

次世代炉定数の整備(II)

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)



2001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)
2001

次世代炉定数の整備(Ⅱ)

(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、昨年度実施した「次世代炉定数の整備」研究で整備した PRENJOY→NJ0Y97→POSTNJ0Y→PDSMAKE コードからなる基本的な汎用炉定数作成システムに JFS3 ライブラリー作成で使用されている重核の共鳴処理コード TIMS-1 の導入・整備を行い、汎用炉定数作成システムを完成させた。そして、この TIMS-1 コードの導入により、当該汎用炉定数作成システムで、新 SLAROM コードの PEACO モジュールが使用する詳細群共鳴断面積ライブラリー MCROSS 作成に必要な非分離共鳴エネルギー領域のポイント断面積作成が可能となった。また、TIMS-1 の導入・整備では UNIX マシンへのコード移植を行うと共に入力データの簡素化や核データ処理機能の高度化を行い、比較的簡単な入力で重核の共鳴処理が可能となるように TIMS-1 コードの改良を実施した。

更には、次世代炉定数の基本性能を十分に發揮させ、核特性解析精度を向上させると共に核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用されるように、当該炉定数の詳細仕様の検討を実施した。即ち、昨年度の研究での 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検討を実施し、汎用炉定数ライブラリーの具体的なエネルギー群構造を提案した。そして、炉心特性解析分野だけでなく、炉心安全解析、核設計等の幅広い分野にわたる応用を想定して、次世代炉定数のデータ構成およびデータ内容を具体的に検討した。

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 (II)

Kunio Kaneko*

A b s t r a c t

In FY2000, the general reactor group constant production system has been completed as below: TIMS-1; the code for preparing heavy element's resonance cross section that is utilized in the JFS3 library production, was introduced and connected with the basic general reactor group constant production system which has been prepared last year, while consisting of a serial code PRENJOY, NJOY97, POSDTNJOY, and PDSMAKE and resulting whole system was adjusted so as to be utilized as the general reactor group constant production system. With this introduction of TIMS-1 and the usage of the relevant general reactor group constant system, it becomes possible to produce a point-wise cross section of unresolved resonance energy region, which is necessary to the ultra fine group cross sections library for the PEACO module of new SLAROM code.

On the other hand, while conversion of TIMS-1 to a UNIX machine program, TIMS-1 has been improved so as to make possible heavy nuclide resonance cross section processing with considerably simple input operation, with simplification of data input, and improvement of the method of evaluated nuclear data processing.

In addition, we discussed the basic concept of next generation group constant set which should exhibit fully the high capability of the group constant and increase core performance analysis and be utilized in fields other than core analysis. Along with the knowledge obtained by ZPPR-13A core reaction rate analysis performed in the last year, the investigation of number of groups and group structure and proposition of a concrete group structure was done. Further supposing wider applications of the next generation group constant such as core safety analysis, core design and so on, other than core parameter analysis, the data structure and the concrete content of next generation group constant set were discussed.

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

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
第1章 まえがき	1
第2章 詳細群共鳴断面積計算システムの整備	2
2.1 はじめに	2
2.2 TIMS-1 コードの導入整備	2
2.2.1 導入 TIMS-1 コードについて	2
2.2.2 TIMS-1 コードの UNIX マシーンへの移植作業について	4
2.2.3 導入 TIMS-1 コードの改良	4
2.3 導入 TIMS-1 コードの機能検証	5
2.3.1 TIMS-1 コードによる JENDL-3.2 の重核の共鳴処理	5
2.3.2 新 JPS3-70 群ライブラリーの作成	5
2.3.3 1 次元ベンチマークテストによる導入 TIMS-1 コードの機能検証	7
第3章 次世代炉定数の詳細仕様設計に関する検討	21
3.1 はじめに	21
3.2 次世代炉定数の群構造に関する検討	21
3.2.1 検討用ライブラリー群構造の設定	21
3.2.2 検討用ライブラリーの作成	27
3.2.3 1 次元ベンチマーク計算の実施	27
3.2.4 2 次元 RZ 均質モデルによる ZPPR-13A 炉心解析	52
3.2.5 Los Alamos 小型炉心のベンチマーク計算	69
3.2.6 ZPPR-9 炉心の実験解析	82
3.2.7 FCA-17-1 炉心の実験解析	89
3.2.8 群構造検討のまとめ	97
3.3 次世代炉定数のデータ構造等の検討	98
3.3.1 ライブラリー構成とライブラリー群構造の検討	98
3.3.2 中性子反応群定数の検討	100
3.3.3 中性子反応以外のデータの検討	101
3.3.4 ライブラリーフォーマットの検討	101
3.3.5 炉定数作成システムの今後の改良について	106
第4章 あとがき	107
謝辞	108
参考文献	109
付録 A UNIX 版 TIMS-1 コードの使用法	A-1

図表リスト

(表)	頁
第2章 詳細群共鳴断面積計算システムの整備	
表 2-1 TIMS-1 コードの詳細群エネルギー構造	3
表 2-2 TIMS-1 コードによる共鳴処理核種	5
表 2-3 U-238-J32 の捕獲反応自己遮蔽因子の比較	6
表 2-4 1次元ベンチマークテスト結果：固有値	8
表 2-5 1次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比	9
表 2-6 1次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比	10
表 2-7 1次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比	11
表 2-8 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F25 中心反応率比	12
表 2-9 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F49 中心反応率比	13
表 2-10 1次元ベンチマークテスト結果：U-235 中心サンプル・ワース	14
表 2-11 1次元ベンチマークテスト結果：U-238 中心サンプル・ワース	14
表 2-12 1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース	15
表 2-13 1次元ベンチマークテスト炉心の炉心体積	15
第3章 次世代炉定数の詳細仕様設計に関する検討	
表 3-1 JFS-139 群ライブラリーのエネルギー群構造	22
表 3-2 VTM-139 群ライブラリーのエネルギー群構造	23
表 3-3 炉定数作成核種の一覧表	27
表 3-4 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：固有値	29
表 3-5 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比	30
表 3-6 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比	31
表 3-7 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比	32
表 3-8 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F25 中心反応率比	33
表 3-9 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F49 中心反応率比	34
表 3-10 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：U-235 中心サンプル・ワース ..	35
表 3-11 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：U-238 中心サンプル・ワース ..	35
表 3-12 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース ..	36
表 3-13 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：B-10 中心サンプル・ワース ..	36
表 3-14 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：C 中心サンプル・ワース ..	37
表 3-15 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：O-16 中心サンプル・ワース ..	37
表 3-16 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Na-23 中心サンプル・ワース ..	38
表 3-17 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Al-27 中心サンプル・ワース ..	38
表 3-18 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Cr 中心サンプル・ワース ..	39
表 3-19 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Mn-55 中心サンプル・ワース ..	39
表 3-20 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Fe 中心サンプル・ワース ..	40
表 3-21 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Ni 中心サンプル・ワース ..	40
表 3-22 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Cu 中心サンプル・ワース ..	41
表 3-23 139 群ライブラリーによる 1次元ベンチマークテスト結果：Mo 中心サンプル・ワース ..	41

表 3-24 反応率計算領域および炉心計算でのメッシュ分割	53
表 3-25 ZPPR-13 炉心の固有値の計算結果	54
表 3-26 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	55
表 3-27 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	56
表 3-28 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	57
表 3-29 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	58
表 3-30 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	59
表 3-31 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	60
表 3-32 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	61
表 3-33 小型炉心の固有値の計算結果	73
表 3-34 GODIVA 炉心の中心反応率比の計算結果	73
表 3-35 JEZEBEL 炉心の中心反応率比の計算結果	73
表 3-36 JEZEBEL-Pu 炉心の中心反応率比の計算結果	73
表 3-37 FLATTOP-25 炉心の中心反応率比の計算結果	74
表 3-38 FLATTOP-Pu 炉心の中心反応率比の計算結果	74
表 3-39 ZPPR-9 炉心の固有値の解析結果	84
表 3-40 ZPPR-9 炉心の中心 F25/F49 の解析結果	84
表 3-41 ZPPR-9 炉心の中心 F28/F49 の解析結果	84
表 3-42 ZPPR-9 炉心の中心 C28/F49 の解析結果	84
表 3-43 ZPPR-9 炉心のドップラー反応度の解析結果 (298→1087k)	85
表 3-44 ZPPR-9 炉心の Na ボイド(STEP3)反応度の解析結果 (97D, Z=±8inch)	85
表 3-45 ZPPR-9 炉心の Na ボイド(STEP5)反応度の解析結果 (97D, Z=±20inch)	85
表 3-46 FCA-17-1 炉心の固有値の解析結果	91
表 3-47 FCA-17-1 炉心の中心 F25/F49 の解析結果	91
表 3-48 FCA-17-1 炉心の中心 F28/F49 の解析結果	91
表 3-49 FCA-17-1 炉心の中心 C28/F49 の解析結果	91
表 3-50 FCA-17-1 炉心の UO ₂ ドップラー反応度の解析結果(20→300°C)	92
表 3-51 FCA-17-1 炉心の UO ₂ ドップラー反応度の解析結果(20→550°C)	92
表 3-52 FCA-17-1 炉心の UO ₂ ドップラー反応度の解析結果(20→800°C)	92
表 3-53 FCA-17-1 炉心の U 金属ドップラー反応度の解析結果(20→300°C)	92
表 3-54 FCA-17-1 炉心の U 金属ドップラー反応度の解析結果(20→550°C)	93
表 3-55 FCA-17-1 炉心の U 金属ドップラー反応度の解析結果(20→800°C)	93
表 3-56 FCA-17-1 炉心の Pu サンプル・ワースの解析結果	93
表 3-57 FCA-17-1 炉心の B4C サンプル・ワースの解析結果	93
表 3-58 次世代炉定数の 140 群エネルギー構造	99
表 3-59 主な重核の共鳴評価上限エネルギー	100
付録 A UNIX 版 TIMS-1 コードの使用法	
表 A-1 #12 入力の CASE 指定による N, NMP, NMD, IMP, IMD の定義	A-6
表 A-2 UNIX 版 TIMS-1 コードで使用されるファイル	A-6
表 A-3 共鳴列生成の初期計算で使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)	A-9

表 A-4 共鳴列生成の 2 回目以降の計算で使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3)	A-10
表 A-5 MCROSS ライブライバー作成で使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)	A-11
表 A-6 PEACO モジュールで使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)	A-12
表 A-7 PEACO モジュールで使用するシェルと入力データの例 (相互干渉効果あり)	A-13
表 A-8 MKPENDF モジュールで使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)	A-14
表 A-9 U-235-JENDL3.2 の共鳴列生成で作成されたリストアートファイルの内容	A-15

(図)

頁

第2章 詳細群共鳴断面積計算システムの整備

図 2-1 1次元ベンチマークテストの結果：固有値	16
図 2-2 1次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比	16
図 2-3 1次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比	17
図 2-4 1次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比	17
図 2-5 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F25 中心反応率比	18
図 2-6 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F49 中心反応率比	18
図 2-7 1次元ベンチマークテスト結果：U-235 中心サンプル・ワース	19
図 2-8 1次元ベンチマークテスト結果：U-238 中心サンプル・ワース	19
図 2-9 1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース	20

第3章 次世代炉定数の詳細仕様設計に関する検討

図 3-1 Na-23-JENDL3.2 の全断面積	24
図 3-2 C-12-JENDL3.2 の全断面積	24
図 3-3 O-16-JENDL3.2 の全断面積	25
図 3-4 Fe-nat.-JENDL3.2 の全断面積（その1）	25
図 3-5 Fe-nat.-JENDL3.2 の全断面積（その2）	26
図 3-6 Fe-nat.-JENDL3.2 の全断面積（その3）	26
図 3-7 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：固有値	42
図 3-8 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比	42
図 3-9 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比	43
図 3-10 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比	43
図 3-11 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：C28/F25 中心反応率比	44
図 3-12 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：C28/F49 中心反応率比	44
図 3-13 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：U-235 中心サンプル・ワース ..	45
図 3-14 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：U-238 中心サンプル・ワース ..	45
図 3-15 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース ..	46
図 3-16 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：B-10 中心サンプル・ワース ..	46
図 3-17 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：C 中心サンプル・ワース ..	47
図 3-18 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Na-23 中心サンプル・ワース ..	47
図 3-19 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Al-27 中心サンプル・ワース ..	48
図 3-20 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Cr 中心サンプル・ワース ..	48
図 3-21 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Mn-55 中心サンプル・ワース ..	49
図 3-22 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Fe 中心サンプル・ワース ..	49
図 3-23 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Ni 中心サンプル・ワース ..	50
図 3-24 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Cu 中心サンプル・ワース ..	50
図 3-25 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Mo 中心サンプル・ワース ..	51
図 3-26 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	62
図 3-27 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	62
図 3-28 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	63

図 3-29 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	63
図 3-30 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	64
図 3-31 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	64
図 3-32 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	65
図 3-33 炉心領域中性子スペクトルの JFS-70 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較	65
図 3-34 IB 領域中性子スペクトルの JFS-70 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較	66
図 3-35 炉心領域中性子スペクトルの JFS-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較	66
図 3-36 IB 領域中性子スペクトルの JFS-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較	67
図 3-37 炉心領域中性子スペクトルの VTM-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較	67
図 3-38 IB 領域中性子スペクトルの VTM-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較	68
図 3-39 炉心領域 U-238 捕獲実効断面積の決定論手法計算結果と MVP 計算結果との比較	68
図 3-40 MVP コードによる GODIVA 炉心の中性子スペクトル	69
図 3-41 MVP コードによる FLATTOP-25 炉心の中性子スペクトル	70
図 3-42 MVP コードによる GODIVA 炉心の反応率エネルギー分布	70
図 3-43 MVP コードによる FLATTOP-25 炉心の反応率エネルギー分布	71
図 3-44 GODIVA 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）	74
図 3-45 GODIVA 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）	75
図 3-46 GODIVA 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）	75
図 3-47 JEZEBEL 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）	76
図 3-48 JEZEBEL 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）	76
図 3-49 JEZEBEL 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）	77
図 3-50 JEZEBEL-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）	77
図 3-51 JEZEBEL-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）	78
図 3-52 JEZEBEL-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）	78
図 3-53 FLATTOP-25 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）	79
図 3-54 FLATTOP-25 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）	79
図 3-55 FLATTOP-25 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）	80
図 3-56 FLATTOP-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）	80
図 3-57 FLATTOP-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）	81
図 3-58 FLATTOP-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）	81
図 3-59 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）	86
図 3-60 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）	86
図 3-61 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）	87
図 3-62 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 4）	87
図 3-63 JFS3 ライブライバー作成時の weighting flux の比較	88
図 3-64 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）	94
図 3-65 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）	94
図 3-66 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）	95
図 3-67 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 4）	95
図 3-68 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 5）	96

図 3-69 FCA-17-1 炉心の炉心中性子スペクトルの比較(その 6) 96

付録 A UNIX 版 TIMS-1 コードの使用法

図 A-1 PEACO モジュールで計算された詳細中性子スペクトル (U-235-JENDL3.2: $\sigma_0=1$ barn) ... A-16

図 A-2 PEACO モジュールで計算された詳細中性子スペクトル (U-235-JENDL3.2: $\sigma_0=10^4$ barn) .. A-16

第1章 まえがき

昨年度実施した「次世代炉定数の整備」研究¹⁾では、汎用炉定数作成システムの整備として、最新のNJOY97.V109 コード²⁾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、NJOY コードの前処理コード PRENJOY と後処理コード POSTNJOY を作成した。これにより PRENJOY→NJOY97→POSTNJOY→PDSMAKE コードからなる基本的な汎用炉定数作成システムが整備された。本年度は JFS3 ライブラリー作成で使用されている重核の共鳴処理コード TIMS-1³⁾の導入・整備を行い、汎用炉定数作成システムを完成させる。

また、次世代炉定数の基本性能を十分に発揮させ、核特性解析精度を向上させると共に核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用されるように、当該炉定数の詳細仕様をより具体化する為の検討を実施する。先ず、昨年度の研究での 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検討を実施する。そして、炉心特性解析分野だけでなく、炉心安全解析、核設計等の幅広い分野にわたる応用を想定して、次世代炉定数のデータ構成およびデータ内容を具体的に検討する。

第2章 詳細群共鳴断面積計算システムの整備

2.1 はじめに

本年度は JFS3 ライブライアリ作成で使用されている重核の共鳴処理コード TIMS-1 の導入を行い、汎用炉定数作成システムを完成させる。この TIMS-1 コードの導入では UNIX マシーンへのコード移植を行うと共に入力データの簡素化や処理機能の高度化を行い、比較的簡単な入力で重核の共鳴処理が可能となるように TIMS-1 コードの改良を実施する。

更には、導入・整備された TIMS-1 コードの機能検証を行う。即ち、TIMS-1 コードを使用し JENDL-3.2⁴⁾の重核共鳴処理を行い、JFS3-70 群ライブライアリを作成し、高速炉 1 次元ベンチマークテストを実施する。そして、日本原子力研究所が FACOM 大型計算機で計算した重核の共鳴断面積および自己遮蔽因子テーブルを用いた 1 次元ベンチマークテスト結果と比較し、導入・整備された TIMS-1 コードが正しく機能しているかを確認する。

2.2 TIMS-1 コードの導入整備

2.2.1 導入 TIMS-1 コードについて

ここでは、導入 TIMS-1 コードについて簡単な説明を行う。TIMS-1 コードの特徴は、非分離共鳴領域において、モンテカルロ法を用いて評価済核データに与えられる平均共鳴パラメータの分布則に従って共鳴列を発生させ、分離共鳴と同じように共鳴構造を持つポイント共鳴断面積を作成する点にある。そして、TIMS-1 コードは、非分離および分離共鳴エネルギー領域で、共鳴構造を持つポイント共鳴断面積を使用し、減速方程式を数値的に解いて得られる厳密な中性子スペクトルを重みにして平均断面積を作成する。従って、NJOY コードなどが共鳴領域における NR 近似および自己共鳴の重なりや異核種間の共鳴干渉効果を無視して生じる誤差が TIMS-1 コードでは存在せず、除去断面積も正しく計算できる。

尚、今回、導入する最新版 TIMS-1 コードは文献 3 で公開された TIMS-1 コードから、幾つかの改良がなされている。先ず、その改良点について、箇条書きで述べる。

- ① 処理できる非分離共鳴エネルギーの上限値が 100keV から 639.2786keV に変更された。近年の評価済核データでは非分離共鳴エネルギーの上限値が 100keV 以上になっている核種が存在し、当該修正はこの高エネルギー化に対応するためである。例えば、U-238-JENDL3.2 の非分離共鳴評価は 150keV から始まっている。この上限エネルギーの変更に伴い詳細群のレサージ幅やエネルギー分割が表 2-1 に示す値に変更された。
- ② ENDF/B-VI 以降の評価済核データでは、非分離共鳴評価法に LSSF なる新フラッグが追加された。ここで、LSSF=0 の時、非分離共鳴パラメータは自己遮蔽因子テーブルと無限希釈断面積に使用できるという意味であり、LSSF=1 の時、非分離共鳴パラメータは自己遮蔽因子テーブル作成のみに使用し、無限希釈断面積はファイル 3 を使用する事を意味する。この LSSF フラッグを処理できるよう改良が実施された。また、ENDF/B-VI フォーマットを処理できるように改良がなされている。
- ③ 近年の分離共鳴評価では従来の SLBW や MLBW 公式の評価法に加え、Reich-Moore 公式等の評価法が使用している。TIMS-1 コードでは Reich-Moore 公式等に対するポイント断面積計算処理ができない等の理由と将来の新評価法に機敏に対応するため、分離共鳴の断面積計算を排除し、LINEAR⁵⁾-RECENT⁶⁾-SIGMA⁷⁾コードで処理された PENDF を使用するように改良されている。即ち、分離共鳴断面積計算を世

界的に広く利用されている標準コードに委ね、非分離共鳴断面積のみを計算するようにしてある。このため、TIMS-1 コードで作成された共鳴構造を持つ非分離ポイント共鳴断面積と PENDF の分離共鳴断面積を組み合わせて MCROSS ライブラリーを作成する機能が MCROSS モジュールに加えられた。この為、MCROSS モジュールには SIGMA1 コードが内蔵され基準温度の PENDF を入力として高温度の PENDF を自動動作成するように工夫がされている。

- ④ 非分離共鳴エネルギー領域での共鳴列の発生モジュール ARCFIT-3 では、共鳴列の発生計算のリストア機能が付加された。
- ⑤ TIMS-1 コードで作成された非分離共鳴断面積と PENDF の非分離共鳴エネルギー範囲以外のポイント断面積を組み合わせた PENDF を作成する MKPENDF モジュールが新設された。この MKPENDF モジュールで作成される PENDF は、新 SLAROM コード PEACO モジュールで使用される詳細群共鳴断面積ライブラリー作成に使用される (PMCROSS コードが作成する)。また、EVALPLOT⁸⁾等の評価済核データファイルの汎用プロットコードを利用すれば、当該 PENDF を非分離共鳴断面積の視覚化に利用できる。
- ⑥ TIMS-1 コードは統計手法で非分離共鳴断面積を作成する故にその断面積には誤差が伴う。そこで、無限希釈の平均断面積を LINEAR-RECENT-SIGMA1 コードで処理された PENDF のみから作成された MCROSS ライブラリーを使用する減速方程式で得られる中性子スペクトルを重みにして定義するように改良された。そして、モンテカルロ法による共鳴列から作成される MCROSS ライブラリーを使用する減速方程式で得られる中性子スペクトルを重みにして定義される平均断面積は自己遮蔽因子テーブル作成のみに使用される。

表 2-1 TIMS-1 コードの詳細群エネルギー構造

Group no.	Upper Energy (eV)	Lower Energy (eV)	Lethargy Width (導入 TIMS-1)	No. of ultrafine groups	Lethargy Width (改良 TIMS-1)	No. of ultrafine groups
1	6.3928E+05	1.1109E+05	1.56250E-05	112000	1.56250E-05	112000
2	1.1109E+05	5.2475E+04	1.56250E-05	48000	1.56250E-05	48000
3	5.2475E+04	2.4788E+04	1.56250E-05	48000	1.56250E-05	48000
4	2.4788E+04	9.1188E+03	1.56250E-05	64000	1.56250E-05	64000
5	9.1188E+03	4.3074E+03	1.56250E-05	48000	1.56250E-05	48000
6	4.3074E+03	9.6112E+02	3.12500E-05	48000	3.12500E-05	48000
7	9.6112E+02	4.5400E+02	6.25000E-05	12000	6.25000E-05	12000
8	4.5400E+02	1.0130E+02	1.25000E-04	12000	6.25000E-05	24000
9	1.0130E+02	4.7851E+01	2.50000E-04	3000	6.25000E-05	12000
10	4.7851E+01	1.0677E+01	5.00000E-04	3000	6.25000E-05	24000
11	1.0677E+01	3.9279E+00	5.00000E-04	2000	6.25000E-05	16000
12	3.9279E+00	4.1399E-01	5.00000E-04	4500	6.25000E-05	36000
合計				404500	合計	492000

2.2.2 TIMS-1 コードの UNIX マシーンへの移植作業について

最新版 TIMS-1 コードの導入では当該コードの UNIX マシーンへの移植を実施した。これは、これまでの汎用炉定数作成システムが UNIX マシーンで開発されている事と、TIMS-1 コードの UNIX マシーン版が存在しないからである。このコード移植作業内容を以下に箇条書きで報告する。

- ① 使用する評価済核データファイルや出力ファイル (MCROSS ライブライバー) を setenv で割り当てるようにした。また、作業ファイル等を含め使用ファイルを open & close 文で制御するようにした。
- ② 亂数ルーチンを日本原子力研究所で開発された連続エネルギーモンテカルロコード MVP⁹⁾で使用されている rminit と ranu2 サブルーチンに変更した。
- ③ プロットモジュール XS PLOT を削除した。これは TIMS-1 コードが使用している GPLOT1 ルーチンのプログラムソース入手できなかったからである。また、TIMS-1 コードの新モジュール MKPENDF により作成される PENDF を利用すれば EVALPLOT コードで同様な作図が可能だからである。
- ④ PEACO モジュールでは、SRAC95 コード¹⁰⁾の GPLOTZ ルーチンを流用して計算中性子スペクトル図をポストスクリプト・ファイル (PS file) 形式で出力するようにした。
- ⑤ PRINT 文を WRITE 文にする修正やフォーマット文の修正を実施した。

2.2.3 導入 TIMS-1 コードの改良

導入した TIMS-1 コードの改良を実施した。改良内容を以下に箇条書きで述べる。

- ① 入力形式を簡素化した。簡素化した入力形式の説明は付録 A で報告する。
- ② 共鳴列発生のリスタート計算の改良を実施した。即ち、リスタート計算では入力で指定し許容誤差 (DDXS 及び DD 入力データ) を満たした共鳴列を発生する乱数初期値をリスタートファイルから読み込むようにした。この機能は NAM2 ネームリスト入力で JREST=1 と指定すれば良い。
- ③ TIMS-1 コードでの σ_0 や温度、平均断面積を求める群数等の制限値をパラメータ文で定義し、将来の当該パラメータの変更が簡単に行えるようにした。これらパラメータの制限値に関しては付録 A で述べる。
- ④ 平均断面積を求める群数及びエネルギー構造を PRENJOY コードが使用するコントロールファイルから自動的に定義するようにした。
- ⑤ PEACO モジュールで計算される平均断面積から定義される共鳴エネルギー領域の無限希釈断面積と自己遮蔽因子テーブルを JFS3 ライブライバーのマスターファイルに出力する機能を付加した。これは従来 XTABPDS コード¹¹⁾が行っていた。
- ⑥ 詳細群のレサージ幅を表 2-1 に示す値に変更した。これは最近の共鳴評価では分離共鳴評価の上限値が keV 領域まで上がり、その共鳴構造を正しく表現するにはレサージ幅が大きすぎるからである。例えば U-238-JENDL3.3 は 10 keV から分離共鳴評価が始まり、300kelvin の捕獲断面積のポイント数は約 17 万点も存在する。また、この詳細群のレサージ幅の変更により PEACO モジュールで計算される中性子スペクトルの精度が高まった (数値解析誤差による原因不明の中性子レベル低下の改善)。

尚、改良した UNIX 版 TIMS-1 コードを核燃料サイクル開発機構・システム技術開発部 炉心技術開発グループ殿の SUN ワークステーションの /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys/TIMS ディレクトリーにインストールした。

2.3 導入 TIMS-1 コードの機能検証

2.3.1 TIMS-1 コードによる JENDL-3.2 の重核の共鳴処理

導入・整備し改良した TIMS-1 コードの機能検証を行うため、JENDL-3.2 の重核の共鳴処理を実施し、JFS3-70 群ライブラリーの共鳴エネルギー領域の炉定数（無限希釈群定数と自己遮蔽因子テーブル）を作成した。処理核種と共鳴処理での共鳴列生成での許容誤差を表 2-2 に示す。これらの処理核種は 1 次元ベンチマーク炉心と ZPPR 炉心解析で使用される核種を処理対象とした。

表 2-2 TIMS-1 コードによる共鳴処理核種

核種名	MATNO	Tape No	非分離共鳴の断面積作成許容誤差 (%)	非分離共鳴の共鳴幅作成許容誤差 (%)
U-234	9225	313	3	10
U-235	9228	313	5	10
U-238	9237	313	3	10
Pu-239	9437	314	3	10
Pu-240	9440	314	3	10
Pu-241	9443	314	5	10
Pu-242	9446	314	5	12
Am-241	9543	314	4.5	10

2.3.2 新 JFS3-70 群ライブラリーの作成

昨年度、JENDL-3.2 評価済核データを使用して PRENJOY→NJOY97→POSTNJOY により作成した JFS3-70 群ライブラリーを元にして、今回、導入・整備した改良 UNIX 版 TIMS-1 コードで作成した重核の共鳴断面積（無限希釈断面積と自己遮蔽因子テーブル）を使用する JFS3-70 群ライブラリーを作成した。ここで、このライブラリーを TIMS-UNIX ライブラリーと呼称する。一方、昨年度作成した JFS3-70 群ライブラリーの重核共鳴断面積（無限希釈断面積と自己遮蔽因子テーブル）を、公開されている JFS3-J3.2 ライブラリーの表 2-2 に示す核種の共鳴断面積（無限希釈断面積と自己遮蔽因子テーブル）に置換した JFS3-70 群ライブラリーを作成し、これを、便宜上、TIMS-Orig. ライブラリーと呼称する。

TIMS-UNIX ライブラリーと TIMS-Orig. ライブラリーの重核共鳴断面積を比較した結果をまとめると以下のようになる。

- ・ 無限希釈断面積は 0.1% 以下で一致する
- ・ 分離共鳴の自己遮蔽因子テーブルは 0.1% 以下で一致する
- ・ 非分離共鳴の自己遮蔽因子テーブルは非分離共鳴の断面積許容誤差内で一致する

非分離共鳴自己遮蔽因子テーブルの比較例として、U-238 の捕獲反応自己遮蔽因子の比較結果を表 2-3 に示す。表より、 σ_0 の小さな値に対する自己遮蔽因子で両ライブラリーに差があるが、非分離共鳴の断面積作成許容誤差 3% 以内で一致していることが判る。

表 2-3 U-238-J32 の捕獲反応自己遮蔽因子の比較

JFS3-70G group no.	sigma-0	0.00E+00	1.00E+00	1.00E+01	1.00E+02	1.00E+03	1.00E+04	1.00E+05	1.00E+06
	温度 (k)	UNIX 版の捕獲反応自己遮蔽因子/オリジナル版の捕獲反応自己遮蔽因子							
17	300	0.9986	0.9989	0.9995	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	800	0.9986	0.9989	0.9995	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	0.9988	0.9991	0.9997	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9991	0.9993	0.9997	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
18	300	0.9991	0.9996	1.0001	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	800	0.9988	0.9993	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	0.9991	0.9994	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9993	0.9997	1.0002	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
19	300	0.9961	0.9976	0.9994	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	800	0.9958	0.9972	0.9993	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	0.9960	0.9975	0.9994	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9961	0.9977	0.9995	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
20	300	1.0017	1.0013	1.0007	1.0002	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	800	1.0018	1.0012	1.0004	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	1.0008	1.0004	0.9997	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9999	0.9995	0.9993	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
21	300	0.9913	0.9925	0.9955	0.9990	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	800	0.9913	0.9923	0.9957	0.9991	0.9999	0.9999	1.0000	1.0000
	2100	0.9925	0.9935	0.9963	0.9992	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9946	0.9953	0.9973	0.9994	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
22	300	0.9980	0.9964	0.9960	0.9989	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	800	1.0012	0.9992	0.9976	0.9993	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	1.0033	1.0013	0.9992	0.9997	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	1.0044	1.0025	1.0002	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
23	300	0.9899	0.9929	0.9969	0.9993	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	800	0.9916	0.9942	0.9975	0.9993	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	0.9911	0.9938	0.9975	0.9995	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9900	0.9927	0.9972	0.9995	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
24	300	1.0054	0.9992	0.9957	0.9983	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000
	800	1.0101	1.0041	0.9987	0.9991	0.9998	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	1.0166	1.0108	1.0031	1.0002	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	1.0182	1.0126	1.0046	1.0006	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000
25	300	0.9933	0.9950	0.9974	0.9992	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	800	0.9938	0.9962	0.9990	0.9998	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	0.9935	0.9965	1.0003	1.0004	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9937	0.9969	1.0008	1.0006	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000
26	300	0.9948	1.0024	1.0033	0.9996	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	800	0.9884	0.9969	1.0014	0.9998	0.9999	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	0.9881	0.9961	1.0013	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	0.9897	0.9975	1.0028	1.0005	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000
27	300	1.0247	1.0241	1.0134	1.0030	1.0003	1.0000	1.0001	1.0000
	800	1.0152	1.0174	1.0101	1.0018	1.0002	1.0000	1.0000	1.0000
	2100	1.0068	1.0105	1.0078	1.0014	1.0002	1.0000	1.0000	1.0000
	4500	1.0034	1.0073	1.0062	1.0011	1.0001	1.0000	1.0000	1.0000
28	300	0.9832	0.9823	0.9866	0.9940	0.9990	0.9999	1.0000	1.0000
	800	0.9749	0.9746	0.9816	0.9935	0.9983	0.9991	0.9991	0.9991
	2100	0.9744	0.9734	0.9806	0.9940	0.9979	0.9984	0.9986	0.9985
	4500	0.9826	0.9797	0.9835	0.9949	0.9980	0.9983	0.9983	0.9983
平均		0.9973	0.9981	0.9988	0.9995	0.9998	0.9999	0.9999	0.9999
標準偏差		0.97%	0.89%	0.60%	0.18%	0.05%	0.04%	0.03%	0.03%
最大値		1.0247	1.0241	1.0134	1.0030	1.0003	1.0000	1.0001	1.0000
最小値		0.9744	0.9734	0.9806	0.9935	0.9979	0.9983	0.9983	0.9983

2.3.3 1次元ベンチマークテストによる導入 TIMS-1 コードの機能検証

2.3.2 で示したように TIMS-UNIX ライブライアリと TIMS-Orig. ライブライアリの非分離共鳴自己遮蔽因子で差が存在する。これは、TIMS-1 コードが非分離共鳴の共鳴列の発生で統計手法を採用している事から、乱数発生ルーチンが異なれば必然的に生じる問題である。ここでは、この差が高速炉の積分核特性にどのように影響するかを把握するため、両ライブラリを使用して高速炉の 1 次元ベンチマークテストを実施した。

ベンチマークテスト計算では、新 SLAROM コードを使用して均質セル断面積を求め、新 SLAROM コード内蔵の ANISN モジュールにより 1 次元球体系で炉心の S8P3 輸送計算を実施した。そして、新 SLAROM コードで得られた実効断面積と中性子束データを元に反応率比および中心サンプル・ワースを計算する編集コードを作成して、必要な核特性（中心反応率比と中心サンプル・ワース）を計算した。尚、1 次元ベンチマークテスト炉心は従来の 21 炉心から ZPPR-2 炉心を除いた 20 炉心とした。ZPPR-2 炉心を排除した理由はその炉心モデルが 1 次元円筒モデルであり、与えてあるバックリングデータがエネルギー依存でなく、一般性に欠けるからである。また、1 次元ベンチマークテスト炉心に関しては文献 12 に詳しい説明がなされている。

1 次元ベンチマークテストの結果を表 2-4~12 と図 2-1~9 に示す。ここで、表における括弧の中の値は基準ケース以外の C/E と基準ケースの C/E の差を % で現した値である。

これらの図表より、TIMS-UNIX ライブライアリと TIMS-Orig. ライブライアリの核特性計算精度はほぼ一致していることが判明した。これにより、導入・整備した改良 UNIX 版 TIMS-1 コードが正しく移植された事が確認された。尚、図 2-1~9 での X 軸の値として使用した炉心体積を表 2-13 に示す。

表 2-4 1次元ベンチマークテスト結果：固有値

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENTAL	* C/E OF K-EFFECTIVE	
			TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	1.00000	0.98050 (-)	0.98054 (0.004)
4	ZEBRA-3	1.00000	0.98605 (-)	0.98624 (0.019)
6	SNEAK-7A	1.00000	1.00137 (-)	1.00134 (-0.003)
8	ZPR-3-54	1.00000	1.01065 (-)	1.01038 (-0.027)
9	ZPR-3-53	1.00000	1.00148 (-)	1.00132 (-0.016)
10	SNEAK-7B	1.00000	0.99942 (-)	0.99950 (0.008)
11	ZPR-3-50	1.00000	0.99961 (-)	0.99956 (-0.005)
12	ZPR-3-48	1.00000	1.00270 (-)	1.00273 (0.003)
14	ZPR-3-49	1.00000	1.00319 (-)	1.00322 (0.003)
15	ZPR-3-56B	1.00000	1.00929 (-)	1.00927 (-0.002)
16	ZPR-6-7	1.00000	1.00146 (-)	1.00151 (0.005)
19	MZA	1.01080	0.99461 (-)	0.99462 (0.001)
20	MZB(1)	1.00400	0.99649 (-)	0.99654 (0.004)
21	FCA-5-2	1.00000	0.99222 (-)	0.99230 (0.008)
* AVERAGE OF C/E		0.99850 (-)	0.99850 (0.000)	
* AVERAGE(C/E)-1.0		-0.00150	-0.00150	
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.00580	0.00575	
* STND.DEV. OF C/E		0.00788	0.00781	

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENTAL	* C/E OF K-EFFECTIVE	
			TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
2	VERA-1B	1.00000	0.99567 (-)	0.99572 (0.005)
3	ZPR-3-6F	1.00000	1.00607 (-)	1.00609 (0.002)
5	ZPR-3-12	1.00000	1.00440 (-)	1.00445 (0.005)
7	ZPR-3-11	1.00000	1.00837 (-)	1.00848 (0.011)
13	ZEBRA-2	1.00000	0.99351 (-)	0.99386 (0.035)
17	ZPR-6-6A	1.00000	1.00952 (-)	1.00990 (0.038)
* AVERAGE OF C/E		1.00293 (-)	1.00308 (0.016)	
* AVERAGE(C/E)-1.0		0.00293	0.00308	
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.00653	0.00656	
* STND.DEV. OF C/E		0.00614	0.00614	

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES		
* AVERAGE OF C/E	0.99983 (-)	0.99988 (0.005)
* AVERAGE(C/E)-1.0	-0.00017	-0.00012
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.00602	0.00599
* STND.DEV. OF C/E	0.00767	0.00764

表 2-5 1次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928F/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	0.10200	0.91512	0.91503
4	ZEBRA-3	0.04610	0.98964	0.98937
6	SNEAK-7A	0.04480	0.97433	0.97453
8	ZPR-3-54	0.02540	1.18862	1.18758
9	ZPR-3-53	0.02540	1.19789	1.19673
10	SNEAK-7B	0.03300	1.02041	1.02022
11	ZPR-3-50	0.02510	1.17704	1.17687
12	ZPR-3-48	0.03260	1.05302	1.05288
14	ZPR-3-49	0.03450	1.08856	1.08884
15	ZPR-3-56	0.03080	0.97943	0.97936
16	ZPR-6-7	0.02200	1.01049	1.01010
19	MZA	0.03366	1.00704	1.00703
20	MZB	0.02256	1.03245	1.03227
21	FCA-5-2	0.03960	1.13390	1.13360
* AVERAGE OF C/E			1.05485	1.05460
(-)			(-0.024)	
* AVERAGE (C/E)-1.0			0.05485	0.05460
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.07506	0.07485
* STND. DEV. OF C/E			0.08559	0.08535

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928F/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.08600	0.96376	0.96374
3	ZPR-3-6F	0.07800	1.02812	1.02812
5	ZPR-3-12	0.04700	1.08361	1.08357
7	ZPR-3-11	0.03800	1.07000	1.06985
13	ZEBRA-2	0.03200	1.07102	1.07056
17	ZPR-6-6A	0.02410	1.01232	1.01188
* AVERAGE OF C/E			1.03814	1.03795
(-)			(-0.018)	
* AVERAGE (C/E)-1.0			0.03814	0.03795
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.05022	0.05004
* STND. DEV. OF C/E			0.04176	0.04173

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	1.04984	1.04961
(-)	(-0.022)	
* AVERAGE (C/E)-1.0	0.04984	0.04961
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.06761	0.06740
* STND. DEV. OF C/E	0.07556	0.07536

表 2-6 1次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 949F/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	1.18000	0.99382	0.99374
4	ZEBRA-3	1.19000	0.98296	0.98291
6	SNEAK-7A	1.01600	0.97065	0.97079
8	ZPR-3-54	0.92800	0.95417	0.95306
9	ZPR-3-53	0.92800	0.95481	0.95369
10	SNEAK-7B	1.01200	0.98902	0.98890
11	ZPR-3-50	0.90300	1.00108	1.00085
12	ZPR-3-48	0.97600	0.99508	0.99495
14	ZPR-3-49	0.98600	1.01113	1.01140
15	ZPR-3-56	1.02800	0.94479	0.94470
16	ZPR-6-7	0.94250	0.97681	0.97648
19	MZA	1.01338	0.98048	0.98046
20	MZB	0.94877	0.98321	0.98307
21	FCA-5-2	1.10400	0.96593	0.96555
* AVERAGE OF C/E			0.97885 (-)	0.97861 (-0.025)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.02115	-0.02139
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.02289	0.02314
* STND.DEV. OF C/E			0.01842	0.01866

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 949F/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
2	VERA-1B	1.20000	0.95792	0.95800
3	ZPR-3-6F	1.22000	1.01635	1.01640
5	ZPR-3-12	1.12000	0.99048	0.99050
7	ZPR-3-11	1.19000	0.97848	0.97857
13	ZEBRA-2	0.98700	1.00686	1.00609
17	ZPR-6-6A	---	---	---
* AVERAGE OF C/E			0.99002 (-)	0.98991 (-0.011)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.00998	-0.01009
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.01926	0.01908
* STND.DEV. OF C/E			0.02069	0.02054

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	0.98179 (-)	0.98158 (-0.021)
* AVERAGE(C/E)-1.0	-0.01821	-0.01842
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.02194	0.02207
* STND.DEV. OF C/E	0.01967	0.01981

表 2-7 1 次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 940F/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	0.47500	1.13008	1.13001
4	ZEBRA-3	0.37300	0.99301	0.99283
6	SNEAK-7A	---	---	---
8	ZPR-3-54	0.17400	1.19600	1.19509
9	ZPR-3-53	0.17400	1.20182	1.20081
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	0.15900	1.33764	1.33761
12	ZPR-3-48	0.24300	1.04963	1.04963
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	0.28200	0.83453	0.83458
16	ZPR-6-7	---	---	---
19	MZA	0.25993	0.99799	0.99810
20	MZB	0.19194	1.01822	1.01825
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E			1.08432 (-)	1.08410 (-0.021)
* AVERAGE(C/E)-1.0			0.08432	0.08410
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.12310	0.12288
* STND.DEV. OF C/E			0.13996	0.13977

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 940F/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.39900	1.23622	1.23625
3	ZPR-3-6F	0.53000	1.00644	1.00646
5	ZPR-3-12	---	---	---
7	ZPR-3-11	0.34000	1.02804	1.02799
13	ZEBRA-2	0.23700	1.07713	1.07682
17	ZPR-6-6A	---	---	---
* AVERAGE OF C/E			1.08696 (-)	1.08688 (-0.007)
* AVERAGE(C/E)-1.0			0.08696	0.08688
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.08696	0.08688
* STND.DEV. OF C/E			0.08990	0.08993

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	1.08513 (-)	1.08496 (-0.016)
* AVERAGE(C/E)-1.0	0.08513	0.08496
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.11198	0.11180
* STND.DEV. OF C/E	0.12669	0.12655

表 2-8 1 次元ベンチマークテスト結果 : C28/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	0.15800	0.72937	0.72946
4	ZEBRA-3	---	---	---
6	SNEAK-7A	0.13760	0.96609	0.96544
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	0.13100	1.00362	1.00250
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	0.13800	0.96029	0.95948
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	0.13200	1.06297	1.06201
19	MZA	0.13144	1.01848	1.01782
20	MZB	0.13510	1.03079	1.03004
21	FCA-5-2	0.14000	0.90592	0.90499
* AVERAGE OF C/E			0.95969 (-)	0.95897 (-0.076)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.04031	-0.04103
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.06927	0.06912
* STND. DEV. OF C/E			0.09816	0.09789

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.13500	0.90794	0.90814
3	ZPR-3-6F	0.10400	0.93002	0.92969
5	ZPR-3-12	0.12300	0.95614	0.95543
7	ZPR-3-11	0.11200	0.94809	0.94728
13	ZEBRA-2	0.13600	0.96088	0.95953
17	ZPR-6-6A	0.13780	1.01528	1.01377
* AVERAGE OF C/E			0.95306 (-)	0.95231 (-0.079)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.04694	-0.04769
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.05203	0.05229
* STND. DEV. OF C/E			0.03300	0.03248

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	0.95685 (-)	0.95611 (-0.077)
* AVERAGE(C/E)-1.0	-0.04315	-0.04389
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.06189	0.06191
* STND. DEV. OF C/E	0.07736	0.07706

表 2-9 1 次元ベンチマークテスト結果：C28/F49 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 949F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
4	ZEBRA-3	---	---	---
6	SNEAK-7A	0.13500	0.99850	0.99768
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	0.12900	1.01828	1.01726
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	0.14100	0.96773	0.96704
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	0.14000	1.08861	1.08801
19	MZA	0.12970	1.03876	1.03810
20	MZB	0.14240	1.04839	1.04777
21	FCA-5-2	0.12680	0.93796	0.93736
* AVERAGE OF C/E		1.01403	1.01332	
* AVERAGE(C/E)-1.0		(-)	(-0.071)	
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.01403	0.01332	
* STND. DEV. OF C/E		0.04141	0.04130	
		0.04712	0.04713	

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 949F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.12200	0.87401	0.87413
3	ZPR-3-6F	0.08500	0.91771	0.91734
5	ZPR-3-12	0.11000	0.96377	0.96303
7	ZPR-3-11	0.09400	0.97015	0.96923
13	ZEBRA-2	0.13800	0.95289	0.95227
17	ZPR-6-6A	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		0.93571	0.93520	
* AVERAGE(C/E)-1.0		(-)	(-0.054)	
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		-0.06429	-0.06480	
* STND. DEV. OF C/E		0.06429	0.06480	
		0.03577	0.03542	

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	0.98140	0.98077
	(-)	(-0.064)
* AVERAGE(C/E)-1.0	-0.01860	-0.01923
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.05094	0.05109
* STND. DEV. OF C/E	0.05762	0.05746

表 2-10 1次元ベンチマークテスト結果：U-235 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	1.0611	1.0613
2	VERA-1B	0.9931	0.9931
3	ZPR-3-6F	0.8235	0.8234
4	ZEBRA-3	1.0016	1.0015
5	ZPR-3-12	0.9961	0.9959
6	SNEAK-7A	0.9821	0.9822
7	ZPR-3-11	1.0419	1.0417
8	ZPR-3-54	1.0280	1.0293
9	ZPR-3-53	1.0342	1.0355
10	SNEAK-7B	1.0048	1.0050
11	ZPR-3-50	0.9887	0.9890
12	ZPR-3-48	1.0001	0.9999
13	ZEBRA-2	1.0104	1.0105
14	ZPR-3-49	1.0649	1.0647
15	ZPR-3-56	0.9543	0.9541
16	ZPR-6-7	0.9754	0.9753
17	ZPR-6-6A	1.0249	1.0250
19	MZA	---	---
20	MZB	---	---
21	FCA-5-2	---	---
* AVERAGE OF C/E		0.9991	0.9993
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.0329	0.0330
* STND.DEV. OF C/E		0.0524	0.0525

表 2-11 1次元ベンチマークテスト結果：U-238 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---
2	VERA-1B	1.7276	1.7259
3	ZPR-3-6F	---	---
4	ZEBRA-3	0.9663	0.9656
5	ZPR-3-12	1.0626	1.0614
6	SNEAK-7A	1.1329	1.1314
7	ZPR-3-11	1.0195	1.0187
8	ZPR-3-54	0.8744	0.8732
9	ZPR-3-53	0.8663	0.8654
10	SNEAK-7B	1.1080	1.1071
11	ZPR-3-50	0.8865	0.8855
12	ZPR-3-48	0.9310	0.9303
13	ZEBRA-2	0.9813	0.9816
14	ZPR-3-49	1.0195	1.0184
15	ZPR-3-56	1.0841	1.0833
16	ZPR-6-7	0.8685	0.8681
17	ZPR-6-6A	1.1046	1.1051
19	MZA	---	---
20	MZB	---	---
21	FCA-5-2	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.0422	1.0414
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.1256	0.1254
* STND.DEV. OF C/E		0.2041	0.2039

表 2-12 1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	TIMS-Orig. (TRANSPORT)	TIMS-UNIX (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---
2	VERA-1B	---	---
3	ZPR-3-6F	---	---
4	ZEBRA-3	---	---
5	ZPR-3-12	---	---
6	SNEAK-7A	0.7149	0.7158
7	ZPR-3-11	---	---
8	ZPR-3-54	---	---
9	ZPR-3-53	---	---
10	SNEAK-7B	0.8082	0.8088
11	ZPR-3-50	---	---
12	ZPR-3-48	---	---
13	ZEBRA-2	0.5677	0.5684
14	ZPR-3-49	---	---
15	ZPR-3-56	---	---
16	ZPR-6-7	---	---
17	ZPR-6-6A	---	---
19	MZA	---	---
20	MZB	---	---
21	FCA-5-2	---	---
* AVERAGE OF C/E		0.6970	0.6977
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.3030	0.3023
* STND.DEV. OF C/E		0.0990	0.0990

表 2-13 1次元ベンチマークテスト炉心の炉心体積

Core Name	Core volume (liter)
VERA-11A	11.45
VERA-1B	29.37
ZPR-3-6F	50.94
ZEBRA-3	55.56
SNEAK-7A	96.97
ZPR-3-12	99.64
ZPR-3-11	132.31
ZPR-3-54	193.61
FCA-5-2	199.23
ZPR-3-53	221.71
SNEAK-7B	281.16
ZPR-3-50	343.13
ZPR-3-48	387.97
ZEBRA-2	393.27
ZPR-3-49	449.77
MZA	565.06
ZPR-3-56B	613.78
MZB(1)	1777.61
ZPR-6-7	2870.14
ZPR-6-6A	3668.12

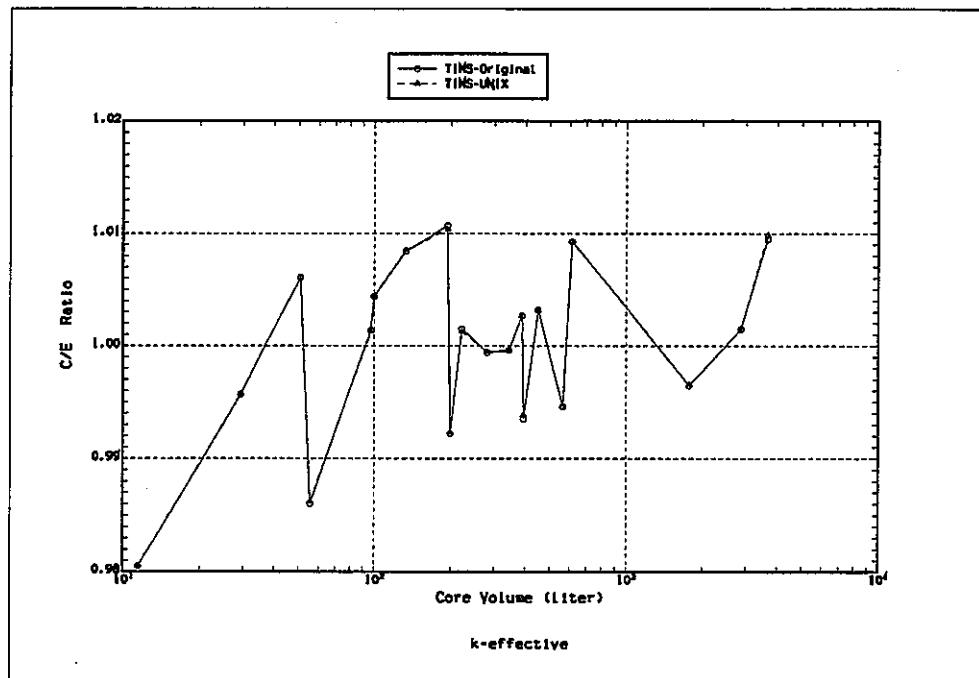


図 2-1 1次元ベンチマークテストの結果：固有値

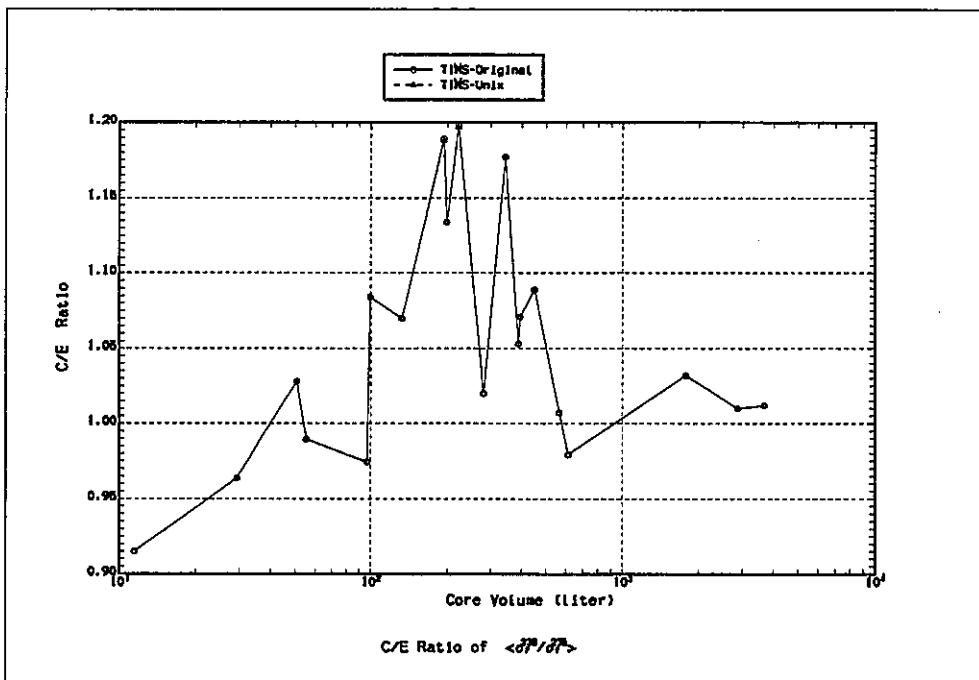


図 2-2 1次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比

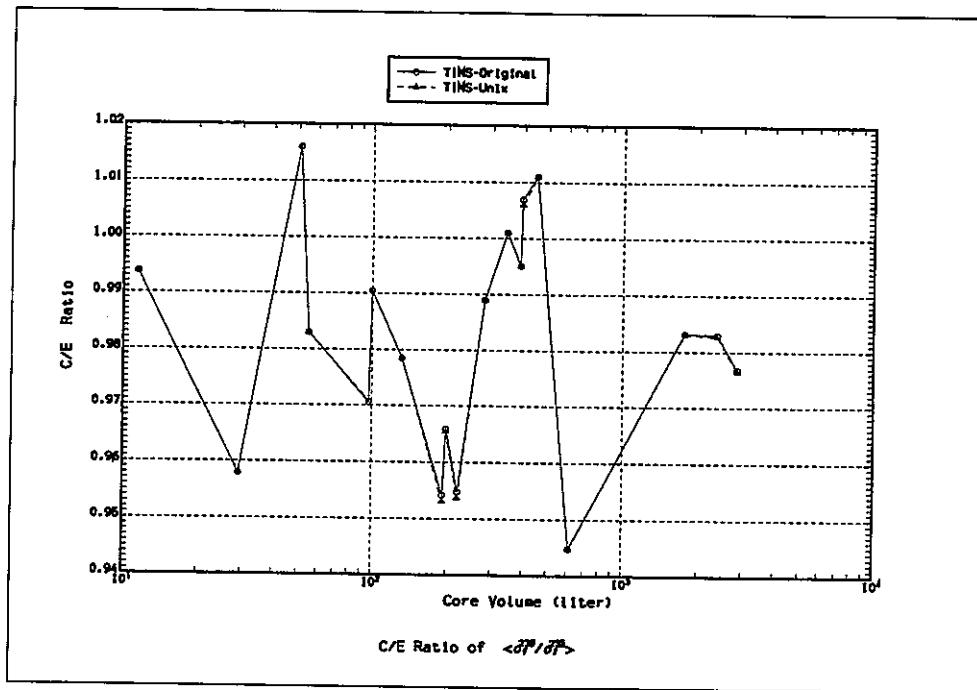


図 2-3 1次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比

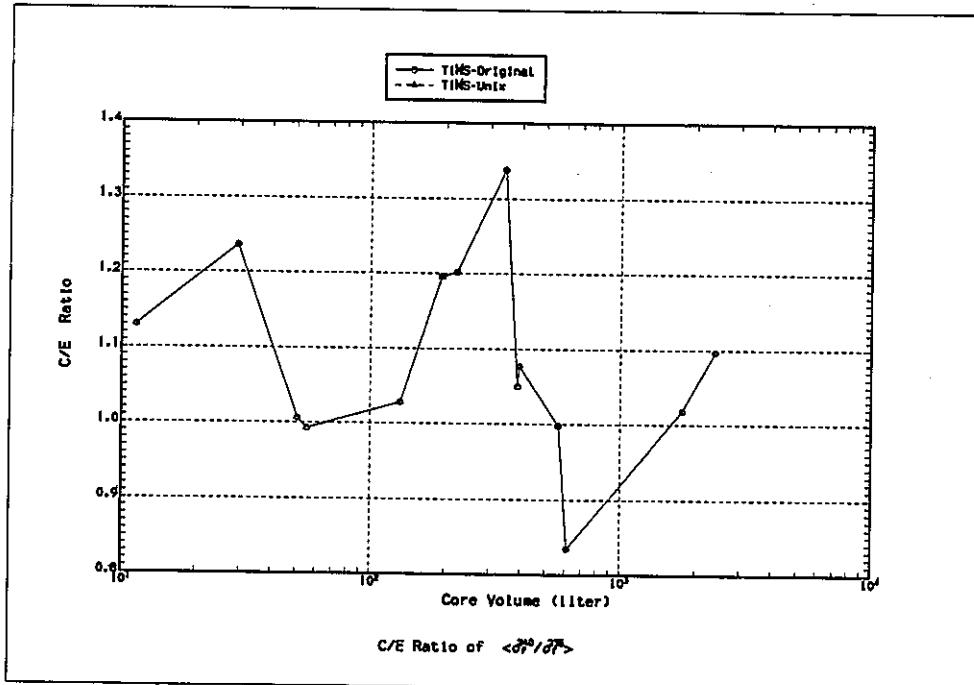


図 2-4 1次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比

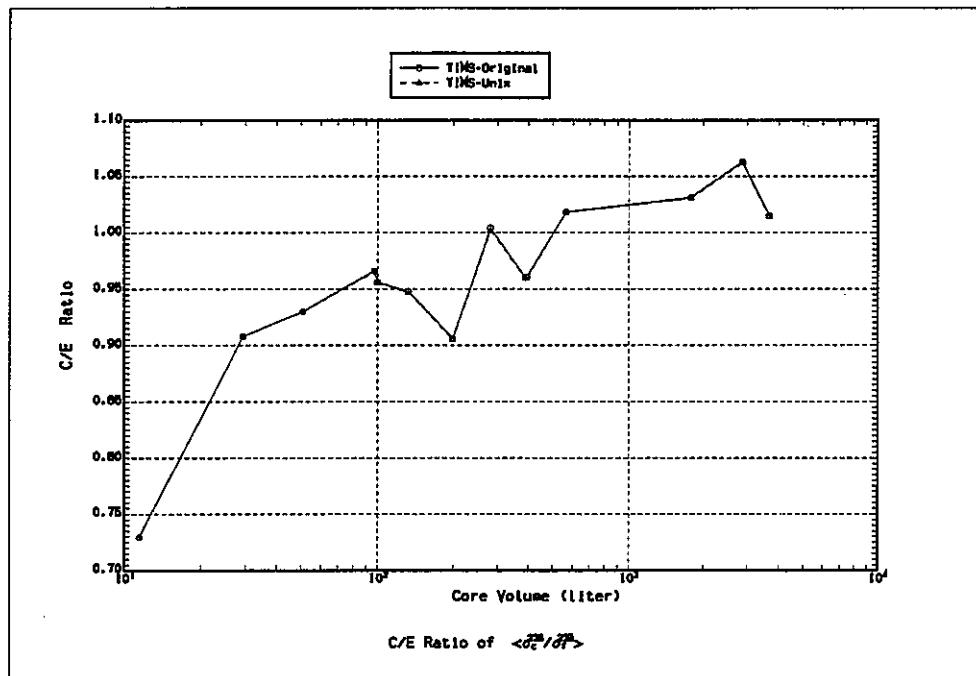


図 2-5 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F25 中心反応率比

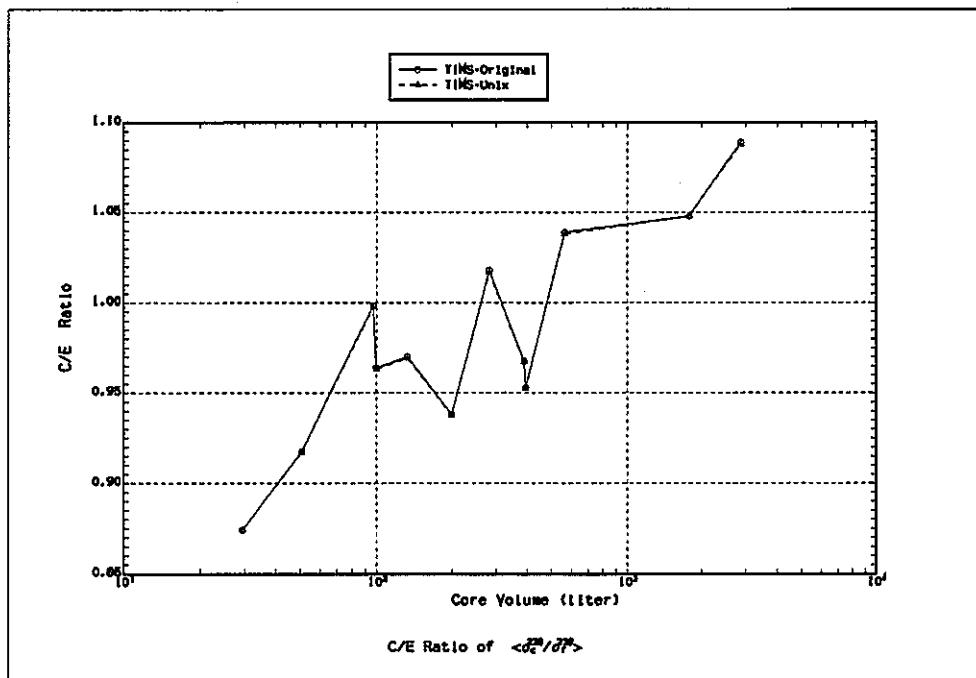


図 2-6 1次元ベンチマークテスト結果：C28/F49 中心反応率比

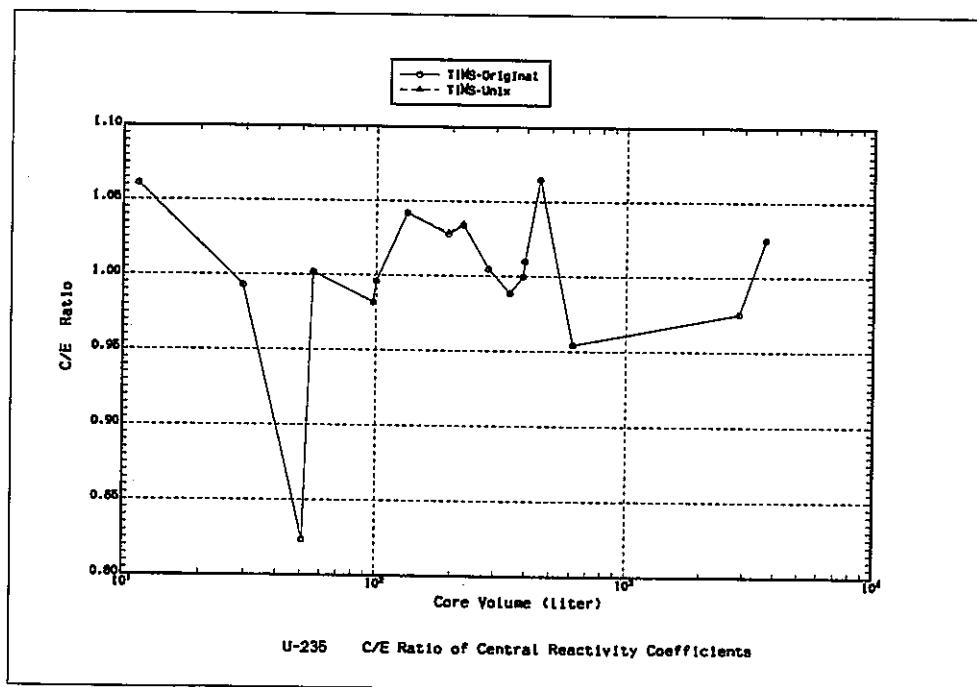


図 2-7 1次元ベンチマークテスト結果：U-235 中心サンプル・ワース

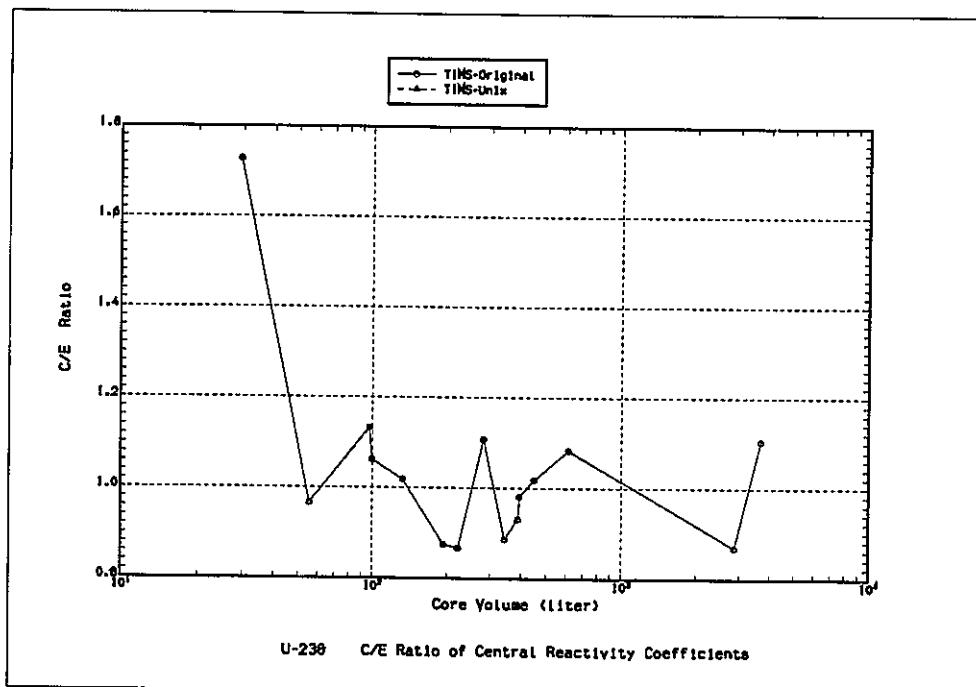


図 2-8 1次元ベンチマークテスト結果：U-238 中心サンプル・ワース

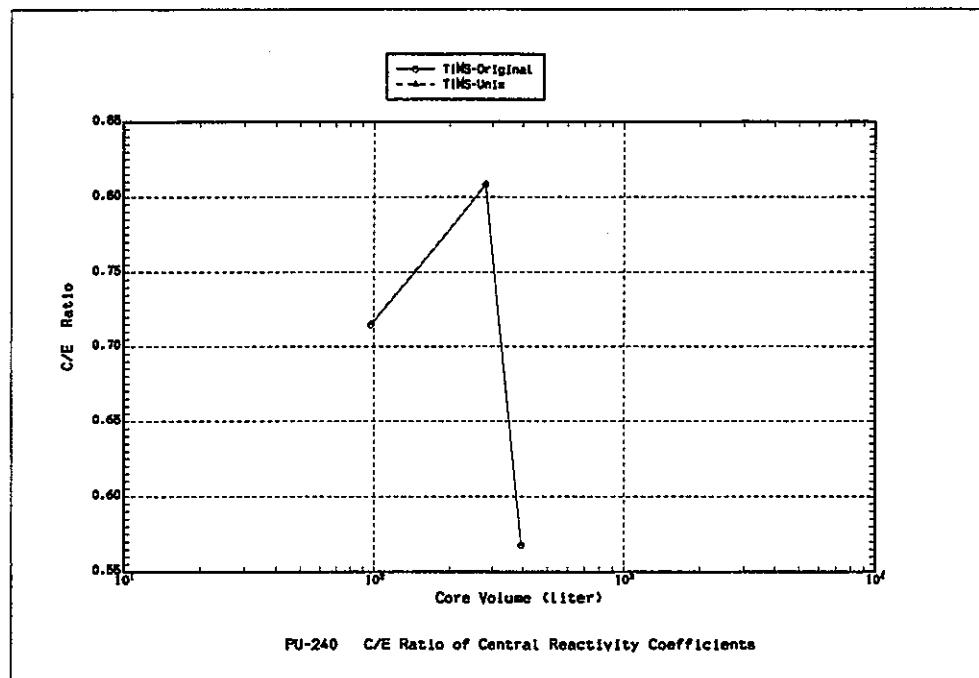


図 2-9 1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース

第3章 次世代炉定数の詳細仕様設計に関する検討

3.1 はじめに

本章では、次世代炉定数の基本性能を十分に発揮させ、核特性解析精度を向上させると共に核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用されるように、当該炉定数の詳細仕様設計の検討を実施する。先ず、昨年度の研究での 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検討を実施する。具体的には、検討用ライブラリーを 2 種類作成し、そのベンチマークを実施し、次世代炉定数の具体的なエネルギー群数とそのエネルギー構造を提案する。そして、炉心特性解析分野だけでなく、炉心安全解析、核設計等の幅広い分野にわたる応用を想定して、次世代炉定数のデータ構成およびデータ内容を具体的に検討する。

3.2 次世代炉定数の群構造に関する検討

3.2.1 検討用ライブラリー群構造の設定

ここでは昨年度の ZPPR-13A 炉心の反応率分布解析で得られた知見に、即ち、「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」なる知見を元に、「次世代炉定数のライブラリー群構造」を検討するため、検討用ライブラリー群構造を 2 種類、具体的に設定する。この検討用ライブラリー群構造の設定では、以下の条件を考慮する。

- ① 群数は 140 群以内とする。
- ② 10MeV 以上のエネルギー分割を荒くする。即ち、加速器駆動消滅炉等の高エネルギー反応が重要な炉心解析を対象としない。
- ③ 20keV 以上のエネルギー群構造の設定では、等レサージを基本とする JFS3 タイプの群構造と Fe 等の構造材や減速材核種の断面積構造を考慮する VITAMIN-E¹³⁾ タイプの群構造の 2 種類を作成する。
- ④ 热中性炉の解析を対象としない。
- ⑤ 20 keV 以下のエネルギー群構造は Na の 2.85 keV 共鳴の近傍（図 3-1）を除き、基本的に群のレサージ幅を 0.15 ないし 0.25 として群数の低減を行う。この低減の根拠は新 SLAROM コードには PEACO モジュールがあり、当該エネルギー範囲では高精度の共鳴断面積計算が可能であるからである。

そして、以上の条件を満たす 2 種類の検討用 139 群ライブラリーのエネルギー構造を定めた。定めたエネルギー群構造を表 3-1 と表 3-2 に示す。ここで、表 3-1 に示すエネルギー群構造のライブラリーを JFS-139 群ライブラリーと呼称する。その理由は基本的にそのエネルギー構造が幾つかの大きなエネルギー範囲を等レサージで分割してあるからである。一方、表 3-2 に示すエネルギー群構造のライブラリーを VTM-139 群ライブラリーと呼称する。VTM-139 群ライブラリーは図 3-2～6 に示す炭素、酸素および鉄の断面積構造を考慮した VITAMIN-E タイプの群構造であるからである。

表 3-1 JFS-139 群ライブラーのエネルギー群構造

grp. no.	Upper energy (eV)	lethargy width									
1	2.0000E+07	0.19315	36	2.4724E+05	0.05000	71	4.2963E+04	0.05000	106	9.6112E+02	0.25000
2	1.6487E+07	0.25000	37	2.3518E+05	0.05000	72	4.0868E+04	0.05000	107	7.4852E+02	0.25000
3	1.2840E+07	0.25000	38	2.2371E+05	0.05000	73	3.8875E+04	0.05000	108	5.8295E+02	0.25000
4	1.0000E+07	0.12500	39	2.1280E+05	0.05000	74	3.6979E+04	0.05000	109	4.5400E+02	0.25000
5	8.8250E+06	0.12500	40	2.0242E+05	0.05000	75	3.5175E+04	0.05000	110	3.5358E+02	0.25000
6	7.7880E+06	0.12500	41	1.9255E+05	0.05000	76	3.3460E+04	0.05000	111	2.7536E+02	0.25000
7	6.8729E+06	0.12500	42	1.8316E+05	0.05000	77	3.1828E+04	0.05000	112	2.1445E+02	0.25000
8	6.0653E+06	0.12500	43	1.7422E+05	0.05000	78	3.0276E+04	0.05000	113	1.6702E+02	0.25000
9	5.3526E+06	0.12500	44	1.6573E+05	0.05000	79	2.8799E+04	0.05000	114	1.3007E+02	0.25000
10	4.7237E+06	0.12500	45	1.5764E+05	0.05000	80	2.7394E+04	0.05000	115	1.0130E+02	0.25000
11	4.1686E+06	0.12500	46	1.4996E+05	0.05000	81	2.6058E+04	0.05000	116	7.8893E+01	0.25000
12	3.6788E+06	0.12500	47	1.4264E+05	0.05000	82	2.4788E+04	0.05000	117	6.1442E+01	0.25000
13	3.2465E+06	0.12500	48	1.3569E+05	0.05000	83	2.3579E+04	0.05000	118	4.7851E+01	0.25000
14	2.8650E+06	0.12500	49	1.2907E+05	0.05000	84	2.2429E+04	0.15000	119	3.7267E+01	0.25000
15	2.5284E+06	0.12500	50	1.2277E+05	0.05000	85	1.9305E+04	0.15000	120	2.9023E+01	0.25000
16	2.2313E+06	0.12500	51	1.1679E+05	0.05000	86	1.6616E+04	0.15000	121	2.2603E+01	0.25000
17	1.9691E+06	0.12500	52	1.1109E+05	0.05000	87	1.4301E+04	0.15000	122	1.7603E+01	0.25000
18	1.7377E+06	0.12500	53	1.0567E+05	0.05000	88	1.2309E+04	0.15000	123	1.3710E+01	0.25000
19	1.5335E+06	0.12500	54	1.0052E+05	0.05000	89	1.0595E+04	0.15000	124	1.0677E+01	0.25000
20	1.3534E+06	0.12500	55	9.5616E+04	0.05000	90	9.1188E+03	0.15000	125	8.3153E+00	0.25000
21	1.1943E+06	0.12500	56	9.0953E+04	0.05000	91	7.8486E+03	0.15000	126	6.4760E+00	0.25000
22	1.0540E+06	0.12500	57	8.6517E+04	0.05000	92	6.7554E+03	0.15000	127	5.0435E+00	0.25000
23	9.3014E+05	0.12500	58	8.2297E+04	0.05000	93	5.8144E+03	0.15000	128	3.9279E+00	0.25000
24	8.2085E+05	0.12500	59	7.8284E+04	0.05000	94	5.0045E+03	0.15000	129	3.0590E+00	0.25000
25	7.2440E+05	0.12500	60	7.4466E+04	0.05000	95	4.3074E+03	0.15000	130	2.3824E+00	0.25000
26	6.3928E+05	0.12500	61	7.0834E+04	0.05000	96	3.7074E+03	0.10000	131	1.8554E+00	0.25000
27	5.6416E+05	0.12500	62	6.7379E+04	0.05000	97	3.3546E+03	0.10000	132	1.4450E+00	0.25000
28	4.9787E+05	0.12500	63	6.4093E+04	0.05000	98	3.0354E+03	0.10000	133	1.1254E+00	0.25000
29	4.3937E+05	0.12500	64	6.0967E+04	0.05000	99	2.7465E+03	0.05000	134	8.7642E-01	0.25000
30	3.8774E+05	0.12500	65	5.7994E+04	0.05000	100	2.6126E+03	0.05000	135	6.8256E-01	0.25000
31	3.4218E+05	0.12500	66	5.5166E+04	0.05000	101	2.4852E+03	0.10000	136	5.3158E-01	0.25000
32	3.0197E+05	0.05000	67	5.2475E+04	0.05000	102	2.2487E+03	0.10000	137	4.1399E-01	0.25000
33	2.8725E+05	0.05000	68	4.9916E+04	0.05000	103	2.0347E+03	0.25000	138	3.2242E-01	1.25000
34	2.7324E+05	0.05000	69	4.7482E+04	0.05000	104	1.5846E+03	0.25000	139	9.2374E-02	9.13102
35	2.5991E+05	0.05000	70	4.5166E+04	0.05000	105	1.2341E+03	0.25000		1.0000E-05	

表 3-2 VTM-139 群ライブラーのエネルギー群構造

grp. no.	upper energy (eV)	lethargy width									
1	2.0000E+07	0.19315	36	4.2852E+05	0.050000	71	7.2401E+04	0.071875	106	9.6112E+02	0.250000
2	1.6487E+07	0.25000	37	4.0762E+05	0.100000	72	6.7379E+04	0.150000	107	7.4852E+02	0.250000
3	1.2840E+07	0.25000	38	3.6883E+05	0.100000	73	5.7994E+04	0.062500	108	5.8295E+02	0.250000
4	1.0000E+07	0.150000	39	3.3373E+05	0.100000	74	5.4480E+04	0.087500	109	4.5400E+02	0.250000
5	8.6071E+06	0.200000	40	3.0197E+05	0.025000	75	4.9916E+04	0.100000	110	3.5358E+02	0.250000
6	7.0469E+06	0.150000	41	2.9452E+05	0.025000	76	4.5166E+04	0.100000	111	2.7536E+02	0.250000
7	6.0653E+06	0.200000	42	2.8725E+05	0.050000	77	4.0868E+04	0.100000	112	2.1445E+02	0.250000
8	4.9659E+06	0.200000	43	2.7324E+05	0.100000	78	3.6979E+04	0.075000	113	1.6702E+02	0.250000
9	4.0657E+06	0.200000	44	2.4724E+05	0.050000	79	3.4307E+04	0.075000	114	1.3007E+02	0.250000
10	3.3287E+06	0.100000	45	2.3518E+05	0.050000	80	3.1828E+04	0.109375	115	1.0130E+02	0.250000
11	3.0119E+06	0.050000	46	2.2371E+05	0.050000	81	2.8530E+04	0.056250	116	7.8893E+01	0.250000
12	2.8650E+06	0.150000	47	2.1280E+05	0.050000	82	2.6970E+04	0.034375	117	6.1442E+01	0.250000
13	2.4660E+06	0.034375	48	2.0242E+05	0.050000	83	2.6058E+04	0.050000	118	4.7851E+01	0.250000
14	2.3826E+06	0.015625	49	1.9255E+05	0.031250	84	2.4788E+04	0.025000	119	3.7267E+01	0.250000
15	2.3457E+06	0.015625	50	1.8662E+05	0.018750	85	2.4176E+04	0.025000	120	2.9023E+01	0.250000
16	2.3093E+06	0.034375	51	1.8316E+05	0.050000	86	2.3579E+04	0.075000	121	2.2603E+01	0.250000
17	2.2313E+06	0.050000	52	1.7422E+05	0.031250	87	2.1875E+04	0.125000	122	1.7603E+01	0.250000
18	2.1225E+06	0.100000	53	1.6886E+05	0.018750	88	1.9305E+04	0.250000	123	1.3710E+01	0.250000
19	1.9205E+06	0.100000	54	1.6573E+05	0.050000	89	1.5034E+04	0.250000	124	1.0677E+01	0.250000
20	1.7377E+06	0.100000	55	1.5764E+05	0.050000	90	1.1709E+04	0.100000	125	8.3153E+00	0.250000
21	1.5724E+06	0.100000	56	1.4996E+05	0.050000	91	1.0595E+04	0.150000	126	6.4760E+00	0.250000
22	1.4227E+06	0.050000	57	1.4264E+05	0.025000	92	9.1188E+03	0.250000	127	5.0435E+00	0.250000
23	1.3534E+06	0.050000	58	1.3912E+05	0.025000	93	7.1017E+03	0.250000	128	3.9279E+00	0.250000
24	1.2873E+06	0.050000	59	1.3569E+05	0.046875	94	5.5308E+03	0.250000	129	3.0590E+00	0.250000
25	1.2246E+06	0.050000	60	1.2947E+05	0.021875	95	4.3074E+03	0.150000	130	2.3824E+00	0.250000
26	1.1648E+06	0.100000	61	1.2667E+05	0.031250	96	3.7074E+03	0.100000	131	1.8554E+00	0.250000
27	1.0540E+06	0.100000	62	1.2277E+05	0.050000	97	3.3546E+03	0.100000	132	1.4450E+00	0.250000
28	9.5369E+05	0.100000	63	1.1679E+05	0.100000	98	3.0354E+03	0.100000	133	1.1254E+00	0.250000
29	8.6294E+05	0.100000	64	1.0567E+05	0.100000	99	2.7465E+03	0.050000	134	8.7642E-01	0.250000
30	7.8082E+05	0.150000	65	9.5616E+04	0.100000	100	2.6126E+03	0.050000	135	6.8256E-01	0.250000
31	6.7206E+05	0.100000	66	8.6517E+04	0.040625	101	2.4852E+03	0.100000	136	5.3158E-01	0.250000
32	6.0810E+05	0.100000	67	8.3073E+04	0.025000	102	2.2487E+03	0.100000	137	4.1399E-01	0.250000
33	5.5023E+05	0.100000	68	8.1022E+04	0.062500	103	2.0347E+03	0.250000	138	3.2242E-01	1.250000
34	4.9787E+05	0.075000	69	7.6113E+04	0.034375	104	1.5846E+03	0.250000	139	9.2374E-02	9.131021
35	4.6190E+05	0.075000	70	7.3541E+04	0.015625	105	1.2341E+03	0.250000			1.0000E-05

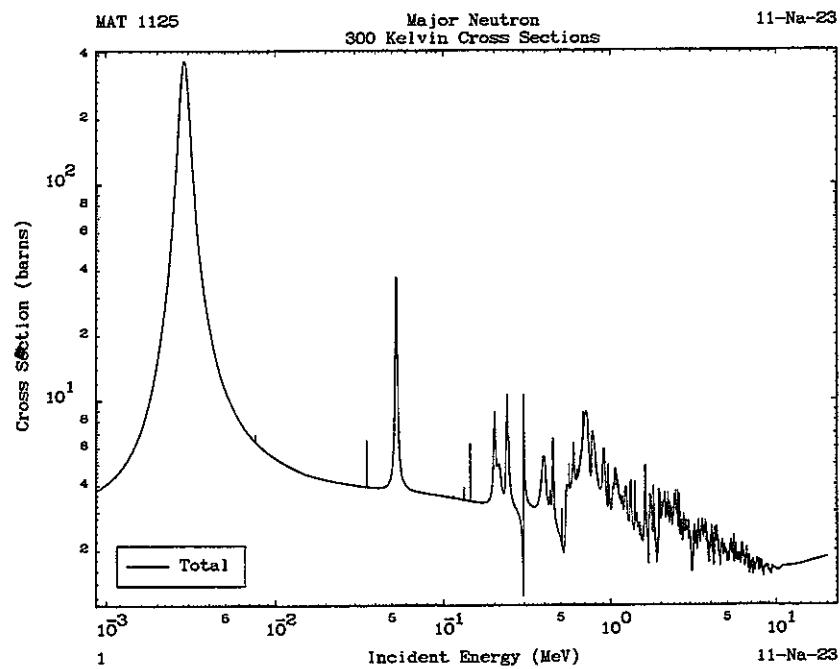


図 3-1 Na-23-JENDL3.2 の全断面積

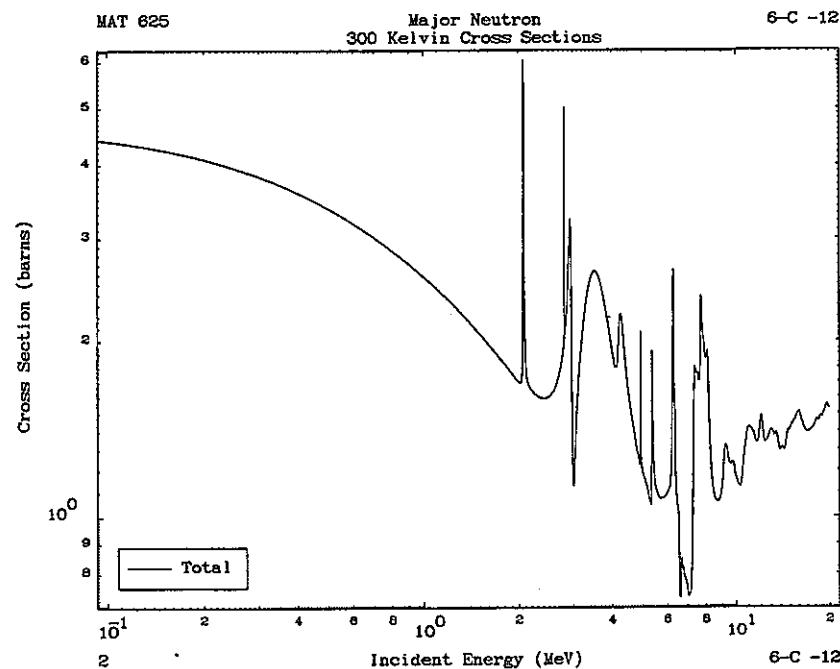


図 3-2 C-12-JENDL3.2 の全断面積

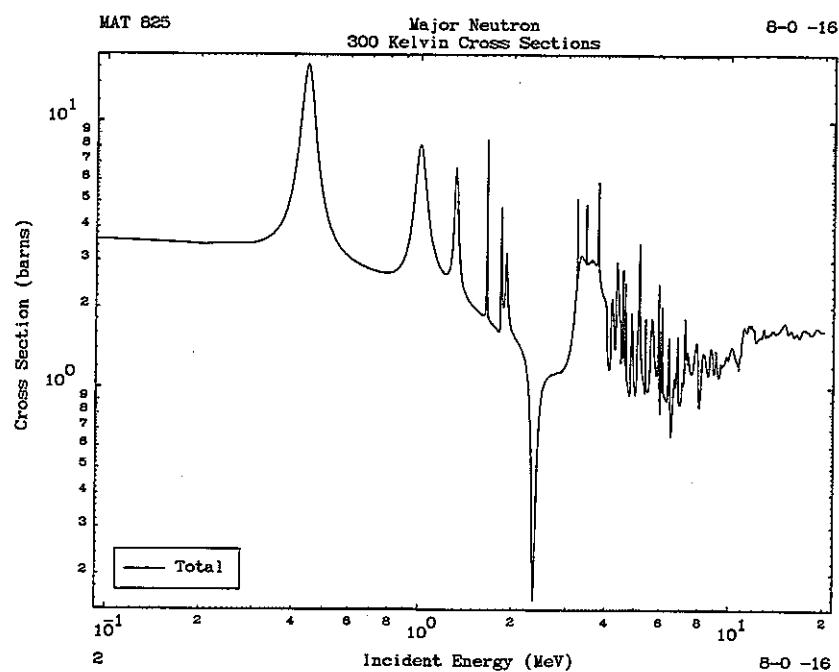


図 3-3 0-16-JENDL3.2 の全断面積

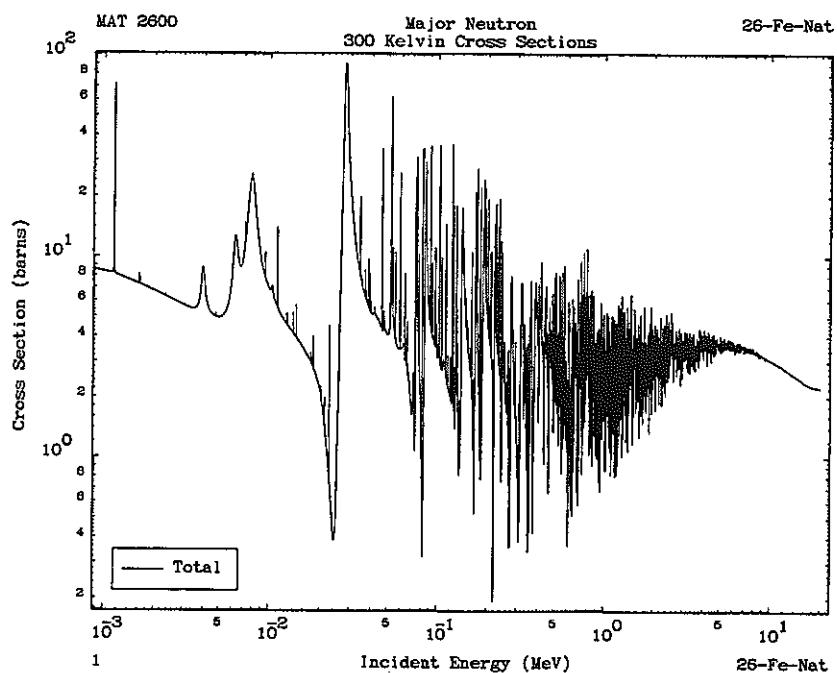


図 3-4 Fe-nat.-JENDL3.2 の全断面積（その 1）

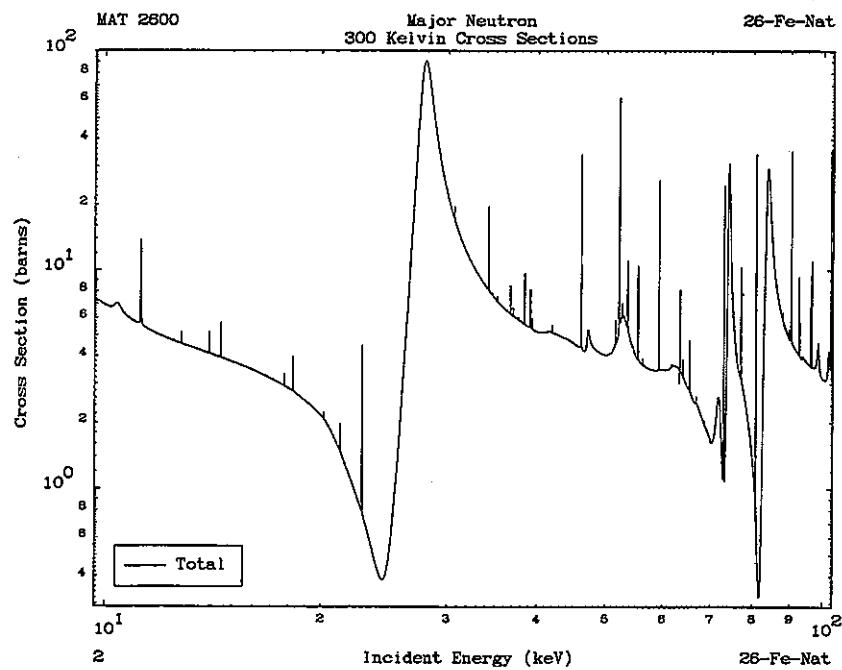


図 3-5 Fe-nat.-JENDL3.2 の全断面積（その 2）

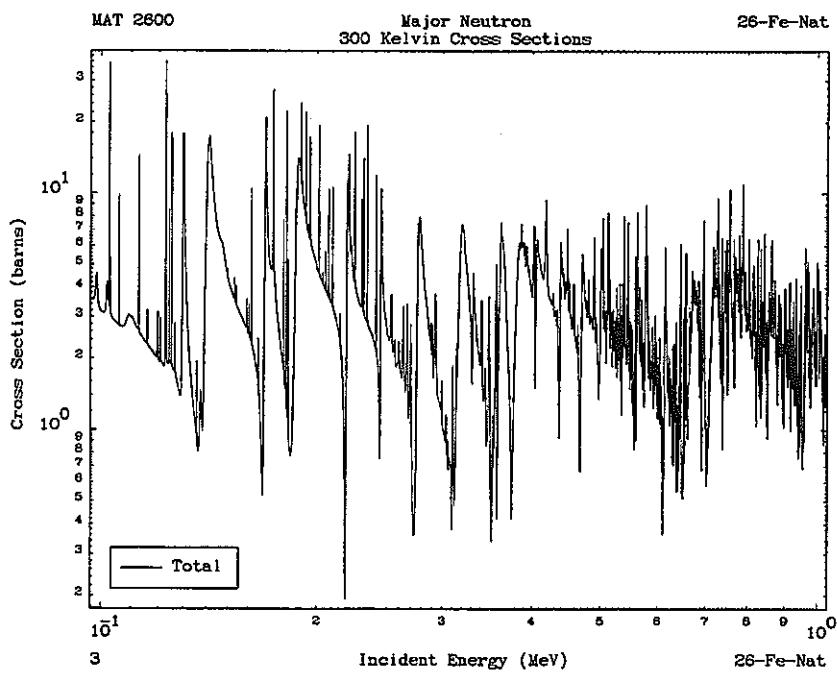


図 3-6 Fe-nat.-JENDL3.2 の全断面積（その 3）

3.2.2 検討用ライブラリーの作成

3.2.1で設定した2種類の139群ライブラリーの群定数を整備した汎用炉炉定数作成システムで作成した。使用評価済核データはJENDL-3.2であり、炉定数作成核種はベンチマークテストに必要な24核種である。炉定数作成核種の核種名等を表3-3に示す。尚、ベンチマークテスト結果の比較の為、JFS3-70群エネルギー群構造のライブラリーも同じ汎用炉炉定数作成システムで作成した。この70群ライブラリーをJFS-70群ライブラリーと呼称する。

表3-3 炉定数作成核種の一覧表

number	核種名	Material number	Tape number	UNIX版TIMS-1コードによる共鳴処理
1	H-1	125	301	無し
2	Be-9	425	301	無し
3	B-10	525	301	無し
4	B-11	528	301	無し
5	C-12	625	301	無し
6	O-16	825	301	無し
7	Na-23	1125	301	無し
8	Al-27	1325	301	無し
9	Si-nat.	1400	302	無し
10	Cr-nat.	2400	303	無し
11	Mn-55	2525	303	無し
12	Fe-nat.	2600	304	無し
13	Ni-nat.	2800	304	無し
14	Cu-nat.	2900	304	無し
15	Ga-nat.	3100	305	無し
16	Mo-nat.	4200	307	無し
17	U-234	9225	313	有り
18	U-235	9228	313	有り
19	U-238	9237	313	有り
20	Pu-239	9437	313	有り
21	Pu-240	9440	314	有り
22	Pu-241	9443	314	有り
23	Pu-242	9446	314	有り
24	Am-241	9543	314	有り

3.2.3 1次元ベンチマーク計算の実施

3.2.2で作成した2種類の139群ライブラリー(JFS-139群ライブラリーとVTM-139群ライブラリー)とJFS-70群ライブラリーを使用して、1次元ベンチマークテストを実施した。ベンチマークテストの方法は2.3.3で述べた方法と同じである。

結果を表3-4~23と図3-7~25に示す。尚、表における括弧の中の値は基準ケース以外のC/Eと基準ケースのC/Eの差を%で現した値である。1次元ベンチマークテスト結果のまとめを以下に箇条書きで述べる。

- 臨界性

JFS-139群及びVTM-139群ライブラリーはJFS-70群ライブラリーと比較して、鉄反射体を持つ炉心(ZPR-3-54, ZPR-3-56B)と炉心体積の大きい炉心(MZA, MZB(1), ZPR-6-7, ZPR-6-6A)の固有値が小さくなり、特に鉄反射体を持つ炉心の過大評価を改善する。炉心平均では3ライブラリーの差は僅かである。

- F28/F25 中心反応率比

炉心平均では、JFS-70 群ライブラリーによる結果と比較すると、JFS-139 群ライブラリーは 0.472%、VTM-139 群ライブラリーは 0.558%、F28/F25 中心反応率比を大きく計算する。この差は、高エネルギーの群構造を細かくした JFS-139 群及び VTM-139 群ライブラリーにより得られる高エネルギー中性束レベルが JFS-70 群ライブラリーのそれよりも相対的に高い事を示している。

- F49/F25 中心反応率比

炉心平均では、JFS-70 群ライブラリーによる結果と比較すると、JFS-139 群ライブラリーは 0.249%、VTM-139 群ライブラリーは 0.218%、F49/F25 中心反応率比を大きく計算し、C/E 値を改善している。

- F40/F25 中心反応率比

炉心平均では、JFS-70 群ライブラリーによる結果と比較すると、JFS-139 群ライブラリーは 0.679%、VTM-139 群ライブラリーは 0.728%、F40/F25 中心反応率比を大きく計算する。F28/F25 中心反応率比と同じ傾向である。

- C28/F25 中心反応率比

炉心平均では、JFS-70 群ライブラリーによる結果と比較すると、JFS-139 群ライブラリーは 0.366%、VTM-139 群ライブラリーは 0.435%、C28/F25 中心反応率比を小さく計算し、C/E 値を悪化させている。

- C28/F49 中心反応率比

炉心平均では、JFS-70 群ライブラリーによる結果と比較すると、JFS-139 群ライブラリーは 0.628%、VTM-139 群ライブラリーは 0.652%、C28/F49 中心反応率比を小さく計算し、C/E 値を悪化させている。

- U-235, U-238, Pu-240 中心サンプル・ワース

3 ライブラリーの差は小さく、炉心平均で最大 0.8% の差である。

- B-10 中心サンプル・ワース

炉心平均では、JFS-70 群ライブラリーによる結果と比較すると、JFS-139 群ライブラリーは 0.90%、VTM-139 群ライブラリーは 0.72%、B-10 中心サンプル・ワースを小さく計算する。

- C 中心サンプル・ワース

炉心平均では、JFS-70 群ライブラリーと JFS-139 群ライブラリーには、ほとんど差が無い。一方、VTM-139 群ライブラリーは、JFS-70 群ライブラリーによる結果と比較すると、B-10 中心サンプル・ワースの炉心平均値を 1.25% 小さく計算し、C/E 値を改善している。これは、VTM-139 群ライブラリーが高エネルギーの C の断面積構造を考慮して定められた為だと推測される。

- O-16 中心サンプル・ワース

実験値が 1 炉心しかないので一般的な傾向を述べる事ができない。VTM-139 群ライブラリーの結果が 1 番優れている。

- Na-23, Al-27 中心サンプル・ワース

3 ライブラリーには有意な差が存在するが、C/E 値が負の値になる炉心や C/E 値が 1.0 から大きく離れた炉心を除外すれば、JFS-139 群および VTM-139 群ライブラリーは、JFS-70 群ライブラリーの C/E 値の過大評価を改善している。

- Cr, Mn-55, Fe, Ni, Cu, Mo 中心サンプル・ワース

3 ライブラリーでのこれら構造材核種の中心サンプル・ワースには、炉心平均で最大 7% の差が存在する。何れのライブラリーでも、中心サンプル・ワースの平均 C/E は 13~30% の過大評価である。

表 3-4 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：固有値

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENTAL	* C/E OF K-EFFECTIVE		
			JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	1.00000	0.98054 (-)	0.98103 (0.049)	0.98115 (0.062)
4	ZEBRA-3	1.00000	0.98624 (-)	0.98717 (0.095)	0.98713 (0.090)
6	SNEAK-7A	1.00000	1.00134 (-)	1.00136 (0.001)	1.00122 (-0.012)
8	ZPR-3-54	1.00000	1.01038 (-)	1.00614 (-0.419)	1.00446 (-0.586)
9	ZPR-3-53	1.00000	1.00132 (-)	1.00133 (0.001)	1.00145 (0.013)
10	SNEAK-7B	1.00000	0.99950 (-)	0.99914 (-0.036)	0.99875 (-0.075)
11	ZPR-3-50	1.00000	0.99956 (-)	1.00014 (0.058)	1.00028 (0.072)
12	ZPR-3-48	1.00000	1.00273 (-)	1.00245 (-0.028)	1.00246 (-0.027)
14	ZPR-3-49	1.00000	1.00322 (-)	1.00323 (0.001)	1.00312 (-0.010)
15	ZPR3-56B	1.00000	1.00927 (-)	1.00656 (-0.268)	1.00591 (-0.333)
16	ZPR-6-7	1.00000	1.00151 (-)	1.00131 (-0.021)	1.00067 (-0.084)
19	MZA	1.01080	0.99462 (-)	0.99318 (-0.144)	0.99220 (-0.243)
20	MZB(1)	1.00400	0.99654 (-)	0.99614 (-0.039)	0.99537 (-0.116)
21	FCA-5-2	1.00000	0.99230 (-)	0.98978 (-0.253)	0.98948 (-0.284)
* AVERAGE OF C/E		0.99850 (-)	0.99778 (-0.072)	0.99740 (-0.110)	
* AVERAGE(C/E)-1.0		-0.00150	-0.00222	-0.00260	
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.00575	0.00543	0.00539	
* STND. DEV. OF C/E		0.00781	0.00719	0.00705	
* C/E OF K-EFFECTIVE					
* URANIUM FUEL					
NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENTAL	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
2	VERA-1B	1.00000	0.99572 (-)	0.99542 (-0.029)	0.99558 (-0.014)
3	ZPR-3-6F	1.00000	1.00609 (-)	1.00367 (-0.240)	1.00348 (-0.259)
5	ZPR-3-12	1.00000	1.00445 (-)	1.00486 (0.041)	1.00508 (0.062)
7	ZPR-3-11	1.00000	1.00848 (-)	1.00941 (0.092)	1.00933 (0.084)
13	ZEBRA-2	1.00000	0.99386 (-)	0.99447 (0.061)	0.99478 (0.093)
17	ZPR-6-6A	1.00000	1.00990 (-)	1.00885 (-0.104)	1.00878 (-0.111)
* AVERAGE OF C/E		1.00308 (-)	1.00278 (-0.030)	1.00284 (-0.024)	
* AVERAGE(C/E)-1.0		0.00308	0.00278	0.00284	
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.00656	0.00615	0.00605	
* STND. DEV. OF C/E		0.00614	0.00590	0.00578	
SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES					
* AVERAGE OF C/E		0.99988 (-)	0.99928 (-0.060)	0.99903 (-0.084)	
* AVERAGE(C/E)-1.0		-0.00012	-0.00072	-0.00097	
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.00599	0.00565	0.00559	
* STND. DEV. OF C/E		0.00764	0.00721	0.00714	

表 3-5 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928F/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	0.10200	0.91503	0.92150	0.92281
4	ZEBRA-3	0.04610	0.98937	0.99251	0.99300
6	SNEAK-7A	0.04480	0.97453	0.97966	0.98067
8	ZPR-3-54	0.02540	1.18758	1.19638	1.20022
9	ZPR-3-53	0.02540	1.19673	1.20190	1.20404
10	SNEAK-7B	0.03300	1.02022	1.02373	1.02364
11	ZPR-3-50	0.02510	1.17687	1.18200	1.18376
12	ZPR-3-48	0.03260	1.05288	1.05938	1.05997
14	ZPR-3-49	0.03450	1.08884	1.09508	1.09616
15	ZPR-3-56	0.03080	0.97936	0.98591	0.98614
16	ZPR-6-7	0.02200	1.01010	1.01205	1.01181
19	MZA	0.03366	1.00703	1.01397	1.01458
20	MZB	0.02256	1.03227	1.03497	1.03467
21	FCA-5-2	0.03960	1.13360	1.14196	1.14232
* AVERAGE OF C/E			1.05460 (-)	1.06007 (0.519)	1.06098 (0.605)
* AVERAGE(C/E)-1.0			0.05460	0.06007	0.06098
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.07485	0.07728	0.07775
* STND. DEV. OF C/E			0.08535	0.08603	0.08669

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928F/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.08600	0.96374	0.96880	0.97051
3	ZPR-3-6F	0.07800	1.02812	1.03537	1.03649
5	ZPR-3-12	0.04700	1.08357	1.08775	1.08874
7	ZPR-3-11	0.03800	1.06985	1.07152	1.07210
13	ZEBRA-2	0.03200	1.07056	1.07462	1.07568
17	ZPR-6-6A	0.02410	1.01188	1.01225	1.01195
* AVERAGE OF C/E			1.03795 (-)	1.04172 (0.362)	1.04258 (0.445)
* AVERAGE(C/E)-1.0			0.03795	0.04172	0.04258
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.05004	0.05212	0.05241
* STND. DEV. OF C/E			0.04173	0.04146	0.04137

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	1.04961 (-)	1.05457 (0.472)	1.05546 (0.558)
* AVERAGE(C/E)-1.0	0.04961	0.05457	0.05546
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.06740	0.06973	0.07015
* STND. DEV. OF C/E	0.07536	0.07594	0.07645

表 3-6 139群ライブラーによる1次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 949F/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	1.18000	0.99374	0.99625	0.99612
4	ZEBRA-3	1.19000	0.98291	0.98451	0.98436
6	SNEAK-7A	1.01600	0.97079	0.97308	0.97261
8	ZPR-3-54	0.92800	0.95306	0.95504	0.95540
9	ZPR-3-53	0.92800	0.95369	0.95519	0.95531
10	SNEAK-7B	1.01200	0.98890	0.99187	0.99097
11	ZPR-3-50	0.90300	1.00085	1.00219	1.00215
12	ZPR-3-48	0.97600	0.99495	0.99743	0.99690
14	ZPR-3-49	0.98600	1.01140	1.01383	1.01331
15	ZPR-3-56	1.02800	0.94470	0.94854	0.94785
16	ZPR-6-7	0.94250	0.97648	0.97899	0.97832
19	MZA	1.01338	0.98046	0.98482	0.98419
20	MZB	0.94877	0.98307	0.98604	0.98527
21	FCA-5-2	1.10400	0.96555	0.97068	0.96997
* AVERAGE OF C/E			0.97861 (-)	0.98132 (0.277)	0.98091 (0.235)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.02139	-0.01868	-0.01909
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.02314	0.02097	0.02130
* STND. DEV. OF C/E			0.01866	0.01845	0.01837

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 949F/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
2	VERA-1B	1.20000	0.95800	0.95986	0.96006
3	ZPR-3-6F	1.22000	1.01640	1.01958	1.01940
5	ZPR-3-12	1.12000	0.99050	0.99184	0.99178
7	ZPR-3-11	1.19000	0.97857	0.97994	0.97984
13	ZEBRA-2	0.98700	1.00609	1.00682	1.00689
17	ZPR-6-6A	---	---	---	---
* AVERAGE OF C/E			0.98991 (-)	0.99161 (0.171)	0.99159 (0.170)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.01009	-0.00839	-0.00841
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.01908	0.01895	0.01892
* STND. DEV. OF C/E			0.02054	0.02077	0.02069

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	0.98158 (-)	0.98403 (0.249)	0.98372 (0.218)
* AVERAGE(C/E)-1.0	-0.01842	-0.01597	-0.01628
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.02207	0.02044	0.02067
* STND. DEV. OF C/E	0.01981	0.01962	0.01958

表 3-7 139群ライブラーによる1次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 940F/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	0.47500	1.13001	1.13907	1.13989
4	ZEBRA-3	0.37300	0.99283	0.99528	0.99589
6	SNEAK-7A	---	---	---	---
8	ZPR-3-54	0.17400	1.19509	1.20818	1.21133
9	ZPR-3-53	0.17400	1.20081	1.21098	1.21273
10	SNEAK-7B	---	---	---	---
11	ZPR-3-50	0.15900	1.33761	1.34606	1.34723
12	ZPR-3-48	0.24300	1.04963	1.05826	1.05722
14	ZPR-3-49	---	---	---	---
15	ZPR-3-56	0.28200	0.83458	0.84109	0.84022
16	ZPR-6-7	---	---	---	---
19	MZA	0.25993	0.99810	1.00702	1.00596
20	MZB	0.19194	1.01825	1.02281	1.02076
21	FCA-5-2	---	---	---	---
* AVERAGE OF C/E			1.08410	1.09208	1.09236
* (-)			(0.736)	(0.762)	
* AVERAGE(C/E)-1.0			0.08410	0.09208	0.09236
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.12288	0.12844	0.12878
* STND. DEV. OF C/E			0.13977	0.14137	0.14243

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 940F/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.39900	1.23625	1.24587	1.24746
3	ZPR-3-6F	0.53000	1.00646	1.01595	1.01744
5	ZPR-3-12	---	---	---	---
7	ZPR-3-11	0.34000	1.02799	1.02908	1.02976
13	ZEBRA-2	0.23700	1.07682	1.08059	1.08124
17	ZPR-6-6A	---	---	---	---
* AVERAGE OF C/E			1.08688	1.09287	1.09398
* (-)			(0.551)	(0.653)	
* AVERAGE(C/E)-1.0			0.08688	0.09287	0.09398
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.08688	0.09287	0.09398
* STND. DEV. OF C/E			0.08993	0.09158	0.09179

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	1.08496	1.09233	1.09286
* (-)	(0.679)	(0.728)	
* AVERAGE(C/E)-1.0	0.08496	0.09233	0.09286
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.11180	0.11750	0.11807
* STND. DEV. OF C/E	0.12655	0.12813	0.12898

表 3-8 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果 : C28/F25 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 925F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	0.15800	0.72946	0.72649	0.72673
4	ZEBRA-3	---	---	---	---
6	SNEAK-7A	0.13760	0.96544	0.96436	0.96395
8	ZPR-3-54	---	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---	---
10	SNEAK-7B	0.13100	1.00250	1.00169	1.00065
11	ZPR-3-50	---	---	---	---
12	ZPR-3-48	0.13800	0.95948	0.95625	0.95502
14	ZPR-3-49	---	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---	---
16	ZPR-6-7	0.13200	1.06201	1.05810	1.05599
19	MZA	0.13144	1.01782	1.01190	1.01036
20	MZB	0.13510	1.03004	1.02622	1.02392
21	FCA-5-2	0.14000	0.90499	0.89687	0.89624
* AVERAGE OF C/E			0.95897 (-)	0.95524 (-0.389)	0.95411 (-0.507)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.04103	-0.04476	-0.04589
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.06912	0.06924	0.06862
* STND. DEV. OF C/E			0.09789	0.09798	0.09730

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 925F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.13500	0.90814	0.90512	0.90542
3	ZPR-3-6F	0.10400	0.92969	0.92101	0.92248
5	ZPR-3-12	0.12300	0.95543	0.95395	0.95384
7	ZPR-3-11	0.11200	0.94728	0.94497	0.94552
13	ZEBRA-2	0.13600	0.95953	0.95947	0.95899
17	ZPR-6-6A	0.13780	1.01377	1.01019	1.00821
* AVERAGE OF C/E			0.95231 (-)	0.94912 (-0.335)	0.94908 (-0.339)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.04769	-0.05088	-0.05092
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.05229	0.05428	0.05366
* STND. DEV. OF C/E			0.03248	0.03317	0.03226

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	0.95611 (-)	0.95261 (-0.366)	0.95195 (-0.435)
* AVERAGE(C/E)-1.0	-0.04389	-0.04739	-0.04805
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.06191	0.06283	0.06221
* STND. DEV. OF C/E	0.07706	0.07724	0.07656

表 3-9 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果 : C28/F49 中心反応率比

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 949F
 * PLUTONIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---	---
4	ZEBRA-3	---	---	---	---
6	SNEAK-7A	0.13500	0.99768	0.99422	0.99428
8	ZPR-3-54	---	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---	---
10	SNEAK-7B	0.12900	1.01726	1.01340	1.01326
11	ZPR-3-50	---	---	---	---
12	ZPR-3-48	0.14100	0.96704	0.96138	0.96067
14	ZPR-3-49	---	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---	---
16	ZPR-6-7	0.14000	1.08801	1.08122	1.07980
19	MZA	0.12970	1.03810	1.02749	1.02659
20	MZB	0.14240	1.04777	1.04074	1.03922
21	FCA-5-2	0.12680	0.93736	0.92405	0.92407
* AVERAGE OF C/E			1.01332 (-)	1.00607 (-0.715)	1.00541 (-0.780)
* AVERAGE(C/E)-1.0			0.01332	0.00607	0.00541
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.04130	0.04046	0.03998
* STND. DEV. OF C/E			0.04713	0.04815	0.04770

* C/E OF CENTRAL REACTION RATE RATIO --- 928G/ 949F
 * URANIUM FUEL

NO.	ASSEMBLY	EXPERIMENT	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
2	VERA-1B	0.12200	0.87413	0.86954	0.86965
3	ZPR-3-6F	0.08500	0.91734	0.90594	0.90754
5	ZPR-3-12	0.11000	0.96303	0.96024	0.96019
7	ZPR-3-11	0.09400	0.96923	0.96552	0.96618
13	ZEBRA-2	0.13800	0.95227	0.95153	0.95099
17	ZPR-6-6A	---	---	---	---
* AVERAGE OF C/E			0.93520 (-)	0.93055 (-0.497)	0.93091 (-0.459)
* AVERAGE(C/E)-1.0			-0.06480	-0.06945	-0.06909
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)			0.06480	0.06945	0.06909
* STND. DEV. OF C/E			0.03542	0.03707	0.03689

SUMMARY OF ALL ASSEMBLIES

* AVERAGE OF C/E	0.98077 (-)	0.97461 (-0.628)	0.97437 (-0.652)
* AVERAGE(C/E)-1.0	-0.01923	-0.02539	-0.02563
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)	0.05109	0.05254	0.05211
* STND. DEV. OF C/E	0.05746	0.05754	0.05695

表 3-10 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果: U-235 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	1.0613	1.0598	1.0597
2	VERA-1B	0.9931	0.9921	0.9922
3	ZPR-3-6F	0.8234	0.8243	0.8245
4	ZEBRA-3	1.0015	1.0002	1.0005
5	ZPR-3-12	0.9959	0.9948	0.9949
6	SNEAK-7A	0.9822	0.9801	0.9807
7	ZPR-3-11	1.0417	1.0407	1.0408
8	ZPR-3-54	1.0293	1.0276	1.0274
9	ZPR-3-53	1.0355	1.0338	1.0336
10	SNEAK-7B	1.0050	1.0024	1.0035
11	ZPR-3-50	0.9890	0.9877	0.9878
12	ZPR-3-48	0.9999	0.9979	0.9984
13	ZEBRA-2	1.0105	1.0094	1.0095
14	ZPR-3-49	1.0647	1.0627	1.0634
15	ZPR-3-56	0.9541	0.9509	0.9517
16	ZPR-6-7	0.9753	0.9730	0.9738
17	ZPR-6-6A	1.0250	1.0226	1.0234
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		0.9993	0.9977	0.9980
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.0330	0.0328	0.0328
* STND. DEV. OF C/E		0.0525	0.0521	0.0521

表 3-11 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果: U-238 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	1.7259	1.7715	1.7789
3	ZPR-3-6F	---	---	---
4	ZEBRA-3	0.9656	0.9647	0.9645
5	ZPR-3-12	1.0614	1.0556	1.0560
6	SNEAK-7A	1.1314	1.1211	1.1204
7	ZPR-3-11	1.0187	1.0168	1.0166
8	ZPR-3-54	0.8732	0.8564	0.8515
9	ZPR-3-53	0.8654	0.8584	0.8577
10	SNEAK-7B	1.1071	1.0989	1.0988
11	ZPR-3-50	0.8855	0.8819	0.8818
12	ZPR-3-48	0.9303	0.9191	0.9192
13	ZEBRA-2	0.9816	0.9810	0.9809
14	ZPR-3-49	1.0184	1.0103	1.0106
15	ZPR-3-56	1.0833	1.0614	1.0603
16	ZPR-6-7	0.8681	0.8603	0.8597
17	ZPR-6-6A	1.1051	1.0929	1.0924
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.0414	1.0367	1.0366
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.1254	0.1271	0.1279
* STND. DEV. OF C/E		0.2039	0.2157	0.2177

表 3-12 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	---	---	---
4	ZEBRA-3	---	---	---
5	ZPR-3-12	---	---	---
6	SNEAK-7A	0.7158	0.7252	0.7256
7	ZPR-3-11	---	---	---
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	0.8088	0.8167	0.8170
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	---	---	---
13	ZEBRA-2	0.5684	0.5742	0.5741
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	---	---	---
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		0.6977	0.7054	0.7056
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.3023	0.2946	0.2944
* STND.DEV. OF C/E		0.0990	0.1000	0.1002

表 3-13 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：B-10 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	1.0990	1.0882	1.0889
3	ZPR-3-6F	1.0396	1.0036	1.0044
4	ZEBRA-3	0.9077	0.9007	0.9007
5	ZPR-3-12	---	---	---
6	SNEAK-7A	0.9667	0.9606	0.9625
7	ZPR-3-11	0.9799	0.9739	0.9746
8	ZPR-3-54	0.6598	0.6533	0.6518
9	ZPR-3-53	0.6570	0.6543	0.6544
10	SNEAK-7B	1.0005	0.9911	0.9952
11	ZPR-3-50	0.8095	0.8075	0.8083
12	ZPR-3-48	0.8719	0.8632	0.8660
13	ZEBRA-2	0.7931	0.7911	0.7924
14	ZPR-3-49	0.9232	0.9158	0.9185
15	ZPR-3-56	0.8706	0.8559	0.8591
16	ZPR-6-7	0.9570	0.9488	0.9526
17	ZPR-6-6A	0.9427	0.9352	0.9396
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		0.8985	0.8895	0.8913
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.1200	0.1227	0.1212
* STND.DEV. OF C/E		0.1221	0.1185	0.1193

表 3-14 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果:C中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	1.0702	1.0610	1.0587
3	ZPR-3-6F	0.7404	0.8678	0.8766
4	ZEBRA-3	0.8317	0.8268	0.8232
5	ZPR-3-12	0.4574	0.4607	0.4644
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	1.1469	1.1432	1.1289
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	2.8588	2.7244	2.6475
13	ZEBRA-2	0.7351	0.7450	0.7387
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	1.3183	1.2863	1.2508
16	ZPR-6-7	1.1210	1.1235	1.1039
17	ZPR-6-6A	0.7809	0.8274	0.8429
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.1061	1.1066	1.0936
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.3970	0.3611	0.3444
* STND. DEV. OF C/E		0.6319	0.5844	0.5610

表 3-15 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果:0-16中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	---	---	---
4	ZEBRA-3	---	---	---
5	ZPR-3-12	---	---	---
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	0.7705	0.8095	0.8230
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	---	---	---
13	ZEBRA-2	---	---	---
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	---	---	---
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		0.7705	0.8095	0.8230
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.2295	0.1905	0.1770
* STND. DEV. OF C/E		0.0000	0.0000	0.0000

表 3-16 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果 : Na-23 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	4.4904	4.2352	4.2437
3	ZPR-3-6F	0.4502	0.4112	0.4352
4	ZEBRA-3	1.0706	1.0346	1.0187
5	ZPR-3-12	---	---	---
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	1.6582	1.5358	1.4766
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	0.9810	0.8866	0.8892
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	0.1753	0.1313	0.1333
12	ZPR-3-48	1.7769	1.7959	1.7795
13	ZEBRA-2	3.5792	3.2057	3.2868
14	ZPR-3-49	-0.6691	-0.9026	-0.8840
15	ZPR-3-56	1.8986	1.8367	1.8071
16	ZPR-6-7	0.9859	0.9651	0.9534
17	ZPR-6-6A	1.2024	1.4929	1.6781
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.4666	1.3857	1.4015
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.9794	0.9704	0.9803
* STND.DEV. OF C/E		1.3503	1.2957	1.3038

表 3-17 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果 : Al-27 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	1.0771	0.9873	0.9948
3	ZPR-3-6F	-0.0875	-1.3890	-1.4340
4	ZEBRA-3	0.9425	0.9077	0.9292
5	ZPR-3-12	1.3927	1.4528	1.4454
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	1.4045	1.2984	1.3357
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	1.1211	1.1149	1.1207
13	ZEBRA-2	1.2562	1.2626	1.2570
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	1.1837	1.1487	1.1551
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.0363	0.8479	0.8505
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.3226	0.4714	0.4780
* STND.DEV. OF C/E		0.4491	0.8609	0.8779

表 3-18 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果:Cr 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	1.6315	1.7271	1.5828
4	ZEBRA-3	---	---	---
5	ZPR-3-12	---	---	---
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	1.1387	1.1677	1.1693
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	1.0351	1.1089	1.0361
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	1.2482	1.3038	1.2649
12	ZPR-3-48	1.0640	1.1199	1.0982
13	ZEBRA-2	1.0814	1.1444	1.0859
14	ZPR-3-49	1.1214	1.1754	1.1563
15	ZPR-3-56	0.8639	0.8931	0.8823
16	ZPR-6-7	0.9727	0.9956	0.9845
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.1286	1.1818	1.1400
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.1649	0.2065	0.1696
* STND. DEV. OF C/E		0.2046	0.2214	0.1882

表 3-19 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果:Mn-55 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	0.8680	0.8438	0.8489
4	ZEBRA-3	---	---	---
5	ZPR-3-12	---	---	---
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	1.2489	1.2639	1.2620
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	1.3533	1.2765	1.2923
13	ZEBRA-2	1.3351	1.2714	1.1743
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	---	---	---
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.2013	1.1639	1.1444
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.2673	0.2420	0.2199
* STND. DEV. OF C/E		0.1964	0.1849	0.1760

表 3-20 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果: Fe 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	1.3256	1.5672	1.6087
4	ZEBRA-3	---	---	---
5	ZPR-3-12	1.3094	1.3694	1.3909
6	SNEAK-7A	0.8907	0.9337	0.9497
7	ZPR-3-11	1.2707	1.2781	1.2979
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	2.0921	2.2216	2.2717
10	SNEAK-7B	1.0296	1.0373	1.0471
11	ZPR-3-50	1.2581	1.2881	1.3014
12	ZPR-3-48	1.0953	1.1355	1.1506
13	ZEBRA-2	1.2730	1.2709	1.2830
14	ZPR-3-49	0.9687	1.0035	1.0156
15	ZPR-3-56	0.8947	0.9093	0.9182
16	ZPR-6-7	1.0002	1.0002	1.0058
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.2007	1.2512	1.2700
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.2417	0.2774	0.2921
* STND.DEV. OF C/E		0.3109	0.3487	0.3605

表 3-21 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果: Ni 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	1.8314	1.8304	1.7839
4	ZEBRA-3	---	---	---
5	ZPR-3-12	1.1503	1.2523	1.1704
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	1.3279	1.3601	1.3134
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	1.1759	1.2273	1.1933
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	1.1565	1.1972	1.1666
12	ZPR-3-48	1.1538	1.1799	1.1583
13	ZEBRA-2	0.8110	0.9168	0.8228
14	ZPR-3-49	1.0213	1.0367	1.0238
15	ZPR-3-56	1.0986	1.0955	1.0793
16	ZPR-6-7	1.0439	1.0405	1.0279
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.1771	1.2137	1.1740
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.2149	0.2303	0.2094
* STND.DEV. OF C/E		0.2519	0.2384	0.2384

表 3-22 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果: Cu 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	---	---	---
4	ZEBRA-3	0.9972	0.9945	0.9935
5	ZPR-3-12	---	---	---
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	---	---	---
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	---	---	---
13	ZEBRA-2	1.3343	1.3567	1.3915
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	---	---	---
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.1658	1.1756	1.1925
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.1686	0.1811	0.1990
* STND. DEV. OF C/E		0.1686	0.1811	0.1990

表 3-23 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果: Mo 中心サンプル・ワース

NO.	ASSEMBLY	JFS-70G (TRANSPORT)	JFS-139G (TRANSPORT)	VTM-139G (TRANSPORT)
1	VERA-11A	---	---	---
2	VERA-1B	---	---	---
3	ZPR-3-6F	1.4722	1.4321	1.4373
4	ZEBRA-3	---	---	---
5	ZPR-3-12	1.3189	1.3186	1.3207
6	SNEAK-7A	---	---	---
7	ZPR-3-11	1.3067	1.3070	1.3072
8	ZPR-3-54	---	---	---
9	ZPR-3-53	---	---	---
10	SNEAK-7B	---	---	---
11	ZPR-3-50	---	---	---
12	ZPR-3-48	1.2126	1.2072	1.2096
13	ZEBRA-2	---	---	---
14	ZPR-3-49	---	---	---
15	ZPR-3-56	---	---	---
16	ZPR-6-7	1.1980	1.1914	1.1939
17	ZPR-6-6A	---	---	---
19	MZA	---	---	---
20	MZB	---	---	---
21	FCA-5-2	---	---	---
* AVERAGE OF C/E		1.3017	1.2913	1.2937
* AVERAGE OF ABS(1.0-C/E)		0.3017	0.2913	0.2937
* STND. DEV. OF C/E		0.0981	0.0870	0.0878

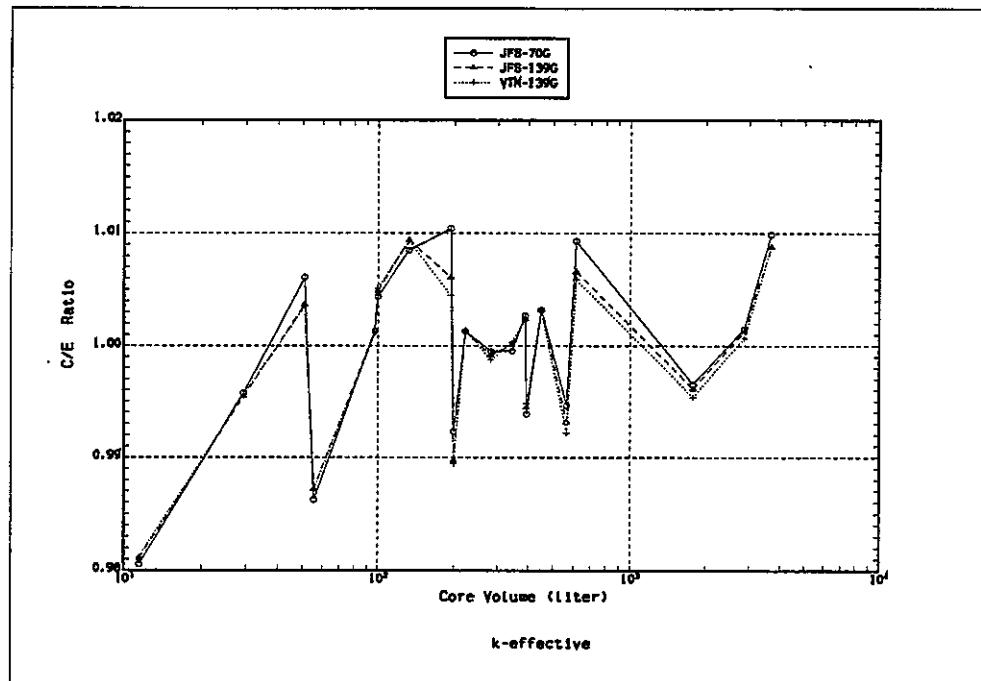


図 3-7 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：固有値

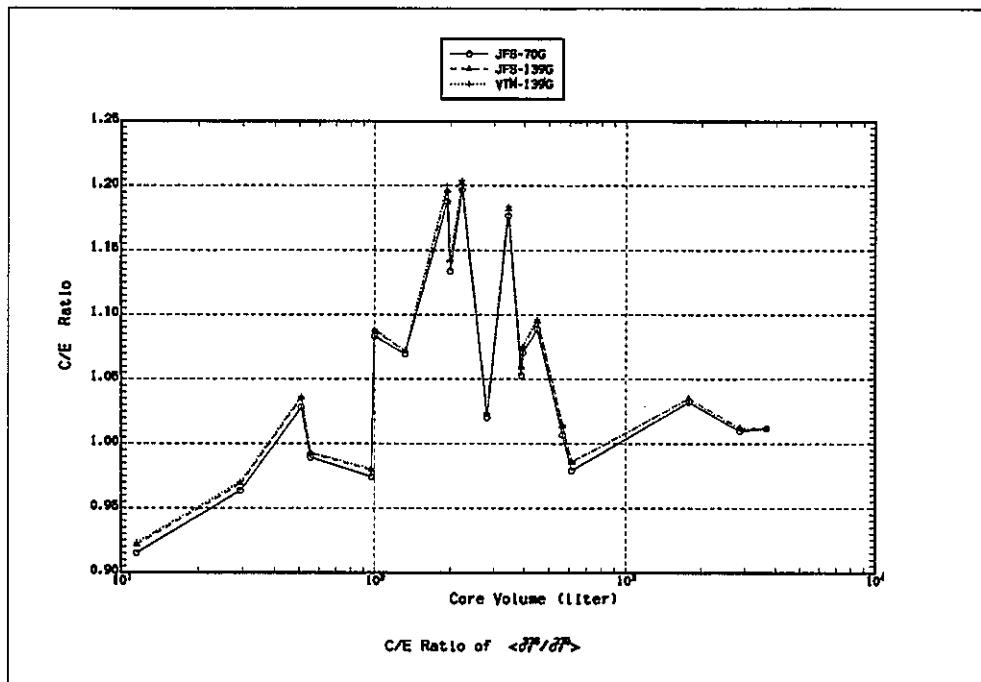


図 3-8 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：F28/F25 中心反応率比

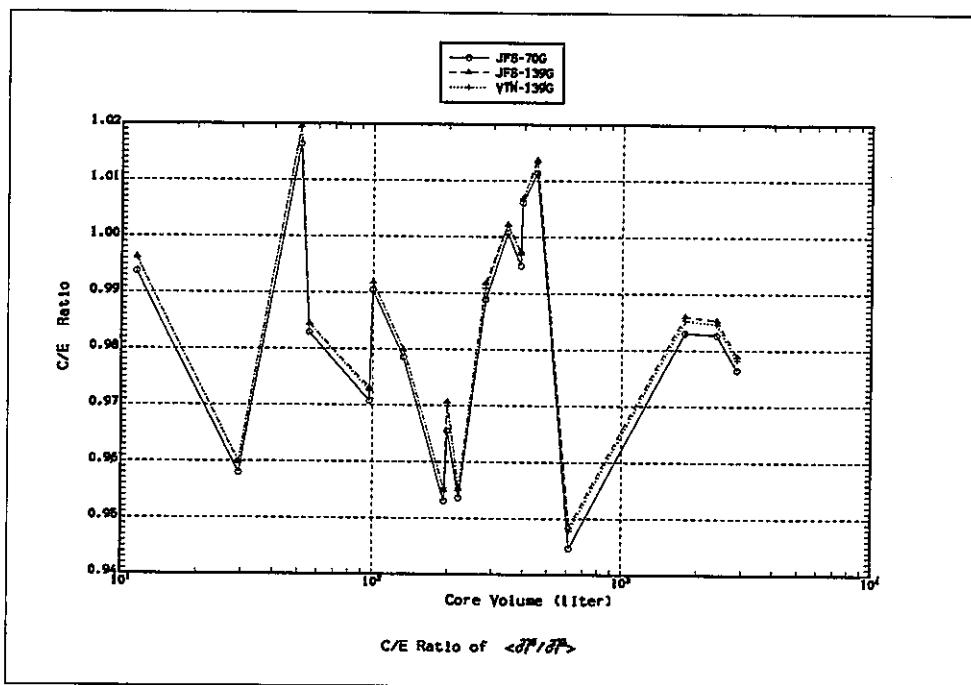


図 3-9 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：F49/F25 中心反応率比

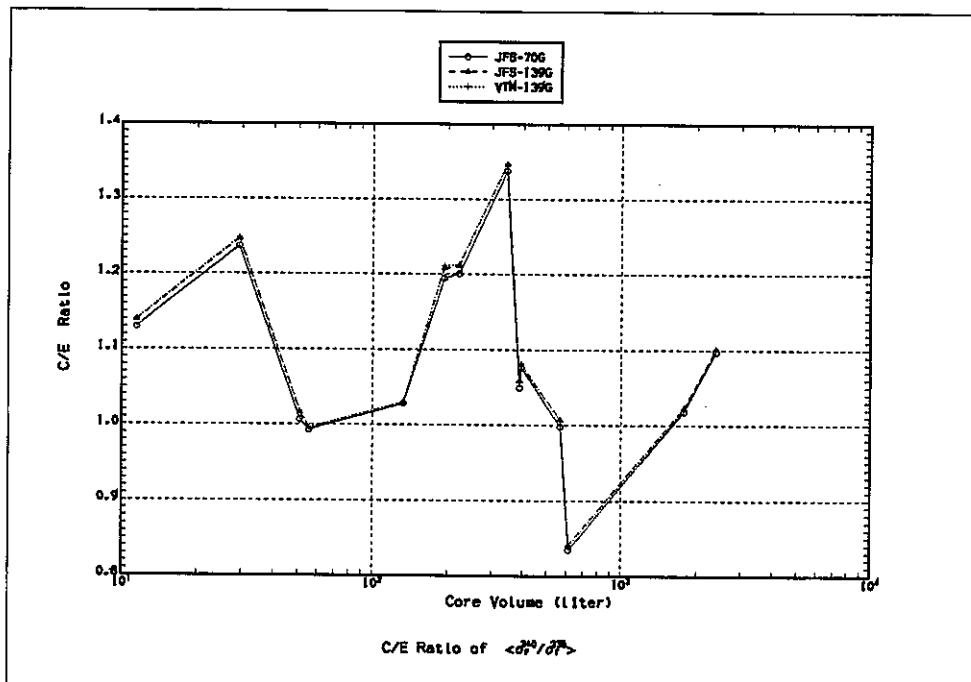


図 3-10 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：F40/F25 中心反応率比

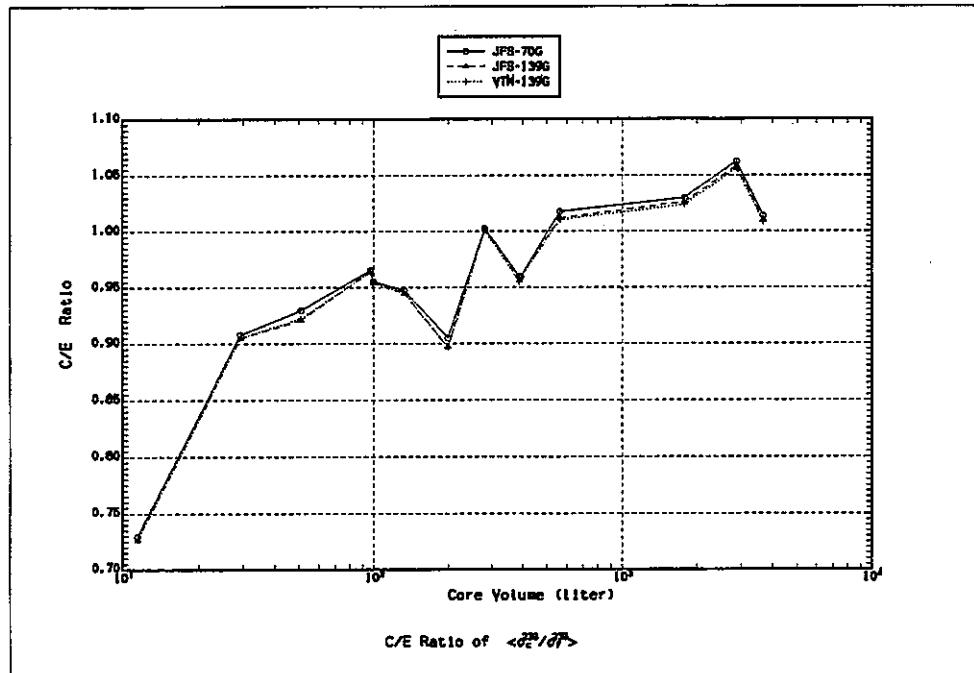


図 3-11 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果 : C28/F25 中心反応率比

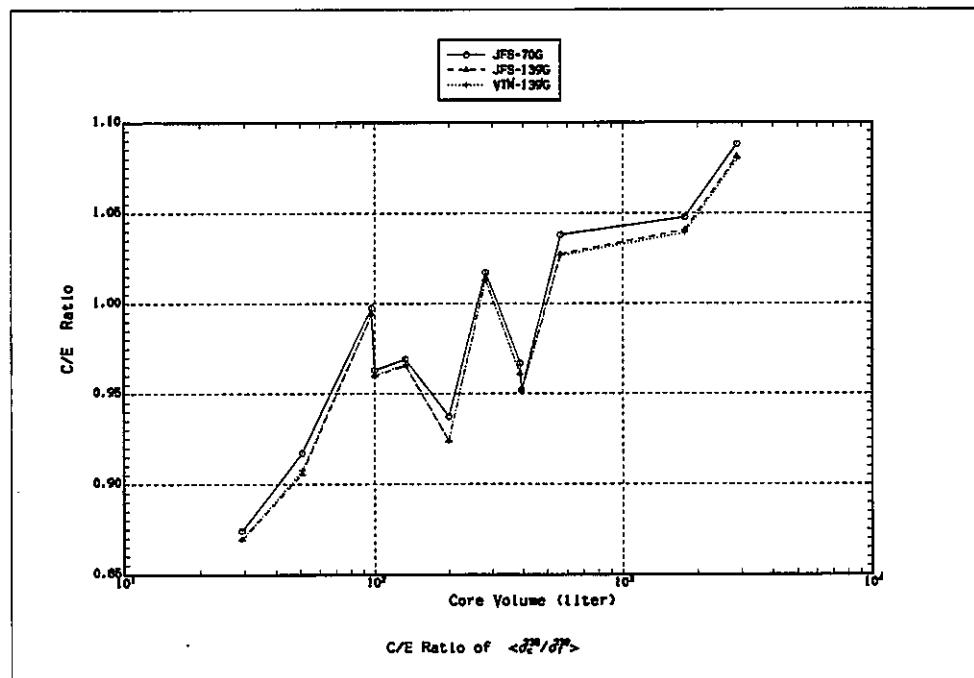


図 3-12 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果 : C28/F49 中心反応率比

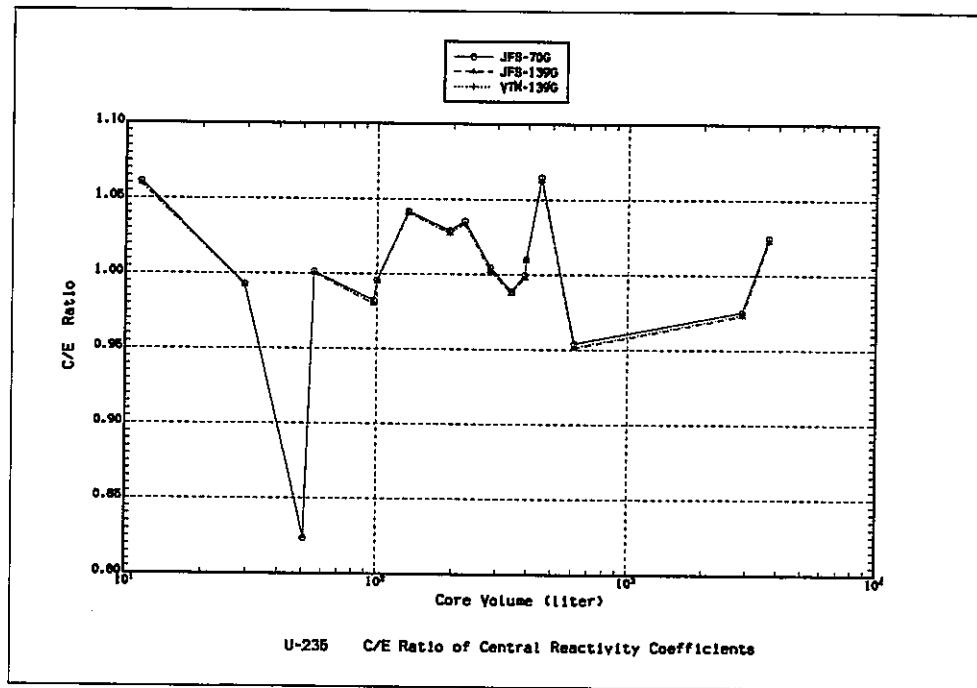


図 3-13 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：U-235 中心サンプル・ワース

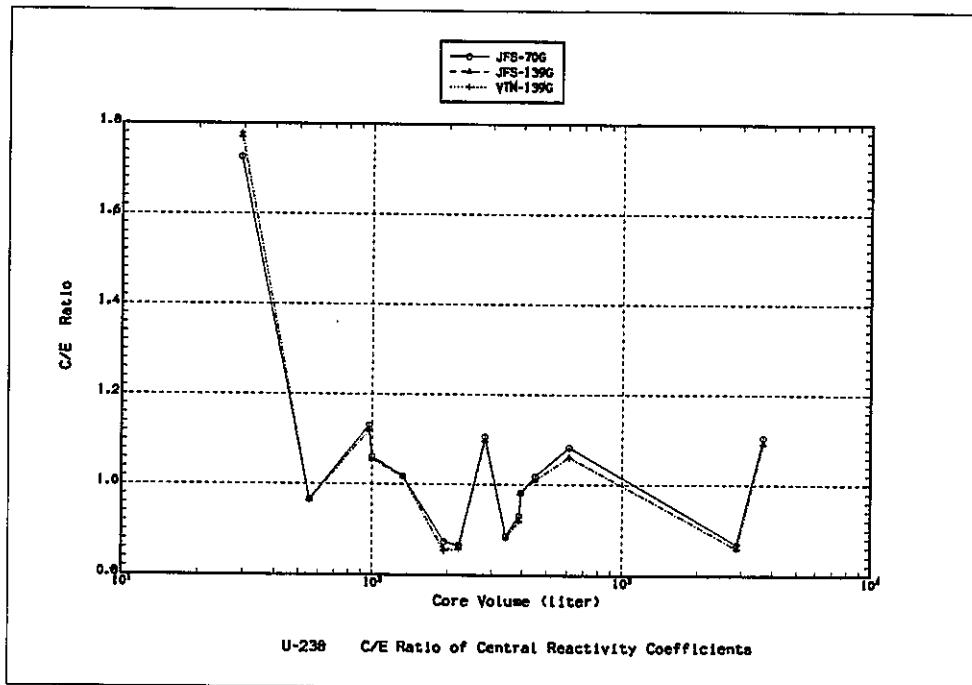


図 3-14 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：U-238 中心サンプル・ワース

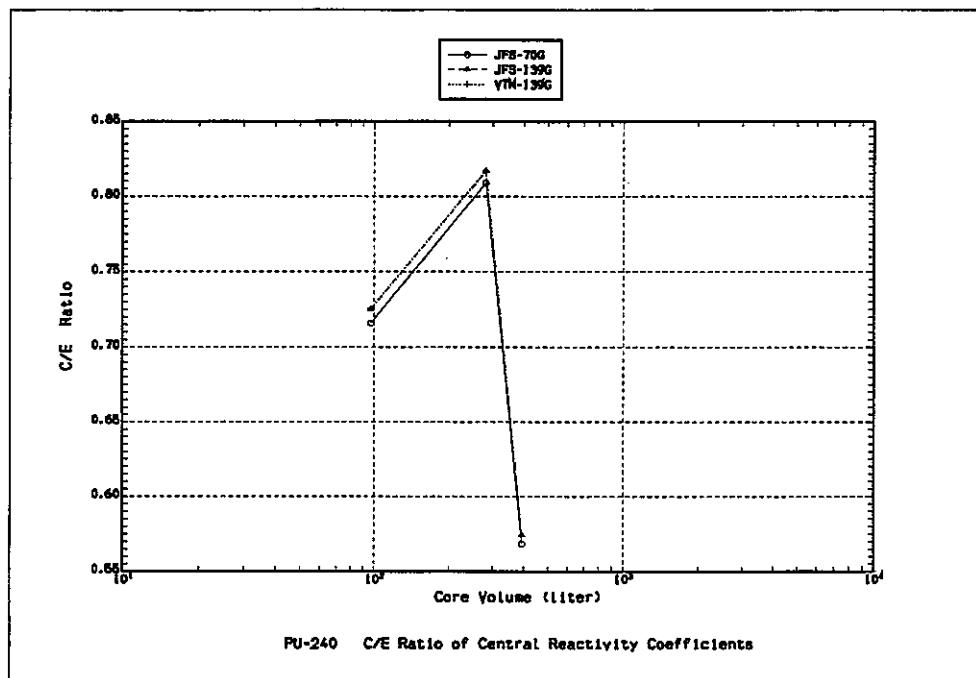


図 3-15 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Pu-240 中心サンプル・ワース

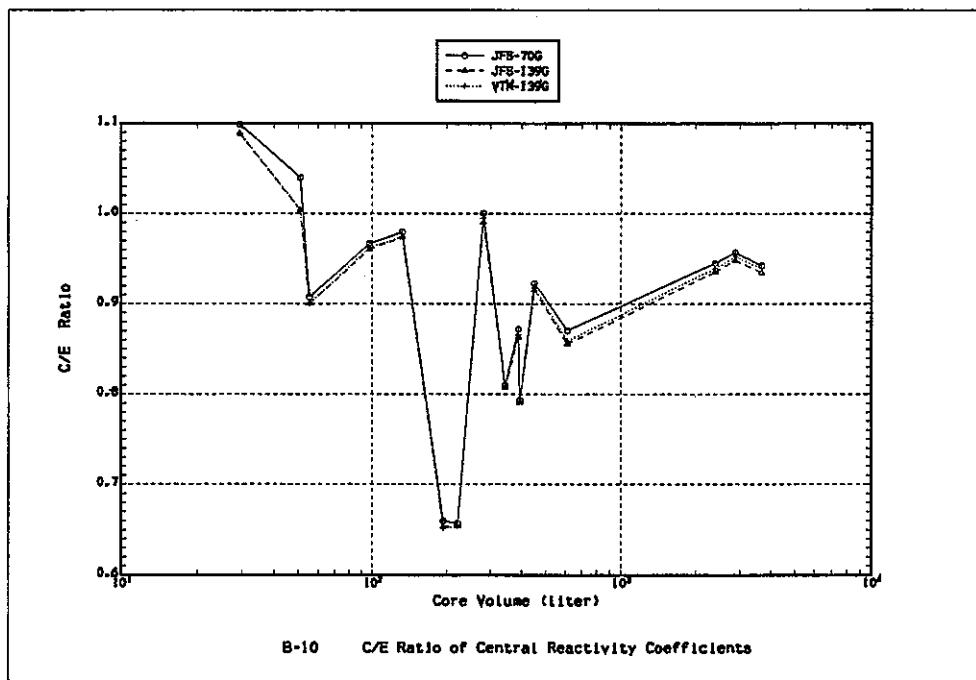


図 3-16 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：B-10 中心サンプル・ワース

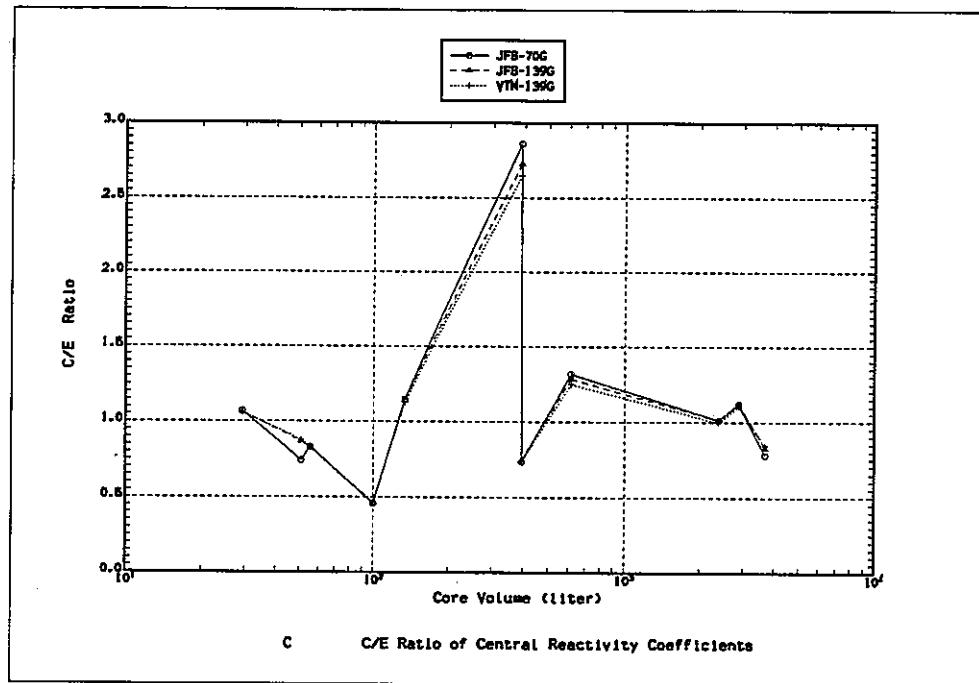


図 3-17 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：C 中心サンプル・ワース

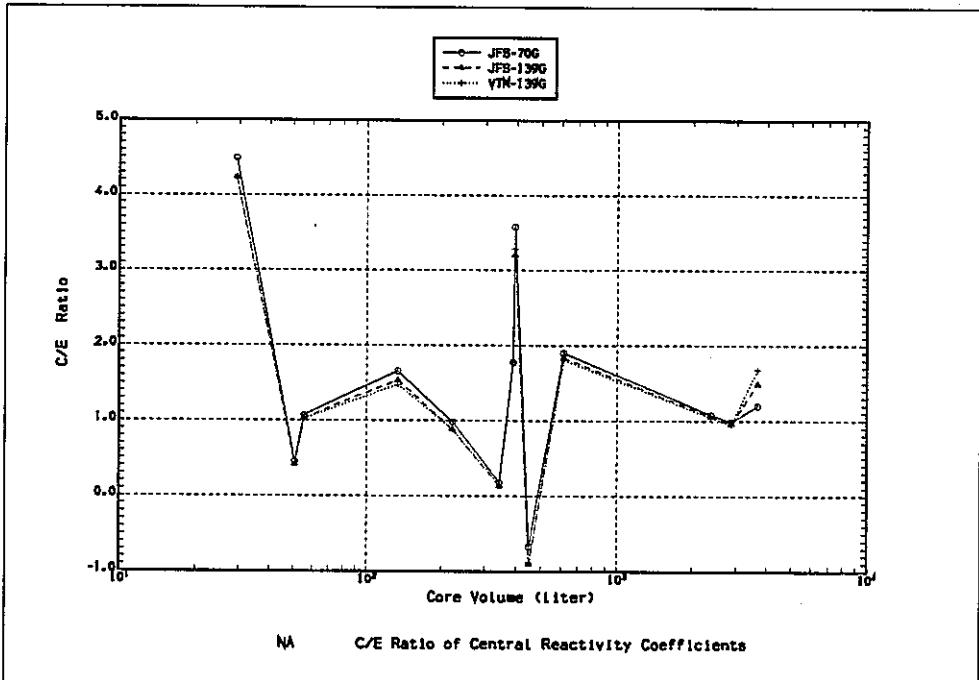


図 3-18 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Na-23 中心サンプル・ワース

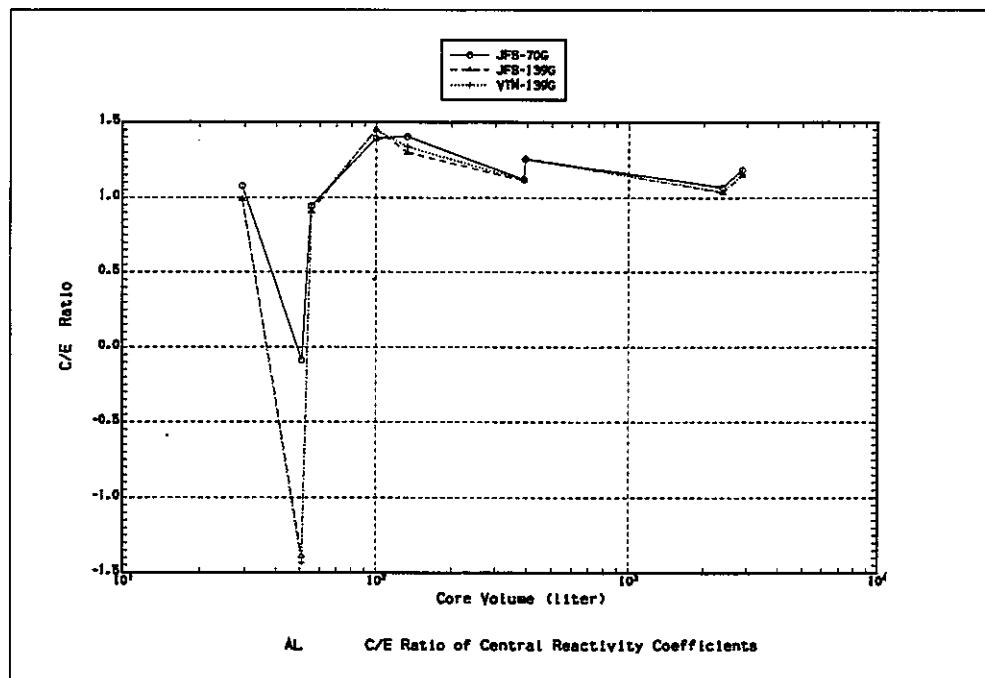


図 3-19 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Al-27 中心サンプル・ワース

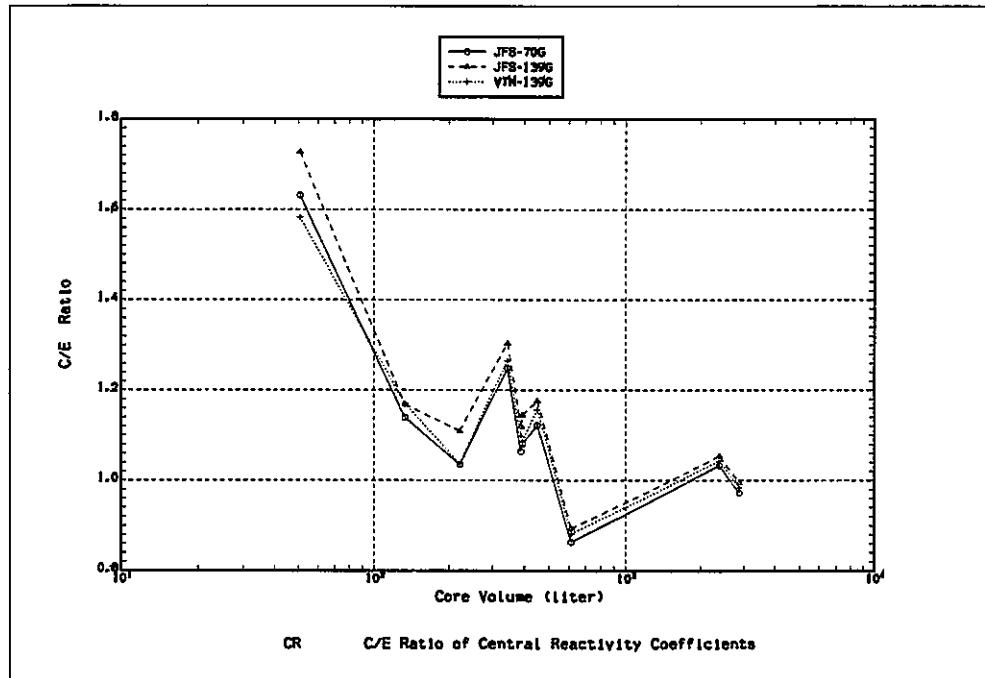


図 3-20 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Cr 中心サンプル・ワース

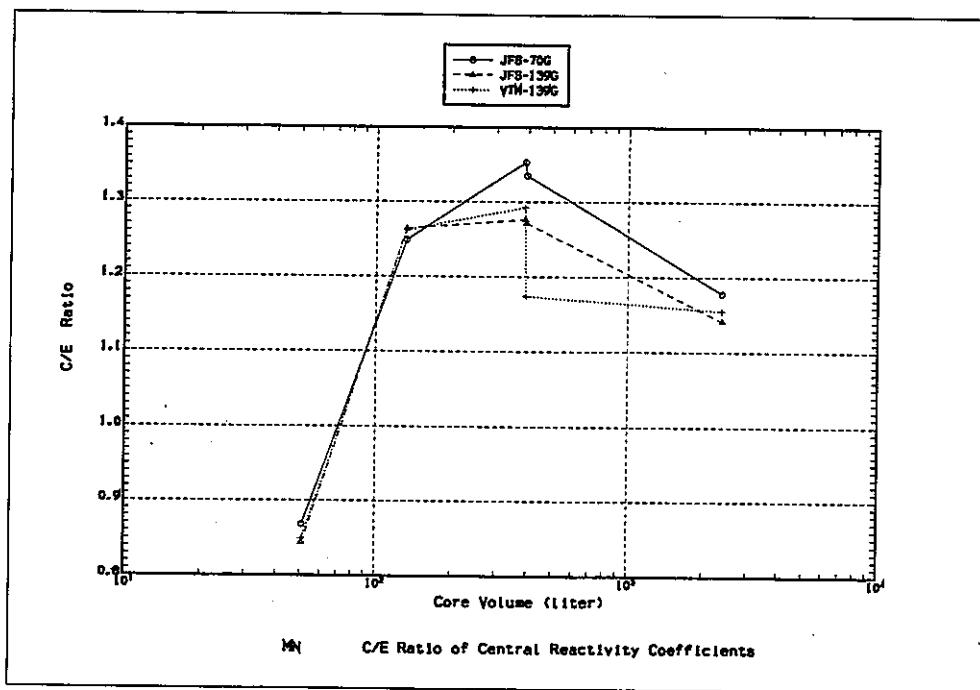


図 3-21 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Mn-55 中心サンプル・ワース

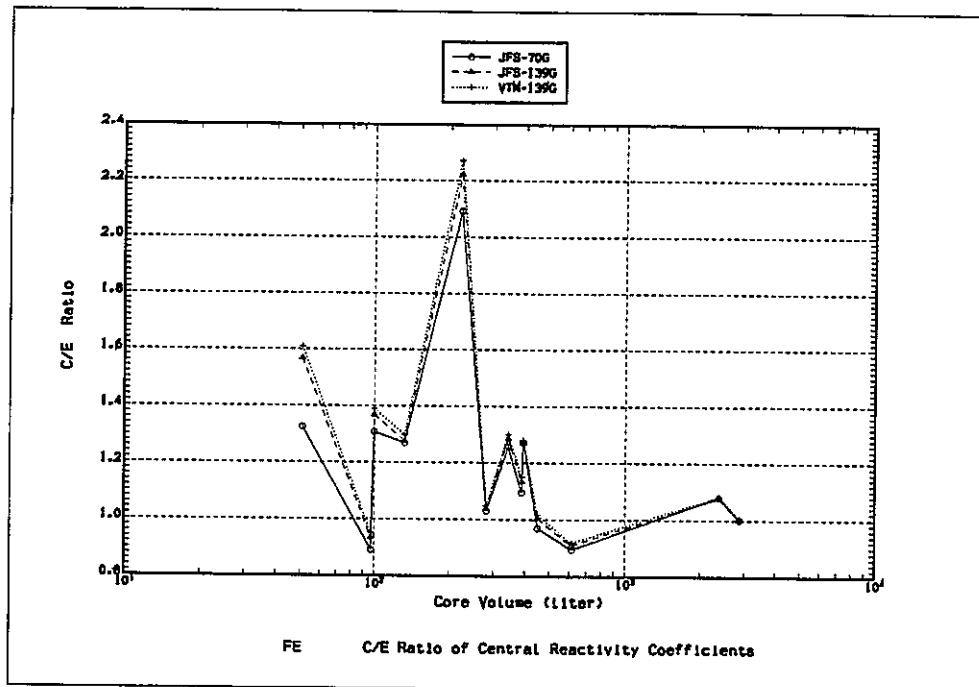


図 3-22 139群ライブラリーによる1次元ベンチマークテスト結果：Fe 中心サンプル・ワース

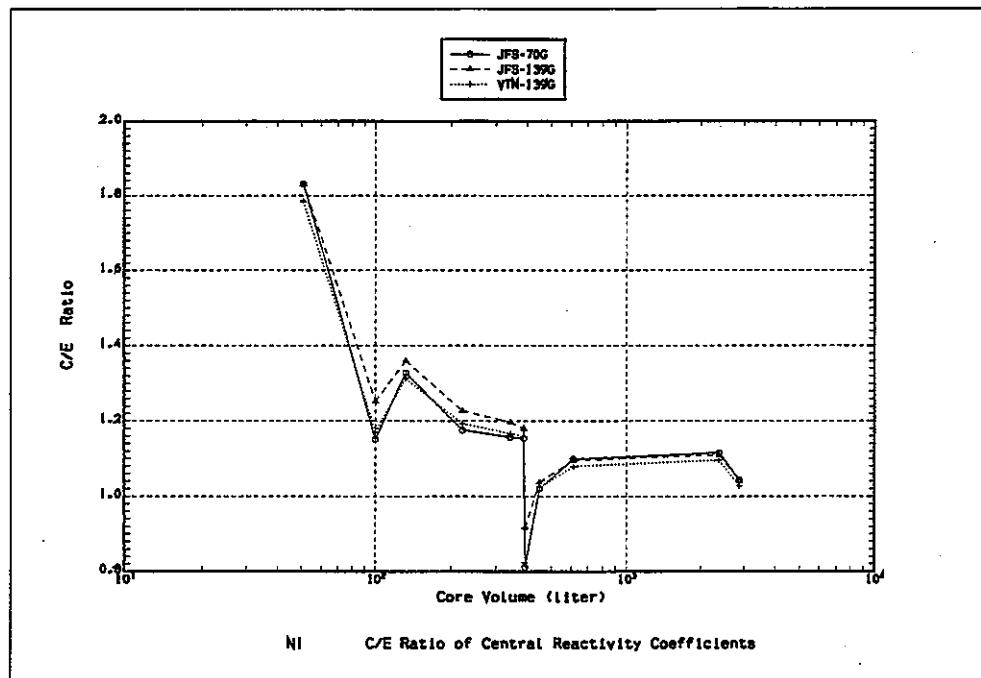


図 3-23 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：Ni 中心サンプル・ワース

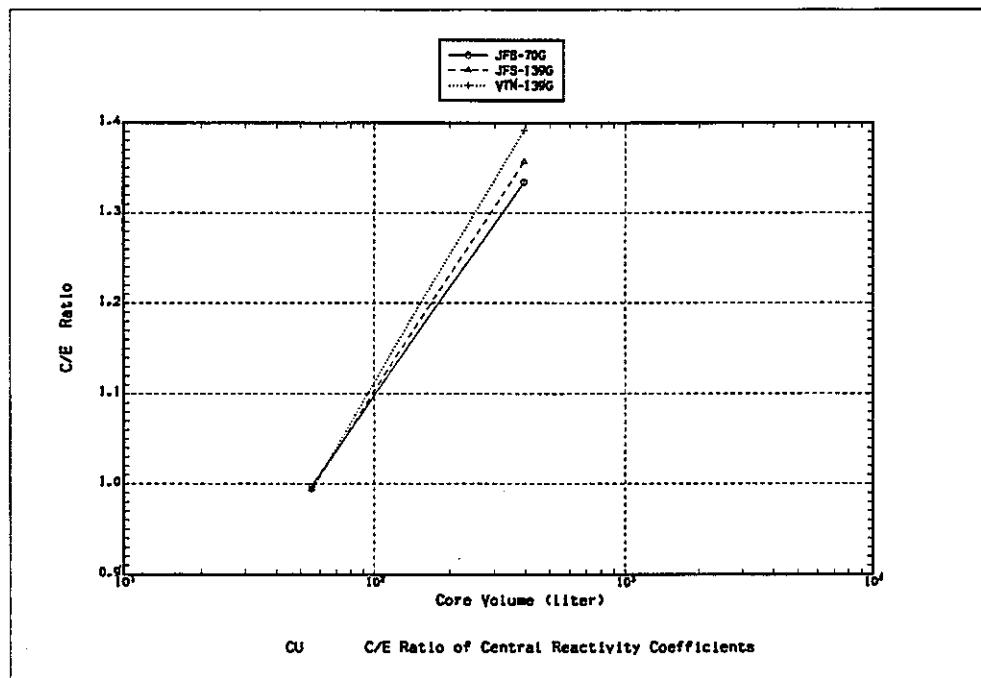


図 3-24 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：Cu 中心サンプル・ワース

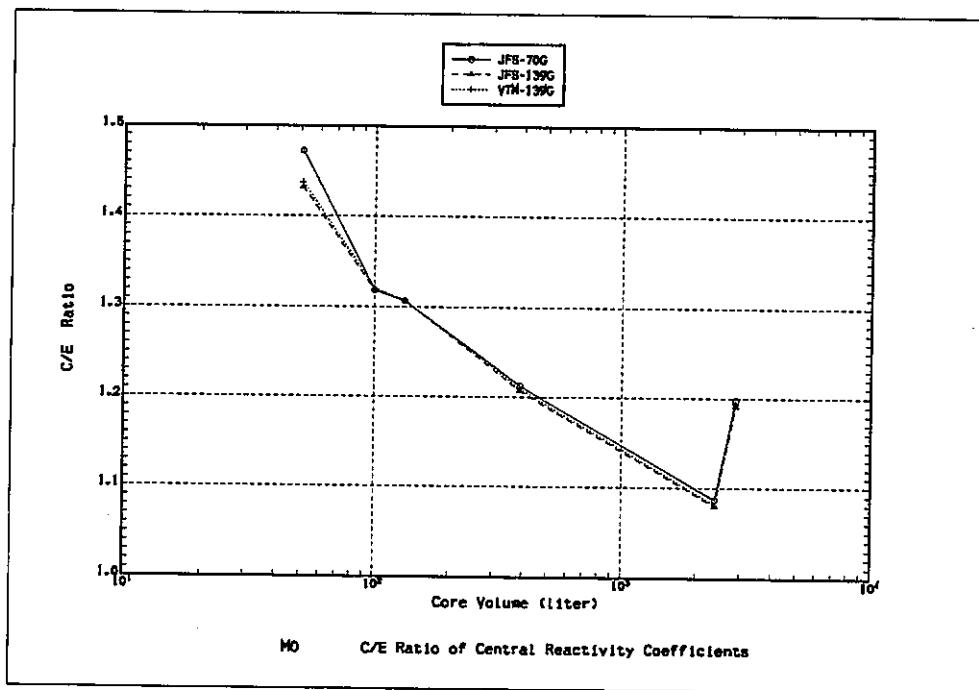


図 3-25 139 群ライブラリーによる 1 次元ベンチマークテスト結果：Mo 中心サンプル・ワース

3.2.4 2次元RZ均質モデルによるZPPR-13A炉心解析

(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。このモデルは昨年度の解析でのモデルと全く同じであるが、簡単にその説明を行う。

ZPPR-13A 炉心解析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-」¹⁴⁾を参照した。炉心解析では、文献14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14の161頁に示されている2次元均質RZモデルを使用する。そして、反応率分布計算のために、実験を模擬するためZ=5.08844-10.17688cmの位置の半径方向に径方向ブランケット領域まで33領域を設定する。これらの領域分割を表3-24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。

(2) 解析項目

本解析での解析項目を箇条書きで示す。

- ・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、検討項目は炉定数エネルギー構造の効果であり、JFS-139群ライブラリー、VTM-139群ライブラリー及びJFS-70群ライブラリーで決定論手法による解析した結果と連続エネルギーモンテカルロコードの解析結果との比較を行う。尚、連続エネルギーモンテカルロコードの解析結果は昨年度の解析で得られた結果を使用する。

(3) 決定論手法の解析方法

決定論手法の解析では、新SLAROMコードとTWODANTコード¹⁵⁾を使用する。具体的には、新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。使用するセル計算モデルはPEACOモジュールにより均質組成の1次元円筒炉心モデルで詳細群スペクトル計算を行い、33個の反応率計算領域毎の実効共鳴断面積を求めるPCO-HT方法（文献1の昨年度報告書を参照されたい）を採用する。そして、TWODANTコードによりS8P3の輸送炉心計算を表3-24に示すメッシュ分割で実施し、その固有値と中性子束分布を求め表3-24で示す1~33領域の反応率分布を求める。

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。

表 3-24 反応率計算領域および炉心計算でのメッシュ分割

領域番号	内側半径(cm)	外側半径(cm)	組成	決定論計算でのメッシュ数
1	0.0000	5.0900	Internal Blanket	3
2	5.0900	10.180	Internal Blanket	3
3	10.180	15.269	Internal Blanket	3
4	15.269	20.359	Internal Blanket	3
5	20.359	25.449	Internal Blanket	3
6	25.449	30.539	Internal Blanket	3
7	30.539	35.228	CORE	3
8	35.228	39.918	CORE	3
9	39.918	44.607	CORE	3
10	44.607	49.297	CORE	3
11	49.297	53.986	CORE	3
12	53.986	59.222	Internal Blanket	3
13	59.222	64.459	Internal Blanket	3
14	64.459	69.695	Internal Blanket	3
15	69.695	74.581	CORE	3
16	74.581	79.468	CORE	3
17	79.468	84.354	CORE	3
18	84.354	89.241	CORE	3
19	89.241	94.127	CORE	3
20	94.127	99.100	Internal Blanket	3
21	99.100	104.073	Internal Blanket	3
22	104.073	109.046	Internal Blanket	3
23	109.046	114.380	CORE	3
24	114.380	119.715	CORE	3
25	119.715	125.049	CORE	3
26	125.049	130.384	CORE	3
27	130.384	135.718	CORE	3
28	135.718	141.053	CORE	3
29	141.053	146.133	Radial Blanket	3
30	146.133	151.213	Radial Blanket	3
31	151.213	156.294	Radial Blanket	3
32	156.294	161.374	Radial Blanket	3
33	161.374	166.454	Radial Blanket	3
34	166.454	172.213	Radial Reflector	3
35	172.213	177.972	Radial Reflector	3
36	177.972	183.730	Radial Reflector	3
37	183.730	189.489	Radial Reflector	3
Z 方向の分割番号	下限 Z 位置(cm)	上限 Z 位置(cm)	決定論計算でのメッシュ数	
1	0.0000	45.796	18	
2	45.796	71.196	10	
3	71.196	78.816	4	
4	78.816	91.516	5	
5	91.516	106.8	6	

(4) 解析結果

計算結果を下記の図表に示す。

表 3-25 実効増倍率の計算結果

表 3-26～32 全中性子束と反応率分布計算結果

図 3-26～32 全中性子束と反応率分布計算結果

(5) 解析結果の検討

「炉定数エネルギー構造の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- 表 3-25 より臨界性に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は小さく、MVP コードの結果とも 0.20% 以内で一致する。VTM-139 群ライブラリーの結果が最も MVP コードの結果に近い。
- 図 3-26 および表 3-26 に示すように全中性子束分布に与える「炉定数エネルギー構造の効果」はあり、VTM-139 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、VTM-139 群ライブラリーを使用すると、TWODANT 計算結果/MVP コード計算結果の値は、平均で 1.0004 であり、標準偏差も 0.43% と小さい。
- 図 3-27～32 および表 3-27～32 より、反応率分布に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は大きく VTM-139 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 0.9984～1.0027 であり、その標準偏差も 0.51% 以下である。また、JFS-139 群ライブラリーによる反応率分布も JFS-70 群ライブラリーによる結果よりも、かなり MVP コードの結果に近い。

尚、70 群反応率分布計算結果の精度が悪い原因は、昨年度の検討ですでに明らかになっている。即ち、図 3-33 と図 3-34 に示すように、70 群計算結果が MVP のそれと差が大きい原因是、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、図 3-39 で示すように、70 群ライブラリーを用いた炉心領域の U-238 実効捕獲断面積を MVP コードのそれと比較すると、300eV 以上では両者には殆ど差がない事が確認できる。

一方、図 3-35～38 から、JFS-139 群及び VTM-139 群ライブラリーによる中性子スペクトルは MVP コードのそれと比較的良く一致しており、VTM-139 群ライブラリーによる結果のほうがより MVP コードとの一致性に優れている。

表 3-25 ZPPR-13 炉心の固有値の計算結果

計算手法	ライブラリー	計算固有値	輸送計算/MVP	備考
輸送計算	JFS-70 群	0.98607	1.0019	S8P3 計算
	JFS-139 群	0.98588	1.0017	S8P3 計算
	VTM-139 群	0.98492	1.0007	S8P3 計算
モンテカルロ手法	連続エネルギー	0.98419		統計誤差 0.0045%

表 3-26 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 (%)	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	JFS-70G /MVP	JFS-139G /MVP	VTM-139G /MVP
0.000	5.090	2.7090E-05	0.019	2.6526E-05	2.6815E-05	2.6892E-05	0.9792	0.9899	0.9927
5.090	10.180	2.8517E-05	0.020	2.7944E-05	2.8241E-05	2.8317E-05	0.9799	0.9903	0.9930
10.180	15.269	3.1318E-05	0.020	3.0754E-05	3.1064E-05	3.1138E-05	0.9820	0.9919	0.9943
15.269	20.359	3.5537E-05	0.020	3.4944E-05	3.5271E-05	3.5342E-05	0.9833	0.9925	0.9945
20.359	25.449	4.1080E-05	0.020	4.0442E-05	4.0785E-05	4.0852E-05	0.9845	0.9928	0.9945
25.449	30.539	4.7849E-05	0.020	4.7208E-05	4.7545E-05	4.7604E-05	0.9866	0.9937	0.9949
30.539	35.228	5.4733E-05	0.020	5.4160E-05	5.4405E-05	5.4435E-05	0.9895	0.9940	0.9946
35.228	39.918	5.8769E-05	0.020	5.8323E-05	5.8516E-05	5.8524E-05	0.9924	0.9957	0.9958
39.918	44.607	6.0999E-05	0.020	6.0597E-05	6.0778E-05	6.0777E-05	0.9934	0.9964	0.9964
44.607	49.297	6.1587E-05	0.020	6.1237E-05	6.1424E-05	6.1419E-05	0.9943	0.9974	0.9973
49.297	53.986	6.0806E-05	0.020	6.0395E-05	6.0641E-05	6.0646E-05	0.9932	0.9973	0.9974
53.986	59.222	5.8650E-05	0.020	5.8179E-05	5.8547E-05	5.8573E-05	0.9920	0.9982	0.9987
59.222	64.459	5.9029E-05	0.020	5.8543E-05	5.8928E-05	5.8951E-05	0.9918	0.9983	0.9987
64.459	69.695	6.2413E-05	0.020	6.2041E-05	6.2383E-05	6.2389E-05	0.9940	0.9995	0.9996
69.695	74.581	6.7520E-05	0.020	6.7407E-05	6.7594E-05	6.7555E-05	0.9983	1.0011	1.0005
74.581	79.468	7.0147E-05	0.020	7.0251E-05	7.0354E-05	7.0286E-05	1.0015	1.0029	1.0020
79.468	84.354	7.0797E-05	0.020	7.0974E-05	7.1052E-05	7.0974E-05	1.0025	1.0036	1.0025
84.354	89.241	6.9528E-05	0.020	6.9741E-05	6.9818E-05	6.9738E-05	1.0031	1.0042	1.0030
89.241	94.127	6.6532E-05	0.020	6.6657E-05	6.6793E-05	6.6728E-05	1.0019	1.0039	1.0029
94.127	99.100	6.1758E-05	0.020	6.1732E-05	6.1990E-05	6.1953E-05	0.9996	1.0038	1.0032
99.100	104.073	5.9114E-05	0.020	5.9079E-05	5.9334E-05	5.9292E-05	0.9994	1.0037	1.0030
104.073	109.046	5.9270E-05	0.020	5.9367E-05	5.9554E-05	5.9491E-05	1.0016	1.0048	1.0037
109.046	114.380	6.1430E-05	0.020	6.1763E-05	6.1775E-05	6.1665E-05	1.0054	1.0056	1.0038
114.380	119.715	6.1544E-05	0.020	6.2047E-05	6.1970E-05	6.1835E-05	1.0082	1.0069	1.0047
119.715	125.049	5.9535E-05	0.020	6.0075E-05	5.9974E-05	5.9838E-05	1.0091	1.0074	1.0051
125.049	130.384	5.5400E-05	0.020	5.5919E-05	5.5823E-05	5.5697E-05	1.0094	1.0076	1.0054
130.384	135.718	4.9314E-05	0.020	4.9776E-05	4.9708E-05	4.9606E-05	1.0094	1.0080	1.0059
135.718	141.053	4.1736E-05	0.020	4.1977E-05	4.1980E-05	4.1917E-05	1.0058	1.0059	1.0043
141.053	146.133	3.2563E-05	0.020	3.2635E-05	3.2732E-05	3.2708E-05	1.0022	1.0052	1.0045
146.133	151.213	2.4424E-05	0.020	2.4447E-05	2.4547E-05	2.4537E-05	1.0010	1.0051	1.0047
151.213	156.294	1.8030E-05	0.020	1.8024E-05	1.8105E-05	1.8101E-05	0.9996	1.0041	1.0039
156.294	161.374	1.3178E-05	0.020	1.3173E-05	1.3227E-05	1.3224E-05	0.9996	1.0037	1.0035
161.374	166.454	9.7532E-06	0.020	9.7801E-06	9.7951E-06	9.7874E-06	1.0028	1.0043	1.0035
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値							0.9969	1.0006	1.0004
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の標準偏差							0.87%	0.55%	0.43%
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値の最大値							1.0094	1.0080	1.0059
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の最小値							0.9792	0.9899	0.9927

表 3-27 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 (%)	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	JFS-70G /MVP	JFS-139G /MVP	VTM-139G /MVP
0.000	5.090	2.7309E-05	0.604	2.6700E-05	2.7019E-05	2.7062E-05	0.9777	0.9894	0.9910
5.090	10.180	2.7861E-05	0.389	2.7215E-05	2.7523E-05	2.7565E-05	0.9768	0.9879	0.9894
10.180	15.269	2.8622E-05	0.290	2.8136E-05	2.8420E-05	2.8459E-05	0.9830	0.9930	0.9943
15.269	20.359	2.9611E-05	0.230	2.9241E-05	2.9487E-05	2.9522E-05	0.9875	0.9958	0.9970
20.359	25.449	3.0466E-05	0.181	3.0159E-05	3.0350E-05	3.0381E-05	0.9899	0.9962	0.9972
25.449	30.539	3.0546E-05	0.141	3.0301E-05	3.0405E-05	3.0432E-05	0.9920	0.9954	0.9962
30.539	35.228	2.9565E-05	0.112	2.9372E-05	2.9334E-05	2.9346E-05	0.9935	0.9922	0.9926
35.228	39.918	2.9656E-05	0.098	2.9549E-05	2.9440E-05	2.9441E-05	0.9964	0.9927	0.9928
39.918	44.607	3.0479E-05	0.090	3.0415E-05	3.0285E-05	3.0281E-05	0.9979	0.9936	0.9935
44.607	49.297	3.1727E-05	0.084	3.1686E-05	3.1565E-05	3.1556E-05	0.9987	0.9949	0.9946
49.297	53.986	3.3837E-05	0.082	3.3791E-05	3.3727E-05	3.3718E-05	0.9986	0.9967	0.9965
53.986	59.222	3.7268E-05	0.087	3.7236E-05	3.7292E-05	3.7286E-05	0.9992	1.0007	1.0005
59.222	64.459	3.8964E-05	0.085	3.8964E-05	3.9041E-05	3.9029E-05	1.0000	1.0020	1.0017
64.459	69.695	3.8462E-05	0.076	3.8511E-05	3.8528E-05	3.8511E-05	1.0013	1.0017	1.0013
69.695	74.581	3.6104E-05	0.065	3.6257E-05	3.6120E-05	3.6090E-05	1.0042	1.0004	0.9996
74.581	79.468	3.5030E-05	0.060	3.5255E-05	3.5040E-05	3.5001E-05	1.0064	1.0003	0.9992
79.468	84.354	3.4776E-05	0.057	3.5035E-05	3.4798E-05	3.4754E-05	1.0075	1.0006	0.9994
84.354	89.241	3.4921E-05	0.055	3.5203E-05	3.4975E-05	3.4928E-05	1.0081	1.0016	1.0002
89.241	94.127	3.5857E-05	0.057	3.6146E-05	3.5978E-05	3.5930E-05	1.0081	1.0034	1.0021
94.127	99.100	3.7880E-05	0.062	3.8171E-05	3.8120E-05	3.8074E-05	1.0077	1.0063	1.0051
99.100	104.073	3.7928E-05	0.064	3.8317E-05	3.8281E-05	3.8228E-05	1.0102	1.0093	1.0079
104.073	109.046	3.6037E-05	0.059	3.6412E-05	3.6320E-05	3.6263E-05	1.0104	1.0079	1.0063
109.046	114.380	3.2371E-05	0.053	3.2781E-05	3.2549E-05	3.2483E-05	1.0126	1.0055	1.0034
114.380	119.715	2.9784E-05	0.050	3.0228E-05	2.9929E-05	2.9859E-05	1.0149	1.0049	1.0025
119.715	125.049	2.7706E-05	0.051	2.8189E-05	2.7875E-05	2.7808E-05	1.0174	1.0061	1.0037
125.049	130.384	2.5584E-05	0.051	2.6048E-05	2.5752E-05	2.5691E-05	1.0181	1.0066	1.0042
130.384	135.718	2.3367E-05	0.053	2.3754E-05	2.3507E-05	2.3457E-05	1.0166	1.0060	1.0039
135.718	141.053	2.1466E-05	0.060	2.1714E-05	2.1555E-05	2.1519E-05	1.0116	1.0042	1.0025
141.053	146.133	2.0134E-05	0.078	2.0288E-05	2.0246E-05	2.0222E-05	1.0076	1.0055	1.0043
146.133	151.213	1.7920E-05	0.094	1.8028E-05	1.8037E-05	1.8015E-05	1.0061	1.0066	1.0053
151.213	156.294	1.5554E-05	0.115	1.5594E-05	1.5623E-05	1.5601E-05	1.0026	1.0045	1.0030
156.294	161.374	1.3718E-05	0.146	1.3732E-05	1.3759E-05	1.3732E-05	1.0010	1.0030	1.0010
161.374	166.454	1.3314E-05	0.185	1.3368E-05	1.3368E-05	1.3330E-05	1.0040	1.0040	1.0012
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値							1.0020	1.0006	0.9998
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の標準偏差							1.07%	0.58%	0.47%
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値の最大値							1.0181	1.0093	1.0079
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の最小値							0.9768	0.9879	0.9894

表 3-28 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 (%)	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	JFS-70G /MVP	JFS-139G /MVP	VTM-139G /MVP
0.000	5.090	7.9991E-05	0.475	7.8331E-05	7.9256E-05	7.9392E-05	0.9793	0.9908	0.9925
5.090	10.180	8.2038E-05	0.302	8.0417E-05	8.1320E-05	8.1451E-05	0.9802	0.9912	0.9929
10.180	15.269	8.5606E-05	0.225	8.4339E-05	8.5194E-05	8.5317E-05	0.9852	0.9952	0.9966
15.269	20.359	9.0534E-05	0.175	8.9637E-05	9.0415E-05	9.0527E-05	0.9901	0.9987	0.9999
20.359	25.449	9.6364E-05	0.140	9.5521E-05	9.6190E-05	9.6289E-05	0.9912	0.9982	0.9992
25.449	30.539	1.0175E-04	0.113	1.0091E-04	1.0140E-04	1.0149E-04	0.9918	0.9966	0.9974
30.539	35.228	1.0540E-04	0.090	1.0470E-04	1.0485E-04	1.0489E-04	0.9934	0.9948	0.9952
35.228	39.918	1.0888E-04	0.080	1.0843E-04	1.0840E-04	1.0841E-04	0.9959	0.9956	0.9957
39.918	44.607	1.1234E-04	0.073	1.1204E-04	1.1196E-04	1.1195E-04	0.9973	0.9966	0.9965
44.607	49.297	1.1541E-04	0.068	1.1518E-04	1.1512E-04	1.1509E-04	0.9980	0.9975	0.9973
49.297	53.986	1.1903E-04	0.067	1.1878E-04	1.1886E-04	1.1883E-04	0.9979	0.9985	0.9983
53.986	59.222	1.2390E-04	0.070	1.2376E-04	1.2414E-04	1.2413E-04	0.9988	1.0020	1.0018
59.222	64.459	1.2758E-04	0.068	1.2751E-04	1.2795E-04	1.2791E-04	0.9995	1.0029	1.0026
64.459	69.695	1.2929E-04	0.061	1.2937E-04	1.2966E-04	1.2960E-04	1.0006	1.0028	1.0024
69.695	74.581	1.2899E-04	0.052	1.2941E-04	1.2930E-04	1.2920E-04	1.0033	1.0024	1.0016
74.581	79.468	1.2901E-04	0.047	1.2972E-04	1.2940E-04	1.2926E-04	1.0055	1.0030	1.0019
79.468	84.354	1.2904E-04	0.046	1.2984E-04	1.2946E-04	1.2930E-04	1.0062	1.0032	1.0020
84.354	89.241	1.2825E-04	0.043	1.2917E-04	1.2880E-04	1.2863E-04	1.0072	1.0043	1.0030
89.241	94.127	1.2757E-04	0.045	1.2851E-04	1.2828E-04	1.2812E-04	1.0073	1.0056	1.0043
94.127	99.100	1.2737E-04	0.049	1.2829E-04	1.2836E-04	1.2821E-04	1.0072	1.0077	1.0065
99.100	104.073	1.2528E-04	0.050	1.2637E-04	1.2645E-04	1.2628E-04	1.0087	1.0094	1.0080
104.073	109.046	1.2156E-04	0.047	1.2271E-04	1.2264E-04	1.2245E-04	1.0095	1.0089	1.0073
109.046	114.380	1.1624E-04	0.041	1.1751E-04	1.1705E-04	1.1682E-04	1.0110	1.0070	1.0050
114.380	119.715	1.1106E-04	0.039	1.1251E-04	1.1186E-04	1.1160E-04	1.0131	1.0072	1.0049
119.715	125.049	1.0513E-04	0.040	1.0668E-04	1.0598E-04	1.0573E-04	1.0147	1.0081	1.0057
125.049	130.384	9.7411E-05	0.041	9.8886E-05	9.8227E-05	9.8000E-05	1.0151	1.0084	1.0060
130.384	135.718	8.7925E-05	0.042	8.9199E-05	8.8659E-05	8.8471E-05	1.0145	1.0084	1.0062
135.718	141.053	7.7853E-05	0.047	7.8674E-05	7.8358E-05	7.8226E-05	1.0106	1.0065	1.0048
141.053	146.133	6.7625E-05	0.060	6.8135E-05	6.8114E-05	6.8032E-05	1.0075	1.0072	1.0060
146.133	151.213	5.6783E-05	0.072	5.7160E-05	5.7245E-05	5.7178E-05	1.0066	1.0081	1.0070
151.213	156.294	4.7064E-05	0.087	4.7245E-05	4.7363E-05	4.7300E-05	1.0039	1.0064	1.0050
156.294	161.374	3.9540E-05	0.108	3.9647E-05	3.9744E-05	3.9676E-05	1.0027	1.0052	1.0034
161.374	166.454	3.5928E-05	0.135	3.6099E-05	3.6113E-05	3.6021E-05	1.0048	1.0052	1.0026
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値							1.0018	1.0025	1.0018
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の標準偏差							0.95%	0.54%	0.43%
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値の最大値							1.0151	1.0094	1.0080
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の最小値							0.9793	0.9908	0.9925

表 3-29 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 (%)	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	JFS-70G /MVP	JFS-139G /MVP	VTM-139G /MVP
0.000	5.090	1.0497E-05	0.464	1.0325E-05	1.0445E-05	1.0471E-05	0.9837	0.9951	0.9976
5.090	10.180	1.0819E-05	0.289	1.0624E-05	1.0740E-05	1.0765E-05	0.9820	0.9927	0.9951
10.180	15.269	1.1345E-05	0.217	1.1183E-05	1.1288E-05	1.1313E-05	0.9857	0.9950	0.9972
15.269	20.359	1.2068E-05	0.171	1.1922E-05	1.2011E-05	1.2034E-05	0.9879	0.9953	0.9972
20.359	25.449	1.2844E-05	0.140	1.2706E-05	1.2772E-05	1.2793E-05	0.9893	0.9944	0.9961
25.449	30.539	1.3463E-05	0.120	1.3384E-05	1.3413E-05	1.3432E-05	0.9942	0.9963	0.9977
30.539	35.228	1.4686E-05	0.119	1.4636E-05	1.4595E-05	1.4606E-05	0.9966	0.9938	0.9945
35.228	39.918	1.5030E-05	0.107	1.5015E-05	1.4937E-05	1.4944E-05	0.9990	0.9938	0.9943
39.918	44.607	1.5475E-05	0.100	1.5496E-05	1.5408E-05	1.5412E-05	1.0014	0.9957	0.9960
44.607	49.297	1.6053E-05	0.091	1.6074E-05	1.5990E-05	1.5992E-05	1.0013	0.9961	0.9962
49.297	53.986	1.6765E-05	0.089	1.6805E-05	1.6748E-05	1.6751E-05	1.0024	0.9990	0.9992
53.986	59.222	1.6592E-05	0.073	1.6610E-05	1.6619E-05	1.6626E-05	1.0011	1.0017	1.0021
59.222	64.459	1.7127E-05	0.071	1.7139E-05	1.7158E-05	1.7164E-05	1.0007	1.0018	1.0021
64.459	69.695	1.7272E-05	0.065	1.7307E-05	1.7297E-05	1.7299E-05	1.0020	1.0014	1.0016
69.695	74.581	1.8010E-05	0.070	1.8143E-05	1.8047E-05	1.8039E-05	1.0074	1.0021	1.0017
74.581	79.468	1.7786E-05	0.066	1.7955E-05	1.7819E-05	1.7807E-05	1.0095	1.0019	1.0012
79.468	84.354	1.7705E-05	0.062	1.7893E-05	1.7747E-05	1.7732E-05	1.0106	1.0024	1.0015
84.354	89.241	1.7706E-05	0.060	1.7921E-05	1.7779E-05	1.7762E-05	1.0121	1.0041	1.0032
89.241	94.127	1.7861E-05	0.060	1.8076E-05	1.7965E-05	1.7948E-05	1.0120	1.0058	1.0049
94.127	99.100	1.7054E-05	0.054	1.7202E-05	1.7163E-05	1.7153E-05	1.0087	1.0064	1.0058
99.100	104.073	1.6807E-05	0.053	1.6990E-05	1.6960E-05	1.6947E-05	1.0109	1.0091	1.0083
104.073	109.046	1.6238E-05	0.051	1.6425E-05	1.6367E-05	1.6350E-05	1.0115	1.0079	1.0069
109.046	114.380	1.6169E-05	0.057	1.6425E-05	1.6283E-05	1.6256E-05	1.0158	1.0070	1.0054
114.380	119.715	1.5154E-05	0.054	1.5429E-05	1.5251E-05	1.5222E-05	1.0182	1.0064	1.0045
119.715	125.049	1.4167E-05	0.054	1.4454E-05	1.4270E-05	1.4242E-05	1.0202	1.0073	1.0053
125.049	130.384	1.3094E-05	0.056	1.3362E-05	1.3189E-05	1.3164E-05	1.0205	1.0073	1.0054
130.384	135.718	1.1897E-05	0.058	1.2137E-05	1.1991E-05	1.1971E-05	1.0202	1.0079	1.0062
135.718	141.053	1.0703E-05	0.062	1.0876E-05	1.0778E-05	1.0764E-05	1.0162	1.0070	1.0057
141.053	146.133	8.9098E-06	0.062	8.9968E-06	8.9679E-06	8.9628E-06	1.0098	1.0065	1.0059
146.133	151.213	7.4793E-06	0.069	7.5400E-06	7.5378E-06	7.5346E-06	1.0081	1.0078	1.0074
151.213	156.294	6.0969E-06	0.081	6.1333E-06	6.1428E-06	6.1400E-06	1.0060	1.0075	1.0071
156.294	161.374	4.9233E-06	0.096	4.9379E-06	4.9491E-06	4.9451E-06	1.0030	1.0053	1.0044
161.374	166.454	4.2512E-06	0.117	4.2717E-06	4.2728E-06	4.2649E-06	1.0048	1.0051	1.0032
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値							1.0046	1.0020	1.0018
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の標準偏差							1.06%	0.54%	0.43%
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値の最大値							1.0205	1.0091	1.0083
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の最小値							0.9820	0.9927	0.9943

表 3-30 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 (%)	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	JFS-70G /MVP	JFS-139G /MVP	VTM-139G /MVP
0.000	5.090	2.7990E-07	1.409	2.8136E-07	2.8025E-07	2.8011E-07	1.0052	1.0012	1.0007
5.090	10.180	3.2189E-07	0.821	3.2436E-07	3.2310E-07	3.2296E-07	1.0077	1.0038	1.0033
10.180	15.269	4.1342E-07	0.549	4.1786E-07	4.1634E-07	4.1622E-07	1.0107	1.0071	1.0068
15.269	20.359	5.9183E-07	0.390	5.8998E-07	5.8823E-07	5.8819E-07	0.9969	0.9939	0.9939
20.359	25.449	9.0487E-07	0.284	9.0066E-07	8.9915E-07	8.9942E-07	0.9953	0.9937	0.9940
25.449	30.539	1.5448E-06	0.198	1.5314E-06	1.5324E-06	1.5337E-06	0.9913	0.9920	0.9928
30.539	35.228	2.7014E-06	0.151	2.6633E-06	2.6709E-06	2.6744E-06	0.9859	0.9887	0.9900
35.228	39.918	3.2290E-06	0.130	3.1873E-06	3.1963E-06	3.2004E-06	0.9871	0.9899	0.9911
39.918	44.607	3.3885E-06	0.121	3.3499E-06	3.3590E-06	3.3629E-06	0.9886	0.9913	0.9925
44.607	49.297	3.2805E-06	0.116	3.2487E-06	3.2571E-06	3.2606E-06	0.9903	0.9929	0.9939
49.297	53.986	2.8017E-06	0.118	2.7781E-06	2.7842E-06	2.7867E-06	0.9916	0.9937	0.9947
53.986	59.222	1.7327E-06	0.127	1.7262E-06	1.7249E-06	1.7252E-06	0.9963	0.9955	0.9957
59.222	64.459	1.4721E-06	0.132	1.4642E-06	1.4601E-06	1.4595E-06	0.9947	0.9919	0.9915
64.459	69.695	1.9608E-06	0.112	1.9582E-06	1.9553E-06	1.9549E-06	0.9987	0.9972	0.9970
69.695	74.581	3.2626E-06	0.088	3.2499E-06	3.2526E-06	3.2533E-06	0.9961	0.9969	0.9971
74.581	79.468	3.8253E-06	0.080	3.8216E-06	3.8248E-06	3.8254E-06	0.9990	0.9999	1.0000
79.468	84.354	3.9528E-06	0.076	3.9467E-06	3.9492E-06	3.9495E-06	0.9984	0.9991	0.9992
84.354	89.241	3.7568E-06	0.075	3.7591E-06	3.7609E-06	3.7609E-06	1.0006	1.0011	1.0011
89.241	94.127	3.1460E-06	0.078	3.1490E-06	3.1492E-06	3.1488E-06	1.0010	1.0010	1.0009
94.127	99.100	1.9133E-06	0.093	1.9214E-06	1.9161E-06	1.9145E-06	1.0043	1.0015	1.0007
99.100	104.073	1.5218E-06	0.100	1.5253E-06	1.5176E-06	1.5155E-06	1.0023	0.9973	0.9959
104.073	109.046	1.8579E-06	0.091	1.8681E-06	1.8604E-06	1.8580E-06	1.0055	1.0014	1.0001
109.046	114.380	2.9668E-06	0.072	2.9804E-06	2.9746E-06	2.9718E-06	1.0046	1.0026	1.0017
114.380	119.715	3.4090E-06	0.066	3.4285E-06	3.4213E-06	3.4180E-06	1.0057	1.0036	1.0026
119.715	125.049	3.4415E-06	0.065	3.4565E-06	3.4484E-06	3.4449E-06	1.0044	1.0020	1.0010
125.049	130.384	3.2181E-06	0.067	3.2357E-06	3.2280E-06	3.2247E-06	1.0055	1.0031	1.0020
130.384	135.718	2.7872E-06	0.070	2.8034E-06	2.7971E-06	2.7945E-06	1.0058	1.0035	1.0026
135.718	141.053	2.0992E-06	0.078	2.1066E-06	2.1020E-06	2.1002E-06	1.0035	1.0013	1.0005
141.053	146.133	1.0619E-06	0.103	1.0712E-06	1.0665E-06	1.0651E-06	1.0088	1.0043	1.0030
146.133	151.213	5.4655E-07	0.137	5.5077E-07	5.4698E-07	5.4596E-07	1.0077	1.0008	0.9989
151.213	156.294	3.0186E-07	0.176	3.0532E-07	3.0278E-07	3.0209E-07	1.0114	1.0031	1.0007
156.294	161.374	1.7146E-07	0.231	1.7388E-07	1.7228E-07	1.7181E-07	1.0141	1.0048	1.0020
161.374	166.454	9.9453E-08	0.294	1.0084E-07	9.9841E-08	9.9508E-08	1.0140	1.0039	1.0006
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値							1.0010	0.9989	0.9984
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の標準偏差							0.76%	0.50%	0.42%
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値の最大値							1.0141	1.0071	1.0068
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の最小値							0.9859	0.9887	0.9900

表 3-31 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 (%)	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	JFS-70G /MVP	JFS-139G /MVP	VTM-139G /MVP
0.000	5.090	3.4487E-05	1.155	3.3988E-05	3.4411E-05	3.4439E-05	0.9855	0.9978	0.9986
5.090	10.180	3.4792E-05	0.657	3.4273E-05	3.4676E-05	3.4702E-05	0.9851	0.9967	0.9974
10.180	15.269	3.5042E-05	0.515	3.4691E-05	3.5054E-05	3.5075E-05	0.9900	1.0003	1.0010
15.269	20.359	3.4965E-05	0.391	3.4930E-05	3.5233E-05	3.5249E-05	0.9990	1.0077	1.0081
20.359	25.449	3.4772E-05	0.337	3.4485E-05	3.4709E-05	3.4721E-05	0.9918	0.9982	0.9985
25.449	30.539	3.2546E-05	0.259	3.2434E-05	3.2552E-05	3.2560E-05	0.9966	1.0002	1.0004
30.539	35.228	2.8076E-05	0.156	2.7947E-05	2.7910E-05	2.7913E-05	0.9954	0.9941	0.9942
35.228	39.918	2.7453E-05	0.138	2.7385E-05	2.7279E-05	2.7275E-05	0.9975	0.9937	0.9935
39.918	44.607	2.8101E-05	0.126	2.8094E-05	2.7968E-05	2.7959E-05	0.9998	0.9953	0.9950
44.607	49.297	2.9561E-05	0.117	2.9539E-05	2.9418E-05	2.9404E-05	0.9992	0.9952	0.9947
49.297	53.986	3.2369E-05	0.114	3.2414E-05	3.2338E-05	3.2317E-05	1.0014	0.9991	0.9984
53.986	59.222	3.9129E-05	0.152	3.9395E-05	3.9424E-05	3.9388E-05	1.0068	1.0075	1.0066
59.222	64.459	4.1685E-05	0.156	4.1995E-05	4.2039E-05	4.1993E-05	1.0074	1.0085	1.0074
64.459	69.695	3.9897E-05	0.139	4.0226E-05	4.0213E-05	4.0168E-05	1.0083	1.0079	1.0068
69.695	74.581	3.4053E-05	0.091	3.4294E-05	3.4146E-05	3.4105E-05	1.0071	1.0027	1.0015
74.581	79.468	3.2231E-05	0.084	3.2492E-05	3.2277E-05	3.2234E-05	1.0081	1.0014	1.0001
79.468	84.354	3.1830E-05	0.083	3.2116E-05	3.1880E-05	3.1834E-05	1.0090	1.0016	1.0001
84.354	89.241	3.2164E-05	0.078	3.2490E-05	3.2260E-05	3.2209E-05	1.0101	1.0030	1.0014
89.241	94.127	3.3855E-05	0.081	3.4241E-05	3.4056E-05	3.3997E-05	1.0114	1.0059	1.0042
94.127	99.100	3.9124E-05	0.117	3.9696E-05	3.9598E-05	3.9521E-05	1.0146	1.0121	1.0102
99.100	104.073	4.0065E-05	0.119	4.0749E-05	4.0659E-05	4.0570E-05	1.0171	1.0148	1.0126
104.073	109.046	3.7132E-05	0.112	3.7753E-05	3.7615E-05	3.7530E-05	1.0167	1.0130	1.0107
109.046	114.380	3.0331E-05	0.074	3.0800E-05	3.0554E-05	3.0482E-05	1.0155	1.0074	1.0050
114.380	119.715	2.7045E-05	0.070	2.7507E-05	2.7206E-05	2.7138E-05	1.0171	1.0060	1.0034
119.715	125.049	2.4814E-05	0.072	2.5316E-05	2.5003E-05	2.4939E-05	1.0202	1.0076	1.0050
125.049	130.384	2.2842E-05	0.073	2.3325E-05	2.3031E-05	2.2973E-05	1.0212	1.0083	1.0058
130.384	135.718	2.1038E-05	0.075	2.1444E-05	2.1198E-05	2.1148E-05	1.0193	1.0076	1.0052
135.718	141.053	1.9920E-05	0.084	2.0202E-05	2.0036E-05	1.9996E-05	1.0141	1.0058	1.0038
141.053	146.133	2.1255E-05	0.163	2.1543E-05	2.1484E-05	2.1442E-05	1.0136	1.0108	1.0088
146.133	151.213	2.0643E-05	0.227	2.0881E-05	2.0877E-05	2.0833E-05	1.0116	1.0114	1.0092
151.213	156.294	1.9346E-05	0.292	1.9467E-05	1.9491E-05	1.9444E-05	1.0062	1.0075	1.0050
156.294	161.374	1.8519E-05	0.348	1.8517E-05	1.8543E-05	1.8490E-05	0.9999	1.0013	0.9984
161.374	166.454	1.9393E-05	0.381	1.9445E-05	1.9442E-05	1.9372E-05	1.0027	1.0026	0.9989
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値							1.0060	1.0040	1.0027
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の標準偏差							0.99%	0.58%	0.51%
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値の最大値							1.0212	1.0148	1.0126
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の最小値							0.9851	0.9937	0.9935

表 3-32 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 (%)	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	JFS-70G /MVP	JFS-139G /MVP	VTM-139G /MVP
0.000	5.090	6.6436E-05	0.571	6.5443E-05	6.6178E-05	6.6292E-05	0.9851	0.9961	0.9978
5.090	10.180	6.8926E-05	0.372	6.7513E-05	6.8242E-05	6.8353E-05	0.9795	0.9901	0.9917
10.180	15.269	7.2546E-05	0.269	7.1505E-05	7.2218E-05	7.2323E-05	0.9856	0.9955	0.9969
15.269	20.359	7.8091E-05	0.202	7.7188E-05	7.7875E-05	7.7973E-05	0.9884	0.9972	0.9985
20.359	25.449	8.5216E-05	0.160	8.4150E-05	8.4796E-05	8.4887E-05	0.9875	0.9951	0.9961
25.449	30.539	9.2774E-05	0.115	9.1843E-05	9.2407E-05	9.2489E-05	0.9900	0.9960	0.9969
30.539	35.228	9.9475E-05	0.081	9.8491E-05	9.8836E-05	9.8883E-05	0.9901	0.9936	0.9941
35.228	39.918	1.0493E-04	0.072	1.0413E-04	1.0436E-04	1.0438E-04	0.9924	0.9946	0.9947
39.918	44.607	1.0861E-04	0.066	1.0790E-04	1.0811E-04	1.0810E-04	0.9935	0.9954	0.9954
44.607	49.297	1.1036E-04	0.061	1.0973E-04	1.0994E-04	1.0993E-04	0.9943	0.9962	0.9961
49.297	53.986	1.1101E-04	0.060	1.1037E-04	1.1068E-04	1.1067E-04	0.9942	0.9970	0.9969
53.986	59.222	1.1242E-04	0.070	1.1199E-04	1.1251E-04	1.1251E-04	0.9962	1.0008	1.0008
59.222	64.459	1.1483E-04	0.071	1.1436E-04	1.1490E-04	1.1488E-04	0.9959	1.0006	1.0005
64.459	69.695	1.1841E-04	0.061	1.1809E-04	1.1855E-04	1.1851E-04	0.9973	1.0011	1.0008
69.695	74.581	1.2192E-04	0.046	1.2187E-04	1.2204E-04	1.2196E-04	0.9996	1.0010	1.0003
74.581	79.468	1.2469E-04	0.042	1.2491E-04	1.2494E-04	1.2481E-04	1.0018	1.0020	1.0010
79.468	84.354	1.2541E-04	0.040	1.2575E-04	1.2572E-04	1.2559E-04	1.0027	1.0025	1.0014
84.354	89.241	1.2368E-04	0.038	1.2411E-04	1.2408E-04	1.2394E-04	1.0035	1.0033	1.0021
89.241	94.127	1.2022E-04	0.039	1.2062E-04	1.2069E-04	1.2056E-04	1.0033	1.0039	1.0028
94.127	99.100	1.1668E-04	0.050	1.1709E-04	1.1736E-04	1.1724E-04	1.0035	1.0058	1.0048
99.100	104.073	1.1343E-04	0.052	1.1399E-04	1.1424E-04	1.1410E-04	1.0049	1.0071	1.0059
104.073	109.046	1.1170E-04	0.048	1.1231E-04	1.1245E-04	1.1229E-04	1.0055	1.0067	1.0053
109.046	114.380	1.1039E-04	0.036	1.1115E-04	1.1100E-04	1.1079E-04	1.0069	1.0055	1.0036
114.380	119.715	1.0854E-04	0.034	1.0950E-04	1.0920E-04	1.0896E-04	1.0088	1.0060	1.0039
119.715	125.049	1.0419E-04	0.035	1.0522E-04	1.0488E-04	1.0465E-04	1.0099	1.0066	1.0044
125.049	130.384	9.6800E-05	0.036	9.7801E-05	9.7480E-05	9.7265E-05	1.0103	1.0070	1.0048
130.384	135.718	8.6623E-05	0.037	8.7487E-05	8.7236E-05	8.7059E-05	1.0100	1.0071	1.0050
135.718	141.053	7.4713E-05	0.041	7.5215E-05	7.5109E-05	7.4989E-05	1.0067	1.0053	1.0037
141.053	146.133	6.2582E-05	0.073	6.2944E-05	6.3025E-05	6.2953E-05	1.0058	1.0071	1.0059
146.133	151.213	5.1145E-05	0.121	5.1353E-05	5.1473E-05	5.1413E-05	1.0041	1.0064	1.0052
151.213	156.294	4.1907E-05	0.180	4.1961E-05	4.2075E-05	4.2019E-05	1.0013	1.0040	1.0027
156.294	161.374	3.5423E-05	0.243	3.5417E-05	3.5498E-05	3.5434E-05	0.9998	1.0021	1.0003
161.374	166.454	3.2962E-05	0.298	3.2999E-05	3.3005E-05	3.2918E-05	1.0011	1.0013	0.9987
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値							0.9988	1.0012	1.0006
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の標準偏差							0.81%	0.49%	0.39%
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の平均値の最大値							1.0103	1.0071	1.0059
決定論手法による計算結果/MVP 計算結果の最小値							0.9795	0.9901	0.9917

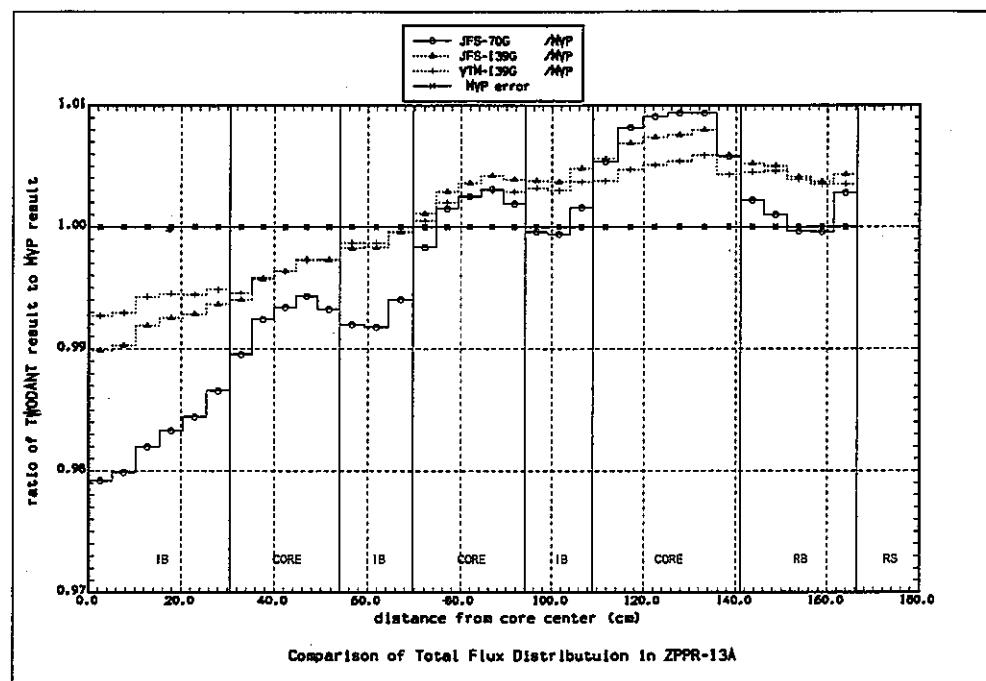


図 3-26 全中性子束分布の決定論手法による計算結果と MVP コード計算結果の比較

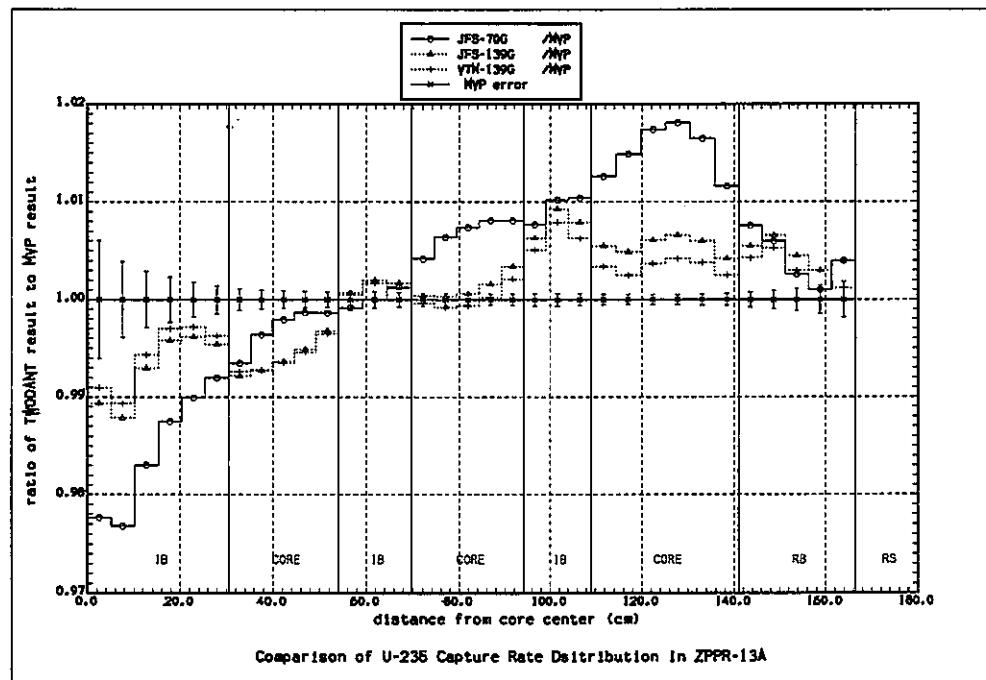


図 3-27 U-235 捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果と MVP コード計算結果の比較

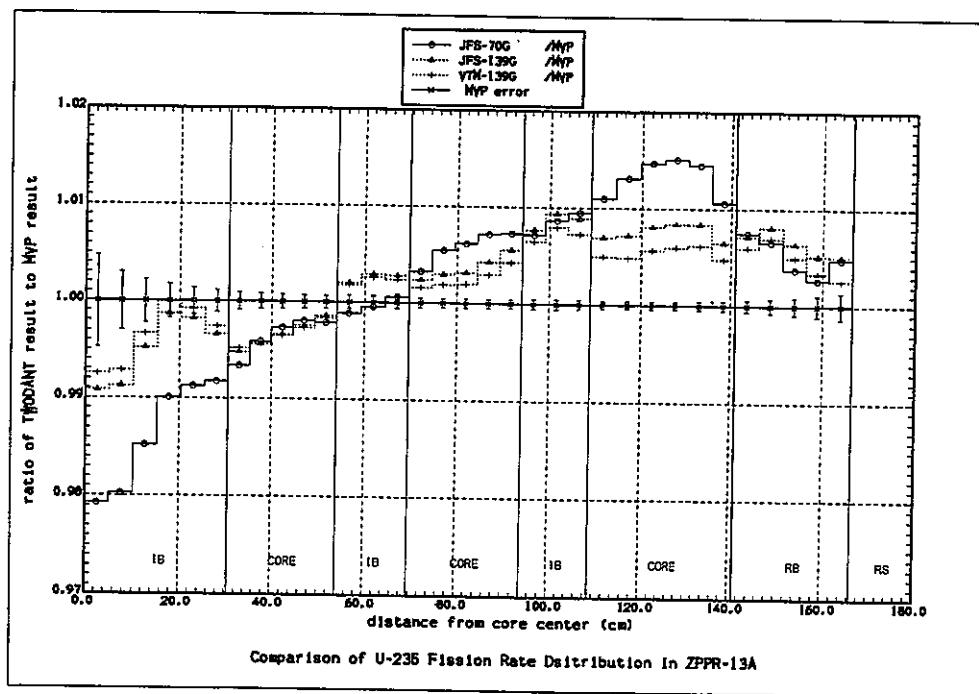


図 3-28 U-235 核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果と MVP コード計算結果の比較

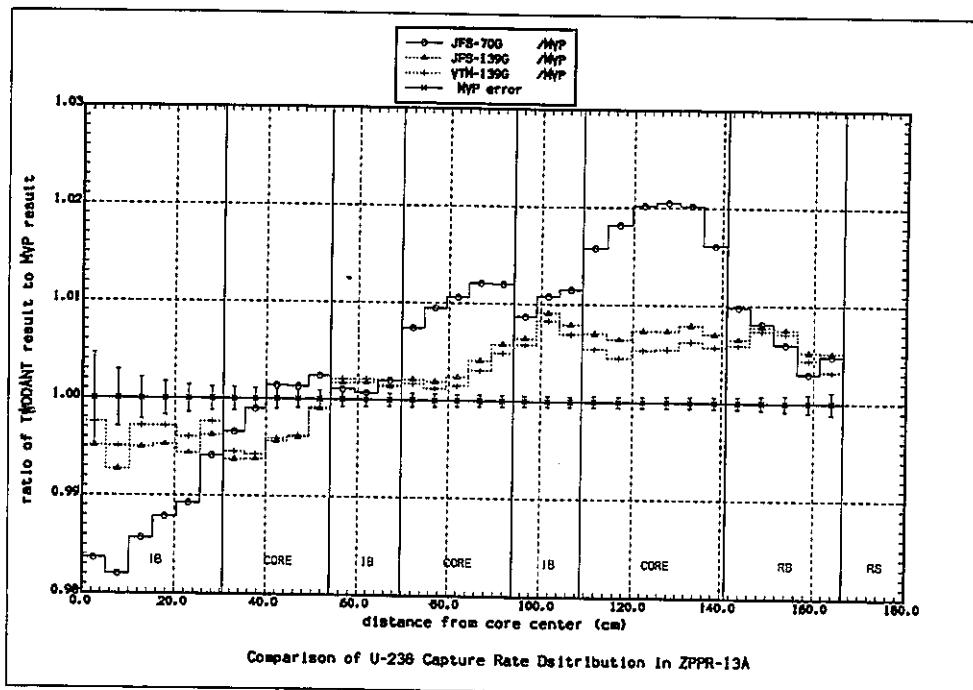


図 3-29 U-238 捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果と MVP コード計算結果の比較

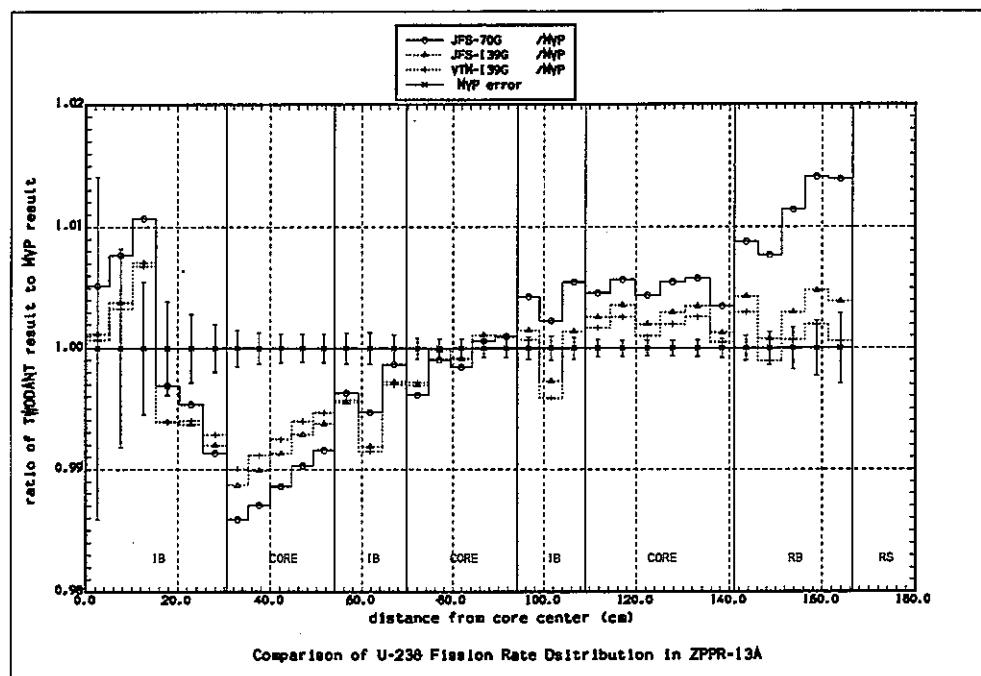


図 3-30 U-238 核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果と MVP コード計算結果の比較

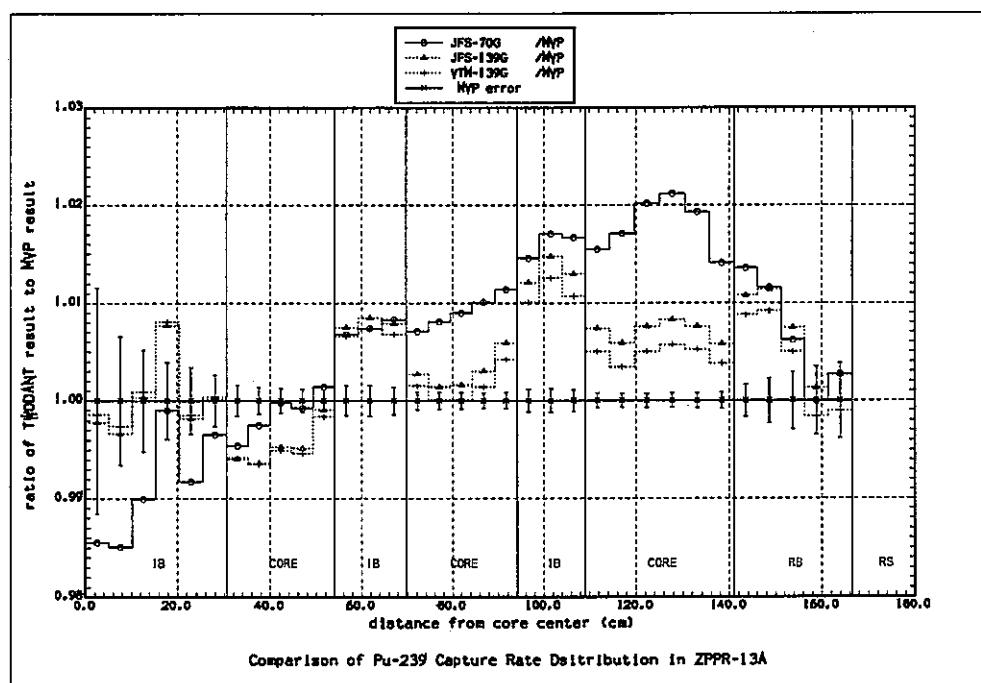


図 3-31 Pu-239 捕獲反応率分布の決定論手法による計算結果と MVP コード計算結果の比較

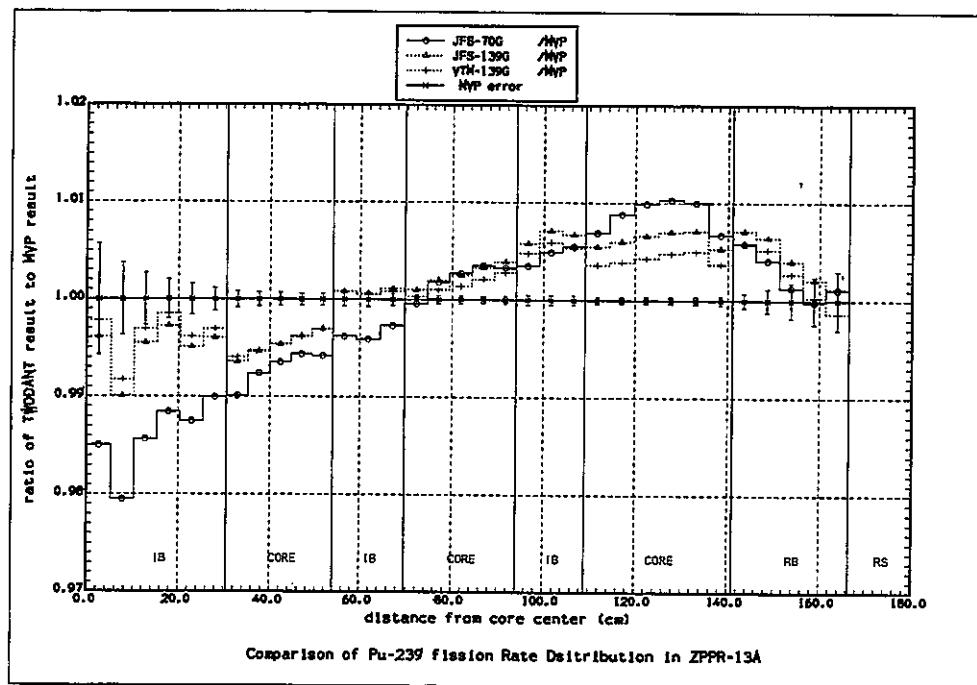


図 3-32 Pu-239 核分裂反応率分布の決定論手法による計算結果と MVP コード計算結果の比較

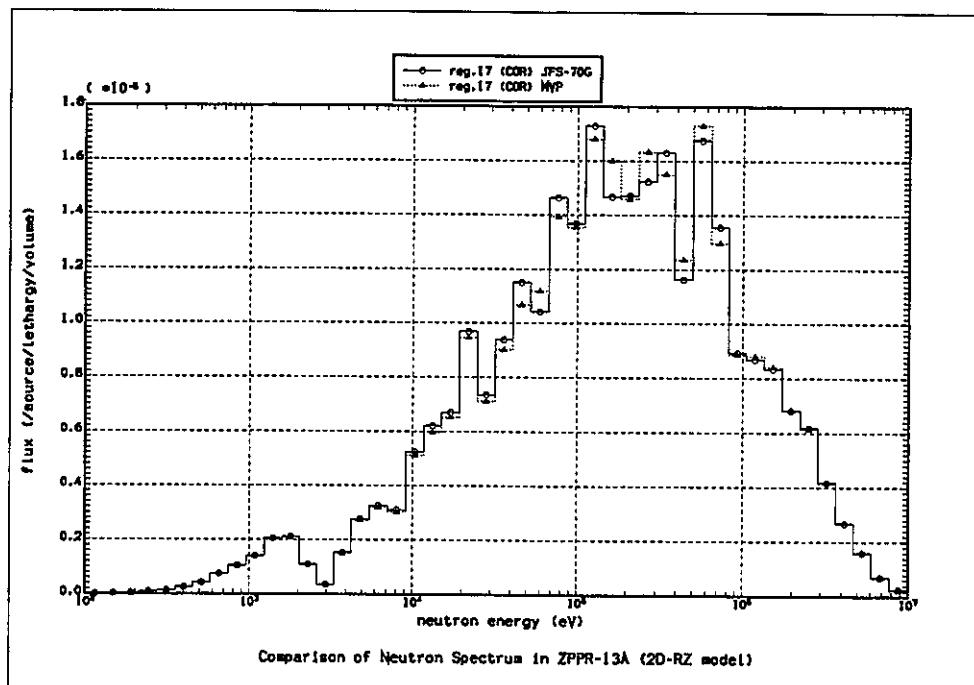


図 3-33 炉心領域中性子スペクトルの JFS-70 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較

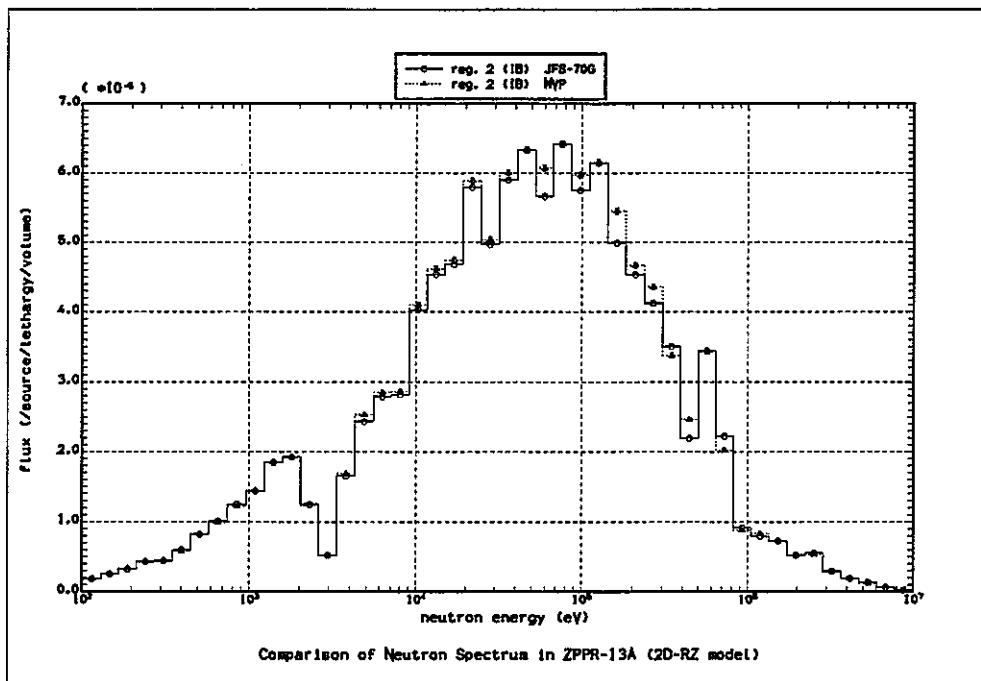


図 3-34 IB 領域中性子スペクトルの JFS-70 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較

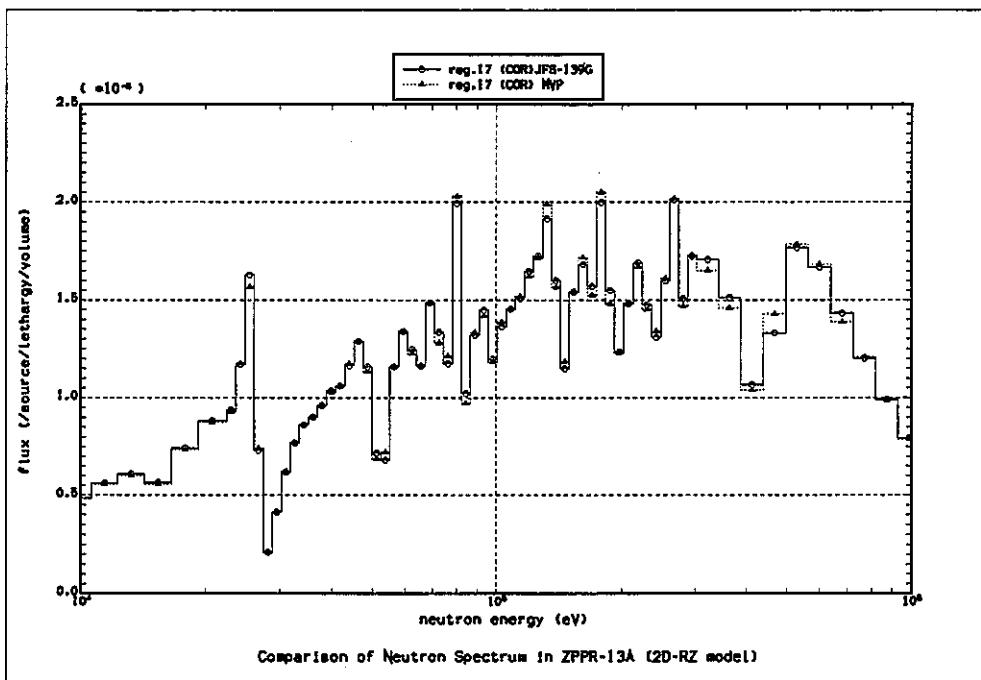


図 3-35 炉心領域中性子スペクトルの JFS-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較

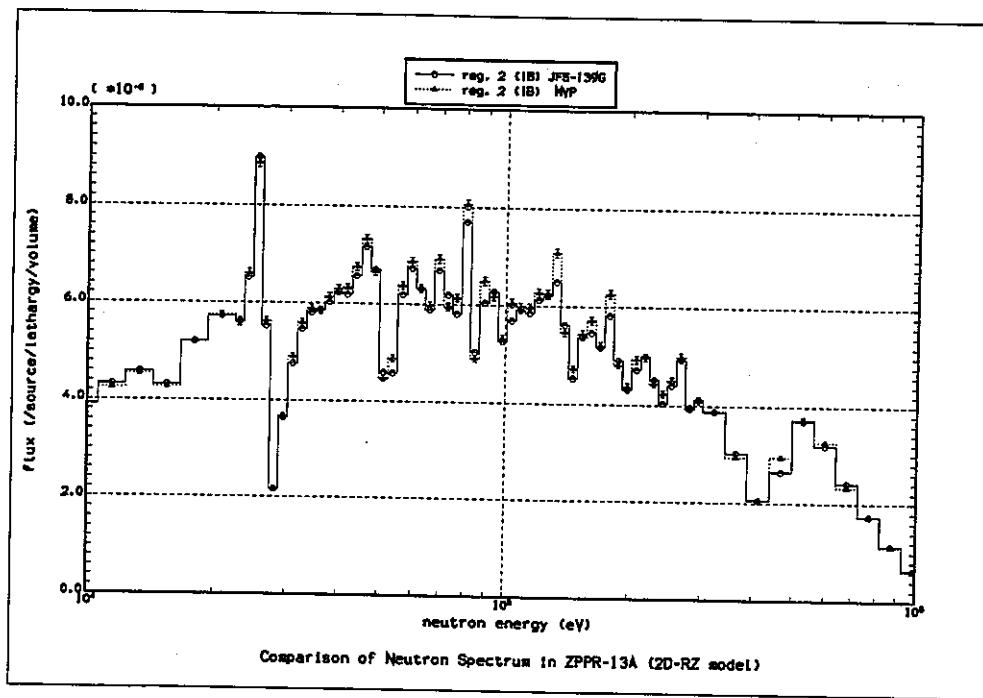


図 3-36 IB 領域中性子スペクトルの JFS-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較

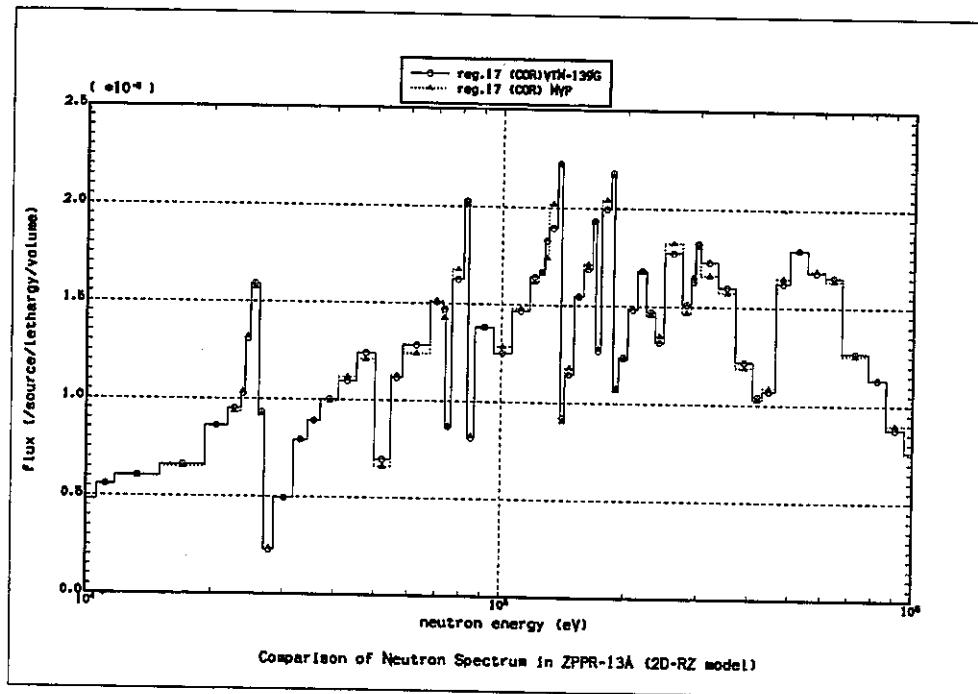


図 3-37 炉心領域中性子スペクトルの VTM-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較

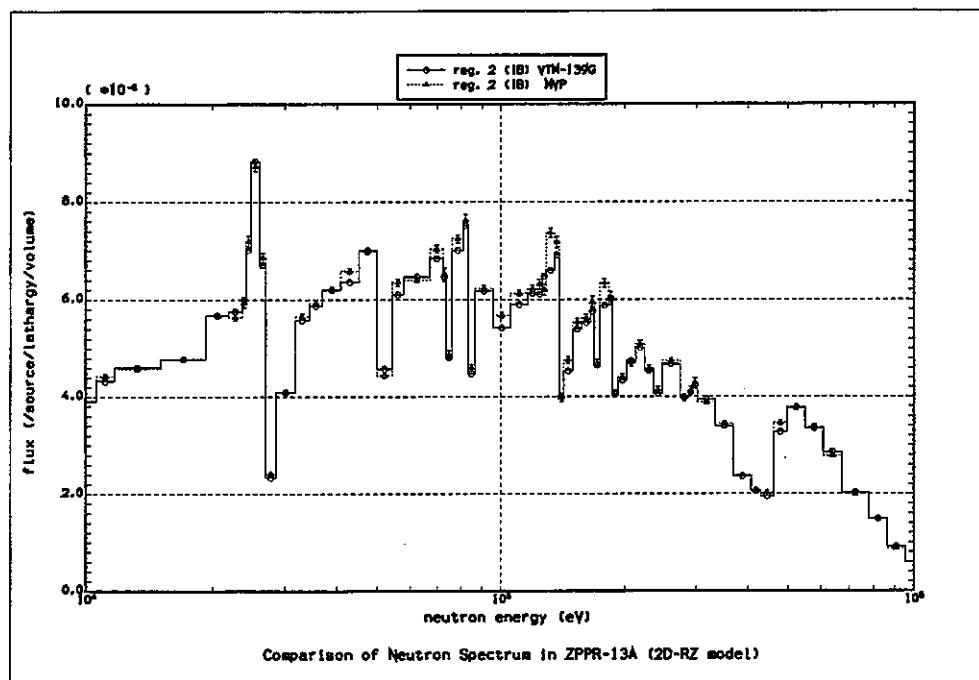


図 3-38 IB 領域中性子スペクトルの VTM-139 群輸送計算結果と MVP 計算結果との比較

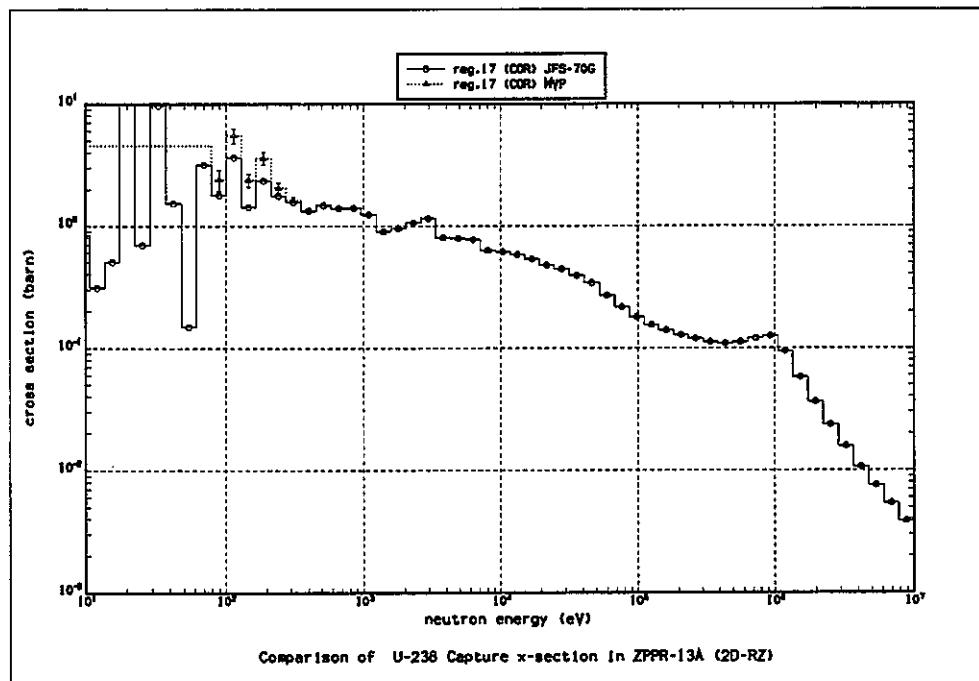


図 3-39 炉心領域 U-238 捕獲実効断面積の決定論手法計算結果と MVP 計算結果との比較

3.2.5 Los Alamos 小型炉心のベンチマーク計算

(1) Los Alamos 小型炉心について

今回作成した3種類のライブラリーを使用してLos Alamos小型炉心の炉心解析を行い、高エネルギーの群構造に注目したベンチマーク計算を実施する。先ず、対象とするLos Alamos小型炉心について簡単に説明する。

対象炉心は、GODIVA, JEZEBEL, JEZEBEL-Pu, FLATTOP-25, FLATTOP-Pu炉心である。これらの炉心は米国のENDF/B評価済核データファイルのベンチマークを行うCSWEGの高速炉ベンチマーク炉心である。

GODIVA, JEZEBEL, JEZEBEL-Pu炉心は1領域球炉心であり、その臨界半径が約6~9cmと非常に小さく中性子の漏れが多い(60%前後)炉心である。FLATTOP-25, FLATTOP-Pu炉心は減損ウラン金属反射体付きの2領域球炉心であり、その臨界燃料半径が4~6cmで、減損ウラン金属反射体の厚さが約20cmであり、中性子の漏れが多い(30%前後)炉心である。尚、GODIVA炉心とFLATTOP-25炉心はウラン燃料炉心であり、そのU-235濃縮度は90%以上である。JEZEBEL, JEZEBEL-Pu, FLATTOP-Pu炉心はプルトニウム燃料炉心であり、JEZEBEL-Pu炉心は比較的Pu-240(20%程度)が多い事が特徴である。

これら5つの炉心の中性子スペクトルは非常に硬く、中性子反応の98%以上は10keV以上のエネルギーで生じ(図3-40~43)、高エネルギー反応に敏感な炉心である。また、非弾性散乱と核分裂による2次中性子のエネルギー分布が炉心スペクトルに、弹性散乱の角度分布データが中性子の漏れに大きな影響を与える。そして、炉心を構成する物質はPu燃料にGaが混在する事を除けば、全て重核からなる金属である。従って、酸素や炭素、鉄等が存在しないため、Los Alamos小型炉心の中性子スペクトルの特徴は、核分裂スペクトルの形に近いことである。

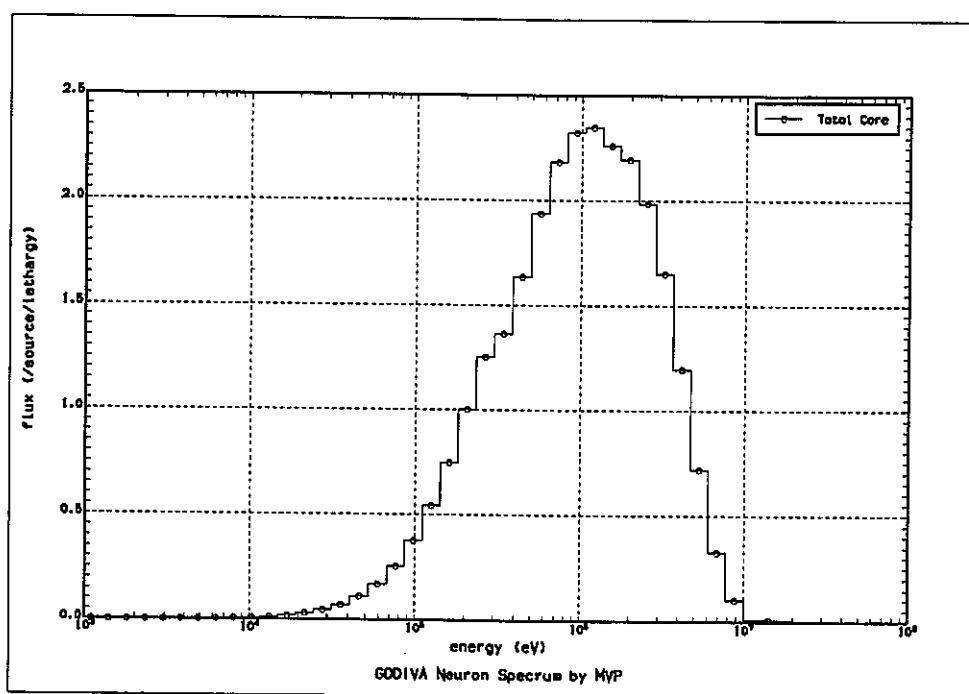


図 3-40 MVP コードによる GODIVA 炉心の中性子スペクトル

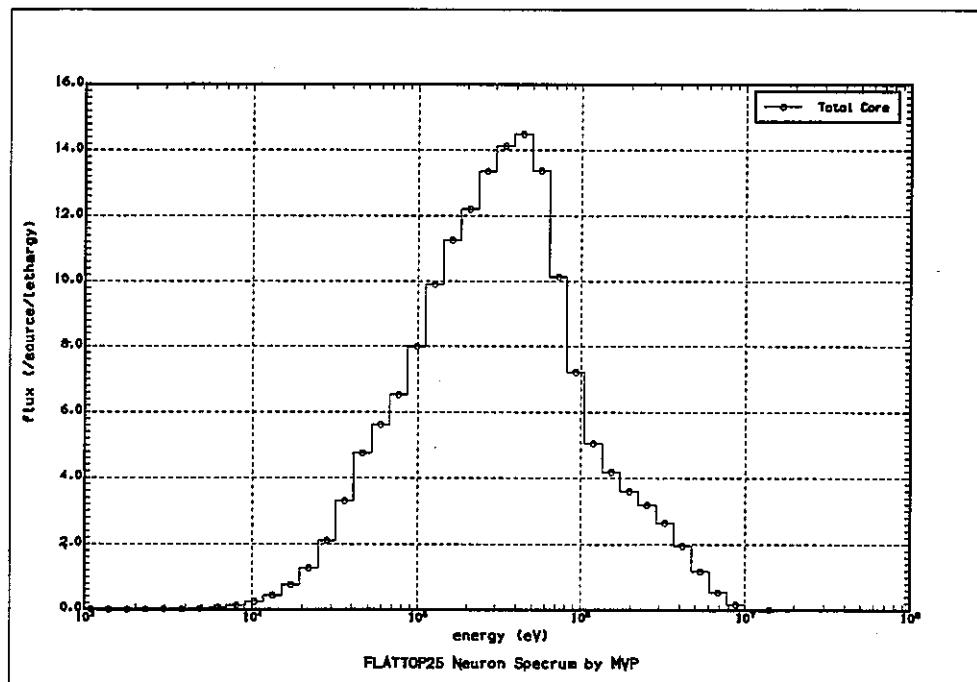


図 3-41 MVP コードによる FLATTOP-25 炉心の中性子スペクトル

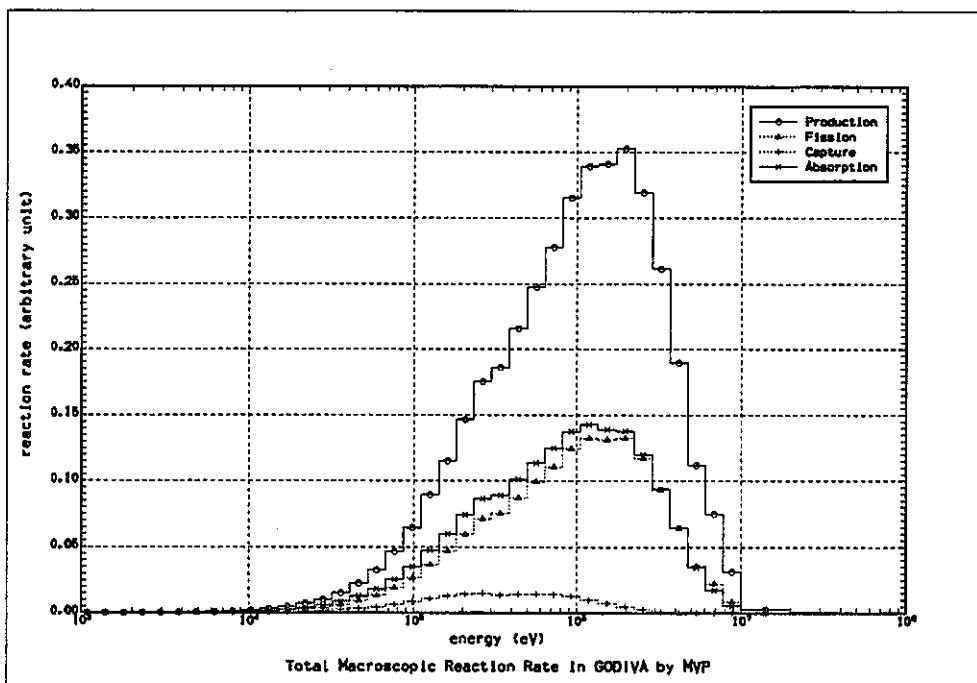


図 3-42 MVP コードによる GODIVA 炉心の反応率エネルギー分布

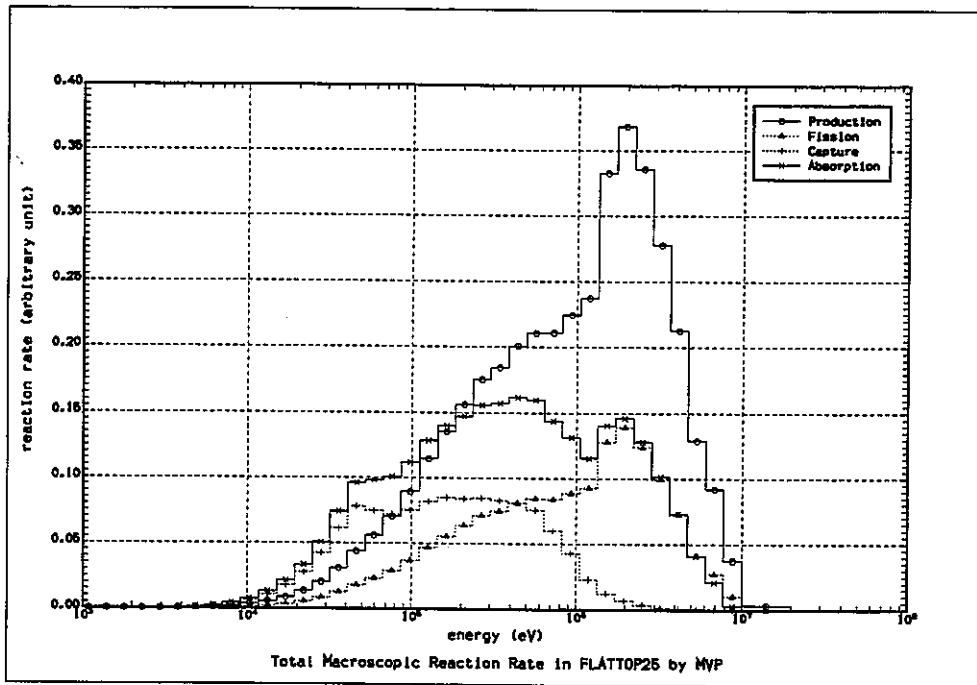


図 3-43 MVP コードによる FLATTOP-25 炉心の反応率エネルギー分布

(2) 解析項目

「Los Alamos 小型炉のベンチマーク計算」での解析項目は

- ・ 固有値
- ・ 中心反応率比 (F28/F25, C28/F25, F49/F25 等)

である。

尚、本ベンチマーク計算での目的は実験解析でなく、JFS-70 群、JFS-139 群及び VTM-139 群ライブラリーによる決定論手法による解析結果とモンテカルロ手法 (MVP コード) による解析結果の比較である。

(3) MVP コードによる解析方法について

MVP コードによる解析方法について以下に箇条書きで述べる。

- ① 1 バッチ当たりのヒストリー数は 1 万とし、捨てバッチは 20(20 万ヒストリー)とする。
- ② 計算ヒストリー数は 3020 万ヒストリーとする。
- 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 0.00001eV 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 4.5eV とする。
- ⑥ EWCUT (analog 的な吸収の取り扱いの上限エネルギー) は 0.0eV とする。即ち、analog 的な吸収の取り扱いをしない。
- 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 1σ に対するものとする。
- ⑪ 反応率計算の為、ウラン炉心の場合は Pu-239 を、プルトニウム炉心の場合は U-235 と U-238 を 10^{-15} (単位： $10^{24}/cc$)の個数密度で炉心領域に混在させる。また、中心反応率比の計算の為に、炉心中に半径 5mm の球のタリー領域を設定する。

MVP コードによる解析では、計算を 3 回実施し、計算結果としては 3 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、決定論で使用する 3 種類のライブラリーに対応するエネルギー・ビンを使用する。

(4) 決定論手法の解析方法について

決定論手法の解析方法について述べる。使用ライブラリーは本研究で作成した JFS-70 群、JFS-139 群及び VTM-139 群ライブラリーである。セル計算は均質モデルで新 SLAROM コードにより実施し、解析炉心の各領域の実効断面積を計算する。その後、TWODANT コードにより 1 次元球体系で S32P5 の輸送炉心計算を実施する。そして、得られた中性子束データと実効断面積から炉心中心の反応率比を計算する。尚、炉心計算でのメッシュ分割は ΔR が約 3mm となるメッシュ数にする。

(5) ベンチマーク計算の実施

(3) および(4)で述べた方法により、Los Alamos 小型炉のベンチマーク計算を実施した。計算結果を下記の図表に示す。

表 3-33 固有値の計算結果

表 3-34～38 中心反応率比の計算結果

図 3-44～58 炉中心での中性子スペクトルの比較図

(6) ベンチマーク計算結果の検討

「炉定数エネルギー構造の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- 表 3-33 より臨界性に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は平均で 0.006 と小さく、FLATTOP-Pu 炉心を除けば、決定論の計算結果は MVP コードの結果と 0.27% 以内で一致する。VTM-139 群ライブラリーの結果が最も MVP コードの結果に近い。FLATTOP-Pu 炉心に関しては、Pu 燃料炉心領域と U-238 が支配的な反射体領域との干渉効果を考慮したセル計算を行う等の解析手法の検討が必要と思われる。
- 表 3-34～38 より、中心反応率比に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は 0.0045 以下と小さい。また、F28/F25 を除けば、決定論の計算結果は MVP コードの結果と 1.5% 以内で一致する。VTM-139 群ライブラリーの結果が最も MVP コードの結果に近い。F28/F25 に関しては決定論の計算結果と MVP コードの計算結果に 2% 以上の差がある炉心も存在する。この不一致は、図 3-44～58 に示すように高エネルギーでの中性子スペクトルが決定論と MVP コードで差があるからである。高エネルギーでの断面積は比較的構造がないので、この中性子スペクトルの差は核分裂スペクトルの入射エネルギー依存性を考慮しない決定論手法に問題がある可能性が大きい。この問題は将来の課題であると考える。

表 3-33 小型炉心の固有値の計算結果

炉心名	MVP		JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G	固有値の MVP 計算値との比		
	固有値	誤差(%)	固有値	固有値	固有値	JFS-70G	JFS-139G	VTM-139G
Godiva	1.00299	0.006	1.00158	1.00210	1.00211	0.9986	0.9991	0.9991
Jezebel	0.99716	0.006	0.99486	0.99553	0.99558	0.9977	0.9984	0.9984
Jezebel-Pu	1.00159	0.006	0.99885	0.99958	0.99965	0.9973	0.9980	0.9981
Flattop-25	0.99859	0.007	0.99696	0.99732	0.99741	0.9984	0.9987	0.9988
Flattop-Pu	0.99291	0.007	0.98873	0.98939	0.98951	0.9958	0.9965	0.9966
備考	MVP 計算値は 3 回の計算の平均値				平均値	0.9975	0.9981	0.9982

表 3-34 GODIVA 炉心の中心反応率比の計算結果

Reaction Rate Ratio	F28/F25	error (%)	C28/F25	error (%)	F49/F25	error (%)
MVP	0.16110	0.54	0.072036	0.43	1.37650	0.40
JFS-70G	0.15869		0.072651		1.37486	
JFS-139G	0.15926		0.072501		1.37560	
VTM-139G	0.15938		0.072494		1.37564	
JFS-70G/MVP	0.9851		1.0085		0.9988	
JFS-139G/MVP	0.9886		1.0065		0.9993	
VTM-139G/MVP	0.9893		1.0064		0.9994	

表 3-35 JEZEBEL 炉心の中心反応率比の計算結果

Reaction Rate Ratio	F28/F25	error (%)	C28/F25	error (%)	F49/F25	error (%)	F40/F49	error (%)	F41/F49	error (%)
MVP	0.21065	0.39	0.061906	0.37	1.4164	0.32	0.68699	0.34	0.94461	0.32
JFS-70G	0.20747		0.062574		1.4144		0.68233		0.94665	
JFS-139G	0.20826		0.062376		1.4151		0.68391		0.94601	
VTM-139G	0.20841		0.062357		1.4151		0.68409		0.94600	
JFS-70G/MVP	0.9849		1.0108		0.9986		0.9932		1.0022	
JFS-139G/MVP	0.9887		1.0076		0.9990		0.9955		1.0015	
VTM-139G/MVP	0.9894		1.0073		0.9991		0.9958		1.0015	

表 3-36 JEZEBEL-Pu 炉心の中心反応率比の計算結果

Reaction Rate Ratio	F28/F25	error (%)	C28/F25	error (%)	F49/F25	error (%)	F40/F49	error (%)	F41/F49	error (%)	F42/F49	error (%)
MVP	0.20521	0.40	0.062971	0.37	1.4110	0.32	0.67719	0.34	0.94869	0.32	0.55802	0.35
JFS-70G	0.20221		0.063665		1.4097		0.67343		0.95008		0.55439	
JFS-139G	0.20283		0.063499		1.4103		0.67487		0.94946		0.55598	
VTM-139G	0.20297		0.063481		1.4104		0.67505		0.94945		0.55612	
JFS-70G/MVP	0.9854		1.0110		0.9991		0.9945		1.0015		0.9935	
JFS-139G/MVP	0.9884		1.0084		0.9996		0.9966		1.0008		0.9963	
VTM-139G/MVP	0.9891		1.0081		0.9996		0.9968		1.0008		0.9966	

表 3-37 FLATTOP-25 炉心の中心反応率比の計算結果

Reaction Rate Ratio	F28/F25	error (%)	C28/F25	error (%)	F49/F25	error (%)
MVP	0.14893	0.46	0.076594	0.38	1.3668	0.33
JFS-70G	0.14546		0.076352		1.3522	
JFS-139G	0.14595		0.076211		1.3529	
VTM-139G	0.14605		0.076207		1.3529	
JFS-70G/MVP	0.9767		0.9968		0.9893	
JFS-139G/MVP	0.9799		0.9950		0.9898	
VTM-139G/MVP	0.9806		0.9949		0.9898	

表 3-38 FLATTOP-Pu 炉心の中心反応率比の計算結果

Reaction Rate Ratio	F28/F25	error (%)	C28/F25	error (%)	F49/F25	error (%)	F40/F49	error (%)	F41/F49	error (%)
MVP	0.17990	0.34	0.069874	0.30	1.3729	0.25	0.62677	0.29	0.97681	0.25
JFS-70G	0.17635		0.070813		1.3699		0.62163		0.97947	
JFS-139G	0.17699		0.070660		1.3705		0.62294		0.97883	
VTM-139G	0.17710		0.070644		1.3705		0.62307		0.97883	
JFS-70G/MVP	0.9803		1.0134		0.9979		0.9918		1.0027	
JFS-139G/MVP	0.9838		1.0113		0.9983		0.9939		1.0021	
VTM-139G/MVP	0.9845		1.0110		0.9983		0.9941		1.0021	

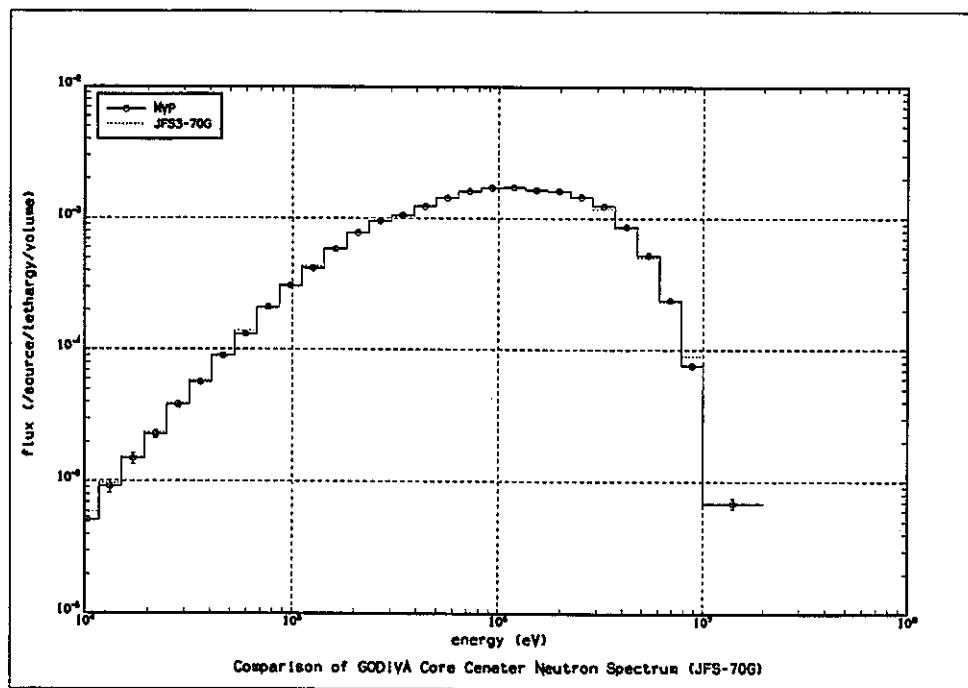


図 3-44 GODIVA 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）

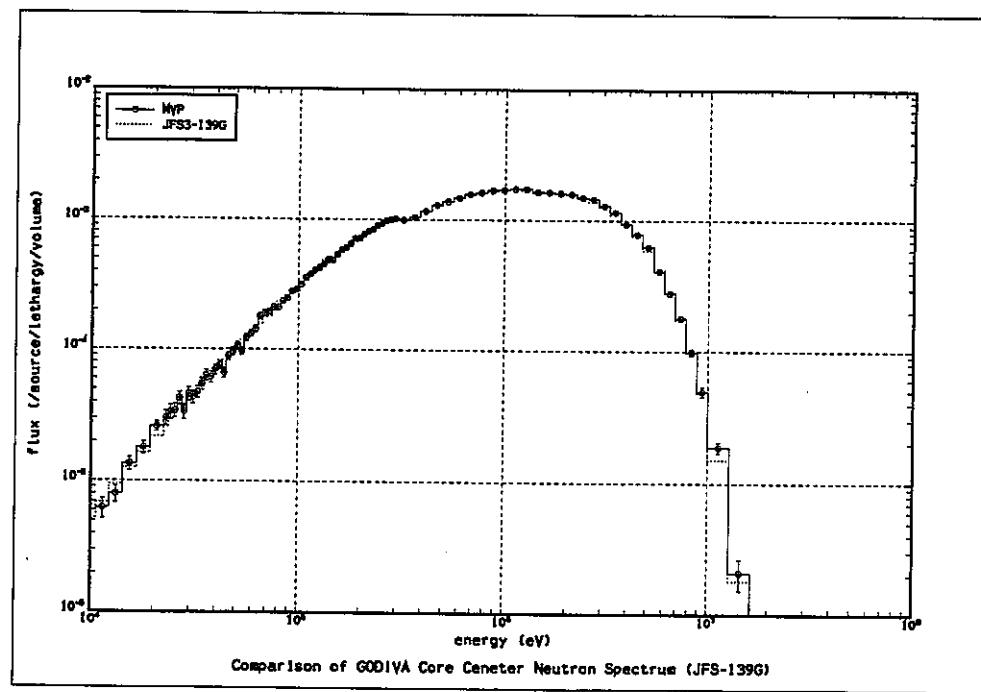


図 3-45 GODIVA 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）

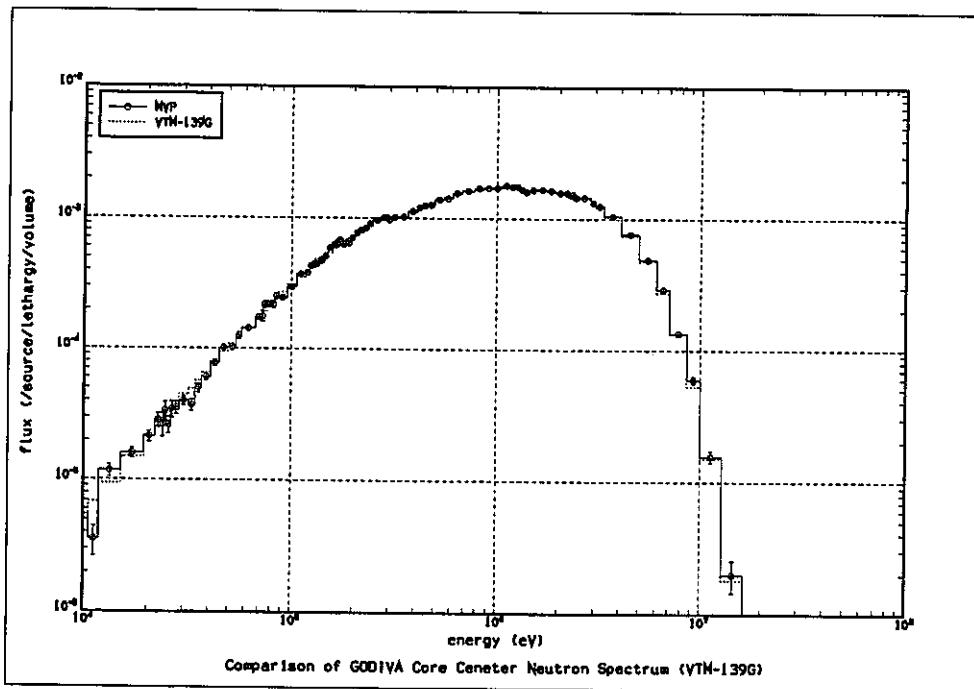


図 3-46 GODIVA 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）

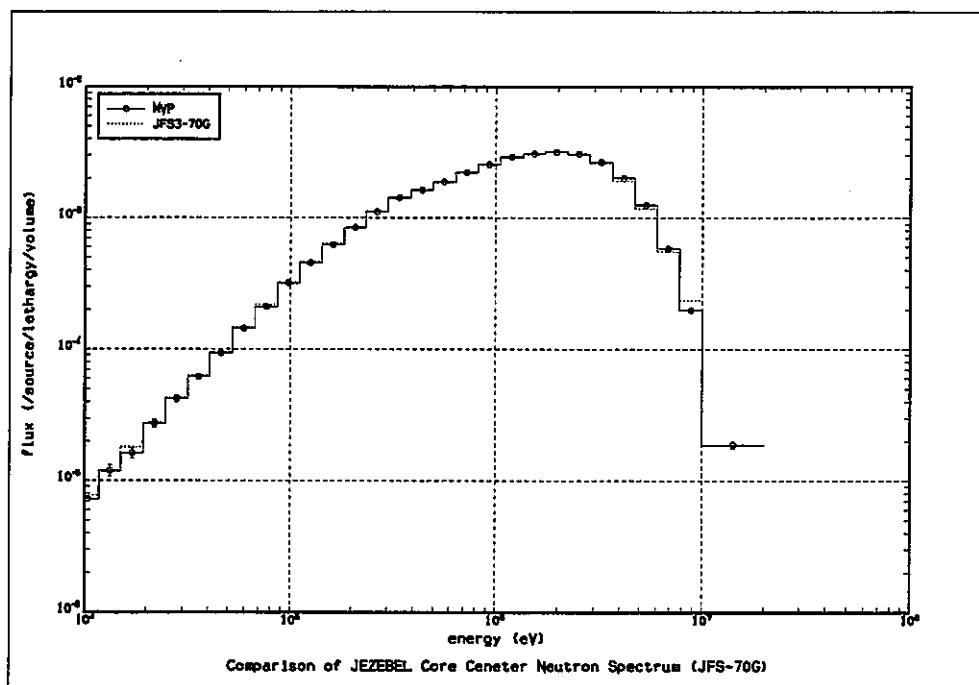


図 3-47 JEZEBEL 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）

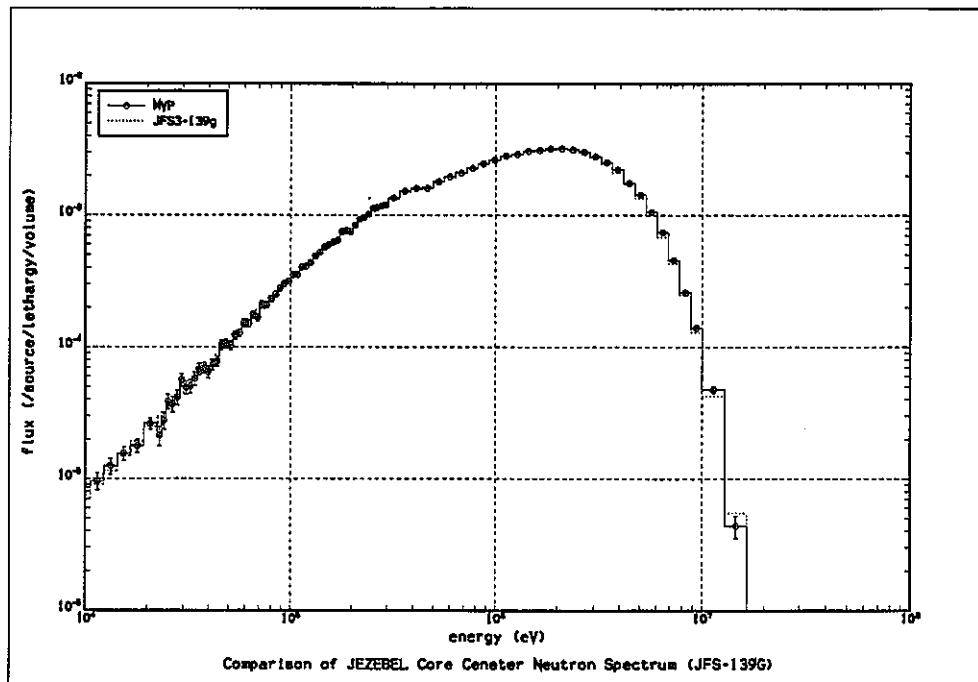


図 3-48 JEZEBEL 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）

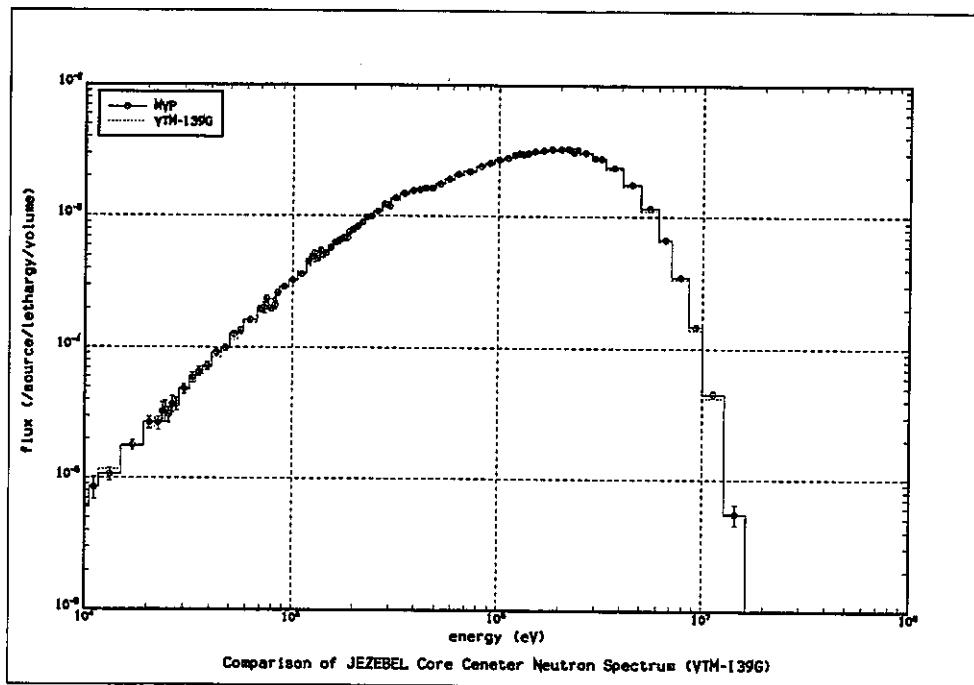


図 3-49 JEZEBEL 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）

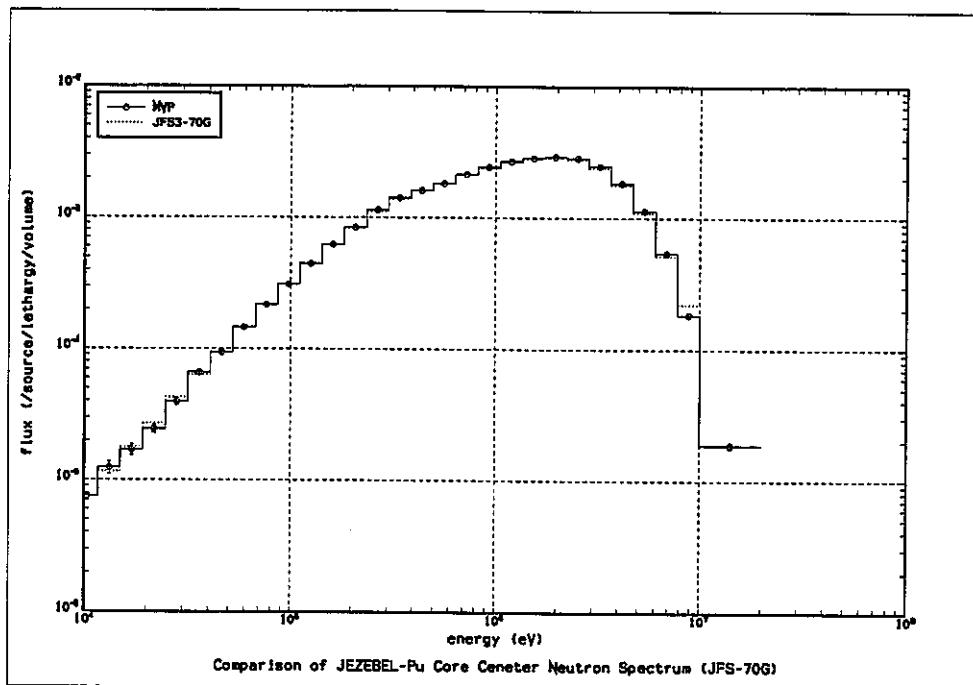


図 3-50 JEZEBEL-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）

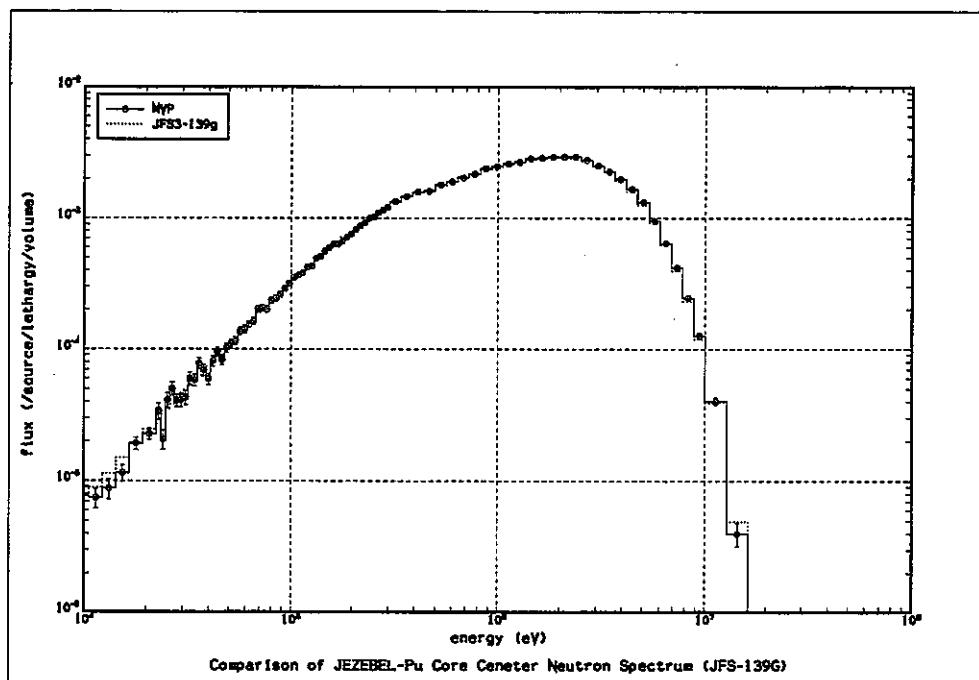


図 3-51 JEZEBEL-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）

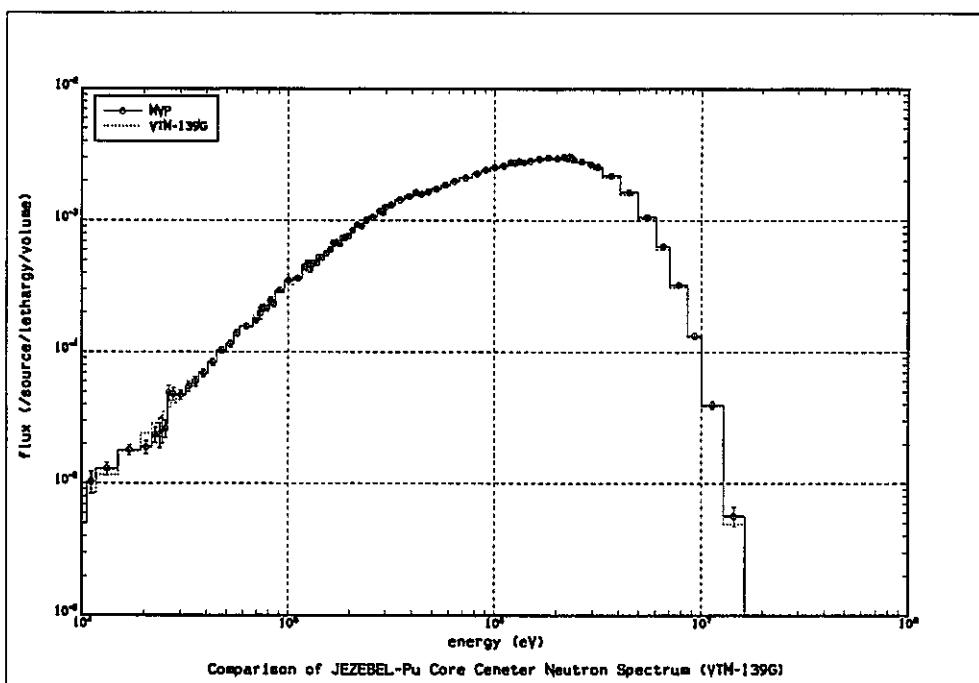


図 3-52 JEZEBEL-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）

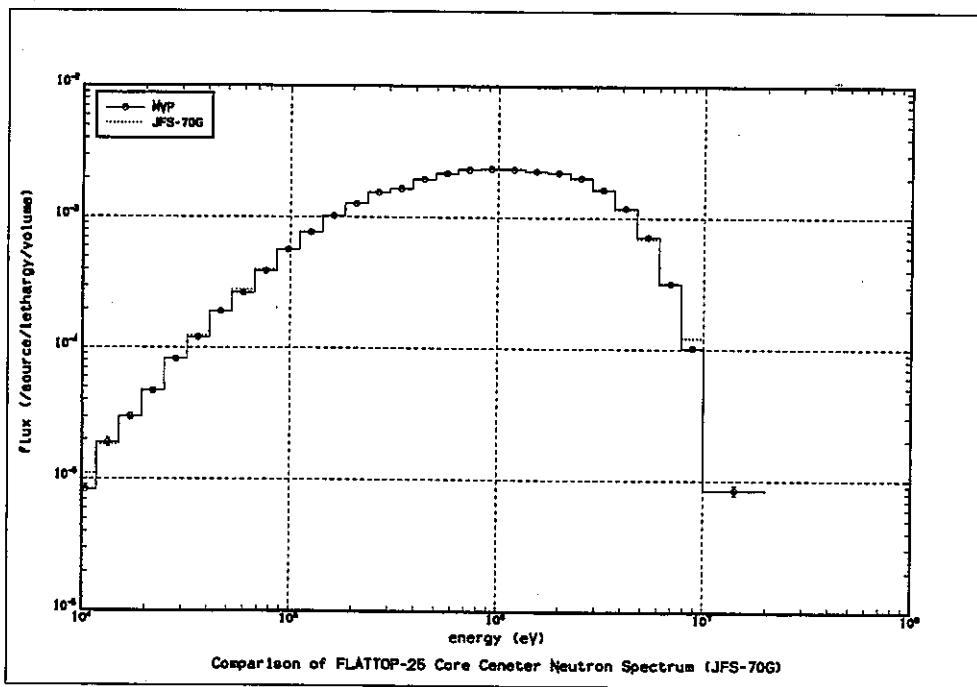


図 3-53 FLATTOP-25 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）

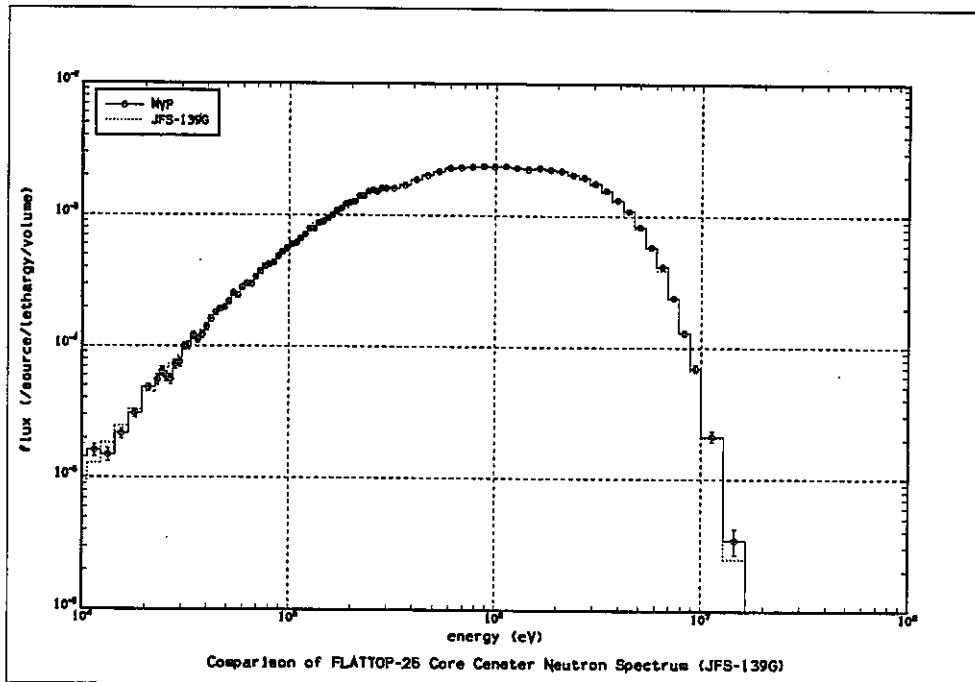


図 3-54 FLATTOP-25 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）

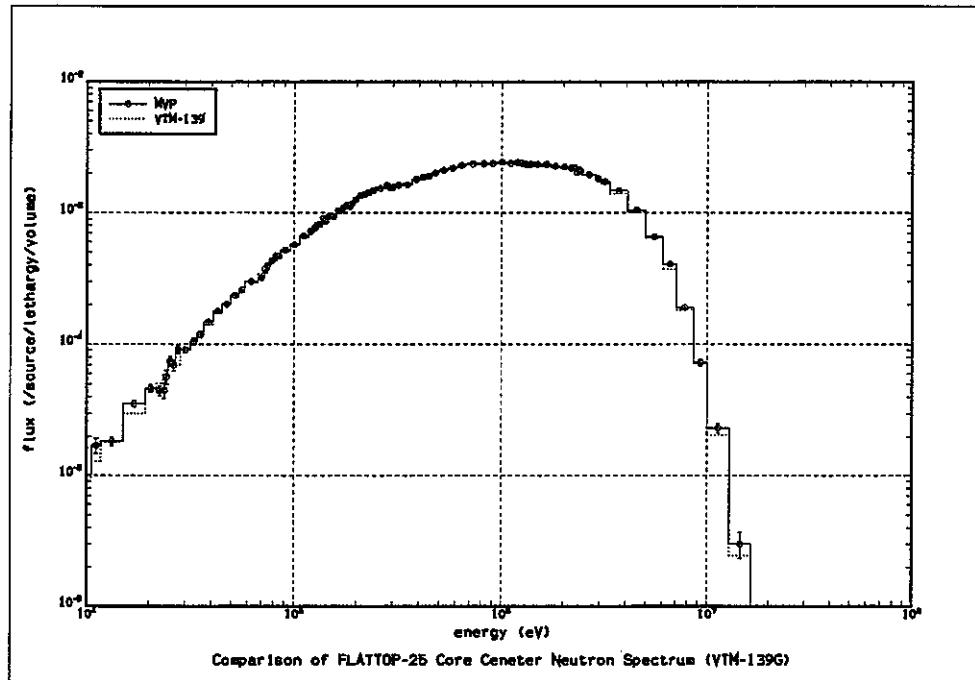


図 3-55 FLATTOP-25 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）

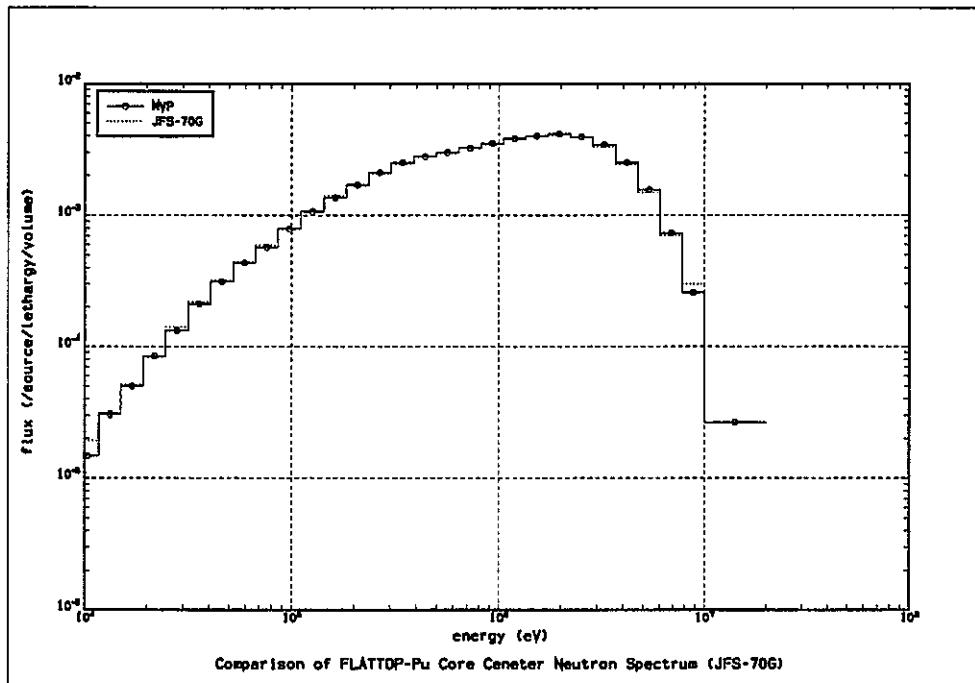


図 3-56 FLATTOP-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 1）

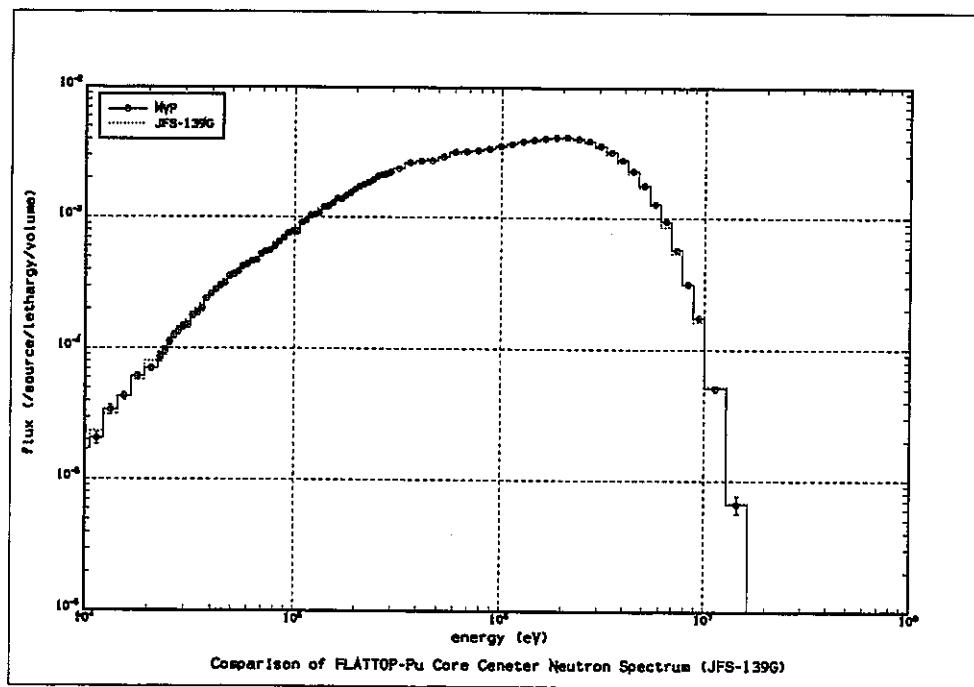


図 3-57 FLATTOP-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 2）

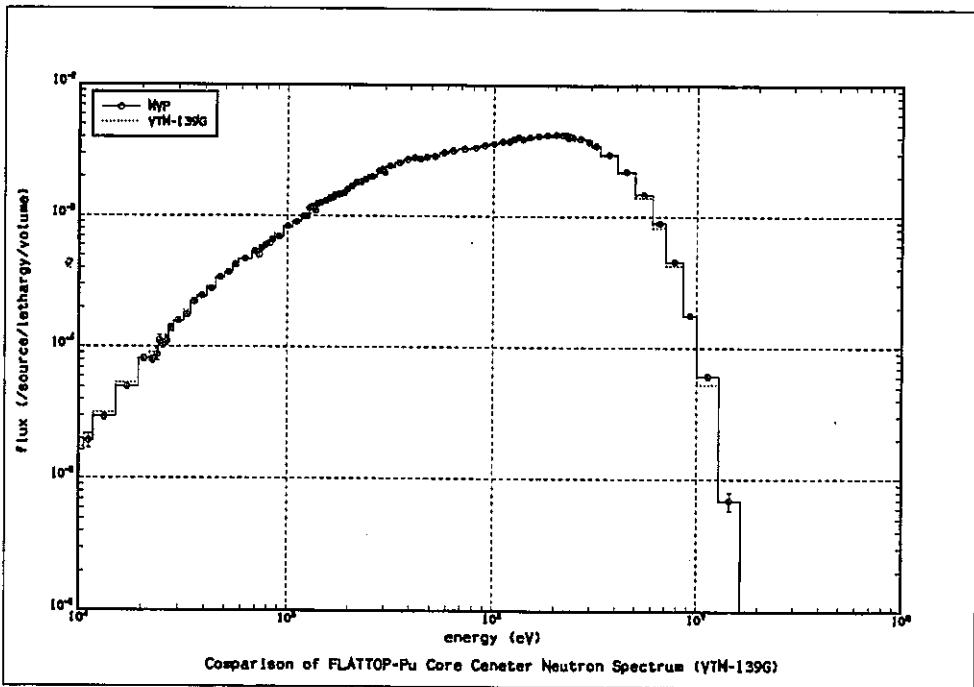


図 3-58 FLATTOP-Pu 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較（その 3）

3.2.6 ZPPR-9 炉心の実験解析

(1) ZPPR-9 炉心について

ZPPR-9 炉心は JUPITER 計画の 1 炉心であり、大型高速増殖炉のための高速臨界実験炉である。Pu 燃料からなる 2 領域円筒型クリーン炉心で、その炉心等価半径が 119.9cm、炉心高さが 101.8cm なる大型均質炉である。また、ZPPR-9 炉心では Y 軸に非対称セル効果が存在する。

従って、ZPPR-9 炉心の実験解析を実施する事により、本研究で作成した 3 種類のライブラリーの大型高速炉に対する炉心特性解析精度とエネルギー群構造の核特性への影響を確認できる事になる。

(2) 実験解析方法について

本実験解析の解析方法は、

- ・ 新 SLAROM コードにより、均質セルモデルで各領域の実効断面積を求める。
- ・ 炉心モデルは 2 次元 RZ 均質モデルであり、固有値計算および反応率比計算は TWODANT コードによる S8P3 計算で実施し、群縮約は行わない。
- ・ 反応度計算は CITATION-FBR と CIPER コードで行い、その際使用する拡散係数は $D=1/3 \sum tr$ とする。計算モデルは 2 次元 RZ 均質モデルであり、群縮約は行わない。また、Na ボイド反応度計算は厳密摂動計算を行い、ドップラー反応度計算は 1 次摂動計算で行う。
- ・ 中心反応率比は TWODANT コードによる S8P3 輸送計算で得られた中性子束から炉中心の $Z=7.7\text{cm}$ を含むメッシュ位置で計算する。
- ・ ドップラーサンプルの U-238 の非均質補正是文献 17 の大井川等の方法、即ち、下式を使用する。ここで、 R はサンプルの半径であり、 a は Levin factor ($=1.3$) である。また、 n_k は k 番目の核種の個数密度であり、928 は U-238 を示す。

$$\sigma_0 = \sum_{k=928} \frac{n_k \sigma_{f,k}}{n_{928}} + \frac{a}{2R} \frac{n_{928}}{n_{928}}$$

である。また、解析項目は

- ・ 固有値
- ・ 中心反応率比
- ・ ドップラー反応度
- ・ Na ボイド反応度

である。実験解析は、本研究で作成した JFS-70 群、JFS-139 群及び VTM-139 群ライブラリーを使用して実施する。尚、ZPPR-9 炉心の組成データ、炉心形状データや固有値、反応率比、各種反応度の補正係数は、「ZPPR-9 炉心ベンチマーク問題の整備」¹⁶⁾に報告されている値を使用する。

(3) 実験解析の実施

計算結果を下記の図表に示す。

表 3-39 固有値の計算結果

表 3-40~42 中心反応率比の計算結果

表 3-43~45 ドップラー反応度および Na ボイド反応度の計算結果

図 3-59~62 炉中心での中性子スペクトルの比較図

(4) 実験解析結果の検討

「炉定数エネルギー構造の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- 表 3-39 より臨界性に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は 0.1%と小さく、文献 16 の計算結果とも良く一致している。
- 表 3-40~42 より中心反応率比に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は 0.6%以下と小さい。一方、F28/F49 と C28/F49 に関しては、文献 16 の値と本解析結果には大きな差がある。この差の原因を確定できないが、本解析では新 SLAROM コードを使用しており、散乱による sink group を従来の SLAROM コードのように 30 群でカットしない、物質の核分裂スペクトル計算をより正確に行っている等の改良が実施されており、このセル計算機能の改良と炉心計算で非等方成分を P3 まで考慮している事等が両者の差を生んでいるものと考えられる。
- 表 3-43 よりドップラー反応度に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は 2%以下と小さい。一方、文献 16 の値と本解析結果には大きな差がある。尚、ドップラー反応度の非対称セル補正係数として 0.924 を使用している。
- 表 3-44~35 より Na ボイド反応度に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は、STEP3 ケースでは 1.5% 以下と小さいが、STEP5 ケースでは 3.5%の差がある。両ケースとも同じ解析手法を使用している事から 70 群で求めた補正係数を 139 群計算に適用する事が適切でない事を示唆しているものと考える。特に漏れが重要な STEP5 ケースでは、拡散係数がマクロな量でありエネルギー群構造に影響される量である事から、139 群計算結果に 70 群で求めた補正係数を使用する妥当性はない。また、文献 16 の値と本解析結果には大きな差がある。
- ドップラー反応度と Na ボイド反応度では、文献 16 の値と本解析結果には 4~6%の差がある。その原因は図 3-63 に示すように公開されている JFS3-J32 ライブライバー作成で使用された weighting ϕ (old weighting) が今回ライブライバー作成で使用された weighting ϕ (new weighting) と比較して、非常に硬いスペクトルを使用している事に起因している。公開されている JFS3-J32 ライブライバーを使用すると、ドップラー反応度と Na ボイド反応度で重要な共鳴エネルギー領域の中性子束レベルが低下するので、ドップラー反応度と Na ボイド反応度に本解析値と文献 16 の値に差が生じるのである。C/E の値は、new weighting を使用する方法が正しい事を示唆している。
- 図 3-62 の JFS-139 群と VTM-139 群ライブライバーによる炉中心での中性子スペクトルの比較図より、11.7088~19.3045 keV で両者に無視できない差がある。このエネルギー領域では JFS-139 群のエネルギー構造が実際の中性子スペクトルの構造を正しく現している事を示唆している。

表 3-39 ZPPR-9 炉心の固有値の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	PNC TN9410 98-079 レポートの値
計算値	0.98454	0.98560	0.98457	0.98270
補正値の全和	0.01000	0.01000	0.01000	0.01210
補正後の計算値	0.99454	0.99560	0.99457	0.99480
実験値	1.00106 ± 0.00037			
補正後の C/E	0.9935	0.9945	0.9935	0.9937
備考	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	拡散計算

表 3-40 ZPPR-9 炉心の中心 F25/F49 の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	PNC TN9410 98-079 レポートの値
計算値	1.09449	1.09255	1.09341	
補正係数の全積	1.00580	1.00580	1.00580	
補正後の計算値	1.10084	1.09889	1.09975	
実験値	$1.07142 \pm 0.97\%$			
補正後の C/E	1.0275	1.0256	1.0264	1.0110
備考	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	拡散計算

表 3-41 ZPPR-9 炉心の中心 F28/F49 の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	PNC TN9410 98-079 レポートの値
計算値	0.02229	0.02226	0.02227	
補正係数の全積	0.99230	0.99230	0.99230	
補正後の計算値	0.02212	0.02209	0.02210	
実験値	$0.02444 \pm 2.02\%$			
補正後の C/E	0.9050	0.9040	0.9041	0.9720
備考	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	拡散計算

表 3-42 ZPPR-9 炉心の中心 C28/F49 の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	PNC TN9410 98-079 レポートの値
計算値	0.15121	0.15056	0.15032	
補正係数の全積	0.96990	0.96990	0.96990	
補正後の計算値	0.14666	0.14603	0.14579	
実験値	$0.14828 \pm 1.03\%$			
補正後の C/E	0.9891	0.9848	0.9832	1.0410
備考	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	拡散計算

表 3-43 ZPPR-9 炉心のドップラー反応度の解析結果 (298→1087k)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	PNC TN9410 98-079 レポートの値
計算値	-2.6710E-06	-2.6795E-06	-2.7188E-06	
補正係数の全積	1.02600	1.02600	1.02600	
補正後の計算値	-2.7404E-06	-2.7492E-06	-2.7895E-06	
実験値	$-2.9976E-06 \pm 1.05\% \quad (\Delta k/k/k')$			
補正後の C/E	0.9142	0.9171	0.9306	0.8490

表 3-44 ZPPR-9 炉心の Na ボイド(STEP3) 反応度の解析結果 (97D, Z=±8inch)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	PNC TN9410 98-079 レポートの値
計算値	1.2001E-03	1.1925E-03	1.1835E-03	
補正係数の全積	0.910(Non-leakage) & 1.321(Leakage)			
補正後の計算値	1.0682E-03	1.0603E-03	1.0521E-03	
実験値	$1.062E-03 \pm 1.22\% \quad (\Delta k/k/k')$			
補正後の C/E	1.0058	0.9984	0.9907	1.0520

表 3-45 ZPPR-9 炉心の Na ボイド(STEP5) 反応度の解析結果 (97D, Z=±20inch)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	PNC TN9410 98-079 レポートの値
計算値	1.6299E-03	1.6098E-03	1.5937E-03	
補正係数の全積	0.913(Non-leakage) & 1.462(Leakage)			
補正後の計算値	1.1407E-03	1.1158E-03	1.1007E-03	
実験値	$1.144E-03 \pm 1.14\% \quad (\Delta k/k/k')$			
補正後の C/E	0.9971	0.9753	0.9621	1.0390

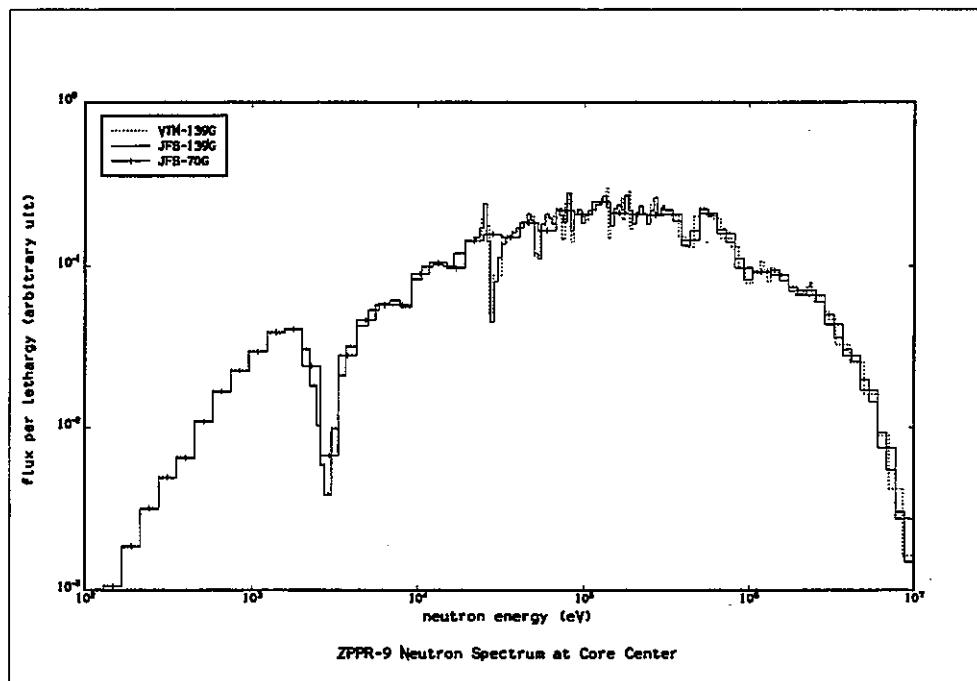


図 3-59 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 1)

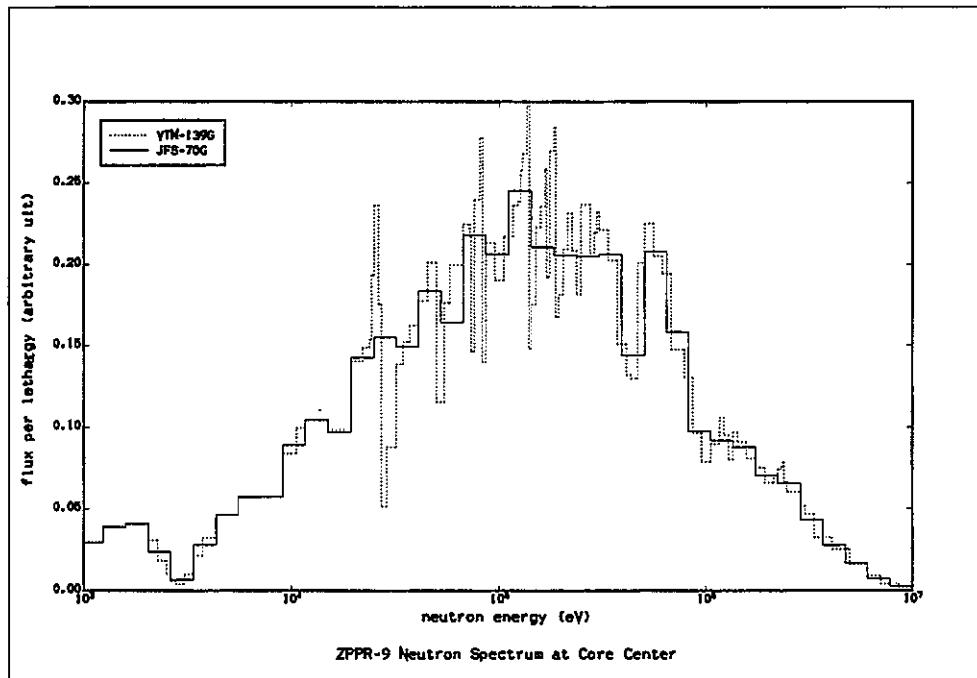


図 3-60 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 2)

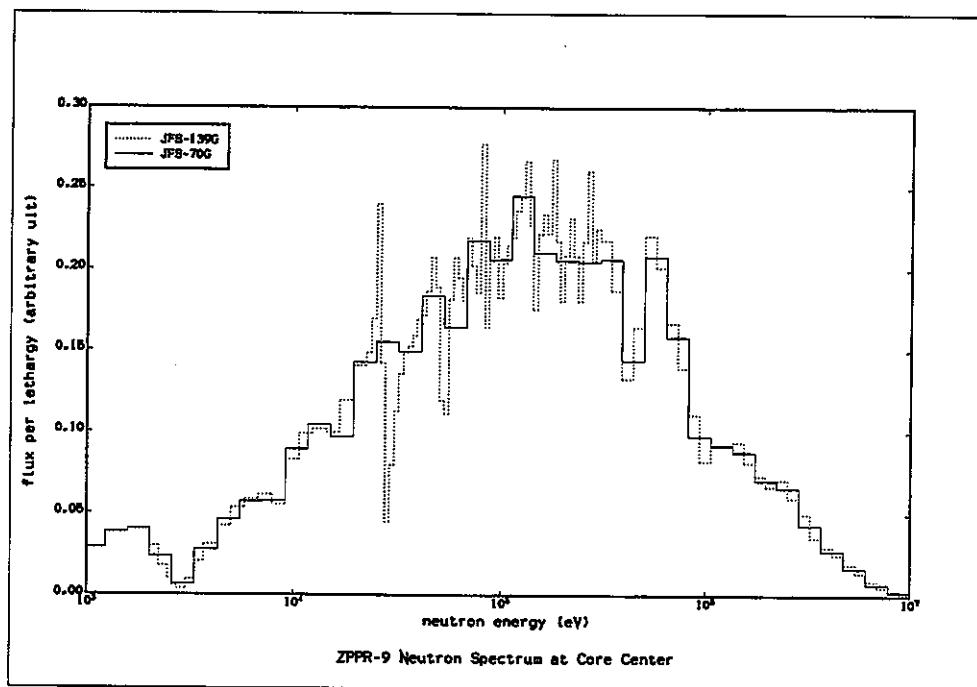


図 3-61 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 3)

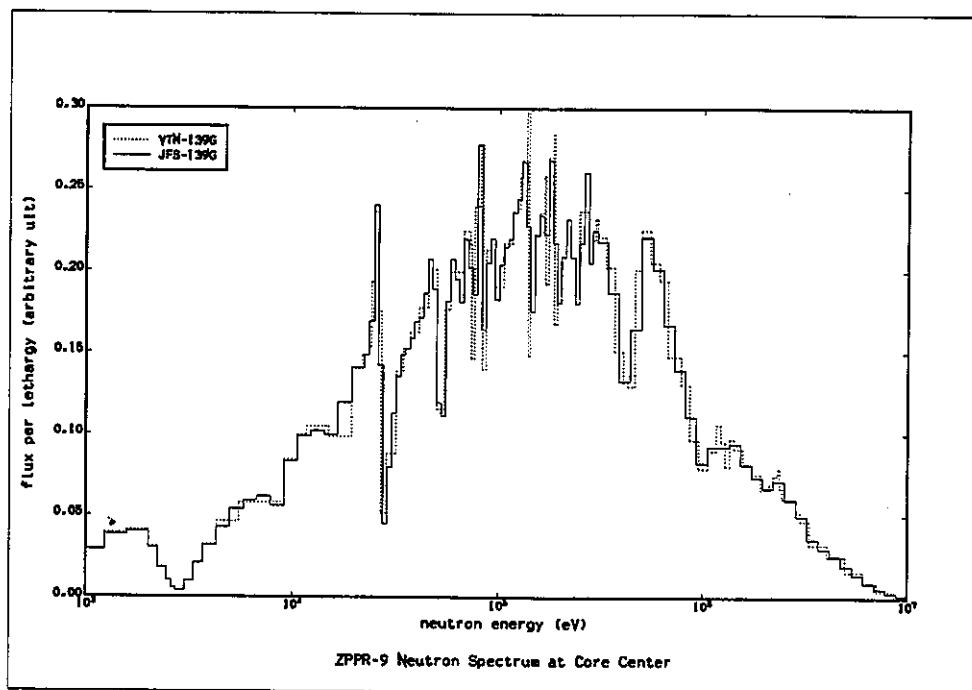


図 3-62 ZPPR-9 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 4)

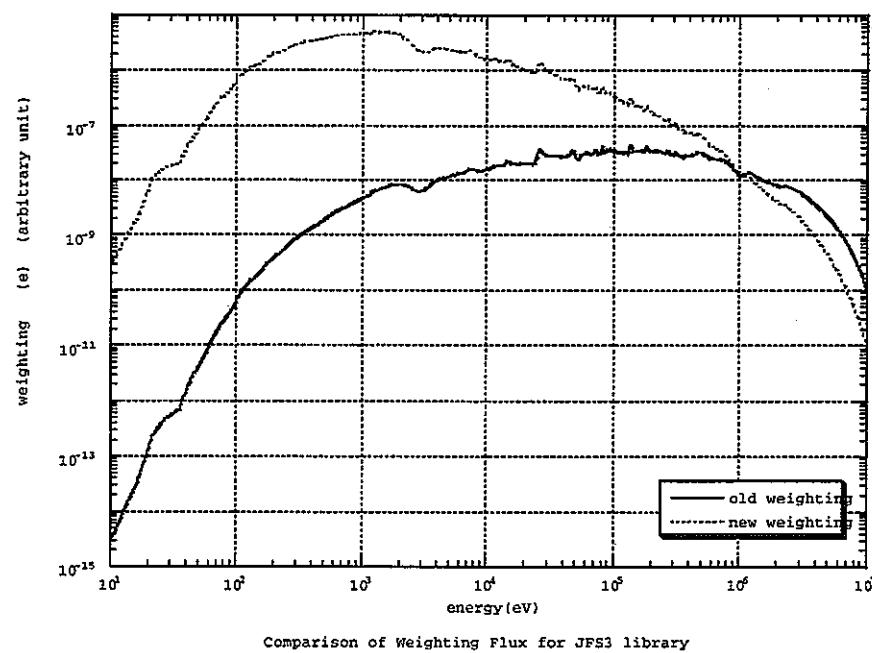


図 3-63 JFS3 ライブラリ一作成時の weighting flux の比較

3.2.7 FCA-17-1 炉心の実験解析

(1) FCA-17-1 炉心について

FCA-17-1 炉心は日本原子力研究所の小型高速炉臨界実験装置(FCA)での臨界実験炉心の1つであり、MOX燃 料とウラン燃料のドライバー領域からなる2領域円筒型クリーン炉心である。その炉心等価半径は34.258cm、 炉心高さは91.4cmである。FCA-17-1 炉心はPu炉心と言うよりも、PuとUが混在した炉心であり、ZPPR-9 炉心のようなプレートセルの非対称性は存在しない。また、FCA-17-1 炉心では、U金属のドップラー反応度 やPuおよびB4Cのサンプル・ワースが測定されている。

従って、本研究で作成した3種類のライブラリーで当該炉心を解析する事により、ZPPR-9 炉心の実験解析 では得られない反応度に対する知見が得られる事になり、また、非対称セル効果を考慮する必要が無いとい う利点もある。

(2) 実験解析方法について

本実験解析の解析方法は、

- ・ 新SLAROMコードにより、均質セルモデルで各領域の実効断面積を求める。
- ・ 炉心モデルは2次元RZ均質モデルであり、固有値計算および反応率比計算はTWODANTコードによる S8P3計算で実施し、群縮約は行わない。
- ・ 反応度計算はCITATION-FBRとCIPERコードで行い、その際使用する拡散係数は $D=1/3 \sum tr$ とする。 計算モデルは2次元RZ均質モデルであり、群縮約は行わない。また、反応度計算およびサンプル・ワース計算は1次摂動計算で行う。
- ・ 中心反応率比はTWODANTコードによるS8P3輸送計算で得られた中性子束から炉中心のZ=0.0cmを含むメッシュ位置で計算する。
- ・ ドップラーサンプルのU-238の非均質補正はZPPR-9炉心解析と同様に、文献17の大井川等の方法 を使用する。

である。また、解析項目は

- ・ 固有値
- ・ 中心反応率比
- ・ ドップラー反応度
- ・ PuおよびB4Cサンプル・ワース

である。実験解析は、本研究で作成したJFS-70群、JFS-139群及びVTM-139群ライブラリーを使用して実施 する。尚、FCA-17-1炉心の組成データ、炉心形状データや固有値、反応率比、各種反応度の補正係数は、大 井川等の論文¹⁷⁾に報告されている値を使用する。

(3) 実験解析の実施

計算結果を下記の図表に示す。

表3-46 固有値の計算結果

表3-47~49 中心反応率比の計算結果

表3-50~57 反応度およびサンプル・ワースの計算結果

図3-64~69 炉中心での中性子スペクトルの比較図

(4) 実験解析結果の検討

「炉定数エネルギー構造の効果」をまとめて以下に箇条書きで示す。

- 表 3-46 より臨界性に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は 0.14%と小さい。尚、文献 17 の値と本解析結果には大きな差があるが、その原因は不明である。本解析では新 SLAROM コードを使用しており、散乱による sink group を従来の SLAROM コードのように 30 群でカットしない、物質の核分裂スペクトル計算をより正確に行っている等の改良が実施されており、このセル計算機能の改良と非等方成分を P3 まで考慮している事が両者の差を生んでいるかも知れない。
- 表 3-47~49 より中心反応率比に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は 0.8%以下と小さい。一方、文献 17 の値と本解析結果では F28/F49 で約 3%の差がある。臨界性と同様に、本解析でのセル計算機能の改良と非等方成分を P3 まで考慮している事が両者の差を生んでいるかも知れない。
- 表 3-50~55 よりドップラー反応度に与える「炉定数エネルギー構造の効果」は 2%以下と小さい。また、表より、U02 サンプルでは JFS-139 群ライブラリーを使用した結果が、他の 2 ライブラリーによる結果より約 2%小さくなっている。これは、図 3-68 と図 3-69 に示す 10keV 以下の炉心中心中性子スペクトルの比較図で明らかのように、JFS-139 群ライブラリーによる中性子束レベルが他の 2 ライブラリーのそれよりも小さい事が原因である。尚、U02 サンプルの C/E 値は 3~8%過大評価となって、ZPPR-9 炉心の約 10%の過小評価とは逆の傾向になっている。ドップラー反応度の計算方法は ZPPR-9 炉心と FCA-17-1 炉心で同じである事から、非対称セル補正係数の有無が両炉心の計算結果に差を生じさせていると推測される。
- 表 3-56 より Pu サンプル・ワースに与える「炉定数エネルギー構造の効果」は、0.3%以下と小さい。
- 表 3-57 より B4C サンプル・ワースに与える「炉定数エネルギー構造の効果」は、1.1%以下と小さい。
- 図 3-67 の JFS-139 群と VTM-139 群ライブラリーによる炉中心での中性子スペクトルの比較図より、ZPPR-9 炉心と同じく、11.7088~19.3045 keV で両者に無視できない差がある。このエネルギー領域では JFS-139 群のエネルギー構造が実際の中性子スペクトルの構造を正しく現している事を示唆している。

表 3-46 FCA-17-1 炉心の固有値の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	大井川等の 計算結果
計算値	1.00210	1.00101	1.00068	
補正係数の全積	0.99980	0.99980	0.99980	
補正後の計算値	1.00190	1.00081	1.00048	0.99810
実験値	$1.0036 \pm 0.02\%$			
補正後の C/E	0.9983	0.9972	0.9969	0.9945
備考	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	S8P3 輸送計算	拡散計算(RZ)

表 3-47 FCA-17-1 炉心の中心 F25/F49 の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	大井川等の 計算結果
計算値	1.07957	1.07615	1.07717	
補正係数の全積	1.00000	1.00000	1.00000	
補正後の計算値	1.07957	1.07615	1.07717	1.06800
実験値	$1.098 \pm 1.73\%$			
補正後の C/E	0.9832	0.9801	0.9810	0.9727

表 3-48 FCA-17-1 炉心の中心 F28/F49 の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	大井川等の 計算結果
計算値	0.02514	0.02514	0.02515	
補正係数の全積	0.97200	0.97200	0.97200	
補正後の計算値	0.02444	0.02444	0.02444	0.02530
実験値	$0.02580 \pm 1.94\%$			
補正後の C/E	0.9472	0.9472	0.9474	0.9806

表 3-49 FCA-17-1 炉心の中心 C28/F49 の解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー	大井川等の 計算結果
計算値	0.15073	0.14967	0.14949	
補正係数の全積	0.96500	0.96500	0.96500	
補正後の計算値	0.14545	0.14444	0.14426	0.14440
実験値	$0.1452 \pm 2.00\%$			
補正後の C/E	1.0017	0.9947	0.9935	0.9945

表 3-50 FCA-17-1 炉心の UO₂ ドップラー反応度の解析結果(20→300℃)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-3.7632E-06	-3.6995E-06	-3.7455E-06
補正係数の全積	1.11600	1.11600	1.11600
補正後の計算値	-4.1998E-06	-4.1286E-06	-4.1800E-06
実験値	$-4.020E-06 \pm 3.73\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	1.0447	1.0270	1.0398

表 3-51 FCA-17-1 炉心の UO₂ ドップラー反応度の解析結果(20→550℃)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-5.9792E-06	-5.8752E-06	-5.9516E-06
補正係数の全積	1.12900	1.12900	1.12900
補正後の計算値	-6.7505E-06	-6.6331E-06	-6.7194E-06
実験値	$-6.270E-06 \pm 3.19\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	1.0766	1.0579	1.0717

表 3-52 FCA-17-1 炉心の UO₂ ドップラー反応度の解析結果(20→800℃)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-7.6495E-06	-7.5134E-06	-7.6147E-06
補正係数の全積	1.16300	1.16300	1.16300
補正後の計算値	-8.8964E-06	-8.7380E-06	-8.8559E-06
実験値	$-8.290E-06 \pm 2.17\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	1.0731	1.0540	1.0683

表 3-53 FCA-17-1 炉心の U 金属 ドップラー反応度の解析結果(20→300℃)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-7.8430E-06	-7.7287E-06	-7.7848E-06
補正係数の全積	1.04400	1.04400	1.04400
補正後の計算値	-8.1881E-06	-8.0687E-06	-8.1274E-06
実験値	$-8.230E-06 \pm 1.22\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	0.9961	0.9816	0.9887

表 3-54 FCA-17-1 炉心の U 金属 ドップラー 反応度の解析結果(20→550°C)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-1.2442E-05	-1.2253E-05	-1.2351E-05
補正係数の全積	1.04700	1.04700	1.04700
補正後の計算値	-1.3026E-05	-1.2828E-05	-1.2931E-05
実験値	$-1.2940\text{E}-05 \pm 1.55\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	1.0067	0.9914	0.9993

表 3-55 FCA-17-1 炉心の U 金属 ドップラー 反応度の解析結果(20→800°C)

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-1.5902E-05	-1.5651E-05	-1.5787E-05
補正係数の全積	1.07400	1.07400	1.07400
補正後の計算値	-1.7078E-05	-1.6809E-05	-1.6955E-05
実験値	$-1.6780\text{E}-05 \pm 1.37\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	1.0178	1.0017	1.0104

表 3-56 FCA-17-1 炉心の Pu サンプル・ワースの解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-1.9895E-04	-1.9921E-04	-1.9863E-04
補正係数の全積	0.99300	0.99300	0.99300
補正後の計算値	-1.9756E-04	-1.9782E-04	-1.9724E-04
実験値	$-1.9830\text{E}-04 \pm 1.21\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	0.9962	0.9976	0.9947

表 3-57 FCA-17-1 炉心の B4C サンプル・ワースの解析結果

ライブラリー	JFS-70G ライブラリー	JFS-139G ライブラリー	VTM-139G ライブラリー
計算値	-2.3818E-04	-2.3557E-04	-2.3599E-04
補正係数の全積	0.93100	0.93100	0.93100
補正後の計算値	-2.2174E-04	-2.1931E-04	-2.1970E-04
実験値	$-2.2880\text{E}-04 \pm 1.05\% \quad (\Delta k/k/k')$		
補正後の C/E	0.9692	0.9585	0.9602

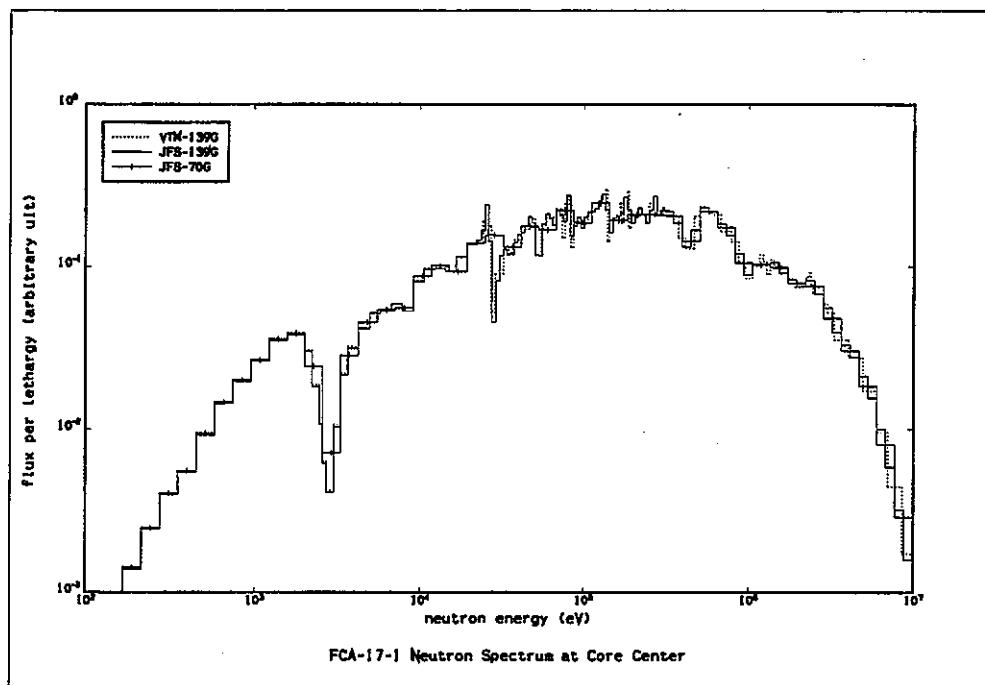


図 3-64 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 1)

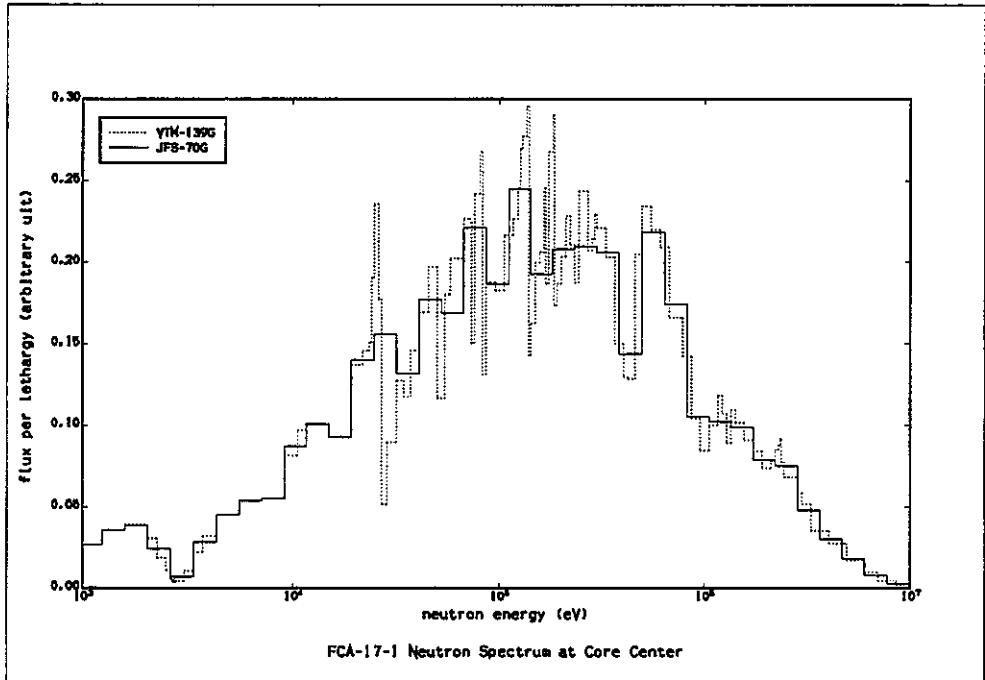


図 3-65 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 2)

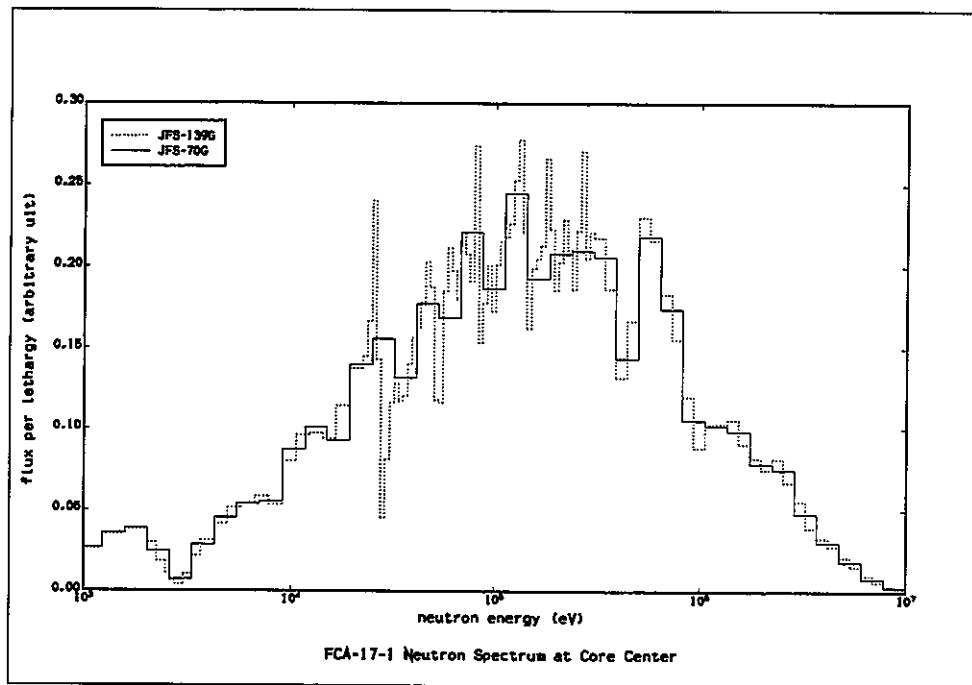


図 3-66 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 3)

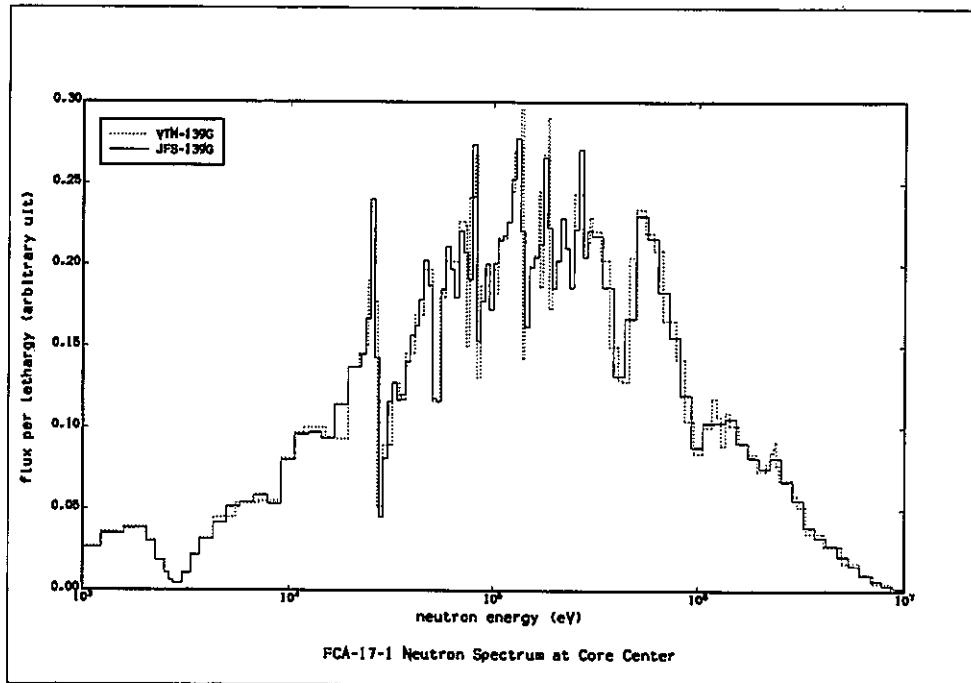


図 3-67 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 4)

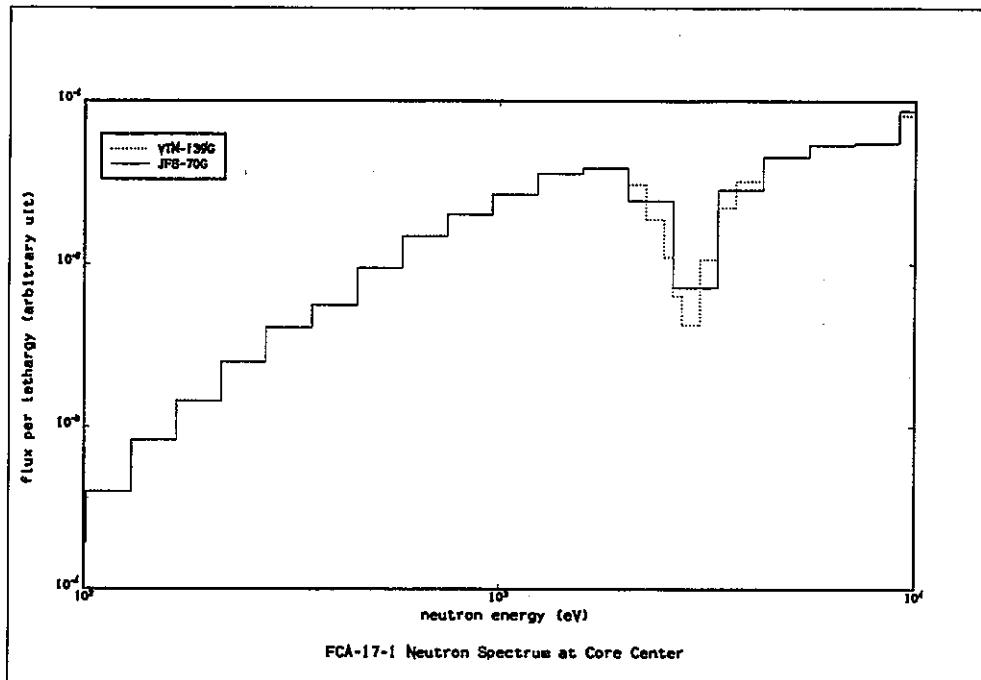


図 3-68 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 5)

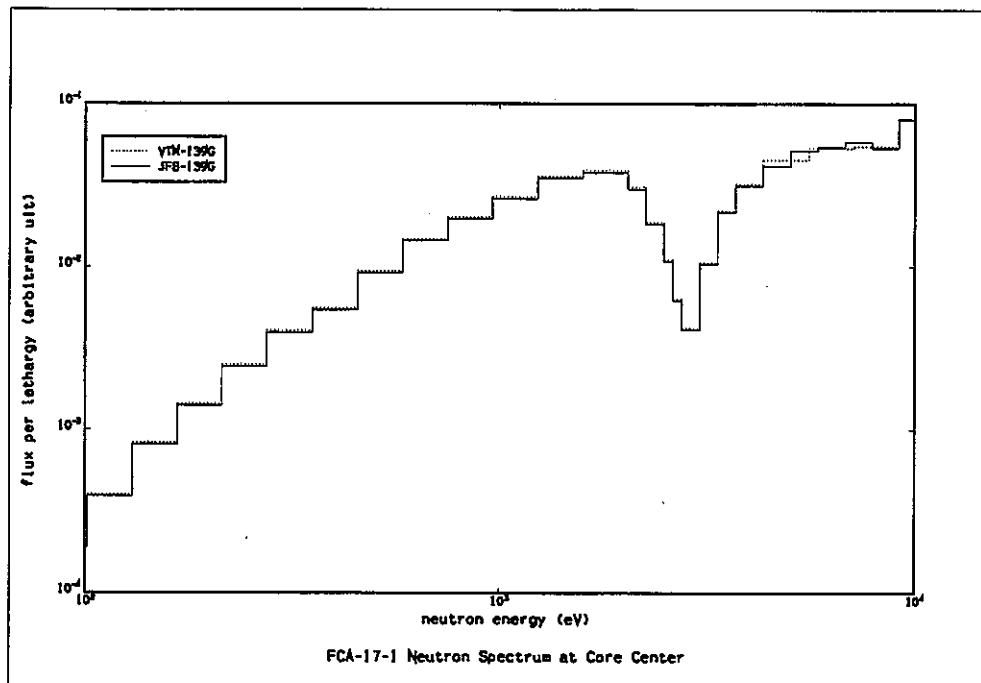


図 3-69 FCA-17-1 炉心の炉中心中性子スペクトルの比較(その 6)

3.2.8 群構造検討のまとめ

1次元ベンチマーク計算に始まり、ZPPR-9 炉心およびFCA-17-1 炉心実験解析まで幅広い炉心を対象に、3種類の検討用ライブラリーによる様々な炉心核特性を計算し、その計算結果を検討した。これら炉定数の群構造検討のまとめを以下に箇条書きで示す。

- 積分炉心核特性（固有値、中心反応率、反応度）に関しては3ライブラリーに大きな差は存在しない。そして、群数を70群から139群に増加させても、これら積分炉心核特性の大幅なC/Eの改善は見られなかった。この事実は積分炉心核特性が群構造に鈍感な量であり、各種効果が相殺するからだと推測される。
- ZPPR-13A 炉心の反応率分布の解析結果より、炉心分布を問題とする炉心核特性では炉定数の群構造の影響は大きく、特に鉄等の構造材核種や0-16,Cの断面積構造を考慮するVTM-139群ライブラリーはZPPR-13A 炉心の反応率分布の計算精度を大幅に改善する。
- 3.2.3~3.2.7の検討から、総合的にVTM-139群ライブラリーが最も炉心核特性を精度良く計算する事が判明した。
- ZPPR-9 炉心およびFCA-17-1 炉心実験解析では、VTM-139群ライブラリーの群構造の欠点が判明した。即ち、VTM-139群ライブラリーでは、11.7088~19.3045 keVの群のレサージ幅を0.25からJFS-139群ライブラリー相当の小さな値にし、群数を増加させるべきである。

尚、3.2.3~3.2.7で実施した各種のベンチマーク計算および実験解析に関するコメントを述べる。1次元ベンチマーケットで使用した各種炉心核特性の補正係数（1次元から3次元への補正係数や輸送補正係数等）は非常に古いデータであり、その精度には疑問がある。従って、当該計算の検討ではC/E値の考察を重要視しなかった。また、ZPPR-9 炉心およびFCA-17-1 炉心実験解析の検討でも、C/E値の考察を重要視しなかった。その理由は、従来使用してきた自己遮蔽因子テーブルによる共鳴断面積計法は、高転換軽水炉解析で指摘されたように¹⁸⁾、PEACO モジュールを使用する方法と比較して、その精度が悪いからである。今後、新SLAROMコードのPEACOモジュールを使用した非均質セル計算から始め、非等方性もP5成分まで考慮した解析を実施し、ZPPR-9 炉心およびFCA-17-1 炉心実験解析の為の補正係数を求め直すべきだと考える。

3.3 次世代炉定数のデータ構造等の検討

ここでは、3.2 で行った「次世代炉定数の群構造に関する検討」結果を踏まえ、次世代炉定数の基本性能を十分に発揮させ、核特性解析精度を向上させると共に核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用されるように、当該炉定数の詳細仕様をより具体化する為の検討を実施する。

3.3.1 ライブラリー構成とライブラリーパターン構造の検討

先ず、次世代炉定数のライブラリー構成を検討の前提条件を述べる。即ち、当該炉定数は高速炉の核特性解析を対象とし、中性子反応を主に取り扱い、ガンマ線データを当面対象にしない。そして、ガンマ線データに関しては将来、そのデータを取り込む事ができるような炉定数の定義枠を設定するのみに止める。また、当該炉定数は、熱中性子炉の解析を対象としない（熱エネルギー領域での上方散乱を扱わない）。

(1) 次世代炉定数のライブラリー構成

これまでの研究より、次世代炉定数ライブラリーを、

- ① 従来の JFS3 タイプの群定数ライブラリー
- ② 詳細群スペクトル計算用の詳細群共鳴断面積ライブラリー

から成る 2 種類のライブラリーで構成する。JFS3 タイプの群定数ライブラリーでは、核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用されるように、JFS3 ライブラリーでは定義されないデータを加える(3.3.2 および 3.3.3 で検討する)。

(2) JFS3 タイプの群定数ライブラリーの具体的群構造

JFS3 タイプの群定数ライブラリーの具体的な群構造として、「次世代炉定数の群構造に関する検討」結果から、表 3-58 に示す 140 群構造を提案する。

(3) 詳細群共鳴断面積ライブラリーの上限エネルギー

現在の詳細群共鳴断面積ライブラリーの上限エネルギーは 40.868keV となっている。表 3-59 に示すように JENDL-3.2 と ENDF/B-VI-R5 の重核の共鳴評価では U-238 等を除外すればその上限エネルギーは 50keV 以下である。一方、近年におけるコンピューターのハードの飛躍的な性能向上により、ファイル容量およびメモリ容量をふんだんに使用できる状況にある。そこで、詳細群共鳴断面積ライブラリーの上限エネルギーを 50keV まで上げる事を提案する。詳細群共鳴断面積ライブラリーの上限エネルギーを 50keV にすれば、多くの重核共鳴断面積を新 SLAROM コードの PEACO モジュールで正確に計算する事が可能となる。そして、高精度の高速炉核特性解析を実現させる為、重核だけでなく keV 以上に共鳴構造を持つ鉄等の構造材核種や Na 等の冷却材核種及び Hf 等の制御棒核種に対しても詳細群共鳴断面積ライブラリーを用意する。

尚、 $10 \sim 10^4$ eV の共鳴反応が重要な中速炉の核特性解析の為には、ライブラリー作成時の weighting ϕ として高速炉スペクトルを使用すると弾性除去断面積が過小評価になる(スペクトルの硬化)。そこで、この過小評価をセル計算による詳細スペクトル計算で修正する為、C-12, O-16 等の軽核に対しても、詳細群共鳴断面積ライブラリーを用意したほうが良いかもしれない。これは将来の検討課題である。

表 3-58 次世代炉定数の 140 群エネルギー構造

grp. no.	upper energy (eV)	lethargy width	grp. no.	upper energy (eV)	lethargy width	grp. no.	upper energy (eV)	lethargy width	grp. no.	upper energy (eV)	lethargy width
1	2.0000E+07	0.193147	36	4.2852E+05	0.050000	71	7.2401E+04	0.071875	106	2.0347E+03	0.250000
2	1.6487E+07	0.250000	37	4.0762E+05	0.100000	72	6.7379E+04	0.150000	107	1.5846E+03	0.250000
3	1.2840E+07	0.250000	38	3.6883E+05	0.100000	73	5.7994E+04	0.062500	108	1.2341E+03	0.250000
4	1.0000E+07	0.150000	39	3.3373E+05	0.100000	74	5.4480E+04	0.087500	109	9.6112E+02	0.250000
5	8.6071E+06	0.200000	40	3.0197E+05	0.025000	75	4.9916E+04	0.100000	110	7.4852E+02	0.250000
6	7.0469E+06	0.150000	41	2.9452E+05	0.025000	76	4.5166E+04	0.100000	111	5.8295E+02	0.250000
7	6.0653E+06	0.200000	42	2.8725E+05	0.050000	77	4.0868E+04	0.100000	112	4.5400E+02	0.250000
8	4.9659E+06	0.200000	43	2.7324E+05	0.100000	78	3.6979E+04	0.075000	113	3.5358E+02	0.250000
9	4.0657E+06	0.200000	44	2.4724E+05	0.050000	79	3.4307E+04	0.075000	114	2.7536E+02	0.250000
10	3.3287E+06	0.100000	45	2.3518E+05	0.050000	80	3.1828E+04	0.109375	115	2.1445E+02	0.250000
11	3.0119E+06	0.050000	46	2.2371E+05	0.050000	81	2.8530E+04	0.056250	116	1.6702E+02	0.250000
12	2.8650E+06	0.150000	47	2.1280E+05	0.050000	82	2.6970E+04	0.034375	117	1.3007E+02	0.250000
13	2.4660E+06	0.034375	48	2.0242E+05	0.050000	83	2.6058E+04	0.050000	118	1.0130E+02	0.250000
14	2.3826E+06	0.015625	49	1.9255E+05	0.031250	84	2.4788E+04	0.025000	119	7.8893E+01	0.250000
15	2.3457E+06	0.015625	50	1.8662E+05	0.018750	85	2.4176E+04	0.025000	120	6.1442E+01	0.250000
16	2.3093E+06	0.034375	51	1.8316E+05	0.050000	86	2.3579E+04	0.075000	121	4.7851E+01	0.250000
17	2.2313E+06	0.050000	52	1.7422E+05	0.031250	87	2.1875E+04	0.125000	122	3.7267E+01	0.250000
18	2.1225E+06	0.100000	53	1.6886E+05	0.018750	88	1.9305E+04	0.150000	123	2.9023E+01	0.250000
19	1.9205E+06	0.100000	54	1.6573E+05	0.050000	89	1.6616E+04	0.150000	124	2.2603E+01	0.250000
20	1.7377E+06	0.100000	55	1.5764E+05	0.050000	90	1.4301E+04	0.150000	125	1.7603E+01	0.250000
21	1.5724E+06	0.100000	56	1.4996E+05	0.050000	91	1.2309E+04	0.150000	126	1.3710E+01	0.250000
22	1.4227E+06	0.050000	57	1.4264E+05	0.025000	92	1.0595E+04	0.150000	127	1.0677E+01	0.250000
23	1.3534E+06	0.050000	58	1.3912E+05	0.025000	93	9.1188E+03	0.150000	128	8.3153E+00	0.250000
24	1.2873E+06	0.050000	59	1.3569E+05	0.046875	94	7.8486E+03	0.150000	129	6.4760E+00	0.250000
25	1.2246E+06	0.050000	60	1.2947E+05	0.021875	95	6.7554E+03	0.150000	130	5.0435E+00	0.250000
26	1.1648E+06	0.100000	61	1.2667E+05	0.031250	96	5.8144E+03	0.150000	131	3.9279E+00	0.250000
27	1.0540E+06	0.100000	62	1.2277E+05	0.050000	97	5.0045E+03	0.150000	132	3.0590E+00	0.250000
28	9.5369E+05	0.100000	63	1.1679E+05	0.100000	98	4.3074E+03	0.150000	133	2.3824E+00	0.250000
29	8.6294E+05	0.100000	64	1.0567E+05	0.100000	99	3.7074E+03	0.100000	134	1.8554E+00	0.250000
30	7.8082E+05	0.150000	65	9.5616E+04	0.100000	100	3.3546E+03	0.100000	135	1.4450E+00	0.250000
31	6.7206E+05	0.100000	66	8.6517E+04	0.040625	101	3.0354E+03	0.100000	136	1.1254E+00	0.250000
32	6.0810E+05	0.100000	67	8.3073E+04	0.025000	102	2.7465E+03	0.050000	137	8.7642E-01	0.250000
33	5.5023E+05	0.100000	68	8.1022E+04	0.062500	103	2.6126E+03	0.050000	138	6.8256E-01	0.250000
34	4.9787E+05	0.075000	69	7.6113E+04	0.034375	104	2.4852E+03	0.100000	139	5.3158E-01	0.250000
35	4.6190E+05	0.075000	70	7.3541E+04	0.015625	105	2.2487E+03	0.100000	140	4.1399E-01	10.63102
											1.0000E-05

表 3-59 主な重核の共鳴評価上限エネルギー

核種	JENDL-3.2 (keV)	ENDF/B-VI-R5 (keV)
Th-232	50.00	50.00
U-233	30.00	0.06
U-234	50.00	100.00
U-235	30.00	25.00
U-236	40.00	100.00
U-237	30.00	10.00
U-238	150.00	149.029
Np-237	30.00	0.15
Pu-238	0.50	10.00
Pu-239	30.00	30.00
Pu-240	40.00	40.20
Pu-241	30.00	30.00
Pu-242	40.00	10.00
Am-241	30.00	30.00
Am-242-m	30.00	10.00
Am-243	30.00	42.3751
Cm-244	40.00	10.00

3.3.2 中性子反応群定数の検討

検討の前に新 SLAROM コードで使用される新 JFS3 ライブラリーに収容されているデータ等の説明を行う。新 JFS3 ライブラリーは核種毎に幾つかのメンバーに分割したメンバーから成る PDS ファイルとなっている。また、収容データは

- ・ 1 次元反応群定数（全断面積、核分裂断面積、捕獲断面積等）
- ・ P5 成分までの散乱マトリックス（弹性散乱、非弹性散乱、 $(n, 2n) + (n, 3n) + (n, 4n)$ 反応）
- ・ 自己遮蔽因子テーブル（全断面積、核分裂断面積、捕獲断面積、弹性散乱断面積、弹性除去断面積）
- ・ 核分裂スペクトル（入射エネルギー群依存のベクターデータ）

である。また、核種数やエネルギー群数等の変更も容易なライブラリーフォーマットになっている。こら既存のデータでは、自己遮蔽因子テーブルでの温度パラメータの設定に改良を行ったほうが良いと考える。即ち、温度点数を現在の 4 から増加させ(10 温度まで可能)、臨界実験での常温(20°C)や実機の温度等を網羅する温度テーブルとすべきだと考える。また、1 次元反応群定数に検出器反応を簡単に定義できるようにすべきだと考える。

次に、核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用される為の JFS3 ライブラリーでは定義されないデータの検討を行う。核燃料サイクル開発機構殿の関係部署の次世代炉定数への要望等から、

- ① 遅発中性子データ (ν_d , β , χ_d)
- ② 核分裂反応および捕獲反応による発熱エネルギー
- ③ 核分裂核種の FP イールドデータ

が検討対象となる。②および③のデータは燃焼計算に必要なデータであり、群定数ライブラリーに収容する

よりも燃焼計算コードの燃焼チェーンデータに定義する(例えば、SRAC95 コード)ほうが、より汎用的であると考える。

従って、新たに、群定数ライブラリーに加えるデータとしては、遅発中性子データのみとする。また、汎用性を持たせる為、遅発中性子データに対しては、その入射エネルギー群依存性を考慮するものとする。

3.3.3 中性子反応以外のデータの検討

ここでは、中性子反応以外のデータの検討を行う。核燃料サイクル開発機構殿の関係部署の次世代炉定数への要望で当該データの要求としてあったのは、発熱データと中性子反応に係わるガンマ線データ(中性子反応によるガンマ線生成断面積)である。発熱データは NJOY コードの HEATR モジュールで kerma 因子として計算可能である。この他、HEATR モジュールは radiation damage energy production も計算可能である。ガンマ線データに関しては、当面、対象外とするので、核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用される為の新しいデータとしては、

- ① kerma 因子
- ② radiation damage energy production

を加える。

尚、NJOY コードの groupr モジュールは評価済核データにファイル 12~15 データが評価されていれば中性子反応によるガンマ線生成断面積を計算できる事を述べておく。また、ガンマ線生成断面積を将来的に取り入れるには、核燃料サイクル開発機構殿の遮蔽計算で使用されているガンマ線の群構造を調査・検討する必要がある。

3.3.4 ライブラリーフォーマットの検討

ここでは、3.3.2 および 3.3.3 で検討した新データを含む炉定数ライブラリーのフォーマットを具体的に示し、その後、現在使用されている PDS ファイル形式についての検討を行う。

(1) 次世代炉定数の PDS ファイルのライブラリーフォーマット

現在、新 SLAROM コードで使用される新 JFS3 ライブラリーは PDS ファイル形式であり、核種毎に幾つかのメンバーに分割してバイナリーデータとして群定数が定義されている。ここでは、3.3.2 および 3.3.3 で検討した新データを取り入れたライブラリーフォーマットを具体的に提案する。

核種毎の群定数が収容されるメンバーはインデックスファイルで定義される核種名 NUCNAM に従って、次に示す 9 種類のメンバーで構成する。

① 'C' + NUCNAM(1:7) メンバー (コントロール・データ)

```

leng, ncode, awt, ifiss, ichvec, iupsc, iburn, idelay, igamma, imax, ngg, nomt1d, nomt2d, nomtft,
nsig0, maxtmp, maxnr, ikerma, idameg, idum1, (mxpl1(i), i=1, nomt2d), (mtxla(i), i=1, nomt2d),
(ktemp(i), i=1, nomtft), (ntemp(i), i=1, nomtft), (nr(i), i=1, nomtft), (istft(i), i=1, nomtft),
(iendft(i), i=1, nomtft), (mtftab(i), i=1, nomtft), (sig0(i), i=1, nsig0), (temp(i), i=1, maxtmp),
((rpara(j, i), j=1, nsig0), i=1, maxnr)

```

leng : 当該メンバーのデータの長さ (ワード単位)

ncode : 核種のコード番号

awt : 原子質量 (a.m.u. 単位)

② 'R' + NUCNAM(1:7) メンバー (1次元反応炉定数)

```

leng,nomtld,(mtld(mt),mt=1,nomtld),(lenld(mt),mt=1,nomtld),
((sigldt(i,mt),i=1,lenld(mt),mt=1,nomtld)

```

<code>leng</code>	: 当該メンバーのデータの長さ（ワード単位）
<code>nomtld</code>	: 1 次元反応炉定数が与えられる反応数
<code>mtld(mt)</code>	: 1 次元反応炉定数が与えられる各反応の MT 番号
<code>lenld(mt)</code>	: 各 1 次元反応炉定数データの長さ
<code>sigldt(i, mt)</code>	: I 群の <code>mt</code> 番目反応の 1 次元反応炉定数データ

ここで、MT番号を以下に示す。将来的には他の検出器反応を追加できるようにする。

MT	反応	
18	核分裂	
452	ν 値	(neutrons/fission)
100	捕獲	(MT=102~116 反応の合計)
4	非弾性散乱の合計	
2	弾性散乱	
251	μ 値	(laboratory system)
998	弾性除去	

-16	(n, 2n)反応の合計
17	(n, 3n)反応の合計
37	(n, 4n)反応
455	遅発中性子の ν 値 (neutrons/fission)
16	MT=16 の (n, 2n) 反応
102	(n, γ)
103	(n, p)
104	(n, d)
105	(n, t)
106	(n, He)
107	(n, α)
-18	核分裂スペクトル

(③ 'T'+nucid(2:8) メンバー (全断面積)

(sigt(i), i=1, imax)

sigt(i) : i 群の全断面積

(④ 'M'+ NUCNAM(1:7) メンバー (散乱マトリックスデータ:mtxla(mt)>0 & mtxpl1(mt)>-1 の時に定義)

```
leng, nomt2d,
((((mtxlen(i, ipl, mt), (str(id, i, mt, ipl), id=1, mtxlen(i, ipl, mt))
, i=1, mtxla(mt)), ipl=1, mtxpl1(mt)+1)), mt=1, nomt2d)
```

leng : 当該メンバーのデータの長さ (ワード単位)

nomt2d : 散乱マトリックスが与えられる反応数

mtxlen(i, ipl, mt) : mt 番目の反応の ipl-1 次の i 群における散乱データの長さ

str(id, i, mt, ipl) : mt 番目の反応の ipl-1 次の i 群から id+i-1 群へ散乱断面積
(mt=1/2/3=弾性散乱/非弾性散乱/(n, 2n)+(n, 3n)+(n, 4n)の和)

(⑤ 'F'+ NUCNAM(1:7) メンバー (自己遮蔽因子テーブル: nomtf>0 の時に定義される)

```
leng, nomtf,
((((xfx(j, k, n, mt, i), j=1, nsig0), k=1, ktemp(mt)), n=1, nr(mt),
i=istft(mt), iendft(mt)), mt=1, nomtf)
```

leng : 当該メンバーのデータの長さ (ワード単位)

nomtf : 自己遮蔽因子テーブルが与えられる反応数

xfx(j, k, n, mt, i) : mt 番目反応の i 群の n 番目 R 因子、k 番目温度、j 番目 σ_0 に対する
自己遮蔽因子

(⑥ 'V'+ NUCNAM(1:7) メンバー (入射エネルギー群依存の核分裂スペクトルデータ: ichvec>1)

```
leng, imax, ichvec, mxdwnx, (ichng(i), i=1, imax),
(chiv(j, k)=j=1, mxdwnx), k=1, ichvec)
```

leng : 当該メンバーのデータの長さ (ワード単位)

imax : 中性子反応のエネルギー群数

ichvec : 入射エネルギー群依存の核分裂スペクトルデータが定義されるソース群数

mxdwnx : 入射エネルギー群依存の核分裂スペクトルデータがゼロでない最大の群数
 ichng(i) : 入射エネルギーが i 群の時、使用する核分裂スペクトルデータのソース群
 chiv(j, k) : k 番目のソース群から生じる j 番目群への核分裂スペクトル

注：ある程度入射エネルギーが低くなると核分裂スペクトルの入射エネルギー依存性がなくなるので、その依存性が無くなる最後の群をソース群の最大値とし、データのコンパクト化を行っている。

⑦ 'K'+ NUCNAM(1:7) メンバー (kerma 因子データ : ikerma=1 の時に定義される)

(skerma(i), i=1, imax)

skerma(i) : i 群の kerma 因子

⑧ 'P'+ NUCNAM(1:7) メンバー (radiation damage energy production データ : idameg=1 の時に定義)

(damage(i), i=1, imax)

damage(i) : i 群の radiation damage energy production

⑨ 'D'+ NUCNAM(1:7) メンバー (遅発中性子データ : idelay>0 の時に定義される)

leng, imax, nfam, ichvcd, mxdwnd, (ichngd(i), i=1, imax),
 ((chivd(j, m, k)=j=1, mxdwnd), m=1, nfam), k=1, ichvcd)

leng : 当該メンバーのデータの長さ (ワード単位)
 imax : 中性子反応のエネルギー群数
 nfam : 遅発中性子データのファミリー数
 ichvcd : 入射エネルギー群依存の遅発中性子核分裂スペクトルデータが定義されるソース群数
 mxdwnd : 入射エネルギー群依存の遅発中性子核分裂スペクトルデータがゼロでない最大の群数
 ichngd(i) : 入射エネルギーが i 群の時、使用する遅発中性子核分裂スペクトルデータのソース群
 chivd(j, m, k) : m 番目のファミリーの k 番目のソース群から生じる j 番目群への
 遅発中性子核分裂スペクトル (遅発中性子割合 β_m が乗じられている値)

(2) PDS ファイル形式の検討

(1)ではこれまで使用されたバイナリー形式の PDS ファイルを使用する仮定でそのフォーマットを定めた。しかしながら、今後のマシーン環境を考えると PDS ファイルそのものに関して検討する必要があると思われる。即ち、今後 64 ビットマシーンや PC LINUX 等の様々なプラットホームでの解析が行われる事を想定すると、異種マシーン間のデータ共有等を真剣に考慮する必要がある。この異種マシーン間のデータ共有では、データをテキストファイルとして定義する事が最も効率的であり有効である。また、compress や gzip による圧縮法があり、テキストファイルで保存しても圧縮しておけばその容量もバイナリーファイル程度の大きさにできる可能性がある。そこで、PDS ファイルをバイナリー形式では無く、テキスト形式で出力する為の試みのフォーマットを提案する。そのフォーマットを以下に示す。

#1 NCARD, NCHARA, NINTE, NREAL (4I10)

NCARD : 当該メンバーに対するコメントカード(A80)の枚数
 NCHARA : 文字データ (8 文字単位) の数
 NINTE : 整数データの数
 NREAL : 実数データの数

- #2 (COMMNT(I), I=1, NCARD) (A80)
 COMMNT : 当該メンバーに対するコメント
- #3 IFORMT, RFORM (2A24)
 IFORM : 整数データの書式 (例えば '(8I10)')
 RFORM : 実数データの書式 (例えば '(1P4E20.12)')
- #4 (CDATA(I), I=1, NCHARA) (10A8)
 CDATA(I) : I 番目の文字データ
- #5 (IDATA(I), I=1, NINT) IFORM
 IDATA(I) : I 番目の整数データ
- #6 (RDATA(I), I=1, NREAL) RFORM
 RDATA(I) : I 番目の実数データ

以上、示したようにデータは文字データと整数および実数データに分け、1次元配列に定義する。従って、これまで利用してきたバイナリー形式の PDS ファイルの全データを 3 種類のデータタイプに分割して、再定義する必要がある。その為、上記したテキスト形式の PDS ファイルへの変更には大変な変換作業（データフォーマットの変更とプログラム修正）が必要となる。しかしながら、このテキスト形式を使用すると、異種マシーン間のデータ共有に優れているだけでなく、エディターでデータを確認できる事、コメントの追加やデータ内容の修正が簡単な事等の利点がある。故に次世代炉定数を新たに作成する機会は、当該テキスト形式 PDS ファイルを導入する絶好の機会であると考える。そして、テキスト形式 PDS ファイルの導入では、システムのオブジェクト化を行い、その変更を容易にする工夫が肝要であると考える。

以上、テキスト形式 PDS ファイルの提案について述べたが、この他に PDS ファイルに関して改良すべき点がある。それはメンバー名の文字数の制限である。メンバー名は 8 文字以内であるという制限は、大型機の P0 ファイルにおけるメンバー名の制限から生じたものである。現在の炉心核特性解析は UNIX 系マシーンで行われる事が一般的である。UNIX 系マシーンでは PDS ファイルは、指定したディレクトリー配下に各メンバーを 1 つのファイルとして入出力する。従って、メンバー名が 8 文字以内でなければならない制限は無い。以上の事から、各メンバー名からそのデータを推測し易いメンバー名として定義できるように、文字数制限を変更すべきだと考える。例えば、

U-238-JENDL3.2 の 1 次元反応断面積のメンバー名を	'U238J32_sig1d'
U-238-JENDL3.2 のマトリックスデータのメンバー名を	'U238J32_sig2d'
U-238-JENDL3.2 の自己遮蔽因子テーブルのメンバー名を	'U238J32_ftab'

のようにメンバー名を決めれば、その内容を簡単に推測することができる。尚、メンバー名の制限文字数に関しては、メンバー名定義を慎重に検討した後に、具体的な制限文字数を定めれば良いと考える。

3.3.5 炉定数作成システムの今後の改良について

これまでの「次世代炉定数のデータ等の検討」結果を実現させる為には、今後、炉定数作成システム等の改良が必要である。ここでは、当該コード改良の内容を以下に簡潔に箇条書きで述べる。

① PRENJOY コードの改良

kerma 因子等の計算を行う為、heatr モジュールの NJOY コード入力を自動作成するように改良する。

また、遅発中性子データが評価済核データに存在する場合は、groupr モジュールで入射エネルギー依存の遅発中性子核分裂スペクトルを計算する NJOY コード入力を自動作成するように改良する。

② POSTNJOY コードの改良

kerma 因子および radiation damage energy production データ、入射エネルギー依存の遅発中性子核分裂データを処理し、新 JFS3 ライブラリーのマスターファイルへ出力するように改良する。また、自己遮蔽因子テーブルの温度点数を 10 まで拡張する。

③ NJOY コードの改良

JENDL-3.3 評価で使用される評価データ内検索法(INT=21~25)を正しく処理できるように getsed サブルーチンを改良する。尚、調査の結果、ファイル 5 データで 2 次中性子のエネルギー分布を与える評価でその入射エネルギーに対する内挿法が INT=21~25 の時、最新の NJOY97 コードでも、その計算結果が正しくない事を確認している。

④ PDSMAKE コードの改良

3.3.4 で示した新しいライブラリーフォーマットに従って、新 JFS3 ライブラリーを作成するように改良する。また、自己遮蔽因子テーブルの温度点数を 10 まで拡張する。同時に検出器断面積を 1 次元断面積に追加できるように改良を行う。

⑤ PMCROSS コードの改良

詳細群共鳴断面積ライブラリー作成に使用される Public MCROSS ライブラリー (PENDF 形式) の上限エネルギーを 50keV にする改良を行う。

⑥ 新 SLAROM コードの改良

新しいライブラリーフォーマットの新 JFS3 ライブラリーを処理しセル計算ができるように改良する。同時に、詳細群スペクトル計算モジュール PEACO でその上限エネルギーを 50keV にする改良を行う。また、物質毎ないしセル平均された kerma 因子および radiation damage energy production、入射エネルギー依存の遅発中性子核分裂データを PDS ファイルへ出力するように改良する。尚、この新出力の為にその出力フォーマットを定める。

⑦ JOINT システムの改良

kerma 因子および radiation damage energy production データ、入射エネルギー依存の遅発中性子核分裂データを利用するコードの為に、当該データを編集出力する改良を行う。

第4章 あとがき

本年度は、昨年度実施した「次世代炉定数の整備」研究で整備した PRENJOY→NJOY97→POSTNJOY→PDSMAKE コードからなる基本的な汎用炉定数作成システムに JFS3 ライブラリー作成で使用されている重核の共鳴処理コード TIMS-1 の導入・整備を行い、詳細群共鳴断面積ライブラリー作成も可能な汎用炉定数作成システムを完成させた。

更には、次世代炉定数の基本性能を十分に發揮させ、核特性解析精度を向上させると共に核特性解析以外のより広い分野でも次世代炉定数が利用されるように、当該炉定数の詳細仕様設計の検討を実施した。即ち、昨年度の研究での 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検討を実施し、汎用炉定数ライブラリーの具体的なエネルギー群構造を提案した。そして、炉心特性解析分野だけでなく、炉心安全解析、核設計等の幅広い分野にわたる応用を想定して、次世代炉定数のデータ構成およびデータ内容を具体的に検討した。この「次世代炉定数の詳細仕様設計の検討」で示した内容は、次世代炉定数の詳細仕様の基本設計書というべき物であり、今後、各方面の研究者からの要望を取り入れ、さらなる検討と改善を継続していくなければならない。同時に「次世代炉定数の詳細仕様設計の検討」で示された新たなデータを計算できるように汎用炉定数作成システムを今後、改良しなければならない。

一方、導入・整備した NJOY97 コードは JENDL-3.3 の新しいデータ内検索法を正しく処理できない事が明らかになっている等の問題点があり、常に炉定数作成コードの修正を行える体制を整える事も重要な事である。

また、新 139 群ライブラリーの ZPPR-9 および FCA-17-1 炉心の実験解析の結果から、PEACO モジュールを使用した新 SLAROM コードにより、新 139 群ライブラリー用の各種積分値（固有値、反応度）の補正係数（非均質補正、輸送補正等）を新たに計算する必要性を感じた。

最後に、本年度導入・整備した最新版 TIMS-1 コードは本研究の為に限定的に使用が許可されたものであり、公開コードでない事を述べて、結語とする。

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、日本原子力研究所の高野秀機氏（中性子科学的研究センター次長）には、最新の TIMS-1 コードを快く提供していただき、その使用法等に関して御教授していただいた。そして、核燃料サイクル開発機構の石川眞氏（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）には適切な助言と御指導をいただいた。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
「次世代炉定数の整備」
JNC TJ9400 2000-005 (2000年3月)
- 2) 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)
- 3) Takano h. et. al.,
"TIMS-1: A Processing Code for Production of Group Constants of Heavy Resonant Nuclei",
JAERI 1267 (1980)
- 4) Keiichi Shibata and Tsutomu Narita,
"Description Data of JENDL-3.2",
JAERI-Data/Code 98-006 (1998)
- 5) D.E.Cullen,
Program LINEAR (version 79-1):
Linearized data in the evaluated nuclear data file / version B (ENDF/B) format",
UCRL-50400, Vol.17, Part A, October 1979.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 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)
- 9) E.Cullen,
" Program EVALPLOT (version 79-1): Plot Data in the Evaluated Nuclear Data
File/Version B (ENDF/B) format ",
UCRL-50400, Vol.17, Part E, 1979.
- 10) 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)
- 11) 高野 秀機、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-PCG」、
JAERI-M 89-147 (1982年7月)
- 12) Takano h. et. al.,
"JAERI Fast Reactor Group Constants Set, Version II",
JAERI 1255 (1978)
- 13) 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)
- 14) 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)

- 15) 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)
- 16) 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)
- 17) Hiroyuki Oigawa, et. al.,
"A Proposal of Benchmark Calculation on Reactor Physics for Metallic Fueled and MOX Fueled
LMFBR Base upon Mock-up Experiment at FCA ",
J. Nucl. Sci. Technol., 37, 186 (2000)
- 18) 秋江 拓志、奥村 啓介、高野 秀機、石黒 幸雄
「高転換軽水炉の核特性解析法の研究」
JAERI-M 90-109 (1990年7月)

付録 A

UNIX版TIMS-1 コードの使用法

付録A UNIX版TIMS-1 コードの使用法

ここでは、UNIX版TIMS-1コードの使用法を説明する。尚、TIMS-1コードのレポート(文献3)の内容を理解している事を前提条件として、当該説明を行う。

1. 入力形式

UNIX版TIMS-1コードではNAMELIST入力形式を多用する。NAMELIST入力形式は &NAMlist(ここでNAMlistはNAMELISTの名前である)と&ENDの間にデフォルト値から変更したい変数の値を定義して入力する(表A-3～7のサンプル例を参照)。以下にUNIX版TIMS-1コードの入力説明を行う。

#1 TITLE (A72)

TITLE : タイトル

#2 MANTNO (free format)

MANTNO : 処理核種のMATNOを入力する。MATNOは評価済核データに定義されている。

#3 CALMOD (A8)

CALMOD : 計算を実行するモジュールを指定する。

TIMS-1コードでのモジュール名とその機能を以下に述べる。

='LADDER' ; 非分離共鳴の共鳴列を発生させる。

#4～#11入力の内、必要な入力をを行い、その後、#3入力に戻る。

='MCROSS' ; 詳細群共鳴断面積ライブラリーMCROSSを作成する。

#12～#13入力を行い、その後、#3入力に戻る。

='PEACO' ; 詳細群スペクトル計算を行い、炉定数を作成しJFS3マスターファイルに
炉定数(群定数と自己遮蔽因子テーブル)を保存する。

#14～#16入力を行い、その後、#3入力に戻る。

='MKPENDF' ; 非分離共鳴エネルギー範囲のポイント断面積をMCROSSライブラリーから
取り出し、LINEAR-RECENT-SIGMA1コードで作成されたPENDFを修正する。
このモジュールに関する#4以降の入力はない。従って、次の入力は#3である。

='STOP' ; 処理の終わり

<LADDER PART>

#4 NAM1,KISO,IPRT (NAMELIST)

NAM1 : NAMELIST名

KISO : 何番目の同位体を処理するかを指定する (デフォルト値: KISO=1)

IPRT : 評価済核データのプリントオプション

=0 ; プリントしない (デフォルト値)

=1 ; プリントする

#5 NAM2, IOUT, ICON1, NOPT1, ICFT, IPOPT, IEPXS, IPARA, REON, THE, IX, JREST, LOPMAX (NAMELIST)

NAM2	： NAMELIST 名	
IOUT	： ARCFIT-2 で各 1, j 毎の平均断面積をプリントするかのオプション =0 ; 最終結果のみプリントする =1 ; 各 1, j 毎の結果もプリントする	(デフォルト値)
ICON1	： 縮約オプション =0 ; 縮約しない =1 ; 共鳴パラメータを縮約する =2 ; 断面積を縮約する	(デフォルト値)
NOPT1	： レベル間隔 Dj のエネルギー依存性のオプション =0 ; 依存性なし =1 ; 依存性あり。 $D_j(E) = D_0 \cdot \exp(-E/\text{THE})$	(デフォルト値)
ICFT	： fissile か fertile かを指定する =1 ; fertile =2 ; fissile	(デフォルト値)
IPOPT	： (u, v) マルチレベル・パラメーターに関する計算オプション = 0 ; 計算しない = 1 ; s-wave に対して (u, v) マルチレベル・パラメーターを含んだ共鳴列を作成する	(デフォルト値)
IEPXS	： 断面積に関する収束判定 = 0 ; デフォルト値(0.05)を使用する = 1 ; 全群共通の収束判定値を入力する = 2 ; 群依存の収束判定値を入力する	(デフォルト値) (#6 が必要) (#7 と #8 が必要)
IPARA	： 共鳴パラメータに対する収束判定 = 0 ; デフォルト値(0.10)を使用する = 1 ; 全群共通の収束判定値を入力する = 2 ; 群依存の収束判定値を入力する	(デフォルト値) (#9 が必要) (#10 と #11 が必要)
REON	： 縮約に使用される。詳しくは文献 3 を参照のこと。	(デフォルト値: REON=200.0)
THE	： レベル間隔 Dj のエネルギー依存性に使用される値	(デフォルト値: THE=0.0)
IX	： 乱数列の初期値を与える整数 リスタート計算では使用されない。	(デフォルト値: IX=123456789)
JREST	： リスタート計算の指定 = 0 ; リスタート計算ではない = 1 ; リスタート計算である	(デフォルト値)
LOPMAX	： 各群での共鳴列生成試行の最大の回数を指定する	(デフォルト値 : LOPMAX=100)

IEPXS=1 の時、#6 を入力する。

#6 (DDXS(I), I=1, ICFT+1) (free format)

DDXS(1) : 捕獲断面積の収束判定値

DDXS(2) : 弹性散乱断面積の収束判定値

DDXS(3) : 核分裂断面積の収束判定値

IEPXS=2 の時、#7 を入力し、#8 を ISET 枚入力する。

#7 ISET (free format)

ISET : 入力する収束判定値のセット数

#8 IS, IEND, (DDXS(I), I=1, ICFT+1) (free format)

IS : 当該収束判定値を適用する始まりの群

IEND : 当該収束判定値を適用する終わりの群

DDXS(1) : 捕獲断面積の収束判定値

DDXS(2) : 弹性散乱断面積の収束判定値

DDXS(3) : 核分裂断面積の収束判定値

IPARA=1 の時、#9 を入力する。（#9 と #11 での NOL は / 値の数である）

#9 (DD(I), I=1, NOL) (free format)

DD(1) : S-wave の共鳴パラメータの収束判定値

DD(2) : P-wave の共鳴パラメータの収束判定値

DD(3) : D-wave の共鳴パラメータの収束判定値

IEPXS=2 の時、#10 を入力し、#11 を ISET 枚入力する。

#10 ISET (free format)

ISET : 入力する収束判定値のセット数

#11 IS, IEND, (DD(I), I=1, NOL) (free format)

IS : 当該収束判定値を適用する始まりの群

IEND : 当該収束判定値を適用する終わりの群

DD(1) : S-wave の共鳴パラメータの収束判定値

DD(2) : P-wave の共鳴パラメータの収束判定値

DD(3) : D-wave の共鳴パラメータの収束判定値

<MCROSS PART>

#12 NAM3, NT, NVGOT, NOMS, CASE, NEGATV, TT, ERUP (NAMELIST)

NAM3 : NAMELIST 名

NT : MCROSS ライブライバーを作成する温度数 (デフォルト値: NT=4)

NVGOT : 共鳴断面積に使用する公式

=0 ; single-level Breit-Wigner 公式 (デフォルト値)

=1 ; multi-level Breit-Wigner 公式

=2 ; (u, v) multi-level Breit-Wigner 公式

NOMS : 非分離共鳴断面積を開始する表2-1で示した詳細群の群番号 (デフォルト値: NOMS=0)

ERUP=0.0 時のみ、有効である。

CASE : 処理する核種のタイプを 8 文字で指定する。表 A-1 を参照のこと。
 デフォルト値はブランクである。

NEGATV : 負の断面積が計算された時のオプション (デフォルト値:NEGATV=0)
 =0 ; 負の断面積とそのエネルギーをプリントしないで、断面積を 10^{-5} に再定義する。
 =1 ; 負の断面積とそのエネルギーをプリントし、断面積を 10^{-5} に再定義する。
 =2 ; 負の断面積を許し、負の断面積とそのエネルギーもプリントしない。

TT : 共鳴断面積を計算する温度を kelvin で与える。最大、10 温度指定できる。
 デフォルト値は 300, 800, 2100, 4500, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0 である。

ERUP : 非分離共鳴断面積を開始するエネルギーを指定する。 (デフォルト値:ERUP=0.0)
 NOMS=0 の時は必ずゼロでない値を入力する事。ERUP は評価済核データの内容に依存する。尚、ERUP<0.0 の時、 $ERUP=10^7 \cdot \exp(ERUP)$ と再定義される。

#13 NAM4, IOUT, N, NMP, NMD, IMP, IMD, ERRDOP (NAMELIST)

NAM4 : NAMELIST 名

IOUT : チェックライトのオプション
 =0 ; プリントしない (デフォルト値)
 =1 ; プリントする。但し、膨大なプリント量である。

N : S-wave の共鳴断面積計算で考慮する共鳴レベル数 (デフォルト値:N=20)
 #12 の CASE が表 A-1 にあれば、当該データは表 A-1 の値にセットされる。

NMP : P-wave の共鳴断面積計算で考慮する共鳴レベル数 (デフォルト値:NMP=15)
 #12 の CASE が表 A-1 にあれば、当該データは表 A-1 の値にセットされる。

NMD : D-wave の共鳴断面積計算で考慮する共鳴レベル数 (デフォルト値:NMD=15)
 #12 の CASE が表 A-1 にあれば、当該データは表 A-1 の値にセットされる。

IMP : P-wave の寄与を表 2-1 で示した詳細群の何群まで考慮するか (デフォルト値:IMP=0)
 #12 の CASE が表 A-1 にあれば、当該データは表 A-1 の値にセットされる。

IMD : D-wave の寄与を表 2-1 で示した詳細群の何群まで考慮するか (デフォルト値:IMD=0)
 #12 の CASE が表 A-1 にあれば、当該データは表 A-1 の値にセットされる。

ERRDOP : LINEAR-RECENT-SIGMA1 コードで作成された PENDF を内蔵 SIGMA1 モジュールで doppler broadening する時の thinning の許容誤差(%) (デフォルト値:ERRDOP=0.1)

<PEACO PART>

#14 NAM5, NTEMP, KRAT, KSIGM, KRES, NPLOT, IPRIINT (NAMELIST)

NAM5 : NAMELIST 名

NTEMP : 詳細群スペクトル計算を行う温度点 (デフォルト値:NTEMP=4)

KRAT : R パラメーターの数 (デフォルト値:KRAT=1)

KSIGM : σ_0 パラメーターの数 (デフォルト値:KSIGM=8)

KRES : 共鳴核種の数 (デフォルト値:KRES=1)

KRES=2 の時は#15 で入力する RATIOA の混合比で相互干渉効果が計算される。

#15 NAM6, SIGM, RATIOA, NUCLID, AMASS (NAMELIST)

NAM6 : NAMELIST 名

SIGM : σ_0 パラメーターの値であり、最大 10 個指定できる。
デフォルト値は $0.0, 1, 10, 10^2, 10^3, 10^4, 10^5, 10^6, 0.0, 0.0$ である。

RATIOA : R パラメーターの値であり、最大 5 個指定できる。
デフォルト値は $0.0, 0.1, 10.0, 100.0, 10^5$ である。

NUCLID : 核種の ID を 4 文字で必ず入力する。

AMASS : バックグラウンド核種の質量 (デフォルト値 : AMASS=30.0)

注: オリジナル TIMS-1 コードには TEMP 入力があるが、UNIX 版では削除した。温度データは MCROSS ライブライアリから自動設定するようにした。

注: ICUT>0 を使用するのは、例えば SRAC コードのように thermal cut を行う場合である。

以上の入力の後、#3 入力に戻る。

表 A-1 #12 入力の CASE 指定による N, NMP, NMD, IMP, IMD の定義

CASE	N (S-WAVE)	NMP (P-WAVE)	NMD (D-WAVE)	IMP	IMD
'TH-232 ,	10	10	10	6	0
'U-233 ,	25	20	20	9	0
'U-234 ,	10	10	10	8	0
'U-235 ,	25	20	20	9	0
'U-236 ,	10	10	10	8	0
'U-238 ,	10	10	10	12	4
'PU-239 ,	20	15	15	8	0
'PU-240 ,	10	10	10	6	4
'PU-241 ,	25	20	20	9	0

2. 使用ファイルの説明

UNIX 版 TIMS-1 コードで使用されるファイルは、コードにより、自動的に open & close 文で制御される。利用者が用意しなければならないファイルや計算結果として保存すべきファイルは、下表に示す環境変数で setenv 文によりシェルで割り当てれば良い。具体的な例は表 A-3~7 に示す。

表 A-2 UNIX 版 TIMS-1 コードで使用されるファイル

環境変数名	内容
ENDF	入力 ENDF ファイル
PENDF	入力 PENDF ファイル
RESTART	共鳴列生成の為のリストアートファイル
MCROSS00	無限希釈断面積用の MCROSS ライブライバー
MCROSSnn	nn 番目温度の MCROSS ライブライバー。ここで nn は 2 文字である。(nn=1 なら'01')
MUTUALnn	2 番目の共鳴核種に対する nn 番目温度の MCROSS ライブライバー
CONTROL	PEACO で平均断面積を計算するエネルギー群構造を与えるコントロールファイル (PRENJOY コードで使用されるものと同じである)
PLOT	PEACO で計算される詳細群中性子スペクトルのプロット図 (PS ファイル)
TIMSPDS	JFS-3 マスターファイル

3. UNIX 版 TIMS-1 コードでの処理制限

UNIX 版 TIMS-1 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。
- ・ 自己遮蔽因子テーブルにおける σ_0 の数は最大 10 個である。
- ・ 自己遮蔽因子テーブルにおける温度の数は最大 10 個である。
- ・ 自己遮蔽因子テーブルにおける R 因子の数は最大 4 個である。
- ・ 自己遮蔽因子テーブルにおける共鳴核種の数は最大 2 個である。
- ・ PENDF のファイル 3 で与えられる反応断面積のエネルギー mesh 数は最大 22 万である。
- ・ MCROSS ライブライバーのエネルギー mesh 数は最大 60 万である。

これらの制限値の多くは parameter 文で定義されている。従って、これら制限値の変更は比較的簡単に実施できる。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。

4. サンプル計算例

UNIX 版 TIMS-1 コード使用法の理解を深める為、具体的なサンプル計算を解説する。以下、箇条書きで説明を行う。具体的には U-235-JENDL3.2 の処理を対象とする。

① データの調査

処理する核種に非分離共鳴評価が存在するか確認する。U-235-JENDL3.2 の場合は非分離共鳴評価があり、そのエネルギー範囲は 500eV~30keV である。同時に、非分離パラメータ評価で S-wave の平均レベル間隔が非分離共鳴評価エネルギー間隔と比較して十分小さいかを確認する。U-235-JENDL3.2 の場合は S-wave の平均レベル間隔は 1.2571eV であり、最小の非分離共鳴評価エネルギー間隔 50eV と比較して充分小さい。従って、共鳴列の生成で多くの共鳴を作成でき、TIMS-1 コードで処理可能な事が判る。もし、非分離パラメータ評価で S-wave の平均レベル間隔が非分離共鳴評価エネルギー間隔と比較して大きい場合 (1/3 以上) であれば、#5 入力カードの ICON1>0 として、断面積か共鳴パラメータの縮約オプションを使用する。この縮約オプションの使用はできる限り避けなければならない。何故ならば、実質的には評価を変える事であり、TIMS-1 コードによる処理を断念したほうが良いと考える。

② 基準温度の PENDF 作成

分離共鳴エネルギー領域のポイント断面積を準備する為、LINEAR-RECENT-SIGMA1 コードにより基準温度の PENDF を作成する。ここでは基準温度を 300kelvin とする。

③ 初期共鳴列生成計算の実施

LADDER モジュールにより、1 回目の共鳴列生成計算を実施する。サンプルシェルと入力データを表 A-3 に示す。表 A-3 に示すように、IEPXS=1 & IPARA=1 と入力して、断面積作成誤差を 3%にして誤差の少ない共鳴列の作成を目指す。IPARA=1 とするのは、共鳴列を作成できない時に共鳴パラメータ作成誤差を大きく変更する準備の為である。この計算を行うと、誤差内で共鳴列が生成された評価エネルギー一点までの乱数列初期値を与える整数がリスタートファイルに出力される。

④ 共鳴列生成計算のリスタート計算の実施

③で作成されたリスタートファイルを利用して、LADDER モジュールによるリスタート計算を実施する。サンプルシェルと入力データを表 A-4 に示す。表 A-4 に示すように、リスタート計算では JREST=1 とし、共鳴列生成の試行回数 LOPMAX を充分大きな値にする。共鳴列を作成できなければ、断面積作成誤差か共鳴パラメータ作成誤差を大きくする。表 A-4 では、断面積作成誤差を 5% にしている。この操作を全ての共鳴列生成が完了するまで共鳴列作成誤差を変更して何度も実施する。尚、表 A-9 には U-235-JENDL3.2 処理で作成されたリスタートファイルの内容を示す。

⑤ MCROSS ライブライバー作成計算の実施

④の処理が完了したら、MCROSS ライブライバーの作成を行う。サンプルシェルと入力データを表 A-5 に示す。表 A-5 で示すように、デフォルトの 4 温度の MCROSS ライブライバーを作成している。MCROSS ライブライバーの上限エネルギーを ERUP=-5.750 として 31. 8278keV に設定している。これは、非分離共鳴の上限エネルギー 30keV を含む JFS3-70 群エネルギー構造の 24 群のエネルギー境界と一致させる為である。

⑥ PEACO モジュールによる炉定数計算の実施

⑤で作成された MCROSS ライブライバーを使用して JFS3-70 群ライブライバーの為の炉定数作成を行う。サンプルシェルと入力データを表 A-6 に示す。表 A-6 で示すように、炉定数を作成するエネルギー群構造を環境変数 INDEX で指定するコントロールファイル(PRENJOY コードで使用するものと同じ)から定めている。また、環境変数 TIMSPDS で指定する JFS3 マスターファイルへ計算された炉定数を 'TU05j32' というメンバー名で出力している。尚、図 A-1 と図 A-2 に PEACO モジュールで計算された詳細群スペクトル図を示す。尚、TIMS-1 コードによる計算が正しく行われたかを検証する為、詳細群スペクトル図を保存し、当該スペクトルを確認する事を勧める。

⑦ PEACO モジュールによる相互干渉効果のある炉定数計算の実施

U-235 や U-238, Pu-239 に対しては相互干渉効果のある自己遮蔽因子テーブルを作成しなければならない。表 A-7 に U-235-JENDL3.2 の U-238-JENDL3.2 との相互干渉効果を考慮した自己遮蔽因子テーブル作成のサンプルシェルと入力データを示す。ここでは、環境変数 TIMSPDS で指定する JFS3 マスターファイルへ計算された炉定数を 'TU5U8j32' というメンバー名で出力している。

⑧ MKPENDF モジュールによる Public MCROSS ライブライバーの為の PENDF 作成

MCROSS ライブライバーの非分離共鳴エネルギー範囲のポイント断面積と、LINEAR-RECENT-SIGMA1 コードで作成された PENDF の非分離共鳴エネルギー範囲以外のポイント断面積とを組み合わせた PENDF を作成するサンプルシェルと入力データを表 A-8 に示す。この処理を行う事により PMcross コードの処理で使用される PENDF が作成される。

以上、U-235-JENDL3.2 の処理を例とし、TIMS-1 コードの使用法を説明した。最後に、表 A-1 に示されない核種の処理に関して補足説明を行う。表 A-1 に示されない核種の処理で問題となるのは MCROSS 処理の入力 #13 である。N, NMP, NMD は共鳴断面積計算で考慮する共鳴レベル数であり、U-235 で使用される値を使用すれば十分な精度が得られる。但し、U-235 で使用される値を使用すると計算時間が浪費されるケースも生じるが、現在の WS 能力を考えると計算時間は処理上の大規模な障害とはならない。また、IMP と IMD の入力値は LADDER 作成でのプリント出力を見て、P-wave ないし D-wave の断面積寄与のエネルギー依存性を調べ、表 2-1 からその値を決定すれば良い。

表 A-3 共鳴列生成の初期計算で使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)

```
#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
set WHOME = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys
set LNM   = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys/bin/TIMS
#
set ODR   = $WHOME/Test/Tims-outp
set OFILE = $WHOME/Test/Tims-Ofiles
set JENDL32 = $WHOME/Test/endf
#
set CASE = U235J32
#
set DATE    = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR    = $WHOME/tmp/Timstamp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
#
set OUTLST  = $ODR/$CASE.ft06
#
setenv ENDF      $JENDL32/U235J32.dat
setenv RESTART   $OFILE/U235J32.restart.dat
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LNM >& $OUTLST
Test Run for TIMS-Unix using U-235-J32
 9228 / matno
LADDER
&NAM1 &END
&NAM2 ICON1=0, ICFT=2, IEPXS=1, IPARA=1, LOPMAX=200, JREST=0 &END
  0.03    0.03    0.03
  0.10    0.10    0.10
STOP
END_DATA
#
cd $WHOME
rm -r $WKDR
#
```

表 A-4 共鳴列生成の 2 回目以降の計算で使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)

```
#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
set WHOME = /homel_oodbb69/CODE/JNC_sys
set LNM = /homel_oodbb69/CODE/JNC_sys/bin/TIMS
#
set ODR = $WHOME/Test/Tims-outp
set OFILE = $WHOME/Test/Tims-Ofiles
set JENDL32 = $WHOME/Test/endf
#
set CASE = U235J32-rest
#
set DATE = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR = $WHOME/tmp/Timstmp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
#
set OUTLST = $ODR/$CASE.ft06
#
setenv ENDF $JENDL32/U235J32.dat
setenv RESTART $OFILE/U235J32.restart.dat
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LNM >& $OUTLST
Test Run for TIMS-Unix using U-235-J32
9228 / matno
LADDER
&NAM1 &END
&NAM2 ICON1=0, ICFT=2, IEPXS=1, IPARA=1, LOPMAX=9000, JREST=1 &END
    0.05      0.05      0.05
    0.10      0.10      0.10
STOP
END_DATA
#
cd $WHOME
rm -r $WKDR
#
```

表 A-5 MCROSS ライブライバー作成で使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)

```

#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
set WHOME = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys
set LNM   = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys/bin/TIMS
#
set ODR   = $WHOME/Test/Tims-outp
set OFILE = $WHOME/Test/Tims-Ofiles
set JENDL32 = $WHOME/Test/endf
set JENDL32P = $WHOME/Test/pendf
#
set CASE = U235J32-Mcross
#
set DATE      = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR      = $WHOME/tmp/Timstmp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
#
set OUTLST    = $ODR/$CASE.ft06
#
setenv ENDF     $JENDL32/U235J32.dat
setenv PENDF    $JENDL32P/U235J32.t0300.dat
setenv RESTART  $OFILE/U235J32.restart.dat
setenv MCROSS00 $OFILE/U235J32.MCROSS.infinite.dat
setenv MCROSS01 $OFILE/U235J32.MCROSS.t0300.dat
setenv MCROSS02 $OFILE/U235J32.MCROSS.t0800.dat
setenv MCROSS03 $OFILE/U235J32.MCROSS.t2100.dat
setenv MCROSS04 $OFILE/U235J32.MCROSS.t4500.dat
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LNM >& $OUTLST
Test Run for TIMS-Unix using U-238-J35
9228 / matno
LADDER
&NAM1 &END
&NAM2 ICON1=0, ICFT=2, IEPXS=1, IPARA=1, LOPMAX=3000, JREST=1 &END
    0.05    0.05    0.05
    0.10    0.10    0.10
MCROSS
&NAM3 NT=4, CASE='U-235', ERUP=-5.750 &END
&NAM4 &END
STOP
END_DATA
#
cd $WHOME
rm -r $WKDR
#

```

表 A-6 PEACO モジュールで使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)

```

#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
set WHOME = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys
set LNM   = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys/bin/TIMS
#
set ODR   = $WHOME/Test/Tims-outp
set OFILE = $WHOME/Test/Tims-Ofiles
set JENDL32 = $WHOME/Test/endf
set JENDL32P = $WHOME/Test/pendf
set INDEX  = $WHOME/Test
#
set CASE = U235J32-Peaco
#
set DATE   = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR   = $WHOME/tmp/Timstmp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
#
set OUTLST = $ODR/$CASE.ft06
#
setenv ENDF   $JENDL32/U235J32.dat
setenv PENDF  $JENDL32P/U235J32.t0300.dat
setenv RESTART $OFILE/U235J32.restart.dat
setenv MCROSS00 $OFILE/U235J32.MCROSS.infinite.dat
setenv MCROSS01 $OFILE/U235J32.MCROSS.t0300.dat
setenv MCROSS02 $OFILE/U235J32.MCROSS.t0800.dat
setenv MCROSS03 $OFILE/U235J32.MCROSS.t2100.dat
setenv MCROSS04 $OFILE/U235J32.MCROSS.t4500.dat
setenv PLOT   $OFILE/U235J32.plot.PS
setenv CONTROL $INDEX/JFS70g.control.dat
setenv TIMSPDS $INDEX/Pds_70g
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LNM >& $OUTLST
Test Run for TIMS-Unix using U-235-J32
9228 / matno
PEACO
&NAM5 NTEMP=4,KSIGM=8,NPLOT=0      &END
&NAM6 NUCLID='U235','A30',AMASS=30.0 &END
&NAM7 IPROP=1, MEMBER='U05j32'      &END
STOP
END_DATA
#
cd $WHOME
rm -r $WKDR
#

```

表 A-7 PEACO モジュールで使用するシェルと入力データの例 (相互干渉効果あり)

```

#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
set WHOME = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys
set LNM = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys/bin/TIMS
#
set ODR = $WHOME/Test/Tims-outp
set OFILE = $WHOME/Test/Tims-Ofiles
set JENDL32 = $WHOME/Test/endf
set JENDL32P = $WHOME/Test/pendf
set INDEX = $WHOME/Test
#
set CASE = U235J32-Peaco-Mutual
#
set DATE = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR = $WHOME/tmp/Timstmp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
#
set OUTLST = $ODR/$CASE.ft06
#
setenv ENDF $JENDL32/U235J32.dat
setenv PENDF $JENDL32P/U235J32.t0300.dat
setenv RESTART $OFILE/U235J32.restart.dat
setenv MCROSS00 $OFILE/U235J32.MCROSS.infinite.dat
setenv MCROSS01 $OFILE/U235J32.MCROSS.t0300.dat
setenv MCROSS02 $OFILE/U235J32.MCROSS.t0800.dat
setenv MCROSS03 $OFILE/U235J32.MCROSS.t2100.dat
setenv MCROSS04 $OFILE/U235J32.MCROSS.t4500.dat
setenv MUTUAL01 $OFILE/U238J32.MCROSS.t0300.dat
setenv MUTUAL02 $OFILE/U238J32.MCROSS.t0800.dat
setenv MUTUAL03 $OFILE/U238J32.MCROSS.t2100.dat
setenv MUTUAL04 $OFILE/U238J32.MCROSS.t4500.dat
setenv PLOT $OFILE/U235J32.Mutual.plot.PS
setenv CONTROL $INDEX/JFS70g.control.dat
setenv TIMSPDS $INDEX/Pds_70g
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LNM >& $OUTLST
Test Run for TIMS-Unix using U-235-J32
9228 / matno
PEACO
&NAM5 NTEMP=4, KSIGM=8, KRES=2, KRAT=4, NPLOT=0 &END
&NAM6 NUCLID='U235', 'U238', 'A30', AMASS=30.0,
    RATIOA(1)=0.0, 1.0, 10.0, 1.0E+5 &END
&NAM7 IPROP=1, MEMBER='U5U8j32' &END
STOP
END_DATA
#
cd $WHOME
rm -r $WKDR
#

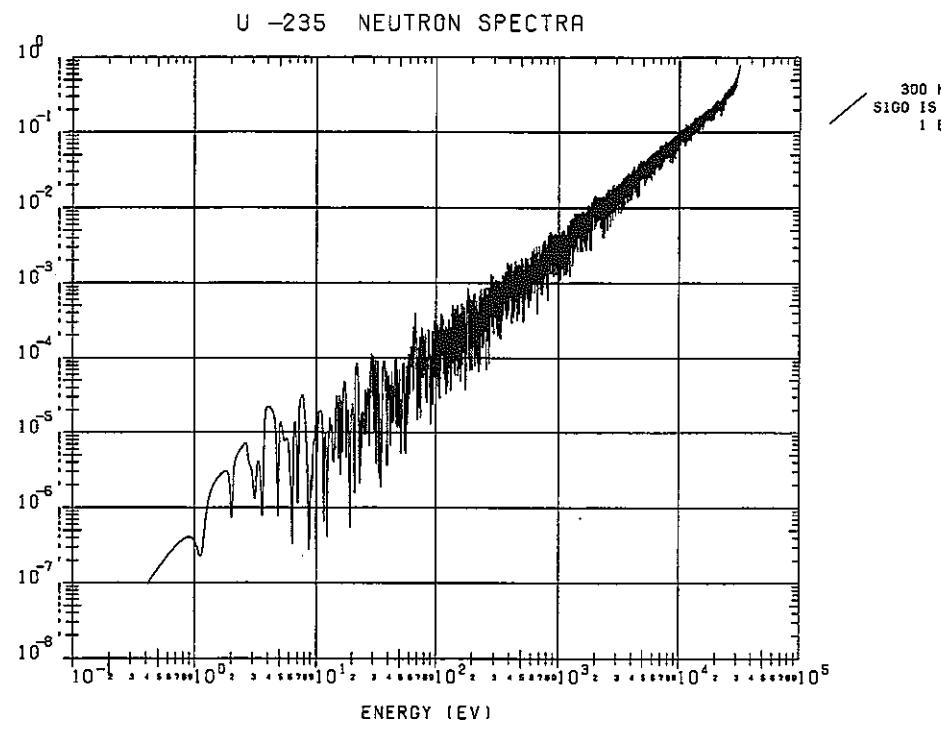
```

表 A-8 MKPENDF モジュールで使用するシェルと入力データの例 (U-235-JENDL3.2)

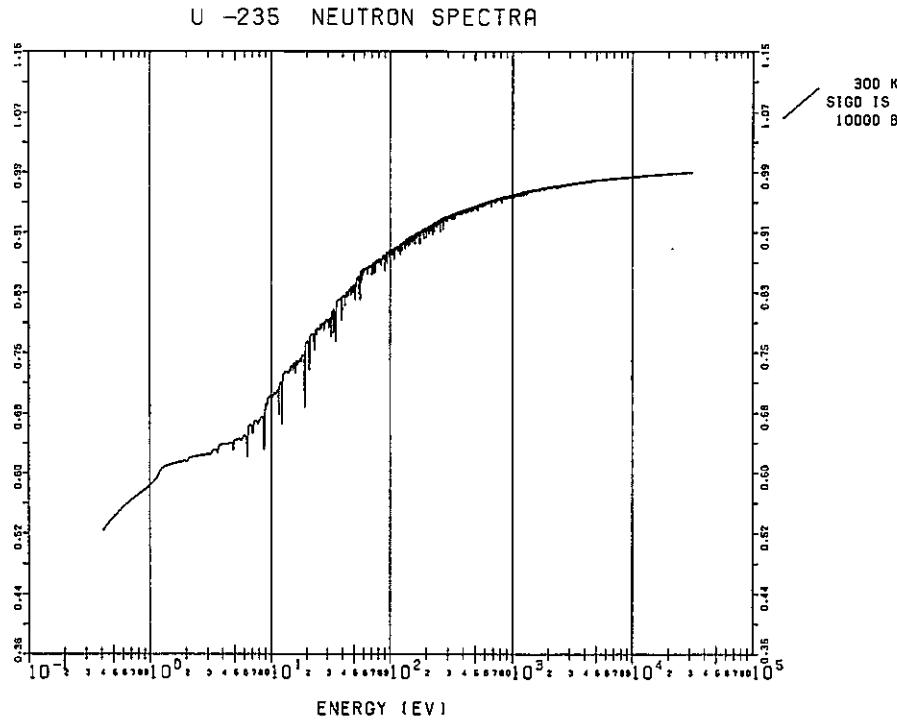
```
#!/bin/csh
#
alias mkdir mkdir
alias cat cat
alias cd cd
alias rm rm
#
set WHOME = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys
set LNM   = /home1_oodbb69/CODE/JNC_sys/bin/TIMS
#
set ODR   = $WHOME/Test/Tims-outp
set OFILE = $WHOME/Test/Tims-Ofiles
set JENDL32 = $WHOME/Test/endf
set JENDL32P = $WHOME/Test/pendf
#
set CASE = U235J32-MkPendf
#
set DATE      = `date +%b%d.%H.%M.%S`
set WKDR      = $WHOME/tmp/Timstmp.$CASE.$DATE
mkdir $WKDR
#
set OUTLST    = $ODR/$CASE.ft06
#
setenv PENDF   $JENDL32P/U235J32.t0300.dat
setenv MCROSS01 $OFILE/U235J32.MCROSS.t0300.dat
setenv NEWPENDF $OFILE/U235J32.NEWPENDF.t0300.dat
#
cd $WKDR
cat - << END_DATA | $LNM >& $OUTLST
Test Run for TIMS-Unix using U-235-J32
9228 / matno
MKPENDF
STOP
END_DATA
#
cd $WHOME
rm -r $WKDR
#
```

表 A-9 U-235-JENDL3.2 の共鳴列生成で作成されたリストファイルの内容

	42
623204501	2147453973
933497749	38524821
1354345109	703253013
1550733205	1539156501
907033749	1907538325
1366948373	1981249301
1017332501	215138325
2056686613	345692949
255527829	1475322133
833509269	887704213
1593071893	1228688405
747580437	1439270933
405447573	1412327573
21472405	371026325
842930709	1435095957
1047923093	1094337301
355434261	1090926741
771904149	1965919253
355434261	1090926741
1931792789	614533909
938251413	389402133
1987594389	471299733
384859797	1511500949
1743209109	1581150357
2147328149	297586325
1852162965	907306517
1785125525	33848597
684844053	159480597
1181634581	883287829
1502363029	843374613
1022785045	1771179285
636513557	1175847957
1093606037	38872597
474848533	294070421
430978581	475316629
2032087573	1312275861
166372629	725364885
852966549	765413397
1732695829	1215193749
1080586005	358087317
2040946581	968321813
269706389	1213427733



図A-1 PEAC0 モジュールで計算された詳細中性子スペクトル (U-235-JENDL3.2: $\sigma_0=1$ barn)



図A-2 PEAC0モジュールで計算された詳細中性子スペクトル (U-235-JENDL3.2: $\sigma_0=10^4$ barn)