

# 次世代炉定数の整備

(核燃料サイクル機構 契約業務報告書)

2000年3月

株式会社 総合技術情報機構

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

Inquires about copywrite 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)  
2000

## 次世代炉定数の整備

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

金子 邦男\*

### 要 旨

本年度は汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOを高速炉セル計算コードSLAROMに組み込んだ。この改良SLAROMコードを使用する決定論手法と確率論的手法である連続エネルギーモンテカルロコードMVPにより、2次元RZ均質モデルを用いて径方向非均質炉心であるZPPR-13Aの反応率分布計算を実施した。両者の計算結果を比較検討する事により、PEACOモジュールが高精度の共鳴実効断面積機能を有する事、決定論手法とMVPコードの反応率分布計算結果を1%以内で一致させるには、鉄等の構造材核種と酸素の断面積変化を反映する高エネルギー領域を細かくした群構造を持つライブラリーを使用する必要がある事が明らかになった。

また、次世代炉定数作成の為、NJOY97.V107コードを導入し、NJOY97.V107コードの前処理コードと後処理コードを作成して汎用炉定数作成システムを構築した。そして、この汎用炉定数作成システムを使用し、JENDL-3.2評価済核データを用い、70群の新JFS3ライブラリーを作成した。更に、この汎用炉定数作成システムの検証を行う為、新JFS3ライブラリーを使用し2次元RZ均質モデルによるZPPR-9炉心の核特性解析とZPPR-9炉心の非均質セル計算を決定論手法で実施した。同時に、MVPコードによる解析も実施した。両者の計算結果の比較から、PEACOモジュールによる共鳴断面積を用いる決定論手法は、ZPPR-9炉心の反応率分布およびNaボイド反応度計算精度を向上させる事が明らかになった。そして、本研究で作成した新JFS3ライブラリーは、従来使用してきたJFS3-J3.2ライブラリーと同程度の核特性計算性能を持つ事が確認された。

---

本報告書は、株式会社総合技術情報機構が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：システム技術開発部 炉心技術開発グループ

\* 株式会社総合技術情報機構 解析部

## Preparation of Next Generation Set of Group Cross Sections

(A Task Report to the Japan Nuclear Cycle Development Institute)

Kunio Kaneko\*

### A b s t r a c t

The SLAROM code, performing fast reactor cell calculation based on a deterministic methodology, has been revised by adding the universal module PEACO of generating Ultra-fine group neutron spectra. The revised SLAROM, then, was utilized for evaluating reaction rate distributions in ZPPR-13A simulated by a 2-dim RZ homogeneous model, although actually ZPPR-13A composed of radial heterogeneous cells. The reaction rate distributions of ZPPR-13A were also calculated by the code MVP, that is a continuous energy Monte Carlo calculation code based on a probabilistic methodology. By comparing both results, it was concluded that the module PEACO has excellent capability for evaluating highly accurate effective cross sections. Also it was proved that the use of a new fine group cross section library set (next generation set), reflecting behavior of cross sections of structural materials, such as Fe and O, in the fast neutron energy region, is indispensable for attaining a better agreement within 1% between both calculation methods.

Also, for production of a next generation set of group cross sections, the code NJ0Y97.V107 was added to the group cross section production system and both front and end processing parts were prepared. This system was utilized to produce the new 70 group JFS-3 library using the evaluated nuclear data library JENDL-3.2. Furthermore, to confirm the capability of this new group cross section production system, the above new JFS-3 library was applied to core performance analysis of ZPPR-9 core with a 2-dim RZ homogeneous model and analysis of heterogeneous cells of ZPPR-9 core by using the deterministic method. Also the analysis using the code MVP was performed. By comparison of both results the following conclusion has been derived; the deterministic method, with the PEACO module for resonance cross sections, contributes to improve accuracy of predicting reaction rate distributions and Na void reactivity in fast reactor cores. And it becomes clear that the new JFS-3 library results in the almost same performance as those with the JSF-3-J3.2 library utilized so far.

---

Work performed by Integrated Technical Information Research Organization, Ltd. under contract with Japan Nuclear Cycle Development Agency.

JNC Liaison : Reactor Physics Research Group, System Engineering Technology Division,  
Oarai Engineering Center

\* Analysis Department, Integrated Technical Information Research Organization, Ltd.

## 目 次

	頁
要旨 .....	i
abstract .....	ii
目次 .....	iii
図表リスト .....	iv
 I. まえがき .....	1
II. 超微細群共鳴断面積計算システムの性能評価 .....	2
1. はじめに .....	2
2. SLAROMコードの改良 .....	2
3. ZPPR-13A炉心解析 .....	3
3.1 解析炉心の計算モデルについて .....	3
3.2 解析項目 .....	4
3.3 解析方法 .....	4
3.4 MVPコード計算条件 .....	6
3.5 炉心解析の実施 .....	7
 III. 汎用炉定数作成システムの整備 .....	76
1. はじめに .....	76
2. 汎用炉定数作成システムの処理フロー .....	77
3. NJOY97コードの導入・整備 .....	80
4. 炉定数作成の為の前処理および後処理コードの作成 .....	81
4.1 PRENJOYコードの作成 .....	81
4.2 POSTNJOYコードの作成 .....	84
5. 汎用炉定数作成システムによる70群JFS3ライブラリーの作成 .....	88
6. ZPPR9炉心の炉心解析による汎用炉定数作成システムの検証 .....	94
6.1 解析炉心の計算モデルについて .....	94
6.2 解析項目 .....	95
6.3 解析方法 .....	95
6.4 MVPコード計算条件 .....	98
6.5 炉心解析の実施 .....	99
7. ZPPR9炉心の非均質セル計算による汎用炉定数作成システムの検証 .....	127
7.1 非均質セル計算モデルについて .....	127
7.2 解析項目 .....	127
7.3 解析方法 .....	128
7.4 非均質セル計算の実施 .....	129
 IV. あとがき .....	179
謝辞 .....	180
参考文献 .....	181
付録A NJOY97コードの入力マニュアル .....	A-1

## 図表リスト

(表)

頁

## II. 超微細群共鳴断面積計算システムの性能評価

表3-1	反応率計算領域	3
表3-2	炉心計算でのメッシュ分割数	5
表3-3	2次元均質RZ炉心モデルによるZPPR-13Aの計算固有値	9
表3-4	全中性子束分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較	10
表3-5	U-235捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較	11
表3-6	U-235核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較	12
表3-7	U-238捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較	13
表3-8	U-238核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較	14
表3-9	Pu-239捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較	15
表3-10	Pu-239核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較	16

## III. 汎用炉定数作成システムの整備

表2-1	70群JFS3ライブラリーで使用されるコントロール・ファイルのリスト	78
表4-1	PRENJOYコードで使用されるファイル	82
表4-2	PRENJOYコードで作成されたU-235-JNEDL3.2のNJ0Y入力ファイルのリスト	83
表4-3	炉定数計算結果の出力フォーマット	85
表4-4	POSTNJOYコードで使用されるファイル	87
表5-1	炉定数処理核種の一覧表	88
表5-2	U-238のPENDF作成シェルと入力データ・リスト	89
表5-3	PRENJOY-NJ0YコードによるU-238炉定数作成で使用したシェルと入力データ・リスト	91
表5-4	POSTNJOYコードによる22核種の処理で使用したシェルと入力データ・リスト	92
表5-5	新70群JFS3-J3.2ライブラリー作成で使用したシェルと入力データ・リスト	93
表6-1	反応率計算領域	94
表6-2	炉心計算でのNaボイド反応度解析用メッシュ分割数	97
表6-3	炉心計算での反応率計算用メッシュ分割数	97
表6-4	2次元均質RZ炉心モデルにより計算された標準状態のZPPR-9炉心の固有値	101
表6-5	2次元均質RZ炉心モデルにより計算されたNaボイド状態のZPPR-9炉心の固有値	101
表6-6	Naボイド反応度の計算結果	102
表6-7	F25/F49中心反応率比の計算結果	102
表6-8	F28/F49中心反応率比の計算結果	102
表6-9	C28/F49中心反応率比の計算結果	102
表6-10	全中性子束分布計算結果のまとめ	103
表6-11	反応率分布計算結果のまとめ	103
表7-1	ZPPR-9炉心のSCFセルの非均質セル計算による無限増倍率	131
表7-2	ZPPR-9炉心のLRBセルの非均質セル計算による無限増倍率	131
表7-3	LRBセル計算における生成反応率の比較	131

付録A NJ0Y97コードの入力マニュアル

表A-1	NJ0Y97の機能説明	.....	A-2
表A-2	NJ0Y97のreconrモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-4
表A-3	NJ0Y97のbroadrモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-5
表A-4	NJ0Y97のunresrモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-7
表A-5	NJ0Y97のheatrモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-8
表A-6	NJ0Y97のthermrモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-9
表A-7	NJ0Y97のgrouprモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-10
表A-8	NJ0Y97のmoderモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-13
表A-9	NJ0Y97のplotrモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-14
表A-10	NJ0Y97のviewrモジュールの機能説明と入力マニュアル	.....	A-18

(図)	頁
-----	---

## II. 超微細群共鳴断面積計算システムの性能評価

図3-1	ZPPR-13A炉心RZ解析モデル	17
図3-2	PEACOモジュールの非均質セル計算で使用する1次元円筒炉心モデル	18
図3-3	ZPPR-13A炉心の全中性子束分布の共鳴断面積計算法依存性	19
図3-4	ZPPR-13A炉心のU-235捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	20
図3-5	ZPPR-13A炉心のU-235核分裂反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	21
図3-6	ZPPR-13A炉心のU-238捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	22
図3-7	ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	23
図3-8	ZPPR-13A炉心のPu-239捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	24
図3-9	ZPPR-13A炉心のPu-239核分裂反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	25
図3-10	ZPPR-13A炉心の全中性子束分布のメッシュ分割依存性	26
図3-11	ZPPR-13A炉心のU-235捕獲反応率分布のメッシュ分割依存性	27
図3-12	ZPPR-13A炉心のU-235核分裂反応率分布のメッシュ分割依存性	28
図3-13	ZPPR-13A炉心のU-238捕獲反応率分布のメッシュ分割依存性	29
図3-14	ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布のメッシュ分割依存性	30
図3-15	ZPPR-13A炉心のPu-239捕獲反応率分布のメッシュ分割依存性	31
図3-16	ZPPR-13A炉心のPu-239核分裂反応率分布のメッシュ分割依存性	32
図3-17	ZPPR-13A炉心の全中性子束分布における高次非等方散乱成分の効果	33
図3-18	ZPPR-13A炉心のU-235捕獲反応率分布における高次非等方散乱成分の効果	34
図3-19	ZPPR-13A炉心のU-235核分裂反応率分布における高次非等方散乱成分の効果	35
図3-20	ZPPR-13A炉心のU-238捕獲反応率分布における高次非等方散乱成分の効果	36
図3-21	ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布における高次非等方散乱成分の効果	37
図3-22	ZPPR-13A炉心のPu-239捕獲反応率分布における高次非等方散乱成分の効果	38
図3-23	ZPPR-13A炉心のPu-239核分裂反応率分布における高次非等方散乱成分の効果	39
図3-24	ZPPR-13A炉心の全中性子束分布のライブラリ一群数依存性	40
図3-25	ZPPR-13A炉心のU-235捕獲反応率分布のライブラリ一群数依存性	41
図3-26	ZPPR-13A炉心のU-235核分裂反応率分布のライブラリ一群数依存性	42
図3-27	ZPPR-13A炉心のU-238捕獲反応率分布のライブラリ一群数依存性	43
図3-28	ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布のライブラリ一群数依存性	44
図3-29	ZPPR-13A炉心のPu-239捕獲反応率分布のライブラリ一群数依存性	45
図3-30	ZPPR-13A炉心のPu-239核分裂反応率分布のライブラリ一群数依存性	46
図3-31	ZPPR-13A炉心の炉心領域の70群中性子スペクトルの比較（その1）	47
図3-32	ZPPR-13A炉心の炉心領域の70群中性子スペクトルの比較（その2）	48
図3-33	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の70群捕獲断面積の比較	49
図3-34	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の70群核分裂断面積の比較	50

図3-35	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の70群捕獲断面積の比較	51
図3-36	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の70群核分裂断面積の比較	52
図3-37	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の70群捕獲断面積の比較	53
図3-38	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の70群核分裂断面積の比較	54
図3-39	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の70群捕獲反応率エネルギー分布の比較	55
図3-40	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の70群核分裂反応率エネルギー分布の比較	56
図3-41	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の70群捕獲反応率エネルギー分布の比較	57
図3-42	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の70群核分裂反応率エネルギー分布の比較	58
図3-43	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の70群捕獲反応率エネルギー分布の比較	59
図3-44	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の70群核分裂反応率エネルギー分布の比較	60
図3-45	ZPPR-13A炉心の炉心領域の175群中性子スペクトルの比較（その1）	61
図3-46	ZPPR-13A炉心の炉心領域の175群中性子スペクトルの比較（その2）	62
図3-47	ZPPR-13A炉心の炉心領域の175群中性子スペクトルの比較（その3）	63
図3-48	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の175群捕獲断面積の比較	64
図3-49	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の175群核分裂断面積の比較	65
図3-50	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の175群捕獲断面積の比較	66
図3-51	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の175群核分裂断面積の比較	67
図3-52	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の175群捕獲断面積の比較	68
図3-53	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の175群核分裂断面積の比較	69
図3-54	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の175群捕獲反応率エネルギー分布の比較	70
図3-55	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の175群核分裂反応率エネルギー分布の比較	71
図3-56	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の175群捕獲反応率エネルギー分布の比較	72
図3-57	ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の175群核分裂反応率エネルギー分布の比較	73
図3-58	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の175群捕獲反応率エネルギー分布の比較	74
図3-59	ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の175群核分裂反応率エネルギー分布の比較	75

### III. 汎用炉定数作成システムの整備

図2-1	汎用炉定数作成システムの処理フロー	79
図6-1	ZPPR-9炉心RZ解析モデル	104
図6-2	PEACO モジュールの非均質セル計算で使用する1次元円筒炉心モデル	104
図6-3	ZPPR-9炉心の全中性子束分布の共鳴断面積計算法依存性	105
図6-4	ZPPR-9炉心のU-235捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	106
図6-5	ZPPR-9炉心のU-235核分裂反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	107
図6-6	ZPPR-9炉心のU-238捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	108
図6-7	ZPPR-9炉心のU-238核分裂反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	109
図6-8	ZPPR-9炉心のPu-239捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	110
図6-9	ZPPR-9炉心のPu-239核分裂反応率分布の共鳴断面積計算法依存性	111

図6-10 ZPPR-9炉心の全中性子束分布のライブラリー依存性 .....	112
図6-11 ZPPR-9炉心のU-235捕獲反応率分布のライブラリー依存性 .....	113
図6-12 ZPPR-9炉心のU-235核分裂反応率分布のライブラリー依存性 .....	114
図6-13 ZPPR-9炉心のU-238捕獲反応率分布のライブラリー依存性 .....	115
図6-14 ZPPR-9炉心のU-238核分裂反応率分布のライブラリー依存性 .....	116
図6-15 ZPPR-9炉心のPu-239捕獲反応率分布のライブラリー依存性 .....	117
図6-16 ZPPR-9炉心のPu-239核分裂反応率分布のライブラリー依存性 .....	118
図6-17 ZPPR-9炉心のNaボイド領域中性子スペクトルの共鳴断面積計算法依存性(標準状態) ..	119
図6-18 ZPPR-9炉心のNaボイド領域中性子スペクトルの共鳴断面積計算法依存性 (Naボイド標準状態) .....	120
図6-19 ZPPR-9炉心のNaボイド領域中性子スペクトルのライブラリー依存性(標準状態) .....	121
図6-20 ZPPR-9炉心のNaボイド領域中性子スペクトルのライブラリー依存性 (Naボイド標準状態) .....	122
図6-21 ZPPR-9炉心の内側炉心中性子スペクトルの決定論手法とMVPコードの比較(1) .....	123
図6-22 ZPPR-9炉心の内側炉心中性子スペクトルの決定論手法とMVPコードの比較(2) .....	124
図6-23 ZPPR-9炉心の内側炉心のU-238捕獲断面積の決定論手法とMVPコードの比較 .....	125
図6-24 ZPPR-9炉心の内側炉心のU-238捕獲断反応率の決定論手法とMVPコードの比較 .....	126
図7-1 SCFセル平均中性子スペクトルの共鳴断面積計算法依存性 .....	132
図7-2 LRBセル平均中性子スペクトルの共鳴断面積計算法依存性 .....	133
図7-3 SCFセル平均中性子スペクトルのライブラリー依存性(1) .....	134
図7-4 LRBセル平均中性子スペクトルのライブラリー依存性(1) .....	135
図7-5 SCFセル平均中性子スペクトルのライブラリー依存性(2) .....	136
図7-6 LRBセル平均中性子スペクトルのライブラリー依存性(2) .....	137
図7-7 SCFセル平均実効核分裂巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性 .....	138
図7-8 SCFセル平均実効捕獲巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性 .....	139
図7-9 SCFセル平均実効弹性散乱巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性 .....	140
図7-10 LRBセル平均実効核分裂巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性 .....	141
図7-11 LRBセル平均実効捕獲巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性 .....	142
図7-12 LRBセル平均実効弹性散乱巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性 .....	143
図7-13 SCFセル平均実効核分裂巨視的断面積のライブラリー依存性(1) .....	144
図7-14 SCFセル平均実効捕獲巨視的断面積のライブラリー依存性(1) .....	145
図7-15 SCFセル平均実効弹性散乱巨視的断面積のライブラリー依存性(1) .....	146
図7-16 LRBセル平均実効核分裂巨視的断面積のライブラリー依存性(1) .....	147
図7-17 LRBセル平均実効捕獲巨視的断面積のライブラリー依存性(1) .....	148
図7-18 LRBセル平均実効弹性散乱巨視的断面積のライブラリー依存性(1) .....	149
図7-19 SCFセル平均実効核分裂巨視的断面積のライブラリー依存性(2) .....	150
図7-20 SCFセル平均実効捕獲巨視的断面積のライブラリー依存性(2) .....	151

図7-21	SCFセル平均実効弾性散乱巨視的断面積のライブラリー依存性(2) .....	152
図7-22	LRBセル平均実効核分裂巨視的断面積のライブラリー依存性(2) .....	153
図7-23	LRBセル平均実効捕獲巨視的断面積のライブラリー依存性(2) .....	154
図7-24	LRBセル平均実効弾性散乱巨視的断面積のライブラリー依存性(2) .....	155
図7-25	SCFセル平均核分裂反応率の共鳴断面積計算法依存性 .....	156
図7-26	SCFセル平均捕獲反応率の共鳴断面積計算法依存性 .....	157
図7-27	SCFセル平均弾性散乱反応率の共鳴断面積計算法依存性 .....	158
図7-28	LRBセル平均核分裂反応率の共鳴断面積計算法依存性 .....	159
図7-29	LRBセル平均捕獲反応率の共鳴断面積計算法依存性 .....	160
図7-30	LRBセル平均弾性散乱反応率の共鳴断面積計算法依存性 .....	161
図7-31	SCFセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(1) .....	162
図7-32	SCFセル平均捕獲反応率のライブラリー依存性(1) .....	163
図7-33	SCFセル平均弾性散乱反応率のライブラリー依存性(1) .....	164
図7-34	LRBセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(1) .....	165
図7-35	LRBセル平均捕獲反応率のライブラリー依存性(1) .....	166
図7-36	LRBセル平均弾性散乱反応率のライブラリー依存性(1) .....	167
図7-37	SCFセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(2) .....	168
図7-38	SCFセル平均捕獲反応率のライブラリー依存性(2) .....	169
図7-39	SCFセル平均弾性散乱反応率のライブラリー依存性(2) .....	170
図7-40	LRBセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(2) .....	171
図7-41	LRBセル平均捕獲反応率のライブラリー依存性(2) .....	172
図7-42	LRBセル平均弾性散乱反応率のライブラリー依存性(2) .....	173
図7-43	LRBセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(3) .....	174
図7-44	LRBセル平均中性子スペクトルのライブラリー依存性(3) .....	175
図7-45	LRBセル平均実効核分裂巨視的断面積のライブラリー依存性(3) .....	176
図7-46	PEACOモジュールによるSCFセルの超微細群スペクトル .....	177
図7-47	PEACOモジュールによるLRBセルの超微細群スペクトル .....	178

## I. まえがき

平成8年から平成9年までの2年間実施した「核設計基本データの解析」研究<sup>1)</sup>では、従来の決定論手法とは全く異なる統計的原理に基づく連続エネルギーモンテカルロ手法を用いて、均質炉心であるZPPR-10A炉心および径方向非均質炉心であるZPPR-13A炉心の臨界性、及び反応率の解析を実施した。そして、連続エネルギーモンテカルロ手法を用いて得られた解析結果と、核燃料サイクル開発機構殿で使用されている決定論手法であるJUPITER標準解析手法による解析結果を比較検討した。

また、昨年度の「核設計基本データの解析(III)」<sup>2)</sup>研究では、連続エネルギーモンテカルロ手法における反応率分布計算結果の統計誤差低減を図る目的でZPPR-13A炉心を対象に、2次元RZ均質炉心モデルを用い、JUPITER標準解析手法と連続エネルギーモンテカルロ手法による反応率分布解析結果の比較検討を実施した。しかしながら、F-table内挿法による共鳴実効断面積計算精度が悪く、決定論手法による反応率分布解析の問題点を十分に明らかにするには至らなかった。

そこで、本研究では、共鳴実効断面積計算の高精度化を実現する為、昨年度の「核設計基本データの解析(III)」研究で開発した汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOをJUPITER標準解析システムでのセル計算コードSLAROM<sup>3)</sup>でも使用できるようにSLAROMコードを改良し、JUPITER標準解析手法と連続エネルギーモンテカルロ手法による反応率分布解析結果の比較検討を再度実施する。そして、決定論手法による反応率分布解析の問題点を明らかにし、マルチバンド法<sup>4)</sup>(欧州ではサブグループ法)をJUPITER標準解析手法に採用すべきか、汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOの採用で精度の高い反応率分布解析が可能かどうかの結論を導き出す。

さらには次世代炉定数の整備の一環として、「核設計基本データの解析」研究で整備したPENDF作成システム(LINEAR-RECENT-SIGMA1)と炉定数作成コードNJOYを使用し、炉定数を簡単に作成できるように炉定数作成の為の前処理および後処理コードを作成する。そして、これらの開発ユーティリティコードとPENDF作成システム、炉定数作成コードNJOYを使用し、新たにJFS-3-J3.2ライブラリーを作成する。この新JFS3-J3.2ライブラリーの核特性計算精度を確認するため、新JFS3-J3.2ライブラリーを用いて2次元RZ均質炉心モデルで、ZPPR-9炉心の解析を実施し、これまで使用してきたJFS3-J3.2ライブラリーによる計算結果と新JFS3-J3.2ライブラリーによる計算結果を比較検討する。同時に、このZPPR-9炉心解析では、汎用超詳微細スペクトル計算モジュールPEACOを用いる計算も実施し、共鳴実効断面積計算の高精度化がもたらす核特性計算結果への影響を把握する。

## II. 超微細群共鳴断面積計算システムの性能評価

### 1. はじめに

昨年度の「核設計基本データの解析(III)」研究では、連続エネルギーモンテカルロ手法における反応率分布計算結果の統計誤差低減を図る目的でZPPR-13A炉心を対象に、2次元RZ均質炉心モデルを用い、JUPITER標準解析手法と連続エネルギーモンテカルロ手法による反応率分布解析結果の比較検討を実施した。しかしながら、両者の結果の比較からは、決定論手法による反応率分布解析の問題点を十分に明らかにするには至らなかった。即ち、F-table内挿法による共鳴実効断面積計算精度が悪く、JUPITER標準解析手法自体に問題があるのか、共鳴実効断面積計算精度を向上させればJUPITER標準解析手法には問題が無いのかが判断できなかった。

そこで、本研究では、共鳴実効断面積計算の高精度化を実現する為、「核設計基本データの解析(III)」研究で開発した汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOをJUPITER標準解析システムでのセル計算コードSLAROMでも使用できるようにSLAROMコードを改良し、JUPITER標準解析手法と連続エネルギーモンテカルロ手法による反応率分布解析結果の比較検討を再度実施する。そして、JUPITER標準解析手法に代表される決定論手法の問題点を明らかにし、その解決方法を検討する。

### 2. SLAROMコードの改良

「核設計基本データの解析(III)」研究で開発した汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOはSRAC95コード<sup>5)</sup>のPEACOモジュールを改良したものであるため、SRAC95コードでしか利用できない。そこで、この改良PEACOモジュールを利用できるようにSLAROMコードの改良を実施した。

SLAROMコードでのPEACOモジュールは、「核設計基本データの解析(III)」研究で整備したSRAC95コードのPublic MCORSSライブラリーを利用するようになっており、新たなPublic MCORSSライブラリーを作成する必要はない。また、計算機能はSRAC95コードの汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOと同じである。例えば、汎用超微細群スペクトル計算の上限エネルギー(40.868keV)や、Na-23とFe,Cr等の構造核種が共鳴核種として取り扱える点などである。また、共鳴物質数制限はなく、温度も基準温度(20°C)以上であれば自由に指定できる。

改良SLAROMコードのPEACOモジュールがSRAC95コードと異なる点は、均質セルの超微細群スペクトル計算ではPij入力を必要としない事である。SRAC95コードで均質セルの超微細群スペクトル計算を行うには、1領域からなるPij入力を用意しなければならない。

### 3. ZPPR-13A炉心解析

#### 3.1 解析炉心の計算モデルについて

ZPPR-13A炉心解析で採用した計算モデルは2次元均質RZモデルである。このモデルは「核設計基本データの解析(III)」研究でのモデルと全く同じであるので、その説明は省略可能であるが、便宜上、敢えて同じ内容を記述する。尚、これらの計算モデル作成においては「核設計基本データベースの整備(VI)－JUPITER-II実験データ集一」<sup>6)</sup>を参照した。

本解析では、文献6に記載されているZPPR-13A炉心の均質組成を用い、同じく文献6の161頁に示されている2次元均質RZモデルを使用する。図3-1にはZPPR-13A炉心の2次元RZモデルを示す。

次に反応率分布計算のための33個の反応率分布計算領域について説明する。反応率計算領域としては、実験を模擬するため  $Z=5.08844-10.17688\text{cm}$  の位置の半径方向に径方向ブランケット領域まで33領域を設定した。これらの領域分割を表3-1に示す。これらの領域は連続エネルギーモンテカルロ手法による解析では当該領域でタリ一領域を設ける領域であり、標準手法ではメッシュ分割が領域境界で行なわれる事を示す。

表3-1 反応率計算領域

領域No.	組成	内側半径(cm)	外側半径(cm)	領域No.	組成	内側半径(cm)	外側半径(cm)
1	IB	0.00000	5.08983	18	CORE	84.35420	89.24060
2	IB	5.08983	10.17967	19	CORE	89.24060	94.12700
3	IB	10.17967	15.26950	20	IB	94.12700	99.10000
4	IB	15.26950	20.35933	21	IB	99.10000	104.07300
5	IB	20.35933	25.44917	22	IB	104.07300	109.04600
6	IB	25.44917	30.53900	23	CORE	109.04600	114.38050
7	CORE	30.53900	35.22840	24	CORE	114.38050	119.71500
8	CORE	35.22840	39.91780	25	CORE	119.71500	125.04950
9	CORE	39.91780	44.60720	26	CORE	125.04950	130.38400
10	CORE	44.60720	49.29660	27	CORE	130.38400	135.71850
11	CORE	49.29660	53.98600	28	CORE	135.71850	141.05300
12	IB	53.98600	59.22233	29	RB	141.05300	146.13320
13	IB	59.22233	64.45867	30	RB	146.13320	151.21340
14	IB	64.45867	69.69500	31	RB	151.21340	156.29360
15	CORE	69.69500	74.58140	32	RB	156.29360	161.37380
16	CORE	74.58140	79.46780	33	RB	161.37380	166.45400
17	CORE	79.46780	84.35420				

### 3.2 解析項目

本解析での解析項目を以下に箇条書きで示す。

- ・固有値
- ・全中性子束分布（反応率分布を計算する径方向分布）
- ・U-235径方向捕獲反応率分布と径方向核分裂反応率分布
- ・U-238径方向捕獲反応率分布と径方向核分裂反応率分布
- ・Pu-239径方向捕獲反応率分布と径方向核分裂反応率分布

また、検討項目を下に箇条書きで示す。

- ・共鳴実効断面積計算法の効果
- ・メッシュ分割の効果
- ・高次の非等方散乱成分の効果
- ・ライブラリー群数の効果

本解析では、群数効果を見るため、従来使用してきた70群のJFS3-J3.2ライブラリーの他に、JFS3-175群ライブラリーを使用する。JFS3-175群ライブラリーはVITAMIN-E-174群<sup>7)</sup>に1群(12.84MeVにエネルギー境界)が加えられたVITAMIN-J-175群ライブラリーのエネルギー構造であり、その上限エネルギーは20MeVである。鉄のウィングや酸素等の構造を考慮した高エネルギー分割が細かいエネルギー構造である。

### 3.3 解析方法

決定論手法の解析では、改良SLAROMコードとTWODANTコード<sup>8)</sup>を使用する。そして、連続エネルギーモンテカルロ手法の解析では、日本原子力研究所で開発され国内で広く利用されているMVPコード<sup>9)</sup>を使用する。尚、決定論手法と連続エネルギーモンテカルロ手法による計算結果の比較では、その中性束の定義により何らかの規格化が必要となるが、TWODANTコードとMVPコードとも中性子束の定義法(1線源粒子に対する中性子束)が同じであるので、中性束の規格化は不要である事を述べておく。

#### (1) 決定論手法での計算方法

決定論手法では、改良SLAROMコードを用い均質セル計算で実効巨視的断面積および実効微視的断面積を求める。そして、TWODANTコードにより輸送計算を実施し、その固有値と中性子束分布を求め3.1で示した33領域の反応率分布を求める。

##### ① セル計算手法

セル計算では、実効断面積計算手法としては3種類の方法を用いる。即ち、

- ・均質セルモデルでF-table内挿法を使用する従来方法(FTAB-HM手法と呼称する)
- ・均質セルモデルでPEACOモジュールによる超微細群スペクトル計算を行う方法(PCO-HM手法と呼称する)
- ・PEACOモジュールにより図3-2に示す均質組成の1次元円筒炉心モデルで非均質超微細群スペクトル計算を行い実効共鳴断面積を求める方法(PCO-HT手法と呼称する)

である。

## ② 炉心計算での計算仕様

炉心計算は図3-1で示した2次元RZモデルを使用し、TWODANTコードにより70群あるいは175群輸送計算を実施する。「核設計基本データの解析(III)」研究での検討結果から基準のSnおよびp1オーダーはS8P3とする。また、炉心計算でのメッシュ分割は表3-2に示す3種類を採用し、メッシュ分割効果を検討する。なお、基準メッシュ分割としてはMESH3を採用する。この基準メッシュ分割は、従来の分割と比較すると、径方向で3倍、Z方向で2倍のメッシュ数となっている。

表3-2 炉心計算でのメッシュ分割数

内側半径 (cm)	外側半径 (cm)	Case ID		
		MESH1	MESH2	MESH3
0.0000	5.0898	1	2	3
5.0898	10.1797	1	2	3
10.1797	15.2695	1	2	3
15.2695	20.3593	1	2	3
20.3593	25.4492	1	2	3
25.4492	30.5390	1	2	3
30.5390	35.2284	1	2	3
35.2284	39.9178	1	2	3
39.9178	44.6072	1	2	3
44.6072	49.2966	1	2	3
49.2966	53.9860	1	2	3
53.9860	59.2223	1	2	3
59.2223	64.4587	1	2	3
64.4587	69.6950	1	2	3
69.6950	74.5814	1	2	3
74.5814	79.4678	1	2	3
79.4678	84.3542	1	2	3
84.3542	89.2406	1	2	3
89.2406	94.1270	1	2	3
94.1270	99.1000	1	2	3
99.1000	104.0730	1	2	3
104.0730	109.0460	1	2	3
109.0460	114.3805	1	2	3
114.3805	119.7150	1	2	3
119.7150	125.0495	1	2	3
125.0495	130.3840	1	2	3
130.3840	135.7185	1	2	3
135.7185	141.0530	1	2	3
141.0530	146.1332	1	2	3
146.1332	151.2134	1	2	3
151.2134	156.2936	1	2	3
156.2936	161.3738	1	2	3
161.3738	166.4540	1	2	3
166.4540	172.2128	1	2	3
172.2128	177.9715	1	2	3
177.9715	183.7303	1	2	3
183.7303	189.4890	1	2	3
下限Z位置 (cm)	上限Z位置 (cm)	MESH1	MESH2	MESH3
0.000	45.796	9	18	18
45.796	71.196	5	10	10
71.196	78.816	2	4	4
78.816	91.516	2	5	5
91.516	106.800	3	6	6

### 3.4 MVPコード計算条件

本解析でのMVPコード計算条件を以下に述べる。

- ① 1バッチ当たりのヒストリー数は3万とし、捨てバッチは5(15万ヒストリー)とする。
- ② 解析は5000万ヒストリー以上とする。
- ③ ETOP(計算するエネルギーの上限)は20.0MeVとする。
- ④ EBOT(計算するエネルギーの下限)は2.0eVとする。
- ⑤ ETHMAX(熱中性子散乱を考慮するエネルギーの上限)は0.625eVのデフォルト値を用いる。即ち、本計算では熱中性子散乱は結果的に考慮しない。
- ⑥ EWCUT(analog的な吸収の取り扱いの上限エネルギー)は5KeVとする。
- ⑦ 使用ライブラリーはJENDL-3.2から作成されたものを使用する。
- ⑧ 解析温度は300 kelvin である。
- ⑨ 分散低減法としてはRussian-Roulette kill のみを使用する。
- ⑩ 本報告書で述べる統計誤差は特別に述べない限り $1\sigma$ に対するものとする。
- ⑪ 反応率分布計算の為に径方向ブランケット領域にはPu-239を $10^{-15}$ (単位： $10^{24}/cc$ )の個数密度で混在させる。

MVPコードによる解析は、「核設計基本データの解析(III)」研究での経験を生かし、ヒストリー数を多くすると共に、計算を2回実施し、計算結果としては2回の計算値の平均値を用いることにより、計算結果の統計誤差低減を図る。そして、タリーのエネルギー群構造としてJFS3ライブラリーの70群に対応する51群(統計誤差の大きい群をまとめて群数を減らしたもの)と、JFS3-175群ライブラリーを模擬する142群(統計誤差の大きい群をまとめて群数を減らしたもの)の2種類を採用する。即ち、2回の計算の内、一方には51群のタリーエネルギー群構造を、他方には142群のタリーエネルギー群構造を使用する。

### 3.5 炉心解析の実施

#### (1) 解析結果

計算結果を下記の図表に示す。

表3-3	実効増倍率の計算結果
表3-4～10	全中性子束と反応率分布におけるライブラリ一群数の効果
図3-3～9	全中性子束と反応率分布における共鳴断面積計算法の効果
図3-10～16	全中性子束と反応率分布におけるメッシュ分割法の効果
図3-17～23	全中性子束と反応率分布における高次の非等方散乱成分の効果
図3-24～30	全中性子束と反応率分布におけるライブラリ一群数の効果

#### (2) 検討

##### ① 共鳴断面積計算法の効果

「共鳴断面積計算法の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- ・表3-3より臨界性に与える「共鳴断面積計算法の効果」は小さく、MVPコードの結果とも0.22%以内で一致する。
- ・図3-3に示すようにPEACOによる方法は炉心中心領域の全中性子束分布をMVPコードの結果に近づける。
- ・図3-4～9より、U-238核分裂反応率分布を除けばPEACOの方法を使用するほうがMVPコードの結果との一致性が良く、PCO-HT法は内側ブランケット領域反応率をよりMVPコードの結果に近づける。
- ・全中性子束分布および反応率分布とも、70群のTWODANT計算結果/MVPコード計算結果の値はどの共鳴断面積計算法を使用しても1%以上の差がある領域が存在する。

##### ② メッシュ分割法の効果

「メッシュ分割法の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- ・表3-3より臨界性に与える「メッシュ分割法の効果」は小さく、MVPコードの結果とも0.20%以内で一致する。
- ・図3-10に示すようにメッシュ分割を細かくすると、TWODANT計算結果/MVPコード計算結果の分布は滑らかな変化となる。
- ・図3-11～16より、反応率分布では「メッシュ分割法の効果」が存在し、1インチ以下のメッシュ分割であれば、物質境界近傍のTWODANT計算結果/MVPコード計算結果の分布は改善され、TWODANT計算結果/MVPコード計算結果の分布も滑らかになる。
- ・図3-14より、U-238核分裂反応率分布では「メッシュ分割法の効果」は大きく、1インチ以下のメッシュ分割を使用すれば、MVPコード計算結果との一致性は大幅に改善される。
- ・全中性子束分布および反応率分布とも、70群のTWODANT計算結果/MVPコード計算結果の値はメッシュ分割を細かくしても1%以上の差がある領域が存在する。

### ③ 高次の非等方散乱成分の効果

「高次の非等方散乱成分の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- ・表3-3より臨界性に与える「高次の非等方散乱成分の効果」は小さく、MVPコードの結果とも0.20%以内で一致する。
- ・図3-17に示すように全中性子束分布に与える「高次の非等方散乱成分の効果」は小さい。
- ・図3-18～23より、U-238核分裂反応率分布を除けば、反応率分布に与える「高次の非等方散乱成分の効果」は小さい。
- ・図3-21に示すようにU-238核分裂反応率分布では、ブランケット領域で「高次の非等方散乱成分の効果」が最大0.7%程ある。
- ・全中性子束分布および反応率分布とも、70群のTWODANT計算結果/MVPコード計算結果の値は高次の非等方散乱成分を考慮しても、1%以上の差がある領域が存在する。

### ④ ライブラリー群数の効果

「ライブラリー群数の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- ・表3-3より臨界性に与える「ライブラリー群数の効果」は小さく、MVPコードの結果とも0.20%以内で一致する。
- ・図3-24および表3-4に示すように全中性子束分布に与える「ライブラリー群数の効果」はあり、175群ライブラリーの計算結果は、よりMVPコード計算結果に近づき、175群のTWODANT計算結果/MVPコード計算結果の値は、平均で1.0015であり、標準偏差も0.5%と小さい。
- ・図3-25～30および表3-5～10より、反応率分布に与える「ライブラリー群数の効果」は大きく、175群ライブラリーを使用すると、炉心中心と径方向ブランケットの径遮蔽体近傍を除けば、TWODANT計算結果/MVPコード計算結果の値は1%以内で一致し、その平均値は0.9965～1.0016であり、その標準偏差も0.67%以下である。

次に何故70群計算では反応率分布計算精度が悪いかを検討する。70群ライブラリーを使用した場合の内側から17番目の領域(炉心)の中性子スペクトル、U-235, U238, Pu-239の実効微視的断面積、反応率エネルギー分布をMVPコードの計算結果と比較した図を図3-31～44に示す。また、175群ライブラリーを使用した場合の同様の比較図を図3-45～59に示す。これらの図から、70群計算結果がMVPのそれと差が大きい原因は、実効微視的断面積の計算精度にあるのではなく、図3-31に示すように約30keV以上の中性子スペクトルに差があるからである。175群ライブラリーでは40.868keV以上に114群もの群が存在し、図3-46で明らかのように決定論手法で計算される中性子スペクトルとMPVコードによる中性子スペクトルの一貫性が格段に向上するのである。また、この高エネルギーでのスペクトルの構造を決めているのはFeに代表される構造材核種と酸素の断面積であると推測される。

(3) まとめ

(2)の検討の結果をまとめると以下のようになる。

- ・決定論手法とモンテカルロ手法により計算される固有値の差は小さく、両者の差は0.22%以下である。
- ・PEACOモジュールによる共鳴実効断面積計算をおこなえば、得られる断面積は十分な精度を持つ。
- ・PEACOモジュールを採用すればマルチバンド法を採用する必要はなく、かつ、PEACOモジュールには任意温度で計算ができる事および異核種間の共鳴干渉効果を正確に考慮できる利点がある。
- ・40keV以上のエネルギー群構造を細かくしたJFS3タイプのライブラリーを使用すれば、反応率分布計算精度を大幅に改善でき、決定論手法とモンテカルロ手法により計算される反応率の差を1%以下にする事が可能である。
- ・ZPPR-13A炉心は径方向非均質炉心であるため、径方向反応率分布計算ではメッシュを細かくする必要性があり、実効断面積計算においても、PEACOモジュールを使用して、領域間の干渉効果を取り入れた非均質モデルによる計算が必要である。

表3-3 2次元均質RZ炉心モデルによるZPPR-13Aの計算固有値

計算手法	ライブラリー & Sn-Pt order	共鳴実効 断面積の 計算法	メッシュ 分割法	固有値	輸送計算/MVPの平均値
輸送計算	JFS3-70群 S8P3	FTAB-HM PCO-HM PCO-HT	MESH3 MESH3 MESH3	0.98633 0.98604 0.98614	1.0022 1.0019 1.0020
	JFS3-70群 S8P3	PCO-HT PCO-HT PCO-HT	MESH1 MESH2 MESH3	0.98483 0.98596 0.98614	1.0007 1.0018 1.0020
	JFS3-70群 S16P5	PCO-HT	MESH3	0.98587	1.0017
	JFS3-175群 S8P3	PCO-HT	MESH3	0.98563	1.0015
モンテカルロ 手法	連続エネルギー			0.98422±0.0066% 0.98415±0.0061% 0.98419±0.0045%	6150万ヒストリー 7065万ヒストリー 平均

表3-4 全中性子束分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較

内側半径(cm)	外側半径(cm)	MVP	error (%)	175G-PC0-HT MESH3	70G-PC0-HT MESH3	175g/MVP	70g/MVP
0.000	5.090	2.7090E-05	0.019	2.6885E-05	2.6523E-05	0.9924	0.9791
5.090	10.180	2.8517E-05	0.020	2.8310E-05	2.7941E-05	0.9927	0.9798
10.180	15.269	3.1318E-05	0.020	3.1132E-05	3.0753E-05	0.9941	0.9820
15.269	20.359	3.5537E-05	0.020	3.5336E-05	3.4945E-05	0.9943	0.9833
20.359	25.449	4.1080E-05	0.020	4.0847E-05	4.0445E-05	0.9943	0.9846
25.449	30.539	4.7849E-05	0.020	4.7607E-05	4.7214E-05	0.9950	0.9867
30.539	35.228	5.4733E-05	0.020	5.4476E-05	5.4170E-05	0.9953	0.9897
35.228	39.918	5.8769E-05	0.020	5.8591E-05	5.8334E-05	0.9970	0.9926
39.918	44.607	6.0999E-05	0.020	6.0853E-05	6.0608E-05	0.9976	0.9936
44.607	49.297	6.1587E-05	0.020	6.1496E-05	6.1248E-05	0.9985	0.9945
49.297	53.986	6.0806E-05	0.020	6.0703E-05	6.0406E-05	0.9983	0.9934
53.986	59.222	5.8650E-05	0.020	5.8594E-05	5.8189E-05	0.9991	0.9921
59.222	64.459	5.9029E-05	0.020	5.8970E-05	5.8554E-05	0.9990	0.9920
64.459	69.695	6.2413E-05	0.020	6.2422E-05	6.2054E-05	1.0002	0.9943
69.695	74.581	6.7520E-05	0.020	6.7640E-05	6.7424E-05	1.0018	0.9986
74.581	79.468	7.0147E-05	0.020	7.0403E-05	7.0270E-05	1.0037	1.0017
79.468	84.354	7.0797E-05	0.020	7.1099E-05	7.0993E-05	1.0043	1.0028
84.354	89.241	6.9528E-05	0.020	6.9861E-05	6.9761E-05	1.0048	1.0034
89.241	94.127	6.6532E-05	0.020	6.6826E-05	6.6675E-05	1.0044	1.0022
94.127	99.100	6.1758E-05	0.020	6.2008E-05	6.1749E-05	1.0041	0.9999
99.100	104.073	5.9114E-05	0.020	5.9344E-05	5.9095E-05	1.0039	0.9997
104.073	109.046	5.9270E-05	0.020	5.9557E-05	5.9385E-05	1.0048	1.0019
109.046	114.380	6.1430E-05	0.020	6.1781E-05	6.1784E-05	1.0057	1.0058
114.380	119.715	6.1544E-05	0.020	6.1976E-05	6.2070E-05	1.0070	1.0085
119.715	125.049	5.9535E-05	0.020	5.9977E-05	6.0098E-05	1.0074	1.0095
125.049	130.384	5.5400E-05	0.020	5.5826E-05	5.5942E-05	1.0077	1.0098
130.384	135.718	4.9314E-05	0.020	4.9716E-05	4.9797E-05	1.0082	1.0098
135.718	141.053	4.1736E-05	0.020	4.1993E-05	4.1995E-05	1.0062	1.0062
141.053	146.133	3.2563E-05	0.020	3.2744E-05	3.2648E-05	1.0056	1.0026
146.133	151.213	2.4424E-05	0.020	2.4562E-05	2.4456E-05	1.0057	1.0013
151.213	156.294	1.8030E-05	0.020	1.8122E-05	1.8029E-05	1.0051	0.9999
156.294	161.374	1.3178E-05	0.020	1.3244E-05	1.3175E-05	1.0050	0.9998
161.374	166.454	9.7532E-06	0.020	9.8100E-06	9.7811E-06	1.0058	1.0029
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の平均値						1.0015	0.9971
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の標準偏差						0.50%	0.88%
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最大値						1.0082	1.0098
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最小値						0.9924	0.9791

表3-5 U-235捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較

内側半径(cm)	外側半径(cm)	MVP	error (%)	175G-PC0-HT MESH3	70G-PC0-HT MESH3	175g/MVP	70g/MVP
0.000	5.090	2.7309E-05	0.604	2.6992E-05	2.6693E-05	0.9884	0.9774
5.090	10.180	2.7861E-05	0.389	2.7494E-05	2.7209E-05	0.9868	0.9766
10.180	15.269	2.8622E-05	0.290	2.8390E-05	2.8130E-05	0.9919	0.9828
15.269	20.359	2.9611E-05	0.230	2.9456E-05	2.9237E-05	0.9948	0.9874
20.359	25.449	3.0466E-05	0.181	3.0321E-05	3.0156E-05	0.9952	0.9898
25.449	30.539	3.0546E-05	0.141	3.0387E-05	3.0300E-05	0.9948	0.9919
30.539	35.228	2.9565E-05	0.112	2.9333E-05	2.9372E-05	0.9921	0.9935
35.228	39.918	2.9656E-05	0.098	2.9446E-05	2.9551E-05	0.9929	0.9964
39.918	44.607	3.0479E-05	0.090	3.0290E-05	3.0417E-05	0.9938	0.9980
44.607	49.297	3.1727E-05	0.084	3.1562E-05	3.1687E-05	0.9948	0.9987
49.297	53.986	3.3837E-05	0.082	3.3706E-05	3.3792E-05	0.9961	0.9987
53.986	59.222	3.7268E-05	0.087	3.7241E-05	3.7237E-05	0.9993	0.9992
59.222	64.459	3.8964E-05	0.085	3.8978E-05	3.8964E-05	1.0004	1.0000
64.459	69.695	3.8462E-05	0.076	3.8474E-05	3.8513E-05	1.0003	1.0013
69.695	74.581	3.6104E-05	0.065	3.6092E-05	3.6260E-05	0.9996	1.0043
74.581	79.468	3.5030E-05	0.060	3.5025E-05	3.5260E-05	0.9999	1.0066
79.468	84.354	3.4776E-05	0.057	3.4784E-05	3.5040E-05	1.0002	1.0076
84.354	89.241	3.4921E-05	0.055	3.4955E-05	3.5209E-05	1.0010	1.0083
89.241	94.127	3.5857E-05	0.057	3.5939E-05	3.6151E-05	1.0023	1.0082
94.127	99.100	3.7880E-05	0.062	3.8050E-05	3.8176E-05	1.0045	1.0078
99.100	104.073	3.7928E-05	0.064	3.8200E-05	3.8321E-05	1.0072	1.0104
104.073	109.046	3.6037E-05	0.059	3.6247E-05	3.6417E-05	1.0059	1.0106
109.046	114.380	3.2371E-05	0.053	3.2504E-05	3.2787E-05	1.0041	1.0128
114.380	119.715	2.9784E-05	0.050	2.9900E-05	3.0236E-05	1.0039	1.0152
119.715	125.049	2.7706E-05	0.051	2.7852E-05	2.8196E-05	1.0053	1.0177
125.049	130.384	2.5584E-05	0.051	2.5733E-05	2.6055E-05	1.0058	1.0184
130.384	135.718	2.3367E-05	0.053	2.3490E-05	2.3761E-05	1.0053	1.0169
135.718	141.053	2.1466E-05	0.060	2.1535E-05	2.1721E-05	1.0032	1.0119
141.053	146.133	2.0134E-05	0.078	2.0213E-05	2.0294E-05	1.0039	1.0079
146.133	151.213	1.7920E-05	0.094	1.8000E-05	1.8034E-05	1.0045	1.0064
151.213	156.294	1.5554E-05	0.115	1.5584E-05	1.5598E-05	1.0020	1.0029
156.294	161.374	1.3718E-05	0.146	1.3718E-05	1.3733E-05	1.0000	1.0011
161.374	166.454	1.3314E-05	0.185	1.3318E-05	1.3363E-05	1.0003	1.0037
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の平均値						0.9994	1.0021
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の標準偏差						0.54%	1.08%
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最大値						1.0072	1.0184
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最小値						0.9868	0.9766

表3-6 U-235核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較

内側半径(cm)	外側半径(cm)	MVP	error (%)	175G-PC0-HT MESH3	70G-PC0-HT MESH3	175g/MVP	70g/MVP
0.000	5.090	7.9991E-05	0.475	7.9206E-05	7.8312E-05	0.9902	0.9790
5.090	10.180	8.2038E-05	0.302	8.1266E-05	8.0398E-05	0.9906	0.9800
10.180	15.269	8.5606E-05	0.225	8.5136E-05	8.4322E-05	0.9945	0.9850
15.269	20.359	9.0534E-05	0.175	9.0353E-05	8.9622E-05	0.9980	0.9899
20.359	25.449	9.6364E-05	0.140	9.6132E-05	9.5510E-05	0.9976	0.9911
25.449	30.539	1.0175E-04	0.113	1.0137E-04	1.0091E-04	0.9962	0.9917
30.539	35.228	1.0540E-04	0.090	1.0486E-04	1.0470E-04	0.9949	0.9934
35.228	39.918	1.0888E-04	0.080	1.0843E-04	1.0843E-04	0.9959	0.9959
39.918	44.607	1.1234E-04	0.073	1.1199E-04	1.1205E-04	0.9969	0.9973
44.607	49.297	1.1541E-04	0.068	1.1513E-04	1.1518E-04	0.9976	0.9981
49.297	53.986	1.1903E-04	0.067	1.1882E-04	1.1878E-04	0.9982	0.9979
53.986	59.222	1.2390E-04	0.070	1.2402E-04	1.2376E-04	1.0009	0.9988
59.222	64.459	1.2758E-04	0.068	1.2779E-04	1.2751E-04	1.0017	0.9995
64.459	69.695	1.2929E-04	0.061	1.2952E-04	1.2938E-04	1.0018	1.0007
69.695	74.581	1.2899E-04	0.052	1.2923E-04	1.2942E-04	1.0018	1.0033
74.581	79.468	1.2901E-04	0.047	1.2936E-04	1.2973E-04	1.0027	1.0056
79.468	84.354	1.2904E-04	0.046	1.2942E-04	1.2986E-04	1.0029	1.0063
84.354	89.241	1.2825E-04	0.043	1.2875E-04	1.2919E-04	1.0038	1.0073
89.241	94.127	1.2757E-04	0.045	1.2817E-04	1.2852E-04	1.0047	1.0075
94.127	99.100	1.2737E-04	0.049	1.2817E-04	1.2830E-04	1.0062	1.0073
99.100	104.073	1.2528E-04	0.050	1.2623E-04	1.2638E-04	1.0076	1.0088
104.073	109.046	1.2156E-04	0.047	1.2243E-04	1.2272E-04	1.0072	1.0096
109.046	114.380	1.1624E-04	0.041	1.1692E-04	1.1753E-04	1.0059	1.0111
114.380	119.715	1.1106E-04	0.039	1.1176E-04	1.1253E-04	1.0064	1.0133
119.715	125.049	1.0513E-04	0.040	1.0590E-04	1.0670E-04	1.0074	1.0150
125.049	130.384	9.7411E-05	0.041	9.8160E-05	9.8911E-05	1.0077	1.0154
130.384	135.718	8.7925E-05	0.042	8.8602E-05	8.9223E-05	1.0077	1.0148
135.718	141.053	7.7853E-05	0.047	7.8298E-05	7.8696E-05	1.0057	1.0108
141.053	146.133	6.7625E-05	0.060	6.8026E-05	6.8154E-05	1.0059	1.0078
146.133	151.213	5.6783E-05	0.072	5.7149E-05	5.7175E-05	1.0065	1.0069
151.213	156.294	4.7064E-05	0.087	4.7268E-05	4.7256E-05	1.0043	1.0041
156.294	161.374	3.9540E-05	0.108	3.9647E-05	3.9650E-05	1.0027	1.0028
161.374	166.454	3.5928E-05	0.135	3.6001E-05	3.6090E-05	1.0020	1.0045
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の平均値						1.0016	1.0018
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の標準偏差						0.50%	0.96%
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最大値						1.0077	1.0154
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最小値						0.9902	0.9790

表3-7 U-238捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較

内側半径(cm)	外側半径(cm)	MVP	error (%)	175G-PC0-HT MESH3	70G-PC0-HT MESH3	175g/MVP	70g/MVP
0.000	5.090	1.0497E-05	0.464	1.0453E-05	1.0324E-05	0.9958	0.9836
5.090	10.180	1.0819E-05	0.289	1.0747E-05	1.0623E-05	0.9934	0.9819
10.180	15.269	1.1345E-05	0.217	1.1295E-05	1.1182E-05	0.9956	0.9856
15.269	20.359	1.2068E-05	0.171	1.2017E-05	1.1921E-05	0.9958	0.9878
20.359	25.449	1.2844E-05	0.140	1.2779E-05	1.2705E-05	0.9950	0.9892
25.449	30.539	1.3463E-05	0.120	1.3423E-05	1.3383E-05	0.9970	0.9940
30.539	35.228	1.4686E-05	0.119	1.4602E-05	1.4631E-05	0.9942	0.9962
35.228	39.918	1.5030E-05	0.107	1.4947E-05	1.5009E-05	0.9945	0.9986
39.918	44.607	1.5475E-05	0.100	1.5417E-05	1.5490E-05	0.9963	1.0010
44.607	49.297	1.6053E-05	0.091	1.5996E-05	1.6069E-05	0.9964	1.0010
49.297	53.986	1.6765E-05	0.089	1.6746E-05	1.6800E-05	0.9989	1.0021
53.986	59.222	1.6592E-05	0.073	1.6619E-05	1.6609E-05	1.0017	1.0011
59.222	64.459	1.7127E-05	0.071	1.7154E-05	1.7139E-05	1.0016	1.0007
64.459	69.695	1.7272E-05	0.065	1.7296E-05	1.7306E-05	1.0013	1.0020
69.695	74.581	1.8010E-05	0.070	1.8042E-05	1.8138E-05	1.0018	1.0071
74.581	79.468	1.7786E-05	0.066	1.7819E-05	1.7949E-05	1.0019	1.0092
79.468	84.354	1.7705E-05	0.062	1.7748E-05	1.7888E-05	1.0024	1.0103
84.354	89.241	1.7706E-05	0.060	1.7776E-05	1.7916E-05	1.0039	1.0118
89.241	94.127	1.7861E-05	0.060	1.7955E-05	1.8072E-05	1.0052	1.0118
94.127	99.100	1.7054E-05	0.054	1.7155E-05	1.7203E-05	1.0059	1.0087
99.100	104.073	1.6807E-05	0.053	1.6947E-05	1.6991E-05	1.0083	1.0109
104.073	109.046	1.6238E-05	0.051	1.6356E-05	1.6426E-05	1.0072	1.0115
109.046	114.380	1.6169E-05	0.057	1.6268E-05	1.6422E-05	1.0061	1.0157
114.380	119.715	1.5154E-05	0.054	1.5243E-05	1.5425E-05	1.0059	1.0179
119.715	125.049	1.4167E-05	0.054	1.4265E-05	1.4450E-05	1.0069	1.0200
125.049	130.384	1.3094E-05	0.056	1.3185E-05	1.3359E-05	1.0070	1.0202
130.384	135.718	1.1897E-05	0.058	1.1988E-05	1.2134E-05	1.0077	1.0200
135.718	141.053	1.0703E-05	0.062	1.0774E-05	1.0874E-05	1.0066	1.0160
141.053	146.133	8.9098E-06	0.062	8.9669E-06	8.9977E-06	1.0064	1.0099
146.133	151.213	7.4793E-06	0.069	7.5353E-06	7.5413E-06	1.0075	1.0083
151.213	156.294	6.0969E-06	0.081	6.1401E-06	6.1345E-06	1.0071	1.0062
156.294	161.374	4.9233E-06	0.096	4.9459E-06	4.9386E-06	1.0046	1.0031
161.374	166.454	4.2512E-06	0.117	4.2667E-06	4.2733E-06	1.0036	1.0052
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の平均値						1.0019	1.0045
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の標準偏差						0.49%	1.06%
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最大値						1.0083	1.0202
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最小値						0.9934	0.9819

表3-8 U-238核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較

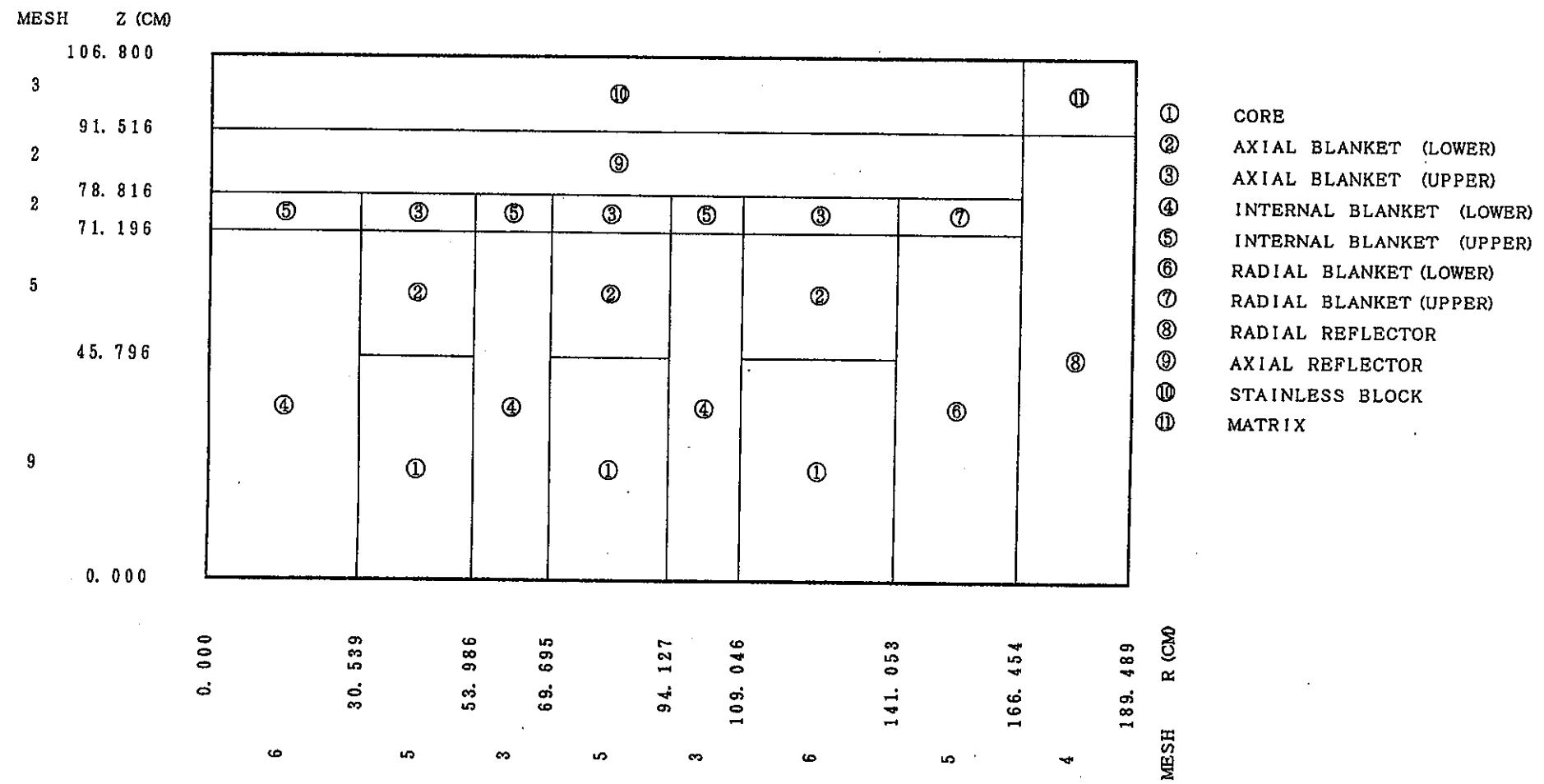
内側半径(cm)	外側半径(cm)	MVP	error (%)	175G-PC0-HT MESH3	70G-PC0-HT MESH3	175g/MVP	70g/MVP
0.000	5.090	2.7990E-07	1.409	2.7878E-07	2.8063E-07	0.9960	1.0026
5.090	10.180	3.2189E-07	0.821	3.2148E-07	3.2355E-07	0.9987	1.0051
10.180	15.269	4.1342E-07	0.549	4.1444E-07	4.1691E-07	1.0025	1.0084
15.269	20.359	5.9183E-07	0.390	5.8595E-07	5.8879E-07	0.9901	0.9949
20.359	25.449	9.0487E-07	0.284	8.9654E-07	8.9907E-07	0.9908	0.9936
25.449	30.539	1.5448E-06	0.198	1.5300E-06	1.5290E-06	0.9904	0.9898
30.539	35.228	2.7014E-06	0.151	2.6698E-06	2.6595E-06	0.9883	0.9845
35.228	39.918	3.2290E-06	0.130	3.1956E-06	3.1828E-06	0.9897	0.9857
39.918	44.607	3.3885E-06	0.121	3.3581E-06	3.3452E-06	0.9910	0.9872
44.607	49.297	3.2805E-06	0.116	3.2557E-06	3.2440E-06	0.9924	0.9889
49.297	53.986	2.8017E-06	0.118	2.7818E-06	2.7740E-06	0.9929	0.9901
53.986	59.222	1.7327E-06	0.127	1.7210E-06	1.7236E-06	0.9933	0.9947
59.222	64.459	1.4721E-06	0.132	1.4555E-06	1.4619E-06	0.9887	0.9931
64.459	69.695	1.9608E-06	0.112	1.9508E-06	1.9553E-06	0.9949	0.9972
69.695	74.581	3.2626E-06	0.088	3.2491E-06	3.2455E-06	0.9959	0.9948
74.581	79.468	3.8253E-06	0.080	3.8216E-06	3.8165E-06	0.9990	0.9977
79.468	84.354	3.9528E-06	0.076	3.9459E-06	3.9414E-06	0.9983	0.9971
84.354	89.241	3.7568E-06	0.075	3.7574E-06	3.7541E-06	1.0002	0.9993
89.241	94.127	3.1460E-06	0.078	3.1452E-06	3.1448E-06	0.9997	0.9996
94.127	99.100	1.9133E-06	0.093	1.9111E-06	1.9187E-06	0.9988	1.0028
99.100	104.073	1.5218E-06	0.100	1.5122E-06	1.5230E-06	0.9937	1.0008
104.073	109.046	1.8579E-06	0.091	1.8551E-06	1.8655E-06	0.9985	1.0041
109.046	114.380	2.9668E-06	0.072	2.9697E-06	2.9767E-06	1.0010	1.0033
114.380	119.715	3.4090E-06	0.066	3.4167E-06	3.4243E-06	1.0023	1.0045
119.715	125.049	3.4415E-06	0.065	3.4441E-06	3.4523E-06	1.0008	1.0032
125.049	130.384	3.2181E-06	0.067	3.2240E-06	3.2319E-06	1.0018	1.0043
130.384	135.718	2.7872E-06	0.070	2.7937E-06	2.8002E-06	1.0023	1.0046
135.718	141.053	2.0992E-06	0.078	2.0991E-06	2.1042E-06	0.9999	1.0024
141.053	146.133	1.0619E-06	0.103	1.0638E-06	1.0699E-06	1.0018	1.0075
146.133	151.213	5.4655E-07	0.137	5.4486E-07	5.4998E-07	0.9969	1.0063
151.213	156.294	3.0186E-07	0.176	3.0130E-07	3.0480E-07	0.9981	1.0097
156.294	161.374	1.7146E-07	0.231	1.7129E-07	1.7354E-07	0.9990	1.0121
161.374	166.454	9.9453E-08	0.294	9.9197E-08	1.0061E-07	0.9974	1.0117
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の平均値						0.9965	0.9994
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の標準偏差						0.44%	0.75%
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最大値						1.0025	1.0121
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最小値						0.9883	0.9845

表3-9 Pu-239捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較

内側半径(cm)	外側半径(cm)	MVP	error (%)	175G-PC0-HT MESH3	70G-PC0-HT MESH3	175g/MVP	70g/MVP
0.000	5.090	3.4487E-05	1.155	3.4314E-05	3.3979E-05	0.9950	0.9853
5.090	10.180	3.4792E-05	0.657	3.4579E-05	3.4264E-05	0.9939	0.9848
10.180	15.269	3.5042E-05	0.515	3.4956E-05	3.4683E-05	0.9975	0.9897
15.269	20.359	3.4965E-05	0.391	3.5137E-05	3.4923E-05	1.0049	0.9988
20.359	25.449	3.4772E-05	0.337	3.4622E-05	3.4480E-05	0.9957	0.9916
25.449	30.539	3.2546E-05	0.259	3.2484E-05	3.2431E-05	0.9981	0.9965
30.539	35.228	2.8076E-05	0.156	2.7875E-05	2.7947E-05	0.9929	0.9954
35.228	39.918	2.7453E-05	0.138	2.7254E-05	2.7385E-05	0.9927	0.9975
39.918	44.607	2.8101E-05	0.126	2.7940E-05	2.8095E-05	0.9943	0.9998
44.607	49.297	2.9561E-05	0.117	2.9380E-05	2.9540E-05	0.9939	0.9993
49.297	53.986	3.2369E-05	0.114	3.2275E-05	3.2414E-05	0.9971	1.0014
53.986	59.222	3.9129E-05	0.152	3.9307E-05	3.9394E-05	1.0046	1.0068
59.222	64.459	4.1685E-05	0.156	4.1903E-05	4.1993E-05	1.0052	1.0074
64.459	69.695	3.9897E-05	0.139	4.0095E-05	4.0226E-05	1.0050	1.0083
69.695	74.581	3.4053E-05	0.091	3.4075E-05	3.4297E-05	1.0007	1.0072
74.581	79.468	3.2231E-05	0.084	3.2225E-05	3.2495E-05	0.9998	1.0082
79.468	84.354	3.1830E-05	0.083	3.1831E-05	3.2120E-05	1.0000	1.0091
84.354	89.241	3.2164E-05	0.078	3.2202E-05	3.2494E-05	1.0012	1.0102
89.241	94.127	3.3855E-05	0.081	3.3974E-05	3.4245E-05	1.0035	1.0115
94.127	99.100	3.9124E-05	0.117	3.9464E-05	3.9699E-05	1.0087	1.0147
99.100	104.073	4.0065E-05	0.119	4.0507E-05	4.0751E-05	1.0110	1.0171
104.073	109.046	3.7132E-05	0.112	3.7483E-05	3.7757E-05	1.0095	1.0168
109.046	114.380	3.0331E-05	0.074	3.0473E-05	3.0806E-05	1.0047	1.0157
114.380	119.715	2.7045E-05	0.070	2.7150E-05	2.7513E-05	1.0039	1.0173
119.715	125.049	2.4814E-05	0.072	2.4957E-05	2.5322E-05	1.0058	1.0204
125.049	130.384	2.2842E-05	0.073	2.2992E-05	2.3331E-05	1.0066	1.0214
130.384	135.718	2.1038E-05	0.075	2.1161E-05	2.1450E-05	1.0059	1.0196
135.718	141.053	1.9920E-05	0.084	1.9995E-05	2.0208E-05	1.0037	1.0144
141.053	146.133	2.1255E-05	0.163	2.1355E-05	2.1550E-05	1.0047	1.0139
146.133	151.213	2.0643E-05	0.227	2.0665E-05	2.0887E-05	1.0011	1.0119
151.213	156.294	1.9346E-05	0.292	1.9211E-05	1.9471E-05	0.9930	1.0064
156.294	161.374	1.8519E-05	0.348	1.8211E-05	1.8516E-05	0.9834	0.9998
161.374	166.454	1.9393E-05	0.381	1.9097E-05	1.9433E-05	0.9847	1.0021
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の平均値						1.0001	1.0061
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の標準偏差						0.67%	1.01%
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最大値						1.0110	1.0214
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最小値						0.9834	0.9848

表3-10 Pu-239核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果とMVPコード計算結果の比較

内側半径(cm)	外側半径(cm)	MVP	error (%)	175G-PCO-HT MESH3	70G-PCO-HT MESH3	175g/MVP	70g/MVP
0.000	5.090	6.6436E-05	0.571	6.6162E-05	6.5428E-05	0.9959	0.9848
5.090	10.180	6.8926E-05	0.372	6.8225E-05	6.7499E-05	0.9898	0.9793
10.180	15.269	7.2546E-05	0.269	7.2200E-05	7.1493E-05	0.9952	0.9855
15.269	20.359	7.8091E-05	0.202	7.7858E-05	7.7180E-05	0.9970	0.9883
20.359	25.449	8.5216E-05	0.160	8.4786E-05	8.4146E-05	0.9950	0.9874
25.449	30.539	9.2774E-05	0.115	9.2420E-05	9.1846E-05	0.9962	0.9900
30.539	35.228	9.9475E-05	0.081	9.8896E-05	9.8501E-05	0.9942	0.9902
35.228	39.918	1.0493E-04	0.072	1.0444E-04	1.0414E-04	0.9953	0.9925
39.918	44.607	1.0861E-04	0.066	1.0818E-04	1.0792E-04	0.9960	0.9936
44.607	49.297	1.1036E-04	0.061	1.1000E-04	1.0975E-04	0.9968	0.9945
49.297	53.986	1.1101E-04	0.060	1.1070E-04	1.1038E-04	0.9972	0.9943
53.986	59.222	1.1242E-04	0.070	1.1246E-04	1.1200E-04	1.0004	0.9962
59.222	64.459	1.1483E-04	0.071	1.1482E-04	1.1436E-04	1.0000	0.9960
64.459	69.695	1.1841E-04	0.061	1.1848E-04	1.1811E-04	1.0006	0.9974
69.695	74.581	1.2192E-04	0.046	1.2204E-04	1.2189E-04	1.0010	0.9998
74.581	79.468	1.2469E-04	0.042	1.2495E-04	1.2494E-04	1.0021	1.0020
79.468	84.354	1.2541E-04	0.040	1.2574E-04	1.2577E-04	1.0026	1.0029
84.354	89.241	1.2368E-04	0.038	1.2409E-04	1.2414E-04	1.0033	1.0037
89.241	94.127	1.2022E-04	0.039	1.2066E-04	1.2065E-04	1.0036	1.0035
94.127	99.100	1.1668E-04	0.050	1.1726E-04	1.1711E-04	1.0050	1.0037
99.100	104.073	1.1343E-04	0.052	1.1411E-04	1.1401E-04	1.0060	1.0051
104.073	109.046	1.1170E-04	0.048	1.1233E-04	1.1233E-04	1.0056	1.0057
109.046	114.380	1.1039E-04	0.036	1.1093E-04	1.1118E-04	1.0049	1.0071
114.380	119.715	1.0854E-04	0.034	1.0915E-04	1.0953E-04	1.0056	1.0091
119.715	125.049	1.0419E-04	0.035	1.0484E-04	1.0526E-04	1.0063	1.0102
125.049	130.384	9.6800E-05	0.036	9.7449E-05	9.7835E-05	1.0067	1.0107
130.384	135.718	8.6623E-05	0.037	8.7212E-05	8.7519E-05	1.0068	1.0103
135.718	141.053	7.4713E-05	0.041	7.5086E-05	7.5243E-05	1.0050	1.0071
141.053	146.133	6.2582E-05	0.073	6.2887E-05	6.2966E-05	1.0049	1.0062
146.133	151.213	5.1145E-05	0.121	5.1223E-05	5.1368E-05	1.0015	1.0044
151.213	156.294	4.1907E-05	0.180	4.1729E-05	4.1968E-05	0.9958	1.0015
156.294	161.374	3.5423E-05	0.243	3.5077E-05	3.5414E-05	0.9902	0.9997
161.374	166.454	3.2962E-05	0.298	3.2564E-05	3.2981E-05	0.9879	1.0006
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の平均値						0.9998	0.9989
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の標準偏差						0.53%	0.83%
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最大値						1.0068	1.0107
決定論手法による計算結果/MVP計算結果の最小値						0.9879	0.9793



RZ CALCULATIONAL MODEL FOR ZPPR-13A

図3-1 ZPPR-13A炉心RZ解析モデル (文献6の161頁)

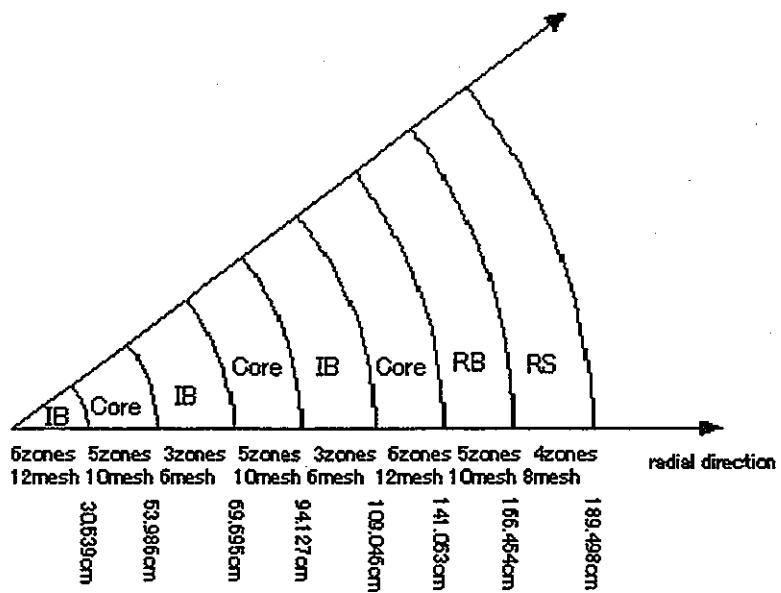
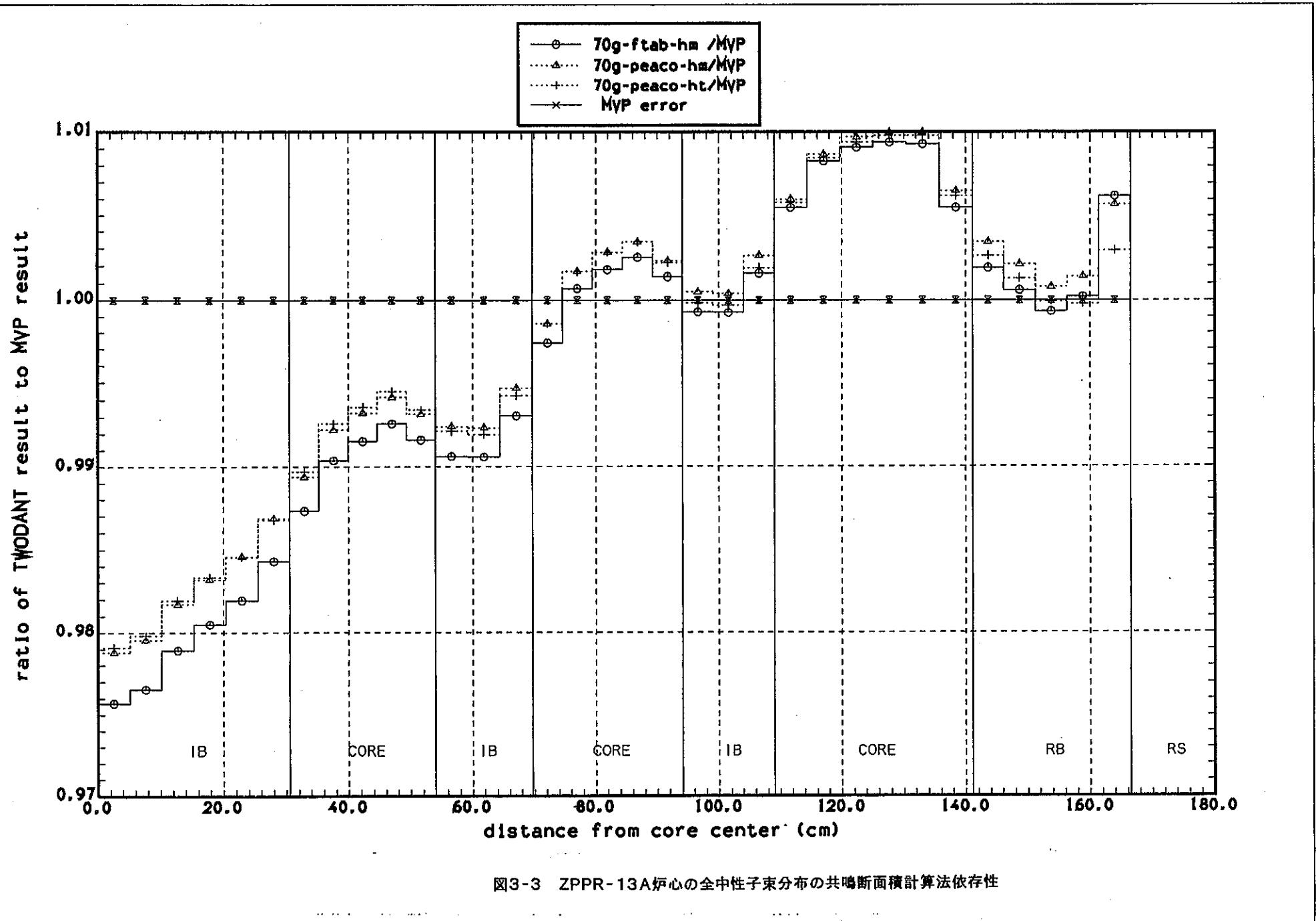


図3-2 PEACOモジュールの非均質セル計算で使用する1次元円筒炉心モデル



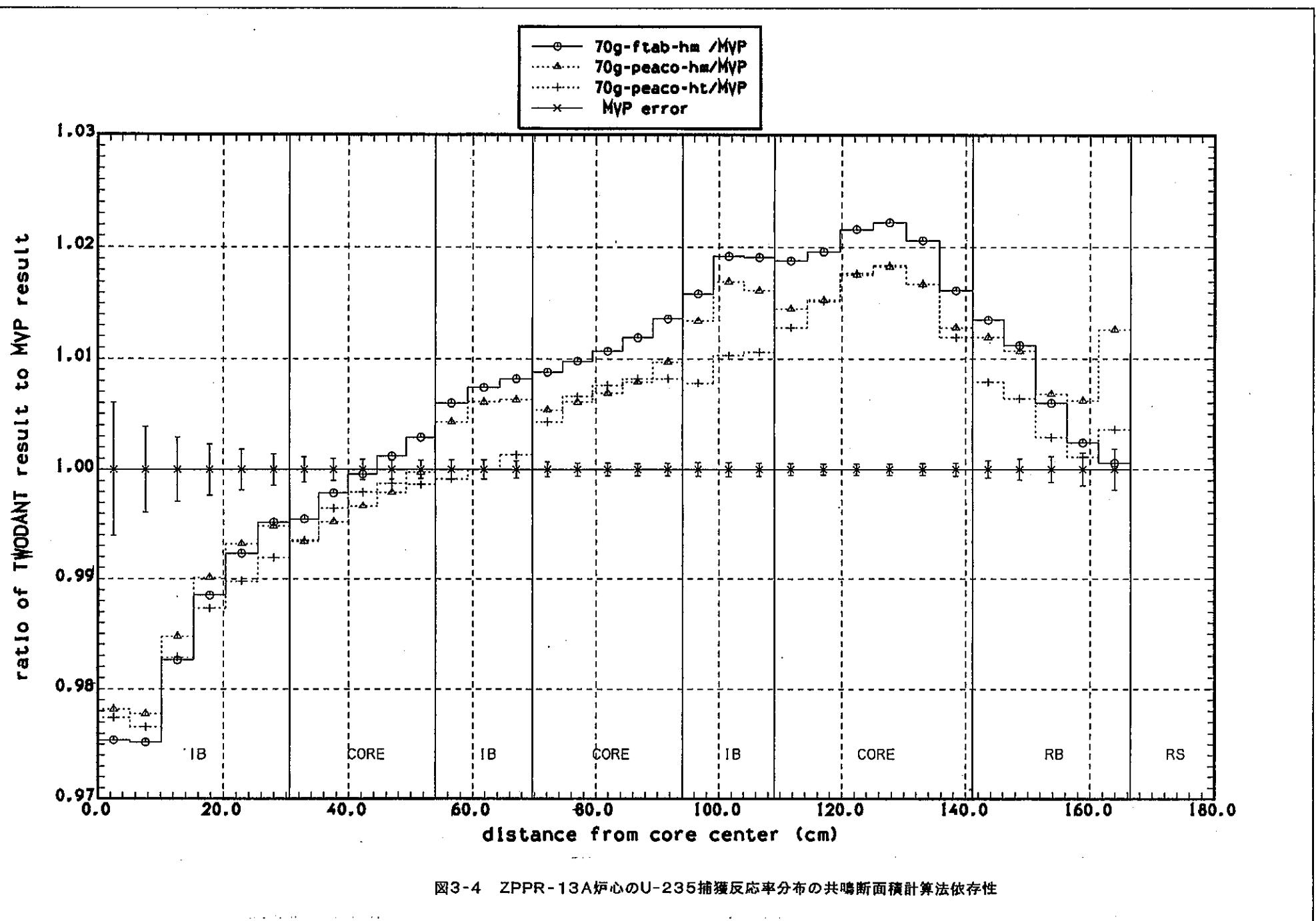
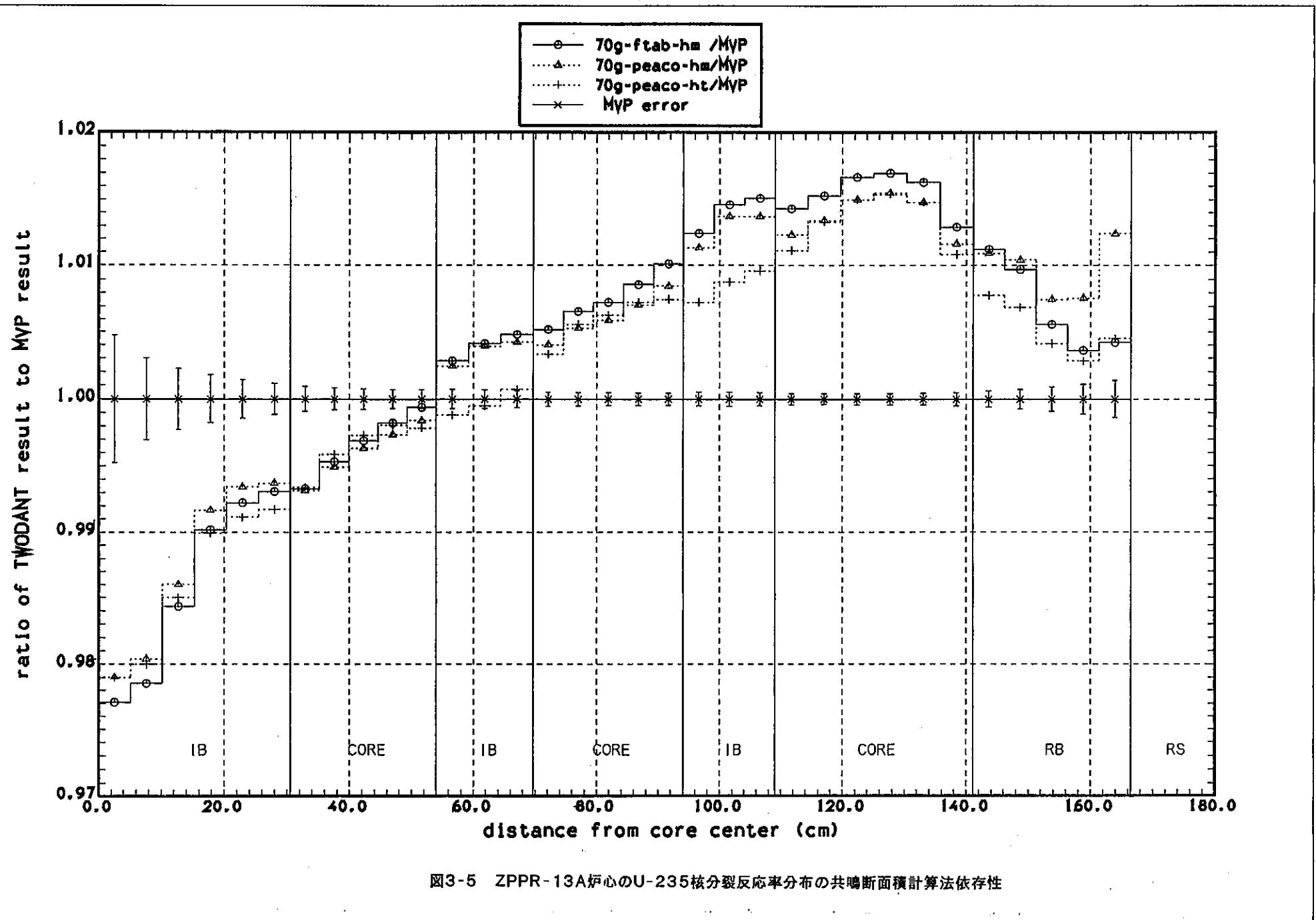
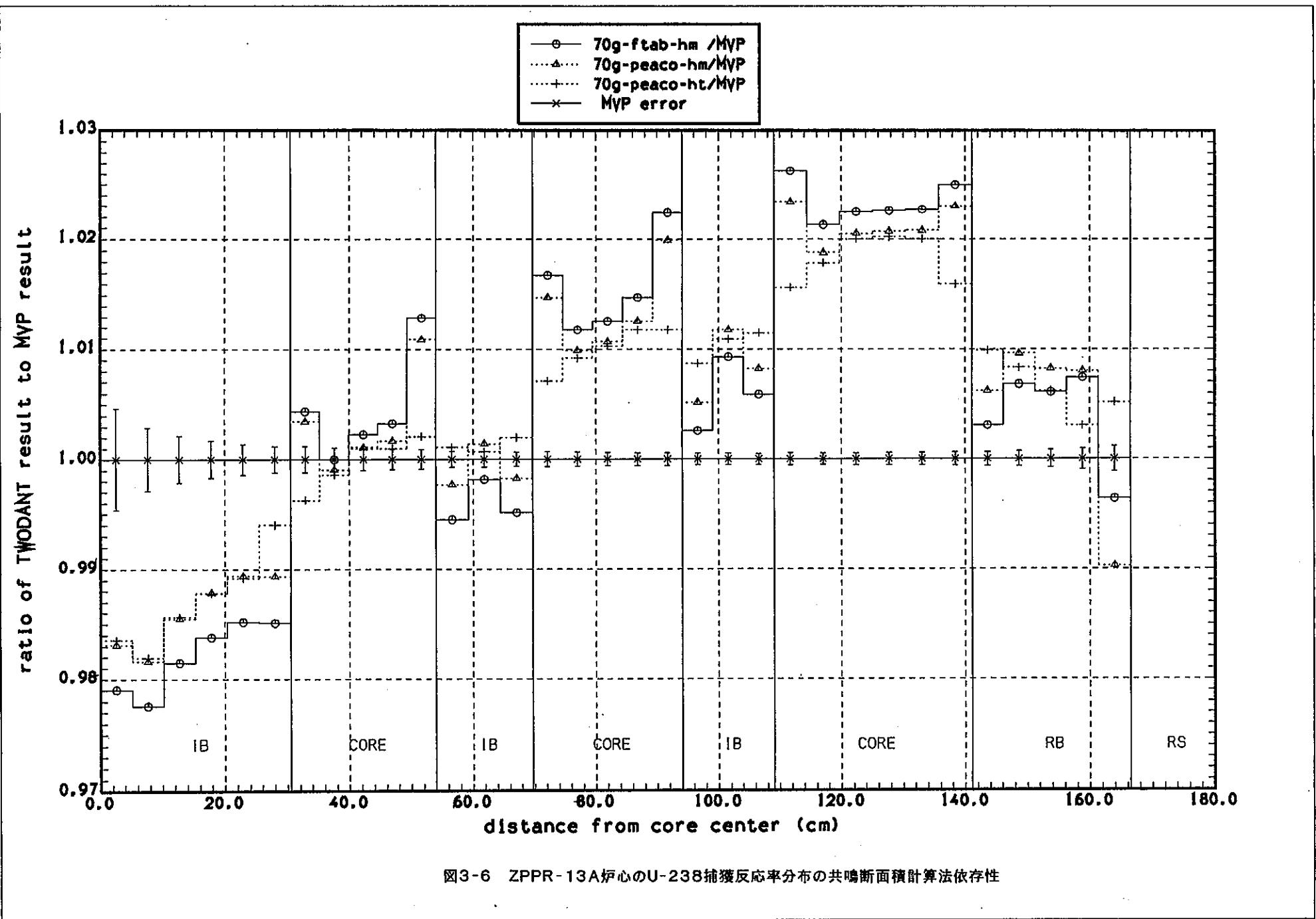


図3-4 ZPPR-13A炉心のU-235捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性





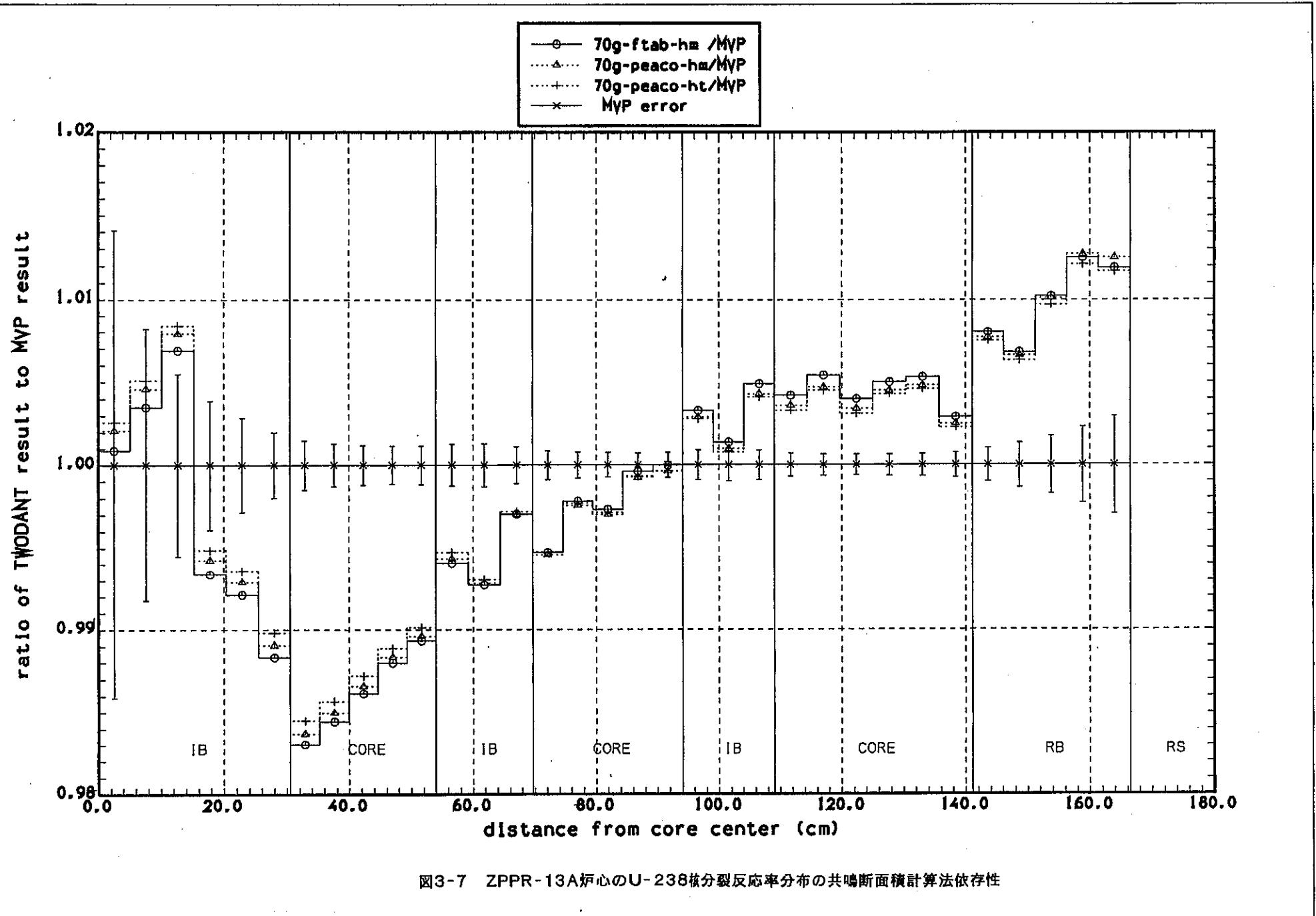


図3-7 ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布の共鳴断面積計算法依存性

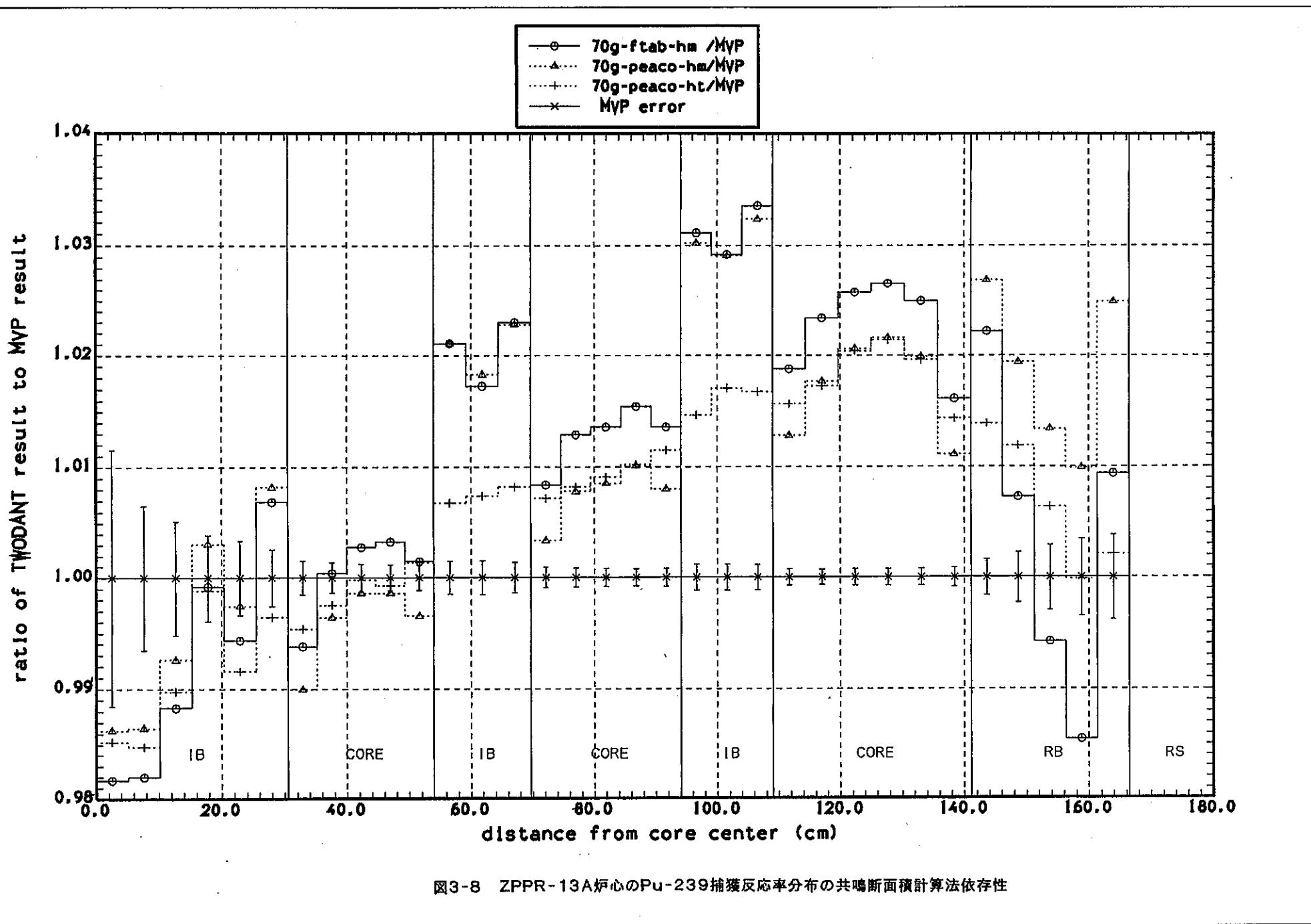
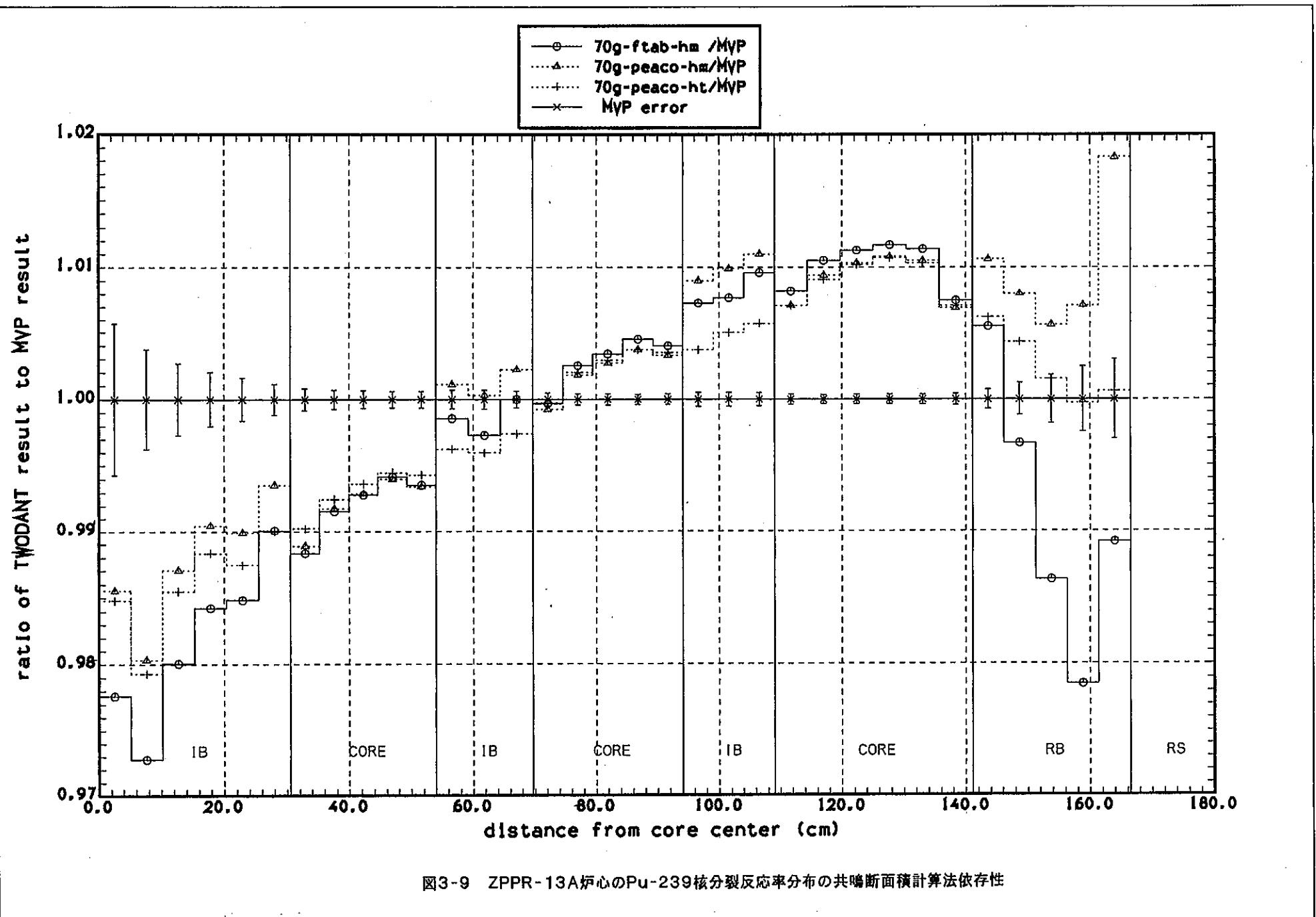
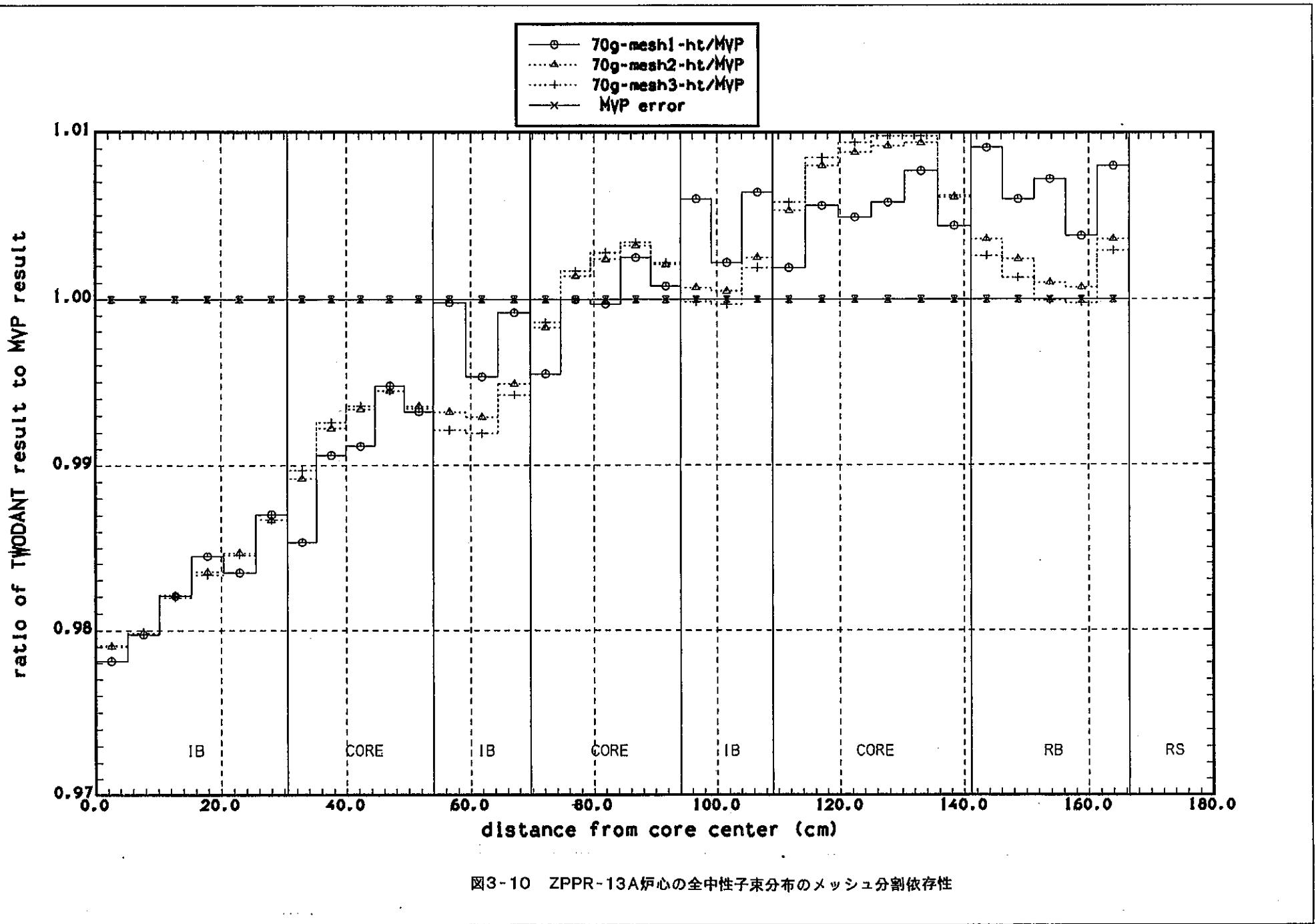


図3-8 ZPPR-13A炉心のPu-239捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性





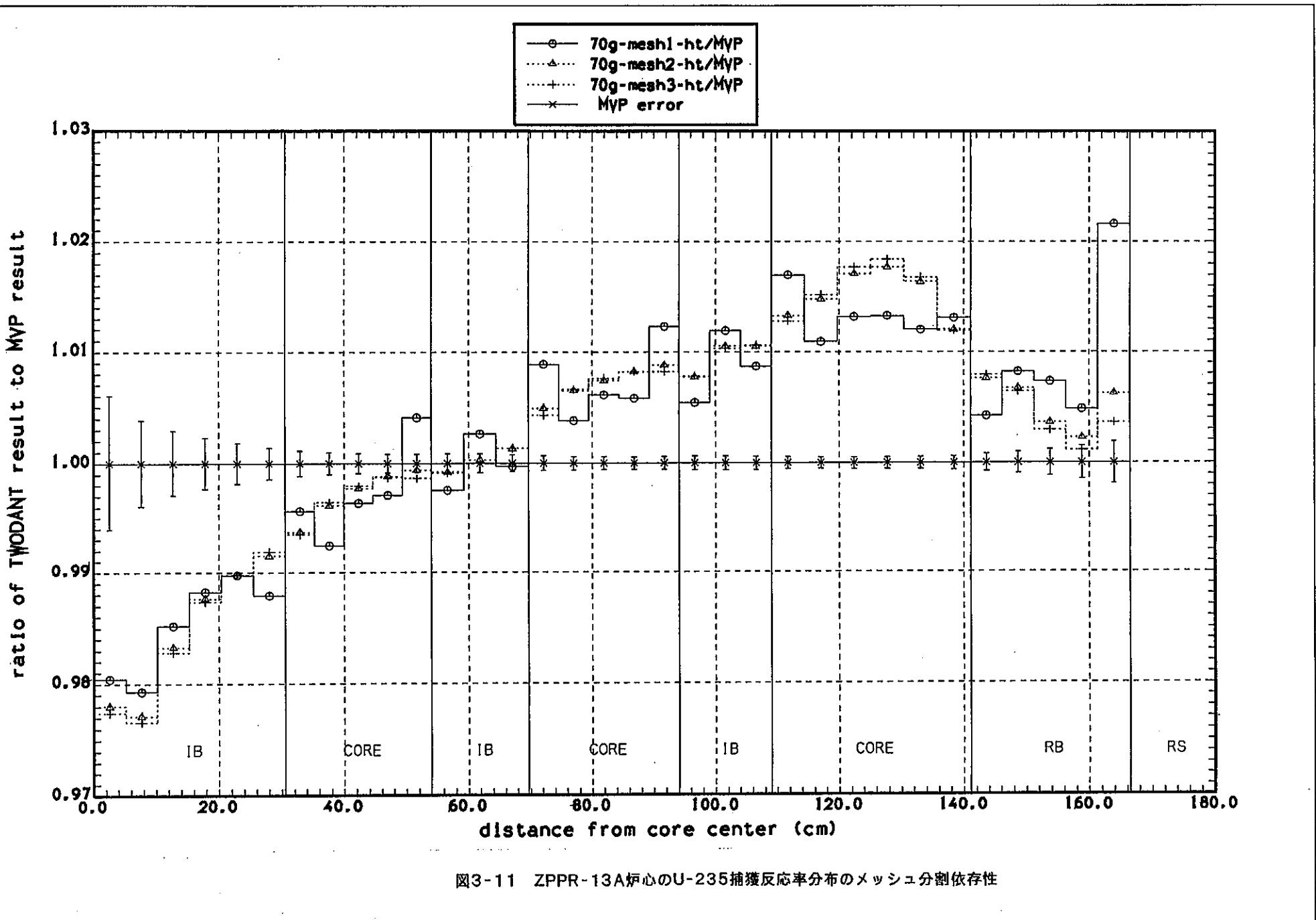
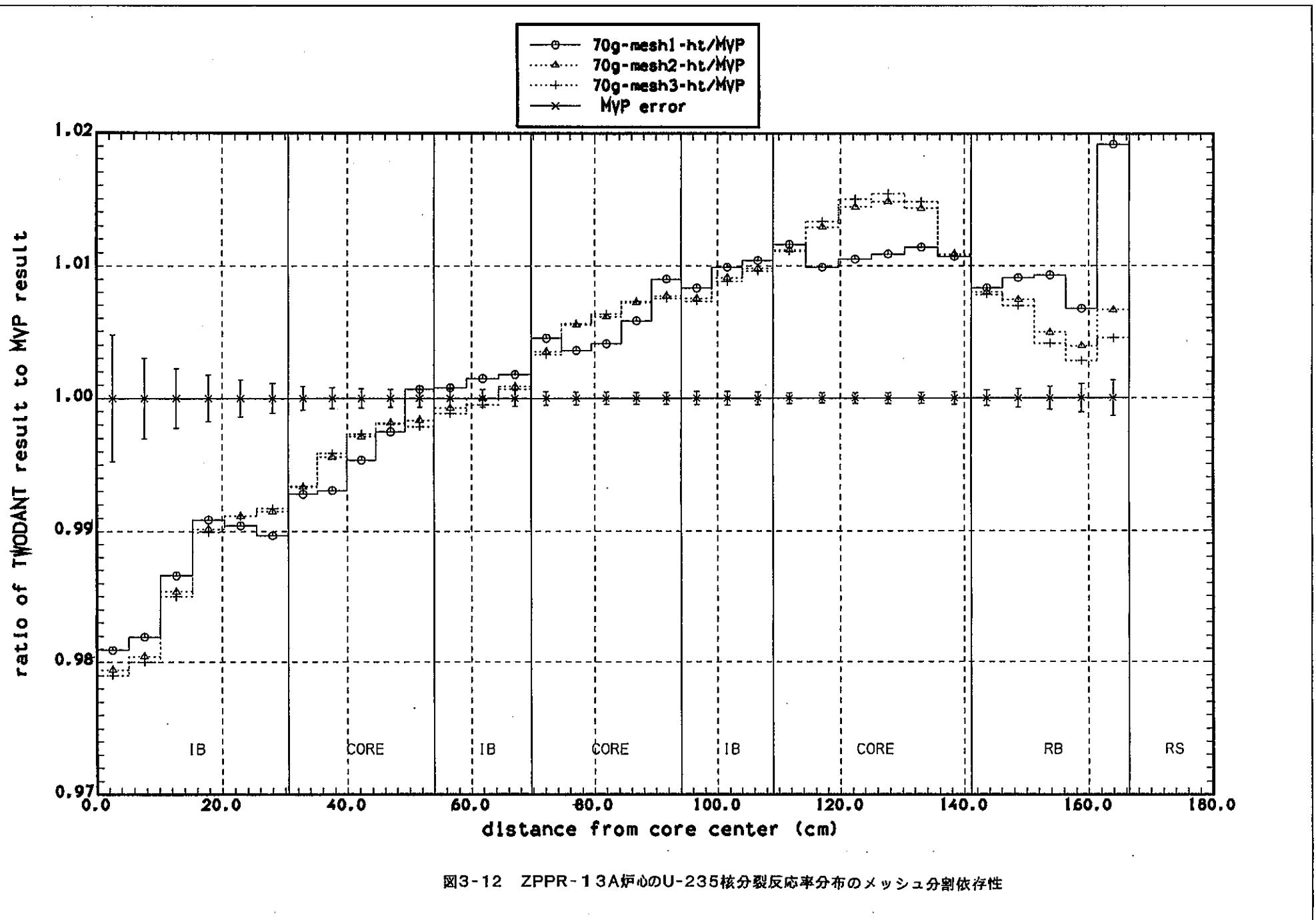


図3-11 ZPPR-13A炉心のU-235捕獲反応率分布のメッシュ分割依存性



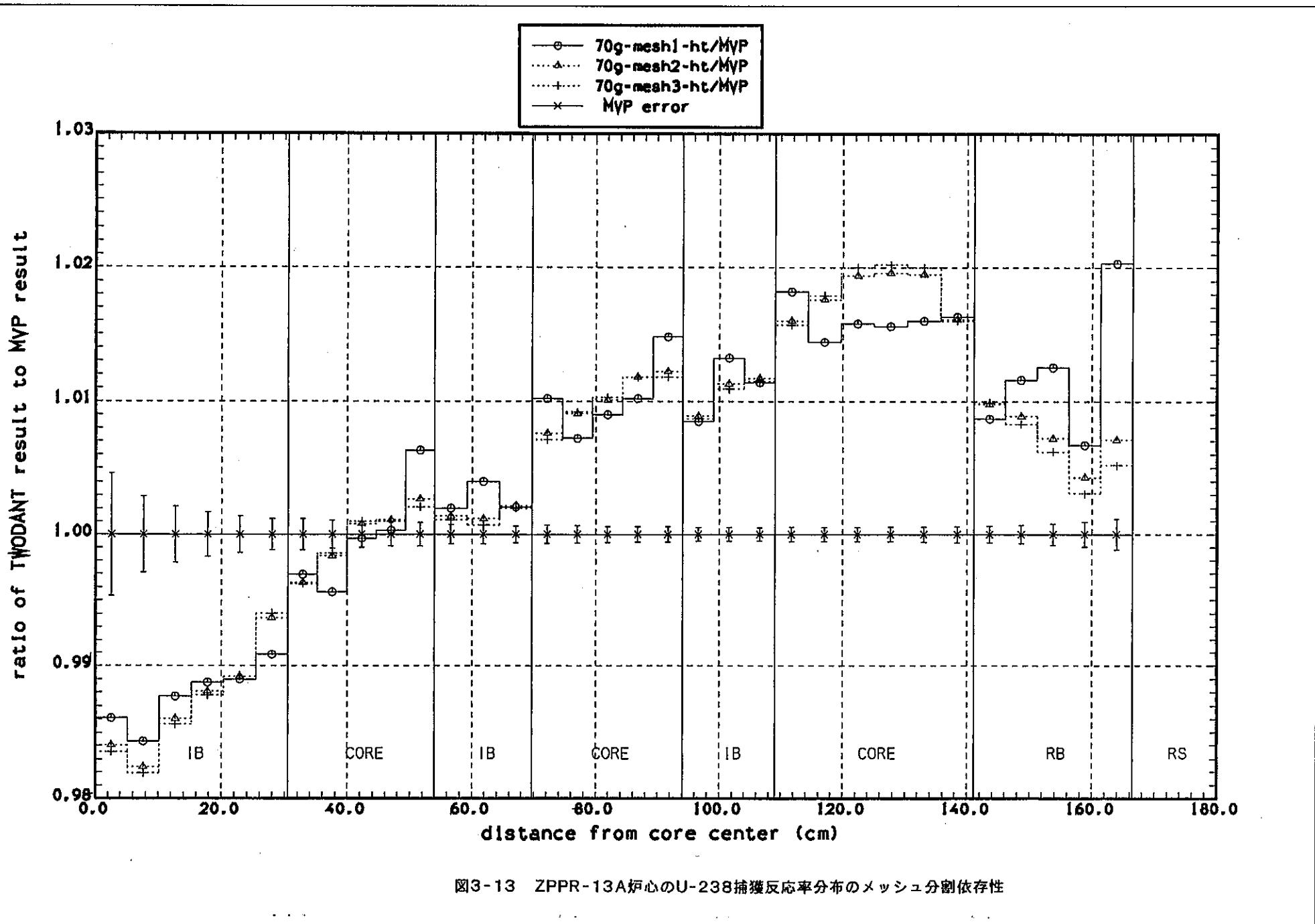


図3-13 ZPPR-13A炉心のU-238捕獲反応率分布のメッシュ分割依存性

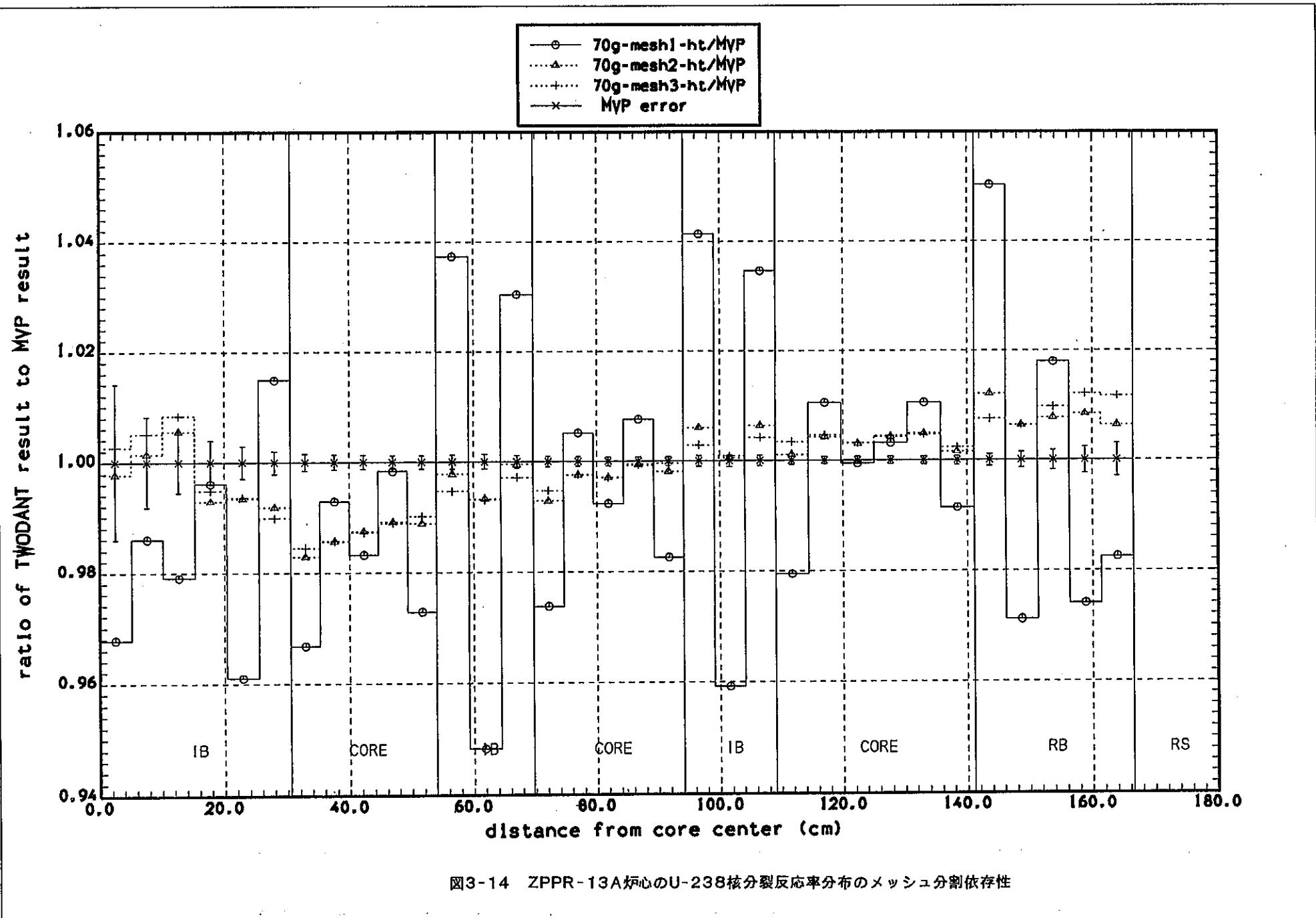


図3-14 ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布のメッシュ分割依存性

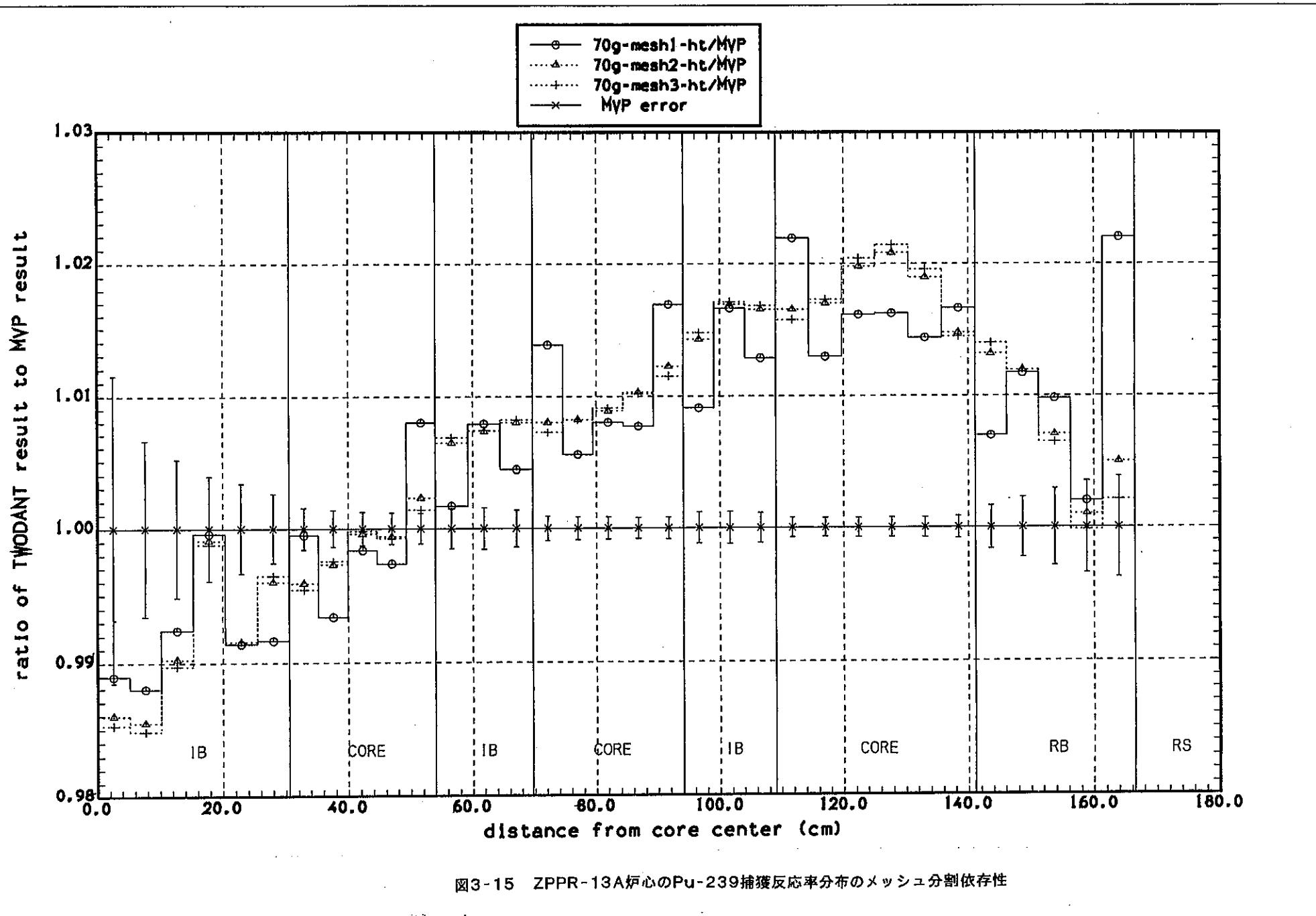


図3-15 ZPPR-13A炉心のPu-239捕獲反応率分布のメッシュ分割依存性

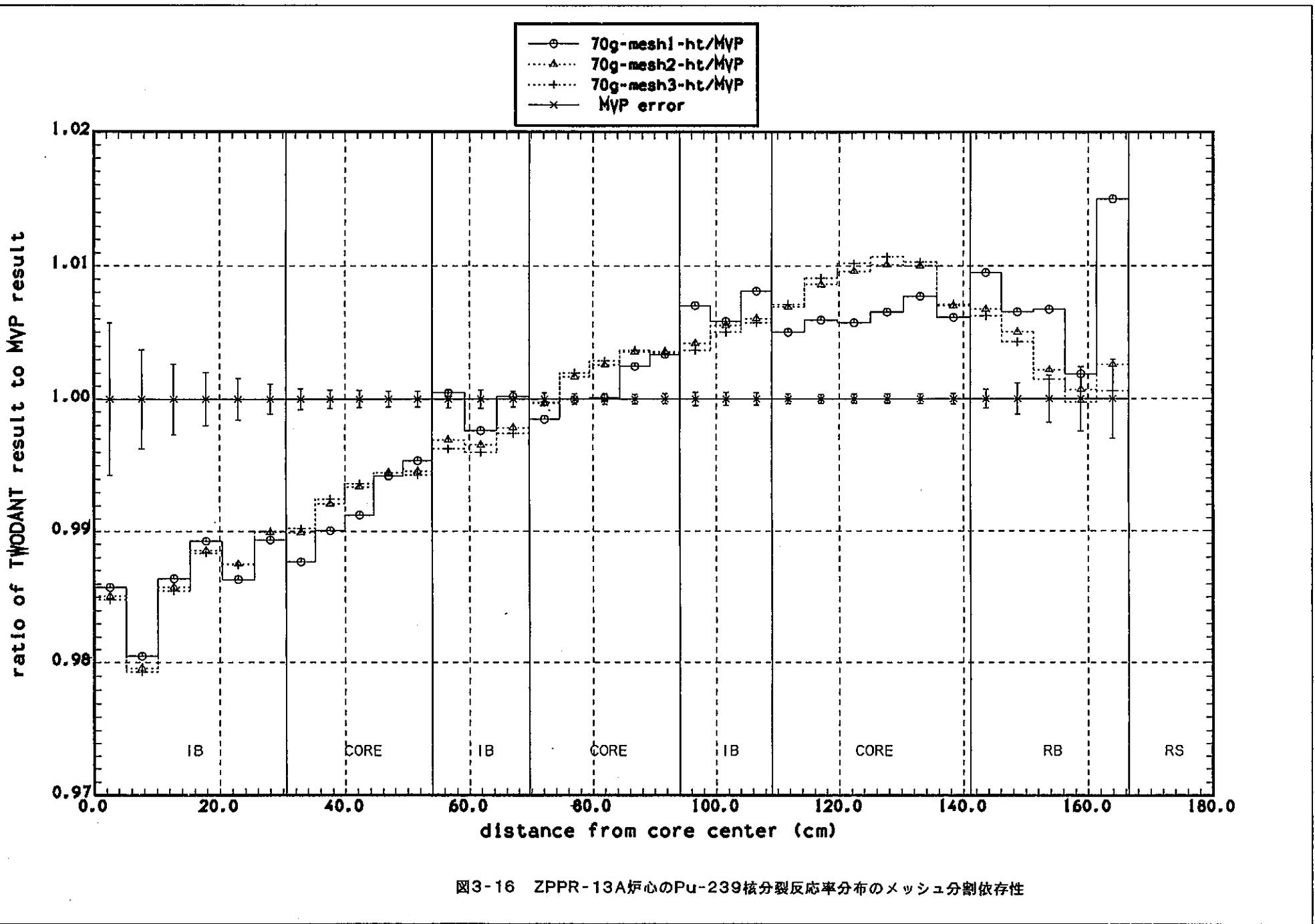
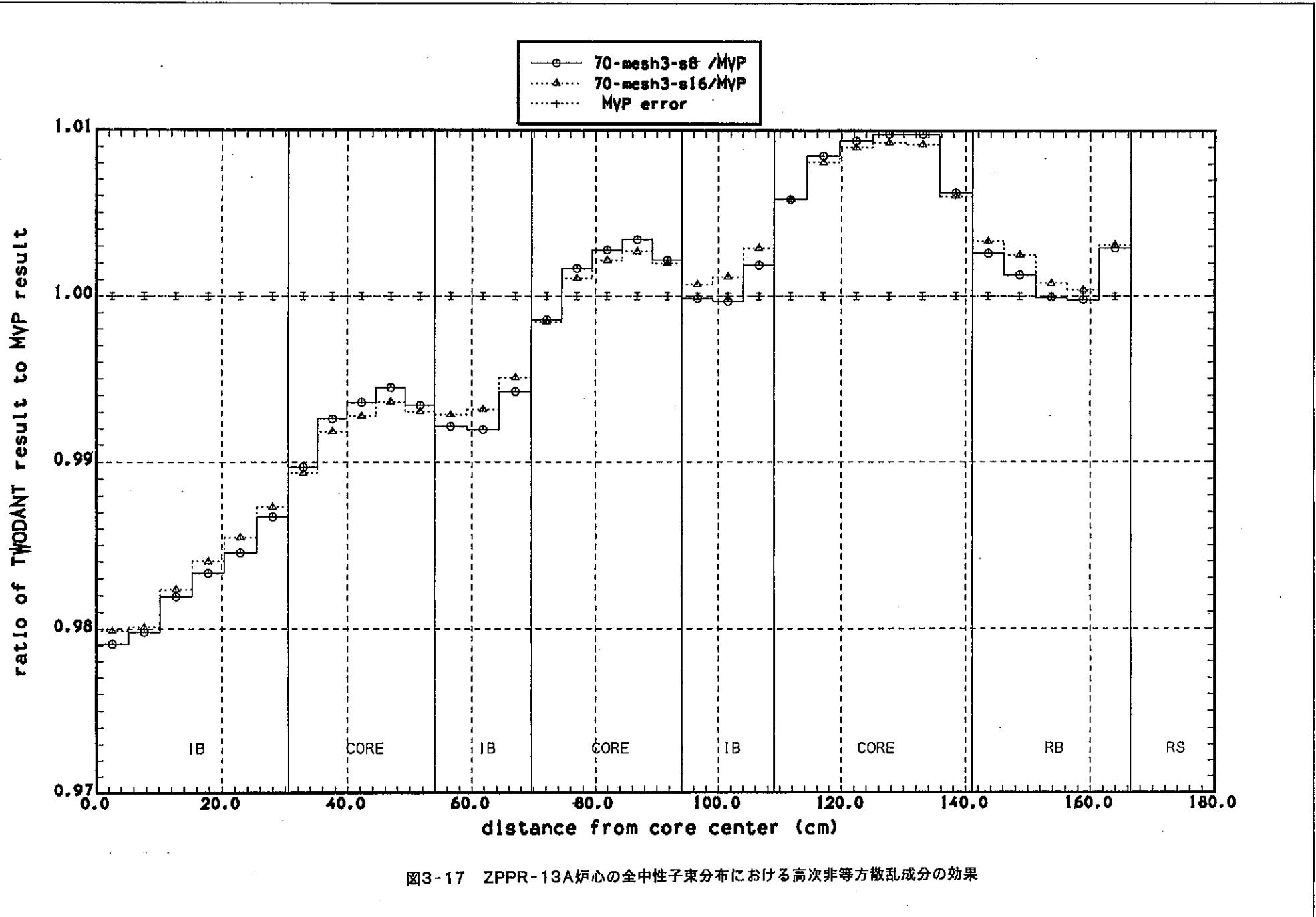
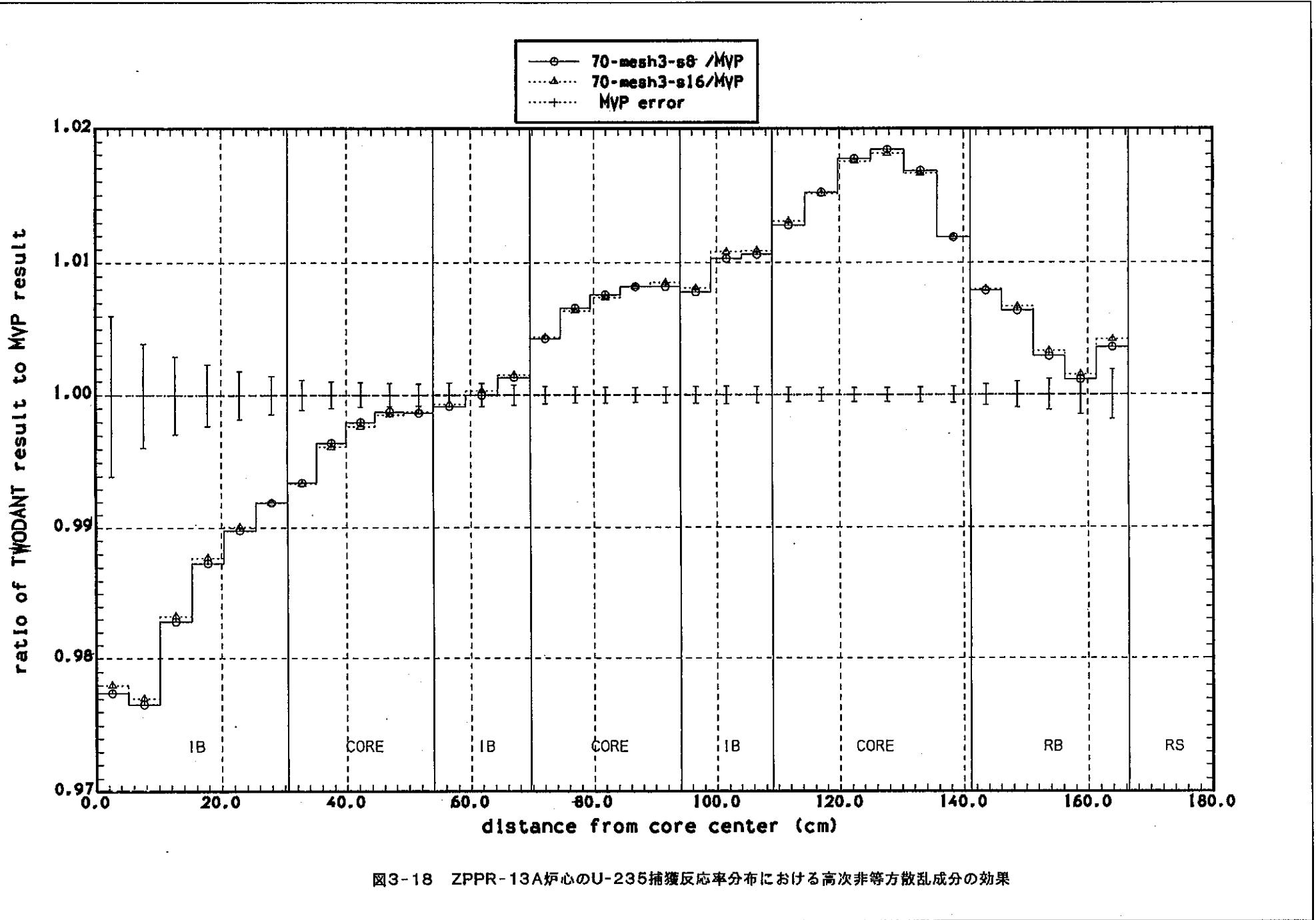
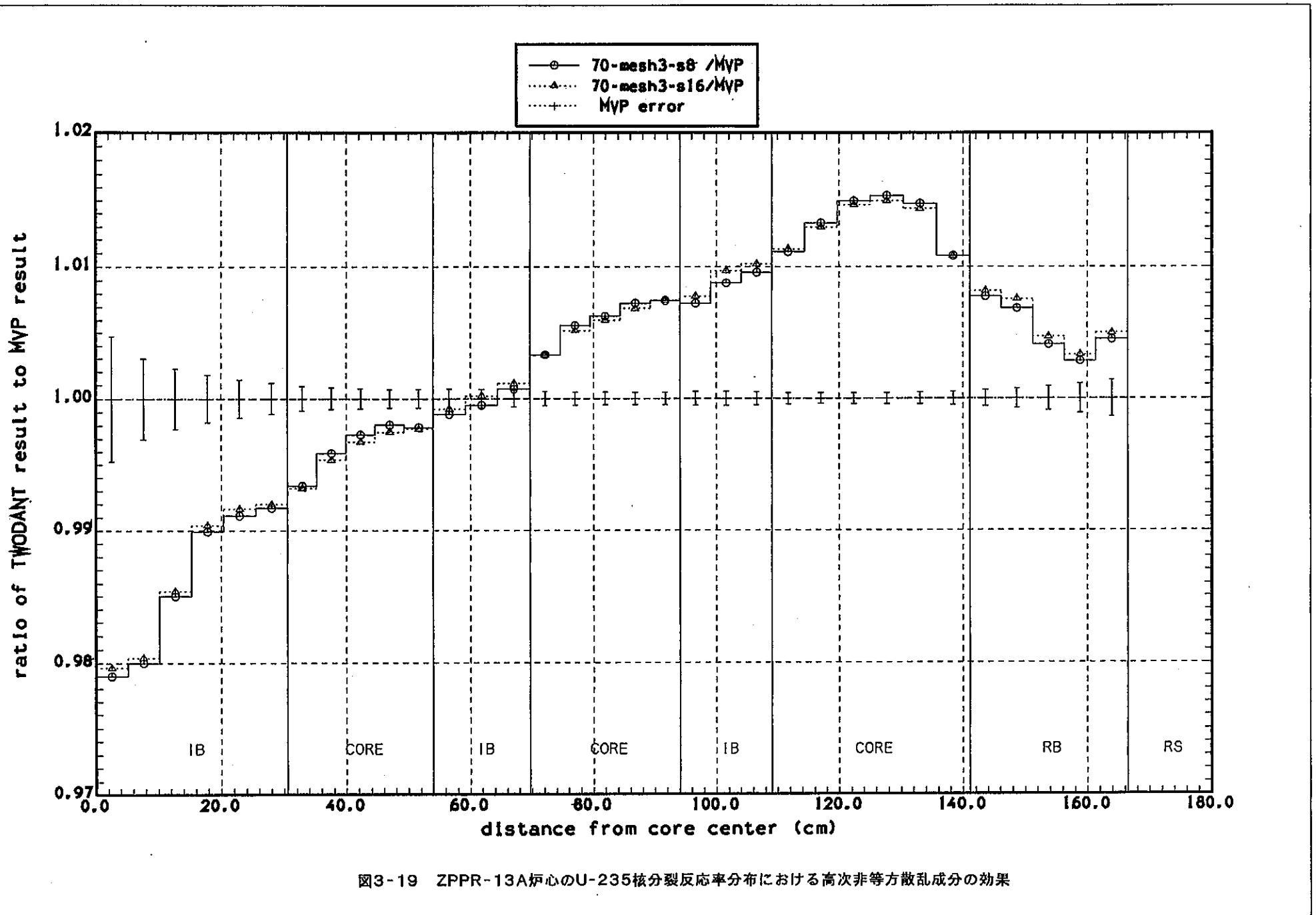
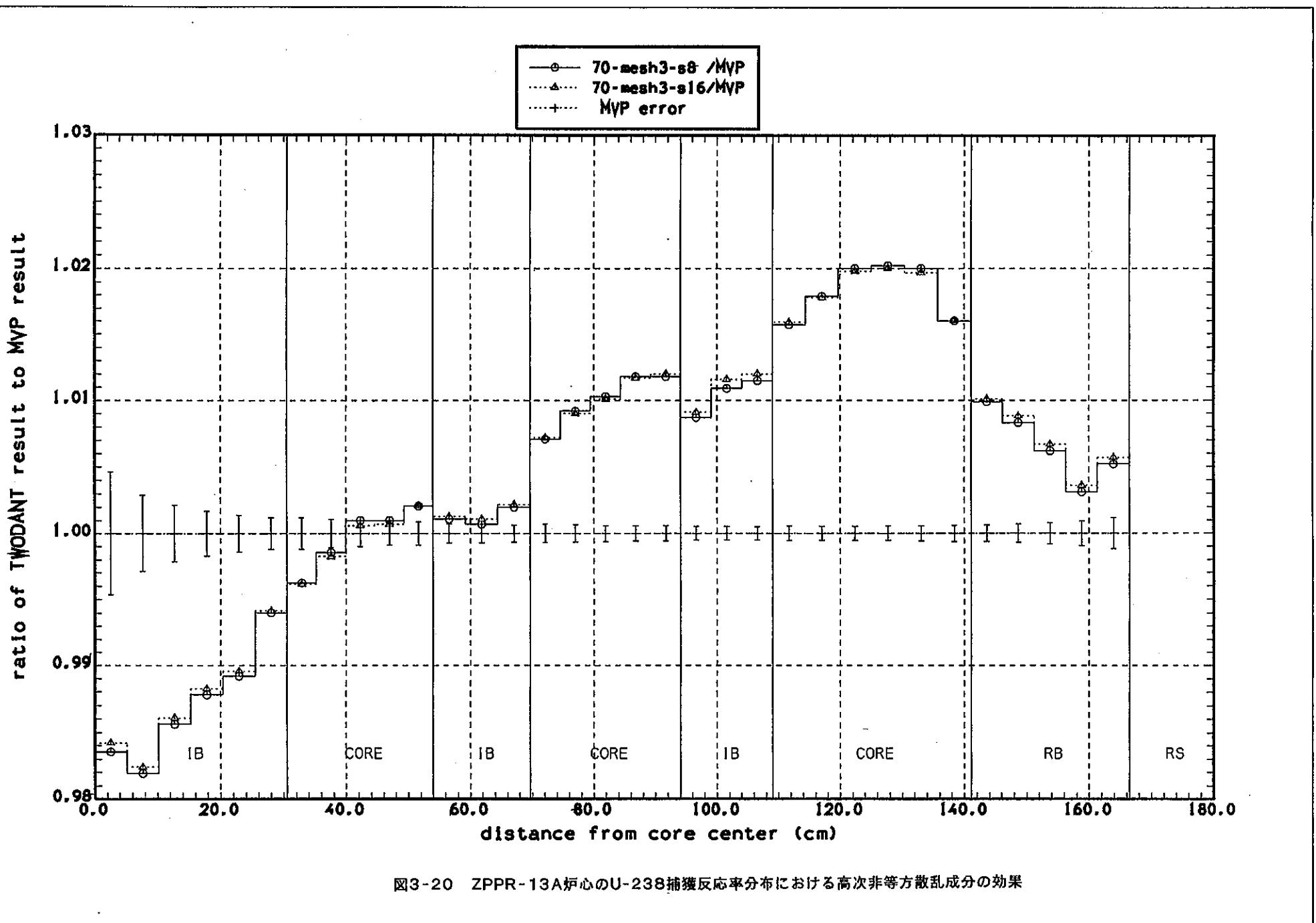


図3-16 ZPPR-13A炉心のPu-239核分裂反応率分布のメッシュ分割依存性









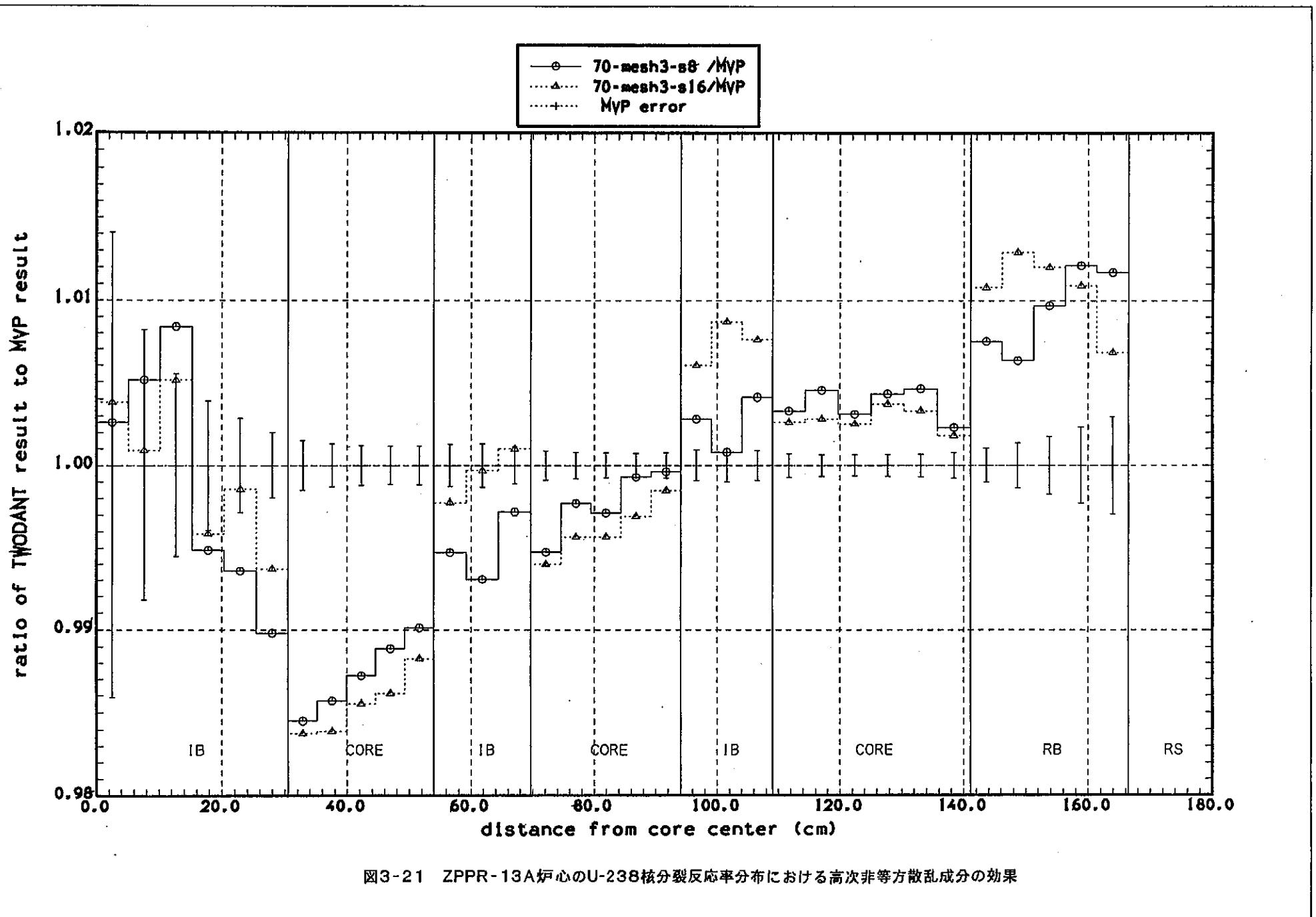
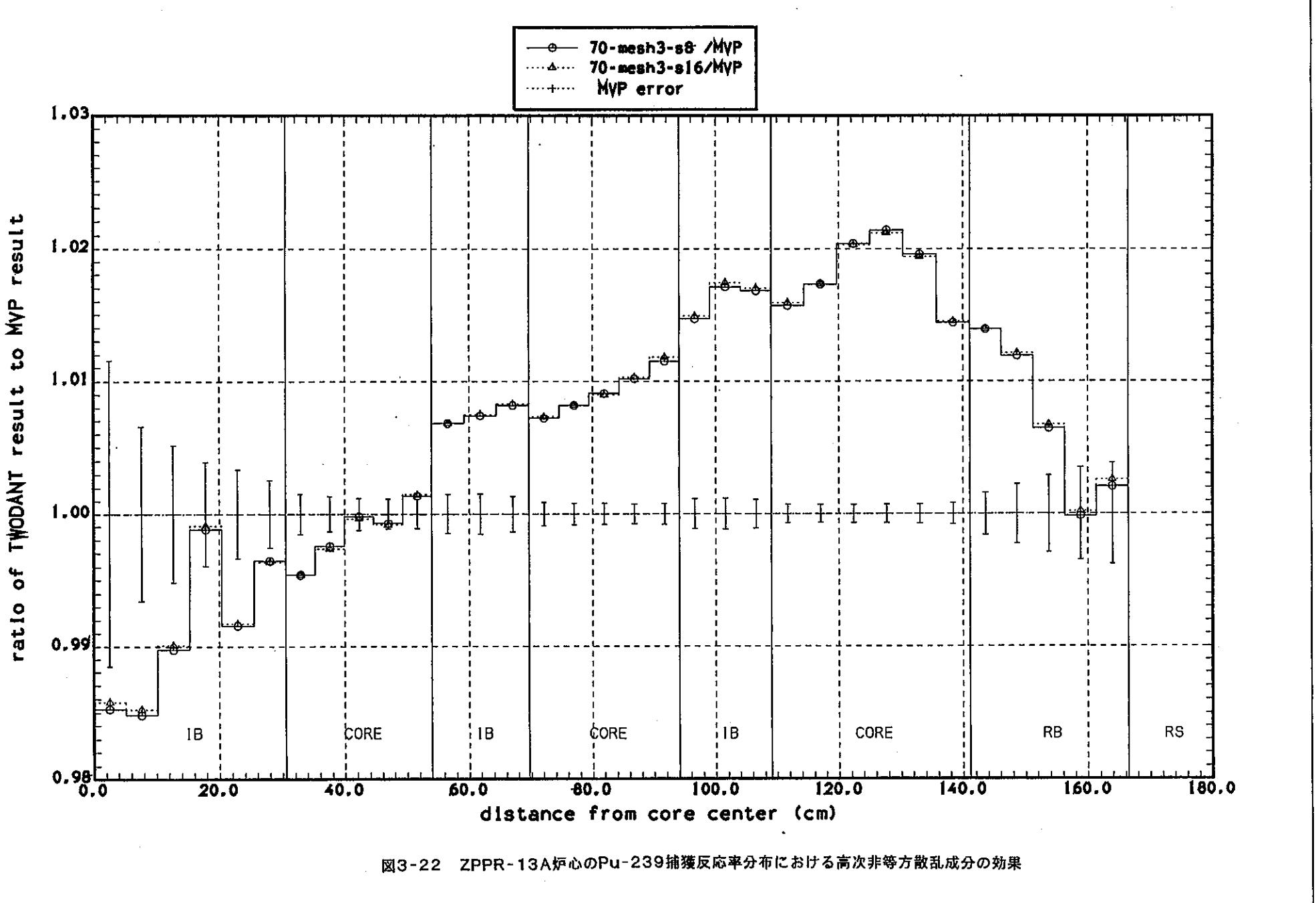


図3-21 ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布における高次非等方散乱成分の効果



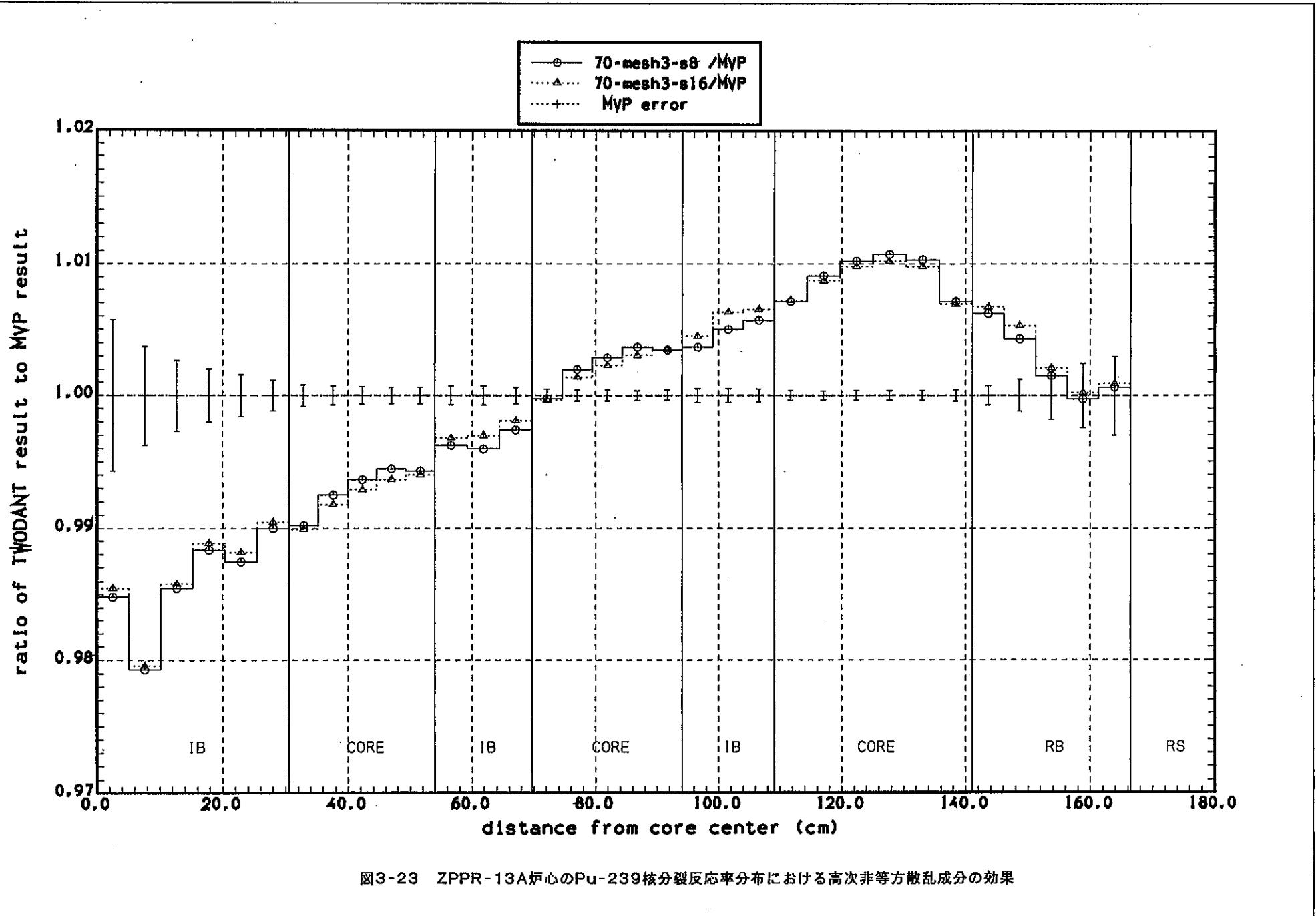
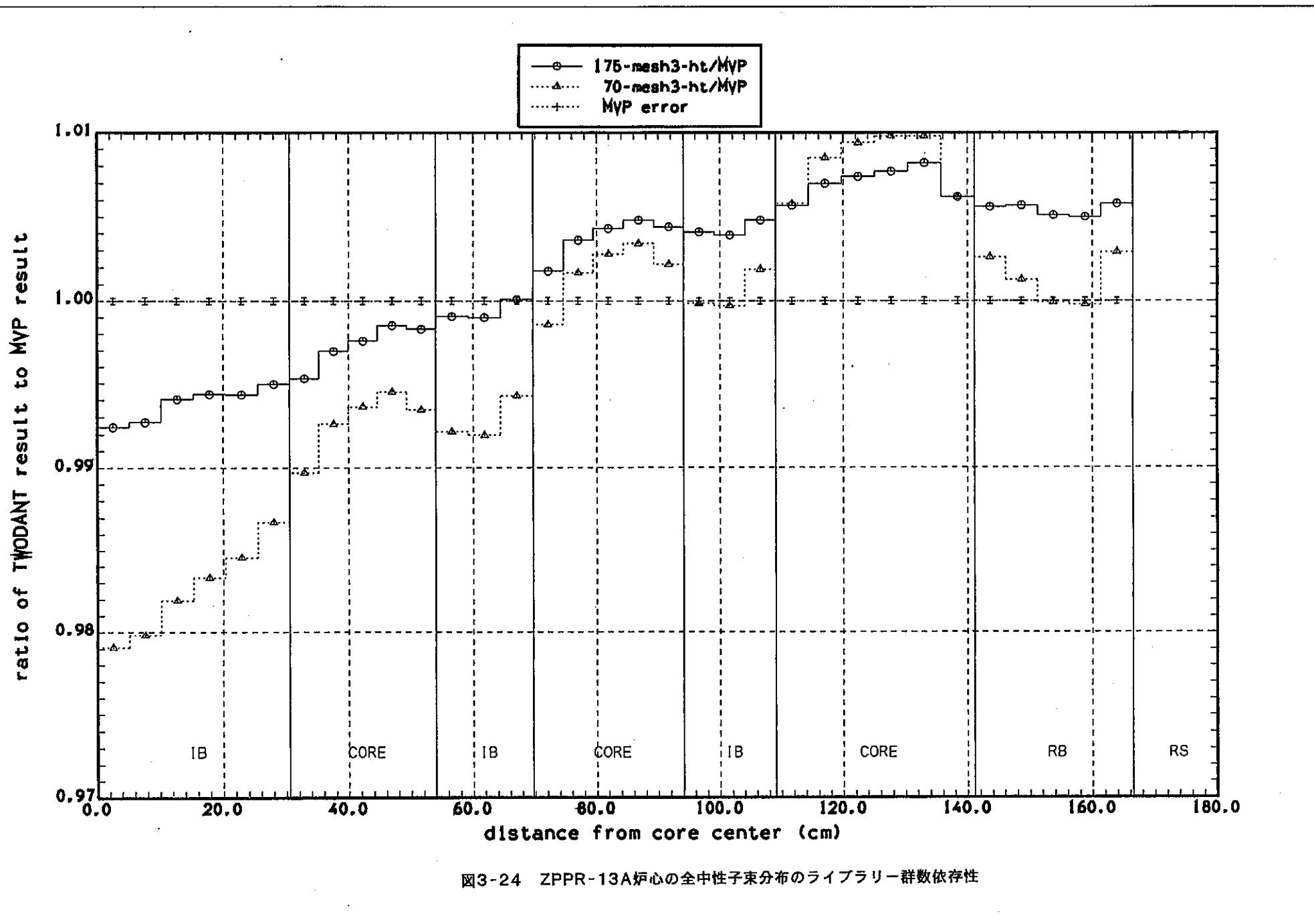
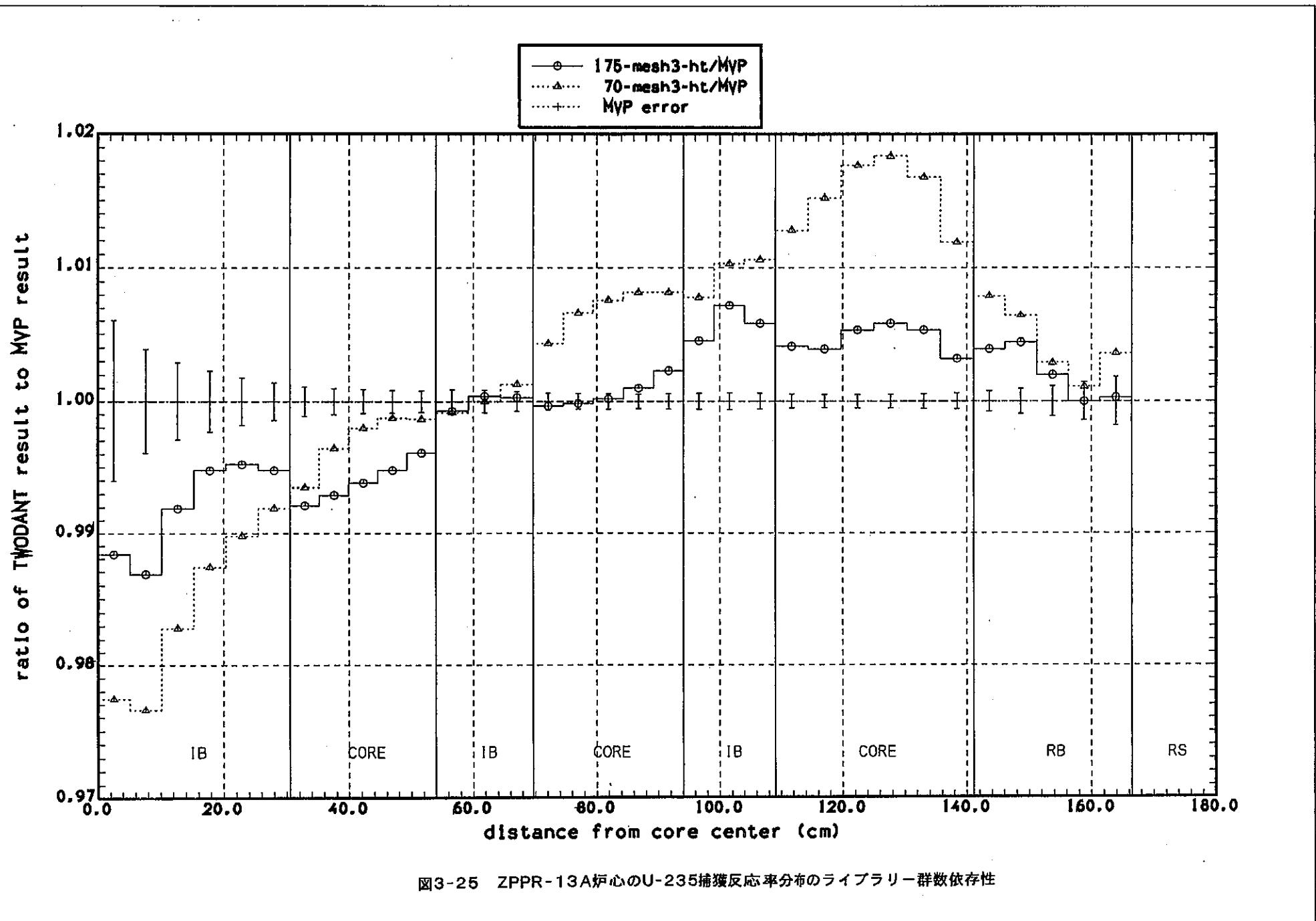
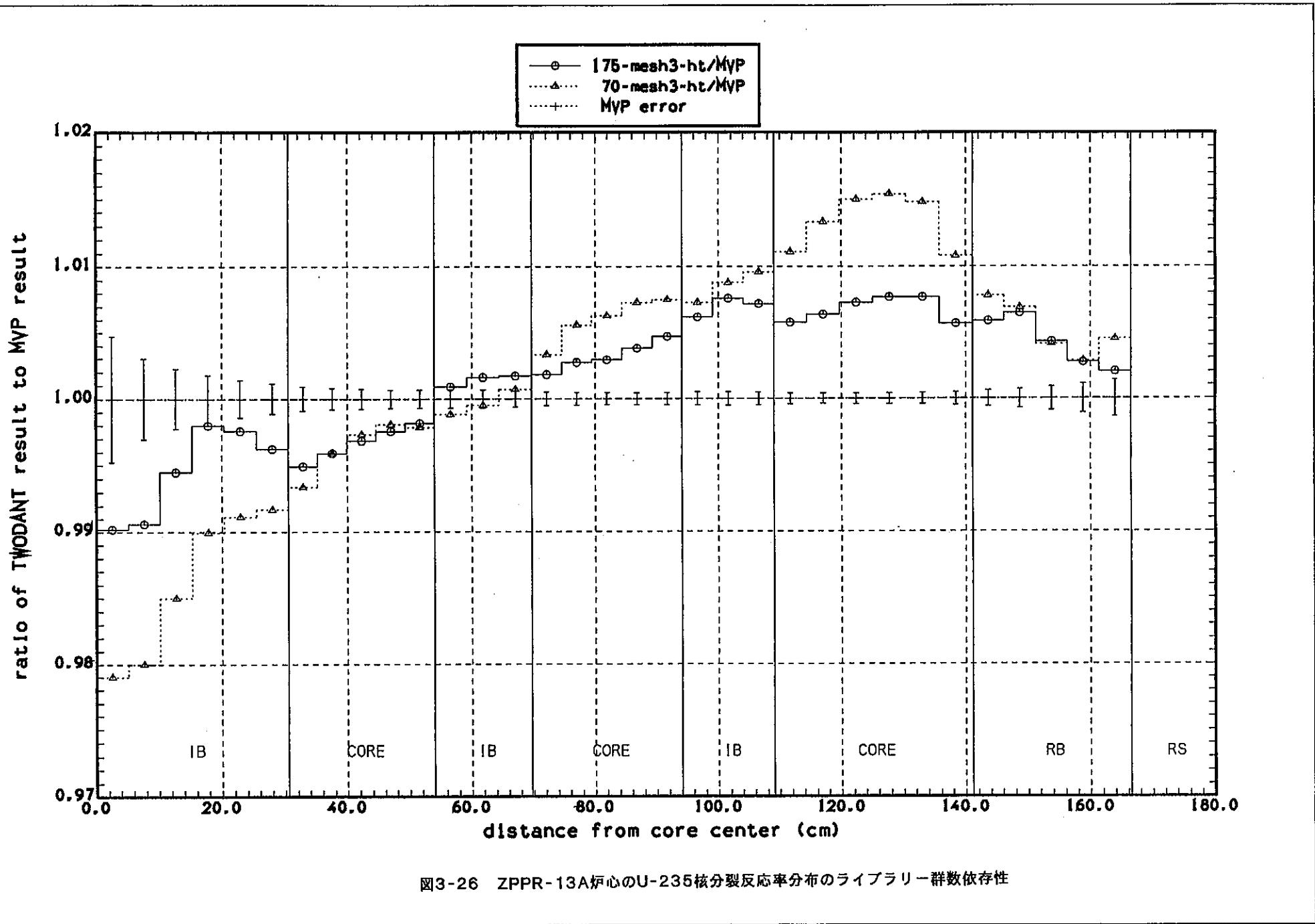
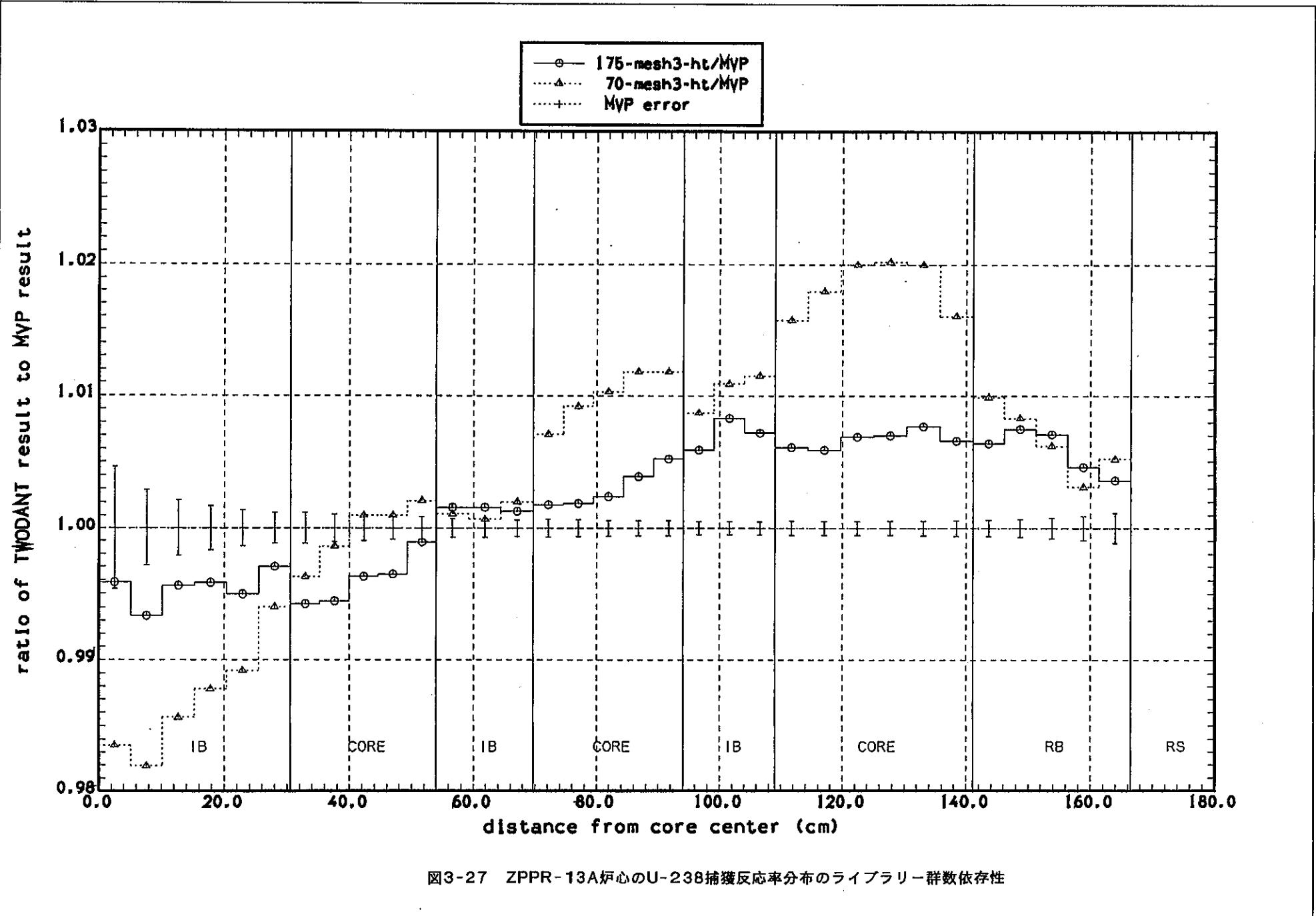


図3-23 ZPPR-13A炉心のPu-239核分裂反応率分布における高次非等方散乱成分の効果









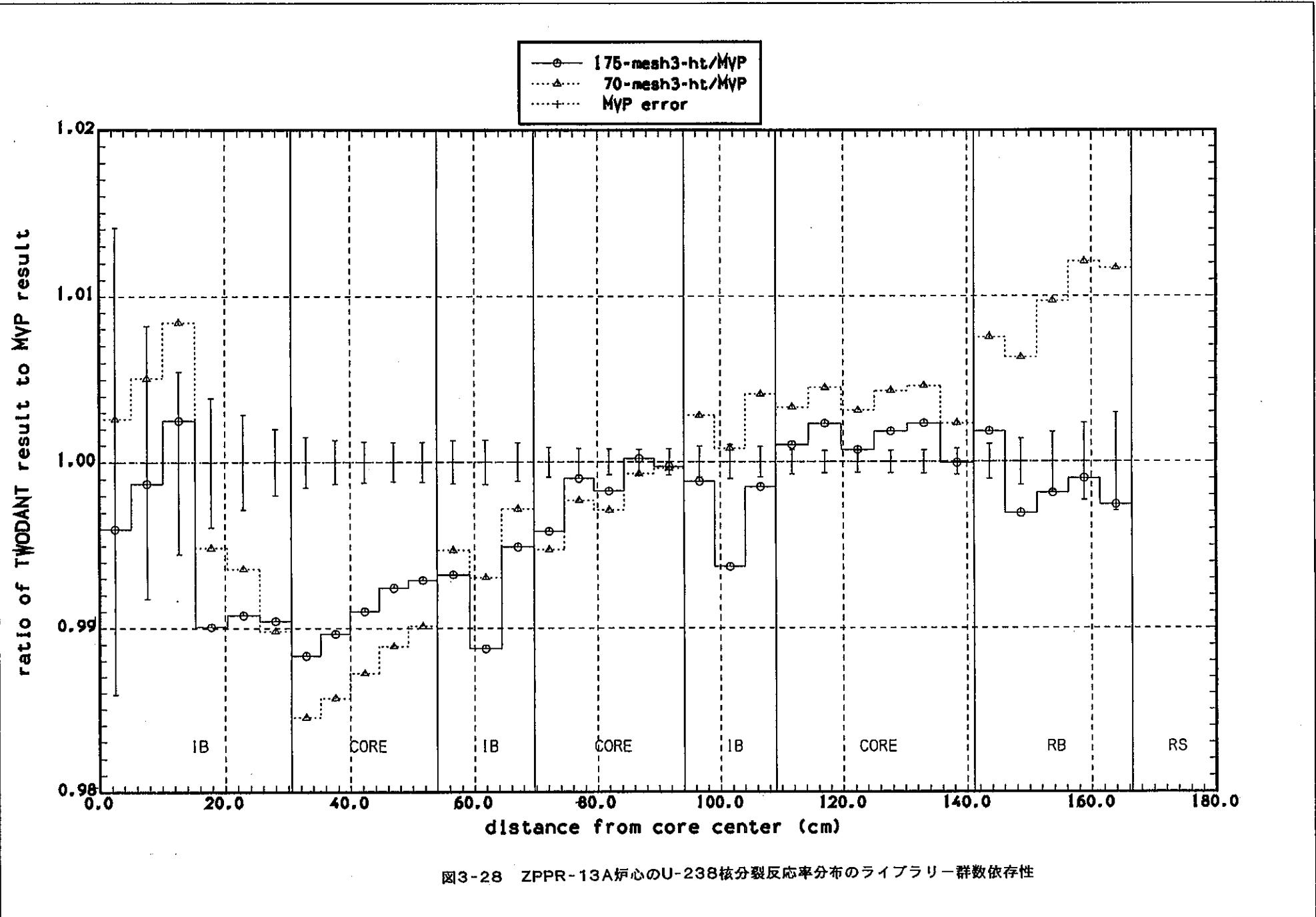


図3-28 ZPPR-13A炉心のU-238核分裂反応率分布のライブラリー群数依存性

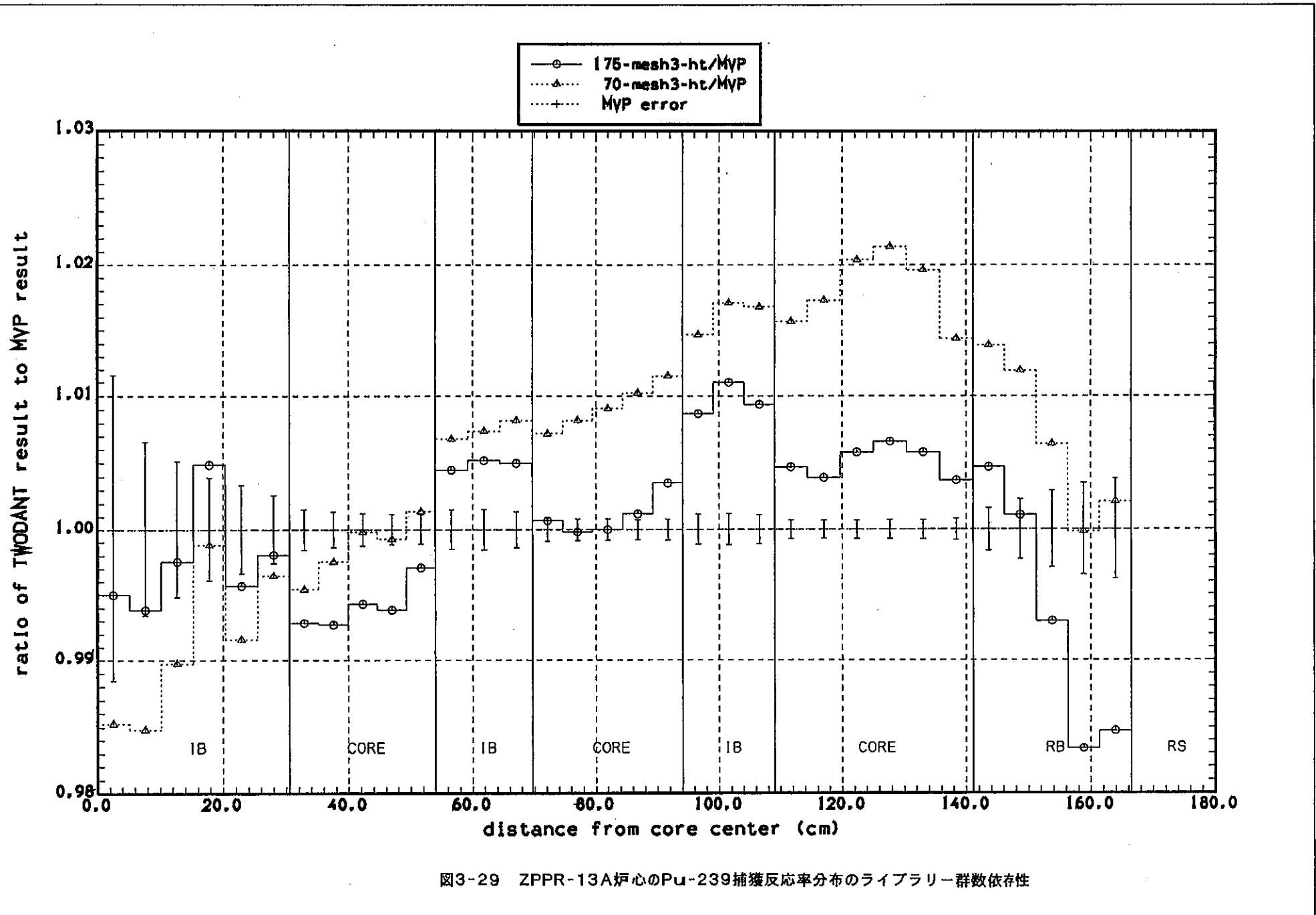
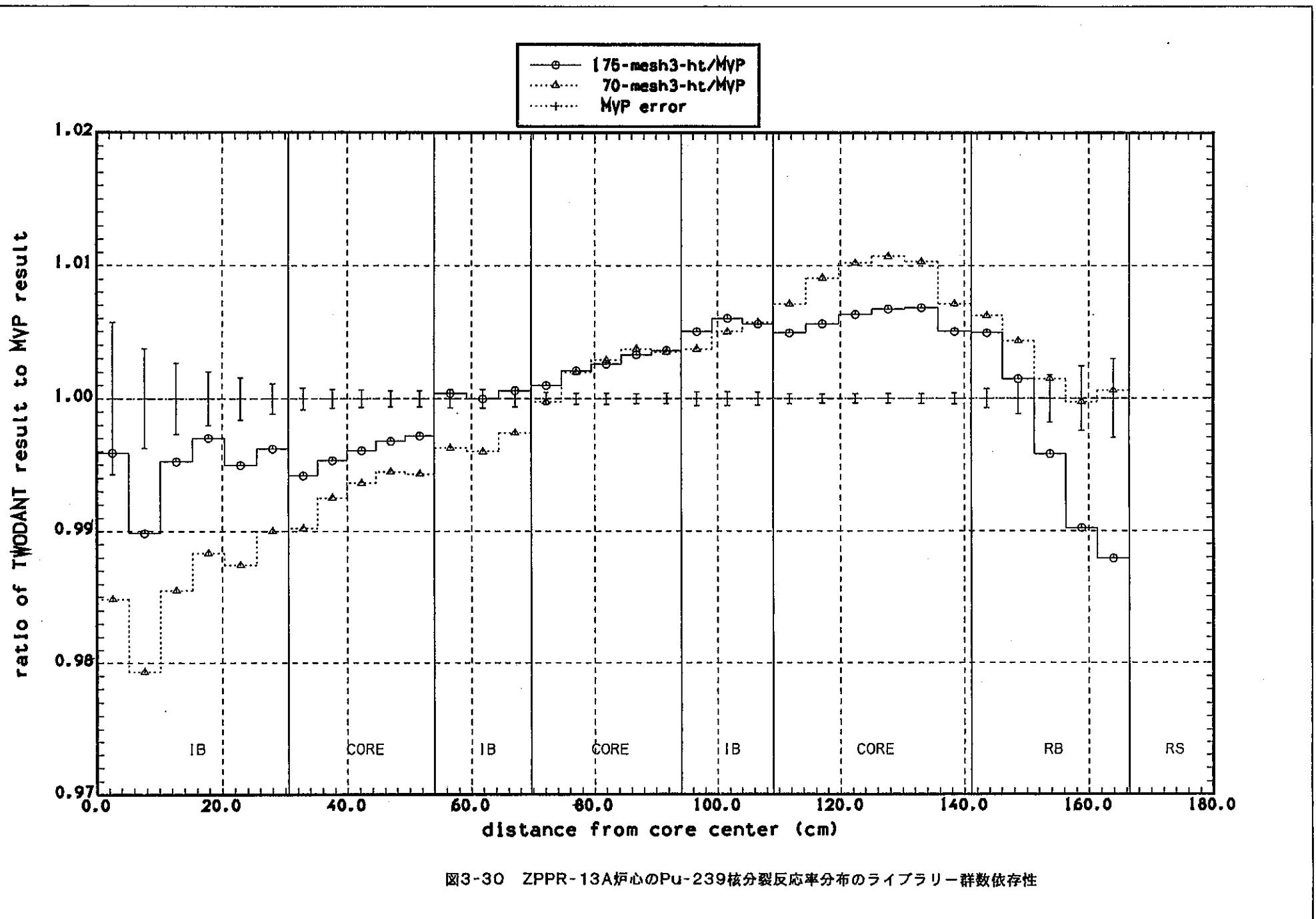
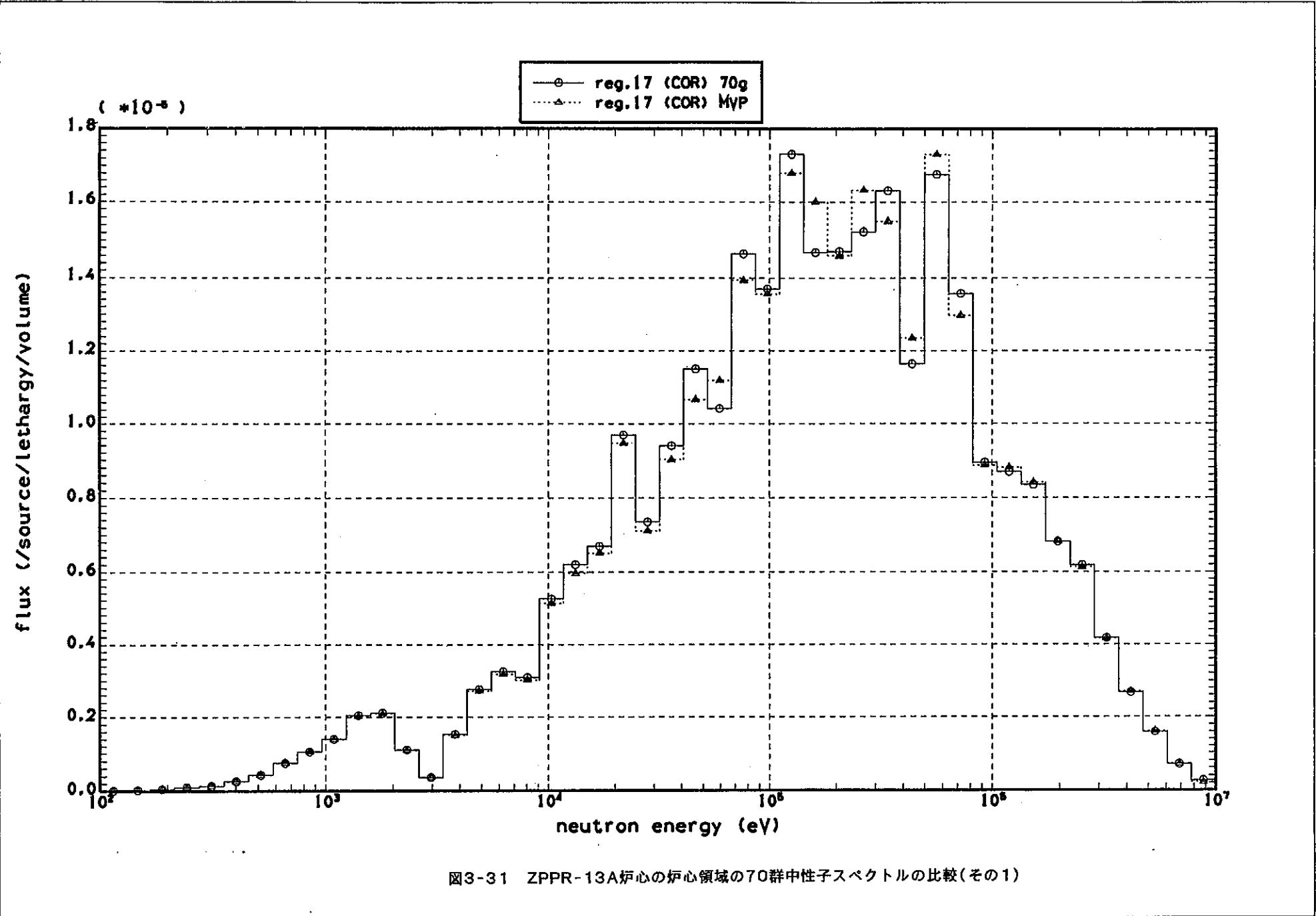
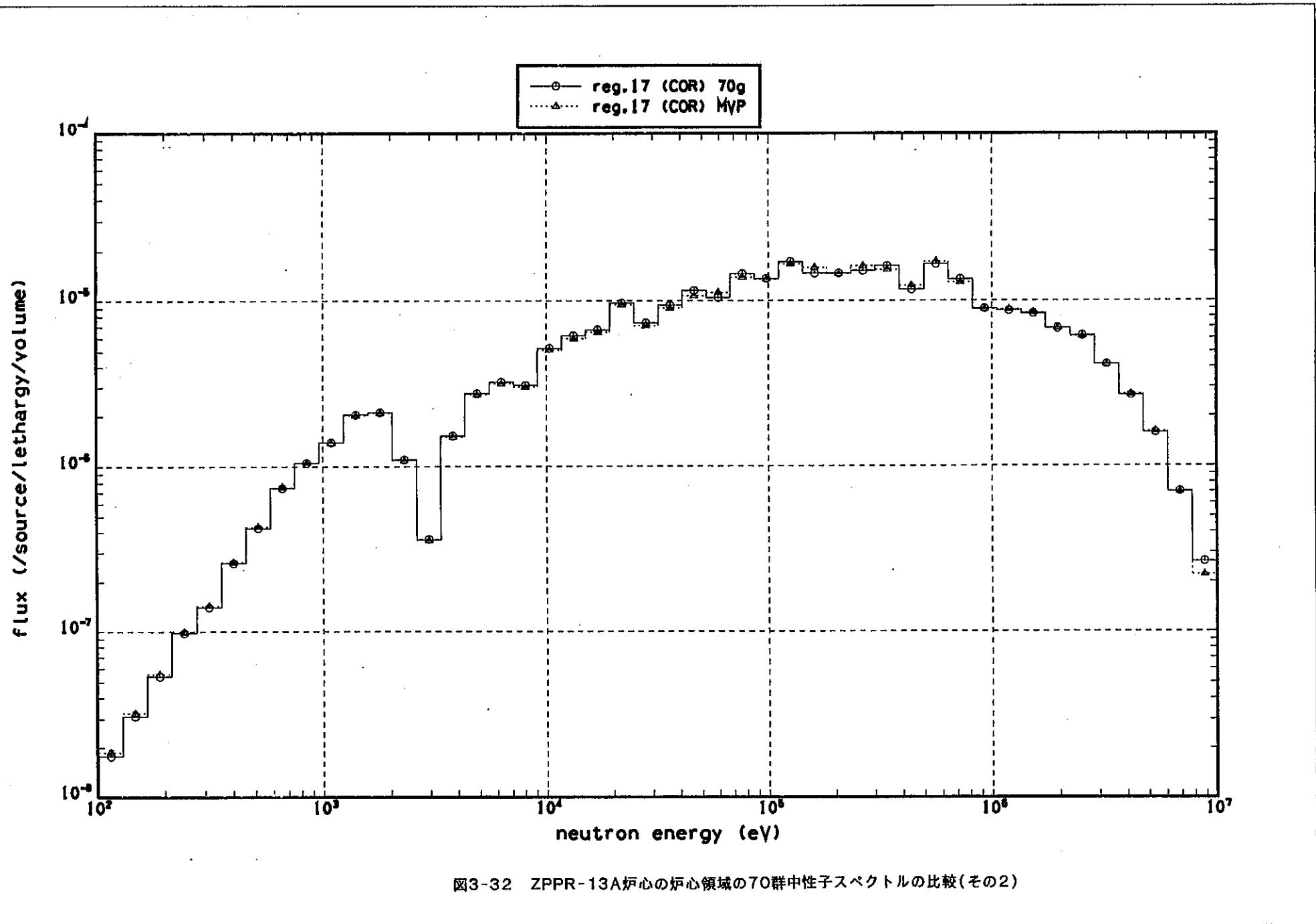
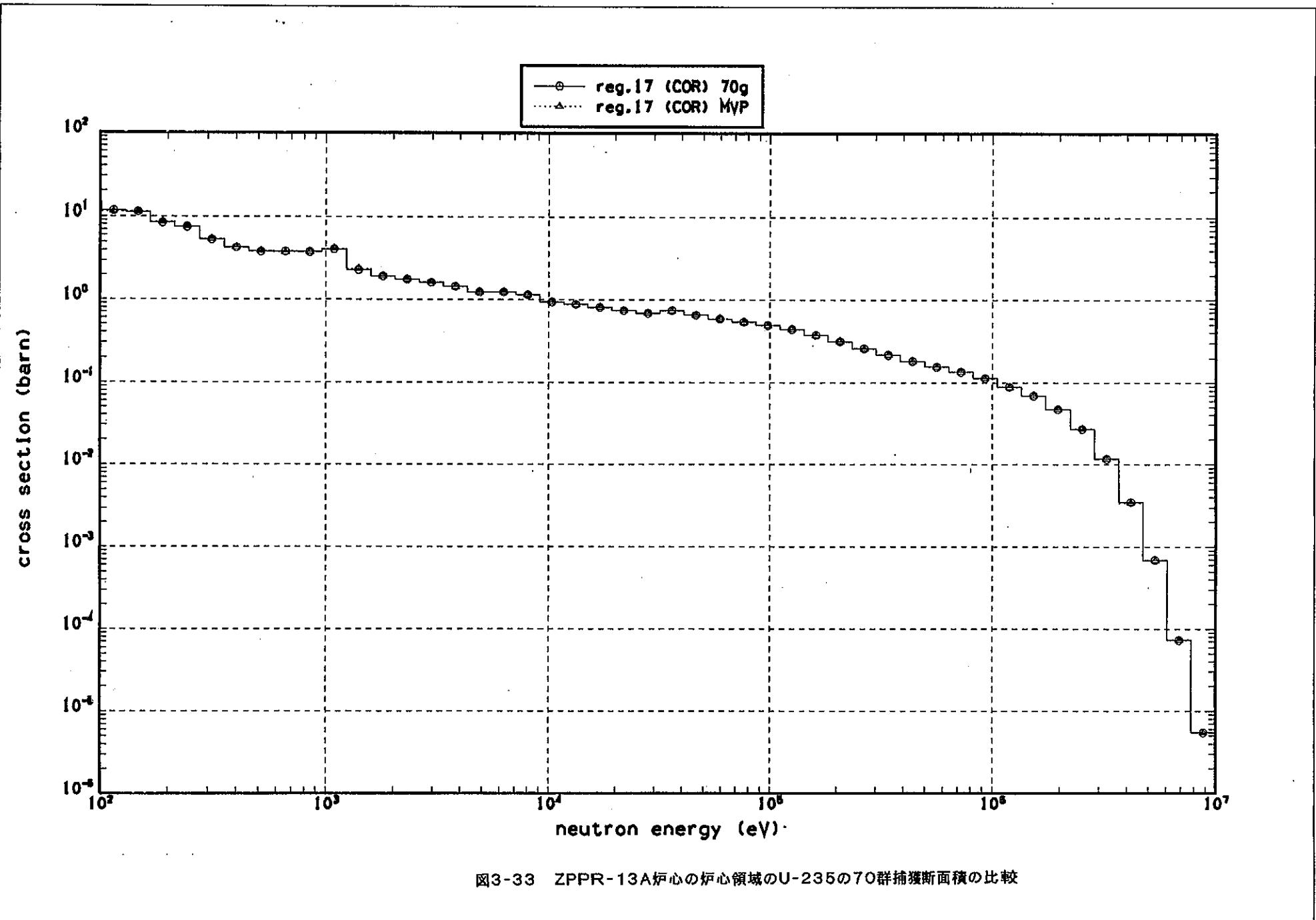


図3-29 ZPPR-13A炉心のPu-239捕獲反応率分布のライブライ一群数依存性









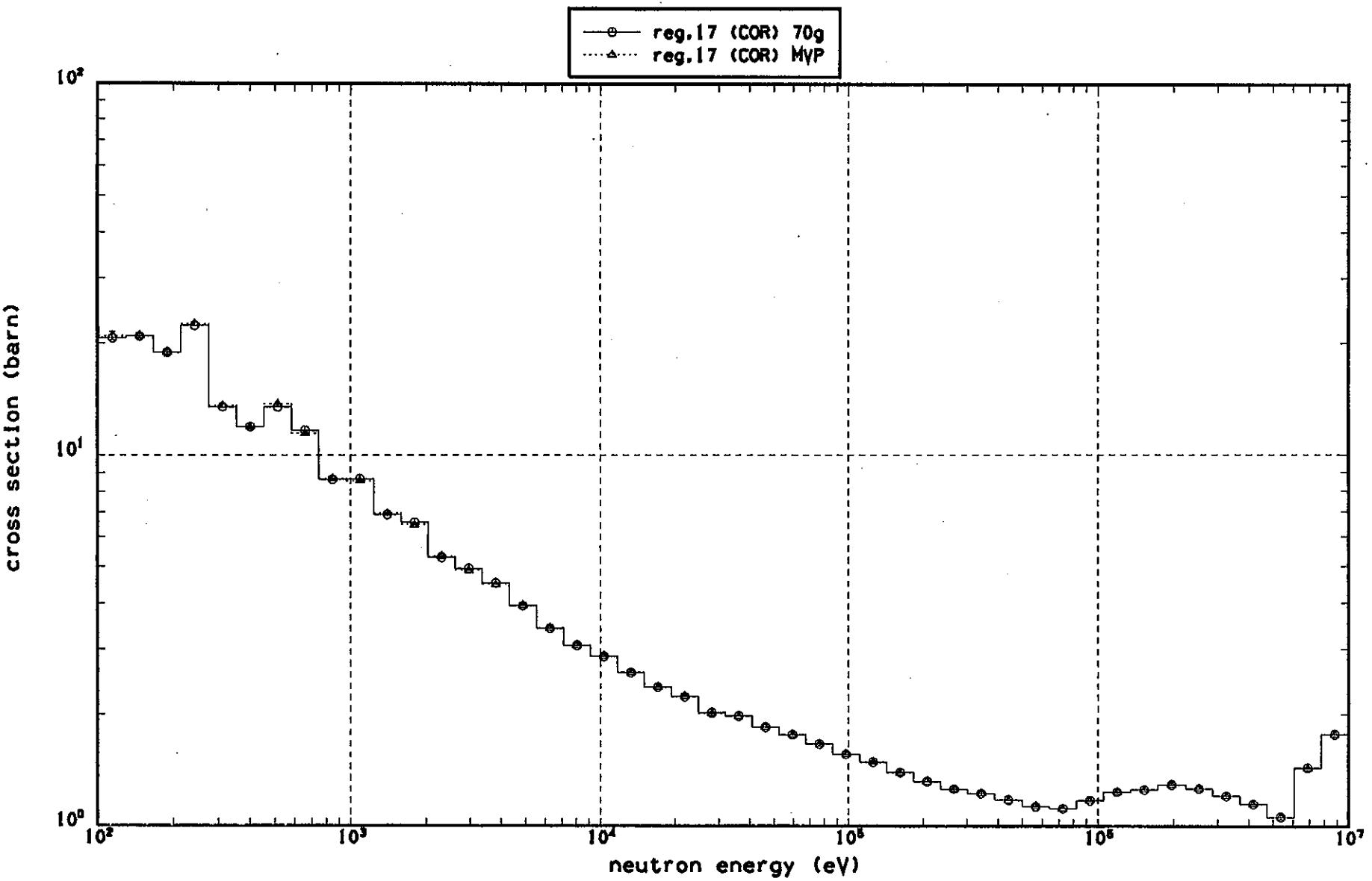
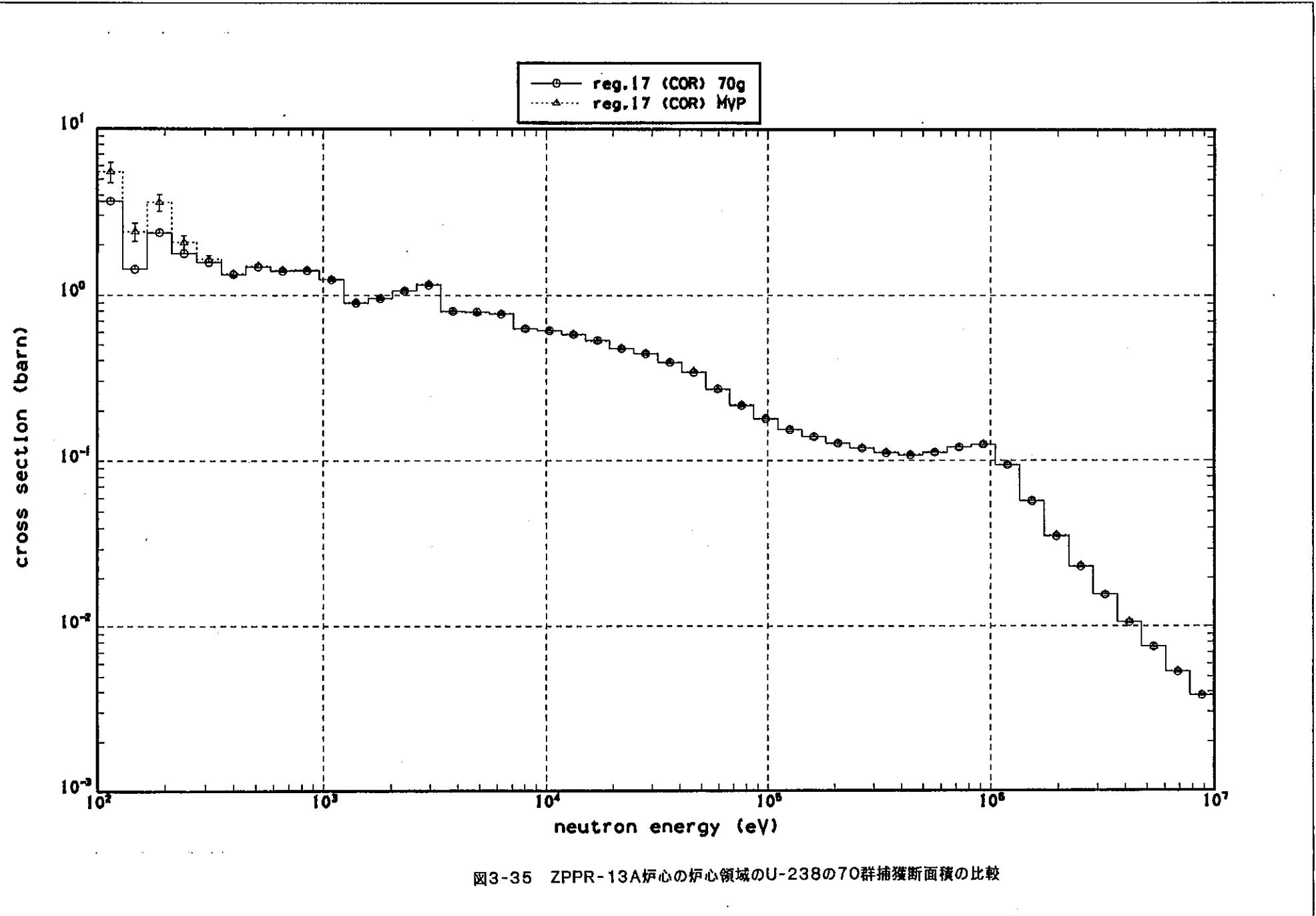


図3-34 ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の70群核分裂断面積の比較



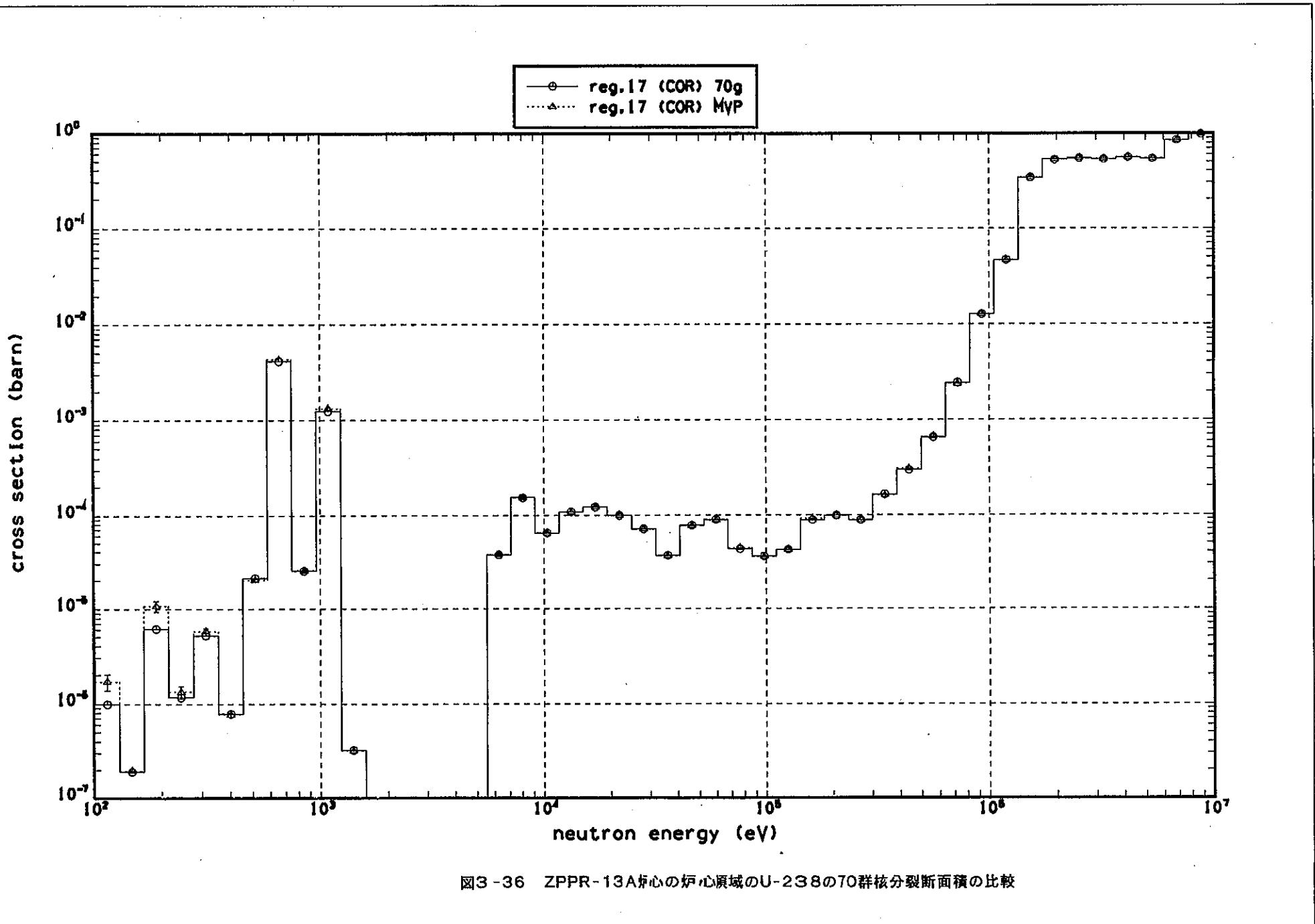
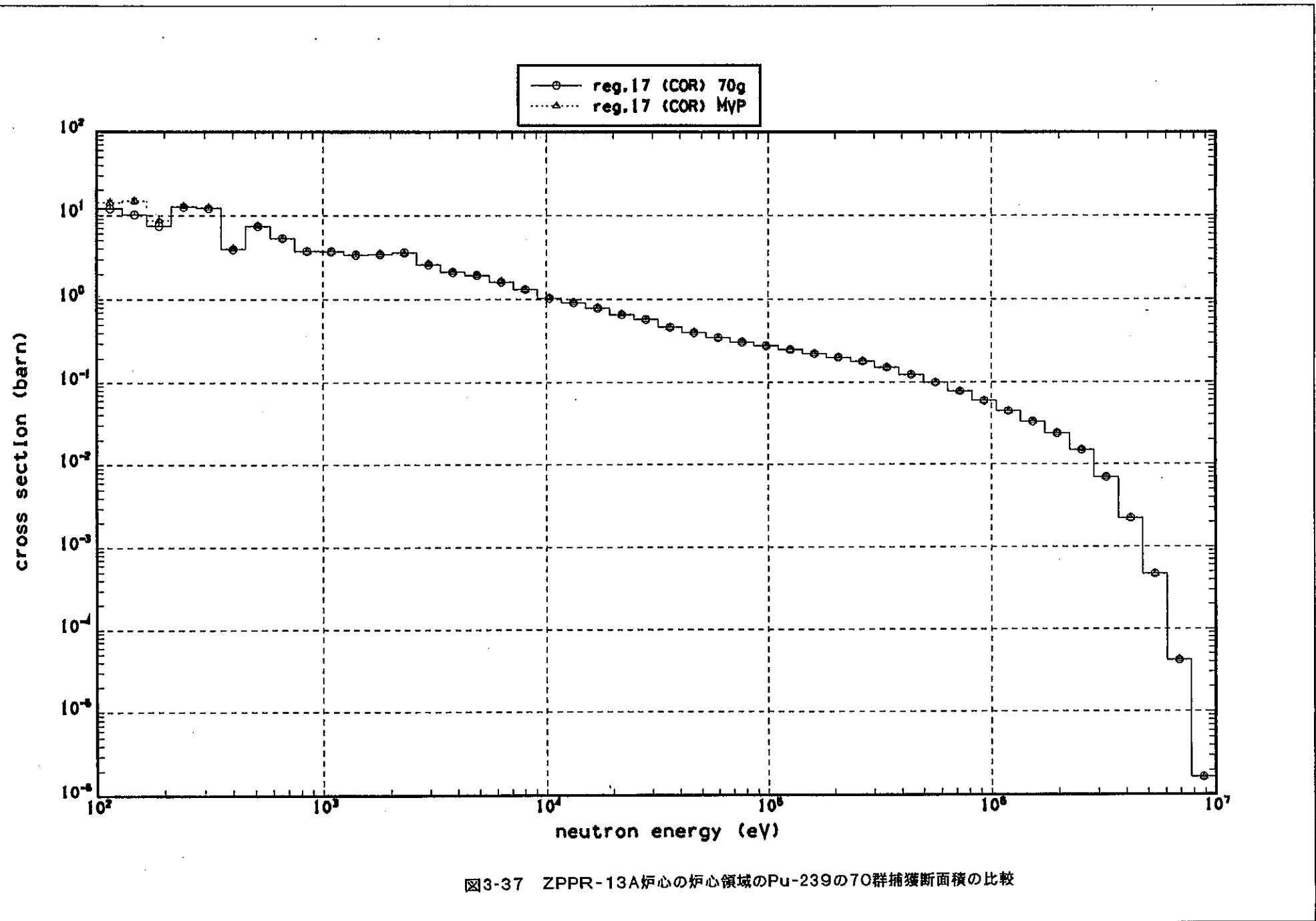


図3-36 ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の70群核分裂断面積の比較



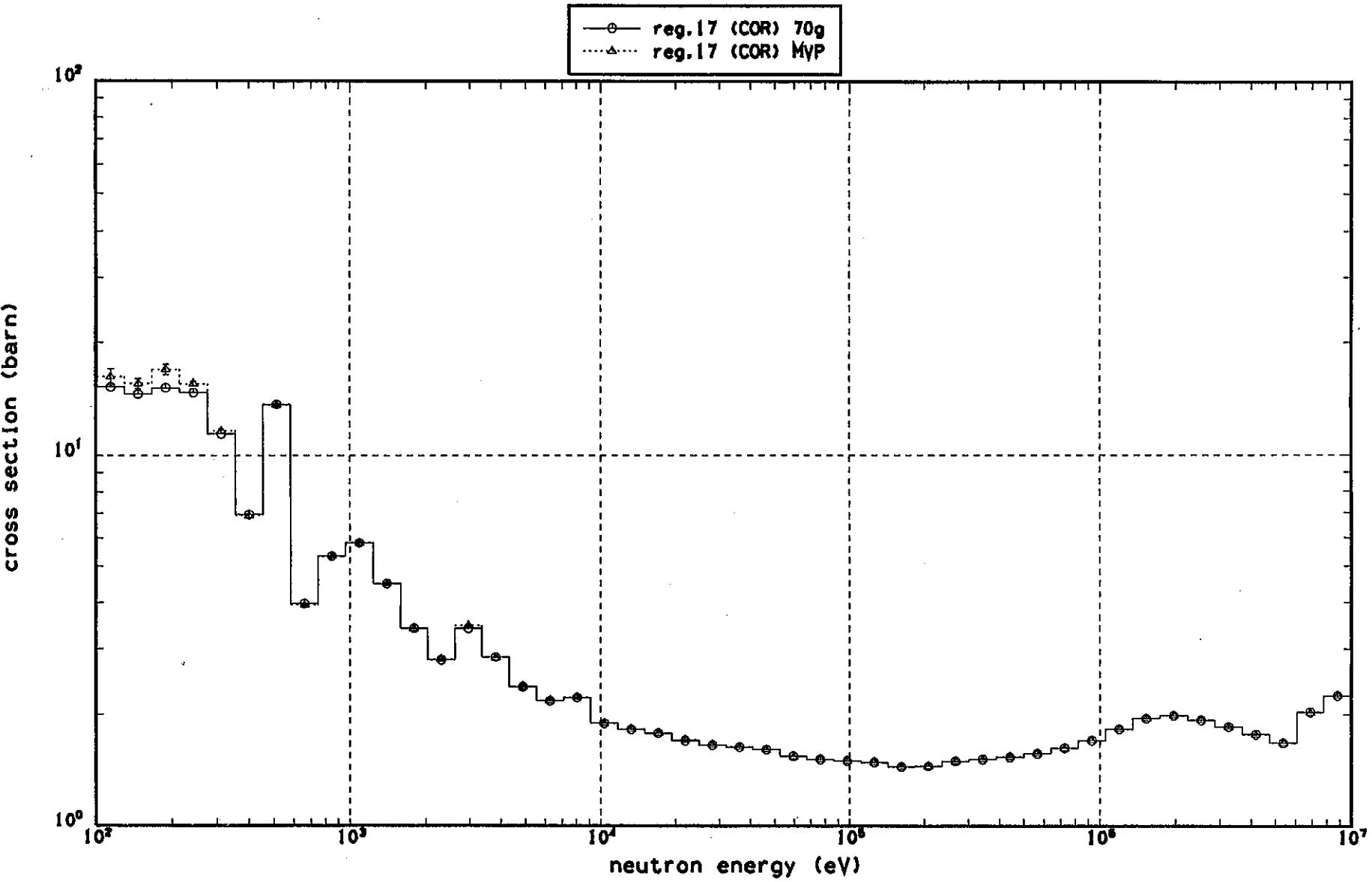
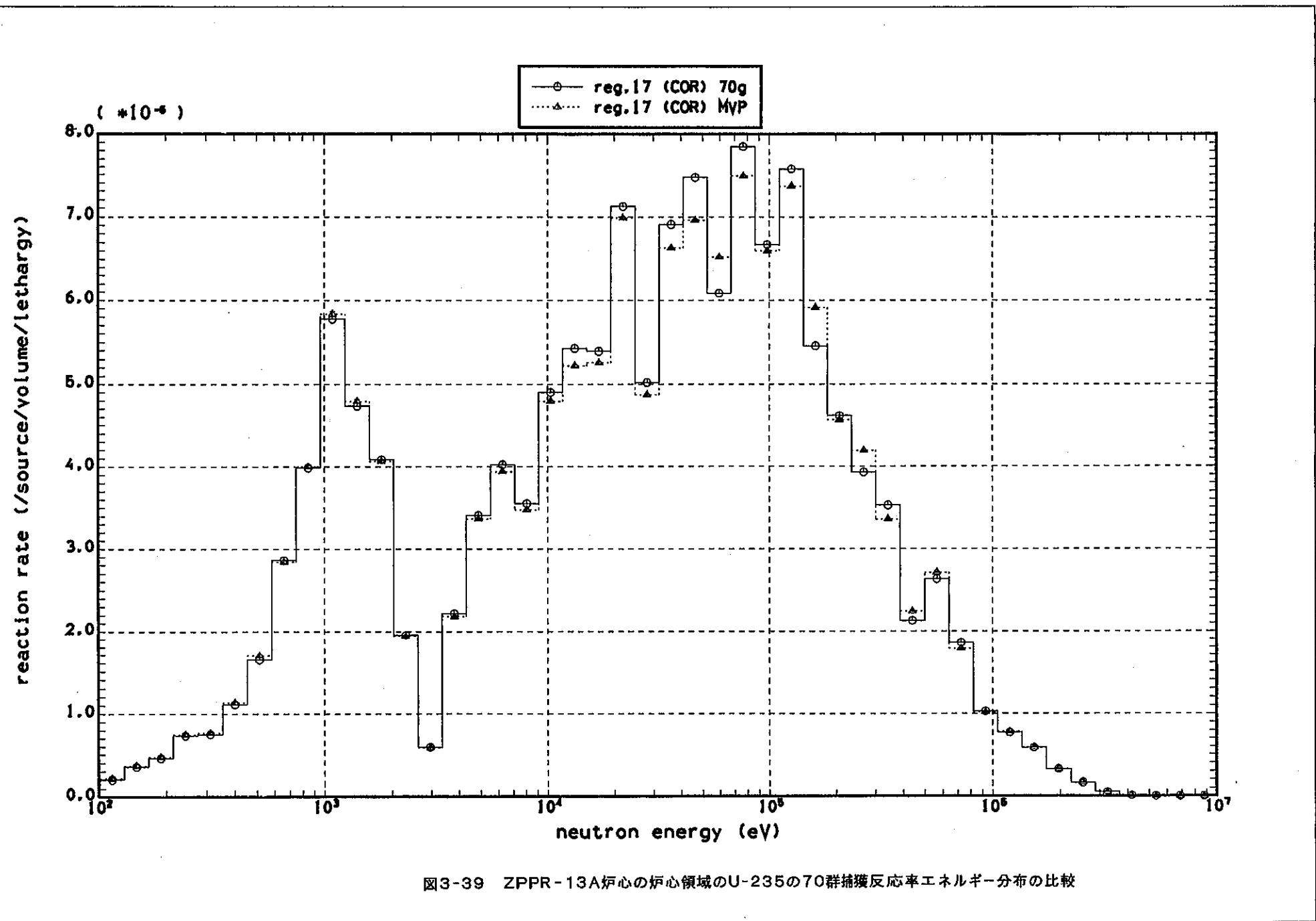
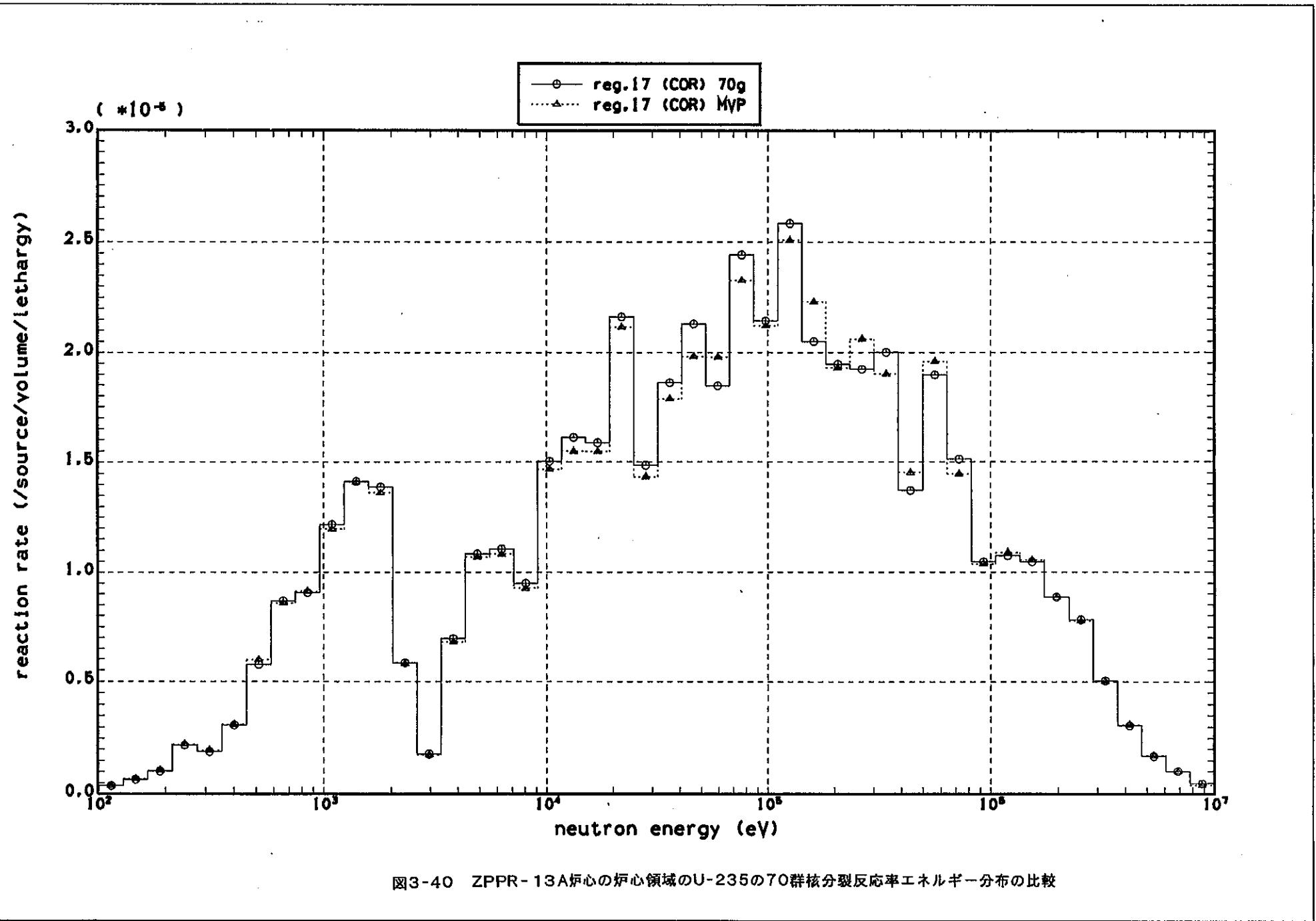
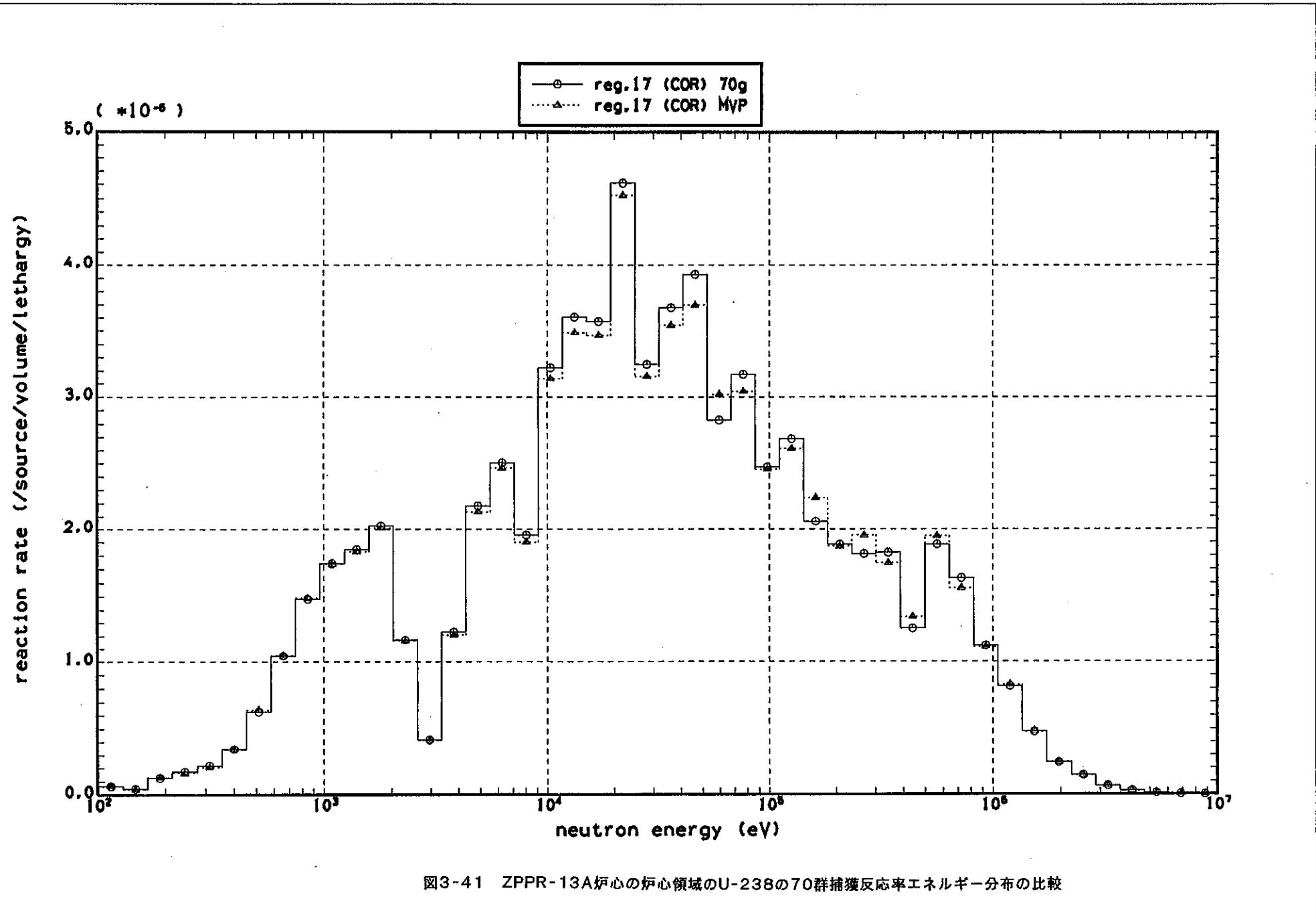
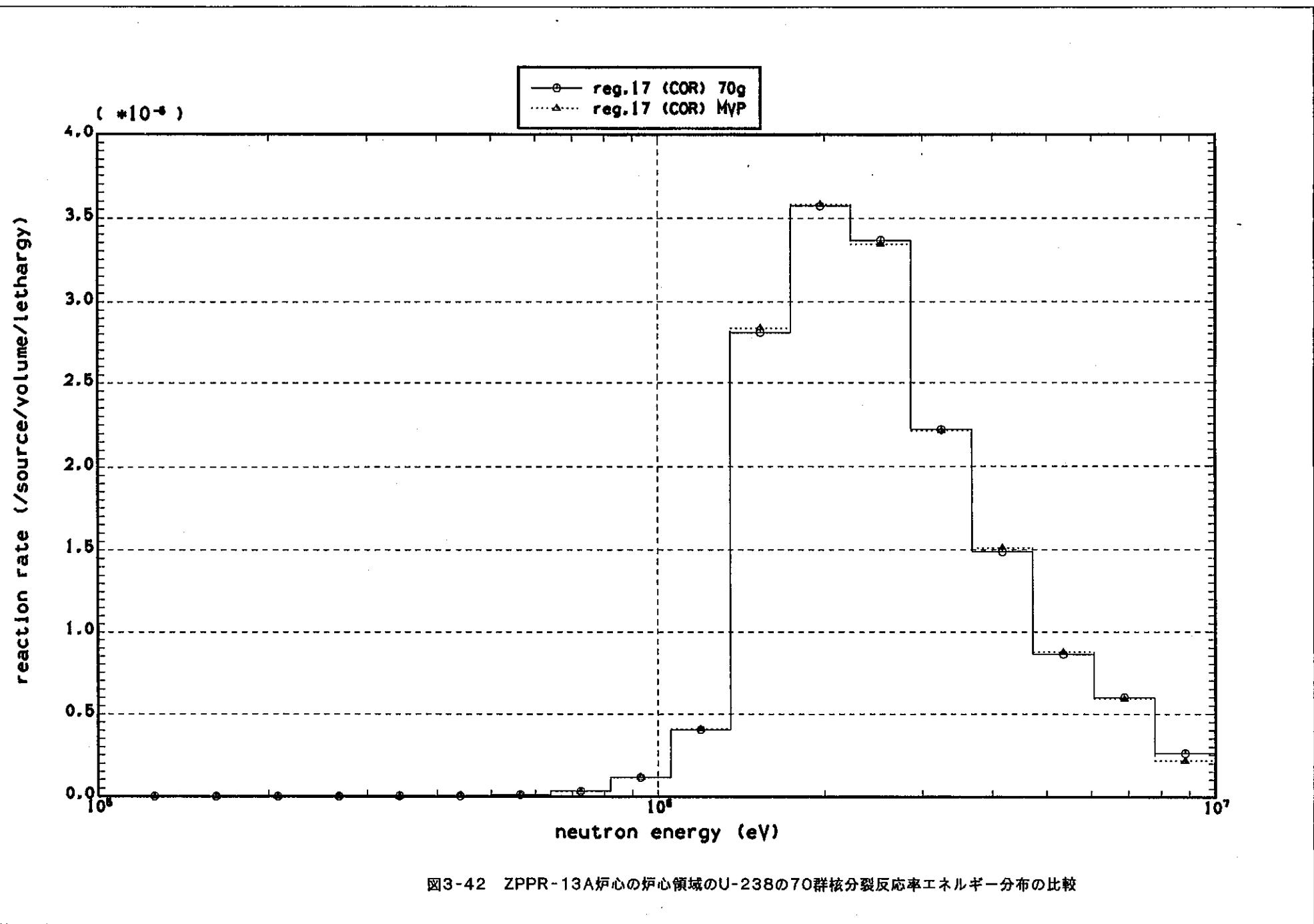


図3-38 ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の70群核分裂断面積の比較









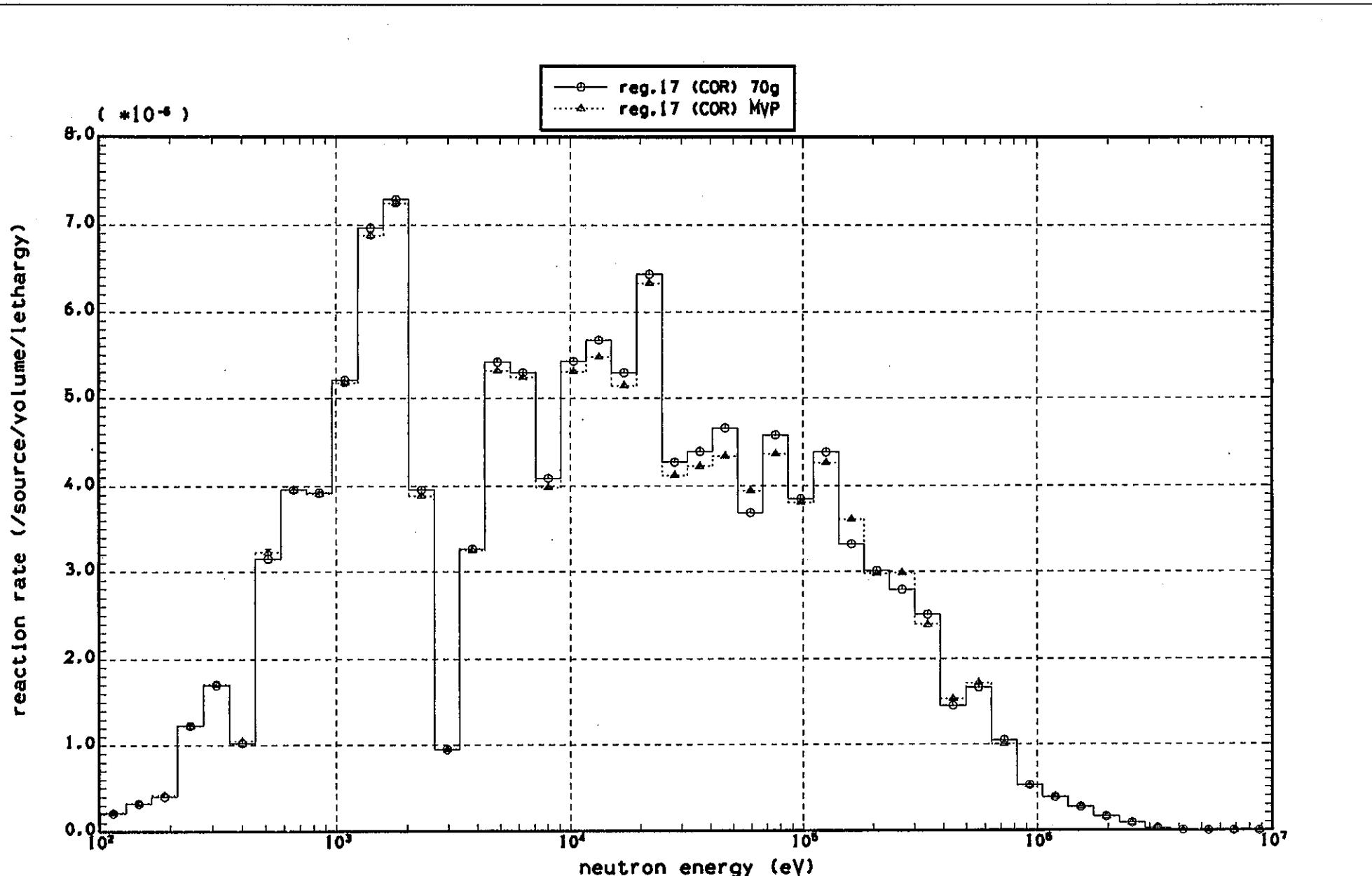


図3-43 ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の70群捕獲反応率エネルギー分布の比較

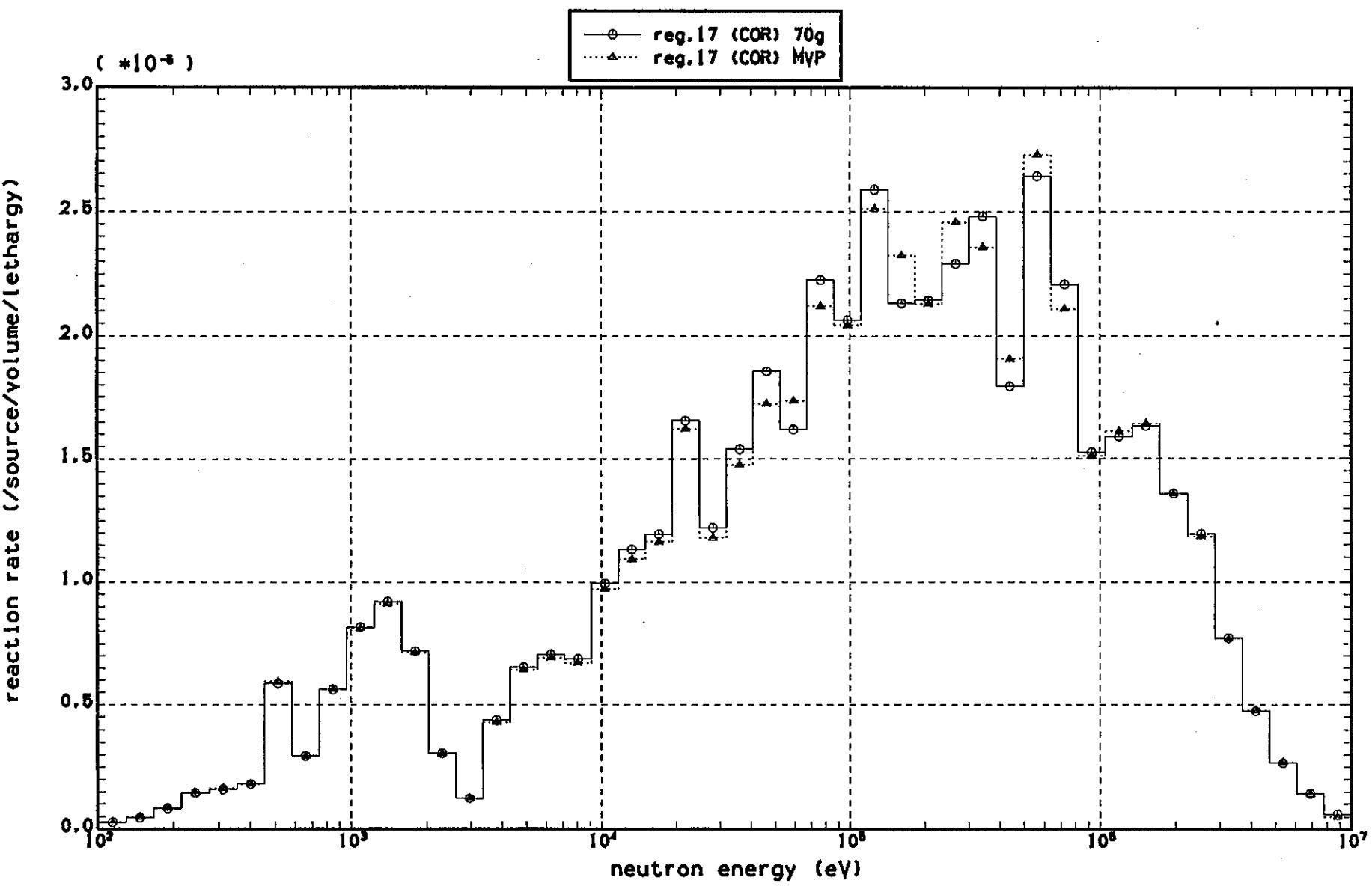
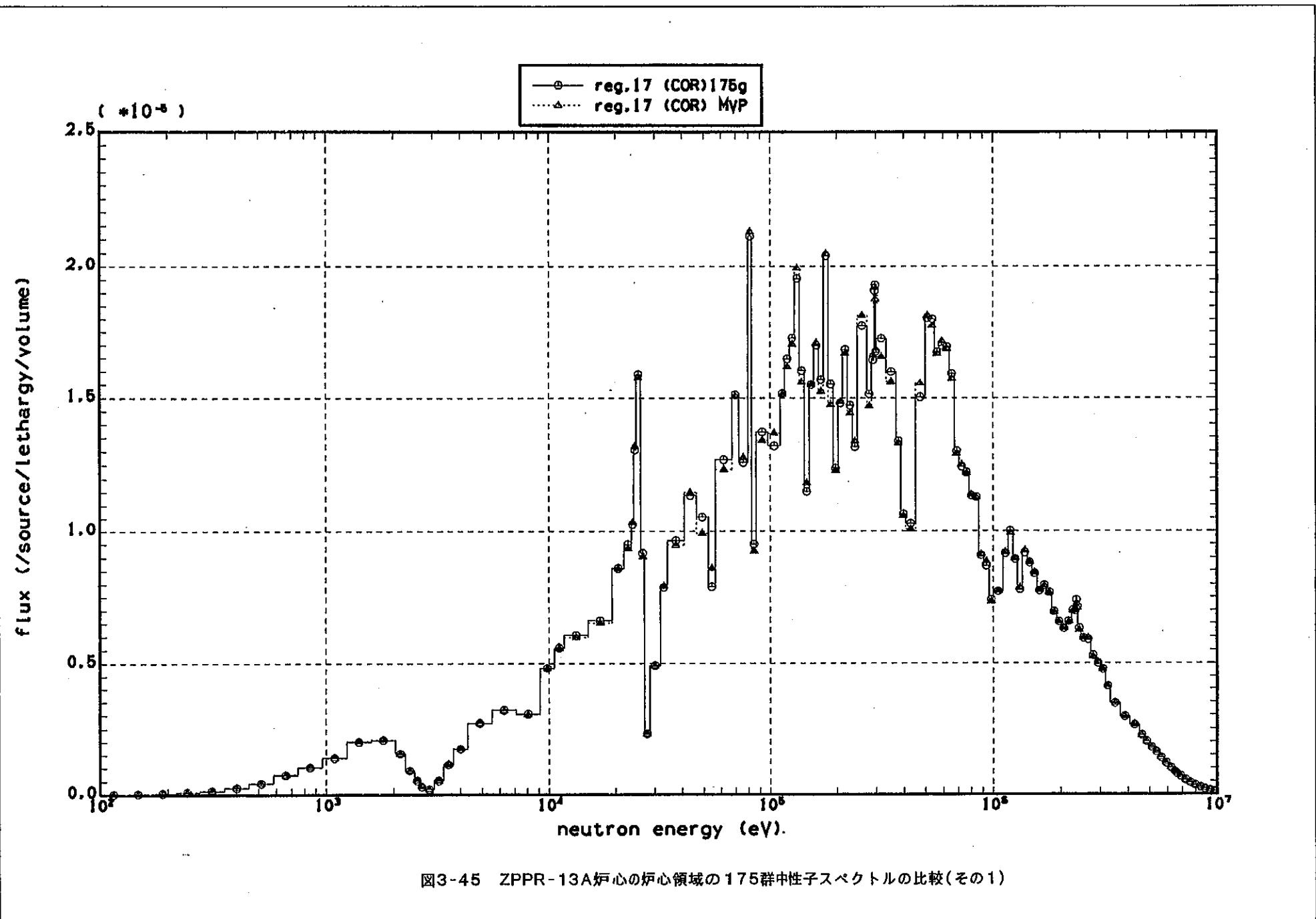
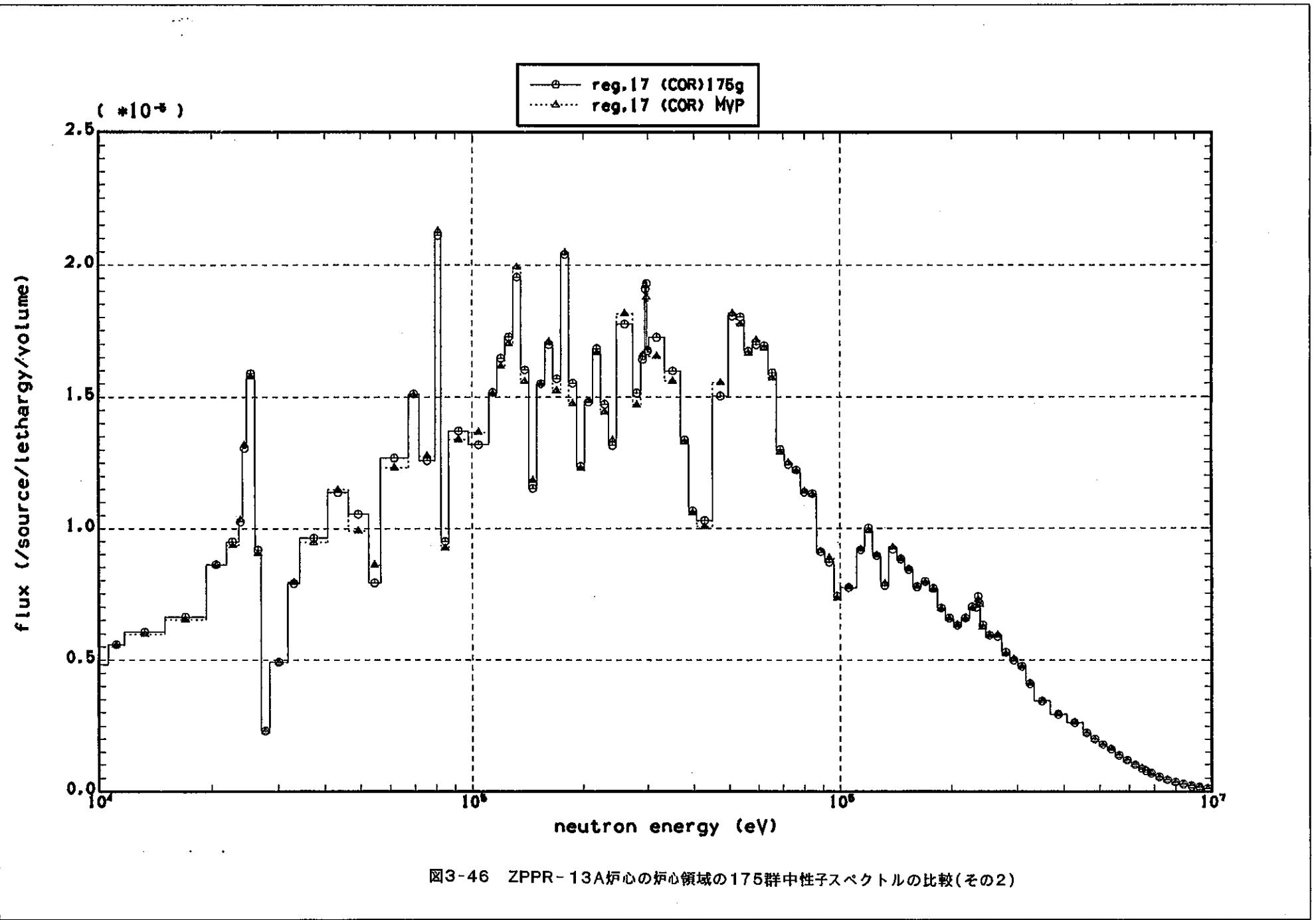


図3-44 ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の70群核分裂反応率エネルギー分布の比較





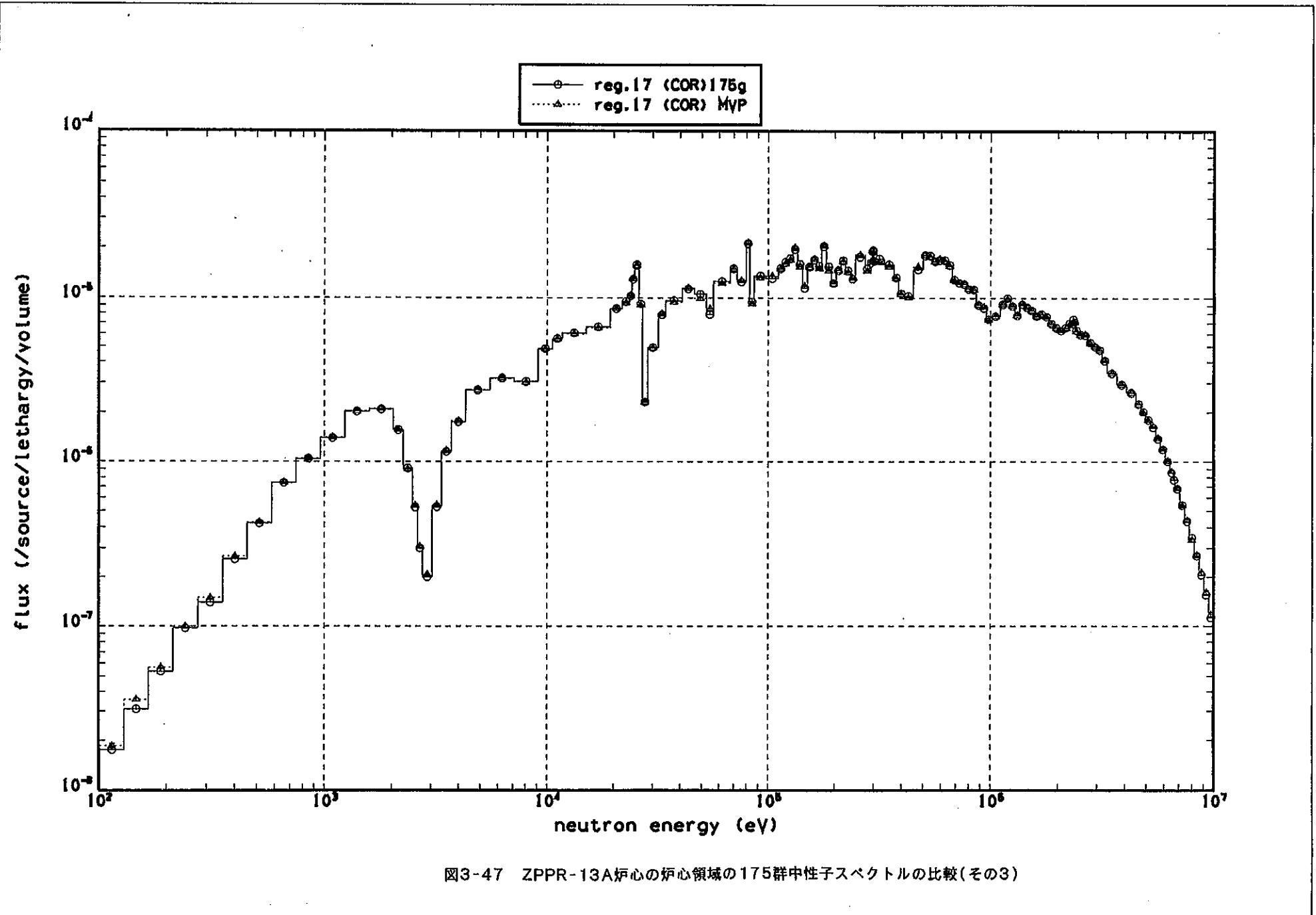


図3-47 ZPPR-13A炉心の炉心領域の175群中性子スペクトルの比較(その3)

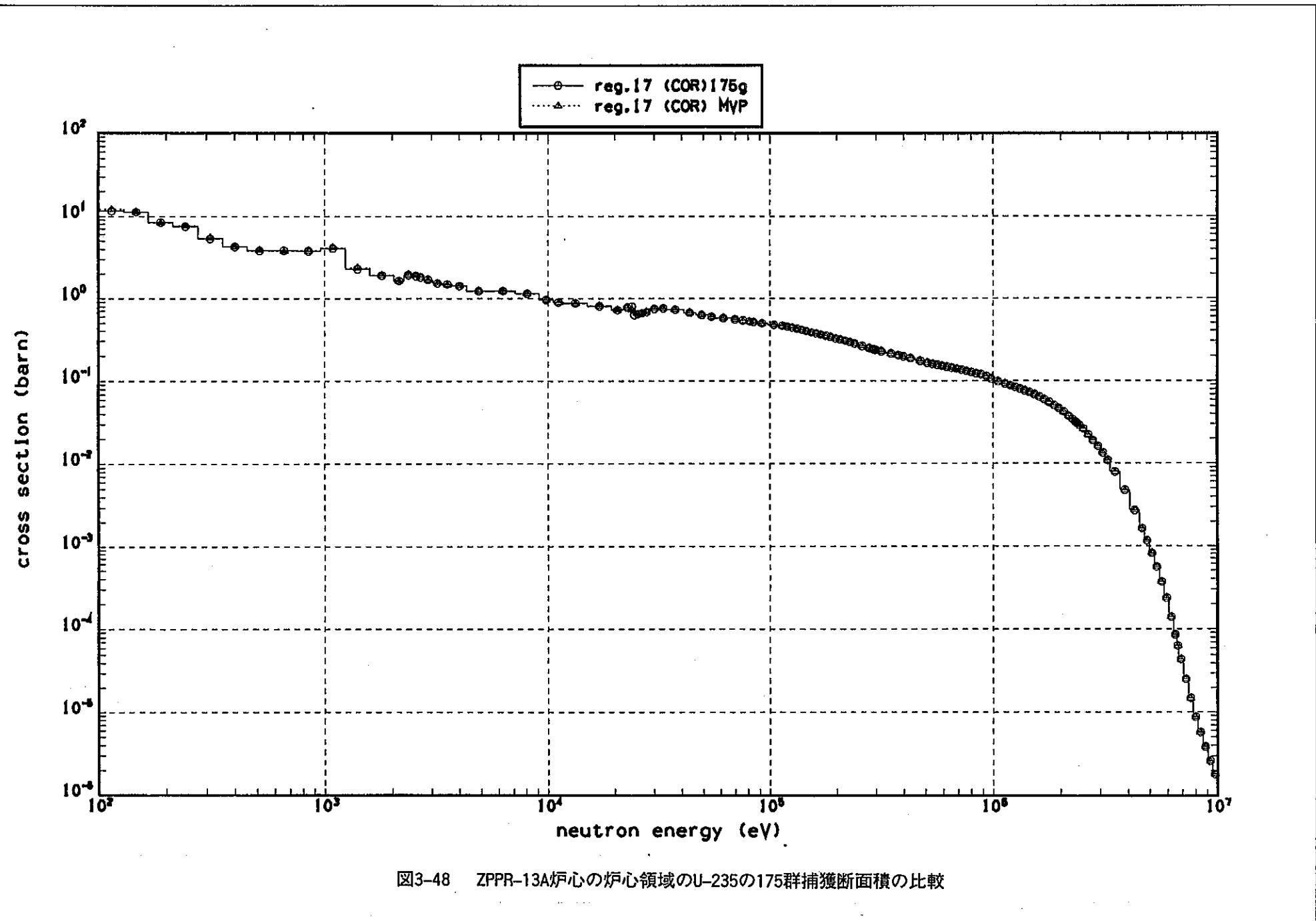
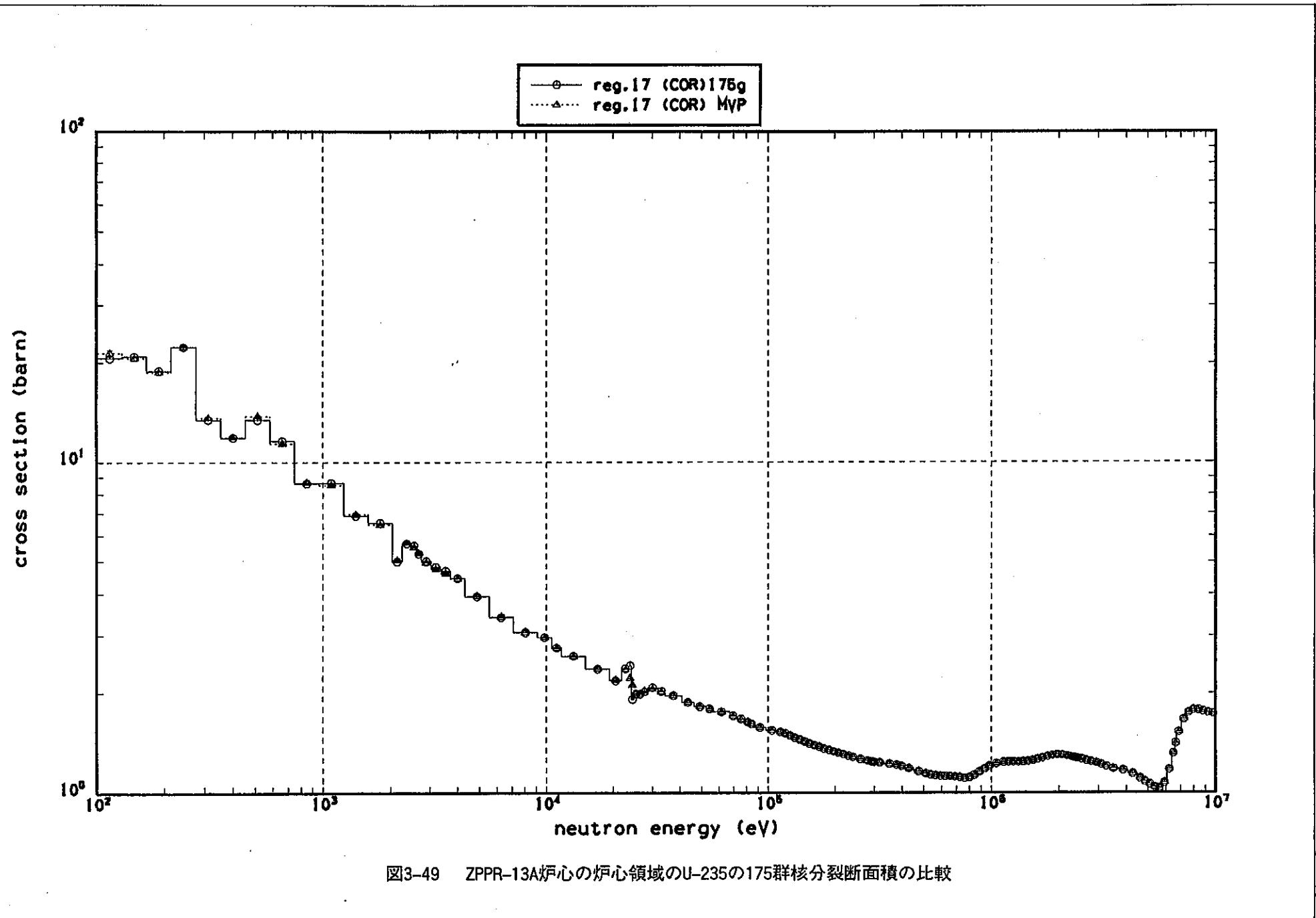


図3-48 ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の175群捕獲断面積の比較



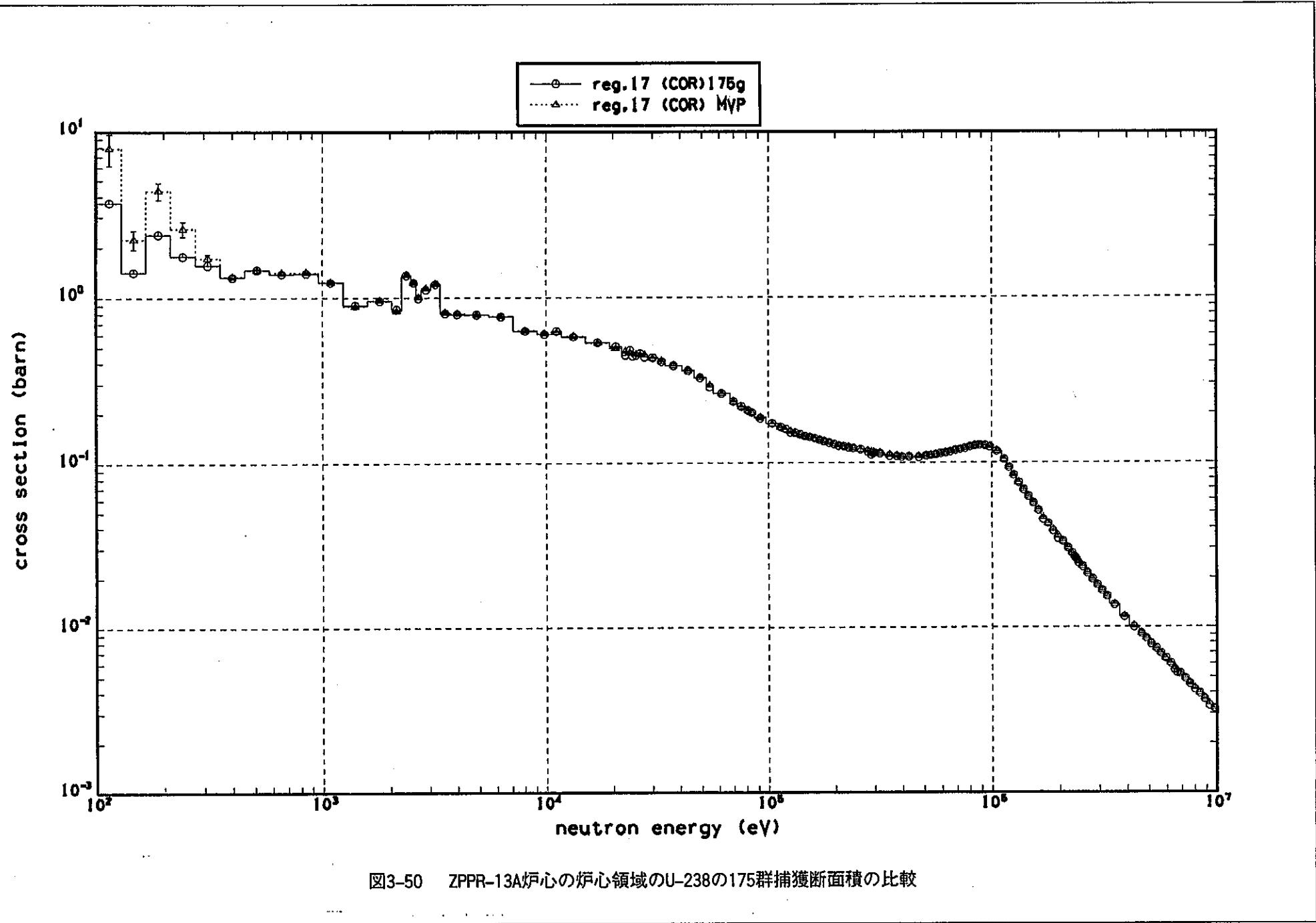
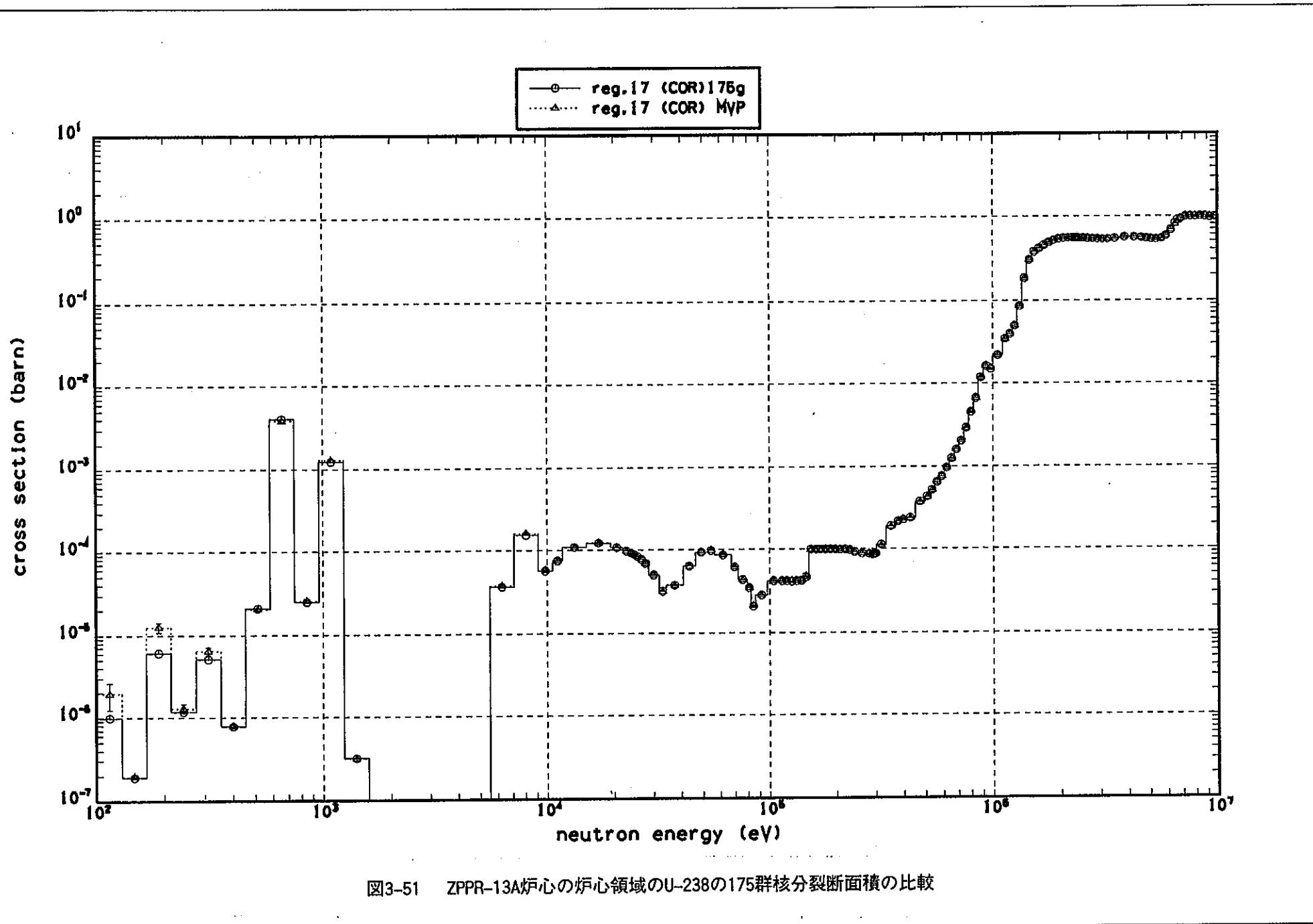


図3-50 ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-238の175群捕獲断面積の比較



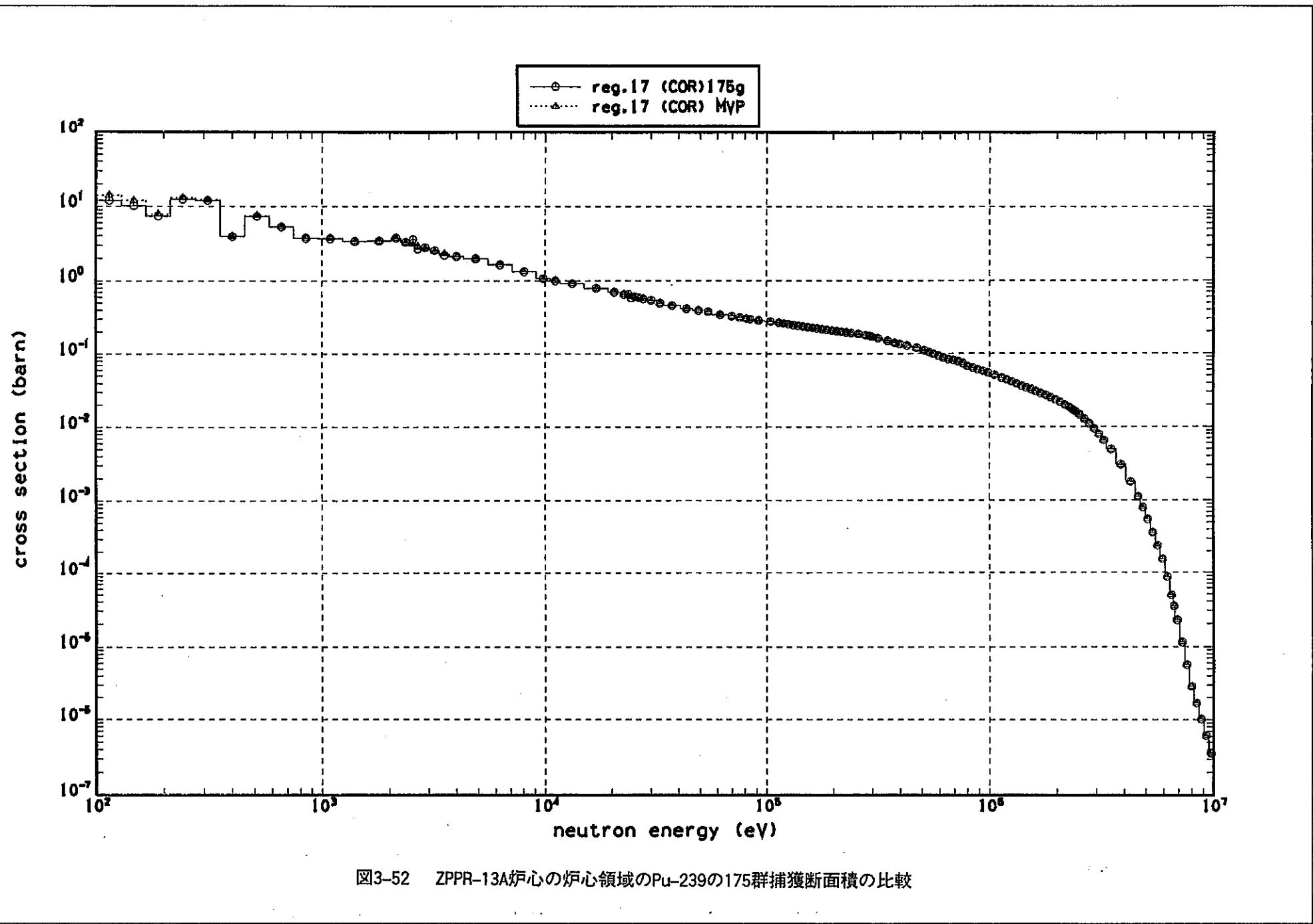
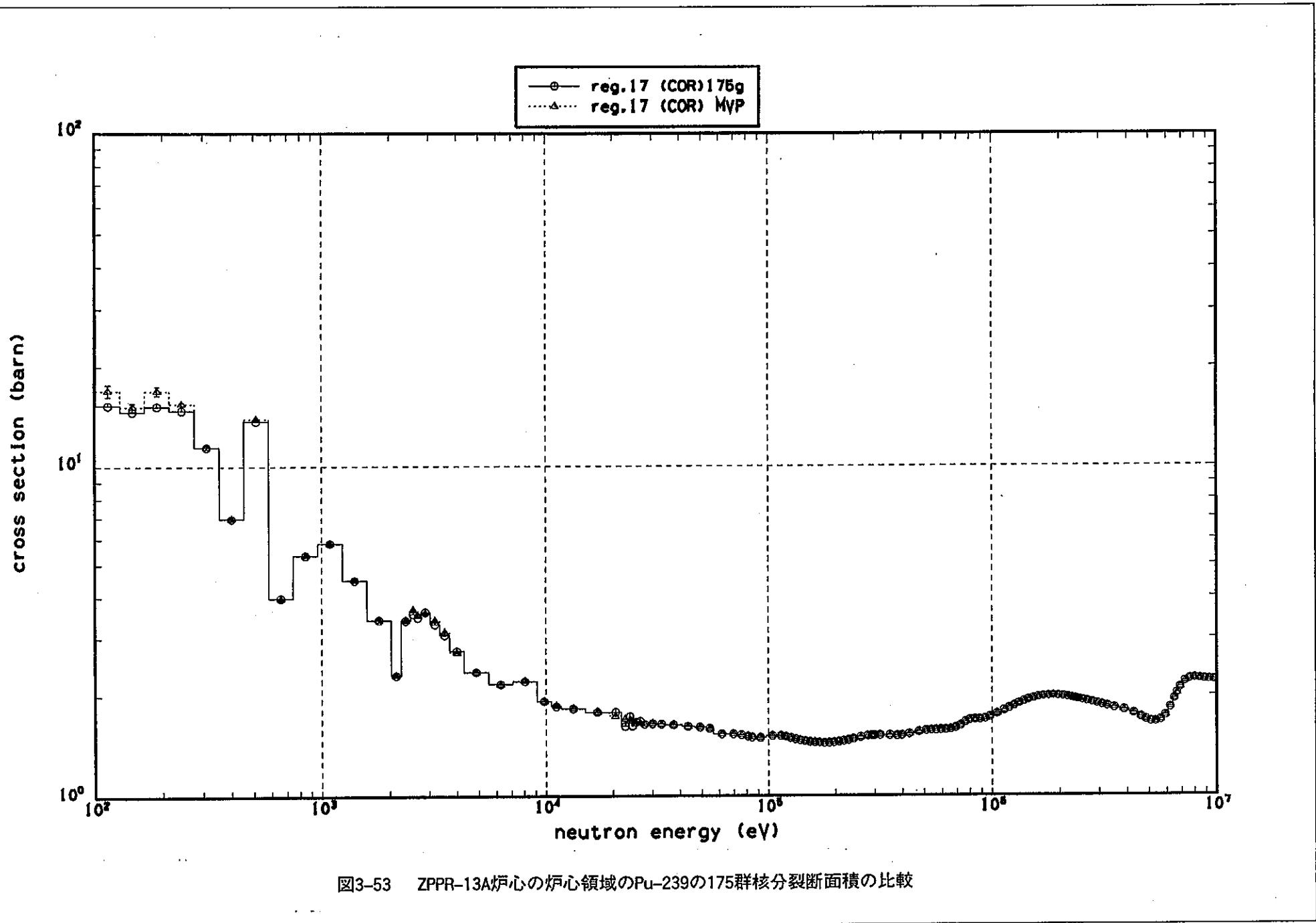


図3-52 ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の175群捕獲断面積の比較



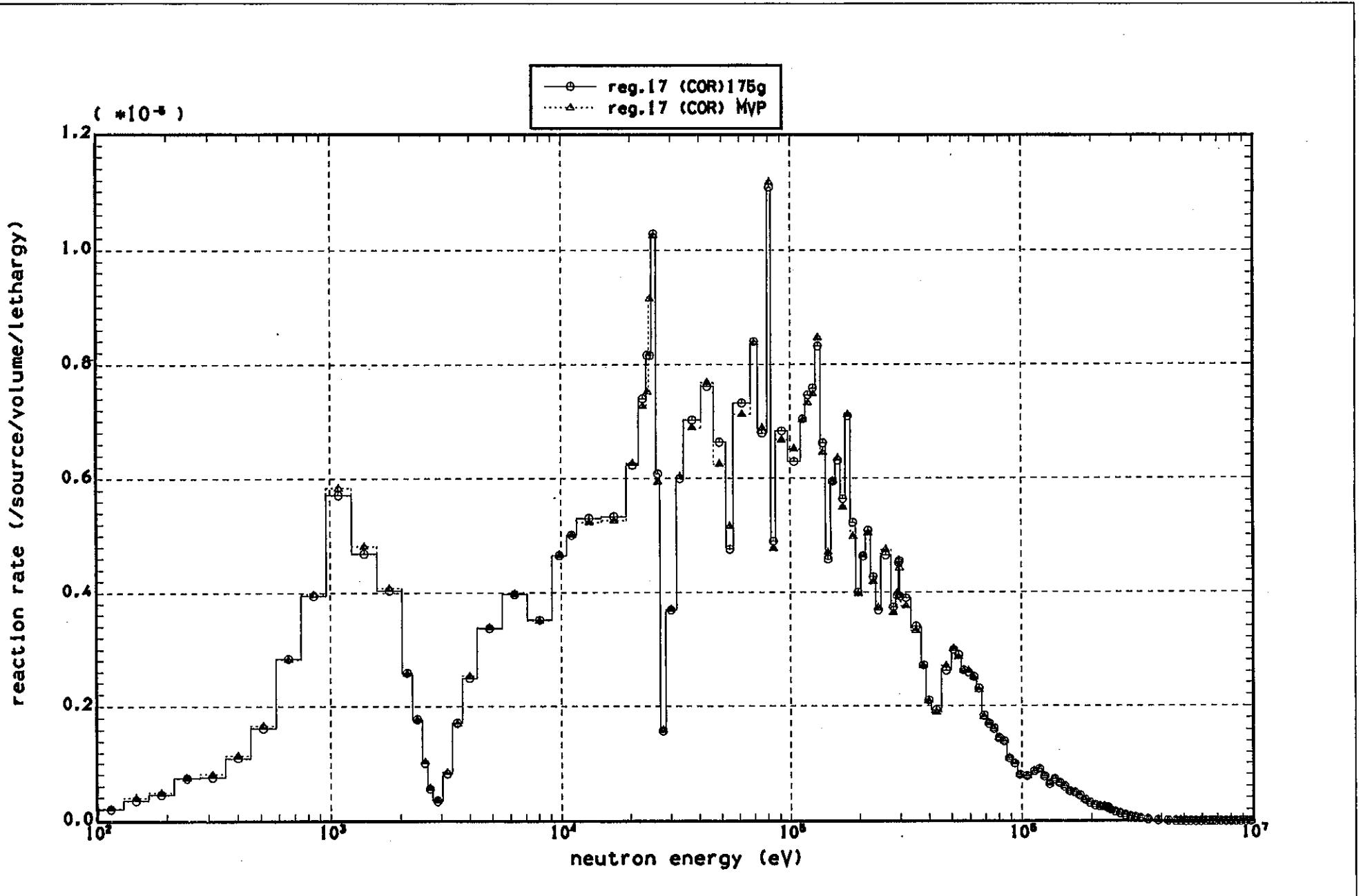
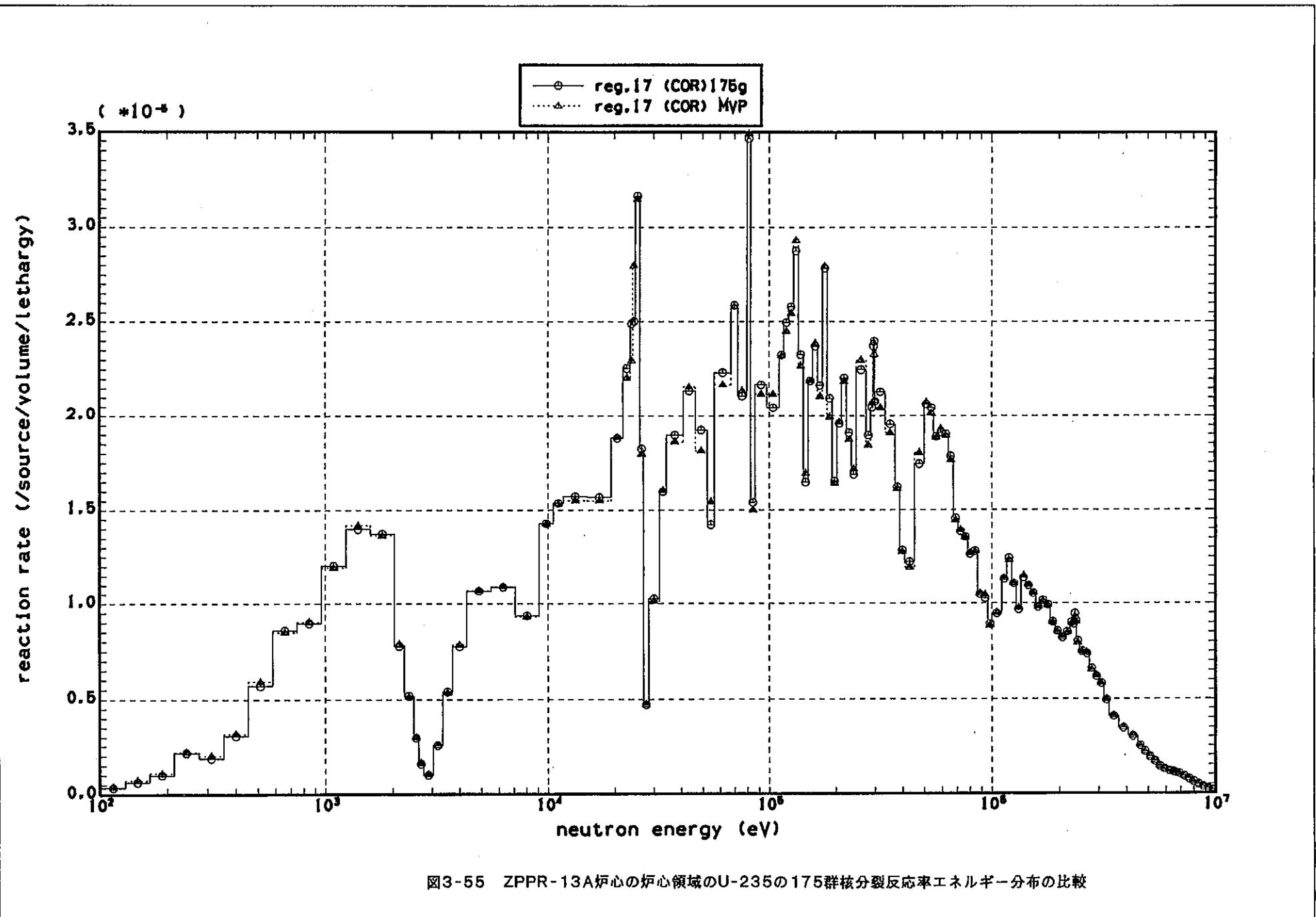
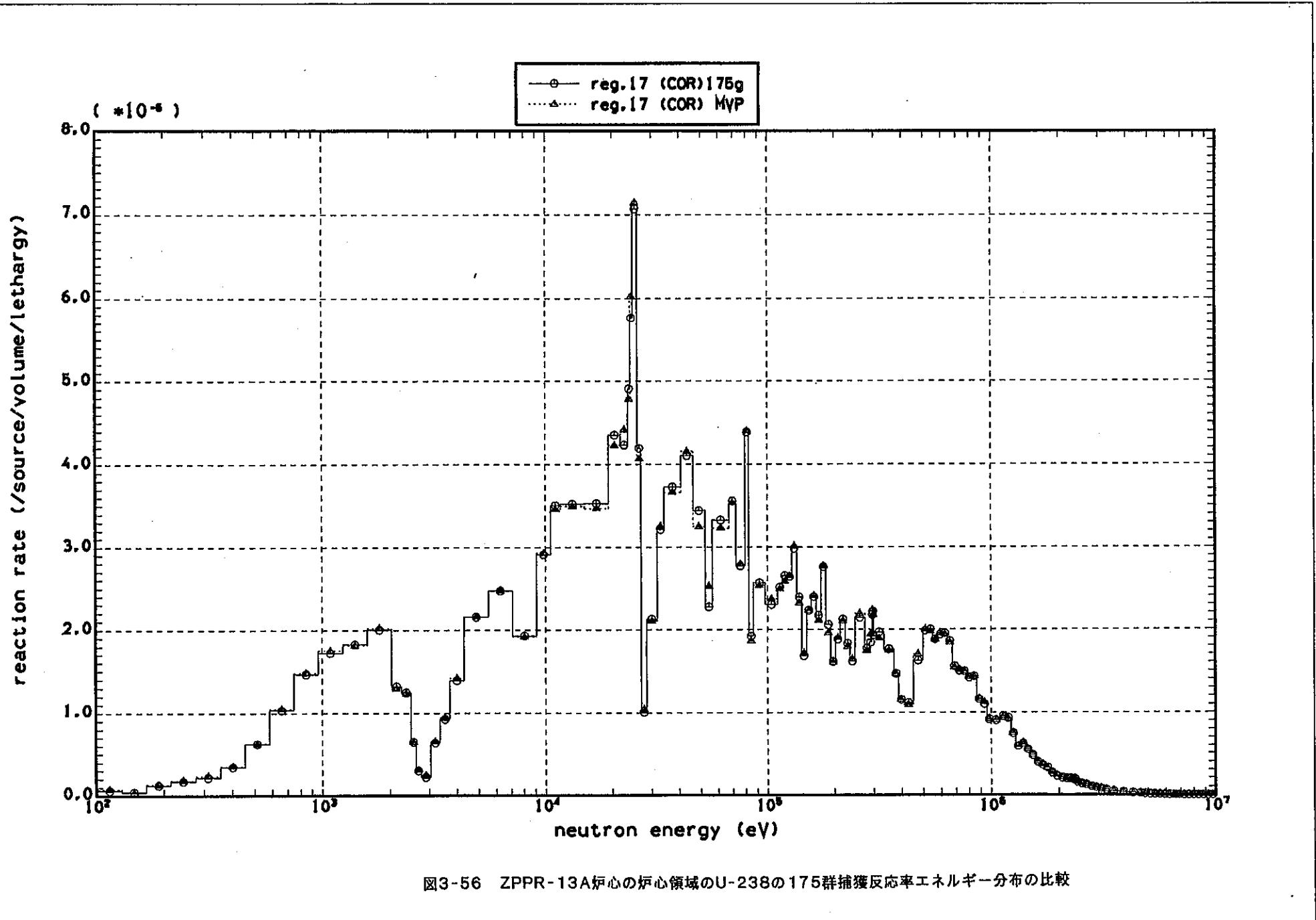
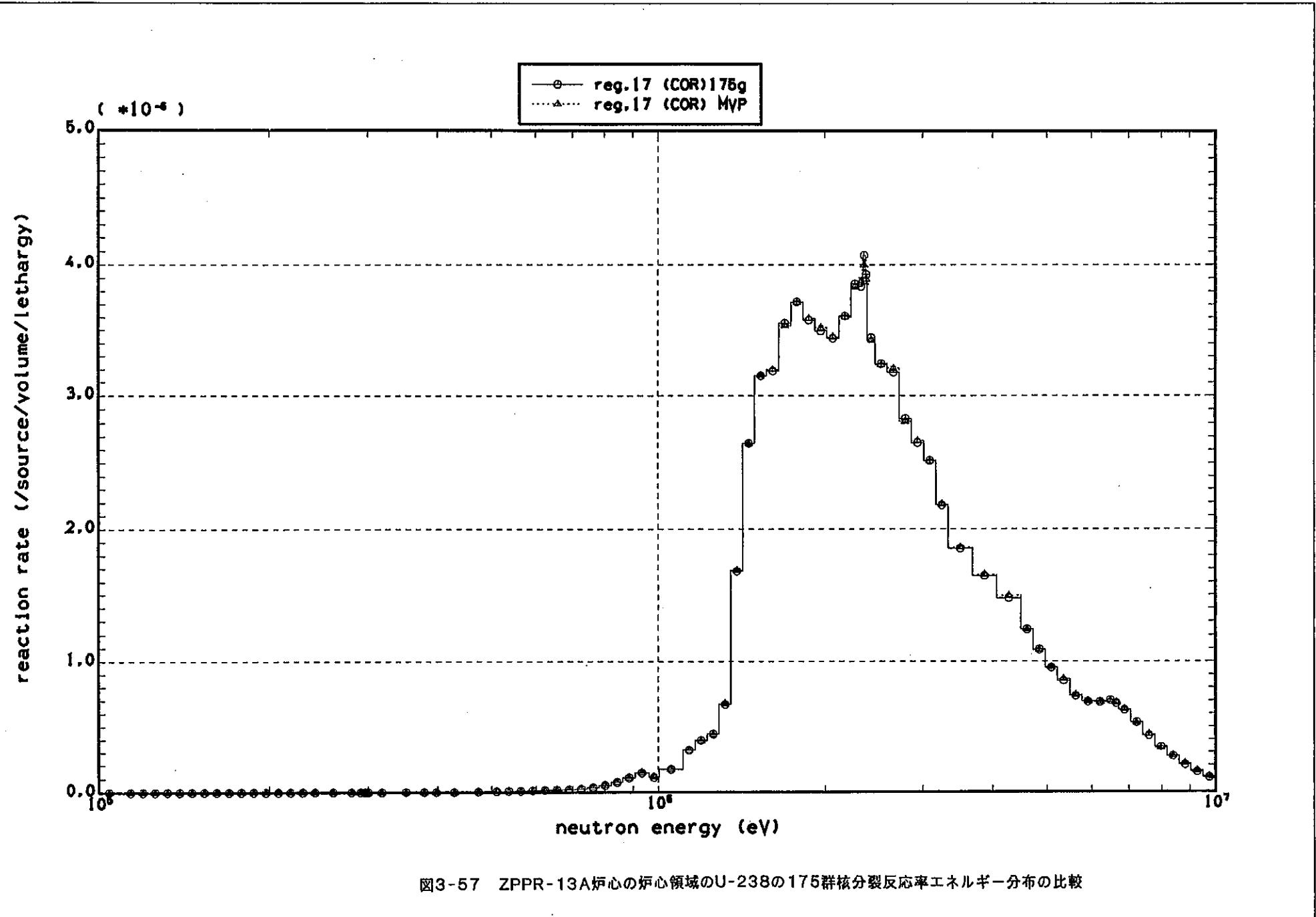
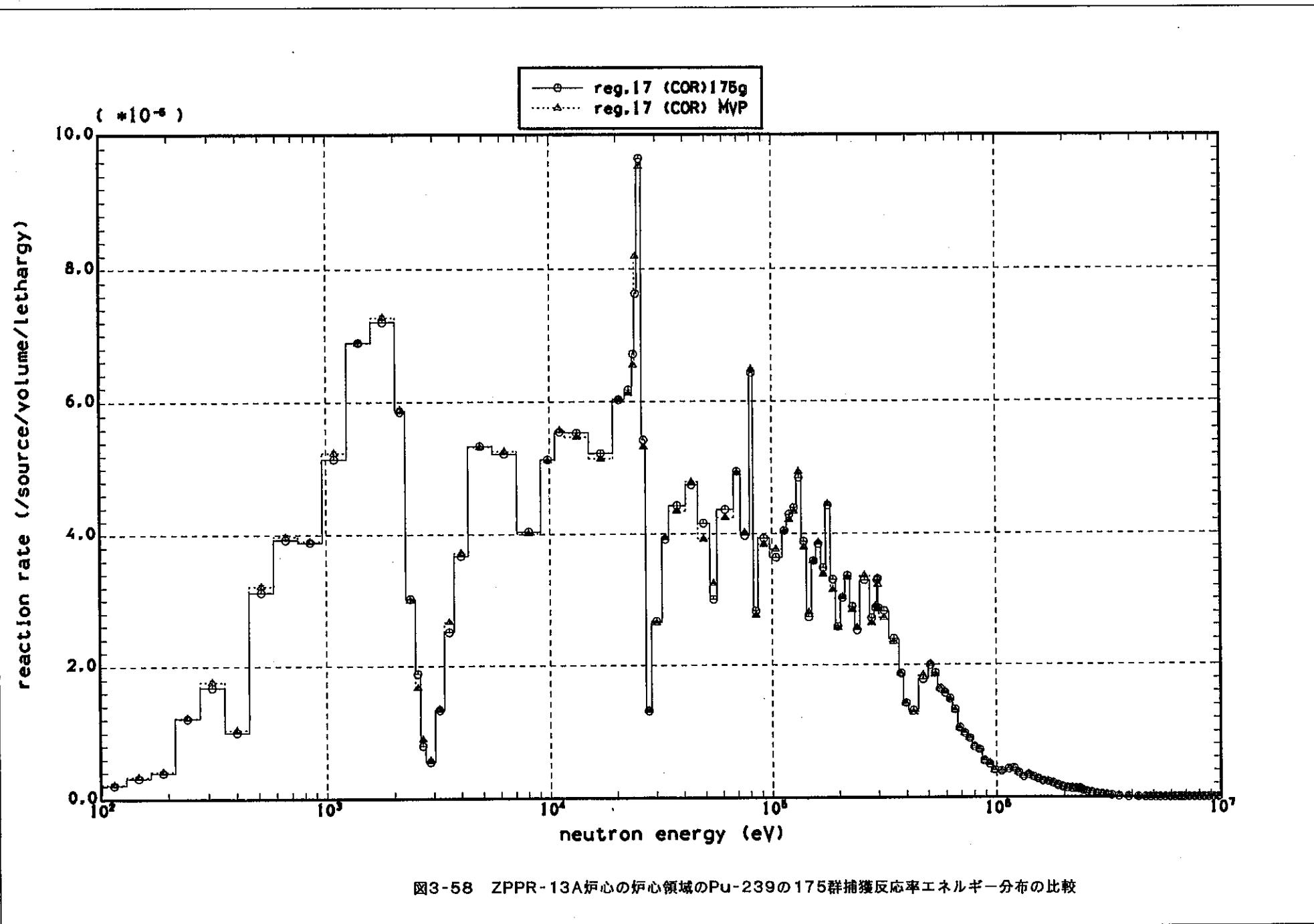


図3-54 ZPPR-13A炉心の炉心領域のU-235の175群捕獲反応率エネルギー分布の比較









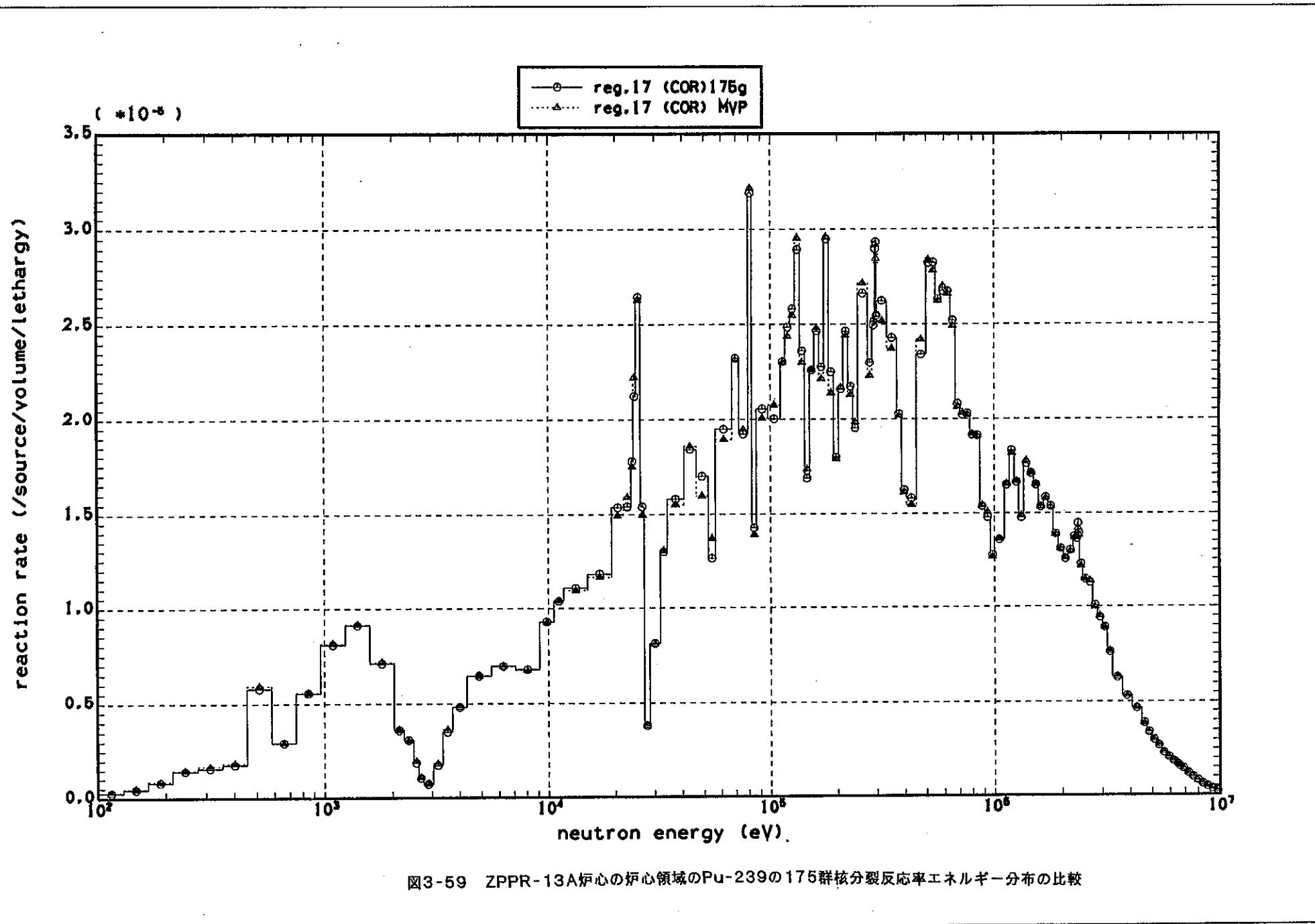


図3-59 ZPPR-13A炉心の炉心領域のPu-239の175群核分裂反応率エネルギー分布の比較

### III. 汎用炉定数作成システムの整備

#### 1. はじめに

平成8年から平成9年までの2年間実施した「核設計基本データの解析」研究では、汎用炉定数作成の為の基本的な核データ処理コードとして全世界で広く使用されているPENDF作成システムLINEAR<sup>10)</sup> - RECENT<sup>11)</sup> -SIGMA1<sup>12)</sup> コードと炉定数作成コードNJOY<sup>13)</sup> を導入・整備した。本研究ではこれら導入・整備されたコードを使用しJFS3タイプの汎用炉定数ライブラリーを簡単な操作で作成できるように、炉定数作成の為の前処理および後処理コードを作成する。そして、これら開発ユーティリティコードと PENDF作成システム、炉定数作成コードNJOYを使用し、新たにJFS3-J3.2ライブラリーを作成する。

更に、この新JFS3-J3.2ライブラリーの核特性計算精度を検証するため、新JFS3-J3.2ライブラリーを用いて2次元RZ均質炉心モデルで、ZPPR-9炉心の解析を実施し、これまで使用してきた JFS3-J3.2ライブラリーによる計算結果と新JFS3-J3.2ライブラリーによる計算結果を比較検討する。

また、本研究ではNJOY97コードの最新バージョンV107(2000年1月30日公開)を新たに導入・整備する。その理由は、「核設計基本データの解析」研究で導入・整備したNJOYコードはNJOY94.V105であり、NJOYコードはその後、NJOY97、NJOY99とバージョンアップされているからである。尚、最新版の NJOY99は2000年1月に公開されたが、NJOY99の主な改良がMCNP-4cコード用ライブラリー作成モジュール ACERの高エネルギー断面積処理に関するものである事と、日本ではまだ入手できない事から、その導入は将来の課題として残ることとなった。

## 2. 汎用炉定数作成システムの処理フロー

本研究で開発する「炉定数作成の為の前処理および後処理コード」の報告をおこなう前に、汎用炉定数作成システムの処理フローの説明を行う。汎用炉定数作成システムは日本原子力研究所で開発された炉定数作成システムTIMS-PGG<sup>14)</sup>を参考にして、その処理フローを定めた。本研究で定めた汎用炉定数作成システムの処理フローを図2-1に示す。図で示した汎用炉定数作成システムでの処理フローを箇条書きで説明する。

- ① LINEAR-RECENT-SIGMA1コードを使用して評価済核データファイルから基準温度(300kelvin)のPENDFを作成する。尚、PENDF作成は核種毎に実施しても、テープ毎に作成しても良い。
- ② 炉定数作成の為の前処理コードPRENJOYを用いて簡単な入力によりNJOYコードの入力データを作成する。エネルギー群構造、 $\sigma_0$ 等の値はコントロール・ファイルにより与られる。また、オプションにより、ユーザーが用意するWTFLUX ファイルで定義される重み関数をweighting fluxとして使用する事も可能である。
- ③ ②で作成されたNJOYコードの入力データと①で作成されたPENDF、評価済核データファイルを使用し群定数を作成する。計算された炉定数はGENDF(テキストファイル)として保存する。
- ④ ③で作成されたGENDFを後処理コードPOSTNJOYにより処理し、無限希釈断面積とF-tableの形に編集し、核種毎に炉定数を1つのメンバーとして、JFS3マスターファイル(PDSファイル形式)に保存する。
- ⑤ ④で作成されたJFS3マスターファイルを使用し、原研で開発されたPDSMAKEコード<sup>14)</sup>によりPDSファイル形式のJFS3ライブラリーを作成する。

ここで、②～③の処理は核種毎に実施する必要があるが、①、④および⑤の処理はまとめて実施することが可能である。そして、NJOYコードで計算された炉定数ファイルGENDFをテキスト形式で保存する理由は、NJOY97からは炉定数計算が倍精度になりバイナリー形式で保存してもテキスト形式で保存してもそのファイル容量の差が小さいからである。GENDFをテキスト形式で保存すれば結果をテキストエディターで直接確認できる利点やマシーン間での交換が容易であり、圧縮ツール(zip or compress)によりファイル容量を小さくできる利点がある。

ところで、この処理フローは、将来、TIMSコード<sup>15)</sup>が導入されても利用可能である。即ち、POSTNJOYコードを、TIMSコードの計算結果を処理し、その結果をJFS3マスターファイルに保存するよう改変すればよい。既に、PDSMAKEコードにはTIMSコードにより作成される炉定数を取り込む機能が存在している。また、現システムでは炉定数作成での基準温度をJFS3ライブラリーと同じ300kelvinとしているが、これは自在に変更可能であり、JUPITER実験解析を考えると0°Cにするほうが良いかも知れない。この基準温度の設定は将来の課題となると考える。尚、⑤で使用されるPDSMAKEコードはUNIXマシーン用に改変されたものであり、JFS3ライブラリーもPDSファイル形式に変更されたものである事を述べておく。

ここで、汎用炉定数作成システムで使用されるWTFLUX ファイルについて述べる。WTFLUX ファイルはテキスト形式であり、以下、そのフォーマットについて説明する。

#1 NP (Free format)

NP : データ数 (NP<=35000)

#2をNP回入力し、重み関数を定義する。ここで#2はエネルギーについて昇順に入力する。

#2 I,E(I),FLUX(I) (free format)

I : データ番号

E(I) : エネルギー (eV)

FLUX(I) : weighting flux

次に、汎用炉定数作成システムで使用されるコントロール・ファイルについて説明する。コントロール・ファイルはテキストファイルであり、テキストエディターを利用し、ユーザーは自分の解析に適した群数を持つライブラリー用コントロール・ファイルを簡単に作成できる。以下、そのフォーマットを説明する。

#1 IMAX,NSIGO,NTEMP,MAXPL,MX1DMT (516)

IMAX : エネルギー群数

NSIGO :  $\sigma_0$  の数

NTEMP : F-tableでの温度パラメータの数

MAXPL : 非等方散乱の最大のルジャンドル展開次数

MX1DMT: 1次元断面積が定義される反応の最大数 (現バージョンでは20と固定)

#2 (SIG0(I), I=1, NSIGO) (6E12.5)

SIG0(I):  $\sigma_0$  の値を降順で入力する。

#3 (TEMP(I), I=1, NTEMP) (6E12.5)

TEMP(I): F-tableでの温度を昇順で入力する。

#4 (ENBND(I), I=1, IMAX1) (6E12.5)

ENBND(I): エネルギー境界をeV単位で昇順で入力する。

以上がコントロール・ファイルのフォーマットであるが、参考として70群JFS3ライブラリーで使用されるコントロール・ファイルのリストを表2-1に示す。

表2-1 70群JFS3ライブラリーで使用されるコントロール・ファイルのリスト

70	8	4	5	20
1.00000E+06	1.00000E+05	1.00000E+04	1.00000E+03	1.00000E+02
1.00000E+00	1.00000E-01			
3.00000E+02	8.00000E+02	2.10000E+03	4.50000E+03	
1.00000E-05	3.22419E-01	4.13994E-01	5.31579E-01	6.82560E-01
1.12535E+00	1.44498E+00	1.85539E+00	2.38237E+00	3.05902E+00
5.04348E+00	6.47595E+00	8.31529E+00	1.06770E+01	1.37096E+01
2.26033E+01	2.90232E+01	3.72665E+01	4.78512E+01	6.14421E+01
1.01301E+02	1.30073E+02	1.67017E+02	2.14454E+02	2.75365E+02
4.53999E+02	5.82947E+02	7.48518E+02	9.61117E+02	1.23410E+03
2.03468E+03	2.61259E+03	3.35463E+03	4.30743E+03	5.53084E+03
9.11882E+03	1.17088E+04	1.50344E+04	1.93045E+04	2.47875E+04
4.08677E+04	5.24752E+04	6.73795E+04	8.65170E+04	1.11090E+05
1.83156E+05	2.35177E+05	3.01974E+05	3.87742E+05	4.97871E+05
8.20850E+05	1.05399E+06	1.35335E+06	1.73774E+06	2.23130E+06
3.67879E+06	4.72367E+06	6.06531E+06	7.78801E+06	1.00000E+07

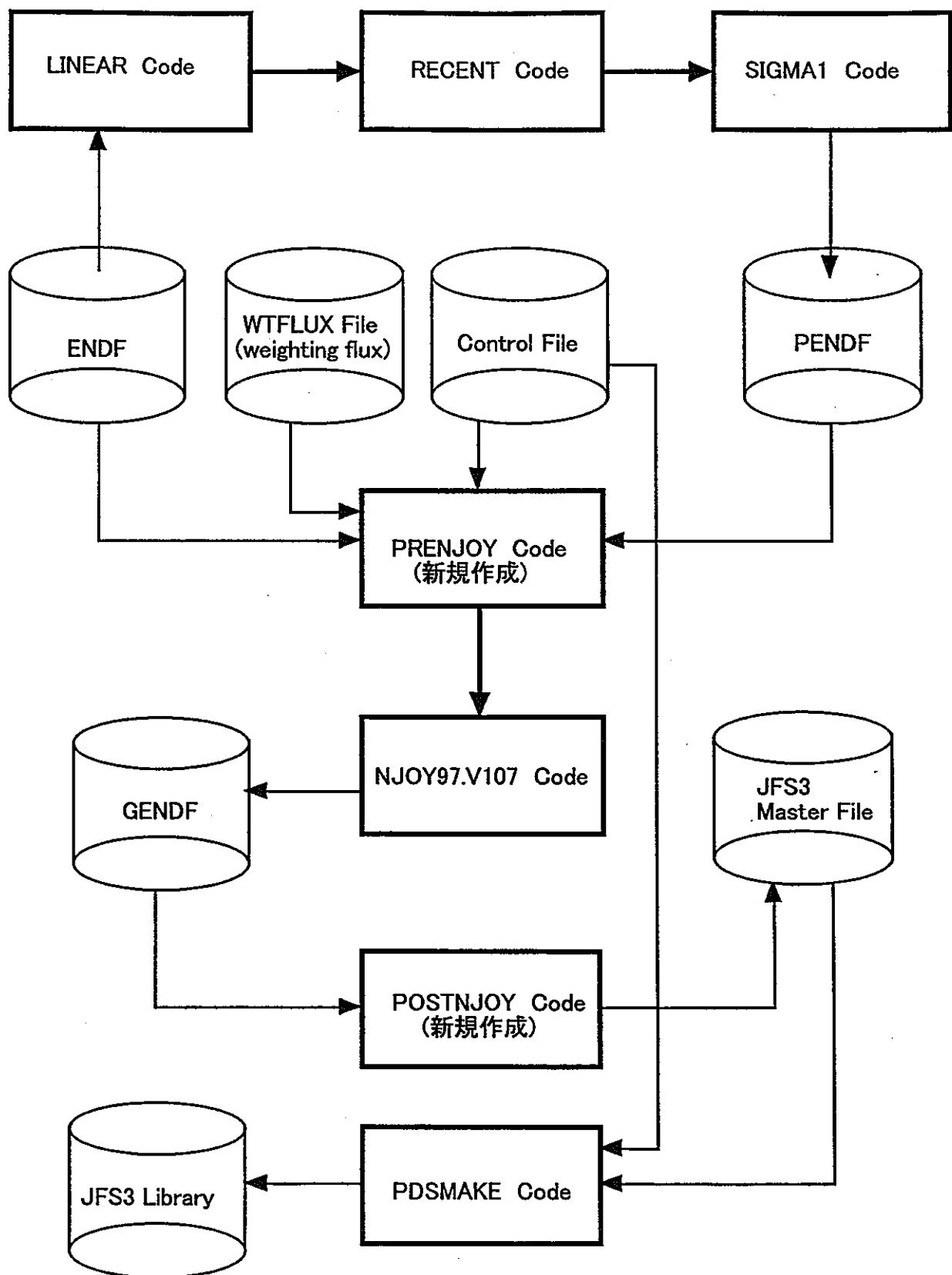


図2-1 汎用炉定数作成システムの処理フロー

### 3. NJOY97コードの導入・整備

最初にNJOY97コードのNJOY94コードからの変更および改良点を箇条書きで示す。

- ① 核データ処理は全て倍精度に変更された。これにより、マシーン依存性が解消された。
- ② 入力データ処理法に変更があった。即ち、従来はサブルーチンfreeで自由フォーマットの入力を処理していたが、NJOY97コードからは‘reda(nin,\*)’により入力処理が行われ、文字入力形式が‘\*’で入力文字列を囲む方法から‘\_’で入力文字列を囲む方法に変わった。
- ③ NJOY94コードまでは、評価済核データのフォーマット(B4/B5/B6)を指定する入力が必要であったが、NJOY97コードからはコードが自動判定するようになった。
- ④ fortran90コンパイラー対応のコーディングに書き換えられた。例えば、フォーマット文が無くなった。
- ⑤ BROADRモジュール等で一部の入力データ形式が変更された。

以上のように、NJOY97コードでは計算される炉定数の精度が高まった事や入力形式の変更があり、汎用炉定数作成システムで使用するNJOYコードとしては、将来性を考慮すると、NJOY97コードを導入する必要が生じたのである。

そこで、NJOY97.V0コードを、日本での配布機関である(財)高度情報科学技術研究機構(RIST)を通じてNEA DATA BANKから入手した。そして、V107用のアップデート・プログラム・ソース(UP107)をインターネットを通じ、LANLのホームページ(<http://T2.lanl.gov/codes>)からダウンロードした。その後、NJOYコードのインストール・マニュアル(README107ファイル)に従い、NJOY97.V107コードを炉心技術開発グループ殿のSUN W/Sに移植し、そのサンプル計算を実行しNJOY97.V107コードが正しく移植されたことを確認した。尚、NJOY97.V107コードの実行シェルの例は5章で示す。

NJOYコードの移植に関して若干の補足説明を加える。NJOYコードの実行モジュール作成では、そのプログラムソースと共に提供されるREADMEファイルの説明に従い、ユーザは自分が使用する計算機の実行モジュール作成を行う。また、NJOYコードは常に改良されており、その最新プログラムソースは修正個所だけが記述されている別ファイル(UPnnファイル)を使用して、UPDコードによりNJOY97.V0のソースを書き換える操作を行って作成する(ここでnnはバージョン番号である)。今回移植したNJOY97.V107は2000年2月末でのNJOY97コードの最新バージョンである。

以上述べた移植作業完了の後、導入したNJOY97.V107コードに「汎用炉定数作成システム」の為の改良を実施した。改良点は、

- ・LINEAR-RECENT-SIGMA1コードで作成されたPENDFをNJOYでも使用できるようにNJOYコードの改良を実施した。
- ・UNRESRで負の自己遮蔽された断面積が計算された場合、処理を中止するようにした。  
この負の断面積は例えばJENDL-3.2のAm-242-mで生じる問題である。
- ・ファイル5を使用して‘fission chi by short-cut method’を計算する場合、その入射中性子エネルギーを高速炉の代表エネルギーである200keVと固定した。‘fission chi by short-cut method’では、1個の代表エネルギーに対してのみ核分裂スペクトルが計算されるからである。

尚、NJOYコードの機能等については、文献13を参照するか、LANLのホームページ(<http://T2.lanl.gov/codes>)から情報を得る事ができる。また、汎用炉定数作成システムで使用するNJOYコードのモジュールと将来利用されると考えられるモジュールの入力マニュアルのみを付録Aに添付する。

## 4. 炉定数作成の為の前処理および後処理コードの作成

### 4.1 PRENJOYコードの作成

JFS3タイプの汎用炉定数計算で使用するNJOYコード入力を簡単な入力で作成する前処理コードPRENJOYを作成した。PRENJOYコードは利用者に評価済核データの知識の有無を問わない。ここでは、PRENJOYコードの処理内容とその入力形式について説明する。

#### (1) コードの処理内容

PRENJOYコードの処理内容を以下に箇条書きで述べる。

- ① 入力MATNO(material number)で指定された核種の評価済核データ(ENDF)とPENDFデータを入力核データファイルから取り出す。
- ② 取り出した評価済核データのファイル1~6のデータを解釈し、共鳴パラメータ評価があるか、非分離共鳴評価があるか、核分裂反応が存在するか、遅発中性子データが存在するか、ファイル5で2次中性子エネルギー分布が評価されているか、ファイル6で2次中性子エネルギー分布が評価されているかを調べる。
- ③ ②の結果から、NJOYコードの入力作成を行う。まず、当該核種のENDFとPENDFをMODERでバイナリーファイルに変更する入力を作成する。これは、バイナリーによる処理のほうが、処理速度が速いからである。
- ④ 次に、RECONR用の入力を作成する。RECONRでは共鳴パラメータ処理は実施されないが(PENDF作成システムで処理済み)、後の炉定数作成のためにファイル3で与えられる反応断面積のエネルギー・メッシュが統一される(UNION MESH化)。
- ⑤ そして、BROADR用の入力データを作成する。ここでは、共鳴評価のある核種に対してコントロール・ファイルで定義される基準温度以上の温度のPENDF作成を実施するようにする。
- ⑥ ⑤の入力作成の後、非分離共鳴評価のある核種についてのみ、UNRESR用入力作成を行う。但し、ナチュラル核種でその同位体の非分離共鳴エネルギー範囲が一致しない場合は、UNRESR用入力作成はスキップされる。
- ⑦ 炉定数計算を行うGROUPR用入力を作成する。エネルギー群数およびエネルギー構造はIGN=1としてコントロール・ファイルで定義される値を使用する。 $\sigma_0$ 、温度およびルジャンドル展開次数もコントロール・ファイルで定義される値を使用する。weight function オプションIWTはPRENJOYコードの入力(後述)に従って、0か4を使用する。次に、②の情報を基に炉定数を計算する反応の指示を行う。核分裂反応が存在する場合は $\nu$ 値と核分裂スペクトルの計算を行うように入力を作成し、遅発中性子データが存在する場合は遅発中性子に対する核分裂スペクトルの計算を行うように入力を作成する。そして、温度依存のF-table作成の為、基準温度以上の温度の1次元反応の炉定数計算と弾性散乱マトリックスの計算を行うように入力を作成する。
- ⑧ 最後にGENDFをテキスト形式に変更するためのMODERの入力を作成する。

以上であるが、将来熱中性子の非弾性散乱マトリックスを計算したい場合には、THERMR用入力作成を行う必要がある。また、 $\gamma$ 線生成断面積を処理する場合は、②のステップでファイル12~15での評価内容をチェックし、⑦のステップで $\gamma$ 線のエネルギー群数とそのエネルギー構造を与え、 $\gamma$ 線生成断面積を計算するように指示を加えなければならない(card 8で 13/ or 16/ とする)。尚、PRENJOYコードはweight function オプションIWTのうち、0か4のみを使用するように限定しているが、他のオプションを利用する場合は、プログラムの修正が必要になる。

## (2) 入力形式および使用ファイル

PRENJOYコードの入力形式を以下に説明する。

### #1 LIBTYP (A8)

LIBTYP : 現バージョンでは'jfs3'とする。  
将来、異なった処理を行う場合、LIBTYPを利用する予定である。

### #2 MATNO (free format)

MATNO : 処理する核種のmaterial number を入力する。  
MATNO<0のときは-MATNOがmaterial numberと定義され、非分離共鳴パラメータ評価  
が存在してもUNRESR用入力作成をスキップする。UNRESRで負の断面積が計算された  
場合の対処法として利用する。

### #3 NTEMP, IW, MAXPL (free format)

NTEMP : F-Tableでの温度パラメータの数  
NTEMP=0と入力した場合は、共鳴パラメータ評価があればコントロール・ファイル  
で定義される値になり、共鳴パラメータ評価が無ければ NTEMP=1となる。  
IW : weight function オプションの指定  
=2 ;WTFLUXファイルで定義される weight functionを使用する(iwt=0)。  
<2 ;1/e + fission spectrum + thermal maxwellian functionを使用する(iwt=4)。  
MAXPL : ルジャンドル展開次数

(注：NTEMPと MAXPLはコントロール・ファイルで定義される値より大きな値であると、  
コントロール・ファイルの値に再定義される)

IW<2の時、#4カードの入力が必要である(grouprのcard8cと同じ内容)。

### #4 EB,TB,EC,TC (free format)

EB : thermal break (eV)  
EB<=0.0の場合、EB=5kT<sub>1</sub>にリセットされる。  
ここで、k はボルツマン定数、T<sub>1</sub>は基準温度(kelvin)である。  
TB : thermal temperature (eV)  
TB<=0.0の場合、TB=kT<sub>1</sub>にリセットされる。  
EC : fission break (eV)  
EC<=0.0の場合、EC=10<sup>-6</sup>にリセットされる。  
TC : fission temperature (eV)  
TC =0.0の場合、TC=1.4x10<sup>-6</sup>にリセットされる。

### #5 IDENDF (A8)

IDENDF : 評価済核データのID (例えば 'JENDL-32' とする)

### #6 BLANK (A8)

BLANK : 処理の終わりを示すためにブランクカードを入力する事。

次にPRENJOYコードで使用されるファイルを表4-1に示す。尚、具体的な実行シェルや入力データの例は5章で示す。また、PRENJOYコードで作成されたU-235-JNEDL3.2のNJOY入力ファイルをサンプルとして表4-2に示す。

表4-1 PRENJOYコードで使用されるファイル

論理機番 or 環境変数名	内容	備考
ENDF	入力ENDFファイル	setenvで割り当てる
PENDF	入力PENDFファイル	setenvで割り当てる
CONTROL	コントロール・ファイル	setenvで割り当てる
WTFLUX	weighting flux ファイル	setenvで割り当てる。 IW=2の時に使用する。
fort.1	生成NJOY入力ファイル	
fort.21	出力ENDFファイル	処理核種のみのENDFファイル
fort.22	出力PENDFファイル	処理核種のみのPENDFファイル

表4-2 PRENJOYコードで作成されたU-235-JNEDL3.2のNJOY入力ファイルのリスト

```

moder
 31 -21
moder
 32 -22
reconr
 -22 -23
' 0.1% pendf for u -238 jend132 ' /
9237 0 0
 0.0010 300.0000 /
0 /
broadr
 -21 -23 -22
9237 4 0 1 300.0000
 0.00100 0.10000E+07 /
 300.0000 800.0000 2100.0000 4500.0000
0 /
unresr
 -21 -22 -23
9237 4 9 1
 300.0000 800.0000 2100.0000 4500.0000
1.00000E+10 1.00000E+06 1.00000E+05 1.00000E+04 1.00000E+03
1.00000E+02 1.00000E+01 1.00000E+00 1.00000E-01
0 /
groupr
 -21 -23 0 -25
9237 1 0 1 5 4 9 0
' u -238 jend132 , /
 300.0000 800.0000 2100.0000 4500.0000
1.00000E+10 1.00000E+06 1.00000E+05 1.00000E+04 1.00000E+03
1.00000E+02 1.00000E+01 1.00000E+00 1.00000E-01
70
1.00000E-05 3.22419E-01 4.13994E-01 5.31579E-01 6.82560E-01
8.76425E-01 1.12535E+00 1.44498E+00 1.85539E+00 2.38237E+00
3.05902E+00 3.92786E+00 5.04348E+00 6.47595E+00 8.31529E+00
1.06770E+01 1.37096E+01 1.76035E+01 2.26033E+01 2.90232E+01
3.72665E+01 4.78512E+01 6.14421E+01 7.88932E+01 1.01301E+02
1.30073E+02 1.67017E+02 2.14454E+02 2.75365E+02 3.53575E+02
4.53999E+02 5.82947E+02 7.48518E+02 9.61117E+02 1.23410E+03
1.58461E+03 2.03468E+03 2.61259E+03 3.35463E+03 4.30743E+03
5.53084E+03 7.10174E+03 9.11882E+03 1.17088E+04 1.50344E+04
1.93045E+04 2.47875E+04 3.18278E+04 4.08677E+04 5.24752E+04
6.73795E+04 8.65170E+04 1.11090E+05 1.42642E+05 1.83156E+05
2.35177E+05 3.01974E+05 3.87742E+05 4.97871E+05 6.39279E+05
8.20850E+05 1.05399E+06 1.35335E+06 1.73774E+06 2.23130E+06
2.86505E+06 3.67879E+06 4.72367E+06 6.06531E+06 7.78801E+06
1.00000E+07
 0 0 0 0 1 2607
2607 2
1.00000E-05 2.71937E-19 1.81190E-04 2.71937E-19 1.90558E-04 2.92194E-19
----- missing lines -----
1.76580E+07 1.17268E-12 1.81589E+07 1.11564E-12 1.86026E+07 1.06863E-12
1.89425E+07 1.03468E-12 1.94641E+07 9.85771E-13 2.00000E+07 9.39172E-13
/
3 /
3 452 ' total nu value ' /
3 455 ' delayed nu value ' /
5 18 ' fission spectrum ' /
5 455 ' delayed neutron spectrum ' /
6 2 ' elastic reaction ' /
6 16 ' (n,2n) direct reac. ' /
6 17 ' (n,3n) reac. ' /
6 18 ' total fission reac. ' /
6 51 ' (n,n') 1-th ex. reac. ' /
----- missing lines -----
6 83 ' (n,n') 33-th ex. reac. ' /
6 91 ' (n,n') continuum reac. ' /
0 /
3 /
6 2 ' elastic reaction ' /
0 /
3 /
6 2 ' elastic reaction ' /
0 /
3 /
6 2 ' elastic reaction ' /
0 /
0 /
moder
-25 26
stop

```

### (3) PRENJOYコードでの処理制限

PRENJOYコードでの処理制限を以下に示す。

- ・エネルギー群数は最大200群である。
- ・ $\sigma_0$ の数は最大10個である。
- ・F-tableでの温度パラメータの数は最大10個である。
- ・WTFLUXで与えるweighting fluxのエネルギー メッシュ数は最大35000である。
- ・PENDFのファイル3で与えられる反応断面積のエネルギー メッシュ数は最大20万である。

これらの制限値を変更するにはプログラムを修正する必要があるが、比較的簡単な修正である。

将来的には include 文を使用し、容易に修正可能とする事が望ましいが、当面の使用には耐えられる制限値であると考えている。また、PRENJOYコードは UNIX OS を前提としてコーディングがなされている事を述べておく。

## 4.2 POSTNJOYコードの作成

NJOYコードで作成されたGENDFを処理し、無限希釈断面積とF-tableの形に編集し、核種毎に炉定数データを1つのメンバーとして、JFS3マスターファイル(PDSファイル形式)に保存する後処理コードPOSTNJOYを作成した。ここでは、POSTNJOYコードの処理内容とその入力形式について説明する。

### (1) コードの処理内容等について

POSTNJOYコードの処理内容を以下に箇条書きで述べる。

- ① GENDFファイルを処理し無限希釈断面積と散乱マトリックスを取り出す。散乱断面積の非等方成分は  $2l+1$  倍された値で定義する。ここで  $l$  はルジャンドル展開次数である。散乱マトリックスは弾性散乱、非弾性散乱、 $(n, 2n)$ 、 $(n, 3n)$ 、 $(n, 4n)$  反応毎に処理される。
- ②  $\sigma_0$ 依存の全断面積、捕獲断面積、核分裂断面積、弾性散乱断面積、弾性除去断面積から F-tableを作成する。弾性除去断面積のF-tableは  $\sigma_0$ 依存の弾性散乱マトリックスから作成する。
- ③ 核分裂断面積が存在する場合は、群依存の核分裂スペクトルを取り出す。  
この時、核分裂スペクトルはその合計が1.0となるように規格化される。
- ④ 遅発中性子のデータが存在する場合は、ファミリー毎の崩壊定数、遅発核分裂スペクトル、イールドを取り出す。この時、ファミリー毎の遅発核分裂スペクトルはその合計が1.0となるように規格化される。
- ⑤ ①～④で編集した炉定数とF-tableをTIMS-PGGシステムのXTABPDS<sup>14)</sup> コードでの出力形式を参考にして定義したフォーマット(後述)で、1次元配列にパッキングして核種毎に1つのメンバーとして、JFS3マスターファイル(PDSファイル形式)に保存する。この時のメンバー名は 'NNUCID' である。ここで、NNUCID はユーザーが入力で定義する7文字以内のIDである。

尚、群定数およびF-tableはエネルギーについて降順に編集されている。次に POSTNJOYコードがJFS3マスターファイル(PDSファイル形式)へ出力する炉定数計算結果の出力フォーマットを説明する。このデータは1次元配列にパッキングされているので、その説明は1次元配列のアドレスをインデックスにして表4-3に示す。

表4-3 炉定数計算結果の出力フォーマット

(その1)

アドレス	変数名	内容
1	MATNO	material number in ENDF
2	ING	群定数を出力する最初の群番号（通常は1である）
3	IMAX	エネルギー群数
4	NTEMP	F-tableでの温度パラメータの数
5	NSIGO	$\sigma_0$ の数
6	MT1	1次元断面積が定義される反応の数 (MT1=14と固定)
7	MT2	散乱マトリックスが定義される反応の数 (MT2=5と固定)
8	MT3	F-tableが定義される反応の数 (MT3=8と固定)
9	NDET	ディテクター断面積として定義される反応の数
10	NFAM	遅発中性子のファミリーの数
11	ZA	$ZA = 1000.0 \times Z + A$ (Zは原子番号、Aは質量)
12	AWRI	質量 (neutron mass unit)
13	TEMP1	無限希釈断面積が計算された温度(kelvin)
14	EFISS	平均核分裂反応エネルギー(eV)
15	XNUTH	0.0253eVを含む群の $\nu$ 値
16	DNUTH	0.0253eVを含む群の遅発核分裂の $\nu$ 値
17	DUMMY17	将来の為の空きデータ
18	SSFNU	0.0253eVを含む群の $\nu \sigma_f$
19	DUMMY19	将来の為の空きデータ
20	NGLIB	NGLIB=IMAX
21	LOCA(1)	1次元無限希釈断面積のデータが収容される先頭アドレス
22	LOCA(2)	散乱マトリックスがデータが収容される先頭アドレス
23	LOCA(3)	$\sigma_0$ の値が収容される先頭アドレス
24	LOCA(4)	F-tableでの温度データが収容される先頭アドレス
25	LOCA(5)	F-tableが収容される先頭アドレス
26	LOCA(6)	ディテクター断面積が収容される先頭アドレス
27	LOCA(7)	核分裂スペクトルデータが収容される先頭アドレス
28	LOCA(8)	遅発中性子データが収容される先頭アドレス
29	LOCA(9)	将来の為の空きデータ
30	LOCA(10)	当該メンバーのデータの長さ (ワード単位)
31	MXPL(1)	弾性散乱マトリックスのルジャンドル展開次数
32	MXPL(2)	非弾性散乱マトリックスのルジャンドル展開次数
33	MXPL(3)	(n, 2n) 反応マトリックスのルジャンドル展開次数
34	MXPL(4)	(n, 3n) 反応マトリックスのルジャンドル展開次数
35	MXPL(5)	(n, 4n) 反応マトリックスのルジャンドル展開次数
36	LA(1)	弾性散乱断面積が正の値を持つ最終群
37	LA(2)	非弾性散乱断面積が正の値を持つ最終群
38	LA(3)	(n, 2n) 反応断面積が正の値を持つ最終群
39	LA(4)	(n, 3n) 反応断面積が正の値を持つ最終群
40	LA(5)	(n, 4n) 反応断面積が正の値を持つ最終群
41	LD(1)	弾性散乱マトリックスの最大の sink group no.
42	LD(2)	非弾性散乱マトリックスの最大の sink group no.
43	LD(3)	(n, 2n) 反応マトリックスの最大の sink group no.
44	LD(4)	(n, 3n) 反応マトリックスの最大の sink group no.
45	LD(5)	(n, 4n) 反応マトリックスの最大の sink group no.
46-50		将来の為の空きデータ
51	NGMIN(1)	核分裂反応F-tableデータの始まる群
52	NGMIN(2)	捕獲反応F-tableデータの始まる群
53	NGMIN(3)	弾性散乱反応F-tableデータの始まる群
54	NGMIN(4)	全断面積反応F-tableデータの始まる群
55	NGMIN(5)	弾性散乱除去反応F-tableデータの始まる群
56	NGMIN(6)	$\sigma_0$ , 温度, 群依存の weighting flux のデータが始まる群
57	NGMIN(7)	非弾性散乱反応F-tableデータの始まる群 (未使用)
58	NGMIN(8)	(n, 2n) 反応F-tableデータの始まる群 (未使用)
59-60		将来の為の空きデータ

表4-3 炉定数計算結果の出力フォーマット

(その2)

アドレス	変数名	内容
61	NGMAX(1)	核分裂反応F-tableデータの終わる群
62	NGMAX(2)	捕獲反応F-tableデータの終わる群
63	NGMAX(3)	弾性散乱反応F-tableデータの終わる群
64	NGMAX(4)	全断面積反応F-tableデータの終わる群
65	NGMAX(5)	弾性散乱除去反応F-tableデータの終わる群
66	NGMAX(6)	$\sigma_0$ , 温度, 群依存のweighting fluxのデータが終わる群
67	NGMAX(7)	非弾性散乱反応F-tableデータの終わる群 (未使用)
68	NGMAX(8)	(n, 2n)反応F-tableデータの終わる群 (未使用)
69-70		将来の為の空きデータ
71	NLFTAB(1)	核分裂反応F-tableデータの最大のweighting flux次数 (1は通常の重み関数であり、2はカレント重みである)
72	NLFTAB(2)	捕獲反応F-tableでの最大のweighting flux次数
73	NLFTAB(3)	弾性散乱反応F-tableで最大のweighting flux次数
74	NLFTAB(4)	全断面積反応F-tableでの最大のweighting flux次数
75	NLFTAB(5)	弾性散乱除去反応F-tableでの最大のweighting flux次数
76	NLFTAB(6)	$\sigma_0$ , 温度, 群依存のweighting fluxでのweighting flux次数
77	NLFTAB(7)	非弾性散乱反応F-tableでの最大のweighting flux次数
78	NLFTAB(8)	(n, 2n)反応F-tableでの最大のweighting flux次数
79-100		将来の為の空きデータ
LOCA(11)	((SIG1D(I, MT), I=1, ING, IMAX), MT=1, MT4)	1次元の無限希釈断面積が収容される。収容される反応は、 $\sigma_f, \sigma_c, \sigma_e, \sigma_t, \sigma_{er}, \phi_w, \sigma_{in}, \sigma_{n2n}, \nu, \mu, \chi, \sigma_{n3n}, \sigma_{n4n}, \nu_d$ の順番である。尚、LOCA(11)=0ならSIG1Dデータは存在しない。
LOCA(12)	(((SIG2D(J, I, NL, MT), J=1, LD(MT), I=1, LA(MT), NL=1, MAXPL(MT)+1), MT=1, MT2))	マトリックスデータが収容される。収容される反応は、 $\sigma_e, \sigma_{in}, \sigma_{n2n}, \sigma_{n3n}, \sigma_{n4n}$ の順番である。 尚、LOCA(12)=0ならSIG2Dデータは存在しない。
LOCA(13)	(SIG0(I), I=1, NSIGO)	$\sigma_0$ が昇順で収容される。 尚、LOCA(13)=0ならSIG0データは存在しない。
LOCA(14)	(TEMP(I), I=1, NTEMP)	F-tableでの温度が昇順で収容される。 尚、LOCA(14)=0ならTEMPデータは存在しない。
LOCA(15)	(((FATB(N, NT, I, NL, MT), N=1, NSIGO), NT=1, NTEMP), I=NGMIN(MT), NGMAX(MT)), NL=1, NLFTAB(MT), MT=1, MT3)	F-tableが収容される。収容される反応は、 $\sigma_f, \sigma_c, \sigma_e, \sigma_t, \sigma_{er}, \phi_w, \sigma_{in}, \sigma_{n2n}$ の順番である。 尚、LOCA(15)=0ならFATBデータは存在しない。
LOCA(16)	((SIGDET(I, MT), I=1, IMAX), MT=1, NDET)	ディテクター断面積が収容される。収容される反応は MT=100+MTが評価済核データでの反応MTとなる。例えば、 MT=2は(n, $\gamma$ )反応であり、MT=3が(n, p)反応である。 このデータは燃焼に必要な断面積を定めるために収容する。 尚、LOCA(16)=0ならディテクター断面積データは存在しない。
LOCA(17)	((CHI(J, I), J=1, IMAX), I=1, IMAX)	群依存の核分裂スペクトルを収容する。CHI(J, I)はI群での 核分裂反応による核分裂スペクトルである。 尚、LOCA(17)=0なら核分裂スペクトルデータは存在しない。
LOCA(18)	(DECAY(M), M=1, NFAM), (BETA(M), M=1, NFAM), (DLNU(I), I=1, IMAX), ((CHID(I, M), I=1, IMAX), M=1, NFAM)	遅発中性子データを収容する。ここで、DECAYは崩壊定数(1/秒) BETAは遅発中性子のイールド、CHIDは入射中性子エネルギーを 200keVとした時の遅発核分裂による核分裂スペクトルである。 尚、LOCA(18)=0なら遅発中性子データは存在しない。

(注：非弾性散乱反応と(n, 2n)反応F-tableはフォーマットとして用意しただけであり、  
現システムではそのデータは定義されない)

## (2) 入力形式および使用ファイル

POSTNJOYコードの入力形式を以下に説明する。

### #1 LIBTYP (A8)

LIBTYP : 現バージョンでは'jfs3'とする。  
将来、異なった処理を行う場合、LIBTYPを利用する予定である。

### #2 LIN, NTEMP, IPRTFT, IPRTPL, EPS (free format)

LIN : 処理する核種のGENDFが割り当てられるファイル番号 (0<LIN<100)  
実行シェルでは gendfnn という環境変数でファイルの割り当てをsetenvで行う。  
即ち、LIN=31ならgendf31という環境変数でファイルの割り当てをsetenvで行う。  
従って、99核種の処理を連続して行う事ができる。

NTEMP : GENDFで群定数が計算されている温度数を入力する。NTEMP=0ならコードが自動設定する。  
ここで NTEMP=1と入力すると温度依存のないF-tableが作成される。通常は0である。

IPRTFT : 0/1=F-tableのプリント出力を行わない/F-tableのプリント出力を行う

IPRTPL : IPRTPL次までの散乱マトリックスがプリント出力される。

EPS : F-tableでの意味あるデータを判断するための判定条件  
EPS=<0.0なら0.0001にリセットされる。  
自己遮蔽因子は1.0±EPSの範囲外の値なら、意味のある自己遮蔽因子と解釈される。

### #3 NUCID (A7)

NUCID : メンバー名 (例えば 'U235J32' とする)  
もしブランクであればJFS3マスターファイルへの出力は行わない。

#2と#3を必要なだけ繰り返し入力し、最後にブランクカードを入力すると処理が完了する。

次にPOSTNJOYコードで使用されるファイルを表4-4に示す。尚、具体的な実行シェルや入力データの例は5章で示す。

表4-4 POSTNJOYコードで使用されるファイル

環境変数名	内容	備考
gendfnn	入力GENDFファイル	setenvで割り当てる
jfs3pds	JFS3マスターファイルのディレクトリー名	setenvで割り当てる

## (3) POSTNJOYコードでの処理制限

POSTNJOYコードでの処理制限を以下に示す。

- エネルギー群数は最大200群である。
- $\sigma_0$  の数は最大10個である。
- F-tableでの温度パラメータの数は最大4個である。
- 遅発中性子データのファミリー数は最大10個である。
- 散乱マトリックスのルジャンドル展開次数は最大5である。

これらの制限値を変更するにはプログラムを修正する必要があるが、パラメーター文で定義してあるので比較的簡単に修正できる。将来的には include 文を使用し、容易に修正可能とする事が望ましいが、当面の使用には耐えられる制限値であると考えている。また、POSTNJOYコードもPRENJOYコード同様に UNIX OS を前提としてコーディングがなされている事を述べておく。

## 5. 汎用炉定数作成システムによる70群JFS3ライブラリーの作成

2~4章で報告した「汎用炉定数作成システム」を使用して、当該システムの検証計算に使用する70群JFS3ライブラリーの作成を実施する。群数および群構造、F-tableでの $\sigma_0$  & 温度パラメーターの数と値は、従来の高速炉用炉定数セットJFS3-J3.2と同じである。

本研究ではJENDL-J3.2評価済核データファイル<sup>16)</sup>を使用し、JUPITER解析で必要となる表5-1に示す22核種の炉定数を作成した。炉定数作成では、高速炉用炉定数セットJFS3-J3.2と同じく、もんじゅ炉心の内側炉心の中性子スペクトルを重み関数として使用した。そして、作成した炉定数をもとにPDSMAKEコードにより新しい70群JFS3-J3.2ライブラリーを作成した。これ以降、新JFS3-J3.2ライブラリーと呼称する。ここで、この新ライブラリーと旧ライブラリーにおける炉定数作成法の違いについて簡単に述べる。両者の炉定数作成法の主な差は、TIMSコードの使用の有無である。即ち、重核の非分離及び分離共鳴エネルギー領域での共鳴断面積とF-tableを均質超微細群スペクトル計算で定める(TIMS)か、UNRESRモジュールと漸近スペクトルで定める(NJOY)かの差である。

尚、表5-2にはU-238のPENDF作成シェルと入力データ・リストを、表5-3にはPRENJOY-NJOYコードによるU-238炉定数作成で使用したシェルと入力データ・リストを示す。そして、表5-4にはPOSTNJOYコードによる22核種の処理で使用したシェルと入力データ・リストを、表5-5にはPDSMAKEコードによる新70群JFS3-J3.2ライブラリー作成で使用したシェルと入力データ・リストを示す。

表5-1 炉定数処理核種の一覧表

no.	核種名	material number	tape number
1	H-1	125	301
2	Be-9	425	301
3	B-10	525	301
4	B-11	528	301
5	C-12	625	301
6	O-16	825	301
7	Na-23	1125	301
8	Al-27	1325	301
9	Si-nat	1400	302
10	Cr-nat	2400	303
11	Mn-55	2525	303
12	Fe-nat	2600	304
13	Ni-nat	2800	304
14	Cu-nat	2900	304
15	Mo-nat	4200	307
16	U-235	9228	313
17	U-238	9237	313
18	Pu-239	9437	314
19	Pu-240	9440	314
20	Pu-241	9443	314
21	Pu-242	9446	314
22	Am-241	9543	314

表5-2 U-238のPENDF作成シェルと入力データ・リスト

```

#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cp cp
alias cat cat
alias rm rm
#
# set HOMEP = /home/nuc/JNC_sys
# set nuc = U238J32
set LM1 = $HOMEP/bin/linear
set LM2 = $HOMEP/bin/recent
set LM3 = $HOMEP/bin/sigma1
#
set INPUT = /home/nuc/ENDF/jendl32/j32f5313
set INPLIN = $nuc.lininp
set OUTLIN = $nuc.linout
set OUTREC = $nuc.recout
set OUTSIG = $nuc.sigout
set OUTPUT = $HOMEP/Test/pendf/$nuc.t0300.dat
set OUTPUTO = $HOMEP/Test/endf/$nuc.dat
#
set OUTP = $HOMEP/Test/outp
set OUTLST1 = $nuc.lin.list
set OUTLST2 = $nuc.rec.list
set OUTLST3 = $nuc.sig.list
#
set DATE = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR = $HOMEP/tmp/PENDFtmp.$nuc.$DATE
mkdir $WKDR
#
cd $WKDR
#
cp $INPUT $INPLIN
#
echo 'running LINEAR96'
cat>input <<EOF
      0          0 0.0          0
$INPLIN
$OUTLIN
9237 0 0 923799999 (BLANK CARD TERMINATES MAT REQUEST LIST)
0.00000-00 1.00000-03 (BLANK CARD TERMINATES FILE 3 ERROR LAW)

EOF
#
cp input LINEAR.INP
#
$LM1 > $OUTLST1
echo 'end of LINEAR96 job'
cp LINEAR.LST $OUTP/$nuc.lin.outlist
#
rm fort.*
rm input

```

(次ページに続く)

表5-2 U-238のPENDF作成シェルと入力データ・リスト (続き)

```

# *** RECENT96 RUN STEP ***
#
#   echo 'running RECENT96'
#
cat>input <<EOF
    0 1.00000-10      1      1      1
$OUTLIN
$OUTREC
    1      9999      (BLANK CARD TERMINATES MAT REQUEST LIST)
0.00000-00 1.00000-03      (BLANK CARD TERMINATES FILE 3 ERROR LAW)

EOF
#
#   cp input RECENT.INP
#
#   $LM2 > $OUTLST2
echo 'end of RECENT96 job'
cp RECENT.LST $OUTP/$nuc.recent.outlist
#
#   rm fort.*
#   rm input
#
# *** SIGMA86 RUN STEP ***
#
#   echo 'running SIGMA1_96'
#
cat>input <<EOF
    0      0 3.00000+ 2 1.00000-10
$OUTREC
$OUTSIG
    0      9999
0.00000+ 0 1.00000- 3

EOF
#
#   cp input SIGMA1.INP
#
#   $LM3 > $OUTLST3
echo 'end of SIGMA1 job'
#
#   cp SIGMA1.LST $OUTP/$nuc.sigmap.outlist
cp $OUTSIG $OUTPUT
cp $OUTLIN $OUTPUT0
#
#   rm fort.*
#   rm input
#
#   cd /home/nuc/JNC_sys
#
#   rm -r $WKDR
#

```

表5-3 PRENJOY-NJOYコードによるU-238炉定数作成で使用したシェルと入力データ・リスト

```

#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
# set WHOME = /home/nuc
set L MN1 = PreNjoy
set L MN2 = xnjoy
#
# set CASE = U238J32
#
set MXS_DIR = $WHOME/JNC_sys
set LM1 = $MXS_DIR/bin/$LMN1
set LM2 = $MXS_DIR/bin/$LMN2
set ODR = $MXS_DIR/Test/outp
set INP = $MXS_DIR/Test/inpnjoy/$CASE.njoy.inp
#
# set DATE = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR = $MXS_DIR/tmp/NJOYtmp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
#
setenv ENDF $MXS_DIR/Test/endf/$CASE.dat
setenv PENDF $MXS_DIR/Test/pendf/$CASE.t0300.dat
setenv WTFLUX $MXS_DIR/Test/fbr_weight.dat
setenv CONTROL $MXS_DIR/Test/JFS70g.control.dat
#
# set OUTLST1 = $ODR/$CASE.njoyinp.ft06
#
#----- Exec NJOYINP code with the following input data -----
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LM1 >& $OUTLST1
jfs3 / lbtyp
9237 / matno
0 2 5 / ntemp iw npl
jend132 / idendif
/ end of run
END_DATA
#
#----- Remove scratch work files -----
#
cp fort.1 $INP
cp fort.1 input
cp fort.21 tape31
cp fort.22 tape32
rm fort./*
#
#----- Exec NJOY97 code with the following input data -----
#
set GENDF = $MXS_DIR/Test/gendf
set OUTLST2 = $ODR/$CASE.njoy97.ft06
set OUTLOG = $ODR/$CASE.njoy97.log
#
$LM2 < input >& $OUTLOG
#
#----- Remove scratch files -----
#
cp tape26 $GENDF/$CASE.card.dat
cp output $OUTLST2
rm tape*
rm input
rm output
#
cd $WHOME
rm -r $WKDR
#

```

表5-4 POSTNJOYコードによる22核種の処理で使用したシェルと入力データ・リスト

```

#!/bin/csh
    alias  mkdir  mkdir
    alias  cat   cat
    alias  cd   cd
    alias  rm   rm
set WHOME  = /home/nuc
set LMN   = PostNjoy
set CASE  = Jfs70g
set MXS_DIR = $WHOME/JNC_sys
set LM   = $MXS_DIR/bin/$LMN
set ODR  = $MXS_DIR/Test/outp
set DATE = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR = $MXS_DIR/tmp/XATBtmp.$CASE.$DATE
#
setenv gendiff31 $MXS_DIR/Test/gendiff/AM241J32.card.dat
setenv gendiff32 $MXS_DIR/Test/gendiff/A1027-j32.card.dat
-----missing lines-----
setenv gendiff51 $MXS_DIR/Test/gendiff/U235J32.card.dat
setenv gendiff52 $MXS_DIR/Test/gendiff/U238J32.card.dat
#
setenv jfs3pds $MXS_DIR/Test/Pds_70g
set OUTLST = $ODR/$CASE.xtab.ft06
mkdir $WKDR
cd $WKDR
#_____ Exec POSTNJOY code with the following input data _____
cat - << END_DATA | $LM >& $OUTLST
jfs3      / lbtyp
 31 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
AM1J32   / namep
 32 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
AL7J32   / namep
 33 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
B00J32   / namep
-----missing lines-----
 37 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
CRNJ32   / namep
 38 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
CUNJ32   / namep
 39 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
FENJ32   / namep
 40 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
H01J32   / namep
 41 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
MN5J32   / namep
 42 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
MONJ32   / namep
 43 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
NINJ32   / namep
 44 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
NA3J32   / namep
 45 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
O06J32   / namep
 46 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
PU9J32   / namep
 47 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
PU0J32   / namep
 48 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
PU1J32   / namep
 49 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
PU2J32   / namep
 50 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
SINJ32   / namep
 51 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
U235J32   / namep
 52 0 1 0 0.0 / lin ntemp iprtft iprtpl eps
U238J32   / namep
 0 0 0 0 0.0 / end of run
END_DATA
#_____ Remove scratch files _____
rm fort.*
cd $HOME
rm -r $WKDR

```

表5-5 新70群JFS3-J3.2ライブラリー作成で使用したシェルと入力データ・リスト

```

#!/bin/csh
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
set WHOME = /home/nuc
set LMN = PDSMake
set CASE = Jfs70g_New
set MXS_DIR = $WHOME/JNC_sys
set LM = $MXS_DIR/bin/$LMN
set ODR = $MXS_DIR/Test/outp-LibMK
set DATE = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR = $MXS_DIR/tmp/JFS3tmp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
setenv CONTROL $MXS_DIR/Test/JFS70g.control.dat
setenv PdsIn $MXS_DIR/Test/Pds_70g
setenv LibOut $MXS_DIR/Test/JFS70g_PDS
set OUTLST = $ODR/$CASE.libmake.ft06
cd $WKDR
____ Exec PDSMAEKE code with the following input data ____
cat ~ << END_DATA | $LM & $OUTLST
3 / iopt34
xH01J32 NH01J32
1 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xBE9J32 NBE9J32
4 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xB00J32 NB00J32
105 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xB01J32 NB01J32
115 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xC02J32 NC02J32
6 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
x006J32 N006J32
8 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xNA3J32 NNA3J32
11 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xAL7J32 NAL7J32
13 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xSINJ32 NSINJ32
14 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xCRNJ32 NCRNJ32
24 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xMN5J32 NMN5J32
25 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xFENJ32 NFENJ32
26 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xNINJ32 NNINJ32
28 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xCUNJ32 NCUNJ32
29 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xMONJ32 NMONJ32
42 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xAM1J32 NAM1J32
951 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xPU9J32 NPU9J32
949 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xPU0J32 NPU0J32
940 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xPU1J32 NPU1J32
941 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xPU2J32 NPU2J32
942 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xU05J32 NU235J32
925 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
xU08J32 NU238J32
928 0.0 1 1 / ncode aw iout iprt
stop /end of run
END_DATA
____ Remove scratch PS files ____
rm fort.*
cd $HOME
rm -r $WKDR

```

## 6. ZPPR9炉心の炉心解析による汎用炉定数作成システムの検証

### 6.1 解析炉心の計算モデルについて

ZPPR-9炉心解析で採用した計算モデルは2次元均質RZモデルである。尚、これらの計算モデル作成においては「ZPPR-9炉心ベンチマークテスト問題の整備」<sup>17)</sup>を参照した。

本解析では、文献17の表2-1に記載されているZPPR-9炉心の均質組成を用い、同じく文献17の8頁に示されている2次元均質RZモデルを使用する。図6-1にはZPPR-9炉心の2次元RZモデルを示す。

次に反応率分布計算のための29個の反応率分布計算領域について説明する。反応率計算領域としては、実験を模擬するため  $Z=5.14\text{--}10.28\text{cm}$  の位置の半径方向に径方向ブランケット領域まで 29領域を設定した。これらの領域分割を表6-1に示す。これらの領域は連続エネルギーモンテカルロ手法による解析では当該領域でタリー領域を設ける領域であり、標準手法ではメッシュ分割が領域境界で行なわれる事を示す。

表6-1 反応率計算領域

領域No.	組成	内側半径(cm)	外側半径(cm)	領域No.	組成	内側半径(cm)	外側半径(cm)
1	IC	0.0000	3.1169	16	IC	73.7387	78.7832
2	IC	3.1169	8.1613	17	IC	78.7832	83.8276
3	IC	8.1613	13.2057	18	IC	83.8276	88.8720
4	IC	13.2057	18.2501	19	OC	88.8720	94.0515
5	IC	18.2501	23.2945	20	OC	94.0515	99.2310
6	IC	23.2945	28.3390	21	OC	99.2310	104.4105
7	IC	28.3390	33.3834	22	OC	104.4105	109.5900
8	IC	33.3834	38.4278	23	OC	109.5900	114.7695
9	IC	38.4278	43.4722	24	OC	114.7695	119.9490
10	IC	43.4722	48.5166	25	RB	119.9490	124.4780
11	IC	48.5166	53.5611	26	RB	124.4780	129.0070
12	IC	53.5611	58.6055	27	RB	129.0070	133.5360
13	IC	58.6055	63.6499	28	RB	133.5360	138.0650
14	IC	63.6499	68.6943	29	RB	138.0650	142.5940
15	IC	68.6943	73.7387				

注：ICは内側炉心、OCは外側炉心、RBは径方向ブランケットである。

## 6.2 解析項目

本解析での解析項目を以下に箇条書きで示す。

- ・固有値
- ・STEP3のNaボイド反応度 ( $97D, Z=\pm 8''$ )
- ・中心反応率比 ( $Z=5, 14-10, 28\text{cm}$ )
- ・全中性子束分布 (反応率分布を計算する径方向分布)
- ・U-235の径方向捕獲反応率分布と径方向核分裂反応率分布
- ・U-238の径方向捕獲反応率分布と径方向核分裂反応率分布
- ・Pu-239の径方向捕獲反応率分布と径方向核分裂反応率分布

また、MVPコードの計算結果を参照解として、以下の検討を行う。

- ・JFS3-J3.2ライブラリーを使用した共鳴実効断面積計算法の効果 (従来手法の精度検証)
- ・新JFS3-J3.2ライブラリーの核特性計算精度
- ・ライブラリ一群数の効果

本解析で使用するライブラリーは、

- ① 70群JFS3-J3.2ライブラリー (従来使用されてきたライブラリー)
- ② 「汎用炉定数作成システム」で作成された70群JFS3-J3.2ライブラリー
- ③ 175群JFS3-J3.2ライブラリー (群数効果を見るためのライブラリー)

である。

これ以降、①をJFS3-J32 70群ライブラリー、②をJFS3-New 70群ライブラリー、③をJFS3-J32 175群ライブラリーと呼称する。

## 6.3 解析方法

ZPPR-13A炉心同様、決定論手法の解析では、改良SLAROMコードとTWODANTコード<sup>8)</sup>を、連続エネルギーモンテカルロ手法の解析では、MVPコード<sup>9)</sup>を使用する。

尚、決定論手法と連続エネルギーモンテカルロ手法による計算結果の比較では、その中性束の定義により何らかの規格化が必要となるが、TWODANTコードとMVPコードとも中性子束の定義法(1線源粒子に対する中性子束)が同じであるので、中性束の規格化は不要である事を述べておく。

### (1) 決定論手法での計算方法

最初に「決定論手法での解析方法」に関する基本的な考えを説明する。本研究で開発した「汎用炉定数作成システム」で作成されるライブラリーを使用する核計算での解析方針は「共鳴実効断面積は超微細群スペクトル計算モジュールPEACOで得られる解析対象の組成および幾何学形状等を正確に模擬したスペクトルで常に再計算される」である。この為、「汎用炉定数作成システム」で作成されるライブラリーは、これまで使用されてきたJFS3-J3.2ライブラリーのようにTIMSコードで計算されるF-tableを使用しない。また、拡散計算結果は使用する拡散係数により計算結果が影響される事と、均質炉心解析である事から、拡散係数定義法の影響を避ける為、本解析では一貫して輸送計算を炉心計算手法とする。

次に、決定論手法での計算方法をセル計算手法、各解析項目毎に箇条書きで示す。

## ① セル計算手法

改良SLAROMコードを用い実効巨視的断面積および実効微視的断面積を求める。この時、実効断面積計算手法としては以下の3種類の方法を用いる。

- ・均質セルモデルでF-table内挿法を使用する従来方法  
(FTAB-HM手法と呼称し、従来手法の精度検証の為に使用する)
- ・均質セルモデルでPEACOモジュールによる超微細群スペクトル計算を行う方法  
(PCO-HM手法と呼称し、Naボイド反応度計算に使用する)
- ・PEACOモジュールにより図6-2に示す均質組成の1次元円筒炉心モデルで非均質超微細群スペクトル計算を行い実効共鳴断面積を求める方法  
(PCO-HT手法と呼称し、反応率計算に使用する)

## ② TWODANTコードでの計算仕様

TWODANTコードによる炉心計算は図6-1で示した2次元RZモデルを使用し、70群あるいは175群輸送計算を実施する。「核設計基本データの解析(III)」研究での検討結果からSnおよびp1オーダーはS8P3とする。また、炉心計算でのメッシュ分割は、Naボイド反応度計算では表6-2に示す分割を、反応率計算では表6-3に示す分割を採用する。

## ③ Naボイド反応度解析

JFS3-J32 70群, JFS3-New 70群, JFS3-J32 175群ライブラリーを使用し、基準セル計算法としてPCO-HM手法を用い、TWODANTコードによる固有値の直接計算により反応度を求める。

また、従来手法の精度検証の為、JFS3-J32 70群ライブラリーを使用する解析では、セル計算手法としてFTAB-HM手法による解析も実施する。

## ④ 反応率分布計算

JFS3-J32 70群, JFS3-New 70群, JFS3-J32 175群ライブラリーを使用し、基準セル計算法としてPCO-HT手法を用い、TWODANTコードにより中性子束分布を求め、得られた中性子束分布とセル計算で求めた実効微視的断面積から表6-1で示す29領域の反応率分布を計算する。ここで、径方向ブランケット領域にはPu-239を $10^{-15}$ (単位： $10^{24}/cc$ )の個数密度で混在させる。②と同様に、従来手法の精度検証の為、JFS3-J32 70群ライブラリーを使用する解析では、セル計算手法としてFTAB-HM手法による解析も実施する。

表6-2 炉心計算でのNaボイド反応度解析用メッシュ分割数

内側半径 (cm)	外側半径 (cm)	メッシュ分割数
0.0000	30.6958	18
30.6958	88.8720	36
88.8720	119.9490	18
119.9490	142.5940	15
142.5940	159.4480	12
下限Z位置 (cm)	上限Z位置 (cm)	メッシュ分割数
0.000	20.396	8
20.396	50.876	12
50.876	76.276	10
76.276	81.359	2
81.359	91.516	4
91.516	104.810	4

表6-3 炉心計算での反応率計算用メッシュ分割数

内側半径 (cm)	外側半径 (cm)	メッシュ分割数
0.0000	3.1169	2
3.1169	8.1613	3
8.1613	13.2057	3
13.2057	18.2501	3
18.2501	23.2945	3
23.2945	28.3390	3
28.3390	33.3834	3
33.3834	38.4278	3
38.4278	43.4722	3
43.4722	48.5166	3
48.5166	53.5611	3
53.5611	58.6055	3
58.6055	63.6499	3
63.6499	68.6943	3
68.6943	73.7387	3
73.7387	78.7832	3
78.7832	83.8276	3
83.8276	88.8720	3
88.8720	94.0515	3
94.0515	99.2310	3
99.2310	104.4105	3
104.4105	109.5900	3
109.5900	114.7695	3
114.7695	119.9490	3
119.9490	124.4780	3
124.4780	129.0070	3
129.0070	133.5360	3
133.5360	138.0650	3
138.0650	142.5940	3
142.5940	146.8075	3
146.8075	151.0210	3
151.0210	155.2345	3
155.2345	159.4480	3
下限Z位置 (cm)	上限Z位置 (cm)	メッシュ分割数
0.000	10.280	4
10.280	50.876	16
50.876	76.276	10
76.276	81.359	2
81.359	91.516	4
91.516	104.810	4

#### 6.4 MVPコード計算条件

本解析でのMVPコード計算条件を以下に述べる。

- ① 1バッチ当たりのヒストリー数は3万とし、捨てバッチは5(15万ヒストリー)とする。
- ② 解析は5000万ヒストリー以上とする。
- ③ ETOP (計算するエネルギーの上限) は20.0MeVとする。
- ④ EBOT (計算するエネルギーの下限) は2.0eVとする。
- ⑤ ETHMAX (熱中性子散乱を考慮するエネルギーの上限) は0.625eVのデフォルト値を用いる。即ち、本計算では熱中性子散乱は結果的に考慮しない。
- ⑥ EWCUT (analog的な吸収の取り扱いの上限エネルギー) は5KeVとする。
- ⑦ 使用ライブラリーはJENDL-3.2から作成されたものを使用する。
- ⑧ 解析温度は300 kelvin である。
- ⑨ 分散低減法としてはRussian-Roulette kill のみを使用する。
- ⑩ 本報告書で述べる統計誤差は特別に述べない限り $1\sigma$ に対するものとする。
- ⑪ タリーのエネルギー群構造としてJFS3ライブラリーの70群に対応する57群（統計誤差の大きい群をまとめて群数を減らしたもの）を採用する。

MVPコードによる解析では、反応率解析とNaボイド反応度解析を実施する。反応率解析では、表6-1に示す29個のタリー領域を設け、EDIT-MICROSCOPIC編集を行う。また、径方向ブランケット領域にはPu-239を $10^{-15}$ (単位： $10^{24}/cc$ )の個数密度で混在させる。

一方、Naボイド解析ではCPU削減の為、タリー領域を組成領域としその数を少なくすると共に、群定数の編集を行わないようとする。そして、Naボイド反応度の計算誤差低減の為、Naボイド解析では基準状態とNaボイド状態の計算を各々2回実施する。

## 6.5 炉心解析の実施

### (1) 解析結果

計算結果を下記の図表に示す。

- |          |                                 |
|----------|---------------------------------|
| 表6-4～5   | 実効増倍率の計算結果                      |
| 表6-6     | Naボイド反応度の計算結果                   |
| 表6-7～9   | 中心反応率比の計算結果                     |
| 表6-10～11 | 全中性子束と反応率分布の計算結果のまとめ            |
| 図6-3～9   | 全中性子束と反応率分布における共鳴断面積計算法の効果      |
| 図6-10～16 | 全中性子束と反応率分布におけるライブラリーの効果        |
| 図6-17～18 | Naボイド領域の中性子スペクトルにおける共鳴断面積計算法の効果 |
| 図6-19～20 | Naボイド領域の中性子スペクトルにおけるライブラリーの効果   |

### (2) 検討

ここでは、MVPコードの計算結果を参照解として、決定論手法で得られた計算結果を検討する。以下、解析項目毎に検討結果を報告する。

#### ① 臨界性

表6-4～5より、決定論の計算結果はライブラリーの種類および共鳴断面積計算法に関係なく、MVPコードの計算結果と0.12%以内で一致する。JFS3-J32 175群ライブラリーを使用すると70群ライブラリーよりも約0.05%、固有値が大きくなる。また、ZPPR-9炉心での決定論の計算値は、ZPPR-13炉心よりもMVPコードの計算値との一致性が良い。これはZPPR-9炉心が均質炉心であるからと考える。

また、本研究で作成した JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用してきた JFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ。そして、文献17の表5-1で報告されている JFS3-J32 70群ライブラリーを使用した基準計算結果は0.9827であり、これに輸送補正值+0.0021を加えると0.9848となり、本計算での JFS3-J32 70群ライブラリーを使用し、FTAB-HM手法で共鳴断面積を求めた方法で得られた固有値0.98459とほぼ等しい結果(0.00021の差)となる。この事により、本計算が文献での結果を再現している事が確認できたと考える。

#### ② Naボイド反応度

表6-6より、決定論の計算結果はMVPコードの結果と比較して、Naボイド反応度を5.5～9.4%過大評価する。MVPコードの結果の誤差を考慮すると $2\sigma$ 以内で一致しているとも言える。共鳴断面積計算法の効果は存在し、PCO-HM手法は従来のFTAB-HM手法よりもNaボイド反応度を約3%小さくする。そして、175群ライブラリーを使用すると70群ライブラリーで得られる反応度を約1%小さくする。これらの効果は、文献17の表5-5で報告されている実験解析結果の4.6%の過大評価を改善し、決定論による計算値を実験値の誤差(1.2%)内で実験値と一致させる。

また、本研究で作成した JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用してきた JFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ。そして、文献17の表5-5で報告されている JFS3-J32 70群ライブラリーを使用した基準計算結果は1.242（単位： $10^{-3} \Delta k/kk'$ ）であり、これに輸送・メッシュ補正值0.939を掛けると1.203となり、本計算での JFS3-J32 70群ライブラリーを使用し、FTAB-HM法で共鳴断

面積を求めた方法で得られたNaボイド反応度1.205とほぼ等しい結果(0.002の差)となる。

次にPCO-HM手法で何故Naボイド反応度の計算結果が改善されるかを考察する。その最大の理由は、ZPPR-13A炉心の検討で明らかになったPEACOモジュールによる共鳴断面積計算精度の向上である。その結果、図6-17～20に示すように、PCO-HM手法によるNaボイド領域の中性子スペクトルとMVPコードのそれは良く一致する事になる。一方、従来法であるFTAB-HM法で得られるNaボイド領域の中性子スペクトルはMVPコードとの一致性が悪く、特にNaの共鳴近傍(~3keV)でその差が大きい。

### ③ 中心反応率比

表6-7～9に示すように、中心反応率比の決定論手法による計算結果は、ライブラリーの種類および共鳴断面積計算法に関係なく、MVPコードの計算結果とその統計誤差以内で一致する。3ライブラリーのうち、JFS3-J32 175群ライブラリーが最もMVPコードの計算結果との一致性が良いと言える。そして、本研究で作成した JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用してきた JFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ。

また、共鳴断面積計算法が中心反応率比へ与える効果は有意には無いと言える。これは、反応率比はスペクトル・インデックスとして有効であるが、反応率の比をとる事から共鳴断面積計算精度に敏感な量でないからであると考えられる。決定論手法の反応率計算精度を把握するには、反応率比よりも反応率分布に注目すべきだと考える。

### ④ 反応率分布および全中性子束分布

検討を「共鳴断面積計算法の効果」と「ライブラリーの効果」に分離して検討する。

表6-10～11および図6-3～9より、「共鳴断面積計算法の効果」は存在し、PCO-HT手法による計算結果は、よりMVPの計算結果との一致性が良く、特に、U-238核分裂反応率分布を除く反応率分布および全中性子束分布で、径方向ブランケット領域の決定論計算結果を改善する。

また、表6-10～11および図6-10～16より、「ライブラリーの効果」も有意に存在する。JFS3-J32 175群ライブラリーの結果は、MVPコードの計算誤差の大きな炉中心でのPU-239捕獲反応率を除けば、MVPコード計算結果と±1%以内で一致する。このライブラリー効果は、「群数とそのエネルギー群構造」によるものであり、図6-21～24で明らかのように、70群計算結果がMVPのそれと差が大きい原因は、実効微視的断面積の計算精度にあるのではなく、約30keV以上の中性子スペクトルに差があるからである。

そして、表6-10～11および図6-10～16より、反応率分布および全中性子束分布に関しても、本研究で作成した JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用してきた JFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ事が明らかになった。

(3) まとめ

(2)の検討の結果をまとめると以下のようになる。

- ・決定論手法とモンテカルロ手法により計算される固有値の差は小さく、両者の差は0.12%以下である。
- ・PEACOモジュールによる共鳴実効断面積計算をおこなえば、Naボイド反応度計算精度を約3%改善でき、175群ライブラリーを使用すれば更に1%改善される。
- ・決定論手法とモンテカルロ手法により計算される中心反応率比は、MVPコードの計算誤差内で一致する。
- ・40keV以上のエネルギー群構造を細かくしたJFS3タイプのライブラリーを使用すれば、反応率分布計算精度を大幅に改善でき、決定論手法とモンテカルロ手法により計算される反応率の差を1%以下にする事が可能である。
- ・本研究で作成したJFS3-New 70群ライブラリーは従来使用してきたJFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ。

表6-4 2次元均質RZ炉心モデルにより計算された標準状態のZPPR-9炉心の固有値

計算手法	ライブラリー & Sn-Pi order	共鳴実効断面積の 計算法 or 計算ヒストリー数	固有値	輸送計算/MVPの平均値
輸送計算	JFS3-J32 70群 S8P3	FTAB-HM	0.98459	1.0005
		PCO-HM	0.98482	1.0007
		PCO-HT	0.98478	1.0006
	JFS3-New 70群 S8P3	PCO-HM	0.98462	1.0004
		PCO-HT	0.98459	1.0004
	JFS3-J32 175群 S8P3	PCO-HM	0.98532	1.0011
		PCO-HT	0.98529	1.0011
モンテカルロ 手法	連続エネルギー	6732万 6996万 5247万	0.98422±0.0055% 0.98424±0.0053% 0.98422±0.0061% 0.98423±0.0033%	反応率解析 Naボイド解析 Naボイド解析 平均

表6-5 2次元均質RZ炉心モデルにより計算されたNaボイド状態のZPPR-9炉心の固有値

計算手法	ライブラリー & Sn-Pi order	共鳴実効断面積の 計算法 or 計算ヒストリー数	固有値	輸送計算/MVPの平均値
輸送計算	JFS3-J32 70群 S8P3	FTAB-HM	0.98576	1.0005
		PCO-HM	0.98596	1.0007
	JFS3-New 70群 S8P3	PCO-HM	0.98576	1.0005
		PCO-HT	0.98645	1.0012
	JFS3-J32 175群 S8P3	PCO-HM	0.98645	1.0012
モンテカルロ 手法	連続エネルギー	7008万 5250万	0.98529±0.0053% 0.98530±0.0061% 0.98529±0.0040%	Naボイド解析 Naボイド解析 平均

表6-6 Naボイド反応度の計算結果

計算手法	ライブラリー	共鳴実効断面積の計算法	反応度( $10^{-3} \Delta k/kk'$ )	輸送計算/MVP計算
輸送計算	JFS3-J32 70群	FTAB-HM PCO-HM	1.205 1.174	1.094 1.065
	JFS3-New 70群	PCO-HM	1.175	1.066
	JFS3-J32 175群	PCO-HM	1.163	1.055
モンテカルロ手法	連続エネルギー	——	1.102±0.053	表6-4と表6-5の平均固有値から計算

注：モンテカルロ手法による反応度の $1\sigma$ の統計誤差は次式で定義する。

$$\{(\Delta k/k/k)^2(\text{非摂動系}) + (\Delta k/k/k)^2(\text{摂動系})\}^{1/2}$$

表6-7 F25/F49中心反応率比の計算結果

計算手法	ライブラリー	共鳴実効断面積の計算法	F25/F49 中心反応率比	輸送計算/MVP計算
輸送計算	JFS3-J32 70群	FTAB-HM PCO-HT	1.09422 1.09247	1.0050 1.0034
	JFS3-New 70群	PCO-HT	1.09204	1.0030
	JFS3-J32 175群	PCO-HT	1.08990	1.0010
モンテカルロ手法	連続エネルギー	——	1.08879±0.54%	

表6-8 F28/F49中心反応率比の計算結果

計算手法	ライブラリー	共鳴実効断面積の計算法	F28/F49 中心反応率比	輸送計算/MVP計算
輸送計算	JFS3-J32 70群	FTAB-HM PCO-HT	0.022257 0.022250	1.0057 1.0053
	JFS3-New 70群	PCO-HT	0.022285	1.0069
	JFS3-J32 175群	PCO-HT	0.022216	1.0038
モンテカルロ手法	連続エネルギー	——	0.022132±0.84%	

表6-9 C28/F49中心反応率比の計算結果

計算手法	ライブラリー	共鳴実効断面積の計算法	C28/F49 中心反応率比	輸送計算/MVP計算
輸送計算	JFS3-J32 70群	FTAB-HM PCO-HT	0.15107 0.15108	1.0014 1.0014
	JFS3-New 70群	PCO-HT	0.15128	1.0027
	JFS3-J32 175群	PCO-HT	0.15034	0.9965
モンテカルロ手法	連続エネルギー	——	0.15087±0.65%	

表6-10 全中性子束分布計算結果のまとめ

ライブラリー	共鳴実効断面積 の計算法	輸送計算/MVP計算		
		平均値	標準偏差	値の範囲
JFS3-J32 70群	FTAB-HM	0.9989	0.44%	0.9915~1.0073
JFS3-J32 70群	PCO-HT	1.0008	0.29%	0.9938~1.0055
JFS3-New 70群	PCO-HT	1.0008	0.30%	0.9936~1.0057
JFS3-J32 175群	PCO-HT	1.0043	0.13%	0.9995~1.0059

表6-11 反応率分布計算結果のまとめ

ライブラリー	共鳴実効断面積 の計算法	U-235捕獲反応率 : 輸送計算/MVP計算		
		平均値	標準偏差	値の範囲
JFS3-J32 70群	FTAB-HM	1.0056	0.48%	0.9944~1.0139
JFS3-J32 70群	PCO-HT	1.0040	0.40%	0.9923~1.0103
JFS3-New 70群	PCO-HT	1.0027	0.42%	0.9908~1.0091
JFS3-J32 175群	PCO-HT	1.0039	0.27%	0.9910~1.0039
ライブラリー	共鳴実効断面積 の計算法	U-235核分裂反応率 : 輸送計算/MVP計算		
		平均値	標準偏差	値の範囲
JFS3-J32 70群	FTAB-HM	1.0047	0.38%	0.9943~1.0109
JFS3-J32 70群	PCO-HT	1.0045	0.31%	0.9941~1.0093
JFS3-New 70群	PCO-HT	1.0036	0.33%	0.9930~1.0085
JFS3-J32 175群	PCO-HT	1.0034	0.20%	0.9953~1.0059
ライブラリー	共鳴実効断面積 の計算法	U-238捕獲反応率 : 輸送計算/MVP計算		
		平均値	標準偏差	値の範囲
JFS3-J32 70群	FTAB-HM	1.0057	0.61%	0.9907~1.0157
JFS3-J32 70群	PCO-HT	1.0075	0.42%	0.9922~1.0136
JFS3-New 70群	PCO-HT	1.0083	0.44%	0.9928~1.0147
JFS3-J32 175群	PCO-HT	1.0041	0.30%	0.9908~1.0074
ライブラリー	共鳴実効断面積 の計算法	U-238核分裂反応率 : 輸送計算/MVP計算		
		平均値	標準偏差	値の範囲
JFS3-J32 70群	FTAB-HM	0.9999	0.70%	0.9912~1.0206
JFS3-J32 70群	PCO-HT	1.0005	0.58%	0.9930~1.0197
JFS3-New 70群	PCO-HT	1.0018	0.61%	0.9939~1.0221
JFS3-J32 175群	PCO-HT	0.9989	0.28%	0.9925~1.0073
ライブラリー	共鳴実効断面積 の計算法	Pu-239捕獲反応率 : 輸送計算/MVP計算		
		平均値	標準偏差	値の範囲
JFS3-J32 70群	FTAB-HM	1.0084	0.58%	0.9930~1.0172
JFS3-J32 70群	PCO-HT	1.0072	0.46%	0.9912~1.0146
JFS3-New 70群	PCO-HT	1.0050	0.46%	0.9888~1.0124
JFS3-J32 175群	PCO-HT	1.0009	0.41%	0.9881~1.0068
ライブラリー	共鳴実効断面積 の計算法	Pu-239核分裂反応率 : 輸送計算/MVP計算		
		平均値	標準偏差	値の範囲
JFS3-J32 70群	FTAB-HM	0.9989	0.50%	0.9884~1.0060
JFS3-J32 70群	PCO-HT	1.0016	0.33%	0.9908~1.0083
JFS3-New 70群	PCO-HT	1.0010	0.33%	0.9901~1.0065
JFS3-J32 175群	PCO-HT	1.0020	0.23%	0.9943~1.0049

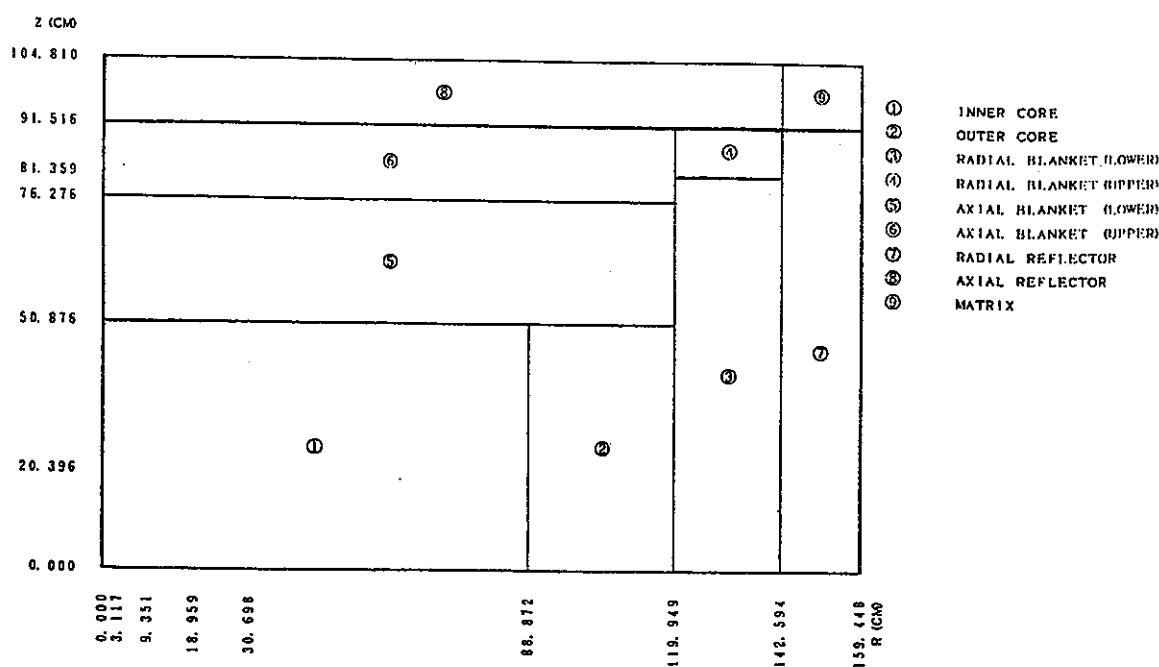


図6-1 ZPPR-9炉心RZ解析モデル (文献17の8頁)

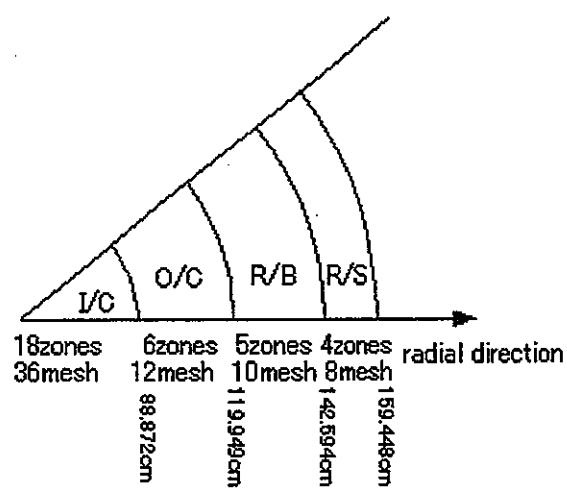


図6-2 PEACOモジュールの非均質セル計算で使用する1次元円筒炉心モデル

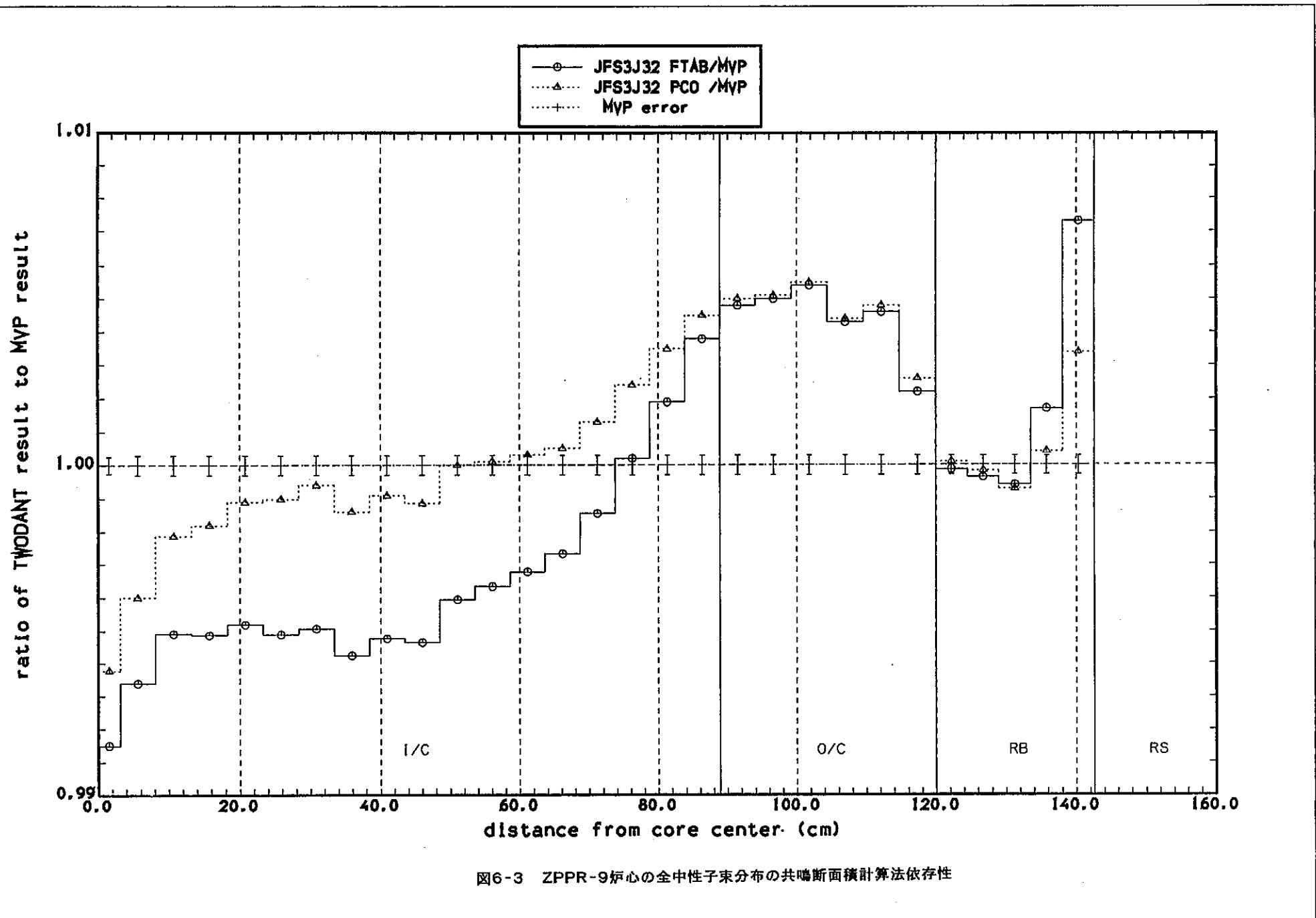
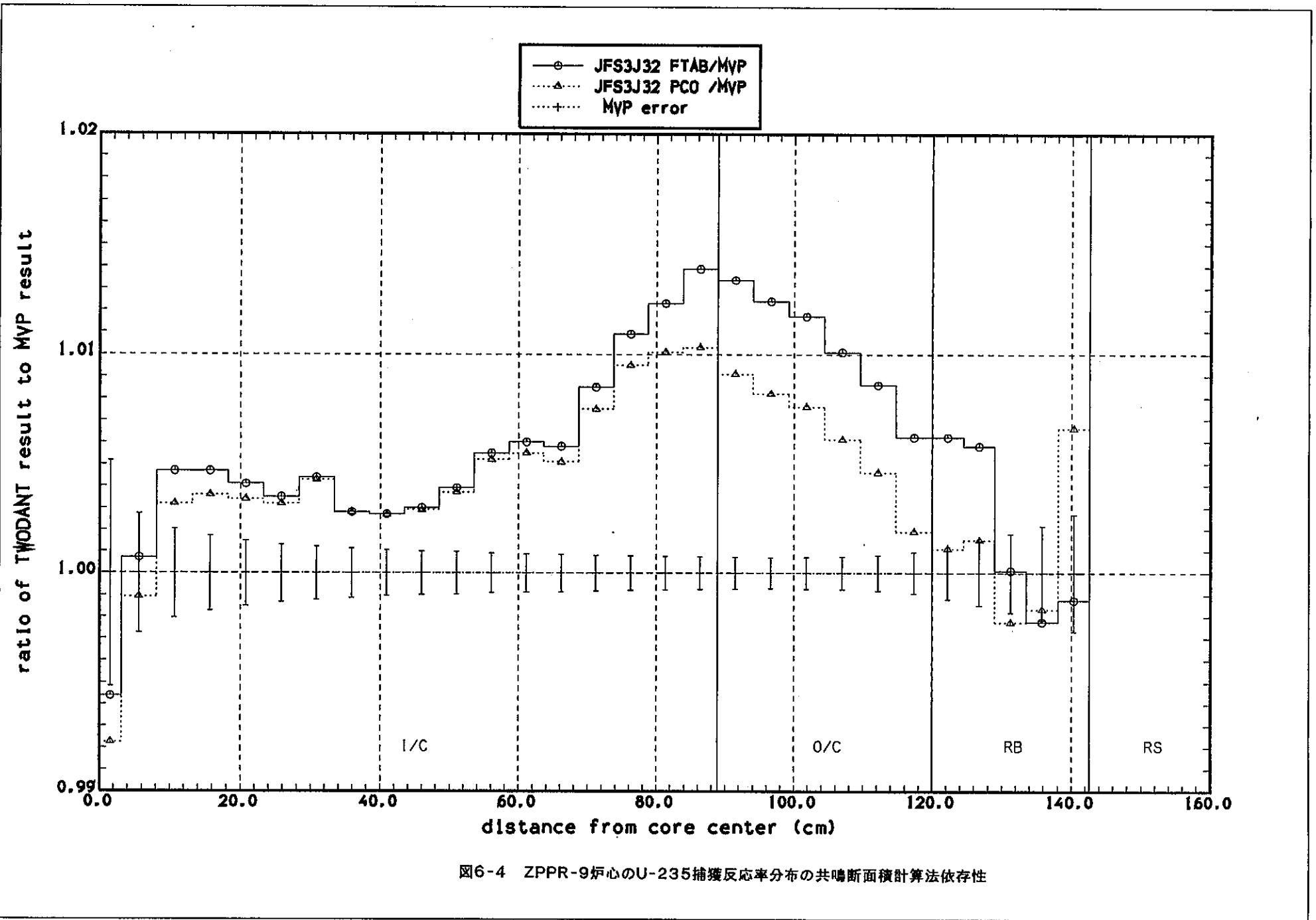
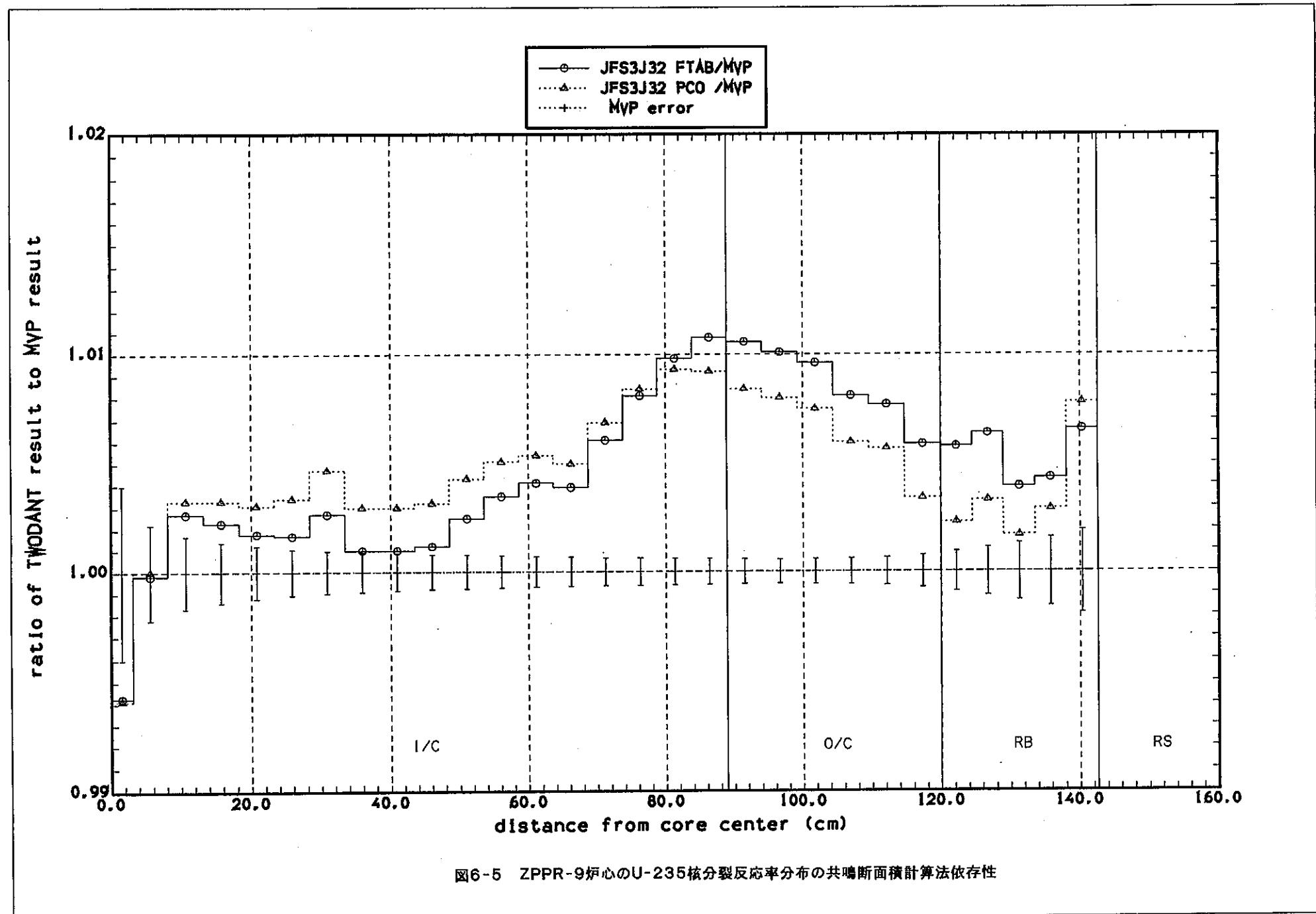


図6-3 ZPPR-9炉心の全中性子束分布の共鳴断面積計算法依存性





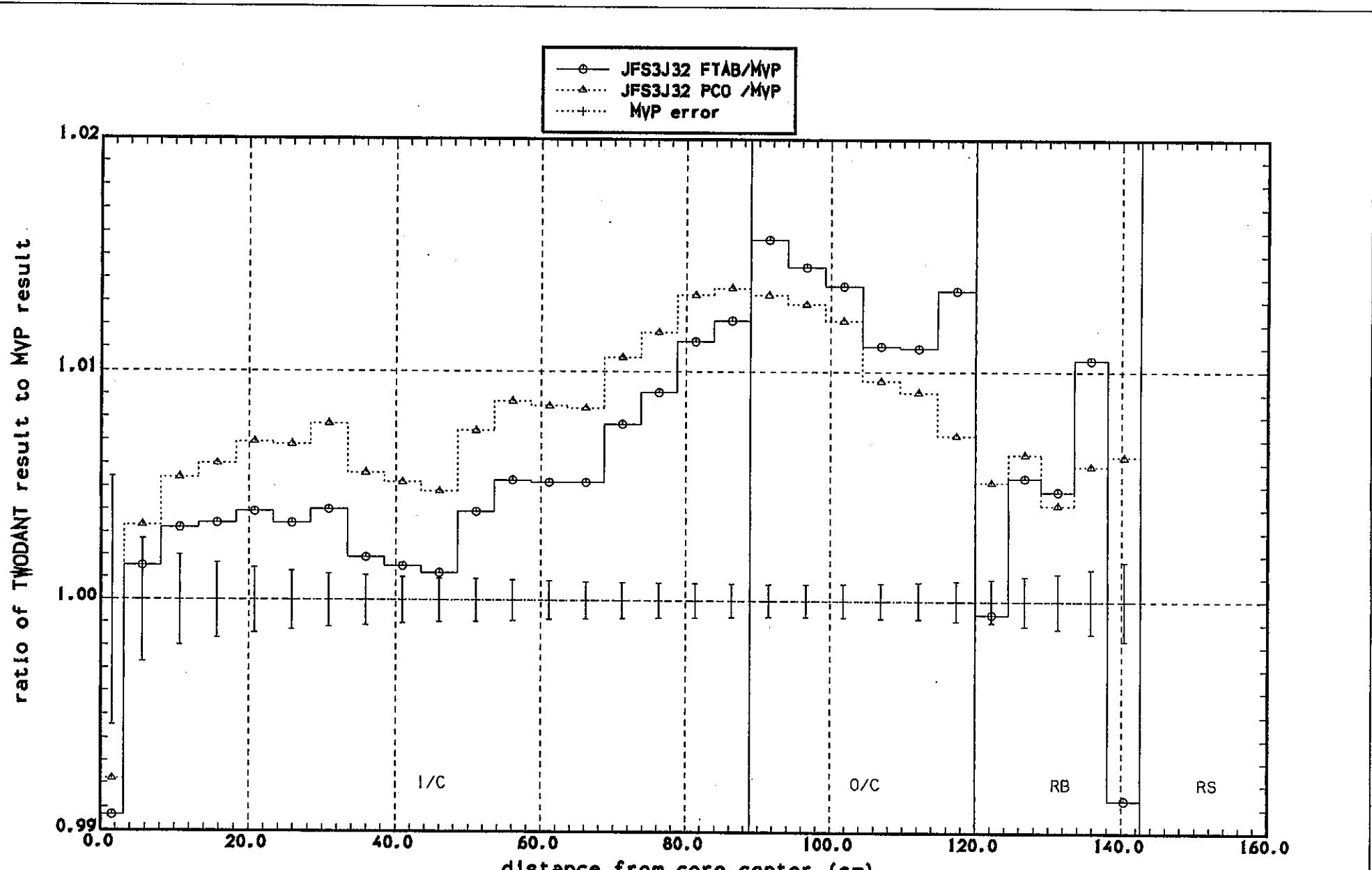
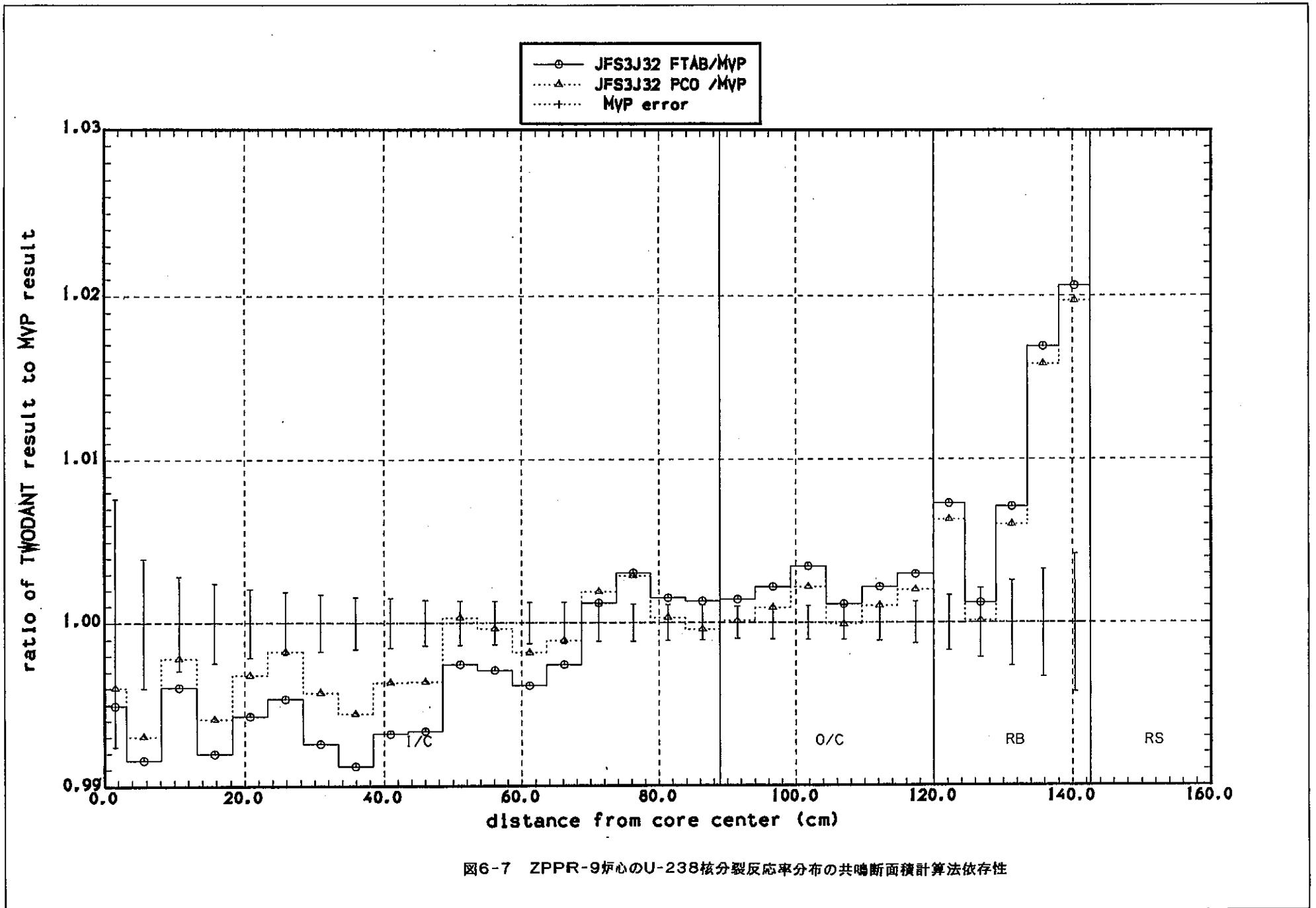
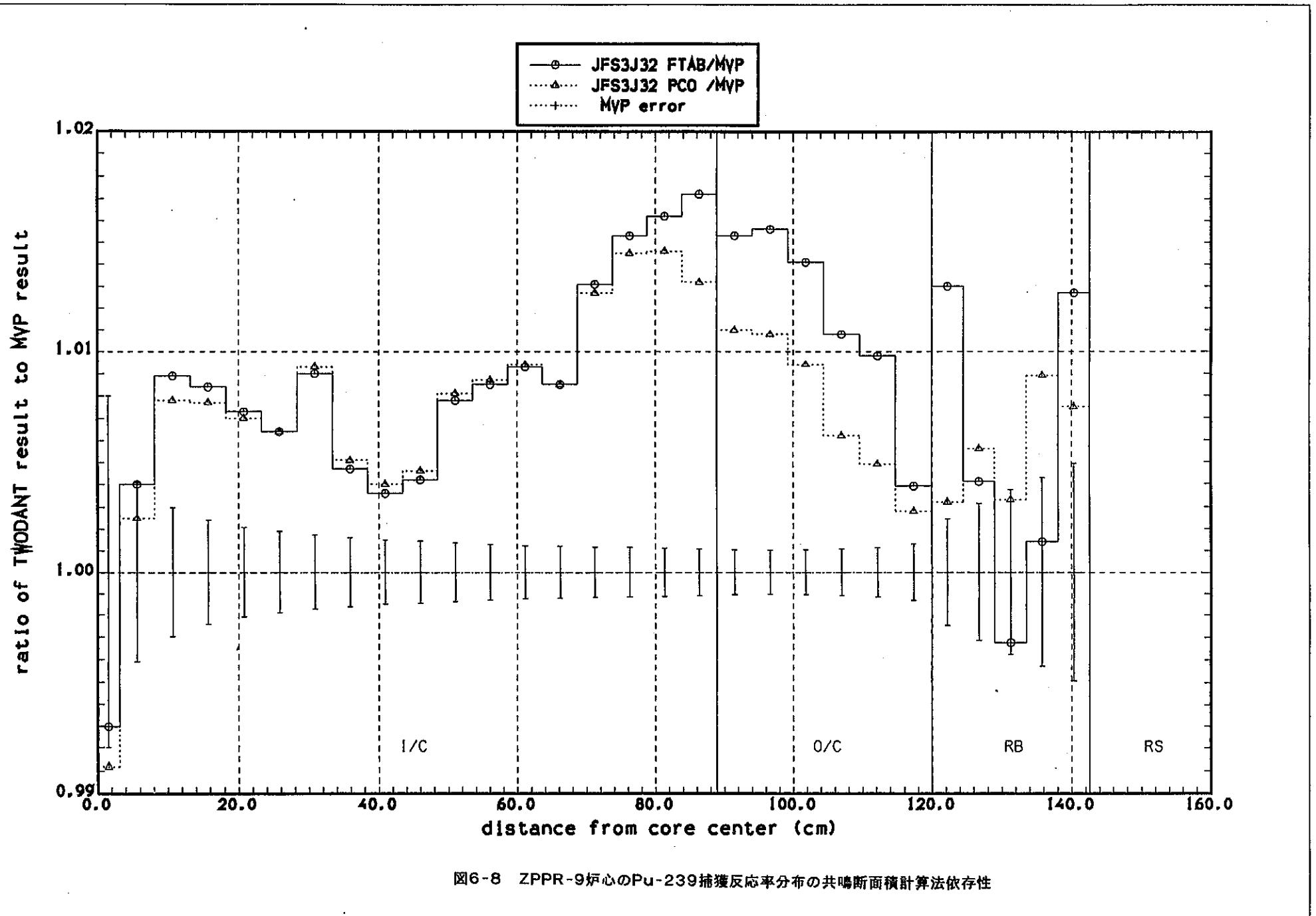
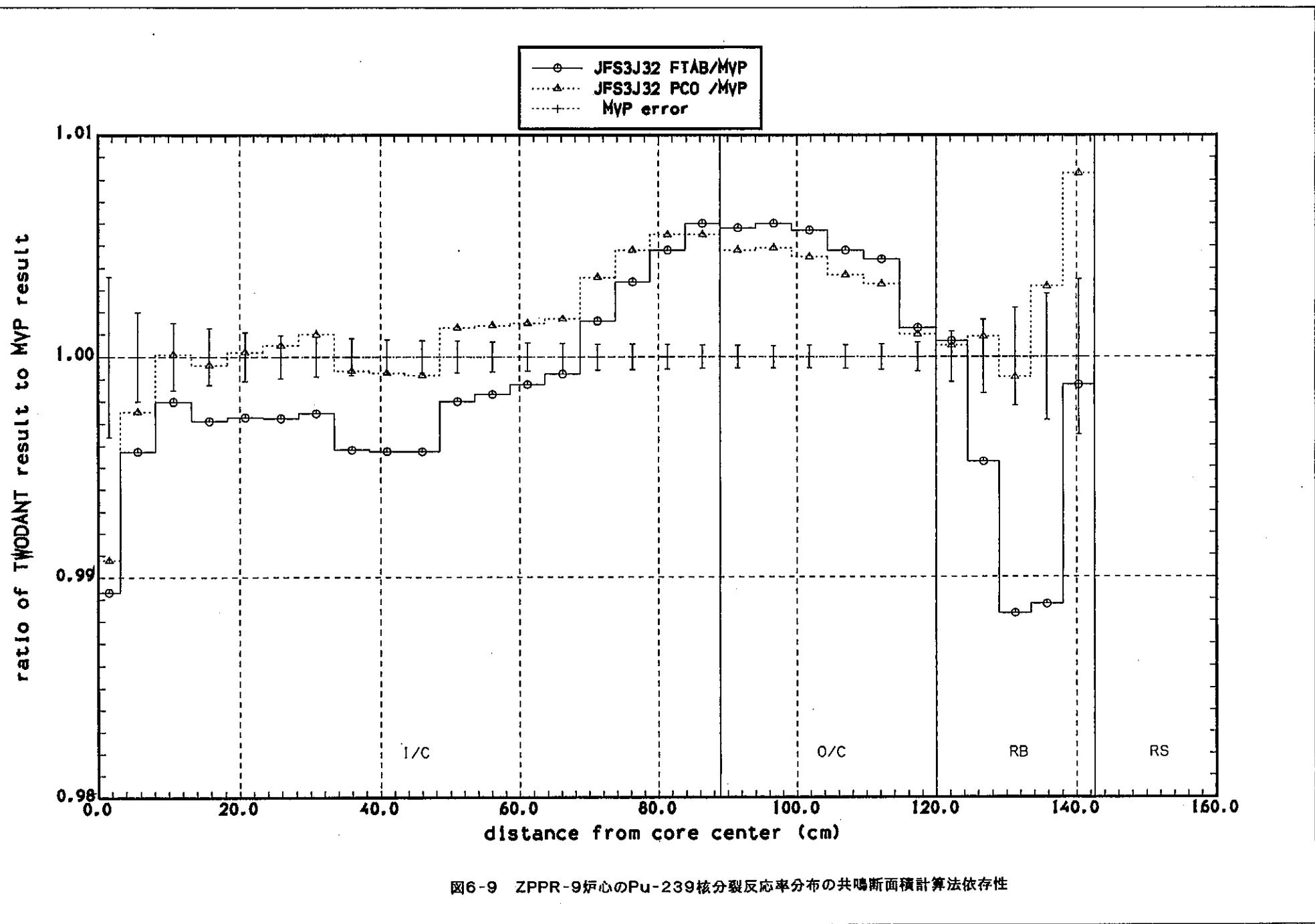


図6-6 ZPPR-9炉心のU-238捕獲反応率分布の共鳴断面積計算法依存性







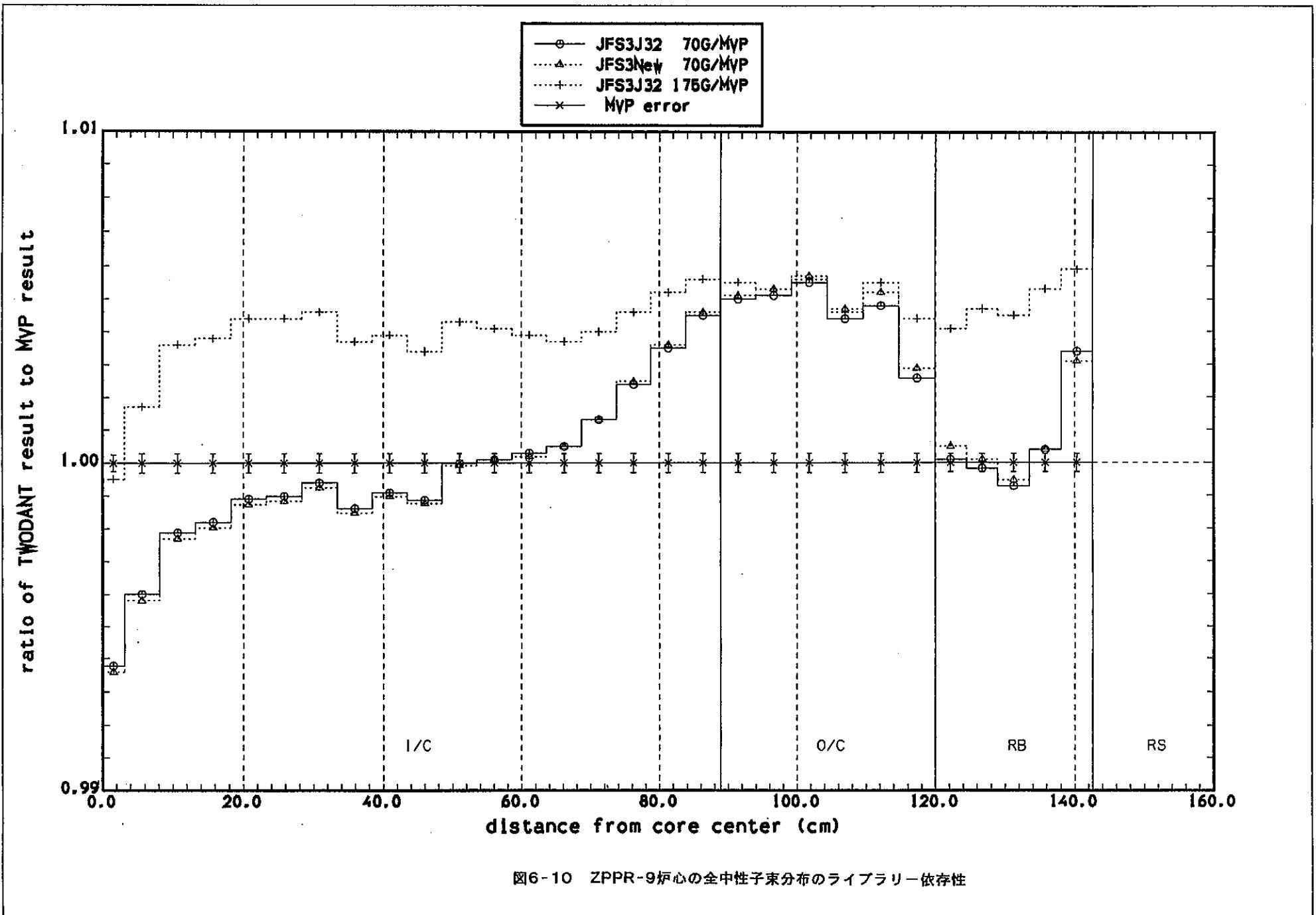


図6-10 ZPPR-9炉心の全中性子束分布のライブラリー依存性

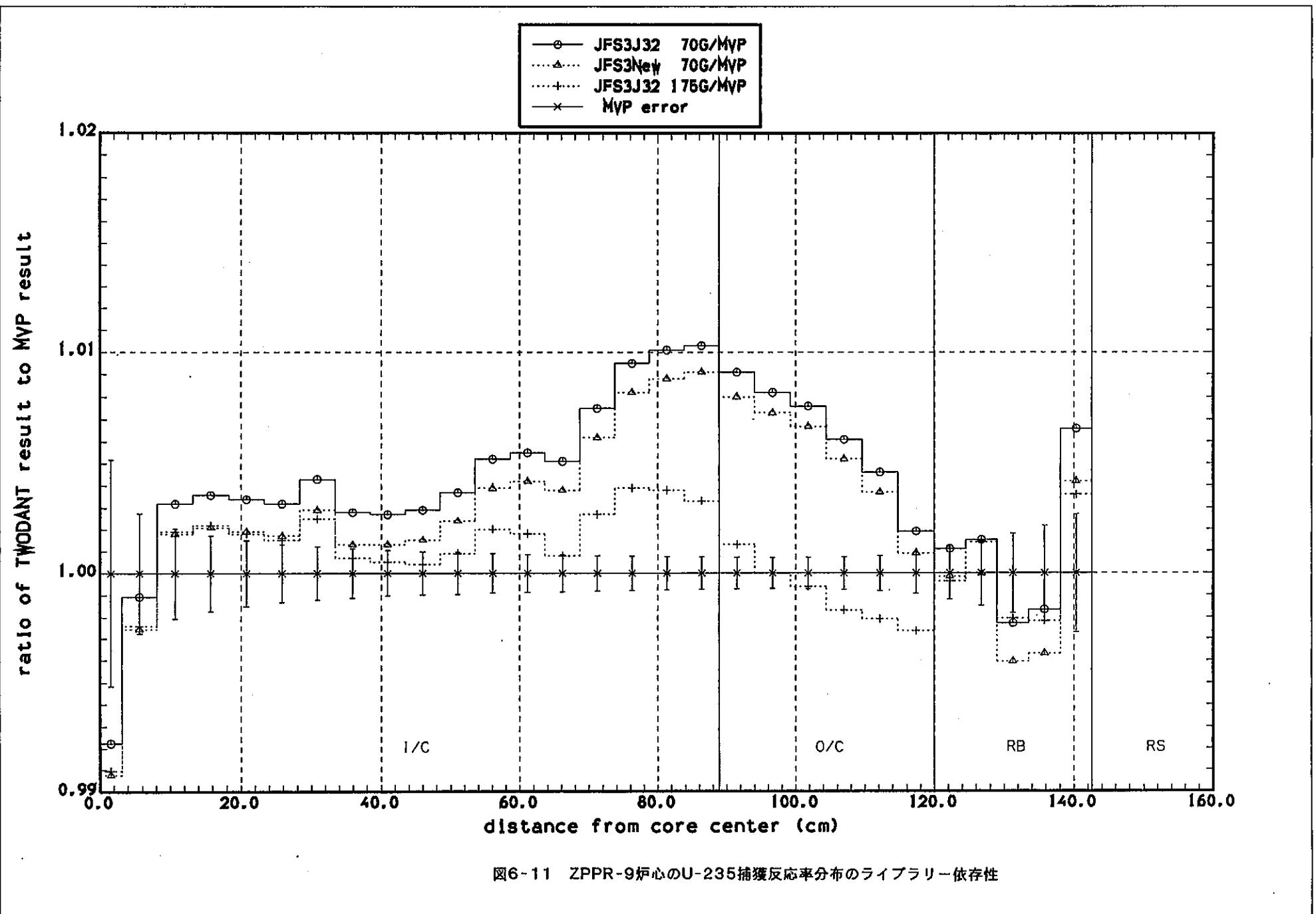


図6-11 ZPPR-9炉心のU-235捕獲反応率分布のライブラリー依存性

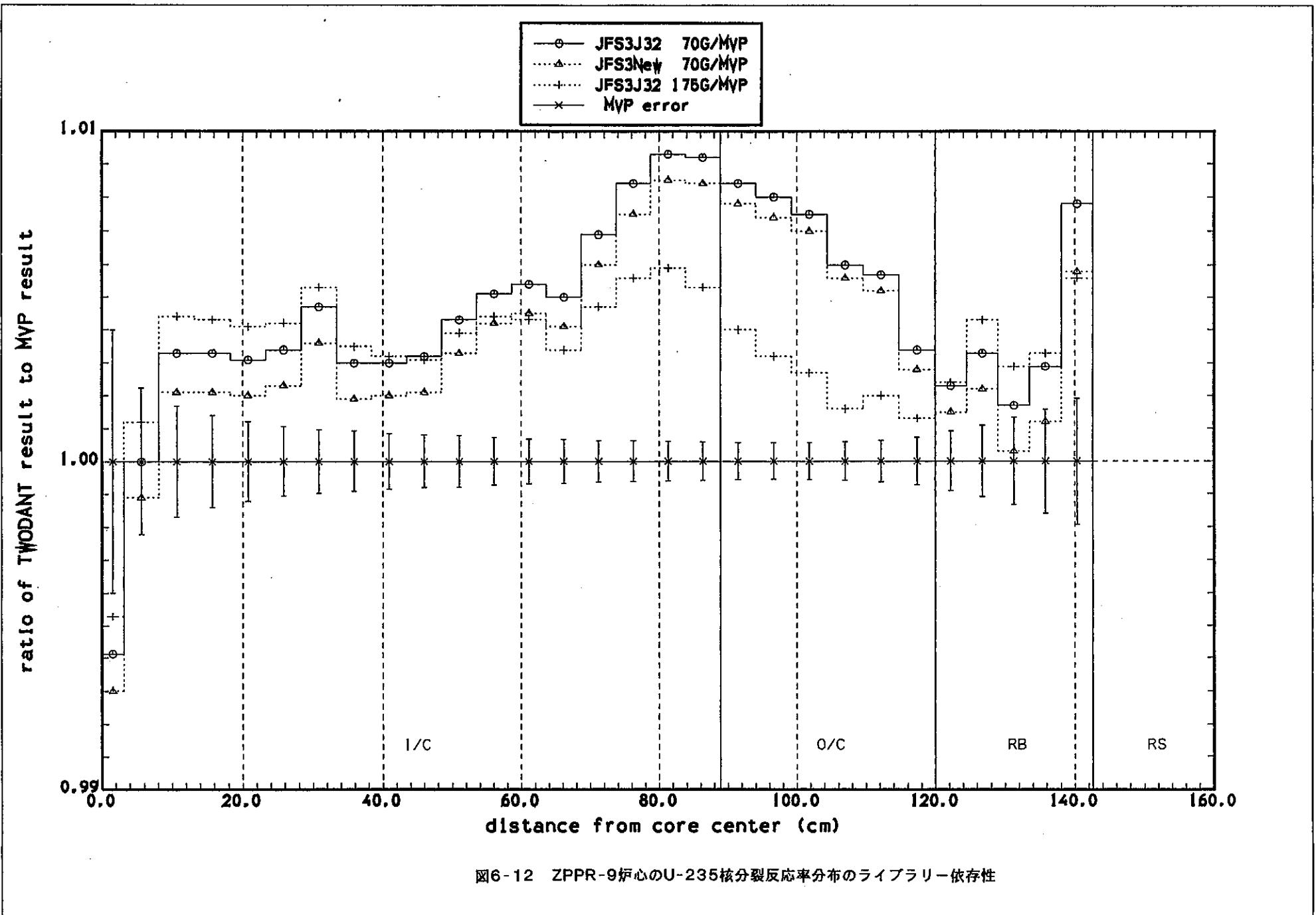


図6-12 ZPPR-9炉心のU-235核分裂反応率分布のライブラリー依存性

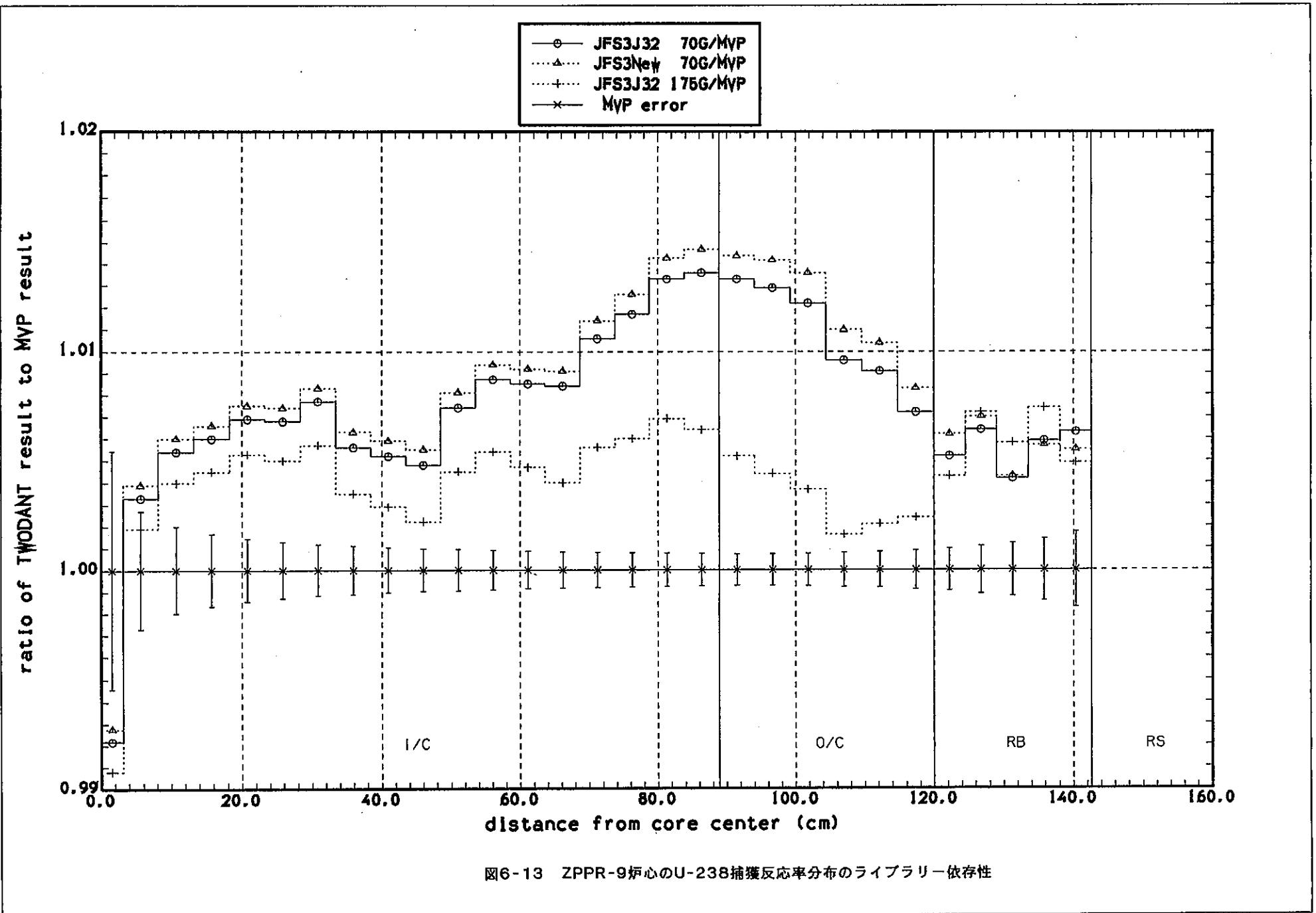
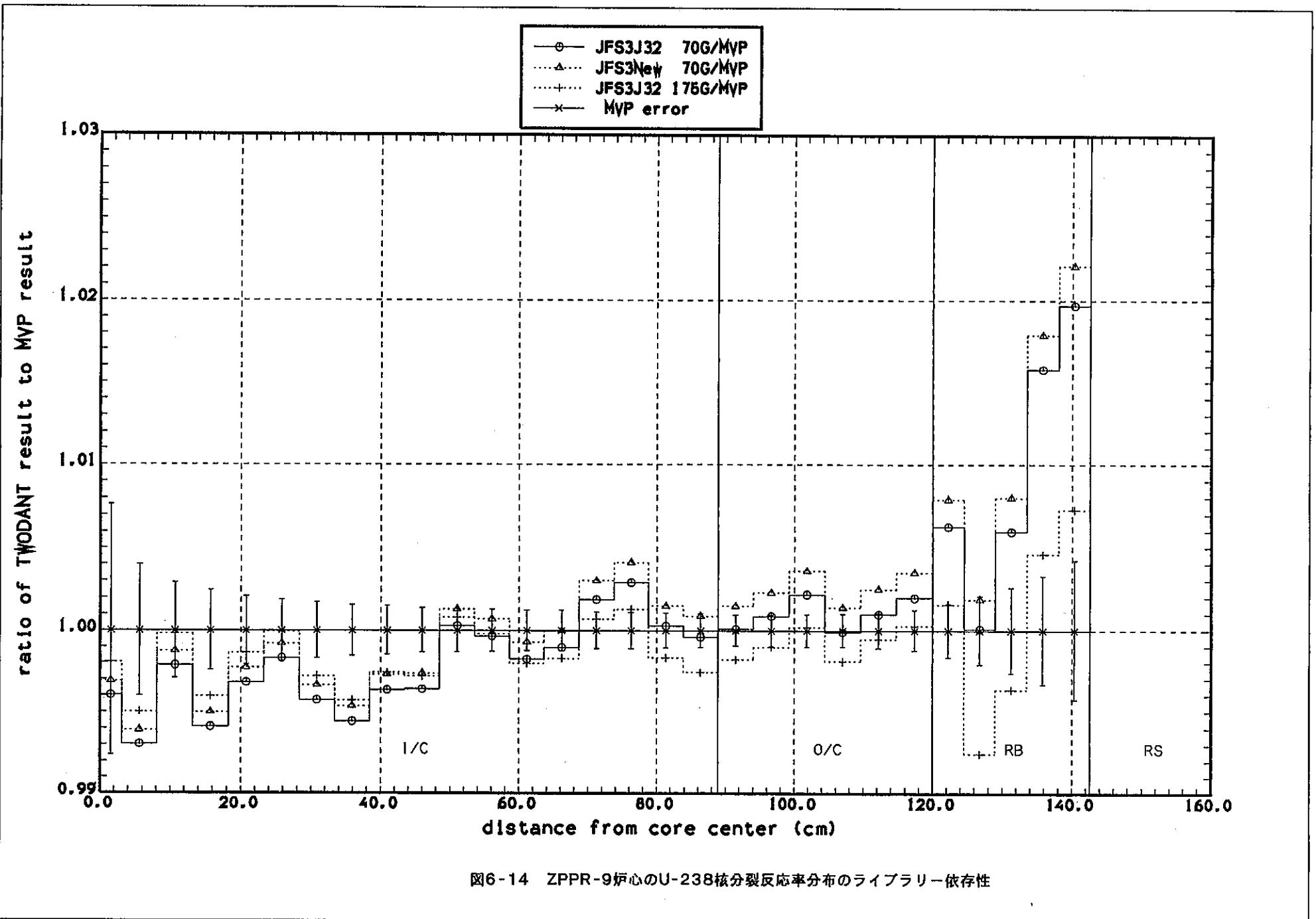


図6-13 ZPPR-9炉心のU-238捕獲反応率分布のライブラリー依存性



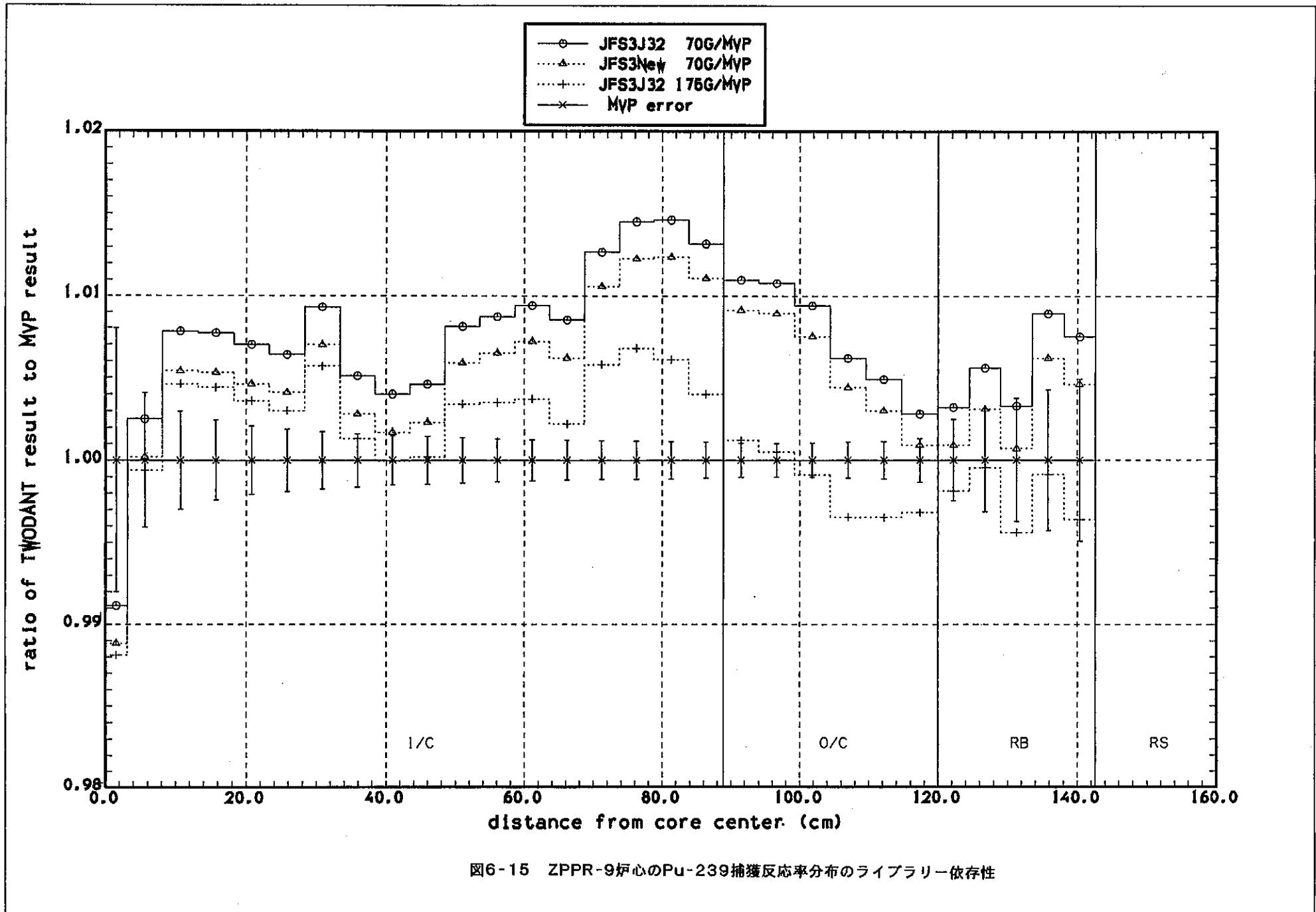


図6-15 ZPPR-9炉心のPu-239捕獲反応率分布のライブラリー依存性

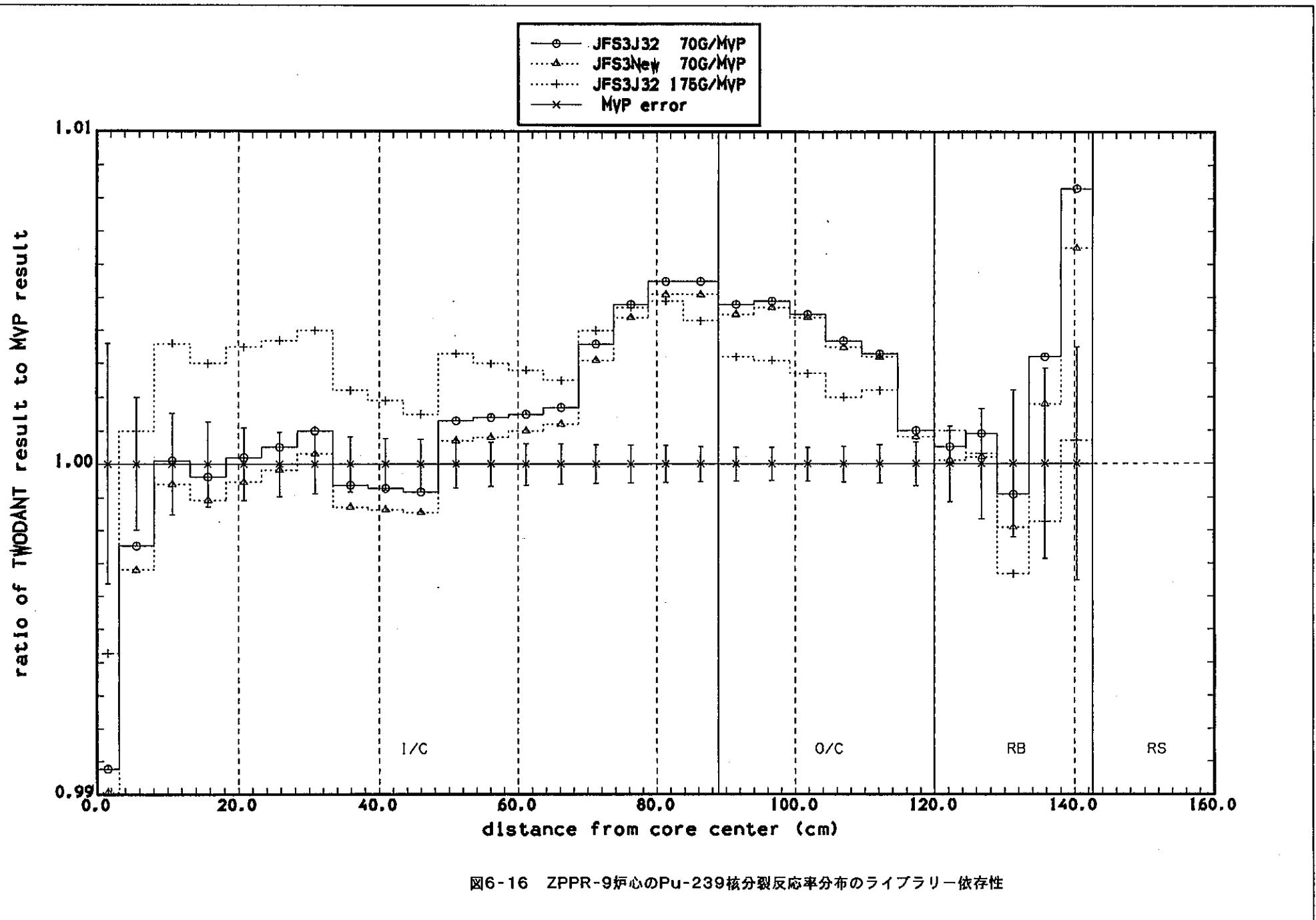


図6-16 ZPPR-9炉心のPu-239核分裂反応率分布のライブラリー依存性

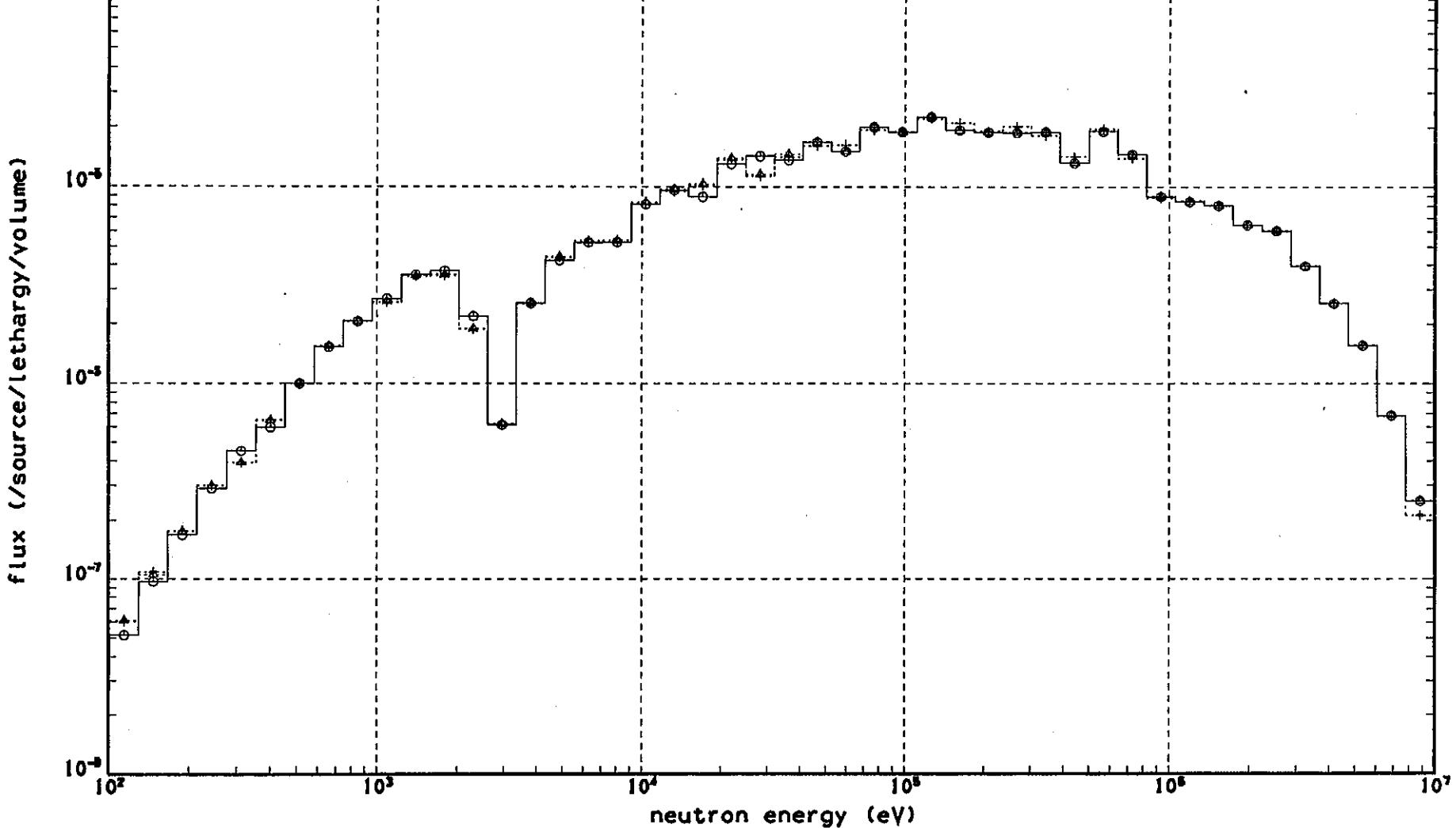


図6-17 ZPPR-9炉心のNaポイド領域中性子スペクトルの共鳴断面積計算法依存性(標準状態)

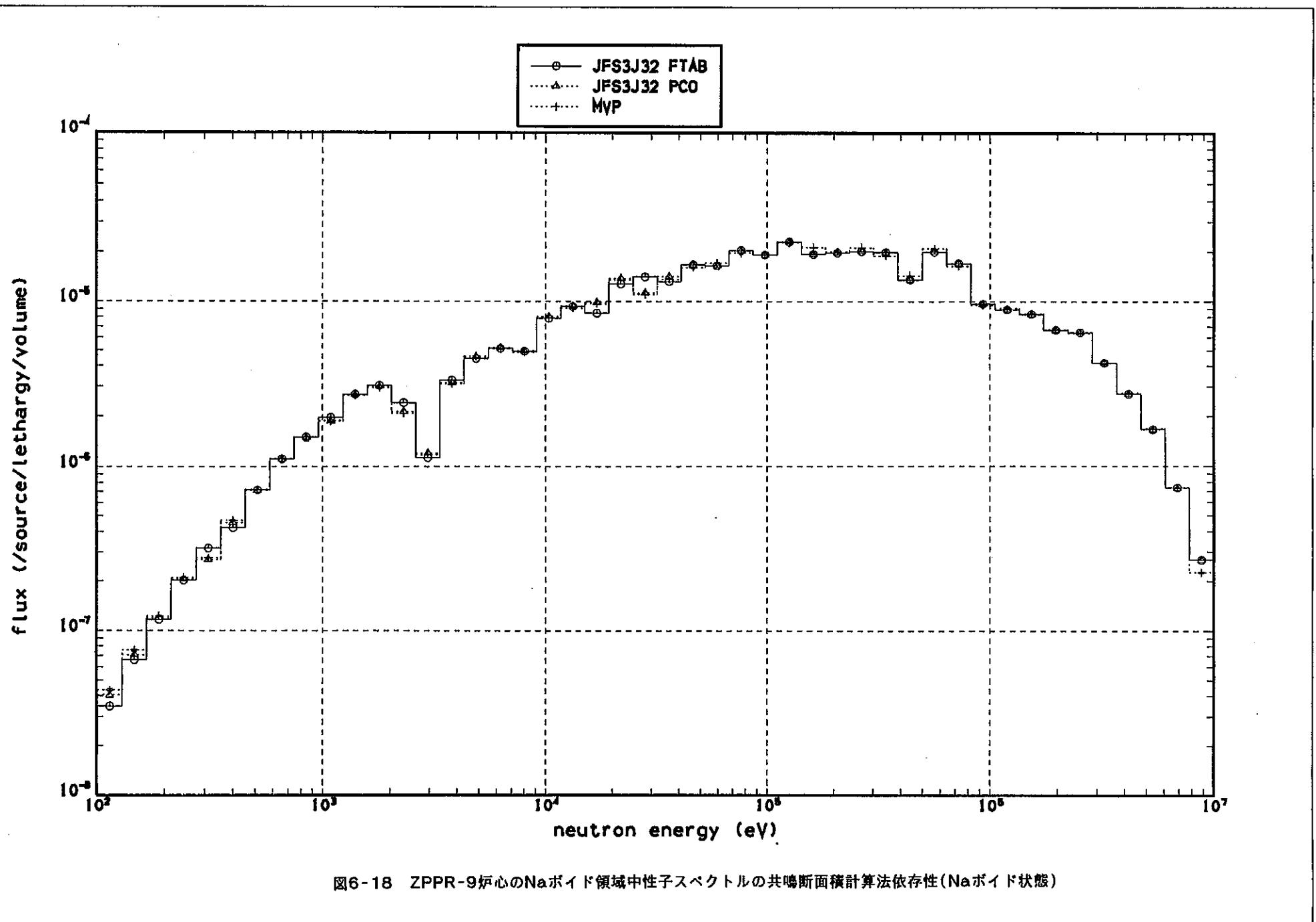


図6-18 ZPPR-9炉心のNaボイド領域中性子スペクトルの共鳴断面積計算法依存性(Naボイド状態)

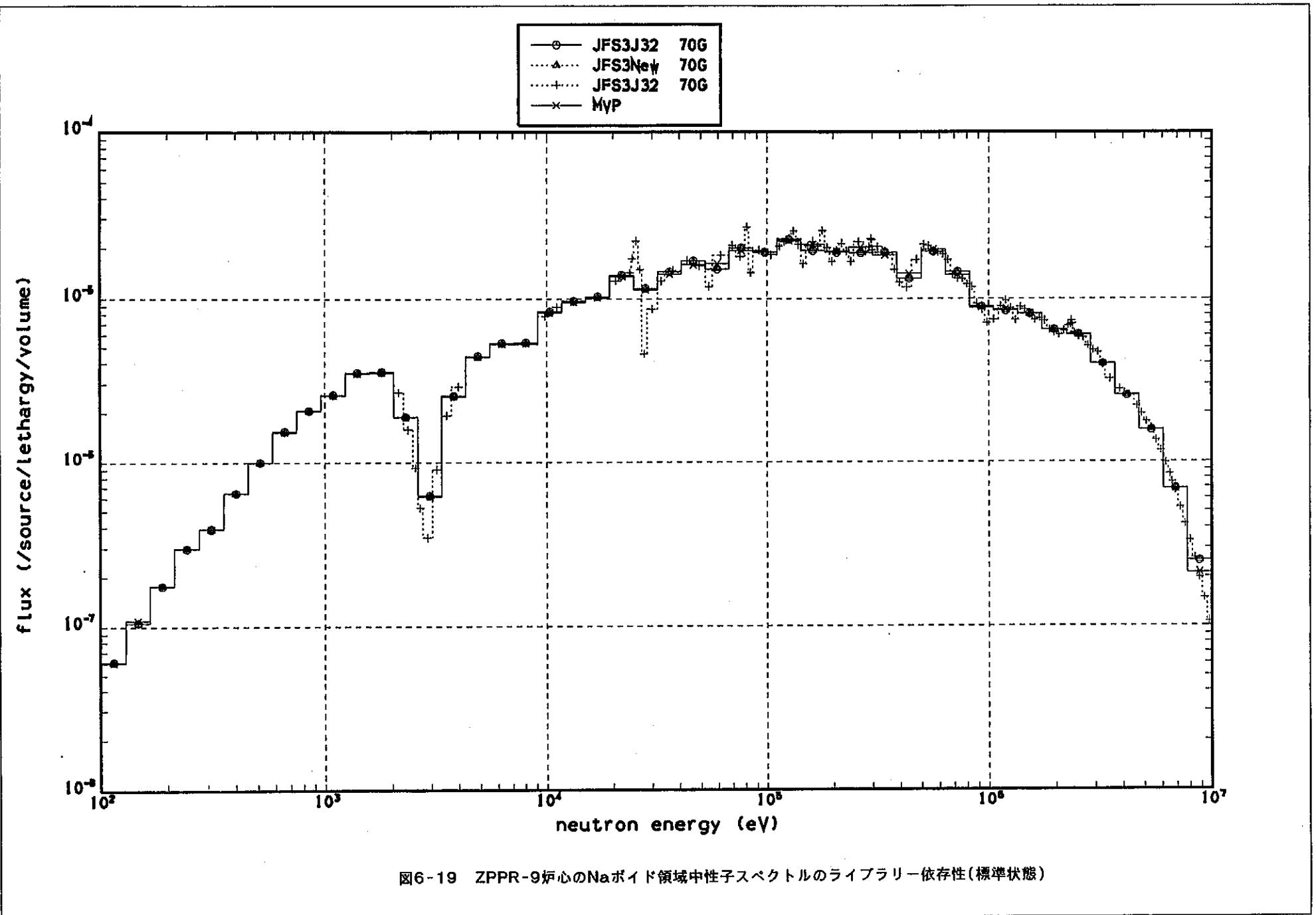


図6-19 ZPPR-9炉心のNaポイド領域中性子スペクトルのライブラリー依存性(標準状態)

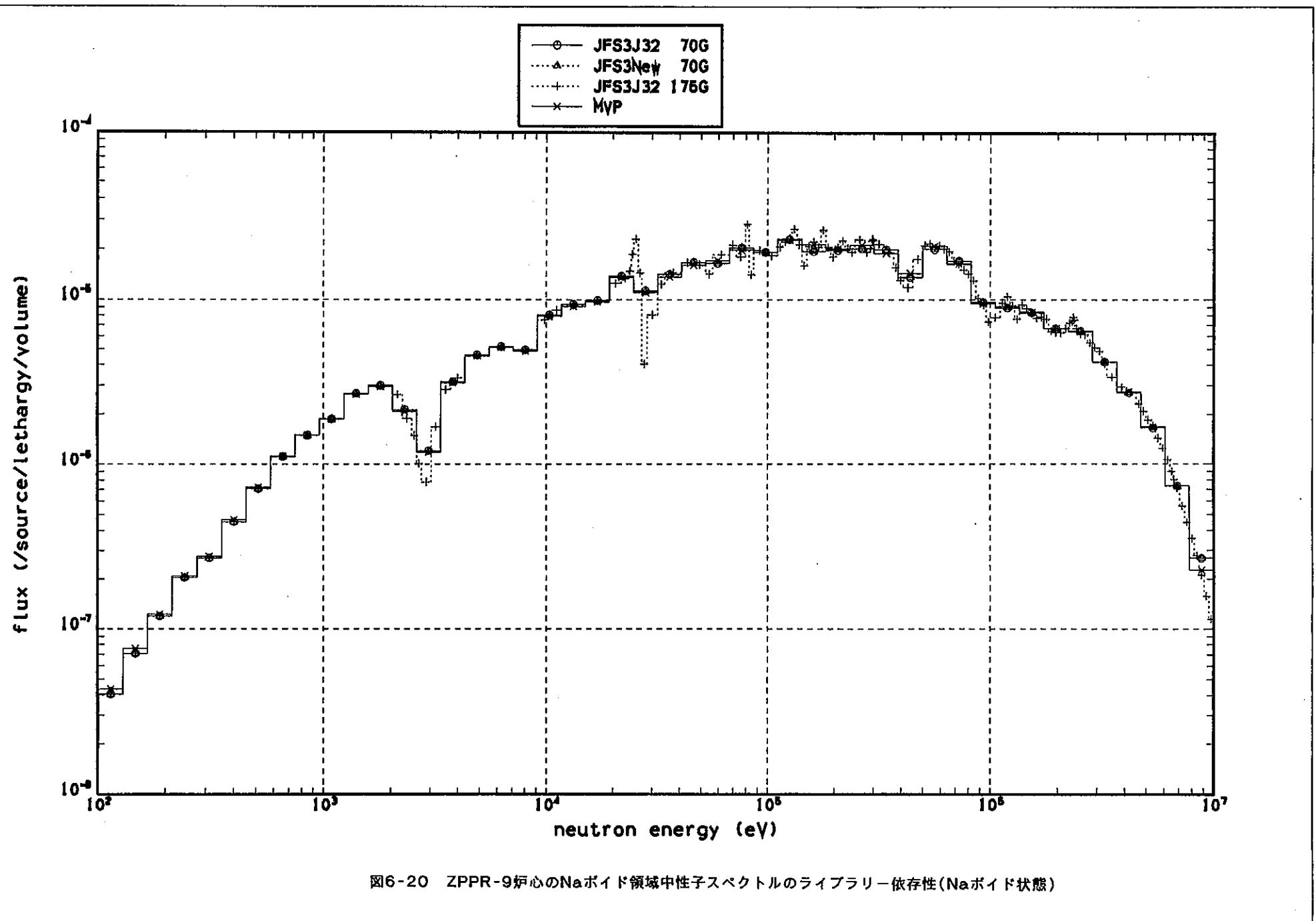


図6-20 ZPPR-9炉心のNaポイド領域中性子スペクトルのライブラリー依存性(Naポイド状態)

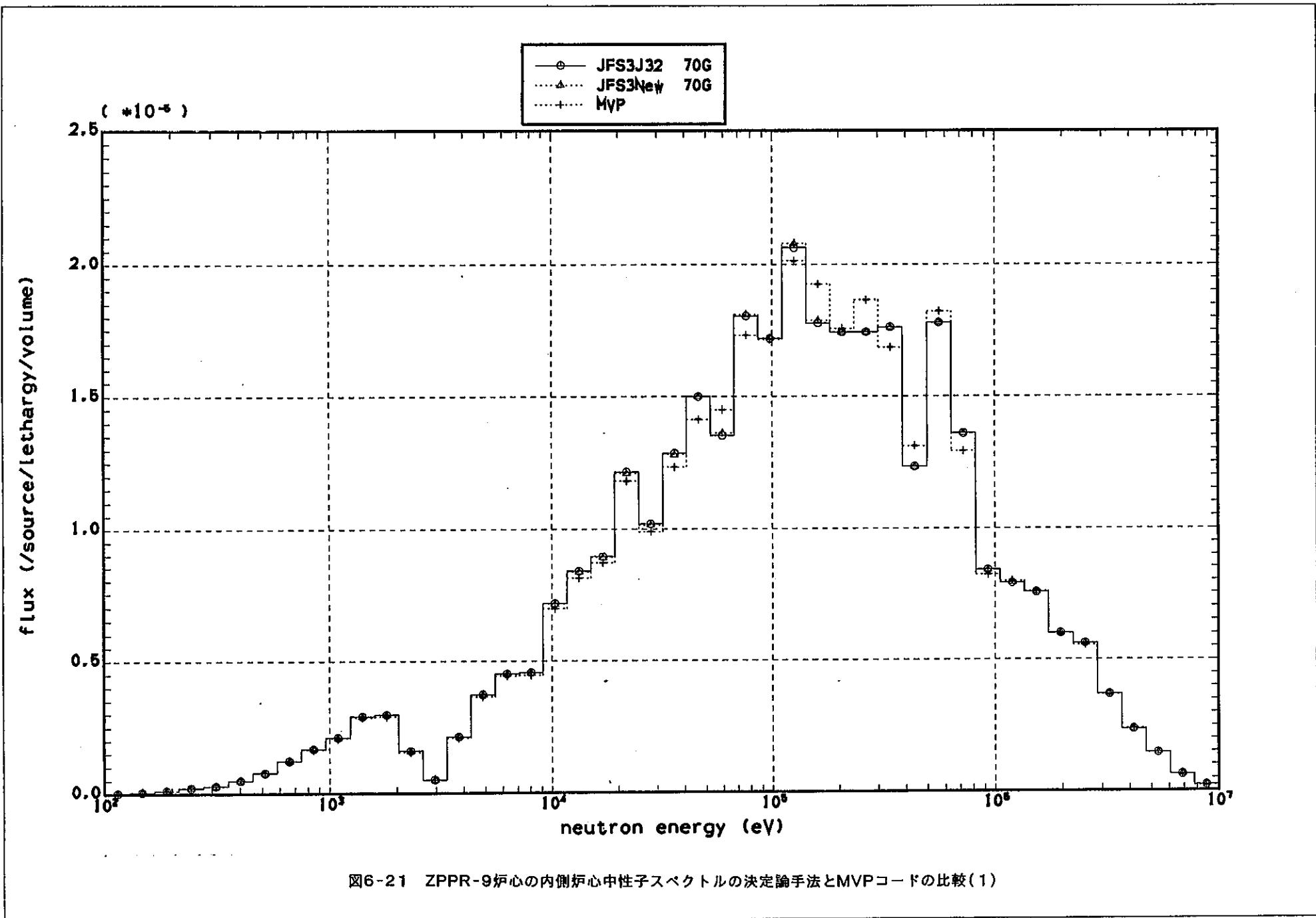
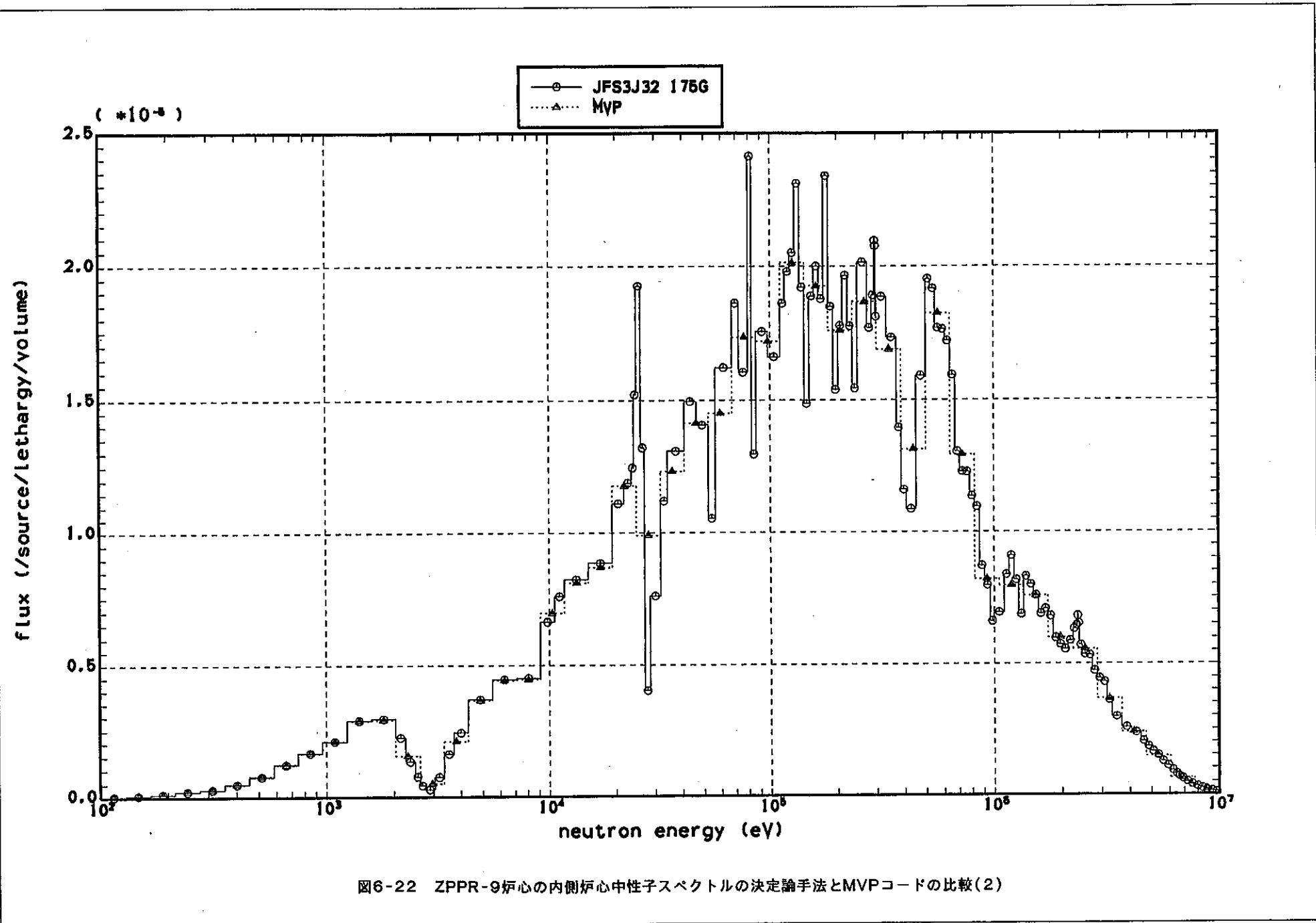
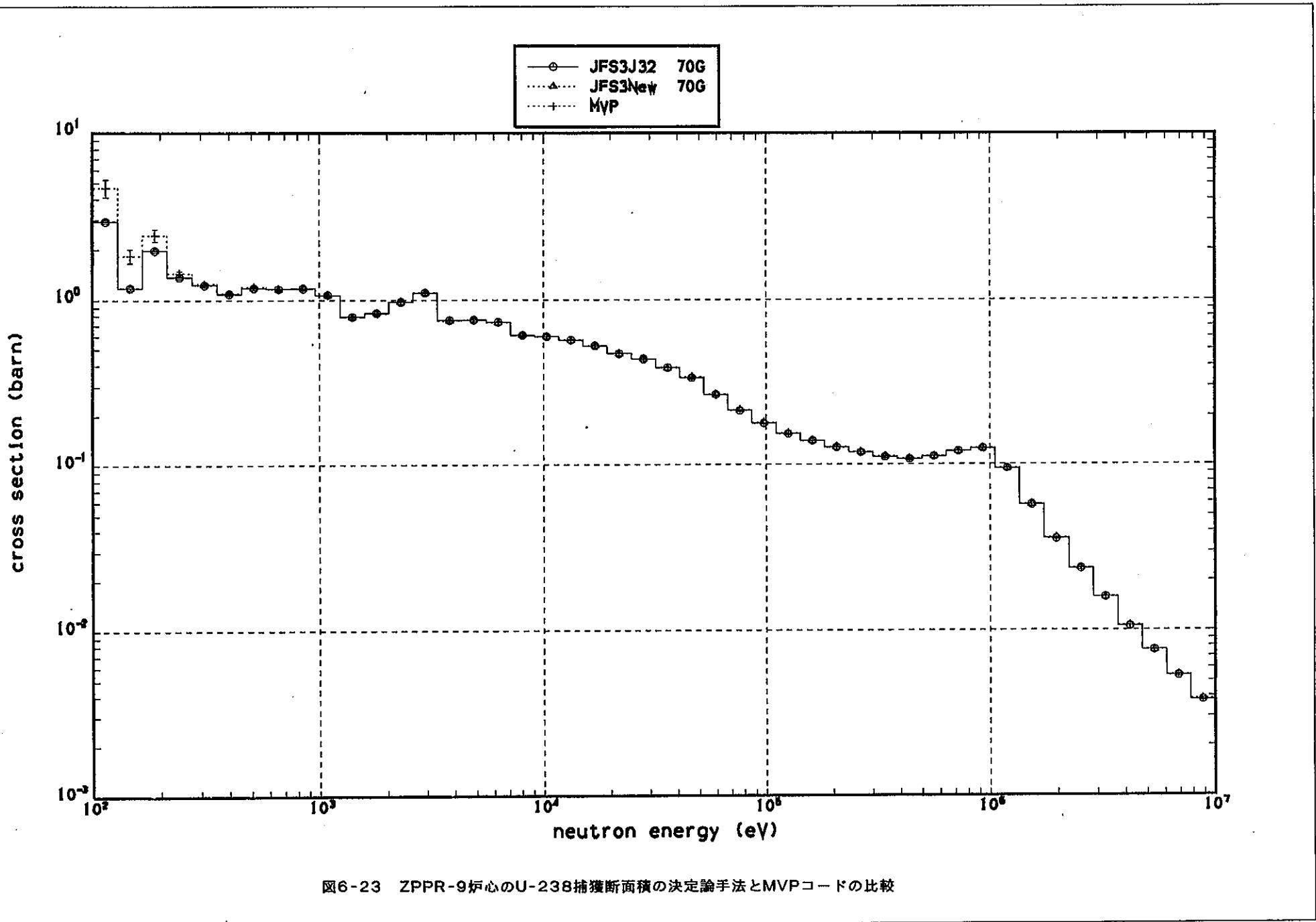
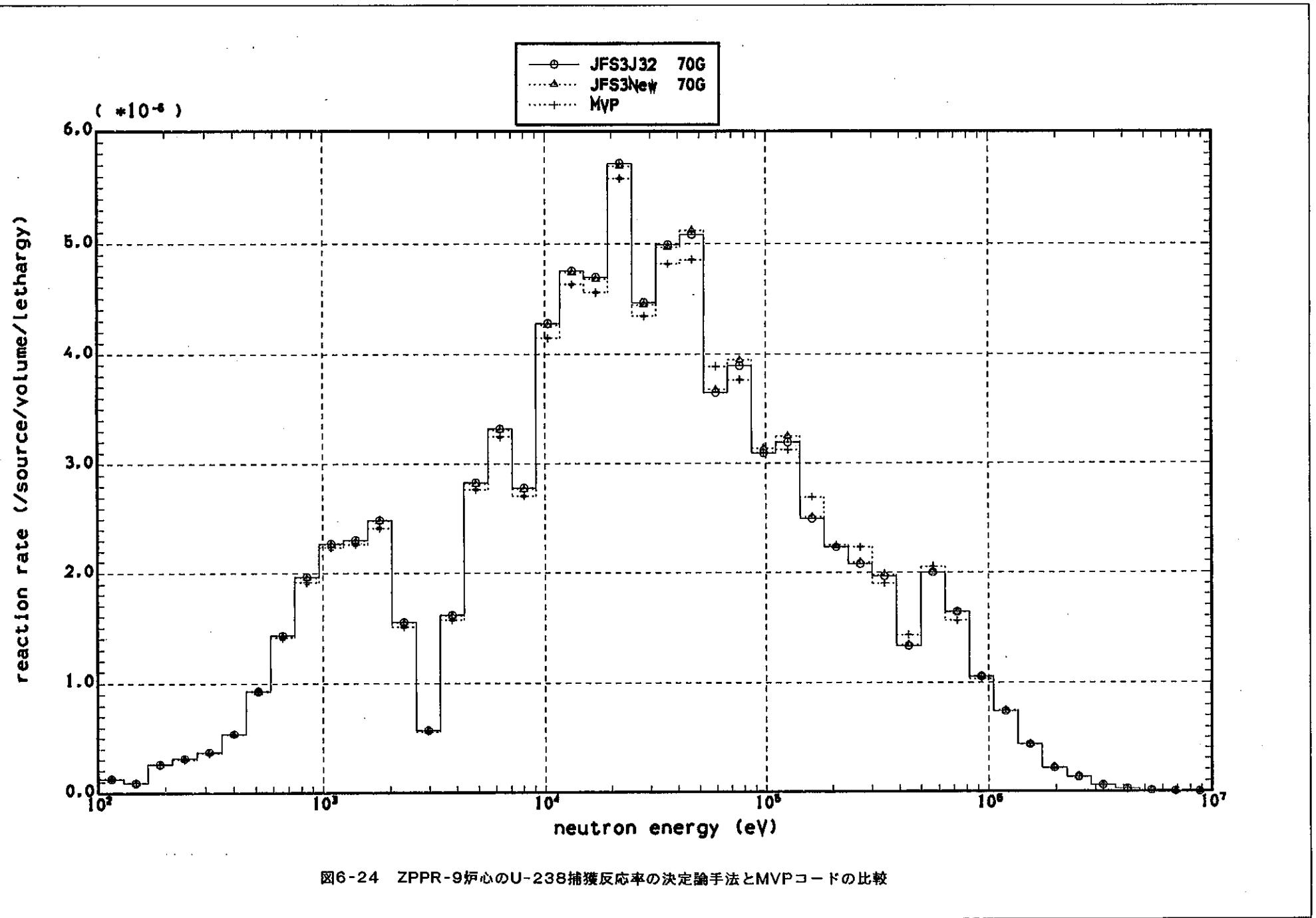


図6-21 ZPPR-9炉心の内側炉心中性子スペクトルの決定論手法とMVPコードの比較(1)







## 7. ZPPR9炉心の非均質セル計算による汎用炉定数作成システムの検証

### 7.1 非均質セル計算モデルについて

ZPPR-9炉心の非均質セル計算では、内側炉心を構成するSCFセルと下部径方向ブランケットセル（LRBセルと呼称する）を解析対象とする。本解析で採用した計算モデルはプレートストッチモデルの1次元平板モデルである。

尚、当該非均質セル計算においては「ZPPR-9炉心ベンチマークテスト問題の整備」<sup>17)</sup>でのドロワー装荷パターンを参照し、プレート組成データは「核設計基本データベースの整備(II) -JUPITER-I 実験データ集-」<sup>18)</sup>に記載されているZPPR-9炉心のプレート組成データを基に、内側炉心および下部径方向ブランケット領域の均質組成を保存するように各プレートの組成を定めた。

### 7.2 解析項目

本解析での解析項目を以下に箇条書きで示す。

- ・無限増倍率
- ・セル平均実効巨視的断面積
- ・セル平均反応率のエネルギー分布
- ・セル平均中性子スペクトル

また、本解析で使用するライブラリーは、

- ① 70群JFS3-J3.2ライブラリー（従来使用してきたライブラリー）
- ② 「汎用炉定数作成システム」で作成された70群JFS3-J3.2ライブラリー
- ③ 175群JFS3-J3.2ライブラリー（群数効果を見るためのライブラリー）

である。ここでも、6章と同じく、①をJFS3-J32 70群ライブラリー、②をJFS3-New 70群ライブラリー、③をJFS3-J32 175群ライブラリーと呼称する。

そして、MVPコードの計算結果を参照解として、

- ・JFS3-3.2ライブラリーを使用した共鳴実効断面積計算法の効果（従来手法の精度検証）
- ・新JFS3-3.2ライブラリーの計算精度
- ・3ライブラリーの計算精度の比較

の検討を実施する。

尚、当解析でセル平均実効微視的断面積の検討を行わない理由をここで述べておく。MVPコードでのセル平均実効微視的断面積の定義は、

$$\text{セル平均実効微視的断面積} = \frac{(\text{微視的断面積} \times \text{フラックス} \times \text{個数密度}) \text{ の空間積分値}}{(\text{フラックス} \times \text{個数密度}) \text{ の空間積分値}}$$

であり、セル計算コードの定義は

$$\text{セル平均実効微視的断面積} = \frac{(\text{微視的断面積} \times \text{フラックス} \times \text{個数密度}) \text{ の空間積分値}}{(\text{フラックス}) \times (\text{個数密度の空間積分値})}$$

である。従って、断面積計算精度は実効巨視的断面積の比較で確認できるので、セル平均実効微視的断面積の検討を省略する。

### 7.3 解析方法

ZPPR-9炉心の炉心解析と同様に、決定論手法の解析では改良SLAROMコードを、連続エネルギー・モンテカルロ手法の解析ではMVPコードを使用する。

#### (1) セル計算での計算仕様

実効断面積の計算法として、40.868keV以下はPEACOモジュールにより超微細群スペクトル計算を行い共鳴実効断面積を定め、40.868keV以上の群に対しては、ダンコフ係数による非均質補正を行った $\sigma_0$ を求め、F-table内挿法により実効断面積を計算する方法(PC0手法と呼称する)を用いる。中性子束分布は衝突確率法によりその空間分布とエネルギー分布を定める。この時、無限増倍率を求める事から、入力バックリングを0.0として、当然、バックリング・サーチは行わない。尚、衝突確率計算に使用する全断面積は $\Sigma_{tr} = \Sigma_t - \mu \Sigma_0$ であり、境界条件は周期境界条件を使用する。

また、従来手法の精度検証の為、JFS3-J32 70群ライブラリーを使用する解析では、全群でダンコフ係数による非均質補正を行った $\sigma_0$ を求め、F-table内挿法により実効断面積を計算する方法(FTAB手法と呼称する)も採用する。

#### (2) MVPコード計算条件

本解析でのMVPコード計算条件を以下に述べる。

- ① 1バッチ当たりのヒストリー数は2万とし、捨てバッチは5(10万ヒストリー)とする。
- ② 解析は3000万ヒストリー以上とする。
- ③ ETOP(計算するエネルギーの上限)は20.0MeVとする。
- ④ EBOT(計算するエネルギーの下限)は2.0eVとする。
- ⑤ ETHMAX(熱中性子散乱を考慮するエネルギーの上限)は0.625eVのデフォルト値を用いる。即ち、本計算では熱中性子散乱は結果的に考慮しない。
- ⑥ EWCUT(analog的な吸収の取り扱いの上限エネルギー)は5KeVとする。
- ⑦ 使用ライブラリーはJENDL-3.2から作成されたものを使用する。
- ⑧ 解析温度は300 kelvinである。
- ⑨ 分散低減法としてはRussian-Roulette killのみを使用する。
- ⑩ 本報告書で述べる統計誤差は特別に述べない限り $1\sigma$ に対するものとする。
- ⑪ タリーのエネルギー群構造としてJFS3ライブラリーの70群に対応する60群(統計誤差の大きい群をまとめて群数を減らしたもの)を採用する。
- ⑫ 境界条件は周期境界条件を適用する。即ち、プレートセルの外周に-4000の物質を巻き付ける。

## 7.4 非均質セル計算の実施

### (1) 解析結果

計算結果を下記の図表に示す。

表7-1～2	無限増倍率の計算結果
図7-1～6	セル平均中性子スペクトル
図7-7～24	セル平均実効巨視的断面積
図7-25～42	セル平均反応率のエネルギー分布

尚、決定論手法と連続エネルギーモンテカルロ手法による計算結果の比較では、その中性束の定義により何らかの規格化が必要となる。そこで、エネルギーおよび空間積分した正味の全吸収反応率を調べると両者の値は共に1.00となっており、中性子の漏れのない体系である事から、両手法とも同じ中性束の定義法である事を確認した。

### (2) 検討

ここでは、MVPコードの計算結果を参照解として、決定論手法で得られた計算結果を検討する。以下、解析項目毎に検討結果を報告する。

#### ① 無限増倍率

表7-1より、SCFセルの決定論手法による無限増倍率はライブラリーの種類および共鳴断面積計算法に関係なく、MVPコードと0.2%以内で一致する。一方、LRBセルの無限増倍率は、表7-2に示すように、MVPコードの結果より 0.25～0.62% 小さい。JFS3-J32 70群ライブラリーのFTAB手法による結果が 0.62%の過小評価である原因是、③で明らかになるが、その共鳴断面積計算精度が悪いからである。

次に、LRBセルにおけるPCO手法による決定論の無限増倍率の過小評価の原因を調べる為、エネルギーおよび空間積分したセル全体の生成反応率の高エネルギー(1.054MeV以上)の寄与と低エネルギー(1.054MeV以下)の寄与を調べた。その結果を表7-3に示す。表7-3と図7-43より、PCO手法による決定論の無限増倍率の過小評価の原因是、高エネルギーの生成反応率がMVPコードのそれより小さいからである事が判明した。図7-2と図7-44、図7-45で示されるように、1, 3, 4群(70群エネルギー構造)の中性子束と実効巨視的核分裂断面積において、MVPコードと決定論手法の有意な差がみられる。この差と「MVPコードにおける10MeV以上の反応率の効果」が無限増倍率の差を生じさせている(決定論の1群中性子束がMVPコードのそれよりも大きいのは10MeV以上への2次中性子が1群に加えられるからである)。

この「中性子束と実効巨視的核分裂断面積におけるMVPコードと決定論手法の有意な差」の原因を明らかにする事は、本解析では情報不足でできないが、高エネルギーでのスペクトルを主に決めるのは核分裂スペクトルである。SLAROMコードでは、群に依存しない平均核分裂スペクトルを使用しているが、核分裂スペクトルは1MeV以上では入射中性子エネルギー依存性が強く、ブランケットのようにU-238の閾核分裂反応が生成反応を主に支配する場合は、核分裂スペクトルを群依存で与える必要があるかも知れない。この問題は将来の課題であると考える。尚、LRBセルの無限増倍率でJFS3-New 70群ライブラリーが他のライブラリーよりもMVPコードとの差が小さいのは、実効巨視的核分裂断面積の値が最もMVPコードとの一致性が良いからである。これはNJ0Y97コードが倍精度計算を行っている事が起因していると考えられる。

また、本研究で作成した JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用してきた JFS3-J32 70群ラ

イブライマーと同程度の計算精度を持つ。

## ② セル平均中性子スペクトル

セル平均中性子スペクトルをMVPコードと決定論手法で比較した図を図7-1～6に示す。図7-1と図7-2に示すJFS3-J32 70群ライブラリーを使用したFTAB手法とPCO手法により得られたセル平均中性子スペクトルの比較図から、FTAB手法に関しては全エネルギー範囲でMVPコードとの差が存在する。一方、PCO手法を使用すると40keV以下ではMVPコードとの一致性が良い。しかしながら、両手法とも40keV以上ではMVPコードとの差がある。これはZPPR-13A炉心解析で明らかのように「群数とそのエネルギー群構造」が原因であり、図7-3と図7-4に示すように、JFS3-J32 175群ライブラリーを使用すれば改善される。

また、図7-5と図7-6から、本研究で作成した JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用されてきた JFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ事が確認できる。

## ③ セル平均実効巨視的断面積

核分裂反応、捕獲反応、弾性散乱反応のセル平均実効巨視的断面積をMVPコードと決定論手法で比較した図を図7-7～24に示す。図7-7～12に示すJFS3-J32 70群ライブラリーを使用したFTAB手法とPCO手法により得られたセル平均実効巨視的断面積の比較図から、FTAB手法では40keV以下でMVPコードとの差が見られるが、PCO手法を使用すると、ライブラリーの種類に関係なく全エネルギー範囲でMVPコードと決定論の一一致性が良い。

また、図7-13～18から、本研究で作成した JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用されてきた JFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ事が確認できる。

## ④ セル平均反応率のエネルギー分布

核分裂反応、捕獲反応、弾性散乱反応のセル平均反応率のエネルギー分布をMVPコードと決定論手法で比較した図を、図7-25～42に示す。図7-25～30に示すJFS3-J32 70群ライブラリーを使用したFTAB手法とPCO手法により得られたセル平均反応率エネルギー分布の比較図から、核分裂反応を除く反応率エネルギー分布で、FTAB手法には全エネルギー範囲でMVPコードとの差が存在し、PCO手法を使用すると40keV以下ではMVPコードとの一致性が良くなる事が判る。しかしながら、両手法とも40keV以上ではMVPコードとの差がある。これは「セル平均中性子スペクトルの検討」と同じ理由で、「群数とそのエネルギー群構造」が原因であり、図7-37～42に示すように、JFS3-J32 175群ライブラリーを使用すれば改善される。

また、また図7-31～36から JFS3-New 70群ライブラリーは従来使用されてきた JFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の計算精度を持つ事が確認できる。

## (3) まとめ

(2)の検討の結果をまとめると以下のようになる。

- ・決定論手法とモンテカルロ法手法により計算される無限増倍率の差はSCFセルでは小さく、LRBセルでは、決定論手法による結果は、MVPコードの結果より 0.25～0.62% 小さい。このLRBセルの過小評価は、1.054MeV以上の高エネルギー生成反応率の計算精度にある。

- ・LRBセルでの無限増倍率過小評価の改善は今後の課題である。この課題の検討では、核分裂スペクトルの入射エネルギー依存性が高エネルギー中性子スペクトルへ与える影響を評価する必要があると推測される。
- ・PEACOモジュールによる共鳴断面積計算手法は十分な計算精度を持つ。
- ・40keV以上のエネルギー群構造を細かくしたJFS3タイプのライブラリーを使用すれば、40keV以上のセル平均中性子スペクトルと反応率の計算精度を向上させる事ができる。
- ・本研究で作成したJFS3-New 70群ライブラリーは従来使用してきたJFS3-J32 70群ライブラリーと同程度の非均質セル計算精度を持つ事が確認できた。

尚、参考として図7-46 と図7-47 にPEACOモジュールにより計算された40.868keV以下の超微細群中性子スペクトルを示す。

表7-1 ZPPR-9炉心のSCFセルの非均質セル計算による無限増倍率

計算手法	ライブラリー	共鳴実効断面積の計算法	無限増倍率	SLAROM/MVP
衝突確率法	JFS3-J32 70群	FTAB PC0	1.13239 1.13074	1.0003 0.9988
	JFS3-New 70群	PC0	1.13010	0.9983
	JFS3-J32 175群	PC0	1.13249	1.0004
モンテカルロ手法	連続エネルギー		1.13205±0.004%	3362万 ヒストリー

表7-2 ZPPR-9炉心のLRBセルの非均質セル計算による無限増倍率

計算手法	ライブラリー	共鳴実効断面積の計算法	無限増倍率	SLAROM/MVP
衝突確率法	JFS3-J32 70群	FTAB PC0	0.25204 0.25260	0.9938 0.9960
	JFS3-New 70群	PC0	0.25299	0.9975
	JFS3-J32 175群	PC0	0.25239	0.9951
モンテカルロ手法	連続エネルギー		0.25362±0.020%	3034万 ヒストリー

表7-3 LRBセル計算における生成反応率の比較

計算手法	MVPコード	JFS3-J32 70群 PC0	JFS3-New 70群 PC0	JFS3-J32 175群 PC0
生成反応率の合計	0.25357	0.25260 (-0.00097)	0.25299 (-0.00062)	0.25239 (-0.00118)
1.054MeV以上の生成反応率の合計	0.21462	0.21366 (-0.00096)	0.21411 (-0.0057)	0.21339 (-0.00123)
1.054MeV以下の生成反応率の合計	0.03895	0.03894 (-0.00001)	0.03889 (-0.0006)	0.03900 (-0.00005)

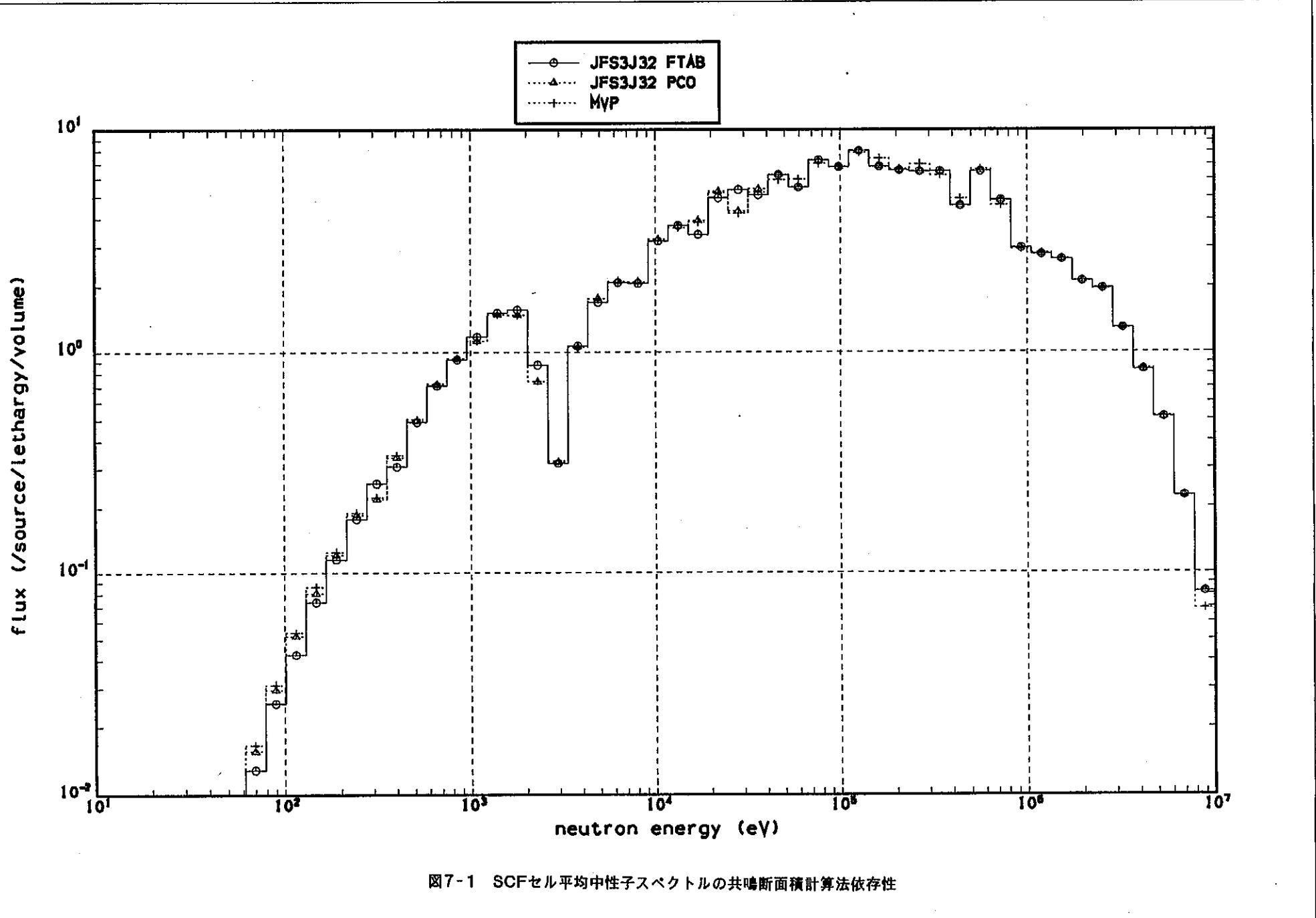
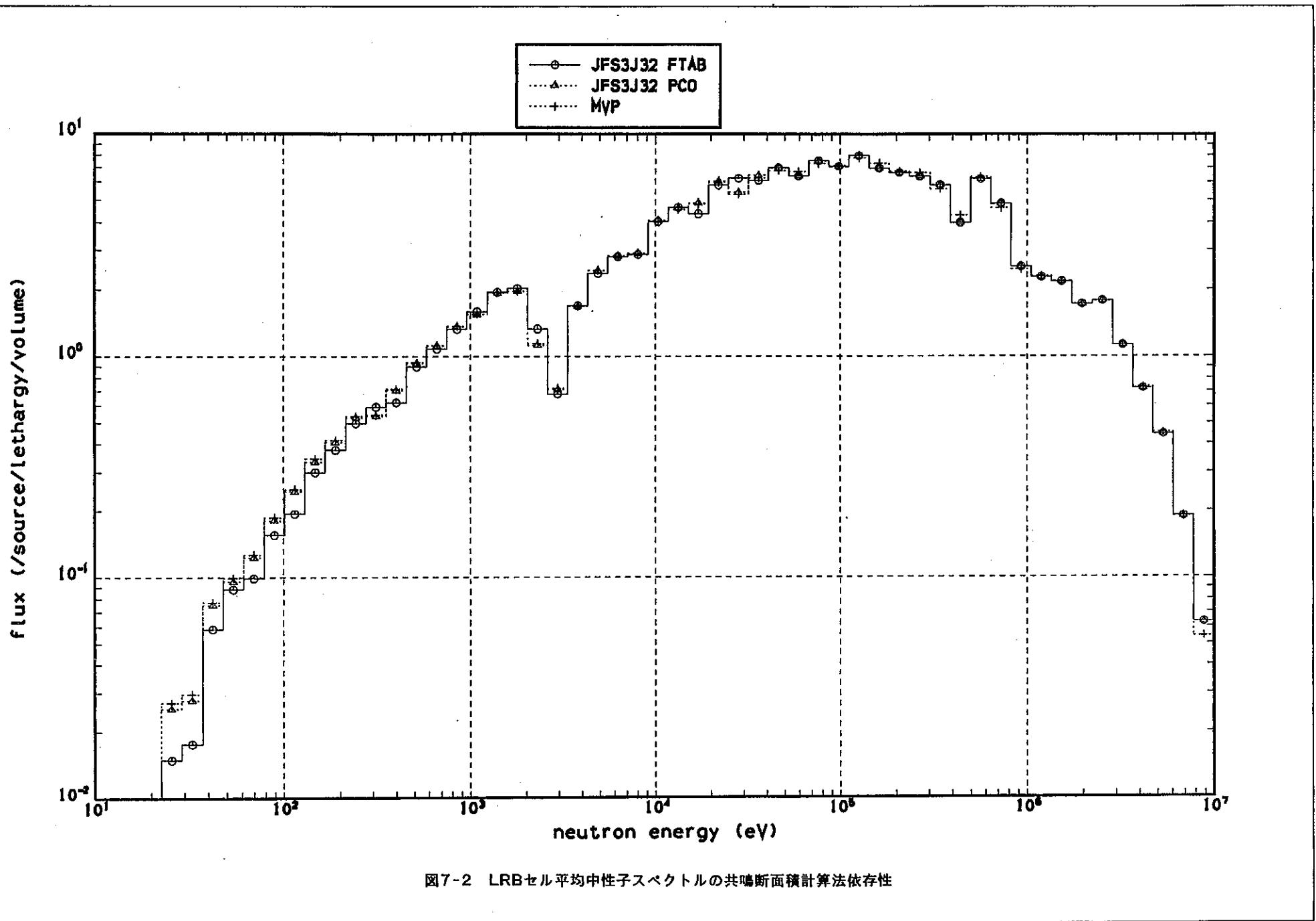
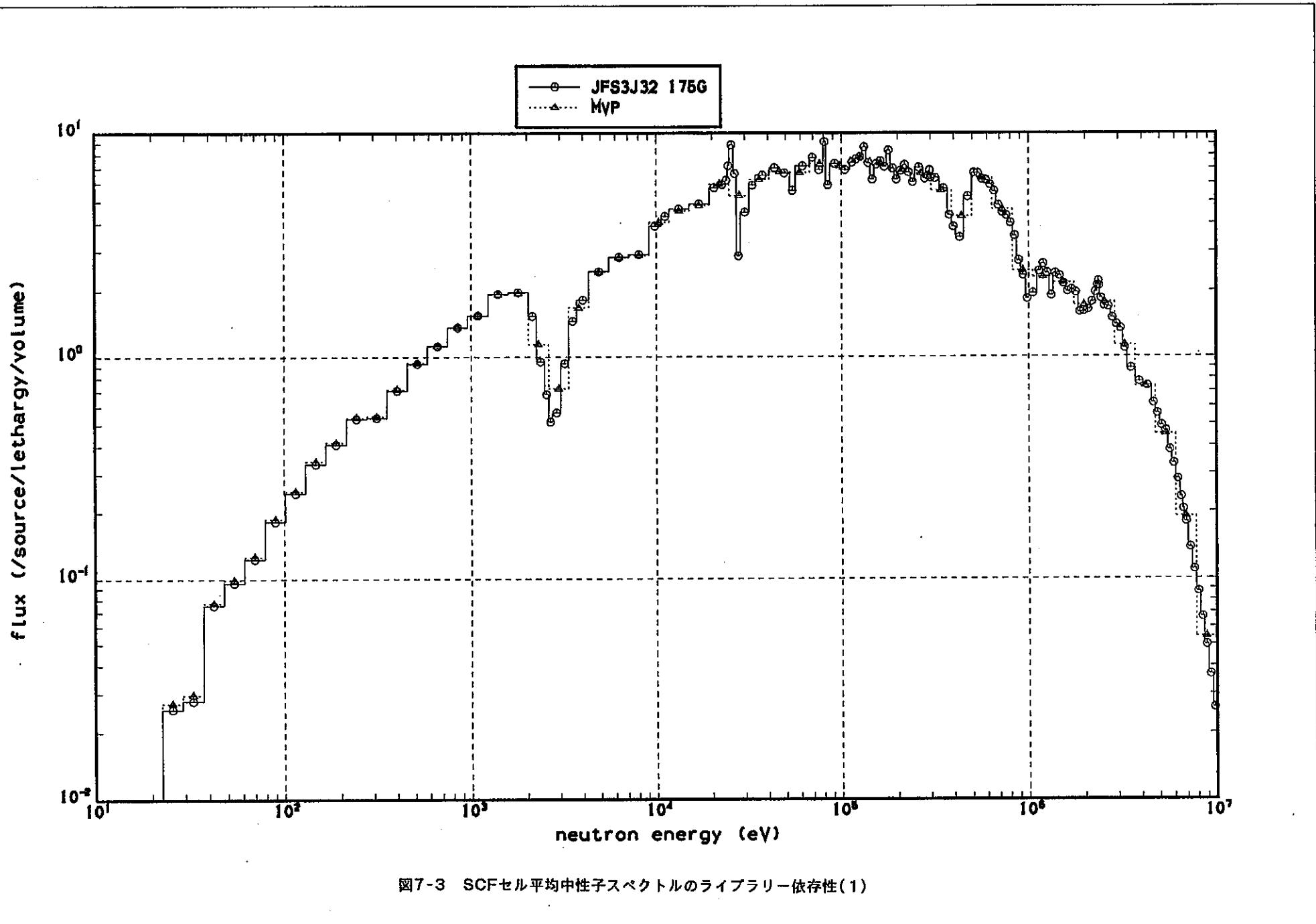
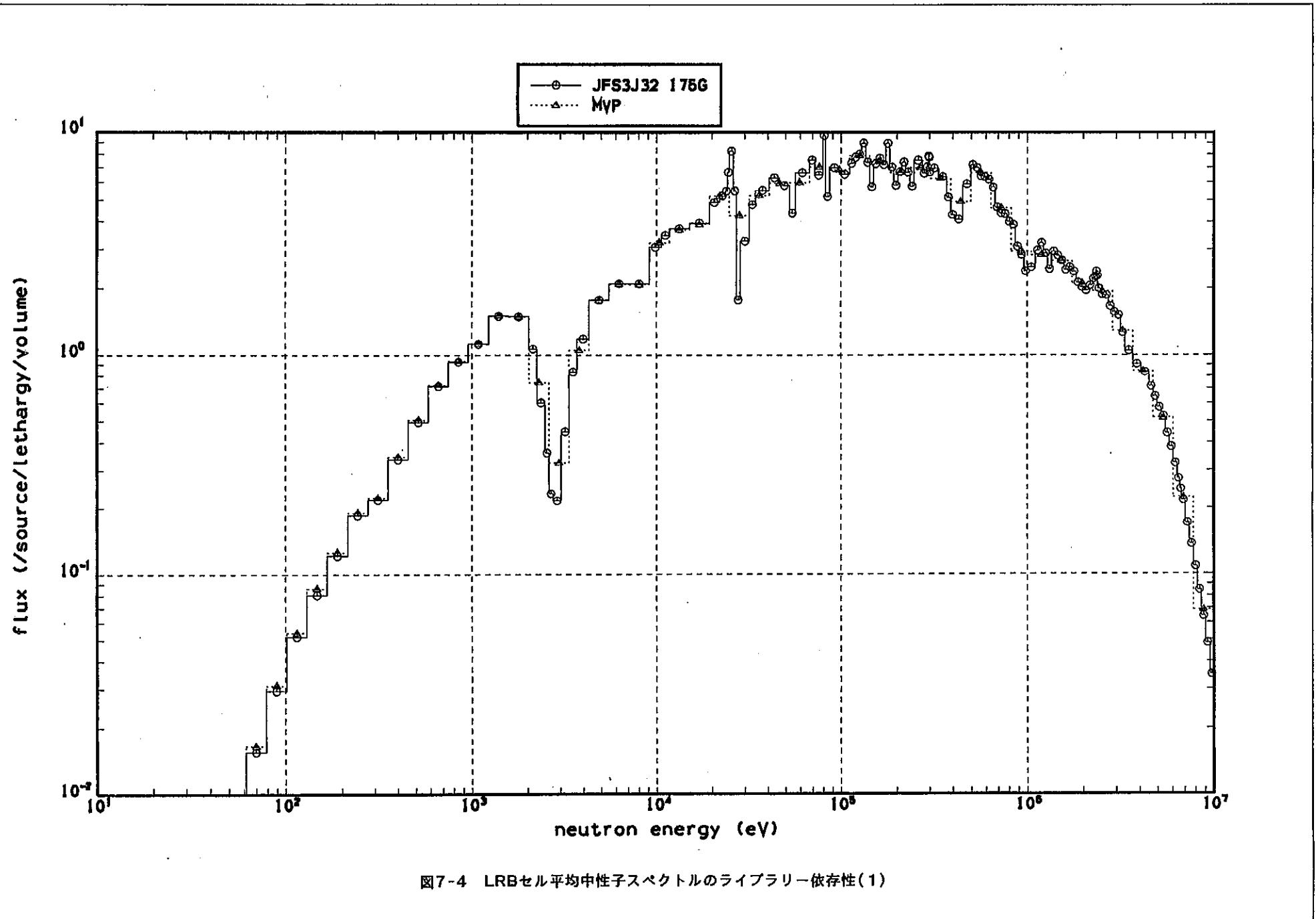
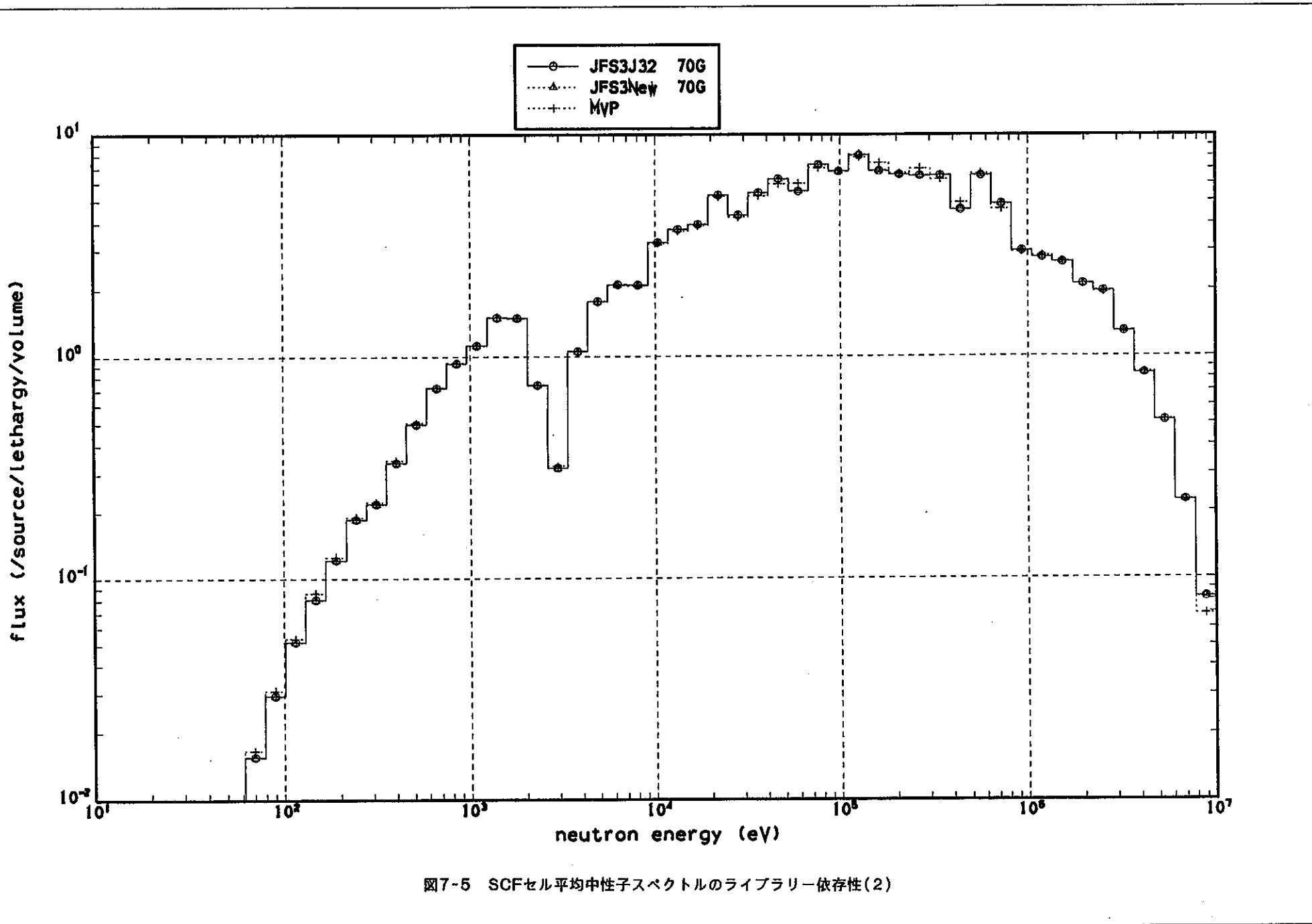


図7-1 SCFセル平均中性子スペクトルの共鳴断面積計算法依存性









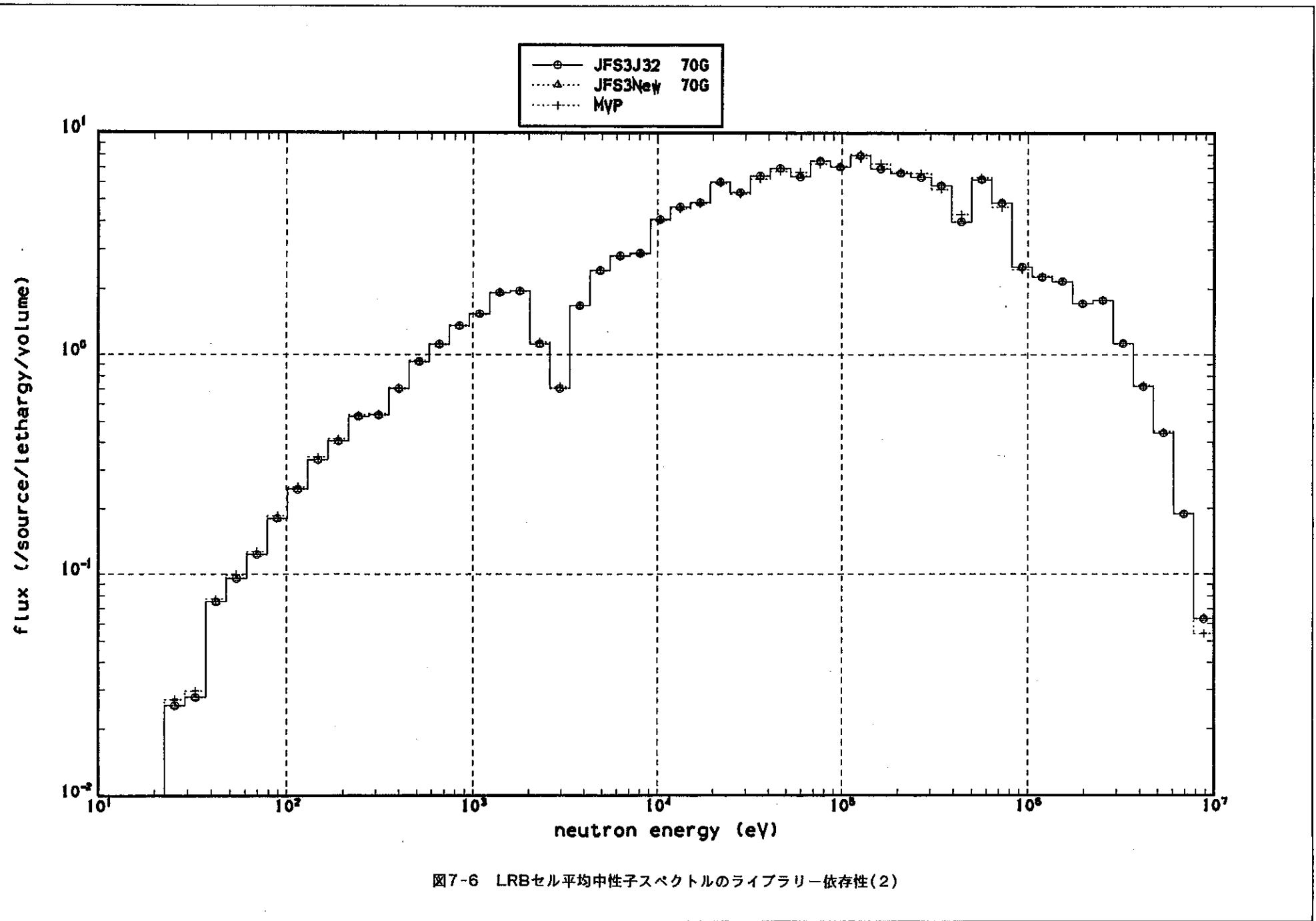


図7-6 LRBセル平均中性子スペクトルのライブラリー依存性(2)

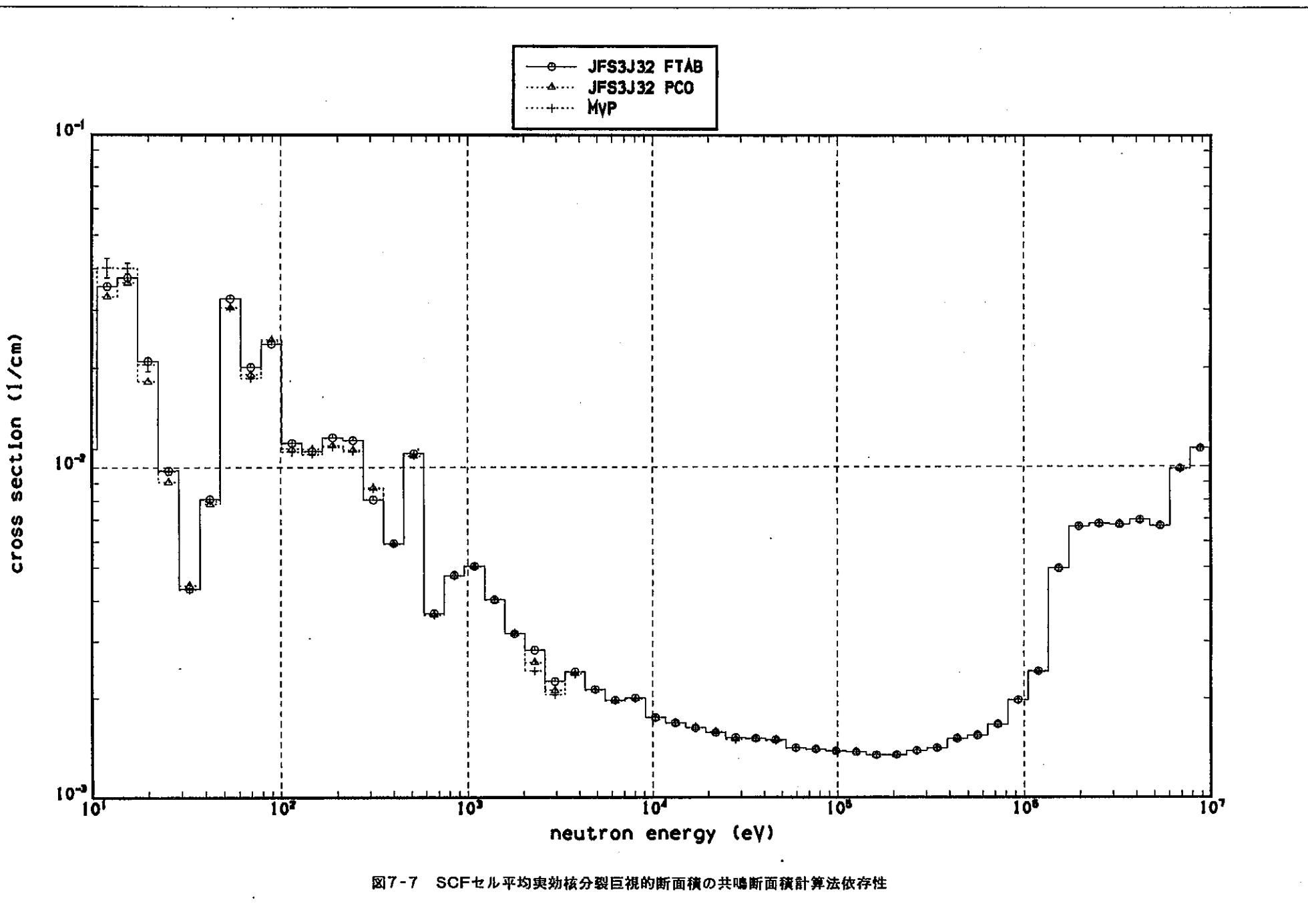


図7-7 SCFセル平均実効核分裂巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性

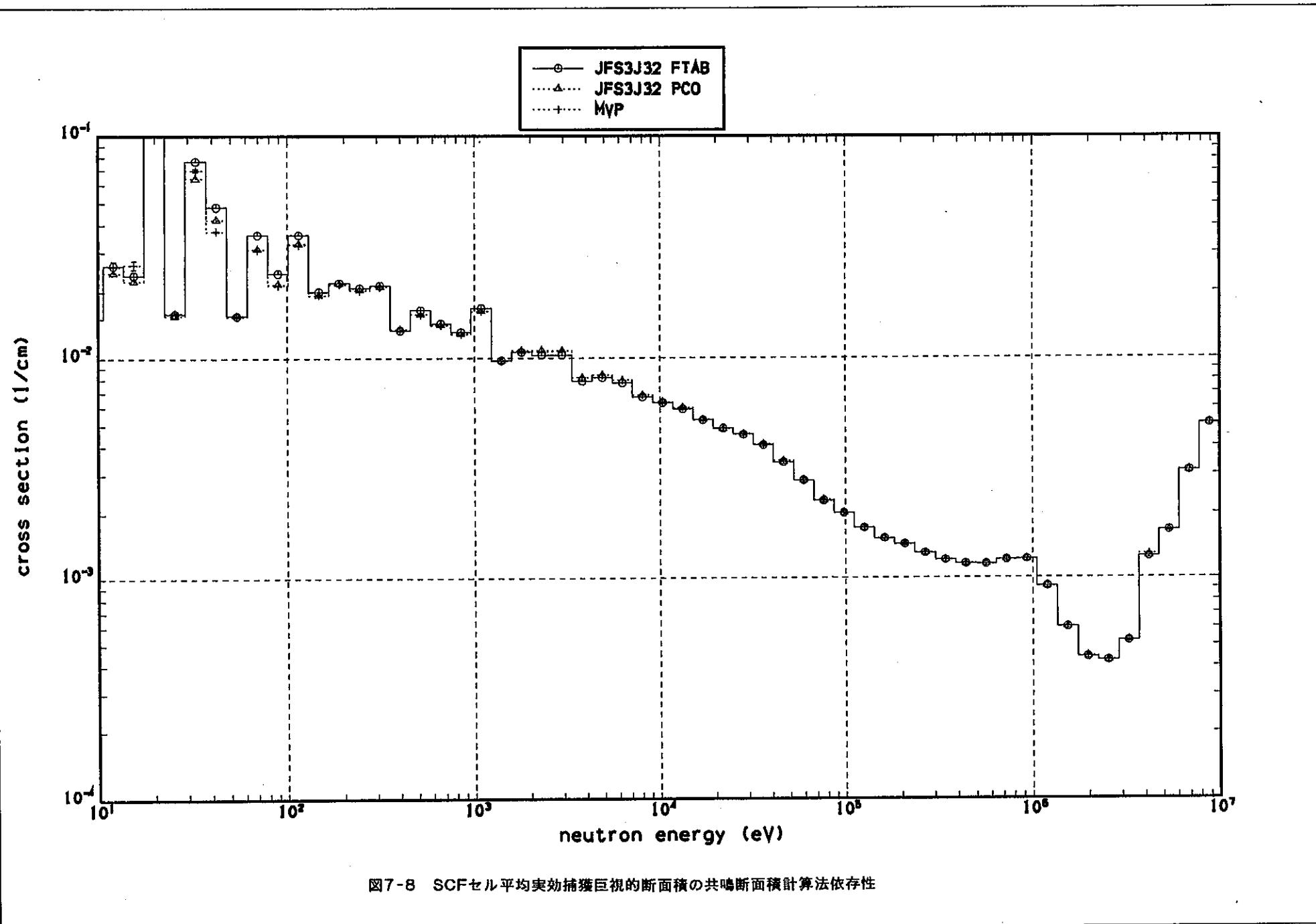


図7-8 SCFセル平均実効捕獲巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性

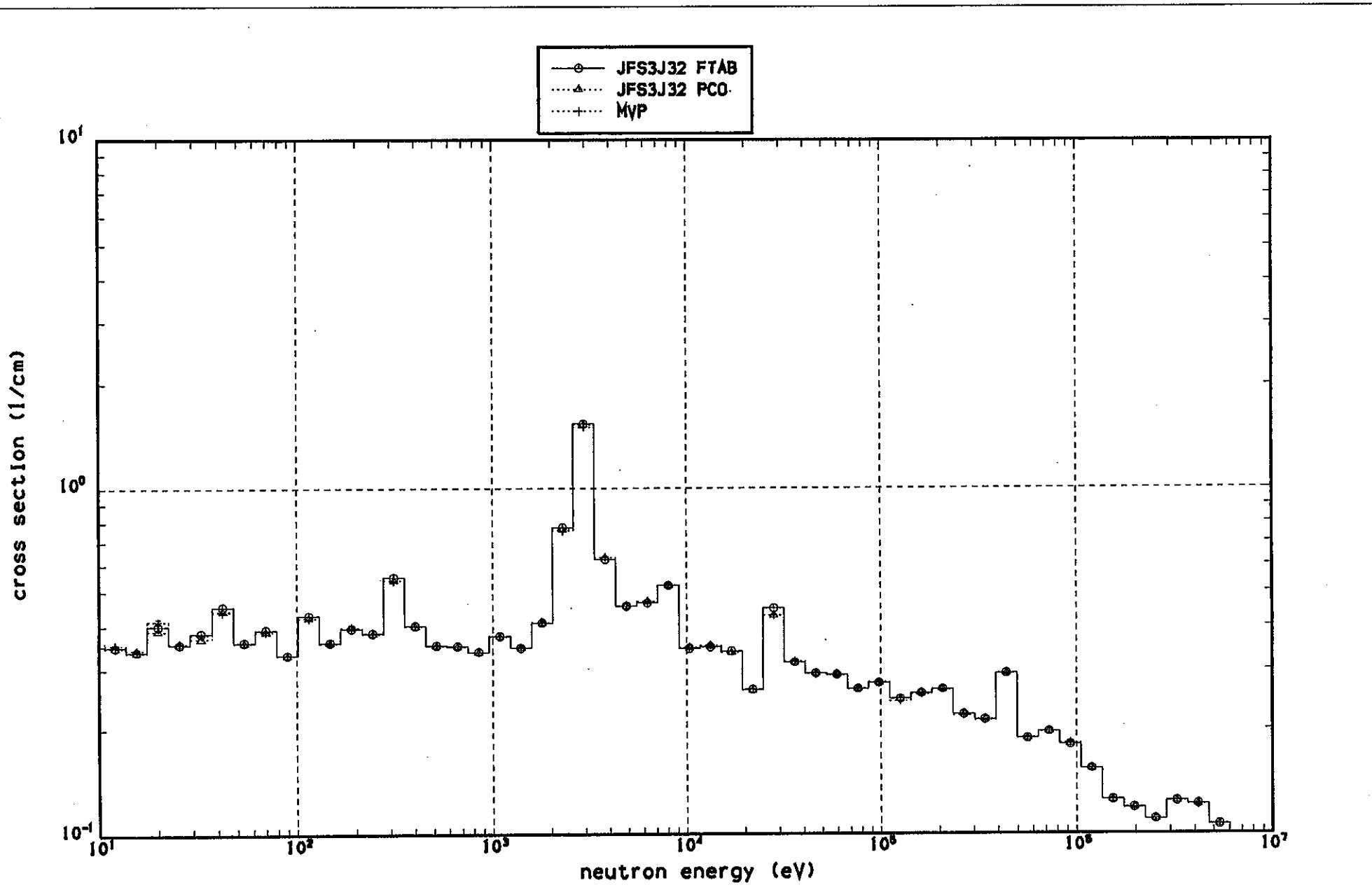
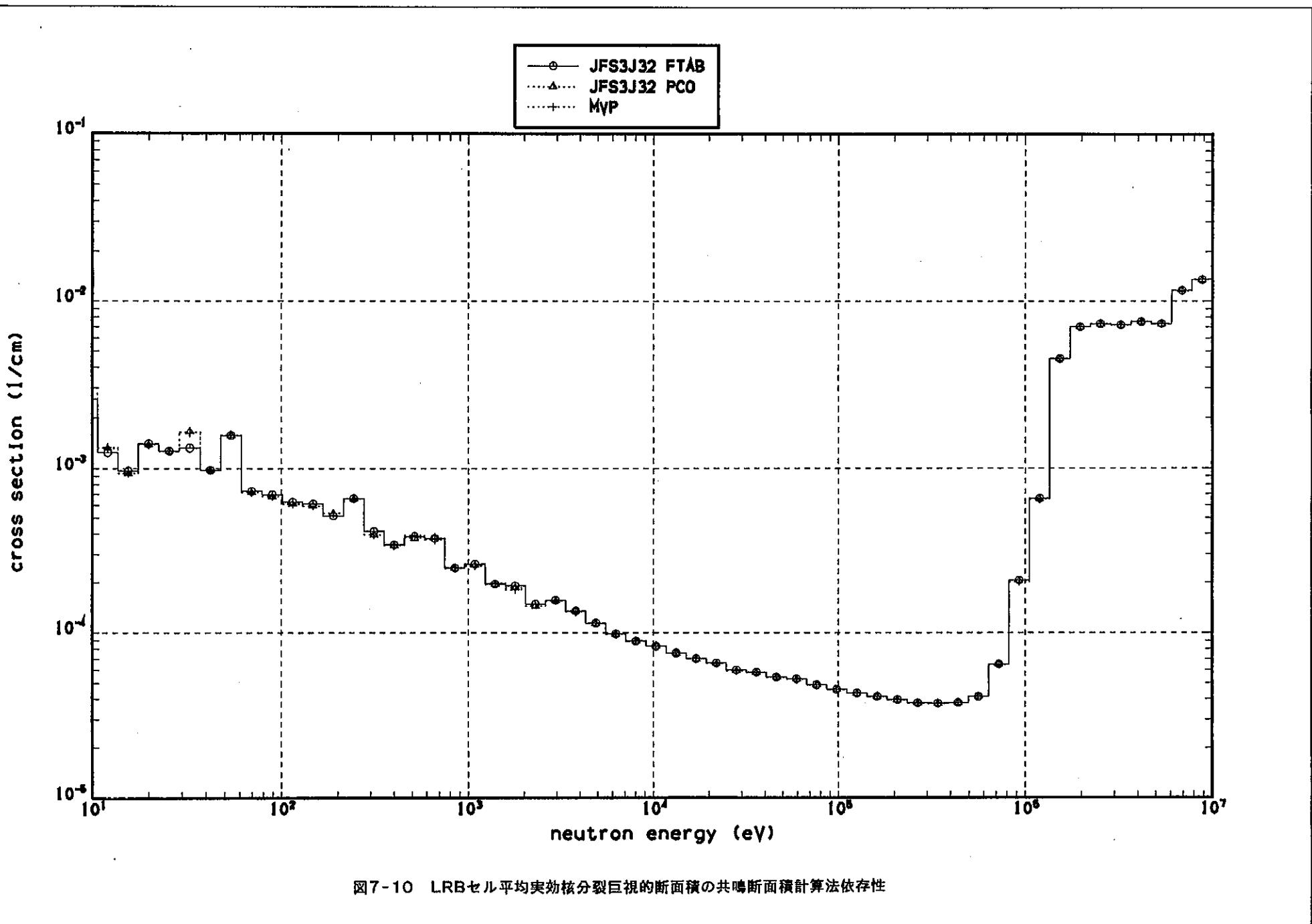


図7-9 SCFセル平均実効弹性散乱巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性



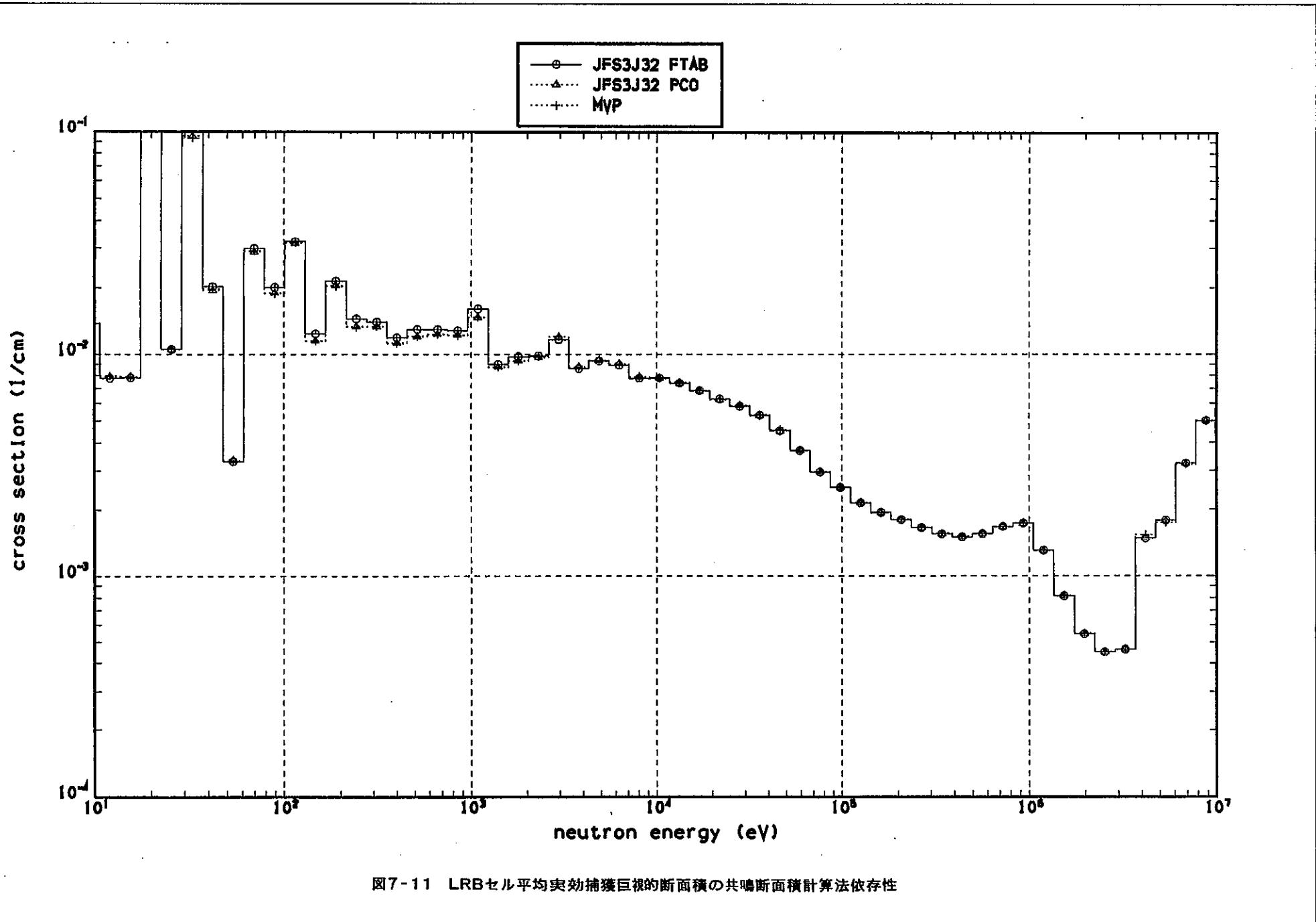


図7-11 LRBセル平均実効捕獲巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性

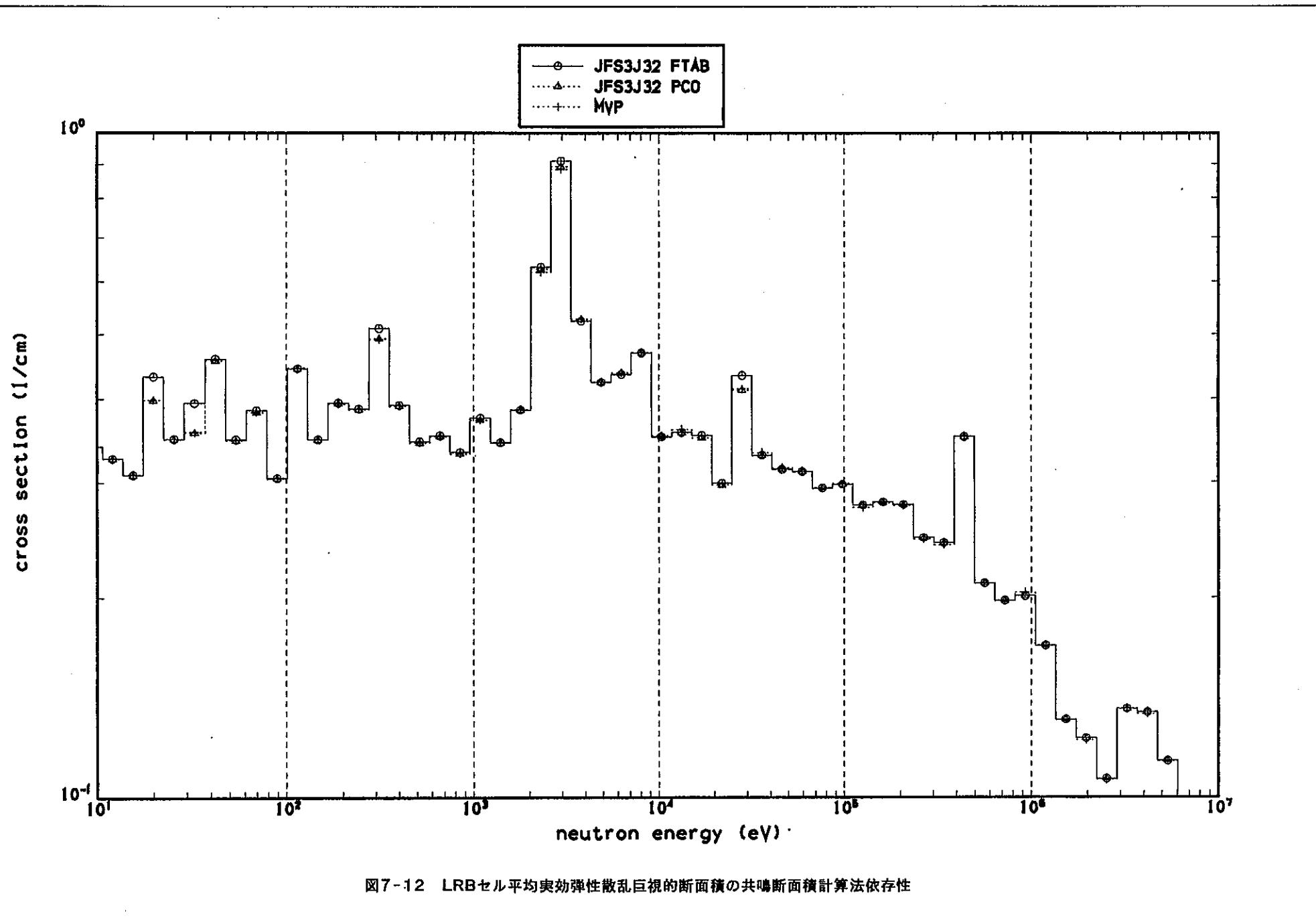


図7-12 LRBセル平均実効弹性散乱巨視的断面積の共鳴断面積計算法依存性

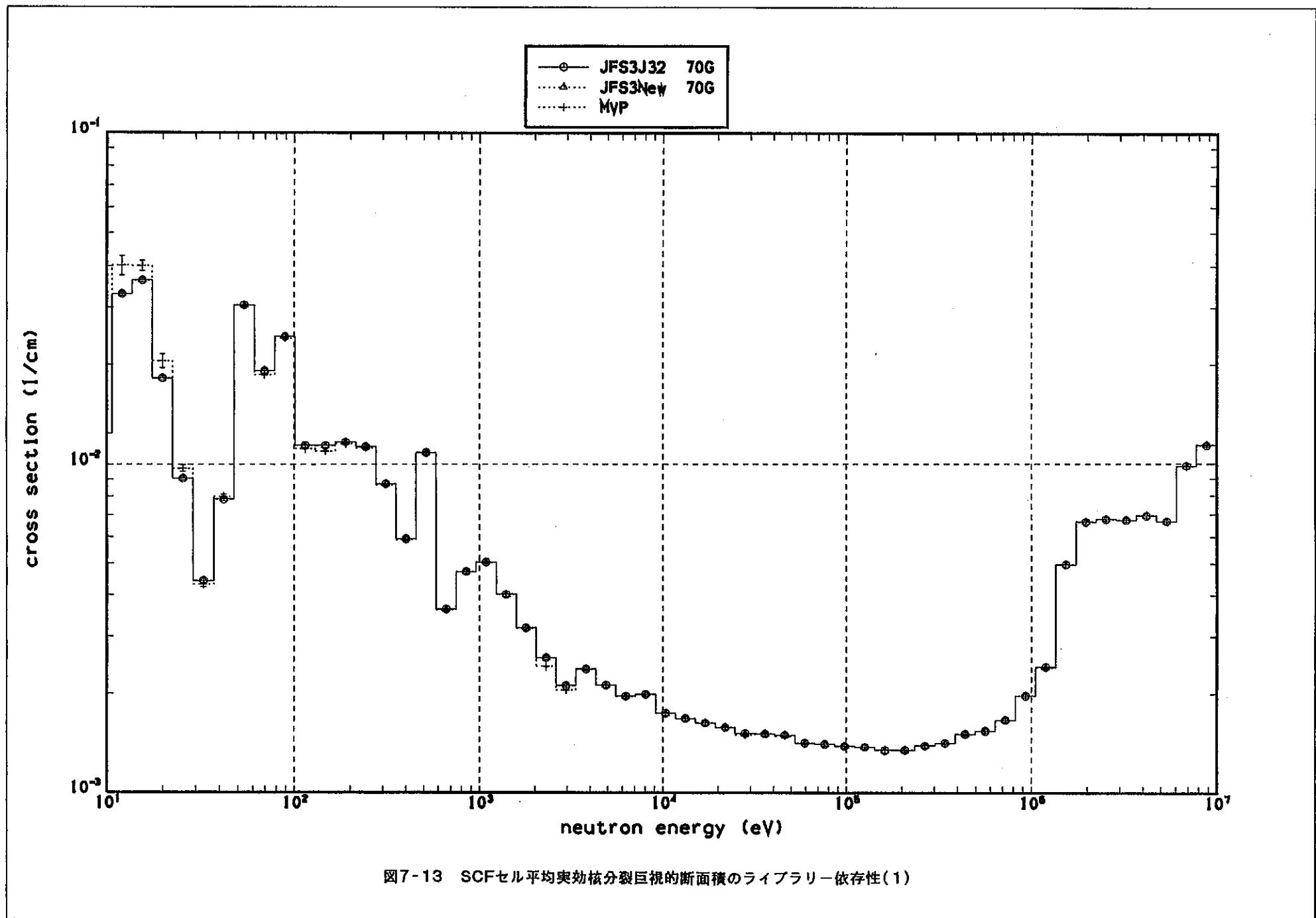


図7-13 SCFセル平均実効核分裂巨視的断面積のライブラリー依存性(1)

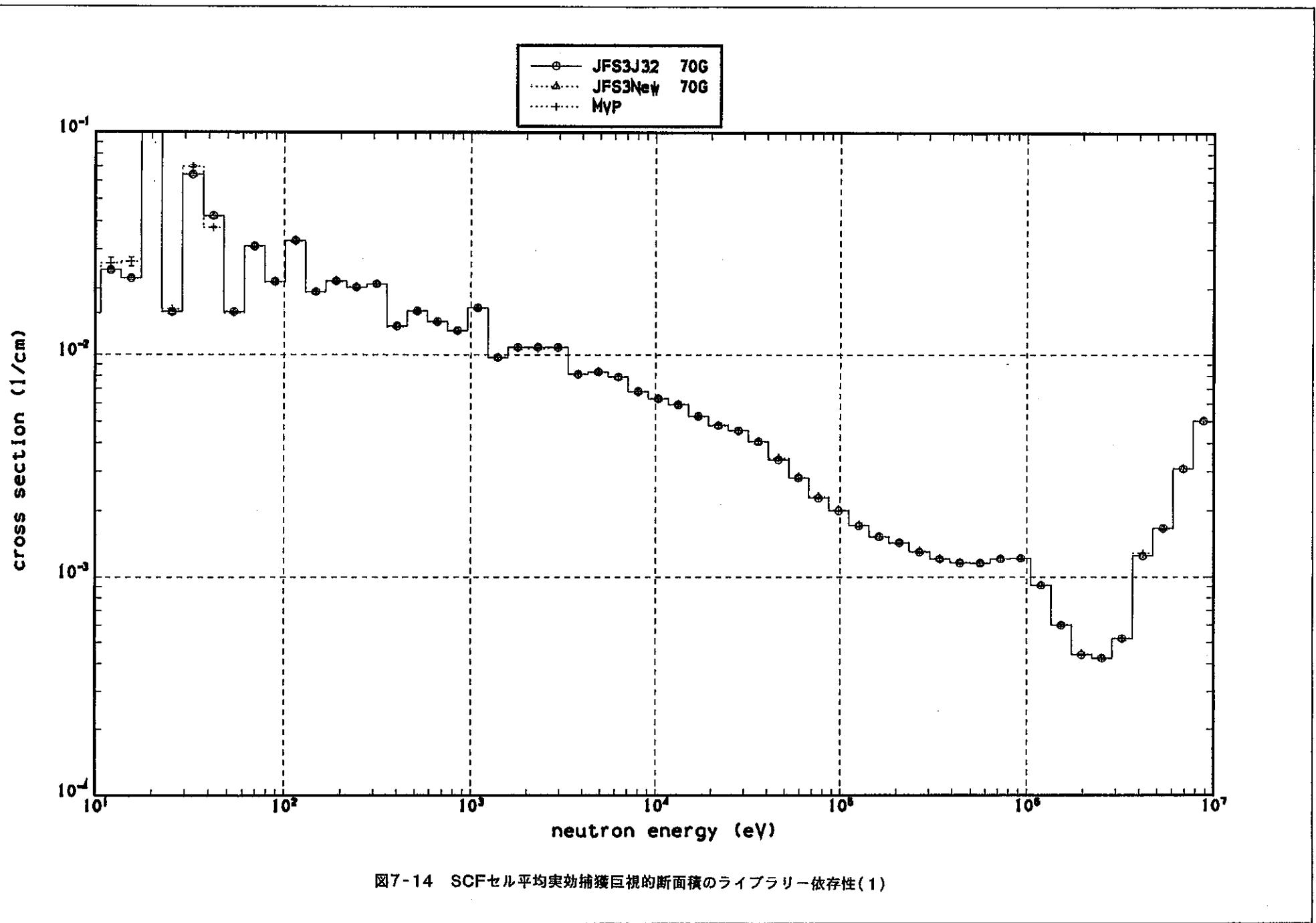
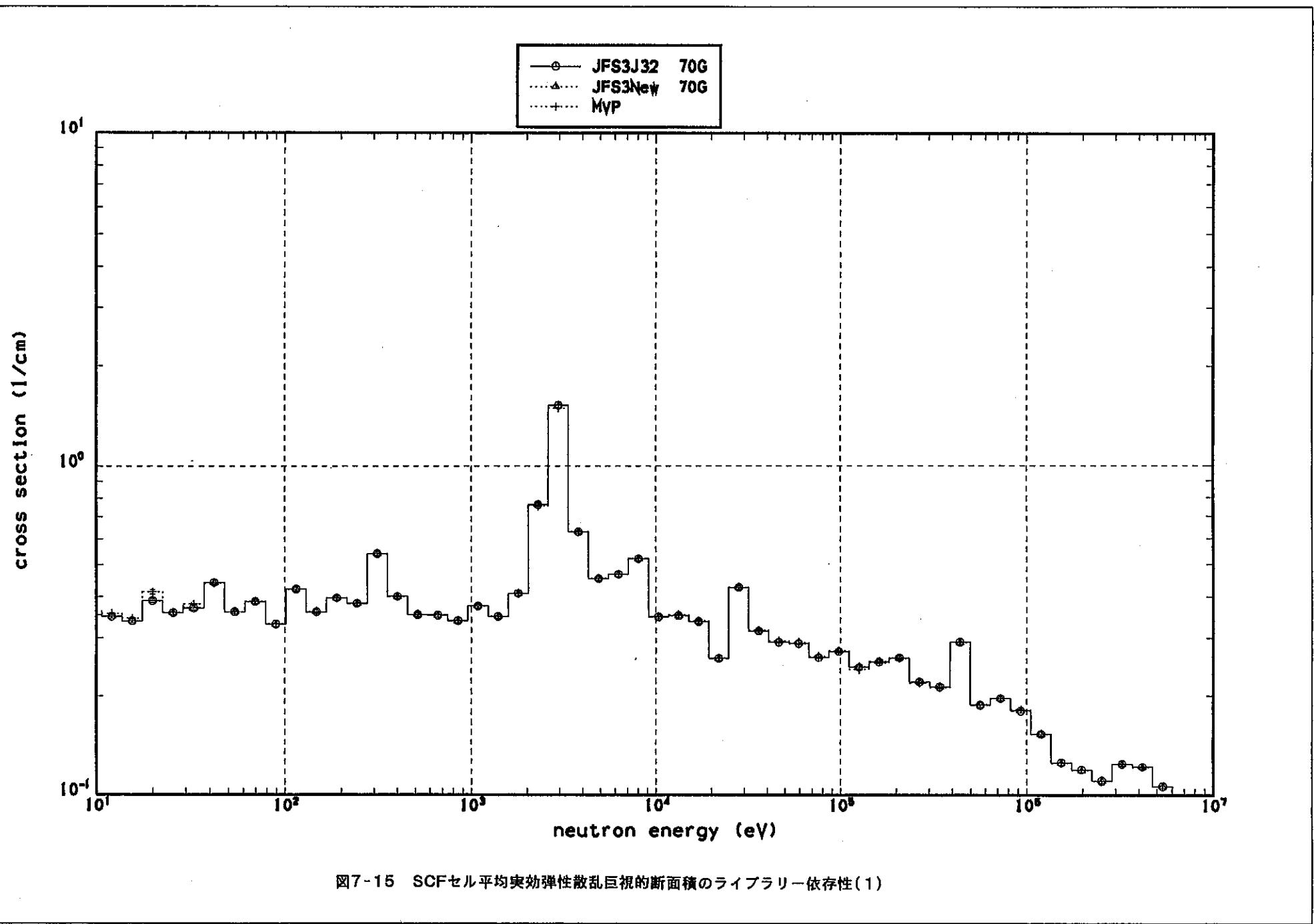
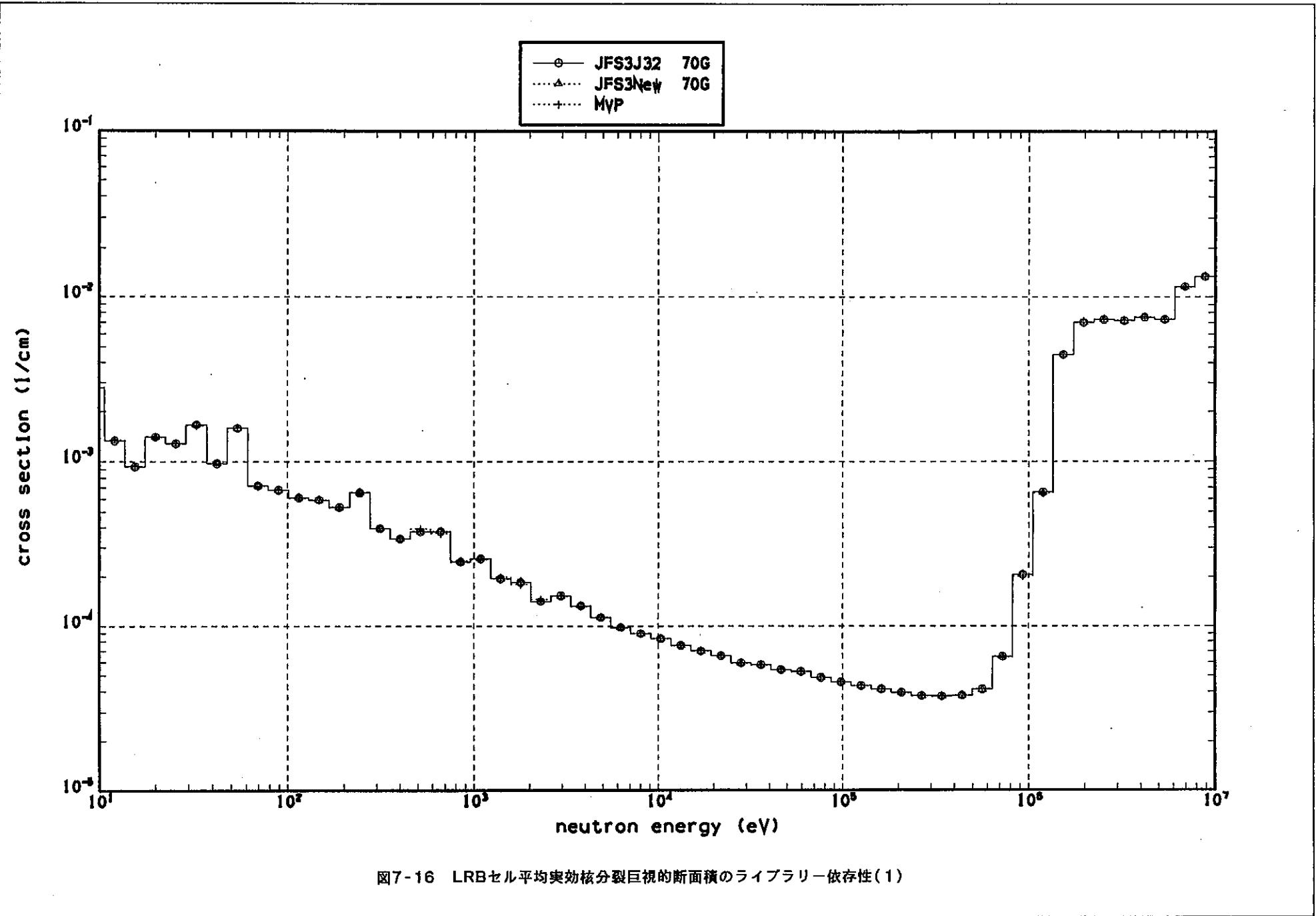


図7-14 SCFセル平均実効捕獲巨視的断面積のライブラリー依存性(1)





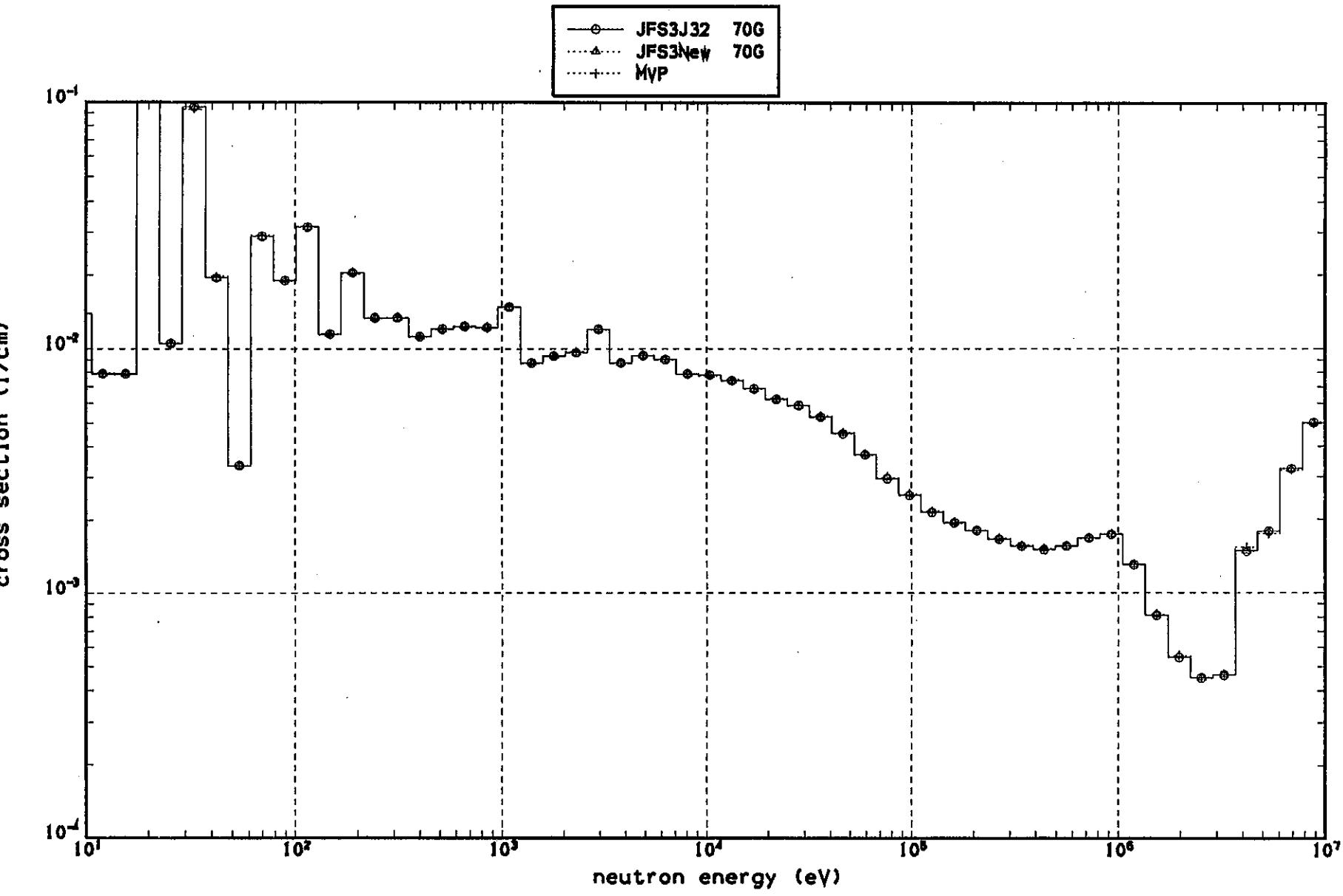
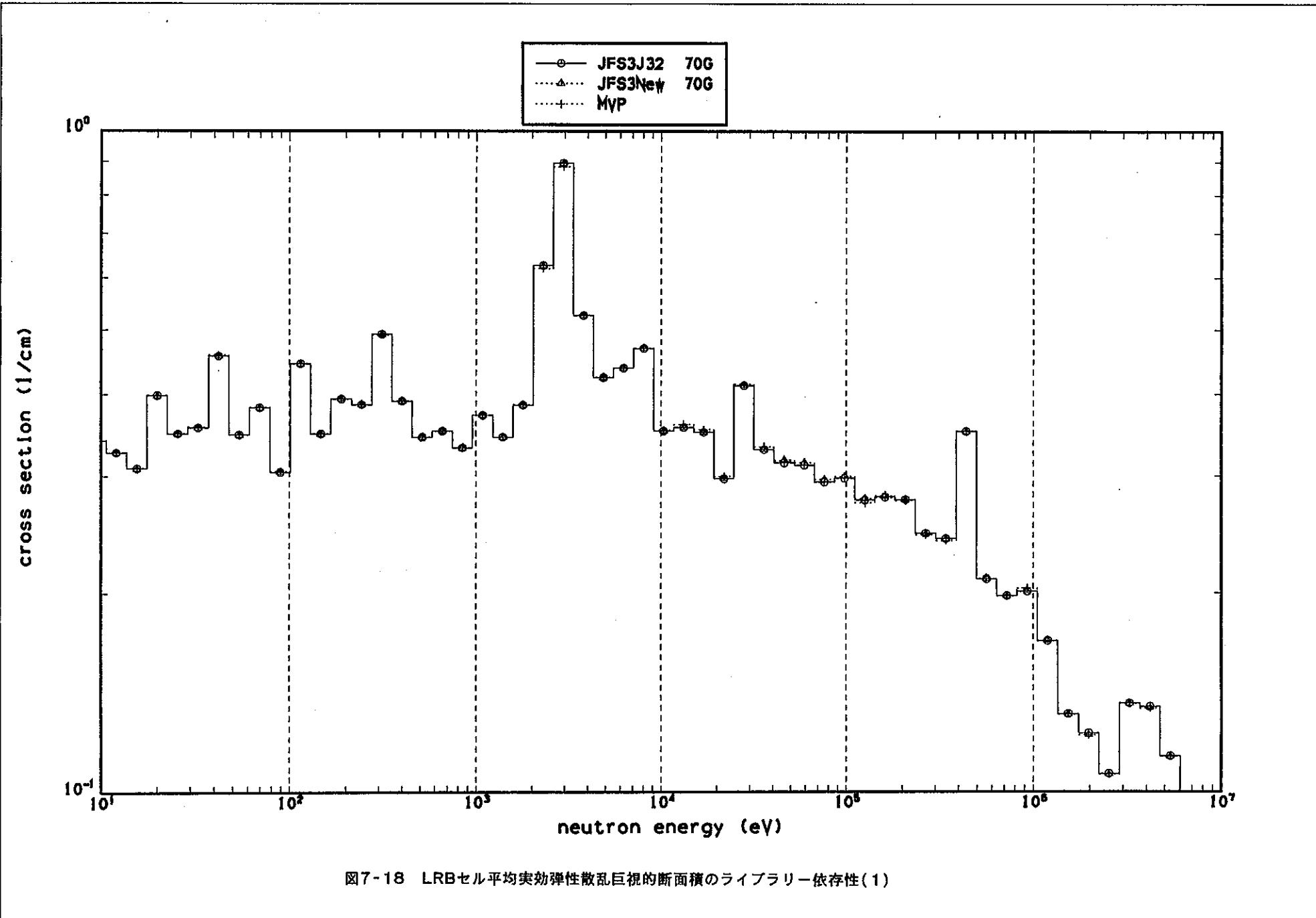
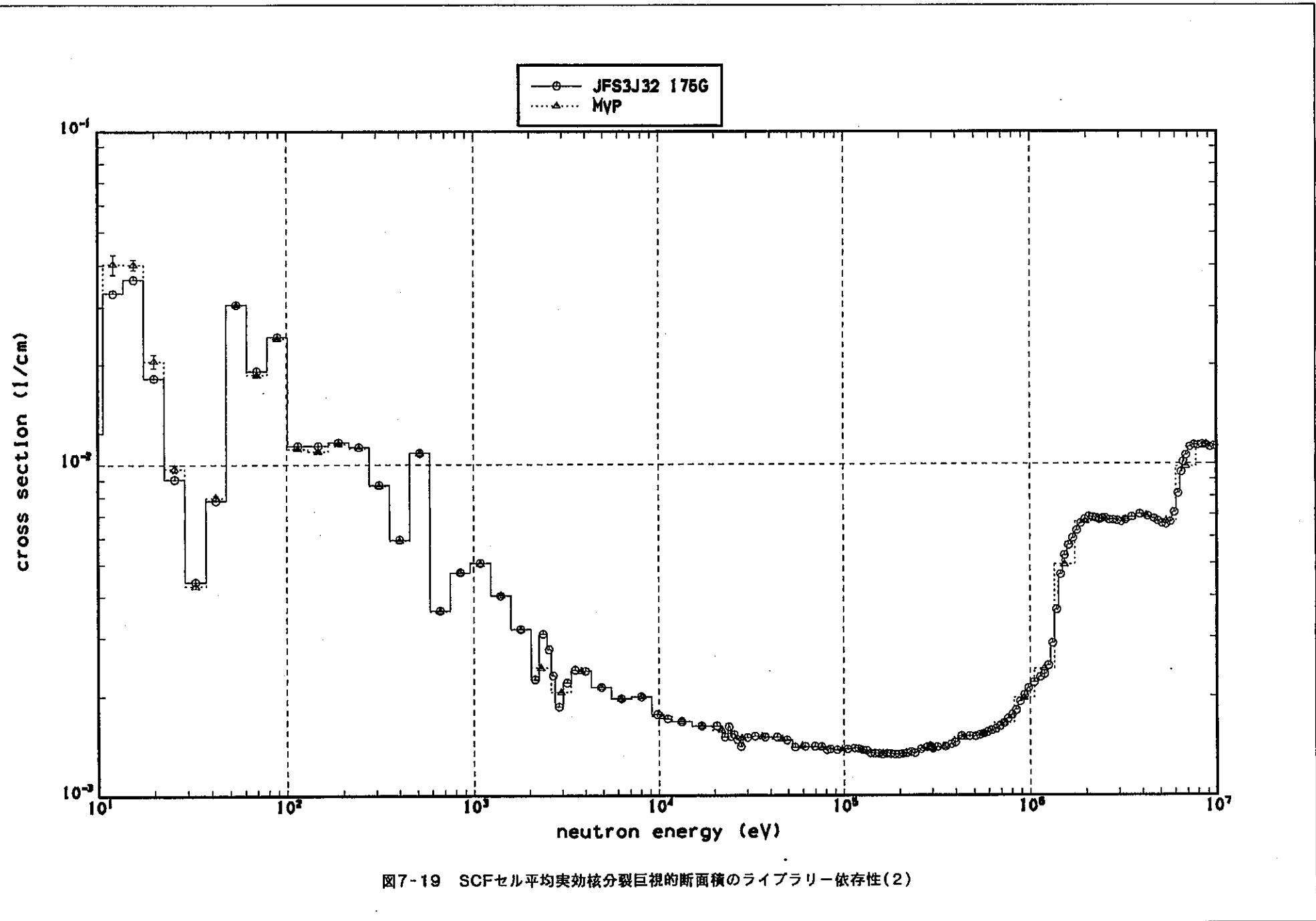
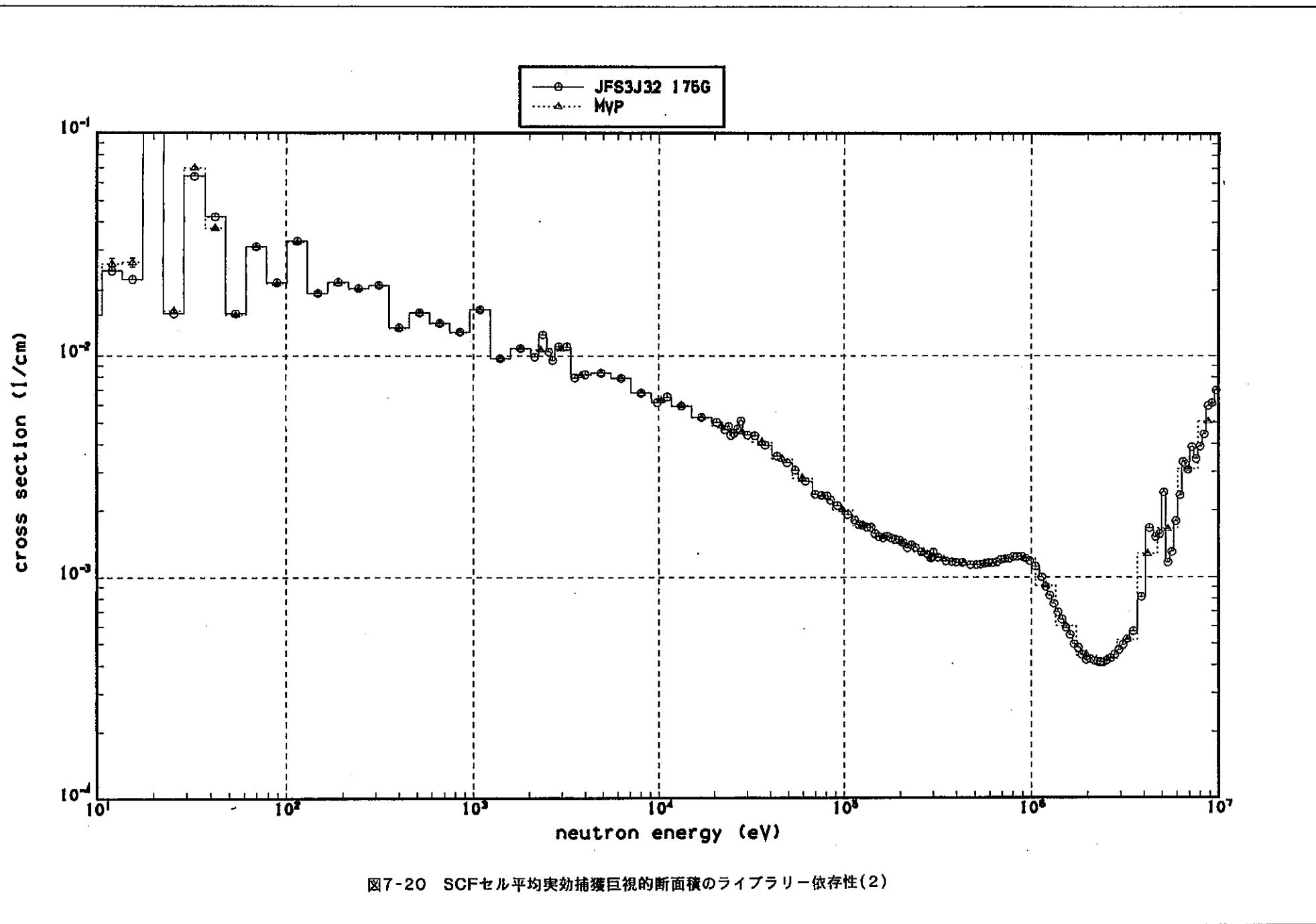
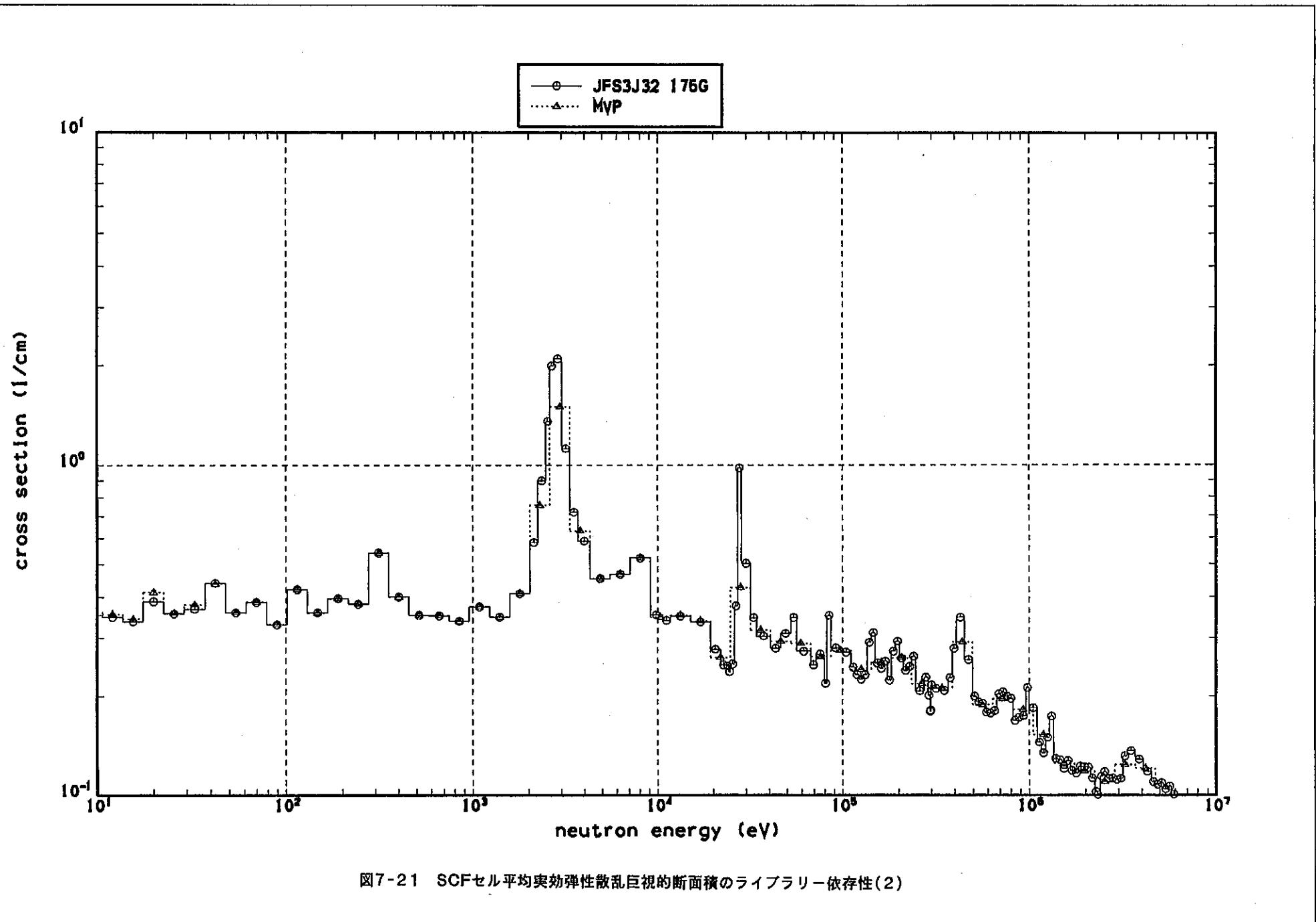


図7-17 LRBセル平均実効捕獲巨視的断面積のライブラリー依存性(1)









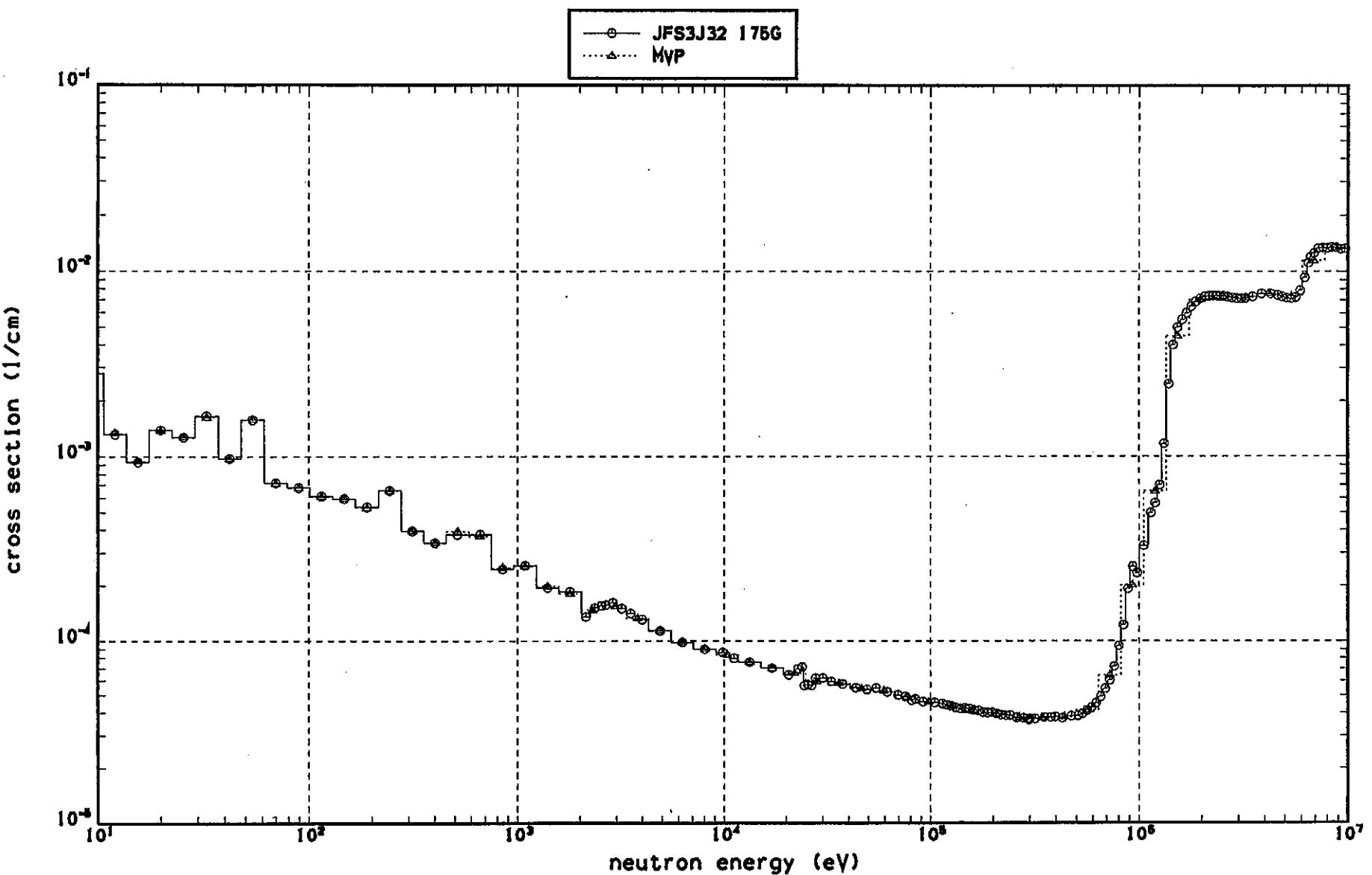
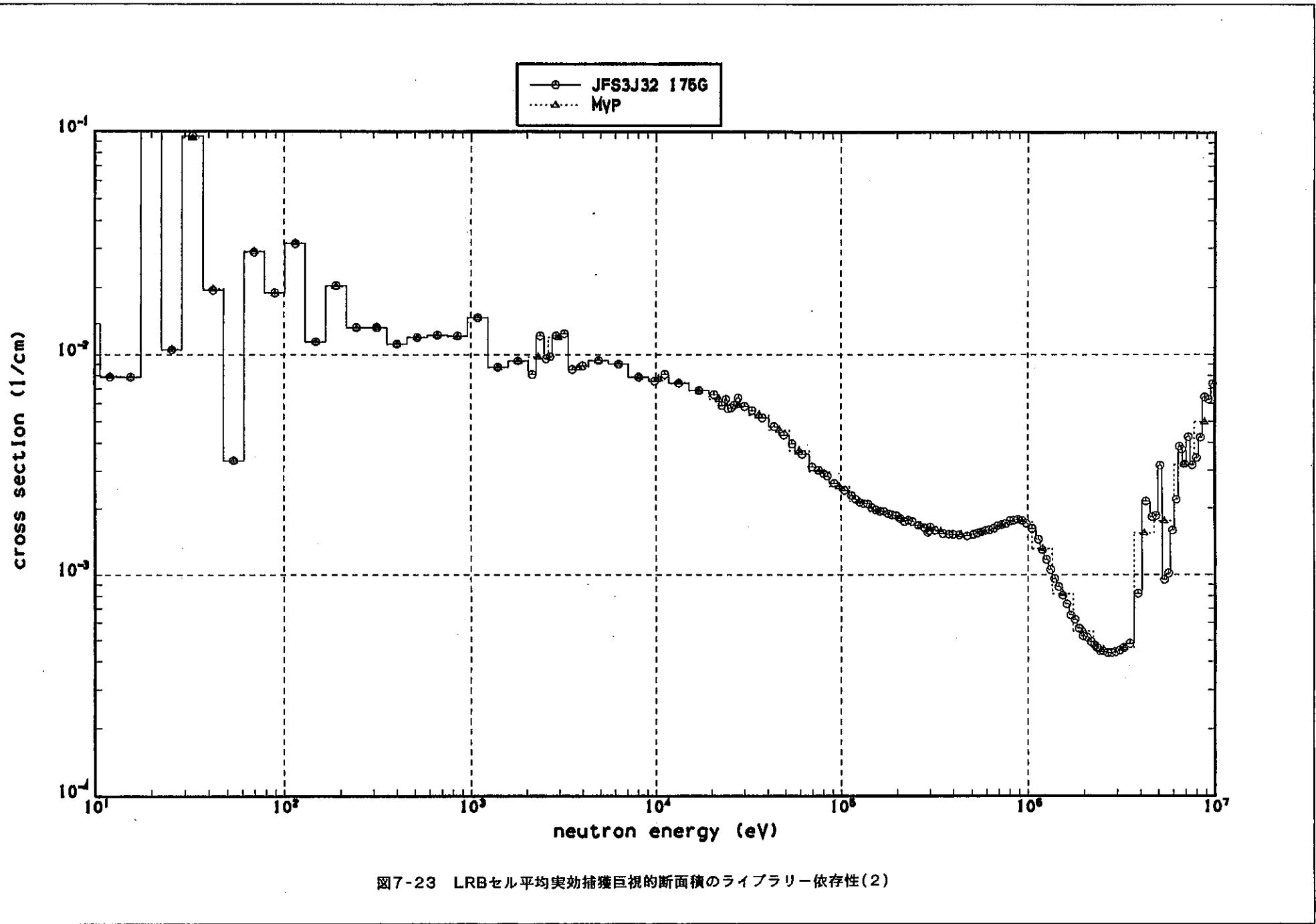
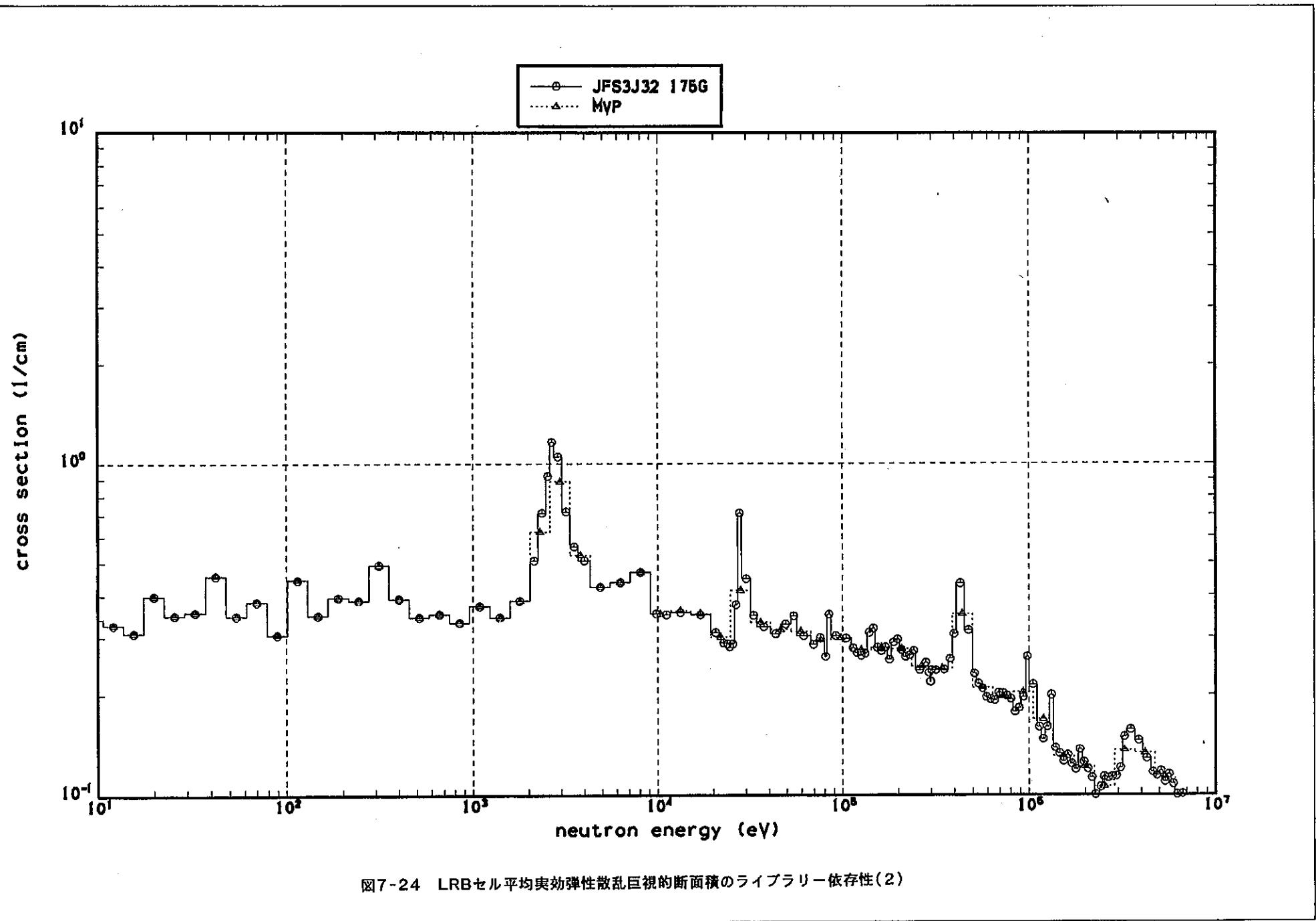
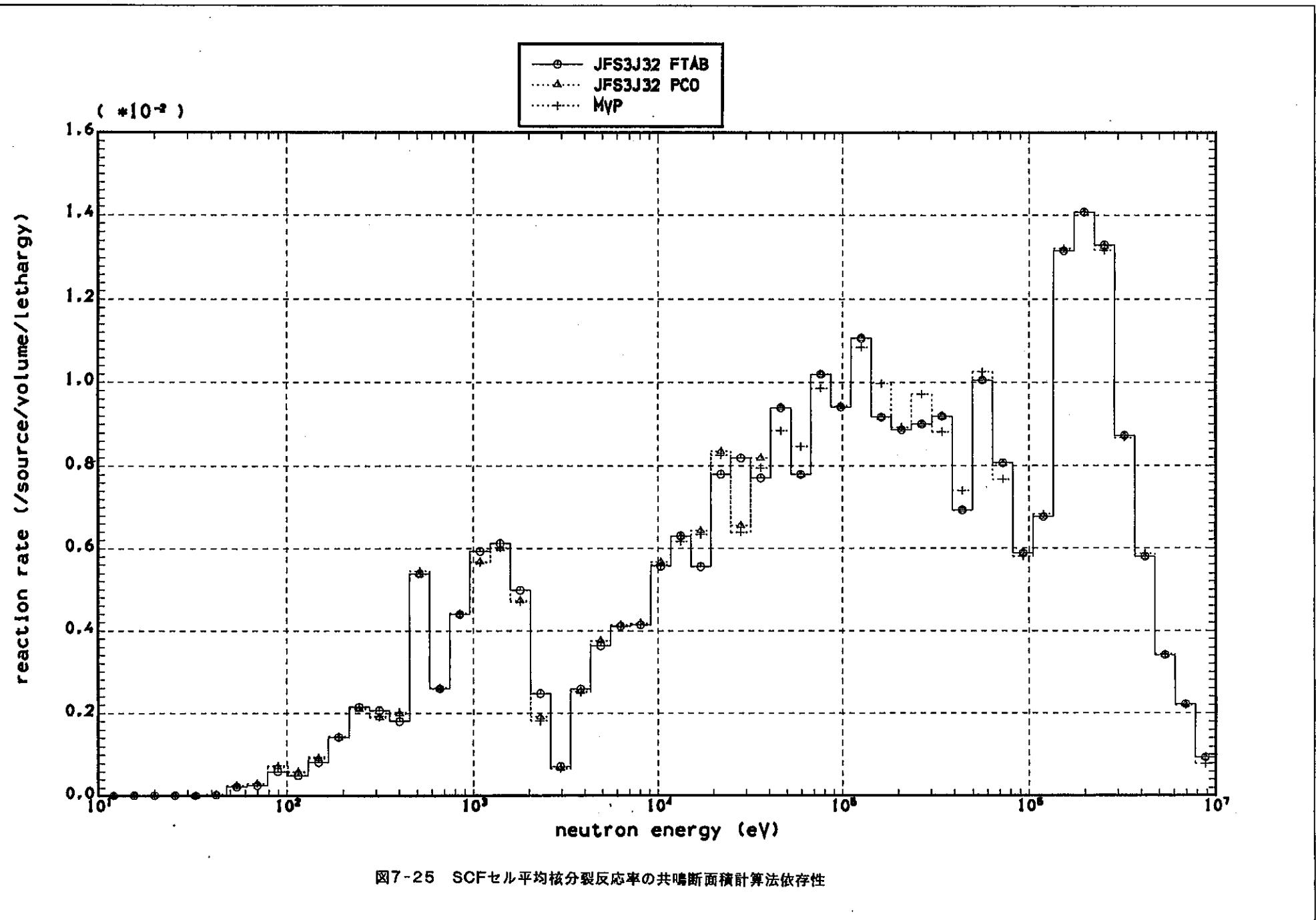


図7-22 LRBセル平均実効核分裂巨視的断面積のライブラリー依存性(2)







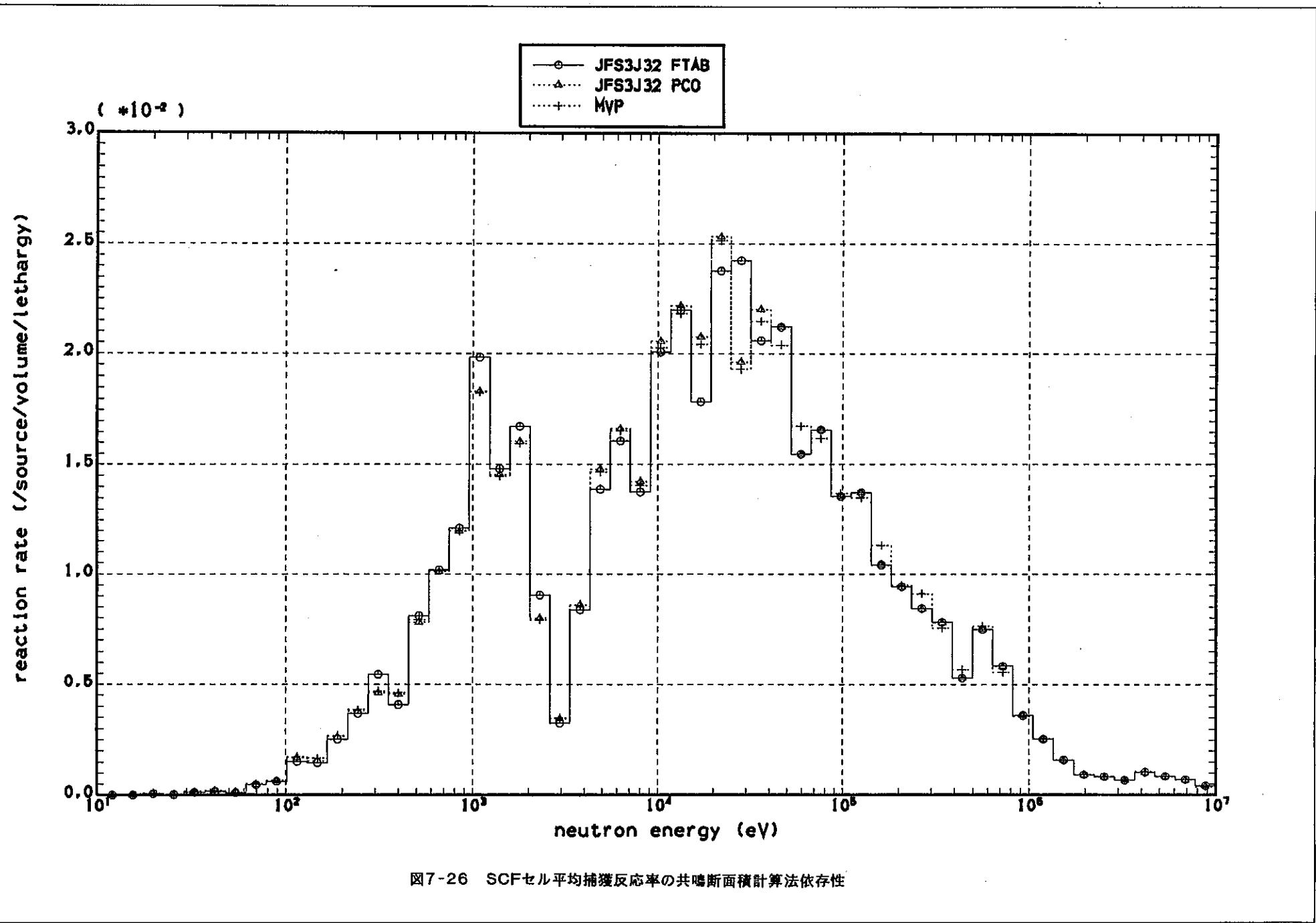
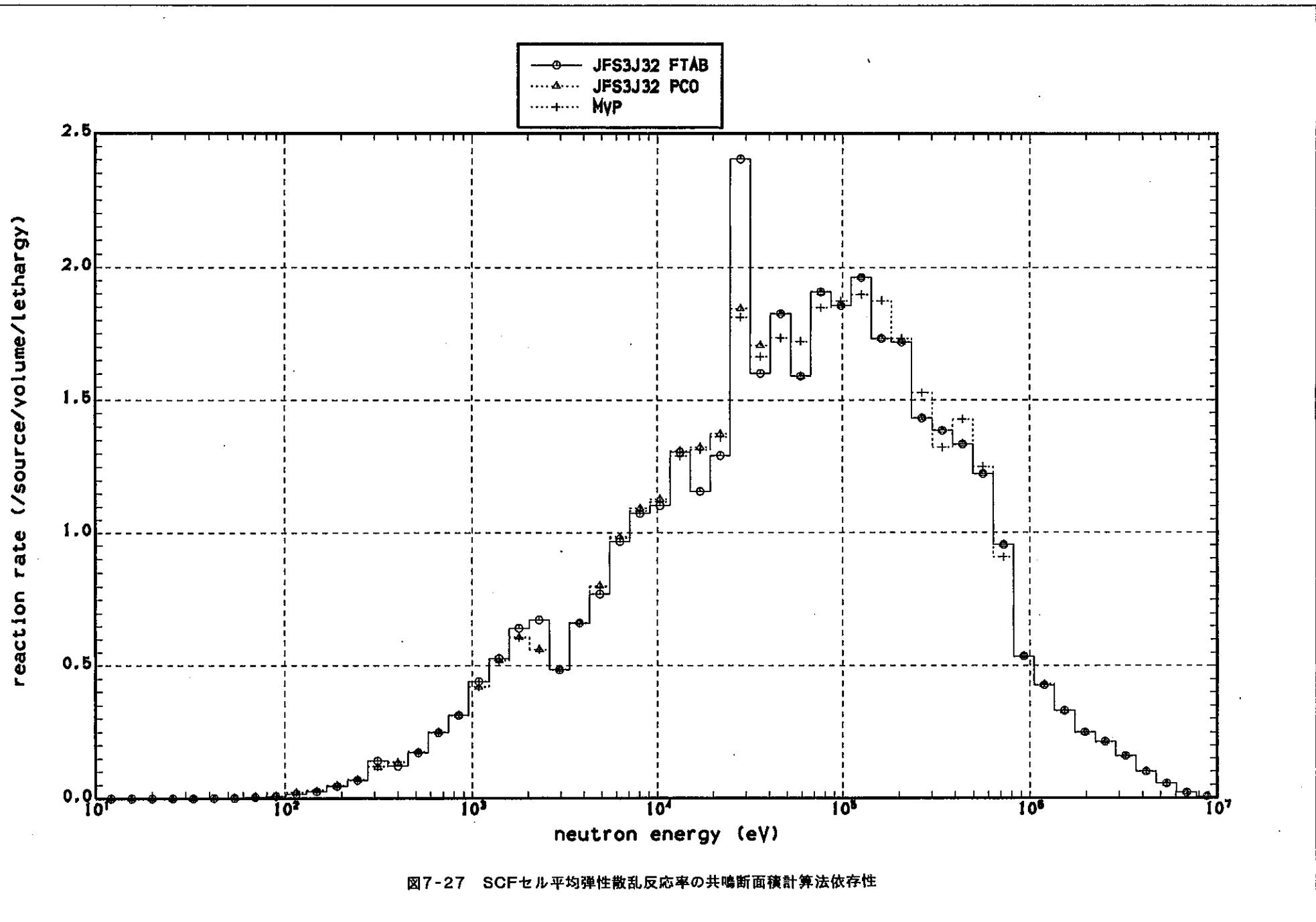
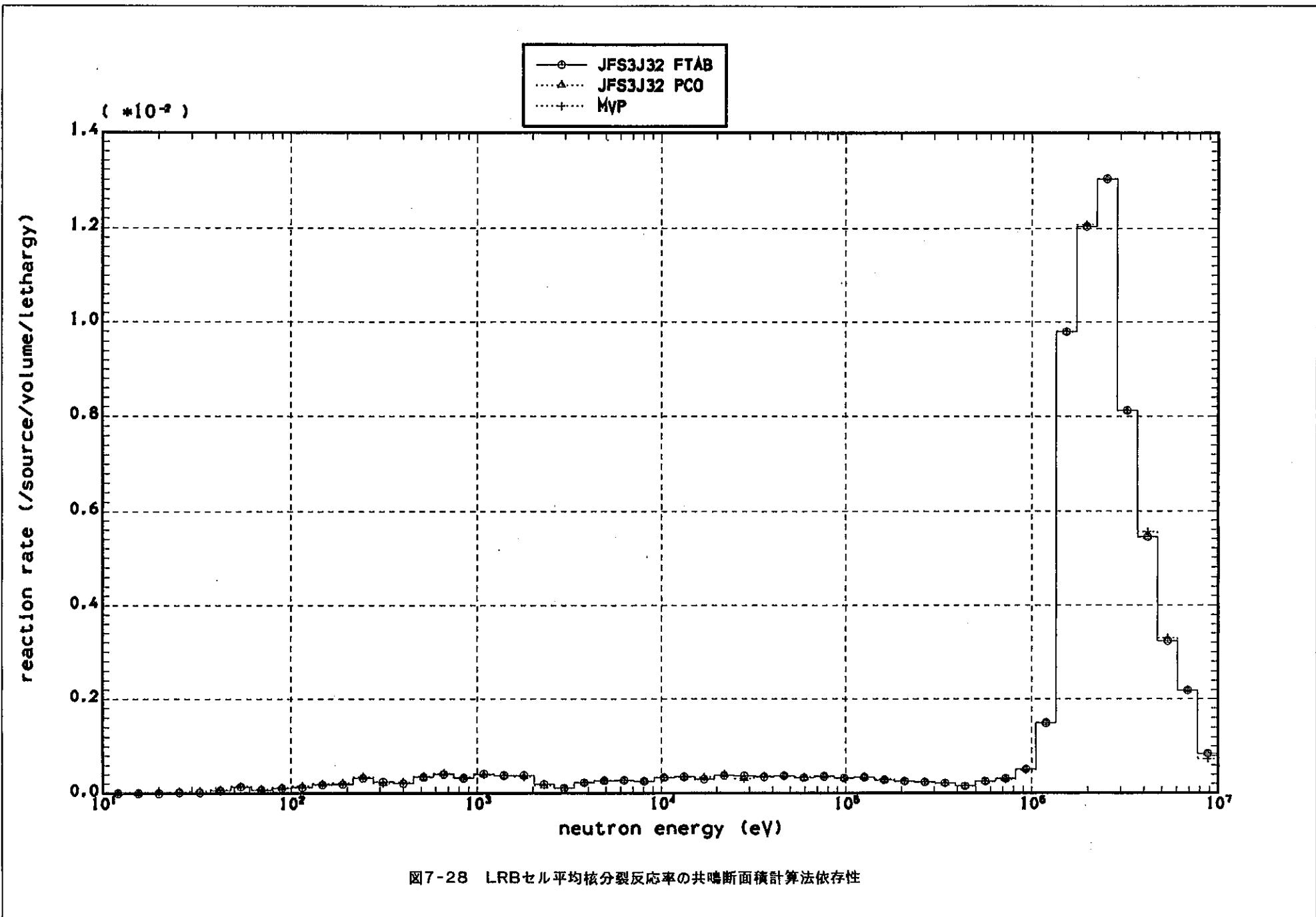
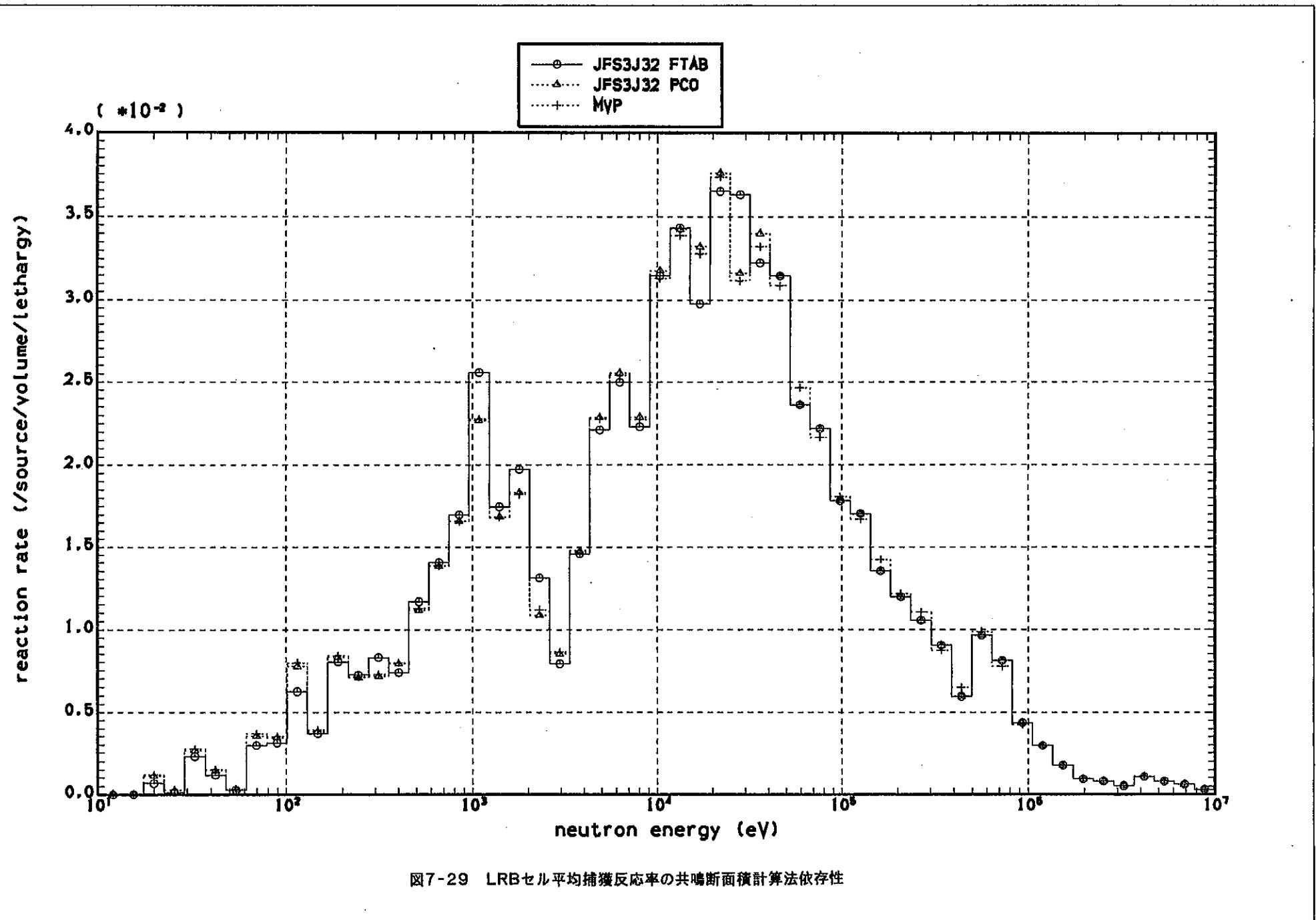


図7-26 SCFセル平均捕獲反応率の共鳴断面積計算法依存性







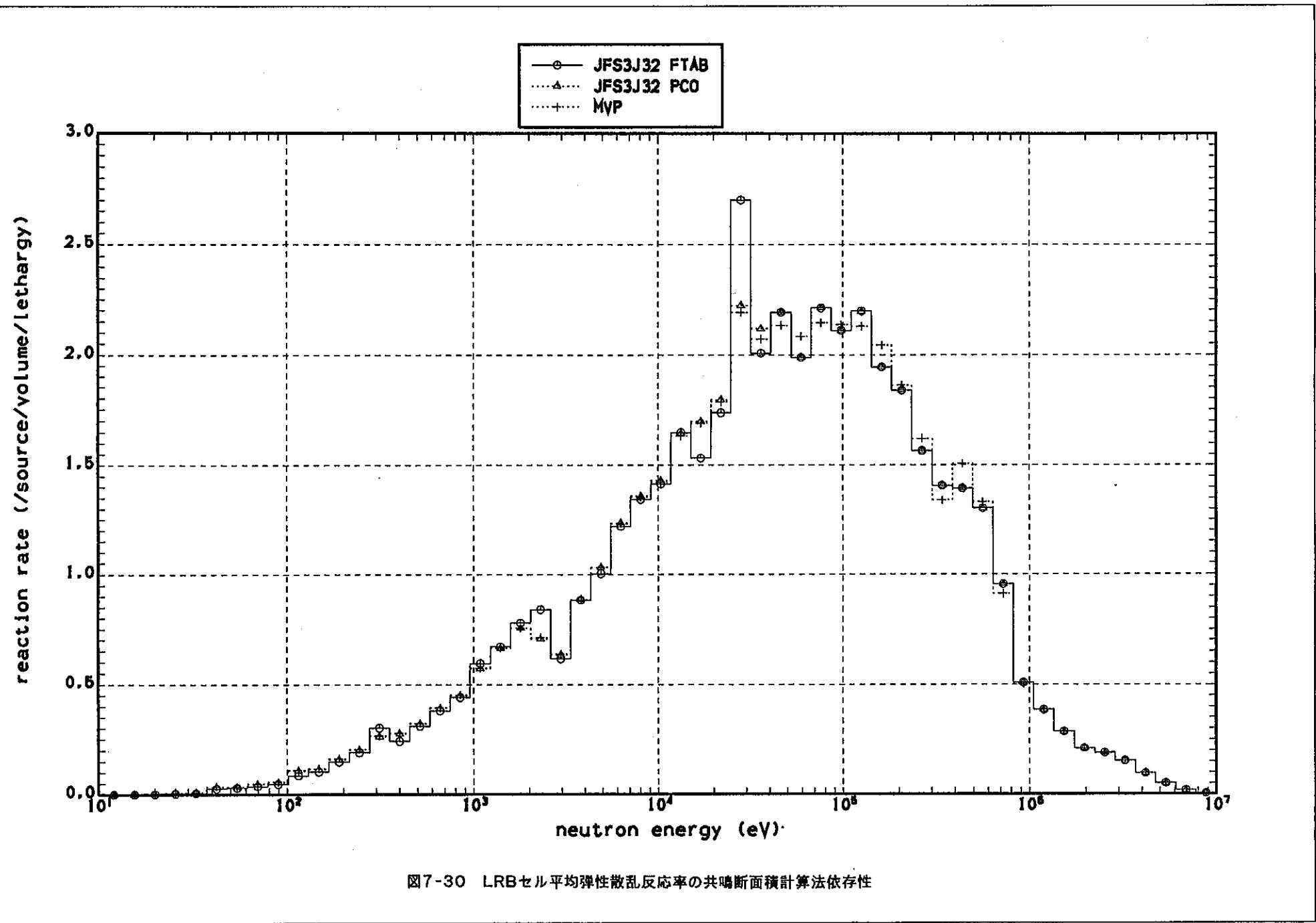


図7-30 LRBセル平均弾性散乱反応率の共鳴断面積計算法依存性

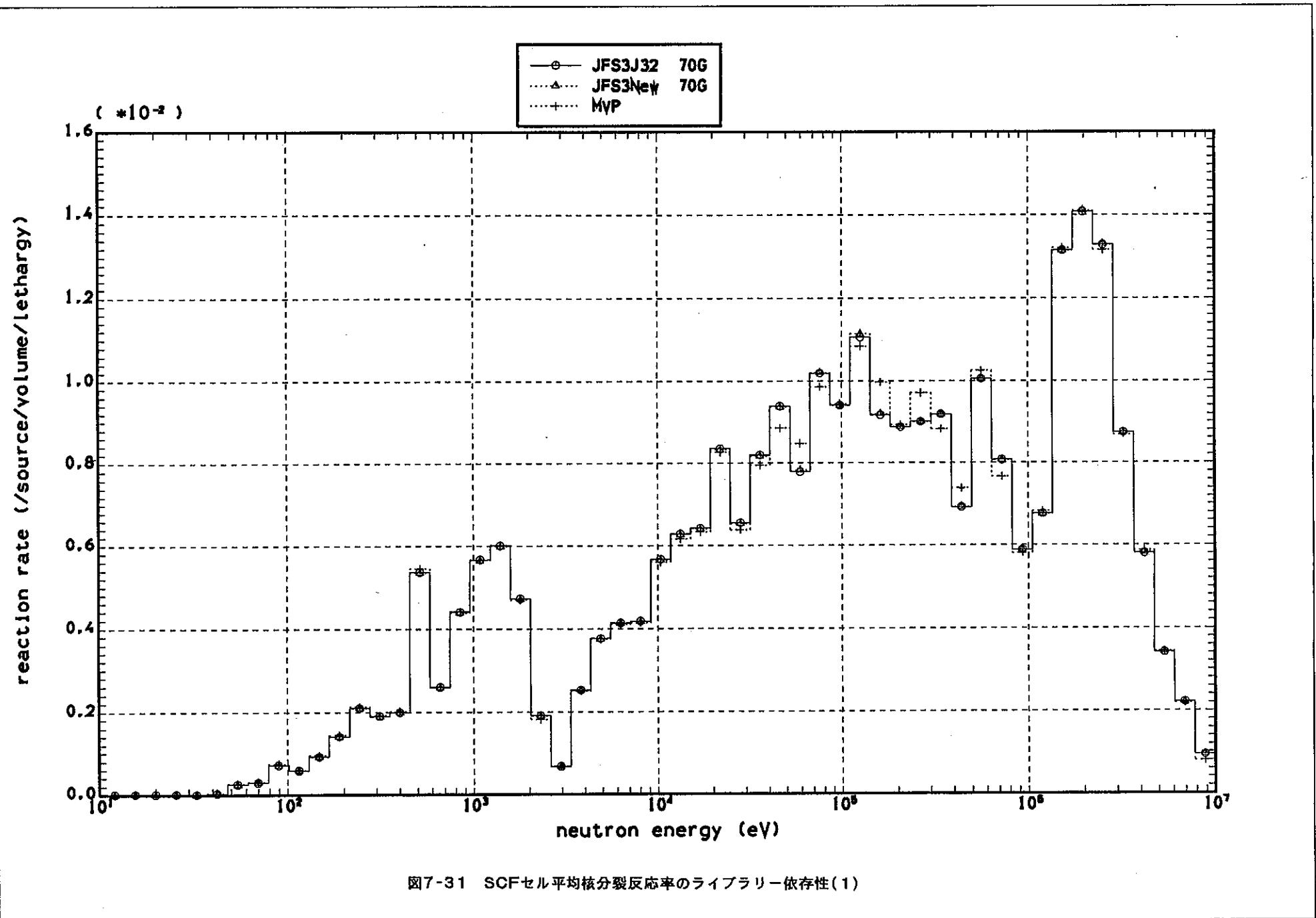


図7-31 SCFセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(1)

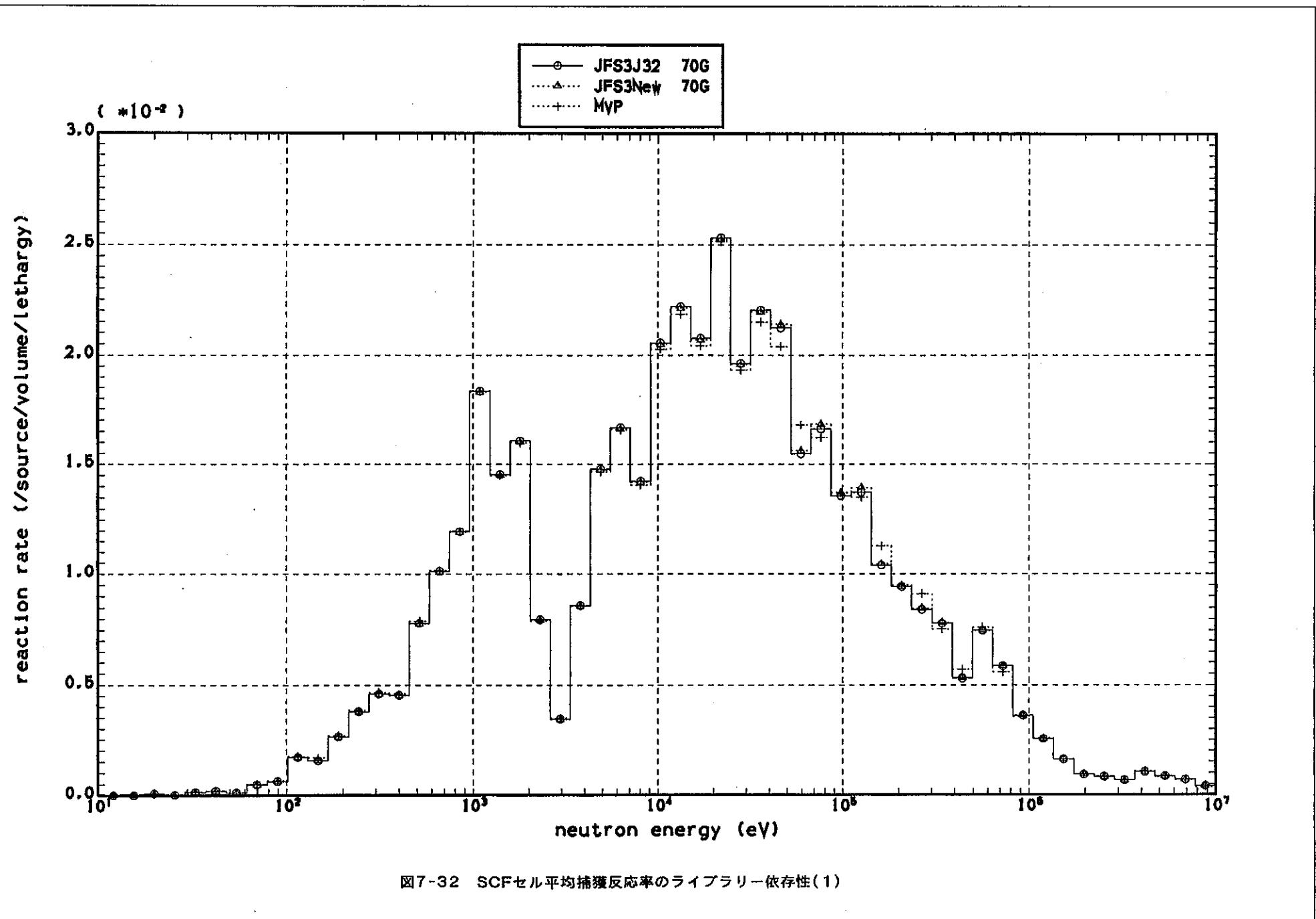
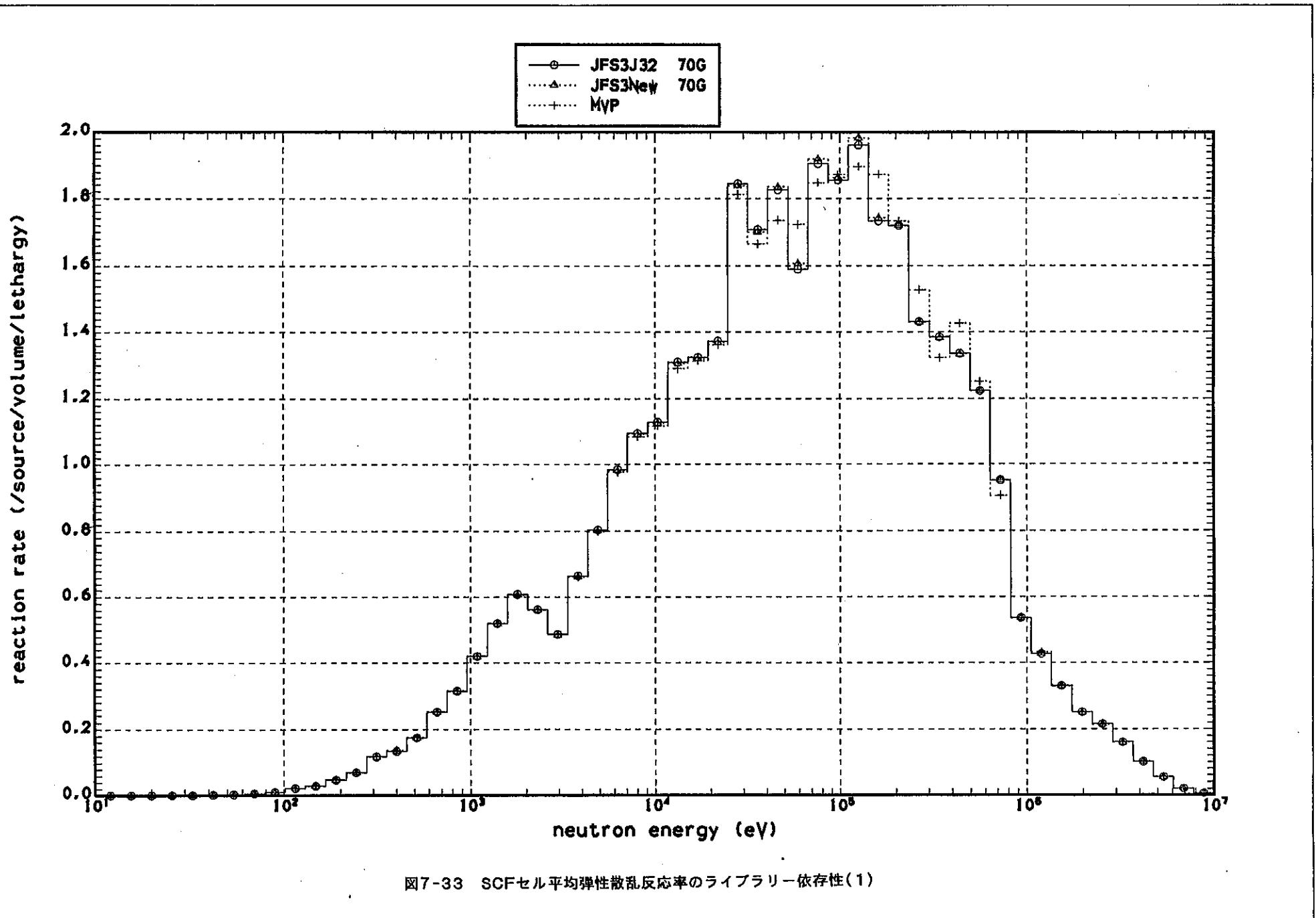
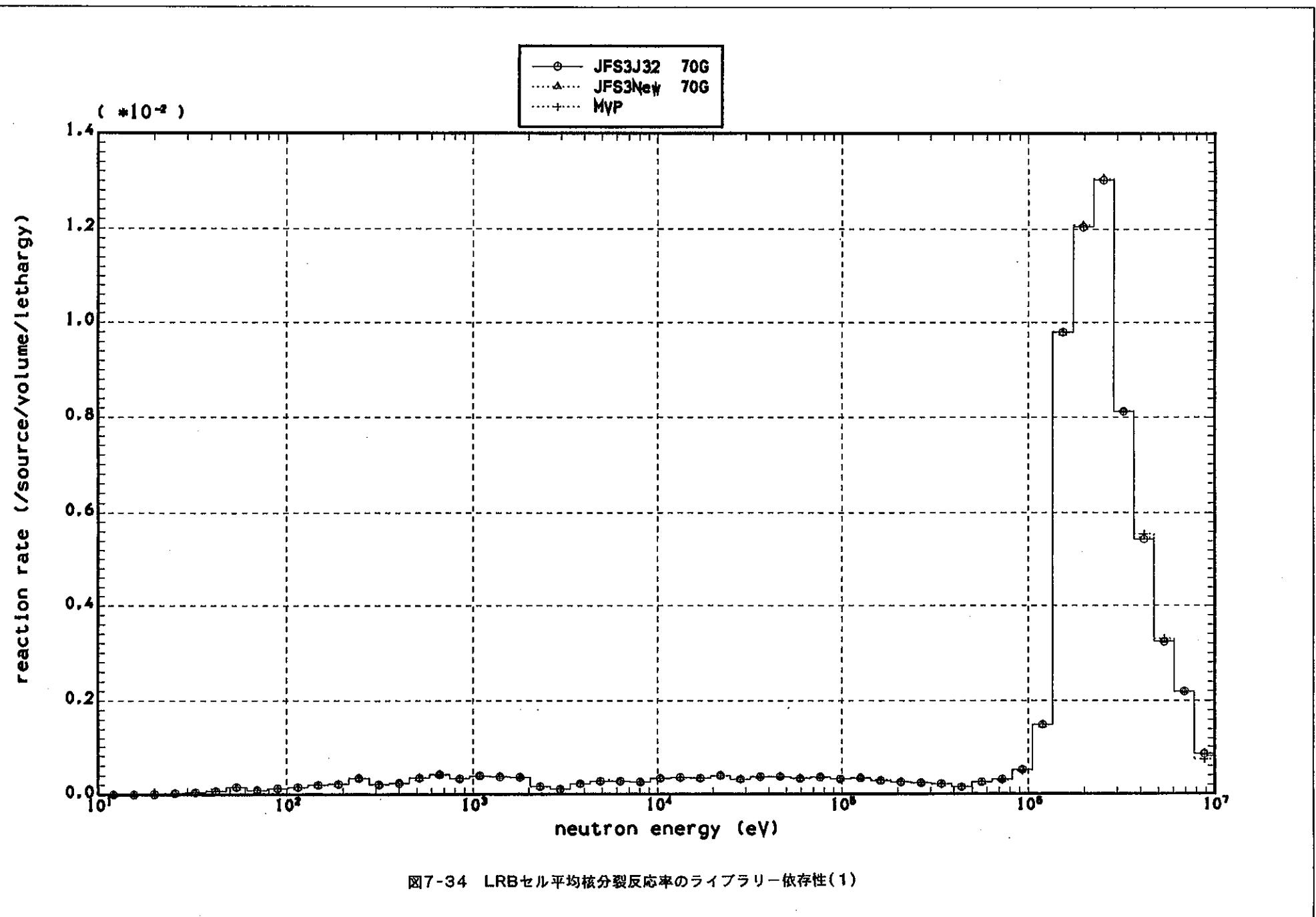
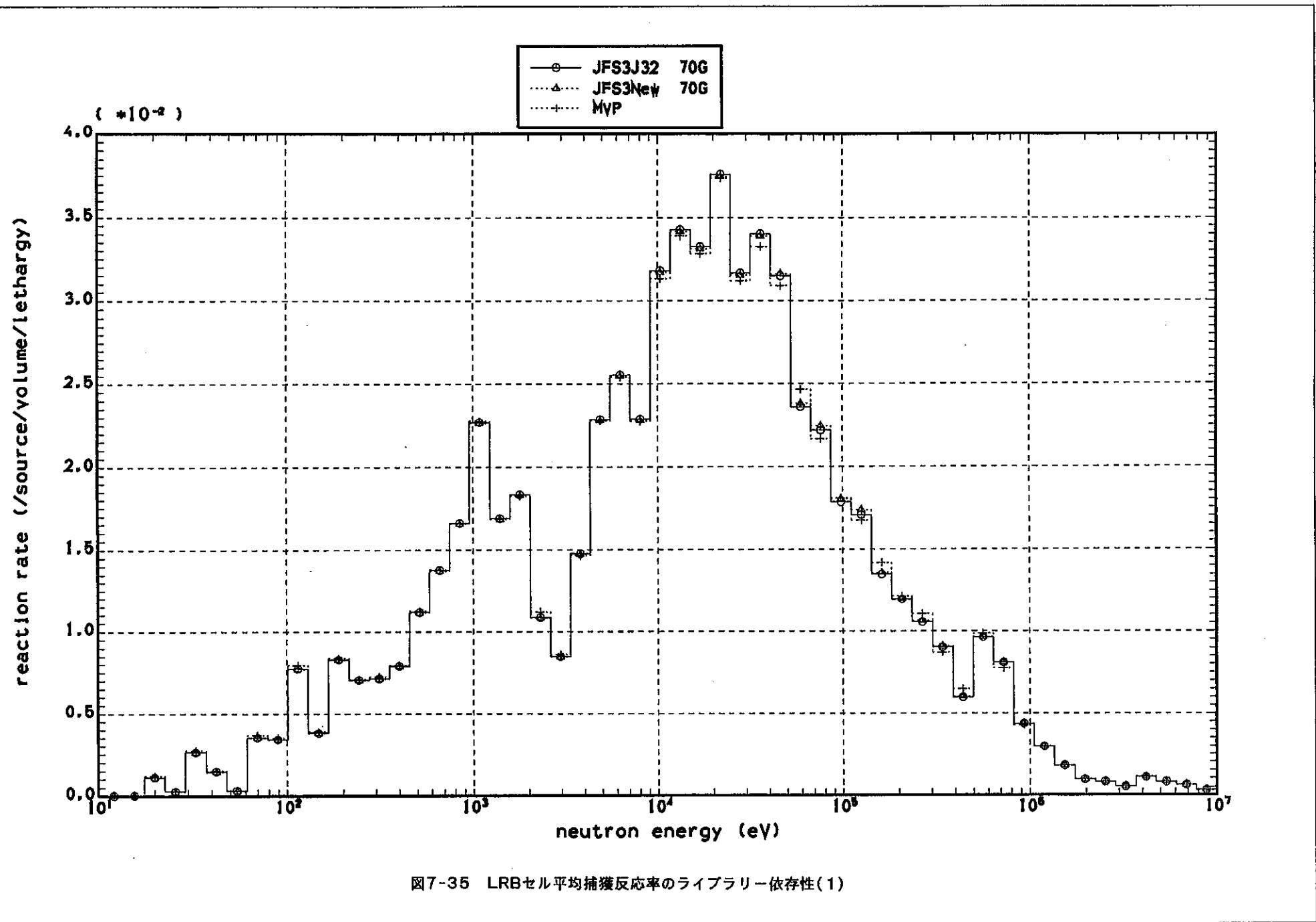
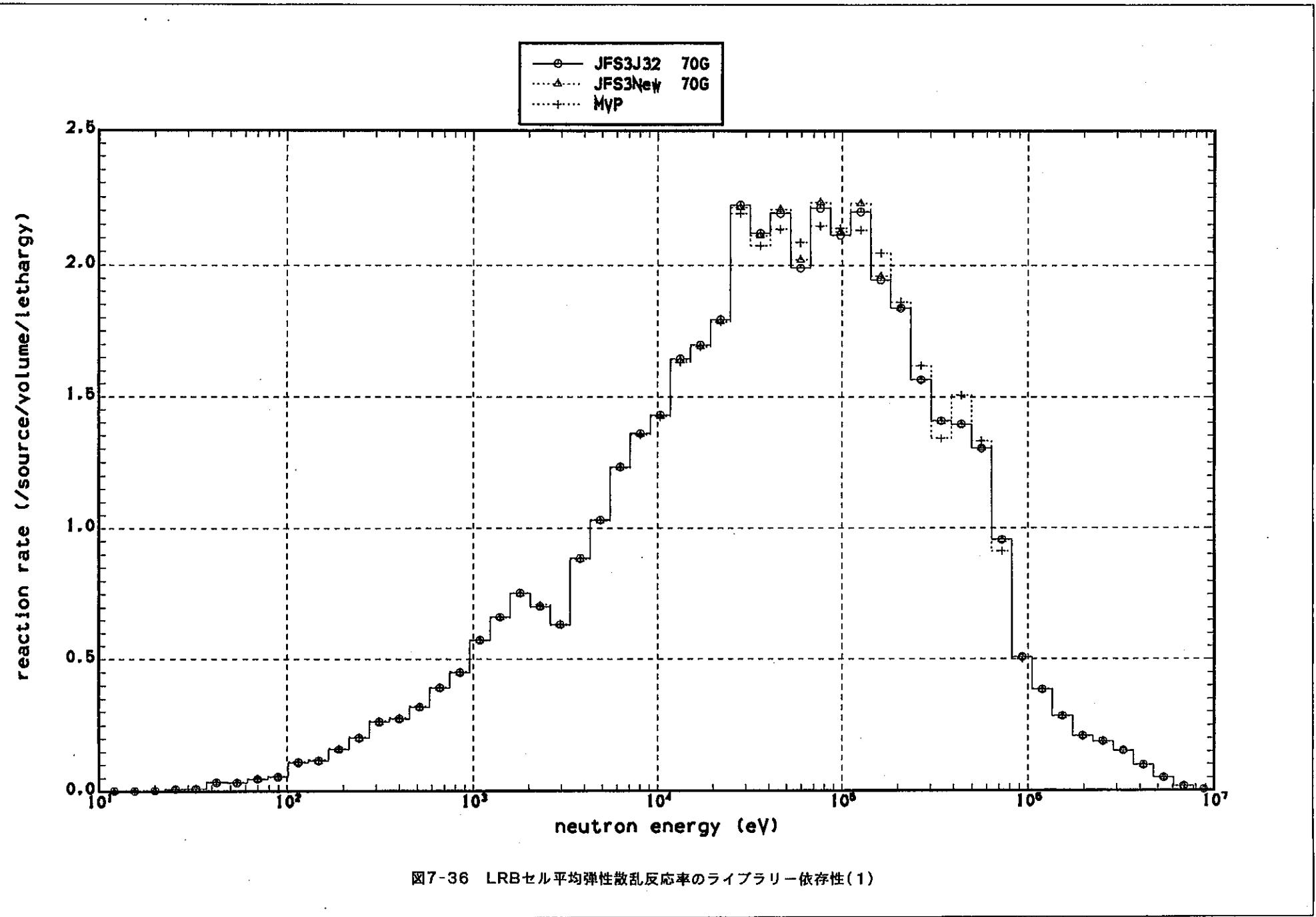


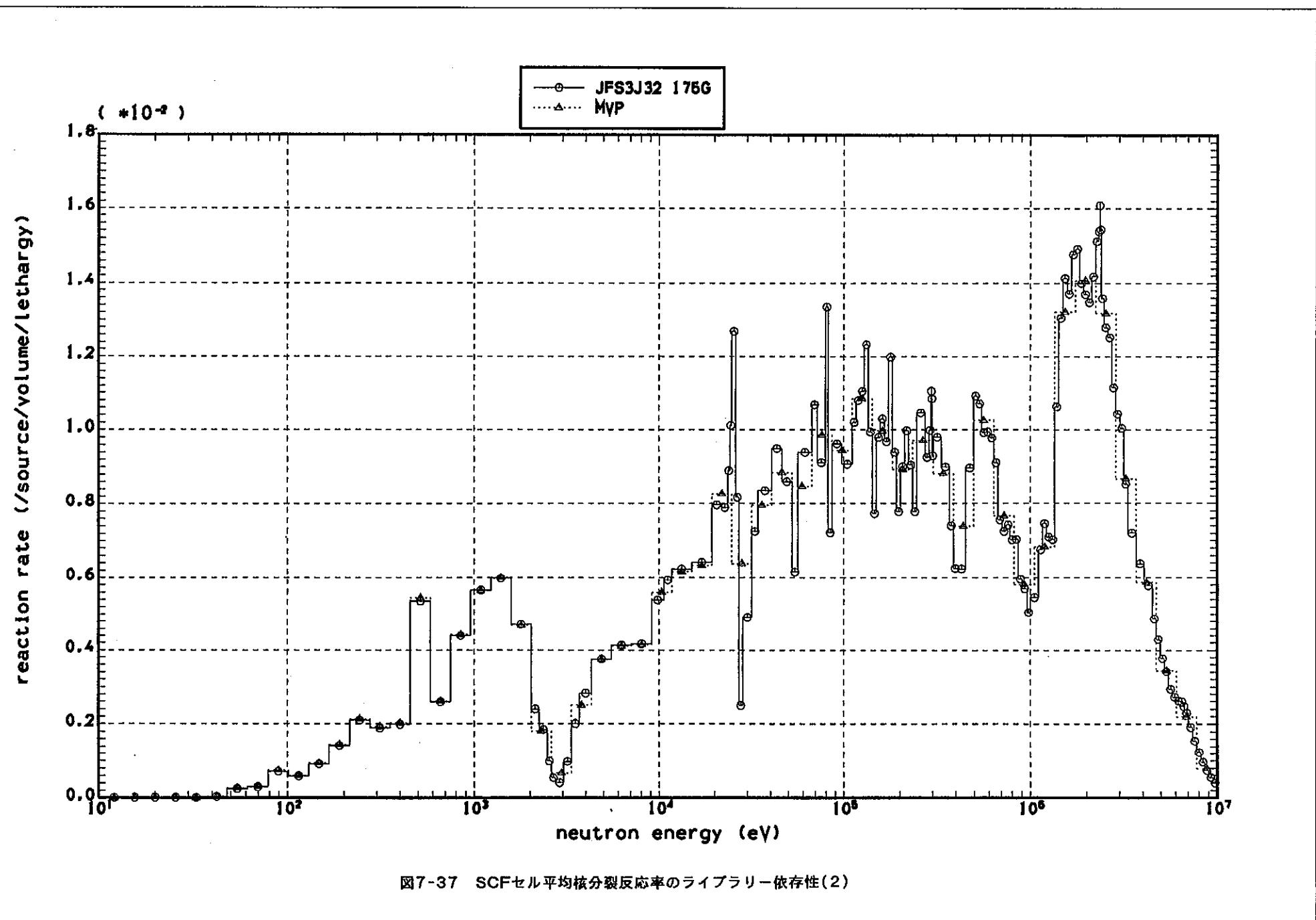
図7-32 SCFセル平均捕獲反応率のライブラリー依存性(1)

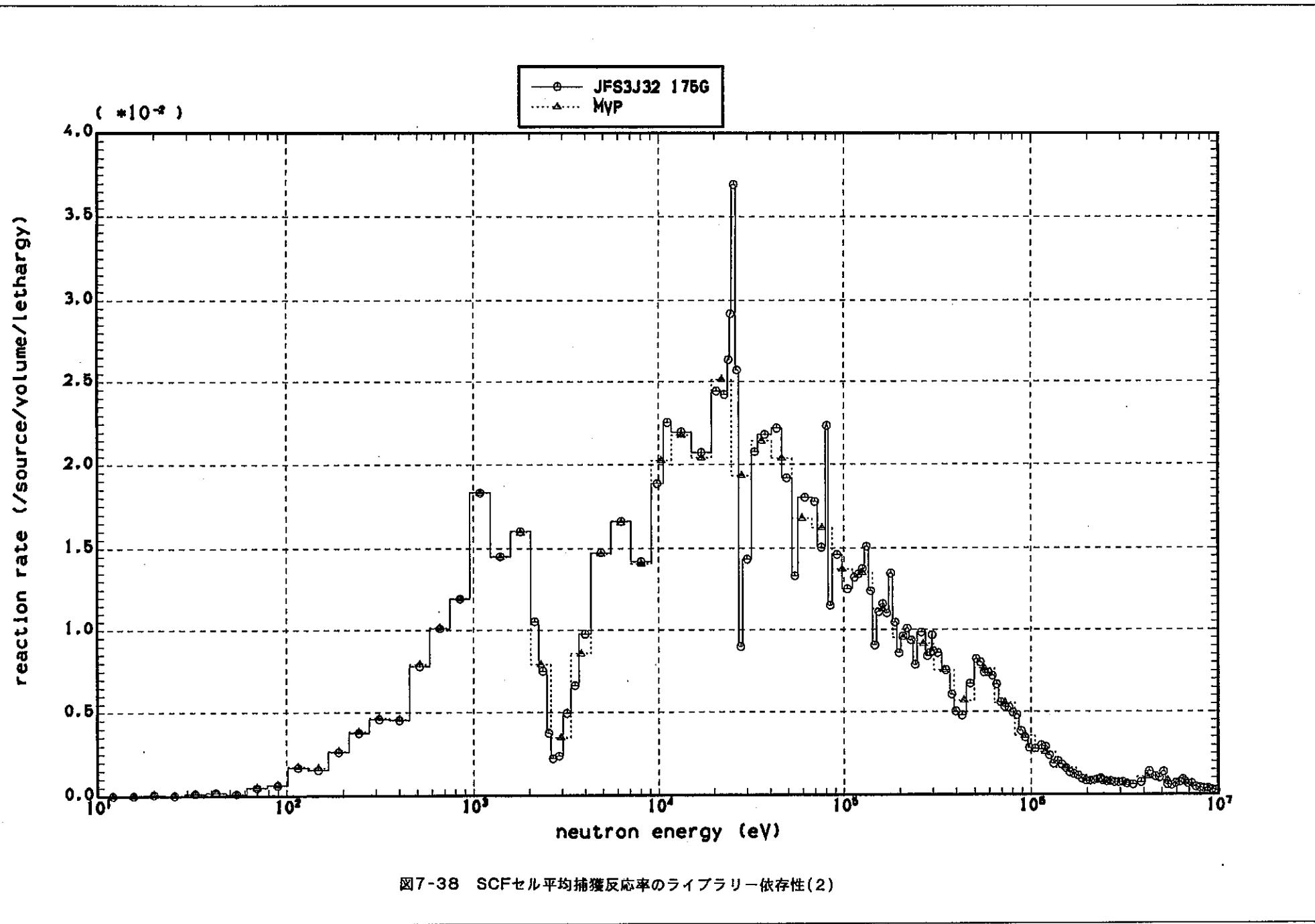


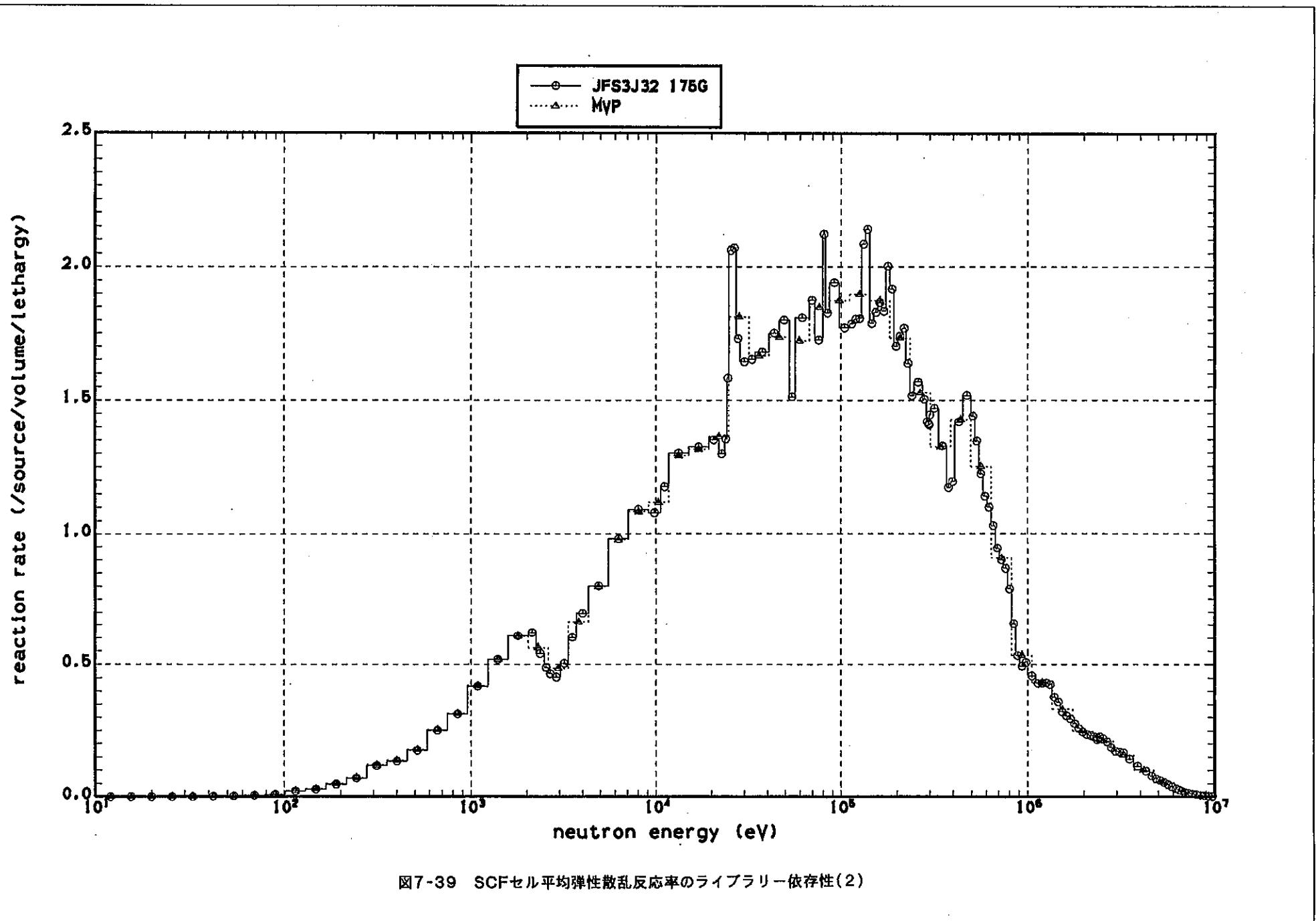












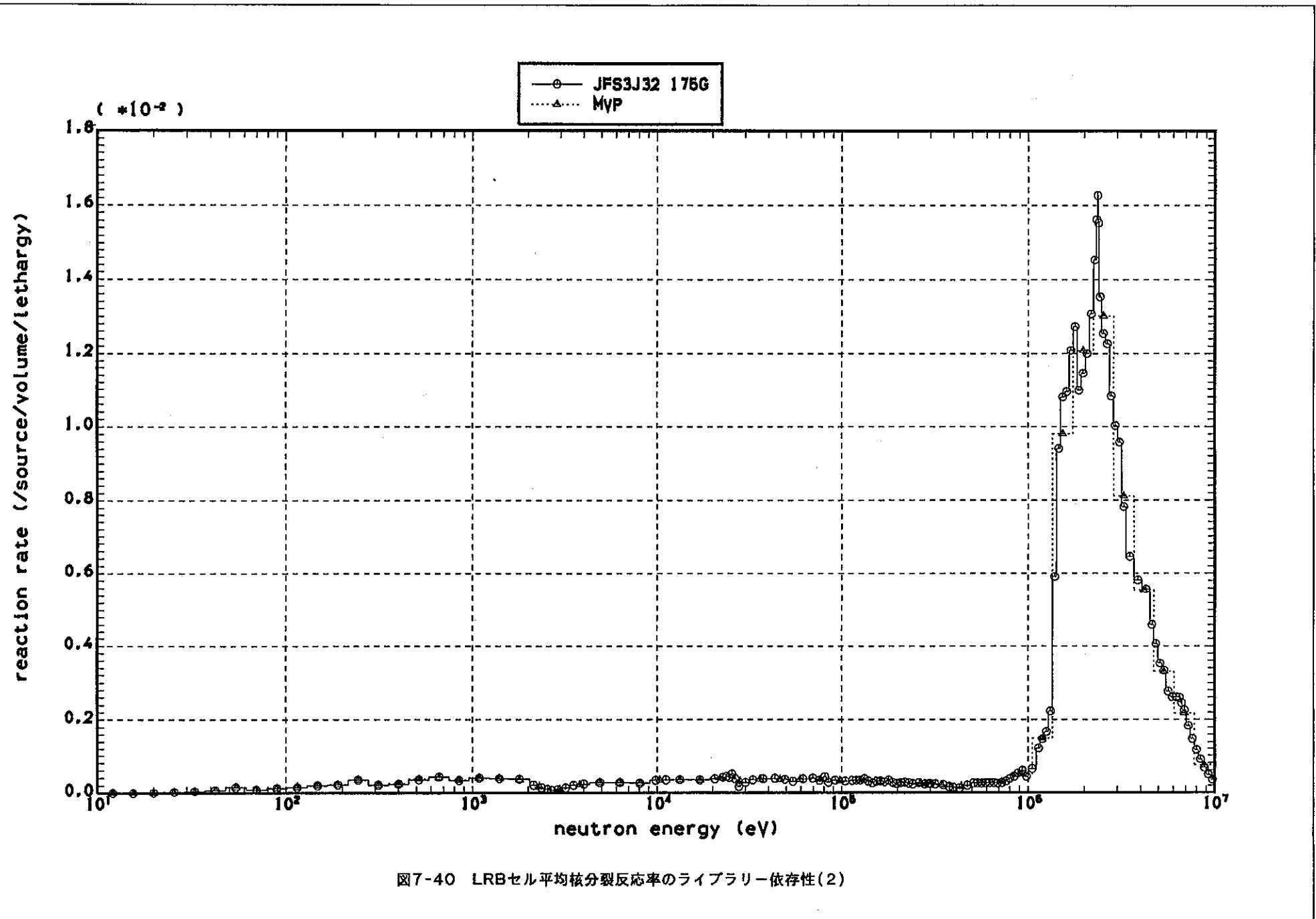


図7-40 LRBセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(2)

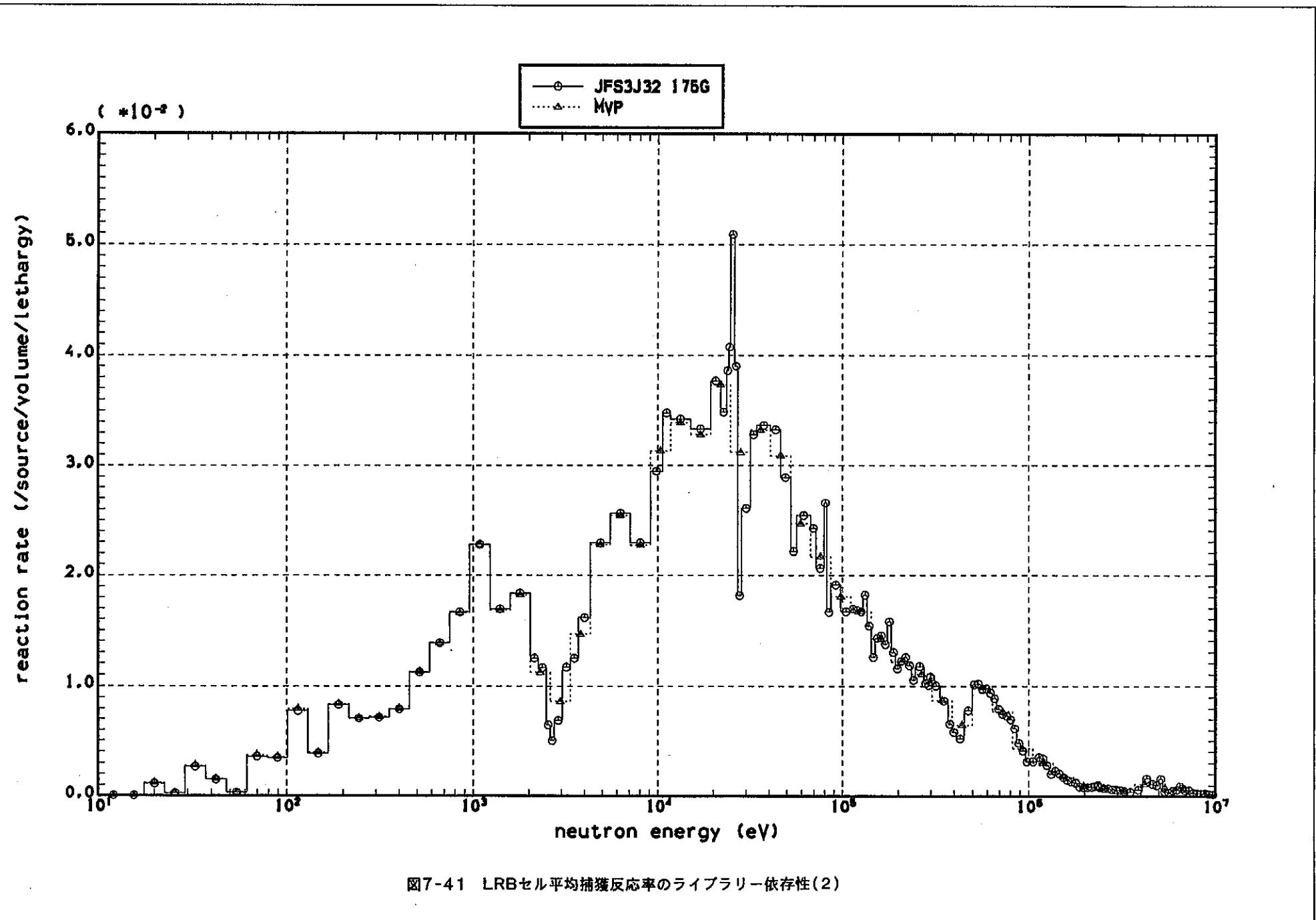
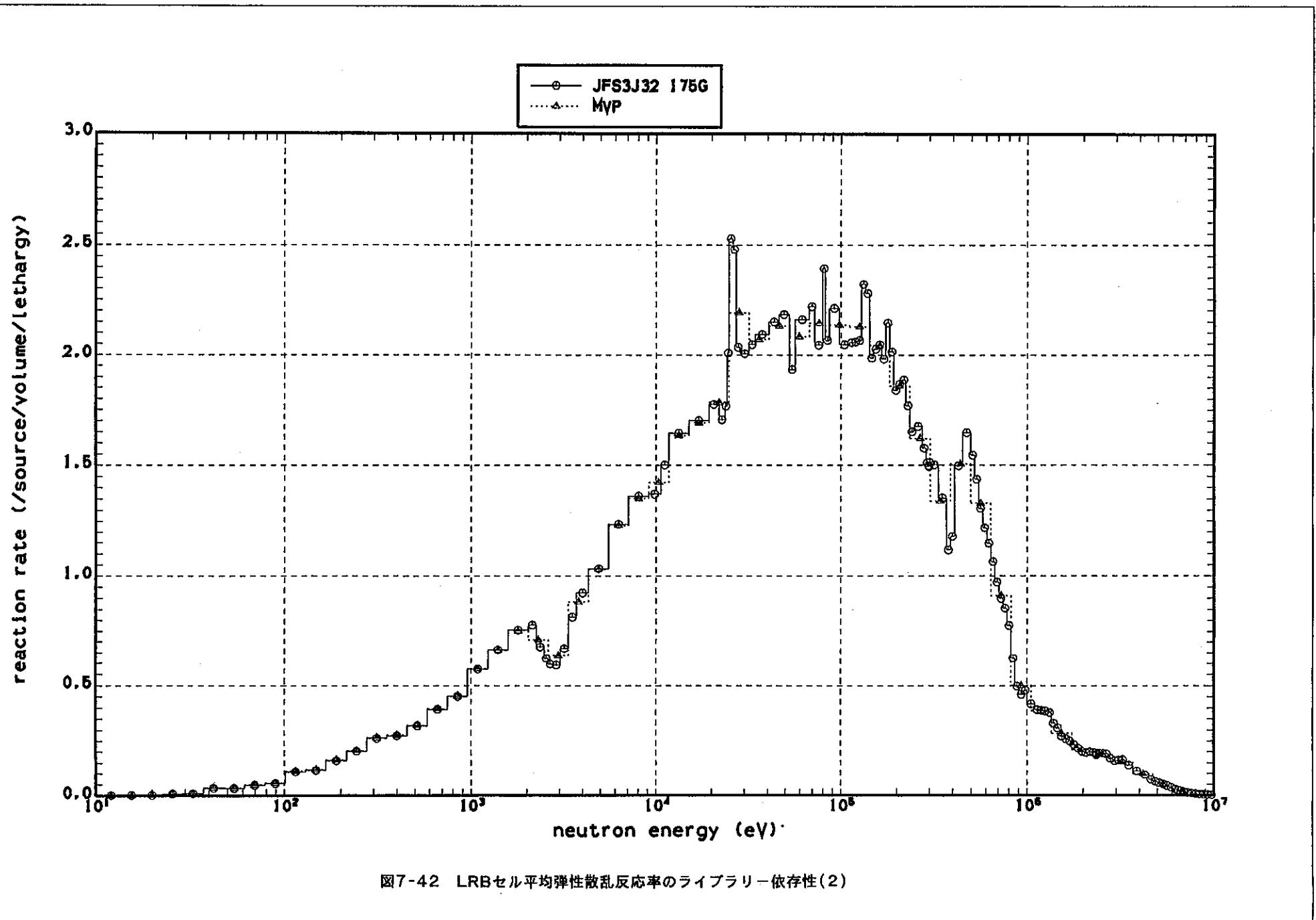


図7-41 LRBセル平均捕獲反応率のライブラリー依存性(2)



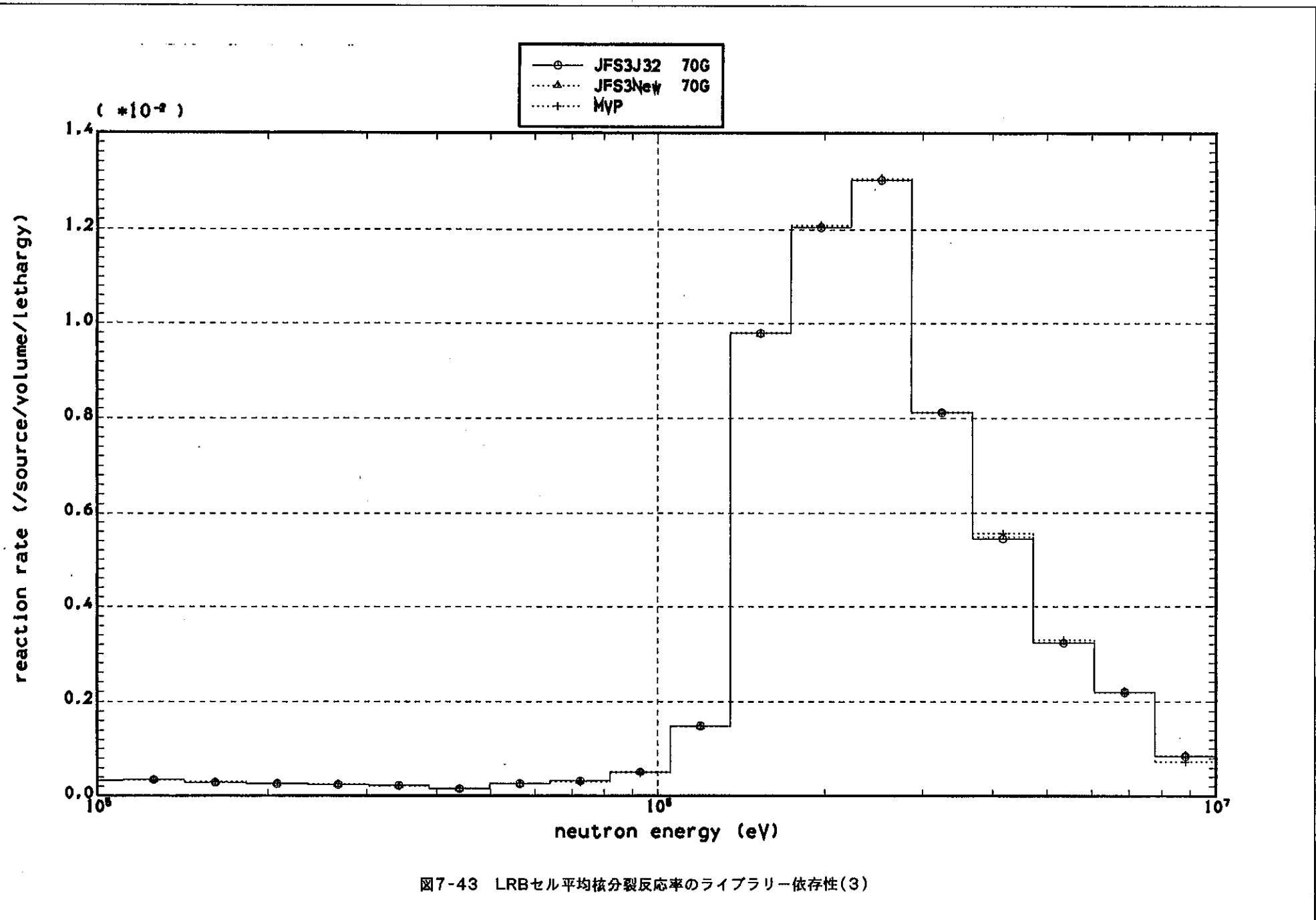


図7-43 LRBセル平均核分裂反応率のライブラリー依存性(3)

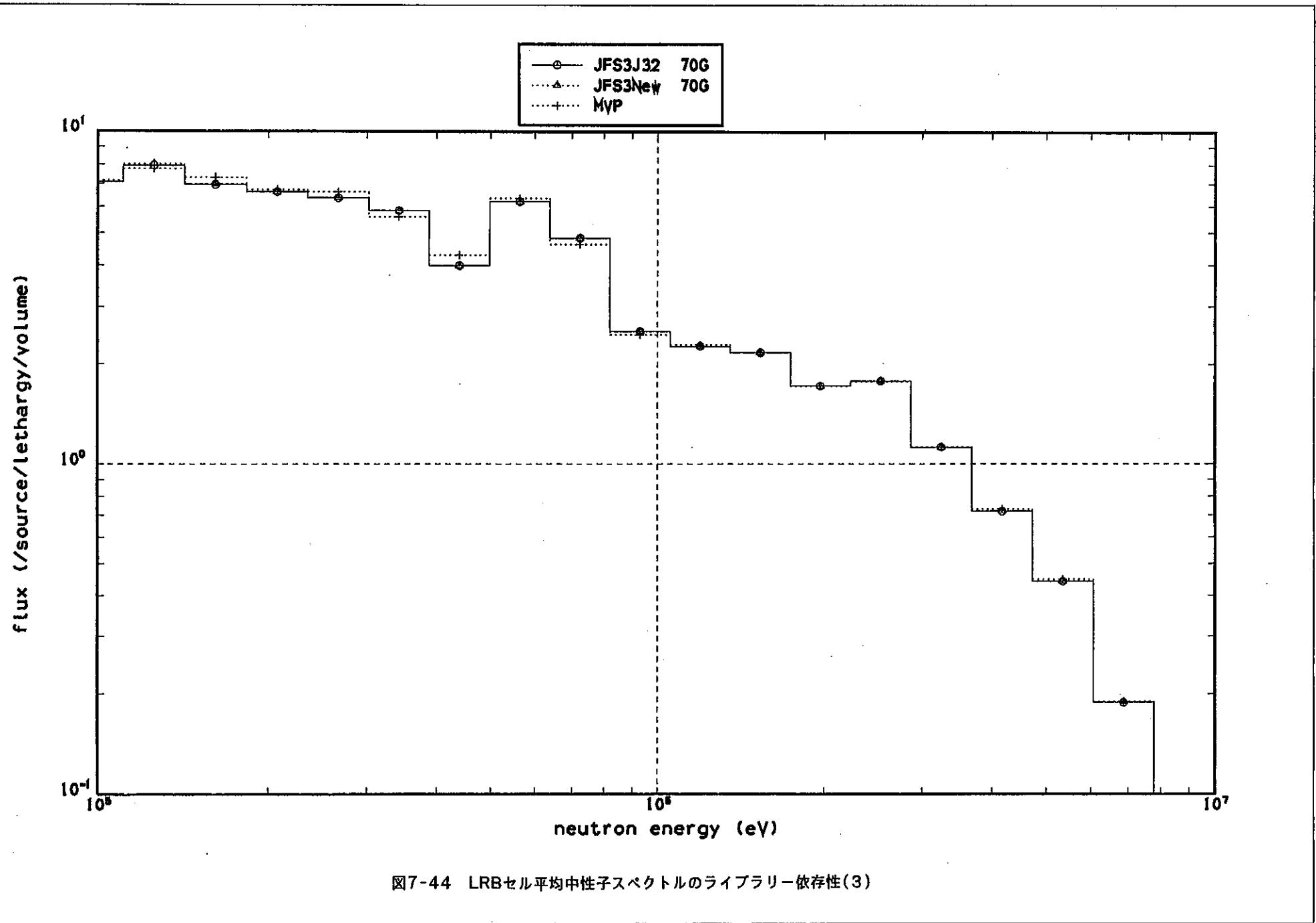
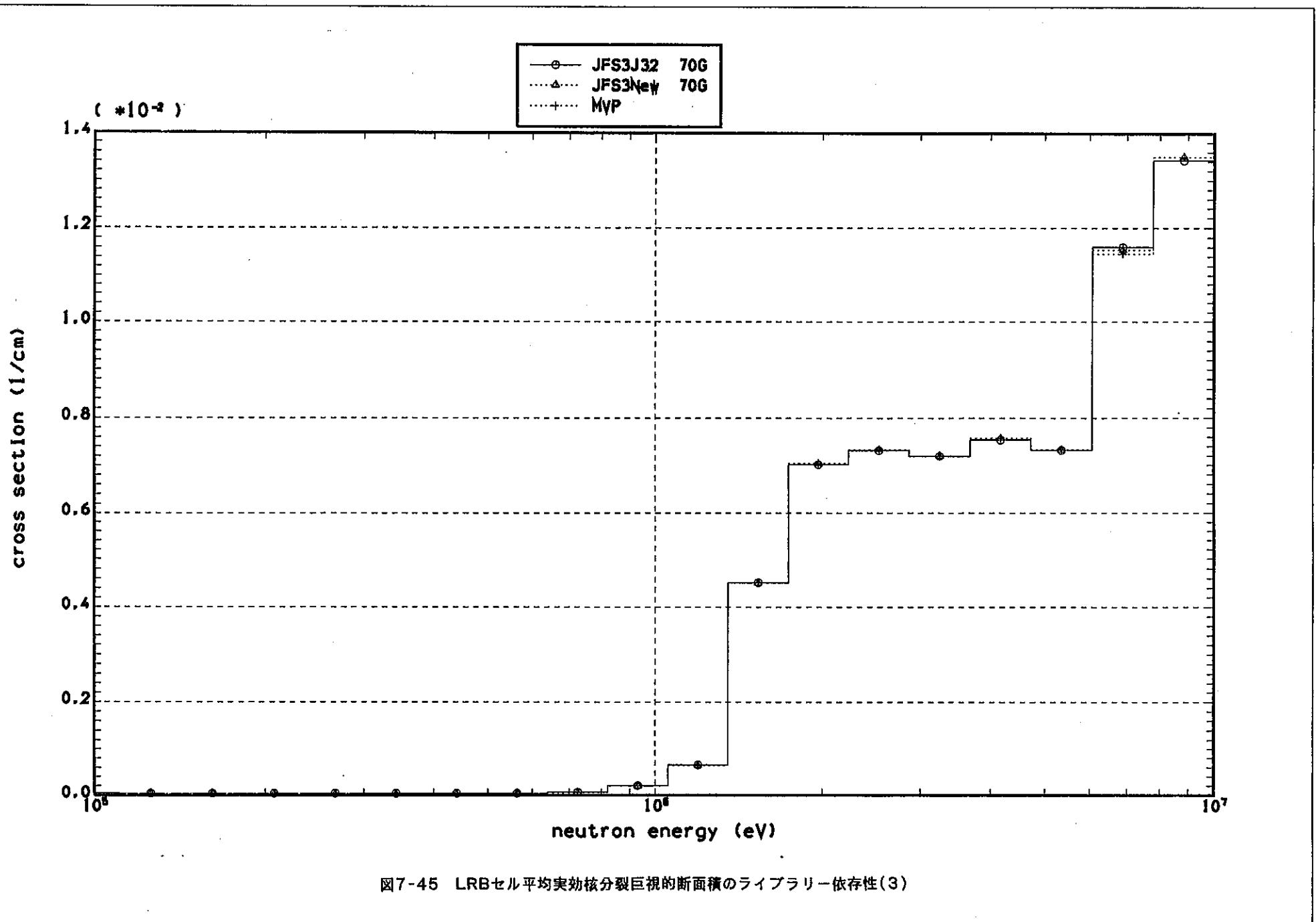


図7-44 LRBセル平均中性子スペクトルのライブラリー依存性(3)



## NEUTRON SPECTRA

SCF ZPPR

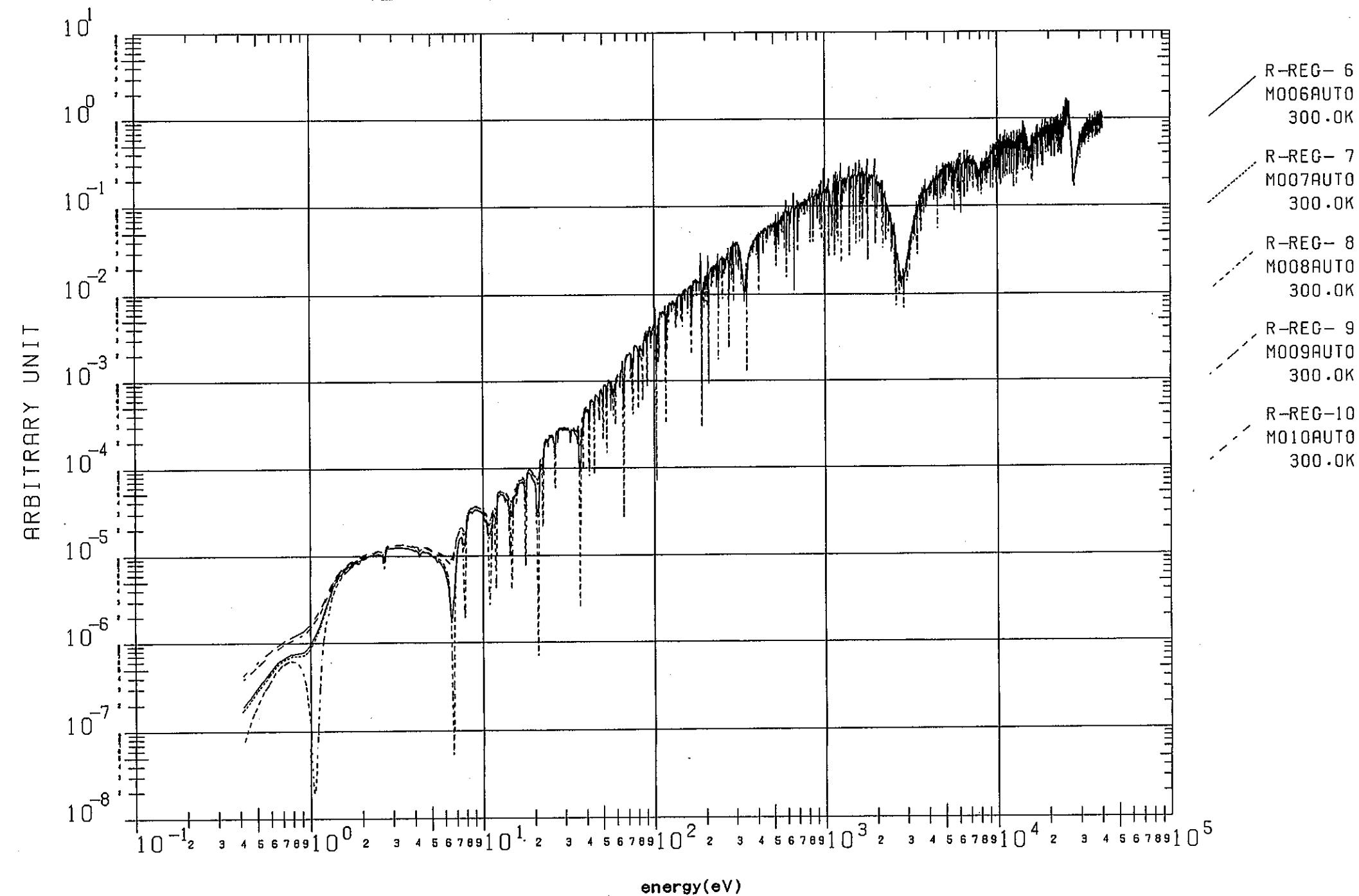


図7-46 PEACOモジュールによるSFCセルの超微細群スペクトル

## NEUTRON SPECTRA

RLB ZPPR

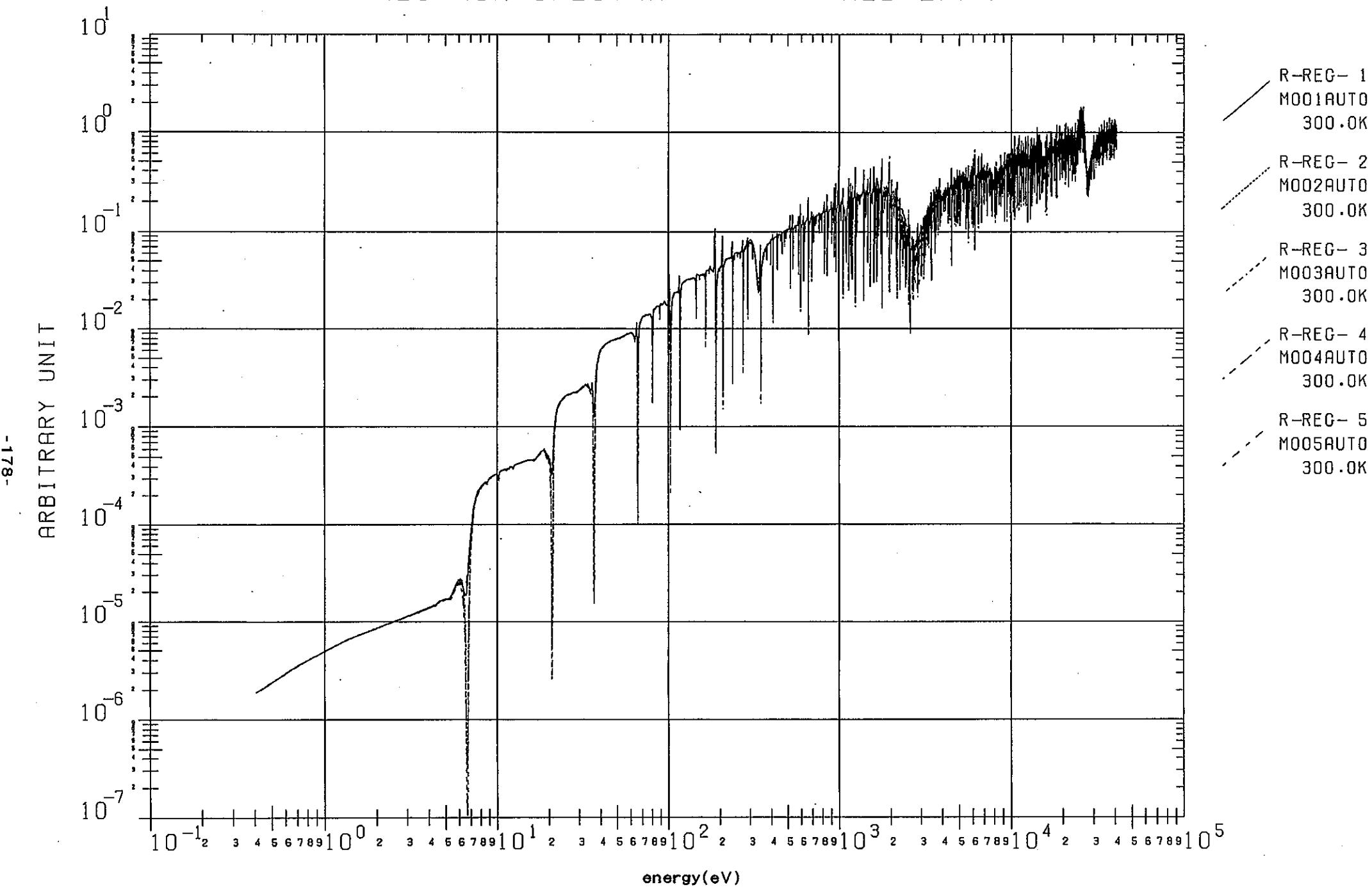


図7-47 PEACOモジュールによるLRBセルの超微細群スペクトル

#### IV. あとがき

本年度は、共鳴実効断面積計算の高精度化を実現する為、「核設計基本データの解析(III)」研究で開発した汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOをJUPITER標準解析システムでのセル計算コードSLAROMでも使用できるようにSLAROMコードを改良を実施した。そして、統計論的手法での統計誤差の低減を図り、連續エネルギーモンテカルロコードMVPと決定論的手法である標準解析システムを用いて、2次元RZ均質モデルでZPPR-13A炉心の反応率分布解析を実施した。その結果、汎用超微細群スペクトル計算モジュールPEACOの有効性と、40keV以上のエネルギー群構造を細かくしたJFS3タイプのライブラリーを使用すれば、反応率分布計算精度を大幅に改善でき、決定論手法とモンテカルロ法手法により計算される反応率の差を1%以下にする事が可能である事が示された。

以上の事から、共鳴実効断面積計算法としてPEACOモジュールを採用すればマルチバンド法を採用する必要はなく、かつ、PEACOモジュールには任意温度で計算ができる事および異核種間の共鳴干渉効果を正確に考慮できる利点があり、JUPITER標準解析システムでの解析手法を大幅に変える事なく、その核特性計算精度を向上させる事ができると考えられる。

さらには、汎用炉定数作成システムの整備として、最新のNJ0Y97.V109コードを移植し、簡単な入力でJFS3タイプのライブラリー作成ができるように、NJ0Yコードの前処理コードPRENJOYと後処理コードPOSTNJOYを作成した。そして、整備した汎用炉定数作成システムを用いJENDL-3.2評価済核データを使用し70群構造の新JFS3-J32ライブラリーを作成し、新JFS3-J32ライブラリーと従来使用してきたJFS3-J32ライブラリーを用いてZPPR9炉心の炉心解析と非均質セル計算を実施し、本研究で整備した汎用炉定数作成システムの検証を行った。その結果、新JFS3-J32ライブラリーは、PEACOモジュールを使用する共鳴断面積計算を組み合わせる事により、従来使用してきたJFS3-J32ライブラリーと同程度の核特性計算精度を持つ事が確認された。

以上より、本研究により基本的な汎用炉定数作成システムが整備され、高精度の共鳴実効断面積計算法が確立された。今後、ZPPR-13A炉心の反応率分布解析で得られた知見により、将来の汎用炉定数ライブラリーの群数とエネルギー構造を定める必要があり、同時にNJ0Y97コードがJENDL-3.3で新しく採用される評価方法を正しく処理できるかを検証する必要がある。また、PEACOモジュールが使用するMCROSSライブラリーの非分離共鳴領域ライブラリー作成を行うTIMSコードの導入が望まれる。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、次の方々の協力を得た。すなわち、核燃料サイクル開発機構の石川真氏（システム技術開発部 炉心技術開発グループ グループリーダー）には全体にわたって活発な御討論と御指示をいただいた。また、核燃料サイクル開発機構の杉野和輝氏（システム技術開発部 炉心技術開発グループ 研究員）、横山賢治氏（システム技術開発部 炉心技術開発グループ 研究員）には適切な助言と指導を戴いた。以上の方々すべてに深く謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 金子 邦男  
「核設計基本データの解析（II）」  
PNC TJ9660 98-001 (1998年3月)
- 2) 金子 邦男  
「核設計基本データの解析（III）」  
JNC TJ9400 99-005 (1999年3月)
- 3) M. Nakagawa and K. Tsuchihashi,  
"SLAROM:A code for Cell Homogenization Calculation of Fast Reactor ",  
JAERI 1294, December 1984
- 4) Y.Ronen et al.,  
"Handbook of Nuclear Reactors Calculations",  
CRC Press, Florida, Vol. I, 102 (1986)
- 5) 奥村 啓介、金子 邦男、土橋 敬一郎  
「SRAC95;汎用核計算コードシステム」、  
JAERI/Data/Code 96-015 (1996年3月)
- 6) 杉野 和輝、石川 真、斎藤 正幸、佐藤 若英、沼田 一幸、三田 敏男  
「核設計基本データベースの整備(VI) —JUPITER-II 実験データ集—」、  
PNC TN9450 96-052 (1996年10月)
- 7) R.W.Roussin ,  
"VITAMIN-E:A Coupled 174-Neutron , 38-Gamma-Ray Multigroup Cross-section Library For  
Deriving Application-Dependent Working Libraries for Radiation Transport Calculations",  
DLC-113 , Oak Ridge National Laboratory (1984)
- 8) R. E. Alcouffe, et. al.,  
"User's Guide for TWODANT:A code Package for Two-Dimensional,diffusion-Accelerated,  
Neutral-Particle Transport",  
LA-10049-M (1990)
- 9) 森 貴正、中川正幸  
「MVP/GMVP 連続エネルギー及び多群法に基づく汎用中性子・光子輸送計算モンテカルロコード」、  
JAERI/Data/Code 94-007 (1994年8月)
- 10) D.E.Cullen,  
Program LINEAR (version 79-1) :  
Linearize data in the evaluated nuclear data file / version B (ENDF/B) format",  
UCRL-50400, Vol.17, Part A, October 1979.
- 11) E.Cullen,  
"Program RECENT (version 79-1) : reconstruction of energy-dependent neutron cross sections  
from resonance parameters in the ENDF/B format",  
UCRL-50400, Vol.17, Part C, October 1979.
- 12) E.Cullen,  
" Program SIGMA1 (version 79-1) : Doppler broaden evaluated cross sections  
in the evaluated nuclear data file / version B (ENDF/B) format ",  
UCRL-50400, Vol.17, Part B, Rev.2, October 1979.
- 13) R. E. MacFarlane and D. W. Muir  
" The NJOY Nuclear Data Processing System, Version 91 ",  
Los Alamos National Laboratory report LA-12740-M (Oct. 1994)

- 14) 高野 秀機、長谷川 明、金子 邦男  
「速中性子エネルギー領域群定数作成コード・システム：TIMS-PGG」、  
JAERI-M 82-072 (1982年7月)
- 15) Takano H. et. al.,  
"TIMS-1:A Processing Code for Production of Group Constants of Heavy Resonant Nuclei",  
JAERI 1267 (1980)
- 16) Keiichi Shibata and Tsutomu Narita ,  
"Description Data of JENDL-3.2 ",  
JAERI-Data/Code 98-006 (1998)
- 17) 岩井 武彦、杉野 和輝、石川 真  
「ZPPR-9炉心ベンチマークテスト問題の整備」、  
PNC TN9410 98-079 (1998年7月)
- 18) 石川 真、斎藤 正幸、佐藤 若英、三田 敏男、池上 哲雄  
「核設計基本データベースの整備(II) —JUPITER- I 実験データ集—」、  
PNC TN9410 93-010 (1992年12月)

## 付録 A

NJ0Y97コードの入力マニュアル

## 付録 A NJ0Y97コードの入力マニュアル

- 表A-1 NJ0Y97の機能説明
- 表A-2 NJ0Y97のreconrモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-3 NJ0Y97のbroadrモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-4 NJ0Y97のunresrモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-5 NJ0Y97のheatrモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-6 NJ0Y97のthermrモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-7 NJ0Y97のgroupmrモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-8 NJ0Y97のmoderモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-9 NJ0Y97のplotrモジュールの機能説明と入力マニュアル
- 表A-10 NJ0Y97のviewrモジュールの機能説明と入力マニュアル

表A-1 NJOY97の機能説明

```

c ****
c *
c * njoy nuclear data processing system *
c * version 97.0 *
c * 31 Oct 97 *
c *
c ****
c *
c * njoy is a system of processing modules intended to convert *
c * evaluated nuclear data in the endf format into forms useful *
c * for practical applications. *
c *
c * reconr...reconstruct pointwise cross sections from endf/b *
c * resonance parameters and interpolation schemes. *
c *
c * broadr...doppler broaden and thin pointwise cross sections. *
c *
c * unresr...compute effective pointwise self-shielded cross *
c * sections in the unresolved energy range. *
c *
c * heatr...compute heat production cross sections (kerma) *
c * and damage energy production. *
c *
c * thermr...generate neutron scattering cross sections and *
c * point-to-point scattering kernels in the thermal range *
c * for free or bound atoms. *
c *
c * groupr...generate self-shielded multigroup cross sections and *
c * group-to-group scattering and photon production matrices. *
c *
c * gaminr...compute multigroup photon interaction cross sections, *
c * scattering matrices, and heat production. *
c *
c * errorr...construct multigroup covariance matrices. *
c *
c * covr...process covariance data from errorr *
c *
c * moder...convert between endf/b standard coded mode and the *
c * njoy blocked binary mode. *
c *
c * dtfr...output and plot multigroup data for discrete ordinates *
c * transport codes. *
c *
c * ccccr...format multigroup data into the cccc standard *
c * interface files isotxs, brkoxs, and dlays. *
c *
c * matxsr...convert multigroup data into the comprehensive matxs *
c * cross section interface format. *
c *
c * resxsr...prepare a cccc-like file of pointwise resonance *
c * cross sections for thermal flux calculations *
c *
c * acer...prepare library for the los alamos continuous energy *
c * monte-carlo code mcnp. *
c *
c * powr...convert multigroup data into libraries for the thermal *
c * powr reactor codes epri-cell and epri-cpm. *
c *
c * wimsr...convert multigroup data into libraries for the *
c * reactor assembly codes wims-d or wims-e. *
c *
c * plotr...plot endf, pendf, gendif, or exp. cross sections, *
c * distributions, or matrices. *
c *
c * viewr...view plots from plotr, dtfr, covr, etc. in postscript *
c *
c * mixr...mix file 3 cross sections (for example, to make *
c * elemental cross sections) for plotting, etc. *
c *
c * purr...generate unresolved-resonance probability tables *
c * for the mcnp monte carlo code *
c *

```

```
c * leap...generate s(alpha,beta) for thermal moderators *
c * gaspr...add gas production (mt203-207) to pendf *
c * each module is an independently compiled code segment. the *
c * main program controls the order in which modules are used *
c * and contains the utility subroutines used by all modules. *
c *-----input specifications (free format)-----*
c * card 1      module option *
c *   module    six character module name, e.g., reconr. *
c *             it is not necessary to use quotes. *
c *             repeat card 1 for each module desired, and *
c *             use the name "stop" to terminate program. *
c * see the comments at the start of each module for *
c * its specific input instructions. *
c *----- code conversion -----*
c * code conversion is handled using the "*if" constructs of *
c * the upd code (which is a code for maintaining fortran codes *
c * similar to update). the logical variables that can be *
c * set are the following: *
c *   sw — set for short-word machines (32 bit). leave *
c *         unset for 64 bit machines. *
c *   wordio — set to activate word-addressable io *
c *             (ianl cray unicos only. see acer) *
c ****
```

表A-2 NJOY97のreconrモジュールの機能説明と入力マニュアル

```

c ****
c * reconstruct pointwise cross sections *
c *
c * resonance cross sections are calculated using the methods of *
c * resend, with modifications to the method of generating the *
c * energy grid and the method of combining resonance and *
c * background cross sections. *
c *
c * this program generates an energy grid which is the union of *
c * an input grid (if any), the resonance energies (if any), and *
c * the energies of cross sections in mf3 and mf13 (or mf23). *
c * the pointwise cross sections are then computed on this grid *
c * and points are added so that the resonance cross sections and *
c * any cross sections represented by non-linear interpolation *
c * are reproduced within a specified tolerance by linear inter- *
c * polation. psi-chi reconstruction can be used if desired. *
c * sections which are not cross sections (mu,nu) and photon *
c * multiplicities (mf12) are not processed. redundant reactions *
c * are reconstructed to be the sum of their parts. the pendf *
c * tape contains point cross sections in mf3 and mf13 (or mf23) *
c * and a description of the processing in mf1. the mf1 diction- *
c * ary is updated. the c1 and c2 fields of the second card in *
c * mf1 contain the temperature and reconstruction tolerance *
c * respectively. an mf2 appropriate to no resonance parameters *
c * is constructed with the potential scattering length added. *
c *
c * if unresolved parameters are present, the infinitely dilute *
c * cross sections are computed on a special energy grid chosen *
c * to preserve the required interpolation properties. this *
c * table is added to the pendf tape using a special format in *
c * mf2/mt152, and the table is also used to compute the *
c * unresolved contributions in mf3. this allows resolved *
c * resonance cross sections which overlap the resolved range *
c * to be recovered by subtraction. *
c *
c *-----input specifications (free format)-----
c *
c * card 1
c * nendf    unit for endf/b tape
c * npend     unit for pendf tape
c * card 2
c * tlabel    66 character label for new pendf tape
c *           delimited with quotes, ended with /.
c * card 3
c * mat       material to be reconstructed
c * ncards    number of cards of descriptive data for new mf1
c *           (default=0.)
c * ngrid     number of user energy grid points to be added.
c *           (default=0.)
c * card 4
c * err       fractional reconstruction tolerance used when
c *           resonance-integral error criterion (see errint)
c *           is not satisfied.
c * tempr     reconstruction temperature (deg kelvin)
c *           (default=0.)
c * errmax   fractional reconstruction tolerance used when
c *           resonance-integral error criterion is satisfied
c *           (errmax.ge.err, default=20.*err)
c * errint   maximum resonance-integral error (in barns)
c *           per grid point (default=err/10000)
c *           (note: the max cross section difference for
c *           linearization, errlim, and for reconstruction,
c *           errmin, are also tied to errint. to get maximum
c *           accuracy, set errint to a very small number.
c *           for economical production, use the defaults.)
c * card 5
c * ncards   ncards of descriptive comments for mt451
c *           each card delimited with quotes, ended with /.
c * card 6
c * enode    users energy grid points
c *
c * cards 3, 4, 5, 6 must be input for each material desired
c * mat=0/ terminates execution of reconr.
c ****

```

表A-3 NJOY97のbroadrモジュールの機能説明と入力マニュアル

```

c ****
c *
c * doppler broaden and thin neutron point cross sections *
c *
c * a modified version of the kernel broadening method developed *
c * for sigma1 (d.e.cullen, llnl) is used. cross sections *
c * for low threshold reactions are unionized on the grid of the *
c * total cross section, then broadened and thinned in parallel. *
c * high threshold reactions are not broadened. the total and *
c * and nonelastic are reconstructed to equal the sum of parts. *
c *
c * the output energy grid for broadened cross sections is *
c * constructed adaptively (as in reconr) so that the results *
c * represent the true function within the given tolerance. *
c * energy values are either removed from the original grid, or *
c * new values are added between the original points. thus, a *
c * given energy range can have more or fewer points than the *
c * original energy grid. *
c *
c * for high temperatures and low energies where the original *
c * sigma1 breaks down, a new direct expansion of the doppler *
c * integral is used. *
c *
c * while doing the first temperature, broadr computes a number *
c * of thermal quantities and resonance integrals. values for *
c * both 0.0253 ev and the first temperature in ev (tev) are *
c * printed out. integrals are calculated at tev only. *
c *
c * the results are written out in pendf format with each *
c * temperature represented as a different mat. dictionaries *
c * are corrected to reflect the effects of thinning. *
c *
c *—input specifications (free format)—*
c *
c * card 1
c * nendf    input endf tape (for thermal nubar only)
c * nin      input pendf tape
c * nout     output pendf tape
c *
c * card 2
c * mat1     material to be processed
c * ntemp2   number of final temperatures (maximum=10)
c * istart   restart (0 no, 1 yes, default 0)
c * istrap   bootstrap (0 no, 1 yes, default 0)
c * temp1    starting temperature from nin (default=0.k)
c *
c * card 3
c * errthn   fractional tolerance for thinning
c * thnmax   max. energy for broadening and thinning
c *          (default=1 mev)
c * errmax   fractional tolerance used when integral criterion
c *          is satisfied (same usage as in reconr)
c *          (errmax.ge.errthn, default=20*errthn)
c * errint   parameter to control integral thinning
c *          (usage as in reconr) (default=errthn/10000)
c *          set very small to turn off integral thinning.
c *          (a good choice for the convergence parameters
c *          errthn, errmax, and errint is the same set of
c *          values used in reconr)
c *
c * card 4
c * temp2    final temperatures (deg kelvin)
c *
c * card 5
c * mat1     next mat number to be processed with these
c *          parameters. terminate with mat1=0.
c *
c *—input options—*
c *
c * the output tape will contain the ntemp2 final temperatures
c * specified. it is necessary to have temp1.i.e. temp2(1).
c * if temp2.eq.temp1, the data will be thinned only.
c *
c * restart   continue broadening an existing pendf tape. all
c *           temperatures are copied through temp1. additional
c *           final temperatures are added by starting with the
c *           data at temp1.
c 
```

```
c * bootstrap if bootstrap is not requested, each final tempera- *
c * ture is generated by broadening directly from *
c * temp1 to temp2. if bootstrap is requested, each *
c * final temperature is broadened from the preceding *
c * temperature. this option is faster due to the *
c * thinning in the previous step. however, errors *
c * accumulate. *
c *
c * thnmax the upper limit for broadening and thinning is the *
c * lowest of the input value of thnmax, the lowest *
c * reaction threshold, or the start of the unresolved *
c * range. if there is resolved-unresolved overlap, *
c * the overlap region is included in the broadening. *
c * a negative value of thnmax will override the *
c * resolved and threshold limits. This allows the *
c * first few threshold reactions to be broadened if *
c * desired. the magnitude of thnmax must be chosen *
c * to keep the number of broadenenable reactions less *
c * than or equal to the maximum of ntt (10). *
c ****
```

表A-4 NJOY97のunresrモジュールの機能説明と入力マニュアル

```
c ****
c *
c * compute unresolved resonance cross-sections *
c *
c * the method of etox is used to compute self-shielded *
c * unresolved resonance cross-sections on the energy grid of *
c * the unresolved parameters. subsequent interpolation is *
c * to be on the cross-sections and not on the parameters. *
c * additional energy grid points are added at quarter lethargy *
c * intervals if only three or fewer grid points are found. *
c * the accurate hwang quadrature set is used for the integrals. *
c *
c *—input specifications (free format)—————*
c *
c * card 1 *
c * nendf unit for endf/b tape *
c * nin unit for input pendf tape *
c * nout unit for output pendf tape *
c * card 2 *
c * matd material to be processed *
c * ntemp no. of temperatures (10 max) *
c * nsigz no. of sigma zeroes (10 max) *
c * iprint print option (0=min, 1=max) (default=0) *
c * card 3 *
c * temp temperatures in kelvin (including zero) *
c * card 4 *
c * sigz sigma zero values (including infinity) *
c * cards 2, 3, 4 must be input for each material desired *
c * matd=0/ terminates execution of unresr. *
c ****
```

表A-5 NJ0Y97のheattrモジュールの機能説明と入力マニュアル

```

*****
*c
*c   * compute heating kerma (kinetic energy release in material) *
*c   * and radiation damage energy production *
*c
*c   * the prompt kerma is computed pointwise on the grid of the *
*c   * total cross section from the input pendf tape and written *
*c   * onto the output pendf tape at infinite dilution using the *
*c   * 300 series of mt numbers. all temperatures on the input pendf *
*c   * tape for the desired material are processed. the dictionary *
*c   * is revised. reaction q values are obtained from the endf/b *
*c   * tape unless the user enters his own value. partial kermas *
*c   * can be requested for self-shielding calculations or other *
*c   * purposes. the code uses the energy balance method where *
*c   * photon files are available and deposits all photon energy *
*c   * locally when files are not available. this assures *
*c   * consistency between neutron heating and energy deposition by *
*c   * subsequent photon interactions. an exception is made for *
*c   * capture where recoil is computed by momentum conservation. *
*c   * photon files are used to estimate the average photon momentum *
*c   * when available. a diagnostic message is printed if the *
*c   * momentum calculation leads to a significant error in *
*c   * energy conservation. *
*c
*c   * if desired, the energy-balance kerma factors can be compared *
*c   * with conservative kinematic limits (set iprint=2). *
*c   * a plot file for viewr can be automatically prepared. *
*c
*c   * damage energy is computed using the lindhard electronic *
*c   * screening damage function with a 25 ev displacement *
*c   * threshold. *
*c
*c   *—input specifications (free format)—*
*c
*c   * card 1
*c   *   nendf    unit for endf/b tape
*c   *   nin      unit for input pendf tape
*c   *   nout     unit for output pendf tape
*c   *   nplot    unit for graphical check output
*c
*c   * card 2
*c   *   matd     material to be processed
*c   *   npk      number of partial kermas desired (default t=0)
*c   *   nqa      number of user q values (default t=0)
*c   *   ntemp    number of temperatures to process
*c   *             (default=0, meaning all on pendf)
*c   *   local    0/1=gamma rays transported/deposited locally
*c   *             (default=0)
*c   *   iprint   print (0 min, 1 max, 2 check) (default=0)
*c
*c   * card 3
*c   *   mtk      mt numbers for partial kermas desired
*c   *             total (mt301) will be provided automatically.
*c   *             partial kerma for reaction mt is mt+300
*c   *             and may not be properly defined unless
*c   *             a gamma file for mt is on endf tape.
*c   *             special values allowed—
*c   *               303  non-elastic (all but mt2)
*c   *               304  inelastic (mt51 thru 91)
*c   *               318  fission (mt18 or mt19, 20, 21, 38)
*c   *               401  disappearance (mt102 thru 120)
*c   *               443  total kinematic kerma (high limit)
*c   *             damage energy production values—
*c   *               444  total
*c   *               445  elastic (mt2)
*c   *               446  inelastic (mt51 thru 91)
*c   *               447  disappearance (mt102 thru 120)
*c
*c   * cards 4 and 5 for nqa gt 0 only
*c
*c   * card 4
*c   *   mta      mt numbers for users q values
*c
*c   * card 5
*c   *   qa       user specified q values (ev)
*c   *             (if qa.ge.99.e6, read in variable qbar
*c   *               for this reaction)
*c
*c   * card 5a
*c   *   qbar    variable qbar (for reactions with qa flag only)
*c   *   tab1    tab1 record giving qbar versus e (1000 words max)
*****
```

表A-6 NJ0Y97のthermrモジュールの機能説明と入力マニュアル

```

*****
c * generate neutron scattering cross sections and point-to-point *
c * scattering kernels in the thermal range *
c * add pointwise scattering cross sections and scattering *
c * matrices to an existing pendf tape. cross sections are *
c * added to mf3 and matrices are written in mf6 (using a *
c * modified format). both using mtref for inelastic and *
c * mtref+1 for elastic (if any).
c * multiple scattering types (ie, h free and h in h2o) can be *
c * written on one pendf tape by using different values of mtref *
c * for each thermr run. if data for one mtref is already on *
c * the tape, it will be replaced with the new cross sections.
c * the energy grid for coherent scattering is determined *
c * adaptively so as to represent the sharp bragg edges to *
c * a specified tolerance using linear interpolation. the *
c * secondary energy grid for inelastic scattering is also deter- *
c * mined adaptively. angular dependence is represented as *
c * equally probable cosines. the initial energy grid is wired in*
c * (see egrid in calcem). a special projection interpolation *
c * scheme is used in groupr to integrate this relatively *
c * coarse grid.
c *
c * current capabilities...
c *   1.) compute free-gas scattering matrices and normalize *
c *       to the elastic cross section on the old pendf tape.
c *   2.) compute incoherent matrices from read-in
c *       s(alpha,beta) data.
c *   3.) compute coherent scattering from hexagonal lattices.
c *   4.) compute incoherent elastic scattering.
c * for endf 3 to 5 formats, the constants used for coherent *
c * elastic, incoherent elastic, and short-collision-time calcu- *
c * lations are obtained from internal data statements based on *
c * the original general atomic report on the evaluations
c * (ga-8774 revised, endf-269, july 1978).
c *
c * for endf6 format libraries, these constants are included
c * in the format.
c *
c *-----input specifications (free format)-----
c *
c * card 1
c *   nendf    endf/b tape for mf7 data
c *   nin      old pendf tape
c *   nout     new pendf tape
c *
c * card 2
c *   matde    material desired on endf tape
c *   matdp    material desired on pendf tape
c *   nbins   number of equi-probable angles
c *   ntemp    number of temperatures
c *   iinc     inelastic options
c *             0 none
c *             1 compute as free gas
c *             2 reserved
c *             3 reserved
c *             4 read s(a,b) and compute matrix
c *   icoh     elastic options
c *             0 none
c *             1 graphite
c *             2 beryllium
c *             3 beryllium oxide
c *             11 polyethylene
c *             12 h(zrh)
c *             13 zr(zrh)
c *   natom   number of principal atoms
c *   mtref    mt for inelastic reaction (201-250 only)
c *   iprint   print option (0=minimum, 1=maximum,
c *             2=max. normal + intermediate results)
c *             (default=0)
c *
c * card 3
c *   temp    temperatures (kelvin)
c *
c * card 4
c *   tol     tolerance
c *   emax   maximum energy for thermal treatment
c *           (for temperatures greater than 3000,
c *           emax and the energy grid are scaled by
c *           temp/300. free gas only.)
c *
c *   nendf can be endf-6 format (e.g., from leapr) while
c *   nin and nout are endf-4 or 5 format, if desired.
*****
```

表A-7 NJOY97のgrouprモジュールの機能説明と入力マニュアル

```

c **** groupr.5
c * groupr.6
c * groupr.7
c * groupr.8
c * groupr.9
c * groupr.10
c * groupr.11
c * groupr.12
c * groupr.13
c * groupr.14
c * groupr.15
c * groupr.16
c * groupr.17
c * groupr.18
c * groupr.19
c * groupr.20
c * groupr.21
c * groupr.22
c * groupr.23
c * groupr.24
c * groupr.25
c * groupr.26
c * groupr.27
c * groupr.28
c * groupr.29
c * groupr.30
c * groupr.31
c * groupr.32
c * groupr.33
c * groupr.34
c * groupr.35
c * groupr.36
c * groupr.37
c * groupr.38
c * groupr.39
c * groupr.40
c * groupr.41
c * up102.6
c * up102.7
c * up102.8
c * up102.9
c * groupr.44
c * groupr.45
c * groupr.46
c * groupr.47
c * groupr.48
c * groupr.49
c * groupr.50
c * groupr.51
c * groupr.52
c * groupr.53
c * groupr.54
c * groupr.55
c * groupr.56
c * groupr.57
c * groupr.58
c * groupr.59
c * groupr.60
c * groupr.61
c * groupr.62
c * groupr.63
c * groupr.64
c * groupr.65
c * groupr.66
c * groupr.67
c * groupr.68
c * groupr.69
c * groupr.70
c * groupr.71
c * groupr.72
c * groupr.73
c * groupr.74
c * groupr.75

* compute self-shielded group-averaged cross sections
* produces self-shielded cross sections, neutron scattering
* matrices, and photon production matrices. scattering and
* photon matrices may be self-shielded if desired (see init).
* bondarenko weighting is normally used. optionally, the flux
* can be computed for an infinite mixture of heavy absorber
* and light moderator. delayed neutron data and thermal
* scattering matrices are handled specially.
* the integration over initial energy is handled in the same
* way for all reaction types by using the integrand
* feed*xsec*flux
* feed is the source into final energy group gprime and
* legendre order l from initial energy e (see getff). for
* vectors, the feed is 1. or a yield (nubar, mubar). for two
* body scattering, a center-of-mass gaussian integration is used
* to obtain accurate results even for small legendre components
* of the group-to-group scattering. additional initial energy
* quadrature points are added to integrate the known polynomial
* order of this feed function. feed for tabulated continuum
* reactions is computed exactly on the endf/b grid points and
* then interpolated at e. a special projection interpolation
* scheme is used for thermal matrices (see getaed). the feed
* for analytic continuum reactions is exact.
* _____input specifications (free format)_____
* card1
* nendf unit for endf/b tape
* npend unit for pendf tape
* ngout1 unit for input gout tape (default=0)
* ngout2 unit for output gout tape (default=0)
* card2
* matb material to be processed
* if ngout=0, matb<0 is an option to automatically
* process all the mats on the endf input tape.
* otherwise, matb<0 is a flag to add mts to and/or
* replace individual mts on gout1.
* ign neutron group structure option
* igg gamma group structure option
* iwt weight function option
* iord legendre order
* ntemp number of temperatures
* nsigz number of sigma zeroes
* iprint long print option (0/1=minimum/maximum)
* (default=1)
* card3
* title run label (up to 80 characters delimited by *, ended with /) (default=blank)
* card4
* temp temperatures in kelvin
* card5
* sigz sigma zero values (including infinity)
* if ign=1, read neutron group structure (6a and 6b)
* card6a
* ngn number of groups
* card6b
* egn ngn+1 group breaks (ev)
* if igg=1, read gamma group structure (7a and 7b)
* card7a
* ngg number of groups
* card7b
* egg ngg+1 group breaks (ev)
* weight function options (8a,8b,8c,8d)
* card8a flux calculator parameters (iwt.lt.0 only)
* ehi break between computed flux and bondarenko flux
* (must be in resolved range)

```

c	*	sigpot	estimate of potential scattering cross section	* groupr.76
c	*	nflmax	maximum number of computed flux points	* groupr.77
c	*	ninwt	tape unit for new flux parameters (default=0)	* groupr.78
c	*	jsigz	index of reference sigma zero in sigz array (default t=0)	* groupr.79
c	*	alpha2	alpha for admixed moderator (def=0=none)	* groupr.80
c	*	sam	admixed moderator xsec in barns per absorber atom (def=0=none)	* groupr.81
c	*	beta	heterogeneity parameter (def=0=none)	* groupr.82
c	*	alpha3	alpha for external moderator (def=0=none)	* groupr.83
c	*	gamma	fraction of admixed moderator cross section in external moderator cross section (def=0)	* groupr.84
c	*	card8b	tabulated (iwt=1 or -1 only)	* groupr.85
c	*	wght	read weight function as tab1 record. end with a /.	* groupr.86
c	*	card8c	analytic flux parameters (iwt=4 or -4 only)	* groupr.87
c	*	eb	thermal break (ev)	* groupr.88
c	*	tb	thermal temperature (ev)	* groupr.89
c	*	ec	fission break (ev)	* groupr.90
c	*	tc	fission temperature (ev)	* groupr.91
c	*	card8d	input resonance flux (iwt=0 only)	* groupr.92
c	*	ninwt	tape unit for flux parameters	* groupr.93
c	*			* groupr.94
c	*	card9		* groupr.95
c	*	mfd	file to be processed	* groupr.96
c	*	mtd	section to be processed	* groupr.97
c	*	mtname	description of section to be processed	* groupr.98
c	*		repeat for all reactions desired	* groupr.99
c	*		mfd=0/ terminates this temperature/material.	* groupr.100
c	*	card10		* groupr.101
c	*	matd	next mat number to be processed	* groupr.102
c	*		matd=0/ terminates groupr run.	* groupr.103
c	*			* groupr.104
c	*			* groupr.105
c	*			* groupr.106
c	*			* groupr.107
c	*			* groupr.108
c	*			* groupr.109
c	*			* groupr.110
c	*	ign	meaning	* groupr.111
c	*	1	arbitrary structure (read in)	* groupr.112
c	*	2	csewg 239-group structure	* groupr.113
c	*	3	lanl 30-group structure	* groupr.114
c	*	4	anl 27-group structure	* groupr.115
c	*	5	rrd 50-group structure	* groupr.116
c	*	6	gam-i 68-group structure	* groupr.117
c	*	7	gam-ii 100-group structure	* groupr.118
c	*	8	laser-thermos 35-group structure	* groupr.119
c	*	9	epri-cpm 69-group structure	* groupr.120
c	*	10	lanl 187-group structure	* groupr.121
c	*	11	lanl 70-group structure	* groupr.122
c	*	12	sand-ii 620-group structure	* groupr.123
c	*	13	lanl 80-group structure	* groupr.124
c	*	14	eurlib 100-group structure	* groupr.125
c	*	15	sand-iiia 640-group structure	* groupr.126
c	*	16	vitamin-e 174-group structure	* groupr.127
c	*	17	vitamin-j 175-group structure	* groupr.128
c	*	18	xmas 172-group structure	* groupr.129 up98.12
c	*	igg	meaning	* groupr.130
c	*	0	none	* groupr.131
c	*	1	arbitrary structure (read in)	* groupr.132
c	*	2	csewg 94-group structure	* groupr.133
c	*	3	lanl 12-group structure	* groupr.134
c	*	4	steiner 21-group gamma-ray structure	* groupr.135
c	*	5	straker 22-group structure	* groupr.136
c	*	6	lanl 48-group structure	* groupr.137
c	*	7	lanl 24-group structure	* groupr.138
c	*	8	vitamin-c 36-group structure	* groupr.139
c	*	9	vitamin-e 38-group structure	* groupr.140
c	*	10	vitamin-j 42-group structure	* groupr.141
c	*	iwt	meaning	* groupr.142
c	*	1	read in smooth weight function	* groupr.143
c	*	2	constant	* groupr.144
c	*	3	1/e	* groupr.145
c	*	4	1/e + fission spectrum + thermal maxwellian	* groupr.146
c	*	5	epri-cell lwr	* groupr.147
c	*			* groupr.148
c	*			* groupr.149
c	*			* groupr.150
c	*			* groupr.151

C	*	6	(thermal) — (1/e) — (fission + fusion)	* groupr.152
C	*	7	same with t-dep thermal part	* groupr.153
C	*	8	thermal—1/e—fast reactor—fission + fusion	* groupr.154
C	*	9	claw weight function	* groupr.155
C	*	10	claw with t-dependent thermal part	* groupr.156
C	*	11	vitamin-e weight function (ornl-5505)	* groupr.157
C	*	12	vit-e with t-dep thermal part	* groupr.158
C	*	-n	compute flux with weight n	* groupr.159
C	*	0	read in resonance flux from ninwt	* groupr.160
C	*	mfd	<u>meaning</u>	
C	*	3	cross section or yield vector	* groupr.161
C	*	5	fission chi by short-cut method	* groupr.162
C	*	6	neutron-neutron matrix (mf4/5)	* groupr.163
C	*	8	neutron-neutron matrix (mf6)	* groupr.164
C	*	12	photon prod. xsec (photon yields given, mf12)	* groupr.165
C	*	13	photon prod. xsec (photon xsecs given, mf13)	* groupr.166
C	*	16	neutron-gamma matrix (photon yields given)	* groupr.167
C	*	17	neutron-gamma matrix (photon xsecs given)	* groupr.168
C	*	18	neutron-gamma matrix (mf6)	* groupr.169
C	*		note: if necessary, mfd=13 will automatically change	* groupr.170
C	*		to 12 and mfd=16 will automatically change to 17 or 18.	* groupr.171
C	*	21	proton production matrix (mf6)	* groupr.172
C	*	22	deuteron production (mf6)	* groupr.173
C	*	23	triton production (mf6)	* groupr.174
C	*	24	he-3 production (mf6)	* groupr.175
C	*	25	alpha production (mf6)	* groupr.176
C	*	26	residual nucleus ( $a>4$ ) production (mf6)	* groupr.177
C	*	31	proton production matrix (mf4)	* groupr.178
C	*	32	deuteron production (mf4)	* groupr.179
C	*	33	triton production (mf4)	* groupr.180
C	*	34	he-3 production (mf4)	* groupr.181
C	*	35	alpha production (mf4)	* groupr.182
C	*	36	residual nucleus ( $a>4$ ) production (mf4)	* groupr.183
C	*		note: if necessary, mfd=21-26 will	* groupr.184
C	*		automatically change to 31-36.	* groupr.185
C	*	1zzzaam	nuclide production for zzzaaam	* groupr.186
C	*		subsection from file 3	* groupr.187
C	*	2zzzaam	nuclide production for zzzaaam	* groupr.188
C	*		subsection from file 6	* up102.11
C	*	3zzzaam	nuclide production for zzzaaam	* up102.12
C	*		subsection from file 9	* up102.13
C	*	4zzzaam	nuclide production for zzzaaam	* up102.14
C	*		subsection from file 10	* up102.15
C	*	mtd	<u>meaning</u>	* up102.16
C	*	-n	process all mt numbers from the previous	* up102.17
C	*		entry to n inclusive	* up102.18
C	*	221-250	reserved for thermal scattering	* groupr.193
C	*	258	average lethargy	* groupr.194
C	*	259	average inverse velocity (m/sec)	* groupr.195
C	*		<u>automatic reaction processing options</u>	* groupr.196
C	*	3/	do all reactions in file3 on input pendf	* groupr.197
C	*	6/	do all matrix reactions in endf dictionary	* groupr.198
C	*	10/	do all isotope productions using mf8	* groupr.199
C	*	13/	do all photon production cross sections	* groupr.200
C	*	16/	do all photon production matrices	* groupr.201
C	*	21/	do all proton production matrices	* groupr.202
C	*	22/	do all deuteron production matrices	* groupr.203
C	*	23/	do all triton production matrices	* groupr.204
C	*	24/	do all he-3 production matrices	* groupr.205
C	*	25/	do all alpha production matrices	* up102.20
C	*	26/	do all $a>4$ production matrices	* groupr.207
C	*		*****	* groupr.208
C	*		*****	* groupr.209
C	*		*****	* groupr.210
C	*		*****	* groupr.211
C	*		*****	* groupr.212
C	*		*****	* groupr.213
C	*		*****	* groupr.214
C	*		*****	* groupr.215
C	*		*****	groupr.216

表A-8 NJ0Y97のmoderモジュールの機能説明と入力マニュアル

```
*****
c
c * change the mode of an endf/b tape. *
c * also works for pendf, gendif and covariance tapes. *
c * moder can also be used to select materials from an endf-type *
c * tape, or to merge several materials into a new tape. *
c *-----input specifications (free format)-----*
c
c * card 1      unit numbers
c *     nin      input unit
c *     nout     output unit
c *
c * a positive unit is coded (mode 3).
c * a negative unit is blocked binary (njoy mode).
c *
c * note: abs(nin) ge 1 and le 19 is a flag to select various
c *        materials from one or more input tapes, with or
c *        without mode conversion. the kind of data to be
c *        processed is keyed to nin as follows:
c *          nin=1, for endf or pendf input and output,
c *          2, for gendif input and output,
c *          3, for errorr-format input and output.
c *
c * cards 2 and 3 for abs (nin) ge 1 and le 19 only.
c *
c * card 2
c *     tpid    tapeid for nout. 66 characters allowed
c *             (delimited with *, ended with /)
c * card 3
c *     nin      input unit
c *             terminate moder by setting nin=0
c *     matd    material on this tape to add to nout
*****
```

表A-9 NJ0Y97のplotrモジュールの機能説明と入力マニュアル

```

c ****
c * plot cross sections *
c * handles endf/b data, pendf or gendif data at specified temper-
c * atures, or experimental input data. several plots can be *
c * given on each set of axes, with both left and right scales. *
c * also, several graphs can be given on each page or display. *
c * error bars may be included for input data. flexible titles *
c * and legend blocks are allowed. all standard combinations of *
c * log and linear axes are supported, either grids or tick marks *
c * can be requested, and scales can be chosen automatically *
c * or set by the user. in some cases, the x axis is thinned. *
c * in other cases, extra points are added so that, for example, *
c * linear-linear data plots correctly on a log-log graph. *
c * a limited capability for 3-d plots of angle and energy *
c * is included, and the endf-vi file 6 format is supported. *
c *
c * plotr writes plot commands on an output file for later use *
c * by the viewr module or an external graphics program. *
c *
c *-----input-----
c *
c * card 0
c *   nplt      unit for output plot commands
c *   nplt0     unit for input plot commands
c *             default=0=none
c *             output plot commands are appended
c *             to the input plot commands, if any.
c *
c * card 1
c *   lori      page orientation (def=1)
c *             0 portrait (7.5x10in)
c *             1 landscape (10x7.5in)
c *   istyle    character style (def=2)
c *             1 = roman
c *             2 = swiss
c *   size       character size option
c *             pos = height in page units
c *             neg = height as fraction of subplot size
c *             (default=0.30)
c *   ipcol     page color (def=white)
c *             0=white
c *             1=navajo white
c *             2=blanched almond
c *             3=antique white
c *             4=very pale yellow
c *             5=very pale rose
c *             6=very pale green
c *             7=very pale blue
c *
c * -----repeat cards 2 through 13 for each curve-----
c * card 2
c *   iplot     plot index
c *             99 = terminate plotting job
c *             1 = new axes, new page
c *             -1 = new axes, existing page
c *             n = nth additional plot on existing axes
c *             -n = start a new set of curves using
c *                   the alternate y axis
c *             default = 1
c *   iwcol     window color (def=white)
c *             color list same as for ipcol above
c *   factx    factor for energies (default=1.)
c *   facty    factor for cross-sections (default=1.)
c *   xll,yll  lower-left corner of plot area
c *   ww,wh,wr  window width, height, and rotation angle
c *             (plot area defaults to one plot per page)
c * -----cards 3 thru 7 for iplot = 1 or -1 only-----
c *
c * card 3
c *   t1        first line of title
c *             60 characters allowed.
c *             default=None
c * card 3a
c *   t2        second line of title
c *             60 characters allowed.
c *             default=None

```

```

c   *
c   * card 4
c   *      i type      type for primary axes
c   *          1 = linear x - linear y
c   *          2 = linear x - log y
c   *          3 = log x - linear y
c   *          4 = log x - log y
c   *          set negative for 3d axes
c   *          default=4
c   *      j type      type for alternate y axis or z axis
c   *          0 = none
c   *          1 = linear
c   *          2 = log
c   *          default=0
c   *      i grid     grid and tic mark control
c   *          0 = no grid lines or tic marks
c   *          1 = grid lines
c   *          2 = tic marks on outside
c   *          3 = tic marks on inside
c   *          default=2
c   *      i leg       option to write a legend.
c   *          0 = none
c   *          1 = write a legend block with upper left
c   *                  corner at xtag,ytag (see below)
c   *          2 = use tag labels on each curve with
c   *                  a vector from the tag to the curve
c   *          default=0
c   *      xtag        x coordinate of upper left corner
c   *                  of legend block
c   *      ytag        y coord of upper left corner
c   *          default=upper left corner of plot
c   *
c   * card 5
c   *      el          lowest energy to be plotted
c   *      eh          highest energy to be plotted
c   *      xstep       x axis step
c   *          default = automatic scales
c   *          (default all 3, or none)
c   *          (the actual value of xstep is
c   *          ignored for log scales)
c   *
c   * card 5a
c   *      xlabel     label for x axis
c   *          60 characters allowed.
c   *          default="energy (ev)"
c   *
c   * card 6
c   *      yl          lowest value of y axis.
c   *      yh          highest value of y axis.
c   *      ystep       step for y axis (linear scales only)
c   *          default = automatic scales
c   *          (default all 3, or none)
c   *          (the actual value of ystep is
c   *          ignored for log scales)
c   *
c   * card 6a
c   *      ylabel     label for y axis
c   *          60 characters allowed.
c   *          default="cross section (barns)"
c   *
c   * card 7 (jtype.gt.0 only)
c   *      rbot        lowest value of secondary y axis or z axis
c   *      rtop        highest value of secondary y axis or z axis
c   *      rstep       step for secondary y axis or z axis
c   *          default for last three = automatic
c   *
c   * card 7a (jtype.gt.0 only)
c   *      rl          label for alternate y axis or z axis
c   *          60 characters allowed.
c   *          default=blank
c   *
c   * —cards 8 thru 9 are always given—
c   *
c   * card 8
c   *      iverf      version of endf tape
c   *          set to zero for data on input file
c   *          and ignore rest of parameters on card

```

```

c *          set to 1 for gendiff data
c *      nin      input tape
c *      can change for every curve if desired. *
c *      matd    desired material
c *      mfd     desired file
c *      mtd     desired section
c *          mtd=0 means loop over all reactions in mfd   *
c *          (usually one page per mt, but for mf=3,        *
c *          resonance reactions may have several pages) *
c *      temper   temperature for endf/b data (k)
c *          default=0.
c *      nth,ntp,nkh see below (defaults=1) *
c *
c *          special meanings for nth,ntp,nkh for file 3 or 5 data
c *          nth  number of subsection to plot
c *          (works for isomer prod, delayed n, etc.) *
c *          ntp  not used
c *          nkh  not used
c *
c *          special meanings for nth,ntp,nkh for file 6 data
c *          nth  index for incident energy
c *          ntp  number of dep. variable in cycle to plot
c *          (or angle number for law 7) *
c *          nkh  number of outgoing particle to plot
c *
c *          special meanings for nth,ntp,nkh for gendiff mf=3 data
c *          nth=0 for flux per unit lethargy
c *          nth=1 for cross section (default)
c *          ntp=1 for infinite dilution (default)
c *          ntp=2 for next lowest sigma-zero values, etc.
c *          nkh=1 for p0 weighting (default)
c *          nkh=2 for p1 weighting (total only)
c
c *          special meaning for nth for gendiff mf=6 data
c *          nth=1 plot 2-d spectrum for group 1
c *          nth=2 plot 2-d spectrum for group 2
c *          etc.
c *          no special flags are needed for mf=6 3d plots
c *
c *          special meanings for nth and ntp for mf7 plots
c *          nth is index for indep. variable (alpha or beta)
c *          ntp=1 selects alpha as indep. variable (default)
c *          ntp=2 selects beta as indep. variable
c *          nkh=1 selects normal s(alpha,beta)
c *          nkh=2 selects script s(alpha,-beta)
c *          nkh=3 selects script s(alpha,beta)
c *
c *          _____cards 9 and 10 for 2d plots only_____
c *
c *      card 9
c *      icon      symbol and connection option
c *          0 = points connected, no symbols
c *          -i = points not connected, symbol at every
c *                ith point
c *          i = points connected, symbol at every ith
c *                points
c *          default=0
c *      isym      no. of symbol to be used
c *          0 = square
c *          1 = octagon
c *          2 = triangle
c *          3 = cross
c *          4 = ex
c *          5 = diamond
c *          6 = inverted triangle
c *          7 = exed square
c *          8 = crossed ex
c *          9 = crossed diamond
c *          10 = crossed octagon
c *          11 = double triangle
c *          12 = crossed square
c *          13 = exed octagon
c *          14 = triangle and square
c *          15 = filled circle
c *          16 = open circle
c *          17 = open square
c *          18 = filled square

```

```

c   *          default t=0
c   *      idash    type of line to plot
c   *          0 = solid
c   *          1 = dashed
c   *          2 = chain dash
c   *          3 = chain dot
c   *          4 = dot
c   *          default t=0
c   *      iccol    curve color (def=black)
c   *          0=black
c   *          1=red
c   *          2=green
c   *          3=blue
c   *          4=magenta
c   *          5=cyan
c   *          6=brown
c   *          7=purple
c   *      ithick   thickness of curve (def=1)
c   *          0 = invisible (for shaded areas)
c   *      ishade    shade pattern
c   *          0 = none
c   *          1 to 10 = 10% to 100% gray
c   *          11 to 20 = 45 deg right hatching
c   *          21 to 30 = 45 deg left hatching
c   *          31 to 40 = 45 deg cross hatching
c   *          41 to 50 = shades of green
c   *          51 to 60 = shades of red
c   *          61 to 70 = shades of brown
c   *          71 to 80 = shades of blue
c   *
c   * card 10 —ileg.ne.0 only—
c   *      aleg      title for curve tag or legend block
c   *          60 characters allowed.
c   *          default=blank
c   *
c   * card 10a —ileg.eq.2 only—
c   *      xtag      x position of tag title
c   *      ytag      y position of tag title
c   *      xpoint    x coordinate of vector point
c   *          (.i.e.0 to omit vector)
c   *
c   * —card 11 for 3d plots only—
c   * card 11
c   *      xv,yv,zv  abs. coords of view point
c   *          defaults=15.,-15.,15.
c   *      x3,y3,z3  abs. sides of work box volume
c   *          defaults=2.5,6.5,2.5
c   *
c   *          set x3 or y3 negative to flip the order of the
c   *          axis on that side of the work box.
c   *
c   * —cards 12 thru 13 for iverf = 0 only—
c   * card 12
c   *      nform    format code for input data
c   *          0 = free format input with
c   *          optional x and y error bars
c   *
c   * card 13 —nform = 0 only—
c   *      xdata     dependent value
c   *          terminate with empty card (/)
c   *      ydata     independent value
c   *      yell1     lower y error limit
c   *          no y error bar if zero
c   *      yell2     upper y error limit
c   *          if zero, equals yell1
c   *      xerr1     x left error limit
c   *          no x error bar if zero
c   *      xerr2     x right error limit
c   *          if zero, equals xerr1
c   *
c   * all curves contain at least 10 points per decade (see delta).
c   * code can plot curves containing fewer than 2000 points (see
c   * max) without thinning. curves with more points are thinned
c   * based on a minimum spacing determined from max and the
c   * length of the x axis.
c   ****

```

表A-10 NJ0Y97のviewrモジュールの機能説明と入力マニュアル

```

c ****
c * view plots generated by plotr, covr, or dtfr. *
c * postscript version *
c *
c * character specifications are similar to disspla, except that *
c * the default case is lower instead of upper. this allows *
c * mixed-case strings to be used in postscript mode. the *
c * following shift characters are used:
c *   < = upper-case standard
c *   > = lower-case or mixed-case standard
c *   [ = upper-case greek
c *   ] = lower-case or mixed-case greek
c *   # = instructions
c * give one of the shift characters twice to get it instead of
c * its action. the following instructions are supported:
c *   Ev = elevate by v as a fraction of the height
c *       if v is missing or D is given, use .5
c *   Lv = lower by v as a fraction of the height
c *       if v is missing or D is given, use .5
c *   Hv = change height by v as a fraction of the height
c *       if v is missing or D is given, use .5
c *   Fi = change to font number i
c *   Mi = change mode number, where mode 0 is the lower 128
c *         postscript characters and mode 1 is the upper 128
c *   X = reset E, L, or H. Font and Mode must be
c *       reset explicitly.
c * c is a real number, i is an integer.
c *
c *-----input-----
c *
c * card 1
c *   infile      input file
c *   nps        postscript output file
c *
c *-----data file format-----
c *
c * card 1
c *   lori       page orientation (def=1)
c *               0 portrait (7.5x10in)
c *               1 landscape (10x7.5in)
c *   istyle     character style (def=2)
c *               1 roman
c *               2 swiss
c *   size        character size option
c *               pos = height in page units
c *               neg = height as fraction of subplot size
c *               (default=.30)
c *   ipcol       page color (def=white)
c *               0=white
c *               1=navajo white
c *               2=blanched almond
c *               3=antique white
c *               4=very pale yellow
c *               5=very pale rose
c *               6=very pale green
c *               7=very pale blue
c *
c * -----repeat cards 2 through 13 for each curve-----
c *
c * card 2
c *   iplot      plot index
c *               99 = terminate plotting job
c *               1 = new axes, new page
c *               -1 = new axes, existing page
c *               n = nth additional plot on existing axes
c *               -n = start a new set of curves using
c *                     the alternate y axis
c *               default = 1
c *   iwcol      window color (def=white)
c *               color list same as for ipcol above
c *   factx      factor for energies (default=1.)
c *   facty      factor for cross-sections (default=1.)
c *   xll,yll    lower-left corner of plot area
c *   ww,wh,wr   window width, height, and rotation angle

```

```

c   *                               (plot area defaults to one plot per page) *
c   *
c   * _____cards 3 thru 7 for iplot = 1 or -1 only_____
c   *
c   * card 3
c   *      t1                         first line of title
c   *                                     60 characters allowed.
c   *                                     default=none
c   *
c   * card 3a
c   *      t2                         second line of title
c   *                                     60 characters allowed.
c   *                                     default=none
c   *
c   * card 4
c   *      itype                      type for primary axes
c   *                                     1 = linear x ~ linear y
c   *                                     2 = linear x ~ log y
c   *                                     3 = log x - linear y
c   *                                     4 = log x - log y
c   *                                     set negative for 3d axes
c   *                                     0 = no plot, titles only
c   *                                     default=4
c   *      jtype                      type for alternate y axis or z axis
c   *                                     0 = none
c   *                                     1 = linear
c   *                                     2 = log
c   *                                     default=0
c   *      igrid                       grid and tic mark control
c   *                                     0 = no grid lines or tic marks
c   *                                     1 = grid lines
c   *                                     2 = tic marks on outside
c   *                                     3 = tic marks on inside
c   *                                     default=2
c   *      ilog                        option to write a legend.
c   *                                     0 = none
c   *                                     1 = write a legend block with upper left
c   *                                         corner at xtag,ytag (see below)
c   *                                     2 = use tag labels on each curve with
c   *                                         a vector from the tag to the curve
c   *                                     default=0
c   *      xtag                        x coordinate of upper left corner
c   *                                     of legend block
c   *      ytag                        y coord of upper left corner
c   *                                     default=upper left corner of plot
c   *
c   * card 5
c   *      xmin                       lowest energy to be plotted
c   *      xmax                       highest energy to be plotted
c   *      xstep                      x axis step
c   *                                     default = automatic scales
c   *                                     (for linear, give all 3, or none)
c   *                                     (for log, give first 2, or none)
c   *
c   * card 5a
c   *      xlabel                     label for x axis
c   *                                     60 characters allowed.
c   *                                     (default = no label, no numbering)
c   *
c   * card 6
c   *      ymin                       lowest value of y axis.
c   *      ymax                       highest value of y axis.
c   *      ystep                      step for y axis (linear scales only)
c   *                                     default = automatic scales
c   *                                     (for linear, give all 3, or none)
c   *                                     (for log, give first 2, or none)
c   *
c   * card 6a
c   *      ylabel                     label for y axis
c   *                                     60 characters allowed.
c   *                                     (default = no label, no numbering)
c   *
c   * card 7  (jtype.gt.0 only)
c   *      rmin                       lowest value of secondary y axis or z axis
c   *      rmax                       highest value of secondary y axis or z axis
c   *      rstep                      step for secondary y axis or z axis
c   *                                     (default = automatic scale)

```

```

c   *          {for linear, give all 3, or none)
c   *          {for log, give first 2, or none)
c   *
c   * card 7a (jtype.gt.0 only)
c   *      rl      label for alternate y axis or z axis
c   *      60 characters allowed.
c   *      (default = no label, no numbering)
c   *
c   * card 8 — dummy input card for consistency with plotr
c   *      it always should be 0/
c   *
c   * —cards 9 and 10 for 2d plots only—
c   *
c   * card 9
c   *      icon      symbol and connection option
c   *          0 = points connected, no symbols
c   *          -i = points not connected, symbol at every
c   *                  i'th point
c   *          i = points connected, symbol at every i'th
c   *                  points
c   *          default=0
c   *      isym      no. of symbol to be used
c   *          0 = square
c   *          1 = octagon
c   *          2 = triangle
c   *          3 = cross
c   *          4 = ex
c   *          5 = diamond
c   *          6 = inverted triangle
c   *          7 = exed square
c   *          8 = crossed ex
c   *          9 = crossed diamond
c   *          10 = crossed octagon
c   *          11 = double triangle
c   *          12 = crossed square
c   *          13 = exed octagon
c   *          14 = triangle and square
c   *          15 = filled circle
c   *          16 = open circle
c   *          17 = open square
c   *          18 = filled square
c   *          19 = filled diamond
c   *          20 = filled triangle
c   *          21 = filled inverted triangle
c   *          22 = crossed circle
c   *          23 = exed circle
c   *          24 = exed diamond
c   *          default=0
c   *      idash     type of line to plot
c   *          0 = solid
c   *          1 = dashed
c   *          2 = chain dash
c   *          3 = chain dot
c   *          4 = dot
c   *          5 = invisible
c   *          default=0
c   *      iccol      curve color (def=black)
c   *          0=black
c   *          1=red
c   *          2=green
c   *          3=blue
c   *          4=magenta
c   *          5=cyan
c   *          6=brown
c   *          7=purple
c   *      ithick     controls thickness of curve
c   *          0 = invisible (for shaded areas)
c   *          (default=1)
c   *      ishade      shade pattern
c   *          0 = none
c   *          1 to 10 = 10% to 100% gray
c   *          11 to 20 = 45 deg right hatching
c   *          21 to 30 = 45 deg left hatching
c   *          31 to 40 = 45 deg cross hatching
c   *          41 to 50 = shades of green
c   *          51 to 60 = shades of red
c   *          61 to 70 = shades of brown

```

```

c      *          71 to 80 = shades of blue
c      *          default=0
c      *
c      * card 10 —ileg.ne.0 only—
c      *      aleg      title for curve tag or legend block
c      *          60 characters allowed.
c      *          default=blank
c      *
c      * card 10a —ileg.eq.2 only—
c      *      xtag      x position of tag title
c      *      ytag      y position of tag title
c      *      xpoint    x coordinate of vector point
c      *          (.le.0 to omit vector)
c      *
c      * —card 11 for 3d plots only—
c      *
c      * card 11
c      *      xv,yv,zv    abs. coords of view point
c      *          defaults= 15.,-15.,15.
c      *      x3,y3,z3    abs. sides of work box volume
c      *          defaults=2.5,6.5,2.5
c      *
c      *          set x3 negative to flip the order of the axis on
c      *          that side of the box (secondary energy, cosine).
c      *
c      * card 12
c      *      nform     format code for input data
c      *          0 = free format input with
c      *              optional x and y error bars
c      *          1 = free format input for a
c      *              3d family of curves z(x) vs y
c      *
c      * card 13 —nform = 0 only— 2-d data
c      *      xdata     independent value
c      *          terminate with empty card (/)
c      *      ydata     dependent value
c      *      yerr1     lower y error limit
c      *          no y error bar if zero
c      *      yerr2     upper y error limit
c      *          if zero, equals yerr1
c      *      xerr1     x left error limit
c      *          no x error bar if zero
c      *      xerr2     x right error limit
c      *          if zero, equals xerr1
c      *
c      * card 14 —nform = 1 only— 3-d data
c      *      y         y value for curve
c      *          repeat cards 13 and 13a for each curve
c      *          terminate with empty card (/)
c      *
c      * card14a —nform = 1 only—
c      *      x         x value
c      *      z         z value
c      *          repeat card 13a for each point in curve
c      *          terminate with empty card (/)
c      *          disspla version requires same x grid
c      *          for each value of y.
c      *
c      ****

```