

高速実験炉「常陽」

臨界試験，低出力試験の経過及び結果一覧

1980年10月

動力炉・核燃料開発事業団

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technology Management Section, O-arai Engineering Center, Power Reactor
and Nuclear Fuel Development Corporation 4002, Narita O-arai-machi Higashi-
Ibaraki-gun, Ibaraki, 311-14, Japan

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

高速実験炉「常陽」

臨界試験，低出力試験の経過及び結果一覧

寺田和道^{*}・大竹俊英^{**}・山本 寿^{***}

要 旨

本報告書は，昭和52年3月より開始され同年11月に終了した高速実験炉「常陽」の臨界試験，低出力試験の経過及び試験結果を一覧としてまとめたものである。

試験結果は，設置変更許可申請書及び公認資料記載値（判定基準(A)）を満足していた。

判定基準(A)の項目としては，制御棒反応度値，反応度付加率，スクラム時間，ナトリウムボイド反応度等がある。

本報告書は，臨界試験，低出力試験の進展に従い作成した“性能試験進捗状況 — 臨界，低出力試験 — ”及び，“高速実験炉性能試験結果一覧（臨界，低出力試験）”を一括したものである。

本報告書の特徴は，主要な試験結果及び試験結果と設計値（予備解析値）との比較を行なっていることである。

* 大洗工学センター高速実験炉部技術課
** 大洗工学センター高速実験炉部照射課
*** 現在（株）日立製作所エネルギー研究所

Oct., 1980

Summary of the Initial Criticality and Low Power
Tests of JOYO

KAZUMICHI TERATA*, TOSHIHIDE OHTAKE**
and HISASHI YAMAMOTO***

Abstract

Initial Criticality testing of the JOYO experimental fast reactor was started in March, 1977 and low power testing was completed in November, 1977. This report describes the main results obtained during these sequences of tests, and compares design values (preliminary calculated values) with the experimental results. The test results confirmed that the measured values for Safety Rank A items satisfied the requirements stated in the safety analysis report and the construction permit report. Safety Rank A items are reactor safety parameters such as : reactivity worth of control rod, reactivity insertion rate, scram time, sodium void reactivity, etc. This report summarized the results of the two papers : "Start Up Test Progress Situation - Critical and Low Power Tests - " and "Summary of JOYO Start Up Test Results (Critical and Low Power Tests)", which were written during the testing periods.

* Reactor Technology Section, Experimental Fast Reactor Division,
O-arai Engineering Center, PNC.

** Irradiation Section, Experimental Fast Reactor Division.

*** Energy Research Laboratory HITACHI, LTD.

図 一 覧

- ☒ NT-1-1 臨界近接燃料装荷順序
- ☒ NT-1-2 64本炉心構成図及び70本炉心への燃料装荷順序
- ☒ NT-1-3 初期炉心構成後の炉心形状変更図
(NT-51炉心内流量分布試験前)
- ☒ NT-1-4 RR-2 仮校正曲線 (64本炉心)
- ☒ NT-1-5 冷却材温度反応度
- ☒ NT-1-6 中性子源効果 (温度補正済)
- ☒ NT-1-7 中性子源効果 (ガンマ線源部引抜時)
- ☒ NT-1-8 中性子計測チャンネルおよび燃料配置図
- ☒ NT-2-1 RR-1 校正曲線
- ☒ NT-2-2 RR-2 校正曲線
- ☒ NT-2-3 SR-1, 3, 4 校正曲線
- ☒ NT-2-4 SR-2 校正曲線
- ☒ NT-2-5 臨界点再現性試験運転実績
- ☒ NT-2-6 臨界点再現性試験
- ☒ NT-3-1 炉心周辺燃料反応度値の測定
- ☒ NT-3-2 ナトリウムボイド効果 (NT-32)
- ☒ NT-3-3 等温係数
- ☒ NT-4-1 起動系出力校正曲線
- ☒ NT-4-2 中間系出力校正曲線
- ☒ NT-4-3 出力校正曲線
- ☒ NT-4-4 冷却材温度変化による計数率比 (ch 1/ μ . F. C.) の変化
- ☒ NT-4-5 冷却材温度変化による計数率比 (ch 2/ μ . F. C.) の変化
- ☒ NT-4-6 臨界法による等温係数
- ☒ NT-4-7 U235 (n, f) 反応相対分布
- ☒ NT-4-8 U238 (n, f) 反応相対分布 (1)
- ☒ NT-4-9 U238 (n, f) 反応相対分布 (2)
- ☒ NT-4-10 Pu239 (n, f) 反応相対分布 (1)
- ☒ NT-4-11 Pu239 (n, f) 反応相対分布 (2)
- ☒ NT-4-12 Pu240 (n, f) 反応相対分布

- 図 NT-4-13 Th 232 (n, f) 反応相対分布
- 図 NT-4-14 F^{28}/F^{25} 相対分布 (Rod Pattern I)
- 図 NT-4-15 F^{49}/F^{25} 相対分布 (Rod Pattern I)
- 図 NT-4-16 F^{40}/F^{25} 相対分布 (Rod Pattern I)
- 図 NT-4-17 F^{32}/F^{25} 相対分布 (Rod Pattern I)
- 図 NT-4-18 JOYO CORE CONFIGURATION
- 図 NT-4-19 炉心部構成図 (燃料ラック内)
- 図 NT-4-20 炉心中心軸方向相対分布
- 図 NT-4-21 炉心中心軸方向相対分布
- 図 NT-4-22 炉心中心レベル径方向相対分布
- 図 NT-4-23 制御棒の出力分布への影響 (軸方向)
- 図 NT-4-24 制御棒の出力分布への影響 (3 F 1 軸方向)
- 図 NT-4-25 出力分布に及ぼす制御棒効果 (半径方向)
- 図 NT-5-1 炉心内流量分布試験結果 (100%)
- 図 NT-5-2 100% 流量時の設計流量に対する誤差 (%)
- 図 NT-5-3 1 次主冷却系流量 - 集合体流量直線性
- 図 NT-6-1 極性相関法
- 図 ST-2-1 中性子計測チャンネル配置図
- 図 ST-2-2 原子炉容器配置図
- 図 ST-2-3 炉心中心軸方向 U-235 Fission Counter Scanning
- 図 ST-2-4 Axial Dose Rate Distribution by Gamma Ionchamber
- 図 ST-2-5 熱中性子束軸方向分布
- 図 ST-2-6 M3 マンホール軸方向 γ 線線量率分布

表 一 覧

表NT-1-1	「常陽」臨界近接試験実績表 (NT-11)
表NT-1-2	炉心装荷燃料反応度
表NT-2-1	検査データに基づく制御棒組成
表NT-3-1	制御棒差し換えによる置換反応度
表NT-3-2	未臨界法による F → Na 置換反応度
表NT-3-3	ナトリウムボイド効果試験結果 (臨界パターン①)
表NT-3-4	ナトリウムボイド効果試験結果 (臨界パターン②)
表NT-3-5	ナトリウムボイド効果試験結果 (臨界パターン③)
表NT-4-1	炉容器内冷却材温度に対する Ch. 1/μ.F.C., Ch. 2/μ.F.C., Ch. D/μ.F.C. の変化率 $\frac{dm}{dT}$

目 次

I. まえがき	1
II. 試験の進捗及び主要な試験結果	2
III. 試験結果一覧	7
1. 臨界試験	11
2. 制御棒特性	29
3. 反応度効果	45
4. 出力較正, 出力分布	57
5. 温度・流量特性	89
6. 炉心動特性	95
7. 炉体まわり遮蔽特性	99

I ま え が き

本報告書は高速実験炉「常陽」に於ける臨界試験及び低出力試験の経過並びに試験結果を一覧としてまとめたものであり、試験結果と設計値（予備解析値）との比較を行なっている。

なお、上記試験は昭和52年3月より開始され同年11月に終了した。

- 本報告書中の判定基準〔A〕：高速実験炉設置変更許可申請書及び工認資料記載値
〔B〕：参考とするもの（設計値）

- 設計値出典：

常陽 - 3711 常陽核設計（Ⅱ）核設計計算書 昭和47年

ZJ 201 75-16 (2) 「常陽」第2期原子炉出力安全解析（Ⅱ） 昭和50年

ZJ 201 75-31 (2) 「常陽」第2期原子炉出力安全解析（Ⅲ） 昭和50年

II 試験の経過及び主要な試験結果

臨界試験，低出力試験の経過及び主要な試験結果は以下に示す通りである。

- | | |
|---------------------|--|
| 1. 臨界近接 (NT - 11) | (昭和 52 年 3 月 16 日～4 月 24 日) |
| 臨界達成 | 昭和 52 年 4 月 24 日 11 時 07 分 |
| 臨界本数 | 64 本 $\left\{ \begin{array}{l} \text{プルトニウム} : 128.4 \text{ kg} \\ \text{濃縮ウラン} : 598.4 \text{ kg (23 \%濃縮)} \end{array} \right\}$ |
| 制御棒位置 | 調整棒 2 : 550 mm 臨界確認
543.3 mm 一定化操作後
他の制御棒 : Full out |
| 推定出力 | ～ 1 kW |
| 炉心温度 | 205°C |
| 2. 臨界試験 (NT - 12) | (昭和 52 年 4 月 26 日～5 月 6 日) |
| 最小臨界本数 | $\left\{ \begin{array}{l} 63.2 \text{ at } 205^\circ\text{C} \\ 63.7 \text{ at } 250^\circ\text{C} \end{array} \right\}$ |
| 調整棒 2 価値 | 2.0 ₄ % $\Delta K/K$ (ペリオドおよび未臨界法による) |
| 周辺燃料価値 | 0.34 ₇ % $\Delta K/K$ (5 F 3 に装荷) |
| 等温係数 | $-3.67 \times 10^{-5} \Delta K/K/^\circ\text{C}$ (176°C～250°C) |
| 中性源効果 | $\Delta K \cdot n \approx 45$ (5 月 4 日時点)
n : 起動系 Ch. 1 計数 (cps) |
| 炉心余剰反応度
(65 本炉心) | 0.44 % $\Delta K/K$ (250°C) |

初期炉心 (定格運転) 構成用データ

燃料本数	70 本
推定余剰反応度	約 2.2 % $\Delta K/K$
$\left\{ \begin{array}{l} \text{温度補償} \\ \text{燃焼補償} \\ \text{運転余裕} \end{array} \right.$	0.8 (250°C → 50 MW)
	1.0 (45 日運転)
	0.4

3. 初期炉心構成 (NT-13) (昭和52年5月9日~5月19日)

炉心燃料装荷本数 5本 (70本炉心構成)

炉心余剰反応度

250°C	2.24 % ΔK/K
100°C (推定)	2.81 % ΔK/K (4.5 % ΔK/K 以下*)
50 MW定格初期	1.4 % ΔK/K

4. 制御棒特性 (昭和52年5月23日~5月28日)

(1) 制御棒較正 (NT-21)

調整棒価値	RR-1	2.13 % ΔK/K	} (1.4 % ΔK/K 以上*)	
(ペリオド法による)	-2	2.12 " "		**
安全棒価値	SR-1	2.23 " "	} (1.4 % ΔK/K 以上*)	
(臨界法による)	-2	2.21 " "		**
	-3	2.17 " "		**
	-4	2.17 " "		**

最大価値制御棒の

最大付加反応率 SR-1 0.0099 % ΔK/K/sec (0.015 % ΔK/K/sec 以下*)

(2) 炉停止余裕 (NT-22)

最大価値制御棒引抜 SR-1

(他の5本全挿入時 100°C 推定) 8.01 % ΔK/K (2.5 % ΔK/K 以上*)

(3) スクラム反応度

励磁「断」より全挿入 0.67 sec 以下 (1 sec 以下*)

落下開始より全反応度挿入 0.45 sec 以下

5. 等温係数 (NT-33) (昭和52年5月29日~5月31日)

170°C ≤ T ≤ 250°C -3.77 × 10⁻⁵ ΔK/K/°C (-3.6 × 10⁻⁵ ΔK/K/°C)**

6. 核出力較正, 出力分布 (昭和52年6月14日~6月23日)

(1) 核出力較正 (NT-41)

較正済のマイクロ核分裂計数管 (Pu-239) を炉心中心に案内管を介して挿入し, 炉心出力を測定し, 起動系および中間系を較正した。

(注) * 判定基準

** 設計計算値 (67本炉心)

- 起動系 Ch. 1 0.13 W/cps
- Ch. 2 0.19 W/cps
- 中間系 Ch. 3~5 5 kW/10⁻²% (指示値)

なお起動系と中間系とのオーバーラップは1デカード(1kW~10kW)

(2) 出力分布(軸方向)(NT-42)

U-235, U-238, Pu-239, Pu-240, Thの各マイクロ核分裂計数管で中心燃料の軸方向核分裂率を測定した。

7. 炉心内流量分布(NT-51) (昭和52年7月5日~7月12日)

電磁流量計で各オリフィス領域毎に約10点の燃料集合体のナトリウム流量を測定した。

領域	オリフィス領域	測定値(kg/s)	設計値(kg/s)	差(%)
炉心	0, 1列	7.71	7.35 ± 10%	+5
	2列	7.39	7.11 " "	+4
	3列	6.88	6.61 " "	+4
	4列	6.25	6.09 " "	+3
	5列	4.83	5.17 " "	-7
ブランケット	内側1列	1.22	1.26 " "	-3
	" 2列	0.94	0.98 " "	-4
	外側	0.37	0.37 " "	0

8. 低出力炉雑音測定(NT-62) (昭和52年7月23日~29日)

炉心中心に挿入したHe-3検出器により、動特性パラメータ(β/l)を測定した。

測定方法	測定値	計算値(C/R引抜時)
バンドパスフィルタ	1.74 × 10 ⁴ sec ⁻¹	1.77 × 10 ⁴ sec ⁻¹
極性相関法	1.74 × 10 ⁴ sec ⁻¹	

9. 燃料等価反応度(NT-31) (8月15日~23日)

位置	置換要素	測定値	計算値*	備考
4 F 1	F → B	-0.44(%ΔK/K)	-(%ΔK/K)	
5 F 4	F → B	-0.36	-0.35	
5 A 3	F → B	-0.32	-0.35	調整棒No.1に近接
5 C 3	F → B	-0.39	-0.38	中性子源に隣接
0 0 0	F → Na	-1.41	-2.03 (-1.65)**	
5 F 1	B → Na	-0.08	-0.38	

* C/R全引抜時(67本炉心) ** 直接計算R-Z二次元, 他は摂動

10. 炉体まわり遮へい特性 (ST-21) (昭和52年7月29日, 8月15日~21日)

炉出力1kW~100kWで中性子検出器(He-3, B-10), γ 線電離箱, TLD, 検出箱等により炉体まわりの遮へい体内の線量率分布を測定した。

測定場所 ⁽²⁾	線種	測定値 ⁽¹⁾	計算値 ^{(1),(3)}	備考
中心孔(燃料頂部)	n			(1) 100MW換算
	γ	2×10^6	$\sim 10^6$	単位
M-3マンホール孔 (炉容器壁外側)	n	2.8×10^{11}	4×10^{11}	n: 熱中性子
	γ	1.2×10^6	3×10^6	n/cm ² /s
予備検出器孔 (安全容器グラファイト中)	n	1.4×10^{10}	7×10^{11}	γ : rem/h
	γ	1.8×10^5	9×10^5	(2) 測定位置は中心孔
サーベランス孔	n	2.3×10^9	2×10^{11}	以外は炉心中心面
	γ	5.4×10^4	5×10^4	(3) γ 線量率の計算値
M-1マンホール (安全容器外側)	n	3.6×10^8	1×10^{11}	は炉心よりの γ 線
	γ	1.7×10^4	2×10^5	のみ考慮

11. 出力分布 (NT-42)

(イ) 半径方向 (9月5日~9月26日)

出力分布測定用特殊燃料集合体(炉心用5体, ブランケット用4体, 反射体用1体)を用いて半径方向出力分布および中性子束分布を測定した。検出箔はEU, DU, Pu, Th, Au, Ni, Cu等である。

(ロ) 炉内ラック内 (10月24日~10月29日)

炉内燃料貯蔵ラックに特殊燃料集合体を装荷し, ラック内に燃料を貯蔵した場合の出力(核分裂率)を測定した。

ケース	U-235 (n, f) ⁽¹⁾	U-238 (n, f) ⁽¹⁾
炉心燃料内 R 21	3.1 (%)	0.83 (%)
炉心燃料を R 13~15に装荷	R 15	3.1
	R 14	3.2
ブランケット内 R 30	6.2	~0.1
反射体内 R 1	7.4	~0.1

(1) 核分裂率の炉心中心燃料内に対する比 (%)

(ハ) 制御棒効果 (11月5日~11月12日)

制御棒に隣接した燃料集合体内の出力分布が, 制御棒50%挿入時に制御棒100%引抜

(Naチャンネル) 時からどの程度歪むか測定した。結果はAu, EU, DU foilで10~15% (隣接燃料の軸方向中心) である。

12. ナトリウムボイド効果 (NT-32) (10月1日~10月19日)

ナトリウムボイド効果測定用特殊燃料集合体を用いて半径方向のナトリウムボイド効果 (1集合体ボイド) を測定した。

領域	アドレス	測定値 ($10^{-2}\% \Delta K$)	計算値注 ($10^{-2}\% \Delta K$)
炉心	0	-2.5	-4.6
	1 F 1	-3.5	-4.8
	2 F 1	-4.2	-5.0
	3 F 1	-4.1	-4.3
	4 F 1	-3.0	-4.3
ブランケット	5 F 1	-1.0	-2.1
	6 F 1	-0.1	-0.9

注: Void 時の B_g^2 を用いた摂動 (R-Z)

III 試験結果一覧

臨界試験，低出力試験結果を一覧として以下に示す。なお，試験結果と設計値（予備解析値）との比較を行なっている。

試 驗 項 目

1. 炉心特性, 臨界試験
 - NT-11 臨界近接
 - NT-12 臨界試験
 - NT-13 初期炉心構成

実 施 期 間

昭和 52 年 3 月 16 日 ~ 5 月 19 日

I 炉心特性

NT-1 臨界試験

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
NT-11	<p>臨界近接</p> <p>(1)最小臨界炉心の 集合体本数</p> <p>(2)臨界達成時制御棒 位置</p>	<p>最小臨界炉心の 集合体本数: 61 ± 5 [B]</p>	<p>64 本 (63.22 本…冷却材温度 205 °C, 中性子源あり) 表NT-1-1, 図NT-1-1 参照</p> <p>•安全棒 1, 2, 3, 4 (SR- 1, 2, 3, 4) 調整棒 1 (RR-1) 全引抜き •調整棒 2 (RR-2) 543.3mm 引抜き (77.6%) •RR-2 反応度価値 図NT-1-4 参照</p>	<p>61 ± 5 本 (冷却材温度 250 °C) (61.00 本, 中性子源あり)</p>	<p>1. { 1次系温度 約 200°C " 流量 約 20% 炉出力</p> <p>2. 臨界達成時炉心構成 図NT-1-1 参照</p> <p>3. 臨界達成時炉出力 1.14 kW (ch 1 9×10³ cps)</p>
NT-12	<p>臨界試験</p> <p>(1)制御棒反応度価値</p>	<p>調整棒反応度価値 (2本): 2.8%ΔK/K 以上 [A]</p>	<p>4.094 %ΔK/K</p> <p>RR-1: 2.055 %ΔK/K RR-2: 2.039 " SR-1: 2.333 " SR-2: 2.406 " SR-3: 2.057 "</p>	<p>4.07 %ΔK/K (333 ~ 480 %ΔK/K)</p> <p>調整棒 1 本 1.92%ΔK/K (1.58 ~ 2.27 %ΔK/K) 安全棒 3 本 5.82%ΔK/K (4.77 ~ 6.87 %ΔK/K)</p>	<p>1. { 1次系温度 約 200°C " 流量 約 20% 炉出力</p> <p>•ペリオド法 0.013~0.13kW (ch 1 1×10²~1×10³ cps)</p> <p>•未臨界法 0</p>

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
			SR-4: 2.037%ΔK/K RR-2: ペリオド法+未臨界法 SR-3の干渉効果あり RR-1, SR-1~SR-4: 未臨界法 干渉効果なし	安全棒4本 7.61%ΔK/K (6.24~8.99%ΔK/K) 制御棒5本 9.61%ΔK/K (7.88~11.34%ΔK/K) 制御棒6本 11.53%ΔK/K (9.46~13.61%ΔK/K)	2. 64本炉心 3. 仮較正值である。 4. FCA実験結果よりの外挿値(64本炉心) 調整棒1本 1.91%ΔK/K (1.53~2.30%ΔK/K, 干渉効果なし) 安全棒1本 1.99%ΔK/K (1.59~2.40%ΔK/K, 干渉効果なし) 調整棒2本 4.02%ΔK/K (3.21~4.82%ΔK/K, 含む干渉効果) 安全棒4本 7.90%ΔK/K (6.30~9.49%ΔK/K, 含む干渉効果) 安全棒3本 5.58%ΔK/K (4.45~6.72%ΔK/K, 含む干渉効果) 制御棒5本 9.07%ΔK/K (7.25~10.88%ΔK/K, 含む干渉効果)

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果			設計値			備考(プラント状態等)	
	(2)周辺燃料反応度値	0.35%ΔK/K/ 1本〔B〕	5 F 3 位置で 0.347%ΔK/K (冷却材温度約 205℃, 調整棒 2 仮較正曲線使用)			第 5 列平均値 0.35%ΔK/K/1本			1. { 1次系温度 約 200℃ " 流量 約 20% 炉出力 1.3 kW 2. 摂動計算は 67 本炉心基準 3. 本周辺燃料反応度値は予備的なものであり, NT-31 (燃料等価反応度, 8 月実施予定) で正式に測定する。	
			炉心装荷燃料本数	装荷位置	燃料反応度値 %ΔK/K	炉心燃料集合体位置	燃料反応度値			
						制御棒引抜時 摂動計算	調整棒挿入時 摂動計算			
			65 本目	5 F 3	0.396		%ΔK/K	%ΔK/K		
			66 本目	5 E 3	0.743/2	5 F 3	0.359	0.420		
			67 本目	5 B 3	本 = 0.3715	5 E 3	0.351	0.372		
			68 本目	5 B 2	0.652/2	5 B 3	0.346	0.364		
			69 本目	5 D 2	= 0.326	5 B 2	0.311	0.305		
			70 本目	5 F 2	0.307	5 D 2	0.314	0.307		
						5 F 2	0.346	0.406		
	(3)等温係数	-3.6×10^{-3} %ΔK/K/°C (200℃ ≤ T ≤ 250℃)〔B〕	(70 本炉心の調整棒較正曲線使用, 冷却材温度 200℃) 表 NT-1-2 参照 -3.67×10^{-3} %ΔK/K/°C (176℃ ≤ T ≤ 250℃) 図 NT-1-5 参照			-3.63×10^{-3} %ΔK/K/°C ($-5.28 \times 10^{-3} \sim -2.02 \times 10^{-3}$ %ΔK/K/°C) (150℃ ≤ T ≤ 250℃)			1. { 1次系温度 176℃~250℃ " 流量 約 20% 炉出力 1.3 kW	
	(4)中性子源効果		i) r 線源部を引抜くことよ って 44 φ (0.022%ΔK/K) の正の反応度 ii) r 線源部挿入時 ch 1 1×10^4			11.6 φ (予測値は計算値のみによっ て求めており, 実験値によ る裏付けがない。又, 計算				1. { 1次系温度 約 250℃ " 流量 約 20% 炉出力 0 ~ 26 kW

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
NT-13	初期炉心構成 (1)初期炉心 (2)余剰反応度 (3)追加する燃料集合体本数	4.5%ΔK/K 以下(100°Cに於ける推定値)(A) 1.5%ΔK/K 以下(定格時推定) [B] 6 [B]	cps (1.27 kW) 以上では中性子源の影響は殆んどない。図NT-1-5 参照 ii) r 線源部引抜時 ch1 5×10 ³ cps (~0.65kW) 以上では中性子源の影響は殆んどない。図NT-1-7 参照 70 本(炉心構成位置図NT-1-2, 図NT-1-3 参照) • 2.81%ΔK/K (100°C 外挿値) • 2.24%ΔK/K (250°C) • 1.4%ΔK/K (50 MW 外挿値) 6 (70 本炉心)	モデルも比較的簡略化した扱いなので結果の信頼性は必ずしも高くない) • 2.826%ΔK/K (100°C, 熱湾曲 0.1%ΔK/K 除外) (2.253~3.582%ΔK/K) • 2.276%ΔK/K (250°C 熱湾曲除外) (1.927~2.692%ΔK/K) • 1.5%ΔK/K(熱湾曲除外) 68 本炉心 (62 本~75 本)	1. { 1次系温度 約 250°C " 流量 100 % 炉出力 10 kW 2. 定常運転時の中性子源位置未定(但し第7列)

試験番号	試験項目	判定基準	試験項目	設計値	備考(プラント状態等)
	(4)炉心組替え前と炉心組替え後の70本初期炉心体系の余剰反応度		<ul style="list-style-type: none"> ・ 組み替え前初期炉心余剰反応度 2.247%ΔK/K ・ 組み替え後初期炉心余剰反応度 2.260%ΔK/K 入れ替え後 0.013%ΔK/K 反応度増加 ^注		3.注：①調整棒に近い位置（インポートランス小）に炉心燃料が配置されたことによる負の反応度効果 ②5C2の中性子源に近い場所（中性子のスペクトルがソフト）に炉心燃料が配置されたことによる正の反応度効果 ②>>①

No.

表NT-1-1 「常陽」臨界近接試験実績表
(NT-11)

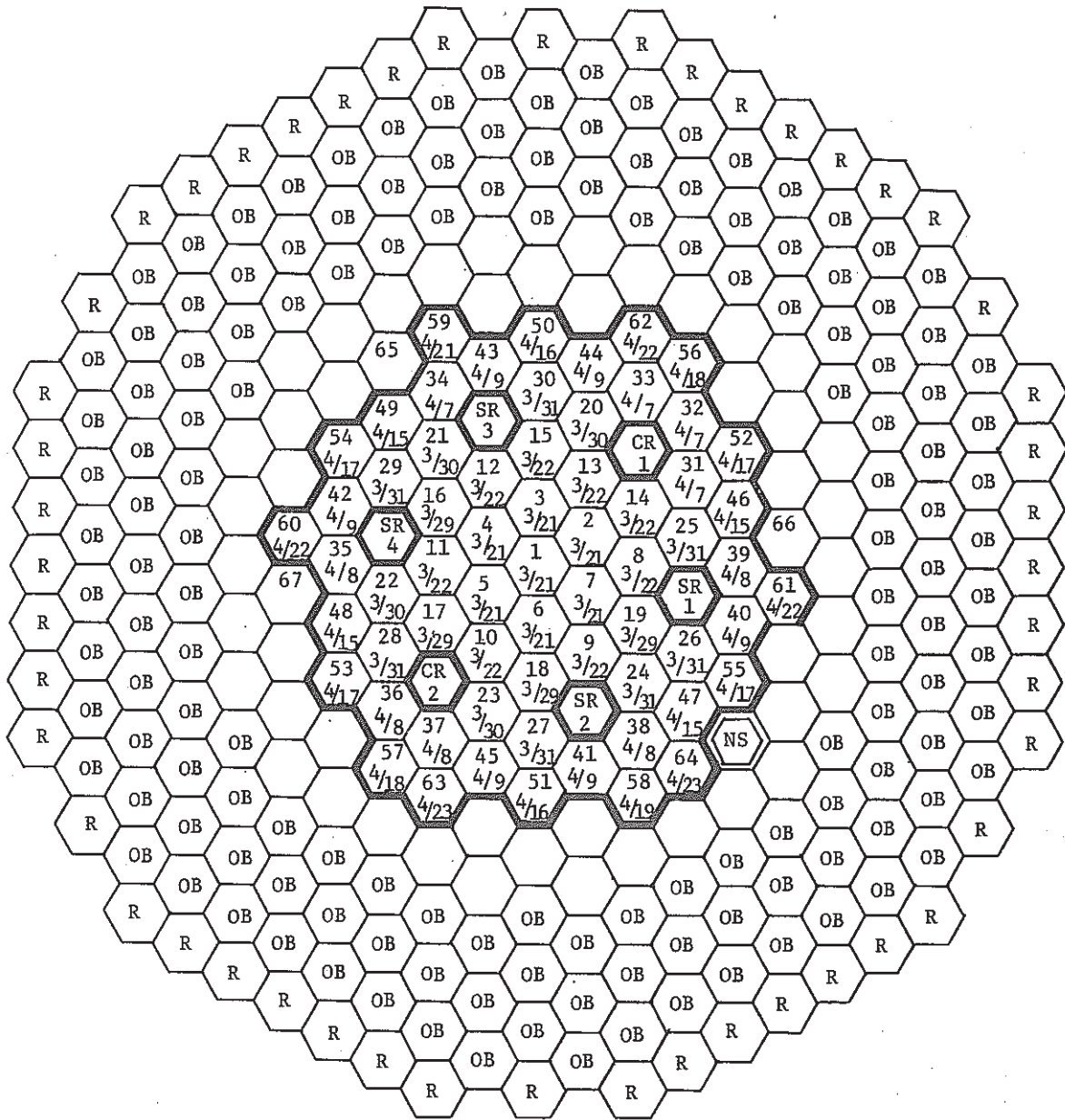
1. 燃料装荷実績表

ステップ No	新燃料炉内移送		炉心装荷		開始 月/日	完了 月/日	臨界本数(注) (推定)
	移送本数	移送総数	装荷本数	装荷総数			
1	30	30	19	19	3/16	3/30	—
2	15	45	12	31	3/30	4/7	—
3			8	39	/	4/8	—
4			6	45	/	4/9	M.CM: 53
5	15	60	4	49	4/10	4/15	55
6			2	51	/	4/16	57
7			2	53	/	4/17	59
8			2	55	/	4/17	60
9			2	57	/	4/18	63
10			1	58	/	4/19	63
11	5	65	1	59	4/20	4/21	63
12			1	60	4/21	4/22	63
13			1	61	/	4/22	64
14			1	62	4/22	4/23	64
15			2	64	4/23	4/24	臨界達成

2. 特記事項

臨界達成 昭和52年4月24日11時07分

(注) 逆増培曲線による。(設計値: 61 ± 5本)



64体

炉心構成 4/23

図 NT-1-1 臨界近接燃料装荷順序 臨界

S 52.4.24-11:07

表 NT-1-2 炉心装荷燃料反応度

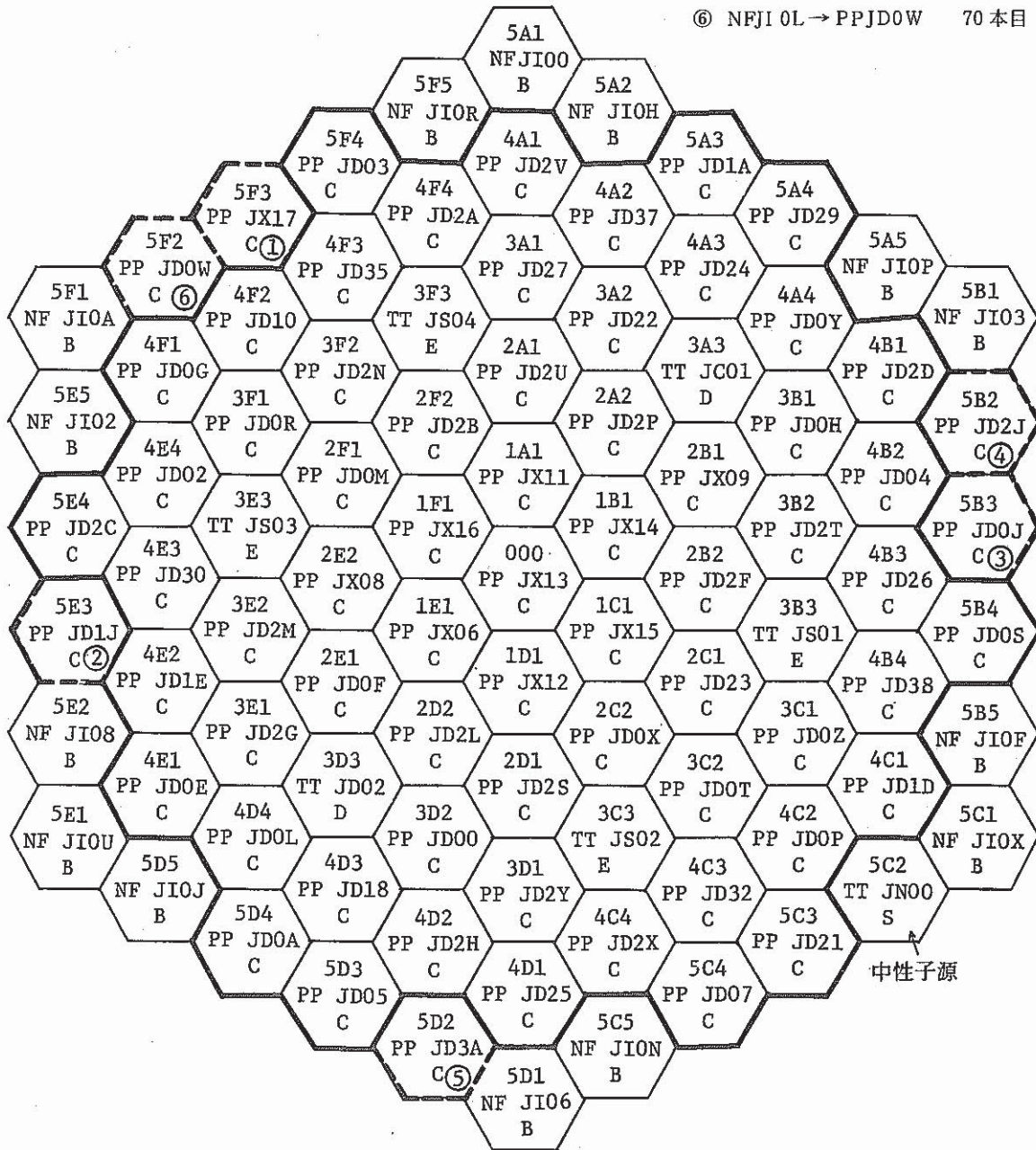
(70本炉心の調整棒校正曲線を用いる)

炉心 装荷燃料本数	臨界点調整棒位置		余剰反応度 (%ΔK/K)	温度補正	余剰反応度 (%ΔK/K)	装荷燃料集合体 反応度(%ΔK/K)	備 考
	RR-1 (mm)	RR-2 (mm)					
64本	700	543.3	0.32 (0.0) (0.32)	0.0 (200°C)	0.32		
65本	700	440	0.72 (0.0) (0.72)	-0.0037 (199°C)	0.716	0.396 / 本	0.396 / 本
67本	537	350	1.472 (0.342) (1.13)	-0.0130 (1965°C)	1.459	0.743 / 2本	0.3715 / 本
69本	384.5	350	2.107 (0.977) (1.13)	+0.0037 (201°C)	2.111	0.652 / 2本	0.326 / 本
70本	350	317	2.417 (1.142) (1.275)	0.0 (200°C)	2.417	0.307 / 本	0.307 / 本

 $\alpha = -3.70 \times 10^{-3} \% \Delta K / K / ^\circ C$: 等温係数

標準温度 200°C とする (250°Cでの70本炉心の余剰反応度は2.24 %ΔK/Kとなる)

- ① NFJI 10 → PPJX17 65 本目
- ② NFJI 07 → PPJD1J 66 本目
- ③ NFJI 00 → PPJD0J 67 本目
- ④ NFJI 0Y → PPJD2J 68 本目
- ⑤ NFJI 0C → PPJD3A 69 本目
- ⑥ NFJI 0L → PPJD0W 70 本目

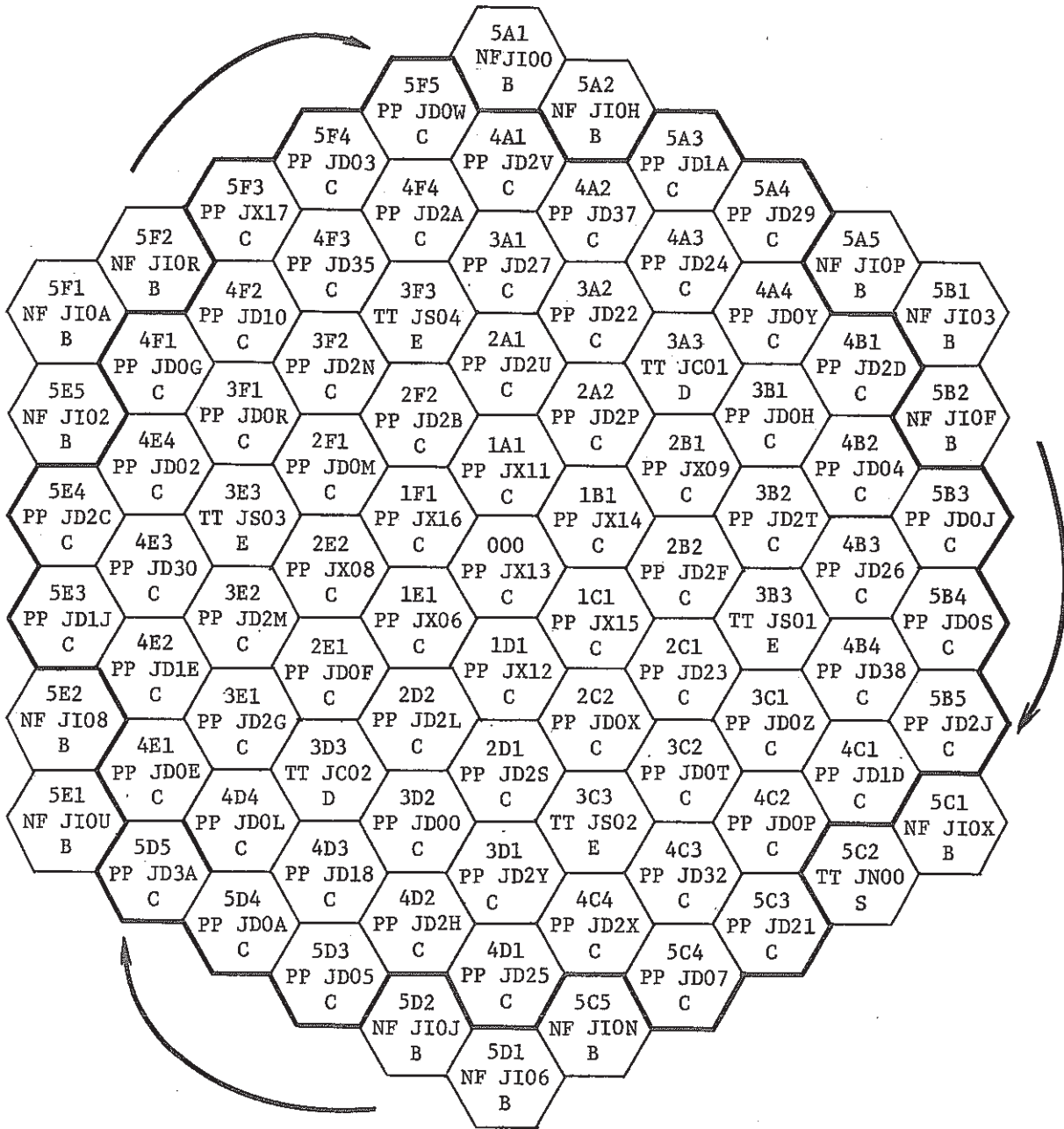


INSPECTION DATE : 1977/06/08

INITIAL CORE

JOYO CORE CONFIGURATION

図 NT-1-2 64 本炉心構成図及び 70 本炉心への燃料装荷順序

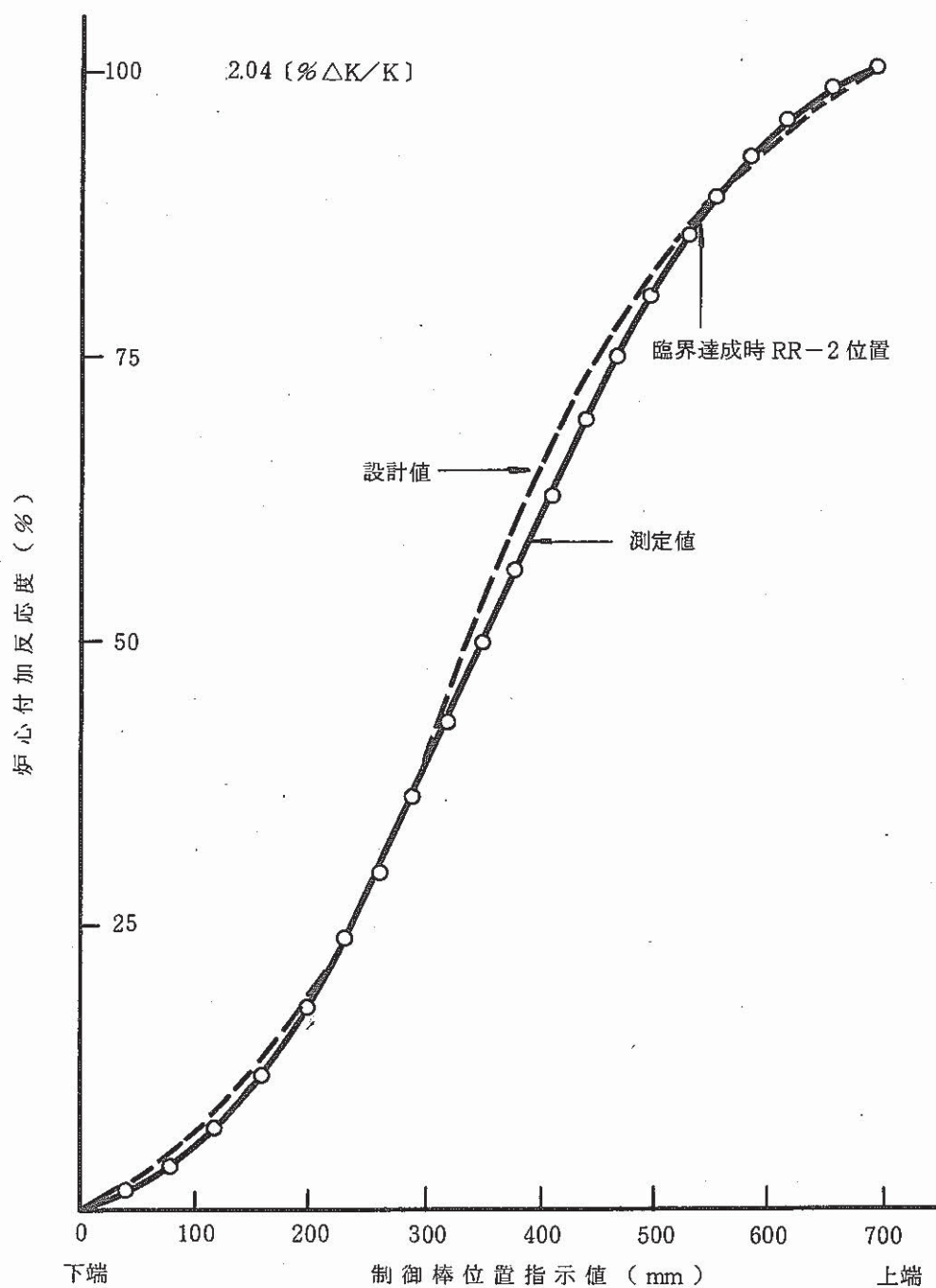


NT-51 FLOW DISTRIBUTION

DATE : 1977/07/06

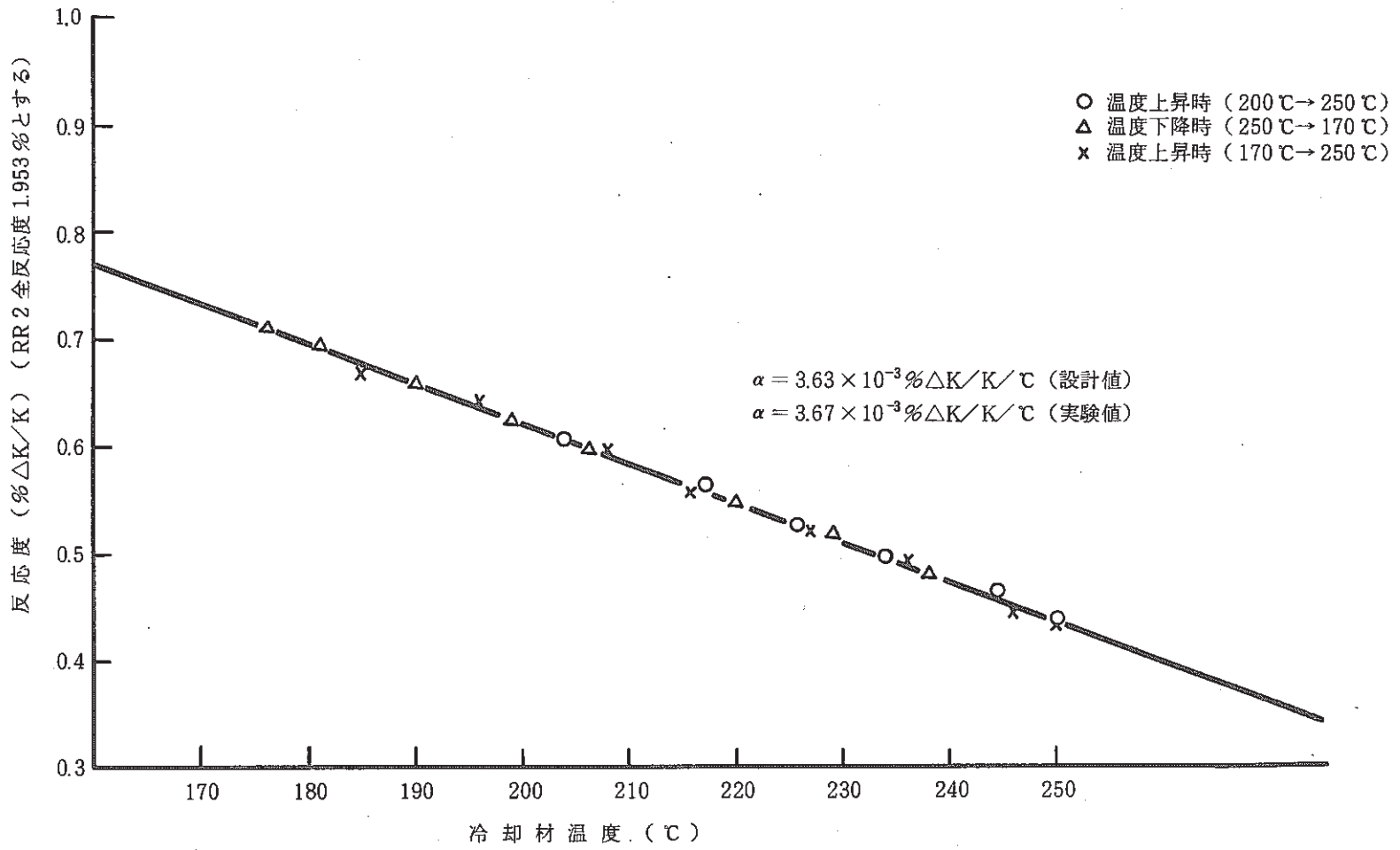
JOYO CORE CONFIGURATION

図 NT-1-3 初期炉心構成後の炉心形状変更図
(NT-51 炉心内流量分布試験前)



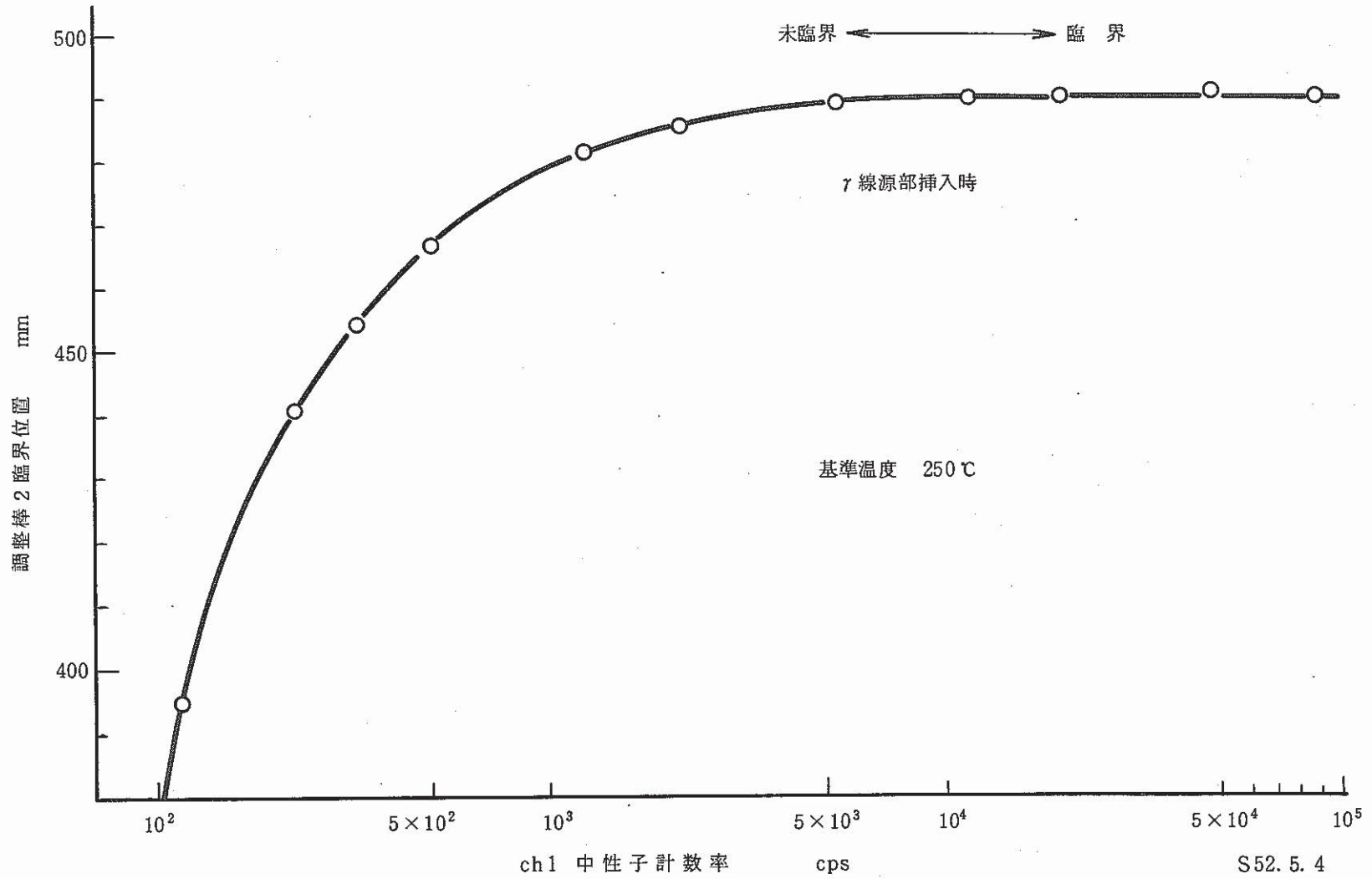
図NT-1-4 RR-2 仮校正曲線 (64本炉心)

S52. 4. 26測定データ

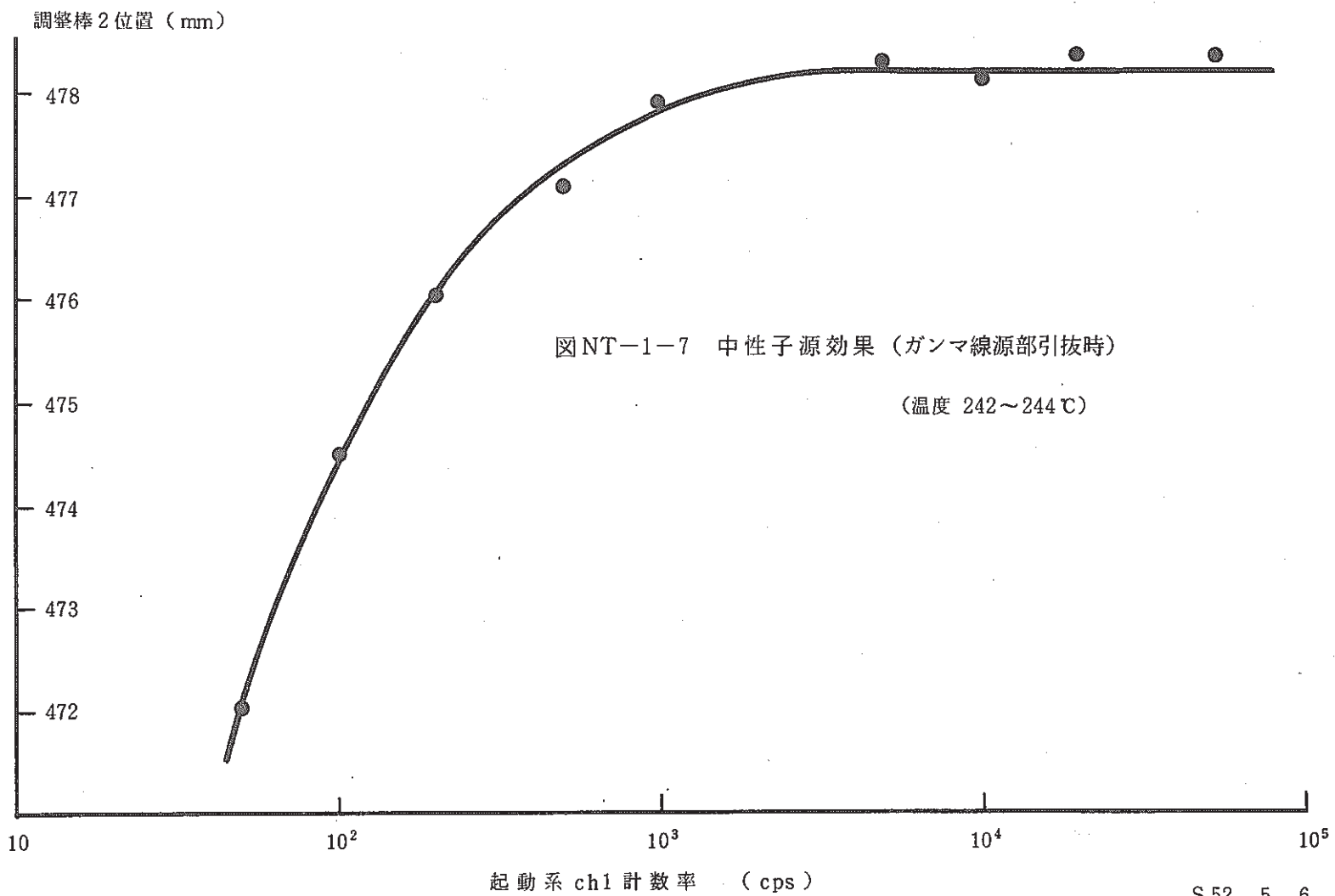


図NT-1-5 冷却材温度 反応度

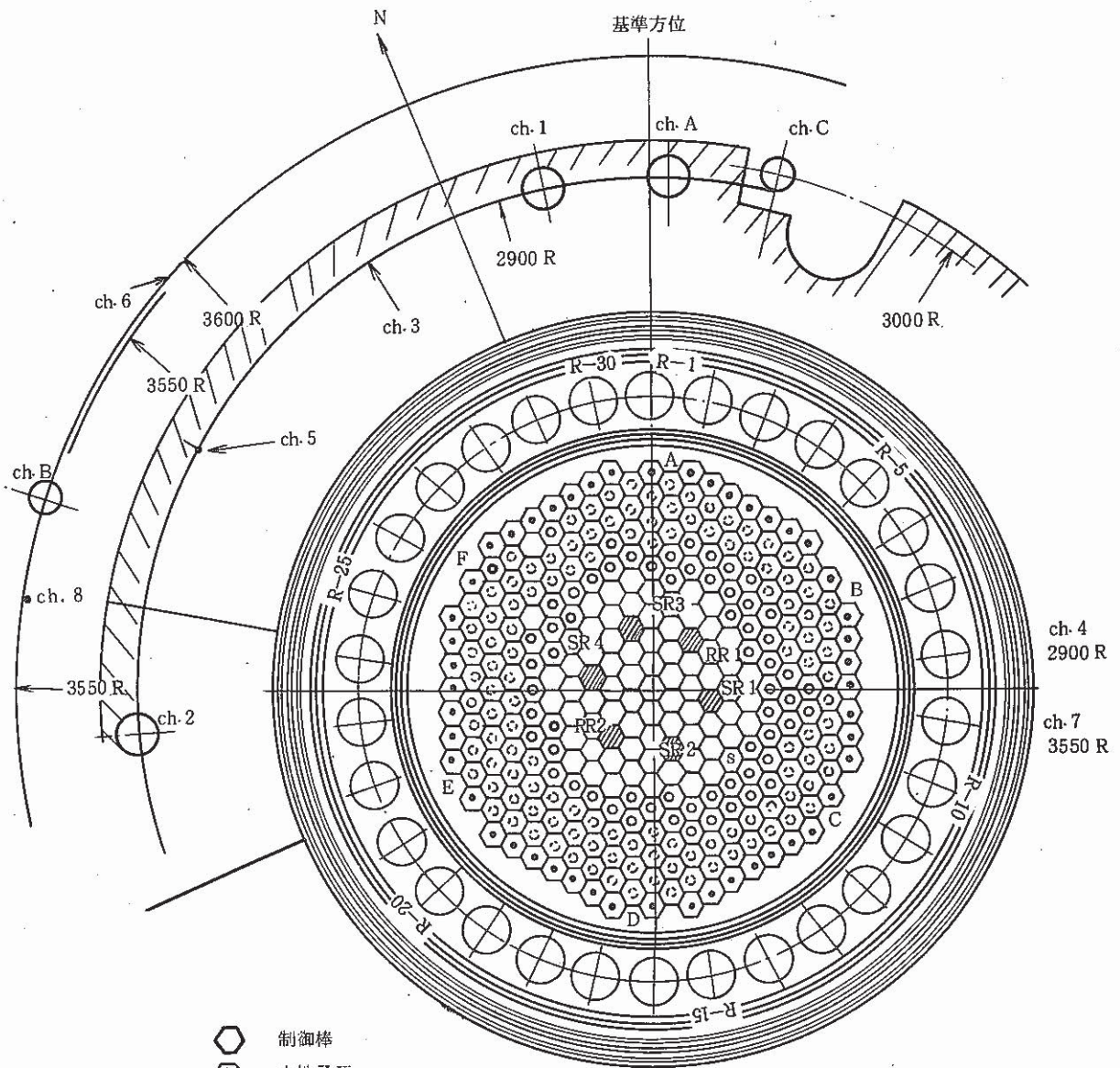
炉心燃料本数 65本



図NT-1-6 中性子源効果 (温度補正済)



S 52. 5. 6



制御棒
 中性子源
 グラファイト領域境界

ch. A	BF ₃ , B-10	臨界近接用予備チャンネル
ch. B	BF ₃ , B-10	
ch. C	BF ₃	
ch. 1	FC.	起動系
ch. 2	FC.	
ch. 3~ch. 5	FC.	中間系
ch. 6~ch. 8	CIC	出力系

図 NT-1-8 中性子計測チャンネルおよび燃料配置図

試 験 項 目

- 2. 炉心特性, 制御棒特性
 - NT-21 制御棒較正
 - NT-22 炉停止余裕
 - NT-23 スクラム反応度

実 施 期 間

昭和 52 年 5 月 23 日 ~ 5 月 28 日

1 炉心特性

NT-2 制御棒特性

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
NT-21	制御棒較正 (1)調整棒反応度値	調整棒2本反応度値: 2.8%ΔK/K以上〔A〕	4.25%ΔK/K(調整棒2本) %ΔK/K RR-1: 2.13(±0.02) RR-2: 2.12(±0.02) SR-1: 2.23(±0.03) SR-2: 2.21(±0.03) SR-3: 2.17(±0.03) SR-4: 2.17(±0.03) RR-1: RR-2の干渉効果あり RR-2: RR-1 " SR-1, 3: RR-2 " SR-2, 4: RR-1 " ☒NT-2-1, ☒NT-2-2, ☒NT-2-3, ☒NT-2-4 参照	4.01%ΔK/K (3.29~4.73%ΔK/K) 調整棒1本 1.90%ΔK/K (1.56~2.24%ΔK/K) 安全棒3本 5.74%ΔK/K (4.71~6.77%ΔK/K) 制御棒5本 9.47%ΔK/K (7.76~11.18%ΔK/K) 制御棒6本 11.36%ΔK/K (9.32~13.41%ΔK/K)	1. 70本炉心(☒NT-2-1参照) 1次系温度 250°C " 流量 100% 炉出力 •ベリオド法(RR-1, RR-2の1部) 0.137~12.2kW (ch1 1×10 ³ ~1×10 ⁵ cps) •置換法(RR-2, SR-1~SR-4) 1.27kW(ch1 1×10 ⁵ cps) 2. FCA実験結果よりの外挿値 (70本炉心) 調整棒1本 1.89%ΔK/K (1.51~2.26%ΔK/K, 干渉効果なし) 安全棒1本 1.97%ΔK/K (1.57~2.36%ΔK/K, 干渉効果なし)

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
	(2)安全棒反応度価値	安全棒4本反応度価値: 5.6 %ΔK/K以上	8.78%ΔK/K	7.50%ΔK/K (6.15~8.86%ΔK/K)	調整棒2本 3.96%ΔK/K (3.17~4.75%ΔK/K, 含む 干渉効果)
	(3)反応度付加率 ^{注1}	{A} 0.015%ΔK/K/sec以下 [A]	RR-1: 0.00985 RR-2: 0.00970 SR-1: 0.00985 SR-2: 0.00974 SR-3: 0.00964 SR-4: 0.00980	0.010%ΔK/K/sec (0.014~0.006%ΔK/K/sec)	安全棒4本 7.78%ΔK/K (6.21~9.35%ΔK/K, 含む 干渉効果)
		根拠制御棒反応度価値最大値を0.0267 ΔK/K/本	SR-1: 0.00985 SR-2: 0.00974 SR-3: 0.00964 SR-4: 0.00980		安全棒3本 5.50%ΔK/K (4.39~6.62%ΔK/K, 含む 干渉効果)
		S字カーブ上反応度変化率最大値を0.0068%ΔK/K/cm, 制御棒駆動速度13 cm/min	RR-1: 2.07 0.0476 RR-2: 2.05 0.0473 SR-1: 2.04 0.0483 SR-2: 2.05 0.0475 SR-3: 2.05 0.0470 SR-4: 2.06 0.0476	0.046%ΔK/K/cm (0.064~0.028%ΔK/K/cm)	制御棒5本 8.94%ΔK/K (7.15~10.72%ΔK/K, 含む 干渉効果)
	(4)干渉効果		RR-1はSR-2 或いはSR-4 挿入により2%反応度が増加 (設計値) するとすれば ・RR-1に対しRR-2挿入に より6~8%の反応度増加 効果	干渉効果係数 RR-1 1.00 RR-1+SR-3 0.93 RR-1+SR-4 1.02 RR-1+RR-2 1.05 RR-1+SR-3+SR-4 0.93	4. 制御棒組成を表NT-2-1 に示す。 5. 注1: 試験結果としての反応 度付加率は各制御棒ス トローク300~400 mm 間の平均反応度付加率 をもって最大値として いる。

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
			<ul style="list-style-type: none"> RR-1に対しSR-1或いはSR-3挿入により7~10%の反応度減少効果 	干渉効果係数 RR-1+RR-2+SR-3 1.01 RR-1+SR-4+SR-2 1.06 RR-1+RR-2+SR-3 +SR-4 0.95 RR-1+SR-2+SR-3 +SR-4 1.01 RR-1+RR-2+SR-2 +SR-3 0.99 RR-1+RR-2+SR-2 +SR-3+SR-4 1.00 全挿入 1.00	
			<ul style="list-style-type: none"> RR-1のあるストロークにおける反応度を干渉相手(RR-2, SR-3, SR-4)を変えてペリオド法で測定し反応度値を比較する。^{注2} 	RR-1+RR-2 1.07 RR-1+SR-3 0.92 RR-1+SR-4 1.02	RR-1+RR-2 1.05 RR-1+SR-3 0.93 RR-1+SR-4 1.02
	(5) 1次系流量変化による臨界点のずれ		流量を増加させると余剰反応度が減る方向に働く。 ^{注3}		6.注2: RR-1+SR-4を1.02と仮定する。 7.注3: 温度補正済

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
NT-22	(6)各制御棒デラッチ後の臨界点のずれ		(i)流量 20 → 50 % 約 $-1 \times 10^{-2} \% \Delta K / K$ (ii)流量 20 → 100 % 約 $-3 \times 10^{-2} \% \Delta K / K$ 図 NT-2-5 参照 最大値は $-1.5 \times 10^{-2} \% \Delta K / K$ 図 NT-2-6 参照		
	炉停止余裕 (1)炉停止余裕(シャットダウンマージン)		10.78%ΔK/K (250℃, 制御棒 6 本)	9.26%ΔK/K (250℃) (6.70 ~ 11.74%ΔK/K)	1. { 1次系温度 250℃ " 流量 100% 炉出力 0
	(2)制御棒ワンロードスタック	最大反応度値を持つ制御棒 1 本が完全に引抜かれた状態に於いて原子炉が十分未臨界に保たれること。[A]	8.01%ΔK/K (100℃, 制御棒 5 本)の未臨界度	6.82%ΔK/K (100℃) (4.27 ~ 9.17%ΔK/K)	
(3)安全棒ワンロードスタック	安全棒スタック時安全棒 3 本に	6.55%ΔK/K (250℃, 安全棒 3 本)の未臨界度	5.74%ΔK/K (250℃) (4.71 ~ 6.77%ΔK/K)		

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)																		
NT-23	スクラム反応度 (1)スクラム時間	よる未臨界度 (250°C) 1.8 %ΔK/K以上 [B]	SR-1: 0.666 sec, 0.667 sec 0.659 sec, 0.663 sec 0.663 sec SR-2: 0.638 sec, 0.636 sec SR-3: 0.658 sec, 0.650 sec 0.653 sec SR-4: 0.661 sec, 0.666 sec 0.658 sec, 0.659 sec	1秒以下	1. { 1次系温度 ~ 250°C 1次系流量 ~ 100% 炉出力 ~ 6.5 kW 2.注1: Inverse Kinetics法																		
	(2)安全棒反応度価値	マグネット OFFから位置検 出コイル感知ま での時間: 1秒 以下 [A] 反応度の93% 挿入時間: 1秒 以下 [B]	安全棒価値(ロッドドロップ 法注1) <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">安全棒価値%ΔK/K</th> </tr> <tr> <th>ch 1</th> <th>ch 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SR-1</td> <td>2.05</td> <td>2.02</td> </tr> <tr> <td>SR-2</td> <td>2.07</td> <td>2.10</td> </tr> <tr> <td>SR-3</td> <td>2.39</td> <td>2.19</td> </tr> <tr> <td>SR-4</td> <td>2.21</td> <td>2.28</td> </tr> <tr> <td>平均</td> <td>2.18</td> <td>2.17</td> </tr> </tbody> </table>			安全棒価値%ΔK/K		ch 1	ch 2	SR-1	2.05	2.02	SR-2	2.07	2.10	SR-3	2.39	2.19	SR-4	2.21	2.28	平均	2.18
	安全棒価値%ΔK/K																						
	ch 1	ch 2																					
SR-1	2.05	2.02																					
SR-2	2.07	2.10																					
SR-3	2.39	2.19																					
SR-4	2.21	2.28																					
平均	2.18	2.17																					

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果			設計値	備考(プラント状態等)	
	(3)安全棒干渉効果		干渉係数 ^{注1}					
			ch 1	ch 2	平均			
			SR-1 + SR-2	0.92	0.94			0.93
			SR-1 + SR-3	1.08	1.01			1.05
			SR-1 + SR-4	1.06	1.09			1.08
			SR-3 + SR-4	1.02	1.00			1.01
			SR-1 + SR-2 + SR-3 + SR-4	1.07	1.10			1.09

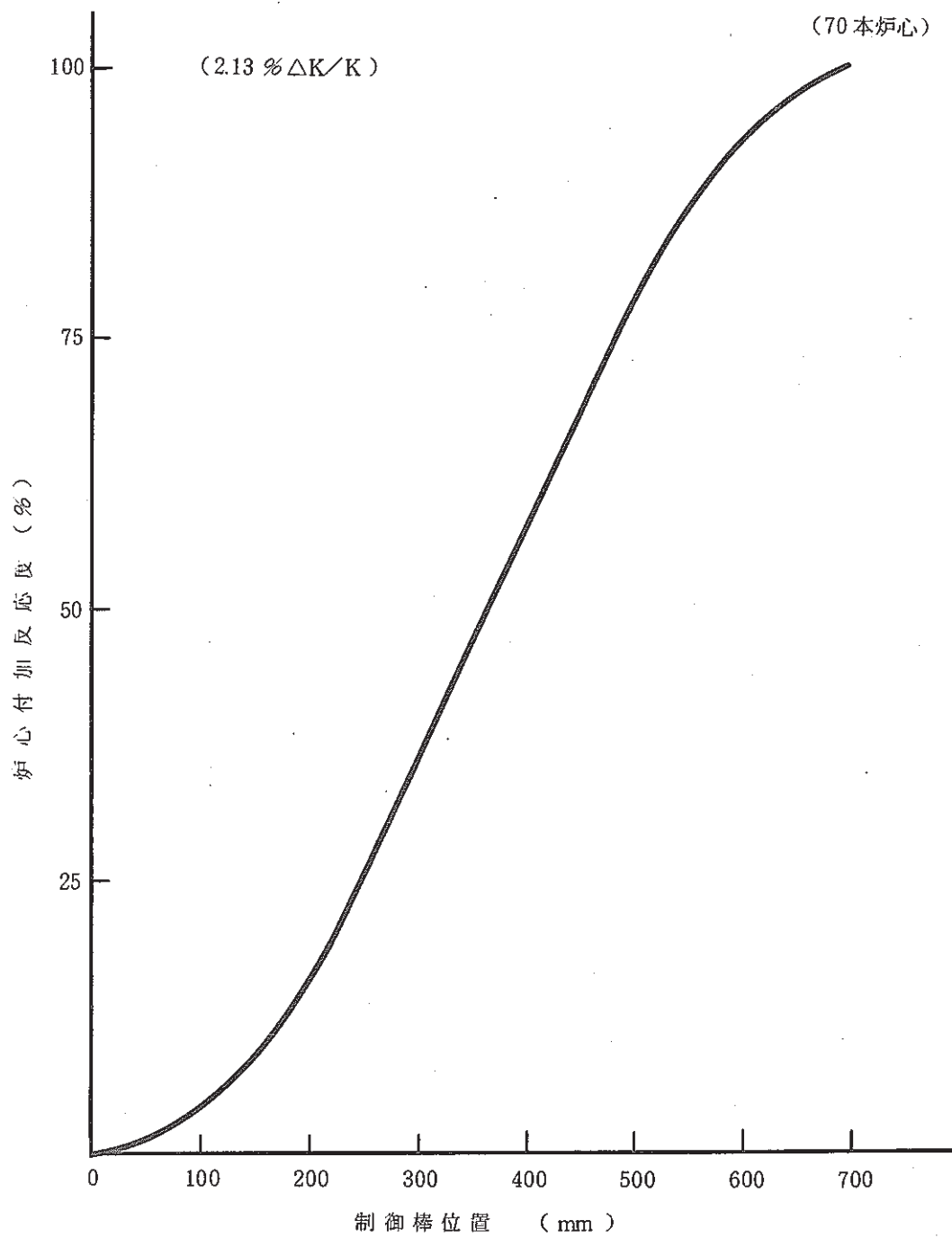
表NT-2-1 検査データに基づく制御棒組成 (1/2)

	B ₄ C重量(g)	B 10 重量(g)
TTJC 01 (3A3)	2046.884	1459.737
TTJC 02 (3D3)	2044.952	1458.359
TTJS 01 (3B3)	2048.424	1460.835
TTJS 02 (3C3)	2047.360	1460.077
TTJS 03 (3E3)	2047.024	1459.837
TTJS 04 (3F3)	2047.976	1460.516
{ total B (av)		77.77 wt %
{ B 10 濃縮度		91.70 wt %

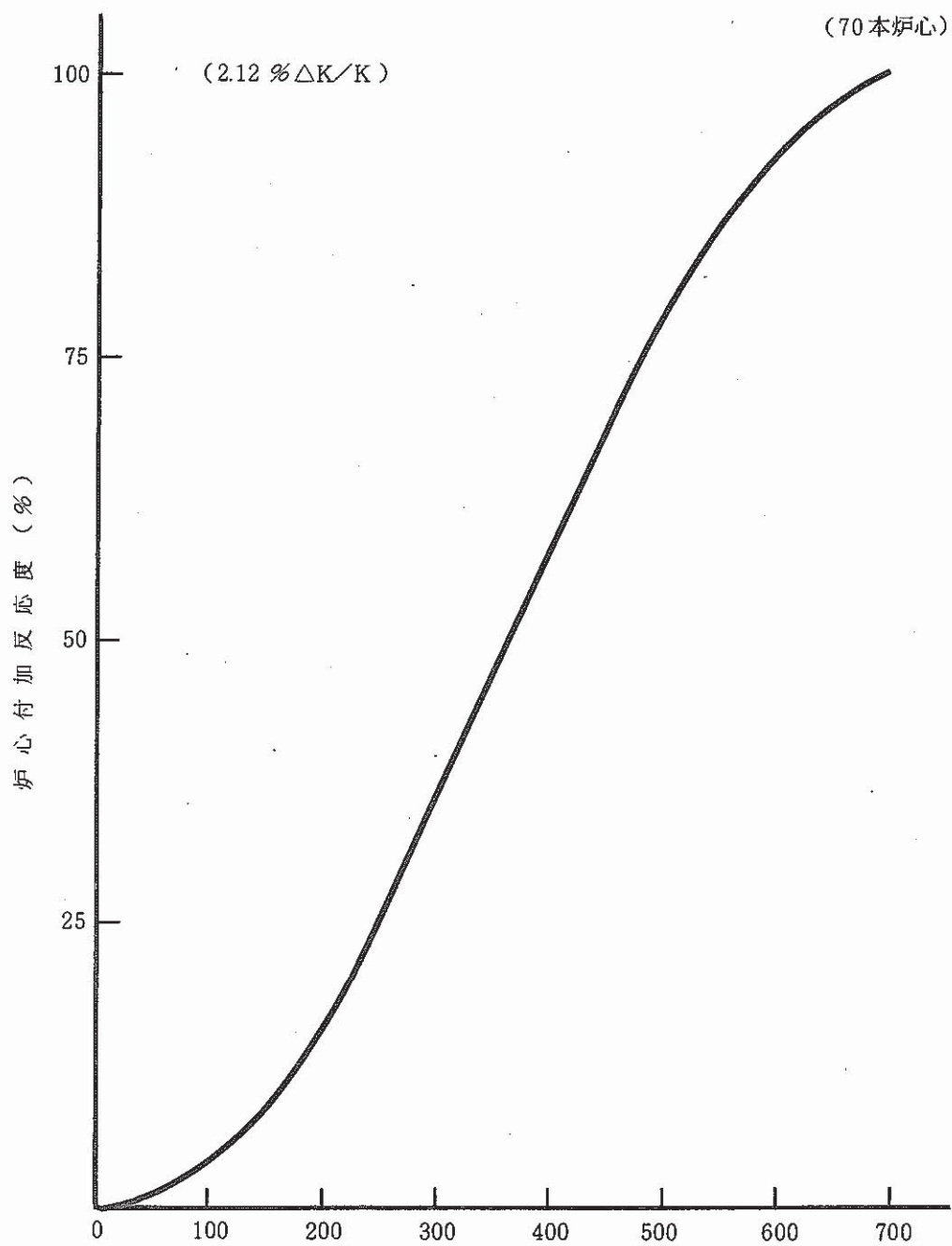
表NT-2-1 検査データに基づく制御棒組成 (2/2)

項目	規格	分 析 値						$\bar{X} - 3.747 \sqrt{\frac{V}{n}}$
		1	2	3	4	5	\bar{X}	
1.濃縮度試験	> 91 wt%	91.73	91.67	91.67	91.62	91.80	91.70	91.58
2.全 B 量								
T. B.	> 75.5 wt%	77.94	77.76	77.62	77.84	77.68	77.77	77.55
T. C.	—	21.73	21.34	21.51	21.64	21.67	21.58	—
T.B.+T.C.	> 99.0 wt%	99.67	99.10	99.13	99.48	99.35	99.35	—
3.不純物分析								
B ₂ O ₃	< 0.1 wt%	0.017	0.017	0.014	0.014	0.013	0.015	—
Fe	< 0.8 wt%	0.09	0.07	0.08	0.09	0.10	0.09	—
Ti	< 0.1 wt%	0.042	0.035	0.039	0.081	0.035	0.046	—
Cl + F	< 100 ppm	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	—
Co	< 50 ppm	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	< 40	—
Cu	< 1000 ppm	30	69	39	28	25	38	—
Mn	< 100 ppm	< 20	< 20	< 20	< 20	65	< 29	—
Na	< 100 ppm	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	< 15	—

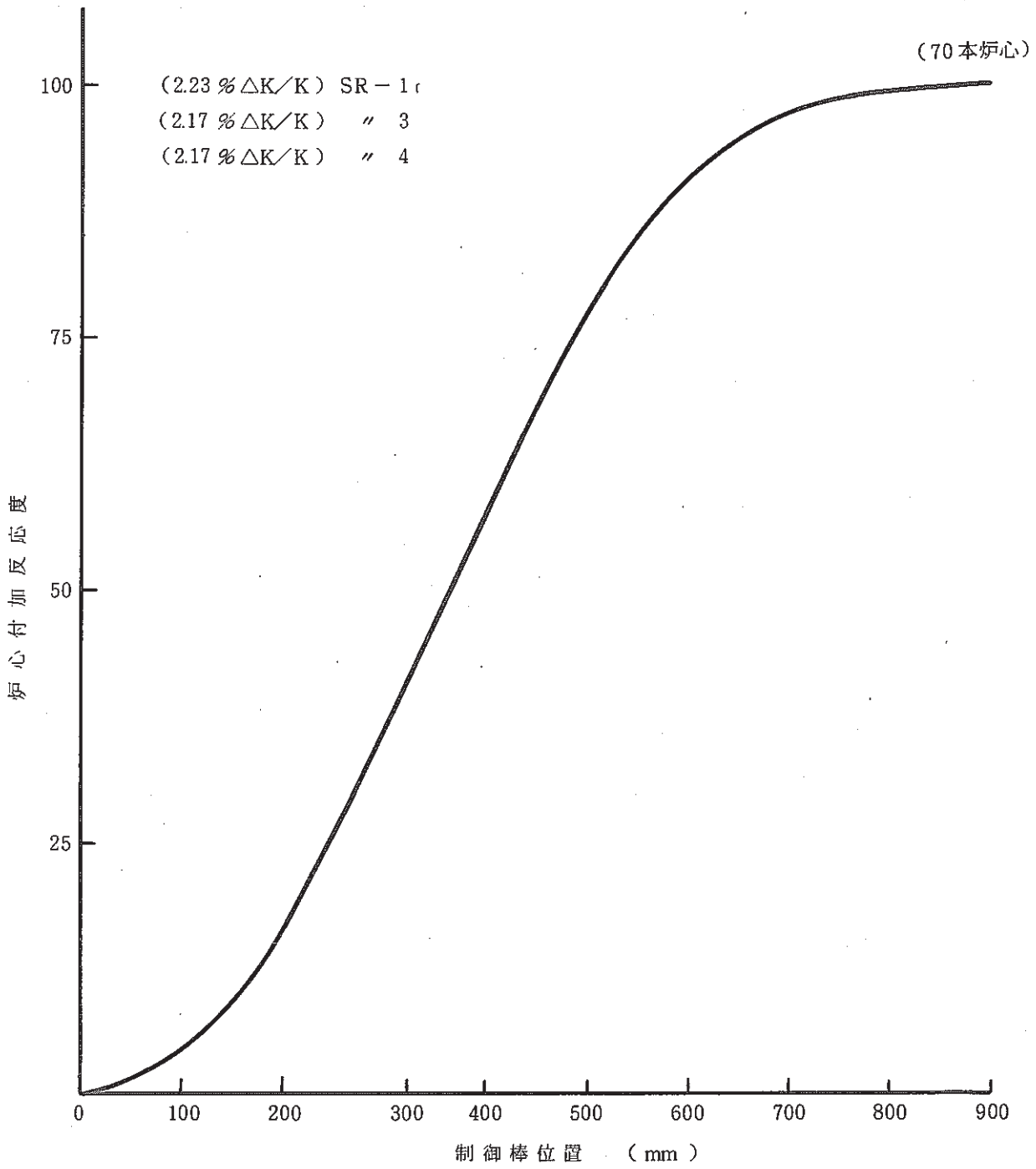
$$* V = \frac{1}{n-1} \sum (X_i - \bar{X})^2$$



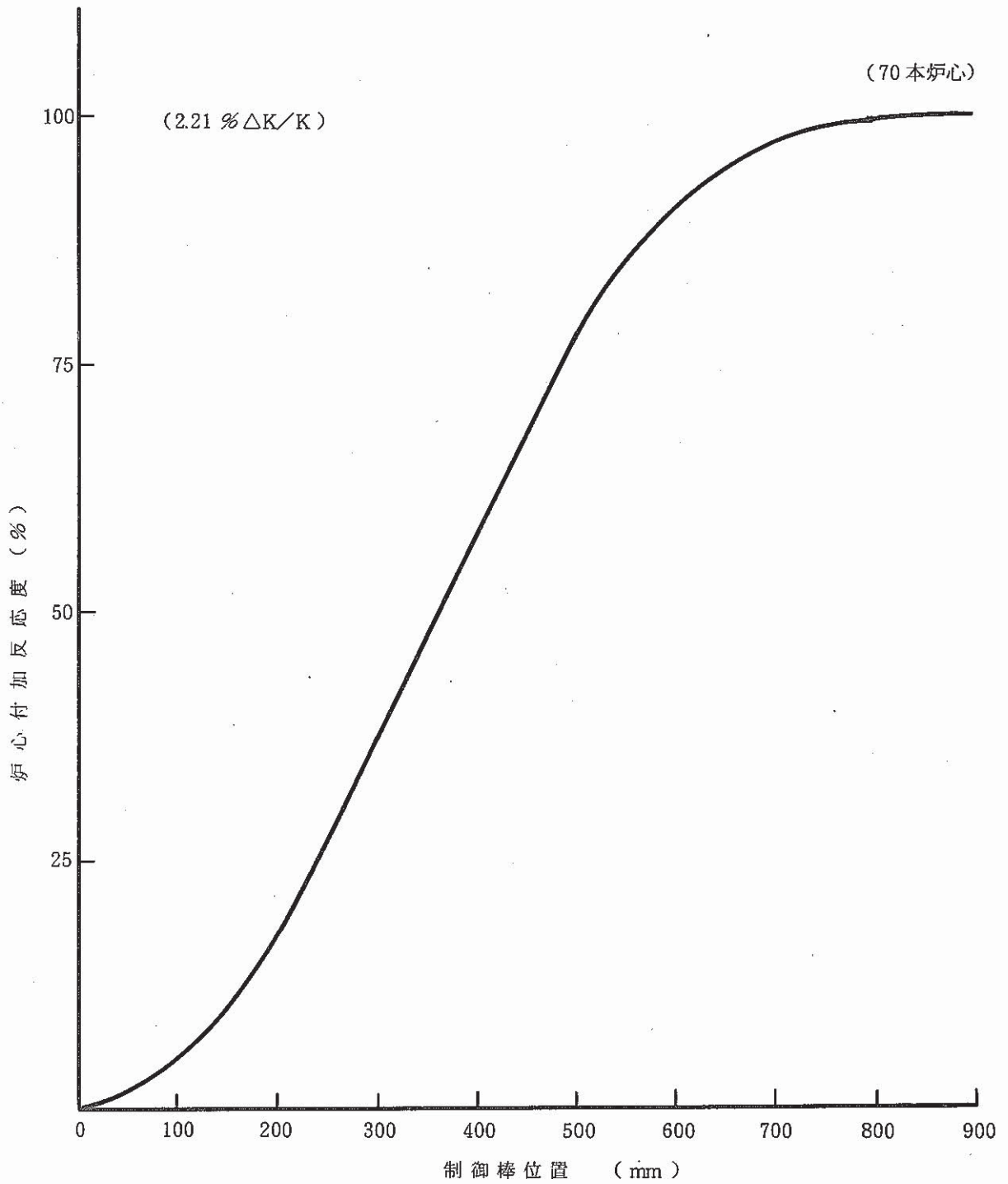
図NT-2-1 RR-1 較正曲線



图NT-2-2 RR-2 校正曲线



図NT-2-3 SR-1, 3, 4 校正曲線



図NT-2-4 SR-2 校正曲線 :

図NT-2-5 臨界点 再現性試験 運転実績 (S 52. 10. 28 ~ S 52. 10. 29)

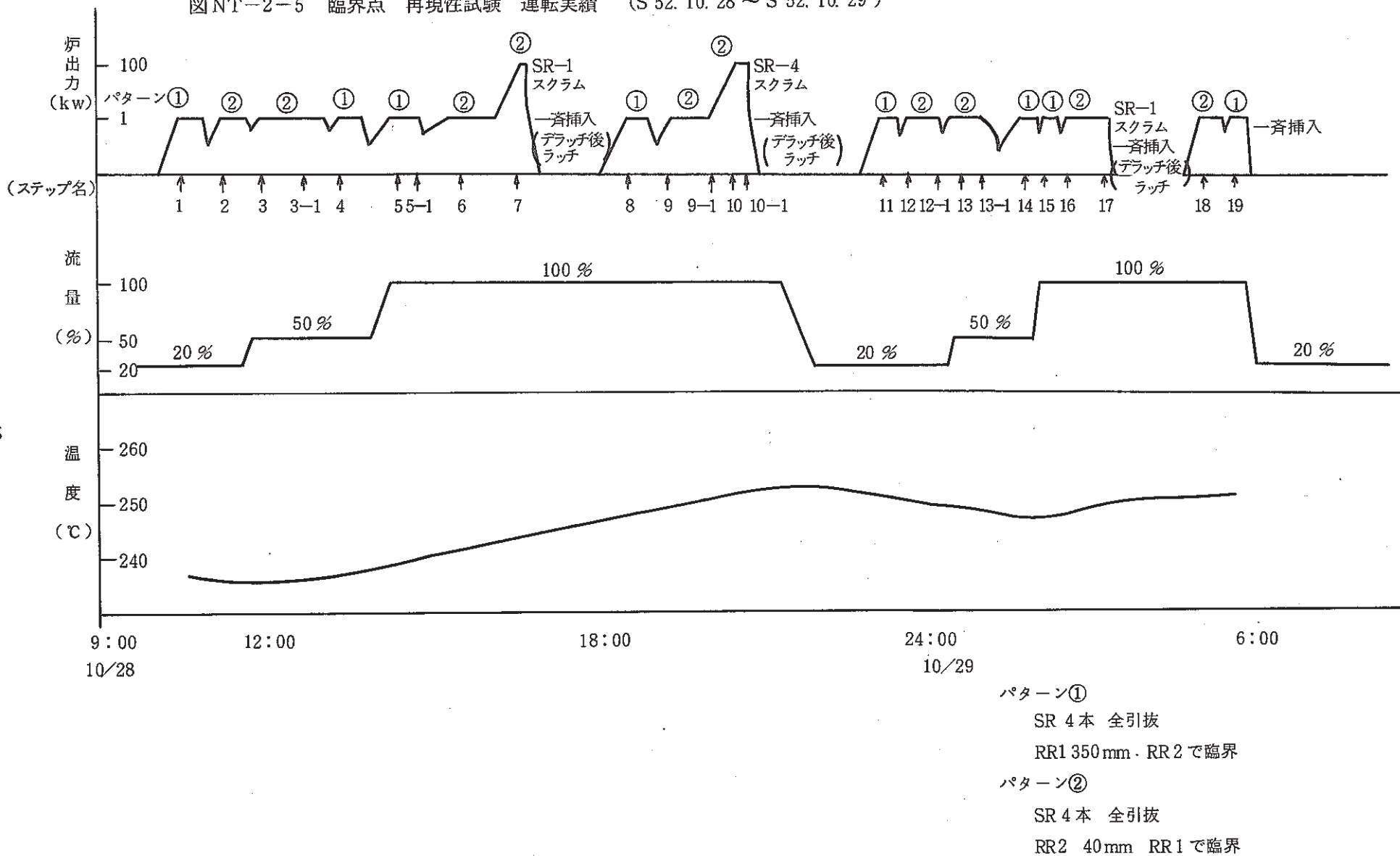
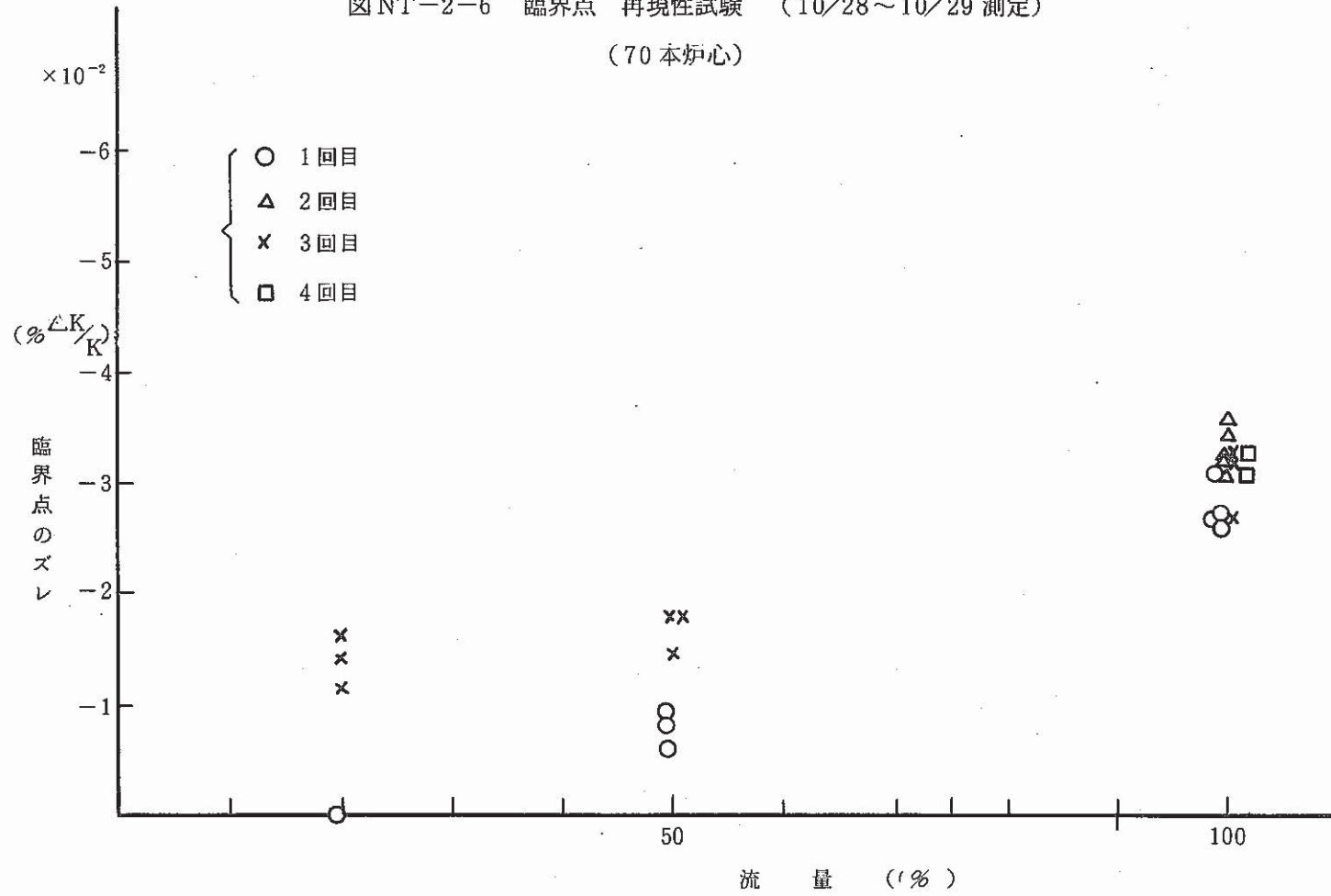


図 NT-2-6 臨界点 再現性試験 (10/28~10/29 測定)
(70 本炉心)



試 験 項 目

3. 炉心特性, 反応度効果

NT - 31 燃料等価反応度

NT - 32 ナトリウムボイド効果

NT - 33 等温係数

実 施 期 間

NT-31 …昭和52年8月15日～8月23日

NT-32 …昭和52年10月1日～10月19日

NT-33 …昭和52年5月29日～5月31日

I 炉心特性

NT-3 反応度効果

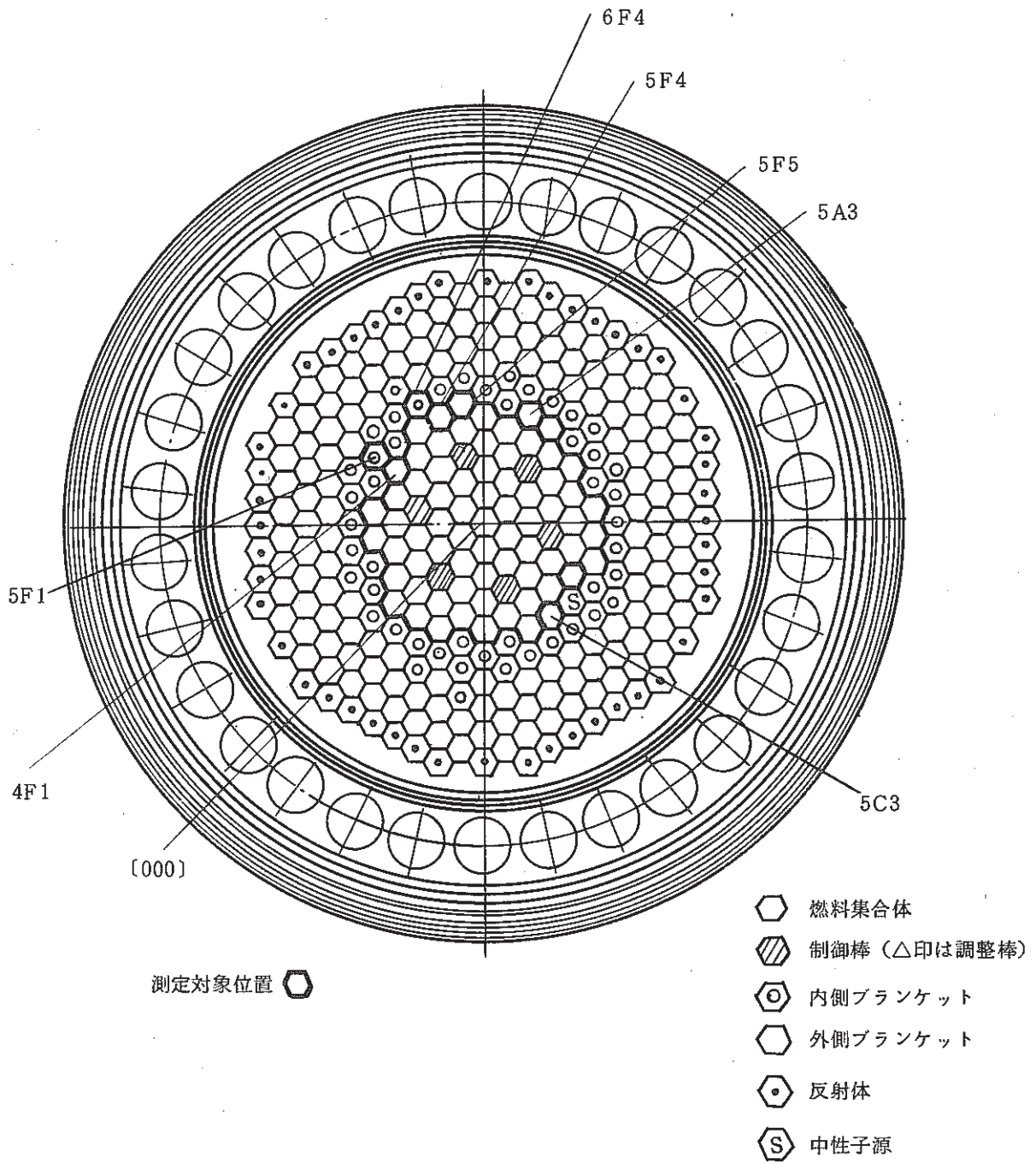
試験番号	試験項目	判定基準	試験結果				設計値		備考(プラント状態等)	
			置換位置	置換形式(注1)	置換反応度 %ΔK/K		制御棒引抜時 摂動計算	調整棒挿入時 摂動計算		
臨界パターン1(注2)	臨界パターン4(注3)									
NT-31	燃料等価反応度 (1)周辺燃料反応度値	周辺燃料反応度 値: 0.35 %ΔK/K [B]	4 F 1	F→B	-0.44	-0.47	—	—	1. { 1次系温度 ~ 250℃ " 流量 ~ 20% 炉出力 1.27 kW 2. 摂動計算は67本炉心基準 3. 注1: F 炉心燃料集合体 B ブランケット燃料集合体 N ナトリウム S 検出器受入集合体 4. 注2: 臨界パターン1 RR-1: 350 mm RR-2: 臨界操作 SR-1, 2, 3, 4: 全引抜き 5. 注3: 臨界パターン4 RR-1: 臨界操作 SR-2: 350 mm RR-2, SR-1, 3, 4: 全引抜き	
			5 F 4	F→B	-0.36	-0.39	-0.35	-0.40		
			6 F 4	B→F	-0.10	-0.11	—	—		
			5 F 5	F→B	-0.32	-0.35	-0.35	-0.41		
			5 A 3	F→B	-0.39	-0.33	-0.38	-0.45		
			0 0 0	F→N	-1.41		-2.03 (-1.65*)			
			5 F 1	B→N	-0.08	-0.09	-0.38	-0.42		
			(制御棒反応度値……干渉効果考慮) 表NT-3-1, 図NT-3-1参照					*本値のみ2次元RZ 直接計算値		

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果		設計値		備考(プラント状態等)		
	(2)燃料・ナトリウム 置換反応度値 ^{注4}		炉心 状態	置換反応度 %ΔK/K		置換反応度 ^{注6} %ΔK/K		6.注4：未臨界法により算出 7.注5：臨界法により求めた本 値を基準値とする。 8.注6：設計値はnA1 (n=1, 2, 3, 4, 5, 6) 引抜時 の値	
				(ch1+ch2)/2	(chA+chB)/2	制御棒引抜 時振動計算	調整棒挿入 時振動計算		
			[0] out ^{注5}	-1.412		-2.03			
			[1F1] out	-1.738	-1.886	-1.93	-2.08		
			[2F1] out	-1.373	-0.754	-1.64	-1.78		
			[3F1] out	-0.681	-0.178	-1.39	-1.38		
			[4F1] out	-0.625	0.469	-1.01	-1.11		
			[5F1] out	0.15	1.926	-0.38	-0.42		
			[6F1] out	-0.181	0.771				
			表NT-3-2参照						
	(3)炉心用検出器受入 集合体(NFJCOO) の反応度値			RR-1で 臨界(注8)	RR-2で 臨界(注8)			9.注8：他の制御棒全引抜き 炉出力：127 kW (ch1 1×10 ⁴ cps) 10. NFJCOOは燃料ペレットな しのステンレス燃料集合体	
			NFJCOO 挿入時余剰 反応度 (250℃)	0.855 %ΔK/K	0.848 %ΔK/K				
			NFJCOO 引抜時余剰 反応度 (250℃)	0.908 %ΔK/K	0.898 %ΔK/K				
			余剰反応度 差	-0.053 %ΔK/K	-0.050 %ΔK/K				

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果			設計値	備考(プラント状態等)			
NT-32	ナトリウムボイド効果	炉心全体のナトリウムボイド反応度効果が負であること。[A]	領域	位 置	注1 余剰反応度 %ΔK/K (250°C)	注2 70本炉心 基準 ΔK/K 10 ⁻²	フラッド 燃料基準 %ΔK/K 10 ⁻²	計算値 10 ⁻² %ΔK/K	1. { 1次系温度 ~240°C " 流量 ~20% 炉出力 1.27 kW 2.注1:等温係数 -3.67×10 ⁻³ %ΔK/K 3.注2:余剰反応度 2.2597 %ΔK/K	
			炉	0 0 0	2.2262	-3.4	-2.5			-4.6
			心	1 F 1	2.2249	-3.5	—			-4.8
				2 F 1	2.2194	-4.0	-4.2			-5.0
				3 F 1	2.2190	-4.1	—			-4.3
				4 F 1	2.2266	-3.3	-3.0			-4.3
			ブランケット	5 F 1	2.2515	-0.8	-1.0			-2.1
6 F 1	2.2587	-0.1		—	-0.9					
全炉心ボイド			-3.8 %ΔK/K		-5.7 %ΔK/K					
NT-33	等温係数	-3.6×10 ⁻³ %ΔK/K (200 °C ≤ T ≤ 250 °C) [B]	表NT-3-3~表NT-3-5, ☒NT-3-2参照 -3.77×10 ⁻³ %ΔK/K/°C (170°C ≤ T ≤ 250°C) ☒NT-3-3参照			-3.6×10 ⁻³ %ΔK/K/°C (200°C ≤ T ≤ 250°C) -5.28×10 ⁻³ ~ -2.02×10 ⁻³ %ΔK/K/°C (150°C ≤ T ≤ 250°C)	1. { 1次系温度 170~250°C " 流量 100% 炉出力 2. 70本炉心			

表 NT-3-1 制御棒差し換えによる置換反応度

炉心状態	臨界点制御棒位置 (mm) 1×10^4 cps				余剰反応度	余剰反応度	置換反応度	制御棒差し換えによる置換反応度差 (%ΔK/K)	備考
	パターン 1		パターン 4		(試験温度)	(250 °C)	(70 本標準 炉心基準)		
	RR-1 (2.117)	RR-2 (2.110)	RR-1 (2.029)	SR-2 (2.197)	ρ_T' (%ΔK/K)	ρ_T (%ΔK/K)	(%ΔK/K)		
(8/22) [5C3] ㊸→㊹ 70 本標準炉心	350 (1.147)	344.7 (1.150)	—	—	2.297 (240 °C)	2.260	—	—	(1)等温係数: -3.67×10^{-3} (%ΔK/K/°C) (2)パターン 1: RR-2にて 臨界 (RR-1: 350, SR-2: OUT) パターン 4: RR-1にて 臨界 (RR-2: OUT, SR-2: 350) (3)RR-1, SR-2 による RR-1 較正曲線は次頁 (注) による。
	—	—	348.9 (1.082)	350 (1.147)	2.229	2.192	—		
(8/16) [4F1] ㊹→㊸	350 (1.147)	446.9 (0.685)	—	—	1.832 (246 °C)	1.817	-0.443	0.028	
	—	—	461.1 (0.589)	350 (1.147)	1.736	1.721	-0.471		
(8/17) [5F1] ㊸→引抜	350 (1.147)	365.9 (1.05)	—	—	2.197 (246 °C)	2.182	-0.078	0.002	
	—	—	372.5 (0.984)	350 (1.147)	2.131	2.116	-0.076		
(8/18) [5F4] ㊹→㊸	350 (1.147)	429.7 (0.76)	—	—	1.907 (248 °C)	1.900	-0.360	0.023	
	—	—	442.0 (0.669)	350 (1.147)	1.816	1.809	-0.383		
(8/19) [6F4] ㊸→㊹ [5F5] ㊹→㊸	350 (1.147)	369.8 (1.037)	—	—	2.184 (243 °C)	2.158	-0.102	0.002	
	—	—	374.8 (0.967)	350 (1.147)	2.114	2.088	-0.104		
(8/20) [5A3] ㊹→㊸	350 (1.147)	415.5 (0.817)	—	—	1.964 (243 °C)	1.938	-0.322	0.025	
	—	—	428.45 (0.724)	350 (1.147)	1.871	1.845	-0.347		
(8/21) [5C3] ㊹→㊸	350 (1.147)	432.5 (0.745)	—	—	1.892 (243 °C)	1.866	-0.394	0.062	
	—	—	426.5 (0.739)	350 (1.147)	1.886	1.860	-0.332		



図NT-3-1 炉心周辺燃料反応度値の測定

表NT-3-2 未臨界法によるF→Na置換反応度

	ch - 1			ch - 2			ch - A			ch - B			$\frac{ch \cdot 1 + ch \cdot 2}{2}$		$\frac{ch \cdot A + ch \cdot B}{2}$	
	定数	計数率	置換反応度	定数	計数率	置換反応度	定数	計数率	置換反応度	定数	計数率	置換反応度	置換反応度			
	A ^{*1}	cpm	$\Delta\rho_x^{*2}(\% \Delta K/K)$	A ^{*1}	cpm	$\Delta\rho_x^{*2}(\% \Delta K/K)$	A ^{*1}	cpm	$\Delta\rho^{*2}(\% \Delta K/K)$	A ^{*1}	cpm	$\Delta\rho^{*2}(\% \Delta K/K)$	% $\Delta K/K$			
[0] out 69本炉心	6132.5	164.8	-1.412	1182.1	118.25	-1.412	59270.5	1196.4	-1.412	19187.2	1749.1	-1.412	-1.412			
[1F1] out		160.8	-2.338		121.6	-1.137		1149.9	-3.415		1935.4	-0.356	-1.738	-1.886		
[2F1] out		166.7	-0.988		114.3	-1.757		1192.8	-1.562		2018.9	0.054	-1.373	-0.754		
[3F1] out		171.0	-0.063		119.6	-1.299		1221.0	-0.414		2019.7	0.058	-0.681	-0.178		
[4F1] out		170.8	-0.105		121.5	-1.145		1250.1	0.716		2055.2	0.222	-0.625	0.469		
[5F1] out		175.4	0.837		129.6	-0.537		1313.6	3.008		2202.0	0.844	0.15	1.926		
[6F1] out		172.7	0.290		128.0	-0.651		1255.4	0.916		2147.9	0.625	-0.181	0.771		
[0] in 70本炉心		171.3	(0)		137.7	(0)		1231.5	(0)		2007.5	(0)	-	-		

* 1 検出効率一定とみなせる時の未臨界度 ρ と計数率の関係は $\rho = \frac{A}{C}$ (A: const)

69本と70本炉心の未臨界度の差は [0] out の時のF→Na置換反応度より $-1.412\% \Delta K/K$ が求まっているから $\Delta\rho = -1.412 = \rho_{70} - \rho_{69} = \frac{A}{C_{70}} - \frac{A}{C_{69}}$

よって $A = \frac{-1.412}{\frac{1}{C_{70}} - \frac{1}{C_{69}}}$

* 2 $\Delta\rho_x = \rho_{70} - \rho_x = A \cdot \left(\frac{1}{C_{70}} - \frac{1}{C_x} \right)$

表NT-3-3 ナトリウムボイド効果試験結果（臨界パターン①）

{	RR-1: 350.0 mm
}	RR-2: 臨界

ナトリウムボイド 集合体装荷位置	RR-2 臨界位置 (mm)	余剰反応度 (% Δ K/K)		ナトリウム 平均温度 ($^{\circ}$ C)	余剰反応度 ^{*3)} at 250 $^{\circ}$ C (% Δ K/K)	ナトリウムボイド反応度 ($\times 10^{-2}$ % Δ K/K)			$\frac{c-a}{c} \times 100$ (%)
		RR-2	RR-1+RR-2 ^{*2)}			a) ^{*4)} 70本炉心基準	b) フラッド燃料基準	c) 予備解析値	
[0] void	354.5	1.1141	2.2548	242.2	2.2262	-3.35	-2.49	-4.7	-27.2
[1F1] void	354.4	1.1165	2.2572	241.2	2.2249	-3.48	—	-4.8	-27.5
[2F1] void	354.6	1.1136	2.2543	240.5	2.2194	-4.03	-4.22	-5.0	-19.4
[3F1] void	354.3	1.1150	2.2557	240.0	2.2190	-4.07	—	-4.3	-5.4
[4F1] void	352.4	1.1241	2.2648	239.6	2.2266	-3.31	-2.97	-4.3	-23.0
[5F1] void	347.9	1.1457	2.2864	240.5	2.2515	-0.82	-1.04	-2.1	-61.0
[6F1] void	345.1	1.1591	2.2998	238.8	2.2587	-0.10	—	-0.9	-88.9
[0]+[1F1] void	365.1	1.0632	2.2039	240.6	2.1694	-9.03	—	—	—
[0] flood	表 4 参 照 ノ コ ト				*1) 2.2511	—	—	—	—
[2F1] flood	343.1	1.1686	2.3093	237.0	2.2616	—	—	—	—
[4F1] flood	343.9	1.1648	2.3055	236.6	2.2563	—	—	—	—
[5F1] flood	344.1	1.1638	2.3045	238.4	2.2619	—	—	—	—

*1) 5回測定の平均値（表4参照）

*2) RR-1余剰反応度：1.1407 % Δ K/K（at 350 mm）*3) 等温係数： -3.67×10^{-3} % Δ K/K/ $^{\circ}$ C*4) 70本基準炉心余剰反応度：2.2597 % Δ K/K（77/10/10～12）

表NT-3-4 ナトリウムボイド効果試験結果 (臨界パターン②) { SR-4: 350 mm
RR-2: 臨界

ナトリウムボイド 集合体装荷位置	RR-2 臨界位置 (mm)	余剰反応度 (%ΔK/K)		ナトリウム 平均温度 (°C)	余剰反応度 ^{*2)} at 250°C (%ΔK/K)	S. F. (void) -S. F. (flood)
		RR-2	^{*1)} SR-4+RR-2			
{0} void	339.2	1.1872	2.3660	241.6	2.3352	—
{1F1} void	335.0	1.2073	2.3861	241.4	2.3545	—
{2F1} void	338.3	1.1915	2.3703	240.6	2.3358	—
{3F1} void	333.6	1.2139	2.3927	239.0	2.3523	—
{4F1} void	333.7	1.2134	2.3922	239.4	2.3533	—
{0}+{1F1} void	348.6	1.1423	2.3211	239.6	2.2829	—
{0} flood	326.7	1.2467	2.4255	238.0	2.3815	-0.0463
{0} flood	327.8	1.2415	2.4203	238.0	2.3763	-0.0411
*1) SR-4 余剰反応度 at 350 mm : 1.1788 %ΔK/K						パターン①
*2) 等温係数 : $-3.67 \times 10^{-3} \% \Delta K / K / ^\circ C$						-0.0249

表NT-3-5 ナトリウムボイド効果試験結果 (臨界パターン③) { SR-2: 350 mm
RR-2: 臨界

ナトリウムボイド 集合体装荷位置	RR-2 臨界位置 (mm)	余剰反応度 (%ΔK/K)		ナトリウム 平均温度 (°C)	余剰反応度 ^{*2)} at 250°C (%ΔK/K)	S. F. (void) -S. F. (flood)
		RR-2	^{*1)} SR-2+RR-2			
{0} void	338.8	1.1892	2.3513	241.4	2.3197	—
{1F1} void	338.7	1.1896	2.3517	241.6	2.3209	—
{3F1} void	340.1	1.1830	2.3451	239.6	2.3069	—
{4F1} void	337.2	1.1968	2.3589	240.0	2.3222	—
{0}+{1F1} void	351.4	1.1289	2.2910	240.0	2.2543	—
{0} flood	330.0	1.2310	2.3931	238.2	2.3496	-0.0299
{0} flood	330.5	1.2287	2.3908	238.7	2.3492	-0.0295
*1) SR-2 余剰反応度 at 350 mm : 1.1621 %ΔK/K						パターン①
*2) 等温係数 : $-3.67 \times 10^{-3} \% \Delta K / K / ^\circ C$						-0.0249

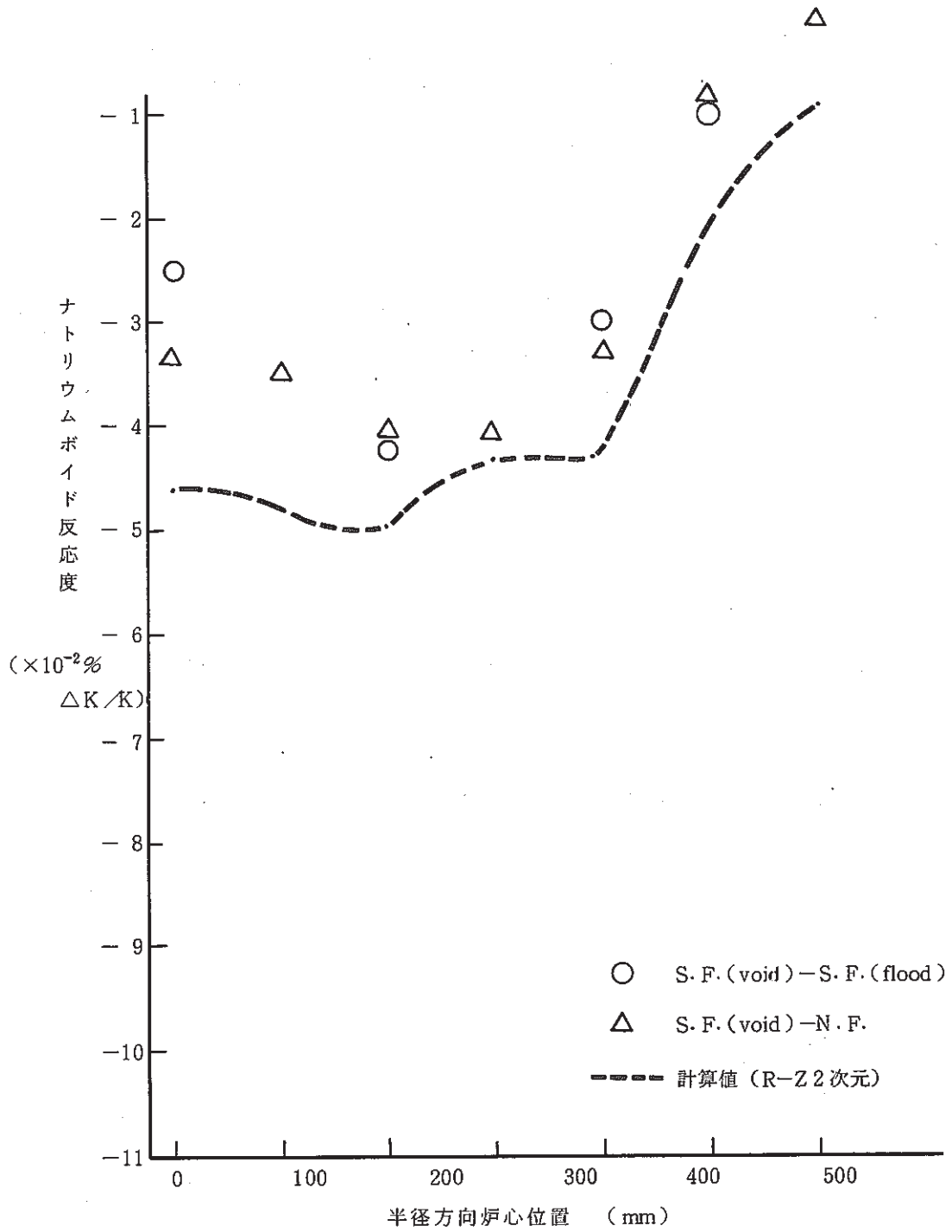
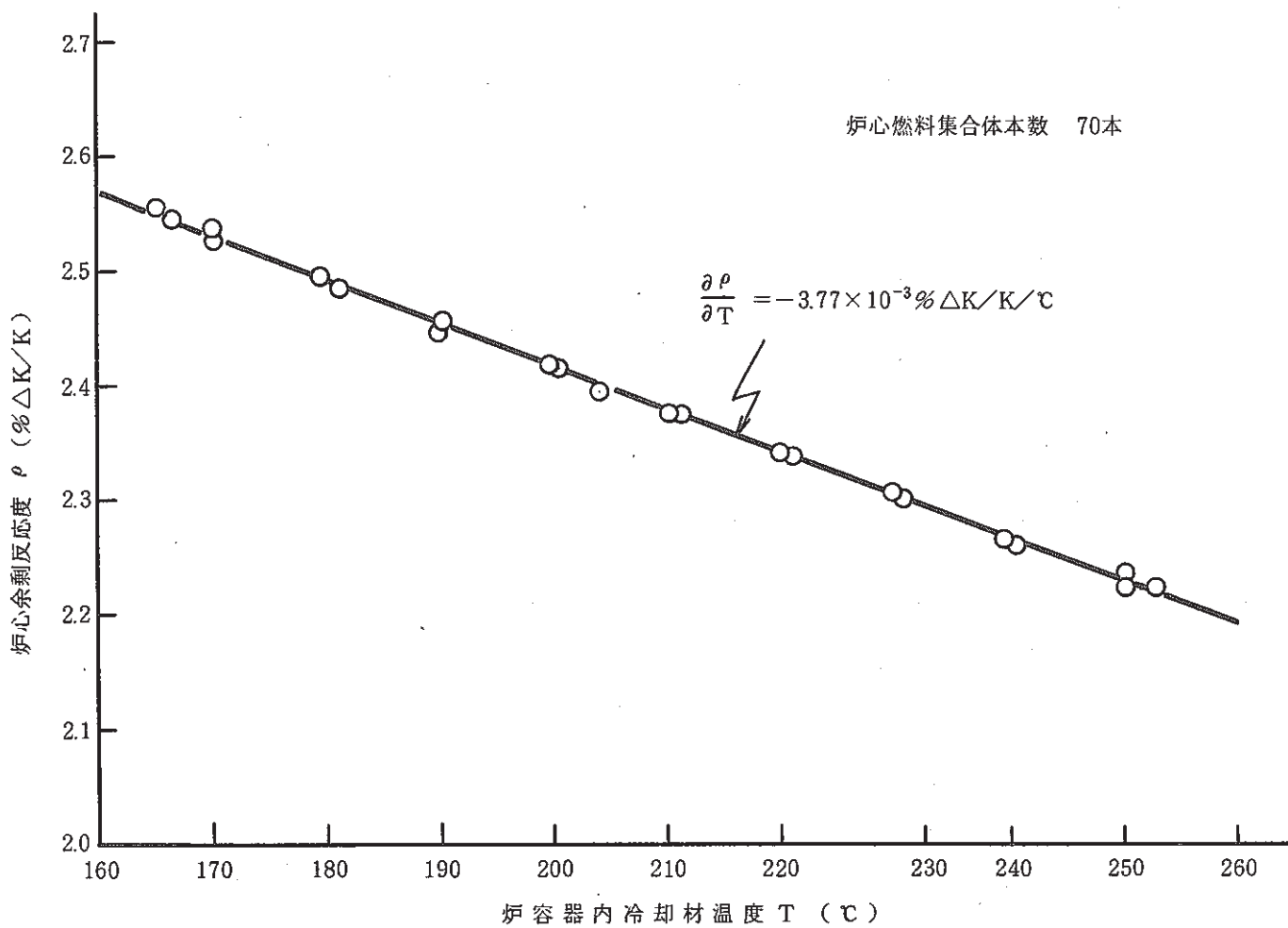


図 NT-3-2 ナトリウムボイド効果 (NT-32)



图NT-3-3 等温系数

試 験 項 目

4. 炉心特性, 出力較正・出力分布

NT - 41 核出力較正

NT - 42 出力分布

実 施 期 間

NT-41 …昭和52年6月14日～6月22日

NT-42 …昭和52年6月14日～6月23日

昭和52年9月5日～9月26日

昭和52年10月24日～10月27日

昭和52年11月5日～11月12日

I 炉心特性

NT-4 出力較正, 出力分布

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
NT-41	核出力較正 (1)起動系, 中間系の直線性及びオーバーラップ (2)起動系計数率の1次冷却材温度依存性	起動系, 中間系に直線性があり使用範囲が充分オーバーラップしていること。 [B]	起動系, 中間系に直線性があり, 炉出力1kW~10kWの範囲で起動系と中間系はオーバーラップしている。 ☒NT-4-1~☒NT-4-3参照 <ul style="list-style-type: none"> • ch1/μFC 6.71×10⁻²%/°C (240°C → 191°C) 7.65×10⁻²%/°C (200°C → 249°C) • ch2/μFC 8.68×10⁻²%/°C (240°C → 191°C) 8.44×10⁻²%/°C (200°C → 249°C) (但し, μFCの位置は炉心中心点) ☒NT-4-4, ☒NT-4-5, 表NT-4-1参照	冷却材温度170°Cから250°Cの温度変化によりグラフィト中の検出器位置(ch1, ch2)の熱中性子レベルは約4%(約5×10 ⁻² %/°C)増加	備考(プラント状態等) 1. { 1次系温度 250°C " 流量 20% 炉出力 0~40kW 2. Pu-239核分裂計数管の計数率と炉心出力の関係 • FC4F576核分裂計数管 (Pu239) P = 0.0421・C • FC4F577核分裂計数管 (Pu239) P = 0.0576・C P : 炉出力(W) C : 計数率(cps)

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
	(3)等温係数		$-3.63 \times 10^{-3} \% \Delta K / K / ^\circ C$ (253°C → 191°C) $-3.67 \times 10^{-3} \% \Delta K / K / ^\circ C$ (191°C → 249°C) (但し、炉心燃料集合体69本 特殊 " 1本) 図NT-4-6参照	$-3.6 \times 10^{-3} \% \Delta K / K / ^\circ C$ (200°C ≤ T ≤ 250°C) $-5.28 \times 10^{-3} \sim -2.02 \times 10^{-3}$ $\% \Delta K / K / ^\circ C$ (150°C ≤ T ≤ 250°C) (但し、炉心燃料集合体70本)	
	(4)炉心中心7本の燃料ピンと核分裂計数管受入案内管との置換反応度		-0.085 %ΔK/K	-0.11 %ΔK/K (但し、FCA解析で得られている炉中心燃料体価値についてのC/E ≈ 1.3を用いると -0.085 %ΔK/K)	
	(5)炉中心部におけるB ₄ Cサンプル反応度		-0.06 %ΔK/K (B ₄ C powder + ステンレス容器とボイドとの置換反応度)		
	(6)起動系計数率と炉出力の関係		<ul style="list-style-type: none"> • ch1 1.0 × 10³ cps (ch2 6.5 × 10² cps) 時 炉出力 137 W • ch1 1.0 × 10⁴ cps (ch2 6.5 × 10³ cps ch3 2.5 × 10⁻³ % 	Pu-239核分裂計数管(炉心中心点)の計数率と炉出力の関係 <ul style="list-style-type: none"> • FC 4F・576核分裂計数管 (Pu 239) P = 0.0421・C 	

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
NT-42	出力分布(反応率分布)	炉心ピーキング ファクタ 1.67(調整棒引 抜時) 1.89(調整棒挿 入時) (B)	ch4 $2.1 \times 10^{-3} \%$ ch5 $2.1 \times 10^{-3} \%$ 時 炉出力 1.27 kW • ch1 1.0×10^5 cps (ch2 6.0×10^4 cps ch3 $2.6 \times 10^{-2} \%$ ch4 $2.3 \times 10^{-2} \%$ ch5 $2.3 \times 10^{-2} \%$) 時 炉出力 12.2 kW $P = 4.61 \times 10^{-3} \cdot C$ P: 炉出力(kW) C: ch D 計数率(cps)	• FC4F・577核分裂計数管 (Pu 239) $P = 0.0576 \cdot C$ P: 炉出力(W) C: 計数率(cps)	1. 炉中心部軸方向反応率分布 測定のための核分裂計数管の 種類は U 235, Pu 239, U 238, Pu 240, Th 232 2. 炉出力 0~10 kW (炉心中心軸 方向) 1~100 kW (径方向)

表NT-4-1 炉容器内冷却材温度に対する

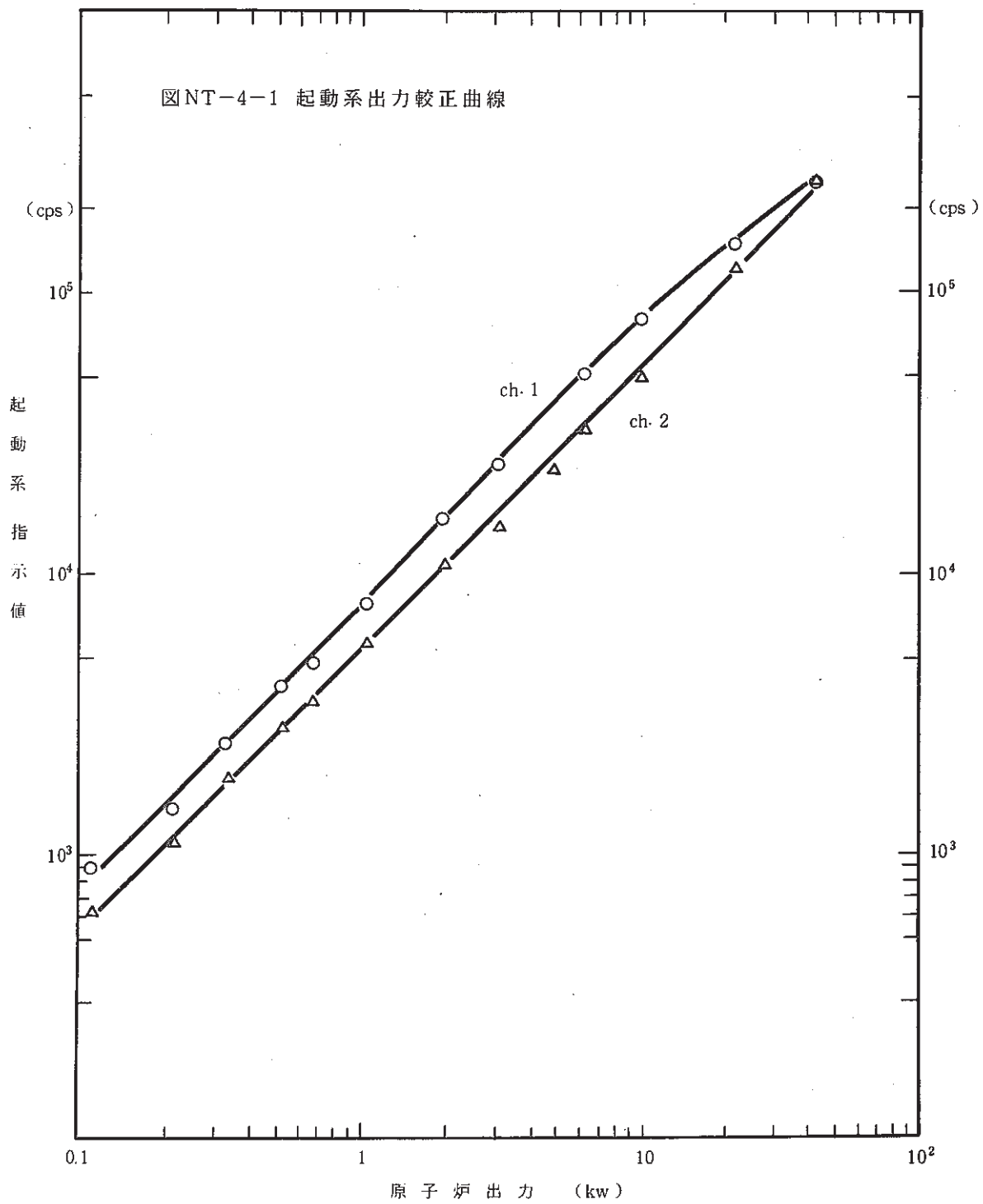
Ch.1/ μ FC, Ch.2/ μ FC, Ch.D/ μ FCの変化率 $\frac{dm}{dT}$

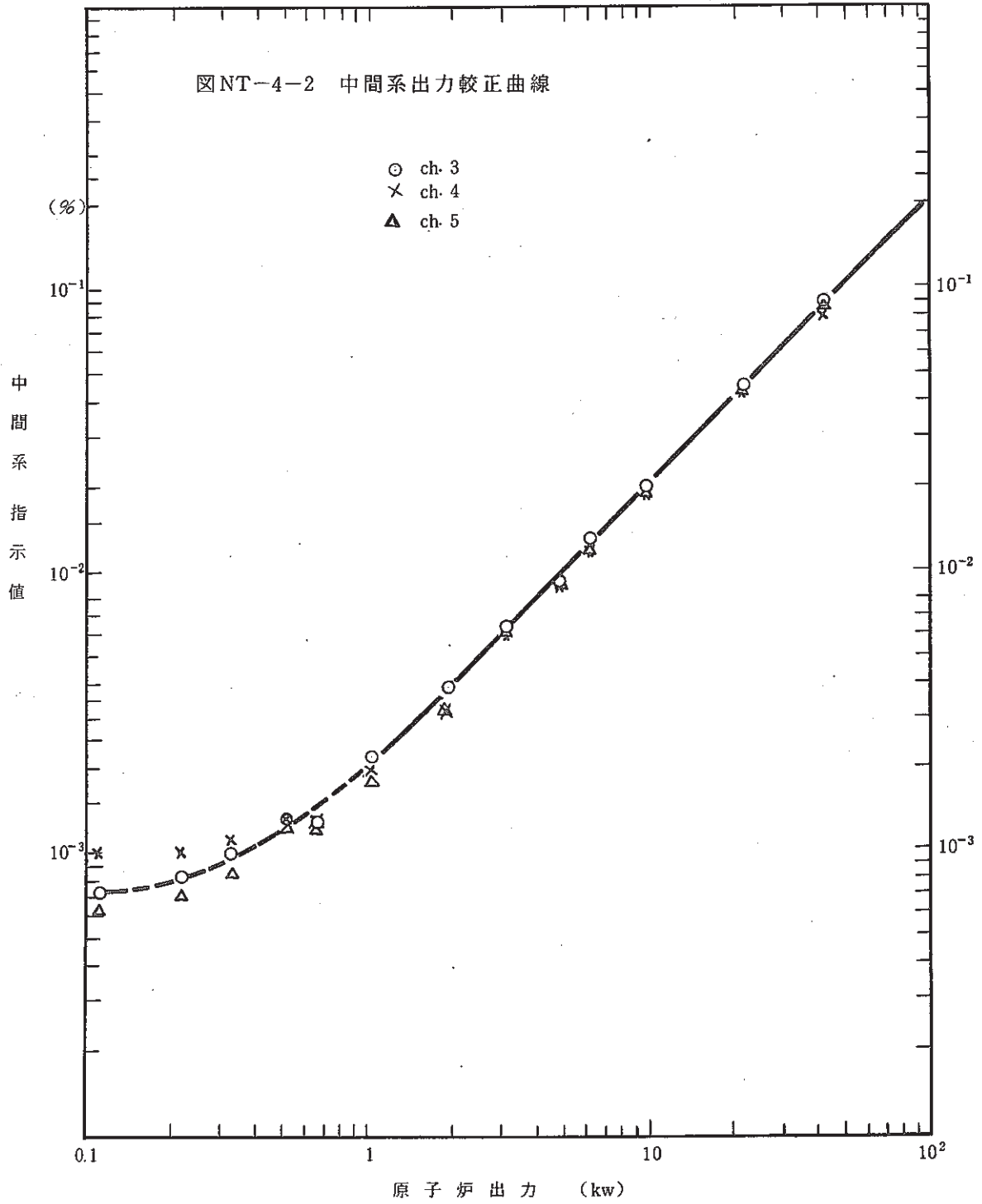
(1点につき100sec 10回測定して算出した値)

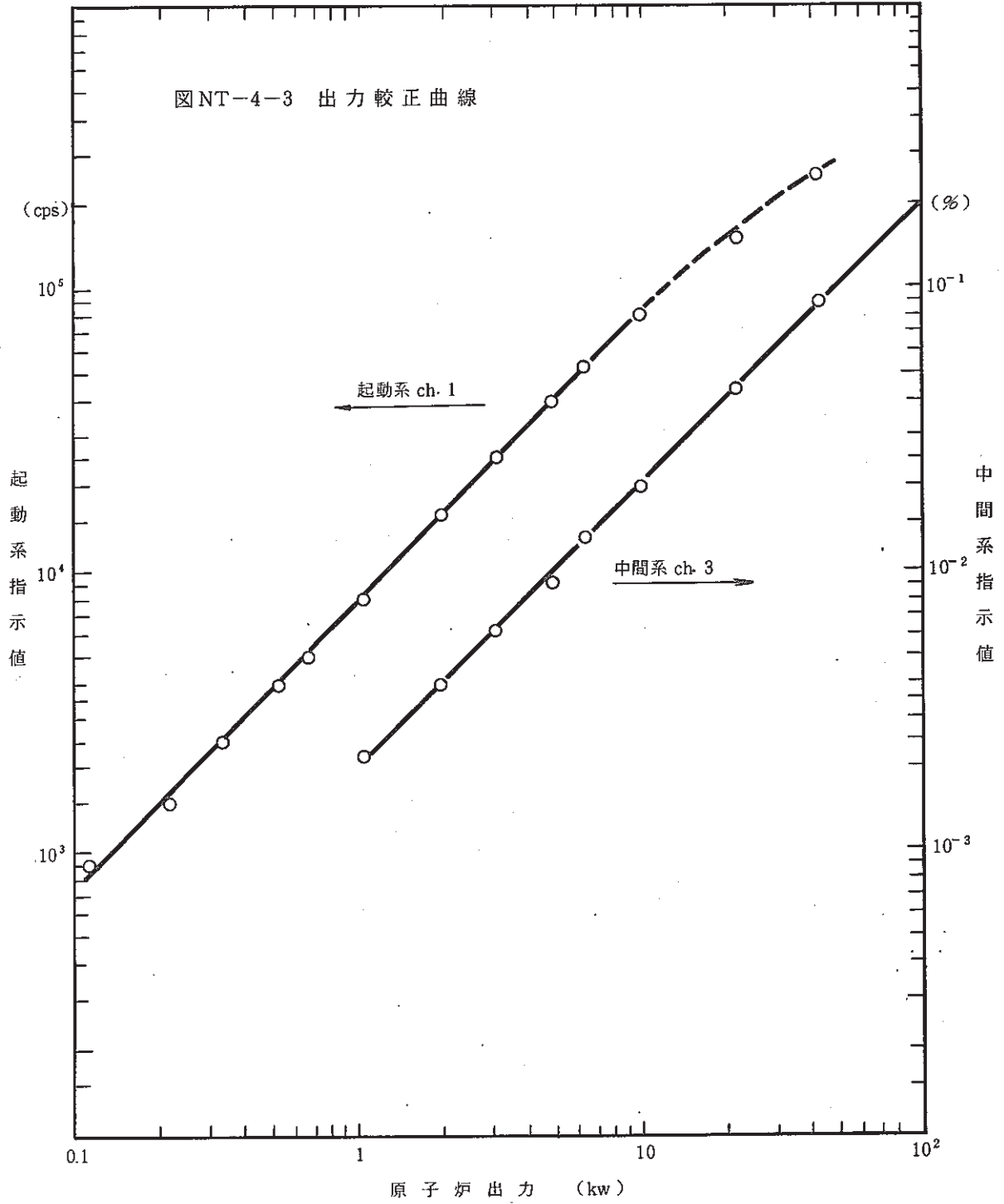
計数率比名	温度条件	μ FCの種類	変化率 $\frac{dm}{dT}$ (1/°C)		250°Cでの計数率比 ^{(*)(*)} で規格化した変化率	
					(% $\Delta m/m/°C$)	
Ch.1/ μ FC	240°C → 191°C	Pu- Serial No.1	(*) 2.27×10^{-4}	2.26×10^{-4}	(*) 6.74×10^{-2}	6.71×10^{-2}
	200°C → 249°C	"	(*) 2.59×10^{-4}	2.57×10^{-4}	(*) 7.70×10^{-2}	7.65×10^{-2}
Ch.2/ μ FC	240°C → 191°C	"	(*) 2.23×10^{-4}	2.24×10^{-4}	(*) 8.65×10^{-2}	8.68×10^{-2}
	200°C → 249°C	"	(*) 2.03×10^{-4}	2.16×10^{-4}	(*) 7.94×10^{-2}	8.44×10^{-2}
Ch.D/ μ FC	240°C → 191°C	"	(*) 1.74×10^{-4}	4.01×10^{-6}	(*) 1.89×10^{-2}	4.32×10^{-2}
	200°C → 249°C	"	(*) 6.36×10^{-6}	1.82×10^{-6}	(*) 6.78×10^{-2}	1.95×10^{-2}

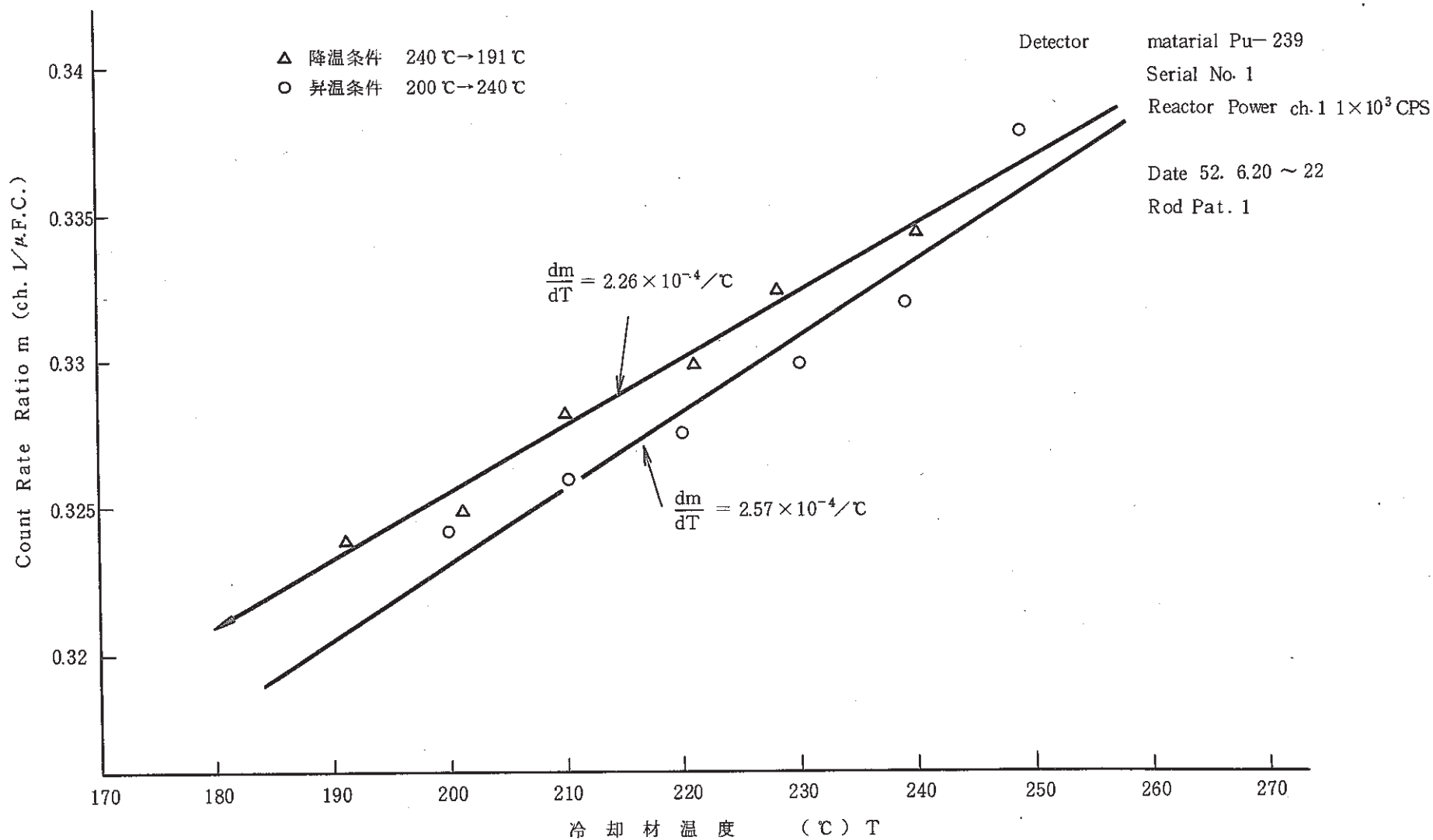
(*) は1点につき100sec 5回測定の平均値から算出した値

(*)(*) は最小2乗法で求めた直線を250°Cに外挿して求めた値









図NT-4-4 冷却材温度変化による計数率比 (ch. 1/μ.F.C.) の変化

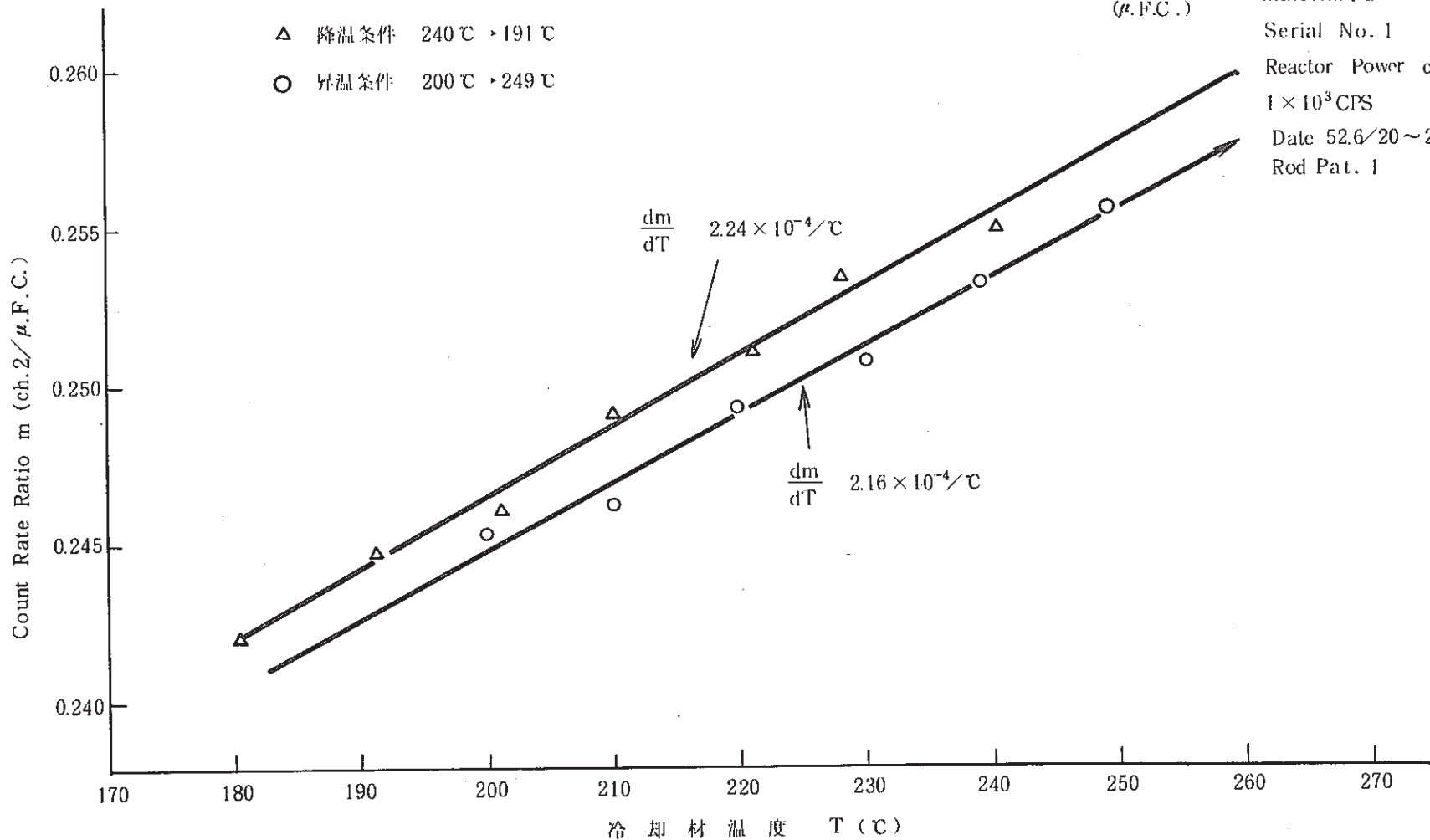
図NT 4 5 冷却材温度変化による計数率比 (ch.2/ μ .F.C.) の変化

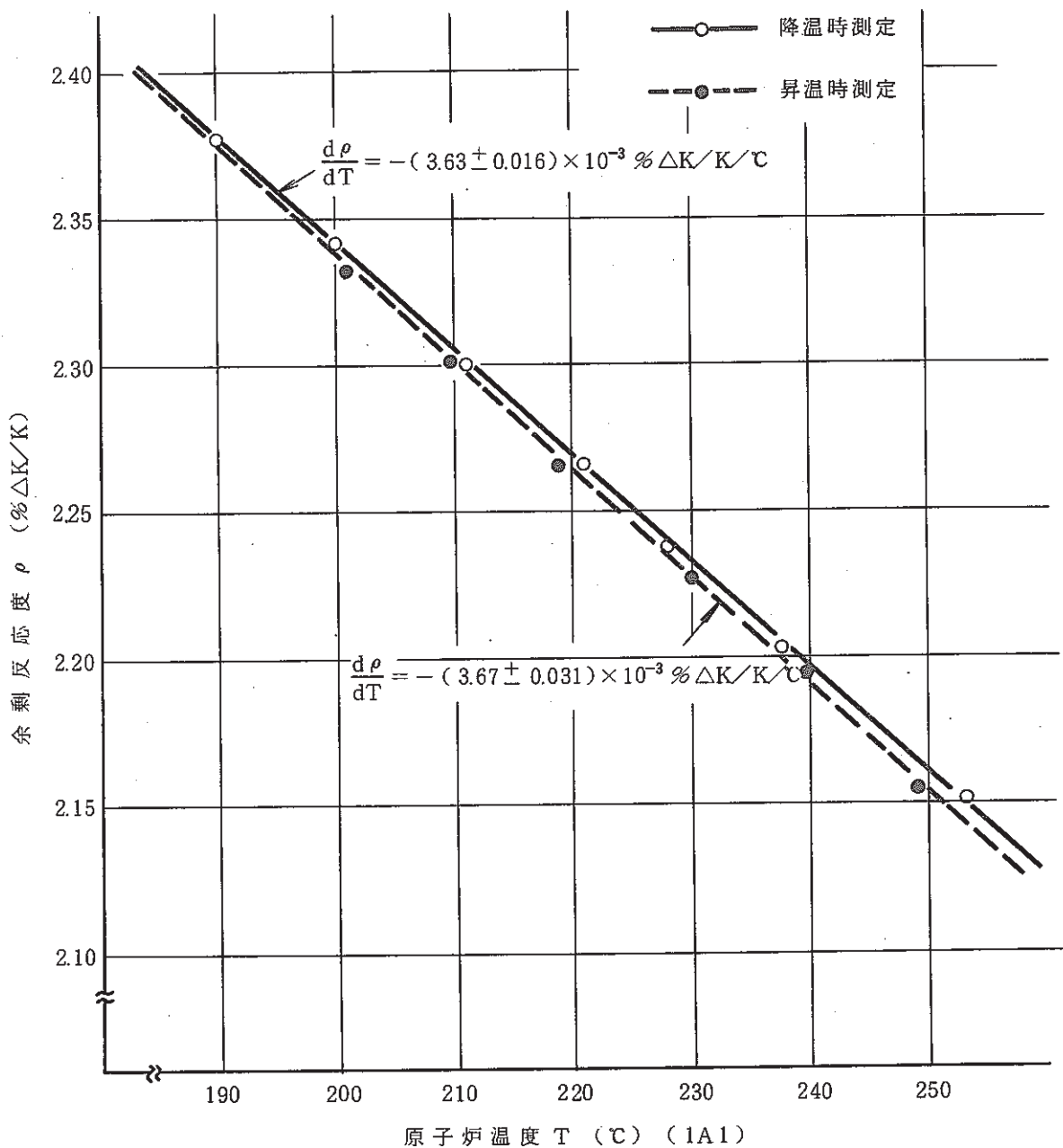
(1点10回計測の平均)

- △ 降温条件 240℃ → 191℃
- 昇温条件 200℃ → 249℃

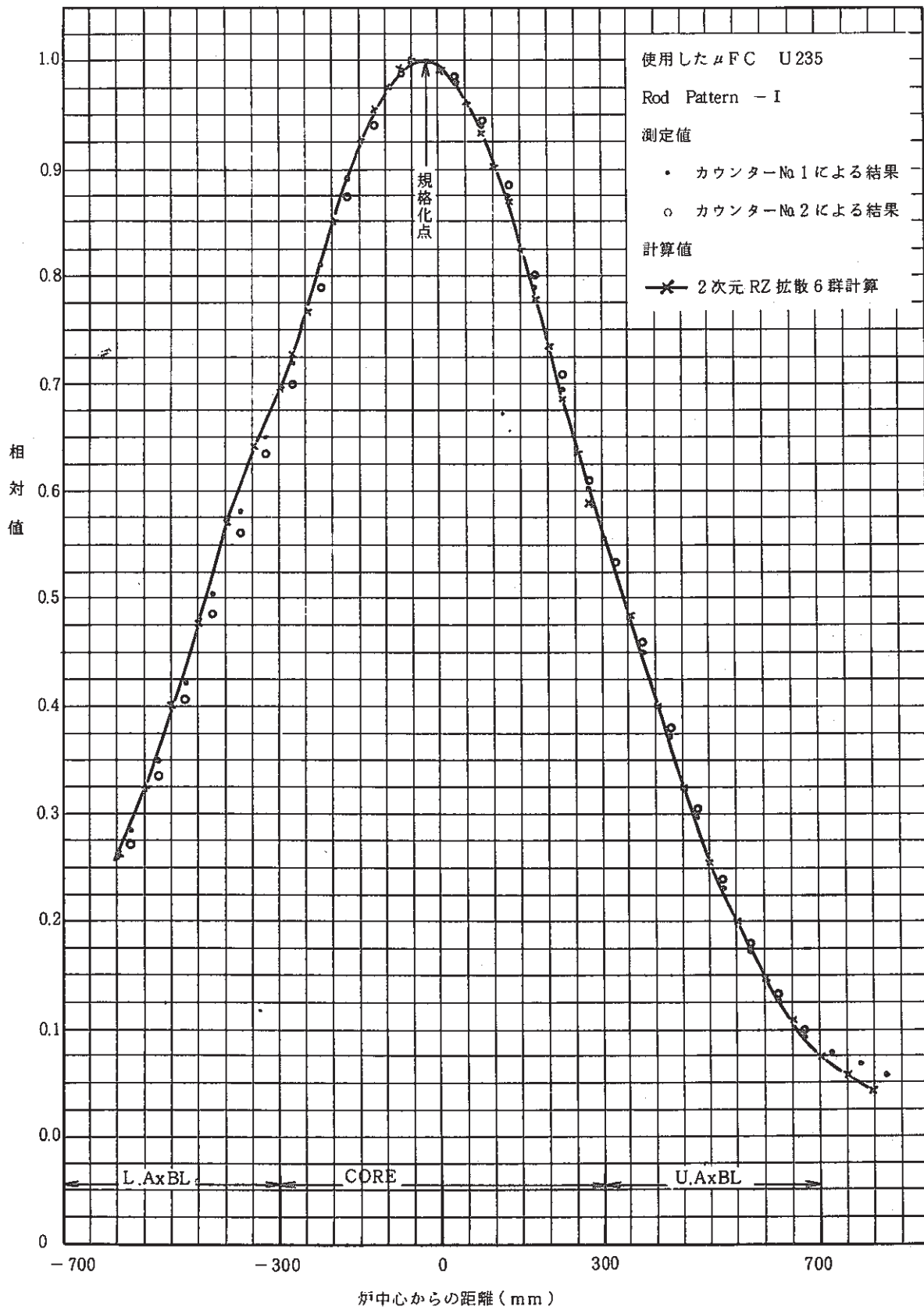
Detector
(μ .F.C.)

material Pu-239
Serial No. 1
Reactor Power ch.1
 1×10^3 CPS
Date 52.6/20 ~ 22
Rod Pat. 1

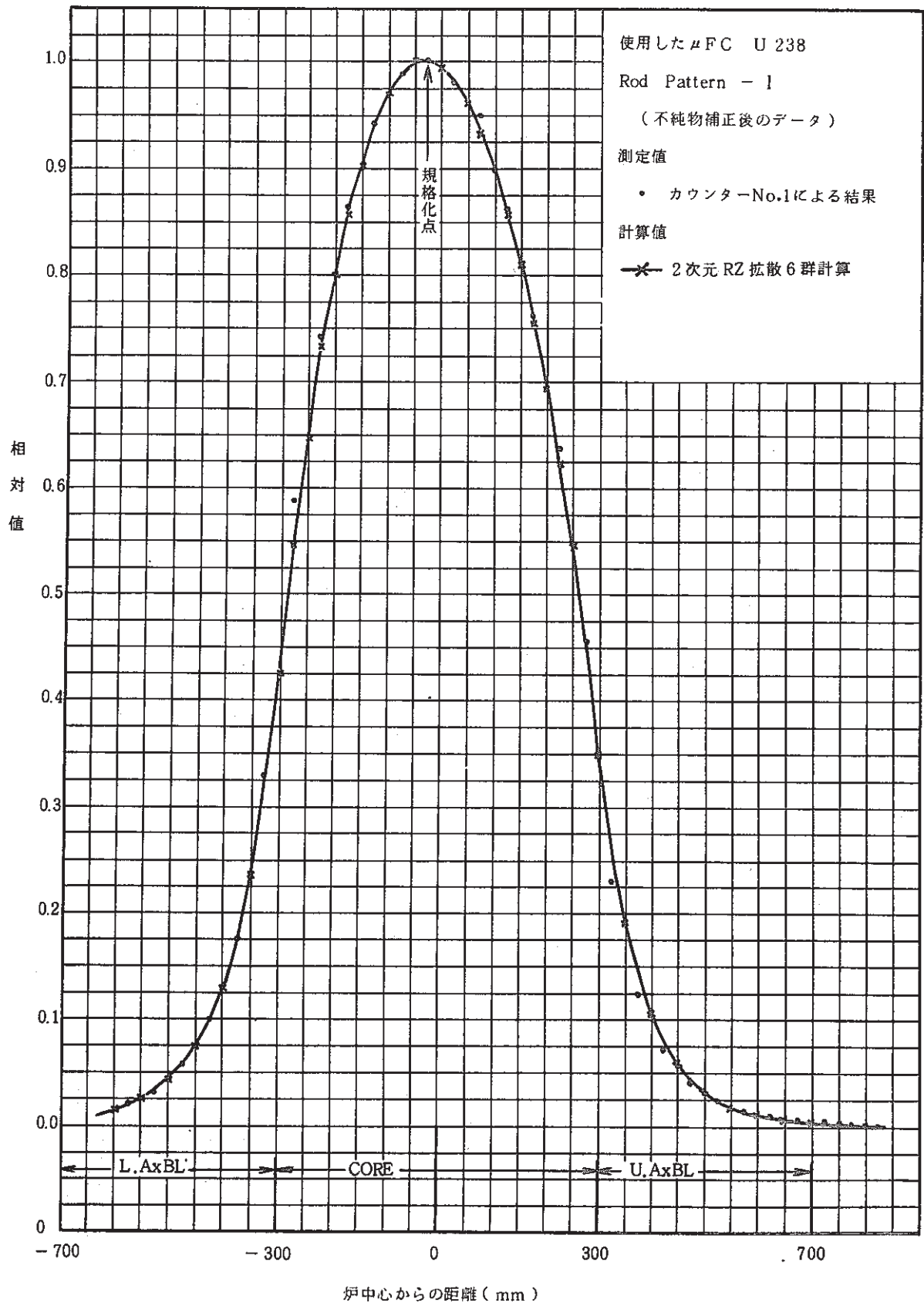




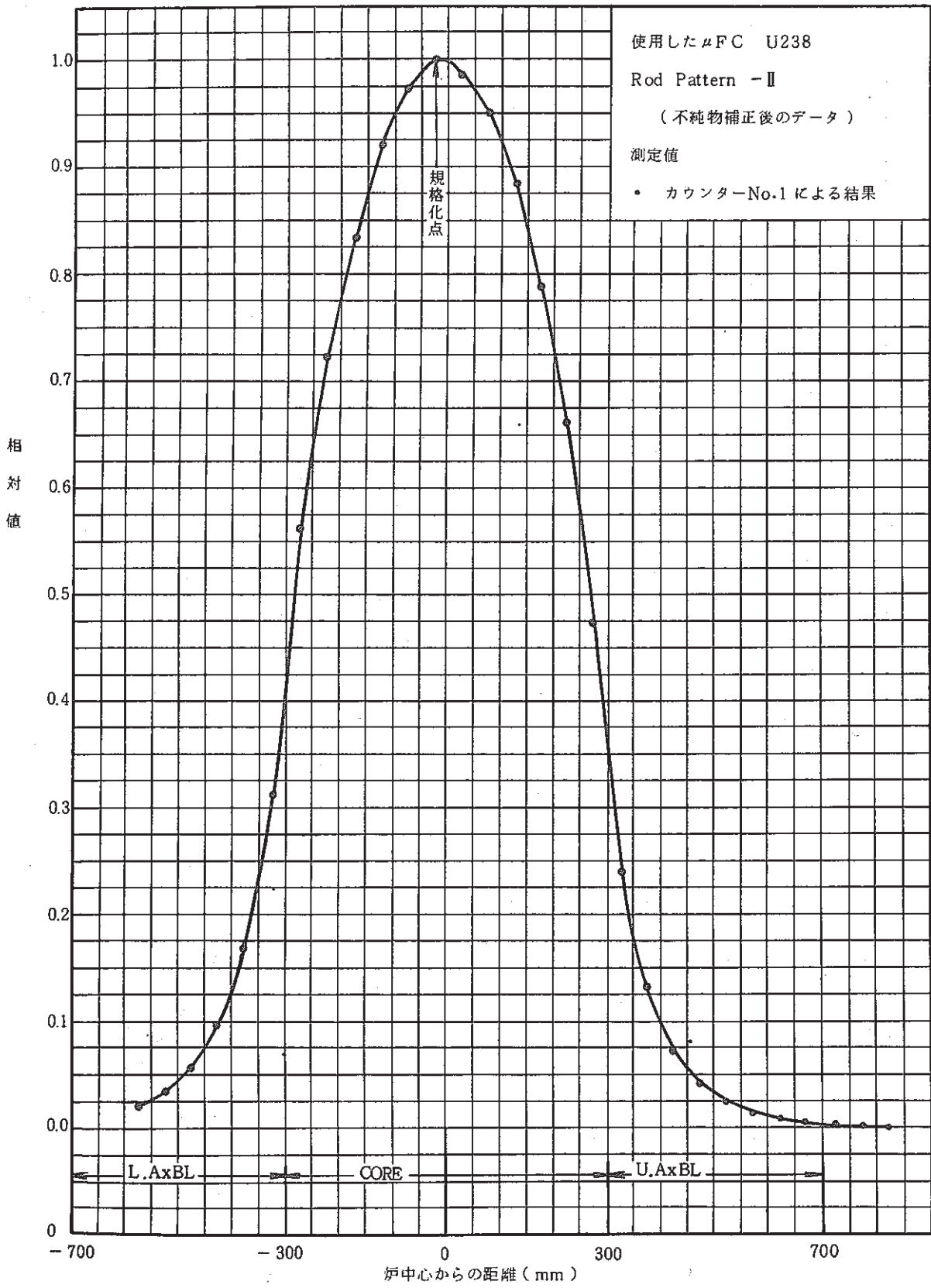
図NT-4-6 臨界法による等温係数



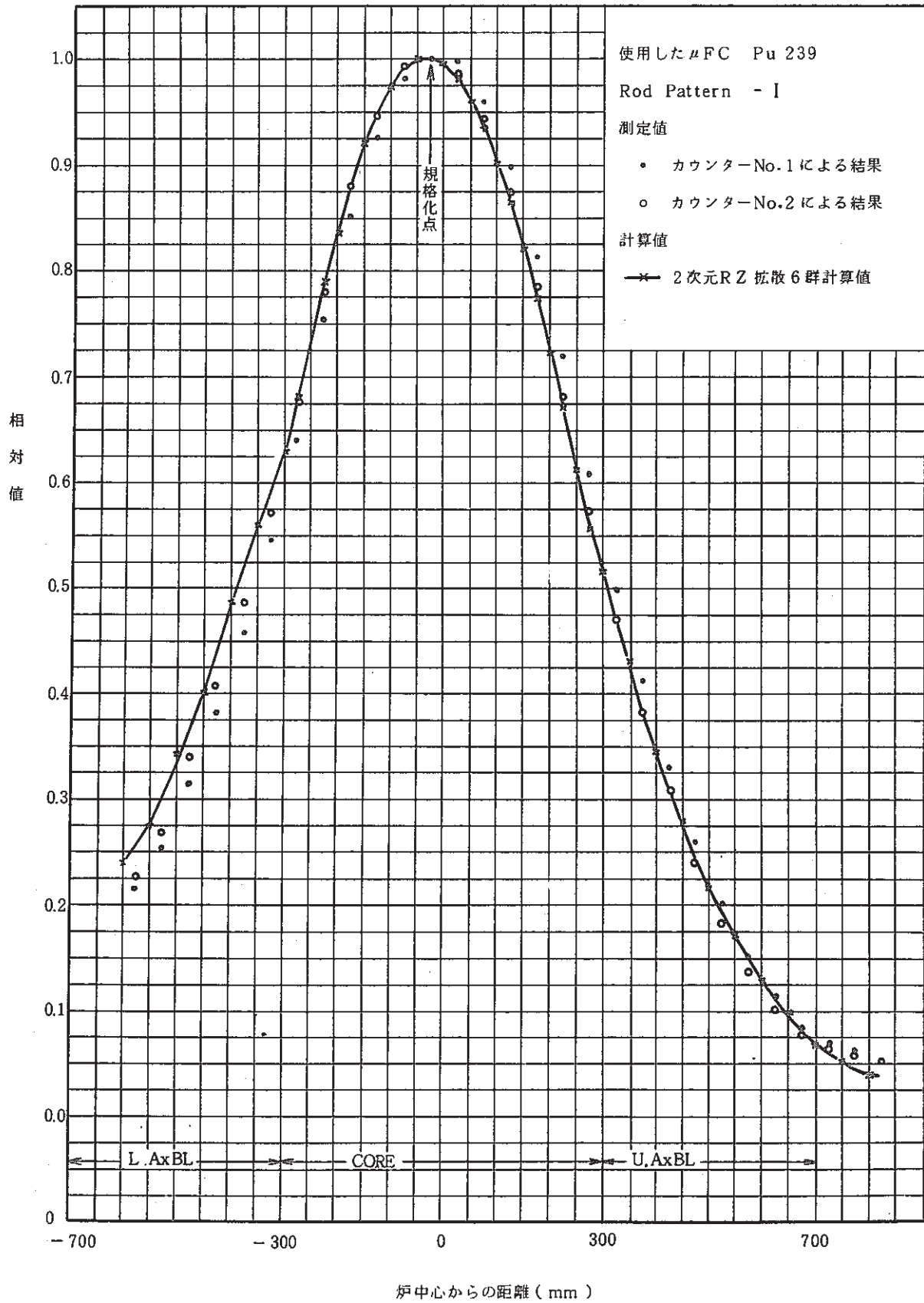
図NT-4-7 U235 (n, f)反応相対分布



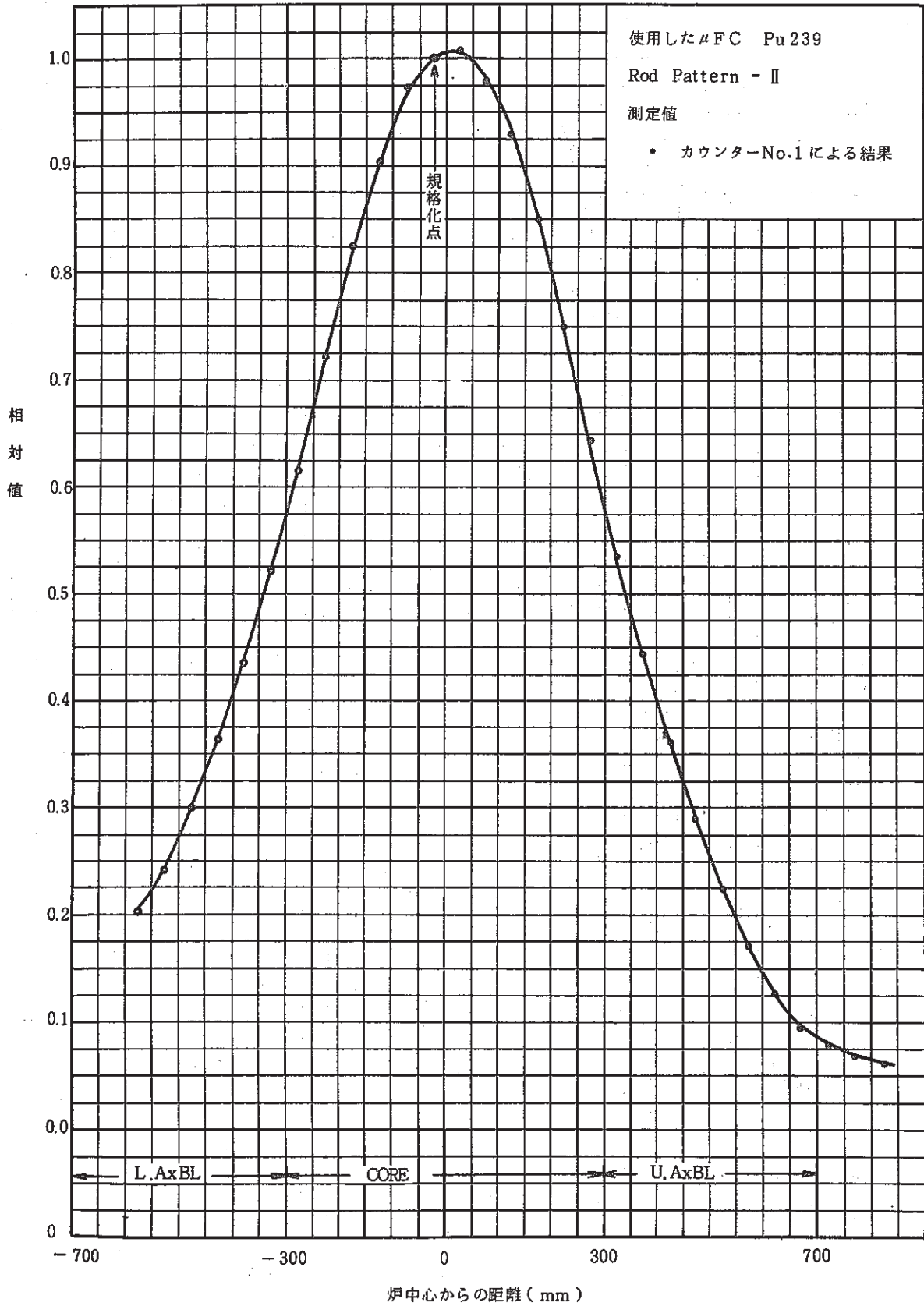
図NT-4-8 U 238 (n, f) 反応相対分布(1)



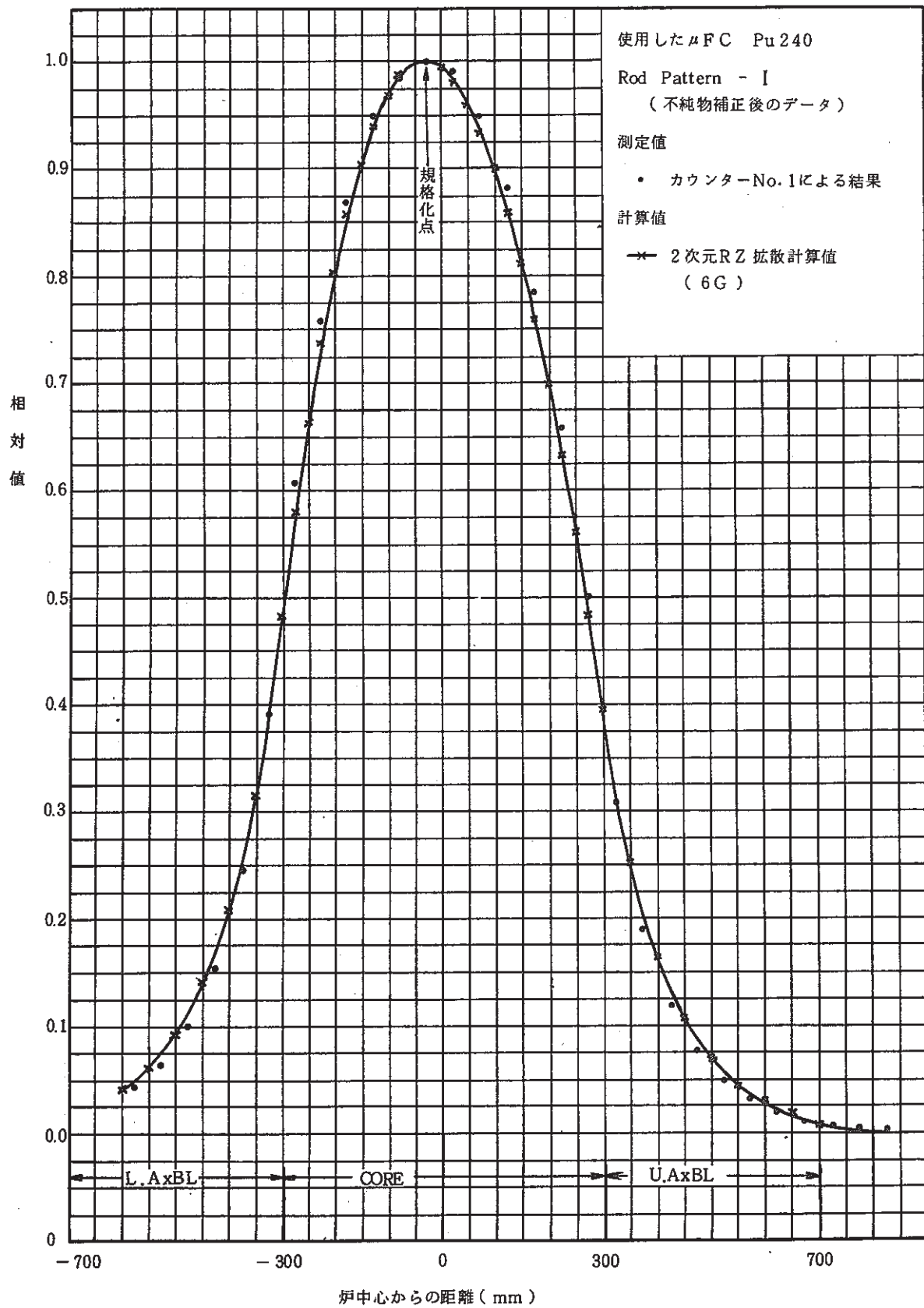
図NT-4-9 U 238 (n, f) 反応相対分布 (2)



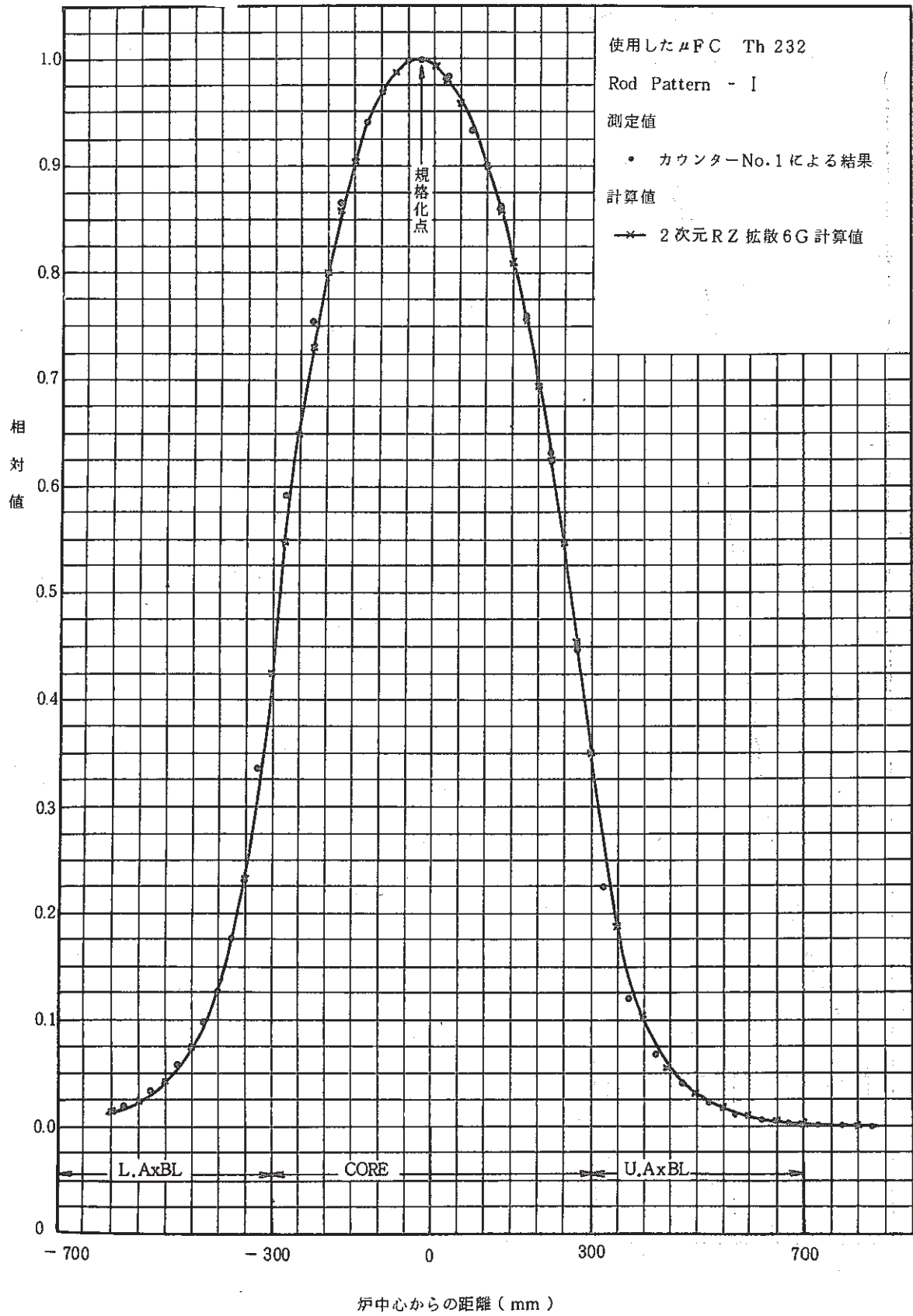
図NT-4-10 Pu 239 (n, f) 反応相対分布 (I)



図NT-4-11 Pu-239 (n, f) 反応相対分布 (2)



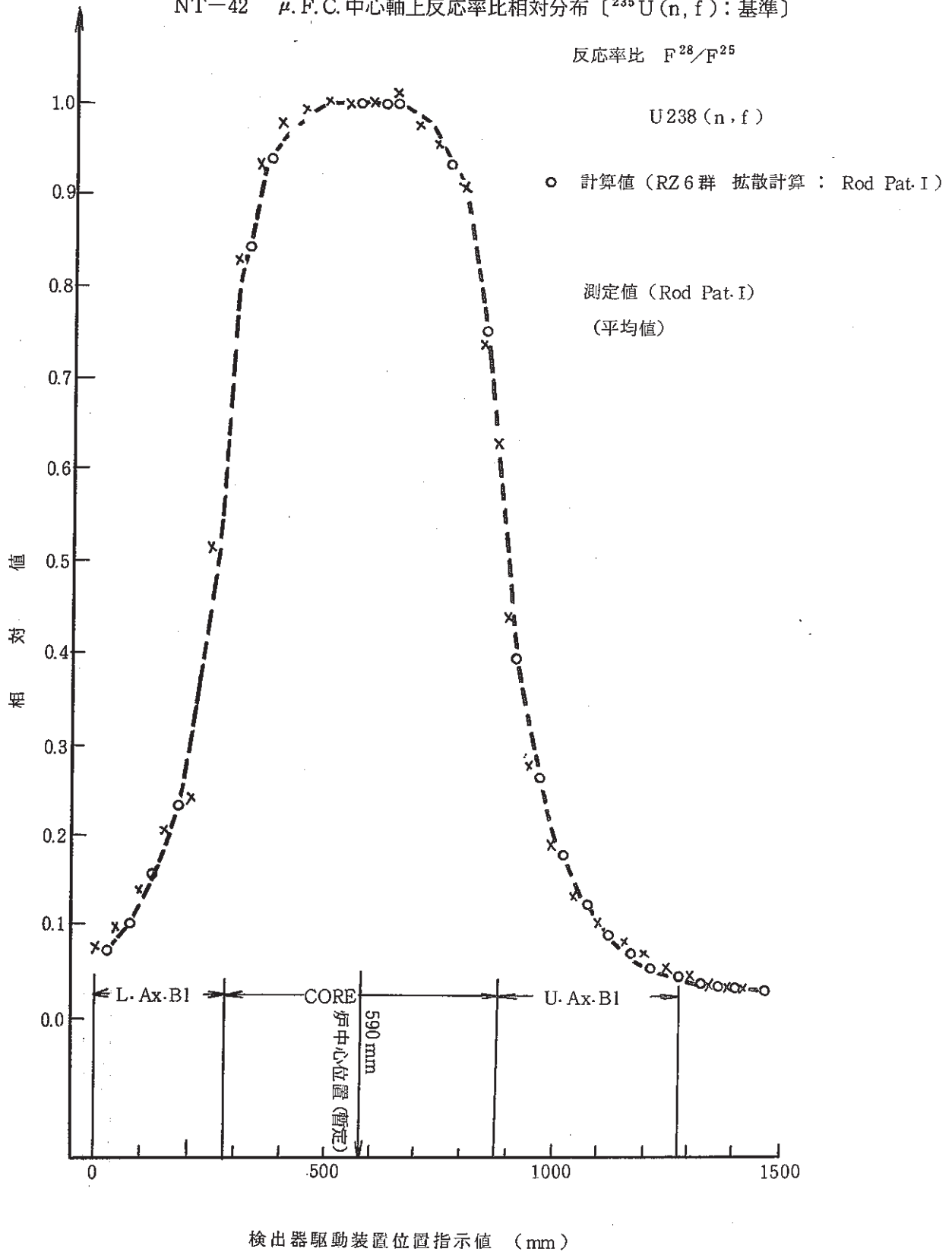
図NT-4-12 Pu 240 (n, f) 反応相対分布



図NT-4-13 Th 232 (n, f) 反応相対分布

図NT-4-14 F^{28}/F^{25} 相对分布 (Rod Pat. 1)

NT-42 μ . F. C. 中心軸上反应率比相对分布 [$^{235}\text{U}(n, f)$: 基準]



図NT-4-15 F^{49}/F^{25} 相対分布 (Rod Pat. 1)

NT-42: μ . F. C. 中心軸上反応率比相対分布 [^{235}U (n, f): 基準]

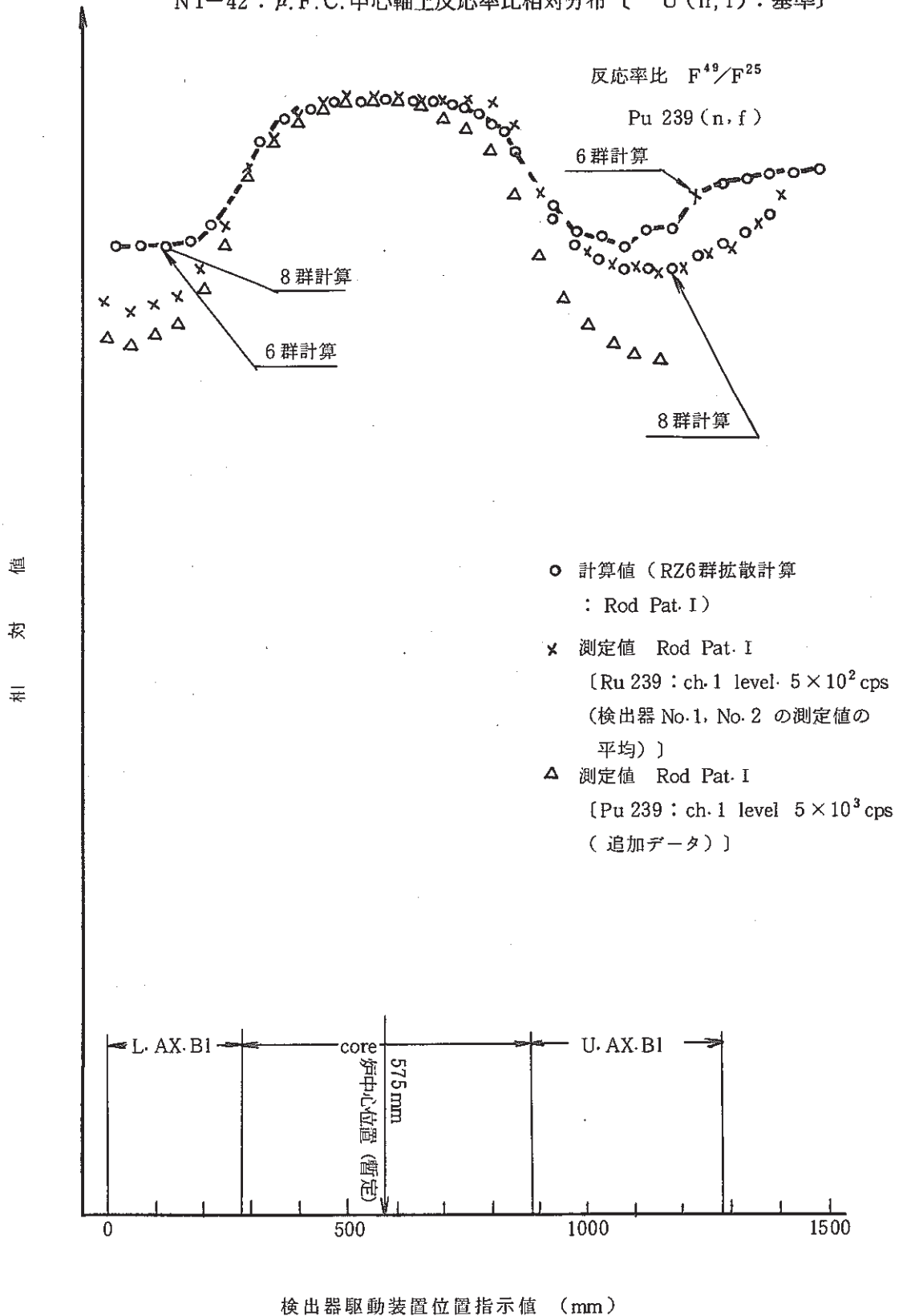
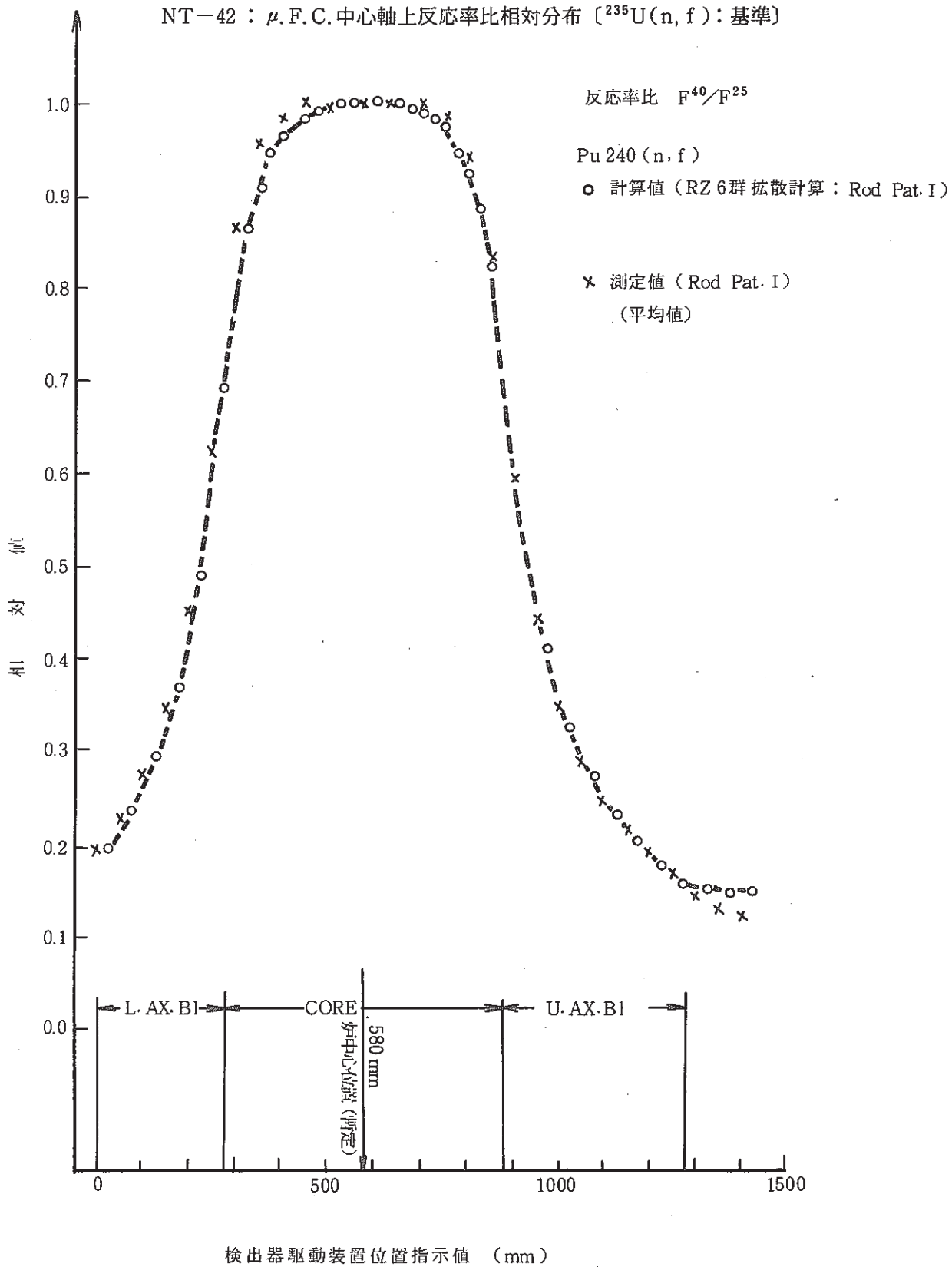


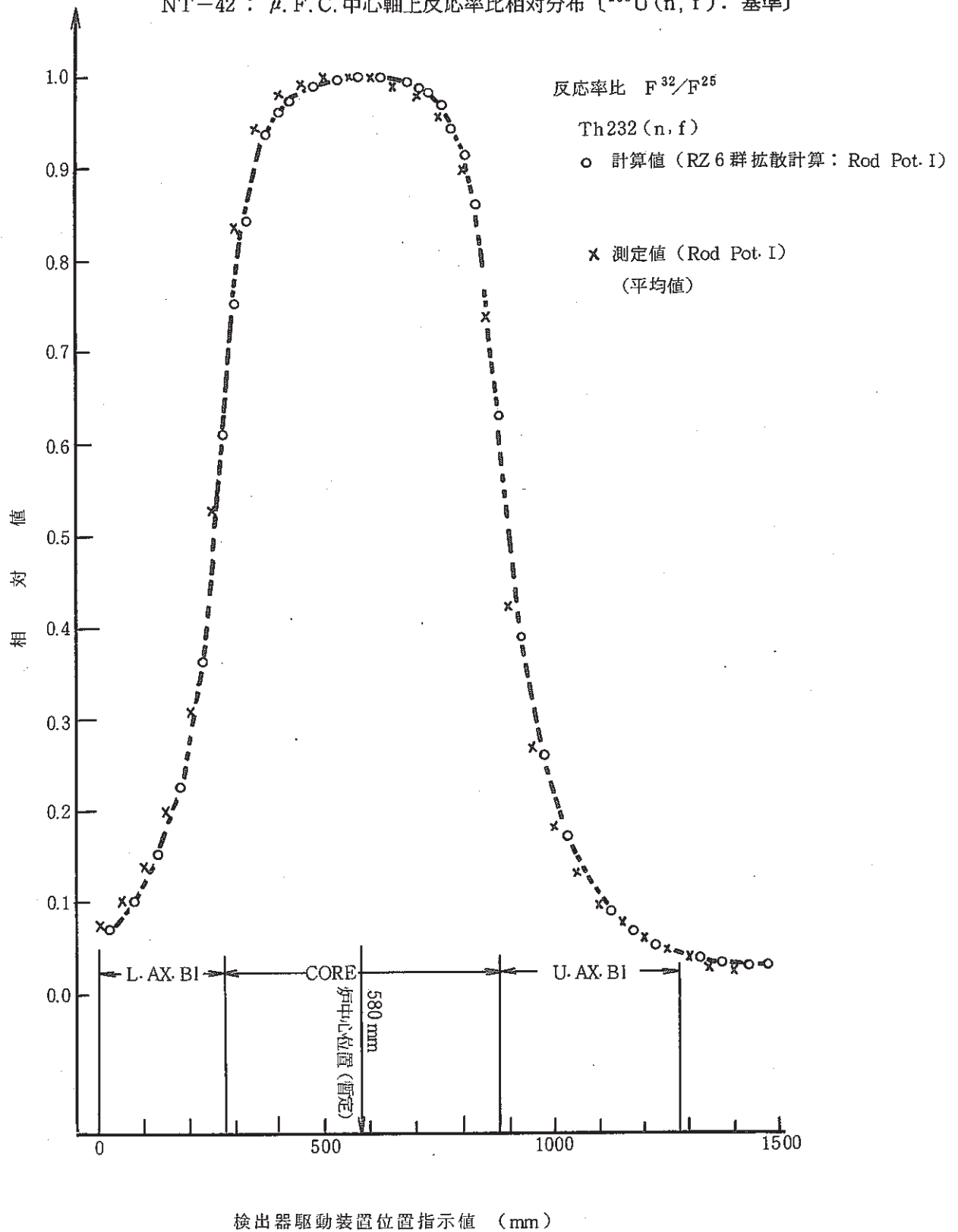
図 NT-4-16 F^{40}/F^{25} 相对分布 (Rod Pat. I)

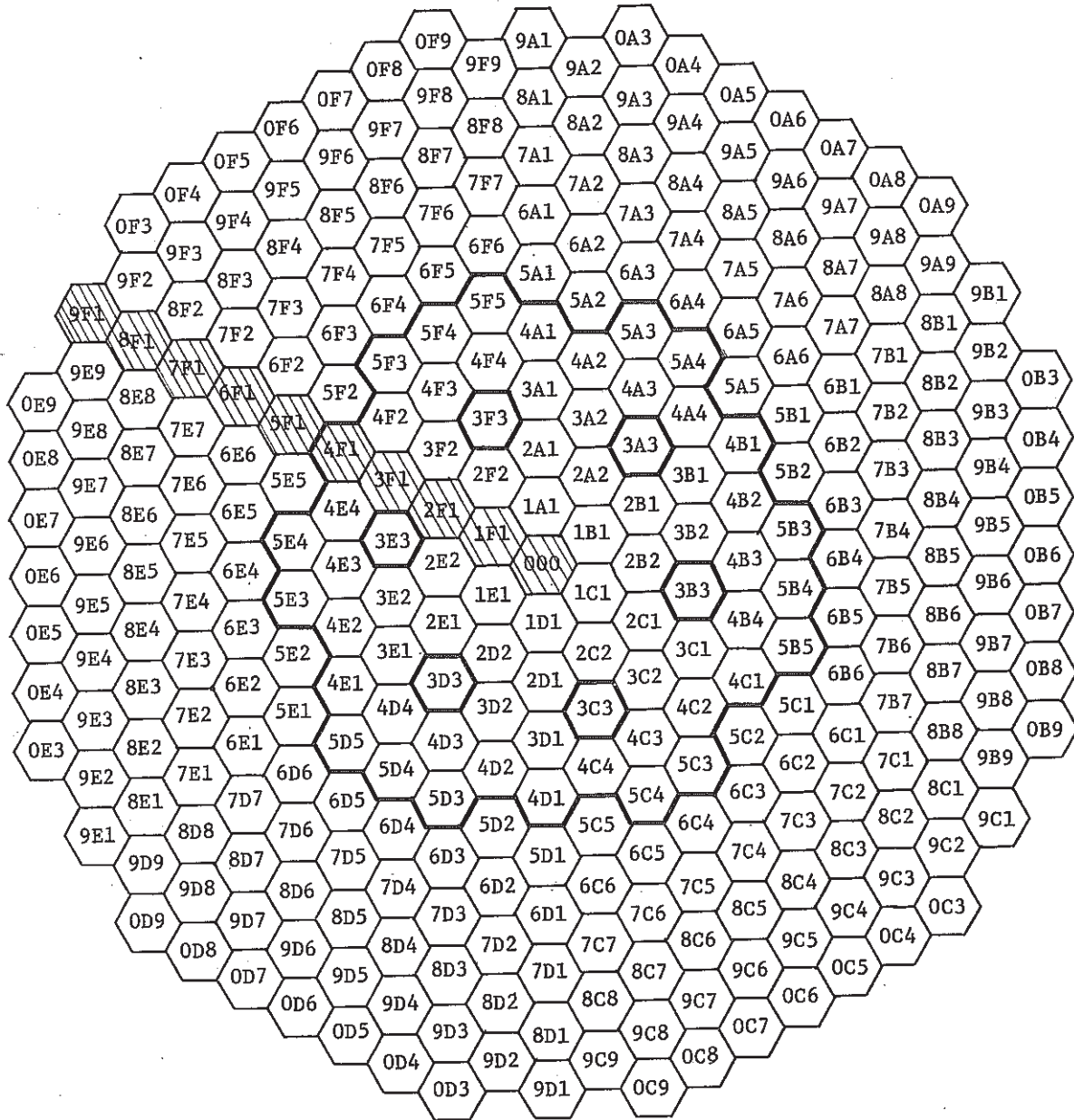
NT-42 : μ . F. C. 中心軸上反应率比相对分布 [$^{235}\text{U}(n, f)$: 基準]



図NT-4-17 F^{32}/F^{25} 相对分布 (Rod Pot. 1)

NT-42 : μ . F. C. 中心軸上反应率比相对分布 ($^{235}\text{U}(n, f)$: 基準)

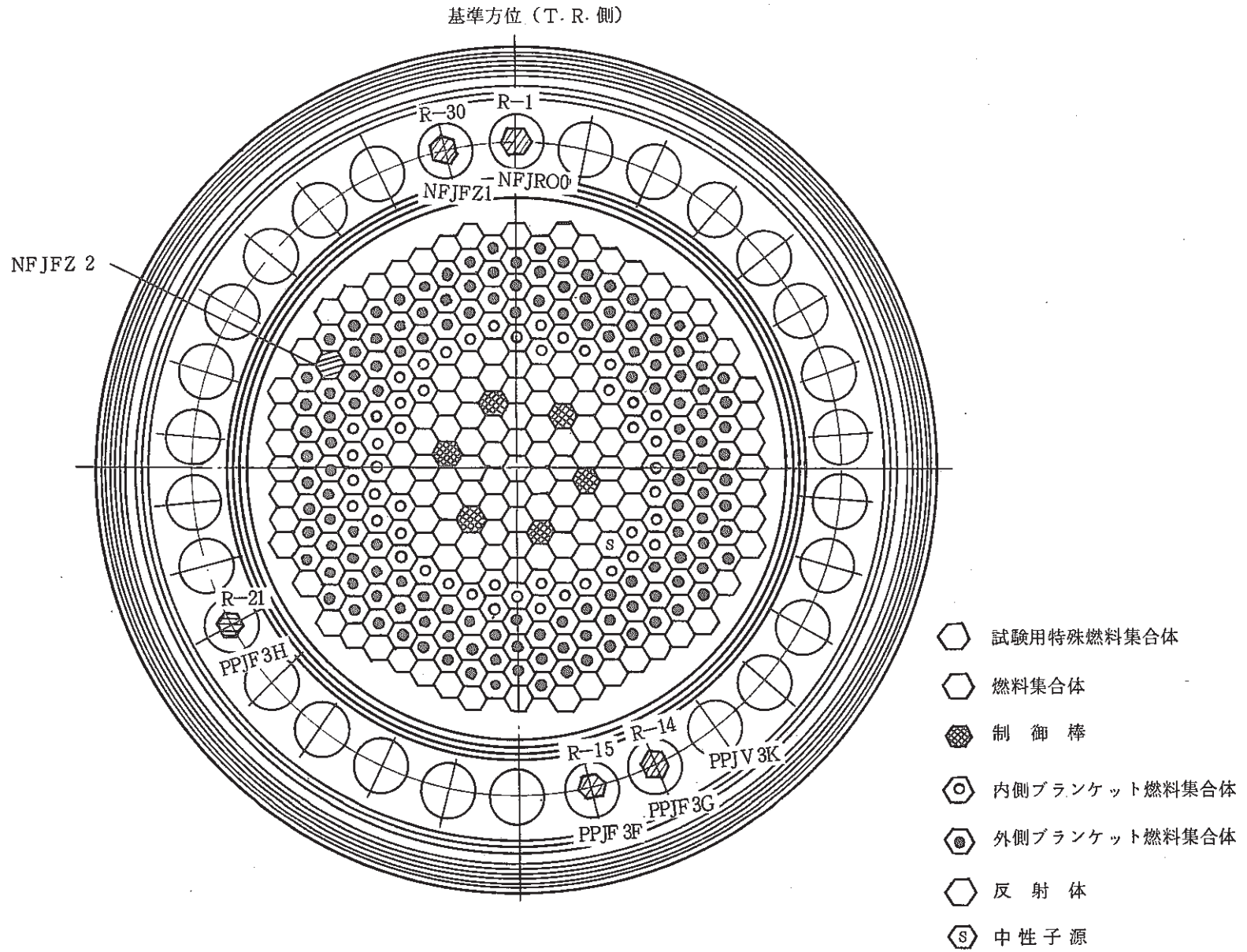




IAEA INSPECTION

DATE : 1977/09/08

☒ NT-4-18 JOYO CORE CONFIGURATION



図NT-4-19 炉心部構成図 (燃料ラック内)

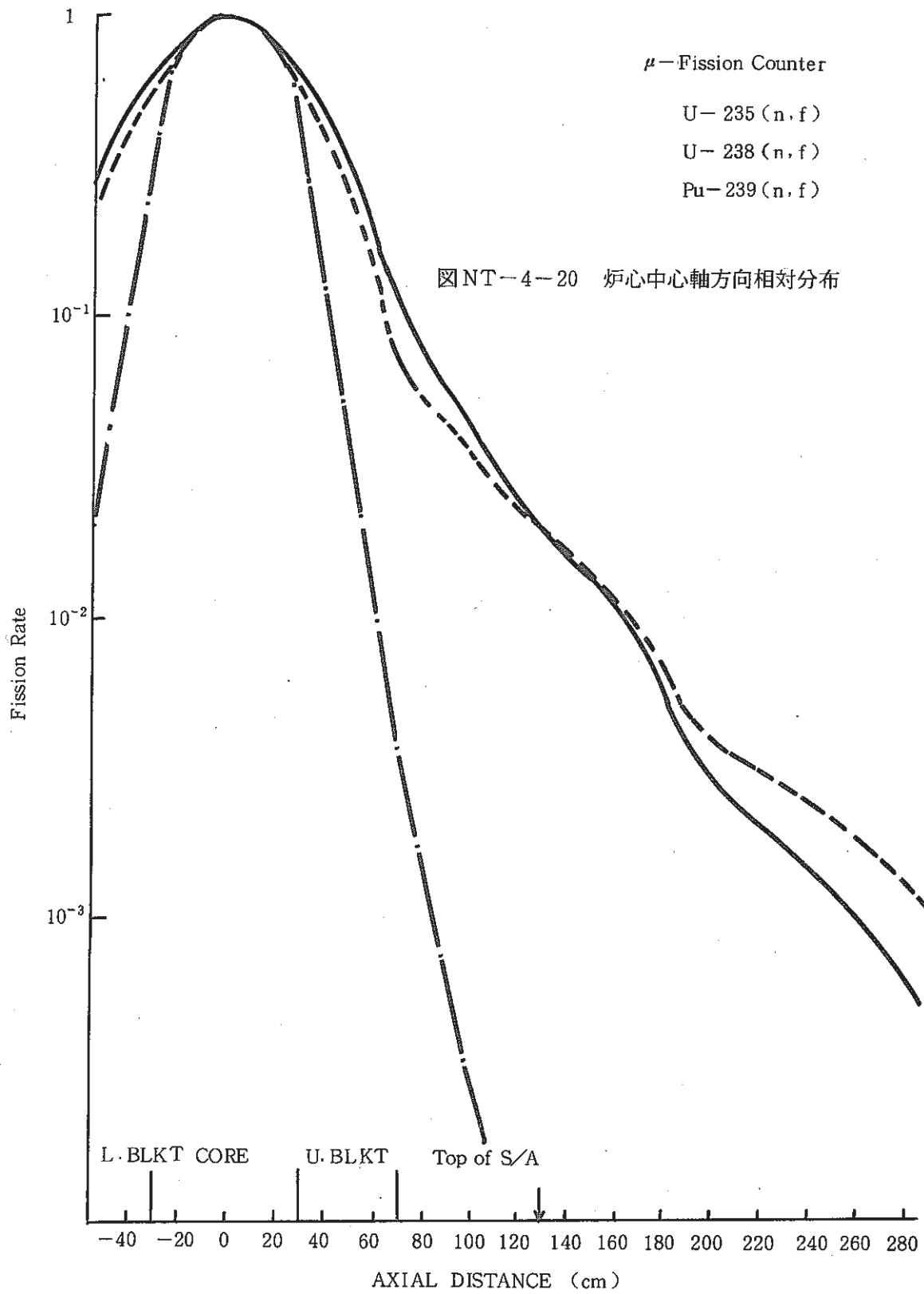
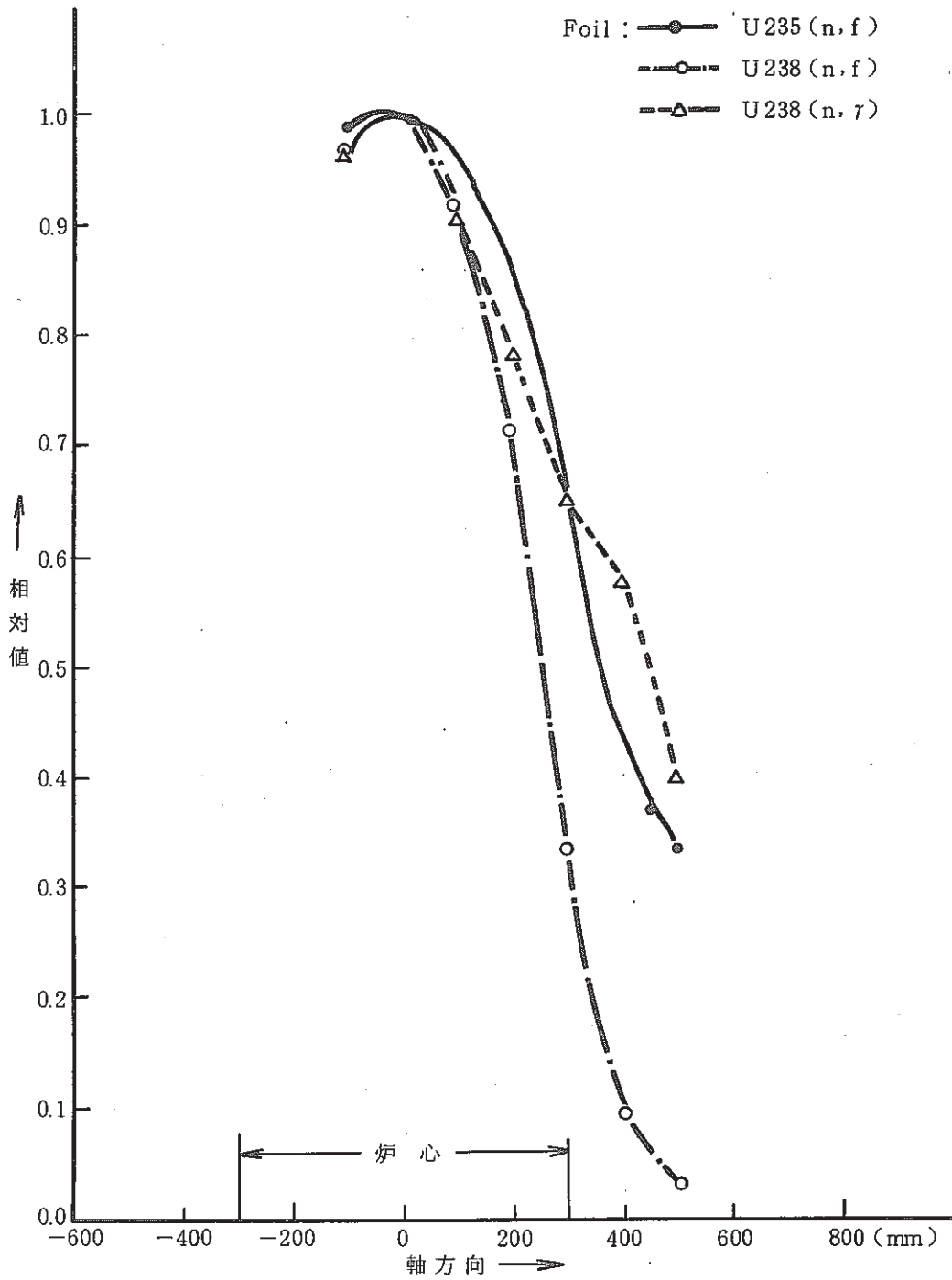


图 NT-4-21 炉心中心轴方向相对分布



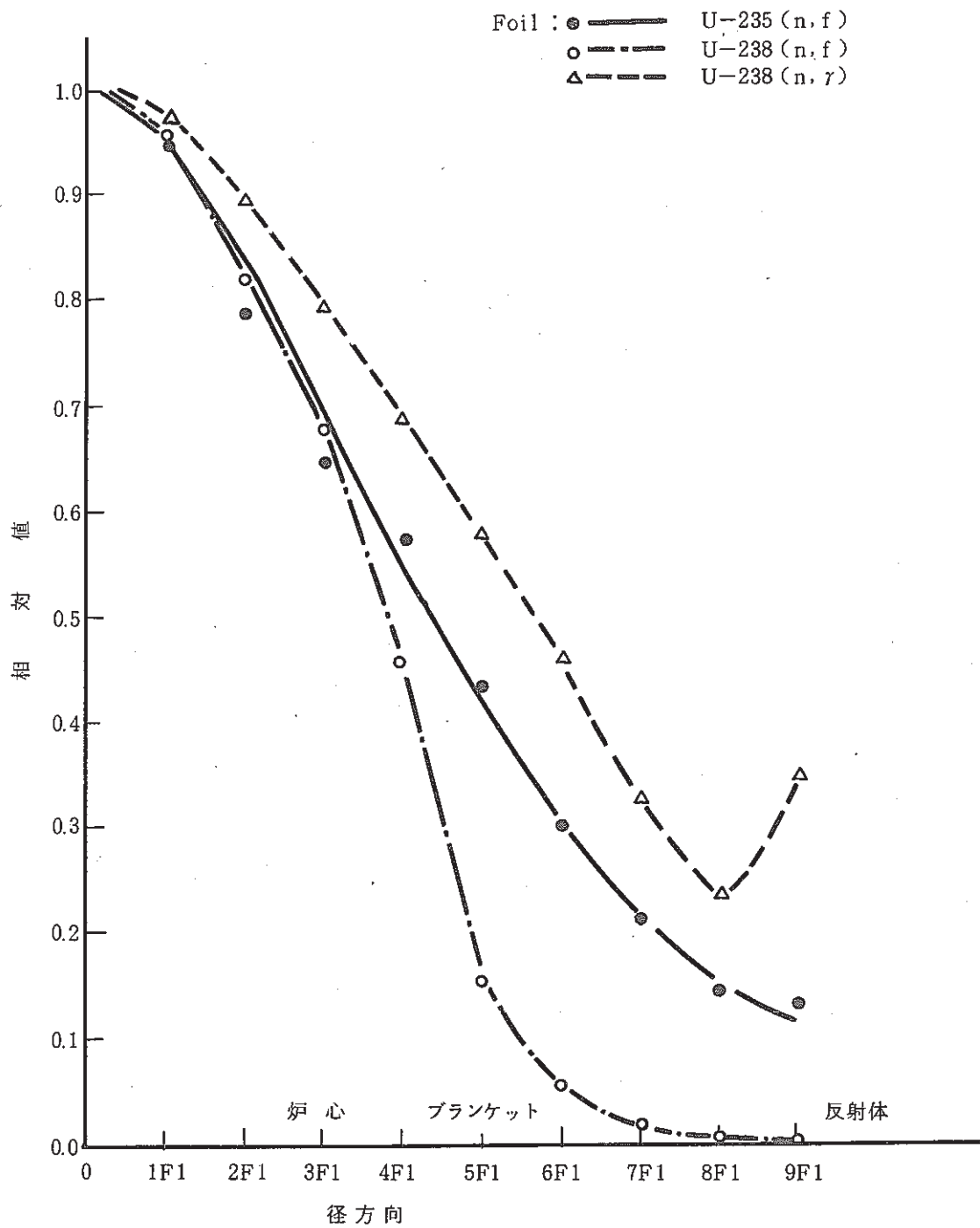


図 NT-4-22 炉心中心レベル径方向相対分布

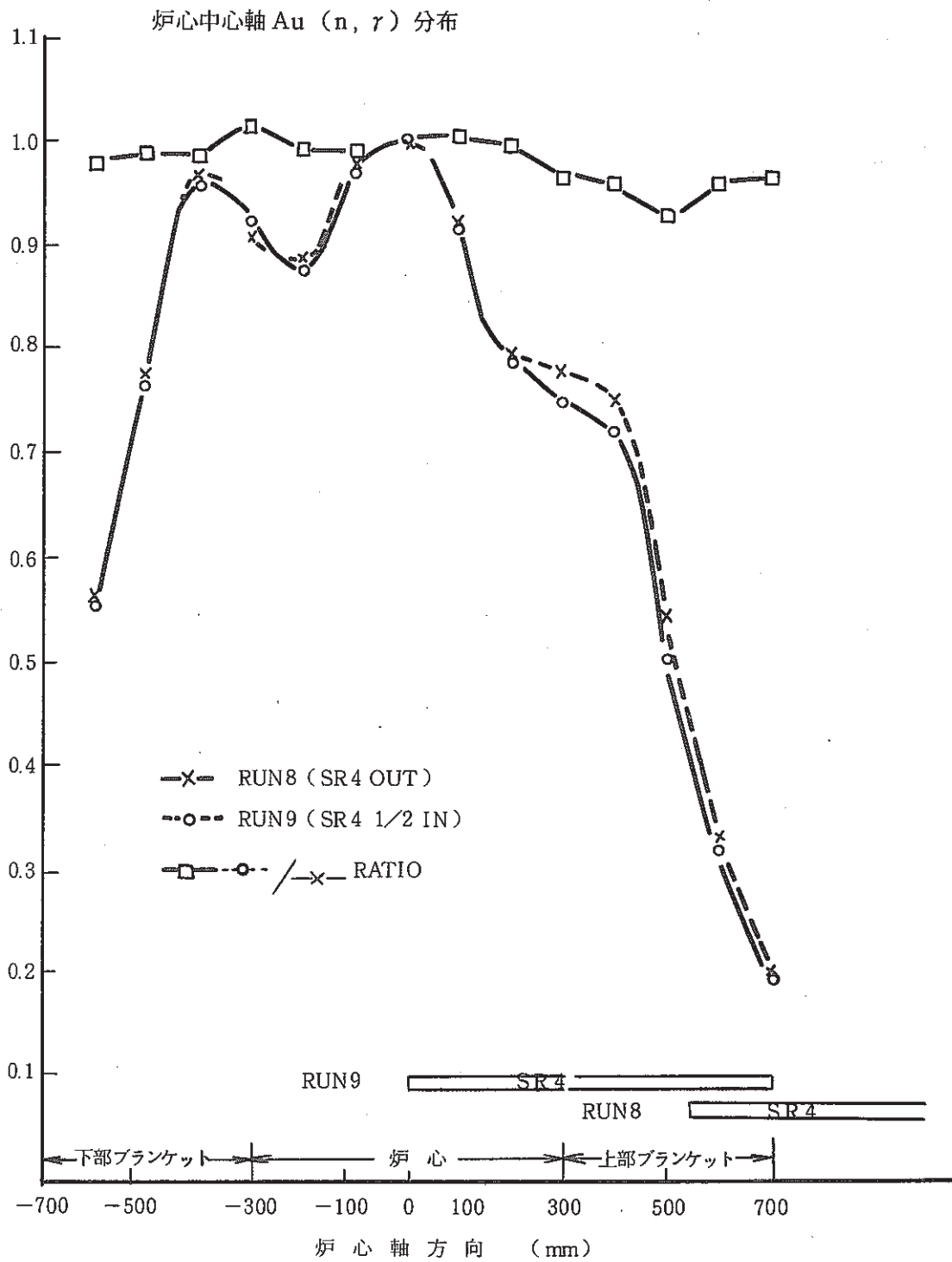
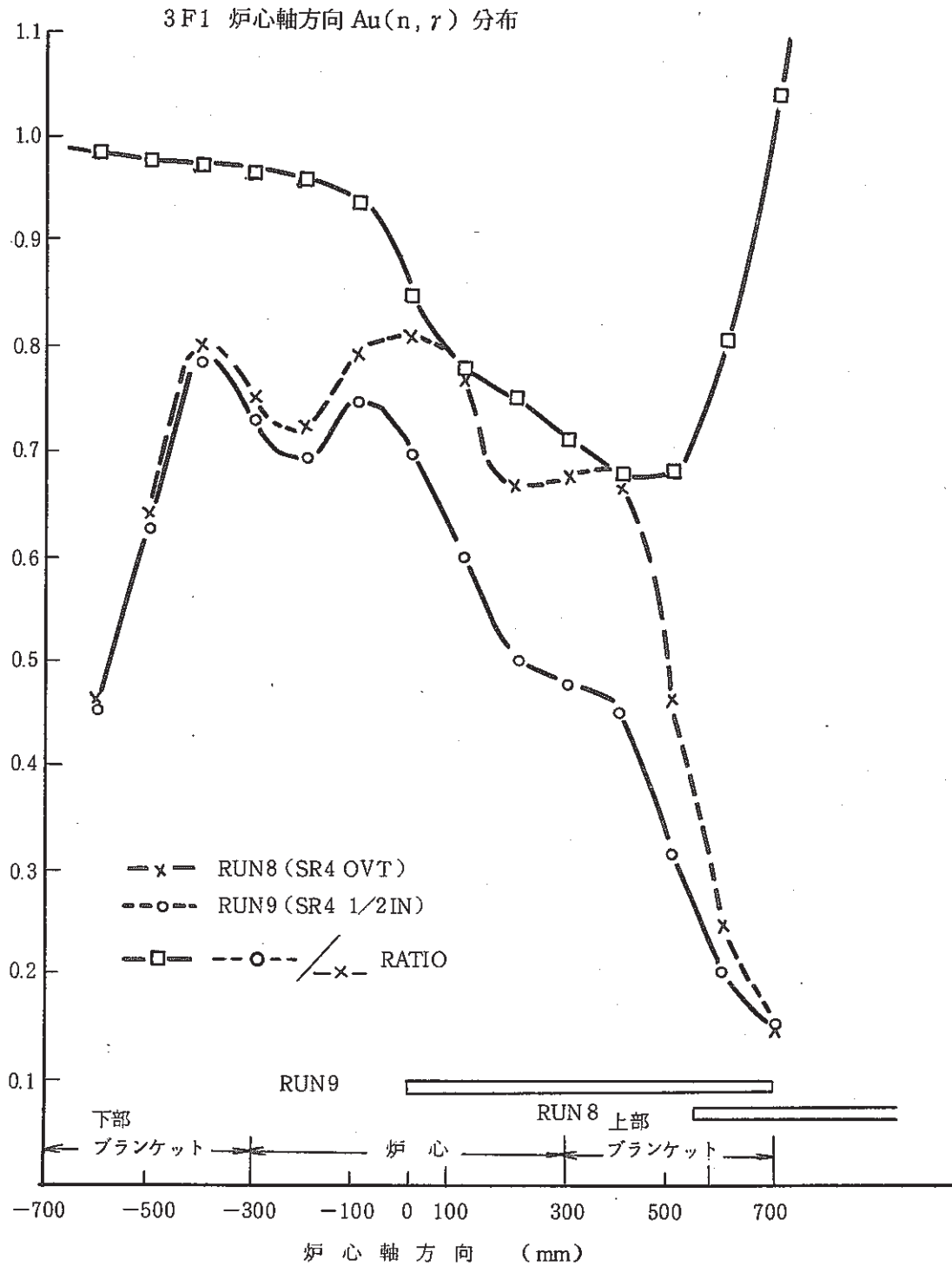


図 NT-4-23 制御棒の出力分布への影響 (軸方向)



図NT-4-24 制御棒の出力分布への影響 (3F1軸方向)

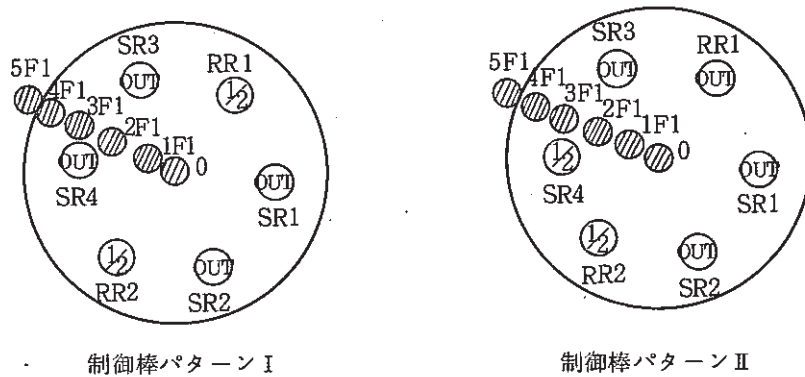
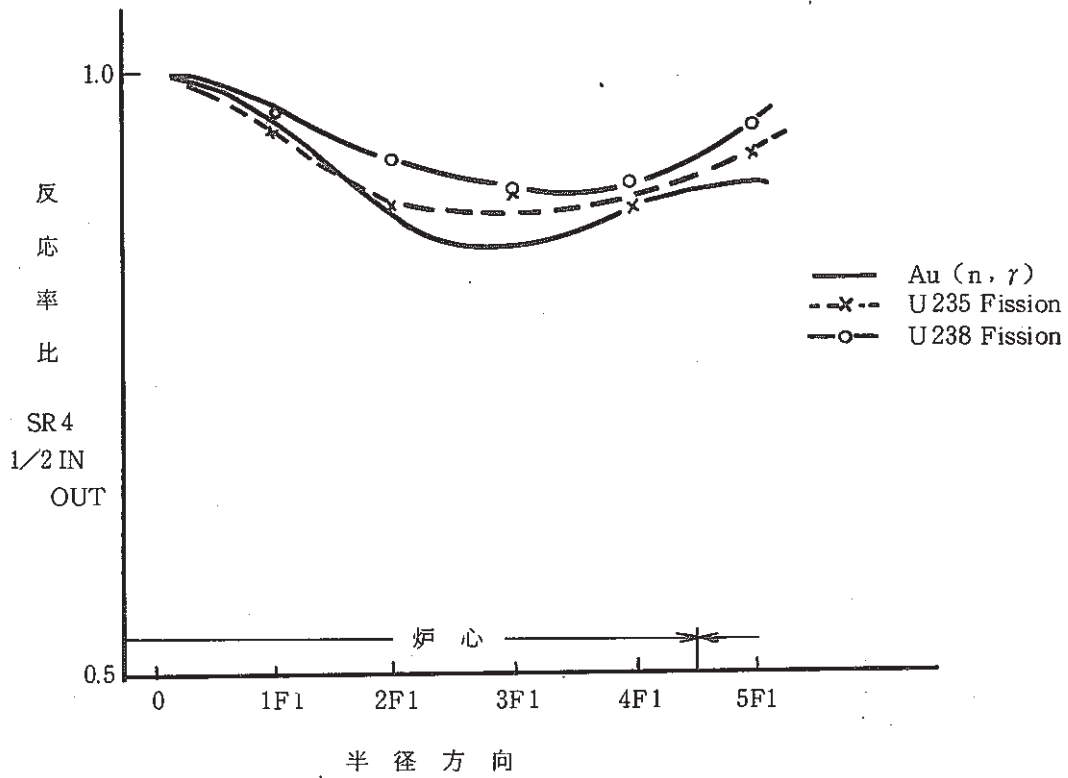


図 NT-4-25 出力分布に及ぼす制御棒効果 (半径方向)

試 験 項 目

5. 炉心特性, 温度・流量特性

NT - 51 炉心内流量分布

実 施 期 間

昭和 52 年 7 月 5 日 ~ 7 月 12 日

I 炉心特性

NT-5 温度・流量特性

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果		設計値		備考(プラント状態等)			
			流量領域	測定値 (kg/s) Q	設計値 (kg/s) Q ₀	(%) (Q/Q ₀ -1) × 100				
NT-51	炉心内流量分布	各集合体の流量が設計流量を満足すること。 〔B〕	炉心	0, 1列	7.71	7.35	+5	1次系温度 250℃ " 流量 20~90% 炉出力 0		
				2列	7.39	7.11	+4			
				3列	6.88	6.61	+4			
				4列	6.25	6.09	+3			
				5列	4.83	5.17	-7			
			ブランケット	内側1列	1.22	1.26	-3			
				内側2列	0.94	0.98	-4			
				外側	0.37	0.37	0			
						(100%流量換算)				
						☒NT-5-1, ☒NT-5-2, ☒NT-5-3 参照				

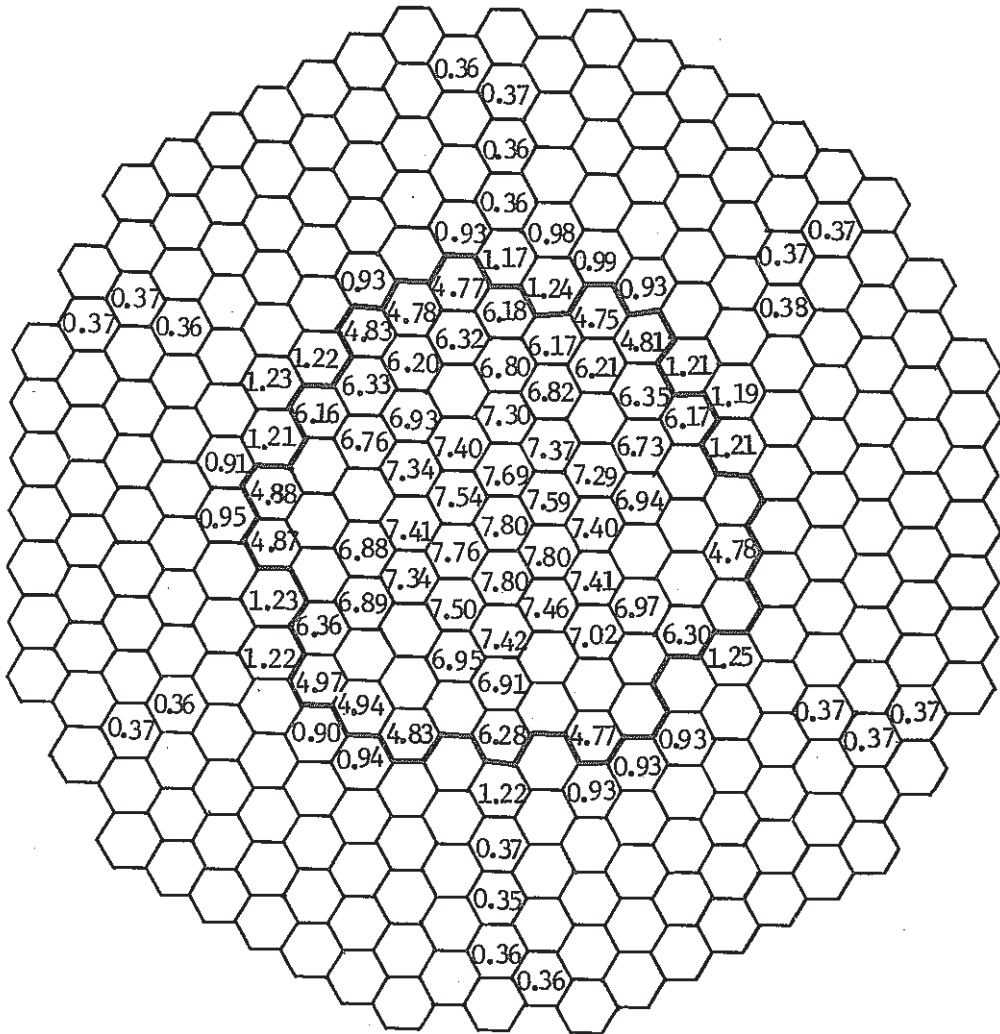


図 NT-5-1 炉心内流量分布 試験結果 (100%)

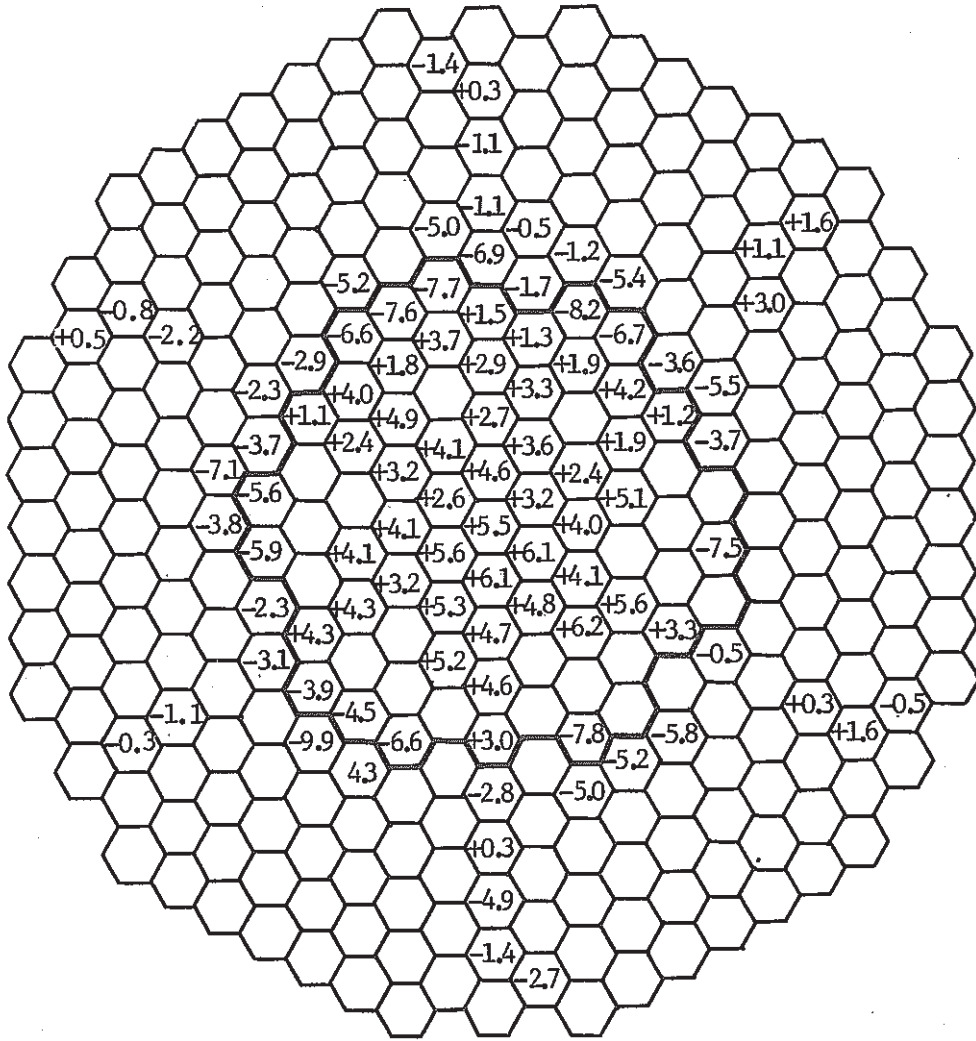


図 NT-5-2 100%流量時の設計流量に対する誤差(%)

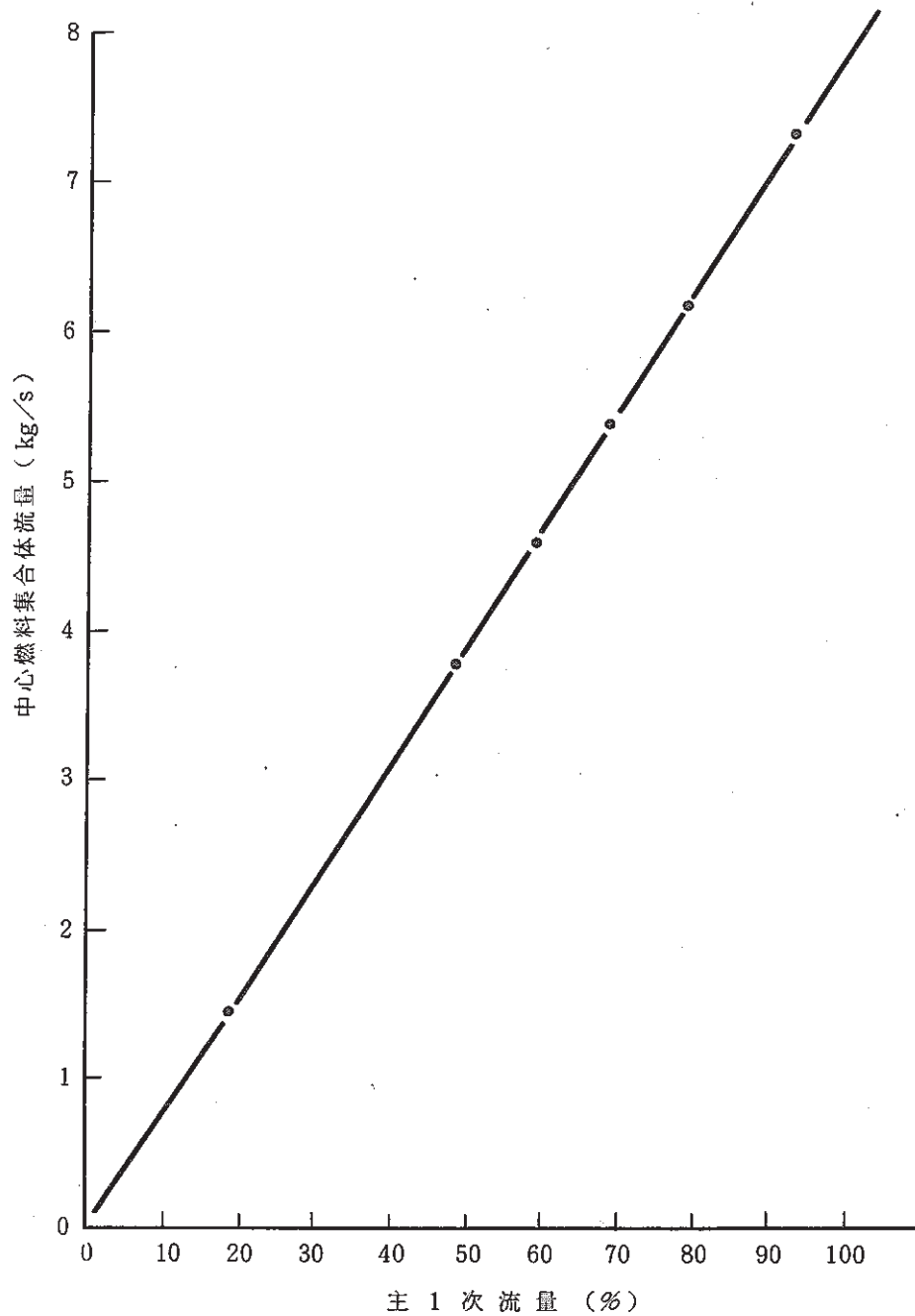


图 NT-5-3 1次主冷却系流量-集合体流量 直线性

試 驗 項 目

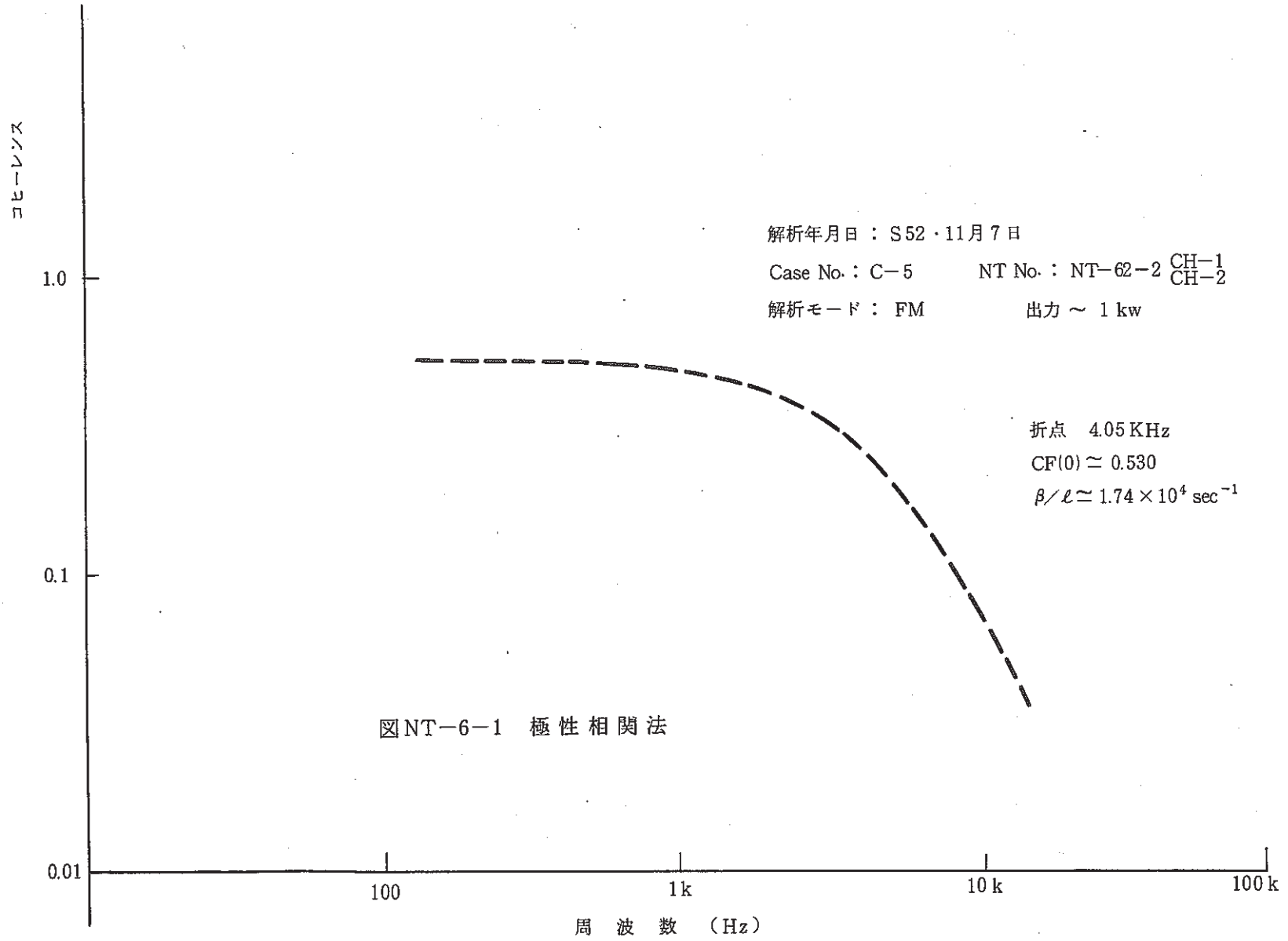
6. 炉心特性, 炉心動特性
NT-62 炉雜音特性

実 施 期 間

昭和 52 年 7 月 23 日 ~ 7 月 29 日

I 炉心特性
NT-6 炉心動特性

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果	設計値	備考(プラント状態等)
NT-62	炉雑音特性 (1)低出力炉雑音特性	β/ℓ : $1.79 \times 10^4 \text{sec}^{-1}$ (制御棒引抜時) $2.56 \times 10^4 \text{sec}^{-1}$ (制御棒挿入時) [B]	・バンドパスフィルタ法 $1.74 \times 10^4 \text{sec}^{-1}$ ・極性相関法 $1.74 \times 10^4 \text{sec}^{-1}$ 図NT-6-1 参照	$1.77 \times 10^4 \text{sec}^{-1}$ (全制御棒引抜時) $2.12 \times 10^4 \text{sec}^{-1}$ (調整棒2本挿入時) 制御棒引抜時 $\ell = 2.817 \times 10^{-7} \text{sec}^{-1}$ $\beta = 4.983 \times 10^{-3}$ 調整棒挿入時 $\ell = 2.339 \times 10^{-7} \text{sec}^{-1}$ $\beta = 4.964 \times 10^{-3}$	1. { 1次系温度 $\sim 170^\circ\text{C}$ " 流量 $\sim 20\%$ 炉出力 500 W (ch1 $4 \times 10^3 \text{cps}$) 2. 計算体系 炉心燃料集合体 69体 検出器受入集合体 1体



試 験 項 目

遮 蔽 特 性

ST-21 炉体まわり遮蔽特性

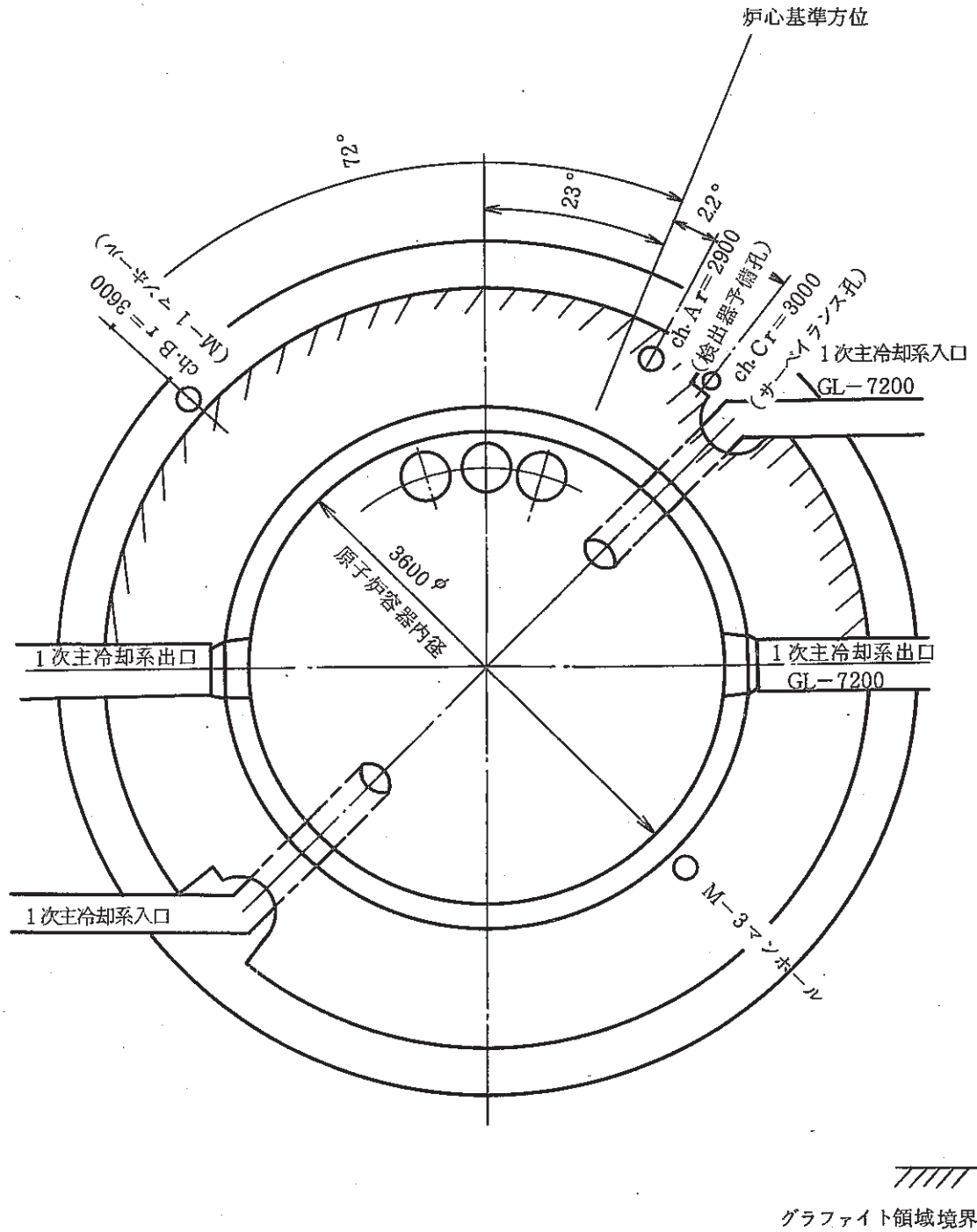
実 施 期 間

昭和52年7月23日～7月29日

昭和52年8月12日～8月25日

Ⅲ 遮蔽特性

試験番号	試験項目	判定基準	試験結果			設計値	備考(プラント状態等)
			注1 測定場所	注2 線質	注3 測定値	注3, 注4 計算値	
ST-21	炉体まわり遮蔽特性	中性子束および ガンマ線強度が 設計計算による 上限値を越えな いこと。 [B]	中心孔	n			1. { 1次系温度 ~170°C或いは ~250°C 1次系流量 ~20% 炉出力 13~100 kW 2.注1:測定位置は中心孔以外 は炉心中心面 3.注2 n:熱中性子束 n/cm ² s r:r線 rem/hr 4.注3:100 MW換算 5.注4:r線量率の計算値は炉 心よりのr線のみ考慮
			(燃料頂部)	r	2×10 ⁶	~10 ⁶	
			M-3マンホール孔 (炉容器壁外側)	n	2.8×10 ¹¹	4×10 ¹¹	
				r	1.2×10 ⁶	3×10 ⁶	
			予備検出器孔 (グラファイト中)	n	1.4×10 ¹⁰	7×10 ¹¹	
				r	1.8×10 ⁵	9×10 ⁵	
			サーベランス孔	n	2.3×10 ⁹	2×10 ¹¹	
				r	5.4×10 ⁴	5×10 ⁵	
M-1マンホール (安全容器外側)	n	3.6×10 ⁸	1×10 ¹¹				
	r	1.7×10 ⁴	2×10 ⁵				
			図ST-2-1~図ST-2-6 参照				



図ST-2-1 中性子計測チャンネル配置図

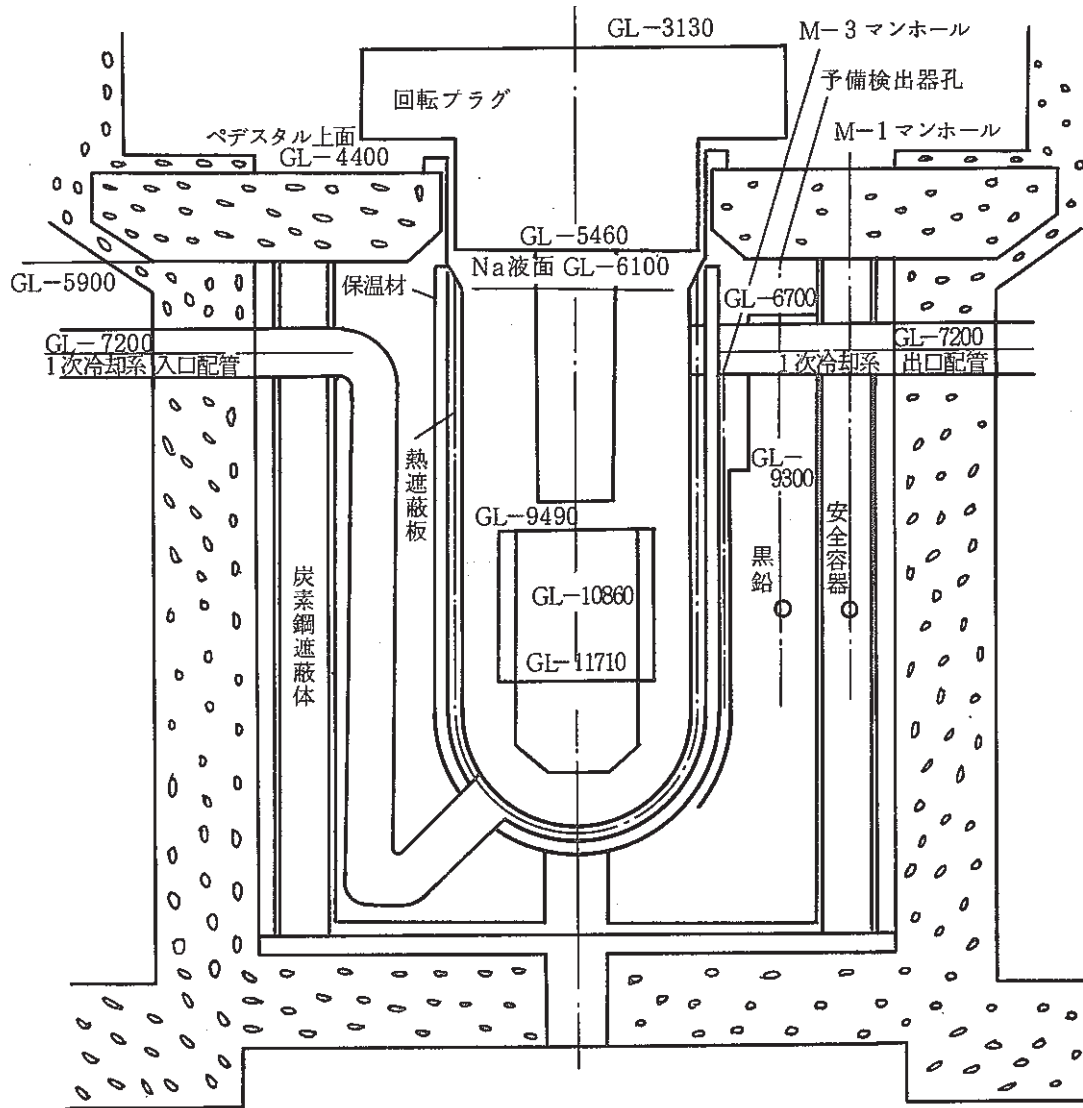


図 ST-2-2 原子炉容器配置図

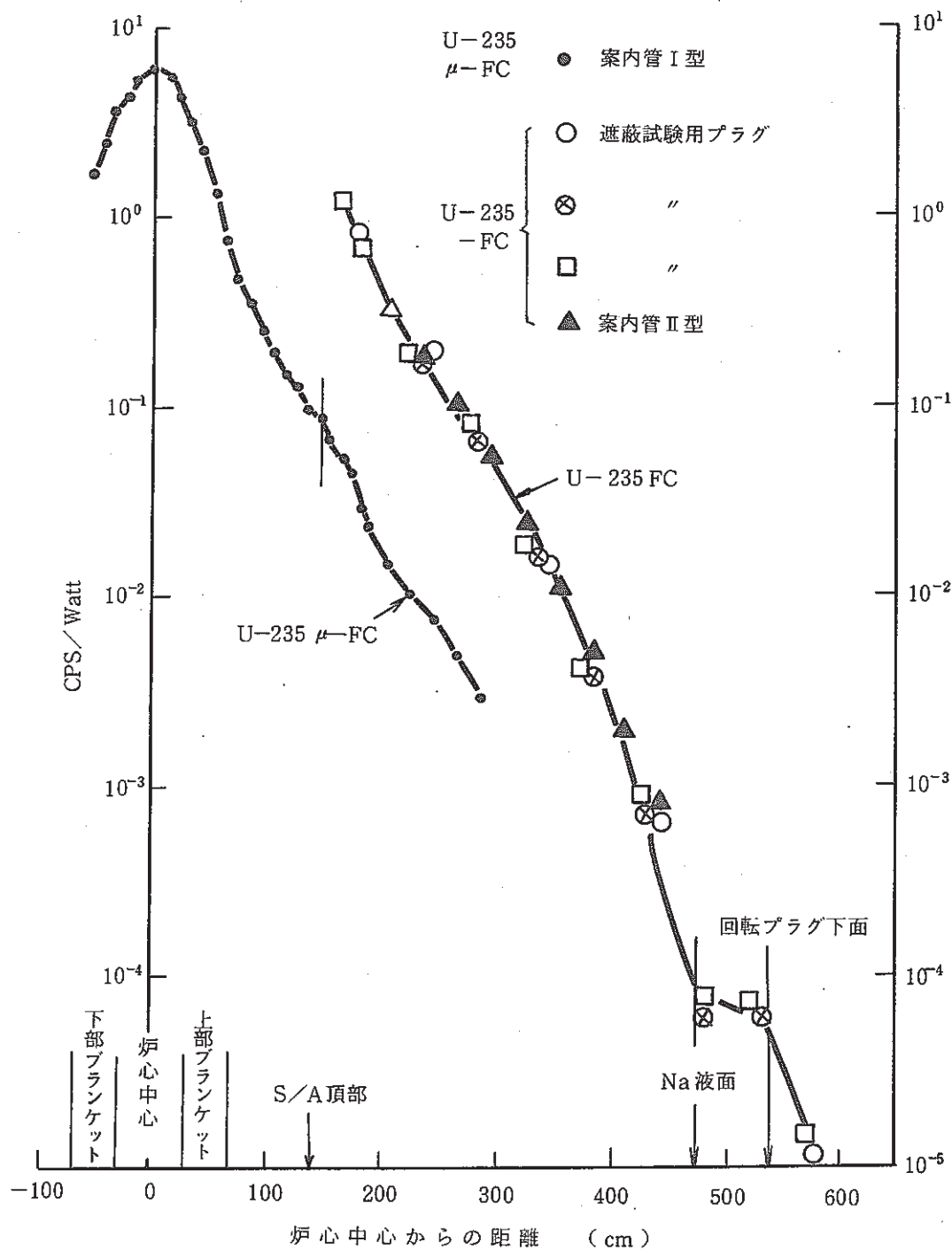


図 ST-2-3 炉心中心軸方向 U-235 Fission Counter Scanning

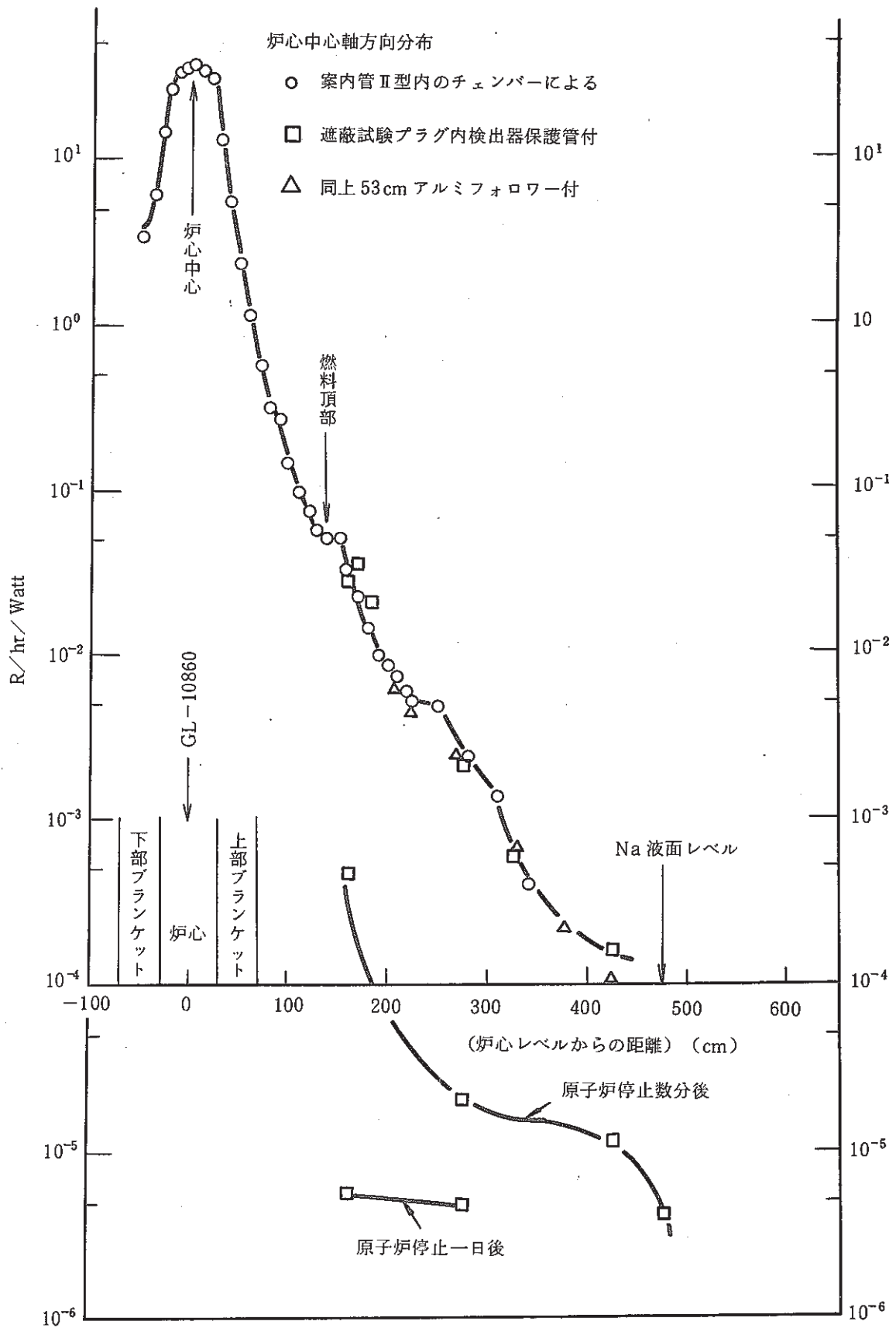
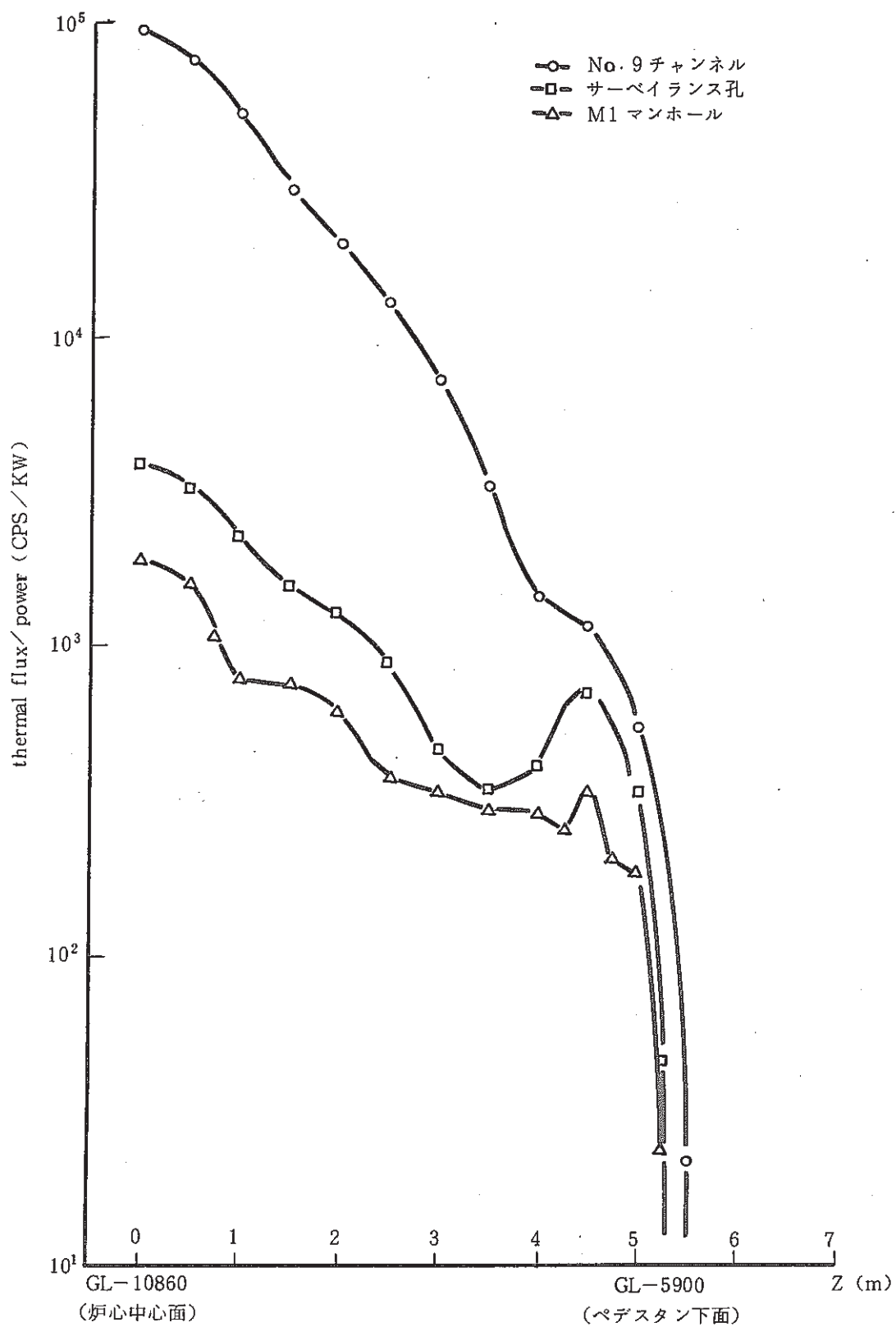


図 ST-2-4 Axial Dose Rate Distribution
by Gamma Ionchamber



図ST-2-5 熱中性子束軸方向分布

