



高速実験炉「常陽」性能試験報告書

50MW, 75MW 出力上昇試験(PT-01)

1982年1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ください。

〒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

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

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

1982年1月

高速実験炉「常陽」性能試験報告書

50MW,75MW出力上昇試験(P T-01)

広瀬正史^{**}, 寺田和道^{***}, 関口善之^{****}
 鈴木利明^{*}, 山本 寿^{*****}

要 旨

高速実験炉「常陽」は、昭和53年7月5日に第Ⅰ期出力である50MWを達成し、50MW定格運転を2サイクル経た後、昭和54年7月16日に第Ⅱ期出力である75MWを達成した。本報告書は、出力上昇手順の確立の為に実施した各種の試験結果及び出力上昇の経過に伴うデータの採取結果を報告するものである。

試験の結果、以下の出力上昇手順が最適であることを確認した。

- (1) 温態待機状態から系統のナトリウムを370℃まで昇温する最適温度上昇率は、約20℃/hrで、この時の炉出力は1~3MWである。なお、調整棒操作は1.5mm/5minで行なう。
- (2) 系統のナトリウム温度が370℃に達した後の最適出力上昇率は、約5MW/20minで、5MW毎に約10分間出力保持を行なう。なお調整棒操作は、1mm/2minで行なう。
- (3) 自然通風冷却から主送風機を起動して強制通風冷却に移行する最適な原子炉出力は約10MWである。

なお、初めて到達した出力とその日付は下記の通りである。

50MW出力上昇試験：昭和53年4月22日	9MW
5月18日	15MW
5月24日	25MW
6月22日	40MW
7月5日	50MW
75MW出力上昇試験：昭和54年7月11日	65MW
7月16日	75MW

* 大洗工学センター，高速実験炉部技術課

** 現在 三菱原子力工業(株)

*** 現在 原型炉準備室

**** 現在 日本原子力事業(株)

***** 現在 (株)日立製作所

"JOYO" Start-Up Test Report

50MW, 75MW Power-Up Test (PT-01)

Tadashi Hirose**, Kazumichi Terata***,
Yoshiyuki Sekiguchi****, Toshiaki Suzuki*
and Hisashi Yamamoto*****

Abstract

The purpose of this test is to establish the power-up procedure to the rated power.

The first stage rated power was 50 MWt and it was achieved on July 5, 1978.

The second stage rated power was 75 MWt and it was achieved on July 16, 1979.

This report describes the results of these power-up tests.

The results were;

- (1) The optimum heat up rate from warm stand-by to hot stand-by is about 20°C/hr, corresponding to about 1.5mm/5min of the regulation rod handling speed.
- (2) The optimum power-up rate from hot stand-by is about 5 MW/20min, corresponding to about 1mm/2min of the regulation rod handling speed.
- (3) The optimum reactor power to start the main blowers is about 10 MWt.

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

** Mitsubishi Atomic Power Industries, INC., presently

*** Prototype Reactor Office, Fast Breeder Reactor Development Project.,
presently

**** Nippon Atomic Industry Group, presently

***** Hitachi Ltd., presently

目 次

1. まえがき	1
2. 系統設備の概要	2
2.1 原子炉本体	2
2.2 炉心部の構造	2
2.3 初期炉心	2
2.4 原子炉冷却系統	3
2.5 計測制御系	3
3. 試験方法	10
3.1 試験準備	10
3.2 試験方法	10
3.3 試験手順	12
3.4 出力上昇に関する基本的方針	23
4. 試験経過及び結果	27
4.1 初回9 MW出力上昇試験経過	27
4.2 冷却材温度上昇率変更による出力上昇	31
4.3 自然通風冷却による最大除熱能力確認	32
4.4 主送風機起動時出力サーベイ	33
4.5 50 MW出力上昇の実績について	35
4.6 75 MW出力上昇試験	35
5. 検 討	59
5.1 系統ナトリウムの初期純化に対する考慮	59
5.2 熱膨張の影響	60
5.3 温度差の影響	60
5.4 主送風機による強制冷却について	61
5.5 自然通風除熱について	61
5.6 75 MW出力上昇時のプラント状態に対する検討	62
6. 結 言	64
7. 付 録	65

図リスト

第2.1図	原子炉垂直断面図	4
第2.2図	炉心部構成図(初期炉心参考図)	5
第2.3図	炉容器断面図	6
第2.4図	「常陽」冷却系系統図	7
第2.5図	「常陽」主要制御系統概念図	9
第3.1図	0 → 7.5 MW 出力上昇(初起動)	39
第3.2図	" (")	41
第3.3図	" (")	43
第3.4図	0 → 15 MW 出力上昇(")	45
第3.5図	15 MW → 25 MW 出力上昇(初起動)	47
第3.6図	0 → 25 MW 出力上昇(再起動)	49
第3.7図	0 → 40 MW 出力上昇(初起動)	51
第3.8図	40 MW → 50 MW 出力上昇(初起動)	53
第3.9図	0 → 50 MW 出力上昇(再起動)	55
第3.10図	50 MW → 65 MW 出力上昇	57
第3.11図	65 MW → 75 MW 出力上昇	58

1. まえがき

PT-01出力上昇試験の目的は、温態待機状態から原子炉を起動し、定格出力を達成することである。第1期定格出力は50MWであり、昭和53年に行なわれた50MW出力上昇試験において出力上昇手順がほぼ確立された。第2期定格出力は75MWであり、昭和54年に行なわれた75MW出力上昇試験において第1期定格出力の50MWから出力上昇を行ない、その手順を確立した。

2. 系統設備の概要

2.1 原子炉本体

原子炉本体は、第2.1図に示す様に、原子炉容器、その上部に配置した回転プラグ及び炉心部より構成される。

原子炉容器は、炉心を収容する堅型円筒形の二重容器で、内部には炉心を支える炉心構造物が設けられ、上部には回転プラグで蓋がされている。

回転プラグは大回転プラグと大回転プラグに偏心して設けられた小回転プラグより成る二重回転方式であり、小回転プラグには燃料交換機、制御棒駆動機構が据付けられる炉心上部機構等を備えている。

2.2 炉心部の構造

炉心部は第2.2図に示す様に、炉心燃料集合体とその周囲をとり囲む半径方向ブランケット燃料集合体、及び反射体によって構成され、これらの炉心構成要素は炉心構造物の炉心支持板によって位置決めされ、ハイドロリックホールドダウン機構によって保持される。更に炉心構造物は第2.3図に示す様に、原子炉容器内の一次冷却材の流路の形成、及び各炉心構成要素への流量配分を行う機能を有している。

炉心支持板は、炉心領域毎に連結管と炉心構成要素のエントランスノズルとの嵌合部の寸法を変化させて、炉心構成要素の誤装荷防止の機能も有している。

炉心部を構成する燃料集合体は、六角形状のラッパ管内にウラン・プルトニウム混合酸化物ペレットを収納した91本の燃料要素を内蔵する炉心燃料集合体と、劣化ウラン酸化物ペレットを収納した19本の燃料要素を内蔵する半径方向ブランケット燃料集合体より成る。反射体は、半径方向ブランケット燃料集合体の外側に配置され、炉心より漏れる中性子を反射する機能と高圧プレナムより導入される冷却材を低圧プレナムへ送る際の圧力調整の機能を有している。中性子源はSb-B型で、放射性Sbを内蔵した γ 線源部とそれを収納するBeを内蔵した受入集合体より構成される。

2.3 初期炉心

初期炉心の燃料集合体数は70体で、炉心部領域内には2本の調整棒と4本の安全棒を有する。中性子源は出力上昇以後は外側ブランケットに装備され、また本試験時にはNT-61パイルオシレータ試験の装置が5F2に設置される。(なお、パイルオシレータ試験装置は50MW出力上昇試験後撤去された。)

2.4 原子炉冷却系統

原子炉冷却系統は2つの主冷却系統と1つの補助冷却系統から成り原子炉で発生する熱は通常時には2つの主冷却系統で冷却される。補助冷却系は主冷却系統ナトリウム漏洩時あるいは主冷却系1系統冷却不能時の崩壊熱除去に使用される。

主冷却系は放射性の1次ナトリウム系と非放射性の2次ナトリウム系及び空気系から成り、主冷却系1ループに付き1次主循環ポンプ、中間熱交換器、2次主循環ポンプ各1基、空気冷却器、主送風器各2基から構成されている。

原子炉で発生した熱は1次ナトリウムにより主中間熱交換器へ伝達され、そこで2次ナトリウムに伝えられる。2次ナトリウムに伝えられた熱は空気冷却器により大気中へ放散される。第2.4図に冷却系系統図を示す。

2.5 計測制御系

(1) 原子炉制御系

原子炉制御設備は制御棒（4本の安全棒と2本の調整棒から成る）、制御棒駆動機構、原子炉の出力制御設備及び原子炉保護系から成る。原子炉の出力制御は2本の調整棒を中央制御室設置の原子炉制御盤により手動操作で引抜、挿入することにより行なわれる。

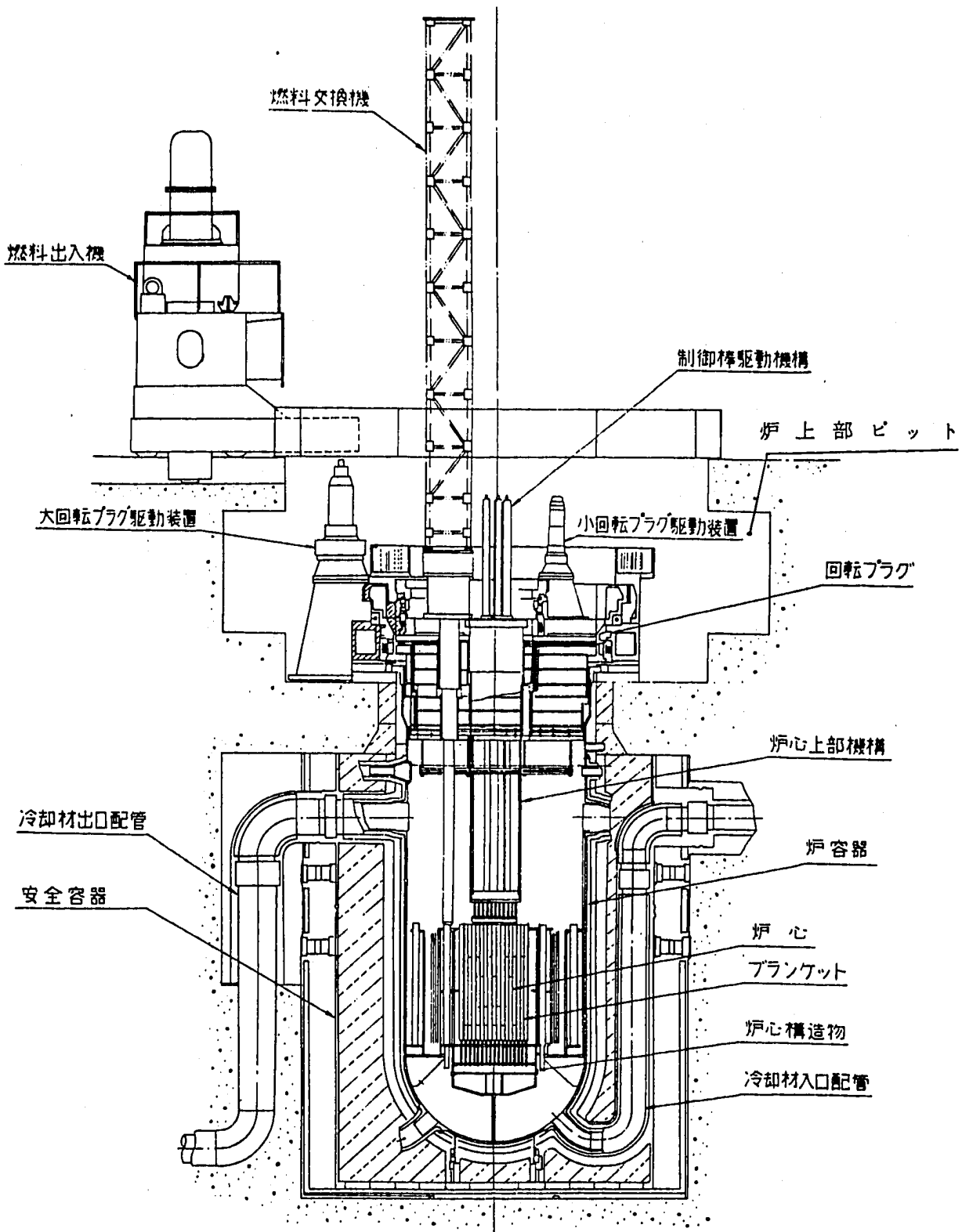
原子炉保護系設備は、原子炉プラントの状態を監視する核計装系、プロセス計装系から異常信号が発せられた場合、異常の程度に応じて安全動作を行なわせるための設備であり、検出器、ロジック盤より構成される。重要な計装については複数の検出器を設置し、多重性を確保している。又、ロジック盤は2系統を有している。安全動作としてはアイソレーション、スクラム、調整棒一斉挿入がある。

(2) 冷却材温度制御系

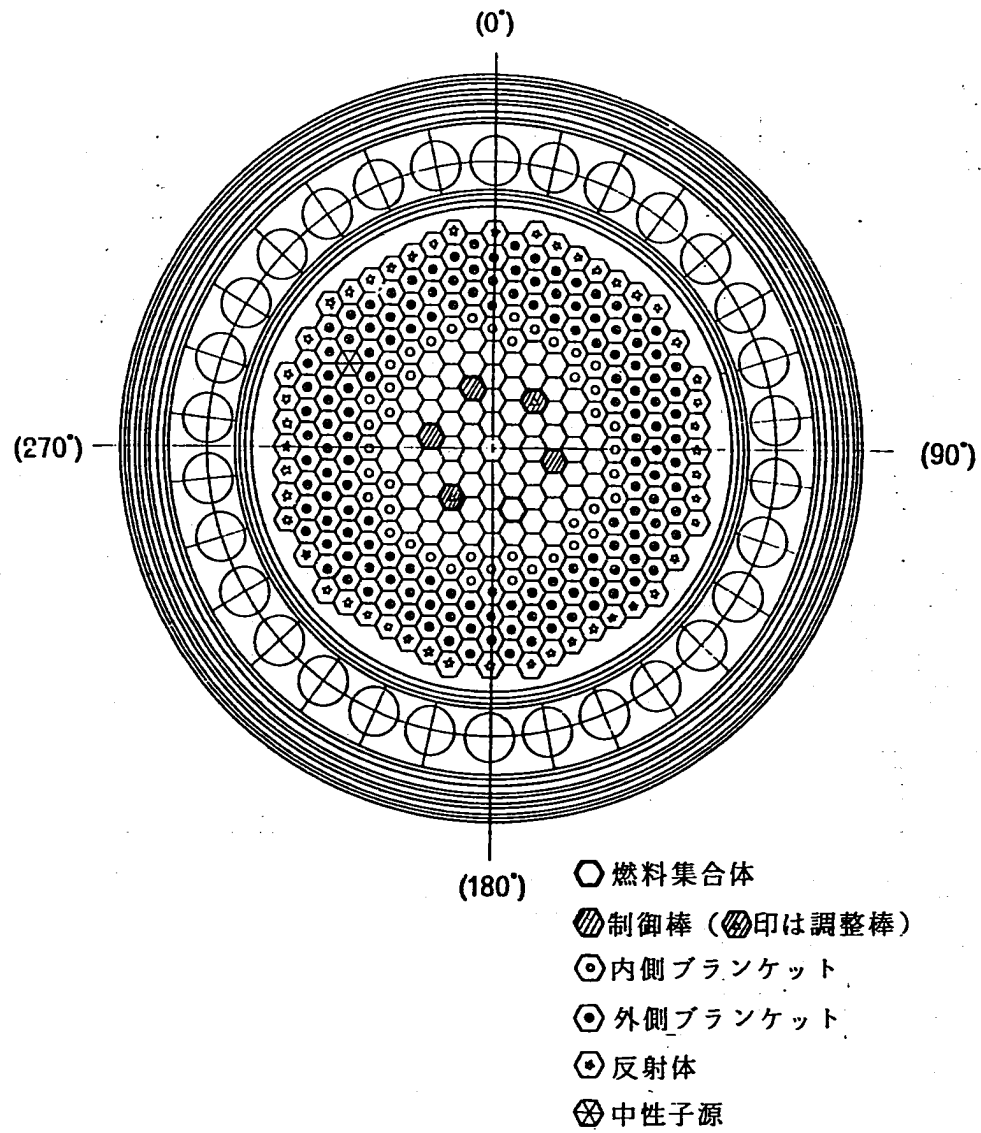
主冷却系温度制御系は原子炉入口温度を370℃の一定温度に維持する様に、空気冷却器の冷却空気量を自動制御する構成となっている。空気流量の制御には主冷却器ナトリウム出口温度と同部空気出口温度が使われている。

原子炉スクラム時には、炉心発熱の急低下による主冷却系各機器、配管へのコールド・ショックを回避するため、主冷却器出口ナトリウム温度の設定点を自動的に高設定とし、主冷却器の入口ダンパ、及び主送風機の入口ベーンを急速に閉じるが、2次主循環ポンプ出力喪失時には、2次主冷却系のナトリウムコーストダウン流量に対応する空気流量とするため、主送風機のブレーキを作動させ、自然通風とし、空気流量の制御は入口ダンパの開度を変化させることにより行ない、主冷却器ナトリウム温度の設定変更は行なわない。

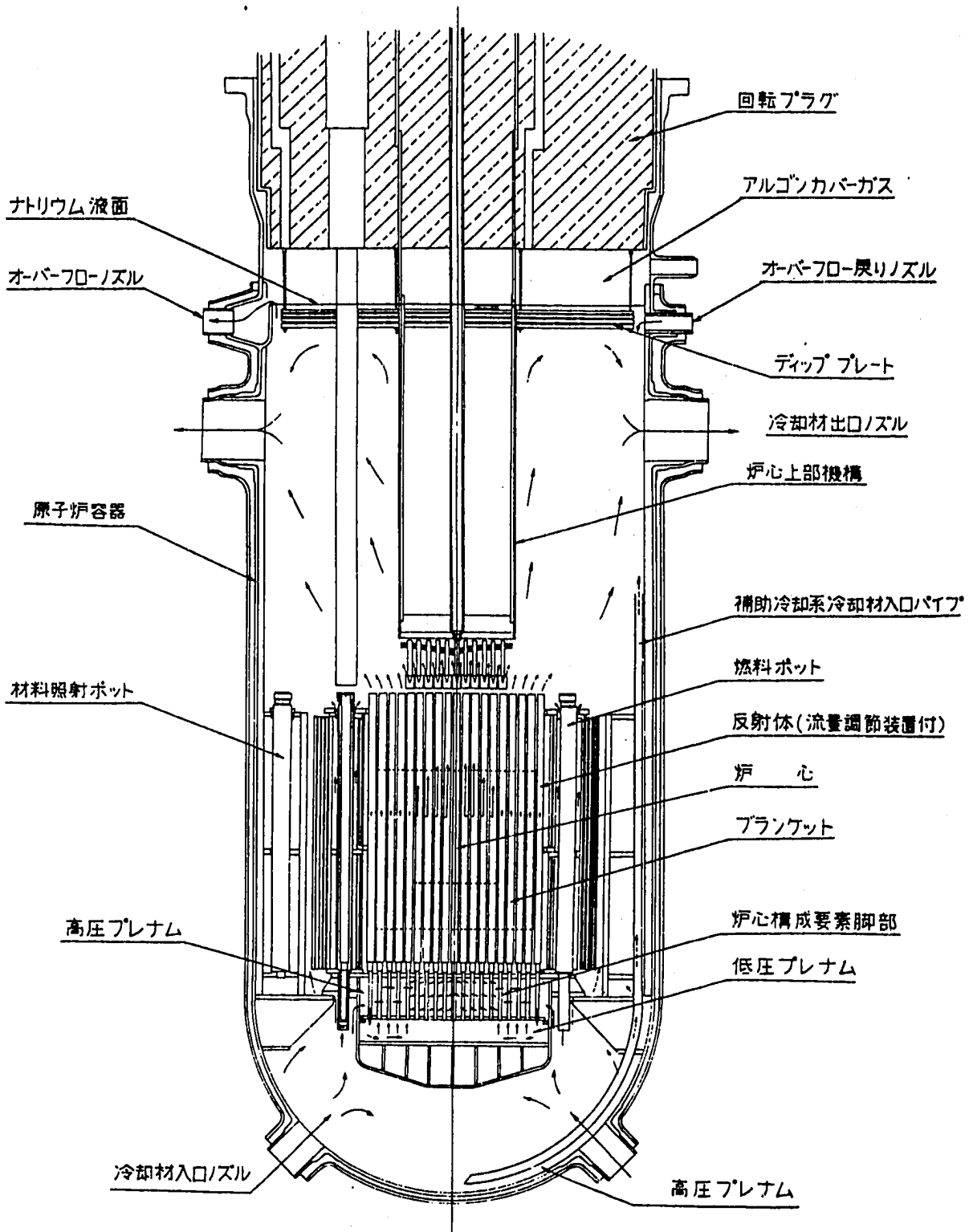
第2.5図に主要制御系統概念図を示す。



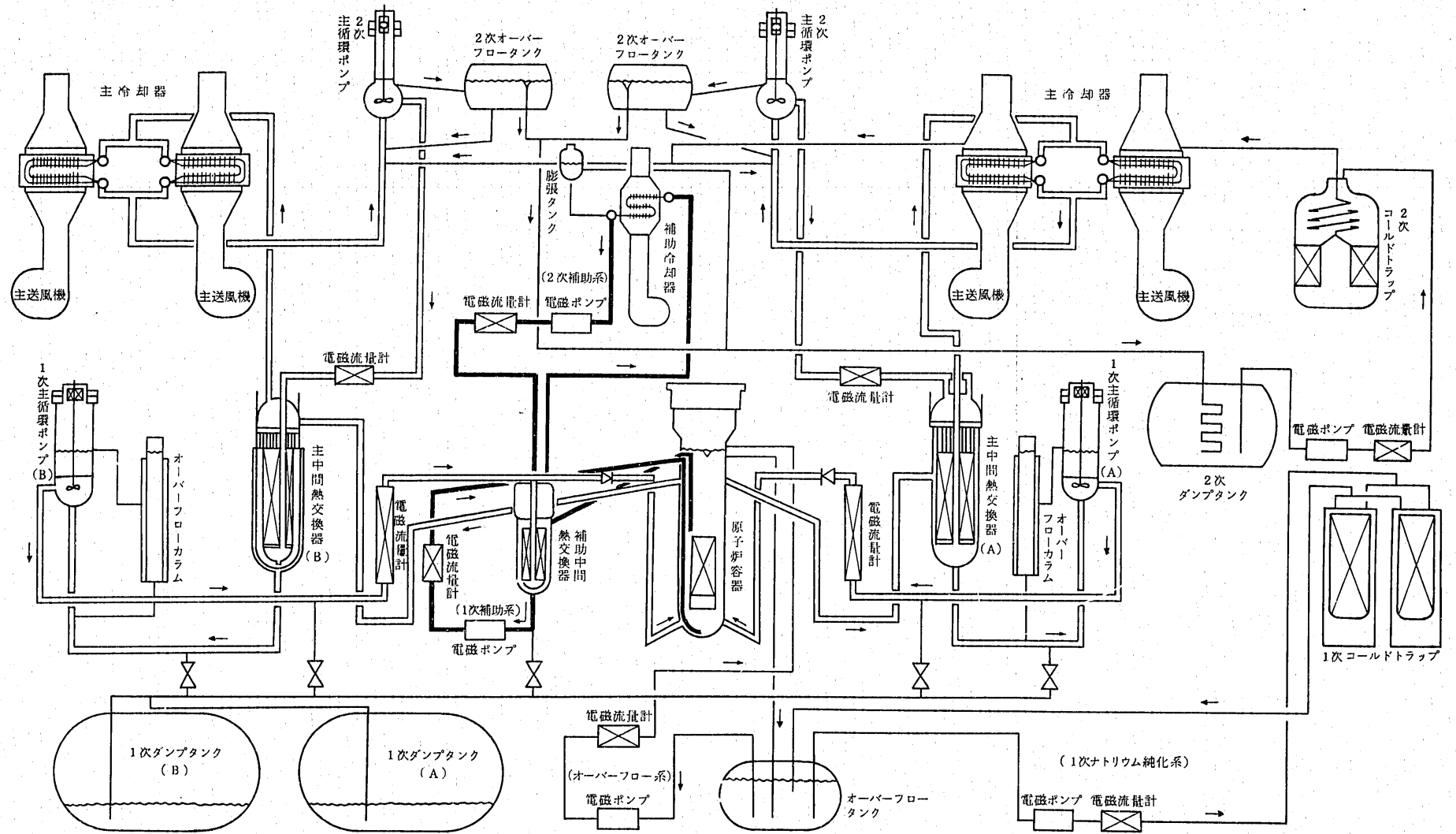
第 2.1 図 原子炉垂直断面図



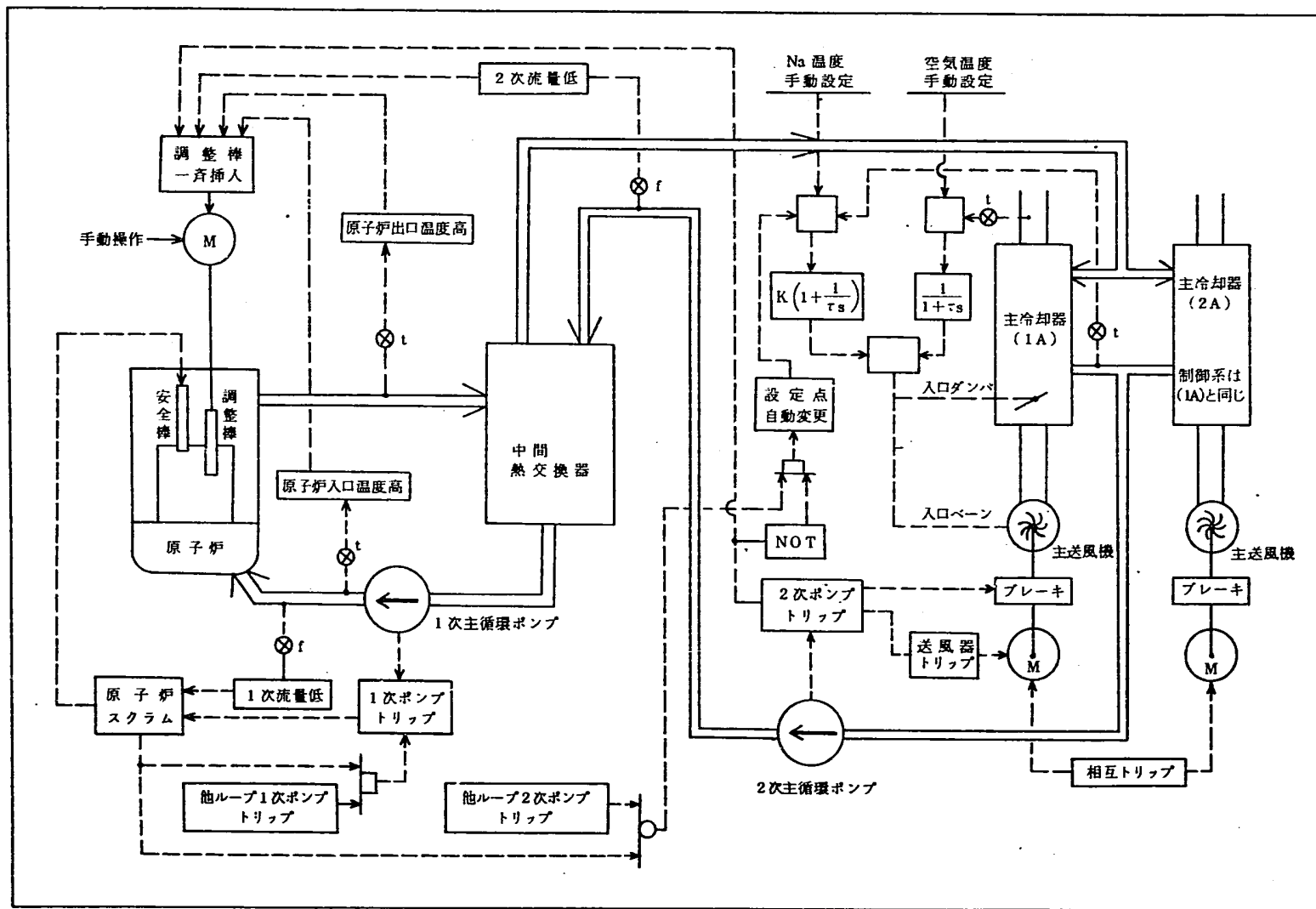
第 2.2 図 炉心部構成図 (初期炉心参考図)



第 2.3 図 炉容器断面図



「第 2.4 図」 「常陽」冷却系系統図



第 2.5 図 「常陽」主要制御系統概念図
(片側ループのみ)

3. 試験方法

3.1 試験準備

本試験の為に、下記の準備を行なった。

試験器具一覧表

計器名	員数	仕様	備考
(注1) 中性子計装中間系リニア記録計	1	東芝	盤423取付済
熱出力計用3ペンレコーダ	1	横河電機	中央制御室仮置
冷却材温度測定用6ペンレコーダ	2	横河電機	中央制御室仮置

注1. 低出力試験(最大500KW出力迄)では校正済のマイクロフィッションチェンバー指示値に基づき、起動領域、中間領域の核計装が校正されていた。しかし、出力上昇試験時、熱出力で校正された出力計は存在しない。そこで十分な熱出力指示値が得られる迄は、中間出力計の指示を基準指示値とした。又、熱出力指示値としては、中央計算機(HIDIC-500)のデジタル値では運転時のトレンドとしては分りにくいので、別に熱出力のアナログ信号をペンレコーダに表示させる為に、マイコン規模の熱出力計を設置した。

注2. 75MW出力上昇試験では、下記の計器を追加してデータ採取を行なった。

計器名	員数	仕様	備考
デジタルデータ収録器	1	江藤電気 E-60T	中央制御室 仮置
試験用データ収録システム	1	日立製作所 HIDIC-350	計算機室

3.2 方法

3.2.1 50MW出力上昇試験

(1) 初起動

① 核加熱(250℃→約355℃)および7.5MWへの出力上昇

核加熱により、系統ナトリウムを約355℃迄昇温し、昇温後、主冷却器により冷却する。この時、自然通風冷却から強制通風冷却に切換る出力を決定し、強制冷却に

移行した後、約7.5 MWでの熱出力校正試験（PT-11）に引継ぐ。

この段階では、系統ナトリウム中の不純物の除去、炉容器・配管・機器の熱膨張、格納容器床下雰囲気温度等、高温になって初めて遭遇する現象が多い。

その為、昇温速度は通常起動停止の制限条件の $50^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ より極めて低い $5\sim 7^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ という緩やかな昇温速度とする。

また、冷却材温度制御系を「自動」又は「手動」にした時の各々の制御性能を把握しておく。

本手順では、温態待機状態から、7.5 MW迄約5日間で達成する。

第3.1図～第3.2図に初回7.5 MW迄出力上昇の概念を示す。

② 定格出力への出力上昇

この出力上昇過程は、炉出力、ホットレグ冷却材温度とも、初めての経験であるので、慎重に出力上昇を行い、途中1～2ステップで炉出力を保持し、プラントに異常が無いことを確認する。

従って、昇温速度は比較的緩やかなものとする。

第3.4図に $0 \rightarrow (7.5) \rightarrow 15\text{ MW}$ への出力上昇概念を示す。

第3.5図に $15 \rightarrow 25\text{ MW}$ への出力上昇概念を示す。

第3.7図に $0 \rightarrow (25) \rightarrow 40\text{ MW}$ への出力上昇概念を示す。

第3.8図に $40 \rightarrow 50\text{ MW}$ への出力上昇概念を示す。

(2) 再起動

プラントとして問題なく運転できることが確認された出力レベル（実績出力と略称）迄の再起動は通常起動停止の制限条件である $50^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ に近い $30^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ の温度上昇率の出力上昇させる。

この段階で、通常起動停止手順を確認し、同時に原子炉およびプラントの運転の習熟をはかる。

温態待機から実績出力迄約2日間で達成する。

第3.3図に $0 \rightarrow 7.5\text{ MW}$ への出力上昇概念を示す。

第3.6図に $0 \rightarrow 25\text{ MW}$ への出力上昇概念を示す。

第3.9図に $0 \rightarrow 50\text{ MW}$ への出力上昇概念を示す。

一般的注意事項

本試験中は特に上記(1)～①, ②の出力上昇過程では, 下記項目について, 嚴重に監視し, 警報値を越えた場合は出力上昇を一時中止する。

測定項目	制限値	警報値	備考
1 1次系ブラギング温度	200℃	180℃	TE71-118~133により算出すること モータ過電流と対応させて判断する } R601にて測定
2 2次系ブラギング温度	225℃	200℃	
3 原子炉容器熱変位	3mm	2.4mm	
4 1次主循環ポンプケーシング周方向温度差	—	—	
5 遮蔽コンクリート温度	70℃	60℃	
6 回転プラグ表面温度	60℃	50℃	
7 A, Bループの熱出力偏差	5MW	各出力での10%	

以上は中央制御室で警報を発生しないものである。

3.2.2 75 MW出力上昇試験

50 MW出力上昇試験に於て確立された出力上昇手順に基づいて, 75 MWへの出力上昇を行いこの手順の有効性を確認することを目標とする。従って, 75 MW出力上昇試験の内容としては50 MW出力上昇試験で種々の運転手順をサーベイする項目が不要となり, 確認すべき項目は, 50 MW出力から75 MW出力への出力上昇操作とその際のプラント主要変数の監視である。この監視すべき項目も, 75 MW出力上昇試験時には, 50 MW出力上昇試験の経験から不要と思われるものは除外した。

第3.10図に50 MW→65 MWへの出力上昇概念を,

第3.11図に65 MW→75 MWへの出力上昇概念を示す。

3.3 試験手順

3.3.1 50 MW出力上昇

(1) 初 起 動

① 核加熱(250℃→約355℃)および75 MWへの出力上昇

ステップ	作業手順	注意事項
1. 1)	原子炉起動前確認 安全棒, 調整棒は全数下端位置にあること。	

ステップ	作業手順	注意事項
	2) 2次主送風機は停止しており。入口ベーンは「全閉」であり、主冷却器出入口ダンパも「全閉」であること。 3) 1次系、2次系流量は定格であること。 4) 起動前点検表に基づき、必要な点検を行うこと。	
2.	「起動モード」 1) 原子炉を起動開始する旨を一斉放送により通報する。 2) 運転モードスイッチを「起動」に切替える。 3) 臨界操作を行う。 SR 4本を 全引抜 RR-1 350mm RR-2 臨界操作 4) 臨界を 起動系 Ch.1で 5×10^4 cps (約5kW) で確認する。 5) 臨界に達したことを一斉放送により通報する。 6) 運転記録等必要な作業を行うこと。 7) 中性子計装を 起動系 から 中間系 へ切替える。 起動系 Ch.1で 5×10^4 cps 中間系 Ch.3で $10^{-2}\%$ 8) 起動系 検出器を引き抜く。	
3.	「低出力モード」 1) 運転モードスイッチを「低出力」に切替える。 2) 出力上昇率として、ペリオド約200秒で中間系 Ch.3の指示値が $10^{-2}\% \rightarrow 1\%$ 迄 (5kW) (500kW) 出力上昇操作を行う。 この時、出力系Ch.6~Ch.8の指示が計器スパンの約70%となったら次のレンジに切替える。	出力系の各レンジで中性子束高でスクラムしないように気をつける。

ステップ	作業手順	注意事項
3)	中間系指示値と出力系指示値の対応および原子炉容器ナトリウム温度のデータをとる。	
4.	「高出力モード」	中間系検出器を引き抜かない。
1)	250℃→300℃への核加熱	
	(イ) 中間系Ch.3で約2% (=1MW) になっていることを確認する。	
	(ロ) 運転モードスイッチを「高出力」にする。	
	(ハ) 系統のナトリウム温度上昇率が約7℃/hrとなるよう炉出力を調整する。	温度は原子炉出口温度
	(昇温の初期は中間系指示値で約1% (=500kW) であるが、放熱量の増加分を補う為に、炉出力を増加させる。)	(TR31-5A/5B) で測定
	(ニ) 昇温中及び昇温後のナトリウム中不純物濃度が純度維持基準を満足していることをブラギング計により確認する。	する。
	(純度維持基準を満足していない時は、昇温を一時的に中断し、純化運転を行う。)	
	(ヘ) 系統のナトリウム温度が300℃に到達した後は、プラントからの放熱量を補う程度の炉出力とする。	
	(中間系指示値で約1% (=500kW) である。)	
	2) 300℃→335℃への昇温	
	(イ) 冷却材温度上昇率は約5℃/hrとなるよう炉出力を調整する。	温度は原子炉出口温度
	(系統のナトリウム温度上昇に伴い、放熱量も増加するので、放熱量の増加分を炉出力で補うこと。)	(TR31-5A/5B) で測定
	(ロ) 昇温中及び昇温後のナトリウム中不純物濃度が、純度維持基準を満足していることをブラギング計	する。

ステップ	作業手順	注意事項
	<p>により確認する。</p> <p>(純度維持基準を満足していない時は、昇温を) (一時中断し、純化運転を行う。)</p> <p>(イ) 系統のナトリウム温度が約 335℃ に到達した後は、プラントからの放熱量を補う程度の炉出力とする。</p> <p>(中間系指示値で約 2% (= 1MW) である)</p> <p>3) 335℃→355℃への昇温</p> <p>(イ) 冷却材温度上昇率が、約 5℃/hr となるように炉出力を調整する。</p> <p>(ロ) 昇温中及び昇温後のナトリウム中不純物濃度が、純度維持基準を満足していることをプラグイン計により確認する。</p> <p>(ハ) 系統のナトリウム温度が 355℃ に到達したことを確認する。</p> <p>4) 自然通風による除熱量確認</p> <p>(イ) 下記事項が確認されていること。</p> <p>a) 系統ナトリウム温度は、約 355℃ であること。</p> <p>b) ナトリウム中不純物濃度が純度維持基準を満足していること。</p> <p>c) 主冷却器出入口ダンパ、主送風機ベーン、冷却材温度制御系は、動作可能な状態であること。</p> <p>d) 主送風機は停止していること。</p> <p>(ロ) 出口ダンパ全閉で、冷却材温度制御系を「Auto」にして、主冷却器出口ナトリウム温度を 355℃ に維持できることを確認する。</p> <p>また、主冷却器出口空気温度による制御系の寄与の程度についても確認する。</p>	

ステップ	作業手順	注意事項
	<p>(イ) 出口ダンパ開度を変更した場合の自然通風量の変化を求める。</p> <p>なお、冷却材温度制御系は主冷却器出口温度を約 355℃に設定し、「Auto」にしておく。</p> <p>a) 炉出力を中間系指示値で約 4% (= 2 MW) とし、出口ダンパ開度を 10% とし、主冷却器出口温度が約 355℃に維持できることを確認する。</p> <p>b) 炉出力を中間系指示値で約 6%, 8%, 10% とし、各々の出力に対し、出口ダンパ開度を 20%, 50%, 100% とした時、主冷却器出口温度が約 355℃に維持できることを確認する。</p> <p>(ロ) 冷却材温度制御系を「Manual」にして、制御できることを確認する。</p> <p>a) 冷却材温度制御系を「Manual」にし、炉出力を一定(中間系指示値で約 10% (= 5 MW) とする)に維持し、主冷却器出口温度を約 355℃に維持できることを確認する。</p> <p>b) 炉出力を一定に維持し、主冷却器出口温度を ±5℃変更し、維持できることを確認する。</p> <p>冷却材温度制御系は「Auto」とし、系統のナトリウム温度上昇が殆んど無いような炉出力とする。</p> <p>(ハ) 出口ダンパを「全閉」にし、入口ダンパによる自然通風の最大除熱量を推定する。</p> <p>この時、冷却材温度制御系は「Auto」とし、主冷却器出口温度は約 335℃に設定する。</p> <p>a) 炉出力を中間系指示値で約 4% (= 2 MW) とし、入口ダンパの開度が一定値に落ち着いた</p>	

ステップ	作業手順	注意事項
	<p>場合の開度を記録する。</p> <p>入口ダンパの開度が100%でかつ、主冷却器出口温度が約355℃に維持できず上昇する場合は炉出力を降下させる。</p> <p>b) a) で、入口ダンパ開度に余裕がある場合、炉出力を上昇させ、入口ダンパ開度が90%程度の除熱量の推定を行う。</p> <p>(イ) 出口ダンパ開度を100%にした場合の入口ダンパ、インレットベーンによる自然通風の除熱能力を求める。</p> <p>なお、冷却材温度制御系は「Auto」とし、主冷却器出口温度を約355℃に維持する。</p> <p>a) 炉出力を中間系指示値で約10% (= 5 MW) に維持した時の入口ダンパ、インレットベーンの開度を記録する。(注3.1)</p> <p>b) 入口ダンパ、インレットベーンの開度に余裕がある場合、炉出力を中間系指示値で12% (= 6 MW)、14% (= 7 MW)、16% (= 8 MW)、18% (= 9 MW) で維持し、その時の入口ダンパ、インレットベーンの開度を記録する。(注3.1)</p> <p>(ロ) 自然通風により系統のナトリウム温度上昇が殆んど無いように炉出力を保持する。</p> <p>冷却材温度制御系は「Auto」とし、炉出力は中間系指示値で約10% (= 5 MW) ~ 約18% (= 9 MW) とする。</p> <p>5) 強制通風による除熱量の確認</p> <p>(イ) 下記事項が確認されていること。</p> <p>a) 主冷却器出口ナトリウム温度は約355℃に維持され、炉出力も約18% (= 9 MW) にな</p>	<p>(注3.1) 炉出力は、中間系リア計録計にて一定に維持する。</p>

ステップ	作業手順	注意事項
	<p>っていること。</p> <p>b) 主送風機は起動可能な状態であること。 (注3.2)</p> <p>(ロ) 炉出力が中間系指示値で約18% (=9 MW) であることを確認後、</p> <p>冷却材温度制御系を「Manual」として、</p> <p> 出口ダンパを 「全開」</p> <p> 入口ダンパを 「全開」</p> <p> 入口ペーンを 「全閉」 とする。 (注3.3)</p> <p>次に主送風機を起動する。</p> <p>(ハ) 起動が確認された直後、入口ダンパを「全閉」とする。</p> <p> 主冷却器出口温度が上昇する場合は、入口ダンパを手動で約10%開とする。 (注3.4)</p> <p> 主冷却器出口温度が安定した時の、入口ダンパ開度、炉出力を記録する。 (注3.5)</p> <p> 次に冷却材温度制御系を「Auto」にし、主冷却器出口温度を約355℃に維持できることを確認する。</p> <p>(ニ) 炉出力を約17%、16%、15%とした場合の入口ダンパの開度を記録する。</p> <p> この手順により、強制冷却の下限値を求める。 (冷却材温度制御系は「Auto」である。)</p> <p>(ホ) 強制通風冷却による下限値と自然通風冷却が十分オーバーラップした炉出力で、自然通風から強制通風へ移行する。</p> <p> ここで主送風機の起動原子炉出力を決定する。</p> <p>(ヘ) (ホ)により決定した原子炉出力で、熱出力校正試験に移行する。</p> <p> 設計上の炉出力は約7.5 MWである。</p>	<p>(注3.2) 中間系のリニア計録計にて監視する。</p> <p>(注3.3) 4台同時に起動すると瞬間的に過負荷となるので、十分注意すること。</p> <p>(注3.4) 更に温度上昇がある場合は入口ダンパ開度を更に「開」とする。</p> <p>(注3.5) 「Auto」にする前に予め、「Manual」で約355℃に主冷却器出口温度を保つ。</p>

② 定格出力への出力上昇

ステップ	作業手順	注意事項
1.	<p>下記項目を確認する。</p> <p>炉出力，冷却材温度は安定に維持されていること。</p>	
2.	<p>主冷却器出口ナトリウム温度を目標出力に対応する温度に変更する。(注3.6)</p> <p>この時炉出力は増大するので，炉出力を一時5%程度下げておく。</p> <p>冷却材温度制御系は「Auto」とする。</p>	<p>(注3.6) 主冷却器出口温度設定値を低温側へ変更することにより，炉出力は増大する。</p>
3.	<p>炉出力，主冷却器出口ナトリウム温度が安定に維持されていることを確認する。</p>	
4.	<p>出力上昇を行う。途中の出力で1～2ステップ保持し，炉出力，主冷却器出口ナトリウム温度が安定に維持されていることを確認する。</p>	
5.	<p>目標出力に到達し，炉出力，冷却材温度がともに安定に維持されていることを確認する。</p>	

(2) 再起動

① 核加熱

ステップ	作業手順	注意事項
1.	<p>原子炉を起動し，原子炉出力を約500kWに保持する。</p>	
2.	<p>原子炉出力が中間系指示値として約1% (=500kW) で，運転モードスイッチを「高出力」に切換え</p>	<p>(注3.7) 中間系検出器は引抜かない。</p>

ステップ	作業手順	注意事項
3.	出力上昇率として、ペリオド約200秒で中間系Ch.3の指示値を約1% (=500kw) から約2% (=1MW) 迄出力上昇操作を行う。	
4.	1MW到達後約30分間出力保持し、この間にプラント状態を点検する。	
5.	炉出力を上昇させ、系統のナトリウム温度上昇率が約30℃/hrとなる炉出力に調整する。 中間系指示値で約5% (=2.5MW) であるが、原子炉出口温度の傾向から、適切な炉出力に調整すること。	
6.	主冷却器出口ナトリウム温度の設定値は、目標出力に対応する値とし、冷却材温度制御系を「Auto」とする。	
7.	系統のナトリウム温度が冷却材温度制御系の設定値に到達したことを確認する。 炉出力と系統ナトリウム温度上昇率の記録を取ること。	
8.	炉出力と主冷却器出口温度が定常状態にあることを確認する。 冷却材温度制御系が「Auto」で適正に動作していることを確認する。	

② 自然通風冷却から強制冷却への移行

ステップ	作業手順	注意事項
1.	炉出力を自然通風冷却から、強制通風冷却へ切替える出力迄上昇させる。	
2.	切替出力レベルで、約30分出力保持し、下記事項を確認する。	

ステップ	作業手順	注意事項
	<p>(イ) 冷却材温度制御系により、主冷却器出口ナトリウム温度は一定に維持されていること。</p> <p>(ロ) 主送風機は起動可能な状態であること。</p> <p>(ハ) 出口ダンパは「全開」であること。</p> <p>(ニ) 入口ダンパは「全開」であること。</p> <p>3. 冷却材温度制御系を「Manual」とし、入口ペーンを「全閉」とする。</p> <p>主送風機を起動する。</p> <p>主冷却器出口ナトリウム温度が変動する時は、入口ダンパを適正な開度にする。</p> <p>4. 冷却材温度制御系「Manual」の状態、主冷却器出口温度を目標値（制御系「Auto」の設定値）に設定し、安定したことを確認する。</p> <p>5. 冷却材温度制御系を「Auto」に切り換え、主冷却器出口温度が一定に維持されていることを確認する。</p>	

③ 実績出力への出力上昇

ステップ	作業手順	注意事項
<p>1.</p> <p>2.</p> <p>3.</p>	<p>強制通風除熱へ移行した後、下記事項を確認する。</p> <p>主冷却器出口ナトリウム温度および炉出力が一定に維持されていること。（中間系指示値で約18%（=9MW）にあること。）</p> <p>目標炉出力迄、炉出力を上昇させる。</p> <p>なお、目標出力の途中、1～2ステップ状態保持を約30分行う。</p> <p>（冷却材温度制御系は「Auto」とする。）</p> <p>目標出力に到達したことを確認後、主冷却器出口ナトリウム温度、炉出力が一定に維持されていることを確認する。</p>	

3.3.2 75 MW出力上昇

(1) 50 MW→65 MWへの出力上昇(初めての65 MWへの出力上昇)

ステップ	作業手順	注意事項
1.	<p>試験前確認</p> <p>(イ) 炉出力は50 MWであること。</p> <p>(ロ) プラント系統は正常に運転されていること。</p>	
2.	<p>50 MW→55 MWへの出力上昇</p> <p>系統の昇温率として、約20℃/hrを目標に、炉出力を55 MWへ上昇させる。</p> <p>炉出力がCh. 6で55 MWに到達したことを確認し、約20分間プラントを保持し、プラント各部での運転制限を越えていないことを確認する。</p> <p>プラントが安定していることを確認後、主冷却系統の温度、流量、放射線モニタ等のデータを採取する。</p>	
3.	55 MW→60 MWについても、2.と同様に行う。	
4.	60 MW→65 MWについても、2.と同様に行う。	
5.	65 MW到達後は、次の試験の為にこの出力を保持する。	

(2) 65 MW→75 MWへの出力上昇(初めての75 MWへの出力上昇)

ステップ	作業手順	注意事項
1.	<p>試験前確認</p> <p>(イ) 炉出力は65 MWであること。</p> <p>(ロ) プラント系統は正常に運転されていること。</p>	
2.	<p>65 MW→70 MWへの出力上昇</p> <p>系統の昇温率として約20℃/hrを目標に、炉出力を70 MWへ上昇させる。</p> <p>炉出力がCh. 6で70 MWに到達したことを確認し、約20分間プラントを保持し、プラント各部</p>	

ステップ	作 業 手 順	注 意 事 項
3.	<p>で運転制限を越えていないことを確認する。</p> <p>プラントが安定していることを確認後、主冷却系統の温度・流量、放射線モニタ等のデータを採取する。</p> <p>70 MW→75 MWへの出力上昇</p> <p>2と同様に出力上昇を行う。</p> <p>75 MWについてはCh. 6～Ch. 8の中の最高の指示が75 MWとなった時点で出力上昇を停止する。</p> <p>この後20分間プラントを保持し、2と同様にプラントが正常であることを確認後、必要なデータを取する。</p>	
4.	<p>75 MW到達後は次の試験の為に、この出力を保持する。</p>	

3.4 出力上昇に関する基本的方針

本試験を実施する際以下の基本方針を定めた。

(1) 自然通風領域

冷却材温度 250℃ → 355℃ に於ける冷却材温度上昇速度及び最高出力は以下に示す通りとする。

- (i) 冷却材温度上昇率 30℃/hr 以下
- (ii) 最 高 出 力 約 5 MW (20 MW/hr 以下)

(2) 自然通風 → 強制通風引継ぎ領域

本領域に於ける手順は以下に示す通りとする。

- (i) 出力変化幅 約 5 MW→約 8 MW (自然通風)
- (ii) 出力上昇率及び冷却材温度上昇率 20 MW/hr 以下
30℃/hr 以下
- (iii) 約 8 MW で約 15 分間出力保持 (自然通風)
- (iv) 主送風機起動
 - (1) インレットバーン全開

- (ロ) 出入口ダンパ全閉
 - (カ) 主送風機起動
 - (キ) 冷起材温度制御系「Manual」で安定になった後「Auto」とする。
 - (ク) 約 8 MW（強制冷却）で約 15 分間出力保持
- (3) 強制冷却出力領域
- (i) 最高実績出力から目標出力へ至る迄、1～2ステップの状態保持を行ない、保持時間は各 1 時間とする。

最高実績出力→目標出力	保持出力
約 8 → 15 MW	10 MW
15 → 25 MW	20 MW
25 → 40 MW	30, 35 MW
40 → 50 MW	45 MW

- (ii) 最高実績出力内での出力上昇に於いては、以下の出力レベルで状態保持を行ない、保持時間は各約 30 分とする。
保持出力……… 15 MW, 25 MW, 35 MW, 45 MW
 - (iii) 保持出力レベルまでの出力上昇率に関する制限は以下の通りとする。
 - (イ) 冷却材温度上昇率 30 °C/hr 以下
 - (ロ) 出力上昇率 20 MW/hr 以下
 - (例；調整棒 2 本引抜き，5 分保持)
- (4) 出力上昇過程では、主冷却器出口のナトリウム温度を目標炉出力での値に設定し、試験中の原子炉入口温度は、必ずしも 370 °C に維持する必要はない。（ただし、原子炉入口温度は 370 °C を越えないことを原則とする。）
- (5) 熱出力に基づいて、中性子計装の出力系が校正される迄は、中間系指示値を原子炉出力とみなすものとする。（従って、中間系は「高出力」モードにおいても引き抜かない。）
- (6) 出力上昇操作時の連続監視項目
別表 1 および別表 2 に監視項目を示す。
特に初回の出力上昇操作時は炉心及びプラントの保護の為連続監視を行い、この値を越えた場合は出力上昇操作を直ちに停止し、必要な場合には出力の降下操作を行うものとする。
別表 2 は 50 MW での運転経験から、75 MW 出力上昇時の監視対象から除外した項目を示す。

別表1. プラントの運転上の監視項目

	項 目	警 戒 値	備 考
1	出力系 (Ch. 6, 7, 8) (中性子計装)	103%以下	警報発生値である。
2	燃料集合体出口冷却材温度	530℃以下	予測値520℃に10℃の余裕を みたもの
3	原子炉出口温度	473℃以下	予測値468℃に5℃の余裕を みたもの
4	原子炉入口温度	375℃以下	運転維持370℃に5℃の余裕を みたもの
5	空気冷却器入口冷却材温度	438℃以上	IHXでの1次側と2次側冷却材の 温度差が設計値を越えないこと
6	空気冷却器出口冷却材温度	340℃以上	IHXでの1次側と2次側冷却材の 温度差が設計値を越えないこと
7	主送風機ベーン開度	90%以下	空気冷却器への送風能力の限界に 近いこと
8	1次オーパフロータンク温度と 原子炉出口温度差	60℃以下	原子炉容器オーパフローノズル部 の熱応力上の制限

別表2. 75 MW出力上昇操作時連続監視対象から除外した項目

	監視項目	制限値	監視除外理由
1	1次主ポンプ周方向温度差	35℃以下	1次主ポンプは、1次主冷却系のコールドレグに設置されている。コールドレグ温度は、原子炉運転中は、炉出力によらず370℃一定に維持されており、この時の周方向温度差は30℃以下で特に変化する要因が無いので、監視対象から除外する。
2	1次系ブラギング温度	180℃以下	出力上昇試験の前に、コールドトラップ設定温度を従来150℃であったものを120℃に下げ、純化運転を十分実施済である。また、1段階での出力上昇によるホットレグ温度上昇は20℃以下で、急激な純度悪化が考えられない。仮に、純度悪化があれば、純化ポンプ吐出圧がアラームを発生することが検出される。従って、ブラギング温度の測定は、2時間も要し、労力が大変なので出力上昇操作中の監視は行わない。
3	2次系ブラギング温度	220℃以下	出力上昇試験の前に、コールドトラップ設定温度を従来150℃であったものを120℃に下げ、純化運転を十分実施済である等、1次系と同様の趣旨で出力上昇操作中の監視は行わない。
4	回転プラグ温度	表面 60℃以下	1段階での出力上昇は、約20℃で、急激な熱負荷の上昇が無いこと、従来過冷却気味であること、熱容量効果により温度上昇現象は遅いこと等から出力上昇操作中の監視は行わない。
5	2次主冷却系コールドレグ温度～コールドトラップ出口温度差	60℃以下	出力上昇操作により、2次主冷却系コールドレグ温度はさらに10℃低下するため温度差は小さくなる。50 MW出力上昇操作中の当該温度差は10℃以下であった為、特に監視する必要は無い。

4. 試験経過及び結果

4.1 第1回9MW出力上昇試験経過

(1) 第1日(1978年4月18日)

核加熱により、系統ナトリウムの昇温を13時10分より行った。

「常陽」では、従来の低出力試験迄の実績として、最高系統温度は約280℃であった。これは、2次系予熱電気ヒータと、1次系、2次系のポンプ入熱によるものである。

第1日目の目標温度は300℃と定めた。

又、昇温率は約7℃/hrと定めた。この理由は、冷却材が高温になると冷却材中へ、不純物が溶出してくることが予想され、急速な不純物溶出の悪影響に対処する時間余裕をとっておく為、緩やかな昇温を行ったものである。

このため、ブラギング温度の測定を頻繁に行った。

1次系のブラギング温度は140℃、146℃、138℃で、特に重大な純度変化は見られず、純化運転が順調に行われているものと思われた。

2次系に於ては、純化系コールドトラップのバイパス運転を行い、系統温度が高温になるにつれて、不純物の溶出の増加が見られるか否かの測定が行われた。(PT-55, コールドトラップ性能試験)

結果は、2次系ブラギング温度は158℃から172℃迄変化し、系純温度が高温になると、不純物が冷却材ナトリウム中へ移行することが確認された。

なお、1次系、2次系とも、ブラギング温度の制限値(1次系200℃、2次系225℃)に対して十分余裕のあるものであった。

昇温中の制御棒操作は、等温係数で表わされる反応度補償分を1mm引抜いて数分待つという手順で実施した。

夜間は、系統ナトリウムの温度を保持することにし、午後6時～8時頃、実質的な昇温が生じないような炉出力の調査を行い、その調査に基いた炉出力を保持することとした。(炉出力はCh.3で約500kwであった。)

回転プラグ冷却ファンは、炉出力約500kw(Ch.3指示値)で起動した。

バイロシレータの試験(NT-61)が、午後8時から翌朝の7時20分迄実施された。

系統ナトリウムの昇温に対し、以上の注意事項の他に、1次主循環ポンプおよび炉容器の熱変位の監視を行った。

系統ナトリウムの昇温中は、主冷却器出入口のダンバおよびベーンは手動で全閉とし、主冷却器からの放熱が極力小さくなるように努めた。

また、原子炉出口温度とオーバフロータンク温度との温度差、2次主冷却系コールドレグ温度とコールドトラップ出口温度との温度差についても、60℃以上の温度差がつかないように、監視を行った。

なお、1次純化系の電磁ポンプ吐出圧が約2.6 ㎍Gaugeで通常運転時圧力(約1 ㎍Gauge)と比較し、高い圧力となっているので、コールドトラップが閉塞傾向であるとの判断のもとに、コールドトラップの設定温度を140℃から156℃迄緩やかに変更し、不純物を急速に捕獲しないように純化運転内容を変更した。

その結果、電磁ポンプの吐出圧は約0.9 ㎍Gaugeとなり、支障無く運転できていることが確認された。

(2) 第2日(1978年4月19日)

系統昇温を300℃から345℃迄行った。

この日も昇温速度を7℃/hrとした。

到達目標温度、昇温率の理由は、第1日目と同様に、高温になると、冷却材中へ不純物が移行してくることが予想され、純化運転で対処できるよう緩やかな昇温を行ったものである。

なお、2次系についてはコールドトラップをバイパスすることで不純物の増加の程度の監視を行った。

1次系については、純化運転を継続した。

1次系のプラグニング温度は151℃から158℃迄変化した。2次系のプラグニング温度は173℃から183℃迄変化した。1次系、2次系ともプラグニング温度の制限値(1次系180℃、2次系220℃)に対し、十分余裕があった。

制御棒引抜操作は1mm/8.5min~1mm/12minの速度で行った。系統の昇温は、10時頃から開始され、16時30分頃345℃に到達した。昇温中の炉出力は中間系のCh.3で1.2~1.3MWであった。

なお、夜間の炉出力はCh.3で900kWであった。

夜間、パイルオシレータの試験が午後10時から翌朝7時迄実施された。

(3) 第3日(1978年4月20日)

午前中は、340℃から355℃迄の核加熱を行った。

昇温率は約5℃/hrで、これに必要な炉出力は中間系Ch.3で1.3MWであった。

核加熱が完了した後、冷却材温度制御系が正常に動作することを確認する為の試験を行

った。

冷却材温度制御系を「Manual」から「Auto」に切替えた。制御系全体として、大きなハンチング現象を呈さないように、制御定数は、通常時使用される値よりゲインは小さく、2.6とし、積分動作の積分時間も80秒相当とした。出口ダンパは元来手動操作であり、この時は「全閉」であった。ところが主冷却器入口ダンパは2Aが「全開」となっており、残り3箇の入口ダンパは「全閉」で、この2Aの異常な状態の原因が何であるか断定は出来なかった。多分、主冷却器での除熱負荷が小さいので、1基の主冷却器だけで十分除熱出来ること、及び、温度調節計の温度設定値ズレ等により、2Aだけで除熱しているという予想であった。

次に、A、Bループの温度設定値を変えると逆にBループの主冷却器の入口ダンパ開度が殆んど「全開」となり、Aループの主冷却器の入口ダンパ開度が「全閉」となった。

この状態により、主冷却器出口ナトリウム温度制御系は、十分その機能を発揮していると考えられた。

炉出力は、除熱不足の為か、系統の温度が上昇し、炉出力は1.3MWから1.0MWに低下していた。

次に手動操作により、出口ダンパを5%開とした。(出口ダンパは、もともと主冷却器出口ナトリウム温度制御系に組み込まれていない。)

この後、段階的に出力を5MW迄上昇させ、また、出力の上昇に伴い主冷却器出口ダンパを下記のとうり設定し、自然通風により、主冷却器での除熱が行われていることを確認した。

炉出力	出口ダンパ開度
3 MW	10%
4 MW	20%
5 MW	50%
5 MW	100%

但し、冷却材温度制御系が「Auto」であるため4基の冷却器でのペーン開度がまちまちであり、夜間を安心して過すことの出来る出力が判明しなかったため、4月19、20日の両日と同じ出力、即ちCh.3で500kWまで降下させ、夜間はその出力を保持することになった。

また、この日は主冷却器1A出口ナトリウム温度計および主冷却器2B入口ダンパの「開」リミットスイッチの不良が発見され、これらの調整が翌日の課題となった。

(4) 第4日(1978年4月21日)

前日(4月20日)に検知された主冷却器1A出口ナトリウム温度計異常と主冷却器2B入口ダンパ「開」リミットスイッチ位置不良の修復を行った後、Ch.3指示による5MWから9MW迄の出力上昇を行った。

これは、自然通風による除熱量を確認することと、冷却材温度制御系による自動制御が順調に行われることを確認するためのものである。

この結果、①ペーン開度が最大23%で小さい、②空気温度が315~330°Cで高いということから、自然通風の除熱能力は予測値よりも大きいことが確認された。

また、主冷却器出口温度が目標設定値に維持されるという点から冷却材温度制御系は十分に働くということが確認された。

次に、5MW迄出力を降下し、自然通風で安定して除熱出来ることを確認し、夜間は5MWの出力維持を行うことになった。

(5) 第5日(1978年4月22日)

この日の目標は、主送風機を起動すること、及び強制冷却に於ても、冷却材温度制御系が「自動」で十分動作することを確認することであった。冷却材温度制御系は「自動」の状態が望ましいが、主送風機を起動する為の条件が、入口ペーン「全閉」、入口ダンパ「全閉」出口ダンパ「全開」でこの状態は「手動」でのみ実現が可能である。従って、自然通風冷却で入口ダンパ100%、入口ペーン約19%開度となっているものを主送風機起動のため「手動」で「全開」とする時に、冷却不足現象が生じて、冷却器出口温度が上昇し、主送風機が起動された後は過冷却で温度降下をきたすのではないかという心配があった。主送風機の起動は炉出力7MW(Ch.3)でA側ループから実施されたがナトリウム温度の変化は無く、起動は極めて満足の行くものであった。しかし、代表点空気出口温度は、1Aで5°C、2Aで28°C低下し、流速分布に変化があったのかと思われた。

B側ループも主送風機を起動した後、空気出口温度が1Bで12°C、2Bで20°C低下したが、特に、ナトリウム温度は変化がなかった。

送風機の起動については、非常に心配をし、過冷却の時は主送風機をトリップさせるか、原子炉出力を上昇させるか、A側とB側で熱負荷が異った所で平衡するから心配無いか、とに角、どういう現象になるのか予測も出来ていない状況であったので、主送風機の起動の結果が安定でかつ円滑であったことは、予想外であった。

各々のループの主送風機を起動した後、1A:357→355°C、2A:354→355°C、1B:364→360°C、2B:360→362°Cと温度設定値の変更を行った。

この結果ではナトリウム温度変更の影響はA側ではよく追従しているが、B側では殆ん

ど変化が無かった。その為、 $+10^{\circ}\text{C}$ の温度設定値の変更を行ってみた所、共に主冷却器出口温度及び入口温度約 8°C の温度上昇となったが、特に1次冷却系への寄与は小さく、約 2°C の温度上昇にとどまり、原子炉出力は約 $9\text{MW}\rightarrow 7\text{MW}$ に低下した。(これは原子炉入口温度が上昇したことにより負の反応度が付加されたものである。)

これらの結果、

- ① Ch. 3の指示値の 7MW で主送風機の起動を行うこと。
- ② 冷却材温度制御系は、「自然通風冷却」でも「強制通風冷却」でも「自動」で安定して除熱できること。

が確認された。

(6) 第6日(1978年4月24日)

この日の目標は計画停止を実施し、停止手順上の問題の有無を確認することである。停止時の制約条件は冷却材温度降下率が $50^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 以下である。

出力上昇の時とは逆に中間系Ch. 3の指示 7MW で主送風機を停止し、自然通風冷却とした。次に調整棒を2分毎に 1mm 挿入することにより原子炉出力をランプ状に低下させた。 7MW から 1MW までの所要時間は30分であった。出力 1MW においては主冷却器入口ベーン、入口ダンパ共「全閉」であった。原子炉の完全停止は13時50分で、原子炉出入口温度は 345°C であった。原子炉停止状態で主冷却器出口ダンパ開度を100%から50%にし、成行による系統ナトリウムの冷却を行ったところ温度降下率は約 $14^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ であった。次に出口ダンパ開度を100%にし、入口ダンパ開度を5%、15%、30%、50%と変化させたが、冷却材温度降下率は約 $14^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ で殆んど変化は無かった。冷却材温度が 250°C に到達したのは21時15分で所要時間は約7.5時間であった。

冷却材温度降下率は $50^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ の制限条件を満足しており、更に冷却速度を大きくできることが確認された。また、この試験により何時でも原子炉の停止および温態待機状態への移行が出来るという安心感をもつことが出来た。

4.2 冷却材温度上昇率変更による出力上昇

核加熱による系統の冷却材温度上昇率について、初回はナトリウムの不純物の悪影響の懸念のため $7^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ という小さい値で行ったが、この不純物に対する不安も解消し、5月1日 $20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ という昇温率を試みた。

予定では $35^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ であったが、1次系オーパフロータンク温度と原子炉出口温度との温度差および2次系ダンプタンク温度と、2次系コールドレグ温度との温度差があるという初回の経験を基に、 $20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ を選んだものである。この結果、1次系オーパフロータンク温

度と原子炉出口温度との温度差が55℃となって、60℃という制限値（構造的な制限に余裕を十分とったもの）に近いものであった。なお、2次系オーバーフロータンク温度と2次系ダンプタンク温度との温度差は、次の対策を実施することにより解消した。即ち、ダンプタンクの内挿ヒータを使用し、ダンプタンクナトリウム温度を上昇させるものである。また、2次系コールドトラップをバイパスさせ、コールドトラップ温度制御による除熱を小さくするものである。

4.3 自然通風冷却による最大除熱能力確認

1978年6月12日、自然通風冷却による最大除熱能力試験を実施した。この試験目的は次の通りである。

- ① 主送風機の起動は10MWで行うことになっていたので、自然通風による最大除熱能力を確認し、主送風機起動出力に対する余裕を把握する。
- ② 高出力運転時、主送風機トリップが発生した場合の運転操作に関し、最大除熱能力は不可欠の情報である。

主送風機トリップ発生時の除熱能力低下により原子炉入口温度が上昇する時間等検討する。

試験は、主冷却器出口温度制御系を「自動」とし、原子炉出力を段階的に上昇させ、入口ベーン開度が安定する点を記録し、入口ベーン開度が100%になればその時の出力が最大除熱能力であるという方法で行った。試験結果は、1台のベーンが約100%他のベーンは各々59%、61%、61%という状況で原子炉出力は約22.6MWであった。この出力を約2時間維持したが、この間ベーン開度が大きく変化し、この22.6MWより除熱能力は大きいことは予想できるが、気温も変化し、安定な状態を実現できない等の理由により、試験を打切った。別表3に試験結果を示す。

別表3. 自然通風最大除熱能力確認試験

Date		炉出力 〔MW〕	主送風機ベーン開度〔%〕				冷却 方法	ブロー 吐出圧 2 B 〔mmAq.〕	備 考
月 日	時 刻	CH. 3.	1A	2A	1B	2B			
6/12	9:45	7.5	15.2	14.7	16.2	13.6	N.C.	-10.3	N C : 自然冷却 (ブレーキ解放)
	11:05	15	29.3	21.4	27.2	27.1	N.C.	-10.3	
	11:45	20	36.7	48.1	43.0	42.7	N.C.	- 9.5	
	13:34	22	67.5	43.3	41.0	42.3	N.C.	- 9.3	
	14:15	23	95.4	58.7	61.2	61.1	N.C.	- 8.5	
	14:55	23	94.5	64.1	48.4	100	N.C.	- 8.3	
	16:05	23	84.8	60.5	44	100	N.C.	- 8.1	
	16:37	23	100.2	81.3	74.6	48.5	N.C.	- 9.1	
	17:25	20	100.3	39.3	41.0	26.7	N.C.	- 9.7	
	20:50		16.2	13.7	17.6	12.6	N.C.	-10.3	

4.4 主送風機起動時出力サーベイ

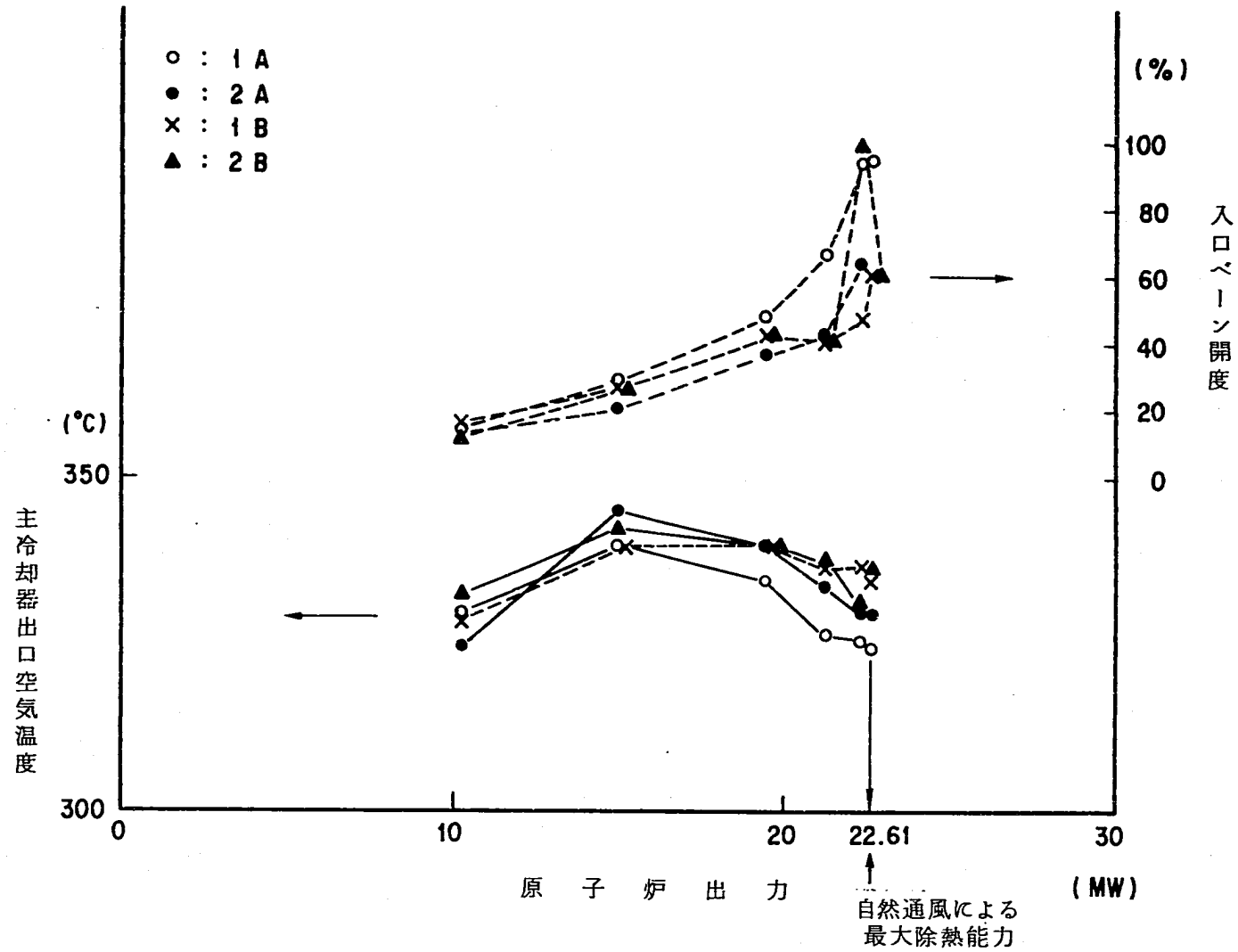
主送風機を起動する出力については、初回の4月24日はCh.3出力で7MW（実際には約9MW）で行い、ほぼ満足の行くものであった。しかし、主送風機を起動する際は、自然通風で除熱されて入口ベーンの開度は約13%になっているのを、起動のシーケンスで規定されている「全閉」とする操作が必要である。従って、強制通風による下限の除熱能力についても確認しておくことが必要であった。

この為、1978年7月21日、原子炉出力10MWで主送風機を起動し、入口ベーンを「全閉」に維持し、安定する炉出力を測定した。（これは除熱不足により原子炉入口温度が上昇し、この結果炉出力が低下し、最終的に安定した炉出力が求める出力となることを利用したものである。）

この結果、原子炉出力は約8.4MWに落ち着いた。

しかし、この状態で、冷却材温度制御系を「自動」に切替えた結果、原子炉出力は最高10.3MWで、最終的に安定したのは10MWであった。（温度コントローラの「手動」「自動」の切替の際、微小なノイズを除去できない）

これらの試験結果に基づいて、原子炉出力は10MWで主送風機を起動することとなった。その理由は次の通りである。



1978年6月12日測定

図4 自然通風時原子炉出力と主冷却器出口空気温度，入口ペーン開度の関係

① 10 MWで主送風機を起動すると冷却材温度制御系「自動」への移行が円滑である。

② 8.4 MWという原子炉出力を実現するのは、目盛の観点から操作性が悪い。

4.5 50 MW出力上昇の実績について

出力上昇の実績は次の通りである。

なお、初回出力上昇時以外は、科学技術庁による立合のもとに出力上昇を行った。なお、出力上昇は原子炉出口温度が、 $20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ の変化率となるように $5\text{ MW}/20\text{ min}$ の割合で行い、5 MW毎に約20分間炉出力を保持した。この間プラント各部の温度および、放射線モニタの記録を採取し、プラントに異常が無いことを確認した。

但し、原子炉出力は、中性子計装の中間系又は出力系指示値に基づくもので、厳密な出力調整は官庁立会が終了した後、熱出力較正に基づいて実施された。

	到達原子炉 出力	出力達成 日時	原子炉出口温度 Aループ/Bループ	原子炉入口温度 Aループ/Bループ	制御棒位置 RR-1/RR-2
1	9 MW *	4月24日	$382^{\circ}\text{C}/379^{\circ}\text{C}$	$367^{\circ}\text{C}/367^{\circ}\text{C}$	
2	15 MW *	5月18日14時10分	$393^{\circ}\text{C}/390^{\circ}\text{C}$	$367^{\circ}\text{C}/365^{\circ}\text{C}$	$448\text{ mm}/450\text{ mm}$
3	25 MW **	5月24日11時05分	$400^{\circ}\text{C}/397^{\circ}\text{C}$	$368^{\circ}\text{C}/366^{\circ}\text{C}$	$444\text{ mm}/468.5\text{ mm}$
4	40 MW **	6月22日18時53分	$422^{\circ}\text{C}/420^{\circ}\text{C}$	$369^{\circ}\text{C}/368^{\circ}\text{C}$	$459\text{ mm}/509\text{ mm}$
5	50 MW **	7月 5日14時34分	$428^{\circ}\text{C}/426^{\circ}\text{C}$	$365^{\circ}\text{C}/366^{\circ}\text{C}$	$470\text{ mm}/530\text{ mm}$

* 中間系 Ch. 3 による指示値

** 出力系 Ch. 6 による指示値

(上記のデータは熱出力較正前のデータである。)

4.6 75 MW出力上昇試験

75 MWへの出力上昇は2段階(フェイズ I, フェイズ II)に分けて実施された。フェイズ I は50 MWから65 MWへの出力上昇であり、フェイズ II は65 MWから75 MWへの出力上昇である。

(1) フェイズ I (1979年7月11日10時~22時)

50 MWから65 MWへの出力上昇は $5\text{ MW}/20\text{ min}$ の出力上昇率で5 MWの出力上昇毎に10分間の安定確認、10分間のデータ採取を計画した。

本運転手順は50 MW出力上昇試験結果に基づき確立したものである。

本運転手順では50 MWから55 MWへの出力上昇が約20分で達成される予定であったが、実際は約45分を要した。53 MW迄は順調な出力上昇であったが、53 MWから55 MWまで当初予想した調整棒引き抜き量では期待通りの出力上昇は得られなかった。本理由は、50 MW出力上昇で得られた出力係数を用い予測した調整棒の引抜き量約12 mmに対し、約20 mmと2倍近く必要であったことによる。

オーバーフロタンク温度と原子炉容器温度差は約50℃で制限値の60℃以下であった。エリアモニタ等の放射線量率の指示値は殆んどがバックグラウンドレベルであり、人の入室する可能性のある場所では問題のないことが確認された。冷却材温度上昇率は最大20℃/hr程度であり、制限条件の50℃/hrを十分満足していた。

プラント各部の温度は予想通りであり、同一ループの主冷却器の入口ベーン開度には殆んど差がなく75 MWに対し主冷却器による除熱能力は十分あることが確認された。

(2) フェイズⅡ（1979年7月16日10時30分～11時38分）

65 MWから75 MWへの初めての出力上昇は、科学技術庁の検査官立会いのもとに実施された。本出力上昇時の運転手順は50 MW出力上昇試験結果に基づき確立したもので、本手順は50 MWから65 MWへの出力上昇に於いて特に支障の無いことが確認されている。即ち、出力上昇率は5 MW/20 min、冷却材温度上昇率20℃/hrを目標とし、5 MW出力上昇毎にプラント状態の確認を行なうものである。

本出力上昇試験は7月16日午前10時10分から65 MWのプラント状態の初期値を確認することから開始された。初期値の確認が終了した10時30分より先ず70 MWを目標に出力上昇操作を開始した。70 MW出力に到達するのに要した時間は約40分であった。これは出力上昇に伴う調整棒の必要引抜き量が65 MW出力迄に得られた出力係数に基づいて予測していた引抜き量よりも大きいためであった。出力係数が大であったこと以外は、プラントの温度等は全て予想通りであった。

定格出力の75 MWに到達したのは11時38分である。この時点で原子炉熱出力と出力系とは若干異なり、熱出力約74 MWに対し出力系は100%であった。

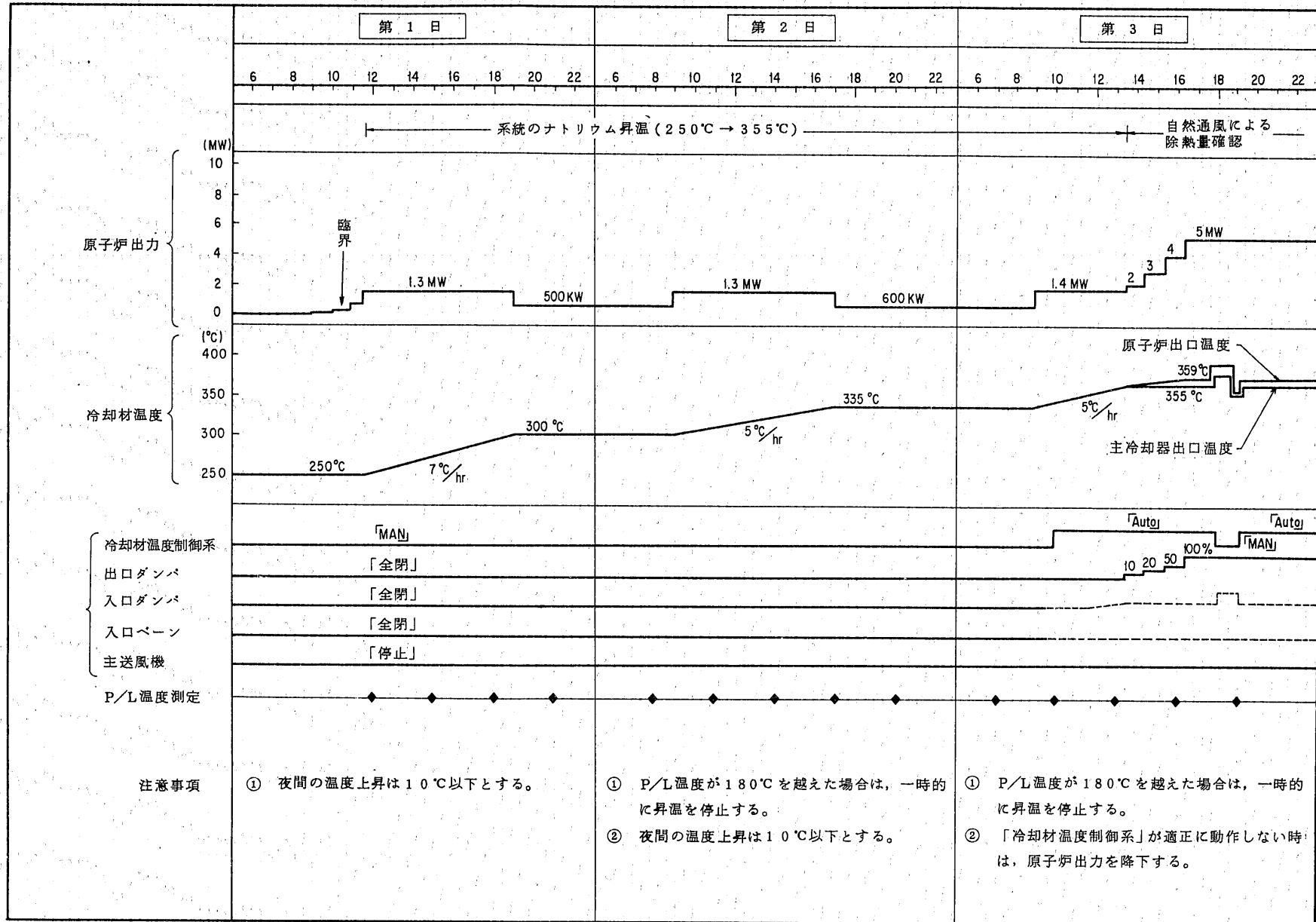
その後、出力系の指示を熱出力に一致させた。

プラント各部のプロセス温度は予測値通りであり、燃料集合体出口温度についても50 MW出力での温度指示値から75 MW出力での予測を行なった値と一致していた。

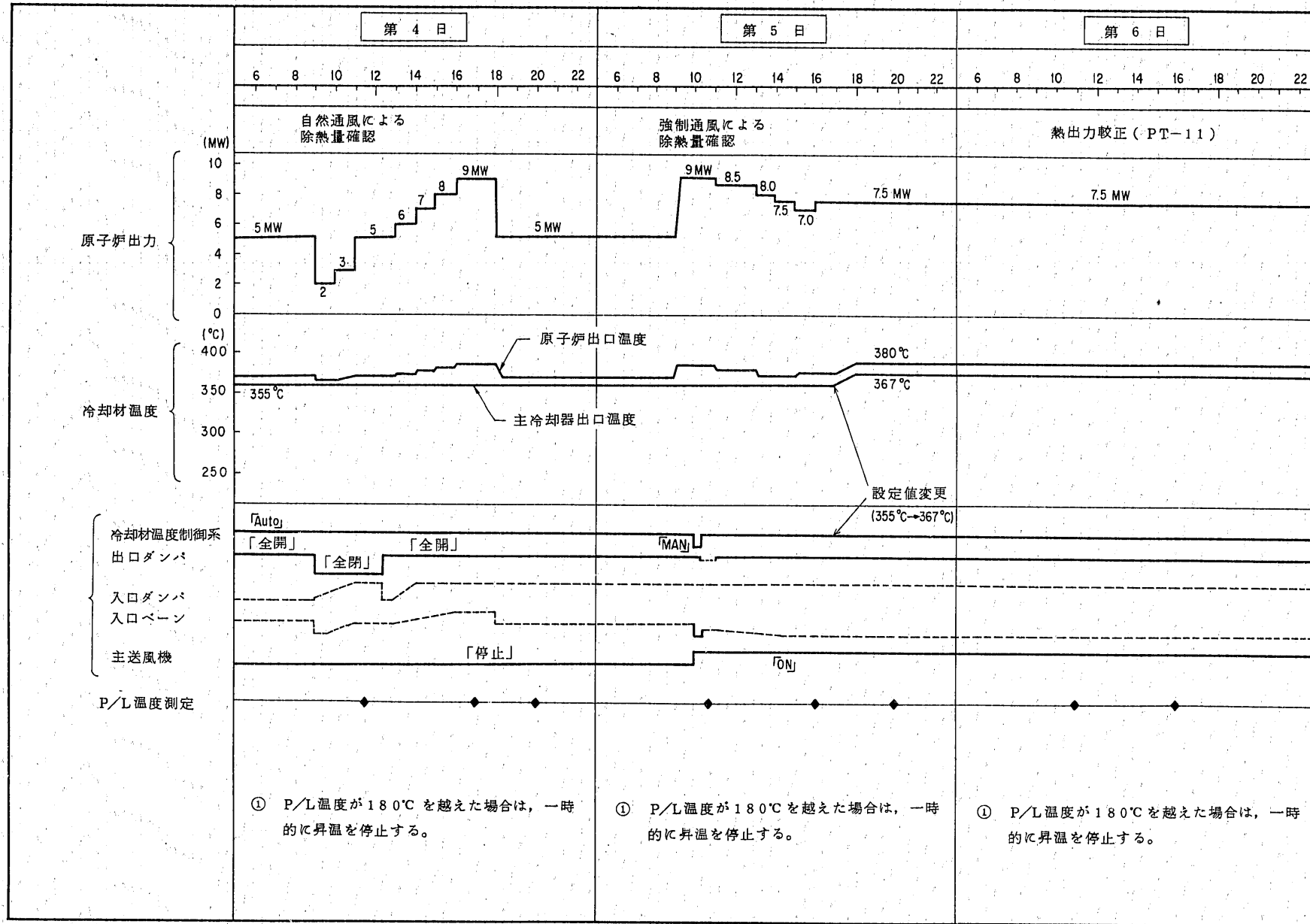
人の立入る場所での放射線量率についても50 MW出力時と変わらずバックグラウンドレベルであった。

なお、50 MW、65 MW出力時と同様に、AループとBループでは2次主冷却系の運

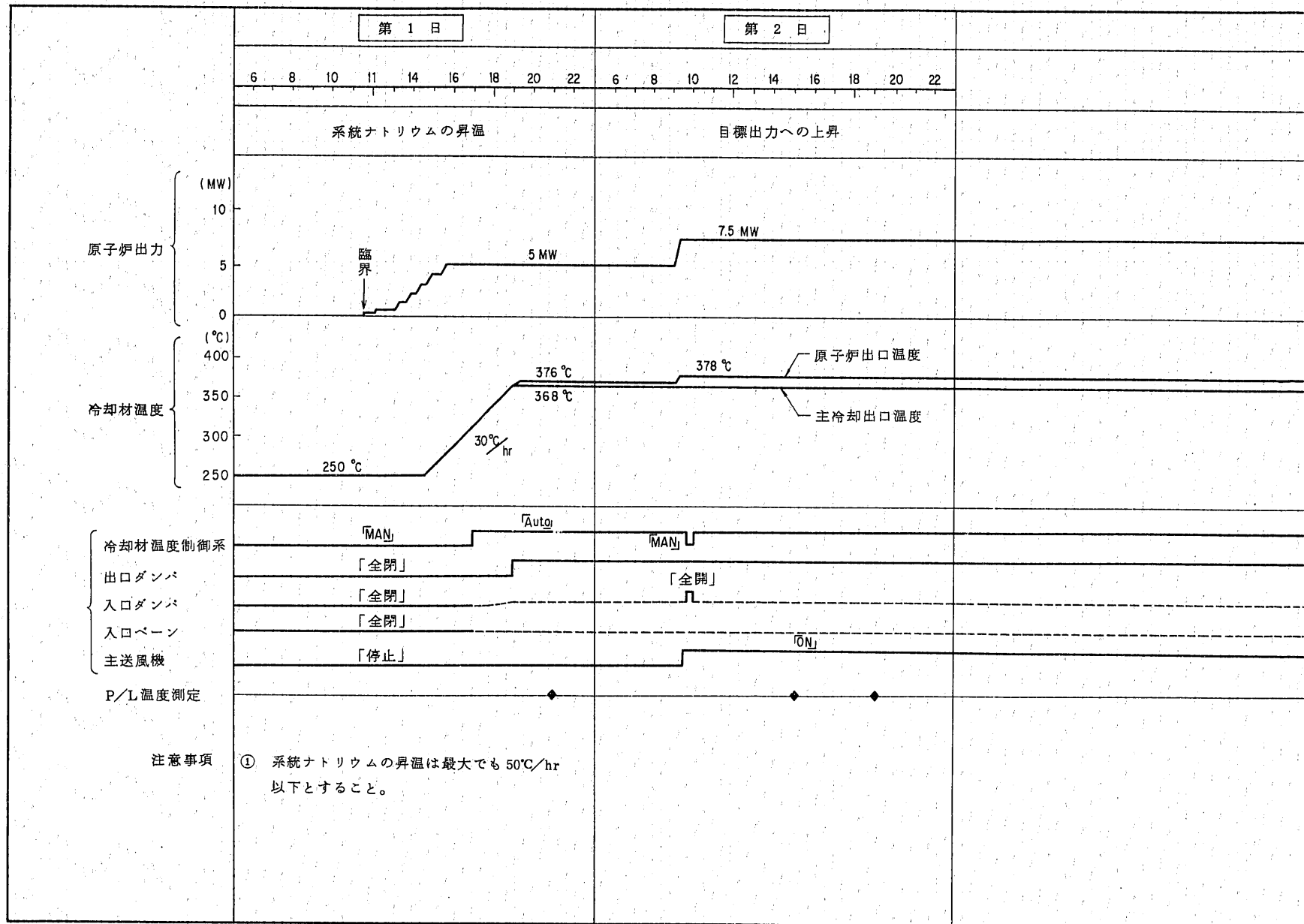
転温度に約10℃の温度差があり、これは従来と同様の傾向で75MW運転において特に問題ないことが検討済であった。又、補助1次冷却系の逆流による温度上昇率は50MW出力上昇試験の結果から予測した通りの値で問題ないことを確認した。



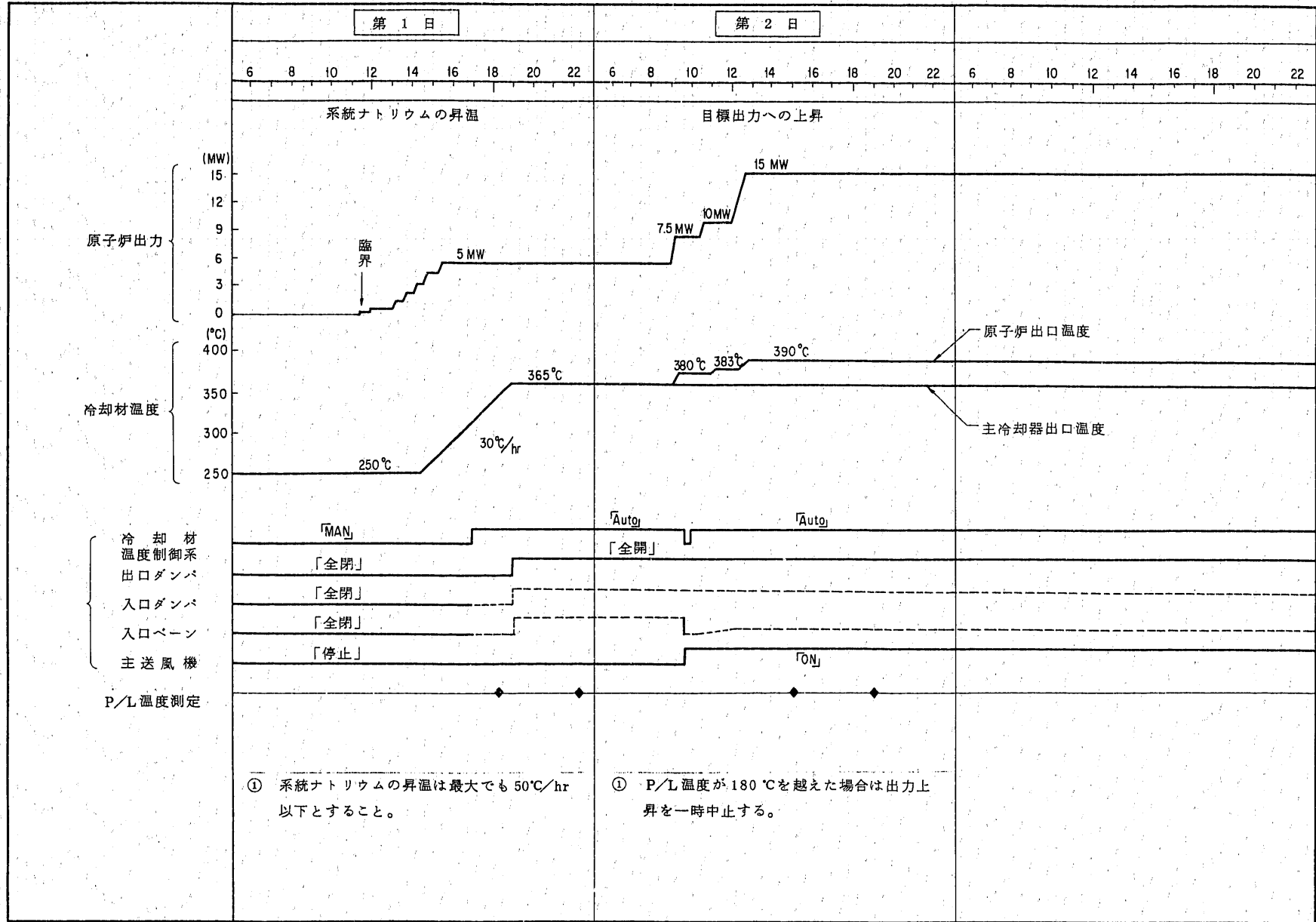
第 3.1 図 0 → 7.5 MW出力上昇 (初起動)



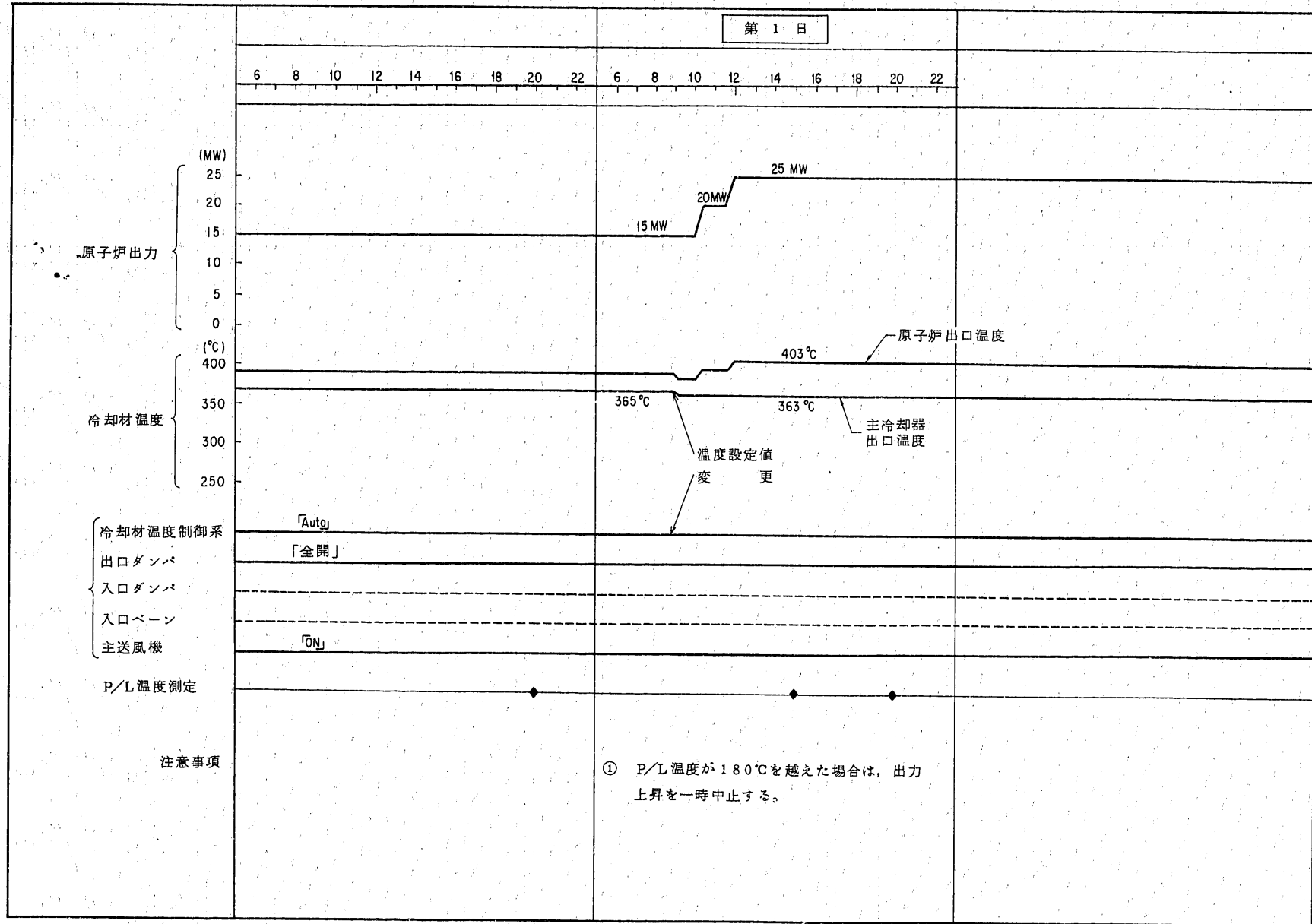
第 3.2 図 0 → 7.5 MW出力上昇 (初起動)



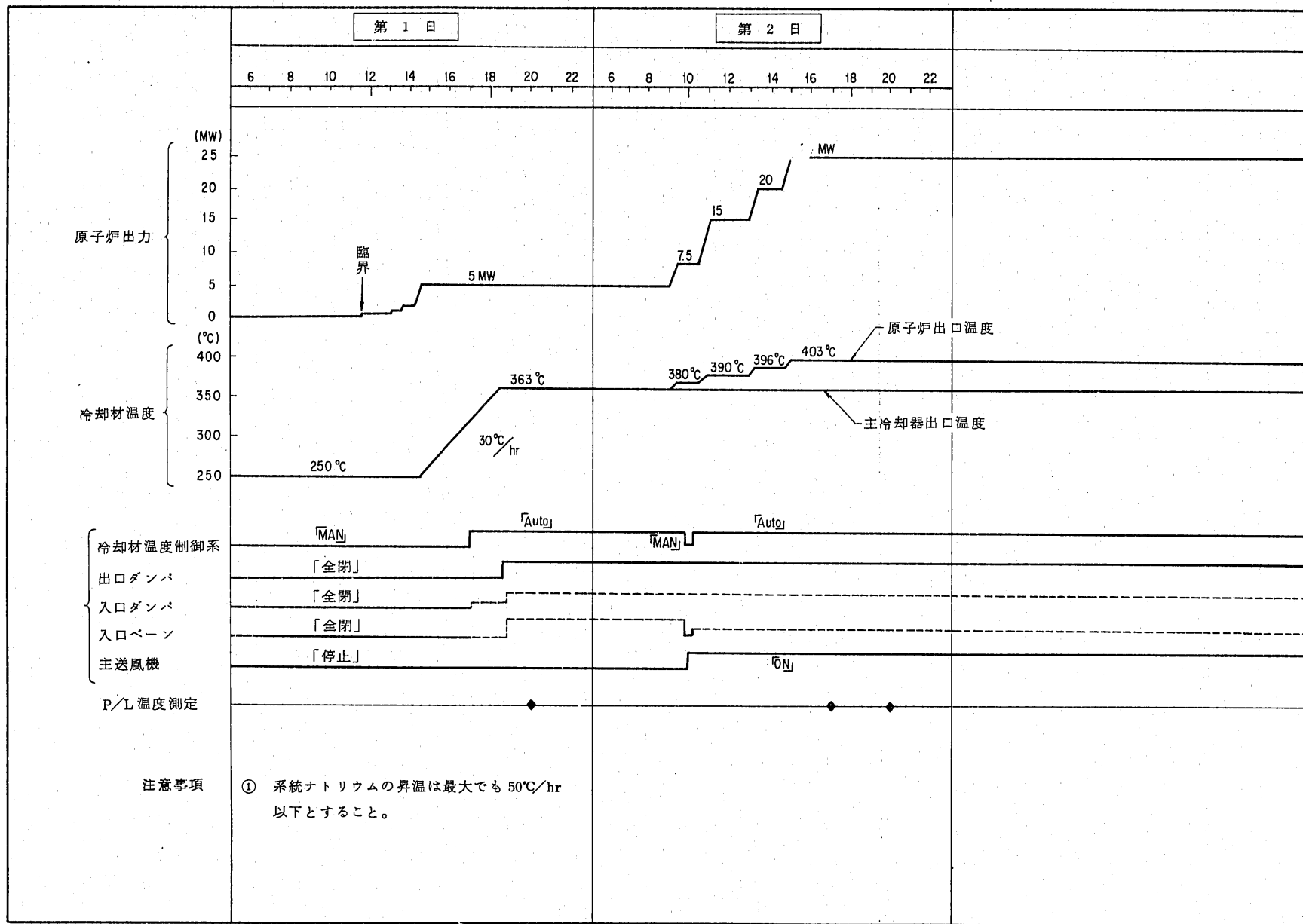
第 3.3 図 0 → 7.5 MW出力上昇 (再起動)



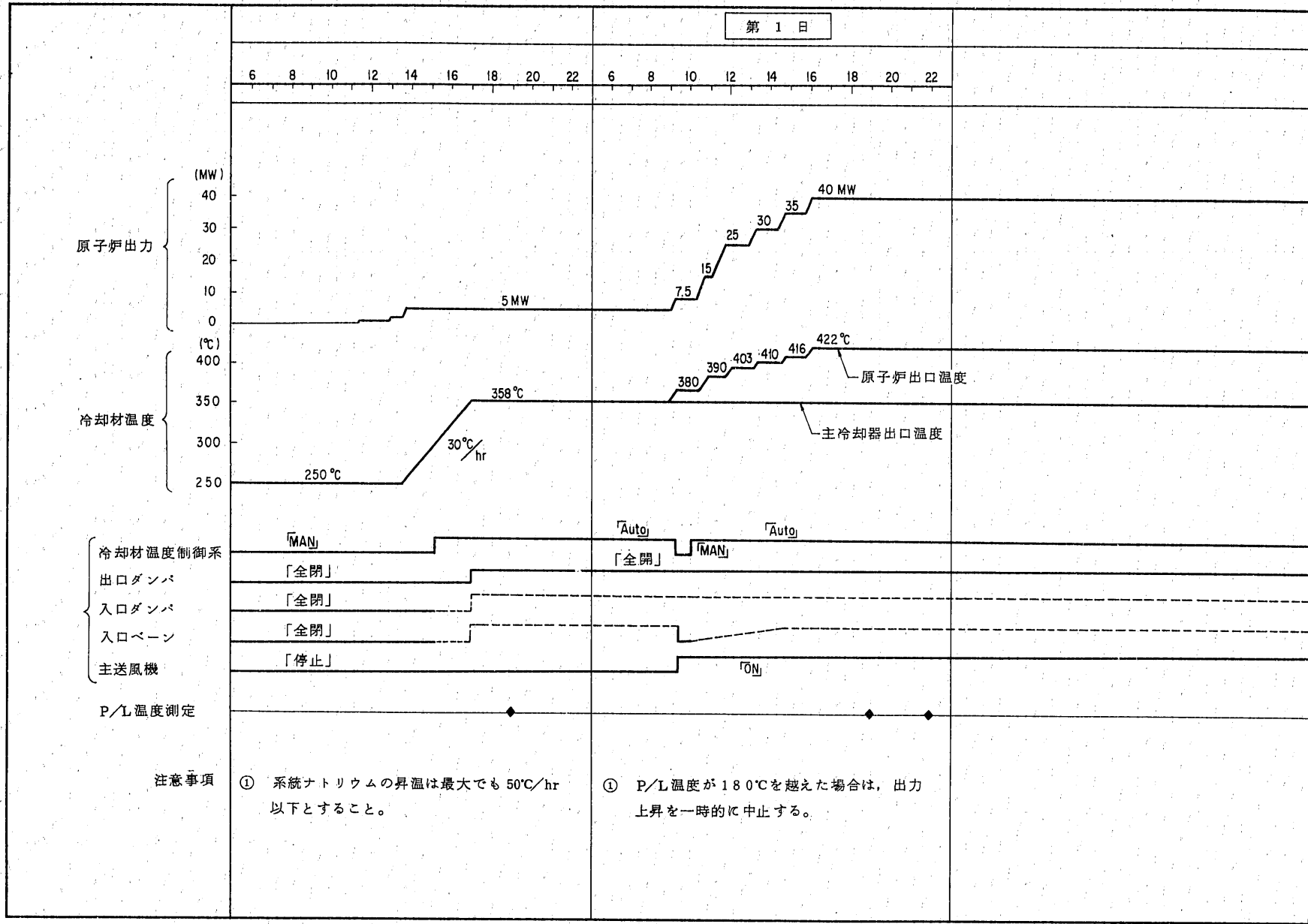
第 3.4 図 0 → 15 MW 出力上昇 (初起動)



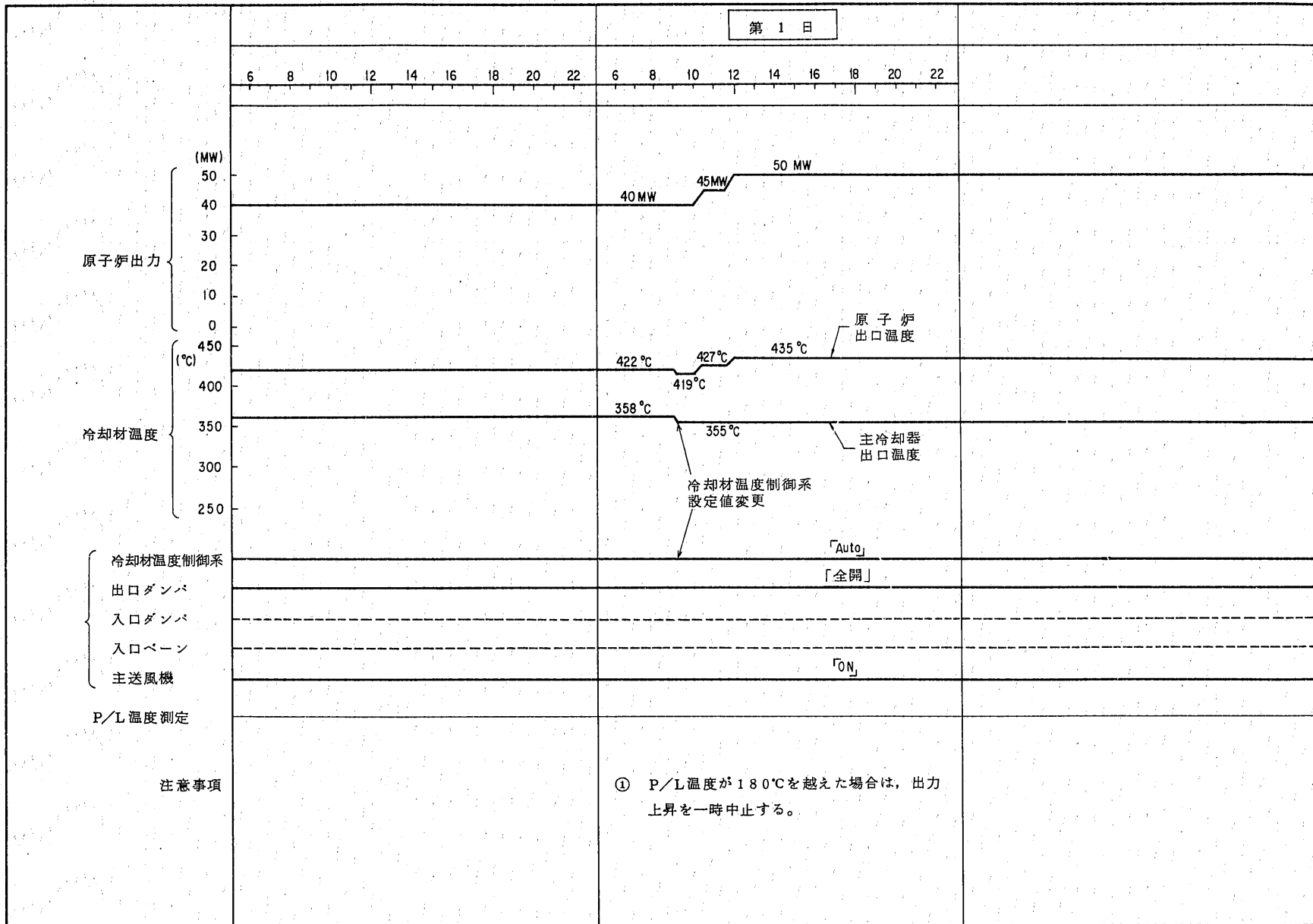
第 3.5 図 15MW → 25MW出力上昇（初起動）



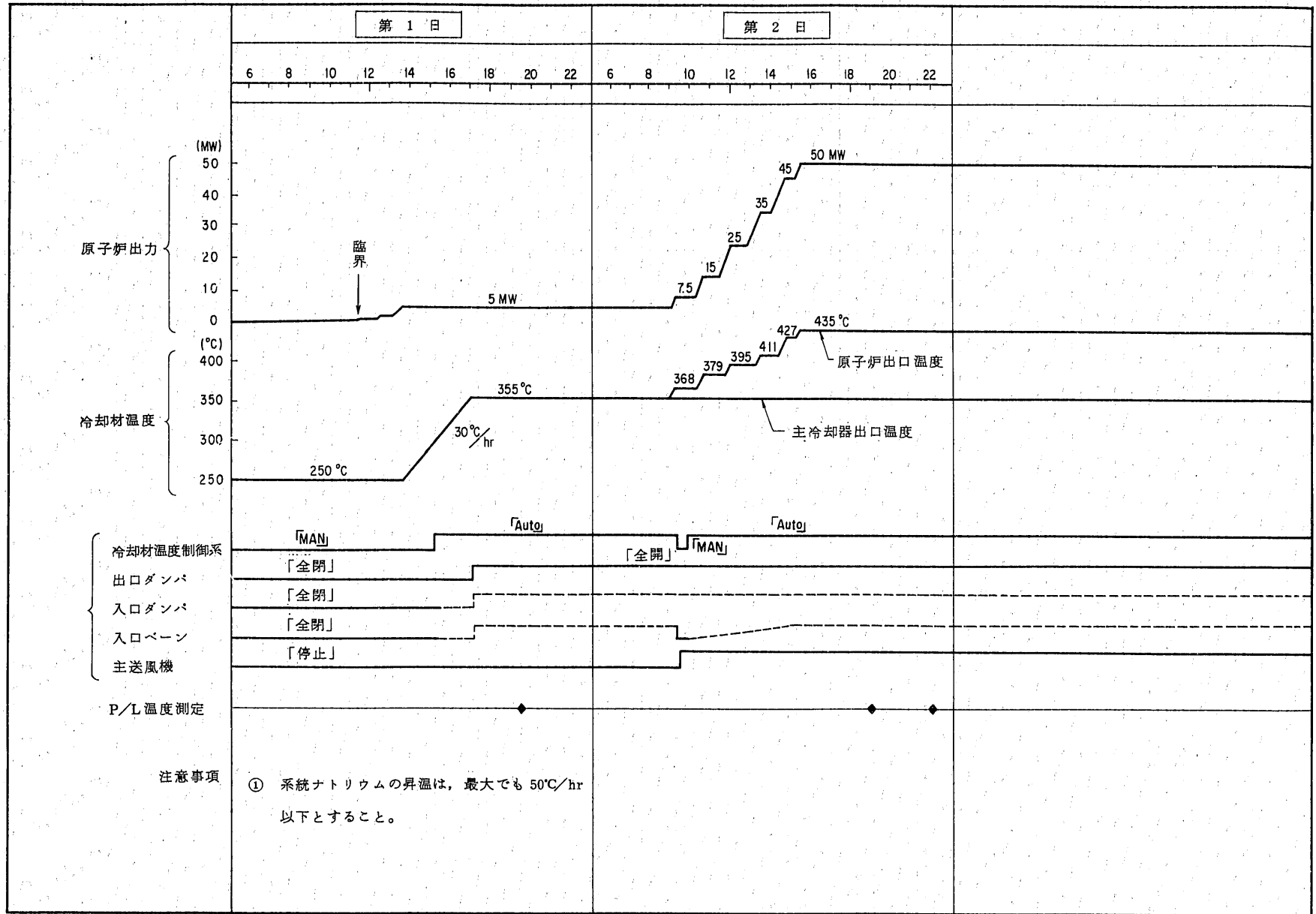
第 3.6 図 0 → 25 MW 出力上昇 (再起動)



第 3.7 図 0 → 40 MW 出力上昇 (初起動)



第 3.8 図 40 MW → 50 MW 出力上昇 (初起動)



第 3.9 図 0 → 50 MW 出力上昇 (再起動)

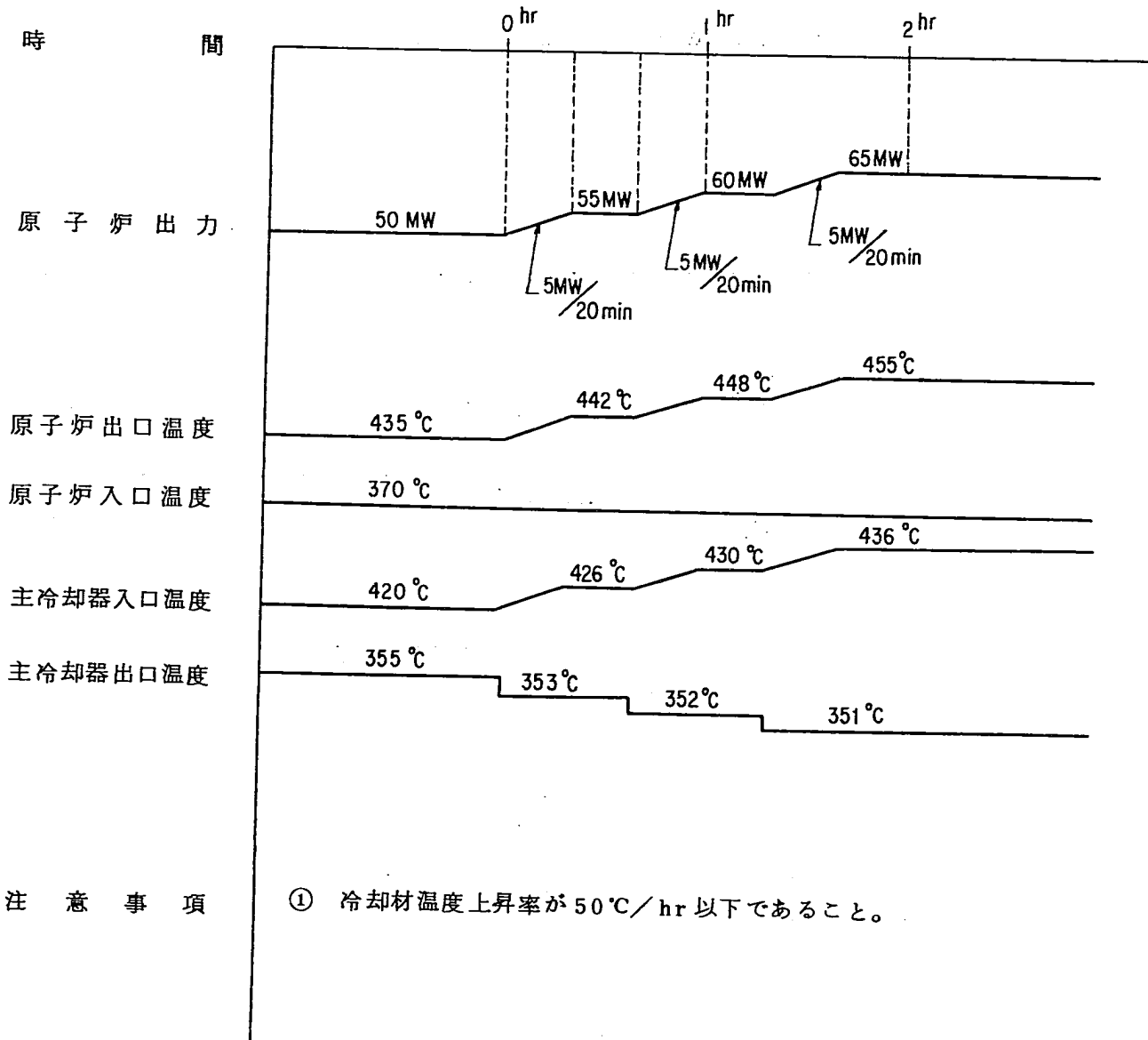
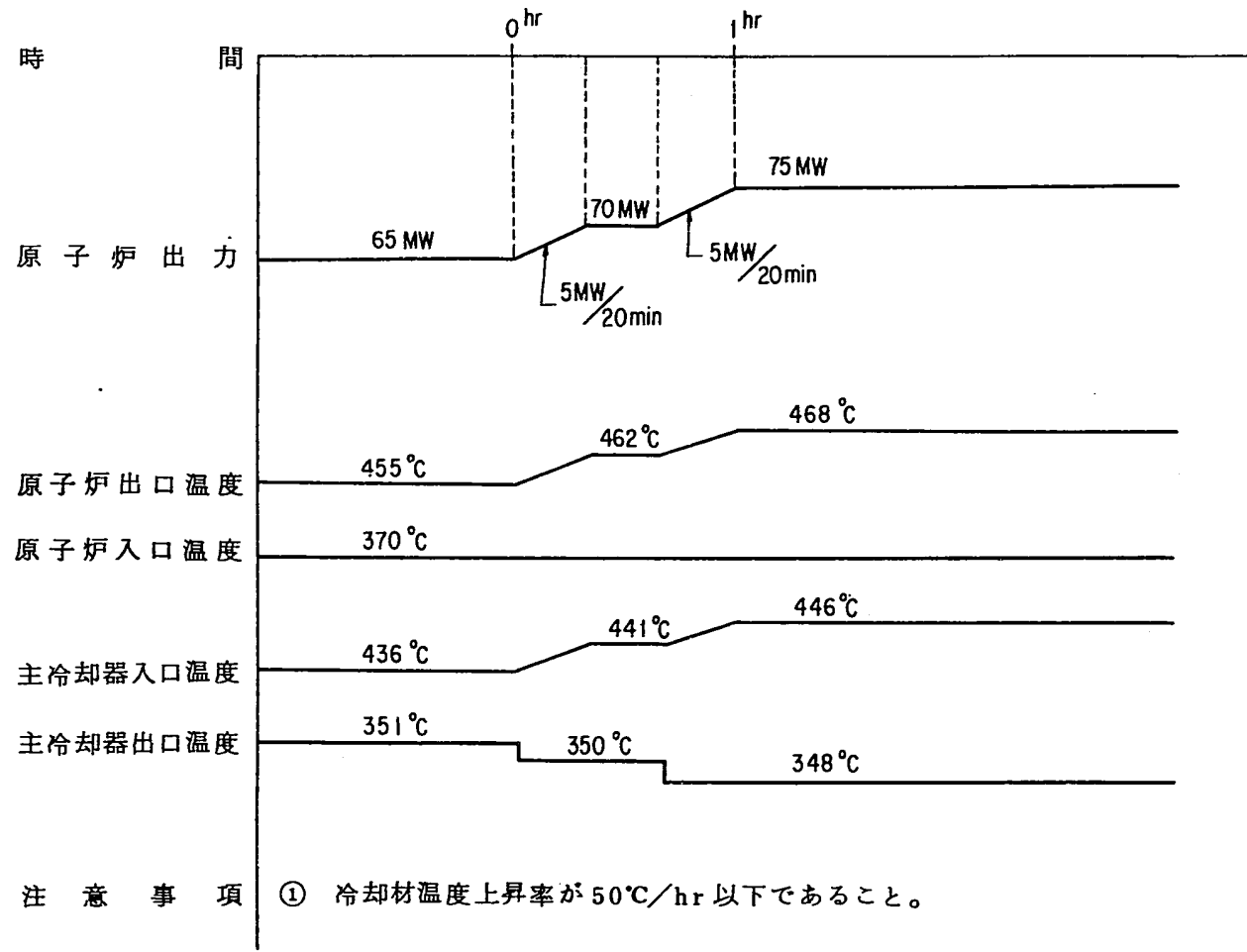


図 3.10 50 MW → 65 MW 出力上昇



第 3.11 図 65 MW → 75 MW 出力上昇

5. 検 討

5.1 系統ナトリウムの初期純化に関する考察

「常陽」では定格出力運転時の温度状態を予熱設備等を用いて実現することが出来ないため、系統ナトリウム中の不純物を出力上昇前に十分除去できないことが予想されていた。一方、昭和51年2月に1次系にナトリウムが充填されて以来約1年8ヶ月にわたり、コールドトラップ設定温度約150℃で純化運転が実施されてきた実績から系統内のナトリウム純度は極めて良好である筈であるとの見方もあった。以上に述べた事情から、系統ナトリウムを昇温している間のナトリウム中不純物の急激な増加を防ぐため昇温速度を5～7℃/hrと定めた。

昇温の結果、1次系、2次系とも試験開始後4日目には、明らかに酸素濃度の増加が観測され、系統のナトリウム温度が250℃付近では長時間の純化運転を行っても、配管・機器の内壁に付着した不純物を十分に除去することは出来ないことが明らかとなった。1次系については、系統の昇温に伴い1日目の4月18日から純化系の圧力損失が増大し、コールドトラップの設定温度を140℃から170℃まで順次変更することを余儀なくされた。2次系については、〔PT-54コールドトラップ性能試験〕のためにコールドトラップをバイパスし、純化運転なしで系統ナトリウムの昇温を行った。昇温に伴い、ブラギング温度も上昇し、2日目の4月19日には第2ブラギング温度も観測された。4月23日より純化運転を開始することにより2次系のブラギング温度は下り始めた。

系統のブラギング温度は6月に入り1次系150～160℃、2次系約160℃とほぼ安定するようになった。結局、ナトリウムの初期純化に約1.5ヶ月を要したことになる。

海外の高速炉においては、予熱設備等により系統のナトリウム温度を400℃程度まで上昇させることが可能になっているものもあり、それらの炉においては、この初期純化も出力上昇試験前のいわゆる系統試験期間中にほぼ終らせることが可能であり、出力運転前に高温状態を実現出来ることは、単に純化の問題だけでなく、系統・機器の温度特性を事前に把握できるという意味で有効である。一方、「常陽」の出力上昇試験の実績が示すように出力運転を行いながら純化および系統・機器の特性確認を行うことも可能である。将来炉においてどちらの方法を採用するかについては費用、工程等の十分な事前検討が必要であろう。

5.2 熱膨張の影響

系統の核加熱による昇温の際、原子炉容器、配管について、熱膨張による熱変位が、設計通りであるかどうかを確認しておく必要性が論じられた。しかし、1次系配管は、格納容器床下が窒素ガス雰囲気であり、人が接近できないこと、原子炉容器には、熱電対が取付られているが、取付方法から判断し、過渡的には必ずしも原子炉容器の壁温を示すものでないこと、2次系配管は空気雰囲気中であるが、監視箇所が限定しにくいこと、又、FBR特有のうす肉配管構造で、変形が生じやすく、直接、不具合と結びつかない等の理由により、記録を取ることにとどめた。

この測定結果については、その測定精度と共に、別の試験結果報告書で論じられる。

5.3 温度差の影響

系統全体を高温待機の温度状態（約 370°C ）迄核出力による昇温を行った際、1次系に於ては、原子炉容器とオーバフロータンク間の温度差が、また2次系に於ては、2次系コールドレグとコールドトラップ出口間の温度差がそれぞれ約 60°C 、 100°C とついた。

これは、予想よりも大きな温度差であった。

1次系の原子炉容器とオーバフロータンクの間で温度差がつくのは、オーバフロータンク内ナトリウムの昇温が1次主冷却系ナトリウムの昇温に対し遅れること、オーバフロータンク内ナトリウムが純化系を運転することにより冷却されることが理由と考えられる。

2次系のコールドレグ温度と、コールドトラップ出口温度の間で温度差がつくのは、やはり、ダンプタンク内ナトリウムの昇温が2次主冷却系ナトリウムの昇温に対して遅れること、純化系のナトリウムがコールドトラップで冷却され、エコマイザでは十分な温度回復が出来ないことが理由と考えられる。1次系に温度差がつくことに対しては、オーバフロータンクの予熱能力には限界があること、及び、昇温率が $20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ であれば、原子炉容器出口温度とオーバフロータンク温度差も最大で 55°C であり、制限値（構造上余裕を持っている温度差）の 60°C を満足していることから特別の操作を行わないで済みますこととなった。

2次系に温度差がつくことに対しては、ダンプタンクに内挿ヒータがあり、これは、本来、初期純化の際の昇温の為に使用されるものであったが、この内挿ヒータを使用して、ダンプタンクナトリウムの温度を上昇させ、温度差がつかないように運転手順を確立した。また、核加熱の期間は、コールドトラップを殆んどバイパスさせ、この部分での熱損失を小さくした。

「常陽」の核加熱による昇温は、 $20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ の割合で行い、この制限は、1次系の原子炉容器と、オーバフロータンク温度差で発生しているものである。

5.4 主送風機による強制冷却について

自然通風で除熱されている状態で、主送風機を起動して強制冷却を行う際には、インターロック条件として、入口ダンパ及びベーンを全閉にし、かつ、出口ダンパを100%とし、起動することが必要である。

従って、この時、除熱量のミスマッチとなって、起動前除熱不足、起動後過冷却が発生し、主冷却器に於て大きな熱衝撃が発生するのではないかと心配されたが、一応設計上の起動条件を採用し、中間系のCh.3の指示7MW（実際には熱出力的には9MWであった）で主送風機の起動を行った。4台の主送風機があるので起動には種々の方法が考えられたが、1ループ毎に、2台の主送風機を同時に起動した。1台ずつ主送風機を起動した場合、2台の主冷却器間で大きなアンバランスが発生しない方が良いという判断に基づいたものである。

結果的には、自然通風除熱から強制通風除熱への移行は極めて円滑であった。その理由として次のことが挙げられる。

- ① 熱出力が実質的に9MWで、後に確認された最適移行出力10MWに近かったこと。
- ② 系統のナトリウム流量が大きく、もともと、温度差が小さいこと（「常陽」では、流量は出力によらず一定流量で、出力と共にホット～コールドの温度差が大きくなる。）

10MWでホットレグ～コールドレグの温度差は約13℃である。

従って、大きな温度変化とはならない。

この主送風機の起動が円滑に行われたことで、出力上昇手順の90%が終了したという感じであった。

5.5 自然通風除熱について

自然通風除熱から、強制通風除熱への移行は、10MWで行うことが決定されたが、自然通風冷却の上限を知っておくことは、主送風機の不具合等が発生した際の対処の為に是非必要ということで実施された。

厳密な方法は、ベーンを手動で100%として落ち着く出力を見極めることであるが、50MWの使用前検査の工程の中で、安全な試験方法ということで、冷却材温度制御系を「Auto」として、ベーン開度が90%程度を制限として6月12日実施した。

その結果は、Aループ側の1台の主送風機のベーンが全開となった出力で試験を打切った。この時の炉出力が約22.6kWで、これを自然通風冷却の上限出力とした。

この時、残り3台の主送風機ベーンは、まだ60%程度で除熱能力の面で余裕があることははっきりしていた。

5.6 75 MW出力上昇時のプラント状態に対する検討

75 MW出力上昇試験結果に対する検討項目は次の通りである。

- (イ) 出力上昇率、冷却材温度上昇率は適切であったか？
- (ロ) 出力上昇の途上及び計画出力到達後プラント上に問題は無かったか？
- (ハ) 今後の75 MW出力運転に対し、問題は無いか？

以下に検討結果を記す。

(1) 出力上昇率、冷却材温度上昇率は適切であったか？

出力上昇率は、5 MW/20 minで、5 MW出力上昇完了する毎にプラント監視を約10分行うというものである。この出力上昇率に伴い、冷却材温度上昇率は、約20°C/hrとなる。この冷却材温度上昇率が、プラント各部に於て、悪影響を発生させていないかを検討する。

プラントの機器は50°C/hrの温度変化率でプラントの起動、停止を行うことで設計されているので、50°C/hrより小さい温度変化率に対しては、特に問題は無い。従って、温度変化率が約20°C/hrということは、設計条件と比較し、十分安全な運転である。しかし、冷却材温度上昇率の値が特に問題が無くても、実際の機器構造材の温度変化率がどうなっているかは実際に確認しておくことが必要である。これは、設計上考慮している事項と、現地施工上の実体とは必ずしも一致するものではないからである。

「常陽」に於てこの機器構造材の温度を計測する準備がなされていないので、構造材の温度変化のデータを集めることはできていない。今後の課題である。

次に、出力上昇率5 MW/20 minの操作内容であるが、これは、出力係数で算出される5 MW分の反応度損失量を20 minで補償すれば良いという方針のもとに、1分毎に予め算出された調整棒引抜き量を引抜き、20回の操作で5 MWの出力上昇が達成される。この操作であれば、冷却材温度上昇巾も、1回当たり20等分されることに対応し、1ステップで0.3°Cの温度上昇で済み、極めて滑らかな温度上昇である。

調整棒小引抜き応答試験で、外乱として調整棒を5 mmステップ状に操作した場合、プラント各部の温度が十分整定するのに約10分を要した。

この意味で、1分毎に出力変更を行うのは、プラントとして十分整定している訳ではないが、1回当たりの出力変更幅は小さく、この為の温度変化も十分小さい。従って、出力変更は、ランプ状の変更に相当するもので、ステップ的な大きな出力変更を行い、整定時間を大きくとる場合よりも、温度変化率が小さく好ましいものと言えよう。

(2) 出力上昇の途上及び計画出力到達後プラント上に問題は無かったか？

50 MW出力から、75 MWへ出力上昇をさせることによって変化するのは、1次系及び2次系のホットレグの温度が高くなることである(50 MW出力時より約33°C高

くなる)。また、2次系のコールドレグ温度は、出力の増加と共に僅かずつ低下することである(50 MW出力時より約7.5℃低くなる)。これは、1次系、2次系共流量一定方式、かつ、1次系コールドレグ温度一定(約370℃)とするためである。

一般に、温度が低い方が材料にとって安全側である。そうした意味で2次系のコールドレグ温度が低くなるのは、特に問題は無い。次に1次系、2次系のホットレグの温度が高くなることに起因する点に着目する。

即ち、高温になることに伴う熱膨張、室内への放熱の増加及び、出力上昇分の除熱能力を有するかの確認の問題である。

熱膨張の問題に対しては原子炉容器、中間熱交換器、空気冷却器及びこれ等を連結する配管について考慮する必要があり、この問題は出力上昇試験とは別に「配管熱変位測定試験」に於て、データ採取、検討を行っているのでその結果を参照されたい。

室内への各機器・配管からの放熱による熱負荷の上昇分は50 MW出力時と比較し、せいぜい約4%^{*}の増加であるので大きな問題ではない。

* ホットレグ側のみを考えれば済むからプラント全体への寄与は半分となる。

$$\frac{[75 \text{ MW時放熱}]}{[50 \text{ MW時放熱}]} = \frac{458-50}{435-50} = 1.08$$

従って8%の $\frac{1}{2}$ 、即ち4%である。

除熱能力の問題は、最終熱交換の為に主冷却器のペーン開度がどの程度であるかにより概略判断できる。ペーン開度は約40%で、75 MWに対し、十分送風能力の面で余裕がある。

出力上昇途上又は計画出力到達後に於て、プラントは50 MW出力時から外挿した挙動を示しており、問題は無かった。50 MWから75 MWへ初めて出力上昇を行った際に現われた出力係数の異常は、その後の出力上昇に於ては観測されなかった。何故、初めての出力上昇で出力係数が異常になったかは〔NT-34出力係数〕に於て検討されているので、参照されたい。

以上、50 MWから75 MWの出力上昇については、プラントは予想された挙動を示しているため、問題は無く、現状のまま75 MW運転は十分可能であることが確認できた。

6. 結 言

以上、50 MWおよび75 MWの出力上昇試験について出力上昇手順の決定という準備作業と試験の経過を中心に報告した。特に50 MWへの出力上昇においては日本で最初の高速炉の出力上昇ということで慎重に試験を進めたが、それでも予期しない様々な現象は発生するもので、それらの問題に検討を加えながら試験を進めていく現場の雰囲気を書き本から感じ取っていただければ幸である。

また、本書では出力上昇に係るプラント全体にわたるデータを添付資料として収録した。個別の試験報告書に収められたデータと共に、これらのデータが「常陽」の運転ならびに「もんじゅ」等の設計へ反映されることを望み、関係各位の御検討ならびに御協力を切に希望する。

7. 付 録

- 付 録 1. 50 MW出力上昇時データ
- 付 録 2. 75 MW出力上昇時データ
- 付 録 3. 6万5千KW達成時プラントデータ
- 付 録 4. 7万5千KW達成時プラントデータ
- 付 録 5. 出力上昇試験結果
 - 5.1 系統昇温特性
 - 5.2 系統降温特性
 - 5.3 主冷却器特性
 - 5.4 ナトリウム純度(50 MW出力上昇時)
- 付 録 6. 初回9 MW出力上昇操作データ
- 付 録 7. 高速実験炉「常陽」起動, 停止曲線
- 付 録 8. H-350による計測点リスト

付録1 50 MW出力上昇時データ

- | | |
|------|---|
| 表1-1 | 15 MW Power Up |
| 表1-2 | 25 MW Power Up |
| 表1-3 | 40 MW Power Up |
| 表1-4 | 50 MW Power Up |
| 表1-5 | The Data of Minimum Heat Rejection Performance with
Air Natural Convection Cooling |
| 表1-6 | The Data of Minimum Heat Rejection Performance with
Air Farced Cooling |
| 図1-1 | Minimum Heat Rejection Performance with Air Natural
Convection Cooling |
| 図1-2 | 50 MWt 出力達成記録 |

表 1 - 1 15 MW Power Up

番号	計測項目	検出端	単位	1978. 5. 18			備考
				11:00	13:00	15:00	
1	中間出力系(中性子束)	CH. 3.	%	13.1	25.8	30.5	
2	" (")	CH. 4.	%	13.4	26.5	30.8	
3	" (")	CH. 5.	%	8.0	17.0	19	
4	線形出力系(")	CH. 6.	%	12.8	29.7	34.5	
5	" (")	CH. 7.	%	14.0	33.8	39.5	
6	" (")	CH. 8.	%	13.9	33.8	39.5	
7	制御棒位置(RR-1)		mm	448.0	448.0	448.0	
8	" (RR-2)		mm	431.9	444.9	450.0	
9	熱出力	(H-500)	MW	9	16.95	20.32	
10	熱出力(仮設)	(")	MW	9.5	18.0	20.2	
11	主冷却器入口ダンパ開度	1A1/1A2	%	78.3/84.8	98.4/100	100/100	
12	" 開度	2A1/2A2	%	89.0/81.4	95.1/98.8	97.8/100	
13	" 開度	1B1/1B2	%	93.3/88.4	100/97.6	100/99.2	
14	" 開度	2B1/2B2	%	96.9/90.4	96.9/90.4	98.8/91.7	
15	入口ベーン開度	1A	%	0.2	11.3	12.7	
16	" 開度	2A	%	6.2	9.1	10.5	
17	" 開度	1B	%	0	9.0	10.6	
18	" 開度	2B	%	4.2	6.6	9.2	
19	1次主ポンプケーシング温度	108A/B	℃	371/368	371/368	371/369	
20	"	109A/B	℃	371/368	371/368	371/369	
21	"	110A/B	℃	371/369	371/369	371/369	
22	"	111A/B	℃	127/162	128/163	129/164	
23	"	112A/B	℃	156/147	157/148	158/150	
24	1次主ポンプケーシング変位	01A/B	mm	-2.75/-1.95	-2.75/-2.0	-2.75/-2.0	
25	"	02A/B	mm	-3.90/-2.60	-3.93/-2.6	-3.95/-2.6	
26	"	03A/B	mm	-3.58/-2.65	-3.60/-2.6	-3.6 /-2.6	
27	"	04A/B	mm	-4.65/-3.45	-4.65/-3.4	-4.62/-3.4	

表 1-2 25MW Power Up

番号	計測項目	検出端	単位	1979. 5. 24			備考
				9:07	10:29	11:05	
1	線形出力系(中性子束)	CH. 6.	%	30	40	50	
2	" (")	CH. 7.	%	31	39.8	50	
3	" (")	CH. 8.	%	32	39.8	49.5	
4	中間出力系(")	CH. 3.	%	25	260	39.0	
5	" (")	CH. 4.	%	6	-	-	
6	" (")	CH. 5.	%	4.8	-	-	
7	制御棒位置(RR-1)		mm	444.2	444.2	444.2	
8	" (RR-2)		mm	450	459.0	468.5	
9	熱出力	H-500	MW	15.1	19.77	24.04	
10	" (仮設)		MW		19.8	23.9	
11	主冷却器入口ダンパ開度(1A1/1A2)		%	98.0/100	100/100	100/100	
12	" (2A1/2A2)		%	94.1/97.5	99.0/100	99.8/100	
13	" (1B1/1B2)		%	97.6/94.7	100/98.6	100/100	
14	" (2B1/2B2)		%	94.7/86.0	95.7/87.8	98.4/91.0	
15	入口ベーン開度(1A)		%	7.9	13.9	16.2	
16	" (2A)		%	7.9	11.7	13.1	
17	" (1B)		%	6.0	9.4	12.0	
18	" (2B)		%	5.4	7.8	11.6	
19	1次主ポンプケーシング温度	108A/B	℃	370/369	371/370	372/370	
20	"	109A/B	℃	370/369.5	371/370	372/370	
21	"	110A/B	℃	370/369.5	371/370	372/370	
22	"	111A/B	℃	349/385	349/385	348/385	
23	"	112A/B	℃	377/365	377/365	378/365	
24	1次主ポンプケーシング変位	01A/B	mm	-3.1/-2.8	-3.1/-2.8	-3.1/-2.8	
25	"	02A/B	mm	-4.6/-3.9	-4.6/-3.9	-4.6/-3.9	
26	"	03A/B	mm	-4.0/-4.4	-4.0/-4.4	-4.0/-4.4	
27	"	04A/B	mm	-5.2/-3.2	-5.2/-3.2	-5.2/-3.2	
28	主冷却器出口空気温度(1A)		℃	340	335	325	
29	" (2A)		℃	345	345	335	
30	" (1B)		℃	340	335	333	
31	" (2B)		℃	345	330	335	

表 1 - 3 40 MW Power Up

番号	計測項目	検出端	単位	1978. 6. 22				備考
				17:30	17:50	18:22	18:53	
1	線形出力系(中性子束)	CH. 6	%	49.9	59.3	70	80	
2	" (")	CH. 7	%	50.0	59.5	69.5	78.5	
3	" (")	CH. 8	%	49.9	59.5	69.5	79.0	
4	中間出力系(")	CH. 3	%	42.0	51.7	63.0	75.7	
5	" (")	CH. 4	%	43.0	52.0	63.2	74.0	
6	" (")	CH. 5	%	29	34	40	50	
7	制御棒位置(RR-1)		mm	458.9	458.9	458.9		
8	" (RR-2)		mm	474.0	485.0	496.3		
9	熱出力	H-500	MW	26.2	30.9	35.8	40.5	
10	" (仮設)		MW	26.7	31.4	36.3	41.3	
11	主冷却器入口ベーン開度(1A)		%	17.0	19.6	21.6	21.6	
12	" (2A)		%	14.1	16.7	16.3	17.7	
13	" (1B)		%	12.0	14.4	15.8	16.8	
14	" (2B)		%	10.8	19.0	15.6	16.2	
15	1次主ポンプケーシング温度	108A/B	℃	372/371	374/372	372/372	372/371	
16	"	109A/B	℃	372/372	374/372	372/372	372/371	
17	"	110A/B	℃	372/372	374/372	372/372	372/371	
18	"	111A/B	℃	144/169	144/170	144/170	145/170	
19	"	112A/B	℃	168/160	169/160	169/160	169/161	
20	1次主ポンプケーシング変位	01A/B	mm	-2.9/-2.6	-2.8/-2.4	-2.8/-2.4	-2.4/-2.4	
21	"	02A/B	mm	-3.2/-4.4	-3.2/-4.4	-3.2/-4.4	-3.1/-4.4	
22	"	03A/B	mm	-6.0/-6.0	-6.0/-6.0	-6.0/-6.0	-6.0/-6.0	
23	"	04A/B	mm	-4.2/-2.5	4.2/-2.5	4.5/-2.5	4.8/-2.5	
24	主冷却器出口空気温度(1A)		℃	317	310	295	282	
25	" (2A)		℃	321	313	303	292	
26	" (1B)		℃	329	320	311	300	
27	" (2B)		℃	330	321	311	300	

表 1 - 4 50 MW Power Up

番号	計測項目	検出端	単位	1978. 7. 5			備考
				13:15	13:45	14:34	
1	線形出力系(中性子束)	CH. 6.	%	80.0	90.0	100	
2		CH. 7.	%	78.0	87.9	96.7	
3		CH. 8.	%	78.0	87.9	97.0	
4	制御棒位置(RR-1)		棒	470	470	470	
5	" (RR-2)		棒	505.8	518.9	530.0	
6	熱出力	H-500	MW		43.2	47.87	
7	熱出力(仮設)		MW	39.5	43.6	48.0	
8	主冷却器入口ベーン開度(1A)		%	23.6	25.94	29.9	
9	" (2A)		%	18.3	21.63	23.81	
10	" (1B)		%	16.4	18.80	19.8	
11	" (2B)		%	15.0	17.96	19.4	
12	1次主ポンプケーシング温度	108A/B	℃	367.5/370	369/371	368/370	
13	"	109A/B	℃	367.5/370	369/371	368/370	
14	"	110A/B	℃	367.5/370	369/371	368/370	
15	"	111A/B	℃	155/184	155/184	155/184	
16	"	112A/B	℃	181/173	181/173	181/174	
17	主冷却器出口空気温度(1A)		℃	280	273	260	
18	" (2A)		℃	289	280	270	
19	" (1B)		℃	303	296	285	
20	" (2B)		℃	302	295	285	

表1-5 The Data of Minimum Heat Rejection Performance with Air Natural Convection Cooling

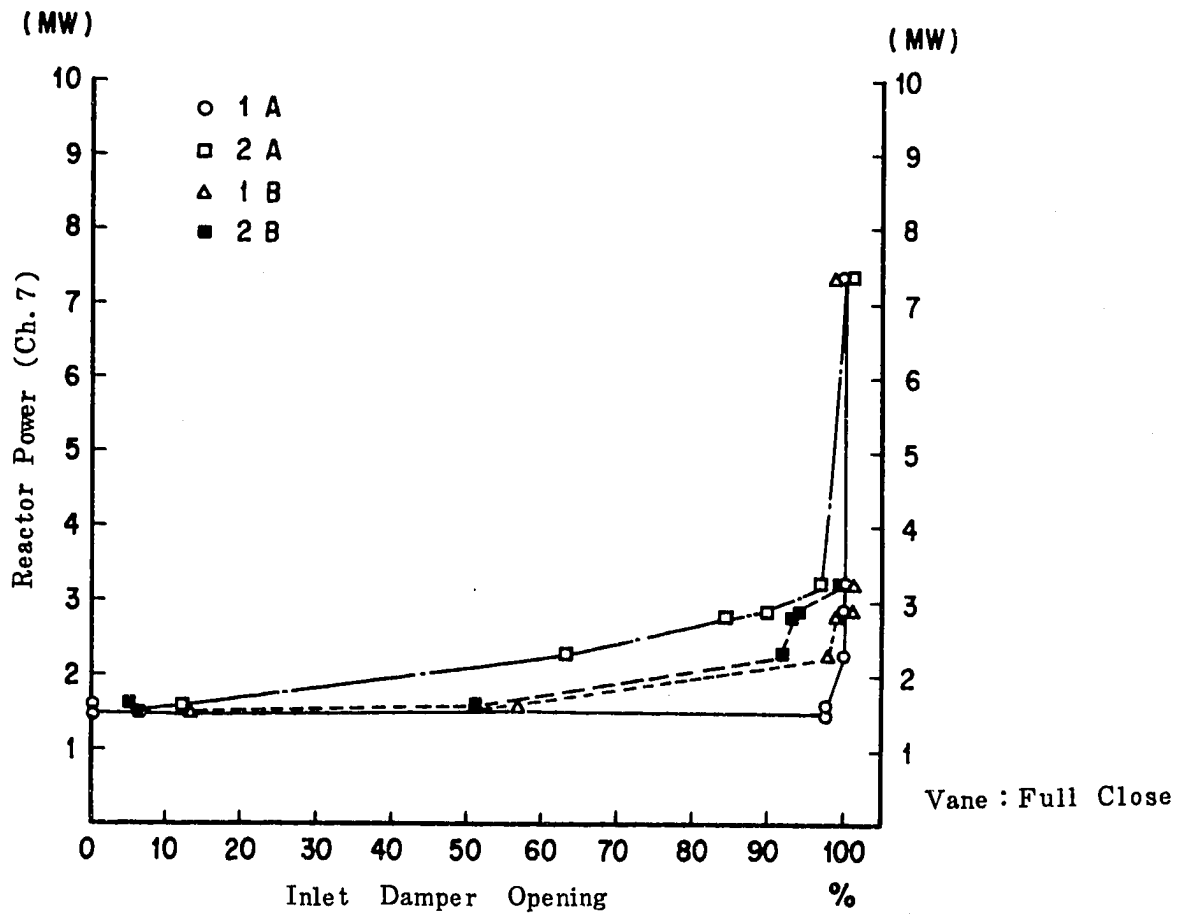
計測項目	検出端	単位	時 刻 (1978. 7. 24)								備 考	
			10:06	10:33	10:45	10:58	11:22	11:42	11:52	12:41		12:58
線形出力系(中性子束)	CH. 7	%	15.6	6.49	5.78	5.57	4.60	3.14	3.05	3.05	3.11	
		MW	(7.37)	(3.25)	(2.89)	(2.79)	(2.30)	(1.57)	(1.53)	(1.53)	(1.56)	
原子炉入口Na温度(A)		℃	365	363	362	361	360	359	360	359	359	
同 上 (B)		℃	365	364	363	363	363	360	360	359	359	
原子炉出口Na温度(A)		℃	380	372	369	368	367	365	364	363	363	
同 上 (B)		℃	379	371	368	367	366	363	362	362	362	
主冷却器入口Na温度(A)		℃	375	371	367	366	365	363	363	362	362	
同 上 (B)		℃	379	374	371	370	369	366	366	365	365	
主冷却器出口Na温度(1A)		℃	359	359	360	359	359	359	359	359	359	
同 上 (2A)		℃	359	360	359	359	359	357	358	358	358	
同 上 (1B)		℃	365	365	365	365	365	363	362	362	362	
同 上 (2B)		℃	366	365	365	365	365	363	362	362	362	
主冷却器入口ダンパ開度(1A)		%	100	100	100	100	100	98	98	0	0	
同 上 (2A)		%	100	97	90	84	63	12	0	0	0	
同 上 (1B)		%	100	100	100	99	98	57	13	0	0	
同 上 (2B)		%	100	99	94	93	92	51	6	5	5	

(本データはデータロガH-500によるものである)

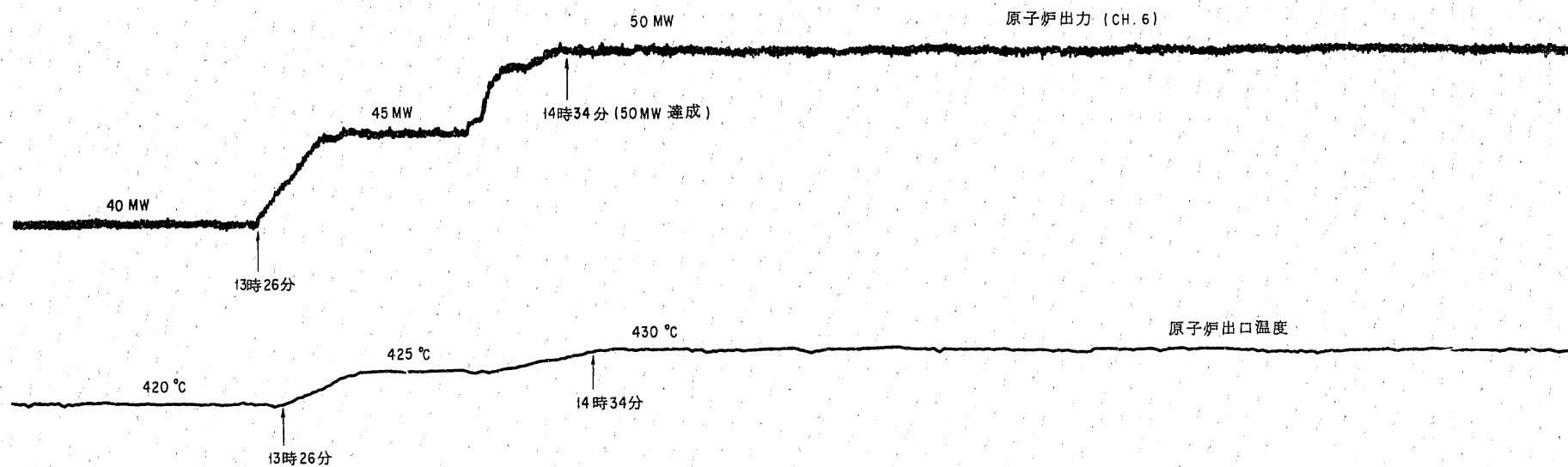
表 1 - 6 The Data of Minimum Heat Rejection Performance
with Air Forced Cooling

計 測 項 目	検 出 端	単 位	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00
線形出力系	CH. 7.	%	14.7	14.3	12.8	9.96	9.76
		MW	(7.35)	(7.15)	(6.4)	(4.98)	(4.88)
原子炉入口Na温度(A)		℃	365	366	363	361	362
同 上 (B)		℃	365	365	364	363	363
原子炉出口Na温度(A)		℃	379	379	377	372	372
同 上 (B)		℃	377	378	376	371	371
主冷却器入口Na温度(A)		℃	375	376	373	368	369
同 上 (B)		℃	378	379	377	372	373
主冷却器出口Na温度(1A)		℃	361	364	359	357	359
同 上 (2A)		℃	361	362	359	358	357
同 上 (1B)		℃	366	366	366	365	365
同 上 (2B)		℃	367	366	365	364	365
入口ベーン開度(1A)		%	0	0	0	0	0
同 上 (2A)		%	0	0	0	0	0
同 上 (1B)		%	0	23	0	0	0
同 上 (2B)		%	0	16	0	0	0
入口ダンパ開度(1A)		%	100	97	94	5	5
同 上 (2A)		%	100	98	86	0	0
同 上 (1B)		%	100	100	94	0	0
同 上 (2B)		%	100	100	89	0	0

(本データはデータロガーH-500による)



☒ 1-1 Minimum Heat Rejection Performance
 with Air Natural Convection Cooling
 (No Operation of Blower)



第 1.2 図 50MWt 出力達成記録 (昭和 53 年 7 月 5 日)

付録2 75MW出力上昇時データ

表2-1 PT-01出力上昇試験主要データ(1/5)

表2-2 " (2/5)

表2-3 " (3/5)

表2-4 " (4/5)

表2-5 " (5/5)

図2-1 75MWt出力達成記録

表2-1 出力上昇試験 主要データ(1/5)

	測定項目	計器番号	公称出力 単位	50MW	50MW	60MW	65MW	65MW	70MW	75MW	備考
				7/11 9:57	7/11 10:55	7/11 13:05	7/11 14:27	7/16 10:03	7/16 11:07	7/16 11:38	
1	線形出力系	CH.6.	%	66	73	80	86	86	92	100	
2	"	CH.7.	%	66	73	80	86	86	92	100	
3	"	CH.8	%	66	73	81	86	86	92	100	
4	熱出力	H-500	MW	49.5	54.7	59.9	63.8	64.9	69.4	74.0	
5	調整棒RR-1位置	原子炉制御盤 (423)指示計	mm	468.0	478.0	487.0	494.9	515.3	515.3	515.3	
6	" RR-2 "	原子炉制御盤 (423)指示計	mm	468.0	478.0	487.8	494.4	486.4	499.5	521.0	
7	原子炉入口温度(A)	TR31・1-8A	℃	370	370	370	370	371	370	372	
8	" (J)	TR31・1-8B	℃	370	370	370	370	371	373	372	
9	原子炉出口温度(A)	TR31・1-2A	℃	435	442	450	456	458	464	470	
10	" (B)	TR31・1-2B	℃	435	441	450	456	454	460	468	
11	1次補助HX入口温度	TR32・1-1	℃	391	395	390	391	402	405	406	
12	1次補助HX出口温度	TR32・1-2	℃	411	415	410	415	424	428	431	
13	オーバフロータンク温度	TR33-1	℃	395	395	405	407	412	412	416	
14	主冷却器入口温度(A)	TR31・2-3A	℃	410	412	420	421	422	429	431	
15	" (B)	TR31・2-3B	℃	420	422	430	433	435	440	448	
16	主冷却器出口温度(1A)	TR31・2-2A-1	℃	350	349	350	350	345	344	340	
17	" (2A)	TR31・2-2A-2	℃	350	349	350	350	345	344	340	
18	" (1B)	TR31・2-2B-1	℃	361	360	360	360	360	359	360	
19	" (2B)	TR31・2-2B-2	℃	361	360	360	360	360	359	360	

表2-2 出力上昇試験 主要データ(2/5)

番号	測定項目	計器番号	公称出力 単位 日時	50MW	55MW	60MW	65MW	65MW	70MW	75MW	備考
				7/11 9:59	7/11 11:03	7/11 13:11	7/11 13:56	7/16 10:03	11:03	11:38	
1	主送風機1Aベーン開度(アーム部)	現場指示計	%	26	31	33	36	36	38.5	43	
2	" 2A "	"	%	25	28	32	34	35.0	39	44.1	
3	" 1B "	"	%	20	22	25	27	26.5	30.2	34	
4	" 2B "	"	%	18	21	24	26	25	28.4	32	
5	主送風機1A吐出圧	仮設マノメータ	mmAq	15.2	22.8	32.1	38.1	43.5	52.2	65	
6	" 2A "	"	mmAq	16.9	25.0	34.3	41.7	47	57	70.5	
7	" 1B "	"	mmAq	8.6	15.8	22.5	29.1	30.2	39.2	49.6	
8	" 2B "	"	mmAq	6.3	13.2	21.4	27.2	26.3	35.4	45.5	
9	主送風機1A電流	2次系制御盤 (425)指示計	A	51	54	55	56	58	59	61	
10	" 2A "	"	A	50	52	54	55	56	57.5	59	
11	" 1B "	"	A	49	50	51	53	54	56	57	
12	" 2B "	"	A	50	50	52	54	55	57	57.5	
13	主冷却器1A出口空気温度(制御用)	TI31・2-2A-1	℃	268	255	249	243	236	230	222	
14	" 2A " (")	TI31・2-2A-2	℃	263	253	248	242	235	230	221	
15	" 1B " (")	TI31・2-2B-1	℃	280	272	261	255	251	245	238	
16	" 2B " (")	TI31・2-2B-2	℃	282	281	279	278	270	270	261	
17	原子炉容器熱変位	—	mm	1.16	1.45	1.49	1.5	1.41	1.38	1.36	

表 2-3 出力上昇試験 主要データ (3/5)

番号	測定項目	計器番号	公称出力 単位 位時	50MW	55MW	60MW	65MW	65MW	70MW	75MW	備考
				7/11 9:45	7/11 10:55	7/11 13:05	7/11 13:55	7/16 10:05	7/16 11:02	7/16 11:38	
1	破損燃料検出設備 (DN法)	—	CPS	1600	1800	2000	2200	2200	2400	2600	
2	" (CG法)	—	CPS	80	90	81	90	90	96	104	
3	格内床上放射線量率①	A-1	mR/h	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
4	" ②	B-1	mR/h	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
5	" ③	C-1	mR/h	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
6	コントロールセンタ	A-5	mR/h	0.018	0.018	0.018	0.018	0.016	0.017	0.017	
7	IPロック付近	B-5	mR/h	0.017	0.017	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	
8	炉上部ビット	C-5	mR/h	5	6	7	7.5	7.5	8.0	8.5	
9	1次主循環ポンプ上蓋 (A)	C-6	mR/h	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
10	" (B)	B-6	mR/h	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	
11	中央制御室	A-9	mR/h	0.024	0.024	0.025	0.023	0.024	0.025	0.026	
12	管理区域出入口	R-9	mR/h	0.019	0.019	0.020	0.020	0.019	0.019	0.019	
13	格納容器空調換気系 (ガス)	B-22	CPS	0.9	1.2	1.0	1.0	0.9	0.9	1.0	
14	" (ダスト)	A-22	CPS	5.0	4.0	4.5	5.0	2.7	3.4	4.0	
15	スタックガス	B-24	CPS	1.3	1.3	1.3	1.7	1.5	1.3	1.3	

表 2-4 出力上昇試験 主要データ (4/5)

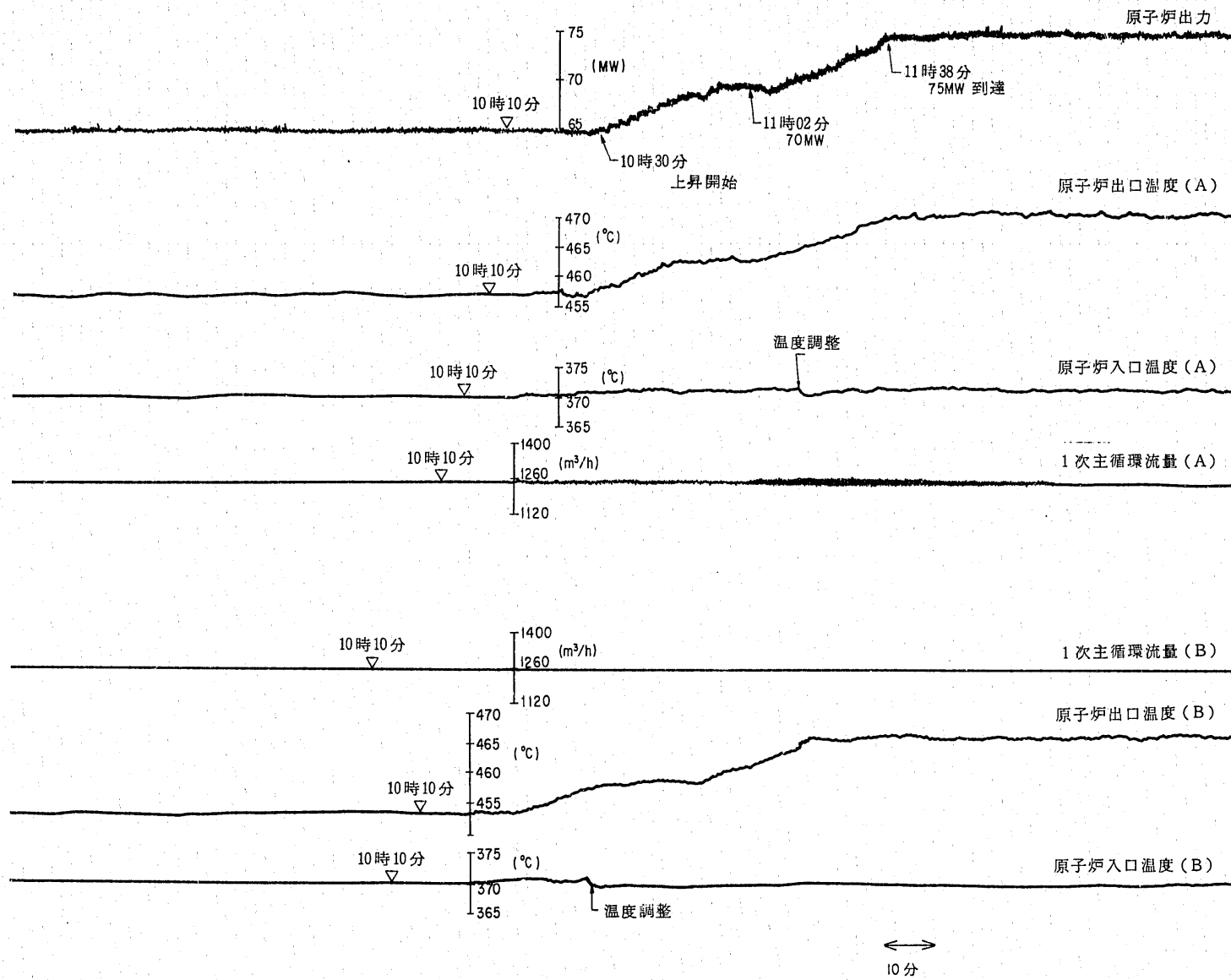
H350によるデータ

測定項目	計器番号	公称出力 単位 日時	50MW	55MW	60MW	65MW	65MW	70MW	75MW	備考
			7/11 9:57	7/11 10:55	7/11 13:05	7/11 14:27	7/16 10:03	7/16 11:07	7/16 11:38	
1 熱出力	H-500	MW	49.5	54.7	59.9	63.8	64.9	69.4	74.0	
2 原子炉入口温度 (A)	TR31・1-8A	℃	370	370	372	373	370	371	371	
3 " (B)	TR31・1-8B	℃	369	369	370	371	370	370	370	
4 原子炉出口温度 (A)	TR31・1-2A	℃	436	443	451	457	457	462	459	
5 " (B)	TR31・1-2B	℃	433	434	447	453	453	459	465	
6 1次補助IHX入口温度	TR32・1-1	℃	388	391	392	395	396	398	398	
7 " 出口 "	TR32・1-2	℃	410	414	419	423	422	426	429	
8 オーパフロータンク温度	TR33-1	℃	395	396	404	409	412	413	415	
9 主IHX2次出口温度 (A)	TE31・2-5AX	℃	411	416	421	425	426	430	435	
10 " (B)	TE31・2-5BX	℃	419	423	429	434	435	439	445	
11 主IHX2次入口温度 (A)	TE31・2-4AX	℃	348	346	346	346	343	341	340	
12 " (B)	TE31・2-4BX	℃	359	359	358	358	358	356	356	
13 主冷却器入口温度 (A)	TE31・2-3A	℃	414	418	424	429	428	432	430	
14 " (B)	TE31・2-3B	℃	422	427	433	438	438	443	438	
15 主冷却器出口温度 (1A)	TR31・2-2A-1	℃	351	349	348	348	345	344	343	
16 " (2A)	TR31・2-2A-2	℃	349	348	347	347	344	344	342	
17 " (1B)	TR31・2-2B-1	℃	362	362	361	362	361	358	359	
18 " (2B)	TR31・2-2B-2	℃	364	362	362	362	363	361	361	
19 主冷却器出口合流点温度 (A)	TE31・2-3A	℃	351	348	348	348	345	345	344	

表 2-5 出力上昇試験 主要データ (5/5)

H350によるデータ

測定項目	計器番号	公称出力 単位 日時	50MW	55MW	60MW	65MW	65MW	70MW	75MW	備考
			7/11 9:57	7/11 10:55	7/11 13:05	7/11 14:27	7/16 10:03	7/16 11:07	7/16 11:38	
20 主冷却器出口合流点温度 (B)	TE31-2-3B	℃	360	360	359	359	359	357	357	
21 主冷却器出口空気温度 (制御用 X1A)	TI31-2-2A-1	℃	262	252	244	239	231	227	219	
22 " (2A)	TI31-2-2A-2	℃	256	248	239	235	229	225	218	
23 " (1B)	TI31-2-2B-1	℃	276	267	257	251	245	237	232	
24 " (2B)	TI31-2-2B-2	℃	275	265	256	251	249	242	236	
25 燃料集合体出口温度 (000)	TE14-1-F01	℃	470	479	490	499	499	508	519	
26 " (2A1)	" -F08	℃	460	467	478	486	485	492	501	
27 " (2D1)	" -F14	℃	460	468	479	486	484	490	501	
28 " (4A1)	" -F32	℃	444	450	459	466	463	469	476	
29 " (4D1)	" -F44	℃	445	451	460	466	465	471	479	
30 " (5A1)	" -F56	℃	414	418	425	428	439	443	444	
31 " (5D1)	" -F71	℃	419	424	430	434	432	437	443	
32 主送風機入口ベーン開度 (1A)	現場指示計	%	/	/	/	/	30	34	40	
33 " (2A)	"	%	26	29	33	34	35	38	44	
34 " (1B)	"	%	21	23	26	29	28	31	36	
35 " (2B)	"	%	19	22	25	27	26	29	33	
36 補助空気冷却器入口温度	TE32-2-1	℃	382	383	386	389	387	387	387	
37 " 出口 "	TE32-2-2	℃	382	384	386	389	387	387	385	



第 2.1 図 高速実験炉「常陽」7.5 MW出力上昇データ

付録3 6万5千kW達成時プラントデータ

1. 達成日時 昭和54年7月11日
13時55分
2. 原子炉出力 6万5千kW
3. 1次系プラントデータ
 - (1) 原子炉入口温度 370℃
 - (2) 原子炉出口温度 455℃
 - (3) 中心燃料出口温度 497℃
 - (4) 1次冷却材流量 100%
4. 制御棒位置

安全棒	4本	<u>全引抜</u>
調整棒	No. 1	<u>495mm</u>
	No. 2	<u>494mm</u>

75 MW出力上昇試験(その1) [65 MWへの出力上昇]

1979年7月11日

PNC TN941 82-81

記 事	炉出力 (MW)	1次系プラントデータ				制御棒位置 (mm)		
		炉入口温度 (°C)	炉出口温度 (°C)	中心燃料出 口温度(°C)	1次系流量	安全棒	CR-1	CR-2
1. 試験開始前データ 10時00分(確認)	50			469	100%	4本 全引抜	468	468
		(A) 370	(A) 435					
		(B) 370	(B) 435					
2. 55 MW 開始 10時02分 到達 10時25分				478			478	478
		(A) 370	(A) 442					
		(B) 370	(B) 441					
3. 60 MW 開始 11時15分 到達 12時00分				490			487	488
		(A) 370	(A) 450					
		(B) 370	(B) 450					
4. 65 MW 開始 13時20分 到達 13時55分				497			495	494
		(A) 370	(A) 455					
		(B) 370	(B) 455					

試験名称		測定日	プラント状態				
出力上昇試験 PT-01		7月11日	50MW→65MW出力上昇(20分保持)				
番号	測定項目	ナトリウム温度(℃)					
		9:59	10:38	11:03	13:11	13:56	
20	原子炉出力 MW	50	55	56	61	66	
19	A/C 出口合流点Na温度 (B)	360	358	357	358	359	
18	A/C 出口合流点Na温度 (A)	350	347	347	347	348	
17	A/C 入口 Na 温度 (B)	420	422	422	430	433	
16	A/C 入口 Na 温度 (A)	410	414	412	420	421	
15	A/C 出口空気温度 (2B)	282	282	281	279	278	
14	" (2A)	263	253	252	248	242	
13	" (1B)	280	272	271	261	255	
12	A/C 出口空気温度 (1A)	268	256	255	249	243	
11	A/C 出口 Na 温度 (2B)	361	359	360	360	360	
10	" (2A)	350	349	349	350	350	
9	" (1B)	361	359	360	360	360	
8	A/C 出口 Na 温度 (1A)	350	349	349	350	350	
7	1次補助 IHX 出口温度	411	415	415	410	415	
6	1次補助 IHX 入口温度	391	395	395	390	391	
5	原子炉出口温度 (B)	435	441	441	450	456	
4	原子炉出口温度 (A)	435	442	442	450	456	
3	原子炉入口温度 (B)	370	370	370	370	370	
2	原子炉入口温度 (A)	370	370	370	370	370	
1	オーパフロータンク温度	395	393	395	405	407	

出力上昇試験(50 MW→65 MW)出力と制御棒位置

1979. 7. 11 測定

時刻	9 : 5 7	1 0 : 5 5	1 3 : 0 5	1 4 : 2 7
原子炉出力(MW)	5 0	5 6	6 1	6 6
Ch.6 (%)	6 6.1	7 2.7	8 0.0	8 5.6
Ch.7 (%)	6 6.2	7 3.0	8 0.3	8 5.7
Ch.8 (%)	6 6.3	7 3.3	8 0.7	8 6.0
RR - 1 位置 (mm)	4 6 8	4 7 8	4 8 7.0	4 9 4.9
RR - 2 位置 (mm)	4 6 8	4 7 8	4 8 7.7	4 9 4.4

SR - 1 9 0 0.3 mm

SR - 2 9 0 1.0 mm

SR - 3 8 9 9.7 mm

SR - 4 9 0 0.9 mm

出力上昇試験プラント主要データ(50MW→65MW)

1979. 7. 11測定

	測定場所	単位	警報 設定値	時刻 炉出力 計器番号	9:45	10:55	13:05	13:55	17:05
					50	55	60	65	65
1	破損燃料検出設備(DN法)	cps	-		1600	1800	2000	2200	2200
2	" (CG法)	cps	-		(0.48×10^5) 80	(0.54×10^5) 90	(0.49×10^5) 81	(0.54×10^5) 90	(0.55×10^5) 91
3	格内床上放射線量率 ①	mR/h	10	A-	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
4	" ②	mR/h	10	B- 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
5	" ③	mR/h	10	C- 1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
6	コントロールセンタ	mR/h	2	A- 5	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018
7	エアロック付近	mR/h	2	B- 5	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018
8	炉上部ピット	mR/h	50	C- 5	5	6	7	7.5	7.5
9	主循環ポンプ上蓋(A)	mR/h	10	C- 6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
10	" (B)	mR/h	10	B- 6	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
11	中央制御室	mR/h	0.2	A- 9	0.024	0.024	0.025	0.023	0.024
12	管理区域出入口	mR/h	2	B- 9	0.019	0.019	0.020	0.020	0.019
13	格納容器空調換気系(ガス)	cps	BG+ 7	B-22	0.9	1.2	1.0	1.0	1.0
14	" (ダスト)	cps	BG+75	A-22	5.0	4.0	4.5	5.0	5.5
15	スタックガス	cps	BG+ 7	B-24	1.3	1.3	1.3	1.7	1.2

* BG:バックグラウンド

主送風機電流測定
(中制盤)

1979. 7. 11 測定

番号	時分	炉出力 (Ch.6) [MW]	主送風機電流 [A]				備考
			1 A	2 A	1 B	2 B	
1	9:45	50	51	50	49	50	
2	10:35	55	54	52	50	50	
3	10:55	56	54	52	50	50	
4	13:05	61	55	54	51	53	
5	14:05	65	56	55	53	54	

主送風機吐出圧，入口空気温度記録

1979. 7. 11 測定

時刻		9:55	10:40	11:00	13:15	14:00
1	原子炉出力 [MW]	50	55	55	60	65
2	主送風機吐出圧 (1A)	+15.2	+23.8	+22.8	+32.1	+38.1
3	" (2A)	+16.9	+24.1	+25.0	+34.3	+41.7
4	" (1B)	+ 8.6	+14.5	+15.8	+22.5	+29.1
5	" (2B)	+ 6.3	+12.3	+13.2	+21.4	+27.2
6	主送風機入口空気温度 (A) [°C]	26.0	26.1	26.2	26.4	26.1
7	" (B) [°C]	26.5	26.6	26.7	27.0	26.5

ベーン現場開度記録

1979. 7. 11 測定

	時 刻	9:45	10:40	11:00	13:15	14:00
1	原子炉出力 (MW)	50	55	55	60	65
2	ベーン開度(1A)(ドライブユニット)(%)	26	32	30	34	38
3	" (アーム部) (%)	26	31	29	33	36
4	ベーン開度(2A)(ドライブユニット)(%)	25	28.2	28	32	34
5	" (アーム部) (%)	25	28	28	32	34
6	ベーン開度(1B)(ドライブユニット)(%)	23	26	26	29	32
7	" (アーム部) (%)	20	22.2	22.2	25	27
8	ベーン開度(2B)(ドライブユニット)(%)	20.2	23	23.2	26	28.2
9	" (アーム部) (%)	18	21	21	23.8	26

主冷却器温度設定値, 開度指示値

中制盤(432)温度調節計指示値

1979. 7. 11 測定

	時 刻	9:45	10:35	10:55	13:05	14:05
1	原子炉出力(MW)	50	56	56	61	65
2	(1A) 温度設定値	350	348	348	348	348
3	(") 開度指示	39	36	37	35	33
4	(2A) 温度設定	350	348	348	348	348
5	(") 開度指示値	38	36	37	35	32
6	(1B) 温度設定値	360	360	360	360	360
7	(") 開度指示値	39	38	38	36	34
8	(2B) 温度設定値	360	360	360	360	360
9	(") 開度指示値	41	40	39	37	36

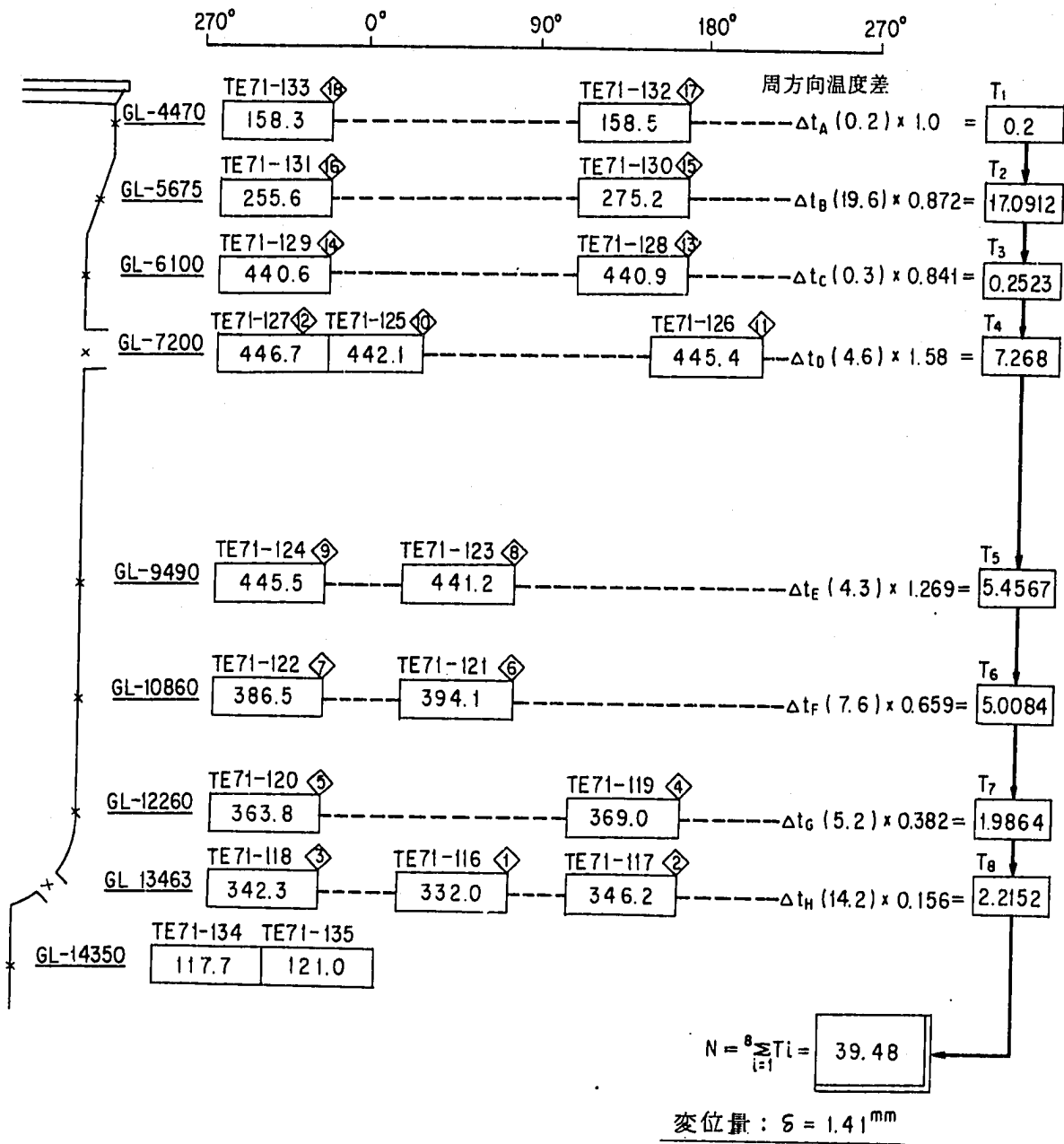
1979. 7. 11 測定

項目	時刻				
	9:45	10:35	10:55	13:05	14:05
1 原子力出力 (MW)	50	56	56	61	65
2 1次系流量 (A) (m^3/hr)	1225	1230	1230	1230	1230
3 " (B) (m^3/hr)	1215	1220	1220	1220	1220
4 1次補助系流量 (m^3/hr)	-16	-16	-16	-16	-16
5 オーパフロー系流量 (m^3/hr)	12	12	12	12	12
6 2次系流量 (A) (m^3/hr)	1280	1280	1280	1280	1280
7 " (B) (m^3/hr)	1250	1250	1250	1250	1250

原子炉容器壁面温度記録 (65MW出力上昇時)

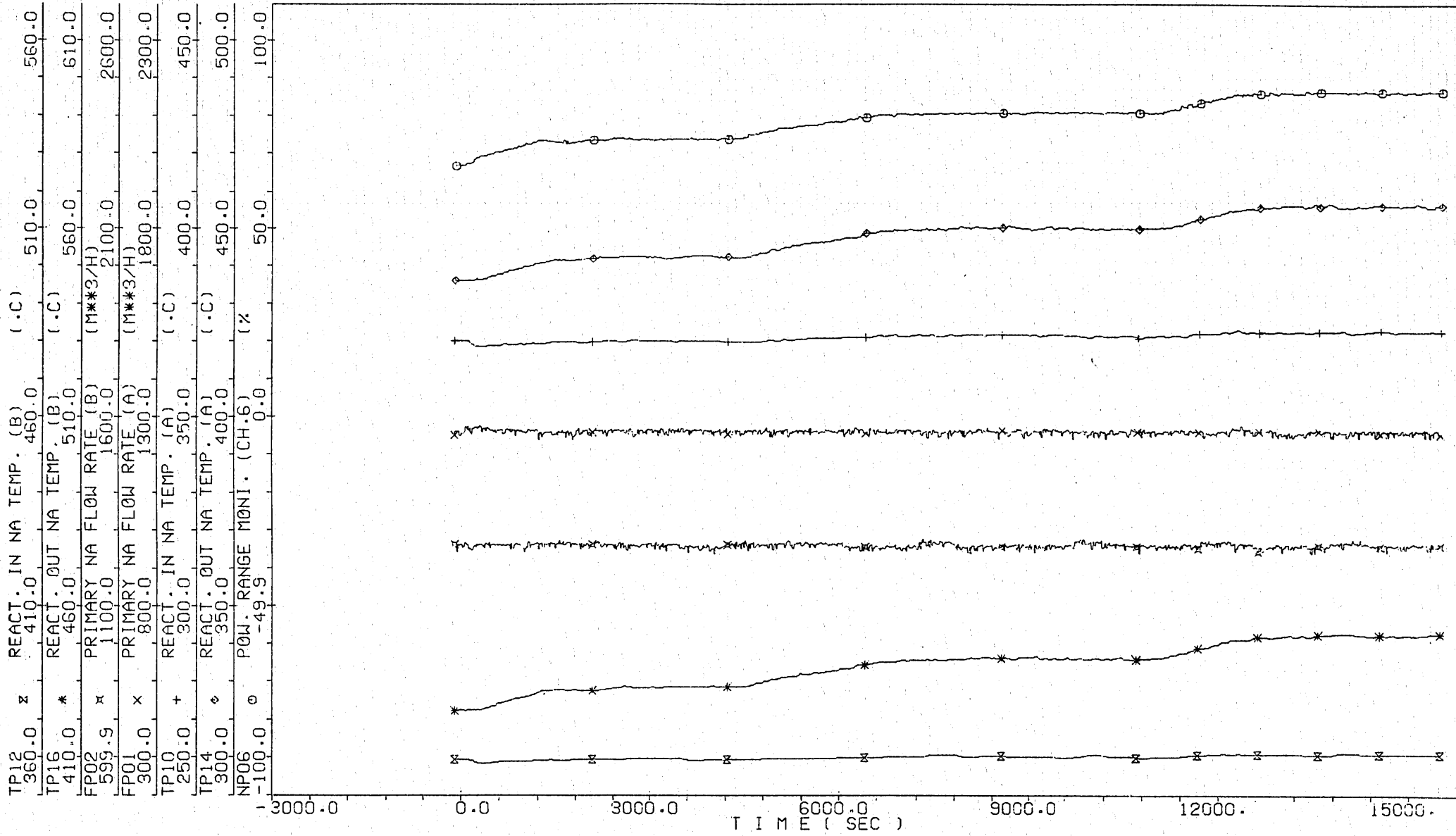
1979. 7. 11 測定

TAG	TIME No	TIME			
		10:00	11:00	13:00	14:00
TE71-135	20	116.3	115.9	117.0	117.0
-134	19	115.3	115.3	115.2	115.3
-133	18	142.1	142.6	142.5	142.6
-132	17	132.9	133.2	132.7	133.1
-131	16	244.2	244.2	245.7	246.9
-130	15	256.5	256.8	258.2	259.1
-129	14	420.8	425.5	433.3	438.1
-128	13	421.1	426.3	434.1	439.0
-127	12	426.9	431.8	440.1	444.7
-126	11	425.8	430.4	438.9	443.7
-125	10	422.5	426.8	435.9	440.4
-124	9	426.0	430.7	439.1	444.5
-123	8	422.9	427.8	435.4	440.3
-122	7	388.9	390.3	388.0	387.2
-121	6	394.7	395.9	395.4	395.0
-120	5	361.3	361.5	363.0	363.9
-119	4	366.8	367.0	368.4	368.9
-118	3	341.5	341.5	342.9	343.9
-117	2	345.5	345.2	346.1	346.3
TE71-116	1	331.1	330.7	332.1	332.8
ΔT (°C)		46.49	40.69	41.83	42.18
変位 (mm)		1.16	1.45	1.49	1.5
出力 (MW)		50	55	60	65



原子炉容器周方向温度差監視シート
(出力65 MW)

411



JOYO POWER UP TEST (50 MW ---- 65 MW)

付録4 7万5千kW達成時プラントデータ

1. 達成日時 昭和54年7月16日
 11時38分
2. 原子炉出力 7万5千kW
3. 1次系プラントデータ
 - (1) 原子炉入口温度 370℃
 - (2) 原子炉出口温度 467℃
 - (3) 中心燃料出口温度 518℃
 - (4) 1次冷却材流量 100%
4. 制御棒位置

<u>安全棒</u>		<u>全引抜</u>
<u>調整棒</u>	<u>No.1</u>	<u>515mm</u>
	<u>No.2</u>	<u>521mm</u>

75 MW出力上昇試験(その2)〔75 MWへの出力上昇〕

1979年7月16日

記 事	炉出力 (MW)	1次系プラントデータ				制御棒位置 (mm)		
		炉入口温度 (°C)	炉出口温度 (°C)	中心燃料出 口温度(°C)	1次系流量	安全棒	調整棒(1)	調整棒(2)
1. 試験開始前データ <u>10時18分(確認)</u>	65			<u>499</u>	100%	4本 全引抜	<u>515</u>	<u>486</u>
		(A) <u>370</u>	(A) <u>458</u>					
		(B) <u>370</u>	(B) <u>454</u>					
2. 70 MW 開始 <u>10時29分</u> 到達 <u>11時02分</u>	70			<u>507</u>			<u>515</u>	<u>500</u>
		(A) <u>370</u>	(A) <u>463</u>					
		(B) <u>370</u>	(B) <u>460</u>					
3. 75 MW 開始 <u>11時09分</u> 到達 <u>11時38分</u>	75			<u>518</u>			<u>515</u>	<u>521</u>
		(A) <u>370</u>	(A) <u>468</u>					
		(B) <u>370</u>	(B) <u>466</u>					

試験名称		測定日	プラント状態			
出力上昇試験 (PT-01)		7月16日	65MW → 75MW 出力上昇			
番号	測定項目	ナトリウム温度 (°C)				
		10:03	10:19	11:03	11:38	
20	原子炉出力 MW	65	65	70	75	
19	A/C 出口合流点 Na 温度 (B)	358	357	355	355	
18	A/C 出口合流点 Na 温度 (A)	341	343	340	340	
17	A/C 入口 Na 温度 (B)	435	435	440	448	
16	A/C 入口 Na 温度 (A)	422	422	429	431	
15	A/C 出口空気温度 (2B)	270	270	270	261	
14	" (2A)	235	234	230	221	
13	" (1B)	251	250	245	238	
12	A/C 出口空気温度 (1A)	236	235	230	222	
11	A/C 出口 Na 温度 (2B)	360	360	359	366	
10	" (2A)	345	344	344	340	
9	" (1B)	360	360	359	360	
8	A/C 出口 Na 温度 (1A)	345	344	344	340	
7	1次補助 IHX 出口温度	424	423	428	431	
6	1次補助 IHX 入口温度	402	401	405	406	
5	原子炉出口温度 (B)	454	454	460	468	
4	原子炉出口温度 (A)	458	458	464	470	
3	原子炉入口温度 (B)	371	372	370	372	
2	原子炉入口温度 (A)	371	372	373	372	
1	オーバフロータンク温度	412	—	413	416	

出力上昇試験(65 MW → 75 MW)出力と制御棒位置

1979. 7. 16測定

時刻	10:03	11:07	11:38
原子炉出力(MW)	65	70	75
Ch.6 (%)	86	92	100
Ch.7 (%)	86	92	99.2
Ch.8 (%)	85.5	92	99.0
RR-1 (数)	515.3	515.3	515.3
RR-2 (数)	486.4	499.5	521.0

出力上昇試験プラント主要データ(65 MW → 75 MW)

1979. 7. 16測定

	測定場所	単位	警報 設定値	時刻 炉出力 計器番号	10:05	11:02	11:38
					65	70	75
1	破損燃料検出設備(DN法)	cps	-	-	2200	2400	2600
2	" (DG法)	cps	-	-	90	96	104
3	格内床上放射線量率 ①	mR/h	10	A-1	< 1	< 1	< 1
4	" ②	mR/h	10	B-1	< 1	< 1	< 1
5	" ③	mR/h	10	C-1	< 1	< 1	< 1
6	コントロールセンタ	mR/h	2	A-5	0.016	0.017	0.017
7	エアロック付近	mR/h	2	B-5	0.017	0.017	0.017
8	炉上部ピット	mR/h	50	C-5	7.5	8.0	8.5
9	主循環ポンプ上蓋 (A)	mR/h	10	C-6	< 1	< 1	< 1
10	" (B)	mR/h	10	B-6	< 1	< 1	< 1
11	中央制御室	mR/h	0.2	A-9	0.024	0.025	0.026
12	管理区域出入口	mR/h	2	B-9	0.019	0.019	0.019
13	格納容器空調換気系(ガス)	cps	BG+ 7	B-22	0.9	0.9	1.0
14	" (ダスト)	cps	BG+75	A-22	2.7	3.4	4.0
15	スタックガス	cps	BG+ 7	B-24	1.5	1.3	1.3

* BG:バックグラウンド

主送風機電流測定
(中制盤)

1979. 7. 16測定

時分	炉出力 (CH.6) [MW]	主送風機電流 [A]				備考
		1 A	2 A	1 B	2 B	
10:25	65	58.0	56.0	54.0	55.5	
11:03	69	59.0	57.5	56.0	57.0	
11:35	75	61.0	59.0	57.0	57.5	

主送風機吐出圧，入口空氣溫度記錄

1979. 7. 16測定

	時刻	10:30	11:05	11:48
1	原子炉出力 [MW]	65	69	75
2	主送風機吐出圧 (1A)	43.5	52.2	65.0
3	" (2A)	47.0	57.0	70.5
4	" (1B)	30.2	39.2	49.6
5	" (2B)	26.3	35.4	45.5
6	主送風機入口空氣溫度(A) [°C]	20	20	20
7	" (B) [°C]	20	20	20

ベーン現場開度記録

1979. 7. 16 測定

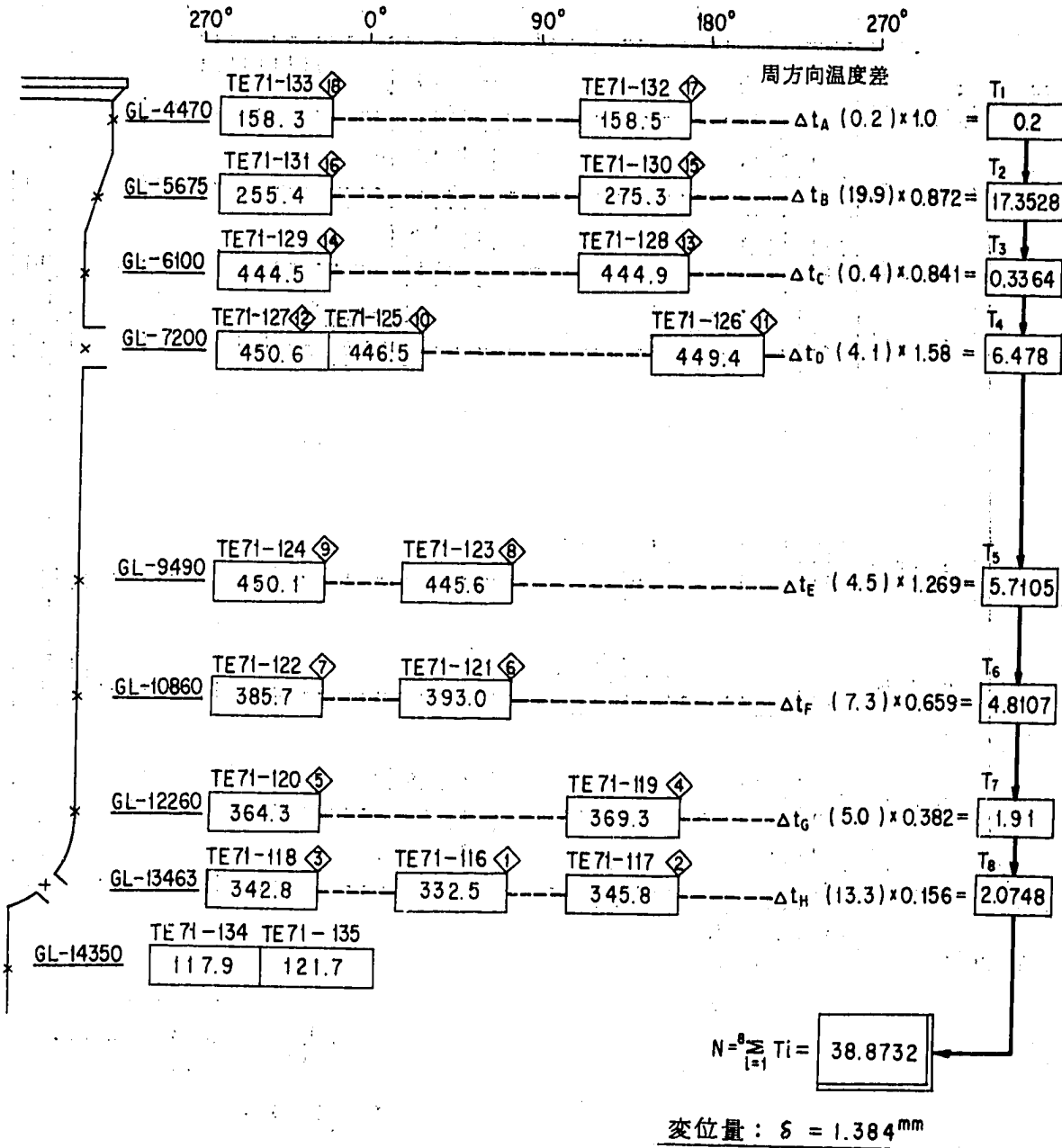
	時刻	10:28	11:08	11:53
1	原子炉出力 (MW)	65	70	75
2	ベーン開度(1A)(ドライブユニット)(%)	37	40	44.8
3	" (アーム部) (%)	36	38.5	43
4	ベーン開度(2A)(ドライブユニット)(%)	34.8	39	44
5	" (アーム部) (%)	35.0	39	44.1
6	ベーン開度(1B)(ドライブユニット)(%)	30.5	34.5	39.0
7	" (アーム部) (%)	26.5	30.2	34
8	ベーン開度(2B)(ドライブユニット)(%)	27.0	30.6	34.0
9	" (アーム部) (%)	25.0	28.4	32

主冷却器温度設定値, 開度指示値

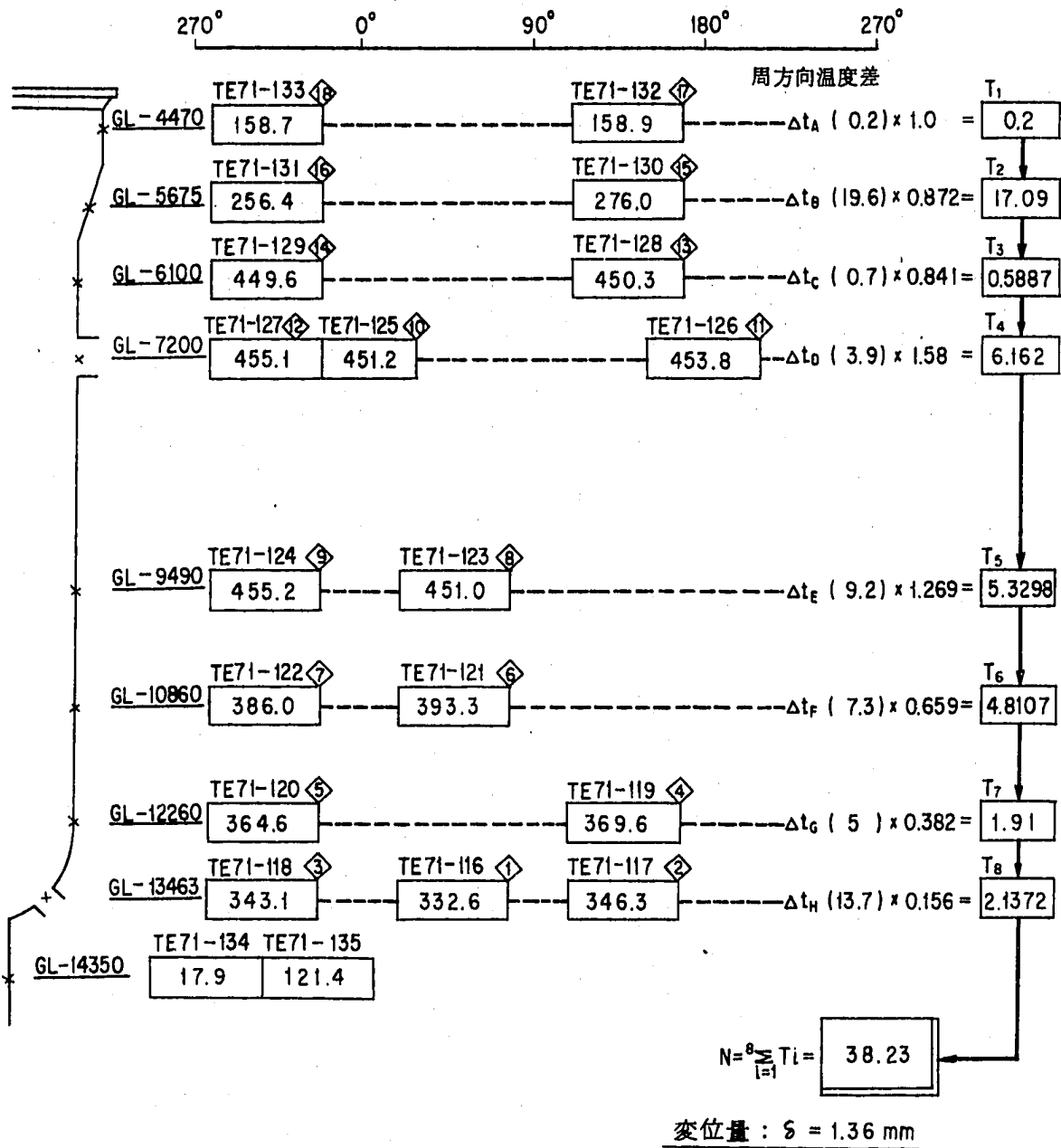
中制盤(432)温度調節計指示値

1979. 7. 16 測定

	時刻	10:25	11:03	11:35	TAG.NO.
1	原子炉出力	65MW	70MW	75MW	
2	(1A)温度設定値	345	344	343	TIC31.2-2A-1
3	(")開度指示	345	344	343	
4	(2A)温度設定	345	344	342	TIC31.2-2A-2
5	(")開度指示値	345	344	342	
6	(1B)温度設定値	360	360	360	TIC31.2-2B-1
7	(")開度指示値	360	360	360	
8	(2B)温度設定値	362	360	360	TIC31.2-2B-2
9	(")開度指示値	362	360	360	
10	(1A)ダンパー開度(%)	34	32	29	TIC31.2-2A-1
11	(2A) " (%)	34	30	27	TIC31.2-2A-2
12	(1B) " (%)	35	32	30	TIC31.2-2B-1
13	(2B) " (%)	37	35	33	TIC31.2-2B-2



原子炉容器周方向温度差監視シート
(出力70 MW)



原子炉容器周方向温度差監視シート
(出力75MW)

付録5 出力上昇試験結果

5.1 系統昇温特性

- 図 5.1 - 1 系統昇温曲線 ($7^{\circ}\text{C}/\text{hr}$)
- 図 5.1 - 2 系統昇温曲線 ($20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$)
- 図 5.1 - 3 R/V と OF/T 昇温曲線 (昇温率 $7^{\circ}\text{C}/\text{hr}$)
- 図 5.1 - 4 R/V と OF/T 昇温曲線 (昇温率 $20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$)
- 図 5.1 - 5 R/V と OF/T Na 温度差
- 図 5.1 - 6 1次主ポンプ (A) 昇温特性
- 図 5.1 - 7 1次主ポンプ (B) 昇温特性
- 図 5.1 - 8 2次D/T-A/C OUTLET (A ループ) 昇温曲線 (C/T 径由)
- 図 5.1 - 9 2次D/T-A/C OUTLET (B ループ) 昇温曲線 (C/T 径由)
- 図 5.1 - 10 A/C OUTLET と 2次D/T Na 昇温曲線 ($20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$, C/T バイパス)
- 図 5.1 - 11 A/C OUTLET と 2次D/T Na 温度差 ($20^{\circ}\text{C}/\text{hr}$ 昇温時, C/T バイパス)
- 図 5.1 - 12 回転プラグ表面温度 ($0 \sim 50 \text{ MW}$)
- 図 5.1 - 13 遮蔽コンクリート温度 ($0 \sim 50 \text{ MW}$)
- 図 5.1 - 14 格内雰囲気温度 ($0 \sim 50 \text{ MW}$)
- 図 5.1 - 15 黒鉛遮蔽体温度 ($0 \sim 50 \text{ MW}$)

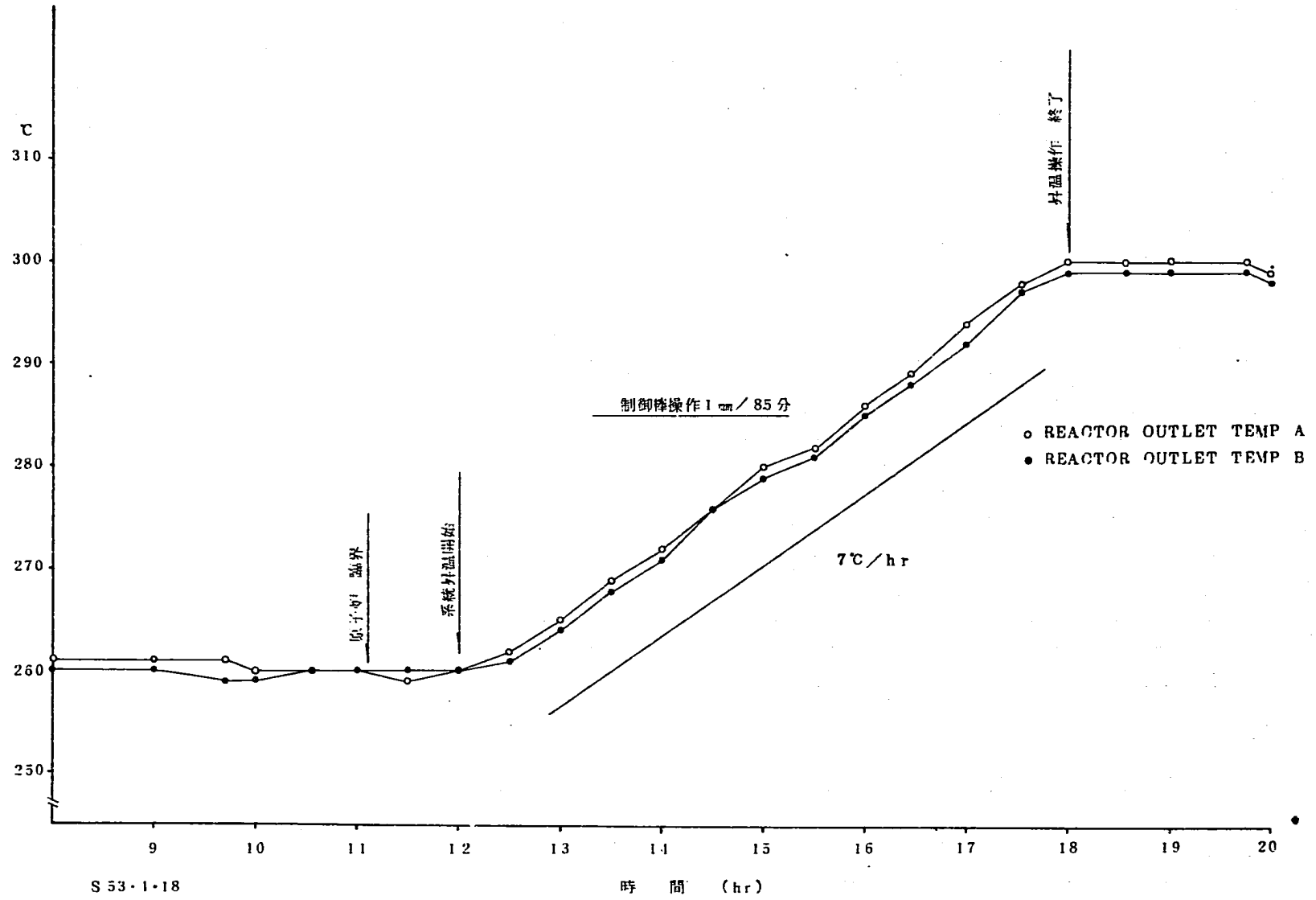


図 5.1 - 1 系統昇温曲線 (7°C/hr)

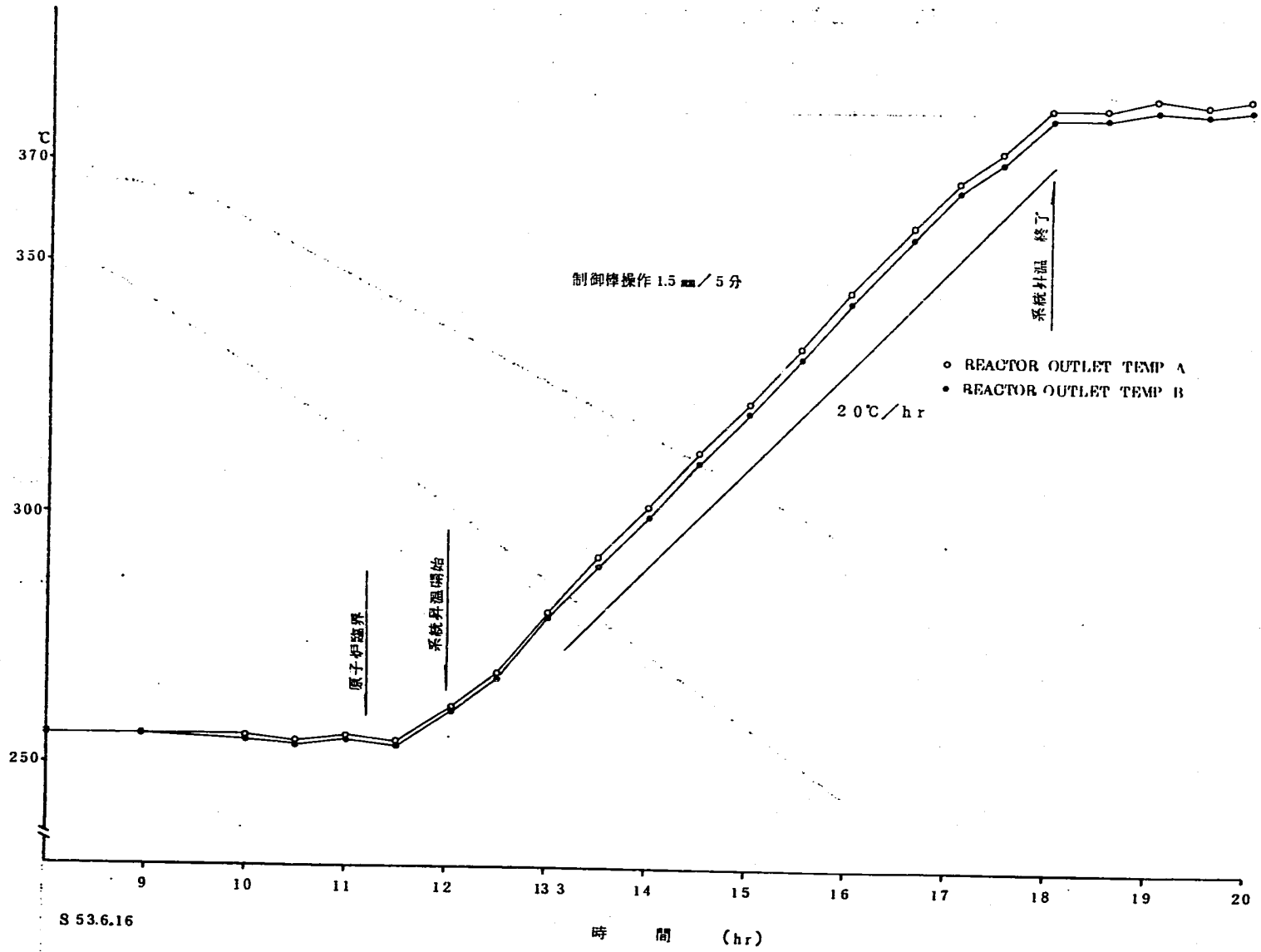


図 5.1 - 2 系統昇温曲線 (20°C/hr)

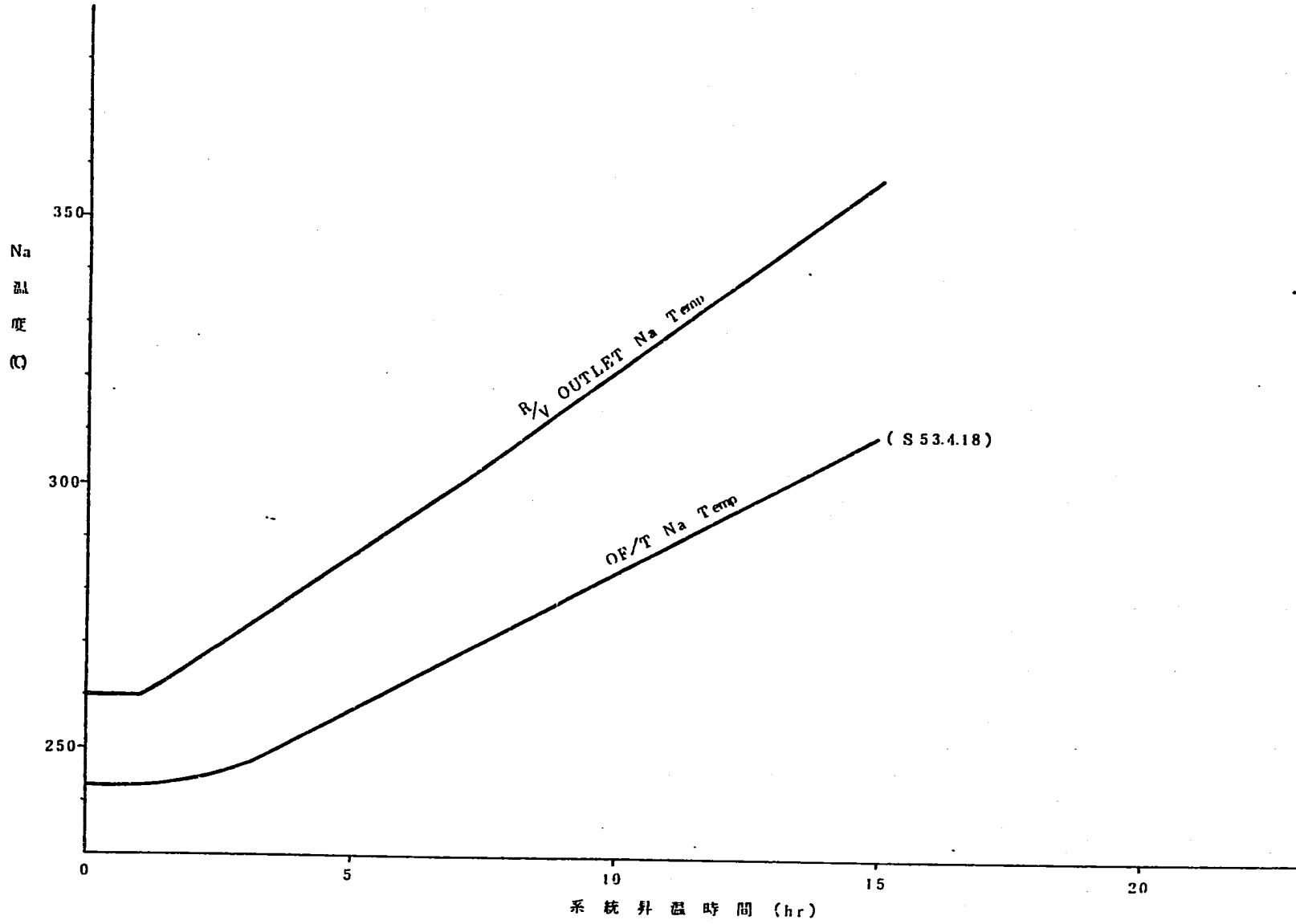


図 5.1 - 3 R/VとOF/T 昇温曲線 (昇温率 7°C/hr)

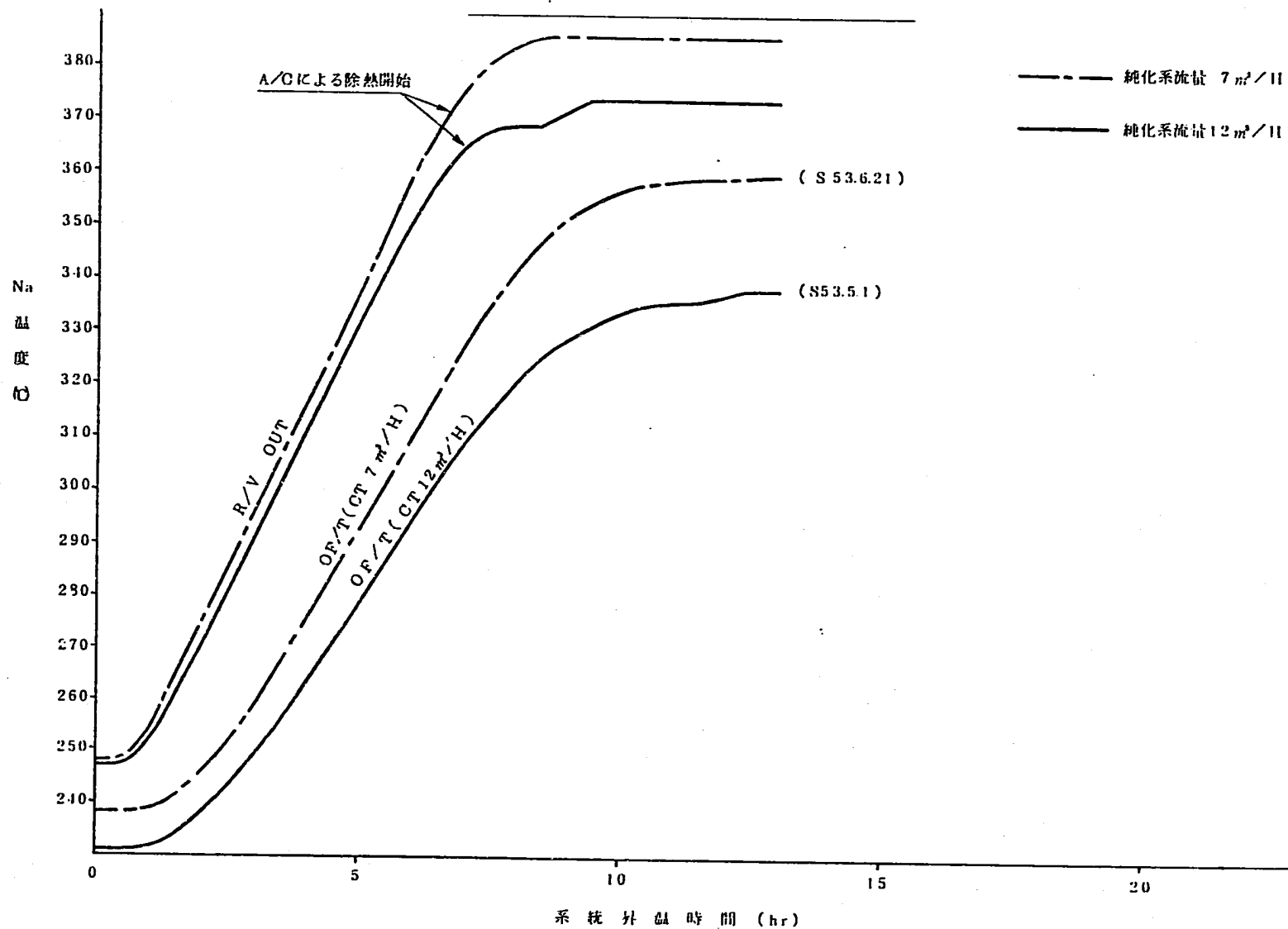


図 5.1 - 4 R/VとOF/T昇温曲線(昇温率 $20^\circ\text{C}/\text{hr}$)

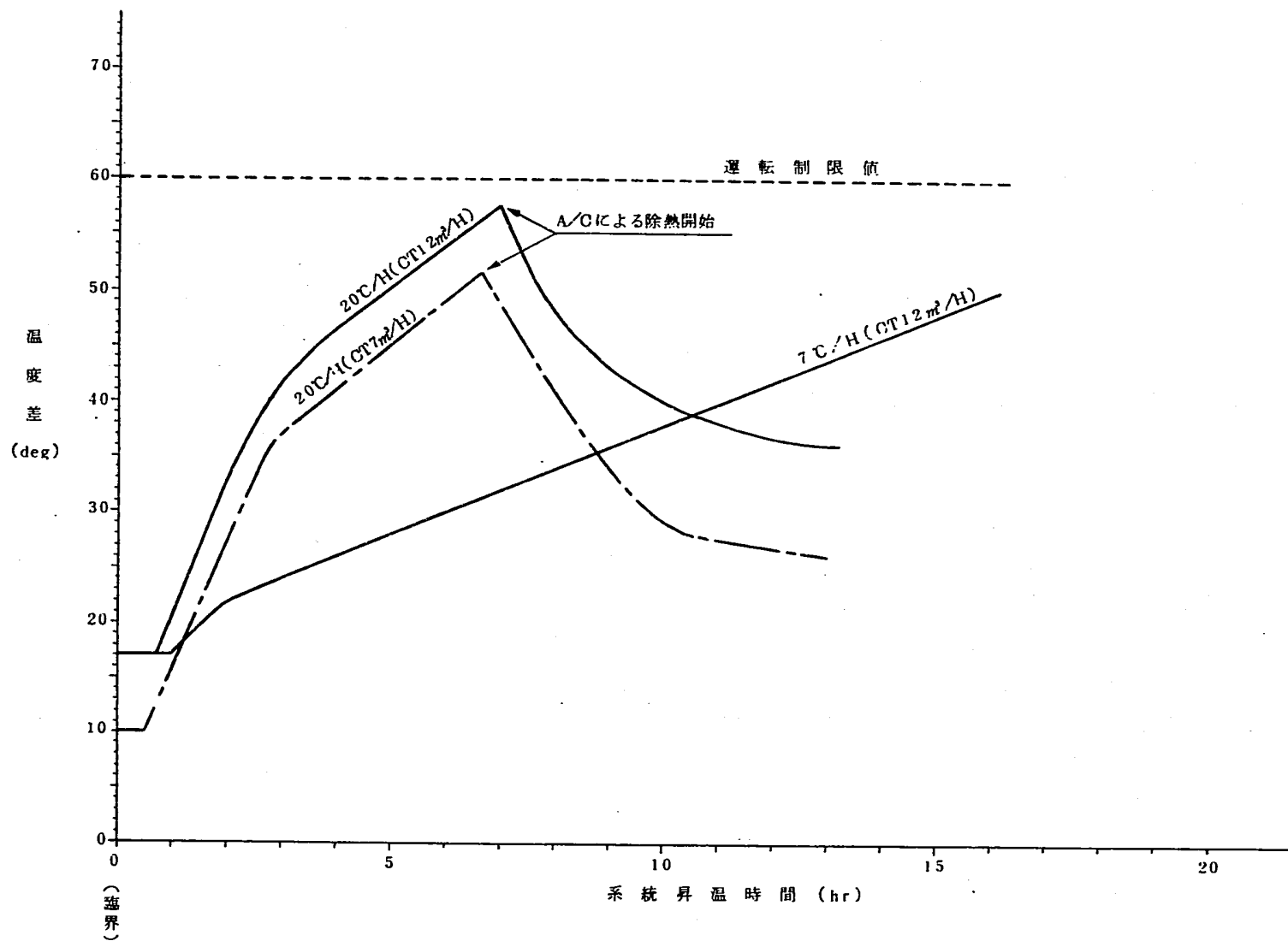


図 5.1 - 5 R/VとOF/T Na温度差

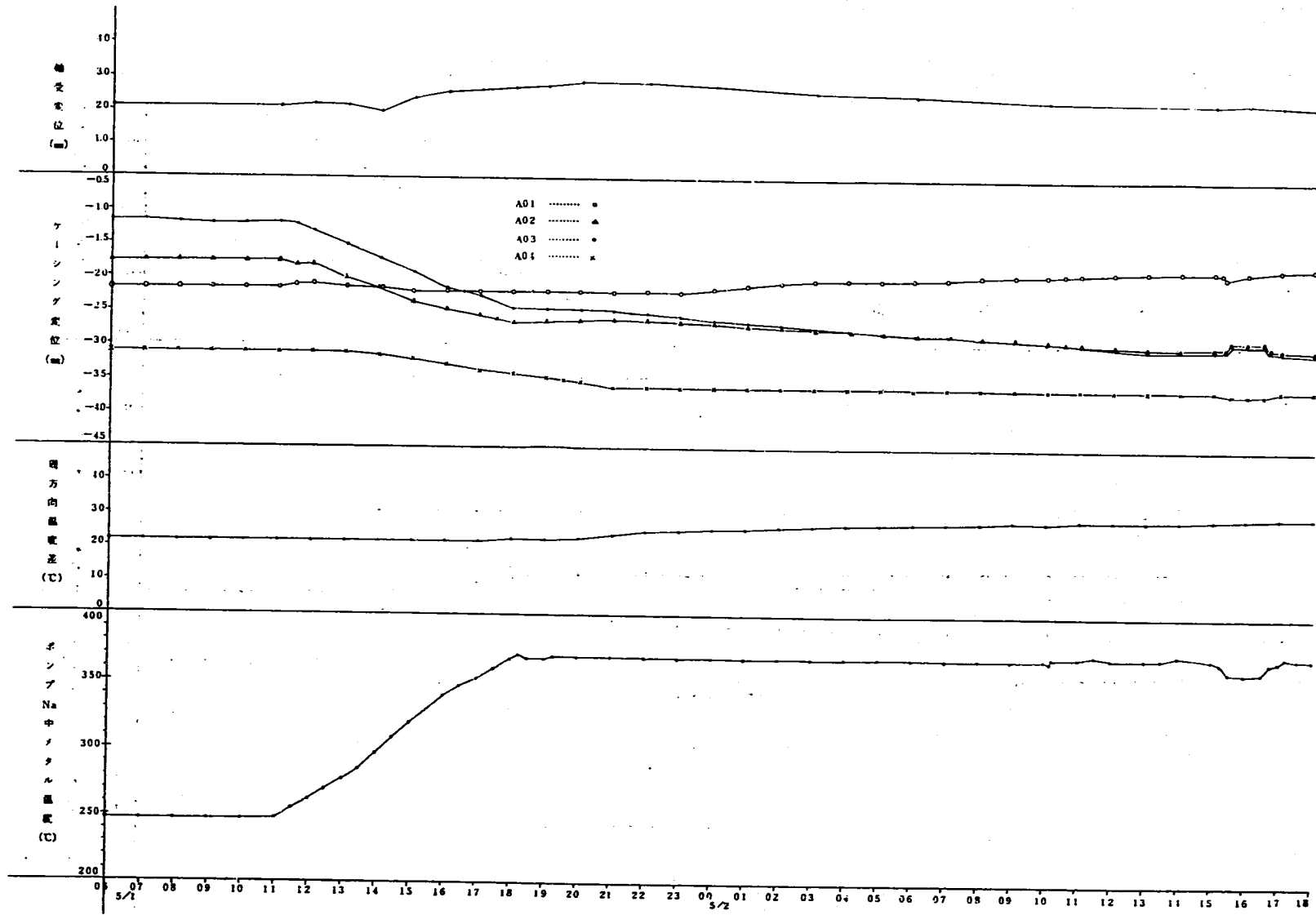


図 5.1 - 6 1次主ポンプ(A) 昇温特性 (250℃~370℃)

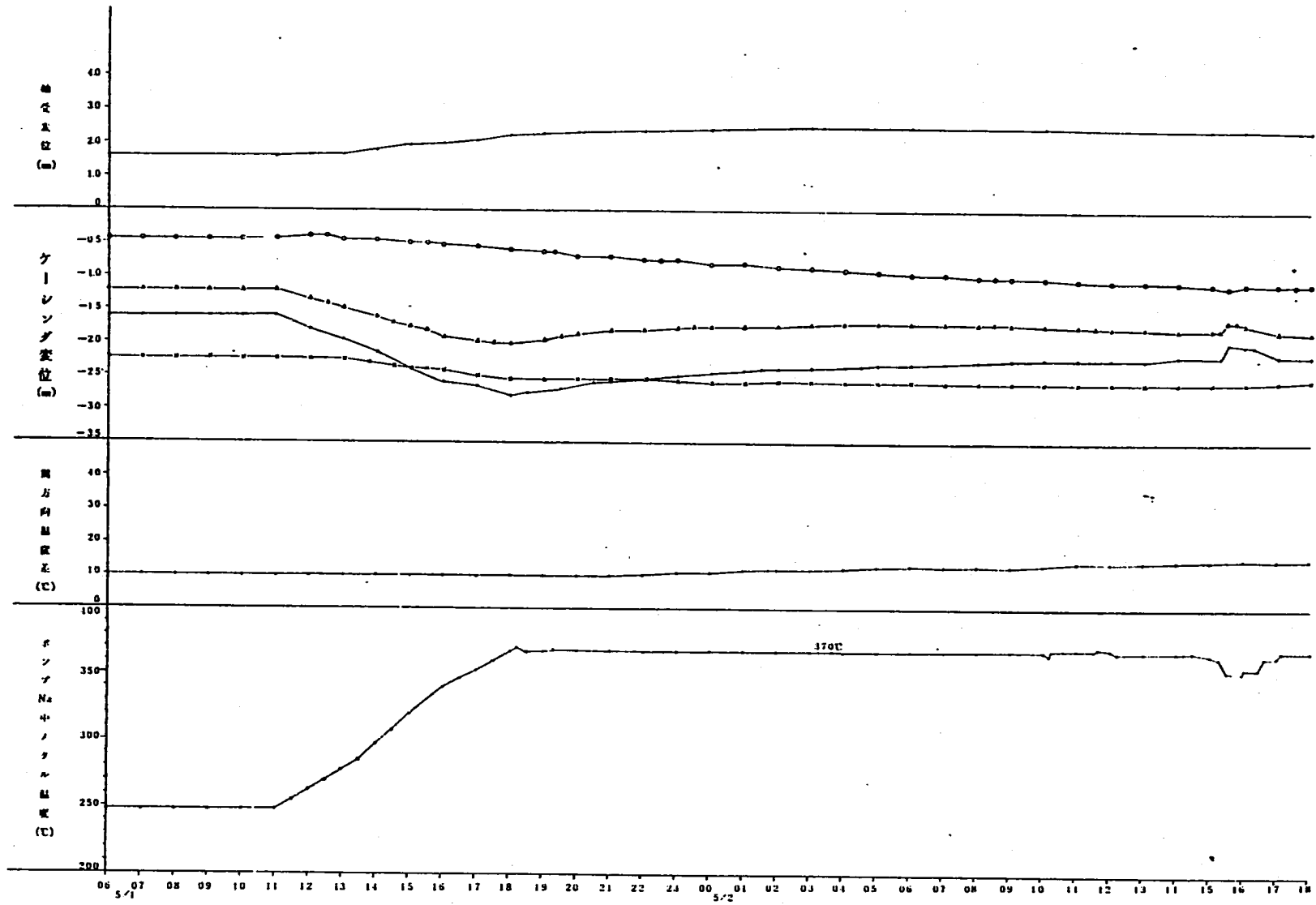


図 5.1 - 7 1次主ポンプ(B) 昇温特性 (250°C ~ 370°C)

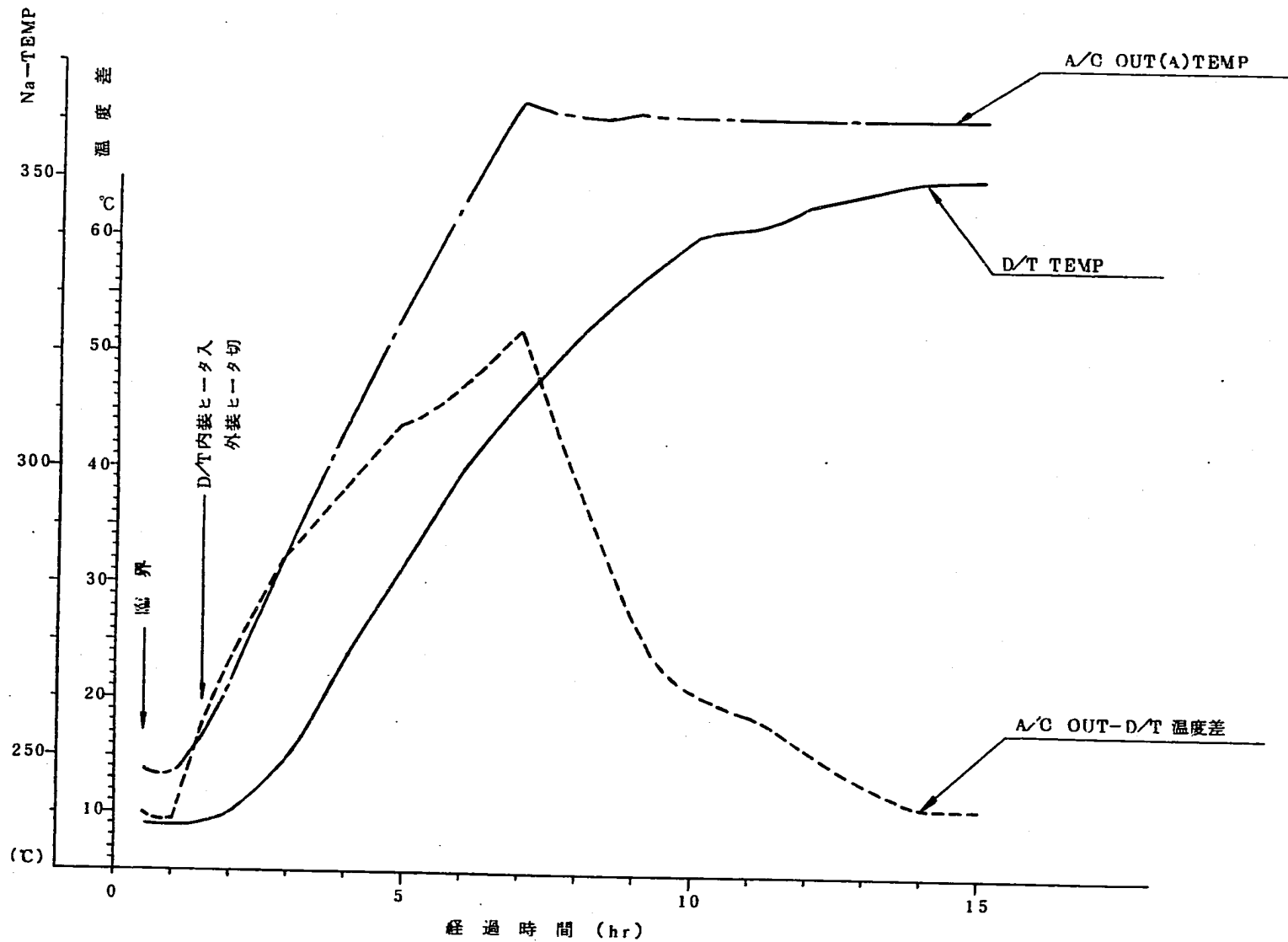


図 5.1 - 8 2次D/T-A/C OUTLET (Aループ) 昇温曲線 (C/T 経由)

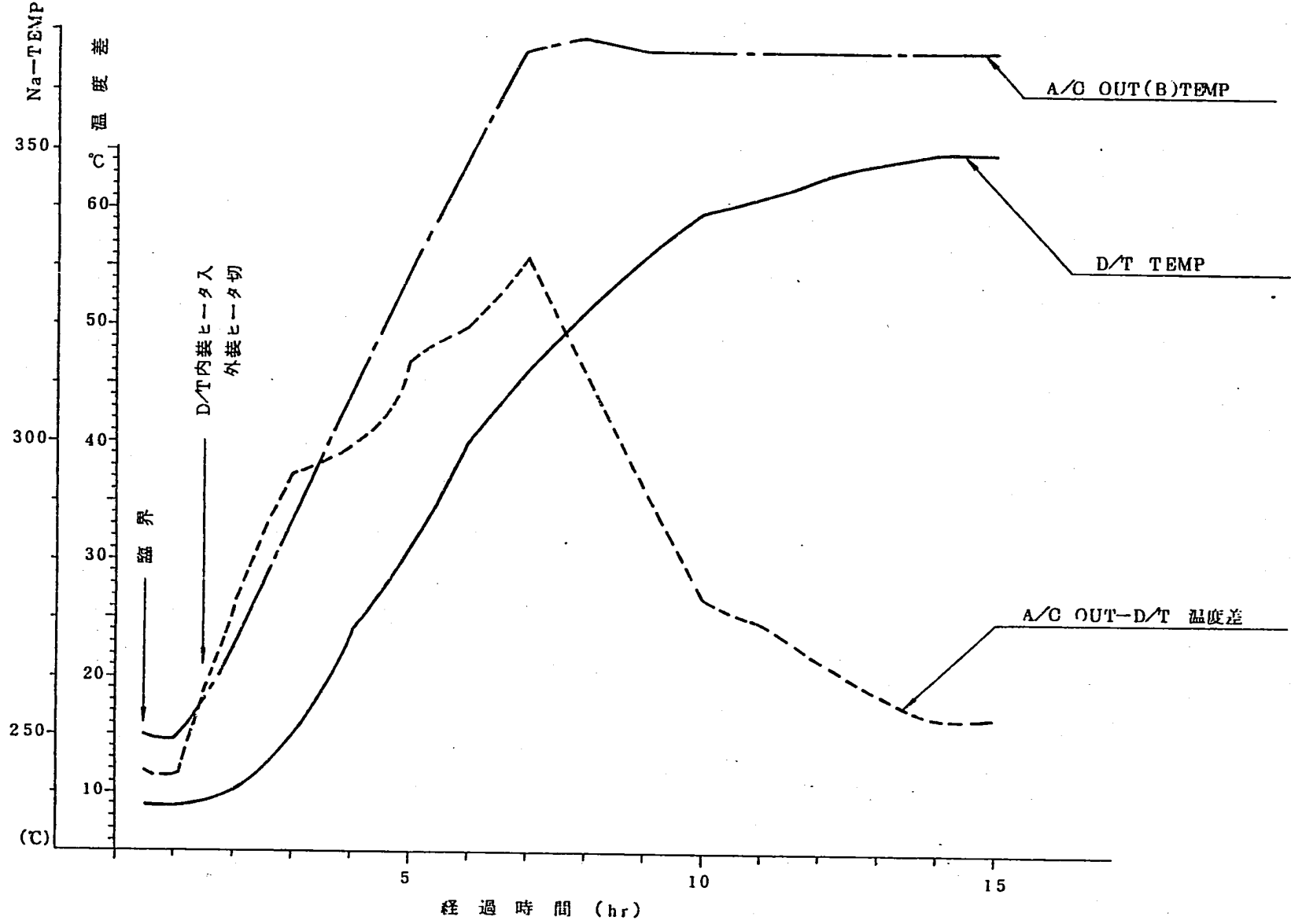


図 5.1.1-9 2次D/T-A/C OUTLET(Bループ)昇温曲線(C/T径山)

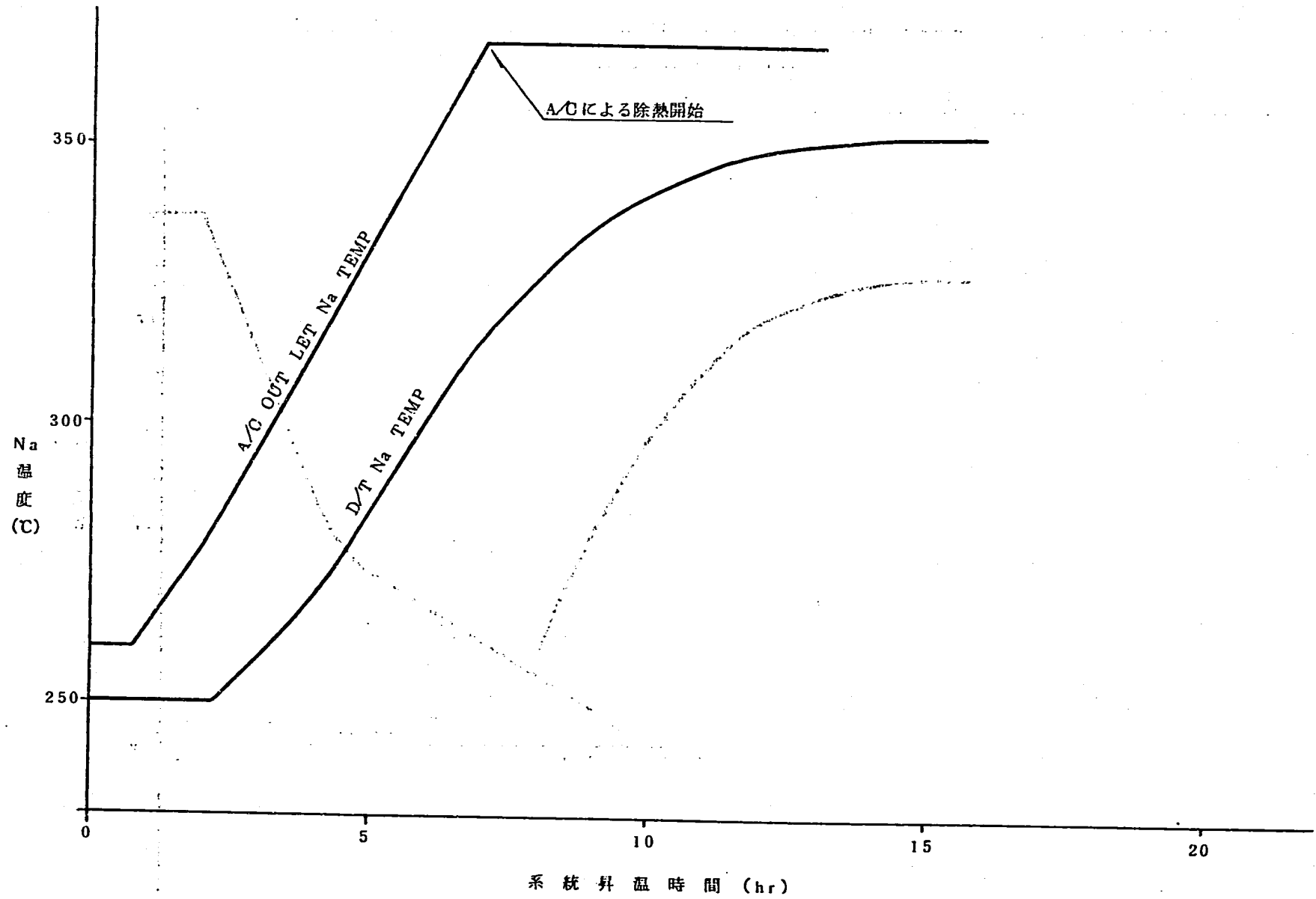


図 5.1 - 10 A/C OUTLETと2次D/T Na昇温曲線(20°C/hr, C/Tバイパス)

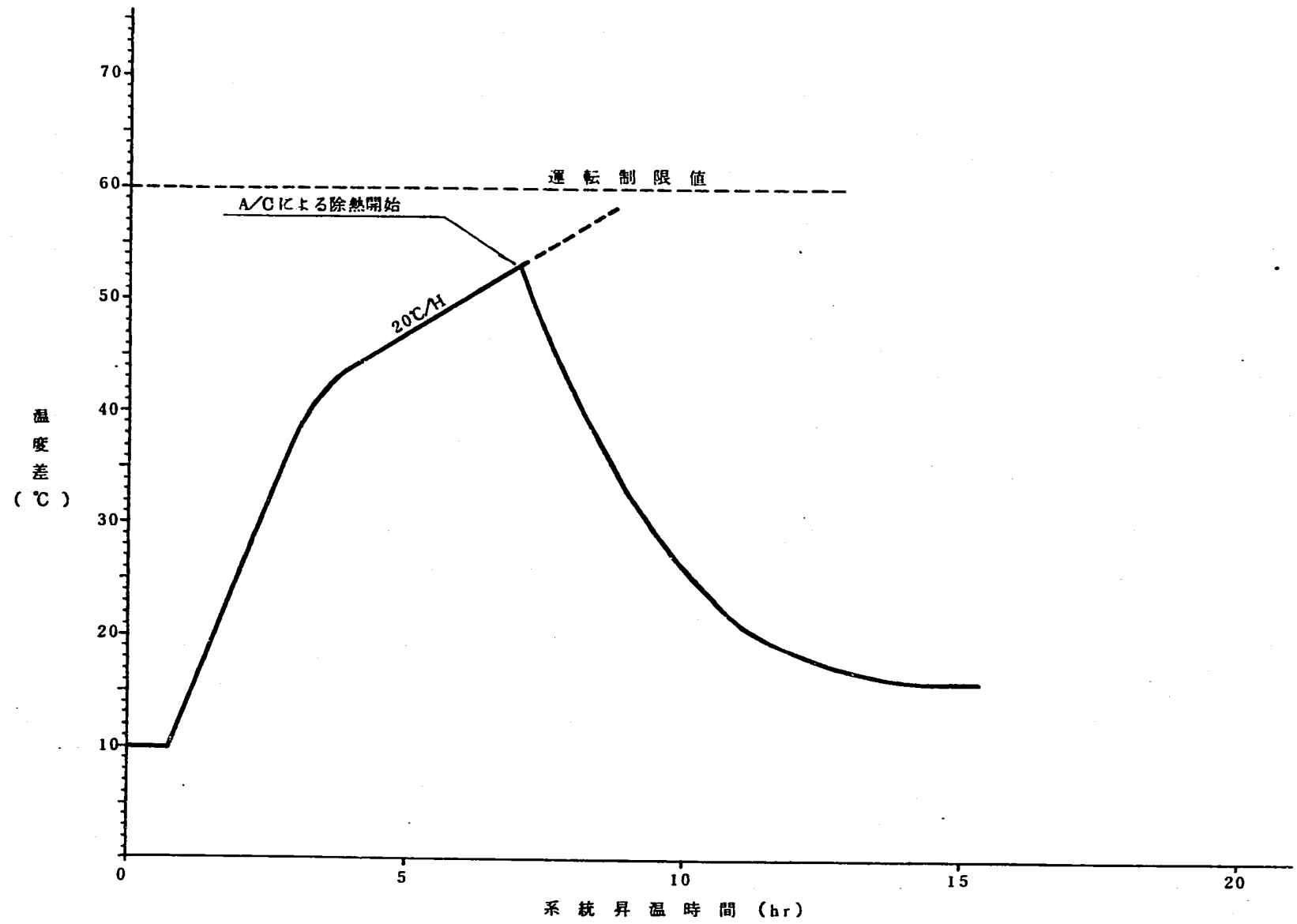


図 5.1 - 11 A/C OUTLET と 2 次 D/T Na 温度差 (20°C/hr 昇温時, C/T バイパス)

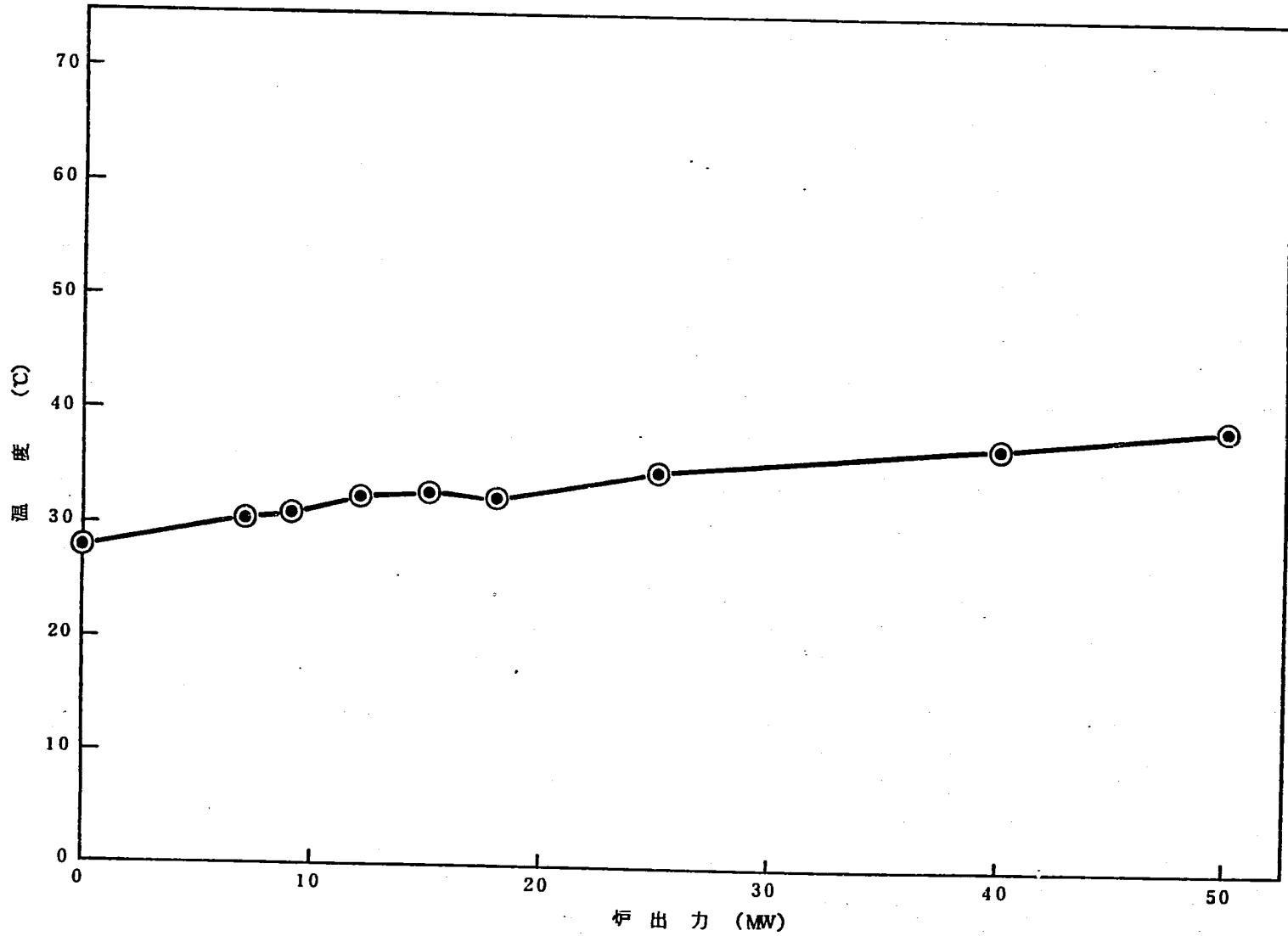


図 5.1 - 12 回転プラグ表面温度 (0 ~ 50 MW)

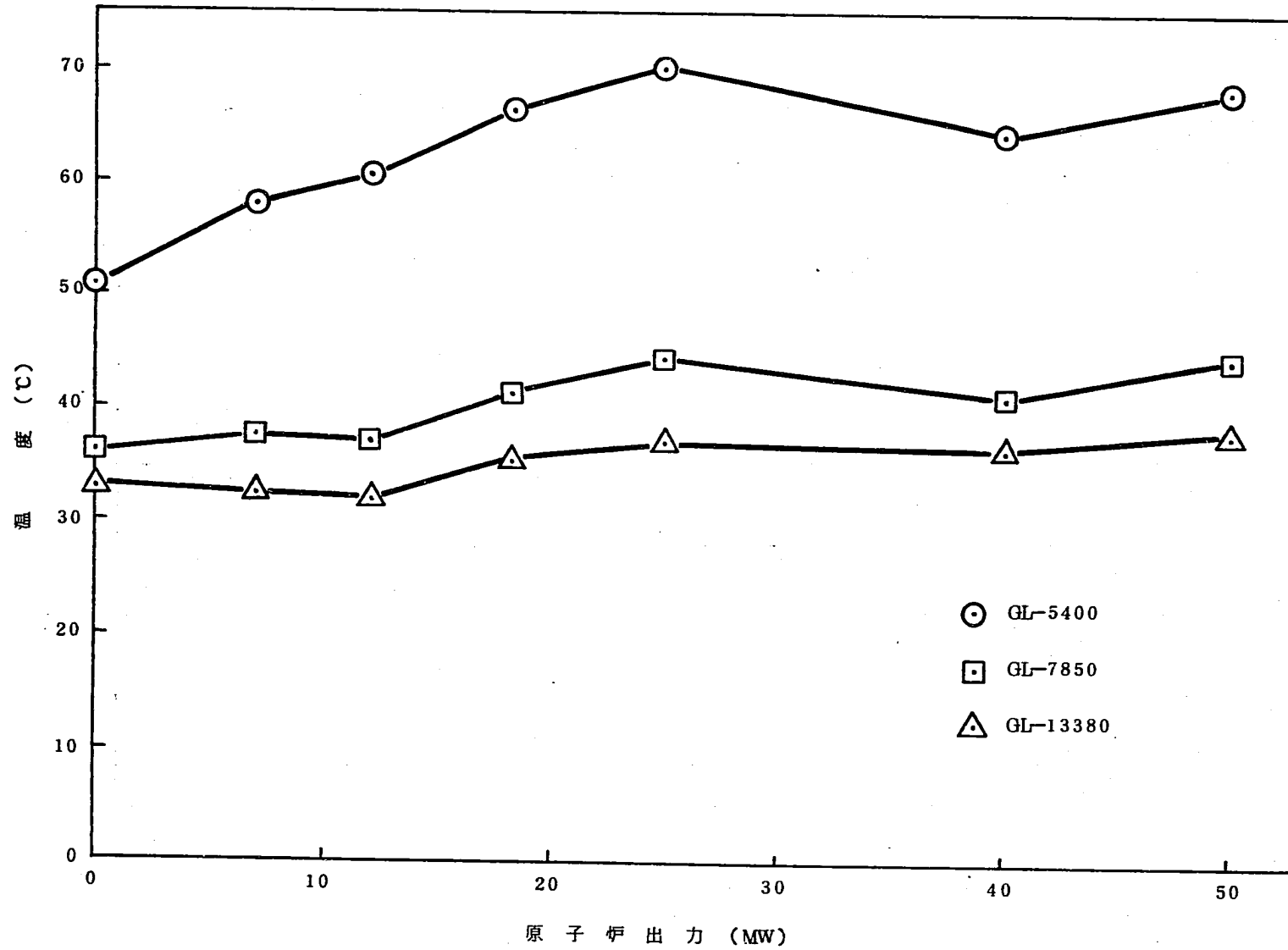


図 5.1 - 13 遮蔽コンクリート温度 (0 ~ 50 MW)

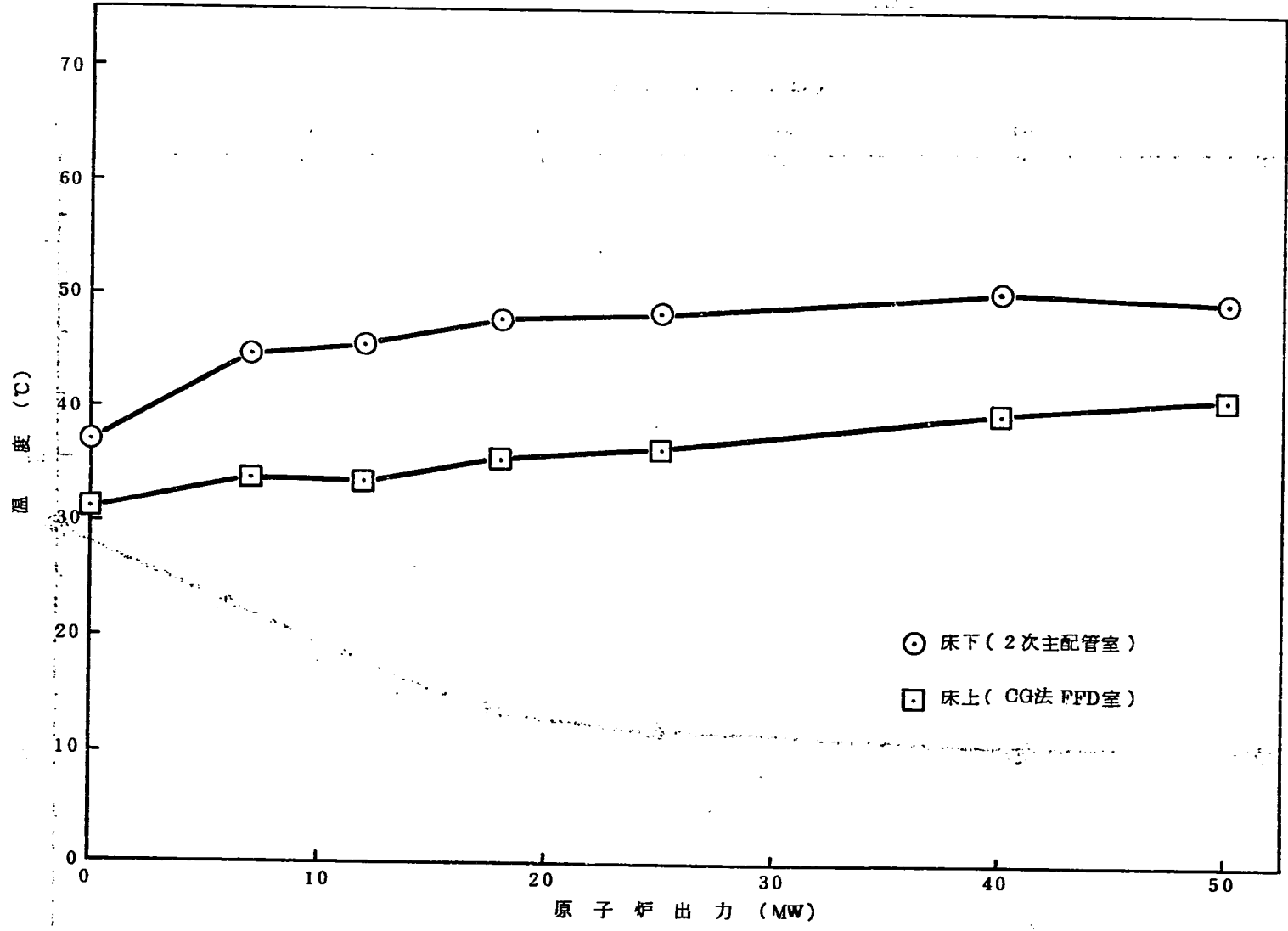


图 5.1 - 14 格内秀囲気温度 (0 ~ 50 MW)

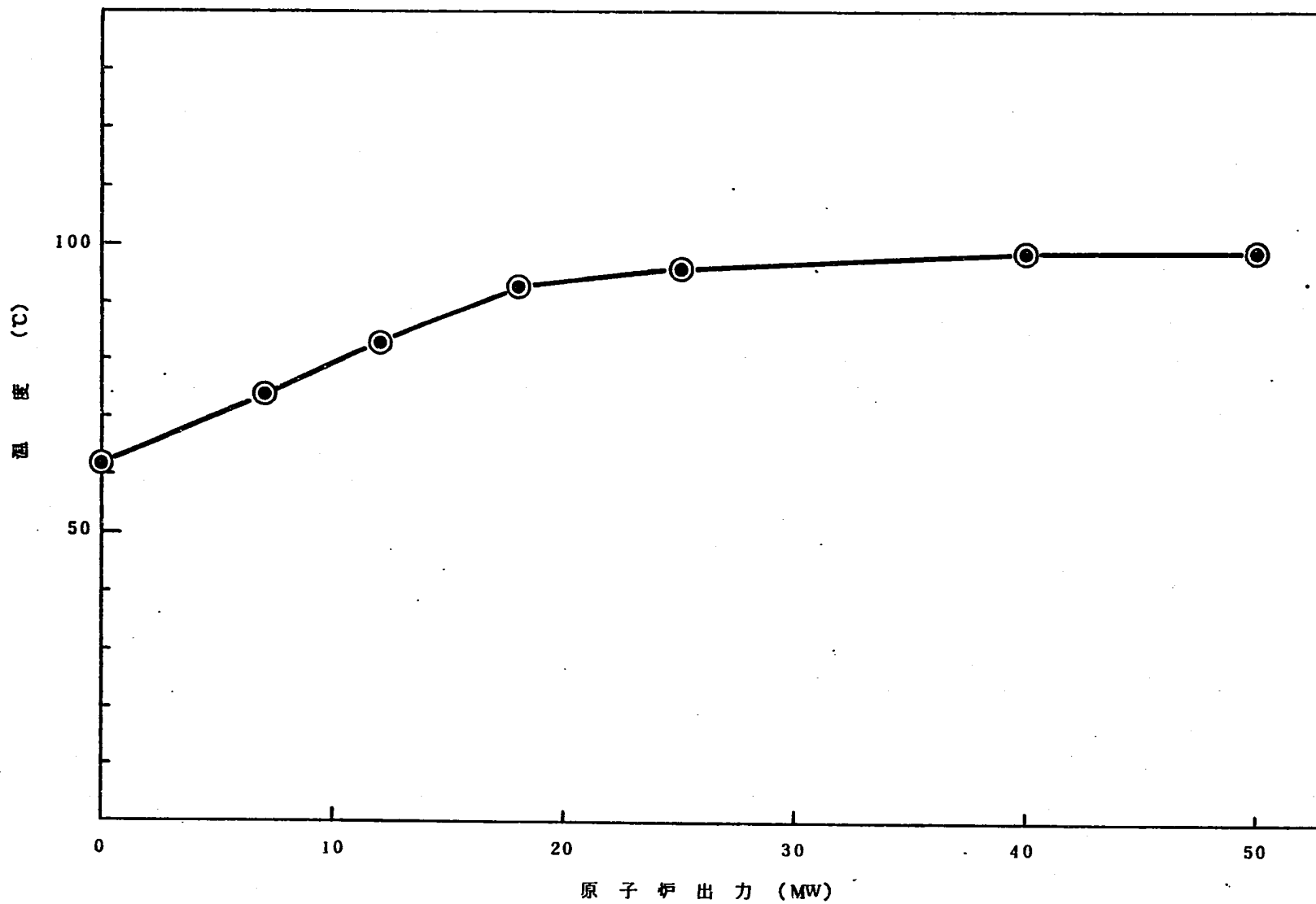


图 5.1 - 15 黑铅遮蔽体温度 (0 ~ 50 MW)

5.2 系統降溫特性

- 図 5.2 - 1 1次系系統降溫曲線(1)(9 MW 計画停止)
- 図 5.2 - 2 1次系系統降溫曲線(2)(主送風機(B)トリップ時降溫データ)
- 図 5.2 - 3 1次系系統降溫曲線(3)(50 MW 連続100時間運転時データ)
- 図 5.2 - 4 R/V-OF/T Na 温度差
- 図 5.2 - 5 2次系D/T-A/C OUTLET (Aループ)降溫曲線
- 図 5.2 - 6 2次系D/T-A/C OUTLET (Bループ)降溫曲線

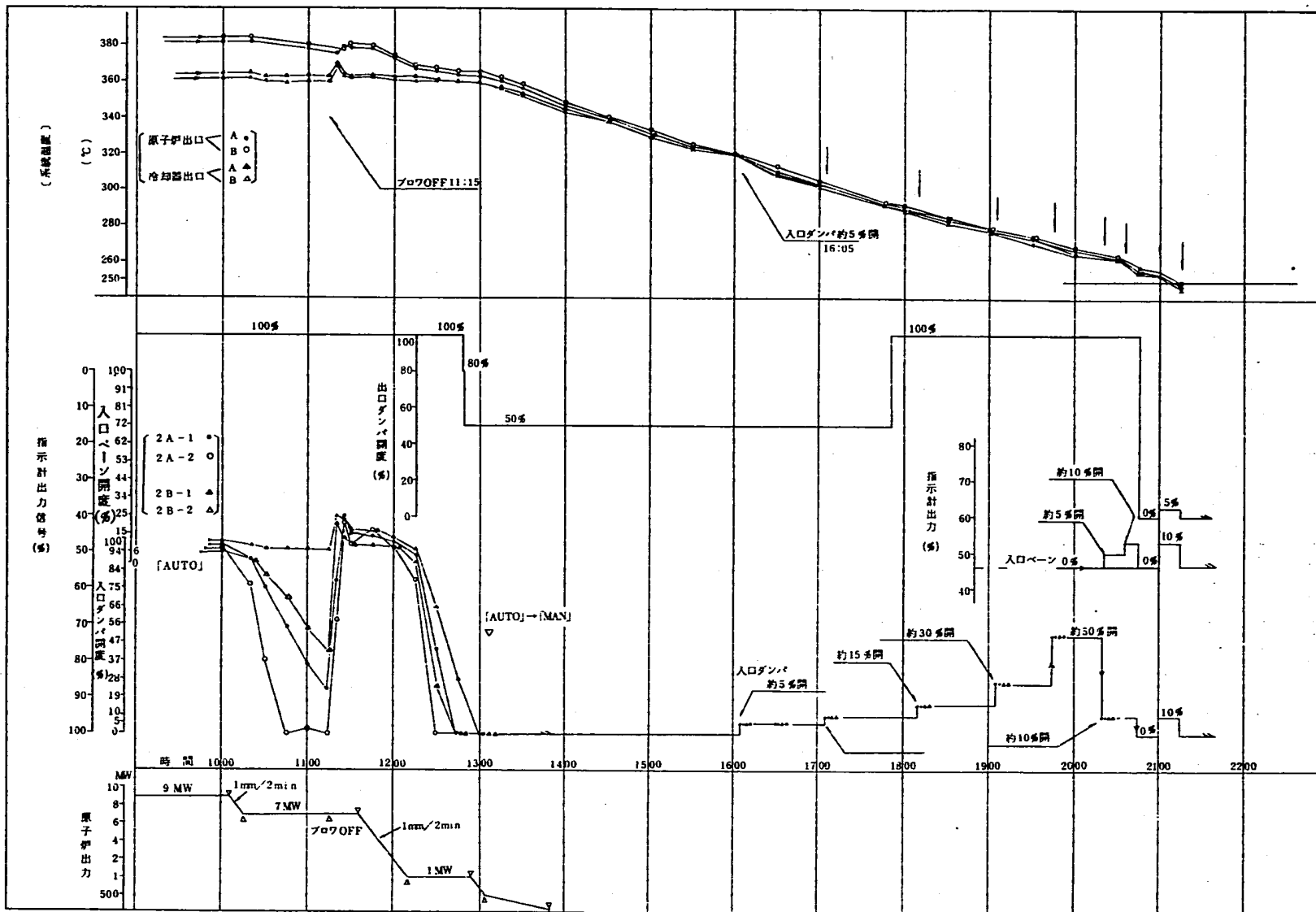


図 5. 2 - 1 1次系系統降温曲線(1) (9 MW計画停止) (1978. 4. 24)

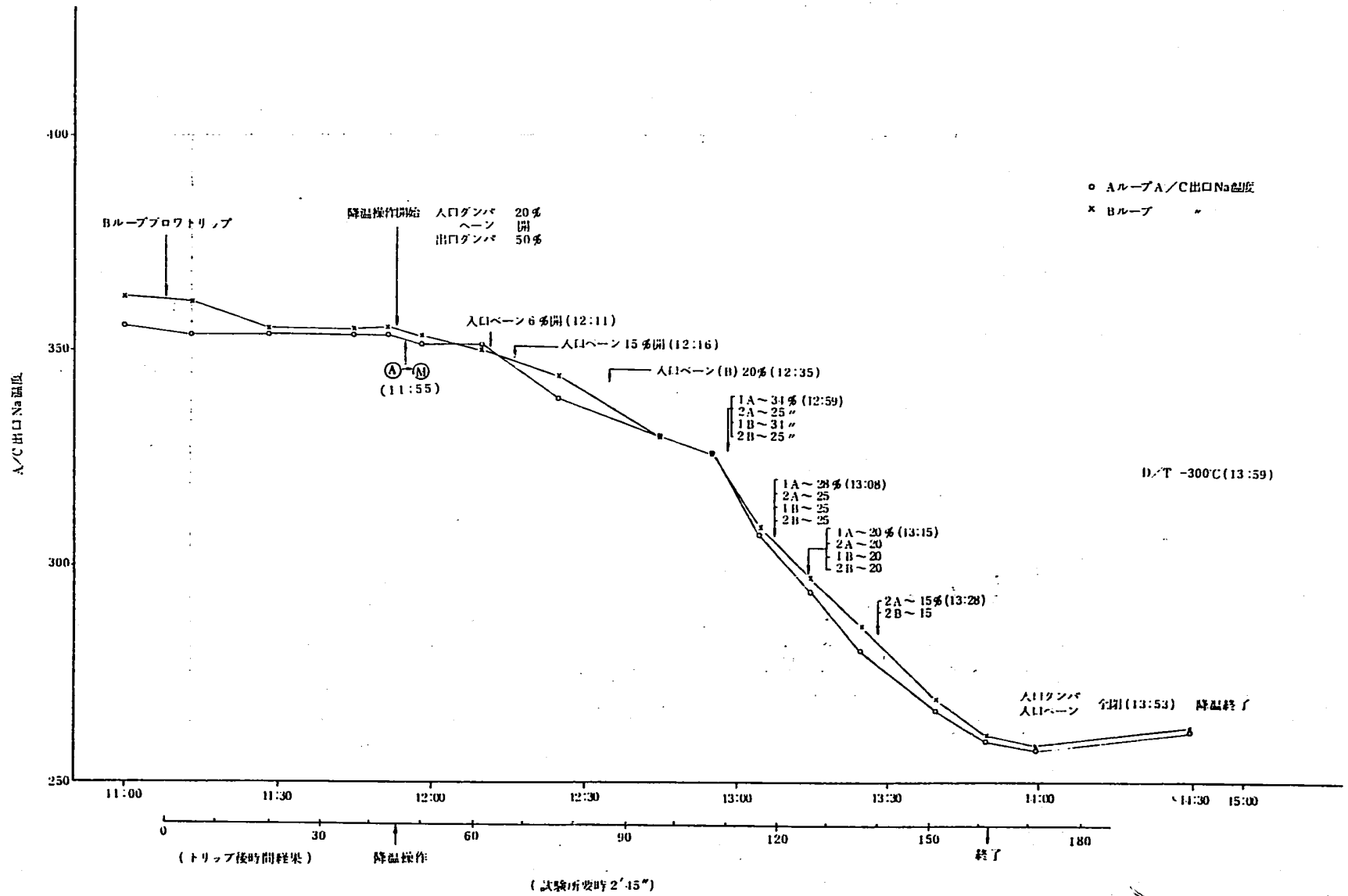


図 5.2 - 2 1 次系系統降温曲線(2) (主送風機 (B) トリップ時降温データ)

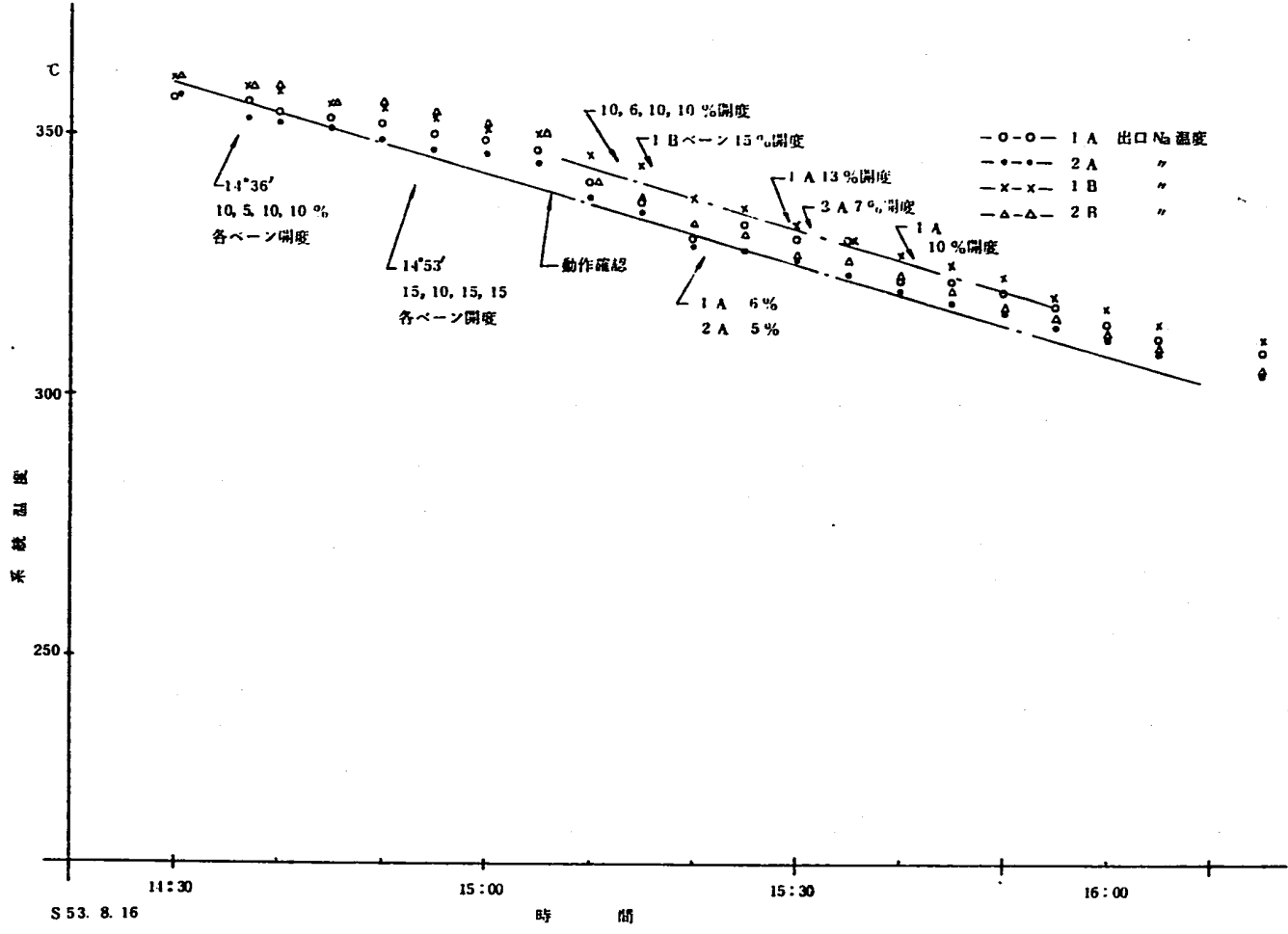


図 5.2-3 1次系系統降溫曲線(3) (50MW連続100時間運転時データ)

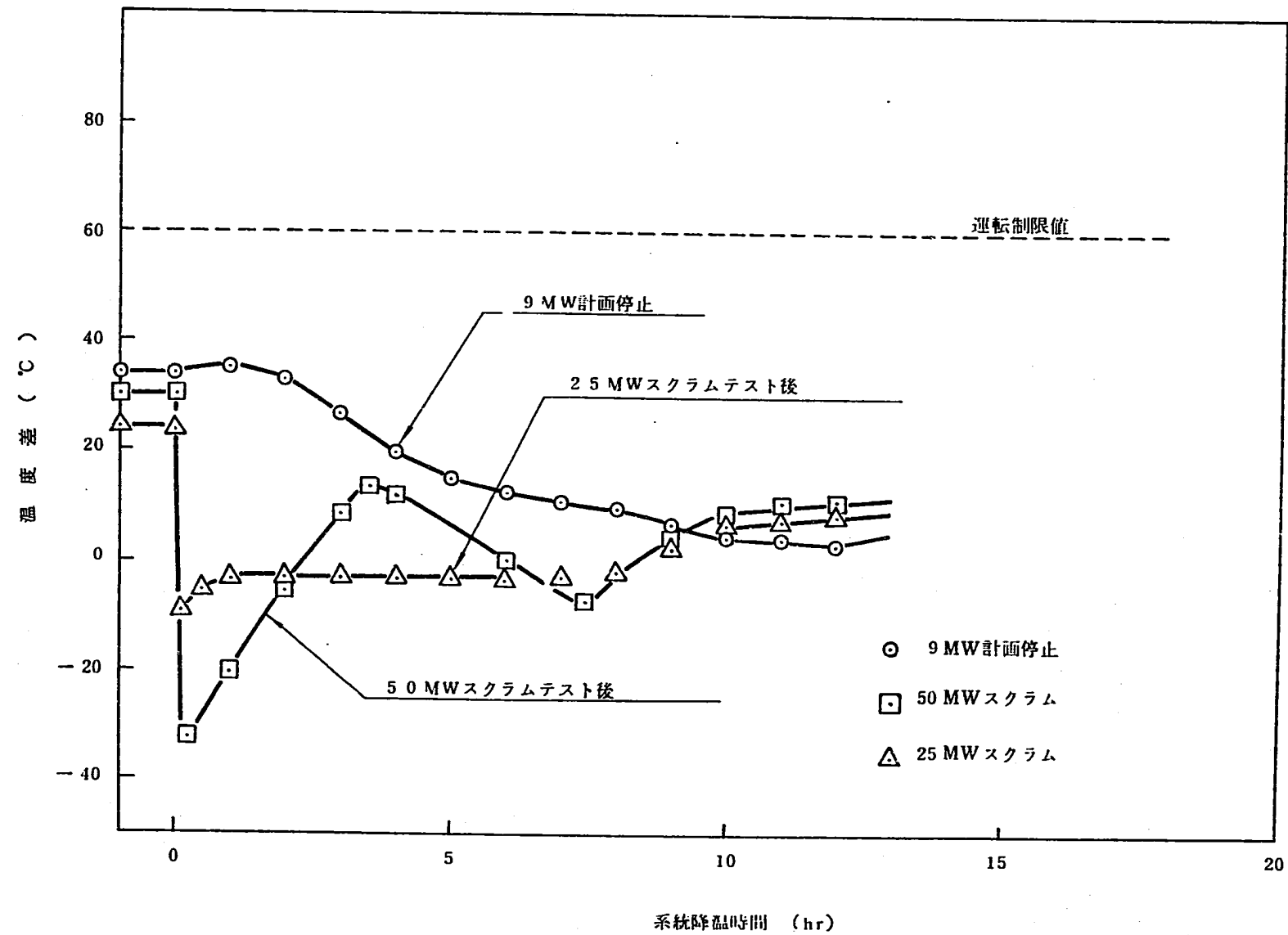


図 5.2 - 4 R/V-OF/T Na 温度差

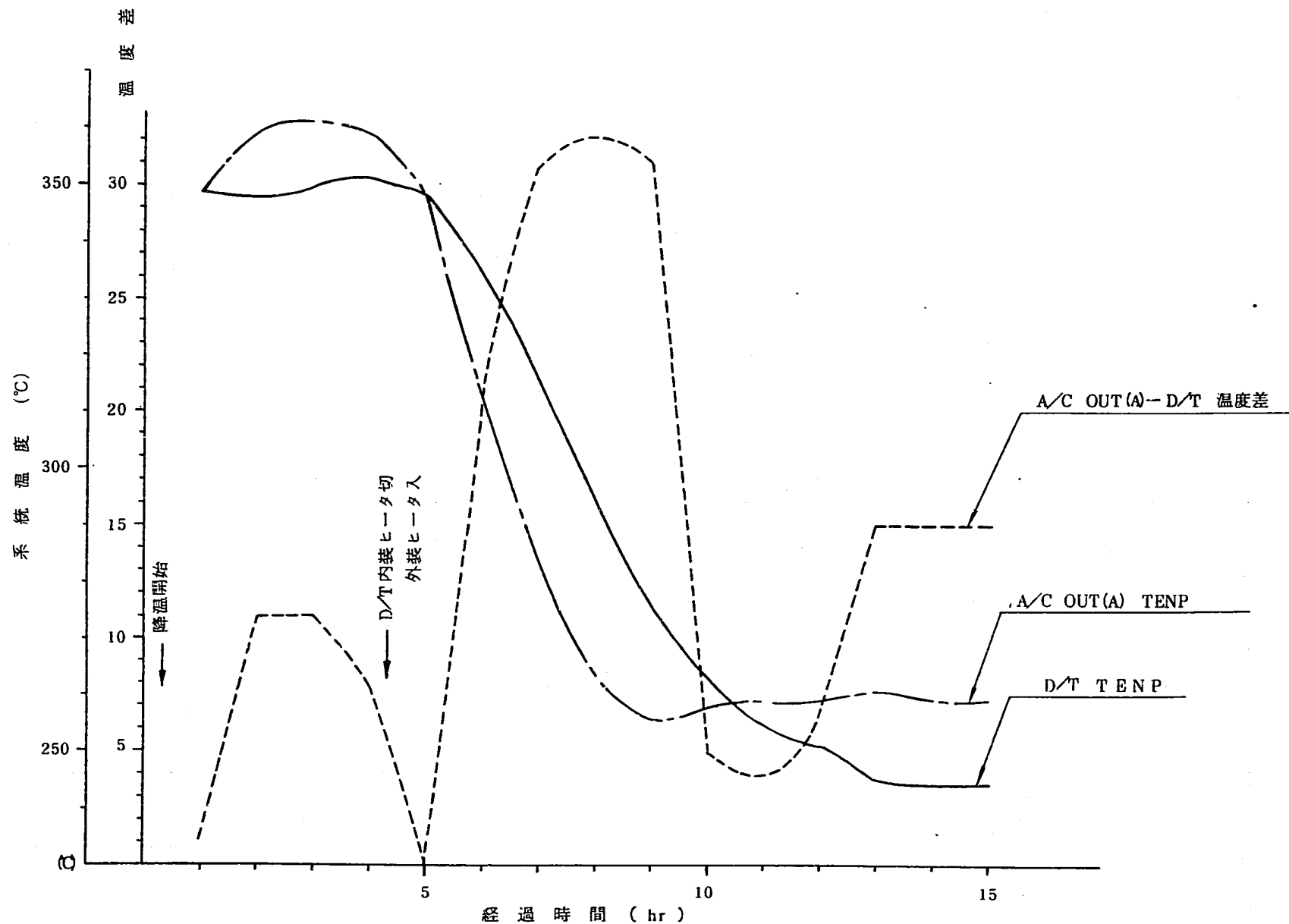


図 5.2 - 5 2次系D/T-A/C OUTLET (Aループ)降温曲線 (50~0MW) (C/T経由)

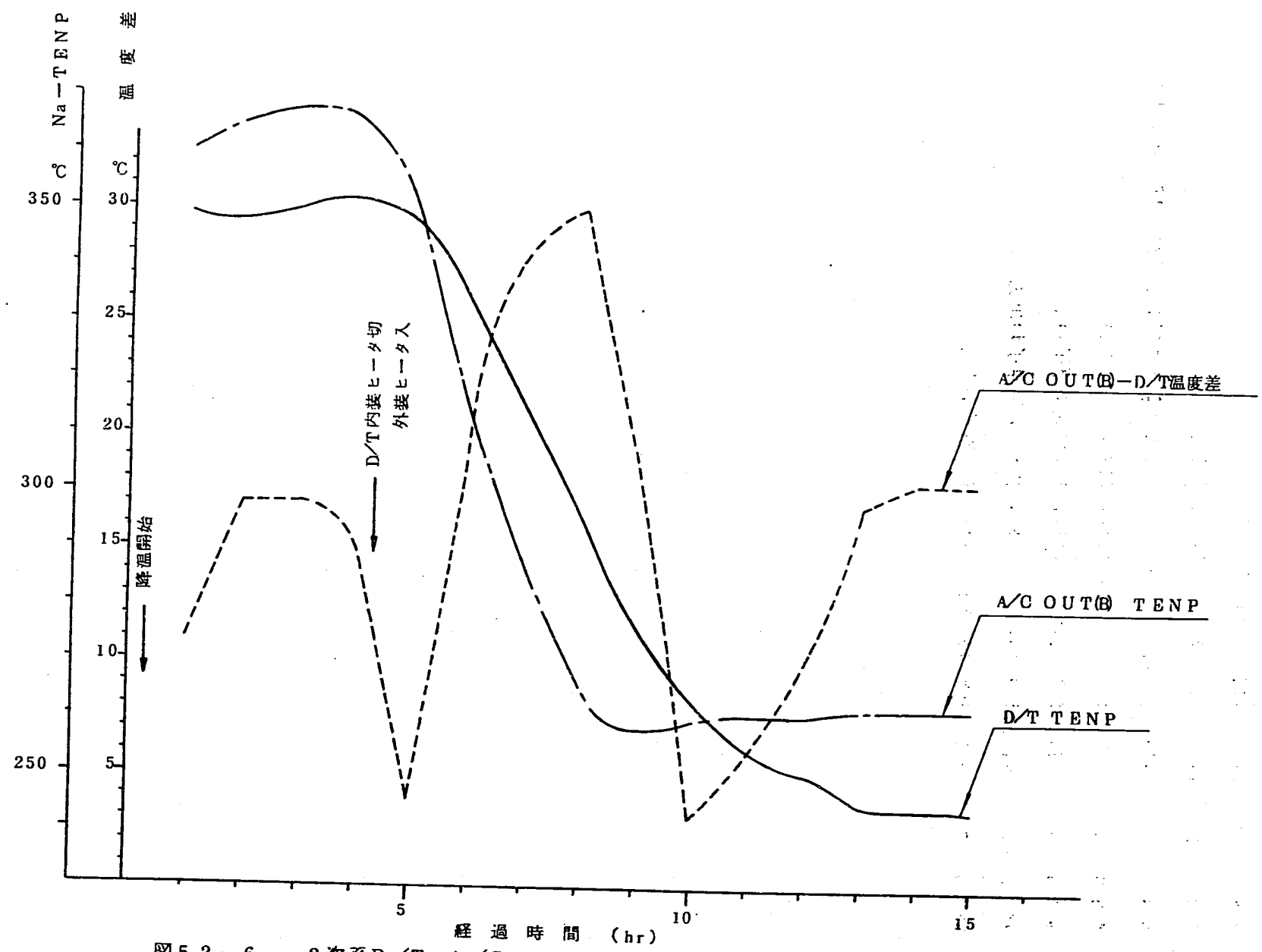


図 5.2 - 6 2次系D/T-A/C OUTLET (Bループ)降温曲線 (50~0MW) (C/T経由)

5.3 主冷却器諸特性

- 図 5.3 - 1 出力上昇試験 (PT-01) 主要データ
- 図 5.3 - 2 原子炉出力に対する各部冷却材温度
- 図 5.3 - 3 主冷却器入口ベーン開度, 出口空気温度および主送風機 (2B) 吐出圧力
- 図 5.3 - 4 主冷却器自然通風最小除熱量確認試験時原子炉出力
- 図 5.3 - 5 主冷却器自然通風最大除熱量確認試験時原子炉出力
- 図 5.3 - 6 主冷却器強制通風最小除熱量確認試験時原子炉出力
- 図 5.3 - 7 主送風機起動最適出力確認試験時原子炉出力

図 5.3 - 1 出力上昇試験 (PT-01) 主要データ (熱出力校正後)

炉出力		単位	MW 10	MW 15	MW 20	MW 25	MW 30	MW 35	MW 40	MW 45	MW 50
1.	原子炉入口温度 A/B	℃	370.2 /371.6	370.3 /370.8	371.5 /369.5	370.6 /370.6	371.3 /371.0	370.6 /369.6	370.6 /370.6	370.9 /371.0	369.7 /370.4
2.	原子炉出口温度 A/B	℃	386.2 /384.8	392.5 /390.6	399.6 /397.5	406.7 /404.8	412.8 /410.6	418.0 /415.4	424.2 /422.0	431.0 /429.0	436.2 /434.5
3.	主冷却入口温度 A/B	℃	382.8 /385.8	384.4 /388.3	388.3 /392.4	392.4 /398.3	396.4 /403.0	398.9 /406.2	402.6 /410.5	407.1 /416.5	412.1 /422.1
4.	主冷却出口温度* 1A/2A	℃	360 /361	357 /359	356 /359	353 /356	350 /354	347 /351	347 /350	345 /347	342 /344
5.	主冷却出口温度* 1B/2B	℃	368 /368	366 /367	363 /365	365 /365	365 /364	362 /361	362 /362	361 /362	359 /359
6.	制御用主冷却出口空気温度 1A/2A	℃	342 /340	336 /341	327 /335	310 /321	299 /309	285 /302	277 /290	267 /280	254 /267
7.	主冷却出口空気温度 1B/2B	℃	329 /336	340 /345	334 /339	325 /330	316 /319	309 /309	296 /297	289 /290	280 /279
8.	ベーン開度 1A/2A	%	5.5 /0.4	14.9 /9.7	16.2 /11.5	18.8 /14.1	21.8 /16.7	23.2 /18.3	25.1 /20.0	26.9 /21.2	30.1 /23.4
9.	ベーン開度 1B/2B	%	2.8 /3.0	9.6 /9.0	11.0 /10.0	13.6 /12.2	13.6 /13.4	16.4 /15.8	18.4 /17.2	20.4 /19.2	21.4 /21.0
10.	プロア吐出圧 (2B)	mm Aq	- 9.1	- 9.1	- 9.0	- 8.7	- 6.5	- 2.2	- 1.3	+ 2.5	+ 7.4
11.	空気入口温度 1A 1B/2B	℃	29.5 /35.0/35.8	28.8 /33.5/34.0	29 /31.8/32.0	27.8 /31.0/31.4	27.1 /31.0/31.3	26.5 /30.5/30.6	26.7 /31.4/31.3	27.1 /29.2/29.2	25.0 /27.8/27.8
12.											

* CRT 指示値

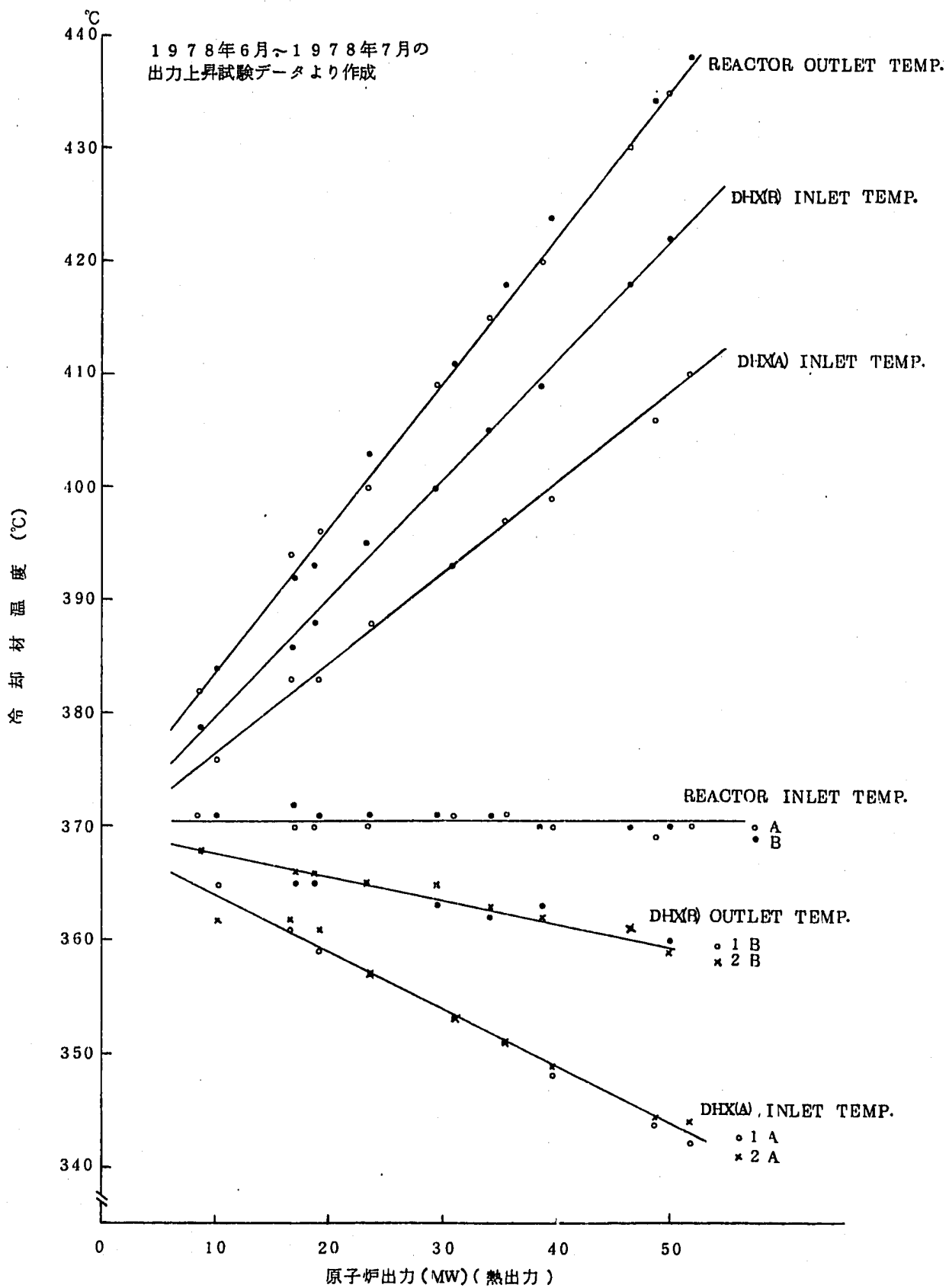


図 5.3 - 2 原子炉出力に対する各部冷却材温度

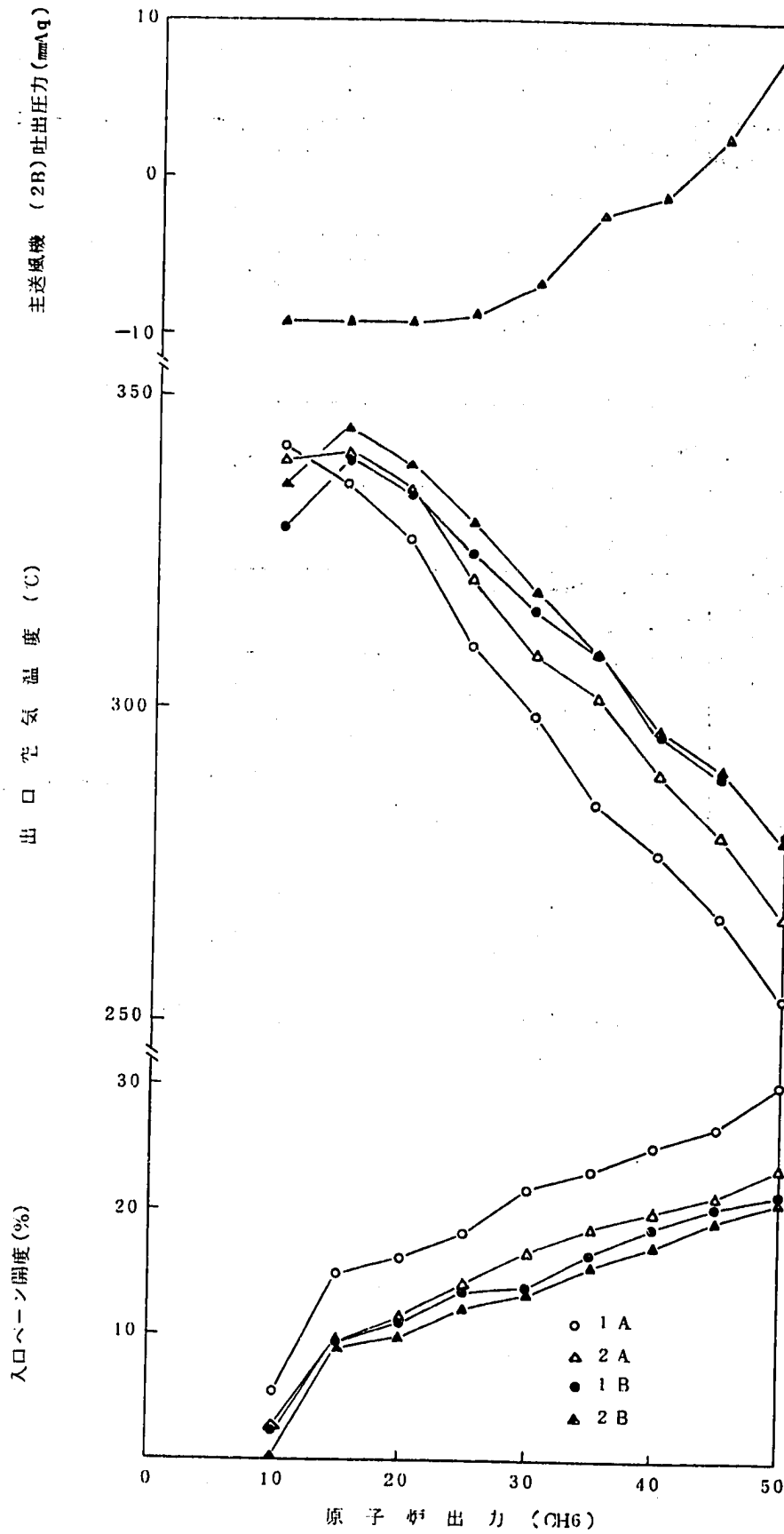


図 5.3-3 主冷却器入口ペーン開度，出口空気温度および主送風機(2B)吐出圧力

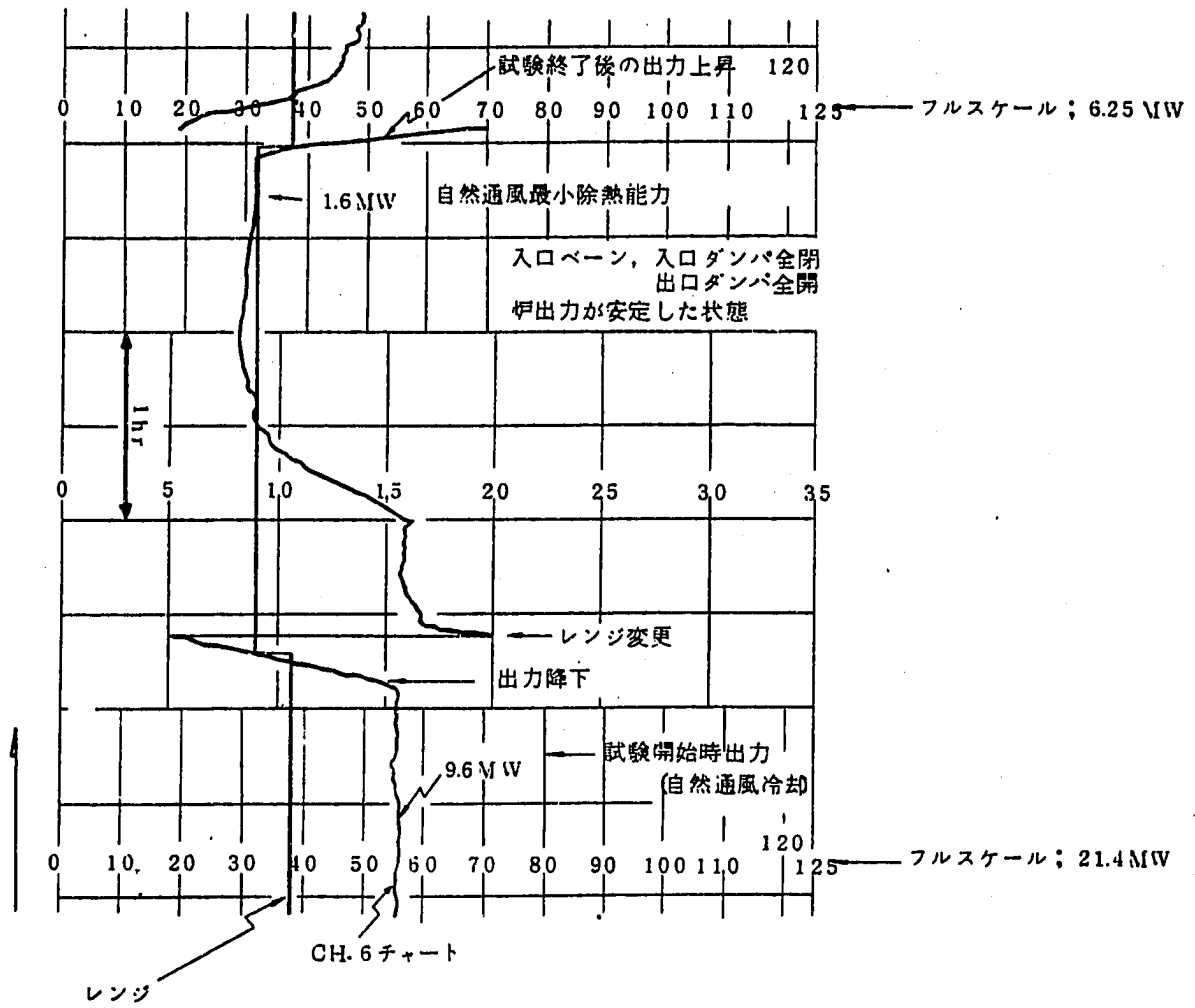


図 5.3 - 4 主冷却器自然通風最小除熱量確認試験時原子炉出力

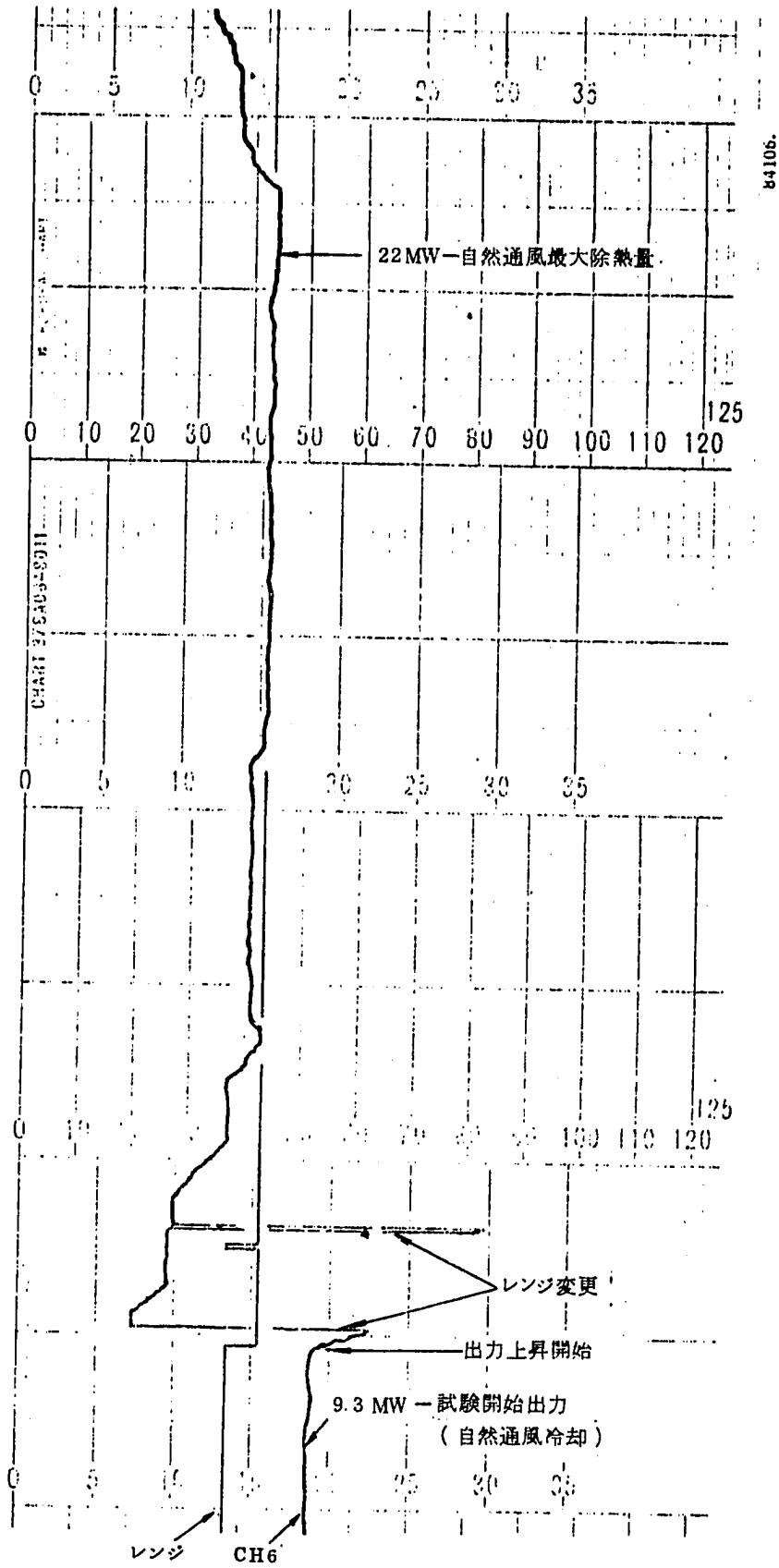


図 5.3 - 5 主冷却器自然通風最大除熱量確認試験時原子炉出力

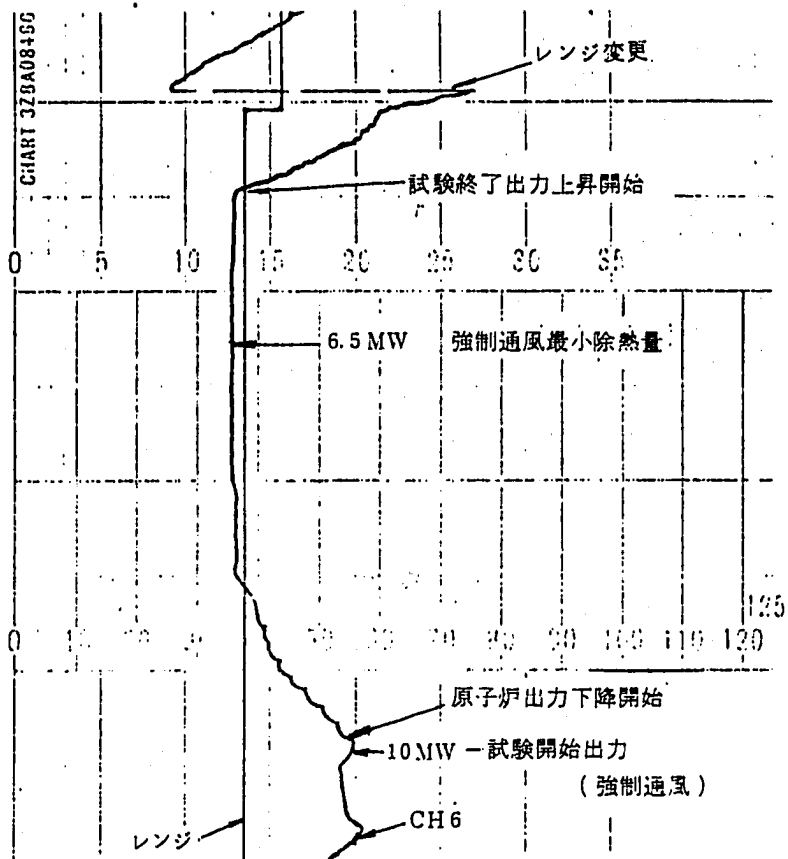


図 5.3 - 6 主冷却器強制通風最小除熱量確認試験時原子炉出力

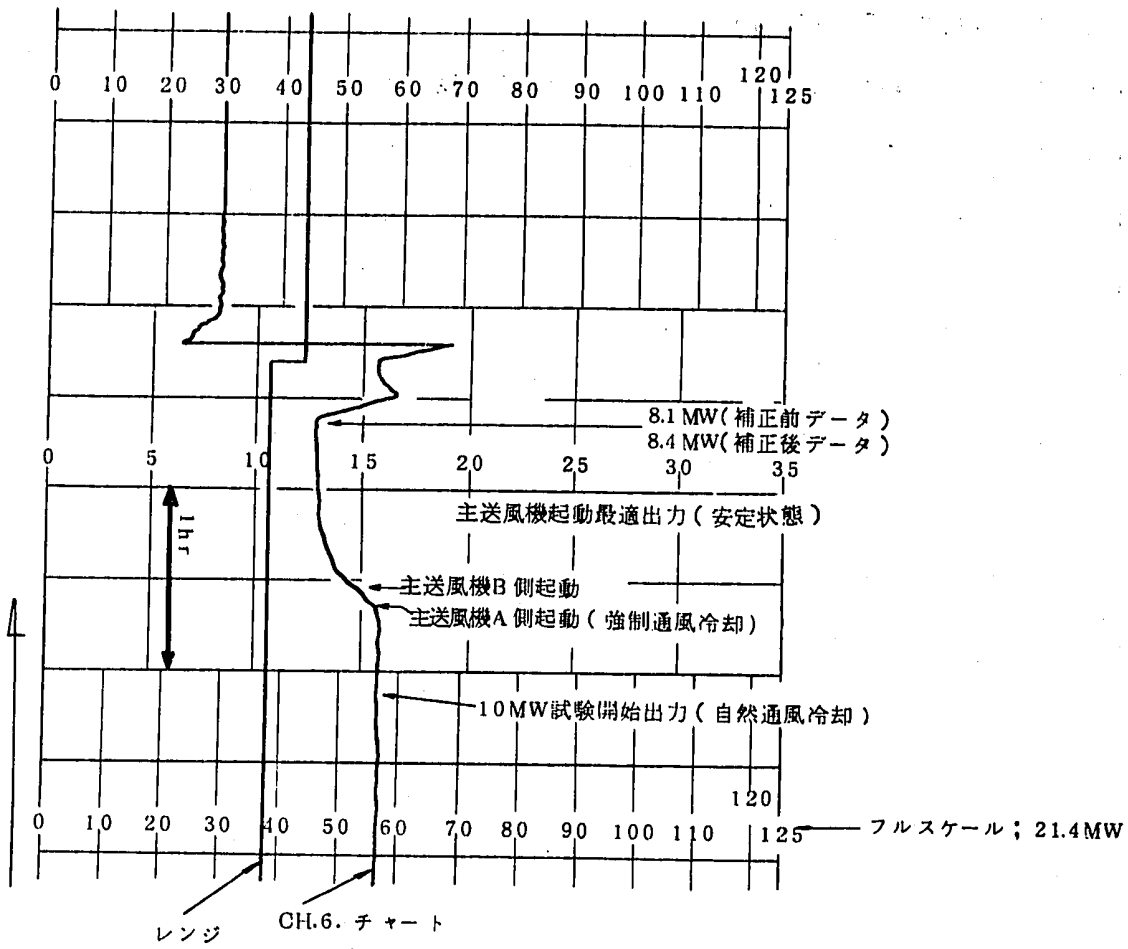


図 5.3 - 7 主送風機起動最適出力確認試験時原子炉出力

5.4 ナトリウム純度(50 MW出力上昇時)

- 図 5.4 - 1 (主系統) 1次系, 2次系プラグング温度(4月)
- 図 5.4 - 2 " (5月)
- 図 5.4 - 3 " (6月)
- 図 5.4 - 4 " (7月)

図 5.4 - 1 (主系統) 1次系, 2次系, プラギング温度(4月)

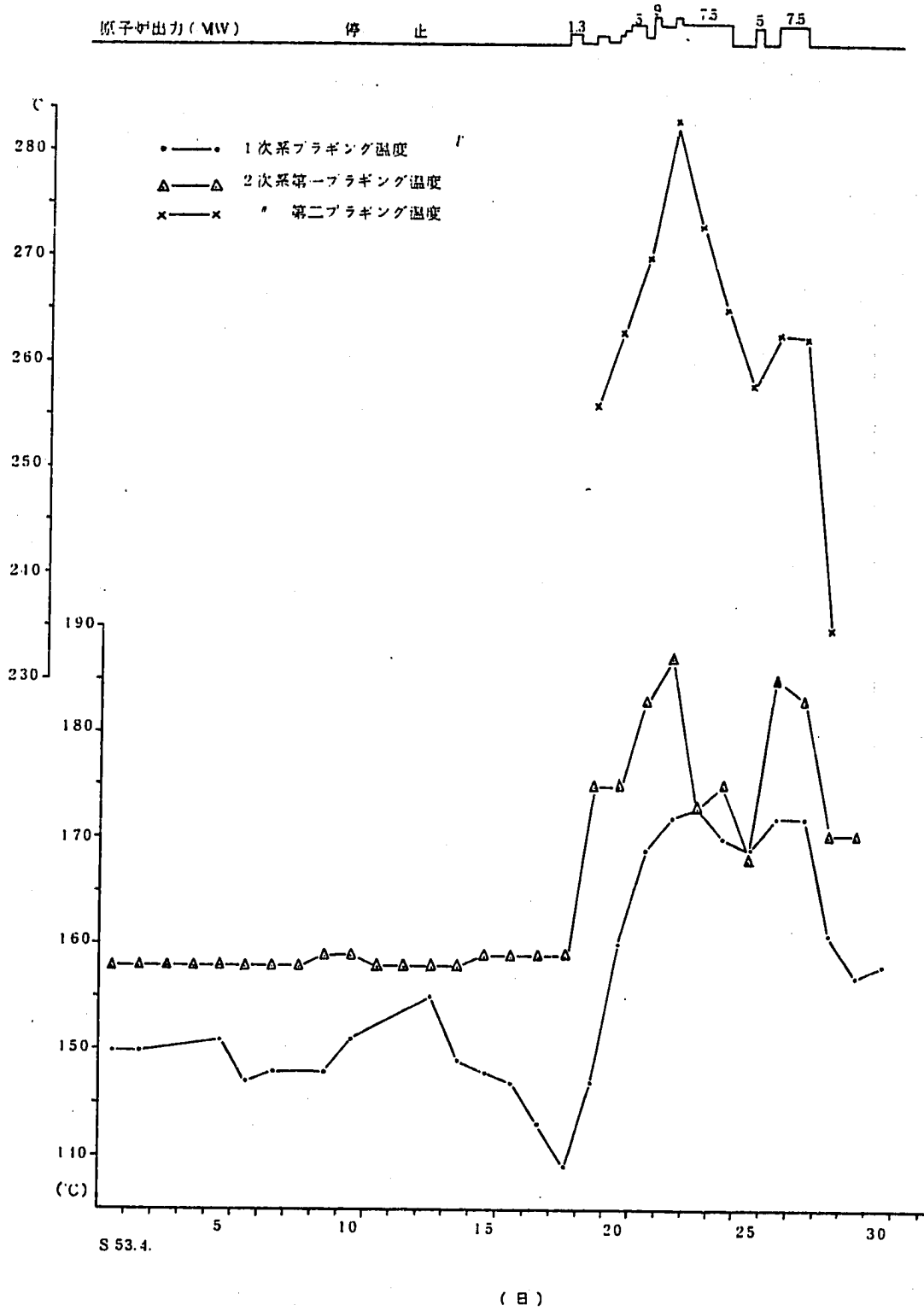


図 5.4 - 2 (主系統) 1次系, 2次系, プラギング温度 (5月)

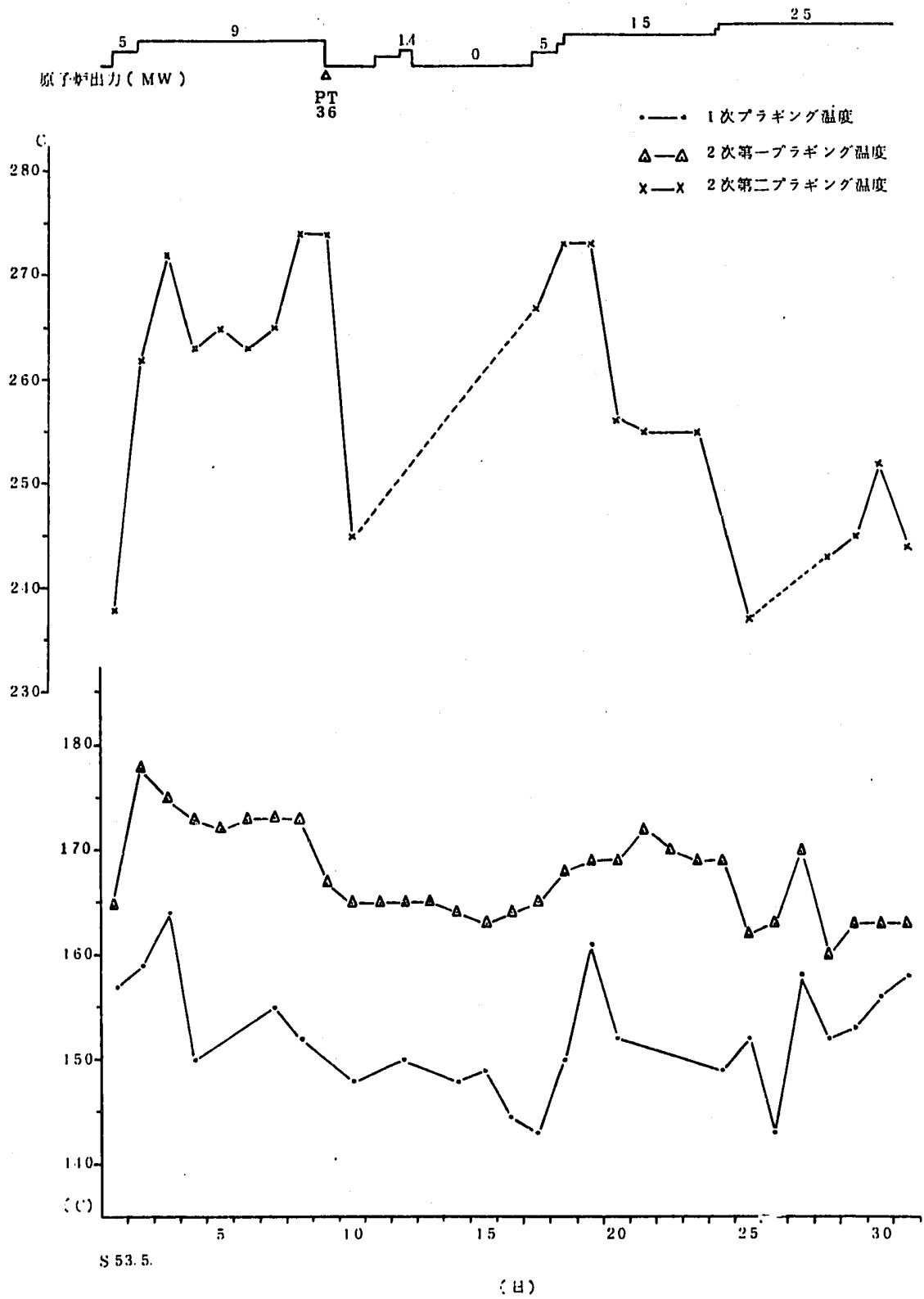


図 5.4 - 3 (主系統) 1次系, 2次系, プラギング温度 (6月)

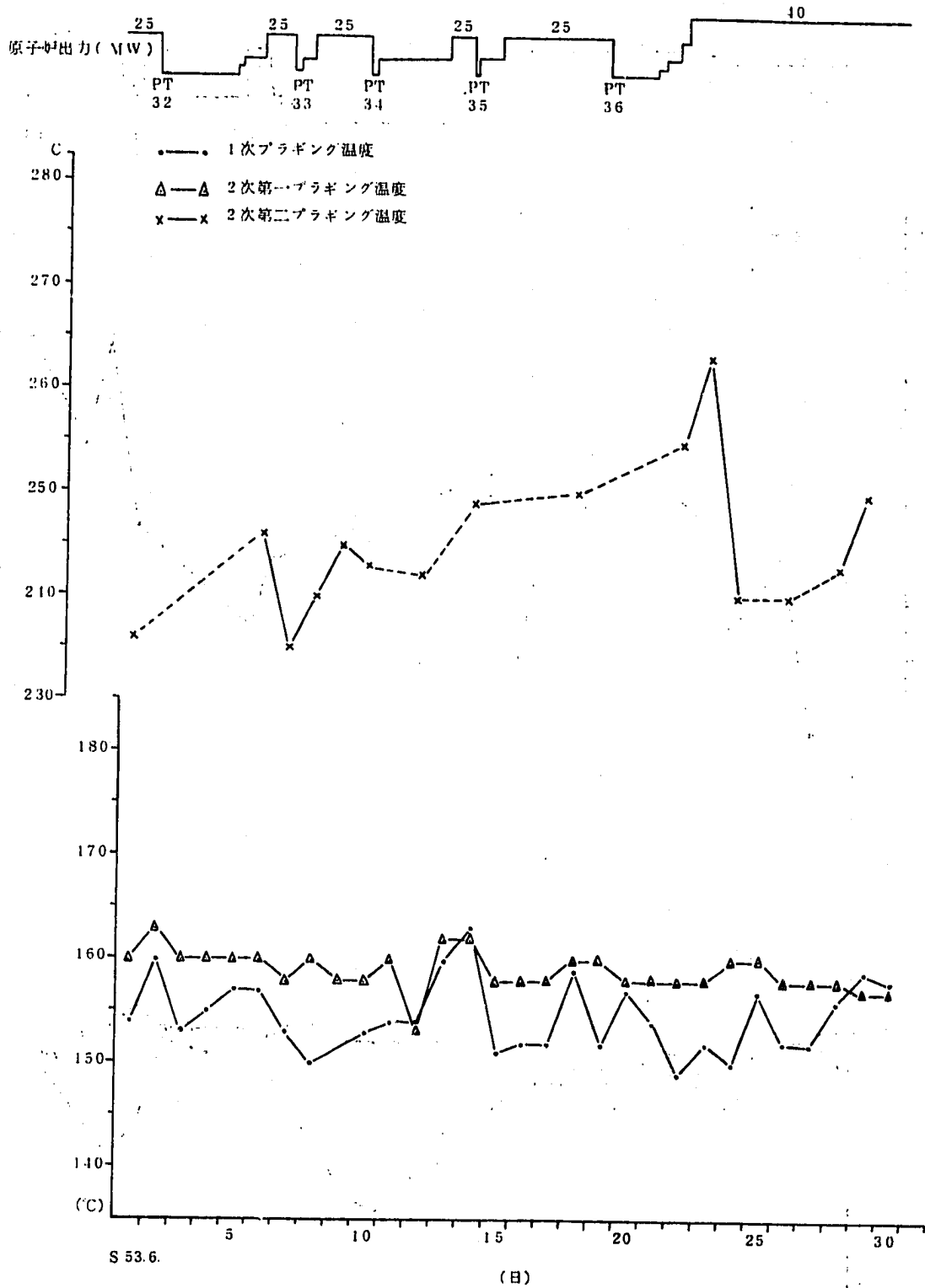
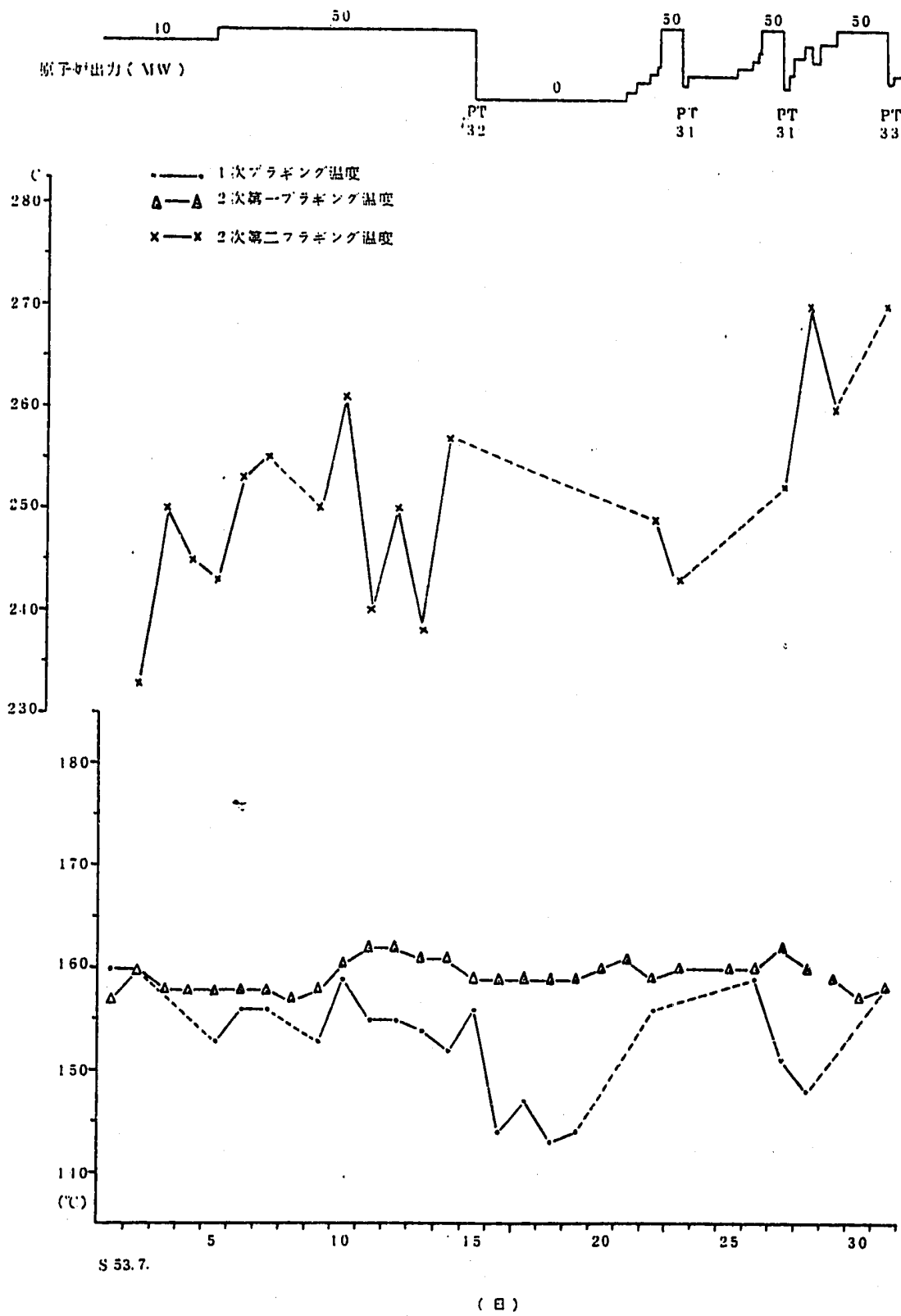


図 5.4-4 (主系統) 1次系, 2次系, プラギング温度(7月)



付録6 初回9MW出力上昇操作データ

出力上昇試験(PT-01)原子炉初起動時操作内容

月/日	時間	操 作 項 目	備 考
4/18	7:00	○原子炉運転モードを「停止」から「起動」へ変更 ○安全棒引抜操作開始	
	8:27	○安全棒上端(SR-1~4上端)	
	10:00	○原子炉起動操作開始	
	05	○RR-1引抜 350mmまで	
	15	○RR-2引抜開始	
	11:07	○原子炉臨界(SRM・Ch1, 1×10^3 cps 安定)	燃料出口温度 261℃ 制御棒位置 RR-1 350mm RR-2 425mm
	25	○出力上昇操作 SRM・Ch1, 5×10^4 cps まで	
	54	○SRM・Ch1, 5×10^4 cps 到達, 運転モードを「起動」から「低出力」に切替 ○SRM・Ch1, Ch2引抜	
	12:12	○出力上昇操作, IRM・Ch3, 1%(500KW)まで	
	32	○IRM・Ch3, 1%(500KW)到達, (約40分間保持)	原子炉出口温度 262℃
	13:10	○系統昇温操作開始 (300℃まで) ・制御棒引抜は1mm/8.5分の速度で実施	昇温率は7℃/hrを目標
	14:15	○出力750KW(IRM-Ch.3)到達, 放管測定(サーベイ)のため炉出力を750KW一定に保持する。	原子炉出口温度 275℃
	15:34	○2次純化系C/Tバイパス操作	性能試験(PT-55)
	39	○放管測定(サーベイ)完了, 昇温率7℃/hrでの系統昇温操作再開	原子炉出口温度 283℃

月/日	時間	操 作 項 目	備 考
4/18	18:00	○原子炉出口温度300℃到達（昇温操作完了） ○制御棒引抜操作を停止，系統温度300℃での安定を図る	昇温中の炉出力は，1 MW～1.2 MW(IRM・Ch.3)であった。
	31	○回転ブラグ冷却ファン起動	
	19:00	○炉出力500kW(IRM・Ch.3)安定。	原子炉出口温度 300℃
	20:20	○パイルオッシレータ試験開始（NT-61） ○試験条件作成のため出力調整実施	
4/19	7:20	○パイルオッシレータ試験終了	
	10:30	○系統昇温操作開始 昇温率7℃/hr目標 制御棒引抜は，1mm/8.5minの速度で実施	原子炉出口温度 302℃
	12:00	○制御棒引抜を1mm/10minの速度に変更（昇温率が7℃/hrを若干越えたため）	原子炉出口温度 315℃
	14:09	○制御棒引抜を1mm/12minの速度に変更	原子炉出口温度 330℃
	16:31	○系統昇温操作終了 昇温操作中の炉出力は1.2～1.3 MW(IRM・Ch.3)であった 制御棒引抜操作を停止，系統の安定を図る	原子炉出口温度 345℃
	17:00	○炉出力900kW(IRM・Ch.3)安定	原子炉出口温度 346℃
	22:00	○パイルオッシレータ試験(NT-61)開始 試験条件作成のため出力調整実施	
	4/20	7:00	○パイルオッシレータ試験終了
10:45	○出力上昇操作開始 制御棒引抜は1mm/8.5minの速度で実施	原子炉出口温度 342℃	
12:35	○炉出力1.3 MW(IRM・Ch.3)到達，炉出力1.3 MWを保持する。	原子炉出口温度 352℃	

月/日	時間	操 作 項 目	備 考
4/20	12:35	○ 主冷却器出口Na温度制御を「MAN」から「AUTO」へ切替 主冷却器出口Na温度および主冷却器入口ダンパベーンの作動状態を監視。 (主冷却器を以下主A/Cと略す。)	主冷却器出口ダンパ：全閉 主冷却器出口Na温度設定 A側 350°C B側 355°C
	16:30	○ 主A/C出口Na温度設定, 360°Cに変更 ○ 主A/C出口ダンパ5%開	
	50	○ 出力上昇操作開始, 2MW(IRM・Ch.3)まで 制御棒引抜は, 0.5mm/4minの速度で実施	開始前炉出力: 1.0MW
	17:26	○ 炉出力2MW(IRM・Ch.3)到達	
	42	○ 主A/C出口ダンパ10%開 ○ 主A/C出口Na温度設定 355°Cに変更	
	50	○ 出力上昇操作開始, 3MW(IRM・Ch.3)まで	
	18:33	○ 炉出力 3MW(IRM・Ch.3)到達	
	55	○ 主A/C出口ダンパ20%開	
	19:01	○ 出口上昇操作開始, 4MW(IRM・Ch.3)まで	
	31	○ 炉出力 4MW(IRM・Ch.3)到達	
	45	○ 主A/C出口ダンパ50%開	
	50	○ 出力上昇操作開始, 5MW(IRM・Ch.3)まで	
	20:13	○ 炉出力5MW(IRM・Ch.3)到達 ○ 主A/C出口ダンパ100%開	
	23:52	○ 出力下降操作開始, 1MW(IRM・Ch.3)まで	
4/21	0:00	○ 炉出力4.3MW(IRM・Ch.3)到達	
	1:00	○ " 2.8MW "	
	2:00	○ " 1.7MW "	

月/日	時間	操 作 項 目	備 考
4/21	4:00	○ 炉出力1.25MW(IRM・Ch.3)到達	原子炉出口温度 350℃
		○ 主A/C 出入口ダンパ全閉	
	9:30	○ 主A/C 出口Na 温度計装(1A) 較正	
		○ 主A/C(2B) 入口ダンパ調整	
	13:30	○ 主A/C(2B) 入口ダンパ調整完了	
	48	○ 主A/C 出口ダンパ開操作 主A/C 入口ダンパ・ベーン「MAN」 全閉状態, 炉出力一定とし出口ダンパ を5%(開度)ステップで100% (全開)まで開とし, その間の主A/C 出口Na 温度変化を監視。過大な温度 変化は見られなかった。	原子炉出口温度 354℃ 炉出力 800KW(IRM・Ch.3)
	14:02	○ 主A/C 出口ダンパ全閉	
	03	○ 主A/C 出口Na温度制御を「MAN」から 「AUTO」へ切替 ○ 主A/C 出口ダンパ5%開 主A/C 出口Na温度設定 A側355℃ B側360℃	自然通風最大除熱量確認試験
	08	○ 出力上昇操作開始, 2MW(IRM・Ch.3) まで	
	50	○ 炉出力2MW(IRM・Ch.3)到達	
	15:05	○ 主A/C 出口ダンパ開操作, 100% (全開)まで	
	40	○ 主A/C 出口ダンパ全閉	
	52	○ 出力上昇操作開始, 3MW(IRM・Ch.3) まで	
	16:10	○ 炉出力3MW(IRM・Ch.3)到達	炉出力3MWから5MWの
	17:26	○ 炉出力5MW(IRM・Ch.3)到達	間, 数回出口ダンパの開度
	18:26	○ 炉出力7MW(IRM・Ch.3)到達	を変更, 主A/C 出口Na温
	19:45	○ 炉出力9MW(IRM・Ch.3)到達	度を監視したが, 変化は見 られなかった。

月/日	時間	操 作 項 目	備 考
4/21	20:51	○出力下降操作開始, (9 MW→5 MW)	出力上昇試験第1ステップ出力, 15%を越えたため自然通風最大除熱量確認試験を中止した。9 MW (IRM・Ch.3)出力時の主A/C入口ペーン開度は, 1A:26%, 2A:21%, 1B:26%, 2B:25%であった。
	21:29	○炉出力5 MW (IRM・Ch.3) 到達	
	22:00	○2次純化系コールド・トラップ, インサ ービス	
4/22	10:15	○出力上昇操作開始, (5 MW→7 MW)	主送風機起動出力 原因:主A/C出口ダンパ 全開リミット不作動 主A/C出口Na温度設定 A側355℃ B側360℃
	46	○炉出力7 MW (IRM・Ch.3) 到達	
	11:22	○主送風機 (B) 起動操作 (起動失敗) 主送風機 (1B) 起動失敗	
	14:22	○主送風機 (A) 起動	
	57	○主送風機 (B) 起動	
	15:47	○出力上昇操作 (7 MW→9 MW)	
4/23	16:11	○炉出力9 MW (IRM・Ch.3) 到達	
		○炉出力9 MW (IRM・Ch.3) 一定保持	
4/24	10:05	○出力下降操作開始。	計画停止
	16	○炉出力7 MW (IRM・Ch.3) 到達	
	11:15	○主送風機停止	
	37	○出力下降操作再開	
	12:11	○炉出力1 MW (IRM・Ch.3) 到達	
	13:05	○炉出力500KW (IRM・Ch.3) 到達	
		○原子炉運転モード「高出力」→「低出力」 切替	

月/日	時間	操作項目	備考
4/24	13:25	○ SRM・Ch.1, Ch.2 挿入	
	48	○ 原子炉運転モード「低出力」→「起動」 切替	
	49	○ 手動調整棒一斉挿入	
	15:00	○ 原子炉運転モード「起動」→「停止」切替 ○ 系統降温操作開始 系統の降温は、主A/C出口Na温度制御を「MAN」とし、A/C出口ダンパ開度および入口ダンパ開度を調節することにより、約15°C/hrの降温速度を目標に実施した。	原子炉停止 原子炉出口温度 330°C
	20:45	○ 系統降温操作完了。	原子炉出口温度 360°C

付録 7

図 7 - 1 高速実験炉「常陽」起動曲線

図 7 - 2 " 停止曲線

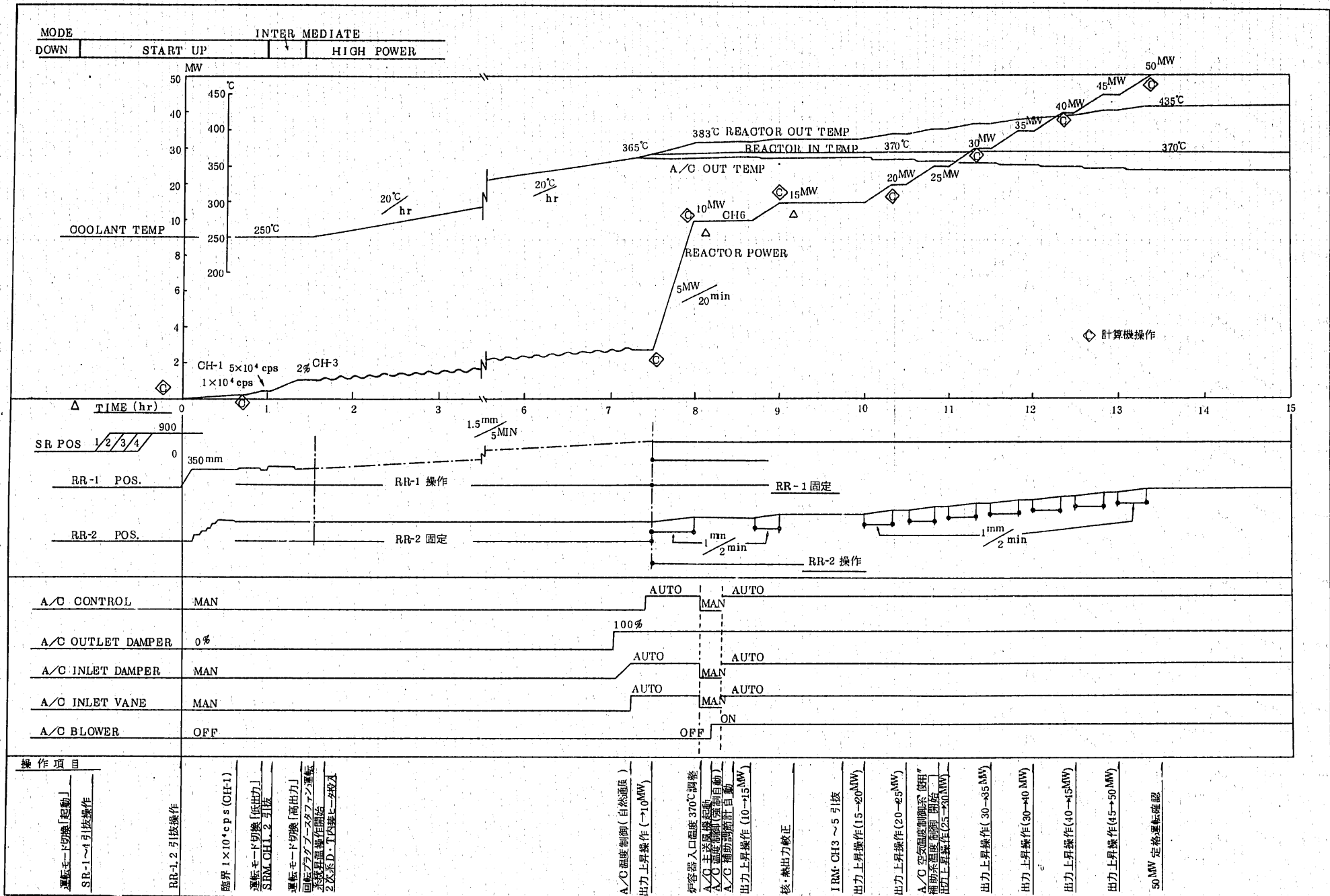


図 7 - 1 高速実験炉「常陽」起動曲線

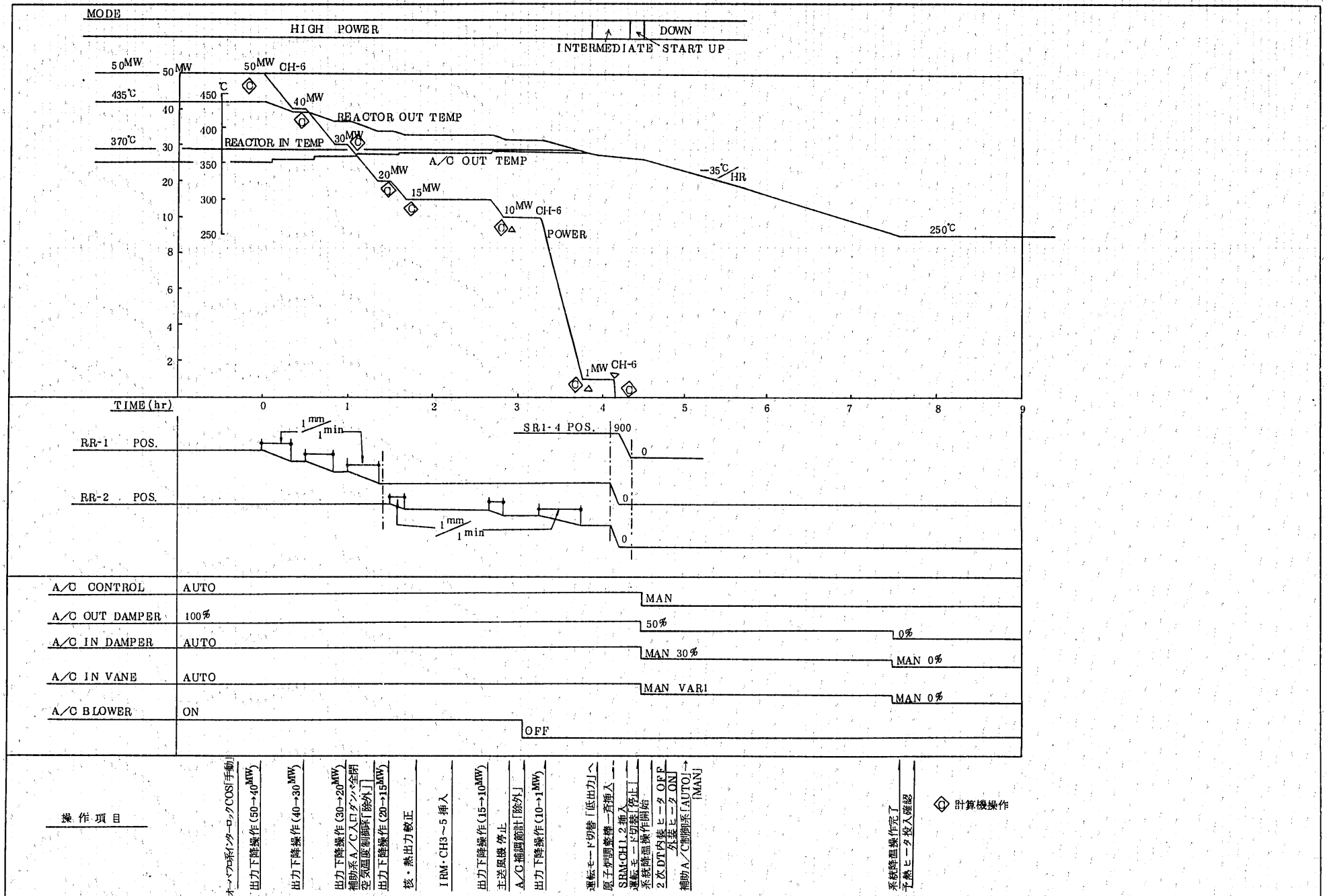


図 7 - 2 高速実験炉「常陽」停止曲線

付録 8

H-350による計測点リスト

1979. 7. 20

	計 測 項 目	略 号		計 測 項 目	略 号
2	1次O/Fタンク温度	TP-20	23	2次流量(A)	FS-01
3	1次O/F房り配管温度	TP-22	24	" (B)	FS-02
4	1次O/F EMPダクト温度	TP-21	87	1次流量(A)	FP-01
71	1次O/F汲上配管温度	TP-23	88	" (B)	FP-02
11	原子炉入口(A)温度	TP-10	39	補助1次流量	FA-01
12	" " (B) "	TP-12	40	" 2次 "	FA-02
13	" 出口(A) "	TP-14	41	1次O/F汲上流量	FP-05
14	" (B) "	TP-16	58	サイフォンブローカ流量(A)	FP-03
15	補助IHX1次入口温度	TA-01	59	" (B)	FP-04
16	" 出口 "	TA-02	57	S/A出口流量(000)	FP-00
5	IHX2次入口(A)温度	TS-01	52	炉容器液面	LP-01
6	" (B) "	TS-02	53	1次主ポンプ(A)液位	LP-02
7	" 出口(A) "	TS-03	54	" (B) "	LP-03
8	" (B) "	TS-04	55	ポンプO/Fカラム(A)液位	LP-04
17	A/C入口(A)温度	TS-05	56	" (B) "	LP-05
18	" (B) "	TS-06	60	1次主ポンプ(A)回転数	RP-01
19	" 出口(1A) "	TS-07	61	" " (B) "	RP-02
20	" (2A) "	TS-08	62	2次 " (A) "	RS-01
21	" (1B) "	TS-09	37	" " (B) "	RS-02
22	" (2B) "	TS-10	73	主送風機 (1A) "	RS-03
34	A/C出口合流部(A)	TS-21	74	" (2A) "	RS-04
35	" (B)	TS-22	90	" (1B) "	RS-05
44	A/C出口空気温度(1A)	TS-11	93	" (2B) "	RS-06
45	" (2A)	TS-13	26	制御信号Na(1A)	CS-01
46	" (1B)	TS-15	27	" (2A)	CS-02
47	" (2B)	TS-17	28	" (1B)	CS-03
32	1次主ポンプ軸受温度(A)	TP-18	29	" (2B)	CS-04
33	" " (B)	TP-19	94	制御信号ベーン入口(1A)	CS-13
42	2次 " (A)	TS-19	36	" (2A)	CS-14
43	" " (B)	TS-20	95	" (1B)	CS-15
9	補助A/C入口Na温度	TA-03	48	" (2B)	CS-16
10	" 出口 "	TA-04	77	制御信号Air(1A)	CS-05
25	S/A出口Na温度(000)	TP-00	78	" (2A)	CS-06
66	" (2D1)	TP-24	79	" (1B)	CS-07
67	" (2A1)	TP-02	30	" (2B)	CS-08
68	" (4D1)	TP-25	89	主送風機ベーン開度(1A)	OS-01
69	" (4A1)	TP-04	91	" (2A)	OS-01
70	" (5D1)	TP-26	81	" (1B)	OS-03
31	" (5A1)	TP-05	82	" (2B)	OS-04
49	中性子束(CH.6)	NP-06	83	A/Cダンパ開度(1A-1)	OS-05
80	" (CH.4)	NP-04	84	" (2A-1)	OS-07
50	制御棒位置 RR-1	IP-01	85	" (1B-1)	OS-09
51	" RR-2	IP-02	86	" (2B-1)	OS-11
63	1次主ポンプ吐出圧(A)	PP-01	92	代表空気風速(2B)	VS-04
64	" (B)	PP-02	75	" 温度(2B)	TS-18
72	原子炉カバーガス圧力	PP-03			