-7.374-4	0.0	-7.342-4		-3.266-6	-2.310		
Ta	-2.469-4	0.0	-2.322-4		-1.970-5	-7.735-1		

conversion factor $[\phi * \phi] / \text{DENOM} = 5.2979 - 4$ $k_{\text{eff}} = 0.9914$ kinetics parameters $\beta_{\text{eff}}\% = 0.3291$ $t_p(\mu\text{sec}) = 0.3767$ $1\% \Delta k/k = 0.001043 \text{ I}_h$

表1-8-2 中心物質反応度価値(MZA) 非均質系、2次元円柱

	Sample Weight(g)	Reactivity Change($10^{-4} \Delta k/k$) Measured	Calc. G/E
Pu V plate replacing can(18)a)	76.24	2.911 ± 0.010	1.03
Pu II plate replacing can(18)	71.36	3.077 ± 0.010	1.01
Pu III plate replacing can(18)	71.63	2.927 ± 0.010	1.03
Pu V plate (11)	76.26	2.940 ± 0.010	1.02
93%cnr. U235	147.7	4.189 ± 0.012	1.05
4 Pu III plates replacing Pu V plates		$+0.0483 \pm 0.010$	0.49
4 Pu II plates replacing Pu V plates		$+0.573 \pm 0.010$	1.01
Unit Cell(plates only)		4.405 ± 0.018	1.06
Unit Cell(sheath plus plates)		4.284 ± 0.035	1.06
4 UO ₂ plates	534.8	-0.960 ± 0.008	0.98
4 DUO ₂ plates, 160.2, 160.4, 160.9, 160.8		-1.160 ± 0.015	1.16
12 Na plates	141.5	-0.225 ± 0.011	0.73
372 gr steel	372.	-0.497 ± 0.007	1.18
1 Ta plate	134.2	-1.253 ± 0.010	1.07
2 Ta plates	266.5	-2.317 ± 0.012	1.10
B-10 in No. 2	0.681	-0.459 ± 0.011	1.01
B-10 in No. 3	1.388	-0.897 ± 0.012	1.01
B-10 in No. 4	2.421	-1.529 ± 0.010	0.99

a) position indication in Large Sample Changer unit cell.

表1-9-1 ナトリウムボイド反応度価値(MZA)

Model	Region	$(\Delta k/k_0) \times 10^4$	Notes
<u>Direct k #2)</u> 2D-Diff.,11G	A	2.647	#1) optional
	B #1)	-5.648-2	#2) normal core $k_0=0.9914$
	C	-3.760	convergence criterion $\epsilon = 1.0 \times 10^{-6}$
	D #1)	-3.532	
	A-D	-5.144	#3) normal core $k_0=0.9914$
<u>2D-PERT</u> 2D-Diff.,11G Perturbation	A #1)	2.881	radius(voided) $r_v=12.033\text{cm}$
	B #1)	1.361-1	radius(core) $r_c=49.825\text{mm}$
	C	-3.264	thickness(blanket) $t_b=37.467\text{mm}$
	D #1)	-2.842	thickness(reflector) $t_r=23.475\text{mm}$
	A-D #1)	-3.089	
1D-PERT #3) 1D-Diff.,11G	A		
1D-PERT#1,#3) 1D-Diff.,26G	A	2.690 2.814	

表1-9-2 ナトリウムボイド反応度値（MZA）領域A, (1次元球)

Group	COMPONENTS ($\Delta k/k \times 10^4$)				Net
	fission	absorption	moderation	leakage	
1	0.0	0.0414	0.0771	-0.0024	0.1162
2	0.0	0.0272	0.1886	-0.0104	0.2054
3	0.0	0.0094	0.4835	-0.0242	0.4687
4	0.0	0.0157	1.2368	-0.0595	1.1930
5	0.0	0.0103	0.6274	-0.0573	0.5805
6	0.0	0.0206	0.6472	-0.1337	0.5341
7	0.0	0.0289	0.3261	-0.0821	0.2728
8	0.0	0.0375	0.2107	-0.0482	0.1999
9	0.0	0.0457	0.1984	-0.0367	0.2074
10	-0.0134	0.0450	-0.0940	-0.0225	-0.0849
11	-0.0234	0.1078	-0.4395	-0.0149	-0.3699
12	-0.0276	0.1154	-0.4207	-0.0048	-0.3376
13	-0.1138	0.4619	-0.4996	-0.0066	-0.1581
14	-0.0594	0.2133	-0.3057	-0.0036	-0.1554
15	-0.0627	0.1292	-0.0927	-0.0012	-0.0273
16	-0.0501	0.0702	0.0155	-0.0004	0.0352
17	-0.0217	0.0290	-0.0010	0.0	0.0063
18	-0.0089	0.0102	0.0032	0.0	0.0045
19	-0.0014	0.0018	-0.0010	0.0	-0.0005
20	-0.0007	0.0007	0.0001	0.0	0.0001
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
SUM	-0.3829	1.4212	2.1606	-0.5086	2.6903

表1-9-3 ナトリウムボイド反応度価値 (MZA) 領域C(2次元円柱)

Group	COMPONENTS ($\Delta k/k \times 10^4$)				Net
	fission	absorption	moderation	leakage	
1	0.0027	0.0231	0.1163	-0.1472	-0.0051
2	-0.0014	0.0090	0.7330	-0.9190	-0.1784
3	-0.0487	0.0262	0.5206	-1.8247	-1.3266
4	0.0	0.0248	0.2672	-1.1255	-0.8335
5	-0.0163	0.0530	0.0321	-0.4740	-0.4052
6	-0.0313	0.1045	-0.3457	-0.1359	-0.4085
7	-0.3373	0.5053	-0.3490	-0.0092	-0.1902
8	-0.0363	0.0895	-0.0076	0.0158	0.0614
9	-0.0210	0.0275	0.0023	0.0106	0.0194
10	-0.0052	0.0052	0.0001	0.0020	0.0020
11	-0.0005	0.0006	0.0	0.0002	0.0003
SUM	-0.4954	0.8686	0.9692	-4.6068	-3.2644

表1-9-4 中性子束スペクトル・(ボイド領域A) (MZA)

Group	(0, 0) core centre	Voided		
		(0, 6) $r = 14.9\text{ cm}$	(0, 12) $r = 28.9\text{ cm}$	(0, 20) $r = 44.7\text{ cm}$
1	9.8939-6	8.8458-6	6.7582-6	2.8202-6
2	6.6773-5	6.0669-5	4.6305-5	1.9363-5
3	1.6607-4	1.5039-4	1.1432-4	5.5739-5
4	1.9769-4	1.8510-4	1.4325-4	7.8664-5
5	1.2520-4	1.1819-4	9.4015-5	5.9878-5
6	4.6790-5	4.5387-5	3.7476-5	2.8112-5
7	1.3564-5	1.3608-5	1.1665-5	1.0695-5
8	4.1804-6	4.8107-6	4.5042-6	5.4617-6
9	3.4997-7	4.1605-7	4.3204-7	1.1763-6
10	1.6058-8	2.1051-8	2.6777-8	1.9218-7
11	3.2820-10	5.8160-10	1.0193-9	2.0080-8

表1-9-4 (つづき)

Group	<u>Voided</u>			
	(6, 0) Z = 22.5 cm	(10, 0) Z = 33.8 cm	(23, 0) Z = 75.1 cm	(10, 6) r = 24.7, Z = 22.5 cm
1	8.0784-6	6.1423-6	1.2340-7	5.6520-6
2	5.5429-5	4.2126-5	1.0972-6	3.8727-5
3	1.3722-4	1.0452-4	6.8613-6	9.5919-5
4	1.6972-4	1.3216-4	1.4431-5	1.2143-4
5	1.0888-4	8.7246-5	1.4744-5	8.0530-8
6	4.2033-5	3.4796-5	8.4704-6	3.2323-5
7	1.2700-5	1.1019-5	4.8323-6	1.0292-5
8	4.5764-6	4.3593-6	3.4342-6	4.1171-6
9	4.0225-7	4.4136-7	1.2716-6	4.2058-7
10	2.0962-8	3.0942-8	3.1315-7	2.9742-8
11	6.0895-10	1.4155-9	4.9200-8	1.3647-9

表1-9-5 中性子束スペクトル(ポイド領域B) (MZA)

Group	<u>Voided</u>			
	(0, 0) core centre	(0, 6) r = 14.9 cm	(0, 12) r = 28.9 cm	(0, 20) r = 44.7 cm
1	9.5348-6	8.7692-6	6.7487-6	2.8186-6
2	6.5631-5	6.0329-5	4.6245-5	1.9851-5
3	1.6237-4	1.4901-4	1.1406-4	5.5688-5
4	2.0143-4	1.8518-4	1.4306-4	7.8592-5
5	1.2850-4	1.1873-4	9.3982-5	5.9834-5
6	4.9326-5	4.5897-5	3.7506-5	2.8097-5
7	1.4810-5	1.3870-5	1.1687-5	1.0691-5
8	5.2853-6	5.0285-6	4.5229-6	5.4608-6
9	4.5639-7	4.4004-7	4.3432-7	1.1760-6
10	2.2936-8	2.2538-8	2.6920-8	1.9213-7
11	6.3129-10	6.3499-10	1.0238-9	2.0073-8

表1-9-5 (つづき)

Group	Voided			
	(6, 0) Z=22.5 cm	(10, 0) Z=33.8 cm	(23, 0) Z=75.1 cm	(10, 6) r=24.7, Z=22.5cm
1	8.2681-6	6.2467-6	1.2373-7	5.6800-6
2	5.5890-5	4.2633-5	1.1001-6	3.8875-5
3	1.3842-4	1.0625-4	6.8826-6	9.6456-5
4	1.6688-4	1.3240-4	1.4468-5	1.2158-4
5	1.0686-4	8.7025-5	1.4775-5	8.0474-5
6	4.0697-5	3.4472-5	8.4852-6	3.2227-5
7	1.2133-5	1.0855-5	4.8394-6	1.0244-5
8	3.8268-6	4.1207-6	3.4378-6	4.0572-6
9	3.3675-7	4.1556-7	1.2727-6	4.1341-7
10	1.5626-8	2.9062-8	3.1337-7	2.9250-8
11	3.9269-10	1.3406-9	4.9233-8	1.3466-9

表1-9-6 中性子束スペクトル (ボイド領域C) (MZA)

Group	Voided			
	(0, 0) core centre	(0, 6) r=14.9 cm	(0, 12) r=28.9 cm	(0, 20) r=44.7 cm
1	9.5347-6	8.7709-6	6.7506-6	2.8194-6
2	6.5697-5	6.0356-5	4.6259-5	1.9856-5
3	1.6224-4	1.4891-4	1.1403-4	5.5686-5
4	2.0175-4	1.8528-4	1.4304-4	7.8581-5
5	1.2894-4	1.1892-4	9.4004-5	5.9827-5
6	4.9615-5	4.6037-5	3.7532-5	2.8096-5
7	1.4933-5	1.3931-5	1.1699-5	1.0692-5
8	5.3765-6	5.0723-6	4.5321-6	5.4614-6
9	4.6684-7	4.4513-7	4.3541-7	1.1761-6
10	2.3599-8	2.2861-8	2.6990-8	1.9213-7
11	6.5332-10	6.4558-10	1.0260-9	2.0072-8

表1-9-6 (つづき)

Group	Voided			
	(6, 0) Z=22.5 cm	(10, 0) Z=33.8 cm	(23, 0) Z=75.1 cm	(10, 6) r=24.7, Z=22.5 cm
1	8.0120-6	6.2436-6	1.2493-7	5.6635-6
2	5.4995-5	4.2168-5	1.1096-6	3.8722-5
3	1.3570-4	1.0472-4	6.9505-6	9.6005-5
4	1.6860-4	1.2928-4	1.4558-5	1.2094-4
5	1.0846-4	8.5221-5	1.4833-5	8.0112-5
6	4.2035-5	3.3682-5	8.5070-6	3.2102-5
7	1.2752-5	1.0576-5	4.8469-6	1.0208-5
8	4.6239-6	3.7241-6	3.4362-6	4.0162-6
9	4.0890-7	3.9224-7	1.2705-6	4.0973-7
10	2.1505-8	2.8795-8	3.1271-7	2.9110-8
11	6.3346-10	1.3587-9	4.9131-8	1.3430-9

表1-9-7 中性子束スペクトル(ポイド領域D) (MZA)

Group	Voided			
	(0, 0) core centre	(0, 6) r=14.9 cm	(0, 12) r=28.9 cm	(0, 20) r=44.7 cm
1	9.5434-6	8.7772-6	6.7535-6	2.8200-6
2	6.5739-5	6.0400-5	4.6279-5	1.9861-5
3	1.6236-4	1.4900-4	1.1408-4	5.5697-5
4	2.0194-4	1.8541-4	1.4310-4	7.8596-5
5	1.2909-4	1.1902-4	9.4049-5	5.9839-5
6	4.9683-5	4.6086-5	3.7553-5	2.8102-5
7	1.4956-5	1.3948-5	1.1707-5	1.0694-5
8	5.3878-6	5.0801-6	4.5355-6	5.4626-6
9	4.6800-7	4.4593-7	4.3575-7	1.1763-6
10	2.3665-8	2.2906-8	2.7009-8	1.9215-7
11	6.5529-10	6.4693-10	1.0266-9	2.0074-8

表1-9-7 (つづき)

Group	(6 , 0) Z=22.5 cm	(10 , 0) Z=33.8 cm	(23 , 0) Z=75.1 cm	(10 , 6) r=24.7 , Z=22.5 cm
1	8.0153-6	6.1075-6	1.4099-7	5.6339-6
2	5.5119-5	4.1878-5	1.2285-6	3.8600-5
3	1.3593-4	1.0377-4	7.9408-6	9.5528-5
4	1.6944-4	1.3134-4	1.5348-5	1.2097-4
5	1.0913-4	8.6798-5	1.5275-5	8.0284-5
6	4.2382-5	3.4653-5	8.7047-6	3.2248-5
7	1.2886-5	1.0965-5	4.8650-6	1.0267-5
8	4.7352-6	4.3073-6	3.0740-6	4.0936-6
9	4.1981-7	4.3121-7	1.1455-6	4.1550-7
10	2.2010-8	2.9442-8	2.7418-7	2.8957-8
11	6.4323-10	1.2832-9	4.0688-8	1.2980-9

表1-9-8 中性子束スペクトル(ボイド領域A~D) (MZA)

Group	(0 , 0) core centre	(0 , 6) r=14.9 cm	(0 , 12) r=28.9 cm	(0 , 20) r=44.7 cm
1	9.8879-6	8.8427-6	6.7622-6	2.8240-6
2	6.6664-5	6.0620-5	4.6325-5	1.9887-5
3	1.6607-4	1.5043-4	1.1442-4	5.5812-5
4	1.9696-4	1.8480-4	1.4328-4	7.8746-5
5	1.2439-4	1.1778-4	9.3946-5	5.9917-5
6	4.6323-5	4.5128-5	3.7415-5	2.8122-5
7	1.3377-5	1.3503-5	1.1638-5	1.0698-5
8	4.0704-6	4.7482-6	4.5904-6	5.4620-6
9	3.3843-7	4.0922-7	4.3021-7	1.1765-6
10	1.5405-8	2.0641-8	2.6668-8	1.9226-7
11	3.1228-10	5.6906-10	1.0160-9	2.0091-8

表 1-9-8 (つづき)

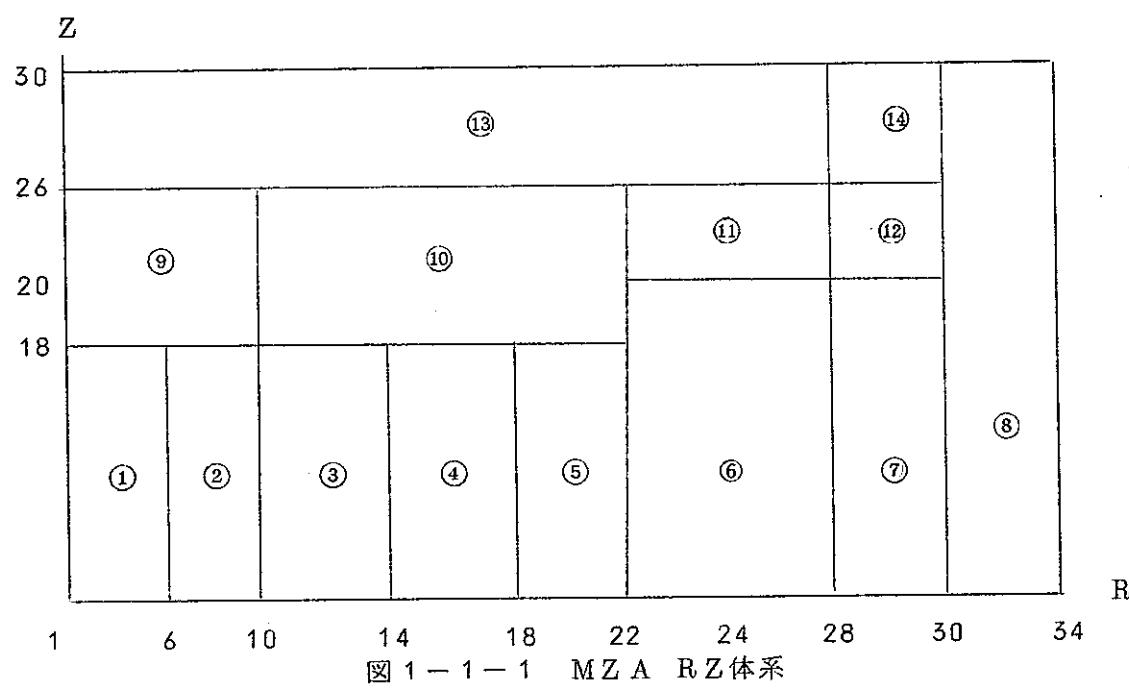
Group	Voided			
	(6, 0) Z=22.5 cm	(10, 0) Z=33.8 cm	(23, 0) Z=75.1 cm	(10, 6) r=24.7, Z=22.5 cm
1	8.3119-6	6.3490-6	1.4378-7	5.6960-6
2	5.5935-5	4.2633-5	1.2508-6	3.8884-5
3	1.3913-4	1.0669-4	8.1162-6	9.6825-5
4	1.6570-4	1.2932-4	1.5593-5	1.2121-4
5	1.0551-4	8.4605-5	1.5457-5	7.9931-5
6	3.9823-5	3.3064-5	8.7866-6	3.1864-5
7	1.1749-5	1.0261-5	4.9002-6	1.0081-5
8	3.5376-6	3.3727-6	3.0858-6	3.8894-6
9	3.0684-7	3.5002-7	1.1480-6	3.9240-7
10	1.4045-8	2.5034-8	2.7467-7	2.7526-8
11	3.4448-10	1.1380-9	4.0774-8	1.2492-9

表1-9-9 中性子束スペクトル(1次元球一炉中心) (MZA)

Group	Normal Core		Region A voided
	flux $\phi \Delta u$	adjoint ϕ	flux $\phi \Delta u$
1	0.00212	1.22141	0.00224
2	0.01278	1.15815	0.01346
3	0.03079	1.17352	0.03198
4	0.07185	1.14338	0.07386
5	0.09148	1.02567	0.09511
6	0.16245	0.99509	0.16836
7	0.16432	0.97543	0.16372
8	0.15211	0.96111	0.14991
9	0.12109	0.94942	0.11975
10	0.08169	0.93705	0.07873
11	0.05261	0.94533	0.05050
12	0.02476	0.99745	0.02325
13	0.00829	1.06056	0.01208
14	0.01462	1.09449	0.01008
15	0.00617	1.24855	0.00470
16	0.00218	1.38382	0.0173
17	0.00057	1.31557	0.00045
18	0.00011	1.33134	0.00008
19	0.00002	1.04334	0.00002
20	0.0	1.43925	0.0
21	0.0	1.00845	0.0
22	0.0	1.38554	0.0
23	0.0	0.68850	0.0
24	0.0	0.99796	0.0
25	0.0	1.82537	0.0
26	0.0	2.05514	0.0
Sum	1.0	—	1.0

表1-11-1 ENDF/B-IIIによるMZA炉心の解析
(1次元球体系 26群拡散)

	ENDF/B-III
k_{eff}	0.9974
β_{eff}	0.3309-2
$\epsilon_p(\mu_{sec})$	0.3409
σ_{f8}/σ_{f5} (C/E)	0.03470 (1.032)
σ_{f5}/σ_{f9} (C/E)	1.0048 (1.018)
σ_{f0}/σ_{f9} (C/E)	0.2522 (0.983)
σ_{f1}/σ_{f9} (C/E)	1.2743 (0.996)
σ_{f8}/σ_{f9} (C/E)	0.03486 (1.049)
σ_{c8}/σ_{f9} (C/E)	0.1353 (1.043)
σ_{c5}/σ_{f9}	0.2626
σ_{c9}/σ_{f9}	0.2175
$\sigma_{cB^{10}}/\sigma_{f9}$	1.2136
$\langle\sigma_f5\rangle(b)$	1.8223
$\langle\sigma_f9\rangle(b)$	1.8136



Region	Cell	Radius (cm)	Height (cm)		
Core	1	C11-1A	9.183	45.063	
	2	C11-1A	20.535	"	
	3	C11-1B	28.879	"	
	4	C11-1C	38.840	"	
	5	C11-1D	44.673	"	Mesh Radius
R_{b1}	6	B11-3	70.151	50.371	24 49.981
	7	B11-3A	76.281	"	
	8	Reflector	91.281	<u>113.100</u>	
A_{b1}	9	B11-1	20.535	80.100	
	10	B11-1A	44.673	<u>"</u>	
R_{b1}	11	B11-4	70.151	"	
	12	B11-4A	76.281	<u>"</u>	
	13	B11-2	70.151	113.100	
14	B11-2	76.281	"		

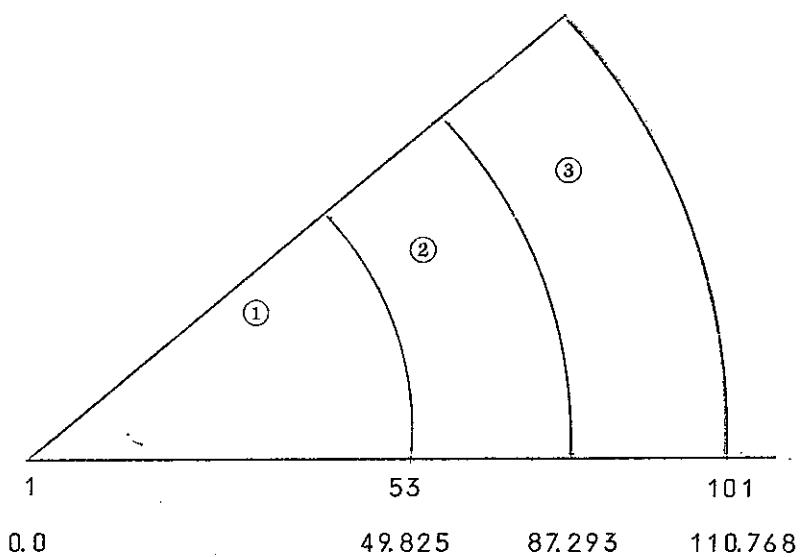


図 1-1-2 ZEBRA-11 (MZA) 等価球体系

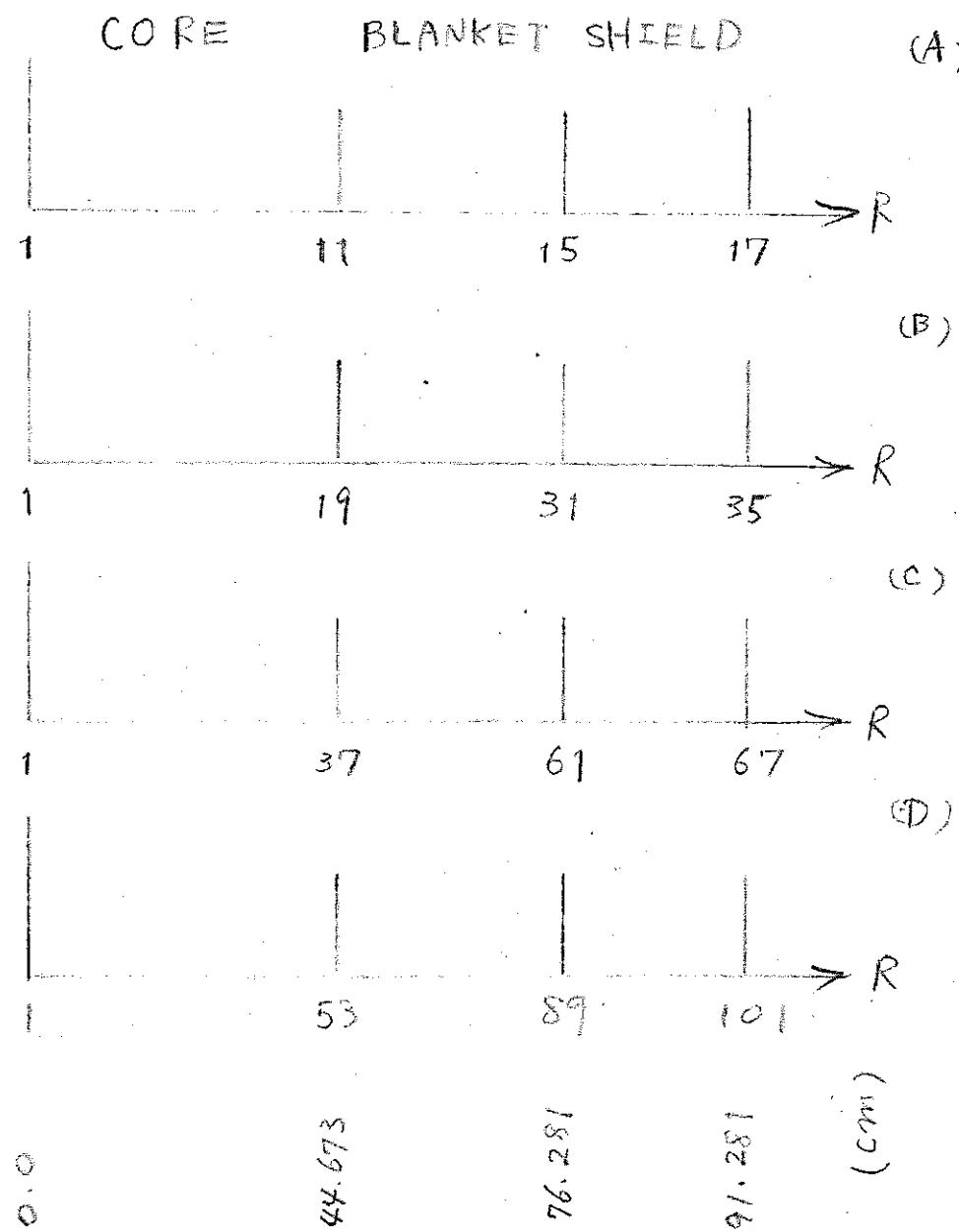


図 1-1-3 数個のメッシュ数による 1 次元円柱体系
(MZ-A)

- (A) 17 Mesh
- (B) 35 Mesh
- (C) 67 Mesh
- (D) 101 Mesh

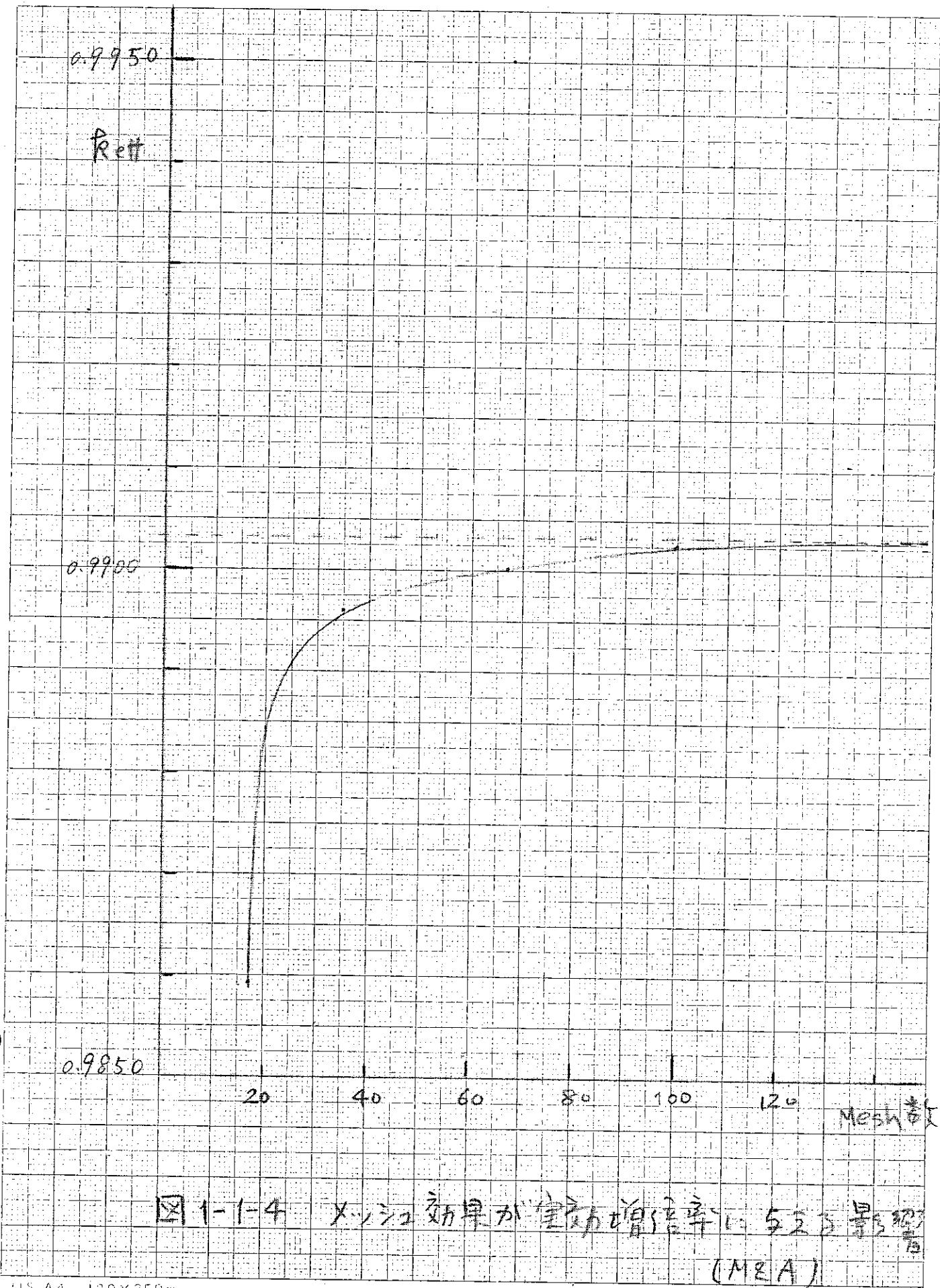


図 1-1-4 メッシュ効率と実効増倍率 (M2A)
 (M2A)

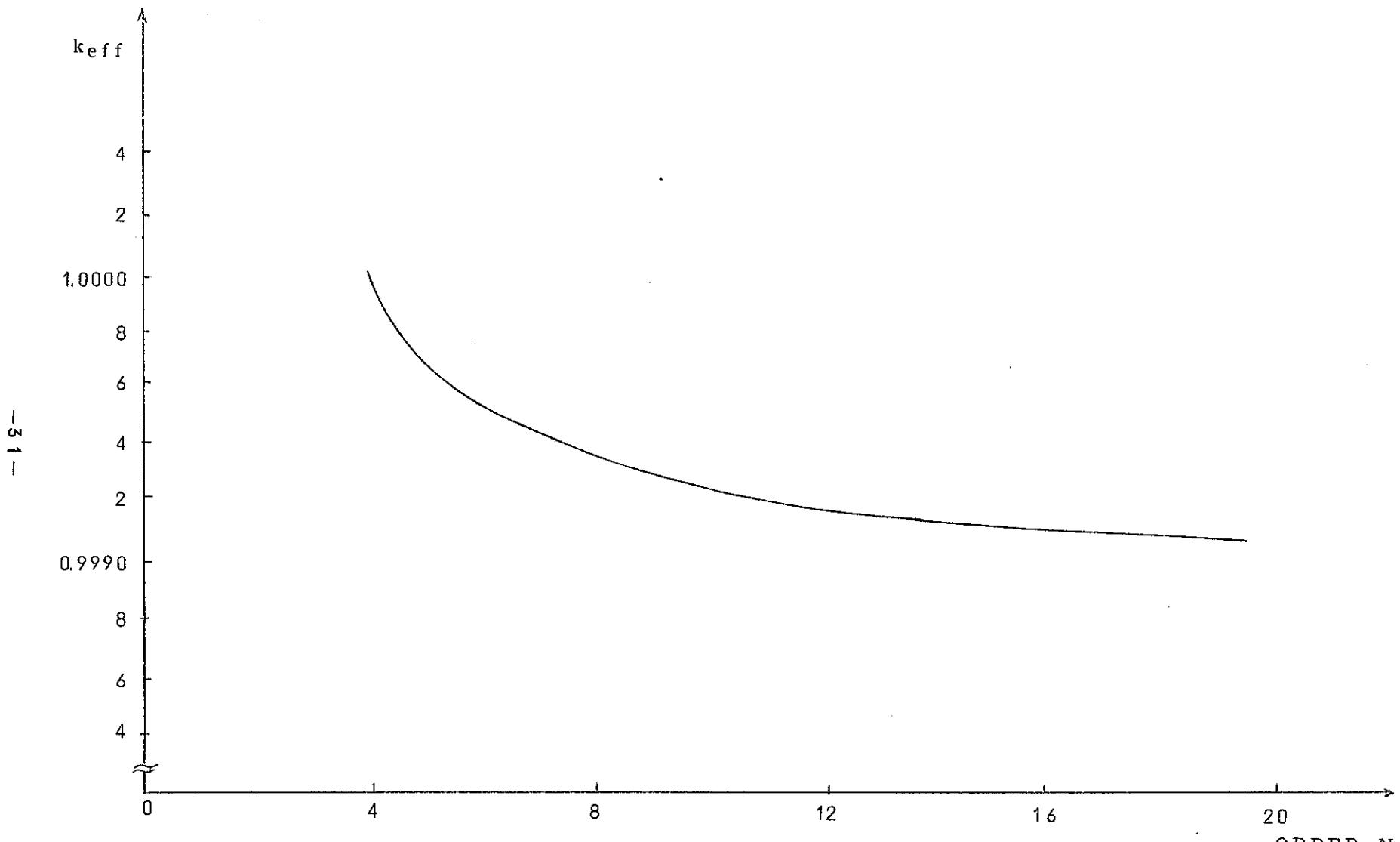
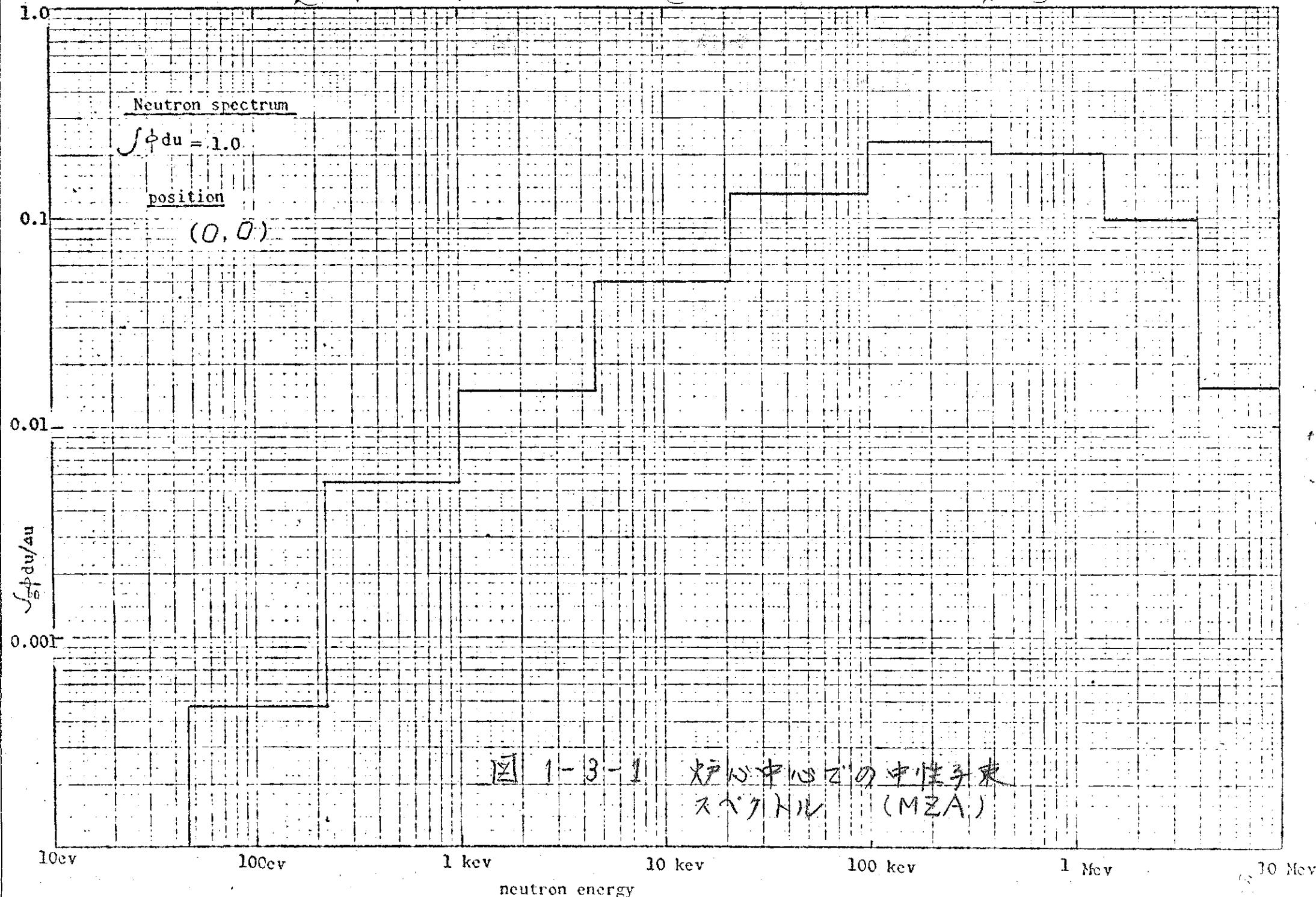


図 1-1-5 輸送計算の order N の違いによる k_{eff} の変化



1.0

Neutron spectrum

$$\int \phi du = 1.0$$

position:

(23, 0)

 $\int \phi du/du$

0.001

0.01

0.1

10ev

100ev

1 kev

10 kev

100 kev

1 Mev

10. Mev

neutron energy

図

1-3-2

径方向 フランケト 中心 の
中性子 束スペクトル (MZA)

1.0

Neutron spectrum

$$\int \phi du = 1.0$$

position

(0, 20)

 $\int g\phi du/du$

0.1

0.01

0.001

10ev

100ev

1 kev

10 kev

100 kev

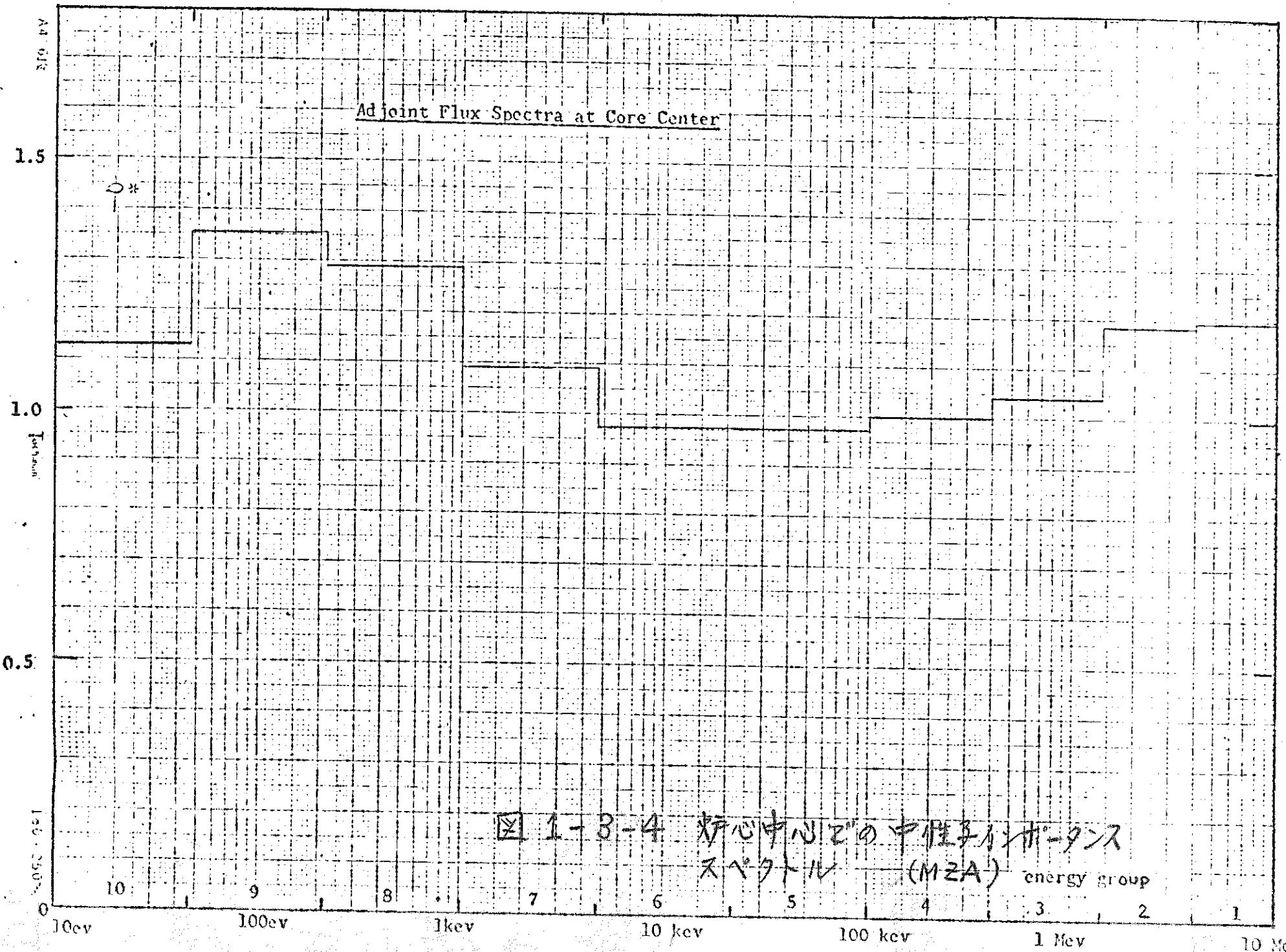
1 Mev

10 Mev

neutron energy

図 1-3-3

軸方向ブランケット中心2"の
中性子束スペクトル (M2A)



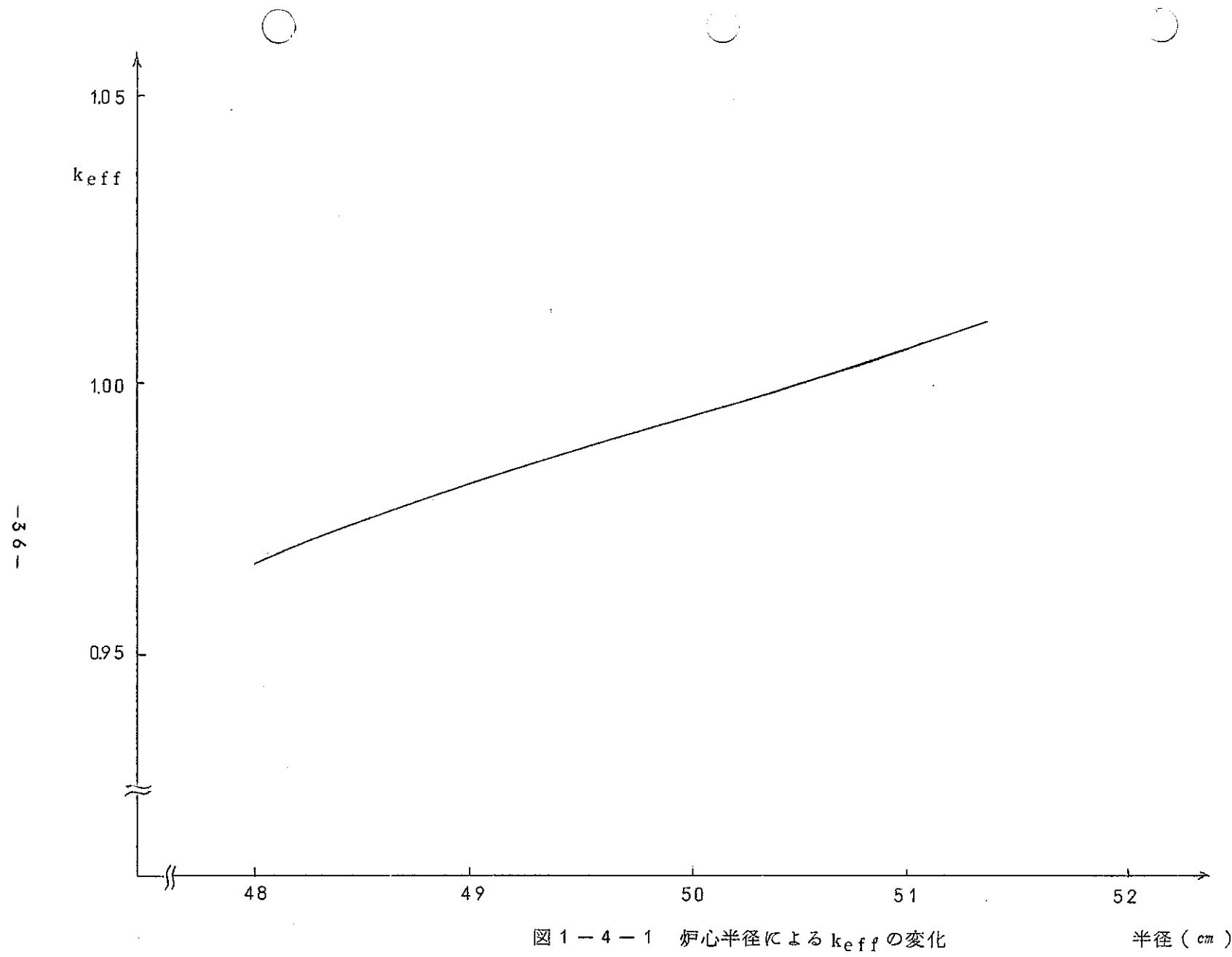


図 1 - 4 - 1 炉心半径による k_{eff} の変化

半径 (cm)

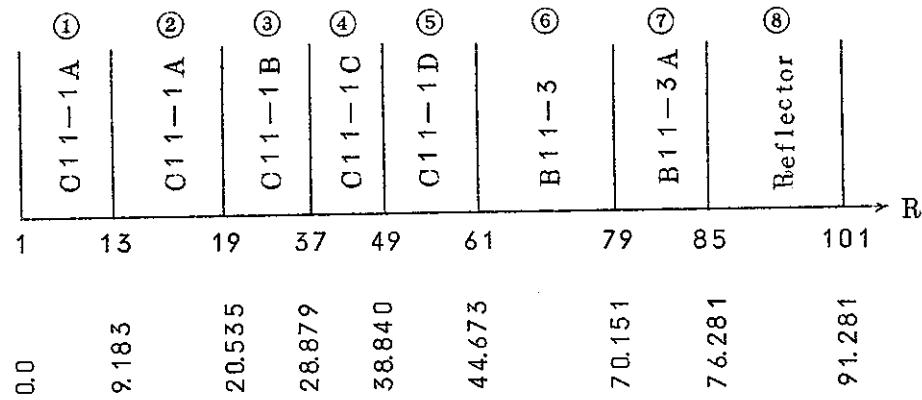


図1-6-1 ZEBRA-11(MZA) 1次元円柱体系

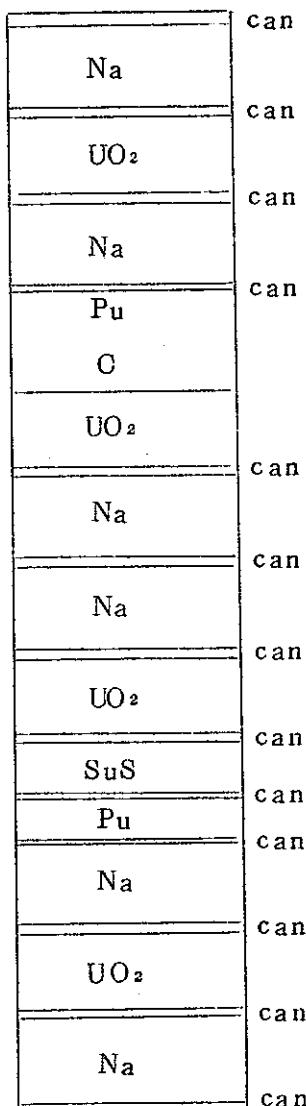


図 1-8-1 Pu MkV(18) PuMk III(18) PuMk II(18)
 PuMkV(11) 93% enr.U²³⁵. Unit Cell
 プレート・ワース計算に用いたセル体系

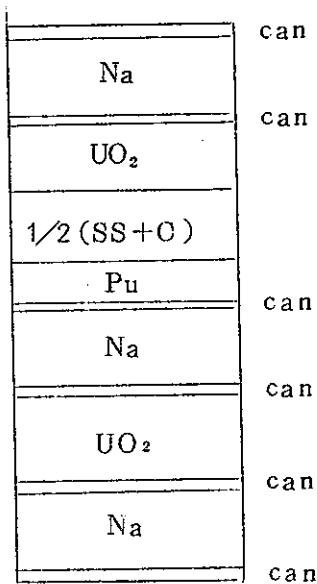


図 1-8-2 Pu MkIII ↔ Pu Mk V

Pu Mk II ↔ Pu Mk V

UO₂, dUO₂, Na, SS のプレート・ワース

計算に用いたセル体系

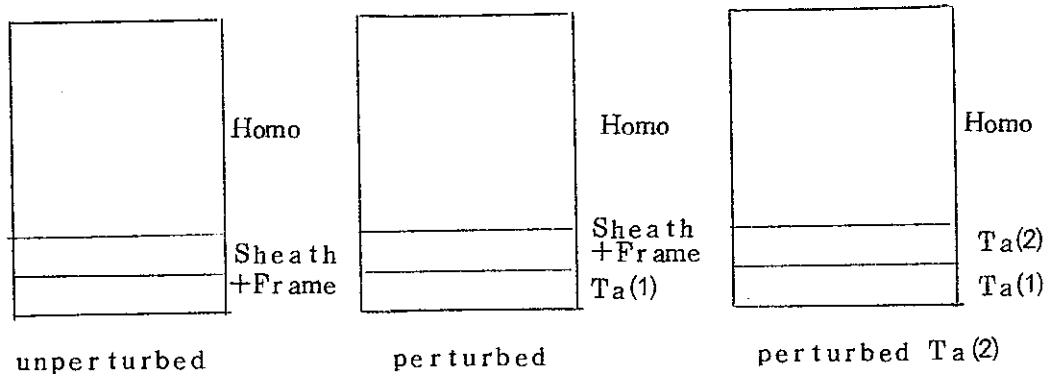


図 1-8-3 Ta・プレート、サンプル・ワース計算に用いたセル体系

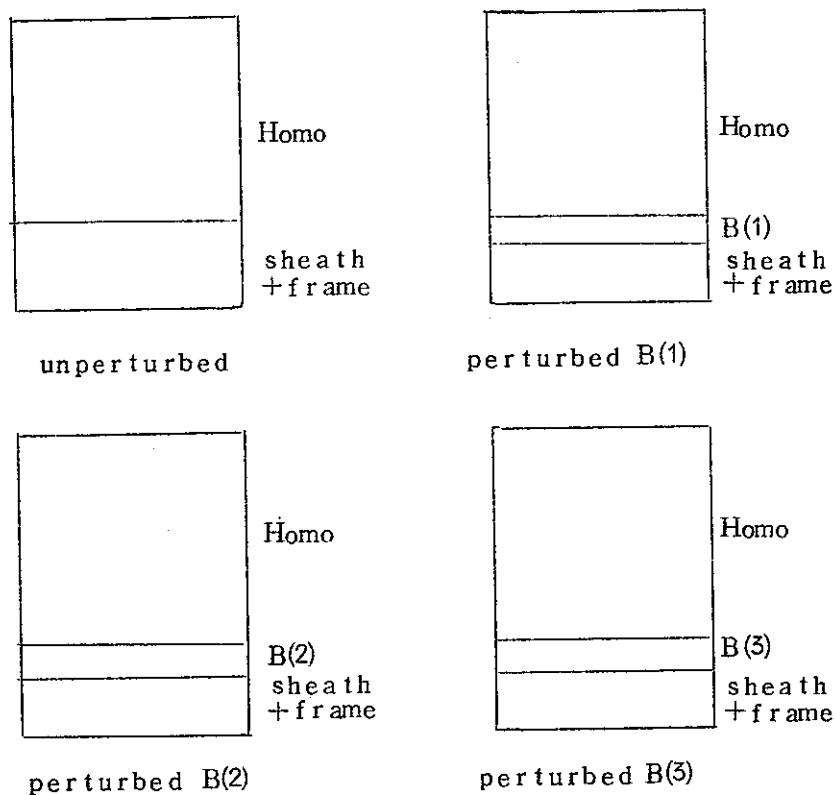


図1-8-4 B10 プレート・サンプル・ワース計算に用いたセル体系

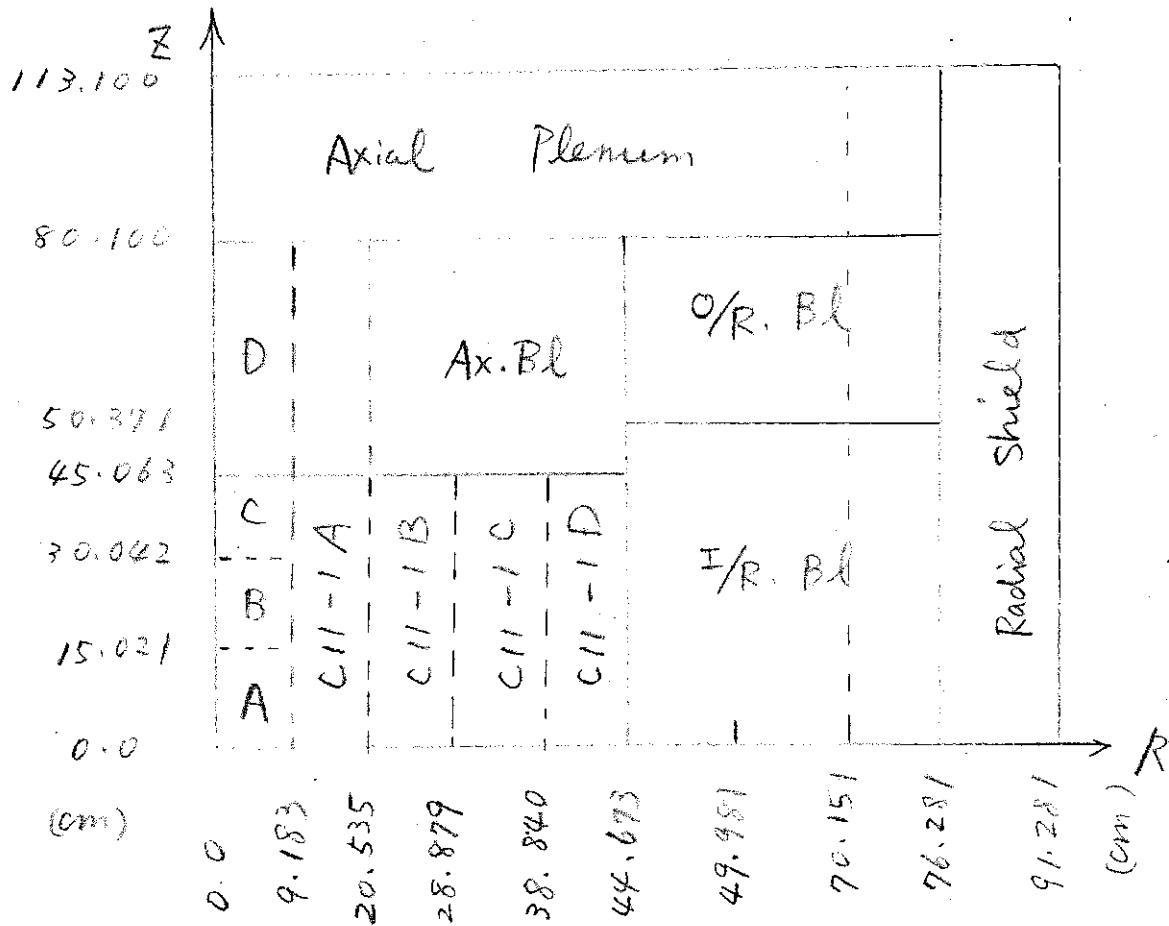


図1-9-1 ナトリウム・ボイド反応度値

ボイド領域 A, B, C, D

(MZA 応心)

第2章 M Z → B (1) 炉心の解析

§ 2-1	臨界性	43
§ 2-2	中性子バランス	46
§ 2-3	中性子スペクトル	46
§ 2-4	中心反応率比	46
§ 2-5	中心物質反応度値	46
§ 2-6	出力分布	46
§ 2-7	エッヂ・ワース	47

§ 2-1 臨界性

第2-1-1図の2次元円柱体系により、11群拡散計算を行い、以下の補正を行ひ MZB-(1)炉心の実効増倍率を求めた。

26群から11群への定数の縮約は、第2-1-2図および第2-1-3図に示した。1次元円柱および板状の各体系により、径方向および軸方向の定数の縮約を行つた。使用した核種は MZA と同様の 20 核種であり、他はすべて無視している。核分裂スペクトルも炉心、ブランケット共に $\bar{\nu} = 2.8$ に対応した ABBN の値を用いた。使用した核定数セットは、ABBN型の MICGS 5.2 である。

i) 外側炉心突出部

2次元 RZ 形状 11 群拡散計算を基にした 1 次の摂動理論により、外側炉心の突出部の反応度価値を求めた。反応度への影響は +0.02% Δk である。

ii) 天然ウラン酸化物ブランケット・セクターの効果

MZ-B(1) 炉心では、径方向ブランケットの 90° セクターに天然ウラン酸化物が用いられており、他は、金属ウランで構成されている。解析で用いた RZ 体系では、天然ウラン酸化物セクターは、モデルから除外されているので、その反応度への効果を次のように見積つた。

金属ウラン組成を径方向ブランケット全周にまいた、上記 RZ モデルを基準にとり、そのうちの 90° セクターが NUO_2 に変化した場合の 反応度変化 $\Delta k/k_{\text{eff}}$ を 2 次元 (R - θ) 形状で考えると 1 次の摂動論では次式で与えられる。

$$\frac{\Delta k}{k} = \int_0^{\pi/2} \int_{r_1}^{r_2} F r d r d \theta - \int_0^{\pi/2} \int_{r_1}^{r_2} D r d r d \theta \\ - \int_0^{\pi/2} \int_{r_1}^{r_2} A r d r d \theta - \int_0^{\pi/2} \int_{r_1}^{r_2} L r d r d \theta \\ - \int_0^{\pi/2} \int_{r_1}^{r_2} S r d r d \theta$$

$$\text{ここで、 } F = \frac{1}{k_{\text{eff}}} \int \delta \nu \Sigma_f \phi \int \phi^* \chi dE' dE / \text{Denom}$$

$$D = \int \nabla \phi^+ \delta D \nabla \phi dE / \text{Denom}$$

$$A = \int \phi^+ \delta \Sigma_a \phi dE / \text{Denom}$$

$$S = \int \phi [\int (\phi^+(E) - \phi^+(E')) \delta \Sigma_s (E \rightarrow E') dE']$$

$$\times dE / \text{Denom}$$

$$L = \int \phi^+ \delta DB^2 \phi dE / \text{Denom}$$

但し、 r_1, r_2 は径方向プランケットの内側の半径と外側半径。

ここで、 θ についての依存性がないので、

$$\begin{aligned} \frac{\Delta k}{k} = & \frac{1}{4} \left[\int_0^{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} F_r dr d\theta - \int_0^{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} D_r dr d\theta \right. \\ & - \int_0^{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} A_r dr d\theta - \int_0^{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} L_r dr d\theta \\ & \left. - \int_0^{2\pi} \int_{r_1}^{r_2} S_r dr d\theta \right] \end{aligned}$$

右辺の〔 〕中の値は、径方向プランケット部を全て NUO_2 にした場合の反応度変化 Δk_{eff} % に相当する。この反応度変化は、 $MZ - B (1S)$ 炉心と $MZ - B (3S)$ 炉心との差である。両者の 2 次元 RZ 1 1 群拡散計算の実効増倍率の差は 0.240k であり、これより NUO_2 プランケットセクターの効果は +0.056△k である。

iii) 原子数密度

2 次元 RZ 基準体系の計算で使用した原子数密度は、公称の炉心高さから算出した原子数密度である。しかし、炉心高さの実測値は幾分違つてゐるので、測定値から求めた原子数密度で計算した場合に反応度へ与える影響を求めた。計算は 1 次元円柱モデルにより両ケースの計算を行い、実効増倍率の差から +0.13%△k という結果を得た。

iv) 無視した核種の効果

特別な補正計算は何も行なわず、他社（東芝）の結果を引用し、-0.17%△k を見積つた。

v) 群数縮約の効果

1 次元円柱体系による 2 6 群拡散計算と、1 1 群拡散計算との実効増倍率の差から、1 1 群から 2 6 群への反応度変化を求めた。結果は -0.036%△k である。

vi) 核分裂スペクトルの効果

MZB炉心の内側炉心および外側炉心の $\bar{\nu}$ は2.9であり、プランケット部で2.6である。

そこで、炉心部、プランケット部それぞれに対応した核分裂スペクトル(ABBNの値)を用いた計算と、炉心、プランケット両方に $\bar{\nu} = 2.8$ のそれを使用した計算との反応度差を比較した。1次元円柱体系26群拡散計算による比較では、反応度への効果は+0.052%△kである。

vii) メッシュ数効果

MZAの計算結果をそのまま引用した。

viii) 減速項の効果

MZAの結果を引用した。

ix) 輸送補正

1次元R方向及びZ方向26群S_a輸送と拡散計算の比較により、輸送補正を求めた。

計算体系は、図2-1-2、図2-1-3に示す通りである。1次元輸送計算に使用したコードはDTF-Nであり、角度分点および重みはCDC出典のものを用いた。バックリングは、2次元円柱体系11群拡散計算による値を使った。(negative fluxを避けるため、11群目(ABBN26群の21~26群)の負のバックリングは零に置き替えた。)

軸方向の1次元計算の際、炉心部にC12-30AとC11-1Cの組成を使用した2ケースを比較の為実施した。

結果は以下の通りである。

体 系	S _a	拡 散	△k trans
径 方 向 計 算	0.9871	0.9850	0.0021
軸 方 向 計 算			
a) C12-30A	0.9923	0.9906	0.0017
b) C11-1C	1.0346	1.0326	0.0020

x) 非均質効果

MZAと同様の手法により、非均質系に対するセル平均実効マクロ断面積を求め、2次元RZ体系での非均質効果を求めた。但し、ここでは非均質系と均質系との直接比較で Δk_{hetero} を求めずに、2次元RZ 11群拡散計算を基にした1次の摂動論により算出した。結果は1.35% Δk である。その内訳を表2-1-1、表2-1-2に示した。

以上の諸補正および2次元RZ体系11群拡散計算の実効増倍率を表2-1-3にまとめた。

§ 2-2 中性子バランス

各領域毎の中性子バランスを表2-2-1にまとめた。表2-2-2、表2-2-3は領域および核種毎の中性子バランスである。

§ 2-3 中性子スペクトル

炉心中心のスペクトルおよびインポータンス、また代表的な領域の領域平均スペクトルを表2-3-1に示した。表2-3-2はより広い領域で見た場合の領域平均のスペクトルである。

§ 2-4 中心反応率比

2次元RZ体系11群拡散計算の中性子束から、炉心中心での反応率比を求めた。結果を表2-4-1にまとめた。また、各領域の増殖比を求め、表2-4-2に結果をまとめた。

§ 2-5 中心物質反応度値

2次元RZ体系11群拡散計算を基にした1次摂動理論により、中心物質反応度値を求めた。表2-5-1が得られた結果である。

§ 2-6 出力分布

$\int K_f' \sum_g \Sigma_f^g \phi^g dudV = 1.0 \text{ MWT}$ となるように、規格化した時の中心面上での径方向への出力分布、また中心軸上での出力分布を求め、表2-6-1、図2-6-1、図2-6-2に示した。

ここで、 K_f' は、1核分裂あたりに放出される等価なエネルギーであり、各領域毎に次式で定義される。

$$K_f' = \frac{K_c \sum_g \Sigma_c^g \phi^g \Delta u dV + K_f \sum_g \Sigma_f^g \phi^g \Delta u dV}{\sum_g \Sigma_f^g \Delta u dV}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} K_c : 1 \text{ 吸収あたり放出されるエネルギー} \\ K_f : \text{核分裂} \quad " \quad " \end{array} \right.$$

表 2-6-2 は上式で求めた K_f' の値である。

§ 2-7 エッヂ・ワース

内側炉心と外側炉心の境界におけるエッヂ・ワースおよび外側炉心と径方向プランケットの境界におけるエッヂ・ワースを 2 次元円柱体系 11 群拡散計算を基にした 1 次摂動理論により算出した。内側炉心と外側炉心の境界では、内側炉心部の境界近傍で、組成を外側炉心のものに置換した際に得られる反応度の変化を求め、エッヂ・ワースを計算した。また、外側炉心と径方向プランケットの境界では、径方向プランケット中の境界近傍で、組成を外側炉心のものに置換することで算出した。質量 (M) およびその増分 (ΔM) は、次のとおりにとつた。

境界点	内側炉心・外側炉心境界	外側炉心・径方向プランケット境界
質量	内側炉心の質量	内側炉心と外側炉心の質量の和
その増分	内側炉心の質量の増分 (減少分)	外側炉心の質量の増分

質量 (M) を増分 (ΔM) は上の定義に従い、また全ての元素の質量を考えるとエッヂ・ワースは表 2-7-1 のようになる。

表 2-1-1 共鳴自己しゃへいによる非均質効果 (MZB)

Δk_{hetero}	Absorption	Fission	Leakage	Total
I/C	7.645-3	-8.183-3	-4.697-6	-5.427-4
O/O	3.204-3	-3.272-3	-5.878-6	-7.398-5
Ax·Bi	9.366-4	0	-1.256-5	9.240-4
I/Rd·Bi	4.505-3	0	-3.635-5	4.469-3
O/Rd·Bi	9.934-5	0	-4.254-6	9.509-5
Total	1.639-2	-1.146-2	-6.374-5	4.871-3

表 2-1-2 非均質効果 (M Z B)

(中性子束微細構造および共鳴自己しゃへい効果)

Δk_{hetero}	Absorption	Fission	Leakage	Total
I/C	6.434-3	1.065-3	-1.183-3	6.316-3
O/C	2.857-3	1.666-4	-1.086-3	1.938-3
Ax・B1	9.735-4	1.105-4	-6.148-4	4.692-4
I/Rd・B1	5.833-3	4.458-4	-1.534-3	4.745-3
O/Rd・B1	1.026-4	1.702-5	-4.737-5	7.225-5
Total	1.620-2	1.805-3	-4.465-3	1.354-2

表 2-1-3 軸方向のバックリング (MZB)

Region	Energy = 1	2	3	4	5	6
1	1.0890615D-03	9.7081504D-04	7.2079597D-04	5.6568217D-04	4.3278746D-04	2.2202337D-04
2	1.0833972D-03	9.6646420D-04	7.1997473D-04	5.6704818D-04	4.3299316D-04	2.2057550D-04
3	1.0771602D-03	9.6247397D-04	7.2051650D-04	5.6843323D-04	4.3232852D-04	2.1932668D-04
4	1.0824155D-03	9.7010560D-04	7.2893507D-04	5.7065274D-04	4.3049591D-04	2.1842906D-04
5	1.1476391D-03	1.0264759D-03	7.5655975D-04	5.7369970D-04	4.2718014D-04	2.1730232D-04
6	1.1734762D-03	1.0494681D-03	7.6752832D-04	5.7259450D-04	4.2287204D-04	2.1684642D-04
7	1.1814572D-03	1.0568899D-03	7.6902830D-04	5.7011471D-04	4.2051187D-04	2.2277295D-04
8	1.1880718D-03	1.0601521D-03	7.5852320D-04	5.6377977D-04	4.2191875D-04	2.4165150D-04
9	1.1693270D-03	1.0439762D-03	7.3385120D-04	5.5604632D-04	4.2714064D-04	2.6605545D-04
10	1.0998029D-03	9.9799022D-04	6.9088872D-04	5.4854198D-04	4.3417536D-04	2.8989518D-04
16	5.9173939D-04	5.7280374D-04	4.8559155D-04	4.4023885D-04	4.0227403D-04	3.0545960D-04
17	5.3926031D-04	5.1761909D-04	4.7364925D-04	4.3154451D-04	4.0374838D-04	2.8773445D-04
18	4.7644689D-04	4.5374239D-04	4.6148566D-04	4.2463774D-04	4.0158956D-04	2.4168777D-04
20	7.1388127D-06	1.8778412D-05	4.4828585D-05	6.1038690D-05	1.0343289D-04	1.7635820D-04

表2-1-3 (つづき)

Region	Energy = 7	8	9	10	11
1	-1.3609270D-04	-7.6668131D-04	-4.3813343D-03	-1.4704917D-02	-4.2724935D-02
2	-1.3704993D-04	-7.7244572D-04	-4.4131952D-03	-1.4813734D-02	-4.2547855D-02
3	-1.3741201D-04	-7.8381318D-04	-4.4636372D-03	-1.4971489D-02	-4.1705561D-02
4	-1.5271532D-04	-8.3780413D-04	-4.6761442D-03	-1.5379637D-02	-3.9873943D-02
5	-2.2245657D-04	-1.0040510D-03	-5.3235775D-03	-1.6120230D-02	-3.7555709D-02
6	-24198136D-04	-1.0515954D-03	-5.3200298D-03	-1.4642847D-02	-3.1095877D-02
7	-20402238D-04	-9.6935938D-04	-4.5651375D-03	-1.0688774D-02	-2.0398890D-02
8	-9.9123639D-05	-7.3066667D-04	-3.0924269D-03	-5.8320157D-03	-1.0125394D-02
9	8.4055529D-06	-4.9677935D-04	-2.0405267D-03	-3.4843189D-03	-5.9817101D-03
10	8.5406161D-05	-3.2384246D-04	-1.3986194D-03	-2.3320475D-03	-3.8906109D-03
16	3.5704074D-04	2.4666119D-04	4.9208248D-05	-1.4208098D-04	-3.2834900D-04
17	4.0669916D-04	3.6935775D-04	3.6392915D-04	3.6163212D-04	3.7754216D-04
18	3.5673566D-04	3.4953289D-04	3.7475762D-04	3.9257451D-04	4.1574426D-04
20	1.8103255D-04	1.8093990D-04	2.0781896D-04	2.6554572D-04	3.8198623D-04

表 2-1-4 径方向バックリング (MZB)

Region	Energy=1	2	3	4	5	6
1	3.5303400D-04	3.4974403D-04	3.4800732D-04	3.6751744D-04	3.9872146D-04	4.2000931D-04
11	3.4048331D-04	3.4864116D-04	3.8009761D-04	4.2020827D-04	4.4505163D-04	4.5399635D-04
21	2.8804574D-04	2.3516675D-04	2.0842084D-04	2.0856197D-04	2.5341086D-04	2.4474240D-04

表 2-1-4 (つづき)

Region	Energy=7	8	9	10	11
1	4.2661689D-04	4.3981160D-04	4.5564831D-04	4.6246126D-04	4.3438535D-04
11	4.5093817D-04	4.5306798D-04	4.5739652D-04	4.5088078D-04	4.4164308D-04
21	2.0812601D-04	2.1630887D-04	1.9050480D-04	1.9769106D-04	1.9227190D-04

〔数字の読み方〕

ex) 1.5 D-3 = 1.5×10^{-3}

表2-1-5 MZB炉心の臨界量およびその補正量

○ 2次元円柱体系均質 11群拡散計算の実効増倍率	0.98467
○ 補 正 値 (in % Δk) unit	
i) 外側炉心突出部	+ 0.02
ii) NUO ₂ プランケットセクター	+ 0.056
iii) 原子数密度	+ 0.13
iv) 無視した核種による効果	- 0.17
v) 群数縮約 11群 → 26群	- 0.036
vi) 核分裂スペクトル効果	+ 0.052
vii) メツシユ效効果	+ 0.064
viii) 減速断面積の効果	(- 0.6)
ix) 輸送効果 (S_s)	+ 0.40
x) 非均質効果	+ 1.35
全 補 正 量	+ 1.87
補正した実効増倍率 C	1.00333
MZB 臨界性実験値 E	1.0047
実効値と計算値との比 C/E	0.9986

表2-2-1 中性子バランス(MZB) (大きな領域)

<u>region</u>	<u>Sj</u>	<u>Aj</u>	<u>Lj</u>
<u>Inner Core</u>	0.5863	0.4303	0.1560
<u>Outer Core</u>	0.3445	0.2164	0.1281
<u>Inner Rd. B1</u>	0.02522	0.1414	-0.1028
<u>Outer Rd. B1</u>	0.005474	0.02733	-0.02186
<u>Ax. B1</u>	0.004403	0.1061	-0.03090
<u>Reflector</u>	0.0	0.003060	-0.003060
<u>Plenum</u>	0.0	0.002861	-0.002861
<u>Sum</u>	1.0	0.9274	0.0726

(detail)

<u>region</u>		<u>Sj</u>	<u>Aj</u>	<u>Lj</u>
<u>Inner Core</u>	1	0.2285	0.1689	0.05970
	2	0.1440	0.1059	0.03812
	3	0.05612	0.04110	0.01502
	4	0.1576	0.1144	0.04315
<u>Outer Core</u>	5	0.08201	0.05085	0.03117
	6	0.07021	0.04351	0.02670
	7	0.08438	0.05266	0.03172
	8	0.07455	0.04751	0.02704
	9	0.01691	0.01102	0.005892
	10	0.01644	0.01083	0.005670
<u>Ax. Blanket</u>	11	0.01143	0.04889	-0.03746
	12	0.006527	0.02718	-0.02066
	13	0.001749	0.007120	-0.005371
	14	0.004832	0.01997	-0.01514
	15	0.0006751	0.002954	-0.002279
<u>I/RdBlanket</u>	16	0.02522	0.1414	-0.1028
<u>O/RdBlanket</u>	17	0.005474	0.02733	-0.02186
<u>Reflector</u>	18	0.0	0.003060	-0.003060
<u>Plenum</u>	19	0.0	0.002861	-0.002861

表 2-2-2 核種毎の中性子バランス (MZB)

	Region 1		Region 7		Region 10		Region 16		Region 11	
Isotope	Sj i	Aj i	Sj i	Aj i	Sj i	Aj i	Sj i	Aj i	Sj i	Aj i
U-235	0.0343	0.0177	0.0210	0.0108	0.0228	0.0120	0.4484	0.2466	0.4978	0.2749
U-238	0.1208	0.3071	0.0874	0.1918	0.0698	0.1971	0.5516	3.1586	0.5022	3.5443
Pu-239	0.7773	0.3298	0.8019	0.3369	0.8184	0.3593	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu-240	0.0337	0.0229	0.0455	0.0288	0.0391	0.0295	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu-241	0.0333	0.0129	0.0432	0.0167	0.0491	0.0192	0.0	0.0	0.0	0.0
Pu-242	0.0006	0.0004	0.00054	0.0007	0.0008	0.0007	0.0	0.0	0.0	0.0
H	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	0.00002	0.0	0.00002	0.0	0.0002	0.0	0.0003
O	0.0	0.022	0.0	0.0016	0.0	0.0012	0.0	0.0	0.0	0.0
Na	0.0	0.0030	0.0	0.0019	0.0	0.0023	0.0	0.0244	0.0	0.0387
Al	0.0	0.00001	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00006	0.0	0.0001
Si	0.0	0.00009	0.0	0.00006	0.0	0.00007	0.0	0.00035	0.0	0.0009
Cr	0.0	0.0081	0.0	0.0053	0.0	0.0059	0.0	0.0430	0.0	0.0907
Mn	0.0	0.0028	0.0	0.0019	0.0	0.0025	0.0	0.0228	0.0	0.0551
Fe	0.0	0.0226	0.0	0.0150	0.0	0.0152	0.0	0.1491	0.0	0.2187
Ni	0.0	0.0066	0.0	0.0045	0.0	0.0043	0.0	0.0221	0.0	0.0448
Cu	0.0	0.0024	0.0	0.0036	0.0	0.0041	0.0	0.0007	0.0	0.0015
Mo	0.0	0.0003	0.0	0.0002	0.0	0.0002	0.0	0.0033	0.0	0.0067
Ag	0.0	0.0	0.0	0.0042	0.0	0.0050	0.0	0.0	0.0	0.0
Sum	1.0	0.7388	1.0	0.6241	1.0	0.6586	1.0	3.6711	1.0	4.2767

表 2-2-3 核種毎の中性子バランス(大きな領域) (MZB)

Inner Core		Outer Core		Axial Blanket		
Isotope	Sji	Aji	Sji	Aji	Sji	Aji
U-235	0.03397	0.01751	0.0212	0.01091	0.4897	0.2704
U-238	0.12346	0.30503	0.0845	0.19209	0.5103	3.4883
Pu-239	0.77477	0.32760	0.8048	0.33979	0.0	0.0
Pu-240	0.03414	0.02284	0.0448	0.02893	0.0	0.0
Pu-241	0.03301	0.01278	0.0438	0.01659	0.0	0.0
Pu-242	0.00065	0.00045	0.00098	0.00067	0.0	0.0
H	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
C	0.0	0.0	0.0	0.00002	0.0	0.0003
O	0.0	0.00223	0.0	0.00149	0.0	0.0
Na	0.0	0.00297	0.0	0.00197	0.0	0.0380
Al	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00012
Si	0.0	0.0	0.0	0.00006	0.0	0.00088
Cr	0.0	0.00803	0.0	0.00539	0.0	0.08975
Mn	0.0	0.00270	0.0	0.00195	0.0	0.05359
Fe	0.0	0.02224	0.0	0.01505	0.0	0.21416
Ni	0.0	0.00675	0.0	0.00448	0.0	0.04479
Cu	0.0	0.00240	0.0	0.00360	0.0	0.00151
Mo	0.0	0.00026	0.0	0.00019	0.0	0.00661
Ag	0.0	0.0	0.0	0.00433	0.0	0.0
Sum	1.0	0.73383	1.0	0.62786	1.0	4.20845

Comment: (Ag107:52%) (Ag109:48%)

表 2-3-1 中性子スペクトル(代表点) (M Z B)

Group(i)	$\phi^*(u)$		$\phi(u) \Delta u$							
	core center (0, 0)	core center (0, 0)	Region 1	Region 7	Region 10	Region 16 (inner)	Region 16 (middle)	Region 16 (outer)	Region 11	
1	1.286	0.01116	0.01094	0.01331	0.01086	0.008326	0.004508	0.002650	0.004468	
2	1.260	0.07935	0.07773	0.09041	0.07539	0.05932	0.03335	0.02043	0.03542	
3	1.067	0.2167	0.2133	0.2271	0.2076	0.1905	0.1515	0.1208	0.1483	
4	1.000	0.3160	0.3136	0.3025	0.2948	0.2871	0.2645	0.2476	0.2739	
5	0.9331	0.2328	0.2342	0.2201	0.2308	0.2401	0.2526	0.2404	0.2589	
6	0.9141	0.09692	0.09948	0.09670	0.1110	0.1242	0.1500	0.1599	0.1443	
7	1.041	0.03159	0.03325	0.03249	0.04191	0.05088	0.07160	0.09251	0.06592	
8	1.226	0.01387	0.01542	0.01491	0.02207	0.02975	0.04948	0.07321	0.04836	
9	1.518	0.001543	0.001971	0.002121	0.004818	0.008150	0.01780	0.03251	0.01638	
10	1.032	0.000075	0.000140	0.000212	0.000754	0.001505	0.004057	0.008658	0.003507	
11	0.8907	0.0000015	0.000006	0.000014	0.000070	0.000165	0.000541	0.001403	0.000461	
$\Sigma(\phi \Delta u)_i$	-	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
$\Sigma(\phi \Delta u)_i^*$	-	1.0	0.7638	0.4183	0.3184	0.2526	0.1184	0.04237	0.2156	

* relative to core center

(Optional) (MZB)
Regionwise Averaged Neutron Flux Spectra $\bar{\phi} \Delta u$

Group	Inner Core	Outer Core	Lower R. Blanket	Reflector	Axial Blanket	Upper R. Blanket	Plenum
1	0.01123	0.01286	0.00568	0.00130	0.00466	0.00269	0.00073
2	0.07959	0.08791	0.04127	0.01335	0.03652	0.02100	0.00849
3	0.21661	0.22441	0.16271	0.10585	0.15045	0.11132	0.18988
4	0.31368	0.30299	0.27104	0.23381	0.27307	0.23192	0.25588
5	0.23142	0.22206	0.24765	0.22564	0.25672	0.25201	0.21095
6	0.09782	0.09816	0.14199	0.15833	0.14405	0.18715	0.10895
7	0.03260	0.03335	0.06593	0.11053	0.06589	0.08971	0.08703
8	0.01500	0.01560	0.04432	0.08810	0.04825	0.06887	0.04276
9	0.00190	0.00238	0.01547	0.04717	0.01639	0.02746	0.01429
10	0.00014	0.00026	0.00348	0.01430	0.00353	0.00684	0.00345
11	0.00001	0.00002	0.00047	0.00292	0.00047	0.00103	0.07759
$\sum_i (\phi \Delta u)_i$	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
$\sum_i (\phi \Delta u)_i^*$	1.0	0.6282	0.1904	0.0130	0.2496	0.0545	0.0276

* relative to Inner Core

表 2-4-1 中心反応率比 (MZB)

reaction	measured*	calculated++	C/E
$\sigma_f 8/\sigma_f 5$	0.02256 **	0.02341	1.038
$\sigma_f 5/\sigma_f 9$	1.054 **	1.081	1.026
$\sigma_f 0/\sigma_f 9$	0.2023 **	0.2142	1.059
$\sigma_f 1/\sigma_f 9$	1.356 **	1.367	1.008
$\sigma_c 8/\sigma_f 9$	0.1424 +	0.1513	1.063
$\sigma_c B10/\sigma_f 9$		1.478	
$\sigma_c 5/\sigma_f 9$		0.3074	
$\sigma_c 9/\sigma_f 9$		0.2537	
$\sigma_c (B^{10})/\sigma_f 9$		1.478	
average cross section			
$\langle \sigma_f 9 \rangle$		1.862	

*) quoted from MTN/30

**) Fission Chamber

+) Foil

++) R-Z, 11-group, homogeneous model

表 2-4-2 増殖率 (MZB)

region	B. R. (j)*
Inner Core	0.4519
Outer Core	0.1720
Lower R. Blanket	0.3220
Upper R. Blanket	0.0646
Axial Blanket	0.2350
Sum	1.2455

$$B. R(j) = \frac{\int_{V_j} dV \int dE \Sigma_{c,j}^{\text{fertiles}} \phi_j}{\sum_{j=1,5} \int_{V_j} dV \int dE \Sigma_{a,j}^{\text{fissiles}} \phi_j}$$

表2-5-1 中心物質反応度値 (2次元円柱11群) (MZB)

Isotope	net	fission	absorption	(in $\Delta k/k/mol$ unit)		σ_p (barn)
				el. scatt.	inel. scatt.	
Pu-239	9.035-4	1.446-3	5.360-4	6.362-6		3.987
Pu-240	1.195-4	3.196-4	1.931-4	6.950-6		0.5273
Pu-241	1.320-3	2.011-3	6.815-4	9.258-6		5.825
Pu-242	8.714-5	2.589-4	1.665-4	5.203-6		0.3845
U-235	7.145-4	1.310-3	5.882-4	7.331-6		3.152
U-238	-5.216-5	3.486-5	7.522-5	1.180-5		-0.2301
H	-1.291-5	0	1.801-8	1.289-5		-0.05695
C	-3.523-6	0	1.520-8	3.508-6		-0.01554
O	-3.209-6	0	3.244-7	2.885-6		-0.01416
Na	-3.450-6	0	4.731-7	2.977-6		-0.01552
Cr	-5.926-6	0	3.206-6	2.720-6		-0.02615
Fe	-5.585-6	0	2.555-6	3.030-6		-0.02464
Ni	-8.386-6	0	5.781-6	2.605-6		-0.03700
Cu	-1.824-5	0	1.471-5	3.533-6		-0.08049
Mo	-4.036-5	0	3.337-5	6.987-6		-0.1781
Ag*						
B-10	-4.563-4	0	4.541-4	2.190-6		-2.766
Ag ¹⁰⁷	-1.583-4	0	1.507-4	7.609-6		-0.6986
* Ag ¹⁰⁹	-1.224-4	0	1.145-4	7.848-6		-0.5398

$$k_{\text{eff}} = 0.9839$$

$$\text{kinetic parameter } \beta_{\text{eff}} (\%) = 0.3441 \quad t_p (\mu\text{sec}) = 0.4928$$

$$\text{conversion parameter } [\phi\phi^+] / \text{DENOM} = 3.763 \times 10^{-4}$$

$$1\% \Delta k/k = 946.5 \text{ I}\text{h}$$

表2-6-1 1核分裂あたりの等価発熱量 (MZB)

 $\times 10^{-10}$ (wattsec)

領域	Kf	領域	Kf
1	0.3294	12	0.3749
2	0.3293	13	0.3749
3	0.3292	14	0.3749
4	0.3290	15	0.3749
5	0.3278	16'	0.3527
6	0.3278	16''	0.3749
7	0.3279	16'''	0.3871
8	0.3283	17	0.3749
9	0.3287	18	0.0
10	0.3289	19	0.0
11	0.3749		

表2-6-2 出力分布 (MZB)

Mesh No.	Distance Radial	Power	Distance Axial	Power
0	0.0	0.7919	0.0	0.7919
1	3.061	0.7912	2.106	0.7908
2	6.122	0.7890	4.212	0.7877
3	9.183	0.7855	6.319	0.7825
4	13.063	0.7789	8.425	0.7753
5	16.944	0.7701	10.531	0.7660
6	20.825	0.7590	12.637	0.7548
7	24.705	0.7457	14.743	0.7415
8	28.586	0.7302	16.850	0.7264
9	32.466	0.7127	18.956	0.7095
10	36.347	0.6930 / 0.6940	21.062	0.6908
11	40.071	0.6732	23.168	0.6704
12	43.795	0.6506	25.274	0.6484
13	47.519	0.6264 / 0.6262	27.380	0.6250

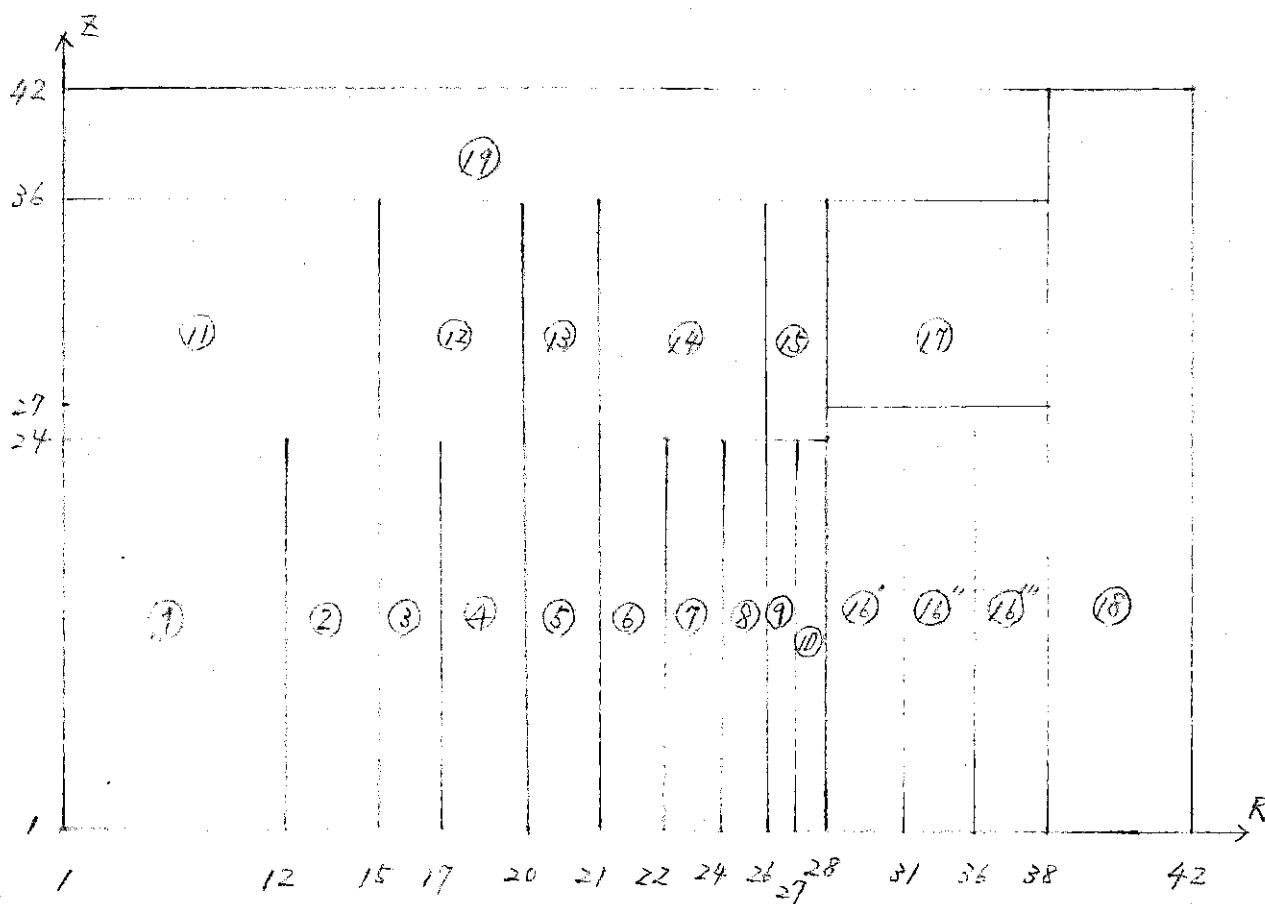
表2-6-2 (つづき)

Mesh No.	Distance Radial	Power	Distance Axial	Power
14	4 9.506	0.6126	2 9.487	0.6003
15	5 1.494	0.5986 / 0.5975	3 1.593	0.5745
16	5 5.065	0.5713	3 3.699	0.5477
17	5 8.635	0.5439	3 5.805	0.5202
18	6 2.206	0.5156 / 0.7296	3 7.911	0.4923
19	6 6.077	0.6780 / 0.6774	4 0.018	0.4644
20	6 9.464	0.6260 / 0.6255	4 2.124	0.4370
21	7 1.591	0.5911	4 4.230	0.4107
22	7 3.718	0.5555 / 0.5568	4 4.600	0.4063 / 0.07768
23	7 5.728	0.5227	4 6.517	0.06819
24	7 7.739	0.4888 / 0.4901	4 8.433	0.06014
25	7 8.697	0.4745 / 0.4762	5 0.350	0.05327
26	7 9.644	0.4613 / 0.09455	5 3.593	0.04383
27	8 1.644	0.07839	5 6.837	0.03639
28	8 3.644	0.06544	6 0.080	0.03042
29	8 5.644	0.05498 / 0.05837	6 3.323	0.02554
30	8 9.622	0.04227	6 6.567	0.02151
31	9 3.600	0.03107	6 9.810	0.01813
32	9 7.578	0.02299	7 3.053	0.01527
33	1 0 1.556	0.01695	7 6.297	0.01282
34	1 0 5.534	0.01231 / 0.01272	7 9.540	0.01073 / 0.0
35	1 0 8.034	0.01024	8 5.043	0.0
36	1 1 0.534	0.008084 / 0.0	9 0.547	0.0
37	1 1 4.674	0.0	9 6.050	0.0
38	1 1 8.814	0.0	1 0 1.553	0.0
39	1 2 2.954	0.0	1 0 7.057	0.0
40	1 2 7.094	0.0	1 1 2.560	0.0

Comments: Power の単位は Watt-(thermal)/cm³

表 2-7-1 MZB 廉心エッヂ・ワース

境界点 エッヂ・ワース	$f = (\Delta M/M) / (\Delta k/k)$	$(\Delta k/k) / (\Delta r/r)$
内側炉心 - 外側炉心	- 7.164	- 0.2632
外側炉心 - ブランケット	5.178	0.3970



Region	Cell	Radius	Height cm
I/C	1 C12-30A	36.347	44.60
	2 C12-30B	47.519	"
	3 C12-30BG	51.494	"
%C	4 C12-30D	62.206	"
	5 C11-1A	61.277	44.60
	6 C11-1B	67.342	"
	7 C11-1C	73.718	"
	8 C11-1D	77.737	"
	9 C11-1DG	79.577	"
	10 C11-1G	79.577	"
	11 B12-30	47.519	79.54
	12 B12-30G	50.000	"
	AX. 13 B11-1	26.077	"
BL.	14 B11-1A	27.739	"
	15 B11-1AG	29.144	"
RL.	16 B11-3	31.054	50.35
	17 B11-4	31.054	79.54
	18 Steel Bars	127.074	112.56
	19 B12-2	110.594	112.56

図 2-1-1 2次元円柱体系 (MZB)

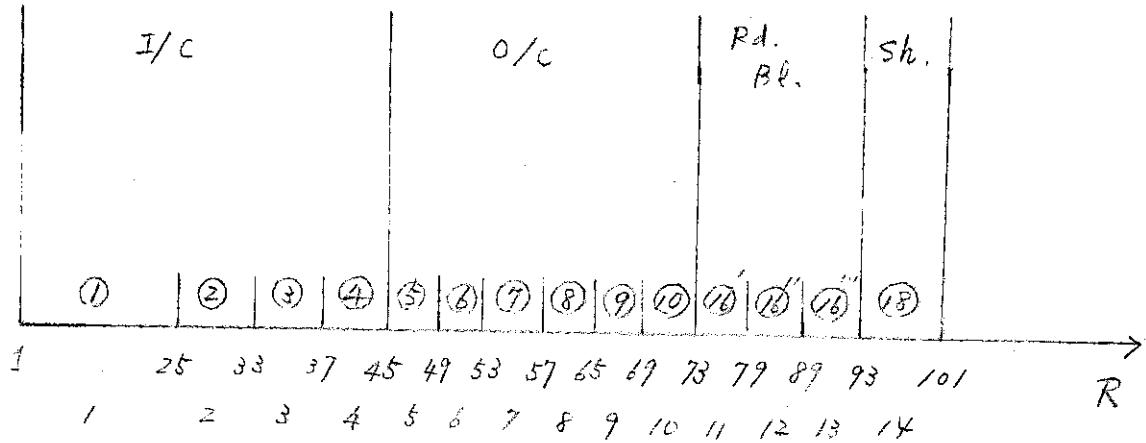


図 2-1-2 1次元円柱計算体系 (MZB)

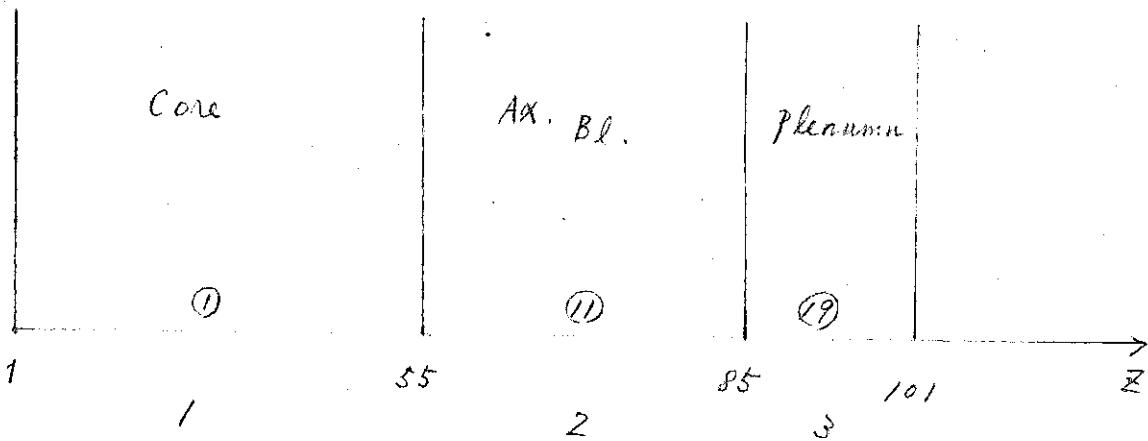


図 2-1-3 1次元板状計算体系 (MZB)

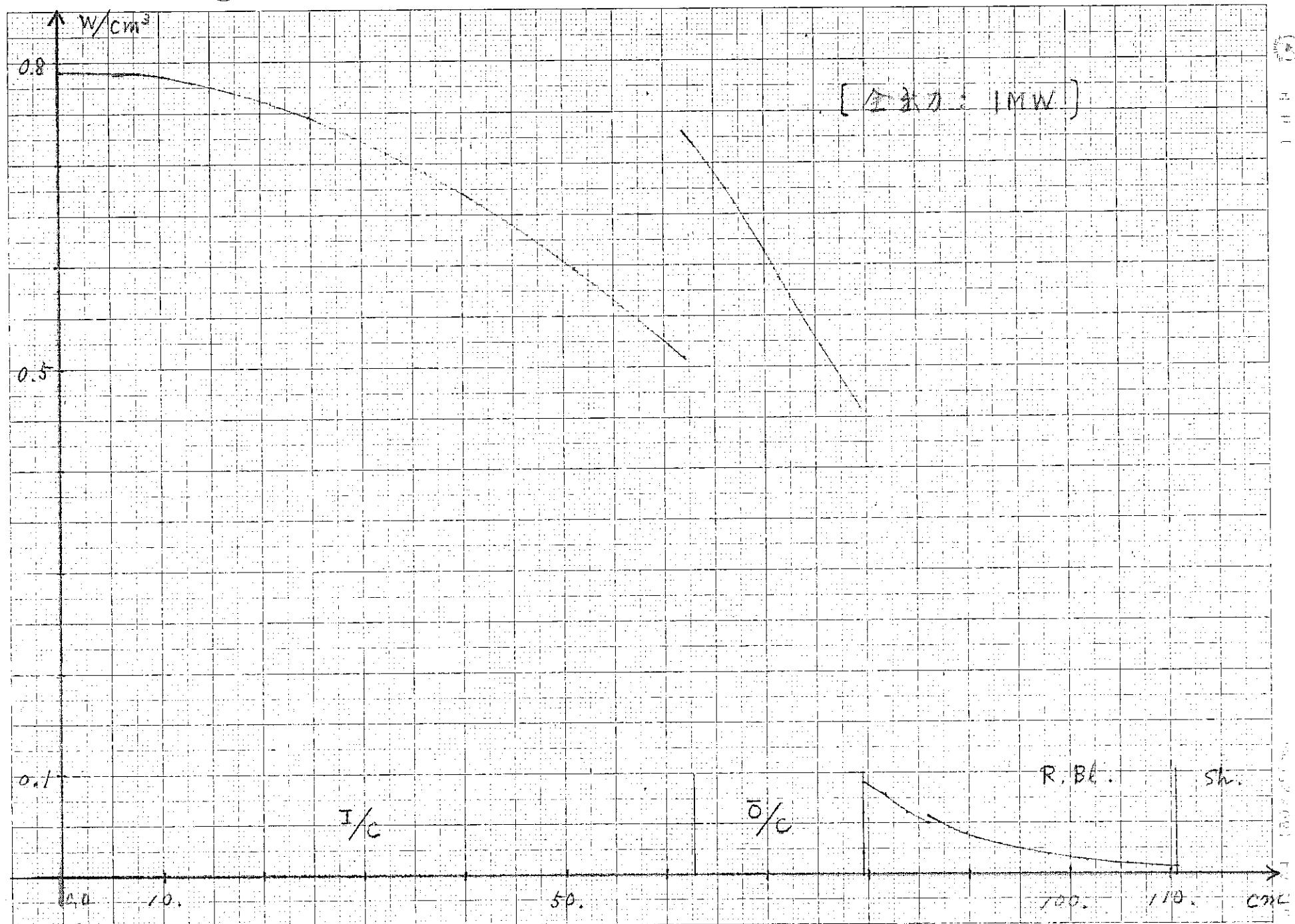


図 2-6-1 径方向出力分布 (Mzb)



図 2-6-2 軸方向出力分布 (Mzb)

第3章 非均質効果の詳細検討

§ 3-1 SN 計算における角度分割法の検討

Discrete Sn 法で板状セル計算の行う際に、次数 N および角度の分割法について次下のものの検討を行つた。

1. CDC

CDC の原子・原子力コード資料(1)によるもの
性質は詳しくは解らない。

2. EQUAL

分点を $-1 \sim +1$ まで等分割し、重みを等しくとる。
すなわち台形公式である。

3. SG (Single Gauss)

いわゆる Gauss 積分を $-1 \sim +1$ まで全域にわたつて適用させたもの。なめらかな関数に対しても精度がよい。

また、 $|\bar{\mu}| = 0$ 近傍で不連続性のある⁽²⁾ 角度分布を求める目的で改良されたものとして、

4. MSG (Modified Single Gauss)

SG を基本にして、次のような変換を行う。

$$|\mu^{MSG}| = 1 - |\mu^{SG}|$$

$$w^{MSG} = w^{SG}$$

$|\bar{\mu}| = 0$ の近傍で分割が細くなり、板状セル計算に都合がよい。しかし、上記の変換は数学的に保障されていない。

5. DG (double Gauss)

μ を $-1 \sim 0$ 、 $0 \sim 1$ の 2 領域に分け、それぞれ SG を適用させる。 μ^{SG} と同様、 $|\bar{\mu}| = 0$ 近傍で分割が細くなり精度がよい⁽³⁾。又、数学的にも正しい。欠点は分点が多くなる。

6. RDG (Re-double Gauss)

精度の高い DG の特長をそのまま残し、なおかつ、分点を省略できるように μ を $-1 \sim 0$ 、 $0 \sim 1$ のそれぞれを更に 2 分割するものである。

但し欠点は、中性子束の角度分布の形によつて分点を選ぶ必要がある。1～6の分点を図3-1-1に示す。

上記の6分割法で、それぞれ次下の関数の積分を行ない、その精度の目安をついた。

$$① \int_0^1 x^2 dx$$

$$② \int_0^1 \frac{dx}{1+x^2}$$

$$③ \int_{-1}^0 \frac{2}{1-x} dx + \int_0^1 \sqrt{x} dx$$

表3-1-1がその結果である。但し、-1～+1まで8分点とつて計算した。以上の事からのみ判断すると、DGとRDGは常によい精度を示す。SGは①、②のようになめらかな関数に対しては正確であるが、③のように不連続な関数に対しては精度が悪い。CDCは全体に特にすぐれた所がない。EQUALはどの場合もよくない。最後にMSGは③にのみ非常によい結果を示すが、その他が悪く一般性がない。

§ 3-2 角度分割法および次数Nが非均質効果に与える影響

前節で述べた方法に従つて、非均質効果の検討を行つた。MZA炉心部のC11-1Aセルについて、非均質効果を求めた。但し、エネルギー的な非均質性（共鳴の自己しゃへい効果）は、ここでの検討では考慮していない。各ケースでの次数Nは次のとおりである。

表3-2-1～表3-2-6

1. CDC	S-16
2. EQUAL	S-16, S-32
3. MSG	S-16, S-32
4. SG	S-32
5. DG	S-8, S-24
6. RDG	S-12(2, 4, 4, 2) S-16(4, 4, 4, 4) S-24(4, 8, 8, 4)

図3-2-1に示したセル構成で、セル計算を行つた際の実効増倍率を表3-2-7にまとめた。図3-2-2～図3-2-17は、代表点をエネルギー

-(1群、7群、13群、19群)中性子束のセル内空間分布を、そのセル平均値との比で表わしたものである。また、Puの板と、減速材の板との境界点、 UO_2 板の中心およびNa板の中心での中性子束角度分布を図3-2-18～図3-2-21に示した。これ等の結果はすべてRDG-S-24(4,8,8,4)で行つたものである。

1次元等価球体系で、炉心部をC11-1Aセルで代表させ、それぞれのセル計算に対応したセル平均の実効マクロ断面積により、26群拡散計算を行つた。但しブランケット部およびしやへい体部は、均質系のものを使つた。表3-2-8に均質系のそれを比較してまとめた。図3-2-22は次数Nとの関係を含め、結果を図示したものである。

§ 3-3 メッシュ数による非均質の効果

細かな中性子束の微細構造を求めるために、セル計算に必要なメッシュ数の検討を行つた。角度の分割法や次数Nの検討では、1メッシュ間隔約1mm弱とし、93メッシュを使つたが、その約2倍の185メッシュの計算を行い比較した。検討に用いた分割法はCDCおよびMSGで、共にS-16である。表3-3-1、表3-3-2にセル計算および1次元球体系拡散計算で得た非均質効果をまとめた。

§ 3-4 セルからの中性子の漏れの評価法について

1次元板状セル計算により、セル内の中性子束分布を求める場合、セルからの中性子の漏れの与え方として大別して次の2つの方法が考えられる。
①バツクリング(B^2)を与えて、拡散係数(D)との積(DB^2)でセルからの漏れを表現する。
②漏れ(Leakage)という形で与えてやる。

また、漏れを各プレート毎で違つたものにするか、あるいは各プレートに一様なものにするかの問題もある。事実としてプレートに平行な方向への中性子の漏れは、プレートおよびエネルギーに依存したものであると考えられるが、それを正確に評価する事は困難である。そこで、極端な場合も含めて表3-4-1に示した5通りの漏れの与え方により非均質効果に与える影響を検討した。表3-4-2は、エネルギー依存の漏れである。

非均質効果の算出は、次の方法で行つた。エネルギー的な非均質効果は除外して、均質系で求めた実効ミクロ断面積により、各プレートのマクロ断面積を求め

る。次に種々の定義による各プレートからの漏れを擬似吸収項として各プレートのマクロ断面積の吸収項に加えてセル計算を行なう。

セル計算は、S-16(4,4,4,4)11群で実施した。2次元RZ11群均質系拡散計算を基にした1次摂動計算により、実効増倍率への影響を求めた。表3-4-1の各ケースで漏れの大きさを変化させる事により、図3-4-1に示したセル計算の実効増倍率による非均質効果(Δk^{hetero})を得た。

§ 3-5 拡散係数の定義の違いによる非均質効果

非均質系の拡散係数は、先の検討(§3-1～§3-4)では中性子束と体積を重みにして、 Σtr を平均に $D = 1/3 \Sigma tr$ として用いてきた。しかし、板状非均質セルに対する Benoist による衝突確率を用いた3-5-1定義によるものと、先の Σtr を平均するものとの差違を検討した。

$$\left. \begin{aligned} D_0 &= \frac{1}{3} \frac{\sum_i \phi_i V_i \sum_j P_{ij} \lambda_j}{\sum_i \phi_i V_i} \\ D_Z &= \frac{1}{3} \frac{\sum_i \phi_i V_i \sum_j P_{ij} \lambda}{\sum_i \phi_i V_i} \\ D_r &= \frac{1}{2} (3D_0 - D_Z) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3-5-1)$$

比較は、2次元RZ体系11群拡散計算の実効増倍率を直接比較することで行なつた。表3-5-1が均質系と二つの非均質による2次元計算の結果である。なお、ここで検討は共鳴の自己しやへい効果を含め、又、プランケット各セルについても非均質性を考慮したものである。

表3-5-1の結果からすると、拡散係数の定義により、0.78%もの差が生じる事になる。そこで、表3-5-2に非均質系両者の拡散係数の差による、エネルギー領域別の効果を1次摂動論により示した。

§ 3-6 共鳴の自己しやへい効果

板状の非均質性が共鳴の自己しやへいにおよぼす影響を(3-6-1)式、(3-6-2)式により考慮した。

次

Equivalence theorem

Σ_e : Escape cross Section

$$\Sigma_e^{i,g} = \frac{1}{2T} \cdot \frac{A \cdot G_{\infty}^{i,g}}{1 + (A-1)(1-G_{\infty}^{i,g})} \quad (3-6-1)$$

$$\begin{cases} A = 1.15 \\ G_{\infty}^{i,g} = 1 - E_s \left(\sum_{i=1}^R \Sigma_{i,g}^i T^i \right) - E_s \left(\sum_{i=1}^L \Sigma_{i,g}^i T^i \right) \end{cases}$$

T : Plate thickness

R, L : denoting right and left

moderator region

$$E_n(x) = \int_0^{\pi/2} \exp\left(\frac{-x}{\cos\theta}\right) \cos\theta^{n-2} \sin\theta d\theta$$

$\Sigma_{i,g}^i$: Plate i, energy group i g total macro cross section

$$\sigma_{i,g}^{\text{hetero}} = \sigma_{i,g}^* + \Sigma_e^{i,g} \quad (3-6-2)$$

$\sigma_{i,g}^*$: Plate i 中での back ground cross section

表3-6-1は、C11-10セルにおいて(3-6-1)式中で、 $A=1.15$ と $A=1.45$ としたときの非均質系の実効ミクロ断面積の違いを示したものである。これによるとAの依存性はあまり大きくない。今回の解析では $A=1.15$ とした。2次元RZ体系均質系11群拡散計算を基にした1次摂動計算により、各領域の非均質効果を求めた。表3-6-2はその結果である。これによると、共鳴の自己しゃへい効果は、MZA炉心ではB11-3セルが最も大きい。表3-6-3はMZB炉心についての同様の結果である。

§ 3-7 詳細検討のまとめ

- i) 角度分割法については、RDG-S16(4, 4, 4, 4)が精度および实用上最もすぐれている。
- ii) メッシュ数は、1メッシュ間隔1mm弱であるC11-10セルについて93

メッシュで充分である。

- iii) セルからの中性子の漏れの評価は、現状ではどれがよいかを決定する事はできない。又、漏れの評価により図3-4-1に見られるように $0.3\%\Delta k$ の開きがある。図3-7-1にバツクリングを零とした場合のセル平均スペクトルと、エネルギー依存の漏れを与えた場合のスペクトルとを1次元球体系の炉心平均スペクトルと比較して図示した。これによると、バツクリングが零の場合スペクトルが全く合っていないので、検討の対象から除くとする。それにしても現状では $0.18\%\Delta k$ の差がある。そこで今回は、最も理解しやすいエネルギー依存の漏れを与える方法を第1に採用する事にした。
- iv) 拡散係数の定義による差が $0.8\%\Delta k$ と大きい。これについて後に検討を加えるとしてここでは、非均質プレートの異方性を考慮したBenoistのものを使う事にした。
- v) 共鳴の自己しゃへい効果は、MZAで $0.45\%\Delta k$ 、MZBで $0.49\%\Delta k$ あり、非均質効果の検討では無視できない事がわかつた。

図3-7-2～図3-7-4は、§3-1での検討時に角度分割RDGS-24(4, 8, 8, 4)で得たセル内反応率分布の結果である。その時のセル平均マクロ定数を表3-7-1に、均質系のものを表3-7-2に示す。

表3-1-1 角度分点と重みのとり方による積分計算の比較

数式	Exact	CDC		EQUAL		SG	
	Calculation	結果	誤差(%)	結果	誤差(%)	結果	誤差(%)
①	0.333333	0.333333	0.0	0.328125	-1.56	0.333333	0.0
②	0.785398	0.784232	-0.15	0.786700	0.17	0.785397	-0.00
③	2.052961	2.054216	0.06	2.055417	0.12	2.055476	0.12

数式	Exact	MSG		DG		RDG	
	Calculation	結果	誤差(%)	結果	誤差(%)	結果	誤差(%)
①	0.333333	0.321805	-3.46	0.333333	0.0	0.333333	0.0
②	0.785398	0.788779	0.37	0.785403	0.00	0.786065	0.08
③	2.052961	2.053430	0.02	2.054120	0.06	2.053817	0.04

表3-2-1 ODCの角度分割と重み

S-16

$ \mu_i $	w_i
0.977525	0.0227558
0.906765	0.0397746
0.829993	0.0416887
0.745356	0.0459606
0.649786	0.0526346
0.537484	0.0640174
0.394405	0.0905041
0.149071	0.1426643

表3-2-2 EQUALの角度分布と重み

S-32

$ \mu_i $	w_i
0.96875	0.03125
0.90625	"
0.84375	"
0.78125	"
0.71875	"
0.65625	"
0.59375	"
0.53125	"
0.46875	"
0.40625	"
0.34375	"
0.28125	"
0.21875	"
0.15625	"
0.09375	"
0.03125	"

表3-2-2 (つづき)

S-16

$ \mu_i $	w_i
0.9375	0.0625
0.8125	"
0.6875	"
0.5625	"
0.4375	"
0.3125	"
0.1875	"
0.0625	"

表3-2-3 SGの角度分布と重み

S-32

$ \mu_i $	w_i
0.997264	0.0035093
0.985612	0.0081372
0.964762	0.0126960
0.934906	0.0171369
0.896321	0.0214180
0.849368	0.0254990
0.794484	0.0293421
0.721821	0.0329111
0.663044	0.0361729
0.587716	0.0390970
0.506900	0.0416560
0.421351	0.0438260
0.331868	0.0455869
0.239287	0.0469222
0.144472	0.0478194
0.048308	0.0482700

表 3-2-4 MSGの角度分布と重み

S-32

$ \mu_i $	w_i
0.951692	0.0482700
0.855528	0.0478194
0.760713	0.0469222
0.668132	0.0455869
0.578649	0.0438260
0.493100	0.0416560
0.412284	0.0390970
0.336950	0.0361729
0.278179	0.0329111
0.205516	0.0293421
0.150632	0.0254990
0.103679	0.0214180
0.065094	0.0171369
0.035238	0.0126960
0.014388	0.0081372
0.002736	0.0035093

S-16

$ \mu_i $	w_i
0.904987	0.0947253
0.718396	0.0913017
0.541983	0.0845782
0.382124	0.0747980
0.244596	0.0623145
0.134369	0.0475793
0.055425	0.0311268
0.010599	0.0135762

表3-2-5 DGの角度分布と重み

S-2.4

$ \mu_i $	w_i
0.997594	0.0030853
0.987364	0.0071328
0.969137	0.0110694
0.943208	0.0148246
0.910001	0.0183366
0.870062	0.0215475
0.824047	0.0244047
0.772711	0.0268611
0.716897	0.0288764
0.657521	0.0304176
0.595559	0.0314594
0.532028	0.0319846
0.467972	0.0319846
0.404441	0.0314594
0.342479	0.0304176
0.283103	0.0288764
0.227289	0.0268611
0.175953	0.0244047
0.129938	0.0215475
0.089999	0.0183366
0.056792	0.0148246
0.030863	0.0110694
0.012636	0.0071328
0.002406	0.0030853

S-8

$ \mu_i $	w_i
0.980145	0.0253071
0.898333	0.0555953
0.762766	0.0784267
0.591717	0.0906709
0.408283	0.0906709
0.237234	0.0784267
0.101667	0.0555953
0.019855	0.0253071

表3-2-6 RDGの角度分布と重み

S-4, 8, 8, 4

$ \mu_i $	w_i
0.944455	0.0695710
0.735992	0.1304290
0.464008	0.1304290
0.255545	0.0695710
0.196029	0.0050614
0.179667	0.0111191
0.152553	0.0156853
0.118343	0.0181342
0.081657	0.0181342
0.047447	0.0156853
0.020333	0.0111191
0.003971	0.0050614

S-4, 4, 4, 4

$ \mu_i $	w_i
0.944455	0.0695710
0.735992	0.1304290
0.464008	0.1304290
0.255545	0.0695710
0.186114	0.0173927
0.133998	0.0326073
0.066002	0.0326073
0.013886	0.0173927

S-2, 4, 4, 2

$ \mu_i $	w_i
0.830940	0.2
0.369060	0.2
0.186114	0.0173927
0.133998	0.0326073
0.066002	0.0326073
0.013886	0.0173927

表3-2-7 MZA炉心セル(C11-1A)における
セル計算の実効増倍率

Quadrature	均質系	非均質系	% Δk_{hetero}
CDC S-16	0.99324696	0.99900819	0.58
EQUAL S-16	—	1.0041651	1.10*
" S-32	—	1.0069142	1.38*
SG S-32	—	1.0053297	1.22*
MSG S-16	0.99324199*	1.0091123	1.60*
" S-32	"	1.0089455	1.58*
DG S-8	—	1.0087774	1.56*
" S-24	—	1.0089791	1.58*
RDG S-(2,4,4,2)	—	1.0088215	1.57*
" S-(4,4,4,4)	—	1.0090357	1.59*
" S-(4,8,8,4)	—	1.0089655	1.58*

* Homogeneous の値として MSG S-16 を取つた。

表3-2-8 MZA 炉心セル(C11-1A)における
1次元球体系拡散計算の実効増倍率

Quadrature	k_{eff}	% $\Delta k / k_{\text{hetero}}$
Homogeneous	0.991951	—
CDC S-16	0.996584	0.467
EQUAL S-16	1.00128	0.940
" S-32	1.00389	1.204
SG S-32	1.00239	1.052
MSG S-16	1.00600	1.416
" S-32	1.00589	1.405
DG S-8	1.00567	1.383
" S-24	1.00590	1.406
RDG S-(2,4,4,2)	1.00576	1.392
" S-(4,4,4,4)	1.00594	1.410
" S-(4,8,8,4)	1.00588	1.404

表3-3-1 セルメッシュサイズの影響=セル計算=(MZA)

Quadrature	メッシュ	均質系	非均質系	%△k hetero
CDC S-16	92	0.99324696	0.99900819	0.58
	184	0.99322422	0.99902082	0.58
MSG S-16	92	0.99324199	1.00911123	1.60
	184	0.99321821	1.0091593	1.60

表3-3-2 メッシュサイズの影響=球計算=(MZA)

Quadrature	メッシュ	k _{eff}	%△k hetero
均質系		0.991951	—
MSG S-16	92	1.00600	1.42
	184	1.00602	1.42

表3-4-1 セルからの中性子の漏れの評価法(MZA)

case	D	B ²
(1)	——	0.0
(2)	エネルギーに依存したDB ² (ケース5)をcell C11-1Aのspectrumで1群に縮約したものを各プレートに一様に与える。	
(3)	均質系のセルに対するD	(5) caseのB ² をspectrumで1群に縮約
(4)	非均質効果を見るためのplate毎に1群で与えられるD	(3)と同じ
(5)*	2次元(R-Z)1群計算により、全炉心からの漏れから求めた。	

(*) 表3-4-2 参照

表3-4-2 B^2 並びに DB^2 (ケース5) (MZA)

Group	B^2 (cm^2)	D (cm)	DB^2 (cm^2)	$\phi \Delta \mu$
1 2	0.0034688	3.569	0.01238	0.0149
3 4	0.0031929	2.877	0.0091861	0.1028
5 6	0.0024554	2.075	0.0050949	0.2539
7 8	0.0019863	1.622	0.0031407	0.3158
9 10	0.0014089	1.316	0.0018541	0.2021
11 12	0.00072805	1.073	0.0007812	0.0778
13 14	-0.00063956	0.9707	-0.00062082	0.0234
15 16	-0.0022955	1.182	-0.0027133	0.0085
17 18	-0.013024	1.132	-0.014743	0.0007
19 20	-0.028622	1.127	-0.032257	0.00004
21 22				
23 24	-0.048958	1.101	-0.053903	0.000001
25 26				

表3-5-1 MZA非均質効果の検討 2次元 RZ 11群
拡散計算の実効増倍率

case	k_{eff}	$\Delta k_{\text{eff}}: -(1)$
(1)	0.9856	-
(2)	0.9969	1.13 %
(3)	1.0047	1.91 %

表 3-5-2 拡散係数の違いによる効果 (NZA)

	Core	B1 ₁	B1 ₃	B1 ₄
1	0.07715	0.05768	0.11005	0.16300
2	0.05073	0.03892	0.07692	0.04502
3	0.03365	0.02179	0.04486	0.01493
4	0.04086	0.03063	0.05417	0.02373
5	0.04242	0.03384	0.05859	0.03914
6	0.03506	0.02974	0.05134	0.06820
7	0.02262	0.01535	0.01119	0.02454
8	0.04413	0.03106	0.02508	0.02845
9	0.04312	0.03167	0.02390	0.02894
10	0.04011	0.03041	0.02234	0.02728
11	0.03427	0.02854	0.02059	0.02537
小計	0.366	0.053	0.319	0.009
			合計	0.747

unit : %

表3-6-1 Aの違いが非均質系ミクロ定数に及ぼす影響 (MZA)

C11-1C

$U^{238} \sigma_a$	A=1.15	A=1.45	Homo
i g			
1 0	0.457551	0.457729	0.458164
1 1	0.632150	0.634529	0.639340
1 2	0.767921	0.771687	0.801232
1 3	0.777832	0.781284	0.872198
1 4	0.740534	0.753889	0.811491
1 5	1.23136	1.25239	1.35033
1 6	0.997330	1.01345	1.13329
1 7	1.76263	1.79599	1.99607
1 8	1.30294	1.32632	1.50444
1 9	2.71189	2.76046	3.07944
2 0	4.24233	4.32296	5.06692
Pu ²³⁹ σ_f			
1 0	1.78599	1.78667	1.79425
1 1	1.98333	1.98523	2.00302
1 2	2.25523	2.25584	2.30394
1 3	2.89001	2.89033	3.05631
1 4	3.67809	3.68757	3.86281
1 5	6.05900	6.07555	6.62395
1 6	9.11967	9.13398	10.5589
1 7	11.9826	12.0011	14.4011
1 8	20.6838	20.7089	25.6065
1 9	7.52613	7.51099	11.1285
2 0	33.7520	34.0098	49.4672
Pu ²⁴⁰ σ_a			
1 1	0.791897	0.787616	0.794342
1 2	1.07136	1.03766	1.09247
1 3	1.56806	1.40761	1.6702
1 4	2.28373	1.79178	2.55987

表3-6-2 MZA 非均質効果（共鳴の自己しゃへい効果のみ）

	Abs	Fiss	Leak	Tot
Core	+9.53-3	-8.95-3	-1.81-5	5.62-4
Ax·B1	5.52-4	0.0	-9.06-6	5.43-4
I/Rd·B1	3.48-3	0.0	-7.19-5	3.41-3
O/Rd·B1	1.58-4	0.0	-7.43-6	1.51-4
T o t	1.37-2	8.95-3	-1.07-4	4.67-3

表3-7-1 セル平均マクロ定数(非均質系) (MZA)

C11-1A

Group 断面積	Macro Cross Section			
	D	$\nu \Sigma_f$	Σ_a	Σ_r
1	4.02950	3.46230-2	1.40240-2	5.61976-2
2	3.43320	2.18510-2	8.22799-3	5.45491-2
3	3.00390	1.99620-2	7.02989-3	4.97773-2
4	2.79460	1.83030-2	6.88269-3	3.49627-2
5	2.16260	9.80470-3	4.31990-3	3.21435-2
6	2.02330	7.63199-3	3.59920-3	2.00673-2
7	1.72850	6.61689-3	3.43310-3	2.06713-2
8	1.50870	6.40779-3	3.88570-3	1.91381-2
9	1.35110	6.70869-3	4.67160-3	1.84925-2
10	1.26640	7.57660-3	6.42740-3	1.88898-2
11	1.21890	8.49359-3	8.43589-3	1.90460-2
12	7.78950-1	9.74780-3	1.10250-2	2.78920-2
13	5.18140-1	1.32870-2	1.50010-2	6.63979-2
14	1.23750	1.59440-2	1.63910-2	1.85970-2
15	1.17950	2.66770-2	2.35100-2	1.80540-2
16	1.22850	4.01420-2	2.93590-2	1.78640-2
17	1.16800	5.25200-2	4.33410-2	1.80940-2
18	1.13140	8.24579-2	6.49209-2	1.80580-2
19	1.16470	4.49210-2	5.33600-2	1.79780-2
20	1.15580	1.35740-1	1.07120-1	1.79720-2
21	1.12950	9.21789-2	1.14720-1	1.76420-2
22	1.19220	6.21870-2	3.78910-2	1.77200-2
23	9.48220-1	9.96459-2	1.65300-1	1.79140-2
24	6.20230-1	3.62280-1	4.13220-1	1.78730-2
25	2.01540-1	4.29710	2.59380	1.77390-2
26	1.67310-1	3.09330	1.65690	0.0

表 3-7-1 (つづき)

i	k	$\Sigma_s (i \rightarrow i+k)$ Hetero									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0	0.0125	0.0077	0.0073	0.0122	0.0117	0.0100	0.0049	0.0017	0.0005	0.0002
2	0	0.0343	0.0149	0.0109	0.0127	0.0097	0.0043	0.0015	0.0004	0.0001	0.0
3	0	0.0542	0.0258	0.0087	0.0084	0.0045	0.0018	0.0005	0.0001	0.0	
4	0	0.0774	0.0207	0.0088	0.0035	0.0015	0.0005	0.0001	0.0		
5	0	0.1177	0.0248	0.0047	0.0019	0.0005	0.0002	0.0			
6	0	0.1411	0.0194	0.0004	0.0002	0.0001	0.0				
7	0	0.1518	0.0205	0.0001	0.0	0.0					
8	0	0.1979	0.0191	0.0	0.0						
9	0	0.2236	0.0183	0.0002	0.0						
10	0	0.2362	0.0189	0.0							
11	0	0.2460	0.0190	0.0							
12	0	0.3890	0.0279	0.0							
13	0	0.5620	0.0664	0.0							
14	0	0.2344	0.0186	0.0							
15	0	0.2410	0.0181	0.0							
16	0	0.2241	0.0179	0.0							
17	0	0.2240	0.0181	0.0							
18	0	0.2117	0.0181	0.0							
19	0	0.2149	0.0180	0.0							
20	0	0.1965	0.0180	0.0							
21	0	0.1753	0.0176	0.0							
22	0	0.2240	0.0177	0.0							
23	0	0.1683	0.0179	0.0							
24	0	0.1064	0.0179	0.0							
25	0	-0.9577	0.0177	0.0							
26	0	0.3355	0.0	0.0							

表3-7-2 セル平均マクロ定数(均質系) (MZA)

C 11-1 A

Group	断面積	Macro Cross Section		
		D	$\nu\Sigma_f$	Σ_a
1	4.0962	0.031534	0.013299	0.055658
2	3.4817	0.019542	0.0075883	0.054136
3	3.0338	0.018131	0.0064672	0.049485
4	2.8095	0.017128	0.0065090	0.034905
5	2.1639	0.0091588	0.0041076	0.032175
6	2.0254	0.0074607	0.0035372	0.020080
7	1.7286	0.0065913	0.0034234	0.020690
8	1.5088	0.0064476	0.0038994	0.019136
9	1.3513	0.0067632	0.0046913	0.018472
10	1.2654	0.0076751	0.0064712	0.018868
11	1.2177	0.0086196	0.0085016	0.019022
12	0.77740	0.0099905	0.011155	0.027819
13	0.51447	0.013395	0.014978	0.067238
14	1.21931	0.016925	0.017120	0.018807
15	1.16941	0.028392	0.024551	0.018045
16	1.21399	0.043906	0.031534	0.017803
17	1.14602	0.059730	0.047825	0.018074
18	1.08216	0.10273	0.078828	0.017981
19	1.13472	0.051589	0.059040	0.018067
20	1.08452	0.19584	0.14223	0.017923
21	1.08172	0.11404	0.12904	0.017826
22	1.19222	0.062187	0.037891	0.017720
23	0.94822	0.099646	0.16530	0.017914
24	0.62023	0.36228	0.41322	0.017873
25	0.20155	4.2971	2.5938	0.017739
26	0.16730	3.0933	1.6569	0.0

表 3 - 7 - 2 (つづき)

i \ k	$\Sigma_s (i \rightarrow i+k)$									
i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0.012420	0.0 077135	0.0071993	0.012133	0.011603	0.0098509	0.0047770	0.0016855	0.0005145	0.0001813
2	0.034015	0.014932	0.010820	0.012555	0.0096115	0.0042222	0.0014597	0.0004239	0.0001021	0.0000097
3	0.053920	0.025627	0.0086005	0.0083621	0.0045065	0.0017817	0.0004741	0.0001302	0.0000021	0.0000006
4	0.0077231	0.020705	0.0087217	0.0035160	0.0014457	0.0004478	0.0000690	0.0	0.0	0.0
5	0.11776	0.024824	0.0047071	0.0018941	0.00052162	0.00022436	0.0000040	0.0		
6	0.14096	0.019417	0.0003700	0.0002296	0.0000631	0.0000001	0.0			
7	0.16873	0.020545	0.0001338	0.0000092	0.0000003	0.0				
8	0.19789	0.019132	0.0000031	0.0000009	0.0					
9	0.22352	0.018272	0.000192	0.0000078	0.0					
10	0.23807	0.018868	0.0							
11	0.24622	0.019022	0.0							
12	0.38981	0.027819	0.0							
13	0.56570	0.067238	0.0							
14	0.23745	0.018807	0.0							
15	0.24245	0.018045	0.0							
16	0.22524	0.017803	0.0							
17	0.22496	0.018074	0.0							
18	0.211216	0.017981	0.0							
19	0.21665	0.018067	0.0							
20	0.14721	0.017923	0.0							
21	0.16129	0.017826	0.0							
22	0.22398	0.017720	0.0							
23	0.16832	0.017914	0.0							
24	0.10635	0.017873	0.0							
25	-0.95767	0.017739	0.0							
26	0.33546	0.0	0.0							

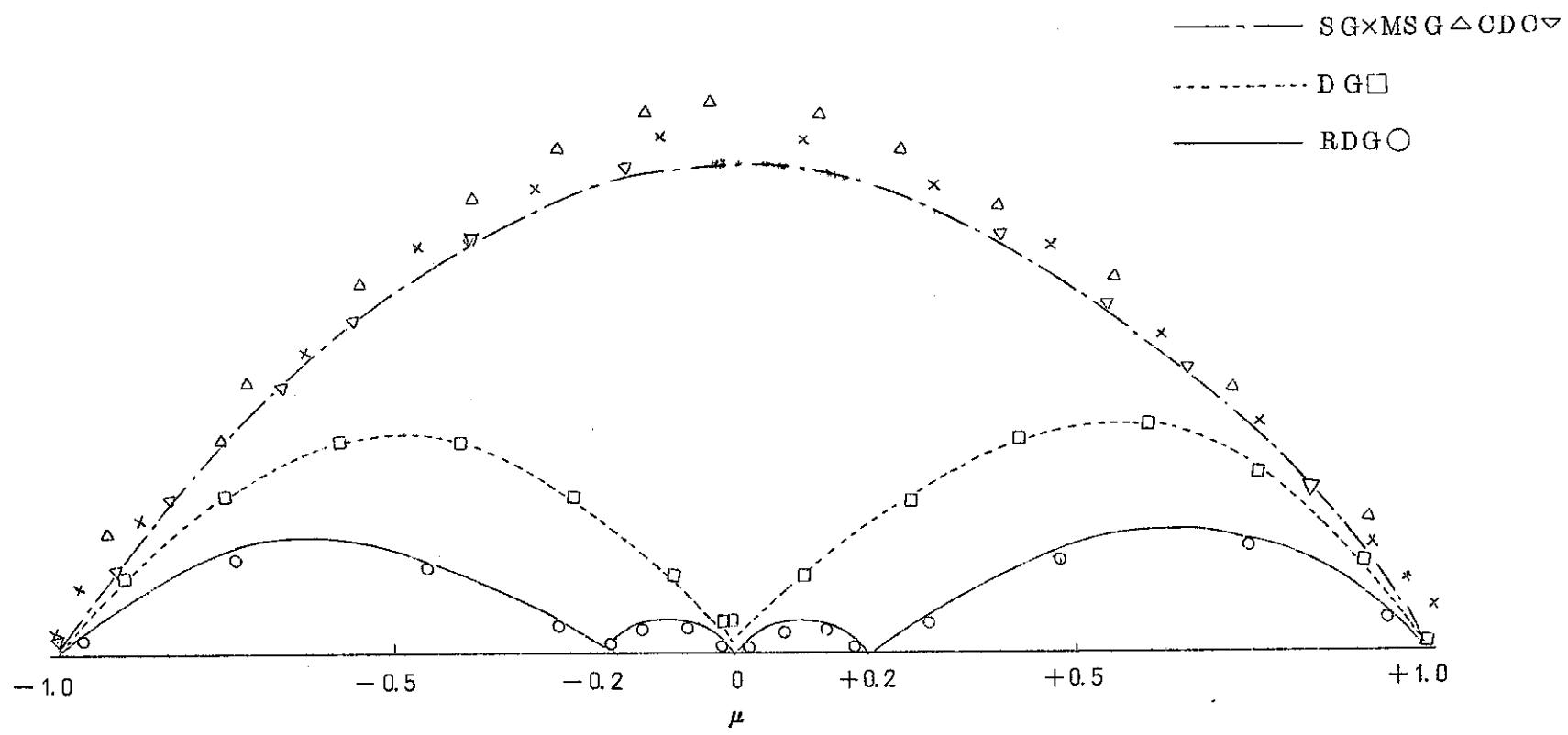


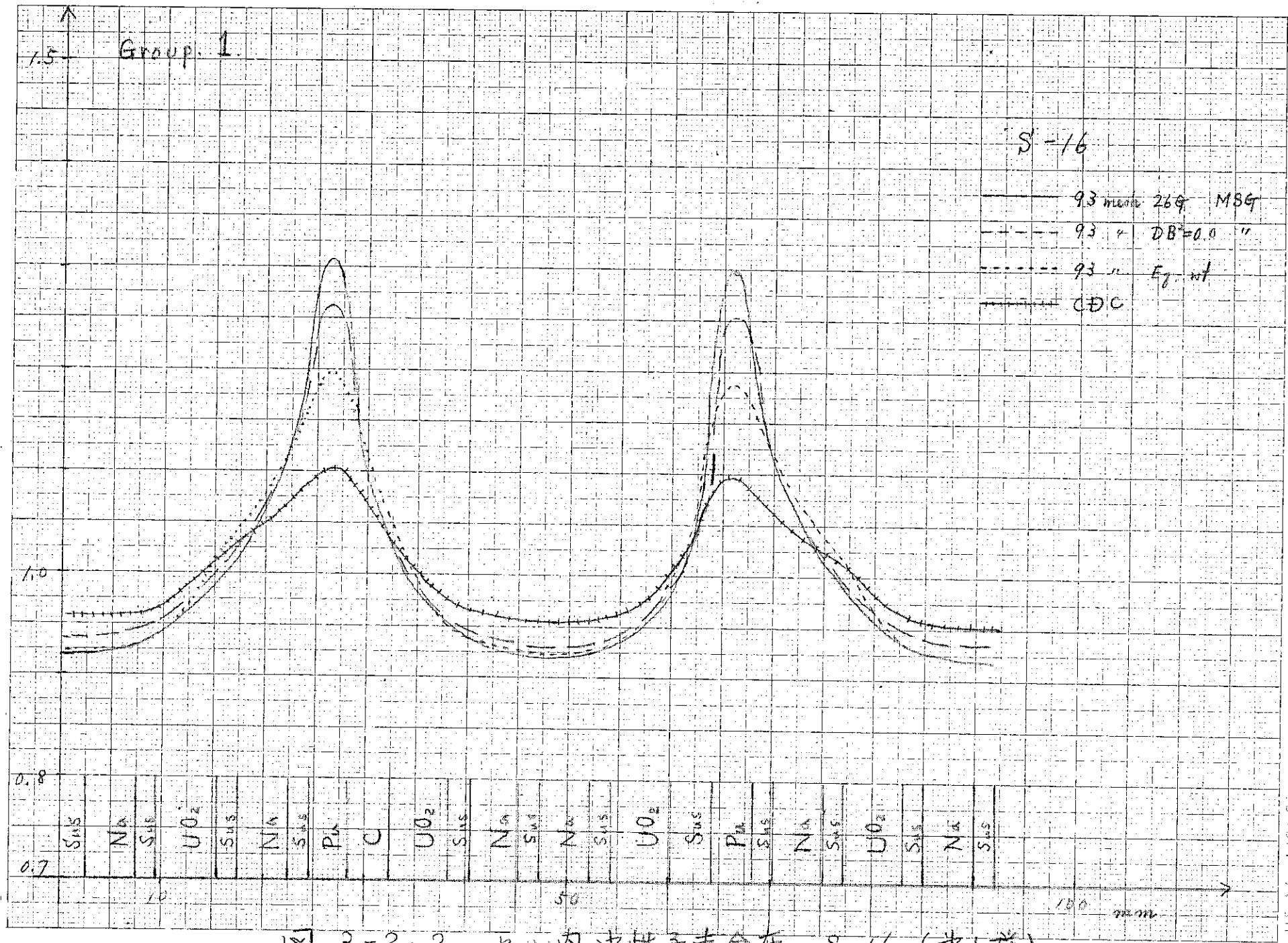
図 3-1-1 角度の分割法（16分点の場合）

Exact cell	(CII-A)	Region No.	Thickness (cm)	Mesh Interval No.
	<u>Can (1)</u>	= 1 =	0.03683	2
Na		2	0.54484	5
	<u>Can (2)</u>	= 3 =	0.07366	2
UO ₂		4	0.55424	6
	<u>Can (2)</u>	= 5 =	0.07366	2
Na		6	0.54484	5
	<u>Can (3)</u>	= 7 =	0.08255	2
Pu		8	0.23416	4
C		9	0.40955	4
UO ₂		10	0.55424	6
	<u>Can (2)</u>	= 11 =	0.07366	2
Na		12	0.54484	5
	<u>Can (4)</u>	= 13 =	0.07366	2
Na		14	0.54484	5
	<u>Can (2)</u>	= 15 =	0.07366	2
UO ₂		16	0.55424	6
Sus		17	0.39975	4
Pu		18	0.23416	4
	<u>Can (3)</u>	= 19 =	0.08255	2
Na		20	0.54484	5
	<u>Can (2)</u>	= 21 =	0.07366	2
UO ₂		22	0.55424	6
	<u>Can (2)</u>	= 23 =	0.07366	2
Na		24	0.54484	5
	<u>Can (1)</u>	= 25 =	-0.03683	2

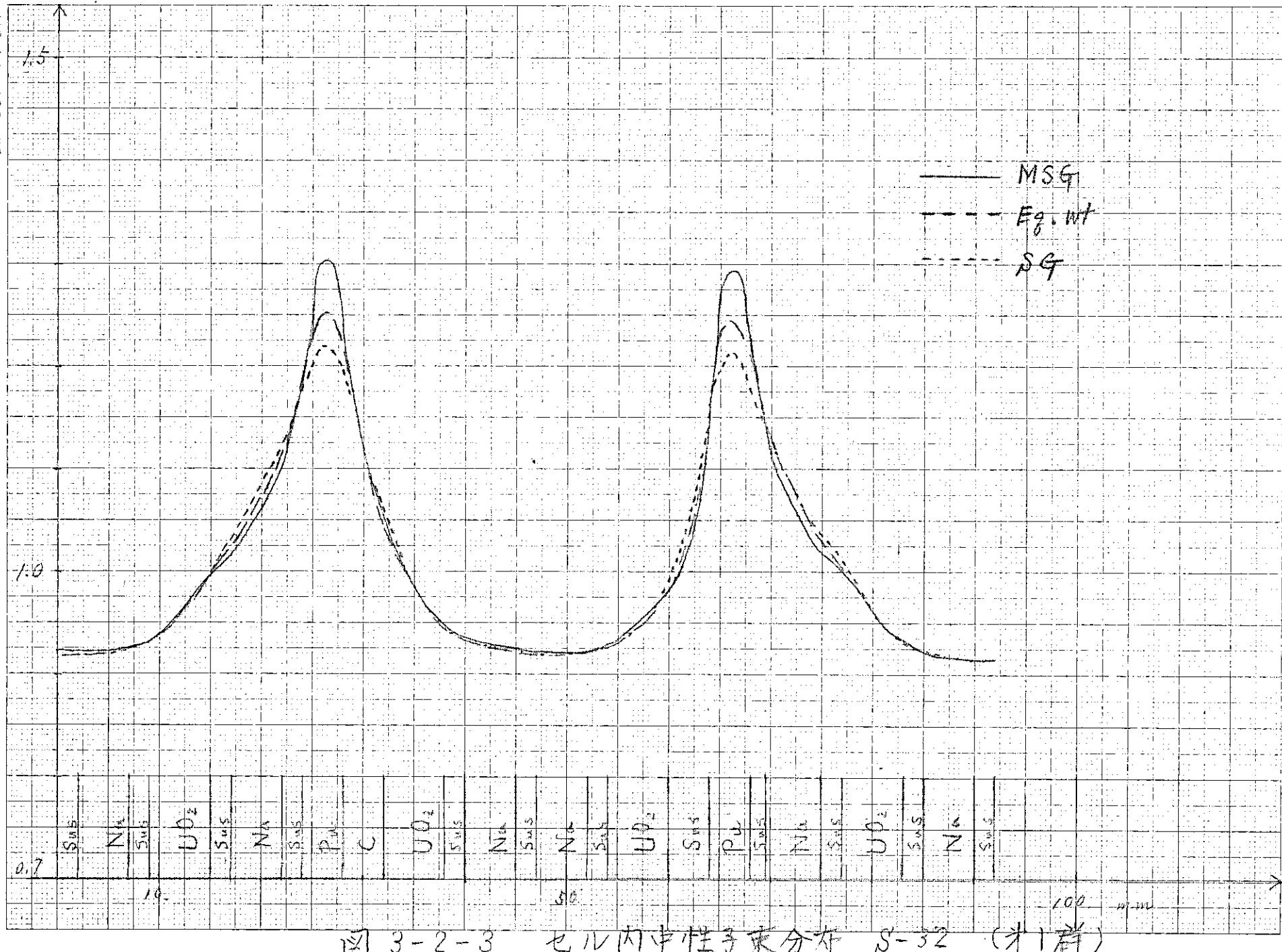
The absorber and moderator regions indicate in the right figure.

図 3-2-1 MZ-A炉中心セル

(CII-A) プレート配置図



18 3-2-2 也ル内中性子束分布 S-16 (第1群)



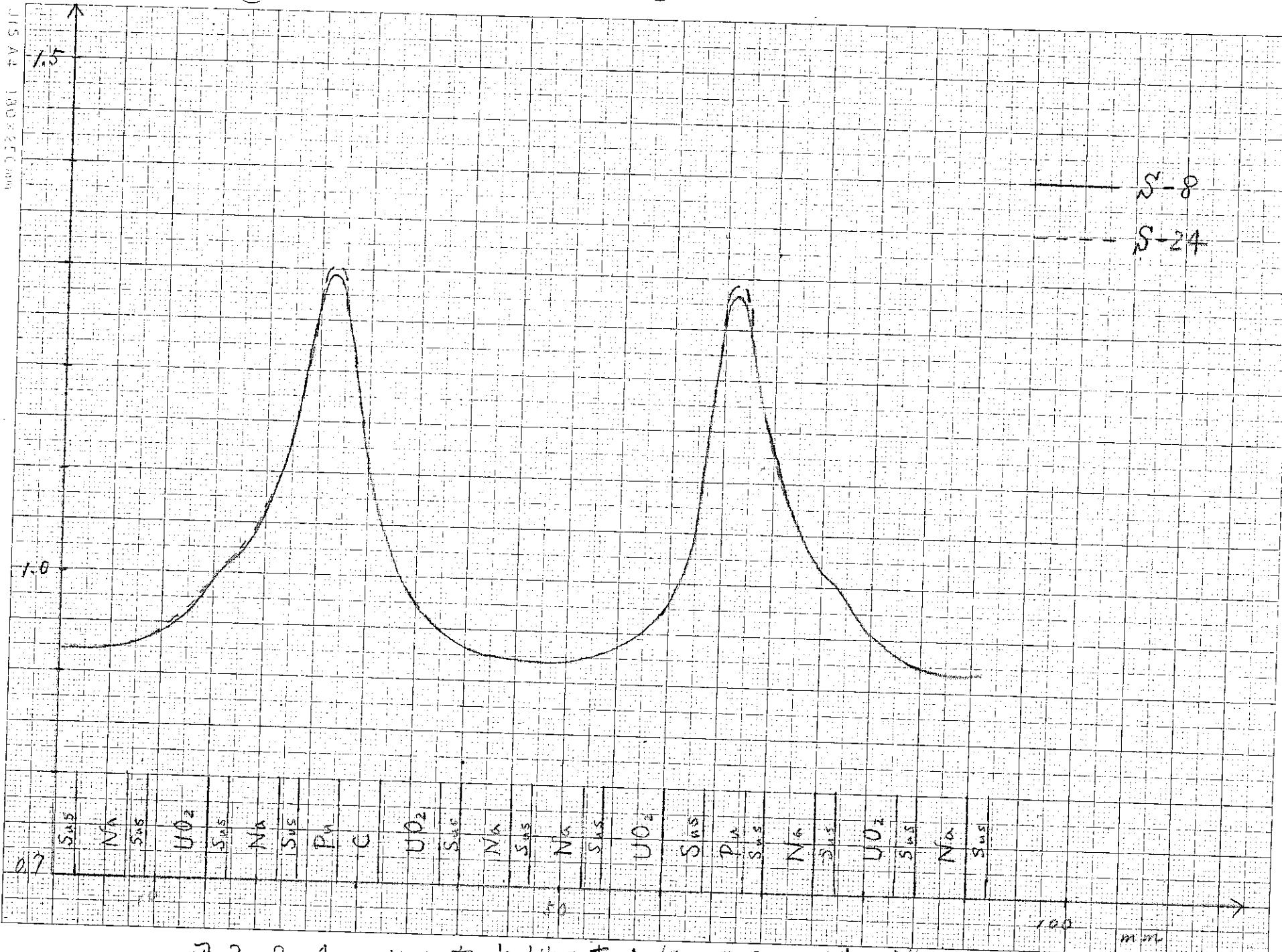


図 3-2-4 セル内中性子束分布 DG (＊1群)

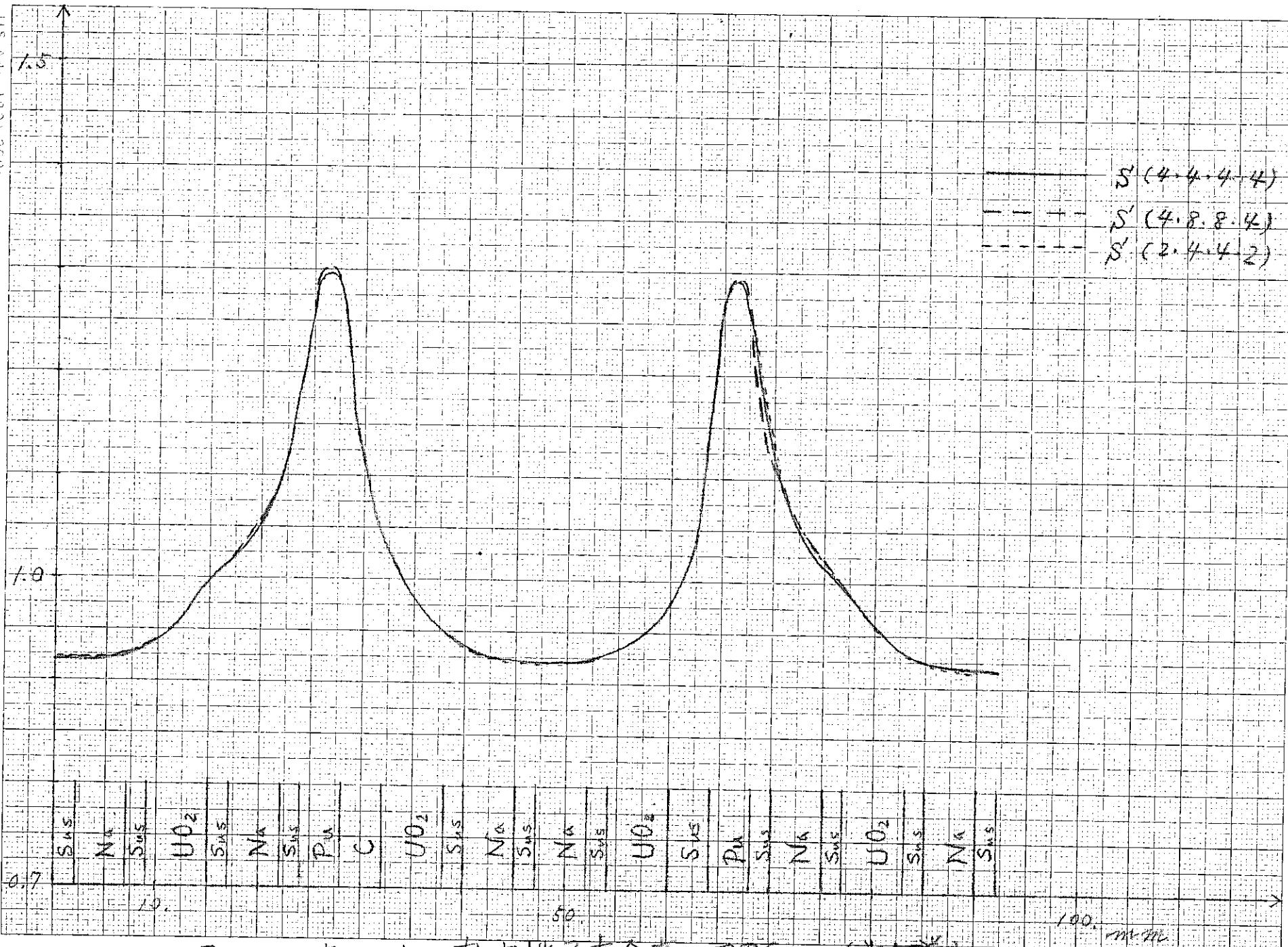


図 3-2-5 セル内中性子束分布 RDG (1/10倍)

J. HS A 4 1962 250000



図 3-2-6 セル内中性子束分布 S-16 (オリ群)



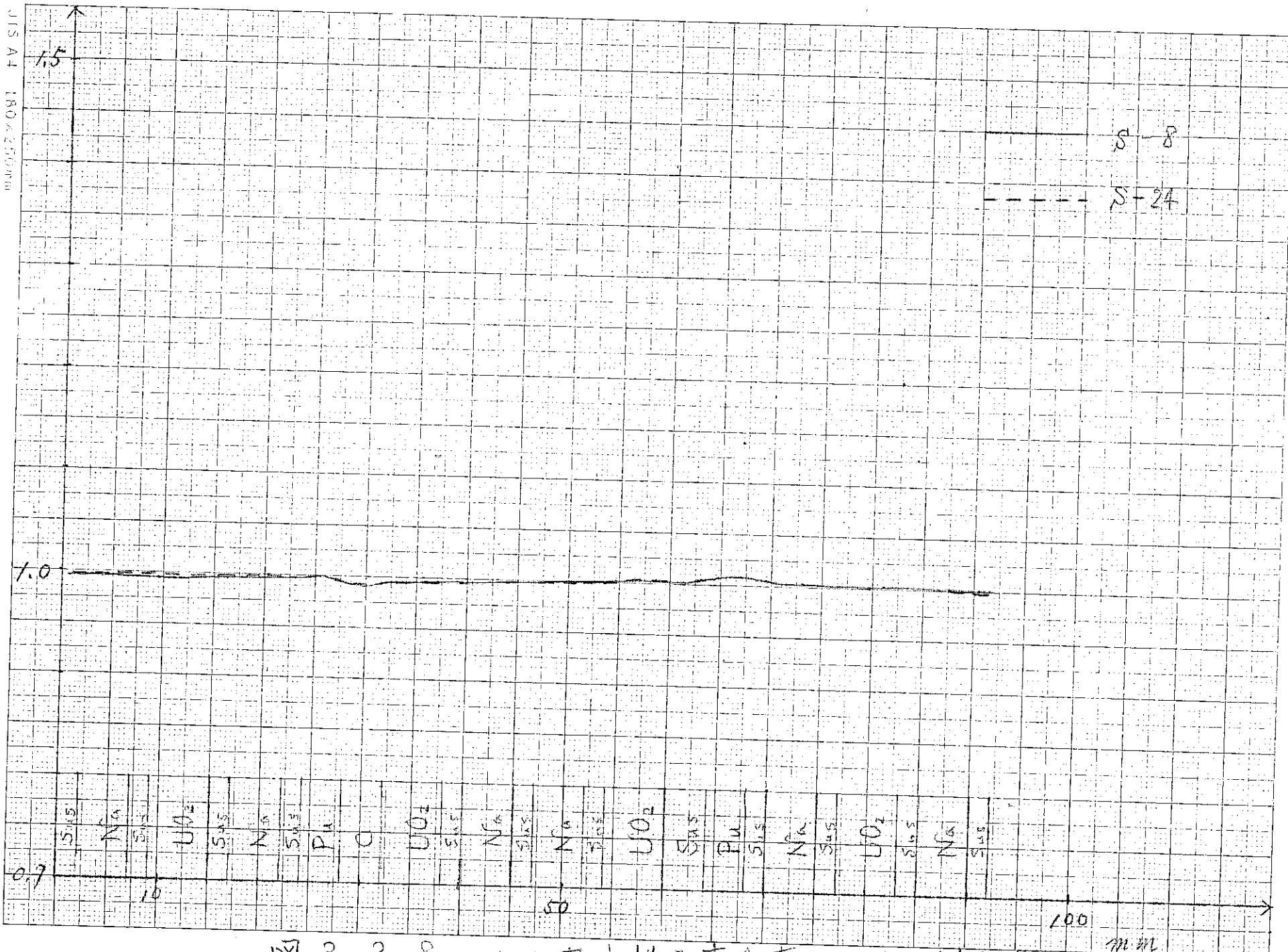


図 3-2-8 セル内中性子束分布 DG (オ7群)

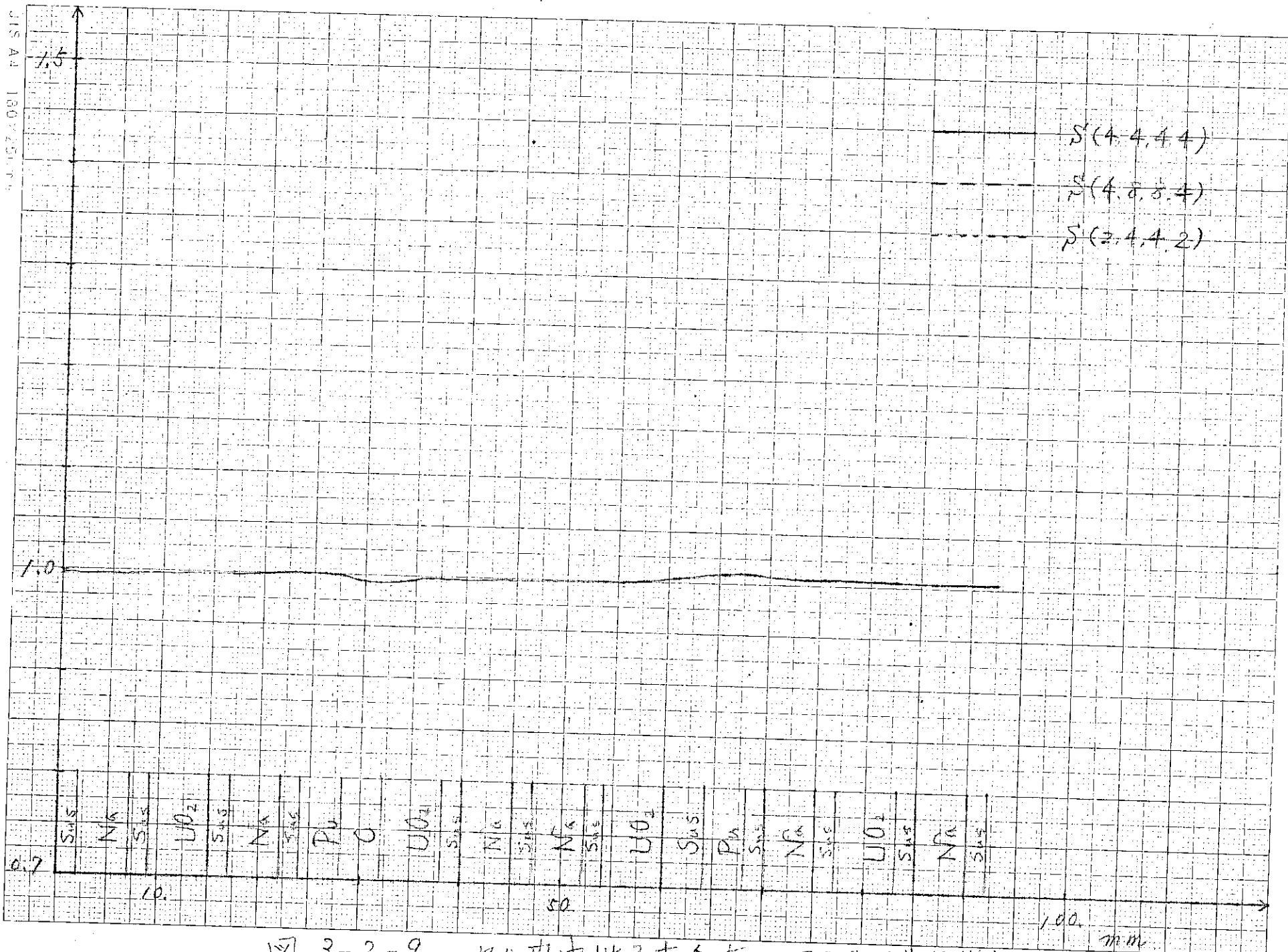


図 3-2-9 セル内中性子束分布 RDG (才7前)

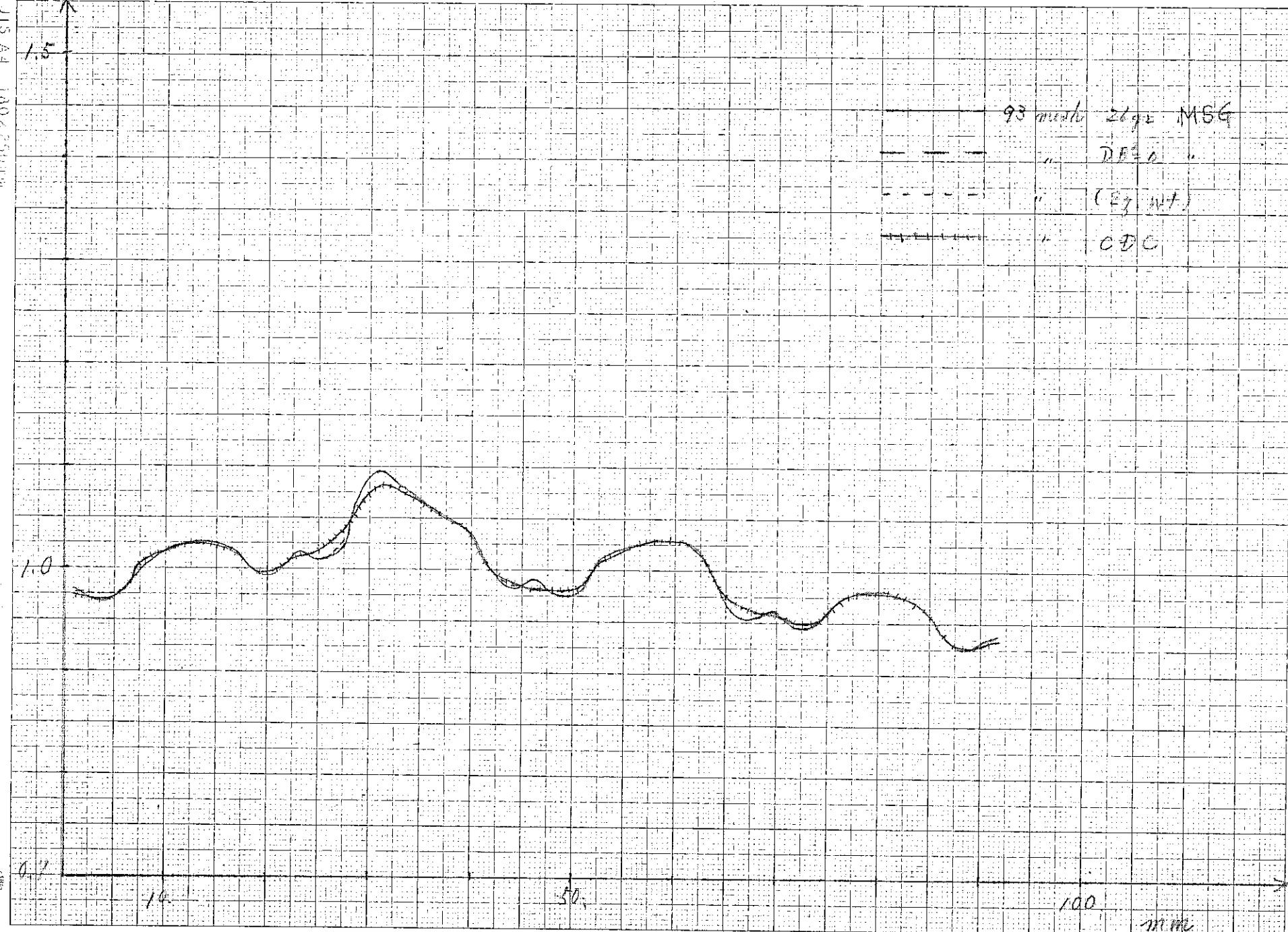


図 3-2-10 セル内中性子束分布 S-16 (半13群)

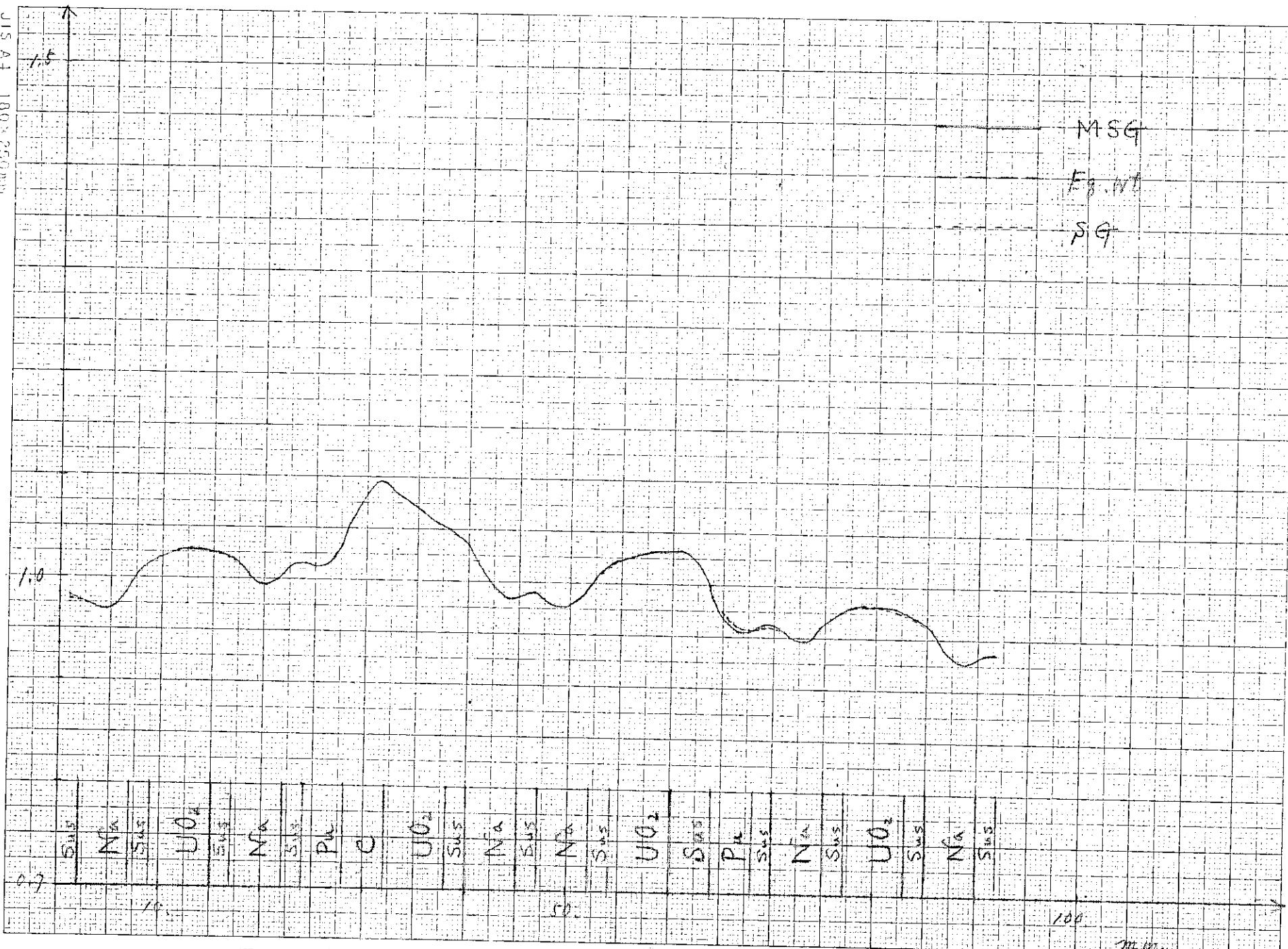


図 3-2-11 セル内中性子束分布 S-32 (才13群)



3-2-12 π^0 中性子束分布 DG (第13群)

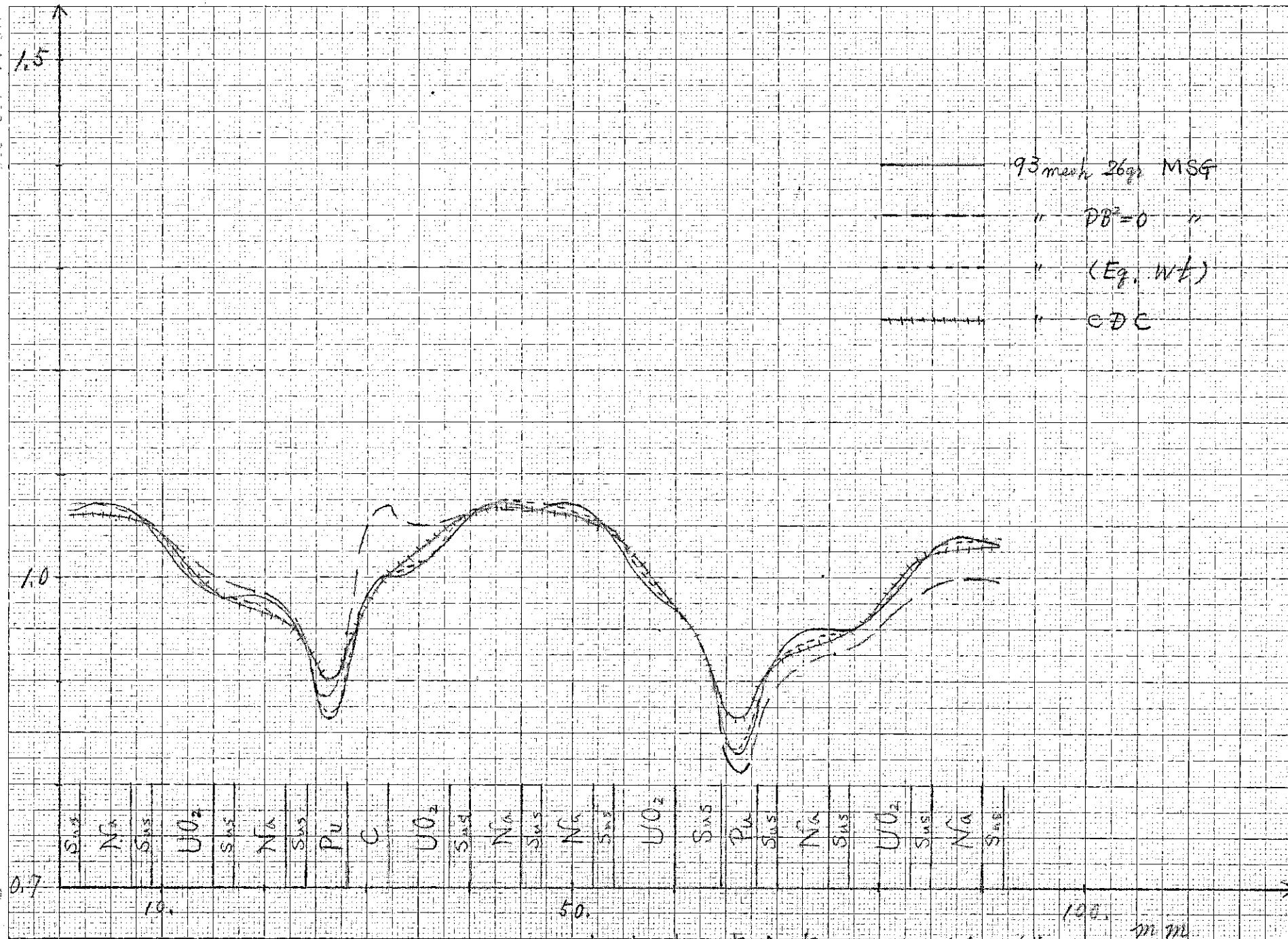


図 3-2-14 児童内中性子束分布 S-16 (第19群)

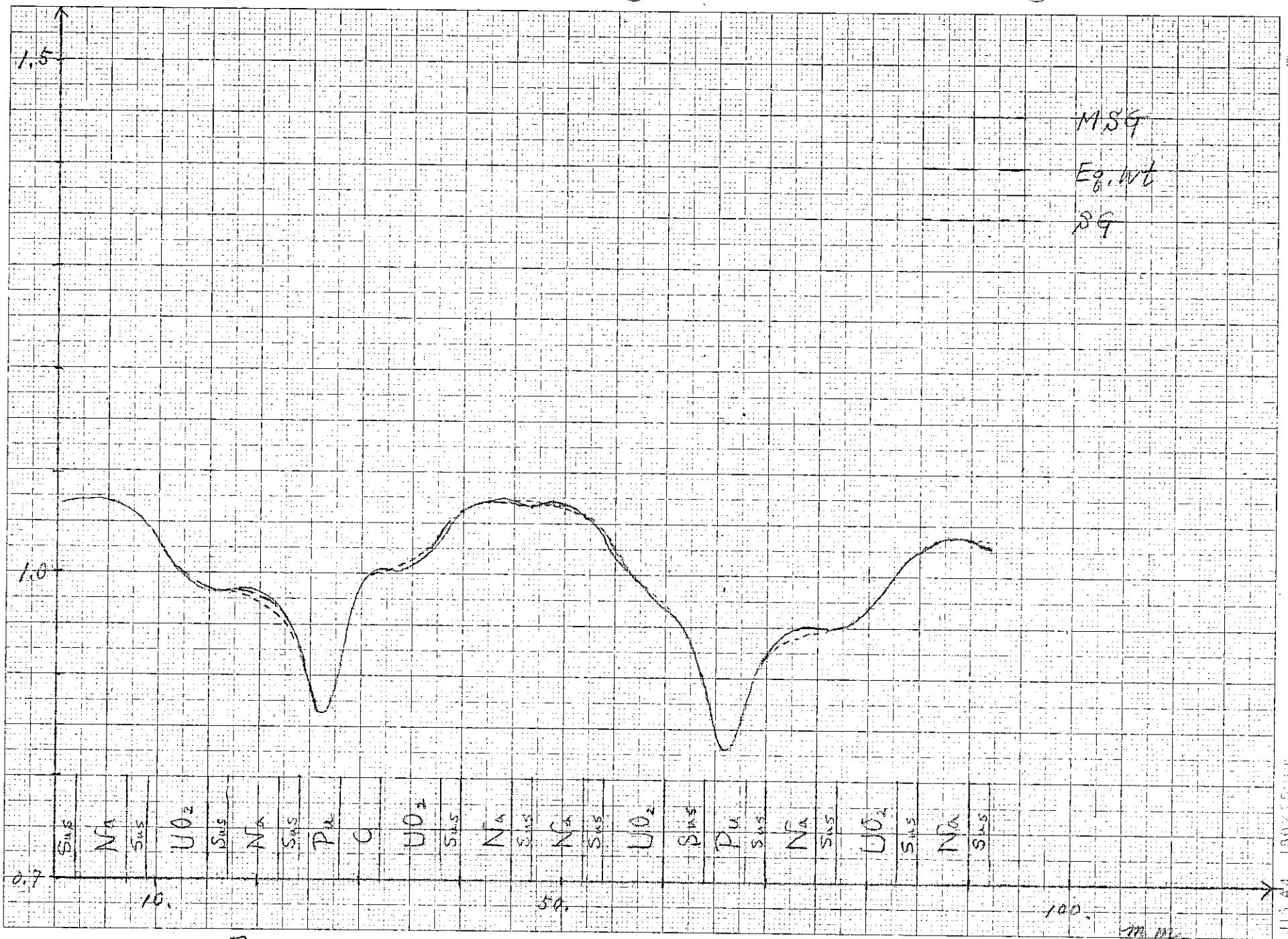


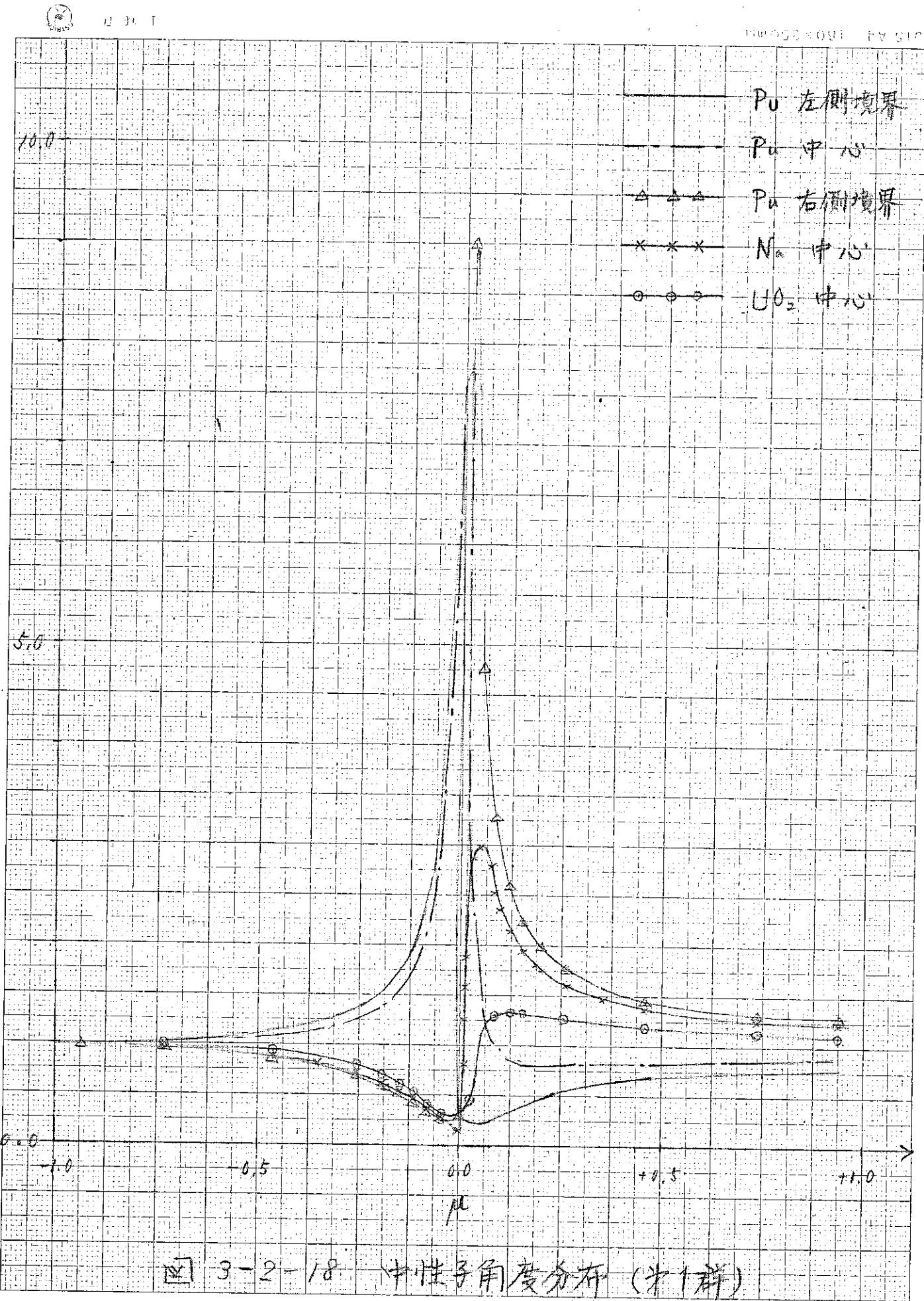
図 3-2-15 セル内中性子束分布 S-32 (ナトリウム)

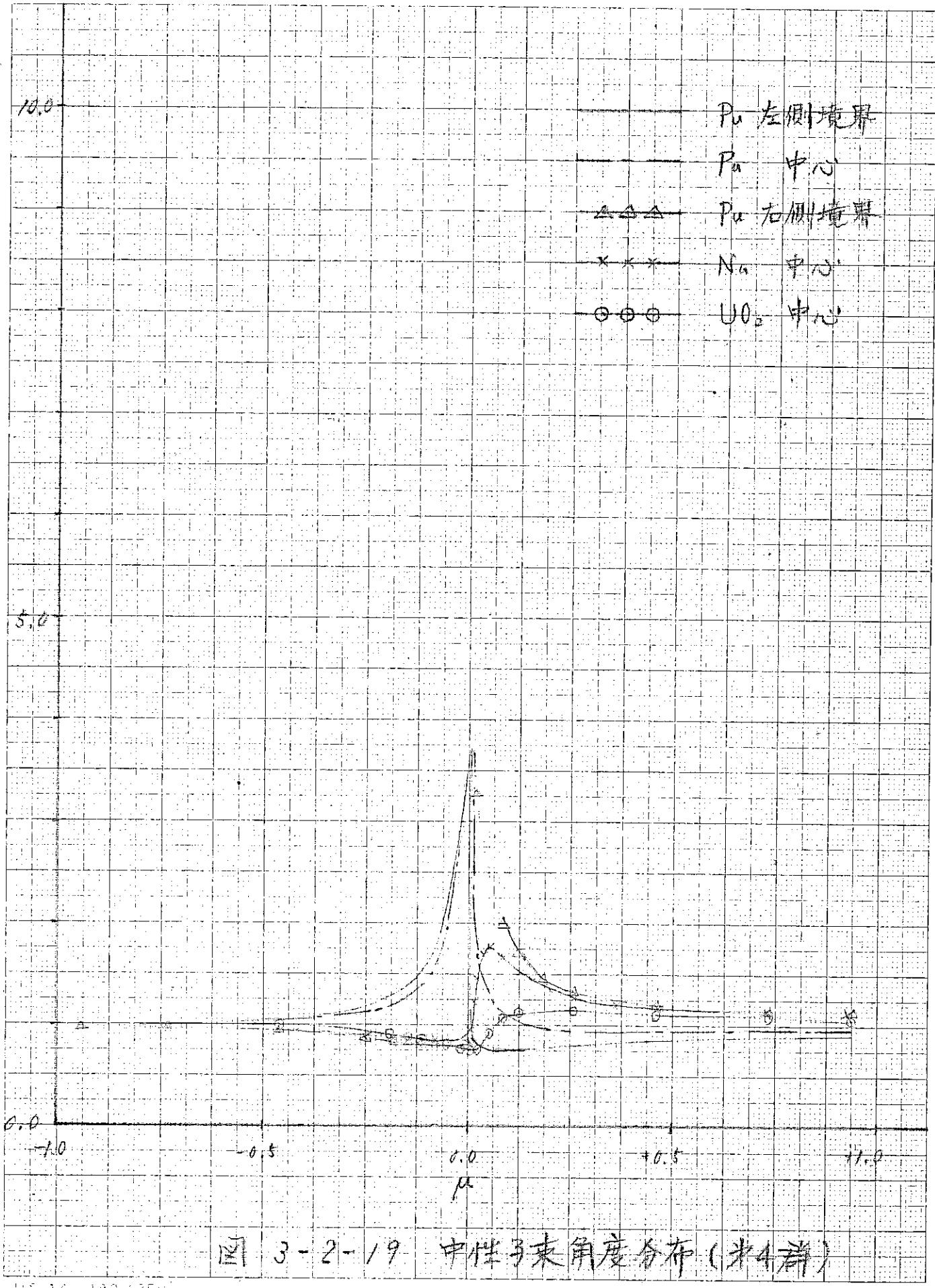


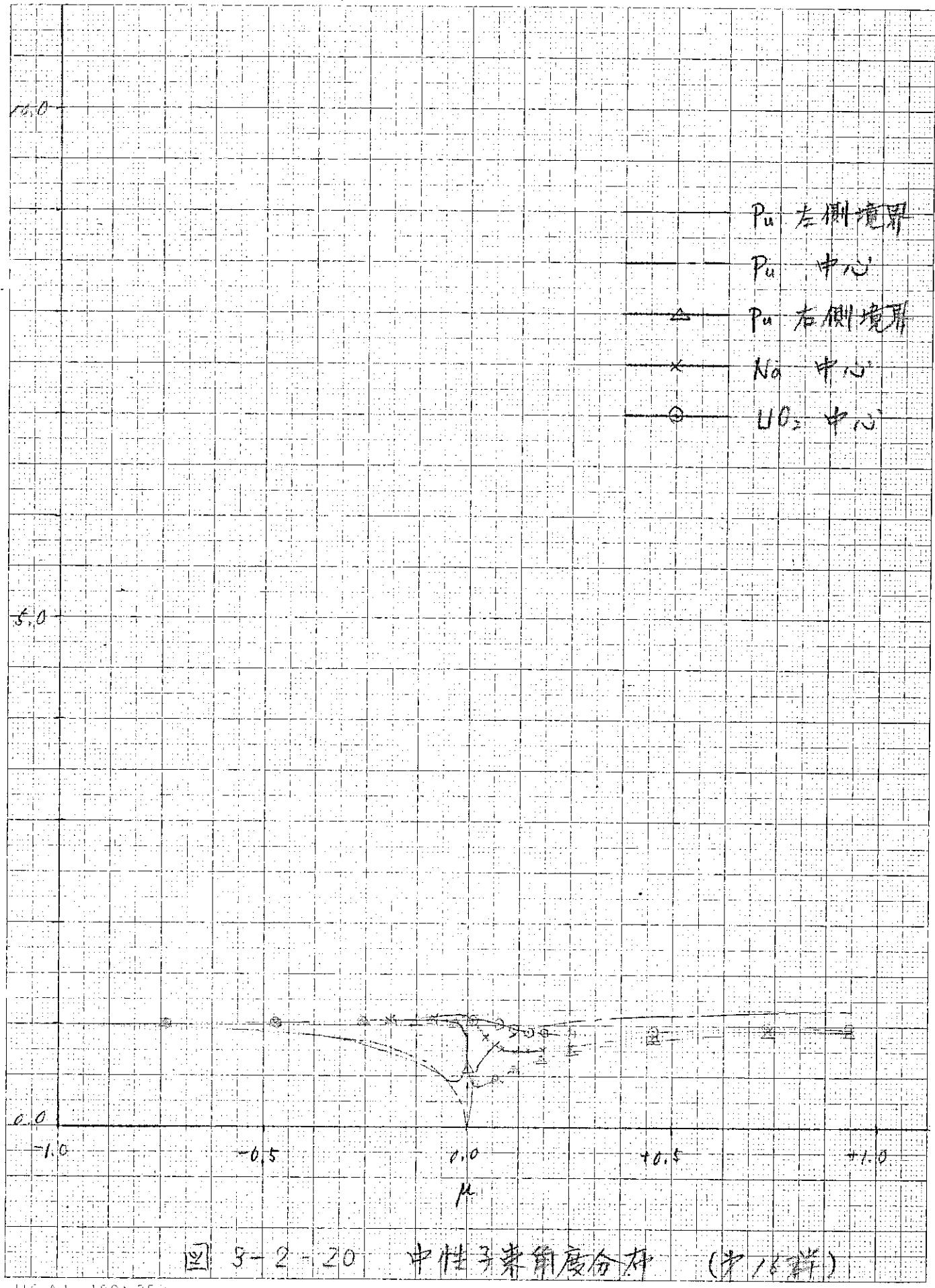
図 3-2-16 セル内中性子束分布 DG (第19群)



図 3-2-17 七児内中性子東分布 RDG (719群)







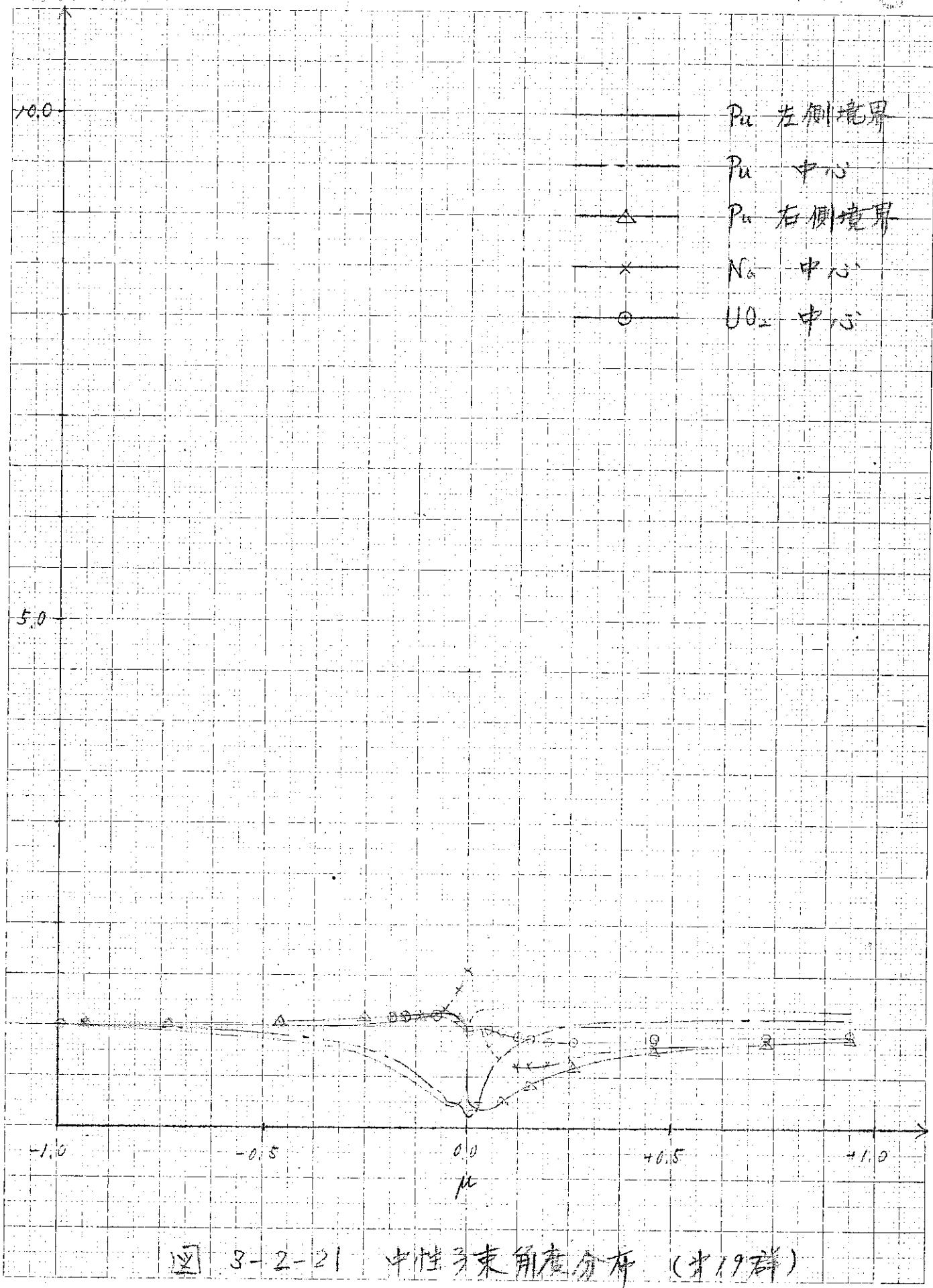


图 3-2-21 中性子束角度分布 (第19群)

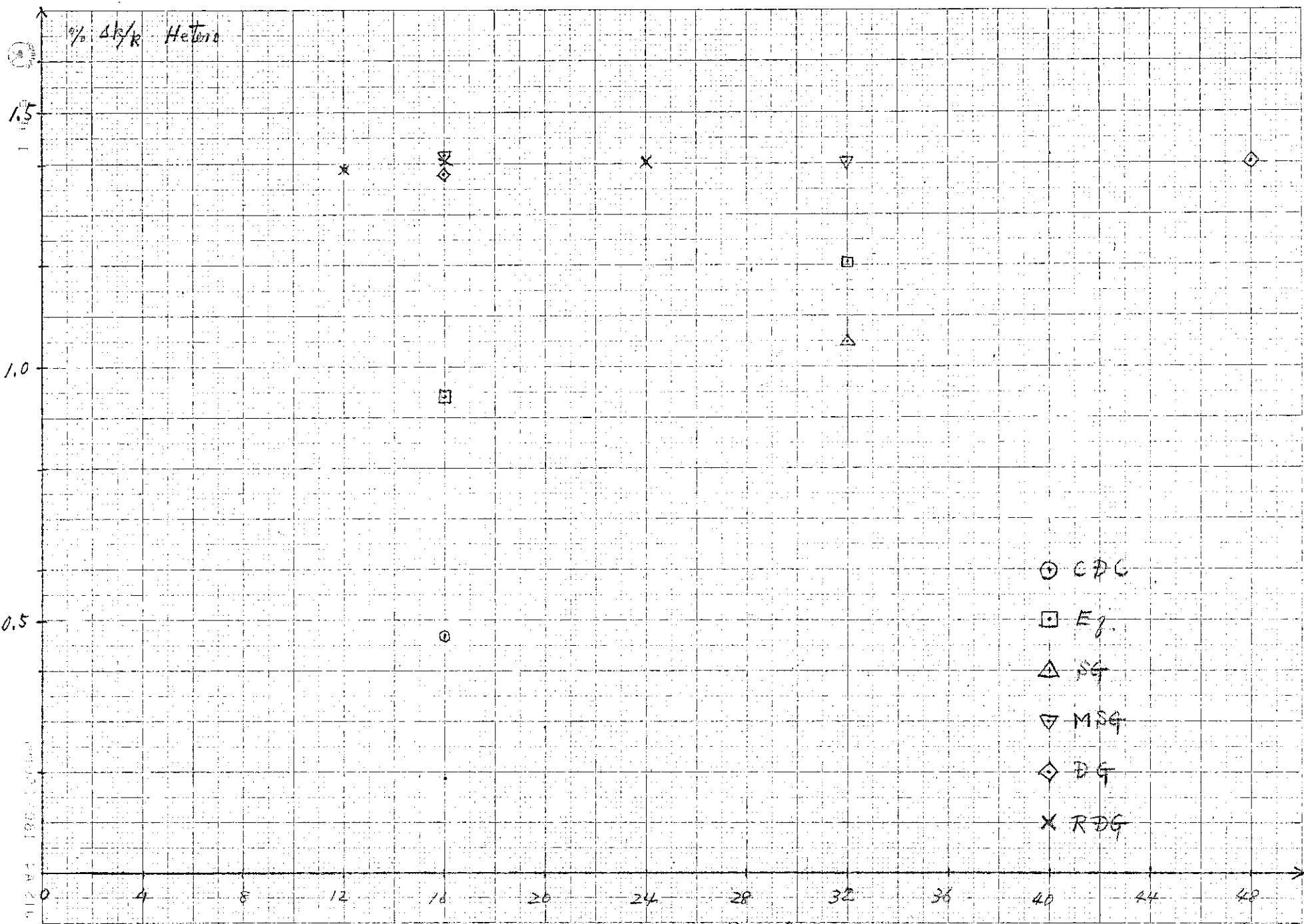


图 3-3-1 角度分割・方法・非均負効果

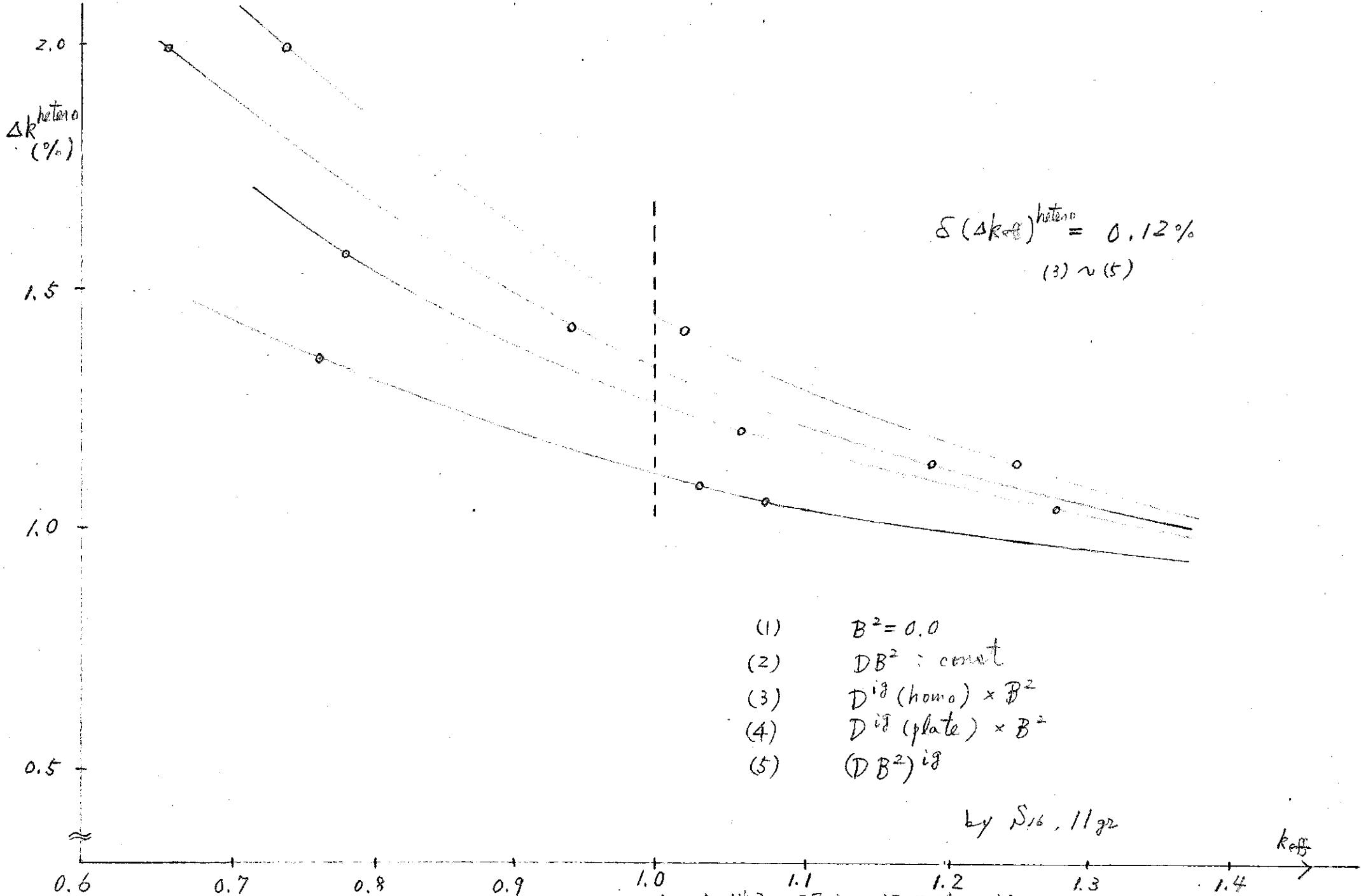


図 3-4-1 セルからの中性子の漏れの評価法による
放射能効率の算出 (M74)

115 A.D. : 2011.3.2

10⁰

26 gr B^2 を入力した計算

$B^2 = 0$ "

一次元球計算

10⁻¹

10⁻²

10⁻³

10⁻⁴

10⁻⁴

10⁻⁵

10⁻⁶

10⁻⁷

10⁻⁸

10⁻⁹

10⁻¹⁰

10⁻¹¹

10⁻¹²

10⁻¹³

10⁻¹⁴

10⁻¹⁵

10⁻¹⁶

10⁻¹⁷

10⁻¹⁸

10⁻¹⁹

10⁻²⁰

10⁻²¹

10⁻²²

10⁻²³

10⁻²⁴

10⁻²⁵

10⁻²⁶

10⁻²⁷

10⁻²⁸

10⁻²⁹

10⁻³⁰

10⁻³¹

10⁻³²

10⁻³³

10⁻³⁴

10⁻³⁵

10⁻³⁶

10⁻³⁷

10⁻³⁸

10⁻³⁹

10⁻⁴⁰

10⁻⁴¹

10⁻⁴²

10⁻⁴³

10⁻⁴⁴

10⁻⁴⁵

10⁻⁴⁶

10⁻⁴⁷

10⁻⁴⁸

10⁻⁴⁹

10⁻⁵⁰

10⁻⁵¹

10⁻⁵²

10⁻⁵³

10⁻⁵⁴

10⁻⁵⁵

10⁻⁵⁶

10⁻⁵⁷

10⁻⁵⁸

10⁻⁵⁹

10⁻⁶⁰

10⁻⁶¹

10⁻⁶²

10⁻⁶³

10⁻⁶⁴

10⁻⁶⁵

10⁻⁶⁶

10⁻⁶⁷

10⁻⁶⁸

10⁻⁶⁹

10⁻⁷⁰

10⁻⁷¹

10⁻⁷²

10⁻⁷³

10⁻⁷⁴

10⁻⁷⁵

10⁻⁷⁶

10⁻⁷⁷

10⁻⁷⁸

10⁻⁷⁹

10⁻⁸⁰

10⁻⁸¹

10⁻⁸²

10⁻⁸³

10⁻⁸⁴

10⁻⁸⁵

10⁻⁸⁶

10⁻⁸⁷

10⁻⁸⁸

10⁻⁸⁹

10⁻⁹⁰

10⁻⁹¹

10⁻⁹²

10⁻⁹³

10⁻⁹⁴

10⁻⁹⁵

10⁻⁹⁶

10⁻⁹⁷

10⁻⁹⁸

10⁻⁹⁹

10⁻¹⁰⁰

図 3-7-1 均質体積, z の炉心スペクトルとの比較

$R.R.(r) / \langle R.R. \rangle$ cell average

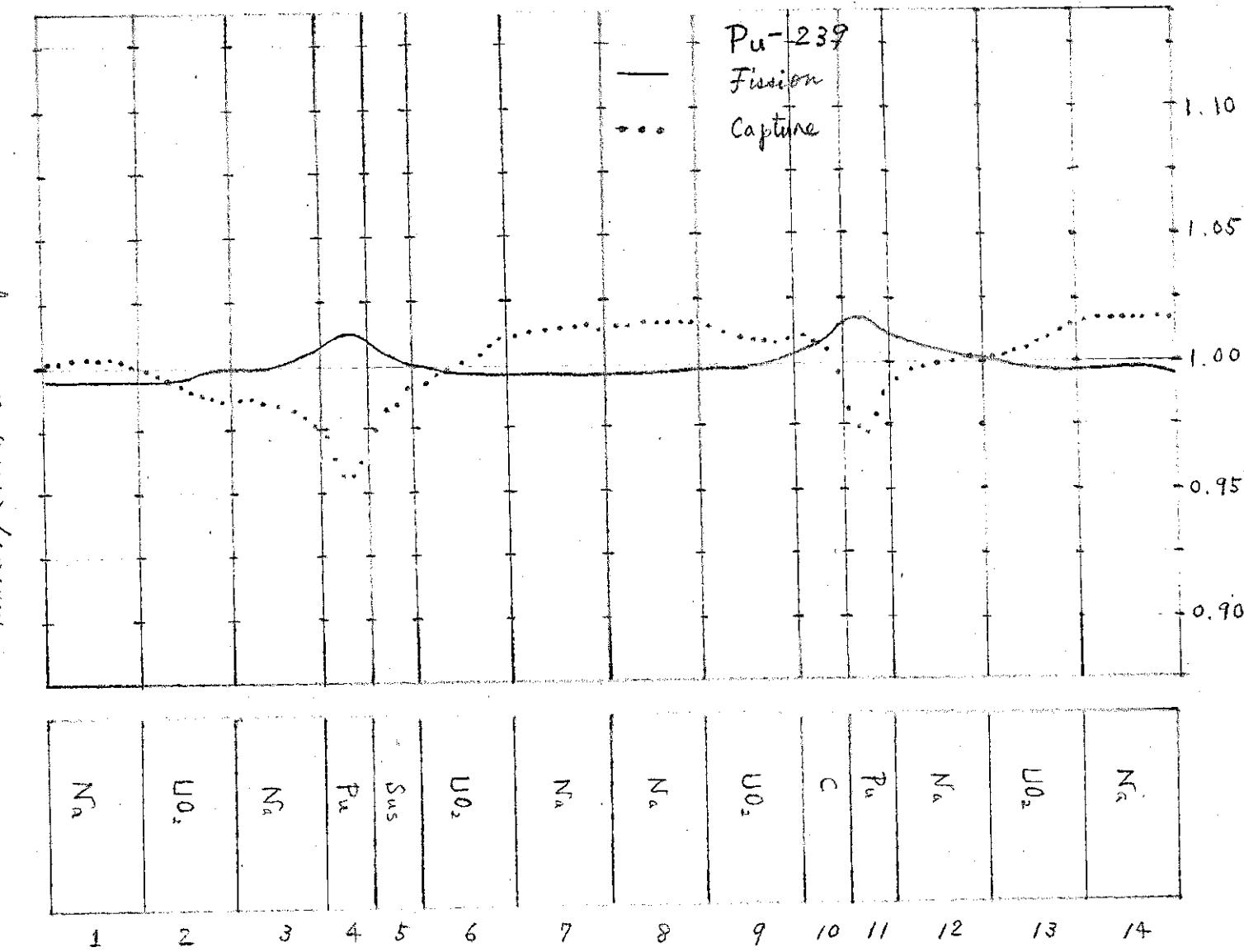


図 3-7-2 $Pu-239$ セル内反応率分布

$$R.R.(r) = \int_0^{\infty} \Sigma_x(\varepsilon, r) \bar{\Phi}(\varepsilon, r) d\varepsilon$$

$$\langle R.R. \rangle_{cell\ average} = \int_0^{\infty} \int \Sigma_x(\varepsilon, r) \bar{\Phi}(\varepsilon, r) d\varepsilon dr / \int dr$$

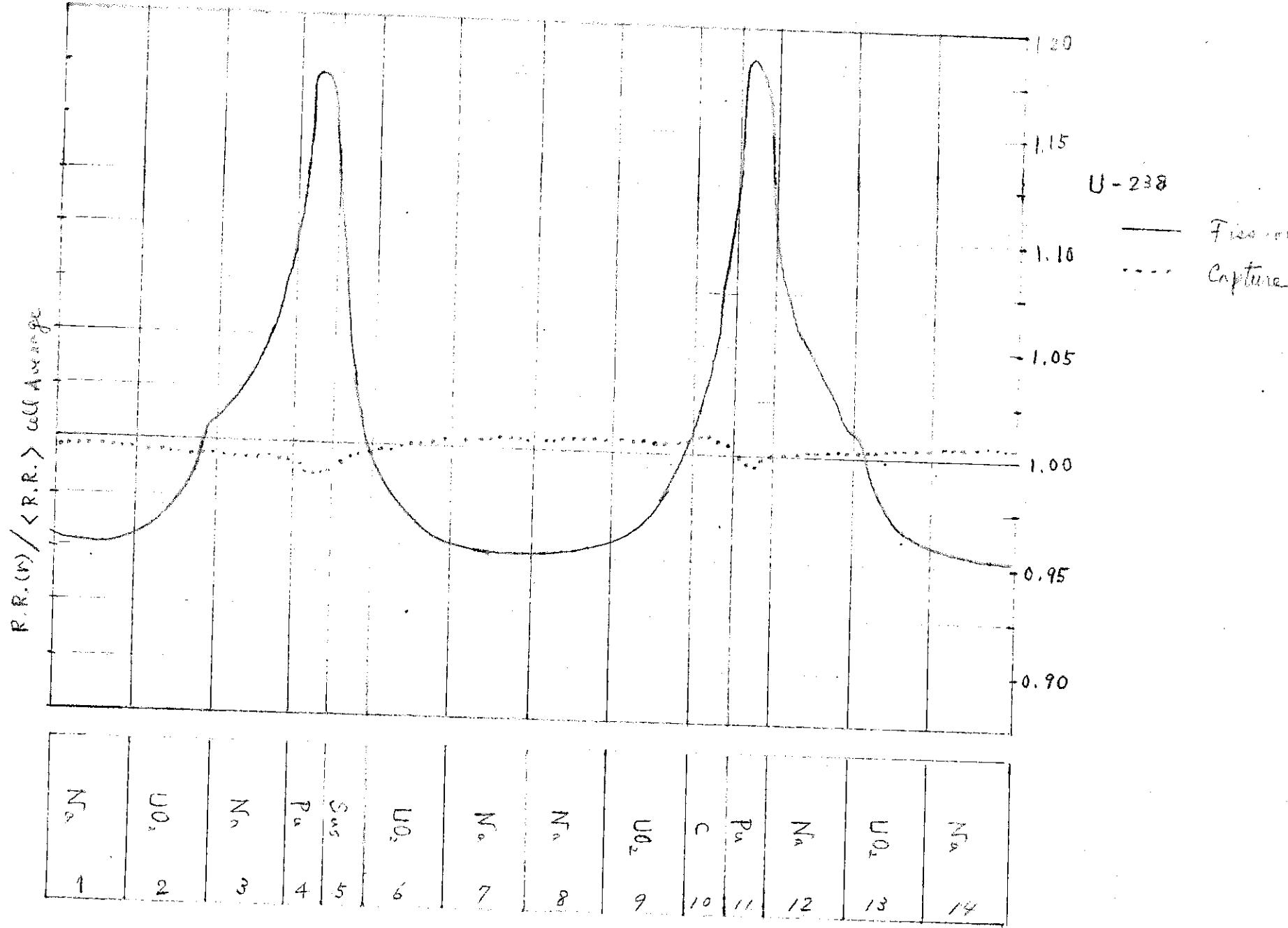
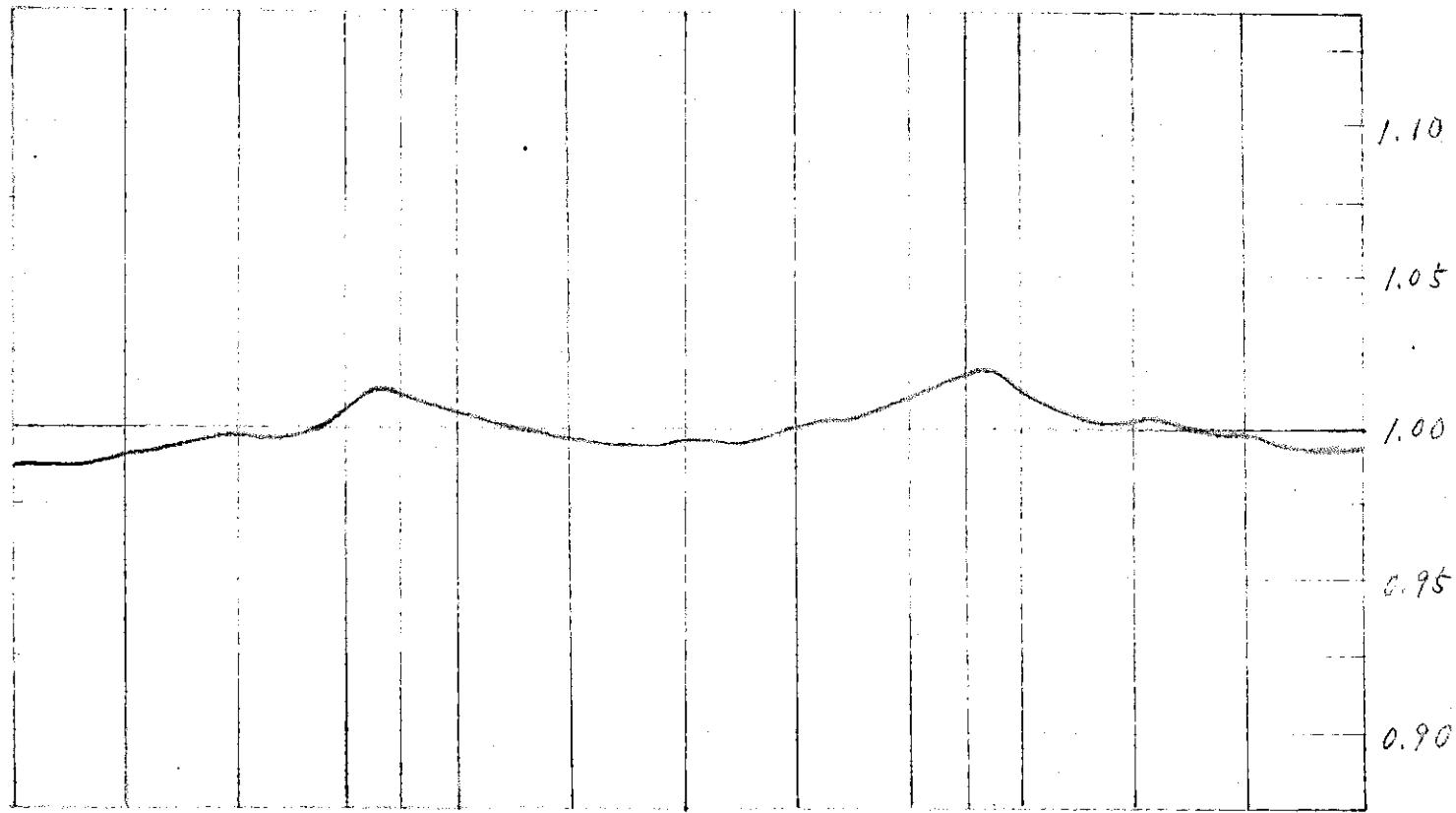


図 3-7-3 U-238 セル内 反応率分布

$R.R.(r) / \langle R.R. \rangle_{\text{cell Average}}$



N_a

Fission

N_a	01	02	03	04	05	06	07	08	09	010	011	012	013	014
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

图 3-9-4 N_a 壳内反应率分布

第4章 反応率分布の詳細解析

§ 4-1	As-built 体系による反応率分布	117
§ 4-2	減速断面積および散乱の非等方性の効果	117
§ 4-3	断面積の空間依存性	117
§ 4-4	輸送理論による反応率分布	118
§ 4-5	プレート状非均質の効果	118
§ 4-6	核分裂スペクトルの空間依存性	120
§ 4-7	エネルギー群数の効果	120
§ 4-8	外部境界条件の効果	120
§ 4-9	代表セル置換の効果	121
§ 4-10	メッシュ効果	121
§ 4-11	バックリング効果	121
§ 4-12	領域境界での断面積の評価法	122
§ 4-13	実験値との比較およびまとめ	124

§ 4-1 As-built 体系による反応率分布

i) MZA 炉心

図 4-1-1 に示した XY-1/4 体系により、反応率分布の解析を行つた。

中性子束分布の計算は、11群拡散計算で行い、外挿距離を 4.52 cm とつた。

軸方向のバックリングの値は、2次元 RZ 計算で求めた表 1-5-1 のものを使用した。定数の縮約は図 4-1-2 に示した1次元円柱体系で行つた。

ii) MZB-(1)炉心

図 4-1-3 に示した XY-1/4 体系により反応率分布の解析を行つた。

MZA と同様、2次元 XY 体系 11 群拡散計算の際、外挿距離 4.52 cm とつた。

軸方向 バックリングは表 2-1-4 のものを用いた。天然ウラン酸化物ブランケット方向と金属ウランブランケット方向とで分けて、それぞれ図 4-1-4 (a)(b) のような1次元円柱体系により定数縮約を行つた。

表 4-1-1 に MZA の表 4-1-2 に MZB の反応率分布の結果をまとめた。また、表 4-1-3、表 4-1-4 は MZA 均質系 RZ 計算の反応率分布である。図 4-1-5 に、表 4-1-1 と表 4-1-3 に示した MZA での XY 体系と RZ 体系との比較を示し、また図 4-1-6 には、表 4-1-2 と表 5-1-2 に示した MZB での XY 体系と RZ 体系との比較を示した。

§ 4-2 減速断面積および散乱の非等方性の効果

§ 1-1 の(5)で述べた手法により減速断面積を考慮した事による反応率分布への影響を検討した。検討した体系は MZA 炉心であり、1次元円柱 26 群拡散計算を行い基準計算で行つてある ABBN の方法で求めたものと比較した。

表 4-2-1 は炉心部およびブランケット部での減速断面積の両者の比較である。また、1次元円柱体系拡散計算の炉心部およびブランケット部での中性子束スペクトルを表 4-2-2、および図 4-2-1 に示した。また図 4-2-2 は ELMOE で求めた炉心部の微細スペクトルである。反応率分布の結果を表 4-2-3 に示す。

§ 4-3 縮約領域のとり方がおよぼす効果

縮約領域のとり方が、反応率分布へ与える影響をみるために MZA 炉心で縮約領域を大きくとつた場合と、細かくとつた場合の違いを比較した。大きく領域をとつた場合は、炉心 1、ブランケット 1、しゃへい体 1、の計 3 領域であり、細か

い領域は、炉心4、プランケット6、しゃへい体1の計11領域である。定数縮約は形状体系を考慮した1次元球体系で行つた。図4-3-1に示した11領域の分割を球体系にしたもののが図4-3-2である。図4-3-3、図4-3-4は計算に使用した2次元円柱体系である。表4-3-1は、縮約領域が大きい場合と細かい場合とでそれぞれ得られた反応率分布の結果である。

また次に図4-3-5に示したような分割を行い、炉心2、プランケット3、しゃへい体への計6領域の図4-3-6に示す球体系を作成した。この6領域体系と先に述べた11領域体系の反応率分布の違いを1次元球体系で比較した。表4-3-2はその結果である。

§ 4-4 輸送理論による反応率分布

輸送計算(1次元26群S-4)と、拡散計算とを同一の体系で行い、それぞれ反応率分布を求め両者を比較した。

計算は、図4-4-1、図4-4-2に示した1次元円柱体系で行つた。軸方向バックリングは輸送、拡散、共通に、MZ Aでは表1-5-1、MZ Bでは表2-1-4のものを使用した。

得られた結果をMZ Aについては表4-4-1に、MZ Bについては表4-4-2にまとめた。図4-4-3および図4-4-4はPu239の σ_f と238の σ_c の反応率分布の輸送と拡散の違いを示したものである。

§ 4-5 プレート状非均質の効果

プレート状の非均質の効果を考慮したセル平均マクロ実効断面積を、MZ Aの各代表セル(炉心C11-1C、軸方向プランケットB11-1、径方向プランケットB11-3、上部径方向プランケットB11-4)について求めた。方法は等価原理により、エネルギー的な非均質性を考慮し、各プレート中の実効断面積を求める。次に、1次元板状モデルでのセル計算(輸送S-16、reflective boundary condition)で中性子束の微細構造を求め、体積とプレート中の平均中性子束を重みにして、各プレートのマクロ断面積を平均し、各セルの実効マクロ断面積を求めた。セル計算は、26群で行つてるので、26群から11群への定数縮約には、均質系のそれに対する中性子束スペクトルを使用した。本来、非均質系の26群計算のスペクトルを用いるべきであるが、11群への縮約では、均質系のスペクトルで代用しても影響は少ないと考えられる。

また、拡散係数はBenoistの定義による(4-5-3)式と、 Σt_r を平均して逆数をとる。(4-5-4)式の両方を考え、両者の違いを比較検討した。

$$D_z = \frac{1}{3} \frac{\sum_i \bar{\theta}_i V_i \sum_j \lambda_{ij} P_{ijk}}{\sum_i \bar{\theta}_i V_i} \quad (4-5-1)$$

$$D_o = \frac{1}{3} \frac{\sum_i \bar{\theta}_i V_i \sum_j \lambda_{ij} P_{ij}}{\sum_i \bar{\theta}_i V_i} \quad (4-5-2)$$

$$D_r = (3D_o - D_z)/2 \quad (4-5-3)$$

$$D = \frac{1}{3} \frac{\sum_i \bar{\theta}_i V_i}{\sum_i \bar{\theta}_i V_i \sum r_t} \quad (4-5-4)$$

非均質系の実効ミクロ断面積としては、管による測定と、計数管による測定と⁴⁾に対応して、(4-5-6)及び(4-5-7)の定義が考えられる。

$$\sigma_{x,cell}^{ij} = \frac{\sum_j \sigma_{x,j}^{ig} \bar{\theta}_j^{ig} V_j N_{x,j}}{N_v \sum_j V_j \bar{\theta}_j^{ig}} \quad (4-5-6)$$

$$N_x = \frac{1}{V_{cell}} \sum_j N_{x,j} V_j$$

$$\sigma_{x,cell}^{ig} = f^{ig} \langle \sigma \rangle_{\infty}^{ig}$$

$$f^{ig} = \frac{\text{カウンター挿入プレートの平均中性子束}}{\text{セル平均中性子束}} \quad (4-5-7)$$

MZA炉心について、非均質系では(4-5-6)式、(4-5-7)式で表わされる管、および計数管の測定に対応したミクロ定数と、均質系の組成で求めたミクロ定数の計3者で反応率分布の解析を行つた。結果は表4-5-1である。

MZB炉心についても同様の解析を行い、表4-5-2に結果を示した。但し、MZBの非均質系の解析では外挿距離を見込んでいないので、外挿距離を4.52 cmとつたものと、とらなかつたものとの違いを均質系で検討し、表に示してある。

§ 4-6 核分裂スペクトルの空間依存性

モーツアルト実験解析の標準ケースでは核分裂スペクトルは、炉心部、ブランケット部共に $\nu = 2.8$ に対応した ABBN のスペクトルを採用した。しかし 2 次元 RZ 計算のスペクトルで MZB 体系での ν を求めると、内側、外側、炉心平均で $\nu = 2.9$ 、ブランケット部で $\nu = 2.6$ となる。

そこで MZB 炉心の内側、外側両炉心部に $\nu = 2.9$ に対応した ABBN の核分裂スペクトルを与えた、ブランケット部に $\nu = 2.6$ に対応したスペクトルを与えたものと、標準ケースのように炉心部、ブランケット部共に $\nu = 2.8$ のスペクトルを与えたものとで、それぞれ反応率分布を求め、両者を比較した。検討は 1 次元 26 群拡散計算である。計算体系および軸方向バックリングの値については、図 4-4-2 および表 2-1-4 を使用した。

表 4-6-1 が得られた結果である。

§ 4-7 エネルギー群数の効果

1 次元円柱体系で、26 群、11 群、6 群および 1 群の拡散計算を行い、これより反応率分布を求め表 4-7-1 にまとめた。但し縮約には、ブランケットを 3 領域に分割した。

図 4-7-1、図 4-7-2 は各ケースの反応率分布の結果を 26 群との比で示したものである。

§ 4-8 外部境界条件の効果

MZA および MZB 炉心を解析した 2 次元拡散計算コードの外部境界条件は、中性子束が境界面上で零か、又は、その微分が零の二つしかない。そこで、今回の解析では、臨界集合体の外部境界上で、アルベドが零という条件に対応して、外挿距離 4.52 cm だけ、しゃへい体を厚くとり、その境界上で中性子束を零とした。しかし、臨界実験では、臨界集合体のおかれた部屋の壁、および周辺機器類による中性子の反射が考えられるためアルベドが零という条件は必ずしも充分とはいえない。そこで、次のようなモデルでアルベドの見積を行つた。

図 4-8-1 のように、臨界集合体とその周辺および建家の壁をモデル化する。ここで、部屋の正確な容積がわからないので、概算の見積りで、集合体の 64 倍および 1,000 倍を仮定し、両ケースについて計算を実施した。図 4-8-1 のボイドの領域には、標準の空気の原子数密度をあて、壁には、もんじゅ建家の組成を用いた。周辺機器は、すべて無視して、1 次元球体系 26 群輸送 (S-4) 計算によりアルベドを求めたところ、64 倍モデルで 0.103、

1,000倍モデルで、0.079を得た。そのエネルギー毎の値を表4-8-1に示す。以上のモデルでは、周辺機器類を無視しているため実際の値は、これよりも小さいとは考えられない。従つて、アルベドは0.1程度もしくは、それよりも少し大きい値を考えるのは妥当であると思える。

次に、MZB 1次元円柱体系26群拡散計算においてアルベド(β)として、 $\beta = 0$ 、 $\beta = 0.1$ 、 $\beta = 0.15$ 、 $\beta = 0.2$ に対応した外部境界条件を用いて、それぞれ反応率分布を求め結果を比較した。但し、 β に対応した外挿距離は次式により求めた。

$$\text{外挿距離} = 0.71 \lambda_{tr}^g \frac{1+\beta}{1-\beta}$$

表4-8-2は、得られた結果である。

§ 4-9 代表セル置換の効果

MZB の内側炉心には4種類、外側炉心には6種類のセルをとつたモデルは、計算が繁雑になるため、それぞれ1つづつ代表のセルを選んだ4領域モデルを設定し、多くの補正項は、このモデルで検討した。代表したセルは、内側炉心、C12-30A、外側炉心C11-1C、ブランケットB11-3である。そこで、1次元円柱体系で、個々にセルをとつた14領域モデルと、各領域1つの代表セルによる4領域モデルとの反応率分布の違いを検討した。表4-9-1に両者の違いをまとめた。

§ 4-10 メッシュ効果

MZA 体系について、有限メッシュの与える反応率分布への影響を調べた。検討は1次元26群拡散計算で行つた。設定したメッシュ数17、35、67、101の計4ケースであり、その体系を図1-1-3に示してある。軸方向バックリングは表1-5-1のものを各ケース共、共通に使用した。炉心部、ブランケット部、しゃへい体部での代表的な3点づつ選び炉中心を1に規格化した各点の反応率の値を表4-10-1にまとめた。

§ 4-11 バッククリング効果

MZA 炉心について、バッククリングの反応率分布へ与える影響を検討した。1次元円柱体系や2次元XY体系等で用いる軸方向のバッククリングは、2次元RZ計算で求めた領域、エネルギーに依存したものを一般に使用している。そこで1次元円柱体系でのバッククリングに、①領域、エネルギーに依存したもの、

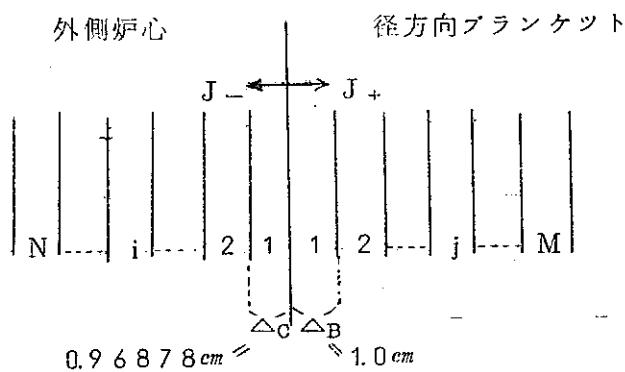
②領域平均のスペクトルで1群に縮約し①からエネルギー依存性を除いたもの、
 ③同じく領域依存性を除いたもの、を与えて26群拡散計算により、反応率分布
 を求めた。またさらに④⑤と同じく定数のバッククリングではあるが、2次元
 RZ計算とその固有値が合うように値を変えたもの、⑥ バッククリングの不確定さ
 の与える影響として①のバッククリングを10%小さくしたもの、2ケースを加え
 計5ケースとした。①～⑥までの各ケースのバッククリングの値を表4-11-1
 に示した。以上各ケースで得られた反応率分布の値を1次元RZ11群計算によ
 るものと比較し、表4-11-2にまとめた。但し、2次元反応率分布は、炉心
 中で、軸方向に積分した中性子束分布で求めたものである。

§ 4-12 領域境界での断面積の評価法の検討

領域境界での共鳴の自己しゃへい効果の影響や、縮約スペクトルの空間依存
 性が違う影響により、反応率分布に実験では見られないようなギャップを生じて
 いる。とくに炉心-プランケット境界でのPuの反応率分布や、プランケット一
 しゃへい体境界でのUの反応率分布には、共鳴の自己しゃへい因子の影響が顕著
 に表われる。この影響を正しく扱うためにはいろいろの方法が考えられる。例え
 ば、各反応断面積の微細構造を表わす数千群の円柱計算を行い、そのスペクトル
 を用いてノッショポイント毎に26群程度に縮約断面積を求める。又は、26群
 程度で積分輸送法により各メッシュポイント毎に衝突確率を求め σ_0 を修正して実
 効微視的断面積を計算し直す。

今回はこれらの近似として次のようにした。

異なる組成の境界付近での共鳴エネルギー領域での実効断面積は、対象とする
 組成領域での総衝突数に対する。もともとそこに存在する中性子による衝突数と



隣の組成領域から飛出した中性子が第一飛程で衝突する数とのそれぞれの割合だけ、別に組成毎に決めた断面積を混ぜ合わせたものとした。又エネルギー群数は 6 群とした。この 6 群の切れ目は § 4-7 で述べたものである。

今回これを外側炉心と径方向ブランケットの境界付近に適用した。まず上図にあるように、この付近をそれぞれ約1cm巾($\triangle c$ 、 $\triangle B$)で数層に分割する。最初外側炉心で考えると、 i 番目の領域での実効断面積は(1)式で表わされる。

$$\text{但し } \alpha_i + \beta_i = 1$$

σ_c : 外側炉心の断面積

σ_B : 径方向ブランケットの断面積

但し J_- : ブランケットからの中性子の流れ込み

Σ_C : 外側炉心の巨視的断面積

$\phi_i \Delta n$: i 領域の中性子束の体積積分値

P_i : 径方向ブランケットから飛出した中性子束が第一飛程で領域上

において衝突する確率で(3)式で表わされる。

但し τ^i : オプティカルパス

$$: i \times \Sigma_C \times \Delta_C$$

$$En(x) = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} e^{-x \cdot \frac{1 - \cos\theta}{\cos\theta}} \cdot \cos^{n-2} \theta \cdot \sin\theta \cdot d\theta \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^N P_i = 1 \dots \dots \dots \quad (5)$$

但し、すべての式でエネルギー群に関する添字は、はぶいた。又、径方向ブランケットでも同様の操作を行う。

今回は外側炉心、径方向プランケットをそれぞれ計算領域を6層とり、全衝突数に対する、となりから流れ込んだ中性子が第一飛程で衝突する割合 β を求め、第4-12-1表にまとめた。この値を用いて、各領域*i*、*j*での実効微視的断面積を求めた。これに炉心側は外側炉心、プランケット側は、プランケットの原子数

をかけて巨視的断面積を求め、これより、中性子束分布を計算し直し、これと上で述べた実効微視的断面積とから Pu^{239} —核分裂、 U^{238} —中性子捕獲反応率分布を求め、従来の値と比較して、第4-12-2、3表、第4-12-1、2図に示す。

§ 4-13 実験値との比較およびまとめ

反応率分布の詳細検討の計算法およびその結果について各項目毎に述べてきたが、ここでそれぞれ得られた成果をまとめておく。

i) As-built 体系による反応率分布

RZ 体系と XY 体系とで、反応率分布を見た場合、両者で各領域の境界点がずれてしまうので比較するのが困難であるが、炉心部、ブランケット部での分布の形は両者ともよく一致している。しかし、ブランケットの外側から、しゃへい体領域にかけて、MZ-B(1)炉心では、両者に著しい差がみられる。これは、XY 体系ではステンレスしゃへい体の外に黒鉛領域を設けているためである。他の方向で比較すれば 10 ~ 15 % 程度のずれで両者は一致する。

ii) 減速断面積および散乱の非等応性の効果

Pu^{239} の核分裂率分布に対しブランケットの中央から外側で、補正是 -4 ~ -5 % である。また U^{238} の核分裂率分布に対しては -1 % 程度である。

iii) 縮約領域のとり方

MZA でブランケットを 3 領域に分割して縮約したものと、6 領域分割で縮約したものとでは両者の反応率分布の最大差は 0.6 % 程度である。しかし 1 領域分割のものと、6 領域分割のものとでは、ブランケット最外側で、 Pu^{239} の核分裂率分布でみて 34 % も開きが生じる。 U^{238} の核分裂率分布で 8 % の開きがある。

一方 MZB でのブランケット 1 領域分割と、3 領域分割との反応率分布の開きは最大で 0.6 % 程度ある。

従つて、MZA のように、小さな炉心で、しゃへい体がうすい場合には、反応率への低エネルギー側からの寄与が大きな Pu^{239} の核分裂率等の分布を考える場合には、ブランケット中の縮約ミクロ定数の空間依存性を考慮せねばならない。

iv) 輸送効果

Pu^{239} の核分裂率分布に対して MZA、MZB 共士 2.3 % の効果であり、

U 238 の核分裂率分布では $\pm 7\%$ 程度の影響がある。

V) 非均質効果

均質系の反応率分布に対する非均質系の反応率分布は、 MZA では プランケットの外側で、 Pu 239 核分裂率分布で 50% 程度、 U 238 の核分裂率分布で 14% 程度の違いがある。しかし、 MZB では、この効果は Pu 239 の核分裂分布で +7%、 U 238 のそれで -2% である。

VI) 核分裂スペクトルの空間依存性の効果

Pu 239 の核分裂率分布には、影響はほとんどない。 U 238 の核分裂率分布で最大 -1.2% 程度である。

VII) エネルギー群数の効果

プランケットを 3 領域程度に分割して、定数縮約を行えば、 11 群の反応率分布は、 26 群の分布と、最大で 0.9% の違いしかない。

VIII) 外部境界条件

アルベドが 0.1 とするとアルベドが 0 である場合と比べて Pu 239 の核分裂率分布は プランケット最内側で +0.08%、 最外側で +1.8%、 しやへい体最外側で +21% の影響がある。また U 238 の核分裂率分布に対しては効果は Pu 239 の約 1/2 である。

IX) モデル間の反応率分布の比較

炉心部、 プランケット部それぞれに代表的なセルで代用した事による反応率分布への影響はほとんどない。

X) メッシュ効果

2 次元体系で採用したメッシュ数では プランケットの外側で Pu 239 の核分裂率分布に対し 2% 程度の補正が必要である。

XI) バッククリング効果

領域、 エネルギー依存のバッククリングを使用したものと、 定数のバッククリングを使用したものとで、 炉心、 プランケット内で最大 5% 程度の差がみられた。 2 次元の反応率分布と、 1 次元のものとの比較では、 領域、 エネルギー依存のバッククリングを使用する事と同時に 2 次元計算の固有値と 1 次元の固有値を一致させる事は、 同程度に反応率分布に影響する。

XII) 領域境界での断面積の評価法

今回検討した方法により境界付近で断面積がなめらかに変化するようになり、領域境界でのギャップは大幅に改定される。

以上の諸補正を M Z A について表 4-13-1、M Z B について表 4-13-2 にまとめた。

表 4-13-3 と表 4-13-4 に実験値と計算値との比および実験値と補正後の計算値との比をまとめた。

図 4-13-1～図 4-13-4 は補正前の計算値および補正後のそれと、実験値を図示したものである。

M Z A の計算値の実験値との差は未補正の場合炉心で -1.2%、ブランケット内側で -5%、中央で -2.2%、外側で -4.1% である。又補正後では、炉心で -6%、ブランケット内側で -0.2%、中央で -8%、外側で -1.6% である。とくに、ブランケット中の補正の効果は著るしい。

M Z B では、未補正の場合、炉心部で -5%、ブランケット内側で -0.1% 中央で -4.1%、外側で -7.8% である。又、補正後は炉心で -0.9%、ブランケット内側で -0.9%、中央で -7.8%、外側で -7.6% である。（以上は P_{u239} の核分裂率分布についてである。又、 $U238$ ではだいたいは P_{u} のものより実験とよく合っている。）しかし、ブランケットの外側で -1.2% と一部一致の悪いところがある。

M Z B 炉心に比べて、M Z A 炉心では反応率分布の実験値と計算値の一致がよくないが、その原因として縮約領域のとり方が考えられる。

表4-1-1 MZA As-built体系における反応率分布

Mesh No	R cm X cm Y cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	2.713	0.9973	0.9972	0.9973	0.9972	0.9973
2	54.25	0.9891	0.9888	0.9893	0.9888	0.9894
3	8.138	0.9757	0.9749	0.9761	0.9749	0.9762
4	10.851	0.9570	0.9556	0.9579	0.9556	0.9581
5	13.564	0.9334	0.9310	0.9348	0.9309	0.9351
6	16.276	0.9050	0.9013	0.9072	0.9012	0.9077
7	18.989	0.8722 0.8725	0.8667 0.8668	0.8754 0.8757	0.8664 0.8664	0.8762 0.8767
8	21.702	0.8356	0.8276	0.8401	0.8269	0.8416
9	24.414	0.7952	0.7841	0.8013	0.7828	0.8030
10	27.127	0.7516	0.7365	0.7599	0.7342	0.7619
11	29.840	0.7055 0.7059	0.6851 0.6847	0.7165 0.7173	0.6814 0.6813	0.7190 0.7196
12	32.553	0.6579	0.6299	0.6727	0.6243	0.6755
13	35.265	0.6088	0.5721	0.6279	0.5632	0.6312
14	37.978	0.5595	0.5116	0.5842	0.4980	0.5877
15	40.691	0.5113 0.5128	0.4488 0.4471	0.5432 0.5450	0.4287 0.4282	0.5466 0.5475
16	43.404	0.4677	0.3828	0.5093	0.3546	0.5107
17	46.116	0.4291 0.4602	0.3167 0.3109	0.4840 0.4886	0.2753 0.2735	0.4823 0.4608
18	48.829	0.4273	0.2444	0.4609	0.1918	0.4253
19	51.542	0.3884	0.1927	0.4233	0.1357	0.3837
20	54.254	0.3471	0.1524	0.3807	0.0970	0.3398
21	56.967	0.3056	0.1207	0.3365	0.0700	0.2962
22	59.680	0.2658	0.0956	0.2931	0.0510	0.2547
23	62.393	0.2287	0.0757	0.2519	0.0375	0.2161
24	65.105	0.1954	0.0598	0.2140	0.0278	0.1810
25	67.818	0.1666 0.1697	0.0470 0.0459	0.1803 0.1816	0.0206 0.0204	0.1498 0.1487
26	70.531	0.1455	0.0359	0.1526	0.0152	0.1222
27	73.243	0.1260	0.0279	0.1281	0.0112	0.0997
28	75.956	0.1123	0.0214	0.1088	0.00813	0.0813
29	78.669	0.1058 0.1025	0.0162 0.0158	0.0954 0.0980	0.00562 0.00556	0.0671 0.04522
30	84.094	0.0912	0.0106	0.0777	0.00254	0.04596
31	89.520	0.0611	0.00627	0.0494	0.00107	0.3210
32	99.465	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表4-1-2 M Z B As-built 体系における反応率分布

Mesh No	R X Y cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·f)
0	.00	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	2.713	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993	0.9993
2	5.425	0.9971	0.9971	0.9971	0.9971	0.9971
3	8.138	0.9935	0.9936	0.9934	0.9935	0.9934
4	10.851	0.9884	0.9886	0.9883	0.9885	0.9883
5	13.564	0.9819	0.9822	0.9817	0.9820	0.9818
6	16.276	0.9740	0.9744	0.9737	0.9742	0.9737
7	18.989	0.9646	0.9653	0.9643	0.9650	0.9643
8	21.702	0.9539	0.9548	0.9533	0.9544	0.9534
9	24.414	0.9417	0.9430	0.9410	0.9426	0.9410
10	27.127	0.9282	0.9300	0.9273	0.9295	0.9272
11	29.840	0.9133	0.9157	0.9121	0.9153	0.9120
12	32.553	0.8970	0.9003	0.8956	0.9000	0.8954
13	35.265	0.8795 0.8794	0.8838 0.8840	0.8776 0.8775	0.8837 0.8837	0.8774 0.8772
14	37.978	0.8606	0.8664	0.8582	0.8666	0.8577
15	40.691	0.8405	0.8478	0.8377	0.8486	0.8369
16	43.404	0.8191	0.8283	0.8157	0.8299	0.8148
17	46.116	0.7965 0.7964	0.8080 0.8085	0.7925 0.7924	0.8107 0.8108	0.7912 0.7911
18	48.829	0.7725	0.7874	0.7677	0.7915	0.7661
19	51.542	0.7472 0.7472	0.7657 0.7674	0.7416 0.7414	0.7724 0.7728	0.7396 0.7395
20	54.254	0.7206	0.7453	0.7137	0.7545	0.7114
21	56.967	0.6925	0.7231	0.6843	0.7378	0.6817
22	59.680	0.6630	0.7011	0.6531	0.7238	0.6502
23	62.393	0.6317 0.6282	0.6797 0.6827	0.6197 0.6193	0.7138 0.7144	0.6166 0.6212
24	65.105	0.5950	0.6562	0.5844	0.6973	0.5859
25	67.818	0.5600 0.5604	0.6200 0.6212	0.5499 0.5503	0.6632 0.6634	0.5514 0.5518
26	70.531	0.5238	0.5762	0.5163	0.6143	0.5179

Mesh No	R X Y Z cm	P u 2 3 9 (n ° f)	P u 2 4 0 (n ° f)	U 2 3 5 (n ° f)	U 2 3 8 (n ° f)	U 2 3 8 (n ° f)
2 7	73.243	0.4863 0.4869	0.5230 0.5223	0.4834 0.4841	0.5510 0.5507	0.4852 0.4856
2 8	75.956	0.4496	0.4613	0.4538	0.4728	0.4554
2 9	78.669	0.4145 0.4336	0.3924 0.3854	0.4288 0.4305	0.3785 0.3768	0.4298 0.4110
3 0	81.382	0.3972	0.3102	0.4020	0.2769	0.3803
3 1	84.094	0.3595	0.2497	0.3694	0.2042	0.3466
3 2	86.807	0.3220	0.2011	0.3350	0.1513	0.3119
3 3	89.520	0.2859	0.1620	0.3004	0.1127	0.2775
3 4	92.232	0.2521	0.1306	0.2669	0.08432	0.2446
3 5	94.945	0.2210	0.1053	0.2353	0.06346	0.2138
3 6	97.658	0.1934	0.08482	0.2062	0.04799	0.1857
3 7	100.371	0.1698 0.1764	0.06825 0.06551	0.1803 0.1827	0.03643 0.03553	0.1606 0.1611
3 8	103.083	0.1582	0.05287	0.1607	0.02732	0.1391
3 9	105.796	0.1462	0.04271	0.1433	0.02078	0.1206
4 0	108.509	0.1430	0.03456	0.1317	0.01560	0.1061
4 1	111.222	0.1531 0.1434	0.02813 0.02780	0.1280 0.1304	0.01129 0.01120	0.09661 0.5552
4 2	116.647	0.2021	0.02194	0.1525	0.00527	0.9729
4 3	122.072	0.2619	0.01825	0.1741	0.00248	1.3561
4 4	127.498	0.4043 1.4613	0.01772 0.01692	0.2337 0.7805	0.00113 0.00112	2.1690 1.2698
4 5	138.349	1.5735	0.00957	0.8084	0.00029	1.0857
4 6	153.720	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表4-1-3 MZA RZ体系における経方向反応率分布

Mesh No	X Y Z (cm)	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·f)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	2.296	0.9981	0.9980	0.9981	0.9980	0.9981
2	4.592	0.9923	0.9921	0.9924	0.9921	0.9924
3	6.887	0.9826	0.9822	0.9829	0.9822	0.9830
4	9.183	0.9693	0.9684	0.9698	0.9685	0.9699
5	12.021	0.9477	0.9462	0.9486	0.9463	0.9488
6	14.859	0.9207	0.9183	0.9222	0.9183	0.9226
7	17.697	0.8887	0.8849	0.8909	0.8849	0.8915
8	20.535	0.8519	0.8464	0.8552	0.8462	0.8566
9	22.621	0.8222	0.8149	0.8264	0.8145	0.8275
10	24.707	0.7904	0.7809	0.7958	0.7800	0.7972
11	26.793	0.7567	0.7444	0.7636	0.7429	0.7653
12	28.879	0.7215	0.7056	0.7301	0.7032	0.7322
13	31.367	0.6777	0.6564	0.6890	0.6523	0.6916
14	33.859	0.6326	0.6042	0.6476	0.5975	0.6507
15	36.350	0.5872	0.5491	0.6069	0.5386	0.6105
16	38.840	0.5424	0.4912	0.5685	0.4751	0.5724
17	40.298	0.5172	0.4561	0.5481	0.4354	0.5520
18	41.756	0.4930	0.4199	0.5299	0.3936	0.5334
19	43.215	0.4706	0.3827	0.5147	0.3494	0.5174
20	44.673	0.4505 0.4825	0.3445 0.3350	0.5036 0.5103	0.3023 0.2997	0.5048 0.4849
21	47.327	0.4495	0.2651	0.4836	0.2125	0.4507
22	49.981	0.4109	0.2100	0.4471	0.1511	0.4098
23	55.023	0.3303	0.1363	0.3635	0.0826	0.3243
24	60.066	0.2535	0.0885	0.2799	0.0463	0.2440
25	65.108	0.1874	0.0569	0.2057	0.0266	0.1749
26	70.151	0.1357	0.0357	0.1451	0.0154	0.1186
27	73.216	0.1137	0.0261	0.1168	0.0107	0.0911
28	76.281	0.1012 0.1017	0.0183 0.0172	0.0962 0.0994	0.00720 0.00698	0.0692 0.4229
29	80.031	0.0975	0.0128	0.0859	0.00407	0.4567
30	83.781	0.0791	0.00910	0.0658	0.00232	0.3879
31	87.531	0.0553	0.00586	0.0444	0.00122	0.2776
32	95.801	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 4-1-4 MZA RZ 体系における軸方向反応率分布

Mesh No	R X Y (Z) cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	3.755	0.9955	0.9954	0.9955	0.9954	0.9955
2	7.511	0.9820	0.9817	0.9822	0.9818	0.9823
3	11.266	0.9597	0.9590	0.9602	0.9591	0.9603
4	15.021	0.9289	0.9274	0.9298	0.9275	0.9301
5	18.776	0.8899	0.8871	0.8915	0.8871	0.8919
6	22.532	0.8432	0.8384	0.8459	0.8381	0.8466
7	26.287	0.7896	0.7815	0.7939	0.7805	0.7950
8	30.042	0.7249	0.7166	0.7368	0.7141	0.7384
9	31.920	0.6982	0.6812	0.7000	0.6773	0.7089
10	33.797	0.6657	0.6437	0.6767	0.6381	0.6790
11	35.675	0.6324	0.6043	0.6464	0.5961	0.6490
12	37.553	0.5988	0.5628	0.6166	0.5512	0.6194
13	39.430	0.5654	0.5192	0.5881	0.5028	0.5909
14	41.308	0.5329	0.4733	0.5620	0.4505	0.5645
15	43.185	0.5022	0.4251	0.5398	0.3985	0.5413
16	45.063	0.4747 0.5054	0.3742 0.3639	0.5238 0.5303	0.3308 0.3279	0.5232 0.5138
17	47.717	0.4783	0.3006	0.5098	0.2470	0.4866
18	50.371	0.4474	0.2483	0.4822	0.1862	0.4542
19	55.326	0.3836	0.1750	0.4188	0.1124	0.3861
20	60.281	0.3202	0.1236	0.3518	0.0688	0.3183
21	65.235	0.2624	0.0875	0.2884	0.0427	0.2565
22	70.190	0.2138	0.0620	0.2331	0.0268	0.2036
23	75.145	0.1783	0.0439	0.1891	0.0169	0.1611
24	80.100	0.1624 0.1632	0.0311 0.0293	0.1603 0.1647	0.0102 0.00989	0.1311 0.6317
25	88.350	0.1523	0.0186	0.1407	0.00422	0.6849
26	96.600	0.1200	0.0115	0.1055	0.00179	0.5752
27	104.850	0.0767	0.00626	0.0655	0.000680	0.3796
28	117.620	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 4-2-1 減速断面積の比較 (MZA)

i g	(C11-1C) 炉心		(B11-3) ブランケット	
	ABBN型	ELMOE型	ABBN型	ELMOE型
3	2.8279-2	3.1681-2	2.2361-2	2.3828-2
4	2.5965-2	2.7480-2	2.0504-2	2.2391-2
5	2.6130-2	2.8435-2	2.4027-2	2.7093-2
6	2.3652-2	2.6312-2	1.9269-2	2.0057-2
7	2.6207-2	2.6839-2	1.9861-2	1.9735-2
8	2.8947-2	2.8350-2	1.9387-2	1.8348-2
9	2.6997-2	2.6076-2	1.8563-2	1.6831-2
10	2.6423-2	2.6519-2	1.8159-2	1.7049-2
11	2.7849-2	2.6512-2	1.9879-2	1.7871-2
12	3.4358-2	3.1697-2	2.6967-2	2.3112-2
13	6.9169-2	6.0937-2	7.0696-2	5.8148-2
14	3.1519-2	2.6527-2	2.3968-2	1.5689-2
15	2.9959-2	2.5147-2	2.1059-2	1.2958-2
16	3.0273-2	2.5976-2	2.1334-2	1.1138-2
17	3.0938-2	2.4093-2	2.1884-2	9.4160-3
18	3.0697-2	2.5041-2	2.1835-2	6.9870-3
19	3.0908-2	2.1072-2	2.2015-2	9.1070-3

表 4-2-2 減速断面積の違いによるスペクトル (M Z A)

ig	炉心		ブランケット	
	ABBN	ELMOE	ABBN	ELMOE
1	0.001994	0.001967	0.0008068	0.0007929
2	0.01238	0.012210	0.004807	0.004724
3	0.03022	0.02903	0.01148	0.01076
4	0.06618	0.06335	0.02914	0.02791
5	0.08803	0.08242	0.04936	0.04560
6	0.15498	0.15222	0.10826	0.09943
7	0.16261	0.16400	0.13357	0.13184
8	0.14756	0.15315	0.13171	0.13550
9	0.12205	0.12846	0.13195	0.13735
10	0.08905	0.08907	0.12024	0.12041
11	0.05653	0.05737	0.09064	0.09437
12	0.02950	0.03000	0.05709	0.06010
13	0.009423	0.009661	0.02481	0.02682
14	0.01581	0.01656	0.03895	0.04188
15	0.008410	0.007188	0.02686	0.02699
16	0.003546	0.002473	0.01811	0.01686
17	0.001233	0.0006614	0.01039	0.009505
18	0.0003355	0.0001395	0.006470	0.005268
19	0.0001284	0.00004937	0.003167	0.002526
20	0.00002473	0.000006792	0.001287	0.0007525
21	0.000005119	1.7231-6	0.0003034	0.0001908
22	0.000004982	2.124-6	0.0002523	0.0001739
23	0.000001091	5.185-7	0.0001808	0.0001303
24	2.062-7	1.084-7	0.0001040	0.00007675
25	1.212-8	6.791-9	0.00004586	0.00003434
26	3.034-9	1.754-9	0.00001061	0.000007986
Ødu	1.0	1.0	1.0	1.0

表 4-2-3 減速断面積の効果による反応率分布の影響

REACTION Ax. TYPE Distance (cm)	Pu 239 σ_f		U 238 σ_f	
	ABBN	ELMØE	ABBN	ELMØE
0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
24.914	0.7936	0.7935	0.7831	0.7830
44.673	0.4714	0.4697	0.3140	0.3111
44.673	0.4973	0.4901	0.3140	0.3111
60.477	0.2847	0.2709	0.04757	0.04698
76.281	0.1624	0.1558	0.00857	0.00853
76.281	0.1624	0.1558	0.00857	0.00853
83.781	0.1234	0.1235	0.00287	0.00286
91.281	0.0321	0.0324	0.000937	0.000932

表 4-3-1 M Z A 縮約領域のとり方が反応率分布へおよぼす影響

(M Z A 1 1 g r R-Z 計算)

 σ_f 28

Mesh	Radius (cm)	#1	#3	#1/#3
1	0.0	1.00000	1.00000	1.00000
12	24.707	0.78137	0.78000	1.00180
22	44.673	0.30381	0.30230	1.00500
22	44.673	0.30264	0.29970	1.00980
26	60.066	0.04692 0.04668	0.04630	1.01340 1.00820
30	76.281	0.00778	0.00720	1.08060
30	76.281	0.00764	0.00700	1.09140
32	83.781	0.00240	0.00230	1.04350
34	95.801	0.0	0.0	1.0

 σ_f 49

Mesh	Radius (cm)	#1	#3	#1/#3
1	0.0	1.00000	1.00000	1.00000
12	24.707	0.79182	0.79040	1.00180
22	44.673	0.45528	0.45050	1.01060
22	44.673	0.48289	0.48250	1.00080
26	60.066	0.26381 0.26646	0.25350	1.04070 1.05110
30	76.281	0.13575	0.10120	1.34140
30	76.281	0.13370	0.10170	1.31470
32	83.781	0.10928	0.07910	1.38150
34	95.801	0.0	0.0	1.0

1 M Z A 2 次元 R-Z 1 1 r e g

3 M Z A 2 次元 R-Z

表4-3-2 縮約領域のとり方が反応率分布へおよぼす影響 (MZA)

Mesh	cm	$\sigma_f 2.8$				$\sigma_f 4.9$			
		#1	#2	#2/#1	#1	#2	#2/#1		
1	0.0	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000	1.00000		
26	24.9561	0.79002	0.80556	1.01967	0.79618	0.81092	1.01850		
53	49.8243	0.25255	0.25320	1.00257	0.38382	0.38381	0.99997		
53	49.8243	0.25159	0.25144	0.99940	0.40743	0.40983	1.00589		
72	68.3348	0.02673	0.02671	0.99925	0.18608	0.18628	1.00107		
91	82.2916	0.00340	0.00341	1.00294	0.08407	0.08457	1.00595		
91	82.2916	0.00334	0.00334	1.00000	0.08224	0.08213	0.99866		
96	104.0297	0.00040	0.00040	1.00000	0.05643	0.05631	0.99787		
101	120.7677	0.0	0.0		0.0	0.0			

MZA 1次元 球計算

#1 11 reg 11gr 101mesh (4.6.1)

#2 6 reg 11gr 101mesh (2.3.1)

表4-4-1 反応率分布に対する輸送効果 (MZA)

Radius (cm)	$\sigma_f 2.39$		$\sigma_f 2.38$	
	Diff	S4	Diff	S4
0.430	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2.4484	0.7974	0.7959	0.8155	0.7876
4.4243	0.4675	0.4586	0.3240	0.3177
4.5112	0.4814	0.4719	0.2934	0.2798
6.0038	0.2665	0.2581	0.04784	0.04463
7.5842	0.1148	0.1123	0.00783	0.00833
7.6906	0.1128	0.1107	0.00658	0.00715
8.3156	0.0898	0.0907	0.00268	0.00294
9.0656	0.0373	0.0173	0.000719	0.000877

表 4-4-2 反応率分布に対する輸送効果 (M Z B)

Radius cm	$\sigma_f 239$		$\sigma_f 238$	
	Diff	S4	Diff	S4
0.707	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
5.0189	0.7582	0.7621	0.7825	0.7820
6.1499	0.6396	0.6479	0.7226	0.7338
6.2517	0.6245	0.6336	0.7197	0.7372
7.1859	0.4993	0.5140	0.5940	0.6256
7.9333	0.4129	0.4154	0.3753	0.3795
8.0416	0.4262	0.4282	0.3322	0.3251
9.4317	0.2635	0.2603	0.06524	0.06168
10.9762	0.1324	0.1309	0.01209	0.01297
11.1569	0.1289	0.1288	0.009487	0.01014
11.9849	0.0898	0.0995	0.00284	0.00316
12.6059	0.0239	0.0225	0.00109	0.00115

表 4-5-1 反応率分布に対する非均質効果 (MZA)

$\sigma_{f_{238}}$ σ_{ig} distance	ϕ_{ig}	Benoist D				$D = 1/3 \Sigma tr$		
		Homo	Foil	Homo	Counter	Foil	Homo	Counter
Core	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	24.707	0.7800	0.7822	0.7822	0.7822	0.7819	0.7819	0.7818
	44.673	0.3023	0.3051	0.3052	0.3051	0.3049	0.3049	0.3050
Rd.B1	44.673	0.2997	0.3307	0.2916	0.3024	0.3304	0.3022	0.2915
	60.066	0.0463	0.0534	0.0461	0.0489	0.0516	0.0472	0.0444
	76.281	0.0072	0.0089	0.0077	0.0082	0.0083	0.0076	0.0071
Sh	76.281	0.0070	0.0081	0.0083	0.0079	0.0075	0.0074	0.0078
	83.781	0.0023	0.0027	0.0027	0.0026	0.0025	0.0024	0.0025
	95.801	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

 $\sigma_{f_{239}}$

Core	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	24.707	0.7904	0.7931	0.7946	0.8006	0.7921	0.7935	0.7952
	44.673	0.4505	0.4536	0.4734	0.4998	0.4526	0.4724	0.4991
Rd.B1	44.673	0.4825		0.5249	0.5194		0.5242	0.5526
	60.066	0.2535		0.3259	0.3275		0.3208	0.3223
	76.281	0.1012		0.1532	0.1558		0.1459	0.1485
Sh	76.281	0.1017		0.1518	0.1496		0.1446	0.1423
	83.781	0.0791		0.1053	0.1037		0.0997	0.0981
	95.801	0.0		0.0	0.0		0.0	0.0

表 4-5-2 反応率分布に対する非均質効果 (M Z B)

σ_f 239 (cm)	$\delta = 4.52 \text{ cm}$	$\delta = 0$				
		Homo	Homo	Homo	Hetero Counter	Flux Foil
I/C	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	49.506	0.7666	0.7656	0.7667	0.7654	0.7680
	62.206	0.6343	0.6333	0.6347	0.6315	0.6383
O/C	62.206	0.6311	0.6308	0.6320	0.6357	0.6339
	71.591	0.5089	0.5079	0.5099	0.5150	0.5106
	79.644	0.4076	0.4047	0.4082	0.4311	0.3986
B1	79.644	0.4314	0.4339	0.4414	0.2428	
	93.600	0.2654	0.2602	0.2709	0.2710	
	110.534	0.1269	0.1119	0.1195	0.1211	
Sh	110.534	0.1241	0.1113	0.1182	0.1160	0.1186
	118.814	0.0973	0.0735	0.0759	0.07445	0.07613
	131.614*	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

 σ_f 238

(cm)	Homo	Homo	Homo	Hetero Counter	Flux Foil
I/C	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	49.506	0.7903	0.7884	0.7900	0.7905
	62.206	0.7232	0.7208	0.7229	0.7227
O/C	62.206	0.7239	0.7217	0.7238	0.7784
	71.591	0.5997	0.5974	0.5990	0.6440
	79.644	0.3610	0.3599	0.3604	0.3876
B1	79.644	0.3610	0.3572	0.3577	0.3822
	93.600	0.0688	0.0687	0.0679	0.07254
	110.534	0.0104	0.0104	0.0101	0.01081
Sh	110.534	0.0103	0.0101	0.0098	0.01108
	118.814	0.0031	0.0029	0.0029	0.00313
	131.614	0.0	0.0	0.0	0.0

表 4-6-1 核分裂スペクトルの空間依存性の効果 (M Z B)

Radius cm	Pu 239 σ_f		U 238 σ_f	
	$v = 2.8$	$\bar{v} = 2.9$ $\bar{v} = 2.6$	$v = 2.8$	$\bar{v} = 2.9$ $\bar{v} = 2.6$
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0
I/O 4.9482	0.7648	0.7647	0.7872	0.7871
6.2206	0.6313	0.6313	0.7206	0.7204
6.2206	0.6282	0.6281	0.7206	0.7204
O/C 7.1548	0.5077	0.5076	0.6009	0.6005
7.9644	0.4102	0.4102	0.3637	0.3632
7.9644	0.4324	0.4324	0.3637	0.3632
Rd. 9.3544	0.2728	0.2728	0.07076	0.07037
B1 10.534	0.1300	0.1300	0.01090	0.01077
11.0534	0.1300	0.1300	0.01090	0.01077
Sh 11.8813	0.0908	0.0908	0.00327	0.00323
12.7093	0.0138	0.0138	0.000907	0.000897

表4-7-1 エネルギー群数の効果 (MZB)

Pu 239 Fission Rate

反応率分布		絶対値	26群に対する相対値			
中心からの距離 (cm)			26群	11群	6群*	6群**
I/C	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	31.103	0.913550	1.000482	1.000941	1.000439	1.006459
	62.206	0.631279	1.003406	1.007651	1.003232	1.061879
	62.206	0.628087	1.004135	1.009037	1.005174	1.068887
	70.925	0.515980	1.004374	1.010336	1.004719	1.085494
	79.644	0.410094	0.995945	1.001875	0.986050	0.991341
O/C	79.644	0.432224	1.008248	1.015802	1.024240	1.158453
	82.644	0.405766	1.000927	1.007497	1.001949	1.032516
	95.589	0.248175	0.995181	0.998489	0.997735	0.939885
	108.034	0.138834	0.977023	0.982893	0.987417	0.943832
	110.534	0.129994	0.990642	0.973945	0.929789	0.787421
	110.534	0.129994	0.965760	1.010470	1.161184	1.084365
B1	118.814	0.0908268	0.9947769	0.9726303	0.9384510	0.8548182
	127.094	0.0138361	1.0047051	0.9792283	0.9486561	1.8455417

U 238 Fission Rate

I/C	0.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	31.103	0.915741	1.000644	1.001129	1.000617	1.004050
	62.206	0.720554	1.001851	1.003538	1.001343	0.930313
	62.206	0.720554	1.003124	1.007043	1.003606	1.033945
	70.925	0.614146	1.002864	1.007031	1.002758	1.012048
	79.644	0.363935	1.004304	1.010834	1.003605	1.239636
O/C	79.644	0.363935	1.000187	1.003451	0.998321	0.849341
	82.644	0.251578	1.002019	1.006257	1.000429	1.028059
	95.589	0.0564848	1.0020873	1.0061468	1.0006887	1.0020873
	108.034	0.0148804	0.9954840	0.9981251	0.9940055	0.9192092
	110.534	0.0109015	0.9969362	1.0000275	0.9953034	0.9801220
	110.534	0.0109015	0.9848553	0.9776545	0.9745723	0.6037752
B1	118.814	0.00327278	1.0054052	1.0136764	1.0082957	1.1076363
	127.094	0.000907130	1.0189830	1.0264527	1.0265618	1.3142989

* 設計で三菱の採用しているエネルギー分割法(4/8/11/14/17/26)

** ** 東芝・日立 (4/6/8/11/14/26)

表4-8-1 エネルギー群毎のアルベドの値 (MZA)

i g	10^3 - モデル	4^3 - モデル
1	5.5 2 0 2 - 4	1.1 6 1 9 - 3
2	1.8 9 3 9 - 3	4.7 5 9 1 - 3
3	3.2 3 4 0 - 5	9.9 5 9 2 - 3
4	2.0 1 1 5 - 3	8.9 2 8 4 - 3
5	7.1 2 5 7 - 3	1.1 5 1 0 - 2
6	6.6 6 6 8 - 3	1.1 2 1 9 - 2
7	7.9 0 0 4 - 3	1.4 2 2 1 - 2
8	9.8 3 1 3 - 3	1.9 2 2 0 - 2
9	1.1 2 9 9 - 2	2.6 1 6 0 - 2
10	8.7 9 6 6 - 3	1.6 4 8 8 - 2
11	4.8 6 1 9 - 2	4.9 2 8 1 - 2
12	8.2 7 5 1 - 2	3.1 8 9 5 - 1
13	5.8 0 0 7 - 2	2.4 7 9 4 - 1
14	8.5 5 0 7 - 2	3.5 1 2 5 - 1
15	5.2 4 7 3 - 2	4.2 8 5 8 - 1
16	1.2 4 6 0 - 1	4.6 2 4 8 - 1
17	1.3 0 6 4 - 1	4.7 5 3 0 - 1
18	1.3 2 9 2 - 1	4.7 8 9 6 - 1
19	1.4 0 2 0 - 1	4.9 7 3 5 - 1
20	1.5 8 9 0 - 1	5.4 4 5 4 - 1
21	1.9 3 1 3 - 1	6.2 2 3 3 - 1
22	2.5 5 0 0 - 1	7.4 2 9 7 - 1
23	3.7 6 0 1 - 1	9.3 0 5 8 - 1
24	5.9 6 5 5 - 1	1.1 7 3 1 + 0
25	9.6 7 4 4 - 1	1.4 5 5 0 + 0
26	1.0 0 7 5 + 0	3.0 6 5 9 + 0
平 均	0.0 7 9 0 4 8	0.1 0 2 8 5

表 4-8-2 外部境界条件が反応率分布へ与える影響 (MZB)

Pu239 cm σ_f	$\beta = 0$	$\beta = 0.1$	$\beta = 0.2$	$\delta = 4.52\text{cm}$	$\delta = 0\text{cm}$
0.0	1.0	1.0	1.0	1.0000	1.0000
4.9.482	0.7553	0.7554	0.7555	0.7553	0.7548
6.2.206	0.6314	0.6316	0.6317	0.6314	0.6307
6.2.206	0.6282	0.6283	0.6285	0.6282	0.6275
7.1.548	0.4586	0.4588	0.4591	0.4585	0.4575
7.9.644	0.4100	0.4103	0.4106	0.4097	0.4084
7.9.644	0.4321	0.4324	0.4328	0.4318	0.4303
9.3.544	0.2969	0.2977	0.2987	0.2963	0.2926
11.0.534	0.1333	0.1358	0.1388	0.1341	0.1207
11.0.534	0.1333	0.1358	0.1388	0.1341	0.1207
11.8.813	0.09517	0.09867	0.1029	0.1038	0.07809
12.7.093	0.01472	0.01788	0.02180	0.03724	0.0

U238 σ_f

0.0	1.0	1.0	1.0	1.0000	1.0000
4.9.482	0.7806	0.7807	0.7809	0.7807	0.7801
6.2.206	0.7209	0.7211	0.7213	0.7209	0.7201
6.2.206	0.7209	0.7211	0.7213	0.7209	0.7201
7.1.548	0.5088	0.5090	0.5092	0.5087	0.5078
7.9.644	0.3638	0.3640	0.3642	0.3638	0.3630
7.9.644	0.3638	0.3640	0.3642	0.3638	0.3630
9.3.544	0.08776	0.08784	0.08793	0.08771	0.08735
11.0.534	0.01108	0.01114	0.01122	0.01099	0.01071
11.0.534	0.01108	0.01114	0.01122	0.01099	0.01071
11.8.813	0.00338	0.00344	0.00350	0.00333	0.00299
12.7.093	0.00094	0.00107	0.00121	0.00076	0.0

表 4-9-1 モデルのとり方による反応率分布の比較 (MZB)

(cm)	f 2 3 9		f 2 3 8	
	14領域	4領域	14領域	4領域
0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
4 9 4 8 2	0.7559	0.7553	0.7818	0.7807
6 2 2 0 6	0.6318	0.6314	0.7220	0.7209
6 2 2 0 6	0.6285	0.6282	0.7220	0.7209
7 1 5 4 8	0.4588	0.4585	0.5093	0.5087
7 9 6 4 4	0.4100	0.4097	0.3642	0.3638
7 9 6 4 4	0.4321	0.4318	0.3642	0.3638
9 3 5 4 4	0.2965	0.2963	0.08781	0.08771
1 1 0 5 3 4	0.1342	0.1341	0.01100	0.01099
1 1 0 5 3 4	0.1342	0.1341	0.01100	0.01099
1 2 1 0 7 4	0.08688	0.08681	0.00234	0.00234
1 3 1 6 1 4	0.0	0.0	0.0	0.0

表 4-10-1 反応率分布に与えるメッシュ数の影響 (MZA)

 σ_f 239

Radius cm \ Mesh	101	67	35	17
Core { 0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	22.337	0.8293	0.8292	0.8290
	44.673	0.4623	0.4621	0.4612
B1 { 44.673	0.4861	0.4858	0.4847	0.4827
	60.066	0.2604	0.2602	0.2594
	76.281	0.1132	0.1133	0.1129
Sh { 76.281	0.1132	0.1133	0.1129	0.1086
	83.781	0.0708	0.0696	0.0640
	95.801	0.0	0.0	0.0

 σ_f 238

	101	67	35	17
Core { 0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	22.337	0.8221	0.8220	0.8216
	44.673	0.3099	0.3095	0.3077
B1 { 44.673	0.3099	0.3095	0.3077	0.2882
	60.066	0.0455	0.0545	0.0454
	76.281	0.00736	0.00728	0.00720
Sh { 76.281	0.00736	0.00728	0.00720	0.00711
	83.781	0.00170	0.00169	0.00169
	95.801	0.0	0.0	0.0

表 4-11-1 バックリング効果の検討で使用したバックリングの値 ($\times 10^{-4}$)

gr	Core	B1	Ref
1	10.502	5.834	9.568
2	9.568	5.587	9.289
3	6.807	4.822	9.162
4	5.698	4.415	8.613
5	4.323	4.004	7.850
6	2.709	3.183	6.338
7	-2.424	4.041	6.410
8	-6.825	3.495	6.699
9	-36.762	2.993	6.627
10	-73.947	2.986	6.556
11	-93.006	3.340	6.540
$\langle Br^2 \rangle$	5.4928	4.1769	7.6977
$\langle B^2 \rangle$		5.1463	

表4-11-2 反応率分布に与えるバッククリングの影響 (MZA)

	#1	#2	#3	#4	#5	RZ
Keff	0.990262	1.00561	1.01021	0.988412	1.00189	0.9856

 $\sigma_f 239$

0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
24.707	0.7938	0.7930	0.7916	0.7909	0.7939	0.7918
44.673	0.4623	0.4611	0.4567	0.4538	0.4630	0.4547
44.673	0.4861	0.4839	0.4791	0.4757	0.4869	0.4894
60.066	0.2662	0.2659	0.2605	0.2560	0.2676	0.2593
76.281	0.1132	0.1129	0.1112	0.1081	0.1144	0.1053
76.281	0.1132	0.1129	0.1112	0.1081	0.1144	0.1058
83.781	0.0859	0.0855	0.0850	0.0824	0.0869	0.0828
95.801	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

 $\sigma_f 238$

0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
24.707	0.7838	0.7827	0.7814	0.7809	0.7838	0.7810
44.673	0.3099	0.3084	0.3063	0.3055	0.3099	0.3039
44.673	0.3099	0.3084	0.3063	0.3055	0.3099	0.3012
60.066	0.04768	0.04745	0.04671	0.04640	0.04773	0.04714
76.281	0.00736	0.00731	0.00717	0.00708	0.00738	0.00747
76.281	0.00736	0.00731	0.00717	0.00708	0.00738	0.00724
83.781	0.00244	0.00243	0.00240	0.00237	0.00245	0.00241
95.801	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

- # 1 エネルギー、領域依存のバッククリング
 # 2 領域依存のバッククリング
 # 3 定数のバッククリング
 # 4 固有値を2次元RZと近くなるようにした定数のバッククリング
 # 5 # 1 × 0.9
- } 2次元RZ計算
から求めたもの

表 4-12-1 第一飛程での衝突数の全衝突数との比 (β)

エネルギー 層番号群		1	2	3	4	5	6
外側炉心 (i)	6	0.05108	0.05878	0.03812	0.01226	0.02436	0.05374
	5	0.06449	0.08005	0.05600	0.02156	0.03916	0.07959
	4	0.08275	0.1107	0.08360	0.03864	0.06381	0.1177
	3	0.1084	0.1566	0.1279	0.07123	0.1063	0.1757
	2	0.1468	0.2292	0.2035	0.1382	0.1850	0.2709
	1	0.2114	0.3630	0.3572	0.3231	0.3646	0.4705
径方向ブランケット (j)	1	0.9234	0.5716	0.3813	0.2866	0.2735	0.1849
	2	0.7530	0.3566	0.2088	0.1194	0.1177	0.07070
	3	0.6521	0.2612	0.1288	0.05862	0.05928	0.03261
	4	0.5789	0.1983	0.08342	0.03068	0.03184	0.002873
	5	0.5220	0.1535	0.05561	0.01669	0.01781	0.001614
	6	0.4753	0.1213	0.03782	0.009318	0.01025	0.004729

表 4-12-2 内部境界近傍の Pu 239
の中性子核分裂反応率
分布 (MZB)

(cm) 径方向距離	標準系	P_{ij} による 境 界 混 合 系	備 考
0.0	1.0000	1.0000	I/C
62.206	0.6355	0.6366	
62.206	0.6331	0.6342	
68.987	0.5470	0.5479	
75.7684	0.4553	0.4551	
75.7684	0.4553	0.4566	
76.7372	0.4430	0.4440	
76.7372	0.4430	0.4450	O/C
77.7059	0.4313	0.4311	
77.7059	0.4313	0.4345	
78.6747	0.4203	0.4242	
78.6747	0.4203	0.4286	
79.6434	0.4104	0.4201	
79.6434	0.4386	0.4298	
80.6434	0.4295	0.4204	
80.6434	0.4295	0.4247	
81.6434	0.4194	0.4147	
81.6434	0.4194	0.4137	Rd. Blamke t(1)
82.6434	0.4085	0.4056	
82.6434	0.4085	0.3953	
83.6434	0.3969	0.3720	
83.6434	0.3969	0.3959	
85.6434	0.3727	0.3720	
85.6434	0.3724	0.3776	Rd. Blamke t(2)
105.533	0.1479	0.1483	

表 4-12-3 内部境界近傍の U 238
の中性子捕獲反応率分布
(MZB)

(cm) 径方向距離	標準系	P_{ij} による 境 界 混 合 系	備 考
0.0	1.0000	1.0000	I/C
62.206	0.6225	0.6226	
62.206	0.6256	0.6279	
68.987	0.5378	0.5399	
75.7684	0.4580	0.4589	
75.7684	0.4580	0.4583	
76.7372	0.4485	0.4485	
76.7372	0.4485	0.4480	O/C
77.7059	0.4398	0.4390	
77.7059	0.4398	0.4380	
78.6747	0.4322	0.4300	
78.6747	0.4322	0.4274	
79.6434	0.4259	0.4208	
79.6434	0.4114	0.4147	
80.6434	0.4025	0.4060	
80.6434	0.4025	0.4035	
81.6434	0.3923	0.3936	
81.6434	0.3923	0.3927	Rd. Blamke t(1)
82.6434	0.3812	0.3818	
82.6432	0.3812	0.3814	
83.6434	0.3695	0.3697	
83.6434	0.3695	0.3694	
85.6434	0.3445	0.3446	
85.6434	0.3487	0.3489	Rd. Blamke t(2)
105.533	0.1164	0.1168	

表 4-13-1 MZA 反応率分布の詳細解析

σf_{239}	*	**	***	****	*****
	Diff	TransDiff	Mesh	σ_{de}	Hetero
{ 1 0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
30 24.707	0.7906	0.998	1.000	1.000	1.013
53 44.673	0.4623	0.981	1.002	0.996	1.109
53 44.673	0.4861	0.980	1.003	0.986	1.074
71 60.066	0.2604	0.968	1.004	0.952	1.292
89 76.281	0.1132	0.978	1.003	0.959	1.539
89 76.281	0.1132	0.981	1.003	0.959	1.471
95 83.781	0.0819	1.010	1.106	1.000	1.311
101 95.801	0.0	0.464	—	1.009	—

σf_{238}	*	**	***	****	*****
{ 1 0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
30 24.707	0.7803	0.966	1.001	1.000	1.003
53 44.673	0.3099	0.981	1.007	0.991	1.009
53 44.673	0.3099	0.954	1.007	0.991	0.973
71 60.066	0.0455	0.933	1.001	0.988	0.996
89 76.281	0.0074	1.064	1.022	0.995	1.064
89 76.281	0.0074	1.087	1.022	0.997	1.184
95 83.781	0.0017	1.097	1.006	0.995	1.184
101 95.801	0.0	1.220	—	0.995	—

* 1次元円柱体系 26群拡散計算による 101 mesh、領域、エネルギー依存のバックリング使用

** 1次元円柱体系どおりの比較 (S4/Diff)

*** 1次元円柱体系で領域、エネルギー依存のバックリングを両ケースとも共通に使用 (101 Mesh/Diff)

**** 1次元円柱体系、ENDF/BV・1のデータによる比較 (ELMOF/ABBN)

***** 2次元円柱体系 [ϕ (Benoist-D) & σ (Counter)]/Homo

表 4-13-2 M Z B 反応率分布詳細解析

σf_{239} mesh <i>cm</i>	*	**	***	****	*****	*****	*****
	1次元(R) R.R.	Fission Spectrum	Trans Diff	26gr 11gr	縮約 領域	Hetero	$\beta=0.1$ $\beta=0.0$
{ 1 0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
{ 36 49.482	0.7648	1.000	1.005	0.998	1.000	0.9996	1.000
{ 45 62.206	0.6313	1.000	1.013	0.997	1.000	0.9972	1.000
{ 45 62.206	0.6282	1.000	1.015	0.996	1.000	1.007	1.000
{ 60 71.548	0.5077	1.000	1.029	0.996	1.000	1.014	1.000
{ 73 79.644	0.4102	1.000	1.006	1.004	0.998	1.065	1.001
{ 73 79.644	0.4324	1.000	1.005	0.992	0.989	1.001	1.001
{ 82 93.544	0.2728	1.000	0.988	1.000	1.004	1.042	1.003
{ 93 110.534	0.1300	1.000	0.989	1.009	1.032	1.082	1.019
{ 93 110.534	0.1300	1.000	0.999	1.036	1.013	1.042	1.019
{ 97 118.813	0.0908	1.000	1.108	1.004	1.006	1.013	1.037
{ 101 127.093	0.0138	1.000	0.941	0.993	1.000	—	1.215
σf_{238}							
{ 1 0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
{ 36 49.482	0.7872	1.000	0.999	0.998	1.000	1.002	1.000
{ 45 62.206	0.7206	1.000	1.015	0.998	1.000	1.003	1.000
{ 45 62.206	0.7206	1.000	1.024	0.997	1.000	1.079	1.000
{ 60 71.548	0.6009	0.999	1.053	0.997	1.000	1.078	1.000
{ 73 79.644	0.3637	0.999	1.011	0.995	1.001	1.077	1.001
{ 73 79.644	0.3637	0.999	0.979	0.999	1.004	1.069	1.001
{ 82 93.544	0.0708	0.994	0.945	0.999	0.995	1.056	1.001
{ 93 110.534	0.0109	0.988	1.073	1.003	0.981	1.039	1.005
{ 93 110.534	0.0109	0.988	1.069	1.015	0.994	1.097	1.005
{ 97 118.813	0.0033	0.988	1.113	0.994	0.994	1.081	1.018
{ 101 127.093	0.0009	0.989	1.048	0.982	0.994	—	1.138

* 1 次元円柱体系 26 群拡散計算

** 1 次元円柱体系での比較 ($\bar{V}=2.9$ & $2.6/\bar{V}=2.8$)*** 1 次元円柱体系での比較 ($S4/Diff$)

**** 1 次元円柱体系でプランケット 3 領域分割での 11 群と 26 群の比較 (26 群 / 11 群)

***** 2 次元円柱体系での比較

***** 1 次元円柱体系での比較

表 4-13-3 反応率分布の C/E (MZA)

σf_{239} cm	計算値 (XY) C	補 正 係 数						補正後 の値 C	実験値 E	C'/E^*	C/E^{**}
		σ_{de}	縮約領域	輸送理論	核分裂 スペクトル	メッシュ効果	非均質効果				
0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
24.414	0.7952	1.000	1.000	0.998	1.000	1.000	1.013	0.803	0.801	1.002	0.993
46.116	0.4291	0.996	1.000	0.981	1.000	1.002	1.109	0.466	0.483	0.966	0.888
46.116	0.4602	0.986	1.006	0.980	1.000	1.003	1.074	0.482	0.483	0.997	0.953
59.680	0.2658	0.952	1.006	0.968	1.000	1.004	1.292	0.319	0.342	0.933	0.777
78.669	0.1058	0.959	1.006	0.978	1.000	1.003	1.539	0.154	0.179	0.862	0.591
78.669	0.1025	0.959	0.999	0.981	1.000	1.003	1.471	0.143	0.179	0.796	0.573
84.094	0.0912	1.000	0.998	1.010	1.000	1.106	1.311	0.133	0.150	0.890	0.608
99.465	0.0	1.009	0.998	0.464	1.000	—	—	—	—	—	—

 σf_{238}

0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
24.414	0.7828	1.000	1.000	0.966	1.000	1.001	1.003	0.759	0.787	0.964	0.995
46.116	0.2753	0.991	1.003	0.981	1.000	1.007	1.009	0.273	0.274	0.996	1.004
46.116	0.2735	0.991	0.999	0.954	0.999	1.007	0.973	0.253	0.274	0.922	0.998
59.680	0.0510	0.988	0.999	0.933	0.994	1.001	0.996	0.0466	0.0510	0.914	1.000
78.669	0.00562	0.995	1.003	1.064	0.988	1.022	1.064	0.0064	0.00720	0.894	0.781
78.669	0.00556	0.997	1.000	1.087	0.988	1.022	1.184	0.0072	0.00720	1.004	0.772
84.094	0.0254	0.995	1.000	1.097	0.988	1.006	1.184	0.0032	—	—	—
99.465	0.0	0.995	1.000	1.220	0.989	—	—	—	—	—	—

* C'/E 補正後の C/E** C/E 未補正の C/E

表4-13-4 反応率分布の実験値と計算値との比較(MXB)

f239	計算値 c	補 正 値						アルベド	補正後 の C'	実験値 E	* C'/E	** C/E
		σ	d	e	輸送	核分裂	エネルギー 一 群	* メッシュ	非均質			
{ 0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000
48.829	0.7725	1.000	1.005	1.000	0.998	1.000	1.000	0.9996	1.000	0.7746	0.778	0.996
62.393	0.6317	1.000	1.013	1.000	0.997	1.000	1.000	0.9972	1.000	0.6362	0.641	0.992
62.393	0.6282	1.000	1.015	1.000	0.996	1.000	1.000	1.007	1.000	0.640	0.641	0.998
70.531	0.5238	0.999	1.029	1.000	0.996	1.000	1.000	1.014	1.000	0.544	0.542	1.004
78.669	0.4145	0.996	1.006	1.000	1.004	1.002	1.000	1.065	1.001	0.445	0.434	1.026
78.669	0.4336	0.986	1.005	1.000	0.992	1.003	1.000	1.001	1.001	0.428	0.434	0.988
92.232	0.2521	0.952	0.988	1.000	1.000	1.004	1.000	1.042	1.003	0.249	0.263	0.947
111.222	0.1531	0.959	0.989	1.000	1.009	1.003	1.000	1.082	1.019	0.162	0.166	0.977
111.222	0.1434	0.959	0.999	1.000	1.036	1.003	1.000	1.042	1.019	0.152	0.166	0.916
116.647	0.2021	1.000	1.108	1.000	1.004	1.106	1.000	1.013	1.037	0.261	0.224	1.16
127.498	0.4043	1.009	0.941	1.000	0.993	—	1.000	—	1.215	—	—	—

f238

0.0	1.0000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
48.829	0.7915	1.000	0.999	1.000	0.998	1.000	1.000	1.002	1.000	0.791	0.795	0.995
62.393	0.7138	1.000	1.015	1.000	0.998	1.000	1.000	1.003	1.000	0.725	0.737	0.984
62.393	0.7144	1.000	1.024	1.000	0.997	1.000	1.000	1.079	1.000	0.786	0.737	1.067
70.531	0.6143	0.995	1.053	0.999	0.997	1.001	1.000	1.078	1.000	0.692	0.651	1.063
78.669	0.3785	0.991	1.011	0.999	0.995	1.007	1.000	1.077	1.001	0.409	0.387	1.056
78.669	0.3768	0.991	0.979	0.999	0.999	1.007	1.000	1.069	1.001	0.393	0.387	1.016
92.232	0.08432	0.988	0.945	0.994	0.999	1.001	1.000	1.056	1.001	0.0827	0.0791	1.046
111.222	0.01129	0.995	1.073	0.988	1.003	1.022	1.000	1.039	1.005	0.0127	0.0134	0.951
111.222	0.01120	0.997	1.069	0.988	1.015	1.022	1.000	1.097	1.005	0.0135	0.0134	1.016
116.647	0.00527	0.995	1.113	0.988	0.994	1.006	1.000	1.081	1.018	0.00634	0.0042	1.510
127.498	0.00113	0.995	1.048	0.989	0.982	—	1.000	—	1.138	—	—	—

* 補正後 ** 補正前

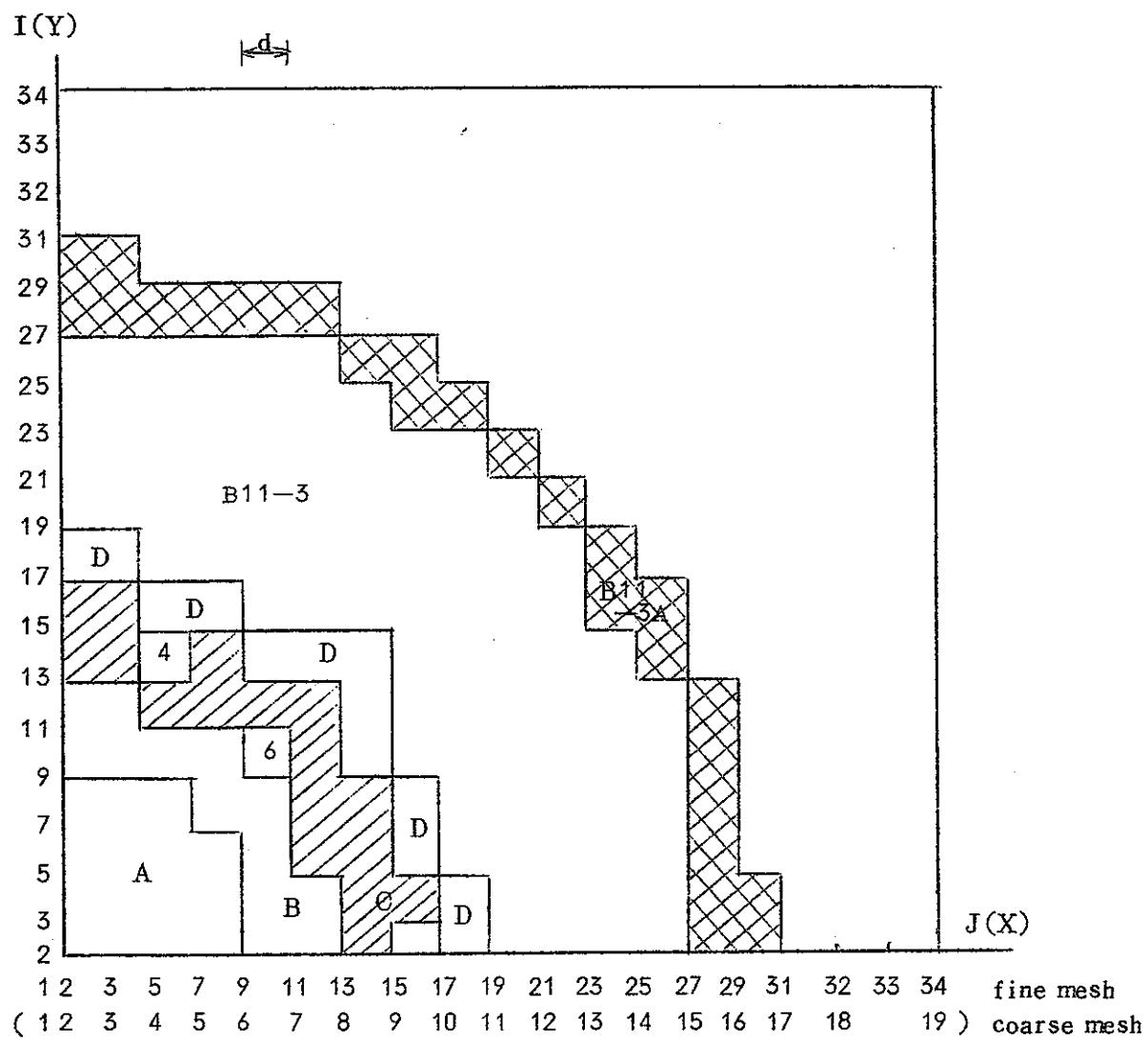


図 4-1-1 MZA X-Y 計算体系

A : O 1 1 - 1 A

buckling は次ページ

B : O 1 1 - 1 B

$d = 5.42544 \text{ cm}$

C : O 1 1 - 1 C

外挿距離

D : O 1 1 - 1 D

$\delta = 4.52 \text{ cm}$

図 6 C/R

B 11-3 } Radial

B 11-3 A } Blanket

Steel bar shield

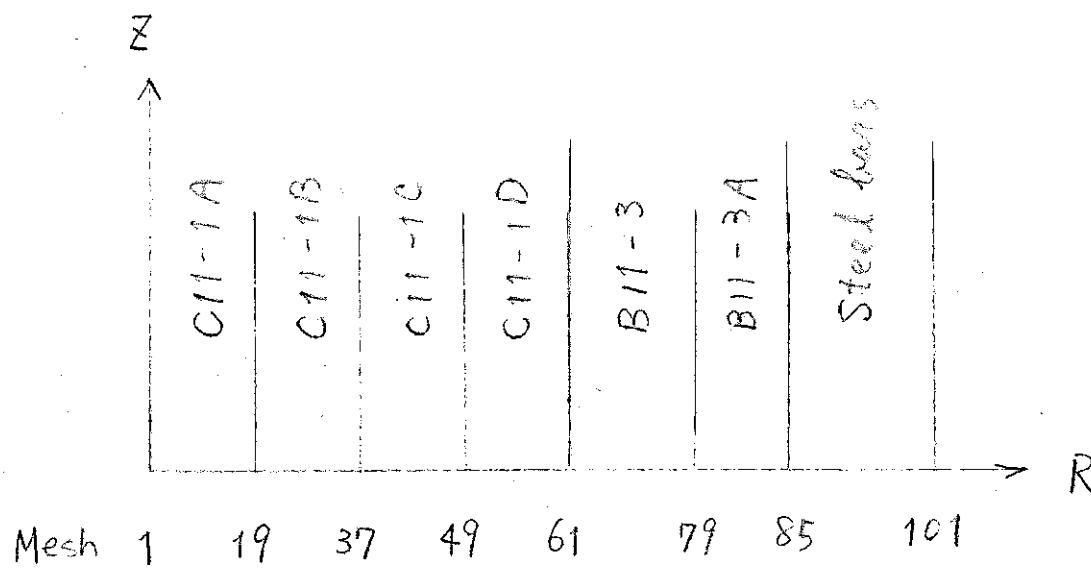


図 4-1-2 MZA 1次元定数縮約用体積

As-built 体素ごとの計算の際によい点、
11群の重ね断面積を作成する T-boa 1.2 種用体積

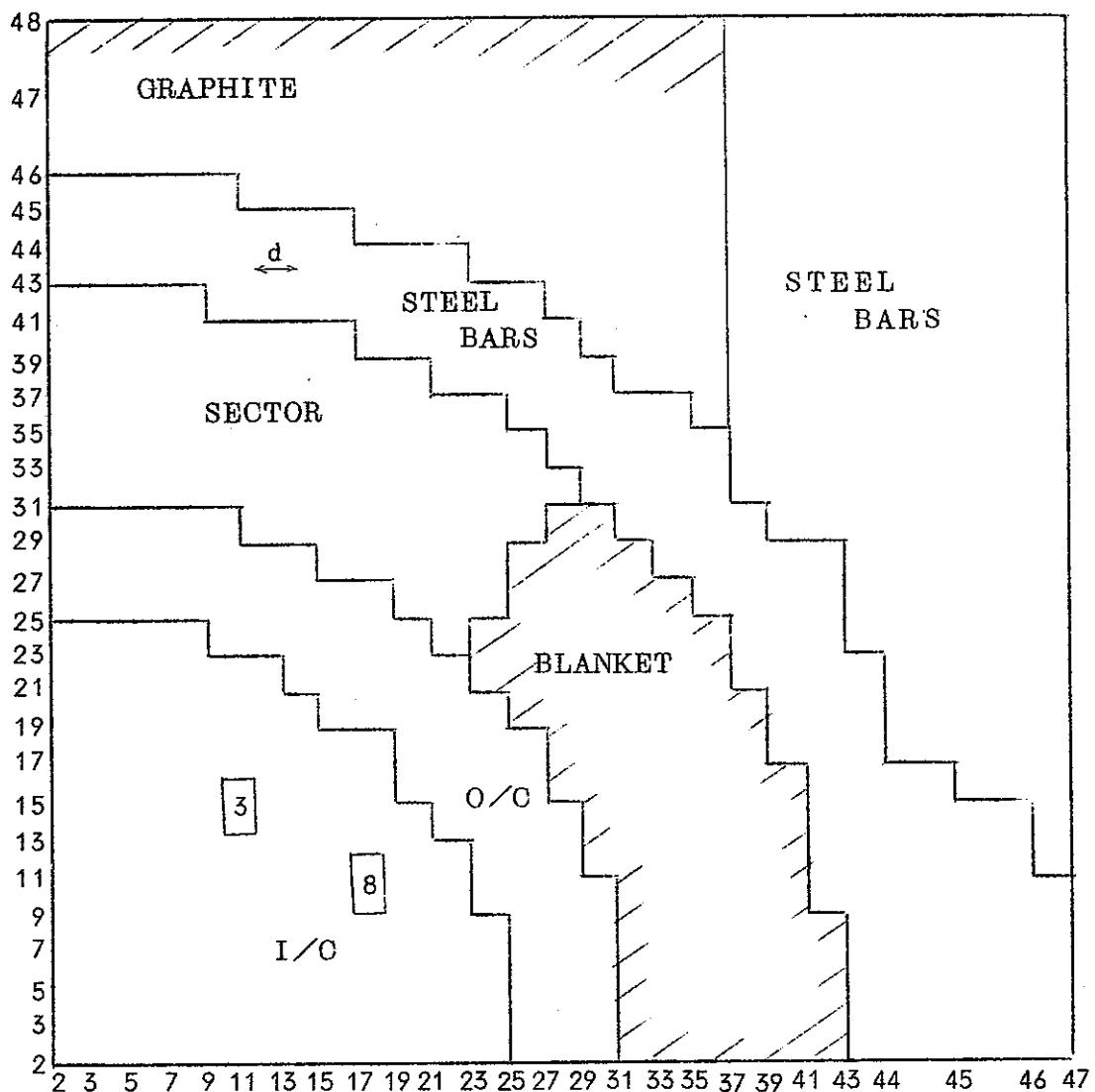


図 4-1-3 [M Z B 計算体系]

I / C

Sector

$d = 5.42544 \text{ cm}$

O / C

Steel bars

$\delta = 4.52 \text{ cm}$

Blanket

Graphite

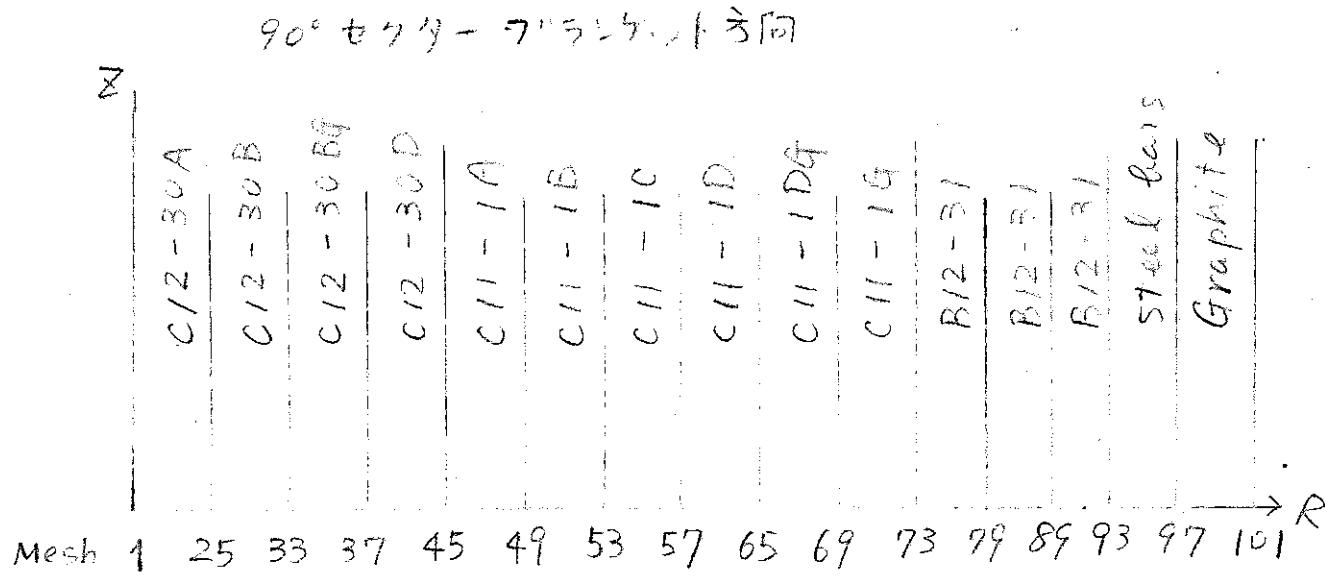
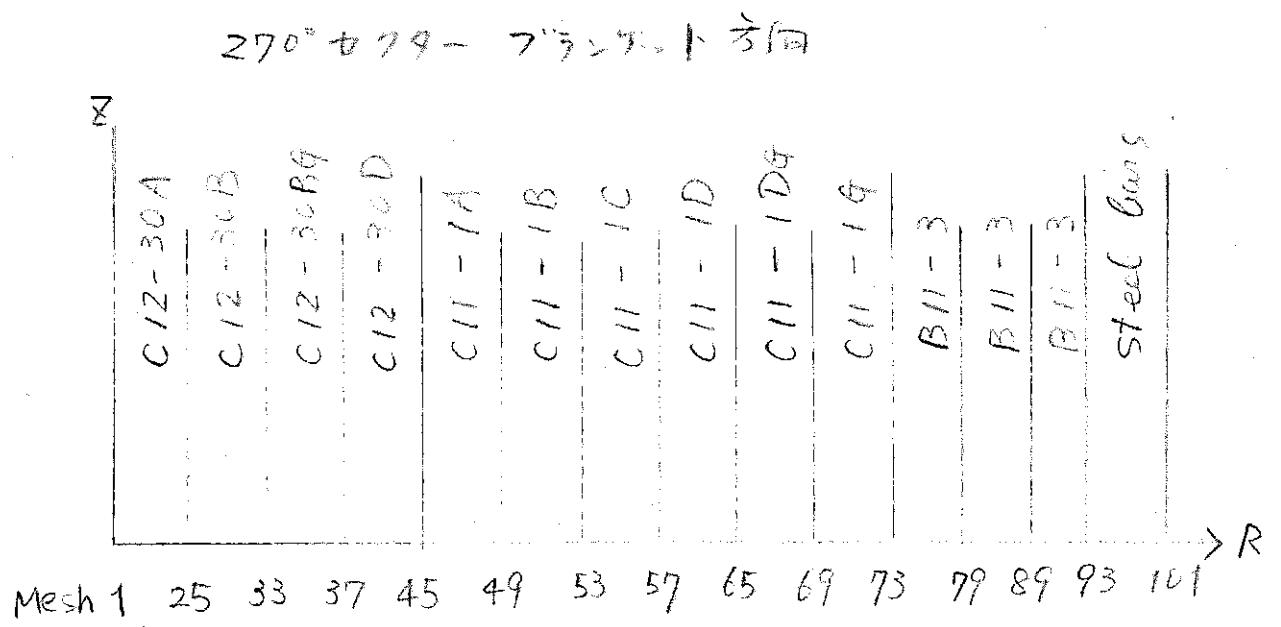


図 4-1-4 MZB(1) 1次元定数縮約用体系

As-built 3年まで の計算における 11種の 実効
断面積を作成するための 1次元 円柱体系。
 UO_2 フランケットおよび Graphite の 実効断面積を
は下図の体系で求めたものを 使用し、その他については、
上図で求めたものを 使用した。

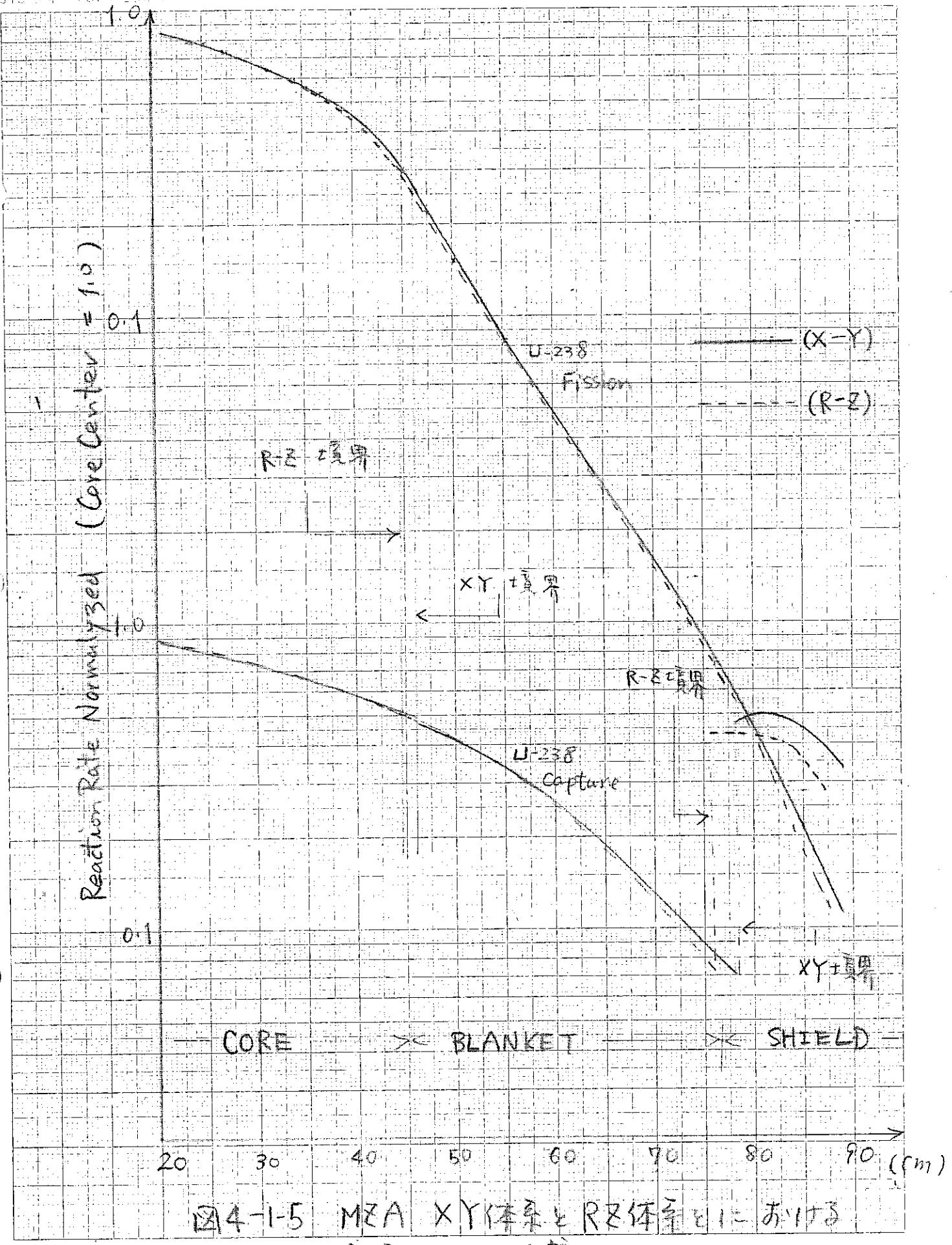


図4-1-5 MEA XY体系とRZ体系における

反応率分布の比較

(1)

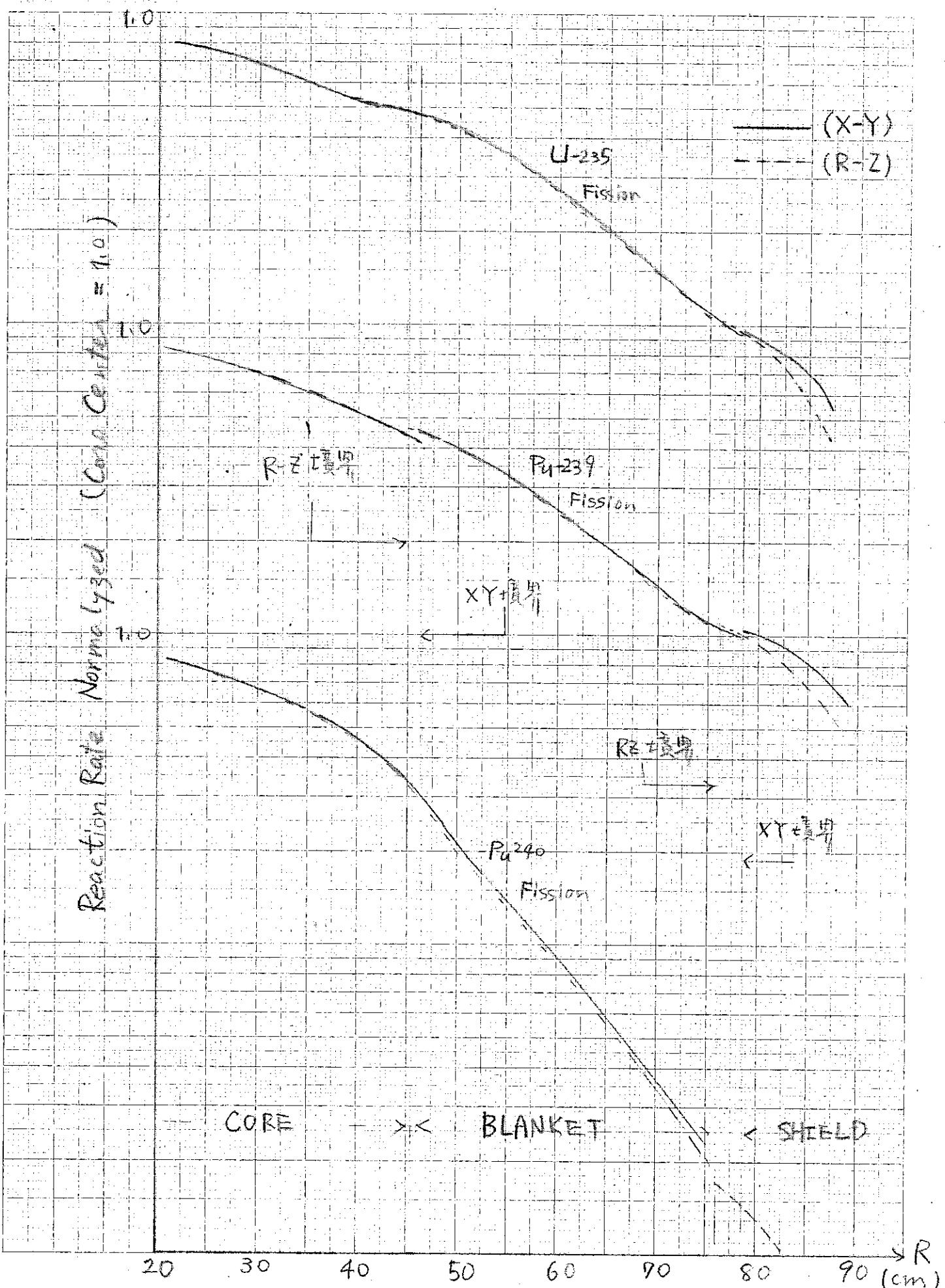
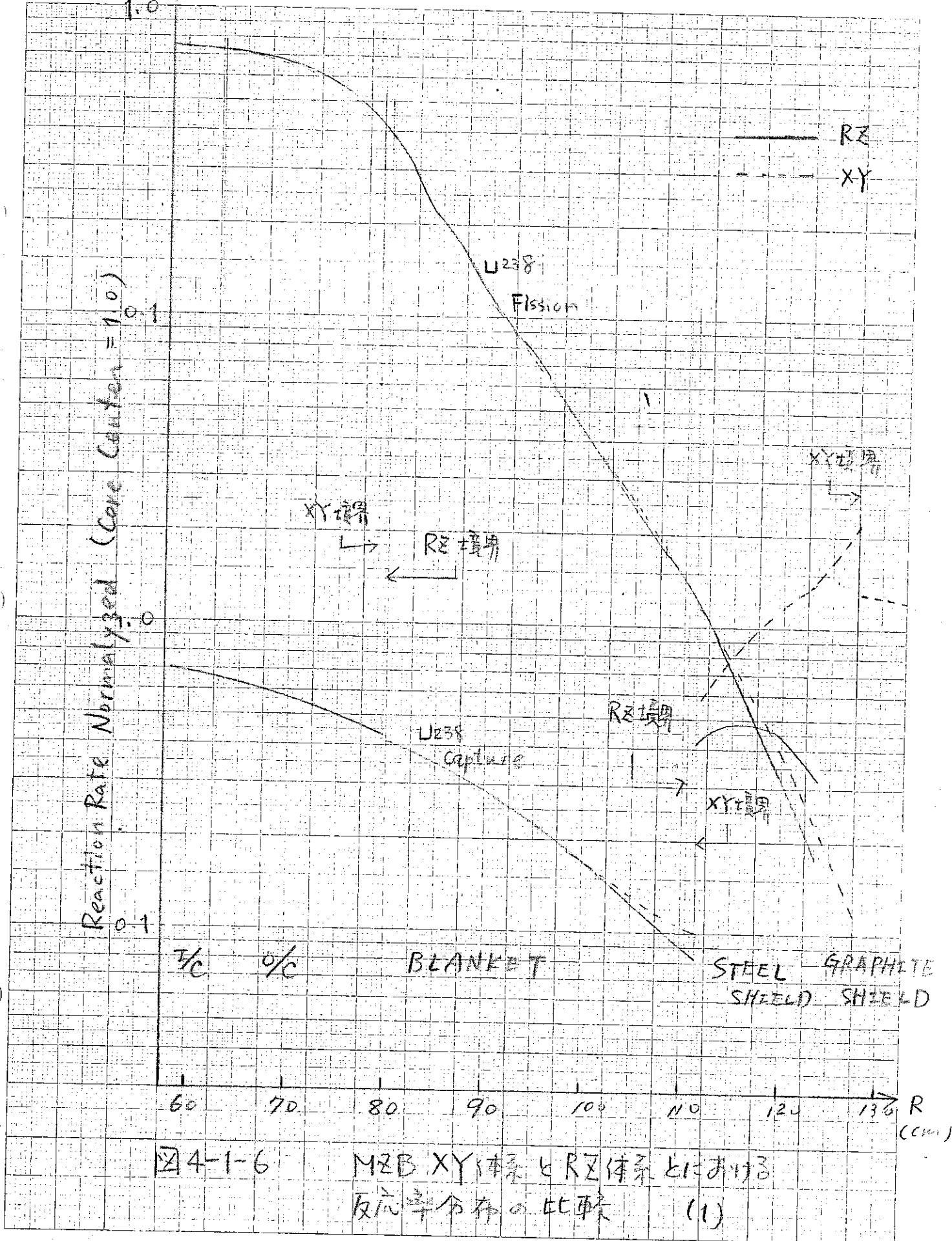


図4-1-5 (つづき) XY系とRZ系における反応率分布の比較(2)



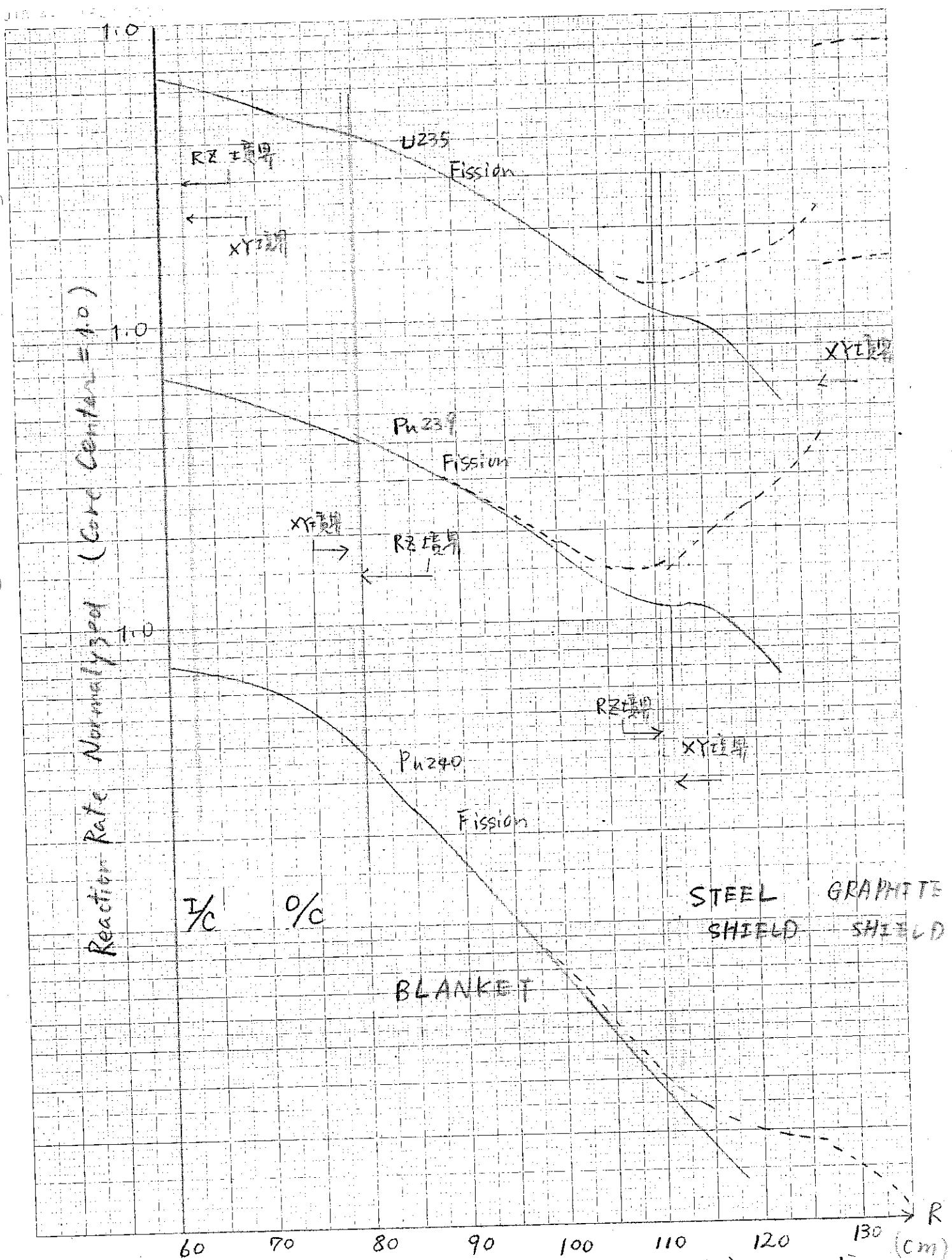


図4-1-6 (つづき) MEBXY体系とRZ体系における反応率分布の比較(2)

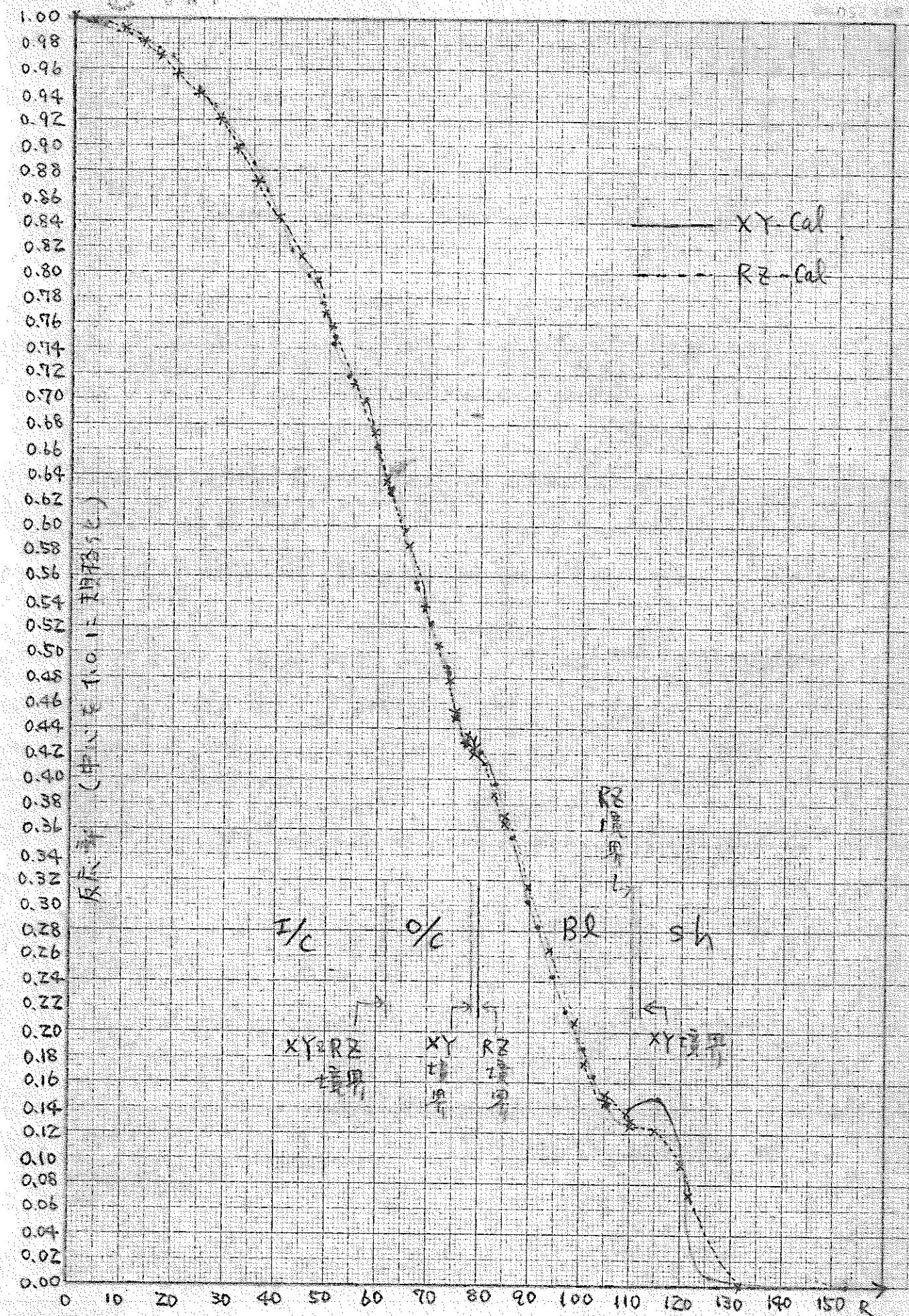


図 4-1-7 XY 体素と RZ 体素の反応率分布の比較
 M2B NU-239-3/1 Pu²³⁹ Fission

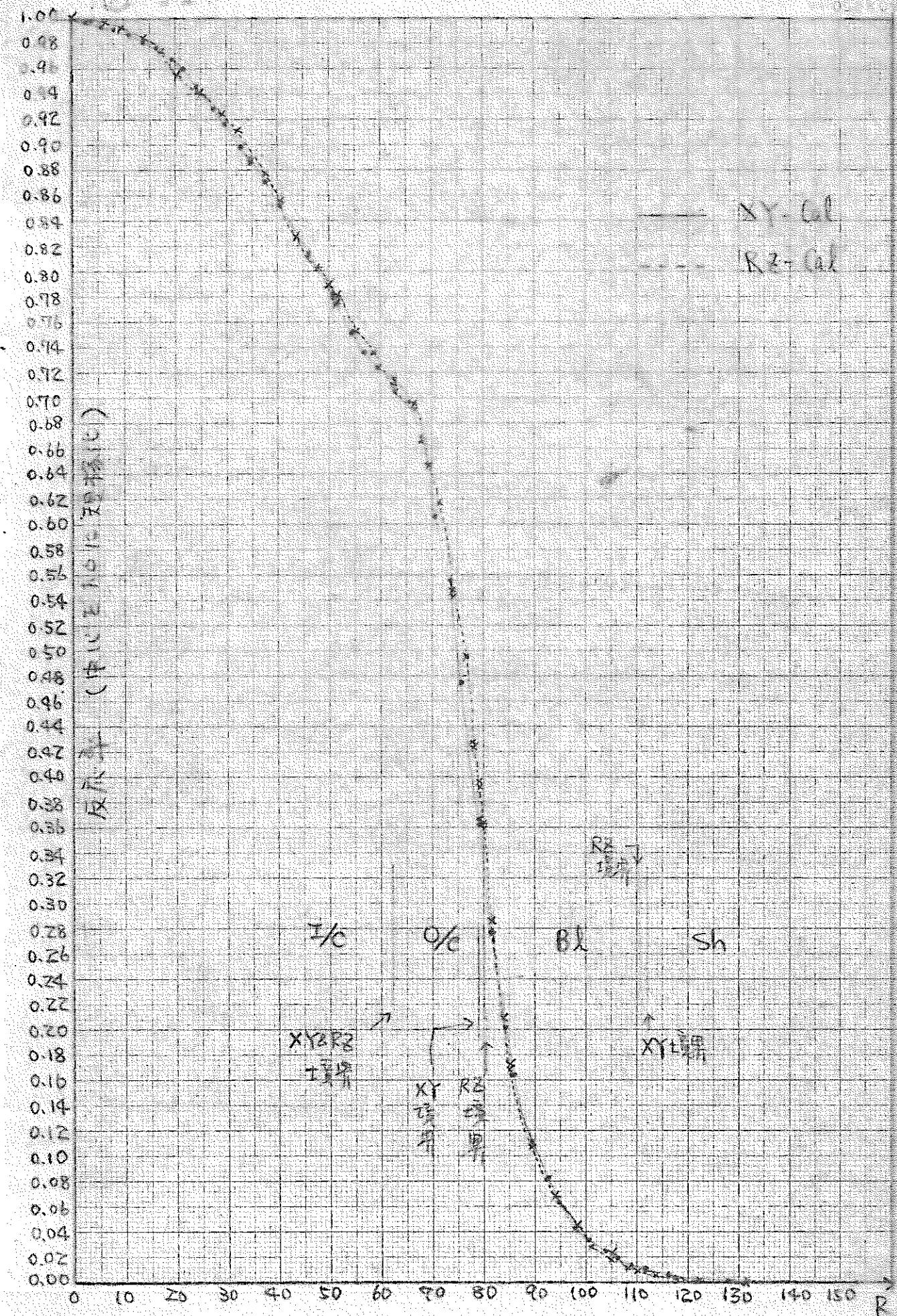


図4-1-8 XY体系とRZ体系の反応率分布の比較
MgB NU-セクタ-方向 U²³⁸ Fission

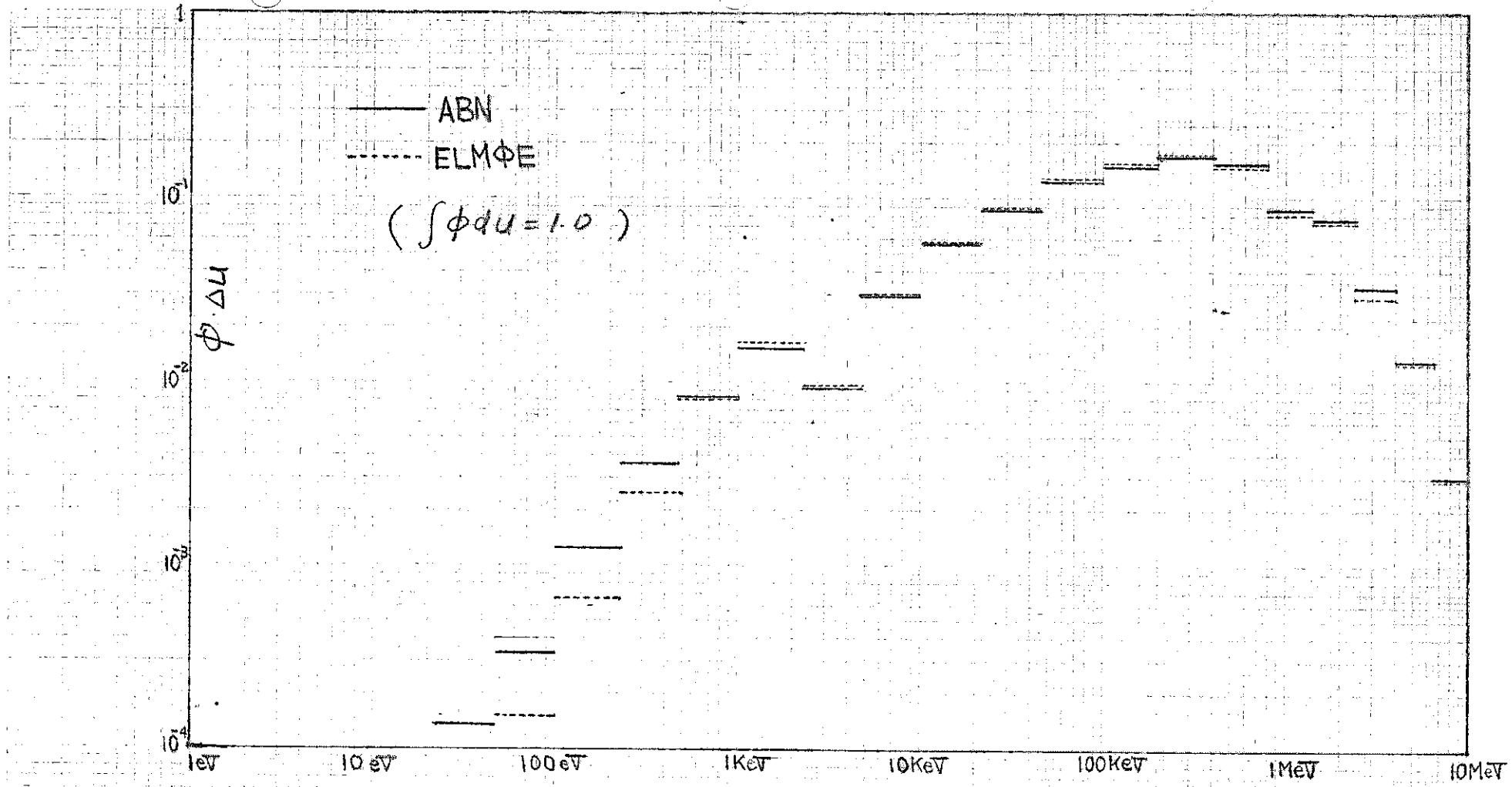


図 4-2-1 “中性子速スペクトル 減速断面積の効果”
 (MZA-炉心中心)

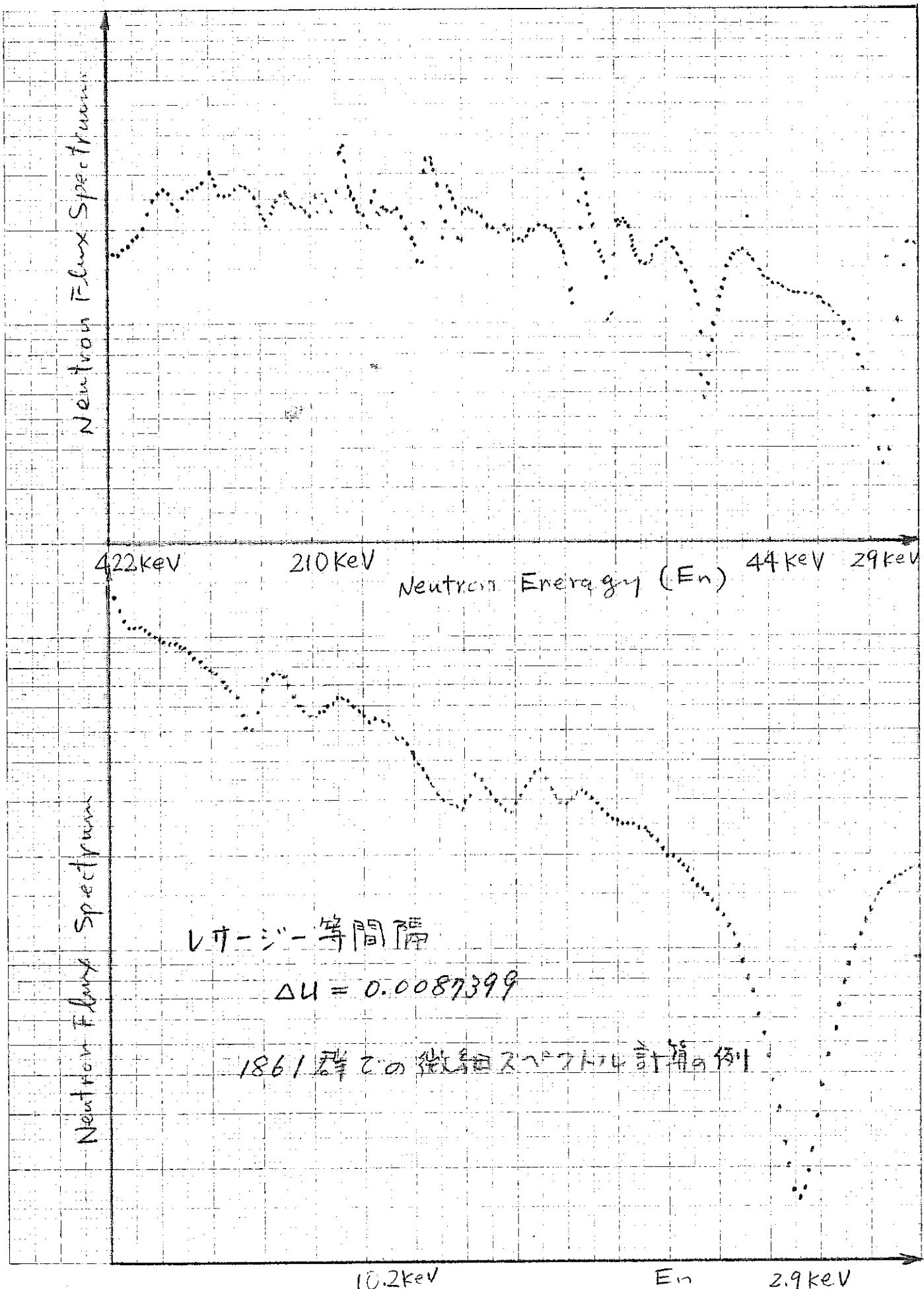


図 4.2.2 中性子束微細スペクトル（炉心組成 CII-IC）

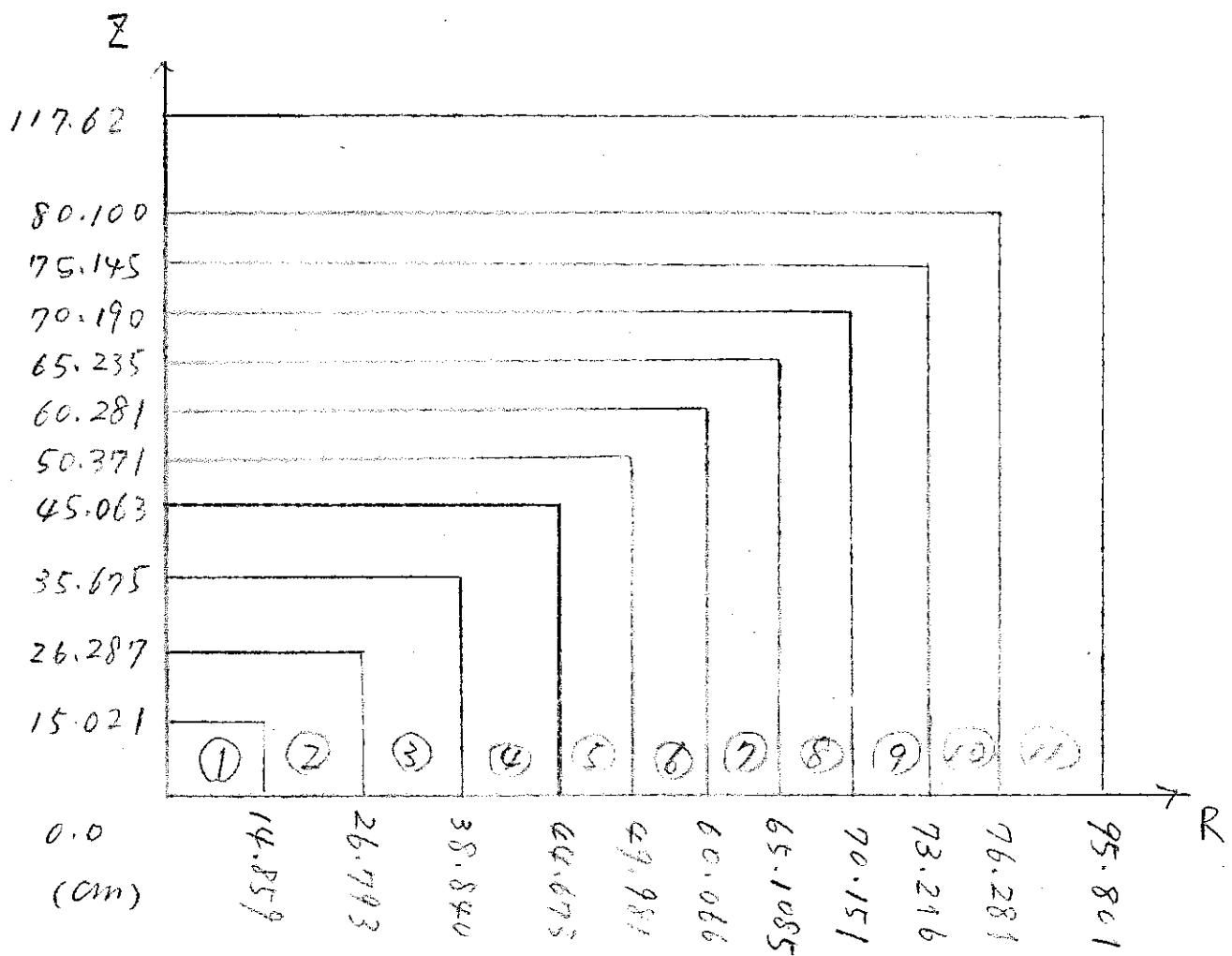


図 4-3-1 M8A 3本の 11箇所 分割の図

上部
ランゲット
下部

① ~ ④
⑤ ~ ⑩
⑪

一次元球モデル 11 領域分割 (MXA)

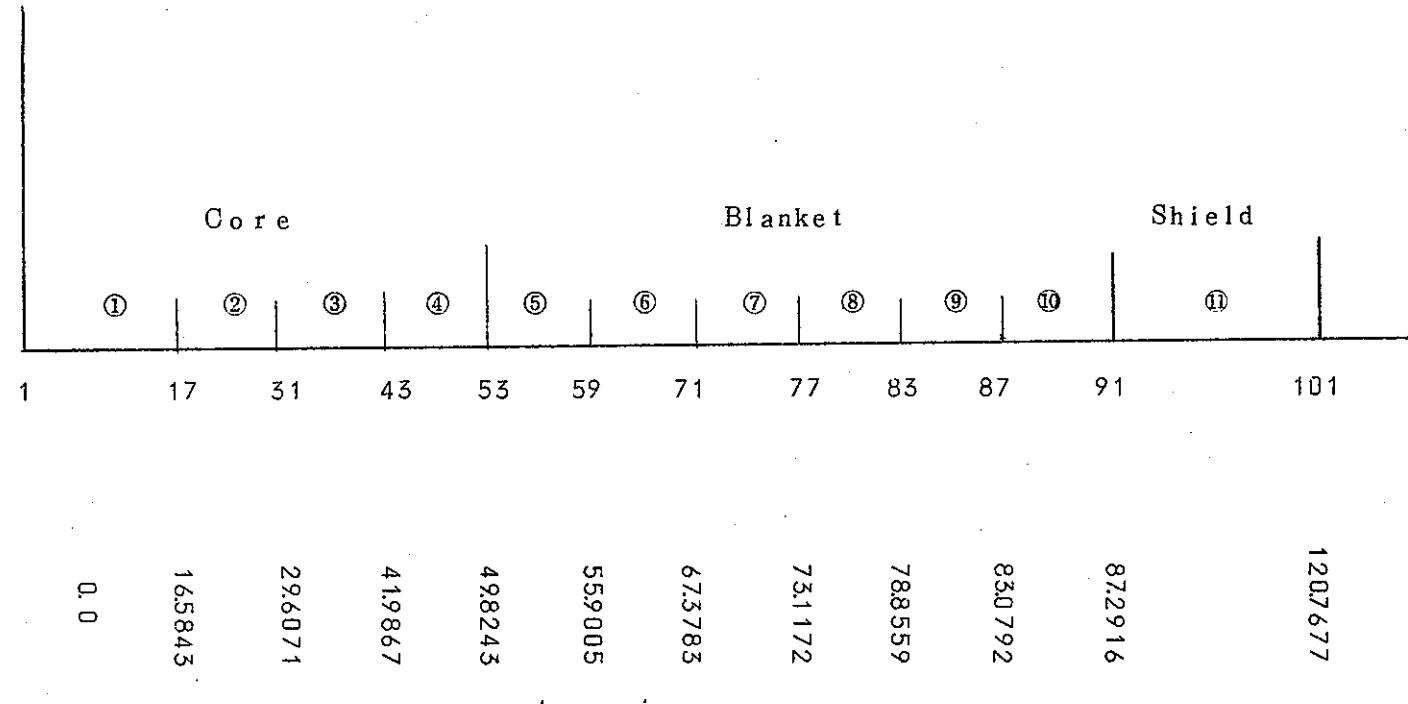


図 4 - 3 - 2 MXA 11 領域分割 1 次元球体系

図 4 - 3 - 1 に示した領域分割と等価な球体系。但し shape factor は 0.9.169 を用いてある。

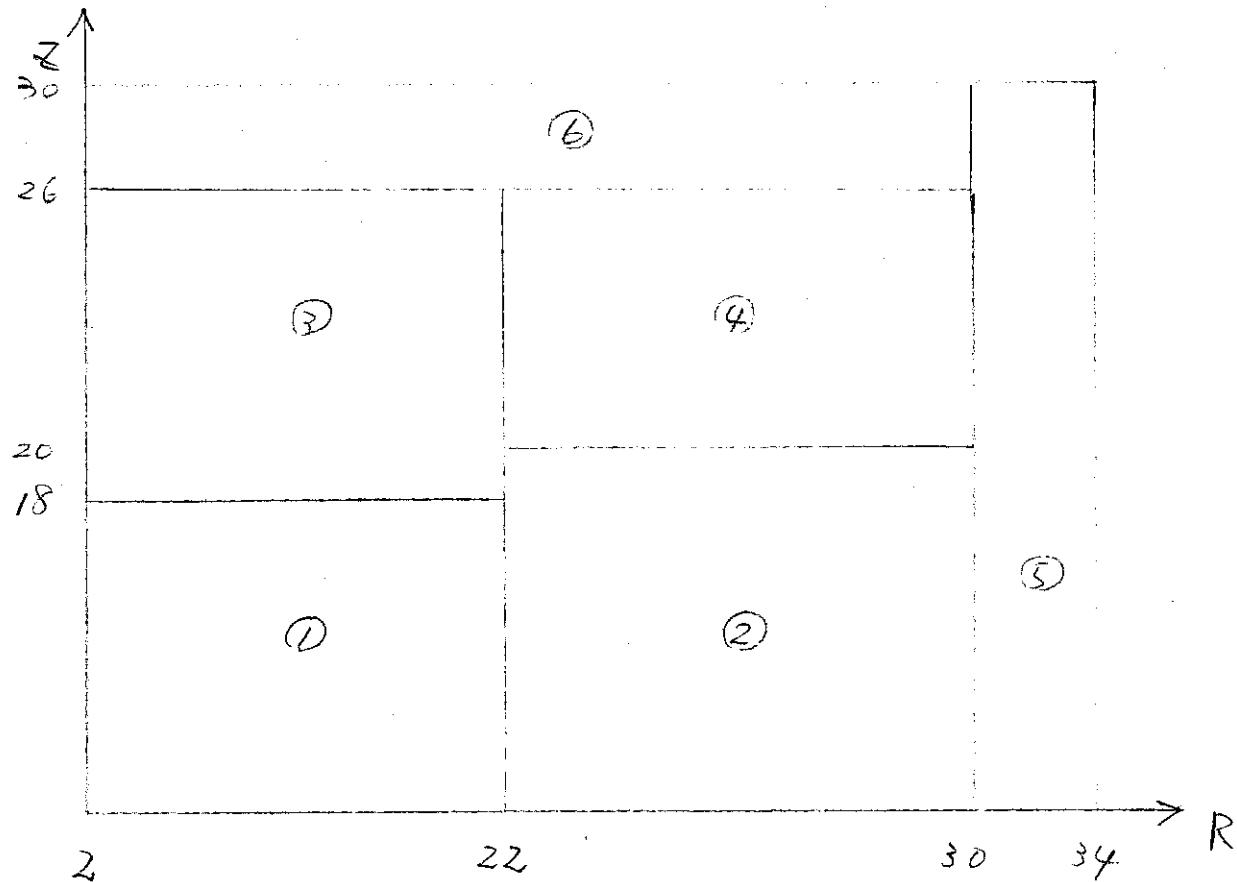


図 4-3-3 粗い領域分割による 2 次元有限計算体
(MEA)

- | | |
|---------------|---|
| 中心部 | ① |
| 内側径方向 ブランケット部 | ② |
| 軸方向 ブランケット部 | ③ |
| 外側径方向 ブランケット部 | ④ |
| 径方向 しゃへい体部 | ⑤ |
| 軸方向 しゃへい体部 | ⑥ |

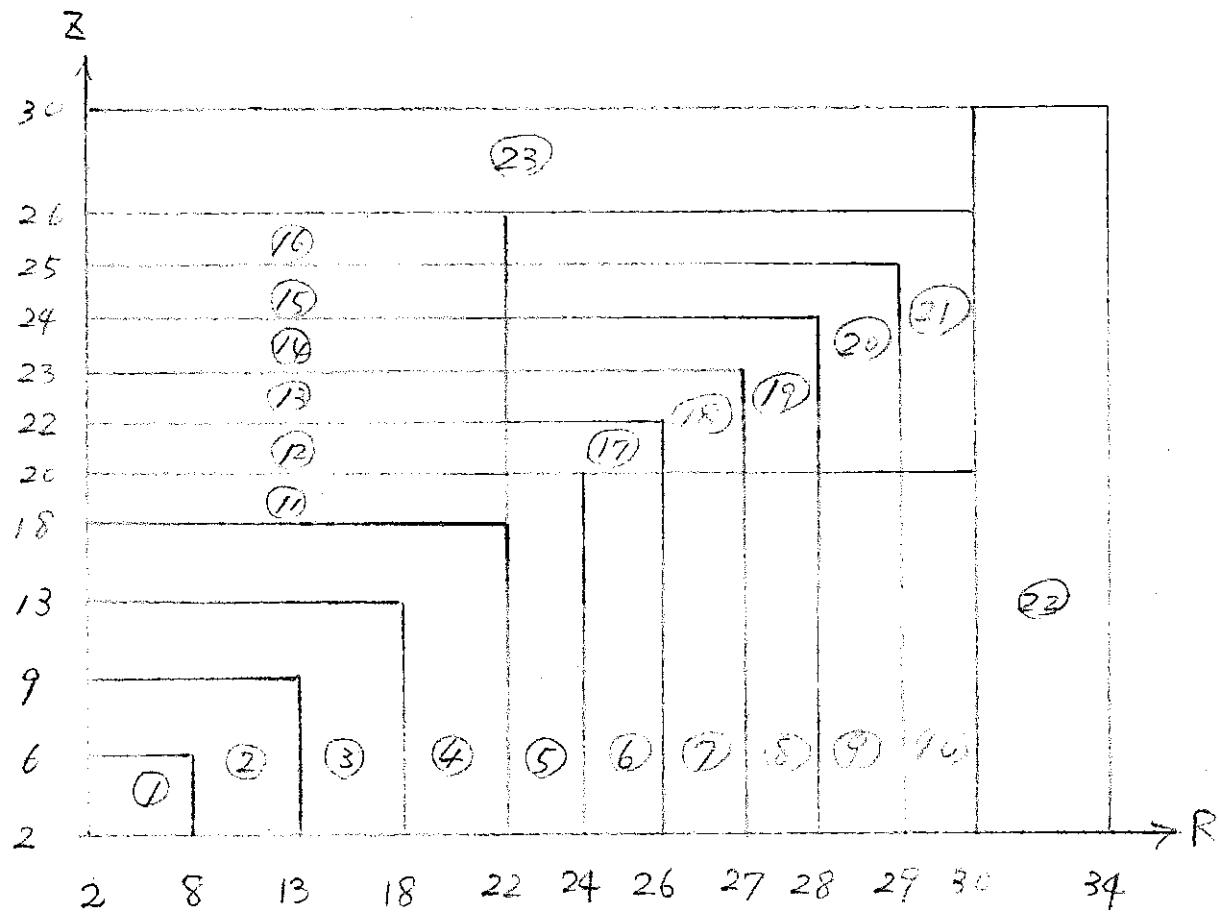


図 4-3-4 細い領域分割による2次元円柱計算体積
(M8A)

炉心部

内側径方向ブランケット部

軸方向ブランケット部

外側径方向ブランケット部

径方向しゃへい体部

軸方向しゃへい体部

① ~ ④

⑤ ~ ⑩

⑪ ~ ⑯

⑰ ~ ㉑

㉓

㉔

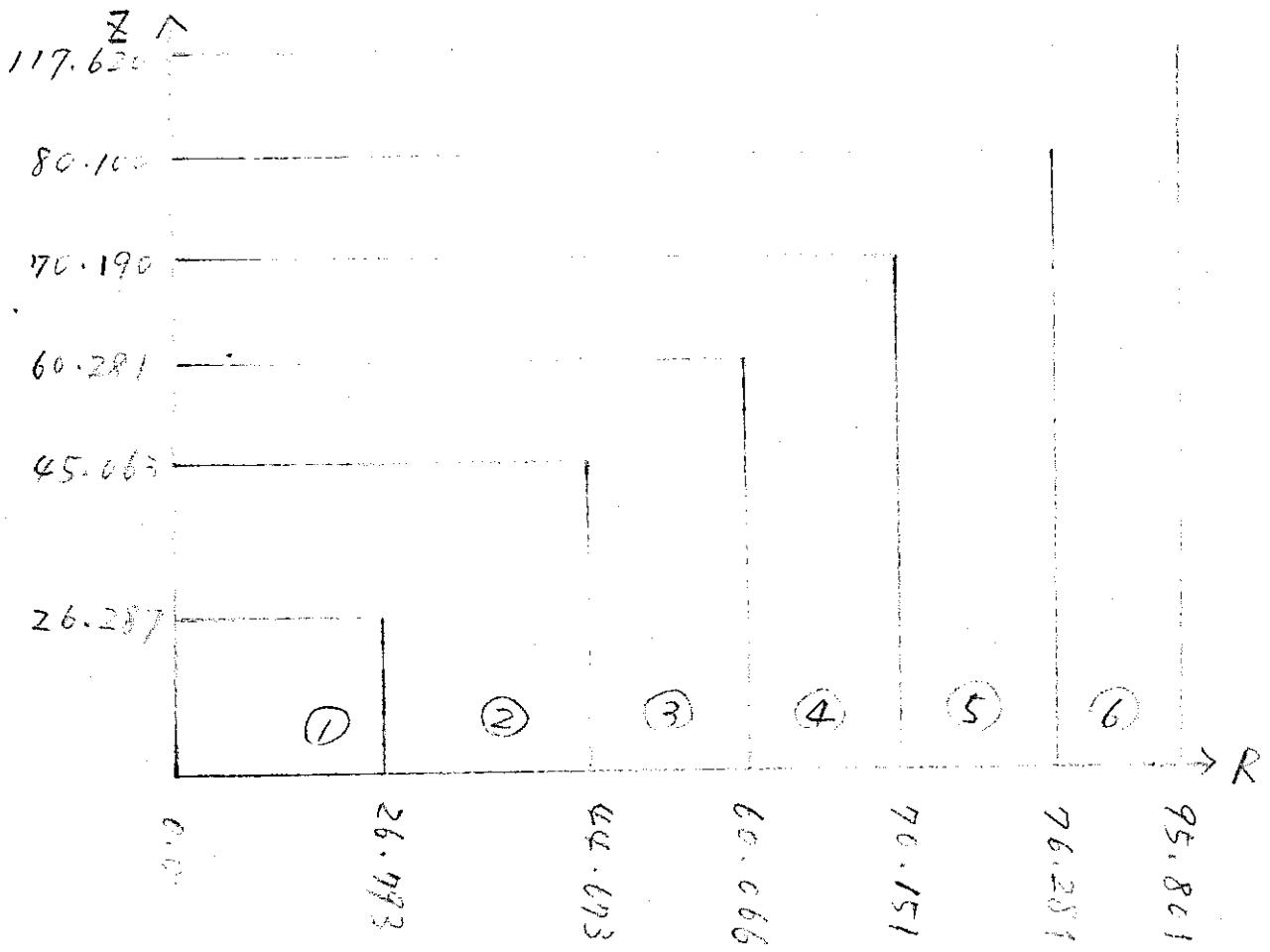


図4-3-5 M2A体部 6領域分割の図

マヘル部	① ~ ②
フランジ部	③ ~ ⑤
シルバーボボ	⑥

一次元球モデル 6 領域分割 (MZB)

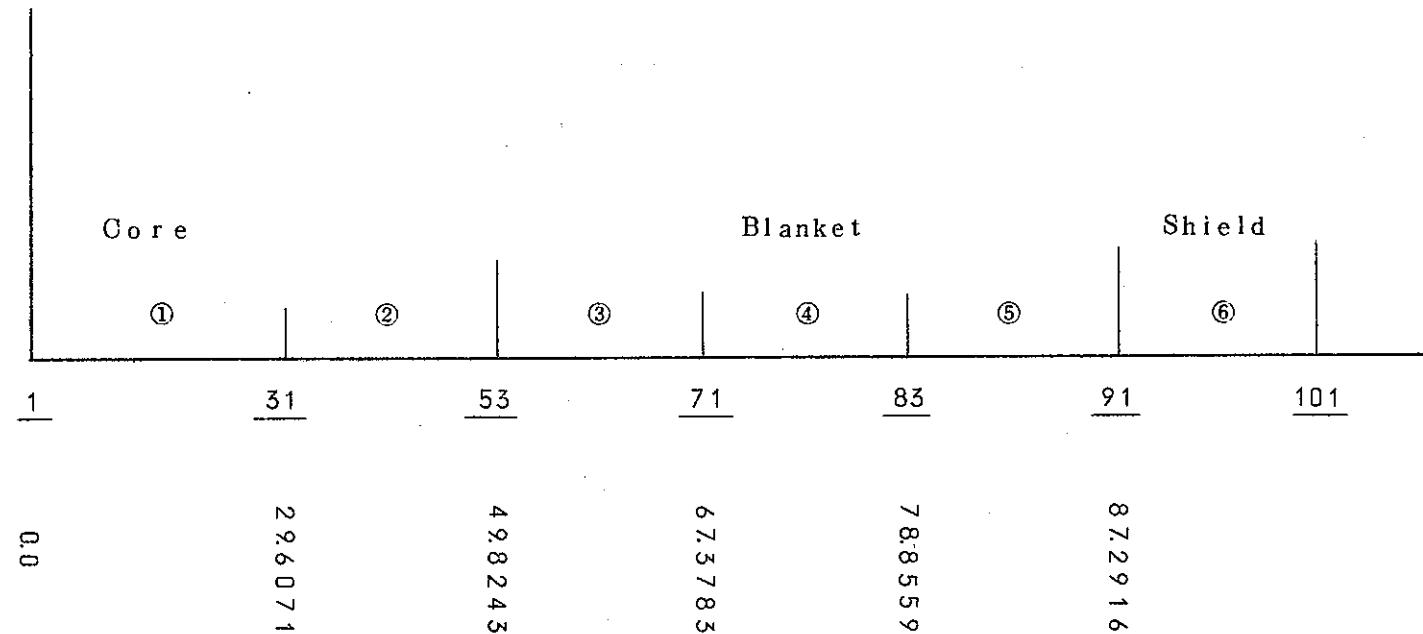


図 4-3-6 M Z A 6 領域分割 1 次元球体系

図 4-3-5 に示した領域分割と等価な球体系。但し shape factor は 0.9169 を用いてある。

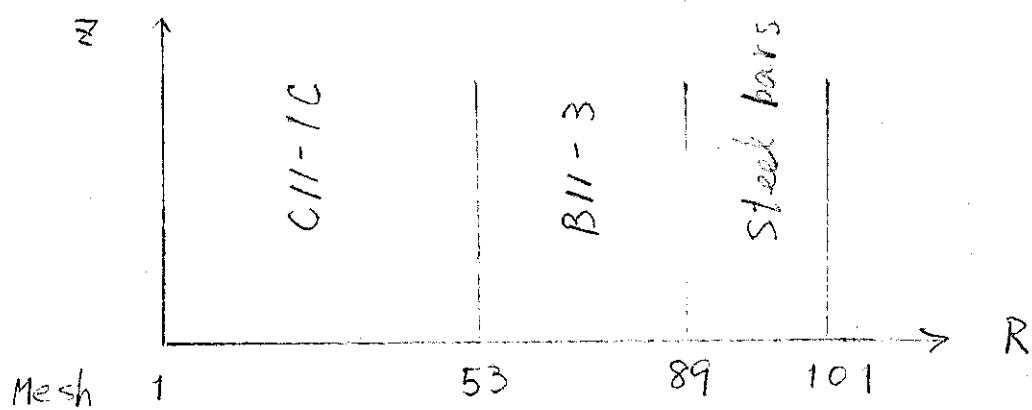


図 4-4-1 輸送計算用 1次元円柱体系 (MZ A)

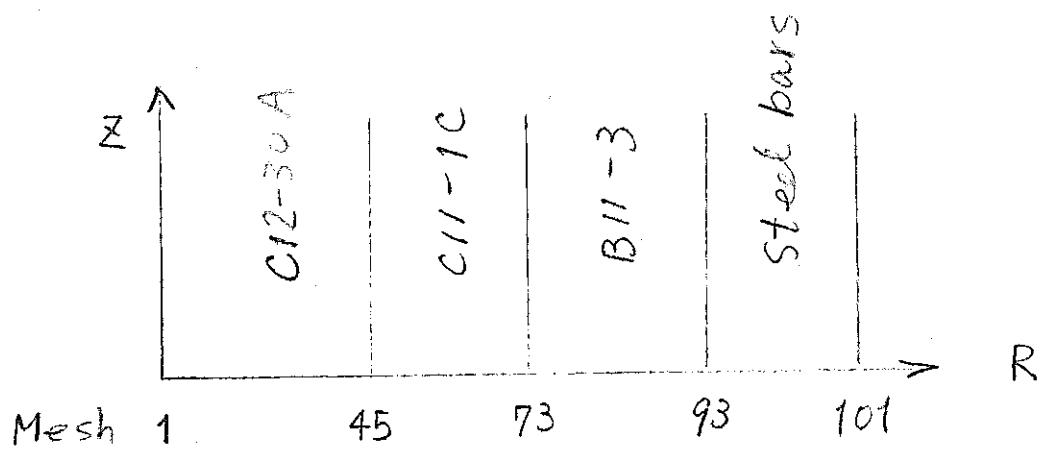


図 4-4-2 輸送計算用 1次元円柱体系 (MZ B)

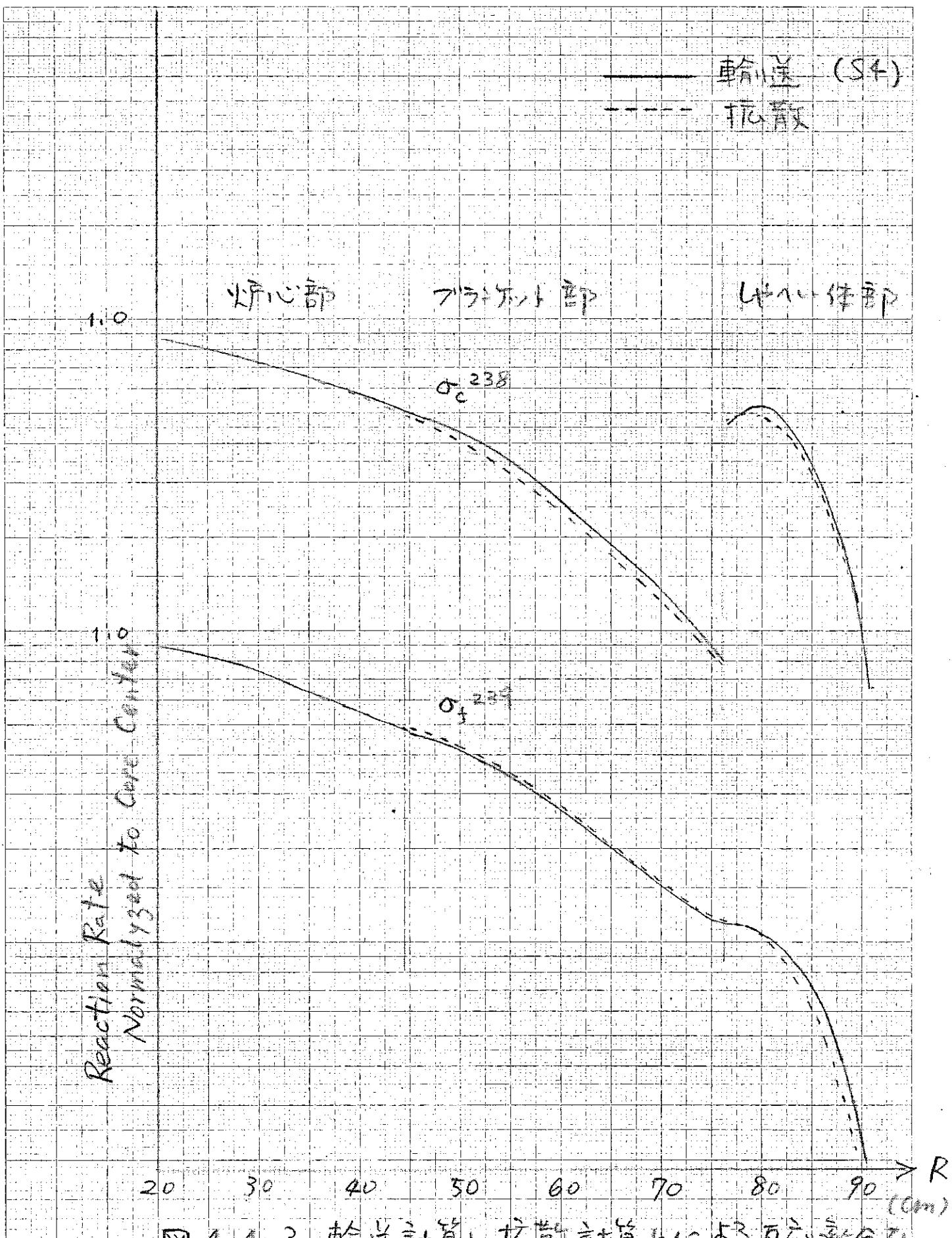


図 4-4-3 輪溝計算と軌道計算による反応率分布

輸送 (S-4)
抗育

内側炉心部

外側炉心部 ブランケット部

しゃへい体部

1.0

α_f^{239}

1.0

α_c^{238}

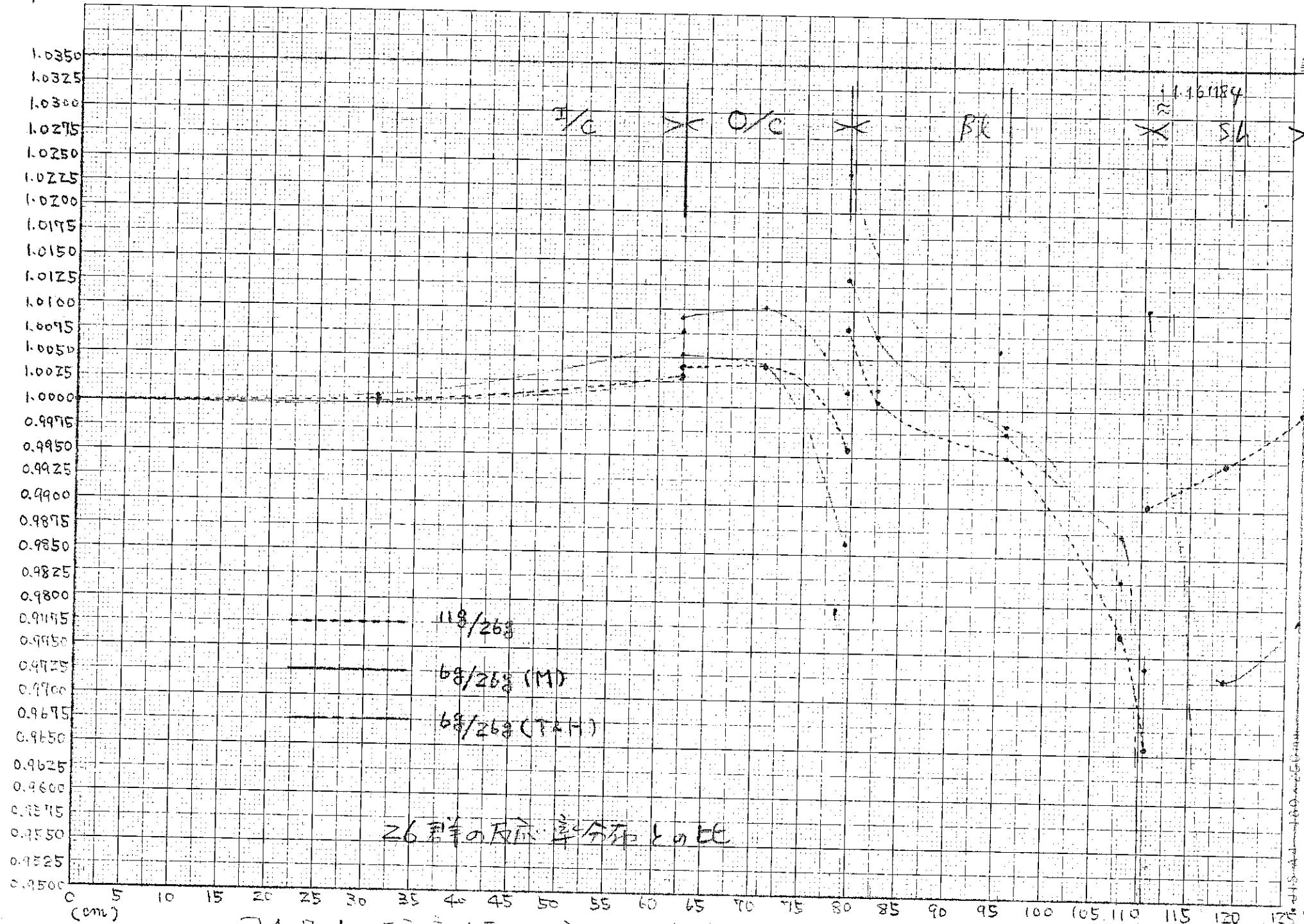
Reaction Rate
Normalized to Core Center

60 70 80 90 100 110 120

R
(cm)

図 4-4-4 輸送計算と抗育計算とに於ける反応率分布

— MZB —



(図) 4-7-1 反応 今井のエネルギー別等(1に付)効率 $^{24}P_{\mu-239}$ Fission

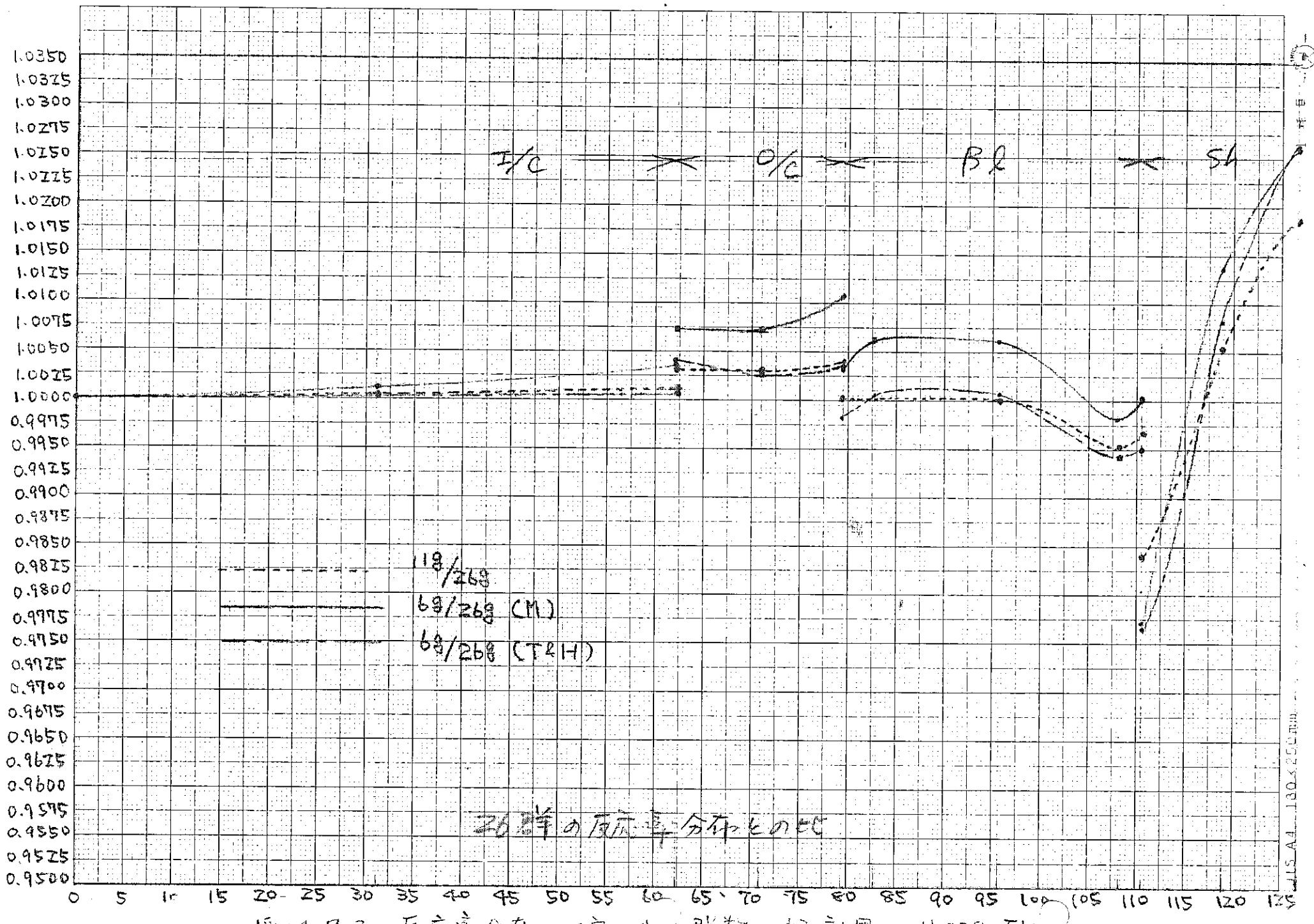


図4-7-2 反応率分布のエカルト -群数に対する効果 U-238 Fission

a) 64倍モデル

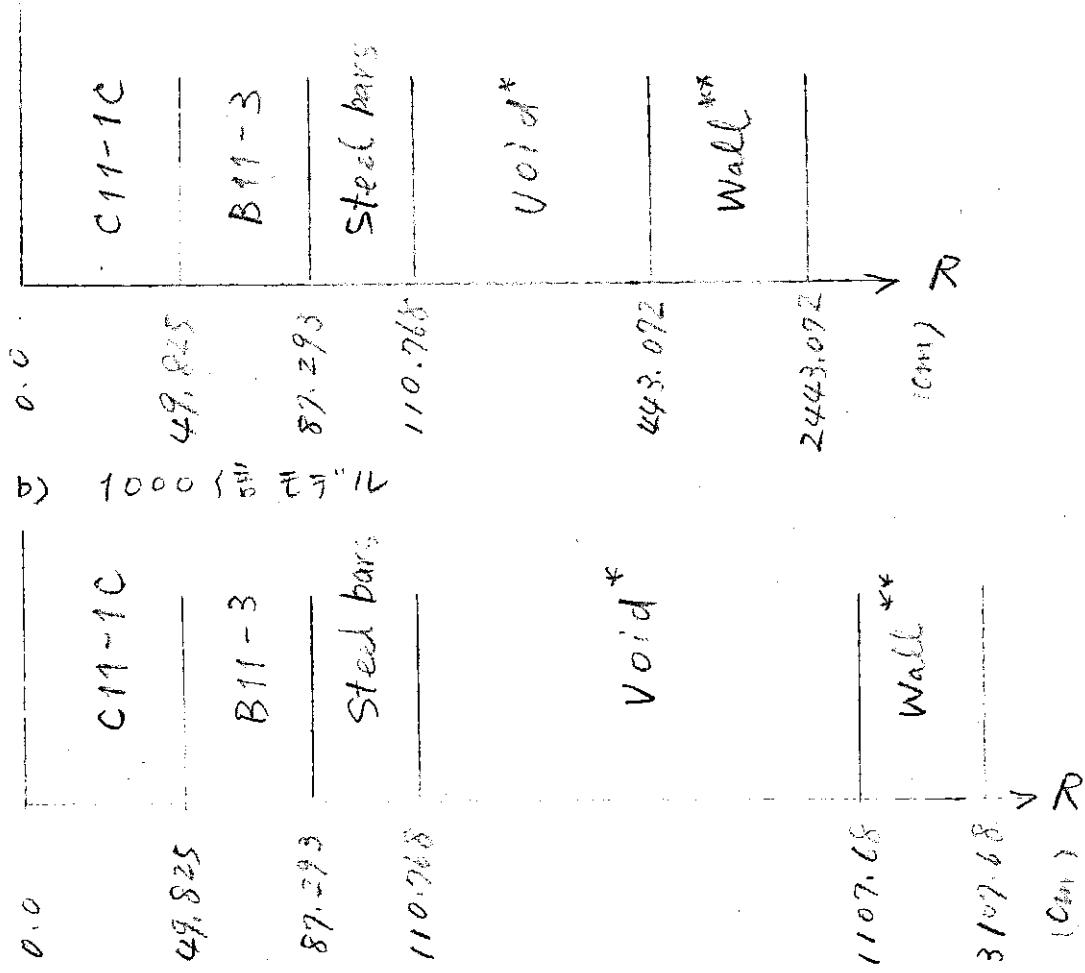


図4-8-1 アルベド計算用体素

(1次元球体素)

a) 炉心中心からかべまでの距離が炉外壁までの距離の4倍であると想定したモデル

b) 同様に10倍重合と想定したモデル

* Void領域には、標準状態の空気の原子密度を用いた。

** かべ、もんじゅ等で用いている軽コンクリートの原子密度を用いた。

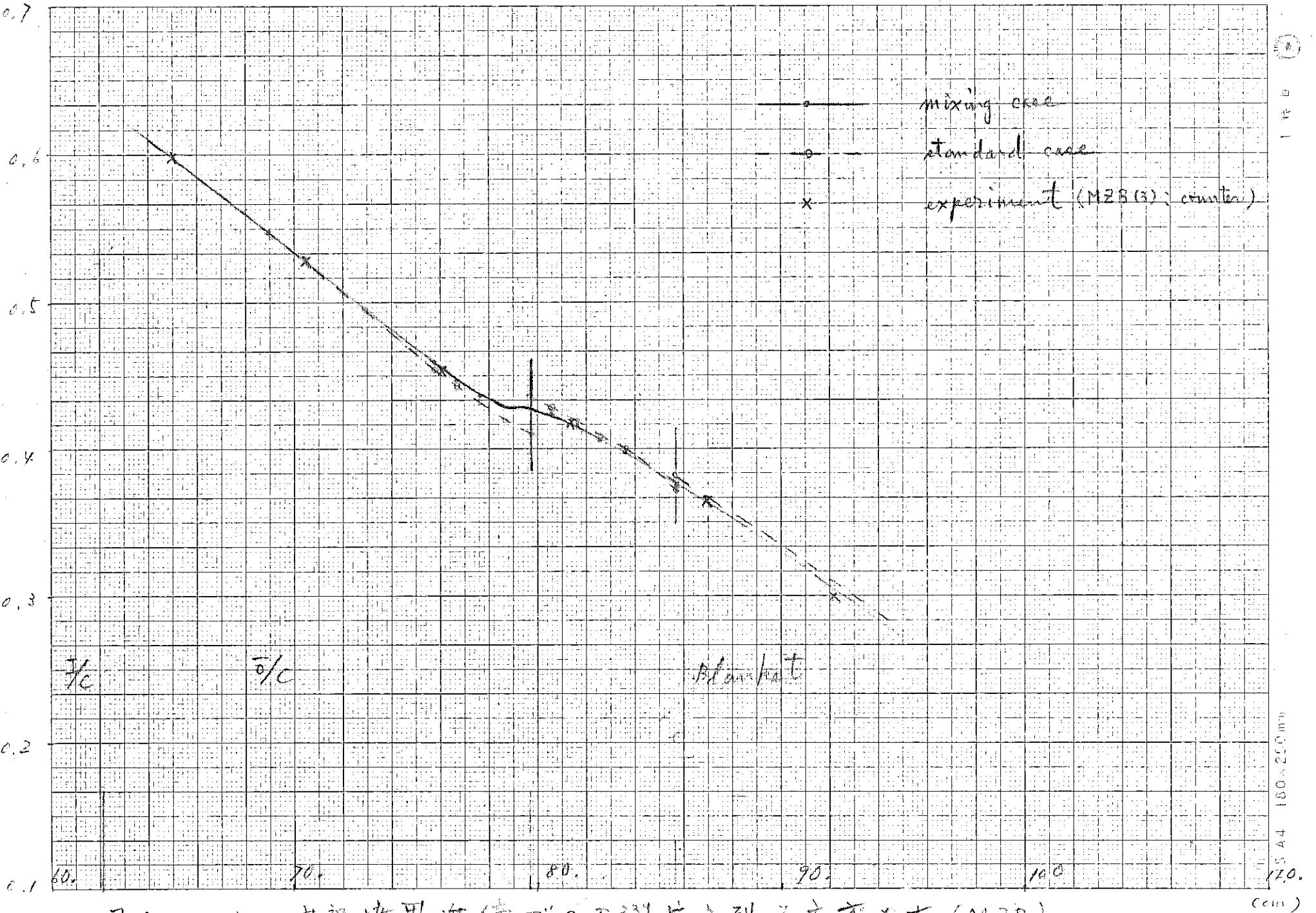


図4-12-1 内部境界近傍での Pu^{239} 核分裂反応率分布 (M2B)

0.7

0.6

0.5

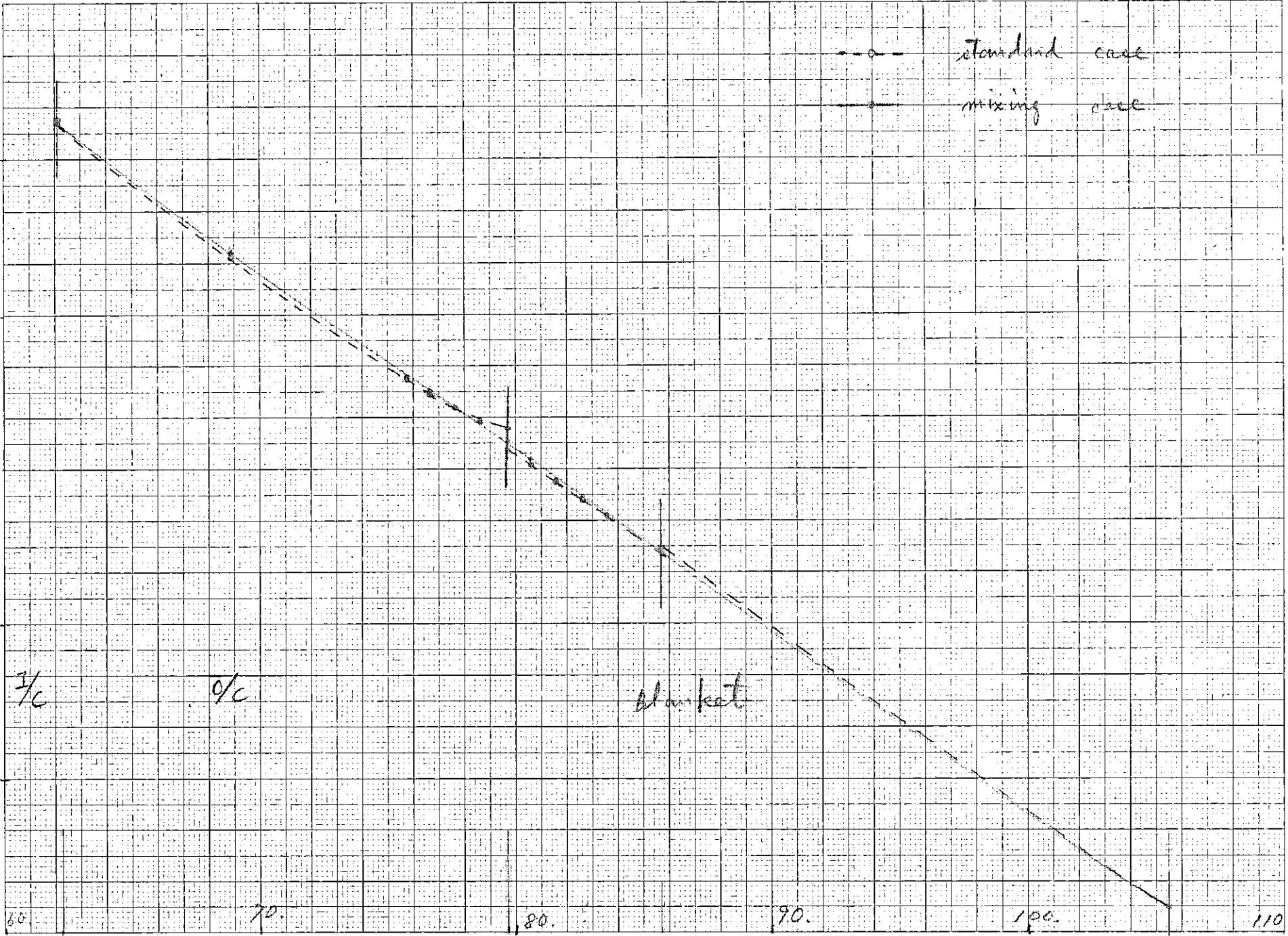
0.4

0.3

0.2

0.1

(cm)

図 4-12-2 内部境界近傍の 11238 中性子捕獲率分布 (M2B)

計算値(XY)未補正

計算値(修正)

実験値

1.0

0.1

0.01

0.001

0.0001

0.00001

0.000001

0.0000001

0.00000001

0.000000001

0.0000000001

0.00000000001

0.000000000001

0.0000000000001

0.00000000000001

0.000000000000001

0.0000000000000001

CORE

BLANKET

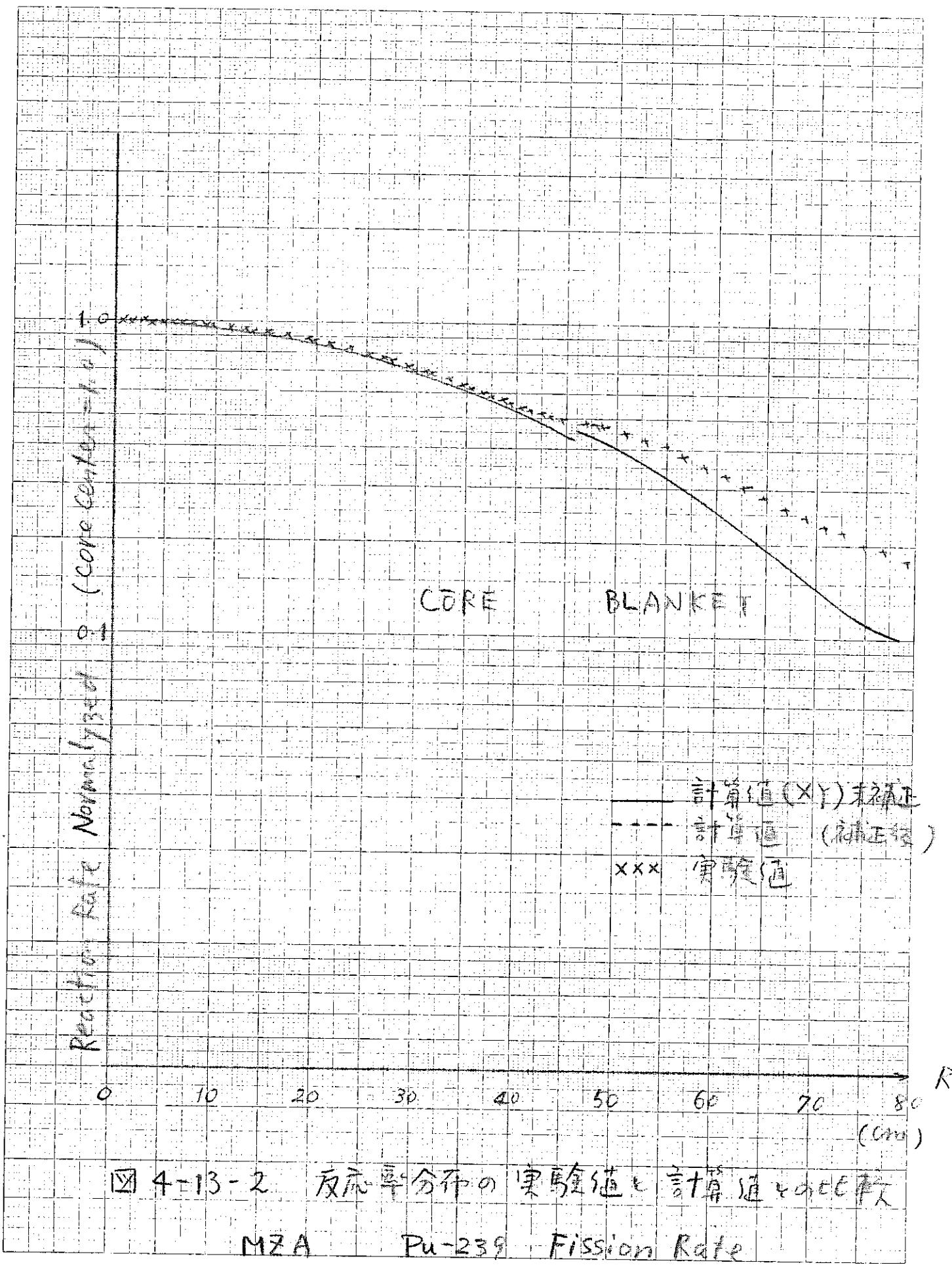
R
(cm)

図 4-13-1 反応率分布の実験値と計算値との比較

M2A

U-238

Fission Rate



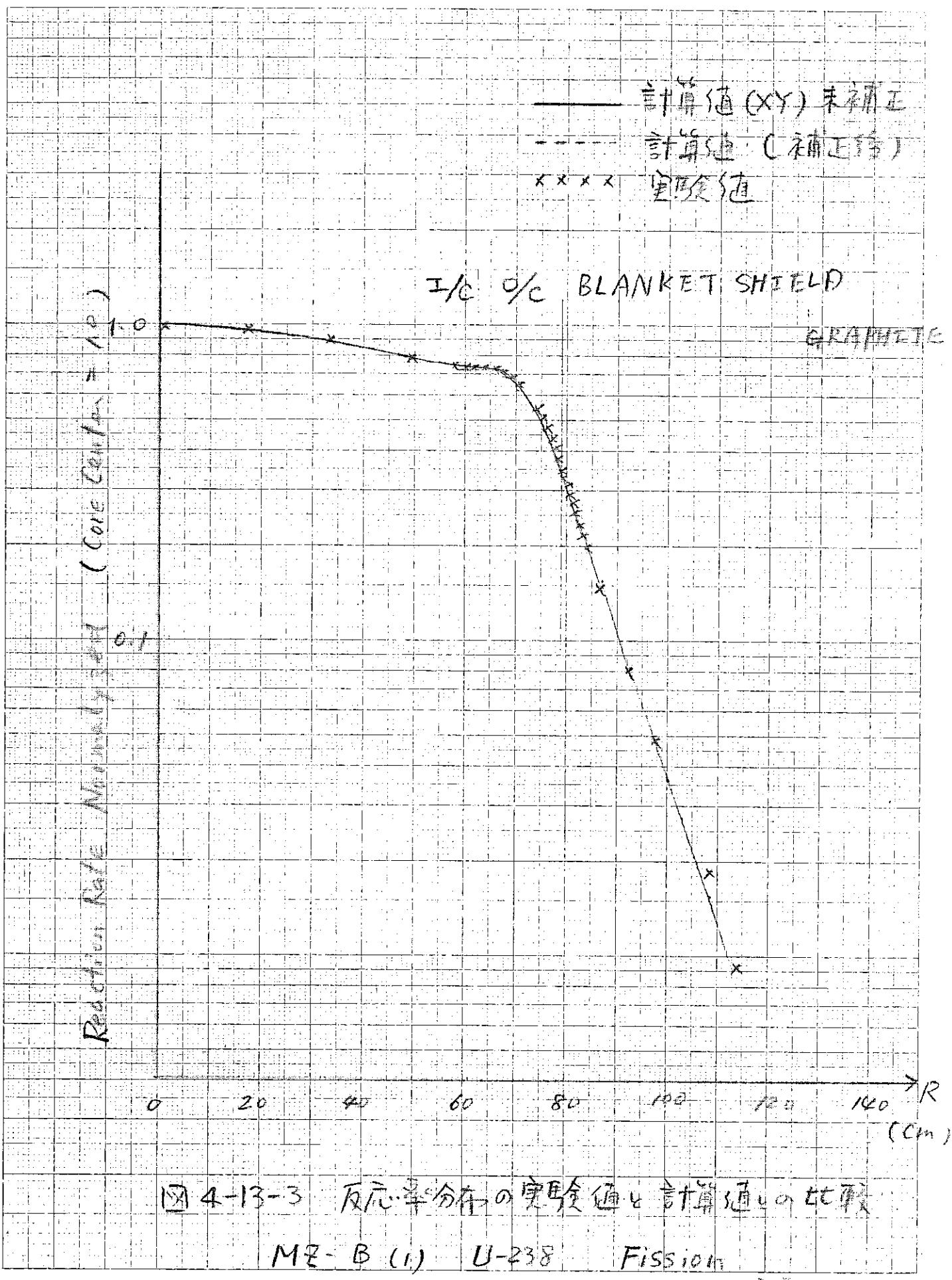
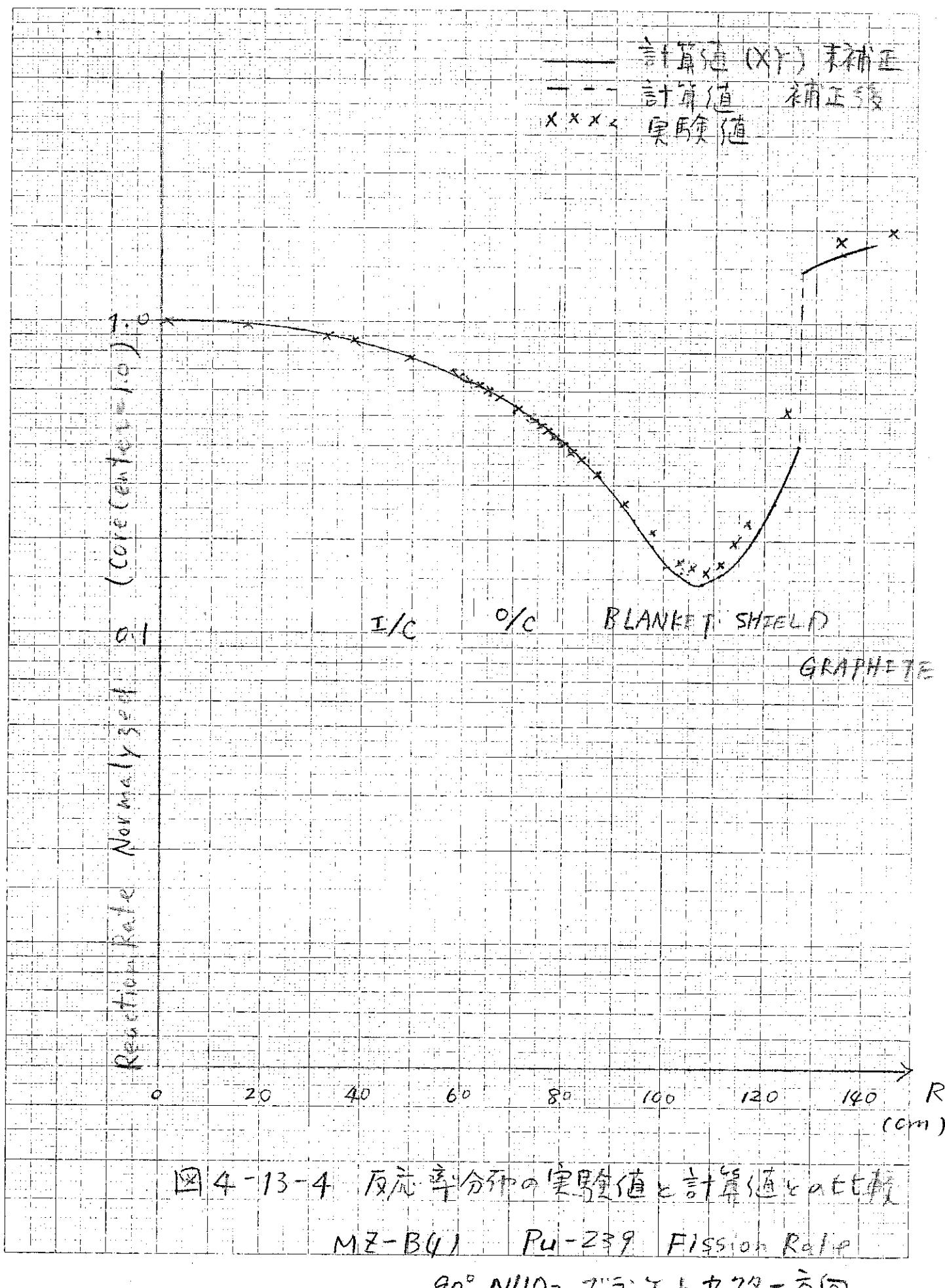


図 4-13-3 反応率分布の実験値と計算値の比較

M2-B(1) U-238 Fission

90° $\text{N} \text{UO}_2$ フラグメントセト - 5/14



第5章 MZB(2)、MZB(3)の反応率分布の解析

§ 5-1 MZB(2)、(3)の反応率分布の解析 185

§ 5-1 M Z - B (2)、(3) の反応率分布の解析

実験体系と、それと対応した解析用体系との名称を次下にまとめておく。

実験体系の名称	解析体系の名称	セクター、プランケット組成		
		I/Rd. B1	O/Rd. B1	Plenum
M Z - B (1)	M Z - B (1) S	B11-3	B11-4	B11-2
M Z - B (2)	M Z - B (2) S	B12-31	B11-4C	B11-2*
M Z - B (3)	*M Z - B (1) [M Z - B (3) S]	B12-36	B11-4C	B11-2*

* M Z - B (1) という名称よりも、M Z - B (3) S の方が統一がとれるので

以下の説明では M Z - B (3) S を用いる。

M Z - B 体系の以上の 3 つの Version について、中心面上および中心軸上で径方向、および軸方向の反応率分布の解析を行なつた。

中性子束の空間分布は、2 次元 R Z 体系 1 1 群拡散計算により求めた。計算体系は各 Version 共、共通で図 5-1-1 に示したものである。定数の縮約用体系は、図 5-1-2 に示したように径方向、および軸方向に分けて行ない、径方向については内側炉心 4 領域、外側炉心 6 領域、径方向プランケット 3 領域、遮へい体領域 1 領域とつている。

また軸方向では、炉心部 1、軸方向プランケット部 1、ガスプレナム領域 1 の計 3 領域である。

反応率分布の解析では、各領域のミクロ断面積として、上のようにして定義されたそれぞれの領域の縮約ミクロ定数を使用した。従つて領域の境界点上では、境界の内側に属する組成に対するミクロ定数と、外側に属するそれとは同一ではないので反応率の値にギャップを生じている。

表 5-1-1 は 2 次元拡散計算の実効増倍率をまとめた。

また、表 5-1-2 ~ 表 5-1-7 は中心を 1.0 に規格化した反応率分布である。

図 5-1-3 ~ 図 5-1-6 は、その反応率分布を図示したものである。表 5-1-8 に代表的な点での反応率分布の比較をまとめた。

表 5-1-1 実効増倍率 M Z B

体 系	K e f f
M Z - B (1) S	0.986899
M Z - B (2) S	0.983752
M Z - B (3) S	0.984665

表 5-1-2 径方向反応率分布 M Z B - 1 S

Mesh No.	cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	3.061	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991
2	6.122	0.9963	0.9964	0.9963	0.9964	0.9963
3	9.183	0.9917	0.9918	0.9916	0.9918	0.9916
4	13.063	0.9833	0.9835	0.9831	0.9835	0.9831
5	16.944	0.9719	0.9724	0.9716	0.9723	0.9716
6	20.825	0.9577	0.9586	0.9572	0.9585	0.9571
7	24.705	0.9406	0.9421	0.9399	0.9420	0.9398
8	28.586	0.9208	0.9230	0.9198	0.9230	0.9195
9	32.466	0.8982	0.9016	0.8968	0.9018	0.8964
10	36.347	0.8729 0.8728	0.8780 0.8782	0.8709 0.8708	0.8786 0.8786	0.8703 0.8701
11	40.71	0.8461	0.8536	0.8434	0.8548	0.8425
12	43.795	0.8171	0.8274	0.8135	0.8298	0.8122
13	47.519	0.7857 0.7857	0.7998 0.8003	0.7811 0.7810	0.8043 0.8044	0.7793 0.7793
14	49.506	0.7679	0.7851	0.7626	0.7909	0.7606
15	51.494	0.7495 0.7494	0.7697 0.7714	0.7434 0.7432	0.7778 0.7782	0.7411 0.7410
16	55.065	0.7145	0.7433	0.7066	0.7559	0.7038
17	58.635	0.6770	0.7152	0.6670	0.7372	0.6638
18	62.206	0.6368 0.6336	0.6877 0.6906	0.6240 0.6235	0.7243 0.7249	0.6203 0.6247
19	66.077	0.5857 0.5858	0.6499 0.6508	0.5740 0.5740	0.6954 0.6956	0.5746 0.5749
20	69.464	0.5404 0.5405	0.5997 0.5996	0.5305 0.5307	0.6434 0.6434	0.5315 0.5317
21	71.591	0.5107	0.5610	0.5037	0.5998	0.5049
22	73.718	0.4804 0.4808	0.5178 0.5165	0.4773 0.4779	0.5483 0.5480	0.4788 0.4791
23	75.728	0.4521	0.4717	0.4541	0.4919	0.4556
24	77.739	0.4241 0.4245	0.4231 0.4217	0.4324 0.4330	0.4283 0.4275	0.4340 0.4343
25	78.697	0.4118 0.4121	0.3972 0.3965	0.4239 0.4242	0.3947 0.3949	0.4250 0.4250
26	79.644	0.4001 0.4175	0.3715 0.3676	0.4162 0.4172	0.3597 0.3587	0.4166 0.3985

Mesh No.	<i>cm</i>	Pu239 (n°f)	Pu240 (n°f)	U235 (n°f)	U238 (n°f)	U238 (n°r)
27	81.644	0.3902	0.3106	0.3961	0.2830	0.3757
28	83.644	0.3624	0.2625	0.3726	0.2236	0.3511
29	85.644	0.3347 0.3380	0.2218 0.2165	0.3480 0.3500	0.1769 0.1757	0.3258 0.3266
30	89.622	0.2843	0.1556	0.2985	0.1123	0.2749
31	93.600	0.2344	0.1120	0.2483	0.07262	0.2257
32	97.578	0.1904	0.08064	0.2023	0.04752	0.1811
33	101.556	0.1537	0.05779	0.1623	0.03137	0.1424
34	105.534	0.1261 0.1273	0.04101 0.04024	0.1297 0.1303	0.02067 0.02052	0.1100 0.1101
35	108.034	0.1158	0.03210	0.1145	0.01552	0.09330
36	110.534	0.1104 0.1096	0.02535 0.02491	0.1033 0.1055	0.01143 0.01132	0.07961 0.3963
37	114.674	0.1104	0.01858	0.09578	0.00625	0.4763
38	118.814	0.09161	0.01311	0.07540	0.00338	0.4221
39	122.954	0.06444	0.00834	0.05140	0.00168	0.3067
40	131.614	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5-1-3 軸方向反応率分布 M Z B - 1 S

Mesh No.	cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	2.106	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986	0.9986
2	4.212	0.9946	0.9944	0.9946	0.9945	0.9946
3	6.319	0.9879	0.9876	0.9880	0.9876	0.9880
4	8.425	0.9786	0.9780	0.9789	0.9781	0.9789
5	10.531	0.9667	0.9657	0.9672	0.9659	0.9672
6	12.637	0.9522	0.9508	0.9530	0.9510	0.9530
7	14.743	0.9353	0.9333	0.9364	0.9334	0.9364
8	16.850	0.9160	0.9131	0.9175	0.9132	0.9175
9	18.956	0.8944	0.8904	0.8965	0.8904	0.8964
10	21.062	0.8706	0.8651	0.8733	0.8650	0.8733
11	23.168	0.8448	0.8374	0.8483	0.8369	0.8482
12	25.274	0.8170	0.8072	0.8216	0.8062	0.8214
13	27.380	0.7875	0.7745	0.7935	0.7728	0.7932
14	29.487	0.7565	0.7395	0.7642	0.7365	0.7638
15	31.593	0.7243	0.7020	0.7341	0.6973	0.7335
16	33.699	0.6913	0.6622	0.7039	0.6549	0.7028
17	35.805	0.6579	0.6198	0.6740	0.6089	0.6722
18	37.711	0.6247	0.5750	0.6455	0.5588	0.6425
19	40.018	0.5926	0.5275	0.6195	0.5040	0.6147
20	42.124	0.5629	0.4772	0.5977	0.4435	0.5902
21	44.230	0.5372	0.4238	0.5828	0.3759	0.5707
22	44.600	0.5333 0.5749	0.4141 0.4075	0.5812 0.5897	0.3631 0.3606	0.5681 0.5587
23	46.517	0.5618	0.3614	0.5796	0.2984	0.5414
24	48.433	0.5445	0.3207	0.5643	0.2475	0.5205
25	50.350	0.5240	0.2845	0.5449	0.2056	0.4970
26	53.593	0.4839	0.2328	0.5051	0.1516	0.4533

Mesh No.	<i>cm</i>	Pu239 (n° f)	Pu240 (n° f)	U235 (n° f)	U238 (n° f)	U238 (n° r)
27	56.837	0.4406	0.1906	0.4607	0.1127	0.4078
28	60.080	0.3968	0.1561	0.4150	0.08443	0.3628
29	63.323	0.3544	0.1280	0.3702	0.06376	0.3199
30	66.567	0.3154	0.1049	0.3281	0.04849	0.2803
31	69.810	0.2810	0.08601	0.2901	0.03706	0.2448
32	73.053	0.2540	0.07055	0.2576	0.02833	0.2141
33	76.297	0.2364	0.05794	0.2324	0.02145	0.1894
34	79.540	0.2331 0.2368	0.04778 0.04591	0.2169 0.2240	0.01578 0.01540	0.1720 0.9070
35	85.043	0.2411	0.03573	0.2135	0.00895	1.0318
36	90.547	0.2242	0.02747	0.1903	0.00519	1.0165
37	96.050	0.1920	0.02053	0.1585	0.00299	0.9006
38	101.553	0.1494	0.01449	0.1210	0.00167	0.7155
39	107.057	0.1000	0.00904	0.07991	0.00085	0.4855
40	117.080	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5—1—4 径方向反応率分布 M Z B — 2 S

Mesh No.	cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	3.061	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991
2	6.122	0.9962	0.9963	0.9962	0.9963	0.9962
3	9.183	0.9916	0.9917	0.9915	0.9917	0.9915
4	13.063	0.9829	0.9832	0.9828	0.9832	0.9828
5	16.944	0.9714	0.9719	0.9711	0.9718	0.9710
6	20.825	0.9569	0.9578	0.9564	0.9577	0.9563
7	24.705	0.9395	0.9409	0.9388	0.9408	0.9386
8	28.586	0.9192	0.9215	0.9182	0.9215	0.9180
9	32.466	0.8962	0.8996	0.8948	0.8998	0.8944
10	36.347	0.8704 0.8703	0.8754 0.8756	0.8684 0.8683	0.8761 0.8761	0.8678 0.8677
11	40.071	0.8431	0.8505	0.8404	0.8517	0.8395
12	43.795	0.8134	0.8236	0.8099	0.8260	0.8086
13	47.519	0.7814 0.7814	0.7952 0.7957	0.7769 0.7768	0.7998 0.7998	0.7751 0.7751
14	49.506	0.7632	0.7802	0.7580	0.7859	0.7560
15	51.494	0.7444 0.7444	0.7643 0.7660	0.7384 0.7382	0.7723 0.7727	0.7361 0.7361
16	55.065	0.7087	0.7371	0.7010	0.7495	0.6983
17	58.635	0.6706	0.7080	0.6607	0.7297	0.6575
18	62.206	0.6296 0.6264	0.6795 0.6823	0.6170 0.6166	0.7155 0.7162	0.6134 0.6177
19	66.077	0.5777 0.5778	0.6405 0.6414	0.5664 0.5664	0.6853 0.6855	0.5670 0.5672
20	69.464	0.5318 0.5319	0.5894 0.5894	0.5224 0.5226	0.6323 0.6323	0.5233 0.5235
21	71.591	0.5018	0.5502	0.4954	0.5882	0.4964
22	73.718	0.4712 0.4717	0.5065 0.5053	0.4688 0.4694	0.5361 0.5358	0.4701 0.4704
23	75.728	0.4428	0.4601	0.4456	0.4794	0.4468
24	77.739	0.4148 0.4154	0.4111 0.4097	0.4242 0.4249	0.4154 0.4150	0.4252 0.4254
25	78.697	0.4027 0.4031	0.3851 0.3844	0.4160 0.4164	0.3817 0.3814	0.4162 0.4163
26	79.644	0.3913 0.4099	0.3593 0.3555	0.4088 0.4099	0.3465 0.3456	0.4081 0.3897

Mesh No.	<i>cm</i>	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
27	81.644	0.3849	0.3006	0.3906	0.2726	0.3682
28	83.644	0.3592	0.2540	0.3690	0.2150	0.3451
29	85.644	0.3336 0.3375	0.2146 0.2091	0.3461 0.3483	0.1694 0.1681	0.3212 0.3219
30	89.622	0.2875	0.1500	0.3000	0.1059	0.2729
31	93.600	0.2403	0.1076	0.2522	0.06703	0.2257
32	97.578	0.1982	0.07715	0.2080	0.04260	0.1828
33	101.556	0.1632	0.05511	0.1692	0.02717	0.1452
34	105.534	0.1371 0.1374	0.03911 0.03823	0.1375 0.1378	0.01733 0.01714	0.1136 0.1138
35	108.034	0.1267	0.03061	0.1224	0.01278	0.09733
36	110.534	0.1220 0.1191	0.02441 0.02399	0.1113 0.1134	0.00940 0.00931	0.08384 0.4470
37	114.674	0.1184	0.01798	0.1017	0.00514	0.5202
38	118.814	0.09734	0.01272	0.07937	0.00277	0.4538
39	122.954	0.06800	0.00811	0.05375	0.00138	0.3264
40	131.614	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5-1-5 軸方向反応率分布 M Z B - 2 S

M e s h N o.	c m	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	2.106	0.9987	0.9986	0.9987	0.9986	0.9987
2	4.212	0.9947	0.9945	0.9947	0.9946	0.9947
3	6.319	0.9880	0.9877	0.9882	0.9877	0.9882
4	8.425	0.9787	0.9782	0.9790	0.9782	0.9790
5	10.531	0.9669	0.9659	0.9674	0.9660	0.9673
6	12.637	0.9525	0.9510	0.9532	0.9512	0.9532
7	14.743	0.9356	0.9335	0.9366	0.9336	0.9366
8	16.850	0.9163	0.9133	0.9178	0.9134	0.9177
9	18.956	0.8947	0.8906	0.8967	0.8906	0.8967
10	21.062	0.8709	0.8654	0.8736	0.8652	0.8735
11	23.168	0.8450	0.8376	0.8485	0.8371	0.8484
12	25.274	0.8172	0.8074	0.8218	0.8064	0.8217
13	27.380	0.7877	0.7747	0.7936	0.7730	0.7934
14	29.487	0.7567	0.7397	0.7643	0.7367	0.7639
15	31.593	0.7244	0.7022	0.7343	0.6975	0.7336
16	33.699	0.6913	0.6623	0.7039	0.6550	0.7028
17	35.805	0.6579	0.6199	0.6740	0.6089	0.6722
18	37.911	0.6246	0.5750	0.6454	0.5588	0.6425
19	40.018	0.5925	0.5274	0.6193	0.5040	0.6146
20	42.124	0.5626	0.4771	0.5975	0.4434	0.5900
21	44.230	0.5368	0.4236	0.5824	0.3758	0.5705
22	44.600	0.5330 0.5745	0.4139 0.4073	0.5809 0.5893	0.3630 0.3605	0.5679 0.5585
23	46.517	0.5613	0.3612	0.5792	0.2984	0.5412
24	48.433	0.5439	0.3204	0.5639	0.2474	0.5202
25	50.550	0.5234	0.2843	0.5444	0.2056	0.4967
26	53.593	0.4833	0.2326	0.5046	0.1516	0.4530

Mesh No.	<i>cm</i>	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
27	56.837	0.4400	0.1904	0.4603	0.1127	0.4075
28	60.080	0.3962	0.1560	0.4146	0.08440	0.3625
29	63.323	0.3539	0.1278	0.3698	0.06373	0.3197
30	66.567	0.3148	0.1047	0.3277	0.04846	0.2800
31	69.810	0.2807	0.08587	0.2897	0.03703	0.2445
32	73.053	0.2534	0.07041	0.2572	0.02830	0.2139
33	76.297	0.2358	0.05782	0.2319	0.02144	0.1891
34	79.540	0.2324 0.2362	0.04766 0.04579	0.2165 0.2235	0.01576 0.01538	0.1717 0.9047
35	85.043	0.2403	0.03563	0.2130	0.00894	1.0288
36	90.547	0.2234	0.02738	0.1898	0.00518	1.0134
37	96.050	0.1913	0.02045	0.1580	0.00298	0.8977
38	101.553	0.1489	0.01443	0.1206	0.00167	0.7132
39	107.057	0.09966	0.00900	0.07965	0.00085	0.4839
40	117.080	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5-1-6 径方向反応率分布 M Z B - 3 S

Mesh No.	cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	3.061	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991	0.9991
2	6.122	0.9963	0.9964	0.9963	0.9964	0.9963
3	9.183	0.9917	0.9919	0.9916	0.9918	0.9916
4	13.063	0.9833	0.9836	0.9831	0.9835	0.9831
5	16.944	0.9719	0.9725	0.9716	0.9724	0.9716
6	20.825	0.9576	0.9586	0.9572	0.9585	0.9571
7	24.705	0.9405	0.9421	0.9398	0.9420	0.9397
8	28.586	0.9206	0.9230	0.9196	0.9230	0.9193
9	32.466	0.8980	0.9015	0.8764	0.9017	0.8960
10	36.347	0.8725 0.8725	0.8778 0.8780	0.8704 0.8703	0.8784 0.8784	0.8698 0.8696
11	40.071	0.8456	0.8533	0.8427	0.8545	0.8417
12	43.795	0.8163	0.8270	0.8125	0.8294	0.8111
13	47.519	0.7846 0.7846	0.7992 0.7997	0.7798 0.7797	0.8037 0.8038	0.7778 0.7777
14	49.506	0.7666	0.7845	0.7610	0.7903	0.7588
15	51.494	0.7480 0.7480	0.7690 0.7707	0.7416 0.7414	0.7771 0.7774	0.7390 0.7389
16	55.065	0.7127	0.7424	0.7045	0.7550	0.7012
17	58.635	0.6749	0.7141	0.6646	0.7362	0.6606
18	62.206	0.6343 0.6311	0.6865 0.6894	0.6213 0.6209	0.7232 0.7239	0.6167 0.6210
19	66.077	0.5830 0.5832	0.6486 0.6497	0.5715 0.5715	0.6945 0.6947	0.5708 0.5710
20	69.464	0.5380 0.5382	0.5985 0.5987	0.5289 0.5292	0.6429 0.6429	0.5279 0.5281
21	71.591	0.5089	0.5602	0.5033	0.5997	0.5020
22	73.718	0.4795 0.4801	0.5170 0.5162	0.4787 0.4795	0.5486 0.5484	0.4771 0.4775
23	75.728	0.4529	0.4714	0.4585	0.4927	0.4560
24	77.739	0.4273 0.4281	0.4228 0.4218	0.4410 0.4418	0.4295 0.4291	0.4374 0.4328
25	78.697	0.4170 0.4175	0.3973 0.3968	0.4355 0.4359	0.3960 0.3958	0.4306 0.4307
26	79.644	0.4076 0.4314	0.3717 0.3695	0.4314 0.4327	0.3610 0.3601	0.4248 0.4056

Mesh No.	<i>cm</i>	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
27	81.644	0.4117	0.3132	0.4191	0.2811	0.3870
28	83.644	0.3889	0.2655	0.4004	0.2199	0.3648
29	85.644	0.3645 0.3699	0.2251 0.2214	0.3784 0.3810	0.1723 0.1711	0.3404 0.3409
30	89.622	0.3179	0.1600	0.3297	0.1076	0.2882
31	93.600	0.2654	0.1157	0.2758	0.06882	0.2364
32	97.578	0.2168	0.08355	0.2247	0.04467	0.1890
33	101.556	0.1752	0.06003	0.1795	0.02931	0.1477
34	105.534	0.1438 0.1453	0.04270 0.04186	0.1425 0.1431	0.01921 0.01903	0.1135 0.1134
35	108.034	0.1325	0.03344	0.1253	0.01432	0.09602
36	110.534	0.1269 0.1241	0.02650 0.02584	0.1128 0.1154	0.01042 0.01029	0.08216 0.4831
37	114.674	0.1205	0.01913	0.1012	0.00568	0.5403
38	118.814	0.09732	0.01340	0.07761	0.00307	0.4597
39	122.954	0.06698	0.00847	0.05180	0.00153	0.3245
40	131.614	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 5-1-7 軸方向反応率分布 M Z B - 3 S

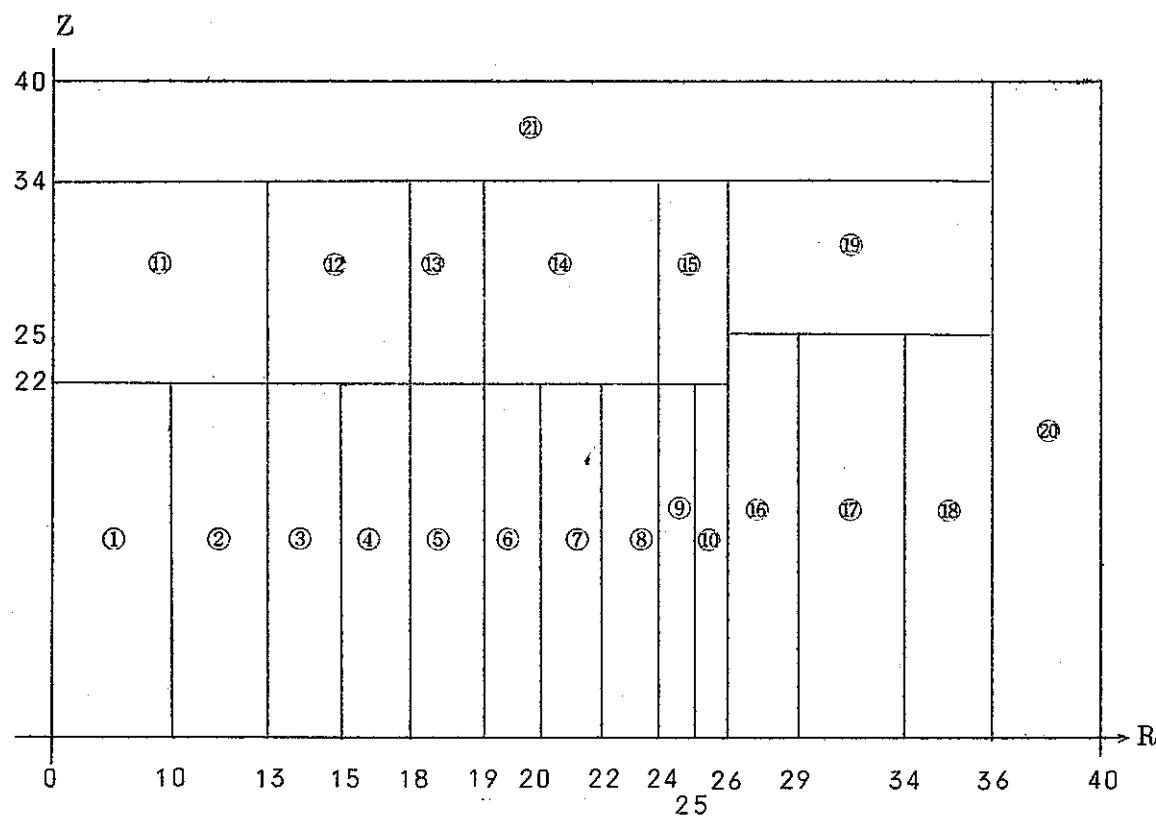
Mesh No.	cm	Pu239 (n·f)	Pu240 (n·f)	U235 (n·f)	U238 (n·f)	U238 (n·r)
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
1	2.106	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987	0.9987
2	4.212	0.9947	0.9946	0.9948	0.9946	0.9948
3	6.319	0.9881	0.9878	0.9883	0.9879	0.9883
4	8.425	0.9789	0.9783	0.9792	0.9784	0.9792
5	10.531	0.9670	0.9661	0.9675	0.9662	0.9675
6	12.637	0.9526	0.9512	0.9534	0.9513	0.9534
7	14.743	0.9358	0.9337	0.9369	0.9338	0.9368
8	16.850	0.9165	0.9136	0.9180	0.9137	0.9180
9	18.956	0.8949	0.8909	0.8970	0.8909	0.8969
10	21.062	0.8712	0.8656	0.8749	0.8655	0.8738
11	23.168	0.8453	0.8379	0.8489	0.8374	0.8487
12	25.274	0.8175	0.8077	0.8221	0.8067	0.8220
13	27.380	0.7880	0.7751	0.7940	0.7733	0.7937
14	29.487	0.7570	0.7400	0.7647	0.7370	0.7643
15	31.593	0.7248	0.7025	0.7346	0.6978	0.7339
16	33.699	0.6917	0.6626	0.7043	0.6553	0.7032
17	35.805	0.6583	0.6202	0.6744	0.6093	0.6726
18	37.911	0.6251	0.5753	0.6459	0.5592	0.6429
19	40.018	0.5929	0.5277	0.6198	0.5043	0.6151
20	42.124	0.5631	0.4774	0.5981	0.4437	0.5905
21	44.230	0.5374	0.4239	0.5831	0.3760	0.5711
22	44.600	0.5336 0.5752	0.4142 0.4077	0.5816 0.5901	0.3632 0.3608	0.5685 0.5591
23	46.517	0.5622	0.3616	0.5802	0.2986	0.5419
24	48.433	0.5451	0.3208	0.5650	0.2476	0.5211
25	50.350	0.5247	0.2847	0.5458	0.2058	0.4978
26	53.593	0.4849	0.2350	0.5063	0.1518	0.4543

Mesh No.	cm	Pu239 (n°f)	Pu240 (n°f)	U235 (n°f)	U238 (n°f)	U238 (n°r)
27	56.837	0.4420	0.1908	0.4623	0.1128	0.4090
28	60.080	0.3985	0.1564	0.4170	0.0846	0.3643
29	63.323	0.3567	0.1283	0.3727	0.0639	0.3218
30	66.567	0.3182	0.1053	0.3312	0.0486	0.2826
31	69.810	0.2848	0.0865	0.2939	0.0372	0.2477
32	73.053	0.2584	0.0712	0.2624	0.0285	0.2178
33	76.297	0.2419	0.0587	0.2383	0.0216	0.1940
34	79.540	0.2399 0.2430	0.0487 0.0468	0.2243 0.2313	0.0159 0.0155	0.1779 0.9365
35	85.043	0.2477	0.0365	0.2212	0.0090	1.0690
36	90.547	0.2306	0.0281	0.1977	0.0052	1.0557
37	96.050	0.1977	0.0210	0.1650	0.0030	0.9371
38	101.553	0.1540	0.0148	0.1261	0.0016	0.7456
39	107.057	0.1032	0.0093	0.0834	0.0008	0.5065
40	117.080	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

表 5-1-8 M Z B-(1)、(2)、(3) 反応率分布の解析

Radius (cm)	Reaction Assembly	σf_{239}			σf_{238}		
		MZB-1	MZB-2	MZB-3	MZB-1	MZB-2	MZB-3
0	0.0	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
14 I/C	49.506	0.7679	0.7632	0.7666	0.7909	0.7859	0.7903
18	62.206	0.6368	0.6296	0.6343	0.7243	0.7155	0.7232
18	62.206	0.6336	0.6264	0.6311	0.7249	0.7162	0.7239
21 O/C	71.591	0.5107	0.5018	0.5089	0.5998	0.5882	0.5997
26	79.644	0.4001	0.3913	0.4076	0.3597	0.3465	0.3610
26	79.644	0.4175	0.4099	0.4314	0.3587	0.3456	0.3601
31 Bd.B1	93.600	0.2344	0.2403	0.2654	0.0726	0.0670	0.0688
36	110.534	0.1104	0.1220	0.1269	0.0114	0.0094	0.0104
36	110.534	0.1096	0.1191	0.1241	0.0113	0.0093	0.0103
38 Bd.sh	118.814	0.0916	0.0973	0.0973	0.0034	0.0028	0.0031
40	131.614	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

$\left\{ \begin{array}{ll} \text{M Z B-(1)} & \text{NUO}_2 \text{ radial blanket sector } (\pi/2) \\ \text{M Z B-(2)} & \text{d-UO}_2 \text{ radial blanket sector } (\pi/2) \\ \text{M Z B-(3)} & \text{NU-metal blanket} \end{array} \right.$



- { ① ~ ④ 内側炉心
- ⑤ ~ ⑩ 外側炉心
- ⑪ ~ ⑯ 軸方向ブランケット
- { ⑯ ~ ⑰ 内側径方向ブランケット
- ⑱ 外側径方向ブランケット
- ⑳ 径方向しゃへい体
- ㉑ プレナム部

図 5-1-1 M Z B 2次元 R Z 計算体系

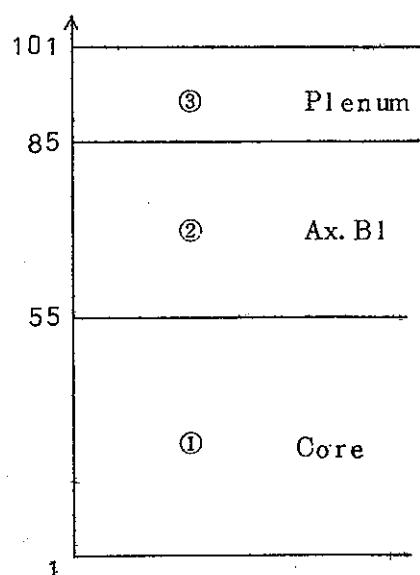
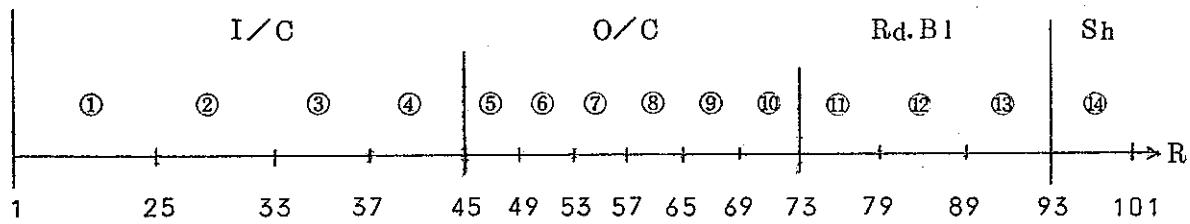


図 5-1-2 MZB1 次元定数縮約用体系

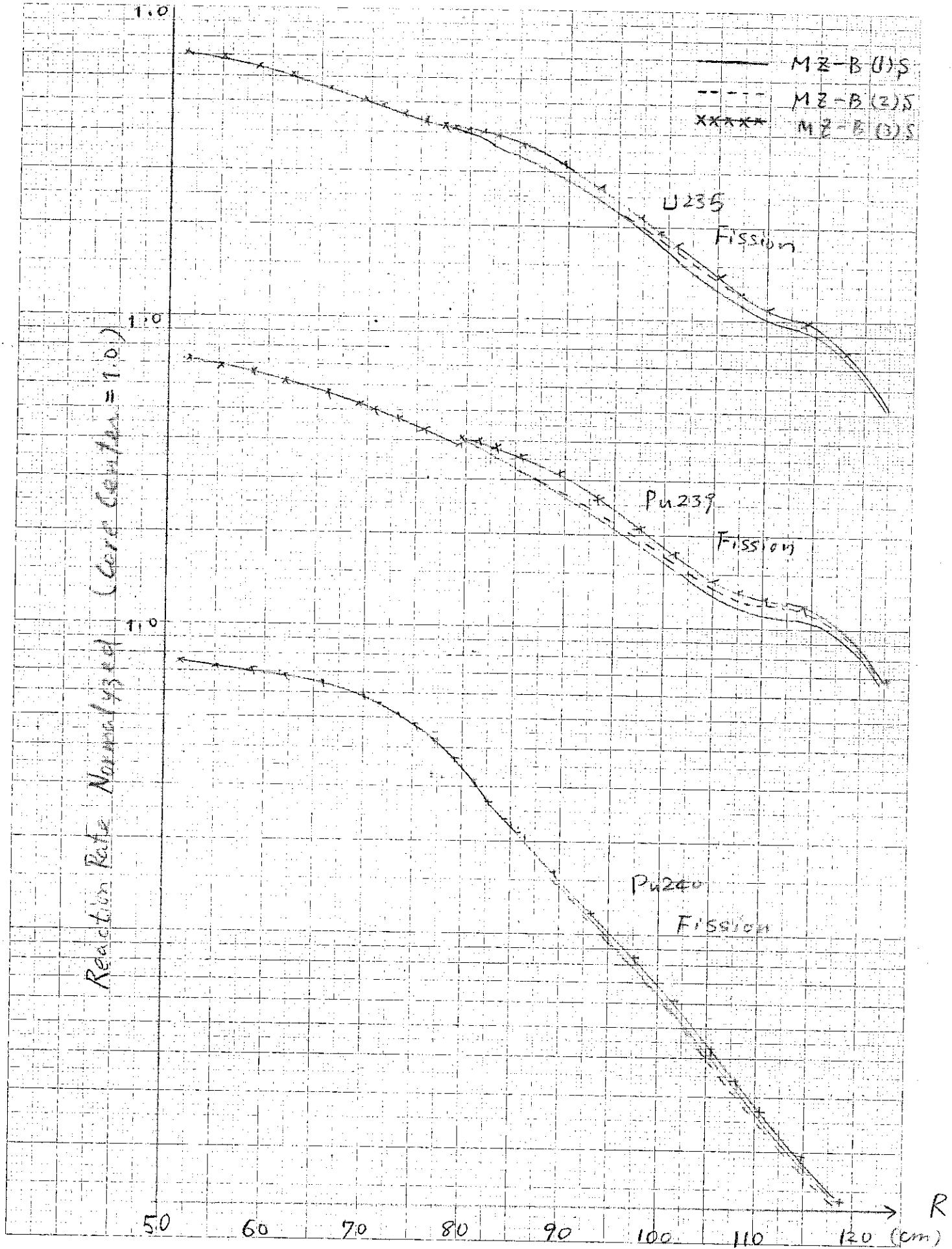


図5-1-3 径方向反応率分布

MZ-B 1S, 2S, 3S

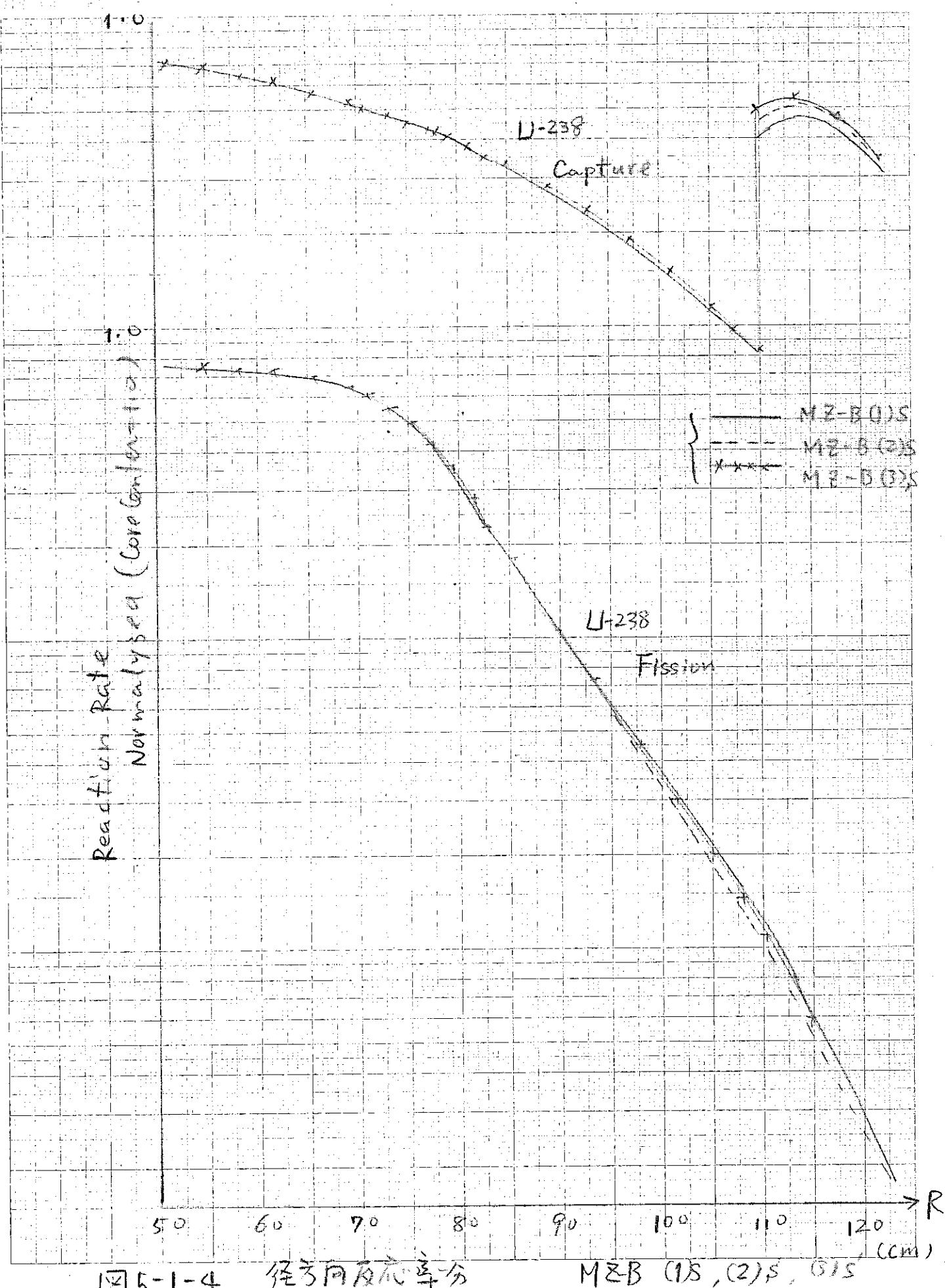


图 5-1-4 径向反应率分布

M&B (1S, 2S, 3S)

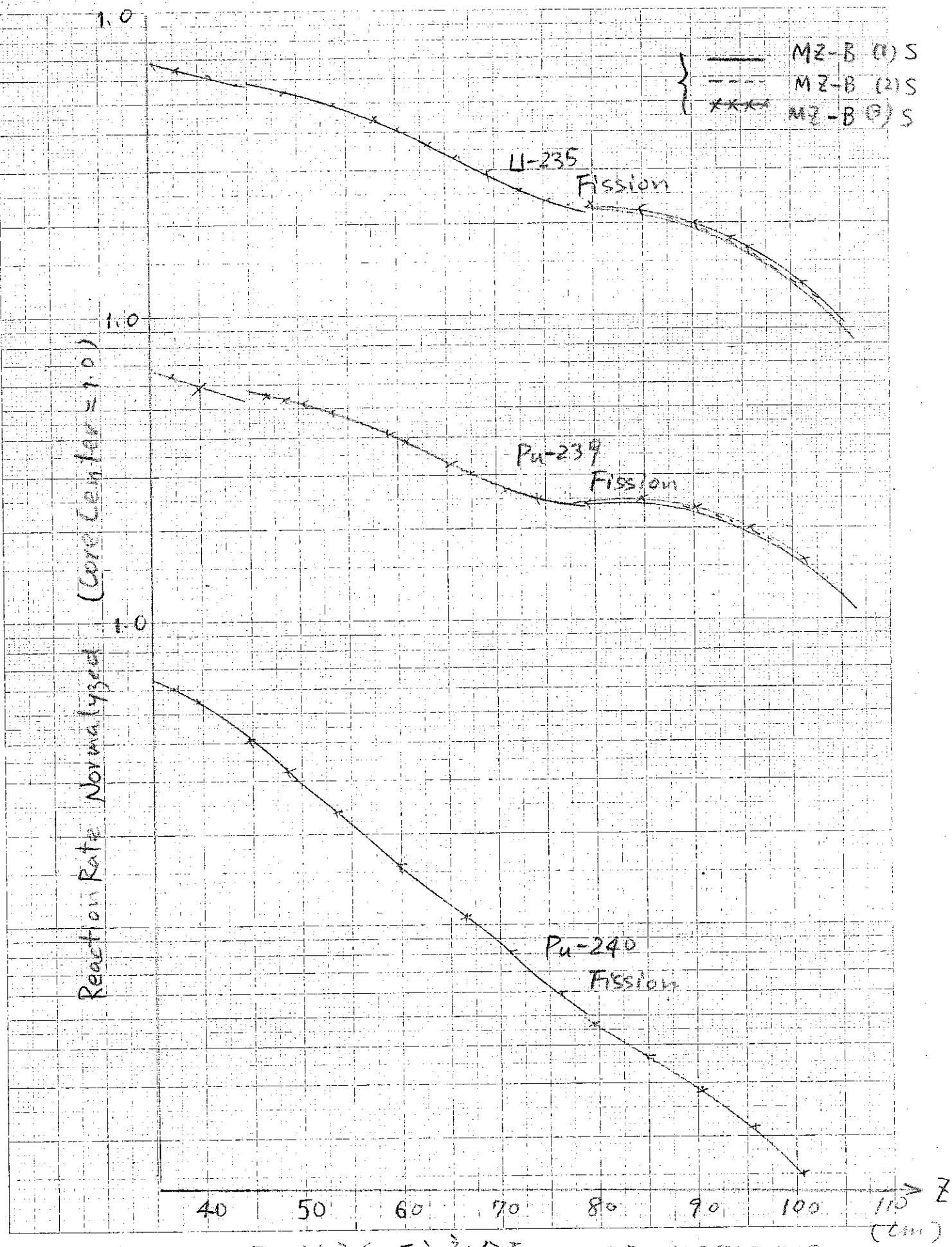


図 5-1-5 軸方向 反応率分布 MZ-B (1)S, (2)S, (3)S

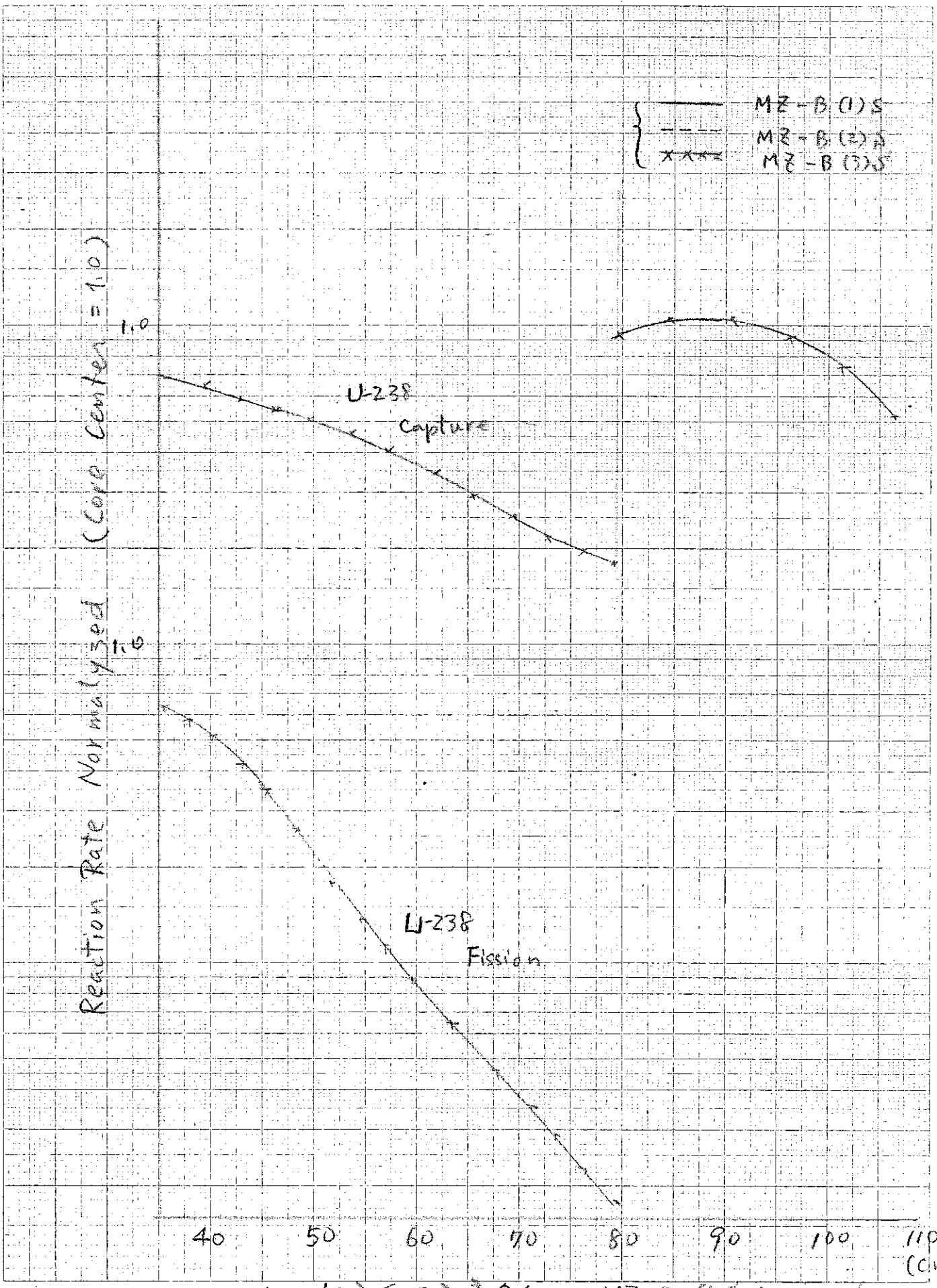


図 5-1-6 軸方向反応率分布 MZ-B (1,2,3)S

第6章 Pu同位体効果

§ 6-1 1次摂動計算による密度係数計算 206

§ 6-2 標準断面積を用いた密度係数の計算 206

§ 6-1 1次摂動計算による密度係数計算

FCA-VI-1 体系の実効増倍率、中心物質反応度ワースおよび、密度係数の解析を行つた。計算法は、2次元RZ形状11群拡散計算および、それを基礎にした、1次の摂動計算である。使用した定数セットは、ABBN型26群セットMICCS 5.2である。計算体系、原子数密度、エネルギー群数および群構造等は、PNCの指定どおりである。但し、ブランケットの外側には、ステンレス格子のしやへい領域を置き、図6-1-1のように、軸方向に15cm、径方向に37.6cmの厚さをとつた。そのため、メッシュ数を 30×28 にしている。また、26群から11群への定数縮約は、図6-1-2(a)および図6-1-2(b)のような1次元円柱モデルおよび板状モデルにより、径方向および軸方向の1次元拡散計算を行い、スペクトルの空間依存性を考慮した。

実効増倍率、中心物質反応度ワースおよび、密度係数の計算結果を、表6-1-1、表6-1-2にまとめた。

§ 6-2 標準断面積を用いた密度係数の計算

1次元円柱形状26群拡散計算および、それを基礎とした。1次摂動計算によりFCA-VI-1 体系の実効増倍率および、中心物質反応度ワース [$(\Delta k/k)^{ie} / m_{o11}$] の解析を行なつた。使用した定数セットは、PNCから提供されたABBNセットである。元素数、原子数密度および軸方向バックリングの値は、指定されたとおりであるが、1次元円柱体系のメッシュ数およびメッシュの間隔は、使用した計算コードの制限により、指定したとおりには取れず第6-2-1図(a) PNCモデル+1メッシュおよび(b) PNCモデル-1メッシュの2ケースについて解析を行なつた。外部境界条件は、両ケース共境界点上でアルベド(J_{-ig} / J_{+ig})が零である。

得られた計算結果を(a)+1メッシュモデル、(b)-1メッシュモデルとして表6-2-1にまとめた。

表 6-1-1 FCA-VI-1 実効増倍率および中心物質反応度値の解析結果

k _{eff}	0.973747			
	$(\Delta k/k^{ie})/\text{mol l}$			
Element	F	A	S	Net
Pu239	2.164-3	7.900-4	8.952-6	1.365-3
Pu240	5.831-4	3.018-4	9.452-6	2.718-4
Pu241	2.800-3	9.672-4	1.181-5	1.821-3
U235	1.810-3	8.230-4	9.816-6	9.776-4
U238	6.999-5	1.148-4	1.717-5	-6.195-5
O		6.552-7	2.807-6	-3.462-6
Na		6.675-7	3.617-6	-4.285-6
Al		1.015-6	4.147-6	-5.162-6
Cr		4.405-6	4.316-6	-8.721-6
Fe		3.299-6	4.001-6	-7.300-6
Ni		1.009-5	4.050-6	-1.414-5

表 6-1-2 密度係数の解析(炉心全体)

Element	$\Delta k/k \times 10^{24} \text{ atoms/cm}^3$		
	Cal	Exp	C/E
Pu239	326.9	316.4 ± 1.5	1.033
Pu240	68.43	52.7 ± 3.	1.298
Pu241	431.6	448. ± 15.	0.963
U235	234.4	224.1 ± 1.	1.046
U238	-8.607	-6.0 ± 0.5	1.435
O	1.857	1.73 ± 0.03	1.073
Na	1.838	2.62 ± 0.09	0.702
Al	1.174	1.52 ± 0.05	0.772
Cr	1.128		
Fe	0.64736		
Ni	0.17442		
SUS	0.70285	0.812 ± 0.02	0.866

$$\text{SUS} = (\text{Cr}, \text{Fe}, \text{Ni}) = (19.79, 71.84, 8.37)$$

表 6-2-1 標準断面積セットによる中心物質反応度値

	+1 Mesh model	-1 Mesh model
k_{eff}	0.994553	0.994628
$(\Delta k/k)^{ie} / \text{mol l}$		
Pu 239	8.7297-4	8.7295-4
U 238	-3.8025-5	-3.8026-5
O	-7.9720-7	-7.9857-7
Na	-1.3332-6	-1.3343-6
Fe	-3.9540-6	-3.9543-6

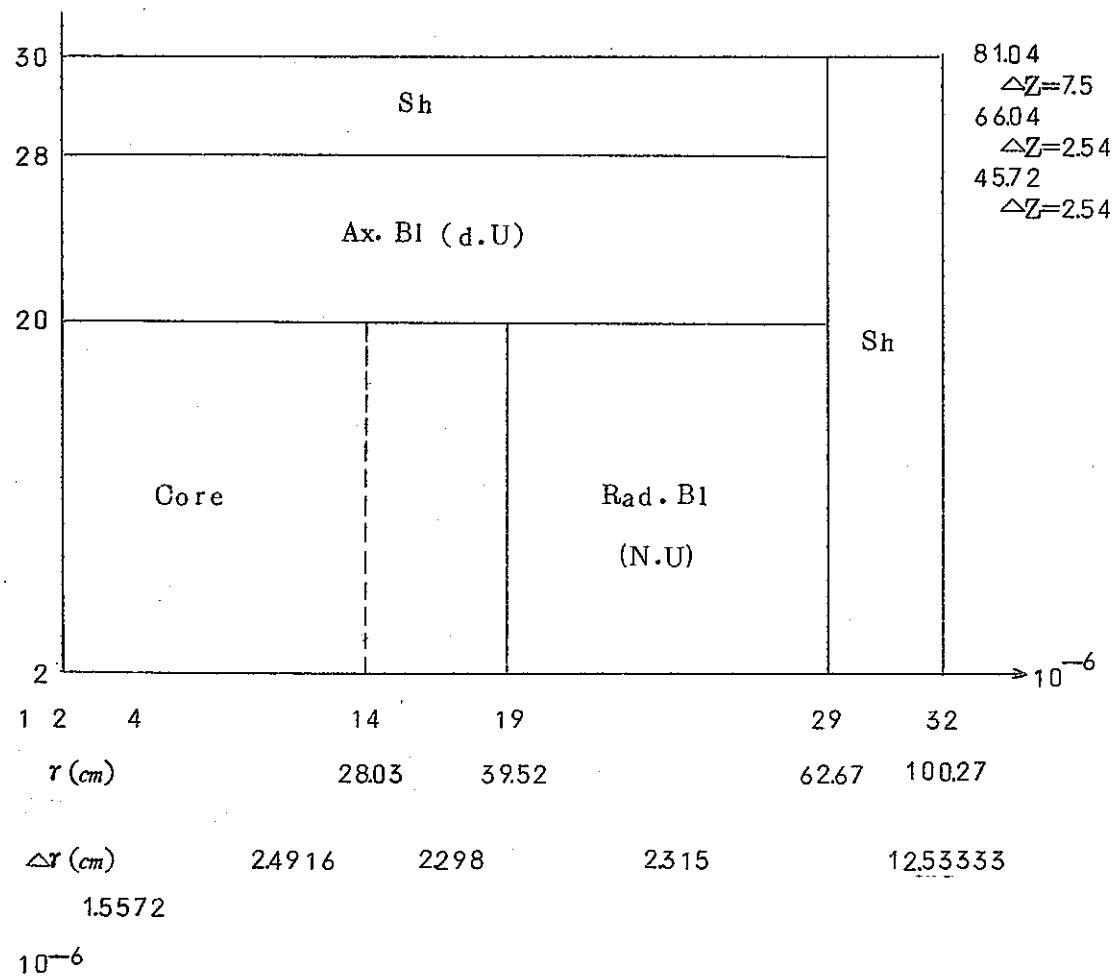


図 6-1-1 FCA-VI-1 2次元円柱体系

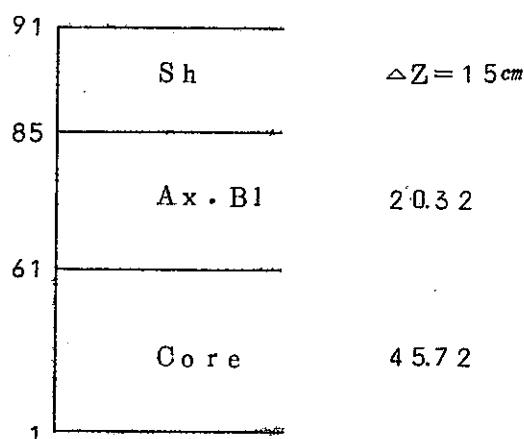
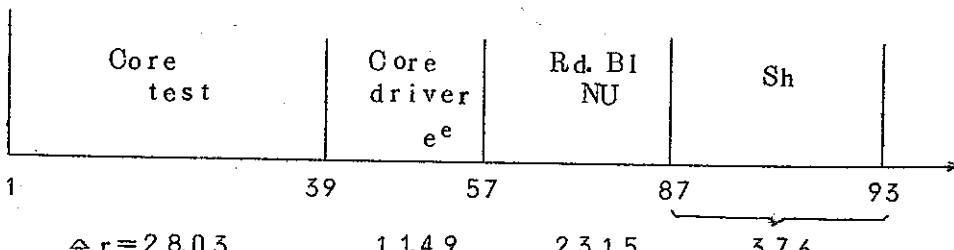
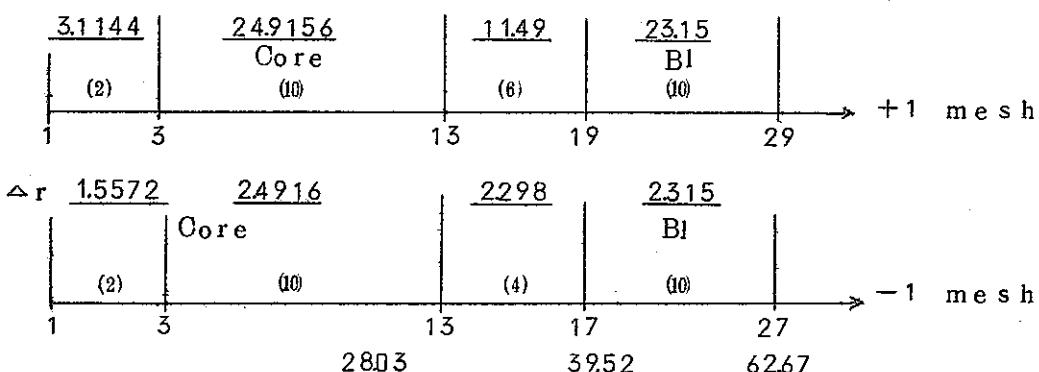


図 6-1-2 FCA-VI-1 定数縮約用 1 次元体系

a) 径方向

b) 軸方向



1 次元円柱体系

$$\begin{array}{ccc} \text{Core} & & \text{BI} \\ \text{Buckling} & 7.95 \times 10^{-4} & 5.66 \times 10^{-4} \end{array}$$

図 6-2-1 1 次元円柱体系 (FCA-VI-1)

(標準断面積を用いた密度係数の解析)

謝　　辞

本委託研究にあたり、多大の御援助を頂いた、PNCのR&D担当の方々に厚く感謝の意を表明させて頂きます。また、並行して解析をされていた、他社および原研の担当の方々や、PNCの核設計担当の方々には、しばしば、適切な助言を頂きました事に対し、深く謝意を表します。

参考文献

- 1) C D C 原子力コード資料使用説明書 U 7-002
D T F - I V 一次元 S_n 計算 11/1969
- 2) D. Meneghette
"Discrete Ordinate Quadratures for Thin Slab Cell"
N. S. E. 11 P 295 (1962)
- 3) G. E. Edison & L. L. Bennett
"Discrete Ordinate Transport Theory Calculations on the
Effects of Heterogeneities on Reactivity in ZPR-III
Assembly 48"
Trans. Am. Nucl. Soc. 10 #2 (1967)
- 4) "MOZART-計画成果報告書 動力炉・核燃料開発事業団"
MOZART-R-3 SN 241 72-11
" -R-6 " 72-18 (Rev)
" -R-7 " 72-19
" -R-8 " 72-20
" -R-11 " 72-30
" -R-16 " 72-42
" -R-17 " 72-45
" -P-010