

核設計基本データベースの整備（VII） —JUPITER 実験解析の高度化—

1997年11月

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター

システム開発推進部・技術管理室

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

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1997



核設計基本データベースの整備（VII） —JUPITER実験解析の高度化—

杉野 和輝1)、横山 賢治1)、石川 真1)
佐藤 若英2)、沼田 一幸2)、岩井 武彦2)

要旨

JUPITERは動燃事業団と米国エネルギー省（DOE）との共同研究として、アルゴンヌ国立研究所（ANL-W）の大型高速炉臨界実験装置ZPPR（Zero Power Physics Reactor）を用いて、1978年から1988年にかけて実施された大型高速炉臨界実験であり、本報告書はJUPITER実験解析の高度化についてまとめたものである。高度化として、具体的に最新の断面積ライブラリの使用と、メカニズムの取り扱いがより詳細なあるいはより計算モデルの近似の少ない解析手法の採用を図った。

最新の断面積ライブラリを使用した結果、ほとんど全ての核特性に対して、C/E値が1.0に近づき、炉心体系間の偏差の減少が見られ、最新断面積ライブラリの有効性が示された。また、解析手法の高度化により、更にC/E値を1.0に近づけることができ、誤差要因が究明され、精度向上を図ることができた。

今回の解析評価により得られた各核特性に関する知見は次の通りである。

①臨界性: C/E値が0.993～0.997と系統的な過小評価であるが、この核特性の誤差の主要である断面積の不確かさに起因する誤差と比較すると非常に小さい。解析手法に関しては、計算結果においてモンテカルロ法に対し有意な差が見られ、今後、更なる検討が必要であると考えられる。

②ドップラー反応度: C/E値は0.8～0.9と系統的な過小評価が見られる。解析手法の観点からは、超微細エネルギー群構造解析等の十分な評価を行っており、これ以上の精度向上は不可能であると考えられる。従って、今後、自己遮蔽因子の評価あるいは他のドップラー反応度測定実験との比較・検討を行う必要があると考えられる。

③反応率分布: 均質炉心、軸非均質炉心の炉心燃料領域に対しては、Pu-239の核分裂、

-
- 1) 基盤技術開発部 炉心技術開発室
2) 原子力システム株式会社

U-235の核分裂、U-238の捕獲反応において、C/E値の1からのずれは2%以内、U-238の核分裂反応においては3%以内という結果が得られ、十分な精度を有していると判断される。ただし、ブランケット領域に対しては、中性子束分布の解析手法の高度化が必要であると考えられる。特にブランケット領域の存在による核特性評価への影響の大きい径非均質炉心に対して、その領域における中性子束分布評価の改善により、解析精度向上が図られると考えられる。

④反応率比: 炉心燃料領域に対してはC/E値の1からのずれは4%以内であり、十分な精度であると判断される。ブランケット領域においては、前項と同様解析の高度化が必要であると考えられる。

⑤Naボイド反応度: 均質炉心・軸非均質炉心体系に対してはC/E値が0.9~1.2と他の核特性と比較して1.0からのずれが大きいが、解析誤差と断面積誤差が非常に大きい核特性であり、それらの誤差との比較の観点からは妥当な結果である。径非均質炉心体系に対しては、C/E値が1.2~1.4と大きな過大評価が見られ、反応率解析と同様にブランケット領域における中性子束分布の解析の高度化が必要であると考えられる。

⑥制御棒価値: C/E値は0.97~1.04であり、解析システムが十分な精度を有することが確認された。

⑦High Pu-240ゾーン置換反応度: C/E値は0.80~0.85と大きな過小評価が見られるが、断面積の不確かさに起因する誤差が非常に大きな核特性であり、解析評価に特に問題はないと考えられる。

⑧炉定数調整を行うことにより、ほとんどの核特性のC/E値は1.0に近づいた。このことより、JUPITER実験の異なる炉心間、核特性間、及び、JUPITERとJUPITER以外の実験体系間の、断面積の不確かさに起因する誤差原因の整合性が確認されたと言える。

以上の結果より、JUPITER実験解析データは実証炉設計用の統合炉定数作成のための基本積分データとして非常に有効なものであると判断される。

更に、現状の核特性解析システムの精度を向上させる手段として、ブランケット領域における中性子束分布の解析手法の高度化が非常に有効であると考えられる。特に径非均質炉心に対して、効果が大きいと考えられる。

Development of a Standard Data Base for FBR Core Nuclear Design (VII) —Advances in JUPITER Experiment Analyses—

Kazuteru Sugino¹⁾, Kenji Yokoyama¹⁾, Makoto Ishikawa¹⁾,
Wakaei Sato²⁾, Kazuyuki Numata²⁾, Takehiko Iwai²⁾

Abstract

The present report compiles the advances in experiment analyses of JUPITER, which was joint research programs between U.S.DOE and PNC of Japan, using the Zero Power Physics Reactor (ZPPR) large fast critical facility at ANL-Idaho in 1978 to 1988. The advances here are use of the latest nuclear data library and the application of analytical methods which treat mechanisms in more detail or use fewer modeling approximations.

As a result of using the latest nuclear data library, C/E values of nearly all characteristics approached unity, and the discrepancies between cores were reduced. Thus it is shown that the latest data library is effective for an analysis of nuclear characteristics. Further, an advance in analytical methods brought C/E value close to unity, and it clarifies the causes of differences between the calculational and experimental values.

The current evaluation for each nuclear parameter shows following:

- ① Criticality. The C/E values are from 0.993 to 0.997, a systematic underestimate. This underestimation is much smaller than the error caused by the uncertainty in nuclear data, which is the dominant error for this characteristic. In terms of analytical method, there are significant differences in calculation results between present and Monte-Carlo based methods, so more investigation will be required in future.
- ② Doppler reactivity. The C/E values are from 0.8 to 0.9, a systematic underestimate. The analytical method, which is stood for by the use of ultra fine energy structure analysis, is so detailed that there is little room for improvement in that term. Therefore, some evaluation of the self-shielding factors and comparison with other Doppler reactivity experiments will be required.
- ③ Reaction rate distribution. It is judged that the present analytical method has an adequate accuracy for the core regions of homogeneous and axially heterogeneous cores, because the C/E values varied from unity by less than 2% for Pu-239 fission, U-235 fission and U-238 capture reaction, and by less than 3% for U-238 fission reaction. However, in calculations for blanket

1) Reactor Physics Research Section, Advanced Technology Division, OEC, PNC

2) Nuclear Energy System Incorporation

regions, an advanced analytical method for the evaluation of flux distributions will be required. In particularly the accuracy for radially heterogeneous cores, for which the evaluation of nuclear characteristics is sensitive to the existence of blanket regions, will be improved by a better estimation of the blanket flux distribution.

④ Reaction rate ratio. The present analytical method has an adequate accuracy for the core region because the C/E values varied from unity by less than 4%. In calculations for blanket regions, an advanced analytical method for the evaluation of the flux distribution will be required.

⑤ Sodium void reactivity. For homogeneous and axially heterogeneous cores, the C/E values are from 0.9 to 1.2. The variations from unity are larger than those of other characteristics, but that is reasonable because the variations are of comparable size to errors from the analytical method and nuclear data, which are very large for this characteristic. For radially heterogeneous cores the C/E values are from 1.2 to 1.4, a systematic overestimate. In order to reduce this overestimation, an advanced analytical method for the evaluation of the flux distribution in blanket regions will be required, as in the case of the reaction rate.

⑥ Control rod worth. The C/E values are from 0.97 to 1.04 and it was confirmed that the present analytical system has an adequate accuracy.

⑦ High Pu-240 zone substitution reactivity. The present analytical system produced from 0.80 to 0.85 in C/E values, a large underestimate, but this is not significant because the error due to the uncertainty in nuclear data is also very large.

⑧ By the adjustment of nuclear constants, C/E values for almost all characteristics approached unity. Therefore it is confirmed that the error factors caused by the uncertainty in nuclear data are consistent between the different cores and between different nuclear characteristics in JUPITER, and between JUPITER and other cores.

From the above results, it is judged that the JUPITER integral data are very effective for the production of the unified nuclear constants which are intended for the core design of the demonstration fast breeder reactor.

Furthermore, for improved accuracy in the analytical system, an advance in analytical methods for the evaluation of flux distributions in blanket regions is very effective. Especially, the accuracy for radially heterogeneous cores would be greatly improved by such an advance.

目 次

| | |
|------------------------------------|-----|
| 要旨 | i |
| Abstract | iii |
| 目次 | v |
| 表リスト | vii |
| 図リスト | ix |
| 第1章 緒言 | 1 |
| 第2章 JUPITER実験の概要と従来の実験解析手法 | 3 |
| 2.1 JUPITER計画の全体概要 | 3 |
| 2.2 JUPITER標準解析手法 | 4 |
| 2.3 従来解析手法の問題点 | 4 |
| 第3章 最新断面積ライブラリJENDL-3.2 | 25 |
| 3.1 JENDL-3.2とJENDL-2 | 25 |
| 3.2 JENDL-2からJENDL-3.2への主な改訂 | 25 |
| 3.3 ライブラリの改訂による核特性評価への影響の概要 | 27 |
| 第4章 臨界性解析における高度化による効果 | 41 |
| 4.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響 | 41 |
| 4.2 輸送計算における空間メッシュ、及び角度メッシュの影響について | 43 |
| 4.3 マルチドロワ効果の評価手法について | 44 |
| 4.3.1 プレートに対する垂直方向並びと平行方向並び間の比較 | 44 |
| 4.3.2 バックリングの選定 | 44 |
| 4.4 モンテカルロ法による計算結果との比較について | 45 |
| 第5章 ドップラー反応度解析における高度化による効果 | 57 |
| 5.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響 | 57 |
| 5.2 超微細群構造解析による改善 | 58 |
| 5.3 今後の課題 | 59 |
| 第6章 反応率分布・反応率比解析における高度化による効果 | 71 |
| 6.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響 | 71 |
| 6.1.1 反応率分布への影響 | 71 |
| 6.1.2 反応率比への影響 | 71 |
| 6.2 セルファクターの検討 | 72 |
| 6.2.1 セルファクター測定実験の問題点 | 72 |
| 6.2.2 セルファクター計算の考え方 | 74 |
| 6.2.3 セルファクターの計算法 | 74 |
| 6.2.4 隣接異種ドロワの存在によるセルファクターへの環境効果 | 75 |
| 6.2.5 セルファクターと非対称セル補正との整合性について | 78 |
| 6.3 セルファクターの見直しによる影響 | 79 |

| | |
|---------------------------------------|-----|
| 6.3.1 反応率分布への影響 | 79 |
| 6.3.2 反応率比への影響 | 79 |
| 6.4 今後の課題 | 80 |
| 第7章 Naボイド反応度解析における高度化による効果 | 127 |
| 7.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響 | 127 |
| 7.2 輸送補正方法の検討について | 128 |
| 7.2.1 反応度合計値及び反応度成分別輸送補正 | 128 |
| 7.2.2 補正計算の違いによる比較 | 129 |
| 7.3 ZPPR-13AのC/E値過大評価についての検討 | 129 |
| 7.4 バックリングの与え方による影響 | 130 |
| 7.5 今後の課題 | 131 |
| 第8章 制御棒価値解析における高度化による効果 | 153 |
| 8.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響 | 153 |
| 8.2 今後の課題 | 154 |
| 第9章 High Pu-240ゾーン置換反応度解析における高度化による効果 | 169 |
| 9.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響 | 169 |
| 9.2 まとめ | 169 |
| 第10章 炉定数調整による整合性評価 | 173 |
| 10.1 計算方法 | 173 |
| 10.2 炉定数調整計算による整合性評価 | 174 |
| 10.3 ライブラリ間の比較 | 175 |
| 10.4 JUPITER炉心と小型炉心の整合性評価 | 175 |
| 10.4.1 小型炉心の臨界性 | 176 |
| 10.4.2 JUPITER炉心の臨界性 | 176 |
| 10.5 χ^2 値の検討 | 177 |
| 10.6 まとめ | 178 |
| 10.7 今後の課題 | 178 |
| 第11章 結言 | 215 |
| 謝辞 | 219 |
| 参考文献 | 221 |

表リスト

| | |
|--|-----|
| 表2.1-1 JUPITER実験の全体概要 | 8 |
| 表2.1-2 JUPITER実験の炉心分類 | 9 |
| 表2.1-3 JUPITER実験の測定項目概要 | 10 |
| 表2.2-1 高速炉用炉定数セットJFS-3-J3.2およびJFS-3-J2のエネルギー群構造とJUPITER実験解析で採用する少数エネルギー群構造 | 11 |
| 表2.2-2 JUPITER標準解析手法における基準計算と補正計算 | 12 |
| 表3.2-1 主要核特性に対する断面積差による核種・反応毎の寄与 (ZPPR-9) | 29 |
| 表4.1-1 JUPITER (大型炉心) とFCA、JOYO (小型炉心) の仕様 | 47 |
| 表4.1-2 臨界性に対する断面積差が及ぼす寄与の比較 | 48 |
| 表4.2-1 臨界性輸送計算における空間メッシュ効果と角度メッシュ効果 | 49 |
| — JOYO Mk-II — | |
| 表4.2-2 臨界性輸送計算における空間メッシュ効果と角度メッシュ効果 | 49 |
| — ZPPR-2 — | |
| 表4.2-3 臨界性輸送計算における空間メッシュ効果と角度メッシュ効果 | 49 |
| — ZPPR-9 — | |
| 表4.3-1 バッククリングの違いによるマルチドロワ補正の比較 (ZPPR-13A) | 50 |
| 表4.3-2 各実験シリーズのマルチドロワ補正值とその内訳 | 50 |
| 表4.4-1 臨界性C/E値におけるJUPITER標準解析手法とモンテカルロ法との比較 | 51 |
| 表6-1 反応率分布・反応率比を記述するための略称 | 81 |
| 表6.2.3-1 セルファクターの計算条件の違いによる比較 (JUPITER-I、SCF) | 82 |
| 表6.2.3-2 セルファクターの実験値と計算値の比較 (JUPITER-I、SCF-SCF-SCF) | 82 |
| 表6.2.3-3 SCFドロワのセルファクター | 83 |
| 表6.2.3-4 DCFドロワのセルファクター | 83 |
| 表6.2.3-5 径ブランケット (RDB) ドロワのセルファクター | 84 |
| 表6.2.4-1 JUPITER-I のドロワにおけるC28とF28のセルファクター環境効果 | 85 |
| 表6.2.4-2 反応率解析に使用したセルファクター (SCFドロワ) | 86 |
| 表6.2.4-3 反応率解析に使用したセルファクター (DCFドロワ) | 86 |
| 表6.2.4-4 反応率解析に使用したセルファクター (径ブランケットドロワ) | 86 |
| 表6.2.5-1 反応率計算における非対称セル補正の空間分布 —ZPPR-9 F49 X方向— | 87 |
| 表6.2.5-2 反応率計算における非対称セル補正の空間分布 —ZPPR-9 F25 X方向— | 87 |
| 表6.2.5-3 反応率計算における非対称セル補正の空間分布 —ZPPR-9 F28 X方向— | 88 |
| 表6.2.5-4 反応率計算における非対称セル補正の空間分布 —ZPPR-9 C28 X方向— | 88 |
| 表7-1 ステップ別Naボイド化領域 — ZPPR-9 — | 132 |

| | |
|---|-----|
| 表7-2 ステップ別Naボイド化領域 — ZPPR-10A— | 132 |
| 表7-3 ステップ別Naボイド化領域 — ZPPR-10B— | 133 |
| 表7-4 ステップ別Naボイド化領域 — ZPPR-10D— | 133 |
| 表7-5 ステップ別Naボイド化領域 — ZPPR-13A— | 134 |
| 表7-6 ステップ別Naボイド化領域 — ZPPR-17A— | 134 |
| 表7.4-1 Naボイド反応度の軸ブランケット部バックリングの取り方による影響 — ZPPR-9 Step6 — | 135 |

| | |
|--------------------|-----|
| 表8-1 制御棒挿入パターン補足説明 | 155 |
|--------------------|-----|

| | |
|---|-----|
| 表10.1-1 炉定数調整の用いた積分核特性量 | 179 |
| 表10.1-2 断面積調整対象核種及び反応 | 181 |
| 表10.2-1 ケース1(84核特性、JENDL-3.2)の調整前後のC/E値 | 182 |
| 表10.2-2 ケース2(84核特性、JENDL-2)の調整前後のC/E値 | 184 |
| 表10.2-3 ケース3(88核特性、JENDL-3.2)の調整前後のC/E値 | 186 |
| 表10.2-4 ケース4(88核特性、JENDL-2)の調整前後のC/E値 | 188 |
| 表10.2-5 ケース1(84核特性、JENDL-3.2)の断面積調整量 | 190 |
| 表10.2-6 ケース2(84核特性、JENDL-2)の断面積調整量 | 191 |
| 表10.2-7 ケース3(88核特性、JENDL-3.2)の断面積調整量 | 192 |
| 表10.2-8 ケース4(88核特性、JENDL-2)の断面積調整量 | 193 |
| 表10.5-1 ケース1(84核特性、JENDL-3.2)の χ^2 値 | 194 |
| 表10.5-2 ケース2(84核特性、JENDL-2)の χ^2 値 | 196 |
| 表10.5-3 ケース3(88核特性、JENDL-3.2)の χ^2 値 | 198 |
| 表10.5-4 ケース4(88核特性、JENDL-2)の χ^2 値 | 200 |

図リスト

| | |
|---|----|
| 図2.1-1 JUPITER- I 実験の炉心配置 | 13 |
| 図2.1-2 JUPITER- I 実験の基本セルパターン | 14 |
| 図2.1-3 JUPITER- II 実験の炉心配置 | 15 |
| 図2.1-4 JUPITER- II 実験の基本セルパターン | 16 |
| 図2.1-5 JUPITER- III 実験の炉心配置 | 17 |
| 図2.1-6 ZPPR-17炉心の基本セルパターン | 18 |
| 図2.1-7 ZPPR-18炉心の基本セルパターン | 19 |
| 図2.1-8 JUPITER- I o 実験の炉心配置 | 20 |
| 図2.2-1 JUPITER実験解析の基本フロー | 21 |
| 図2.3-1 各核特性のC/E値とその誤差（ライブラリ：JENDL-2） | 22 |
| 図2.3-2 各核特性の χ^2 値（ライブラリ：JENDL-2） | 23 |
| | |
| 図3.2-1 主要核特性に対する断面積差による寄与の比較（ZPPR-9） | 30 |
| 図3.2-2 Pu-239核分裂断面積のライブラリ間の比較（基準：JENDL-3.2） | 31 |
| 図3.2-3 Pu-239捕獲断面積のライブラリ間の比較（基準：JENDL-3.2） | 31 |
| 図3.2-4 Pu-239 ν のライブラリ間の比較（基準：JENDL-3.2） | 32 |
| 図3.2-5 Pu-239 χ のライブラリ間の比較（基準：JENDL-3.2） | 32 |
| 図3.2-6 U-238捕獲断面積のライブラリ間の比較（基準：JENDL-3.2） | 33 |
| 図3.2-7 U-238 μ のライブラリ間の比較（基準：JENDL-3.2） | 33 |
| 図3.2-8 O μ のライブラリ間の比較（基準：JENDL-3.2） | 34 |
| 図3.2-9 U-238非弾性散乱断面積差（基準：JENDL-3.2） | 35 |
| 図3.2-10 Na非弾性散乱断面積差（基準：JENDL-3.2） | 36 |
| 図3.2-11 O（酸素）の弾性散乱断面積差（基準：JENDL-3.2） | 37 |
| 図3.3-1 各核特性のC/E値のライブラリ間の比較 | 38 |
| 図3.3-2 各核特性の χ^2 値のライブラリ間の比較 | 39 |
| | |
| 図4.1-1 臨界性C/E値の比較 | 52 |
| 図4.1-2 臨界性に対する断面積差による寄与の比較（JUPITER） | 53 |
| 図4.1-3 臨界性に対する断面積差による寄与の比較（小型炉） | 54 |
| 図4.1-4 臨界性に対する断面積差による寄与の比較（JUPITERと小型炉） | 55 |
| | |
| 図5.1-1 ZPPR-9 ドップラー反応度C/E値の比較 | 61 |
| 図5.1-2 ドップラー反応度のエネルギー群毎の寄与の比較（ZPPR-9、ステップ5） | 62 |
| 図5.1-3 ZPPR-13A ドップラー反応度C/E値径方向依存性の比較 | 63 |
| 図5.1-4 ZPPR-13A ドップラー反応度C/E値の温度ステップ依存性の比較 | 64 |
| 図5.1-5 各核特性の主要な寄与のエネルギー分布の比較 | 65 |
| 図5.2-1 JENDLライブラリとPEACO-X超微細断面積の比較（拡大図） | |

| | |
|--|-----|
| (U-238捕獲断面積、1.09~1.12keV、300k) | 66 |
| 図5.2-2 ドップラーサンプルの配置と詳細解析モデル | 67 |
| 図5.2-3 ZPPR-9ドップラー反応度における共鳴干渉による捕獲断面積変化及び 反応度の相対差 | 68 |
| 図5.2-4 共鳴干渉効果の考慮の有無によるドップラー反応度C/E値の変化 | 69 |
| | |
| 図6-1 反応率分布計算位置 | 89 |
| 図6.1.1-1 ZPPR-9反応率分布C/E値の比較 | 90 |
| 図6.1.1-2 ZPPR-13A反応率分布C/E値の比較 | 91 |
| 図6.1.1-3 ZPPR-17A F49反応率分布C/E値の比較 | 92 |
| 図6.1.1-4 ZPPR-17A F25反応率分布C/E値の比較 | 93 |
| 図6.1.1-5 ZPPR-17A F28反応率分布C/E値の比較 | 94 |
| 図6.1.1-6 ZPPR-17A C28反応率分布C/E値の比較 | 95 |
| 図6.1.2-1 C28/F49反応率比C/E値の比較 | 96 |
| 図6.1.2-2 F25/F49反応率比C/E値の比較 | 97 |
| 図6.1.2-3 F28/F49反応率比C/E値の比較 | 98 |
| 図6.2.1-1 Stanford-Robinson実験によるC28反応のプレート内詳細分布 | 99 |
| 図6.2.1-2 ZPPR-4炉心におけるプレート内詳細反応率分布の測定方法 | 100 |
| 図6.2.2-1 セルの非均質性に起因する詳細分布の再現法 | 101 |
| 図6.2.2-2 セルファクター計算における環境効果 | 102 |
| 図6.2.3-1 JUPITER-I SCFドロワ内反応率相対分布 | 103 |
| 図6.2.3-2 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-I、SCF) | 104 |
| 図6.2.3-3 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-I、DCF) | 105 |
| 図6.2.3-4 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-II、SCF) | 106 |
| 図6.2.3-5 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-II、DCF) | 107 |
| 図6.2.3-6 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-III、SCF) | 108 |
| 図6.2.3-7 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-III、DCF) | 109 |
| 図6.2.4-1 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I、SCF、C28) | 110 |
| 図6.2.4-2 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I、SCF、F28) | 111 |
| 図6.2.4-3 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I、DCF、C28) | 112 |
| 図6.2.4-4 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I、DCF、F28) | 113 |
| 図6.2.4-5 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I、SCF、C28) | 114 |
| 図6.2.4-6 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I、SCF、F28) | 115 |

| | |
|---|-----|
| 図6.2.4-7 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I、DCF、C28) | 116 |
| 図6.2.4-8 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I、DCF、F28) | 117 |
| 図6.3.1-1 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響 (JZPPR-9、F28、X方向) | 118 |
| 図6.3.1-2 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響 (JZPPR-9、C28、X方向) | 118 |
| 図6.3.1-3 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響 (JZPPR-13A、F28、X方向) | 119 |
| 図6.3.1-4 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響 (JZPPR-13A、C28、X方向) | 119 |
| 図6.3.1-5 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響 (ZPPR-17A、F28、X方向) | 120 |
| 図6.3.1-6 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響 (ZPPR-17A、C28、X方向) | 120 |
| 図6.3.1-7 セルファクターの見直しによるF28反応率分布への影響 | 121 |
| 図6.3.1-8 セルファクターの見直しによるC28反応率分布への影響 | 122 |
| 図6.3.2-1 セルファクターの見直しによるF28/F49反応率比への影響 | 123 |
| 図6.3.2-2 セルファクターの見直しによるC28/F49反応率比への影響 | 124 |
| 図6.4-1 ブランケット領域におけるF49反応率の過小評価 (ZPPR-13A) | 125 |
| 図7-1(1) ZPPR-9炉心のNaボイド反応度測定領域 | 136 |
| 図7-1(2) ZPPR-9炉心のNaボイド反応度測定ステップ | 137 |
| 図7-2(1) ZPPR-10A、10B炉心のNaボイド反応度測定領域 | 138 |
| 図7-2(2) ZPPR-10A炉心のNaボイド反応度測定ステップ | 139 |
| 図7-2(3) ZPPR-10B炉心のNaボイド反応度測定ステップ | 140 |
| 図7-3 ZPPR-10D炉心：Naボイド反応度測定領域 | 141 |
| 図7-4 ZPPR-13A炉心のNaボイド反応度測定領域 (-Half 1-) | 142 |
| 図7-5(1) Locations of Sodium Void Worth Measurements in ZPPR-17A | 143 |
| 図7-5(2) Sequence of Sodium Void Worth Measurements in ZPPR-17A | 144 |
| 図7.1-1 Naボイド反応度C/E値のライブラリ間の比較 | 145 |
| 図7.1-2 Naボイド反応度の漏洩成分と非漏洩成分のライブラリ間の比較 | 146 |
| 図7.1-3 Naボイド反応度における断面積差による寄与 (ZPPR-9 Step3) | 147 |
| 図7.1-4 Naボイド反応度の主要感度係数 (ZPPR-9 Step5) | 148 |
| 図7.2.2-1 Naボイド反応度の輸送補正方法の違いによるC/E値の比較 | 149 |
| 図7.2.2-2 Naボイド反応度における各成分輸送補正の体系間の比較 | 150 |
| 図7.3-1 Naボイド反応度漏洩成分におけるZPPR-9とZPPR-13Aとの比較 | 151 |

| | |
|---|-----|
| 図8-1 ZPPR-9炉心の制御棒配置 | 156 |
| 図8-2 ZPPR-10A、10B、10C炉心の制御棒配置 | 157 |
| 図8-3 ZPPR-10D炉心の制御棒配置 | 158 |
| 図8-4 ZPPR-13A炉心の制御棒配置 | 159 |
| 図8-5 Control Positions used in ZPPR-17A Measurements. | 160 |
| 図8-6 Control Rod Locations in ZPPR-18 | 161 |
| 図8.1-1 ZPPR-9制御棒価値C/E値におけるライブラリ間の比較 | 162 |
| 図8.1-2 ZPPR-9制御棒価値における断面積差による寄与とその異なる パターン間の比較 | 163 |
| 図8.1-3 断面積差による寄与に関する制御棒価値空間依存性と反応率分布との比較 | 164 |
| 図8.1-4 ZPPR-10シリーズのバンクロッド価値C/E値におけるライブラリ間の比較 | 165 |
| 図8.1-5 ZPPR-13A制御棒価値C/E値におけるライブラリ間の比較 | 166 |
| 図8.1-6 JUPITER-Ⅲシリーズ制御棒価値C/E値におけるライブラリ間の比較 | 167 |
| 図9-1 ZPPR-13C炉心のHigh Pu240ゾーン置換反応度測定領域 | 170 |
| 図9.1-1 ZPPR-13C High Pu-240ゾーン置換反応度C/E値の比較 | 171 |
| 図9.1-2 ZPPR-13C High Pu-240ゾーン置換反応度における断面積差による寄与 (STEP3) | 172 |
| 図10.2-1 炉定数調整前後のC/E値(ケース1、84核特性、JENDL-3.2) | 202 |
| 図10.2-2 炉定数調整前後のC/E値(ケース2、84核特性、JENDL-2) | 203 |
| 図10.2-3 炉定数調整前後のC/E値(ケース3、88核特性、JENDL-3.2) | 204 |
| 図10.2-4 炉定数調整前後のC/E値(ケース4、88核特性、JENDL-2) | 205 |
| 図10.3-1 ライブラリ間の比較 (臨界性のC/E値、84核特性) | 206 |
| 図10.3-2 ライブラリ間の比較 (制御棒価値のC/E値、84核特性) | 206 |
| 図10.3-3 ZPPR-9 制御棒価値(Pair 1)のC/E値に対する核種・反応毎の寄与 | 207 |
| 図10.3-4 Pu-239核分裂断面積の調整量 | 208 |
| 図10.3-5 ZPPR-9 制御棒価値(Pair 1)に対するPu-239核分裂断面積の感度係数 | 208 |
| 図10.4-1 炉定数調整前後での実効増倍率のC/E値(88核特性) | 209 |
| 図10.4-2 FCA X-1 臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与(88核特性) | 210 |
| 図10.4-3 U-238平均散乱角余弦 μ の調整量(88核特性) | 211 |
| 図10.4-4 U-235核分裂断面積の調整量(88核特性) | 211 |
| 図10.4-5 ZPPR-9 臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与(JENDL-3.2) | 212 |
| 図10.4-6 ZPPR-9 臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与(JENDL-2) | 213 |
| 図10.4-7 Pu-239核分裂断面積の調整量(84核特性) | 214 |
| 図10.4-8 Pu-239核分裂断面積の調整量(88核特性) | 214 |
| 図11-1 解析の高度化による各核特性 χ^2 値の推移 | 218 |

第1章 緒言

第1章 緒言

高速増殖炉（FBR）の研究開発において、炉心の核特性解析技術を高度化し、核設計精度を向上させることは、原子炉の安全性を確保しつつ、合理的で高性能な炉心を設計するためにきわめて重要である。これまで、動燃事業団ではFBR炉物理研究として、実験炉「常陽」に対するFCA実験、原型炉「もんじゅ」に対するMOZART実験、大型炉心に対するJUPITER実験などの臨界実験解析、「常陽」の実機性能試験及び照射後試験解析などを通じて、FBR炉心の核特性解析技術を高度化するための研究が長年にわたって続けられてきた。

現在、大洗工学センター基盤技術開発部では、これまでに蓄積されてきたこれらの豊富なFBR炉物理研究の成果を集大成し、大型FBRのための「核設計基本データベース」として整備する作業が進められている。本報告書はこの作業の一環として行われたJUPITER実験解析の高度化について説明する。具体的には、数々のベンチマークに基づき改訂の行われた最新断面積ライブラリ、及び、計算機能力の向上に伴い、より近似モデルの使用を廃した新しい解析手法の導入による解析結果への影響を評価し、両者の有効性の判断を行うことを第一の目的とする。なお、最新断面積ライブラリ、及び新しい解析手法の導入による解析結果の詳細については、別途とりまとめが行われている文献24-1を参考にされたい。

次に、実験結果と最新の解析結果との比較を行い、両者の相違と考えうる誤差要因との相対比較を行い、相違が容認できるものかどうかの判断を行う。実験値と解析値の相違は次の3つの誤差要因から構成されるという方針である。

- ①実験誤差：実験の測定誤差である。組成分析誤差や炉心寸法誤差等の実験体系に関連する誤差も含まれる。
- ②解析誤差：解析手法、モデル化法に起因する誤差である。
- ③断面積誤差：核反応断面積の不確かさ（共分散）に起因する誤差で、具体的には、共分散行列Mと感度係数行列Gの積 $G^t M G$ の平方根である。

もし、実験値と解析値の相違がこれら3つの和（正確には2乗和の平方根）以上であれば、実験値、解析値、断面積値とそれらの誤差のいずれかの評価に問題があると考える。そして、我々の立場としては、解析値とその誤差、すなわち、解析手法を中心に検討を行うことになる。検討を行っても解決されない場合には、実験側と、断面積評価側に問題提起を行うこととなる。

更に、実験値と解析値の相違が3つの誤差の和の範囲内であっても、炉心間、あるいは核特性間にその相違の原因に関する整合性（系統性）がなければならない。例えば、ある実験シリーズにおいて、反応率の絶対較正に誤りがあれば、その実験シリーズにお

ける反応率実験値は解析値に対し、系統的なずれを生じさせることが予想される。解析側でモデル化が不十分であれば、やはり、解析値は実験値に対し、バイアスのかかったものとなるであろう。そして、それらのことを念頭に置いて実験結果と解析結果の評価を行うこととしている。また、断面積のずれに関しても同様のことが言えるが、この評価は炉定数調整により整合性を確認することができ、更に、断面積評価側にフィードバックすることも可能である。

なお、本報告書では、第2章でJUPITER実験の概要とその解析方法について、第3章では最新の断面積ライブラリJENDL-3.2の概要について、第4章から第9章までは、臨界性、ドップラー反応度、反応率分布・反応率比、Naボイド反応度、制御棒価値、High Pu-240ゾーン置換反応度といった、それぞれの核特性解析における断面積ライブラリの改訂と解析手法の高度化による影響についての評価結果を、第10章では解析の高度化により得られた解析結果を基に炉定数調整を行い、解析値と実験値のずれに対する断面積に起因する誤差の整合性評価を行い、第11章で以上のことをまとめた。また、執筆については、第10章を横山が、それ以外の章を杉野が担当し、全体とりまとめは杉野が行った。

第2章 JUPITER実験の概要と従来の実験解析手法

第2章 JUPITER実験の概要と従来の実験解析手法

2.1 JUPITER計画の全体概要

JUPITER計画(Japanese-United States Program of Integral Tests and Experimental Researches)は、動力炉・核燃料開発事業団と米国エネルギー省(DOE)との共同研究による大型高速増殖炉の臨界実験であり、大型高速炉の炉心設計と各設計手法の評価に必要な情報を得ることを目的としている。実験はPuを約3t有する米国アルゴンヌ国立研究所(ANL)の高速臨界実験装置ZPPR(Zero Power Plutonium Reactor)を用いて行われた。そして、1978年から1989年までフェーズI,II,III,Ioの4つのシリーズに分けて実施された。実験の全体概要を表2.1-1にまとめる。また、各炉心の形式、サイズ、構成を表2.1-2に、実験の測定項目概要を表2.1-3にそれぞれ示す。

JUPITER-I実験は電気出力60～80万kWe相当の内側炉心と外側炉心の2領域均質炉心のベンチマーク実験(ZPPR-9,10)であり、1978年4月から1979年9月にわたって実施された。ZPPR-9,10の炉心配置を図2.1-1に、ドロワ構成を図2.1-2にそれぞれ示す。

JUPITER-II実験は電気出力65万kWe相当の径方向非均質炉心のベンチマーク実験(ZPPR-13)であり、1982年8月から1984年5月にわたって実施された。ZPPR-13の炉心配置を図2.1-3に、ドロワ構成を図2.1-4にそれぞれ示す。炉心の基本構成は炉心中心に内部プランケット領域を配置し、その周りを3層の燃料領域と2層のプランケット領域が交互に取り巻かれたものであり、これは当時の径方向非均質炉心設計の最も一般的な考え方に基づいている。

JUPITER-III実験は電気出力65万kWe相当の軸方向非均質(ZPPR-17)及び100万kWe相当の2領域均質炉心(ZPPR-18)のベンチマーク実験であり、1987年1月から同年12月にわたって実施された。ZPPR-17,18の炉心配置を図2.1-5に、ZPPR-17のドロワ構成を図2.1-6に、ZPPR-18のドロワ構成を図2.1-7にそれぞれ示す。これらの炉心概念は電力会社の高速増殖炉タンク型炉及びループ型炉合理化設計研究でそれぞれ標準炉心に設定されたものに準じている。ZPPR-17は炉心中央部に厚さ30cmの円盤状の内部プランケット領域が設けられている。ZPPR-18は当時の実証炉のフルサイズ模擬を意図したもので、Pu2.5t及びU-235 1.2tを併用して体積8,500 lの炉心を構築したものであり、世界の臨界実験至上最大のサイズとなっているが、Pu燃料の不足を補うため、それまでのJUPITER実験とは異なり、外側炉心領域に濃縮ウランのセクター領域を設けざるを得なかった。

JUPITER-Io実験は電気出力100万kWe相当で、大型炉における核的デカップリングの評価及び上記ZPPR-18における濃縮ウラン領域のセクター効果の把握を目的とした2領域均質炉心(ZPPR-19)であり、1988年1月から同年2月にかけて実施された。ZPPR-19の炉心

配置を図2.1-8に示す。

2.2 JUPITER標準解析手法

JUPITER標準解析手法は高速炉用のABBN型70群炉定数セットを出発点としており、従来は評価済核データライブラリJENDL-2(3-1, 16, 17)に基づく炉定数セットJFS-3-J2(3-2, 18)を用いた解析であった。ABBN型炉定数は各核種・反応の無限希釈断面積と自己遮蔽因子(f-table)から構成される。自己遮蔽因子はその核種に対するバックグランド断面積と温度の関数であり、それぞれ空間自己遮蔽とエネルギー自己遮蔽を考慮するために必要である。70群構造、及び、標準的な縮約群として用いられる18群と7群構造を表2.2-1に示す。

炉定数セットを基にした標準的な解析手法は以下の通りである。一連の解析スキームを図2.2-1に示す。

格子計算の特徴として、1次元スラブ体系プレートストレッチモデル、実効断面積作成においてプレートの非均質性を詳細に考慮することのできるTone氏の手法に基づくバックグランド断面積の計算、臨界バックリングの使用等がある。そして、Benoistの異方性拡散係数を計算し、中性子のストリーミング効果を考慮している。炉心計算では、Benoistの異方性拡散係数使用による3次元XYZ体系18群拡散計算を基準とし、最善評価値を得るために以下の補正を行っている。

- ・輸送補正（同じ断面積を用いた拡散計算と輸送計算による核特性値の比または差、3次元XYZ体系S_N法）
- ・メッシュ補正（有限差分拡散計算におけるメッシュ誤差の補正）
- ・AMM補正（平均組成に基づく核特性値に対する各ドロワ組成の違い考慮による値の比または差）
- ・マルチドロワ補正（異なるタイプのドロワが接することにより生じる中性子勾配に起因する非均質性への影響を考慮するため）
- ・非対称セル補正（原則として、炉心計算は1ドロワ1メッシュ計算だが、JUPITER-Iではドロワが左右対称でなく、Feを多く含むサイドと、Uを多く含むサイドが存在し、そのセル非対称性考慮の有無による核特性値への影響を評価するため）
- ・その他（Na重量補正、Pu-241崩壊補正、温度補正、領域別核分裂スペクトル）

2.3 従来解析手法の問題点

ここでは、断面積ライブラリとしてJENDL-2を用いたこれまでの解析結果の現状、問題点について整理する。図2.3-1に各体系の各核特性C/E値を、図2.3-2に核特性の χ^2 値をそれぞれ示す。図2.3-1では参考までに実験解析誤差と断面積の共分散に起因する誤差（断面積誤差）が区別できるような表示となっており、たとえ、C/E値のからのずれが

実験解析誤差よりも大きくても、断面積誤差の範囲内であれば、第10章で詳しく述べる炉定数調整によりC/E値を1.0付近（ χ^2 値を1.0以下にする）に移動させることができることを意味する。なお、ここでは解析結果に関する現状を整理することが目的であるため、各核特性の詳細な情報は割愛することとする。更に、単に誤差と記述した場合は、上記3つの誤差の和である。

まず、C/E値の観点から各核特性毎の解析結果の現状、問題点を列挙する。

- ・臨界性：実験シリーズを通じて、系統的にわずかな過小評価が見られるが、誤差の範囲内である。実験解析誤差は非常に小さいが、C/E値の1.0からのずれと比較して断面積誤差が大きく、炉定数調整によりC/E値の移動の大きいことが予想される。
- ・ドップラー反応度：約20%の過小評価である。誤差自体も大きいが、自己遮蔽因子の炉定数調整を行なってもC/E値を1.0付近にすることはできないと予想される。ただし、自己遮蔽因子の炉定数調整における誤差評価は今後検討が必要であるため、ここでは参考程度としておく。
- ・F49（Pu-239核分裂）反応率分布：数%過大評価である。断面積誤差が少ないため、炉定数調整を行ってもあまりよい結果が得られず、過大評価の残ることが予想される。
- ・C28/F49反応率比（Pu-239核分裂に対するU-238捕獲反応率比）：約5%過大評価である。炉定数調整により、若干解消されることが予想されるものの、過大評価の残ることが予想される。
- ・F25/F49反応率比（Pu-239核分裂に対するU-235核分裂反応率比）：1.0からのずれは実験解析誤差範囲内である。特に問題は見られない。
- ・Naボイド反応度：20～40%と大きな過大評価が見られる。実験解析誤差が他の核特性と比較して特に大きいが、それを上回る過大評価である。更に、断面積誤差を加えても、C/E値の1.0からのずれはなおも上回っており、炉定数調整を行ってもC/E値が1.0付近になることは期待できないことが予想される。
- ・制御棒価値：炉中心、リング1で約10%の過小評価が見られ、更に、リング2ではほぼ1.0となっていることから、顕著な径方向依存性の見られることが分かる。過小評価は誤差の範囲内ではなく、炉定数調整を行ってもあまり改善の見られないことが予想される。
- ・High Pu-240ゾーン置換反応度：約20%の過小評価であるが、感度係数の大きいこと

に起因して、断面積誤差の非常に大きな核特性であり、炉定数調整により効果的なC/E値の改善が期待できる。

次に、 χ^2 値を用いて現状、問題点を挙げて行くが、それに先だって、 χ^2 の定義について簡単に説明する。

各核特性の核特性解析結果に関する χ^2 値は以下の式により定義される。

$$\chi^2 = \left(\frac{C - \bar{C}}{\sigma_0} \right)^2 \quad (2.1)$$

ここで、

C : 解析値

\bar{C} : 解析の期待値

σ_0 : 母集団の標準偏差（絶対値）

解析値 C をC/E値で表現すると、その期待値は1.0であり、また、C/E値の1.0からのずれの原因として、実験誤差 σ_e 、解析誤差 σ_m 、断面積の共分散 M に起因する誤差 σ_x （=GMG、Gは感度係数）が想定される。その条件の下、 χ^2 を書き改めると次式が導かれる。

$$\chi^2 = \left(\frac{C - \bar{C}}{\sigma_0} \right)^2 = \left(\frac{C \left(1 - \frac{\bar{C}/E}{C/E} \right)}{\sigma \cdot C} \right)^2 = \left(\frac{1 - (C/E)^{-1}}{\sigma} \right)^2 \quad (2.2)$$

ただし、

σ : 母集団の標準偏差（解析値の相対値）

であり、更に、

$$\sigma^2 = \sigma_e^2 + \sigma_m^2 + \sigma_x^2 \quad (2.3)$$

を満たす。

(2.2)式から明らかなように、 χ^2 値はC/E値の1.0からのずれ具合を σ を尺度にして表現したものであることが分かる。すなわち、 χ^2 が1.0よりも大きいことは、その核特性のC/E値の1.0からのずれが実験誤差、解析誤差、断面積誤差の和を越えていることを意味する。

- ・臨界性：いずれの体系も1.0以下であり、特に問題は見られない。

- ・ドップラー反応度： χ^2 値が5を越えており、明らかとなっている誤差以外の原因が考えられる。ただし、前述したように断面積誤差、すなわち、自己遮蔽因子の不確かさに基づく誤差は暫定評価であり、今後、検討の必要がある。

- ・反応率分布：やや、1.0を上回っている。

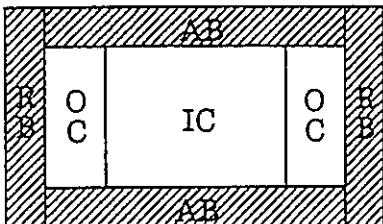
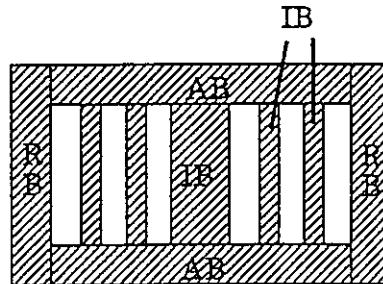
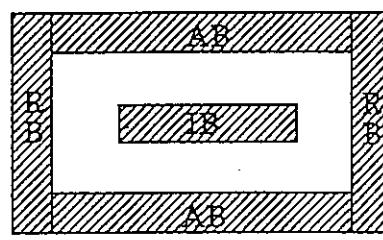
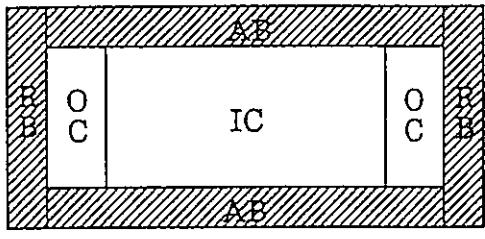
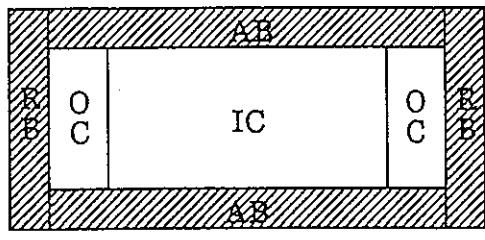
- ・反応率比：C28/F49、F25/F49反応率比ともほぼ1.0以下であるといえる。
- ・Naボイド反応度：ZPPR-17Aを除いて大きく1.0を上回っている。
- ・制御棒価値：リング2を除いて大きく1.0を上回っている。
- ・High Pu-240ゾーン置換反応度：1.0以下であり、問題は見られない。

以上のデータより、従来のJENDL-2に基づくJUPITER標準解析手法による解析結果は次の核特性について、3つの誤差要因では説明できない問題が見られることが分かる。

- ・ドップラー反応度C/E値の約20%の過小評価
- ・F49反応率分布、制御棒価値C/E値の径方向依存性（分布特性の評価）
- ・Naボイド反応度の30~40%の過大評価
- ・制御棒価値の10%の過小評価（但し、制御棒価値のC/E値は径方向依存性を示しており、外側へ行くに従い上昇する。）

これらの核特性C/E値に対しては、何らかの解析方法、あるいは実験方法の見直し等により、再検討が望まれる。次章では、解析手法の高度化として、最新の断面積ライブラリJENDL-3.2の使用による解析結果の改善について述べることとする。

表2.1-1 JUPITER実験の全体概要

| シリーズ | 炉心イメージ | 模擬対象 | 実験期間 |
|-------------|--|--|--------------------------------|
| JUPITER-I |  | 60万~80万 kWe級 2領域均質炉心 | 1978年4月 ~1979年9月 (1年5ヶ月) |
| JUPITER-II |  | 65万kWe級 径方向 非均質炉心 | 1982年8月 ~1984年5月 (1年9ヶ月) |
| JUPITER-III |   | 65万kWe級 軸方向 非均質炉心 100万kWe級 2領域均質炉心 | 1987年1月 ~1987年12月 (1年) |
| JUPITER-Io |  | 100万 kWe級 2領域均質炉心 | 1988年1月 ~1988年2月 (2ヶ月) |



炉心

IC : 内側炉心

OC : 外側炉心



プランケット

IB : 内部プランケット

AB : 軸方向プランケット

RB : 径方向プランケット

表2.1-2 JUPITER実験の炉心分類

| 炉心型式 サ イ ズ・構 成 | 600~650MWe級 | | | 800MWe級 | | | 1000MWe級 | | |
|-------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------|-------------------------------|--|----------|----------------------------------|---|
| | クリーン | CRP | CR+CRP | クリーン | CRP | CR+CRP | クリーン | CRP | CR+CRP |
| 均質炉心 | 9 | 10A (19) | 10B*1) (7全挿入 + 12) | - | 10C (19) 10D*1) (31) | 10D/1*1) (1全挿入 + 30) 10D/2*1) (6全挿入 + 25) | - | 18A*2) (24) 19B*3) (24) | 18B*2) (18半挿入 + 6) 18C*2) (17半挿入 + 6) 19A*2) (6全挿入 + 18) |
| 軸非均質炉心 | 17A | 17B (25) | 17C (13半挿入 + 12) | - | - | - | - | - | - |
| 径非均質炉心 | 13A 13B/1 13B/2 13C | 13B/3 (24) 13B/4 (30) | | - | - | - | - | - | - |

()内の数値は、「CRP本数」または「CR本数+CRP本数」

*1) 燃料の一部スパイクあり。

*2) 濃縮ウランをセクタ型で使用。

*3) 濃縮ウランとPuを混合してゾーン型で使用。

表2.1-3 JUPITER実験の測定項目概要

| 測定項目 | JUPITER-I | | | | | JUPITER-II | | | JUPITER-III | | | | | | JUPITER-Io | |
|----------------|-----------|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|
| | 9 | 10A | 10B | 10C | 10D | 13A | 13B | 13C | 17A | 17B | 17C | 18A | 18B | 18C | 19A | 19B |
| (1)臨界性 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| (2)反応率分布及び反応率比 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | - | ○ |
| (3)制御棒価値 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | - | ○ | ○ |
| (4)Naボイド反応度 | ○ | ○ | ○ | - | ○ | ○ | - | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | ○ |
| (5)サンプル反応度 | ○ | ○ | ○ | - | - | ○ | - | ○ | ○ | - | - | - | - | - | - | - |
| (6)ドップラー反応度 | ○ | - | - | - | - | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| (7)ガンマ発熱 | ○ | - | - | - | ○ | ○ | ○ | - | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | - | - | - |
| (8)中性子スペクトル | ○ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

表2.2-1 高速炉用定数セットJFS-3-J3.2およびJFS-3-J2のエネルギー群構造とJUPITER実験解析で採用する少数エネルギー群構造

| Group | | | Upper energy | Lower energy | Lethargy Width | Pu-239 Fission Spectrum | |
|-------|-----|-----|---------------|----------------|----------------|-------------------------|------------|
| 7G | 18G | 70G | | | | JENDL-3.2 | JENDL-2 |
| 1 | 1 | 1 | 10.0 (MeV) | 7.7880 (MeV) | 0.250 | 6.7563E-03 | 8.3498E-03 |
| | 2 | | 7.7880 | 6.0653 | 0.250 | 2.0776E-02 | 2.2710E-02 |
| 2 | 3 | 5 | 6.0653 | 4.7237 | 0.250 | 4.5128E-02 | 4.5869E-02 |
| | 4 | 4 | 4.7237 | 3.6788 | 0.250 | 7.5223E-02 | 7.3294E-02 |
| 3 | 6 | 7 | 3.6788 | 2.8650 | 0.250 | 1.0288E-01 | 9.7428E-02 |
| | 8 | 8 | 2.8650 | 2.2313 | 0.250 | 1.1999E-01 | 1.1210E-01 |
| 4 | 9 | 10 | 2.2313 | 1.7377 | 0.250 | 1.2243E-01 | 1.1520E-01 |
| | 10 | | 1.7377 | 1.3534 | 0.250 | 1.1226E-01 | 1.0837E-01 |
| 5 | 11 | 12 | 1.3534 | 1.0540 | 0.250 | 9.5183E-02 | 9.5137E-02 |
| | 13 | | 1.0540 | 0.82085 | 0.250 | 7.7814E-02 | 7.9137E-02 |
| 6 | 14 | 15 | 0.82085 | 0.63928 | 0.250 | 6.0822E-02 | 6.3114E-02 |
| | 16 | 17 | 0.63928 | 0.49787 | 0.250 | 4.5993E-02 | 4.8710E-02 |
| 7 | 18 | 19 | 0.49787 | 0.38774 | 0.250 | 3.3801E-02 | 3.6643E-02 |
| | 20 | 21 | 0.38774 | 0.30197 | 0.250 | 2.4291E-02 | 2.7021E-02 |
| 8 | 22 | 23 | 0.30197 | 0.23518 | 0.250 | 1.7212E-02 | 1.9618E-02 |
| | 24 | 25 | 0.23518 | 0.18316 | 0.250 | 1.2080E-02 | 1.4072E-02 |
| 9 | 26 | 27 | 0.18316 | 0.14264 | 0.250 | 8.4245E-03 | 9.9987E-03 |
| | 28 | | 0.14264 | 0.11109 | 0.250 | 5.8271E-03 | 7.0524E-03 |
| 10 | 29 | 30 | 0.11109 (MeV) | 0.086517 (MeV) | 0.250 | 4.0659E-03 | 4.9459E-03 |
| | 31 | | | | | | |
| 11 | 32 | 33 | 86.517 (KeV) | 67.379 (KeV) | 0.250 | 2.8177E-03 | 3.4531E-03 |
| | 34 | | 67.379 | 52.475 | 0.250 | 1.9453E-03 | 2.4025E-03 |
| 12 | 35 | 36 | 52.475 | 40.868 | 0.250 | 1.3412E-03 | 1.6671E-03 |
| | 37 | | | | | | |
| 13 | 38 | 39 | 40.868 | 31.828 | 0.250 | 9.2389E-04 | 1.1543E-03 |
| | 40 | | 31.828 | 24.788 | 0.250 | 6.3601E-04 | 7.9794E-04 |
| 14 | 41 | 42 | 24.788 | 19.305 | 0.250 | 4.3739E-04 | 5.5087E-04 |
| | 43 | | 19.305 | 15.034 | 0.250 | 3.0039E-04 | 3.7995E-04 |
| 15 | 44 | 45 | 15.034 | 11.709 | 0.250 | 2.0594E-04 | 2.6185E-04 |
| | 46 | | 11.709 | 9.1188 | 0.250 | 1.4208E-04 | 1.8035E-04 |
| 16 | 47 | 48 | 9.1188 | 7.1017 | 0.250 | 9.8079E-05 | 1.2416E-04 |
| | 49 | | 7.1017 | 5.5308 | 0.250 | 6.7423E-05 | 8.5444E-05 |
| 17 | 50 | 51 | 5.5308 | 4.3074 | 0.250 | 4.6342E-05 | 5.8784E-05 |
| | 52 | | 4.3074 | 3.3546 | 0.250 | 3.1845E-05 | 4.0433E-05 |
| 18 | 53 | 54 | 3.3546 | 2.6126 | 0.250 | 2.1874E-05 | 2.7806E-05 |
| | 55 | | 2.6126 | 2.0347 | 0.250 | 1.5026E-05 | 1.9120E-05 |
| 19 | 56 | 57 | 2.0347 | 1.5846 | 0.250 | 1.0311E-05 | 1.3146E-05 |
| | 58 | | 1.5846 | 1.2341 | 0.250 | 7.0733E-06 | 9.0376E-06 |
| 20 | 59 | 60 | 1.2341 (KeV) | 0.96112 (KeV) | 0.250 | 4.8576E-06 | 5.3758E-06 |
| | 61 | | | | | | |

| Group | | | Upper energy | Lower energy | Lethargy Width | Pu-239 Fission Spectrum | |
|-------|-----|-----|--------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------|
| 7G | 18G | 70G | | | | JENDL-3.2 | JENDL-2 |
| 6 | 15 | 38 | 961.12 (eV) | 748.52 (eV) | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 39 | | 748.52 | 582.95 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 40 | | 582.95 | 454.00 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 41 | | 454.00 | 353.58 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 42 | | 353.58 | 275.36 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 43 | | 275.36 | 214.45 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 44 | | 214.45 | 167.02 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 45 | | 167.02 | 130.07 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 46 | | 130.07 | 101.30 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 47 | | 101.30 | 78.893 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| 7 | 48 | | 78.893 | 61.442 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 49 | | 61.442 | 47.851 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 50 | | 47.851 | 37.267 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 51 | | 37.267 | 29.023 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 52 | | 29.023 | 22.603 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 53 | | 22.603 | 17.603 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 54 | | 17.603 | 13.710 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 55 | | 13.710 | 10.677 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 56 | | 10.677 | 8.3153 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 57 | | 8.3153 | 6.4760 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 58 | | 6.4760 | 5.0435 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 59 | | 5.0435 | 3.9279 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 60 | | 3.9279 | 3.0590 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 61 | | 3.0590 | 2.3824 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| 18 | 62 | | 2.3824 | 1.8554 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 63 | | 1.8554 | 1.4450 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 64 | | 1.4450 | 1.1254 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 65 | | 1.1254 | 0.87642 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 66 | | 0.87642 | 0.68256 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 67 | | 0.68256 | 0.53158 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 68 | | 0.53158 | 0.41399 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 69 | | 0.41399 | 0.32242 | 0.250 | 0.0 | 0.0 |
| | 70 | | 0.32242 (eV) | 10 ⁻⁵ (eV) | 10 ⁻⁵ | 0.0 | 0.0 |

表2.2-2 JUPITER標準解析手法における基準計算と補正計算

| 核特性 | 基準計算 | 補正計算 | | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|
| | | 空間メッシュ | 輸送理論 | AMM | マルチドロワ | 非対称セル*1 | その他 |
| 臨界性 | 3D XYZ 18G DIF | 3D XYZ 7G DIF | 3D XYZ 7G TRP | 3D XYZ 7G DIF | 3D XYZ 7G DIF | 3D XYZ 7G DIF | 体系温度、Pu-241崩壊 領域別核分裂スペクトル |
| ドップラー反応度 (ZPPR-9) | 2D RZ 70G DIF FOP | 2D RZ 18G TRP FOP | — | — | 3D XYZ 18G DIF FOP | — | 共鳴干渉 |
| ドップラー反応度 (ZPPR-13A) | 3D XYZ 70G DIF FOP | 3D XYZ 18G TRP FOP | — | 3D XYZ 18G DIF FOP | — | — | 共鳴干渉 |
| 反応率 | 3D XYZ 18G DIF | 3D XYZ 7G TRP | 3D XYZ 7G DIF | 3D XYZ 7G DIF | 3D XYZ 7G DIF | — | — |
| Naボイド 反応度 | 3D XYZ 70G DIF EP | 3D XYZ 18G TRP EP | — | — | 3D XYZ 18G DIF EP | — | Na重量 |
| 制御棒 反応度 | 3D XYZ 18G DIF DC | 3D XYZ 7G TRP DC | 3D XYZ 7G DIF DC | 3D XYZ 7G DIF DC | 3D XYZ 7G DIF DC | — | — |
| ゾーン置換 反応度 | 3D XYZ 18G DIF EP | 3D XYZ 7G TRP EP | 3D XYZ 7G DIF EP | — | — | — | — |

*1: JUPITER-Iシリーズのみ

※3D XYZ: 3次元XYZ体系

2D RZ: 2次元RZ体系

G: エネルギー群数

DIF: 拡散理論

TRP: 輸送理論（並行して同じ群定数を用いた拡散計算も行う）

FOP: 一次摂動計算

EP: 厳密摂動計算

DC: 直接計算

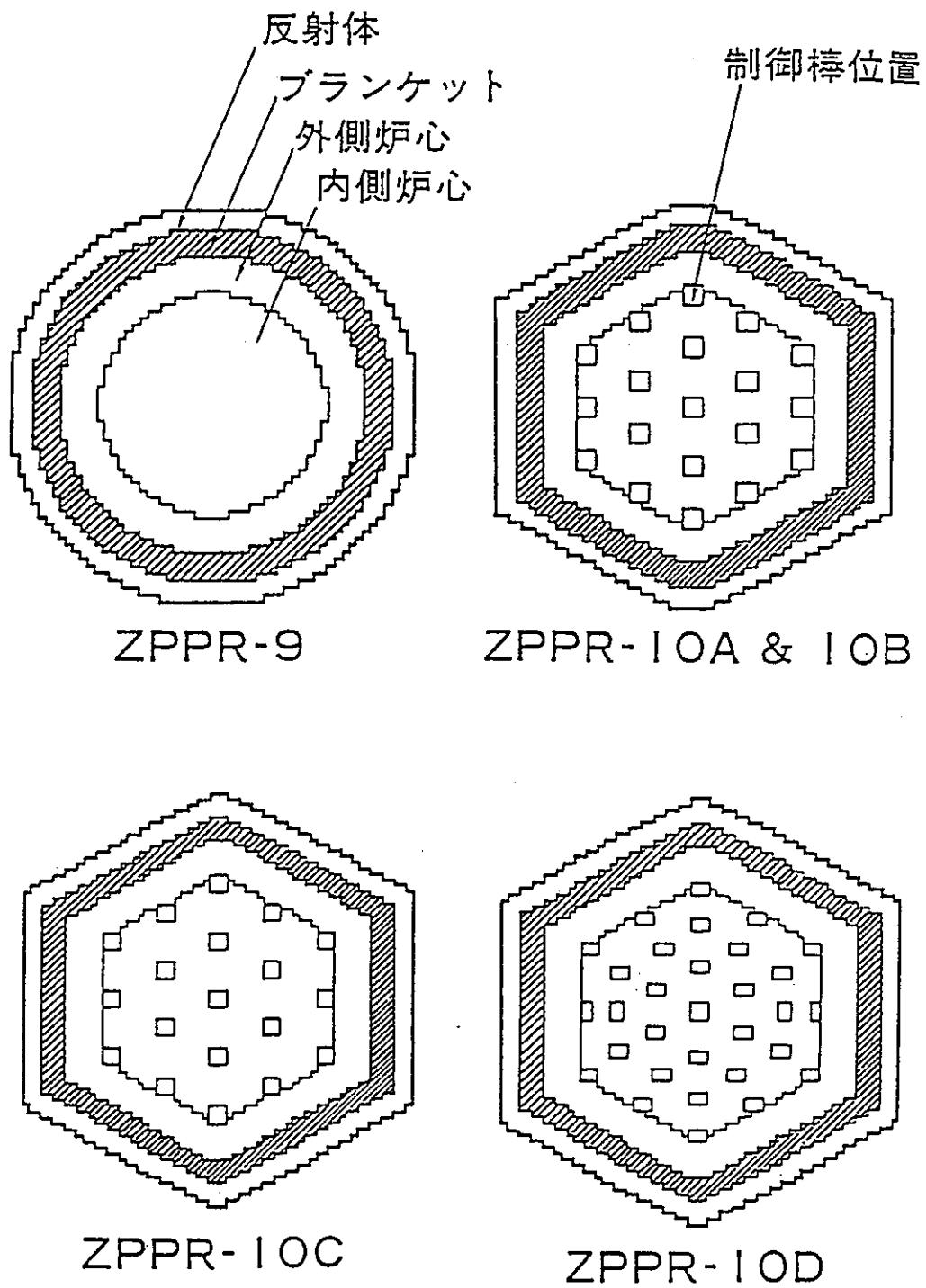
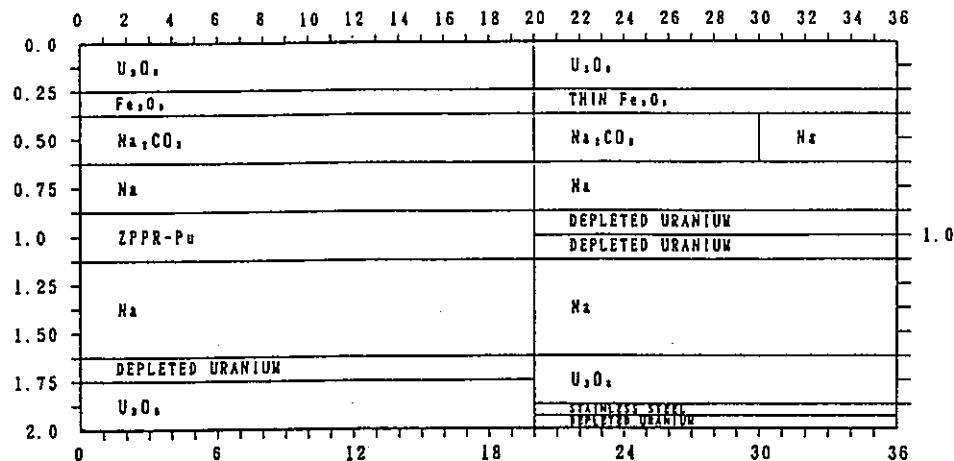
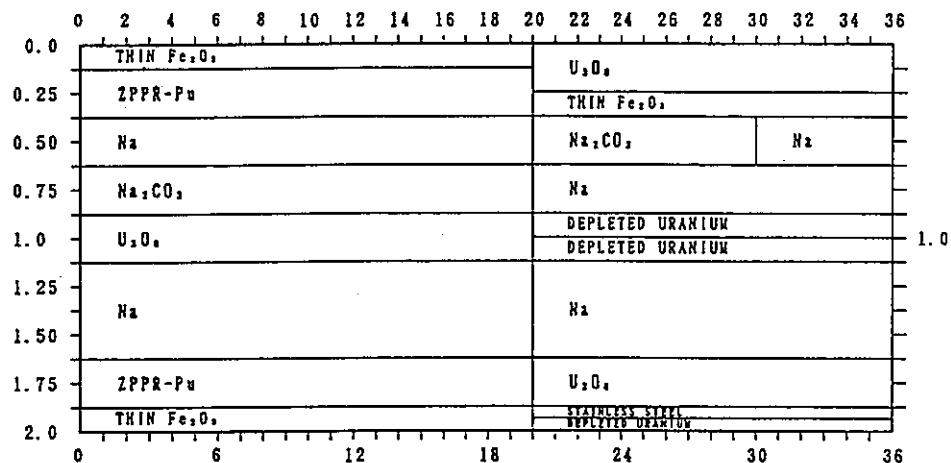


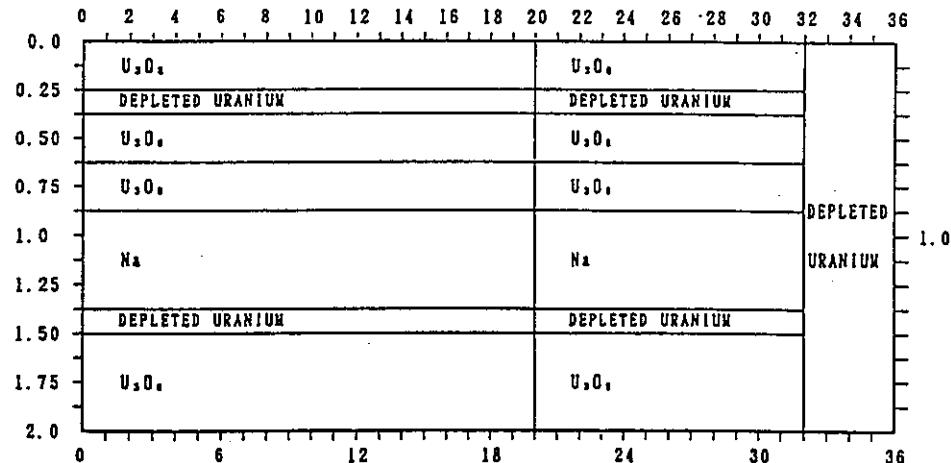
図2.1-1 JUPITER-I 実験の炉心配置



(a) Single-fuel-column drawer (SCF)

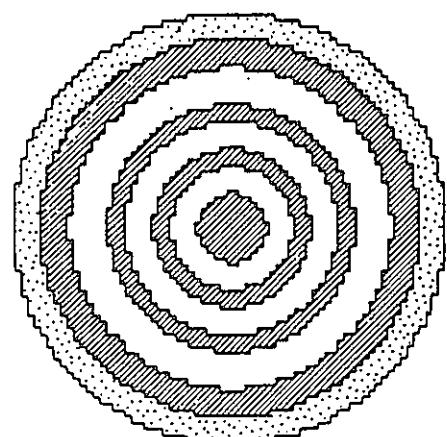


(b) Double-fuel-column drawer (DCF)

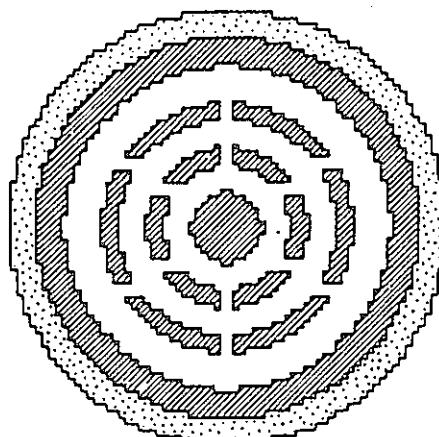


(c) Blanket drawer (RDB)

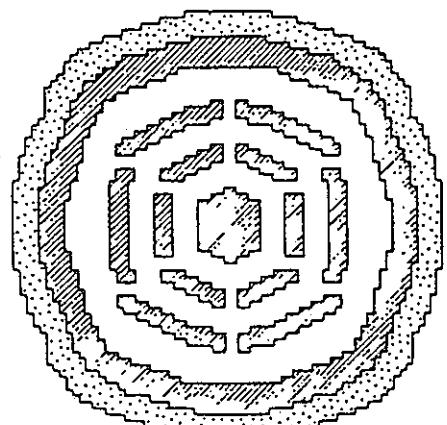
図2.1-2 JUPITER-I 実験の基本セルパターン



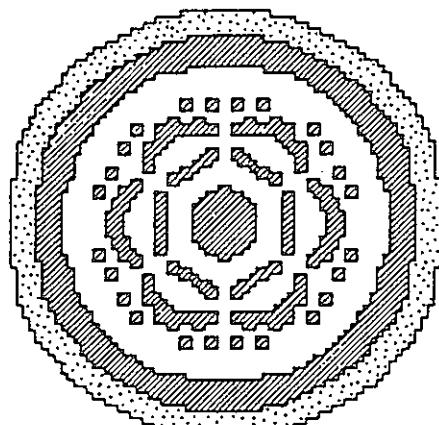
□ BLANKET □ REFLECTOR
ZPPR-13 A



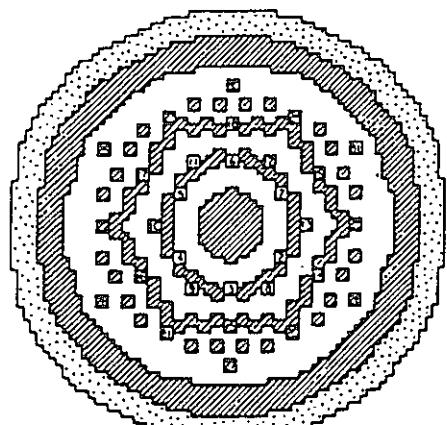
□ BLANKET □ REFLECTOR
ZPPR-13 B/I



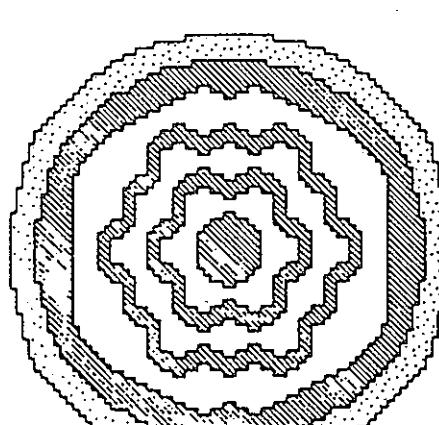
□ BLANKET □ REFLECTOR
ZPPR-13 B/2



□ BLANKET □ REFLECTOR
ZPPR-13 B/3

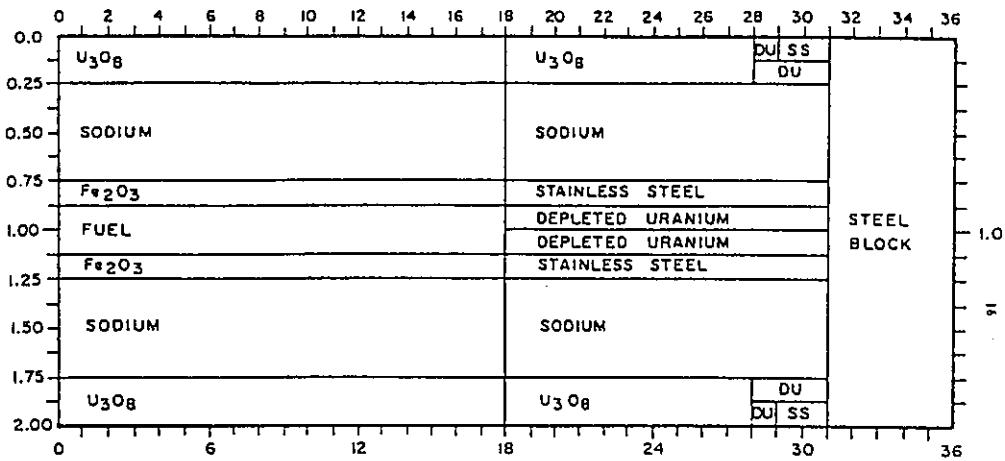


□ BLANKET □ REFLECTOR
□ CONTROL ADD POSITION
ZPPR-13 B/4

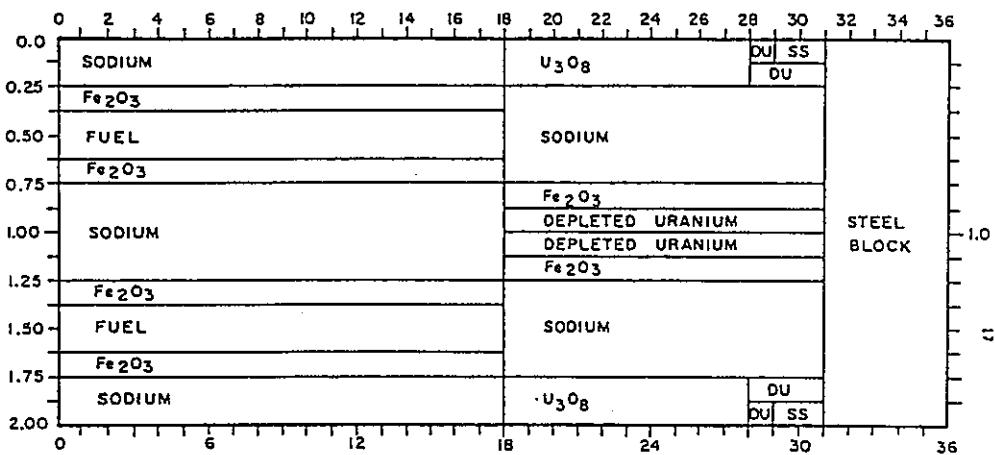


□ BLANKET □ REFLECTOR
ZPPR-13 C

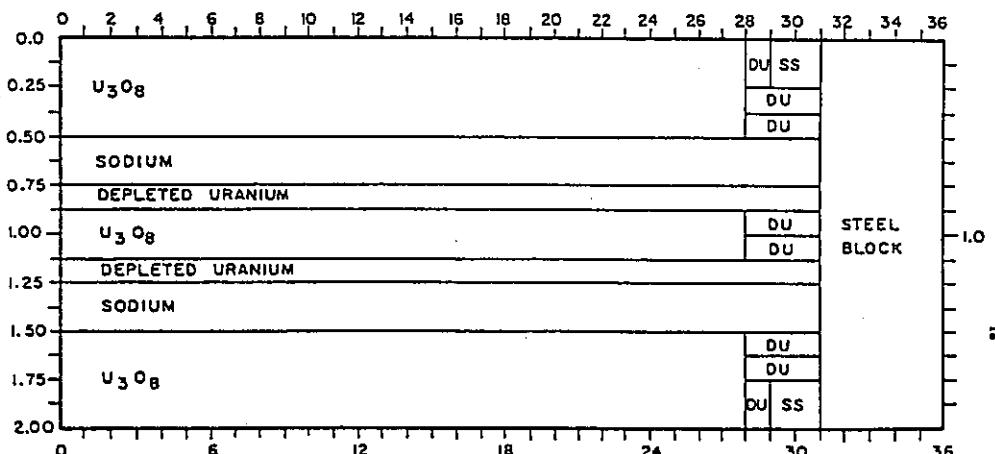
図2.1-3 JUPITER-II 実験の炉心配置



(a) Single-fuel-column drawer



(b) Double-fuel-column drawer



(c) Blanket drawer

図2.1-4 JUPITER-II 実験の基本セルパターン

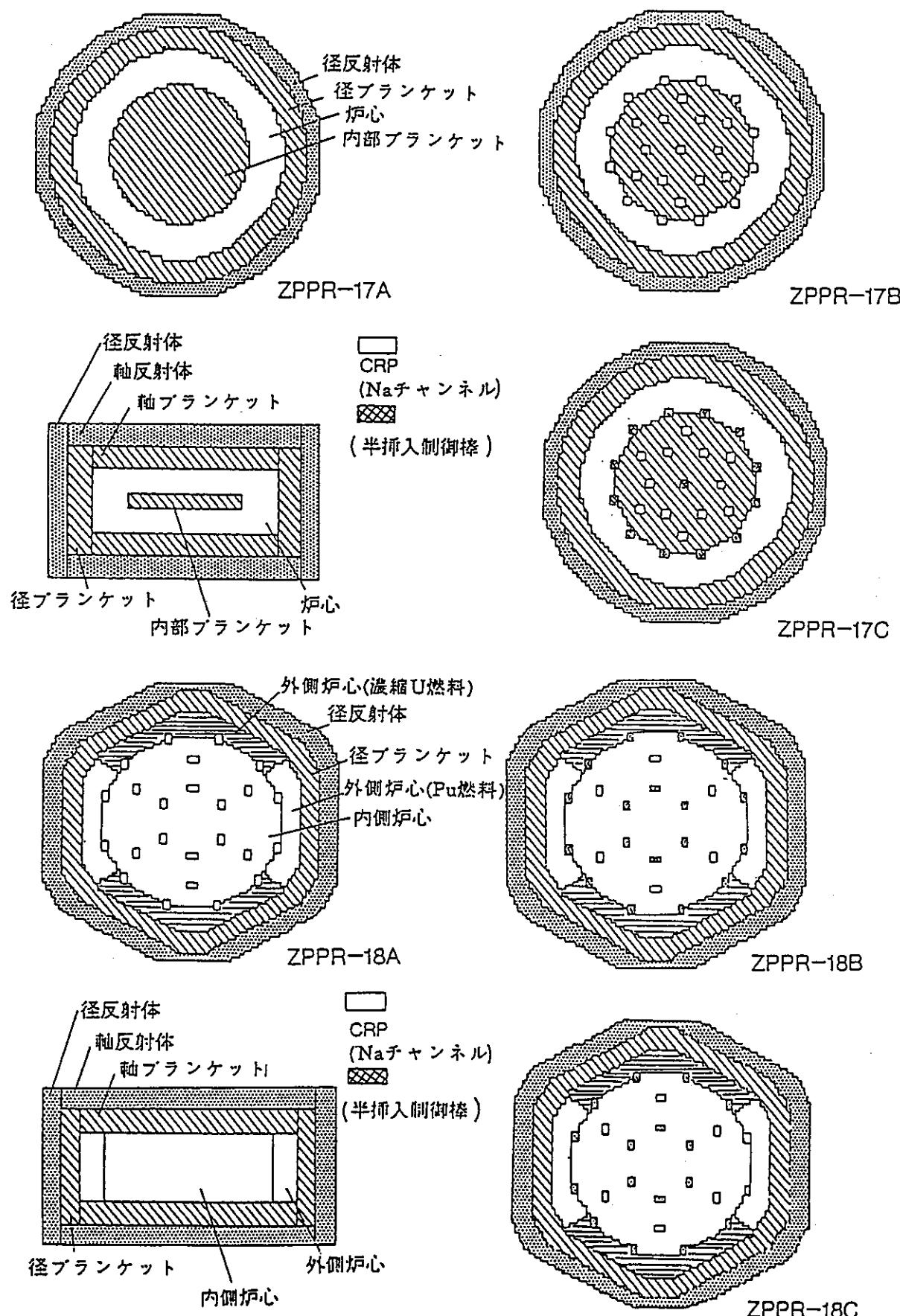
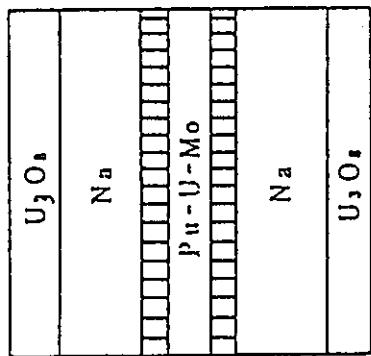
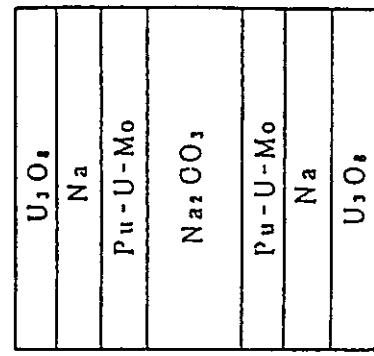


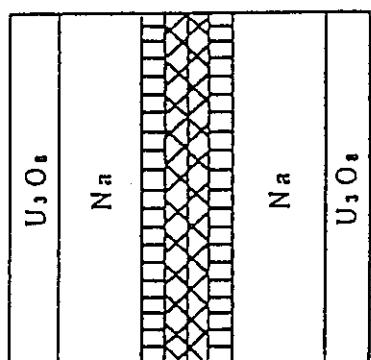
図2.1-5 JUPITER-III実験の炉心配置



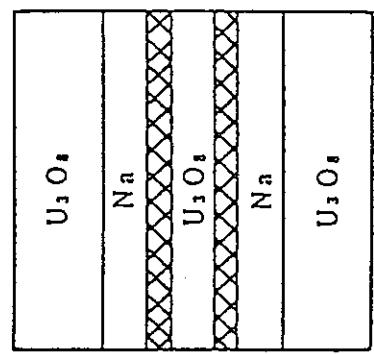
Core
Single column fuel



Core
Double column fuel



Internal blanket
Axial blanket



Radial blanket

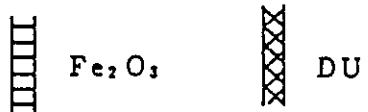


図2.1-6 ZPPR-17炉心の基本セルパターン

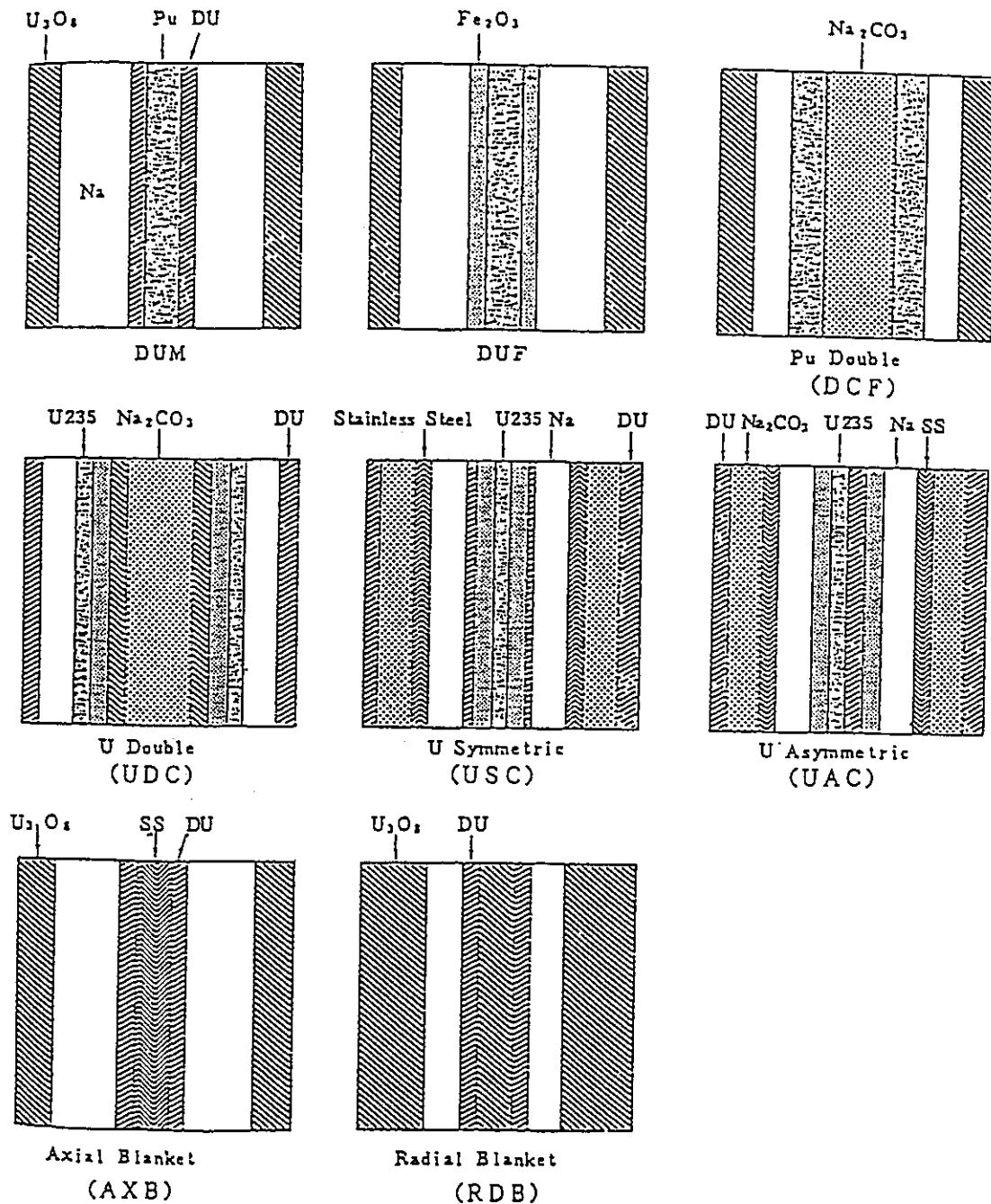
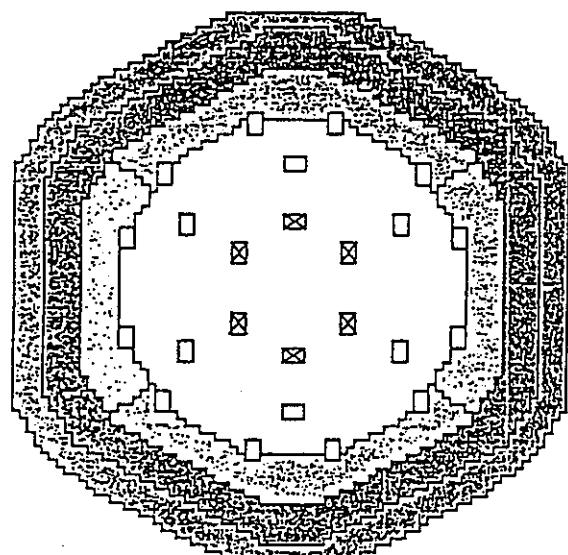
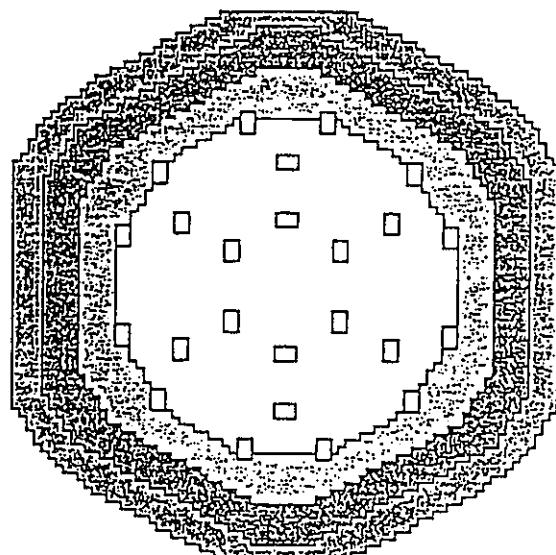


図2.1-7 ZPPR-18炉心の基本セルパターン



□ CRP
☒ CR (FULL - INSERTED)
□ INNER CORE □ OUTER CORE □ U - DRIVER
☒ BLANKET ☒ REFLECTOR

ZPPR-19A



□ CRP
□ INNER CORE □ OUTER CORE (Pu - U MIXED)
☒ BLANKET ☒ REFLECTOR

ZPPR-19B

図2.1-8 JUPITER-Io実験の炉心配置

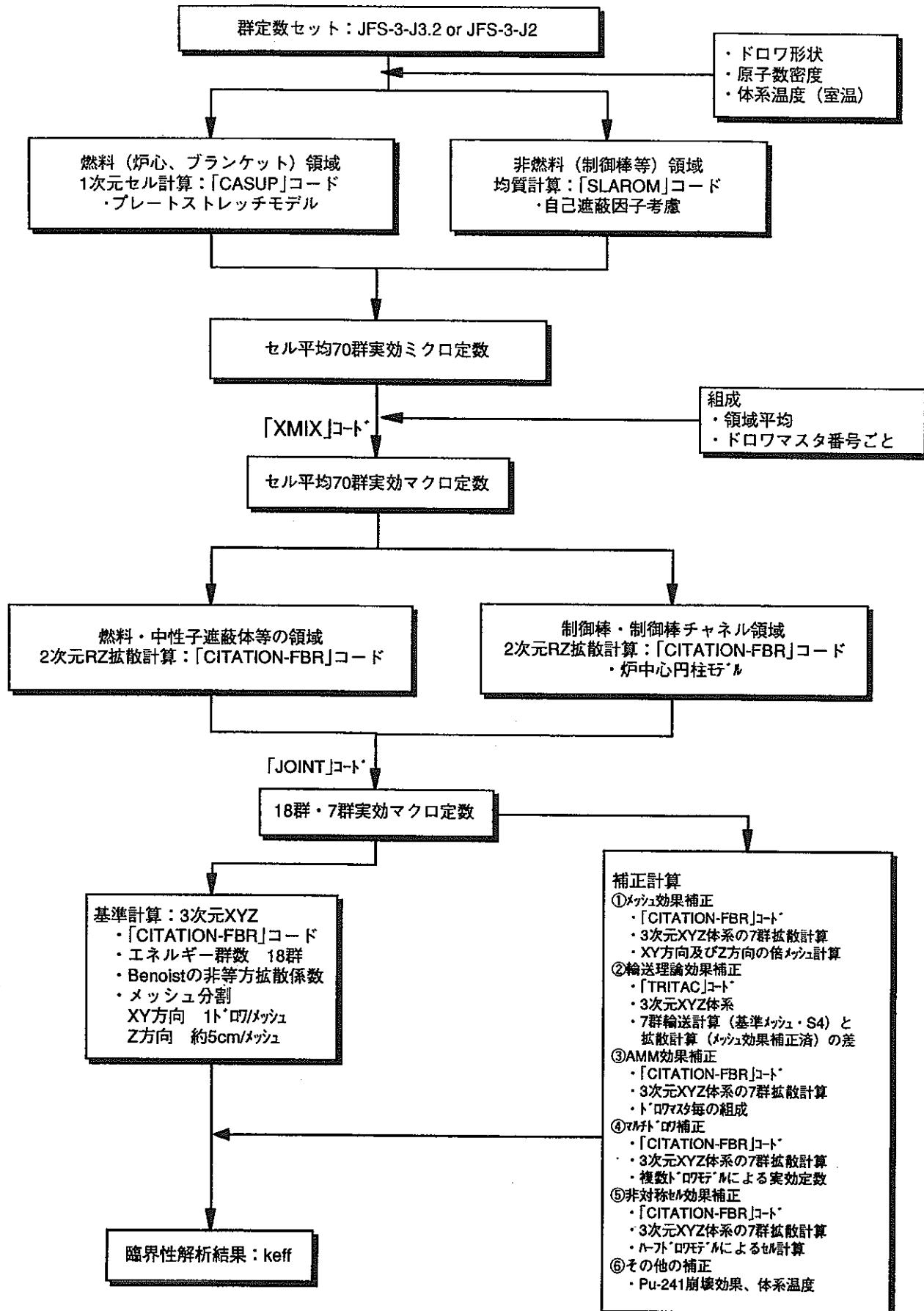


図2.2-1 JUPITER実験解析の基本フロー

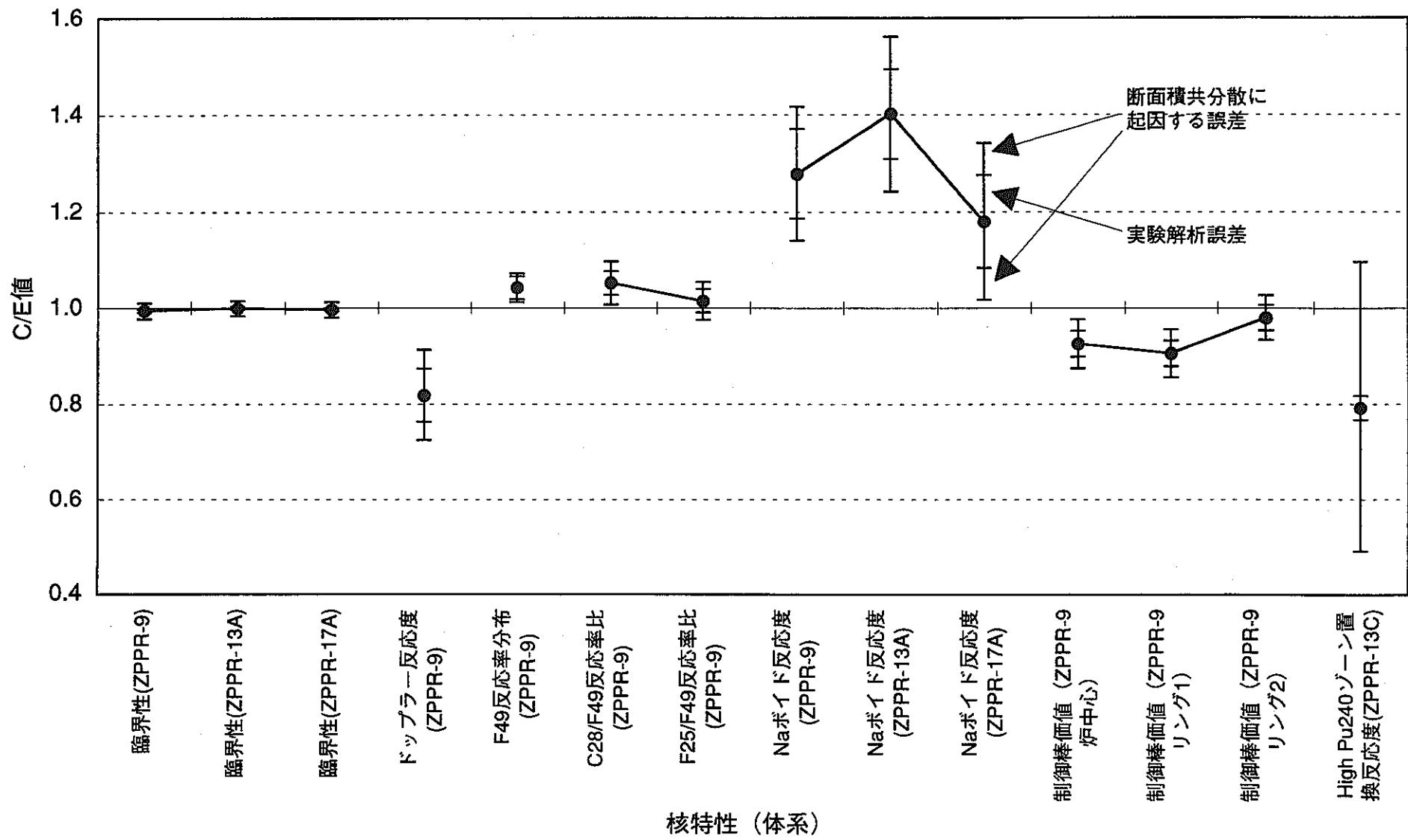
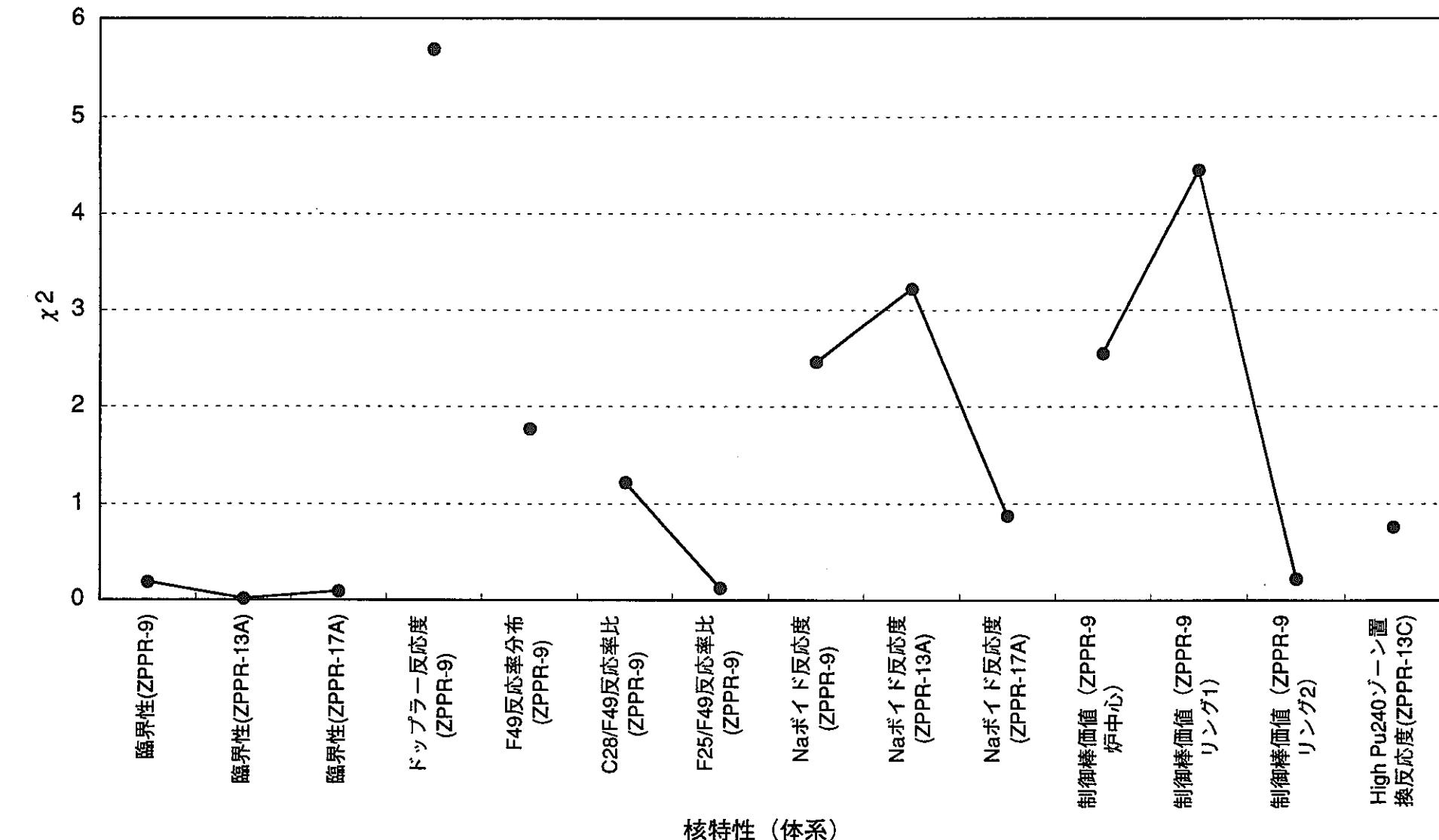


図2.3-1 各核特性のC/E値とその誤差 (ライブラリ: JENDL-2)

図2.3-2 各核特性の χ^2 値 (ライブラリ: JENDL-2)

第3章 最新断面積ライブラリJENDL-3.2

第3章 最新断面積ライブラリJENDL-3.2

この章では、最新の評価済核データライブラリJENDL-3.2の特徴、従来ライブラリJENDL-2からの主な改訂点、双方のライブラリ使用による核特性評価の比較の概要について述べる。

3.1 JENDL-3.2とJENDL-2

評価済核データライブラリJENDL-2 (Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 2) は1980年にリリースされ、その高速炉用の断面積セットJFS-3-J2は89年に最終版が整備され、これまで、様々な臨界実験解析、あるいはその修正炉定数が大型炉の設計研究や実証炉の設計作業に用いられてきた。JENDL-2のリリース後、様々な微分実験、あるいは積分実験が行われ、それらを基に大幅な見直しが行われ、1990年にJENDL-3.1(3-26, 27)が、そして編集ミスなどの見直しにより、1994年に最新のJENDL-3.2(3-19, 28)がリリースされた。現在では、核分裂炉の他、核融合炉、遮蔽計算はもとより、宇宙進化に関する研究にまで広く用いられている。また、JENDL-2の場合と同様に、高速炉用炉定数セットJFS-3-J32が整備された。

3.2 JENDL-2からJENDL-3.2への主な改訂(3-31)

ここでは、JUPITERを例に、ライブラリの改訂により高速炉核特性への影響の大きい核種に焦点を絞り、改訂点について説明する。JUPITERの解析における断面積差に起因する核特性差の評価結果をZPPR-9を例にして表3.2-1及び図3.2-1に示す。図はJENDL-3.2を基準にした断面積差に起因する核特性への影響を核種・反応別に感度解析により評価を行ったもの、すなわち、ある核種のある反応断面積をJENDL-3.2からJENDL-2に置き換えることによる核特性予測変化量である。各核種・反応による寄与は非常に大きいが、それが非常に複雑に打ち消し合い、全体の核特性差となっていることが分かる。

臨界性ではPu-239の核分裂による正の寄与が非常に大きく、それ以外ではPu-239の核分裂スペクトル、U-238の捕獲、Pu-239の ν 等による負の寄与が大きい。そして、多数の正負の寄与が互いにキャンセルし合って、臨界性計算値としては断面積差による変化はあまり見られないという結果となっている。この理由は、これらのアクチニド核種に対して、JENDL-2では、実効増倍率を妥当な値に引き上げるために、バイアスがかけられていたが、JENDL-3への改訂では、同時評価が行われたためである。また、核分裂スペクトルの評価式の見直しが行われ、スペクトルがより硬くなっている。

Pu-239の核分裂反応率分布では、U-238の非弾性散乱断面積差による負の寄与が大きい。その他、Oの平均散乱角余弦(μ)、U-238の μ 等の正の寄与が重なり合って、合計で正の寄与となっていることが分かる。空間分布核特性評価では、平均自由行程の差による影響が大きいが、 μ 値は輸送断面積を介して寄与し、非弾性散乱断面積は、まず中性子減速効果に影響し、平均自由行程が中性子エネルギーによって異なるため寄与した

ものと考えられる。

Naボイド反応度ではNaの非弾性散乱、Pu-239の捕獲、 ν 値、U-238の捕獲、Oの弾性散乱による差が大きい。Pu-239の捕獲を除いて、これらの断面積はNaボイド反応度への寄与の大きい中性子スペクトルに影響する。Pu-239の捕獲はNaボイド反応度に対する感度の大きい4keV以下の領域で、断面積差による寄与が大きい。

次に、JUPITERの主要核特性評価で改訂による影響の大きかった断面積について、JFS-3-J2とJFS-3-J32それぞれの断面積値（散乱マトリックスは除く）、及びJENDL-3.2を基準とした断面積相対差を図3.2-2～11に示す。なお、JUPITER実験解析では18群計算が基準として用いられているので、70群無限希釈断面積をZPPR-9の内側炉心スペクトルで縮約した18群無限希釈断面積を示すこととした。また、次章以降で断面積差による核特性差の分析において、JENDL-3.2を基準とした感度解析を多用するため、次に示す説明はJENDL-3.2を基準としたJENDL-2の傾向についてである。

- ・ Pu-239核分裂（図3.2-2）：41keV～820keV（6～9群）で2～6%過大評価されていた。
- ・ Pu-239捕獲（図3.2-3）：JUPITER解析ではあまり重要ではないが、820keV以上（5群以上）のエネルギー領域で20%以上過大評価されていた。また、Naボイド反応度の解析で重要となる4keV以下の領域で4～12%の過大評価であった。
- ・ Pu-239の ν 値（図3.2-4）：1.3MeV以上（4群以上）で約1%の過大評価、87keV以下（9～15群）で1%程度の過小評価となっていた。また、エネルギー依存性が大きかった。
- ・ Pu-239の χ 値（図3.2-5）：核分裂スペクトルを軟らかく評価していた。
- ・ U-238捕獲（図3.2-6）：41～180keV（8、9群）で6～8%過大評価されていた。
- ・ U-238の μ 値（図3.2-7）：180keV以上（7群以上）で、JENDL-2は約7%過小評価であった。すなわち、そのエネルギー領域の散乱による前方性が弱く、輸送断面積は大きくなる方向に働き、拡散係数は逆により小さくなる方向に働いていた。
- ・ Oの μ 値（図3.2-8）：およそ μ 値は大きく修正されており、その見直しにより、輸送断面積は小さくなる方向に働き、拡散係数は逆に大きくなる方向に働くことが分かる。
- ・ U-238非弾性散乱（図3.2-9）：マトリックス毎に数10%オーダーの見直しが行われている。特に、1.3～2.2MeV（4群）から450eV～41keV（10～15群）へのマトリックスに対し、2～18倍の評価となっていた。
- ・ Na非弾性散乱（図3.2-10）：マトリックス毎に非常に大きく、複雑な見直しが行われており、100%を超えるものが多く見られる。
- ・ Oの弾性散乱（図3.2-11）：86keV以上（8群以上）の下方散乱断面積の見直しが大きい。

散乱断面積についてはマトリックス毎の変化が非常に複雑であり、JENDL-2とJENDL-3.2の差について評価を行う場合、散乱マトリックス単位で取り扱うことの重要性がうかがえる。

なお、第5章のドップラー反応度の解析でU-238について触れるが、主要アクチニド核種の非分離共鳴領域の拡張も、改訂における大きな特徴である。

3.3 ライブライリの改訂による核特性評価への影響の概要

次に、ライブライリをJENDL-2からJENDL-3.2に変更した際の核特性解析結果への影響について概要を示すこととする。主要核特性のC/E値の推移を図3.3-1に、 χ^2 値の推移を図3.3-2にそれぞれ示す。なお、以下に示す各核特性の冒頭の記号の意味は次の通りである。

○：改善 △：やや改善 ×：改善見られず

△臨界性：炉心型式間の差が小さくなった。

×ドップラー反応度：やや1.0に近づいた。

○反応率分布 (F49) : 1.0に近づき、C/E値の1.0からのずれは3つの誤差要因の範囲内になった。

×反応率比 (C28/F49) : 依然過大評価。

○反応率比 (F25/F49) : 従来より誤差範囲内であったが、改善された。

○Naボイド反応度：約20%改善された。しかし、ZPPR-13Aのものは依然3つの誤差要因を超える過大評価である。

○制御棒価値：C/E値の1.0からのずれは3つの誤差要因の範囲内へと改善された。また、径方向依存性も改善された。

×High Pu-240ゾーン置換反応度：ほとんど変化なし。

ライブライリをJENDL-2からJENDL-3.2とすることにより、改善が見られたのは次の核特性である。

- ・反応率分布（径方向依存性の改善）
- ・反応率比 (F25/F49) (1.0からのずれ減少)
- ・Naボイド反応度 (1.0からのずれ減少、ステップ依存性減少)
- ・制御棒価値（径方向依存性の改善）

ライブライリの改訂により、特に空間分布特性の改善の図られたことが分かる。それ以

外の核特性については、解析手法の高度化、実験値、実験誤差の見直しによる再評価が必要である。ライブラリの変更による影響も含めて、次章以降で各核特性毎に解析の高度化について詳しく説明する。

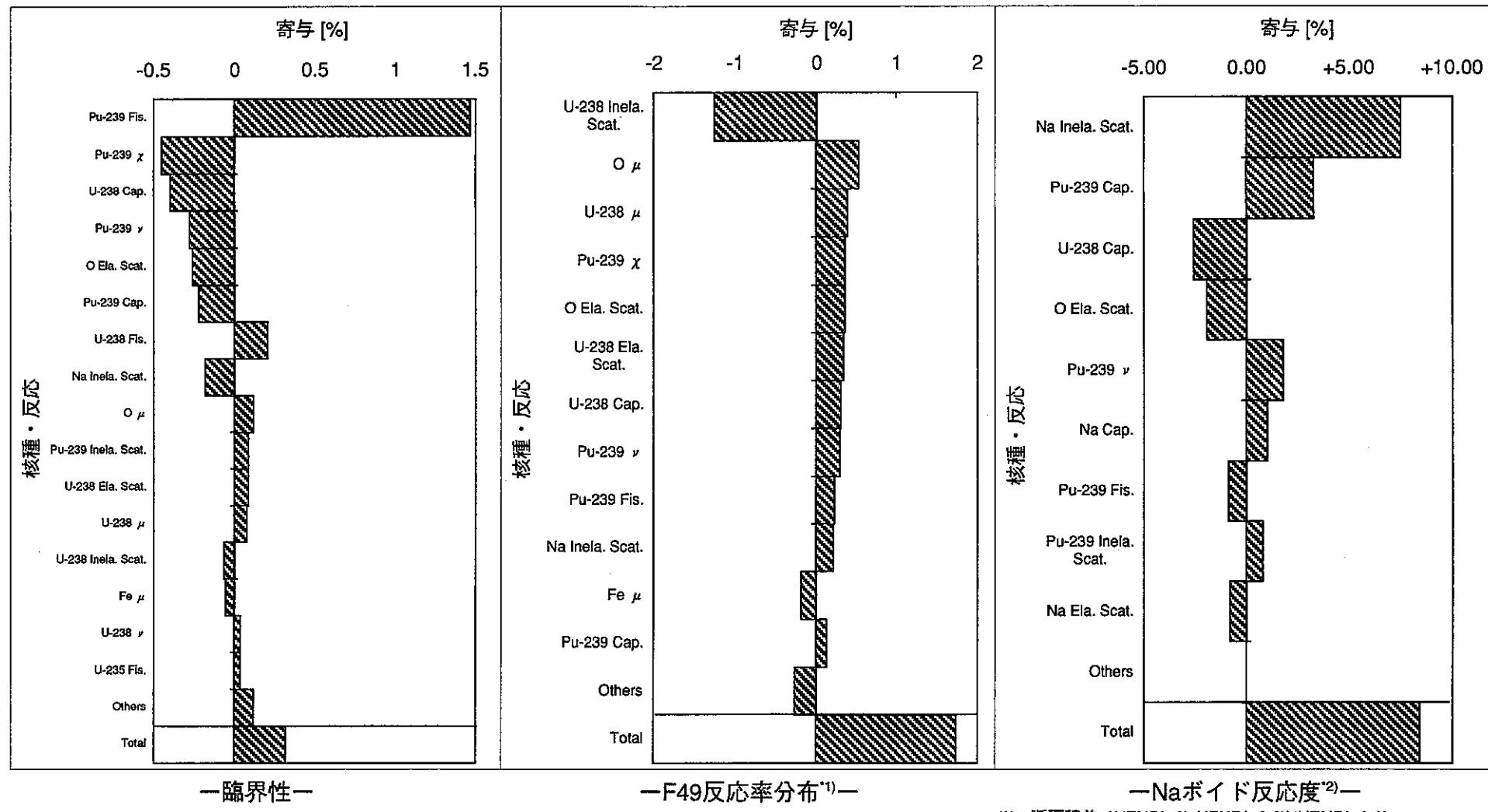
表3.2-1 主要核特性に対する断面積差による核種・反応毎の寄与
(ZPPR-9)

| 核種 | 反応 | 寄与 ¹⁾ [%] | | |
|----------|----------------------|----------------------|---------------------|------------------------|
| | | 臨界性 | 反応率分布 ²⁾ | Naボイド反応度 ³⁾ |
| Pu-239 | Capture | -0.22 | +0.14 | +3.32 |
| | Fission | +1.47 | +0.23 | -0.84 |
| | Inelastic Scattering | +0.09 | -0.12 | +0.80 |
| | μ | +0.01 | +0.04 | +0.03 |
| | ν -value | -0.28 | +0.30 | +1.80 |
| | Fission Spectrum | -0.45 | +0.36 | -0.58 |
| U-238 | Capture | -0.40 | +0.31 | -2.55 |
| | Fission | +0.21 | -0.08 | +0.49 |
| | ν -value | +0.04 | -0.01 | +0.22 |
| | μ | +0.08 | +0.39 | +0.35 |
| | Elastic Scattering | +0.09 | +0.34 | +0.45 |
| | Inelastic Scattering | -0.06 | -1.25 | -0.51 |
| U-235 | Capture | -0.01 | +0.02 | +0.14 |
| | Fission | +0.04 | -0.03 | -0.13 |
| | ν -value | 0.00 | 0.00 | -0.02 |
| | Fission Spectrum | -0.01 | +0.01 | -0.01 |
| Fe | Capture | +0.01 | -0.02 | -0.24 |
| | μ | -0.05 | -0.18 | -0.29 |
| | Elastic Scattering | +0.02 | -0.08 | +0.02 |
| | Inelastic Scattering | +0.02 | -0.01 | +0.07 |
| Na | Capture | -0.03 | +0.04 | +1.04 |
| | μ | +0.02 | +0.06 | -0.34 |
| | Elastic Scattering | +0.02 | -0.07 | -0.76 |
| | Inelastic Scattering | -0.18 | +0.22 | +7.52 |
| O | μ | +0.12 | +0.53 | +0.48 |
| | Elastic Scattering | -0.26 | +0.36 | -1.89 |
| | Inelastic Scattering | 0.00 | -0.01 | +0.05 |
| Pu-240 | Capture | +0.03 | +0.01 | -0.06 |
| | Fission | +0.03 | 0.00 | -0.02 |
| Pu-241 | Capture | 0.00 | 0.00 | +0.01 |
| | Fission | +0.01 | -0.01 | -0.03 |
| 合計 | | +0.32 | +1.74 | +8.45 |
| 直接計算による差 | | +0.02 | +2.26 | +12.94 |

*1) 断面積差={(JENDL-2)-(JENDL-3.2)}/(JENDL-3.2)

*2) Pu-239(n,f)の外側炉心中心/内側炉心中心反応率比

*3) ボイド領域は、97 ドロワ \pm 20 インチ



※ 断面積差={(JENDL-2)-(JENDL-3.2)}/(JENDL-3.2)
 *1) (外側炉心中央) / (内側炉心中心) 反応率比
 *2) ボイド領域: 97 ドロワ \pm 20インチ

図3.2-1 主要核特性に対する断面積差による寄与の比較 (ZPPR-9)

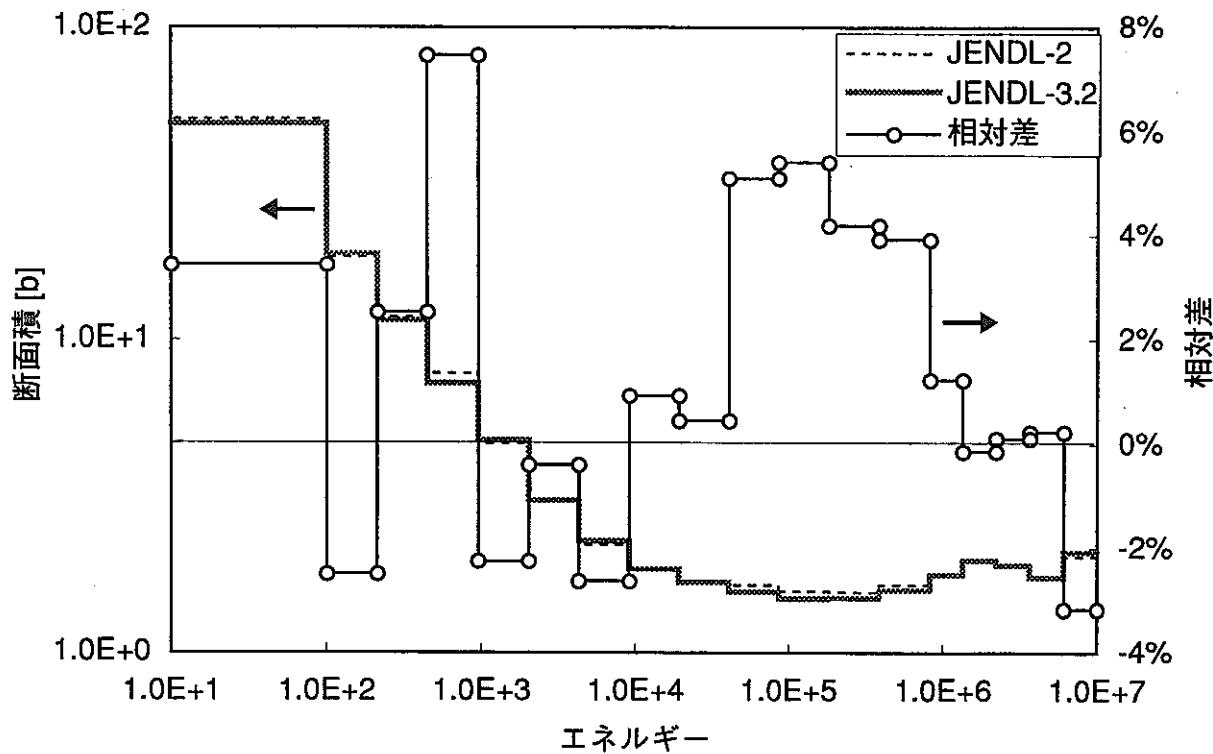


図3.2-2 Pu-239核分裂断面積のライブラリ間の比較（基準:JENDL-3.2）

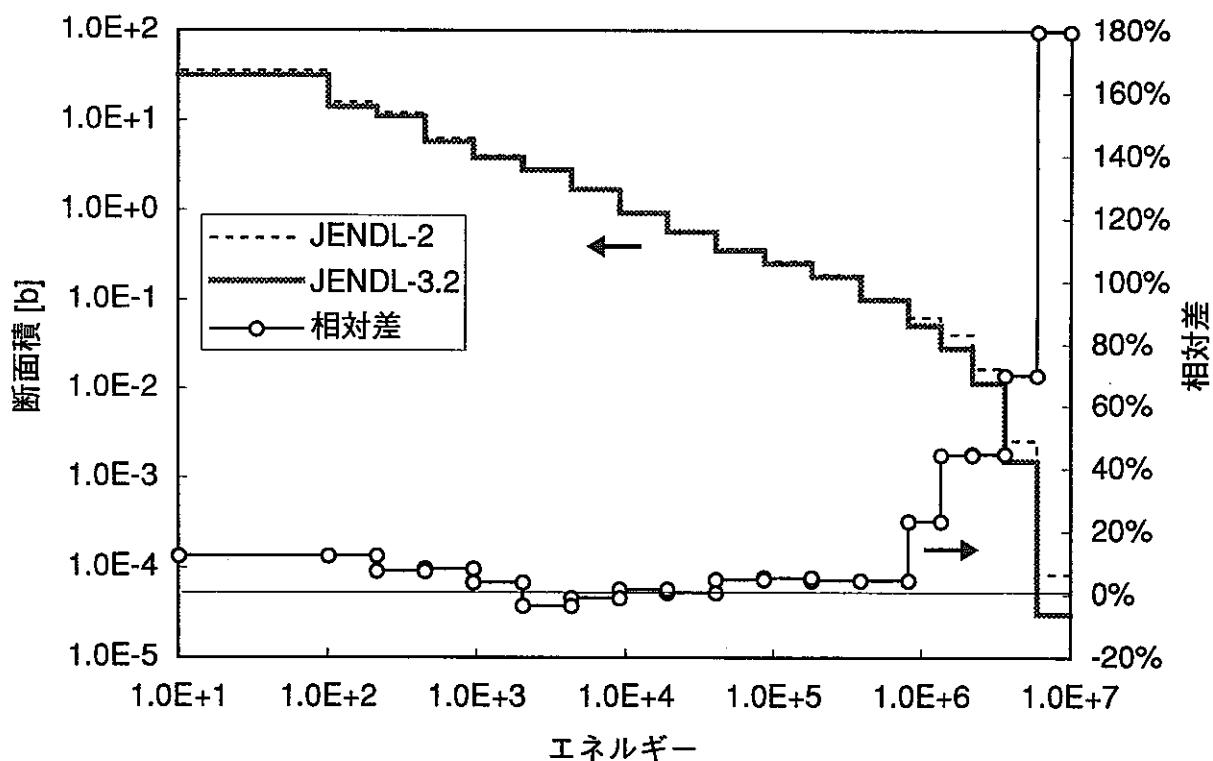
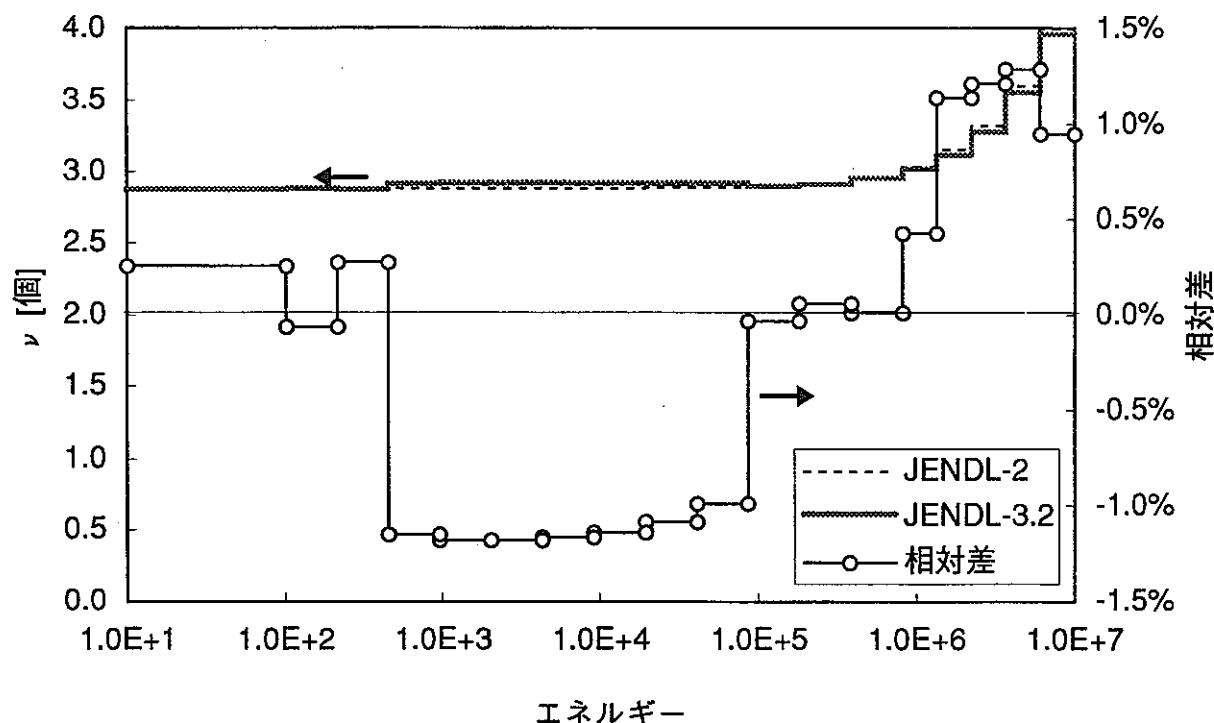
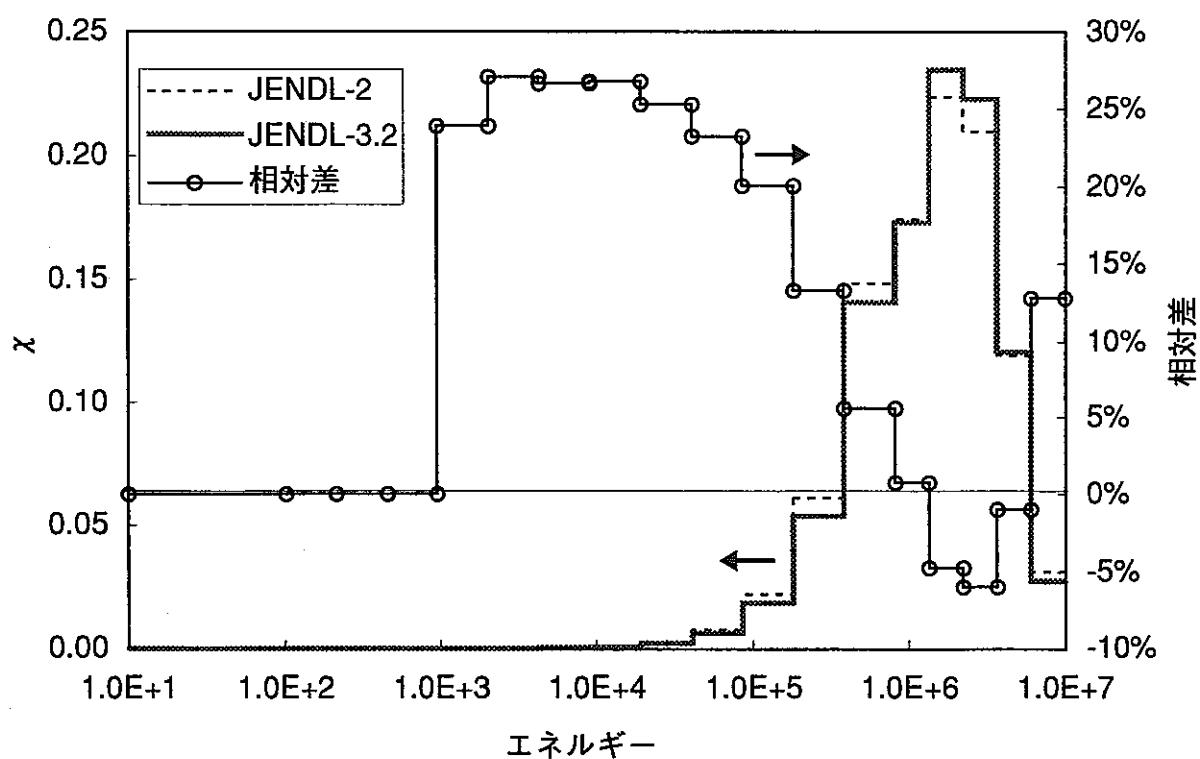


図3.2-3 Pu-239捕獲断面積のライブラリ間の比較（基準:JENDL-3.2）

図3.2-4 Pu-239 ν のライブラリ間の比較（基準:JENDL-3.2）図3.2-5 Pu-239 χ のライブラリ間の比較（基準:JENDL-3.2）

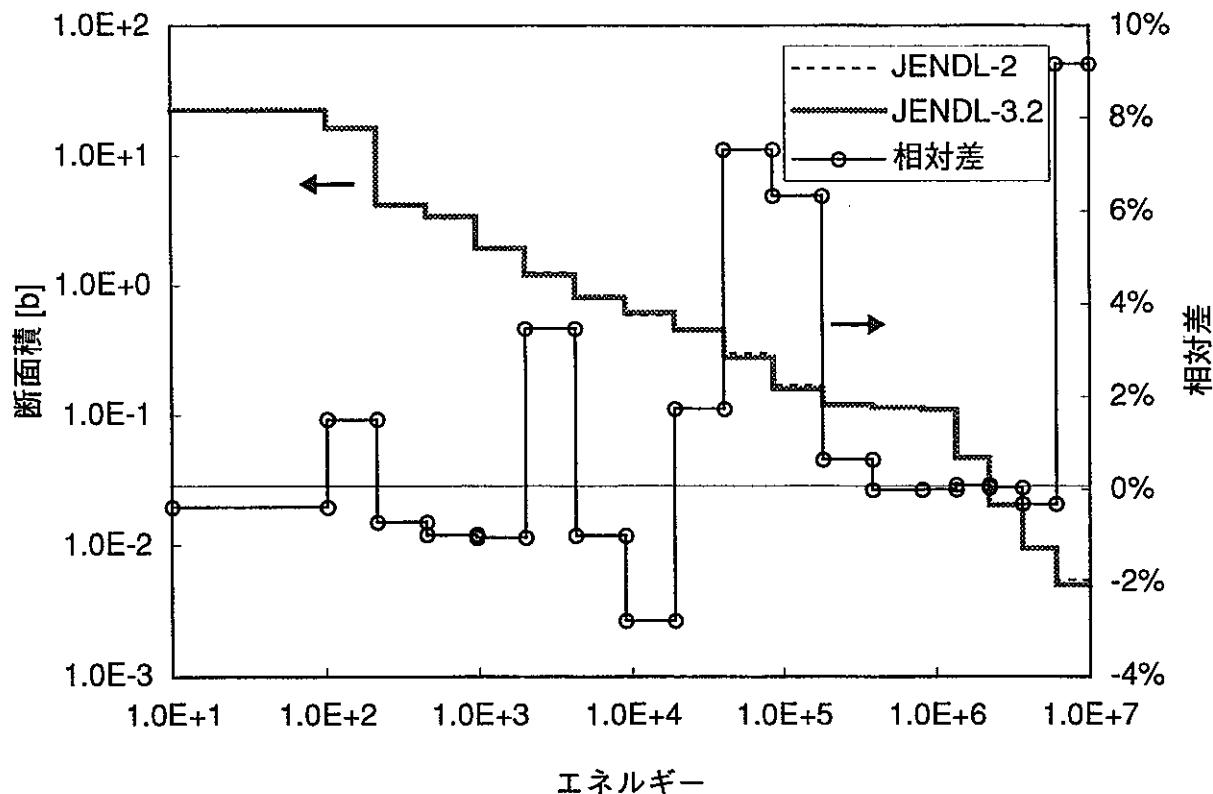
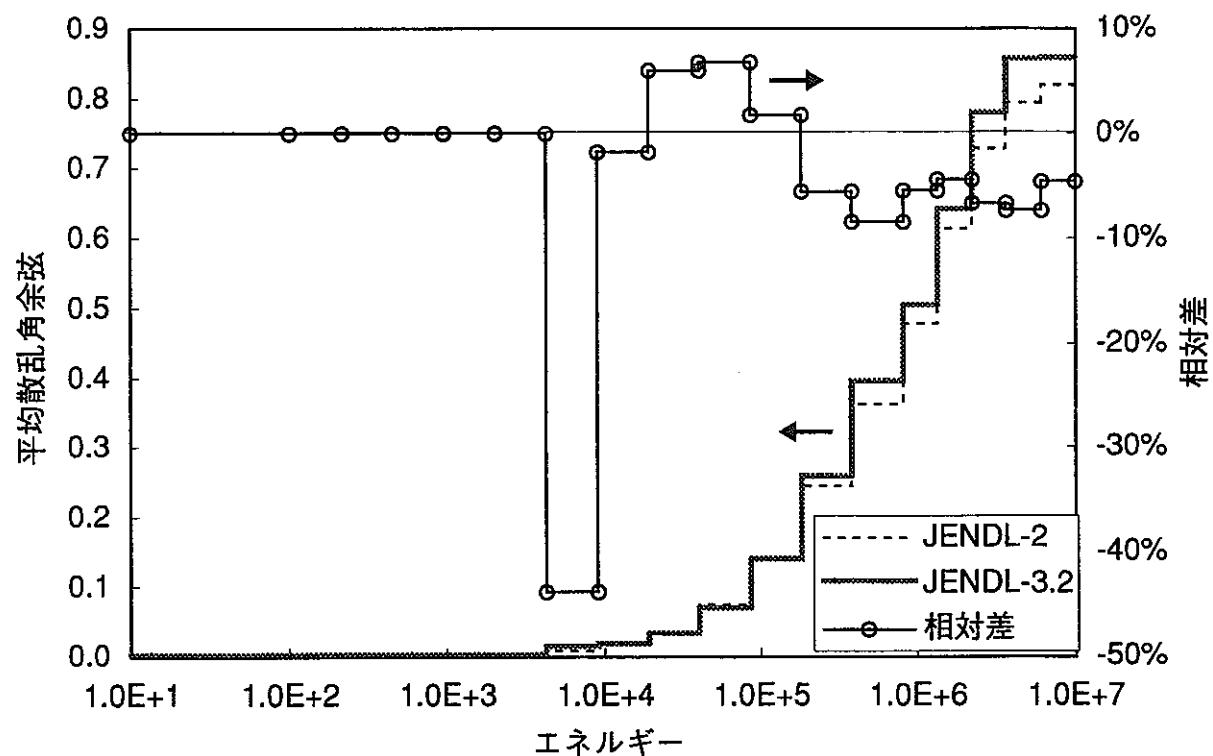
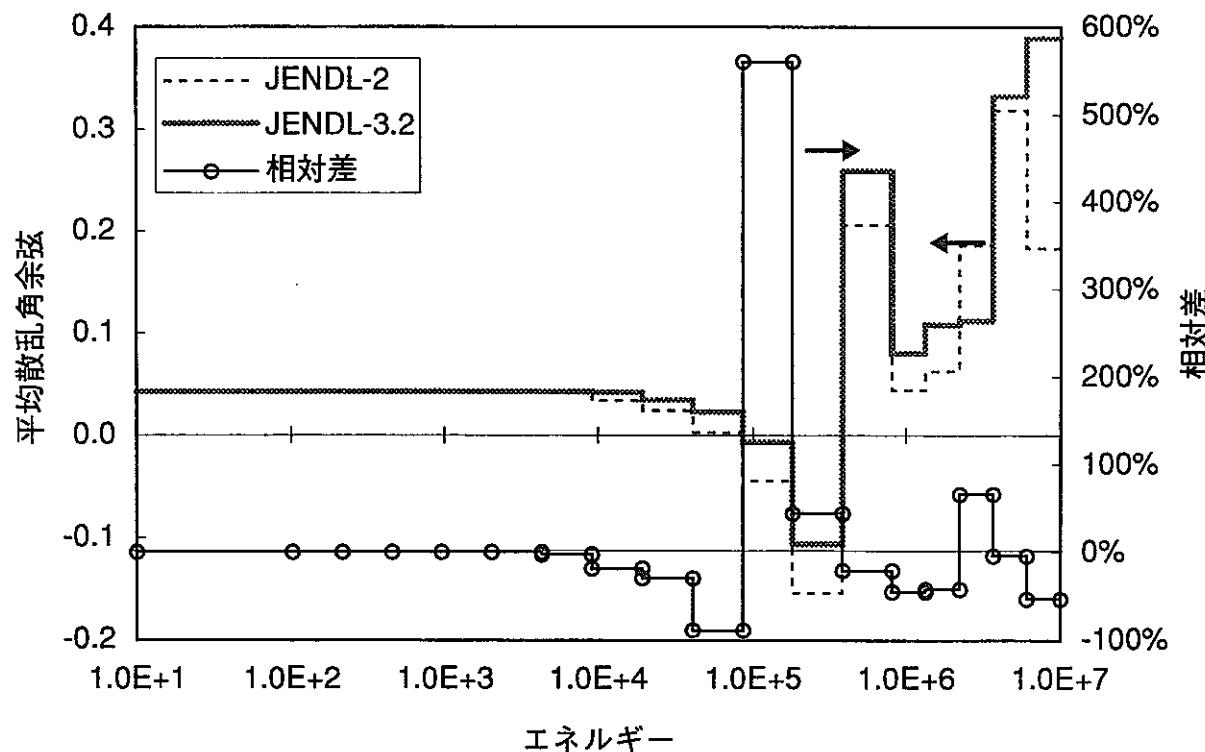


図3.2-6 U-238捕獲断面積のライブラリ間の比較（基準:JENDL-3.2）

図3.2-7 U-238 μ のライブラリ間の比較（基準:JENDL-3.2）

図3.2-8 O μ のライブラリ間の比較（基準:JENDL-3.2）

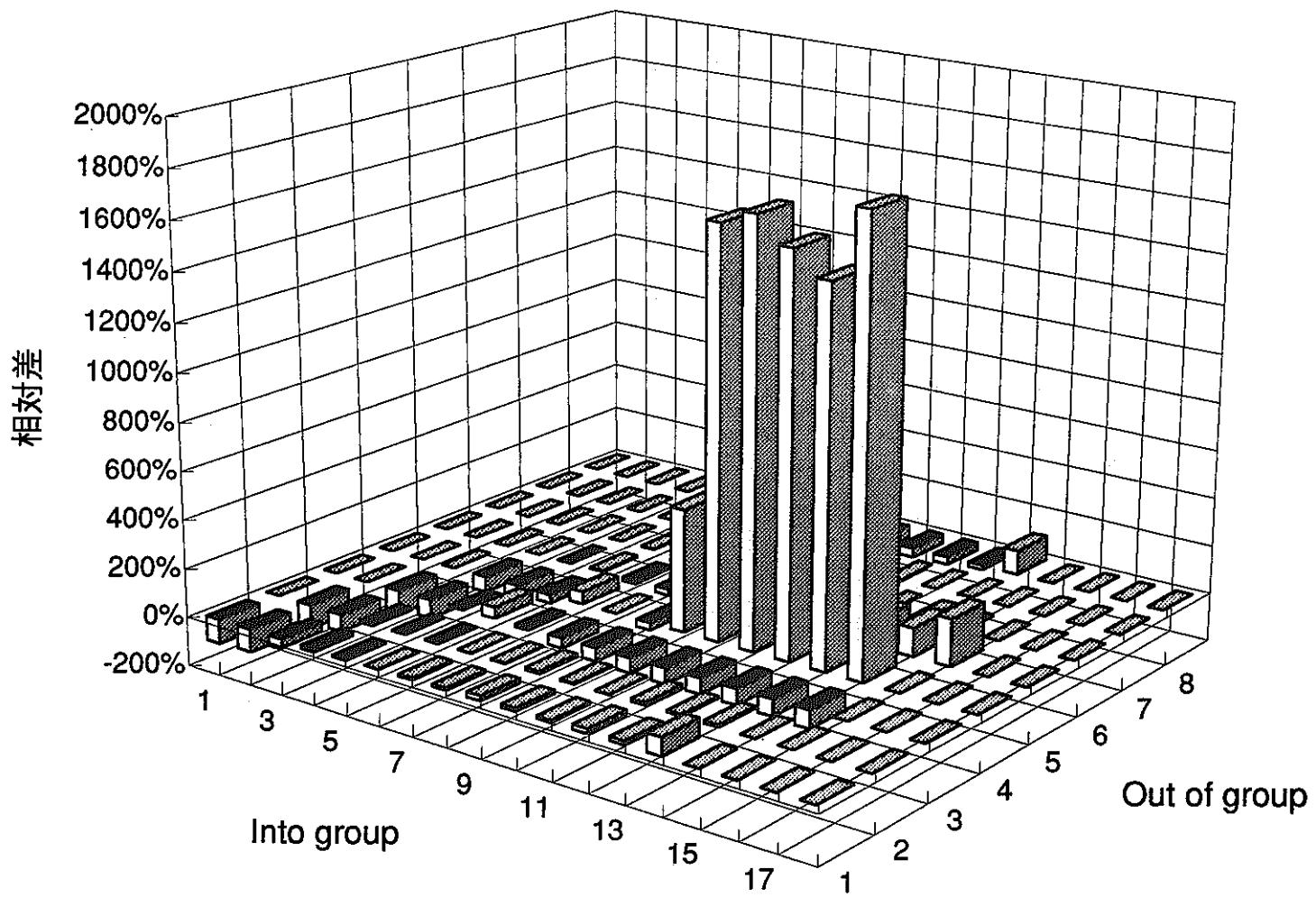


図3.2-9 U-238非弾性散乱断面積差（基準:JENDL-3.2）

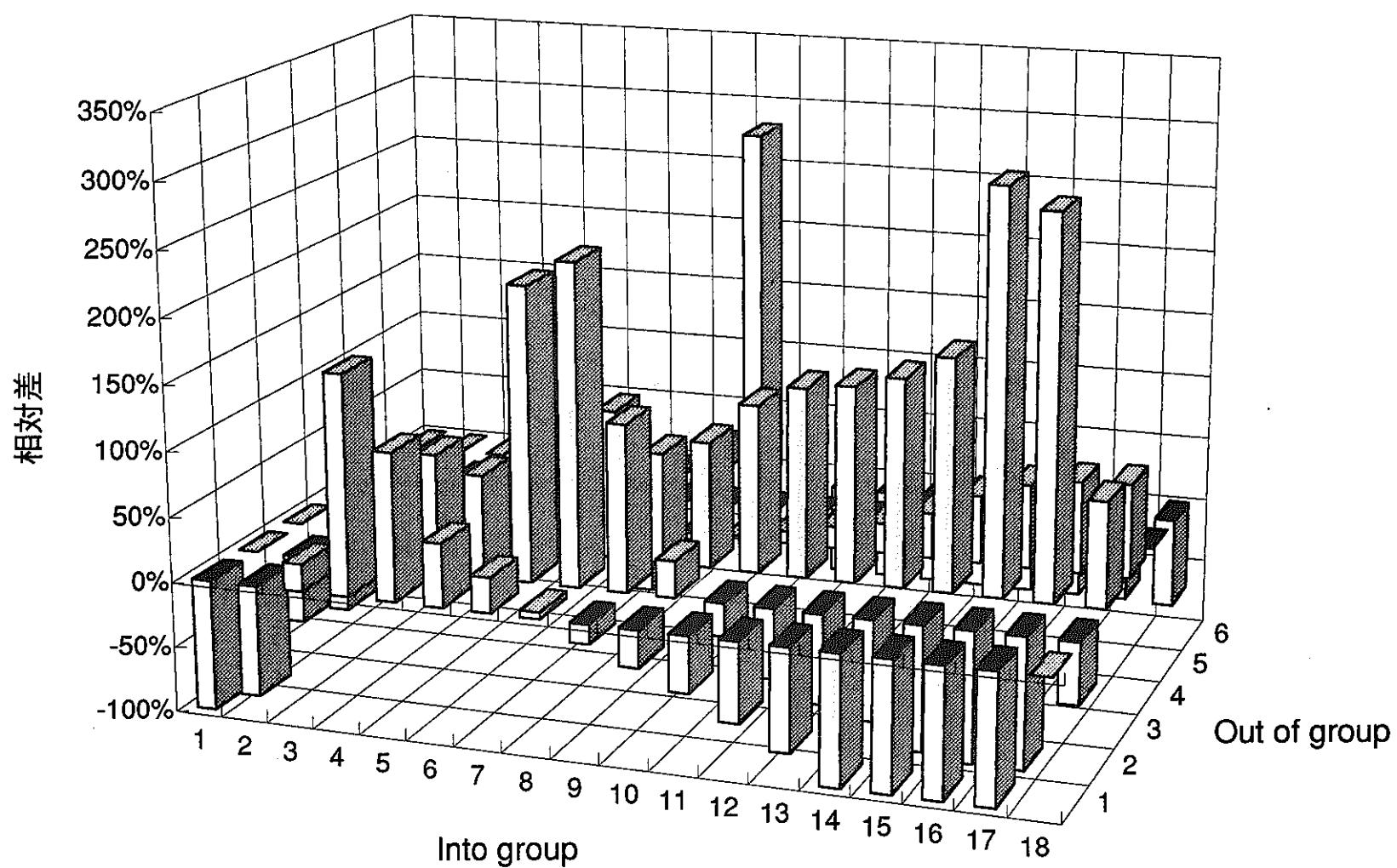


図3.2-10 Na非弾性散乱断面積差（基準:JENDL-3.2）

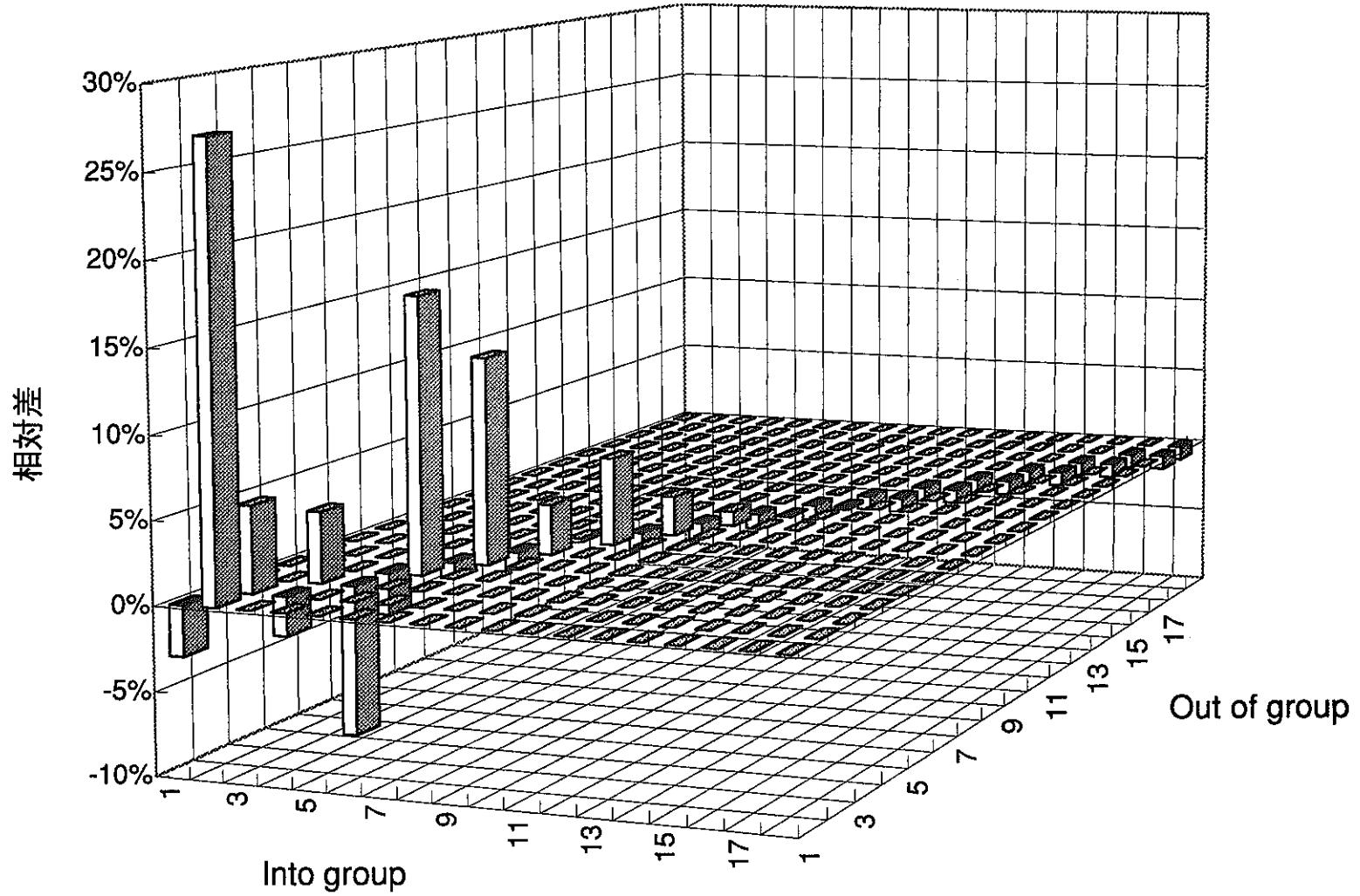


図3.2-11 O(酸素)の弾性散乱断面積差(基準:JENDL-3.2)

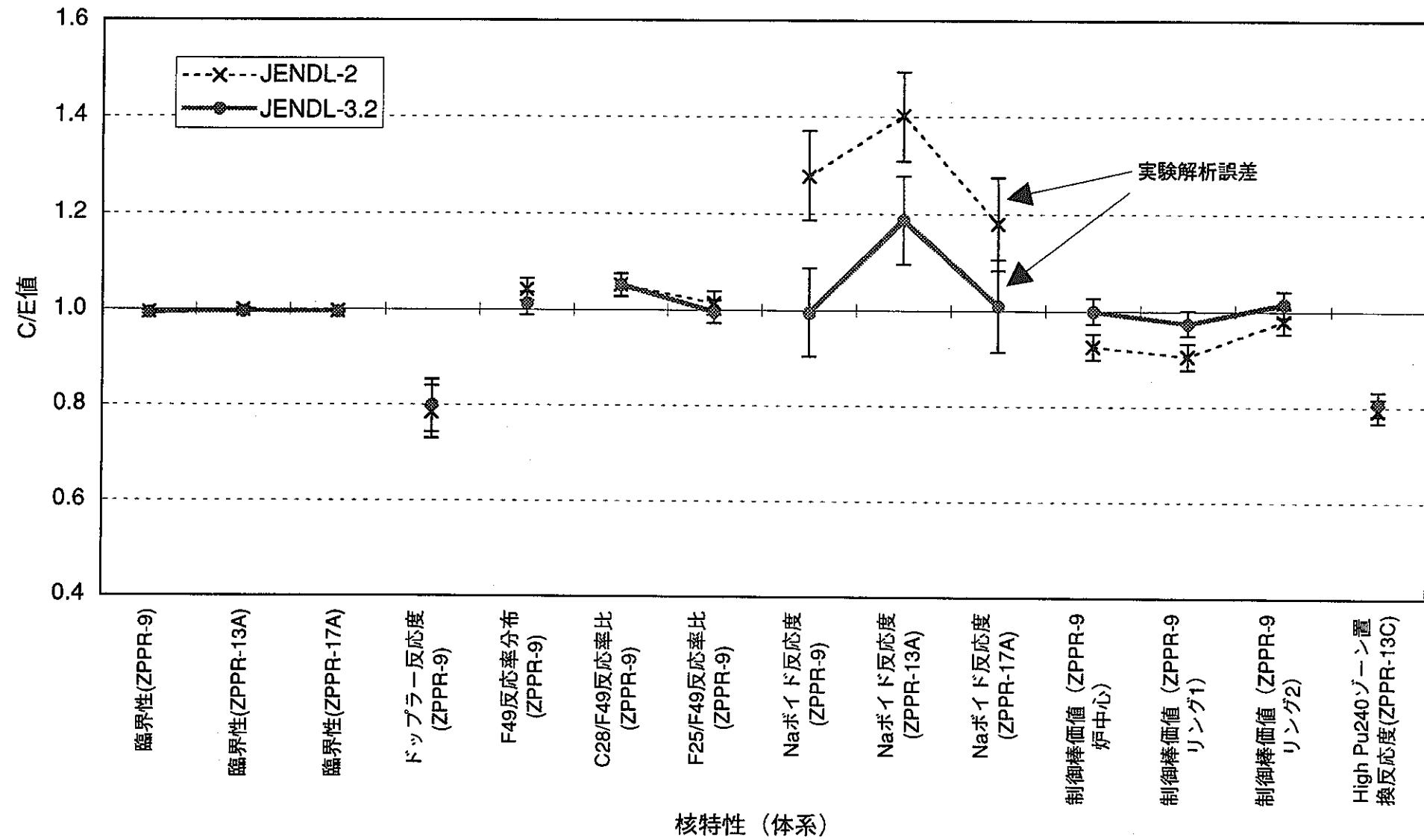
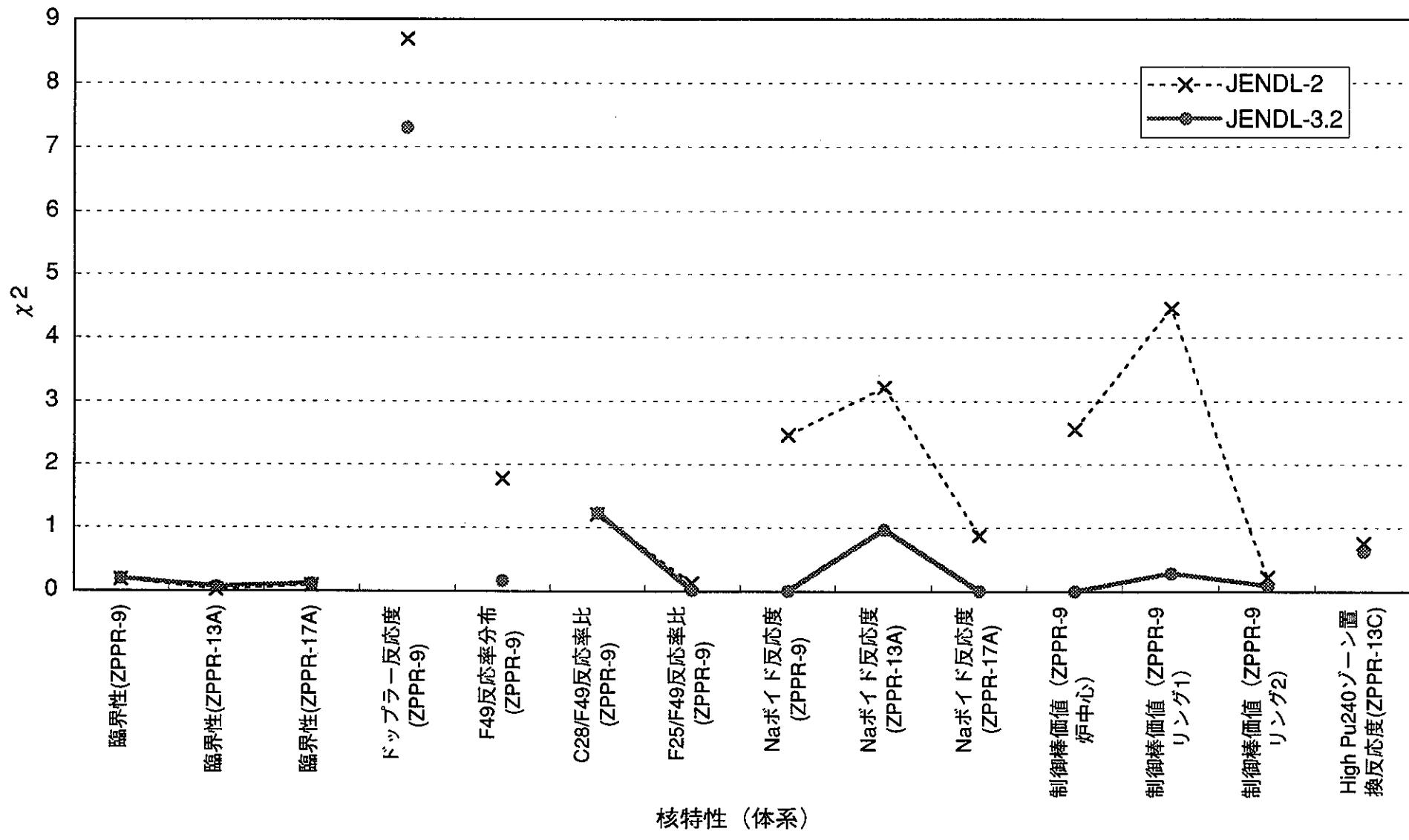


図3.3-1 各核特性のC/E値のライブラリ間の比較

図3.3-2 各核特性の χ^2 値のライブラリ間の比較

第4章 臨界性解析における高度化による効果

第4章 臨界性解析における高度化による効果

この章では、最新ライブラリJENDL-3.2の使用による臨界性への影響の他、輸送計算における現状の5cm空間メッシュ、S4角度メッシュ計算の妥当性についての検討、マルチドロワ補正方法に関する検討、そして、近年のめざましい計算機性能の向上に起因して、その使用が現実的となってきたモンテカルロ法による計算結果との比較について述べる。また、ここではJUPITERに限らず、常陽、FCAといった他の炉心体系の解析結果との比較も行い、JUPITER標準解析手法の有効性、あるいは問題点について検討する。

4.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響

まず、JUPITER及び小型炉各々の炉心についてライブラリの相違によるC/E値の比較を図4.1-1に示す。なお、ここで取り上げた小型炉は、JOYO Mk-Iのモックアップ体系であるFCA X-1炉心、前炉心に対して体積が6倍でZPPR-18シリーズのように濃縮ウラン領域とPu燃料領域を有するFCA XVII-1炉心、実機体系であるJOYO Mk-I炉心、そして、ブランケットを有しないJOYO Mk-II炉心である。それぞれの仕様を表4.1-1に示す。JUPITER-I、III、IoではJENDL-2とJENDL-3.2の違いによるC/E値の差はほとんど見られない。それに対し、JUPITER-IIでは系統的に0.2~0.3%の差が見られ、小型炉では1%以上の非常に大きな差が見られる。また、JENDL-3.2を用いることにより、炉心型式間の分散が減り、系統的にC/E値で0.995に近づいている。

次に、ライブラリの違いによる臨界性C/E値への影響についての詳細な機構を調べるために、感度解析を行った結果について述べる。感度解析では、一般化摂動論に基づく感度解析コードSAGEP(3-30)を用いて炉心のある核特性（ここでは臨界性）に関する核種・反応毎の感度係数を計算し、JENDL-3.2を基準としたJENDL-2とJENDL-3.2の相対断面積差をかけ合わせることによって、その核種・反応の寄与を計算した。例えば、核種*i*、反応_{*x*}による寄与_{*C_{i,x}*}は次式で定義される。

$$C_{i,x} = \sum_g SF_{i,x}^g \cdot \Delta\sigma_{i,x}^g \quad (4.1)$$

ただし、

$SF_{i,x}^g$: 核種*i*、反応_{*x*}、エネルギー群_{*g*}の感度係数

また、断面積差 $\Delta\sigma_{i,x}^g$ は次式で定義される。

$$\Delta\sigma_{i,x}^g = \frac{\sigma_{i,x}^{g(J-2)} - \sigma_{i,x}^{g(J-3.2)}}{\sigma_{i,x}^{g(J-3.2)}} \quad (4.2)$$

散乱反応の寄与に関してもマトリックス単位で次式により計算される。

$$C_{i,s} = \sum_g \sum_{g'} SF_{i,s}^{g \rightarrow g'} \cdot \Delta\sigma_{i,s}^{g \rightarrow g'} \quad (4.3)$$

断面積差に起因する臨界性への影響の核種・反応の寄与を表4.1-2に示す。

JUPITER間の比較: 比較を図4.1-2に示す。感度解析による結果を見ると、非常にたく

さんの核種・反応の大きな正負のキャンセルにより、最終的な核特性差を生み出していることが分かる。感度解析によるC/E値の差と直接計算による差との一致がよくないが、これは、断面積差が非常に大きいにも係わらず、感度係数としては1次までしか取っていないことと、複数の核種断面積に変化による相乗効果を含んでいないことなどによると考えられる。しかしながら、直接計算ではJUPITER-II炉心であるZPPR-13Aの差が最も大きい値を示しているのに対し、感度解析による差においても同様の傾向を示している。JUPITER間の比較では、特に体系間で顕著な差は見られない。ZPPR-13Aのみ断面積差による影響が大きい原因は、特定の核種・反応の寄与が支配的であるわけではなく、様々な寄与が複雑に重畠し合った結果であることが分かる。

小型炉間の比較：比較を図4.1-3に示す。まず、直接計算と感度解析による結果の差の傾向にはあまり統一性がない。すなわち、FCAでは直接計算の方が大きく、JOYOではJUPITERと同様に感度解析による差の方が大きいが、原因は不明である。次に、体系毎に寄与を比較すると、同じ小型炉でありながら、非常に大きな核特性毎の寄与の相違が見られる。例えば、Pu富化度の大きいFCA X-1とJOYO Mk-IIでは、他の2炉心と比較して、Pu-239の寄与が大きく、逆にU-235の寄与が小さい。JOYO Mk-IIでは他炉心と異なり、Feの μ の大きな負の寄与が見られるが、これは、ブランケットの代わりに反射体が存在することによる効果であると考えられる。それとは対照的に、JOYO Mk-II以外のブランケットを有する炉心では、U-238の寄与、特に非弾性散乱による大きな負の寄与が見られる。この寄与は、ブランケットを有するJUPITERではほとんど見られないことから、ブランケットを有する小型炉独特のものであると考えられる。すなわち、小型炉は大型炉と比べて、ブランケットで反射される中性子の寄与が大きいが、JENDL-2ではJENDL-3.2と比べて一部の非弾性散乱マトリックスが過大評価されているため、ブランケットから反射される中性子のスペクトルを軟らかく評価し、臨界性に対し負の寄与になっていたと考えられる。

小型炉に関しては、各炉心間の組成、ブランケットからの反射中性子の影響等に大きな相違があるため、炉心毎の寄与も様々な形態となり、それらの寄与の重畠である臨界性に対するC/E値の差も炉心毎に大きな相違の見られる結果となっていることが分かる。

JUPITERと小型炉の比較：それぞれの代表として、ZPPR-9とJOYO Mk-Iを比較する。JOYO Mk-Iは濃縮ウランが使用されていることから、当然、U-235の寄与が大きく、Pu-239の寄与が相対的に小さくなる。また、ZPPR-9では酸素の弾性散乱の寄与が大きいのに対し、JOYO Mk-Iではほとんど見られないが、これは、ZPPR-9の方が大型体系であり、より体系内での中性子の減速の頻度が大きいことに起因すると考えられる。更に、JOYO Mk-Iでは拡散係数を介して中性子のもれに影響する酸素、U-238、鉄の μ の寄与が大きい。

合計値で見ると、ZPPR-9ではちょうどキャンセルし合って断面積差による影響がほとんどないのに対し、JOYO Mk-Iではウランの濃縮度が高いことに起因して、ZPPR-9で見られたPu-239の負の寄与がほとんど見られず、更に、U-235核分裂の正の寄与が大きい

ことから、合計すると大きな正となっていることが分かる。

4.2 輸送計算における空間メッシュ、及び角度メッシュの影響について

臨界性において、空間メッシュ効果と角度メッシュ効果はキャンセルし合う、すなわち、空間メッシュを細かく取ることによる効果と、角度分点を多く取ることによる効果が、互いに正負逆であることが経験的に知られている。このことは、輸送計算において、適当な空間メッシュ（5cm空間メッシュ）、角度分点（S4角度メッシュ）を取れば、無限空間メッシュ、無限角度メッシュ計算相当の計算結果が得られることを意味し、JUPITER実験解析の輸送補正是その知見を前提としている。今回、その経験則の妥当性を検証するために、2次元RZ体系計算により、小型炉JOYO Mk-II、もんじゅクラス炉ZPPR-2、大型炉ZPPR-9について、空間メッシュ効果と角度メッシュ効果の調査を行った。

それぞれの体系の様々なメッシュサイズ条件下の実効増倍率計算結果を表4.2-1に示す。まず、無限メッシュへの外挿法だが、空間メッシュについては拡散計算の場合と同様にメッシュ幅の2乗で直線フィッティングした場合で相関係数が0.9997～0.9999とほぼ1であった。次に、角度メッシュについては、まず、SN次数Nの2乗でフィッティングした場合と、その時のオクタント内の角度分点の数N(N+2)/8を用いてフィッティングした場合との比較を行った。その結果、Nの2乗でフィッティングを行った場合の方が相関係数が大きく、3つの体系について0.9933～0.9975と若干1より小さいが、より妥当なフィッティングを行うことができたと判断される。このフィッティング式を用いて空間及び角度の無限メッシュ相当の実効増倍率を外挿し、両無限メッシュ相当の値を求めた。以後、この値を無限メッシュ計算値と称する。

次に、現在、輸送計算において標準的に用いている5cm空間メッシュ、S4角度メッシュ計算の妥当性について示す。

- ・ JOYO Mk-II：無限メッシュ計算に対し、+0.17%と大きな過大評価が見られる。無限メッシュ計算に対し、差の小さいのは5cm空間メッシュS8角度メッシュ計算、または空間倍メッシュS8角度メッシュ計算であり、それぞれ-0.03%、+0.04%とほぼ無限メッシュ相当と考えることができる。
- ・ ZPPR-2：無限メッシュ計算に対し、+0.03%とほぼ無限メッシュ相当と考えることが出来る。
- ・ ZPPR-9：無限メッシュ計算に対し、+0.01%とほぼ無限メッシュ相当と考えることが出来る。

この3つの体系における計算結果の比較からは、体系が大きくなるに従って、5cm空間メッシュS4角度メッシュ計算の妥当性の増すことが分かる。また、小型炉についてはSN次数を向上させることができが最も効果的であると考えられる。JOYO Mk-IIの場合は5cm空

間メッシュS8角度メッシュ計算、または空間倍メッシュS8角度メッシュ計算が推奨される。

4.3 マルチドロワ効果の評価手法について

4.3.1 プレートに対する垂直方向並びと平行方向並び間の比較

現在、JUPITERのセル計算は1次元スラブ体系において行っている。プレートと垂直方向並びのマルチドロワ効果の評価のためのセル計算は、そのモデルを用いて容易に行うことが出来る。しかし、プレートと平行方向並びのマルチドロワ効果の評価については2次元セル計算が必要である。現状では、Tone氏の手法を用いた2次元セル計算は非常に困難である。そこで、文献3-9に示されているマルチドロワ効果の評価結果について説明する。

文献3-9では、JUPITER-IIの様々な核特性に関するマルチドロワ効果の評価について記述されており、その中にプレートに対し、垂直方向並びと平行方向並びのマルチドロワ効果の比較について示されていた。評価は、2次元の衝突確率法を基にしたCASUPコードを用いて行われ、具体的にはDCF1～3体とプランケット1～3体の隣接による中性子生成断面積と吸収断面積のマルチドロワ効果の両並び間の比較が示されている。結果としては、4.0MeV以上の高エネルギー部では約1%の差が見られたが、それ以下のエネルギーでは0.5%以下の差しかみられず、並びの差による影響はほとんど見られないと結論されている。その知見に基づいて、事業団のJUPITER実験解析のマルチドロワ補正の評価も平行方向並びと垂直方向並びを区別せず、垂直方向並びモデルで解析を行うこととする。

4.3.2 バックリングの選定

マルチドロワセル計算時のバックリングは、従来、臨界バックリングによるシングルセル計算より求められた実効定数使用による計算結果と、零バックリングでのマルチドロワセル計算により得られた計算結果との比較より求められていた。これは、バックリングの取り方による効果も含むことになる。シングルセル、マルチドロワセル計算とも零バックリングで行なうことは以下の理由から相応しくない。バックリングを用いることにより、セルからの漏れの効果を取り入れることが出来る。その結果、セル内の中性子束分布が変化する。実際、この変化は衝突確率の計算において、中性子の漏れを疑似吸収項として取り扱うことにより考慮される。マルチドロワ計算でも漏れによる中性子束分布の変化を考慮することは必要である。従って、マルチドロワ体系においても臨界バックリングを用いて計算を行なうべきである。まずは、バックリングの考え方の違いによるマルチドロワ補正值への影響を評価した。マルチドロワ補正の評価として、以下のケースの計算を行った。

ケース1：シングルドロワー計算は臨界バックリング、マルチドロワー計算は零バッ

クリング（従来手法）

ケース2：シングルドロワー計算、マルチドロワー計算共零バックリング

ケース3：シングルドロワー計算、マルチドロワー計算共臨界バックリング

それぞれのケースの計算結果を表4.3-1に示す。まず、2F+2Bパターン（F、Bはそれぞれ、燃料、ブランケットを表す）に注目すると、バックリングの与え方の違いにより、最大で約0.2%の差の現れることが分かる。従って、バックリングの与え方を慎重に選ぶ必要がある。ここでは、先程も述べたように、マルチドロワ体系でも臨界状態を模擬することが最も妥当であると考え、今後、常に臨界バックリングを与えることとする。

次に、マルチドロワのパターンの違いによる影響であるが、2F+2Bマルチドロワに比べ、3F+3Bマルチドロワの場合の方が効果が小さいが、これはマルチドロワー計算において、2F+2Bマルチドロワセル計算は、境界条件として反射条件を用いているため、炉心体系上の「…-4F-4B-4F-4B-…」並びをモデル化しているのに対し、3F+3Bマルチドロワセル計算は炉心体系上の「…-6F-6B-6F-6B-…」並びをモデル化しており、前者の方がZPPR-13Aのドロワの並びに近く、マルチドロワ効果をより正確に考慮していると考えられる。なお、以上の検討では、入力作成ミスと考えられるが、セル計算モデルに起因する拡散係数の違いが考慮されておらず、拡散係数のみは基準体系のものとなっていた。しかしながら、上記の評価はバックリング選定の相違によるマルチドロワ補正への影響調査が目的であり、実際に用いる補正值の算出を行っていないため、入力ミスによる再計算は行わない。そして、以下の評価では、拡散係数の違いも考慮したマルチドロワ補正の計算について示す。

最後に、マルチドロワ補正を厳密摂動により算出し、領域毎の寄与を調べる。計算結果を表4.3-2に示す。まず、直接計算との一致はいずれの実験シリーズとも非常によい。次に、領域別の寄与についてだが、ブランケット部はほとんどなく、燃料領域による寄与が大半であることが明らかである。

4.4 モンテカルロ法による計算結果との比較について

核計算において用いられるモンテカルロ法は、中性子またはガンマ線を粒子として取り扱い、忠実に模擬された炉心体系中のそれらの運動をシミュレートする手法である。更に、連続エネルギーとすることにより、オリジナルの断面積ライブラリに基づくエネルギー精度での計算が可能である。モンテカルロ法による核計算コードとして、様々なものが開発されてきたが、中でも1994年に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MVP(3-24)は、二重格子機能の指定などによる入力データ作成の容易さ、入力データのチェックのための可視化プログラムCGVIEW-SLICE、Post処理プログラムPLTJOINTによる支援などかなり整備されている。

JUPITER実験解析においても、標準解析手法で用いられているプレートストレッチモデル、セル計算における均質化、輸送計算における粒子の飛行方向のメッシュ分割といった解析モデル化に起因する誤差がないことに由来して、参照解として有効利用する方向

で進行している。

ZPPR-9、ZPPR-13A、FCA、JOYOの計算結果の比較を表4.4-1に示す。ZPPR-13Aを除いて、モンテカルロ法に対し、 $0.1 \sim 0.3\% \Delta k$ の系統的な過小評価が見られる。ZPPR-13Aのみ約0.3%の過大評価であるが、原因として、70群炉定数セットを基本とする解析システムでは、ブランケット領域における中性子束分布を正確に評価できておらず、ZPPR-13Aでは特に燃料とブランケットが径方向に3層の構造となっており、中性子束分布の不正確な評価による影響が強く現れたのではないかと考えられる。

モンテカルロ法による計算結果の精度については初期乱数の違いによる計算結果の違い、あるいは統計誤差が $1/2 \sim 1/3$ に過小評価されるといった問題点が現状として残っており、絶対的な信頼を置くことは危険であるが、今回の比較では、ZPPR-13Aを除いて決定論的手法との系統的な差が現れしており、モンテカルロ法により妥当な結果が得られていると考えられる。出発点とする断面積ライブラリ構造と断面積解析手法の違いのみに起因した0.3%の差は、現状の解析システムによる解析誤差程度であり、まずはまずの一一致と考えられる。また、現状の臨界性に対する目標設計精度 $0.3 \sim 0.4\% \Delta k$ 程度であり、満足のいく結果であると考えられる。

表4.1-1 JUPITER（大型炉心）とFCA、JOYO（小型炉心）の仕様

| 炉心 | ZPPR-9炉心 | FCA X-1炉心 | FCA X VII-1炉心 | JOYO Mk- I 炉心 | JOYO Mk- II 炉心 |
|-------------------------|---------------------------------------|---|---|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 特徴 | 大型均質2領域MOX炉心のクリーンベンチマーク炉心。 | JOYO Mk- II 炉心の模擬炉心。ただし、Pu・濃縮ウラン混合の1領域。径・軸方向ブランケット付き。 | 窒化物燃料研究のためのMOXレファレンス炉心。Pu領域と濃縮ウラン領域に分離。ブランケット付き。 | 高速増殖炉心。Pu・濃縮ウラン混合の1領域。ブランケット付き。 | 高速中性子の照射炉心。Pu・濃縮ウラン混合の1領域。SUS反射体付き。 |
| 燃料集合体本数 | (ドロワ数) SCF：2386本 DCF：576本 | (ドロワ数) 固定側：85本 移動側：84本 | (ドロワ数) MOX領域：121×2本 Pu・EU領域：60×2本 EU領域：44×2本 | (最小臨界炉心) 64体 | (最小臨界炉心) 50体 |
| 制御棒本数 | なし | 4本 | 8本 | 6体 | 6体 |
| 炉心体積（制御棒含む） | 4,599 ℥ | 131 ℥ | 649 ℥ | 243 ℥ | 179 ℥ |
| 炉心等価直径 | 内側炉心：177.8cm 外側炉心：239.8cm | 57.3cm | MOX領域：68.6cm ドライバー領域： 83.8cm | 71.8cm | 64.3cm |
| 炉心高さ | 101.8cm | 50.8cm | 91.4cm | 60.1cm | 55.2cm |
| 炉心燃料組成 | Pu富化度 内側炉心：11.0wt% 外側炉心：16.1wt% | U-235重量比：8.9wt% Pu富化度：27.9wt% | (Pu燃料ゾーン) U-235重量比：0.2wt% Pu富化度：13.9wt% | U-235重量比：19.0wt% Pu富化度：17.6wt% | U-235重量比：8.9wt% Pu富化度：29.4wt% |
| Pu組成(Pu239/240/241/242) | 87.1 / 11.5 / 1.1 / 0.2 | 91.5 / 8.1 / 0.4 / 0 | 91.6 / 8.1 / 0.3 / 0 | 77.3 / 19.6 / 2.6 / 0.6 | 74.3 / 21.2 / 3.6 / 0.9 |
| 体系温度 | 室温 | 室温 | 室温 | 205°C | 250°C |

表4.1-2 臨界性に対する断面積差が及ぼす寄与の比較

| | ZPPR-9 | ZPPR-13A | ZPPR-17A | FCA-X-1 | FCA-XVII-1 | JOYO Mk-1 | JOYO Mk-2 |
|---------------------|--------|----------|----------|---------|------------|-----------|-----------|
| U-238 ν | +0.04 | +0.03 | +0.03 | +0.03 | +0.03 | +0.02 | +0.02 |
| U-238 μ | +0.08 | +0.11 | +0.10 | +0.43 | +0.26 | +0.18 | +0.07 |
| U-238 Inela. Scat. | -0.08 | -0.21 | -0.16 | -0.86 | -0.43 | -0.32 | -0.09 |
| U-238 Fis. | +0.21 | +0.19 | +0.20 | +0.19 | +0.20 | +0.14 | +0.10 |
| U-238 Ela. Scat. | +0.09 | +0.13 | +0.11 | +0.36 | +0.23 | +0.16 | +0.06 |
| U-238 Cap. | -0.40 | -0.36 | -0.35 | -0.35 | -0.40 | -0.22 | -0.13 |
| U-235 χ | -0.01 | 0.00 | 0.00 | -0.06 | 0.00 | -0.09 | -0.05 |
| U-235 ν | 0.00 | 0.00 | 0.00 | +0.02 | +0.05 | +0.06 | +0.03 |
| U-235 Inela. Scat. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.02 | -0.03 | -0.02 | -0.01 |
| U-235 Fis. | +0.04 | +0.04 | +0.04 | +0.32 | +0.64 | +0.81 | +0.38 |
| U-235 Cap. | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.11 | -0.26 | -0.39 | -0.21 |
| Pu-241 Fis. | +0.01 | +0.01 | +0.01 | 0.00 | 0.00 | +0.01 | +0.02 |
| Pu-241 Cap. | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | -0.01 |
| Pu-240 Fis. | +0.03 | +0.03 | +0.03 | +0.02 | +0.01 | +0.03 | +0.06 |
| Pu-240 Cap. | +0.03 | +0.03 | +0.03 | +0.02 | +0.01 | +0.03 | +0.05 |
| Pu-239 χ | -0.45 | -0.41 | -0.42 | -0.17 | -0.29 | -0.06 | -0.14 |
| Pu-239 ν | -0.28 | -0.22 | -0.26 | -0.02 | -0.13 | -0.03 | -0.05 |
| Pu-239 μ | +0.01 | +0.01 | +0.01 | +0.03 | 0.00 | +0.02 | +0.03 |
| Pu-239 Inela. Scat. | +0.09 | +0.08 | +0.08 | -0.01 | +0.03 | -0.02 | -0.02 |
| Pu-239 Fis. | +1.47 | +1.51 | +1.48 | +1.28 | +0.90 | +0.73 | +1.15 |
| Pu-239 Cap. | -0.22 | -0.21 | -0.23 | -0.12 | -0.13 | -0.10 | -0.19 |
| O μ | +0.12 | +0.17 | +0.15 | +0.13 | +0.10 | +0.36 | +0.17 |
| O Inela. Scat. | 0.00 | +0.01 | +0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| O Ela. Scat. | -0.26 | -0.25 | -0.24 | -0.02 | -0.11 | -0.02 | -0.02 |
| Ni μ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.01 |
| Na Ela. Scat. | +0.02 | +0.01 | +0.01 | -0.02 | +0.01 | -0.02 | -0.04 |
| Na μ | +0.02 | +0.03 | +0.03 | +0.02 | +0.02 | +0.07 | +0.08 |
| Na Inela. Scat. | -0.18 | -0.14 | -0.18 | -0.04 | -0.08 | -0.05 | -0.04 |
| Na Cap. | -0.03 | -0.02 | -0.03 | -0.01 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| Fe Ela. Scat. | +0.02 | +0.01 | +0.01 | -0.01 | 0.00 | -0.02 | -0.10 |
| Fe μ | -0.05 | -0.08 | -0.07 | -0.10 | -0.06 | -0.12 | -0.34 |
| Fe Inela. Scat. | +0.02 | +0.02 | +0.01 | +0.02 | +0.02 | +0.01 | 0.00 |
| Fe Cap. | +0.01 | +0.01 | +0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | +0.02 |
| Cr μ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | -0.01 | -0.01 | -0.07 |
| 合計 | +0.34 | +0.52 | +0.40 | +0.94 | +0.56 | +1.11 | +0.70 |
| 直接計算による差 | +0.03 | +0.23 | +0.07 | +1.48 | +0.92 | +1.03 | +0.43 |

※ 単位 [%]

断面積差={(JENDL-2)-(JENDL-3.2)}/(JENDL-3.2) [%]

表4.2-1 臨界性輸送計算における空間メッシュ効果と角度メッシュ効果 -JOYO Mk-II-

| | 基準メッシュ | 倍メッシュ | 4倍メッシュ | 無限メッシュ外挿 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| S4 | 1.00392 (+0.00172) | 1.00453 (+0.00233) | 1.00470 (+0.00250) | 1.00475 (+0.00255) |
| S8 | 1.00194 (-0.00026) | 1.00261 (+0.00041) | - | - |
| S16 | 1.00159 (-0.00061) | - | - | - |
| S^∞ 外挿 | 1.00138 (-0.00082) | - | - | 1.00220 (Ref.) |

表4.2-2 臨界性輸送計算における空間メッシュ効果と角度メッシュ効果 -ZPPR-2-

| | 基準メッシュ | 倍メッシュ | 4倍メッシュ | 無限メッシュ外挿 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| S4 | 0.98502 (+0.00028) | 0.98544 (+0.00070) | 0.98555 (+0.00081) | 0.98558 (+0.00084) |
| S8 | 0.98435 (-0.00039) | 0.98476 (+0.00002) | - | - |
| S16 | 0.98426 (-0.00048) | - | - | - |
| S^∞ 外挿 | 0.98418 (-0.00056) | - | - | 0.98474 (Ref.) |

表4.2-3 臨界性輸送計算における空間メッシュ効果と角度メッシュ効果 -ZPPR-9-

| | 基準メッシュ | 倍メッシュ | 4倍メッシュ | 無限メッシュ外挿 |
|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| S4 | 0.98524 (+0.00011) | 0.98554 (+0.00041) | 0.98561 (+0.00048) | 0.98564 (+0.00051) |
| S8 | 0.98484 (-0.00029) | 0.98515 (+0.00002) | - | - |
| S16 | 0.98478 (-0.00035) | - | - | - |
| S^∞ 外挿 | 0.98473 (-0.00040) | - | - | 0.98513 (Ref.) |

表4.3-1 バックリングの違いによるマルチドロワ補正の比較 (ZPPR-13A)

| | ケース1 (Ref. : 臨界バックリング) MD : 零バックリング) | ケース2 (Ref. : 零バックリング) MD : 零バックリング) | ケース3 (Ref. : 臨界バックリング) MD : 臨界バックリング) |
|-------|---|--|--|
| 2F+2B | +0.0025 | +0.0044 | +0.0033 |
| 3F+3B | +0.0011 | +0.0030 | — |

※拡散係数として基準セル計算により得られたものを使用。

Ref.: 基準体系セル計算、MD: マルチドロワ体系セル計算

表4.3-2 各実験シリーズのマルチドロワ補正值とその内訳

| | JUPITER-I (ZPPR-9) | JUPITER-II (ZPPR-13A) | JUPITER-III (ZPPR-17A) |
|----------------------|-----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 直接計算 | +0.00063 | +0.00178 | +0.00139 |
| 合計 | +0.00064 | +0.00181 | +0.00141 |
| 燃料部 (径プランケット隣接部) | <u>+0.00023</u> | +0.00014*1 | <u>+0.00029</u> |
| 厳密 撮動 計算 | -0.00007 | -0.00024 | -0.00004 |
| 燃料部 (軸プランケット隣接部) | <u>+0.00040</u> | -*1 | <u>+0.00051</u> |
| 軸プランケット | +0.00008 | -0.00016 | +0.00002 |
| 燃料部 (内部プランケット隣接部) | — | <u>+0.00194</u> | <u>+0.00073</u> |
| 内部プランケット | — | +0.00013 | -0.00007 |

*1: 軸プランケット隣接部は径プランケット隣接部でもあるため、軸プランケット隣接部に含めた。

表4.4-1 臨界性C/E値におけるJUPITER標準解析手法とモンテカルロ法との比較

| | ZPPR-9 | ZPPR-13A | FCA X-1 | FCA XVII-1 | JOYO Mk-I | JOYO Mk-II |
|----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| JUPITER標準解析手法 (J) | 0.9937 | 0.9960 | 0.9890 | 0.9938 | 0.9942 | 0.9923 |
| モンテカルロ法*1) (M) (ヒストリーフィル) (M) | 0.9952 ±0.0005*2) (730,000) | 0.9932 ±0.0003*3) (2,000,000) | 0.9919 ±0.0003*4) (1,700,000) | 0.9952 ±0.0003*4) (1,700,000) | 0.9955 ±0.0003 (2,400,000) | 0.9947 ±0.0004 (2,400,000) |
| J-M [%] | -0.15 | +0.28 | -0.29 | -0.14 | -0.13 | -0.24 |

*1) MVPコード (Ref.18-35) による計算値

*2) Ref. 19-19

*3) Ref. 23-3

*4) Ref. 19-29

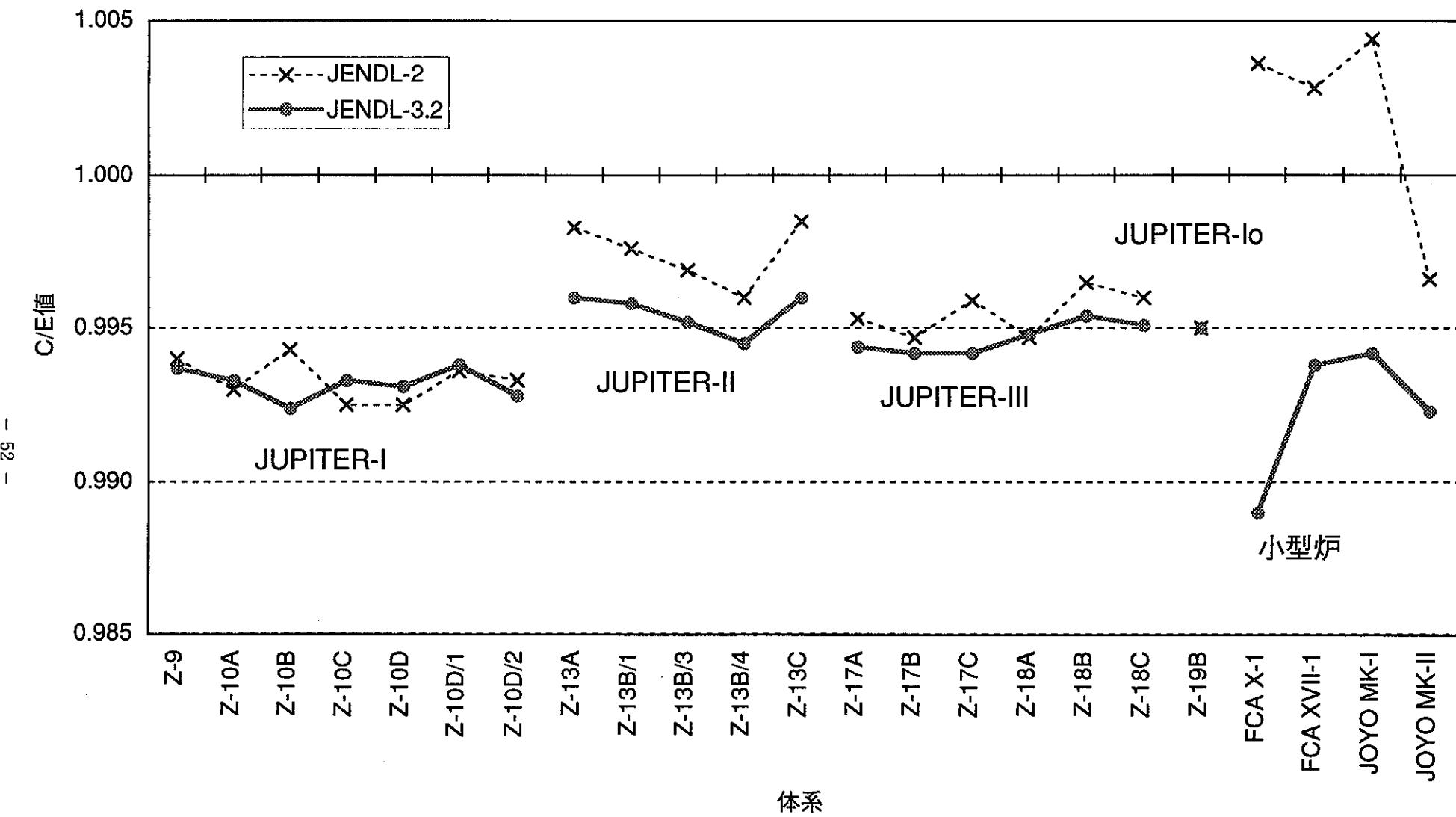


図4.1-1 臨界性C/E値の比較

核種・反応の寄与

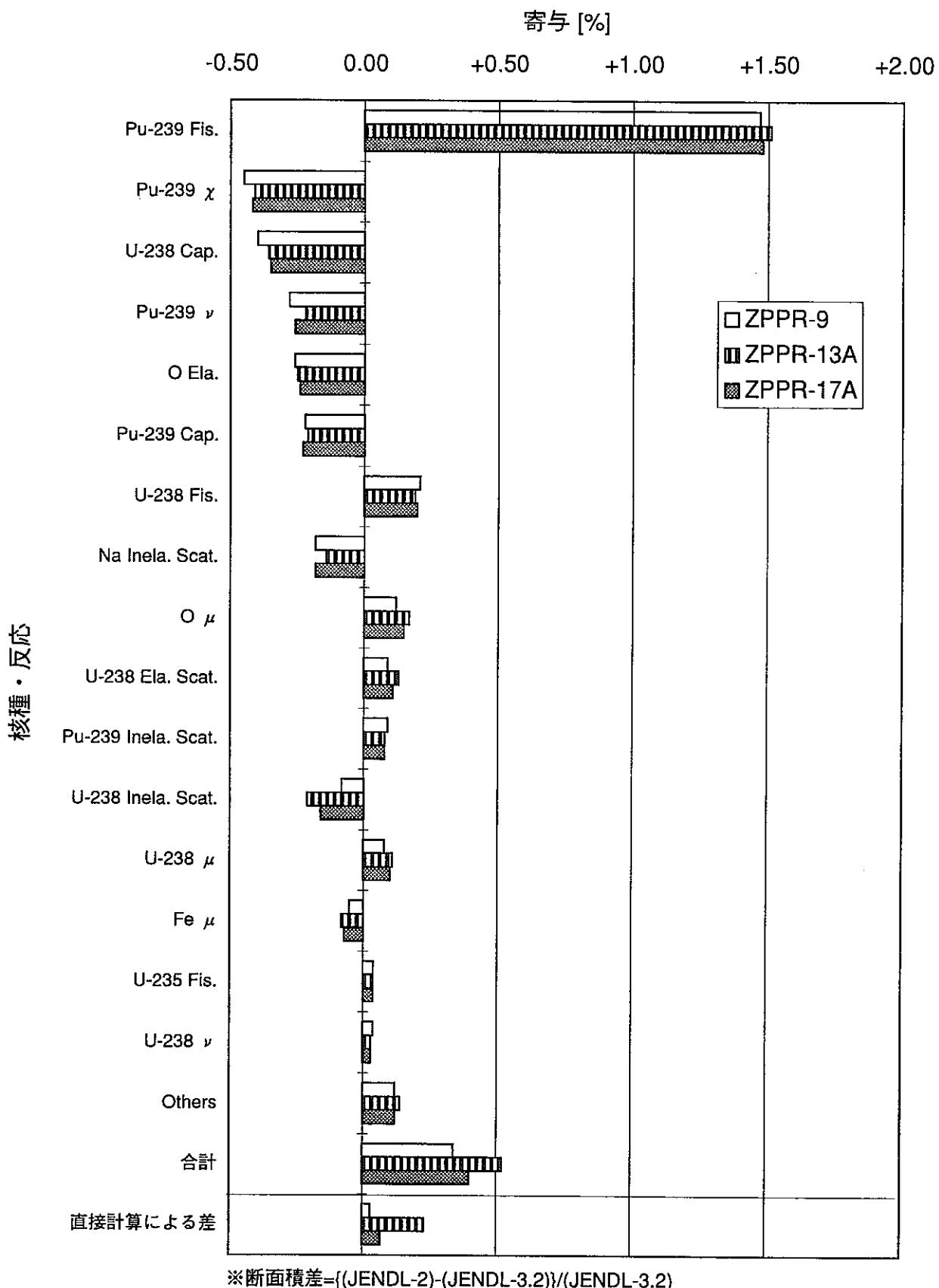
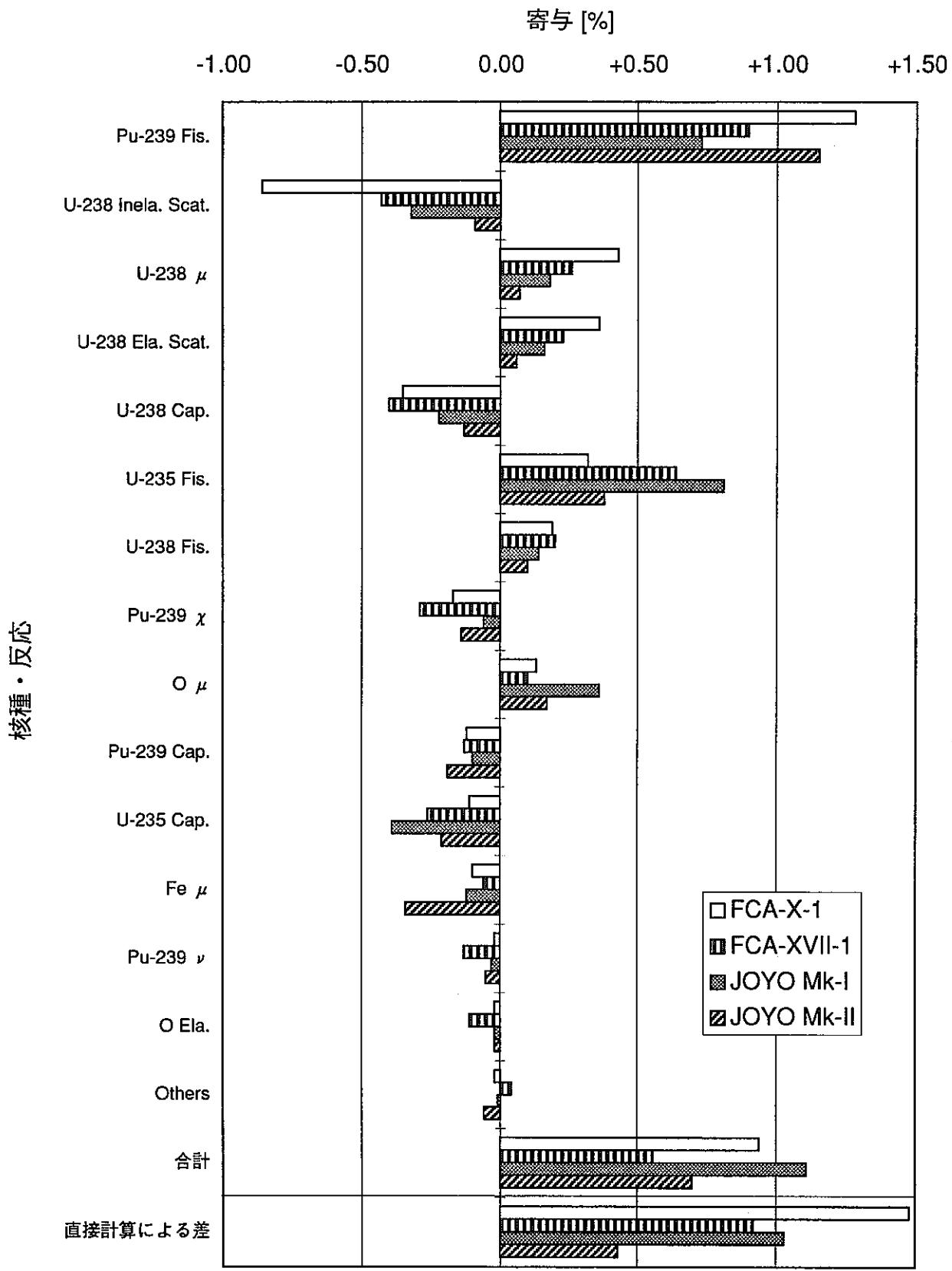


図4.1-2 臨界性に対する断面積差による寄与の比較 (JUPITER)

核種・反応の寄与



※断面積差={(JENDL-2)-(JENDL-3.2)}/(JENDL-3.2)

図4.1-3 臨界性に対する断面積差による寄与の比較（小型炉）

断面積差の寄与

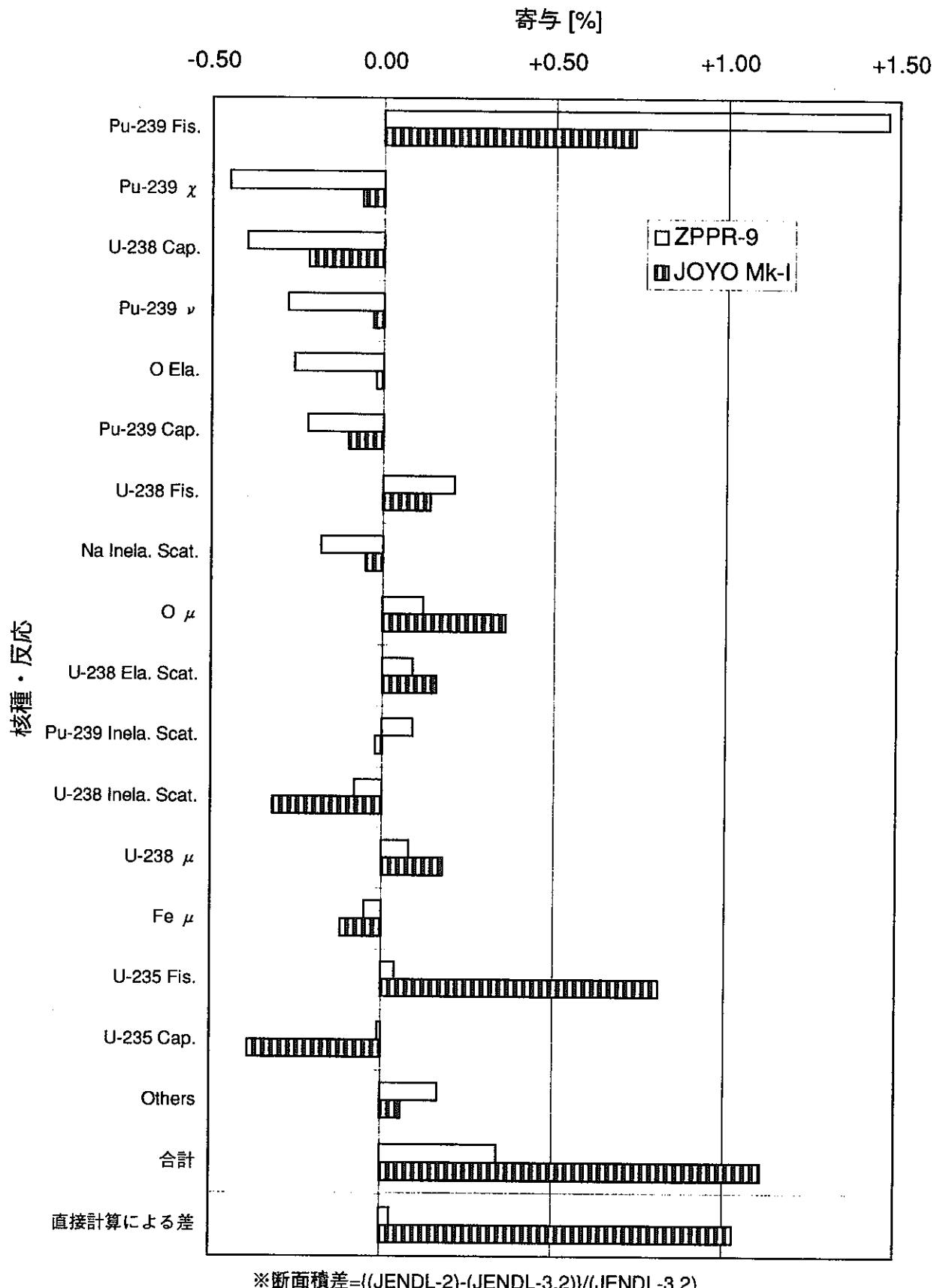


図4.1-4 臨界性に対する断面積差による寄与の比較 (JUPITERと小型炉)

第5章 ドップラー反応度解析における高度化による効果

第5章 ドップラー反応度解析における高度化による効果

ZPPR-9の炉中心及びZPPR-13Aの炉中心（中央ブランケット内）と3つの燃料リングにおいて、サンプルドップラー反応度の測定が行われた。サンプルとしては、天然UO₂が用いられ、更に、ZPPR-13AではMOXサンプルとステンレスサンプルも使用された。ドップラーサンプルは室温から1100Kにわたるまで5つのステップに分けて昇温され、それぞれの温度差によるドップラー反応度の測定が行われた。

解析では、最新の断面積ライブラリJENDL-3.2を用い、更に、炉心燃料とサンプルの温度の違いによる共鳴干渉効果をより正確に考慮するために超微細群構造格子計算コードPEACO-X(3-29)を用いた。

5.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響

JENDL-2、JENDL-3.1、JENDL-3.2におけるU-238の各分離共鳴領域と非分離共鳴領域、及び共鳴領域を取り扱う基本式は次の通りである。

| | 分離共鳴領域 | 非分離共鳴領域 |
|-----------|--|-----------------------------------|
| JENDL-2 | $10^{-5}\text{eV} \sim 4\text{keV}$ (MLBW ^{*1}) | $4\text{keV} \sim 50\text{keV}$ |
| JENDL-3.1 | $10^{-5}\text{eV} \sim 9.5\text{keV}$ (MLBW) | $9.5\text{keV} \sim 50\text{keV}$ |
| JENDL-3.2 | $10^{-5}\text{eV} \sim 10\text{keV}$ (R-M ^{*2}) | $10\text{keV} \sim 150\text{keV}$ |

*1: Multilevel Breit Wigner formula

*2: Reich-Moore formula

すなわち、JENDL-2、JENDL-3.1と比べてJENDL-3.2では、分離共鳴領域、非分離共鳴領域とも拡張されている。

ライブラリの違いによるZPPR-9ドップラー反応度C/E値の比較を図5.1-1に示す。なお、この節で参照されるC値には次節で述べる共鳴干渉補正は考慮されていない。各温度ステップについて一律約3~4%C/E値が1に近づく結果となっている。この差について、原因を調査するためにエネルギー群毎の寄与の比較を行った。比較を図5.1-2に示すが、明らかのようにJENDL-2を用いた場合には22群以上（約40keV以上）では非分離共鳴領域から外れるために寄与が0となっているが、JENDL-3.2では18群（約140keV）まで寄与が見られる。そして、この非分離共鳴領域の違いにより、差の大半である+2.3~+2.8%の寄与のあることが分かった。23群以下（約40keV以下）については若干JENDL-3.2による寄与が大きいものの、ほとんど同じ寄与を示しているが、これは自己遮蔽因子にあまり

大きな改訂がされなかつたためと考えられる。以上示したようにJENDL-3.2の使用によりC/E値が約4%改善されたが、依然20%を超える過小評価が見られる。

次に、ZPPR-13Aを解析した結果について、ライブラリ間の径方向依存性の比較を図5.1-3に、温度ステップ毎の比較を図5.1-4にそれぞれ示す。

まず、径方向依存性の比較についてだが、いずれの温度ステップにおいてもライブラリをJENDL-3.2とすることにより、径方向依存性の減少が見られる。定量的に見ると、例えば温度ステップ5 (298→1087K)において第1リングと第3リングを比較した場合、JENDL-2では約15%の差が見られたが、JENDL-3.2では約10%の差に低減されていることが分かる。しかしながら、ドップラー反応度の実験誤差が大きいこと、特に第3リングは中性子勾配が大きく、サンプル位置の不確かさによる実験値の不確かさの大きいことが予測されるので、あまり問題としては取り上げないこととする。次に、他の空間分布核特性、例えば、反応率分布(図6.1.1-2)、あるいは制御棒価値(図8.1-5)との比較を行うと、いずれもJENDL-2では炉心外周部へ行くに従いC/E値は増加する、すなわち、径方向に対して正の傾きが見られるが、JENDL-3.2ではむしろ負の傾きを示している。それに対し、ドップラー反応度の径方向依存性は正のままである。この原因として、ライブラリの違いによる中性子束分布の差は、中性子エネルギーに応じて傾向の異なることが予想され、他方、ドップラー反応度は、大きい感度を持つエネルギー領域が他の核特性と異なることが考えられる。裏付けとして、ZPPR-9の中心における各核特性について、主要となる寄与、すなわち指標の計算を行った。用いた指標は次の通りである。

- ・ F49反応率: $\phi^g \sigma_{f,Pu-239}^g$
- ・ 制御棒反応度: $\phi^g \psi^{*g} \sigma_{a,B-10}^g$
- (・ ドップラー反応度: 1次摂動計算結果)

計算結果を図5.1-5に示す。寄与の大きいエネルギー領域について、F49反応率と制御棒反応度には大きなオーバーラップが見られるが、ドップラー反応度は前2者とは異なる領域に大きな寄与の現れていることが分かる。

次に、温度ステップ毎の比較だが、サンプル位置で大きさが0~6%と異なるが、いずれもライブラリ間で系統的な差が見られる。温度ステップ依存性については特に注目すべきポイントはない。

5.2 超微細群構造解析による改善

ドップラー反応度の過小評価の原因の一つとして、共鳴干渉効果の取り扱いの非詳細さが挙げられる。ZPPRにおけるドップラー反応度の実験はいわゆるサンプルドップラーと呼ばれるもので、炉心燃料領域の温度は常温であり、ドップラーサンプルのみが昇温される。従って、炉心燃料領域とドップラーサンプル領域では、U-238を始めとする核種の共鳴ピークの拡がりが異なり、両者間の共鳴干渉効果が生じることになる。他方、

JFS70群ライブラリにおける計算では、U-238については自己遮蔽因子がバックグラウンド断面積について8点 (0, 100, 101, 102, ..., 10⁶barn)、温度について4点 (300, 800, 2100, 4500K) 与えられており、スプライン内挿を用いて所要の自己遮蔽因子を求めることにより、自己遮蔽効果が考慮されることになる。この手法は、全炉心ドップラー反応度実験や実機炉心のように、詳細な共鳴構造を持つ核種が单一温度で存在すれば、共鳴干渉効果は生じず、共鳴領域の評価においても十分な自己遮蔽効果の評価を行うことができると考えられるが、サンプルドップラー反応度実験解析に限っては、評価が不十分であると考えられる。従って、共鳴干渉を正確に評価するために、超微細群構造格子計算コードPEACO-Xによる共鳴干渉効果の評価を行った。PEACO-XはMCROSSライブラリと呼ばれる専用のライブラリを有し、JENDL-3.1では0.2eV～100keVで151,700群の計算を、JENDL-3.2では0.4eV～183keVで324,500群の超微細群構造計算を行うことができる。図5.2-1にMCROSSライブラリと処理前の断面積ライブラリの比較を示すが、共鳴ピークレベルまで正確に取り扱うライブラリ構造となっていることが分かる。中性子束分布は衝突確率法により求められる。PEACO-Xは共鳴領域を取り扱うコードであるから、中性子源は等方弹性散乱による減速中性子のみで、核分裂や非弹性散乱による寄与は考慮されない。

計算体系のモデル化を図5.2-2に示す。共鳴干渉補正は、ライブラリ構造の違い、幾何学的体系の違いによる影響を取り除き、純粹に注目している核種（ここでは、U-238）の炉心燃料とサンプルの温度の違いによる共鳴干渉効果を評価するため、スーパーセルにおいて、炉心燃料領域にU-238が存在する場合としない場合についてそれぞれの捕獲断面積を求め、両者を用いることによるドップラー反応度の比より求める。ライブラリとして、原研から限定的に開示されているJENDL-3.1ベースのものを用いた。解析は1次摂動計算により、300から1100Kへ昇温した場合について行った。ZPPR-13Aについては更に、サンプル位置毎に解析を行った。

共鳴干渉効果の詳細化による捕獲断面積変化、及び、反応度成分の相対変化をZPPR-9を例に図5.2-3に示す。なお、ドップラー反応度は負であるが、ここでは、符号を逆転させている。まず、捕獲断面積変化を見ると、大きいところでは-40%あるいは+40%と非常に大きな変化が見られる。反応度として影響するエネルギー領域（1～50keV）では、正の変化が見られ、共鳴干渉効果を考慮することにより、ドップラー反応度の絶対値をより大きく評価する機構が分かる。結局、共鳴干渉補正是ZPPR-9で+4.3%、ZPPR-13Aではリング1からリング3で、それぞれ、+4.9、+5.1、+5.3%となった。共鳴干渉効果の考慮によるC/E値の変化を図5.2-4に示す。全体を通じてC/E値は1に近づく傾向にあるが、決定的なC/E値過小評価の改善は見られなかった。

5.3 今後の課題

ここで述べた解析は、考えうる補正を全て考慮に入れたものであるが、特に、均質炉心で解析が容易であることが予想されるZPPR-9についても、C/E値に依然として約0.83と10%を越える過小評価である。そこで、解析システムの妥当性を検証すると共に、

JUPITERの実験値自体にも検討の余地があると考えられる。具体的には現在、開発中であるが、摂動モンテカルロ法(5-1, 2)を用いてドップラー反応度の解析を行うことにより、解析手法、断面積ライブラリ、あるいは、実験データのいずれに問題があるか明らかになると考えられる。他方、原研によるFCAのドップラー反応度解析では、同じ温度領域でC/E値が0.86～0.94(4-22)と良い結果が得られているが、事業団とほぼ同様の解析システムが用いられており、事業団のシステムを用いてFCAのドップラー反応度解析を行うことにより、やはり問題が明確になると考えられる。

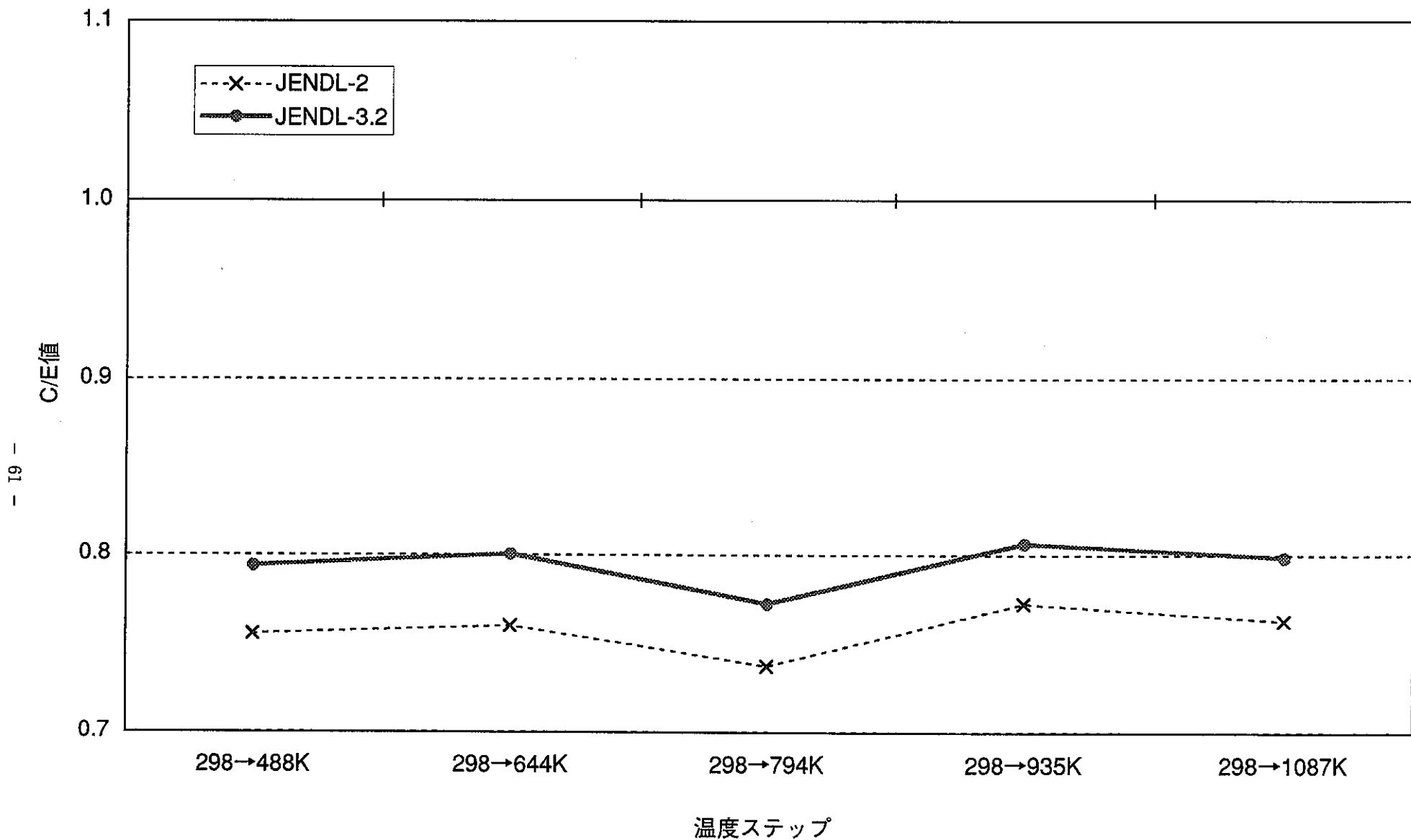


図5.1-1 ZPPR-9 ドッpler反応度C/E値の比較

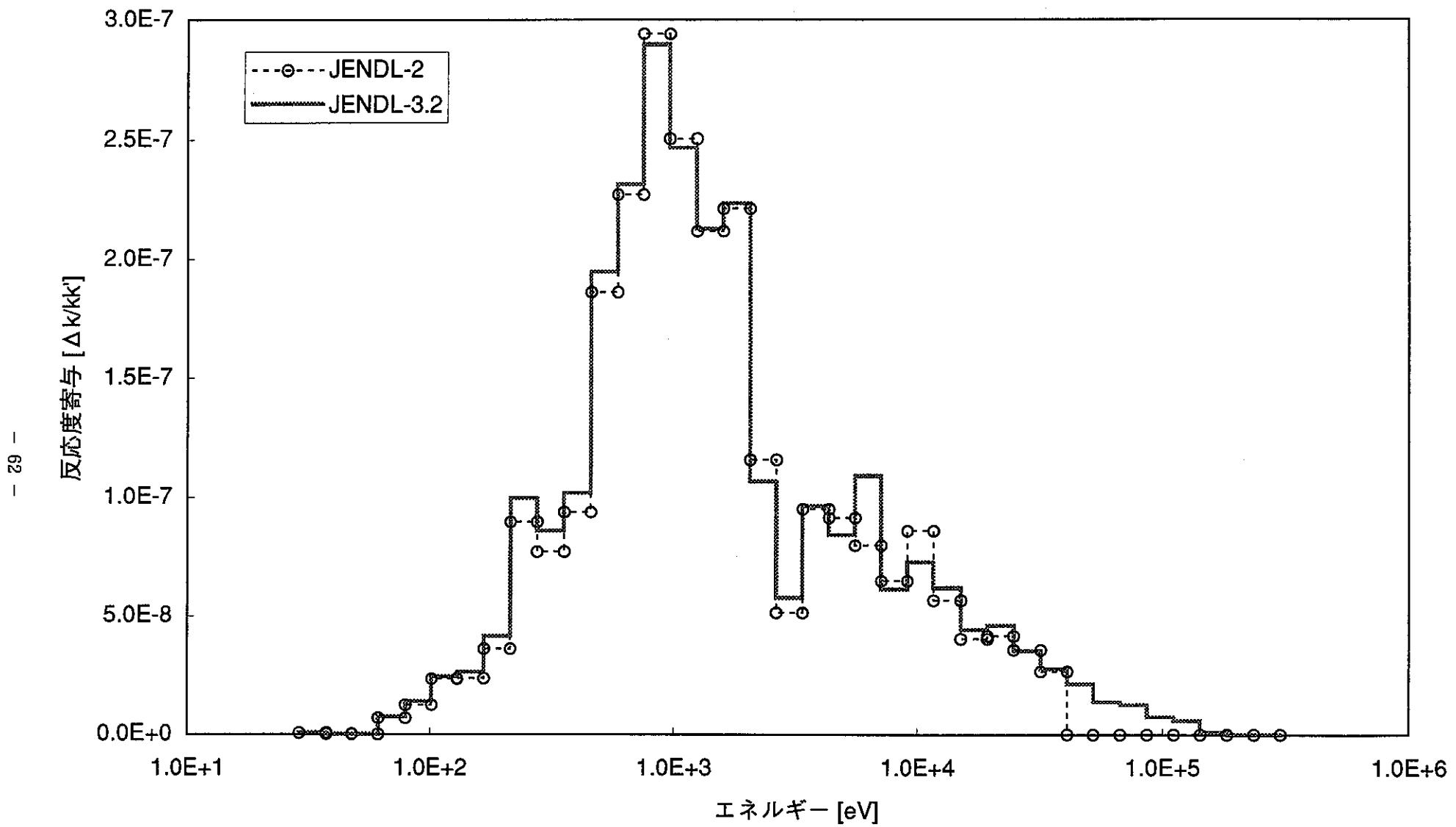


図5.1-2 ドッpler反応度のエネルギー群毎の寄与の比較 (ZPPR-9、298K→1087K)

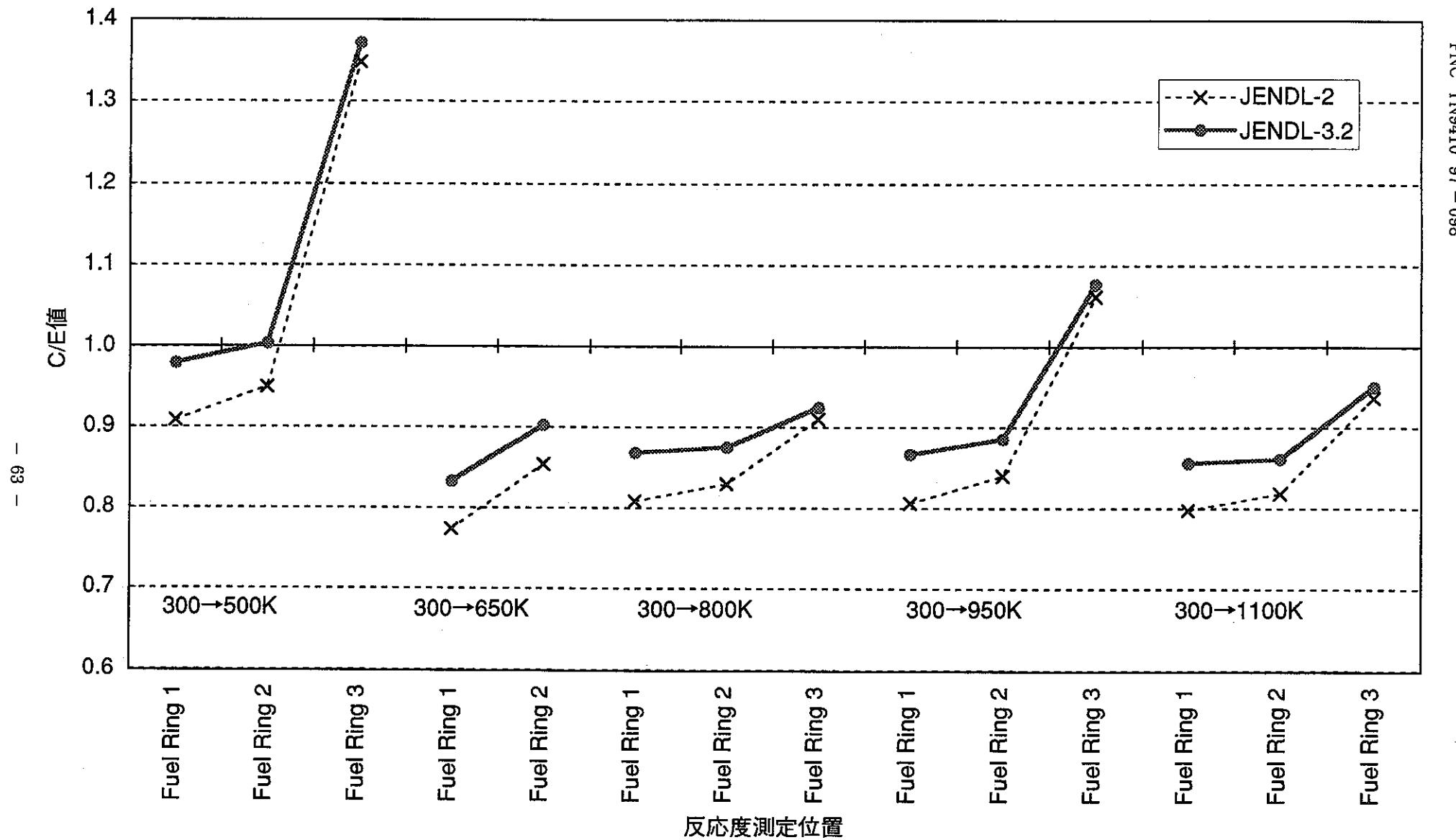


図5.1-3 ZPPR-13A ドップラー反応度C/E値径方向依存性の比較

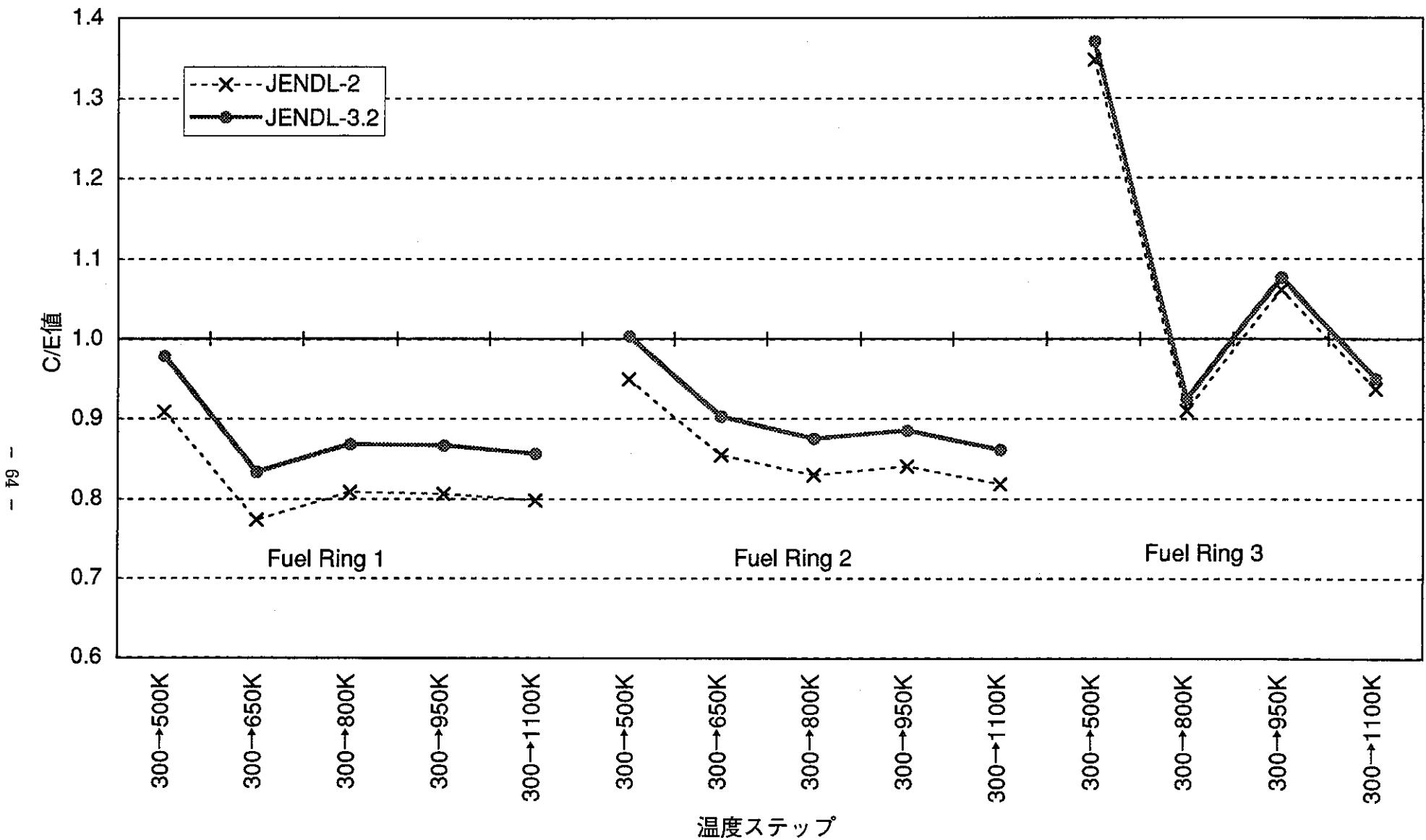


図5.1-4 ZPPR-13A ドッpler反応度C/E値の温度ステップ依存性の比較

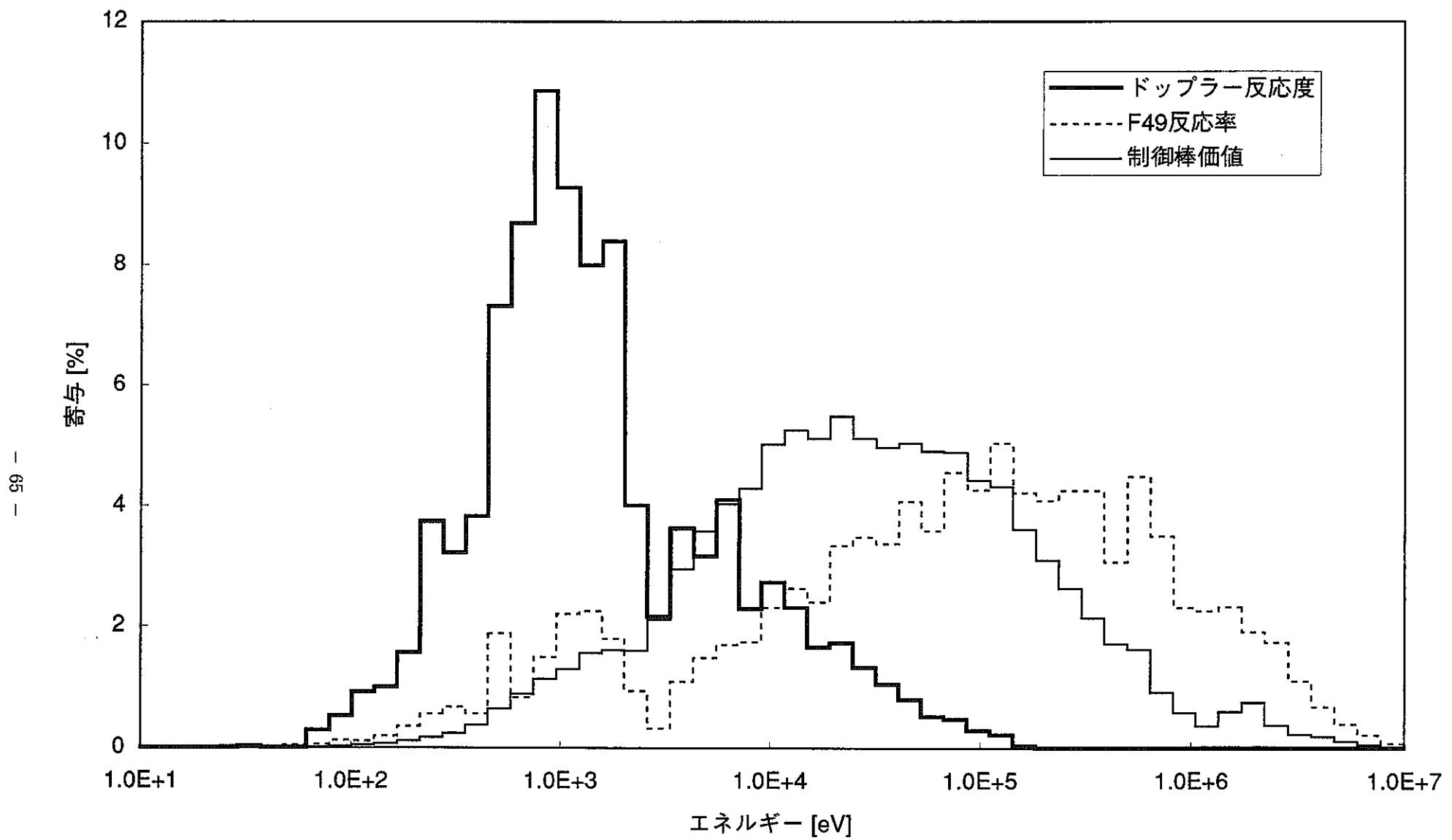


図5.1-5 各核特性の主要な寄与のエネルギー分布の比較

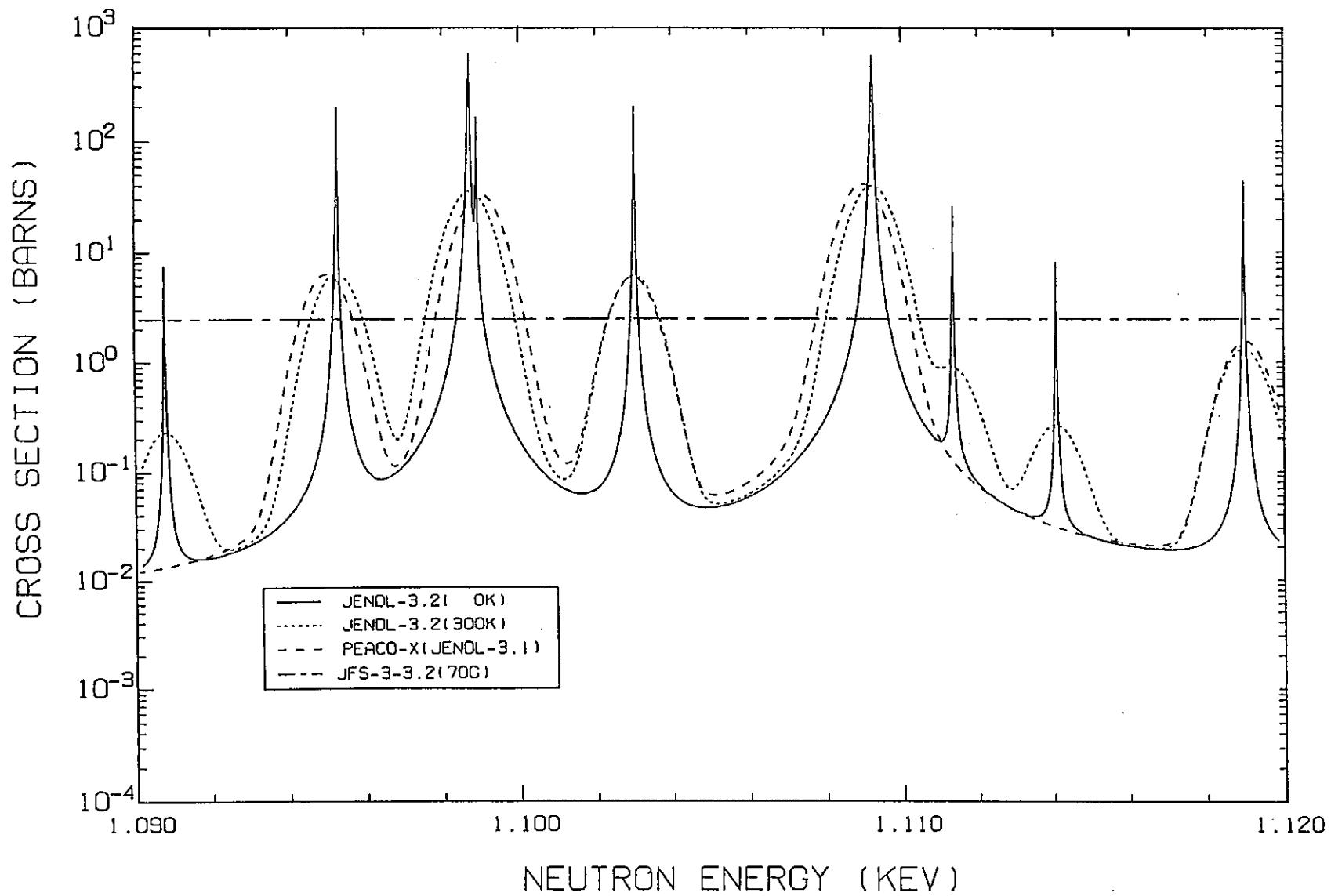


図5.2-1 JENDLライブラリとPEACO-X超微細断面積の比較（拡大図）
(U-238捕獲断面積、1.09~1.12keV、300k)

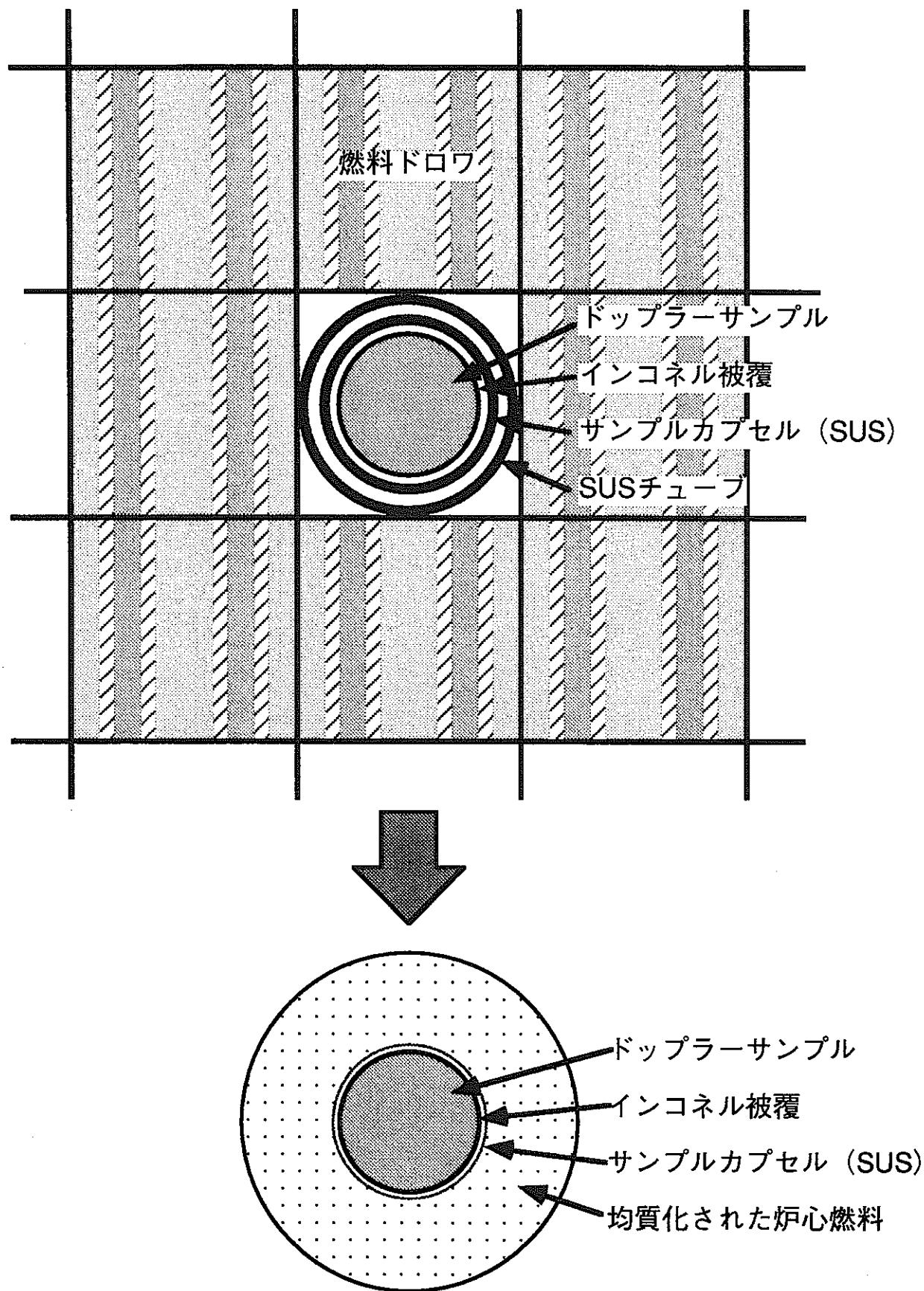


図5.2-2 ドップラーサンプルの配置と詳細解析モデル

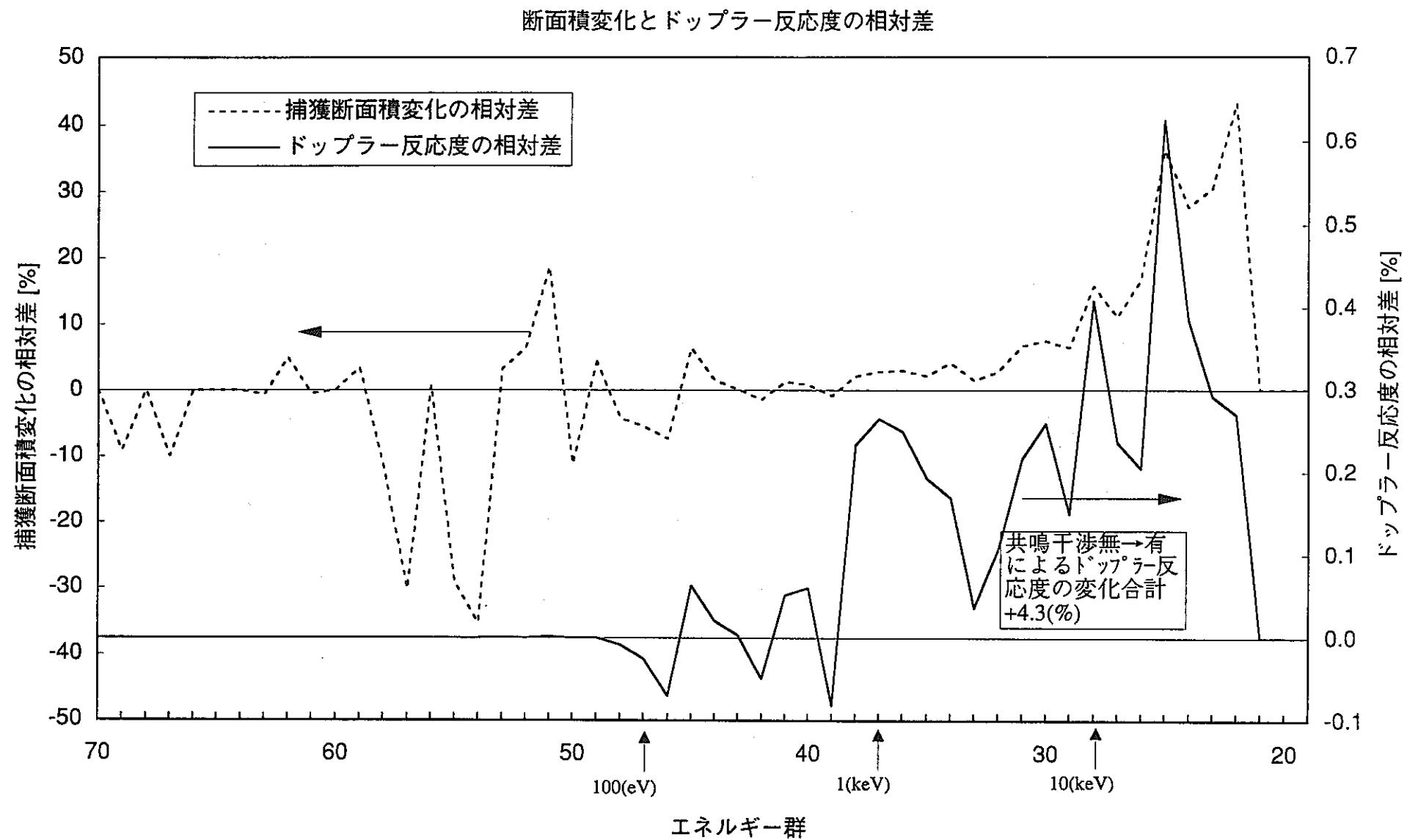


図5.2-3 ZPPR-9 ドップラー反応度における共鳴干渉の考慮による捕獲断面積変化及び反応度の相対差

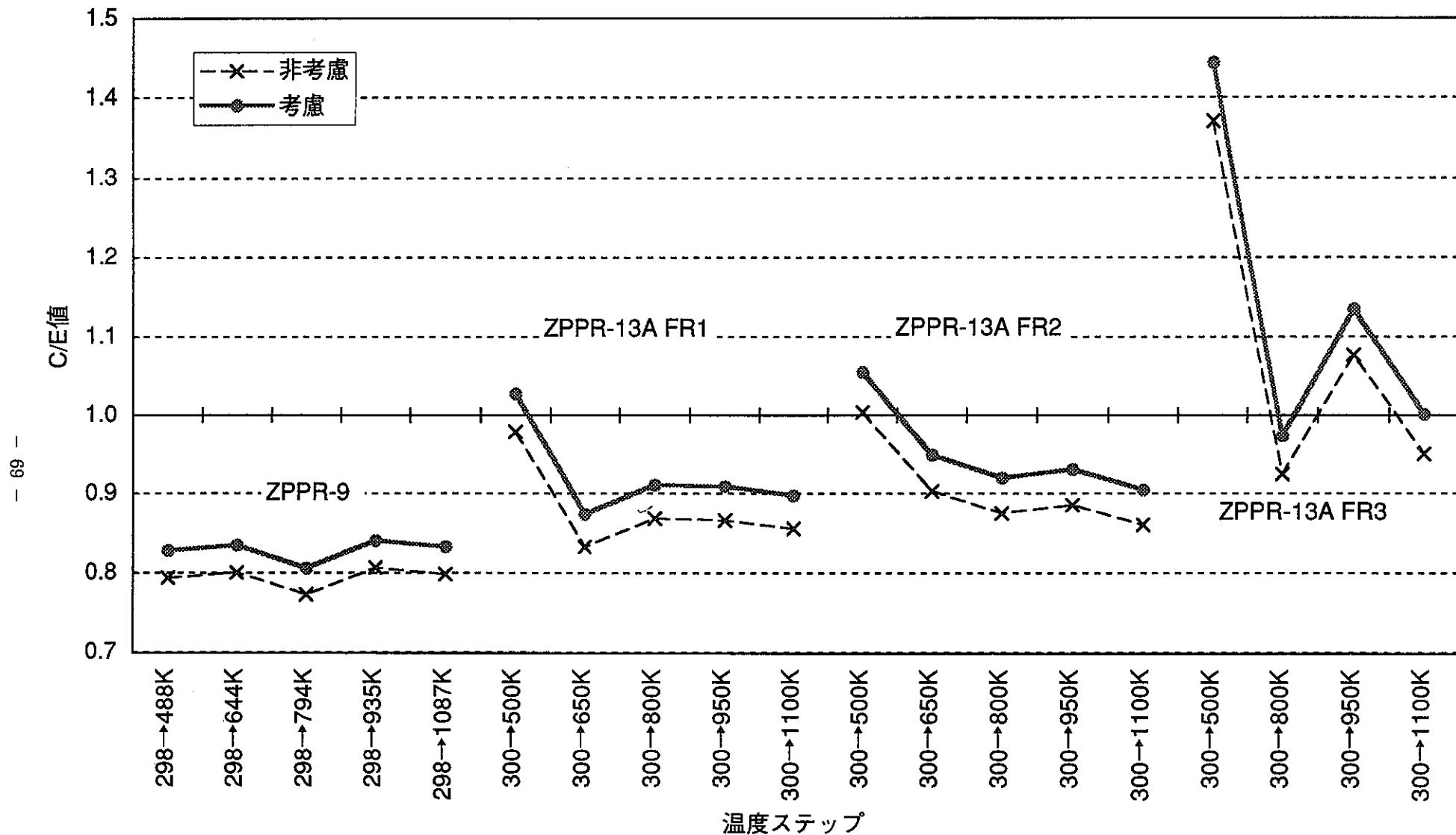


図5.2-4 共鳴干渉効果の考慮の有無によるドッpler反応度C/E値の変化

第6章 反応率分布・反応率比解析における 高度化による効果

第6章 反応率分布・反応率比解析における高度化による効果

この章では、まず、最新ライブラリJENDL-3.2の使用による反応率分布、反応率比への影響について述べる。次に、従来、実験的に求められていたセルファクターの計算による評価、及び、その適用による反応率分布、反応率比の改善について述べる。

反応率分布C/E値の計算では統計処理が多用されるが、具体的な方法は文献(5-3)に示されているので、ここでは省略する。

なお、この章では、反応のタイプ、反応率位置等を表す略語を多用するので、表6-1と図6-1にそれらの意味を示しておく。

6.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響

6.1.1 反応率分布への影響

まず、ZPPR-9の各反応率分布C/E値のライブラリ間の比較を図6.1.1-1に示す。反応率分布においては、単なる計算値Cと実験値Eとの比C/E値の絶対値そのものには意味がないので、我々の解析では、ドロワ毎反応率分布C/E値を統計処理したあと、炉中心のC/E値に対するある地点のC/E値を反応率分布C/E値と称している。図より、ブランケット領域におけるF28反応率を除いて、ライブラリをJENDL-3.2とすることによりC/E値が1に近づいており、JENDL-2で見られた径方向依存性の改善が見られることが分かる。F28についてはC/E値の1からのずれが大きくなったものの、悪化は1%程度であり、更に、実験誤差の特に大きい核特性なので、問題はないと考えられる。

次に、ZPPR-13Aにおける比較を図6.1.1-2に示す。ZPPR-13AではF28を除いて、JENDL-2では良好だったものがJENDL-3.2では逆に炉心外側へ行くに従って、過小評価の傾向が見られる。F28については改善が見られる。

最後に、ZPPR-17Aにおける比較を反応毎に図6.1.1-3～6に示す。ZPPR-17Aでは炉心燃料領域に関しては、改善が見られ、ほぼ径方向依存性が解消されている。軸方向に関しても若干だが解消が見られる。ブランケット領域に関してはC28を除いてC/E値の1からのずれの増加が見られる。C28についてはブランケット領域においても改善が見られる。

以上のことより、ライブラリをJENDL-3.2とすることにより、反応率分布の改善が図られると言える。しかしながら、現状の解析システムでは、ブランケット領域における反応率分布の評価は不十分であると言える。

6.1.2 反応率比への影響

C28/F49、F25/F49、及びF28/F49反応率比のC/E値をそれぞれ図6.1.2-1～3に示す。

C28/F49 反応率比（図6.1.2-1）については、JUPITER-Iで5～8%、JUPITER-II

(ZPPR-13A)、JUPITER-III (ZPPR-17A)、JUPITER-Ioの炉心燃料部で約4%の系統的な過大評価であったが、ライブラリを変更しても差はほとんど見られない。更に、JUPITER-Iとそれ以外でも約2%の系統的な差が見られる。反応率比解析値は主に断面積ライブラリの値に依存するので、解析システムに関する原因是考えられない。また、原研FCAにおけるC28/F49反応率比の評価(4-28)では、同じライブラリJENDL-3.2を用いても、そのような過大評価は見られてないので、ライブラリに対する検討の余地もほとんどないと考えられる。従って、実験方法・実験データに系統的な誤差要因が含まれていると考えられる。具体的には、セルファクターの評価法、測定時の較正誤差に検討の余地があると考えられる。本レポートでは、セルファクター評価法の観点から検討することにする。

F25/F49反応率比（図6.1.2-2）については、ライブラリの変更により過大評価の改善が系統的に約2%見られる。また、ZPPR-10Cが他のJUPITER-I炉心と同様の傾向を示しているのに対し、同じサイズであるZPPR-10Dでは過大評価の度合いが大きい。10Cと10Dの相違は制御棒フォロワのサイズ（10Cは3×3ドロワであるのに対し、10Dは2×3ドロワ）と配置（10Cは2リングであるのに対し、10Dは3リング）である。他方、他の制御棒フォロワを有する体系の核特性評価において、特に問題が見られないことから、制御棒フォロワに対する解析精度は現状では十分であると判断される。従って、制御棒フォロワのサイズと配置の相違が評価精度悪化の主原因であるとは考えにくく、今後更なる検討を要する。

F28/F49反応率比（図6.1.2-3）については、ZPPR-17Aの径ブランケット部で変化が見られるものの、ほとんど差が見られない。

6.2 セルファクターの検討

反応率の測定は、U-238、U-235、Pu-239のフォイルをドロワ内に装荷し、フォイルを体系内の中性子場で放射化し、その誘導放射能を測定することによって行われた。他方、JUPITER体系計算は一般に1ドロワ均質1メッシュで行われるが、ドロワは燃料、Na、劣化U等の複数のプレートから構成され、ドロワ内の反応率の非均質性が無視できない。従って、JUPITERの反応率の解析にはドロワ平均とフォイル位置の反応率の比、いわゆるセルファクターが不可欠である。従来の解析では、実験的に求められたセルファクターが用いられていたが、本節ではセルファクターの解析についての検討を示す。具体的には、まず、6.2.1でセルファクター測定実験の問題点を概説し、6.2.2以降でセルファクターの解析について述べる。更に、6.3節では、セルファクター計算値を用いた反応率分布、反応率比の解析結果を示す。

6.2.1 セルファクター測定実験の問題点

セルファクターは次式で与えられる。

$$CF = \frac{\bar{R}}{R_f} \quad (6-1)$$

ここで、

\bar{R} : プレート平均反応率

R_f : フォイル位置における反応率

また、セル平均反応率は次式で与えられる。

$$\bar{R} = \frac{\sum_i R_i N_i V_i}{\sum_i N_i V_i} \quad (6-2)$$

ここで、

R_i : プレート*i*の平均反応率

N_i : プレート*i*の原子数密度

V_i : プレート*i*の体積

プレート平均反応率の測定は、劣化U (U_{308}) プレートの場合は、図6.2.1-2中上図に示すように、垂直に2分割されたプレート内に短冊状のフォイルを設置することにより行われた。それに対し、燃料プレートの場合には、Puが含まれていることから燃料プレートには汚染防止のためにSUS被覆が施されており、劣化Uプレートの場合のような測定方法を適用することは不可能である。従って、過去にたった一度行われたStanford-Robinson実験において得られたデータを基に測定が行われた。なお、紙面の都合により、ここでは概要を説明する。

Stanford-Robinson実験はZPR-6のAssembly7を用いて行われた。この実験では、図6.2.1-1に示すように、燃料を模擬するために、劣化Uシート25枚に対して93%濃縮Uシート13枚を均等になるように重ね合わせ、また、劣化Uシート19枚の中央に穴をあけ、その中に劣化Uフォイルが挿入された。更に、燃料シートの束の両側のステンレス被覆の表面にも劣化Uフォイルが設置された。そして、照射後劣化Uフォイルの誘導放射能を測定することにより、プレート平均反応率を求め、ステンレス被覆表面に設置されたフォイルの反応率との比が求められた。

しかしながら、その後、その比はStanford-Robinson実験以外のドロワパターンによる周辺環境効果の大きいことが指摘されたため、図6.2.1-2中下図に示すプレート平均反応率の測定において、ステンレス被覆表面に設置されたフォイルの反応率で代表させる代わりに、燃料プレートを平行に2分割し、その間に測定用のフォイルを設置し、そのフォイルの反応率で代表する方法に取って変えられた。燃料プレート中央に設置されたフォイルの反応率とステンレス被覆表面に設置されたフォイルの反応率の比はZPPR-4においてStanford-Robinson実験と同じ環境下で行われた。

以上が、セルファクターの測定方法であるが、この方法には以下の問題点がある。

- ①実際の燃料プレートにはPuが含まれているのに対し、Stanford-Robinson実験では濃縮Uと劣化Uの組み合わせにより模擬されていること
- ②周辺のドロワパターンの違いによる周辺環境効果

②は燃料プレート中央におけるフォイルの反応率で取って代わられたので、元々の Stanford-Robinson 実験により得られた比を用いることと比較して周辺環境効果は低減されていることが予想される。しかしながら、①は自明な問題である。次節では、計算によりセルファクターを求める方法について検討し、実験値との比較を行う。

6.2.2 セルファクター計算の考え方

反応率分布の解析では、図6.2.2-1に示すようにセル（ドロワ）が均質である炉心計算により、炉心全体のグローバルな分布に基づくセル内分布（同図(a)）が求められ、他方、セル計算によりセル内の非均質性に基づく分布（同図(b)）が計算され、両者を組み合わせることにより、最終的な分布（同図(c)）が得られる。具体的には、同図(a)の分布は、炉心計算による各セル毎の平均反応率を基にして、LAGOONコード内のフィッティングにより計算される。実際には、フォイル位置の反応率 R'_f が計算される。同図(b)の分布は、連続エネルギーモンテカルロコードMVPを用いたドロワ計算により求められる。実際には、その計算によりセルファクターが計算される。そして、 R'_f をセルファクターで割ることにより、非均質性に基づく分布の考慮されたフォイル位置における反応率 R_f が算出される。

現状のセルファクターの使用法の下では、セルファクターの定義はフォイル位置における、均質計算により得られる反応率と非均質計算により得られる反応率との比（非均質効果）ということになる。図6.2.2-2(A)を基に説明すると、シングルドロワ計算（左図中A）では、ドロワ内を均質にすると一定分布となり、平均値がフォイル位置における均質計算により得られる反応率に相当することになる。そして、図のケースでは、フォイル位置の反応率が平均値より小さいため、セルファクターの逆数として0.9が得られる。他方、マルチドロワ計算（左図中B）では、ドロワが均質であっても異種のドロワの存在により、ドロワ内に反応率勾配が生じるから、従来のセルファクターの定義ではフォイル位置が局所的に小さくなっていても平均値より大きいため、セルファクターの逆数1.1が得されることになる。当然、現在のフォイル位置における反応率計算法では、同図(A)右に示すように、シングルドロワモデルによるセルファクター計算に対して、マルチドロワモデルでは、反応率勾配を二重に考慮することになり、間違った評価となることが分かる。更に、非均質効果は中性子エネルギーで異なる。従って、セルファクターは基本的にシングルドロワモデルでエネルギー群毎に計算を行うべきであると考える。しかしながら、この運用では解析システムの変更とそれに伴う作業が膨大となるので、多群セルファクターの実用は検討せず、1群セルファクターを有効に適用する方法について検討していくことにする。

6.2.3 セルファクターの計算法

MVPコードを用いてセルファクターの計算を行った。1次元無限平板体系。タリーはフォイル位置での統計精度向上の観点からTrack Length Estimatorとした。フォイルにおける

る遮蔽効果をできるだけ正確に考慮するため、サンプルフォルダの厚さ分を真空領域とし、その中央にフォイルを配置した。サンプルフォルダの設置による厚さの補償はマトリクス領域のインベントリを保存したまま厚さを減少させることにより行った。また、ヒストリー数は特に注意書きのない場合は110万の最初の10万ヒストリー切り捨てとした。

JUPITER-Iのドロワは非対称である。しかしながら、現バージョンMVPでは周期的境界条件を与えることが出来ないため、非対称性を考慮するためにはドロワがある数だけ並べる必要がある。当然ながら、計算の効率化の観点から出来る限り少ないドロワ数で計算することが望ましい。そこで、SCFを5個、11個、15個並べて、セルファクターの計算を行った。計算結果を表6.2.3-1に示す。統計誤差の範囲内で一致が見られ、以後5個で計算を行うこととした。

それ以外のドロワについては、実験で用いられた隣接パターンにおけるセルファクターの評価を行う必要があるため、対象とするドロワに対し、隣接2ドロワの計5ドロワモデルで計算を行った。

計算結果の例として、JUPITER-Iの単一SCFのセル内反応率分布を図6.2.3-1に示す。F49とF25はセル内ではほぼ一様分布だが、C28はU-238の存在するプレートで相対的に低くなり、F28では核分裂源である燃料プレートで高く、そこから遠ざかるに従い、減少が見られる。また、セルファクターの計算結果を表6.2.3-2に示す。分布の緩やかなF49、F25はほとんど1であるのに対し、分布の起伏の激しいC28、F28は1からのずれの大きいことが分かる。また、実験値との比較においてもC28、F28はそれぞれ1.5%、2.5%の差が見られる。このように、F49とF25に対しては、ドロワ内の分布がほぼ一定であることと、実験値との差がほとんど見られないことから、セルファクターとしては実験値を用いることとし、以後はC28とF28のセルファクターに焦点を絞ることとする。

C28とF28セルファクター計算結果を表6.2.3-3 (SCF) 、表6.2.3-4 (DCF) に示す。また、ドロワパターンの補足説明を図6.2.3-2に示す。同じドロワにたいしても、ドロワパターンにより、F28で最大3.1%、C28で最大1.3%の差が見られ、セルファクターの周辺環境効果を考慮する必要のあることが分かる。また、周辺環境効果はF28セルファクターは両側隣接2ドロワの計4ドロワーから、C28セルファクターは両側隣接1ドロワの計2ドロワから影響を受けることが分かる。実験値と解析値の比較では、有意な差が見られるが、両者の妥当性については次節 6.3で議論することとする。

実験値が存在しないにもかかわらず、解析対象としたパターンが存在する理由は、① 6.2.4における検討に必要なパターン (S2-5、D1-6、D2-6、D3-5) であることと、②Y方向反応率分布の解析に必要なパターンであることである。セルファクターはプレートと垂直な方向 (X方向) のドロワパターンに基づいて選択されるべきであるが、TMレポートによるとBasicデータとセル平均データとの比はその考え方に基づいたセルファクター相当とはなっておらず、Y方向ドロワパターンにより選択されているようである。

6.2.4 隣接異種ドロワの存在によるセルファクターへの環境効果

セルファクターの計算値と実験値の適用結果の比較を行う前に、セルファクター計算モデルについて検討する。

従来のセルファクターの定義法によると、セルファクターの環境効果として、勾配による効果とスペクトルによる効果の2つが考えられる。

勾配効果：図6.2.2-2(A)に示すとおり、本来、セルファクターは平均的な分布に対するフォイル位置での局所的な歪みの効果を与えるものである。シングルドロワモデルでは、平均的な分布が平均値による一定値となることから問題ない。他方、マルチドロワモデルでは、従来のセルファクターの定義では、
1.セルファクターの考え方で示したように間違った評価を与える。同図(A)右はそれを模式的に表したものである。なお、反応率勾配は炉心計算により考慮されるものでセルファクター計算ではこの効果は取り除かれるべきである。

スペクトル効果：図6.2.2-2(B)に示すとおり、反応率の高エネルギー成分は局所的な歪みが小さいが、低エネルギーになるに従い、一般に歪みが大きくなる。セルファクターはそれらの重畠による結果であるから、異種隣接ドロワの存在によるスペクトル干渉効果により、セルファクターが変化するのは当然である。例えば、中性子スペクトルが軟らかくなれば、それに応じて局所的な歪みの成分が大きくなることになるので、一般にセルファクターは1からずれる方向に推移する。なお、この効果は炉心計算による計算結果に対して、シングルセルモデルで得られた多群セルファクターを適用するか、予めセルファクター計算でマルチセルモデルを用いてスペクトル干渉効果を取り入れることにより評価する方法が考えられる。このメモではシステム整備の観点から後者の方法を採用する。

ここでは、連続エネルギーモンテカルロコードMVPを用いて、DCF、SCFそれぞれ2種類の隣接ドロワパターンのセルファクターを計算し、隣接ドロワパターンの違いによるセルファクターの差が、勾配効果、スペクトル効果のいずれに起因するかについて評価を行った。によるもの課についてであるか、の多群セルファクター計算を行うことにより、セルファクター環境効果の評価を行った。なお、今回はJUPITER-IのDCFについても対象とした。

(解析方法)

JUPITER-Iで使用されたDCFとSCFについて、セルファクター計算を行った。隣接ドロワパターンの違いとして、DCFについてはDDDパターンとSDSパターンを、SCFについては、SSSパターンとDSDパターンを計算対象とし、F28とC28のセルファクターを多群で求め、両パターン間での比較を行った。

まず、厳密にはセルファクターは以下の式で表される。

$$CF = \frac{\bar{R}}{R_f} = \frac{\sum \bar{R}^g}{\sum g R_f^g} \quad (6-1)$$

ただし、

\bar{R} : セル平均反応率

R_f : フォイル位置反応率

g : エネルギー群

しかしながら、今回はセルファクターをエネルギー群毎に求め、そのエネルギー分布を見ることにより、環境効果を調べることにした。すなわち、次式で表される群毎セルファクターを定義する。

$$CF'^g = \frac{\bar{R}^g}{R_f^g} \quad (6-2)$$

また、この定義に基づき、疑似セルファクター CF' を次式のように定義する。

$$CF' = \sum_g S^g \cdot CF'^g = \sum_g S^g \cdot \frac{\bar{R}^g}{R_f^g} \quad (6-3)$$

ただし、

S^g : セル平均反応率スペクトル

当然ながら、(6-1)式で表される真のセルファクターと(6-3)式で表される疑似セルファクターは、算出の際の足し算とわり算の順序が異なるために異なる値となるが、セルファクター環境効果の定性的な評価としては(6-2)で表される多群セルファクター、及び疑似セルファクターは有効なものと考えられる。

(環境効果評価)

多群セルファクター CF'^g 及びドロワ平均反応率スペクトルの計算結果を図6.2.4-1~4に示す。群毎に示されている計算体系の違いによる差（図中、実線と波線で示されている値の差）が勾配効果である。SCFのC28、F28の双方について、5群以上で効果が見られる。また、いずれのセルファクターについても、エネルギー依存性が見られる。更に、反応率スペクトルについて、C28では体系内にDCFが多く存在するパターンの方が、より硬い反応率スペクトルとなっている。他方、F28については反応率スペクトルにほとんど差は見られない。

次に、環境効果をスペクトル効果 E_S と勾配効果 E_G とに定量的に分離することを考える。スペクトル効果は、多群セルファクターが同一の下でのスペクトルの違いにより生じるものとし、それ以外の成分が勾配効果であると定義する。すなわち、次式により定義する。

$$E_S = \sum_g (S_a^g - S_b^g) \cdot CF'^g \quad (6-4)$$

$$E_G = CF'_a - CF'_b - E_S \quad (6-5)$$

式中、a、bはドロワパターンの識別を表す。その定義の下、セルファクター環境効果の評価を行った

(環境効果評価結果)

図6.2.4-5～8に各群のセルファクターがセルファクター（合計値）へ及ぼす寄与、すなわち、多群セルファクターと反応率スペクトル成分との積（図中、実線と破線）、その計算体系間の差（図中、寄与の差）、及び、スペクトル効果を示す。C28については、体系中にDCFがより多く存在するパターンの方が、10群以上でより正の寄与、11群以下でより負の寄与となり、合計すると、より正の寄与となっている。すなわち、シングルドロワモデル（全て同じ種類のドロワ構成モデル；SSSSS及びDDDDD）を基準にすると、SCFでは+0.011（直接計算では+0.013）、DCFでは-0.007（直接計算では-0.008）となっている。また、群毎のスペクトル効果と多群セルファクターのパターン間の差はほぼ同じ傾向を示している。F28については、U-238の核分裂断面積がしきい値反応であることから明らかであるが、5群以上（約1MeV以上）にしか寄与は存在しない。また、群毎のスペクトル効果は、SCFではほとんど見られない。他方、DCFでは群レベルで見るとスペクトル効果が現れてはいるもの、反応率スペクトルは規格化されたものであるから、その寄与は合計すると互いにキャンセルし合ってほぼ零となり、スペクトル効果はほとんどないと考えてよい。

以上の結果を表6.2.4-1にまとめた。C28についてはスペクトル効果、F28については勾配効果が主要であることが分かる。

表にまとめられた計算結果より、セルファクター計算において、異種隣接ドロワの存在による環境効果の内、勾配効果を取り除き、スペクトル効果のみを考慮するためには、次の計算モデルが望ましいと考えられる。

C28：隣接ドロワのパターンまで考慮に入れたマルチドロワモデル

F28：シングルドロワモデル

最終的にC28及びF28反応率解析に用いたセルファクターを表6.2.4-2～4に示す。以降、これらのセルファクターを適用し、従来の実験より求められたセルファクター使用による結果との比較を行っていくことにする。

6.2.5 セルファクターと非対称セル補正との整合性について

セルファクターは、炉心計算においてそのドロワが均質であるという仮定の下、適用されている。従って、炉心計算では單一ドロワの非均質性に起因するいかなる効果も生じてはならない（单一と付けたのは、マルチドロワ補正と区別するため）。他方、JUPITER-Iの反応率解析では非対称セル補正が施されており、補正の際、1ドロワがX方向に2分割され、左右それぞれ異なる定数が指定されるため、ドロワ内は厳密には非均質として取り扱われている。そこで、この項ではセルファクターと非対称セル補正との整合性について検討を行うこととする。

まず、非対称セル補正を表6.2.5-1～4中HALFの列に示すが、炉心内で大局的（グローバル）な分布をしていることが分かる。このことは、非対称セル補正の効果は、セルの非均質性に起因する影響と言うよりは、むしろ、Y軸付近に劣化ウラン領域が集中することによる大局的な反応率分布への影響とみなすことができる。従って、セルファクターと非対称セル補正の適用について、両者の効果の重畠は無視でき、両者の適用は妥当なものと判断される。

6.3 セルファクターの見直しによる影響

6.3.1 反応率分布への影響

まず、ドロワ毎のC/E値の比較を行うこととする。ZPPR-9、ZPPR-13A、ZPPR-17AのF28及びC28のドロワ毎C/E値を図6.3.1-1～6に示す。ドロワ毎C/E値が炉中心からの距離に対して上下に激しく振動しているのは、ZPPR-9の内側炉心では実験データのばらつきが原因と考えられるが、ZPPR-9の外側炉心とそれ以外の体系のものはSCFとDCFというドロワの違いによる系統的な原因が主である。ZPPR-9では、セルファクター計算値を代用することにより、外側炉心におけるC28のSCF-DCF依存性の減少が見られる。それ以外の違いとしては、反応率分布ではなく反応率比のC/E値として現れることになるが、F28は系統的に約3%の増加が見られ、C28は系統的に約2%の減少が見られる。ZPPR-13Aでは、F28、C28の両方において若干のSCF-DCF依存性の減少が見られ、更に、C28の1～2%の系統的な減少が見られる。最後に、ZPPR-17Aについてだが、前2体系と比較して大幅なC28のSCF-DCF依存性減少が見られる。また、F28で系統的な1%の減少、C28において1～2%の系統的な減少がそれぞれ見られる。以上のことより、セルファクター計算値を用いることにより、C28についてSCF-DCF依存性の減少を図ることができたと言える。

次に、セルファクター見直しによる反応率分布C/E値への影響を見る。実験値と計算値使用によるF28及びC28反応率分布C/E値の比較を図6.3.1-7、8にそれぞれ示す。両者の差はほとんど見られず、プランケットドロワのセルファクターの実験値と計算値の相違により、F28、C28それぞれの反応率分布C/E値としても差が現れているが、ZPPR-9では悪化の方向に、ZPPR-17Aでは良化の方向に2～3%推移しており、今回の結果からセルファクター評価手法の妥当性の判断をすることはできない。プランケット部における中性子束分布の評価手法の不十分さが原因であると考えられる。

6.3.2 反応率比への影響

セルファクター実験値と計算値使用によるF28/F49及びC28/F49反応率比C/E値の比較を図6.3.2-1、2にそれぞれ示す。F28/F49反応率比に関しては、系統的に2～3%の増加が見られ、内側炉心（IC）では改善され、外側炉心では悪化するという結果になっているが、実験誤差が大きい核特性なので、特に問題はないと考えられる。次に、C28/F49反

応率比についてだが、いずれの体系についてもセルファクター計算値を用いることにより1~4%のC/E値減少が見られ、系統的な過大評価の低減が図られた。

このようにセルファクターを実験値から計算値に置き換えることにより、特に、C28反応率において、ドロワ毎C/E値のDCF-SCF依存性が低減され、C28/F49反応率比の系統的な過大評価の改善が見られた。このことは、セルファクター実験値の基本となっているStanford-Robinson実験等により得られた実験データの適用が不適切であるという結論の裏付けになると考えられる。

6.4 今後の課題

フォイル位置からセル平均反応率の換算のために、セルファクターが必要であるが、従来は、実験的に求められていた。そして、セルファクターを計算により求め、それを適用することにより、従来のC28/F49反応率比の系統的な過大評価を改善させることができた。今回のセルファクター計算は1次元無限平板体系モデルによるものであったが、今後、格子計算における臨界バックリング考慮のような、炉心体系からの中性子のもれを考慮し、より臨界体系に近い状態の中性子スペクトルの下、セルファクター計算を行う必要があると考えられる。

また、セルファクターを計算により求めることは、解析側でフォイル位置の反応率まで評価できることを意味しており、今後の反応率解析では、従来のセル平均の評価に代わり、解析側でファイル位置の反応率まで評価するよう見直しを行っていく。

更に、反応率分布の解析では、ZPPR-17AのF49反応率分布C/E値（図6.1.1-3）に見られるように、プランケット領域における反応率の過小評価が問題である。ZPPR-13AのF49反応率分布を図6.4-1に示すが、ライブラリをJENDL-2からJENDL-3.2に変更することにより、多少の改善が見られるが、依然として過小評価が見られる。JUPITER標準解析手法によるプランケット領域の中性子束分布の評価が十分な精度をもつものでないと考えられる。プランケット領域における中性子の挙動は、生成がほとんどなく、炉心からもれる中性子のストリーミングと、その中性子の散乱、あるいは吸収が主要である。Hillらの報告(4-26, 27)では、プランケット領域の中性子の挙動を正確に取り扱うためには、特に弾性散乱断面積の共鳴ピーク左部に存在する窓（WINDOW）構造を詳細に取り扱う必要があり、JFSのような群定数セットを基にした解析では、十分な評価ができないとされている。その具体的な方法として、連続エネルギーモンテカルロ法の適用、方向依存群定数の使用、マルチバンド法が有効であると考えられる。

表6-1 反応率分布・反応率比を記述するための略称

○反応の種類

- F49: Pu-239核分裂反応
 F25: U-235核分裂反応
 F28: U-238核分裂反応
 C28: U-238中性子捕獲反応

○反応率比の種類

- F25/F49: Pu-239核分裂に対するU-235核分裂反応率比
 F28/F49: Pu-239核分裂に対するU-238核分裂反応率比
 C28/F49: Pu-239核分裂に対するU-238中性子捕獲反応率比

○反応率を計算した位置（径方向）

- ICC: 炉中心（内側炉心）
 ICE: 内側炉心外端
 OCM: 外側炉心中央
 RBM: 径プランケット中央
 FR1～FR3: 燃料第1～3リング中央
 IBM: 内部プランケット中央
 IBE: 内部プランケット外端

○反応率を計算した位置（軸方向）（ZPPR-17Aのみ）

- ABM: 軸プランケット中央
 ZCM: 内部プランケットと軸プランケット間の燃料中央部
 ZBM: 内部プランケット中央

反応率分布のC/E値は基準点のC/E値に対するある場所のC/E値により記述することとしている。例えば、F49の炉中心（ICC）に対する外側炉心中央（OCM）は次のように表される。

F49(OCM)/(ICC)

表6.2.3-1 セルファクターの計算条件の違いによる比較 (JUPITER-I、SCF)

| ドロワ数 (ヒストリー数) | セルファクター | |
|---------------|---------------------------|---------------------------|
| | C28 | F28 |
| 5 (110万*) | 0.9406±0.0024** (Ref.) | 0.9366±0.0045** (Ref.) |
| 11 (210万*) | 0.9418±0.0023** (Ref.) | 0.9336±0.0047** (Ref.) |
| 15 (310万*) | 0.9388±0.0022** (Ref.) | 0.9359±0.0046** (Ref.) |

*: 内、最初の10万ヒストリーは切り捨て

**: 統計誤差

表6.2.3-2 セルファクターの実験値と計算値の比較 (JUPITER-I、SCF-SCF-SCF)

| 反応タイプ | 計算値 | 実験値 | 相対差** | C/E値変化*** |
|-------|----------------|---------------|-------|-----------|
| C28 | 0.9406±0.0024* | 0.9256±0.0039 | +1.62 | -0.017 |
| F28 | 0.9366±0.0045* | 0.961±0.008 | -2.54 | +0.027 |
| F25 | 1.0096±0.0013* | 1.0000±0.0050 | +0.96 | -0.010 |
| F49 | 0.9893±0.0013* | 0.9900±0.0050 | -0.07 | +0.0007 |

*: 統計誤差

**: (計算値 - 実験値) / 実験値 [%]

***: セルファクターの実験値から計算値への変更によるC/E値の変化

表6.2.3-3 SCFドロワのセルファクター

| 体系 | パターン 識別 | ドロワの並び | F28セルファクター | | | C28セルファクター | | |
|-----|------------|-------------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|
| | | | 解析値 | 実験値 | 差(%) | 解析値 | 実験値 | 差(%) |
| Z09 | S1-1 | S-S-S-S-S | 0.9361 ±0.0044 | 0.9610 ±0.0080 | -2.59 | 0.9416 ±0.0019 | 0.9256 ±0.0039 | +1.73 |
| Z09 | S1-2 | S-D-S-D-S | 0.9625 ±0.0043 | 0.9670 ±0.0120 | -0.46 | 0.9543 ±0.0019 | 0.9431 ±0.0083 | +1.19 |
| Z09 | S1-3 | B-D-S-D-S | 0.9590 ±0.0046 | 0.9670 ±0.0120 | -0.83 | 0.9537 ±0.0019 | 0.9431 ±0.0083 | +1.12 |
| Z09 | S1-4 | S-D-S-S-S | 0.9473 ±0.0045 | 0.9650 ±0.0110 | -1.83 | 0.9466 ±0.0018 | 0.9344 ±0.0069 | +1.31 |
| Z09 | S1-5 | S-S-S-D-S | 0.9451 ±0.0048 | - | - | 0.9504 ±0.0019 | - | - |
| Z13 | S2-1 | D-S-D (FR1) | 0.9751 ±0.0047 | 0.9490 ±0.0140 | +2.75 | 0.9436 ±0.0023 | 0.9346 ±0.0065 | +0.96 |
| Z13 | S2-2 | D-S-D (FR2) | 0.9750 ±0.0049 | 0.9490 ±0.0140 | +2.74 | 0.9408 ±0.0020 | 0.9346 ±0.0065 | +0.67 |
| Z13 | S2-3 | D-S-D (FR3) | 0.9757 ±0.0058 | 0.9490 ±0.0140 | +2.81 | 0.9457 ±0.0025 | 0.9346 ±0.0065 | +1.19 |
| Z13 | S2-4 | D-S-D (FR3) | 0.9752 ±0.0055 | 0.9490 ±0.0140 | +2.76 | 0.9482 ±0.0023 | 0.9346 ±0.0065 | +1.45 |
| Z13 | S2-5 | S-S-S-S-S | 0.9666 ±0.0043 | - | - | - | - | - |
| Z17 | S3-1 | D-S-S-D-S-S | 0.9778 ±0.0039 | 0.9570 ±0.0110 | +2.17 | 0.9364 ±0.0015 | 0.9272 ±0.0054 | +0.99 |
| Z17 | S3-2 | S-D-S-S-D | 0.9722 ±0.0036 | 0.9570 ±0.0110 | +1.59 | 0.9388 ±0.0016 | 0.9272 ±0.0054 | +1.25 |
| Z17 | S3-3 | S-S-S-S-S | 0.9705 ±0.0051 | 0.9570 ±0.0110 | +1.41 | 0.9324 ±0.0020 | 0.9272 ±0.0054 | +0.56 |

表6.2.3-4 DCFドロワのセルファクター

| 体系 | パターン 識別 | ドロワの並び | F28セルファクター | | | C28セルファクター | | |
|-----|------------|-------------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|
| | | | 解析値 | 実験値 | 差(%) | 解析値 | 実験値 | 差(%) |
| Z09 | D1-1 | D-S-D-S-D | 1.0799 ±0.0048 | 1.1260 ±0.0216 | -4.09 | 0.9408 ±0.0019 | 0.9148 ±0.0077 | +2.85 |
| Z09 | D1-2 | B-S-D-S-D | 1.0790 ±0.0054 | 1.1150 ±0.0130 | -3.23 | 0.9374 ±0.0018 | 0.9145 ±0.0056 | +2.50 |
| Z09 | D1-3 | D-S-D-S-B | 1.1003 ±0.0053 | - | - | 0.9341 ±0.0020 | - | - |
| Z09 | D1-4 | D-S-D-S-S | 1.0986 ±0.0051 | 1.1150 ±0.0130 | -1.47 | 0.9373 ±0.0018 | 0.9145 ±0.0056 | +2.49 |
| Z09 | D1-5 | S-S-D-S-D | 1.0824 ±0.0047 | - | - | 0.9377 ±0.0017 | - | - |
| Z09 | D1-6 | D-D-D-D-D | 1.0730 ±0.0051 | - | - | - | - | - |
| Z13 | D2-1 | S-D-S (FR1) | 1.0374 ±0.0050 | 1.0500 ±0.0110 | -1.20 | 0.9113 ±0.0023 | 0.9003 ±0.0061 | +1.23 |
| Z13 | D2-2 | S-D-S (FR1) | 1.0633 ±0.0056 | 1.0500 ±0.0110 | +1.27 | 0.9100 ±0.0025 | 0.9003 ±0.0061 | +1.08 |
| Z13 | D2-3 | S-D-S (FR2) | 1.0413 ±0.0048 | 1.0500 ±0.0110 | -0.83 | 0.9123 ±0.0020 | 0.9003 ±0.0061 | +1.33 |
| Z13 | D2-4 | S-D-S (FR3) | 1.0354 ±0.0057 | 1.0500 ±0.0110 | -1.39 | 0.9134 ±0.0024 | 0.9003 ±0.0061 | +1.46 |
| Z13 | D2-5 | S-D-S (FR3) | 1.0441 ±0.0055 | 1.0500 ±0.0110 | -0.56 | 0.9186 ±0.0022 | 0.9003 ±0.0061 | +2.04 |
| Z13 | D2-6 | D-D-D-D-D | 1.0324 ±0.0048 | - | - | - | - | - |
| Z17 | D3-1 | S-S-D-S-S | 0.9859 ±0.0035 | 0.9740 ±0.0130 | +1.22 | 0.9158 ±0.0015 | 0.8935 ±0.0061 | +2.49 |
| Z17 | D3-2 | S-S-D-D-S-S | 0.9821 ±0.0047 | - | - | 0.9206 ±0.0021 | - | - |
| Z17 | D3-3 | D-S-D-D-S-S | 0.9908 ±0.0047 | - | - | 0.9177 ±0.0022 | - | - |
| Z17 | D3-4 | D-S-D-Q-S-S | 0.9805 ±0.0053 | - | - | 0.9202 ±0.0021 | - | - |
| Z17 | D3-5 | D-D-D-D-D | 0.9970 ±0.0048 | - | - | - | - | - |

表6.2.3-5 径プランケット (RDB) ドロワのセルファクター

| 体系 | パターン 識別 | ドロワの並び | F28セルファクター | | | C28セルファクター | | |
|-----|------------|--------|----------------|----------------|-------|----------------|----------------|-------|
| | | | 解析値 | 実験値 | 差(%) | 解析値 | 実験値 | 差(%) |
| Z09 | B1 | B-B-B | 0.9966 ±0.0050 | 0.9830 ±0.0140 | +1.38 | 1.0112 ±0.0016 | 0.9645 ±0.0034 | +4.85 |
| Z13 | B2 | B-B-B | 0.9894 ±0.0049 | 0.9940 ±0.0300 | -0.46 | 1.0568 ±0.0019 | 1.0180 ±0.0089 | +3.81 |
| Z17 | B3 | B-B-B | 0.9819 ±0.0056 | 0.9880 ±0.0710 | -0.62 | 1.0565 ±0.0020 | 1.0170 ±0.0071 | +3.88 |

表6.2.4-1 JUPITER-IのドロワにおけるC28とF28のセルファクター環境効果

| | スペクトル効果 | 勾配効果 | 合計 |
|----------|---------------|---------------|--------|
| SCF, C28 | +0.009 (83%) | +0.002 (17%) | +0.011 |
| SCF, F28 | -0.000 (-1%) | +0.026 (101%) | +0.026 |
| DCE, C28 | -0.007 (107%) | +0.000 (-7%) | -0.007 |
| DCE, F28 | +0.000 (0%) | +0.007 (100%) | +0.007 |

表6.2.4-2 反応率解析に使用したセルファクター (SCF ドロワ)

| 体系 | パターン識別 | ドロワの並び | F28セルファクター | C28セルファクター |
|-----|--------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Z09 | S1-1 | S-S- <u>S</u> -S-S | 0.9361 ± 0.0044 | 0.9416 ± 0.0019 |
| Z09 | S1-2 | S-D- <u>S</u> -D-S | - | 0.9543 ± 0.0019 |
| Z09 | S1-3 | B-D- <u>S</u> -D-S | - | 0.9537 ± 0.0019 |
| Z09 | S1-4 | S-D- <u>S</u> -S-S | - | 0.9466 ± 0.0018 |
| Z09 | S1-5 | S-S- <u>S</u> -D-S | - | 0.9504 ± 0.0019 |
| Z13 | S2-1 | D- <u>S</u> -D (FR1) | - | 0.9436 ± 0.0023 |
| Z13 | S2-2 | D- <u>S</u> -D (FR2) | - | 0.9408 ± 0.0020 |
| Z13 | S2-3 | D- <u>S</u> -D (FR3) | - | 0.9457 ± 0.0025 |
| Z13 | S2-4 | D- <u>S</u> -D (FR3) | - | 0.9482 ± 0.0023 |
| Z13 | S2-5 | S-S- <u>S</u> -S-S | 0.9666 ± 0.0043 | - |
| Z17 | S3-1 | D-S- <u>S</u> -D-S-S | - | 0.9364 ± 0.0015 |
| Z17 | S3-2 | S-D- <u>S</u> -S-D | - | 0.9388 ± 0.0016 |
| Z17 | S3-3 | S-S- <u>S</u> -S-S | 0.9705 ± 0.0051 | 0.9324 ± 0.0020 |

表6.2.4-3 反応率解析に使用したセルファクター (DCF ドロワ)

| 体系 | パターン識別 | ドロワの並び | F28セルファクター | C28セルファクター |
|-----|--------|----------------------|-----------------|-----------------|
| Z09 | D1-1 | D-S- <u>D</u> -S-D | - | 0.9408 ± 0.0019 |
| Z09 | D1-2 | B-S- <u>D</u> -S-D | - | 0.9374 ± 0.0018 |
| Z09 | D1-3 | D-S- <u>D</u> -S-B | - | 0.9341 ± 0.0020 |
| Z09 | D1-4 | D-S- <u>D</u> -S-S | - | 0.9373 ± 0.0018 |
| Z09 | D1-5 | S-S- <u>D</u> -S-D | - | 0.9377 ± 0.0017 |
| Z09 | D1-6 | D-D- <u>D</u> -D-D | 1.0730 ± 0.0051 | - |
| Z13 | D2-1 | S- <u>D</u> -S (FR1) | - | 0.9113 ± 0.0023 |
| Z13 | D2-2 | S- <u>D</u> -S (FR1) | - | 0.9100 ± 0.0025 |
| Z13 | D2-3 | S- <u>D</u> -S (FR2) | - | 0.9123 ± 0.0020 |
| Z13 | D2-4 | S- <u>D</u> -S (FR3) | - | 0.9134 ± 0.0024 |
| Z13 | D2-5 | S- <u>D</u> -S (FR3) | - | 0.9186 ± 0.0022 |
| Z13 | D2-6 | D-D- <u>D</u> -D-D | 1.0324 ± 0.0048 | - |
| Z17 | D3-1 | S-S- <u>D</u> -S-S | - | 0.9158 ± 0.0015 |
| Z17 | D3-2 | S-S-D- <u>D</u> -S-S | - | 0.9206 ± 0.0021 |
| Z17 | D3-3 | D-S- <u>D</u> -D-S-S | - | 0.9177 ± 0.0022 |
| Z17 | D3-4 | D-S-D- <u>D</u> -S-S | - | 0.9202 ± 0.0021 |
| Z17 | D3-5 | D-D- <u>D</u> -D-D | 0.9970 ± 0.0048 | - |

表6.2.4-4 反応率解析に使用したセルファクター (径プランケットドロワ)

| 体系 | パターン識別 | ドロワの並び | F28セルファクター | C28セルファクター |
|-----|--------|----------------|-----------------|-----------------|
| Z09 | B1 | B- <u>B</u> -B | 0.9966 ± 0.0050 | 1.0112 ± 0.0016 |
| Z13 | B2 | B- <u>B</u> -B | 0.9894 ± 0.0049 | 1.0568 ± 0.0019 |
| Z17 | B3 | B- <u>B</u> -B | 0.9819 ± 0.0056 | 1.0565 ± 0.0020 |

表6.2.5-1 反応率計算における非対称セル補正の
空間分布 －ZPPR-9 F49 X方向－

| ZPPR-09 X-DIR.(Y:149,Z:7.7) | | | | REACTION: F49 | | | | C.F. * | |
|-----------------------------|-----|-------|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| X | Y | Z(cm) | REGION | CELL | BASE | FINAL | HALF | | |
| 51 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.999 | 0.987 | 0.994 | 1.000 | 0.999 |
| 50 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.027 | 1.011 | 0.990 | 1.000 | 0.990 |
| 49 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.009 | 0.996 | 0.992 | 1.000 | 0.990 |
| 48 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.007 | 0.985 | 0.983 | 1.000 | 0.990 |
| 47 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.996 | 0.980 | 0.990 | 1.000 | 0.990 |
| 46 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.996 | 0.985 | 0.994 | 1.000 | 0.999 |
| 45 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.002 | 0.993 | 0.997 | 1.000 | 0.990 |
| 44 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.999 | 0.992 | 0.999 | 1.000 | 0.999 |
| 43 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.988 | 0.982 | 1.000 | 1.000 | 0.990 |
| 42 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.992 | 0.988 | 1.002 | 1.000 | 0.998 |
| 41 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.992 | 0.989 | 1.003 | 1.000 | 0.999 |
| 40 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.991 | 0.990 | 1.004 | 1.000 | 0.999 |
| 39 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.998 | 0.997 | 1.006 | 1.000 | 0.997 |
| 38 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.994 | 0.994 | 1.007 | 1.000 | 0.998 |
| 37 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.985 | 0.987 | 1.008 | 1.000 | 0.990 |
| 36 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.996 | 1.000 | 1.010 | 1.000 | 0.999 |
| 35 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.992 | 0.995 | 1.011 | 1.000 | 0.990 |
| 34 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.996 | 1.002 | 1.012 | 1.000 | 0.999 |
| 33 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.985 | 0.992 | 1.014 | 1.000 | 0.998 |
| 32 | 149 | 7.70 | OUT | SCE | 0.999 | 1.012 | 1.016 | 1.000 | 1.002 |
| 31 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 0.979 | 1.002 | 1.017 | 1.000 | 1.000 |
| 30 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 0.982 | 0.999 | 1.016 | 1.000 | 1.006 |
| 29 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 0.977 | 0.999 | 1.019 | 1.000 | 1.008 |
| 28 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 0.971 | 0.985 | 1.018 | 1.000 | 1.000 |

*** : ADJACENT TO CRP/CR OR BOUNDARY OF BLANKET AND CORE/REFLECTOR

** : MORE THAN 1-SIGMA

* : C.F. IS THE CELL AVERAGING FACTOR.

THESE VALUES WERE CALCULATED BY MVP CODE.

THE BASE C/E VALUES ARE ALREADY CORRECTED BY C.F. VALUES. (BASE) = ((CAL.)/(C.F.)) / (EXP.)

表6.2.5-2 反応率計算における非対称セル補正の
空間分布 －ZPPR-9 F25 X方向－

| ZPPR-09 X-DIR.(Y:149,Z:7.7) | | | | REACTION: F25 | | | | C.F. * | |
|-----------------------------|-----|-------|--------|---------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| X | Y | Z(cm) | REGION | CELL | BASE | FINAL | HALF | | |
| 51 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.017 | 1.002 | 0.990 | 1.000 | 0.999 |
| 50 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.023 | 1.002 | 0.985 | 1.000 | 1.000 |
| 49 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.022 | 1.005 | 0.989 | 1.000 | 1.000 |
| 48 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.004 | 0.973 | 0.974 | 1.000 | 1.000 |
| 47 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.998 | 0.977 | 0.985 | 1.000 | 0.999 |
| 46 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.989 | 0.974 | 0.990 | 1.000 | 0.999 |
| 45 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.999 | 0.988 | 0.994 | 1.000 | 0.999 |
| 44 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.994 | 0.985 | 0.997 | 1.000 | 0.999 |
| 43 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.982 | 0.975 | 0.998 | 1.000 | 0.999 |
| 42 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.980 | 0.974 | 1.000 | 1.000 | 0.999 |
| 41 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.990 | 0.984 | 1.003 | 1.000 | 0.999 |
| 40 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.989 | 0.985 | 1.003 | 1.000 | 0.999 |
| 39 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.984 | 0.981 | 1.004 | 1.000 | 0.998 |
| 38 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.996 | 0.994 | 1.005 | 1.000 | 0.998 |
| 37 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.987 | 0.987 | 1.007 | 1.000 | 0.998 |
| 36 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.990 | 0.991 | 1.008 | 1.000 | 0.998 |
| 35 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.991 | 0.993 | 1.009 | 1.000 | 0.998 |
| 34 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.982 | 0.987 | 1.011 | 1.000 | 0.999 |
| 33 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.993 | 0.999 | 1.013 | 1.000 | 0.998 |
| 32 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 0.994 | 1.001 | 1.015 | 1.000 | 0.996 |
| 31 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 0.974 | 0.998 | 1.017 | 1.000 | 1.012 |
| 30 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 0.987 | 0.995 | 1.015 | 1.000 | 0.999 |
| 29 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 0.980 | 1.005 | 1.019 | 1.000 | 1.012 |
| 28 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 1.004 | 1.014 | 1.018 | 1.000 | 0.997 |
| 27 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.992 | 1.005 | 1.027 | 1.000 | 0.991 |
| 26 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.973 | 0.986 | 1.024 | 1.000 | 0.994 |
| 25 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.949 | 0.989 | 1.021 | 1.000 | 1.004 |
| 24 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.947 | 0.983 | 1.017 | 1.000 | 1.005 |

X : 方向ドロワ番号、Y : Y方向ドロワ番号、Z : Z方向位置 (cm)

REGION : 領域名、CELL : ドロワの種類

BASE : 基準計算のC/E値、FINAL : 補正後のC/E値、C.F. : MVPにより求められたセルファクター

HALF : 非対称セル効果補正係数、AMM : AMM効果補正係数、TRANS : 輸送・メッシュ効果補正係数

*** : CR・CRP・径プランケットに接する炉心燃料ドロワー、炉心燃料・反射体に接する径プランケットドロワー

表6.2.5-3 反応率計算における非対称セル補正の
空間分布 -ZPPR-9 F28 X方向-

| ZPPR-09 | X-DIR. (Y:149, Z:7.7) | REACTION: | F28 | X | Y | Z (CM) | REGION | CELL | BASE | FINAL | HALF | AMM | TRANS. | C.F. * |
|---------|-----------------------|-----------|-------|-----|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-----|--------|--------|
| 51 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.989 | 0.981 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 0.9361 | | | | |
| 50 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.013 | 1.005 | 0.996 | 1.000 | 1.001 | 0.9361 | | | | |
| 49 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.983 | 0.968 | 0.992 | 1.000 | 0.997 | 0.9361 | | | | |
| 48 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.025 | 1.011 | 0.990 | 1.000 | 1.001 | 0.9361 | | | | |
| 47 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.015 | 1.000 | 0.993 | 1.000 | 0.998 | 0.9361 | | | | |
| 46 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.995 | 0.986 | 0.996 | 1.000 | 1.000 | 0.9361 | | | | |
| 45 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.008 | 0.999 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 0.9361 | | | | |
| 44 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.989 | 0.984 | 1.001 | 1.000 | 0.999 | 0.9361 | | | | |
| 43 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.996 | 0.994 | 1.003 | 1.000 | 0.999 | 0.9361 | | | | |
| 42 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.998 | 0.994 | 1.004 | 1.000 | 0.996 | 0.9361 | | | | |
| 41 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.976 | 0.976 | 1.006 | 1.000 | 0.999 | 0.9361 | | | | |
| 40 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.991 | 0.996 | 1.007 | 1.000 | 1.003 | 0.9361 | | | | |
| 39 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.977 | 0.970 | 1.008 | 1.000 | 0.990 | 0.9361 | | | | |
| 38 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.007 | 1.013 | 1.010 | 1.000 | 1.001 | 0.9361 | | | | |
| 37 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.993 | 0.994 | 1.011 | 1.000 | 0.995 | 0.9361 | | | | |
| 36 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.020 | 1.030 | 1.013 | 1.000 | 1.002 | 0.9361 | | | | |
| 35 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.014 | 1.010 | 1.014 | 1.000 | 0.987 | 0.9361 | | | | |
| 34 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.001 | 1.017 | 1.016 | 1.000 | 1.005 | 0.9361 | | | | |
| 33 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 0.985 | 0.983 | 1.018 | 1.000 | 0.985 | 0.9361 | | | | |
| 32 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 0.946 | 0.993 | 1.019 | 1.000 | 1.035 | 0.9361 | | | | |
| 31 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 1.032 | 1.042 | 1.020 | 1.000 | 1.014 | 1.0730 | | | | |
| 30 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 0.954 | 1.015 | 1.018 | 1.000 | 1.050 | 0.9361 | | | | |
| 29 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 1.042 | 1.049 | 1.021 | 1.000 | 0.990 | 1.0730 | | | | |
| 28 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 0.885 | 0.909 | 1.020 | 1.000 | 1.011 | *** | 0.9650 | | | |
| 27 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 1.015 | 1.051 | 1.026 | 1.000 | 1.014 | *** | 0.9830 | | | |
| 26 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 1.044 | 0.949 | 1.024 | 1.000 | 0.909 | 0.9966 | | | | |
| 25 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.883 | 0.851 | 1.024 | 1.000 | 0.944 | 0.9966 | | | | |
| 24 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.967 | 0.967 | 1.026 | 1.000 | 0.979 | 0.9830 | | | | |

*** : ADJACENT TO CRP/CR OR BOUNDARY OF BLANKET AND CORE/REFLECTOR
 ** : MORE THAN 1-SIGMA
 * : C.F. IS THE CELL AVERAGING FACTOR.
 THESE VALUES WERE CALCULATED BY MVP CODE.
 THE BASE C/E VALUES ARE ALREADY CORRECTED BY C.F. VALUES. (BASE) = ((CAL.)/(C.F.))/(EXP.)

X : 方向ドロワ番号、Y : Y方向ドロワ番号、Z : Z方向位置 (cm)

REGION : 領域名、CELL : ドロワの種類

BASE : 基準計算のC/E値、FINAL : 補正後のC/E値、C.F. : MVPにより求められたセルファクター

HALF : 非対称セル効果補正係数、AMM : AMM効果補正係数、TRANS : 輸送・メッシュ効果補正係数

*** : CR・CRP・径プランケットに接する炉心燃料ドロワー、炉心燃料・反射体に接する径プランケットドロワー

表6.2.5-4 反応率計算における非対称セル補正の
空間分布 -ZPPR-9 C28 X方向-

| ZPPR-09 | X-DIR. (Y:149, Z:7.7) | REACTION: | C28 | X | Y | Z (CM) | REGION | CELL | BASE | FINAL | HALF | AMM | TRANS. | C.F. * |
|---------|-----------------------|-----------|-------|-----|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| 51 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.036 | 1.032 | 1.002 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 50 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.057 | 1.048 | 0.997 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 49 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.053 | 1.036 | 0.989 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 48 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.044 | 1.012 | 0.974 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 47 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.033 | 1.012 | 0.985 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 46 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.027 | 1.012 | 0.991 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 45 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.042 | 1.030 | 0.994 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 44 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.022 | 1.013 | 0.997 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 43 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.026 | 1.019 | 0.998 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 42 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.031 | 1.025 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 41 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.035 | 1.030 | 1.001 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 40 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.019 | 1.015 | 1.003 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 39 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.035 | 1.032 | 1.004 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 38 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.016 | 1.015 | 1.005 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 37 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.027 | 1.027 | 1.007 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 36 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.026 | 1.027 | 1.008 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 35 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.028 | 1.032 | 1.009 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 34 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.024 | 1.028 | 1.011 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 33 | 149 | 7.70 | IN(2) | SCF | 1.028 | 1.034 | 1.013 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 0.998 | 1.000 | 1.000 | 0.9416 |
| 32 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 1.024 | 1.028 | 1.015 | 1.000 | 0.994 | 1.000 | 0.994 | 1.000 | 1.000 | 0.9466 |
| 31 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 1.021 | 1.046 | 1.017 | 1.000 | 1.013 | 1.000 | 1.013 | 1.000 | 1.000 | 0.9373 |
| 30 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 1.036 | 1.041 | 1.014 | 1.000 | 0.995 | 1.000 | 0.995 | 1.000 | 1.000 | 0.9543 |
| 29 | 149 | 7.70 | OUT | DCF | 1.021 | 1.049 | 1.018 | 1.000 | 1.014 | 1.000 | 1.014 | 1.000 | 1.000 | 0.9374 |
| 28 | 149 | 7.70 | OUT | SCF | 1.043 | 1.052 | 1.018 | 1.000 | 0.997 | 1.000 | 0.997 | 1.000 | 1.000 | 0.9344 |
| 27 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 1.042 | 1.055 | 1.026 | 1.000 | 0.992 | 1.000 | 0.992 | 1.000 | 1.000 | 0.9645 |
| 26 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.982 | 0.997 | 1.023 | 1.000 | 0.997 | 1.000 | 0.997 | 1.000 | 1.000 | 1.0112 |
| 25 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.961 | 0.981 | 1.021 | 1.000 | 1.004 | 1.000 | 1.004 | 1.000 | 1.000 | 1.0112 |
| 24 | 149 | 7.70 | BLK. | RDB | 0.994 | 1.013 | 1.019 | 1.000 | 1.006 | 1.000 | 1.006 | 1.000 | 1.000 | 0.9645 |

*** : CR・CRP・径プランケットに接する炉心燃料ドロワー、炉心燃料・反射体に接する径プランケットドロワー

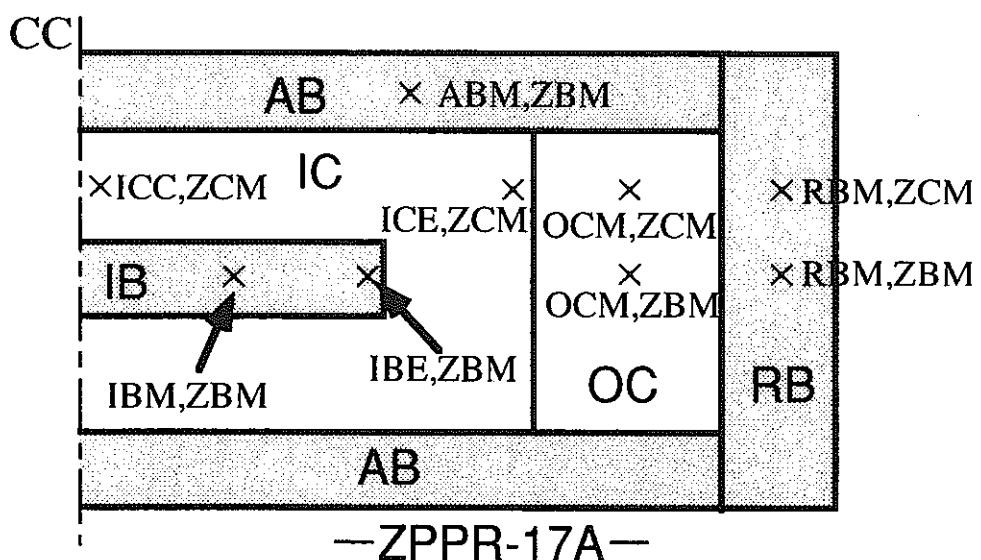
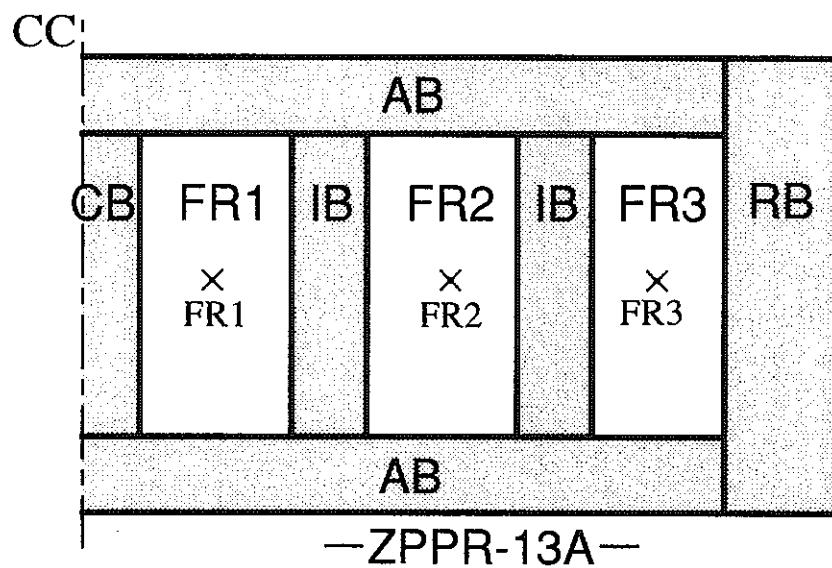
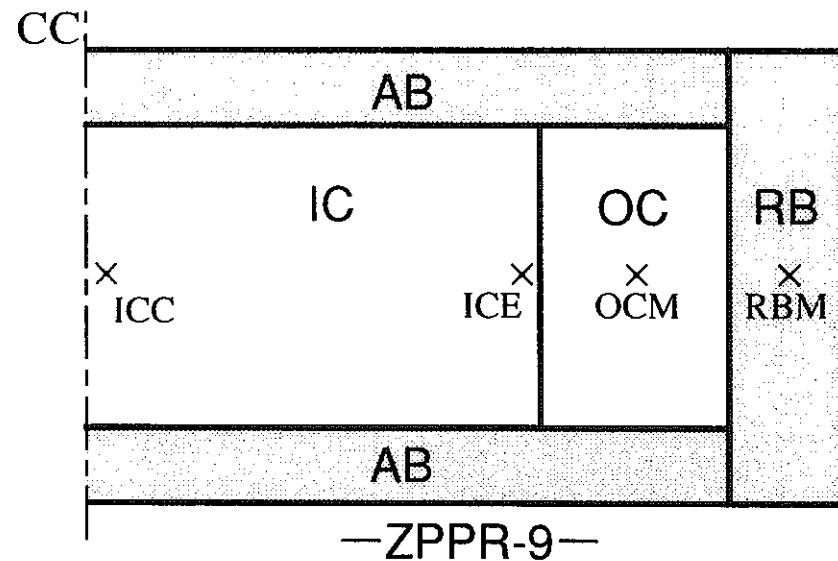


図6-1 反応率分布計算位置

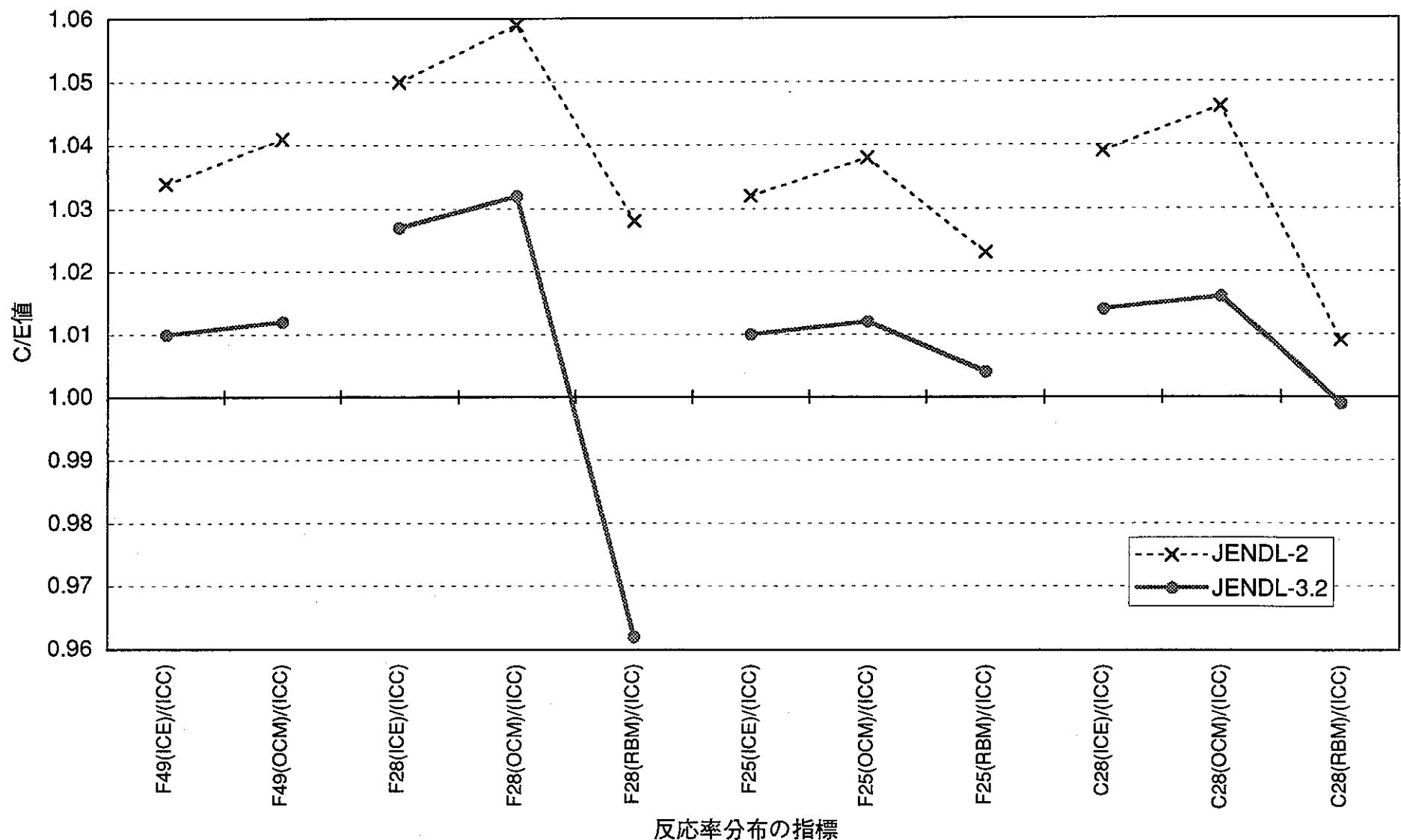


図6.1.1-1 ZPPR-9反応率分布C/E値の比較

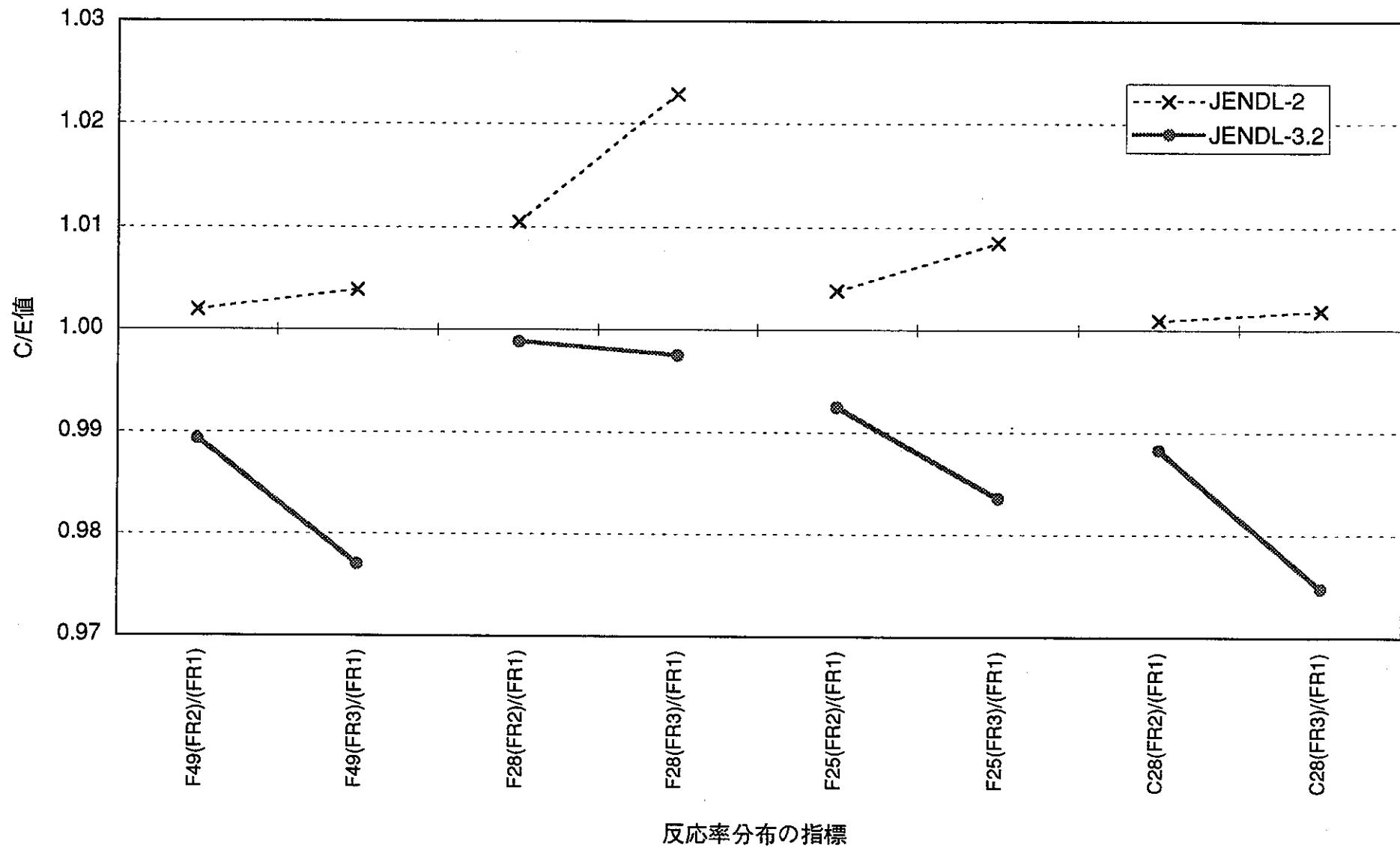


図6.1.1-2 ZPPR-13A反応率分布C/E値の比較

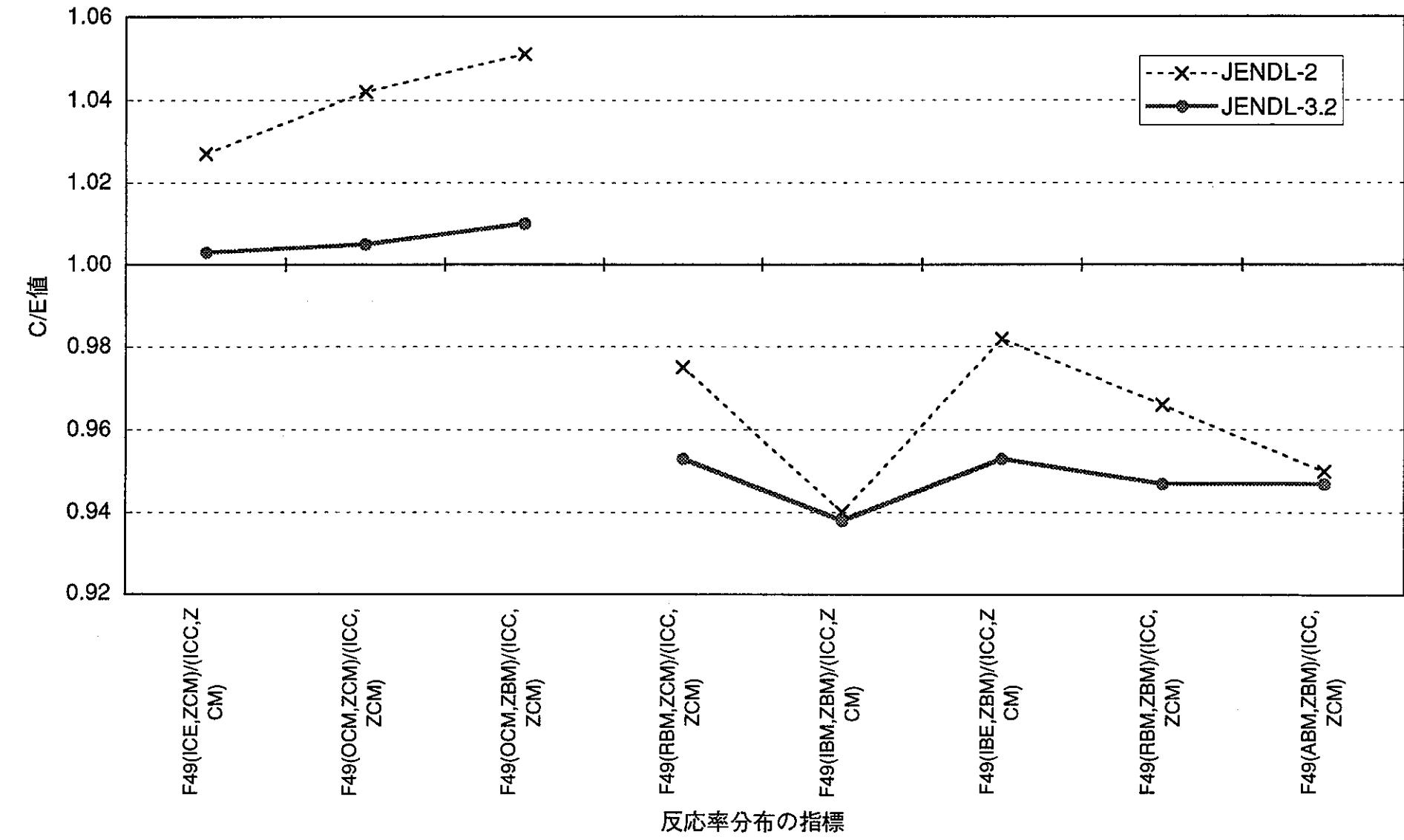


図6.1.1-3 ZPPR-17A F49反応率分布C/E値の比較

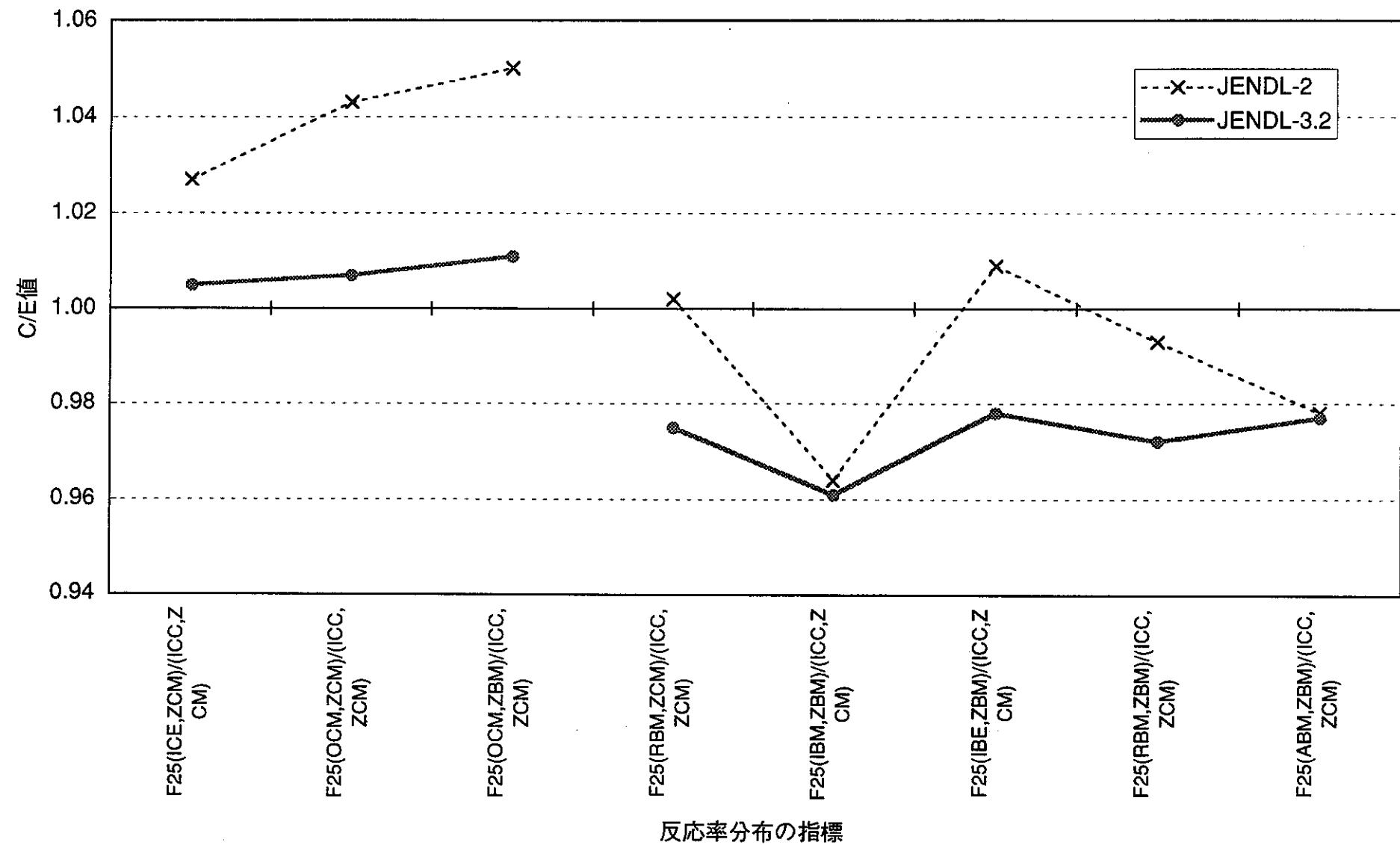


図6.1.1-4 ZPPR-17A F25反応率分布C/E値の比較

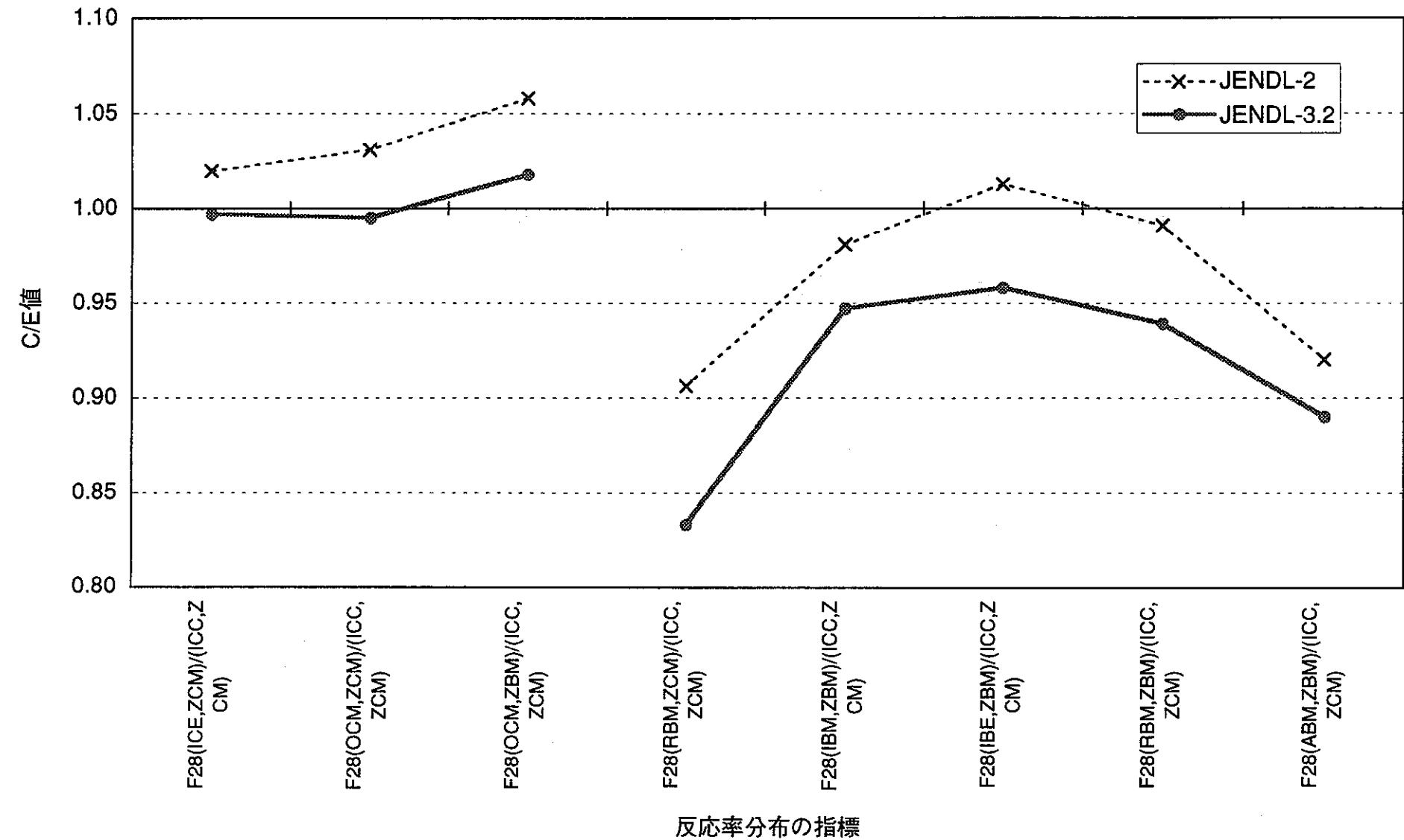


図6.1.1-5 ZPPR-17A F28反応率分布C/E値の比較

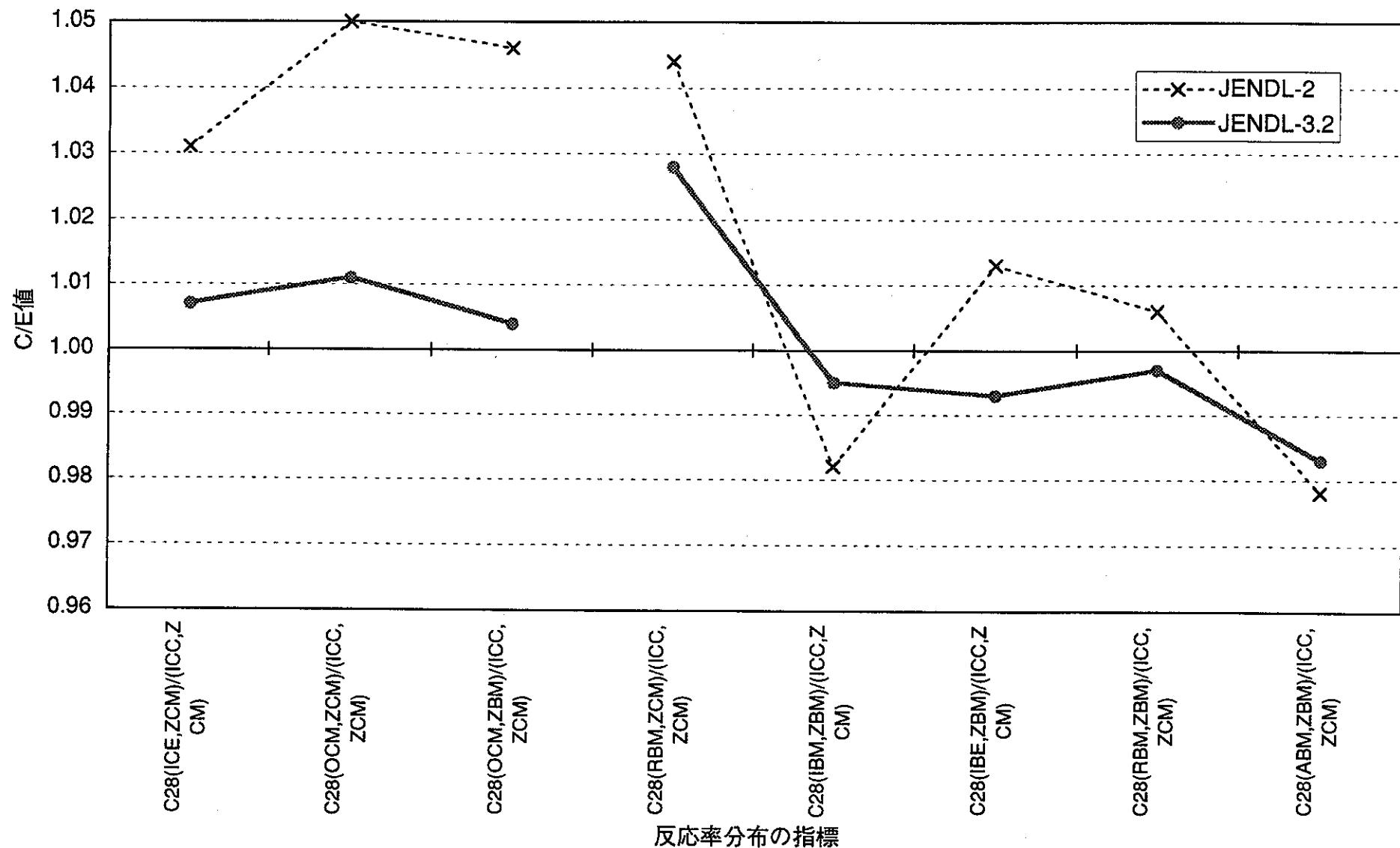


図6.1.1-6 ZPPR-17A C28反応率分布C/E値の比較

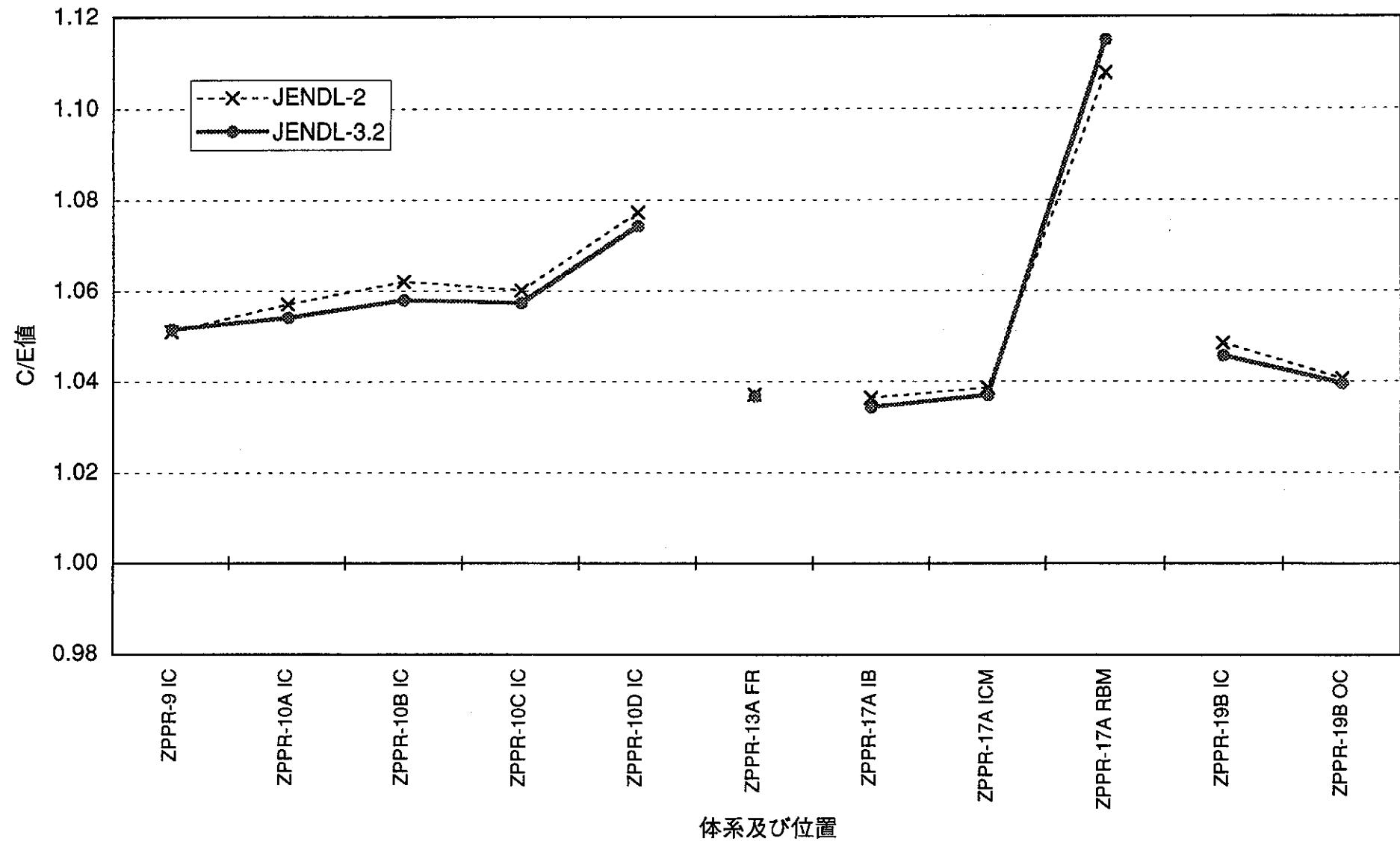


図6.1.2-1 C28/F49反応率比C/E値の比較

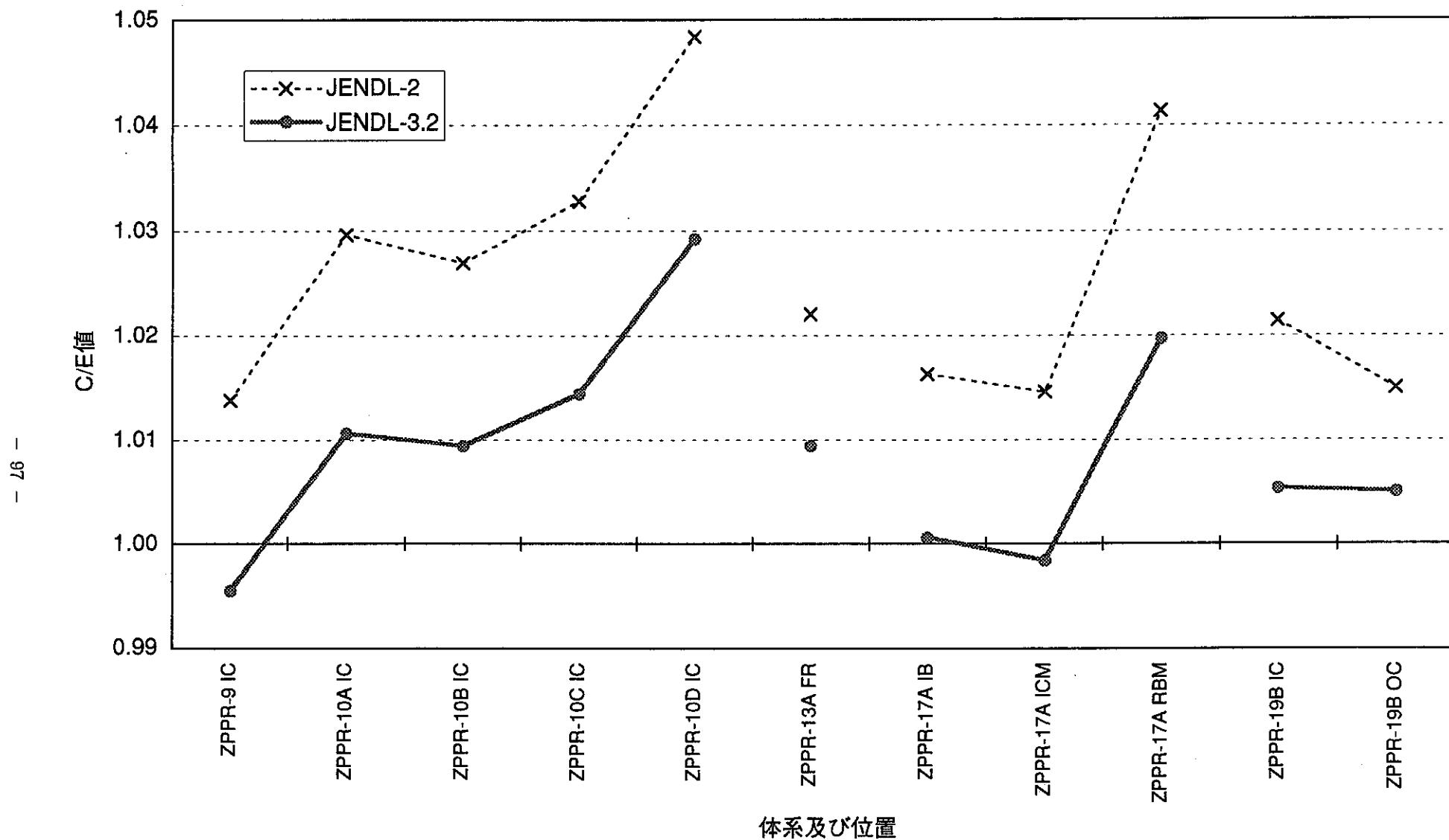


図6.1.2-2 F25/F49反応率比C/E値の比較

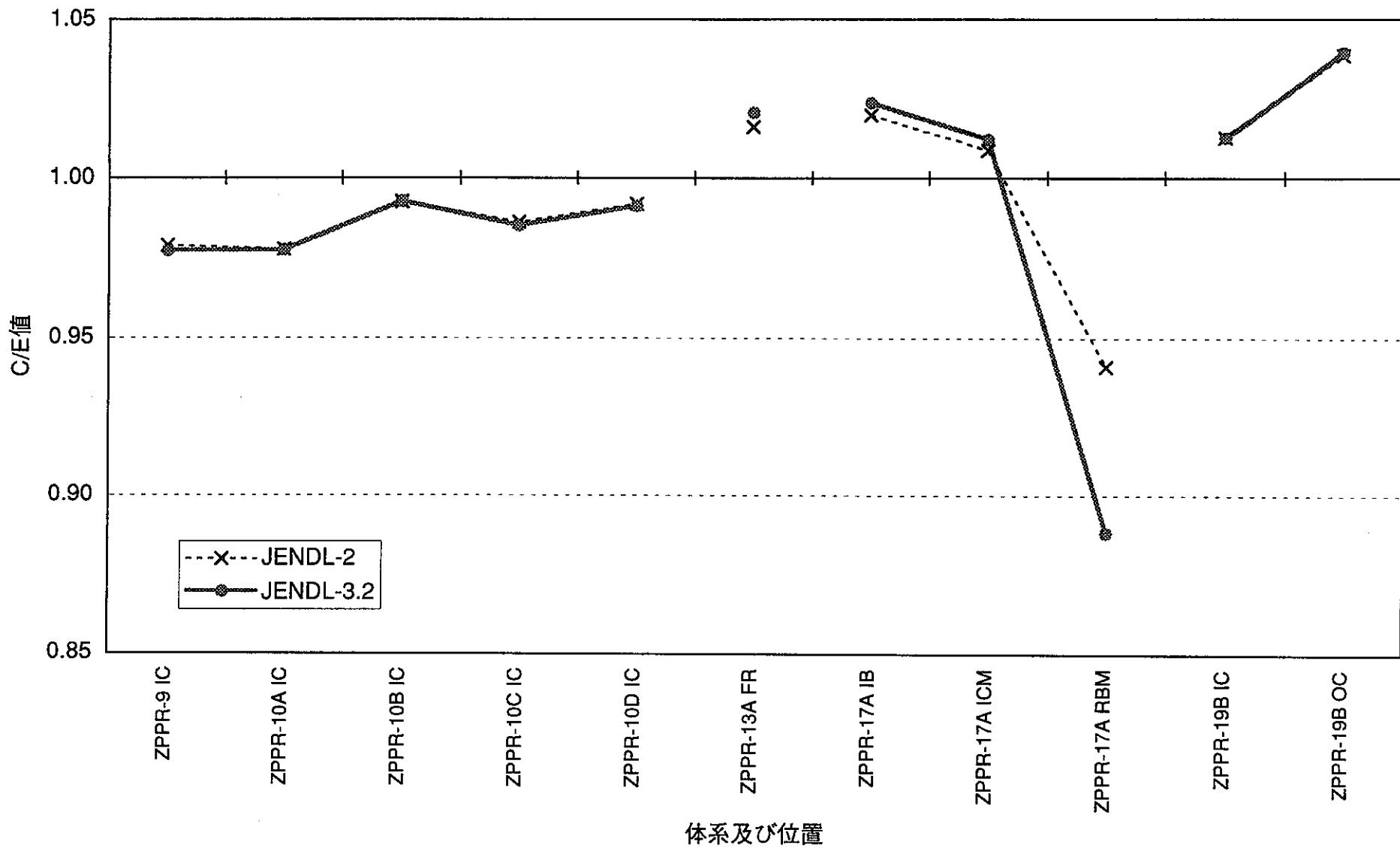


図6.1.2-3 F28/F49反応率比C/E値の比較

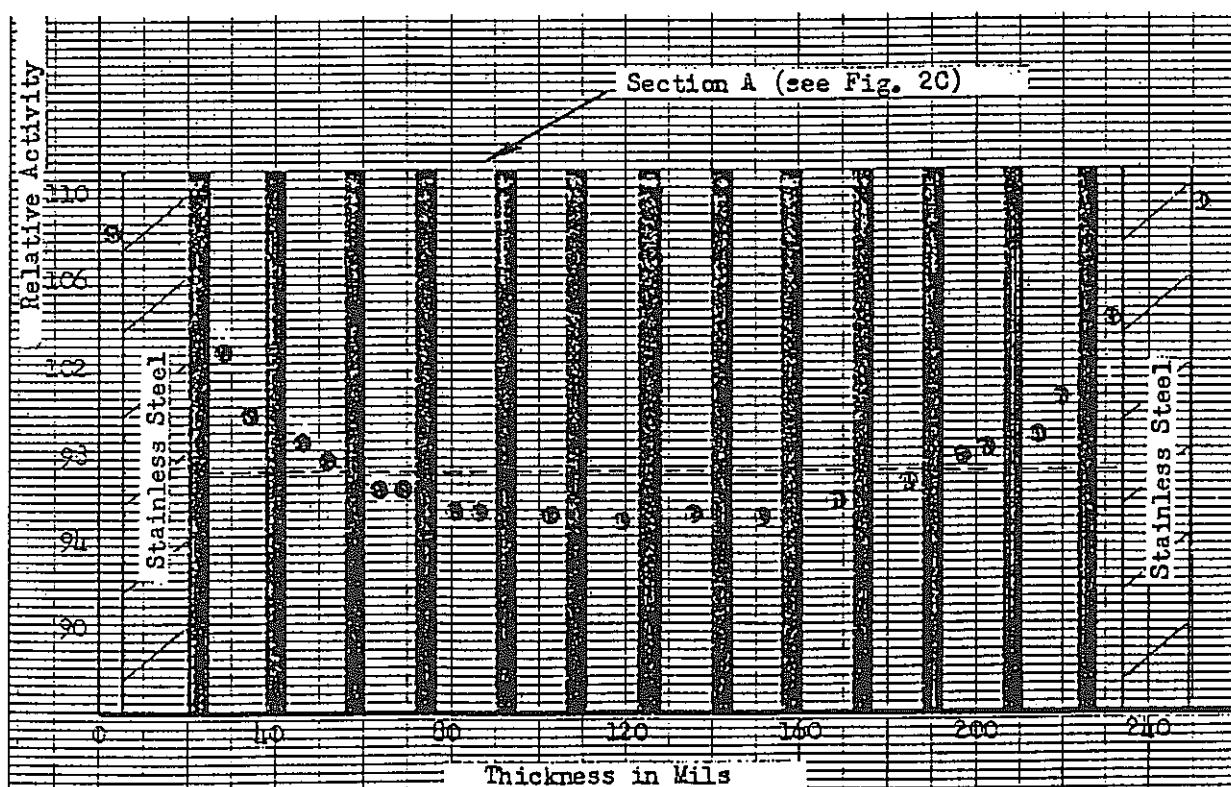


Fig. 5. Relative Capture Reaction Rates Measured with Depleted Uranium Foils on 12/15/70
at Matrix Position S 17/23 0-2 Inches, ZPR-6 Assembly 7

図6.2.1-1 Stanford-Robinson実験によるC28反応のプレート内
詳細分布(Ref.2-59)

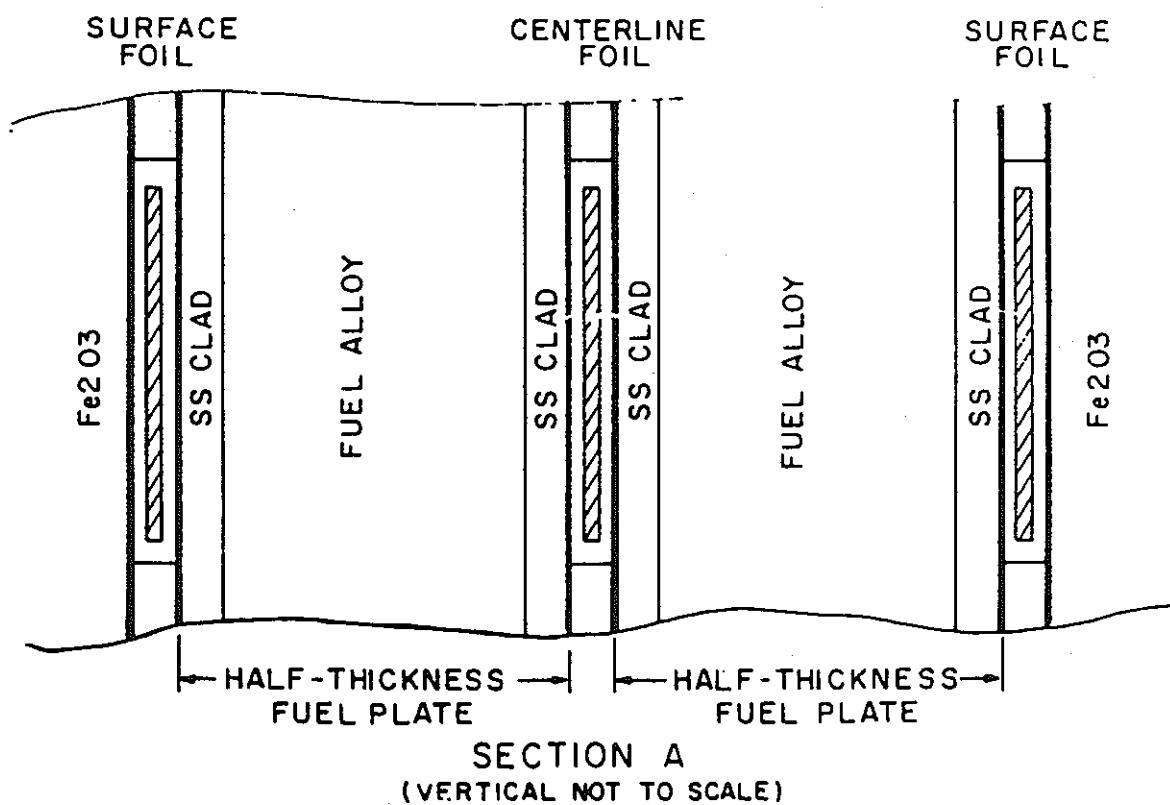
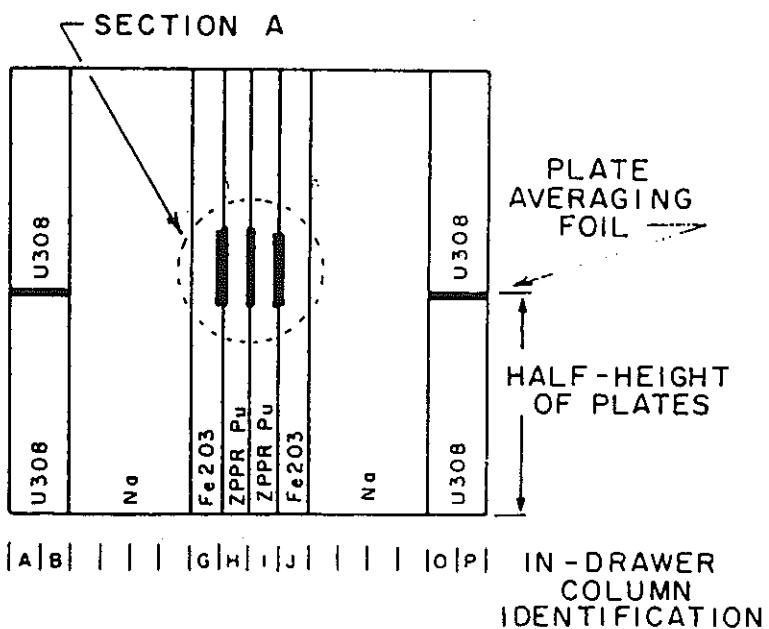


Fig. 9 Cross Section of a Normal Inner Core Drawer Showing the Foil Locations for the Cell Measurements

図6.2.1-2 ZPPR-4炉心におけるプレート内詳細反応率分布の測定方法
(Ref.2-57)

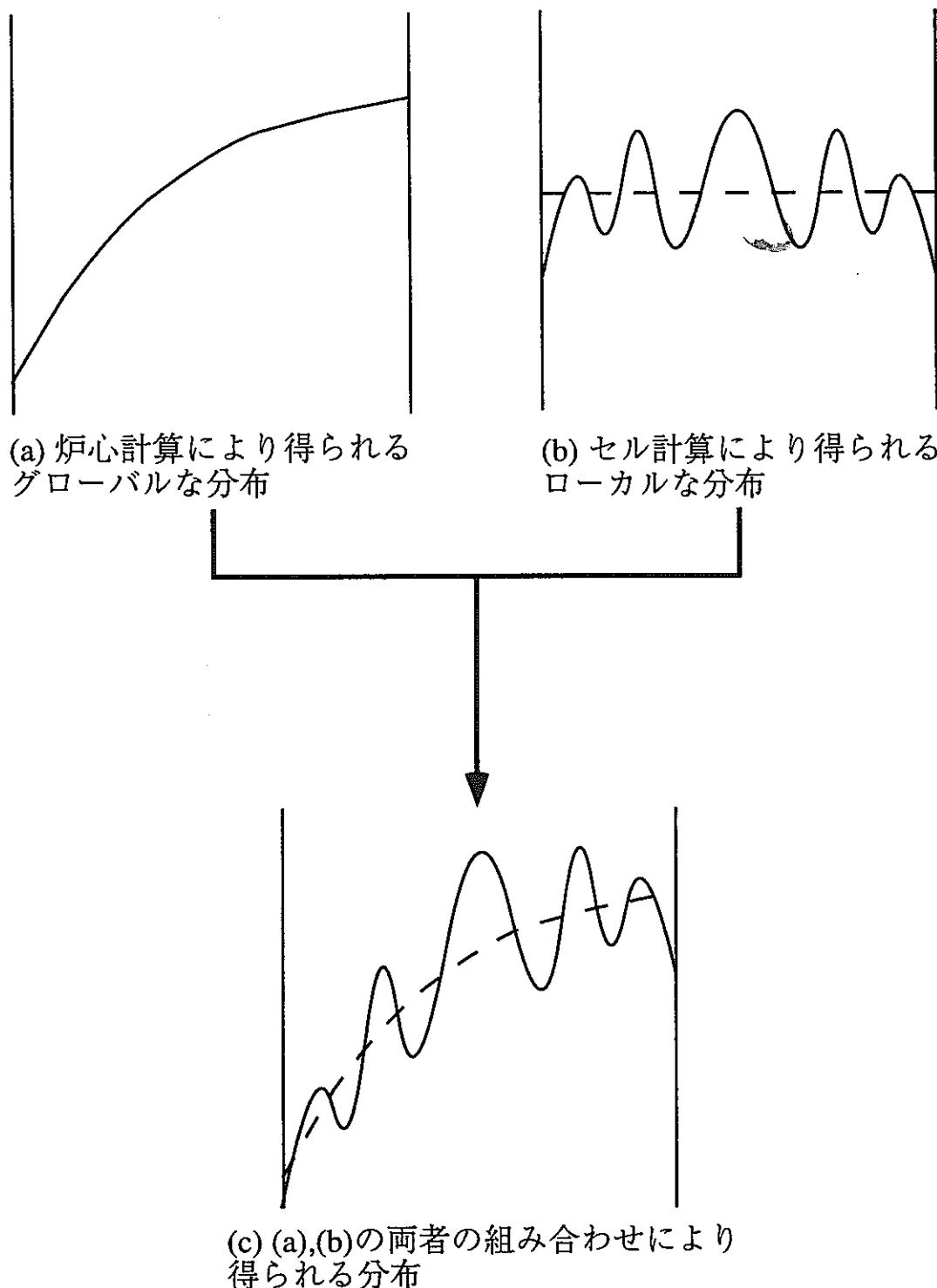


図6.2.2-1 セルの非均質性に起因する詳細分布の再現法

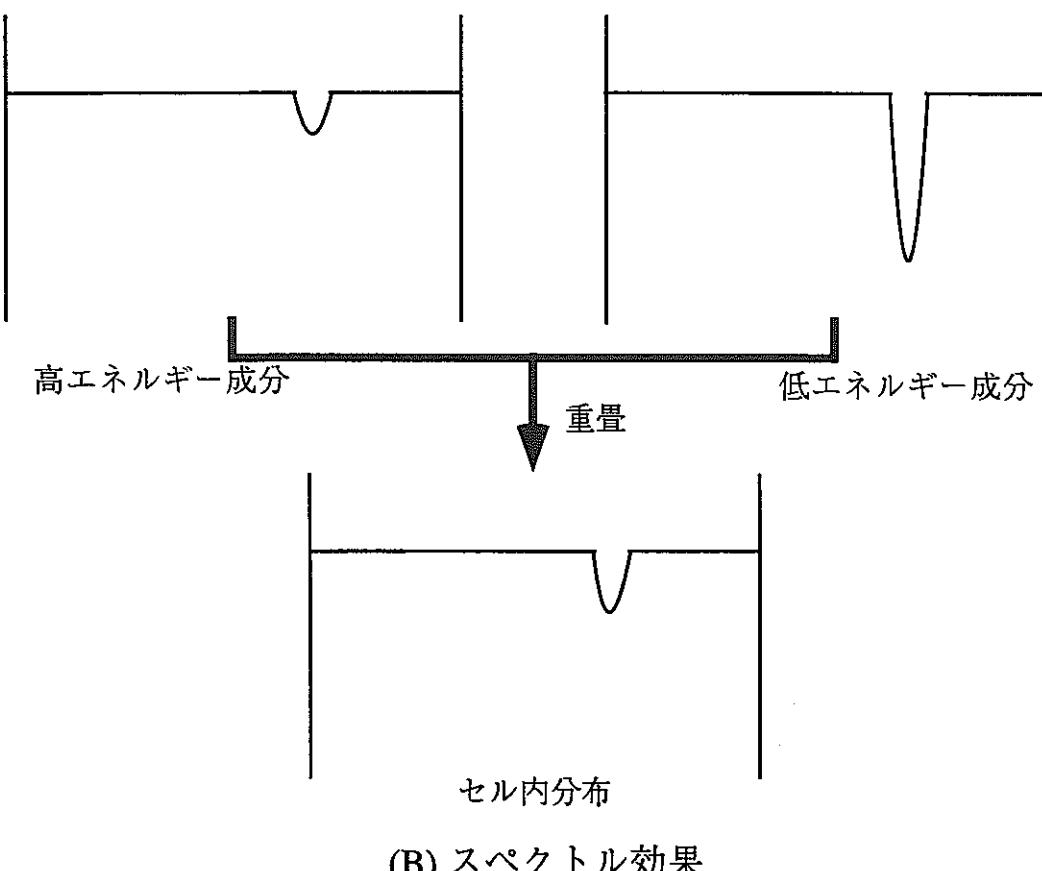
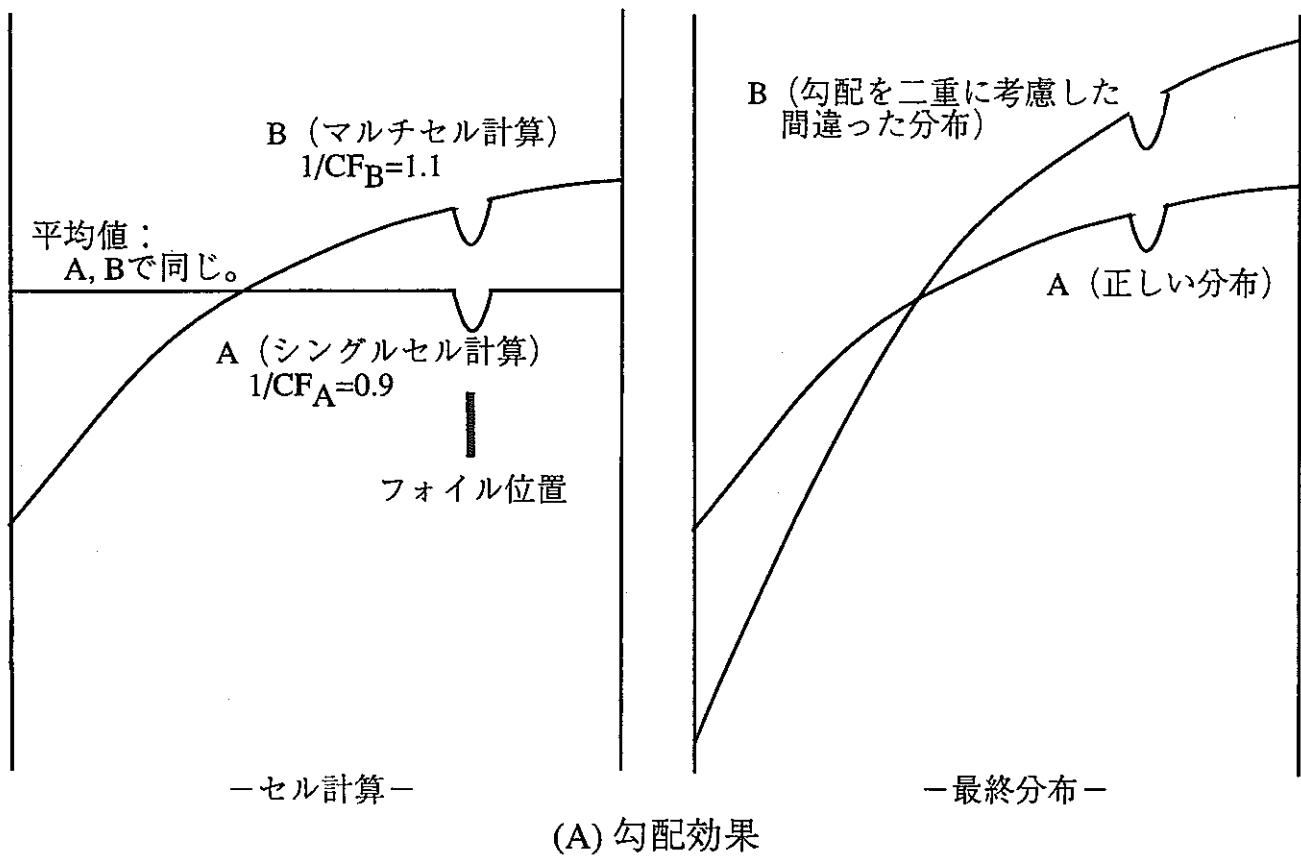


図6.2.2-2 セルファクター計算における環境効果

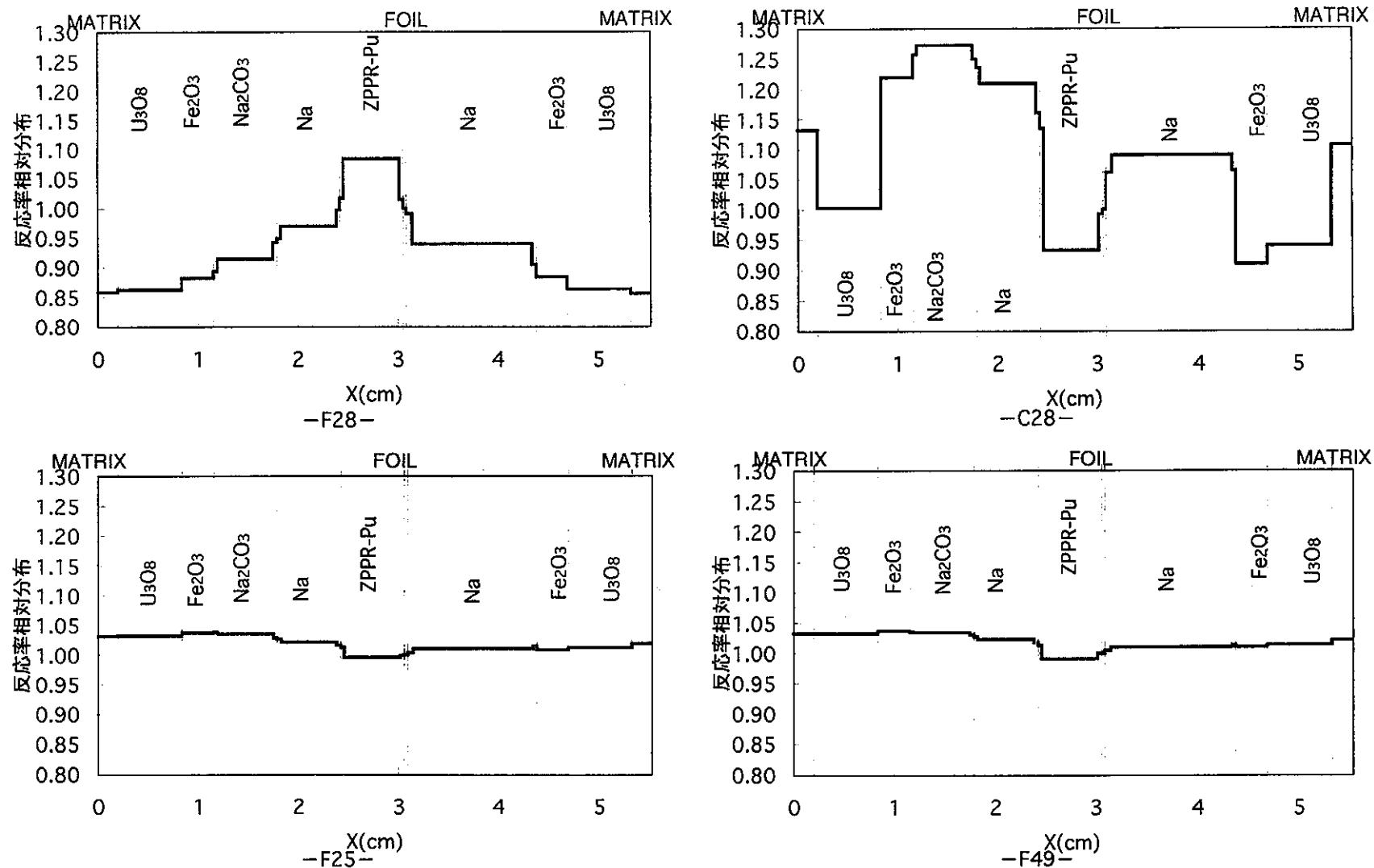
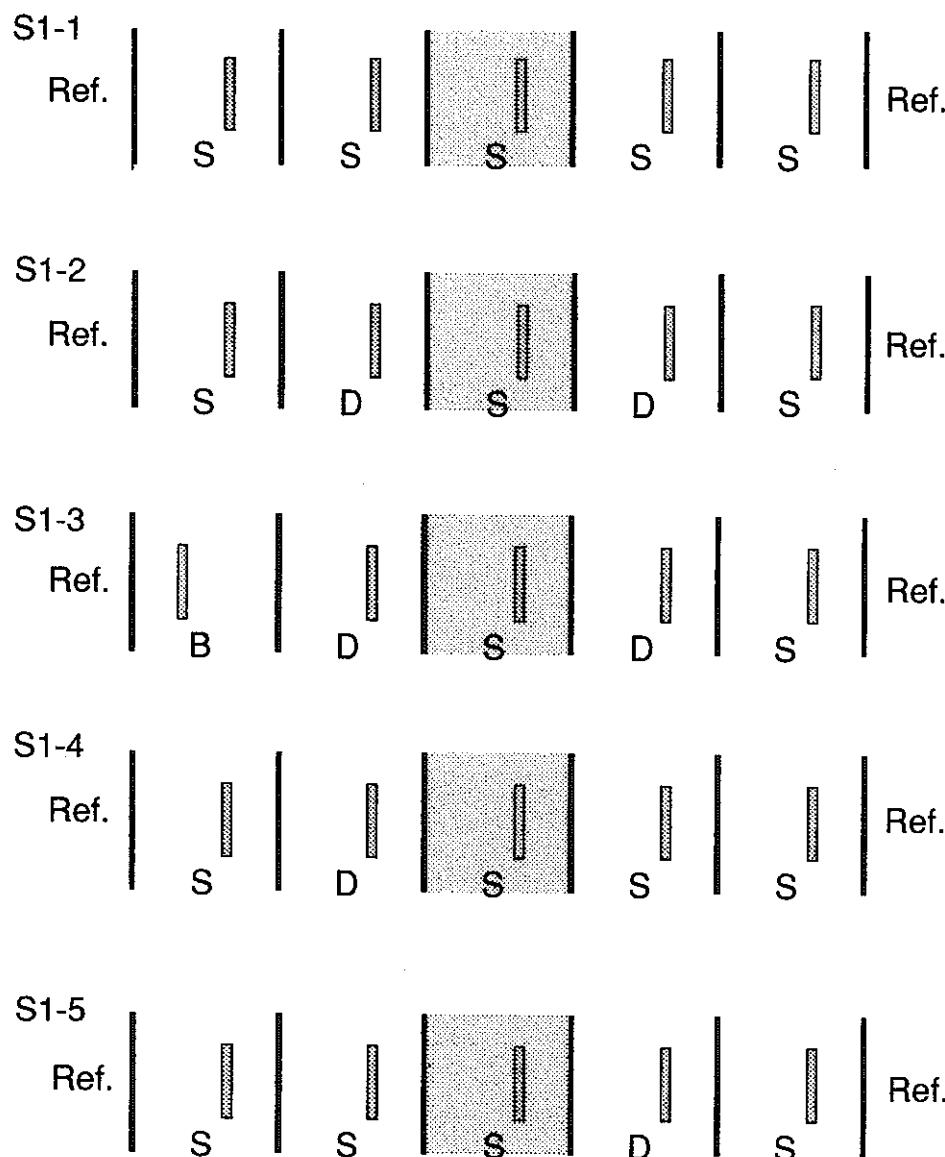


図6.2.3-1 JUPITER-I SCF ドロワ内反応率相対分布

→ 炉心中心



S : SCF
 D : DCF
 B : BLANKET
 : FOIL

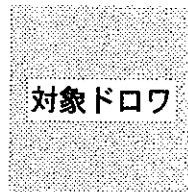


図6.2.3-2 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-I, SCF)

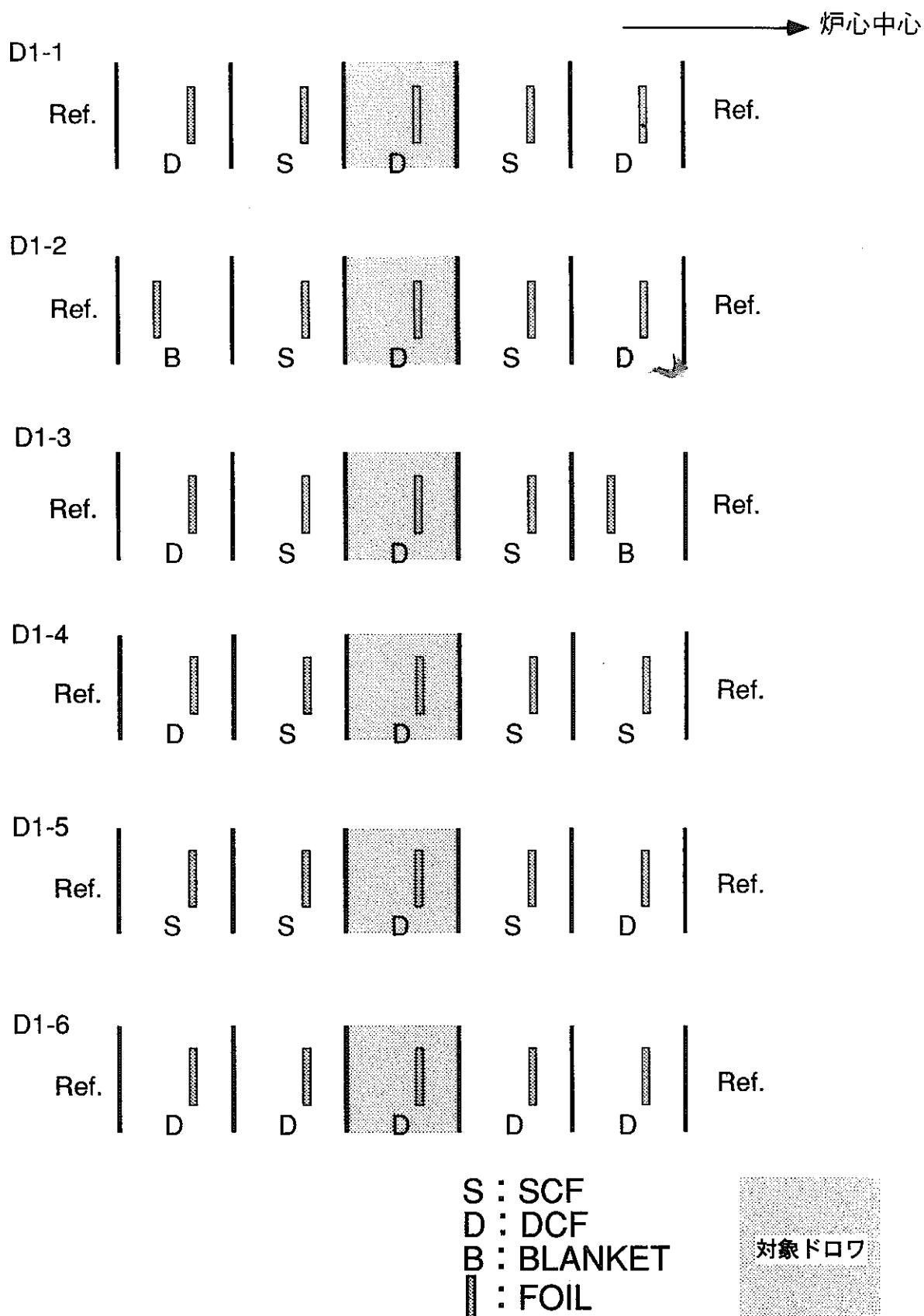
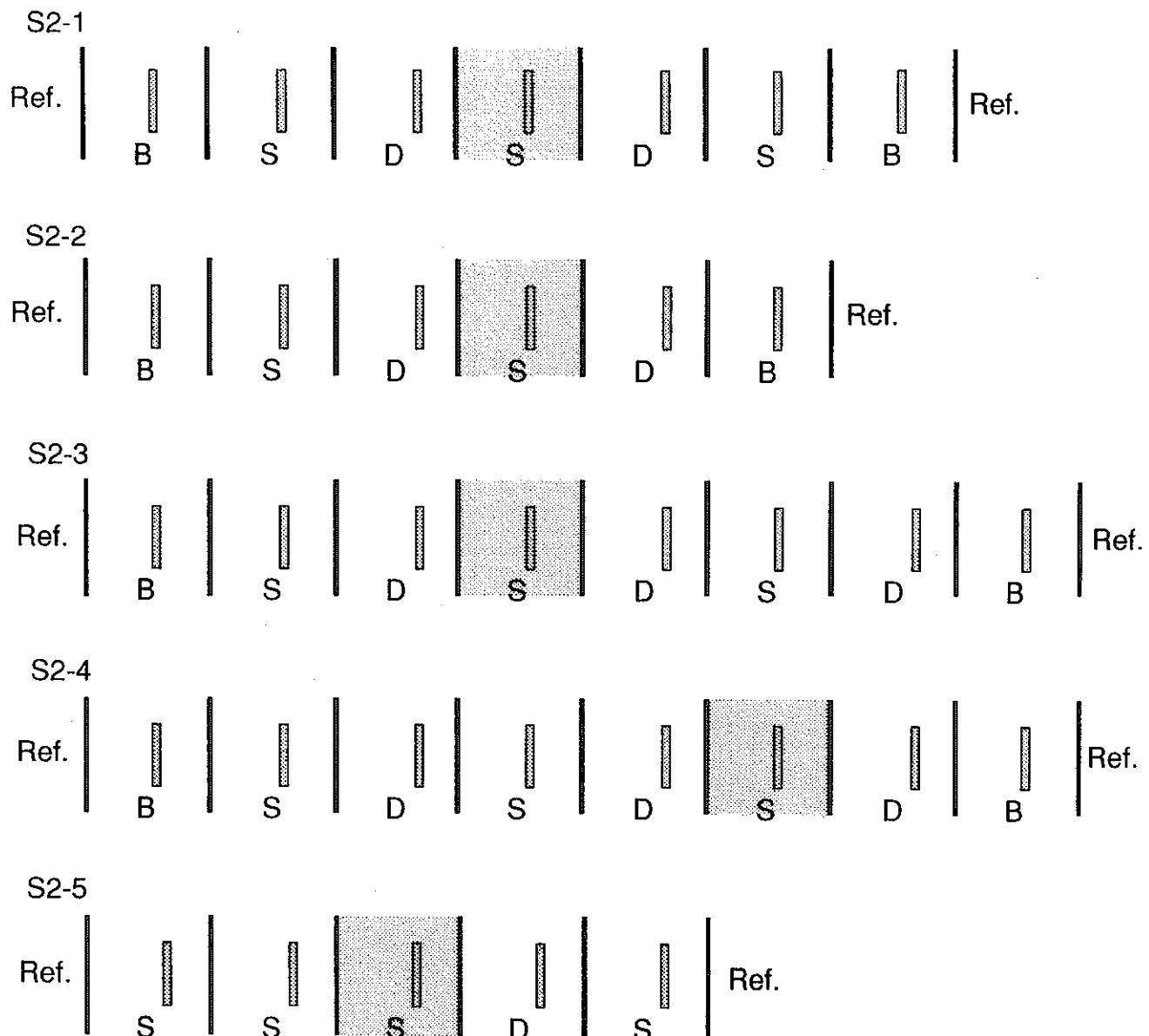


図6.2.3-3 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-I, DCF)

→ 炉心中心



S : SCF
 D : DCF
 B : BLANKET
 : FOIL

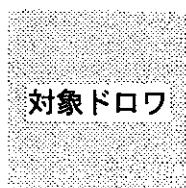


図6.2.3-4 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-II, SCF)

→ 炉心中心

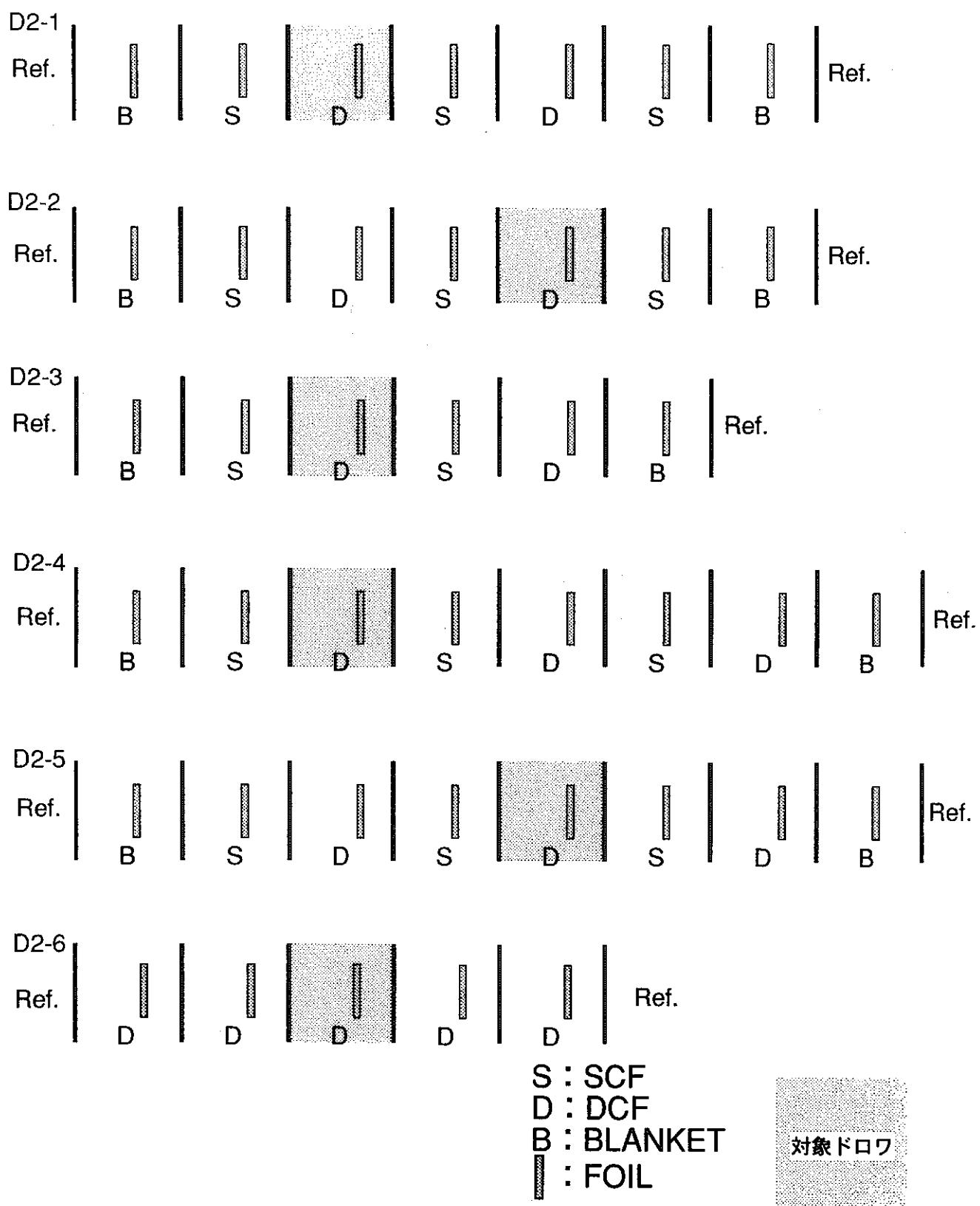
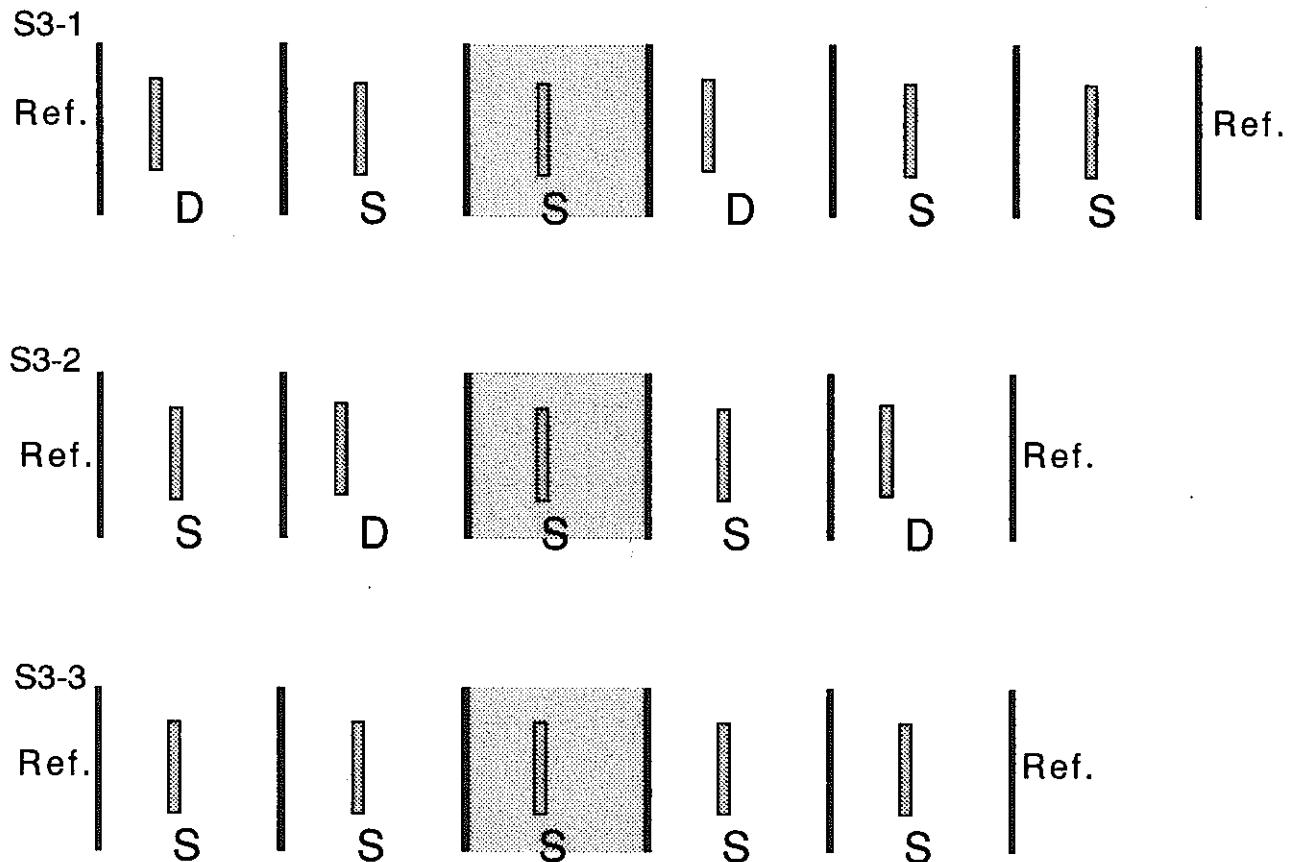


図6.2.3-5 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-II, DCF)

炉心中心 ←



S : SCF
 D : DCF
 B : BLANKET
 └ : FOIL

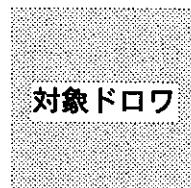
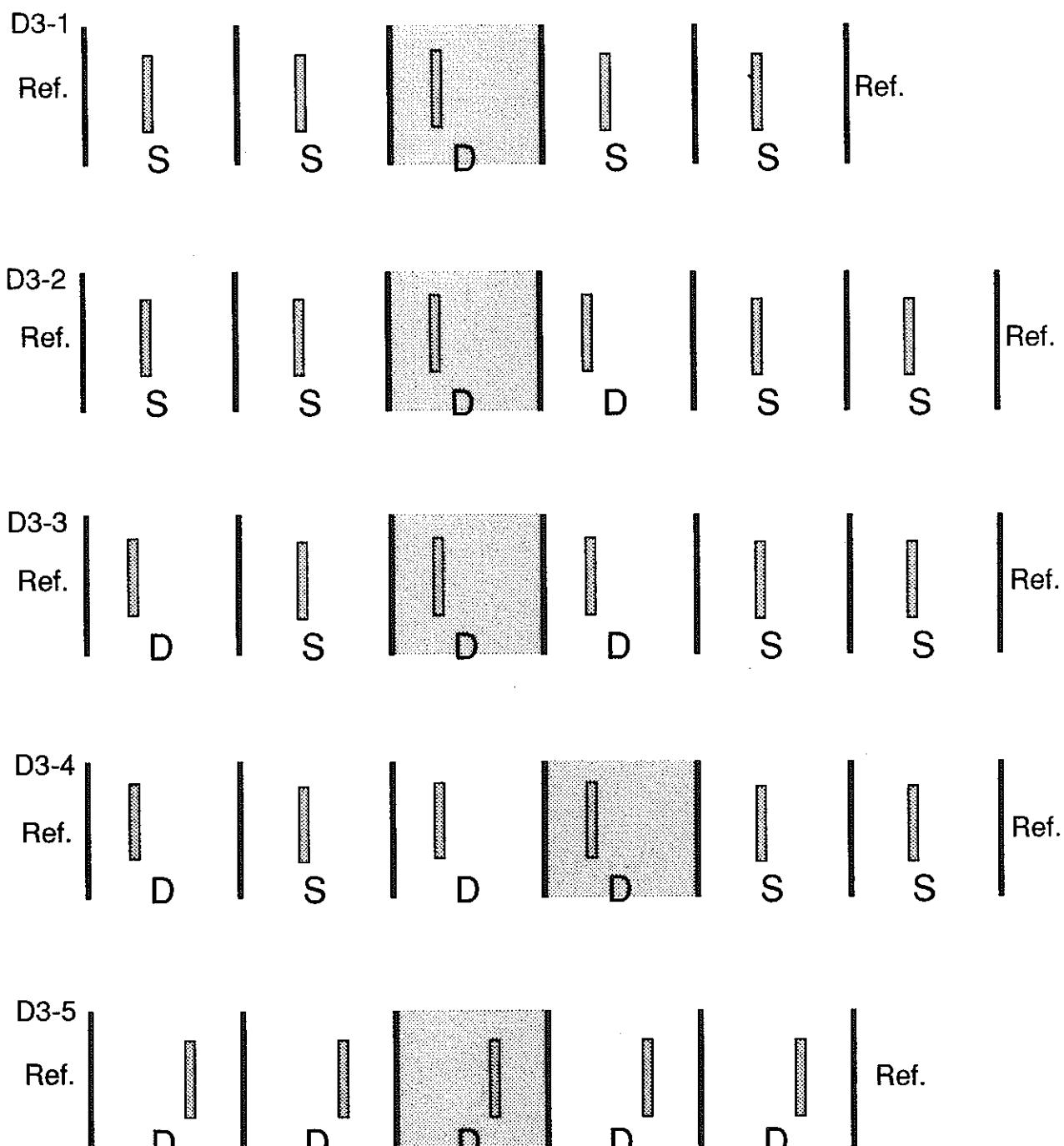


図6.2.3-6 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-III, SCF)

炉心中心 ←



S : SCF
 D : DCF
 B : BLANKET
 FOIL : FOIL

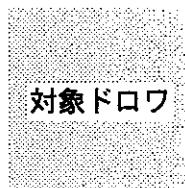


図6.2.3-7 セルファクター計算時のドロワパターン (JUPITER-III, DCF)

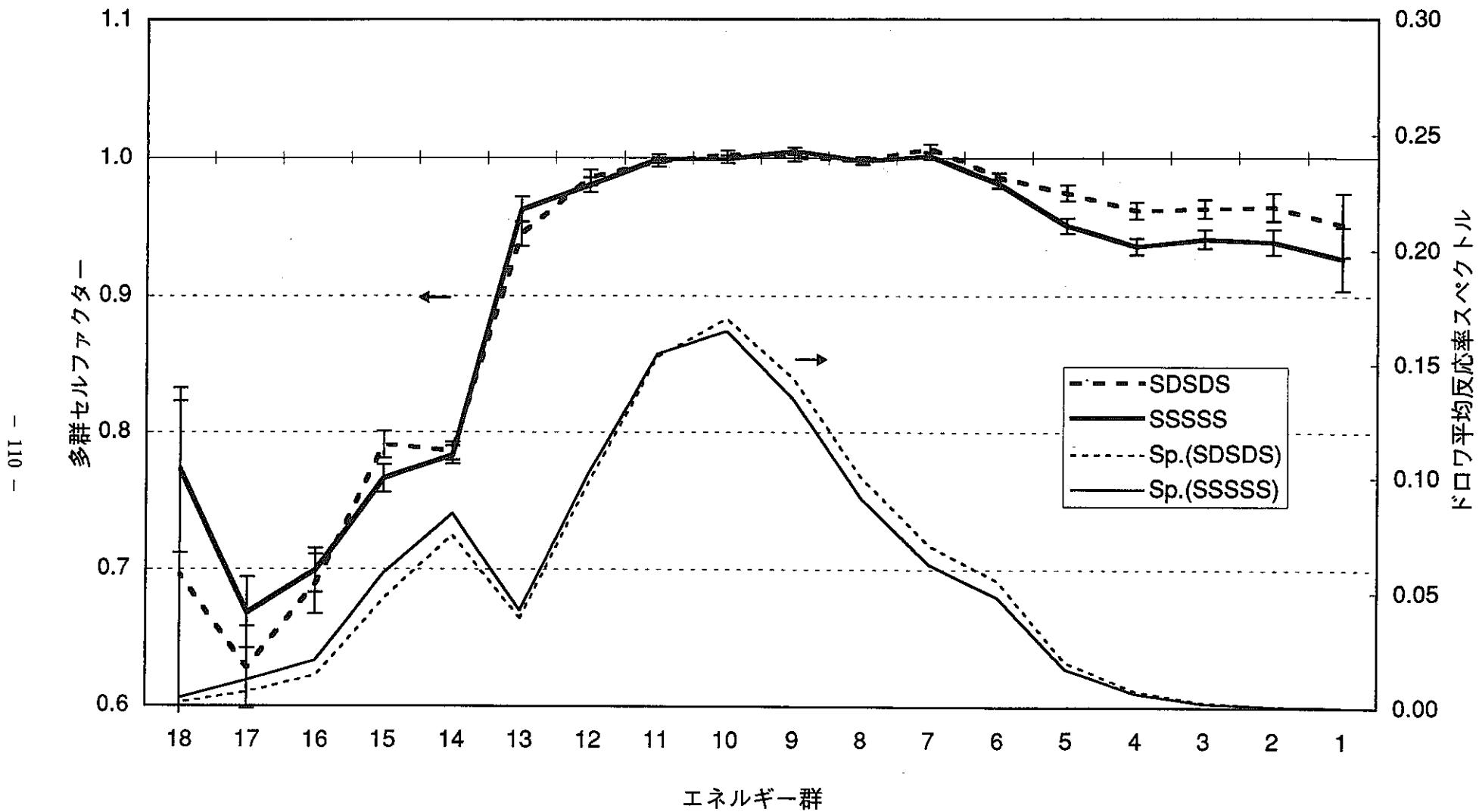


図6.2.4-1 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I, SCF, C28)

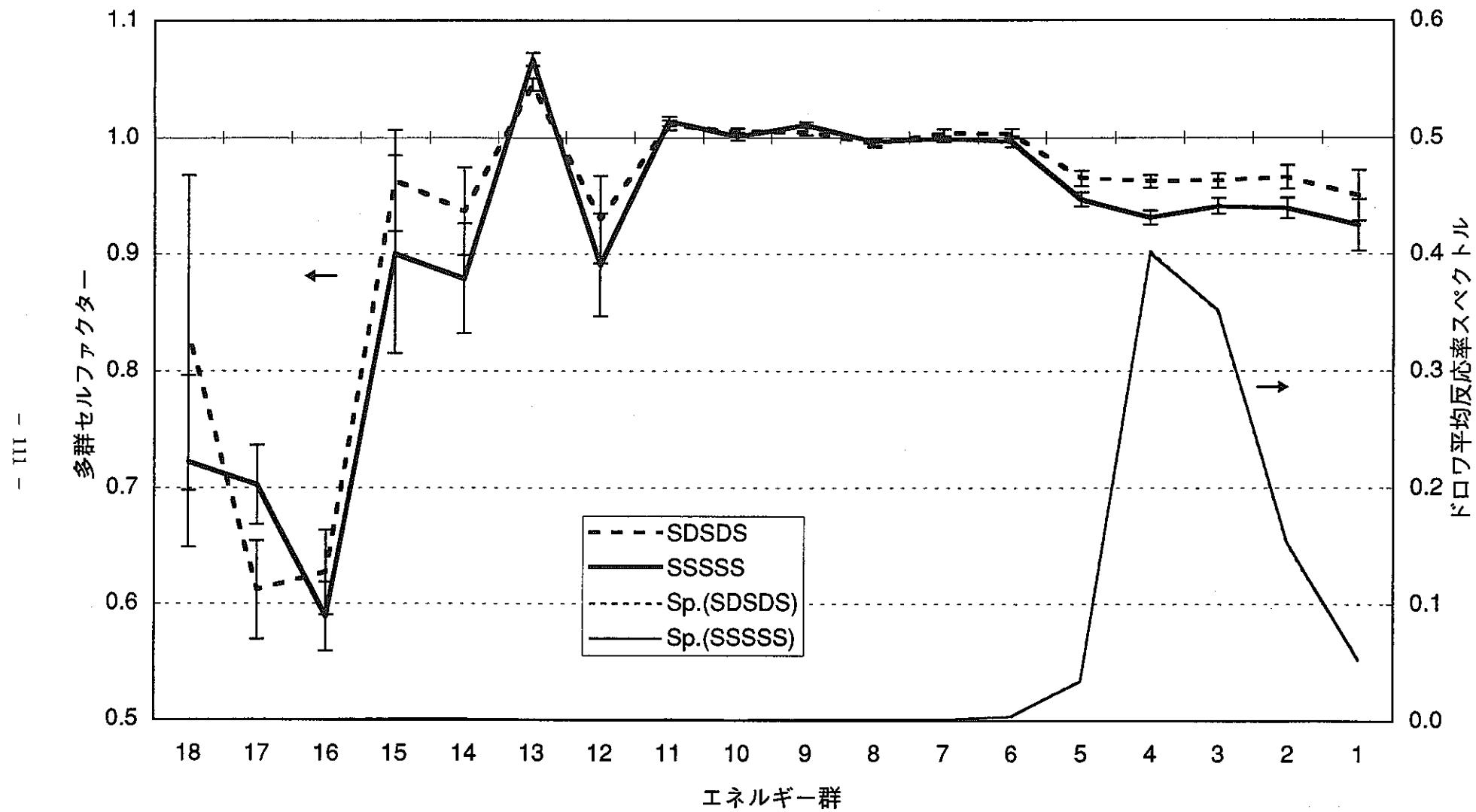


図6.2.4-2 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I, SCF, F28)

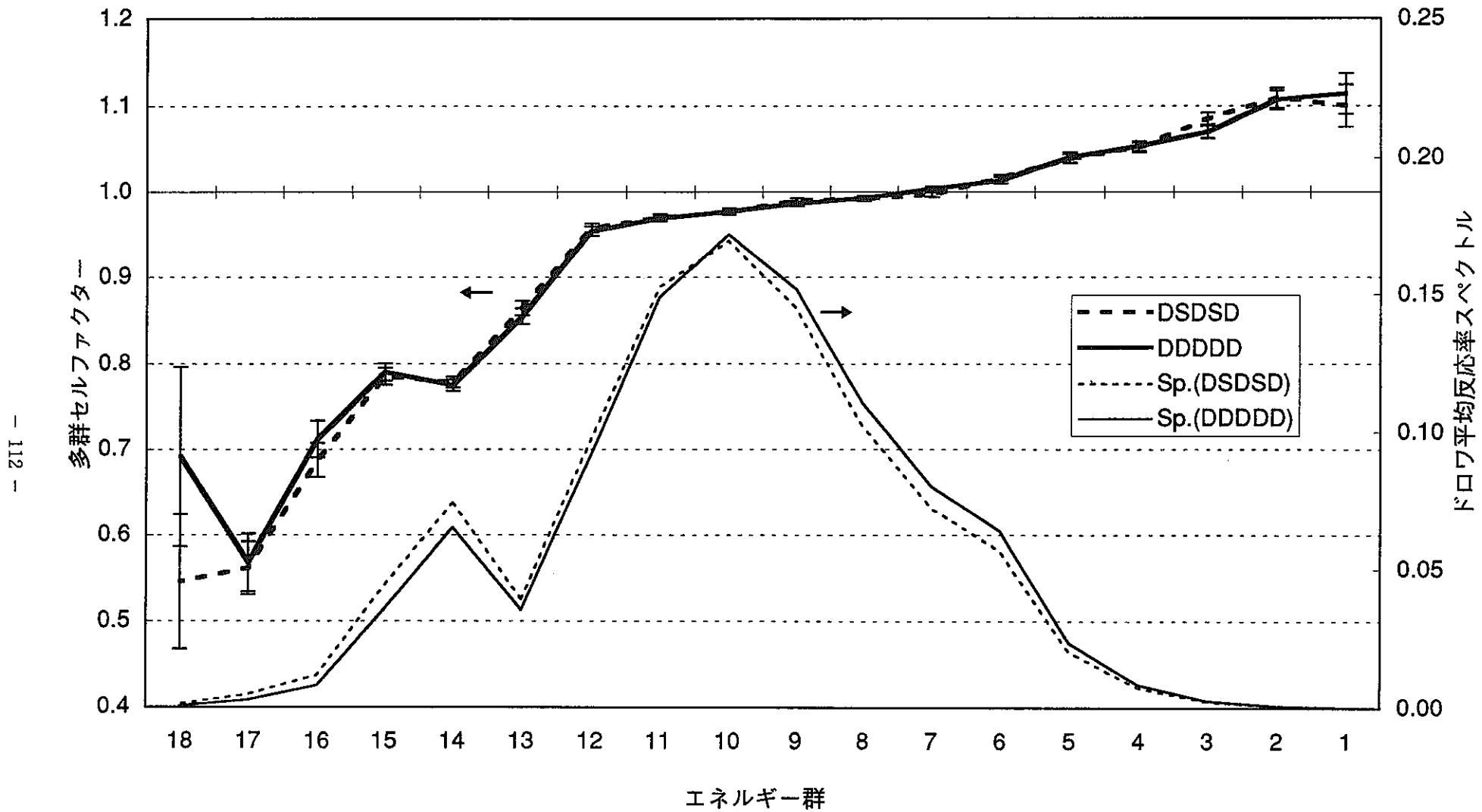


図6.2.4-3 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I, DCF, C28)

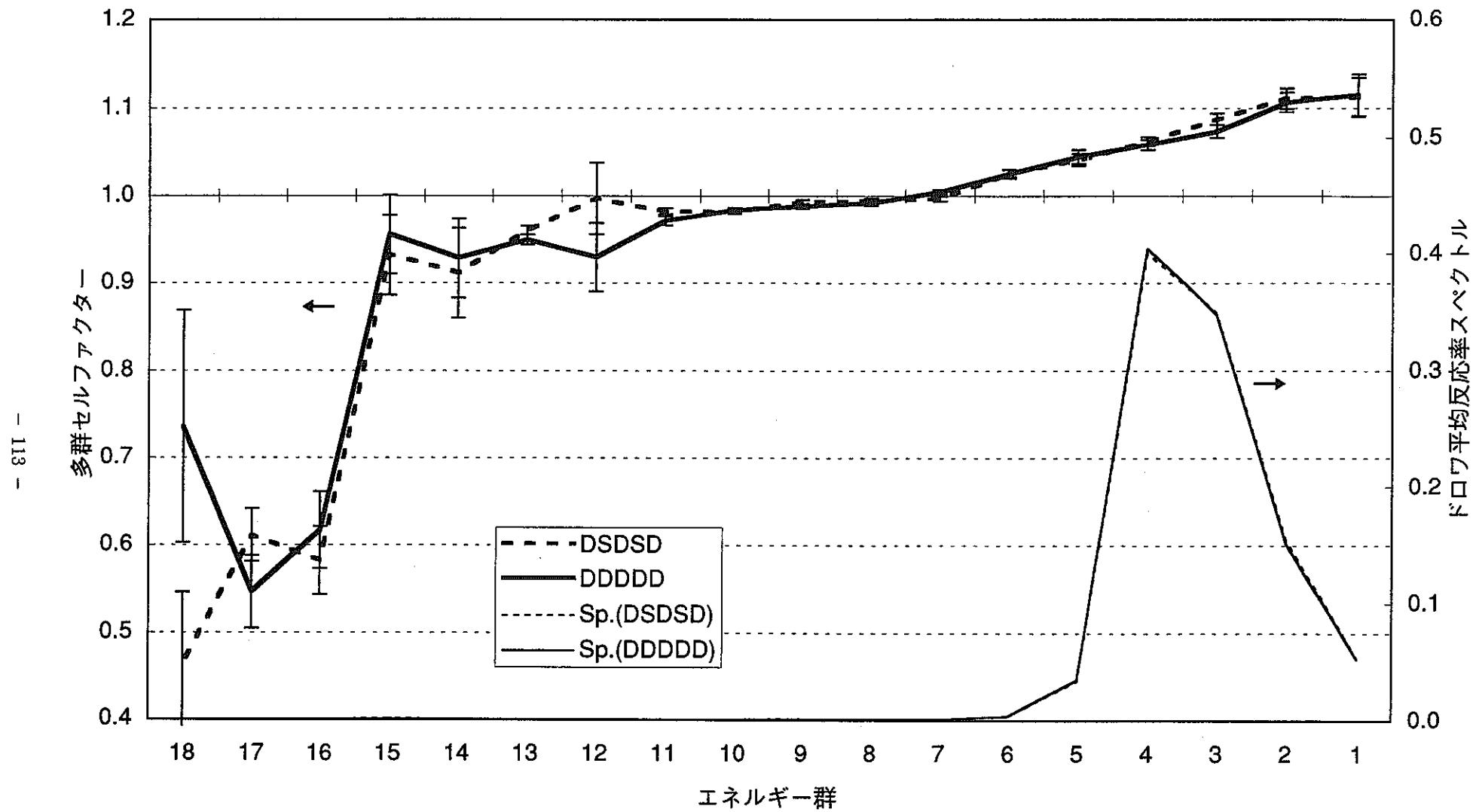


図6.2.4-4 多群セルファクターのドロワパターン間の比較 (JUPITER-I, DCF, F28)

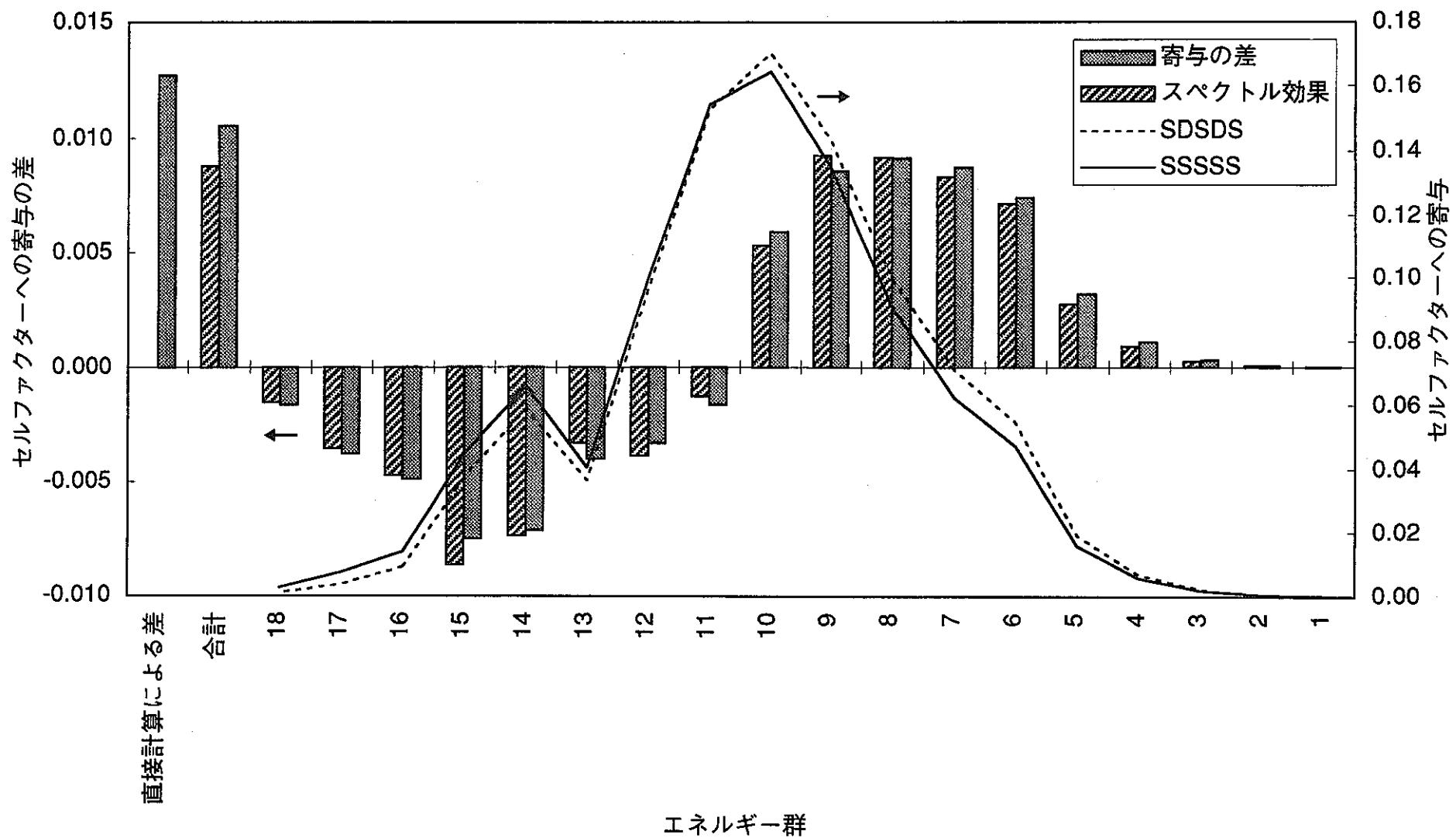


図6.2.4-5 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I, SCF, C28)

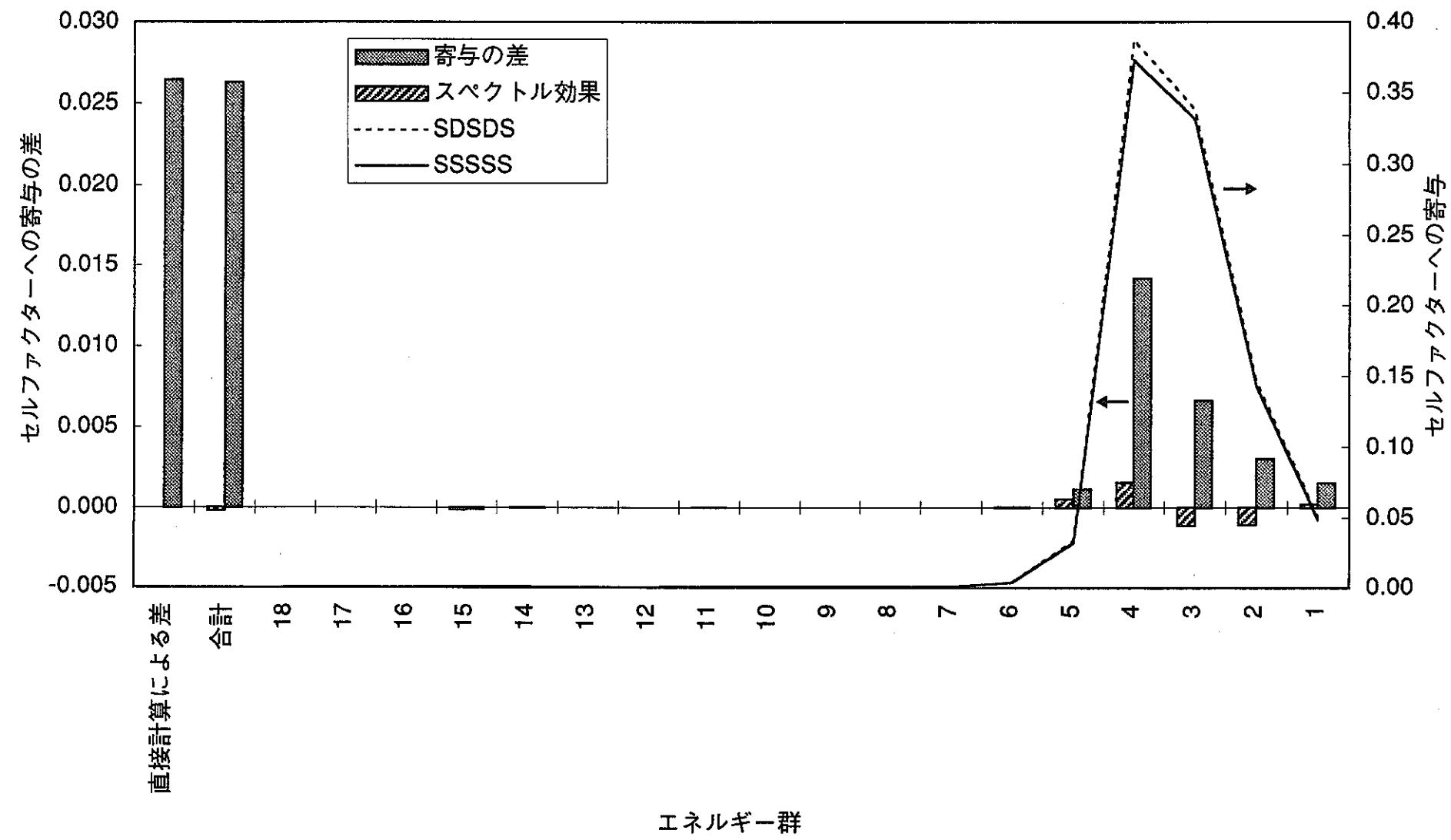


図6.2.4-6 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I, SCF, F28)

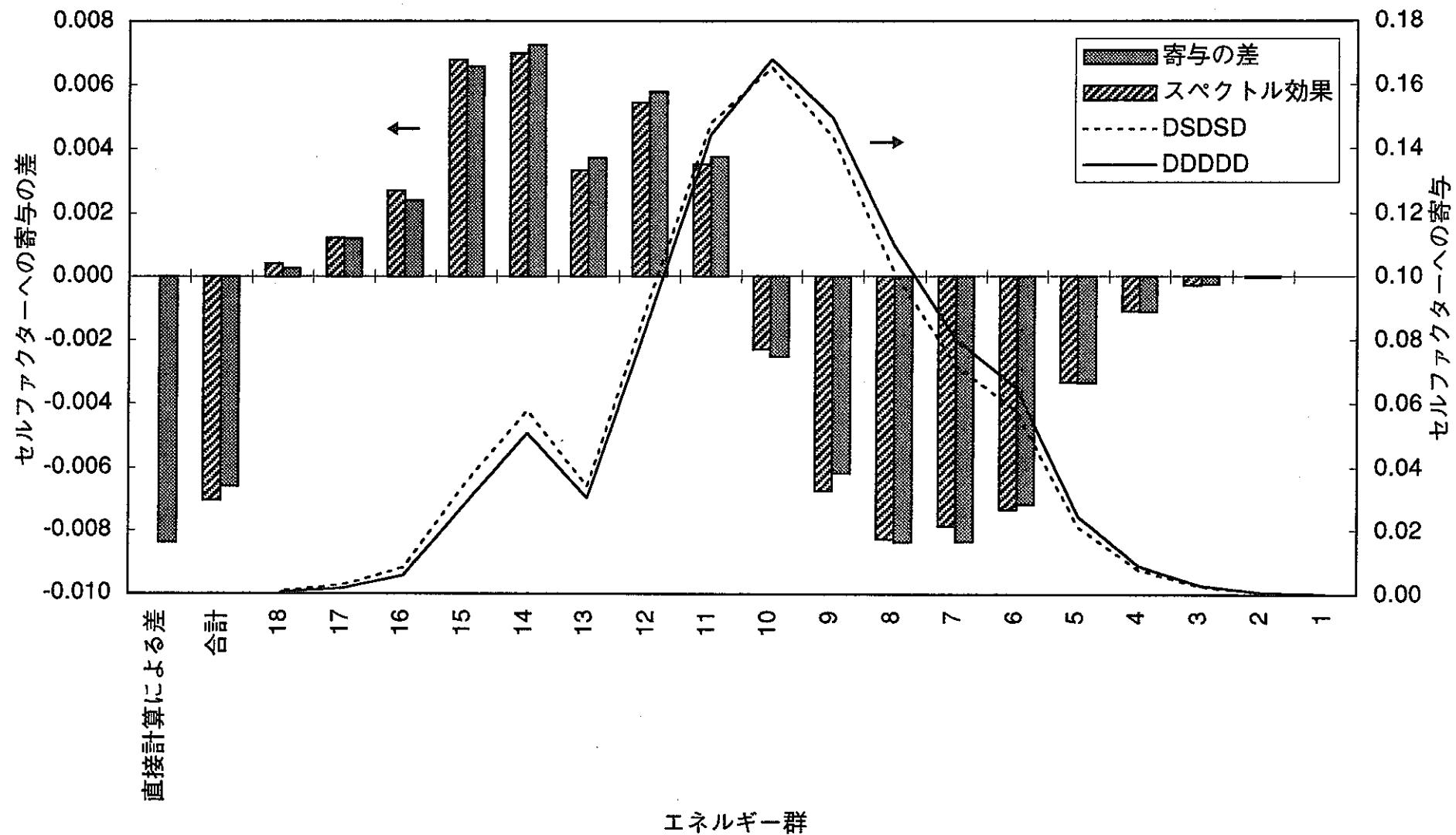


図6.2.4-7 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I, DCF, C28)

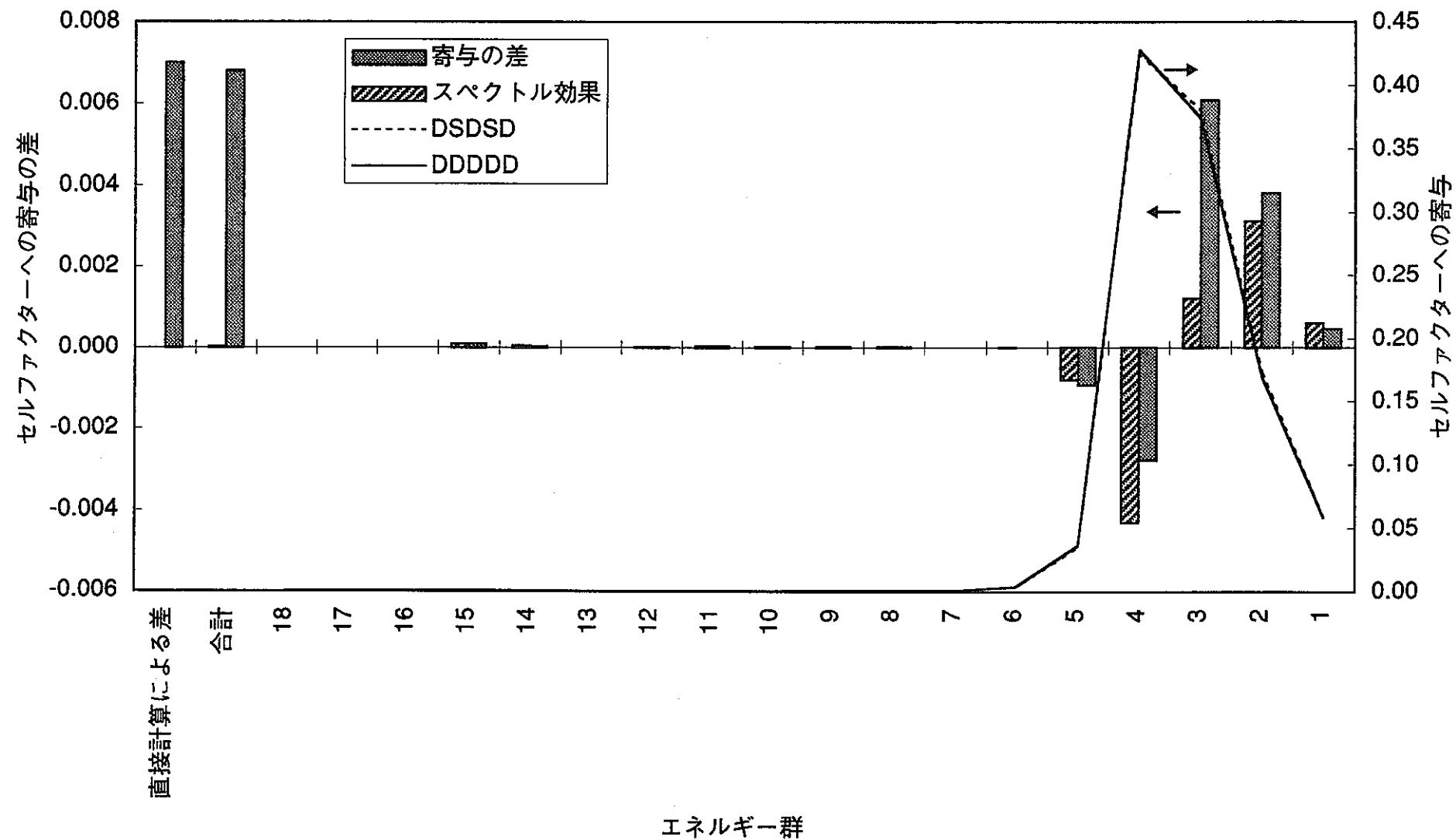


図6.2.4-8 セルファクターのエネルギー群毎の寄与とその差 (JUPITER-I, DCF, F28)

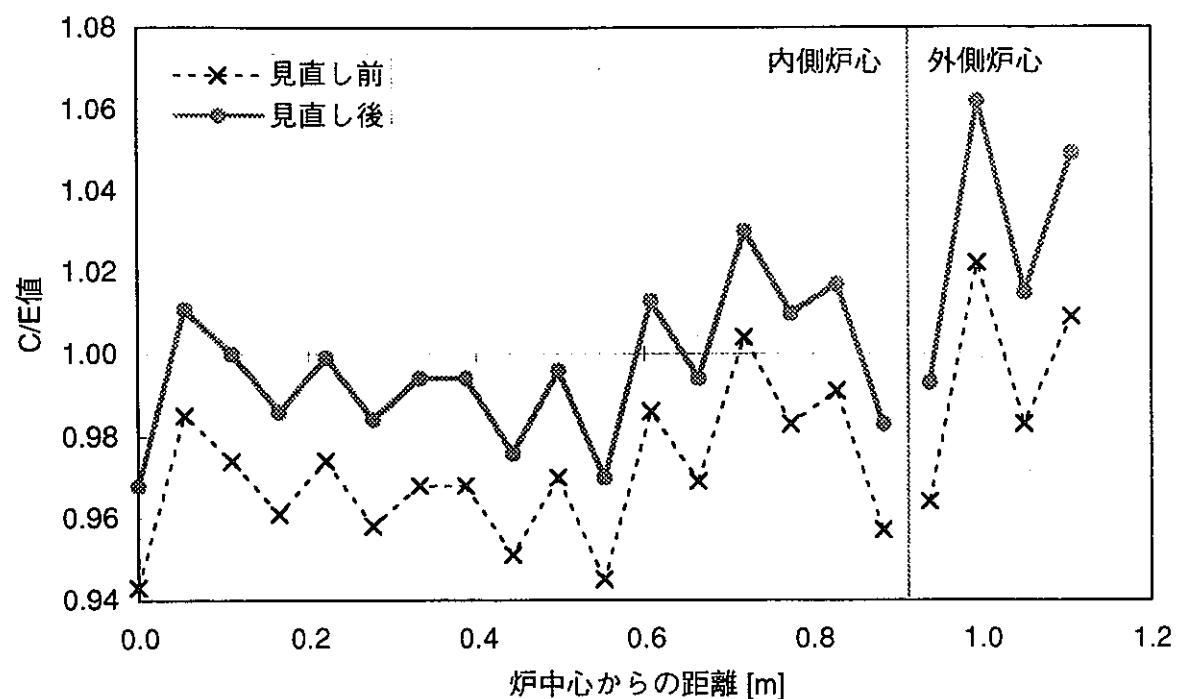


図6.3.1-1 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響
(ZPPR-9, F28, X方向)

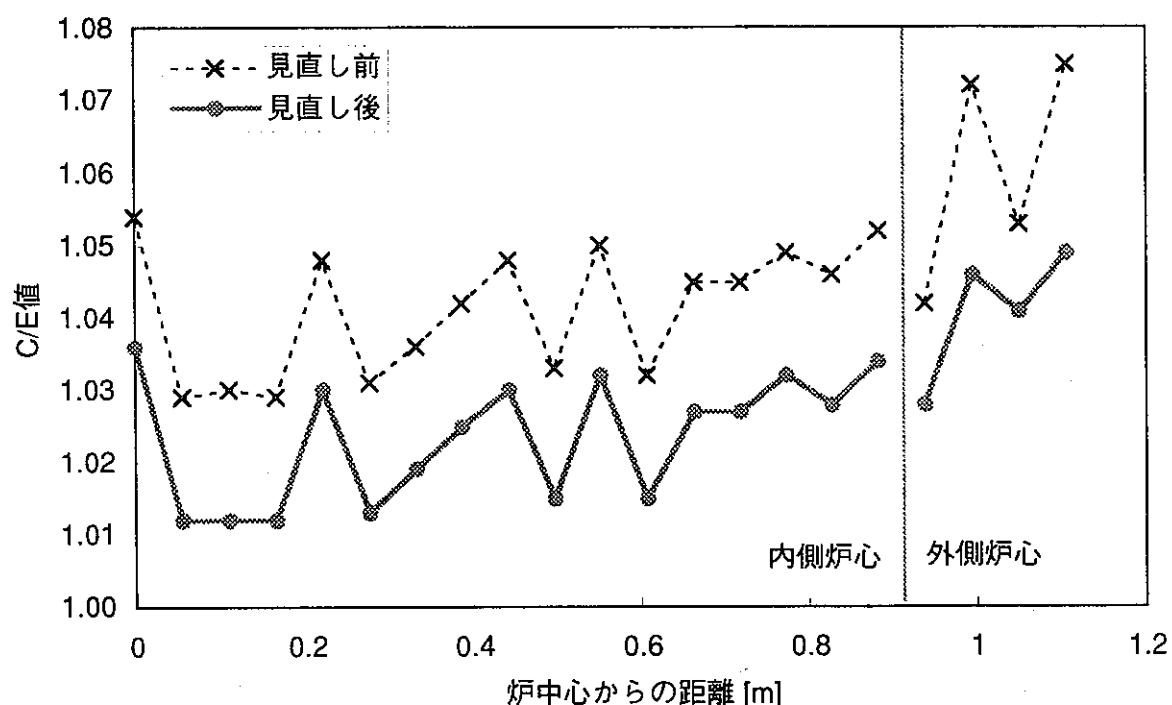


図6.3.1-2 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響
(ZPPR-9, C28, X方向)

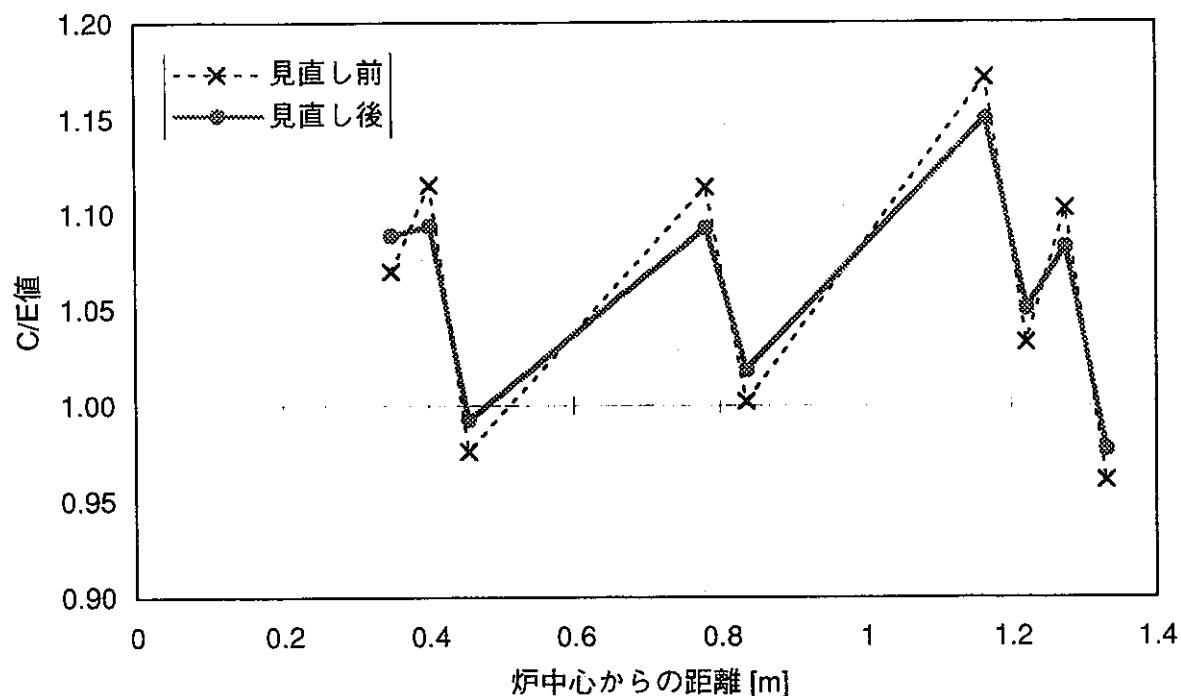


図6.3.1-3 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響
(ZPPR-13A, F28, X方向)

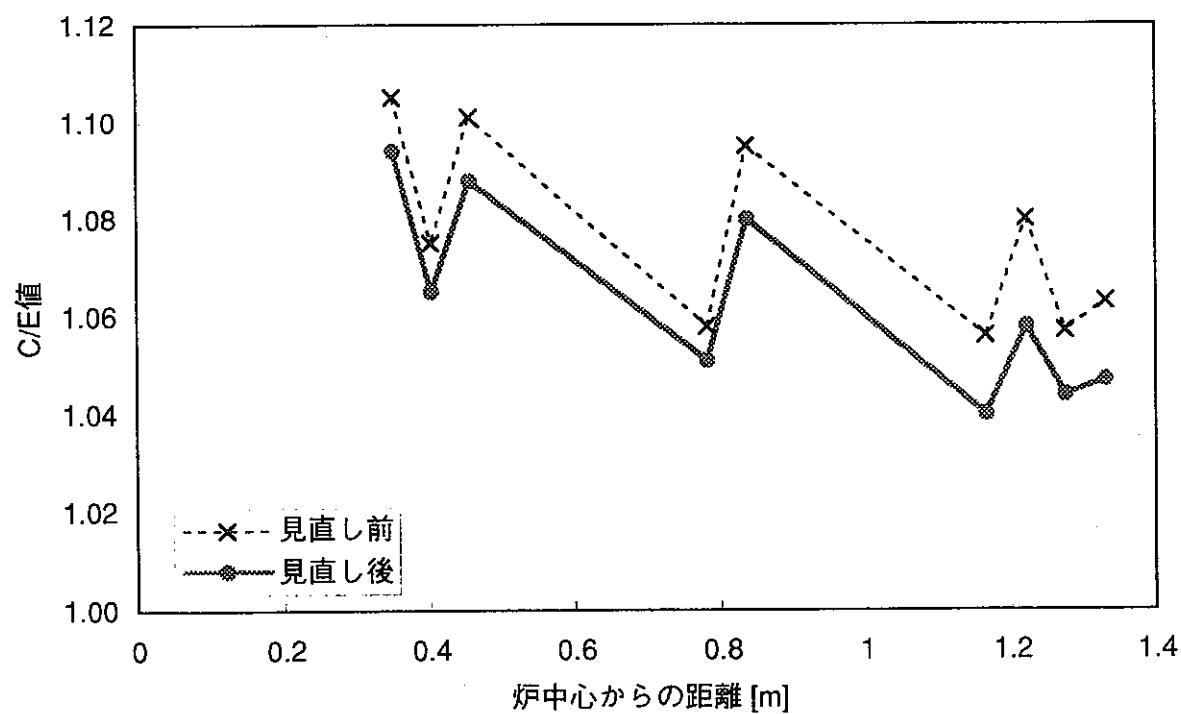


図6.3.1-4 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響
(ZPPR-13A, C28, X方向)

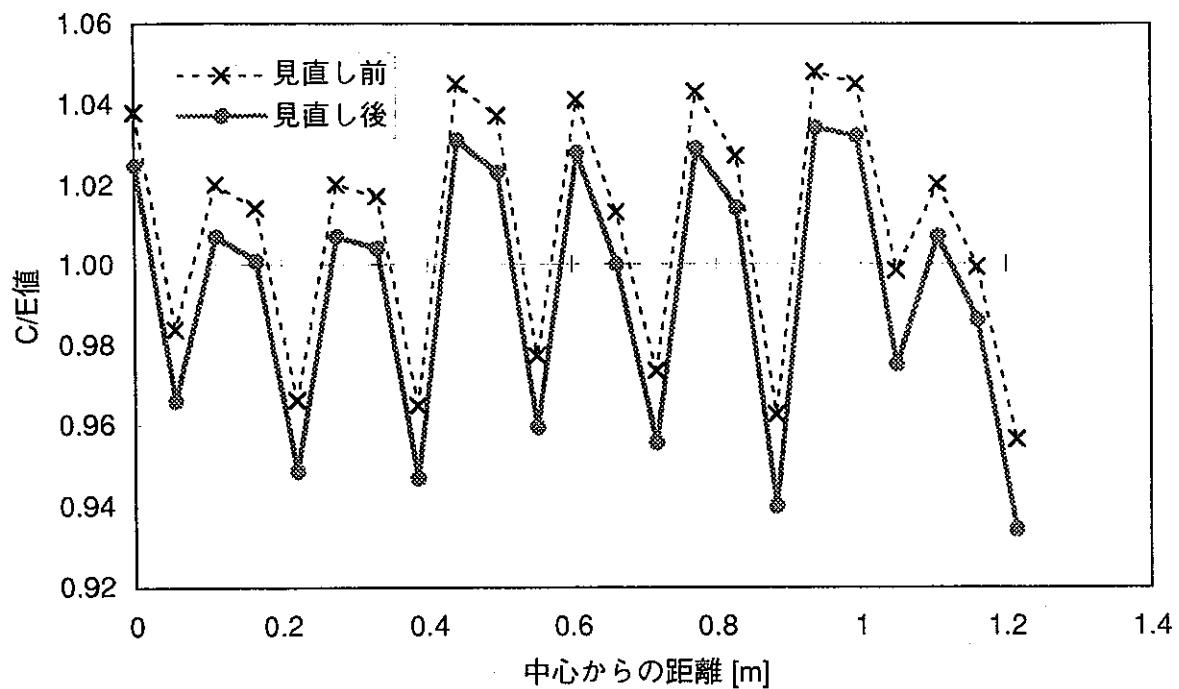


図6.3.1-5 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響
(ZPPR-17A, F28, X方向)

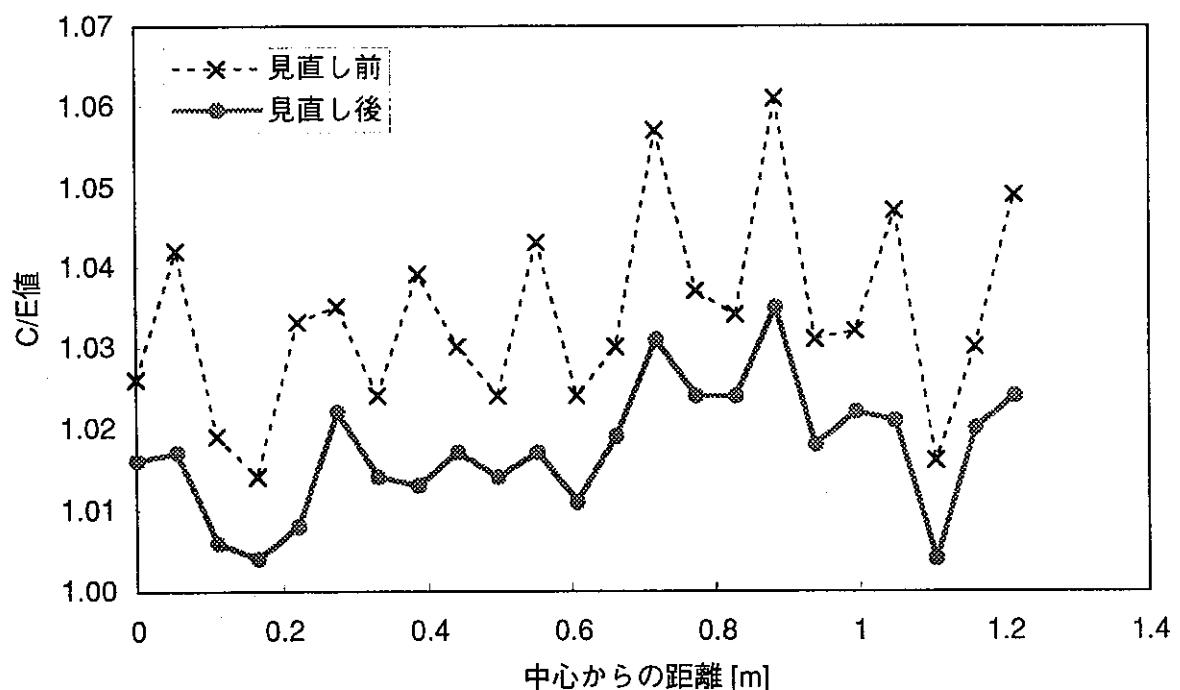


図6.3.1-6 セルファクターの見直しによるドロワ毎反応率分布への影響
(ZPPR-17A, C28, X方向)

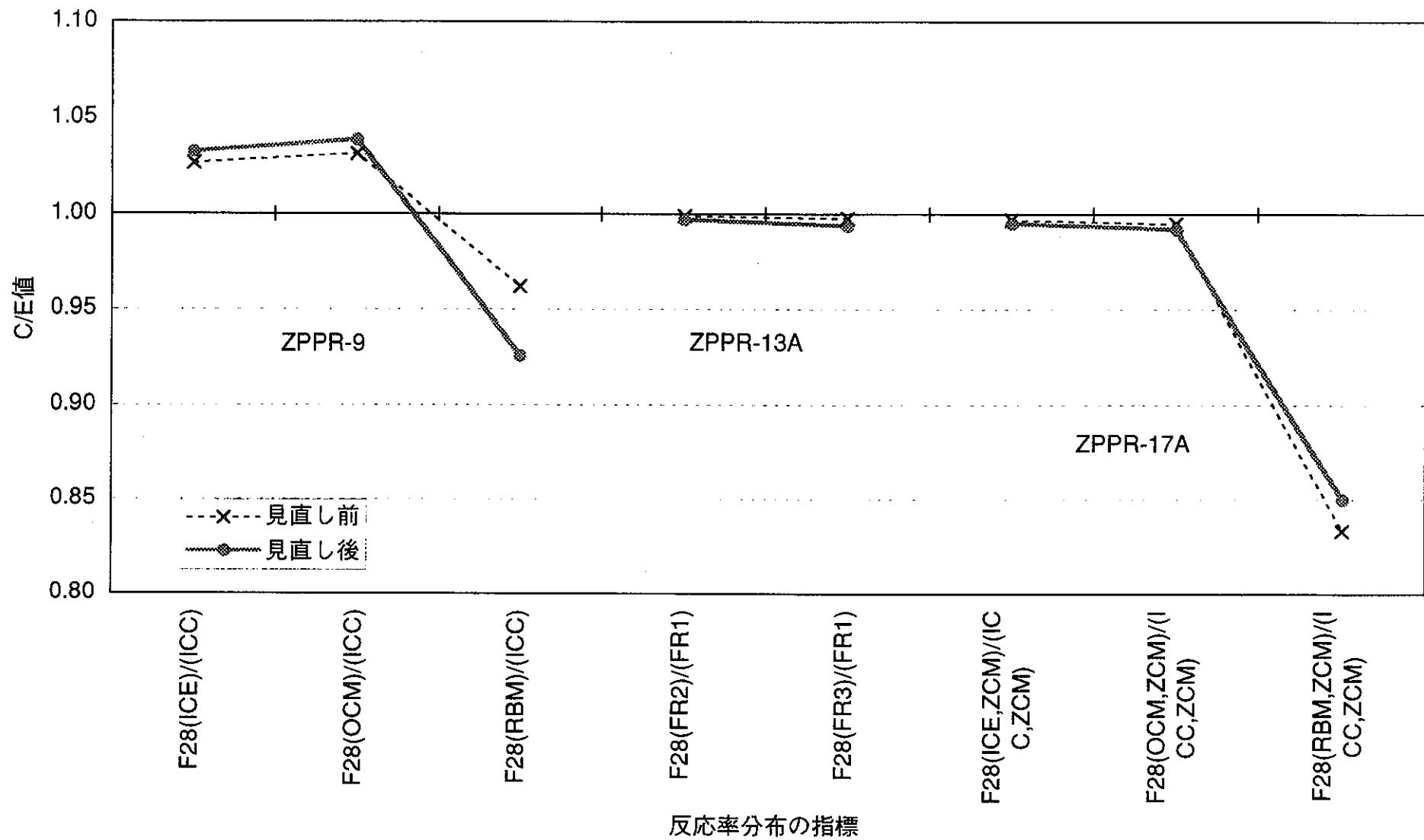


図6.3.1-7 セルファクターの見直しによるF28反応率分布への影響

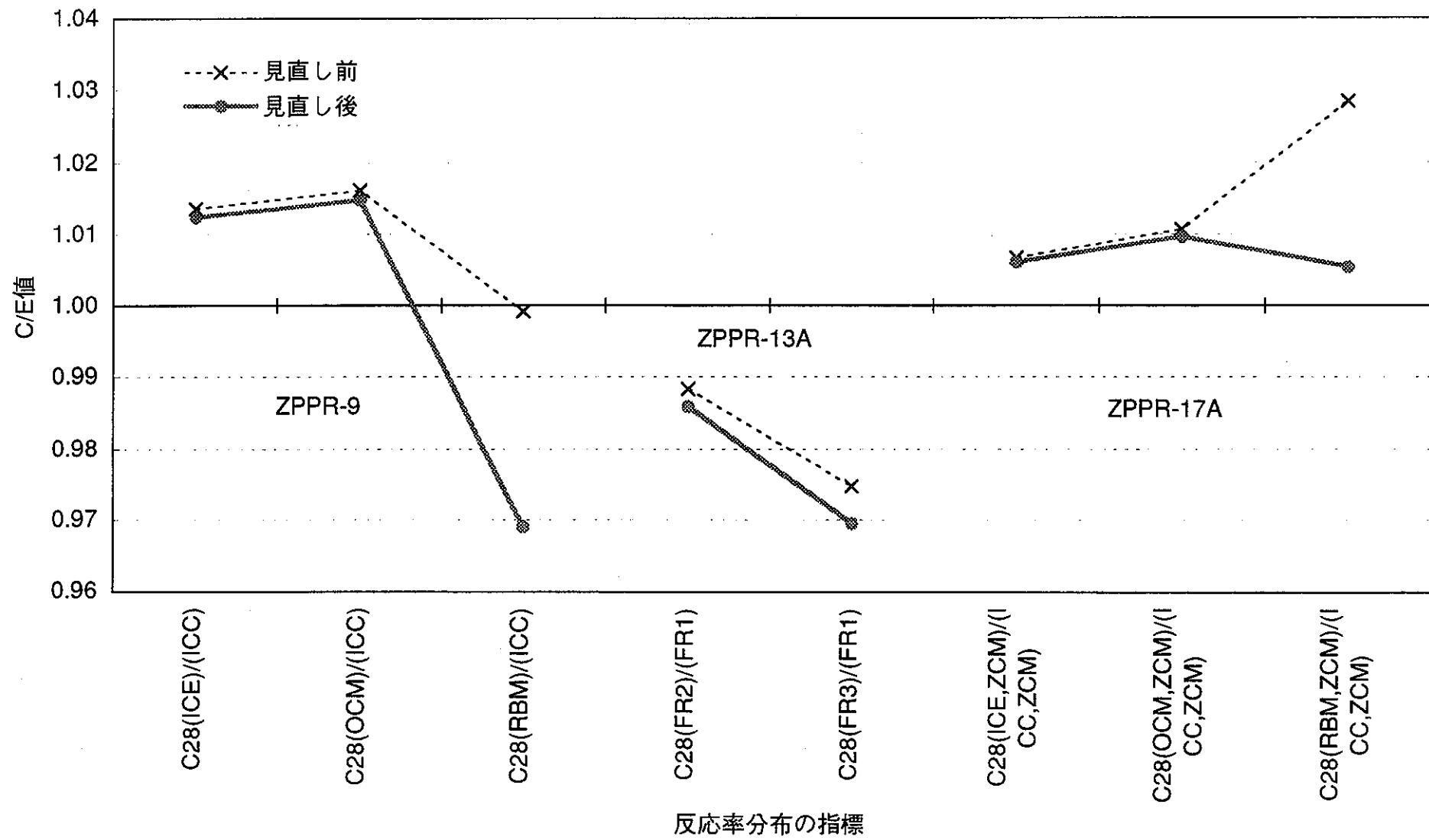


図6.3-1-8 セルファクターの見直しによるC28反応率分布への影響

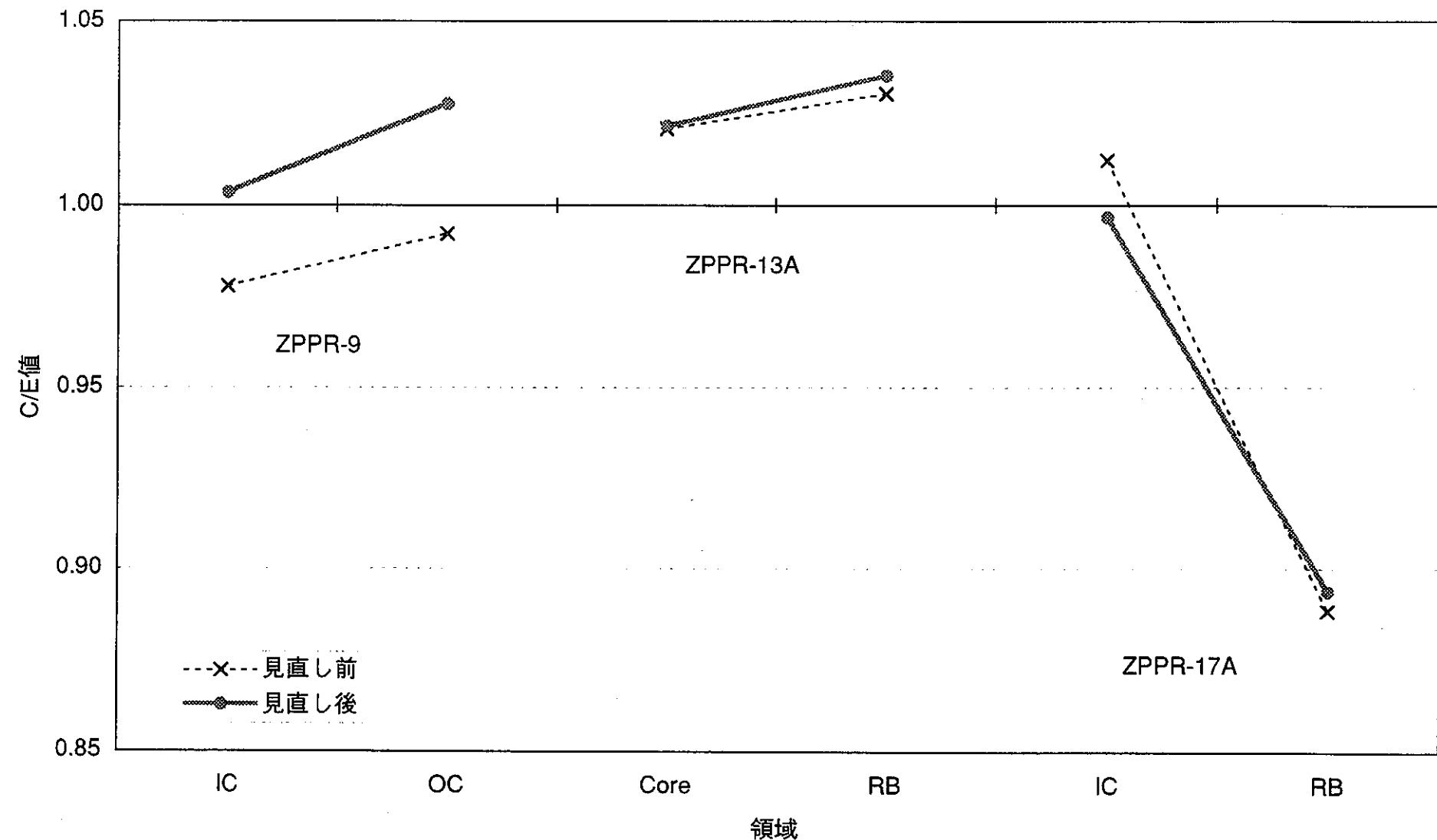


図6.3.2-1 セルファクターの見直しによるF28/F49反応率比への影響

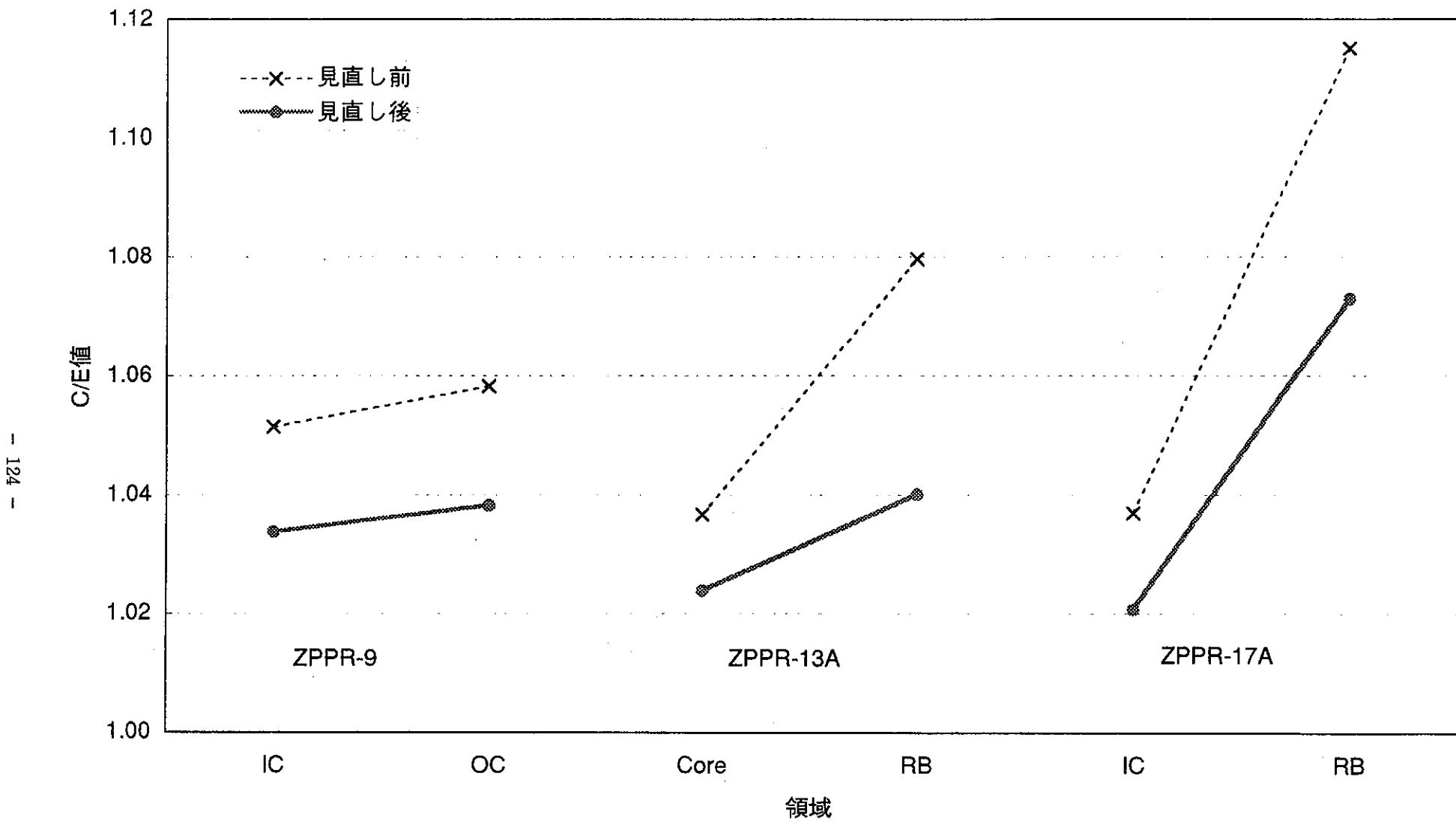


図6.3.2-2 セルファクターの見直しによるC28/F49反応率比への影響

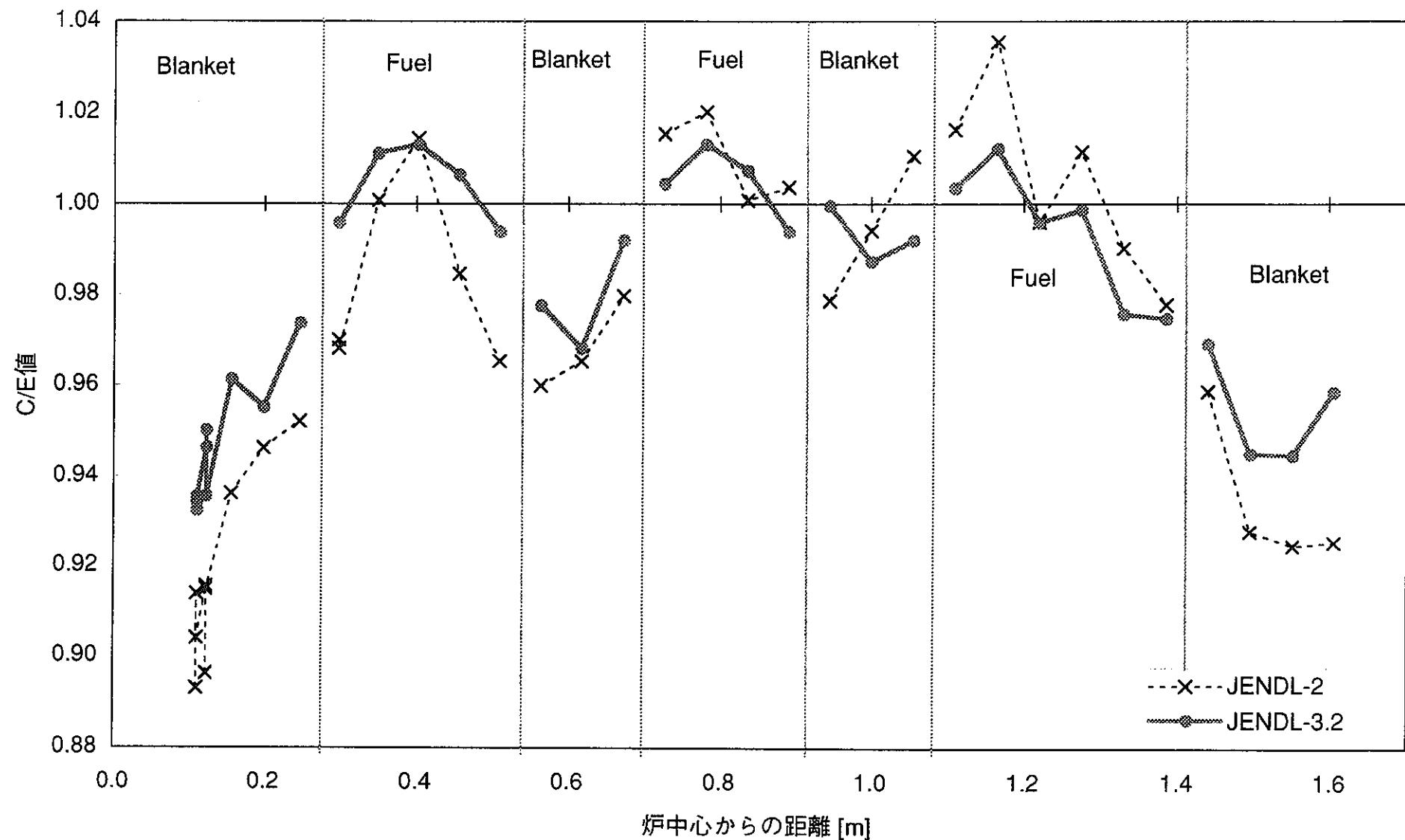


図6.4-1 ブランケット領域におけるF49反応率の過小評価 (ZPPR-13A)

第7章 Naボイド反応度解析における高度化による効果

第7章 Naボイド反応度解析における高度化による効果

本章ではJUPITER実験で測定されたNaボイド反応度の内、ZPPR-9、10A、10B、10D、13A、17AにおけるNaボイド反応度の解析における高度化を対象とする。それぞれの体系におけるNaボイド化領域を図7-1～5に示す。また、ステップ毎のボイド化領域は表7-1～6に示されているとおりである。なお、この章では、Naボイド反応度解析におけるライブラリ間の比較、及び、輸送補正法の検討を中心に述べることとする。

7.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響

ZPPR-9、10A、10B、10D、13A、17AにおけるNaボイド反応度C/E値のライブラリ間の比較を図7.1-1に示す。ZPPR-10Aと10Bの解析対象としたボイドステップについては、ステップ番号が最後の2ステップで異なるものの、ボイド化領域は同じである。反応度の絶対値が小さいステップ1（10Dを除く）、17Aの内部ブランケットのみボイド化（ステップ3のステップ反応度）、及び、内部径ブランケットの存在する13Aを除いて、C/E値がJENDL-2では1.02～1.32であったものが、JENDL-3.2を用いることにより系統的に10～30%減少して、0.96～1.17と1.0に近づき、更に、体系間及びボイドステップ間の偏差の減少も見られる。ZPPR-13AについてはJENDL-2で1.35～1.58であったものが、JENDL-3.2では1.17～1.29と系統的に20～30%の改善が見られたが、依然として大きな過大評価である。C/E値の系統的な減少は、主に図7.1-2に示すようにライブラリの変更により反応度の非漏洩成分が変化したためである。詳細に見ると、図7.1-3に示すように、断面積差による寄与の大きい核種・反応として、Naの非弾性散乱、Pu-239の捕獲、U-238の捕獲が挙げられる。図7.1-4にZPPR-9ステップ5のNaボイド反応度の主な感度係数を示すが、Naの非弾性散乱断面積に対し高エネルギー部で正の感度を有しており

（Naボイド化前の中性子スペクトルがより軟らかくなり、Naボイドによるスペクトル硬化の度合いが大きくなり、非漏洩成分を大きくする方向に寄与する）、Naの非弾性散乱断面積はJENDL-3.2からJENDL-2への変化は増加の方向であるので、今回の結果との整合は取れている。また、Pu-239の捕獲は4keV以下に正の大きな感度が、U-238の捕獲は800keV以下で正負の大きな感度を有するが、それらのエネルギー領域におけるJENDL-3.2からJENDL-2への変化は、Pu-239の捕獲については増加の方向、U-238の捕獲は偶然ではあるがおよそ感度係数の符号と逆方向であるため、それ正の寄与、負の寄与となっている。他方、ZPPR-17Aの内部ブランケットの場合は、20%の過小評価であったものが約10%の過小評価へと改善されている。

以上、ライブラリの変更により、Naボイド反応度のC/E値は改善されたが、依然、ZPPR-13AのC/E値の系統的なずれは残っている。第10章の炉定数調整の結果から明らかのように、Naボイド反応度のC/E値の体系間、あるいはボイドステップ間のずれは炉定数調整を用いてもほとんど改善されず、実験値の見直し、あるいは解析方法に関する検討を行わなければ解消されないと考えられる。従って、以降、Naボイド反応度解析手

法、特に輸送補正の検討について示していくことにする。

7.2 輸送補正方法の検討について

Naボイド反応度は、ボイド形成に伴うスペクトル変化による中性子増倍、Naによる中性子吸收量、及び中性子漏洩量の変化によって生じる反応度であり、その3者を精度よく評価することは不可欠である。前節も含めて、これまで、Naボイド反応度の解析はBenoistの非等方拡散係数の使用による70群厳密摂動計算を基準計算として、等方拡散係数（輸送断面積の3倍したものの逆数）使用による18群の拡散理論と同じ断面積の使用による輸送理論による炉心計算により、固有値を計算し、直接計算により反応度を求め、両者の比より輸送補正を求めていた。すなわち、反応度を成分毎に分解せず、合計量を用いて補正が行われてきた。ここでは、新しい補正方法として、反応度を漏洩成分と非漏洩成分に分解し、それについて輸送補正を行う方法について説明し、評価結果について述べる。

7.2.1 反応度合計値及び反応度2成分輸送補正

まず、従来の反応度合計値 ρ_{total} による輸送補正は次の通りである。

$$\text{補正後計算値} = \rho_{\text{total}}[\text{Dif.(Benoist's D), 70G}] \times \frac{\rho_{\text{total}}[\text{Trans.(Iso. D), 18G}]}{\rho_{\text{total}}[\text{Dif.(Iso. D), 18G}]}$$

ここで、Dif.(Benoist's D)はBenoistの異方性拡散係数を用いた拡散計算を、Dif.(Iso. D)は輸送断面積の3倍の逆数である等方拡散係数を用いた拡散計算を、そして、Trans.(Iso. D)は輸送断面積を用いた輸送計算をそれぞれ表す。

それに対し、新たに検討を行う反応度2成分輸送補正は次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{補正後計算値} &= \rho_{\text{leakage}}[\text{Dif.(Benoist's D), 70G}] \times \frac{\rho_{\text{leakage}}[\text{Trans.(Iso. D), 18G}]}{\rho_{\text{leakage}}[\text{Dif.(Iso. D), 18G}]} \\ &+ \rho_{\text{non-leak.}}[\text{Dif.(Benoist's D), 70G}] \times \frac{\rho_{\text{non-leak.}}[\text{Trans.(Iso. D), 18G}]}{\rho_{\text{non-leak.}}[\text{Dif.(Iso. D), 18G}]} \end{aligned}$$

ρ_{leakage} に関する第1項が漏洩成分、すなわち、中性子漏洩量の変化による反応度の補正を、 $\rho_{\text{non-leak.}}$ に関する第2項が非漏洩成分、すなわち、スペクトル変化による中性子増倍、中性子吸收量の変化による反応度の補正をそれぞれ表す。

7.2.2 棟正計算の違いによる比較

合計値補正と2成分補正それぞれによる各体系・ボイドステップのC/E値の比較を図7.2.2-1に示す。参考に、基準計算値（ただし、輸送補正以外の補正は既に施されている）も併記する。輸送補正間で差が見られるのはZPPR-10Bのステップ1、ZPPR-13Aの全ボイドステップ、ZPPR-17Aの炉心領域のみ（52D, Core）である。更に、各体系・ボイドステップの漏洩成分、及び非漏洩成分の輸送補正を図7.2.2-2に示すが、前述の輸送補正間で差が見られるのはいずれも非漏洩成分輸送補正が1.0を大きく上回っている場合である。C/E値の優劣の観点からは、2成分輸送補正是ZPPR-10Bのステップ1を除いて全て劣っている。C/E値の体系間、あるいはボイドステップ間依存性の観点からはZPPR-10Bで改善が見られるものの、ZPPR-17Aでは劣化しており、それ以外では特に変化が見られないことから2成分輸送補正の長所は見出せない。

以上の結果からだけでは、2成分輸送補正を採用する長所は見出せないが、2成分補正是漏洩成分と非漏洩成分という互いにメカニズムの異なる成分を分離して取り扱うより詳細な方法であり、今後、炉定数調整、解析手法の改良等を通じて、その有効性について検討していくこととする。

7.3 ZPPR-13AのC/E値過大評価についての検討

図7.2.2-1から明らかなように、ZPPR-13AのC/E値は、他の体系と異なり、輸送補正を施すことにより、大きな過大評価となっていることが分かる。そして、この過大評価の原因として、径非均質炉心であることに起因する中性子束分布評価の悪化が主要であると考えられてきた。他方、Naボイド反応度の解析では、特に中性子スペクトル変化と中性子漏洩量の変化を精度良く評価する必要がある。それらの内、中性子スペクトル変化に関しては、18群縮約スペクトルの相違に起因する縮約誤差は2~3%と報告されており、18群計算に基づく輸送補正を用いても20%を越える過大評価の直接の原因とは考えられない。他方、漏洩成分の評価においては、ドロワの非均質性に起因する中性子のストリーミングを正確に取り扱う必要があるが、現状では、ドロワの非均質性を扱うことが出来るが中性子漏洩量を過大評価する傾向にあると言われているBenoistの拡散係数を用いた拡散計算を基準とし、輸送補正ではドロワの非均質性に基づく中性子ストリーミングの非等方性が考慮されていない。従って、漏洩成分の評価に検討の余地があると考えられる。そこで、ZPPR-13AのC/E値過大評価のメカニズムを究明するため、漏洩成分に関するZPPR-9との比較を行った。漏洩成分の計算手法として、Benoistの拡散係数を用いた拡散計算、等方拡散係数を用いた拡散計算、及び輸送計算を比較対象とした。漏洩成分のZPPR-9（ステップ6）とZPPR-13A（ステップ3）との比較を図7.3-1に示す。ZPPR-9ではZ方向、すなわち、軸方向成分しか現れていないのに対し、ZPPR-13Aでは3方向それぞれの成分が現れている。これは、ZPPR-9が均質炉心であるのに対し、ZPPR-13Aは径非均質炉心であり、このことに起因して径方向の中性子勾配が大きくな

り、径方向漏洩成分が増加したものと考えられる。なお、このことは径非均質炉心設計の目的であるNaボイド反応度の抑制と整合している。ZPPR-9と13AのNaボイド反応度のメカニズムの違いについて検討すると、軸方向成分はプレートに対し平行であるのに対し、X、Y方向成分は垂直である。また、非漏洩成分の大きさは両者とも漏洩成分の約2倍で両者間に大差はない。以上のことから、ZPPR-13AのNaボイド反応度の過大評価の原因として、径非均質炉心であることに起因する中性子束分布評価の悪化の他に、中性子ストリーミングの異なる複数の方向成分を持つNaボイド反応度の漏洩成分の解析における等方断面積に基づく輸送補正の非妥当性が推測される。方向依存の実効定数を用いた輸送計算等により、従来の輸送補正方法の妥当性について検討することが出来る。

7.4 バッククリングの与え方による影響

JUPITER実験解析における格子計算には臨界バッククリングを用いることとしており、Naボイド化ドロワの場合も例外ではない。そして、ZPPR-17AのNaボイド反応度解析において、Naボイド化ブランケットドロワの格子計算を行うと、負の断面積が生じるという問題が生じた。負の断面積は当然ながら炉物理的に不整合なものであり、更に、炉心計算が収束しない原因ともなった。そして、バッククリングの値を正の方向に変更すると負の断面積は生じなくなった。負の断面積が生じた原因は次のように考えられる。

Naボイド化ドロワは、Naプレートの代わりにミート部が空洞のステンレス缶が装荷されたドロワであり、解析ではステンレス缶をスミアすることによりモデル化されている。従って、Naボイド化ドロワはボイド化前のドロワと比較して、輸送断面積（または全断面積）が小さく、拡散係数が大きい。他方、格子計算における衝突確率の計算において用いられる実効的な輸送断面積は、次式に示すように漏洩成分を疑似吸収項として元の輸送断面積に加えることにより計算される。

$$\Sigma_{tr}^* = \Sigma_{tr} + DB^2 \quad (7-1)$$

ブランケットドロワはその無限増倍率が1を下回るため、臨界バッククリングは負であり、更に、Naボイド化ドロワでは輸送断面積が小さくなり、拡散係数が大きくなるため、それらの結果として実効的な輸送断面積は負になる可能性がある。そして、この負の実効的な輸送断面積が衝突確率を介して、負の断面積を生成させたと考えられる。

この問題は根本的に解決する方法はないと考えられ、なるべく臨界バッククリングに近く負の断面積を生じさせないバッククリング値を与えることが最も有効であると考えられる。そこで、負の断面積が生じなかったZPPR-9のStep6 Naボイド反応度を対象としてブランケットドロワの格子計算におけるバッククリングの与え方による影響を調査した。具体的には、Naボイド化ドロワのバッククリングを臨界バッククリング（ケースA）、その70%（ケースB）、その30%（ケースC）、零（ケースD）と変化させた。計算結果を表7.4-1に示す。漏洩成分において、ケースAに対し最大約10%の差が見られるものの、ブ

ランケット部の合計の反応度としては4%以下の差であり、更に、炉心部の寄与も加えると1%以下の差となり、バックリング値の与え方による差はほとんど現れないことが分かる。なお、ケースAに対し、計算条件が異なる方向順であるケースB→C→Dに対し、軸プランケット部の、特に非漏洩成分が一致する傾向にある原因については不明である。

以上のことより、プランケットドロワのバックリングの取り方によるNaボイド反応度への影響はほとんどなく、なるべく臨界バックリングに近く負の断面積を生じさせないバックリング値を与えることが最適であると判断される。なお、負の断面積が生じた場合には、負の断面積を生じさせない最小のバックリング値を表示させて計算を終了するよう解析システムの改良を行った。

7.5 今後の課題

ライブラリをJENDL-2からJENDL-3.2に変更することにより、Naボイド反応度のC/E値は大幅に改善されたが、ZPPR-13AのC/E値の系統的な過大評価が依然として残っている。13A炉心に対しては、他の章でも言及しているようにプランケット領域における中性子束評価精度の向上が有効であると考えられる。加えて、13A炉心は、解析対象とした他の炉心と異なり、径非均質体系であることに起因して、軸方向の他に径方向に有意な漏洩成分が現れており、中性子ストリーミングの異なる複数の方向成分を持つNaボイド反応度の解析においては、方向依存断面積を用いた輸送計算の適用も効果的であると考えられる。更に、解析手法・解析モデルの検証の手段として摂動モンテカルロ法の実用化が大いに望まれる。

表7-1 ステップ別Naボイド化領域 －ZPPR-9－

| ステップ（解析の有無） | 径方向（ドロワゾーン） | 軸方向（インチ） |
|-------------|-------------|-----------|
| Step1 (○) | 9 | ±8 |
| Step2 (○) | 37 | ±8 |
| Step3 (○) | 97 | ±8 |
| Step4 (○) | 37、97、181 | ± (8~16) |
| Step5 (○) | 37、97、181 | ± (16~20) |
| Step6 (○) | 37、97、181 | ± (20~27) |

※図7-1(1)、(2)参照

表7-2 ステップ別Naボイド化領域 －ZPPR-10A－

| ステップ（解析の有無） | 径方向（ドロワゾーン） | 軸方向（インチ） |
|-------------|-------------|-----------|
| Step1 (○) | 37 | ±8 |
| Step2 (○) | 97 | ±8 |
| Step3 (○) | 181 | ±8 |
| Step4 (×) | 37 | ± (8~16) |
| Step5 (×) | 97 | ± (8~16) |
| Step6 (○) | 181 | ± (8~16) |
| Step7 (×) | 37 | ± (16~20) |
| Step8 (×) | 97 | ± (16~20) |
| Step9 (○) | 181 | ± (16~20) |
| Step10 (×) | 37 | ± (20~27) |
| Step11 (×) | 97 | ± (20~27) |
| Step12 (×) | 181 | ± (20~27) |

※図7-2(1)、(2)参照

表7-3 ステップ別Naボイド化領域 －ZPPR-10B－

| ステップ（解析の有無） | 径方向（ドロワゾーン） | 軸方向（インチ） |
|-------------|-------------|----------|
| Step1 (○) | 37 | ±8 |
| Step2 (○) | 97 | ±8 |
| Step3 (○) | 181 | ±8 |
| Step4 (×) | 37、97 | ±(8~16) |
| Step5 (○) | 181 | ±(8~16) |
| Step6 (×) | 37、97 | ±(8~16) |
| Step7 (○) | 181 | ±(16~20) |
| Step8 (×) | 37、97、181 | ±(16~20) |

※図7-2(1)、(3)参照

表7-4 ステップ別Naボイド化領域 －ZPPR-10D－

| ステップ（解析の有無） | 径方向（ゾーン） | 軸方向（インチ） |
|-------------|----------|----------|
| Step1 (○) | 1 | ±8 |
| Step2 (×) | 2 | ±8 |
| Step3 (×) | 3 | ±8 |
| Step4 (×) | 4 | ±8 |
| Step5 (×) | 5 | ±8 |
| Step6 (×) | 6 | ±8 |
| Step7 (×) | 7 | ±8 |

※図7-3参照

表7-5 ステップ別Naボイド化領域 －ZPPR-13A－

| ステップ (解析の有無) | 径方向 (ゾーン) | 軸方向 (インチ) |
|--------------|-----------|-----------|
| Step1 (○) | 1 | ±8 |
| Step2 (○) | 1 | ± (8~12) |
| Step3 (○) | 2 | ±12 |
| Step4 (○) | 3 | ±12 |
| Step5 (○) | 4 | ±12 |
| Step6 (○) | 5 | ±12 |
| Step7 (○) | 6 | ±8 |
| Step8 (○) | 7 | ±8 |

※図7-4参照

表7-6 ステップ別Naボイド化領域 －ZPPR-17A－

| ステップ (解析の有無) | 径方向 (炉心) | 軸方向 (mm) |
|---------------|----------|-------------|
| 内側炉心Step1 (X) | 内側 | ± (152~330) |
| 内側炉心Step2 (○) | 内側 | ± (330~508) |
| 内側炉心Step3 (○) | 内側 | ±152 |
| 内側炉心Step4 (X) | 内側 | ± (508~787) |
| 外側炉心Step1 (X) | 外側 | ±12 |
| 外側炉心Step2 (X) | 外側 | ±12 |
| 外側炉心Step3 (X) | 外側 | ±8 |
| 外側炉心Step4 (X) | 外側 | ±8 |

※図7-5(1)、(2)参照

解析対象はこの他に内側炉心Step3のステップ反応度

表7.4-1 Naボイド反応度の軸プランケット部バックリングの取り方による影響—ZPPR-9 Step6—

| ケース | Naボイド化セル計算時の 軸プランケット部 のバックリング値 | 反応度 [$10^{-3} \Delta k/kk'$] | | | | | |
|------|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | | 軸プランケット部 | | | 炉心・軸プランケット合計 | | |
| | | 非漏洩成分 | 漏洩成分 | 合計 | 非漏洩成分 | 漏洩成分 | 合計 |
| ケースA | 臨界 | 0.139 (Ref.) | -0.389 (Ref.) | -0.250 (Ref.) | 2.347 (Ref.) | -1.434 (Ref.) | 0.913 (Ref.) |
| ケースB | 臨界×70% | 0.154 (+10.6)* | -0.407 (+4.5)* | -0.253 (+1.1)* | 2.354 (+0.3)* | -1.433 (-0.1)* | 0.922 (+0.9)* |
| ケースC | 臨界×30% | 0.145 (+4.4)* | -0.405 (+3.9)* | -0.259 (+3.7)* | 2.346 (-0.1)* | -1.433 (-0.1)* | 0.913 (-0.1)* |
| ケースD | 0.0 | 0.144 (+3.5)* | -0.404 (+3.7)* | -0.260 (+3.9)* | 2.344 (-0.1)* | -1.432 (-0.1)* | 0.912 (-0.1)* |

*: ケースAの反応度（成分）に対する相対差 (%)

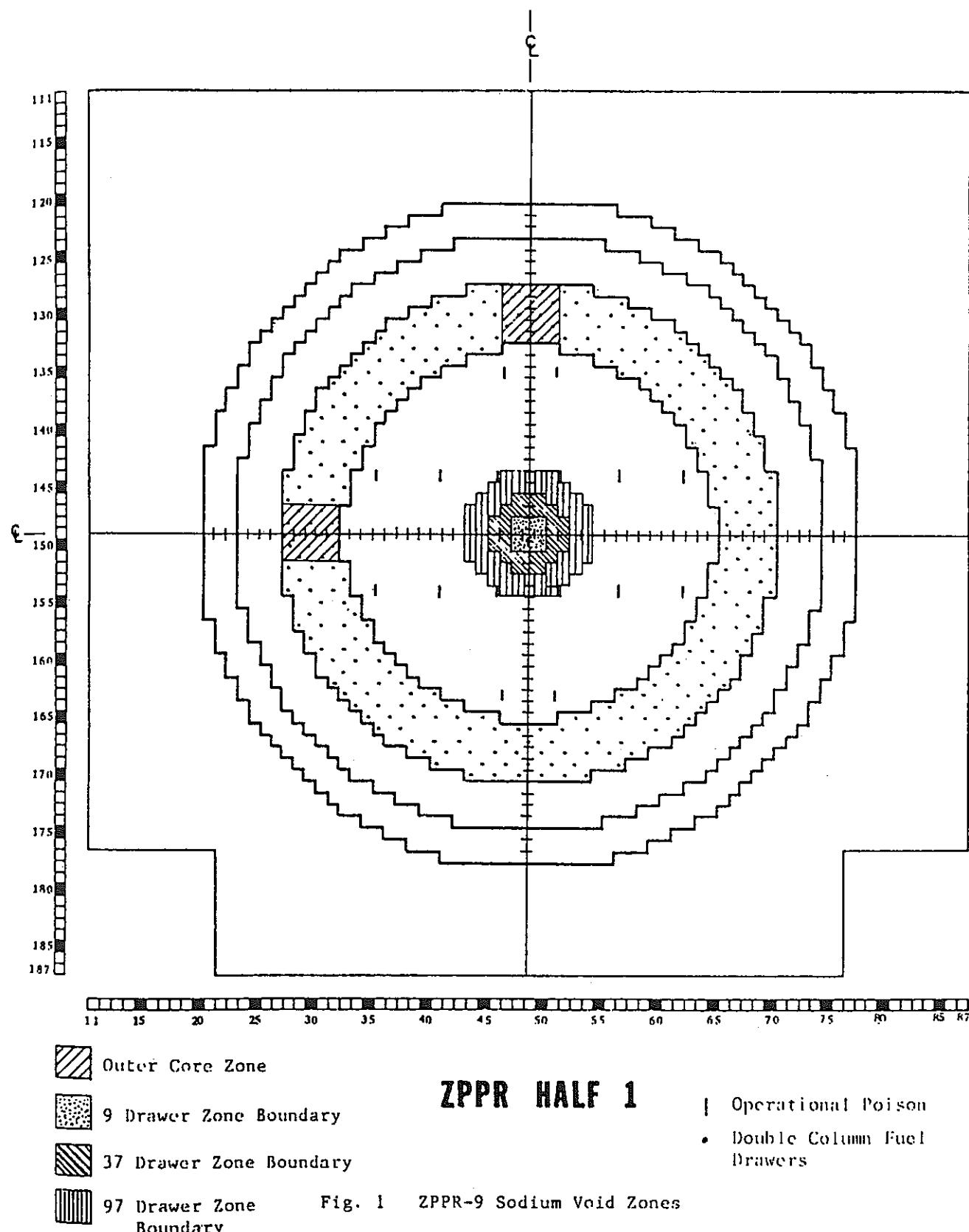


図7-1(1) ZPPR-9炉心のNaポイド反応度測定領域(Ref.2-17, Fig.1)

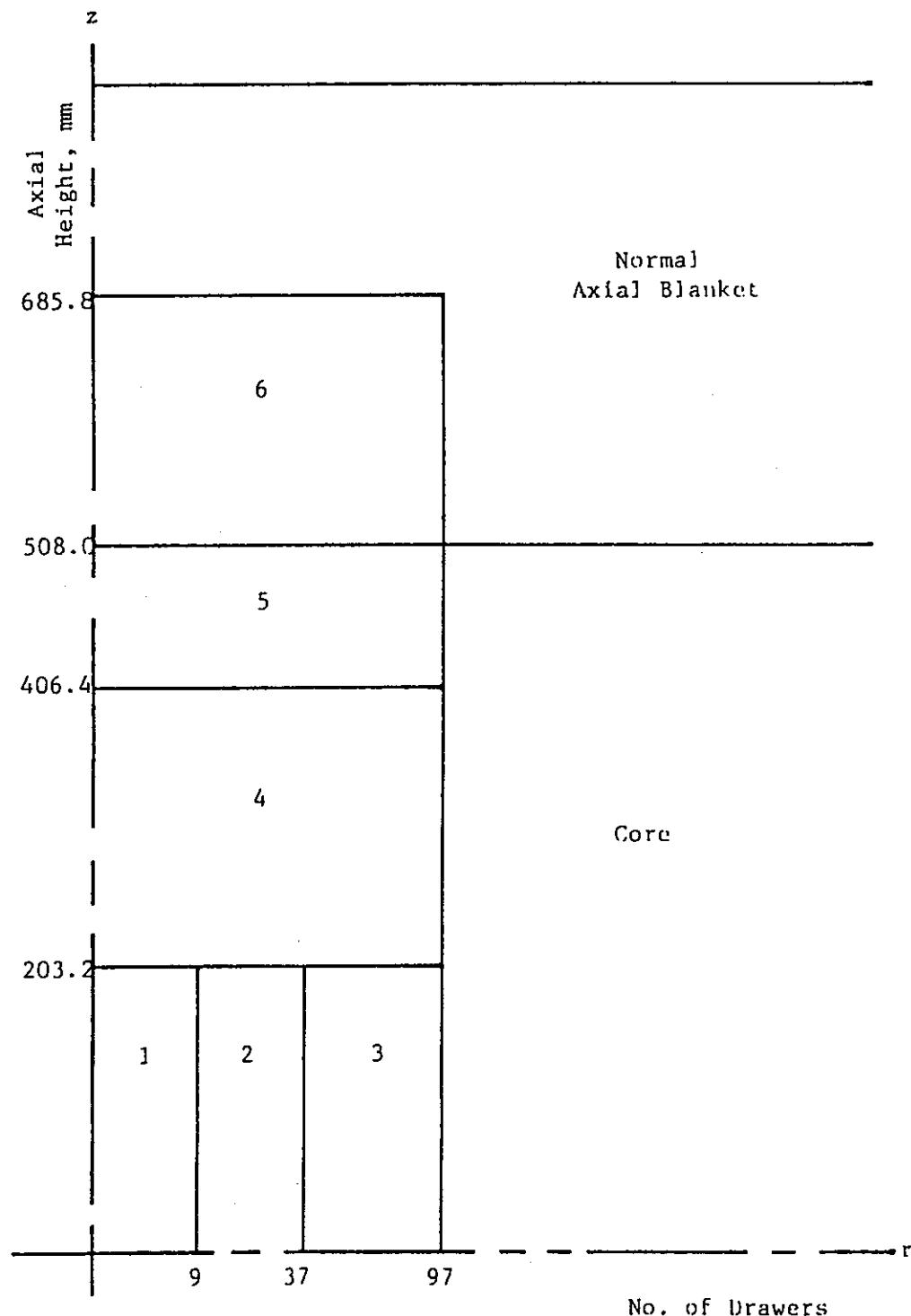


Fig. 2 Sequence for Zone Voiding in ZPPR-9

図7-1(2) ZPPR-9炉心のNaボイド反応度測定ステップ(Ref.2-17, Fig.2)

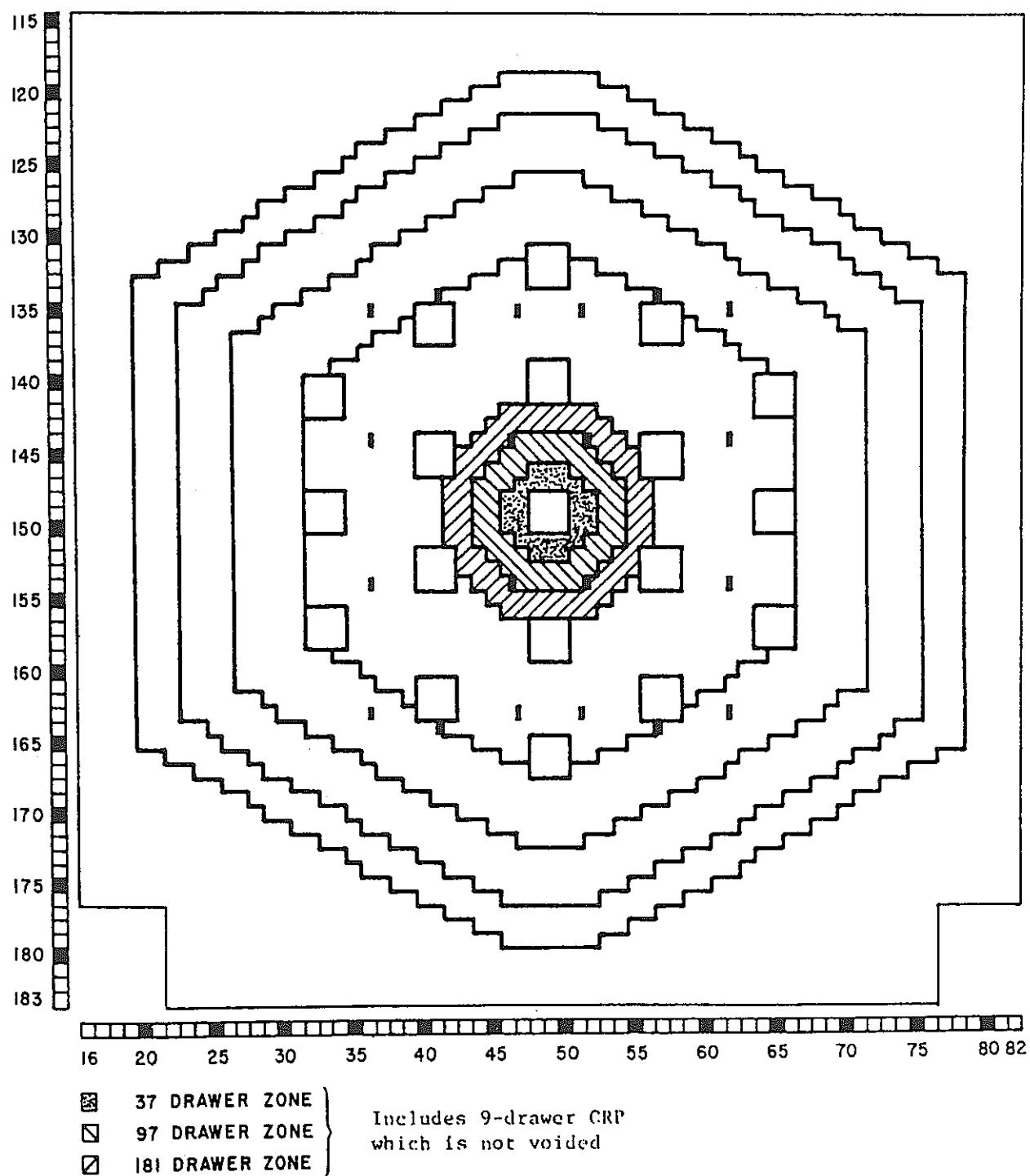


Fig. 3 ZPPR-10A and 10B Sodium Void Zones

図7-2(1) ZPPR-10A、10B炉心のNaボイド反応度測定領域
(Ref.2-17, Fig.3)

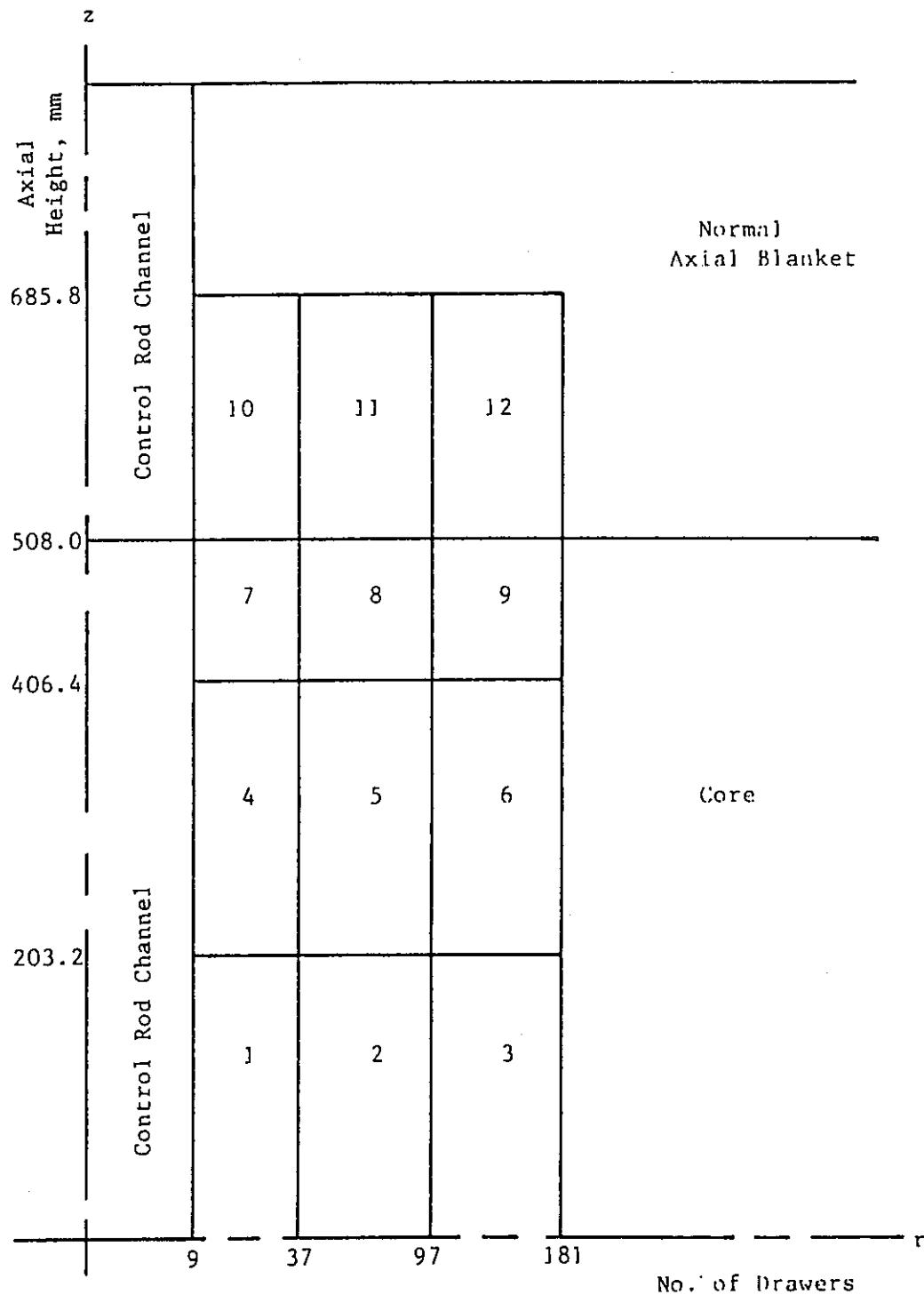


Fig. 4 Sequence for Zone Voiding in ZPPR-10A

図7-2(2) ZPPR-10A炉心のNaボイド反応度測定ステップ
(Ref.2-17, Fig.4)

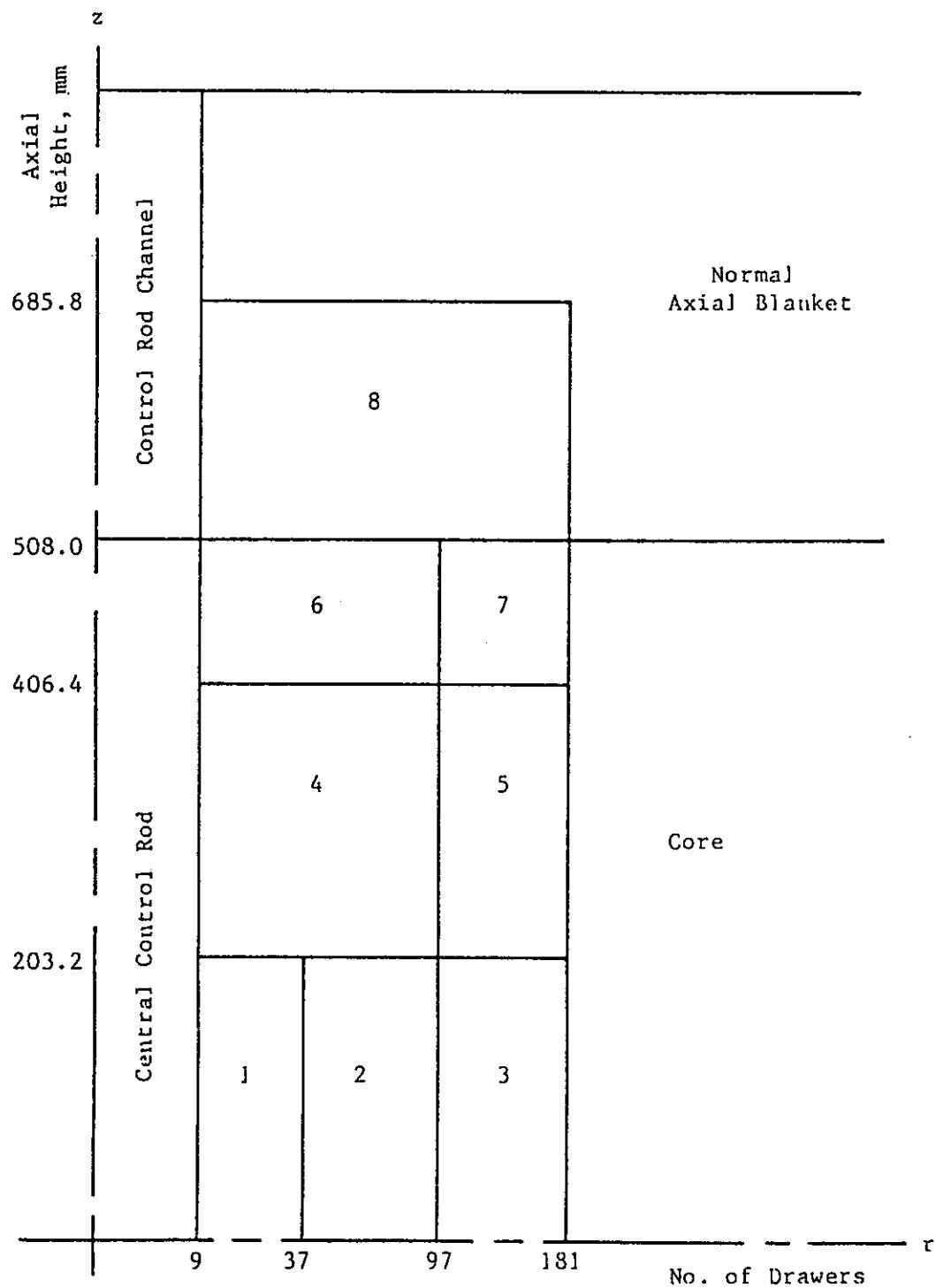
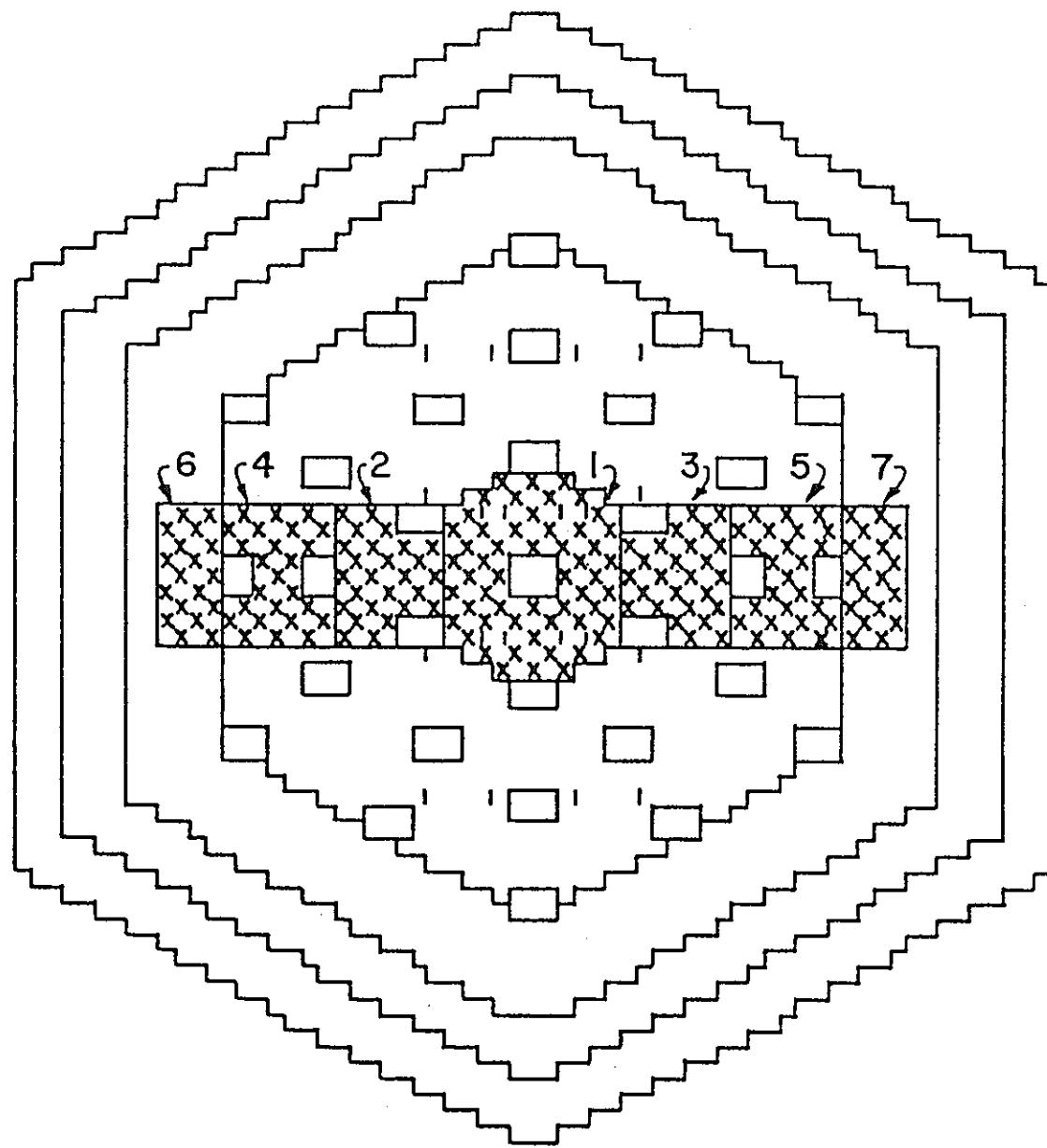


Fig. 5 Sequence for Zone Voiding in ZPPR-10B

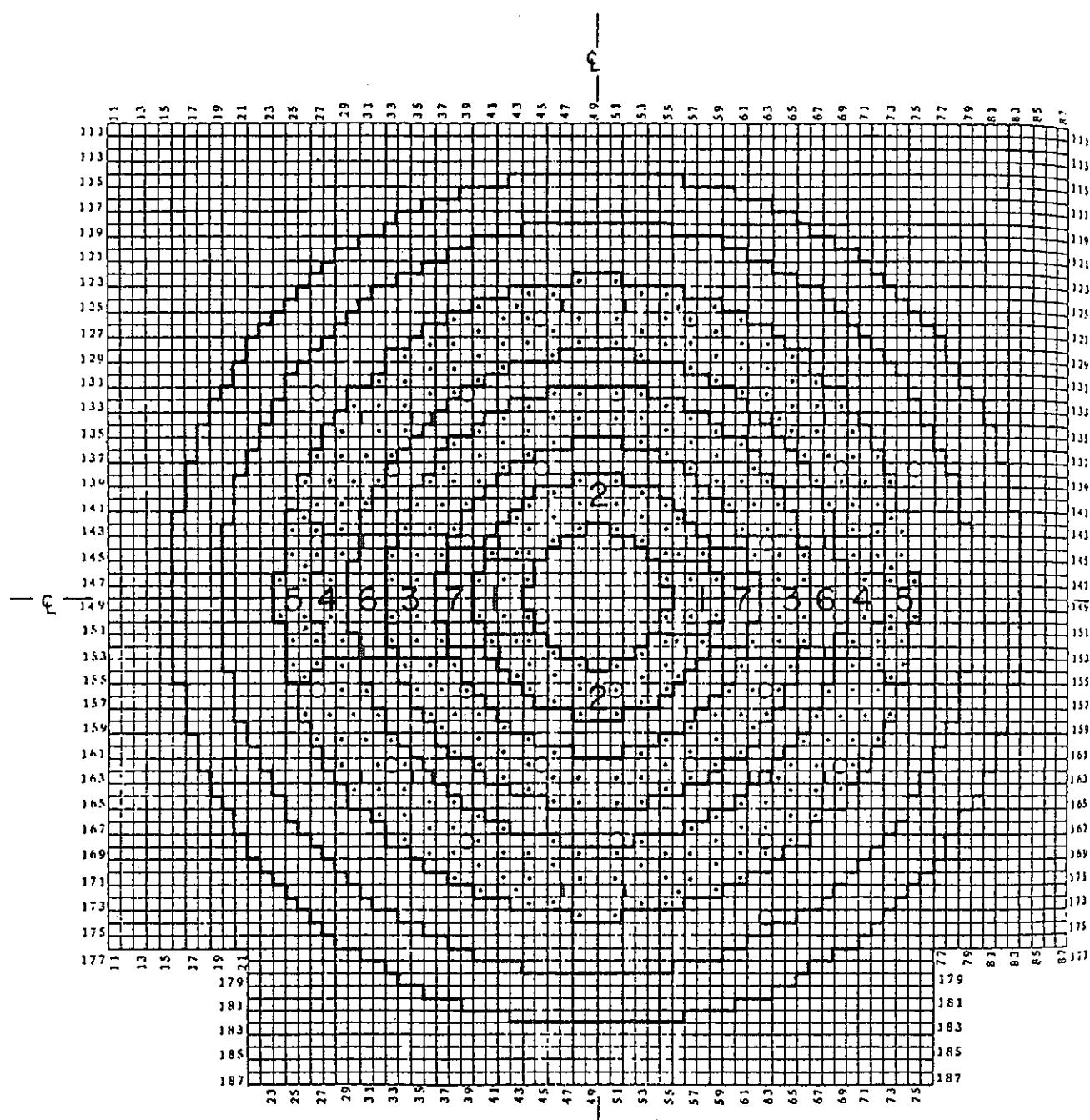
図7-2(3) ZPPR-10B炉心のNaボイド反応度測定ステップ
(Ref.2-17, Fig.5)



x SODIUM VOIDED DRAWER

Fig. 5 ZPPR-10D Sodium-Void Zones

図7-3 ZPPR-10D炉心：Naボイド反応度測定領域(Ref.2-18)



- I PSR
- O DETECTOR
- SINGLE COLUMN FUEL

Fig. 2.1.a. Interface diagram showing the reference configuration for the sodium-voiding experiments and showing the voiding zones. Half 1.

図7-4 ZPPR-13A炉心のNaポイド反応度測定領域(-Half 1-)
(Ref.2-29,p.2)

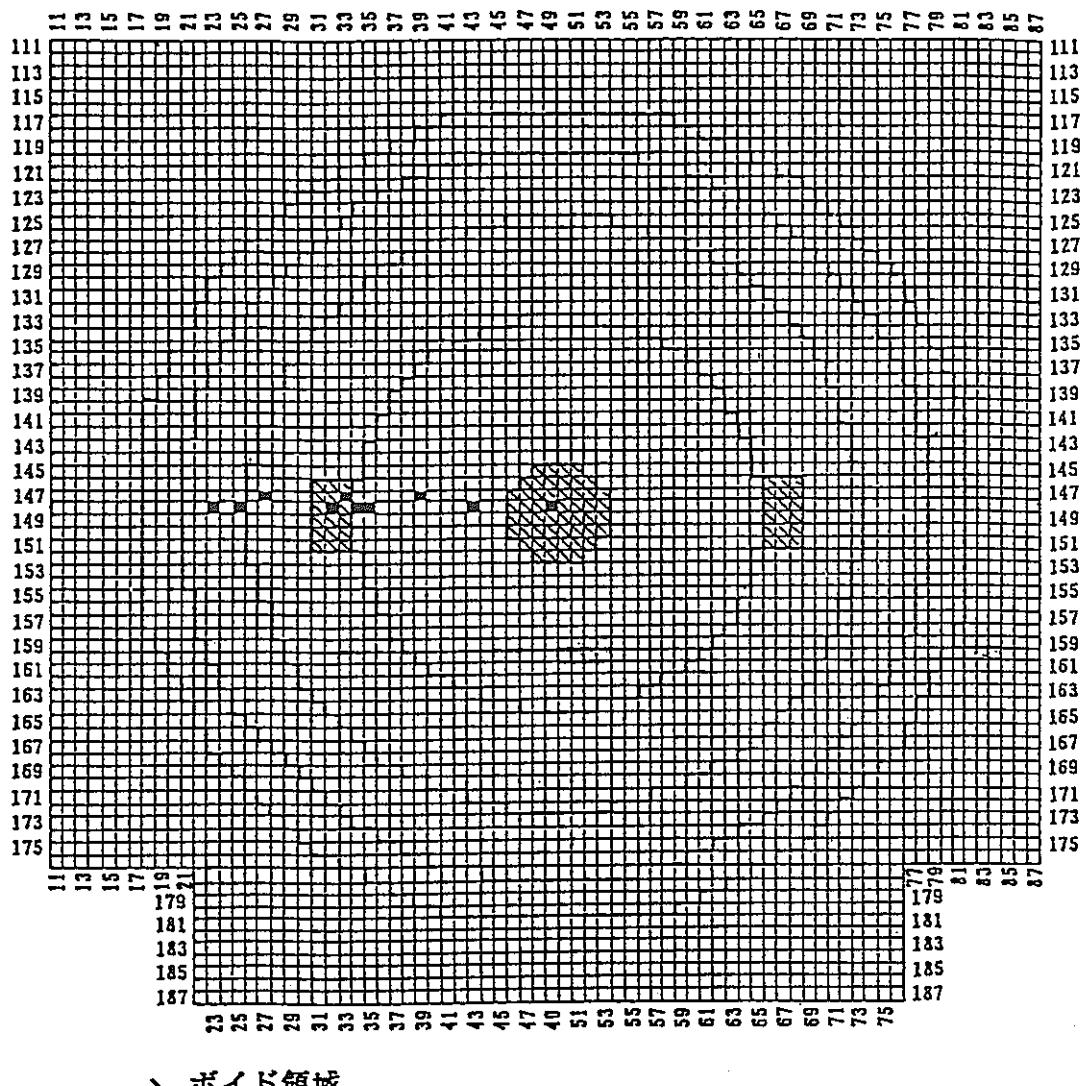


図7-5(1) Locations of Sodium Void Worth Measurements in ZPPR-17A

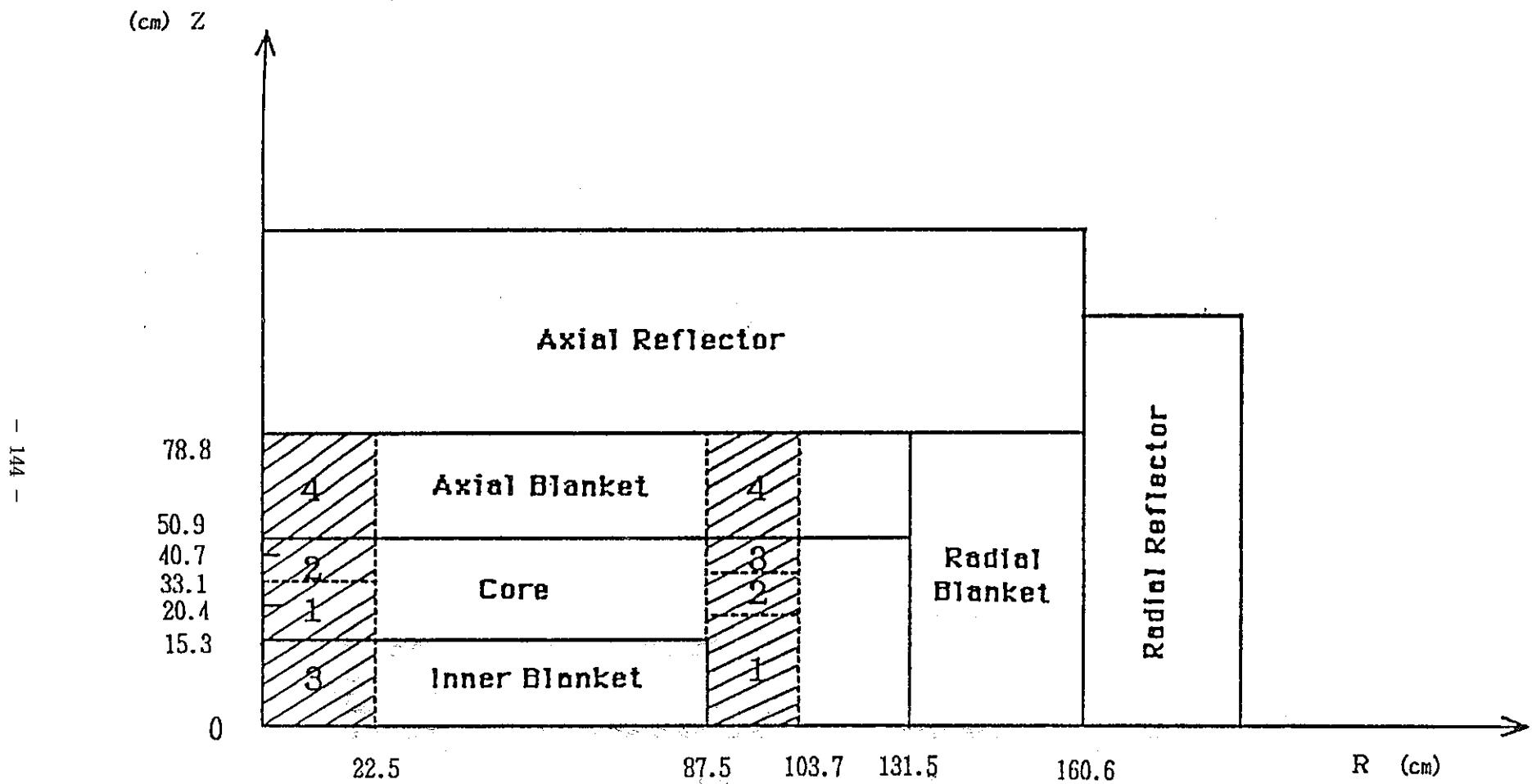


図7-5(2) Sequence of Sodium Void Worth Measurements in ZPPR-17A

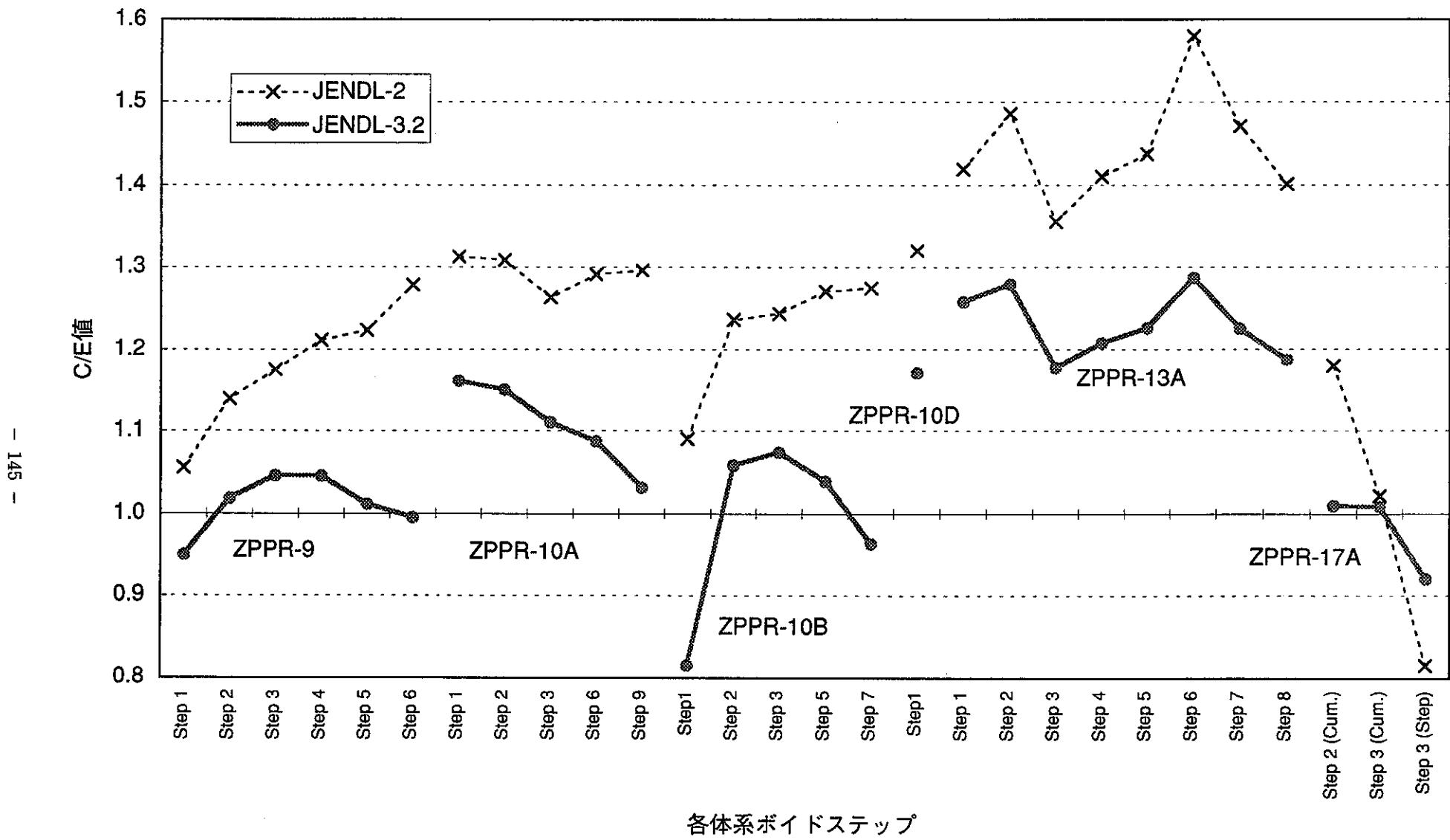


図7.1-1 Naボイド反応度C/E値のライブラリ間の比較

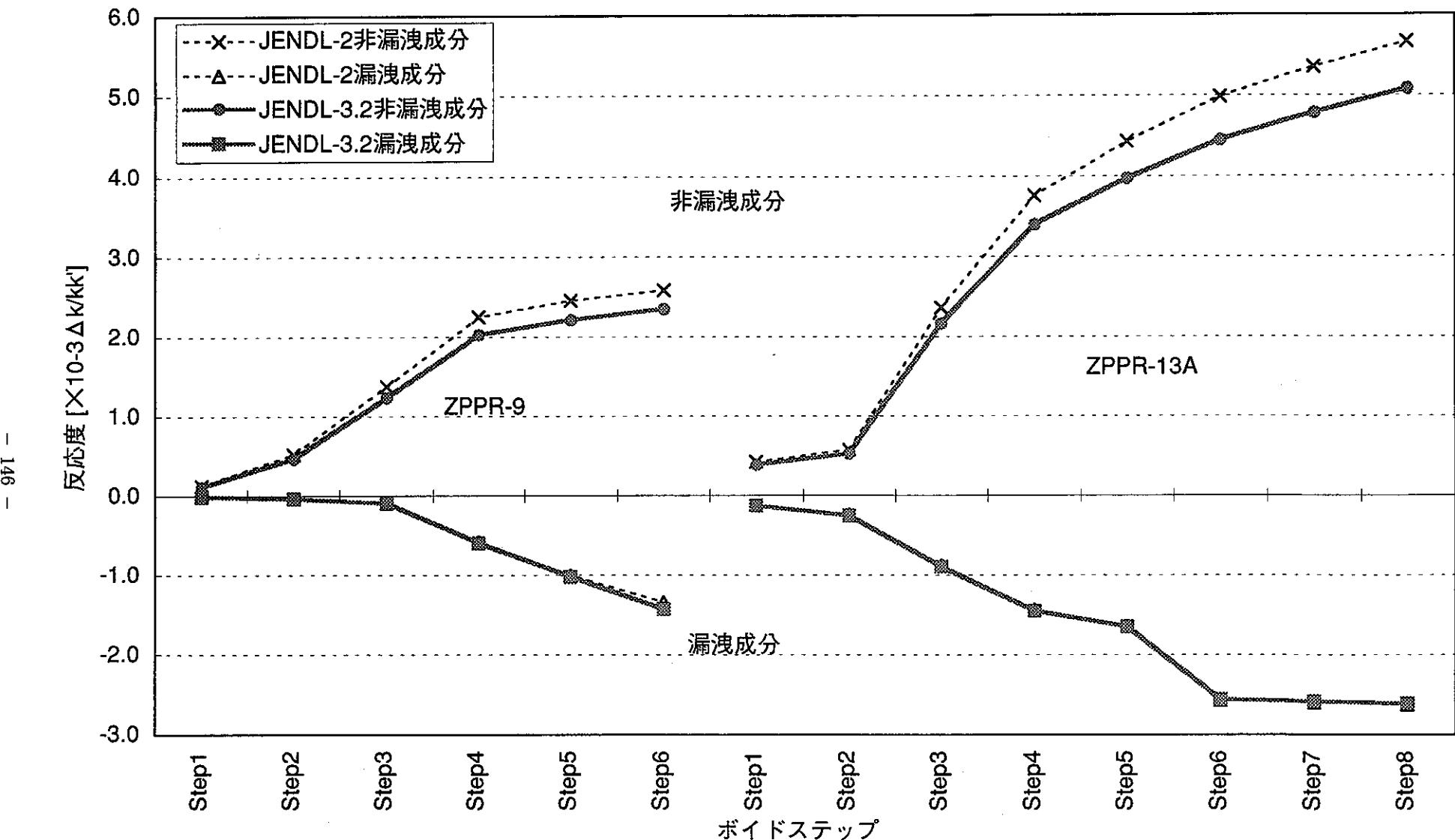


図7.1-2 Naボイド反応度の漏洩成分と非漏洩成分のライブラリ間の比較

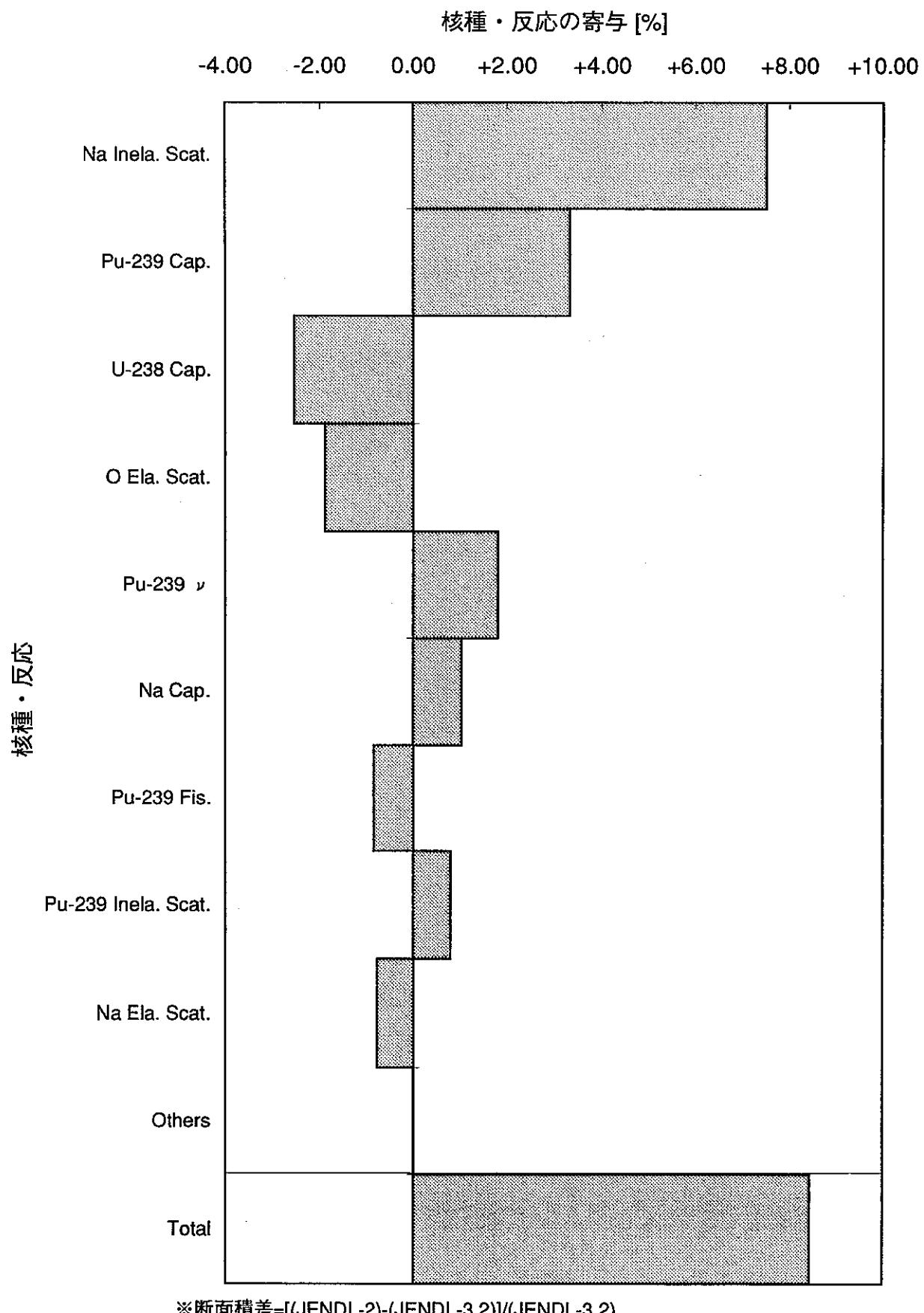


図7.1-3 Naボイド反応度における断面積差による寄与 (ZPPR-9 Step5)

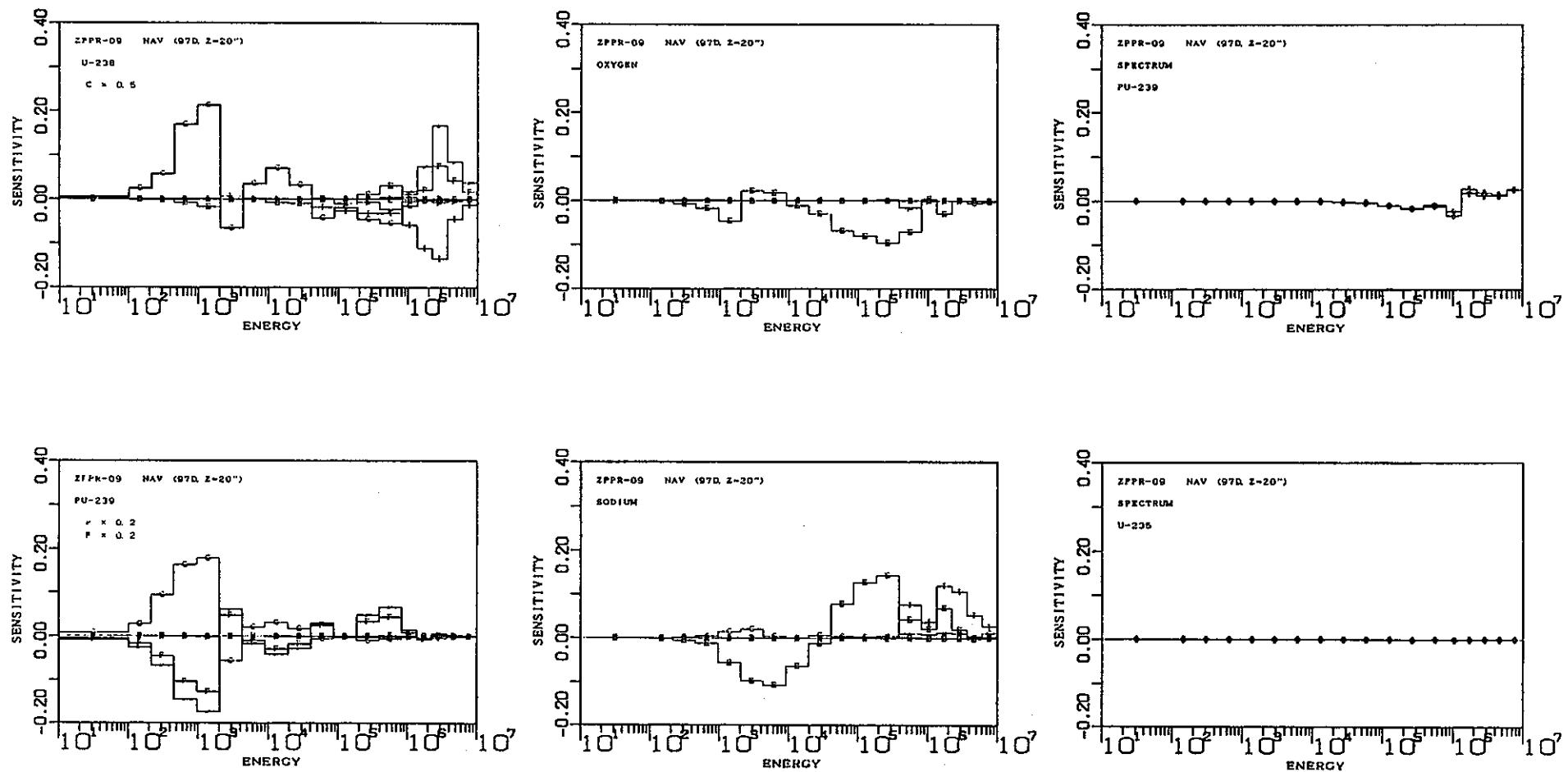


図7.1-4 Naボイド反応度の主要感度係数 (ZPPR-9 Step5)

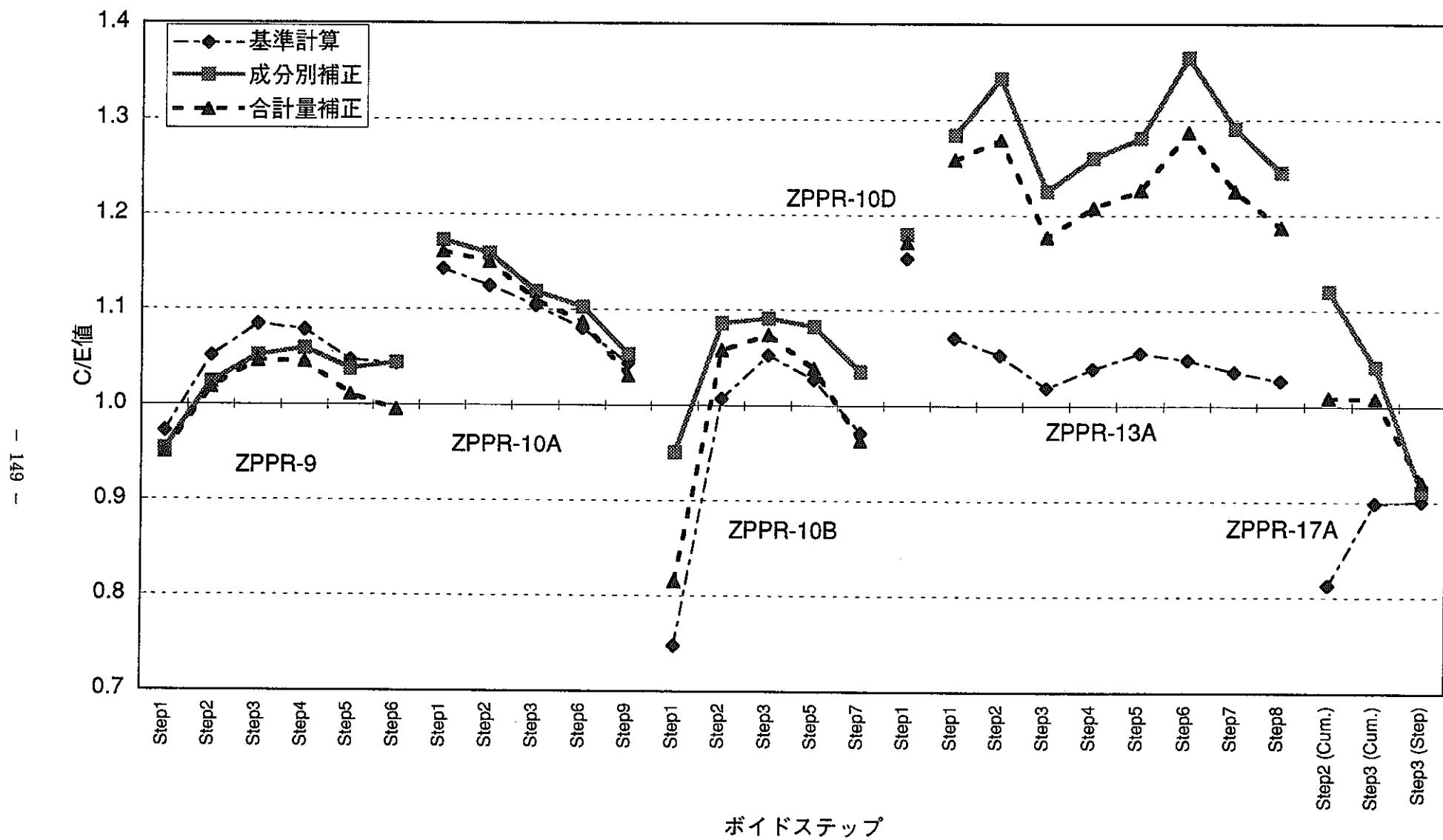


図7.2.2-1 Naボイド反応度の輸送補正方法の違いによるC/E値の比較

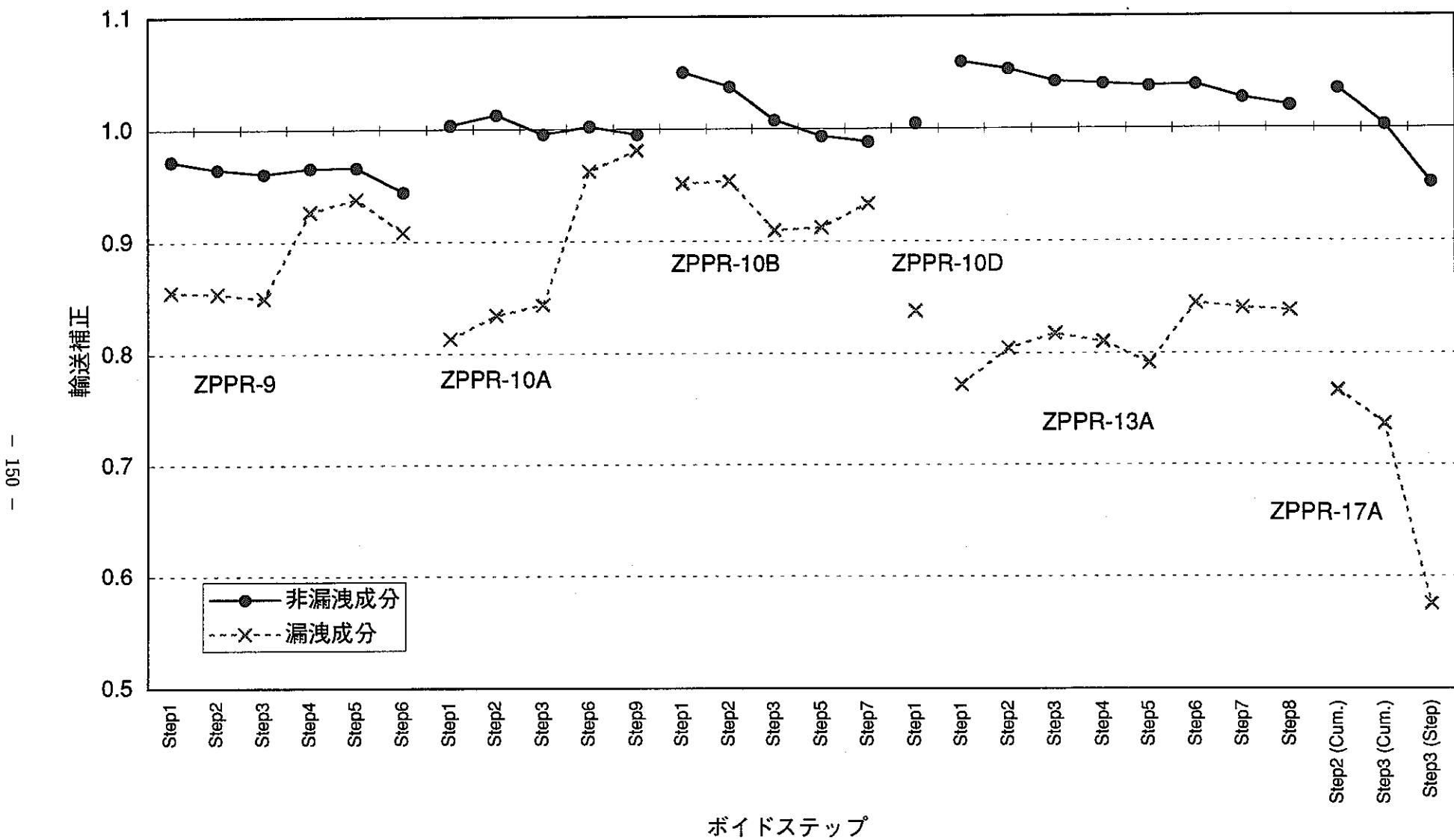


図7.2.2-2 Naボイド反応度における各成分輸送補正の体系間の比較

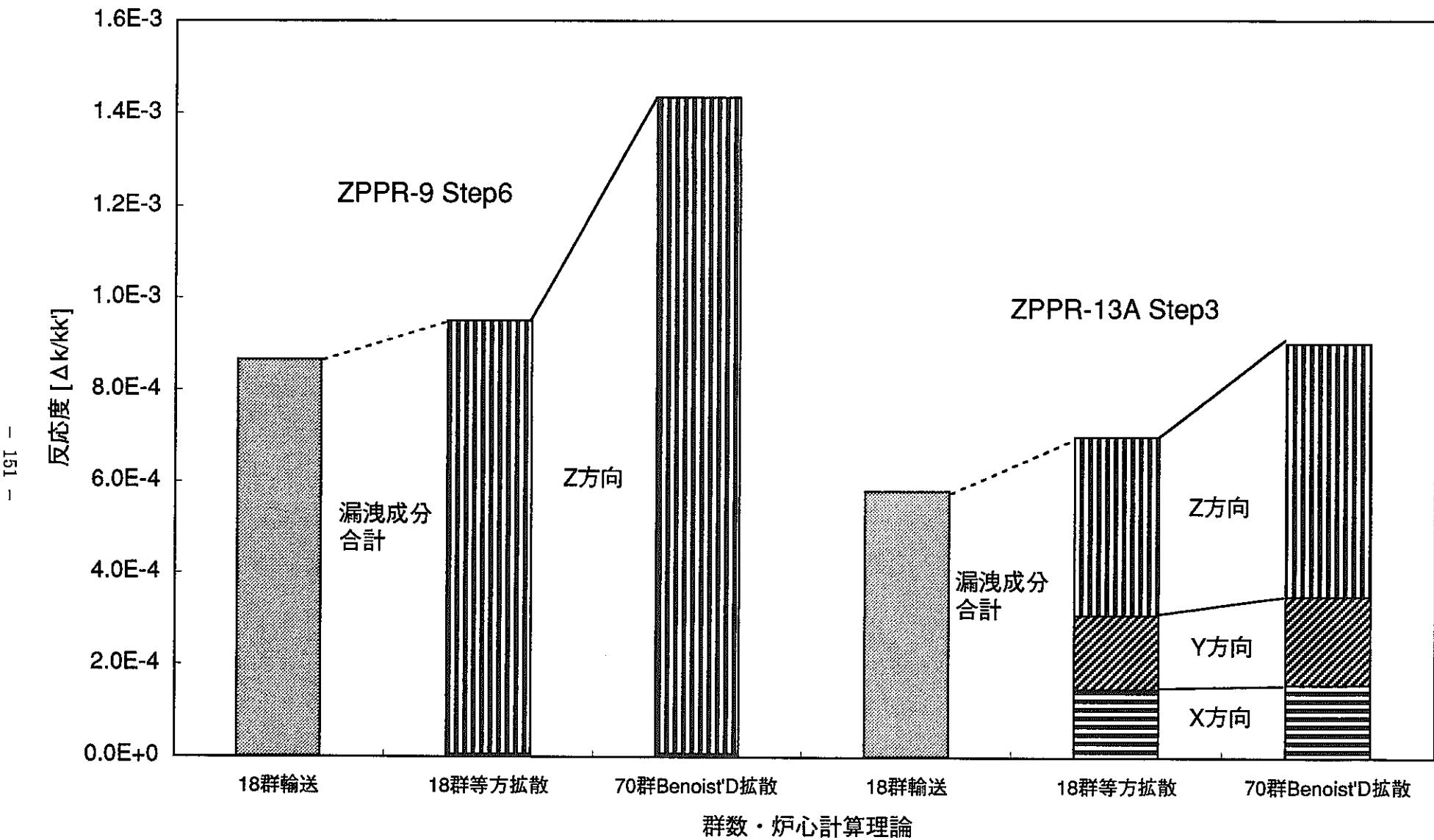


図7.3-1 Naボイド反応度漏洩成分におけるZPPR-9とZPPR-13Aとの比較

第8章 制御棒価値解析における高度化による効果

第8章 制御棒価値解析における高度化による効果

この章では主に最新ライブラリJENDL-3.2の使用によるC/E値の推移、特に径方向依存性の変化を中心に議論を進めていくこととする。

この章で対象とした制御棒挿入パターンは、表8-1、及び図8-1～6に示す通りである。

8.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響

まず、ZPPR-9におけるペアロッド挿入、及びリング状制御棒挿入価値におけるC/E値のライブラリ間の比較を図8.1-1に示す。ペアロッド挿入、リング状挿入価値とも、ライブラリをJENDL-3.2とすることにより、C/E値は系統的に増加して1に近づき、更に、径方向依存性の改善が見られる。径方向依存性の改善は反応率分布の改善と同様のメカニズムであることが予想される。このメカニズムを調査するため、中心制御棒、及びリング2制御棒価値について、感度解析を行った。解析結果を図8.1-2に示す。図より、制御棒価値C/E値の系統的な増加は、主に両位置で寄与にはほとんど相違の見られないPu-239、U-238の核分裂断面積の改訂に原因することが分かる。これは、その改訂により、摂動分母と摂動分子とのバランスが改善されたことが最も大きいと考えられる。それに対し、その他の寄与はほとんど全て、2つの位置間で異なっているが、これらの相違が径方向依存性の改善の原因であると考えられる。それを裏付けるため、両位置の寄与の差と反応率分布における感度解析の結果について比較したものを図8.1-3に示す。両者は非常に似た傾向であることが分かり、ライブラリの変更による径方向依存性の改善について、制御棒価値と反応率分布との間に整合の見られることが分かる。

次に、ZPPR-10A, 10C, 10Dの各バンクロッド価値のライブラリの相違による解析結果の比較を図8.1-4に示す。いずれもZPPR-9の場合と同様にC/E値の系統的な増加が見られ、径方向依存性の改善が見られるが、C/E値の1からのずれは、特に炉周辺部へ向かうに従い、JENDL-2よりも大きくなる傾向にある。また、10Cが9、10A炉心と同様の傾向を示しているのに対し、同じサイズである10Dでは外側炉心近傍部の制御棒挿入において、最大で7%の過大評価が見られる。10Cと10Dの相違は制御棒フォロワのサイズと配置であるが、他の制御棒フォロワを有する体系の核特性評価において、特に問題が見られないことから、制御棒フォロワに対する解析精度は現状では十分であると判断され、制御棒フォロワのサイズと配置の相違が評価精度悪化の主原因であるとは考えられない。今後、更なる検討が必要である。

更に、ZPPR-13Aの制御棒価値のC/E値を図8.1-5に示す。C/E値は1に近づいたが、径方向依存性がJENDL-2の場合と異なり、炉周辺部へ行くに従い減少するという傾向を示している。ただし、Pu-239核分裂反応率分布のC/E値も同様の傾向を示していることから、現状の解析システムでは径方向非均質炉心であるZPPR-13Aの分布特性の評価精度

が不十分であると考えられる。

最後に、ZPPR-17A, 18A, 19Bの制御棒価値のC/E値のライブラリ間の比較を図8.1-6に示す。ZPPR-17Aに対しては、ライブラリの改訂により、大きなC/E値の改善が見られる。18Aに関しては、リング3とリング3y方向挿入を除いて、ペアロッド、リングロッド共ライブラリの改訂によるC/E値の改善が大幅に見られる。リング3とリング3y方向挿入はUセクター付近の制御棒挿入が含まれており、JENDL-3.2のU-235断面積の評価に検討の余地があると考えられる。

8.2 今後の課題

ライブラリをJENDL-2からJENDL-3.2に変更することにより、ほとんどの挿入パターンにおいてC/E値は1に近づき、径方向依存性の改善が見られた。10シリーズ炉心については、JENDL-3.2ベースの結果は、特に外側炉心近傍部の制御棒価値において、過大評価であるが、第10章に示されているように、炉定数調整により改善することが出来る。10Dについては最大で7%の過大評価が見られたが、現状ではその原因は明らかでなく、今後、更なる検討が必要である。18Aのウランセクター付近の制御棒については、断面積ライブラリの改訂により、改善の図られることが予想されるが、今後、炉定数調整により、確認を行う予定である。

その他の課題として、制御棒の実効断面積作成時の反応度保存法等を用いた均質化手法について検討を行い、ピンロッド価値の解析を行い、実証炉、あるいは商用炉等の実機制御棒設計に反映する必要があると考えられる。

表8-1 制御棒挿入パターン補足説明

・ ZPPR-9 (図8-1)

- 炉中心： ポジション1 (1ロッド)
リング1： ポジション2～7 (6ロッド)
リング2： ポジション9, 11, 13, 15, 17, 19 (6ロッド)

・ ZPPR-10A, 10C (図8-2)

- バンク1： ポジション1 (中心1ロッド)
バンク2： ポジション2～7 (リング1の6ロッド)
バンク3： ポジション8, 10, 12, 14, 16, 18 (リング2の6ロッド)
バンク4： ポジション8～19 (リング2の12ロッド)

・ ZPPR-10D (図8-3)

- バンク1： ポジション1 (中心1ロッド)
バンク2： ポジション2～7 (リング1の6ロッド)
バンク3： ポジション8, 10, 12, 14, 16, 18 (リング2の6ロッド)
バンク4： ポジション20, 22, 24, 26, 28, 30 (リング3の6ロッド)
バンク5： ポジション20～31 (リング3の12ロッド)

・ ZPPR-13A (図8-4)

- リング1： ポジション2～7 (6ロッド)
リング2： ポジション8～19 (12ロッド)
リング2： ポジション20～31 (12ロッド)

・ ZPPR-17A (図8-5)

- 炉中心： ポジション1 (1ロッド)

・ ZPPR-18B (図8-6)

- リング1： ポジション1～6 (6ロッド)
リング2： ポジション7～12 (6ロッド)
リング3： ポジション13～24 (12ロッド)
リング3 X方向： ポジション13, 18, 19, 24 (4ロッド)
リング3 Y方向： ポジション15, 16, 21, 22 (4ロッド)

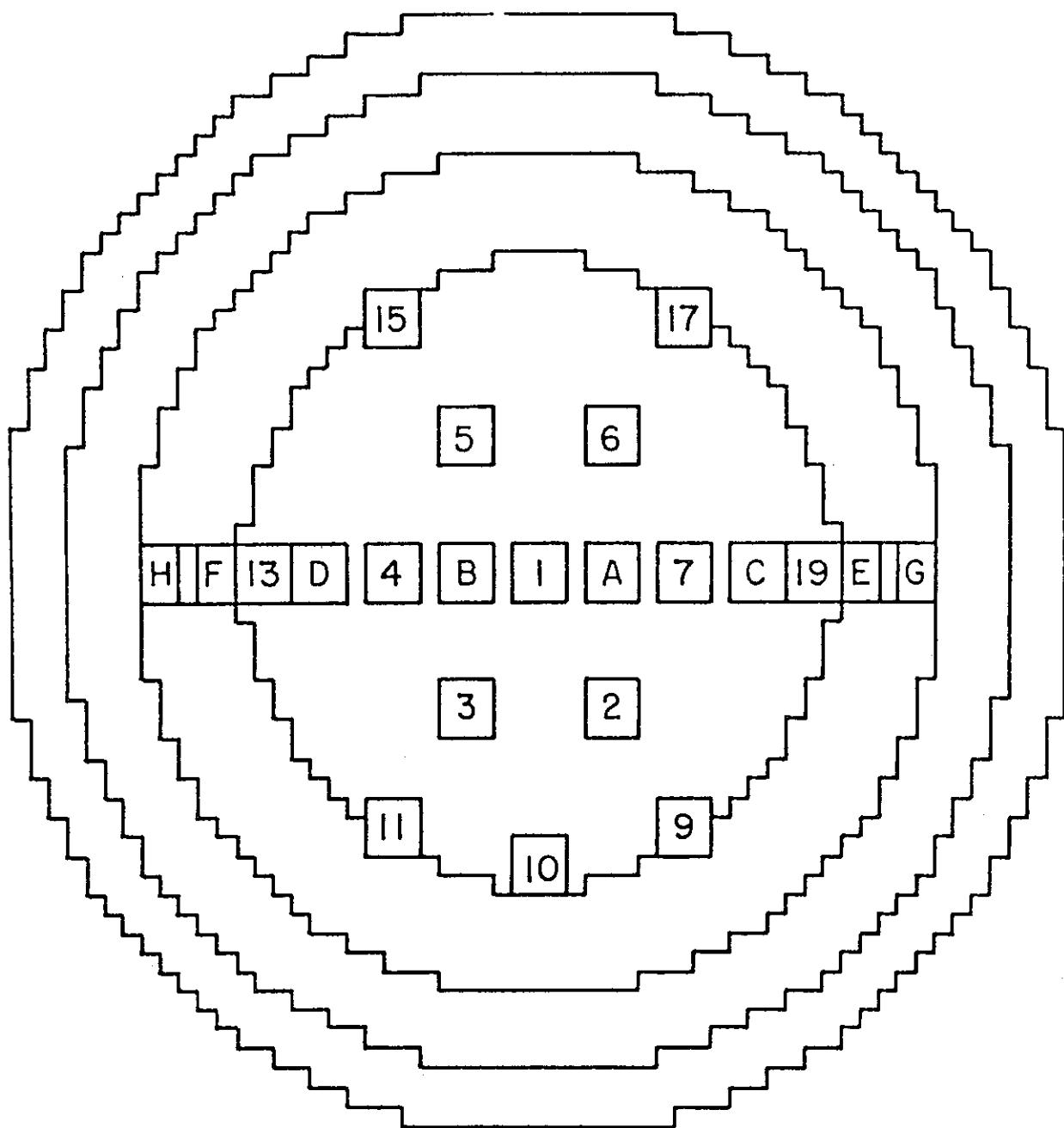


Fig. 1: Control Rod Positions for ZPPR-9 Rod Worth Measurements

図8-1 ZPPR-9炉心の制御棒配置(Ref.2-7, Fig.2)

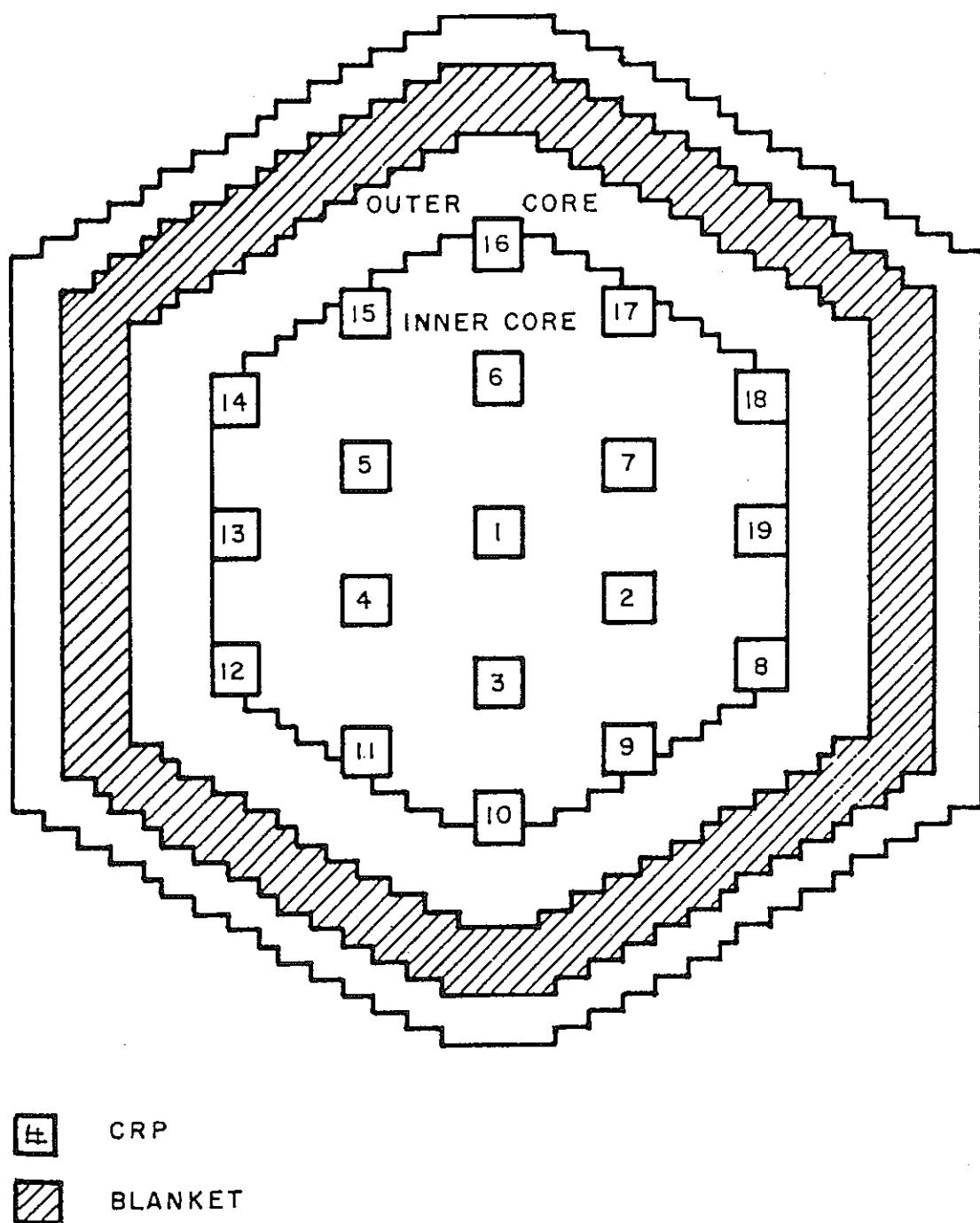
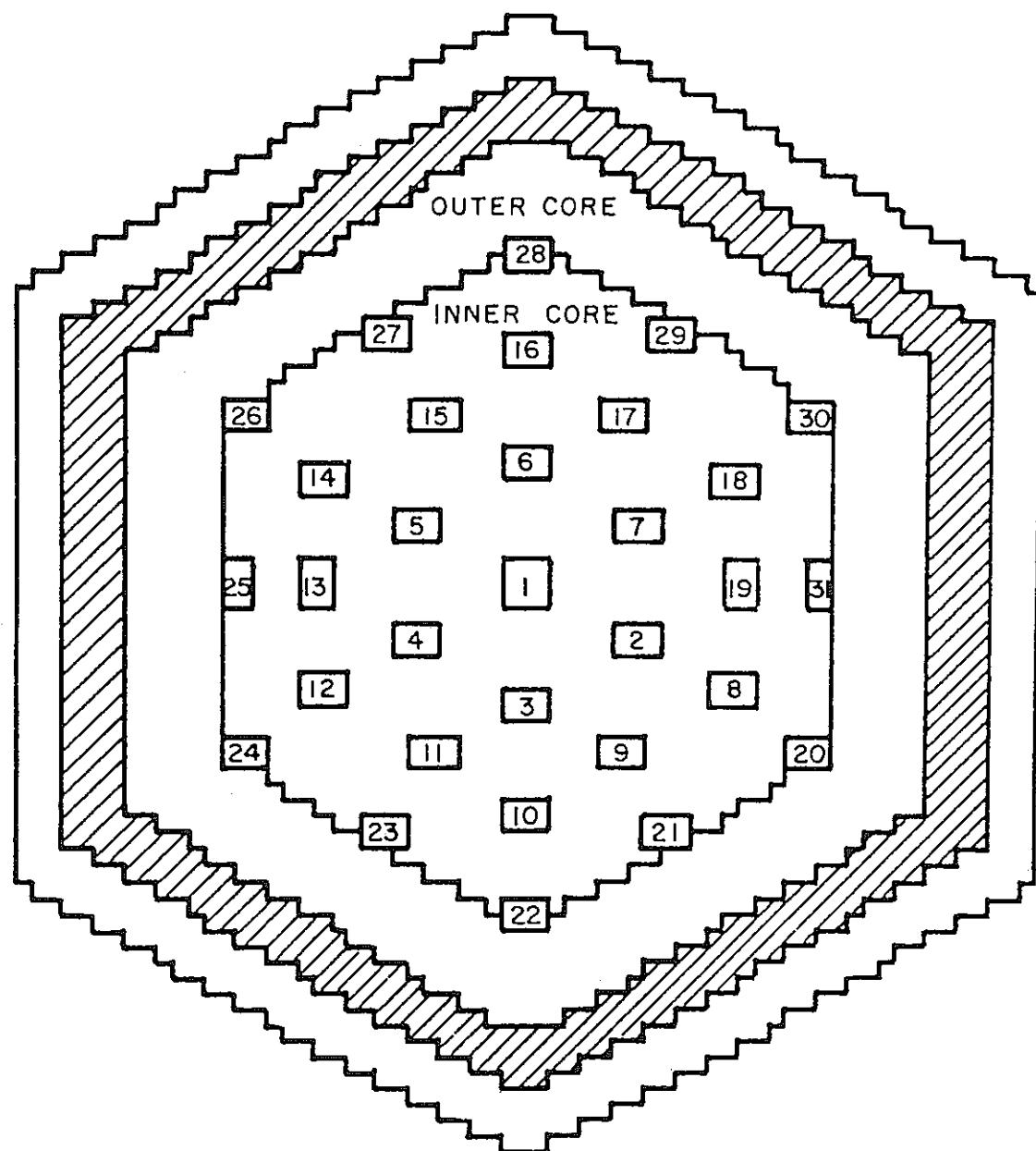


Fig. VI.2. Control Rod Numbering Scheme in
ZPPR-10A, B, and C.

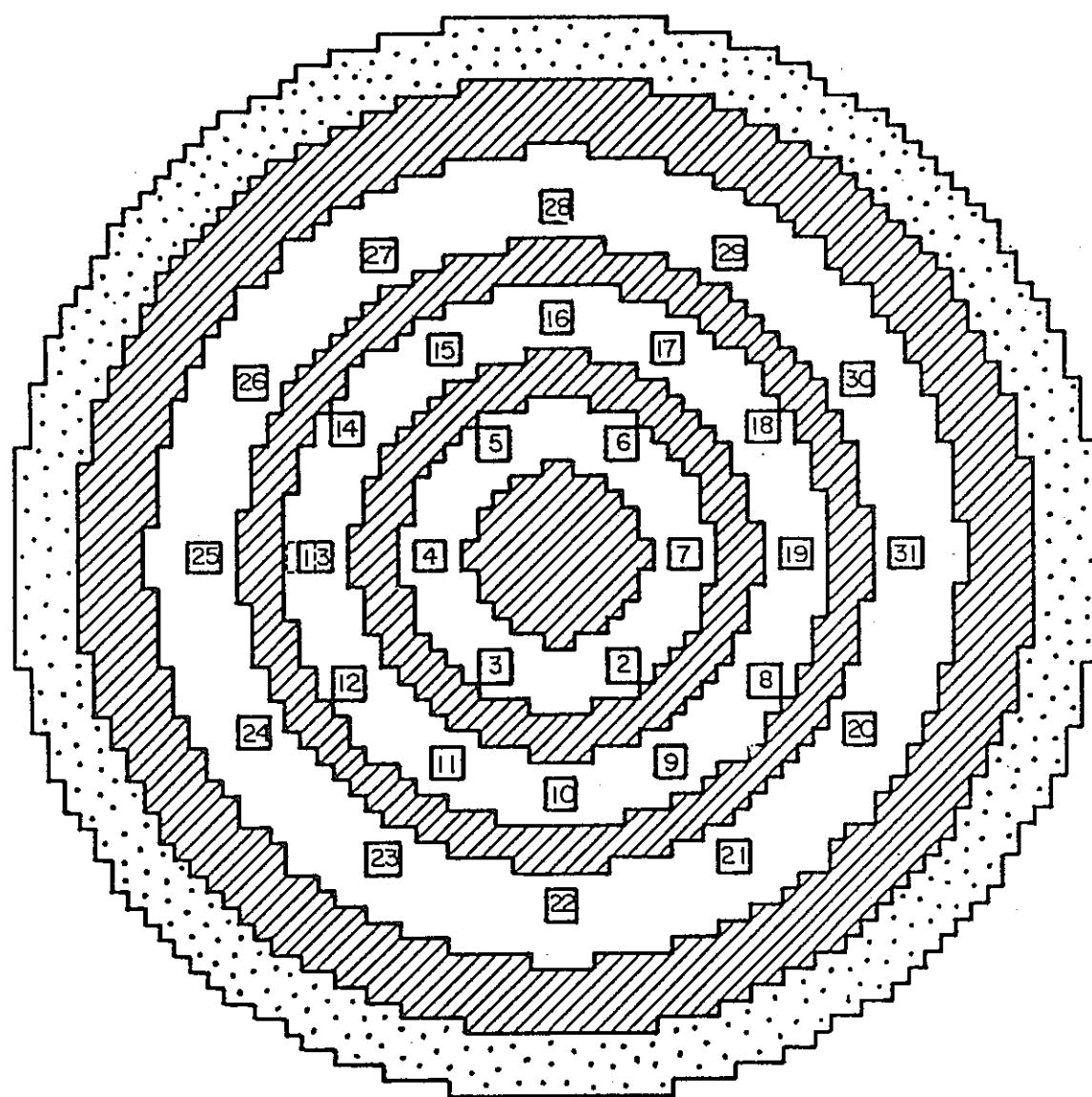
図8-2 ZPPR-10A、10B、10C炉心の制御棒配置



CRP
 BLANKET

Fig. VI.3. Control Rod Numbering Scheme in ZPPR-10D.

図8-3 ZPPR-10D炉心の制御棒配置

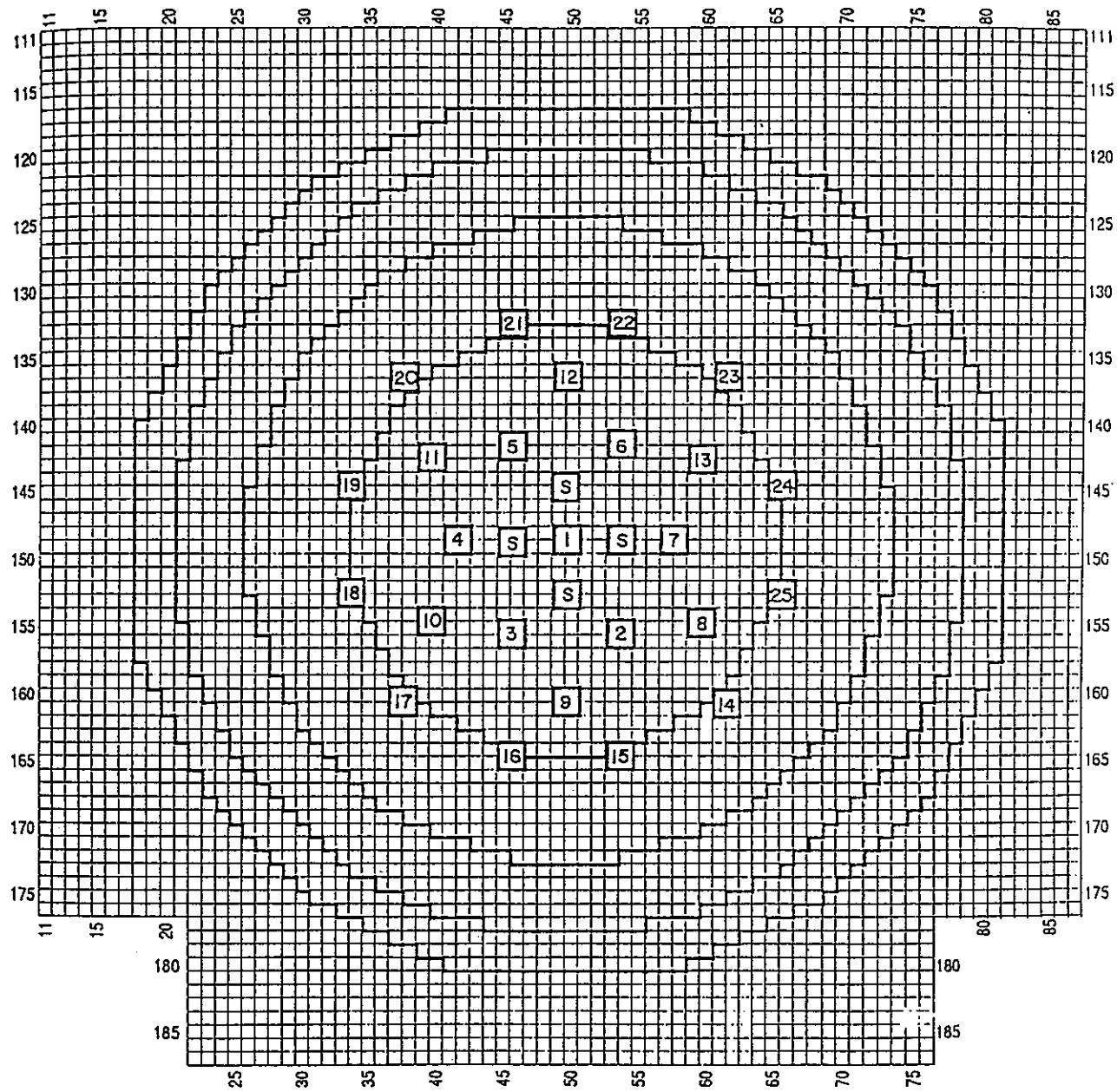


■ CONTROL ROD POSITION
□ BLANKET

▨ REFLECTOR
□ ALTERNATE CRP 13'

Fig. 3.1. Locations of Control Rods and CRPs
for Reactivity Measurements in ZPPR-13A.

図8-4 ZPPR-13A炉心の制御棒配置(Ref.2-33,p.10)



[n] CRP location

[S] Special measurements of four control rods and CRPs

図8-5 Control Positions used in ZPPR-17A Measurements.

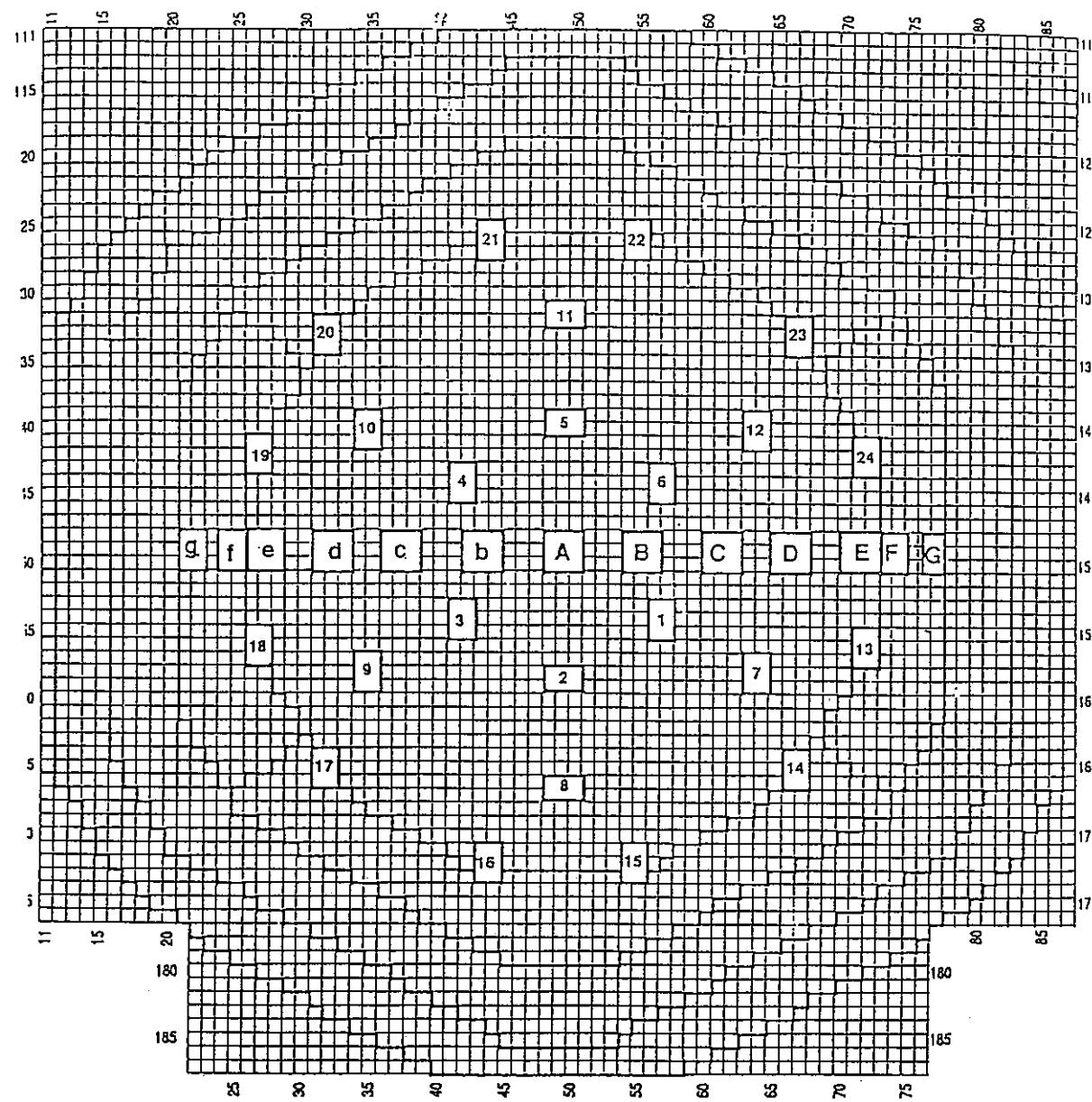


図8-6 Control Rod Locations in ZPPR-18

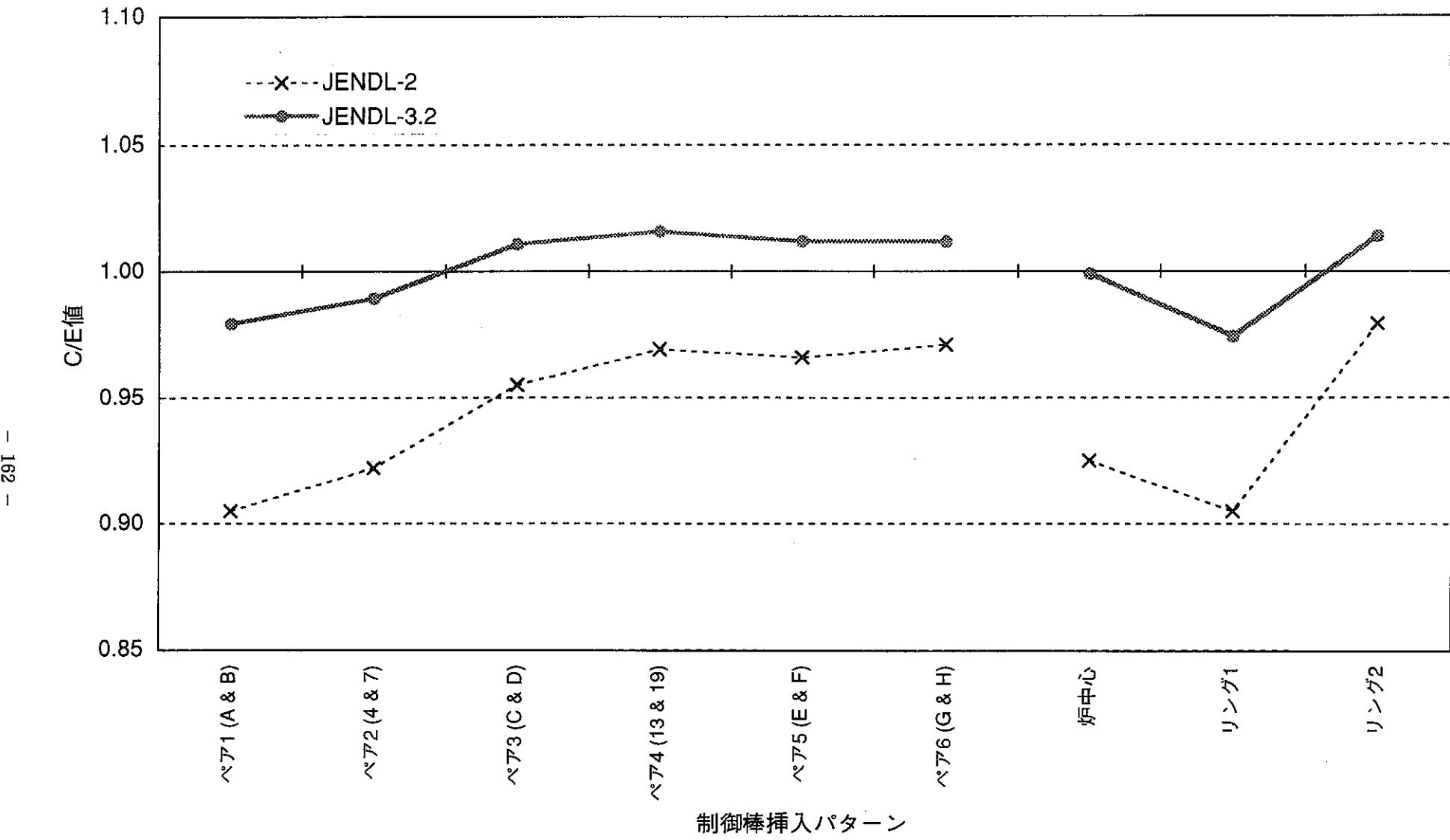
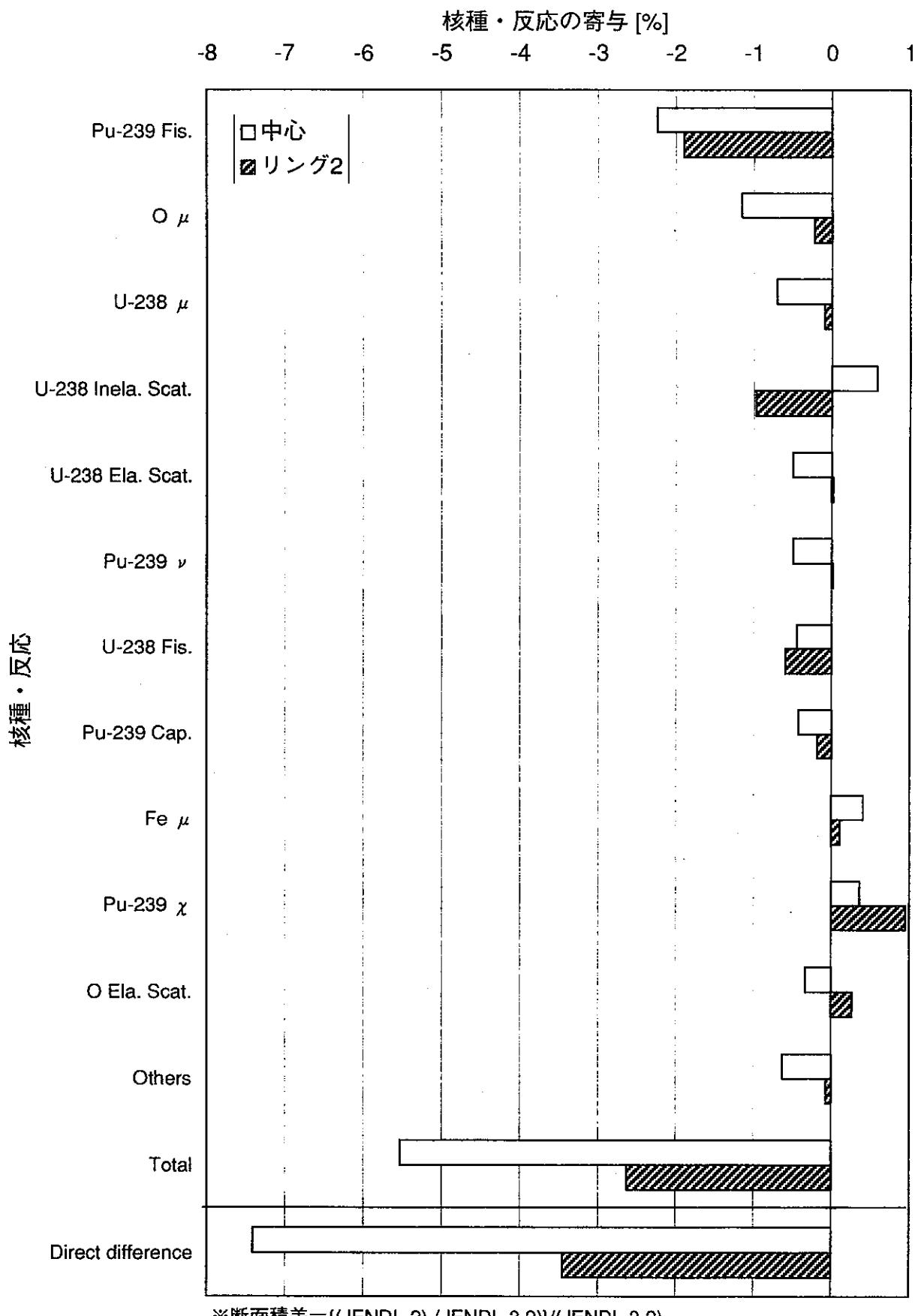


図8.1-1 ZPPR-9制御棒価値C/E値におけるライブラリ間の比較



※断面積差 = $\{(JENDL-2) - (JENDL-3.2)\} / (JENDL-3.2)$

図8.1-2 ZPPR-9制御棒価値における断面積差による寄与と
その異なるパターン間の比較

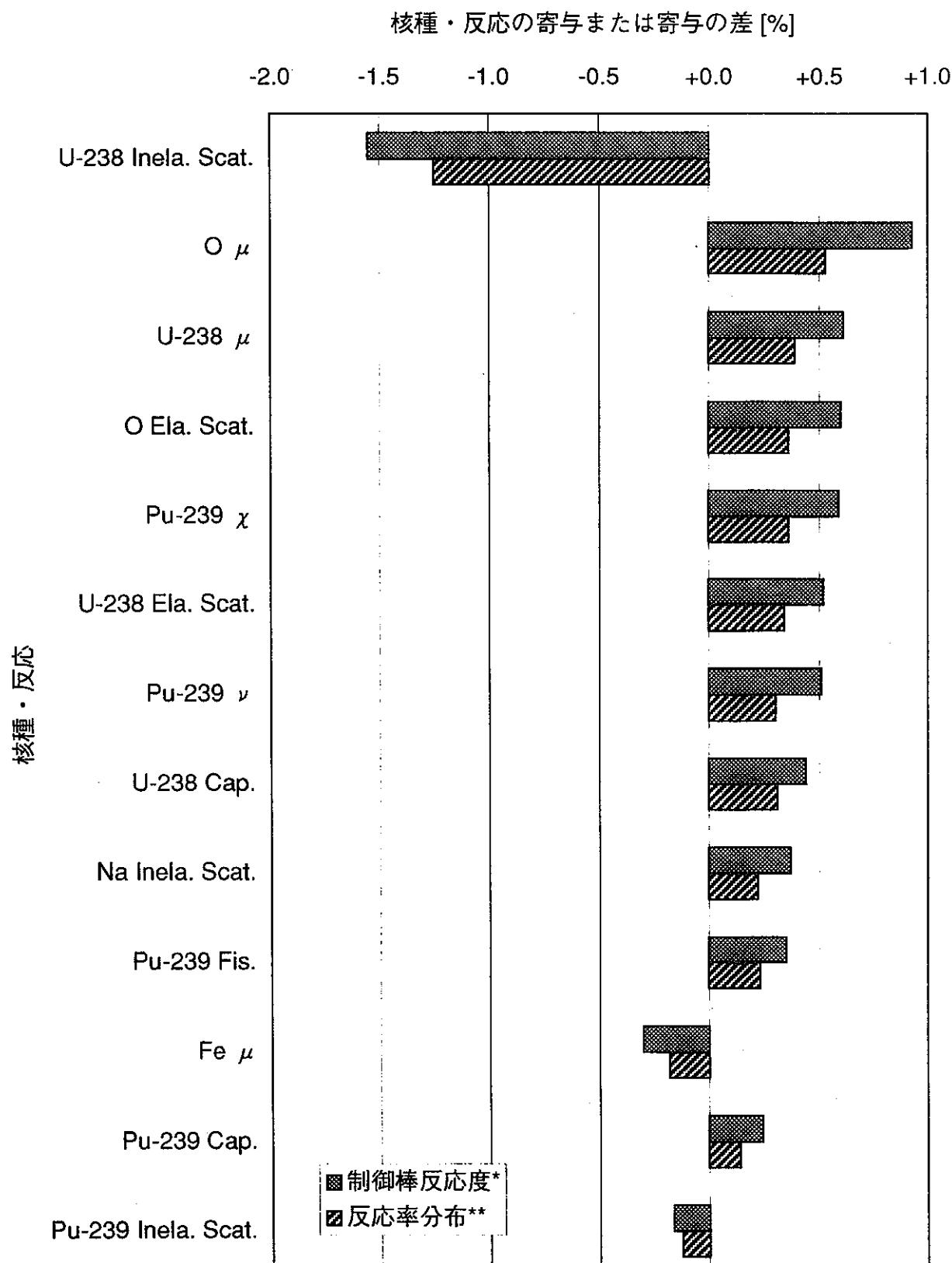


図8.1-3 断面積差による寄与に関する制御棒価値空間依存性と反応率分布との比較

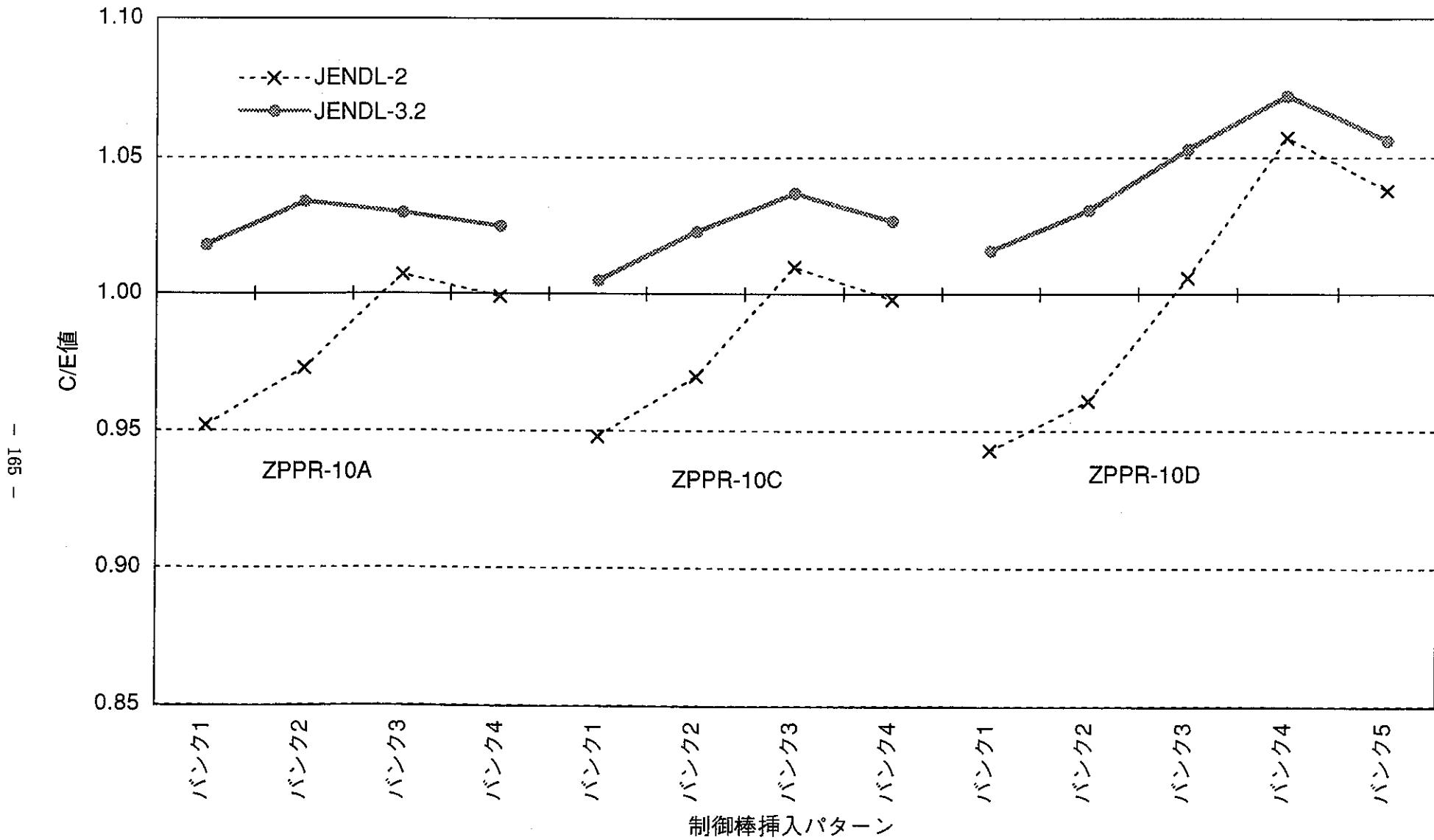


図8.1-4 ZPPR-10シリーズのバンクロッド価値C/E値におけるライブラリ間の比較

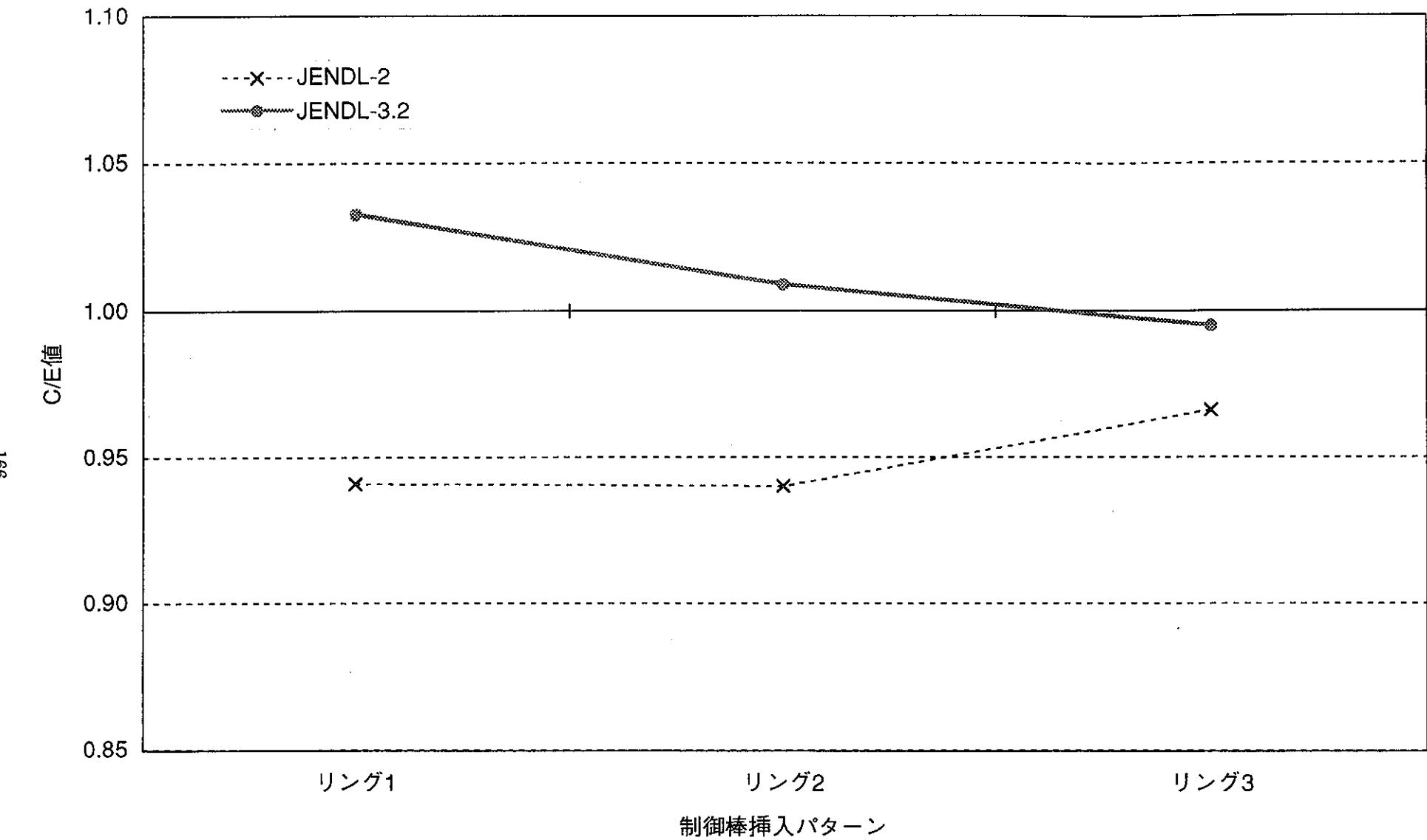


図8.1-5 ZPPR-13A制御棒価値C/E値におけるライブラリ間の比較

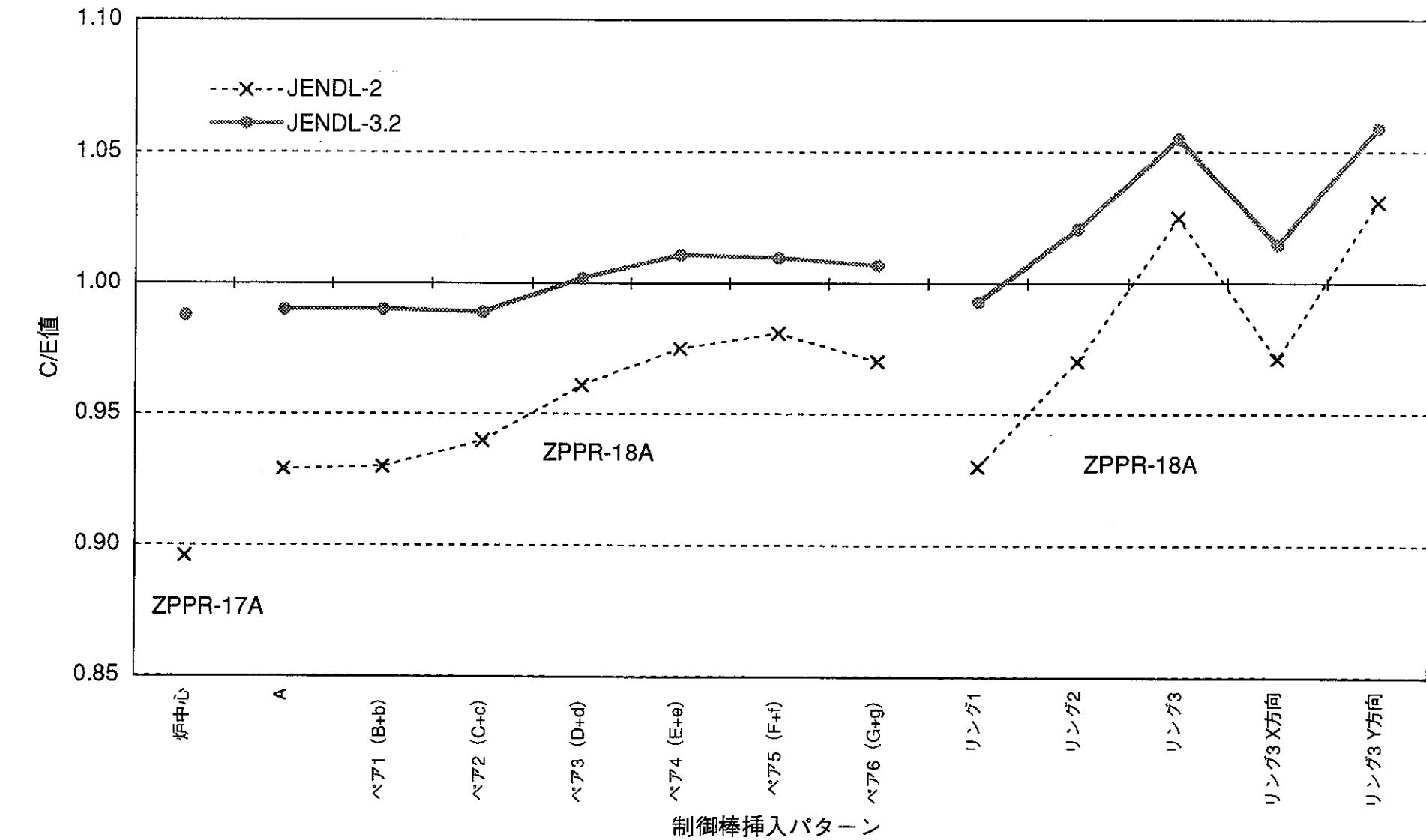


図8.1-6 JUPITER-IIIシリーズ制御棒価値C/E値におけるライブラリ間の比較

第9章 High Pu-240ゾーン置換反応度解析における
高度化による効果

第9章 High Pu-240ゾーン置換反応度解析における高度化による効果

ZPPR-13C体系において、High Pu-240、ピン、High Heavy-Metal Volume-Fraction、U-235という4つのゾーン置換反応度測定実験が行われた。この章では、それらの内、高次Puの感度の大きいHigh Pu-240ゾーン置換反応度の解析を対象とする。通常のJUPITERの燃料に含まれるPuは核兵器級の同位体組成、すなわち、Pu-239が約90%存在する組成であるが、High Pu-240燃料は原子炉級Pu同位体組成、すなわち、Pu-239が約70%で、残りのほとんどがPu-240である組成を持つので、この反応度の解析を行うことは、高次Puの断面積ライブラリに対する積分評価となる。

High Pu-240ゾーン置換実験は、図9-1に示すように3つの置換ステップにより行われ、解析においてもそれぞれのステップにおける累積反応度を対象とした。以下、ライブラリの違いによる解析結果の比較、感度解析結果を中心に示す。

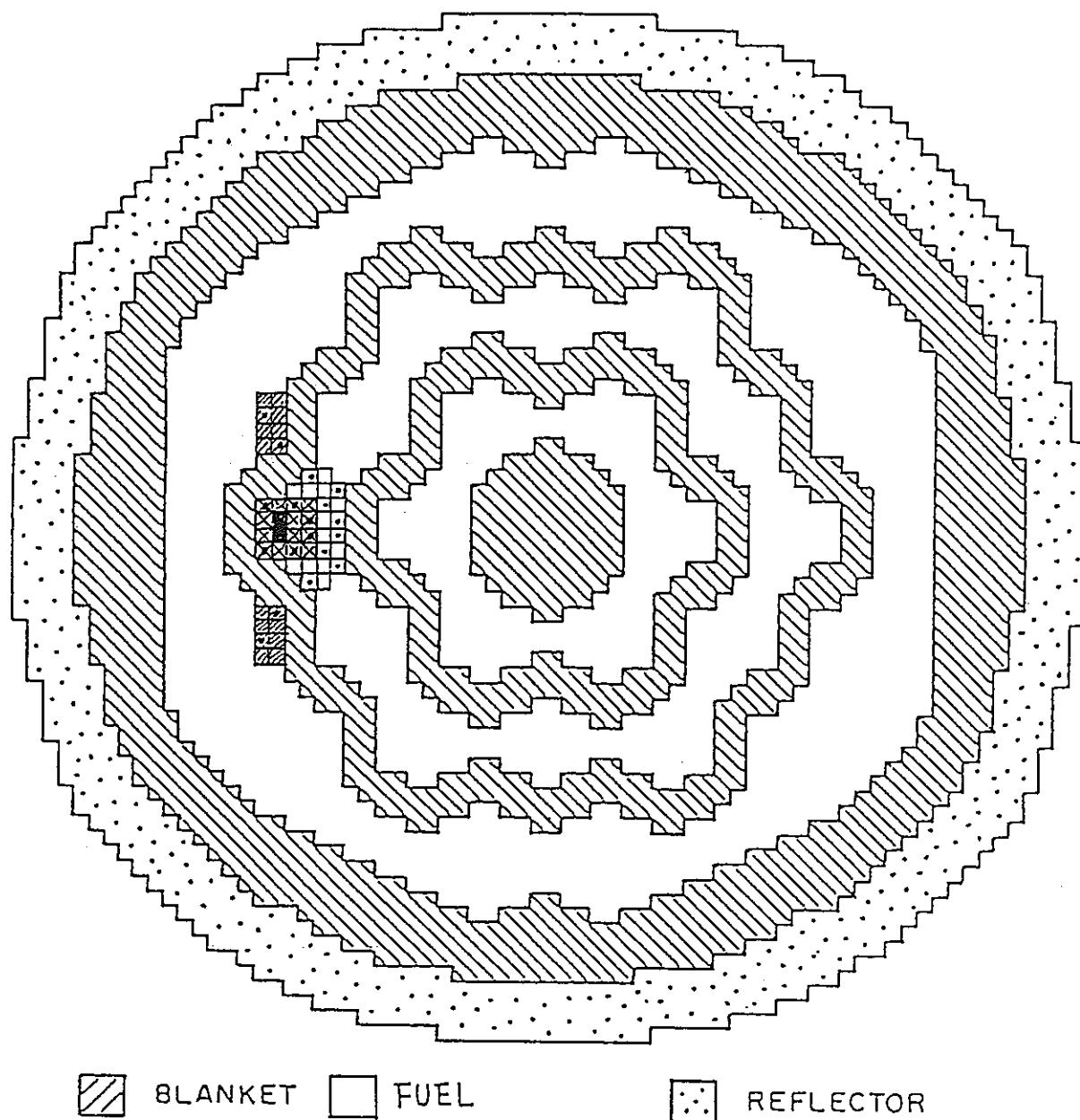
9.1 最新ライブラリJENDL-3.2の使用による影響

ライブラリの違いによる解析結果の比較を図9.1-1に示す。いずれの置換ステップについてもライブラリの変更により1.5~3.6%とわずかだが、C/E値が1に近づいた。

次に、C/E値の変化の内訳を調べるために、感度解析を行った。感度解析結果、すなわち、JENDL-2とJENDL-3.2の断面積差による核種・反応毎の寄与を図9.1-2に示す。Pu同位体組成変化が直接反応度として現れる核特性であるため、当然ながらPuの寄与が大きい。この核特性は非常に感度が大きいので、断面積差による寄与も大きいが、大きな正と負の寄与が互いにキャンセルし合って、結果的に核特性としてはあまり差が見られないことが分かる。また、今回の結果だけでは、高次Puの寄与が直接解析結果の優劣を決定しているわけではなく、断面積ライブラリに対する積分評価としては結論づけられるものではない。高次Puに高い感度を有する他の核特性との整合性評価が必要である。

9.2 まとめ

JUPITER実験のC/E値のみから作成された修正炉定数の作成においては、他の核特性がPu-240等の高次Puに対してほとんど感度を持たないことから、高次Puに大きな感度を持つ核特性として調整に有効であると考えられ、High Pu-240ゾーン置換反応度が取り入れられた。他方、統合炉定数を初めとする今後の炉定数調整では、JOYO、MONJU、MASURCA等の原子炉級同位体組成を持つPu燃料炉心の解析結果を取り入れていくため、感度係数が大きく断面積の不確かさに起因する誤差の大きい当核特性の解析に関する検討はあまり意味がないと考えられる。従って、この報告書では、単に解析結果に関するライブラリ間の比較という位置づけでとどめることとする。



| | |
|------------|--|
| STEP - 0 ; | ■ DCF → SCF (DESPIKE STEP) |
| STEP - 1 ; | ▣ ■ SCF + HIGH 240 Pu-SCF, □ DCF + HIGH 240 Pu-DCF |
| STEP - 2 ; | □ SCF + HIGH 240 Pu-SCF, □ DCF + HIGH 240 Pu-DCF |
| STEP - 3 ; | ▨ SCF + HIGH 240 Pu-SCF, ▨ DCF + HIGH 240 Pu-DCF |

FIG. 2.8-1 HIGH ^{240}Pu ZONE BUILDING STEPS IN ZPPR-13C

図9-1 ZPPR-13C炉心のHigh Pu240ゾーン置換反応度測定領域

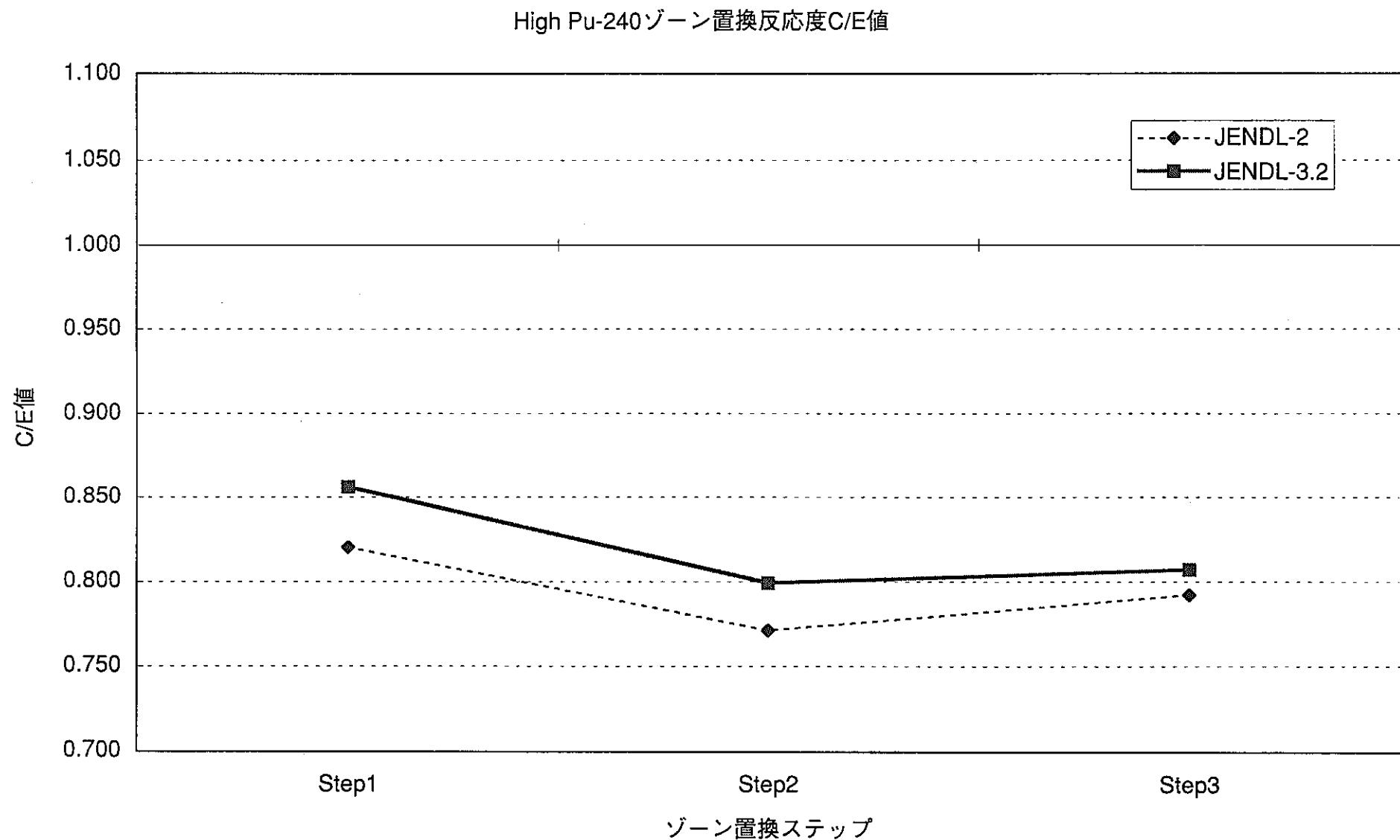


図9.1-1 ZPPR-13C High Pu-240ゾーン置換反応度C/E値の比較

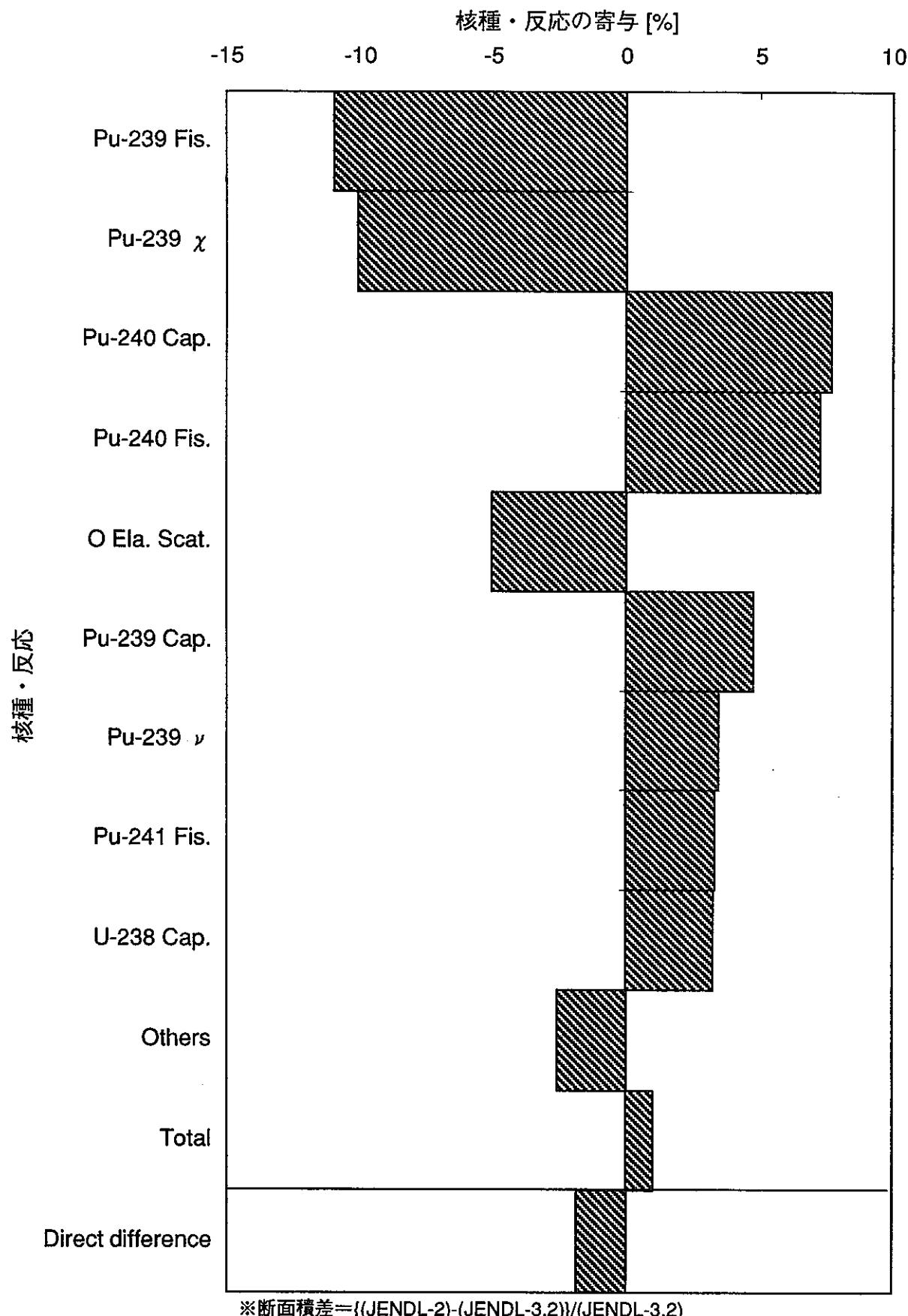


図9.1-2 ZPPR-13C High Pu-240ゾーン置換反応度における
断面積差による寄与(STEP3)

第10章 炉定数調整による整合性評価

第10章 炉定数調整による整合性評価

この章では、JUPITER解析結果用いて、炉定数調整計算を行った結果を示す。炉定数調整計算とは、積分核特性量のC/E値を用いて、炉定数が真値となる確率が最大となるように炉定数を調整するものである。このようにして調整された炉定数を実証炉の設計に用いることにより、断面積誤差に起因する誤差を小さくすることができ、実証炉の設計精度向上に大きく貢献することができる。

また、炉定数調整計算を行うことにより、C/E値の炉物理的整合性を評価することが可能である。この章では、前章までに述べられたJUPITER解析結果の内の84核特性を用いて、炉定数調整計算を行い、その整合性について検討を行う。また、JENDL-2及びJENDL-3.2ベースによる炉定数調整計算、及び、小型炉であるFCA、常陽の核特性を加えた炉定数調整計算を行い、その比較・検討も行う。

10.1 計算方法

炉定数調整計算は、炉定数調整計算用プログラムABLEを用いて行った。ここで用いたABLEは平成3年度に日本原子力発電(株)との共同研究で整備されたバージョンである。以下に計算の条件をまとめると。

核特性数：84(JUPITERのみ)、88(JUPITER+小型炉)

リファレンス修正炉定数REF91(82)の調整に用いた82核特性にHigh Pu-240ゾーン置換反応度の2核特性を追加した84核特性を基準とした。これに、FCA、常陽の4炉心の臨界性を加えた88核特性についても計算した。JUPITER炉心の核特性としては、臨界性、Naボイド反応度、反応率分布、反応率比、制御棒価値、High Pu-240ゾーン反応度を考慮した。詳細は表10.1-1参照。

断面積調整核種・反応数：41

核種

U-235、U-238、Pu-239、Pu-240、Pu-241、C-12、O-16、Na-23、Fe、Cr、Ni
反応

弾性散乱断面積、非弾性散乱断面積、核分裂断面積、捕獲断面積、 ν （核分裂あたりの放出中性子数）、 χ （核分裂スペクトル）、 μ （平均散乱角余弦）

詳細は表10.1-2参照。

エネルギー群数：18

共分散データ：

JENDL-3.2；

JENDL-3.1ベースの'95年10月版+ (U-238のInelastic:JENDL-3.2)

→POCOF##.XSCOV94.INSJ31.Y9511

JENDL-2；

'95年10月版共分散

→POCOF##.XSCOV94.DATA

感度係数：JENDL-3.2ベースの一般化摂動計算による感度係数

感度係数はライブラリ依存性が小さいので、JENDL-3.2の結果を統一して用いた。

その他：

散乱マトリックスの成分調整は行っていない。また、制御棒価値には絶対値を、Naボイド反応度には反応度別補正を行った値を用いた。

計算ケース：

以下の4ケースについて計算を行った。

●ケース1(84核特性、JENDL-3.2)

JUPITER解析の84核特性、JENDL-3.2ベース

●ケース2(84核特性、JENDL-2)

JUPITER解析の84核特性、JENDL-2ベース

●ケース3(88核特性、JENDL-3.2)

JUPITER84核特性+小型炉心4核特性(FCA X-1, FCA XVII-1, JOYO MK-I, JOYO MK-IIの臨界性)、JENDL-3.2ベース

●ケース4(88核特性、JENDL-2)

JUPITER84核特性+小型炉心4核特性(FCA X-1, FCA XVII-1, JOYO MK-I, JOYO MK-IIの臨界性)、JENDL-2ベース

10.2 炉定数調整計算による整合性評価

図10.2-1～図10.2-3にケース1～3の全核特性について炉定数調整前後のC/E値を示す。図中の誤差棒は、断面積に起因する誤差のみを示している。また、表10.2-1～表10.2-3にはケース1～3の炉定数調整前後のC/E値、表10.2-4～表10.2-6にはケース1～3の炉定数調整量のデジタル値を示す。

図10.2-1を見ると、炉定数調整によりC/E値は、ほとんどすべての核特性について、1に近づいていることが分かる。調整によりC/E値が1から離れるものについては、整合性が取れていないと考えることができる。反応率比の一部にこのような核特性が見られるが、誤差の範囲内での移動であり、大きな不整合性ではないと考えられる。

また、図中の誤差棒は断面積に起因する誤差のみを示していることから、この誤差以上の1からずれは実験誤差、解析誤差によるものと考えることができる。図中の誤差棒の範囲を超えて1からずれている核特性については、実験、解析を含めて再検討を進める必要があると分かる。Naボイド反応度、反応率分布、反応率比、制御棒価値の一部に

そのような核特性が見られる。このように、炉定数調整計算を行うことにより、断面積誤差を小さくするだけではなく、これまでに得られた積分核特性量のC/E値の整合性について検討することもできる。

10.3 ライブラリ間の比較

ケース1(JENDL-3.2ベース)とケース2(JENDL-2ベース)を比較することにより、ライブラリ間の比較を行う。

図10.2-2から、JENDL-2ベースによる調整後のC/E値は、JEDNL-3.2ベースによる調整後のC/E値と同様、概して1に近づいていることが分かる。図10.3-1に、臨界性について、JENDL-3.2とJENDL-2の比較を示す。この図から分かるように、調整後のC/E値は、ライブラリによらず、ほぼ同じ値となっていることが分かる。同様に、図10.3-2に、制御棒価値について、ライブラリ間の比較を図10.3-2に示す。制御棒価値の調整前のC/E値は、臨界性のそれに比べて、ライブラリ間の差が大きい。しかし、調整後のC/E値はJENDL-3.2、JENDL-2とともに、1に近づき、かつ、ライブラリによらず、ほとんど同じ値となっていることが分かる。これは調整された炉定数が、調整前の炉定数によらず、ある一定の値に近づいている結果であると考えられる。この根拠を次に示す。

図10.3-3に、ZPPR-9のペアロッド1の制御棒価値のC/E値調整量に対する核種・反応の寄与を示す。この図から、Pu-239の核分裂が大きな寄与を持っていることが分かる。そこで、図10.3-4にPu-239核分裂断面積の調整量を示した。図10.3-5には、ZPPR-9のペアロッド1の制御棒価値に対するPu-239核分裂の感度係数を示した。この2つの図から、制御棒価値に感度の大きいエネルギー群（第1～8群）では、炉定数調整後のPu-239核分裂断面積は、JENDL-2、JENDL-3.2の値が互いに近づいていることが分かる。特に、第5～7群では、JENDL-3.2はほとんど調整されず、JENDL-2の値がJENDL-3.2の値に近づいている。このことから、炉定数調整が有効に機能していると考えられる。

10.4 JUPITER炉心と小型炉心の整合性評価

次に、ケース1とケース3(JENDL-3.2)の比較、及び、ケース2とケース4(JENDL-2)の比較により、JUPITERと小型炉（FCA、常陽）の解析結果の整合性評価を行う。

図10.2-1と図10.2-3を比較すると、小型炉を炉定数調整に含めることにより、臨界性のC/E値に差が生じることが分かる。反応率比の一部にも有為な差が見られるが、ここでは、臨界性に絞って議論を進める。臨界性と反応率比以外の核特性については、誤差に比べて小さく、有為な差はない。図10.4-1に、改めて、ケース3とケース4の炉定数調整前後での臨界性のC/E値を示した。先に述べたように、ケース1とケース2の臨界性については炉定数調整により、C/E値は断面積誤差の範囲で1に一致した（図10.3-1）。しかし、小型炉を含めることにより、JUPITER炉心の臨界性のC/E値は一様に、0.3～0.5%大きくなる。その一方で、小型炉の臨界性のC/E値は断面積誤差の範囲で一致している。しかも、調整前のC/E値は、JENDL-2とJEDNL-3.2では大きく異なるにも関わらず、調整

後のC/E値はほぼ一致する。

一般に、断面積調整により炉心の臨界性が変わる効果としては、主に、中性子スペクトル、生成、吸収、漏洩の4つの効果が考えられる。高速炉において、これらの効果に関連する断面積はそれぞれ、次のようなものが考えられる。

- (1) 中性子スペクトル : U-238 非弾性散乱、Pu-239核分裂スペクトル
- (2) 中性子生成 : Pu-239の中性子発生数 ν 及び核分裂断面積
- (3) 中性子吸収 : U-238の捕獲断面積、Pu-239の捕獲断面積
- (4) 中性子漏洩 : U-238の平均散乱角余弦 μ 、O-16の散乱角余弦 μ

(1)については、U-238の非弾性散乱が小さくなる、または、Pu-239核分裂スペクトルが硬くなることにより、炉心の中性子スペクトルが硬くなるので、臨界性は上がる。(2)については、中性子発生数 ν や核分裂断面積が大きくなれば臨界性が大きくなる。(3)については、捕獲断面積が大きくなれば、臨界性は下がる。(4)については、体系の大きさ等にも依存するが、漏れの大きい小型炉心では平均散乱角余弦 μ が大きくなれば、中性子漏洩が増えるので、臨界性は下がる。

10.4.1 小型炉心の臨界性

小型炉心の臨界性のC/E値がライブラリに依らず一定の値に調整された原因を考える。図10.4-2にFCA X-1炉心の臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与を示す。この図から、JENDL-2のC/E値を下げ、JENDL-3.2のC/E値を上げるのに寄与した反応は、U-238の平均散乱角余弦 μ とU-235の核分裂断面積である。U-238 μ は中性子漏洩に影響するため、小型炉の臨界性に対して感度が大きい。また、U-235については、JUPITER炉心がプルトニウム燃料炉心であるのに対し、ここでとりあげた4つの小型炉心の内、FCA X-1、JOYO Mk-I、Mk-IIの3つの炉心が濃縮ウラン燃料を用いている。このため、U-235の核分裂断面積も、小型炉の臨界性に対して大きな感度を持っている。小型炉心の臨界性のC/E値がライブラリに依らず一定の値に調整されたのは、小型炉心の臨界性に対してのみ大きな感度を持つU-238の平均散乱角余弦 μ とU-235の核分裂断面積がうまく調整された結果であると考えられる。図10.4-3にU-238の平均散乱角余弦 μ 、図10.4-4にU-235の核分裂断面積の調整前後の値を示す。この2つの図から、両反応とも、ライブラリに依らず、炉定数調整によりある一定の値に近づくように調整されており、炉定数調整が適切に機能した結果であることが確認できる。

10.4.2 JUPITER炉心の臨界性

次に、JUPITER炉心の臨界性のC/E値が過大に調整された原因について考察する。図10.4-5に、JENDL-3.2ベースの炉定数調整計算について、小型炉を含めない場合（ケース1）と小型炉を含めた場合（ケース3）で、ZPPR-9の臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与がどのように変化するかを示した。同様に、図10.4-6にJENDL-2ベースの場合（ケース2、4）の比較について示した。

最初に、図10.4-5について、先に述べた臨界性に対する4つの効果の観点からを行う。この図から、中性子スペクトルを変化させる効果を持つU-238の非弾性散乱の寄与が約0.1%大きくなっていることが分かる。しかし、同様の効果を持つPu-239の核分裂スペクトル χ の寄与は逆に約0.1%小さくなってしまっており、互いにキャンセルしている。このことから、小型炉を炉定数調整に含めても、中性子スペクトルを変えようとする働きはない、あるいは、他の核特性に束縛され動かすことができない、と考えることができる。次に、中性子吸収の効果を持つU-238とPu-239の捕獲断面積を見てみると、小型炉を含めても大きな差はなく、U-238とPu-239の捕獲断面積を変化させようとする働きもないことが分かる。また、中性子漏洩の効果を持つU-238とO-16の平均散乱角余弦 μ は、大型炉であるZPPR-9に対しては寄与が小さい。以上のことから、結局、中性子生成の効果を持つPu-239の核分裂断面積と中性子発生数 ν の寄与により、JUPITER炉心の臨界性のC/E値が過大に調整されたことが分かる。

同様にJENDL-2の場合（図10.4-6）について見てみると、中性子スペクトルの効果はJENDL-3.2の場合と同じくキャンセルしている。中性子吸収及び中性子漏洩の効果はともに、小型炉を含めることにより、C/E値を下げる方向に寄与するが、この寄与の分だけ中性子生成の効果が大きくなっているため、結果として、JENDL-3.2と同程度の過大調整となったことが分かる。

以上のように、JENDL-2、JENDL-3.2に依らず、JUPITER炉心の臨界性が過大調整された原因是、中性子生成の効果を持つPu-239の核分裂断面積と中性子発生数 ν の調整にあると考えられる。図10.4-7に、小型炉心を含めない調整計算（84核特性）のPu-239核分裂断面積の調整前後での比較を示した。図10.4-8に小型炉心を含めた調整計算（88核特性）について、同様の比較を示した。この2つの図を比べると、高速炉の臨界性に対し感度の大きい10keV～1MeVのエネルギー領域において、88核特性による調整計算よりも、84核特性による調整計算の方が、JENDL-2とJENDL-3.2の調整後の値が良く近づいていることが分かる。これは、小型炉を含めたことにより、JUPITER炉心だけの調整計算では見えなかった不整合性が現れた結果であると見ることもできる。

しかし、現段階では、JUPITER炉心の核特性に対して、追加した小型炉心の核特性が4つと少ないため、これを不整合性と判断するのは早急であり、また、この原因を特定することもできない。今後、FCA、常陽以外の炉心の核特性を含めた炉定数調整計算を行うことにより、この原因を明らかにできると考えられる。一方、濃縮ウラン燃料炉心の小型炉を含めたことにより、大型炉では感度の小さいU-238の平均散乱角余弦 μ や、プルトニウム燃料炉心に対して感度の小さいU-235の核分裂断面積が、有効に調整されたことが分かった。

以上のことから、将来的に整合性を確認した小型炉の核特性を炉定数調整に用いることにより、大型炉の設計精度向上、あるいは、その信頼性の向上に貢献できると考えられる。

10.5 χ^2 値の検討

表10.5-1～表10.5-4にケース1～4の χ^2 値を示す。この χ^2 値は、Dragtの式で計算された結果である。表には、炉定数調整に用いられた84、あるいは、88核特性のそれぞれの寄与についても示してある。 χ^2 値は、分散が統計的に妥当であるかどうか検定するために良く用いられる統計量であり、 χ^2 値を自由度で割った数が1に近ければ設定した誤差（分散）が妥当であると考えられる。今回行った計算では、ケース1で0.44、ケースで0.45、ケース3で0.54、ケース4で0.55とすべて1より小さくなつた。このことから、全ケースとも誤差の設定を大きくしすぎた可能性があることが分かる。 χ^2 値が1より小さすぎたり大きすぎたりする核特性量については、今後、誤差の設定を含めて再検討する必要があると考えられる。

10.6 まとめ

前章までに述べたJUPITER解析の結果を用いて、炉定数調整計算を行い、解析結果の炉物理的整合性を検討した。

ライブラリ間の比較について、JUPITER炉心のみの84核特性を用いたケース、大型炉心であるJUPITER炉心に小型炉心（FCA、常陽）の臨界性を含めた88核特性を用いたケースとともに、JENDL-2ベースとJENDL-3.2ベースの炉定数調整結果は良く似た結果となつた。これは、調整前のライブラリに依らず、ある一定の値に近づくように調整されている結果であり、炉定数調整が有効に行われていると考えられる。

炉定数調整後のC/E値については、JUPITER炉心のみのケースでは、ほとんどすべての核特性のC/E値は炉定数調整により1に近づき、解析結果に整合性があることが分かった。また、小型炉心を含めたケースでは、JUPITER炉心の臨界性が0.3～0.5%過大に調整されたが、小型炉の臨界性のC/E値は断面積の不確かさに起因する予測誤差の範囲で1に一致した。更に、臨界性は過大調整となったものの、ほとんどすべての核特性について、JUPITER炉心のみのケースと同様に炉定数調整後のC/E値は1に近づいた。以上のように、JUPITER炉心と小型炉心の解析結果の間にも整合性があることが分かった。

10.7 今後の課題

炉定数調整の結果、JUPITER炉心と小型炉であるFCA、常陽の解析結果は、ほぼ整合性が取れていることが分かった。しかし、JUPITER炉心の臨界性が0.3～0.5%過大に調整された原因の解明が課題として残つた。この原因解明のためには、今後、FCA、常陽の臨界性以外の核特性を含めた炉定数調整計算や、MASURCA、もんじゅ等の他の炉心の核特性を含めた炉定数調整計算を行うことが必要であると考えられる。また、このように、JUPITER炉心と独立したなるべく多くの炉心について、整合性の取れた核特性を用いて炉定数調整計算を行うことにより、実証炉設計精度の信頼性向上を図ることができると考えられる。

表10.1-1 炉定数調整に用いた積分核特性量

| 84 特 性 | 88 特 性 | | 炉心・核特性 |
|--------------|--------------|---|------------------|
| 1 | 1 | ZPPR-09 KEFF 実効増倍率 | [臨界性](JUPITER炉心) |
| 2 | 2 | ZPPR-10A KEFF 実効増倍率 | |
| 3 | 3 | ZPPR-10B KEFF 実効増倍率 | |
| 4 | 4 | ZPPR-10C KEFF 実効増倍率 | |
| 5 | 5 | ZPPR-13A KEFF 実効増倍率 | |
| 6 | 6 | ZPPR-17A KEFF 実効増倍率 | |
| 7 | 7 | ZPPR-19B KEFF 実効増倍率 | |
| - | 8 | FCA X-1 KEFF 実効増倍率 | [臨界性](小型炉心) |
| - | 9 | FCAXVII KEFF 実効増倍率 | |
| - | 10 | JOYO MK-1 KEFF 実効増倍率 | |
| - | 11 | JOYO MK-2 KEFF 実効増倍率 | |
| 8 | 12 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") 97ドロワ、軸方向高さ±8inch | [Naボイド反応度] |
| 9 | 13 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") 97ドロワ、軸方向高さ±20inch | |
| 10 | 14 | ZPPR-17A NAV (52D,CORE) 52ドロワ、炉心領域ボイド | |
| 11 | 15 | ZPPR-17A NAV (52D,IB) 52ドロワ、内部プランケット領域ボイド | |
| 12 | 16 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) 内側炉心外端 | [反応率分布 : C28] |
| 13 | 17 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) 外側炉心中央 | |
| 14 | 18 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) 内側炉心外端 | [反応率分布 : F28] |
| 15 | 19 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) 外側炉心中央 | |
| 16 | 20 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) 内側炉心外端／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 17 | 21 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) 外側炉心中央／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 18 | 22 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) 径プランケット外端／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 19 | 23 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) 内部プランケット中央、Z=5.2cm／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 20 | 24 | ZPPR-17A F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) 内部プランケット外端、Z=5.2cm／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 21 | 25 | ZPPR-17A F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) 外側炉心中央、Z=5.2cm／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 22 | 26 | ZPPR-17A F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) 軸プランケット中央／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 23 | 27 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) 内側炉心外端／内側炉心中央 | [反応率分布 : F49] |
| 24 | 28 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) 外側炉心中央 | |
| 25 | 29 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) 内側炉心外端／内側炉心中央 | |
| 26 | 30 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) 外側炉心中央／内側炉心中央 | |
| 27 | 31 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) 径方向プランケット中央／内側炉心中央 | |
| 28 | 32 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) 内側炉心外端／内側炉心中央 | |
| 29 | 33 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) 外側炉心中央／内側炉心中央 | |
| 30 | 34 | ZPPR-10C F49(R=ICO)/F49(R=CC) 内側炉心外端／内側炉心中央 | |
| 31 | 35 | ZPPR-10C F49(R=OCC)/F49(R=CC) 外側炉心中央／内側炉心中央 | |
| 32 | 36 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) 内側炉心外端／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 33 | 37 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) 外側炉心中央／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 34 | 38 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) 径プランケット外端／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 35 | 39 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) 内部プランケット中央、Z=5.2cm／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 36 | 40 | ZPPR-17A F49(IBE,ZBM)/F49(ICC,ZCM) 内部プランケット外端、Z=5.2cm／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 37 | 41 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) 外側炉心中央、Z=5.2cm／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 38 | 42 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) 軸プランケット中央／内側炉心中央、Z=28.0cm | |
| 39 | 43 | ZPPR-19B F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) 内側炉心外端／内側炉心中央、Z=0cm | |
| 40 | 44 | ZPPR-19B F49(OCM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) 外側炉心外端／内側炉心、Z=0cm | |

(続く)

(続き)

| | | | | |
|----|----|---------------------------|--------------------------|--------------------|
| 84 | 88 | | 炉心・核特性 | |
| 41 | 45 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | X方向、内側炉心中央 | [反応率比 : C28/F49] |
| 42 | 46 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 内側炉心中央 | |
| 43 | 47 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 内側炉心中央 | |
| 44 | 48 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 内側炉心、X方向 | |
| 45 | 49 | ZPPR-13A C28/F49(BL1,CC) | プランケット領域 | |
| 46 | 50 | ZPPR-13A C28/F49(FR1,CC) | 燃料領域 | |
| 47 | 51 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 内側炉心、炉中心からの距離Z=28.0cm | |
| 48 | 52 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 内部プランケット、炉中心からの距離Z=5.2cm | |
| 49 | 53 | ZPPR-19B C28/F49(ICC,ZCC) | 内側炉心、Z=0cm | |
| 50 | 54 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | X方向、内側炉心中央 | [反応率比 : F25/F49] |
| 51 | 55 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 内側炉心中央 | |
| 52 | 56 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 内側炉心中央 | |
| 53 | 57 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 内側炉心、X方向 | |
| 54 | 58 | ZPPR-13A F25/F49(BL1,CC) | プランケット領域 | |
| 55 | 59 | ZPPR-13A F25/F49(FR1,CC) | 燃料領域 | |
| 56 | 60 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 内側炉心、炉中心からの距離Z=28.0cm | |
| 57 | 61 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 内部プランケット、炉中心からの距離Z=5.2cm | |
| 58 | 62 | ZPPR-19B F25/F49(ICC,ZCC) | 内側炉心、Z=0cm | |
| 59 | 63 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | X方向、内側炉心中央 | [反応率比 : F28/F49] |
| 60 | 64 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 内側炉心中央 | |
| 61 | 65 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 内側炉心中央 | |
| 62 | 66 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 内側炉心、X方向 | |
| 63 | 67 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 内側炉心、炉中心からの距離Z=28.0cm | |
| 64 | 68 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 内部プランケット、炉中心からの距離Z=5.2cm | |
| 65 | 69 | ZPPR-19B F28/F49(ICC,ZCC) | 内側炉心、Z=0cm | |
| 66 | 70 | ZPPR-09 F41/F25(ICM',CC) | 内側炉心 | [反応率比 : F41/F25] |
| 67 | 71 | ZPPR-09 CR (P1) | ペアロッド制御棒 A and B | [制御棒価値] |
| 68 | 72 | ZPPR-09 CR (P2) | ペアロッド制御棒 4 and 7 | |
| 69 | 73 | ZPPR-09 CR (P3) | ペアロッド制御棒 C and D | |
| 70 | 74 | ZPPR-09 CR (P4) | ペアロッド制御棒 13 and 19 | |
| 71 | 75 | ZPPR-09 CR (P5) | ペアロッド制御棒 E and F | |
| 72 | 76 | ZPPR-09 CR (P6) | ペアロッド制御棒 G and H | |
| 73 | 77 | ZPPR-10A CR(CC) | 炉中心、3*3 ドロワ 制御棒1体 | |
| 74 | 78 | ZPPR-10A CR(R1) | 第1リング、3*3 ドロワ 制御棒6体 | |
| 75 | 79 | ZPPR-10A CR(R2) | 第2リング、3*3 ドロワ | |
| 76 | 80 | PPR-10C CR(CC) | 炉中心、制御棒1体 | |
| 77 | 81 | ZPPR-10C CR(R1) | 第1リング、制御棒6体 | |
| 78 | 82 | ZPPR-10C CR(R2) | 第2リング、制御棒12体 | |
| 79 | 83 | ZPPR-17A CR (CC) | 炉中心、2*2 ドロワ制御棒1体 | |
| 80 | 84 | ZPPR-19B CR(R1) | 第1リング、2*3 ドロワ制御棒6体 | |
| 81 | 85 | ZPPR-19B CR(R2) | 第2リング、2*3 ドロワ制御棒6体 | |
| 82 | 86 | ZPPR-19B CR(R3) | 第3リング、2*3 ドロワ制御棒12体 | |
| 83 | 87 | ZPPR-13C HIGH240(S2) | ステップ2 | [Hith Pu-240ゾーン置換] |
| 84 | 88 | ZPPR-13C HIGH240(S3) | ステップ3 | |

表10.1-2 断面積調整対象核種及び反応

| No. | 核種 | 反応 |
|-----|---------------------|-----------|
| 1 | C-12 | CAP |
| 2 | O-16 | ELASTIC |
| 3 | | INELASTIC |
| 4 | | μ |
| 5 | Na-23 | CAPTURE |
| 6 | | ELASTIC |
| 7 | | INELASTIC |
| 8 | | μ |
| 9 | Cr | μ |
| 10 | Fe | CAPTURE |
| 11 | | ELASTIC |
| 12 | | INELASTIC |
| 13 | | μ |
| 14 | Ni | μ |
| 15 | U-235 | CAPTURE |
| 16 | | FISSION |
| 17 | | ν |
| 18 | | INELASTIC |
| 19 | | χ |
| 20 | U-238 | CAPTURE |
| 21 | | FISSION |
| 22 | | ν |
| 23 | | ELASTIC |
| 24 | | INELASTIC |
| 25 | | μ |
| 26 | Pu-239 | CAPTURE |
| 27 | | FISSION |
| 28 | | ν |
| 29 | | INELASTIC |
| 30 | | μ |
| 31 | | χ |
| 32 | Pu-240 | CAPTURE |
| 33 | | FISSION |
| 34 | | ν |
| 35 | Pu-241 | CAPTURE |
| 36 | | FISSION |
| 37 | | ν |
| 38 | (ランプ化FP) U-235FP | CAPTURE |
| 39 | U-238FP | CAPTURE |
| 40 | Pu-239FP | CAPTURE |
| 41 | Pu-240FP | CAPTURE |

表10.2-1 ケース1(84核特性、JENDL-3.2)の調整前後のC/E値

| C/E VALUES BEFORE AND AFTER THE ADJUSTMENT | | | | | | | |
|--|------------------------------------|-----------|--------|------------------------|------|-------|------|
| REACTOR CHARACTERISTICS | | C/E VALUE | | STANDARD DEVIATION (%) | | | |
| NO. | | BEFORE | AFTER | VE | VM | GMG | GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 0 0.9928 | 0.9996 | 0.04 | 0.31 | 1.62 | 0.28 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 0 0.9780 | 0.9885 | 2.50 | 2.00 | 6.11 | 1.99 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 0 0.9960 | 0.9784 | 2.20 | 1.00 | 3.11 | 1.37 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 0 1.0520 | 1.0126 | 2.20 | 1.00 | 3.68 | 1.33 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(OCM',CC) | 0 1.0270 | 1.0104 | 2.00 | 1.00 | 3.75 | 1.92 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0100 | 0.9941 | 1.00 | 1.00 | 1.44 | 0.40 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0120 | 0.9905 | 1.00 | 2.10 | 1.83 | 0.51 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 0 1.0270 | 1.0092 | 2.50 | 1.40 | 1.54 | 0.43 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 0 1.0320 | 1.0060 | 2.50 | 3.40 | 2.25 | 0.63 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 0 1.0140 | 1.0004 | 1.00 | 1.00 | 1.42 | 0.40 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 0 1.0160 | 0.9978 | 1.00 | 2.10 | 1.79 | 0.53 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 0 0.9790 | 0.9882 | 1.20 | 2.40 | 4.30 | 1.67 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 0 0.9890 | 0.9927 | 1.20 | 2.40 | 4.03 | 1.62 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 0 1.0110 | 1.0057 | 1.20 | 2.40 | 3.79 | 1.59 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 0 1.0160 | 1.0034 | 1.20 | 2.40 | 3.73 | 1.59 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 0 1.0120 | 0.9977 | 1.20 | 2.40 | 3.74 | 1.60 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 0 1.0120 | 0.9938 | 1.20 | 2.40 | 3.77 | 1.63 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 0 1.0520 | 1.0275 | 2.00 | 9.00 | 8.13 | 4.31 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 0 1.0380 | 1.0029 | 2.00 | 9.00 | 10.36 | 5.21 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 0 0.9935 | 0.9998 | 0.04 | 0.31 | 1.58 | 0.28 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 0 0.9780 | 0.9875 | 2.50 | 2.00 | 5.94 | 1.97 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 0 1.0110 | 0.9932 | 2.20 | 1.00 | 3.08 | 1.36 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 0 1.0540 | 1.0148 | 2.20 | 1.00 | 3.70 | 1.34 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0040 | 0.9971 | 1.00 | 1.00 | 0.69 | 0.20 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0080 | 0.9906 | 1.00 | 2.10 | 1.52 | 0.46 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 0.9780 | 0.9911 | 1.30 | 2.50 | 0.92 | 0.62 |
| 27 | ZPPR-10A CR(ICC) | 0 1.0180 | 1.0208 | 1.20 | 2.40 | 4.16 | 1.65 |
| 28 | ZPPR-10A CR(R1) | 0 1.0340 | 1.0331 | 1.20 | 2.40 | 3.98 | 1.61 |
| 29 | ZPPR-10A CR(R2) | 0 1.0250 | 1.0033 | 1.20 | 2.40 | 3.72 | 1.62 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 0 0.9926 | 0.9989 | 0.04 | 0.31 | 1.53 | 0.27 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 0 0.9930 | 1.0018 | 2.50 | 2.00 | 5.82 | 1.96 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 0 1.0090 | 0.9914 | 2.20 | 1.00 | 3.06 | 1.34 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 0 1.0580 | 1.0203 | 2.20 | 1.00 | 3.81 | 1.37 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0020 | 0.9995 | 1.00 | 1.00 | 0.47 | 0.20 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0080 | 0.9971 | 1.00 | 2.10 | 1.59 | 0.70 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 0 0.9935 | 1.0004 | 0.04 | 0.31 | 1.61 | 0.28 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 0 0.9850 | 0.9944 | 2.50 | 2.00 | 5.97 | 1.97 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 0 1.0140 | 0.9963 | 2.20 | 1.00 | 3.09 | 1.36 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 0 1.0570 | 1.0181 | 2.20 | 1.00 | 3.70 | 1.34 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=ICO)/F49(R=CC) | 0 1.0040 | 1.0002 | 1.00 | 1.00 | 0.37 | 0.12 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OC)/F49(R=CC) | 0 1.0070 | 0.9935 | 1.00 | 2.10 | 1.24 | 0.44 |
| 42 | ZPPR-10C CR(ICC) | 0 1.0050 | 1.0018 | 1.20 | 2.40 | 3.95 | 1.62 |
| 43 | ZPPR-10C CR(R1) | 0 1.0230 | 1.0178 | 1.20 | 2.40 | 3.88 | 1.60 |
| 44 | ZPPR-10C CR(R2) | 0 1.0270 | 1.0069 | 1.20 | 2.40 | 3.66 | 1.60 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 0 0.9948 | 1.0000 | 0.04 | 0.31 | 1.53 | 0.27 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0120 | 1.0181 | 2.50 | 2.00 | 5.38 | 1.96 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 0 1.0240 | 1.0402 | 2.50 | 3.00 | 10.93 | 2.94 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9980 | 0.9803 | 2.20 | 1.00 | 3.05 | 1.35 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 0 1.0010 | 0.9844 | 2.20 | 2.00 | 2.98 | 1.50 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0370 | 0.9980 | 2.20 | 1.00 | 3.71 | 1.37 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 0 1.0340 | 0.9821 | 2.20 | 2.00 | 3.44 | 1.41 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0030 | 0.9967 | 1.00 | 1.00 | 0.86 | 0.31 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0050 | 0.9915 | 1.00 | 2.10 | 1.68 | 0.57 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9530 | 0.9802 | 1.00 | 2.50 | 1.45 | 0.95 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9380 | 0.9709 | 1.00 | 2.50 | 1.86 | 0.91 |
| 56 | ZPPR-17A F49(IBE,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9530 | 0.9761 | 1.00 | 2.50 | 1.25 | 0.85 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0100 | 0.9963 | 1.00 | 2.10 | 1.74 | 0.60 |
| 58 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9470 | 0.9725 | 1.00 | 2.50 | 1.45 | 0.75 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.9970 | 0.9910 | 2.50 | 1.40 | 0.82 | 0.30 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.9950 | 0.9829 | 2.50 | 3.40 | 1.51 | 0.53 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.8330 | 0.8821 | 10.00 | 5.20 | 8.97 | 3.80 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.9470 | 0.9895 | 4.00 | 5.20 | 6.92 | 2.19 |
| 63 | ZPPR-17A F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.9580 | 0.9929 | 4.00 | 5.20 | 6.40 | 2.14 |
| 64 | ZPPR-17A F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 1.0180 | 1.0054 | 2.50 | 3.40 | 1.57 | 0.56 |
| 65 | ZPPR-17A F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.8900 | 0.9155 | 5.00 | 5.20 | 5.11 | 1.70 |
| 66 | ZPPR-17A CR (CCC) | 0 0.9880 | 0.9975 | 1.20 | 2.40 | 4.75 | 1.82 |
| 67 | ZPPR-17A NAV (52D,CORE) | 0 1.1200 | 1.0864 | 3.50 | 9.00 | 13.05 | 6.54 |
| 68 | ZPPR-17A NAV (52D,IB) | 0 0.9110 | 0.9365 | 4.00 | 9.00 | 6.77 | 3.51 |
| 69 | ZPPR-19B KEFF | 0 0.9950 | 1.0011 | 0.04 | 0.31 | 1.59 | 0.28 |
| 70 | ZPPR-19B F28/F49(ICC,ZCC) | 0 1.0130 | 1.0245 | 2.50 | 2.00 | 6.06 | 2.01 |

| | | | | | | | | |
|-------------|---------------------------|---|--------|--------|------|------|-------|------|
| 71 ZPPR-19B | F25/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0050 | 0.9875 | 2.20 | 1.00 | 3.12 | 1.36 |
| 72 ZPPR-19B | C28/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0460 | 1.0090 | 2.20 | 1.00 | 3.82 | 1.37 |
| 73 ZPPR-19B | F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0270 | 1.0026 | 1.00 | 1.00 | 3.32 | 0.60 |
| 74 ZPPR-19B | F49(OCM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0350 | 0.9948 | 1.00 | 2.10 | 5.44 | 1.03 |
| 75 ZPPR-19B | CR(R1) | 0 | 0.9470 | 0.9749 | 1.20 | 2.40 | 5.83 | 1.73 |
| 76 ZPPR-19B | CR(R2) | 0 | 0.9750 | 0.9699 | 1.20 | 2.40 | 3.38 | 1.48 |
| 77 ZPPR-19B | CR(R3) | 0 | 1.0110 | 0.9732 | 1.20 | 2.40 | 5.80 | 1.66 |
| 78 ZPPR-13A | KEFF | 0 | 0.9975 | 1.0019 | 0.04 | 0.31 | 1.53 | 0.28 |
| 79 ZPPR-13A | F25/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0190 | 1.0012 | 2.20 | 2.00 | 3.18 | 1.56 |
| 80 ZPPR-13A | F25/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0090 | 0.9911 | 2.20 | 1.00 | 3.04 | 1.33 |
| 81 ZPPR-13A | C28/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0800 | 1.0245 | 2.20 | 2.00 | 3.57 | 1.47 |
| 82 ZPPR-13A | C28/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0370 | 0.9996 | 2.20 | 1.00 | 3.84 | 1.43 |
| 83 ZPPR-13C | HIGH240(S2) | 0 | 0.7990 | 1.0053 | 2.00 | 2.10 | 32.61 | 2.14 |
| 84 ZPPR-13C | HIGH240(S3) | 0 | 0.8070 | 0.9917 | 2.00 | 2.10 | 30.15 | 1.98 |

表10.2-2 ケース2(84核特性、JENDL-2)の調整前後のC/E値

C/E VALUES BEFORE AND AFTER THE ADJUSTMENT

| REACTOR CHARACTERISTICS | | C/E VALUE | | STANDARD DEVIATION (%) | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-----------|----------|------------------------|------|-------|------|
| NO. | | BEFORE | AFTER | VE | VM | GMG | GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 0 0.9931 | 0 0.9998 | 0.04 | 0.31 | 2.53 | 0.28 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 0 0.9790 | 0 0.9875 | 2.50 | 2.00 | 8.36 | 2.09 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 0 1.0140 | 0 0.9883 | 2.20 | 1.00 | 4.83 | 1.33 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 0 1.0510 | 1 0.0063 | 2.20 | 1.00 | 5.70 | 1.35 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(ICC',CC) | 0 1.0000 | 1 0.0094 | 2.00 | 1.00 | 4.83 | 1.97 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0340 | 0 0.9973 | 1.00 | 1.00 | 1.87 | 0.41 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0410 | 0 0.9934 | 1.00 | 2.10 | 2.36 | 0.53 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 0 1.0500 | 1 0.0121 | 2.50 | 1.40 | 2.06 | 0.45 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 0 1.0590 | 1 0.0086 | 2.50 | 3.40 | 3.08 | 0.67 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 0 1.0390 | 1 0.0051 | 1.00 | 1.00 | 1.87 | 0.42 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 0 1.0460 | 1 0.0036 | 1.00 | 2.10 | 2.32 | 0.55 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 0 0.9050 | 0 0.9785 | 1.20 | 2.40 | 5.56 | 1.67 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 0 0.9220 | 0 0.9839 | 1.20 | 2.40 | 5.22 | 1.63 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 0 0.9550 | 0 0.9990 | 1.20 | 2.40 | 4.87 | 1.59 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 0 0.9690 | 0 0.9978 | 1.20 | 2.40 | 4.77 | 1.59 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 0 0.9660 | 0 0.9916 | 1.20 | 2.40 | 4.78 | 1.60 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 0 0.9710 | 0 0.9894 | 1.20 | 2.40 | 4.83 | 1.64 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 0 1.1810 | 1 0.0888 | 2.00 | 9.00 | 9.50 | 4.39 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 0 1.2490 | 1 1.003 | 2.00 | 9.00 | 12.28 | 5.34 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 0 0.9932 | 0 0.9995 | 0.04 | 0.31 | 2.47 | 0.28 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 0 0.9780 | 0 0.9860 | 2.50 | 2.00 | 8.12 | 2.08 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 0 1.0300 | 1 0.0041 | 2.20 | 1.00 | 4.80 | 1.33 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 0 1.0570 | 1 0.0123 | 2.20 | 1.00 | 5.72 | 1.36 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0170 | 0 0.9992 | 1.00 | 1.00 | 0.88 | 0.20 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0300 | 0 0.9899 | 1.00 | 2.10 | 1.91 | 0.46 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 0.9950 | 1 0.0021 | 1.30 | 2.50 | 0.96 | 0.63 |
| 27 | ZPPR-10A CR(ICC) | 0 0.9520 | 1 0.0189 | 1.20 | 2.40 | 5.48 | 1.66 |
| 28 | ZPPR-10A CR(R1) | 0 0.9730 | 1 0.0308 | 1.20 | 2.40 | 5.21 | 1.62 |
| 29 | ZPPR-10A CR(R2) | 0 0.9990 | 1 0.0054 | 1.20 | 2.40 | 4.74 | 1.62 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 0 0.9945 | 0 0.9991 | 0.04 | 0.31 | 2.48 | 0.28 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 0 0.9930 | 1 0.0023 | 2.50 | 2.00 | 7.97 | 2.09 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 0 1.0270 | 1 0.0017 | 2.20 | 1.00 | 4.86 | 1.31 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 0 1.0620 | 1 0.0190 | 2.20 | 1.00 | 5.95 | 1.40 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0170 | 1 0.0080 | 1.00 | 1.00 | 0.60 | 0.22 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 0 1.0300 | 0 0.9975 | 1.00 | 2.10 | 2.02 | 0.75 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 0 0.9927 | 1 0.0000 | 0.04 | 0.31 | 2.51 | 0.28 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 0 0.9860 | 0 0.9935 | 2.50 | 2.00 | 8.16 | 2.08 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 0 1.0330 | 1 0.0073 | 2.20 | 1.00 | 4.82 | 1.32 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 0 1.0600 | 1 0.0158 | 2.20 | 1.00 | 5.75 | 1.36 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=ICO)/F49(R=CC) | 0 1.0170 | 1 0.0074 | 1.00 | 1.00 | 0.48 | 0.12 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OCC)/F49(R=CC) | 0 1.0280 | 0 0.9949 | 1.00 | 2.10 | 1.59 | 0.45 |
| 42 | ZPPR-10C CR(CC) | 0 0.9480 | 1 0.0003 | 1.20 | 2.40 | 5.28 | 1.63 |
| 43 | ZPPR-10C CR(R1) | 0 0.9700 | 1 0.0177 | 1.20 | 2.40 | 5.15 | 1.61 |
| 44 | ZPPR-10C CR(R2) | 0 0.9980 | 1 0.0075 | 1.20 | 2.40 | 4.60 | 1.61 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 0 0.9955 | 0 0.9995 | 0.04 | 0.31 | 2.43 | 0.28 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0090 | 1 0.0145 | 2.50 | 2.00 | 7.31 | 2.10 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 0 1.0200 | 1 0.0223 | 2.50 | 3.00 | 14.35 | 2.97 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0150 | 0 0.9904 | 2.20 | 1.00 | 4.77 | 1.31 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 0 1.0160 | 0 0.9861 | 2.20 | 2.00 | 4.18 | 1.55 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0390 | 0 0.9964 | 2.20 | 1.00 | 5.69 | 1.38 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 0 1.0360 | 0 0.9750 | 2.20 | 2.00 | 4.71 | 1.44 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0270 | 1 0.0063 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 0.31 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0420 | 1 0.0000 | 1.00 | 2.10 | 2.10 | 0.58 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9750 | 0 0.9968 | 1.00 | 2.50 | 1.61 | 0.97 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9400 | 0 0.9845 | 1.00 | 2.50 | 2.32 | 0.94 |
| 56 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9820 | 1 0.0010 | 1.00 | 2.50 | 1.48 | 0.89 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0510 | 1 0.0074 | 1.00 | 2.10 | 2.16 | 0.61 |
| 58 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0 0.9500 | 0 0.9837 | 1.00 | 2.50 | 1.77 | 0.77 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0 1.0200 | 1 0.0000 | 2.50 | 1.40 | 1.01 | 0.30 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0 1.0310 | 0 0.9926 | 2.50 | 3.40 | 1.87 | 0.54 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.9060 | 0 0.9384 | 10.00 | 5.20 | 12.74 | 4.22 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.9810 | 1 0.0243 | 4.00 | 5.20 | 9.05 | 2.25 |
| 63 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 1.0130 | 1 0.0333 | 4.00 | 5.20 | 8.28 | 2.20 |
| 64 | ZPPR-17A F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 1.0580 | 1 0.0171 | 2.50 | 3.40 | 1.94 | 0.57 |
| 65 | ZPPR-17A F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0 0.9200 | 0 0.9439 | 5.00 | 5.20 | 6.55 | 1.72 |
| 66 | ZPPR-17A CR (CC) | 0 0.8950 | 0 0.9813 | 1.20 | 2.40 | 6.13 | 1.83 |
| 67 | ZPPR-17A NAV (5ZD,CORE) | 0 1.2860 | 1 1.204 | 3.50 | 9.00 | 15.52 | 6.70 |
| 68 | ZPPR-17A NAV (5ZD,IB) | 0 0.8220 | 0 0.8877 | 4.00 | 9.00 | 8.67 | 3.62 |
| 69 | ZPPR-19B KEFF | 0 0.9950 | 1 0.0009 | 0.04 | 0.31 | 2.47 | 0.28 |
| 70 | ZPPR-19B F28/F49(ICC,ZCM) | 0 1.0130 | 1 0.0240 | 2.50 | 2.00 | 8.33 | 2.13 |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--------|--------|------|------|-------|------|
| 71 ZPPR-19B F25/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0210 | 0.9958 | 2.20 | 1.00 | 4.99 | 1.33 |
| 72 ZPPR-19B C28/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0480 | 1.0056 | 2.20 | 1.00 | 6.06 | 1.41 |
| 73 ZPPR-19B F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0490 | 1.0056 | 1.00 | 1.00 | 5.21 | 0.61 |
| 74 ZPPR-19B F49(OCM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0640 | 0.9929 | 1.00 | 2.10 | 8.44 | 1.03 |
| 75 ZPPR-19B CR(R1) | 0 | 0.8870 | 0.9732 | 1.20 | 2.40 | 7.77 | 1.74 |
| 76 ZPPR-19B CR(R2) | 0 | 0.9330 | 0.9670 | 1.20 | 2.40 | 4.23 | 1.49 |
| 77 ZPPR-19B CR(R3) | 0 | 0.9920 | 0.9689 | 1.20 | 2.40 | 9.24 | 1.66 |
| 78 ZPPR-13A KEFF | 0 | 0.9998 | 1.0016 | 0.04 | 0.31 | 2.47 | 0.28 |
| 79 ZPPR-13A F25/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0370 | 1.0052 | 2.20 | 2.00 | 4.41 | 1.58 |
| 80 ZPPR-13A F25/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0220 | 0.9980 | 2.20 | 1.00 | 4.87 | 1.31 |
| 81 ZPPR-13A C28/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0740 | 1.0090 | 2.20 | 2.00 | 4.79 | 1.47 |
| 82 ZPPR-13A C28/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0370 | 0.9971 | 2.20 | 1.00 | 5.95 | 1.45 |
| 83 ZPPR-13C HIGH240(S2) | 0 | 0.7710 | 1.0026 | 2.00 | 2.10 | 36.54 | 2.14 |
| 84 ZPPR-13C HIGH240(S3) | 0 | 0.7920 | 0.9940 | 2.00 | 2.10 | 33.69 | 1.98 |

表10.2-3 ケース3(88核特性、JENDL-3.2)の調整前後のC/E値

C/E VALUES BEFORE AND AFTER THE ADJUSTMENT

| REACTOR CHARACTERISTICS | | C/E VALUE | | STANDARD DEVIATION (%) | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-----------|--------|------------------------|------|-------|------|
| NO. | | BEFORE | AFTER | VE | VM | GMG | GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 0.9928 | 1.0031 | 0.04 | 0.31 | 1.62 | 0.24 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 0.9780 | 0.9888 | 2.50 | 2.00 | 6.11 | 1.98 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 0.9960 | 0.9798 | 2.20 | 1.00 | 3.11 | 1.36 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 1.0520 | 1.0140 | 2.20 | 1.00 | 3.68 | 1.32 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(OCM,CC) | 1.0270 | 1.0092 | 2.00 | 1.00 | 3.75 | 1.92 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0100 | 1.0006 | 1.00 | 1.00 | 1.44 | 0.34 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0120 | 0.9987 | 1.00 | 2.10 | 1.83 | 0.44 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 1.0270 | 1.0149 | 2.50 | 1.40 | 1.54 | 0.39 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 1.0320 | 1.0132 | 2.50 | 3.40 | 2.25 | 0.59 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 1.0140 | 1.0064 | 1.00 | 1.00 | 1.42 | 0.35 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 1.0160 | 1.0050 | 1.00 | 2.10 | 1.79 | 0.48 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 0.9790 | 0.9781 | 1.20 | 2.40 | 4.30 | 1.64 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 0.9890 | 0.9853 | 1.20 | 2.40 | 4.03 | 1.61 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 1.0110 | 1.0018 | 1.20 | 2.40 | 3.79 | 1.59 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 1.0160 | 1.0022 | 1.20 | 2.40 | 3.73 | 1.59 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 1.0120 | 0.9971 | 1.20 | 2.40 | 3.74 | 1.60 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 1.0120 | 0.9968 | 1.20 | 2.40 | 3.77 | 1.63 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 1.0520 | 1.0368 | 2.00 | 9.00 | 8.13 | 4.30 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 1.0380 | 1.0125 | 2.00 | 9.00 | 10.36 | 5.18 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 0.9935 | 1.0034 | 0.04 | 0.31 | 1.58 | 0.24 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 0.9780 | 0.9868 | 2.50 | 2.00 | 5.94 | 1.96 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 1.0110 | 0.9947 | 2.20 | 1.00 | 3.08 | 1.35 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 1.0540 | 1.0161 | 2.20 | 1.00 | 3.70 | 1.32 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0040 | 1.0001 | 1.00 | 1.00 | 0.69 | 0.17 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0080 | 0.9972 | 1.00 | 2.10 | 1.52 | 0.40 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 0.9780 | 0.9908 | 1.30 | 2.50 | 0.92 | 0.61 |
| 27 | ZPPR-10A CR(CC) | 1.0180 | 1.0130 | 1.20 | 2.40 | 4.16 | 1.63 |
| 28 | ZPPR-10A CR(R1) | 1.0340 | 1.0269 | 1.20 | 2.40 | 3.98 | 1.60 |
| 29 | ZPPR-10A CR(R2) | 1.0250 | 1.0076 | 1.20 | 2.40 | 3.72 | 1.61 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 0.9926 | 1.0025 | 0.04 | 0.31 | 1.53 | 0.24 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 0.9930 | 1.0005 | 2.50 | 2.00 | 5.82 | 1.95 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 1.0090 | 0.9934 | 2.20 | 1.00 | 3.06 | 1.33 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 1.0580 | 1.0213 | 2.20 | 1.00 | 3.81 | 1.36 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0020 | 1.0002 | 1.00 | 1.00 | 0.47 | 0.20 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0080 | 0.9999 | 1.00 | 2.10 | 1.59 | 0.57 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 0.9935 | 1.0039 | 0.04 | 0.31 | 1.61 | 0.24 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 0.9850 | 0.9940 | 2.50 | 2.00 | 5.97 | 1.96 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 1.0140 | 0.9978 | 2.20 | 1.00 | 3.09 | 1.35 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 1.0570 | 1.0193 | 2.20 | 1.00 | 3.70 | 1.33 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=ICO)/F49(R=CC) | 1.0040 | 1.0022 | 1.00 | 1.00 | 0.37 | 0.10 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OC)/F49(R=CC) | 1.0070 | 0.9996 | 1.00 | 2.10 | 1.24 | 0.38 |
| 42 | ZPPR-10C CR(CC) | 1.0050 | 0.9964 | 1.20 | 2.40 | 3.95 | 1.61 |
| 43 | ZPPR-10C CR(R1) | 1.0230 | 1.0134 | 1.20 | 2.40 | 3.88 | 1.60 |
| 44 | ZPPR-10C CR(R2) | 1.0270 | 1.0107 | 1.20 | 2.40 | 3.66 | 1.60 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 0.9948 | 1.0039 | 0.04 | 0.31 | 1.53 | 0.24 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 1.0120 | 1.0165 | 2.50 | 2.00 | 5.38 | 1.94 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 1.0240 | 1.0310 | 2.50 | 3.00 | 10.94 | 2.92 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 0.9980 | 0.9817 | 2.20 | 1.00 | 3.05 | 1.34 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 1.0010 | 0.9832 | 2.20 | 2.00 | 2.98 | 1.50 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 1.0370 | 0.9989 | 2.20 | 1.00 | 3.71 | 1.36 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 1.0340 | 0.9846 | 2.20 | 2.00 | 3.44 | 1.40 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 1.0030 | 1.0003 | 1.00 | 1.00 | 0.86 | 0.28 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 1.0050 | 0.9985 | 1.00 | 2.10 | 1.68 | 0.53 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9530 | 0.9789 | 1.00 | 2.50 | 1.45 | 0.95 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9380 | 0.9656 | 1.00 | 2.50 | 1.86 | 0.88 |
| 56 | ZPPR-17A F49(IBE,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9530 | 0.9751 | 1.00 | 2.50 | 1.25 | 0.84 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 1.0100 | 1.0032 | 1.00 | 2.10 | 1.74 | 0.55 |
| 58 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9470 | 0.9699 | 1.00 | 2.50 | 1.45 | 0.74 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0.9970 | 0.9944 | 2.50 | 1.40 | 0.82 | 0.28 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0.9950 | 0.9889 | 2.50 | 3.40 | 1.51 | 0.49 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0.8330 | 0.8839 | 10.00 | 5.20 | 8.97 | 3.77 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0.9470 | 0.9771 | 4.00 | 5.20 | 6.92 | 2.14 |
| 63 | ZPPR-17A F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0.9580 | 0.9844 | 4.00 | 5.20 | 6.40 | 2.12 |
| 64 | ZPPR-17A F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.0180 | 1.0115 | 2.50 | 3.40 | 1.57 | 0.52 |
| 65 | ZPPR-17A F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0.8900 | 0.9060 | 5.00 | 5.20 | 5.11 | 1.66 |
| 66 | ZPPR-17A CR (CC) | 0.9880 | 0.9866 | 1.20 | 2.40 | 4.75 | 1.79 |
| 67 | ZPPR-17A NAV (52D,CORE) | 1.1200 | 1.0909 | 3.50 | 9.00 | 13.05 | 6.48 |
| 68 | ZPPR-17A NAV (52D,IB) | 0.9110 | 0.9181 | 4.00 | 9.00 | 6.77 | 3.38 |
| 69 | ZPPR-19B KEFF | 0.9950 | 1.0049 | 0.04 | 0.31 | 1.59 | 0.24 |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|---|--------|--------|------|------|-------|------|
| 70 ZPPR-19B F28/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0130 | 1.0245 | 2.50 | 2.00 | 6.06 | 2.00 |
| 71 ZPPR-19B F25/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0050 | 0.9896 | 2.20 | 1.00 | 3.12 | 1.35 |
| 72 ZPPR-19B C28/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0460 | 1.0099 | 2.20 | 1.00 | 3.82 | 1.36 |
| 73 ZPPR-19B F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0270 | 1.0073 | 1.00 | 1.00 | 3.32 | 0.56 |
| 74 ZPPR-19B F49(OCM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0350 | 1.0038 | 1.00 | 2.10 | 5.44 | 0.96 |
| 75 ZPPR-19B CR(R1) | 0 | 0.9470 | 0.9630 | 1.20 | 2.40 | 5.83 | 1.67 |
| 76 ZPPR-19B CR(R2) | 0 | 0.9750 | 0.9670 | 1.20 | 2.40 | 3.38 | 1.48 |
| 77 ZPPR-19B CR(R3) | 0 | 1.0110 | 0.9774 | 1.20 | 2.40 | 5.80 | 1.64 |
| 78 ZPPR-13A KEFF | 0 | 0.9975 | 1.0060 | 0.04 | 0.31 | 1.53 | 0.24 |
| 79 ZPPR-13A F25/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0190 | 0.9998 | 2.20 | 2.00 | 3.18 | 1.55 |
| 80 ZPPR-13A F25/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0090 | 0.9935 | 2.20 | 1.00 | 3.04 | 1.32 |
| 81 ZPPR-13A C28/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0800 | 1.0279 | 2.20 | 2.00 | 3.57 | 1.46 |
| 82 ZPPR-13A C28/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0370 | 1.0001 | 2.20 | 1.00 | 3.84 | 1.42 |
| 83 ZPPR-13C HIGH240(S2) | 0 | 0.7990 | 1.0036 | 2.00 | 2.10 | 32.61 | 2.14 |
| 84 ZPPR-13C HIGH240(S3) | 0 | 0.8070 | 0.9941 | 2.00 | 2.10 | 30.15 | 1.98 |
| 85 FCA X-1 KEFF | 0 | 0.9890 | 0.9991 | 0.04 | 0.31 | 1.49 | 0.24 |
| 86 JOYO MK-1 KEFF | 0 | 0.9942 | 0.9992 | 0.04 | 0.31 | 1.32 | 0.23 |
| 87 JOYO MK-2 KEFF | 0 | 0.9923 | 1.0004 | 0.04 | 0.31 | 1.24 | 0.27 |
| 88 FCAXVII KEFF | 0 | 0.9938 | 1.0020 | 0.04 | 0.31 | 1.50 | 0.21 |

表10.2-4 ケース4(88核特性、JENDL-2)の調整前後のC/E値

C/E VALUES BEFORE AND AFTER THE ADJUSTMENT

| REACTOR CHARACTERISTICS | | C/E VALUE | | STANDARD DEVIATION (%) | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-----------|--------|------------------------|------|-------|------|
| NO. | | BEFORE | AFTER | VE | VM | GMG | GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 0.9931 | 1.0028 | 0.04 | 0.31 | 2.53 | 0.24 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 0.9790 | 0.9871 | 2.50 | 2.00 | 8.36 | 2.08 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 1.0140 | 0.9886 | 2.20 | 1.00 | 4.83 | 1.33 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 1.0510 | 1.0083 | 2.20 | 1.00 | 5.70 | 1.34 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(OCM',CC) | 1.0000 | 1.0062 | 2.00 | 1.00 | 4.83 | 1.96 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0340 | 1.0042 | 1.00 | 1.00 | 1.87 | 0.35 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0410 | 1.0019 | 1.00 | 2.10 | 2.36 | 0.46 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 1.0500 | 1.0181 | 2.50 | 1.40 | 2.06 | 0.41 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 1.0590 | 1.0158 | 2.50 | 3.40 | 3.08 | 0.63 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 1.0390 | 1.0120 | 1.00 | 1.00 | 1.87 | 0.36 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 1.0460 | 1.0117 | 1.00 | 2.10 | 2.32 | 0.49 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 0.9050 | 0.9693 | 1.20 | 2.40 | 5.56 | 1.64 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 0.9220 | 0.9769 | 1.20 | 2.40 | 5.22 | 1.61 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 0.9550 | 0.9952 | 1.20 | 2.40 | 4.87 | 1.59 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 0.9690 | 0.9965 | 1.20 | 2.40 | 4.77 | 1.59 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 0.9660 | 0.9907 | 1.20 | 2.40 | 4.78 | 1.60 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 0.9710 | 0.9925 | 1.20 | 2.40 | 4.83 | 1.63 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 1.1810 | 1.0981 | 2.00 | 9.00 | 9.50 | 4.39 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 1.2490 | 1.1047 | 2.00 | 9.00 | 12.28 | 5.31 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 0.9932 | 1.0029 | 0.04 | 0.31 | 2.47 | 0.24 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 0.9780 | 0.9842 | 2.50 | 2.00 | 8.12 | 2.07 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 1.0300 | 1.0045 | 2.20 | 1.00 | 4.80 | 1.32 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 1.0570 | 1.0144 | 2.20 | 1.00 | 5.72 | 1.35 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0170 | 1.0021 | 1.00 | 1.00 | 0.88 | 0.18 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0300 | 0.9962 | 1.00 | 2.10 | 1.91 | 0.41 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 0.9950 | 1.0010 | 1.30 | 2.50 | 0.96 | 0.62 |
| 27 | ZPPR-10A CR(CC) | 0.9520 | 1.0114 | 1.20 | 2.40 | 5.48 | 1.64 |
| 28 | ZPPR-10A CR(R1) | 0.9730 | 1.0247 | 1.20 | 2.40 | 5.21 | 1.61 |
| 29 | ZPPR-10A CR(R2) | 0.9990 | 1.0080 | 1.20 | 2.40 | 4.74 | 1.62 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 0.9945 | 1.0028 | 0.04 | 0.31 | 2.48 | 0.24 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 0.9930 | 0.9997 | 2.50 | 2.00 | 7.97 | 2.07 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 1.0270 | 1.0029 | 2.20 | 1.00 | 4.86 | 1.30 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 1.0620 | 1.0212 | 2.20 | 1.00 | 5.95 | 1.39 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0170 | 1.0089 | 1.00 | 1.00 | 0.60 | 0.21 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.0300 | 1.0004 | 1.00 | 2.10 | 2.02 | 0.73 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 0.9927 | 1.0032 | 0.04 | 0.31 | 2.51 | 0.24 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 0.9860 | 0.9921 | 2.50 | 2.00 | 8.16 | 2.07 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 1.0330 | 1.0078 | 2.20 | 1.00 | 4.82 | 1.32 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 1.0600 | 1.0179 | 2.20 | 1.00 | 5.75 | 1.35 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=IC0)/F49(R=CC) | 1.0170 | 1.0092 | 1.00 | 1.00 | 0.48 | 0.11 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OC0)/F49(R=CC) | 1.0280 | 1.0002 | 1.00 | 2.10 | 1.59 | 0.39 |
| 42 | ZPPR-10C CR(CC) | 0.9480 | 0.9950 | 1.20 | 2.40 | 5.28 | 1.62 |
| 43 | ZPPR-10C CR(R1) | 0.9700 | 1.0132 | 1.20 | 2.40 | 5.15 | 1.60 |
| 44 | ZPPR-10C CR(R2) | 0.9980 | 1.0097 | 1.20 | 2.40 | 4.60 | 1.60 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 0.9955 | 1.0031 | 0.04 | 0.31 | 2.43 | 0.24 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 1.0090 | 1.0116 | 2.50 | 2.00 | 7.31 | 2.08 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 1.0200 | 1.0120 | 2.50 | 3.00 | 14.36 | 2.96 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 1.0150 | 0.9909 | 2.20 | 1.00 | 4.77 | 1.30 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 1.0160 | 0.9829 | 2.20 | 2.00 | 4.18 | 1.55 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 1.0390 | 0.9979 | 2.20 | 1.00 | 5.69 | 1.37 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 1.0360 | 0.9767 | 2.20 | 2.00 | 4.71 | 1.43 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 1.0270 | 1.0100 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 0.29 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 1.0420 | 1.0069 | 1.00 | 2.10 | 2.10 | 0.54 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9750 | 0.9967 | 1.00 | 2.50 | 1.61 | 0.97 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9400 | 0.9786 | 1.00 | 2.50 | 2.32 | 0.91 |
| 56 | ZPPR-17A F49(IBE,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9820 | 0.9993 | 1.00 | 2.50 | 1.48 | 0.88 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 1.0510 | 1.0143 | 1.00 | 2.10 | 2.16 | 0.57 |
| 58 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 0.9500 | 0.9815 | 1.00 | 2.50 | 1.77 | 0.76 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.0200 | 1.0034 | 2.50 | 1.40 | 1.01 | 0.28 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.0310 | 0.9984 | 2.50 | 3.40 | 1.87 | 0.50 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 0.9050 | 0.9445 | 10.00 | 5.20 | 12.74 | 4.16 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0.9810 | 1.0111 | 4.00 | 5.20 | 9.05 | 2.20 |
| 63 | ZPPR-17A F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.0130 | 1.0240 | 4.00 | 5.20 | 8.28 | 2.18 |
| 64 | ZPPR-17A F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.0580 | 1.0231 | 2.50 | 3.40 | 1.94 | 0.53 |
| 65 | ZPPR-17A F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 0.9200 | 0.9337 | 5.00 | 5.20 | 6.55 | 1.68 |
| 66 | ZPPR-17A CR (CC) | 0.8960 | 0.9715 | 1.20 | 2.40 | 6.13 | 1.80 |
| 67 | ZPPR-17A NAV (52D,CORE) | 1.2860 | 1.1162 | 3.50 | 9.00 | 15.52 | 6.65 |
| 68 | ZPPR-17A NAV (52D,I8) | 0.8220 | 0.8649 | 4.00 | 9.00 | 8.67 | 3.46 |
| 69 | ZPPR-19B KEFF | 0.9950 | 1.0043 | 0.04 | 0.31 | 2.47 | 0.24 |

| | | | | | | | | |
|--------------|---------------------------|---|--------|--------|------|------|-------|------|
| 70 ZPPR-19B | F28/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0130 | 1.0233 | 2.50 | 2.00 | 8.33 | 2.12 |
| 71 ZPPR-19B | F25/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0210 | 0.9970 | 2.20 | 1.00 | 4.99 | 1.32 |
| 72 ZPPR-19B | C28/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0480 | 1.0077 | 2.20 | 1.00 | 6.06 | 1.40 |
| 73 ZPPR-19B | F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0490 | 1.0102 | 1.00 | 1.00 | 5.21 | 0.57 |
| 74 ZPPR-19B | F49(OOM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 0 | 1.0640 | 1.0017 | 1.00 | 2.10 | 8.44 | 0.95 |
| 75 ZPPR-19B | CR(R1) | 0 | 0.8870 | 0.9623 | 1.20 | 2.40 | 7.77 | 1.68 |
| 76 ZPPR-19B | CR(R2) | 0 | 0.9330 | 0.9631 | 1.20 | 2.40 | 4.23 | 1.49 |
| 77 ZPPR-19B | CR(R3) | 0 | 0.9920 | 0.9712 | 1.20 | 2.40 | 9.24 | 1.64 |
| 78 ZPPR-13A | KEFF | 0 | 0.9998 | 1.0053 | 0.04 | 0.31 | 2.47 | 0.24 |
| 79 ZPPR-13A | F25/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0370 | 1.0012 | 2.20 | 2.00 | 4.41 | 1.58 |
| 80 ZPPR-13A | F25/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0220 | 0.9997 | 2.20 | 1.00 | 4.87 | 1.29 |
| 81 ZPPR-13A | C28/F49(BL1,CC) | 0 | 1.0740 | 1.0111 | 2.20 | 2.00 | 4.79 | 1.46 |
| 82 ZPPR-13A | C28/F49(FR1,CC) | 0 | 1.0370 | 0.9986 | 2.20 | 1.00 | 5.95 | 1.43 |
| 83 ZPPR-13C | HIGHZ40(S2) | 0 | 0.7710 | 1.0005 | 2.00 | 2.10 | 36.54 | 2.14 |
| 84 ZPPR-13C | HIGHZ40(S3) | 0 | 0.7920 | 0.9970 | 2.00 | 2.10 | 33.69 | 1.98 |
| 85 FCA X-1 | KEFF | 0 | 1.0036 | 0.9993 | 0.04 | 0.31 | 2.34 | 0.24 |
| 86 JOYO MK-I | KEFF | 0 | 1.0044 | 0.9990 | 0.04 | 0.31 | 1.96 | 0.23 |
| 87 JOYO MK-2 | KEFF | 0 | 0.9966 | 0.9994 | 0.04 | 0.31 | 1.96 | 0.27 |
| 88 FCAXVIII | KEFF | 0 | 1.0028 | 1.0029 | 0.04 | 0.31 | 2.24 | 0.21 |

表10.2-5 ケース1(84核特性、JENDL-3.2)の断面積調整量
RELATIVE ALTERATION OF CROSS SECTIONS (%)

| X-SECTION NO. : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| GRP. UPPER ENERGY (EV) | 949 | 6 | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 11 | 11 | 24 | 26 | 26 | 26 | 26 | 28 | 925 | 925 | 925 |
| 1 1.000E+07 | 1.87 | 0.00 | 0.00 | -0.06 | 0.10 | -3.08 | 0.31 | -2.92 | -0.01 | 0.15 | 0.98 | -0.03 | 0.44 | 0.63 | 0.05 | 1.27 | -0.77 | 0.06 |
| 2 6.065E+06 | 0.87 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 2.41 | -2.09 | 0.52 | -4.60 | 0.04 | 0.16 | 1.19 | -0.12 | 0.44 | 0.68 | 0.06 | 1.37 | -0.76 | 0.04 |
| 3 3.679E+06 | 0.32 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 2.29 | -1.29 | 0.66 | -5.79 | 0.63 | 0.41 | 1.31 | -0.23 | 2.54 | 1.70 | 0.15 | 2.69 | -0.64 | -0.03 |
| 4 2.231E+06 | -0.16 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 5.72 | -0.58 | 0.54 | -4.99 | 1.16 | 0.69 | 1.48 | -0.32 | 0.31 | 3.28 | 0.29 | 3.11 | -0.99 | -0.01 |
| 5 1.353E+06 | -0.32 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | 10.36 | -0.31 | 0.34 | -1.78 | 3.45 | 0.76 | 1.26 | -0.36 | -2.34 | 5.81 | 0.47 | 1.07 | -0.76 | -0.02 |
| 6 8.208E+05 | -0.49 | 0.00 | -0.16 | 0.00 | 9.87 | -0.35 | 0.18 | -1.05 | 10.37 | 1.01 | 1.31 | -0.38 | 1.84 | 12.61 | 0.82 | 1.36 | -0.68 | -0.05 |
| 7 3.877E+05 | -0.67 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 5.62 | -0.57 | 0.16 | 0.00 | 2.00 | 0.31 | 1.26 | 0.10 | 2.34 | 7.10 | 0.31 | 2.65 | -0.45 | -0.05 |
| 8 1.832E+05 | -0.66 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | 5.50 | -0.09 | 0.70 | 0.00 | -0.23 | -0.17 | 0.71 | 0.47 | 2.79 | 1.04 | -0.11 | 5.14 | -0.14 | -0.05 |
| 9 8.652E+04 | -0.65 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 4.93 | -0.12 | 2.26 | 0.00 | -0.18 | -0.13 | 0.76 | 0.82 | 3.37 | -0.33 | -0.15 | 1.98 | -0.15 | -0.05 |
| 10 4.087E+04 | -0.65 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 4.01 | -0.53 | 3.06 | 0.00 | -0.11 | -0.03 | 0.74 | 0.66 | 2.58 | -0.23 | -0.06 | 4.59 | 0.22 | -0.05 |
| 11 1.930E+04 | -0.65 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 2.41 | -0.88 | 3.53 | 0.00 | -0.09 | -0.01 | 0.42 | 2.17 | 3.00 | -0.05 | -0.02 | 8.25 | 0.57 | -0.05 |
| 12 9.119E+03 | -0.65 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 1.03 | -0.44 | 3.62 | 0.00 | -0.05 | 0.00 | 0.06 | 2.05 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 17.42 | 0.94 | -0.05 |
| 13 4.307E+03 | -0.65 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.46 | -0.45 | 3.33 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | -0.54 | 2.31 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 7.60 | 1.21 | -0.05 |
| 14 2.035E+03 | -0.65 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.17 | -0.45 | 2.76 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | -1.79 | 4.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.85 | 1.04 | -0.05 |
| 15 9.611E+02 | -0.65 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 0.11 | -0.40 | 1.34 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | -1.88 | 5.66 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.16 | 1.48 | -0.05 |
| 16 4.540E+02 | -0.65 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | -0.04 | 0.67 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | -1.16 | 5.21 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.16 | 0.77 | -0.05 |
| 17 2.144E+02 | -0.65 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.11 | -0.04 | 0.53 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | -1.00 | 4.77 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.03 | 0.02 | 0.01 |
| 18 1.013E+02 | -0.65 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.11 | -0.03 | 0.53 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | -1.00 | 4.77 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.03 | 0.02 | 0.01 |
| X-SECTION NO. : | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| GRP. UPPER ENERGY (EV) | 925 | 928 | 928 | 928 | 928 | 928 | 928 | 949 | 949 | 949 | 949 | 949 | 940 | 940 | 940 | 941 | 941 | 941 |
| 1 1.000E+07 | 0.01 | -0.61 | -0.38 | -0.07 | 2.33 | -5.47 | 1.12 | -0.88 | -0.27 | 0.12 | -0.03 | 0.36 | -4.10 | 1.12 | 0.12 | 0.00 | -0.18 | -0.07 |
| 2 6.065E+06 | 0.07 | -0.60 | -0.48 | -0.05 | 4.83 | -10.12 | 1.37 | -1.12 | -0.18 | 0.16 | -0.24 | 0.37 | -5.40 | 1.14 | 0.16 | -0.01 | -0.49 | 0.09 |
| 3 3.679E+06 | 0.18 | -0.10 | -0.45 | -0.07 | 7.41 | -9.44 | 2.15 | -1.43 | -0.15 | 0.01 | -0.39 | 0.44 | -6.80 | 1.19 | 0.19 | -0.15 | -0.43 | 0.34 |
| 4 2.231E+06 | 0.14 | 0.45 | -2.55 | -0.07 | 4.44 | -3.00 | 2.60 | -2.50 | -0.26 | -0.04 | -0.45 | 0.50 | -6.47 | 1.54 | 0.26 | -0.23 | -0.37 | 0.58 |
| 5 1.353E+06 | 0.00 | 0.95 | -1.92 | -0.07 | 0.43 | 0.06 | 2.53 | -1.38 | 0.01 | -0.04 | -0.47 | 0.62 | -6.25 | 3.15 | 0.29 | -0.14 | -0.44 | 0.65 |
| 6 8.208E+05 | -0.02 | 1.92 | -0.85 | -0.08 | -0.24 | 0.09 | 2.52 | 2.62 | 0.08 | -0.04 | -0.57 | 1.03 | -5.56 | 4.55 | 0.27 | -0.24 | -0.54 | 0.63 |
| 7 3.877E+05 | 0.00 | 1.27 | -0.38 | -0.09 | -0.08 | 0.15 | 2.63 | 3.35 | 0.20 | -0.05 | -0.20 | 1.13 | -4.89 | 3.90 | 0.25 | -0.23 | -0.61 | 0.61 |
| 8 1.832E+05 | -0.01 | 0.59 | -0.52 | -0.10 | 0.09 | 0.10 | 3.14 | 9.77 | 0.78 | -0.05 | -0.16 | 0.78 | -4.01 | 3.56 | 0.25 | -0.64 | -0.73 | 0.61 |
| 9 8.652E+04 | -0.01 | -0.02 | -0.50 | -0.09 | 0.25 | 0.06 | 3.84 | 11.00 | 1.47 | -0.05 | -0.09 | 0.76 | -2.32 | 3.52 | 0.25 | -0.45 | -2.22 | 0.61 |
| 10 4.087E+04 | 0.00 | -1.38 | -0.29 | -0.09 | 0.45 | 0.00 | 4.08 | 10.50 | 3.81 | -0.05 | -0.08 | 0.86 | -2.35 | 1.96 | 0.25 | -0.17 | -2.71 | 0.61 |
| 11 1.930E+04 | 0.00 | -2.45 | -0.22 | -0.09 | 0.41 | 0.00 | 3.42 | 13.71 | 3.32 | -0.05 | -0.19 | 0.84 | -2.02 | 1.16 | 0.25 | -0.23 | -2.11 | 0.61 |
| 12 9.119E+03 | 0.00 | -3.24 | -0.09 | -0.09 | 0.34 | 0.00 | 2.58 | 20.83 | 3.84 | -0.05 | -0.01 | 0.81 | -1.44 | 0.58 | 0.25 | -0.03 | -1.83 | 0.61 |
| 13 4.307E+03 | 0.00 | -3.66 | -0.02 | -0.09 | 0.29 | 0.00 | 1.81 | 21.67 | 3.58 | -0.05 | 0.00 | 0.79 | -0.74 | 0.45 | 0.25 | -0.01 | -1.51 | 0.61 |
| 14 2.035E+03 | 0.00 | -4.28 | 0.03 | -0.09 | 0.41 | 0.00 | 1.74 | 20.42 | 4.88 | -0.05 | 0.00 | 0.51 | -0.71 | 0.58 | 0.25 | -0.14 | -1.53 | 0.61 |
| 15 9.611E+02 | 0.00 | -4.25 | -0.37 | -0.09 | 0.39 | 0.00 | 1.17 | 12.15 | 1.47 | -0.05 | 0.00 | 0.35 | -0.46 | 0.43 | 0.25 | -0.05 | -1.20 | 0.61 |
| 16 4.540E+02 | 0.00 | -3.73 | 0.29 | -0.09 | 0.32 | 0.00 | 0.49 | 8.10 | 0.85 | -0.05 | 0.00 | 0.15 | -0.24 | 0.14 | 0.25 | -0.01 | -0.83 | 0.61 |
| 17 2.144E+02 | 0.00 | -3.14 | 0.20 | -0.09 | 0.24 | 0.00 | 0.16 | 5.90 | 0.71 | -0.05 | 0.00 | 0.05 | -0.07 | 0.03 | 0.25 | 0.00 | -0.45 | 0.61 |
| 18 1.013E+02 | 0.00 | -0.83 | 0.06 | -0.14 | 0.11 | 0.00 | 0.15 | 2.94 | 0.55 | -0.10 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | -0.09 | 0.56 |
| X-SECTION NO. : | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | | | | | | | | | | | | | |
| GRP. UPPER ENERGY (EV) | 925 | 819 | 859 | 889 | 899 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 1.000E+07 | 0.42 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 6.065E+06 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 3.679E+06 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 2.231E+06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 1.353E+06 | -0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 8.208E+05 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 7 3.877E+05 | -0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 8 1.832E+05 | -0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 9 8.652E+04 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10 4.087E+04 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 11 1.930E+04 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 12 9.119E+03 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 13 4.307E+03 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 14 2.035E+03 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 15 9.611E+02 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 16 4.540E+02 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 17 2.144E+02 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 18 1.013E+02 | -0.13 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | | | | | | | | | | | | |

RELATIVE ALTERATION OF CORRECTIONS (%)

| NO. | CORRECTION | ALTERATION (%) |
|-----|------------|----------------|
| 1 | U-235 | -1.4 |
| 2 | U-238 | -0.3 |
| 3 | PU-239 | 0.8 |
| 4 | PU-240 | 0.0 |
| 5 | PU-241 | 0.1 |
| 6 | PU-242 | 0.0 |

表10.2-6 ケース2(84核特性、JENDL-2)の断面積調整量
RELATIVE ALTERATION OF CROSS SECTIONS (%)

| X-SECTION NO. : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| GRP. UPPER ENERGY | 949 | 6 | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 11 | 24 | 26 | 26 | 26 | 26 | 28 | 925 | 925 | 925 | |
| (EV) | CHI | CAP | ELA | INEL | MU | CAP | ELA | INEL | MU | MU | CAP | ELA | INEL | MU | MU | CAP | FIS | NU |
| 1 1.000E+07 | 3.86 | 0.00 | 0.00 | 0.03 | -0.08 | -4.97 | 0.46 | -4.52 | -0.12 | 0.02 | 0.88 | 0.00 | 2.24 | 0.17 | 0.01 | 1.07 | -0.97 | 0.11 |
| 2 6.065E+06 | 1.79 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.11 | -3.40 | 0.84 | -7.44 | -0.55 | 0.02 | 1.01 | -0.03 | 2.51 | 0.18 | 0.01 | 1.15 | -0.98 | 0.10 |
| 3 3.679E+06 | 0.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.71 | -2.13 | 1.23 | -10.21 | -1.65 | 0.06 | 1.06 | -0.13 | 11.77 | 0.45 | 0.03 | 1.88 | -0.88 | 0.03 |
| 4 2.231E+06 | -0.34 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 6.37 | -1.06 | 1.37 | -10.05 | -1.01 | 0.23 | 1.09 | -0.32 | -1.35 | 1.52 | 0.12 | 2.33 | -1.41 | 0.04 |
| 5 1.353E+06 | -0.69 | 0.00 | -0.05 | 0.00 | 36.69 | -0.71 | 1.16 | -1.70 | 4.45 | 0.83 | 0.86 | -0.59 | -8.15 | 6.36 | 0.62 | 0.95 | -2.14 | 0.03 |
| 6 8.208E+05 | -1.05 | 0.00 | -0.75 | 0.00 | 51.12 | -0.93 | 0.78 | 0.93 | 36.12 | 2.30 | 0.72 | -1.35 | -1.77 | 19.40 | 2.10 | -0.88 | -4.24 | -0.01 |
| 7 3.877E+05 | -1.42 | 0.00 | -0.36 | 0.00 | 33.25 | -1.62 | -0.29 | 5.49 | 10.33 | 1.81 | 0.60 | -1.43 | -1.80 | 13.71 | 1.79 | -1.03 | -3.79 | -0.03 |
| 8 1.832E+05 | -1.39 | 0.00 | -0.10 | 0.00 | 32.57 | -2.29 | -0.56 | 4.59 | 0.55 | 0.89 | 0.11 | -1.38 | -1.89 | 4.51 | 0.77 | -0.62 | -3.56 | -0.03 |
| 9 8.652E+04 | -1.38 | 0.00 | -0.05 | 0.00 | 29.18 | -0.41 | -0.94 | 3.56 | 0.44 | 0.29 | 0.05 | -1.10 | -2.00 | 1.11 | 0.22 | -0.11 | -3.34 | -0.02 |
| 10 4.087E+04 | -1.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 23.75 | -1.28 | 0.13 | 0.00 | 0.27 | 0.02 | -0.05 | -0.89 | -1.23 | 0.13 | 0.03 | 0.60 | -1.88 | -0.02 |
| 11 1.930E+04 | -1.37 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 14.25 | -2.11 | 1.04 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | -0.36 | -0.05 | -1.45 | 0.01 | 0.00 | 1.68 | -1.46 | -0.02 |
| 12 9.119E+03 | -1.37 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 6.11 | -1.03 | 1.60 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | -1.32 | 0.24 | 0.00 | 0.00 | 3.74 | -1.58 | -0.02 | |
| 13 4.307E+03 | -1.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.71 | -1.06 | 1.81 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | -2.00 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 2.87 | -0.46 | -0.02 | |
| 14 2.035E+03 | -1.37 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 1.02 | -1.06 | 1.61 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | -4.05 | 1.23 | 0.00 | 0.00 | 2.10 | 1.03 | -0.02 | |
| 15 9.611E+02 | -1.37 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.68 | -0.93 | 0.76 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | -3.49 | 1.66 | 0.00 | 0.00 | 2.10 | 2.22 | -0.02 | |
| 16 4.540E+02 | -1.37 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.68 | -0.09 | 0.34 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | -1.90 | 1.64 | 0.00 | 0.00 | 1.76 | 1.35 | -0.02 | |
| 17 2.144E+02 | -1.37 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.68 | -0.09 | 0.34 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | -1.45 | 1.57 | 0.00 | 0.00 | 1.22 | 0.83 | -0.02 | |
| 18 1.013E+02 | -1.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.68 | -0.06 | 0.26 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | -0.95 | 1.39 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | 0.03 | 0.00 | |
| X-SECTION NO. : | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| GRP. UPPER ENERGY | 925 | 928 | 928 | 928 | 928 | 928 | 928 | 949 | 949 | 949 | 949 | 949 | 940 | 940 | 940 | 941 | 941 | 941 |
| (EV) | INEL | CAP | FIS | NU | ELA | INEL | MU | CAP | FIS | NU | INEL | MU | CAP | FIS | NU | CAP | FIS | NU |
| 1 1.000E+07 | 0.01 | -0.81 | -0.28 | -0.01 | -0.24 | -1.71 | 2.64 | 2.22 | -0.40 | 0.11 | -0.01 | 0.65 | -4.53 | 1.23 | 0.17 | 0.00 | -0.12 | -0.05 |
| 2 6.065E+06 | 0.05 | -1.31 | -0.22 | -0.09 | 0.22 | -5.46 | 3.26 | 2.78 | -0.30 | 0.13 | -0.19 | 0.67 | -5.95 | 1.25 | 0.20 | -0.01 | -0.34 | 0.14 |
| 3 3.679E+06 | 0.12 | -1.11 | -0.34 | -0.15 | 0.96 | -5.92 | 5.00 | 4.80 | -0.46 | -0.02 | -0.37 | 0.80 | -7.49 | 1.31 | 0.24 | -0.17 | -0.30 | 0.43 |
| 4 2.231E+06 | 0.10 | -1.89 | -3.93 | -0.19 | 2.23 | -8.39 | 6.25 | 7.91 | -0.71 | -0.06 | -0.63 | 0.92 | -7.13 | 1.69 | 0.30 | -0.25 | -0.26 | 0.69 |
| 5 1.353E+06 | 0.00 | -1.11 | -3.38 | -0.19 | 2.00 | -6.21 | 6.35 | 2.87 | -1.66 | -0.02 | -0.60 | 1.16 | -6.93 | 3.45 | 0.31 | -0.15 | -0.31 | 0.75 |
| 6 8.208E+05 | -0.01 | -1.97 | -0.63 | -0.20 | 0.82 | -4.85 | 6.71 | 0.04 | -3.05 | 0.01 | -0.85 | 1.95 | -6.24 | 4.98 | 0.31 | -0.26 | -0.38 | 0.76 |
| 7 3.877E+05 | 0.00 | -1.83 | -0.70 | -0.21 | 0.02 | -3.53 | 7.09 | 2.80 | -2.81 | 0.03 | -0.33 | 2.15 | -5.56 | 4.28 | 0.32 | -0.25 | -0.42 | 0.76 |
| 8 1.832E+05 | 0.00 | -3.85 | -1.14 | -0.22 | -0.34 | -2.04 | 8.65 | 7.38 | -1.53 | 0.03 | -0.24 | 1.49 | -4.67 | 3.91 | 0.32 | -0.72 | -0.92 | 0.76 |
| 9 8.652E+04 | -0.01 | -6.01 | -0.96 | -0.21 | -0.44 | -0.89 | 10.77 | 8.88 | 0.33 | 0.03 | -0.11 | 1.46 | -2.76 | 3.90 | 0.32 | -0.52 | -1.44 | 0.76 |
| 10 4.087E+04 | 0.00 | -2.07 | -0.54 | -0.21 | -0.35 | 0.00 | 11.64 | 8.75 | 1.59 | 0.03 | -0.07 | 1.65 | -2.86 | 2.23 | 0.32 | -0.20 | -1.74 | 0.76 |
| 11 1.930E+04 | 0.00 | -2.61 | -0.40 | -0.21 | -0.17 | 0.00 | 9.79 | 9.99 | 2.14 | 0.03 | -0.11 | 1.63 | -2.57 | 1.37 | 0.32 | -0.29 | -1.31 | 0.76 |
| 12 9.119E+03 | 0.00 | -3.64 | -0.20 | -0.21 | -0.04 | 0.00 | 7.26 | 10.99 | 2.33 | 0.03 | 0.00 | 1.56 | -1.95 | 0.72 | 0.32 | -0.04 | -1.12 | 0.76 |
| 13 4.307E+03 | 0.00 | -3.66 | -0.06 | -0.21 | 0.02 | 0.00 | 5.03 | 12.43 | 1.75 | 0.03 | 0.00 | 1.50 | -1.20 | 0.64 | 0.32 | -0.01 | -0.93 | 0.76 |
| 14 2.035E+03 | 0.00 | -4.41 | 0.01 | -0.21 | 0.13 | 0.00 | 4.93 | 10.42 | 7.48 | 0.03 | 0.00 | 0.98 | -1.32 | 0.93 | 0.32 | -0.22 | -0.90 | 0.76 |
| 15 9.611E+02 | 0.00 | -3.97 | -0.42 | -0.21 | 0.14 | 0.00 | 3.39 | 6.04 | 6.59 | 0.03 | 0.00 | 0.67 | -1.07 | 0.78 | 0.32 | -0.09 | -0.71 | 0.76 |
| 16 4.540E+02 | 0.00 | -2.88 | 0.37 | -0.21 | 0.11 | 0.00 | 1.42 | -1.06 | 3.37 | 0.03 | 0.00 | 0.28 | -0.73 | 0.28 | 0.32 | -0.01 | -0.49 | 0.76 |
| 17 2.144E+02 | 0.00 | -2.04 | 0.26 | -0.21 | 0.08 | 0.00 | 0.45 | -1.07 | 2.29 | 0.03 | 0.00 | 0.09 | -0.42 | 0.07 | 0.32 | -0.02 | -0.26 | 0.76 |
| 18 1.013E+02 | 0.00 | -0.50 | 0.08 | -0.24 | 0.03 | 0.00 | 0.43 | -0.91 | 1.43 | 0.01 | 0.00 | 0.09 | -0.05 | 0.03 | 0.30 | 0.00 | -0.05 | 0.73 |

| X-SECTION NO. : | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 |
|-------------------|-------|------|------|------|------|
| GRP. UPPER ENERGY | 925 | 819 | 859 | 889 | 899 |
| (EV) | CHI | CAP | CAP | CAP | CAP |
| 1 1.000E+07 | 0.37 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 2 6.065E+06 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 3 3.679E+06 | 0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 4 2.231E+06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 5 1.353E+06 | -0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 6 8.208E+05 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 7 3.877E+05 | -0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 8 1.832E+05 | -0.14 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 9 8.652E+04 | -0.12 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 10 4.087E+04 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11 1.930E+04 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 12 9.119E+03 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 13 4.307E+03 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 14 2.035E+03 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 15 9.611E+02 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 16 4.540E+02 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 17 2.144E+02 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 18 1.013E+02 | -0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

| NO. | CORRECTION | ALTERATION (%) |
|-----|------------|----------------|
| 1 | U-235 | -1.4 |
| 2 | U-238 | -1.6 |
| 3 | PU-239 | -0.2 |
| 4 | PU-240 | 0.0 |
| 5 | PU-241 | 0.1 |
| 6 | PU-242 | 0.0 |

表10.2-7 ケース3(88核特性、JENDL-3.2)の断面積調整量

RELATIVE ALTERATION OF CROSS SECTIONS (%)

| X-SECTION NO. : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| GRP. UPPER ENERGY (EV) | 949 | 6 | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 11 | 11 | 24 | 26 | 26 | 26 | 28 | 925 | 925 | 925 | |
| 1 1.000E+07 | -3.56 | 0.00 | -0.01 | -0.06 | 0.46 | -3.75 | 0.38 | -3.59 | -0.01 | -0.08 | 1.43 | -0.01 | 3.22 | 0.25 | -0.12 | -1.62 | 0.99 | 0.17 |
| 2 6.065E+06 | -1.61 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 7.76 | -2.57 | 0.67 | -5.68 | -0.08 | -0.08 | 1.68 | -0.03 | 3.69 | 0.27 | -0.13 | -1.39 | 0.87 | 0.12 |
| 3 3.679E+06 | -0.67 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | 5.28 | -1.60 | 0.89 | -7.30 | -0.17 | -0.20 | 1.78 | -0.01 | 17.81 | 0.71 | -0.30 | -2.25 | 0.63 | 0.18 |
| 4 2.231E+06 | 0.33 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | 11.60 | -0.75 | 0.80 | -6.60 | -1.04 | -0.59 | 1.91 | 0.10 | 3.45 | 0.51 | -0.76 | -1.70 | 0.51 | 0.33 |
| 5 1.353E+06 | 0.67 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | 34.71 | -0.43 | 0.55 | -2.39 | -5.11 | -1.60 | 1.55 | 0.29 | 5.35 | -2.43 | -2.18 | -0.33 | 0.72 | 0.30 |
| 6 8.208E+05 | 0.99 | 0.00 | -0.19 | 0.00 | 44.78 | -0.52 | 0.42 | -1.73 | -20.00 | -4.36 | 1.45 | 0.88 | 2.19 | -10.52 | -7.18 | 0.80 | 0.78 | 0.16 |
| 7 3.877E+05 | 1.34 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 29.45 | -0.85 | 0.41 | 0.00 | -10.21 | -3.99 | 1.32 | 1.42 | 2.62 | -10.48 | -7.01 | 1.12 | 1.02 | 0.10 |
| 8 1.832E+05 | 1.34 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | 28.85 | -0.13 | 0.94 | 0.00 | -0.63 | -2.20 | 0.86 | 1.61 | 2.97 | -5.14 | -3.41 | 1.79 | 0.77 | 0.07 |
| 9 8.652E+04 | 1.34 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 25.84 | -0.17 | 2.70 | 0.00 | -0.50 | -0.67 | 0.95 | 1.70 | 3.36 | -1.63 | -0.99 | 0.95 | 0.82 | 0.06 |
| 10 4.087E+04 | 1.34 | 0.00 | 0.11 | 0.00 | 21.03 | -0.72 | 3.46 | 0.00 | -0.31 | -0.08 | 1.02 | 1.29 | 2.46 | -0.45 | -0.22 | 3.06 | 0.47 | 0.06 |
| 11 1.930E+04 | 1.34 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 12.62 | -1.20 | 3.94 | 0.00 | -0.25 | -0.01 | 0.61 | 2.41 | 2.86 | -0.07 | -0.03 | 6.29 | 0.34 | 0.06 |
| 12 9.119E+03 | 1.34 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 5.41 | -0.59 | 4.06 | 0.00 | -0.13 | 0.00 | 0.08 | 2.09 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 15.90 | 0.07 | 0.06 |
| 13 4.307E+03 | 1.34 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 2.40 | -0.61 | 3.78 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | -0.96 | 2.22 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 7.28 | -0.41 | 0.06 |
| 14 2.035E+03 | 1.34 | 0.00 | 0.10 | 0.00 | 0.90 | -0.62 | 3.15 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | -3.26 | 4.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 5.27 | 0.11 | 0.06 |
| 15 9.611E+02 | 1.34 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | 0.60 | -0.54 | 1.54 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | -3.47 | 5.41 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.94 | 0.45 | 0.06 |
| 16 4.540E+02 | 1.34 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.60 | -0.05 | 0.98 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | -2.30 | 5.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 4.12 | 0.36 | 0.06 |
| 17 2.144E+02 | 1.34 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 0.60 | -0.05 | 0.77 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | -2.15 | 4.95 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 3.21 | 0.22 | 0.06 |
| 18 1.013E+02 | 1.34 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.60 | -0.03 | 0.61 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | -1.86 | 4.49 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.05 | 0.03 | 0.10 |
| X-SECTION NO. : | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| GRP. UPPER ENERGY (EV) | 925 | 928 | 928 | 928 | 928 | 928 | 949 | 949 | 949 | 949 | 949 | 940 | 940 | 940 | 940 | 941 | 941 | 941 |
| 1 1.000E+07 | 0.00 | -0.33 | 0.02 | 0.01 | 3.93 | -7.98 | -1.74 | -3.55 | 0.37 | 0.27 | -0.02 | -0.17 | -4.82 | 1.27 | 0.28 | 0.00 | -0.12 | 0.05 |
| 2 6.065E+06 | 0.10 | -0.59 | -0.01 | 0.04 | 8.03 | -14.73 | -2.15 | -4.45 | 0.22 | 0.33 | -0.05 | -0.18 | -6.32 | 1.29 | 0.31 | -0.02 | -0.33 | 0.25 |
| 3 3.679E+06 | 0.17 | -0.45 | -0.03 | 0.03 | 12.65 | -14.44 | -3.19 | -6.26 | 0.26 | 0.15 | -0.01 | -0.21 | -7.96 | 1.35 | 0.36 | -0.22 | -0.29 | 0.57 |
| 4 2.231E+06 | 0.18 | -0.24 | -0.31 | 0.03 | 11.14 | -5.19 | -4.03 | -10.22 | 0.58 | 0.08 | 0.10 | -0.24 | -7.57 | 1.75 | 0.44 | -0.33 | -0.25 | 0.88 |
| 5 1.353E+06 | 0.14 | 0.16 | 0.19 | 0.05 | 3.90 | -0.27 | -4.34 | -6.56 | 0.79 | 0.08 | 0.09 | -0.31 | -7.20 | 3.58 | 0.49 | -0.21 | -0.30 | 1.00 |
| 6 8.208E+05 | 0.28 | 0.19 | 0.34 | 0.04 | 1.42 | -0.28 | -4.49 | -1.07 | 0.81 | 0.11 | 0.09 | -0.51 | -6.28 | 5.14 | 0.48 | -0.34 | -0.38 | 0.98 |
| 7 3.877E+05 | 0.19 | 0.16 | 0.51 | 0.05 | 0.66 | -0.32 | -4.75 | -0.56 | 0.98 | 0.14 | 0.08 | -0.57 | -5.44 | 4.39 | 0.47 | -0.32 | -0.45 | 0.97 |
| 8 1.832E+05 | 0.08 | 0.13 | 0.51 | 0.05 | 0.53 | -0.26 | -5.64 | 5.49 | 1.43 | 0.14 | -0.04 | -0.39 | -4.31 | 3.99 | 0.47 | -0.88 | -0.57 | 0.97 |
| 9 8.652E+04 | 0.01 | -0.05 | 0.31 | 0.05 | 0.49 | -0.18 | -7.24 | 7.68 | 1.83 | 0.14 | -0.03 | -0.39 | -2.46 | 3.93 | 0.47 | -0.61 | -1.83 | 0.97 |
| 10 4.087E+04 | 0.00 | -0.40 | -0.22 | 0.05 | 0.52 | 0.00 | -7.95 | 8.88 | 2.73 | 0.14 | -0.05 | -0.44 | -2.45 | 2.14 | 0.47 | -0.22 | -2.38 | 0.97 |
| 11 1.930E+04 | 0.00 | -1.13 | -0.61 | 0.05 | 0.44 | 0.00 | -6.55 | 13.36 | 2.35 | 0.14 | -0.21 | -0.43 | -2.06 | 1.23 | 0.47 | -0.29 | -1.90 | 0.97 |
| 12 9.119E+03 | 0.00 | -2.10 | -0.79 | 0.05 | 0.36 | 0.00 | -4.82 | 22.51 | 3.29 | 0.14 | -0.01 | -0.41 | -1.43 | 0.58 | 0.47 | -0.04 | -1.67 | 0.97 |
| 13 4.307E+03 | 0.00 | -2.97 | -0.59 | 0.05 | 0.31 | 0.00 | -3.32 | 24.06 | 3.42 | 0.14 | 0.00 | -0.40 | -0.70 | 0.40 | 0.47 | -0.01 | -1.39 | 0.97 |
| 14 2.035E+03 | 0.00 | -4.13 | -0.61 | 0.05 | 0.42 | 0.00 | -3.34 | 23.37 | 4.98 | 0.14 | 0.00 | -0.26 | -0.68 | 0.53 | 0.47 | -0.18 | -1.40 | 0.97 |
| 15 9.611E+02 | 0.00 | -4.73 | -0.50 | 0.05 | 0.41 | 0.00 | -2.32 | 12.68 | 1.56 | 0.14 | 0.00 | -0.18 | -0.50 | 0.43 | 0.47 | -0.06 | -1.09 | 0.97 |
| 16 4.540E+02 | 0.00 | -4.40 | 0.08 | 0.05 | 0.35 | 0.00 | -0.95 | 7.24 | 1.01 | 0.14 | 0.00 | -0.08 | -0.32 | 0.15 | 0.47 | -0.01 | -0.74 | 0.97 |
| 17 2.144E+02 | 0.00 | -3.78 | 0.18 | 0.05 | 0.27 | 0.00 | -0.30 | 5.01 | 0.88 | 0.14 | 0.00 | -0.02 | -0.18 | 0.04 | 0.47 | -0.02 | -0.39 | 0.97 |
| 18 1.013E+02 | 0.00 | -1.00 | 0.08 | 0.04 | 0.13 | 0.00 | -0.29 | 2.21 | 0.69 | 0.11 | 0.00 | -0.02 | -0.02 | 0.03 | 0.46 | 0.00 | -0.07 | 0.96 |

RELATIVE ALTERATION OF CORRECTIONS (%)

| NO. | CORRECTION | ALTERATION (%) |
|-----|------------|----------------|
| 1 | U-235 | -1.4 |
| 2 | U-238 | -1.4 |
| 3 | PU-239 | 0.0 |
| 4 | PU-240 | 0.0 |
| 5 | PU-241 | 0.1 |
| 6 | PU-242 | 0.0 |

表10.2-8 ケース4(88核特性、JENDL-2)の断面積調整量

RELATIVE ALTERATION OF CROSS SECTIONS (%)

| X-SECTION NO. : | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|------|-------|--------|-------|-------|-------|------|
| GRP. UPPER ENERGY | 949 | 5 | 8 | 8 | 8 | 11 | 11 | 11 | 11 | 24 | 26 | 26 | 26 | 26 | 28 | 925 | 925 | 925 |
| (EV) | CHI | CAP | ELA | INEL | MU | CAP | ELA | INEL | MU | MU | CAP | ELA | INEL | MU | MU | CAP | FIS | NU |
| 1 1.000E+07 | -2.42 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | 0.18 | -5.12 | 0.44 | -4.25 | -0.15 | -0.29 | 1.29 | 0.03 | 6.05 | -0.49 | -0.21 | -3.23 | 0.96 | 0.18 |
| 2 6.065E+06 | -1.07 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 3.91 | -3.53 | 0.82 | -7.04 | -0.84 | -0.31 | 1.43 | 0.12 | 6.97 | -0.53 | -0.22 | -3.47 | 0.80 | 0.16 |
| 3 3.679E+06 | -0.44 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 2.89 | -2.22 | 1.23 | -9.91 | -3.09 | -0.78 | 1.43 | 0.21 | 32.47 | -1.29 | -0.54 | -5.14 | 0.51 | 0.18 |
| 4 2.231E+06 | 0.23 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | 10.80 | -1.12 | 1.41 | -10.07 | -4.13 | -1.46 | 1.34 | 0.29 | 2.20 | -2.72 | -1.19 | -6.26 | 0.19 | 0.29 |
| 5 1.353E+06 | 0.45 | 0.00 | -0.06 | 0.00 | 57.25 | -0.78 | 1.18 | -2.82 | -5.84 | -2.22 | 0.95 | 0.33 | 0.10 | -5.26 | -2.68 | -2.65 | 0.28 | 0.24 |
| 6 8.208E+05 | 0.65 | 0.00 | -0.77 | 0.00 | 81.41 | -1.02 | 0.94 | -0.90 | -3.58 | -4.83 | 0.56 | 0.43 | -1.48 | -13.88 | -8.10 | 0.40 | -0.61 | 0.13 |
| 7 3.877E+05 | 0.88 | 0.00 | -0.34 | 0.00 | 54.11 | -1.78 | 0.03 | 3.06 | -5.84 | -4.09 | 0.36 | 0.44 | -1.62 | -12.25 | -7.72 | -0.04 | -0.71 | 0.08 |
| 8 1.832E+05 | 0.90 | 0.00 | -0.09 | 0.00 | 53.01 | -0.32 | -0.21 | 2.95 | 0.01 | -1.99 | 0.06 | 0.26 | -1.85 | -4.98 | -3.55 | -0.62 | -1.39 | 0.05 |
| 9 8.652E+04 | 0.90 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | 47.48 | -0.43 | -0.29 | 2.36 | 0.01 | -0.50 | 0.03 | 0.17 | -2.27 | -0.96 | -0.89 | -0.81 | -1.90 | 0.05 |
| 10 4.087E+04 | 0.91 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 38.65 | -1.42 | 0.63 | 0.00 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | 0.04 | -1.54 | -0.18 | -0.16 | -0.58 | -1.47 | 0.05 |
| 11 1.930E+04 | 0.91 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 23.19 | -2.33 | 1.43 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.24 | -1.81 | -0.01 | -0.02 | -0.44 | -1.83 | 0.05 |
| 12 9.119E+03 | 0.91 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 9.94 | -1.15 | 1.95 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -1.74 | 0.23 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.26 | -3.06 | 0.05 |
| 13 4.307E+03 | 0.91 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 4.42 | -1.18 | 2.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.91 | 0.32 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.09 | -2.19 | 0.05 |
| 14 2.035E+03 | 0.91 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 1.66 | -1.18 | 1.85 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -6.41 | 0.77 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.41 | -0.01 | 0.05 |
| 15 9.611E+02 | 0.91 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | 1.10 | -1.04 | 0.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -5.87 | 0.97 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.86 | 1.36 | 0.05 |
| 16 4.540E+02 | 0.91 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 1.10 | -0.10 | 0.53 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -3.43 | 0.96 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.72 | 0.87 | 0.05 |
| 17 2.144E+02 | 0.91 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 1.10 | -0.10 | 0.39 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -2.84 | 0.88 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 2.19 | 0.48 | 0.05 |
| 18 1.013E+02 | 0.91 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.10 | -0.06 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | -2.13 | 0.69 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.05 | 0.05 | 0.06 | |
| X-SECTION NO. : | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
| GRP. UPPER ENERGY | 925 | 928 | 928 | 928 | 928 | 928 | 928 | 949 | 949 | 949 | 949 | 940 | 940 | 940 | 940 | 941 | 941 | 941 |
| (EV) | INEL | CAP | FIS | NU | ELA | INEL | MU | CAP | FIS | NU | INEL | MU | CAP | FIS | NU | CAP | FIS | NU |
| 1 1.000E+07 | 0.01 | -0.40 | 0.10 | 0.06 | 0.60 | -7.27 | 2.18 | -0.01 | 0.29 | 0.29 | 0.01 | 0.09 | -5.32 | 1.40 | 0.28 | 0.00 | -0.01 | 0.02 |
| 2 6.065E+06 | 0.11 | -0.75 | 0.06 | -0.13 | 2.44 | -11.99 | 2.70 | -0.01 | 0.07 | 0.35 | 0.02 | 0.09 | -6.98 | 1.42 | 0.32 | -0.02 | -0.04 | 0.26 |
| 3 3.679E+06 | 0.17 | -0.71 | 0.07 | -0.21 | 2.59 | -9.50 | 4.21 | 1.00 | 0.03 | 0.13 | 0.04 | 0.11 | -8.78 | 1.49 | 0.36 | -0.25 | -0.04 | 0.64 |
| 4 2.231E+06 | 0.17 | -1.20 | -0.02 | -0.26 | 3.37 | -11.22 | 5.23 | 2.25 | 0.03 | 0.05 | -0.06 | 0.13 | -8.35 | 1.92 | 0.44 | -0.38 | -0.03 | 0.98 |
| 5 1.353E+06 | 0.10 | -0.66 | 0.42 | -0.26 | 1.93 | -7.17 | 5.14 | 0.41 | -0.52 | 0.05 | -0.04 | 0.16 | -7.97 | 3.94 | 0.47 | -0.24 | -0.04 | 1.09 |
| 6 8.208E+05 | 0.24 | -1.33 | 0.17 | -0.26 | 0.98 | -5.64 | 5.52 | -2.37 | -0.74 | 0.09 | -0.19 | 0.30 | -7.02 | 5.65 | 0.48 | -0.38 | -0.06 | 1.09 |
| 7 3.877E+05 | 0.18 | -1.17 | 0.31 | -0.25 | 0.09 | -3.77 | 5.90 | -0.47 | -0.72 | 0.12 | -0.05 | 0.33 | -6.14 | 4.84 | 0.49 | -0.36 | -0.10 | 1.11 |
| 8 1.832E+05 | 0.08 | -2.23 | 0.19 | -0.25 | -0.33 | -1.76 | 7.38 | 3.10 | -0.20 | 0.13 | -0.13 | 0.24 | -4.98 | 4.41 | 0.49 | -1.01 | -0.28 | 1.11 |
| 9 8.652E+04 | 0.01 | -3.38 | -0.42 | -0.25 | -0.54 | -0.71 | 9.01 | 5.51 | 0.86 | 0.12 | -0.05 | 0.23 | -2.89 | 4.36 | 0.49 | -0.71 | -0.57 | 1.11 |
| 10 4.087E+04 | 0.00 | -1.18 | -0.75 | -0.25 | -0.55 | 0.00 | 9.68 | 6.57 | 0.91 | 0.12 | -0.04 | 0.27 | -2.95 | 2.42 | 0.49 | -0.27 | -0.88 | 1.11 |
| 11 1.930E+04 | 0.00 | -1.69 | -1.07 | -0.25 | -0.31 | 0.00 | 8.26 | 9.57 | 1.39 | 0.12 | -0.15 | 0.27 | -2.58 | 1.44 | 0.49 | -0.37 | -0.73 | 1.11 |
| 12 9.119E+03 | 0.00 | -2.75 | -1.17 | -0.25 | -0.12 | 0.00 | 6.18 | 14.52 | 1.99 | 0.12 | 0.00 | 0.25 | -1.92 | 0.72 | 0.49 | -0.05 | -0.67 | 1.11 |
| 13 4.307E+03 | 0.00 | -3.22 | -0.55 | -0.25 | -0.03 | 0.00 | 4.28 | 15.86 | 1.77 | 0.12 | 0.00 | 0.24 | -1.14 | 0.58 | 0.49 | -0.01 | -0.58 | 1.11 |
| 14 2.035E+03 | 0.00 | -4.46 | -0.48 | -0.25 | 0.10 | 0.00 | 4.12 | 14.74 | 7.84 | 0.12 | 0.00 | 0.16 | -1.27 | 0.86 | 0.49 | -0.27 | -0.56 | 1.11 |
| 15 9.611E+02 | 0.00 | -4.50 | -0.42 | -0.25 | 0.14 | 0.00 | 2.81 | 7.48 | 7.47 | 0.12 | 0.00 | 0.11 | -1.09 | 0.76 | 0.49 | -0.11 | -0.43 | 1.11 |
| 16 4.540E+02 | 0.00 | -3.51 | 0.27 | -0.25 | 0.13 | 0.00 | 1.20 | -1.50 | 3.95 | 0.12 | 0.00 | 0.05 | -0.80 | 0.28 | 0.49 | -0.02 | -0.29 | 1.11 |
| 17 2.144E+02 | 0.00 | -2.60 | 0.31 | -0.25 | 0.10 | 0.00 | 0.38 | -1.73 | 2.84 | 0.12 | 0.00 | 0.01 | -0.52 | 0.07 | 0.49 | -0.04 | -0.14 | 1.11 |
| 18 1.013E+02 | 0.00 | -0.65 | 0.12 | -0.25 | 0.04 | 0.00 | 0.37 | -1.56 | 1.88 | 0.13 | 0.00 | 0.01 | -0.07 | 0.07 | 0.49 | 0.00 | -0.02 | 1.11 |

RELATIVE ALTERATION OF CORRECTIONS (%)

| NO. | CORRECTION | ALTERATION (%) |
|-----|------------|----------------|
| 1 | U-235 | -1.5 |
| 2 | U-238 | -3.0 |
| 3 | PU-239 | -1.1 |
| 4 | PU-240 | -0.1 |
| 5 | PU-241 | 0.1 |
| 6 | PU-242 | 0.0 |

表10.5-1 ケース1(84核特性、JENDL-3.2)の χ^2 値

----- AFTER ADJUST CHI-SQUARE DATA -----

| | | | |
|----|-------------------|---|-------|
| A) | DEGREE OF FREEDOM | : | 84 |
| B) | CHI-SQUARE | : | 36.98 |
| C) | RATIO(B/A) | : | 0.44 |

< REACTOR CHARACTERISTICS COMPONENT >

| NO. | CODE NAME | CHI-SQUARE | CONTRIBUTION (%) | ABSOLUTE VALUE | | |
|-----|------------------------------------|------------|------------------|----------------|-----------|-------------|
| | | | | VE | VM | GMG OR GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 1.94E-01 | 0.5 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.612E-04 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 1.06E-01 | 0.3 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.729E-03 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 1.04E-02 | 0.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.648E-04 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 1.26E+00 | 3.4 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.358E-03 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(ICC,CC) | 3.62E-01 | 1.0 | 4.000E-04 | 1.000E-04 | 1.408E-03 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 2.41E-01 | 0.7 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.065E-04 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.61E-01 | 0.4 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.345E-04 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 6.54E-01 | 1.8 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 2.357E-04 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 4.20E-01 | 1.1 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 5.063E-04 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 4.73E-01 | 1.3 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.027E-04 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 2.88E-01 | 0.8 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.197E-04 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 1.79E-01 | 0.5 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.846E-03 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 5.28E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.623E-03 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 5.50E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.433E-03 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 1.17E-01 | 0.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.394E-03 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 6.63E-02 | 0.2 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.400E-03 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 6.56E-02 | 0.2 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.424E-03 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 1.62E-01 | 0.4 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 6.611E-03 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 6.97E-02 | 0.2 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 1.074E-02 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 1.65E-01 | 0.4 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.496E-04 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 1.11E-01 | 0.3 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.531E-03 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 7.72E-02 | 0.2 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.486E-04 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 1.34E+00 | 3.6 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.368E-03 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 6.42E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 4.717E-05 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 8.17E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.296E-04 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 5.76E-01 | 1.6 | 1.690E-04 | 6.250E-04 | 8.394E-05 |
| 27 | ZPPR-10A CR(CC) | 1.27E-01 | 0.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.733E-03 |
| 28 | ZPPR-10A CR(R1) | 4.70E-01 | 1.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.580E-03 |
| 29 | ZPPR-10A CR(R2) | 2.82E-01 | 0.8 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.386E-03 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 2.27E-01 | 0.6 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.353E-04 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 1.13E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.392E-03 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 5.23E-02 | 0.1 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.374E-04 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 1.48E+00 | 4.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.449E-03 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.80E-02 | 0.0 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.170E-05 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 7.93E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.536E-04 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 1.59E-01 | 0.4 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.593E-04 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 5.06E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.560E-03 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 1.24E-01 | 0.3 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.518E-04 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 1.49E+00 | 4.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.372E-03 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=ICO)/F49(R=CC) | 7.44E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 1.344E-05 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OCC)/F49(R=CC) | 6.96E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 1.532E-04 |
| 42 | ZPPR-10C CR(CC) | 1.08E-02 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.562E-03 |
| 43 | ZPPR-10C CR(R1) | 2.27E-01 | 0.6 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.504E-03 |
| 44 | ZPPR-10C CR(R2) | 3.35E-01 | 0.9 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.342E-03 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 1.12E-01 | 0.3 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.350E-04 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 3.58E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 2.898E-03 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 4.07E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 9.000E-04 | 1.196E-02 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 2.65E-03 | 0.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.326E-04 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 5.63E-04 | 0.0 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 8.889E-04 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 6.49E-01 | 1.8 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.379E-03 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 5.23E-01 | 1.4 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.184E-03 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 3.26E-02 | 0.1 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 7.407E-05 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 3.00E-02 | 0.1 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.834E-04 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 2.60E+00 | 7.0 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.097E-04 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 4.08E+00 | 11.0 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 3.446E-04 |
| 56 | ZPPR-17A F49(ICE,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 2.76E+00 | 7.5 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 1.571E-04 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 1.16E-01 | 0.3 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.022E-04 |
| 58 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 3.35E+00 | 9.0 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.111E-04 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.02E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 6.679E-05 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.26E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 2.290E-04 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.94E+00 | 5.2 | 1.000E-02 | 2.704E-03 | 8.044E-03 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 3.44E-01 | 0.9 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 4.790E-03 |

| | | | | | | | |
|----------------|----------|---------------------------|----------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 63 | ZPPR-17A | F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 2.29E-01 | 0.6 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 4.098E-03 |
| 64 | ZPPR-17A | F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.54E-01 | 0.4 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 2.473E-04 |
| 65 | ZPPR-17A | F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.95E+00 | 5.3 | 2.500E-03 | 2.704E-03 | 2.613E-03 |
| 66 | ZPPR-17A | CR (CC) | 4.96E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.256E-03 |
| 67 | ZPPR-17A | NAV (S2D,CORE) | 4.36E-01 | 1.2 | 1.225E-03 | 8.100E-03 | 1.703E-02 |
| 68 | ZPPR-17A | NAV (S2D,I8) | 6.68E-01 | 1.8 | 1.600E-03 | 8.100E-03 | 4.577E-03 |
| 69 | ZPPR-19B | KEFF | 9.59E-02 | 0.3 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.535E-04 |
| 70 | ZPPR-19B | F28/F49(ICC,ZCC) | 3.51E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.673E-03 |
| 71 | ZPPR-19B | F25/F49(ICC,ZCC) | 1.59E-02 | 0.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.714E-04 |
| 72 | ZPPR-19B | C28/F49(ICC,ZCC) | 9.48E-01 | 2.6 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.456E-03 |
| 73 | ZPPR-19B | F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 5.30E-01 | 1.4 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 1.105E-03 |
| 74 | ZPPR-19B | F49(OCM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 3.27E-01 | 0.9 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.960E-03 |
| 75 | ZPPR-19B | CR(R1) | 7.60E-01 | 2.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.400E-03 |
| 76 | ZPPR-19B | CR(R2) | 3.54E-01 | 1.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.139E-03 |
| 77 | ZPPR-19B | CR(R3) | 2.90E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.367E-03 |
| 78 | ZPPR-13A | KEFF | 2.58E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.334E-04 |
| 79 | ZPPR-13A | F25/F49(BL1,CC) | 1.83E-01 | 0.5 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.013E-03 |
| 80 | ZPPR-13A | F25/F49(FR1,CC) | 5.28E-02 | 0.1 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.220E-04 |
| 81 | ZPPR-13A | C28/F49(BL1,CC) | 2.54E+00 | 6.9 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.273E-03 |
| 82 | ZPPR-13A | C28/F49(FR1,CC) | 6.18E-01 | 1.7 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.477E-03 |
| 83 | ZPPR-13C | HIGH240(S2) | 5.90E-01 | 1.6 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 1.064E-01 |
| 84 | ZPPR-13C | HIGH240(S3) | 6.24E-01 | 1.7 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 9.089E-02 |
| DIAGONAL TOTAL | | | 4.05E+01 | 109.5 | | | |
| TOTAL | | | | 36.98 | 100.0 | | |

表10.5-2 ケース2(84核特性、JENDL-2)の χ^2 値

----- AFTER ADJUST CHI-SQUARE DATA -----

| | | | |
|----|-------------------|---|-------|
| A) | DEGREE OF FREEDOM | : | 84 |
| B) | CHI-SQUARE | : | 37.64 |
| C) | RATIO(B/A) | : | 0.45 |

< REACTOR CHARACTERISTICS COMPONENT >

| NO. | CODE NAME | CHI-SQUARE | CONTRIBUTION (%) | ABSOLUTE VALUE | | |
|-----|------------------------------------|------------|------------------|----------------|-----------|-------------|
| | | | | VE | VM | GMG OR GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 7.42E-02 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.411E-04 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 5.74E-02 | 0.2 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.996E-03 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 6.54E-02 | 0.2 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.330E-03 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 6.15E-01 | 1.6 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.246E-03 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(ICH',CC) | 0.00E+00 | 0.0 | 4.000E-04 | 1.000E-04 | 2.332E-03 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.97E+00 | 5.2 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 3.486E-04 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.41E+00 | 3.8 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 5.565E-04 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 1.82E+00 | 4.8 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 4.249E-04 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 1.14E+00 | 3.0 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 9.510E-04 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 2.57E+00 | 6.8 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 3.487E-04 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 1.79E+00 | 4.8 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 5.370E-04 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 2.89E+00 | 7.7 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.093E-03 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 2.07E+00 | 5.5 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.730E-03 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 7.18E-01 | 1.9 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.372E-03 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 3.42E-01 | 0.9 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.271E-03 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 4.13E-01 | 1.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.283E-03 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 2.92E-01 | 0.8 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.330E-03 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 1.34E+00 | 3.6 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 9.029E-03 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 1.69E+00 | 4.5 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 1.508E-02 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 7.56E-02 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.104E-04 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 6.65E-02 | 0.2 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.587E-03 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 2.94E-01 | 0.8 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.305E-03 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 7.54E-01 | 2.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.275E-03 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.01E+00 | 2.7 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 7.705E-05 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 9.38E-01 | 2.5 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.631E-04 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 2.85E-02 | 0.1 | 1.690E-04 | 6.250E-04 | 9.152E-05 |
| 27 | ZPPR-10A CRC(CC) | 6.82E-01 | 1.8 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.006E-03 |
| 28 | ZPPR-10A CRC(R1) | 2.24E-01 | 0.6 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.717E-03 |
| 29 | ZPPR-10A CRC(R2) | 3.38E-04 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.248E-03 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 4.90E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.141E-04 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 6.73E-03 | 0.0 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.358E-03 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 2.35E-01 | 0.6 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.363E-03 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 8.26E-01 | 2.2 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.543E-03 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.18E+00 | 3.1 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 3.610E-05 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 8.94E-01 | 2.4 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 4.080E-04 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 8.42E-02 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.322E-04 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 2.62E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.655E-03 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 3.51E-01 | 0.9 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.325E-03 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 8.24E-01 | 2.2 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.306E-03 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=ICO)/F49(R=CC) | 1.25E+00 | 3.3 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.273E-05 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OCO)/F49(R=CC) | 9.35E-01 | 2.5 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.522E-04 |
| 42 | ZPPR-10C CRC(CC) | 8.58E-01 | 2.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.785E-03 |
| 43 | ZPPR-10C CRC(R1) | 2.84E-01 | 0.8 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.649E-03 |
| 44 | ZPPR-10C CRC(R2) | 1.42E-03 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.115E-03 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 3.40E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 5.903E-04 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 1.25E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 5.347E-03 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 1.74E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 9.000E-04 | 2.061E-02 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 7.65E-02 | 0.2 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.272E-03 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 9.43E-02 | 0.3 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.746E-03 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 3.69E-01 | 1.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.234E-03 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 3.90E-01 | 1.0 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 2.216E-03 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 2.19E+00 | 5.8 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 1.152E-04 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 1.66E+00 | 4.4 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 4.394E-04 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 6.67E-01 | 1.8 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.605E-04 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 3.23E+00 | 8.6 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 5.363E-04 |
| 56 | ZPPR-17A F49(ICE,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 3.56E-01 | 0.9 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.194E-04 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 2.33E+00 | 6.2 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 4.675E-04 |
| 58 | ZPPR-17A F49(RBM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 2.67E-00 | 7.1 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 3.140E-04 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 4.16E-01 | 1.1 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 1.023E-04 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 4.24E-01 | 1.1 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 3.488E-04 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 3.72E-01 | 1.0 | 1.000E-02 | 2.704E-03 | 1.623E-02 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 3.00E-02 | 0.1 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 8.188E-03 |

| | | | | | | | |
|----------------|----------|---------------------------|----------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 63 | ZPPR-17A | F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.47E-02 | 0.0 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 6.862E-03 |
| 64 | ZPPR-17A | F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.39E+00 | 3.7 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 3.750E-04 |
| 65 | ZPPR-17A | F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 7.97E-01 | 2.1 | 2.500E-03 | 2.704E-03 | 4.284E-03 |
| 66 | ZPPR-17A | CR (CC) | 3.01E+00 | 8.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.762E-03 |
| 67 | ZPPR-17A | NAV (S2D,CORE) | 1.48E+00 | 3.9 | 1.225E-03 | 8.100E-03 | 2.407E-02 |
| 68 | ZPPR-17A | NAV (S2D,IB) | 2.72E+00 | 7.2 | 1.600E-03 | 8.100E-03 | 7.524E-03 |
| 69 | ZPPR-19B | KEFF | 4.06E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.124E-04 |
| 70 | ZPPR-19B | F28/F49(ICC,ZCC) | 2.07E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.941E-03 |
| 71 | ZPPR-19B | F25/F49(ICC,ZCC) | 1.38E-01 | 0.4 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.486E-03 |
| 72 | ZPPR-19B | C28/F49(ICC,ZCC) | 4.93E-01 | 1.3 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.673E-03 |
| 73 | ZPPR-19B | F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 7.48E-01 | 2.0 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.716E-03 |
| 74 | ZPPR-19B | F49(OCM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 4.72E-01 | 1.3 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 7.119E-03 |
| 75 | ZPPR-19B | CR(R1) | 2.40E+00 | 6.4 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 6.031E-03 |
| 76 | ZPPR-19B | CR(R2) | 2.05E+00 | 5.5 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.792E-03 |
| 77 | ZPPR-19B | CR(R3) | 7.02E-03 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 8.546E-03 |
| 78 | ZPPR-13A | KEFF | 6.44E-05 | 0.0 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.116E-04 |
| 79 | ZPPR-13A | F25/F49(BL1,CC) | 4.50E-01 | 1.2 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.942E-03 |
| 80 | ZPPR-13A | F25/F49(CFR1,CC) | 1.57E-01 | 0.4 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.368E-03 |
| 81 | ZPPR-13A | C28/F49(BL1,CC) | 1.49E+00 | 4.0 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 2.297E-03 |
| 82 | ZPPR-13A | C28/F49(CFR1,CC) | 3.09E-01 | 0.8 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.540E-03 |
| 83 | ZPPR-13C | HIGH240(S2) | 6.57E-01 | 1.7 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 1.335E-01 |
| 84 | ZPPR-13C | HIGH240(S3) | 6.03E-01 | 1.6 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 1.135E-01 |
| DIAGONAL TOTAL | | | 6.80E+01 | 180.5 | | | |
| TOTAL | | | 37.64 | 100.0 | | | |

表10.5-3 ケース3(88核特性、JENDL-3.2)の χ^2 値

----- AFTER ADJUST CHI-SQUARE DATA -----

| | | | |
|----|-------------------|---|-------|
| A) | DEGREE OF FREEDOM | : | 88 |
| B) | CHI-SQUARE | : | 47.26 |
| C) | RATIO(B/A) | : | 0.54 |

< REACTOR CHARACTERISTICS COMPONENT >

| NO. | CODE NAME | CHI-SQUARE | CONTRIBUTION (%) | ABSOLUTE VALUE | | |
|-----|------------------------------------|------------|------------------|----------------|-----------|-------------|
| | | | | VE | VM | GMG OR GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 1.94E-01 | 0.4 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.612E-04 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 1.06E-01 | 0.2 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.730E-03 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 1.04E-02 | 0.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.648E-04 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 1.26E+00 | 2.7 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.358E-03 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(ICH',CC) | 3.62E-01 | 0.8 | 4.000E-04 | 1.000E-04 | 1.408E-03 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 2.41E-01 | 0.5 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.065E-04 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.61E-01 | 0.3 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.346E-04 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 6.54E-01 | 1.4 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 2.357E-04 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 4.20E-01 | 0.9 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 5.063E-04 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 4.73E-01 | 1.0 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.027E-04 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 2.88E-01 | 0.6 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.197E-04 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 1.79E-01 | 0.4 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.846E-03 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 5.28E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.623E-03 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 5.50E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.433E-03 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 1.17E-01 | 0.2 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.394E-03 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 6.63E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.400E-03 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 6.56E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.424E-03 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 1.62E-01 | 0.3 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 6.611E-03 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 6.97E-02 | 0.1 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 1.074E-02 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 1.65E-01 | 0.3 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.496E-04 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 1.11E-01 | 0.2 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.532E-03 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 7.72E-02 | 0.2 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.486E-04 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 1.34E+00 | 2.8 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.368E-03 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 6.42E-02 | 0.1 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 4.717E-05 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 8.17E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.296E-04 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 5.76E-01 | 1.2 | 1.690E-04 | 6.250E-04 | 8.394E-05 |
| 27 | ZPPR-10A CR(CC) | 1.27E-01 | 0.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.733E-03 |
| 28 | ZPPR-10A CR(R1) | 4.70E-01 | 1.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.580E-03 |
| 29 | ZPPR-10A CR(R2) | 2.82E-01 | 0.6 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.386E-03 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 2.27E-01 | 0.5 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.353E-04 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 1.12E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.393E-03 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 5.23E-02 | 0.1 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.374E-04 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 1.48E+00 | 3.1 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.449E-03 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.80E-02 | 0.0 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.170E-05 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 7.93E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.536E-04 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 1.59E-01 | 0.3 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.593E-04 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 5.06E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.561E-03 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 1.24E-01 | 0.3 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.518E-04 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 1.49E+00 | 3.1 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.372E-03 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=IC0)/F49(R=CC) | 7.44E-02 | 0.2 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 1.344E-05 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OC0)/F49(R=CC) | 6.96E-02 | 0.1 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 1.532E-04 |
| 42 | ZPPR-10C CR(CC) | 1.08E-02 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.562E-03 |
| 43 | ZPPR-10C CR(R1) | 2.27E-01 | 0.5 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.504E-03 |
| 44 | ZPPR-10C CR(R2) | 3.35E-01 | 0.7 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.342E-03 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 1.12E-01 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.350E-04 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 3.58E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 2.899E-03 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 4.07E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 9.000E-04 | 1.196E-02 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 2.65E-03 | 0.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.326E-04 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 5.63E-04 | 0.0 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 8.889E-04 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 6.49E-01 | 1.4 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.379E-03 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 5.23E-01 | 1.1 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.184E-03 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 3.26E-02 | 0.1 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 7.407E-05 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 3.00E-02 | 0.1 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.834E-04 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 2.60E+00 | 5.5 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.097E-04 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 4.08E+00 | 8.6 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 3.447E-04 |
| 56 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 2.76E+00 | 5.8 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 1.571E-04 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 1.16E-01 | 0.2 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.022E-04 |
| 58 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 3.35E+00 | 7.1 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.111E-04 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.02E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 6.679E-05 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.26E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 2.290E-04 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 1.94E+00 | 4.1 | 1.000E-02 | 2.704E-03 | 8.044E-03 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 3.44E-01 | 0.7 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 4.790E-03 |

| | | | | | | | |
|-----------------------|-----------|---------------------------|-----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 63 | ZPPR-17A | F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 2.29E-01 | 0.5 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 4.098E-03 |
| 64 | ZPPR-17A | F28(OBM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.54E-01 | 0.3 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 2.473E-03 |
| 65 | ZPPR-17A | F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.95E+00 | 4.1 | 2.500E-03 | 2.704E-03 | 2.613E-03 |
| 66 | ZPPR-17A | CR (CC) | 4.96E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.256E-03 |
| 67 | ZPPR-17A | NAV (52D,CORE) | 4.36E-01 | 0.9 | 1.225E-03 | 8.100E-03 | 1.703E-02 |
| 68 | ZPPR-17A | NAV (52D,IB) | 6.68E-01 | 1.4 | 1.600E-03 | 8.100E-03 | 4.577E-03 |
| 69 | ZPPR-19B | KEFF | 9.59E-02 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.535E-04 |
| 70 | ZPPR-19B | F28/F49(ICC,ZCC) | 3.51E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 3.674E-03 |
| 71 | ZPPR-19B | F25/F49(ICC,ZCC) | 1.59E-02 | 0.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.714E-04 |
| 72 | ZPPR-19B | C28/F49(ICC,ZCC) | 9.48E-01 | 2.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.456E-03 |
| 73 | ZPPR-19B | F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 5.30E-01 | 1.1 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 1.105E-03 |
| 74 | ZPPR-19B | F49(OBM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 3.27E-01 | 0.7 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.960E-03 |
| 75 | ZPPR-19B | CR(R1) | 7.60E-01 | 1.6 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.400E-03 |
| 76 | ZPPR-19B | CR(R2) | 3.54E-01 | 0.7 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.139E-03 |
| 77 | ZPPR-19B | CR(R3) | 2.90E-02 | 0.1 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.367E-03 |
| 78 | ZPPR-13A | KEFF | 2.58E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.334E-04 |
| 79 | ZPPR-13A | F25/F49(BL1,CC) | 1.83E-01 | 0.4 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.013E-03 |
| 80 | ZPPR-13A | F25/F49(FR1,CC) | 5.28E-02 | 0.1 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 9.220E-04 |
| 81 | ZPPR-13A | C28/F49(BL1,CC) | 2.54E+00 | 5.4 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.273E-03 |
| 82 | ZPPR-13A | C28/F49(FR1,CC) | 6.18E-01 | 1.3 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 1.477E-03 |
| 83 | ZPPR-13C | HIGH240(S2) | 5.90E-01 | 1.2 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 1.064E-01 |
| 84 | ZPPR-13C | HIGH240(S3) | 6.24E-01 | 1.3 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 9.089E-02 |
| 85 | FCA X-1 | KEFF | 5.34E-01 | 1.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.219E-04 |
| 86 | JOYO MK-I | KEFF | 1.85E-01 | 0.4 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 1.746E-04 |
| 87 | JOYO MK-2 | KEFF | 3.67E-01 | 0.8 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 1.542E-04 |
| 88 | FCAXVII | KEFF | 1.65E-01 | 0.4 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 2.255E-04 |
| DIAGONAL TOTAL | | | 4.17E+01 | 88.3 | | | |
| TOTAL | | | 47.26 | 100.0 | | | |

表10.5-4 ケース4(88核特性、JENDL-2)の χ^2 値

----- AFTER ADJUST CHI-SQUARE DATA -----

| | | | |
|----|-------------------|---|-------|
| A) | DEGREE OF FREEDOM | : | 88 |
| B) | CHI-SQUARE | : | 48.04 |
| C) | RATIO(B/A) | : | 0.55 |

< REACTOR CHARACTERISTICS COMPONENT >

| NO. | CODE NAME | CHI-SQUARE | CONTRIBUTION (%) | ABSOLUTE VALUE | | |
|-----|------------------------------------|------------|------------------|----------------|-----------|-------------|
| | | | | VE | VM | GMG OR GM'G |
| 1 | ZPPR-09 KEFF | 7.42E-02 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.411E-04 |
| 2 | ZPPR-09 F28/F49(ICC,CC) | 5.74E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.997E-03 |
| 3 | ZPPR-09 F25/F49(ICC,CC) | 6.54E-02 | 0.1 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.330E-03 |
| 4 | ZPPR-09 C28/F49(ICC,CC) | 6.15E-01 | 1.3 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.246E-03 |
| 5 | ZPPR-09 F41/F25(ICC',CC) | 0.00E+00 | 0.0 | 4.000E-04 | 1.000E-04 | 2.332E-03 |
| 6 | ZPPR-09 F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.97E+00 | 4.1 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 3.486E-04 |
| 7 | ZPPR-09 F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 1.41E+00 | 2.9 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 5.565E-04 |
| 8 | ZPPR-09 F28(ICE,CC)/F28(ICC,CC) | 1.82E+00 | 3.8 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 4.249E-04 |
| 9 | ZPPR-09 F28(OCM,CC)/F28(ICC,CC) | 1.14E+00 | 2.4 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 9.510E-04 |
| 10 | ZPPR-09 C28(ICE,CC)/C28(ICC,CC) | 2.57E+00 | 5.3 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 3.487E-04 |
| 11 | ZPPR-09 C28(OCM,CC)/C28(ICC,CC) | 1.79E+00 | 3.7 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 5.370E-04 |
| 12 | ZPPR-09 CR (P1) | 2.89E+00 | 6.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.093E-03 |
| 13 | ZPPR-09 CR (P2) | 2.07E+00 | 4.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.730E-03 |
| 14 | ZPPR-09 CR (P3) | 7.18E-01 | 1.5 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.372E-03 |
| 15 | ZPPR-09 CR (P4) | 3.42E-01 | 0.7 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.271E-03 |
| 16 | ZPPR-09 CR (P5) | 4.13E-01 | 0.9 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.283E-03 |
| 17 | ZPPR-09 CR (P6) | 2.92E-01 | 0.6 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.330E-03 |
| 18 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=8") | 1.34E+00 | 2.8 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 9.029E-03 |
| 19 | ZPPR-09 NAV (97D,Z=20") | 1.69E+00 | 3.5 | 4.000E-04 | 8.100E-03 | 1.508E-02 |
| 20 | ZPPR-10A KEFF | 7.56E-02 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.104E-04 |
| 21 | ZPPR-10A F28/F49(ICC,CC) | 6.65E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.588E-03 |
| 22 | ZPPR-10A F25/F49(ICC,CC) | 2.94E-01 | 0.6 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.305E-03 |
| 23 | ZPPR-10A C28/F49(ICC,CC) | 7.54E-01 | 1.6 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.275E-03 |
| 24 | ZPPR-10A F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.01E+00 | 2.1 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 7.705E-05 |
| 25 | ZPPR-10A F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 9.38E-01 | 2.0 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 3.631E-04 |
| 26 | ZPPR-10A F49(RBM,CC)/F49(ICC,CC) | 2.85E-02 | 0.1 | 1.690E-04 | 6.250E-04 | 9.153E-05 |
| 27 | ZPPR-10A CR(CC) | 6.82E-01 | 1.4 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.006E-03 |
| 28 | ZPPR-10A CR(R1) | 2.24E-01 | 0.5 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.717E-03 |
| 29 | ZPPR-10A CR(R2) | 3.38E-04 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.248E-03 |
| 30 | ZPPR-10B KEFF | 4.90E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.141E-04 |
| 31 | ZPPR-10B F28/F49(ICC,CC) | 6.73E-03 | 0.0 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.359E-03 |
| 32 | ZPPR-10B F25/F49(ICC,CC) | 2.35E-01 | 0.5 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.363E-03 |
| 33 | ZPPR-10B C28/F49(ICC,CC) | 8.26E-01 | 1.7 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.543E-03 |
| 34 | ZPPR-10B F49(ICE,CC)/F49(ICC,CC) | 1.18E+00 | 2.5 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 3.610E-05 |
| 35 | ZPPR-10B F49(OCM,CC)/F49(ICC,CC) | 8.94E-01 | 1.9 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 4.080E-04 |
| 36 | ZPPR-10C KEFF | 8.42E-02 | 0.2 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.322E-04 |
| 37 | ZPPR-10C F28/F49(R=CC) | 2.62E-02 | 0.1 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.656E-03 |
| 38 | ZPPR-10C F25/F49(R=CC) | 3.51E-01 | 0.7 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.325E-03 |
| 39 | ZPPR-10C C28/F49(R=CC) | 8.24E-01 | 1.7 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.306E-03 |
| 40 | ZPPR-10C F49(R=ICO)/F49(R=CC) | 1.25E+00 | 2.6 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.273E-05 |
| 41 | ZPPR-10C F49(R=OCO)/F49(R=CC) | 9.35E-01 | 1.9 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 2.522E-04 |
| 42 | ZPPR-10C CR(CC) | 8.58E-01 | 1.8 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.785E-03 |
| 43 | ZPPR-10C CR(R1) | 2.84E-01 | 0.6 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.649E-03 |
| 44 | ZPPR-10C CR(R2) | 1.42E-03 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 2.115E-03 |
| 45 | ZPPR-17A KEFF | 3.40E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 5.903E-04 |
| 46 | ZPPR-17A F28/F49(ICC,ZCM) | 1.25E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 5.348E-03 |
| 47 | ZPPR-17A F28/F49(IBC,ZBM) | 1.74E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 9.000E-04 | 2.061E-02 |
| 48 | ZPPR-17A F25/F49(ICC,ZCM) | 7.65E-02 | 0.2 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.272E-03 |
| 49 | ZPPR-17A F25/F49(IBC,ZBM) | 9.43E-02 | 0.2 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.746E-03 |
| 50 | ZPPR-17A C28/F49(ICC,ZCM) | 3.69E-01 | 0.8 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.234E-03 |
| 51 | ZPPR-17A C28/F49(IBC,ZBM) | 3.90E-01 | 0.8 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 2.216E-03 |
| 52 | ZPPR-17A F49(ICE,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 2.19E+00 | 4.6 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 1.152E-04 |
| 53 | ZPPR-17A F49(OCM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 1.66E+00 | 3.4 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 4.394E-04 |
| 54 | ZPPR-17A F49(RBM,ZCM)/F49(ICC,ZCM) | 6.67E-01 | 1.4 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.605E-04 |
| 55 | ZPPR-17A F49(IBC,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 3.23E+00 | 6.7 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 5.363E-04 |
| 56 | ZPPR-17A F49(ICE,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 3.56E-01 | 0.7 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 2.194E-04 |
| 57 | ZPPR-17A F49(OCM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 2.33E+00 | 4.9 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 4.675E-04 |
| 58 | ZPPR-17A F49(ABM,ZBM)/F49(ICC,ZCM) | 2.67E+00 | 5.5 | 1.000E-04 | 6.250E-04 | 3.140E-04 |
| 59 | ZPPR-17A F28(ICE,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 4.16E-01 | 0.9 | 6.250E-04 | 1.960E-04 | 1.023E-04 |
| 60 | ZPPR-17A F28(OCM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 4.24E-01 | 0.9 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 3.488E-04 |
| 61 | ZPPR-17A F28(RBM,ZCM)/F28(ICC,ZCM) | 3.72E-01 | 0.8 | 1.000E-02 | 2.704E-03 | 1.623E-02 |
| 62 | ZPPR-17A F28(IBC,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 3.00E-02 | 0.1 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 8.188E-03 |

PNC TN9410 97 - 098

| | | | | | | | |
|----|-----------|---------------------------|----------|-------|-----------|-----------|-----------|
| 63 | ZPPR-17A | F28(IBE,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.47E-02 | 0.0 | 1.600E-03 | 2.704E-03 | 6.862E-03 |
| 64 | ZPPR-17A | F28(OCM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 1.39E+00 | 2.9 | 6.250E-04 | 1.156E-03 | 3.750E-04 |
| 65 | ZPPR-17A | F28(ABM,ZBM)/F28(ICC,ZCM) | 7.97E-01 | 1.7 | 2.500E-03 | 2.704E-03 | 4.284E-03 |
| 66 | ZPPR-17A | CR (CC) | 3.01E+00 | 6.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 3.762E-03 |
| 67 | ZPPR-17A | NAV (52D,CORE) | 1.48E+00 | 3.1 | 1.225E-03 | 8.100E-03 | 2.407E-02 |
| 68 | ZPPR-17A | NAV (52D,IB) | 2.72E+00 | 5.7 | 1.600E-03 | 8.100E-03 | 7.524E-03 |
| 69 | ZPPR-19B | KEFF | 4.06E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.124E-04 |
| 70 | ZPPR-19B | F28/F49(ICC,ZCC) | 2.07E-02 | 0.0 | 6.250E-04 | 4.000E-04 | 6.942E-03 |
| 71 | ZPPR-19B | F25/F49(ICC,ZCC) | 1.38E-01 | 0.3 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.486E-03 |
| 72 | ZPPR-19B | C28/F49(ICC,ZCC) | 4.93E-01 | 1.0 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.673E-03 |
| 73 | ZPPR-19B | F49(ICE,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 7.48E-01 | 1.6 | 1.000E-04 | 1.000E-04 | 2.716E-03 |
| 74 | ZPPR-19B | F49(OCM,ZCC)/F49(ICC,ZCC) | 4.72E-01 | 1.0 | 1.000E-04 | 4.410E-04 | 7.119E-03 |
| 75 | ZPPR-19B | CR(R1) | 2.40E+00 | 5.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 6.031E-03 |
| 76 | ZPPR-19B | CR(R2) | 2.05E+00 | 4.3 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 1.792E-03 |
| 77 | ZPPR-19B | CR(R3) | 7.02E-03 | 0.0 | 1.440E-04 | 5.760E-04 | 8.546E-03 |
| 78 | ZPPR-13A | KEFF | 6.44E-05 | 0.0 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 6.117E-04 |
| 79 | ZPPR-13A | F25/F49(BL1,CC) | 4.50E-01 | 0.9 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 1.942E-03 |
| 80 | ZPPR-13A | F25/F49(FR1,CC) | 1.57E-01 | 0.3 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 2.368E-03 |
| 81 | ZPPR-13A | C28/F49(BL1,CC) | 1.49E+00 | 3.1 | 4.840E-04 | 4.000E-04 | 2.297E-03 |
| 82 | ZPPR-13A | C28/F49(FR1,CC) | 3.09E-01 | 0.6 | 4.840E-04 | 1.000E-04 | 3.540E-03 |
| 83 | ZPPR-13C | HIGH240(S2) | 6.57E-01 | 1.4 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 1.335E-01 |
| 84 | ZPPR-13C | HIGH240(S3) | 6.03E-01 | 1.3 | 4.000E-04 | 4.410E-04 | 1.135E-01 |
| 85 | FCA X-1 | KEFF | 2.31E-02 | 0.0 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 5.482E-04 |
| 86 | JOYO MK-I | KEFF | 4.86E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 3.849E-04 |
| 87 | JOYO MK-2 | KEFF | 2.97E-02 | 0.1 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 3.826E-04 |
| 88 | FCAXVII1 | KEFF | 1.52E-02 | 0.0 | 1.600E-07 | 9.610E-06 | 5.017E-04 |
| | | DIAGONAL TOTAL | 6.81E+01 | 141.7 | | | |
| | | TOTAL | 48.04 | 100.0 | | | |

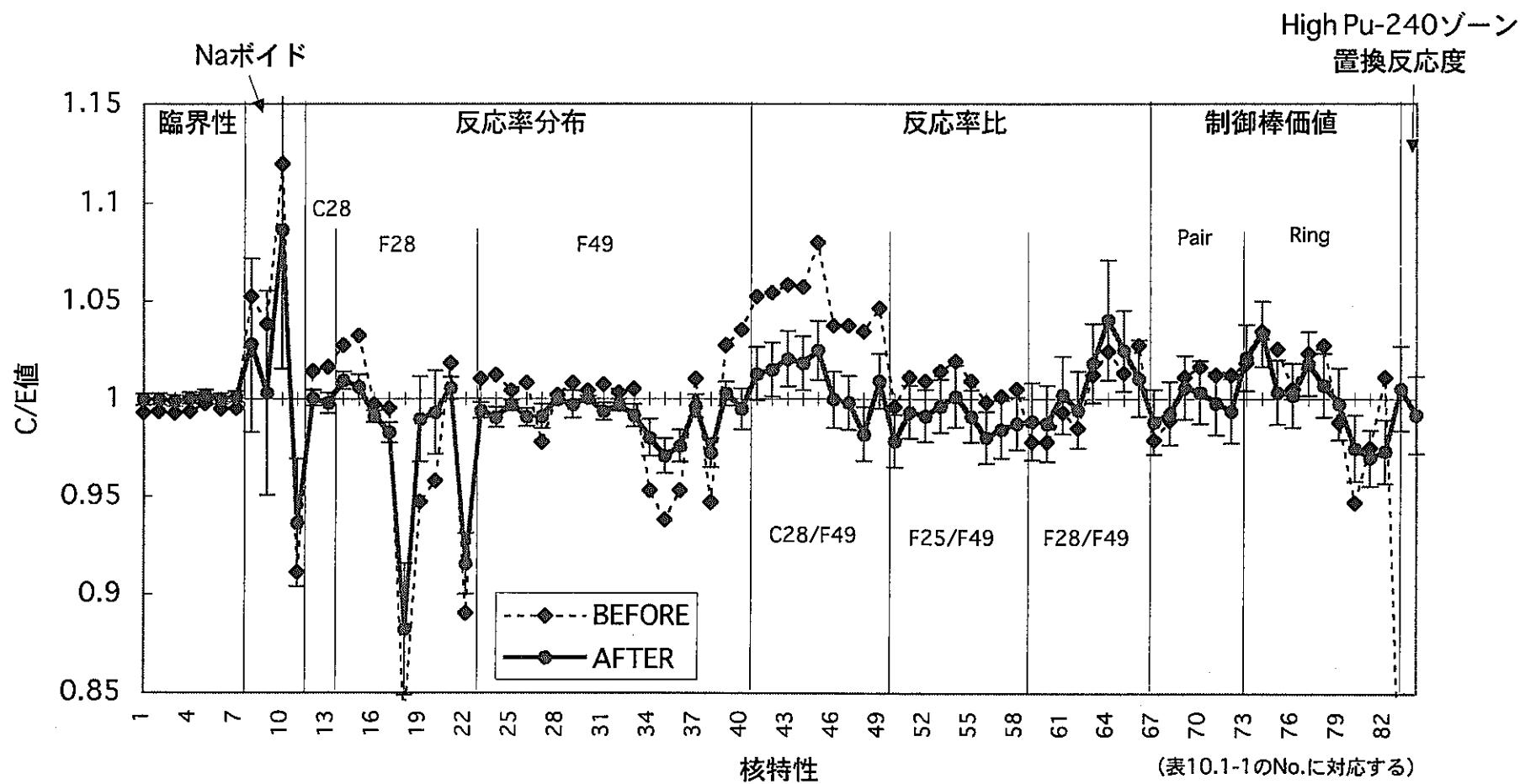


図10.2-1 炉定数調整前後のC/E値(ケース1、84核特性、JENLD-3.2)

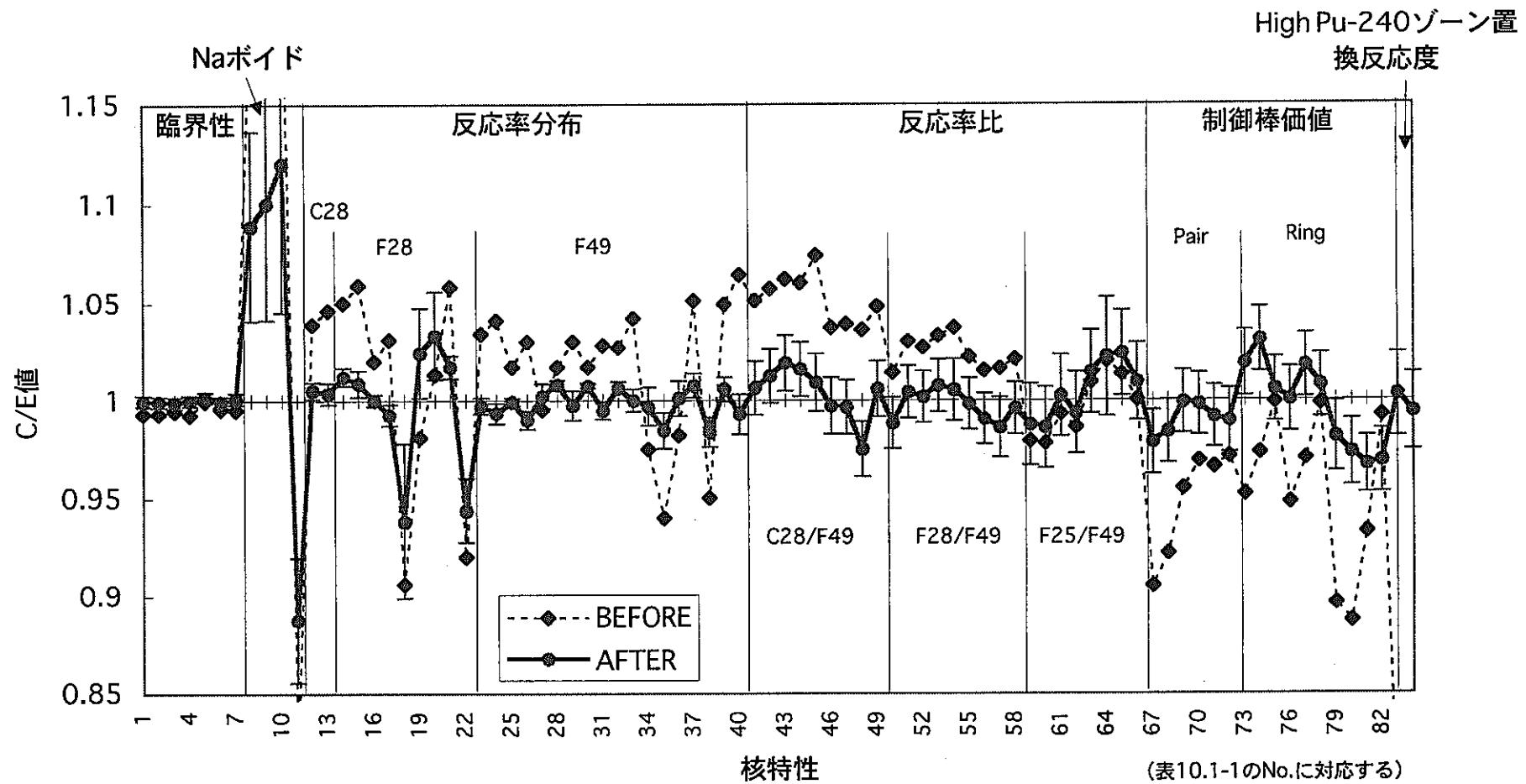


図10.2-2 炉定数調整前後のC/E値(ケース2、84核特性、JENDL-2)

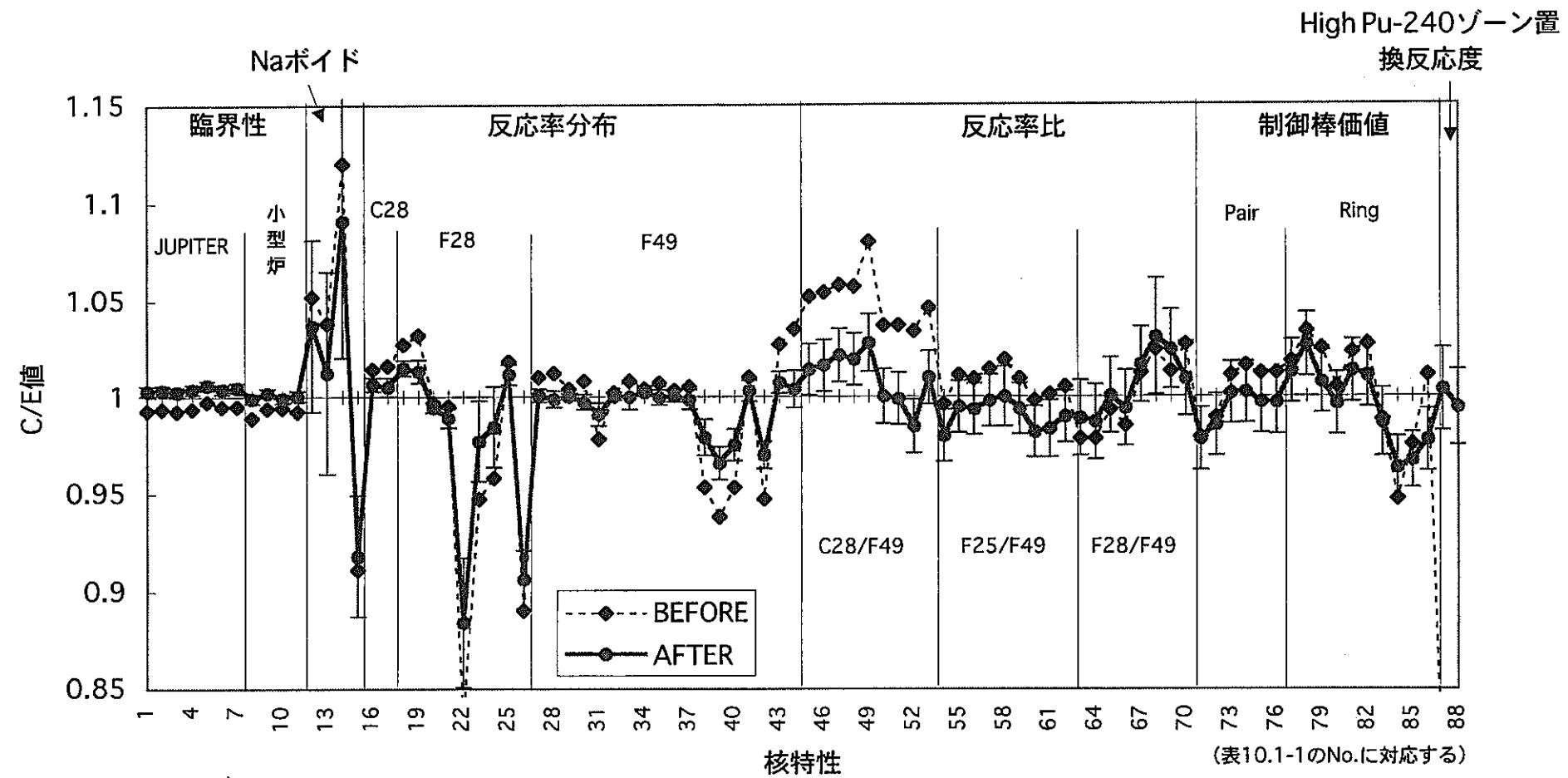


図10.2-3 炉定数調整前後のC/E値(ケース3、88核特性、JENDL-3.2)

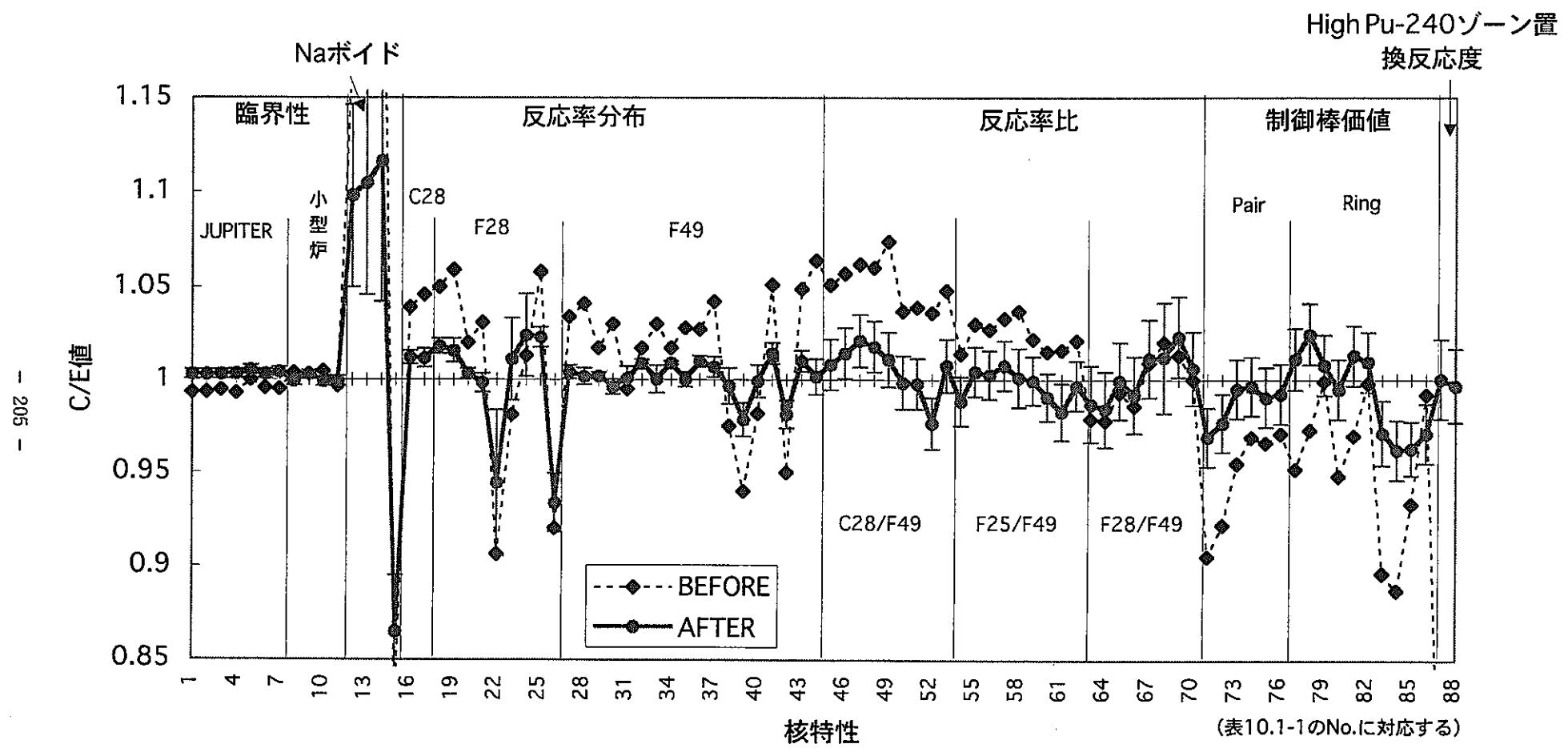


図10.2-4 炉定数調整前後のC/E値(ケース4、88核特性、JENDL-2)

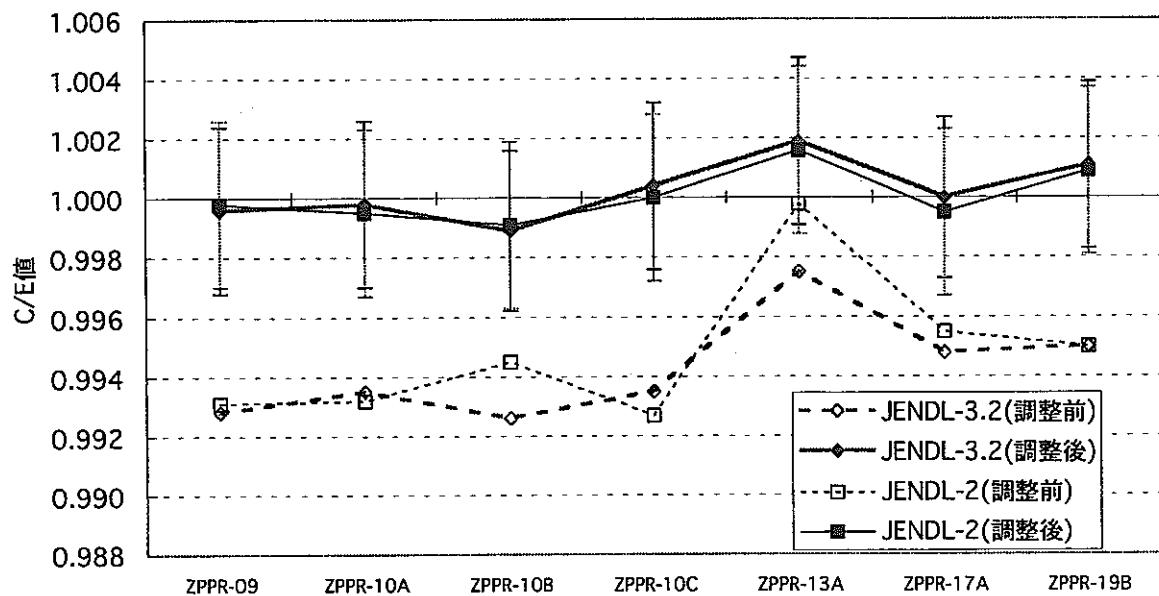


図10.3-1 ライブライアリ間の比較(臨界性のC/E値、84核特性)

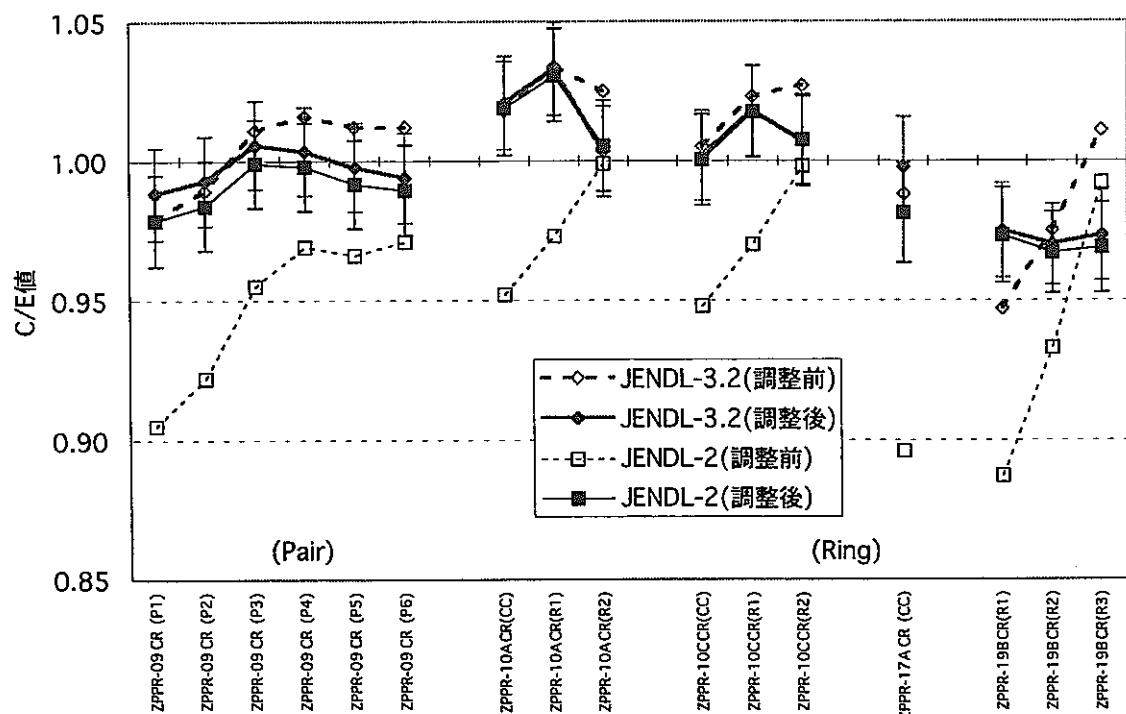


図10.3-2 ライブライアリ間の比較(制御棒価値のC/E値、84核特性)

調整によるC/E値の割合への寄与(%)

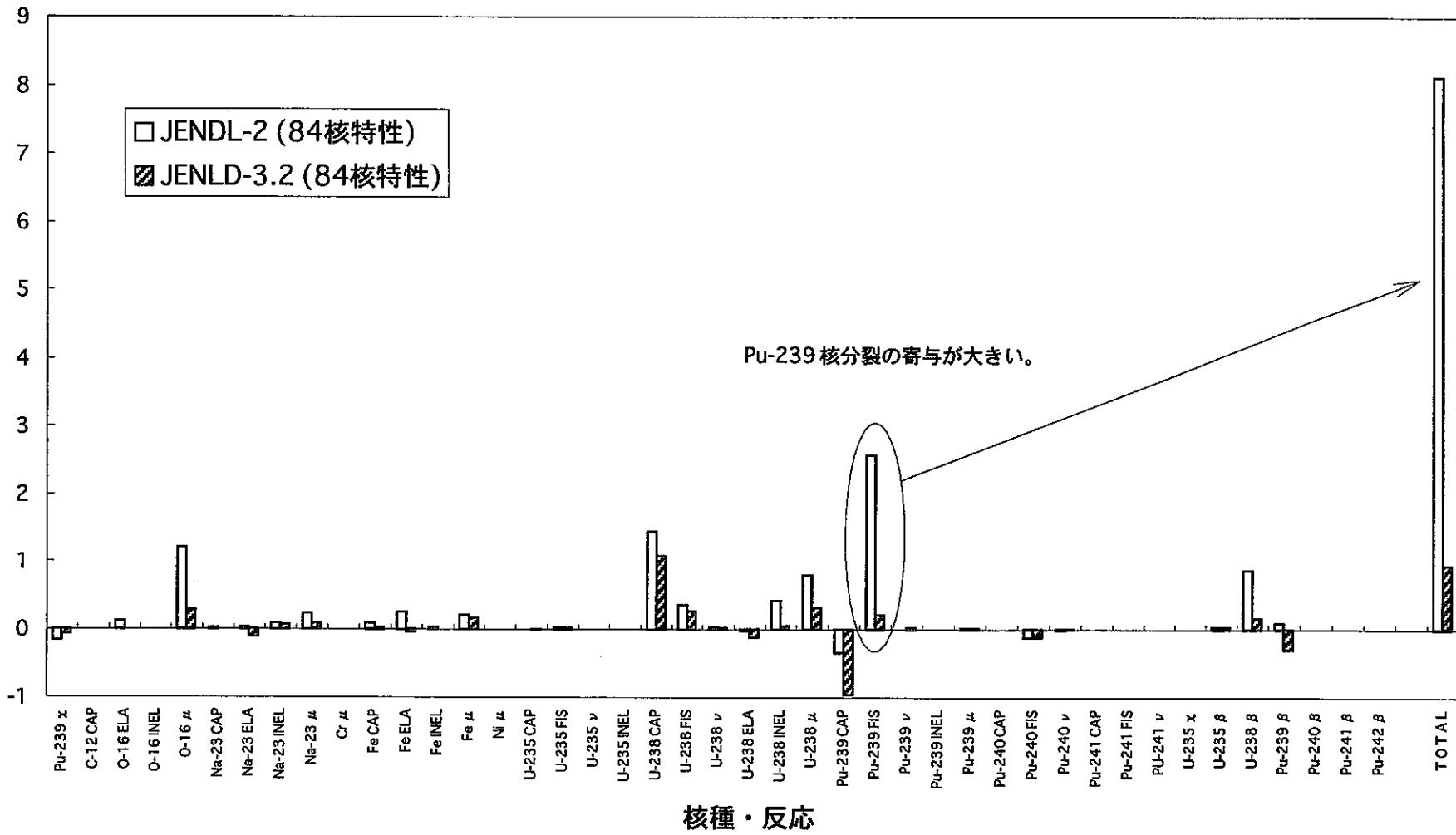


図10.3-3 ZPPR-9 制御棒価値(Pair 1)のC/E値に対する核種・反応毎の寄与

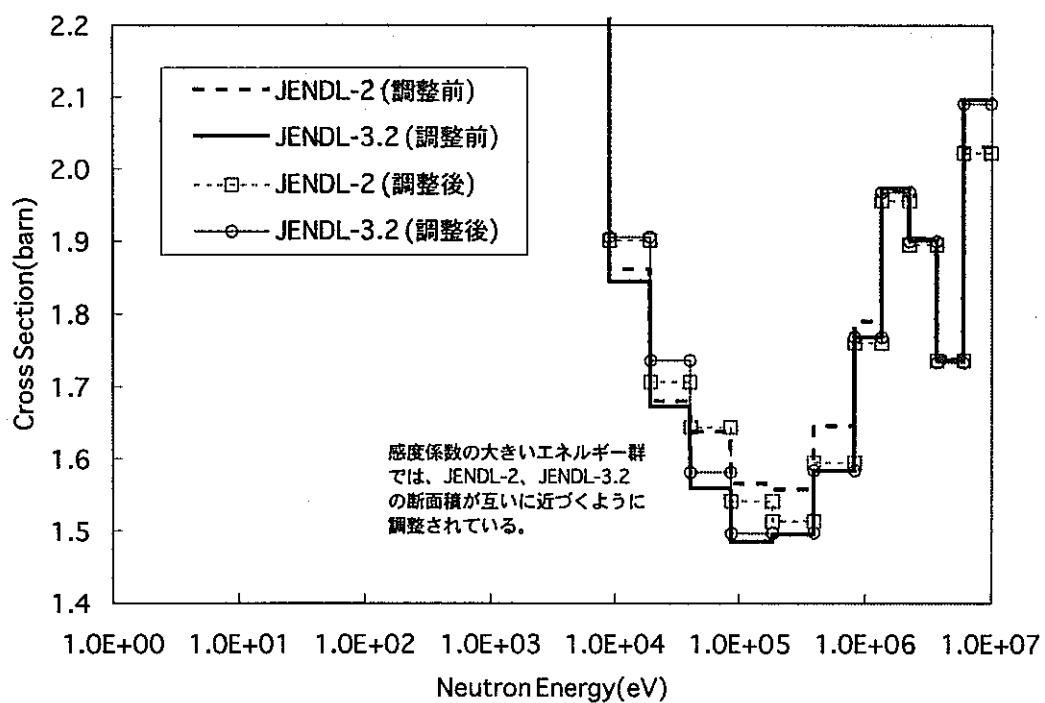


図10.3-4 Pu-239核分裂断面積の調整量

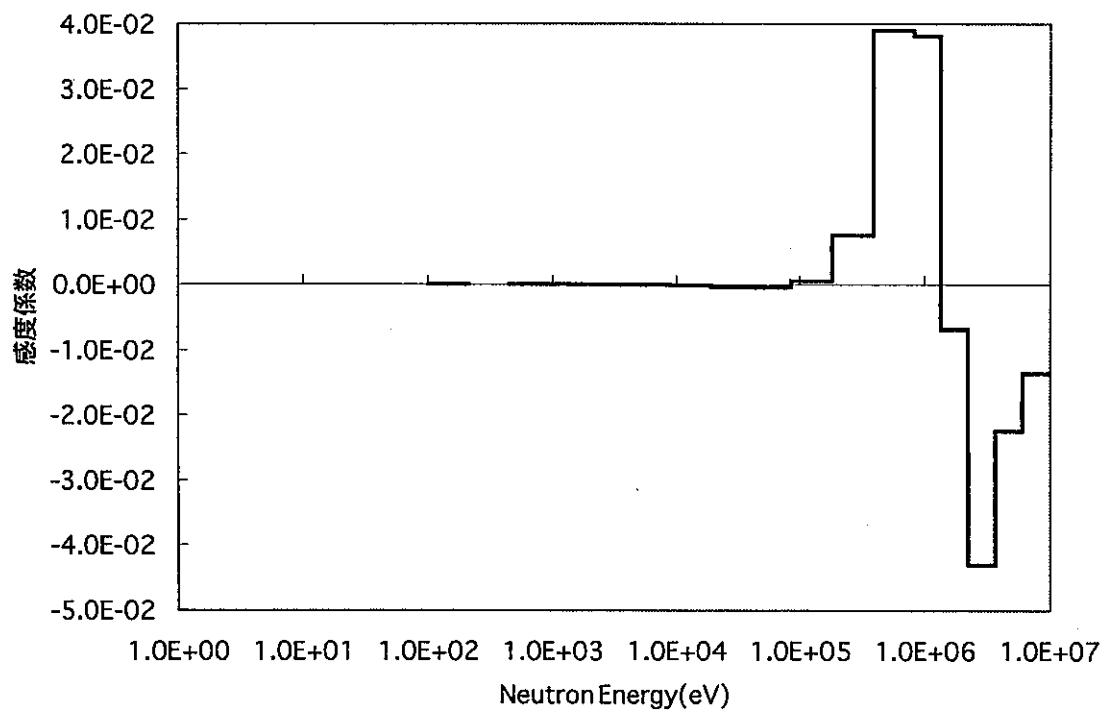


図10.3-5 ZPPR-9制御棒価値(Pair 1)に対するPu-239核分裂断面積の感度係数

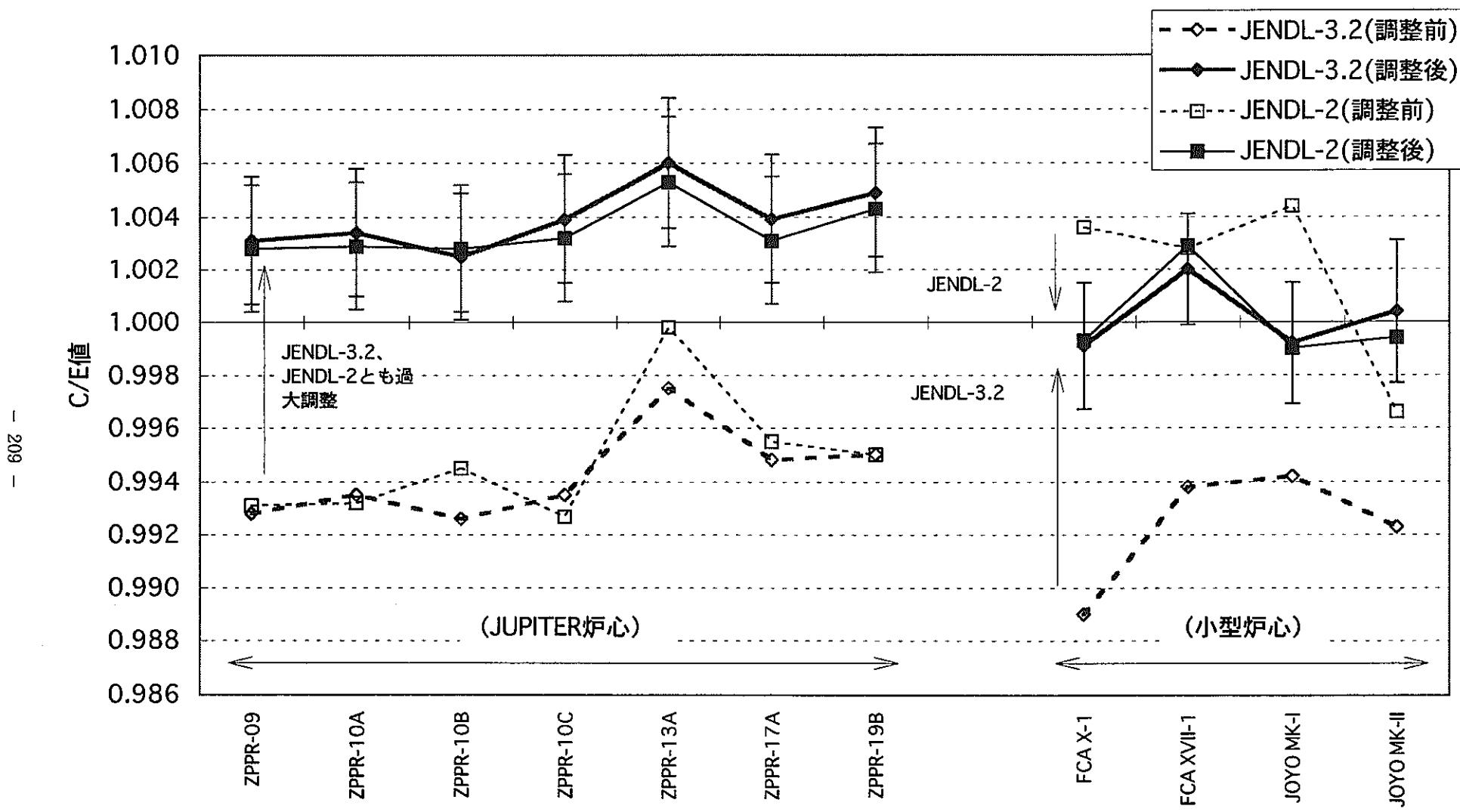


図10.4-1 炉定数調整前後での実効増倍率のC/E値(88核特性)

調整によるC/E値の変化への寄与(%)

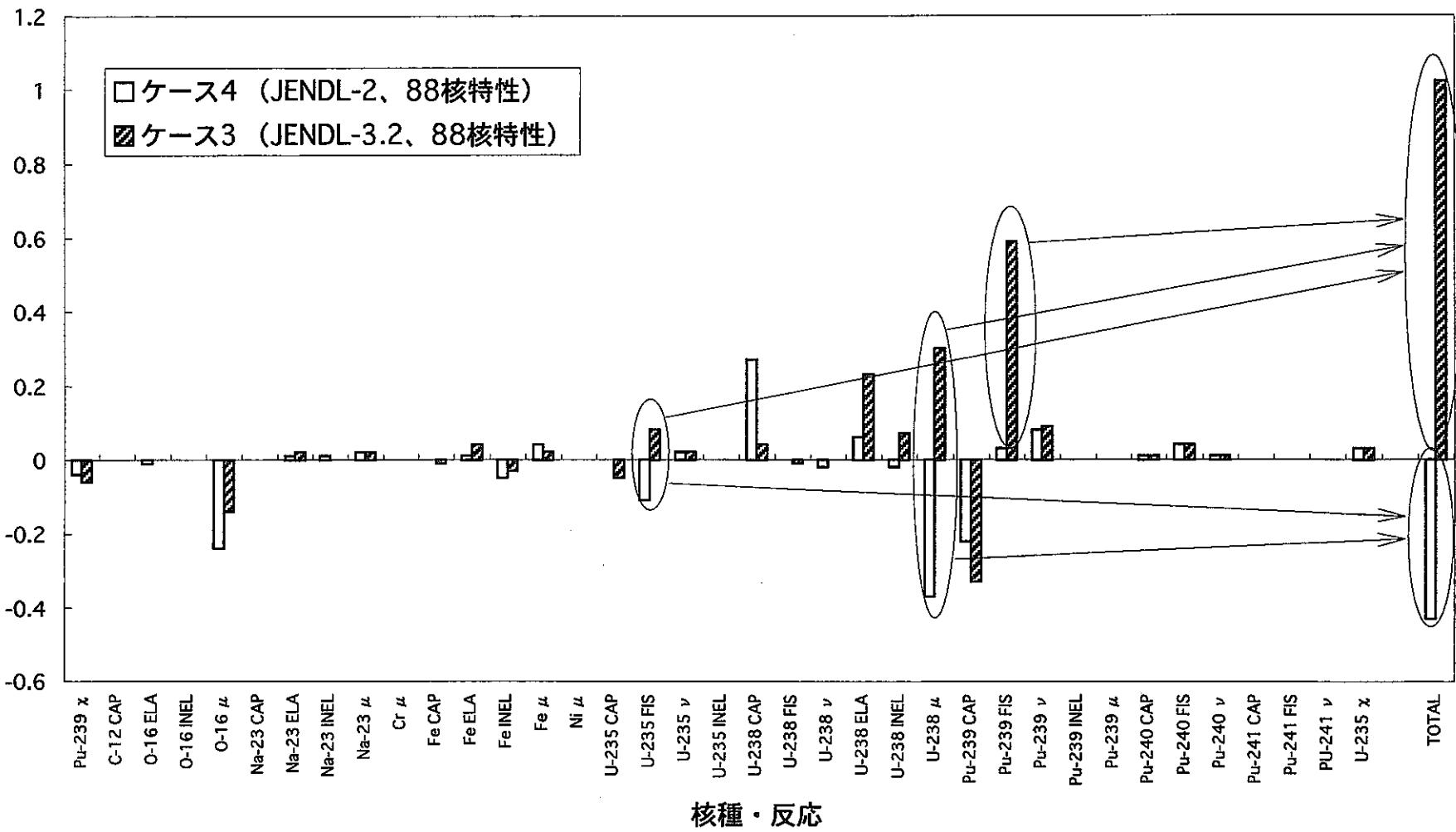


図10.4-2 FCA X-1 臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与(88核特性)

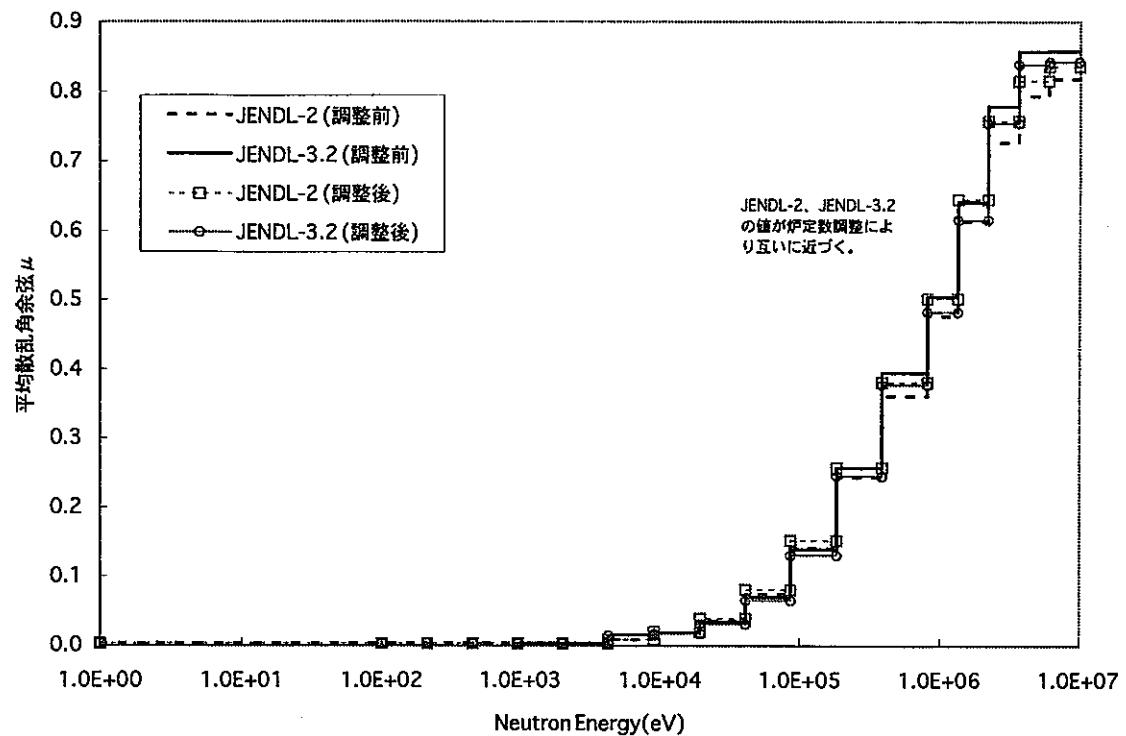
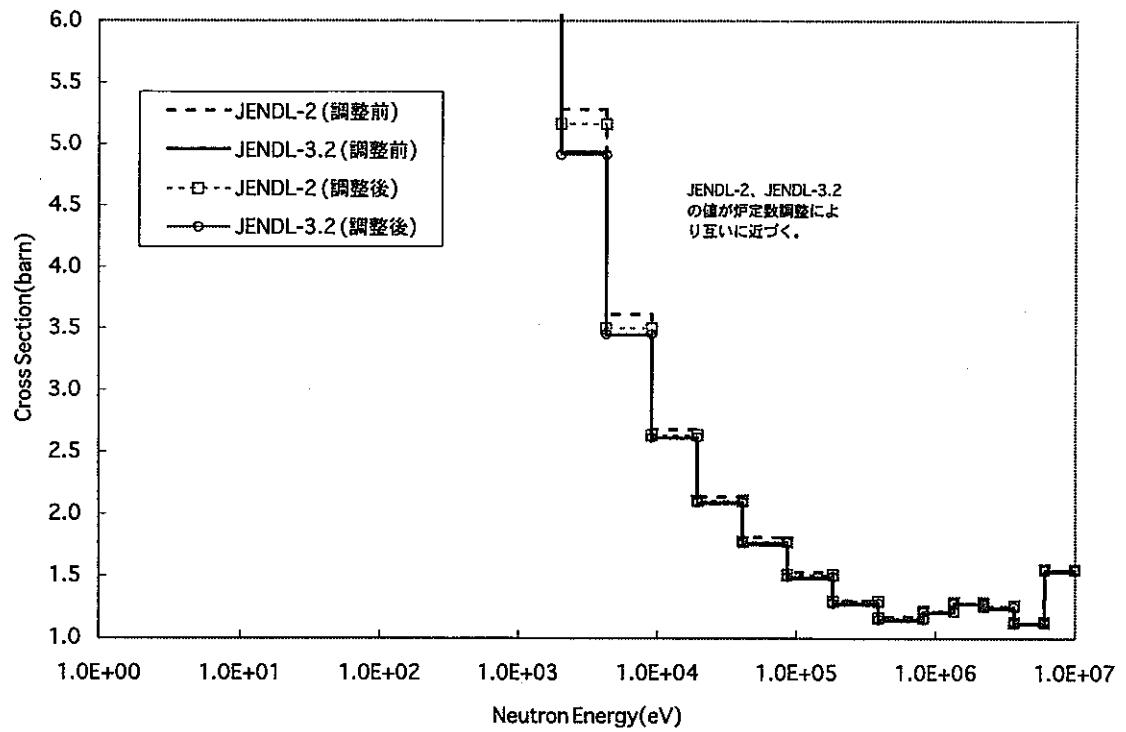
図10.4.3 U-238平均散乱角余弦 μ の調整量(88核特性)

図10.4.4 U-235核分裂断面積の調整量(88核特性)

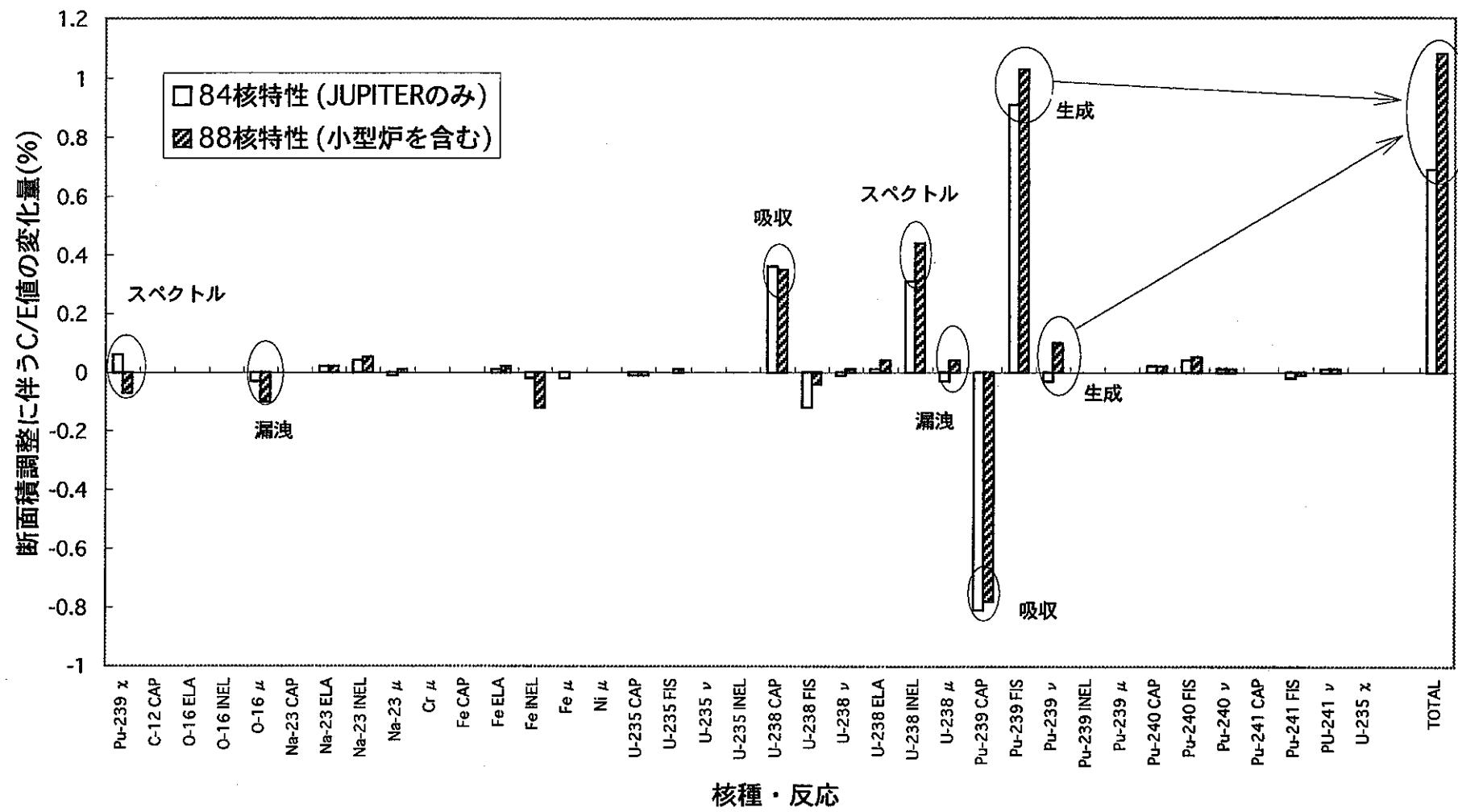


図10.4-5 ZPPR-9臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与 (JENDL-3.2)

調整によるC/E値の変化への寄与(%)

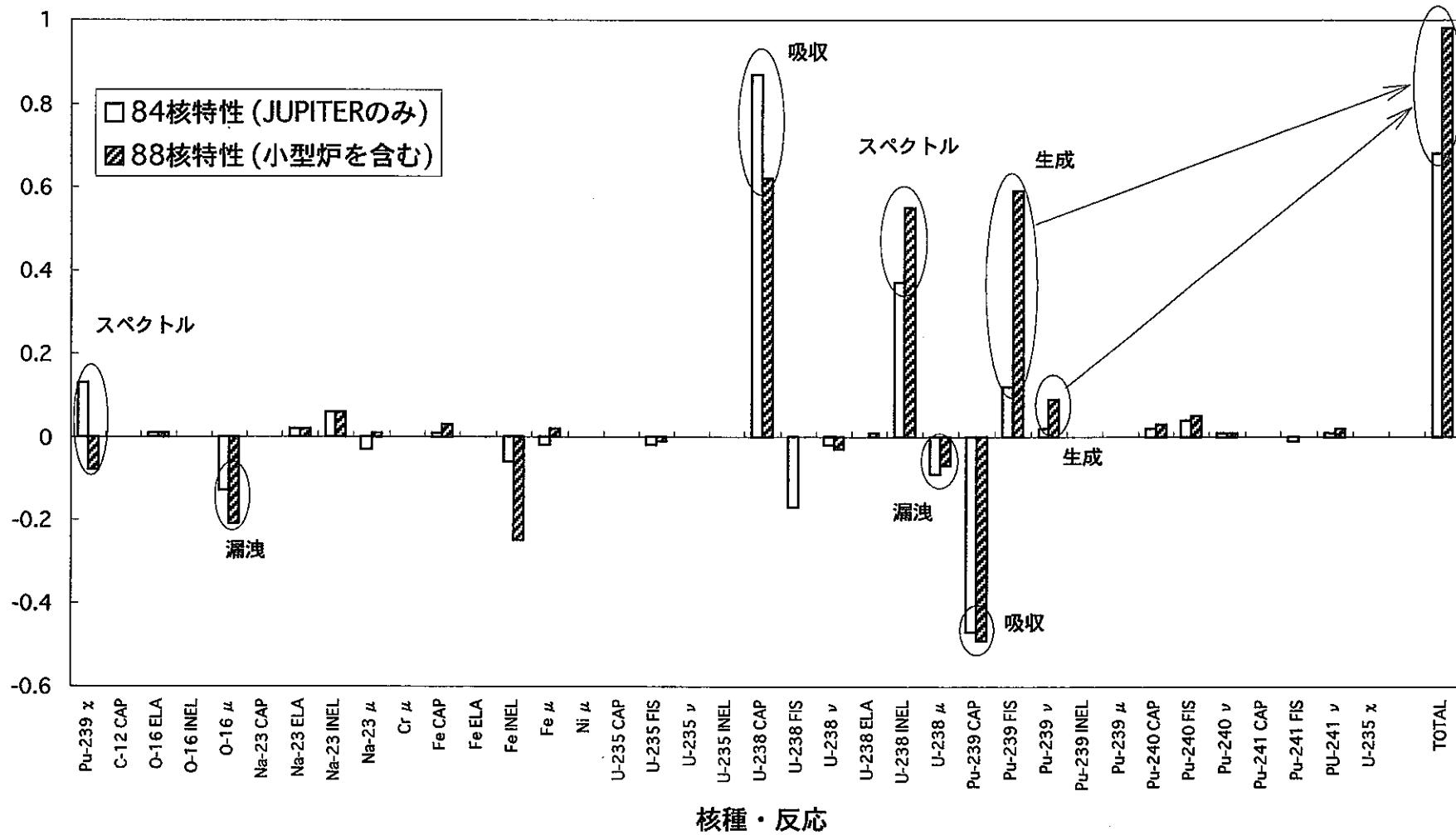


図10.4-6 ZPPR-9臨界性のC/E値に対する核種・反応毎の寄与 (JENDL-2)

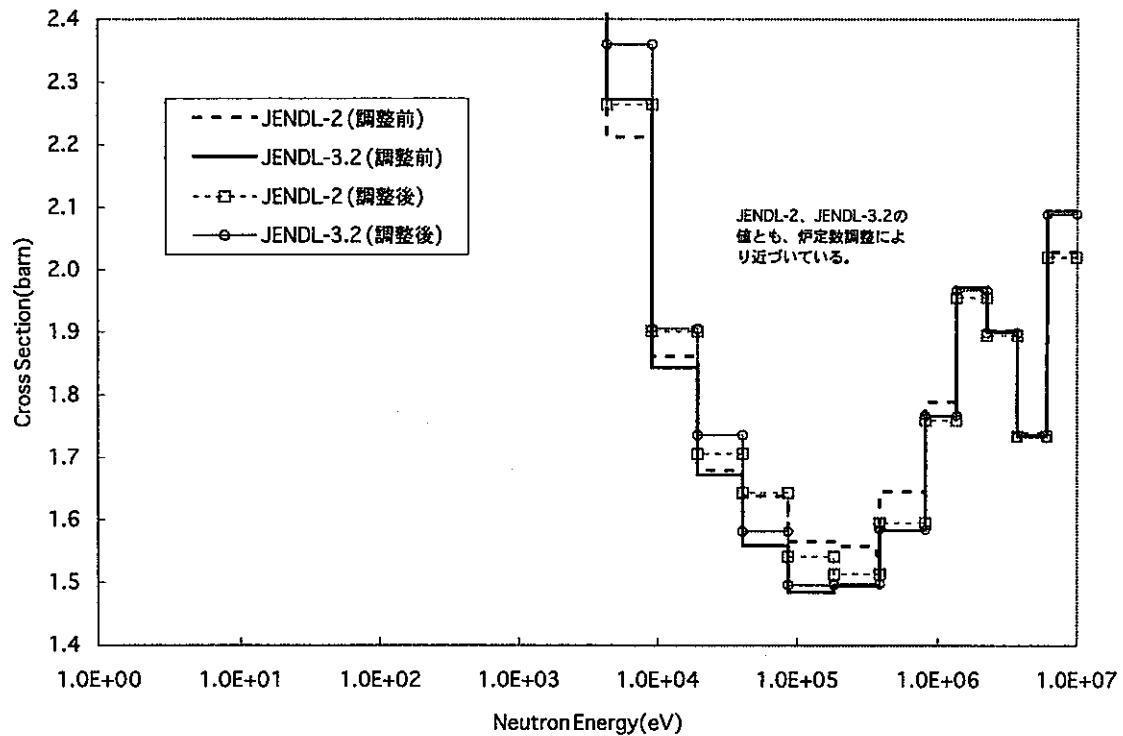


図10.4-7 Pu-239核分裂の断面積の調整量(84核特性)

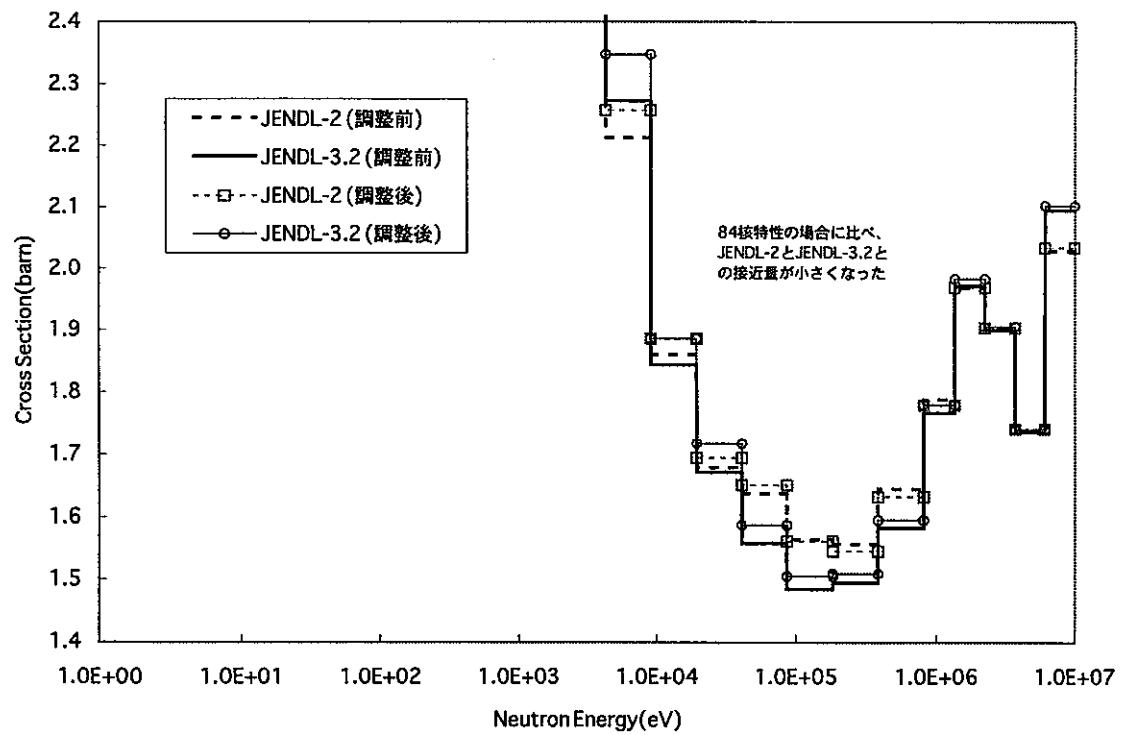


図10.4-8 Pu-239核分裂断面積の調整量(88核特性)

第11章 結言

第11章 結言

炉心の核特性解析技術を高度化し、核設計精度を向上させるため、動燃事業団では核データライブラリに対する検討、核特性解析手法の開発・改良、臨界実験及び実機運転データの整備と言った様々な分野の研究に取り組んでいる。

それらの研究の一環として、大型高速炉臨界実験JUPITERの核特性解析に対する、核データライブラリ及び解析手法の高度化による解析精度の改善について評価を行った。核データライブラリの高度化として、数々のベンチマークを基に改訂の行われた最新の断面積ライブラリJENDL-3.2を使用した。また、解析手法の高度化として、近年の飛躍的な計算機能力の向上に由来する、より詳細なあるいはより計算モデルの近似の少ない解析手法、すなわち、解析モデル化誤差のないといわれている連続モンテカルロ法の使用、超微細エネルギー群構造によるサンプルドップラー反応度の共鳴干渉効果の解析、また、反応率の評価手法の見直しとして、従来実験的に評価されていたセルファクターを計算により算出し、評価・検討を行った。

最新の断面積ライブラリJENDL-3.2を使用した結果、ほとんど全ての核特性に対して、C/E値が1.0に近づき、炉心体系間の偏差の減少が見られ、JENDL-3.2の有効性が示された。また、解析手法の高度化により、更にC/E値を1.0に近づけることができ、C/E値の1.0からのずれの要因究明が行われ、精度向上を図ることができた。解析の高度化による主要核特性の χ^2 値の推移を図11-1に示す。多くの核特性において、従来解析では χ^2 値が1を上回っていたのに対し、解析の高度化により、 χ^2 値の低減が図れ、高度化が非常に有効であったことが分かる。

以上の解析手法の高度化を反映した結果のまとめ、及び、今後の各核特性解析に対する課題点を以下に示す。なお、解析結果の十分性の判断は、基本的にC/E値の1.0からのずれの大きさと実験誤差、解析誤差、断面積の不確かさに起因する誤差の和との比較、すなわち、 χ^2 値が1以下であるかどうかに基づいて行った。

①臨界性: C/E値が0.993～0.997と系統的な過小評価であるが、この核特性の誤差の主要である断面積の不確かさに起因する誤差と比較すると非常に小さい。解析手法に関しては、小型炉も含めて評価した結果、モンテカルロ法に対し、均質炉心では0.1～0.3% Δk の系統的な過小評価が見られ、径非均質炉心では逆に0.3% Δk の過大評価が見られた。これらは解析手法のみに起因する誤差であり、やや大きいと考えられる。従って、今後、高次PN定数の導入等の解析システムの詳細化が必要であると考えられ、特に、径非均質炉心に対しては、ブランケット領域における中性子束分布の解析の高度化が効果的であると考えられる。

②ドップラー反応度: 反応度の絶対値が小さい、あるいは中性子束勾配が大きく、サン

プル位置のわずかななずれ等で測定結果が大いに変わりうるものを除くと、C/E値は0.8～0.9と系統的な過小評価が見られる。解析の観点からは、超微細エネルギー群構造解析等の十分な評価を行っており、これ以上の精度向上は不可能であると考えられる。従って、今後、断面積ライブラリに対する検討として、自己遮蔽因子の誤差評価を、実験側に対する検討として、他のドップラー反応度測定実験との比較を行う必要があると考えられる。

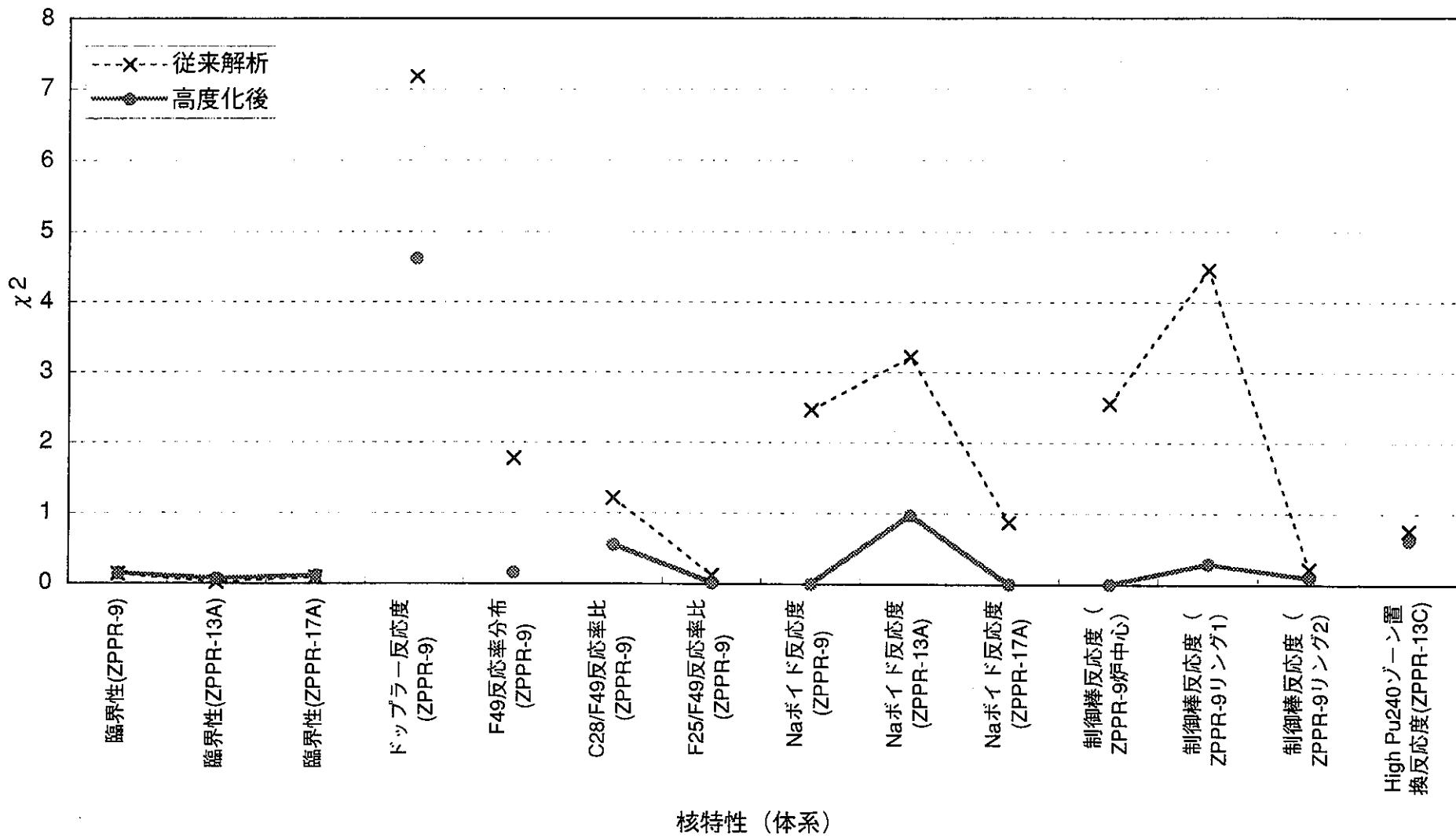
- ③反応率分布: 均質炉心、軸非均質炉心の炉心燃料領域に対しては、Pu-239の核分裂、U-235の核分裂、U-238の捕獲反応において、C/E値の1からのずれは2%以内、U-238の核分裂反応においては3%以内という結果が得られ、十分な精度を有していると判断される。ただし、ブランケット領域に対しては臨界性のところで述べたように、中性子束分布の解析手法の高度化が必要であると考えられる。特にブランケット領域の存在による核特性評価への影響が大きい径非均質炉心に対しては、その領域における中性子束分布評価の改善により、解析精度向上が図られると考えられる。
- ④反応率比: Pu-239核分裂反応率に対するU-235核分裂反応率比、U-238核分裂および捕獲反応率比の解析・評価を行ったが、炉心燃料領域に対してはC/E値の1からのずれは4%以内であり、十分な精度であると判断される。ブランケット領域においては、反応率分布解析と同様に解析の高度化が必要であると考えられる。
- ⑤Naボイド反応度: 均質炉心・軸非均質炉心体系に対しては、C/E値が0.9～1.2と他の核特性と比べて1.0からのずれが大きいが、解析誤差と断面積誤差が約10%と非常に大きい核特性であり、それらの誤差との比較の観点からは妥当な結果である。径非均質炉心体系に対しては、C/E値が1.2～1.4と大きな過大評価が見られ、他の核特性と同様にブランケット領域における中性子束分布の解析の高度化が必要であると考えられる。
- ⑥制御棒価値: ZPPR-10DとZPPR-18Aを除き、C/E値は0.97～1.04であり、従来ほどの大きな径方向依存性は見られない。ZPPR-10D炉心については1.02～1.07とやや過大評価であり、更に、径方向依存性も大きいが、原因は明らかでない。ZPPR-18Aについては外側炉心の濃縮ウランセクター付近の制御棒挿入を含む制御棒価値においてC/E値が1.05とやや大きな過大評価が現れるが、U-235断面積の見直しにより改善されると考えられる。
- ⑦High Pu-240ゾーン置換反応度: C/E値は0.80～0.85と大きな過小評価が見られるが、断面積の不確かさに起因する誤差が約30%と非常に大きな核特性であり、解析評価に特に問題はないと考えられる。
- ⑧炉定数調整を行うことにより、ほとんどの核特性のC/E値は1.0に近づいた。更に、小型炉の臨界性を対象核特性として追加し、炉定数調整を行った場合も同様であった。

これらのことより、JUPITER実験の異なる炉心間、核特性間、及び、JUPITERとJUPITER以外の実験体系間の、断面積の不確かさに起因する誤差原因の整合性が確認されたと言える。

以上の結果より、JUPITER実験解析データは実証炉設計用の統合炉定数作成のための基本積分データとして非常に有効なものであると判断される。

更に、現状の核特性解析システムの精度を向上させる手段として、ブランケット領域における中性子束分布の解析手法の高度化が最も有効であると考えられる。特にブランケット領域の存在による核特性評価への影響が大きい径非均質炉心に対して、その効果が大きいと考えられる。

今後、JUPITER解析結果とともに、常陽、FCA、MOZART、SEFOR等の解析結果との整合性評価を行い、より信頼性の高い統合炉定数の作成を行っていく予定である。

図11-1 解析の高度化による各核特性の χ^2 値の推移

謝 辞

本JUPITER実験解析の報告書作成に当たりまして、株式会社CRC総合研究所（現ゼネラル・エレクトリック・インターナショナル・インク）の斎藤正幸氏には解析作業と解析システムの整備に多大なるご助力いただきました。また、アルゴンヌ国立研究所でJUPITER実験に立ち会われた株式会社日立製作所の三田敏男氏には、現場での経験を生かし、数多くのご助言を頂きました。更に、炉心技術開発室の村田実智代氏には膨大な図表データの編集、整理にご尽力いただきました。

ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

参考文献

(外部発表JUPITER関連論文)

- 1-1 井上晃次、他：「JUPITER計画の現況」、日本原子力学会誌 23[5]、p.310 (1981年)
- 1-2 白方敬章、他：「JUPITER計画の概要-日米共同大型高速炉物理理実験-」、動力炉技報No.37、p.79 (1981年)
- 1-3 M. J. Lineberry, et al.: "Experimental Studies of Large Conventional LMFBR Cores at ZPPR," Proc. of Fast Reactor Physics 1979, Aix-en-provence, IAEA-SM-244/86, p.187 (Sep. 1979)
- 1-4 S. G. Carpenter, et al.: "Experimental Studies of 6000-Litre LMFBR Cores at ZPPR," Proc. of Conf. 1980 Advances in Reactor Physics and Shielding, Sun Valley, p.521 (Sep. 1980)
- 1-5 H. F. McFarlane, et al.: "ZPPR Studies of Control Rod Worths in Large Homogeneous LMFBRs," Proc. of Conf. 1980 Advances in Reactor Physics and Shielding, Sun Valley, p.546 (Sep. 1980)
- 1-6 M. Yamamoto, et al.: "Analysis of Large Conventional LMFBR Core Critical Experiments and Their Implication to Design Methods," Proc. of Topical Meeting on Reactor Physics and Shielding, Chicago, p.773 (Sep. 1984)
- 1-7 K. Shirakata, et al.: "Studies of Large Radially-Heterogeneous LMFBR Critical Experiments Analysis," Proc. of Topical Meeting on Reactor Physics and Shielding, Chicago, p.580 (Sep. 1984)
- 1-8 P. J. Collins, et al.: "Measurements and Analysis of Control Rod Worths in Large Heterogeneous LMFBR Cores," Proc. of Topical Meeting on Reactor Physics and Shielding, Chicago, p.647 (Sep. 1984)
- 1-9 K. Shirakata, et al.: "Implications of JUPITER Experiment Analysis in Nuclear Data," Proc. of the International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Mito, p.53 (Mar. 1988)
- 1-10 P. J. Collins, et al.: "Integral Data for Fast Reactors," Proc. of the International Conference on Nuclear Data for Science and Technology, Mito, p.31 (Mar. 1988)
- 1-11 K. Shirakata, et al.: "Analysis of Axial Heterogeneous LMR Core Critical Experiments," Proc. of International Reactor Physics Conference, Jackson Hole, p.II-297 (Sep. 1988)
- 1-12 P. J. Collins, et al.: "Experiments and Analysis for an Axially Heterogeneous LMR Assembly at ZPPR," Proc. of International Reactor Physics Conference, Jackson Hole, p.II-309 (Sep. 1988)
- 1-13 S. B. Brumbach, et al.: "Spatial Kinetics Studies in Liquid-Metal Fast Breeder Reactor Critical Assemblies," Nuclear Science and Engineering 98, p.103 (1988)
- 1-14 S. B. Brumbach, et al.: "Experiments and Analysis for an Axially Heterogeneous Liquid-Metal Reactor Assembly at the Zero-Power Physics Reactor," Nuclear Science and Engineering 103, p.219 (1989)

- 1-15 三田敏男、他：「日米共同大型高速炉臨界実験(JUPITER-Ⅲ)の概要」、日本原子力学会誌 31[12], p.1324 (1989年)
- 1-16 三田敏男、他：「高速炉炉心の核的空間結合特性実験と解析」、動力炉技報 No.75, p.20 (1990年)
- 1-17 T. Sanda: "Interpretation of Noise Coherence Function Measurements in Liquid-Metal Fast Breeder Reactor Critical Assemblies," Nuclear Science and Engineering 104, p.135 (1990)
- 1-18 S. B. Brumbach, et al.: "Experiments and Analysis for Large Conventional Fast Reactors in ZPPR-18/19," Proc. of the International Conference on the Physics of Reactors : Operation, Design and Computation, p.V-63 (Apr. 1990)
- 1-19 H. F. McFarlane, et al.: "Experimental Studies of Radially Heterogeneous Liquid-Metal Fast Breeder Reactor Critical Assemblies at the Zero-Power Plutonium Reactor," Nuclear Science and Engineering 87, p.204 (1984)
- 1-20 M.J.Lineberry, H.F.McFarlane and P.J.Collins: "Physics Assessments of LMFBR Integral Parameters," Proc. of the Topical Meeting on Advances in Reactor Physics and Core Thermal Hydraulics, Kiamesha Lake, NY, Vol.1, p.1 (Sep. 1982)
- 1-21 M. Ishikawa: "Analysis of JUPITER Critical Experiments by JENDL-3.2," Proc. of the 1995 Symposium on Nuclear Data, Tokai, Japan, JAERI-Conf 96-008, p.15 (Nov. 1995)
- 1-22 M. Ishikawa: "Consistency Evaluation of JUPITER Experiment and Analysis for Large FBR Cores," Proc. of Int. Conf. on the Physics of Reactors (PHYSOR96), Mito, Japan, Vol.2, p.E-36 (Sep. 1996)

(ANL実験報告書 1978年5月～1989年10月)

- 2-57 S.G.Carpenter, M.M.Brettscher, J.M.Gasidlo and D.W.Maddison: "Experimental Determination of the Breeding Ratio and Its Components in ZPPR Assembly 4, Phase 1," ZPR-TM-201, Argonne National Laboratory (Jun. 1975)
- 2-1 "ZPPR-9 Monthly Report for May 1978," ZPR-TM-320, Argonne National Laboratory (May 1978)
- 2-2 "ZPPR-9 Monthly Report for June 1978," ZPR-TM-323, Argonne National Laboratory (Jun. 1978)
- 2-3 "ZPPR-9 Monthly Report for September 1978," ZPR-TM-328, Argonne National Laboratory (Sep. 1978)
- 2-4 "ZPPR-9 Monthly Report for October 1978," ZPR-TM-329, Argonne National Laboratory (Oct. 1978)
- 2-5 "ZPPR-9 Monthly Report for November 1978," ZPR-TM-331, Argonne National Laboratory (Nov. 1978)
- 2-6 "ZPPR-9 Monthly Report for December 1978," ZPR-TM-334, Argonne National Laboratory (Dec. 1978)
- 2-7 "ZPPR-10 Monthly Report for February 1979," ZPR-TM-335, Argonne National

- Laboratory (Feb. 1979)
- 2-8 "ZPPR-10 Monthly Report for March 1979," ZPR-TM-337, Argonne National Laboratory (Mar. 1979)
- 2-9 "ZPPR-10 Monthly Report for April 1979," ZPR-TM-339, Argonne National Laboratory (Apr. 1979)
- 2-10 "ZPPR-10 Monthly Report for May 1979," ZPR-TM-341, Argonne National Laboratory (May 1979)
- 2-58 *D.N.Olsen, P.J.Collins, S.G.Carpenter and S.B.Brumbach, "Covariance Data for ZPR Reaction Rate Measurements," ZPR-TM-342, Argonne National Laboratory (Jun. 1982)*
- 2-11 "ZPPR-10 Monthly Report for June/July 1979," ZPR-TM-346, Argonne National Laboratory (Jul. 1979)
- 2-12 "ZPPR-10 Monthly Report for August 1979," ZPR-TM-350, Argonne National Laboratory (Aug. 1979)
- 2-13 "ZPPR-10 Monthly Report for September 1979," ZPR-TM-352, Argonne National Laboratory (Sep. 1979)
- 2-14 "ZPPR-11 Monthly Report for October/November 1979," ZPR-TM-356, Argonne National Laboratory (Nov. 1979)
- 2-59 *W.R.Robinson and J.A.Morman: "Depleted Uranium Capture and Fission Rate Distribution Within Simulated Fuel and Depleted Uranium Plates -- The Stanford and Robinson Experiment," ZPR-TM-357, Argonne National Laboratory (Dec. 1979)*
- 2-15 "ZPPR-11 Monthly Report for December 1979," ZPR-TM-358, Argonne National Laboratory (Dec. 1979)
- 2-16 "ZPPR-11 Monthly Report for January 1980," ZPR-TM-359, Argonne National Laboratory (Jan. 1980)
- 2-17 "ZPPR-11 Monthly Report for February 1980," ZPR-TM-361, Argonne National Laboratory (Feb. 1980)
- 2-18 "ZPPR-11 Monthly Report for March 1980," ZPR-TM-364, Argonne National Laboratory (Mar. 1980)
- 2-19 "ZPPR-11 Monthly Report for April 1980," ZPR-TM-366, Argonne National Laboratory (Apr. 1980)
- 2-20 "ZPPR-11 Monthly Report for May 1980," ZPR-TM-368, Argonne National Laboratory (May 1980)
- 2-21 "ZPPR-11 Monthly Report for June 1980," ZPR-TM-372, Argonne National Laboratory (Jun. 1980)
- 2-22 "ZPPR-11 Monthly Report for July 1980," ZPR-TM-374, Argonne National Laboratory (Jul. 1980)
- 2-23 "ZPPR-11 Monthly Report for January 1981," ZPR-TM-390, Argonne National Laboratory (Jan. 1981)
- 2-24 "ZPPR-12 Monthly Report for January 1982," ZPR-TM-414, Argonne National

- Laboratory (Jan. 1982)
- 2-25 "ZPPR-12 Monthly Report for February 1982," ZPR-TM-415, Argonne National Laboratory (Feb. 1982)
- 2-26 "ZPPR-12/13 Monthly Report for May 1982," ZPR-TM-421, Argonne National Laboratory (May 1982)
- 2-60 *S.B.Brumbach and D.W.Maddison: "Reaction Rate Calibration Techniques at ZPPR for 239Pu Fission, 235U Fission 238U Fission, and 238U Capture," ZPR-TM-424, Argonne National Laboratory (Jun. 1982)*
- 2-27 "ZPPR-11/12/13 Monthly Report for July 1982," ZPR-TM-427, Argonne National Laboratory (Jul. 1982)
- 2-28 "ZPPR-11/12/13 Monthly Report for September 1982," ZPR-TM-431, Argonne National Laboratory (Sep. 1982)
- 2-29 "ZPPR-13A Monthly Report for October 1982," ZPR-TM-434, Argonne National Laboratory (Oct. 1982)
- 2-30 "ZPPR Monthly Report for November 1982," ZPR-TM-435, Argonne National Laboratory (Nov. 1982)
- 2-31 "ZPPR Monthly Report for December 1982 through February 1983," ZPR-TM-439, Argonne National Laboratory (Nov. 1982)
- 2-32 "ZPPR Monthly Report for March 1983," ZPR-TM-441, Argonne National Laboratory (Mar. 1983)
- 2-33 "ZPPR Monthly Report for April 1983," ZPR-TM-442, Argonne National Laboratory (Apr. 1983)
- 2-34 "ZPPR Monthly Report for May 1983," ZPR-TM-443, Argonne National Laboratory (May 1983)
- 2-35 "ZPPR Monthly Report for July 1983," ZPR-TM-446, Argonne National Laboratory (Jul. 1983)
- 2-36 "ZPPR Monthly Report for August 1983," ZPR-TM-447, Argonne National Laboratory (Aug. 1983)
- 2-37 "ZPPR Monthly Report for September and October 1983," ZPR-TM-450, Argonne National Laboratory (Oct. 1983)
- 2-38 "ZPPR Monthly Report for November 1983," ZPR-TM-451, Argonne National Laboratory (Nov. 1983)
- 2-39 "ZPPR Monthly Report for December 1983," ZPR-TM-452, Argonne National Laboratory (Dec. 1983)
- 2-40 "ZPPR Monthly Report for January through March 1984," ZPR-TM-453, Argonne National Laboratory (Mar. 1984)
- 2-41 "ZPPR Monthly Report for April 1984," ZPR-TM-454, Argonne National Laboratory (Apr. 1984)
- 2-42 "ZPPR Monthly Report for May 1984," ZPR-TM-455, Argonne National Laboratory

(May 1984)

- 2-61 "ZPPR Monthly Report for June 1984 through August 1984," ZPR-TM-456, Argonne National Laboratory (Aug. 1984)
- 2-43 "ZPPR Monthly Report for September and October 1984," ZPR-TM-457, Argonne National Laboratory (Oct. 1984)
- 2-44 "ZPPR Monthly Report for November and December 1984," ZPR-TM-458, Argonne National Laboratory (Dec. 1984)
- 2-45 "ZPPR Monthly Report for January 1985," ZPR-TM-459, Argonne National Laboratory (Jan. 1985)
- 2-46 "ZPPR Monthly Report for February and March 1985," ZPR-TM-460, Argonne National Laboratory (Mar. 1985)
- 2-47 "ZPPR Monthly Report for April 1985," ZPR-TM-462, Argonne National Laboratory (Apr. 1985)
- 2-62 "ZPPR Monthly Report for August 1985 and September 1985," ZPR-TM-465, Argonne National Laboratory (Sep. 1985)
- 2-48 "Reports of JUPITER II measurements & Analysis," ZPR-TM-467, Argonne National Laboratory (1985)
- 2-49 "ZPPR Progress Report : April 1987 through July 1987," ZPR-TM-476, Argonne National Laboratory (Aug. 1987)
- 2-50 "ZPPR Progress Report : August 1987 through October 1987," ZPR-TM-480, Argonne National Laboratory (Nov. 1987)
- 2-51 "ZPPR Progress Report : November 1987 through January 1988," ZPR-TM-481, Argonne National Laboratory (Feb. 1988)
- 2-52 "ZPPR Progress Report : February 1988 through April 1988," ZPR-TM-482, Argonne National Laboratory (May. 1988)
- 2-53 "ZPPR Progress Report : May 1988 through August 1988," ZPR-TM-485, Argonne National Laboratory (Sep. 1988)
- 2-54 "ZPPR Progress Report : September 1988 through December 1988," ZPR-TM-489, Argonne National Laboratory (Jan. 1989)
- 2-55 "ZPPR Progress Report : January 1989 through April 1989," ZPR-TM-491, Argonne National Laboratory (Apr. 1989)
- 2-56 "ZPPR Progress Report : May 1989 through October 1989," ZPR-TM-492, Argonne National Laboratory (Nov. 1989)
- 2-57 S.G.Carpenter, M.M.Bretscher, J.M.Gasidlo and D.W.Maddison, "Experimental Determination of the Breeding Ratio and Its Components in ZPPR Assembly 4, Phase 1," ZPR-TM-201, Argonne National Laboratory (Jun. 1975)
- 2-58 D.N.Olsen, P.J.Collins, S.G.Carpenter and S.B.Brumbach, "Covariance Data for ZPR Reaction Rate Measurements," ZPR-TM-342, Argonne National Laboratory (Jun. 1982)
- 2-59 W.R.Robinson and J.A.Morman, "Depleted Uranium Capture and Fission Rate

Distribution Within Simulated Fuel and Depleted Uranium Plates -- The Stanford and Robinson Experiment," ZPR-TM-357, Argonne National Laboratory (Dec. 1979)

- 2-60 S.B.Brumbach and D.W.Maddison, "Reaction Rate Calibration Techniques at ZPPR for ^{239}Pu Fission, ^{235}U Fission ^{238}U Fission, and ^{238}U Capture," ZPR-TM-424, Argonne National Laboratory (Jun. 1982)
- 2-61 "ZPPR Monthly Report for June 1984 through August 1984," ZPR-TM-456, Argonne National Laboratory (Aug. 1984)
- 2-62 "ZPPR Monthly Report for August 1985 and September 1985," ZPR-TM-465, Argonne National Laboratory (Sep. 1985)

(核データおよび解析コード)

- 3-1 Y.Kikuchi, T.Narita and H.Takano: "Preliminary Results of Benchmark Tests on JENDL-2," Journal of Nuclear Science and Technology 17, p.567 (1980)
- 3-2 高野秀機、他：「高速炉用群定数セットJFS-3-J2の改訂版」、JAERI-M 89-141 (1989年)
- 3-3 高野秀機、他：「速中性子エネルギー領域群定数作成コードシステム：TIMS-PGG」、JAERI-M 82-072 (1982年7月)
- 3-4 G. R. Keepin: "Physics of Nuclear Kinetics," (1965)
- 3-5 R. J. Tuttle: Consultants' Meeting on Delayed Neutron Properties, IAEA, Vienna (1979)
- 3-6 D. Saphier: "Evaluated Delayed Neutron Spectra and Their importance in Reactor Calculations," Nuclear Science and Engineering 62, p.660 (1977)
- 3-7 中川正幸、他：「高速炉の核特性解析コードシステム」、JAERI-M 83-066 (1983年4月)
- 3-8 中川正幸、他：「SLAROM：高速炉の非均質系炉心解析コード」、JAERI-M 5916 (1974年)
- 3-9 M. Nakagawa, et al.: "SLAROM : A Code for Cell Homogenization Calculation of Fast Reactor," JAERI 1294 (1984)
- 3-10 S. Ono, et al.: Technol. Rep. Osaka Univ., 33, 1708, 207 (1983)
- 3-11 M. Bando, et al.: "Three-Dimensional Transport Calculation Method for Eigenvalue Problems Using Diffusion Synthetic Acceleration," Journal of Nuclear Science and Technology 22, p.841 (1985)
- 3-12 T. Yamamoto, et al.: "Three-Dimensional Transport Correction in Fast Reactor Analysis," Journal of Nuclear Science and Technology 23, p.849 (1986)
- 3-13 中川正幸、他：「CIPER : 2・3次元拡散摂動計算コード」、JAERI-M 6722 (1976年)
- 3-14 飯島進、他：「高速炉設計用計算プログラム・2 (2次元・3次元拡散摂動理論計算コード：PERKY)」、JAERI-M 6993 (1977年2月)
- 3-15 K. Koyama, et al.: "RADHEAT-V3, A Code System for Generating Coupled Neutron and Gamma-ray Group Constants and Analyzing Radiation Transport," JAERI-M-7155 (1977)
- 3-16 T.Nakagawa: "Summary of JENDL-2 General Purpose File," JAERI-M 84-103 (1984)
- 3-17 Japanese Nuclear Data Committee: "Graphs of Evaluated Neutron Cross Sections in

JENDL-2," JAERI-M 84-052 (1984)

- 3-18 H.Takano and Y.Ishiguro: "Production and Benchmark Tests of Fast Reactor Group Constant Set JFS-3-J2," JAERI-M 82-135 (1982)
- 3-19 T. Nakagawa: "JENDL-3 Revision 2," Proc. of the 1993 Symposium on Nuclear Data, Tokai, Japan, JAERI-M 94-019, p.68 (Nov. 1993)
- 3-20 L.B.Levitt and R.C.Lewis: "VIM-1 A Non-Multigroup Monte Carlo Code for Analysis of Fast Critical Assemblies," AI-AEC-12951, Atomics International (May 1970)
- 3-21 F.L.Fillmore: "Users Manual for the VIM-1X Monte Carlo Code," EW468, Argonne National Laboratory
- 3-22 R.N.Bломquist, R.M.Lell and E.M.Gelbard: "VIM - A Continuous Energy Monte Carlo Code at ANL," OTNL/RSIC-44, Argonne National Laboratory (1980)
- 3-23 J.L.Milton: "VIM2/13 - VIM Users Guide," NESC No.510.370, EW617, Argonne National Laboratory (Jun. 1981)
- 3-24 森貴正、中川正幸:「MVP/GMVP 連続エネルギー法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)
- 3-25 中川庸雄、他:「JENDL-3の数種類の断面積に対する共分散マトリックスの決定」、JAERI-Research 95-043 (1995年6月)
- 3-26 K. Shibata, et al.: "Japanese Evaluated Nuclear Data Library, Version-3 -JENDL-3-," JAERI 1319 (Jun. 1990)
- 3-27 T. Nakagawa, et al.: "Curves and Tables of Neutron Cross Sections -Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3-," JAERI-M 90-099 (Jul. 1990)
- 3-28 T. Nakagawa, et al.: "Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-2: JENDL-3.2," Journal of Nuclear Science and Technology 32, p.1259 (Dec. 1995)
- 3-29 岡嶋成晃、大井川宏之、向山武彦:「FCAにおける高温ドップラー効果測定(3) -超微細群によるセル計算コード(PEACO-X)の開発-」、JAERI-M 92-185 (1992年11月)
- 3-30 原昭浩、竹田敏一、菊池康之:「SAGEP:一般化摂動理論に基づく二次元感度解析コード」、JAERI-M 84-027 (1984年2月)
- 3-31 Y. Kikuchi : "Review of JENDL-3 Data from Viewpoint for FBR Benchmark Tests," Proc. of the 1989 Seminar on Nuclear Data, JAERI-M 90-025, p.29 (Feb. 1990)

(解析手法、その他)

- 4-1 飯島進、他:「炉物理模擬実験解析法の検討-照射実験の解析とJUPITER実験の解析-」、JAERI-memo 60-076 (1985年3月)
- 4-2 T. Takeda, et al.: "Two-Dimensional Cell Heterogeneity Effect in Analysis of Fast Critical Assemblies," Proc. of Topical Meeting on Reactor Physics and Safety, Saratoga Springs, p.832 (Sep. 1986)
- 4-3 T. Takeda, et al.: "Two-Dimensional Cell Heterogeneity Effect in Analysis of Fast Critical Assemblies," Nuclear Science and Engineering 98, p.128 (1988)

- 4-4 H. H. Hummel and D. Okrent: "Reactivity Coefficients in Large Fast Power Reactors," American Nuclear Society, p.38 (1970)
- 4-5 T. Takeda, et al.: "Analysis of Large LMFBR Critical Experiments by Improved Methods," Proc. of International Topical Meeting on Advances in Reactor Physics, Mathematics and Computation, Paris, p.157 (Apr. 1987)
- 4-6 T. Takeda, et al.: "Analysis of Large Liquid-Metal Fast Breeder Reactor Critical Experiments by Improved Methods," Nuclear Science and Engineering 100, p.538 (1988)
- 4-7 T. Tone: "A Numerical Study of Heterogeneity Effects in Fast Reactor Critical Assemblies," Journals of Nuclear Science and Technology 12, p.467 (Aug. 1975)
- 4-8 石川眞、他：「炉定数調整による大型炉核設計手法の高度化」、動燃技報 No. 77, p.92 (1991年3月)
- 4-9 石川眞、川島正俊、三田敏男、保志貴司：「大型高速炉用修正炉定数の開発(I)～(IV)」、日本原子力学会、1992年春の年会H61～H64 (1992年3月)
- 4-10 M. Ishikawa, et al.: "Development of An Adjusted Group-Cross-Section Set for Large LMFBR Cores Using the JUPITER Analytical Results," Proc. 1992 Symposium on Nuclear Data, JAERI-M 93-046, p.36 (Nov. 1992)
- 4-11 M. Ishikawa, et al.: "Improvement of Nuclear design Method for Large LMFBR Cores Using the Cross-Section Adjustment," Proc. Int. Conf. on Mathematical Methods and Supercomputing in Nuclear Applications (M&C+SNA'93), Karlsruhe, Vol.1, p.593 (Apr. 1993)
- 4-12 S. B. Brumbach, et al.: "Asymmetric Neutron Flux Distribution in ZPPR-13A," ZPR-TM-436, Argonne National Laboratory (Feb. 1983)
- 4-13 Private communication: 飯島進、日本原子力研究所 (1993年11月)
- 4-14 Y.Kato, T.Takeda, et al.: "A Coarse-Mesh Correction of the Finite Difference Method for Neutron Diffusion Calculations," Nuclear Science and Engineering 61, p.127 (1976)
- 4-15 H.Takano: "Benchmark Tests of JENDL-3.2 for Thermal and Fast Reactors," JAERI-Conf 95-008, Proc. of the 1994 Symposium on Nuclear Data, Tokai, Japan (Nov. 1994)
- 4-16 高野秀機、金子邦男：「MVPによるFBR解析」、シグマ委員会、H6年度第3回リアクター積分テストWG、資料3-4 (1995年3月)
- 4-17 高野秀機：「JENDL-3.2とENDF/B-VIのベンチマーク比較」、シグマ委員会、H6年度第3回リアクター積分テストWG、資料3-5 (1995年3月)
- 4-18 E.E.Lewis and W.F.Miller, Jr.: "Computational Methods of Neutron Transport, Chap.7 The Monte Carlo Method," John Wiley & Sons, Inc (1984)
- 4-19 P. B. McCarthy : "ZPPR 14 ft by 14 ft Expansion Project - System Design Description," A 1005-0001-SA-03, Argonne National Laboratory (Jun. 1977)
- 4-20 S.B.Brumbach and J.M.Gasidlo, "In-Cell Reaction Rate Distributions and Cell-Average Reaction rates in Fast Critical Assemblies," ANL-85-44, Argonne National Laboratory (Aug. 1985)

- 4-21 Robert Avery, et al. : Applied Physics Division Annual report (July 1, 1970 to June 30, 1971), ANL-7910, Argonne National Laboratory (Jan. 1972)
- 4-22 S. Okajima, et al. :"High Temperature Doppler Effect Experiment for ^{238}U at FCA, (1) Reactivity Worth Measurement with a Small Heated Sample up to 1,500 °C," Journal of Nuclear Science and Technology 33, p. 202-210 (Mar. 1996)
- 4-23 Private communication: P. B. McCarthy (Feb. 5, 1980)
- 4-24 石川眞、山本敏久、竹田敏一：「高速炉炉心核特性解析システムの高度化」、日本原子力学会誌 36[11]、p.1031 (1994年11月)
- 4-25 長家康展、中川正幸：「モンテカルロコードMVPによる高速臨界集合体（FCA）の実験解析」、日本原子力学会、1995年秋の大会A4 (1995年10月)
- 4-26 R.N.Hill and K.O.Ott: "Advanced Methods Comparisons of Reaction Rates in the Purdue Fast Breeder Blanket Facility," Nuclear Science and Engineering 103, pp.12-24 (1989)
- 4-27 R.N.Hill, K.O.Ott and D.Rhodes: "Directional Effects in Transitional Resonance Spectra and Group Constants," Nuclear Science and Engineering 103, pp.25-36 (1989)
- 4-28 T.Sakurai, T.Nemoto and S.Iijima: "Measurements and Analyses of ^{238}U Capture to ^{239}Pu Fission Rate Ratio at Fast Critical Assembly," Proc. of the 1994 Symposium on Nuclear Data, Tokai, Japan, JAERI-Conf 95-008, p.53 (Mar. 1995)

(動燃レポート)

- 5-1 竹田敏一、北田孝典、他：「高速炉核特性の数値解析手法の改良」、PNC TJ9605 96-001 (1996年3月)
- 5-2 竹田敏一、北田孝典、他：「高速炉核特性の数値解析手法の改良（II）」、PNC TJ9605 97-001 (1997年3月)
- 5-3 核設計データベースWG：「核設計基本データベースの整備(VIII)-JUPITER実験解析結果の集大成-」、PNC TN9410 97-099 (1997年11月)