



マイナーアクチニド添加炉心の核特性評価

—BFS-69, BFS-66-2 臨界実験の解析—

Evaluation of Nuclear Characteristics of Minor Actinide Loaded Core
- Analyses of BFS-69 and BFS-66-2 Critical Experiments -

羽様 平 佐藤 若英

Taira HAZAMA and Wakaei SATO

原子力基礎工学研究部門
核工学・炉工学ユニット

Division of Nuclear Data and Reactor Engineering
Nuclear Science and Engineering Directorate

September 2010

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Research

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構 研究技術情報部 研究技術情報課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2010

マイナーアクチノイド添加炉心の核特性評価 —BFS-69, BFS-66-2 臨界実験の解析—

日本原子力研究開発機構
原子力基礎工学研究部門 核工学・炉工学ユニット
羽様 平、佐藤 若英*

(2010年 6月 16日 受理)

「多量の Np を種々の臨界集合体に添加したときの炉物理特性の変化に関する研究」としてロシアの物理エネルギー研究所(IPPE)と共同研究を実施した。その第 2 報として BFS-69 体系及び BFS-66-2 体系に関する実験情報と解析結果をまとめた。

実験では各体系において Np 装荷(約 8kg)の有無が異なる 2 種類の炉心について臨界性、Na ボイド反応度、制御棒価値、反応率比などの核特性が測定されている。JAEA の標準的な高速炉解析手法に 4 種類 (JENDL-3.2, JENDL-3.3, JENDL/AC-2008, ENDF/B-VII) の核データを適用し、以下の知見を得た。

i) 臨界性の解析精度

BFS-69 体系について過大評価する傾向があり、JENDL-3.3 と JENDL/AC-2008 で顕著である。ENDF/B-VII との差異は主に Na の平均散乱角余弦 (1MeV 付近) にある。

ii) Na ボイド反応度の解析精度

ENDF/B-VII の結果と比較すると、JENDL の 3 種類の結果には実験値と数 ρ の差異がある。ENDF/B-VII との差異は、主に Na の散乱関連の断面積 (1MeV 付近) と ^{239}Pu の核分裂断面積(1keV 付近)にある。

iii) Np 装荷による解析精度の変化

Na ボイド反応度、制御棒価値、反応率比の測定値は Np の装荷により有意な変化が確認されている。解析値はその変化を実験誤差内で再現しており、Np 装荷による解析精度の悪化はないといえる。

原子力科学研究所 (駐在) : 〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根 2-4

本報告書の内容は、NESI(株)が日本原子力研究開発機構との請負契約により実施した業務成果に関するものを含み、日本原子力研究開発機構が取りまとめたものである。

* NESI(株)

**Evaluation of Nuclear Characteristics of Minor Actinide Loaded Core
- Analyses of BFS-69 and BFS-66-2 Critical Experiments -**

Taira HAZAMA and Wakaei SATO*

Division of Nuclear Data and Reactor Engineering
Nuclear Science and Engineering Directorate
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received June 16, 2010)

Collaboration with Russian Institute of Physics and Power Engineering named “Investigation of neutronic-physical characteristics and their change when introducing large quantity of neptunium (Np) at different BFS critical assemblies” has been accomplished. This is the second report of the collaboration to describe experimental information and analysis results on BFS-69 and BFS-66-2 critical experiments.

In the experiments, various nuclear characteristics were measured in 2 kinds of cores with/without Np loading of about 8kg. JAEA’s standard analysis results were presented with four kinds of nuclear data (JENDL-3.2, JENDL-3.3, JENDL/AC-2008, and ENDF/B-VII).

Analytical results show:

- i) An overestimation trend has been observed in BFS-69 criticality results, especially with JENDL-3.3 and JENDL/AC-2008. The difference from ENDF/B-II having better results mainly lies in the average cosine of the scattering angle around 1MeV.
- ii) A small discrepancy exists in BFS-69 Na void reactivity results with the three JENDL nuclear data. The difference from ENDF/B-II mainly lies in scattering cross sections of sodium around 1MeV and fission cross section of ^{239}Pu around 1keV.
- iii) The analysis results simulate measured Np effects on nuclear characteristics within experimental errors.

Keywords: BFS, Np, Critical Experiment, Fast Reactor, IPPE, Nuclear Data

This work was performed by NESI Inc. under contract with Japan Atomic Energy Agency.

* NESI Inc.

目 次

1. 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 研究の目的	1
1.3 実施項目とスケジュール	1
2. BFS-69臨界実験の概要	2
2.1 BFS-69体系の概要	2
2.2 BFS-69体系での測定概要	4
3. BFS-66-2臨界実験の概要	15
3.1 BFS-66-2体系の概要	15
3.2 BFS-66-2体系での測定概要	17
4. BFS-69及びBFS-66-2臨界実験の解析	25
4.1 解析方法	25
4.2 Np装荷による核特性の変化の概要	31
4.3 解析結果	34
4.4 解析結果のまとめ	53
5. 核データ間の詳細比較	54
5.1 ^{237}Np 核データの差異	54
5.2 核特性解析結果の差異	57
6. 結論	65
謝辞	66
参考文献	66
付録A BFS-67体系の解析結果	69
付録B ENDF/B-VIIを用いた解析結果	71
付録C P3計算によるNaボイド反応度の解析結果	76
付録D 主要核特性の感度係数	81

Contents

1. Introduction	1
1.1 Background	1
1.2 Purpose	1
1.3 Contents and Schedule of Experiment	1
2. Outline of BFS-69 Critical Experiment	2
2.1 Description of BFS-69 Core	2
2.2 Description of BFS-69 Experiment	4
3. Outline of BFS-66-2 Critical Experiment	15
3.1 Description of BFS-66-2 Core	15
3.2 Description of BFS-66-2 Experiment	17
4. Analysis of BFS-69 and BFS-66-2 Experiment	25
4.1 Analysis Method	25
4.2 Np loading effect	31
4.3 Analysis Result	34
4.4 Summary of Analysis Result	53
5. Detailed Comparison among Nuclear Data	54
5.1 Difference in ²³⁷ Np Data	54
5.2 Difference in Nuclear Characteristics	57
6. Conclusion	65
Acknowledgements	66
References	66
Appendix A Analysis Results of BFS-67 Experiment	69
Appendix B Analysis Results with ENDF/B-VII	71
Appendix C P3 calculation results for Na void reactivity	76
Appendix D Sensitivity Coefficients of Major Nuclear Characteristics	81

表リスト

Table 2.1	Comparison of BFS-69 and BFS-67 core configurations	3
Table 2.2	List of measured reaction rate ratios	5
Table 2.3	Description of the samples in the sample worth measurement	6
Table 3.1	Comparison of BFS-66-1 and BFS-66-2 core configurations	16
Table 3.2	Detector information in C28/F25 measurement of BFS-66-2	23
Table 3.3	Results of C28/F25 measurement of BFS-66-2	23
Table 4.1.1	Parameter survey result for transport and mesh correction	27
Table 4.1.2	Calculation condition in transport calculation	27
Table 4.3.1	Results of criticality analysis (BFS-69)	36
Table 4.3.2	Results of criticality analysis (BFS-66-2)	36
Table 4.3.3	Results of Na void reactivity analysis (BFS-69-1)	37
Table 4.3.4	Results of Na void reactivity analysis (BFS-69-2)	37
Table 4.3.5	Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2, 28 assemblies)	38
Table 4.3.6	Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2A, 28 assemblies)	38
Table 4.3.7	Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2, 88 assemblies)	38
Table 4.3.8	Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2A, 88 assemblies)	38
Table 4.3.9	Results of C/R worth analysis (BFS-69, Enr. Boron 450mm)	40
Table 4.3.10	Results of C/R worth analysis (BFS-69, Enr. Boron 151mm)	40
Table 4.3.11	Results of C/R worth analysis (BFS-69, Nat. Boron 448mm)	41
Table 4.3.12	Results of C/R worth analysis (BFS-69, Nat. Boron 153mm)	41
Table 4.3.13	Results of C/R worth analysis (BFS-66-2, Nat. Boron 420mm)	42
Table 4.3.14	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1, JENDL-3.2)	43
Table 4.3.15	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1, JENDL-3.3)	43
Table 4.3.16	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1, JENDL/AC-2008)	43
Table 4.3.17	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2, JENDL-3.2)	44
Table 4.3.18	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2, JENDL-3.3)	44
Table 4.3.19	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2, JENDL/AC-2008)	44
Table 4.3.20	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-66-2, F49/F25)	45
Table 4.3.21	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-66-2, F28/F25)	45
Table 4.3.22	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-66-2, C28/F25)	45
Table 4.3.23	Results of small sample worth analysis (BFS-69-1, JENDL-3.2)	48
Table 4.3.24	Results of small sample worth analysis (BFS-69-2, JENDL-3.2)	48
Table 4.3.25	Results of small sample worth analysis (BFS-69-1, JENDL-3.3)	49
Table 4.3.26	Results of small sample worth analysis (BFS-69-2, JENDL-3.3)	49
Table 4.3.27	Results of small sample worth analysis (BFS-69-1, JENDL/AC-2008)	50
Table 4.3.28	Results of small sample worth analysis (BFS-69-2, JENDL/AC-2008)	50

Table 4.3.29	Results of sample Doppler reactivity analysis (BFS-69, UO ₂ sample)-----	52
Table 4.3.30	Results of sample Doppler reactivity analysis (BFS-69, PuO ₂ sample) -----	52
Table 5.1	Na contribution in nuclear data replacement (BFS-69-2 Criticality) -----	60
Table 5.2	Na contribution in nuclear data replacement (BFS-69-2 Void reactivity) -----	61
Table 5.3	²³⁹ Pu contribution in nuclear data replacement (BFS-69-2 Void reactivity) ---	62
Table A.1	Results of criticality analysis (BFS-67) -----	69
Table A.2	Results of Na void reactivity analysis (BFS-67-1R)-----	69
Table A.3	Results of Na void reactivity analysis (BFS-67-2R)-----	70
Table B.1	Results of criticality analysis with ENDF/B-VII (BFS-67)-----	71
Table B.2	Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-67) -----	71
Table B.3	Results of criticality analysis with ENDF/B-VII (BFS-69)-----	71
Table B.4	Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-69) -----	72
Table B.5	Results of C/R worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-69)-----	72
Table B.6	Results of reaction rate ratio analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-1) -----	72
Table B.7	Results of reaction rate ratio analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-2) -----	73
Table B.8	Results of small sample worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-1) -----	73
Table B.9	Results of small sample worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-2) -----	73
Table B.10	Results of criticality analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2) -----	74
Table B.11	Results of C/R worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2)-----	74
Table B.12	Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2, 28 assemblies)-----	74
Table B.13	Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2, 88 assemblies)-----	75
Table B.14	Results of reaction rate ratio analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2) -----	75
Table C.1	Direct and perturbation results with P0 and P3 calculations (BFS-67) -----	77
Table C.2	Direct and perturbation results with P0 and P3 calculations (BFS-69) -----	77
Table C.3	Direct and perturbation results with P0 and P3 calculations (BFS-66-2)-----	77
Table C.4	Perturbation results with P0 and P3 calculations -----	78
Table C.5	C/E values with P0 and P3 calculations -----	80
Table C.6	C-E values with P0 and P3 calculations -----	80

図リスト

Fig.2.1	Flux comparison between BFS-67-1R and BFS-69-1	3
Fig.2.2	Core configuration of BFS-69-1	7
Fig.2.3	Core configuration of BFS-69-2	8
Fig.2.4	RZ layout of BFS-69-1 and BFS-69-2	9
Fig.2.5	Structure of fuel assembly including MOX region	10
Fig.2.6	Structure of fuel assembly including HEZ region	11
Fig.2.7	Structure of fuel assembly including Np region	12
Fig.2.8	Axial position of control rods in BFS-69	13
Fig.2.9	Foil positions in C28/F25 measurement of BFS-69	14
Fig.3.1	Core configuration of BFS-66-2	18
Fig.3.2	RZ layout of BFS-66-2 and BFS-66-2A	19
Fig.3.3	Structure of fuel cells in BFS-66-2	20
Fig.3.4	Structure of other cells in BFS-66-2	21
Fig.3.5	Axial position of control rods in BFS-66-2	22
Fig.3.6	Detector or foil positions in C28/F25 measurement of BFS-66-2	24
Fig.4.1.1	Plate stretch cell modeling of BFS cell	30
Fig.4.2.1	Comparison of ^{238}U and ^{237}Np cross sections (JENDL-3.3)	31
Fig.4.2.2	Comparison of neutron flux between BFS-69-1 and BFS-69-2	32
Fig.4.2.3	Comparison of adjoint flux between BFS-69-1 and BFS-69-2	32
Fig.4.2.4	Comparison of neutron flux between BFS-66-2 and BFS-66-2A	33
Fig.4.2.5	Comparison of adjoint flux between BFS-66-2 and BFS-66-2A	33
Fig.4.3.1	Results of criticality analysis	36
Fig.4.3.2	Results of Na void reactivity analysis (C/E)	39
Fig.4.3.3	Results of Na void reactivity analysis (C-E)	39
Fig.4.3.4	Results of Na void reactivity analysis (Reactivity)	39
Fig.4.3.5	Results of C/R worth analysis	42
Fig.4.3.6	Results of reaction rate ratio analysis (F49/F25, F28/F25, C28/F25)	46
Fig.4.3.7	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1)	46
Fig.4.3.8	Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2)	46
Fig.4.3.9	Np loading effect on reaction rate ratio data (BFS-69)	47
Fig.4.3.10	Results of small sample worth analysis (BFS-69-1)	51
Fig.4.3.11	Results of small sample worth analysis (BFS-69-2)	51
Fig.5.1	Comparison of ^{237}Np capture cross section among nuclear data	54
Fig.5.2	Relative comparison of ^{237}Np capture cross section (to JENDL-3.3)	55
Fig.5.3	Comparison of ^{237}Np fission cross section among nuclear data	55
Fig.5.4	Relative comparison of ^{237}Np fission cross section (to JENDL-3.3)	56

Fig.5.5	Relative comparison of ^{237}Np capture reaction rates (to JENDL-3.3)-----	56
Fig.5.6	Effect of nuclear data replacement (Criticality) -----	59
Fig.5.7	Effect of nuclear data replacement on Criticality (difference between two cores) -----	59
Fig.5.8	Effect of nuclear data replacement from JENDL-3.3 to ENDF/B-VII (contribution of Na to BFS-69-2 Criticality)-----	60
Fig.5.9	Effect of nuclear data replacement (C/R worth) -----	60
Fig.5.10	Effect of nuclear data replacement (Na void reactivity) -----	61
Fig.5.11	Effect of nuclear data replacement from JENDL-3.3 to ENDF/B-VII (contribution of Na to BFS-69-2 Na void reactivity) -----	61
Fig.5.12	Effect of nuclear data replacement (contribution of ^{239}Pu fission to BFS-69-2 Na void reactivity)-----	62
Fig.5.13	Effect of nuclear data replacement (Reaction rate ratio)-----	63
Fig.5.14	Effect of nuclear data replacement (Small sample worth) -----	64
Fig.5.15	Sensitivity coefficient for NpO_2 sample worth in BFS-69-2 -----	64
Fig.C.1	Scattering component with P0 and P3 calculations (BFS-69-1, JENDL-3.3) ----	79
Fig.C.2	Scattering component with P0 and P3 calculations (BFS-69-2, JENDL-3.3) ----	79
Fig.C.3	Results of Na void reactivity analysis with P3 calculation (C-E) -----	80

1. 序論

1.1. 研究の背景

実用化戦略調査研究のフェーズⅡ（2001年4月から約5年間）において、ユニークで創造的なアイデアを集めるため、革新的技術研究として魅力的な研究項目を国内のみならず国外からも募集した。

IPPE（ロシア物理エネルギー研究所）は、マイナーアクチニド（MA）を装荷した高速炉炉心の核特性評価に関してその解析手法と核データの妥当性を確認するためとして「多量の N_p を種々の臨界集合体に添加したときの炉物理特性の変化に関する研究」を提案した。

環境負荷低減の観点から将来の FBR サイクルシステムでは MA 燃焼は最も重要な技術の一つであること、主要 MA である N_p を装荷した臨界実験の詳細データを入手することは、MA 装荷炉心に対する高速炉核特性解析システムの検証、精度向上に有意義であると判断し、共同研究を実施した。

1.2. 研究の目的

N_p 装荷炉心の臨界実験解析を実施し、現状の解析精度を把握するとともに、核設計精度の向上に資する情報を得る。

1.3. 実施項目とスケジュール

共同研究は3カ年（平成13年度～15年度）で実施した。

第1期（平成13年度）では、IPPE側で N_p を装荷した臨界実験体系（BFS-67体系、実験実施：1994/5-9）について、実験及び解析結果に関する報告書を作成した。（JAEA 受理：平成14年2月）。

第2期（平成14年度）では、JAEA側で第1期の情報を基に BFS-67 体系の解析評価を実施するとともに、IPPE側で異なる Pu 富化度（BFS-67の約19wt%に対し約40wt%）の炉心（BFS-69体系、実験実施：1995/5-10）に関する実験及び解析結果に関する報告書を作成した（JAEA 受理：平成15年2月）。

第3期（平成15年度）では、JAEAとIPPE間での協議に基づき、原子炉級の Pu を想定して Pu 中の ^{240}Pu の割合を高めた体系で同様に N_p 装荷による影響を把握するための実験（BFS-66-2体系）を新たに IPPE で実施し、その実験及び解析結果に関する報告書を作成した（JAEA 受理：平成16年3月）。

第1期の契約で入手した BFS-67 体系については、報告書¹⁾にまとめている。本報では第2期及び3期の契約で入手した BFS-69 及び BFS-66-2 体系に関する実験情報と JAEA で実施した解析結果を報告する。

2. BFS-69 臨界実験の概要

本章では BFS-69 臨界実験の概要を述べる。

2.1 BFS-69 体系の概要

BFS-69 臨界実験は 1995 年 6 月～10 月に IPPE の臨界実験装置 BFS-1 で実施された。既報告の BFS-67 体系と比較すると、MOX 領域の Pu 富加度が約 19wt%から約 40wt%に高められている点の特徴である。異なる炉心間で N_p 装荷の影響を把握することによって、実験解析結果の信頼性を高めるとともに、Pu 燃焼炉心の核特性解析精度を評価するために有用である。

体系の基本構成は BFS-67 体系と共通であり、ステンレス製で外径 5cm のチューブ内に材質によって色分けされた直径 4.6～4.7cm、厚さ 1cm 以下の円盤状のペレットを炉心底部から積み上げて形成される集合体を 5.1cm ピッチで六角格子状に配置することによって構成されている。

炉心の径方向は、中心から順に MOX 領域 (Pu 富化度約 40wt%) 及び濃縮ウラン領域(HEZ ; High Enrichment Zone、以下 HEZ 領域)からなり、その外側を Blanket 領域が囲んでいる。MOX 領域は Pu ペレット、劣化二酸化ウランペレット、Na ペレットから主に構成されている。HEZ 領域は濃縮二酸化ウラン (濃縮度 36wt%) と Na ペレットで、Blanket 領域は劣化二酸化ウランペレットのみで構成されている。

BFS-67 体系では Na ペレットに不純物(水素)の有無が異なる 2 種類のもので使用されていたが、BFS-69 体系では不純物を含まないものだけが使用された。

BFS-62 体系²⁾でチューブ間に挿入されていたステンレス stick については、BFS-69 では BFS-67 体系と同様、ブランケット領域のみに使用された。また、形状についても BFS-62 体系で用いられた円柱形状ではなく三角柱形状のもので使用された。

BFS-67 体系との炉心構成の差異を Table 2.1 に、炉心中心での中性子束を Fig.2.1 に示す。軸方向及び径方向ブランケットを含めた体積は両炉心でほぼ等しいが、BFS-69 体系では Pu 富加度が高い分、過剰反応度を調整するために MOX 領域中の Na の比率が高く設定されており、また HEZ 領域も小さくなっている(BFS-67 体系では 90wt%濃縮ウランと劣化ウランを組み合わせ、平均濃縮度が低い)。炉心サイズ (除くブランケット) が小さいため中性子束は BFS-69 体系で硬くなっている。

N_p の装荷は MOX 領域の UO_2 ペレットを NpO_2 ペレットに置換することによって実施された。 NpO_2 の装荷量は 8.9kg (N_p としては 7.8kg) である。

N_p 装荷前(BFS-69-1)、装荷後(BFS-69-2)の炉心構成を以下に記す。Fig.2.2～2.4 には炉心の平面図及び 2 次元 R-Z 体系図を、Fig.2.5～2.7 には MOX 領域、HEZ 領域、及び N_p 装荷領域のセル構成を示す。

①BFS-69-1 (BFS-69 炉心シリーズの基準炉心、Np 装荷なし) (Fig.2.2)

MOX 領域 (集合体 199 体)、HEZ 領域 (集合体 175 体)、径ブランケット (集合体 887 体) で構成される。

②BFS-69-2 (NpO₂ 装荷量 8.9kg) (Fig.2.3)

BFS-69-1 の炉心中心燃料 37 体について、それぞれ 1 体中に含まれる 5 燃料セルの内、中心 3 燃料セルの UO₂ ペレット (2 カ所) を NpO₂ ペレットで置換した炉心である (この 37 体の領域を以下 Np 領域という)。中心 3 セルにおける重核中の Np の割合は 13.5wt%、金属 Np 装荷量は 7.8kg である。劣化ウランを Np へ置換することによる過剰反応度の増加を抑制するために、HEZ 領域の集合体が 3 体、径ブランケットの集合体が 58 体除去されている。すなわち、MOX 領域 (集合体 162 体)、Np 領域 (集合体 37 体) HEZ 領域 (集合体 172 体)、径ブランケット (集合体 829 体) で構成される。なお、BFS-67 体系では Np 装荷により反応度が低下していた。BFS-69 体系は中性子スペクトルが硬く、²³⁸U の ²³⁷Np への置換による核分裂反応率の増加が大きいことが差異の主要因である。

Table 2.1 Comparison of BFS-69 and BFS-67 core configurations

炉心名		BFS-67-1R*1	BFS-69-1*1
炉心領域サイズ (含ブランケット領域)		等価半径：96cm 炉心部高さ：153cm 体積：4400 ℓ	等価半径：95cm 炉心部高さ：153cm 体積：4300 ℓ
炉心領域サイズ (除ブランケット領域)		等価半径：65cm 炉心部高さ：76cm 体積：1000 ℓ	等価半径：52cm 炉心部高さ：75cm 体積：640 ℓ
MOX 領域	等価半径 (cm)	35	38
	組成(vol.%)	燃料：構造材：Na：Void = 27：24：27：22	燃料：構造材：Na：Void = 15：22：43：21
	Pu 総重量(kg)	142	209
	Pu 富化度(wt%)	19	40
Pu 組成(wt%)		²³⁹ Pu/ ²⁴⁰ Pu/ ²⁴¹ Pu=93.55/4.55/0.25	
HEZ 領域	²³⁵ U 総重量(kg)	516	181
	U 濃縮度(wt%)	21	36

*1: 比較は Np 装荷前の体系で示す。

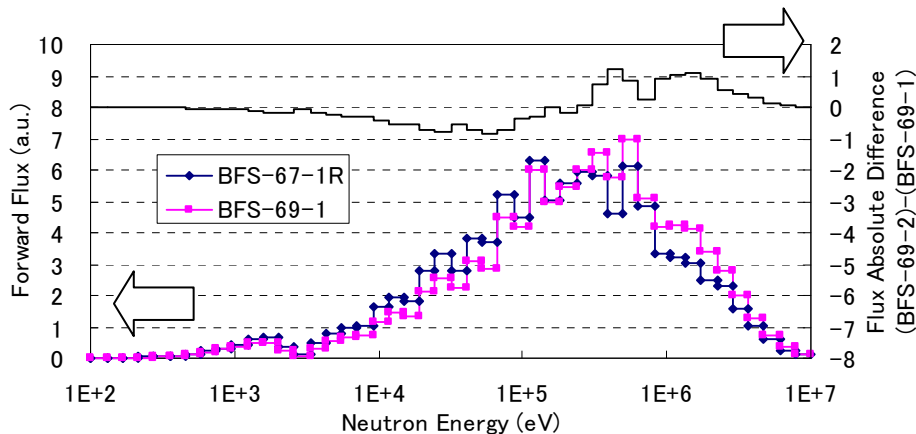


Fig.2.1 Flux comparison between BFS-67-1R and BFS-69-1

2.2 BFS-69 体系での測定概要

BFS-69 体系で測定された核特性（臨界性、Na ボイド反応度、制御棒価値、炉中心反応率比、微小サンプル反応度、サンプルドップラー反応度）の概要を述べる。

2.2.1 臨界性

臨界性（過剰反応度）は、実験装置の運転用制御棒を全て引き抜き位置に移動した際（このとき運転用制御棒領域は隣接する領域と同じ構成となっている）に印加される正の反応度をペリオド法で測定することにより評価された。反応度測定用の検出器には、径ブランケット領域の 120 度対称の 3 箇所のもので使用された。

2.2.2 Na ボイド反応度

測定は炉心中心燃料 37 体、軸方向高さ 45cm（中心 3 セル）の全 Na ペレット 1110 枚（Na 重量 15.5kg）を SUS 缶に置換し、置換前後の過剰反応度の差異を測定することによって実施された。

その他にも 3 種類の測定データが IPPE の報告書には提示されているが、Na の置換量が 0.1kg と少ないため反応度が 1% 以下と小さく実験誤差も約 10% と大きい。本報告では有意な解析結果が期待できないと考え、評価対象から除いた。

2.2.3 制御棒価値

測定は炉心中心の集合体 1 体を除去し、その位置に制御棒を挿入することによって実施された。制御棒には“Long rod”という B₄C 吸収体を Na で挟んだ約 2m の集合体を使用された。炉心中心部は集合体が貫通できるようになっており、Long rod を上下に移動させることによって、所定のセル構成が炉心内の所定の領域に対応するように調整する。

吸収体には天然 B₄C と濃縮 B₄C（B-10 : 81.7wt%）の 2 種類が存在する。Long rod 中の吸収体サイズも 2 種類存在し、それらの組み合わせからなる 4 種類の制御棒について反応度が測定された。

Fig.2.8 に制御棒とその他領域との軸方向位置関係を示す。引き抜き状態（Long rod の下部を炉心下部に一致させた状態）では炉心及びブランケット領域に対応する位置には Na のみが存在し、制御棒挿入時（Long rod の上部を炉心上部に一致させた状態）には吸収体部の中心が炉心中心に位置する。制御棒引き抜き状態ではわずかに超臨界である。

制御棒引き抜き状態にして出力を上昇させた後、制御棒を挿入して出力を下降させ、上昇、下降時の出力の時間変化から逆動特性法により反応度を求めている。

2.2.4 炉中心反応率比

Table 2.2 に示す 11 種類の反応率比が測定された。核分裂反応率比については対象核種を内部に塗布した小型核分裂計数管が、捕獲反応を含む反応率比(C28/F25)についてはウラン箔が使用された。

小型核分裂計数管を用いた場合は、計数管を中心集合体の周囲の隙間に挿入し、軸方向中心のセルについてセル平均値が得られるように計数管を 1cm 間隔でずらして計数測定し、その平均値を求めている。

C28 の測定についてはウラン箔（濃縮度 37wt%、厚さ 0.1mm）が用いられた。ウラン箔は Fig.2.9

に示すように縦に 2 分割した UO₂ ペレット間及び軸方向ペレット間に同時に設置され、C28 については ²³⁹Np の 278keV の γ 線を、F25 については ¹³⁵Cs の 293keV の γ 線を測定することによって反応率比が評価された。入手した IPPE の実験報告書には各位置での反応率比を平均した値が記載されている。

Table 2.2 List of measured reaction rate ratios

No.	略称	反応率比の種類
1	F28/F25	²³⁸ U と ²³⁵ U の核分裂反応率の比
2	F49/F25	²³⁹ Pu と ²³⁵ U の核分裂反応率の比
3	F37/F49	²³⁷ Np と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
4	F48/F49	²³⁸ Pu と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
5	F40/F49	²⁴⁰ Pu と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
6	F41/F49	²⁴¹ Pu と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
7	F42/F49	²⁴² Pu と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
8	F51/F49	²⁴¹ Am と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
9	F53/F49	²⁴³ Am と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
10	F64/F49	²⁴⁴ Cm と ²³⁹ Pu の核分裂反応率の比
11	C28/F25	²³⁸ U の捕獲反応率と ²³⁵ U の核分裂反応率の比

2.2.5 微少サンプル反応度

Table 2.3 に示す 8 種類の物質の微少サンプル反応度が測定された。測定は（サンプル+サンプル容器）の反応度からサンプル容器のみの反応度を差し引くことによって実施された。反応度の測定はオシレーション法によって実施された。サンプルの挿入位置は、中心 1 体の集合体の周辺のチューブ間ギャップ(最大 6 箇所)で軸方向炉心中心である。なお、サンプル反応度の測定ではサンプルサイズを無限小に見なすための補正を適用することがあるが、報告された結果にはその補正は適用されていない。

2.2.6 サンプルドロッパー反応度

サンプルドロッパー反応度はサンプル反応度と同様、オシレーション法によって測定された。サンプルは UO₂ (劣化ウラン) 約 300g である。

測定は、炉心中心の集合体 1 体を取り除き、そこにヒーターと UO₂ サンプルを、サンプルの軸方向の中心が炉心中心に一致するように挿入して実施された。なお、UO₂ サンプル以外にも NpO₂ や ²⁴⁰PuO₂(BFS-69-1 のみ)を使用した結果も報告されている。NpO₂ サンプルの結果は実験誤差が 100%と大きいため、²⁴⁰PuO₂ サンプルの結果のみ評価した。

Table 2.3 Description of the samples in the sample worth measurement

Sample name	Length (mm)	Diameter of material (mm)	Mass of material (g)	Density(g/cm ³)	Isotopic content (wt%)
U-235	130	6.0 / 0.22	16.22(2)	15.62	U-235 - 88.6 U-238 - 11.4
U-238	125	3.5	89.07(4)	18.52	U - natural
B-10 (a)	130	1.0	0.4604(4)	1.13	B-10 -82.4 B-11 -17.6
B-10 (b)	130	2.0	2.09(4)	1.28	B-10 -82.4 B-11 -17.6
B-10 (c)	130	3.5	2.718(2)	1.09	B-10 -82.4 B-11 -17.6
C-12	130	6.0	23.39(4)	1.59	C - natural
CH ₂ (a)	130	5.4 / 0.6	4.659(4)	0.99	C,H- natural
CH ₂ (b)	130	6.1 / 0.3	2.66(4)	0.94	C,H- natural
Na	141	6.6	28.21(6)	0.97	Na - natural
Pu-239	100	2.4	28.44(4)	15.72	Pu-239 -95.96 Pu-240 - 4.04
²⁴⁰ PuO ₂ (a)	121	2.6	11.16(4)	4.34	Pu-239 - 9.13 Pu-240 -89.22
²⁴⁰ PuO ₂ (b)	121	3.6	17.63(4)	3.58	Pu-241 - 1.49 Pu-242 - 0.16
²⁴⁰ PuO ₂ (c)	121	4.8	45.08(4)	5.15	for 03.12.1991
²⁴¹ PuO ₂ (a)	121	2.6	4.69(2)	3.65	Pu-239 - 0.98 Pu-240 - 21.98 Pu-241 - 58.84
²⁴¹ PuO ₂ (b)	121	3.6	5.19(1)	4.21	Pu-242 - 11.74 Am-241 - 6.45 Np-237 - 0.01 for 03.12.1991
²⁴¹ AmO ₂ (a)	121	2.6	7.053(3)	3.66	Am-241 -99.75 Pu-239,240-0.04
²⁴¹ AmO ₂ (b)	121	3.6	9.5(2)	3.86	Np-237-0.17
²³⁷ NpO ₂ (a)	121	2.6	9.69(4)	3.77	Np-237-99.96
²³⁷ NpO ₂ (b)	121	3.6	17.4(4)	3.53	
²³⁷ NpO ₂ (c)	121	5.6	21.67(2)	3.64	

Notes: 1. The figures in parenthesis of the column 5 mean the number of simultaneously oscillated identical samples, their total masses are presented.

2. Specifications like '6.0/0.22' mean a dimension of a ring cross- section of a sample material (i.e. the top is outer diameter and the bottom is the wall thickness of the material).

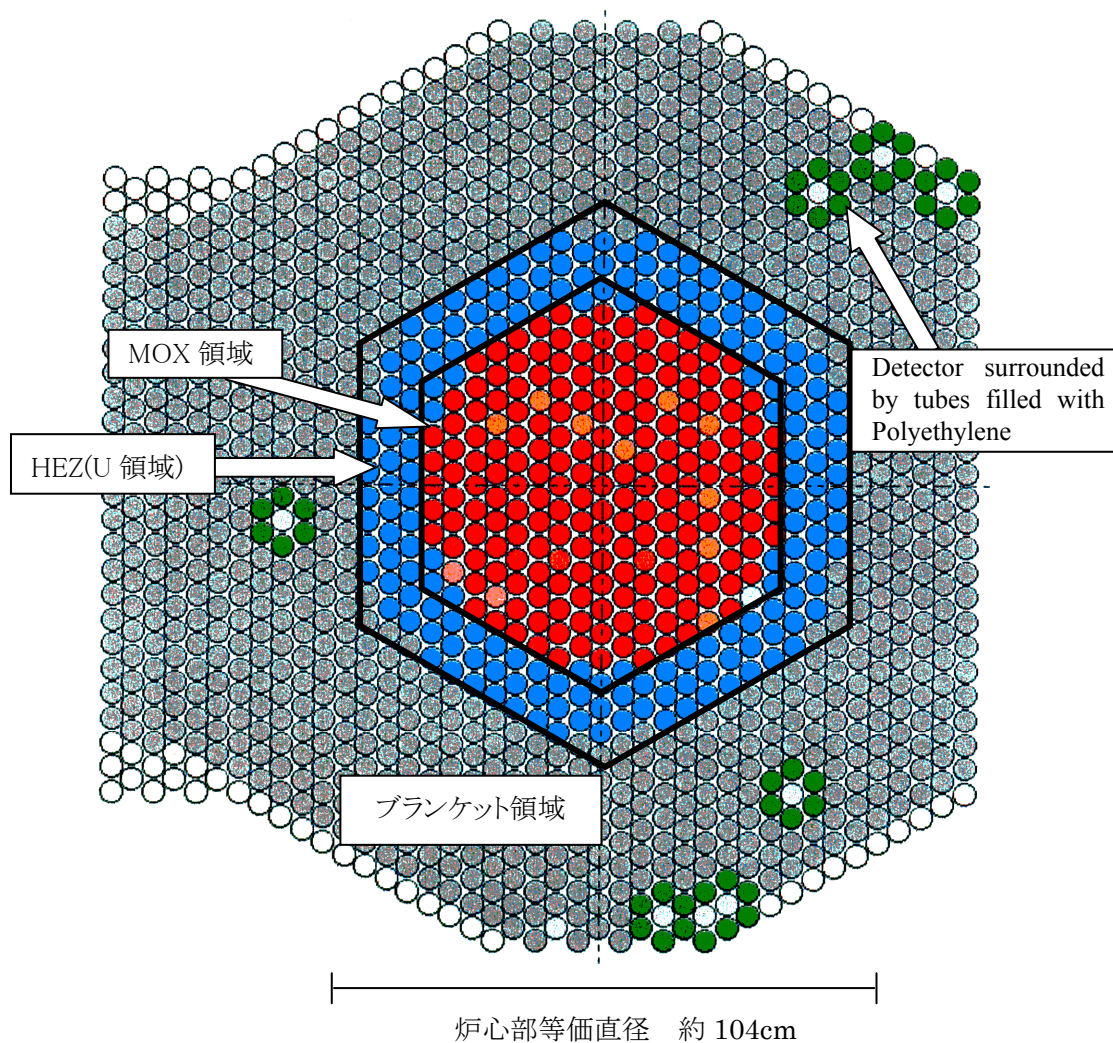


Fig.2.2 Core configuration of BFS-69-1

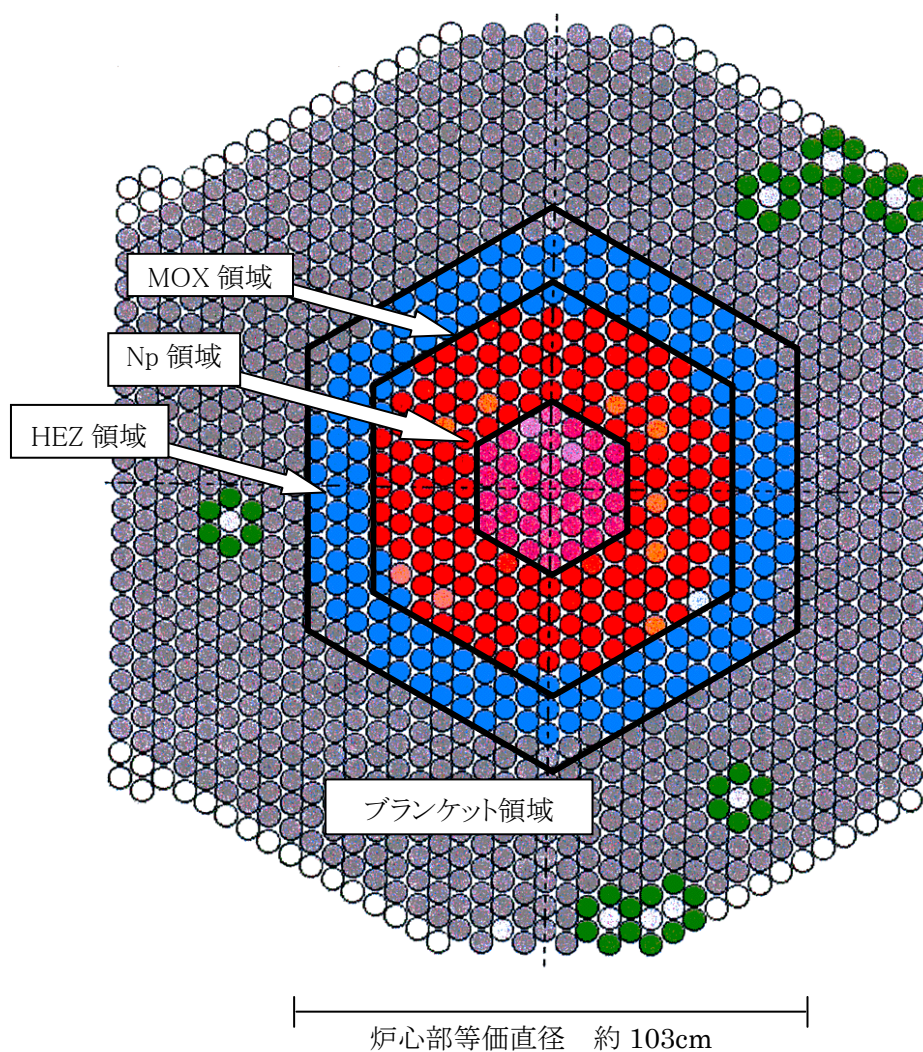


Fig.2.3 Core configuration of BFS-69-2

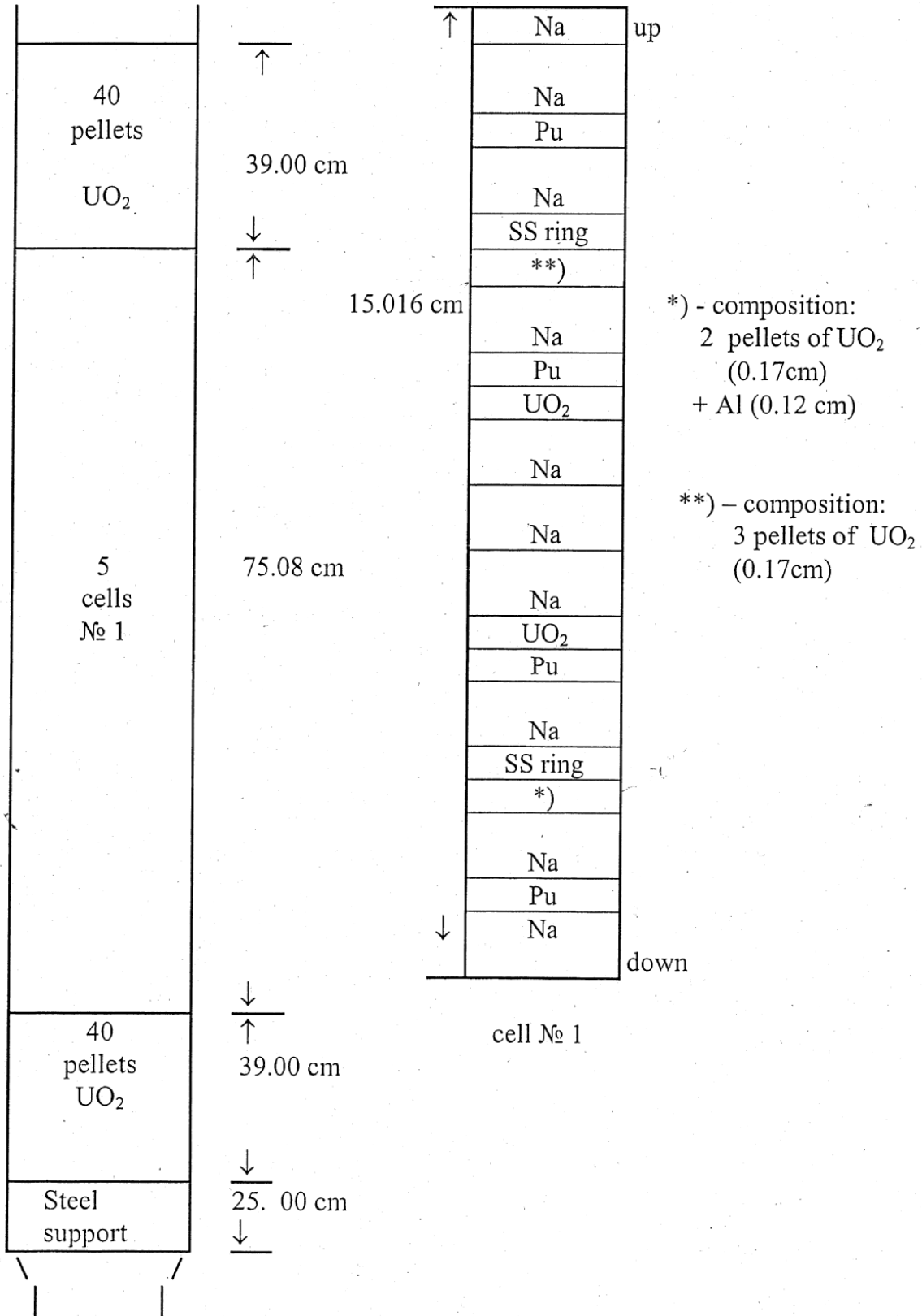


Fig.2.5 Structure of fuel assembly including MOX region

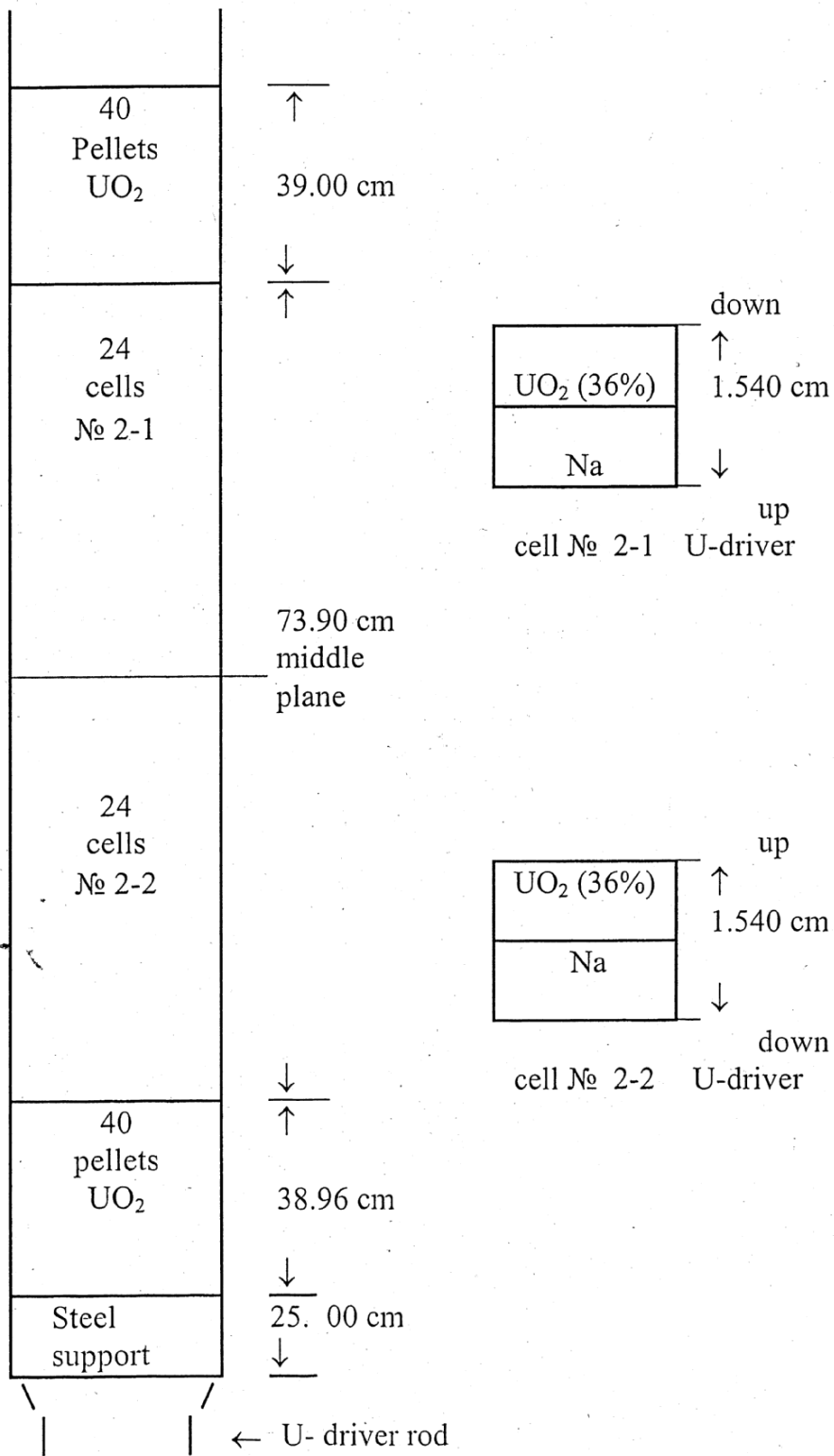


Fig.2.6 Structure of fuel assembly including HEZ region

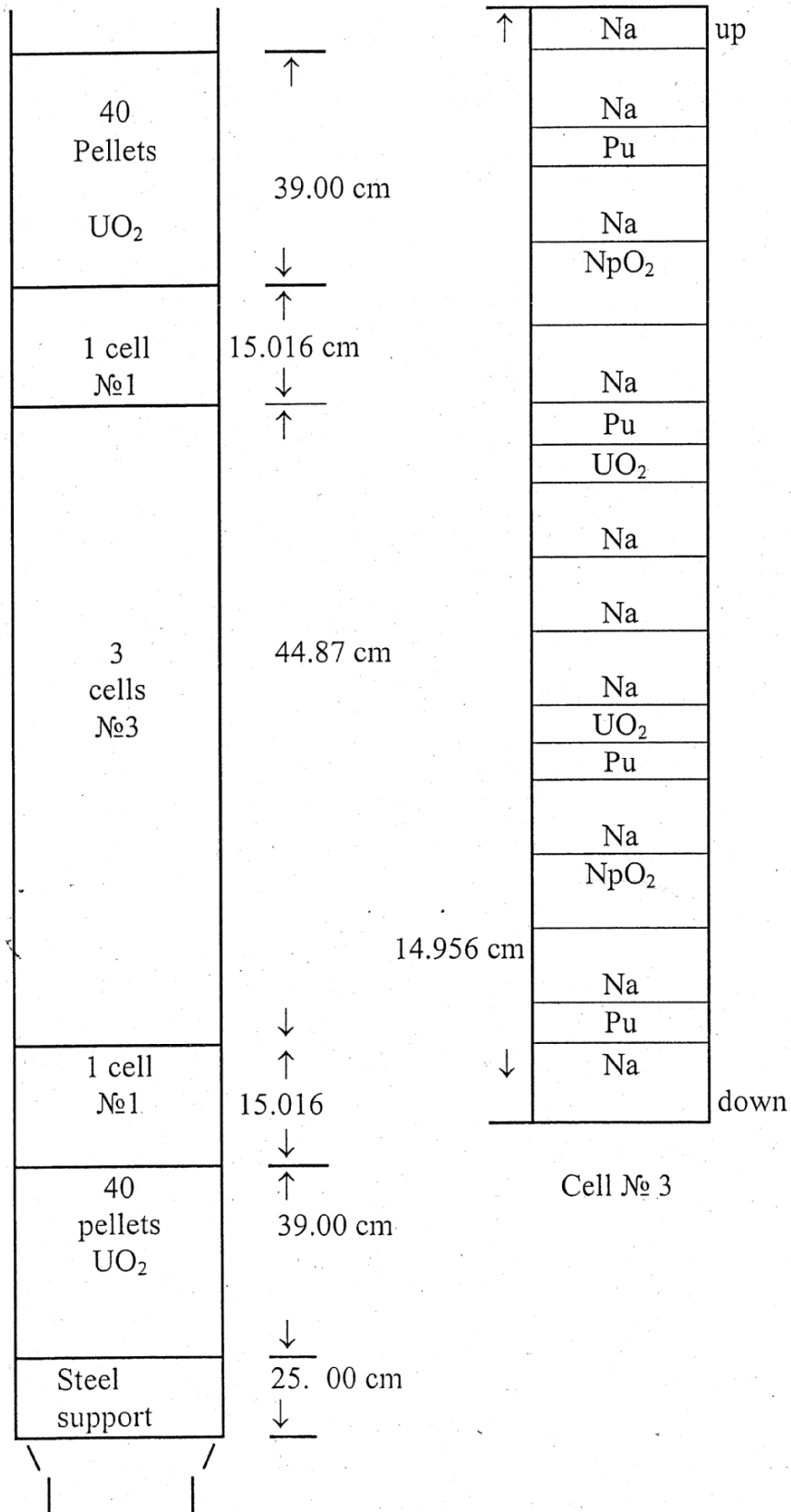


Fig.2.7 Structure of fuel assembly including Np region

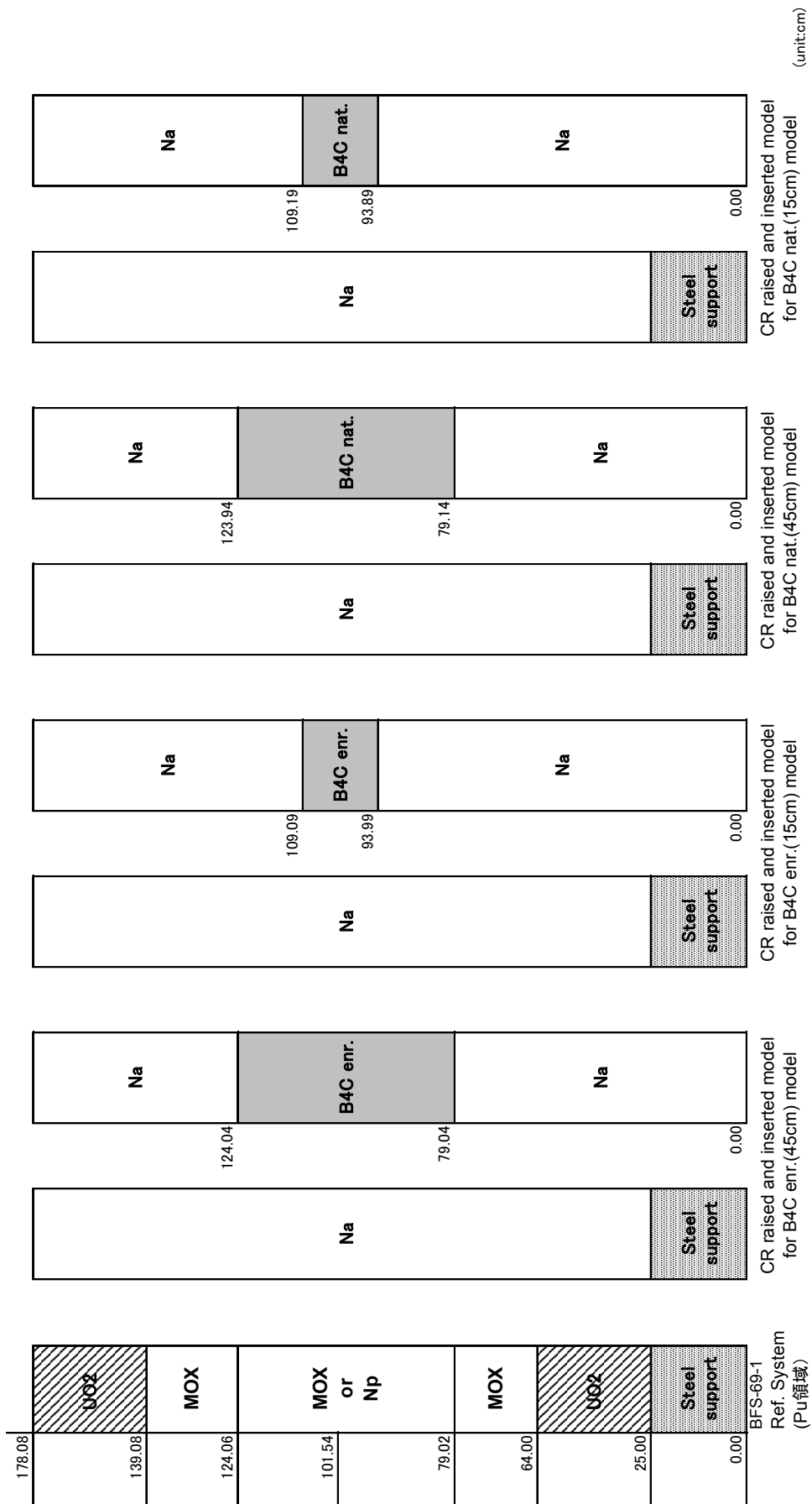


Fig.2.8 Axial position of control rods in BFS-69

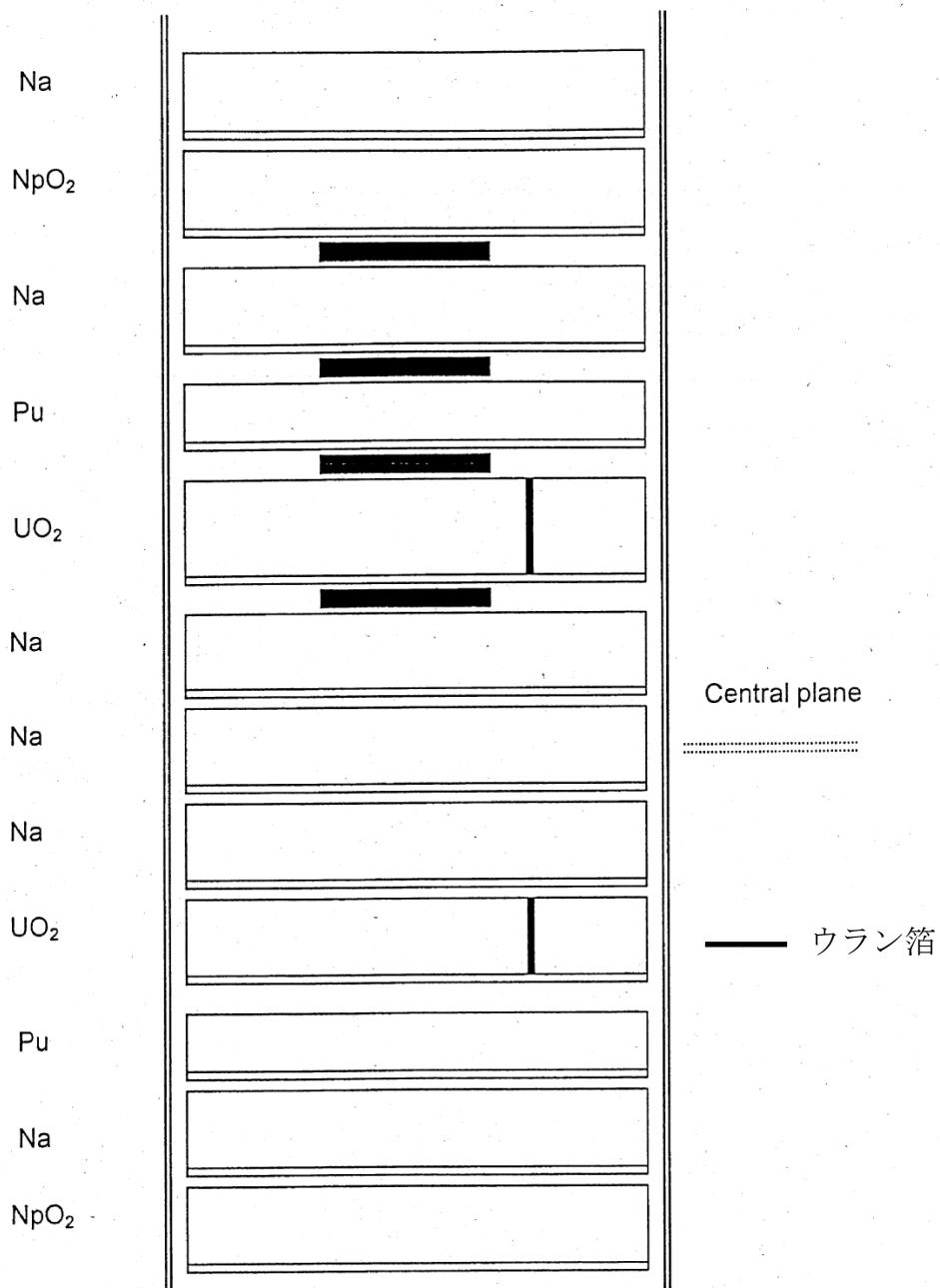


Fig.2.9 Foil positions in C28/F25 measurement of BFS-69
(MOX region in BFS-69-2)

3. BFS-66-2 臨界実験の概要

本章では BFS-66-2 臨界実験の概要を述べる。

3.1 BFS-66-2 体系の概要

BFS-66-2 臨界実験は 2003 年 5 月～10 月に IPPE の臨界実験装置 BFS-2 で実施された。BFS-2 は BFS-69 体系の実験が実施された BFS-1 と同じ建屋にあり、燃料ペレットも共通であるが、より大きな炉心を構成でき、ロシアの高速炉 BN-600 の模擬実験にも使用されている。BFS-66-2 体系は、BFS-66-1 体系²⁾の一部を変更して構成されたものであり、Np 装荷実験シリーズの他の体系 (BFS-67 や BFS-69) に比べて炉心体積が 3 倍以上大きい。異なる炉心間で Np 装荷の影響を把握することによって、実験解析結果の信頼性を高めるために有用である。

Pu 中の ^{240}Pu の割合が高い (BFS-67 及び BFS-69 の 4.6wt% に対し、10.2wt%) 点も特徴である。実際の原子炉級の Pu (例えば「もんじゅ」では 20wt% 以上) に比べるとまだ低い、 ^{240}Pu の核特性解析精度に与える影響を評価するために有用と考えられる。

体系の基本構成は BFS-69 体系と同様である。

炉心の径方向は、中心から順に 2 種類の MOX 領域 (Pu 富加度 15wt%, $^{240}\text{Pu}/\text{Pu}$ 10wt% 又は 5wt%) と 2 種類の濃縮度のウラン領域 (MEZ (Middle Enrichment Zone) 領域, HEZ 領域) からなり、その外側を Blanket 領域が囲んでいる。MOX 領域は Pu ペレット、劣化二酸化ウランペレット、Na ペレットから主に構成されている。MEZ 領域は濃縮二酸化ウラン、金属ウラン (濃縮度 36wt%)、及び劣化二酸化ウランを、HEZ 領域は金属ウラン (同 90wt%) と劣化二酸化ウランを、Blanket 領域は劣化二酸化ウランペレットのみを使用して構成されている。Fig.3.3 にセル構成を示す。

Na ペレットには不純物の有無が異なる 2 種類が使用されている。MOX, MEZ 領域の炉心部とプレナム部、制御棒模擬集合体には不純物を含まないものが、HEZ 領域、ブランケット及び遮へい体には、不純物 (水素) を含むもの (Na(old)) が使用されている。

チューブ間には MOX 及び MEZ 領域にのみ円柱形状のステンレス stick が挿入されている。

BFS-66-1 体系との炉心構成の差異を Table 3.1 に示す。主に中心領域の Pu の組成が異なる。

Np の装荷は MOX 領域の UO_2 ペレットを NpO_2 ペレットに置換することによって実施された。 NpO_2 の装荷量は 9.0kg (Np としては 7.9kg) である。Np 装荷前 (BFS-66-2)、装荷後 (BFS-66-2A) の炉心構成を以下に記す。また、Fig.3.1, 3.2 には炉心の平面図及び 2 次元 R-Z 体系図を、Fig.3.3, 3.4 には MOX 領域、HEZ 領域、及び Np 装荷領域のセル構成を示す。参考までに BFS-66-1 体系のセル構成も記す。

MOX 領域のセルは、中心の MOX 領域、その周りの MOX 領域、及び Np を装荷した MOX 領

域がそれぞれ LEZ-66-2、LEZ-66-1、及び LEZ-66-2A と称されている。

①BFS-66-2 (BFS-66-2 炉心シリーズの基準炉心、Np 装荷なし)

LEZ-66-2 (集合体 91 体)、LEZ-66-1 (集合体 578 体)、MEZ 領域 (集合体 412 体)、HEZ 領域 (集合体 435 体)、径ブランケット (集合体 2000 体) で構成される。

②BFS-66-2A (NpO₂ 装荷量 9.0kg)

BFS-66-2 の炉心中心燃料 28 体について、それぞれ 1 体中に含まれる 8 燃料セルの内、中心 4 燃料セルの UO₂ ペレット (2 カ所) が NpO₂ ペレットに置換されている。中心 4 セルにおける重核中の Np の割合は 13.0%、金属 Np 装荷量は 7.9kg である。

(参考) : BFS-66-1 (BFS-66-2 炉心のベース炉心)

LEZ-66-1 (集合体 669 体)、MEZ 領域 (集合体 412 体)、HEZ 領域 (集合体 487 体)、径ブランケット (集合体 1990 体)

Table 3.1 Comparison of BFS-66-1 and BFS-66-2 core configurations

炉心名		BFS-66-1	BFS-66-2*1
炉心領域サイズ		等価半径 : 109.2cm 炉心部高さ : 87.1cm 体積 : 3263 ℓ	等価半径 : 107.6cm 炉心部高さ : 87.1cm 体積 : 3168 ℓ
中心 MOX 領域 (high ²⁴⁰ Pu)	等価半径(cm)	/	25
	Pu 総重量(kg)		77
	Pu 富化度(wt%)		14.7
	²⁴⁰ Pu/Pu(wt%)		10.2
MOX 領域	等価半径(cm)	74	
	Pu 総重量(kg)	467	423
	Pu 富化度(wt%)	15	
	²⁴⁰ Pu/Pu(wt%)	4.6	
	組成(vol.%)	燃料 : 構造材 : Na : Void = 28 : 21 : 31 : 20	
MEZ 領域	等価半径(cm)	92	
	²³⁵ U 総重量(kg)	323	
	U 濃縮度(wt%)	22	
HEZ 領域	²³⁵ U 総重量(kg)	362	326
	U 濃縮度(wt%)	21	

*1: 比較は Np 装荷前の体系で示す。

3.2 BFS-66-2 体系での測定概要

BFS-66-2 体系で測定された核特性（臨界性、Na ボイド反応度、制御棒価値、炉中心反応率比）の概要を述べる。

3.2.1 臨界性

臨界性（過剰反応度）は、実験装置の運転用制御棒を全て引き抜き位置に移動した際（このとき運転用制御棒領域は隣接する領域と同じ構成となっている）に印加される正の反応度をペリオド法で測定することにより評価された。反応度測定用の検出器には、径ブランケット領域の 120 度対称の 3 箇所のもものが使用された。

3.2.2 Na ボイド反応度

測定は炉心中心燃料 28 体及び 60 体について段階的に、軸方向中心 4 セルの全 Na ペレットを SUS 缶に置換し、置換前後の過剰反応度の差異を測定することによって実施された。最終的な（88 体置換時の）Na ペレットの置換総数は 1760 枚（Na 重量 24.6kg）である。

3.2.3 制御棒価値

測定は炉心中心の集合体 1 体を制御棒に置換することによって実施された。まず、中心の燃料集合体を取り除いた状態で超臨界（反応度を補うために HEZ 領域に 6 体燃料集合体を追加している）とし、Na フォロワ（Na ペレットのみで構成される）集合体を挿入したときの出力の時間変化から逆動特性法により反応度を評価する。次に、同じく中心の燃料集合体を取り除いた状態で、今度は制御棒集合体を挿入し、反応度を測定する。両者の反応度の差から、Na フォロワから制御棒に置換した場合の反応度を得る。

Fig.3.5 に制御棒と隣接領域の軸方向位置関係を示す。Type A が Na フォロワ集合体、Type B が制御棒集合体である。制御棒吸収体領域の高さは Np 装荷領域（LEZ-66-2A セル）と同じである。

3.2.4 炉中心反応率比

3 種類の反応率比（F49/F25, F28/F25, C28/F25）が測定された。F49/F25, F28/F25 の測定には小型核分裂計数管（SFC）が使用された。C28/F25 については 2.2.4 節で述べた濃縮ウラン箔を使用する方法に加えて、天然ウラン箔と核分裂計数管を組み合わせる方法も採用された。

SFC を用いる場合は、計数管を中心集合体の周囲の隙間に挿入して測定が実施された。

C28/F25 で放射化箔のみによって評価する場合は、濃縮度 37wt% のウラン箔（ $10 \times 11 \times 0.1$ または $10\text{mm} \Phi \times 0.1\text{mm}$ ）が使用された。核分裂計数管を組み合わせる方法では、天然ウラン箔（ $10\text{mm} \Phi \times 0.1\text{mm}$ ）と 3 種類の核分裂計数管（SFC、大型核分裂計数管（LFC）、Triple 核分裂計数管）が使用された。Triple 核分裂計数管は LFC の一種であり、形状はほぼ同じであるが、検出器内に 3 種類（ ^{235}U , ^{238}U , ^{239}Pu ）の層があり、各層の信号を同時に得ることができる。いずれの核分裂計数管も既知の中性子源や文献値を基に F49 の絶対値があらかじめ評価されている。F25 については F49 に対する相対値のみが評価され、 $\text{C28/F49} \times \text{F49/F25}$ によって C28/F25 の絶対値を得る。本手法は新たに導入されたものであるため、その妥当性を確認するため、検出器の組み合わせを変えて測定結果を比較評価している。

Table 3.2, 3.3、Fig.3.6 に測定時の検出器や放射化箔の位置、及び対応する測定結果を示す。

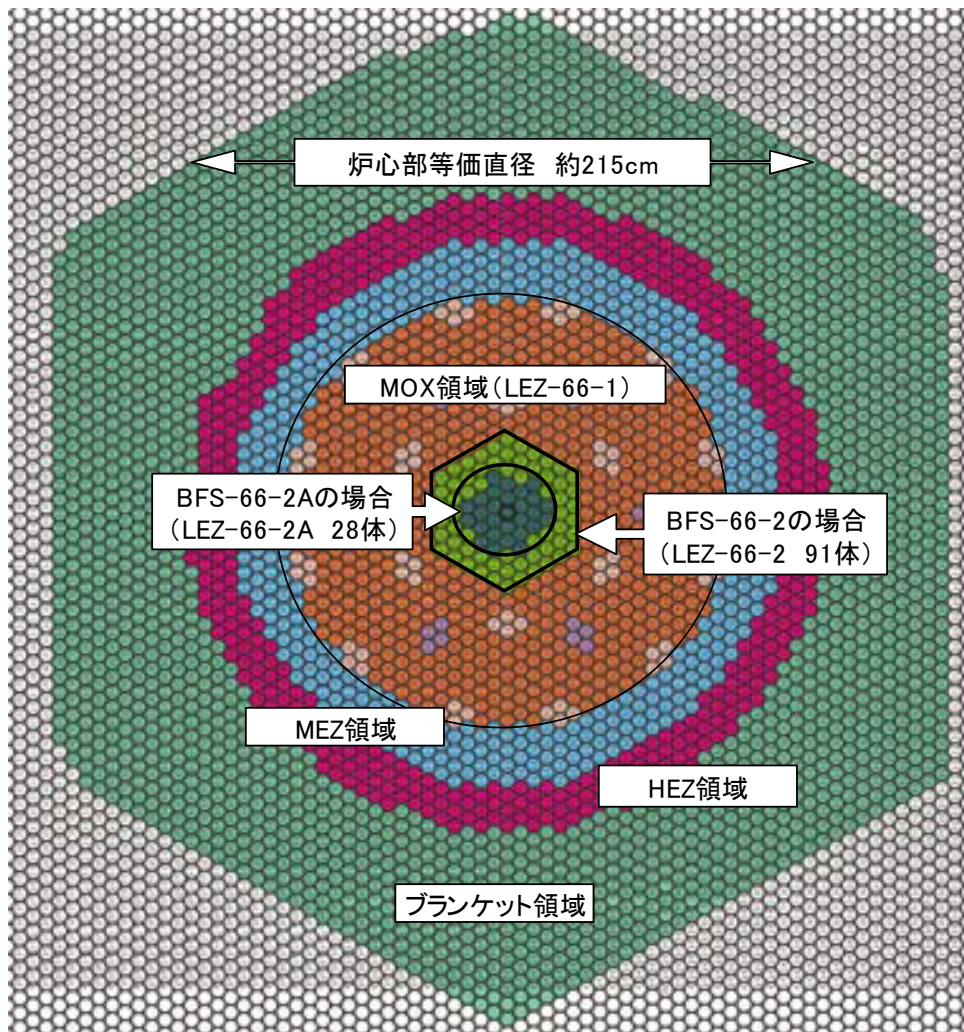
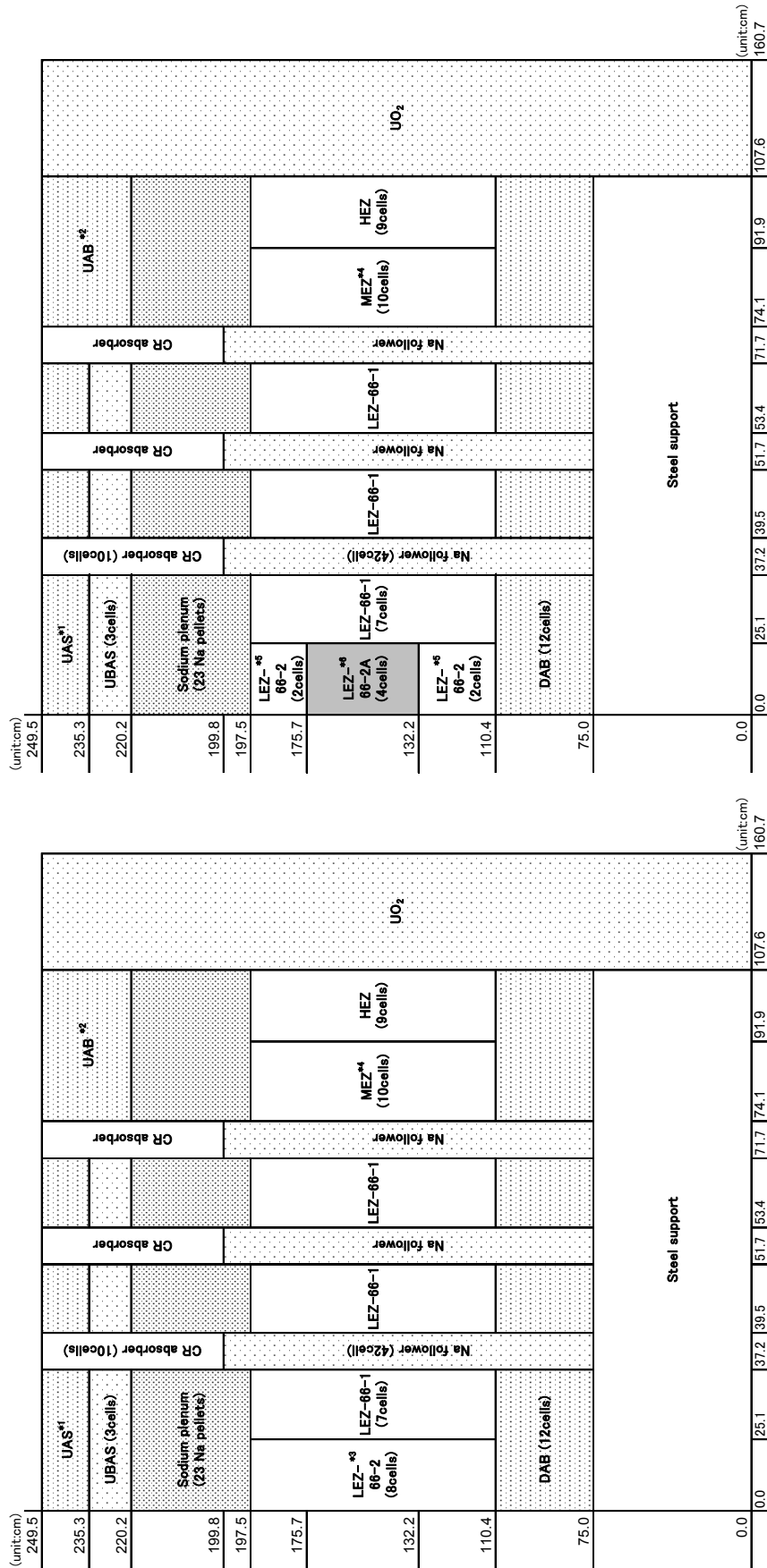


Fig.3.1 Core configuration of BFS-66-2



*1: Actual region height of 10 cells (=20cm) was shortened to the height of CR mock-up assembly
 *2: Actual region height of 12 cells (=35cm) was shortened to the height of CR mock-up assembly
 *3: Actual region height of 83.5cm was enlarged to the height of LEZ-66-1 cells (inventory was conserved)
 *4: Actual region height of 86.4cm was enlarged to the height of the other core regions (inventory was conserved)
 *5: Actual region height of 20.9cm was enlarged by 0.9cm to adjust the core region boundary (inventory was conserved)
 *6: Actual region height of 41.8cm was enlarged by 1.8cm to adjust the core region boundary (inventory was conserved)

BFS-66-2

BFS-66-2A

Fig.3.2 RZ layout of BFS-66-2 and BFS-66-2A

LEZ-66-1 (12.4cm)

SS	Up
Na	
UO ₂	
Na	
Pu(95%)	
UO ₂	
Na	
UO ₂	
Na	
UO ₂	
Na	
UO ₂	
Pu(95%)	
Na	
UO ₂	
Na	Down

LEZ-66-2 (10.5cm)

UO ₂	Up
Na	
UO ₂	
Pu(90%)	
Na	
UO ₂	
Na	
UO ₂	
Na	
UO ₂	
Na	
Pu(90%)	
UO ₂	
Na	Down

LEZ-66-2A (10.5cm)

UO ₂	Up
Na	
NpO ₂	
Pu(90%)	
Na	
UO ₂	
Na	
UO ₂	
Na	
Pu(90%)	
NpO ₂	
Na	Down

MEZ (8.6cm)

Al ₂ O ₃	Up
Na	
U(36%)	
UO ₂	
Na	
UO ₂ (36%)	
Na	
UO ₂	
U(36%)	
Na	Down

HEZ (9.5cm)

Al ₂ O ₃	Up
Na(old)	
UO ₂	
Na(old)	
UO ₂	
U(90%)	
UO ₂	
Na(old)	
UO ₂	
Na(old)	Down

Fig.3.3 Structure of fuel cells in BFS-66-2

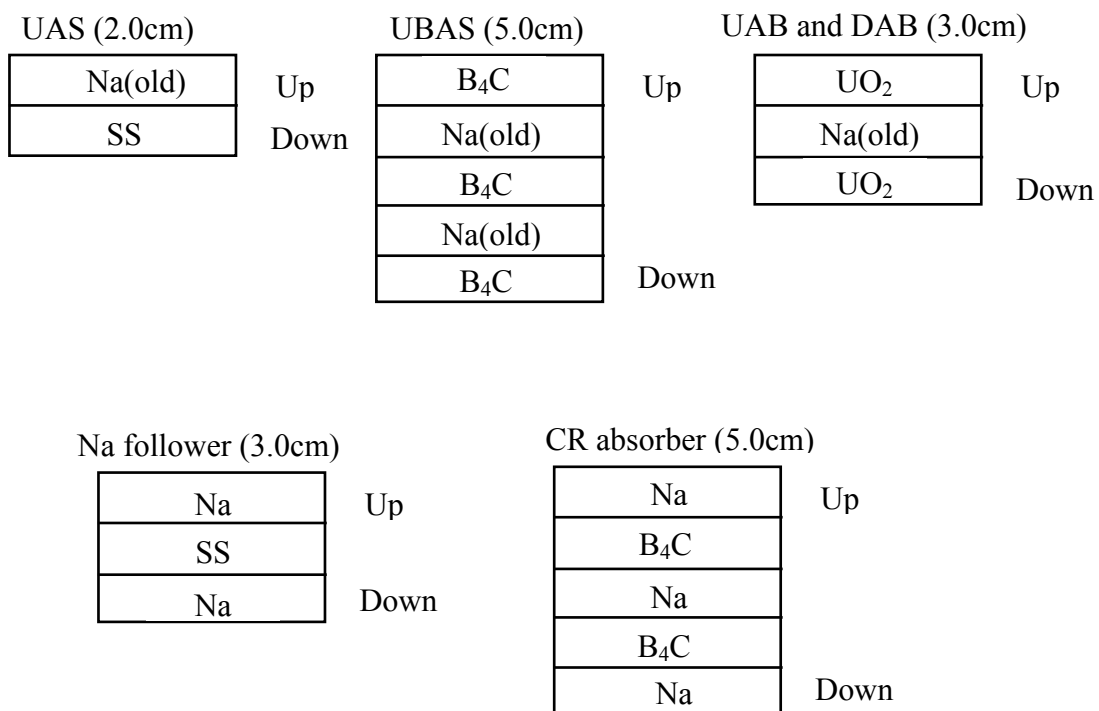
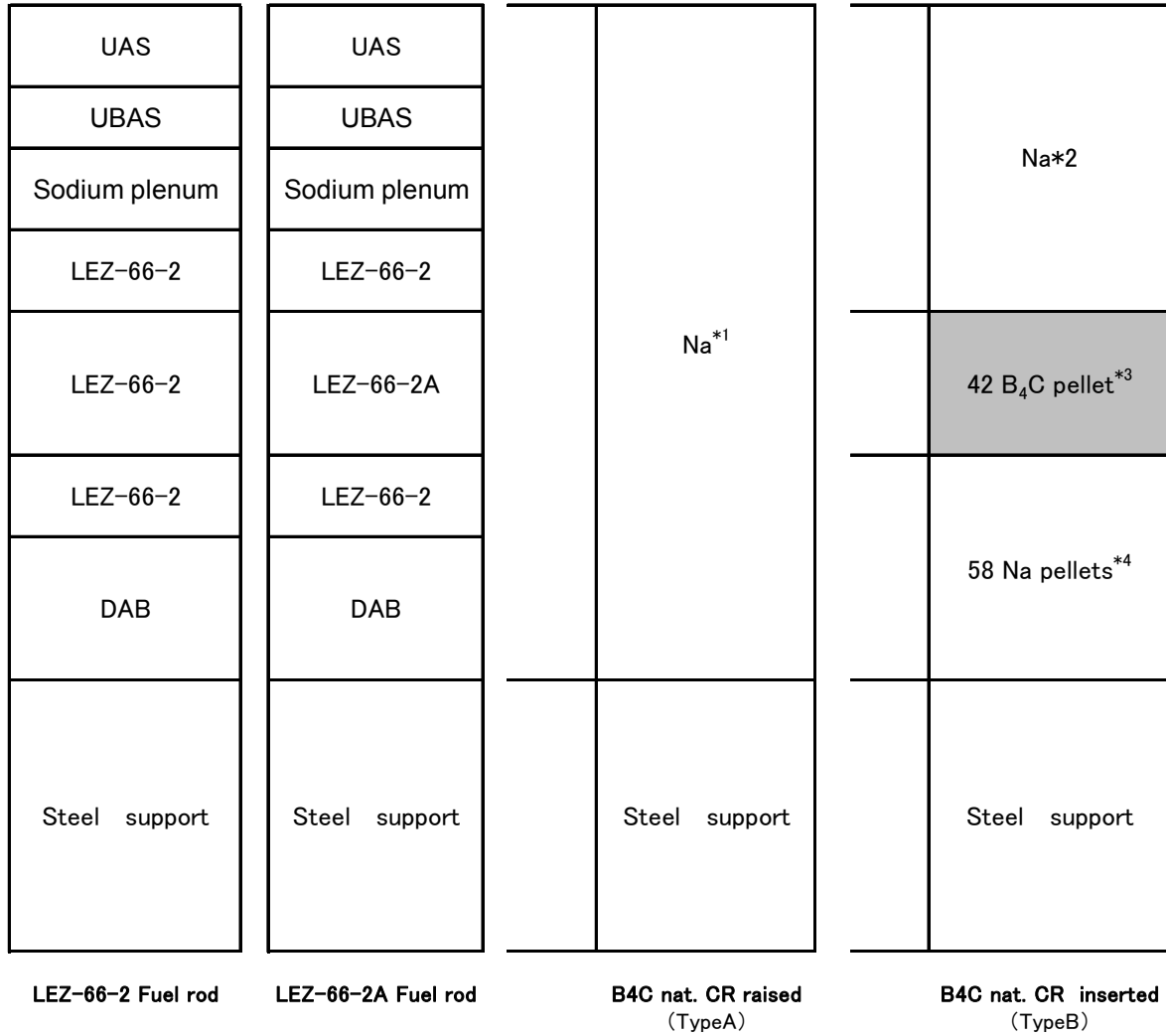


Fig.3.4 Structure of other cells in BFS-66-2



*1:Actual region height of 160 cells(=158cm) was extended to the height of the other assemblies

*2:Actual region height of 60 cells(=59cm) was extended to the height of the other assemblies

*3:Actual region height of 42 cells(=42cm) was extended to the height of the central fuel region (43.55cm)
(Inventory was adjusted accordingly)

*4:Actual region height of 58 cells(=57.4cm) was shortened by 0.2cm to adjust the region boundary

Fig.3.5 Axial position of control rods in BFS-66-2

Table 3.2 Detector information in C28/F25 measurement of BFS-66-2

	Index		Measurement number			
			1,3	2,4	5	6
Absolute technique	C28/F49	C28	Foil 1 in Position 1*1	Foil 2 in Position 3	Foil 6 in Position 5	Foil 8 in Position 5
		F49	Pu SFC*1 in Position 4	Pu SFC*2 in Position 3	Pu LFC in Position 5	Pu LFC in Position 5
	F49/F25	F49	Pu SFC in Position 4	Pu SFC in Position 3	Triple chamber in Position 5	Triple chamber in Position 5
		F25	²³⁵ U SFC in Position 4	²³⁵ U SFC in Position 3	Triple chamber in Position 5	Triple chamber in Position 5
Activation technique	C28/F25	C28	Foils 4,5 in Position 1	Foil 3 in Position 2	Foil 7 in Position 5	Foil 9 in Position 5
		F25	Foils 4,5 in Position 1	Foil 3 in Position 2	Foil 7 in Position 5	Foil 9 in Position 5

*1:See Fig.3.6 about Positions 1-5

*2:Absolute value was obtained using Pu LFC

Table 3.3 Results of C28/F25 measurement of BFS-66-2

Measurement number	Core	Absolute technique			Activation technique C28/F25	Absolute / Ativation
		C28/F49	F49/F25	C28/F25= C28/F49* *F49/F25		
1	BFS-62-2	0.1376 ± 0.0026	0.951 ± 0.015	0.1309 ± 0.0032	0.1280	1.022 ± 0.025
2		0.148 ± 0.003	0.940 ± 0.015	0.1391 ± 0.0036	0.1344	1.035 ± 0.027
3	BFS-62-2A	0.1281 ± 0.0025	0.974 ± 0.015	0.1248 ± 0.0031	0.1290	0.967 ± 0.024
4		0.1402 ± 0.0027	0.965 ± 0.015	0.1353 ± 0.0033	0.1393	0.971 ± 0.024
5		0.1558 ± 0.0020	0.965 ± 0.013	0.1503 ± 0.0028	0.1493	1.007 ± 0.019
6		0.1513 ± 0.0020	0.965 ± 0.013	0.1460 ± 0.0028	0.1488	0.981 ± 0.019

Average 0.9974 ± 0.023

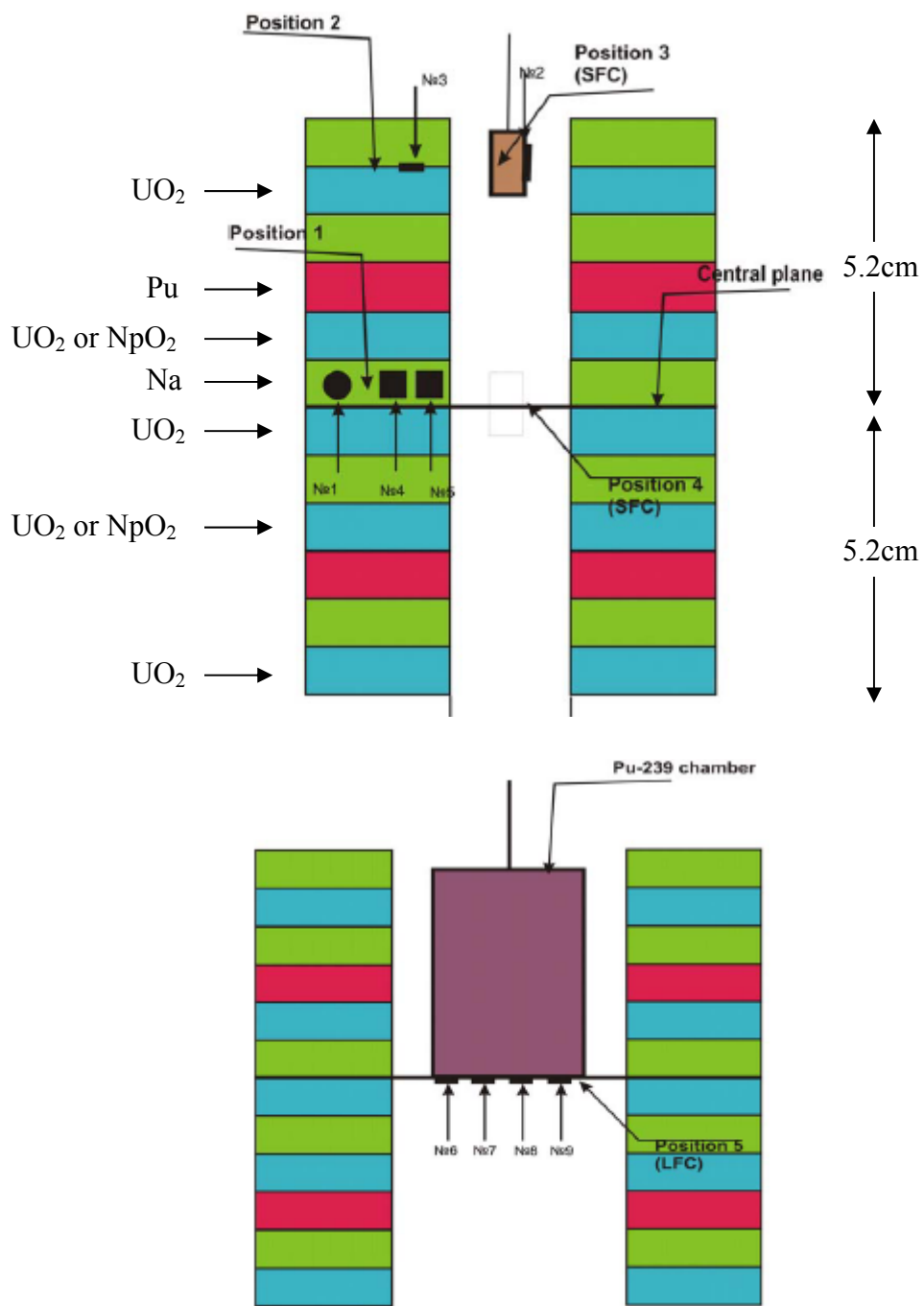


Fig.3.6 Detector or foil positions in C28/F25 measurement of BFS-66-2

4. BFS-69 及び BFS-66-2 臨界実験の解析

BFS-69 体系の 2 炉心 (BFS-69-1, -2)、BFS-66-2 体系の 2 炉心 (BFS-66-2, -2A) で測定された核特性の解析手法及び結果を述べる。

4.1 解析方法

解析は他の BFS 臨界実験解析^{1),2)}と同様、3次元 Hex-Z 体系の拡散計算結果を基準計算値とし、輸送補正などを適用して実施した。核データ間の差異を検討するため、炉定数には 4 種類の核データ (JENDL-3.2³⁾, JENDL-3.3⁴⁾, JENDL/AC-2008⁵⁾, ENDF/B-VII⁶⁾) のものを使用した。

4.1.1 原子個数密度の算出

他の BFS 臨界実験解析と同様ペレット内部の構造についての情報が存在しないため、また、格子計算が 1 次元モデルに限定されているため、以下の考え方にに基づきミート部及びシェル部 (被覆) の高さ、密度を算出した。

- ①ミート部をペレット外径まで広げ、密度を保存するようにミート部の高さを設定する。
- ②ペレットの高さから①を差し引いてシェル部 (被覆部) の高さを設定する。すなわち、ミートとシェル間の空隙はシェルに含める。
- ③ペレット側面のシェルをミート部の上下部の領域に含め、密度をシェル重量、ペレット外径及び②で設定したシェル高さから算出する。

ペレット情報から算出した領域長は炉心体系モデルの領域長 (実測値) と異なる場合がある。その場合は炉心体系モデルの領域長を正とし、インベントリを保存するように原子個数密度を調整する。

格子計算には 1 次元プレートストレッチモデルを適用した。Fig.4.1.1 にモデル化の概念を示す。燃料ペレットのミート部側面に存在するチューブとステンレス棒 (使用の場合のみ) は燃料核種を含まない領域に均一に含めた。本手法の妥当性は文献^{7),8)}で確認されている。

4.1.2 格子計算

格子計算コード SLAROM-UF⁹⁾を使用した。燃料を含むセル (ブランケットを含む) については 1 次元非均質モデルを用い、臨界バックリングを適用した。制御棒セルの吸収体部については、吸収体部、チューブ及び制御棒を囲む燃料領域についてそれぞれの均質化密度を用いて R 方向 1 次元スーパーセル計算を実施し、吸収体及びチューブの均質化実効断面積を作成した。反応率比保存法は適用していないが、径方向の非均質性が弱いため核特性評価結果に有意な差異は生じない。非均質セルのバックグラウンド断面積の算出には TONE の手法¹⁰⁾を用いた。その他の領域は均質モデルにより作成した。

4.1.3 炉心計算モデル

炉心計算モデルは Hex-Z 体系とし、IPPE より得た炉心レイアウト情報に基づき領域を区分し

た。一部の計算では 2 次元 RZ 体系を用いた。その際、R 方向の領域は各領域の面積を保存するように設定した。炉心内に点在する模擬制御棒領域については、面積と中心位置を保存してリング状にモデル化した。

4.1.4 基準計算

体系計算は拡散計算コード CITATION-FBR¹¹⁾を用いてエネルギー70群3次元 Hex-Z 体系で実施した。サンプルドブラー反応度及び微少サンプル反応度については2次元 RZ 体系を用いた。これは、測定が炉心中心で実施されており、かつ、モデルの影響を受けにくいためである。

燃料領域の拡散係数には Benoist の異方性拡散係数¹²⁾を用い、 χ スペクトルには領域依存性を考慮した。

反応度の単位変換に用いる実効遅発中性子割合は、摂動計算コード PERKY¹³⁾に Tuttle¹⁴⁾(1979) の Yield、Saphier¹⁵⁾(1977)の遅発中性子スペクトルを、²³⁷Np については Brady & England¹⁶⁾ のデータを使用して評価した。

Na ボイド反応度については PERKY を用いた厳密摂動計算で評価した。

制御棒価値については制御棒挿入前後の実効増倍率から算出した。制御棒の挿入モデルについては解析モデルが複雑なため SUPPORT 部を無視したモデルを使用した。この影響については無視できることを基準計算値で確認している。また、実際の測定では制御棒挿入位置のステンレス stick をあらかじめ取り除いているが、簡略化のため、解析では stick が常に存在するものとした。stick 部はフォローと制御棒で共通であるため、制御棒価値への影響は無視できる。

反応率比については拡散計算で得られた炉心中心位置での中性子スペクトルにその位置で使用された燃料セルのセル平均実効マイクロ断面積を乗じて評価した。

4.1.5 補正計算

輸送・メッシュ補正とエネルギー群数補正を考慮した。反応率比についてはセルフアクターも考慮した。

(1)輸送・メッシュ効果

輸送メッシュ効果の算出には、体系、核特性によって異なる方法を適用した。

BFS-66-2 体系の臨界性、制御棒価値に対しては炉心内に局所的に制御棒フォローが存在することから六角体系用 Sn 輸送計算コード MINIHEx¹⁷⁾を用いた。その他については2次元輸送計算コード TWODANT¹⁸⁾を用いた2次元 RZ 計算によって輸送計算値を求めた。MINIHEx を用いる場合は計算時間の観点からエネルギー18群とし、その他は70群とした。 χ スペクトルには中心 MOX 領域のものを全領域に適用した。反応度関連の核特性は SNPERT¹¹⁾を使用した厳密摂動計算で評価した。

輸送計算に用いるメッシュ幅、Sn 次数については、パラメータサーベイに基づき、無限メッシュ数、無限 Sn 次数相当の値が得られるように設定した。サーベイ結果の例を Table 4.1.1 に示す。Pn 次数は基本的には0とし、輸送補正を適用（自群散乱断面積を輸送断面積と全断面積の差で補正）した。ただし、BFS-69 の臨界性に対しては、小型炉心で散乱の非等方性の影響を受けやすいため、Pn 次数は3とし、Consistent 近似（自群散乱断面積を P0 全断面積と高次 Pn 全断面積の差で補正）を適用した。

輸送・メッシュ効果を算出するための拡散計算値には Benoist の異方性拡散係数の平均値、

中心 MOX 領域の χ スペクトルを使用した結果を使用した。輸送・メッシュ効果は得られた輸送計算値と拡散計算値による核特性の差、又は比によって評価した。臨界性については、輸送効果とメッシュ効果を分けて評価した。

各核特性の輸送・メッシュ補正值の評価時に用いた炉心体系及びエネルギー群数等を Table 4.1.2 にまとめる。

Table 4.1.1 Parameter survey result for transport and mesh correction

体系モデル		HexZ		RZ	
炉心名		BFS-69-1	BFS-67-1R	BFS-69-1	BFS-67-1R
等方拡散計算値		0.99202	0.99120	0.99353	0.99266
径倍メッシュ計算値		0.99079	0.99036	0.99198	0.99196
軸倍メッシュ計算値		0.99143	0.99057	0.99290	0.99204
メッシュ補正值		-0.00225	-0.00185	-0.00290	-0.00176
輸送計算値	P0S4	1.00091	0.99483	1.00420	0.99787
	P0S8			1.00267	0.99700
	P3S4			0.99888	0.99422
	P3S8			1.00096	0.99598
	P5S8			1.00083	0.99588
	P3S16			1.00086	0.99592
	P0S8倍メッシュ			1.00269	0.99715
P3S8倍メッシュ			1.00099	0.99613	
輸送補正值	P0S4	0.0111	0.0055	0.0136	0.0070
	P0S8			0.0120	0.0061
	P3S4			0.0082	0.0033
	P3S8			0.0103	0.0051
	P5S8			0.0102	0.0050
	P3S16			0.0102	0.0050
	P0S8倍メッシュ			0.0121	0.0062
P3S8倍メッシュ			0.0104	0.0052	

*メッシュ設定は5cm/mesh

Table 4.1.2 Calculation condition in transport calculation

核特性 (炉心体系)	体系モデル	群数
臨界性(BFS-66-2)	3次元 Hex-Z (P0S4, 5cm/mesh)	18
制御棒価値(BFS-66-2)	3次元 Hex-Z (P0S4, 5cm/mesh)	18
Na ボイド反応度(BFS-66-2)	2次元 RZ (P0S8, 5cm/mesh)	70
臨界性(BFS-69)	2次元 RZ (P3S8, 5cm/mesh)	70
Na ボイド反応度(BFS-69)	2次元 RZ (P0S8, 2.5cm/mesh)	70
制御棒価値(BFS-69)	2次元 RZ (P0S8, 5cm/mesh)	70
反応率比	2次元 RZ (P0S8, 5cm/mesh)	70
ドップラー反応度	2次元 RZ (P0S8, 5cm/mesh)	70
サンプル反応度	2次元 RZ (P0S8, 5cm/mesh)	70

(2)セルファクター

反応率比のみに考慮する補正值である。セルファクターは、着目核分裂核種の密度分布の違い（検出器内では均質であり、格子計算内では燃料プレートの分布に従う）を補正する。

集合体間に挿入される核分裂計数管を連続エネルギーモンテカルロコード MVP¹⁹⁾で模擬し、計数管位置での反応率と対象核種がセル構成に従って分布しているとしたときの反応率との比によりセルファクターを得た。後者は炉心計算で得られる反応率に対応し、セルファクターを乗じることによって計数管位置での反応率に換算する。

なお、反応率比がウラン箔で測定されている場合は、箔が局所的に分散して設置されるため、モデル化が困難である。そこでセル全体に箔が挿入されているものと見なし、SLAROM-UFの（超微細群+175群）計算により得たセル内中性子束分布を用い、対象核種がセル全体に薄く均一に存在する場合の反応率と対象核種がセル構成に従って分布しているときの反応率との比よりセルファクターを得た。

セルファクターについてはJENDL-3.2又はJENDL-3.3に基づいて算出した1種類の評価値を全ての核データの結果に適用した。

(3)エネルギー群数補正

基準計算は70群に離散化しているため、SLAROM-UFの超微細群+詳細群計算機能(52keV以下を超微細群(10万群)、それ以上を175群構造で扱う)を使用し、エネルギー群数無限に相当する結果に補正する。

得られる175群断面積を用いて基準計算を175群で実施し、基準計算値との差、又は比をエネルギー群数補正值とした。

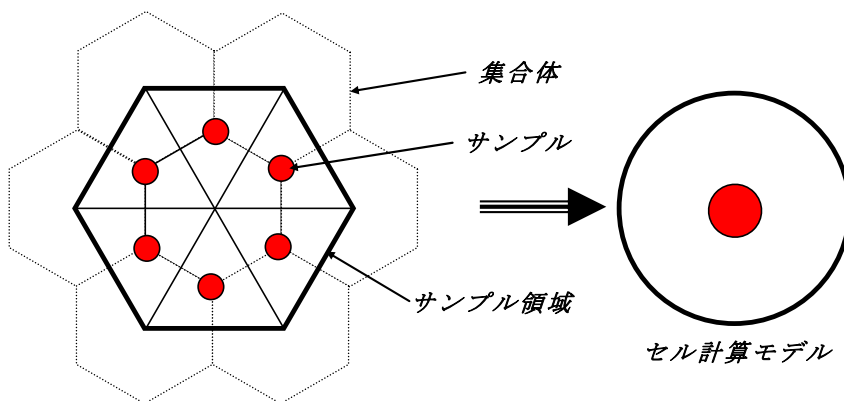
4.1.6 サンプル反応度とドップラー反応度の解析法の補足

サンプル反応度とドップラー反応度については、解析手法が特殊であり、以下に補足する。

(1)サンプル反応度

JUPITER 臨界実験解析のサンプル反応度解析²⁰⁾では、実験情報でサンプルサイズの補正值が報告されていたが、BFS-69体系の実験では評価されていないため、サンプルサイズを解析で考慮する必要がある。そこでサンプル領域の実効定数をBFS-62-5体系の解析²⁾で考案した以下の方法を使用して求めた。

- サンプル領域を下記左図のように3集合体に相当する領域(図の太線で囲まれた六角形)とし、均質化断面積を求めた。



サンプルを挿入する箇所は左図の●の位置(炉心中心とそれに隣接する燃料の隙間六ヶ所)のいずれかであり、挿入するサンプルによりその個数が異なる(例えば、²³⁵Uは2個、²³⁸Uは4個)。そこで外側に巻く燃料の量をサンプルに応じて以下のように設定した。

- サンプル 2 個のとき：サンプル 1 つを 3/2 集合体分の燃料で巻いたモデル
(3 集合体にサンプル 2 個→サンプル 1 個あたり、3/2 集合体)
- サンプル 3 個のとき：サンプル 1 つを 3/3 集合体分の燃料で巻いたモデル
- サンプル 4 個のとき：サンプル 1 つを 3/4 集合体分の燃料で巻いたモデル

サンプルのサイズには実際の値を使用し、その周りに巻く燃料のサイズを上記のように設定した。その際、燃料の密度はセル内のサンプルの占有率分濃くし、インベントリを保存した。

また、実験におけるサンプル領域の高さは 12.1cm~13.0cm の範囲でばらついているが、解析ではその高さを一定にし(13.20cm)、サンプルの原子個数を保存するようにサンプルの密度を調整した。

サンプル領域(燃料集合体 3 体分の領域(等価半径 4.6379cm)、高さ 13.20cm)について燃料セル(均質)をサンプル入りのセルに置換した時の反応度を一次摂動計算により評価した。

(2) ドップラー反応度

BFS-62-5 体系の解析²⁾と同様に以下のように実施した。

UO₂ サンプル温度が 300K の時の中性子束及び随伴中性子束を用い、サンプルの温度上昇による実効断面積変化を用いて一次摂動計算により反応度を求めた。

実験ではダミーの容器を用いることによってサンプルのみの反応度を測定しているため、解析モデルにも収納容器は含めていない。サンプルの実効断面積はサンプル、チューブ、中心領域の燃料 2 周分からなるスーパーセルモデルで作成した。

炉心計算時にはサンプルの上下及び周囲はチューブと stick を均質化した領域とした。また、ヒーターは無視した。

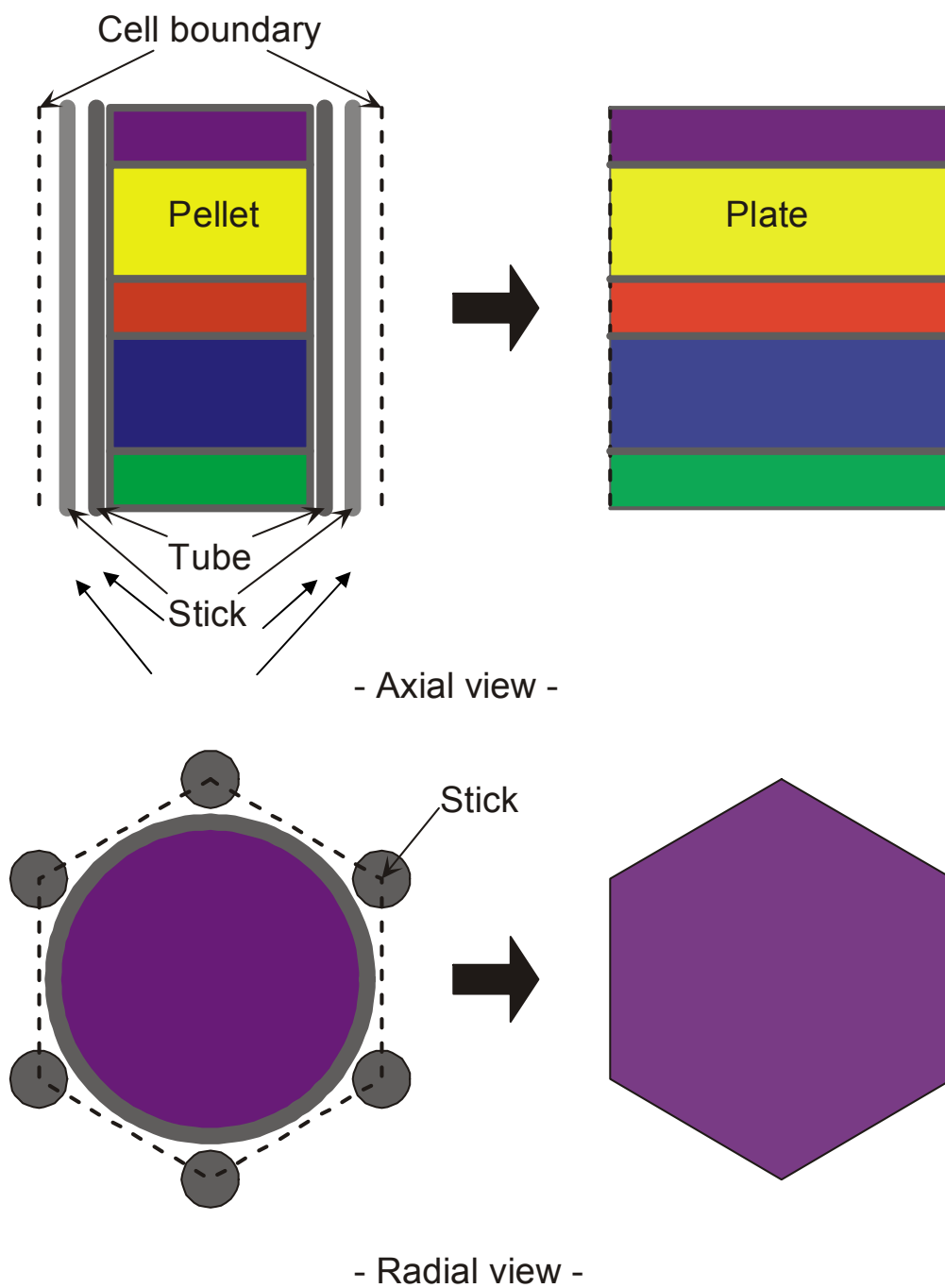


Fig.4.1.1 Plate stretch modeling of BFS cell

4.2 Np 装荷による核特性の変化の概要

解析結果を示す前に、Np 装荷による核特性の変化の概要を述べる。

本試験での Np 装荷は、劣化 UO_2 ペレットを NpO_2 ペレットに置換することによって実施している。Fig 4.2.1 に ^{238}U と ^{237}Np の捕獲、核分裂断面積を比較する。 ^{237}Np は 1MeV 以上で核分裂反応が、それ以下では捕獲断面積が ^{238}U に比べて大きい。

Fig.4.2.2~4.2.5 には BFS-69、BFS-66-2 の各体系について、Np 置換前後の中性子スペクトルと随伴中性子スペクトルを Np 装荷領域の炉心中心位置で比較する。Np の装荷により中性子スペクトルが硬化し、随伴中性子束スペクトルが 100keV 以下で平坦化する。

これによる核特性変化としては、制御棒価値の低下、Na ボイド反応度の正側への移行 (Na 除去に伴うスペクトル硬化の寄与)、閾値反応を伴う核分裂反応率比の増加が挙げられる。

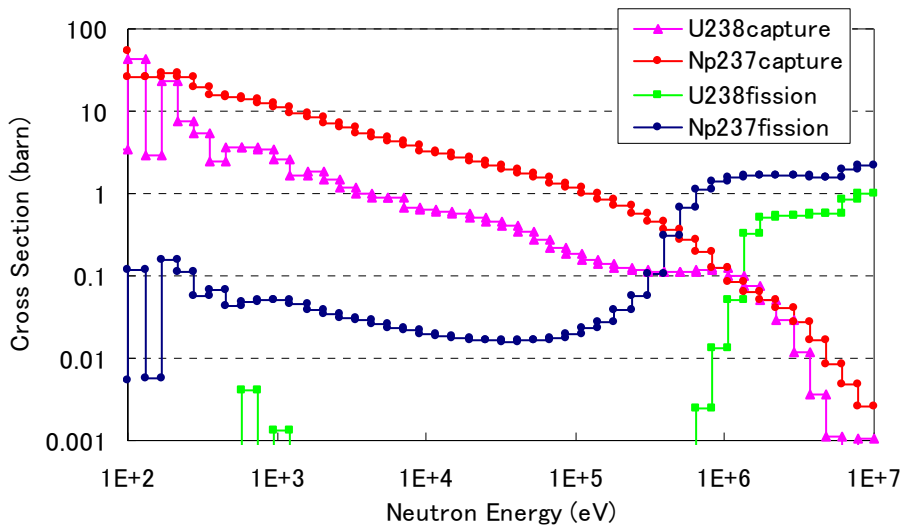


Fig.4.2.1 Comparison of ^{238}U and ^{237}Np cross sections (JENDL-3.3)

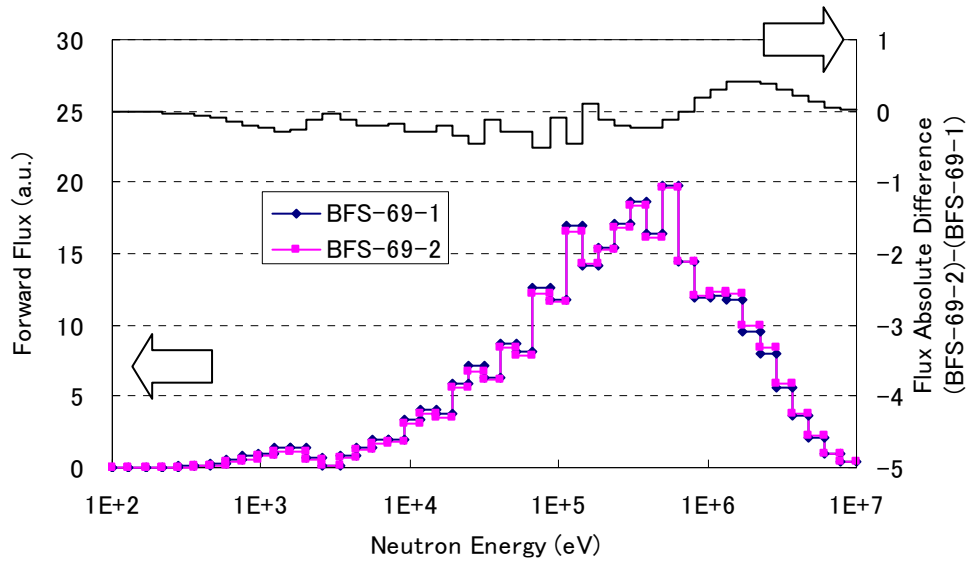


Fig.4.2.2 Comparison of neutron flux between BFS-69-1 and BFS-69-2

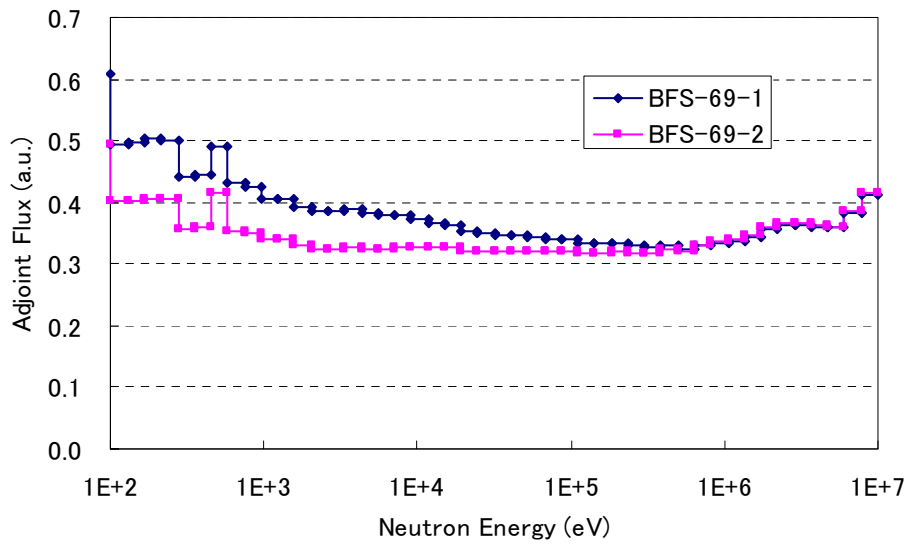


Fig.4.2.3 Comparison of adjoint flux between BFS-69-1 and BFS-69-2

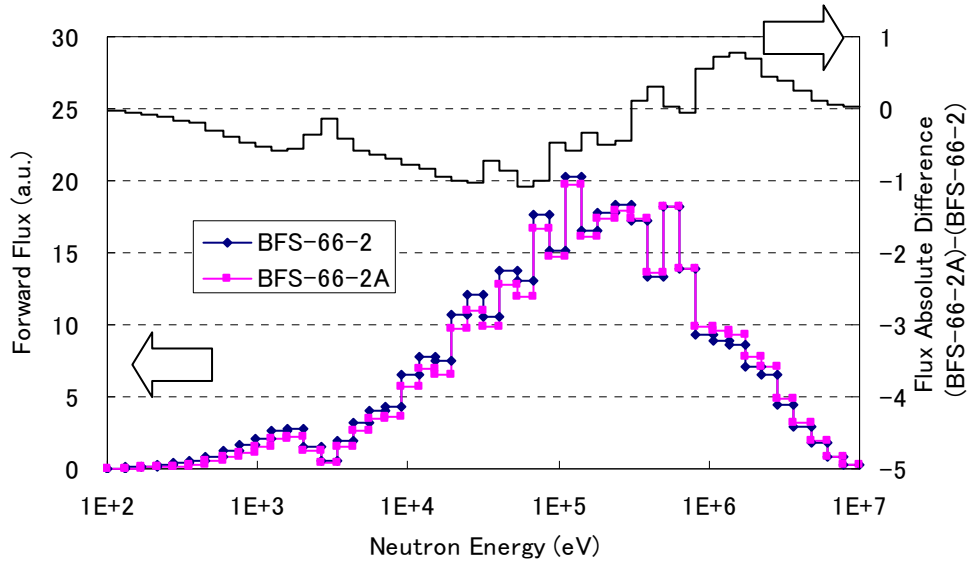


Fig.4.2.4 Comparison of neutron flux between BFS-66-2 and BFS-66-2A

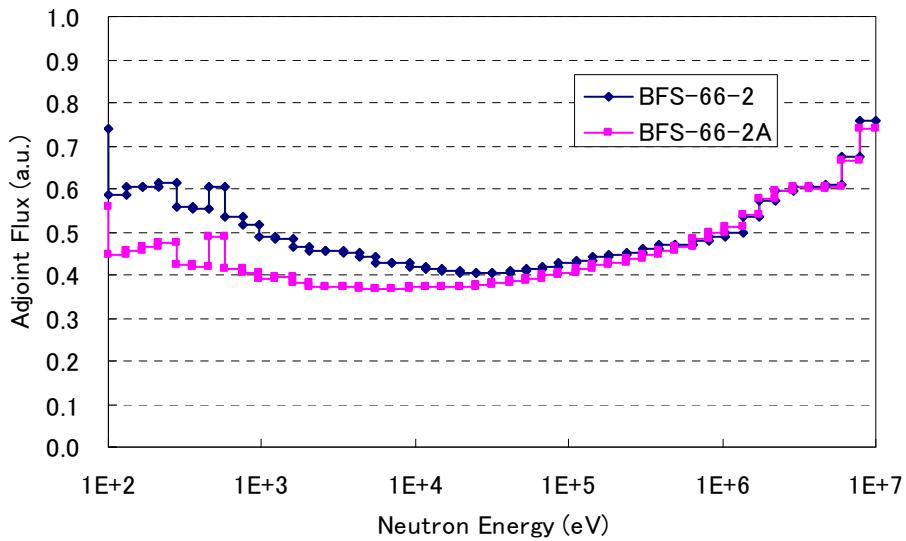


Fig.4.2.5 Comparison of adjoint flux between BFS-66-2 and BFS-66-2A

4.3 解析結果

核特性毎に解析結果を示す。4種類の核データ（JENDL-3.2, JENDL-3.3, JEND/AC-2008, ENDF/B-VII）の結果を比較する。臨界性とNaボイド反応度についてはBFS-67体系の結果（付録A）も示す。ENDF/B-VIIの結果の詳細については付録Bにまとめている。

4.3.1 臨界性

Table 4.3.1, 4.3.2, Fig.4.3.1に臨界性の解析結果を示す。実験誤差はIPPEの実験報告書には記載されていない（評価されていない）ため、同じBFS臨界実験装置で実施された他の体系の結果^{21), 22)}から類推した。それらの文献ではBFS-1装置とBFS-2装置（それぞれBFS-69体系、BFS-66-2体系の実験に使用された）での実験について誤差を評価しており、ともに0.3%dk/kと得ている。このうち、0.15%dk/kは再現性の誤差であり、本実験体系にそのまま適用できる。同文献において誤差が比較的大きい濃縮度36wt%のウランペレット（濃縮度で0.4%、重量で0.3%の系統誤差）や不純物含有Na（0.2%dk/kの誤差要因）の寄与は本実験では小さい、あるいは考慮しなくてよいため、本実験では誤差合計値は幾分小さくなると思われる。そこで、本実験(BFS-67, BFS-69, BFS-66-2体系共通)の誤差として0.2%dk/kを設定した。

BFS-69体系の結果は他の体系に比べるとC/E値が幾分大きめである。JENDL/AC-2008とJENDL-3.3でその傾向が顕著であり、BFS-67体系に対して+0.5%dk/k以上の差異がある。

N_p装荷によるC/E値の変化（BFS-67, BFS-69, BFS-66-2各体系内でのC/Eの差異）は、核データによらず、BFS-69体系では-0.1%であり、BFS-67とBFS-66-2体系では確認できない。

4.3.2 Naボイド反応度

Table 4.3.3-4.3.8, Fig.4.3.2にNaボイド反応度の解析結果を示す。ENDF/B-VII以外はBFS-69-2でC/Eが極端に悪化している。BFS-69-2のケース（Table 4.3.4）は非漏洩項と漏洩項の絶対値がほぼ等しいため、各項の微少な誤差により合計値がゼロ近傍で変化することが1つの要因である。

ただし、解析値と実験値の差(C-E値)で見た場合（Fig.4.3.3）でもENDF/B-VII以外は有意に悪化している。BFS-69体系は漏洩の寄与が大きく、輸送補正值に改善の余地があることも要因と考えられる。4.1.5節の輸送・メッシュ効果の解析法で述べたように、散乱の非等方性の考慮として、臨界性ではP3計算を使用し、それ以外ではP0計算を使用している。輸送摂動計算コードSNPERTの制限によるものであるが、参考として近似的にP3計算で評価した場合を付録Cに示す。C-E値は全般的に改善しているが、核データ間の大小関係は変わらない。非等方性の影響が比較的小さいBFS-66-2体系でもENDF/B-VII以外は実験誤差の3σを超える差異が生じている。

Fig.4.3.4には反応度の実験値と解析値を比較する。N_pの装荷により反応度が正側に变化している（各体系で右側がN_p装荷炉心）。解析値はその変化を再現しており、N_p装荷による解析精度の悪化はないといえる。

4.3.3 制御棒価値

Table 4.3.9～4.3.13, Fig.4.3.5に制御棒価値の解析結果を示す。

いずれの核データを使用した場合でも、濃縮B₄Cの制御棒については実験誤差内で一致してい

る。一方、天然 B_4C の制御棒については過大評価となっている。本結果は BFS-67 体系¹⁾のものと整合しており、天然 B_4C の結果については実験情報を含めて実験値に問題があるものと思われる。

Np 装荷による制御棒価値の低下は体系に大きく依存せず約 10%である。一方、炉心間の C/E 値のばらつきは実験誤差と同程度の数%以内であり、 Np 装荷による解析精度の悪化はないといえる。

4.3.4 炉心中心反応率比

Table 4.3.14～4.3.22 に反応率比の解析結果を示す。

Fig.4.3.6 には BFS-69 と BFS-66-2 体系間で共通の反応率比を示す。C/E 値の 1.0 からのずれはほぼ実験誤差 1σ の範囲にある。核データ間の差異も有意ではない。

Fig.4.3.7, 4.3.8 には BFS-69 体系のみで測定された種々の反応率比の解析結果を示す。概ね実験誤差 2σ 内で解析できている。

核データ間の差異が一部で確認できる。F48(^{238}Pu fission), F40(^{240}Pu fission)については JENDL/AC2008 が、F37(^{237}Np fission)については ENDF/B-VII のみ実験誤差 1σ 内で解析できている。一方、F64(^{244}Cm fission)については JENDL/AC-2008 で C/E 値の 1 からの差異が大きい。

Fig.4.3.9 には実験値を炉心間で比較する。炉心間の差異 (Np 装荷の影響) は反応率比の分子が親物質核種の核分裂反応であるものについては約+8%である。中性子スペクトルの硬化による。一方、Fig.4.3.7, 4.3.8 で分かるように炉心間の C/E 値のばらつきは実験誤差数%より小さい。C28/F25 については C/E 値の変化が比較的大きいが、C28 のセルフアクター算出においてウラン箔がセル全体に挿入されていると見なす(4.1.5 節(2))誤差が炉心間で異なって現れた結果と考えられる。もっとも C28/F25 は Np 装荷の影響を受けにくい特性である。よって Np 装荷による解析精度の悪化は炉心中心反応率についてもないといえる。

4.3.5 微少サンプル反応度

Table 4.3.23～4.3.28 にサンプル反応度の解析結果を示す。Fig.4.3.10, 4.3.11 には C-E 値を示す。C-E 値は概ね 0.1ϕ 以内 (最大でも 0.3ϕ) であるが、実験誤差約 0.005ϕ に比べると極めて大きい。捕獲反応のみで決定されるため解析が容易な B10 サンプルでも C-E 値は実験誤差の 10 倍以上大きい。実験誤差は大幅に過小評価されているものと思われる。

NpO_2 サンプルなど比較的良好な解析結果に着目すると、炉心間に有意な差異がなく、 Np 装荷による解析精度の悪化はないといえる。

4.3.6 サンプルドップラー反応度

Table 4.3.29, 4.3.30 にサンプルドップラー反応度の解析結果を示す(ENDF/B-VII の評価は省略)。解析値と実験値の差異は実験誤差の 5 倍以上あり、実験状態を正確に模擬できていない可能性がある。同様な実験が実施された BFS-62-4 や BFS-62-5 炉心の実験解析結果²⁾ではほぼ実験誤差内で解析できており、相互比較により原因を検討する必要がある。

Table 4.3.1 Results of criticality analysis (BFS-69)

炉心名 核データ	BFS-69-1			BFS-69-2		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
基準計算値	0.99030	0.99105	0.99662	0.98853	0.98999	0.99553
等方拡散計算値 ^(*1)	0.99170	0.99202	<--	0.99005	0.99109	<--
径倍メッシュ計算値 ^(*2)	0.99048	0.99079	<--	0.98881	0.98985	<--
軸倍メッシュ計算値 ^(*1)	0.99112	0.99143	<--	0.98947	0.99050	<--
輸送計算値 ^(*3)	1.00059	1.00096	<--	0.99888	1.00001	<--
等方拡散計算値 ^(*4)	0.99313	0.99353	<--	0.99106	0.99218	<--
径倍メッシュ計算値 ^(*4)	0.99160	0.99198	<--	0.98972	0.99083	<--
軸倍メッシュ計算値 ^(*4)	0.99251	0.99290	<--	0.99043	0.99155	<--
UF175g計算値	0.98883	0.98986	0.99545	0.98723	0.98895	0.99451
メッシュ補正	-0.00224	-0.00225	-0.00225	-0.00227	-0.00228	-0.00228
輸送補正	0.01032	0.01033	0.01033	0.01044	0.01048	0.01048
群数補正	-0.00147	-0.00119	-0.00117	-0.00130	-0.00105	-0.00102
補正後計算値	0.99691	0.99793	1.00353	0.99541	0.99715	1.00271
実験値	1.00037	1.00037	1.00037	1.00040	1.00040	1.00040
C/E	0.9965	0.9976	1.0032	0.9950	0.9967	1.0023
β eff	4.09E-03	4.08E-03	4.06E-03	4.04E-03	4.03E-03	4.01E-03

- *1: HexZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
- *2: TriZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
- *3: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、P3S8Consistent近似
- *4: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

Table 4.3.2 Results of criticality analysis (BFS-66-2)

炉心名 核データ	BFS-66-2			BFS-66-2A		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
基準計算値	0.99023	0.98894	0.99408	0.99011	0.98902	0.99419
等方拡散計算値 ^(*1)	0.99159	0.98976	<--	0.99148	0.98986	<--
径倍メッシュ計算値 ^(*2)	0.99084	0.98902	<--	0.99059	0.98897	<--
軸倍メッシュ計算値 ^(*1)	0.99095	0.98912	<--	0.99084	0.98922	<--
輸送計算値 ^(*3)	0.99555	0.99366	<--	0.99548	0.99382	<--
UF175g計算値	0.99113	0.98998	0.99521	0.99102	0.99007	0.99534
メッシュ補正	-0.00176	-0.00174	-0.00176	-0.00192	-0.00192	-0.00192
輸送補正	0.00571	0.00565	0.00571	0.00592	0.00588	0.00592
群数補正	0.00090	0.00105	0.00113	0.00092	0.00106	0.00114
補正後計算値	0.99508	0.99389	0.99916	0.99503	0.99403	0.99934
実験値	1.00030	1.00029	1.00029	1.00025	1.00024	1.00024
C/E値	0.9948	0.9936	0.9989	0.9948	0.9938	0.9991
β eff	4.95E-03	4.91E-03	4.91E-03	4.93E-03	4.90E-03	4.89E-03

- *1: HexZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
- *2: TriZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
- *3: HexZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、POS4輸送近似

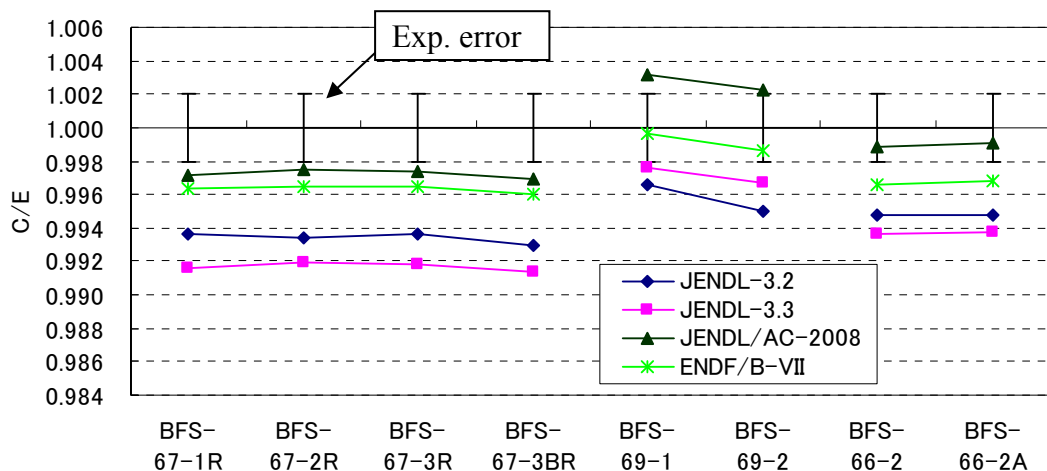


Fig.4.3.1 Results of criticality analysis

Table 4.3.3 Results of Na void reactivity analysis (BFS-69-1)

炉心名 核データ	BFS-69-1								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
摂動計算結果成分	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
基準計算値($\Delta k/kk'$)	-2.326E-04	-1.399E-03	-1.631E-03	-2.313E-04	-1.424E-03	-1.655E-03	-1.394E-04	-1.413E-03	-1.552E-03
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$) ^(*1)	-1.990E-04	-1.368E-03	-1.567E-03	-2.008E-04	-1.395E-03	-1.596E-03	-1.091E-04	-1.384E-03	-1.493E-03
輸送計算値($\Delta k/kk'$) ^(*2)	6.324E-05	-1.288E-03	-1.225E-03	5.868E-05	-1.314E-03	-1.255E-03	1.520E-04	-1.304E-03	-1.152E-03
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	-1.890E-04	-1.459E-03	-1.648E-03	-1.802E-04	-1.484E-03	-1.664E-03	-8.062E-05	-1.473E-03	-1.553E-03
輸送・メッシュ補正	-0.32	0.94		-0.29	0.94		-1.39	0.94	
群数補正	0.81	1.04		0.78	1.04		0.58	1.04	
補正後計算値	6.008E-05	-1.374E-03	-1.314E-03	5.267E-05	-1.398E-03	-1.345E-03	1.123E-04	-1.388E-03	-1.275E-03
補正後計値(C)(ϕ)	1.47	-33.62	-32.15	1.29	-34.26	-32.97	2.76	-34.14	-31.38
実験値(E)(ϕ)			-35.6			-35.6			-35.6
			± 1.0			± 1.0			± 1.0
C/E			0.903			0.926			0.881
C-E(ϕ)			+3.5			+2.6			+4.2

*1: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

*2: RZ 70g、2.5cm mesh、領域固定核分裂スペクトル、POS8輸送近似

Table 4.3.4 Results of Na void reactivity analysis (BFS-69-2)

炉心名 核データ	BFS-69-2								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
摂動計算結果成分	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
基準計算値($\Delta k/kk'$)	1.021E-03	-1.506E-03	-4.852E-04	1.045E-03	-1.554E-03	-5.090E-04	1.124E-03	-1.541E-03	-4.170E-04
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	1.060E-03	-1.463E-03	-4.023E-04	1.083E-03	-1.511E-03	-4.276E-04	1.162E-03	-1.499E-03	-3.365E-04
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	1.442E-03	-1.362E-03	7.924E-05	1.466E-03	-1.409E-03	5.674E-05	1.546E-03	-1.398E-03	1.483E-04
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	1.092E-03	-1.568E-03	-4.755E-04	1.124E-03	-1.614E-03	-4.905E-04	1.211E-03	-1.602E-03	-3.909E-04
輸送・メッシュ補正	1.36	0.93		1.35	0.93		1.33	0.93	
群数補正	1.07	1.04		1.08	1.04		1.08	1.04	
補正後計算値	1.484E-03	-1.460E-03	2.447E-05	1.521E-03	-1.506E-03	1.496E-05	1.611E-03	-1.494E-03	1.169E-04
補正後計値(C)(ϕ)	36.75	-36.14	0.61	37.74	-37.37	0.37	40.15	-37.24	2.91
実験値(E)(ϕ)			-5.0			-5.0			-5.0
			± 1.5			± 1.5			± 1.5
C/E			-0.12			-0.07			-0.58
C-E(ϕ)			+5.6			+5.4			+7.9

Table 4.3.5 Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2, 28 assemblies)

炉心名(ボイド集合体数)	BFS-66-2 (28体ボイド)								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
核データ	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
摂動計算結果成分									
基準計算値($\Delta k/kk'$)	4.913E-04	-9.348E-05	3.978E-04	4.912E-04	-9.609E-05	3.951E-04	5.007E-04	-9.427E-05	4.064E-04
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$) ^{*1)}	4.932E-04	-9.826E-05	3.949E-04	4.946E-04	-1.013E-04	3.932E-04	5.044E-04	-9.961E-05	4.048E-04
輸送計算値($\Delta k/kk'$) ^{*2)}	5.125E-04	-8.720E-05	4.253E-04	5.147E-04	-9.013E-05	4.246E-04	5.241E-04	-8.864E-05	4.355E-04
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	4.797E-04	-9.638E-05	3.834E-04	4.789E-04	-9.922E-05	3.796E-04	4.890E-04	-9.729E-05	3.917E-04
輸送・メッシュ補正	1.04	0.89		1.04	0.89		1.04	0.89	
群数補正	0.98	1.03		0.97	1.03		0.98	1.03	
補正後計算値	4.985E-04	-8.553E-05	4.130E-04	4.984E-04	-8.825E-05	4.101E-04	5.081E-04	-8.658E-05	4.215E-04
補正後計値(C)(Φ)	10.08	-1.73	8.35	10.14	-1.80	8.35	10.35	-1.76	8.58
実験値(E)(Φ)			7.10			7.10			7.10
			± 0.30			± 0.30			± 0.30
C/E			1.18			1.18			1.21
C-E(Φ)			+1.25			+1.25			+1.48

*1: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

*2: RZ 70g、5cm mesh、領域固定核分裂スペクトル、P0S8輸送近似

Table 4.3.6 Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2A, 28 assemblies)

炉心名(ボイド集合体数)	BFS-66-2A (28体ボイド)								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
核データ	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
摂動計算結果成分									
基準計算値($\Delta k/kk'$)	6.890E-04	-1.274E-04	5.616E-04	7.015E-04	-1.338E-04	5.678E-04	7.069E-04	-1.317E-04	5.752E-04
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	6.995E-04	-1.282E-04	5.713E-04	7.156E-04	-1.354E-04	5.802E-04	7.207E-04	-1.332E-04	5.875E-04
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	7.365E-04	-1.081E-04	6.285E-04	7.547E-04	-1.148E-04	6.399E-04	7.598E-04	-1.131E-04	6.468E-04
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	6.855E-04	-1.301E-04	5.554E-04	6.970E-04	-1.368E-04	5.602E-04	7.026E-04	-1.346E-04	5.679E-04
輸送・メッシュ補正	1.05	0.84		1.05	0.85		1.05	0.85	
群数補正	0.99	1.02		0.99	1.02		0.99	1.02	
補正後計算値	7.217E-04	-1.096E-04	6.121E-04	7.351E-04	-1.160E-04	6.191E-04	7.407E-04	-1.143E-04	6.265E-04
補正後計値(C)(Φ)	14.63	-2.22	12.41	15.01	-2.37	12.64	15.13	-2.33	12.80
実験値(E)(Φ)			12.10			12.10			12.10
			± 0.30			± 0.30			± 0.30
C/E			1.025			1.045			1.058
C-E(Φ)			+0.31			+0.54			+0.70

Table 4.3.7 Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2, 88 assemblies)

炉心名(ボイド集合体数)	BFS-66-2 (88体ボイド)								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
核データ	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
摂動計算結果成分									
基準計算値($\Delta k/kk'$)	1.454E-03	-3.218E-04	1.132E-03	1.451E-03	-3.317E-04	1.120E-03	1.483E-03	-3.254E-04	1.158E-03
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	1.468E-03	-3.326E-04	1.135E-03	1.470E-03	-3.441E-04	1.126E-03	1.502E-03	-3.383E-04	1.164E-03
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	1.524E-03	-2.995E-04	1.224E-03	1.528E-03	-3.106E-04	1.217E-03	1.559E-03	-3.054E-04	1.254E-03
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	1.416E-03	-3.330E-04	1.083E-03	1.411E-03	-3.437E-04	1.067E-03	1.446E-03	-3.370E-04	1.109E-03
輸送・メッシュ補正	1.04	0.90		1.04	0.90		1.04	0.90	
群数補正	0.97	1.03		0.97	1.04		0.97	1.04	
補正後計算値	1.470E-03	-2.998E-04	1.170E-03	1.467E-03	-3.102E-04	1.156E-03	1.501E-03	-3.043E-04	1.196E-03
補正後計値(C)(Φ)	29.72	-6.06	23.65	29.85	-6.31	23.53	30.56	-6.20	24.36
実験値(E)(Φ)			20.40			20.40			20.40
			± 0.41			± 0.41			± 0.41
C/E			1.160			1.154			1.194
C-E(Φ)			+3.25			+3.13			+3.96

Table 4.3.8 Results of Na void reactivity analysis (BFS-66-2A, 88 assemblies)

炉心名(ボイド集合体数)	BFS-66-2A (88体ボイド)								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
核データ	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
摂動計算結果成分									
基準計算値($\Delta k/kk'$)	1.845E-03	-3.832E-04	1.462E-03	1.867E-03	-4.023E-04	1.465E-03	1.892E-03	-3.953E-04	1.497E-03
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	1.867E-03	-3.935E-04	1.473E-03	1.896E-03	-4.153E-04	1.481E-03	1.921E-03	-4.078E-04	1.513E-03
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	1.949E-03	-3.499E-04	1.599E-03	1.982E-03	-3.709E-04	1.611E-03	2.007E-03	-3.648E-04	1.642E-03
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	1.821E-03	-3.956E-04	1.426E-03	1.840E-03	-4.157E-04	1.425E-03	1.868E-03	-4.084E-04	1.460E-03
輸送・メッシュ補正	1.04	0.89		1.05	0.89		1.04	0.89	
群数補正	0.99	1.03		0.99	1.03		0.99	1.03	
補正後計算値	1.902E-03	-3.517E-04	1.550E-03	1.924E-03	-3.713E-04	1.553E-03	1.952E-03	-3.654E-04	1.587E-03
補正後計値(C)(Φ)	38.55	-7.13	31.42	39.28	-7.58	31.70	39.88	-7.47	32.42
実験値(E)(Φ)			28.49			28.49			28.49
			± 0.41			± 0.41			± 0.41
C/E			1.103			1.113			1.138
C-E(Φ)			+2.93			+3.21			+3.93

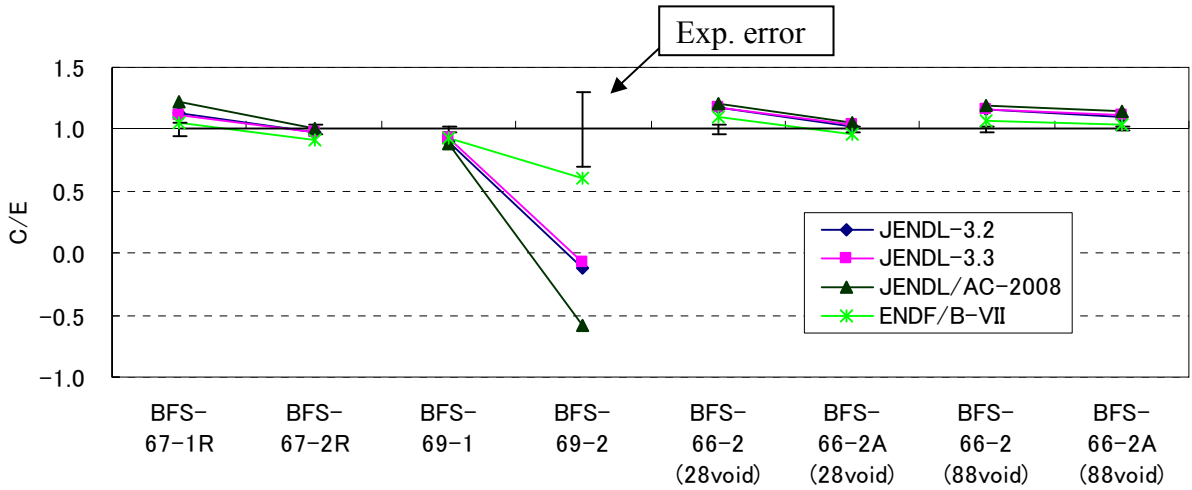


Fig.4.3.2 Results of Na void reactivity analysis (C/E)

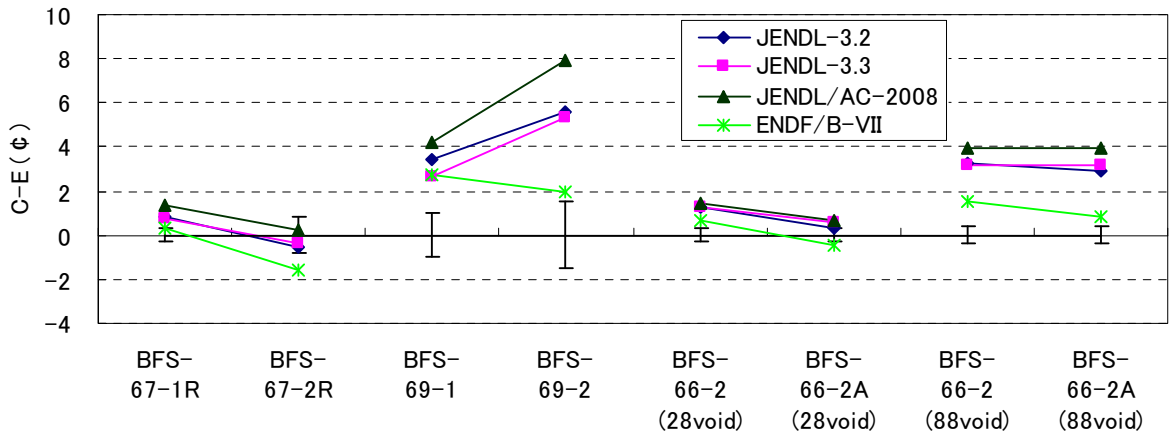


Fig.4.3.3 Results of Na void reactivity analysis (C-E)

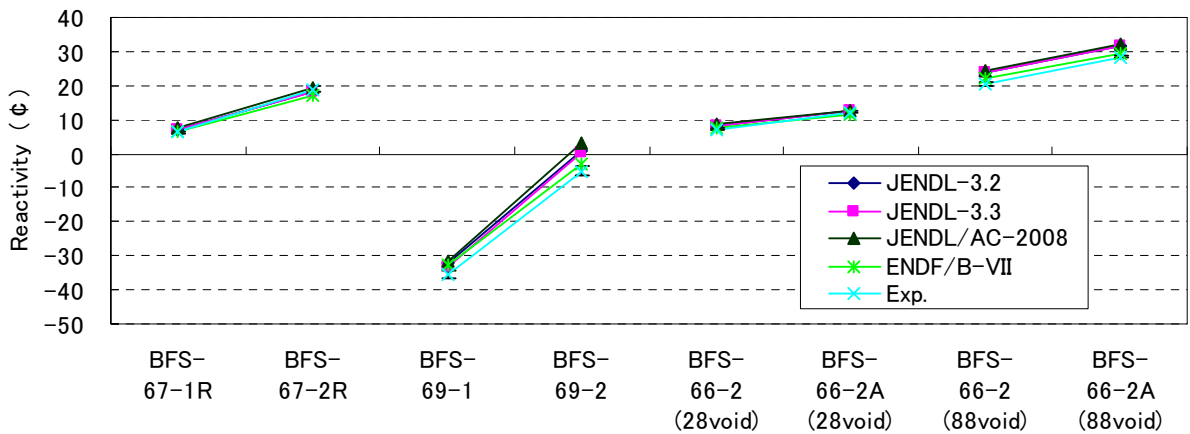


Fig.4.3.4 Results of Na void reactivity analysis (Reactivity)

Table 4.3.9 Results of C/R worth analysis (BFS-69, Enr. Boron 450mm)

炉心名(制御棒タイプ)	BFS-69-1 (B4C enr. 450mm)			BFS-69-2 (B4C enr. 450mm)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	1.981E-02	1.994E-02	1.986E-02	1.891E-02	1.909E-02	1.900E-02
摂動前 keff	0.98794	0.98868	0.99423	0.98619	0.98761	0.99313
摂動後 keff	0.96898	0.96956	0.97498	0.96814	0.96933	0.97473
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)*1)	2.260E-02	2.278E-02	<--	2.156E-02	2.161E-02	<--
摂動前 keff	0.99143	0.99178	<--	0.98832	0.99167	<--
摂動後 keff	0.96970	0.96986	<--	0.96770	0.97086	<--
輸送計算値($\Delta k/kk'$)*2)	2.215E-02	2.235E-02	<--	2.089E-02	2.115E-02	<--
摂動前 keff	0.99929	0.99965	<--	0.99752	0.99862	<--
摂動後 keff	0.97765	0.97780	<--	0.97716	0.97796	<--
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	1.980E-02	1.995E-02	1.986E-02	1.892E-02	1.911E-02	1.902E-02
摂動前 keff	0.98645	0.98746	0.99303	0.98486	0.98653	0.99207
摂動後 keff	0.96755	0.96838	0.97382	0.96685	0.96828	0.97370
輸送・メッシュ補正	0.980	0.981	0.981	0.969	0.979	0.979
群数補正	1.000	1.000	1.000	1.000	1.001	1.001
補正後計算値	1.941E-02	1.957E-02	1.949E-02	1.833E-02	1.870E-02	1.861E-02
補正後計値(C)(¢)	4.75	4.80	4.80	4.54	4.64	4.64
実験値(E)(¢)	4.84 ±0.34			4.51 ±0.32		
C/E	0.981	0.991	0.991	1.006	1.029	1.028

*1: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

*2: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、POS8輸送近似

Table 4.3.10 Results of C/R worth analysis (BFS-69, Enr. Boron 151mm)

炉心名(制御棒タイプ)	BFS-69-1 (B4C enr. 151mm)			BFS-69-2 (B4C enr. 151mm)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	7.542E-03	7.599E-03	7.566E-03	7.111E-03	7.192E-03	7.155E-03
摂動前 keff	0.98794	0.98868	0.99423	0.98619	0.98761	0.99313
摂動後 keff	0.98063	0.98131	0.98681	0.97933	0.98064	0.98612
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	8.559E-03	8.636E-03	<--	8.064E-03	8.091E-03	<--
摂動前 keff	0.99143	0.99178	<--	0.98832	0.99167	<--
摂動後 keff	0.98309	0.98336	<--	0.98051	0.98378	<--
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	8.525E-03	8.612E-03	<--	7.909E-03	8.023E-03	<--
摂動前 keff	0.99929	0.99965	<--	0.99752	0.99862	<--
摂動後 keff	0.99085	0.99112	<--	0.98971	0.99068	<--
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	7.533E-03	7.596E-03	7.561E-03	7.110E-03	7.196E-03	7.158E-03
摂動前 keff	0.98645	0.98746	0.99303	0.98486	0.98653	0.99207
摂動後 keff	0.97917	0.98010	0.98563	0.97801	0.97958	0.98508
輸送・メッシュ補正	0.996	0.997	0.997	0.981	0.992	0.992
群数補正	0.999	1.000	0.999	1.000	1.001	1.000
補正後計算値	7.502E-03	7.574E-03	7.540E-03	6.974E-03	7.136E-03	7.098E-03
補正後計値(C)(\\$)	1.84	1.86	1.86	1.73	1.77	1.77
実験値(E)(\\$)	1.88 ±0.11			1.76 ±0.10		
C/E	0.976	0.987	0.987	0.981	1.006	1.005

Table 4.3.11 Results of C/R worth analysis (BFS-69, Nat. Boron 448mm)

炉心名(制御棒タイプ)	BFS-69-1 (B4C nat. 448mm)			BFS-69-2 (B4C nat. 448mm)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	7.914E-03	7.992E-03	7.963E-03	7.367E-03	7.469E-03	7.440E-03
摂動前 keff	0.98794	0.98868	0.99423	0.98619	0.98761	0.99313
摂動後 keff	0.98028	0.98093	0.98642	0.97908	0.98038	0.98584
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	8.344E-03	8.447E-03	<--	7.586E-03	7.712E-03	<--
摂動前 keff	0.99929	0.99965	<--	0.99752	0.99862	<--
摂動後 keff	0.99102	0.99128	<--	0.99003	0.99099	<--
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	8.207E-03	8.301E-03	<--	7.389E-03	7.446E-03	<--
摂動前 keff	0.99143	0.99178	<--	0.98832	0.99167	<--
摂動後 keff	0.98343	0.98368	<--	0.98116	0.98440	<--
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	7.882E-03	7.966E-03	7.937E-03	7.346E-03	7.453E-03	7.424E-03
摂動前 keff	0.98645	0.98746	0.99303	0.98486	0.98653	0.99207
摂動後 keff	0.97884	0.97975	0.98526	0.97779	0.97933	0.98482
輸送・メッシュ補正	1.017	1.018	1.018	1.027	1.036	1.036
UF175g補正	0.996	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998
補正後計算値	8.014E-03	8.106E-03	8.077E-03	7.541E-03	7.718E-03	7.689E-03
補正後計値(C)(\$)	1.96	1.99	1.99	1.87	1.92	1.92
実験値(E)(\$)		1.75 ±0.03			1.64 ±0.01	
C/E	1.12	1.14	1.14	1.14	1.17	1.17

Table 4.3.12 Results of C/R worth analysis (BFS-69, Nat. Boron 153mm)

炉心名(制御棒タイプ)	BFS-69-1 (B4C nat. 153mm)			BFS-69-2 (B4C nat. 153mm)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	2.960E-03	2.992E-03	2.981E-03	2.722E-03	2.764E-03	2.753E-03
摂動前 keff	0.98794	0.98868	0.99423	0.98619	0.98761	0.99313
摂動後 keff	0.98506	0.98576	0.99129	0.98355	0.98492	0.99042
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	3.087E-03	3.125E-03	<--	2.841E-03	2.858E-03	<--
摂動前 keff	0.99143	0.99178	<--	0.98832	0.99167	<--
摂動後 keff	0.98841	0.98871	<--	0.98556	0.98887	<--
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	3.163E-03	3.205E-03	<--	2.884E-03	2.936E-03	<--
摂動前 keff	0.99929	0.99965	<--	0.99752	0.99862	<--
摂動後 keff	0.99614	0.99646	<--	0.99466	0.99570	<--
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	2.945E-03	2.979E-03	2.968E-03	2.712E-03	2.756E-03	2.744E-03
摂動前 keff	0.98645	0.98746	0.99303	0.98486	0.98653	0.99207
摂動後 keff	0.98359	0.98456	0.99011	0.98224	0.98386	0.98938
輸送・メッシュ補正	1.025	1.025	1.025	1.015	1.027	1.027
UF175g補正	0.995	0.996	0.996	0.996	0.997	0.997
補正後計算値	3.017E-03	3.055E-03	3.043E-03	2.753E-03	2.831E-03	2.819E-03
補正後計値(C)(\$)	0.74	0.75	0.75	0.68	0.70	0.70
実験値(E)(\$)		0.67 ±0.01			0.62 ±0.02	
C/E	1.11	1.13	1.13	1.11	1.14	1.14

Table 4.3.13 Results of C/R worth analysis (BFS-66-2, Nat. Boron 420mm)

炉心名(制御棒タイプ) 核データ	BFS-66-2 (B4C nat. 420mm)			BFS-66-2A (B4C nat. 420mm)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
基準計算値($\Delta k/kk'$)	2.411E-03	2.478E-03	2.445E-03	2.201E-03	2.283E-03	2.256E-03
摂動前 keff	0.98970	0.98840	0.99354	0.98954	0.98843	0.99361
摂動後 keff	0.98734	0.98598	0.99113	0.98739	0.98621	0.99139
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)(*1)	2.353E-03	2.432E-03	<--	2.149E-03	2.238E-03	<--
摂動前 keff	0.99108	0.98923	<--	0.99093	0.98928	<--
摂動後 keff	0.98877	0.98685	<--	0.98882	0.98709	<--
輸送計算値($\Delta k/kk'$)(*2)	2.437E-03	2.507E-03	<--	2.225E-03	2.288E-03	<--
摂動前 keff	0.99516	0.99320	<--	0.99509	0.99331	<--
摂動後 keff	0.99275	0.99074	<--	0.99289	0.99106	<--
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	2.422E-03	2.496E-03	2.459E-03	2.213E-03	2.300E-03	2.270E-03
摂動前 keff	0.99060	0.98944	0.99467	0.99046	0.98949	0.99475
摂動後 keff	0.98823	0.98701	0.99224	0.98829	0.98724	0.99251
輸送・メッシュ補正	1.036	1.031	1.031	1.035	1.022	1.022
UF175g補正	1.005	1.007	1.006	1.005	1.007	1.007
補正後計算値	2.509E-03	2.572E-03	2.535E-03	2.291E-03	2.351E-03	2.321E-03
補正後計値(C)(ϕ)	50.74	52.36	51.63	46.44	48.01	47.43
実験値(E)(ϕ)	48.66 ± 0.10			43.99 ± 0.10		
C/E値	1.043	1.076	1.061	1.056	1.091	1.078

*1: HexZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
 *2: HexZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、POS4輸送近似

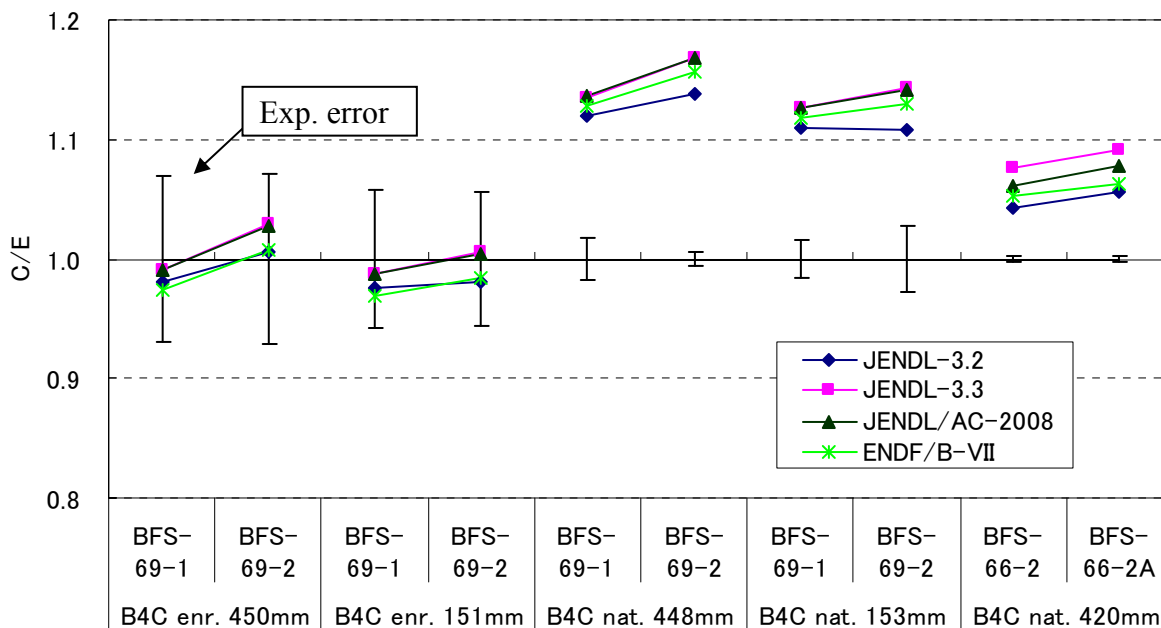


Fig.4.3.5 Results of C/R worth analysis

Table 4.3.14 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1, JENDL-3.2)

炉心名 核データ	BFS-69-1										
	JENDL-3.2										
反応の種類	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25
基準計算値	0.045	1.073	0.728	0.333	1.260	0.235	0.293	0.255	0.191	0.355	0.122
等方拡散計算値 ^(*1)	0.045	1.072	0.728	0.333	1.261	0.235	0.293	0.255	0.191	0.355	0.122
輸送計算値 ^(*2)	0.045	1.075	0.729	0.334	1.258	0.236	0.294	0.256	0.192	0.356	0.122
UF175計算値	0.046	1.079	0.729	0.334	1.253	0.236	0.294	0.256	0.192	0.356	0.122
輸送・メッシュ補正	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
群数補正	1.01	1.01	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
セルファクター ^(*3)	1.033	1.008	0.985	0.942	1.001	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	1.062
補正後計算値(C)	0.047	1.090	0.719	0.316	1.252	0.233	0.291	0.253	0.189	0.352	0.130
実験値(E)	0.0463	1.070	0.698	0.304	1.230	0.232	0.299	0.259	0.192	0.332	0.126
実験誤差(%)	1.9	1.0	1.6	1.6	1.3	1.7	2.3	1.9	2.6	1.8	2.4
C/E	1.025	1.018	1.031	1.038	1.018	1.006	0.973	0.976	0.987	1.059	1.028

*1: RZ 70g, 領域固定核分裂スペクトル, 等方拡散係数

*2: RZ 70g, 領域固定核分裂スペクトル, P0S8輸送近似

*3: C28についてはSLAROM-UF(JENDL-3.3 UF175計算)の反応率分布より評価、他はMVP(JENDL-3.2)により検出器位置を模擬して評価。

Table 4.3.15 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1, JENDL-3.3)

炉心名 核データ	BFS-69-1										
	JENDL-3.3										
反応の種類	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25
基準計算値	0.045	1.067	0.721	0.330	1.264	0.233	0.292	0.253	0.190	0.352	0.123
等方拡散計算値	0.045	1.067	0.721	0.330	1.265	0.232	0.292	0.253	0.190	0.352	0.123
輸送計算値	0.045	1.069	0.722	0.331	1.262	0.233	0.293	0.254	0.191	0.353	0.122
UF175計算値	0.045	1.073	0.722	0.331	1.257	0.233	0.293	0.254	0.191	0.352	0.123
輸送・メッシュ補正	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
群数補正	1.01	1.01	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
セルファクター ^(*1)	1.033	1.008	0.985	0.942	1.001	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	1.062
補正後計算値(C)	0.047	1.084	0.712	0.313	1.256	0.231	0.290	0.251	0.189	0.348	0.130
実験値(E)	0.0463	1.070	0.698	0.304	1.230	0.232	0.299	0.259	0.192	0.332	0.126
実験誤差(%)	1.9	1.0	1.6	1.6	1.3	1.7	2.3	1.9	2.6	1.8	2.4
C/E	1.011	1.013	1.021	1.029	1.021	0.995	0.969	0.970	0.983	1.049	1.033

*1: JENDL-3.2の結果を適用

Table 4.3.16 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1, JENDL/AC-2008)

炉心名 核データ	BFS-69-1										
	JENDL/AC-2008										
反応の種類	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25
基準計算値	0.045	1.082	0.702	0.322	1.260	0.238	0.290	0.254	0.186	0.394	0.124
等方拡散計算値	同JENDL-3.3										
輸送計算値	同JENDL-3.3										
UF175計算値	0.045	1.089	0.704	0.323	1.253	0.239	0.291	0.255	0.187	0.395	0.124
輸送・メッシュ補正	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
群数補正	1.01	1.01	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
セルファクター ^(*1)	1.033	1.008	0.985	0.942	1.001	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	1.062
補正後計算値(C)	0.047	1.100	0.694	0.305	1.252	0.236	0.287	0.252	0.185	0.390	0.131
実験値(E)	0.0463	1.070	0.698	0.304	1.230	0.232	0.299	0.259	0.192	0.332	0.126
実験誤差(%)	1.9	1.0	1.6	1.6	1.3	1.7	2.3	1.9	2.6	1.8	2.4
C/E	1.011	1.028	0.994	1.004	1.018	1.018	0.961	0.974	0.963	1.174	1.042

*1: JENDL-3.2の結果を適用

Table 4.3.17 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2, JENDL-3.2)

炉心名 核データ	BFS-69-2											
	JENDL-3.2											
反応の種類	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25	
基準計算値	0.049	1.093	0.741	0.346	1.236	0.247	0.309	0.269	0.202	0.370	0.120	
等方拡散計算値 ^(*1)	0.049	1.092	0.741	0.346	1.236	0.247	0.309	0.269	0.202	0.370	0.120	
輸送計算値 ^(*2)	0.050	1.097	0.743	0.349	1.233	0.249	0.311	0.271	0.204	0.373	0.119	
UF175計算値	0.049	1.098	0.742	0.347	1.230	0.248	0.310	0.270	0.202	0.371	0.120	
輸送・メッシュ補正	1.02	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	
群数補正	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
セルファクター ^(*3)	1.049	1.004	0.992	0.953	1.003	0.992	0.996	0.992	0.992	0.992	1.050	
補正後計算値(C)	0.053	1.107	0.739	0.333	1.230	0.248	0.311	0.270	0.203	0.371	0.126	
実験値(E)	0.0515	1.097	0.720	0.322	1.224	0.249	0.320	0.280	0.206	0.355	0.129	
実験誤差(%)	1.7	1.0	1.4	1.6	1.3	1.6	2.2	1.8	2.4	2.8	2.3	
C/E	1.024	1.009	1.026	1.035	1.005	0.995	0.972	0.965	0.985	1.046	0.972	

*1: RZ 70g, 領域固定核分裂スペクトル, 等方拡散係数

*2: RZ 70g, 領域固定核分裂スペクトル, P0S8輸送近似

*3: C28についてはSLAROM-UF(JENDL-3.3 UF175計算)の反応率分布より評価、他はMVP(JENDL-3.2)により検出器位置を模擬して評価。

Table 4.3.18 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2, JENDL-3.3)

炉心名 核データ	BFS-69-2											
	JENDL-3.3											
反応の種類	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25	
基準計算値	0.048	1.088	0.734	0.343	1.240	0.244	0.308	0.267	0.201	0.367	0.121	
等方拡散計算値	0.048	1.087	0.734	0.343	1.241	0.244	0.308	0.267	0.201	0.367	0.121	
輸送計算値	0.049	1.091	0.736	0.346	1.237	0.246	0.311	0.270	0.203	0.370	0.120	
UF175計算値	0.049	1.093	0.735	0.344	1.234	0.245	0.309	0.268	0.201	0.367	0.121	
輸送・メッシュ補正	1.02	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	
群数補正	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
セルファクター ^(*1)	1.049	1.004	0.992	0.953	1.003	0.992	0.996	0.992	0.992	0.992	1.050	
補正後計算値(C)	0.052	1.101	0.732	0.330	1.234	0.245	0.310	0.268	0.202	0.367	0.126	
実験値(E)	0.0515	1.097	0.720	0.322	1.224	0.249	0.320	0.280	0.206	0.355	0.129	
実験誤差(%)	1.7	1.0	1.4	1.6	1.3	1.6	2.2	1.8	2.4	2.8	2.3	
C/E	1.009	1.004	1.016	1.025	1.008	0.984	0.970	0.958	0.980	1.035	0.978	

*1: JENDL-3.2の結果を適用

Table 4.3.19 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2, JENDL/AC-2008)

炉心名 核データ	BFS-69-2											
	JENDL/AC-2008											
反応の種類	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25	
基準計算値	0.048	1.104	0.715	0.335	1.234	0.250	0.306	0.268	0.197	0.411	0.121	
等方拡散計算値	同JENDL-3.3											
輸送計算値	同JENDL-3.3											
UF175計算値	0.049	1.109	0.717	0.336	1.228	0.251	0.307	0.269	0.198	0.411	0.122	
輸送・メッシュ補正	1.02	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	
群数補正	1.01	1.01	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
セルファクター ^(*1)	1.049	1.004	0.992	0.953	1.003	0.992	0.996	0.992	0.992	0.992	1.050	
補正後計算値(C)	0.052	1.118	0.713	0.322	1.228	0.251	0.308	0.270	0.198	0.411	0.127	
実験値(E)	0.0515	1.097	0.720	0.322	1.224	0.249	0.320	0.280	0.206	0.355	0.129	
実験誤差(%)	1.7	1.0	1.4	1.6	1.3	1.6	2.2	1.8	2.4	2.8	2.3	
C/E	1.011	1.019	0.991	1.001	1.003	1.008	0.963	0.963	0.962	1.159	0.986	

*1: JENDL-3.2の結果を適用

Table 4.3.20 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-66-2, F49/F25)

炉心名(反応の種類)	BFS-66-2 (F49/F25)			BFS-66-2A (F49/F25)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値	0.9498	0.9442	0.9541	0.9759	0.9706	0.9813
等方拡散計算値 ^(*1)	0.9489	0.9434	<--	0.9738	0.9688	<--
輸送計算値 ^(*2)	0.9505	0.9450	<--	0.9792	0.9742	<--
UF175計算値	0.9531	0.9470	0.9574	0.9789	0.9732	0.9846
輸送・メッシュ補正	1.0017	1.0017	1.0017	1.0055	1.0056	1.0056
群数補正	1.0035	1.0030	1.0034	1.0031	1.0026	1.0033
セルファクター ^(*3)		1.0132			0.9994	
補正後計算値	0.9673	0.9612	0.9716	0.9837	0.9780	0.9895
実験値		0.951			0.974	
実験誤差(%)		1.3			1.2	
C/E値	1.017	1.011	1.022	1.010	1.004	1.016

*1: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

*2: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、POS8輸送近似

*3: MVP(JENDL-3.2)により検出器位置を模擬して評価。

Table 4.3.21 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-66-2, F28/F25)

炉心名(反応の種類)	BFS-66-2 (F28/F25)			BFS-66-2A (F28/F25)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値	0.0260	0.0256	0.0255	0.0302	0.0297	0.0297
等方拡散計算値	0.0259	0.0255	<--	0.0299	0.0296	<--
輸送計算値	0.0261	0.0257	<--	0.0308	0.0305	<--
UF175計算値	0.0261	0.0257	0.0256	0.0303	0.0298	0.0298
輸送・メッシュ補正	1.0069	1.0070	1.0070	1.0290	1.0297	1.0297
群数補正	1.0033	1.0025	1.0028	1.0039	1.0031	1.0037
セルファクター		1.0079			1.0399	
補正後計算値	0.0265	0.0261	0.0260	0.0324	0.0319	0.0319
実験値		0.0257			0.0309	
実験誤差(%)		2.3			2.3	
C/E値	1.030	1.015	1.010	1.050	1.033	1.032

Table 4.3.22 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-66-2, C28/F25)

炉心名(反応の種類)	BFS-66-2 (C28/F25)			BFS-66-2A (C28/F25)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値	0.1315	0.1315	0.1322	0.1325	0.1329	0.1335
等方拡散計算値	0.1315	0.1315	<--	0.1325	0.1329	<--
輸送計算値	0.1315	0.1315	<--	0.1322	0.1325	<--
UF175計算値	0.1321	0.1321	0.1327	0.1330	0.1333	0.1339
輸送・メッシュ補正	0.9999	1.0000	1.0000	0.9974	0.9976	0.9976
群数補正	1.0051	1.0041	1.0041	1.0038	1.0030	1.0032
セルファクター ^(*1)		0.9954			0.9926	
補正後計算値	0.1315	0.1315	0.1321	0.1317	0.1320	0.1326
実験値		0.1310			0.1273	
実験誤差(%)		2.4			2.4	
C/E値	1.004	1.003	1.009	1.034	1.037	1.042

*1: SLAROM-UF(JENDL-3.3 UF175計算)の反応率分布より評価。

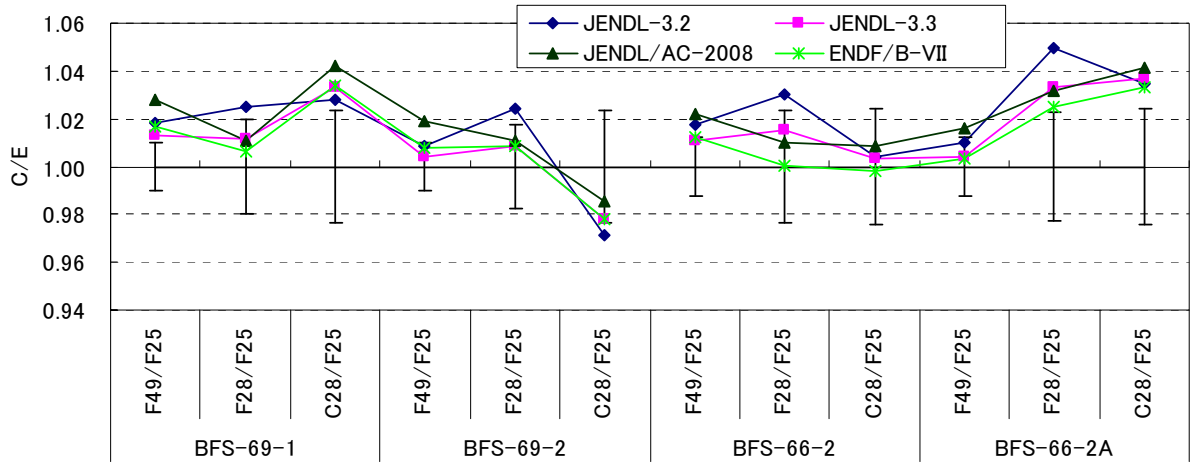


Fig.4.3.6 Results of reaction rate ratio analysis (F49/F25, F28/F25, C28/F25)

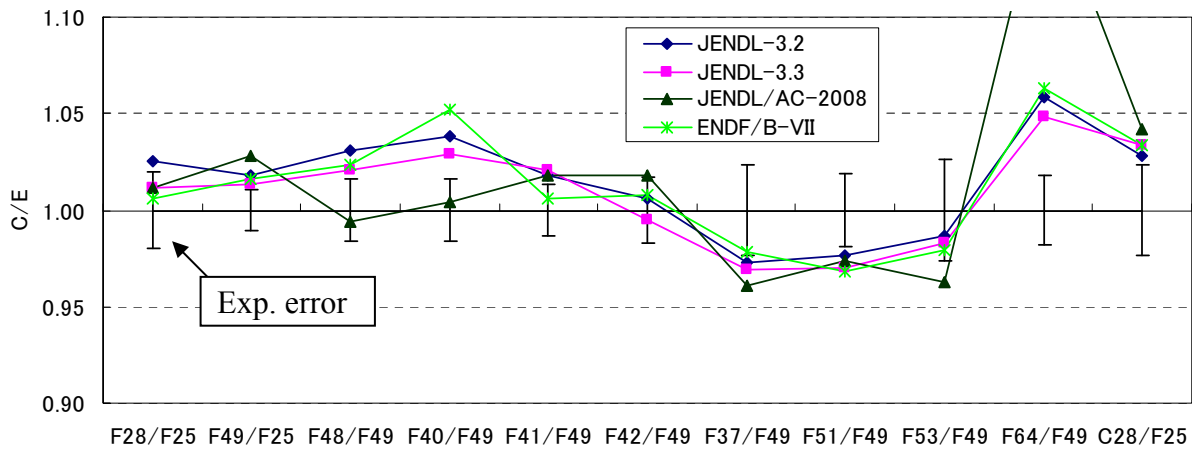


Fig.4.3.7 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-1)

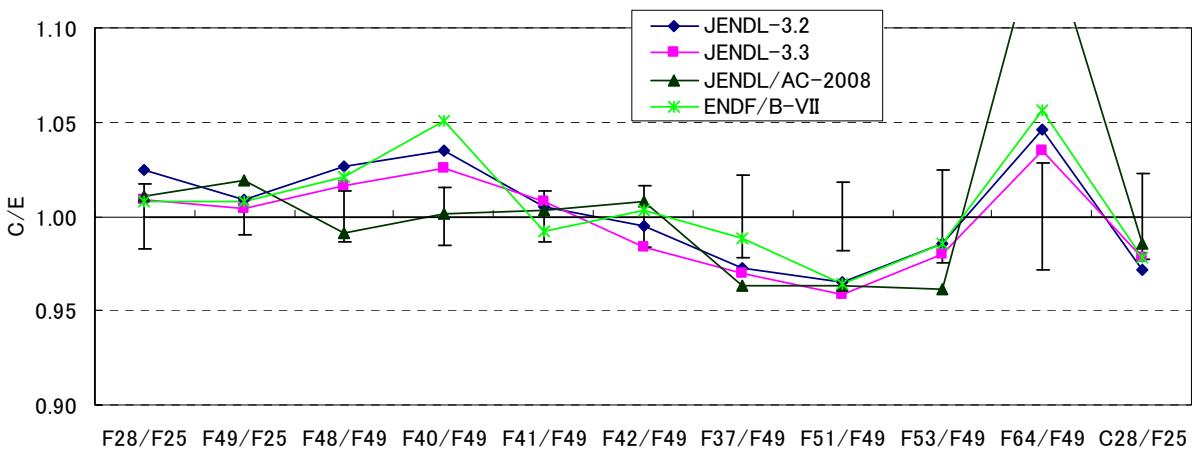


Fig.4.3.8 Results of reaction rate ratio analysis (BFS-69-2)

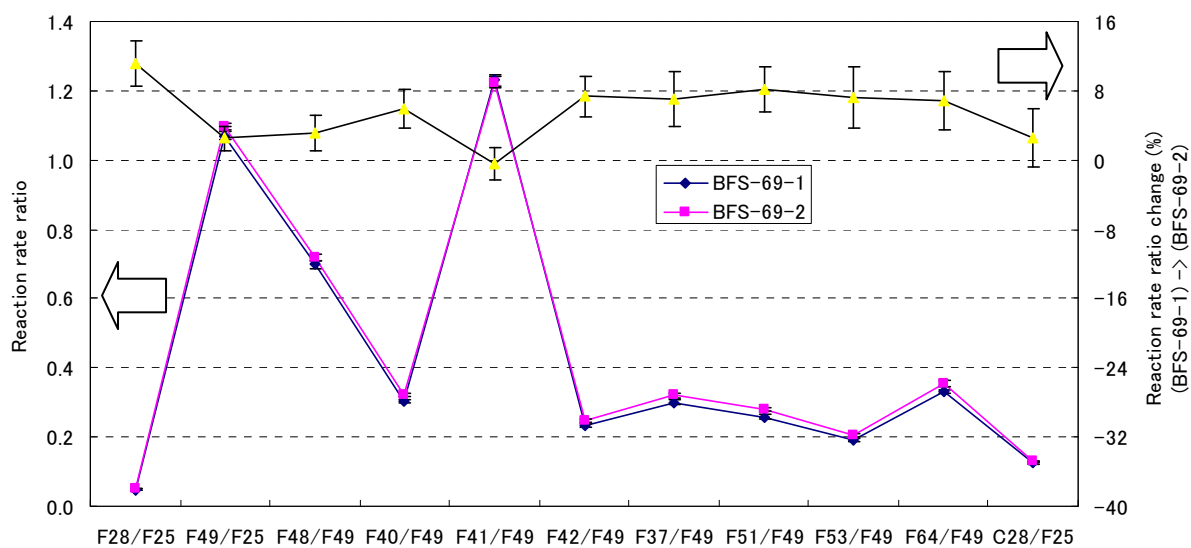


Fig.4.3.9 Np loading effect on reaction rate ratio data (BFS-69)

Table 4.3.23 Results of small sample worth analysis (BFS-69-1, JENDL-3.2)

炉心名		BFS-69-1										
核データ		JENDL-3.2										
サンプル	基準計算値	等方拡散計算値	輸送計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.09E-05	3.06E-05	3.13E-05	3.09E-05	1.025	0.999	3.17E-05	0.775	0.753	0.0039	1.03	+0.02
U238	-6.65E-06	-6.60E-06	-7.30E-06	-6.60E-06	1.106	0.992	-7.30E-06	-0.179	-0.145	0.0044	1.23	-0.03
B10A	-2.02E-05	-2.00E-05	-2.04E-05	-1.99E-05	1.020	0.986	-2.03E-05	-0.497	-0.478	0.0039	1.04	-0.02
B10B	-8.94E-05	-8.84E-05	-9.03E-05	-8.82E-05	1.021	0.987	-9.00E-05	-2.202	-2.136	0.0034	1.03	-0.07
B10C	-1.14E-04	-1.12E-04	-1.15E-04	-1.12E-04	1.021	0.987	-1.15E-04	-2.803	-2.685	0.0048	1.04	-0.12
C12	5.44E-06	5.31E-06	4.45E-06	6.22E-06	0.838	1.143	5.21E-06	0.127	-0.136	0.0044	-0.94	+0.26
NA	-8.22E-08	-1.07E-07	-7.00E-07	-7.23E-08	6.542	0.879	-4.73E-07	-0.012	0.024	0.0050	-0.49	-0.04
CH2B	3.64E-05	3.58E-05	3.55E-05	3.69E-05	0.991	1.012	3.65E-05	0.894	0.805	0.0036	1.11	+0.09
CH2A	6.44E-05	6.33E-05	6.28E-05	6.51E-05	0.992	1.010	6.45E-05	1.579	1.462	0.0033	1.08	+0.12
PU9	1.00E-04	9.93E-05	1.02E-04	1.01E-04	1.027	1.004	1.04E-04	2.534	2.252	0.0037	1.13	+0.28
PU002A	1.06E-05	1.05E-05	1.07E-05	1.08E-05	1.024	1.014	1.10E-05	0.270	0.257	0.0040	1.05	+0.01
PU002B	1.69E-05	1.68E-05	1.72E-05	1.72E-05	1.023	1.014	1.76E-05	0.430	0.413	0.0041	1.04	+0.02
PU002C	4.37E-05	4.32E-05	4.42E-05	4.43E-05	1.023	1.013	4.53E-05	1.108	1.099	0.0042	1.01	+0.01
PU102A	8.04E-06	7.95E-06	8.16E-06	8.09E-06	1.027	1.007	8.31E-06	0.203	0.260	0.0043	0.78	-0.06
PU102B	8.92E-06	8.82E-06	9.05E-06	8.98E-06	1.026	1.007	9.22E-06	0.225	0.294	0.0045	0.77	-0.07
AM102B	-1.43E-06	-1.41E-06	-1.42E-06	-1.17E-06	1.005	0.816	-1.18E-06	-0.029	-0.031	0.0044	0.93	+0.00
AM102A	-1.12E-06	-1.11E-06	-1.12E-06	-9.25E-07	1.005	0.822	-9.30E-07	-0.023	-0.020	0.0037	1.14	-0.00
NP702A	-2.66E-06	-2.64E-06	-2.68E-06	-2.38E-06	1.016	0.893	-2.42E-06	-0.059	-0.049	0.0045	1.20	-0.01
NP702B	-4.19E-06	-4.14E-06	-4.21E-06	-3.72E-06	1.017	0.888	-3.78E-06	-0.093	-0.088	0.0040	1.05	-0.00
NP702C	-4.36E-06	-4.32E-06	-4.39E-06	-3.87E-06	1.017	0.888	-3.94E-06	-0.096	-0.104	0.0045	0.93	+0.01

Table 4.3.24 Results of small sample worth analysis (BFS-69-2, JENDL-3.2)

炉心名		BFS-69-2										
核データ		JENDL-3.2										
サンプル	基準計算値	等方拡散計算値	輸送計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.22E-05	3.22E-05	3.29E-05	3.22E-05	1.022	1.001	3.29E-05	0.815	0.852	0.0022	0.96	-0.04
U238	-5.59E-06	-5.59E-06	-6.36E-06	-5.52E-06	1.138	0.989	-6.29E-06	-0.156	-0.139	0.0030	1.12	-0.02
B10A	-1.70E-05	-1.70E-05	-1.72E-05	-1.68E-05	1.011	0.988	-1.70E-05	-0.421	-0.446	0.0026	0.95	+0.02
B10B	-7.58E-05	-7.58E-05	-7.66E-05	-7.49E-05	1.011	0.988	-7.57E-05	-1.875	-1.956	0.0033	0.96	+0.08
B10C	-9.68E-05	-9.68E-05	-9.80E-05	-9.57E-05	1.012	0.989	-9.69E-05	-2.397	-2.483	0.0042	0.97	+0.09
C12	-2.35E-06	-2.34E-06	-3.83E-06	-1.75E-06	1.632	0.747	-2.86E-06	-0.071	-0.059	0.0022	1.20	-0.01
NA	-3.56E-06	-3.56E-06	-4.54E-06	-3.64E-06	1.277	1.022	-4.64E-06	-0.115	0.089	0.0057	-1.29	-0.20
CH2B	4.94E-06	4.94E-06	3.32E-06	4.98E-06	0.671	1.009	3.34E-06	0.083	0.096	0.0019	0.86	-0.01
CH2A	8.91E-06	8.91E-06	6.11E-06	8.87E-06	0.685	0.995	6.08E-06	0.150	0.201	0.0024	0.75	-0.05
PU9	1.04E-04	1.04E-04	1.06E-04	1.04E-04	1.025	1.005	1.07E-04	2.642	2.537	0.0054	1.04	+0.10
PU002A	1.16E-05	1.16E-05	1.19E-05	1.18E-05	1.026	1.013	1.21E-05	0.299	0.300	0.0032	1.00	-0.00
PU002B	1.84E-05	1.84E-05	1.89E-05	1.87E-05	1.026	1.013	1.91E-05	0.474	0.477	0.0033	0.99	-0.00
PU002C	4.73E-05	4.73E-05	4.85E-05	4.79E-05	1.025	1.012	4.91E-05	1.215	1.250	0.0046	0.97	-0.04
PU102A	8.66E-06	8.66E-06	8.89E-06	8.72E-06	1.026	1.007	8.94E-06	0.221	0.286	0.0042	0.77	-0.06
PU102B	9.59E-06	9.59E-06	9.84E-06	9.65E-06	1.026	1.007	9.90E-06	0.245	0.325	0.0032	0.75	-0.08
AM102B	7.39E-07	7.39E-07	9.06E-07	9.69E-07	1.226	1.313	1.19E-06	0.029	-0.001	0.0041	-42.02	+0.03
AM102A	6.36E-07	6.36E-07	7.68E-07	8.11E-07	1.207	1.275	9.79E-07	0.024	0.002	0.0060	13.46	+0.02
NP702A	-4.86E-07	-4.86E-07	-3.78E-07	-2.55E-07	0.778	0.524	-1.98E-07	-0.005	-0.006	0.0023	0.88	+0.00
NP702B	-7.03E-07	-7.03E-07	-5.33E-07	-3.23E-07	0.758	0.460	-2.45E-07	-0.006	-0.003	0.0032	1.96	-0.00
NP702C	-7.21E-07	-7.21E-07	-5.44E-07	-3.22E-07	0.755	0.447	-2.43E-07	-0.006	0.001	0.0016	-5.02	-0.01

Table 4.3.25 Results of small sample worth analysis (BFS-69-1, JENDL-3.3)

炉心名		BFS-69-1										
核データ		JENDL-3.3										
サンプル	基準計算値	等方拡散計算値	輸送計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.06E-05	3.03E-05	3.10E-05	3.06E-05	1.025	1.000	3.14E-05	0.767	0.753	0.0039	1.02	+0.01
U238	-7.02E-06	-6.97E-06	-7.68E-06	-6.97E-06	1.102	0.993	-7.69E-06	-0.188	-0.145	0.0044	1.30	-0.04
B10A	-2.05E-05	-2.03E-05	-2.07E-05	-2.02E-05	1.020	0.987	-2.06E-05	-0.504	-0.478	0.0039	1.05	-0.03
B10B	-9.06E-05	-8.97E-05	-9.16E-05	-8.94E-05	1.021	0.987	-9.13E-05	-2.233	-2.136	0.0034	1.05	-0.10
B10C	-1.15E-04	-1.14E-04	-1.17E-04	-1.14E-04	1.021	0.987	-1.16E-04	-2.842	-2.685	0.0048	1.06	-0.16
C12	5.57E-06	5.46E-06	4.59E-06	6.28E-06	0.841	1.129	5.28E-06	0.129	-0.136	0.0044	-0.95	+0.27
NA	-5.52E-08	-7.71E-08	-6.64E-07	-6.63E-08	8.619	1.200	-5.71E-07	-0.014	0.024	0.0050	-0.59	-0.04
CH2B	3.74E-05	3.68E-05	3.66E-05	3.78E-05	0.993	1.013	3.76E-05	0.919	0.805	0.0036	1.14	+0.11
CH2A	6.61E-05	6.52E-05	6.48E-05	6.68E-05	0.993	1.011	6.64E-05	1.624	1.462	0.0033	1.11	+0.16
PU9	1.01E-04	9.99E-05	1.03E-04	1.01E-04	1.027	1.004	1.04E-04	2.546	2.252	0.0037	1.13	+0.29
PU002A	1.09E-05	1.08E-05	1.10E-05	1.10E-05	1.024	1.012	1.13E-05	0.276	0.257	0.0040	1.07	+0.02
PU002B	1.74E-05	1.72E-05	1.76E-05	1.76E-05	1.023	1.012	1.80E-05	0.441	0.413	0.0041	1.07	+0.03
PU002C	4.49E-05	4.44E-05	4.54E-05	4.54E-05	1.023	1.011	4.64E-05	1.135	1.099	0.0042	1.03	+0.04
PU102A	7.88E-06	7.80E-06	8.00E-06	7.92E-06	1.026	1.006	8.13E-06	0.199	0.260	0.0043	0.77	-0.06
PU102B	8.74E-06	8.65E-06	8.88E-06	8.79E-06	1.026	1.006	9.02E-06	0.221	0.294	0.0045	0.75	-0.07
AM102B	-3.25E-06	-3.22E-06	-3.28E-06	-3.00E-06	1.018	0.925	-3.05E-06	-0.075	-0.031	0.0044	2.43	-0.04
AM102A	-2.47E-06	-2.45E-06	-2.49E-06	-2.29E-06	1.017	0.925	-2.33E-06	-0.057	-0.020	0.0037	2.84	-0.04
NP702A	-1.76E-06	-1.75E-06	-1.76E-06	-1.50E-06	1.009	0.855	-1.52E-06	-0.037	-0.049	0.0045	0.75	+0.01
NP702B	-2.70E-06	-2.68E-06	-2.72E-06	-2.28E-06	1.011	0.846	-2.31E-06	-0.056	-0.088	0.0040	0.64	+0.03
NP702C	-2.79E-06	-2.77E-06	-2.80E-06	-2.35E-06	1.011	0.843	-2.38E-06	-0.058	-0.104	0.0045	0.56	+0.05

Table 4.3.26 Results of small sample worth analysis (BFS-69-2, JENDL-3.3)

炉心名		BFS-69-2										
核データ		JENDL-3.3										
サンプル	基準計算値	等方拡散計算値	輸送計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.22E-05	3.22E-05	3.29E-05	3.22E-05	1.024	1.001	3.29E-05	0.815	0.852	0.0022	0.96	-0.04
U238	-6.02E-06	-6.02E-06	-6.80E-06	-5.97E-06	1.129	0.990	-6.74E-06	-0.167	-0.139	0.0030	1.20	-0.03
B10A	-1.74E-05	-1.74E-05	-1.76E-05	-1.72E-05	1.012	0.988	-1.74E-05	-0.430	-0.446	0.0026	0.96	+0.02
B10B	-7.72E-05	-7.72E-05	-7.82E-05	-7.63E-05	1.013	0.988	-7.73E-05	-1.913	-1.956	0.0033	0.98	+0.04
B10C	-9.86E-05	-9.86E-05	-9.99E-05	-9.75E-05	1.013	0.989	-9.88E-05	-2.446	-2.483	0.0042	0.98	+0.04
C12	-2.41E-06	-2.41E-06	-3.91E-06	-1.85E-06	1.624	0.767	-3.00E-06	-0.074	-0.059	0.0022	1.26	-0.02
NA	-3.57E-06	-3.57E-06	-4.56E-06	-3.66E-06	1.279	1.027	-4.69E-06	-0.116	0.089	0.0057	-1.31	-0.20
CH2B	5.39E-06	5.39E-06	3.89E-06	5.60E-06	0.722	1.040	4.04E-06	0.100	0.096	0.0019	1.04	+0.00
CH2A	9.72E-06	9.72E-06	7.14E-06	9.98E-06	0.735	1.028	7.34E-06	0.182	0.201	0.0024	0.91	-0.02
PU9	1.04E-04	1.04E-04	1.07E-04	1.05E-04	1.027	1.005	1.08E-04	2.667	2.537	0.0054	1.05	+0.13
PU002A	1.18E-05	1.18E-05	1.21E-05	1.19E-05	1.028	1.011	1.23E-05	0.304	0.300	0.0032	1.01	+0.00
PU002B	1.88E-05	1.88E-05	1.93E-05	1.90E-05	1.028	1.011	1.95E-05	0.483	0.477	0.0033	1.01	+0.01
PU002C	4.82E-05	4.82E-05	4.95E-05	4.87E-05	1.027	1.011	5.01E-05	1.239	1.250	0.0046	0.99	-0.01
PU102A	8.51E-06	8.51E-06	8.74E-06	8.56E-06	1.028	1.006	8.80E-06	0.218	0.286	0.0042	0.76	-0.07
PU102B	9.42E-06	9.42E-06	9.68E-06	9.48E-06	1.028	1.006	9.74E-06	0.241	0.325	0.0032	0.74	-0.08
AM102B	-1.11E-06	-1.11E-06	-9.86E-07	-9.02E-07	0.885	0.809	-7.98E-07	-0.020	-0.001	0.0041	28.20	-0.02
AM102A	-7.40E-07	-7.40E-07	-6.38E-07	-5.80E-07	0.862	0.783	-5.00E-07	-0.012	0.002	0.0060	-6.87	-0.01
NP702A	3.56E-07	3.57E-07	4.86E-07	5.69E-07	1.364	1.598	7.77E-07	0.019	-0.006	0.0023	-3.43	+0.02
NP702B	6.82E-07	6.82E-07	8.95E-07	1.03E-06	1.313	1.512	1.35E-06	0.033	-0.003	0.0032	-10.80	+0.04
NP702C	7.43E-07	7.43E-07	9.68E-07	1.11E-06	1.303	1.494	1.45E-06	0.036	0.001	0.0016	29.84	+0.03

Table 4.3.27 Results of small sample worth analysis (BFS-69-1, JENDL/AC-2008)

炉心名		BFS-69-1										
核データ		JENDL/AC-2008										
サンプル	基準計算値	等方拡散計算値	輸送計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.05E-05	同JENDL-3.3		3.03E-05	1.025	0.993	3.10E-05	0.759	0.753	0.0039	1.01	+0.01
U238	-7.04E-06		-6.95E-06	1.102	0.987	-7.66E-06	-0.187	-0.145	0.0044	1.29	-0.04	
B10A	-2.04E-05		-2.00E-05	1.020	0.981	-2.04E-05	-0.499	-0.478	0.0039	1.04	-0.02	
B10B	-9.02E-05		-8.85E-05	1.021	0.982	-9.04E-05	-2.211	-2.136	0.0034	1.03	-0.07	
B10C	-1.15E-04		-1.13E-04	1.021	0.982	-1.15E-04	-2.813	-2.685	0.0048	1.05	-0.13	
C12	5.05E-06		5.67E-06	0.841	1.123	4.77E-06	0.117	-0.136	0.0044	-0.86	+0.25	
NA	-2.27E-07		-2.37E-07	8.619	1.044	-2.05E-06	-0.050	0.024	0.0050	-2.10	-0.07	
CH2B	3.68E-05		3.70E-05	0.993	1.005	3.67E-05	0.898	0.805	0.0036	1.12	+0.09	
CH2A	6.52E-05		6.54E-05	0.993	1.003	6.49E-05	1.589	1.462	0.0033	1.09	+0.13	
PU9	1.00E-04		1.00E-04	1.027	0.999	1.03E-04	2.516	2.252	0.0037	1.12	+0.26	
PU002A	1.08E-05		1.08E-05	1.024	1.007	1.11E-05	0.271	0.257	0.0040	1.05	+0.01	
PU002B	1.72E-05		1.73E-05	1.023	1.007	1.77E-05	0.433	0.413	0.0041	1.05	+0.02	
PU002C	4.43E-05		4.46E-05	1.023	1.006	4.56E-05	1.115	1.099	0.0042	1.01	+0.02	
PU102A	7.95E-06		7.95E-06	1.026	1.000	8.16E-06	0.200	0.260	0.0043	0.77	-0.06	
PU102B	8.83E-06		8.82E-06	1.026	1.000	9.05E-06	0.221	0.294	0.0045	0.75	-0.07	
AM102B	-2.35E-06		-2.11E-06	1.018	0.896	-2.14E-06	-0.052	-0.031	0.0044	1.70	-0.02	
AM102A	-3.80E-06		-1.62E-06	1.017	0.897	-1.65E-06	-0.040	-0.020	0.0037	2.01	-0.02	
NP702A	-1.78E-06		-1.53E-06	1.009	0.857	-1.54E-06	-0.038	-0.049	0.0045	0.76	+0.01	
NP702B	-2.74E-06		-2.32E-06	1.011	0.847	-2.35E-06	-0.057	-0.088	0.0040	0.65	+0.03	
NP702C	-2.83E-06		-2.39E-06	1.011	0.845	-2.42E-06	-0.059	-0.104	0.0045	0.57	+0.04	

Table 4.3.28 Results of small sample worth analysis (BFS-69-2, JENDL/AC-2008)

炉心名		BFS-69-2										
核データ		JENDL/AC-2008										
サンプル	基準計算値	等方拡散計算値	輸送計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.18E-05	同JENDL-3.3		3.16E-05	1.024	0.994	3.24E-05	0.802	0.852	0.0022	0.94	-0.05
U238	-5.99E-06		-5.91E-06	1.129	0.988	-6.68E-06	-0.165	-0.139	0.0030	1.19	-0.03	
B10A	-1.73E-05		-1.70E-05	1.012	0.985	-1.73E-05	-0.427	-0.446	0.0026	0.96	+0.02	
B10B	-7.69E-05		-7.58E-05	1.013	0.985	-7.68E-05	-1.900	-1.956	0.0033	0.97	+0.06	
B10C	-9.83E-05		-9.68E-05	1.013	0.985	-9.81E-05	-2.429	-2.483	0.0042	0.98	+0.05	
C12	-2.73E-06		-2.11E-06	1.624	0.773	-3.43E-06	-0.085	-0.059	0.0022	1.44	-0.03	
NA	-3.69E-06		-3.72E-06	1.279	1.009	-4.76E-06	-0.118	0.089	0.0057	-1.33	-0.21	
CH2B	6.35E-06		6.82E-06	0.722	1.073	4.92E-06	0.122	0.096	0.0019	1.27	+0.03	
CH2A	1.15E-05		1.22E-05	0.735	1.062	8.95E-06	0.221	0.201	0.0024	1.10	+0.02	
PU9	1.04E-04		1.04E-04	1.027	0.999	1.06E-04	2.632	2.537	0.0054	1.04	+0.10	
PU002A	1.17E-05		1.17E-05	1.028	1.005	1.21E-05	0.299	0.300	0.0032	1.00	-0.00	
PU002B	1.86E-05		1.87E-05	1.028	1.005	1.92E-05	0.475	0.477	0.0033	1.00	-0.00	
PU002C	4.77E-05		4.79E-05	1.027	1.005	4.92E-05	1.218	1.250	0.0046	0.97	-0.03	
PU102A	8.55E-06		8.54E-06	1.028	0.999	8.78E-06	0.217	0.286	0.0042	0.76	-0.07	
PU102B	9.46E-06		9.46E-06	1.028	0.999	9.72E-06	0.241	0.325	0.0032	0.74	-0.08	
AM102B	-2.95E-07		-1.18E-07	0.885	0.400	-1.04E-07	-0.003	-0.001	0.0041	3.69	-0.00	
AM102A	-1.32E-07		1.60E-09	0.862	-0.012	1.38E-09	0.000	0.002	0.0060	0.02	-0.00	
NP702A	2.79E-07		4.64E-07	1.364	1.667	6.33E-07	0.016	-0.006	0.0023	-2.80	+0.02	
NP702B	5.53E-07		8.58E-07	1.313	1.552	1.13E-06	0.028	-0.003	0.0032	-8.99	+0.03	
NP702C	6.06E-07		9.26E-07	1.303	1.529	1.21E-06	0.030	0.001	0.0016	24.89	+0.03	

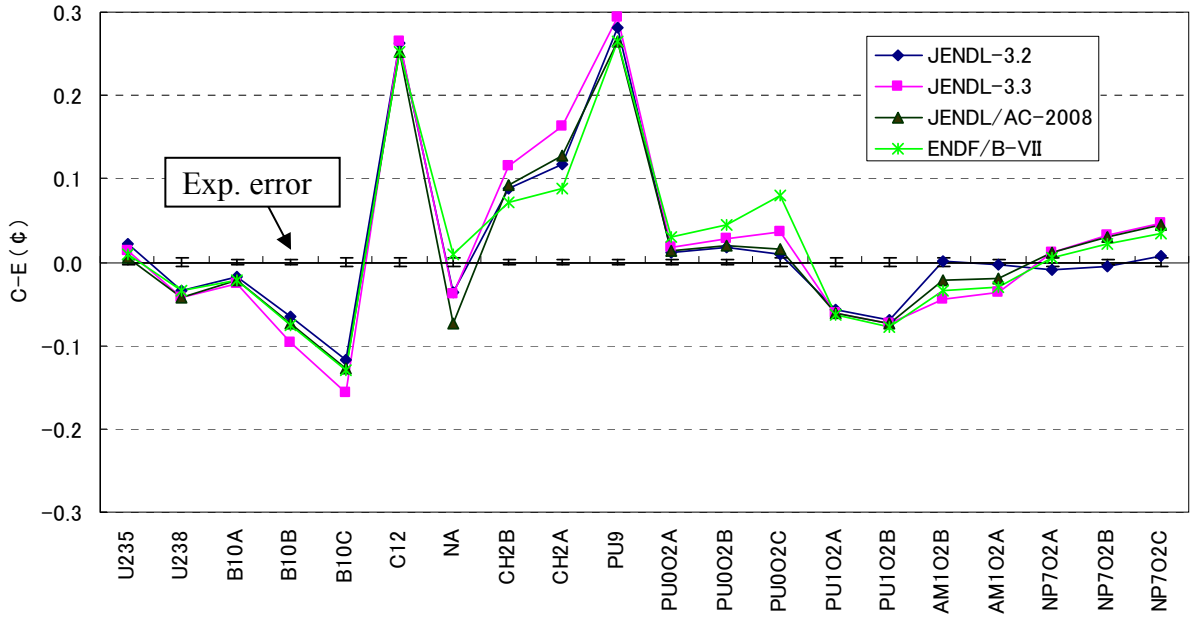


Fig.4.3.10 Results of small sample worth analysis (BFS-69-1)

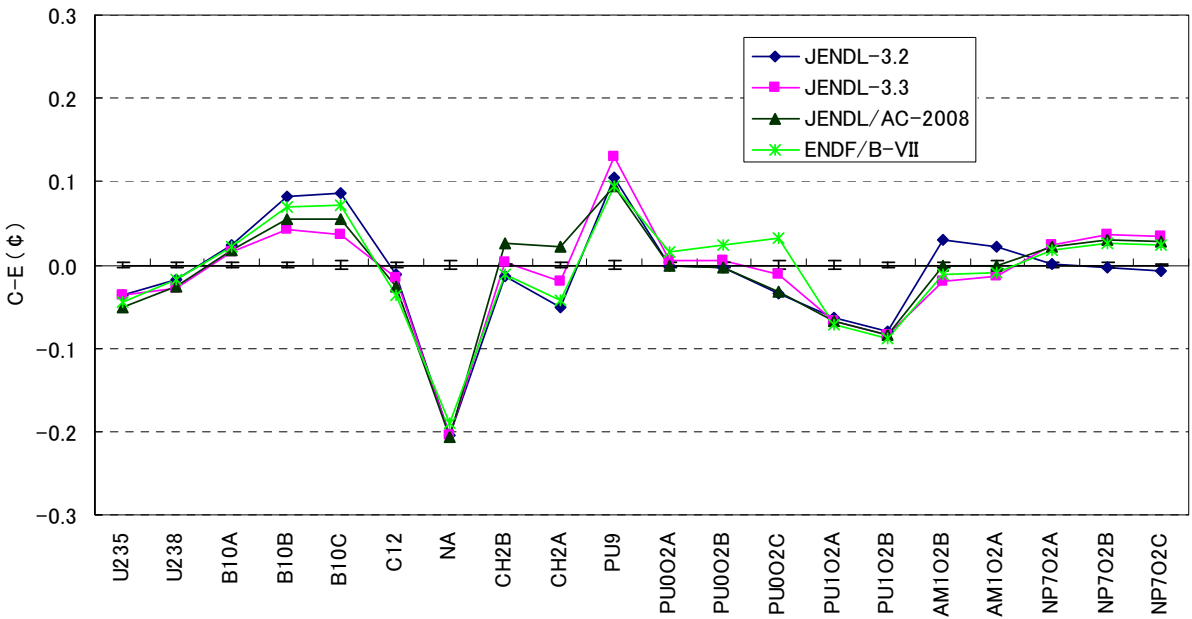


Fig.4.3.11 Results of small sample worth analysis (BFS-69-2)

Table 4.3.29 Results of sample Doppler reactivity analysis (BFS-69, UO₂ sample)

炉心名(サンプル種類)	BFS-69-1 (UO ₂ sample)			BFS-69-2 (UO ₂ sample)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ						
基準計算値($\Delta k/kk'$)(*1)	-2.35E-06	-2.40E-06	-2.39E-06	-1.68E-06	-1.72E-06	-1.73E-06
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)(*2)	-2.34E-06	-2.40E-06	<--	-1.67E-06	-1.72E-06	<--
輸送計算値($\Delta k/kk'$)(*3)	-2.33E-06	-2.39E-06	<--	-1.66E-06	-1.71E-06	<--
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)(*1)	-2.37E-06	-2.42E-06	-2.42E-06	-1.67E-06	-1.71E-06	-1.73E-06
輸送・メッシュ補正	1.000	0.999	0.999	0.996	0.997	0.997
群数補正	1.009	1.007	1.011	0.996	0.994	1.001
補正後計算値	-2.37E-06	-2.42E-06	-2.42E-06	-1.66E-06	-1.71E-06	-1.72E-06
補正後計値(C)(ϕ)	-0.058	-0.059	-0.059	-0.041	-0.042	-0.043
実験値(E)(ϕ)	-0.016 ±0.005			-0.012 ±0.004		
C/E	3.6	3.7	3.7	3.4	3.5	3.6
C-E(ϕ)	-0.042	-0.043	-0.043	-0.029	-0.030	-0.031

*1: RZ 70g、領域依存核分裂スペクトル、非等方拡散係数

*2: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

*3: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、POS8輸送近似

Table 4.3.30 Results of sample Doppler reactivity analysis (BFS-69, PuO₂ sample)

炉心名(サンプル種類)	BFS-69-1 (PuO ₂ sample)		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
核データ			
基準計算値($\Delta k/kk'$)	-3.84E-07	-4.11E-07	-4.20E-07
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	-3.49E-07	-4.10E-07	<--
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	-3.38E-07	-4.02E-07	<--
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	-3.84E-07	-4.09E-07	-4.17E-07
輸送・メッシュ補正	0.970	0.979	0.979
群数補正	1.001	0.995	0.994
補正後計算値	-3.72E-07	-4.01E-07	-4.09E-07
補正後計値(C)(ϕ)	-0.009	-0.010	-0.010
実験値(E)(ϕ)	-0.038 ±0.005		
C/E	0.24	0.26	0.26
C-E(ϕ)	+0.029	+0.028	+0.028

4.4 解析結果のまとめ

Np 装荷による核特性の変化は核特性、核データによらず概ね実験誤差内で再現できており、Np 装荷に伴う解析精度の悪化はないと言える。

解析結果全般について以下に核特性毎にまとめる。

(1) 臨界性

BFS-69 体系について過大評価する傾向があり、JENDL-3.3 と JENDL/AC-2008 で顕著である。

(2) Na ボイド反応度

ENDF/B-VII の結果は良好である。JENDL の 3 種類の結果は実験誤差に比して有意な差異がある。

(3) 制御棒価値

濃縮ボロンを使用した体系についてはいずれの核データでも実験誤差内で解析できている。天然ボロンを使用した体系では約 10% 過大評価している。実験情報を含む実験値に問題があるものと思われる。

(4) 炉心中心反応率比

概ね実験誤差内で解析できている。核データ間の差異が一部で現れており、F48, F40 については JENDL/AC2008 が、F37 については ENDF/B-VII が良好である。F64 については JENDL/AC-2008 のみ C/E 値のずれが大きい。

(5) 微量サンプル反応度

実験誤差に比して解析値のばらつきが大きく、明確な評価は困難である。実験誤差が著しく過小と思われる。

(6) サンプルドップラー反応度

解析値と実験値の差異は実験誤差の 5 倍以上あり、実験状態を正確に模擬できていない可能性がある。同様な実験が実施された BFS-62-4 や BFS-62-5 炉心と相互比較し、原因を検討する必要がある。

5. 核データ間の詳細比較

第4章の結果では、C/E値を基にNp装荷に伴う解析精度の悪化がないことを確認した。本章では、解析値の核データ間の差異を核種・反応毎に分析し、 ^{237}Np を中心に本実験解析結果の核データ検証に対する有効性を把握する。

5.1 ^{237}Np 核データの差異

Fig.5.1～5.4に ^{237}Np の捕獲及び核分裂断面積を第4章の評価で使用した4種類の核データ間で比較する。Fig.5.2と5.4はJENDL-3.3に対する相対差であり、JENDL-3.3の核データ誤差も”STDEV”として示している。

捕獲断面積については100keV～1MeVを中心にJENDL-3.3の核データ誤差を上回るライブラリ間の差異がある。核データ誤差に見直す余地があると思われる。核分裂断面積については300keV以下で数10%の差異があるが、断面積が小さい領域であり、核特性に及ぼす影響は無視できる。

Fig.5.5は捕獲断面積にBFS-69-2体系の炉心中心での中性子スペクトルを乗じ、反応率に換算した結果である。断面積自体の比較では目立たなかったJENDL/AC-2008についても他の核データと同程度の差異が現れている。エネルギー積分値で差異を見ると、JENDL-3.2とENDF/B-VIIでは、それぞれ約+6%となる。JENDL/AC-2008では、エネルギー間で相殺し、1%以下となる。

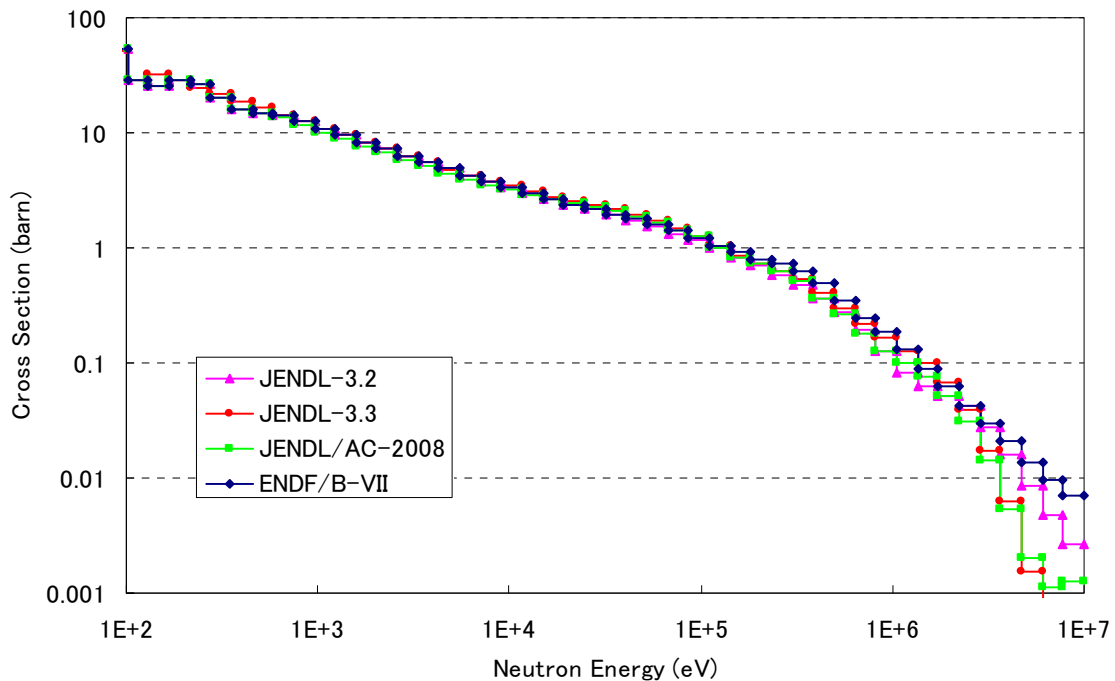


Fig.5.1 Comparison of ^{237}Np capture cross section among nuclear data

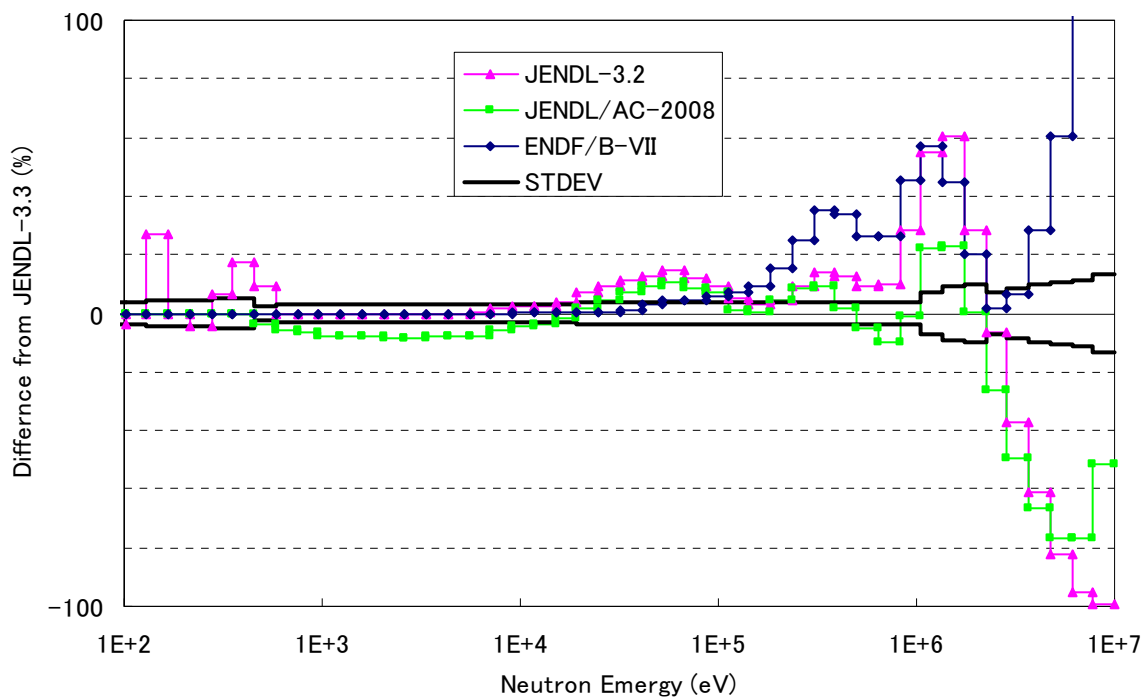


Fig.5.2 Relative comparison of ^{237}Np capture cross section (to JENDL-3.3)

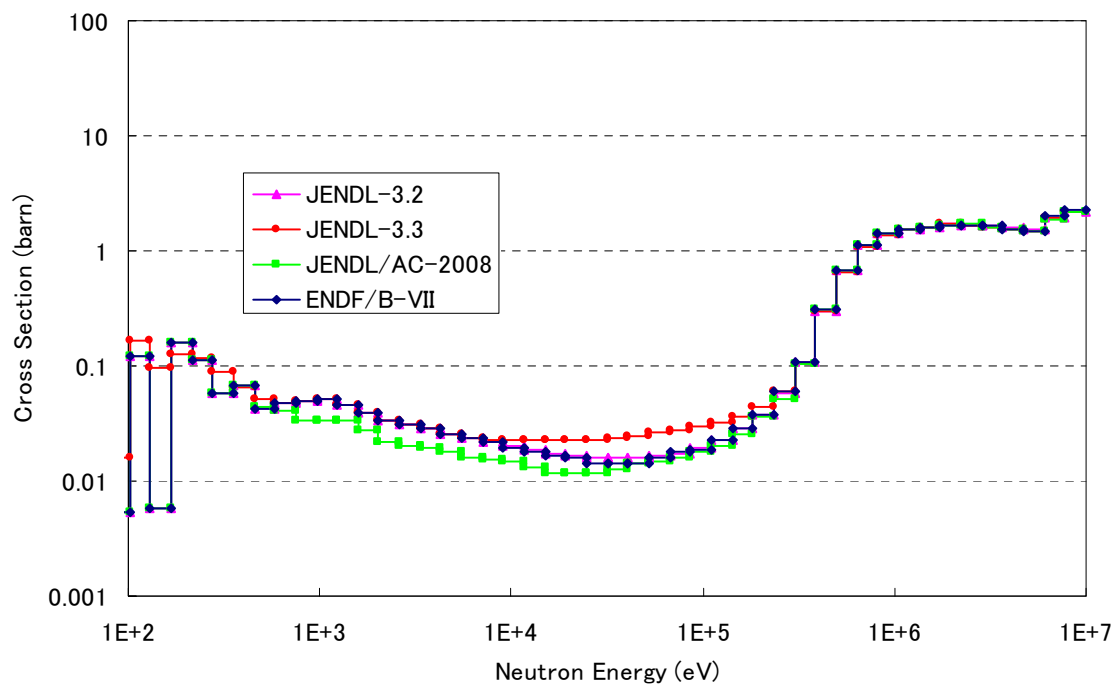


Fig.5.3 Comparison of ^{237}Np fission cross section among nuclear data

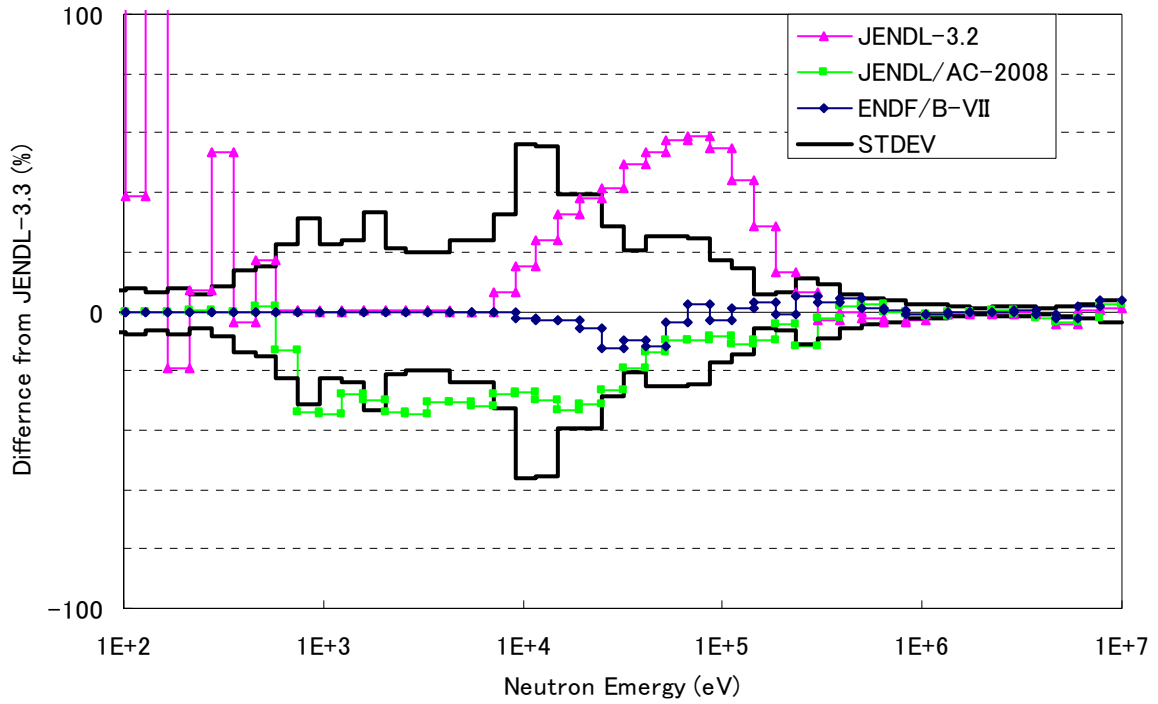


Fig.5.4 Relative comparison of ^{237}Np fission cross section (to JENDL-3.3)

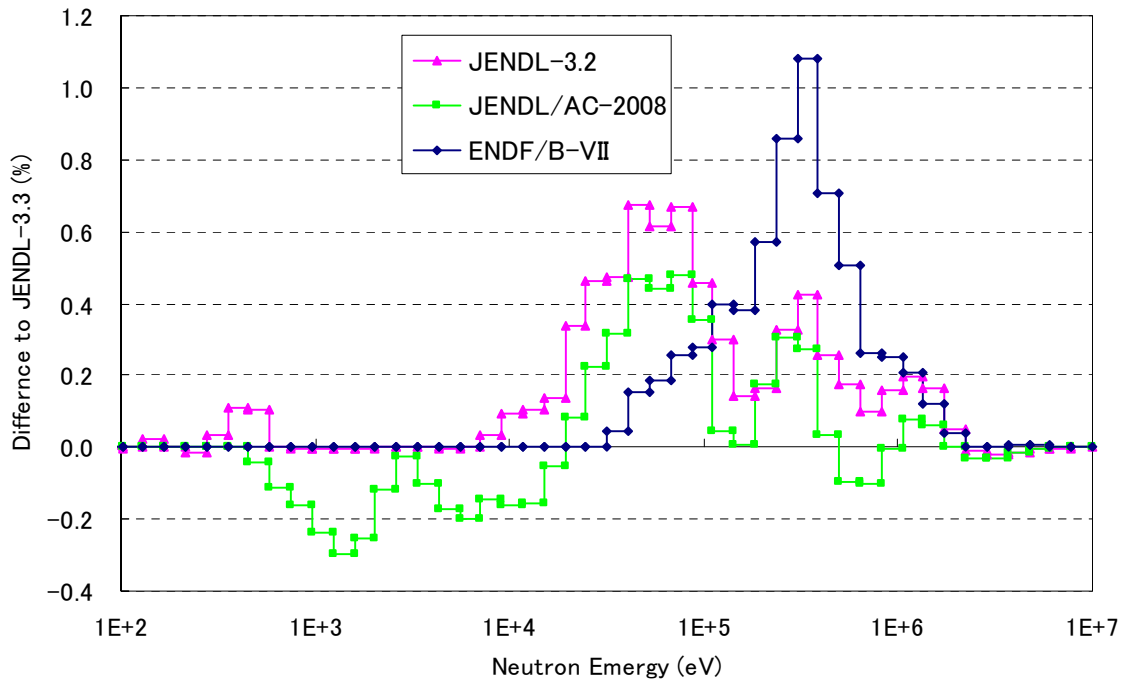


Fig.5.5 Relative comparison of ^{237}Np capture reaction rates (to JENDL-3.3)

5.2 核特性解析結果の差異

核データ間の差異が核特性に及ぼす影響を感度解析により分析した。感度係数は SAGEP²²⁾ を使用し、エネルギー18群構造で、BFS-66-2 体系は XYZ モデルを、その他は RZ モデルにより計算した。実効断面積は第4章の解析で使用したものと同一である。核データには JENDL-3.3 を使用した。

核データを JENDL-3.3 から変更したときの核特性の変化を感度係数と実効断面積の積で評価した。実効断面積は Np 装荷領域のもの (Np 装荷領域に存在しないボロンのみは吸収体領域のもの) で代表させた。

感度解析結果は Np 関連核特性を中心に核種(天然核種は元素)毎の寄与を表す。感度解析の精度を確認するため、第4章で示した直接計算値(基準計算値)の結果も示す。付録 D には感度係数を掲載する。

(1) 臨界性

Fig.5.6 に3種類 (BFS-67, BFS-69, BFS-66-2) の体系それぞれについて、Np 装荷の有無が異なる2種類の炉心の感度解析結果を示す。

核特性間の差異は、主に ^{238}U , ^{235}U による。JENDL-3.2 については Fe の寄与、ENDF/B-VII については Na の寄与も大きい。 ^{237}Np の装荷絶対量が Pu や U に比べると少ないことから予想されたことではあるが、 ^{237}Np の臨界性への寄与は小さく、本実験解析結果から ^{237}Np 核データの優劣を論じることは困難といえる。

第4章において、BFS-69 体系の結果が過大評価傾向にあり、JENDL-3.3, JENDL/AC-2008 でその傾向が顕著であるという結果を得ていた。そこで BFS-67-2, BFS-66-2A 各炉心から BFS-69-2 への変化に着目する。Fig.5.7 は Fig.5.6 の BFS-69-2 の結果から BFS-67-2 と BFS-66-2A の結果を差し引いたものである。ENDF/B-VII の場合、Na, ^{235}U , ^{239}Pu の寄与が、JENDL-3.2 の場合、 ^{235}U と Fe の寄与が大きい。ENDF/B-VII の Na の寄与が両方の炉心で同程度に現れているが、これは BFS-69 体系の Na 含有率が他に比べて多いためである。Table 5.1 に Na の寄与について反応毎の内訳を示すが、ENDF/B-VII の Na の寄与は平均散乱角余弦(MU)によるものである。Fig.5.8 には ENDF/B-VII と JENDL-3.3 との差についてエネルギー毎の寄与を示すが、1MeV 付近での寄与が大きい。

(2) 制御棒価値

Fig.5.9 に Np 装荷炉心である BFS-69-2 と BFS-66-2A 炉心の感度解析結果を示す。

BFS-69-2 炉心では ENDF/B-VII の Na の寄与が顕著である。一方、BFS-66-2A では現れていない。これは、上述のように BFS-69 体系の Na 含有率が多いためである。結果は示さないが、臨界性と同様、平均散乱角余弦の寄与が大きく、散乱断面積、非弾性散乱断面積の寄与も同程度存在する。BFS-66-2A 炉心で顕著な ^{235}U の寄与は捕獲断面積と中性子発生数による。

臨界性に比べると ^{237}Np の寄与も他の重核種と同程度存在する。しかしながら核データ間の差異の寄与は 0.3%程度と実験誤差に比べて小さく、本実験解析結果から ^{237}Np 核データの優劣を論じることは困難である。

(3) Na ボイド反応度

第4章で比較した3種類の体系について Np 装荷炉心の感度解析結果を Fig.5.10 に示す。

BFS-69-2 炉心のみボイド反応度が負であるので、感度解析結果の符号が異なる。

第4章では、ENDF/B-VII の結果が他に比べて良好という結果を得ていた。感度解析結果を見ると、ENDF/B-VII とその他では Na と ^{239}Pu の寄与が異なる。Table 5.2 には Na の寄与について反応毎の内訳を示すが、弾性散乱と非弾性散乱が同程度である。なお、Na の断面積は JEDNL-3.3 と JENDL/AC-2008 は同じであるが、本感度解析では実効断面積を使用しているため、差異が生じている。Fig.5.11 には ENDF/B-VII の結果をエネルギー毎に示す。いずれの反応でも寄与は主に 1MeV 付近で生じている。

同様に ^{239}Pu について反応毎の寄与を Table 5.3 に示す。核分裂断面積と中性子放出数(NU)が主である。核分裂断面積の寄与のエネルギー成分を Fig.5.12 に示すが、寄与は主に 1keV 付近で生じている。

^{237}Np の寄与については、存在はするが他の核種の寄与に比べると小さく、本実験解析結果のみから ^{237}Np 核データのライブラリ間優劣を論じることは困難であるが、Na ボイド反応度に対する ^{237}Np の感度自体は有意にあるので、Np 装荷炉心の精度向上には役立つ可能性はある。

(4) 反応率比

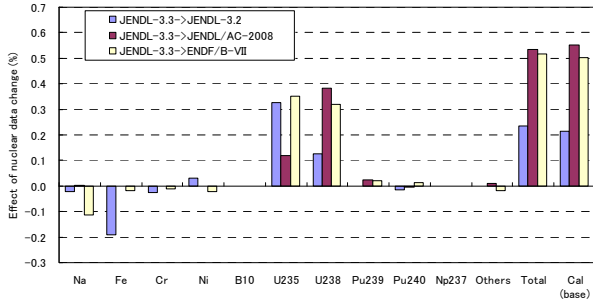
閾値反応を代表して F28/F25 を、 ^{237}Np に直接関連する反応率比として F37/F49 を採り上げ感度解析結果を Fig.5.13 に示す。

第4章では、JENDL-3.2 による F28/F25 解析結果が若干過大評価していた。感度解析の結果から Fe や ^{238}U が寄与していると考えられる。

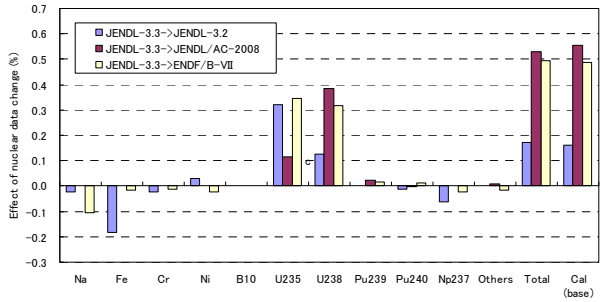
F37/F49 については、予想通り ^{237}Np に感度を有しており、核データ間の差異も現れている。ただし、Fig.5.4 で示したように ^{237}Np 核分裂断面積については核データ間の差異が大きいのは断面積の小さいエネルギー範囲であり、核データ間の差異への ^{237}Np の寄与は 0.5%程度にとどまる。実験誤差約 2%に対して小さく、本実験解析結果から ^{237}Np 核データの優劣を論じることは困難であるが、C/E 値が実験誤差内にあることから、各ライブラリの ^{237}Np 核分裂断面積が妥当であろうとは推定できる。

(5) 微量サンプル反応度

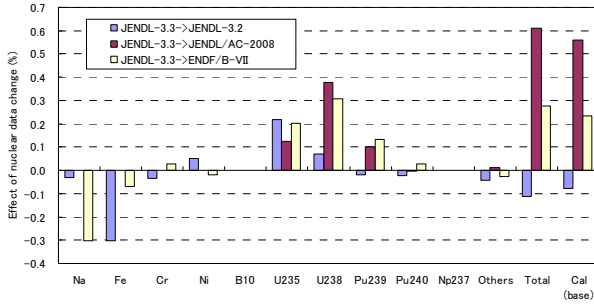
Fig.5.14 に ^{237}Np に直接関連する NpO_2 サンプル(3種類のうち、最も反応度の大きいサンプル C)の感度解析結果を示す。 ^{237}Np の寄与はほとんど確認できないが、これは ^{237}Np の寄与が小さいというより、サンプル位置での中性子束・インポートランス分布評価に影響する Fe や ^{238}U の感度が非常に大きいためである。Fig.5.15 に BFS-69-2 炉心の感度係数を示す。 ^{237}Np の感度は図に現れていないが、捕獲反応の-2 が絶対値で最大である (付録 D 参照)。



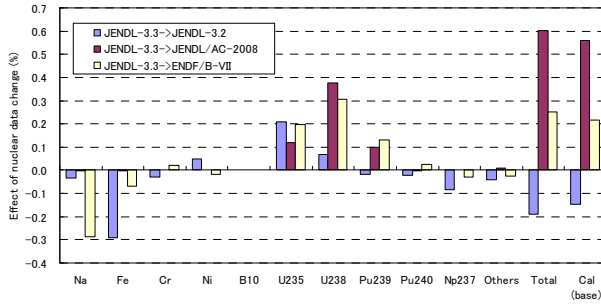
(a) BFS-67-1R 臨界性



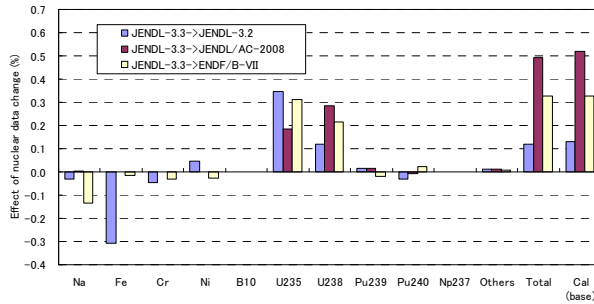
(b) BFS-67-2R 臨界性



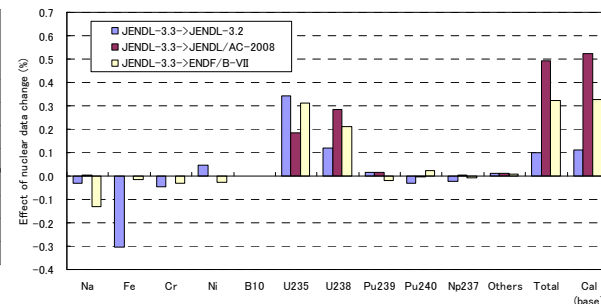
(c) BFS-69-1 臨界性



(d) BFS-69-2 臨界性

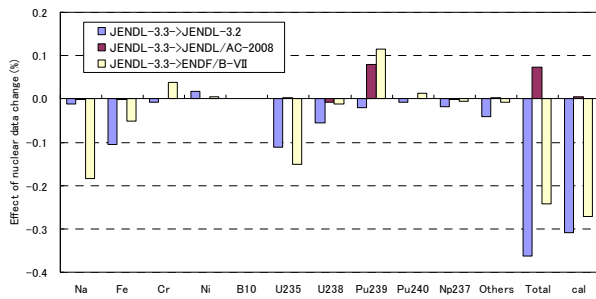


(e) BFS-66-2 臨界性

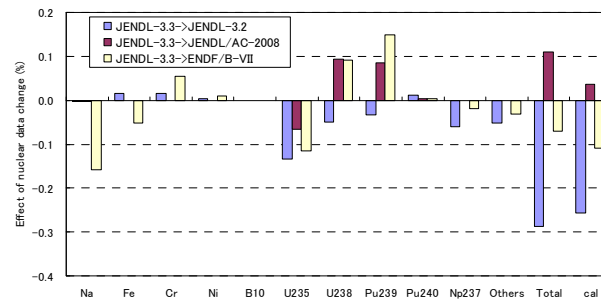


(f) BFS-66-2A 臨界性

Fig.5.6 Effect of nuclear data replacement (Criticality)



(a) (BFS-69-2) - (BFS-67-2R)



(b) (BFS-69-2) - (BFS-66-2A)

Fig.5.7 Effect of nuclear data replacement on Criticality (difference between two cores)

Table 5.1 Na contribution in nuclear data replacement (BFS-69-2 Criticality)

Reaction	JENDL-3.2	JENDL/AC-2008	ENDF/B-VII
Capture	0.01	0.00	0.00
MU	-0.04	0.00	-0.31
Elastic	0.00	0.00	0.03
Inelastic	0.00	0.00	0.00
sum	-0.03	0.00	-0.29

(單位 %)

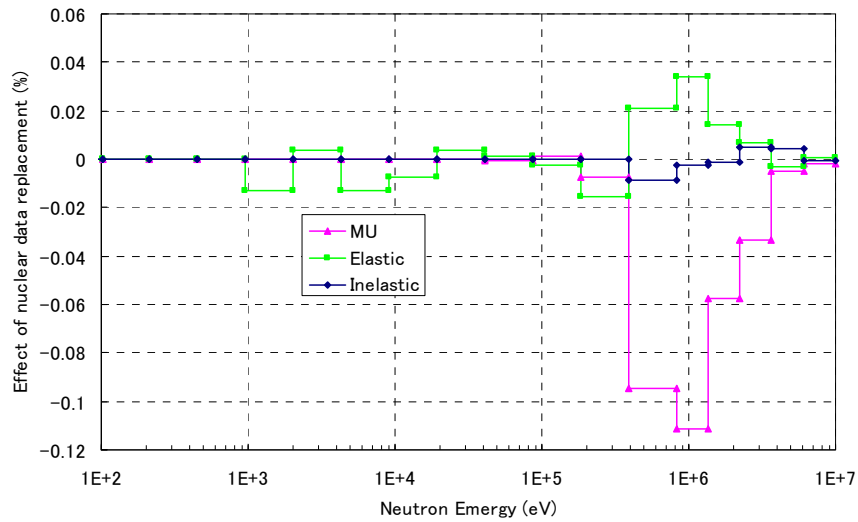
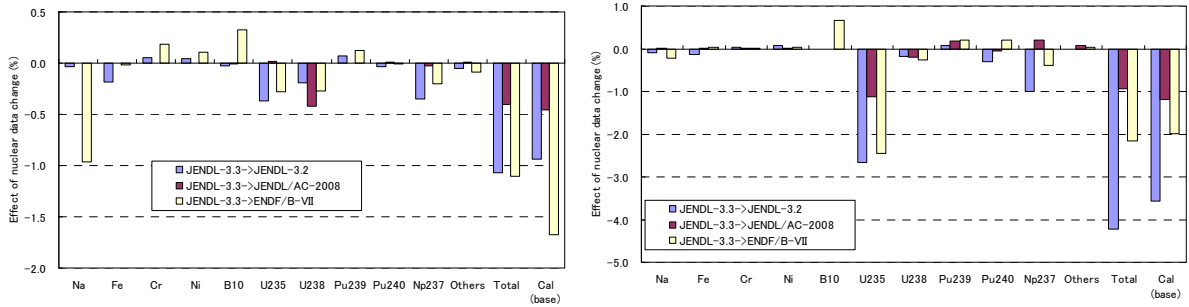


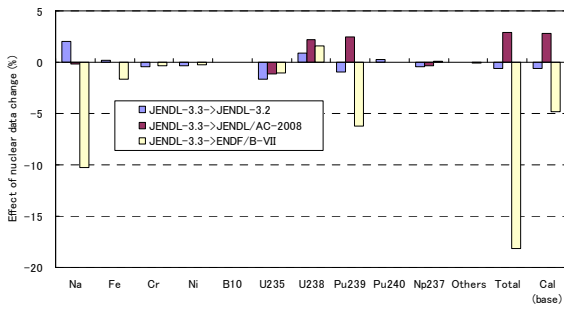
Fig.5.8 Effect of nuclear data replacement from JENDL-3.3 to ENDF/B-VII (contribution of Na to BFS-69-2 Criticality)



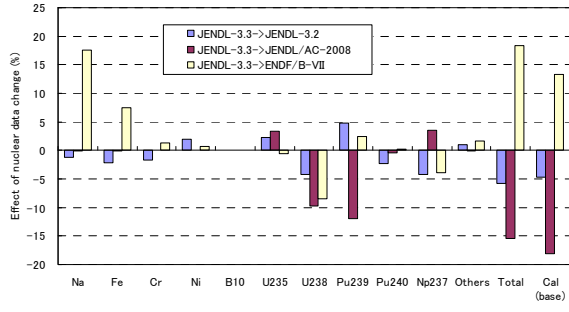
(a) BFS-69-2 (B₄C Enr. 450mm)

(b) BFS-66-2A (B₄C Nat. 420mm)

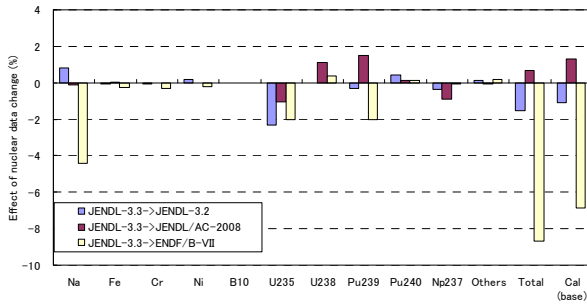
Fig.5.9 Effect of nuclear data replacement (C/R worth)



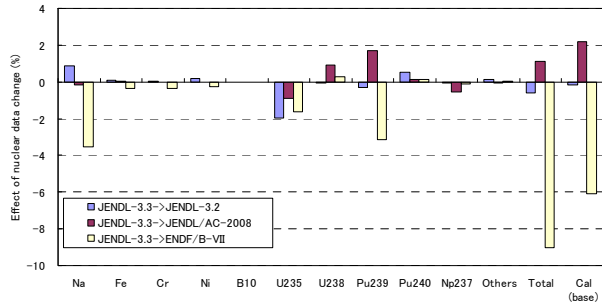
(a) BFS-67-2R



(b) BFS-69-2



(c) BFS-66-2A (28 assembly)



(d) BFS-66-2A (88 assembly)

Fig.5.10 Effect of nuclear data replacement (Na void reactivity)

Table 5.2 Na contribution in nuclear data replacement (BFS-69-2 Void reactivity)

Reaction	JENDL-3.2	JENDL/AC-2008	ENDF/B-VII
Capture	2.3	0.0	-1.1
MU	-0.5	0.0	3.6
Elastic	2.4	-0.2	7.1
Inelastic	-5.3	0.0	8.0
sum	-1.1	-0.1	17.6

(単位 %)

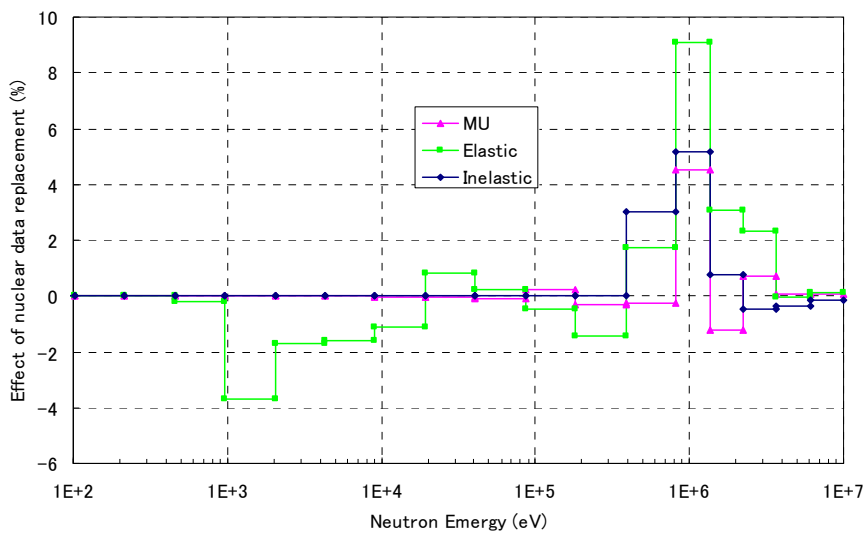


Fig.5.11 Effect of nuclear data replacement from JENDL-3.3 to ENDF/B-VII (contribution of Na to BFS-69-2 Na void reactivity)

Table 5.3 ²³⁹Pu contribution in nuclear data replacement (BFS-69-2 Void reactivity)

Reaction	JENDL-3.2	JENDL/AC-2008	ENDF/B-VII
Capture	0.6	5.6	2.9
MU	0.1	0.3	0.3
Elastic	0.0	0.6	1.3
Inelastic	-0.1	-1.6	-1.9
Fission	4.3	-7.4	16.1
NU	0.0	-10.1	-16.9
N2N	0.0	0.0	0.0
CHI	-0.1	0.6	0.6
sum	4.8	-12.0	2.4

(単位 %)

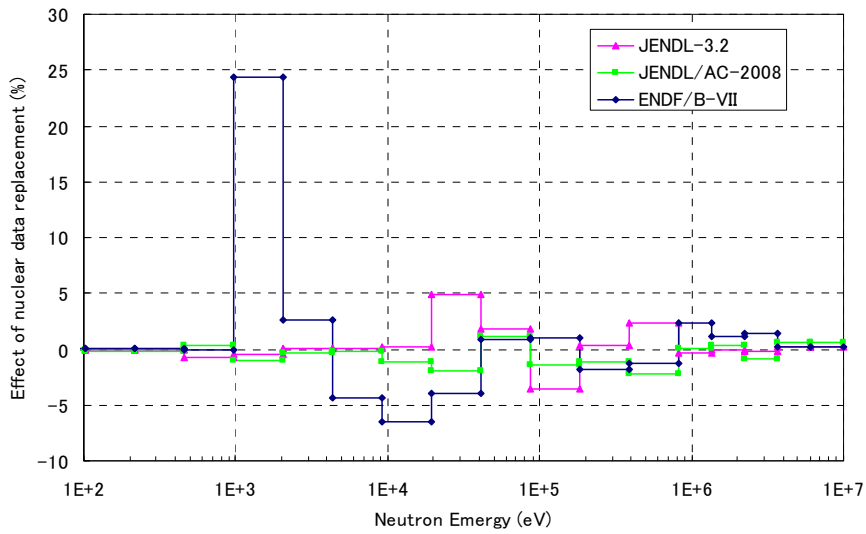
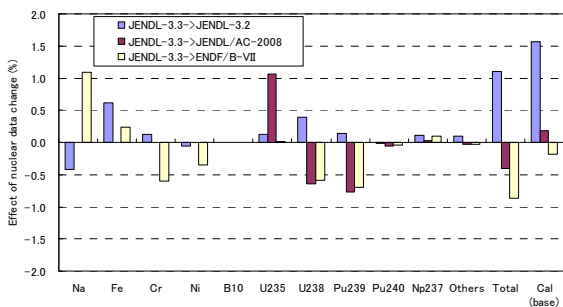
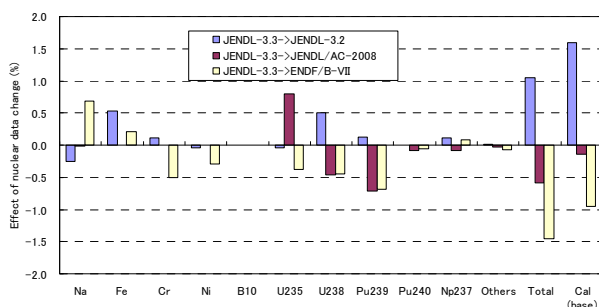


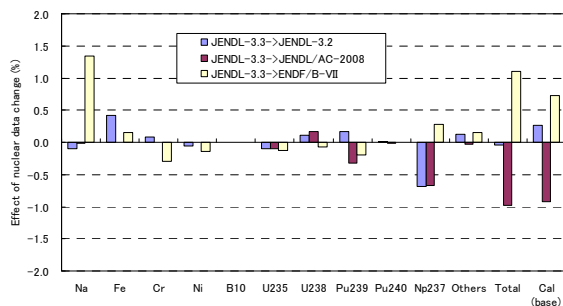
Fig.5.12 Effect of nuclear data replacement
(contribution of ²³⁹Pu fission to BFS-69-2 Na void reactivity)



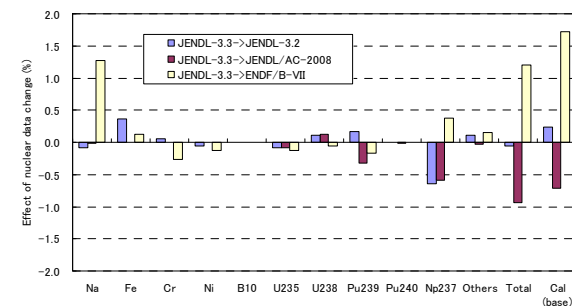
(a) BFS-69-2 (F28/F25)



(b) BFS-66-2A (F28/F25)

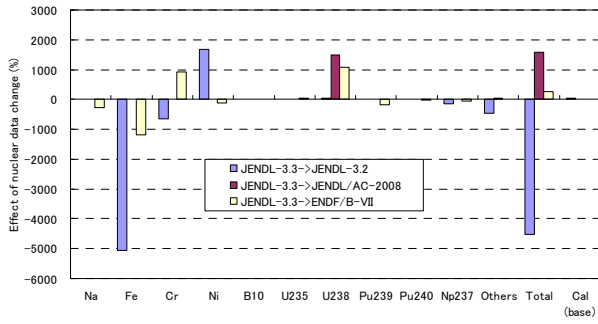


(c) BFS-69-1 (F37/F49)

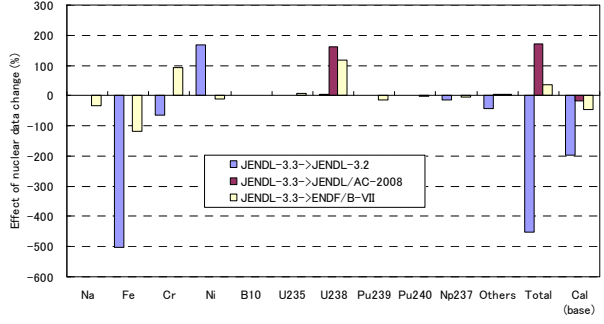


(d) BFS-69-2 (F37/F49)

Fig.5.13 Effect of nuclear data replacement (Reaction rate ratio)



(a) BFS-69-1



(b) BFS-69-2

Fig.5.14 Effect of nuclear data replacement (Small sample worth)

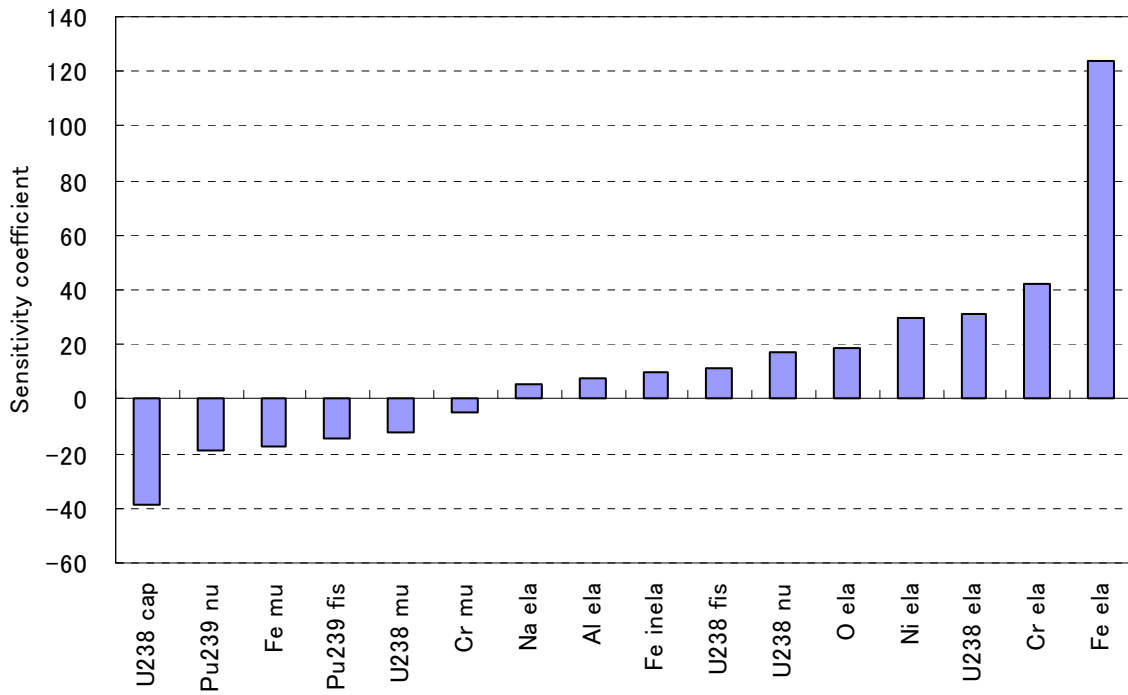


Fig.5.15 Sensitivity coefficient for NpO₂ sample worth in BFS-69-2

6. 結論

「多量の Np を種々の臨界集合体に添加したときの炉物理特性の変化に関する研究」に関する共同研究（平成 13 年度～15 年度）の第 2 報として契約 2 年目,3 年目で入手した BFS-69 体系及び BS-66-2 体系に関する実験情報と解析結果をまとめた。

実験では各体系において Np 装荷(約 8kg)の有無が異なる 2 種類の炉心について核特性(臨界性、制御棒価値、ボイド反応度など)が測定されている。JAEA の標準的な高速炉解析手法に 4 種類 (JENDL-3.2, JENDL-3.3, JENDL/AC-2008, ENDF/B-VII) の核データを適用し、以下の知見を得た。

① Np 装荷炉心に対する解析精度

i) Np 装荷による解析精度の変化

Na ボイド反応度、制御棒価値、反応率比の測定値は Np の装荷により実験誤差に比して有意な変化が確認されている。解析値はその変化を同誤差内で再現しており、Np 装荷による解析精度の悪化はないといえる。

ii) 核データ間の差異

核データ間には例えば ^{237}Np 捕獲断面積に最大で数 10%の差異があるが、それによる核特性の変化は微少であり、本実験解析結果のみから核データ間の優劣を論じることは困難である。しかし、Na ボイド反応度には ^{237}Np 捕獲断面積に有意な感度があるため、Np 装荷炉心核特性の予測精度向上に役立つ可能性はある。

② 個別核特性の解析精度

i) 臨界性

BFS-69 体系 (高 Pu 富化度炉心実験) について過大評価する傾向があり、JENDL-3.3 と JENDL/AC-2008 で顕著である。過大評価が小さい ENDF/B-VII との差異は主に Na の平均散乱角余弦 (1MeV 付近) にある。

ii) Na ボイド反応度

ENDF/B-VII の結果と比較すると、JENDL の 3 種類の結果には実験値と数 ρ の差異がある。ENDF/B-VII との差異は、主に Na の散乱関連の断面積 (1MeV 付近) と ^{239}Pu の核分裂断面積(1keV 付近)にある。

iii) 制御棒価値

いずれの核データでも濃縮 B_4C の制御棒については実験誤差内で一致する。天然 B_4C の制御棒については約 10%の過大評価となる。他の BFS 実験解析でも同様であり、実験側に問題があるものと思われる。

iv) 反応率比

概ね実験誤差内で解析できている。核データ間の差異が一部で現れており、 ^{238}Pu , ^{240}Pu の核分裂反応については JENDL/AC2008 が、 ^{237}Np の核分裂については ENDF/B-VII が優れている。 ^{244}Cm の核分裂反応については JENDL/AC-2008 のみ C/E 値のずれが大きい。

謝辞

本共同研究は林 秀行氏（現所属 IAEA）によって開始されたものであります。核不拡散科学技術センターの田崎 真樹子氏には IPPE との調整にご尽力して頂きました。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1)羽様平, 佐藤若英, 石川眞, 庄野彰: “マイナーアクチニド添加炉心の核特性評価－BFS-67 臨界実験の解析－,” JNC TN9400 2003-035 (2003年5月)
- 2)羽様平, 岩井武彦, 庄野彰: “BFS 臨界実験解析－BFS-62-5 及び 66-1 炉心の解析－,” JNC TN9400 2005-011 (2004年10月)
- 3)T. Nakagawa et al. : “Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-2: JENDL-3.2,” Journal of Nuclear Science and Technology 32, 1259 (1995).
- 4)K. Shibata et al. : “Japanese Evaluated Nuclear Data Library Version 3 Revision-3: JENDL-3.3,” J. Nucl. Sci. Technol. 39, 1125 (2002).
- 5)O. Iwamoto et al. : “JENDL Actinoid File 2008,” J. Nucl. Sci. Technol., 46, 510 (2009).
- 6)M.B. Chadwick et al. : “ENDF/B-VII.0: Next generation evaluated nuclear data library for nuclear science and technology,” Nucl. Data Sheets, 107, 2931 (2006).
- 7) 杉野和輝 他: “BFS 臨界実験解析－BFS-62-1 体系の解析－,” JNC TN9400 2000-098 (2000年7月)
- 8)羽様平: “GEN-IV や実用化戦略調査研究などに関連する高速炉炉物理の最近の話題,”核データニュース, 81, 24 (2005).
- 9)T. Hazama, G. Chiba et al. : “Development of a Fine and Ultra-Fine Group Cell Calculation Code SLAROM-UF for Fast Reactor Analyses,” J. Nucl. Sci. Technol., 43[8], 908-918 (2006).
- 10)T. Tone: “A Numerical Study of Heterogeneity Effects in Fast Reactor Critical Assemblies,” J. of Nucl. Sci. and Technol. 12[8], 467 (1975).
- 11)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)
- 12)P. Benoist: “Streaming Effects and Collision Probabilities in Lattices,” Nucl. Sci. and Eng. 34, 285 (1968).
- 13)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)
- 14)R. J. Tuttle: “Consultants’ Meeting on Delayed Neutron Properties,” IAEA, Vienna (1979)
- 15)D. Saphier: “Evaluated Delayed Neutron Spectra and Their importance in Reactor Calculations,” Nuclear Science and Engineering, 62, 660 (1977)
- 16)M. C. Brady, T. R. England: “Delayed Neutron Data and Group Parameters for 43 Fissioning Systems”, Nucl. Sci. Eng., 103, 129-149 (1989).
- 17)船曳淳, 角田弘和: “BN 及び BFS 炉心解析システムの整備(Ⅱ)－3次元 Hex-Z 体系用輸送核特性解析コードの整備－,” JNC TJ9410 2002-001 (2002年3月)

- 18)“DANTSYS3.0: One-, Two-, and Three-Dimensional, Multigroup, Discrete Ordinates Transport Code System,” RSICC Computer Code Collection, CCC-547(1997).
- 19)Y. Nagaya, K. Okumura et al. : “MVP/GMVP II: General Purpose Monte Carlo Codes for Neutron and Photon Transport Calculations based on Continuous Energy and Multigroup Methods,” JAERI 1348, (2005).
- 20)石川真 他: “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) .
- 21)G. Manturov et al. : “BFS-73-1 Assembly: Experimental Model of Sodium-Cooled Fast Reactor with Core of Metal Uranium Fuel of 18.5% Enrichment and Depleted Uranium Dioxide Blanket,” NEA/NSC/DOE(2006)1
- 22)G. Manturov et al. : “BFS-62-3A Experiment: Fast Reactor Core with U and U-Pu Fuel of 17% Enrichment and Partial Stainless Steel Reflector,” NEA/NSC/DOE(2006)1
- 23)原昭浩 他: “SAGEP: 一般化摂動論に基づく二次元感度解析コード,” JAERI-M 84-027 (1984年2月).

This is a blank page.

付録 A BFS-67 体系の解析結果

同一手法で BFS-67 体系の臨界性を再解析した。結果を以下に示す。

Table A.1 Results of criticality analysis (BFS-67)

炉心名 核データ	BFS-67-1R			BFS-67-2R		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
基準計算値	0.99128	0.98914	0.99459	0.99082	0.98922	0.99469
等方拡散計算値 ^(*1)	0.99413	0.99120	<--	BFS-67-1Rで代用		
径倍メッシュ計算値 ^(*2)	0.99328	0.99036	<--			
軸倍メッシュ計算値 ^(*1)	0.99350	0.99057	<--			
輸送計算値 ^(*3)	0.99776	0.99483	<--			
UF175g計算値	0.99047	0.98839	0.99393	0.99014	0.98859	0.99416
メッシュ補正	-0.00187	-0.00185	-0.00185	-0.00187	-0.00185	-0.00185
輸送補正	0.00550	0.00548	0.00548	0.00550	0.00548	0.00548
群数補正	-0.00081	-0.00075	-0.00065	-0.00068	-0.00063	-0.00053
補正後計算値	0.99409	0.99203	0.99757	0.99377	0.99223	0.99780
実験値	1.00044	1.00044	1.00044	1.00038	1.00038	1.00038
C/E	0.9937	0.9916	0.9971	0.9934	0.9919	0.9974
β_{eff}	5.48E-03	5.47E-03	5.45E-03	5.41E-03	5.40E-03	5.38E-03

炉心名 核データ	BFS-67-3R			BFS-67-3BR		
	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC	JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC
基準計算値	0.99117	0.98930	0.99476	0.99055	0.98892	0.99438
等方拡散計算値	BFS-67-1Rで代用			BFS-67-1Rで代用		
径倍メッシュ計算値						
軸倍メッシュ計算値						
輸送計算値						
UF175g計算値	0.99044	0.98863	0.99419	0.98987	0.98830	0.99386
メッシュ補正	-0.00187	-0.00185	-0.00185	-0.00187	-0.00185	-0.00185
輸送補正	0.00550	0.00548	0.00548	0.00550	0.00548	0.00548
群数補正	-0.00073	-0.00067	-0.00058	-0.00067	-0.00062	-0.00053
補正後計算値	0.99407	0.99226	0.99782	0.99350	0.99193	0.99749
実験値	1.00044	1.00043	1.00043	1.00054	1.00054	1.00054
C/E	0.9936	0.9918	0.9974	0.9930	0.9914	0.9970
β_{eff}	5.45E-03	5.44E-03	5.42E-03	5.42E-03	5.41E-03	5.39E-03

- *1: HexZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
- *2: TriZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
- *3: HexZ 18g、領域固定核分裂スペクトル、POS4輸送近似

Table A.2 Results of Na void reactivity analysis (BFS-67-1R)

炉心名 核データ	BFS-67-1R								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
摂動計算結果成分	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
基準計算値($\Delta k/k'$)	6.012E-04	-2.311E-04	3.701E-04	6.003E-04	-2.362E-04	3.641E-04	6.308E-04	-2.348E-04	3.960E-04
等方拡散計算値($\Delta k/k'$) ^(*1)	6.056E-04	-2.290E-04	3.767E-04	6.039E-04	-2.344E-04	3.695E-04	6.346E-04	-2.331E-04	4.015E-04
輸送計算値($\Delta k/k'$) ^(*2)	6.198E-04	-2.013E-04	4.185E-04	6.193E-04	-2.066E-04	4.127E-04	6.486E-04	-2.056E-04	4.430E-04
UF175g計算値($\Delta k/k'$)	5.810E-04	-2.413E-04	3.396E-04	5.795E-04	-2.468E-04	3.327E-04	6.119E-04	-2.453E-04	3.666E-04
輸送・メッシュ補正	1.02	0.88		1.03	0.88		1.02	0.88	
群数補正	0.97	1.04		0.97	1.04		0.97	1.04	
補正後計算値	5.946E-04	-2.122E-04	3.824E-04	5.943E-04	-2.175E-04	3.768E-04	6.254E-04	-2.164E-04	4.090E-04
補正後計値(C)(%)	10.91	-3.90	7.02	10.93	-4.00	6.93	11.63	-4.02	7.60
実験値(E)(%)			6.2 ±0.3			6.2 ±0.3			6.2 ±0.3
C/E			1.132			1.118			1.226
C-E(%)			+0.8			+0.7			+1.4

- *1: RZ 70g、5cm mesh、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数
- *2: RZ 70g、2.5cm mesh、領域固定核分裂スペクトル、POS8輸送近似

Table A.3 Results of Na void reactivity analysis (BFS-67-2R)

炉心名 核データ	BFS-67-2R								
	JENDL-3.2			JENDL-3.3			JENDL/AC-2008		
摂動計算結果成分	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
基準計算値($\Delta k/kk'$)	1.200E-03	-2.567E-04	9.433E-04	1.217E-03	-2.685E-04	9.489E-04	1.244E-03	-2.681E-04	9.757E-04
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	1.206E-03	-2.532E-04	9.525E-04	1.225E-03	-2.658E-04	9.591E-04	1.250E-03	-2.647E-04	9.856E-04
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	1.234E-03	-2.180E-04	1.016E-03	1.257E-03	-2.301E-04	1.027E-03	1.282E-03	-2.293E-04	1.052E-03
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	1.188E-03	-2.646E-04	9.237E-04	1.205E-03	-2.770E-04	9.283E-04	1.233E-03	-2.766E-04	9.565E-04
輸送・メッシュ補正	1.02	0.86		1.03	0.87		1.03	0.87	
群数補正	0.99	1.03		0.99	1.03		0.99	1.03	
補正後計算値	1.216E-03	-2.277E-04	9.886E-04	1.237E-03	-2.398E-04	9.973E-04	1.264E-03	-2.396E-04	1.024E-03
補正後計値(C)(ϕ)	22.43	-4.20	18.23	22.88	-4.43	18.44	23.50	-4.45	19.04
実験値(E)(ϕ)			18.8			18.8			18.8
			± 0.8			± 0.8			± 0.8
C/E			0.97			0.98			1.01
C-E(ϕ)			-0.6			-0.4			+0.2

付録 B ENDF/B-VII を用いた解析結果

ENDF/B-VII を用いた解析結果の詳細を示す。

(BFS-67 体系)

Table B.1 Results of criticality analysis with ENDF/B-VII (BFS-67)

炉心名	BFS-67-1R	BFS-67-2R	BFS-67-3R	BFS-67-3BR
基準計算値	0.99411	0.99405	0.99420	0.99375
UF175g計算値	0.99315	0.99320	0.99331	0.99291
メッシュ補正 ^(*1)	-0.00185			
輸送補正 ^(*1)	0.00548			
群数補正	-0.00097	-0.00084	-0.00089	-0.00084
補正後計算値	0.99678	0.99684	0.99695	0.99654
実験値	1.00044	1.00038	1.00044	1.00054
C/E	0.9963	0.9965	0.9965	0.9960
β eff	5.48E-03	5.41E-03	5.45E-03	5.42E-03

*1: JENDL-3.3の値で代用

Table B.2 Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-67)

炉心名	BFS-67-1R			BFS-67-2R		
	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
擾動計算結果成分						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	5.752E-04	-2.161E-04	3.590E-04	1.144E-03	-2.409E-04	9.033E-04
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$) ^(*1)	5.787E-04	-2.152E-04	3.635E-04	1.150E-03	-2.387E-04	9.116E-04
輸送計算値($\Delta k/kk'$) ^(*2)	5.925E-04	-1.897E-04	4.028E-04	1.179E-03	-2.061E-04	9.725E-04
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	5.417E-04	-2.257E-04	3.160E-04	1.119E-03	-2.474E-04	8.714E-04
輸送・メッシュ補正	1.02	0.88		1.02	0.86	
群数補正	0.94	1.04		0.98	1.03	
補正後計算値	5.546E-04	-1.990E-04	3.557E-04	1.146E-03	-2.136E-04	9.327E-04
補正後計値(C)(ϕ)	10.13	-3.63	6.49	21.20	-3.95	17.25
実験値(E)(ϕ)			6.2 ± 0.3			18.8 ± 0.8
C/E			1.047			0.92
C-E(ϕ)			+0.3			-1.6

*1: RZ 70g、5cm mesh、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

*2: RZ 70g、2.5cm mesh、領域固定核分裂スペクトル、POS8輸送近似

(BFS-69 体系)

Table B.3 Results of criticality analysis with ENDF/B-VII (BFS-69)

炉心名	BFS-69-1	BFS-69-2
基準計算値	0.99337	0.99213
UF175g計算値	0.99197	0.99088
メッシュ補正 ^(*1)	-0.00225	-0.00228
輸送補正 ^(*1)	0.01033	0.01048
群数補正	-0.00140	-0.00125
補正後計算値	1.00004	0.99907
実験値	1.00037	1.00040
C/E	0.9997	0.9987
β eff	4.09E-03	4.04E-03

*1: JENDL-3.3の値で代用

Table B.4 Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-69)

炉心名	BFS-69-1			BFS-69-2		
	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
振動計算結果成分						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	-3.392E-04	-1.310E-03	-1.650E-03	8.356E-04	-1.413E-03	-5.770E-04
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)*1	-3.100E-04	-1.285E-03	-1.595E-03	8.716E-04	-1.375E-03	-5.034E-04
輸送計算値($\Delta k/kk'$)*2	-5.458E-05	-1.213E-03	-1.268E-03	1.243E-03	-1.284E-03	-4.091E-05
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	-3.242E-04	-1.364E-03	-1.689E-03	8.738E-04	-1.465E-03	-5.917E-04
輸送・メッシュ補正	0.18	0.94		1.43	0.93	
群数補正	0.96	1.04		1.05	1.04	
補正後計算値	-5.708E-05	-1.288E-03	-1.345E-03	1.246E-03	-1.368E-03	-1.223E-04
補正後計値(C)(%)	-1.40	-31.48	-32.88	30.84	-33.87	-3.03
実験値(E)(%)			-35.6 ±1.0			-5.0 ±1.5
C/E			0.924			0.606
C-E(%)			+2.7			+2.0

*1: RZ 70g、領域固定核分裂スペクトル、等方拡散係数

*2: RZ 70g、2.5cm mesh、領域固定核分裂スペクトル、POS8輸送近似

Table B.5 Results of C/R worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-69)

制御棒タイプ	B4C enr. 450mm		B4C enr. 151mm		B4C nat. 448mm		B4C nat. 153mm	
	BFS-69-1	BFS-69-2	BFS-69-1	BFS-69-2	BFS-69-1	BFS-69-2	BFS-69-1	BFS-69-2
炉心名								
基準計算値($\Delta k/kk'$)	1.967E-02	1.877E-02	7.494E-03	7.065E-03	7.967E-03	7.421E-03	2.982E-03	2.744E-03
振動前 keff	0.99097	0.98974	0.99097	0.98974	0.99097	0.98974	0.99097	0.98974
振動後 keff	0.97203	0.97168	0.98367	0.98286	0.98321	0.98252	0.98805	0.98706
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	1.964E-02	1.876E-02	7.479E-03	7.057E-03	7.934E-03	7.396E-03	2.966E-03	2.732E-03
振動前 keff	0.98954	0.98845	0.98954	0.98845	0.98954	0.98845	0.98954	0.98845
振動後 keff	0.97067	0.97046	0.98227	0.98160	0.98183	0.98128	0.98665	0.98579
輸送・メッシュ補正(*1)	0.981	0.979	0.997	0.992	1.018	1.036	1.025	1.027
群数補正	0.999	0.999	0.998	0.999	0.996	0.997	0.995	0.996
補正後計算値	1.927E-02	1.836E-02	7.458E-03	6.998E-03	8.073E-03	7.659E-03	3.041E-03	2.807E-03
補正後計値(C)(%)	4.71	4.54	1.82	1.73	1.97	1.90	0.74	0.69
実験値(E)(%)	4.84 ±0.34	4.51 ±0.32	1.88 ±0.11	1.76 ±0.10	1.75 ±0.03	1.64 ±0.01	0.67 ±0.01	0.62 ±0.02
C/E	0.974	1.008	0.970	0.984	1.128	1.156	1.118	1.130

*1: JENDL-3.3の値で代用

Table B.6 Results of reaction rate ratio analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-1)

炉心名	BFS-69-1											
	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25	
反応の種類												
基準計算値	0.044	1.071	0.722	0.337	1.245	0.235	0.294	0.253	0.190	0.356	0.123	
UF175計算値	0.045	1.077	0.724	0.339	1.238	0.236	0.296	0.254	0.190	0.357	0.123	
輸送・メッシュ補正(*1)	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
群数補正	1.01	1.01	1.00	1.00	0.99	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	
セルファクター(*2)	1.033	1.008	0.985	0.942	1.001	0.985	0.985	0.985	0.985	0.985	1.062	
補正後計算値(C)	0.047	1.088	0.714	0.320	1.237	0.234	0.293	0.251	0.188	0.353	0.130	
実験値(E)	0.0463	1.070	0.698	0.304	1.230	0.232	0.299	0.259	0.192	0.332	0.126	
実験誤差(%)	1.9	1.0	1.6	1.6	1.3	1.7	2.3	1.9	2.6	1.8	2.4	
C/E	1.006	1.016	1.024	1.052	1.006	1.007	0.979	0.968	0.979	1.063	1.034	

*1: JENDL-3.3の結果で代用

*2: JENDL-3.2の結果で代用

Table B.7 Results of reaction rate ratio analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-2)

炉心名	BFS-69-2										
反応の種類	F28/F25	F49/F25	F48/F49	F40/F49	F41/F49	F42/F49	F37/F49	F51/F49	F53/F49	F64/F49	C28/F25
基準計算値	0.048	1.092	0.736	0.351	1.220	0.248	0.313	0.268	0.202	0.373	0.121
UF175計算値	0.049	1.097	0.738	0.352	1.214	0.250	0.315	0.269	0.202	0.375	0.121
輸送・メッシュ補正 ^(*)	1.02	1.00	1.00	1.01	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00
群数補正	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00
セルファクター ^(**)	1.049	1.004	0.992	0.953	1.003	0.992	0.996	0.992	0.992	0.992	1.050
補正後計算値(C)	0.052	1.105	0.735	0.338	1.214	0.250	0.316	0.270	0.203	0.375	0.126
実験値(E)	0.0515	1.097	0.720	0.322	1.224	0.249	0.320	0.280	0.206	0.355	0.129
実験誤差(%)	1.7	1.0	1.4	1.6	1.3	1.6	2.2	1.8	2.4	2.8	2.3
C/E	1.008	1.008	1.021	1.051	0.992	1.003	0.988	0.964	0.985	1.056	0.978

*1: JENDL-3.3の結果で代用

*2: JENDL-3.2の結果で代用

Table B.8 Results of small sample worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-1)

炉心名	BFS-69-1									
サンプル	基準計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.05E-05	3.04E-05	1.025	0.999	3.12E-05	0.762	0.753	0.0039	1.01	+0.01
U238	-6.71E-06	-6.64E-06	1.102	0.986	-7.29E-06	-0.178	-0.145	0.0044	1.23	-0.03
B10A	-2.03E-05	-2.00E-05	1.020	0.987	-2.04E-05	-0.499	-0.478	0.0039	1.04	-0.02
B10B	-8.98E-05	-8.86E-05	1.021	0.987	-9.04E-05	-2.211	-2.136	0.0034	1.03	-0.07
B10C	-1.14E-04	-1.13E-04	1.021	1.147	-1.34E-04	-3.269	-2.685	0.0048	1.22	-0.58
C12	4.90E-06	5.62E-06	0.841	1.261	5.19E-06	0.127	-0.136	0.0044	-0.93	+0.26
NA	1.24E-07	1.56E-07	8.619	1.018	1.08E-06	0.026	0.024	0.0050	1.11	+0.00
CH2B	3.54E-05	3.61E-05	0.993	1.015	3.57E-05	0.873	0.805	0.0036	1.08	+0.07
CH2A	6.29E-05	6.38E-05	0.993	1.004	6.27E-05	1.532	1.462	0.0033	1.05	+0.07
PU9	9.99E-05	1.00E-04	1.027	1.011	1.04E-04	2.534	2.252	0.0037	1.13	+0.28
PU002A	1.13E-05	1.15E-05	1.024	1.011	1.17E-05	0.287	0.257	0.0040	1.11	+0.03
PU002B	1.81E-05	1.83E-05	1.023	1.011	1.87E-05	0.457	0.413	0.0041	1.11	+0.04
PU002C	4.66E-05	4.71E-05	1.023	1.006	4.79E-05	1.171	1.099	0.0042	1.07	+0.07
PU102A	7.75E-06	7.80E-06	1.026	1.006	8.00E-06	0.196	0.260	0.0043	0.75	-0.06
PU102B	8.60E-06	8.65E-06	1.026	0.916	8.08E-06	0.198	0.294	0.0045	0.67	-0.10
AM102B	-2.87E-06	-2.63E-06	1.018	0.917	-2.68E-06	-0.065	-0.031	0.0044	2.13	-0.03
AM102A	-2.19E-06	-2.01E-06	1.017	0.882	-1.96E-06	-0.048	-0.020	0.0037	2.40	-0.03
NP702A	-2.00E-06	-1.76E-06	1.009	0.875	-1.76E-06	-0.043	-0.049	0.0045	0.87	+0.01
NP702B	-3.09E-06	-2.70E-06	1.011	0.874	-2.73E-06	-0.067	-0.088	0.0040	0.76	+0.02
NP702C	-3.20E-06	-2.80E-06	1.011	0.000	0.00E+00	0.000	-0.104	0.0045	0.00	+0.10

*1: JENDL-3.3の値で代用

Table B.9 Results of small sample worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-69-2)

炉心名	BFS-69-2									
サンプル	基準計算値	UF175g計算値	輸送・メッシュ補正	群数補正	補正後計算値	補正後計算値(%)	実験値(%)	実験誤差(%)	C/E	C-E(%)
U235	3.18E-05	3.18E-05	1.024	1.000	3.26E-05	0.807	0.852	0.0022	0.95	-0.05
U238	-5.71E-06	-5.64E-06	1.129	0.987	-6.37E-06	-0.158	-0.139	0.0030	1.13	-0.02
B10A	-1.71E-05	-1.69E-05	1.012	0.987	-1.71E-05	-0.424	-0.446	0.0026	0.95	+0.02
B10B	-7.62E-05	-7.52E-05	1.013	0.987	-7.62E-05	-1.887	-1.956	0.0033	0.96	+0.07
B10C	-9.74E-05	-9.62E-05	1.013	0.987	-9.74E-05	-2.412	-2.483	0.0042	0.97	+0.07
C12	-2.90E-06	-2.36E-06	1.624	0.813	-3.83E-06	-0.095	-0.059	0.0022	1.61	-0.04
NA	-3.14E-06	-3.19E-06	1.279	1.017	-4.09E-06	-0.101	0.089	0.0057	-1.14	-0.19
CH2B	4.46E-06	4.79E-06	0.722	1.075	3.46E-06	0.086	0.096	0.0019	0.89	-0.01
CH2A	8.20E-06	8.64E-06	0.735	1.054	6.35E-06	0.157	0.201	0.0024	0.78	-0.04
PU9	1.03E-04	1.04E-04	1.027	1.005	1.06E-04	2.632	2.537	0.0054	1.04	+0.09
PU002A	1.22E-05	1.24E-05	1.028	1.011	1.27E-05	0.315	0.300	0.0032	1.05	+0.02
PU002B	1.94E-05	1.96E-05	1.028	1.011	2.02E-05	0.500	0.477	0.0033	1.05	+0.02
PU002C	4.99E-05	5.04E-05	1.027	1.011	5.18E-05	1.282	1.250	0.0046	1.03	+0.03
PU102A	8.33E-06	8.38E-06	1.028	1.006	8.62E-06	0.213	0.286	0.0042	0.75	-0.07
PU102B	9.23E-06	9.28E-06	1.028	1.006	9.54E-06	0.236	0.325	0.0032	0.73	-0.09
AM102B	-7.73E-07	-5.58E-07	0.885	0.722	-4.94E-07	-0.012	-0.001	0.0041	17.46	-0.01
AM102A	-4.86E-07	-3.24E-07	0.862	0.667	-2.80E-07	-0.007	0.002	0.0060	-3.85	-0.01
NP702A	1.62E-07	3.70E-07	1.364	2.286	5.04E-07	0.012	-0.006	0.0023	-2.23	+0.02
NP702B	3.61E-07	7.02E-07	1.313	1.947	9.22E-07	0.023	-0.003	0.0032	-7.36	+0.03
NP702C	4.04E-07	7.63E-07	1.303	1.889	9.94E-07	0.025	0.001	0.0016	20.51	+0.02

*1: JENDL-3.3の値で代用

(BFS-66-2 体系)

Table B.10 Results of criticality analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2)

炉心名	BFS-66-2	BFS-66-2A
基準計算値	0.99219	0.99223
UF175g計算値	0.99302	0.99308
メッシュ補正 ^(*1)	-0.00174	-0.00192
輸送補正 ^(*1)	0.00565	0.00588
群数補正	0.00084	0.00084
補正後計算値	0.99693	0.99704
実験値	1.00030	1.00025
C/E	0.9966	0.9968
β_{eff}	4.94E-03	4.92E-03

*1: JENDL-3.3の値で代用

Table B.11 Results of C/R worth analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2)

炉心名	BFS-66-2	BFS-66-2A
基準計算値($\Delta k/kk'$)	2.438E-03	2.237E-03
摂動前 keff	0.99165	0.99166
摂動後 keff	0.98926	0.98946
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	2.452E-03	2.250E-03
摂動前 keff	0.99249	0.99250
摂動後 keff	0.99008	0.99029
輸送・メッシュ補正 ^(*1)	1.031	1.022
群数補正	1.006	1.006
補正後計算値	2.528E-03	2.300E-03
補正後計値(C)(¢)	51.20	46.74
実験値(E)(¢)	48.66 ±0.10	43.99 ±0.10
C/E	1.052	1.062

*1: JENDL-3.3の値で代用

Table B.12 Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2, 28 assemblies)

炉心名(ボイド集合体数)	BFS-66-2 (28体ボイド)			BFS-66-2A (28体ボイド)		
	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
摂動計算結果成分						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	4.624E-04	-8.821E-05	3.741E-04	6.496E-04	-1.209E-04	5.287E-04
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$) ^(*1)	4.656E-04	-9.348E-05	3.721E-04	6.620E-04	-1.225E-04	5.395E-04
輸送計算値($\Delta k/kk'$) ^(*2)	4.844E-04	-8.311E-05	4.013E-04	6.989E-04	-1.035E-04	5.955E-04
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	4.466E-04	-9.107E-05	3.556E-04	6.416E-04	-1.234E-04	5.182E-04
輸送・メッシュ補正	1.04	0.89		1.06	0.84	
群数補正	0.97	1.03		0.99	1.02	
補正後計算値	4.647E-04	-8.097E-05	3.837E-04	6.773E-04	-1.042E-04	5.732E-04
補正後計値(C)(¢)	9.41	-1.64	7.77	13.76	-2.12	11.64
実験値(E)(¢)			7.1 ±0.3			12.1 ±0.3
C/E			1.09			0.962
C-E(¢)			+0.67			-0.46

Table B.13 Results of Na void reactivity analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2, 88 assemblies)

炉心名(ボイド集合体数)	BFS-66-2 (88体ボイド)			BFS-66-2A (88体ボイド)		
	非漏洩項	漏洩項	合計	非漏洩項	漏洩項	合計
振動計算結果成分						
基準計算値($\Delta k/kk'$)	1.365E-03	-3.024E-04	1.063E-03	1.738E-03	-3.622E-04	1.376E-03
等方拡散計算値($\Delta k/kk'$)	1.383E-03	-3.154E-04	1.067E-03	1.764E-03	-3.748E-04	1.389E-03
輸送計算値($\Delta k/kk'$)	1.437E-03	-2.843E-04	1.153E-03	1.846E-03	-3.337E-04	1.512E-03
UF175g計算値($\Delta k/kk'$)	1.311E-03	-3.128E-04	9.979E-04	1.698E-03	-3.737E-04	1.324E-03
輸送・メッシュ補正	1.04	0.90		1.05	0.89	
群数補正	0.96	1.03		0.98	1.03	
補正後計算値	1.363E-03	-2.820E-04	1.081E-03	1.777E-03	-3.327E-04	1.444E-03
補正後計値(C)(ϕ)	27.60	-5.71	21.89	36.10	-6.76	29.34
実験値(E)(ϕ)			20.4			28.5
			± 0.4			± 0.4
C/E			1.073			1.030
C-E(ϕ)			+1.49			+0.85

Table B.14 Results of reaction rate ratio analysis with ENDF/B-VII (BFS-66-2)

炉心名	BFS-66-2			BFS-66-2A		
	F49/F25	F28/F25	C28/F25	F49/F25	F28/F25	C28/F25
反応の種類						
基準計算値	0.9420	0.0252	0.1312	0.9695	0.0294	0.1325
UF175計算値	0.9450	0.0253	0.1317	0.9722	0.0296	0.1328
輸送・メッシュ補正 ^(*1)	1.0017	1.0070	1.0000	1.0056	1.0297	0.9976
群数補正	1.0032	1.0045	1.0034	1.0027	1.0053	1.0023
セルファクター ^(*2)	1.0132	1.0079	0.9954	0.9994	1.0399	0.9926
補正後計算値	0.9590	0.0257	0.1311	0.9770	0.0317	0.1315
実験値	0.951	0.026	0.131	0.974	0.031	0.127
実験誤差(%)	1.3	2.3	2.4	1.2	2.3	2.4
C/E値	1.008	1.000	1.000	1.003	1.025	1.033

*1: JENDL-3.3の結果で代用

*2: JENDL-3.2の結果で代用

付録 C P3 計算による Na ボイド反応度の解析結果

BFS-69 体系の解析では、臨界性のみならず P3 計算を適用している。ここでは Na ボイド反応度の解析にも P3 計算を適用し、その効果を把握した。

輸送摂動計算コード SNPERT で取り扱える散乱の次数は P0 に限定されている。そのため、中性子束、随伴中性子束のみに P3 計算を適用して、反応度を簡略的に評価した。本報告書で採り上げた 3 体系すべてについて評価した。

Table C.1～C.3 には 3 体系に対する反応度の直接計算値と摂動計算を比較する。直接計算値との差は P0 計算の場合と同程度である。簡略評価の影響は無視でき、仮に P3 の摂動項を厳密に考慮しても結果は変わらないと思われる。P0 計算値と P3 計算値を絶対値で比較すると、BFS-69 体系で差異が大きい。

Table C.4 には P0 計算と P3 計算の摂動計算結果を成分毎に比較する。P3 計算により変化するのは主に散乱成分である。Fig.C.1, C.2 には散乱成分を BFS-69-2 の JENDL-3.3 について比較する。100keV 以上で差異が現れている。散乱の P3 成分の寄与により、随伴中性子束が変化したためと考えられる。

Table C.5, C.6 には C/E 及び C-E を比較する。Fig.C.3 は本文 Fig.4.3.3 に対応して C-E 値を示す。P0 計算と比較すると概ね改善している。特に、BFS-69 体系で改善の度合いが大きい。

Table C.1 Direct and perturbation results with P0 and P3 calculations (BFS-67)

	keff				Reactivity (%dk/k)			
	P0 Transport approx.		P3 Consistent approx.		P0 Transport approx.		P3 Consistent approx.	
JENDL-3.2	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-67-1R	1.00003	1.00046	0.99900	0.99942	0.0428	0.0419	0.0423	0.0407
BFS-67-2R	0.99869	0.99974	0.99764	0.99868	0.1053	0.1016	0.1044	0.1001
JENDL-3.3	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-67-1R	0.99716	0.99758	0.99614	0.99655	0.0424	0.0413	0.0418	0.0402
BFS-67-2R	0.99641	0.99747	0.99537	0.99642	0.1064	0.1027	0.1056	0.1011
JENDL/AC-2008	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-67-1R	1.00263	1.00308	1.00168	1.00213	0.0453	0.0443	0.0448	0.0432
BFS-67-2R	1.00186	1.00295	1.00089	1.00198	0.1088	0.1052	0.1082	0.1037
ENDF/B-VII	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-67-1R	1.00215	1.00256	1.00109	1.00150	0.0412	0.0403	0.0410	0.0391
BFS-67-2R	1.00118	1.00219	1.00011	1.00111	0.1008	0.0972	0.1002	0.0956

Table C.2 Direct and perturbation results with P0 and P3 calculations (BFS-69)

	keff				Reactivity (%dk/k)			
	P0 Transport approx.		P3 Consistent approx.		P0 Transport approx.		P3 Consistent approx.	
JENDL-3.2	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-69-1	1.00232	1.00109	1.00062	0.99934	-0.1230	-0.1225	-0.1276	-0.1271
BFS-69-2	1.00067	1.00074	0.99891	0.99893	0.0071	0.0079	0.0016	0.0023
JENDL-3.3	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-69-1	1.00270	1.00143	1.00099	0.99969	-0.1257	-0.1255	-0.1304	-0.1299
BFS-69-2	1.00181	1.00185	1.00005	1.00004	0.0048	0.0057	-0.0001	0.0003
JENDL/AC-2008	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-69-1	1.00820	1.00703	1.00654	1.00533	-0.1160	-0.1152	-0.1198	-0.1193
BFS-69-2	1.00725	1.00739	1.00553	1.00562	0.0141	0.0148	0.0089	0.0096
ENDF/B-VII	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-69-1	1.00522	1.00393	1.00340	1.00206	-0.1279	-0.1268	-0.1327	-0.1315
BFS-69-2	1.00412	1.00407	1.00224	1.00213	-0.0053	-0.0041	-0.0111	-0.0100

Table C.3 Direct and perturbation results with P0 and P3 calculations (BFS-66-2)

	keff				Reactivity (%dk/k)			
	P0 Transport approx.		P3 Consistent approx.		P0 Transport approx.		P3 Consistent approx.	
JENDL-3.2	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-66-2 (28体ボイド)	0.99476	0.99519	0.99401	0.99442	0.0433	0.0425	0.0420	0.0419
BFS-66-2A (28体ボイド)	0.99472	0.99534	0.99395	0.99456	0.0629	0.0628	0.0611	0.0620
BFS-66-2 (88体ボイド)	0.99476	0.99598	0.99401	0.99521	0.1232	0.1224	0.1211	0.1209
BFS-66-2A (88体ボイド)	0.99472	0.99630	0.99395	0.99551	0.1598	0.1599	0.1569	0.1580
JENDL-3.3	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-66-2 (28体ボイド)	0.99291	0.99333	0.99215	0.99256	0.0433	0.0425	0.0421	0.0419
BFS-66-2A (28体ボイド)	0.99309	0.99372	0.99232	0.99294	0.0643	0.0640	0.0627	0.0631
BFS-66-2 (88体ボイド)	0.99291	0.99411	0.99215	0.99334	0.1224	0.1217	0.1206	0.1202
BFS-66-2A (88体ボイド)	0.99309	0.99467	0.99232	0.99388	0.1609	0.1611	0.1587	0.1591
JENDL/AC-2008	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-66-2 (28体ボイド)	0.99811	0.99855	0.99739	0.99781	0.0441	0.0435	0.0427	0.0430
BFS-66-2A (28体ボイド)	0.99831	0.99895	0.99757	0.99820	0.0647	0.0647	0.0634	0.0639
BFS-66-2 (88体ボイド)	0.99811	0.99937	0.99739	0.99862	0.1259	0.1254	0.1238	0.1239
BFS-66-2A (88体ボイド)	0.99831	0.99994	0.99757	0.99918	0.1639	0.1642	0.1618	0.1623
ENDF/B-VII	Ref.	Void	Ref.	Void	Direct cal.	Pert. cal.	Direct cal.	Pert. cal.
BFS-66-2 (28体ボイド)	0.99628	0.99669	0.99551	0.99590	0.0406	0.0401	0.0394	0.0395
BFS-66-2A (28体ボイド)	0.99641	0.99700	0.99562	0.99619	0.0595	0.0595	0.0582	0.0587
BFS-66-2 (88体ボイド)	0.99628	0.99744	0.99551	0.99664	0.1158	0.1153	0.1139	0.1137
BFS-66-2A (88体ボイド)	0.99641	0.99791	0.99562	0.99709	0.1509	0.1512	0.1488	0.1491

Table C.4 Perturbation results with P0 and P3 calculations

BFS-67-1R		Fission	Absorption	Scattering	Leak	Total	
JENDL-3.3	P0	-0.029	0.028	0.062	-0.021	0.041	
	P3	-0.028	0.028	0.061	-0.021	0.040	
ENDF/B-VII		P0	-0.026	0.027	0.058	-0.019	0.040
	P3	-0.026	0.027	0.057	-0.019	0.039	
BFS-67-2R		Fission	Absorption	Scattering	Leak	Total	
JENDL-3.3	P0	-0.028	0.021	0.133	-0.023	0.103	
	P3	-0.028	0.021	0.131	-0.023	0.101	
ENDF/B-VII		P0	-0.025	0.020	0.123	-0.021	0.097
	P3	-0.025	0.020	0.121	-0.021	0.096	
BFS-69-1		Fission	Absorption	Scattering	Leak	Total	
JENDL-3.3	P0	-0.116	0.071	0.051	-0.131	-0.126	
	P3	-0.115	0.070	0.046	-0.131	-0.130	
ENDF/B-VII		P0	-0.106	0.067	0.034	-0.121	-0.127
	P3	-0.106	0.067	0.029	-0.121	-0.132	
BFS-69-2		Fission	Absorption	Scattering	Leak	Total	
JENDL-3.3	P0	-0.104	0.055	0.196	-0.141	0.006	
	P3	-0.104	0.055	0.190	-0.141	0.000	
ENDF/B-VII		P0	-0.096	0.052	0.168	-0.128	-0.004
	P3	-0.095	0.052	0.162	-0.129	-0.010	
BFS-66-2 (88体ボイド)		Fission	Absorption	Scattering	Leak	Total	
JENDL-3.3	P0	-0.045	0.060	0.138	-0.031	0.122	
	P3	-0.045	0.060	0.137	-0.031	0.120	
ENDF/B-VII		P0	-0.041	0.057	0.127	-0.028	0.115
	P3	-0.041	0.057	0.126	-0.029	0.114	
BFS-66-2A (88体ボイド)		Fission	Absorption	Scattering	Leak	Total	
JENDL-3.3	P0	-0.045	0.050	0.193	-0.037	0.161	
	P3	-0.044	0.050	0.191	-0.037	0.159	
ENDF/B-VII		P0	-0.040	0.048	0.177	-0.033	0.151
	P3	-0.040	0.047	0.175	-0.034	0.149	

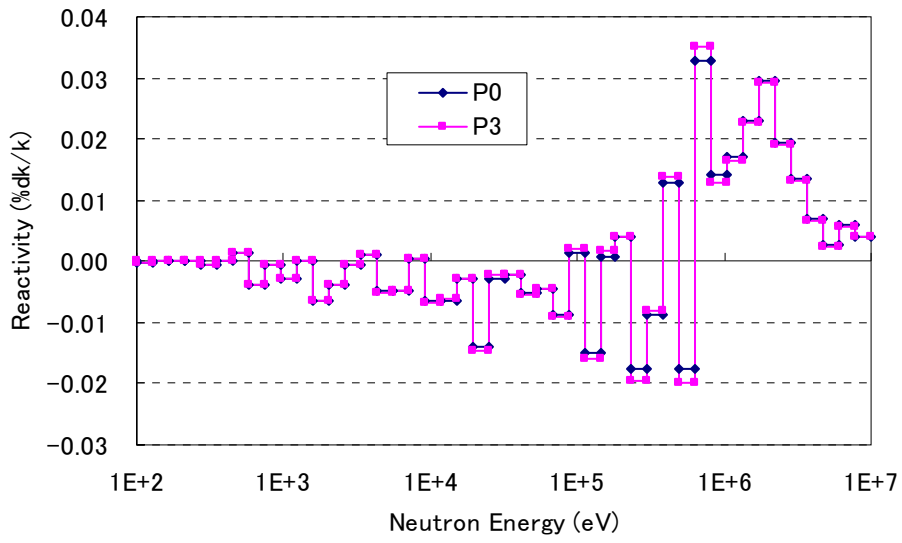


Fig.C.1 Scattering component with P0 and P3 calculations (BFS-69-1 JENDL-3.3)

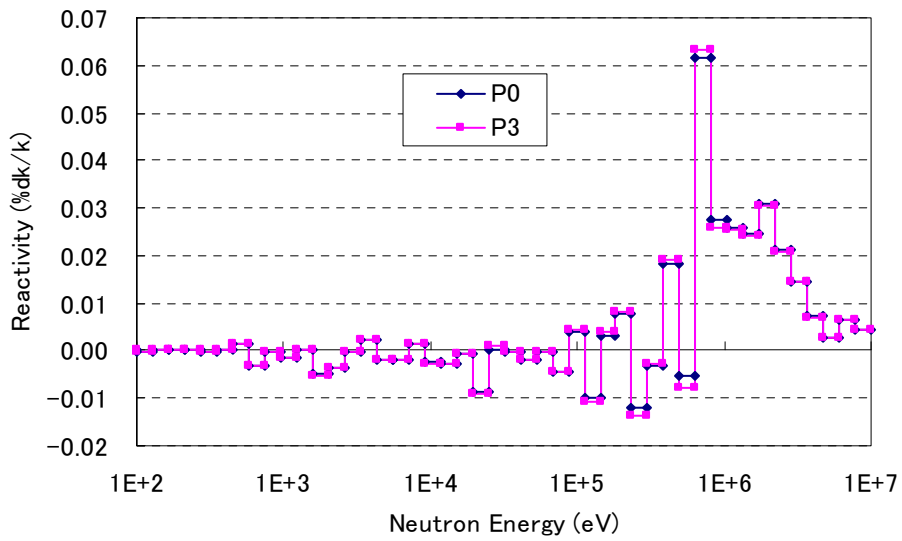


Fig.C.2 Scattering component with P0 and P3 calculations (BFS-69-2, JENDN-3.3)

Table C.5 C/E values with P0 and P3 calculations

		JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC-2008	ENDF/B-VII	Exp. Error
BFS-67-1R	P0	1.132	1.118	1.226	1.047	±0.05
	P3	1.100	1.087	1.196	1.015	
BFS-67-2R	P0	0.970	0.981	1.013	0.917	±0.04
	P3	0.955	0.966	0.998	0.902	
BFS-69-1	P0	0.903	0.926	0.881	0.924	±0.03
	P3	0.933	0.954	0.903	0.958	
BFS-69-2	P0	-0.121	-0.074	-0.583	0.606	±0.30
	P3	0.165	0.205	-0.309	0.899	
BFS-66-2 (28void)	P0	1.176	1.176	1.209	1.095	±0.04
	P3	1.160	1.160	1.193	1.079	
BFS-66-2A	P0	1.025	1.045	1.058	0.962	±0.02
	P3	1.012	1.031	1.044	0.948	
BFS-66-2 (88void)	P0	1.160	1.154	1.194	1.073	±0.02
	P3	1.145	1.139	1.180	1.058	
BFS-66-2A	P0	1.103	1.113	1.138	1.030	±0.01
	P3	1.089	1.099	1.124	1.016	

Table C.6 C-E values with P0 and P3 calculations

		JENDL-3.2	JENDL-3.3	JENDL/AC-2008	ENDF/B-VII	Exp. Error
BFS-67-1R	P0	0.82	0.73	1.37	0.29	±0.30
	P3	0.62	0.54	1.37	0.10	
BFS-67-2R	P0	-0.57	-0.36	0.24	-1.55	±0.81
	P3	-0.85	-0.65	-0.05	-1.85	
BFS-69-1	P0	3.45	2.63	4.22	2.72	±1.00
	P3	2.38	1.65	3.46	1.50	
BFS-69-2	P0	5.61	5.37	7.91	1.97	±1.50
	P3	4.17	3.97	6.54	0.51	
BFS-66-2 (28void)	P0	1.25	1.25	1.48	0.67	±0.30
	P3	1.14	1.13	1.37	0.56	
BFS-66-2A	P0	0.31	0.54	0.70	-0.46	±0.30
	P3	0.15	0.37	0.53	-0.62	
BFS-66-2 (88void)	P0	3.25	3.13	3.96	1.49	±0.41
	P3	2.95	2.84	3.67	1.18	
BFS-66-2A	P0	2.93	3.21	3.93	0.85	±0.41
	P3	2.54	2.82	3.54	0.45	

(Unit: β)

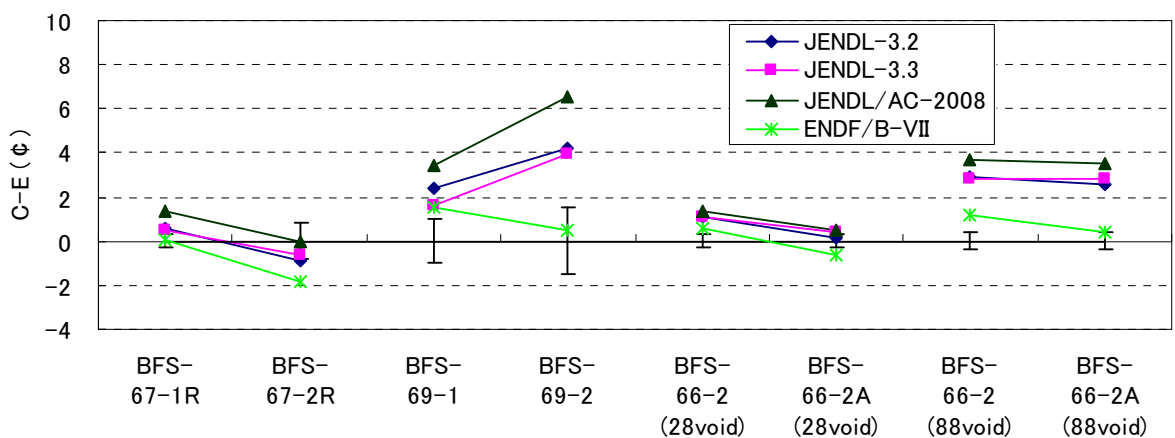


Fig.C.3 Results of Na void reactivity analysis with P3 calculation (C-E)

BFS-69-2 Na void reactivity

Table with 19 columns (Gp., Total, 1-18) and rows for isotopes U-235, U-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Np-237, H-1, C-12, O-16, Na-23, Al-27, Si-nat., Fe-nat., Cr-nat., Ni-nat., Ti-nat., Ga-nat., categorized by Capture, Mu average, Elastic, Inelastic, Fission, Nu, and (n,2n) with Fission spe.

This is a blank page.

