U. D. C. 681.323.022 : 621.312.22-791.2

関西電力株式会社納

堺港発電所5, 6号機用計算機システム

Process Computer System for Nos. 5 & 6 Units of the Sakaikô Power Station, Kansai Electric Power Co., Inc.

内田義久* 北田幹夫* 清水勝良**
Yoshihisa Uchida Mikio Kitada Katsuyoshi Shimizu
中田昭** 川本幸雄***
Akira Nakata Yukio Kawamoto

要旨

関西電力株式会社堺港発電所5, 6号ユニット（出力250 MW×2）にHITAC 7250制御用電子計算機システムを導入した。本計算機システムは，両ユニットの運転状態を即時に総合的には握し，事故の未然防止および効率向上を図るために設置されたものであり，火力発電所のデータ処理システムとしては最も高度な処理機能をもつシステムである。本文では計算機システムの構成，機能，現地調整について述べる。

1. 緒言

堺港発電所は出力150万kWの最新鋭火力発電所であり，発電所の5，6号ユニットに制御用電子計算機HITAC 7250システムを導入し，昭和43年8月より本格的運用にはいっている。

HITAC 7250はオンライン制御用計算機で，使用素子の全面的IC化により信頼性の向上を図るとともに，チャンネル方式による高速多重処理機能や豊富な優先割込処理機能をもっている。本計算機システムには，過去1～4号ユニットの運用経験からHITAC 7250のもつ上述の能力を有効に発揮させるため次の事項を盛り込んで計算機システムの機能を大幅に充実した。

すなわち，事故防止強化のためトリップシーケンス記録，経過値記録などによる事故解析データの収集機能の充実，60点/秒以上の高速入力取り込みによる警報監視機能の向上，ユニット別に設置したオペレータコンソールによりマンマシン情報交換機能の向上，およびユニット効率改善のため各機器の実績効率以外に自然条件，運転条件の変化に対する偏差効率の算出などである。

以下，これらを中心に本計算機システムの構成，機能，現地据付調整について述べる。

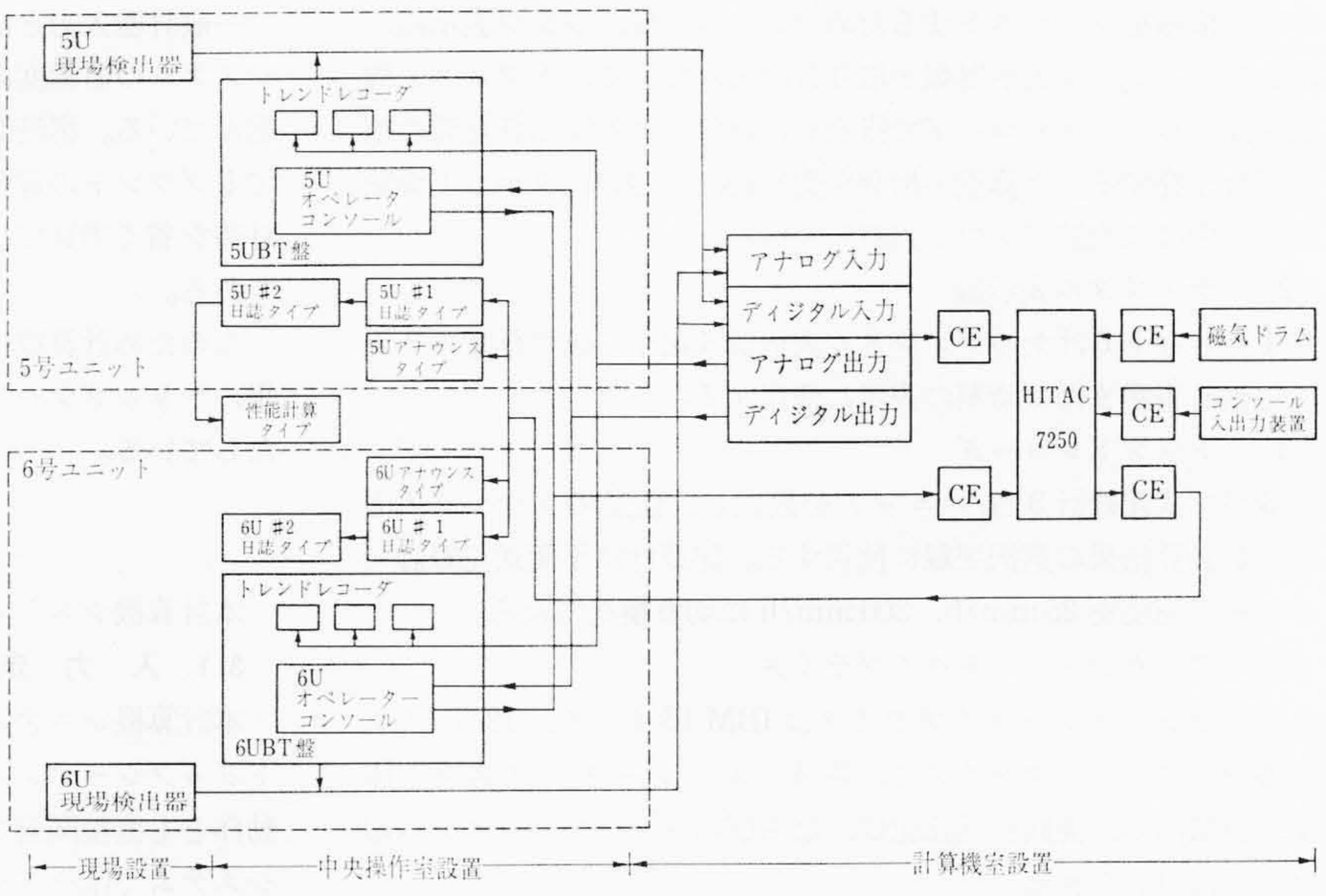
表1 堺港5,6号機用計算機システム主要機器構成

1台	中央処理装置	制御用電子計算機 HITAC 7250 コア 16 kW サイクルタイム 2 μs
1台	外部記憶装置	磁気ドラム H-7511-1 形 96 K 語
一式	プロセス入出力装置	H-7851 形 アナログ入力 950（点） ディジタル入力 430 パルス入力 60 アナログ出力 18 ディジタル出力 38
1台	コンソール入出力装置	H-7011 形 万能入出力装置 光電式テープリーダ
二式	オペレータコンソール	5, 6号ユニット独立 ディジタル表示器 3組/ユニット
6台	トレンドレコーダ	3ペン連続記録 チャート速度 25,300 mm/h
5台	日誌性能計算タイプ	IBM MODEL B 30インチ
2台	アナウンスメントタイプ	IBM MODEL 735 15.5インチ

2. システム構成

2.1 機器構成

表1は本システムの機器構成一覧表，図1はそのブロック線図である。本計算機システムは制御用電子計算機HITAC7250を中心に，磁気ドラム記憶装置，プロセス入出力装置，コンソール入出力装置，タイプライタ，オペレータコンソール，トレンドレコーダなどで構成されている。機器の配置は運転員と計算機システムとの情報交換手段となるオペレータコンソール，アナウンスメントタイプライタ，トレンドレコーダ，日誌タイプライタを中央操作室（5, 6号機が同じへや）に，その他の機器を計算室に設置してある。なお，オペレータコンソール，アナウンスメントタイプライタ，



CE： コントロールエレクトロニックス

図1 堺港計算機システムブロック図

* 関西電力株式会社
** 日立製作所国分工場
*** 日立製作所日立研究所

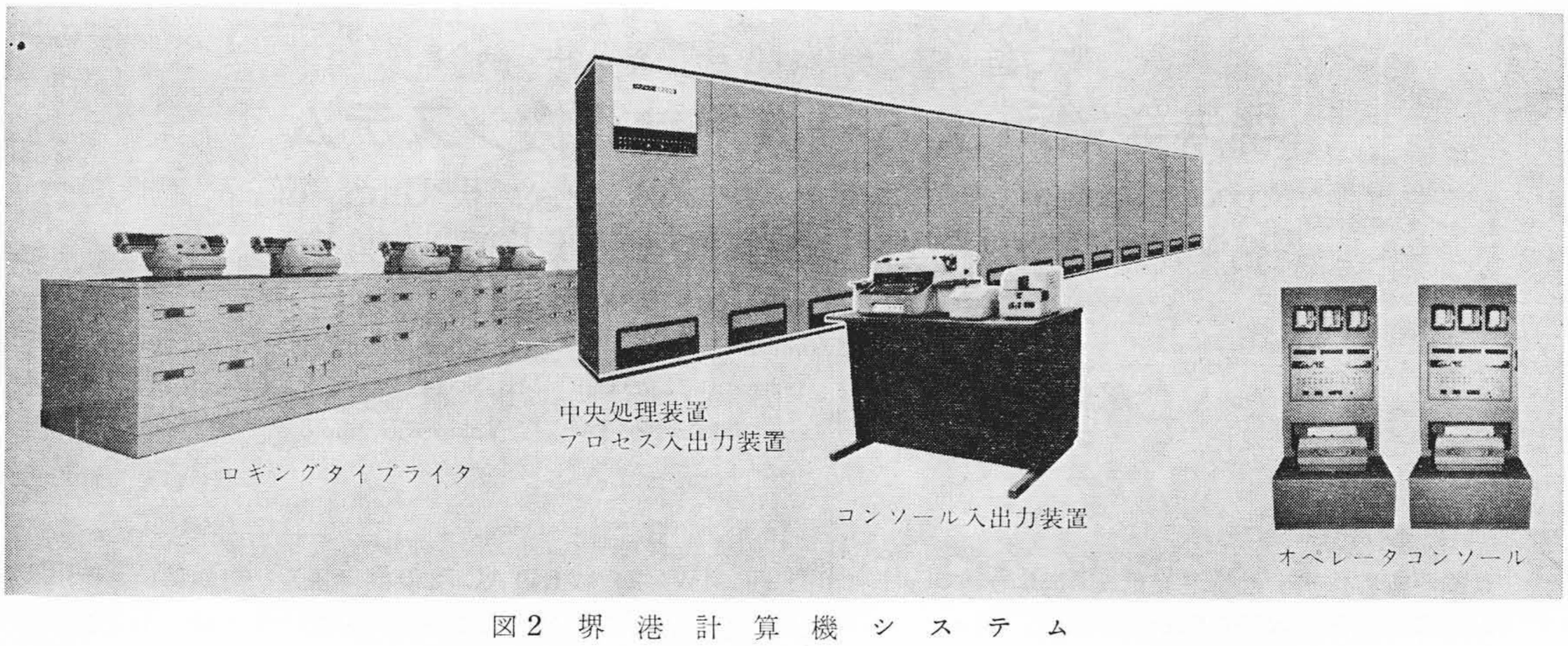
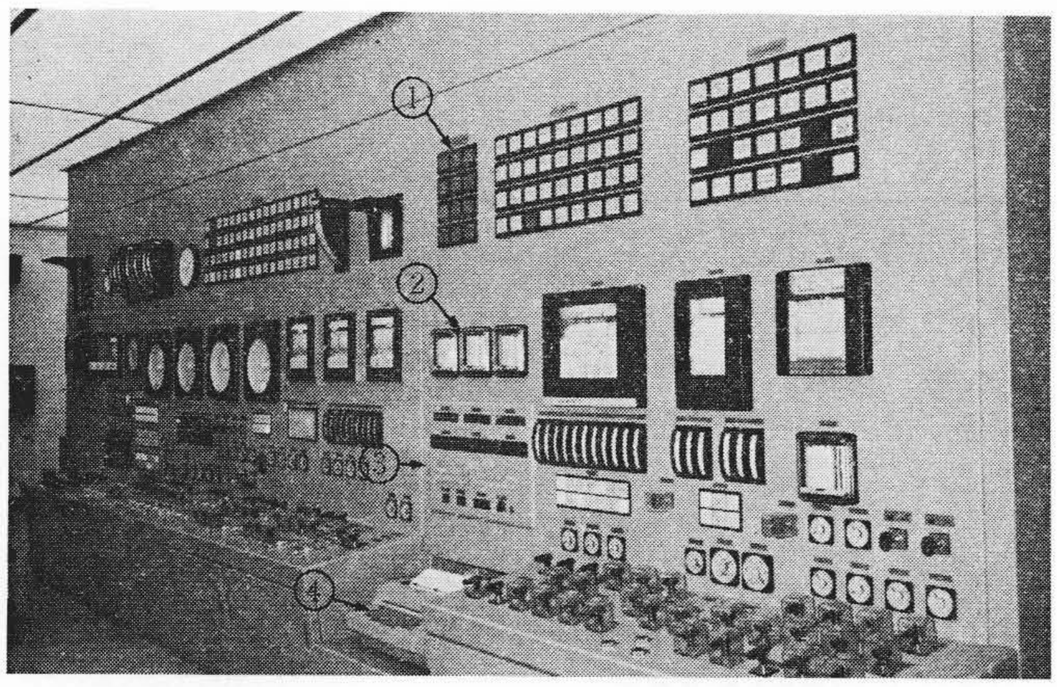


図2　堺港計算機システム



① アナンシェータ　② トレンドレコーダ
③ オペレータコンソール　④ アナウンスメントタイプ

図3　オペレータコンソールを取り付けたBT盤

トレンドレコーダ，およびアナンシェータは各ユニット別に中央操作室ＢＴ盤に組み込まれ，ユニット別主機の運転の便が図られている。図2は本システムの外観を，図3はオペレータコンソールなどを取り付けたＢＴ盤を示したものである。次に，運転上重要な役割を果たす情報入出力用機器についてその概要を述べる。

（1）　オペレータコンソール

オペレータコンソールには，運転員が計算機システムに対して各種の情報をリクエストするためのスイッチ類，ランプ表示器，およびディジタル表示器類が取り付けられている。リクエスト機能を操作スイッチのコードで指定し，計算機に対する任意時の割込指令を発する。計算機が指令を受け付け所定のリクエスト機能を実行中には当該ランプが点灯している。

（2）　ディジタル表示器

1ユニット5けたのディジタル表示器3組から成り任意の3点の呼出し表示または時刻の表示に使用する。

（3）　トレンドレコーダ

3ペン式記録計3台/ユニットを設置し，任意のアナログ入力および計算結果の選択記録に使用する。記録計は平衡式記録計でチャート速度を25 mm/h，300 mm/hに切り換えできる。

（4）　アナウンスメントタイプライタ

アナウンスメントタイプライタはIBM 16インチ，12字/インチのセレクトリックタイプで，各種のオペレータリクエスト印字，警報印字，補機の運転記録，ならびにトリップシーケンス印字などに用いられる。

（5）　日誌，性能計算タイプライタ

1ユニット当たり2台の日誌作成用タイプライタ4台と，5，6号ユニット共用の性能計算用タイプライタ1台，合計5台のタイプライタで構成され，いずれもIBM 30インチ，14字/インチのModel Bが用いられている。

表2　二重計装削減項目例

	削減計器	削減理由
温度	ボイラ補機温度記録計 ＳＨメタル温度記録計 ＲＨメタル温度記録計 ドラムメタル記録計 タービン補機記録計 復水器記録計 給水記録計 タービン抽気記録計 発電機巻線温度記録計	計算機と二重計装になるため記録計を廃止
圧力・ドラフト	抽気圧力指示計 BFP高圧主塞止弁前指示計 BFP低圧主塞止弁前指示計 BFP排気室真空指示計 AH入力ガスドラフト指示計 AH出口ガスドラフト指示計	通常運転時の監視頻度が低いため，必要に応じ計算機のトレンドレコーダで選択監視するものとし計器を廃止する
流量	再熱蒸気流量記録計 ヒータドレン流量記録計	通常運転時の監視頻度が低いため，必要に応じ計算機のトレンドレコーダで選択監視するものとし計器を廃止する
その他	機械故障記録計 電気故障記録計	計算機により同じ機能を行なうため廃止する

2.2　二重計装の節減

一般計器入力と計算機入力との二重計装は不経済であり，計算機システムの信頼度向上とともに，その二重計装は節減される方向に進んでいる。堺港5，6号機では万一計算機システム停止時においてもプラントの運転に必要な最小限の一般計器は残すが，極力二重計装を省く方針で検討した。その結果省略した計器は表2のとおりである。

このため計算機の信頼度はもとより，トレンドレコーダの有効活用，トリップシーケンス機能の計算機による処理が大きな役割を果たしている。

3.　機　　能

本計算機システムの機能一覧を表3に示す。

3.1　入　力　走　査

本計算機システムへの入力は，アナログ，ディジタル，パルス，トリップシーケンス用割込入力に大別される。アナログ入力は警報動作とも直接関連が大きく，高速処理を行なう必要があるため，本システムでは全アナログ入力を1，5，10，20，30，60秒の6段階の走査クラスに分け平均60点/秒以上で高速スキャンする。計算監視や瞬時効率に対してはディジタルフィルティングを行なっている。

表3　堺港計算機システム機能一覧

項目	内容
入力走査	アナログ入力　60 点/秒以上
警報	上，下限，上上限，下下限，温度差，こう配，可変警報，自動警報停止機能付
日誌	日報，一日合計，平均，最大，最小
性能計算	各種効率，偏差計算
補機運転記録	補機の ON, OFF および運転時間
トリプシーケンス記録	トリップ時の Ry 動作順序記録 分解能　10 ms 以内
トレンドレコード	任意 18 点，10 秒ごとデータ更新
ディジタル表示	任意入力および計算結果，1 秒更新
オペレータリクエスト	ディジタル表示，トレンドプリント，トレンドレコードデマンドプリント，経過値記録，補機運転時間記録，警報設定値印字，データ設定，性能計算印字，統計ログ，走査再開，時刻修正，トレンドプリント点選択，デマンドログ，経過値印字点選択，補機運転時間修正，アラームサマリー，作表周期設定

表4　5号ユニット計算警報項目例

点 No.	項目	計算周期
J 01	主塞止弁前蒸気温度	20 秒
02	右主塞止弁内壁温度	20 秒
03	下部蒸気室内壁温度	20 秒
04	高圧第一段右内壁温度	20 秒
05	A-BFPT-HP 主塞止弁内壁温度	20 秒
06	B-BFPT-HP 主塞止弁内壁温度	20 秒
07	No. 1 ドラムメタル温度	20 秒
08	No. 3 ドラムメタル温度	20 秒
09	No. 4 ドラムメタル温度	20 秒
10	No. 6 ドラムメタル温度	20 秒
11	下部蒸気室内壁 — 下部蒸気室外壁温度	20 秒
12	主塞止弁前蒸気 — 再熱塞止弁前蒸気温度	20 秒
13	脱気器タンク内給水温度 — A-BFP ケーシング温度	20 秒
14	脱気器タンク内給水温度 — B-EFP ケーシング温度	20 秒
15	脱気器タンク内給水温度 — C-BFP ケーシング温度	20 秒
16	No. 1 ドラムメタル温度 — No. 1 後壁上昇管メタル温度	20 秒
17	No. 3 ドラムメタル温度 — No. 2 後壁上昇管メタル温度	20 秒
18	No. 4 ドラムメタル温度 — No. 1 下降管メタル温度	20 秒
19	No. 5 ドラムメルタ温度 — No. 2 下降管メタル温度	20 秒
20	No. 5 ドラムメタル温度 — No. 3 下降管メタル温度	20 秒
21	No. 6 ドラムメタル温度 — No. 4 下降管メタル温度	20 秒
22	AH 入口ガスドラフト(A) — AH 出口ガスドラフト(A)	20 秒
23	AH 入口ガスドラフト(B) — AH 出口ガスドラフト(B)	20 秒
24	タービン偏心差	20 秒

次に，ディジタル入力は1秒ごとに走査し，接点状態変化の有無を計算機に取り込む。パルス入力は10秒ごとに取り込むがタービン回転計のみは瞬時値を計測するために1秒ごとに取り込む。なお，トリップシーケンス用入力には走査周期を設けず直接割込入力として分解能の向上を図っている。

3.2　警　　報

警報動作は上下限警報，上上限下下限の2段警報からなり，警報設定値自体が運転状態によって変化するバリアブルアラームおよび計算結果に対する警報の4種類の処理を行なう。警報はBT盤のアナウンシェータに表示され，同時にアナウンスメントタイプライタに発生時刻，点番号，異状値，上下限の区別および入力点名称が印字される。入力点名称は4文字6語のアルファベットおよび数字で表現される。プラントの安全運転上特に重要なタービン軸振動，BFP-T 軸振動，タービン伸び差，復水器真空圧など約30項目の入力点についてはアラームリミットを2段に設け二段警報を行なう。次に，節炭器出口 O_2 量，火炉ドラフトに対しては負荷の関数として警報リミットを自動変更し，それに基づく警報監視を行なう。さらに温度差，変化率などに対する計算警報を行なうが，その一例を示したのが**表4**である。

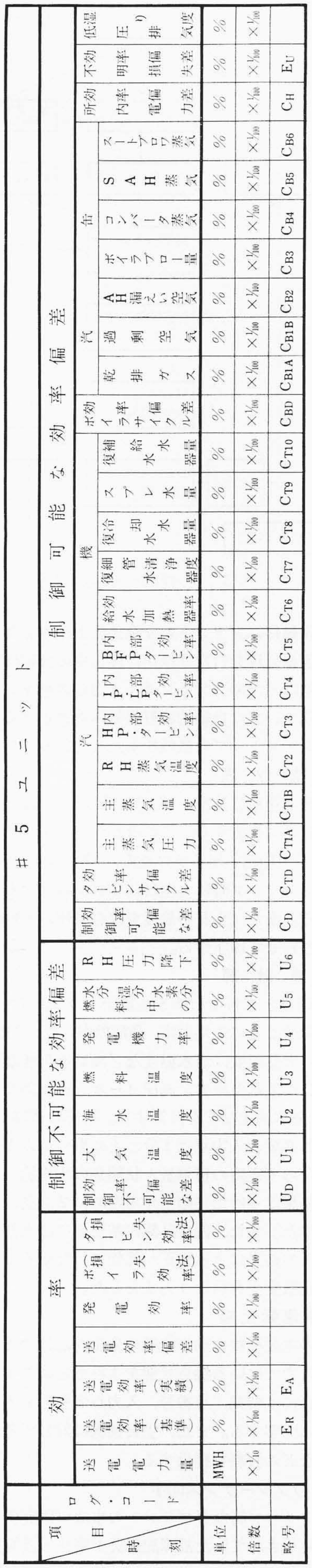


図4　性能計算印字様式

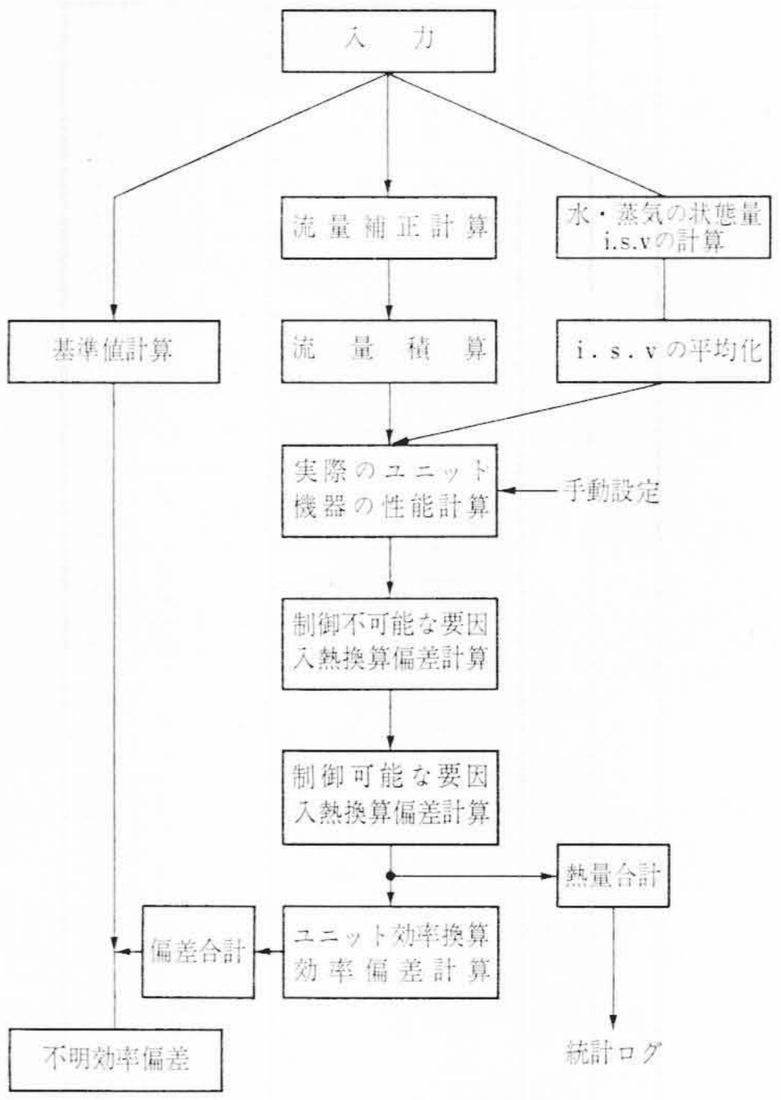


図5　性能計算説明図

なお，警報動作はプラントの安全運転上基本となる動作であり，上記の各種警報処理を行なうほか，休止中の機器に対する無意味な警報を極力避けるためにディジタル入力のスキャンと関連させて休止中の機器については自動的に警報動作を停止するオートマティック・アラーム・ストップの機能をもたせている。

3.3 日誌作表

約340項目の運転日誌を，15，30，60のいずれかの周期に従って4枚の運転日誌に作表する。このほかオペレータリクエストによるデマンドログの機能，ボイラの点火，消火，発電機の併列，解列時，ユニットトリップ時にも全日誌項目を印字する自動印字の機能をもっている。また，1日の最後では合計値，平均値，最大値，最小値などをあわせて印字する。

3.4 性能計算

図4は定時ごとに行なわれる性能計算の印字フォーマットである。同図に示すように送電効率，発電効率，ボイラ効率，タービン効率をはじめ，大気温度，海水温度など制御不可能な要素による効率偏差，ならびに主蒸気圧力，高圧タービン内部効率など制御可能な要素による効率偏差などを計算する。計算の概略は図5に示す構成で，計算に必要な入力点は1分ごとに取り込み1分ごとに状態量の計算を行なって定時の積算量と状態量の平均値で計算結果を算出する。計算結果は4けたで印字するために2語長，フローティング演算を採用した。また，偏差計算用基準値には当初設計値を入れ，ボギーテストの結果による修正が簡便に行なえるよう多項式で一般化し，その定数変更を行なう方法とした。

3.5 補機運転記録

発電所内の主要補機の動作状態の変化を記録するため約300点のディジタル入力ではいる接点状態を1秒ごとにスキャンし，状態変化がある場合には時刻，点番号，入力点名称をアナウンスメントタイプライタに印字する。また，主要補機に対して運転時間の合計を印字し点検などの資料を提供する。

3.6 トリップシーケンス印字

ユニットトリップ時などプラントの事故原因究明の手段として，従来一般に使用されていた故障記録計を廃止し計算機でその記録を行なう。これらの接点は無電圧リレー接点として計算機のプライオリティ入力に取り込み，計算機内部で通常のプログラムより高いレベルで動作させ，接点動作の分解能10 msで動作順序判定を行なう，またトリップ発生時にはトリップシーケンス印字に引き続いて経過値印字を起動し，トリップ発生前後5分間にわたる10秒ごとのデータを20点/ユニット印字して事故解析の参考データとしている。表5はトリップシーケンス用入力の例を示したものである。

表5　トリップシーケンス入力の例

電気関係	ボイラ　タービン関係
140 kV 母線故障	危急停止
送電線故障	ハンドトリップ
主変故障	主塞止弁閉トリップ
発電機故障	軸受油圧トリップ
発電機過電流	スラスト摩耗トリップ
発電機界磁喪失	タービン過速度
発電機接地	真空低下
発電機いっせい停止	排気高温トリップ
固定子冷却故障トリップ	バックアップ過速度トリップ
所変故障	発電機無負荷
所変過電流	予熱運転異常
起変故障	CWPトリップ
起変過電流	ドラムレベルトリップ
4-5 母線故障	燃料トリップ
4-56S 母線故障	ボイラいっせい停止
3-5 A 母線故障	FDFトリップ
3-5 B 母線故障	
4-5 母線低電圧	
3-5 A 変動故障	
3-5 B 変動故障	

3.7 オペレータリクエスト

オペレータリクエストは運転員がユニットの運転状態に応じて必要な情報を計算機に要求するため使用するもので，操作はすべてオペレータパネルから行なわれる。オペレータリクエスト項目は表3記載のとおり約20項目の機能をもっている。これらのうち下記項目はキーロックされている。

（a）　データ設定
（b）　時刻修正
（c）　経過値印字点選択
（d）　補機運転時間修正
（e）　警報設定値変更

また運転員がリクエスト要求をしたとき誤操作の有無をチェックし，誤った場合にはオペレータミスコードをアナウンスメントタイプライタに印字して注意を喚起する。なお，これらオペレータリクエストによる操作は原則的にすべて確認印字され，情報もアナウンスメントタイプライタに印字される。

これらオペレータリクエスト項目中「統計ログ」は発電所から本店に送付され，総括的な運転統計の資料となるものでその様式は図6に示すとおりである。

3.8 エラー処理

本システムでは計算機のプログラム運転中における故障およびプログラムの部分修正などに対処して下記の方法を講じている。

（1）　運転に支障なくオンラインでメモリダンプ，メモリパッチを実施する。
（2）　プログラムを機能別に分類し，他の機能のオンライン動作に影響を与えることなくタスク別の修正が可能である。
（3）　簡単な手動操作で再起動できる再起動プログラムを用意している。
（4）　ハードウェアの故障表示はもとより，IO機器との情報伝達には各デバイスごとに情報交換の前後でその都度チェックする。なお，エラー発生時にはエラーの内容，機器名，プログラム番号などをコンソール入出力装置およびアナウンスメントタイプライタに印字する。

堺　港　発　電　所　　統　計　日　誌

1 発電所 4	ユニット 5	年 7	月 9	日 11
5 1 2 1				

	カードNo. 12–14	ロールコントNo. 15	時 刻																					
発電電力量	001	1	16	1	19	20	2	23	24	3	27	28	4	31	32	5	35	36	6	39	40	7	43	44	8	47
	001	2	16	13	19	20	14	23	24	15	27	28	16	31	32	17	35	36	18	39	40	19	43	44	20	47
発電時間数	003	1	16	1	19	20	2	23	24	3	27	28	4	31	32	5	35	36	6	39	40	7	43	44	8	47
	003	2	16	13	19	20	14	23	24	15	27	28	16	31	32	17	35	36	18	39	40	19	43	44	20	47

	カードNo. 12–14																							
一日合計値	084	電圧 15	504	18	測回定数 604	力率 21	505	25	測回定数 605	スロットル弁入口圧力 28	506	31	測回定数 606	高圧排気圧力 34	507	38	測回定数 607	レヒートストップ弁入口圧力 41	508	45	測回定数 608	スロットル弁入口温度 48	509	52	測回定数 609	高圧排気温度 55	510	59	測回定数 610	レヒートストップ弁入口温度 62	511	66	測回定数 621	復水器真空度 69	513	74	測回定数 613
	085	給水温度 15	519	18	測回定数 614	冷却水温度 21	515	24	測回定数 615	煙道ガス温度 27	516	30	測回定数 616	O_2 含有率 33	517	36	測回定数 617	FDF入口空気温度 39	518	42	測回定数 618	2段再熱排気圧力 45	520	48	測回定数 620	2段再熱圧力 51	521	54	測回定数 621	2段再熱排気温度 57	522	61	測回定数 622	2段再熱温度 64	523	68	測回定数 623
熱効率検討計算データ	086	基準入熱 15	901	22	基準送電出熱 23	902	30	大気温度 31	903	36	海水温度 37	904	42	燃料温度 43	905	48	力率 49	906	54	水素分 55	907	60	主蒸気圧力・温度 61	908	66	再熱蒸気温度 67	909	72									
	087	HPT内部効率 15	910	20	IPT内部効率 21	911	26	BFPT内部効率 27	912	32	細管清浄度 33	913	38	冷却水量 39	914	44	スプレ水量 45	915	50	補給水量 51	916	56	PH圧力降下 57	917	62	排ガス過剰空気 63	918	68									
	088	AH漏えい空気 15	919	20	ボイラブロー量 21	920	26	SC蒸気 27	921	32	SAH蒸気 33	922	38	SB蒸気 39	923	44	補助蒸気 45	924	50	起動 51	925	56	所内電力量 57	926	62	ボイラ出熱量 63	950	70									

図6　統　計　ロ　グ　印　字　用　紙

表6　機器チェック項目

ROM Pattern Check	Read Parity Error
HSM Pattern Check	Illegal Operation
HSM Protection	Inoperable
Protect Violation	Channel Parity Error
AC Power Down	Undefined Device No.
Clock Down	Illegal Function
Data Out Parity Error	DCH Error
Band Sector Error	Invaried Sector Address
SER Reg Not Honer	

機器のチェック項目一覧は表6に示すとおりである。

4. 特　　長

本システムの特長は次のとおりである。

（1）　システム構成機器はIC化されているので，信頼度が高い。

（2）　HITAC 7250の多重処理能力を生かし，4台のタイプライタの同時処理，オペレータコンソールのユニット別独立動作同時処理を可能とした。

（3）　60点/秒以上の高速入力処理，分解能10 msのトリップシーケンス記録，10秒ごとの経過値印字などによる警報，監視機能を充実した。

（4）　約20種にわたるオペレータリクエスト機能により，マンマシンの情報交換を充実した。

（5）　詳細な性能偏差計算を行ないユニット効率向上の指針を作成した。

5. 据　付　調　整

本装置は昭和43年3月中旬発電所現地に搬入され，5月末5号ユニットの機能試験を実施，同年8月引き渡しを完了し，引き続いて実稼働にはいっている。以下，据付，調整について述べる。

5.1　入力配線とノイズ

計算機入力配線は発電所内計器回路の配線工事に準じ下記のとおり実施された。

（1）　検出端より中央操作室入口制御ダクトまでをコンジットパイプで配線。

（2）　中央操作室から計算機までは計算機用鉄製ダクトで流し引き。

（3）　アナログ・ディジタル入力信号ケーブルには一重銅シールドを用い，シールドの接地は信号発生側とした。

（4）　動力回路と計算機用入力信号回路とは別ダクトとして相互干渉を軽減した。

上記の結果入力信号に混入する雑音は比較的少なかったが一部，磁界強度の強い発電機固定子温度関係で約200 mVの混入などがあり，これらに80 dBのフィルタを用いた。そのほかについては，入力スキャンにフライングキャパシタ方式を採用したため，センサ側に対する影響やノイズによる影響も少なくラインの引回し変更などは生じなかった。

5.2　調　　整

調整作業には各単体機器のハードウェア動作確認，増幅器のドリフト補正，サーチコイルのリード線抵抗や発信スライドの抵抗値の誤差補正，熱電対入力と基準電圧との照合，計算機の印字結果とセンサ，トランスミッタ，計器類のバランス再チェック，プログラムの機能別確認などがある。

プログラムは出荷時点でほぼ確認済であるが，実使用状態で機能別に逐一確認していく必要がある。そのため現地調整を早期に完了する手段として調整用プログラムを準備した。その一例を下記に示す。

（1）　アラームリミットテストルーチン

（2）　アナログデータ変換テストルーチン

（3）　ディジタル入力テストルーチン

これらのテストルーチンは調整期間の短縮に有効であった。

次に，調整途中の問題点としては，

（a）　冷接点補償部でキュービクル内温度分布の相異で誤差を生じたが，補償エレメントの取付方法の変更と内部温度分布の均一化によって処理した。

（b）　タービン回転計の指示が一秒ごとに取り込むプログラム上のタイマーのずれによりバラツキを生じたが，平均化法に

よって処理した。

プログラム自体は工場でじゅうぶんチェックしたため，大きな変更はなかった。今後さらに，現地調整期間を短縮するためには

（1）　工場内プログラムデバッグの充実

（2）　処理仕様や入力信号関係仕様の細部にわたるチェック

（3）　現地プログラムデバッグエイドの充実

などが重要である。

6. 結　　言

堺港5，6号機用計算機システムの構成，機能，据付調整について述べた。本装置は昭和43年8月に引き渡しを完了して現在引き続き稼働中であるが順調である。この計算機システムは火力発電所の“STEPI”として最も高度な処理内容を具備している点から運用上の成果がじゅうぶん得られることを確信している。今後の実績については機会をあらためて報告する予定である。なお，火力発電所の計算機制御は急速に発展しつつあるので，自動化への努力を今後ともいっそう重ねていきたいと考えている。

終わりに本システムの完成に当たり絶大なご協力を賜わった堺港火力発電所の関係各位に深甚なる謝意を表する。

特　許　の　紹　介

特許 第462699号（特公昭40-10853号）

山崎映一・河村孝男

カラー受像管用シャドウマスクの製法

この発明は，カラー受像管用シャドウマスクの製法に関するもので，その要旨はカラー受像管に用いられるシャドウマスクの穴を，シャドウマスク用板を整形後にあけることを特長とするものである。

この発明によれば，穴をあけたあとでシャドウマスクを整形する必要がないので，穴の形状が変形したり穴の位置がずれたりすることがなく，したがってこの発明によるシャドウマスクを用いることにより色純度のよいカラー受像管を製作することができる。

（福田）

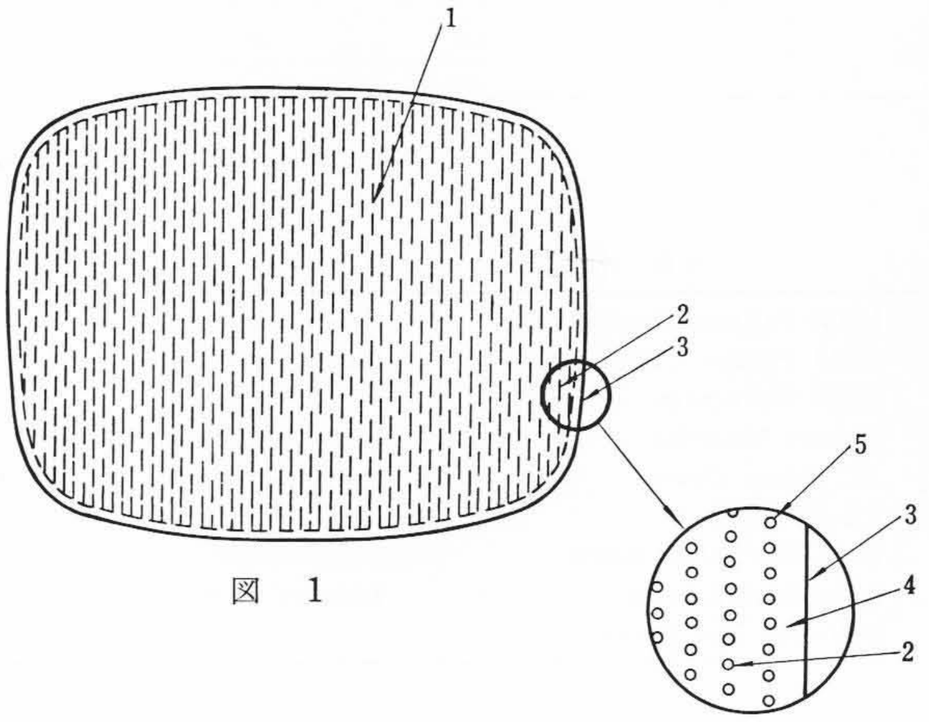


図　1

図3

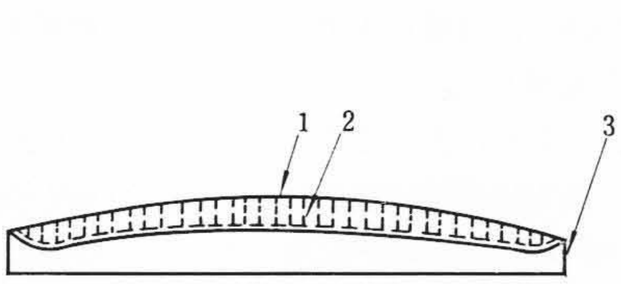


図　2

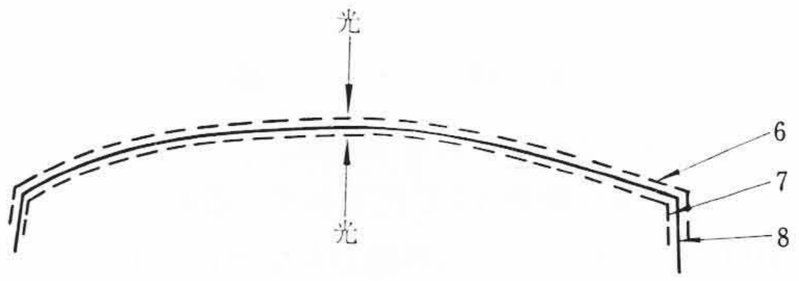


図　4

特許 第478107号（特公昭41-1142号）

中田九州男

電　子　管　陰　極　の　検　査　方　法

この発明は，電子管陰極特に酸化物被覆を有する直熱形および傍熱形陰極において，酸化物被覆状態の良好な電子管を得るための電子管陰極の検査方法に関するもので，その要旨は基体金属の表面に炭酸塩を塗布乾燥して炭酸塩被覆層を形成した直熱形および傍熱形陰極において，排気工程以前に前記炭酸塩被覆層の任意の1個所ないし1個所以上に線状のかき傷を設けてハク離性を確認することを特長とするものである。

この発明によれば，塗布乾燥した後の炭酸塩被覆層を線状にかきとることによって被覆状態の良否を判明することができ，しかもこれをそのまま使用できるので，特に陰極面積が大きく同時に塗布作業を行なう数量の少ない送信用大形電子管や大形熱陰極整流管などに適用した場合に有効である。

（福田）

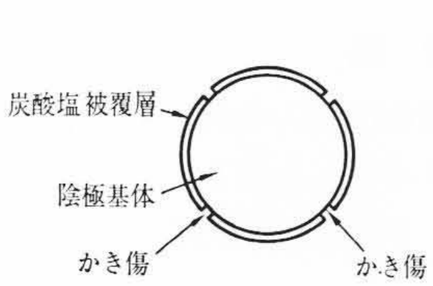


図　1

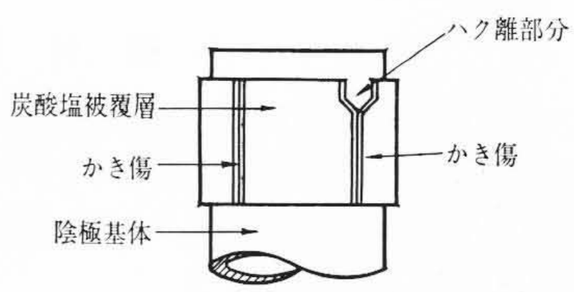


図　2