

ホットスチールテストループ試運転報告書

1971年8月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団 大洗工学センター

システム開発推進部 技術管理室

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

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

1971年9月27日

報告者	加納茂機	※
	石橋英一	※※
	石原文雄	※
	武田勝彦	※※※

期間 1970年4月18日～1970年4月28日

目的 本試運転はナトリウム技術開発室で行なつたもので、ループ運転法の確立、ナトリウム機器の性能試験、ナトリウム技術の習得を目的とした。本試運転自体は全般的にみて無事完了し、初定の目的を達成できたが詳細にみるといろいろな問題点が生じた。これらの問題点は種々検討の結果一応の解決策は見出されているが、これらの前後の状況を今後のため記録し報告する。

要旨 昭和45年3月31日、ナトリウム技術開発室に高速炉用被覆管材の物質移動現象を放射化学的に解明するホットステールテストループが完成した。この装置の性能を実証するため4月18日より4月28日まで試運転を行なつた結果各種の問題点が出たが、ループ運転を行なうのに必要な性能を実証された。

※ (所属部・課名)

※ ナトリウム技術開発室

※※ 現在：ナトリウム流動伝熱室長

※※※ 当時：原研ナトリウム研究室

目 次

1	まえがき	1
2	ホットスチールテストループの概要	1
3	試 運 転	39
3-1	目 的	39
3-2	運転経過	39
3-3	ループ性能実証試験	41
3-3-1	ナトリウムチャージ	41
3-3-2	ナトリウムドレン	42
3-4	ループ機器性能試験	43
3-4-1	電磁ポンプ流動特性試験	43
3-4-2	フリーズシール部表面温度測定	44
3-4-3	酸素計用温度調節計の性能試験	45
3-4-4	酸素計挿入および酸素濃度測定	46
3-4-5	加熱器性能試験	49
3-4-6	冷却器性能試験	52
3-4-7	コールドトラップ温度分布特性試験	54
3-4-8	停電時のループ温度降下測定試験	55
4	問題点および対策	94
4-1	加熱器の容量不足	94
4-2	冷却器の容量過大	94
4-3	試料挿入部フリーズシール部の温度 ^過 上昇	94
4-4	酸素計ラインの流量確認	95
4-5	コールドトラップの温度測定位置	95
4-6	他ループよりのガス真空系の分離	95

4-7	ヒータの種類	95
4-8	保温材の施工	95
4-9	バルブの予熱法	95
4-10	ループ構成	96
4-11	安全対策	96
4-12	周囲温度	96
付	ホットスチールテストループ試運転マニュアル	98

1 ま え が き

高速増殖炉用被覆材としてナトリウムとの共存性の優れている SUS-32 が使用されるが、高温ナトリウムによる腐食現象は無視できない。また、ナトリウム中に溶出する SUS-32 成分元素は炉内で放射化されており、この挙動は原子炉の運転維持上問題となる。ホットスチールテストループは前もつて放射化された SUS-32 試験片をループに挿入し、ナトリウム中に溶出した放射性金属元素の物質移動現象を放射化学的に解明し、温度分布と物質移動の関係を求めることを目的としている。

精製系、酸素計を含むナトリウムループが昭和45年3月31日完成し、4月13日に約2.7Kgのナトリウムを貯蔵タンクに充填し引続いて試運転を行なった。ここでは昭和45年4月18日より4月28日にわたつて行なわれた試運転について報告する。

本試運転後2回の500時間コールドランを行ない、(この分はすでに報告書にして公表してある。SN 941 71-03)昭和45年12月にはホットランのため、他ループよりのガス系分離および放射化試験片挿入部の鉛シールド工事を行なつている。

2 ホットスチールテストループの概要

本ループは高速炉用燃料被覆管材として用いられる SUS 32 のナトリウム中における物質移動現象を放射化された試験片を用いて解明するための装置である。monometallic な条件のもとで試験を行なうナトリウム接触部はすべて SUS 32 からなつている。

ナトリウム流量制御のため、電磁ポンプ、流量計およびバルブを温度制御のため、熱電対(アルメル-クロメル)、加熱器および冷却器を有している。ナトリウム貯蔵用に貯蔵タンクを、ナトリウム容積変化吸収用に膨張タンクを有している。

またナトリウム純度管理のため、コールドトラップ、酸素濃度計およびナトリウム採取口を有している。

本ループは次のようなラインに大別される。

メインライン（物質移動ライン）

コールドトラップライン

酸素濃度計ライン

メインライン

このラインには電磁ポンプ，流量計，加熱器（ $\#1$ および $\#2$ ），冷却器（ $\#1$ および $\#2$ ）およびバルブ2個（V-2，3）がもうけられている。

加熱器および冷却器出口には1個ずつ試料挿入部があり，下記の温度でナトリウムと接触させる。 試料挿入部 T_1 : 500℃

T_2 : 650℃

T_3 : 500℃

T_4 : 300℃

コールドトラップライン

コールドトラップ，ファン，流量計，加熱器およびバルブが各々1個ずつある。

コールドトラップはナトリウムの精製装置で冷却ファンにより温度を最低120℃まで下げることができる。

コールドトラップ出口には加熱器があり，これによりナトリウムが凝固するのを防ぎ，膨張タンクを介してメインラインと接続されている。

このラインのナトリウムのドレンはバルブV-6を開くことにより行う。

酸素計ライン

酸素計用加熱冷却器，酸素計およびバルブ2個（V-4，7）がある。

酸素計用加熱冷却器により酸素計センサー部のナトリウム温度を一定に保持できる。

プローブの交換は，バルブV-4およびV-7を全閉にしハウジング上部にとりつけたガス系よりアルゴンガスを吹かしながら行なう。

このラインには流量計がついてないので流量チェックができないがバルブV-3を全閉にして運転を行なった場合このラインの流量はメインライン流

量とコールドトラップ流量の和になる。

第 1.1 図にフローシート，第 1.2 図に見取図を示す。

以下に配管機器の概要を述べる。

(1) 貯蔵タンク（第 1.3 図参照）

有効容量 30 ℓ（実容量 36 ℓ）

形状 横型円筒

個数 1 基

ナトリウムチャージドレン用ノズル，ガス真空系ノズル，ナトリウムの外部よりの充填用ノズルがタンクの上部にコールドフィンガがタンクの下部にそれぞれ取付けられている。

計測器としては内挿熱電対，誘導型液面計，接触型液面計が取付けられている。

(2) 膨張タンク（第 1.4 図参照）

有効容量 10 ℓ（実容積 18 ℓ）

形状 円筒縦型

個数 1 基

接触型液面計 2 点（チャージ液位設定，異常警報用），温度計スリーブ，ガス真空系ノズル，メクラフランジ付きの予備ノズルが付属している。

(3) 配管

管径および肉厚 17.3 OD × 2 t（スケジュール 20）

ナトリウム接触部の配管および機器との接続はすべて TIG 溶接によるものとし，フランジは使用していない。原則として突合わせ溶接である。ティー，エルボ等の使用も許しているが内面にクレビスが存在する点は好ましくない。ドレンをできる限り完全に行なうため原則として 1/25 以上の勾配をつけている。

配管の熱膨張を妨げぬようハンガ，サポートとも配管のすべりを許す構造となつている。

(4) ナトリウム弁（第 1.5 図参照）

寸法 17.3 OD

型式および個数 止弁（手動） 7 個

弁には全開，全閉を示すリミットスイッチがつけられている。

(5) 電磁ポンプ（第 1.6，1.7 図参照）

型 式 A C フ ア ラ デ 型 容 量 3.6 K V A
 流 量 6 ℓ/min (300℃の時) 最大電圧 131 V
 揚 程 2.5 Kg/cm²
 ナトリウム流動部材質 S U S - 3 2
 制御用トランス付き（連続可変）
 個 数 1 基

流量については試料挿入部を通る主回路は 1.5 ℓ/min，精製回路は 0.3 ℓ/min の合計 1.8 ℓ/min が定格であるが，将来の増設も見込んで 200% の余裕をとつた。

揚程は本ループの配管が小口径であるため流動抵抗が大きくなることを考慮して高くとつてある。

むろん，付属スライドトランスの電圧を調整することにより，定格値内（131 V 以下）で任意の流量と揚程を得ることができる。

(6) コールドトラップ（第 1.8 図参照）

型 式 縦型円筒空冷型フィン付
 最高ナトリウム入口温度 500℃
 最低ナトリウム温度 120℃
 定格ナトリウム流量 0.3 ℓ/min
 金 網 15 メッシュ（充填密度 0.39 g/cm³）
 ナトリウム容量 約 1 ℓ
 材 質 S U S - 3 2 （ ケ ー ス 金 網 等 ）
 アルミ （ フィ ン ）
 冷却器 4 m³/min，10 mm Aq，200 V，50 W，2 P
 個 数 1 基

このコールドトラップは放射線計測上可能な限り小型，構造単純なものとなつている。

エコノマイザを内蔵してないため膨張タンクへの戻りラインに加熱器がもうけられている。金網の取替えも他ループのものと同じケースごとループ

から取外して行なり方式のものとなつた。

フィン、空冷ダクトも放射線計測の便宜上アルミ製とした。

(7) 酸素濃度計 (第 1.9 図参照) (UNC社製, 型式 TPH-1)

液体ナトリウム中の酸素活性度を固体電池 (溶質: $\text{ThO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$; 照合電極 $\text{Cu} - \text{CuO}$) により連続的に測定する計器で検出部と指示部よりなつている。検出部は固体電池とハウジングからなつていてハウジング内をナトリウムが流れ電極と接触する構造となつている。

検出部仕様

測定濃度範囲	1 ppm ~ 飽和まで
温 度	250 ~ 650 °C
耐電圧	2.1 ̄
電極材料	$\text{ThO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$
ハウジング材質	SUS 27

指示部仕様

インピーダンス	860 ~ 2860 Ω
供給電源	100 V \pm 10%, 50 サイクル A C 100 W

こ の 他

検出部のカバーガス圧調節用にガス真空系がとりつけられている。

(8) 酸素濃度計用加熱・冷却器 (第 1.10 参照)

冷却器	200 V, 100 W, 2 P, 5 m^3/min , 20 mm Aq
型 式	フィン付き管 空冷および電気抵抗加熱
加熱器容量	1 KW
個 数	1 基

300 °C 近傍で ± 1 °C 以内制御する必要のある酸素濃度体のナトリウム温度保持のためにこの加熱・冷却器を設けた。PID 温度調節器により加熱器ヒータの電流を制御し, 300 °C の温度保持を行なおうとするものである。

(9) コールドトラップ出口加熱器

型 式	外巻きヒータ型
-----	---------

ナトリウム入口温度	120℃ (最低)
ナトリウム出口温度	300℃
ナトリウム定格流量	0.3 ℓ/min (300℃)
ヒーター容量	1.33 KW (2.3 OD × 7250 mm)
個数	1基

この加熱器はコールドトラップ出口ラインのナトリウム温度を300℃まで上昇させることができる。

温度調節はナイフスイッチとヒータとの間に設けられたスライドトランスの電圧調整により行なう。

(10) 電磁流量計 (第 1.1.1 図参照)

本ループに設置された流量計は、永久磁石型電磁流量計 (3500 ガウス) でメインループとコールドトラップラインに各々1個付けた。

電源	100 V, 50 Hz
使用流量	0 ~ 2.5 ℓ/min
変換器	テレバーム EMF 変換器 E-ETI-X
	メインライン 0 ~ 1.203 mV/出力 0 ~ 10 mV
	コールドトラップライン
	0 ~ 1.122 mV/出力 0 ~ 10 mV
記録計	Kシリーズ自動平衡記録計 (打点式) K-EBS-61MP
配管	SUS-32, 17.3 OD, 突き合せ溶接
最高温度	400℃
最高使用圧力	5 Kg/cm ²

(11) 温度計 (第 1.1.2, 1.1.3 図参照)

検出端としてはCA熱電対を使用している。

一般に主要部温度測定用には

10.5 OD × 1.5 t (配管)

ウェルに挿入されたSUS-27レーヌ型熱電対 (4.8 OD × 0.3 t (レーヌ)) であり、予熱温度監視用には内部をアスベスト、表面をグラスウール被覆した熱電対を被予熱物表面に溶接して用いてある。

(12) 液面計 (第 1.3, 1.14 図参照)

型式および個数

誘導型 1 式

(貯蔵タンク用)

接触型 (固定式, 上下限警報用)

膨張タンク用 2 本

貯蔵タンク用 2 本

誘導型液面計は 2 個の励磁コイルを直列につないだプローブでタンクに設けたウェル内を走査し, 液面が両コイルの中間に来たときにコイルの磁界の強さの差が最大になり, ブリッジに組んだ電流計の読みが最大になることを利用して測定する方式のもので液位を連続的に測定できる。

接触型はタンク壁と絶縁されたプローブ (触針) の先端とがナトリウムの接触によつて導通することを利用したものである。

(13) 試料挿入部 (第 1.15, 1.16 図参照)

	ナトリウム温度 ℃	ナトリウム流速 m/S	試料枚数 (枚)
試料挿入部 T ₁	500	0.9	10
T ₂	650	2.5	10
T ₃	500	0.9	10
T ₄	300	0.9	10

ナトリウム流量 1.5 ℓ/min

試料ホルダー挿入後のシール法はホルダの出入れを容易にするため O リング (シリコンゴム) とフリーズシールを兼用した構造となつている。

(14) 試料抜出金具 (第 1.17 図参照)

試料ホルダをループより抜き出すための器具である。

ナトリウムドレン後ホルダ途中にナトリウムが一部残留し, 凝固状態のままネジの原理を応用し, 強制的に引き抜く構造となつている。

(15) 加熱器 (第 1.18 ~ 1.21 図参照)

本ループに設置された加熱器は №1 加熱器, №2 加熱器 (メインライン,

いずれも内挿型ヒータ

№1 加熱器

このヒータはナトリウムの温度を500℃まで上昇させることができる（入口ナトリウム温度300℃の時）。全出力は7 KWで、1コのヒータケースの中に6本のヒータエレメントが挿入されている。温度調節はヒータ3本につき1個のナイフスイッチを設け、2個のナイフスイッチのうち1個に、マグネットスイッチと温度調節計を取付けて行なう。

温度調節用のヒータ出力は3.5 KWである。

№2 加熱器

このヒータによりナトリウムの温度は650℃まで上昇する（入口ナトリウム温度500℃の時）。

全出力は5 KWで、1つのヒータケースの中に6本のヒータエレメントが挿入されている。温度調節は№1加熱器と同じ方法で行なう。温度調節用のヒータ出力は2.5 KWである。

№1加熱器とも、予備ヒータは挿入されていないがヒータエレメントの交換が容易な構造となつている。

ヒータエレメントの仕様は次のとおりである。

№1 加熱器 (20 mm OD) 1.16 KW × 6本 = 7 KW

№2 加熱器 (20 mm OD) 0.833 KW × 6本 = 5 KW

(10) 冷却器 (第1.2.2, 1.2.3図参照)

本ループに設置された冷却器は、№1冷却器、№2冷却器である。

№1 冷却器

ナトリウム温度を500℃まで冷却する（入口ナトリウム温度650℃の時）。配管にアルミニウム製冷却フィンがあり下部よりファンで空冷する。風量はダクトのダンパによつて調節できるようになつている。温度調節はファンのマグネットスイッチと温度調節計により on-off 制御を行なうようになつている。

ファン入力 0.4 KW, 風量 10 m³/min, 吐出圧 20 mmAq で、冷却フィン部の長さは 1000 mm である。

№2 冷却器

入口ナトリウム温度500℃の時ナトリウム温度を300℃まで冷却することができるようになっている。

冷却部配管長さは1200mmで、その他は№1冷却器と同じ仕様である。

(7) 制御盤（富士電機製）

制御盤（第1.2.4図参照）は操作スイッチ盤、グラフィック盤および計測盤よりなり、本ループを制御する。

操作スイッチ盤はホットスチールループ電源盤とナイフスイッチ盤との間にもうけられ、ループ電源盤の電磁接触器の開閉を行ない、電磁ポンプ、加熱器ヒータ、予熱ヒータおよび冷却器ファンを自動あるいは手動制御する。電源は200Vである。

操作スイッチ盤裏面には、電磁ポンプ用ナイフスイッチ、電磁ポンプ用変流器、パネル内ケイ光灯用電源、警報器用電源および計測器用電源（100V）がある。

グラフィック盤にはループ全体のグラフィックパネル、温度指示調節計、警報用押ボタンがある。グラフィックパネルには、ループ配管機器を示す図の他にバルブの開閉、予熱ヒータ、加熱器ヒータ、冷却器ファン、ナトリウム漏洩検知器および接触式液面計のon-offを示すランプがある。

温度指示調節計は加熱器ヒータ、冷却器ファンおよび予熱ヒータをon-off制御する。

グラフィック盤裏面には計器用電源スイッチ、熱電対端子、データログ端子およびグラフィックパネルランプ用端子がある。電源は100Vである。

計測盤には故障表示灯、温度指示計、多点押ボタンボックス、温度記録計および流量記録計がある。押しボタンを選択することによってループ配管機器の温度を温度指示計により読みとることができる。

裏面には、温度警報計、計器用電源スイッチ、故障表示ブザー、ナトリウム漏洩ベルおよびナトリウム流量計用変換器がある。電源は100Vである。

制御盤の使用負荷は、

予熱時 約30KW

定常運転時 約30KW である。

(18) 予 熱 系

予熱は電気抵抗式とし、予熱ヒータとしてはフレキブルマイクロヒータを用いてある。

運転中のヒータ故障の際運転を中断せずに取り替えができるように全数につき予備ヒータを常備のものに並べて装着してある。

予熱温度はループ設計温度以上に過熱することをさけるとともに不純物による閉塞もさけるために上限500℃下限250℃と定めた。ナトリウムチャージ作業の際にループ予熱が約半日で（貯蔵タンク，膨張タンクは除く）完了するように昇温速度は150～200℃/hrを目標値とした。

一般配管機器は特に制御することなく，ヒータの発熱と保温材を通しての放熱とのバランスで上記温度範囲に，上記昇温速度で達しそこで温度が保持されるようにヒータ出力を定めた。出力の微調整用にスライダックを設けてある。

出力のアンバランスをさけるため弁類は配管から独立した予熱回路とした。配管との密着性をよくするために建設当初は伝熱セメントを塗布することとした。しかし完成後予熱ヒータの絶縁抵抗低下が起こりその主原因が伝熱セメントによる腐食と推定されたため試運転後これは除去されている。

予熱状況を正確に把握し，故障の有無をすみやかに検知するため各予熱ヒータ区分毎に機器，配管表面に熱電対を設けた。これも信頼性を高めるため2本ずつとし，そのうちの1本を配線しておくこととした。

予熱ヒータ端子部は短絡，感電事故を防止するため端子箱で覆つてある。試運転後ヒータ内部への水分の流入による絶縁抵抗低下を防ぐためヒータ端子部にシリコンゴム製電磁ポンプの予熱には，ダクト内にナトリウムのない状態で電磁ポンプに電圧をかけるいわゆるカラ焼きを外装予熱ヒータによる加熱と併用している。

定常運転中に予熱ヒータの通電が必要な個所（ドレンライン，ドレン弁，貯蔵タンク等）にはON-OFF温度調節計をもうけ予熱温度を一定範囲に保持できるようになつている。

(19) 保 温

内 層 ファインフレックスローブ（配管，弁等）

ファイナフレックス板（タンク，加熱器等）

外 層 アスベストクロス

冷却器，コールドトラップ等は脱着可能な保温を施してある。保温表面温度は，室温+30℃を越えないことを目標とした。

(20) カバーガス真空系

膨張タンク，貯蔵タンク，酸素計等の自由表面をもつタンク，機器類にはカバーガス真空系が設けられている。この主要部材質はSUS-27である。

カバーガス真空系はガス配管，ベーパートラップ，真空弁，ガスヘッド，真空ヘッド，アルゴンポンペ，真空ポンプ，ガス流量計，マンメータ，調圧装置，安全弁より成り，第1.25，1.26図にその配置図を示してある。

カバーガスとしては7m³ポンペ入りの高純度アルゴンを使用する。

各タンク，機器からの配管はそれぞれ分岐してガスヘッドと真空ヘッドに接続されているので加圧操作と減圧操作を同時に独立して行なりことができる。ガスヘッドのガス圧調整弁によりアルゴンガス圧は0～0.5 Kg/cm²まで任意に設定することができる。

各タンク，機器のカバーガス圧は水銀マンメータに指示させている。

(20.1) 蒸気トラップ

型 式	自然空冷式
容器及び充填物材料	SUS-27
充 填 物	15メッシュ（密度約0.2 g/cm ³ ）
概 略 寸 法	90 OD×700ℓ
予 熱 温 度	約200℃（保温着脱可能）
個 数	2基（貯蔵タンク用，膨張タンク用各1個）

充填金網にナトリウムが蒸着しトラップの機能が低下した際にはナトリウムを加熱融解して流し落とすか，又は金網を取り外して洗浄するかして機能の回復を図っている。そのためにケース外側には予熱ヒータを巻き（通常時には保温なし），上部はフランジ構造で金網が容易に取り外せるようになっている。

(20.2) ガス系配管

管 径 27.2 OD×2.5 t

材 質 SUS-27

使用流体 アルゴンガス（一部ナトリウム蒸気を含む）

(2 0 . 3) 真 空 弁

型 式 フランジ接合型

材 質 SUS-27

口 径 27.2 OD × 2.5 t 相当

使用流体 アルゴンガス

使用圧力範囲 10^{-3} mmHg ~ 5 kg/cm²g

個 数 6 個

(2 0 . 4) 水 銀 マ ノ メ ー タ

型 式 ガラス製開放U字管（保護カバーつき）

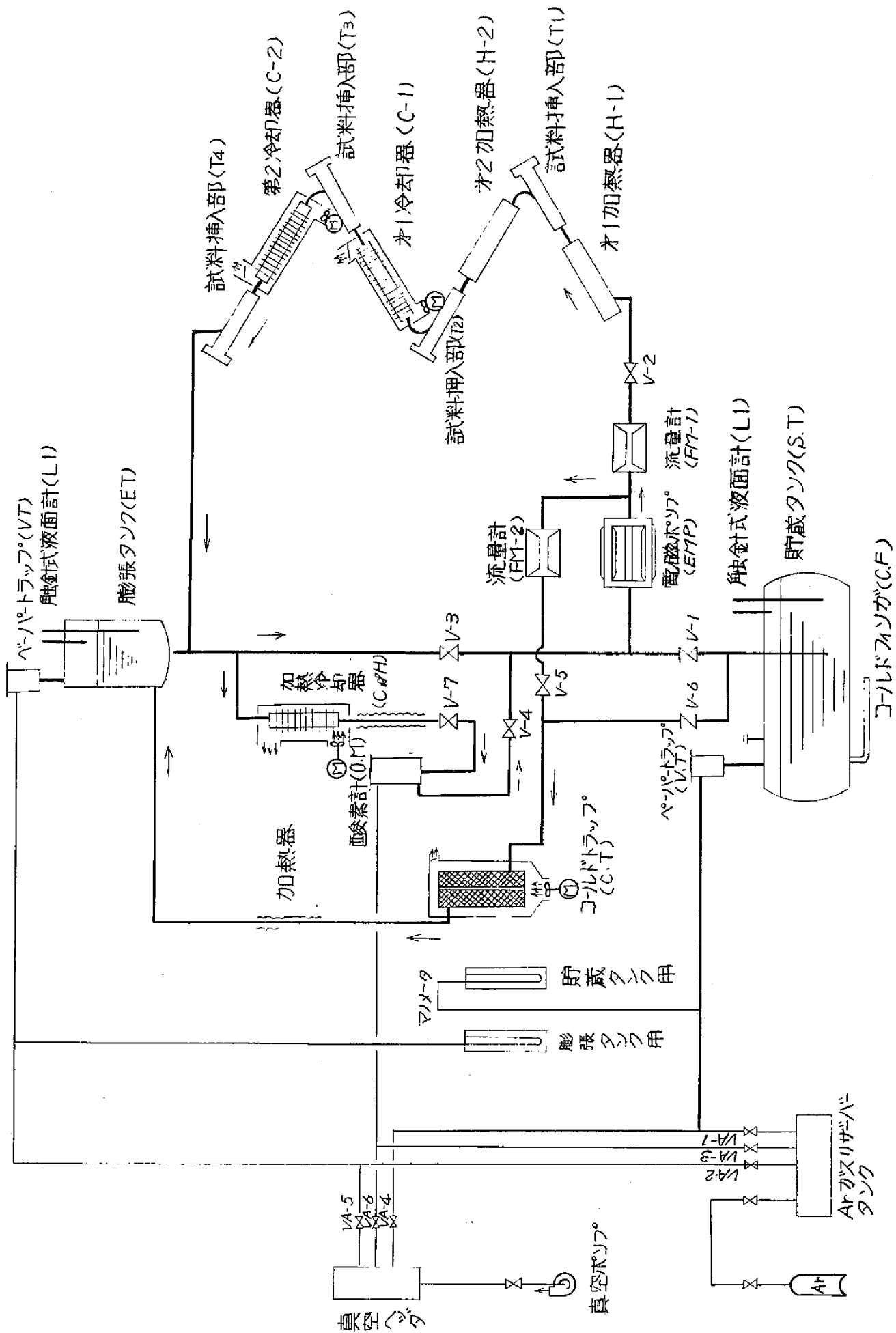
管 径 6.0 ID

有効高さ 1000 mm

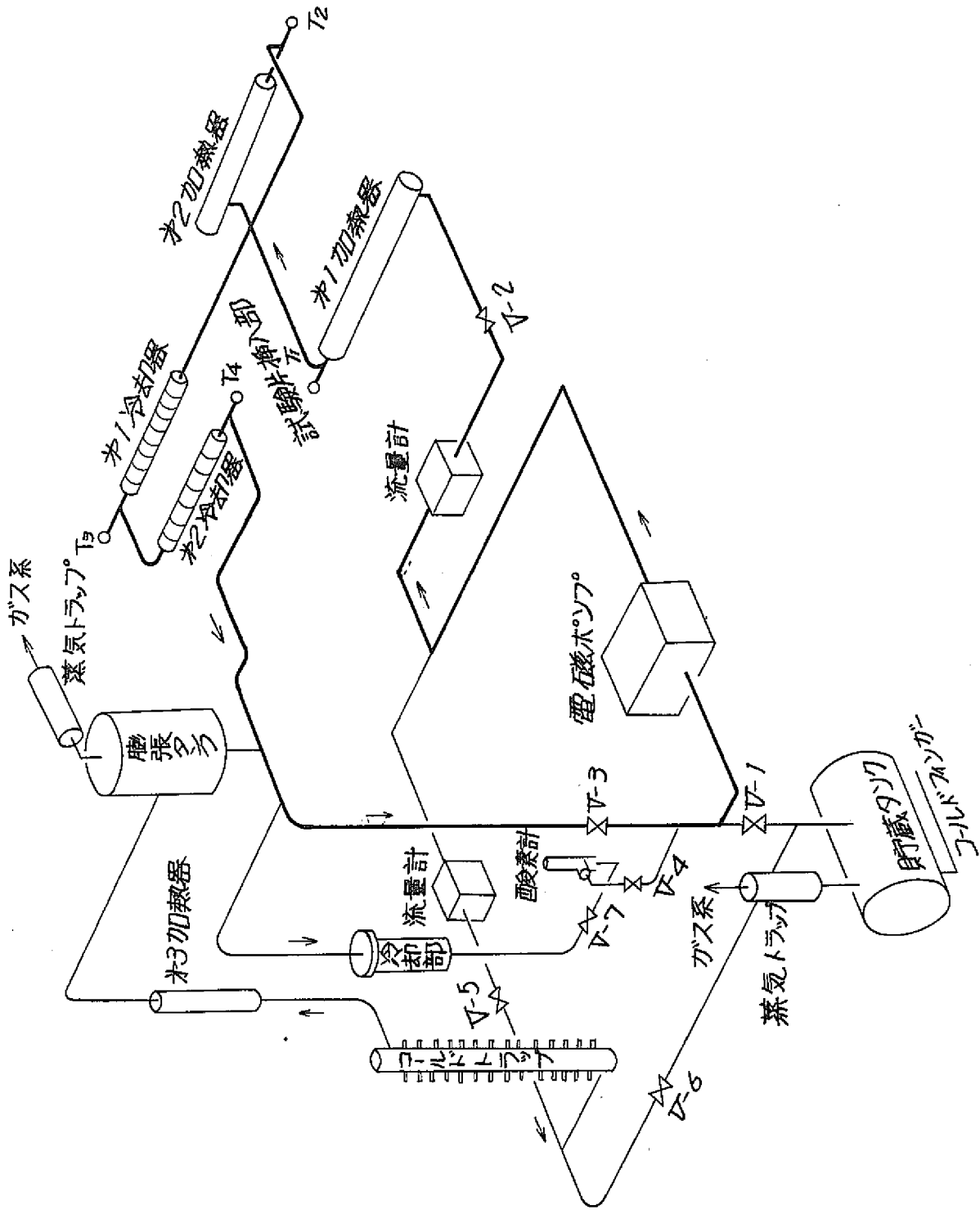
接 続 一方をガス系に接続します

個 数 2 個（貯蔵タンク用，膨張タンク用各1個）

そ の 他 真空ヘッド，アルゴンガスリザーバ，流量調整弁，アルゴンガス
集合装置，真空ポンプは技術開発ループ，材料試験ループと共用し
ている。



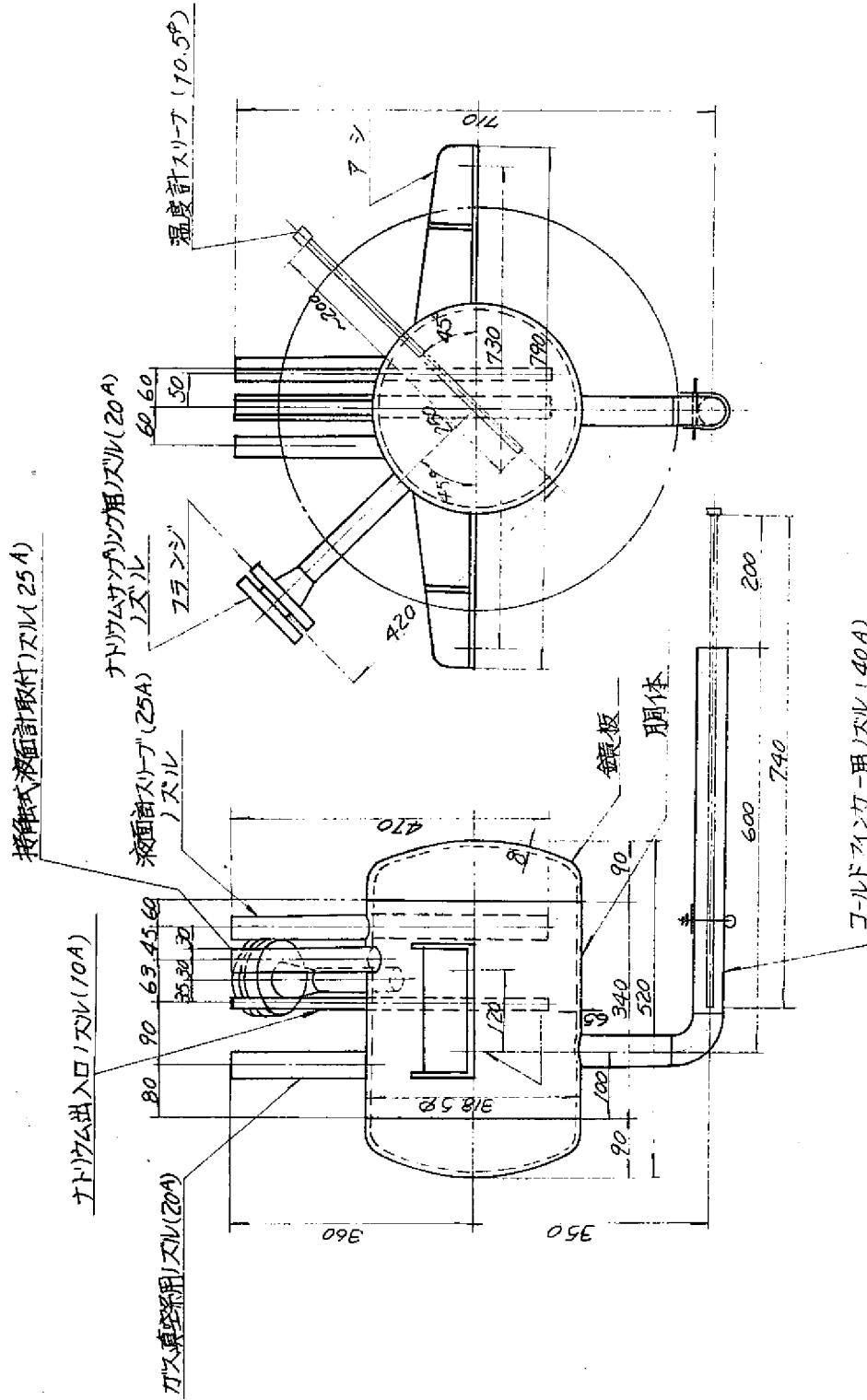
第 1. 1 図 ホットエステルテストフローシート



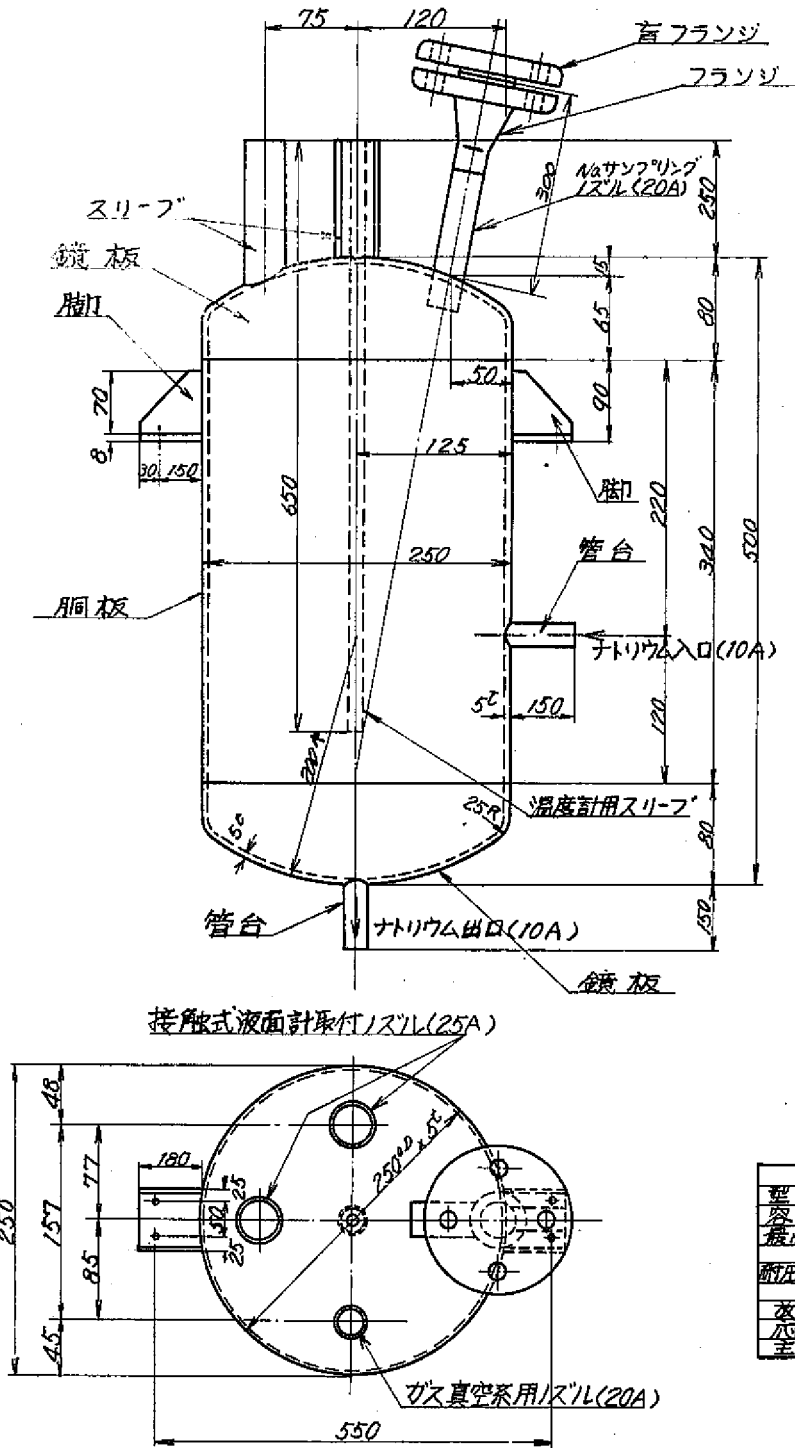
第 1.2 図 ホットスチールテストループ見取図

設計仕様

最高使用圧力 5kg/cm²
 最高使用温度 500℃
 耐圧漏洩試験圧 0.25MPa
 故障検出検査 突合電磁弁100%
 入力除去検知 70L
 主材料 SUS32 SUS32TP

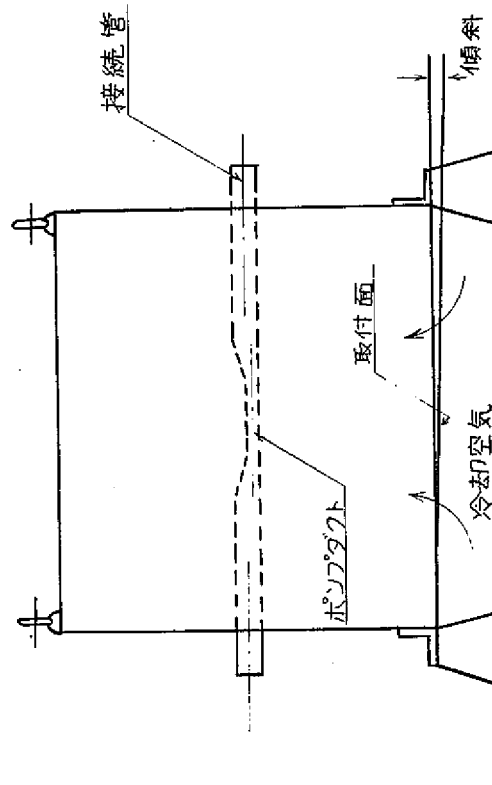


第 1.3 図 貯蔵タンク

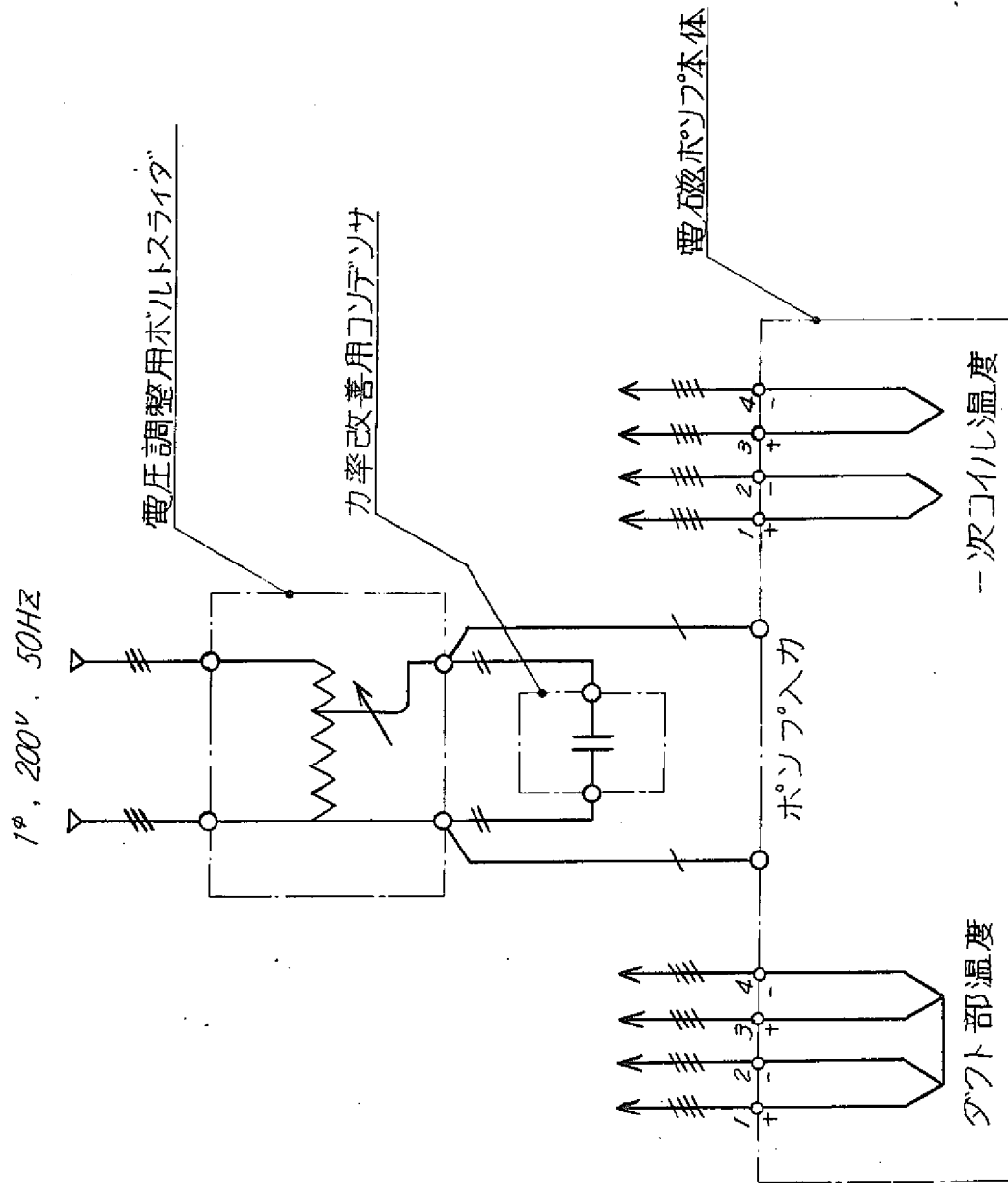


設計仕様	
型式	純型円筒
容量	5L
最高使用圧力	5 ^{kg} /cm ² g
温度	500°C
耐圧漏洩試験圧(20分)	6.25 ^{kg} /cm ² g
"	6.25 ^{kg} /cm ² g
放射線検査	照射面線量率100%
穴力除去処理	ナシ
主要材質	SUS32, SUS32TP

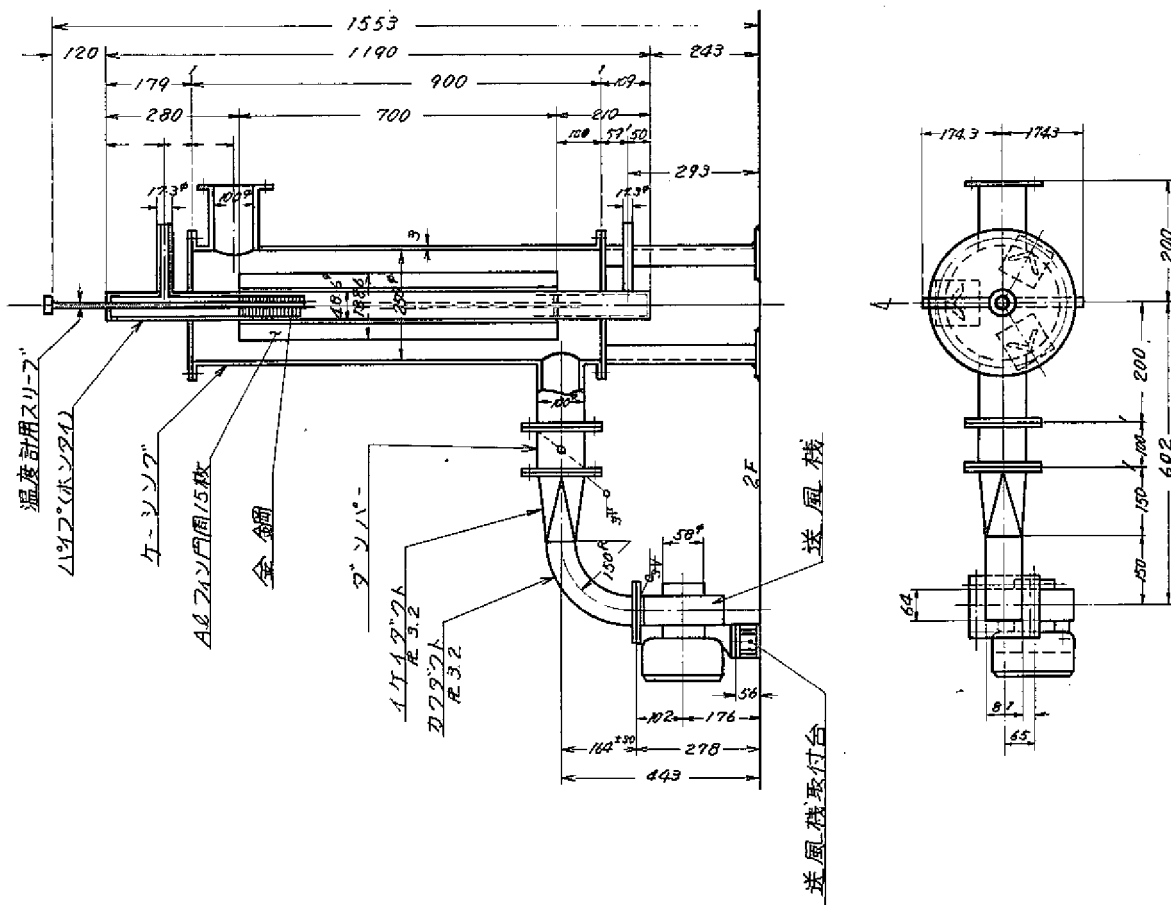
第 1.4 図 膨張タンク



第 1.6 図 電磁ポンプ取付図

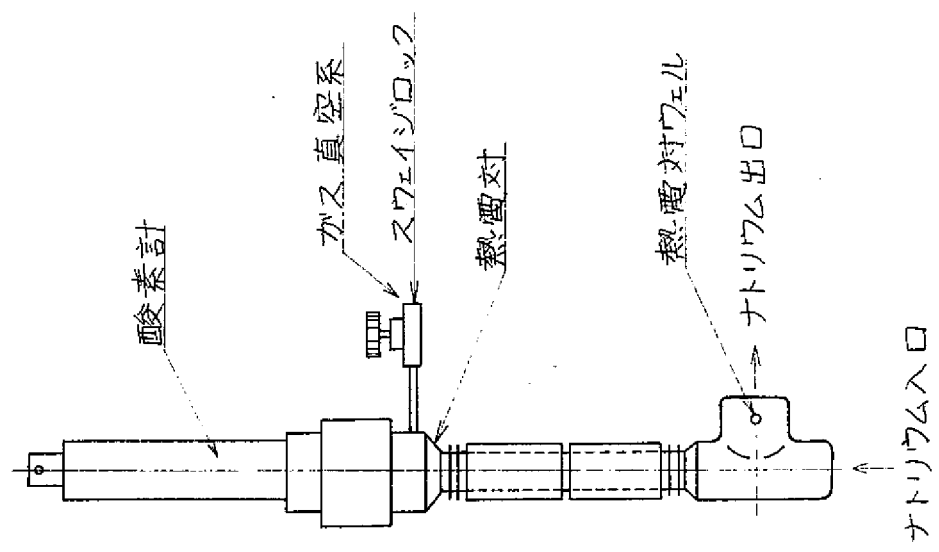
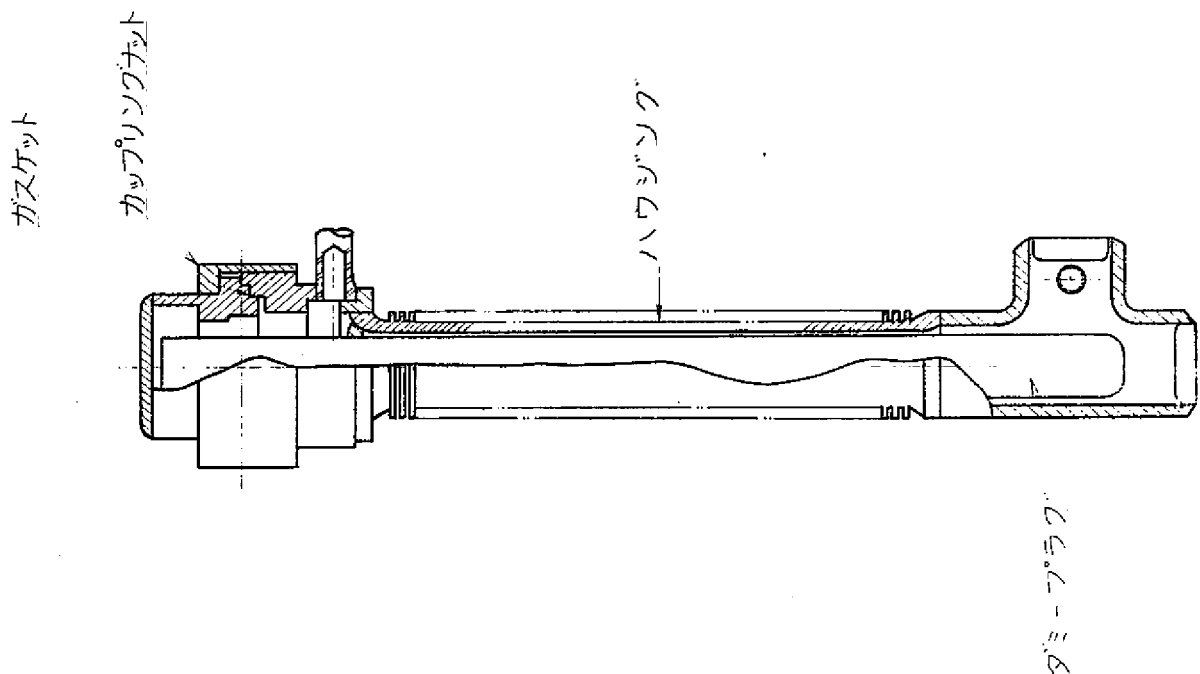


第 1.7 図 電磁ポンプ接続図



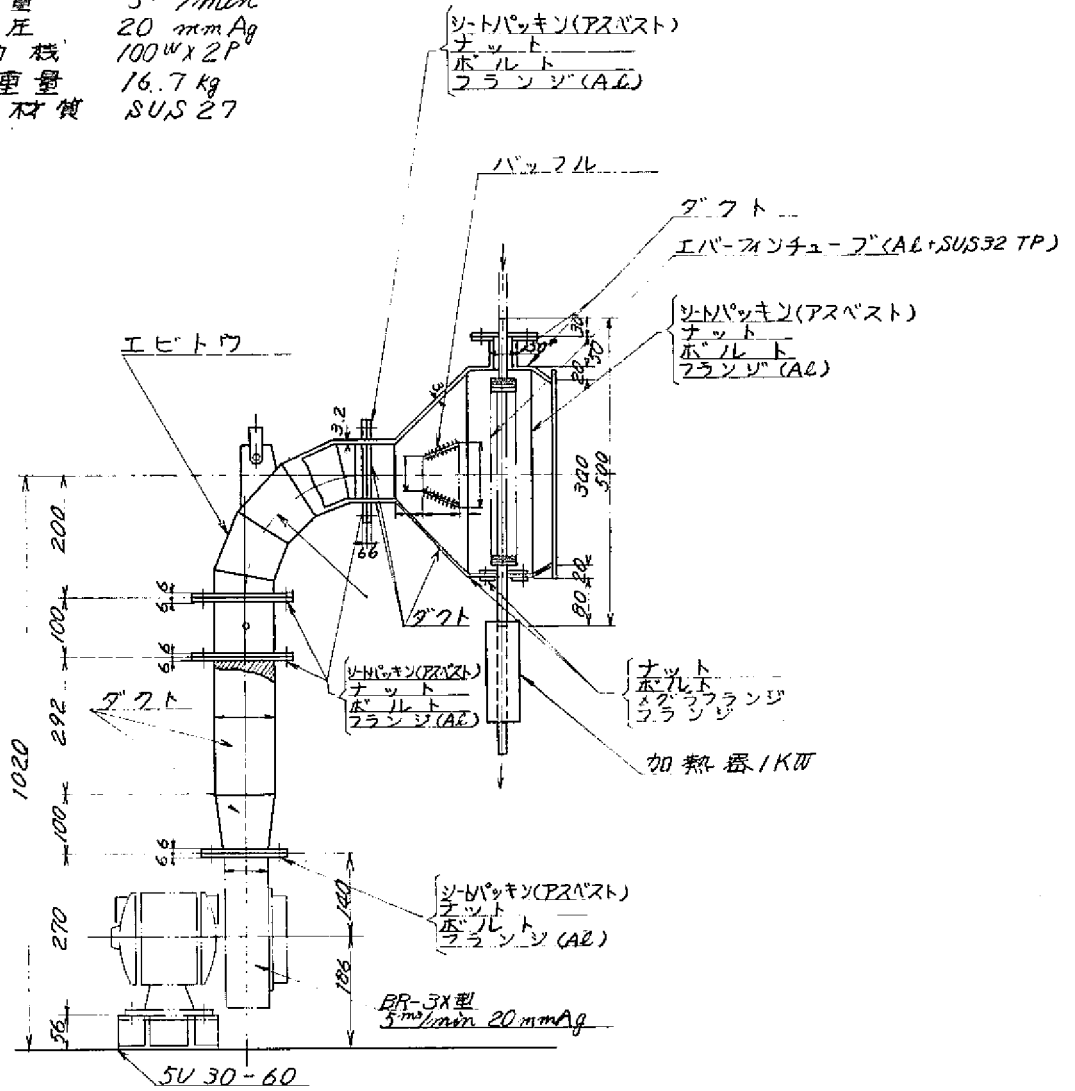
設計仕様
 最高使用圧力 5 kg/cm²g
 " " 温度 500°C
 耐圧漏洩試験(空圧) 625 kg/cm²g
 (1kg/10分)
 送風機型式 BR-3C
 風量 4 m³/min
 静圧 10 mm Ag
 電動機 50W x 2

第 1.8 図 コールドドラフトプロベおよびダクト

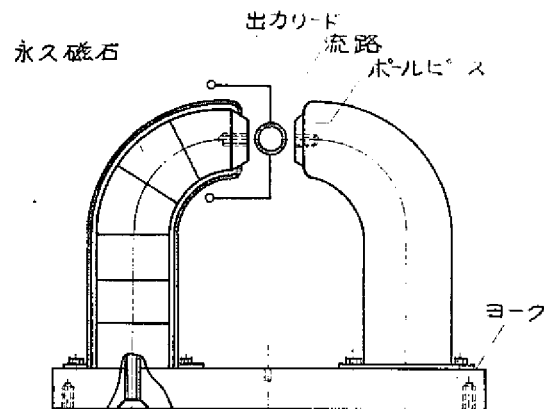
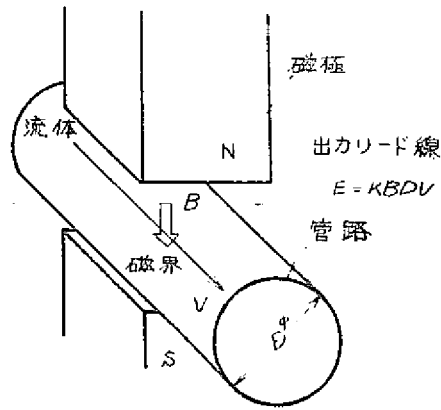
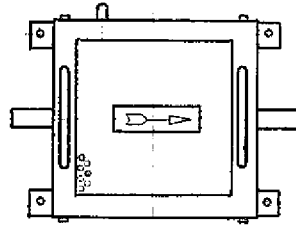


第 1.9 図 酸素濃度計

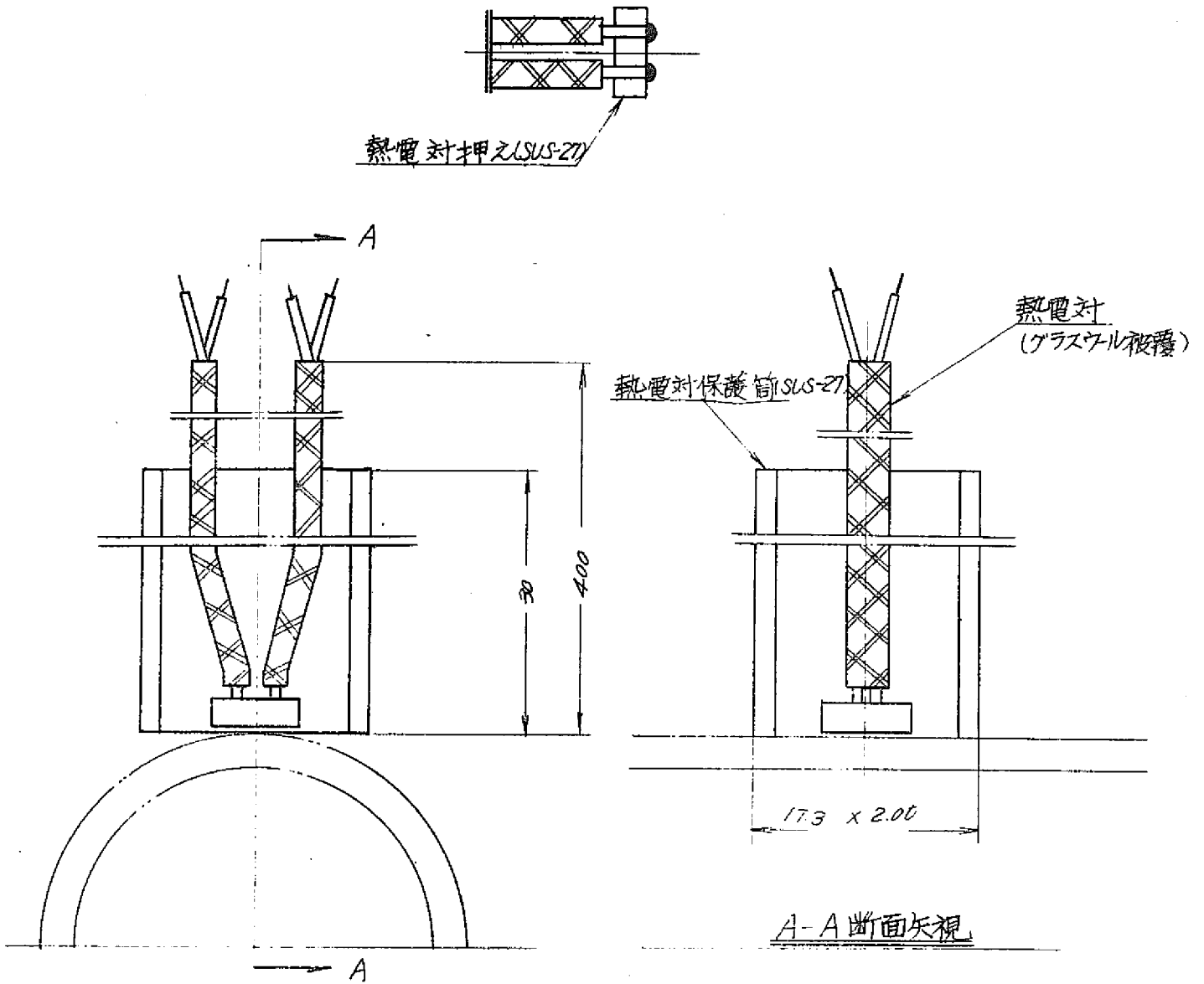
設計仕様
 最高使用圧力 5kg/cm²
 最高使用温度 500°C
 送風機型式 BR-3X
 風量 5m³/min
 静圧 20mmHg
 電動機 100W×2P
 合計重量 16.7kg
 主要材質 SUS27



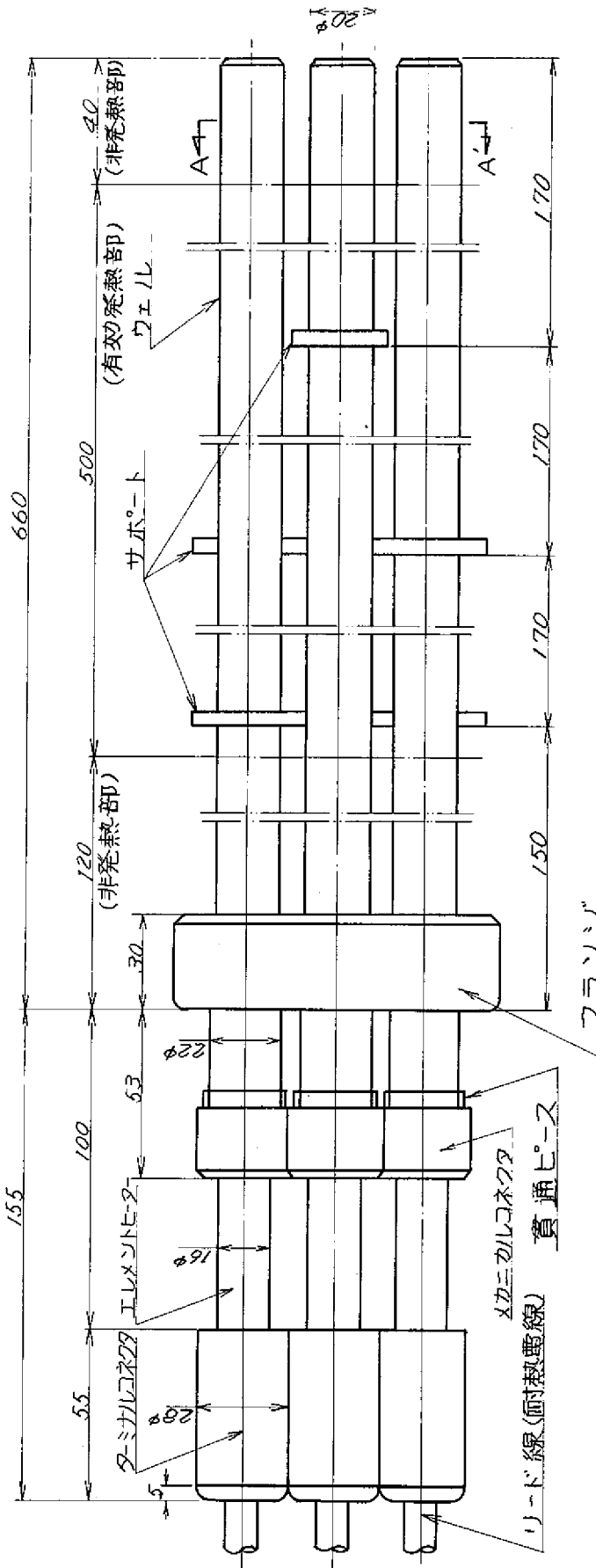
第 1.10 図 酸素計用加熱冷却器



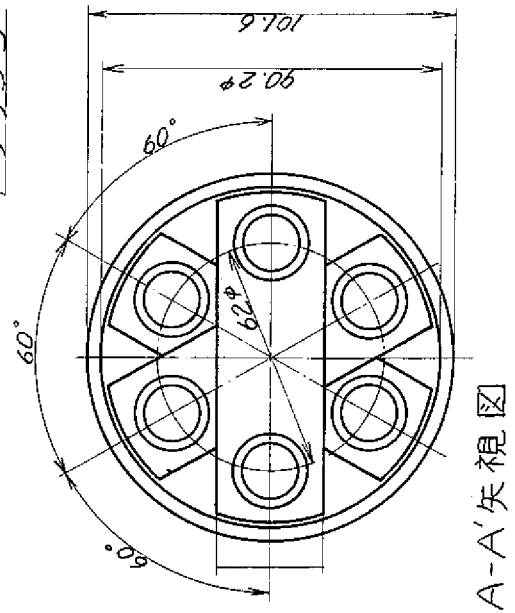
第 1. 1 1 図 電磁流量計



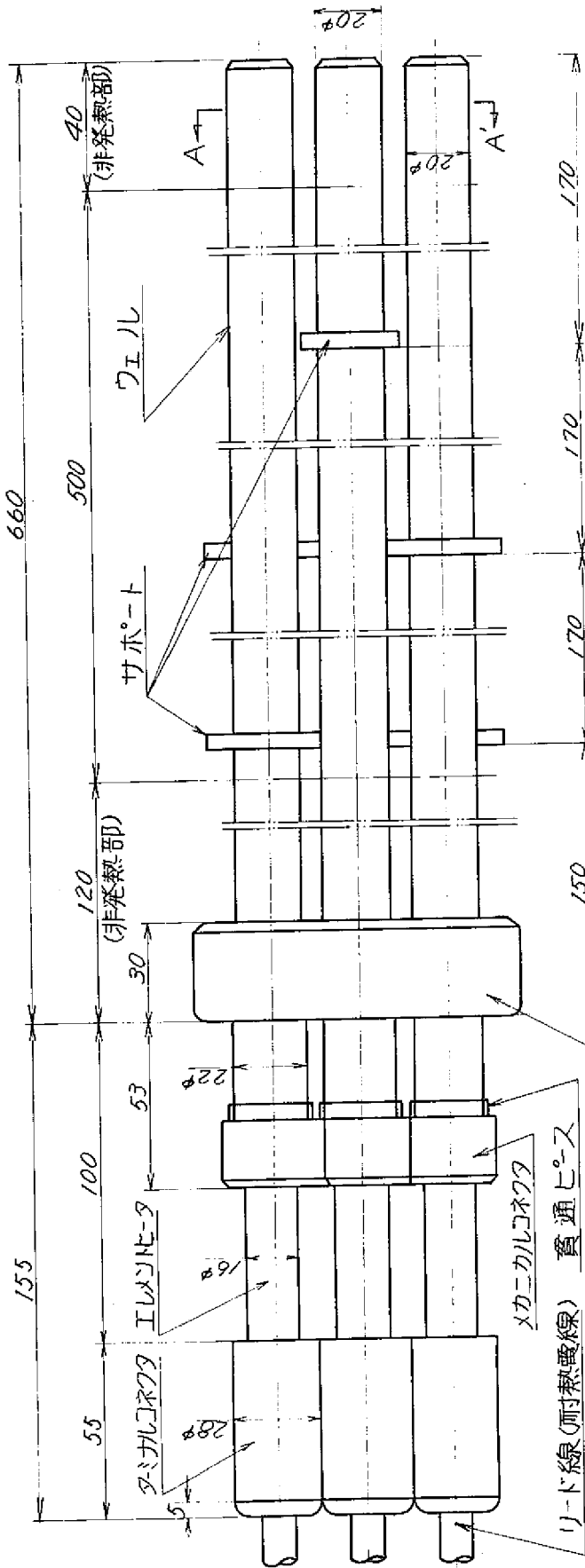
第 1.13 図 予熱温度測定用熱電対



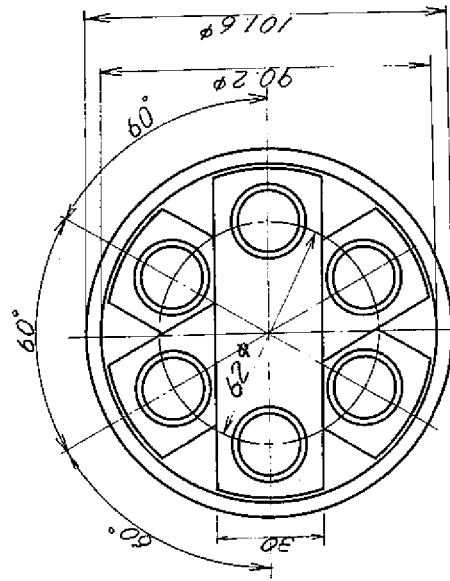
仕様
 定格電圧 AC200V3φΔ
 定格容量 70KW(1.16KW/m²)
 電力密度 28W/cm²
 被加熱体 ナトリウム
 主要材質 SUS27



第 1.19 図 第 1 加熱器用ヒータ

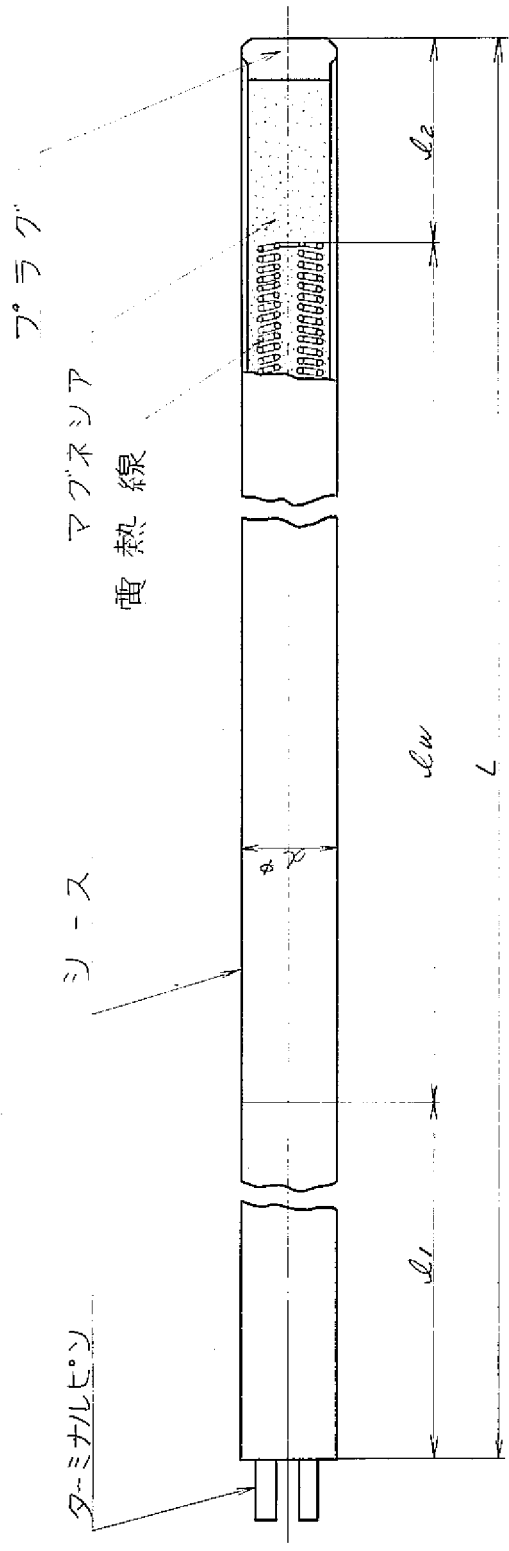


仕様
 定格電圧 AC200V3 ϕ Δ
 定格容量 50KW(0.833KVA ϕ)
 電力密度 2.0 W/cm²
 被加熱体 ナトリウム
 主要材質 SUS27



A~A' 矢視図

第 1.20 図 第 2 加熱器用ヒータ



(mm)

No	名称	容量	本数	d	L	l_w	l_1	l_2
1	加熱器用ヒ-ツ	200V1.166 ^{4W}	6	16	750	500	230	20
2	"	200V0.855 ^{4W}	6	16	750	500	230	20

第 1.2.1 図 エレメントヒーター寸法図

設計仕様

最高使用圧力 5^{kg}.6^{m²}θ

“ 温度 650°C

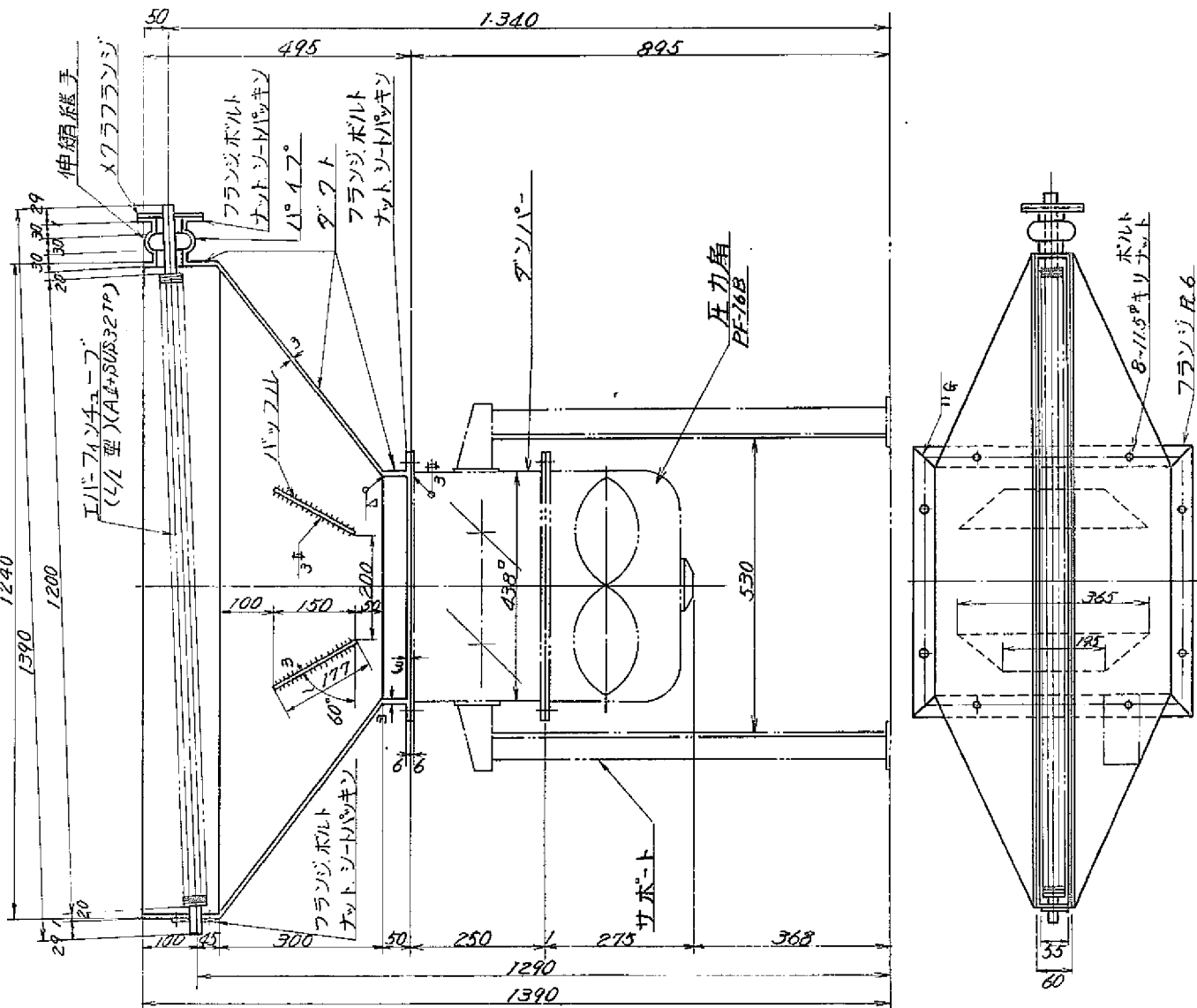
圧力扇型式 PF-16B

風量 10^{m³}/min

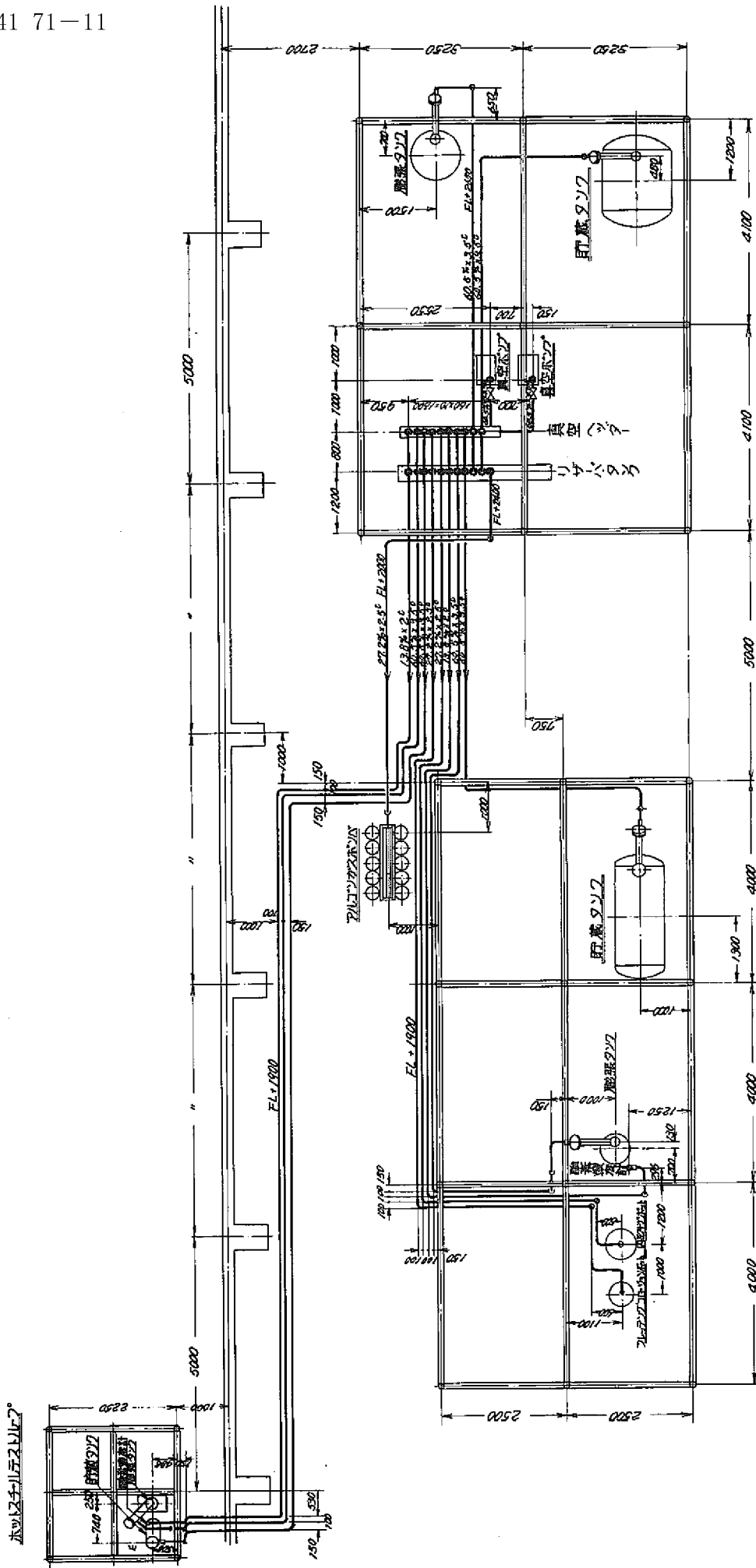
静圧 20^{mm}Ag

電動機 200^W x 4P

主要材質 SUS27



第 1.2.3 図 第 2 冷却器



ナトリウム技術用真空ポンプ

材料試験用真空ポンプ

第 1.2.5 図 カバーガス真空系配置図

3 試 運 転

3.1 目 的

貯蔵タンクへのナトリウムチャージ完了に伴ない、本運転を行なう際に必要な下記の試験を本運転前に行なう。

- ① 運転方式の確立（チャージ、ドレン等）
- ② 定格試験条件の設定（温度、流量等）
- ③ 機器の性能試験（電磁ポンプ、電磁流量計、加熱器、冷却器、液面計、バルブ等）
- ④ ループの精製試験（コールドトラップ制御法、酸素濃度計の性能試験等）
- ⑤ 緊急時対策（停電）
- ⑥ その他、問題点の発見

3.2 運転経過

下記に試運転の経過を示す。

4月18日、20日

運転前点検

4月21日

8 : 3 0 予熱開始

1 3 : 3 0 膨脹タンク用水銀マンオメータ指示より、7mmHg / min (- 7 2 0 mmHg の時) のもれを発見した。水銀マンオメータ上部の袋ナットおよび試料挿入部の増しじめの結果もれは止つた。

1 3 : 5 5 ガス圧調整

貯蔵タンク側 - 4 7 0 mmHg

膨脹タンク側 - 7 6 0 mmHg

1 3 : 5 8 試料挿入部フリーズシール部温度測定

温度測定の結果フリーズシール部に 1 0 0 °C 以上の部分がありナトリウム漏洩の恐れがあつたので家庭用扇風機により強制空冷し〜 3 0 分まで下げた。

9 : 1 0 16.3 加熱器の電圧調整

1 4 : 0 0 試料挿入部フリーズシール部の昇温試験

4 月 2 6 日

8 : 3 0 温度警報器作動試験

1 0 : 4 5 コールドトラップ特性試験

4 月 2 7 日

1 3 : 5 0 緊急時対策試験(停電時の温度下降速度を求めた)

1 4 : 1 6 緊急ドレン

ドレン後、メインライン流量計用予熱ヒータの抵抗値が無限大であることを発見した。調査したところヒータ端子のサビのために絶縁されていたことがわかった。

1 9 : 0 8 再チャージ準備開始

1 9 : 4 0 ナトリウムチャージ開始

1 9 : 4 8 // 終了(ナトリウムチャージ量 22ℓ)

2 0 : 0 0 ガス圧調整

2 0 : 0 5 ナトリウム流量調整

4 月 2 8 日

ナトリウムドレン準備

9 : 0 7 ナトリウムドレンおよびアルゴンガスの導通

9 : 4 0 ドレン完了

2.3 ループ性能実証試験

3.3.1 ナトリウムチャージ

チャージ前ガス圧調整時に7 mmHg/min のガスもれを発見したが、水銀マンオメータ上部の袋ナットおよび試料挿入部ナットの増しじめによりもれをおさえることができた。また、予熱時に試料挿入部フリーズシール部の温度が100℃以上となりナトリウム漏洩の恐れが生じたので家庭用扇風機により強制空冷した。

チャージはバルブV-3、4、6を全閉にして行ない、チャージされたすべてのナトリウムが流量計(FM-1、2)を順流で流れるようにし、チャージ速度を監視した。また、アルゴンガスのまき込みをなくすため、膨脹タンク側を真空にし、貯蔵タンク側は貯蔵タンクと膨脹タンクのナトリウム自由液位のヘッド分だけアルゴンガスを封入し、バルブV-1の手動開閉によりナトリウムをチャージする方法をとつた。計算上のヘッドは、ナトリウム液柱で2.4mであつたが、チャージ速度を高くするため、4.3mナトリウム液柱(約300mmHg)に相当する差圧をかけてチャージを行なつた。チャージには約20分要したが実質的なチャージ速度は約1.5ℓ/minであつた。チャージ完了後誘導型液面計により貯蔵タンク液位を測定した結果、チャージ量は20.5ℓであつた。

チャージ直前の予熱温度は配管部200~400℃貯蔵タンク205℃であつた。

第2.1表に配管部の予熱温度、第2.2、2.3表にヒータの抵抗値および絶縁抵抗を示す。緊急ドレン後の再チャージも上述の方法で行なつたが、予熱温度は配管部210~350℃、貯蔵タンク210℃、そしてナトリウムチャージ量は22ℓであつた。そして、チャージ所要時間は1回目の経験を生かし約10分間であつた。

2回のチャージ操作とも何のトラブルもなく順調であつたが操作の詳細については運転マニュアルを参照のこと。

3.3.2 ナトリウムドレン

停電中のループ温度降下の測定試験後、訓練をかねて緊急ドレンを行なつた。即ち、120℃以下の個所(コールドトラップ下段)が発生した後、バルブV-1、6を全開にした。

ただし、熱衝げきによる酸素計プローブの破損をさけるためバルブV-4、7を全閉にし酸素計ラインはドレンしなかつた。ドレン所要時間は3分半で、ドレン後全系を予熱保持しながら膨脹タンクよりアルゴンガスを吹かし、各ラインの導通を確認した。(ただし酸素計ラインを除く)

各試験終了後通常ドレンを行なった。ただし、酸素計ブローグの破損をさけるためバルブV-4、7を全閉にして酸素計ライン以外のナトリウムをドレンした後、まずV-4を微開にし、次にV-7を微開にして酸素計ラインのナトリウムをドレンした。

2回のドレンとともにドレン後ガスの導通操作を行なったが、操作中電磁ポンプダクト部の温度が100℃以下となつてナトリウムが凝固したのでポンプ電圧を上げダクトを加熱し溶解した。緊急ドレンおよび通常ドレンとも当室はじめての経験であるため訓練をかね多人数で各担当個所を受けもち注意深く行なった。

3.4 ループ機器性能試験

3.4.1 電磁ポンプ流動特性試験

(1) 目的

電磁ポンプ印加電圧に対する各ラインのナトリウム流量を測定しラインの流動特性を知る。

(2) 方法および条件

Naチャージ終了後、ただちに行なった。

冷却器ファン、加熱器内挿ヒータはすべてOFF予熱ヒータはすべてONの状態であり試験片は未挿入である。

1. バルブV-1、3、5、6 全閉
バルブV-2、4、7 全開（第2.1図参照）
2. 電磁ポンプ電圧を段階的にかえ各々の電圧での流量を流量計FM-1により求める。
3. バルブV-1、5、6 全閉
バルブV-2、3、4、7 全開（第2.2図参照）
4. 同様にして流量を流量計により求める。
5. バルブV-1、5、6、7 全閉
バルブV-1、3、4 全開（第2.3図参照）
6. バルブV-1、3、6 全閉
バルブV-2、4、5、7 全開（第2.4図参照）

同様にして行なり
（第2.4図参照）

予熱時（保温部配管の温度 $275 \sim 370^{\circ}\text{C}$ ）自然空冷では、フリーズシール部の温度が 100°C 以上であつた。定常運転においては試験部温度が 650°C （ T_2 ）になるためフリーズシール部の温度はさらに上昇することが予想されたので（家庭用）扇風機により強制空冷した。

第2.6表、第2.13図に運転中の試料挿入部の表面温度を示す。測定は強制空冷用ファンをOFFし、昇温状態を求めた。図より明らかのように保温部配管の温度が高い程フリーズシール部の温度が高く、また昇温速度も高くなっている試料挿入部 T_1 、 T_2 、 T_3 。酸素計ブローグのフリーズシール部は特にナトリウム漏洩の危険性があるので（家庭用）扇風機の代りに耐久性のある冷却器をとりつける必要がある。

3.4.3 酸素計用温度調節計の性能試験

(1) 目的

酸素計センサは温度依存性が高いので、ナトリウム温度を $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内で制御しないとe、m、f値が変動する。

一定ナトリウム流量で酸素計用温度調節計（PI温度調節計）入口温度を $\#2$ 冷却器で一定に維持し、調節計のPとIの指示値を種々かえて酸素計センサ部の温度巾を測定し、 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ となるPI温度調節計の条件をもとめる。

(2) 方法および条件（温度設定④（運転マニュアル参照）の条件で行なつた）

1. 調節計のPとIの指示値を適当にセットする。
2. 酸素計センサ部の温度を記録する。

(3) 結果および検討

測定結果を第2.7表に示す。

$\#1$ 、 $\#2$ 冷却器ファンのON-OFFのため（ $\pm 3.2^{\circ}\text{C}$ ）、酸素計用温度調節計入口温度幅が $\pm 1.2^{\circ}\text{C}$ もあつた。酸素計用PI温度調節計ではこの幅を $\pm 4^{\circ}\text{C}$ までしか減少できなかつた。

そこで、 $\#2$ 冷却器ダンパを多少閉めファンがON-OFFしな

いようにした。その結果、 2 冷却器出口温度幅は $\pm 3^{\circ}\text{C}$ になった。この幅は 1 冷却器ファンの ON-OFF のためであるが、この範囲であれば、酸素計センサ部の温度幅は $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以下に抑えることができる。

従つて、酸素計の試験を行なう場合は冷却器ファンが ON-OFF 調節計により ON-OFF して、出口温度が変動しないようにしなければならぬ。具体的には冷却器出口温度はダンバの手動微調整により調節し、ON-OFF 温度調節計の上・下限用指針を設定温度よりはなしておき、ファンが ON-OFF しないようにすることが必要である。

氷接点で補正した結果 300°C は酸素計用温度調節計において 303°C に相当した。

3.4.4 酸素計挿入および酸素濃度測定

(1) 目的

酸素計用温度調節計の温度制御特性試験の後、本プローブを挿入し、系の初期精製状態をみる。酸素計の起動が安定したならば種々のコールドトラップ温度における起動をとり、酸素計の較正曲線を得、原研ナトリウム研究室の IBT ループで行なつた較正曲線と比較検討する。

(2) 酸素計挿入手順

酸素計用温度調節計の性能試験終了後の状態から始める。

1. バルブ V-3 全開
2. 酸素計用加熱冷却器 o f f
3. 同ライン予熱ヒータ o f f
4. バルブ V-4、7 全閉
5. 酸素計付近(バルブ V-7 からバルブ V-4)のナトリウムを凝固させ、 50°C 以下にする(扇風機で冷却)
6. 酸素計フィン部の予熱ヒータ o n
フィン部温度は 150°C にする(スライドトランスで調節)
7. 酸素計上部のコノシール部をパイプレンチでゆるめる。

8. ガス系からアルゴンガスを少しづつ流し続ける 5 ℓ/min
(以下 手順7～16まで)
9. ダミープラグを取り出す。
防護服、皮手、防護面を着用して行なう。
10. アルゴンガスの流れ確認
11. ナトリウム吸引器(第2.14図参照)でハウジング内のナトリウムを吸い取る。
12. ハウジング内面、コノシール部に付着している酸化物をドライバ、ピンセットで取り除く。
13. ダミーをハウジングに入れ本プローブが挿入できることを確認する。
14. 本プローブの挿入
 - イ アルゴンガスの流れ確認
 - ロ 熱衝撃をさけるため、ゆつくり挿入する。(約1分)
 - ハ 挿入困難な場合は無理に押し込まない。
予熱温度をあげ凝固したナトリウムを溶解した後ゆつくり挿入する。
 - ニ 一度挿入した本プローブは急に引き出すと付着したナトリウムが燃焼する恐れがあるので注意する。
15. コノシールのしめつけ
16. ガス圧調整 +10 mmHg
17. 酸素計ライン予熱ヒータ on
(酸素計フィン部は入れない)
18. バルブV-4が120 ψ 以上になつたら 全開
19. 酸素計センサ部が200 ψ になつたらバルブV-7 微開
300 ψ になつたらバルブV-7 全開
20. バルブV-3 全閉
21. 酸素計ラインの予熱ヒータ off
22. 酸素計用温度調節計 303 ψ にセット
23. ケーブルの接続および酸素計計器のセット

準備品：パイプレンチ、ドライバ2個、ピンセット1個、Na 吸収器（ポリ洗浄びん、ビニールホース、ガラス管）ガーゼ、アルコール、受皿、防護具、ガラス管切りヤスリ、扇風機、酸素計

(3) 結果および検討

酸素計挿入および指示計の取扱いの経験者が全くいなかっただので原研ナトリウム研究室・武田勝彦氏に指導してもらった。

酸素計センサは特殊なセラミックでできており、機械的衝撃、熱衝撃には非常に弱いので挿入操作は慎重に行なった。

プローブ挿入はハウジング温度約150℃で行ない、挿入後の昇温およびナトリウム流量の増大はゆつくりと時間をかけセンサの急激な温度変化を極力さけた。

挿入後、酸素計センサ部温度（300℃）およびコールドトラップ最低温度（140℃）を一定に保持し、指示計により起動値を2日間にわたり測定したが安定した値がえられなかつた。（1.1654～1.1784 mVの範囲を変動）

これは酸素計プローブの初期エイジングとナトリウム系配管機器内壁のクリーニングに時間を要し、今回の運転において酸素計起動値が安定するまでに致らなかつたためと思われる。即ちループ内には建設作業中にゴミ、切粉、油等が入る可能性があり、ループ構成材表面ははじめてナトリウムと接触すると酸化物が分解され、ナトリウム中に酸素が移行しコールドトラップ温度を一定に保持してもナトリウム中の酸素濃度はなかなか一定にならないであろう。このように試運転ではナトリウム系内の酸素量が多いため、コールドトラップ最低温度200℃でナトリウムをドレンし、ループ内の酸素を貯蔵タンクに落とした。

3.4.5 加熱器性能試験

(1) 目的

一定ナトリウム流量において、加熱器ヒータの容量をかえて得られるナトリウム最高温度，上昇速度，熱効率を知る。

(2) 方法および条件

酸素計挿入完了後試験を行なった。

Ⅱ 1 加熱器

1. Ⅱ 1 加熱器のスイッチ CKS 15-1 OFF
CKS 16-1 OFF

加熱器内の温度を 300°C 近くまで下げる。

2. 加熱器の温度調節計 TIC-1 を 650°C にセットする。
3. 加熱器ヒータの半分を入れる。 CKS 15-1 ON
4. Ⅱ 1 加熱器の出入口温度を記録する。

温度記録計 TIR 4 / 1 (Ⅱ 1 加熱器入口温度)

“ TIR 6 / 1 (“ 出口温度)

5. 出口温度が一定したら残りのヒータを入れる
CKS 16-1 ON

6. 温度記録計 TIR 4 / 1 記録する。
“ TIR 6 / 1

7. 出口温度が一定したら試験終了
TIC 1 を 500°C にセットする。

Ⅱ 2 加熱器 (温度調節計 TIC-2 650°C にセットされている)

8. Ⅱ 2 加熱器のスイッチ CKS 6-1 OFF
CKS 7-1

加熱器内の温度を 500°C 近くまで下げる。

9. 加熱器ヒータの半分を入れる CKS 7-1 ON

10. Ⅱ 2 加熱器の出入口温度を記録する
TIR 6 / 1 (Ⅱ 2 加熱器入口温度)
TIR 2 / 2 (“ 出口温度)

- 1.1. 出口温度が一定したら残りのヒータを入れる

C K S 6 - 1 O N
- 1.2. T I R 6 / 1

T I R 2 / 2

記録する。
- 1.3. 出口温度が一定したら試験終了
- 1.4. コールドトラップ温度，ナトリウム流量を一定にする。
- 1.5. 1.3 加熱器の電圧を種々設定し，

加熱器出口温度 (T I R 6 / 3)

膨張タンク温度 (T I R 2 / 1)

を測定する。

(3) 結果および検討

測定結果を第 2.8 ~ 2.10 表に示す。

定格温度は 1 加熱器 500°C，2 加熱器 650°C であるが，得られた最高温度は 1 加熱器 490°C，2 加熱器 634°C で容量不足であつた。これは，仕様書上加熱器入口温度を 2 冷却器出口温度 (1 加熱器の場合) あるいは 1 加熱器出口温度 (2 加熱器の場合) と同じにし，途中の配管での熱損失を考慮しなかつたためである。

加熱器の効率 は次のようにして求められる。

$$\eta = \frac{Q}{P}$$

$$Q = W \cdot C_p \cdot \Delta t$$

1 加熱器 (300°C における物性値を使用)

$$\eta = \frac{1.4 \times 60 \times 0.8805 \times 1000 \times 0.3116 \times 220}{7 \times 1000 \times 860} = 0.866$$

86.6%

2 加熱器 (500°C における物性値を使用)

$$\eta = \frac{1.46 \times 60 \times 0.8331 \times 1000 \times 0.3015 \times 174}{5 \times 1000 \times 860} = 0.890$$

89%

63 加熱器の定格出口温度は 300°C であるが、ナトリウム流量が 0.3ℓ/min の時、200V の電圧をかければ出口温度は定格温度まで上がる。

熱効率は 78% であつた。すなわち、

$$\eta = \frac{0.30 \times 60 \times 0.8805 \times 1000 \times 0.3116 \times (320 - 140)}{1.33 \times 1000 \times 860} = 0.777$$

(300°C におけるナトリウムの物性値を使用した)

3. 4. 6 冷却器性能試験

(1) 目的

ナトリウム流量および冷却器入口温度を一定に保持し，冷却器ダンパの種々の開度における冷却器出口温度を測定する。

(2) 方法および条件

温度設計④Vの条件で試験をはじめた。

(運転マニュアル参照)

加熱器 (№ 1 , № 2) O N

冷却器 (№ 1 , № 2) O N

№ 1 冷却器ダンパ 全 閉

№ 2 " " 微 開

№ 1 冷却器

1. № 1 冷却器出口温度調節計 T I C 3 を 3 0 0 ° C にセットする。

2. № 1 冷却器

ダンパ開度を種々かえて，出入口温度を測定する。

温度記録計 T I R 2 / 2 (№ 1 冷却器入口温度)

" T I R 3 / 2 (№ 1 " 出口温度)

3. 試験終了後 № 1 冷却器温度調節計 T I C 3 を 5 0 0 ° C にセットする。

№ 1 冷却器ダンパ開度 1 / 4 に設定

№ 2 冷却器

4. № 2 冷却器ダンパ開度を種々かえ，出入口温度を測定する。

温度記録計 T I R 3 / 2 (№ 2 冷却器入口温度)

" T I R 4 / 2 (" 出口温度)

5. 試験終了後

冷却器ファンのON-OFFの頻度が少ないようにダンパを設定する。

(3) 結果および検討

測定結果を第2.1.1, 2.1.2表に示す。

No.1冷却器の定格出口温度は500℃である。しかし、ファンの容量(0.4KW)が大きすぎ、ダンパを全閉にしても500℃以下(465℃)になってしまうのでファンの容量を小さくするかまたはダクトを改造して冷却管への風量を少なくする必要がある。

ファンのON-OFFによる温度幅は490℃において8℃であった。

No.2冷却器入口温度(No.1冷却器出口温度)はNo.1冷却器ファンをON-OFF制御したため10℃の幅があった。

このためNo.2冷却器出口温度にも幅が生じた。温度変化は試料(SUS32)の腐食速度に影響を与えると思われるので、ファンのON-OFF制御は好ましくなく、ファンをONの状態に持続し、ダンパ開度により出口温度を定格温度にすることが必要である。

しかし、現状ではNo.1冷却器ダンパを全閉にしても500℃以下(465℃)になってしまうのでON-OFF制御なしで500℃に温度をコントロールすることは困難であった。

No.2冷却器の定格出口温度は300℃であるが、表に示すようにダンパ開度1/8あたりで出口温度が定格温度になった。

試験中冷却器ファンの騒音が大きいため改善する必要がある。

3.4.7 コールドトラップ温度分布特性試験

(1) 目的

コールドトラップ入口温度を一定にし、コールドトラップダンパ開度を種々かえコールドトラップの温度分布を知る。

(2) 方法および条件

温度設定④(運転マニュアル参照)の条件で試験を行なう。

1. コールドトラップダンパ開度を種々設定する。
2. コールドトラップの温度を記録する。

(注) コールドトラップ最低温度が 120°C 以下にならないように注意する。コールドトラップの出口ラインのナトリウムは 120°C 以下になる恐れがあるので、 $\#3$ 加熱器によりナトリウム温度を上げる。

(3) 結果および検討

測定結果を第2.13表、第2.15図に示す。

ダンパ開度約 $7/8$ の時コールドトラップ最低温度は 120°C になる。開度を $7/8$ 以上にすると、ナトリウム温度が 120°C 以下になりナトリウムが凝固する恐れがあるので注意を要する。

試験中コールドトラップ予熱ヒータ用の温度調節器を 120°C に設定して、コールドトラップ温度が 120°C 以下になった時、予熱ヒータが入るようにした。

第2.15図よりコールドトラップ出口でナトリウム温度が最低となっているが、最低温度領域が狭いとその部分に酸化物が集中的につきナトリウムの閉塞を起す可能性があるので5分割された予熱ヒータと冷却器ダンパを使用して最低温度領域を広げることが必要である。

3. 4. 8 停電時のループ温度降下測定試験

(1) 目的

全停電が起つた場合を想定し、停電がはじまつてからのループの温度降下速度を求め、実際に停電が起つた時に緊急ドレン（運転マニュアル参照）を行うための時間的余裕を知ること。

(2) 方法および条件

本ループの動力電源系統は商用系と商・非常用系の2系統に分かれていて、停電時、ジーゼル発電機により商・非常用系（電磁ポンプ、 $\#2$ 加熱器、貯蔵タンク予熱ヒーター、ドレン系予熱ヒーター、コールドトラップ予熱ヒーター、膨張タンク予熱ヒーター）には送電されナトリウムが凝固する心配はない。本試験では、商・非常用系も停電する場合を想定し、温度および流量測定のため計装用100V電源のみを生かした。

試験に入る前のループの状態は、温度設定④（運転マニュアル参照）であつた。

1. ループ電源盤の主NFBを商用系、商・非常用系ともに切る。
2. ループ各部の温度を測定する。
3. 120°C のところが出たらナトリウムドレンする。
4. ループ全体の予熱ヒーターを入れる。

(3) 結果および検討

試験経過を第2.1.4表に温度測定の結果を第2.1.5～2.1.9表、第2.1.6～2.1.9図に示す。（室温補正值を示す）

冷却器フィン部および電磁ポンプダクト部の温度測定はステンレスシース熱電対を配管外壁に垂直につけて行なつたため、測定結果は実際より多少低い値になつていられる。一方、コールドトラップ内の温度測定はコールドトラップの中心にもうけた温度計スリーブで行なつた

が、コールドトラップ内では外壁より中心部に向け上昇する温度分布であるので測定結果は測定位置の平均ナトリウム温度（半径方向）よりも幾分高くなつていていると考えられる。

ナトリウムドレン時に温度変化による熱衝撃によつて酸素計プローブが破損する可能性があるため、電源OFF後酸素計ラインのナトリウムの流動を止めた（バルブV-4.7全閉）が、冷却器フィン部の温度降下速度が他の測定部より著しく高かつた（試験開始9分後128℃）ので試験途中でバルブV-4.7を全開にした。

第2.16図よりバルブV-4.7全開後に温度上昇がみられるが、これは、温度差によるナトリウムの自然対流の影響である。

試験開始時よりバルブV-4.7を全開にした場合を想定するとナトリウム温度が最初に120℃になるのはコールドトラップ下段である（電源OFF後19分後）一方、メインライン上の機器は予想以上のナトリウムの自然対流によつて冷却速度が低く30分以上しないと120℃にならない。

第2.19図をみると上段温度と下段温度とが試験前後で逆になつてゐるが、これはコールドトラップ下段に設置された冷却用ダクトからの空気の自然対流の結果と考えられるので、電源OFF後ただちにダクトダンパを全閉にすれば120℃になるまでの時間をのばすことができよう。

第 2.1 表 予熱温度測定結果

4-29

熱電対			時 間	10:54	11:20	11:40	12:10	12:35	13:05
P.B. No	T 1 No	CK. S. No	所在 室温						
A-1									
2			冷却部と加熱部中間	10℃	180	200	220	210℃	215
3									
4									
5			第1冷却器入口	30℃	270	290	300	200	300
6			試料挿入部 T ₃	210℃	270	300	335	355	370
7			第1冷却器出口	85℃	143	170	200	210	220
8			第2冷却器出口	10℃	260	270	280	280	280
9			試料挿入部 T ₄	193℃	245	280	315	335	355
10			第2冷却器出口	105℃	173	200	225	235	245
11			加熱器1入口	170℃	198	210	235	245	260
12			加熱器1出口側配管	150℃	180	200	220	235	250
13									
14			加熱器2入口	190℃	210	230	250	265	280
15			加熱器2出口側配管	196℃	230	255	280	290	305
16			0計出口側配管	150℃	190	210	230	240	250
17			冷却部入口側配管	70℃	160	200	230	240	250
18			加熱部出口側配管	157℃	195	215	235	245	255
19				33℃	45	50			
20									
21			第2 流量記録計入口側配管	156℃	195	220	240	255	270
22			電磁ポンプ出口側配管	230℃	280	310	335	350	365
23			第1 流量記録計出口側配管	203℃	250	275	305	320	335
24			第2 流量記録計出口側配管	200℃	240	260	280	290	300
25			膨張タンク入口側配管	170℃	220	245	270	285	305
26			ゴルトランプ入口側配管	180℃	220	240	260	270	285
27			V-3バルブ部	243℃	290	320	345	360	375
28			V-3入口配管	195℃	230	255	280	290	305
29			膨張タンク出口側配管	220℃	265	290	320	335	355
30			電磁ポンプ入口側配管	177℃	210	230	250	260	270

4/27

時 間	10:40	13:40	15:25	19:08						
P.B. / 室温										
A - 1										
2	245	248	155	210						
3										
4										
5	415	410	190	240						
6	525	535	205	340						
7	419	425	145	180						
8	378	380	240	265						
9	342	345	230	345						
10	294	295	180	225						
11	475	485	300	325						
12	475	480	290	270						
13										
14				390						
15				315						
16	281	285	190	245						
17	330	335	230	250						
18	287	290	175	245						
19	63	60	50	235						
20										
21	275	280	200	270						
22	280	285	240	360						
23	263	270	150	325						
24	245	250	240	300						
25	254	260	260	385						
26	245	248	240	305						
27	233	223	190	245						
28	258	255	180	210						
29	332	348	140	340						
30	295	300	140	265						

4/21

熱電対			時間	11:03	11:23	11:43	12:13	12:38	13:08
P.B. No.	T1 No.	CKS No.	所在 室温						
B-1			貯蔵タンク	140℃	155	165	180	195	200
2									
3			S.T. 蒸気トラップ	55℃	60	60	65	75	105
4				70℃	70	75	85	195	125
5			V-6 入口側配管	170℃	190	195	200	205	205
6			コールドトラップ(上から) 1	78℃	250	260	260	260	260
7			" 2	80℃	243	260	260	255	260
8			" 3	80℃	240	250	250	250	250
9			" 4	90℃	240	245	250	240	245
10			" 5	92℃	230	225	230	230	230
11			膨張タンク	145℃	160	180	190	210	230
12			E.T. 蒸気トラップ	15℃	65℃	15℃			
13									
14			流量記録計 1	300℃	310	320	320	325	330
15			流量記録計 2	255℃	270	280	280	285	285
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

時 間	10:40		15:28	19:08					
P.B.室溫									
B- 1	220	225	200	210					
2	30	30	45	30					
3	-	130	130	110					
4	135	138	135	125					
5	225	225	150	225					
6	120	126	215	255					
7	120	130	215	255					
8	130	132	205	245					
9	140	142	200	240					
10	145	148	190	225					
11	260	265	200	235					
12	30	34	30	30					
13	-								
14	280	282	85	330					
15	250	255	100	285					
16	-								
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									

第 2.2 表 ヒータ抵抗測定

負 荷 ヒ ー タ	測 定 端	実 測 ①	4/20	4/28(1レン後)
加 熱 器				
第 1 加熱器	3 P	OKS16-1	21, 21, 21	21, 21, 21
	3 P	OKS15-1	21, 21, 21	21, 21, 21
第 3	3 P	14-1	31	05
第 2	3 P	OKS 7-1	27, 27, 27	28, 28, 28
		OKS 6-1	27, 27, 27	28, 28, 28
酸素計用加熱器		OKS13-1	18.5	18.8
予 熱 ヒ ー タ				
コールドトラップライン出口		OKS11-3	130	120
貯蔵タンク用ベーパートラップ		OKS 5-2	20	20
膨張タンク用ベーパートラップ		OKS 1-2	20	20
コールドトラップ		2-1	130Ω	130
"		2-2	130	130
"		2-3	130	130
"		2-4	60	60
"		2-5	60	60
		12-1	26.2	26
酸素計用冷却器		12-2	68	70
試料挿入部 T ₃ , T ₄ 出口配管		12-3 A	56	58
第 1 冷却器		12-3 B	52	50
第 2 冷却器		12-4	68	70
試料挿入部 T ₁ , T ₂ 出口配管		12-5	33	34
第 1, 第 2 加熱器		11-1 A	10.8	11
酸素計用冷却器入口配管		11-1 B	68	70
酸素計出入口配管		11-2 A	41	40
EMP 出口配管		11-2 B	27.5	27
第 1 加熱器入口配管		11-4	92	90
酸素計バイパスライン		11-5 B	10	9.7
EMP 入口配管		11-6	12	12
酸素計				
EMP, FM		11-7	3.3	3.4

負 荷 ヒ ー タ	測 定 端	実 測 ①			
膨張タンク出口配管	1 1-5 A	2 2.2	2 1	2 2	
コールドトラップドレンライン	3-1	8 5	8 0	8 5	
膨張タンク	1-1	1 4 0	1 4 0	1 5 0	
貯蔵タンク	5-1	2 6.5	2 6	2 6	

実測① 3月30日現在の実測

第 2.3 表 ヒータ絶縁抵抗測定

第 1 回運転用

負 荷 名 称	測定端 (ナイ フスイッチ No.)	4/20		4/28 (ドレン後)	6/2
加熱器					
No.1 加熱器	CKS16-1	1000MΩ	1000	800 MΩ	OK
"	CKS15-1	300MΩ	800	400	OK
No.3 加熱器	14-1	500MΩ	1000	1000 以上	55 KΩ
No.2 加熱器	CKS 7-1	600MΩ	10	15	OK
"	CKS 6-1	600MΩ	900	1000	OK
碎素計用加熱器	CKS13-1	700MΩ	1000	1000 以上	20 M
予熱ヒータ					
コールドトラップライン出口	CKS11-3	10MΩ	55	40	15 K
ST用ベーパートラップ	CKS 5-2	700MΩ	1000	1000	300 K
ET用 "	CKS 1-2	600MΩ	1000	1000	20 M
コールドトラップ	2-1	450MΩ	1000	1000	280 KΩ
"	2-2	90MΩ	1000	1000	400 K
"	2-3	55MΩ	1000	1000	300 K
"	2-4	100MΩ	1000	1000	230 K
"	2-5	290MΩ	1000	1000	900 K
酸素計用冷却器	12-1	500MΩ	250	1000	400 K
No.2 冷却器出口配管	12-2	400MΩ	1000	1000	10 M
No.1 冷却器	12-3A	400MΩ	1000	1000	20 M
No.2 冷却器	12-3B	500MΩ	15	60	5 M
No.1, No.2 加熱器出口配管	12-4	350MΩ	1000	1000	450 K
No.1, No.2 加熱器	12-5	400MΩ	180	500	40 K
酸素計用冷却器入口配管	11-1A	400MΩ	700	1000	20 M
酸素計用加熱器出口配管	11-1B	400MΩ	1000	1000	1 M
電磁ポンプ出口配管	11-2A	350MΩ	600	1000	30 K
No.1 加熱器入口配管	11-2B	400MΩ	1000	1000	220 K
酸素計ラインのバイパス部	11-4	300MΩ	1000	1000	1 M
電磁ポンプ入口配管	11-5B	280MΩ	500	700	800 K
酸素計	11-6	180MΩ	0.5	8	700 K

負 荷 名 称	測定端 (ナイフスイッチ板)	4/20		4/28 (ドレン後)	6/2
電磁ポンプ, 流量計	11-7	380 MΩ	1.7	6	20 M
膨張タンク出口配管	11-5A	290 MΩ	1000	1000	70 K
ドレンライン	3-1	350 MΩ	1000	1000	20 M
膨張タンク	1-1	250 MΩ	1000	230	1.3 K
貯蔵タンク	5-1	400 MΩ	1000	1000	15 K
電磁ポンプ	G 1	45 MΩ			
ファン類					
コールドトラップ・ファン	F 1	2.5 MΩ	700		
酸素計ファン	F 2	2.5 MΩ	500		
第1冷却器ファン	F 3	180 MΩ			
第2冷却器ファン	F 4	230 MΩ			

注(1) CKSはCKSの2次側をあたる。

(2) 番号のみのものは, スライドトランス棚の側面端子をあたる。

(3) F 1~F 4, G 1は, 電源盤内のマグネットコンタクタ2次側を当てる。

(4) G 1は電磁ポンプ用スライドトランス及びコンデンサも同時に測定している。

第 2.4 表 流動特性試験結果

時刻		EMP電圧 (V)	FM-1 (ℓ/min)	FM-2 (ℓ/min)
16:40	V-1, 3, 5, 6	全閉	0	0
	V-2, 4, 7	全開	1.0	1.07
	O ₂ 計ライン		2.0	2.09
	V-1, 5, 6	全閉	0	0.04
	V-2, 3, 4, 7	全開	1.0	1.23
	メインライン		2.0	2.30
	O ₂ 計ライン			
	V-1, 5, 6, 7	全閉	0	0
	V-2, 3, 4	全開	1.0	1.12
	メインライン		2.0	2.28
	V-1, 3, 6	全閉	0	0.06
	V-2, 4, 5, 7	全開	1.0	0.65
O ₂ 計ライン		2.0	1.33	
コールドトラップライン		3.0	1.88	
V-1, 2, 6, 7	全閉	0	0	
V-3, 4, 5	全開	1.0	0	
コールドトラップライン		2.0	0	
		3.0	0	
		4.0	0	
			-0.01	
			0.25	
			0.48	
			0.72	
			0.95	

第 2.5 表 試料挿入部温度測定 (予熱時)

試料挿入部	予 熱 時	
	自 然 空 冷	強 制 空 冷
T ₁	107 [370]	31 (56)
T ₂	100 [350]	32 (45)
T ₃	110 [285]	43 (54)
T ₄	100 [275]	28 (55)

室 温 25℃

[] : 試料挿入部近傍の保温部の温度

() : 試料挿入部露出部の根本の温度

第 2.6 表 試料挿入部温度測定 (運転時)

室温 25℃

	時刻		14:00 14:06 14:09 14:12 14:14 14:20 14:25 14:32 14:40 14:50																	
	保温部配管の温度(℃)																			
試料挿入部 T ₁	490		38	36	43	47	48	49	52	53	58	60								
" T ₂	647		38	38	48	52	58	63	68	80 ^{※1}	—	—								
" T ₃	545		42	41	45	51	53	52	60	62	65	67								
" T ₄	325		30	30	35	35	39	40	42	41	41	40								
酸素計プローブ	—		72	100 ^{※1}	67	61	60	—	—	—	—	—								

14:04 ファンOFF

※ 1 測定後ファンON

第 2.7 表. 酸素計用温度調節計の性能試験結果

P	I	酸素計センサ部温度℃
50	20	295 ± 10
50	10	295 ± 10
50	2	295 ± 12
50	0.2	295 ± 14
10	20	295 ± 7
3	20	295 ± 7
3	5	295 ± 4
3	3	293 ± 4
3	1	293 ± 5
3	20	295 ± 2 ※1
3	2	303 ± 0.5 ※1, ※2

測定日 45.4.22 (14:00~20:00)

室温 24℃

酸素計ライン流量 1.75 ± 0.05 l/min

酸素計用温度調節計 300℃にセット

※2冷却器出口温度 343 ± 32℃

酸素計用温度調節計入口温度 312 ± 12℃

酸素計用冷却器出口温度 約250℃

※1 ※2冷却器出口温度 (ファンが on-off しないようにダンパを調節に)

347 ± 3℃

※2 酸素計用温度調節計 303℃にセット

第 2.8 表 № 1 加熱器性能試験結果

ヒータスイッチ	ヒータ容量 KW	加熱器温度℃			ナトリウム流量 ℓ/min
		入口	出口	所要時間 min	
CKS 16-1	3.5	280	270→380	30	FM-1 1.44 FM-2 0.34
CKS 15-1	3.5	280	380→490	30	FM-1 1.47 FM-2 0.35

測定日 4 5. 5. 2 4

室温 23℃

第 2.9 表 № 2 加熱器性能試験結果

ヒータスイッチ	ヒータ容量	加熱器温度℃			ナトリウム流量 ℓ/min
		入口	出口	所要時間 min	
CKS 7-1	2.5	490	470→555	30	FM-1 1.46 FM-2 0.35
CKS 6-1	2.5	490	555→634	30	FM-1 1.46 FM-2 0.35

測定日 4 5. 4. 2 4

室温 23℃

第 2.10 表 №3 加熱器性能試験結果

ヒータ電圧(V)	加熱器出口温度℃	膨張タンク温度℃
110	190	140
150	235	170
170	268	190
200	320	222

測定日 4 5.4.25

室温 24.5℃

コールドトラップラインナトリウム流量 0.30 l/min

コールドトラップ出口温度 140℃

ヒータ仕様 2.3 OD × 7250 l 1.33 KW

第 2.11 表 №1 冷却器性能試験結果

ダンパ開度	ファン	入口温度℃	出口温度℃
全閉	on	635	465
全閉	off	#	521
1/8	on	#	460
1/4	on	#	442
5/16	on	#	300
5/16	on	#	300℃でファン on→off

測定日 4 5.4.24 (14:00~16:00)

定温 23℃

ナトリウム流量 1.45 l/min

№1 冷却器温度調節計 300℃にセット

第 2.12 表 №2 冷却器性能試験結果

ダンパ開度	ファンの状態	入口温度 ℃	出口温度 ℃
全 閉	on	490±10	375±2
1/8	on	490±10	320±2
>3/16	on	490±10	300℃でファン on-off
全 開	off	490±10	425±3

測 定 日 4 5. 4. 2 4 (1 9 : 0 0 ~ 2 2 : 0 0)

室 温 2 4 ℃

ナトリウム流量 1. 4 5 ℓ/min

№2 冷却器温度調節器 3 0 0 ℃にセット

№1 冷却器 " 5 0 0 ℃にセット

第 2.13 表 コールドトラップ温度分布特性試験結果

ダンパ開度	ファン	コールドトラップ温度(℃)		
		上 段	中 段	下 段
1/4	on	140	158	209
1/4	off	180	190	220
1/2	on	131	150	207
3/4	on	130	149	205
7/8	on	117	137	202

測 定 日 4 5. 4. 2 6 (1 0 : 0 0 ~ 1 7 : 0 0)

室 温 2 6 ℃

№2 冷却器出口温度 3 4 5 ± 2 ℃

コールドトラップ流量 0. 3 1 ℓ/min

コールドトラップ用予熱ヒータはすべて off

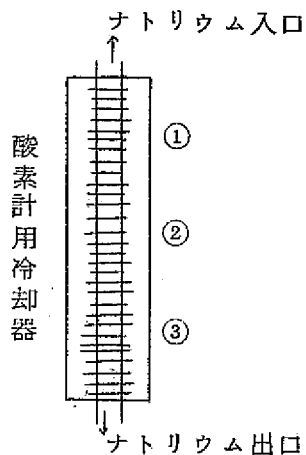
第 2.14 表 停電時の温度降下測定試験経過

試験日 45年4月27日

時刻	操 作
13:50	主NFB off V-4, 7 全閉
14:00	V-4, 7 全開
14:10	V-4, 7 全閉
14:16	ドレン (V-1, 6 全開)

第 2.15 表 酸素計用冷却器温度降下測定結果

測定位置 時刻	①	②	③	
13:50	275℃	242℃	237℃	室温 22℃
13:53	225℃	197℃	187℃	13:50 電源 OFF
13:55	166℃	159℃	165℃	バルブV-4,7 全閉
13:58		137℃		13:59 温度測定後
13:59	137℃	137℃	128℃	バルブV-4,7 全開
14:01	170℃	160℃	165℃	
14:11	187℃	188℃	179℃	



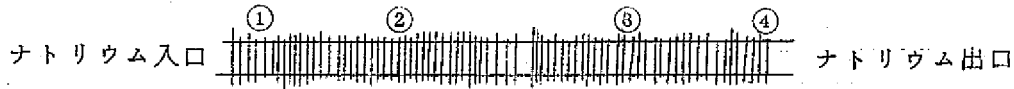
第 2.16 表 冷却器温度降下測定結果

測定位置 時刻	①	②	③	④
13:50	552℃	482℃	482℃	462℃
13:55	447	412	342	307
14:00	397	377	317	277
14:05	392	362	317	282
14:10	392	347	302	277

室温 22℃

13:50 電源 OFF

№1 冷却器



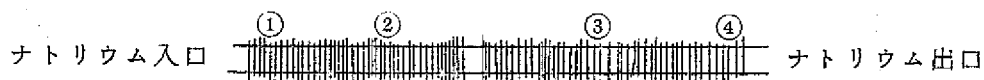
第 2.17 表 冷却器温度降下測定結果

測定位置 時刻	①	②	③	④
13:50	452 (℃)	422 (℃)	352 (℃)	322 (℃)
13:55	342	342	302	282
14:00	272	262	242	222
14:05	252	232	212	192
14:10	222	192	192	172

室温 22℃

13:50 電源 OFF

№2 冷却器

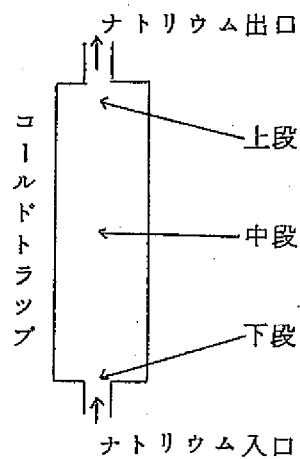


第 2.18 表 電磁ポンプダクト部温度測定結果

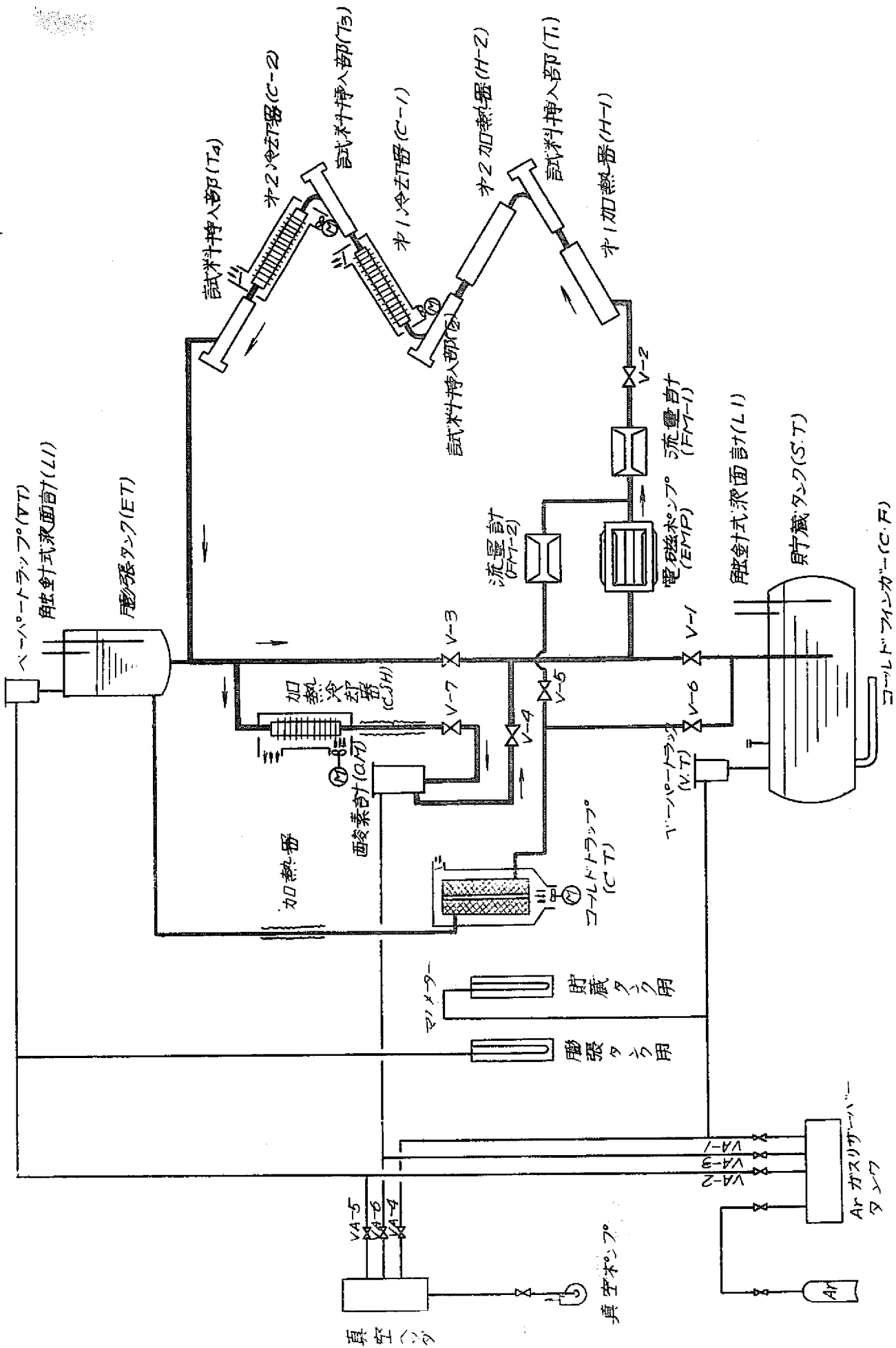
時刻	温度			
13:45	25.2℃			室温 22℃
13:50	25.2℃	13:50	電源 OFF	
13:53	23.2℃			
13:54	21.2℃			
13:57	22.2℃			
14:05	20.7℃			
14:07	19.2℃			
14:07'30"	18.2℃			
14:10	17.7℃			
14:12	17.2℃			

第 2.19 表 コールドトラップ温度降下測定結果

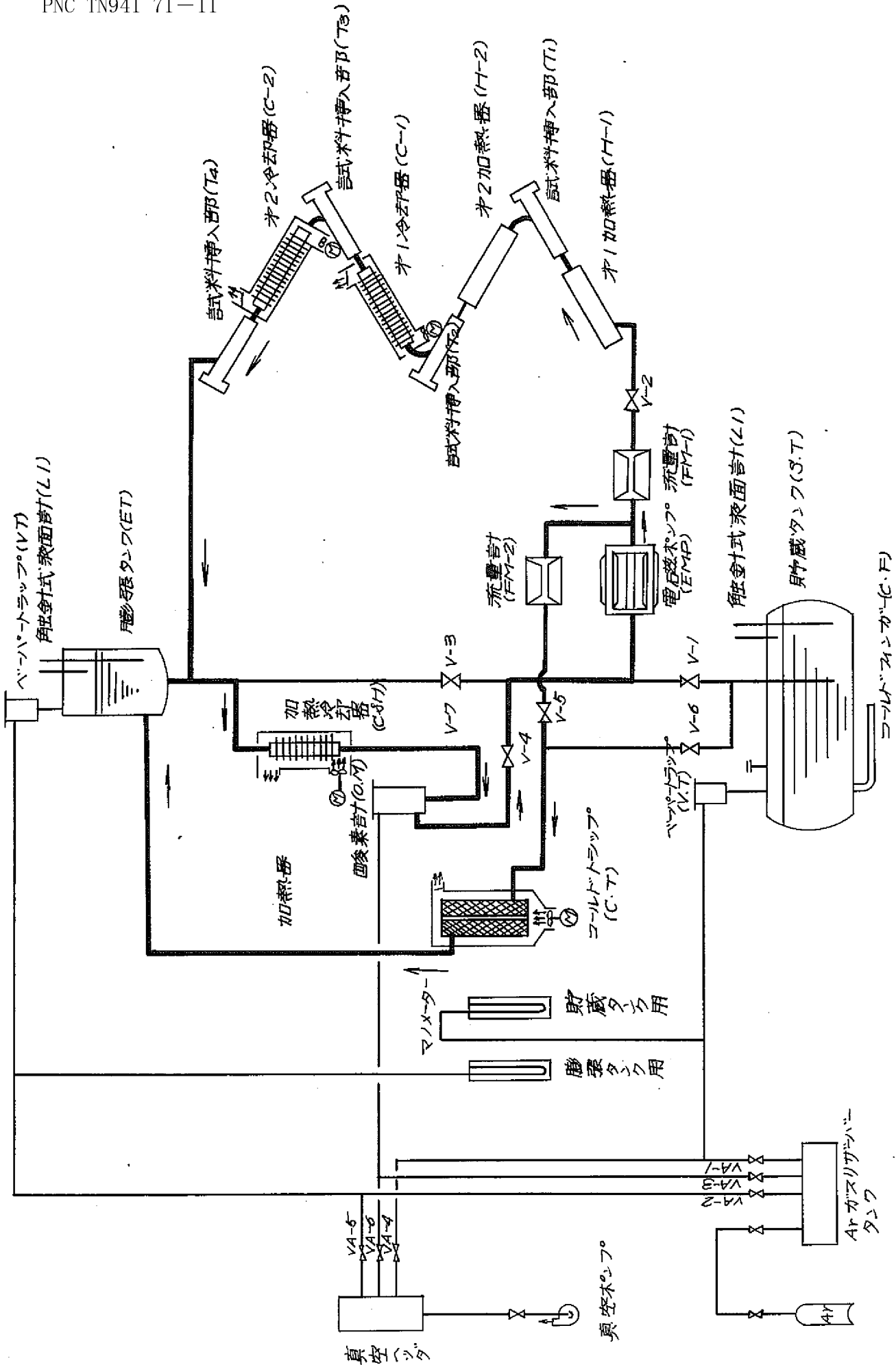
時刻	測定位置	上 段	中 段	下 段
13:30		13.2℃	15.0℃	20.5℃
13:50		13.2℃	15.0℃	20.5℃
13:55		13.2℃	14.0℃	16.0℃
14:00		13.0℃	13.0℃	13.4℃
14:10		13.0℃	12.5℃	12.0℃
14:15		12.6℃	12.0℃	11.2℃



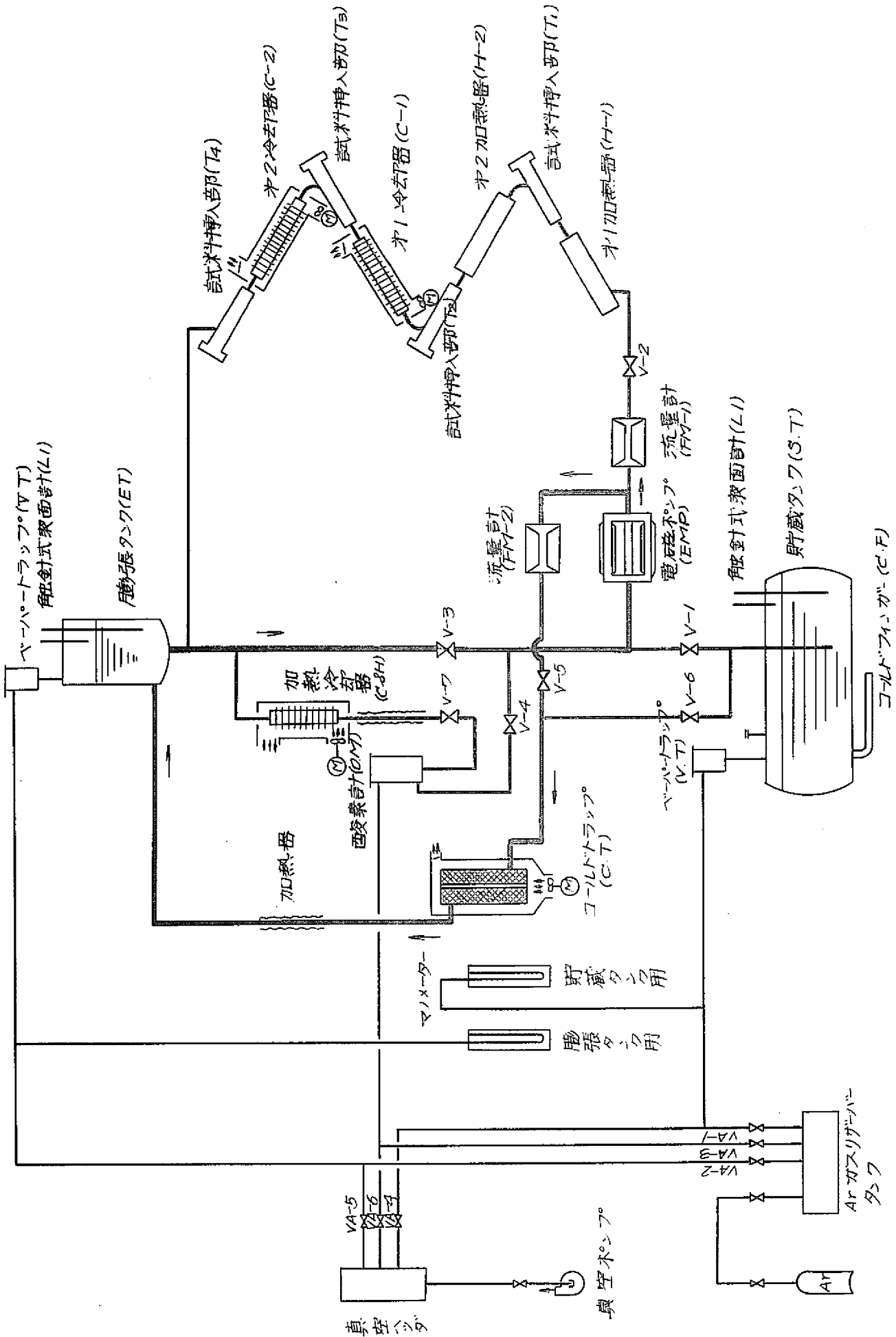
室温 22℃
 コールドトラップダンパ 開
 13:50 電源 OFF
 ナトリウム流量
 コールドトラップライン
 0.26 l/min
 ↓
 0.02 l/min
 メインライン
 1.45 l/min
 ↓
 0.3 l/min



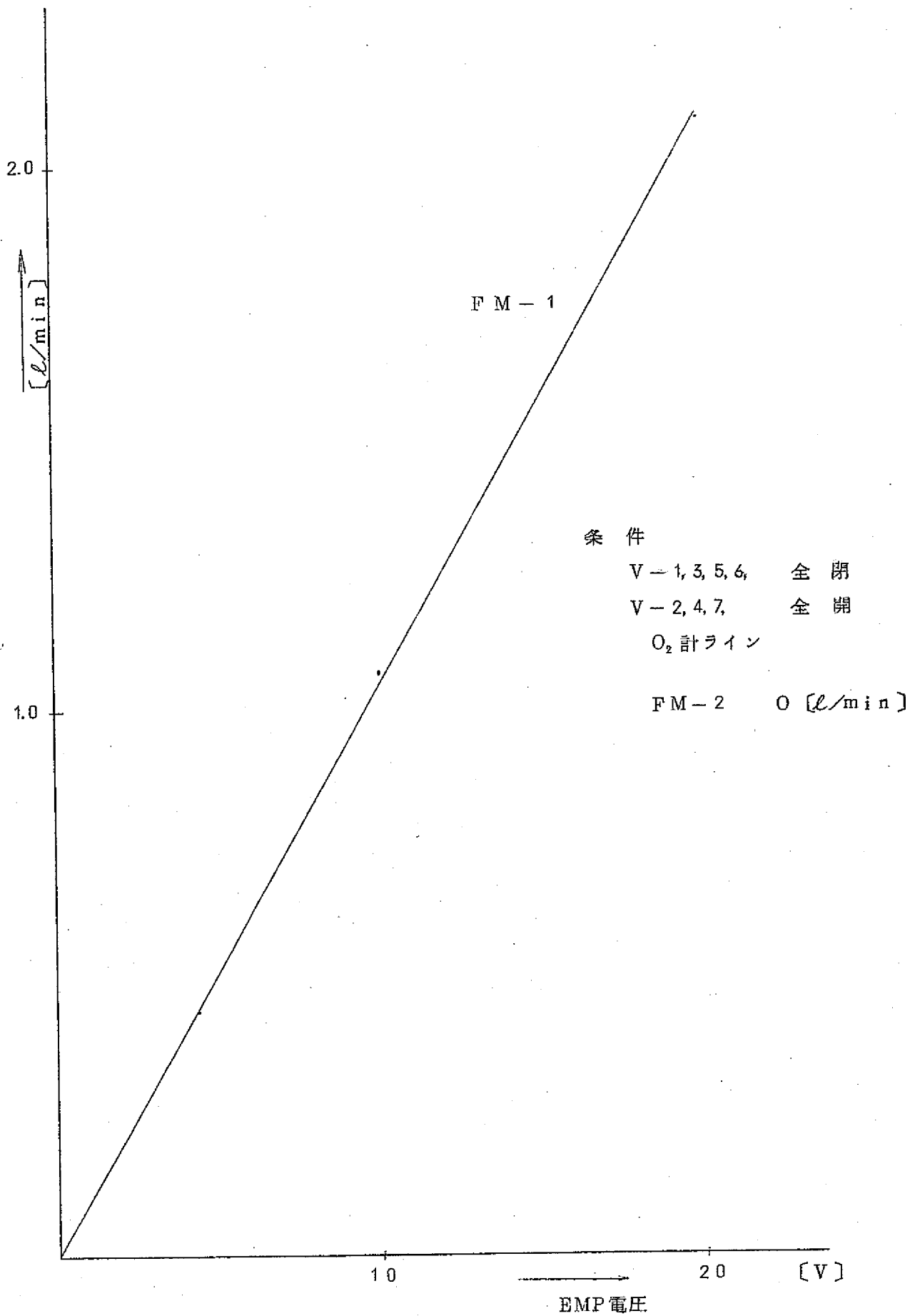
オ222図 ホットステールプロパダ-ンB



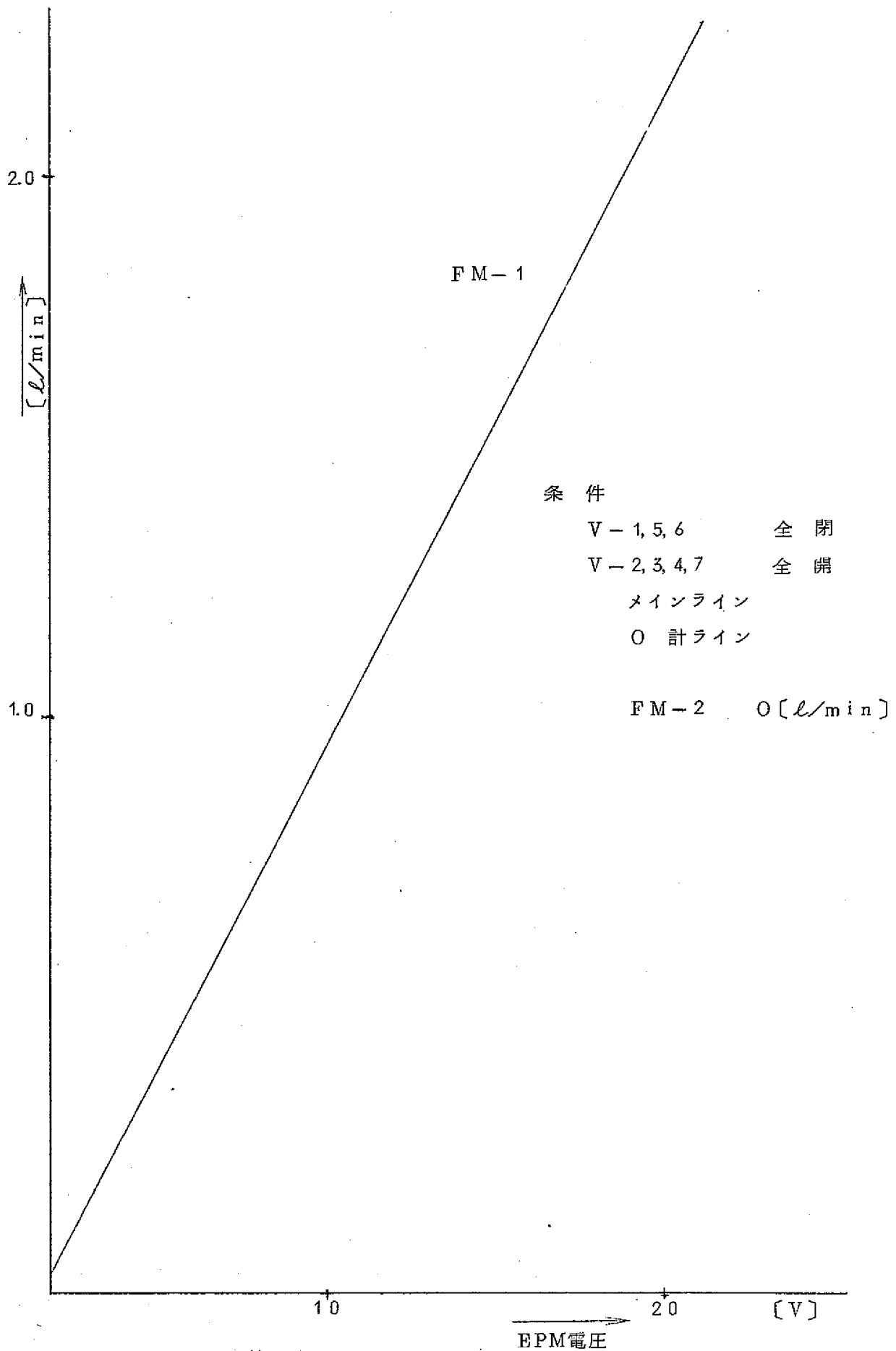
オ2.4図 ネットステルストルブプロパンドン



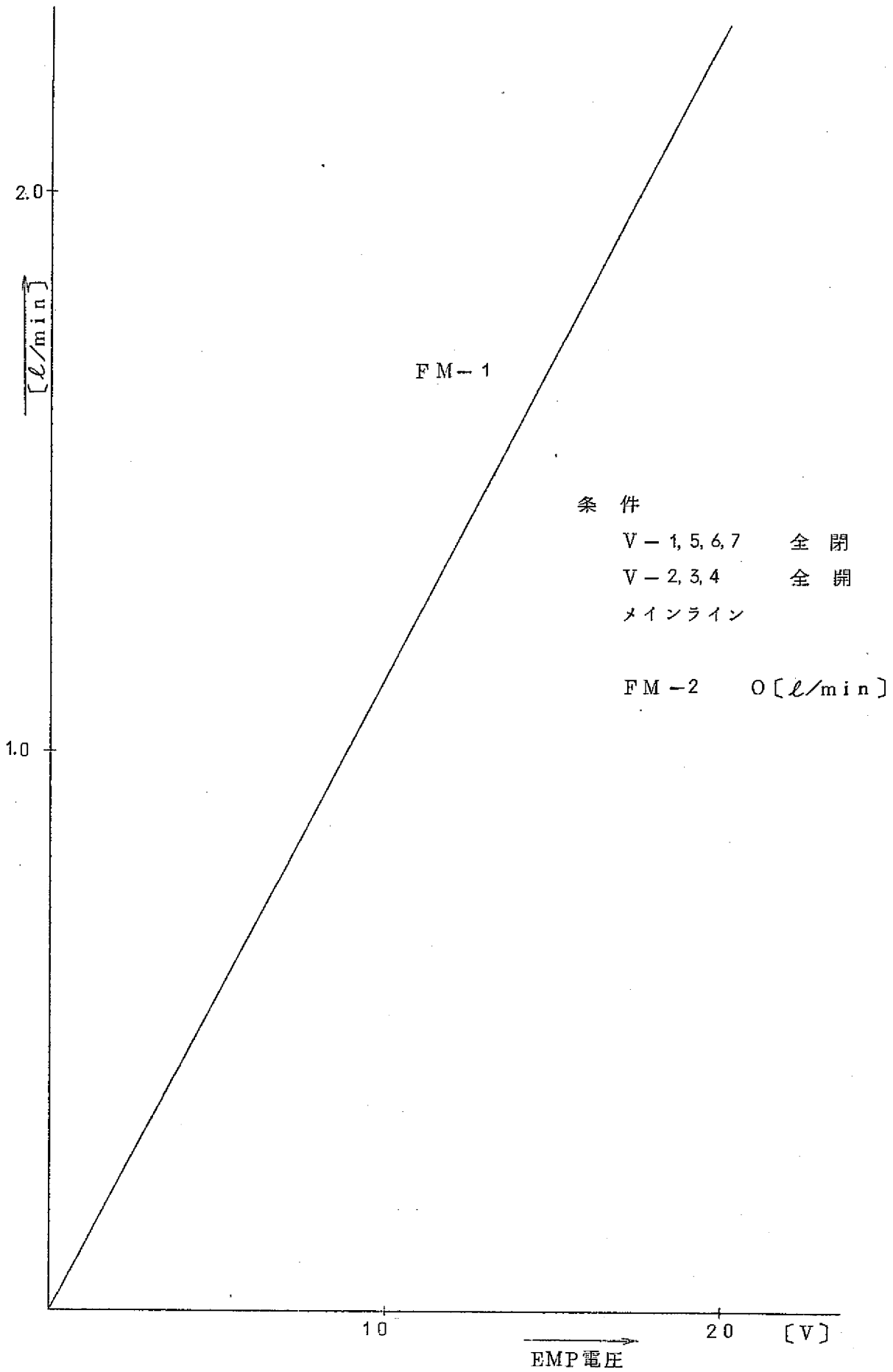
オ2.5図 本機用スチレンモノマープロモーション



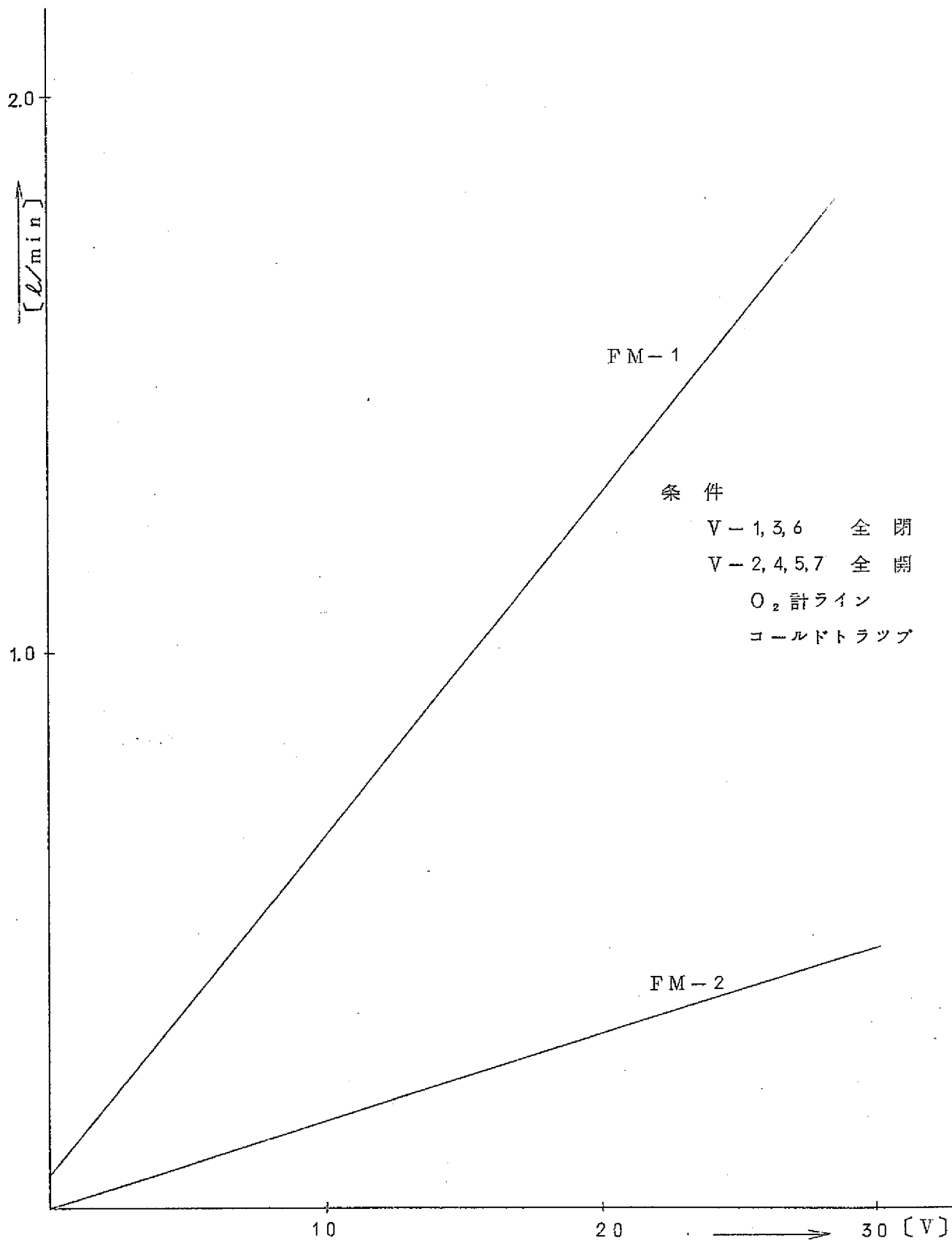
第 2.6 図 流動特性試験 (フローパターン A)



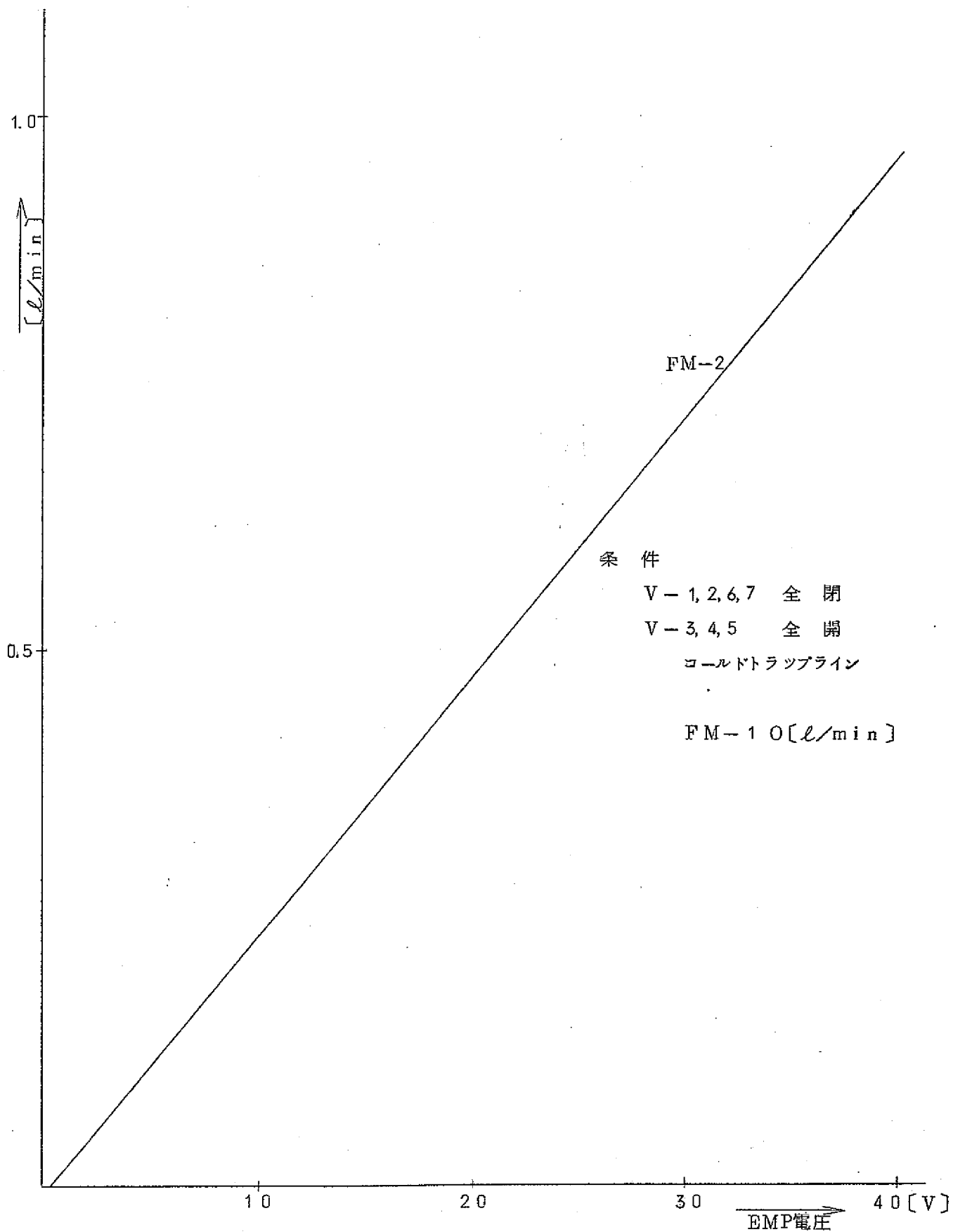
第 2.7 図 流動特性試験 (フローパターン B.)



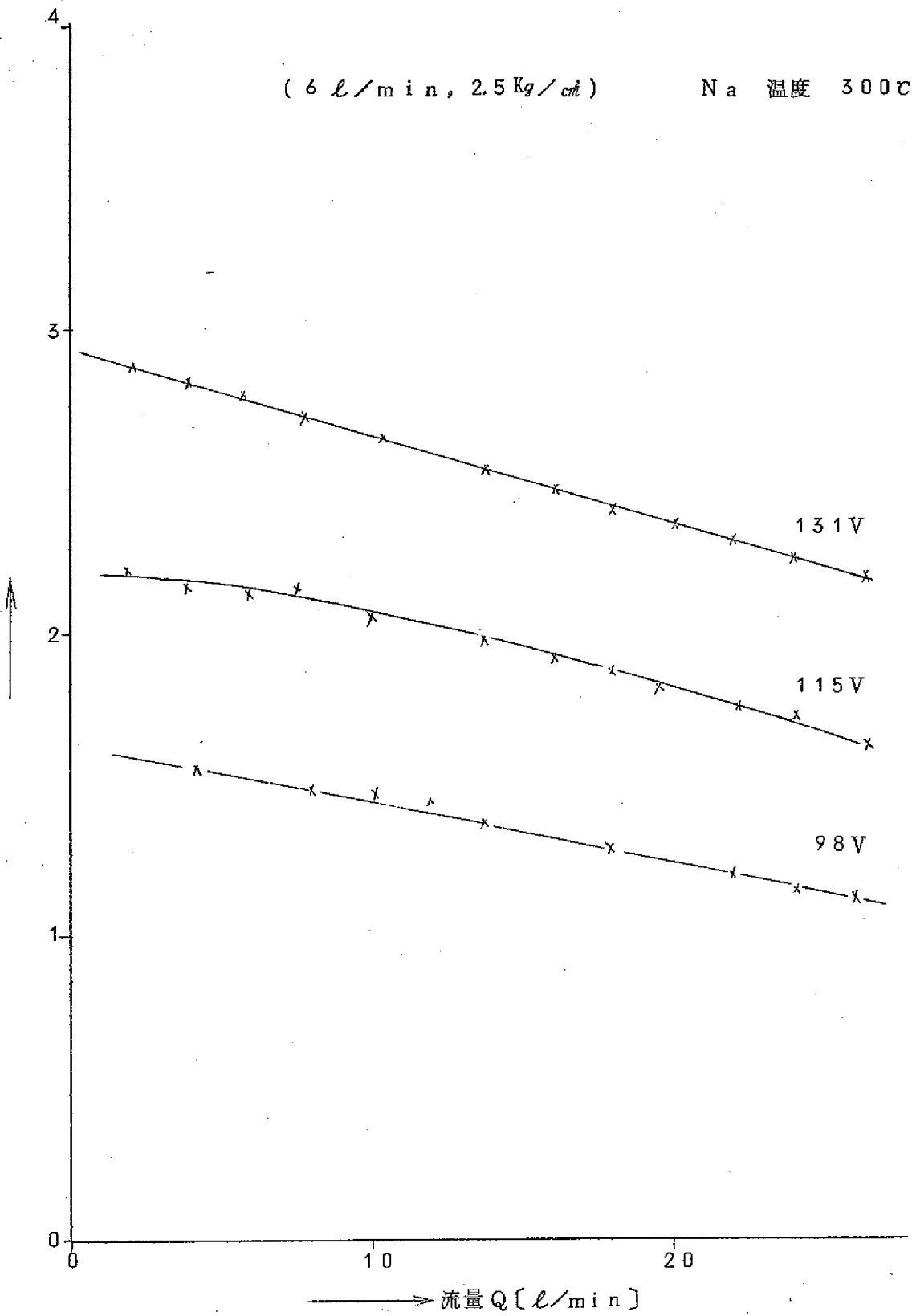
第2.8図 流動特性試験 (フローパターン)



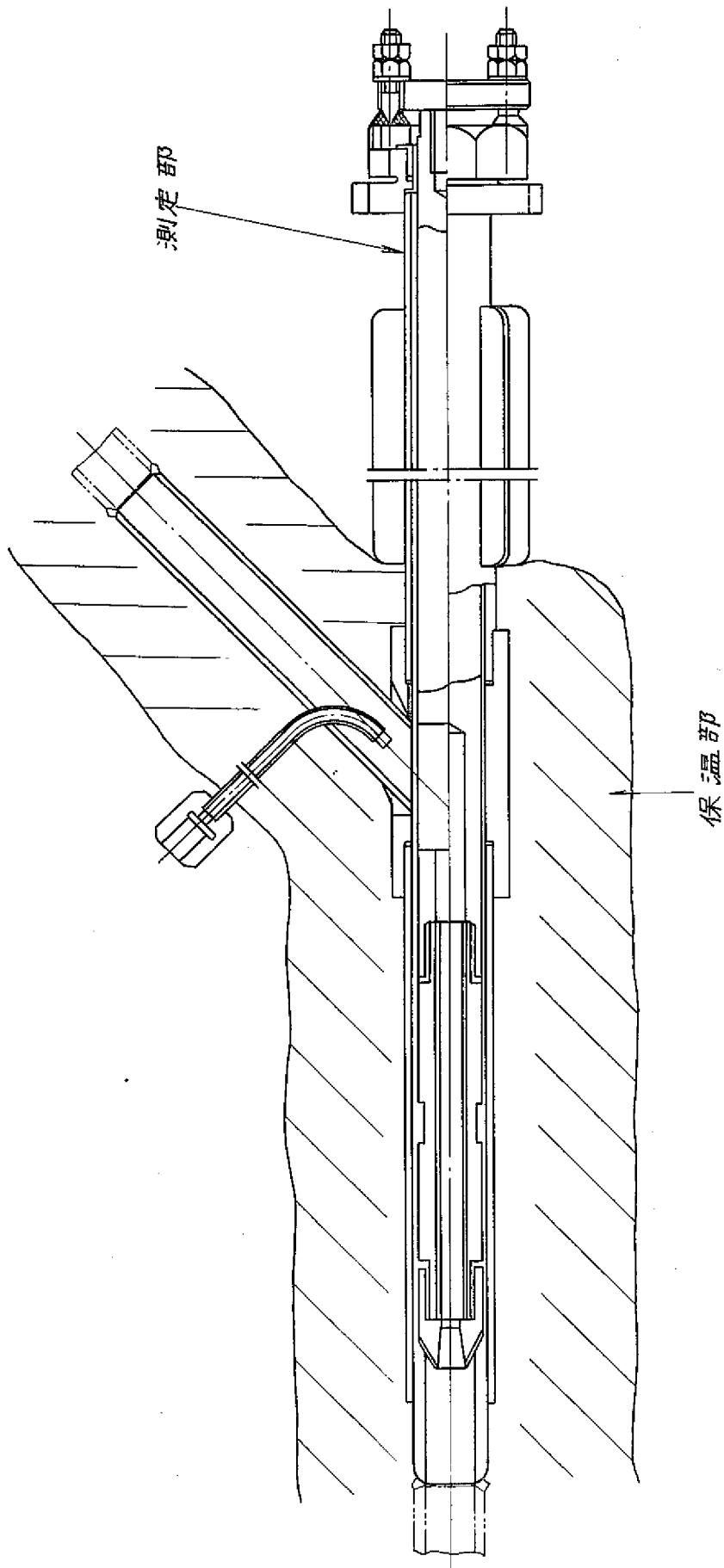
第2.9図 流動特性試験 (フローパターンD)



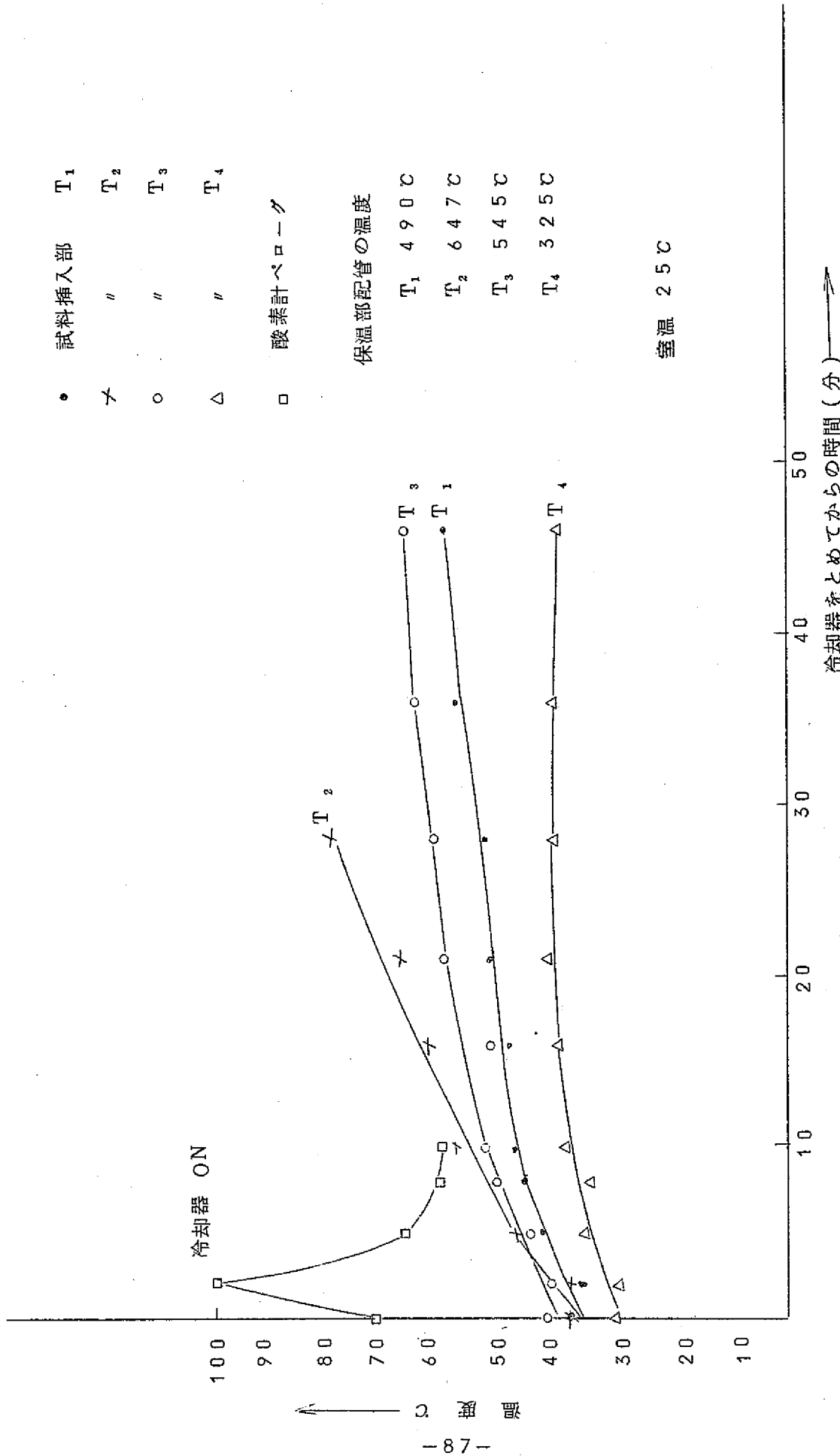
第 2.10 図 流動特性試験 (フローパターン E)



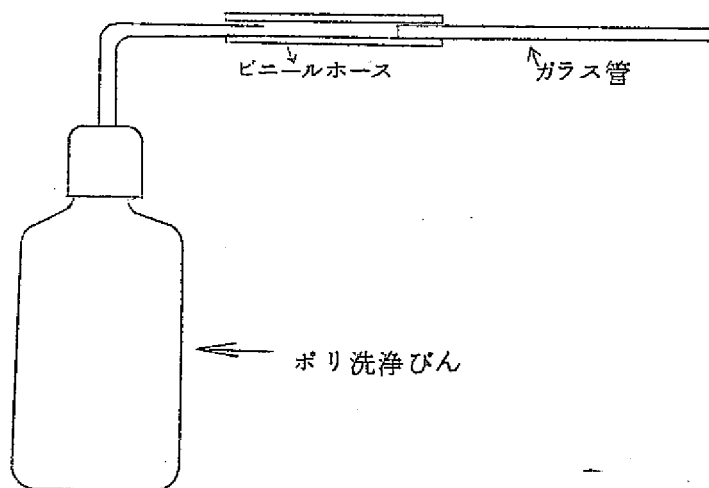
第 2.1 1 図 電磁ポンプ Q-H 特性曲線



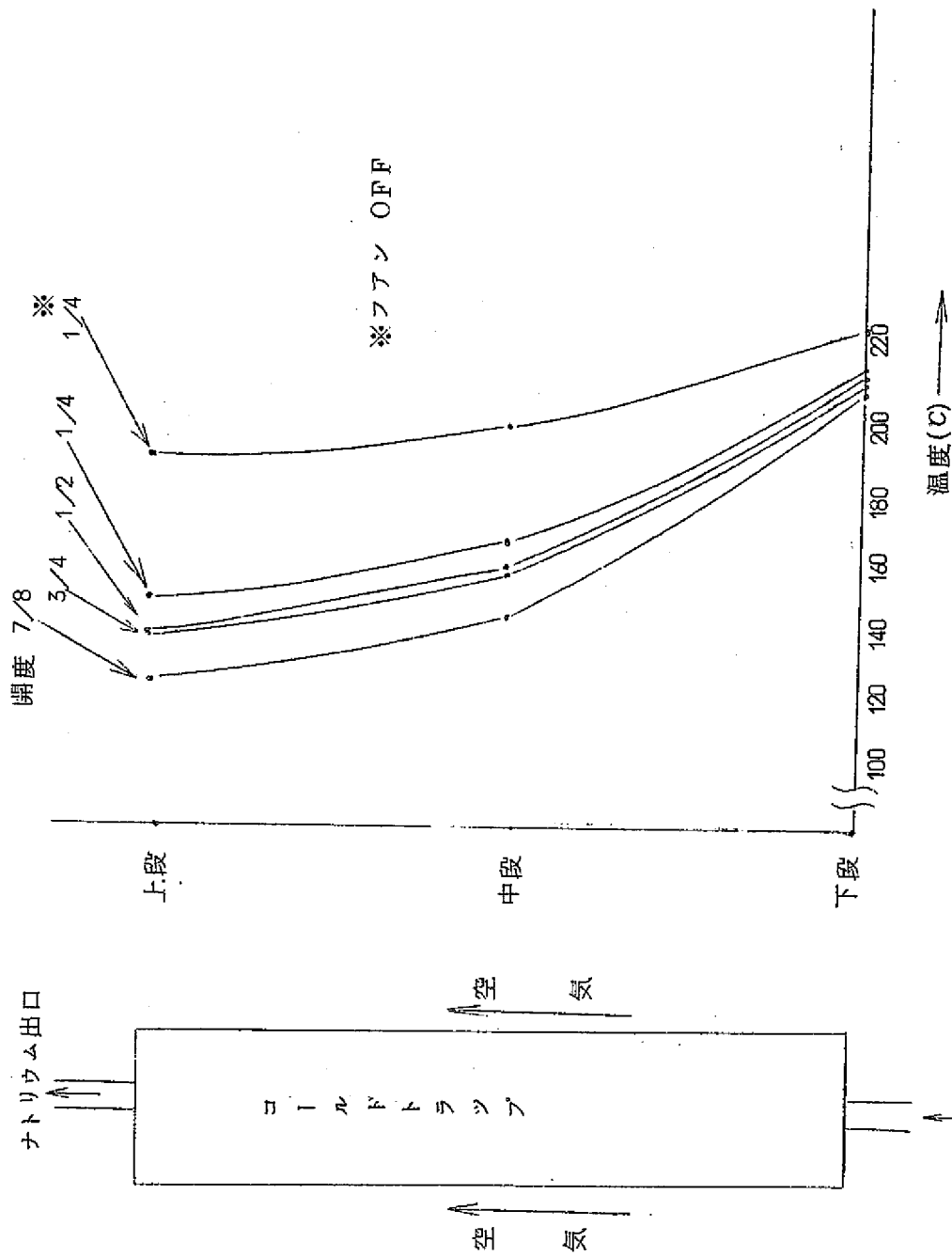
第2.1.2図 フリーズシールド部表面温度測定位置



第 2.1.3 図 試料挿入部温度測定 (運転時)



第 2.1 4 図 ナトリウム吸引器



第 2.15 図 コールドドラツプ温度分布特性試験結果

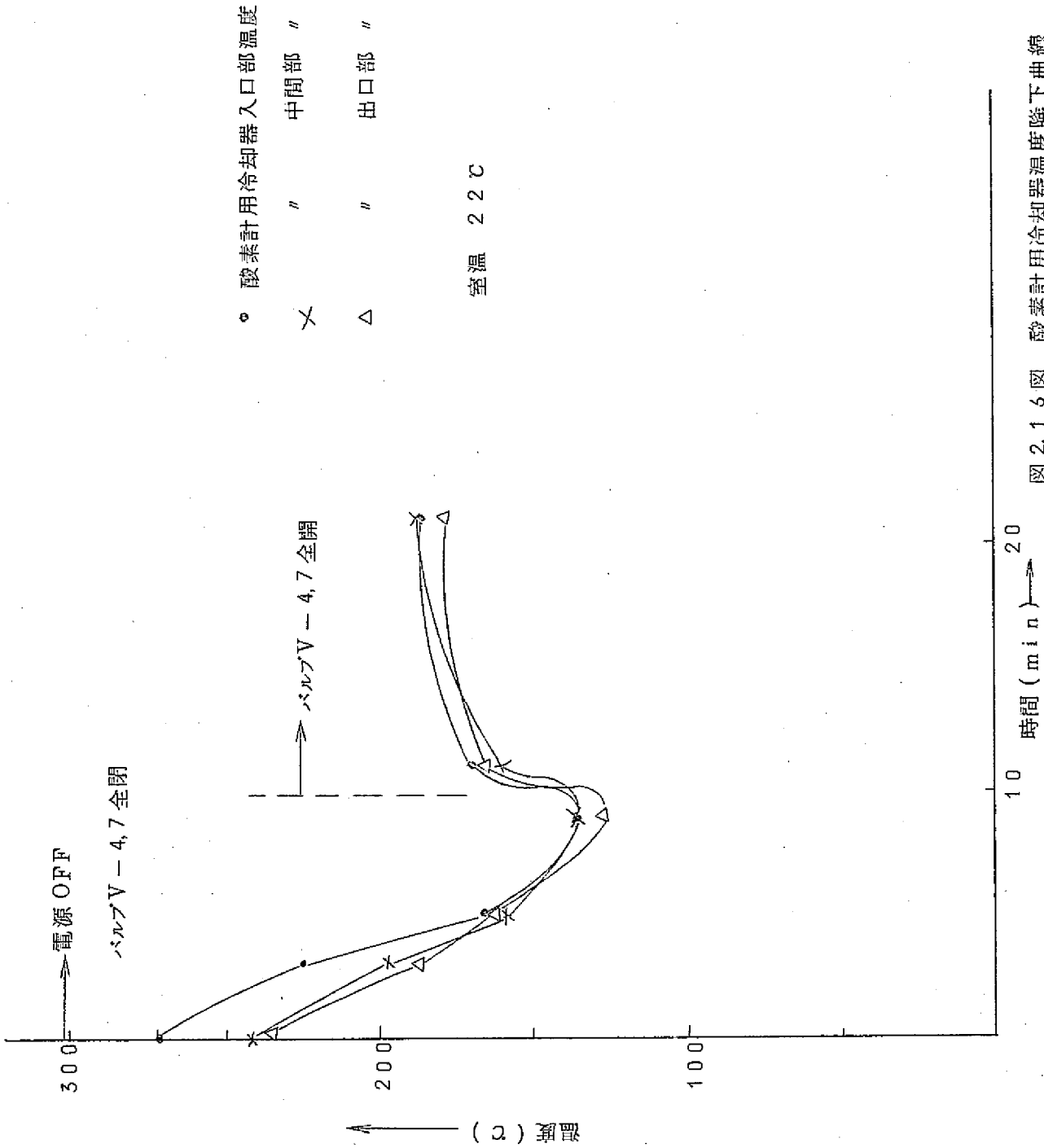
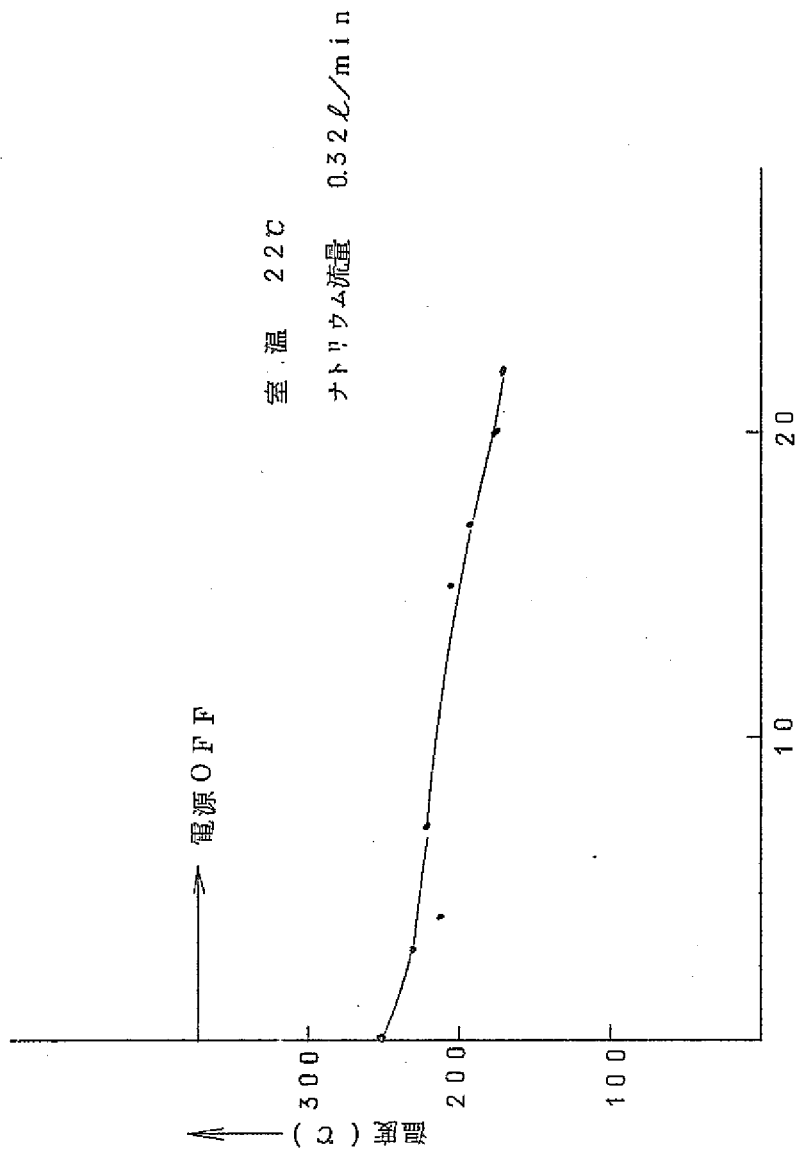
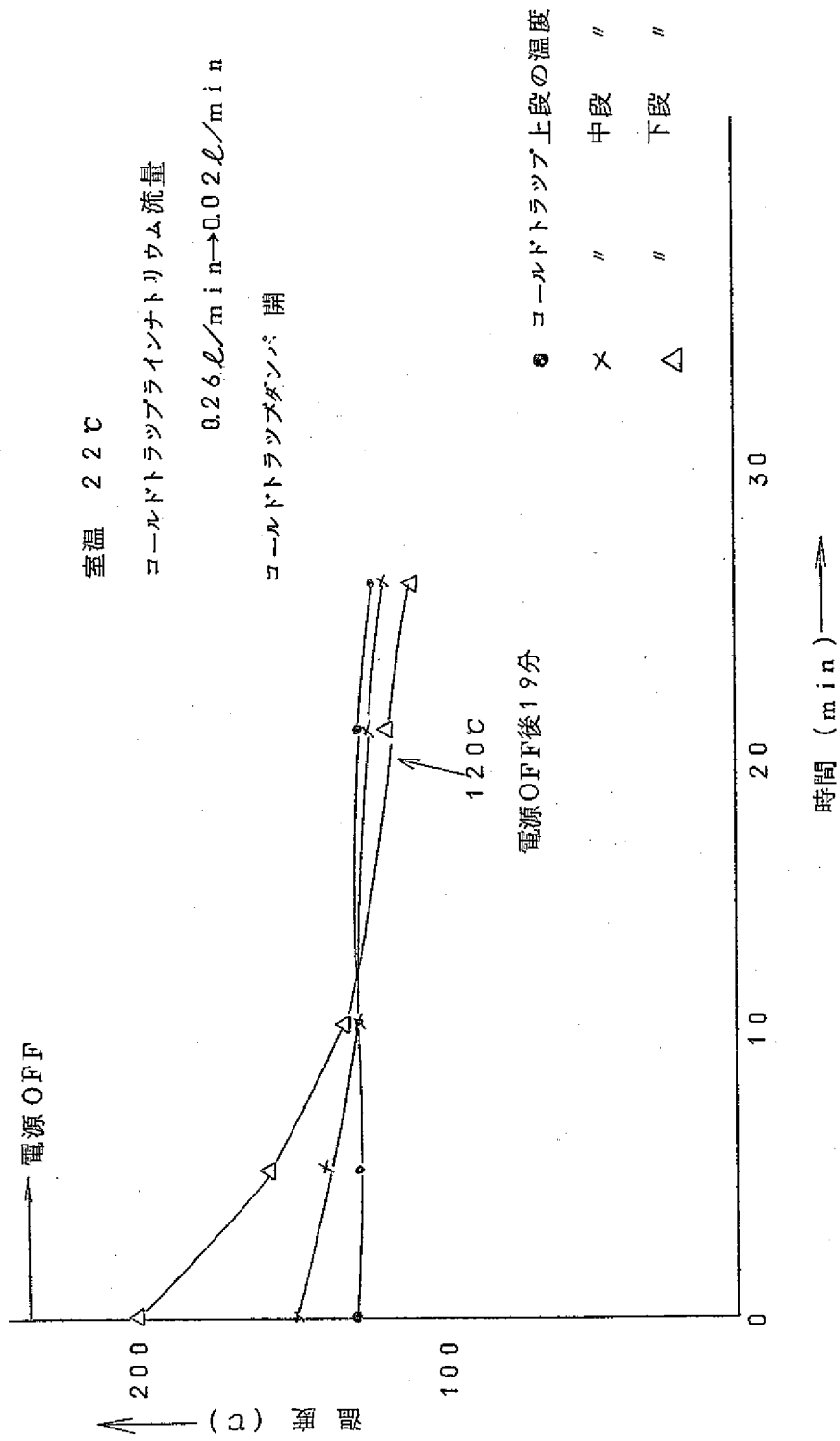


図 2.16 図 酸素計用冷却器温度降下曲線



第2.18図 電磁ポンプダクト温度降下曲線



第2.19図 コールドトラップ温度降下曲線

4 問題点および対策

4-1 加熱器の容量不足

第 3.1 表に加熱器出口温度の測定結果を示す。

No. 1, No. 2 加熱器とも出口温度が定格まで上がらなかつた。これは、設計上加熱器入口温度を No. 1 冷却器出口温度 (No. 1 加熱器の場合) または No. 1 加熱器出口温度 (No. 2 加熱器の場合) と同じとし、途中の配管機器における熱損失を考慮しなかつたためである。例えば No. 1 加熱器入口温度は、No. 2 冷却器出口温度より 20℃ 低くなつた。

対策としては加熱器ケースに巻きつけてある。予熱ヒータにより温度不足分を補なうことが考えられる。

4-2 冷却器の容量過大

第 3.2 表に冷却器出口温度の測定結果を示す。

No. 1 冷却器ダンパ全閉の状態では出入口温度差が 170℃ (定格温度差 150℃) であつたが、ダンパ全閉による騒音が著しいことおよび出口温度が低くなりすぎることより、ファンを小容量のものに交換するかまたは冷却管の実効伝熱面積を減少させる必要がある。

No. 2 冷却器の場合はダンパ開度 1/8 において出入口温度差が 170℃ (定格温度差 200℃) であり出口温度設定に少量の調節が可能であることがわかつた。なお、表中の () 内の値は、ON-OFF 温度調節器を 500℃ に設定した時の出口温度である。調節器を働かせれば温度設定に柔軟性がえられるが、ON-OFF による温度変化が ±10℃ あり、物質移動試験結果を複雑化すると思われるので運転中は ON-OFF 調節器を定格温度維持に使用するの好ましくない。むしろ、上下限設定針を定格温度よりはなしておき、異常時 (温度高) 発生の場合、加熱器を OFF するインターロックとして使用すべきである。

4-3 試料挿入部フリーズシール部の温度過昇

第 2.5, 2.6 表に示すごとく、フリーズシール部の温度が 100℃ 以上になり、ナトリウム漏洩の危険性がある。試運転においては家庭用扇風機により強制空冷したが、耐久性のある冷却ファンをとりつける必要がある。(後

で改造済み)

4-4 酸素計ラインの流量確認

酸素計プローブは温度係数が大きいため PID 温度調節計によりセンサー部のナトリウム温度を一定 ($300\text{C} \pm 0.5$) に制御しているが、ナトリウム流量の微少の変化に対し、センサー部の温度が変化してしまうので酸素計ラインに流量計をもうける必要がある。

4-5 コールドトラップの温度測定位置

本ループのコールドトラップは、直管型で温度計はコールドトラップの中心部につけられている。冷却空気はコールドトラップの外側を流れているため、温度分布は中心方向に高くなる傾向にあり測定値 (コールドトラップ最低温度) は、コールドトラップ出口ナトリウム中の酸素の飽和温度よりも高くなっていると思われる。したがってコールドトラップの半径方向の温度分布を測定できるように温度計スリーブを設ける必要がある。

4-6 他ループよりのガス真空系の分離

本ループには将来放射化試料 (最大 20Ci) を挿入するため、放射性物質によるガス真空系の汚染およびガス圧調整作業の迅速化を考慮して他ループよりガス真空系を分離し、ループ近辺に設置する必要がある。

(昭和45年9月に上記の改造を行なった。)

4-7 ヒータの種類

予熱ヒータおよび過熱器ヒータの種類が多くコストが高くつきました予備品として多種類のヒータを準備しなければならない。

したがってヒータの仕様をできるだけ統一し、スライドトランスによる電圧調節により温度制御を行なうことが望ましい。

4-8 保温材の施工

本ループでは保温材としてファイナフレックス板またはファイナフレックスロープを用い、仕上げにアスベストテープを巻きつけている。しかしヒータ巻きかえ時の施工に手間をくうので成形した保温材を使用することが望ましい。

4-9 バルブの予熱法

バルブ本体に直接予熱ヒータを巻きつけているが、弁座の熱歪み、または

ヒータの交叉による劣化が考えられるので直接巻きつけない方法をとるべきである。

4-10 ループ構成

物質移動現象はナトリウム中の目的元素の溶解度に大きく左右され、同じ温度の個所であつても温度上昇部では目的元素が不飽和のため溶出が起り、温度下降部では過飽和のため沈着が生ずる。したがつて物質移動の解析にはナトリウムがどのような温度分布を経過してきたかを押える必要がある。しかし現状ではループ全体の詳細な温度分布を求めることができない。

また配管、機器の配置が複雑でON-lineの放射線計測(半導体検出器)が困難な個所があり、機器の構造より計測値の補正が難しい個所がある。

放射線計測を簡単かつ信頼性のあるものにするため配管、機器をできるだけ平面上に単純に配置する必要がある。

4-11 安全対策

加熱器の内挿ヒータのうち半容量はON-OFF温度調節器に組みこまれているが残りは電源が入りつばなしの状態になる。流量低下またはドレン時、内挿ヒータの切りわすれの時異常に温度が上昇し、ヒータが損傷する可能性がある。内挿ヒータ外壁温度を検出する熱電対、温度警報器およびインターロック回路をもうける必要がある。(後日改良された)

4-12 室温

本ループ設計段階において室温を計測制御盤の前で20℃と決定したが、ループ運転中実験室のシャッタを閉じた時、室温が計測制御盤の前で35℃をこえ、配管機器近くでは40℃をこえた。

ホットランにおいては放射線管理上シャッタを閉じるので実験者に不快感を与えるばかりでなく酸素計および試料挿入部のフリーズシール部の温度がナトリウムの融点をこえる恐れがある。よつて、室の風調を改造する必要がある。

また、将来のループ建設において室温を決定するさいループ運転時ヒータによる周囲温度の上昇に注意する必要がある。

第 3. 1 表 加熱器 出入口 温度 測定 結果

	定 格 入 口 温 度 (°C)	定 格 出 口 温 度 (°C)	入 口 温 度 (°C)	出 口 温 度 (°C)
No. 1 加熱器	3 0 0 °C	5 0 0	2 8 0 °C	4 9 5
No. 2 加熱器	5 0 0 °C	6 5 0	4 9 5 °C	6 4 0

測 定 日 4 5. 4. 2 6

室 温 2 6 °C

No. 2 冷却器 出口 温度 3 0 0 °C

加熱器 ヒータ すべて O N

ナトリウム 流量 1. 4 5 l/min (定 格 1. 5 l/min)

第 3. 2 表 冷却器 出入口 温度 測定 結果

	定 格 入 口 温 度 (°C)	定 格 出 口 温 度 (°C)	入 口 温 度 (°C)	出 口 温 度 (°C)
No. 1 冷却器	6 5 0	5 0 0	6 3 5	4 6 5 (4 9 0 ± 1 0)
No. 2 冷却器	5 0 0	3 0 0	4 9 0 ± 1 0	3 2 0 ± 2

測 定 日 4 5. 4. 2 4

室 温 2 3 °C

No. 2 加熱器 出口 温度 6 3 8 °C

No. 1 冷却器 ダンパ 全 閉

No. 2 " 1/8 開

No. 1 , No. 2 冷却器 ファン O N

O N - O F F 温度 調節器 O F F

ナトリウム 流量 1. 4 7 l/min (定 格 1. 5 l/min)

付 ホットスチールテストループ試運転マニュアル

ナトリウム実施試運転に先だちナトリウムチャージ運転法、ドレン法、および緊急時対策を実験者に徹底させるため、試運転マニュアルをまとめた

略 号

T I C	O N - O F F	温度調節計
T I R	//	温度記録計
T I	//	温度指示計（予熱用）
F I R	//	流量記録計
T A	//	温度警報器
C K S	//	カバー付ナイフスイッチ
C S	//	操作スイッチ
N F B	//	ノーフューズブレーカ

目 次

A 通常運転マニュアル概要

A 通常運転

- I 運転前点検
- II 電気室及び電源盤内のスイッチ投入
- III 予 熱
- IV ナトリウムチャージ
- V 始動及び定常運転
- VI 運転中の点検
- VII 実 験
- VIII 導通確認
- X 後 始 末

B 停電および緊急時対策

- I 緊急ドレン
- II ナトリウム漏洩対策
- III 停電対策
- IV アラーム，故障対策
- V その他の事故
- VI ナトリウム火災，消火作業
- VII 非常連絡

C 運転マニュアル資料

A 通常運転

A-I 運転前点検

1. ループ外観点検

- | | | |
|---|--------------------|---|
| イ | コールドトラップダンパ | 閉 |
| ロ | 第1, 第2冷却器ダンパ, 上部フタ | 閉 |
| ハ | 酸素計用冷却器ダンパ, 1フタ | 閉 |

2. ループ真空試験

イ 到達真空度

マノメータにて真空度 -760 mm Hg

ロ 漏洩率

系を -760 mm Hg にて12時間放置し 1 mm Hg 以上漏洩しないこと。

ハ Arガスの封入

$+50 \sim 30 \text{ mm Hg}$

3. 計測制御系点検

イ 液面計作動チェック

a 接触型液面計

センサ端子部を短絡し, パネルの表示, 及び警報ブザーを確かめる。

b 誘導型液面計

室温における貯蔵タンクの Na 液面を測定する。

ロ 加熱ヒータ抵抗, メガー測定

ハ 予熱ヒータ抵抗, メガー測定

ニ モータ類(ファン等)メガー測定

ホ 電磁ポンプメガー測定及び通電テスト

ヘ ナトリウムリーク検知機作動チェック

センサーの1つを任意に選び, その端子を短絡し, 警報作動を確認する。

ト 記録計の記録紙, インク等の準備

チ スイッチ類はすべて off

注 抵抗及びメガー測定値は記録, 保存すること。メガーは $2 \text{ M}\Omega$ 以上を原則とする。ヒータ抵抗は断線チェックの意味で行なう。

A - II 電気室及びループ電源盤（起動盤）内のスイッチ投入

1. 電気室のスイッチ投入

イ	L 8 盤	左下モータドライブ用スイッチ	ON
	L	200V, 3φ, 800AF, 常用, 常非	
ロ	L 13 盤	上部NFB 計装 №3	ON
		100V, 100AF, 計測制御盤用	
		計装 №4	ON
		100V, 100AF, 無電停用	

注 電気室電源は現在, 仮接続である。

2. 電源盤のスイッチ投入

イ	商用系(甲)	主NFB	ON
ロ	商非常用系(甲)	主NFB	ON
ハ	第3加熱器ヒータ	F6	ON
ニ	制御電源	C4	ON
ホ	制御電源	C5	ON
ヘ	第1加熱ヒータ	F5	ON
ト	第2加熱ヒータ	G2.3	ON
チ	コールドトラップ予熱ヒータ	G7	ON
リ	膨張タンク予熱ヒータ	G8	ON
ヌ	酸素計用ヒータ	F7	ON
ル	機器予熱ヒータ	F8	ON
ヲ	弁, 配管予熱ヒータ	F9	ON

注 原則として, 電源盤内のNFBは, スイッチ類の投入操作を単純化するため全部“ON”にしておく。

A - III 予 熱

1. 計測器類の電源スイッチの投入

イ	操作スイッチ盤裏面の電源スイッチ	ON
	N1 Na リーク検知器電源	100V
	N2 N3 計器用電源	100V
	N4 警報用電源	100V

N4 電磁ポンプ用ナイフスイッチ

ロ グラフイック盤，裏面の停源スイッチ ON

S ₁	温度調節計	T I C - 3 - 4 / P H
S ₂	"	" 3 / P H
S ₃	"	" 2 / P H
S ₄	"	" 1 / P H
S ₅	"	T I C - 3 - 5
S ₆	"	" 4
S ₇	"	" 3
S ₈	"	" 2
S ₉	"	" 1
S ₁₀		
S ₁₁	酸素計用 P I 温度調節計	

ハ 計測盤裏面の電源スイッチ ON

S ₁ , S ₂	T I 3 - B , A
S ₃ , S ₄ , S ₅	T I R - 3 - 2 , 3 , 1
S ₆	F I R (流量記録計)
S ₇ ~ S ₁₁	T A - 1 ~ 5 , 温度警報計
S ₁₂ , S ₁₃	J ₁ , J ₂ 流量計の変換器

2. 記録計の時間合せ

温度記録計	T I R 3 - 1 , 2 , 3
流量 "	F I R 3 - 1

3. 温度調節計 (T I C) の指針設計

イ 加熱器，冷却器用

T I C 3 - 1 , 2 , 3 , 4 上限 8 0 0 ℃ 下限 0 ℃

ロ 予熱用

T I C 3 - 1 / P H 上限 6 0 0 ℃ 下限 0 ℃
 2 / P H 上限 3 0 0 ℃ 下限 2 5 0 ℃

3 / P H	上限 210℃	下限 200℃
	上限 250℃	下限 240℃

4. 温度警報計の指針設定 (計測盤裏面)

TA-1	電磁ポンプ	400℃
TA-2	ドレンライン	500℃
TA-3	貯蔵タンク	300℃
TA-4	コールドトラップ	400℃
TA-5	貯蔵タンク	300℃

5. 予熱用スライドトランスの電圧設定

スライド No.	2-11	コールドトラップ本体	180V
	2-2	"	"
	2-3	"	"
	2-4	"	"
	2-5	"	"
	12-1	酸素計冷却器出口ライン	90V
	12-2	第2冷却器出口ライン	180V
	13-3A	第1冷却器	200V
	12-3B	第2冷却器	180V
	12-4	第1, 第2加熱器出口ライン	160V
	12-5	第1, 第2加熱器	140V
	11-1A	酸素計ライン入口	25V
	11-1B	酸素計附近ライン	110V
	11-2A	主ライン流量計入口	110V
	11-2B	第1加熱器入口, 弁V-2	80V
	11-4	第1, 第2加熱器出口ライン	140V
	11-5B	膨張タンク下ライン	25V
	11-6	酸素計	0V
	11-7	ポンプ, 流量計	40V
	11-5A	ポンプ入口ライン	40V
	13-1	コールドトラップドレンライン	170V

1-1	膨張タンク	200V
5-1	貯蔵タンク	150V
	電磁ポンプ用トランス	80V

注 11-6 (酸素計フィン部は予熱しない。ダミープラグ引出し, 本プラグ挿入時に予熱する)

6. 漏電警報器用スイッチ

親	自動復帰	設定	400mA
子	速動	設定	50mA

7. 予熱用操作スイッチの投入

貯蔵タンク予熱ヒータ	CS1	(G4)	自動	
膨張タンク予熱ヒータ	CS6	(G8)	運転	
ドレンライン	"	CS7	(G6)	自動
コールドトラップ	"	CS8	(G7)	自動
ドレンライン	"	CS11	(G5)	運転

8. 予熱用CKS (カバー付ナイフスイッチ)の投入

ナトリウムチャージ

5時間前			ON
CKS	5-1	貯蔵タンク	
3時間前			ON
CKS	12-5	第1, 第2加熱器	
CKS	1-1	膨張タンク	ON
2時間前			
CKS	12-2	第2冷却器出口ライン	ON
CKS	12-4	第1, 第2加熱器出口ライン	ON
CKS	11-1A	酸素計ライン入口	ON
CKS	11-2A	主ライン計量計入口ライン	ON
	11-3	コールドトラップ出口ライン	ON
	11-4	主ライン, 弁V-3附近	ON
	3-1	コールドトラップドレンライン	ON
	11-1	酸素計附近ライン	ON

- 1 1 - 2 B	第 1 加熱器入口，弁 V - 2	O N
1 1 - 5 B	膨張タンク下ライン	O N
1 1 - 7	電磁ポンプ，流量計	O N
1 1 - 5 A	電磁ポンプ入口ライン	O N

1 時間前

C K S 1 2 - 1	酸素計用冷却フィン部	O N
1 2 - 3 A	第 1 冷却器 フィン部	O N
1 2 - 3 B	第 2 冷却器 フィン部	O N
C K S 2 - 1	コールドトラップ本体	O N
2 - 2	"	O N
2 - 3	"	O N
2 - 4	"	O N
2 - 5	"	O N

電磁ポンプ用操作スイッチ G 1 起動
 ポンプ用スライドトランス 8 0 V

注※ ベーバートラップ，酸素計予熱ヒータは入れない。

※ C K S を投入後，C K S 2 次側の端子又はスライドトランス
 2 次側端子でヒータ電圧を確認すること。

※ 予熱温度は記録，保存すること。

※ 熱膨張による系内のガス圧上昇分はガスをベントして S・T, E・T
 のガス圧を + 1 0 0 ~ 3 0 mm Hg にたもつたこと。

A - IV ナトリウムチャージ

1. ナトリウム弁の開閉状態

イ V 3 - 1 , V 3 - 6 , (チャージ弁) , V 3 - 3	全閉
ロ V 3 - 2 V 3 - 4 , V 3 - 5 , V 3 - 7	全開

2. ガス真空弁

イ 酸素計用コック，及びガスライン弁 V A - 2 2	全閉
ロ マノメータ上部の弁	全開
ハ 膨張タンク，ガスライン弁，V A - 1 2 , 1 8	全閉
ニ 貯蔵タンク，ガスライン弁，V A - 1 1 , 1 7	全閉

- ホ その他の他ループガス弁 全閉
3. チャージ前ガス圧
- イ 貯蔵タンク
リザーバータンク 導通，ガス圧は + 1 0 0 mm Hg
弁 V A - 1 1 全開
- ロ 膨張タンクガス圧 - 7 6 0 mm Hg
弁 V A - 1 8 全開
真空ポンプ起動（技術開発ループ，計装パネル）
弁 V A - 1 ， 2 全開
膨張タンクガス圧が - 7 6 0 mm Hg になつたら
弁 V A - 1 8 全閉
4. 貯蔵タンク液位の測定
5. 予熱温度のチェック
6. 電磁ポンプ用操作スイッチ（C S） G 1 O F F
ポンプ用スライドトランス 8 0 V → 0 V
7. ループへのナトリウムチャージ 2 2. 6 ℓ
- イ 弁 V - 1 半開
- ロ 液面計にて貯蔵タンクの液位を追従
ガス圧（S・T）の変化
温度の変化
流量記録計の F M - 1 ， F M - 2 の流量指示
によりナトリウム流動の確認
- ハ 膨張タンク接触式液面計低レベルまでナトリウムがチャージされた
ら弁 V - 1 全閉
- ニ 貯蔵タンク Na 液位を正確に測定
- 注 ループのナトリウムインベントリ，計算では 2 0. 3 7 ℓ
- ホ 再チャージ 2. 2 6 ℓ
前イ，ロ，ハ，ニ，参照 (2. 0 ~ 3. 0 ℓ)
8. Na チャージ後のガス操作
- イ 貯蔵タンクガス圧 + 5 0 mm Hg

VA-11, VA-3にて調整

膨張タンクガス圧

+50 mmHg

VA-18

全閉

VA12, VA-3にて調整

A-V 始動及びクリーニング定常運転

1. 電磁ポンプを駆動させ、ループ各ラインに定格ナトリウム流量を流す。

イ 電磁ポンプ用操作スイッチ

ロ 電磁ポンプ用スライドトランスの電圧を徐々に上げ、メイン流量 FM-13 l/minにする。

注 ただし131V(定格電圧)以上にはしない。

ハ 弁V-3

ニ 弁V-2をしほり流量計FM-1(メイン流量)を1.5 l/minにする。

ホ 弁V-5をしほりコールドトラップ流量FM-2を0.3 l/minに調節する。流量は、ポンプの印加電圧で調節する。

2. 温度設定①

1	第1加熱器	温度調節計	TIC3-1	上限310℃	下限300℃
	第2 "	"	TIC3-2	上限410℃	下限400℃
	第1冷却器	"	TIC3-4	上限800℃	下限 0℃
	第2 "	"	TIC3-3	上限800℃	下限 0℃
	酸素計用, PI温度調節計			300℃	

ロ 加熱ヒータスイッチの投入

第1加熱器	CKS16-1, CKS15-1	ON
	CS-4(F5)	自動
第2加熱器	CKS7-1	ON
	CS-2(G2)	自動
	CS-3(G3)	起動

3. 全ての予熱ヒータのCKS OFF

4. ナトリウムが滞留している部分の予熱ヒータを入れ，予熱保持する。

イ 貯蔵タンク CKS5-1

TIC3-3 / PHの設定 下限200℃ 上限250℃

ロ ドレンライン CKS3-1 ON

TIC3-2 / PHの設定 下限200℃ 上限250℃

ハ 主ライン弁V3-3附近 CKS11-4 ON

予熱用トランス11-4 電圧 80V

5. コールドトラップの最低温度 (TIR3-4) を200℃にする。

コールドトラップ，ファンスイッチ (CS-8) 運転

ブロー，ダンパの開度により，コールドトラップの風量を調節し

コールドトラップ最低温度を200℃に手動調節する。

6. コールドトラップもどりラインの第3加熱器を投入する。

CKS-14-1 ON

スライドトランス14-1 設定電圧 100V

7. 温度設定②

イ 第1加熱器 TIC3-1 上限400℃ 下限400℃

第2加熱器 TIC3-2 上限500℃ 下限500℃

第1冷却器 TIC3-4 上限460℃ 下限450℃

第2冷却器 TIC3-3 上限410℃ 下限400℃

酸素計用PI温度調節計 400℃

ロ 冷却器ファンの投入

第1，第2冷却器上のフタを取る

操作スイッチ CS12 (F₁)，13 (F₂) 自動

12 13

冷却器ダンパ 半開

8. 温度設定③

第1加熱器 TIC3-1 上限510℃ 下限500℃

第2 " TIC3-2 上限600℃ 下限600℃

第1冷却器 TIC3-4 上限510℃ 下限500℃

第2冷却器	T I C 3 - 3	上限 4 1 0 ℃	下限 4 0 0 ℃
コールドトラップ温度		上限 最低	1 5 0 ℃

9. 温度設定④（最終）

第1加熱器	T I C 3 - 1	上限 5 0 5 ℃	下限 4 9 5 ℃
第2 "	T I C 3 - 2	上限 6 5 5 ℃	下限 6 4 5 ℃
第1冷却器	T I C 3 - 4	上限 5 0 5 ℃	下限 4 9 5 ℃
第2 "	T I C 3 - 3	上限 3 0 5 ℃	下限 2 9 5 ℃
酸素計用加熱冷却器			3 0 0 ℃
コールドトラップ最低温度		最低	1 2 0 ℃

注 温度設定①→②→③→④は、試運転においては3～5時間の間をおく。第2回運転以降の温度設定は②から始まり、②で24時間クリーニング運転を行なった後、④に移る。

A - VI 運転中の点検

1. ループ外観点検

a ナトリウム漏洩の有無

特に加熱器，電磁ポンプ，冷却器，試料挿入部，酸素計
膨張タンク

b 電磁ポンプや，ファンモータ類の異状振動の有無

c 異状加熱部の有無

消灯点検，特に加熱器，電磁ポンプ

2. 計装盤及びヒータ盤の点検，記録，運転日誌による。

3. 貯蔵タンクナトリウム液位の測定

4. 貯蔵タンク

ガス圧の測定
膨張タンク

+ 3 0 ~ + 5 0 mm Hg に保つ。

CKS 2-1	ON
2-2	ON
2-3	ON
2-4	ON
2-5	ON
CKS 1-1	ON
11-1 B	ON
11-2 B	ON
11-5 B	ON
11-7	ON
11-5 A	ON

7. 電磁ポンプを停止する。

ポンプ用スライドトランス

OV

操作スイッチ CS-5 (G₁)

停止

8. 貯蔵タンクの液位を測定する。

9. ナトリウムドレン開始

弁 V-3, V-5, V-2, V-7, V-4

全開確認

弁 V-1, V-6

半開

弁 V-1, V-6

全開

10. 貯蔵タンクのナトリウム液位を測定する。

A-K 導通確認

膨張タンク
リザーバタンク } のガス圧 + 200 mmHg

貯蔵タンク
真空ヘッダ } のガス圧 0 mmHg

膨張タンクより貯蔵タンクにアルゴンガスをブローする。

1. 試験部ライン

V-3, V-5, V-4, V-6

全閉

V-2, V-1

全開

- | | | | |
|----|---|--|-----|
| 2. | コールドトラップライン① | | |
| | V-2, V-1, V-5 | | 全 閉 |
| | V-6 | | 全 開 |
| 3. | コールドトラップライン② | | |
| | V-6 | | 全 閉 |
| | V-5, V-1 | | 全 開 |
| 4. | メインもどりライン | | |
| | V-5, V-1 | | 全 閉 |
| | V-3, V-1 | | 全 開 |
| 5. | V-3, V-1 | | 全 閉 |
| | V-7, V-4, V-1 | | 全 開 |

注 印は導通確認弁

A-X 後始末

- | | | | |
|----|-------------------------|----|-----------|
| 1. | ナトリウム弁の閉開状態 | | |
| | V-6, V-1 | | 全 閉 |
| | V-2, V-3, V-4, V-5, V-7 | | 全 開 |
| 2. | ガス真空弁の閉開状態 | | |
| | VA-12, 21, 11 |) | 全 閉 |
| | VA-18, 22, 17 | | |
| 3. | ガス圧 | | |
| | 貯蔵タンク | | +100 mmHg |
| | 膨張タンク | | -100 mmHg |
| 4. | 計装盤正面, 裏面スイッチ | 全て | OFF |
| 5. | ヒータ盤 CKS | 全て | OFF |
| | ヒータの抵抗値, メガーを測定記録保存する。 | | |
| 6. | 起動盤 NFB | 全て | OFF |

B 停電および緊急時対策

B-I 緊急ドレン

1 緊急ドレン

イ、ループ電源盤の主NFB2つを切る。(常用系,非常用系)

注 主NFBはループ電源盤(起動盤)の扉を開けると左右の上部に1個ずつある。

ロ、ループのドレン路を作る。

弁V3-1 (主ドレン弁) 全開

V3-6 (コールドトラップドレン弁) 全開

ハ、膨張タンクと貯蔵タンクのガス路を導通にする。

VA-12 (膨張タンクガス系) 全開

VA-11 (貯蔵タンクガス系) 全開

その他のガス弁は 全閉

注 VA-12, VA-11はリザーバータンクにある。

2 緊急ドレン基準

イ、ナトリウムリーク事故

ただし、発煙を伴わないしみ出し程度の小リークは除く。

ロ、無予告(事故)停電で10分以内に停電復帰の見通しが見つからない場合

ハ、その他運転を続行した場合、重大な事故に発展するおそれがあると判断された場合

B-II ナトリウム漏洩対策

ナトリウム漏洩量の大小の程度により対策も異なる。

イ、ナトリウム大漏洩

数リットル以上のナトリウム大漏洩又は、ドレン弁近くのナトリウム漏洩でナトリウムドレン弁に近づくことが不可能な場合

a, 電源盤の主NFBを切る。

b, 非常連絡(B-VIII項参照)

c, 消火作業(B-VII項参照)

ロ，ナトリウム中漏洩

ナトリウムドレン弁の操作が可能な場合は B-I 緊急ドレンにしたがう。

- a，緊急ドレン（B-I 項参照）
- b，非常連絡（B-VIII 項参照）
- c，消火作業（B-VII 項参照）

ハ，ナトリウム小漏洩

ナトリウムしみ出し程度（数cc）のナトリウム小漏洩で，漏洩が急激に発展する可能性がない場合は，通常ドレン（A-VII 参照）を行なう。

B-III 停電対策

イ，予告停電（30分以上）

A-VIII にしたがって停電前にドレンする。

ロ，予告停電（30分以下）

a，停電直前の操作

- 1. プロア類はすべて OFF
- 2. コールドトラップ，冷却器等のダンパを閉じ，上部は保温フタをする。
- 3. 加熱器 OFF
- 4. 電磁ポンプ用スライドトランス OV

b，非常用ジーゼル電源がはいつたら

- 1. 冷却器，コールドトラップ，電磁ポンプ，電磁流量計，その他 150℃以下のコールドポイントがあれば，その部分の予熱ヒータを入れる。
- 2. 150℃以下のコールドポイントがなくなつたら電磁ポンプの電圧を所定の電圧まで上げ，流量を確認する。
- 3. 冷却器，加熱等を動作させ，運転前の定常運転までもつて行く。

ハ，無予告停電

（ロ-a）操作後，変電所に連絡し30分以内に停電復帰の見通しがない場合は，ただちに B-I にしたがって緊急ドレンする。

30分以内に停電が復帰したら（ロ-b）にしたがう。

B-IV アラーム故障対策

アラーム系は、次の3つに大別される。

- (1) 火災感知器（煙感知器）
- (2) 漏電警報器
- (3) 計測制御盤アラーム表示

さらに(3)は

- イ、ナトリウム漏洩検知器
- ロ、ナトリウム液位の高低
- ハ、温度警報器
- ニ、停電

に分けられる。

対 策

1. 火災感知器

- a, 火災発生場所の確認（誤動作，火災ではない煙の発生による動作が多いので注意）
- b, 非常連絡
- c, 応急処置

ナトリウム緊急ドレン，消火作業を行なう。

2. 漏電警報器（50 mA以上で動作）

予熱ヒータの絶縁劣化が原因で危険はない。

絶縁劣化した予熱ヒータをさがし，予備のヒータと交換結線する。

3-イ、ナトリウム漏洩検知器

- a, グラフィックパネルによりナトリウム漏洩場所をさがす。
- b, 実際にナトリウムが漏洩しているのか，誤動作なのか確認。

ナトリウム漏洩の場合はB-IIナトリウム漏洩対策に従う。

誤動作の場合はそのまま運転続行。

3-ロ、ナトリウム液位の高低（E-Tank液面低）

原因はナトリウムドレン弁の弁座からの小ナトリウムリークである場合が多い。ドレン弁を確実に閉じ，液面計でナトリウム液位を12時間おきに測定し，ナトリウムリーク量を算出し，0.5

ℓ/day 以上の場合は運転をストップする。

0.5 ℓ/day 以下の場合はガス圧を調整し、必要量のナトリウムを再チャージし、運転を続行する。

3-ハ、温度警報器

電磁ポンプ、貯蔵タンク、ドレンライン等の温度警報である。

警報が出たらただちに場所を確認し、ヒータの状態、ナトリウム流量、温度調節器の作動状態をしらべる。

B-V その他の事故

故障が起る可能性がある機器および項目を以下に示す。

イ、電気系

1. ループ電気機器

1-1 電磁ポンプ

1-2 加熱ヒータ

1-3 予熱ヒータ

1-4 冷却ファン

1-5 流量計

1-6 熱電対

2. 計測制御盤電気機器計器

2-1 TIC, TA

2-2 TI

2-3 TIR

2-4 PID

2-5 FIR

2-6 スイッチ類

2-7 ランプ類

2-8 メータ類

2-9 リレー類

2-10 スライドトランス

2-11 OKSヒューズ

3. 電源盤

3-1 MFB

3-2 Mgs

3-3 ヒューズ

4. その他の電気系

4-1 配電線

4-2 ターミナル

4-3 真空ポンプ

ロ, ナトリウム系

1. ナトリウムリーク

2. ナトリウム弁

3. 液面計

4. 流量ストップ

ハ, ガス真空系

1. ガス弁

2. マノメータ

3. ガスフローメータ

4. ベーベートラップ

5. 真空ポンプ

対 策

1. 交換容易な機器については予備品をそろえておき運転中に交換

2. 交換が困難な機器について,

 ループの運転に支障がある場合は緊急ドレン

 # の ない # 運転終了後修理する。

B-VI ナトリウム火災消火作業

イ, 発煙をともなうナトリウム火災の場合

1. 電 源 OFF

 ループ電源盤内の主NFB 2個を切る。

2. 防護具着用

 防護服, 面つきヘルメット, 安全メガネ, 皮手袋, 半長靴, 手拭い,

ガーゼマスク

3. 緊急ドレン（B-I項参照）
4. 非常連絡（B-VII項参照）
5. ナトレックスによる消火

室内の換気扇をまわしながら行う。

ナトリウム大漏洩，著しい発煙のため消火作業不能の時は，他の施設への延焼をくいとめるようにする。

ロ，発煙をともなわないナトリウム漏洩の場合

1. 漏洩個所の点検
2. ナトレックスの散布
3. ナトリウム火災が生ずる恐れのある時は緊急ドレン（B-I項参照）する。

注 ナトレックス以外の消火剤を使用してはならない。人災をひき起こさないよう注意する。

B-VII 非常連絡

下記の順に非常連絡する。

1. 守衛所，工務課，変電所
2. 部長
3. 室長
4. 室員
5. ナトリウム流動伝熱室

応援がかけつけたら，ループ運転員は人災をひき起こさないように，事態の説明を行なう。

室長は非常事態の拡大をくいとめるよう適切な指揮をとる。

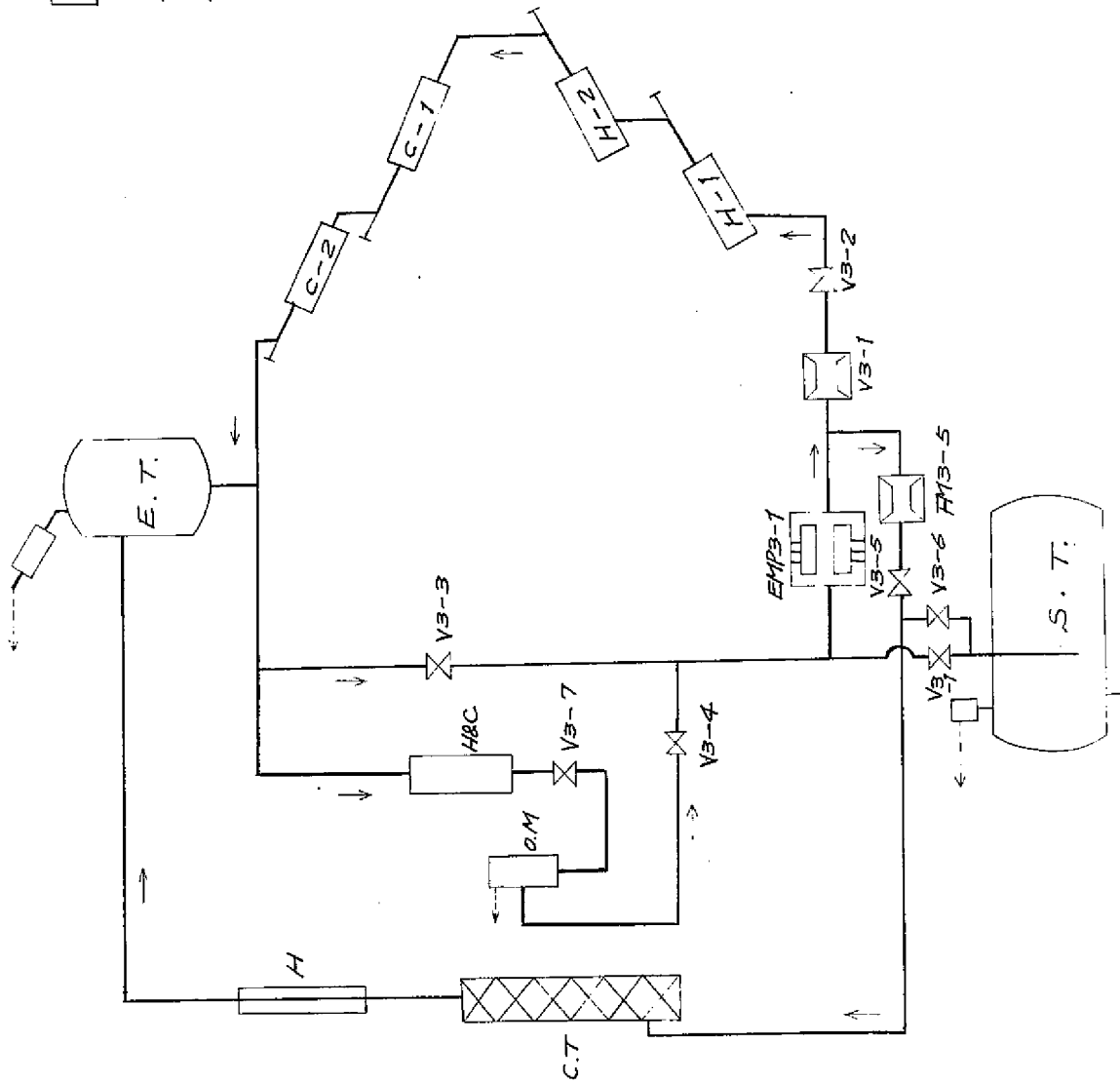
○ 運転マニュアル資料

1. ループフローシート
2. ループ見取図
3. ループナトリウム容積

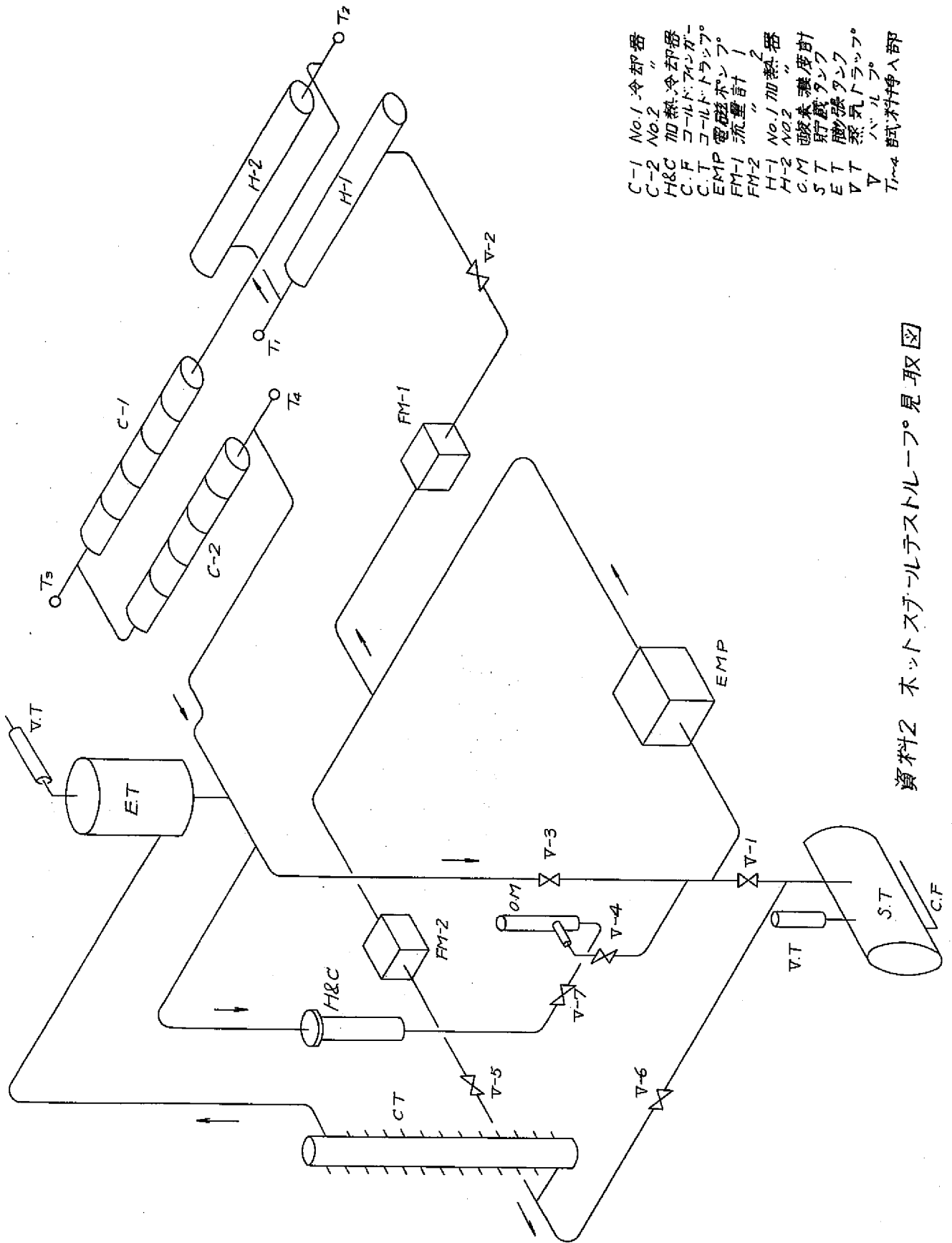
- 3 - 1 貯蔵タンク
- 3 - 2 ループ及び膨張タンク
- 4. 予熱ヒータ取付位置
- 5. 熱電対取付位置
 - 5 - 1 温度指示計用
 - 5 - 2 温度調節計用
 - 5 - 3 温度記録計，データロガー用
- 6 - 1 電源系統及び配置図
- 6 - 2 電気空配置図
- 7. 電源盤内面図
- 8. 計測制御盤正面図
- 9. 計測制御盤裏面図
- 10. グラフィックパネル正面図
- 11. ヒータ盤正面図
- 12. スライドトランス棚正面図
- 13. O K S , ヒータ , 熱電対対称一覧表
- 14. 操作スイッチ (C S) 一覧表
- 15. 温度調節計一覧表
- 16. 温度指示計一覧表
- 17. 温度記録計流量計一覧表
- 18. 計測制御盤裏面スイッチ一覧表
- 19. 配線図
 - 19 - 1 単線結線図
 - 19 - 2 結線図 № 1 , 2 , 3

略号

E. T. 膨脹タンク
 S. T. 貯蔵タンク
 H 加熱器
 C 冷却器
 O.M 酸素濃度計
 C.T コールド・トラップ
 V バルブ

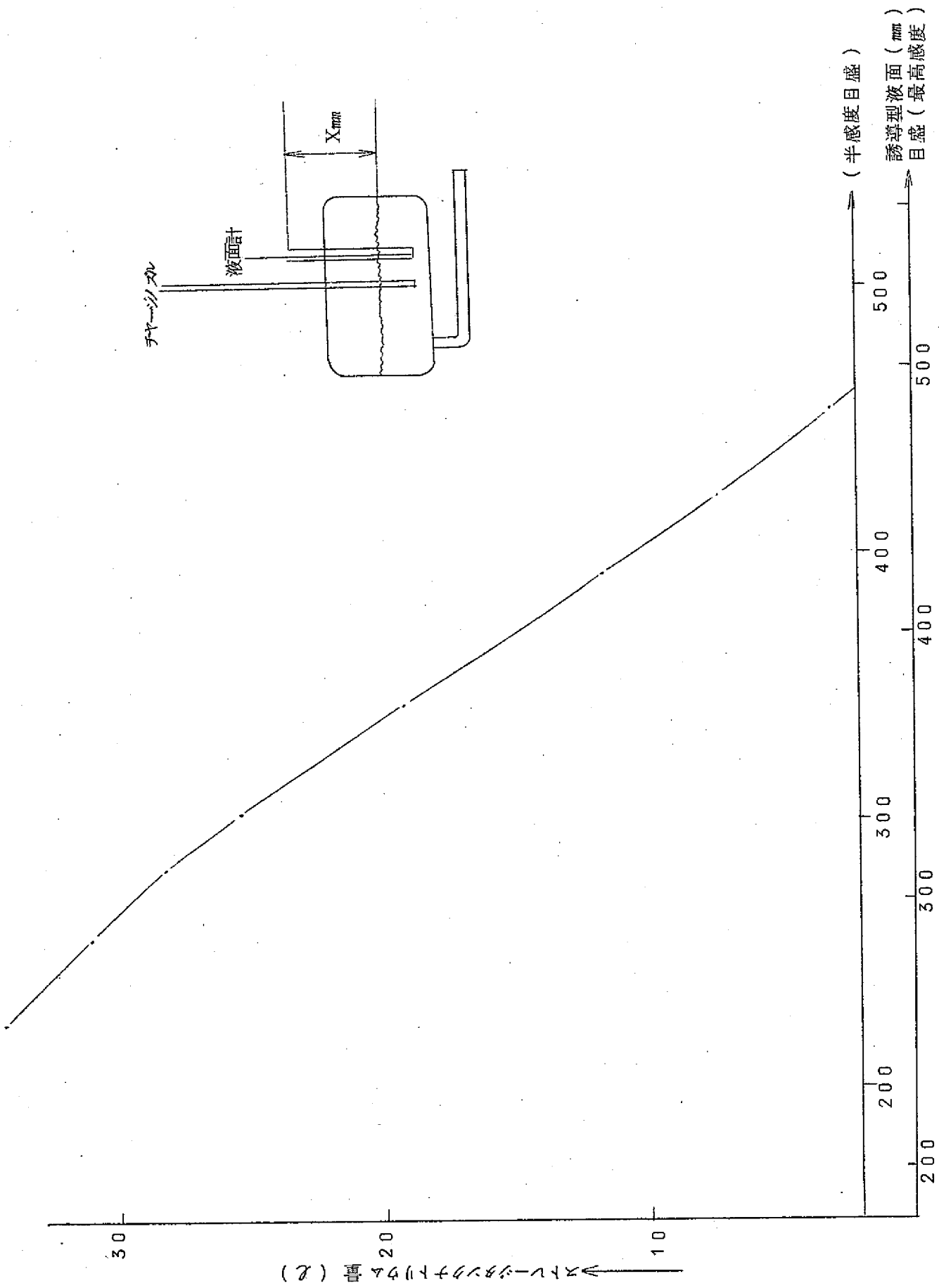


資料1 ホットガスフローシート



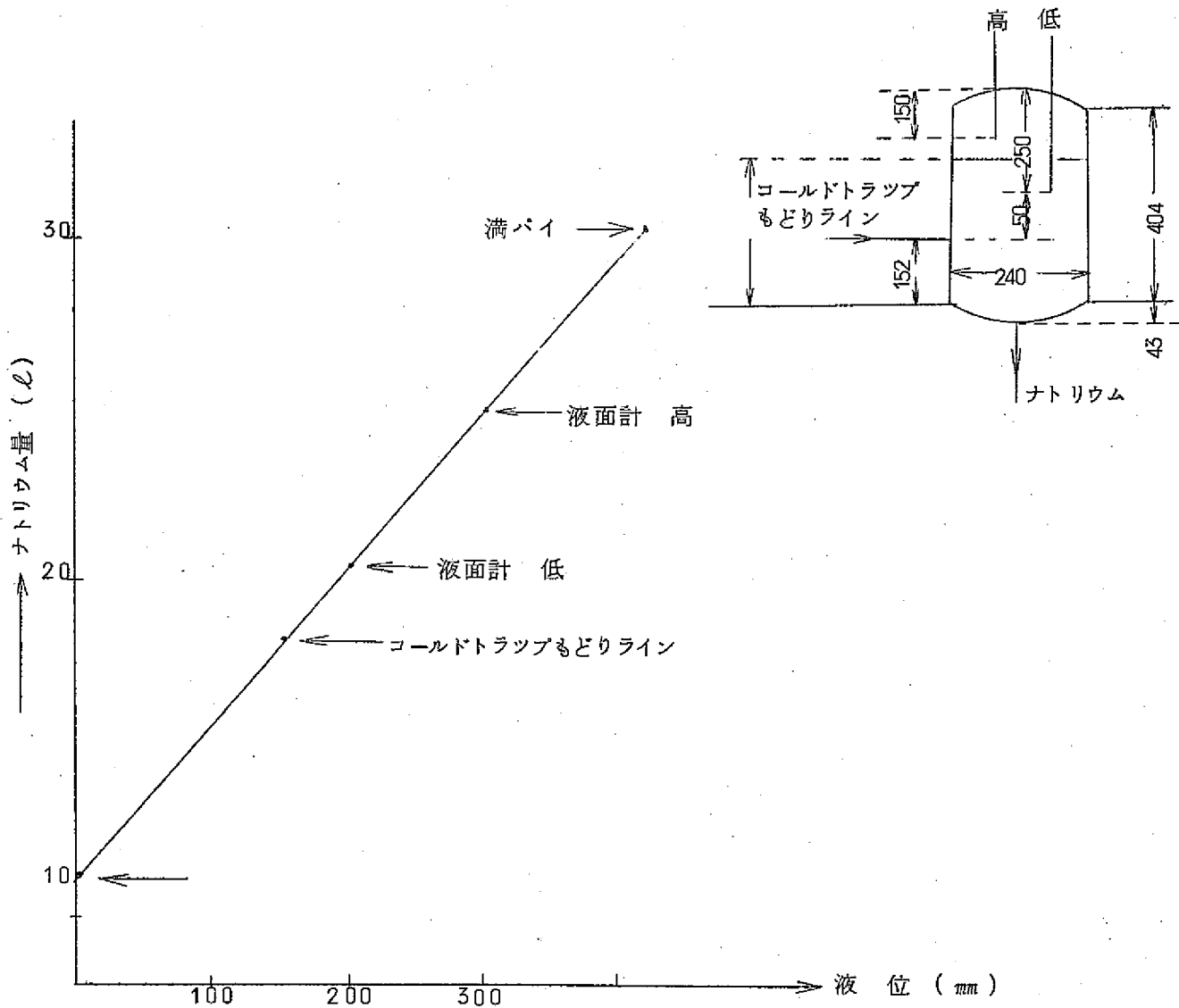
- C-1 No.1 冷却器
- C-2 No.2 冷却器
- H&C 加熱冷却器
- C.F コールドフィン
- C.T コールドトラップ
- EMP 電磁ポンプ
- FM-1 流量計 1
- FM-2 流量計 2
- H-1 No.1 加熱器
- H-2 No.2 加熱器
- C.M 酸濃度計
- S.T 貯蔵タンク
- E.T 膨張タンク
- V.T 蒸気トラップ
- V バルブ
- Time 試料持入部

資料2 ホットスタートループ見取図

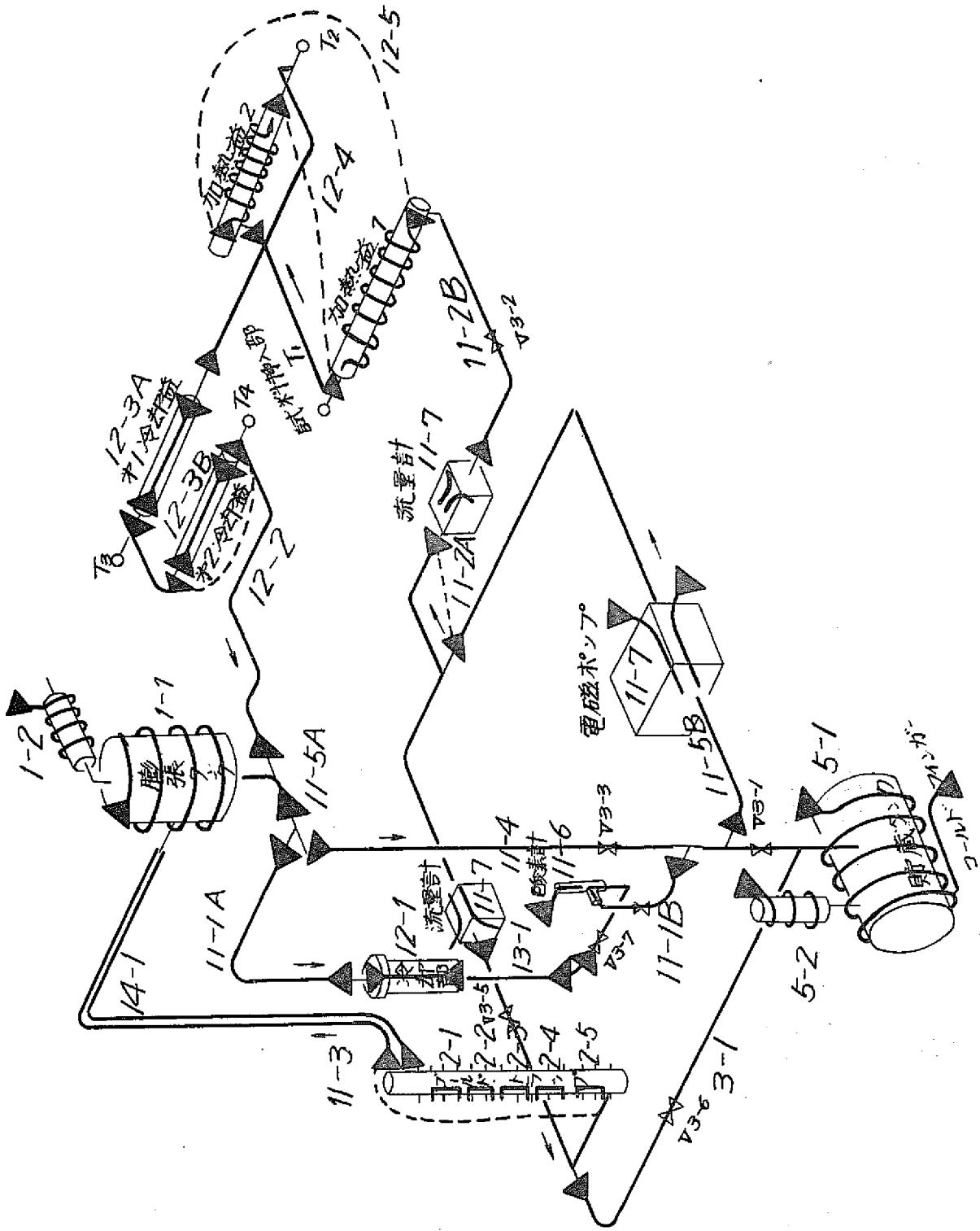


資料3-1 ループナトリウム容積 (貯蔵タンク)

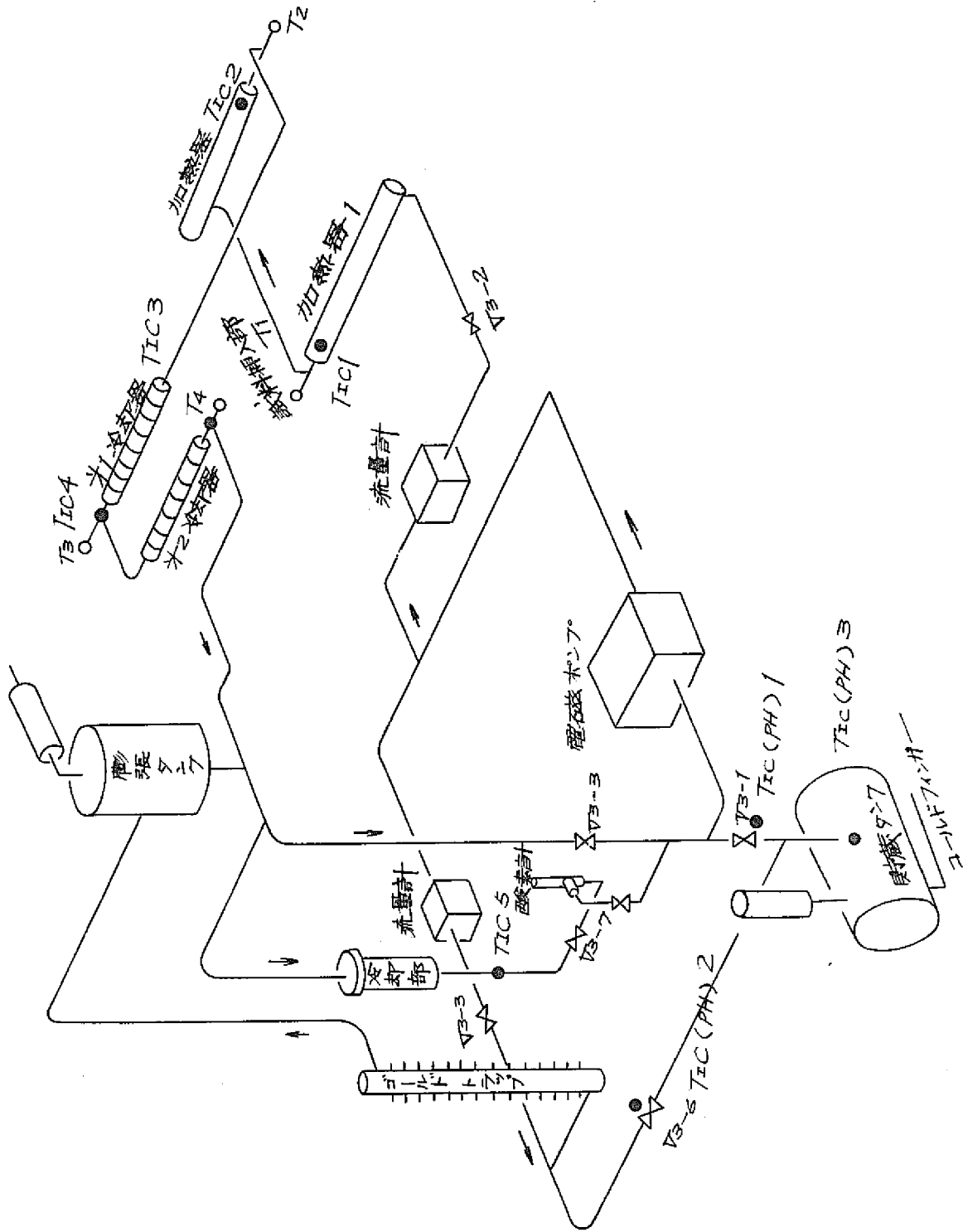
ループ配管機器 (膨張タンク底まで)	1 0.1 5 l
膨張タンクコールドラップ戻りライン	1 8.1 1 l
液面計低まで	2 0.3 7 l
液面計高まで	2 4.9 0 l
膨張タンク満パイ (膨張のみ)	3 0.5 5 l (2 0.4 l)
※定格運転時の最適ナトリウム量	2 2.6 3 l
膨張タンク断面積	4 5 2.1 6 cm ²



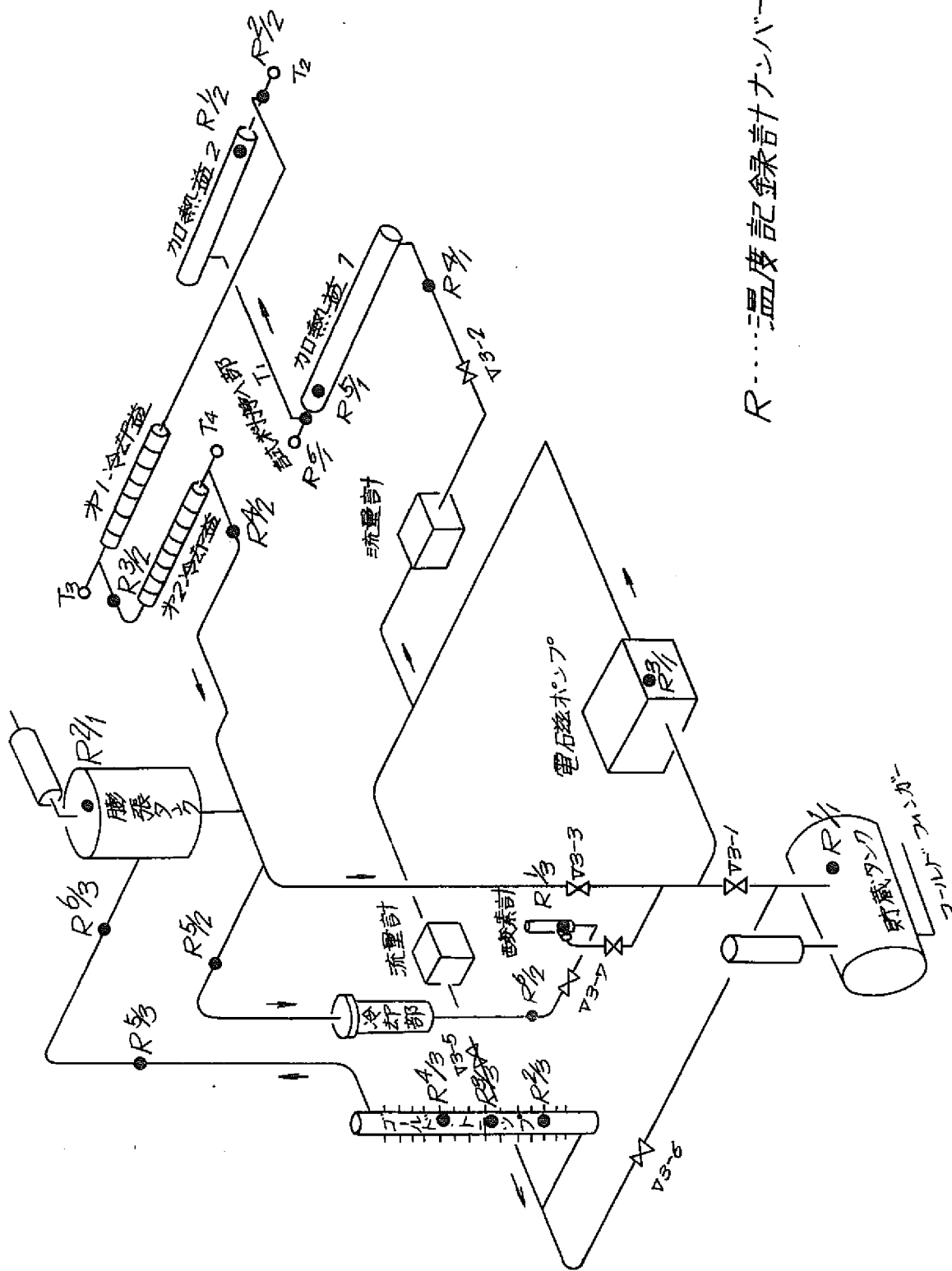
資料 3-2 ループナトリウム容積 (ループおよび膨張タンク)



資料4. ホットスタールテストループ予熱ヒータ取付位置



資料 5-2 熱電対取付位置 (温度調節計用)

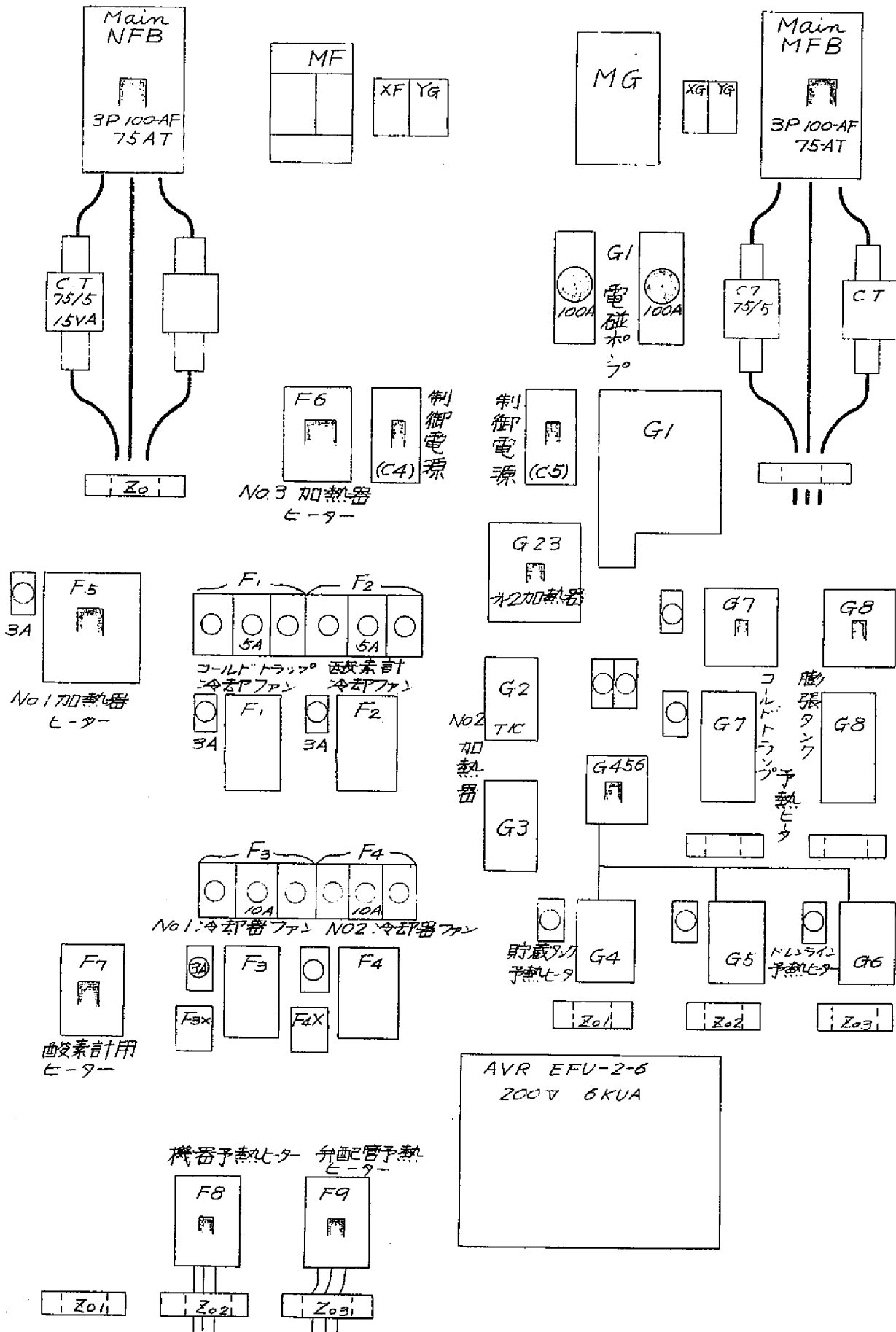


R……温度記録計ナンバを示す。

資料5-3 熱電対取付位置(温度記録計用)

商用系(F)

商・非常用(H)



資料7 ホットスターループ電源盤内面図

資料8 ホットスタイルアストロープ計測制御盤

操作スイッチ盤

グラフィック盤

計測盤

電磁ポンプ

電圧計

電流計

電圧計

操作スイッチ(CS)

- CS 1 2 3 4 5
- 6 7 8 9 10
- 11 12 13 14 15
- 16 17

電磁ポンプ用スライドランス

操作スイッチ(CS-No)

- 1 No.1予熱ヒータ
- 2 No.2予熱ヒータ
- 3 加熱器 NO.1
- 4 加熱器 NO.2
- 5 電磁ポンプ
- 6 トンライントラップ
- 7 トンライントラップ
- 8 トンライントラップ
- 9 トンライントラップ
- 10 トンライントラップ
- 11 トンライントラップ
- 12 NO.1予熱ヒータ
- 13 NO.2予熱ヒータ
- 14 NO.1予熱ヒータ
- 15 NO.2予熱ヒータ
- 16 NO.1予熱ヒータ
- 17 NO.2予熱ヒータ

ナトリウム濃度

セキフラフィックパネル(別紙)

- ランプフローント
- 予熱ヒータ表示 (ランプ赤)
- 加熱ヒータ表示 (ランプ赤)
- バルブ閉表示 (ランプ赤)
- バルブ開表示 (ランプ赤)
- 冷却器フロア (ランプ赤)
- 膨張タンク液位 (ランプ白)
- 貯蔵タンク液位 (ランプ白)

温度指示調節計(TIC)

- TIC 3-1
- TIC 3-2
- TIC 3-3
- TIC 3-4
- TIC 3-5
- TIC 3-6
- TIC 3-7
- TIC 3-8
- TIC 3-9
- TIC 3-10
- TIC 3-11
- TIC 3-12

警報用押しボタン

- 復
- 止
- 験

PID

- TIC 3-1 試料投入部T.入口温度(No.1加熱器出口)
- 3-2 " " T₂ (No.2 " ")
- 3-3 " " T₃ (No.2冷却器出口)
- 3-4 " " T₄ (No.1 " ")
- 3-5/PH ドレンライン予熱温度(調節なし,指示のみ)
- 3-6/PH ドレンライン予熱温度
- 3-7/PH 貯蔵タンク "
- 3-8/PH コールトラップ "
- PID.温度調節計 酸素計温度 (TIC3-5)

故障表示灯

- 1 2 3 4 5 6
- 7 8 9 10 11 12

TIS A 温度指示計 (TIC)

79点貯蔵タンク

- A 1~30 (別紙)
- B 31~60 (別紙)

温度指示調節計TIC3-1, TIC3-2

- 1 貯蔵タンク
- 2 膨張タンク
- 3 電磁ポンプ
- 4 No.1加熱器出口
- 5 " " 出口
- 6 試料押ボタン

流量指示計

- FIR3-1
- 1.主回路流量
- 2.コールトラップ
- 3.4.5.6.出口

TIC3-3

- 1.酸素計
- 2.コールトラップ
- 3. " " 中
- 4. " " 上
- 5. " " 出口
- 6. " " "

- 1. 常用予熱ヒータ地路
- 2. 貯蔵タンク予熱温度高
- 3. コールトラップ予熱温度高
- 4. 貯蔵タンク出入口管
- 5. 予熱温度 (ハルマ) 高
- 6. 主電磁ポンプ 温度高
- 7. 貯蔵タンク予熱ヒータ地路
- 8. 膨張タンク液面 低
- 9. 膨張タンク液面 高
- 10. 貯蔵タンク液面 低
- 11. 貯蔵タンク液面 高
- 12. 常用電源停電

資料9 ホットスタイル テストロープ 計測制御盤裏面図

計測盤

アラーム盤

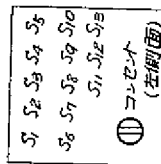
操作スイッチ盤

アトリブメント時

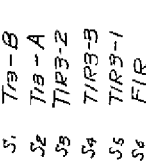


計測用電源

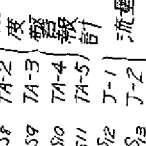
電源スイッチ (100V)



スタート 対応電源



温度警報計



電磁ポンプ温度

貯蔵タンク入口温度

コールドドラフト予熱温度

貯蔵タンク予熱温度

流量計の取除器

温度指示計用熱電対

記録計用

トランスレー

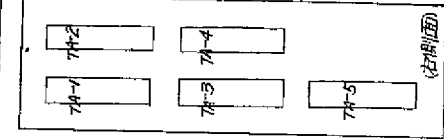
その他

温度指示計用熱電対

記録計用

トランスレー

温度警報計



電磁ポンプ温度

貯蔵タンク入口温度

コールドドラフト予熱温度

貯蔵タンク予熱温度

流量計の取除器

温度指示計用熱電対

記録計用

トランスレー

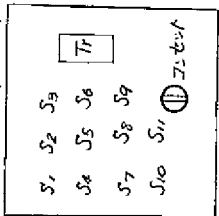
その他

温度指示計用熱電対

記録計用

トランスレー

計器用電源スイッチ



TR:アラームバックハルランプ (18V)

S1 TIC-3-4/PH

S2 3-3/PH

S3 3-2/PH

S4 3-1/PH

S5 TIC-3-5

S6 4

S7 3

S8 TIC-3-1

S9 PIDコントローラ用

S10 PID電源用

S11

EMF

PID用 (Converter)

Power Supply

その他

温度指示計用熱電対タミナル

データロガー用熱電対タミナル

アラームバックハルランプ用タミナル

記号

1 N7

2

3 N1

4 N2

5 N3

6 N4

電磁ポンプ用マイスイッチ

電磁ポンプ用変流器

現場バルブ内付点灯電源

計器用100V電源

N1 ヒンリス

N2 警報用電源

電磁ポンプ用スライドランス



資料 1 4 操作スイッチ一覧表

OS #	摘 要	対 応 Mgs	対 応 TIC	対 応 OKS		
1	貯蔵タンク予熱ヒータ	G4	TIC-3/PH			
2	第2加熱器	G2	TIC-2			
3	第2加熱器	G3	-			
4	第1加熱器	F5	TIC-1			
5	電磁ポンプ	G1	-			
6	膨張タンク予熱ヒータ	G8	-			
7	ドレンライン予熱ヒータ	G6	TIC-2/PH			
8	コールドトラップ //	G7	TIC-4/PH			
9	コールドトラップファン	F1	-			
10	酸素計冷却器ファン	F2	-			
11	ドレンライン予熱ヒータ	G5	TIC-1/PH			
12	第1冷却器ファン	F3	TIC-3			
12'	//		-			
13	第2冷却器ファン	F4	TIC-4			
13'	//					
14	ヨビ		-			
15	ヨビ(ナトリウムドレン電磁弁)		-			
16	ヨビ		-			
17	ヨビ(Arガス電磁弁)		-			

注(1) OS#, コントロールスイッチNo

(2) 対応Mgs, 電源盤内の対応電磁開閉器

資料 15 温度指示調節計一覧

No.	摘 要 (1)	摘 要 (2)	熱 電 対
T I C 3 - 1	第 1 加熱器	試料挿入部 T ₁ 温度	C ₁
3 - 2	第 2 " "	" T ₂	C ₂
3 - 3	第 2 冷却器ファン	" T ₄	C ₃
3 - 4	第 1 " "	" T ₃	C ₄
3 - 1 / PH	ドレンライン予熱 (指示のみ)	—	C ₁ (PH)
3 - 2 / PH	ドレンライン予熱ヒータ	ドレンライン予熱温度	C ₂ (PH)
3 - 3 / PH	貯蔵タンク "	貯蔵タンク "	C ₃ (PH)
3 - 4 / PH	コールドトラップ "	コールドトラップ "	C ₄ (PH)
P I D	酸素計加熱ヒータ	酸素計温度	

資料 1 6 温度指示計熱電対一覧

押ボタン No	熱電対 No	熱電対取付位置	対応予熱ヒータ
A	1	—	—
	2	T 1 3 - 2 6	酸素計冷却器出口
	3	—	—
	4	—	—
	5	T 1 3 - 2 1 - 1	第 1 冷却器
	6	T 1 3 - 2 0	試料挿入部 T ₃
	7	T 1 3 - 2 1 - 2	第 1 冷却器
	8	T 1 3 - 2 3 - 1	第 2 冷却器
	9	T 1 3 - 2 2	試料挿入部 T ₄
	10	T 1 3 - 2 3 - 2	第 2 冷却器出口
	11	T 1 3 - 1 7	第 1 加熱器
	12	T 1 3 - 1 6	試料挿入部 T ₁
	13	—	—
	14	T 1 3 - 1 9	第 2 加熱器
	15	T 1 3 - 1 8	試料挿入部 T ₂ 出口
	16	T 1 3 - 5 - 2	弁 V 3 - 4 (酸素計出口)
	17	T 1 3 - 4	酸素計冷却器上配管
	18	T 1 3 - 5 - 1	弁 V 3 - 7 (酸素計入口)
	19	—	—
	20	—	—
	21	T 1 3 - 6	コールドトラップライン入口
	22	T 1 3 - 7	EMP ~ F I R 1, 配管
	23	T 1 3 - 8	弁 V 3 - 2
	24	T 1 3 - 1 0 - 2	弁 V 3 - 5
	25	T 1 3 - 9	C・T ~ E・Tank 間, 配管
	26	T 1 3 - 1 0 - 1	コールドトラップ下配管
	27	T 1 3 - 3 - 2	弁 V 3 - 3
	28	T 1 3 - 3 - 1	E・Tank ~ 弁 V 3 - 3 間配管
	29	T 1 3 - 1	膨張タンク下配管
	30	T 1 3 - 2	電磁ポンプ入口配管

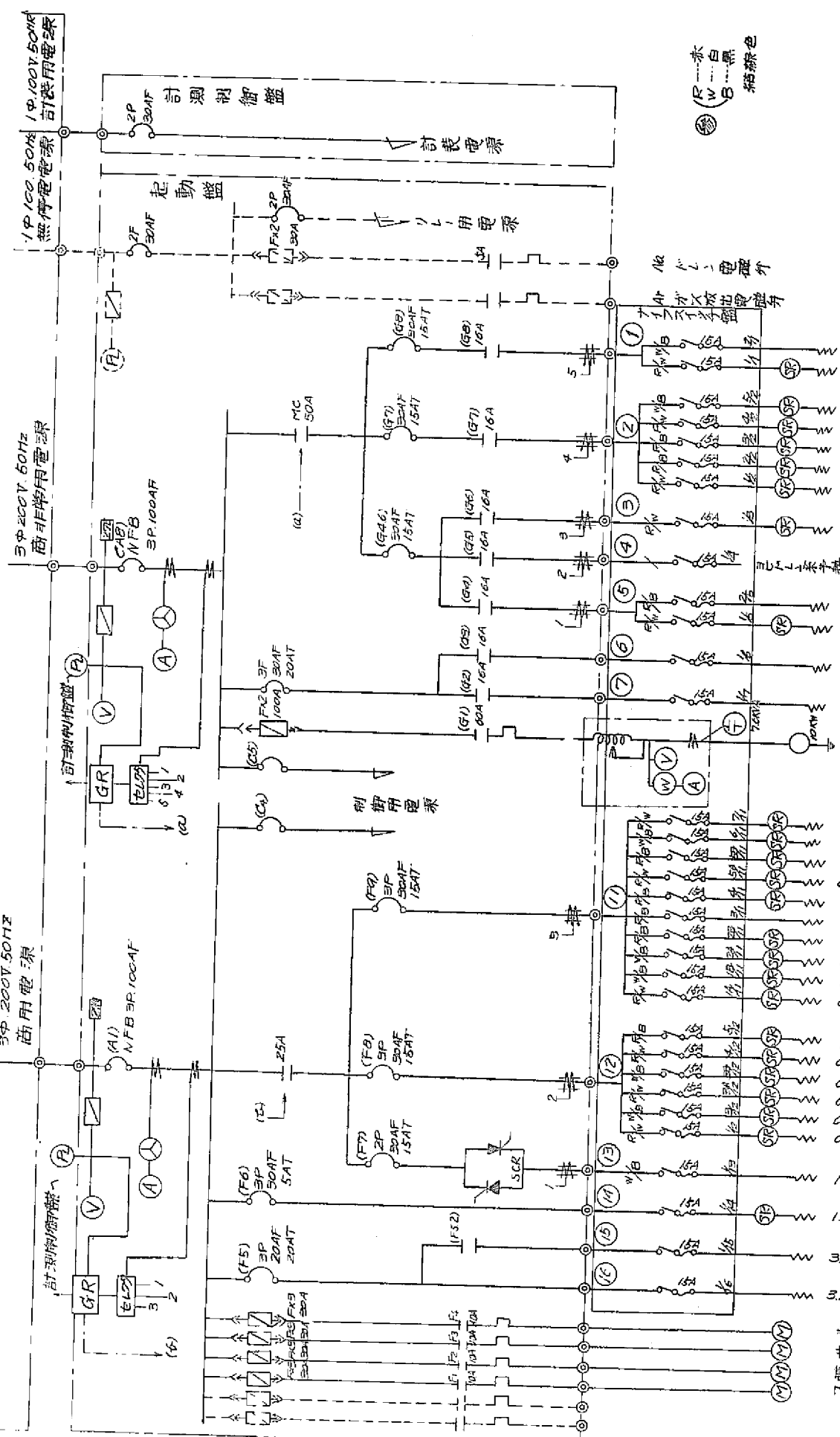
押ボタン No	熱電対 No	熱電対取付位置	対応予熱ヒータ	
B	1	T 1 3 - 1 2	貯蔵タンク (S・Tank)	CKS 5 - 1
	2	-	-	-
	3	T 1 3 - 1 3	S・Tank 蒸気トラップ	CKS 5 - 2
	4	-	-	-
	5	T 1 3 - 1 1	コールドトラップドレンライン	CKS 3 - 1
	6	T 1 3 - 2 5 - 1	C・T 上から 1 段目	CKS 2 - 1
	7	T 1 3 - 2 5 - 2	C・T 2 段目	CKS 2 - 2
	8	T 1 3 - 2 5 - 3	C・T 3 段目	CKS 2 - 3
	9	T 1 3 - 2 5 - 4	C・T 4 段目	CKS 2 - 4
	10	T 1 3 - 2 5 - 5	C・T 5 段目	CKS 2 - 5
	11	T 1 3 - 1 4	膨張タンク (E・Tank)	CKS 1 - 1
	12	T 1 3 - 1 5	E・Tank 蒸気トラップ	CKS 1 - 2
	13	-	-	-
	14	T 1 3 - 3 0	主流量計 F I R 3 - 1 / 1	CKS 1 - 7
	15	T 1 3 - 3 1	C・T ライン流量計 F I R 3 - 2 / 1	CKS 1 - 7
	16	-	-	-
	17			
	18			
	19			
	20			
	21			
	22			
	23			
	24			
	25			
	26			
	27			
	28			
	29			
	30			

資料 1 7 温度記録計用熱電対，流量計一覧表

温度記録計		熱電対	熱電対位置
T I R 3 - 1	1	R-1/1	貯蔵タンク
	2	R-2/1	膨張タンク
	3	R-3/1	電磁ポンプ
	4	R-4/1	第1加熱器入口
	5	R-5/1	" 出口
	6	R-6/1	試料挿入部 T ₁
T I R 3 - 2	1	R-1/2	第2加熱器入口
	2	R-2/2	試料挿入部 T ₂
	3	R-3/2	第2冷却器入口
	4	R-4/2	試料挿入部 T ₄ 出口
	5	R-5/2	酸素計ライン入口
	6	R-6/2	酸素計加熱冷却器出口
T I R 3 - 3	1	R-1/3	酸素計
	2	R-2/3	コールドトラップ下部
	3	R-3/3	" 中部
	4	R-4/3	" 上部
	5	R-5/3	C.T~E.T 間配管
	6	R-6/3	C.T もどり配管 E.Tank 手前
F I R 3 - 1	1	FM-1	メイン流量計
	2	FM-2	コールドトラップ流量計

資料 1 8 計測制御盤裏面スイッチ類一覧表

盤名	スイッチ名	摘 要
計測盤 裏面	S ₁	温度指示計 T13-B 電源
	S ₂	" T13-A
	S ₃	温度指示記録計 TIR3-2
	S ₄	" TIR3-3
	S ₅	" TIR3-1
	S ₆	流量指示記録計 FIR3-1
	S ₇	温度警報計 TA3-1
	S ₈	" TA3-2
	S ₉	" TA3-3
	S ₁₀	" TA3-4
	S ₁₁	" TA3-5
	S ₁₂	流量変換器 J ₁
	S ₁₃	" J ₂
グラフィック盤 裏面	S ₁	温度指示調節計 TIC3-4/PH電源
	S ₂	3/PH
	S ₃	2/PH
	S ₄	1/PH
	S ₅	TIC3-5
	S ₆	4
	S ₇	3
	S ₈	2
	S ₉	1
	S ₁₀	PIDコントローラ用
	S ₁₁	PID電源箱用
操作スイッチ盤 裏面	KS-1	電磁ポンプ用 …N7
	KS-3	現場用(蛍光灯)コンセント100V …N1
	NFB-4	現場(ナトリウムリーク検知器電源) N2
	NFB-5	計器用100V電源 N3
	NFB-6	蛍光灯コンセント N1
	NFB-7	警報用電源 N4

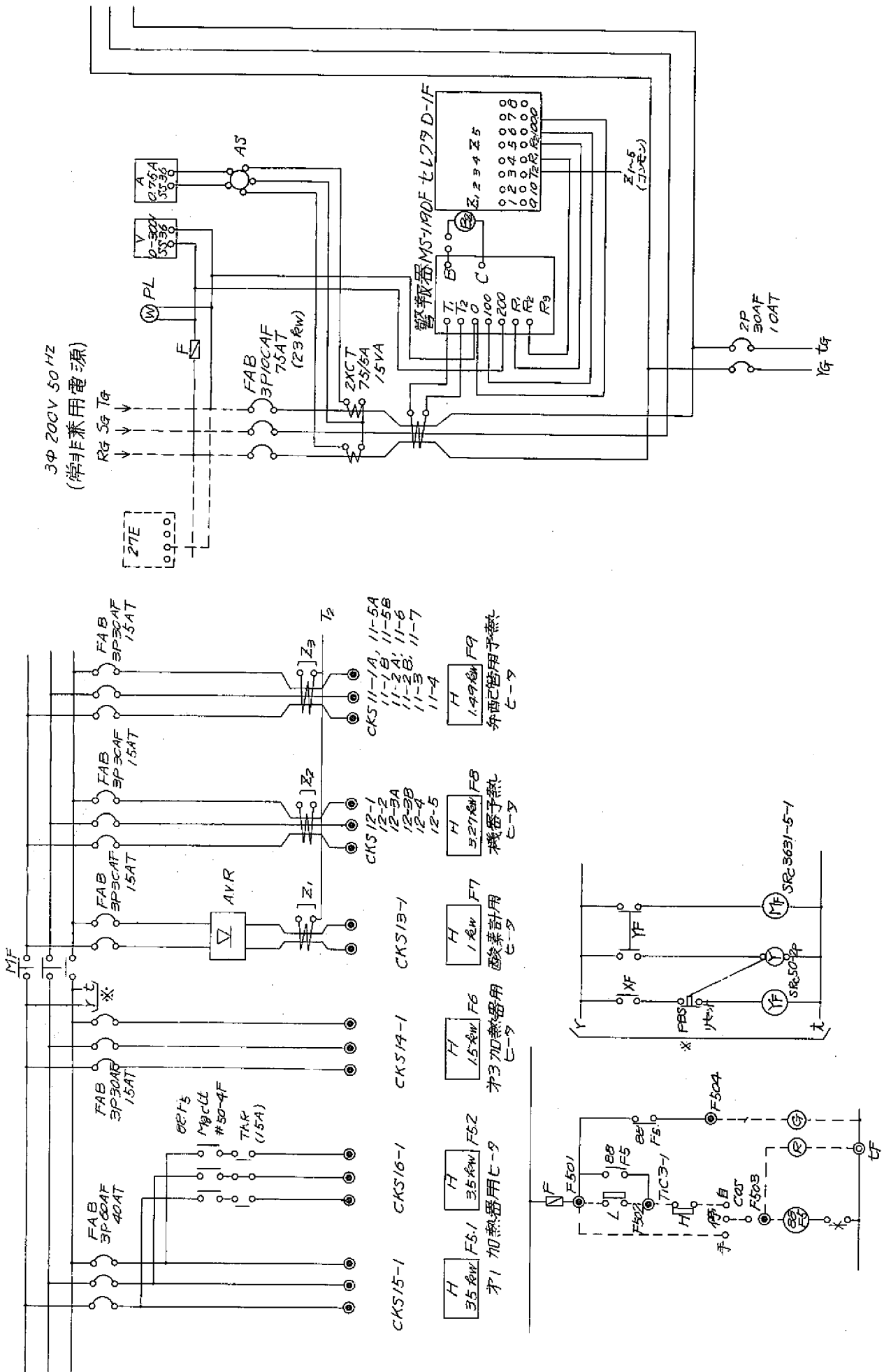


線色
 (R) --- 赤
 (W) --- 白
 (B) --- 黒
 緑線色

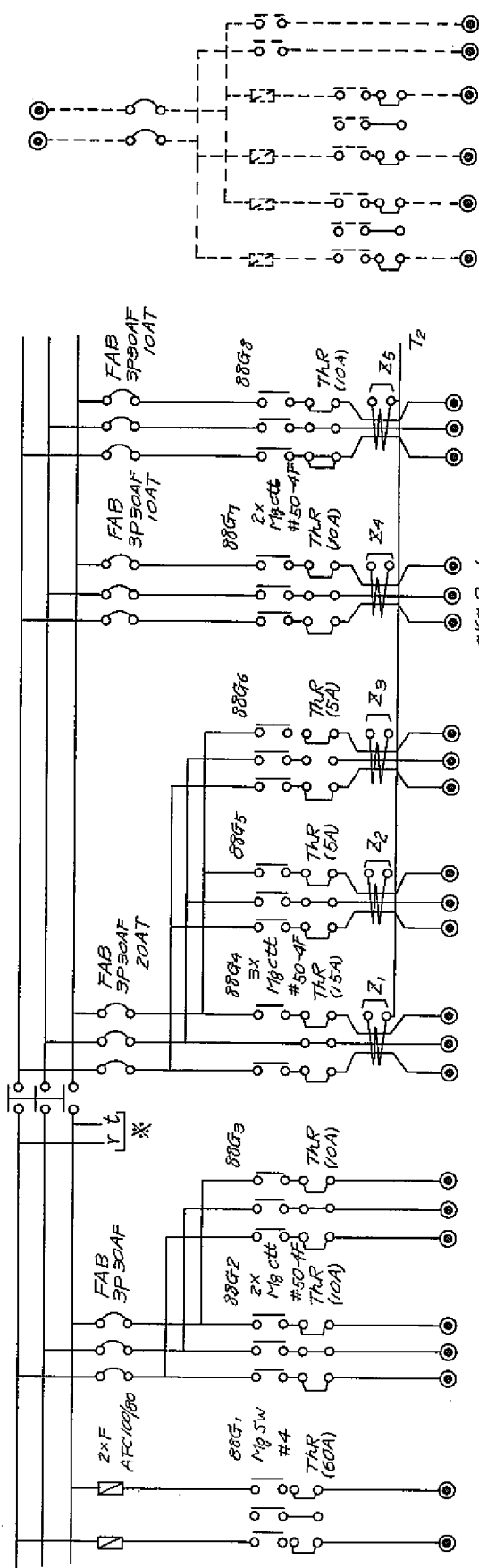
資料19-1
 ホットスターテスト用
 ヒータ単線接続図

ヒータ番号 (No.)	ヒータ容量 (W)	ヒータ用途 (Application)
15	1.90	予熱ヒータ
14	0.29	予熱ヒータ
5/8	0.488	予熱ヒータ
4/8	0.488	予熱ヒータ
9/8	0.328	予熱ヒータ
8/8	0.328	予熱ヒータ
12/8	0.528	予熱ヒータ
11	0.46	予熱ヒータ
13	1.90	予熱ヒータ
12	1.00	予熱ヒータ
7	2.5	予熱ヒータ
6	2.5	予熱ヒータ
11	0.3	予熱ヒータ
10	0.10	予熱ヒータ
9	0.04	予熱ヒータ
8	0.048	予熱ヒータ
7	0.80	予熱ヒータ
6	0.88	予熱ヒータ
5	0.801	予熱ヒータ
4	0.488	予熱ヒータ
3	0.077	予熱ヒータ
17, 19	1.0	予熱ヒータ
16, 18	0.528	予熱ヒータ
23	0.40	予熱ヒータ
21	0.34	予熱ヒータ
20, 22	0.575	予熱ヒータ
26	0.20	予熱ヒータ
27	1.00	予熱ヒータ
24	1.38	予熱ヒータ
35	3.5	予熱ヒータ
35	3.5	予熱ヒータ

ホットスタビライズド電源線図No.2



ホットチャールストループ結線図No3



- CKS 1-1 1-2 H 2.19kW G8 膨張炉予熱ヒーター
- CKS 2-1 2-2 2-3 2-4 2-5 H 1.8kW G7 コイル予熱ヒーター
- CKS 3-1 H 0.34kW G6 ドラム予熱ヒーター
- CKS 4-1 H 0.12kW G5
- CKS 5-1 5-2 H 3.6kW G4 貯蔵炉予熱ヒーター
- CKS 6-1 H 2.5kW G2 ホ2加熱器用ヒーター
- CKS 7-1 H 2.5kW G3

