

本資料は 〇/年 〇月 〇/日付けで登録区分、
変更する。

[技術情報室]

「常陽」運転特性試験マニュアル

1991年6月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

この資料は、動燃事業団社内における検討を目的とする社内資料です。ついては複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

本資料についての問合せは下記に願います。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4000

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)



「常陽」運転特性試験マニュアル

吉田昌宏*，沖元 豊**
曾我 彰***，長崎英明***
有井 祥夫*，茶谷恵治*
鈴木 惣十*，金城勝哉*

要 旨

高速実験炉「常陽」では、プラント特性及び炉心特性を把握し、原子炉の安定かつ安全な運転に資することを目的に、運転サイクル毎に運転特性試験を実施している。

本マニュアルは、運転特性試験のうち、臨界点確認試験，制御棒校正試験，反応度係数測定試験を対象に、データ処理及び試験の要領と手順をまとめたものである。

*大洗工学センター 実験炉部技術課
**もんじゅ建設所 技術課
***原子力システム(株)

目 次

| | |
|------------------------------|----|
| 1. 序 文 | 1 |
| 2. 特性試験データ処理 | 2 |
| 2.1 データセット | 2 |
| (1) サイクルデータ | 2 |
| (2) 測定データ | 3 |
| 2.2 基本データ処理 | 3 |
| (1) サイクルデータの入力 | 4 |
| (2) 測定データの入力 | 4 |
| (3) 測定データの修正 | 4 |
| (4) 反応度及び反応度係数の計算 | 4 |
| (5) 各種反応度係数の算出 | 6 |
| (6) 5 MW毎出力係数の算出及びプロット | 6 |
| (7) 0-100MW間平均出力係数の算出 | 7 |
| (8) 流量係数の算出 | 8 |
| (9) その他 | 8 |
| 3. 運転特性試験マニュアル | 11 |
| 3.1 起動及び低出力時試験 | 11 |
| (1) 準 備 | 11 |
| (2) 臨界点確認試験 | 12 |
| (3) 制御棒校正試験 | 13 |
| ① 制御棒 6 本同時差換法 | 13 |
| ② ペリオド法 | 17 |
| ③ 中性子源増倍法 | 22 |
| (4) 等温温度係数測定試験 | 25 |
| (5) 流量係数測定試験 | 26 |
| 3.2 出力上昇、定格運転、出力下降時試験 | 31 |
| (1) 出力係数測定試験 | 31 |
| ① 出力係数測定試験手順 (BOC版) | 32 |
| ② 出力係数測定試験手順 (EOC版) | 34 |

APPENDIX

| | |
|----------------------------------|----|
| A. 「常陽」データ処理装置（JOYDAS）の利用法 | 37 |
| (1) JOYDAS制御棒校正試験プログラム操作法 | 37 |
| (2) メニュー選択手順 | 38 |
| (3) 臨界点確認試験時の主な操作 | 39 |
| (4) 出力係数測定試験時の主な操作 | 40 |
| B. 制御棒校正試験データ処理 | 42 |
| C. データシート | 51 |
| ・熱出力測定システムデータシート（その1, その2） | 51 |
| ・制御棒校正試験（6本同時差換法）データシート | 53 |
| ・制御棒校正試験（中性子源増倍法）データシート | 54 |

図 リ ス ト

| | | |
|---------|--------------------------------|----|
| 図 2 - 1 | 「常陽」運転特性試験データ処理システム全体フロー | 9 |
| 図 2 - 2 | 運転特性試験基本データ処理フロー | 10 |
| 図 3 - 1 | 臨界点確認及び制御棒較正試験（差換法）フロー | 16 |
| 図 3 - 2 | ペリオド法による制御棒較正の全体フロー | 20 |
| 図 3 - 3 | スケーラ設定方法 | 21 |
| 図 3 - 4 | 未臨界法による制御棒較正の全体フロー | 24 |
| 図 3 - 5 | 流量係数測定試験全体フロー | 30 |

1. 序 文

高速実験炉「常陽」では、プラント特性及び炉心特性を把握し、原子炉の安定かつ安全な運転に資することを目的に、運転サイクル毎に運転特性試験を実施している。

本マニュアルは、運転特性試験のうち、臨界点確認試験、制御棒校正試験、反応度係数測定試験を対象に、データ処理及び試験の手順と要領をまとめたものである。なお、試験実施手順については、実施順序に従い①起動及び低出力時、②出力上昇、定格運転時及び出力降下時に分けて記述している。

2. 運転特性試験データ処理

本マニュアルで対象としている運転特性試験の項目は、次の5項目である。

- 制御棒校正試験
- 臨界点確認試験
- 等温温度係数測定試験
- 出力係数測定試験
- 燃焼係数測定試験
- 流量係数測定試験

試験を効率的に行う観点から、測定データの処理は等温温度係数測定試験、出力係数測定試験及び流量係数測定試験の測定データについては、パーソナルコンピュータを用い、また制御棒校正試験と燃焼係数測定試験については、大洗工学センターの大型計算機をoff-lineで用いることを基本処理方法としている。なお、燃焼係数測定試験データは、パーソナルコンピュータによる簡易的な処理も可能である。

本章では、パーソナルコンピュータのデータ処理プログラム概要、処理プログラムの処理方法及び各種反応度係数の算出方法について記述する。なお、大型計算機による制御棒校正試験のデータ処理方法は、Appendix Bに示す。

2.1 データセット

パーソナルコンピュータによる処理システムでは、サイクルデータと測定データの2種類のデータセットを使用してデータ処理を行う。以下にその概略を示す。

(1) サイクルデータ

各サイクル毎の反応度算出、補正用のデータセットであり、以下のデータにより構成される。

- 制御棒校正曲線係数 : $CRCO(i, j)$ ($i=1, 6$ $j=1, 6$)
- 制御棒校正試験時ラッチデータ : $LAD(i)$ ($i=1, 6$)
- 反応度補正係数 : $RCOEF(k)$
 - $k=1$ 等温係数
 - $k=2$ 出力係数(BOC)
 - $k=3$ 出力係数(EOC)
 - $k=4$ 燃焼係数

起動後、画面はメニュー画面となり、ファンクションキー (f. 1～f. 10) により処理内容を選択すると、キーに対応したプログラムが起動される (図 2-1 参照)。処理プログラムは全て会話形式で作られている。

(1) サイクルデータの入力 (f. 2 CYINP. PRO)

各サイクルデータの作成を行う。主な機能は以下の 2 つである。

- ・ 制御棒校正試験時ラッチデータ、制御棒校正曲線係数、反応度補正係数の入力
- ・ 入力データの変更

(2) 測定データの入力 (f. 3 MEAS. PRO)

各サイクルの各測定試験毎に測定データの入力を行う。

(3) 測定データの修正 (f. 1 MOD. PRO)

MEAS. PROで作成した測定データの修正を行う。

(4) 反応度及び反応度係数の計算 (f. 4 CALC. PRO)

入力されたデータより過剰反応度及び反応度係数を算出する。なお、プログラムはデータセット名に応じて、対応するサイクルのサイクルデータを読み込み、対応する試験種類に応じて、各種の補正を自動的に選択し、反応度係数を計算するようになっている。

図 2-2 に基本的データ処理フロー図を示す。以下に主な処理内容を示す。

① ラッチデータの補正

制御棒校正試験時に行った制御棒のラッチ位置と特定の試験時のラッチ位置がずれていた場合に補正を行う。補正後の制御棒位置を $CR'(i)$ は以下の式で求められる。

$$CR'(i) = CR(i) + (|LCR(i)| - |LAD(i)|) \dots\dots\dots (1)$$

② 制御棒反応度値の算出

補正済制御棒位置とそのサイクルに対応するサイクルデータの制御棒校正曲線の補正係数 $CRCO(i, j)$ より、制御棒反応度値を求め、6本の合計より過剰反応度 (単位: $\% \Delta k/k$) を算出する。

$$\rho 1 = \sum_{j=1}^6 \sum_{i=1}^6 [CRCO(i, j) \times CR'(i)]^{(i-1)} (\% \Delta k/k) \dots\dots\dots (3)$$

③ 温度補正

各測定結果における 1 次系 Na 温度の違いによる反応度のいずれを補正する。臨界点確認、流量係数測定の場合は A, B ループ出入口温度の平均値を規格温度: NORT (°C) (250°C) に、出力係数測定、燃焼係数測定の場合は A, B ループ入口温度の平

均値をNORT (370°C) に規格化する。

なお、規格化温度の選定は、データセット名の試験目的より自動的に選択される。

補正式を以下に示す。また、等温係数測定試験の時は温度補正を行わない。

$$\rho 2 = \rho 1 + (NORT - AVTE - 0.05) \times RCOBF(1) (\% \Delta k / k) \dots\dots\dots (4)$$

ここで、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{臨界点確認、流量係数測定時 : } AVTE = \sum_{k=1}^4 TE(k)/4 \text{、NORT}=250^{\circ}\text{C} \\ \text{出力係数、燃焼係数測定 : } AVTE = [TE(1)+TE(2)] /2 \text{、NORT}=370^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$$

④ 出力補正

各測定結果における原子炉熱出力の違いによる反応度のずれを補正する。規格化出力：NORTP(MW) は、臨界点確認、等温係数、流量係数測定の場合は 0 MW、燃焼係数測定の場合は 100MWとしている。ここでも規格化出力の選定は、データセット名の試験目的より自動的に選択され、出力係数測定試験の時は出力補正を行わない。補正式を以下に示す。

$$\rho 3 = \rho 2 + (NORTP - THPO) \times RCOEF(L) (\% \Delta k / k) \dots\dots\dots (5)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{BOC時 : } L = 2 \\ \text{EOC時 : } L = 3 \end{array} \right.$$

⑤ 燃焼補正

各測定結果における原子炉積算出力の違いによる反応度のずれを補正する。規格化出力：NORIP(MWD/T)は各測定試験の第 1 番目の測定時の積算出力とし、プログラム中で自動的に選択される。ただし、燃焼係数測定試験の時は出力補正を行わない。

$$\rho 4 = \rho 3 + (NORIP - INPO) \times RCOBF(4) (\% \Delta k / k) \dots\dots\dots (6)$$

⑥ 制御棒駆動機構延長管の熱収縮補正

臨界法による反応度測定時に、制御棒ラッチ後約 2 時間にわたって、見かけ上正の反応度が入る。この主な原因は制御棒駆動機構延長管の熱収縮によるものと考えられ、過去の測定からその補正を行う実験式が求められている。本プログラムでは、制御棒ラッチから測定時間までの経過時間：LATIME(min) を計算し、これが 130分以内であれば、熱収縮による制御棒位置変化量を計算し、 $\rho 4$ に補正する。

$$CR''(i) = CR'(i) - 3.68373E-5 \times LATIME^2 + 9.56315E-3 \times LATIME - 0.624062$$

(0 < LATIME < 130)

$$CR''(i) = CR'(i) \quad (130 \leq LATIME) \quad \dots\dots (2)$$

現在、過剰反応度（臨界点確認試験結果）の公称値には全ての補正を行った ρ 4 の値を用いている。

(5) 各種反応度係数の算出

以下に f. 4 CALC. PRO で算出される反応度係数について述べる。

① 等温温度係数

等温係数測定試験のデータ処理を行った場合、任意の 250°C と 370°C 等温状態を選択し、それぞれについてラッチ、CRD 熱収縮、出力、燃焼補正（温度補正以外の全ての補正）を行った反応度（ ρT ）を求め、その差から等温係数：RCOEF (1) を算出する。これは現在、「常陽」で使用している等温温度係数の公称値である。

$$RCOEF (1) = [\rho T(250) - \rho T(370)] / (250 - 370) \quad (\% \Delta k / k / ^\circ C) \quad \dots\dots\dots (7)$$

② 出力係数

出力係数測定試験のデータ処理を行った場合、自動的にその 1 つ前の測定結果との間の出力係数を算出する。出力係数は、ラッチ、CRD 熱収縮、温度、燃焼補正（出力補正以外の全ての補正）を行った反応度（ ρP ）を求め、その差から出力係数：RCOEF (2) を算出する。

$$RCOEF (2) = [\rho P(n) - \rho P(n-1)] / [(THPO(n) - THPO(n-1))] \quad (\% \Delta k / k / MW) \quad \dots\dots\dots (8)$$

③ 燃焼係数

燃焼係数測定試験のデータ処理を行った場合、任意の番号の測定結果を選択し両者間の燃焼係数を算出する。燃焼係数は、ラッチ、CRD 熱収縮、温度、出力補正（燃焼補正以外の全ての補正）を行った反応度（ ρB ）を求め、その差から燃焼係数を算出する。

$$RCOEF (4) = [\rho B(n) - \rho B(n-1)] / [(INPO(n) - INPO(n-1))] \quad (\% \Delta k / k / MWd) \quad \dots\dots\dots (9)$$

(6) 5 MW 毎出力係数の算出及びプロット (f. 6 PCOEF. PRO)

通常、「常陽」では出力係数測定を 5 MW 毎に行っている。BOC では 15 MW から 100 MW までの各出力の安定状態で測定を行い、EOC では 100 MW から、制御棒一斉挿入

(通常30MWまたは15MW) 出力まで測定を行っている。本プログラムでは、測定データの入力とデータ処理を行う。データ入力方法は、(2)のMEAS. PROと同じである。ただし、データ処理の便宜上データ入力は測定順序に従って行わなければならない。出力係数PCOBF(n)は、(4)に従って出力補正以外の全ての補正を行ったn (n = 1 ~ N) 番目の測定における反応度を $\rho P(n)$ 、その時の出力をTHPO(n) とすると、以下の式で表される。

$$\text{PCOBF1}(n) = [\rho P(n+1) - \rho P(n)] / [\text{THPO}(n+1) - \text{THPO}(n)]$$

$$(\% \Delta k / k / \text{MW}) \quad (n = 1 \sim N-1) \dots\dots (10)$$

$$\text{PCOBF2}(n) = [\text{PCOBF1}(n) + \text{PCOBF1}(n+1)] / 2$$

$$(\% \Delta k / k / \text{MW}) \quad (n = 1 \sim N-2) \dots\dots (11)$$

なお、BOCの90MW時のプレコンディショニング前後で同一出力の測定を2度行った時等のように、2回の測定間の出力差が2MW以下の場合に、プログラムでは測定番号を検出し処理を会話形式で尋ねます。選択できるオプションは、

- a. 両者ともデータ処理に使用する。
- b. どちらか一方のみを使用する。
- c. 両者の平均値を使用する。

の3つである。

現在「常陽」で使用している5MW毎出力係数の公称値は、(11)式で与えられるPCOBF2(n)である。本プログラムでは入力してある順に、PCOBF1(n)とPCOBF2(n)を算出し、プロット及びデータのデジタル値のプリントアウトのオプションを持っている。また、データ処理結果はデータセットにダンプすることが可能であり、ダンプされたデータは、本プログラムのプロット時のリファレンスデータとして使用できる。なお、この時のデータセット名は、出力係数のデータセット名のワイルドカードを.DATから.RESに変えたものとなる(例、PO18B.DAT → PO18B.RES)。

(7) 0-100MW間平均出力係数の算出 (f. 8 & f. 1 PCO2. PRO)

出力係数については、(6)の5MWの値以外に0-100MW間平均出力係数の算出も行なっている。通常、BOCでは等温係数測定試験の370°C状態とBOC出力係数測定試験の100MW到達時のデータより求め、EOCではEOC出力係数測定試験100MW時とEOC臨界点確認試験のデータ(250°C)から求めている。

(4)に従って出力補正以外の全ての補正を行った100MW時の測定における反応度を $\rho P(100)$ 、その時の出力をTHPO(100)、0MW時の測定における反応度を $\rho P(0)$ 、その時

の出力をTHPO(0) とすると、0 - 100MW間平均出力係数：PCOBF3は、

$$PCOBF3 = [\rho P(100) - \rho P(0)] / [THPO(100) - THPO(0)] \quad (\% \Delta k / k / MW) \dots\dots\dots (12)$$

となる。

(8) 流量係数の算出 (f. 8 & f. 2 FLOW.PRO)

流量係数は、異なる流量状態での過剰反応度を求め、それと流量との関係を最小二乗法により1次式にフィッティングし、その傾きより評価している。

(4)に従って全ての補正を行ったx%流量時の測定における反応度を $\rho F(x)$ とすると、

0 - 100MW間平均出力係数：FCOBF3は次式で定義される。

$$\rho F(x) = FCOBF3 \times x + \rho F(0) \quad (\% \Delta k / k / \% flow) \dots\dots\dots (13)$$

(9) その他

① 臨界点時間変化のプロット (f. 8 & f. 3 EXREAC.PRO)

任意の試験について、各番号の過剰反応度を計算し、横軸に時間を取って、プロットを行う。

② 制御棒校正曲線からの反応度算出 (f. 7 OMAKE.PRO)

任意のサイクルについて、その制御棒校正曲線から、(3)式に従って、反応度の計算を行う。

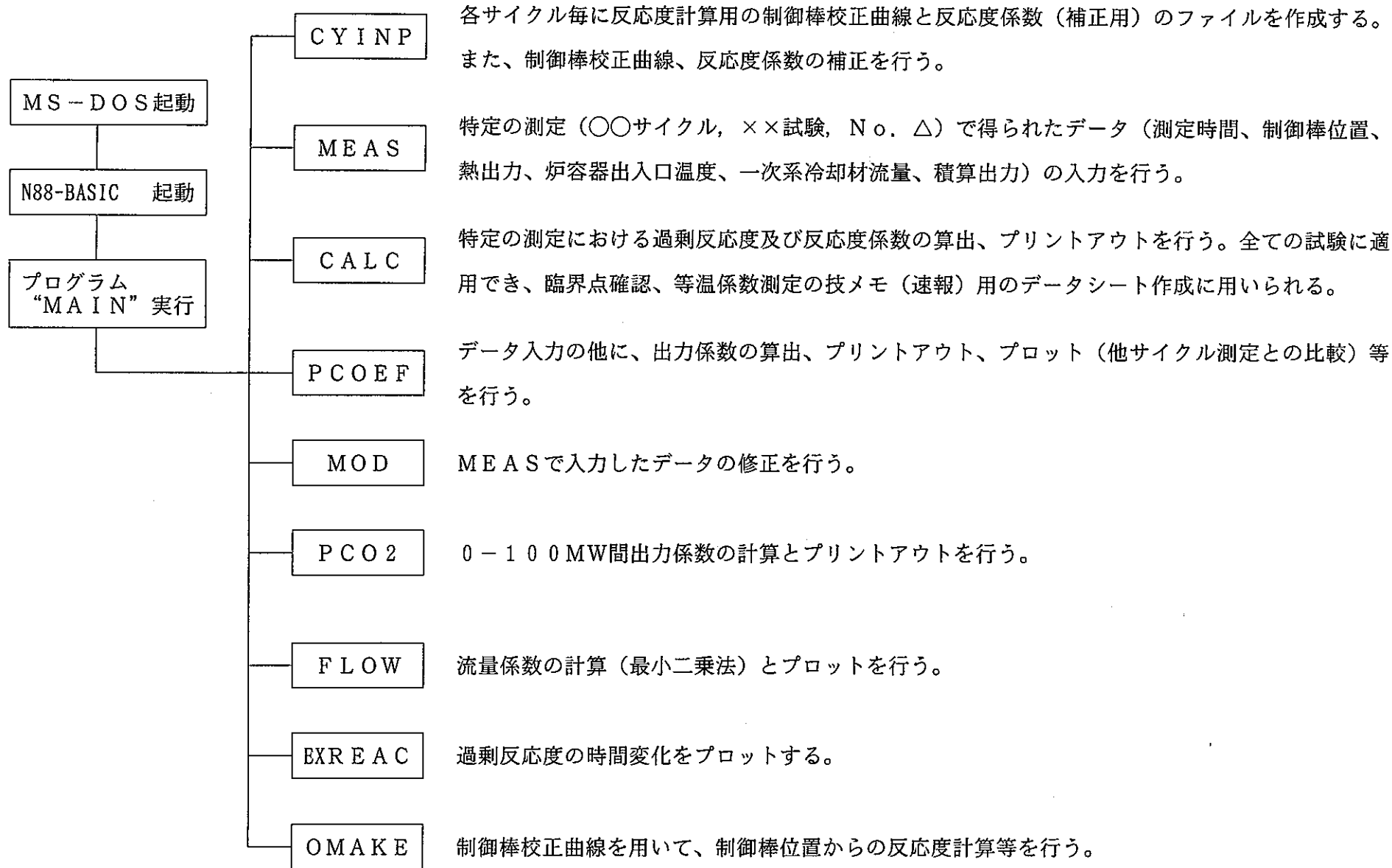


図 2-1 「常陽」運転特性試験データ処理システム全体フロー図

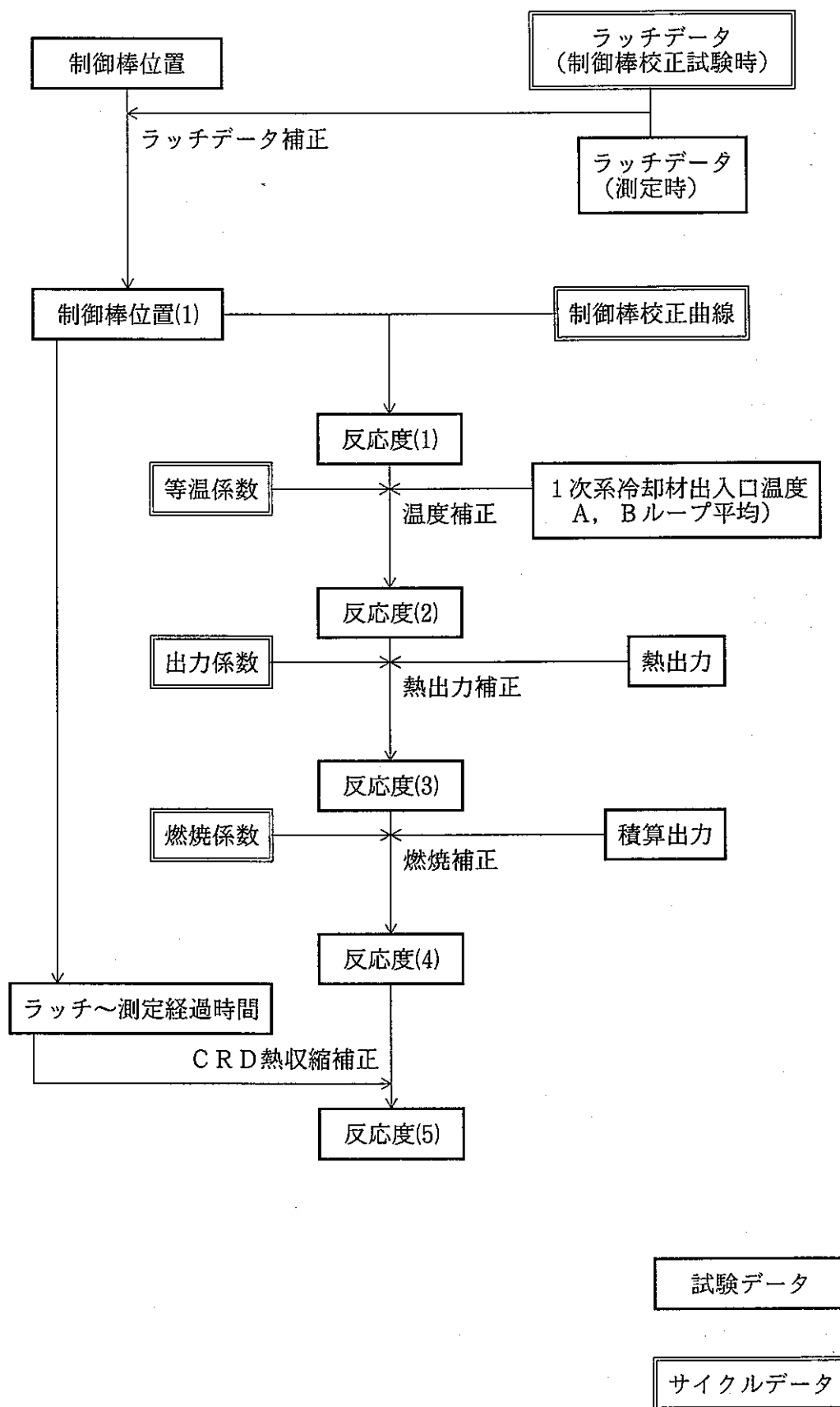


図 2 - 2 運転特性試験基本データ処理フロー図

3. 運転特性試験マニュアル

3.1 起動及び低出力時試験

(1) 準備

① 予備解析

定格サイクルの起動に当たっては、予備解析作業として運転監視コード“MAGI”予測計算により β_{eff} , λ_{eff} , 過剰反応度を2次元拡散計算コード“CITATION”により制御棒値を予め計算しておく。

② 試験準備

| | 試験手順 | 注意事項 |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 準備 | (1)ペンレコードに核計装起動系 (ch. 1, ch. 2) 及び核計装線形出力系 (ch. 6) を接続する。 (2)デジタルカウンタを起動する。 (3)“MAGI”で求めた制御棒6本均等での臨界予想位置をC/Rストローク曲線より確認する。 (4)熱出力システムの設定を250℃条件に設定する。 (5)記録用紙等を用意する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・臨界予想位置の計算をAPPENDIXに示す。 ・温度補正値はファンGrより入手。 ・設定値の変更は熱出力システム使用マニュアル参照のこと。 |
| 試験前確認 | 確認事項 (1)運転モードが「停止」であること。 (2)A/Cコントロールが「MAN」であること。 (3)一次、二次系冷却材流量が100%であること。 (4)炉容器出入口Na温度が約250 (±2℃) で安定していること。 (3), (4)を制御盤(423), JOYDAS及び熱出力システムにて確認する。 以上の項目を確認し、制限値を超える場合は当直長に調整を依頼する。 設定範囲内であれば、試験開始を当直長に依頼する。 | 人員配置 <ul style="list-style-type: none"> ・ペンレコード、DGカウンタの監視 (1名) ・原子炉制御盤 (盤423) のセルシン指示値 (制御棒位置) の読み取り、熱出力システムの起動 (1名以上) 熱出力測定システムの測定は、中制計算機室のパーソナルコンピュータ(HP84A)のファンクションキー K2を押す。 起動後約2分はファン操作不可。 |

(2) 臨界点確認試験

1次系冷却材温度 250°C状態において、臨界点確認試験を行う。以下に臨界点確認試験における作業及びデータ収集の方法を示す。通常「常陽」における 250°C、OMWの臨界点は起動系核計装ch.1の計数率 5×10^4 cps をもって定義しており臨界点確認試験はこれをもとに行っている。ただし試験目的によっては便宜上この値を変更することもありえる（例えば、ペリオドを測定する時には、計数の数えおとしを考慮して低い計数率で試験を行う等）。

[準備]

- ① 熱出力システム記録用紙（参考資料 1, 2）
- ② 熱出力システム（中央制御室内計算機室 HP85A）
- ③ 末臨界監視システム（核計装起動系（ch.1, ch.2）測定用ペンレコーダ）
- ④ 末臨界監視システム（デジタルカウンタ測定システム）
- ⑤ JOYDAS Zコマンドキー入力（APPENDIX参照）

・臨界点確認試験手順

| | 試験手順 | 注意事項 |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験 | 試験全体フローを図3-1に示す。 (1)運転モードを「起動」へ切替る。 (2)炉容器出入口温度測定のため、熱出力システムによる測定を行い、結果を記録用紙に添付する。 （試験初期状態の確認） | <ul style="list-style-type: none"> ・原一課担当 |
| | (3)制御棒ラッチ操作 (4)制御棒ラッチデータの転記 (5)制御棒6本均等での臨界操作 | <ul style="list-style-type: none"> ・原一課担当 ・臨界操作時のラッチデータは原一課が記録（補正值として用いる。） ・原一課担当。ペンレコ及びデジタルカウンタにより、起動系核計装（SRM）ch.1で 5×10^4 cps を確認する。（但し、盤423のch.1指示値とペンレコの指示値には差がある。） |
| 験 | (6)中性子束、炉容器出入口温度の安定を確認し、 <ul style="list-style-type: none"> ・熱出力システムによる測定 ・盤423での制御棒位置の確認 を行う。測定結果は記録用紙に添付する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・ch.1の安定は、$4.8 \sim 5.2 \times 10^4$ cps 程度の範囲内で一定した場合としている。 ・測定中、プラント操作は不可とする。 |
| | (7)全測定の終了を確認して、測定の終了を当直長に報告する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・等温係数の 250°C状態測定時等の、既にラッチした状態での臨界点確認の場合は、(5)～(7)の操作を行う。 |

(3) 制御棒校正試験

高速実験炉「常陽」の各運転サイクルの炉心構成において、制御棒値を測定し運転及び各種試験に必要な制御棒反応度特性の情報を得る。試験の方法として以下の試験方法で行う。

- ① 制御棒 6 本同時差換法
- ② ペリオド法（定期検査終了後のサイクル起動時にのみ実施）
- ③ 中性子源増倍法

これらの試験で行う作業及びデータ収集の方法を以下に述べる。なお、原子炉運転に伴う操作は全て原子炉一課に依頼するため、ここではデータ収集及びその処理の詳細な項目のみ述べる。また、C/R 校正は通常差換法、中性子源増倍法の順に行い、差換法前には必ず臨界点確認を行っている。

本マニュアルは、臨界点確認終了時点より開始する。

① 制御棒 6 本同時差換法

〔概要〕

制御棒 6 本同時差換法は、臨界出力において 6 本の制御棒を交互に差換ながら、各ステップでの投入反応度を反応度計及び JOYDAS により計測し、各制御棒 1 本分の反応度値を求める。

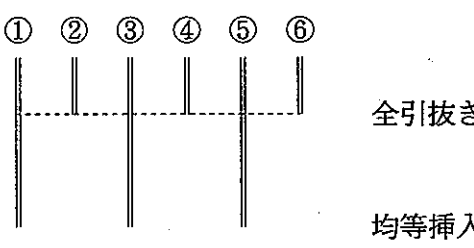
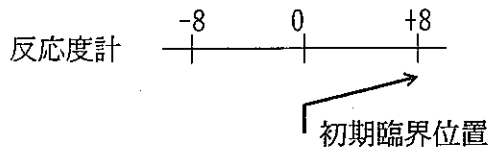
〔準備〕

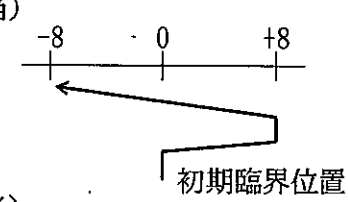
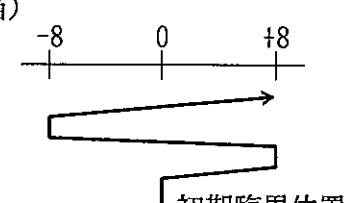
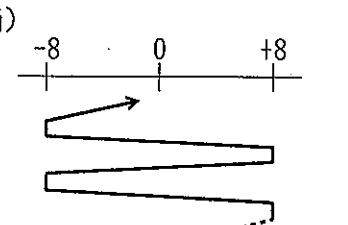
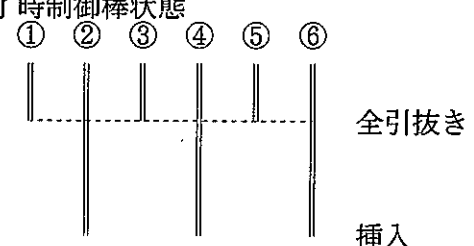
- a. ペンレコーダー接続 : 核計装線形出力計 (ch. 6)
- b. 制御棒校正試験 (同時差換法) 記録用紙
- c. JOYDAS (No.220, 229, 111) (参考資料 1)

〔試験前状態〕

- a. 原子炉運転モードが「起動」であること。
- b. 中性子計装が正常であること。
- c. 1 次、2 次系冷却材流量が約 100% で安定していること。
- d. 炉容器出入口 Na 温度が約 250°C で安定していること。

制御棒 6 本同時差換法操作手順

| | 試験手順 | 注意事項 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|------|-----|-----|-------|---------|-------|---|-------|---------|-------|---|-------|---------|-------|---|------|---------|-----|-------|
| 試験前 | <p>人員配置</p> <p>(1)原子炉制御盤（盤 4 2 3）のセルシン指示値読取り及び反応度投入量の原一課への指示 1名</p> <p>(2)作業記録作成及びJOYDAS操作 1名</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 試験 | <p>試験全体フローを図 3-1 に示す。</p> <p>(1)臨界点確認終了後、15kWへの出力上昇を試験班長が当直長に連絡する。</p> <p>(2)運転モード「低出力」へ切替</p> <p>(3)核計装線出力系 P R Mch. 6で15kWへの出力上昇及び制御棒 # 2, 4, 6 全引抜き、# 1, 3, 5 均等挿入状態で臨界操作。</p> <p>中性子束、炉容器出入口Na温度が安定した後、熱出力システムの測定を行い、盤 4 2 3 より制御棒位置を記録する（参考用）。</p> <p>(4)JOYDASでR コマンドを入力する</p> <p>(5)JOYDASでS コマンドを入力する</p> <p>(6)JOYDASで制御棒校正画面（画面No. 229）と 1 時間トレンド画面（画面No. 111）を表示する。</p> <p>1 時間トレンドの表示項目は右表参照。</p> <p>JOYDASの画面表示の方法についてはAPPENDIXを参照のこと。</p> <p>(7)データシートを用意し、準備が完了したら、当直長に試験開始を連絡する。</p> <p>(8)制御棒#1を反応度計指示値で約+8φ引抜く。</p> <p>制御棒位置を記録する。JOYDASの画面No. 229より投入反応度をデータシートに記入する。</p> | <p>(原一課担当)</p> <p>(原一課担当)</p>  <p>全引抜き</p> <p>均等挿入</p> <p>入力方法はAPPENDIX A 参照のこと。</p> <p>入力方法はAPPENDIX A 参照のこと。</p> <table border="1" data-bbox="893 1411 1395 1612"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>入力番号</th> <th>上限値</th> <th>下限値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ch. 6</td> <td>A 0 0 0</td> <td>1 0 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ch. 7</td> <td>A 0 0 1</td> <td>1 0 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>ch. 8</td> <td>A 0 0 2</td> <td>1 0 0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>反応度計</td> <td>C 8 0 4</td> <td>1 0</td> <td>- 1 0</td> </tr> </tbody> </table> <p>(原一課担当)</p>  <p>反応度計</p> <p>初期臨界位置</p> | 項目 | 入力番号 | 上限値 | 下限値 | ch. 6 | A 0 0 0 | 1 0 0 | 0 | ch. 7 | A 0 0 1 | 1 0 0 | 0 | ch. 8 | A 0 0 2 | 1 0 0 | 0 | 反応度計 | C 8 0 4 | 1 0 | - 1 0 |
| 項目 | 入力番号 | 上限値 | 下限値 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ch. 6 | A 0 0 0 | 1 0 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ch. 7 | A 0 0 1 | 1 0 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ch. 8 | A 0 0 2 | 1 0 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 反応度計 | C 8 0 4 | 1 0 | - 1 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | 試験手順 | 注意事項 |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 試 | <p>(9)ch. 6, 7, 8のいずれかが85kWに達したら、制御棒#2を反応度計指示値で約-8φ挿入する。 制御棒位置、投入反応度を記録する。</p> <p>(10)15kWに達したら、制御棒#3を反応度計指示値で約+8φ引抜く。 制御棒位置、投入反応度を記録する。</p> | <p>(原一課担当)</p>  <p>反応度計</p> <p>(原一課担当)</p>  <p>反応度計</p> |
| | <p>(11)制御棒#4, #5, #6を上記(9)→(10)→(9)の順に行う。</p> <p>(12)上記(9)、(10)の手順を制御棒#1, #3, #5が全引抜になるまで実施する。</p> <p>(13)85kWに達したら、制御棒#2, #4, #6の内、挿入量の小さい制御棒1本を反応度計指示値で約-8φ挿入する。</p> <p>(14)制御棒位置、投入反応度を記録する。 15kWに達したら、制御棒#2, #4, #6の内、1本を反応度計指示値で0近くまで引抜く。</p> <p>(15)引抜き状態にあるCRのどれかを挿入する。</p> | <p>反応度投入は原一課に任せるが、終了近くには、#1, #3, #5が上端位置で終了となるように投入量を原一課に指示する。その時の指示値は±5～8φ程度である。</p> <p>(原一課担当)</p>  <p>反応度計</p> |
| 験 | <p>(16)JOYDASでEコマンド入力 入力方法はAPPENDIX A 参照のこと。</p> <p>(17)終了コマンドを確認 (JOYDASの画面No. 220) した後、差換法終了を試験班長が当直長に連絡する。</p> | <p>終了時制御棒状態</p>  <p>① ② ③ ④ ⑤ ⑥</p> <p>全引抜き</p> <p>挿入</p> |

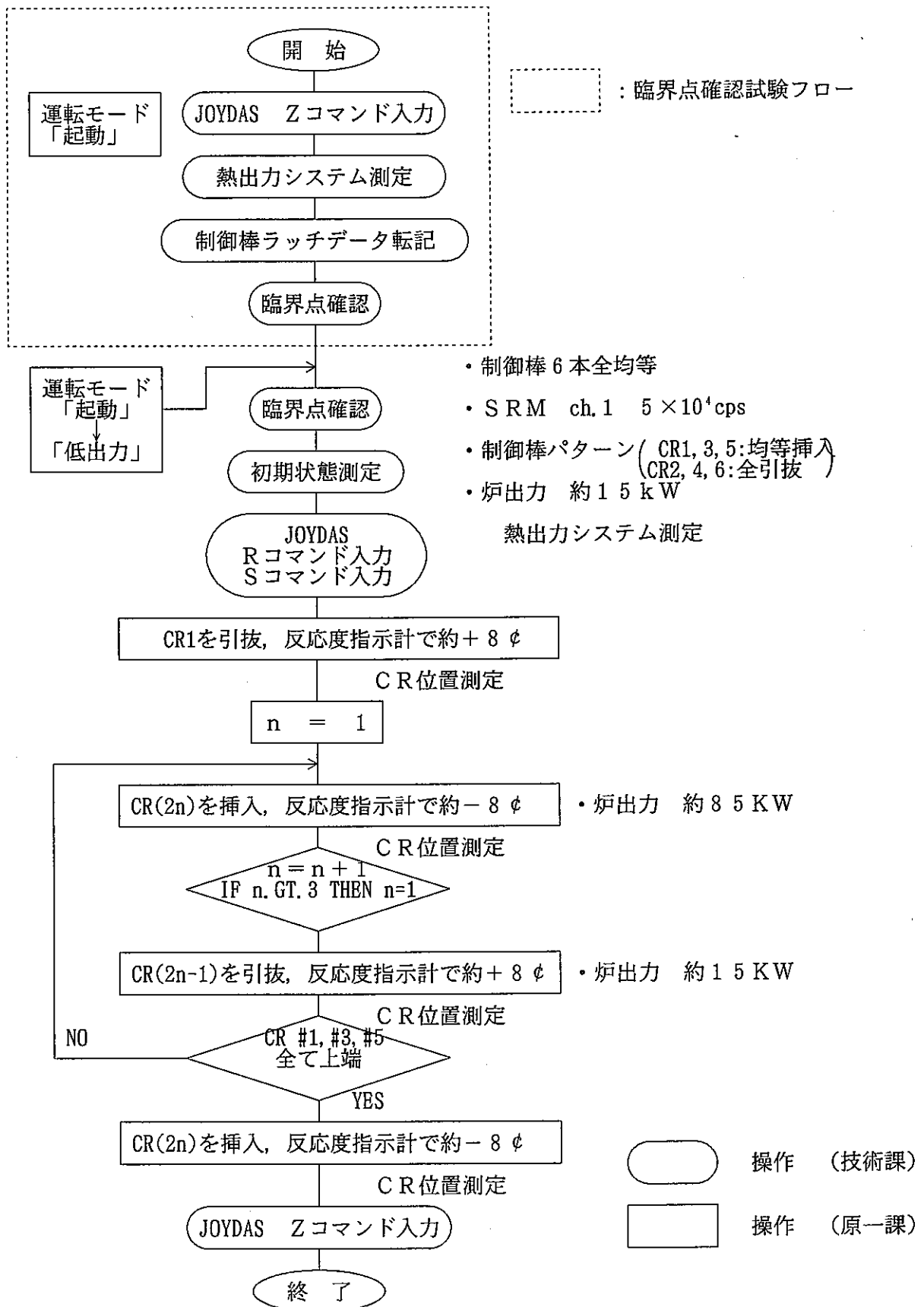


図3-1 臨界点確認及び制御棒較正試験(差換法)フロー図

② ペリオド法

〔概要〕

ペリオド法は、臨界出力において制御棒引抜きによる反応度投入時の中性子束レベル変化のダブリングタイム*を測定し、これより反応度値を求める。本試験は、定検終了時の使用前検査時に科技庁立合のもとで実施している。

*：出力（中性子束）が2倍になるまでの時間をいう。

〔準備〕

- a. 核計装線形出系ch 6 をペンレコに接続
- b. 制御棒校正曲線（S字）
- c. ダブリングタイムと過剰反応度の関係曲線
- d. 検査記録（別添1）
- e. ストップウォッチ 3個 …………… 2課備品
- f. ペンレコのスケーラ設定（3ポイント）

〔試験前状態〕

- a. 1次主冷却系冷却材温度が $250 \pm 20^{\circ}\text{C}$ で安定していること。
- b. 1次主冷却系冷却材流量が定格流量（ $1260 \pm 70 \text{ m}^3/\text{h}$ ）で安定していること。
- c. 測定対象の制御棒が駆動範囲の中央（325mm）の位置で約0.02%（20KW）出力で臨界調整されていること。

| | 試 験 手 順 | 注 意 事 項 |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| | <p>(6)SRM ch.1 で 5×10^4 cps までの出力下降</p> <p>(7)運転モード「起動」へ切替。</p> <p>(8)SRM ch.1 で 5×10^4 cps、制御棒 6 本均等挿入状態で臨界操作。</p> | |

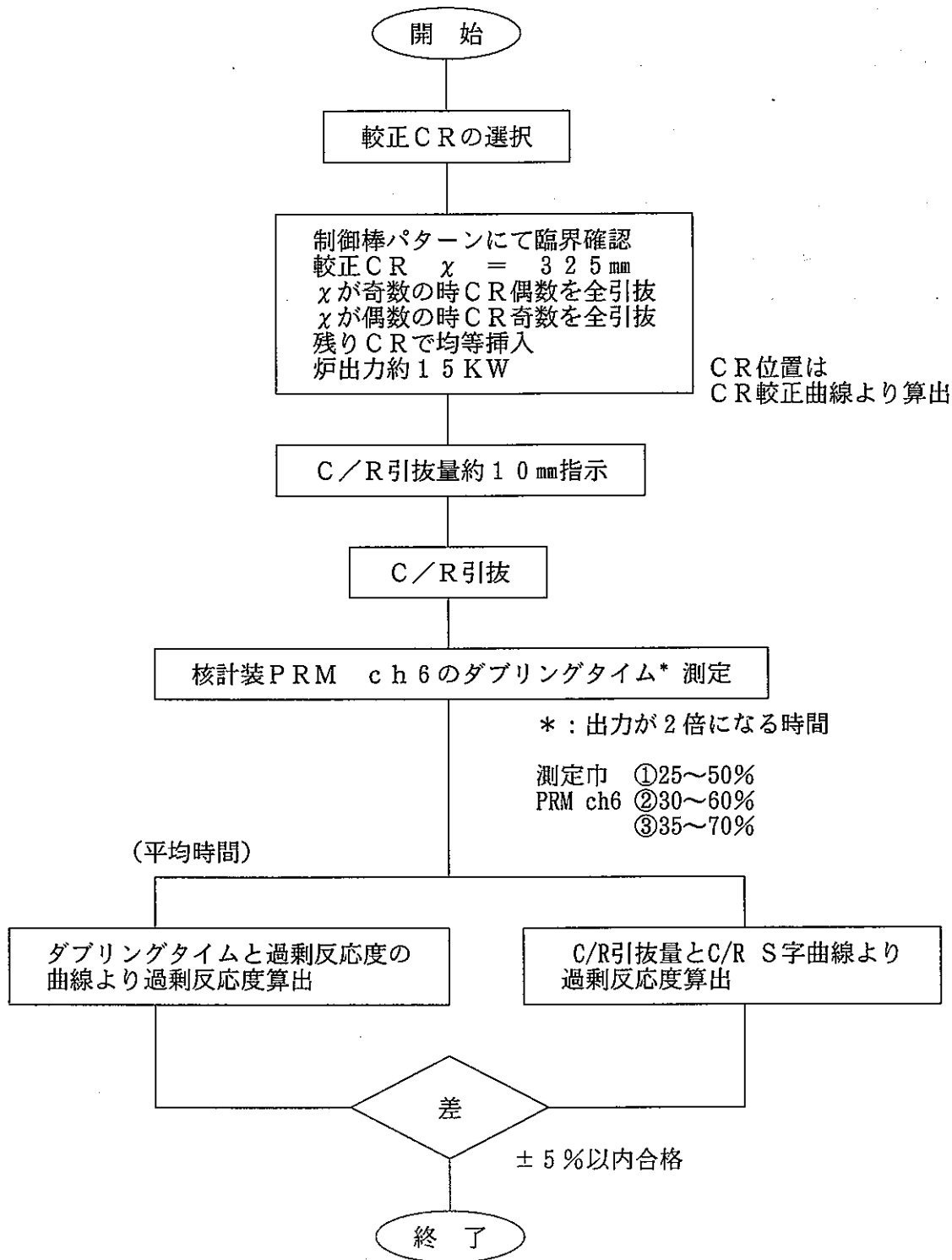


図3-2 ペリオド法による制御棒校正の全体フロー

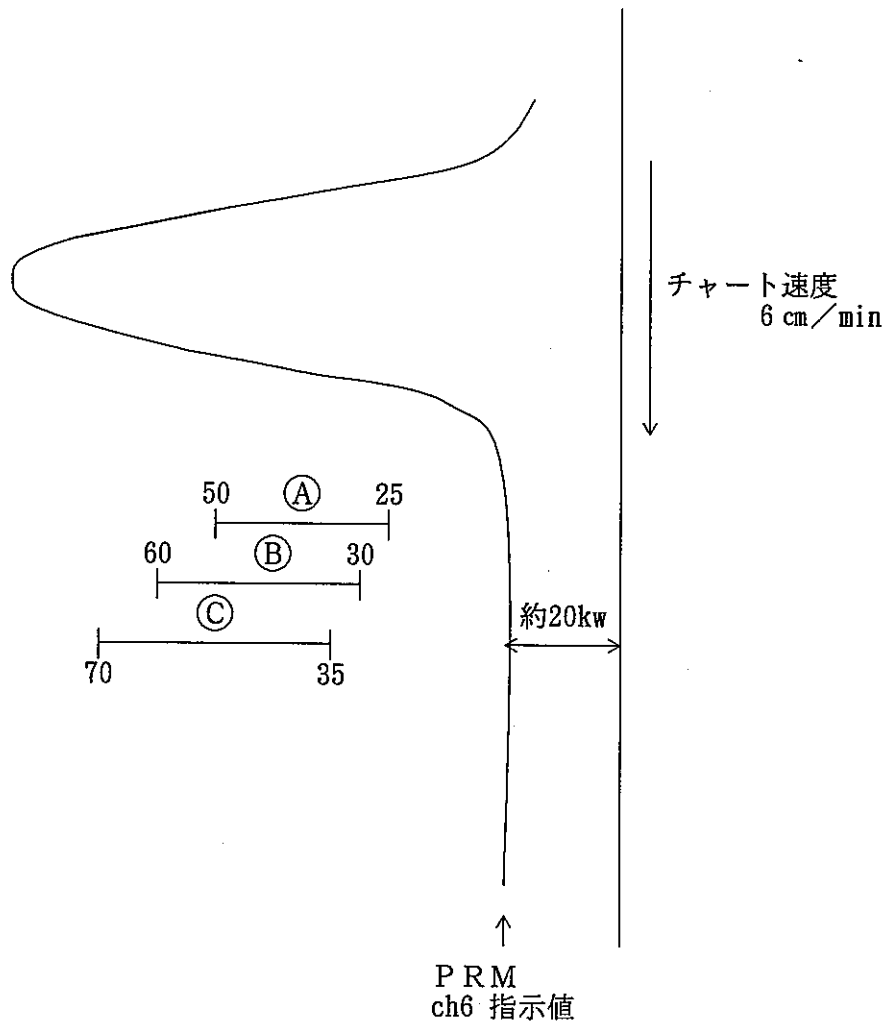


図 3 - 3 スケーラ設定方法

③ 中性子源増倍法（未臨界法）

〔概要〕

中性子源増倍法は、臨界出力において既知の負の反応度を投入した時の中性子計数率を測定し、更に投入される未知の負の反応度をその時の計数率より求める。

中性子源増倍法（未臨界法）操作手順

| | 試験手順 | 注意事項 |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 試 験 | <p>試験全体フローを図3-4に示す。</p> <p>SRM ch.1 で 5×10^4 cps、制御棒6本均等位置での臨界状態より以下の手順で制御棒操作を行い、SRM ch.1 及び ch.2 の計数率の測定を行う。</p> <p>(1)初期状態でSRM ch.1, ch.2 の測定を行う。</p> <p>(2)制御棒#1を50mm挿入。</p> <p>(3)中性子束が安定した後、制御棒位置、SRM ch.1 及び ch.2 の計数率を計測。</p> <p>(4)制御棒#1を更に25mm挿入。</p> <p>(5)中性子束が安定した後、制御棒位置、SRM ch.1 及び ch.2 の計数率を計測。</p> <p>(6)制御棒#1を更に10mm挿入。</p> <p>(7)中性子束が安定した後、制御棒位置、SRM ch.1 及び ch.2 の計数率を計測。</p> | <p>・計測は、計数値と測定時間を未臨界監視システムのデジタルカウンターを用いて測定し、データシートに記録する。現在、測定時間は計数値が1000(COUNTS)を超える時間を目安としている。なお、未臨界状態の計数率は中性子源強度に依存するため、定検後等の長期炉停止後の起動時には計数率が低いので注意すること。</p> <p>(計測は3回)</p> <p>原一課担当</p> |

| | 試 験 手 順 | 注 意 事 項 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 試 験 | <p>(8)制御棒 # 1 を全挿入。(0 mm)</p> <p>(9)中性子束が安定した後、制御棒位置、SRM ch.1 及び ch.2 の計数率を計測。</p> <p>(10)制御棒 # 1 を臨界位置に戻し制御棒 # 2 を全挿入。(0 mm)</p> <p>(11)中性子束が安定した後、制御棒位置、SRM ch.1 及び ch.2 の計数率を計測。</p> <p>(12)以後(10)~(11)の # 1 を~2, 3, 4, 5 に # 2 を # 3, 4, 5, 6 と順次替えて繰り返す。</p> <p>(13)制御棒 # 6 全挿入の計測が終了後、試験班長は測定終了を当直長に連絡する。</p> | <p>・制御棒操作は差換にて行い、6本均等臨界を再現する必要はない。</p> |

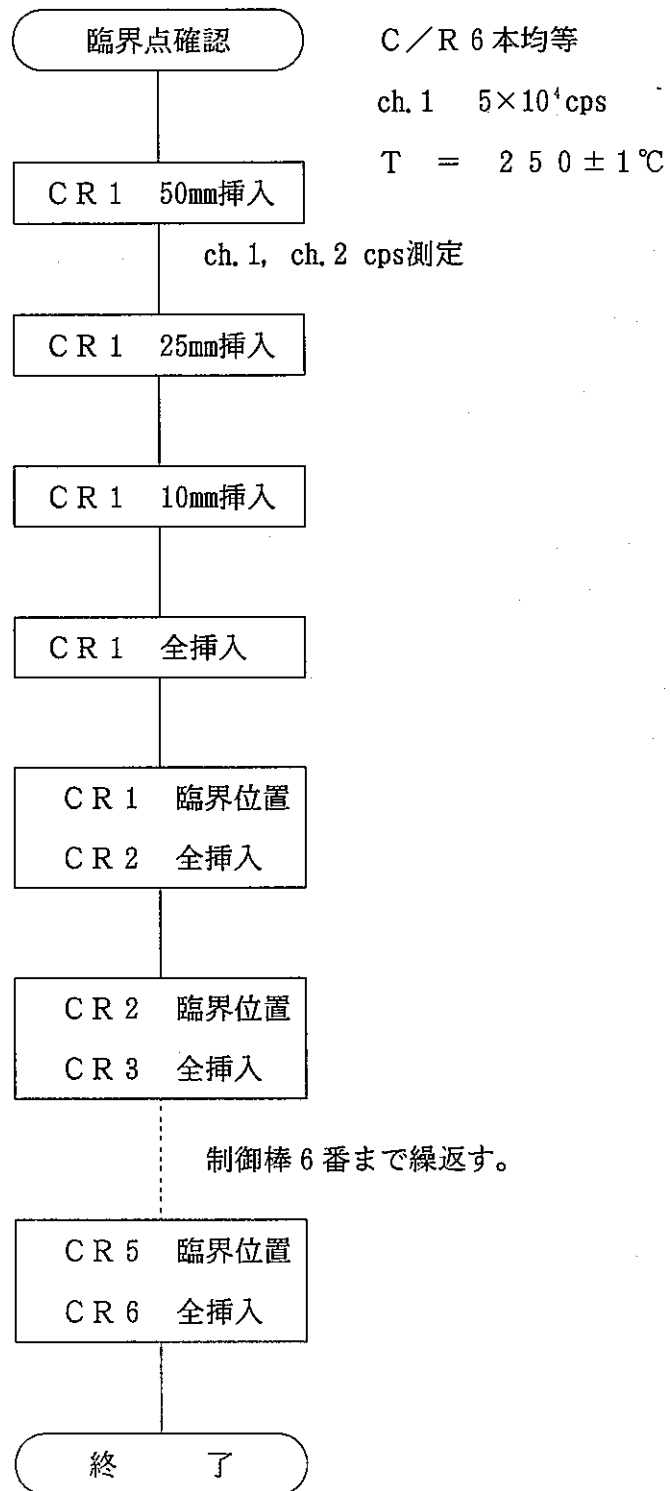


図 3 - 4 未臨界法による制御棒較正の全体フロー

(4) 等温温度係数測定試験

- 等温温度係数測定時（370℃状態）臨界点確認

| | 試験手順 | 注意事項 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験 | <p>(1)系統昇温直前に250℃状態の臨界点を測定する。手順は臨界点確認の(5)~(7)と同じ。</p> <p>(2)系統昇温操作</p> <p>(3)熱出力システム設定値変更</p> <p>(4)Na温度370℃到達後、中性子束(ch.6)炉容器出入口温度の安定を確認し、</p> <ul style="list-style-type: none"> • 熱出力システムの起動 • 盤423での制御棒位置の確認 <p>を行う。測定結果は記録用紙に添付する。</p> <p>(5)全測定の終了を確認して、測定の終了を当直長に報告する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 工程によって異なるが、制御棒定検後の使用前検査(局立)のある場合には、ペリオド終了後に行い、それ以外は未臨界法測定終了時に行う。 (原一課担当) • 熱出力システムの設定値を250℃状態から370℃状態に変更する* (手順は熱出力測定システムマニュアル参照) * : 設定値は、プラントGrより入手。 • 測定後、JOYDASの積算出力値をリセットする。方法はAPPENDIX参照のこと。 |

(5) 流量係数測定試験

| | 試験手順 | 注意事項 |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 試験前 | <p>(試験前準備)</p> <p>(1)「一次系冷却材流量低」のスクラム信号をバイパスする。尚、「一次系冷却材流量低」のスクラム信号をバイパスして運転することに対する安全上の検討及び対策については別添に示す。</p> | <p>警報はそのまま (85%でANN発生)</p> |
| | <p>(試験前確認)</p> <p>(1)試験班長はプラント状態が、「Ⅲ. 試験開始前プラント状態」に記載されている状態になっていることを確認する。</p> <p><u>確認事項</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 原子炉運転モードが「起動」であること。 ・ 一次、二次系冷却材流量が 100%であること。 ・ 炉容器出入口Na温度が約 250℃で安定していること。 ・ 「一次系冷却材流量低」のスクラム信号がバイパスされていること。 ・ 余熱ヒーター系がポイント制御されていること。 <p>(2)試験班長は(1)を確認したことを当直長に連絡し試験開始を指示する。</p> | <p>未臨界状態</p> |
| 試験 | <p>(ステップ1への状態移行)</p> <p><u>一次系冷却材流量 100%</u></p> <p>(1)制御棒ラッチ操作</p> <p>(1)SRM ch1で5×10^4 cps まで出力上昇。</p> <p>(2)SRM ch1で5×10^4 cps、制御棒6本均等挿入状態で臨界操作。(臨界予想位置 529mm)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・ 試験員は運転員が記録採取したラッチ点データを転記する。 ・ ペンレコーダで中性子束の安定状態を監視 |

| | 試験手順 | 注意事項 |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 試 | <p>(ステップ1の測定)</p> <p>(1)中性子束が安定した後、制御棒位置、炉容器出入口Na温度等を測定する。</p> <p>(2)試験班長は、(1)の測定終了を当直長に連絡する。</p> | <p>・測定中、炉出力を変動させる操作は不可。但し、緊急時は操作可能。</p> |
| | <p>(ステップ2への状態移行)</p> <p><u>一次系冷却材流量の変更 (100%→70%)</u></p> <p>(1)制御棒#6のみ5mm挿入する。</p> <p>(2)一次系流量を1260m³/hから882m³/hに変更する。</p> <p>(3)制御棒#6のみでSRM ch1, 5×10⁴ cpsまで出力上昇。</p> <p>(4)SRM ch1, 5×10⁴ cpsで臨界操作。</p> | <p>・一次系冷却材流量低のANN発生。</p> <p>・ペンレコーダで中性子束の安定状態を監視。</p> |
| 験 | <p>(ステップ2の測定)</p> <p>手順4と同じ。</p> | <p>・測定中、炉出力を変動させる操作は不可。但し、緊急時は操作可能。</p> |
| | <p>(ステップ3への状態移行)</p> <p><u>一次系冷却材流量の変更 (70%→50%)</u></p> <p>(1)制御棒#6のみ5mm挿入する。</p> <p>(2)一次系流量を882m³/hから630m³/hに変更する。</p> <p>(3)制御棒#6のみでSRM ch1, 5×10⁴ cpsまで出力上昇。</p> <p>(4)SRM ch1, 5×10⁴ cpsで臨界操作。</p> | <p>・ペンレコーダで中性子束の安定状態を監視。</p> |
| | <p>(ステップ3の測定)</p> <p>手順4と同じ。</p> | <p>・測定中、炉出力を変動させる操作は不可。但し、緊急時は操作可能。</p> |
| | <p>(ステップ4への状態移行)</p> <p><u>一次系冷却材流量の変更 (50%→30%)</u></p> | |

| | 試験手順 | 注意事項 |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 試験 | (1)制御棒#6のみ5mm挿入する。 (2)一次系流量を630m ³ /hから378m ³ /hに変更する。 (2)制御棒#6のみでSRM ch1, 5×10 ⁴ cps まで出力上昇。 (3)SRM ch1, 5×10 ⁴ cpsで臨界操作。 | ・ペンレコーダで中性子束の安定状態を監視。 |
| | (ステップ4の測定) 手順4と同じ。 | ・測定中、炉出力を変動させる操作は不可。 但し、緊急時は操作可能。 |
| | (ステップ5への状態移行) <u>一次系冷却材流量の変更(30%→100%)</u> (1)一次系流量を378m ³ /hから1260m ³ /hに変更する。 (2)制御棒#6のみでSRM ch1, 5×10 ⁴ cps まで出力上昇。 (3)SRM ch1, 5×10 ⁴ cpsで臨界操作。 | ・流量変更中、中性子束が上昇する場合は、 制御棒を挿入する。 ・ペンレコーダで中性子束の安定状態を監視。 |
| | (ステップ5の測定) 手順4と同じ。 (1)試験班長は全ての試験が終了したことを当直長 に連絡する。 | ・測定中、炉出力を変動させる操作は不可。 但し、緊急時は操作可能。 |
| | (試験終了後の処置) (1)「一次冷却材流量低」のスクラム信号のバイパスを解除する。 (2)次試験工程(FFD特性試験)へ移行する。 | |

注) 試験要領書に下記の安全上の検討及び対策に関する事項を添付する。

- (1) 「一次冷却材流量低」のスクラム信号をバイパスして運転することに関する安全上の検討及び対策

「一次冷却材流量低」のスクラム設定値は定格流量の80%である。本スクラム信号をバイパス

しても以下の機能または対策により安全性は確保できる。

- (i) 原子炉運転モードは「起動」とし、臨界操作は零出力 ($ch1 : 5 \times 10^4 \text{ cps}$) で行う。
この時、一次系冷却材流量は最低、定格時の約30%までに低下させるが、冷却材の温度上昇は無視できる。
- (ii) 誤操作により最大反応度付加率 $0.015\% \Delta k/k/sec$ で制御棒を連続引抜しても次の安全保護系の動作により原子炉はスクラムする。
 - (a) 起動系のペリオド短 (25sec でANN発生、5 sec でスクラム)
 - (b) 起動系 (フルスケールで約50KWに相当) の中性子束高
(フルスケールの70%でANN発生、95%でスクラム)

(準備)

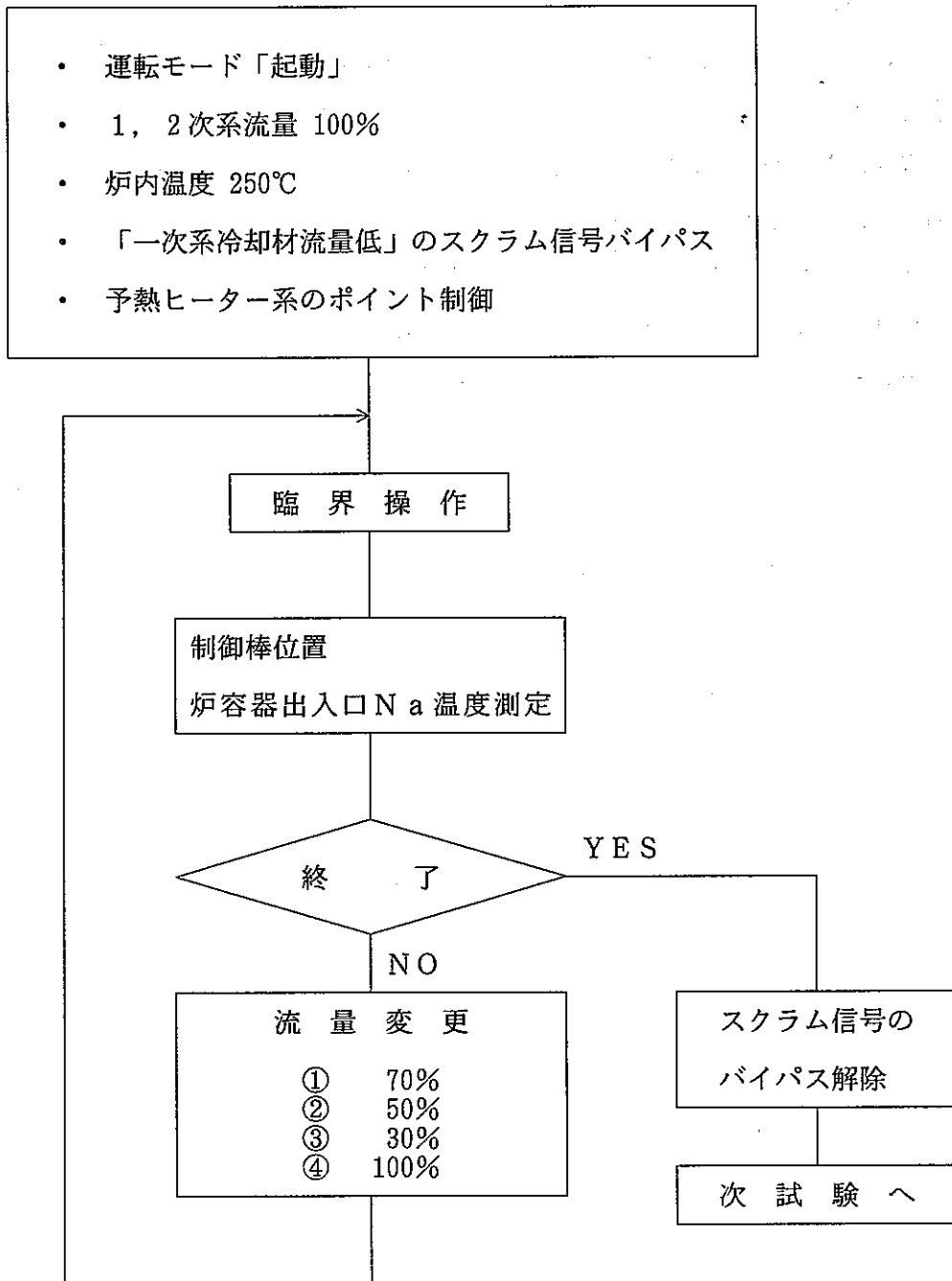


図3-5 流量係数測定試験全体フロー

3.2 出力上昇、定格運転、出力下降時試験

(1) 出力係数測定試験

〔概要〕

高速実験炉「常陽」の各運転サイクルのBOCとEOCとでステップ状（5MW毎）に出力を変化させた時の過剰反応度変化を測定することにより出力係数を算出している。（算出方法はAPPENDIX参照）このとき行う作業及びデータ収集の方法を以下に述べる。

〔準備〕

- a. 熱出力測定システム記録用紙（2枚1セット：参考資料1，2）
- b. 熱出力測定システム（中央制御室内計算機室R710 HP85A）
システム担当：プラントGr
- c. パーソナルコンピューター（PC9801LV）
- d. フロッピーディスク（プログラムファイル、データファイル）
- e. JOYDAS（トレンド№111, 116, 220）

①出力係数測定試験手順（BOC版）

| | 試験手順 | 注意事項 |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 準備 | (1)熱出力システムの設定を確認し、高出力モードでない場合は設定値を変更する。 (2)記録用紙等を用意する。 (3)データ処理用パソコンを用意する。 (4)データ処理システムを起動する。 (5)JOYDASの積算出力値がリセット済であることを確認する。 | <ul style="list-style-type: none"> 設定値の変更は熱出力システム使用マニュアル参照のこと。 データ処理システムの使用方法はマニュアル参照のこと。 通常、系統昇温終了後リセットする。方法はAPPENDIX参照。 |
| 試験準備 | <ul style="list-style-type: none"> 出力上昇操作（原一課担当）により原子炉出力12MWに到達、プロワ起動の放送確認 注）12MW出力状態のデータ測定は可。ただし、正式には試験は15～100MW間である。 出力上昇操作により原子炉出力15MW到達宣言。 当直長に試験開始を依頼する。 ・ 人員配置 <ul style="list-style-type: none"> 原子炉制御盤（盤423）のセルシン指示値（制御棒位置）の読み取り、熱出力システムの起動（1名以上） パソコンによるデータ処理（1名） | |
| 試験 | (1)ステップ操作指示（使用制御棒番号、引抜量） (2)ステップ応答試験及び目標出力(*MW)への出力上昇操作 (3)原子炉出力*MW到達宣言 (4)制御棒位置の記録（中制・盤423） | <ul style="list-style-type: none"> プラントGr. 担当（ステップ応答試験） 原一課担当 原一課担当 読取時の誤差を回避するため極力同じ者が指示値を読むこと。 |

②出力係数測定試験手順（EOC版）

| | 試験手順 | 注意事項 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 準備 | (1)熱出力システムが高出力モードの設定値になっていることを確認する。 (2)記録用紙等を用意する。 (3)データ処理用パソコンを用意する。 (4)データ処理システムを起動する。 (5)JOYDAS SYSTEM の積算出力値を確認する。 | <ul style="list-style-type: none"> ・変更方法は熱出力システム使用マニュアルを参照のこと。 ・データ処理システムの使用方法は第2章を参照のこと。 ・約運転日数×100 (MW)。 異なる時は、“MAGI”入力データとして使用しない。 |
| 試験準備 | <ul style="list-style-type: none"> ・100MW出力安定状態で測定を行う。 ・測定終了後、当直長に試験開始を依頼する。 人員配置 <ul style="list-style-type: none"> ・原子炉制御盤（盤423）のセルシン指示値（制御棒位置）の読み取り、熱出力システムの起動（1名以上） ・パソコンによるデータ処理（1名） | <ul style="list-style-type: none"> ・制御棒位置、熱出力システム、アナログ平均、積算出力を記録 |
| 試験 | 試験全体フローを別添図に示す。 (1)ステップ操作指示（使用制御棒番号、引抜量） (2)ステップ応答試験及び目標出力(**MW)への出力降下操作 (3)原子炉出力**MW到達宣言 (4)制御棒位置の記録（中制・盤423） （データ記録用紙をAPPENDIX-Cに示す。） (5)出力、炉容器出入口温度の安定の確認。 (6)安定確認後、JOYDASを用いてアナログ平均測定開始。 (7)熱出力システムの測定を行う。 | <ul style="list-style-type: none"> ・プラントGr. 担当 ・原一課担当 ・原一課担当 ・読取時の誤差を回避するため極力同じ者が指示値を読むこと。 ・安定はJOYDASの画面 111, 1-1（中性子束）画面 111, 1-2（R/V 出入口温度）にて監視 ・操作方法は、AppendixのD、トビゴ項目の平均を参照 |

APPENDIX A

「常陽」データ処理装置 (JOYDAS) の利用法

A. 「常陽」データ処理装置 (JOYDAS) の利用方法

ここでは主に、炉心グループが担当する運転特性試験において使用頻度の高いJOYDASの操作について説明をする。なお、詳細なJOYDASの使用方法については、高速実験炉「常陽」データ処理装置 (JOYDAS) の概要(PNC I9520 89-003)を参照のこと。

(1) JOYDAS制御棒校正試験プログラム操作法

① 零調整 (Zコマンド)

下線部：キー入力

制御棒校正

CR CALIBRATION COMMAND /Z/R/S/E/P=ZKEYOFF データ送信

② 実効許可 (Rコマンド)

制御棒校正

CR CALIBRATION COMMAND /Z/R/S/E/P=RKEYOFF データ送信

③ 実効開始 (Sコマンド)

制御棒校正

CR CALIBRATION COMMAND /Z/R/S/E/P=SKEYOFF データ送信

④ 終了 (Eコマンド)

制御棒校正

CR CALIBRATION COMMAND /Z/R/S/E/P=EKEYOFF データ送信

(2) メニュー選択手順

① 表示画面をNo. 111に変更する場合

| | 操 作 | 画 面 表 示 |
|---|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1 | キー 表示 要求 挿入 | PICTURE NO=*** |
| 2 | テンキーで 1 1 1 と打つ。 | PICTURE NO=111 |
| 3 | キー データ 送信 挿入 | KEY IN ACCEPT 変更後の画面表示 |

② 表示画面をNo. 111(1-1) から(1-2) に変更する場合

| | 操 作 | 画 面 表 示 |
|---|-----------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1 | キー 画面 前進 挿入 | キー挿入により画面が切り替わる。 |
| 2 | キー 画面 後退 挿入 | キー挿入により画面が切り替わる。 |

③ トレンド登録又は変更

Aの手順で画面選択（画面メニューは111～115のみ）した後、希望するトレンドを表示する。

| | 操 作 | 画 面 表 示 |
|---|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | キー トレンド登録 挿入 | TREND GROUP=*-* LNO=* POINT=**** U=***** L=***** |
| 2 | テンキーで各項目の入力値を入力する | TREND GROUP=1-1 LNO=1 POINT=A000 U=100*** L=0***** 画面111のラインNo.1にch.6 (A000) を登録し、その上限値は100、下限値は0とする。 |
| 3 | キー データ送信 挿入 | KEY IN ACCEPT トレンド変更後の画面表示 |

なお、複数のラインナンバーの登録を一度に行う場合には、中央制御室のJOYDAS端末の1台（A）を変更する画面、もう1台の端末（B）を別の画面を表示した状態にし、B端末でトレンド登録操作を行うと便利である。

(3) 臨界点確認試験時の主な操作

① 積算出力値の初期化

サイクル初期においては、積算出力値の初期化を行う

| | 操 作 | 画 面 表 示 |
|---|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 | キー 積算値設定 挿入 | DATA=***** |
| 2 | テンキーで 0 と打つ | DATA=0 |
| 3 | キー データ送信 挿入 | KEY IN ACCEPT →画面No.116 (WHOLE PLANT 図) で変更確認 |

(4) 出力係数測定試験時の主な操作

① アナログ平均

測定データのバックアップのため、出力、冷却材温度、制御棒位置などのデータのアナログ平均値（平均回数 100回）をオンラインで大型計算機に記録する。この操作は自動化されており、手順は以下の通りである。なお、アナログ平均終了には、約12分必要であり、JOYDASのLOG FILE（画面No. 220）により確認できる。

| | 操 作 | 画 面 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | キー アナログ 平均 挿入 | アナログ平均=*** |
| 2 | テンキーで 1 0 0 と打つ | アナログ平均=100 |
| 3 | キー データ 送信 挿入 | KEY IN ACCEPT |

② 積算出力の記録

積算出力値はJOYDASの画面No. 116の画面（WHOLE PLANT 図）に表示されており、このハードコピーをとる。

| | 操 作 | 画 面 |
|---|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | キー 表示 要求 挿入 | PICTURE NO =*** |
| 2 | テンキーで 1 1 6 と打つ | PICTURE NO =116 |
| 3 | キー データ 送信 挿入 | KEY IN ACCEPT WHOLE PLANT 図 表示 |
| 4 | キー ハード コピー 挿入 | |

注) この値はBOCの臨界点確認後、0MWDに初期化しておく。また、EOC試験時には定格出力(100MW) × 運転日数(DAY) = ** (MWD) に相当する値となっている。

APPENDIX B

制御棒校正試験結果データ処理

B. 制御棒校正試験結果データ処理

「常陽」で通常おこなわれている制御棒6本同時差換法（ペリオド法）試験による制御棒校正曲線（制御棒位置と制御棒反応度の関数）の算出方法を以下に記す。

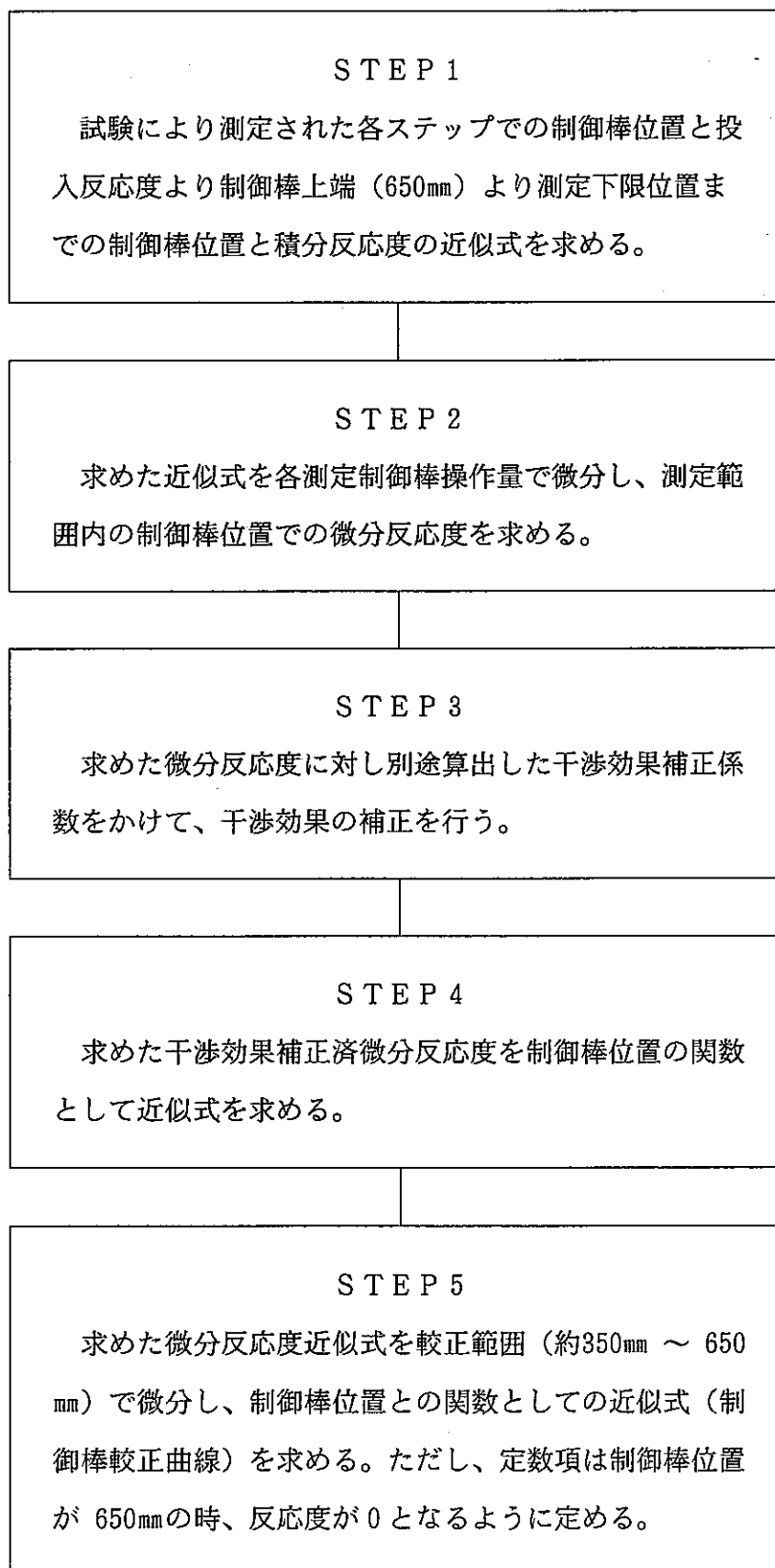
計算処理はシステム化されており大型計算機により一括処理される。なお、処理プログラムFORTRA N77で記述されている。

システムへの入力データとして次の値を使用する。

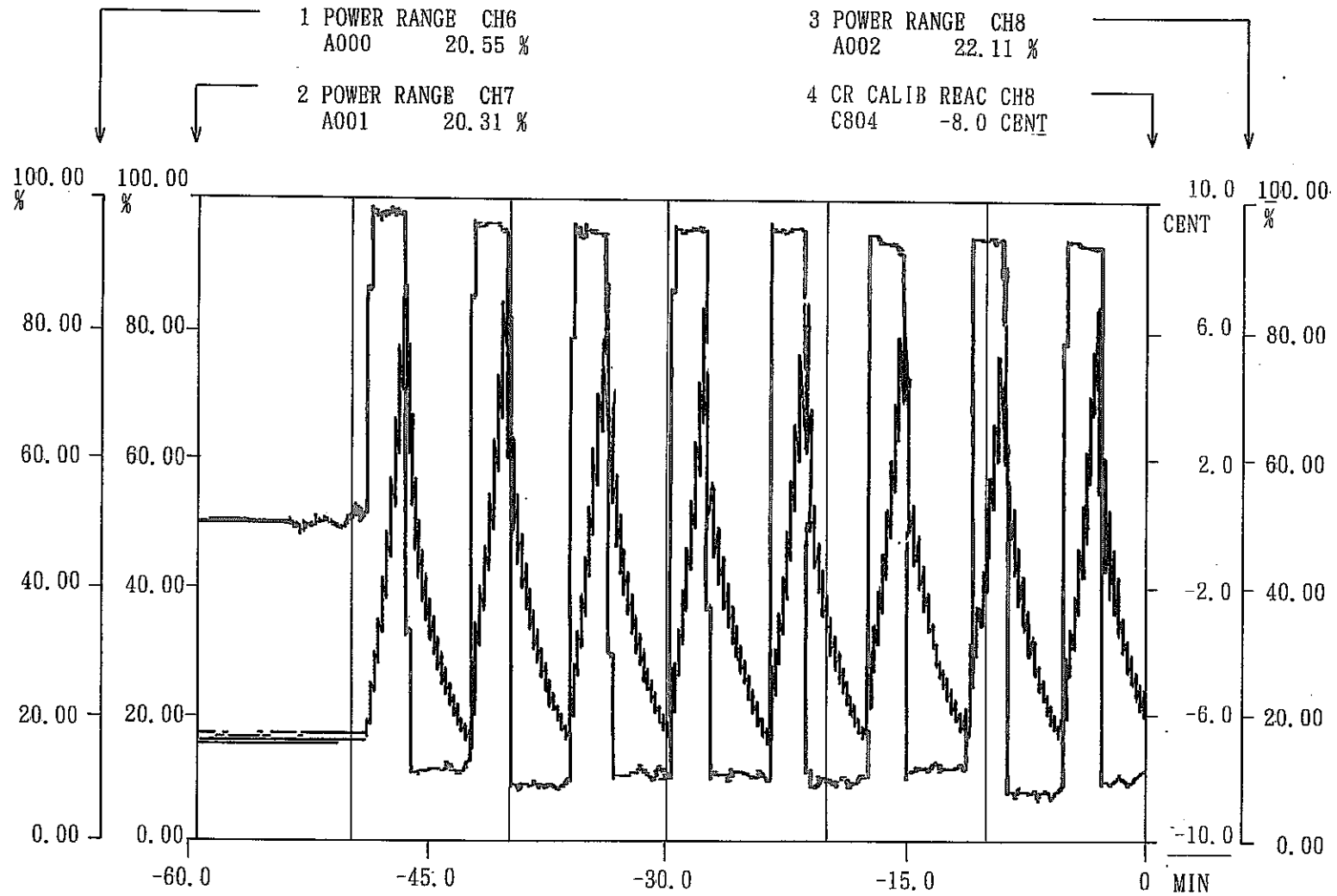
- (1) 制御棒6本同時差換法試験時の各制御棒位置
(セルシン指示値の読取り値：mm)
- (2) 制御棒6本同時差換法試験時の各ステップ内投入反応度
(JOYDASトレンド画面 No.229： $\% \Delta k / k$)
- (3) 制御棒6本同時差換法試験時の制御棒パターンと実際の運転に使用される制御棒6本均等挿入時との干渉効果補正係数

次項に測定制御棒1本に対するシステムの処理手順を示す。

差換法データ処理システムの処理手順



111 TREND GRAPH 1-3 (1HR)



- 4 4 -

PLANT ALARM CRT#124 H-80-E H-V90 DISC1 DISC2 DPI-1 T/W L/P M/T DPI-1 ETC 1MW
TREND GROUP=1-2 LNO=1 PID=A004 U=100*** L=0***** JOYDAS

229 CR CALIBRATION REACTIVITY

| NO | CR1 | | CR2 | | CR3 | | CR4 | | CR5 | | CR6 | | REACTIVITY | | DELTA REACTIVITY | | COUNT |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|-------|----------|--------|-------|------|------------|------|------------------|--|-------|
| | MM | MM | MM | MM | MM | MM | MM | MM | MM | MM | %ΔK/K | CENT | %ΔK/K | CENT | | | |
| 1 | 408.9 | 650.3 | 408.9 | 650.4 | 401.1 | 650.1 | 0.04164 | 9.53 | 0.04164 | 9.53 | 65 | | | | | | |
| 2 | 408.9 | 596.7 | 408.9 | 650.4 | 401.1 | 650.1 | -0.03393 | -7.77 | -0.07557 | -17.30 | 124 | | | | | | |
| 3 | 408.9 | 596.7 | 415.9 | 650.4 | 401.1 | 650.1 | 0.04029 | 9.22 | 0.07422 | 16.99 | 67 | | | | | | |
| 4 | 408.9 | 596.7 | 415.9 | 591.6 | 401.1 | 650.1 | -0.03582 | -8.20 | -0.07611 | -17.42 | 118 | | | | | | |
| 5 | 408.9 | 596.7 | 415.9 | 591.6 | 418.1 | 650.1 | 0.03927 | 8.99 | 0.07508 | 17.18 | 69 | | | | | | |
| 6 | 408.9 | 596.7 | 415.9 | 591.6 | 418.1 | 589.0 | -0.03448 | -7.89 | -0.07375 | -16.88 | 123 | | | | | | |
| 7 | 423.9 | 596.7 | 415.9 | 591.6 | 418.1 | 589.0 | 0.03980 | 9.11 | 0.07429 | 17.00 | 67 | | | | | | |
| 8 | 424.0 | 560.9 | 415.9 | 591.6 | 418.1 | 589.0 | -0.03443 | -7.88 | -0.07423 | -16.99 | 122 | | | | | | |
| 9 | 423.9 | 560.9 | 431.8 | 591.6 | 418.1 | 589.0 | 0.03982 | 9.11 | 0.07425 | 16.99 | 67 | | | | | | |
| 10 | 424.0 | 560.9 | 431.8 | 553.2 | 418.1 | 589.0 | -0.03547 | -8.12 | -0.07529 | -17.23 | 118 | | | | | | |
| 11 | 424.0 | 560.9 | 431.8 | 553.2 | 435.9 | 589.0 | 0.03887 | 8.71 | 0.07354 | 16.83 | 72 | | | | | | |
| 12 | 424.0 | 560.9 | 431.8 | 553.2 | 435.9 | 550.3 | -0.03362 | -7.69 | -0.07170 | -16.41 | 124 | | | | | | |
| 13 | 439.4 | 560.9 | 431.8 | 553.2 | 435.9 | 550.3 | 0.03845 | 8.80 | 0.07207 | 16.49 | 71 | | | | | | |
| 14 | 439.4 | 532.2 | 431.8 | 553.2 | 435.9 | 550.3 | -0.03670 | -8.40 | -0.07515 | -17.20 | 114 | | | | | | |
| 15 | 439.4 | 532.2 | 448.5 | 553.2 | 435.9 | 550.3 | 0.03748 | 8.58 | 0.07418 | 16.98 | 73 | | | | | | |
| 16 | 439.4 | 532.2 | 448.5 | 523.9 | 435.9 | 550.3 | -0.03498 | -8.00 | -0.07245 | -16.58 | 120 | | | | | | |
| 17 | 439.4 | 532.2 | 448.5 | 523.9 | 454.8 | 550.3 | 0.03821 | 8.74 | 0.07318 | 16.75 | 71 | | | | | | |
| 18 | 439.4 | 532.2 | 448.5 | 523.9 | 454.8 | 519.2 | -0.03491 | -7.99 | -0.07312 | -16.73 | 120 | | | | | | |
| 19 | 456.1 | 532.2 | 448.5 | 523.9 | 454.8 | 519.2 | 0.03731 | 8.54 | 0.07222 | 16.53 | 74 | | | | | | |
| 20 | 456.1 | 509.2 | 448.5 | 523.9 | 454.8 | 519.2 | -0.03546 | -8.11 | -0.07277 | -16.65 | 118 | | | | | | |
| 21 | 456.1 | 509.2 | 466.7 | 523.9 | 454.8 | 519.2 | 0.03765 | 8.62 | 0.07311 | 16.73 | 73 | | | | | | |
| 22 | 456.1 | 509.2 | 466.7 | 499.7 | 454.8 | 519.2 | -0.03395 | -7.77 | -0.07160 | -16.38 | 123 | | | | | | |
| 23 | 456.1 | 509.2 | 466.7 | 499.7 | 474.2 | 519.2 | 0.03496 | 8.00 | 0.06890 | 15.77 | 80 | | | | | | |
| 24 | 456.1 | 509.2 | 466.7 | 499.7 | 474.2 | 495.1 | -0.03266 | -7.48 | -0.06762 | -15.48 | 129 | | | | | | |
| 25 | 473.1 | 509.2 | 466.7 | 499.7 | 474.2 | 495.1 | 0.03687 | 8.44 | 0.06954 | 15.91 | 75 | | | | | | |
| 26 | 473.1 | 489.6 | 466.7 | 499.7 | 474.2 | 495.1 | -0.03359 | -7.69 | -0.07046 | -16.13 | 125 | | | | | | |
| 27 | 473.1 | 489.6 | 486.0 | 499.7 | 474.2 | 495.1 | 0.03924 | 8.98 | 0.07283 | 16.67 | 69 | | | | | | |
| 28 | 473.1 | 489.6 | 486.0 | 477.6 | 474.2 | 495.1 | -0.03508 | -8.03 | -0.07432 | -17.01 | 119 | | | | | | |
| 29 | 473.1 | 489.6 | 486.0 | 477.6 | 495.9 | 495.1 | 0.03482 | 7.97 | 0.06990 | 16.00 | 81 | | | | | | |
| 30 | 473.1 | 489.6 | 486.0 | 477.6 | 495.9 | 474.0 | -0.03253 | -7.44 | -0.06735 | -15.41 | 128 | | | | | | |

PLANT ALARM
PICTURE NO=229

CRT#124

H-88-E H-V90 DISC1 DISC2 DPI-1 T/W L/P M/T DPI-2 ETC

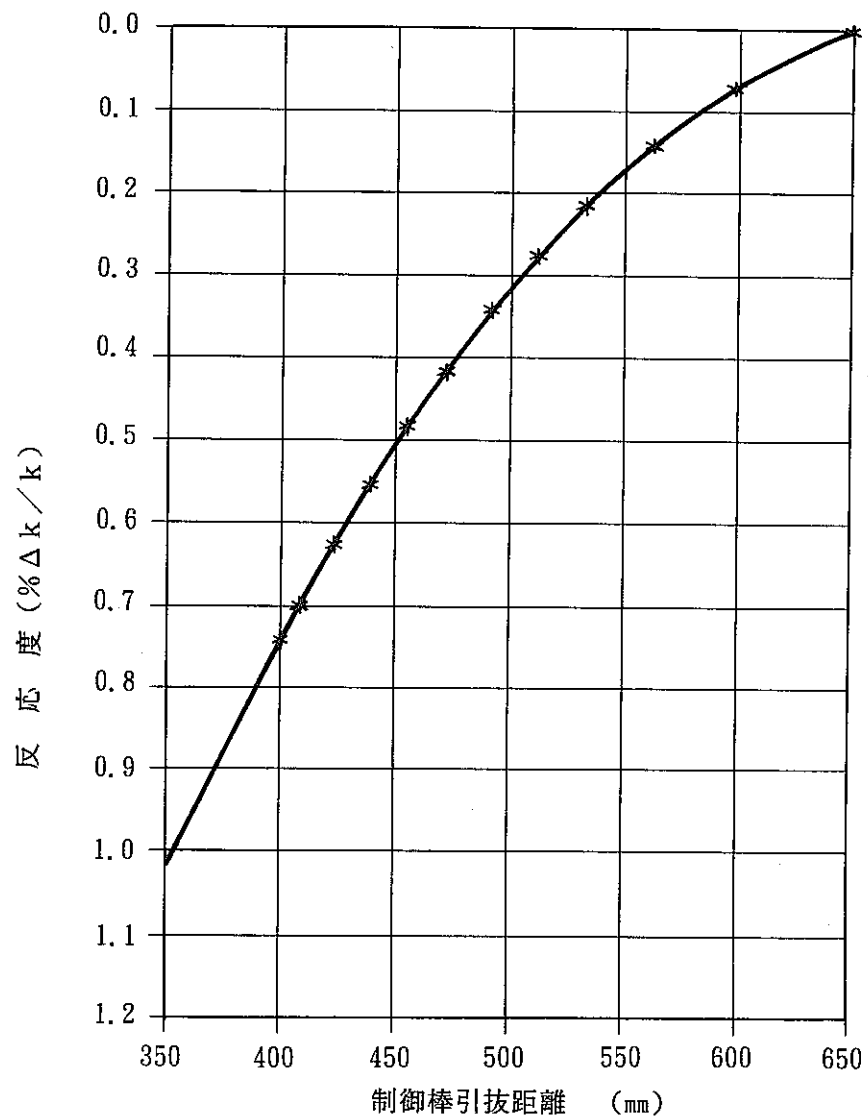
PAGE 1

0 MW
JOYDAS

第 サイクル制御棒校正試験結果

1991年 月 日測定

| Stop | 制御棒位置 (mm) | | | | | | 反 応 度 (%Δk/k) | 操 作 番 号 C/R 号 | 操 作 前 C/R位置 (mm) | 操 作 後 C/R位置 (mm) | 平 均 C/R位置 (mm) | ΔRod (mm) | 積 分 反 応 度 Δρ (%Δk/k) | 微 分 反 応 度 Δρ/ΔRod (%Δk/k/mm) |
|------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|----------------------|--------------|----------------------------|------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | | | | | | |
| 0 | 400.9 | 650.0 | 400.8 | 650.0 | 400.9 | 650.0 | | | | | | | | |
| 1 | 409.0 | 650.0 | 400.8 | 650.0 | 400.9 | 650.0 | 0.0416400 | 1 | 400.9 | 409.0 | 404.9 | 8.1 | 0.0416400 | 5.14E-3 |
| 2 | 409.0 | 596.4 | 400.8 | 650.0 | 400.9 | 650.0 | -0.0339300 | 2 | 650.0 | 596.4 | 623.2 | 53.6 | 0.0755700 | 1.41E-3 |
| 3 | 409.0 | 596.4 | 415.9 | 650.0 | 400.9 | 650.0 | 0.0402900 | 3 | 400.8 | 415.9 | 408.3 | 15.1 | 0.0742200 | 4.92E-3 |
| 4 | 409.0 | 596.4 | 415.9 | 591.2 | 400.9 | 650.0 | -0.0358200 | 4 | 650.0 | 591.2 | 620.6 | 58.8 | 0.0761099 | 1.29E-3 |
| 5 | 409.0 | 596.4 | 415.9 | 591.2 | 418.0 | 650.0 | 0.0392700 | 5 | 400.9 | 418.0 | 409.4 | 17.1 | 0.0750900 | 4.39E-3 |
| 6 | 409.0 | 596.4 | 415.9 | 591.2 | 418.0 | 588.9 | -0.0344800 | 6 | 650.0 | 588.9 | 619.4 | 61.1 | 0.0737500 | 1.21E-3 |
| 7 | 424.0 | 596.4 | 415.9 | 591.2 | 418.0 | 588.9 | 0.0398000 | 1 | 409.0 | 424.0 | 416.5 | 15.0 | 0.0742800 | 4.95E-3 |
| 8 | 424.0 | 560.6 | 415.9 | 591.2 | 418.0 | 588.9 | -0.0344300 | 2 | 596.4 | 560.6 | 578.5 | 35.8 | 0.0742300 | 2.07E-3 |
| 9 | 424.0 | 560.6 | 431.8 | 591.2 | 418.0 | 588.9 | 0.0398200 | 3 | 415.9 | 431.8 | 423.8 | 15.9 | 0.0742500 | 4.67E-3 |
| 10 | 424.0 | 560.6 | 431.8 | 552.8 | 418.0 | 588.9 | -0.0354700 | 4 | 591.2 | 552.8 | 572.0 | 38.4 | 0.0752900 | 1.96E-3 |
| 11 | 424.0 | 560.6 | 431.8 | 552.8 | 436.0 | 588.9 | 0.0380700 | 5 | 418.0 | 436.0 | 427.0 | 18.0 | 0.0735400 | 4.09E-3 |
| 12 | 424.0 | 560.6 | 431.8 | 552.8 | 436.0 | 550.1 | -0.0336200 | 6 | 588.9 | 550.1 | 569.5 | 38.8 | 0.0716900 | 1.85E-3 |
| 13 | 439.6 | 560.6 | 431.8 | 552.8 | 436.0 | 550.1 | 0.0384500 | 1 | 424.0 | 439.6 | 431.8 | 15.6 | 0.0720699 | 4.62E-3 |
| 14 | 439.6 | 532.1 | 431.8 | 552.8 | 436.0 | 550.1 | -0.0367000 | 2 | 560.6 | 532.1 | 546.4 | 28.5 | 0.0751500 | 2.64E-3 |
| 15 | 439.6 | 532.1 | 448.6 | 552.8 | 436.0 | 550.1 | 0.0374800 | 3 | 431.8 | 448.6 | 440.2 | 16.8 | 0.0741799 | 4.42E-3 |
| 16 | 439.6 | 532.1 | 448.6 | 523.9 | 436.0 | 550.1 | -0.0349800 | 4 | 552.8 | 523.9 | 538.3 | 28.9 | 0.0724600 | 2.51E-3 |
| 17 | 439.6 | 532.1 | 448.6 | 523.9 | 454.9 | 550.1 | 0.0382100 | 5 | 436.0 | 454.9 | 445.4 | 18.9 | 0.0731900 | 3.87E-3 |
| 18 | 439.6 | 532.1 | 448.6 | 523.9 | 454.9 | 519.2 | -0.0349100 | 6 | 550.1 | 519.2 | 534.6 | 30.9 | 0.0731200 | 2.37E-3 |
| 19 | 456.0 | 532.1 | 448.6 | 523.9 | 454.9 | 519.2 | 0.0373100 | 1 | 439.6 | 456.0 | 447.8 | 16.4 | 0.0722200 | 4.40E-3 |
| 20 | 456.0 | 509.0 | 448.6 | 523.9 | 454.9 | 519.2 | -0.0354600 | 2 | 532.1 | 509.0 | 520.6 | 23.1 | 0.0727700 | 3.15E-3 |
| 21 | 456.0 | 509.0 | 466.4 | 523.9 | 454.9 | 519.2 | 0.0376500 | 3 | 448.6 | 466.4 | 457.5 | 17.8 | 0.0731100 | 4.11E-3 |
| 22 | 456.0 | 509.0 | 466.4 | 499.5 | 454.9 | 519.2 | -0.0339500 | 4 | 523.9 | 499.5 | 511.7 | 24.4 | 0.0716000 | 2.93E-3 |
| 23 | 456.0 | 509.0 | 466.4 | 499.5 | 474.0 | 519.2 | 0.0349600 | 5 | 454.9 | 474.0 | 464.4 | 19.1 | 0.0689100 | 3.61E-3 |
| 24 | 456.0 | 509.0 | 466.4 | 499.5 | 474.0 | 495.0 | -0.0326600 | 6 | 519.2 | 495.0 | 507.1 | 24.2 | 0.0676200 | 2.79E-3 |



【干渉効果補正前較正曲線近似式】

$$Y = -\sum_{i=1}^5 \text{Coef}(i) \times X^i$$

X……制御棒位置 (mm)

Y……反応度 (%Δk/k)

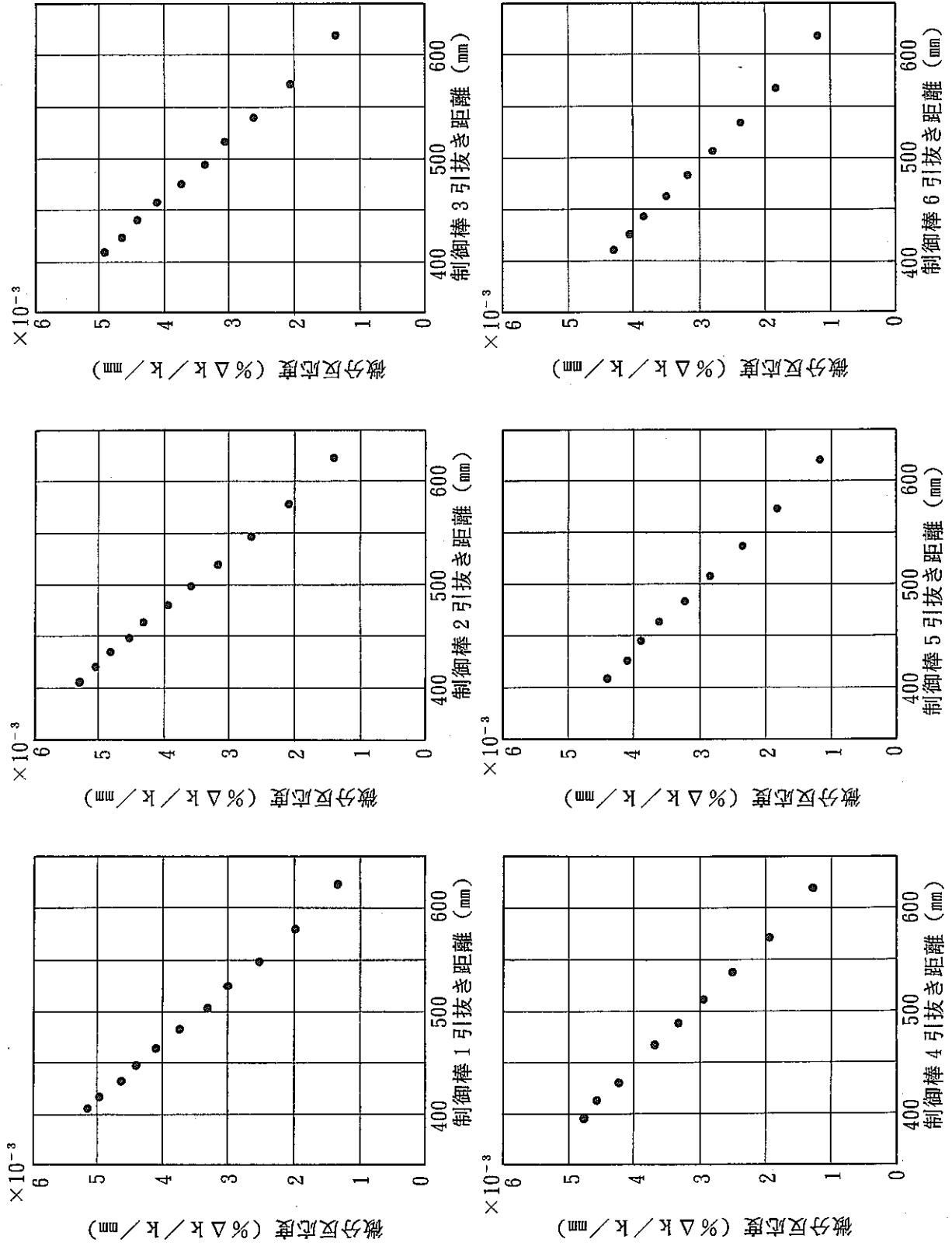
- COEF (0) = 2.15707583D+00
- COEF (1) = 5.42302872D-03
- COEF (2) = -4.71967697D-05
- COEF (3) = 7.93897681D-08
- COEF (4) = -4.47018721D-11
- COEF (5) = 3.75535848D-15

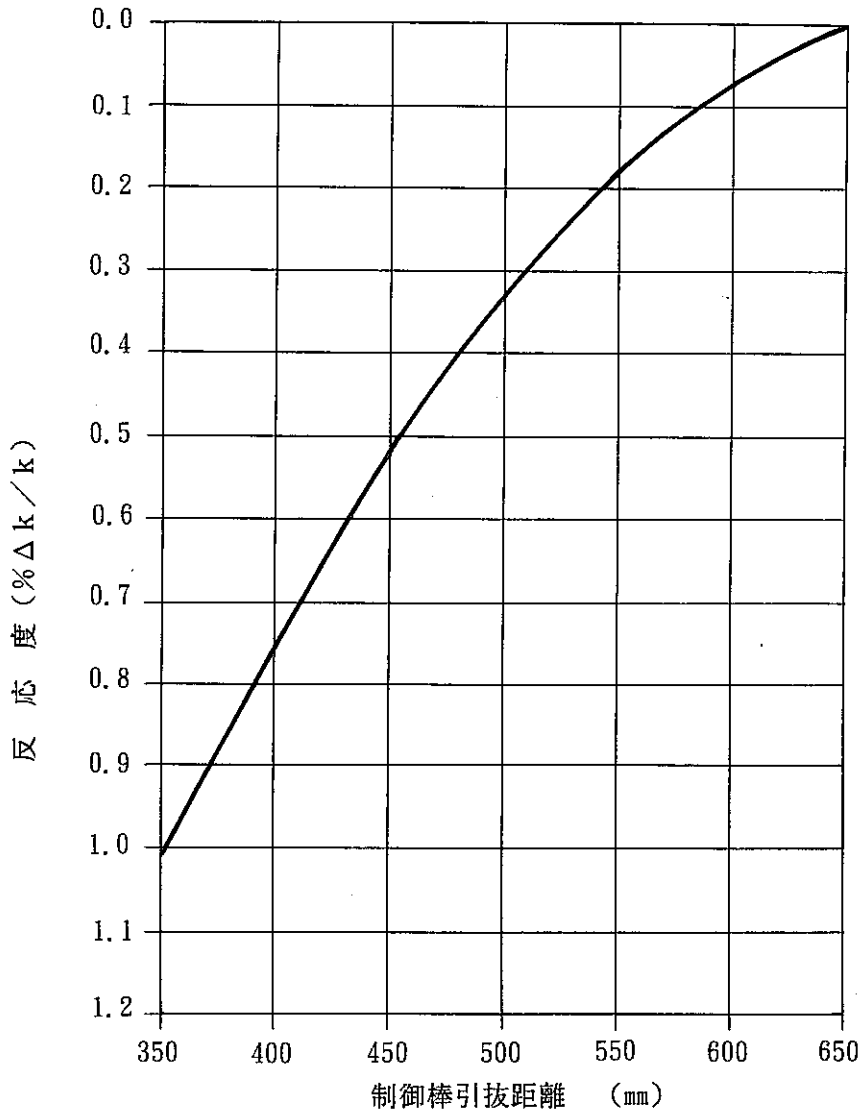
(図.) 第 サイクル 制御棒 ストローク曲線

制御棒較正試験 (1991年 月 日 測定)

微分反応度曲線

CONTROL ROD CALIBRATION (BANK CALIBRATION)





【干渉効果補正後較正曲線近似式】

$$Y = -\sum \text{Coef}(i) \times X^i$$

X……制御棒位置 (mm)

Y……反応度 (%Δk/k)

- COEF (0) = -1.99093737D+00
- COEF (1) = -4.42403003D-03
- COEF (2) = 3.56797683D-05
- COEF (3) = -4.75557606D-08
- COEF (4) = 8.98262041D-12
- COEF (5) = 1.07593877D-14

(図.) 第 サイクル 制御棒 ストローク曲線

制御棒較正試験 (1991年 月 日 測定)

APPENDIX C

データシート

C. データシート

熱出力測定システムデータシート (その1)

| | | |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 制御棒位置 CR-1 | 制御棒位置 CR-4 | |
| 制御棒位置 CR-2 | 制御棒位置 CR-5 | |
| 制御棒位置 CR-3 | 制御棒位置 CR-6 | |
| 熱出力測定システム | | |
| 測定日 | ← この線に ALOOP を合わせる。 | |
| 測定時刻 SCAN回数 | | |
| A ル ー プ | | 1次主循環流量 サイフォンブレイク流量 原子炉入口Na温度 原子炉入口Naエンタルピ 原子炉入口Na密度 |
| | | 原子炉出口Na温度 原子炉出口Naエンタルピ |
| | | 除熱量 |
| B ル ー プ | | 1次主循環流量 サイフォンブレイク流量 原子炉入口Na温度 原子炉入口Naエンタルピ 原子炉入口Na密度 |
| | | 原子炉出口Na温度 原子炉出口Naエンタルピ |
| | | 除熱量 |
| 1 次 系 | | オーバフロー系 |
| | | 1次補助系 |
| | | 原子炉熱出力 |
| | | 炉心発熱量 |
| 2 次 系 | | IHX Aループ |
| | | IHX Bループ |
| | | DHX Aループ |
| | | DHX Bループ |
| | | DHX 1A Na側 |
| | | DHX 2A Na側 |
| | | DHX 1B Na側 |
| | | DHX 2B Na側 |

熱出力測定システムデータシート (その2)

| | |
|-------------------|------------------|
| 中性子束 (出力系) c h. 6 | |
| 中性子束 (出力系) c h. 7 | |
| 中性子束 (出力系) c h. 8 | |
| 熱出力測定システム | |
| 測定日 | |
| 測定時刻 SCAN回数 | |
| | (項目) |
| 流 量 | 1次主循環流量 (A) |
| | 1次主循環流量 (B) |
| | 1次補助系流量 |
| | オーバフロー極上流量 |
| | サイフォンブレイク流量 (A) |
| | サイフォンブレイク流量 (B) |
| | 2次主循環流量 (A) |
| | 2次主循環流量 (B) |
| | (項目) |
| 温 度 | オーバフローNa温度 |
| | 原子炉入口Na温度 (A) |
| | 原子炉入口Na温度 (B) |
| | 原子炉出口Na温度 (A) |
| | 原子炉出口Na温度 (B) |
| | 1次補助IHX入口Na温度 |
| | 1次補助IHX出口Na温度 |
| | A/C出口Na温度 (1A) |
| | A/C出口Na温度 (1B) |
| | A/C出口Na温度 (2A) |
| | A/C出口Na温度 (2B) |
| | A/C出口空気温度 (1A) |
| | A/C出口空気温度 (1B) |
| | A/C出口空気温度 (2A) |
| | A/C出口空気温度 (2B) |
| | A/C入口Na温度 (A) |
| | A/C入口Na温度 (B) |
| | A/C出口合流点Na温度 (A) |
| | A/C出口合流点Na温度 (B) |
| | IHX 2次入口Na温度 (A) |
| IHX 2次入口Na温度 (B) | |
| IHX 2次出口Na温度 (A) | |
| IHX 2次出口Na温度 (B) | |
| | (項目) |
| 中 性 子 束 | 起動系 CH. 1 |
| | 起動系 CH. 2 |
| | 中間系 CH. 3 |
| | 中間系 CH. 4 |
| | 中間系 CH. 5 |
| | 出力系 CH. 6 |
| | 出力系 CH. 7 |
| 出力系 CH. 8 | |

熱出力測定システム

← この線に

| | | |
|----|--------|-------|
| NO | V, mVa | |
| 1 | X, XXX | |
| 2 | X, XXX | |

を合わせる。

