

清澄試験機の内部点検装置の基本設計

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1997年3月

株式会社 東 芝

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。

〒319-11 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-33

動力炉・核燃料開発事業団

東海事業所 技術開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section, Tokai Works, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation, 4-33 O-aza-Muramatsu, Tokai-mura, Naka, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

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

1997年3月

清澄試験機の内部点検装置の基本設計

五十嵐 登*	北原 高次*
角田 淳郎*	高野 宣弘*
藪 智彦*	小村 宏幸*
木村 元比古*	
橋場 豊**	高橋 則雄**

要 旨

本業務は、動力炉・核燃料開発事業団殿が従来より設計・検討している高速炉燃料再処理機器試験施設（以下「R E T F」と言う。）の主要機器の一つである清澄試験機の内部点検装置について検討したものである。

本業務では、R E T F用清澄試験機において、溶解液中に含まれる不溶性の固体成分の試験機内部への捕集状況等を確認する内部点検装置の基本設計として、内部観察システム及び運転診断システムのシステム及び要素技術の検討を実施し、システム及び各技術要素の基本仕様を設定すると共に、清澄試験機への適用に向けての課題等を抽出した。

本業務で検討を実施した主な項目は以下の通りである。

- 1) 内部観察システムのシステム及び要素技術基本仕様の検討
- 2) 運転診断技術検討および診断システム基本検討
- 3) 内部点検装置のR E T F設計への反映検討

本報告書は、株式会社 東芝が、動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：08C4149

事業団担当部課室および担当者：再処理技術開発部 機器材料開発室

* : 株式会社 東芝 原子力事業部

** : 株式会社 東芝 重電技術研究所

MARCH, 1997

THE BASIC DESIGN ON THE INTERNAL-INSPECTION-SYSTEM FOR THE CENTRIFUGAL CLARIFIER

Noboru IGARASHI*	Takaji KITAHARA*
Aturou SUMITA*	Nobuhiro TAKANO*
Tomohiko YABU*	Hiroyuki KOMURA*
Motohiko KIMURA*	
Yutaka HASHIBA**	Norio TAKAHASHI**

Abstract

The study on the basic design of the internal-inspection-system for the centrifugal clarifier, which is one of the main equipment in the Recycle Equipment Test Facility, has been performed.

We studied on the internal-inspection-system, which consists of the fiber scope system for visualization of the condition in the centrifugal clarifier and the diagnosis system for estimation of captured sludge condition in the centrifugal clarifier.

In this work, following items were investigated. And we framed the basic design specifications of system and components, and found some subjects for the application of the internal-inspection-system to the centrifugal clarifier.

- 1) The study on the basic design specifications of the fiber scope system and components for visualization of the condition in the centrifugal clarifier.
- 2) The study on the diagnostic techniques and basic design of the system for estimation of captured sludge condition in the centrifugal clarifier.
- 3) The application of the internal-inspection-system to the centrifugal clarifier in the Recycle Equipment Test Facility.

This work was performed by TOSHIBA Corporation under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

CONTRACT No.:08C4149

PNC Liaison :Components and Materials Development Section

Reprocessing Technology Development Division, Tokai Works

* :TOSHIBA Corporation Nuclear Energy Division

** :TOSHIBA Corporation Heavy Apparatus Engineering Laboratory

目 次

1. まえがき	1
2. 検討成果	3
2. 1 内部観察システム	3
2. 1. 1 システム基本設計	3
2. 1. 2 要素技術の基本設計	18
2. 1. 3 実機への反映検討	29
2. 1. 4 まとめ	34
2. 2 運転診断システム	35
2. 2. 1 診断技術の検討	35
2. 2. 2 運転診断システムの検討	56
2. 2. 3 実機への反映検討	68
2. 2. 4 まとめ	71
3. あとがき	74
4. 謝辞	76
5. 付録	77

表・図目次

表 2.1.1- 1	環境条件	9
図 2.1.1- 1	清澄試験機内部観察システム構成図	10
図 2.1.1- 2	ファイバースコープ駆動機構	11
図 2.1.1- 3	配管構成案	12
図 2.1.1- 4	清澄試験機ボウル内の観察目標範囲	13
図 2.1.1- 5	対物レンズ位置	14
図 2.1.1- 6	接近可能な空間	15
図 2.1.1- 7	ファイバースコープ駆動機構を設置できる断面	16
図 2.1.1- 8	マニプレータ取り合い図	17
図 2.1.2- 1	ファイバースコープ形状	22
図 2.1.2- 2	可視化管台の形状	23
表 2.1.2- 1	撮像管式耐放射線テレビカメラ仕様	24
図 2.1.2- 3	ランプハウスの形状	25
図 2.1.2- 4	ファイバースコープ駆動機構正面図	26
図 2.1.2- 5	ファイバースコープ駆動機構平面図	27
表 2.1.2- 2	ケーブルの仕様	28
表 2.1.3- 1	内部観察システムの検討項目／実機への反映	31, 32
表 2.1.3- 2	R E T F 清澄試験機見直し工程	33
表 2.2.1- 1	計算パラメータ	44
表 2.2.1- 2	固体成分捕集量と回転系の GD^2	44
表 2.2.1- 3	数表	44
図 2.2.1- 1	固体成分捕集量とモータ電力の関係	45
図 2.2.1- 2	固体成分捕集量とモータ電力変化の関係	46
図 2.2.1- 3	振動計算モデル（バネ・マスモデル）	47
図 2.2.1- 4	各アンバランスの大きさと位相関係	48
図 2.2.1- 5	寸法外略図	49
図 2.2.1- 6	アンバランス質量と軸振動の関係（C A S E - A）	50
図 2.2.1- 7	アンバランス質量と軸振動の関係（C A S E - B）	51
図 2.2.1- 8	固体成分捕集量と軸振動の関係（振動応答計算結果）	52
図 2.2.1- 9	ボウル振動に対する固体成分捕集量の影響	53
図 2.2.1-10	ボウル振動に対する固体成分捕集量の影響	54

図 2.2.1-11	ボウル振動に対する固体成分捕集量の影響	5 5
図 2.2.2- 1	モータ負荷変化の検知の概要	6 1
図 2.2.2- 2	モータ負荷変化の検知による捕集量推定システムブロック図	6 2
図 2.2.2- 3	捕集量演算器のタイムチャート	6 3
図 2.2.2- 4	固体成分捕集量の電力検出試験結果	6 4
図 2.2.2- 5	軸振動検知の概要（軸振動検出について）	6 5
図 2.2.2- 6	軸振動の検知の概要（振動ベクトルについて）	6 6
図 2.2.2- 7	軸振動の検知による捕集状況推定システムブロック図	6 7
表 2.2.3- 1	運転診断システムの検討項目／実機への反映	7 0

1. まえがき

動力炉・核燃料開発事業団殿（以下「動燃殿」と言う）のリサイクル機器試験施設（以下「RETF」と言う）に設置される清澄試験機は、遠心力を利用して溶解液中の固体成分を捕集する設備であり、捕集した固体成分は水洗により除去される。

固体成分捕集量は出入口の溶液の分析値から、固体成分の水洗効果はスラリーの分析値から各々算定することになる。また固体成分の捕集状況や水洗後の残留状況を観察することは現状の設備では困難となっている。

このようなサンプリング・分析による算定および内部の観察には多大な時間と労力を要することが予想される。

したがって、清澄試験機を分解することなく遠隔で固体成分の捕集量や捕集状況ならびに固体成分の除去状況を確認できれば、RETFの効率的運転に非常に有効と考えられる。

本基本設計はこのような背景に基づき、清澄試験機を対象に、装置を分解することなく固体成分の捕集量および捕集状況、ならびに固体成分の除去状況を、遠隔手法により確認できる内部点検装置について検討・開発するものである。

平成7年度「清澄試験機の内部点検装置の検討」（以下「7年度検討」と言う）において、以下に示す内部観察システムと運転診断システムのシステム概念及び適用技術の検討等が実施された。

内部観察システムと運転診断システムの各々が具備すべき基本的な機能は以下の通りである。

（1）内部観察システム

RETF清澄試験機に設けられた予備ノズルを経由してボウル内に光ファイバースコープを挿入し、ボウル内面を観察できるシステム。

清澄試験機ボウル内部への光ファイバースコープの挿入引抜き及び駆動機構の取付取外しは、セル内に設けられている遠隔取扱い機器を用いて行うこと。

（2）運転診断システム

RETF清澄試験機に設けられた電流計により高速モータの電流値を測定し、ボウル内における固体成分の捕集量を推定できるシステム。

また、軸振動センサにより変位を測定し、回転パルス計により回転パルスを測定することにより、ボウル内における固体成分の捕集状況を推定できるシステム。

測定したデータは制御室において適時、監視できること。

7年度検討の成果をもとにし、本年度は以下の各項に示す内容について基本設計を実施した。

(1) 内部観察システム

(a) システム基本設計

本システム開発に当たっての環境・運転・保守等の設計条件について検討し、システムの設計方針を策定した。

この方針に見合うシステムを構築するため、7年度検討の一部改善、追加設計を行い、基本仕様を検討し、設定した。

(b) 要素技術の基本設計

基本設計にのっとり、システム構成要素である可視化管台、予備ノズル、ガイド管、ファイバースコープ、駆動機構、映像出力系等について、視認性・ファイバースコープの挿入引抜き性・保守性・運転操作性等の観点より、実機反映を考慮して、関連設備側との兼ね合いを含めた検討を行い、各要素の基本仕様を決定した。

(c) 実機設計への反映

上記システム基本仕様及び要素基本仕様設定に当り、他設備および建屋との取合設計（ラックへの追加設備となるガイド管・駆動機構の配置検討、ケーブル類の追加計画等）を行い、関連設備側への反映検討要請および取合調整を実施した。

また、予備ノズル部構造等について実機製作設計への反映を実施した。

(2) 運転診断システム

(a) 診断技術検討

ボウル内固体成分捕集量とモータ加速時の電力値との関係、およびボウル内固体成分捕集状況と軸振動値、軸振動位相との関係等について、定量的な検討を実施した。

合わせて、動燃殿提示資料により、固体成分捕集量と軸振動の関係について検討した。

(b) システム設計及び実機への反映検討

上記診断技術検討に基づき、診断システム設計及び診断装置の運転診断機能等についての概念設計を行い、本システム採用を前提とする実機計測・制御設計及び関連設備設計への反映検討を実施した。

他設備との取合設計（ケーブル類の追加計画等）を行い、関連設備側への反映検討要請および取合調整を実施した。

また、清澄試験機模擬装置による予備的試験を実施し、机上検討の妥当性を確認した。

2. 検討成果

2. 1 内部観察システム

2. 1. 1 システム基本設計

本システムは清澄試験機ボウル内部を観察するための、セル内に置かれるファイバースコープ、ライトガイド、テレビカメラ、光源装置および駆動機構から構成される本体と、セル外の現場盤、制御装置、本体とセル貫通プラグ間のケーブルおよびセル貫通プラグと現場盤、制御装置間のケーブルまたは光ファイバーから構成される。

平成7年度にシステムの検討を行い、仕様の概要を定めた。

平成8年度は前年度の検討結果を踏まえ、さらに寸法取合い条件の検討、遠隔操作方法の検討、ファイバースコープ駆動機構の検討、基本設計をすすめ、仕様の見直しを行うとともに実機への反映項目の検討を行った。

(1) 設計条件

(a) 環境条件

試験セル内の環境条件は、表2. 1. 1-1に示す通りである。

(b) 使用・運転条件

本システムは清澄試験機の清澄・洗浄運転に異常が認められた際、ボウル内部の固体成分除去状況確認のために使用する。放射性物質の閉じ込め確保の観点より、洗浄運転あるいは散水運転が完了し固体成分が排出されており、実質的には固体成分残留による機器内温度上昇の危険性が排除された状態で使用するものとする。

清澄試験機の通常運転時には、ファイバースコープ駆動機構は、ガイド管上端部より取外し、保守セルなどの低線量率エリアに保管する。

本システム使用時の、ファイバースコープ駆動機構の操作は制御室から遠隔で行う。

(c) 設置・保守条件

ファイバースコープ駆動機構は試験セル内で使用されるため、装置の設置、配線、保守、部品交換等は試験セルに装備されている天井クレーンや両腕型マニプレータ等による遠隔操作で行う。

ボルト締を行う場合にはセル内に準備されているM16のインパクトレンチを使用して行うこととする。

ファイバースコープ駆動機構は設置部位の周辺の配管等との干渉がなく、遠隔操作に支障のない構造、寸法とする。また、試験セルの天井クレーンで吊り下げて、設置部位に設

置可能な高さとする。

ケーブルはマニプレータを使用し中継端子箱に遠隔コネクタで接続するものとする。

(2) システム検討

図2. 1. 1-1に本年度検討した清澄試験機内部観察システムの構成を示す。

システムは試験セル内のファイバースコープ駆動機構、中継端子箱ならびにセル貫通プラグまでの配線、セル外貫通プラグ近傍の現場盤、制御室に置かれる操作盤から構成される。

ファイバースコープ駆動機構は図2. 1. 1-2に示すように、ファイバースコープ、耐放射線カメラ、ライトガイド、ランプハウス、駆動モータ、ボールネジ、リニアガイド等から構成され、設置された後に遠隔でファイバースコープをガイド管、可視化管台に挿入できるようになっている。

今年度のシステム検討により、以下の点を決定または前年度より変更した。

(a) 耐放射線性

試験セル内で使用する機器構成部品については、耐放射線性を考慮する必要がある。

構成部品の中で明確に耐放射線を考慮し、照射試験を行いデータがあるものもあるが、データのそろっていないものについては、文献データなどから推定する方法がある。

使用予定の構成部品の中で、テレビカメラ、ファイバースコープ、モータについては耐放射線性は積算で $10^8 R$ である。環境条件から勘案して試験セル内で2000hr、ボウル内に挿入されるファイバースコープ先端で25hrの寿命である。

その他の部品に関してはデータがそろっていないので、最終的には照射試験で確認する必要があるが、少なくとも $10^6 R$ の耐放性（試験セル内で20hr）を持たせるよう部品選定を行う。

やむを得ず使用しなければならない複数回の使用に耐えられない部品はセル内で遠隔で交換可能な設計とする。

(b) ファイバースコープ駆動方法

ファイバースコープの基本的仕様は変更無いが、後述(g)ファイバースコープ駆動機構設置位置、設置方法の項にあるように据付高さに変更になったため、長さは約2300mmとなった。

ファイバースコープの上下は操作性、位置精度、速度制御等を考慮し、マニプレータでなく専用の駆動系を設けて遠隔手動とした。

(c) テレビカメラ

ファイバースコープの映像を電気信号に変換する手段としてテレビカメラを使用する。

前年度の検討により耐放射線カメラとCCDカメラ（遮蔽付）を候補としたが、CCDカメラの場合には $1 \sim 10 \text{ Gy/h}$ 以上の γ 線の放射線場において画像上にノイズが発生するという問題がある。セル内線量率の仕様は $5 \times 10^2 \text{ Gy/h}$ であり、CCDカメラが使用可能な線量率まで遮蔽しようとする、重量が非常に増加する。また寿命も積算線量で $200 \sim 2000 \text{ Gy}$ であるので、交換頻度、交換コストを含めて検討の結果、耐放射線カメラを採用することとした。

カメラコントロールユニットは耐放射線性と交換コストを勘案し、セル外現場盤に設置することとした。

しかしながらカメラコントロールユニットをセル外に設置すると、必要ケーブル芯数が大幅に増加するため、セル貫通プラグの予備線を含めて検討する必要がある。

(d) 可視化管台洗浄ラインおよびガイド管ドレンラインの追加

7年度検討により、可視化管台のシールについては、ボール、円錐を用いたシールプラグ等のアイデアが検討されているが、可視化管台取付部であるケーシングノズルの開口部をシャットアウトする形式であるため、洗浄運転時等での洗浄液及び固体成分の飛散により可視化管台部への固体成分付着が懸念される。

また、シールプラグ挿入・引き抜き等に係るガイド管及び駆動装置等の複雑化の問題と、操作の際に固体成分等が流入、固着する可能性がある。

さらに、内部観察システム使用時のガイド管への固体成分及び洗浄液等の流入の可能性もあることから、ガイド管内のドレンの排出を考慮するとともに、ファイバースコープの汚染低減の観点から、ガイド管の洗浄が必要と考えられる。

この懸案を解決するため、可視化管台上部へ洗浄ノズルから分岐した洗浄ラインの追加、また、ガイド管湾曲部の最下端からティーで分岐した、P2（固体成分排出配管）へ接続するドレンラインを追加するものとする。

清澄運転後の洗浄運転時には洗浄スプレーと合わせて、可視化管台上部より洗浄液を給液し、固体成分及び洗浄液等の流入、固着の可能性がある可視化管台及びドレンラインにつながるまでのガイド管部分を洗浄する。ファイバースコープ挿入時には洗浄が完了しており、スコープによる汚染拡大は回避される。

通常運転時の「閉じ込め」はガイド管上部のフランジ部にて確保するが、ファイバースコープ駆動機構を設置する際にフランジを開放する場合には、本システムの目的が前述使用条件にあるように清澄運転・洗浄運転が終了した後に、固体成分除去状況の確認を行うことであることから、基本的には放射性物質はボウル内から排出されているものとして評価する。なお、閉じ込め開放に伴う具体的評価については、U字管にて取り外し可能な給液配管など、同様条件での開放が行われる場合に準拠するものとし、今後RET設備全体の条件に横並びするよう調整・確認を行っていく。

これらの配管構成案を図2. 1. 1-3に示す。

なお、ガイド管及びドレンラインは二種配管相当となることから、配管又は機器付属配管として設工認変更の申請等が必要となる。

※ガイド管洗浄流量の設定

可視化管台及びガイド管の洗浄流量を以下の条件の下に設定する。

- ・洗浄ラインはボウル内洗浄スプレーラインより分岐し、洗浄は清澄試験機の洗浄運転と同時に実施する。
- ・可視化管台上部接続部には洗浄スプレーを設置する。洗浄液の圧力等の条件は、ボウル洗浄と同一となる。
- ・洗浄流量は安全側に考慮し、ボウル内固体成分洗浄時の面積当たり流量に基づき定めるものとする。
- ・ガイド管洗浄面積はガイド管表面積とする。

$$\begin{aligned}\text{ボウル洗浄流量} & : 1.8 \text{ m}^3/\text{h} \\ \text{ボウル内洗浄面積} & : 400^{\text{ID}} \times \pi \times 284^{\text{L}} \\ \text{ガイド管洗浄面積} & : 27.2^{\text{OD}} \times \pi \times 250^{\text{L}} + \alpha\end{aligned}$$

ガイド管洗浄流量

$$\begin{aligned}& 1.8 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{27.2^{\text{OD}} \times \pi \times 250^{\text{L}} + \alpha}{400^{\text{ID}} \times \pi \times 284^{\text{L}}} \\ & \approx 0.2 \text{ m}^3/\text{h}\end{aligned}$$

(e) 観察範囲、観察視野、観察方法

図2. 1. 1-4 に清澄試験機ボウル内の観察目標範囲を示す。固体成分は底面に近いほど堆積が多いと推定されるが、ボウル底面端から側面上端まで側面全てが可視化できる299mmの範囲を目標として検討した。

平成8年度の検討結果より可視化管台位置は清澄試験機中心から80mmとし、ボウルのバッフルによる死角がないことを考慮しボウルと正対する位置から観察するとすると、図2. 1. 1-5の視線0°の場合に示すように対物レンズ位置を可視化管台取付け位置より40mmから238mmまで上下する必要がある。

しかしながら可視化管台の高さの制限(洗浄ラインの接続を考慮すると、約250mm)を考慮すると、ファイバースコープのヘッドの寸法があるために対物レンズ位置は約210mmより下方にする必要がある。

この位置で上端を観察するにはファイバースコープの視線を10°上方に振る必要があ

る。(図2. 1. 1-5で視線 10° の場合)

この結果、ボウル底面まで観察できるようにするために、対物レンズの下端位置を可視化管台取付け面より25.5mmまで下げる必要がある。

観察方法は可視化管台の上下方向にスコープを移動させるとともに、ボウルを超低速にて回転させ観察するものとした。

ボウルの回転は高速または低速モータにおける超低回転モードの設定あるいは外部動力によるものとする。

なお回転速度はモニタ画面上の視認性を考慮すると、数rpm程度の超低速とする必要がある。

(f) 光源装置

光源装置は光ファイバーであるライトガイドをセル外に貫通して取出すことができないので、セル外に設置することはできない。耐放射線およびコストを考慮し、光源装置を電源とランプハウスに分離し、ランプハウスのみをセル内に設置することにより交換部品点数を削減した。

使用するランプには一般的にハロゲンランプ、キセノンランプの2種類がある。

可視化管台から120mm離れたボウル内面の対象面の照度を満たすために同出力での発光輝度はキセノンランプが約10倍であるので発光効率の高いキセノンランプを選定した。

容量はテレビカメラの選定ができていないため、今後検討が必要であるが、暫定的に一般的に使用され、部品入手の容易な300Wを選定した。

(g) ファイバースコープ駆動機構設置位置、設置方法

ファイバースコープ駆動機構は清澄試験器本体のノズルの配置上、清澄試験機に向って左側(270° 方向)のガイド管の上に設置される。この周辺でファイバースコープ駆動機構が占有できる部位を検討した。

上部より接近可能な空間を整理すると、おおよそ図2. 1. 1-6のようになる。設置上障害物となるのは、配管A、B、C、清澄試験機回転センサユニットD、熱電対挿入管Eである。(配管Cにつながる手前側のエア配管はc点で立ち下げる事として検討した。)

ただしラック最上部EL5830以上は障害物はない。

従来通り清澄試験機 270° 側の830mmの位置F点にガイド管上端フランジ面を配置した場合、インパクトレンチを使用して運転中必要な閉止フランジを取付けることはスペース的に困難である。

このため清澄試験機中心から830mmの半径で 180° 側に 23° 振った熱電対挿入管Eと配管Bのほぼ中間位置で、かつファイバースコープ駆動機構の設置が可能なG点

にガイド管上端フランジを設ける事とした。

この場合に周囲の干渉物を考慮するとファイバースコープ駆動機構を設置できる断面はおおよそ図2. 1. 1-7 の通りである。

ガイド管上端フランジ面高さは、ラック側との調整によりE L 2 6 3 0 mm以上であれば可となり、検討の結果閉止フランジを取付けるためガイド管上端フランジ面高さをE L 3 0 0 0 mmとした。

設置方法は試験セル内5トン天井クレーンR 0 2 M 2 2で駆動装置を垂直に吊り上げ、設置位置まで運搬する。5トン天井クレーンR 0 2 M 2 2の最小寄りつき寸法は、試験セル壁面から1 0 5 0 mmである。清澄試験機は壁面から2 4 0 0 mmの位置に設置されるので、十分設置可能である。

駆動装置の全高は3 mであるため、フロアより約1 8 mの吊り代をもつ天井クレーンR 0 2 M 2 2で十分セル内で他の機器と干渉せずに搬送可能である。

本装置は一時的に数時間または数日間使用するので、ラックへの設置は取り付け台の2本のガイドピンを利用して位置決めおよび転倒防止を行った後、R 0 2 M 2 3 マニプレータとM 1 6 インパクトレンチを使用して、ボルトにより地震等による不測の条件による浮き上がり防止を行うものとする。

この時のマニプレータの姿勢とインセルクーラの関係を図2. 1. 1-8に示す。

今後さらに設備側を含めた詳細検討を行い、最適設計を行う必要がある。

表 2. 1. 1-1 環境条件

	セル内	ボウル内
雰囲気組成	大気（硝酸濃度 50ppm）	大気（硝酸ミスト 3 N）
雰囲気温度	4 5℃	2 0～4 5℃
雰囲気圧力	- 6 0～- 1 0 0 mmAq	- 3 0 0 mmAq
空間線量率	5×10^4 R/hr	4×10^6 R/hr

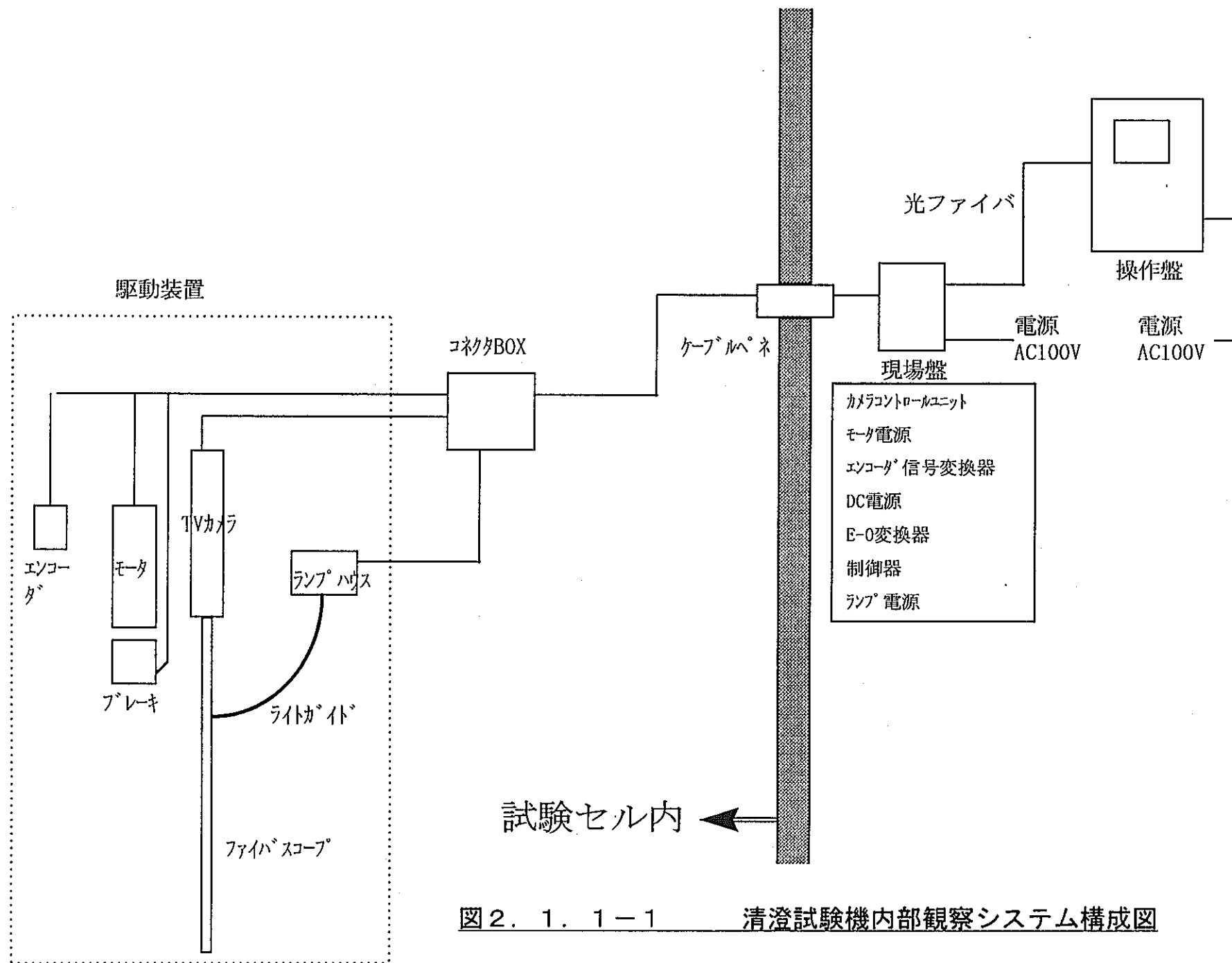


図 2. 1. 1 - 1 清澄試験機内部観察システム構成図

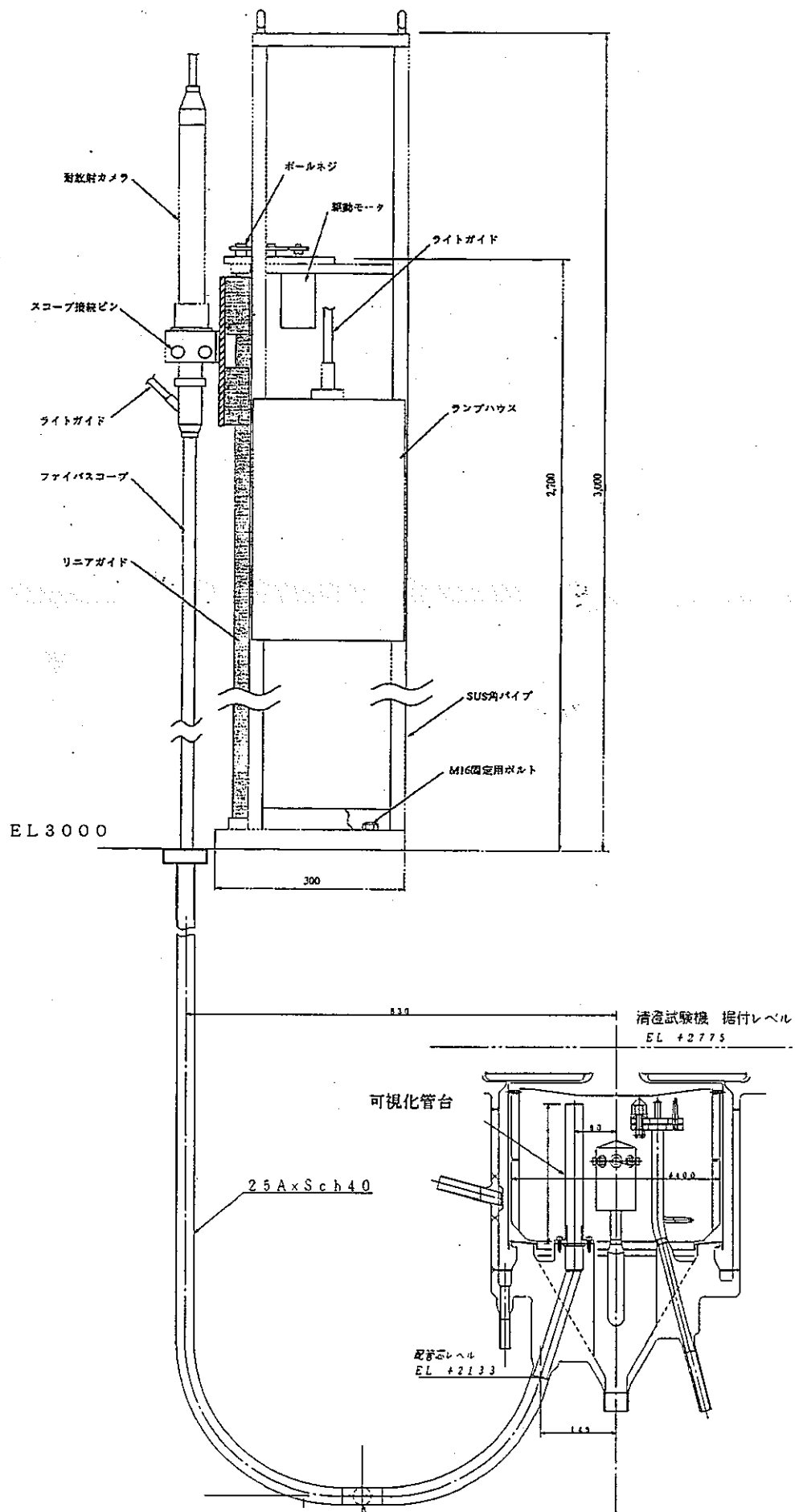


図2. 1. 1-2 ファイバースコープ駆動機構

TSA 調査費
113 B2112 T(S)

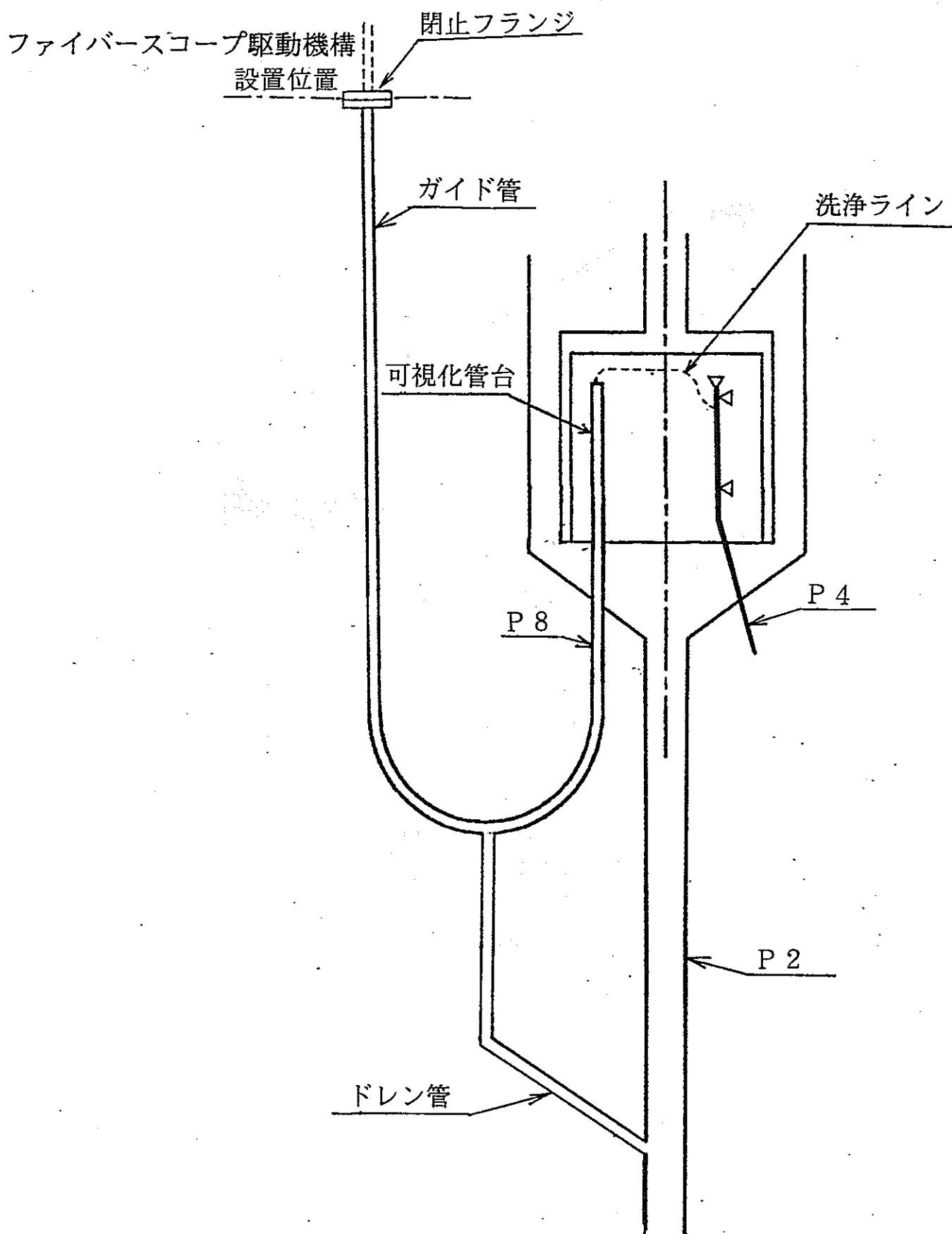


図 2. 1. 1 - 3 配管構成案

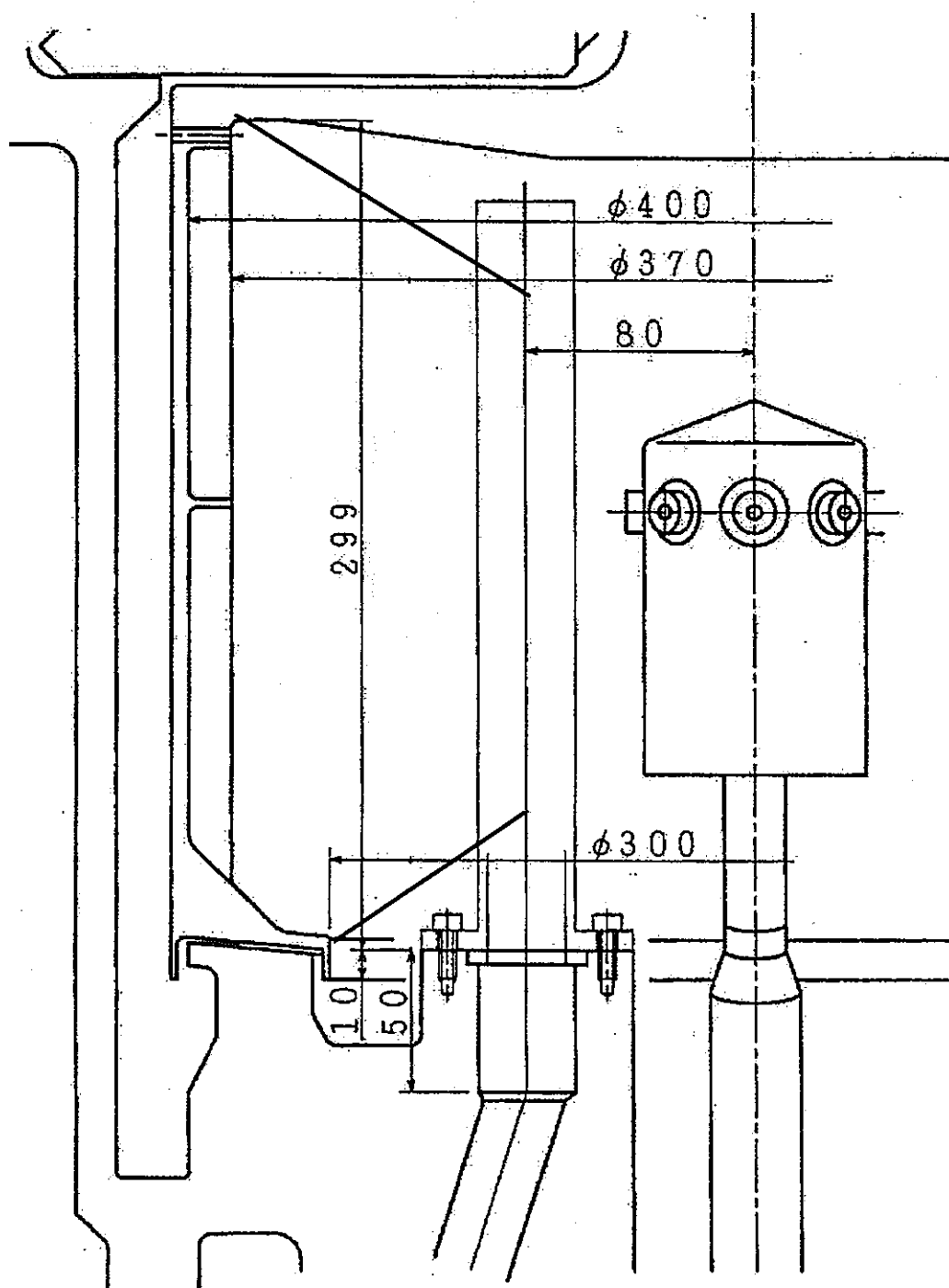


図 2. 1. 1 - 4 清澄試験機ボウル内の観察目標範囲

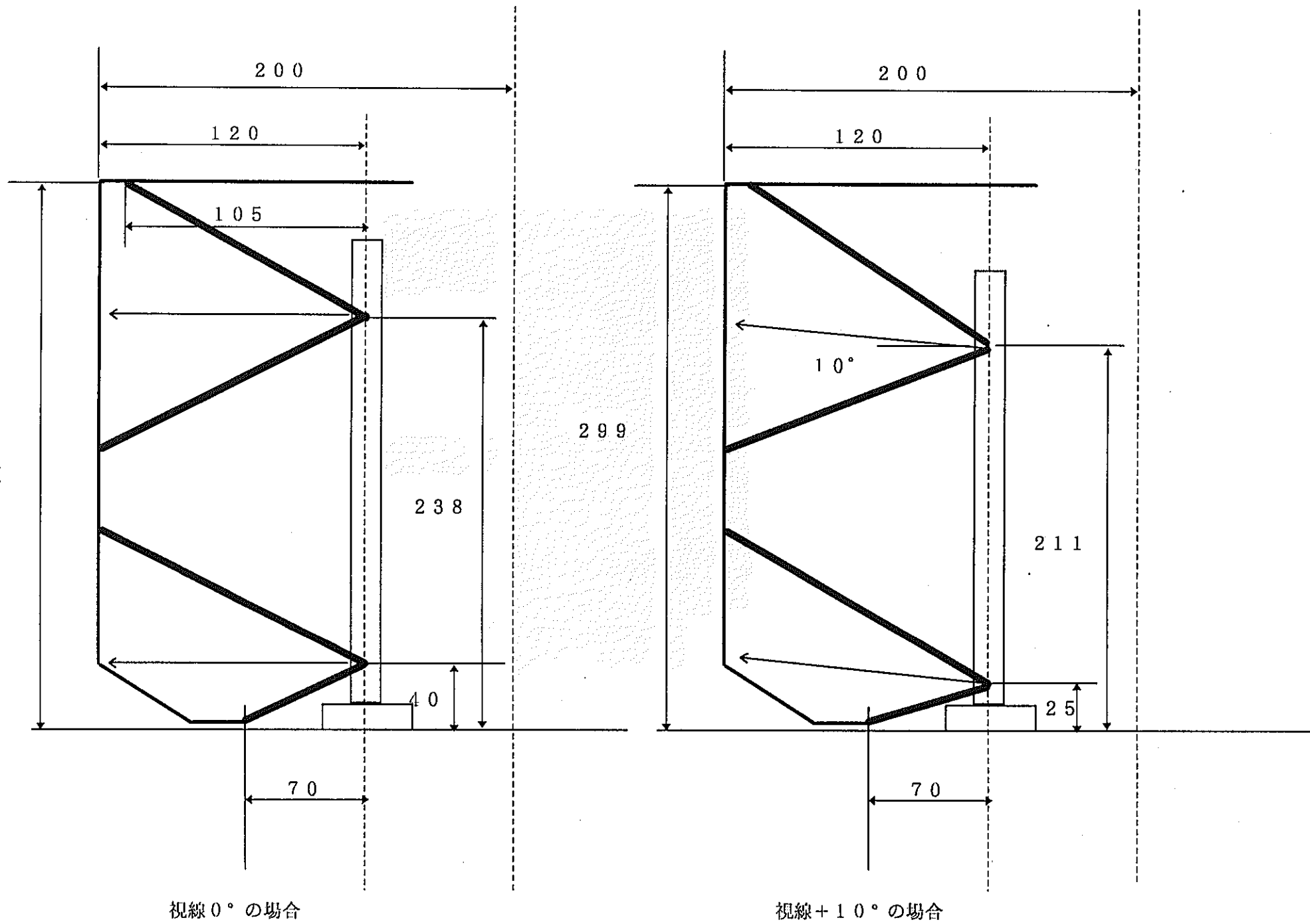


図2. 1. 1-5 対物レンズ位置

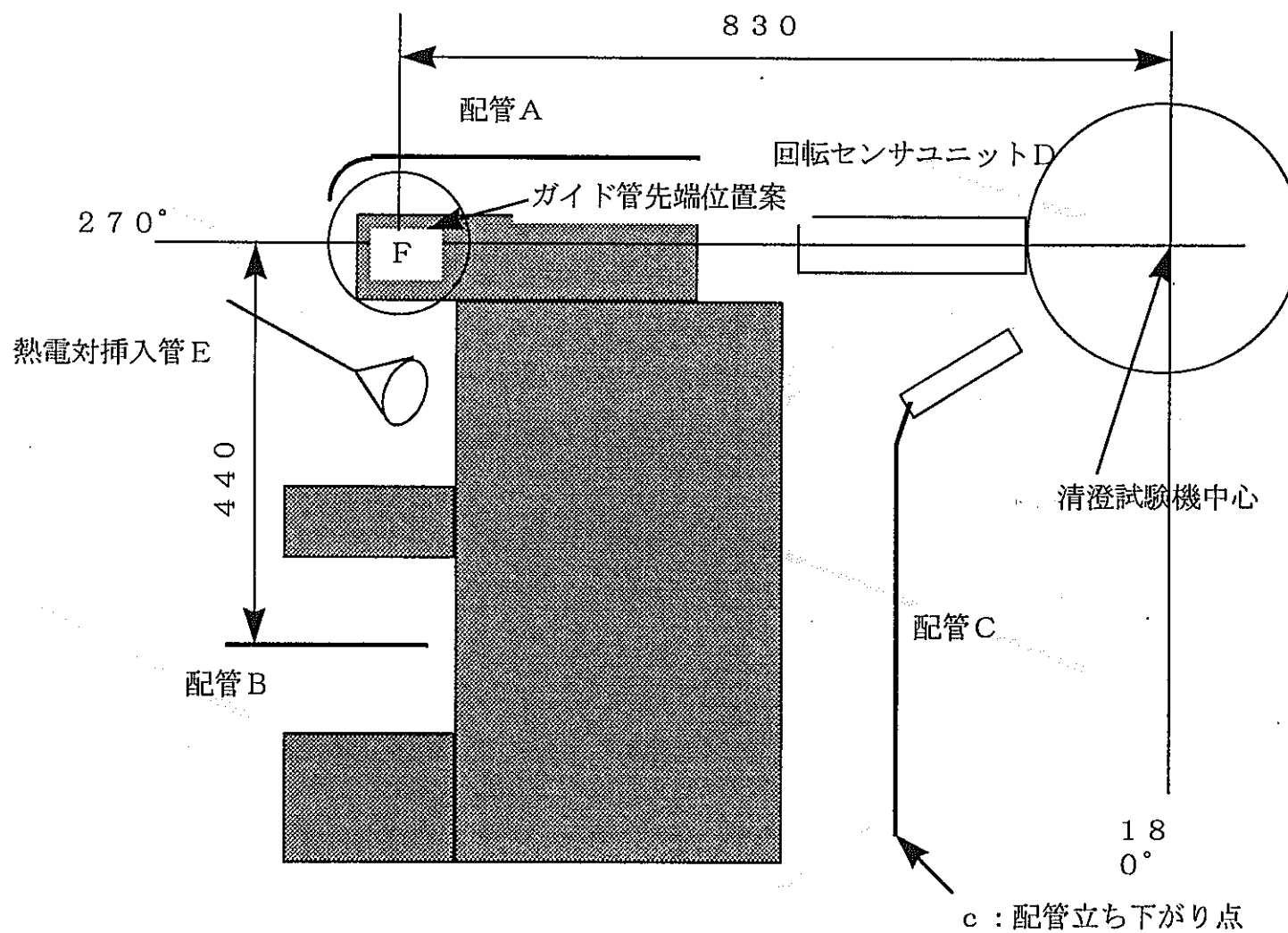


図 2. 1. 1-6 接近可能な空間

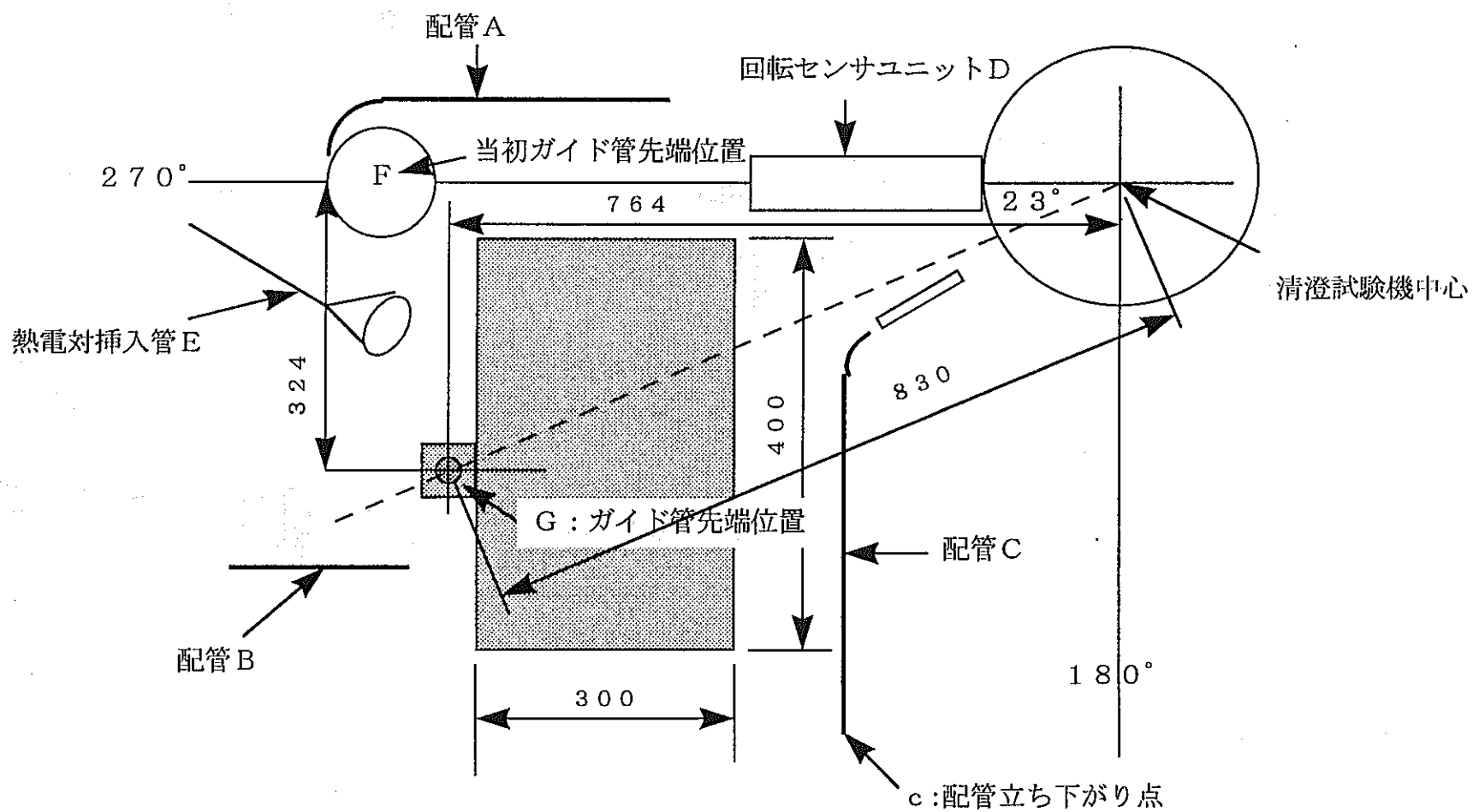


図 2. 1. 1-7 ファイバスコープ駆動機構を設置できる断面

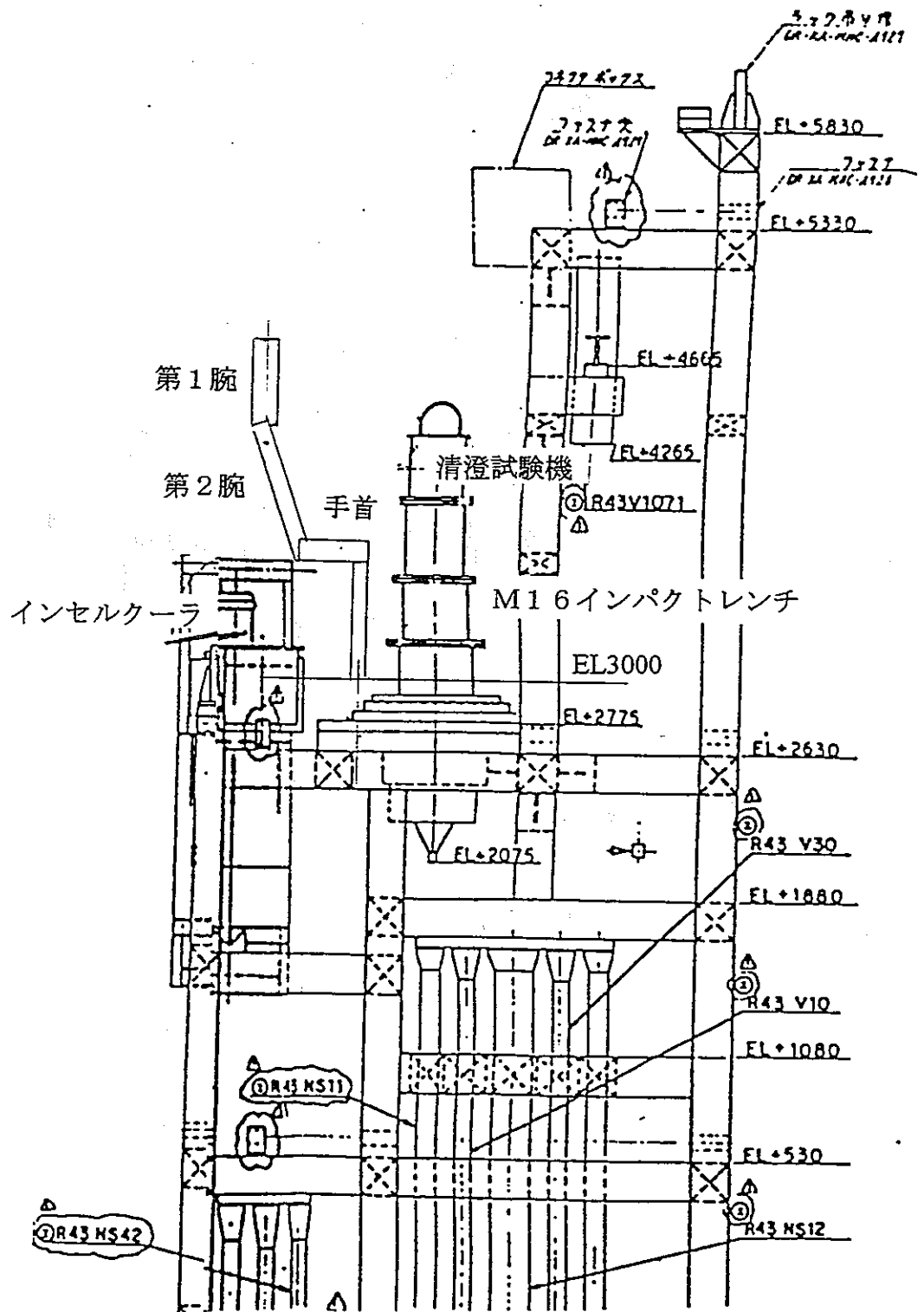


図2. 1. 1-8 マニプレータ取り合い図

2. 1. 2 要素技術の基本設計

(1) 要素技術の検討

各要素のハード仕様について検討した内容を以下に示す。

(a) ファイバースコープ

2. 1. 1 (g) に述べたようにファイバースコープの挿入位置は、清澄試験機中心から830mmの半径で180°側に23°振った位置である。

3万画素の石英ガラス製ファイバースコープの許容曲げ半径300mmと、清澄試験機との取り合いを考慮すると清澄試験機ケーシングとの取り合い点は中心から145mmの点で、ここから17.4°で可視化管台と取り合うことになる。(図2. 1. 1-2参照)

R300mm部分のある25A×Sch40(内径27.2mm)のガイド管および17.4°の進入角のある可視化管台に挿入可能な、3万画素石英ファイバースコープについて検討を行った。

図2. 1. 2-1 にファイバースコープ形状を示す。

ファイバースコープ先端はガイド管をスムーズに挿入できるようにできる限り径が細く短くする必要があるが、イメージファイバ、ライトガイド、プリズム等を配置する機械的寸法制約からφ18長さ93mmとし、ライトガイドと対物窓を配置する。

視線は図2. 1. 1-5で検討したように、下端から上端まで観察するために視線の向きをボウル内直立位置で、上方に10°振っている。

観察距離は中心で122mmで、焦点を光軸上で100mmとし観察範囲を観察できるようにした。

ライトガイドは視野範囲をカバーするために上方に5°である。対物窓とライトガイドは5°方向がずれてはいるが、表面状態によってはハレーションを起す可能性がある。しかしランプの絞りにより遠隔で光量を調節できるので、適切な照明状態で観察可能である。

ファイバースコープを挿入する際、観察方向に向くよう概略の方向はあらかじめ設定しておくが、最終的な観察方向を決定するため、先端にガイドピンを取付け可視化管台の位置決め案内スリットと嵌合する様になっている。

ファイバースコープはステンレス製フレキシブルチューブで被覆され、仕上り外径φ13mmで、必要長さは約2300mmである。

(b) 可視化管台

図2. 1. 2-2 に可視化管台の形状を示す。

可視化管台は清澄試験機内部のフランジにネジ止される。

可視化管台内観察方向を決定するスリットが切っており、ファイバースコープ先端のガイドピンが嵌合し回転方向の位置決めを行う。全長250mmとし25.5mmの位置か

ら対物窓がスリットから顔を出すようになっている。

内径はファイバースコープの最大外径である $\phi 18\text{ mm}$ で、 17.4° の取り合い部はファイバースコープ先端が通過できるように $\phi 36\text{ mm}$ としている。

頂部に洗浄ラインが接続されるが、形状等については今後検討する必要がある。

(c) 耐放射線テレビカメラ

耐放射線カメラとして撮像管式のテレビカメラを検討した。現在世界的にみて耐放射線テレビカメラを製造しているのは数社である。

表2. 1. 2-1 に耐放射線テレビカメラの比較表を示す。

最近この中でR e e s社はI S T社に吸収された。

このほかに現在動燃殿とA E Aで耐放射線カメラのカラー化の研究を進めており、近い将来供給可能となる可能性がある。耐放射線白黒カメラの先端に3色のカラーフィルタを組込んだリレーレンズを回転させながら、画像を取込み合成してカラー画像とする方式である。外径 $\phi 63\text{ mm}$ 長さ 400 mm で、一部モータ部は $\phi 96\text{ mm}$ である。

この中でI S T社のカラーカメラについてはファイバーとの組み合わせ確認をしているが、現在仕様見直しを行っており、現状供給が保証されていない。

浜松フォトンクスは供給可能であるがファイバーとの組み合わせ確認ができていない。

現時点では耐放射線カメラの選定はできないが、形状的にはほぼ同様なので基本設計には支障はないと考える。

(d) 光源装置

光源装置は 300 W キセノンランプとした。

耐放射線を考慮し、できるだけセル内に設置する部品を削減するため、通常は一体である構成部品を電源部とランプハウスに分離し、ライトガイド近傍に設置しなくてはならないランプハウスをセル内駆動装置に設置することとした。

ランプハウスの形状を図2. 1. 2-3 に示す。

寸法形状は $W 240\text{ mm} \times H 220\text{ mm} \times D 400\text{ mm}$ である。

(e) ファイバースコープ駆動機構

図2. 1. 2-4、図2. 1. 2-5 にファイバースコープ駆動機構の正面図および平面図を示す。

外径寸法は設置面が $W 300\text{ mm} \times D 400\text{ mm}$ 、高さ 3000 mm である。

テレビカメラとファイバースコープおよびライトガイドは4本柱の支柱に支えられた、リニアガイドに沿って、駆動モータにより回転されるボールネジにより上下する。

駆動モータには $2 \times 10^8\text{ R}$ まで使用可能な耐放射線パルスモータを使用し、位置はエンコーダにより検出する事とした。取付けは2本のガイドピンで位置決めし、M16のボ

ルトで上下方向の固定を行う。

(f) ケーブル

モータ、ブレーキ、エンコーダ、テレビカメラ等の詳細仕様が確定していないが、現状駆動装置に必要な電源、信号線の仕様を表2. 1. 2-2 に示す。

0. 5 2 mm²以上で、合計5 2 芯が必要である。

テレビカメラケーブルについては、カラーカメラで現在供給可能である2機種のうち、20 芯のC 5 5 3 6よりも芯数の多いE T V 1 2 5 6で検討する。

(2) 要素基本仕様

(a) ファイバースコープ

画素数	3 0 0 0 0
長さ	2 3 0 0 mm
対物部	外径φ 1 8 mm、長さ 9 3 mm
側視型	
視野角	6 0°
観察距離	1 2 0 mm (ボウル内面より)
固定焦点	f = 1 0 0 mm
焦点深度	± 3 5 mm
視線上方	1 0°
許容曲げ半径	3 0 0 mm
材質	ファイバースコープ 石英ガラス
対物部	ステンレス
フレキシブルチューブ	ステンレス
ライトガイド	材質 石英ガラス
	照明方向 上方 5°

(b) 光源装置

ランプハウス分離型	
使用ランプ	キセノンランプ
容量	3 0 0 W

(c) ファイバースコープ駆動機構

可動範囲	約 2 3 0 0 mm
------	--------------

可動方向	上下
概略寸法	W300mm×D400mm×H3000mm
ガイド管	25A×Sch40（内径27.2mm）
ガイド管曲率	R300mm
設置高さ	EL3000mm
駆動方式	モータ駆動、ブレーキ付
駆動系	ボールスクリュウ駆動、リニアガイド
位置検出	エンコーダ

（d）可視化管台

外径	φ27.2mm
内径	φ18mm
長さ	250mm
材質	ステンレス

（e）テレビカメラ

種類	撮像管式耐放射線カメラ
耐放射線	積算 10^6 Gy

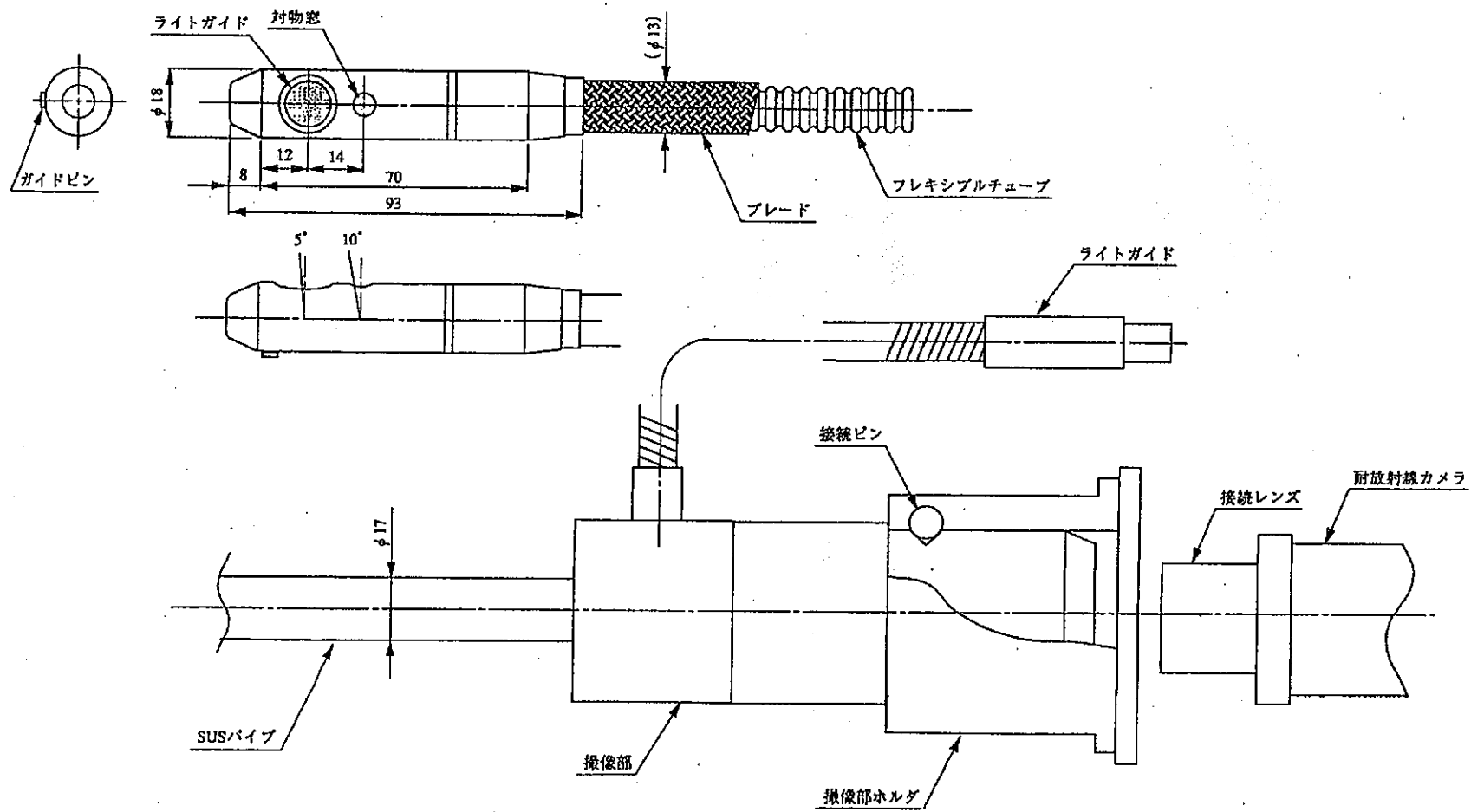


図 2. 1. 2-1 ファイバースコープ形状

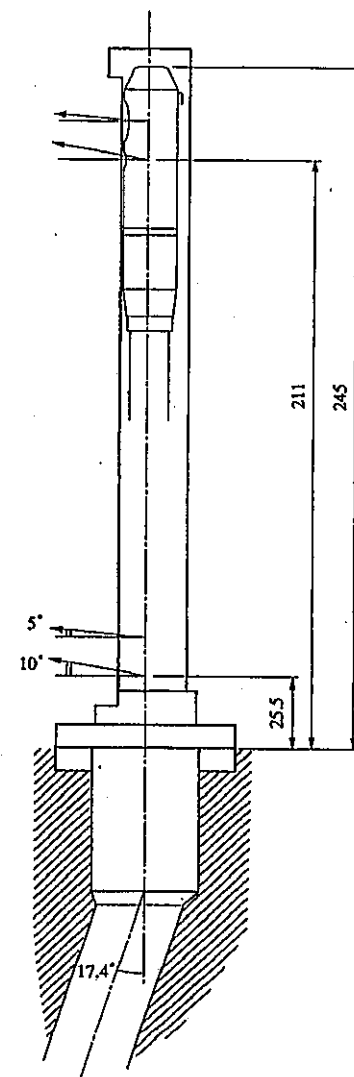
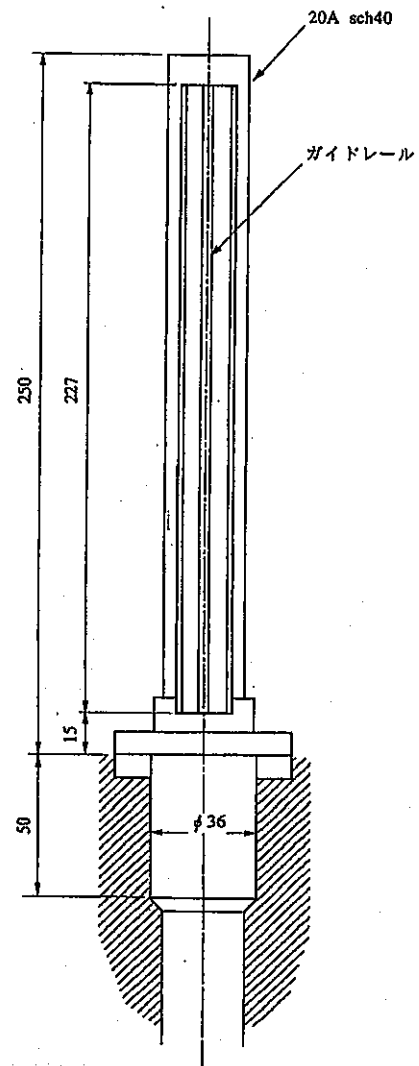
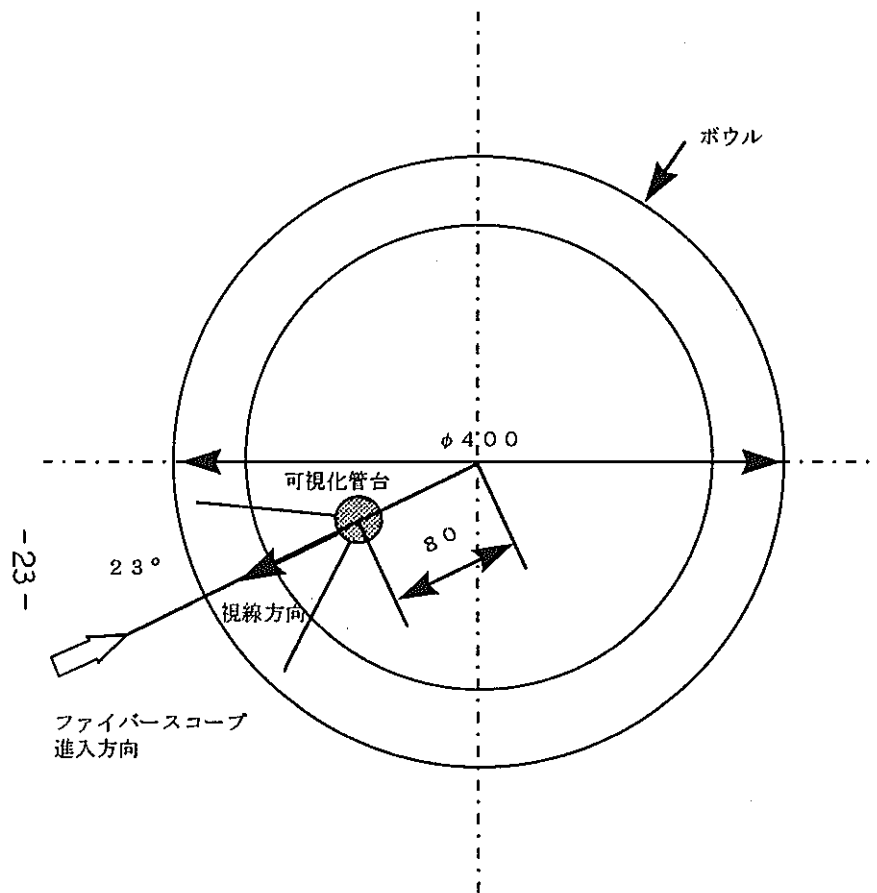


図 2. 1. 2-2 可視化管台の形状

表2. 1. 2-1 撮像管式耐放射線テレビカメラ仕様

型 名	R92 白黒	R93 白黒	RC990 カラー	ETV1250 白黒	ETV1256 カラー	C5536 カラー	8600 白黒	IRC404 白黒
メーカ	Rees	Rees	Rees	IST	IST	浜松ホトニクス	AEA	AEA
代理店	コーンズ	コーンズ	コーンズ	QI	QI	赤壁商店	住友商事	住友商事
寸法(mm)	$\phi 35 \times L213$	$\phi 40.5 \times L294$	$\phi 40.5 \times L340$	$\phi 32 \times L340$	$\phi 32 \times L340$	$\phi 40 \times L360$	$\phi 41 \times L127$ レンズ27 (9mm, f2)	$\phi 63 \times L172$ (カメラ単体)
重量(kg)	0.44	1.38	1.7	0.45	0.45	?	0.8	0.7
ケーブル径	$\phi 8$	$\phi 8$	?	$\phi 14.5$	$\phi 14.5$	?	$\phi 8$	$\phi 8$
解像度	500TV本	500TV本	300TV本	550TV本	300TV本	300TV本	800本以上	650本
撮像管	ビジコン、 ニュービコン	ビジコン、 ニュービコン	カルニコン	ビジコン、 ニュービコン	サチコン	カルニコン	5/8インチパセ コン、ビジコン	パセコン
耐放射線	$3 \times 10^4 \text{Gy/hr}$ 、 $2 \times 10^6 \text{Gy}$	$3 \times 10^4 \text{Gy/hr}$ 、 $2 \times 10^6 \text{Gy}$	$1 \times 10^4 \text{Gy/hr}$ 、 $1 \times 10^6 \text{Gy}$	$2 \times 10^4 \text{Gy/hr}$ (ビジコン)、 $2 \times 10^3 \text{Gy/hr}$ (ニュービコン)、 $1 \times 10^6 \text{Gy}$	$1.4 \times 10^4 \text{Gy/hr}$ 、 $2 \times 10^6 \text{Gy}$	10^4Gy/hr 、 10^5Gy	10^5Gy/hr (ビジコン)、 10^3Gy/hr (パセコン)、 10^6Gy	10^3Gy/hr 、 10^6Gy
備 考								カラーフィルタで カラー化

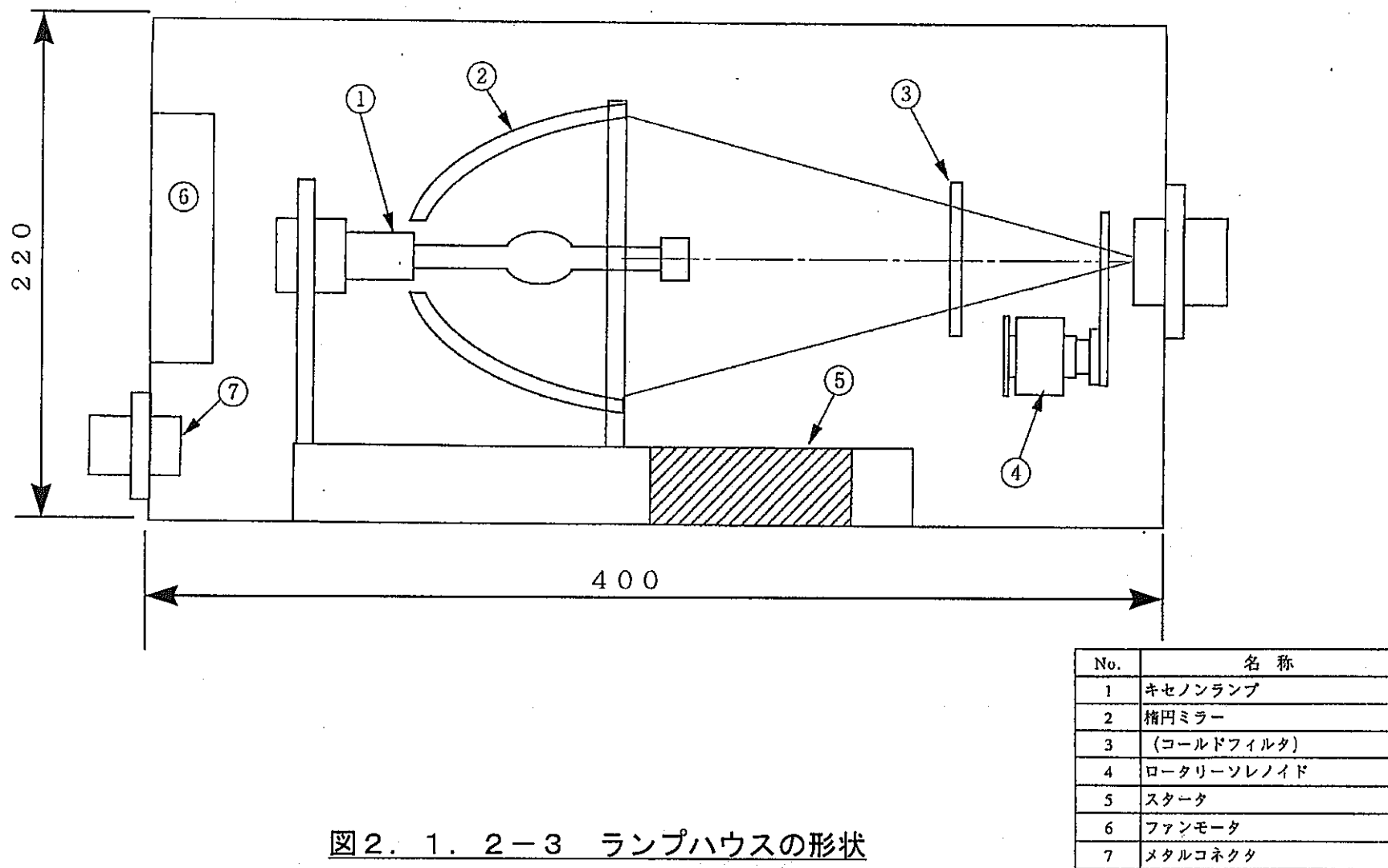


図 2. 1. 2-3 ランプハウスの形状

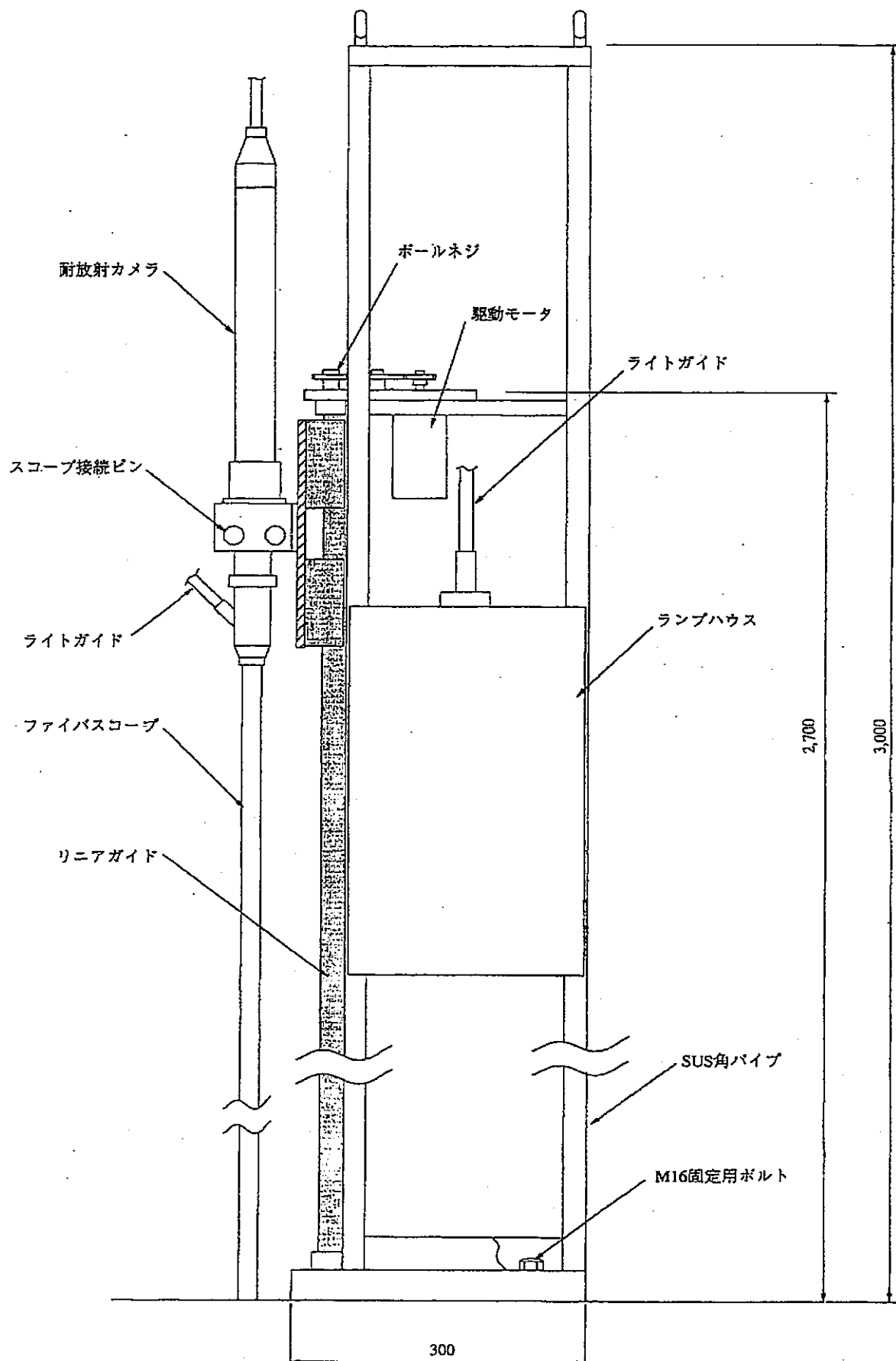


図2. 1. 2-4 ファイバースコープ駆動機構正面図

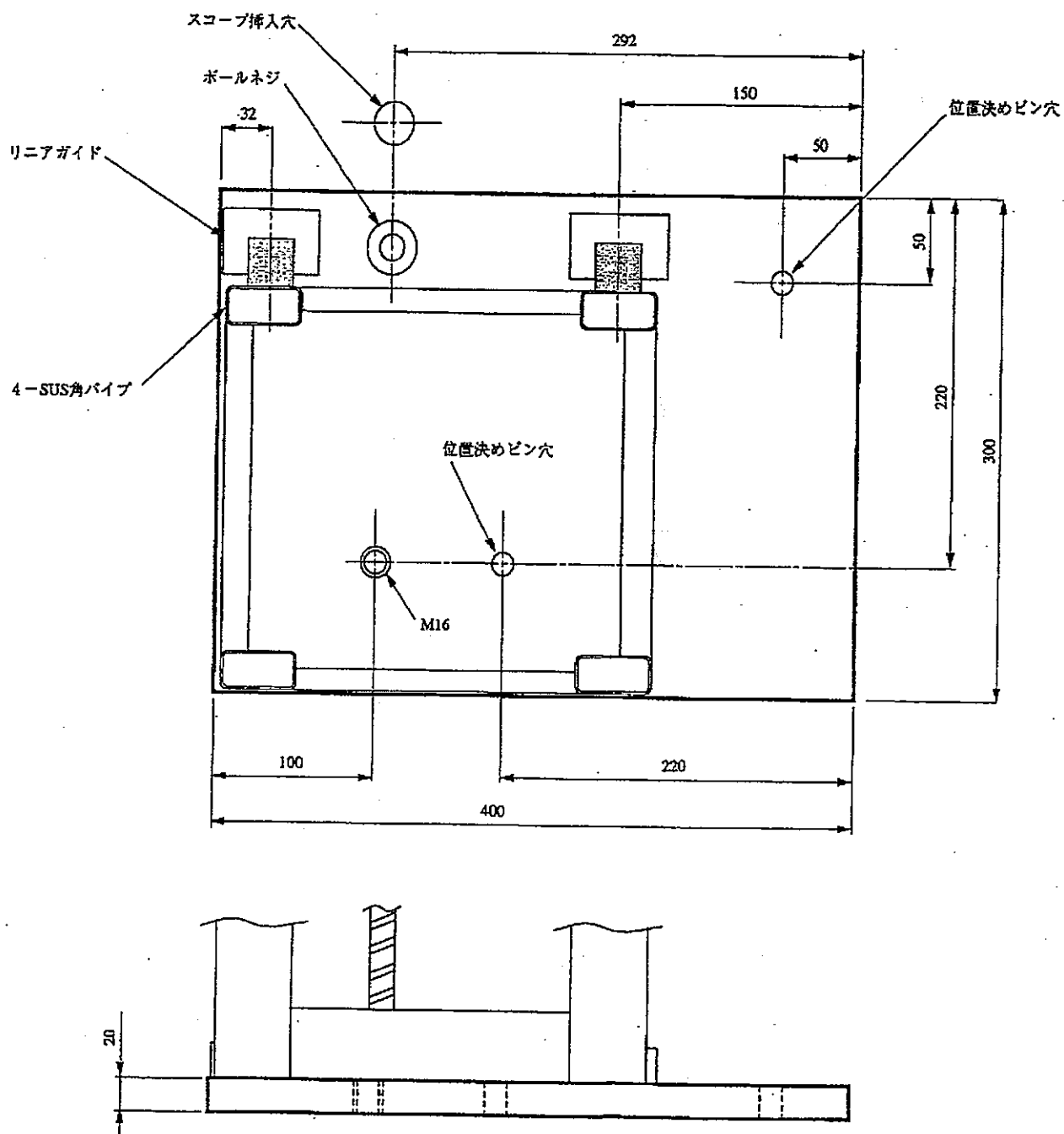


図2. 1. 2-5 ファイバースコープ駆動機構平面図

表 2. 1. 2-2 ケーブルの仕様

対象	機器仕様	芯数	ケーブル仕様
モータ	耐放ステップモータ	4	2.5 A 0.52 mm ² 以上
ブレーキ	DC無励時ON	2	DC24~75V
エンコーダ	アブソリュート	7	AC7V 6芯シールド
ランプハウス	300Wキセノン	11	AC100V、制御 0.75 mm ² 以上
テレビカメラ	CCU電源	28	AC100V 0.83 mm ² 以上、同軸ケーブル 3C相当、ツイストペア他

2. 1. 3 実機への反映検討

(1) 実機及び関連設備への反映項目抽出

表2. 1. 3-1に本システムの採用に伴う実機及び関連他設備への反映項目、設工認変更の有無、反映期限等をまとめ示す。また、表2. 1. 3-2に清澄試験機及び関連他設備の工程を示す。

本システム用予備ノズル(P8)については、ノズル形状及び位置を変更する必要がある、ノズル位置の変更については、設工認変更申請の必要がある。

可視化管台については、管台及びガイド管の洗浄機能追加に伴い、洗浄ライン及び洗浄スプレーの検討を実施し、実機へ反映する必要がある。尚、洗浄流量の増加の可否について、プロセス側の確認を行い調整を進めていくことが必要である。

ガイド管については、ガイド管及びガイド管底部に設置するドレン配管が、二種配管相当となることから、設工認変更申請等の作業が必要となると考えられる。

また、ガイド管及びガイド管上部に設置する閉止フランジ、ドレン管並びに実機ノズルとの取り合い、所掌等を決定していく必要がある。

ガイド管とラック側との配置・サポート取り合いについては、さらにラック側との詳細調整を実施し設計を進める必要がある。

通常、ガイド管は上部を遠隔フランジにて閉止され、観察時には遠隔操作にてフランジ取り外し及びファイバースコープ、カメラ、ケーブル等を含む駆動装置を据え付けるものとしており、当遠隔操作の要領について確認すると共に通常時の保管場所等について検討が必要である。

ラック内に設置するファイバースコープ、カメラ、駆動装置用のケーブルが追加となることから、当ケーブルのセル貫通プラグ、セル内中継端子箱、セル外中継端子箱への追加反映が必要となる。また、セル外ケーブルについては、セル外中継端子箱より清澄試験機現場制御盤及び現場制御盤より制御室へのケーブルへ追加することで反映検討が必要である。

セル外へは電源装置及びカメラ制御ユニット等を収納する現場盤を設けるか、あるいはこれらを清澄試験機現場制御盤内に収納するものとする。今後、収納機器等の具体的仕様の検討にあわせ現場制御盤他への反映が必要である。

制御室にはモニタ及び操作盤を設置する。今後のファイバー及び駆動装置等の詳細仕様検討に合わせ、操作盤の具体的仕様の検討及び配置・取り合い設計を実施する必要がある。

(2) 実機反映に係る課題

実機の製作（材料手配）着手は、全体工程再見直しに伴う検討・提案ベースでは、平成9年10月であり、これまでに実機設計を固める必要があり、内部観察システムの実機への反映については、遅くとも実機製作着手前の平成10年3月頃までに実施する必要がある。

また、取り合いの発生する関連設備側への反映についても、設備側の設計・製作工程をふまえ、調整・反映を実施する必要がある。

更に、本システムの採用に伴い必要により設工認変更申請を実施し、製作着手までに認可を完了していただく必要がある。

従って、内部観察システムについては、実機に係わる可視化管台、可視化ノズル部形状、ガイド管部等の仕様を、上記の通り平成10年3月頃までに決定する必要があるが、これらの要素は、ファイバースコープの操作性にかかわるものであり、仕様決定のためには、試作検証が必要である。

これより、来年度に上記要素及び光ファイバー部分についてこれを模擬する試作装置を製作し、ファイバーの駆動・挿入性等を確認しこれらの仕様を検証する必要があると考えられる。

なお、駆動装置の設計のためには、ファイバーの挿入・引抜き性の確認が必要であり、駆動装置を含む本システム設計上も上記試験検証が必要と考えられる。

表 2. 1. 3 - 1 内部観察システムの検討項目／実機への反映（1 / 2）

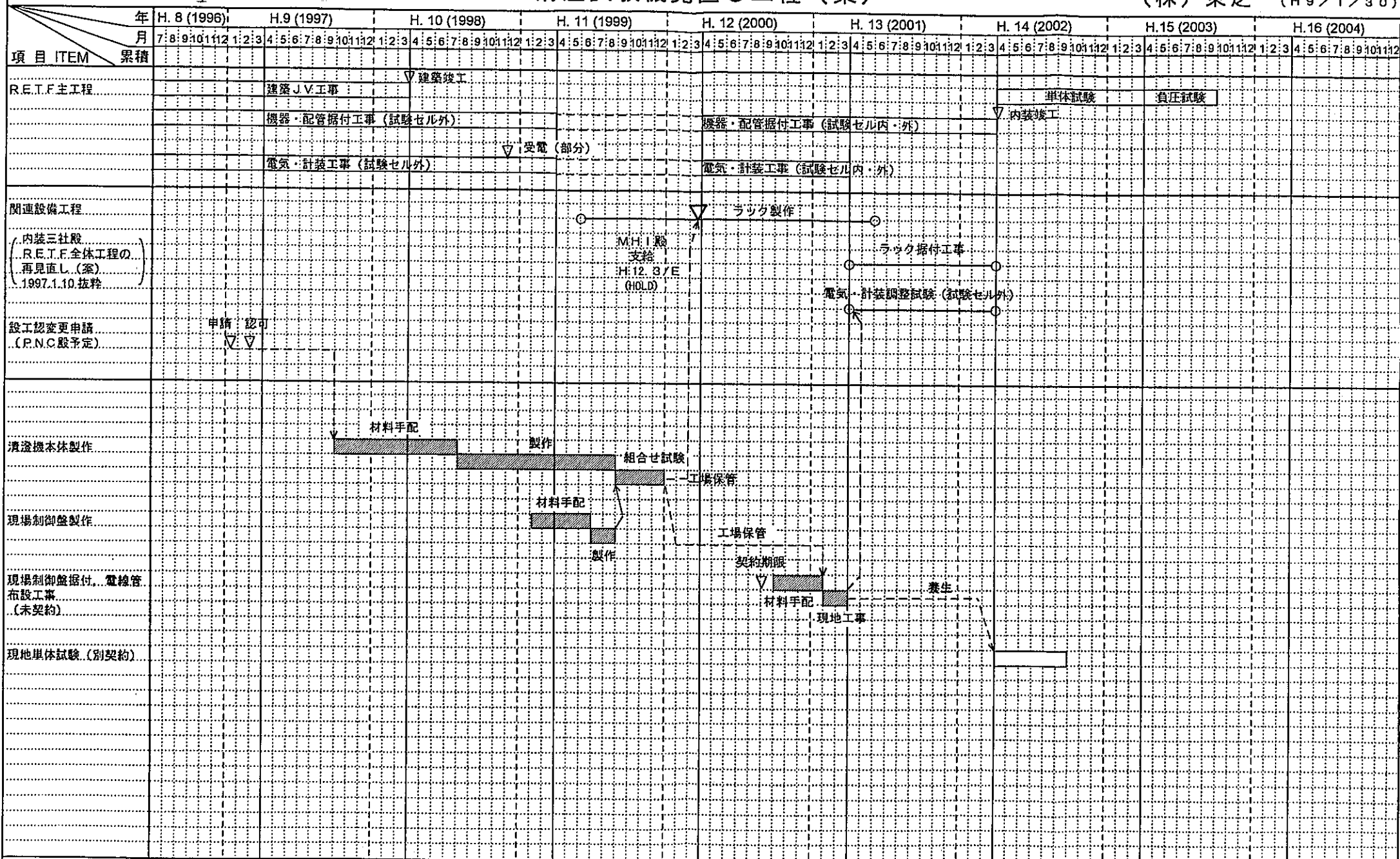
No	検討項目	内 容	実機反映要否決定期限	設工認変更	備 考
1	P 8 予備ノズル形状の決定	・ P 8 予備ノズルの位置、可視化管台及びガイド管との取合形状の決定	・ 清澄試験機本体材料手配前 (H 9. 9. E)	要 (変更届)	・ 済(96年度 基本設計)
2	洗浄およびドレン機能の追加	・ 可視化管台及びガイド管の洗浄用として、 洗浄スプレーラインの追加 ・ 洗浄流量の増加に伴う洗浄用タンク・スラリ 受槽容量などのプロセス側への反映 ・ ガイド管にドレンラインを追加	・ 清澄試験機本体材料手配前 (H 9. 9. E) ・ 清澄試験機本体材料手配前 (H 9. 9. E) ・ ラック製作開始前 (H 11. 5. E)	・ 不要 ・ 不要 ・ 要	・ 関連他設備 との調整要 ・ M H I 殿と の調整要
3	可視化管台形状の決定	・ スコープ観察方向、可視化管台の高さ、位置 決め方法の検討 ・ 洗浄スプレーの追加反映を含めた、可視化管 台部の試作・試験の実施	可視化管台材料手配前 (H 10. 3. E)	不要	・ 済(96年度 基本設計)
4	ガイド管詳細の決定	・ ガイド管形状・サポート方法等の決定 ・ ラック(1)への配置・取合調整 ・ 施工所掌の調整（閉止フランジ、ドレンライ ン含む）	ラック製作開始前 (H 11. 5. E)	要 (2種配管)	M H I 殿との 調整要

表 2. 1. 3 - 1 内部観察システムの検討項目／実機への反映（2 / 2）

No.	検討項目	内 容	実機反映要否決定期限	設工認変更	備 考
5	駆動装置構造の決定	・ 駆動装置の構造・形状、取付方法等の決定 ・ ラック(1)への配置調整	ラック製作開始前 (H 1 1. 5. E)	不要	M H I 殿との調整要
6	内部観察システムの制御	・ ボウル回転制御を含む駆動装置の操作方法の検討 ・ 制御装置の配置検討	現場制御盤材料手配前 (H 1 1. 1. E)	不要	
7	モニタ、操作盤の構成・配置	・ 信号取り出しに係る D C S 設計への反映 ・ 各機材類の配置検討	D C S 側設計工程による	不要	
8	試験セル内ケーブルの決定	・ 試験セル内ケーブル仕様の決定 ・ 遠隔コネクタ追加、セル貫通プラグ、中継端子箱取合への反映	セル貫通プラグ材料手配前 (H 9. 3. 2 1)	不要	
9	試験セル外ケーブルの決定	・ 試験セル外ケーブル仕様の決定 ・ 中継端子箱取合への反映 ・ ケーブルルートの検討	現場制御盤材料手配前 (H 1 1. 1. E)	不要	
10	駆動装置保管場所の調整	・ 駆動装置、ファイバーの保管場所の調整	駆動装置材料手配前	不要	
11	駆動装置の脱着・保守性の確認	・ 脱着・保守性の検討及び遠隔装置側の確認	駆動装置材料手配前	不要	

表2. 1. 3-2 RETF 清澄試験機見直し工程 (案)

(株) 東芝 (H9/1/30)



備考 REMARKS

改訂 No.	改訂日	承認	改訂者	承認	調査	担当	図面番号	DRAWING No.	改訂 No.
1									
2									
3									

2. 1. 4 まとめ

内部観察システムの基本設計を行うにあたり、試験セル内環境条件を基に、システムの使用・運転条件、設置・保守条件を定めた。

本システムの目的は、清澄試験機の運転に異常が認められた場合に、ボウル内部の固体成分除去状況を確認することであり、その運転条件としては、ボウル内部の固体成分排出が完了し、固体成分残留により想定される機器内温度上昇の危険性が排除された状態であることである。

また、設置・操作などは全てセル内遠隔保守機器により行い、装置構成・配置についても他設備に影響を与えないよう配慮する設計とした。

これらの設計条件を基にシステム検討を行った。

設計進捗による昨年からの変更点として次のものが挙げられる。

- ①ファイバースコープの操作は操作性・位置精度・速度制御などを考慮し、マニプレータではなく専用の駆動系を設けて遠隔手動とした。
- ②耐放射線性の観点から遮蔽付CCDではなく、耐放射線カメラを使用することとした。
- ③可視化管台部、ノズルへの固体成分付着についてはシールではなく洗浄にて対応する。そのため洗浄ラインとドレンラインを追加した。

また、内部観察システムの機能に関わる観察視野・範囲や光源装置について、目標対象範囲を明確にした上で具体的寸法を算出し、ファイバースコープなどの仕様を決定した。

システム検討を受けて、ファイバースコープ、可視化管台、光源、ファイバースコープ駆動機構、ケーブルなど各要素の基本仕様を具体的に検討し、設定した。

また、実機反映を考慮して、他関連設備との取合に関わる保守性、駆動機構レイアウトについて、配置上の反映検討要請および取合調整を実施し、内部観察システムの設置設計に関わる成立性を確認した。

なお、ケーブル仕様のセル壁貫通プラグへの反映は、プラグ製作設計工程を鑑み、実機反映への予備的措置として今期検討結果にて要求する。

今後は、内部観察システムの運転制御方法・取扱い方法の具体化、プロセス側との調整および反映要請、制御装置のレイアウトや駆動機構の保管場所など他設備との取合詳細調整を含めた設置方法の具体化、装置構成部品の耐放射線性の確認と補修・交換計画の策定など、詳細検討を進めていく予定である。

2. 2 運転診断システム

2. 2. 1 診断技術の検討

本運転診断システムに於いては、前年度までの調査・検討により固体成分の捕集量および捕集状況を推定する手段として、下記の①、②が有力であるとの結論を得ている。

本報告では、①、②の運転診断システムについて机上による基本設計を実施した。また、③として、動燃殿より提示して頂いた「固体成分捕集量と軸振動の関係」のデータより、固体成分捕集量を軸振動にて推定可能であるかを検討した。

- ①モータ負荷変化の検知 : 加速時のモータの負荷変化から固体成分の捕集量を推定する。
- ②軸振動の検知 : 回転中の振動の大きさ、位相の変化より固体成分の捕集アンバランス及びその方向を推定する。
- ③軸振動からの捕集量の推定 : 下部軸受位置の軸振動から、固体成分捕集量を推定する。

上記3項について、診断技術の検討を行ったので以下に述べる。

(1) モータ負荷変化の検知

清澄試験機は運転処理を続けていくとボウル内面に固体成分が捕集され、ボウルの慣性モーメントが増大する。また故意に回転数を変化（加速・減速）させたときのモータの発生トルクは、負荷の慣性モーメントに比例し、発生トルクが増大するとモータの電力も増大する。

本システムは、ボウル内の固体成分捕集量と加減速時のモータ電力の関係をあらかじめ求めておき、これをもとに清澄試験機運転時において、必要に応じて加減速運転を行い、そのときのモータ電力の変化から捕集量を推定するものである。

尚、先期検討結果では電流検出によって捕集量の推定を行うものであったが、本基本設計では次の2つの理由により、モータの電力から捕集量の推定を行うシステムに変更している。

理由1：理論的には捕集量と電力とが直接関係づけられること。

理由2：捕集量によるモータの電氣的量の変化が微少であり、モータ駆動装置の出力電圧変動等による影響を避ける為。

(a) 設計条件

基本設計に先立ち、設計条件を下記の通りとする。

条件1：R E T F 清澄試験機は、A C サーボモータを使用している。一般的に、インバータまたはサーボドライバで運転されるモータは、オプションにより回生抵抗器もしくは電源回生機構を設けずに急激な減速運転することはでき

ない。従って、本基本設計では、このようなオプションが付加されていない場合を考慮し、加速運転によって捕集量を推定するシステムについて基本設計を行う。

条件2：運転診断は、本清澄試験機の通常運転中に行うものとする。つまり定格回転速度 3000rpm を基準に行う。

条件3：捕集量を推定する場合の加減速時は、内容物（固体成分、液体成分等）が周方向に移動しないものとする。

条件4：固体成分の最大捕集量は 2.0kg とする。

条件5：本診断モードで清澄機を運転した場合、モータは加速開始時から最終到達回転数まで、一定の変化率で加速されるものとする。

(b) 捕集量とモータ電力の関係

モータを加速運転したときの固体成分の捕集量とモータ電力の関係を以下により試算する。

(ア) 計算式

モータ電力の計算は以下の式で行った。モータ発生トルク “T” は

$$T = \frac{G D^2}{375} \cdot \alpha \quad \dots \dots \dots (I)$$

モータ電力 “P” は

$$P = \frac{T \cdot \omega}{1000} + P_L \quad \dots \dots \dots (II)$$

ここで

T：モータ発生トルク [kg・m]

GD²：はずみ車効果 [kg・m²]

N：回転速度 [rpm]

ω：角速度 (ω = 2πN) / 60)

P_L：機械損

α：速度変化率 $\left(\frac{N_2 - N_1}{t} \right)$

N₁：初期回転速度

N₂：加速後回転速度

t：加速時間 [s]

定数：100 kg・m/s ≒ 1kW

である。

(イ) 捕集量とモータ電力の関係の試算

(Ⅰ) および(Ⅱ)式から、計算によって得られる電力は、回転系の GD^2 、加速時の速度変化率および回転速度によって影響を受ける。この内、回転系の GD^2 は求める固体成分の捕集量によって変化するパラメータである。ただし、最大捕集質量は 2.0kg とする。また回転数は、加速開始時から加速終了時まで変化しているが、計算評価上はきびしめに加速開始時回転数の 3000rpm 一定として試算する。

従って、試算上のパラメータは、固体成分捕集量と加速運転時の速度変化率とするが、速度変化率は表 2. 2. 1-1 に示すように、実機立ち上げ速度の $3000\text{rpm}/60\text{sec} = 50\text{rpm}/\text{sec}$ を最大とし、その $1/2$ 、 $1/3$ に付いて試算する。

また、固体成分の捕集量と回転系の GD^2 は表 2. 2. 1-2 に示す。

ここで、内容物とは固体成分、水、溶液等のことであり、内容物の GD^2 とは、これら全ての GD^2 の総計である。また、回転系全体とは、内容物の他ボウルや回転軸等構造物も含めた回転側全体のことであり、回転系全体の GD^2 とは、これら全ての GD^2 の総計である。

(ウ) 試算結果

図 2. 2. 1-1 に上記の式を使い計算を行った結果：「固体成分捕集量とモータ電力の関係」を示す。ただし、簡略化の為此での計算では、機械損を省略している。尚、過去の試験データより清澄機の機械損は 1 kW 程度と見込まれる。また、図 2. 2. 1-2 に、「固体成分捕集量とモータ電力の関係」から、固体成分捕集量 0.0kg の時を基準として、各捕集量の場合の電力変化を計算した結果：「固体成分捕集量とモータ電力変化の関係」を示す。速度変化率は、モータ容量を限界とするので実機立ち上げ速度を目安に $3000\text{rpm}/60\text{sec} = 50\text{rpm}/\text{sec}$ を最大として計算を行なった。

これらの結果から、加速に必要なモータ消費電力は、最大でも $50\text{rpm}/\text{sec}$ の速度変化率で約 3 kW である。また、固体成分の捕集量増加に伴うモータ電力の増分は、最大でも $50\text{rpm}/\text{sec}$ の速度変化率で約 0.1 kW の変化であり、モータ定格容量 (5.5 kW) に対して 1.8% 程度である。

固体成分の捕集量を検出しようとした場合、種々の制限もあるが単純に固体成分の量がどの程度であるか分かるためには、概ね 10% 程度の分解能で検出する必要があると考える。従って、1.8% の $1/10$ 、即ち本診断システムに要求される精度は、モータ定格容量をフルスケールとして、0.18%FS. 以上が必要になる。実際にはこれに設計上の安全率も見込み 0.1%FS. の精度が得られるようなシステムとしなければならない。

(2) 軸振動の検知

清澄試験機では運転処理を続けていくとボウル内面に固体成分が捕集されるが、この固体成分が場合によってボウルの内周面に一様に捕集されず、ある特定の方向に偏って捕集（偏積）されることが考えられる。また本清澄機では、処理運転終了後に捕集した固体成分を洗浄するが、この場合、固体成分が完全に洗浄されない場合も考えられる。この時回転体の重心と回転中心がずれ、ボウルを回転させたときにアンバランスが発生する。回転体にアンバランスが発生すると、アンバランスの量に応じて回転速度に同期した軸振動が発生する。

本システムは、この軸振動をセンサにて検出し、あらかじめ求めた軸振動量と固体成分のアンバランス状況の関係から、捕集状況を推定するものである。

(a) 設計条件

条件1：本システムにより捕集状況の推定を行う場合、清澄試験機の回転速度は定格回転速度(3000rpm)とする。

条件2：捕集量を推定する場合の加減速時は、内容物（固体成分、液体成分等）が周方向に移動しないものとする。

条件3：固体成分の最大捕集量は2.0kgとする。

(b) 捕集物のアンバランスと軸振動の関係（偏重付加時の振動応答計算）

(ア) 計算モデル

機器設計計算書（TR-R43F00-TOS-0038-1、1994年12月12日発行）に示すように、本清澄試験機の曲げモードの危険速度は10900rpmであり、定格回転速度の3000rpmとは十分離れている。従って、本清澄試験機に生じる振動は剛体振動と考え、図2.2.1-3に示すようなバネ・マスモデルを用いて振動応答計算を行う。

(イ) 計算式

清澄試験機の振動に関する運動方程式は1自由度の剛体の微小振動の場合、次の(Ⅲ)式で表される。

$$J\ddot{\theta} + CL_1^2\dot{\theta} + kL_1^2\theta = L_2\Delta mR\omega^2 e^{j\omega t} \dots\dots\dots (Ⅲ)$$

(Ⅲ)式の左辺第一項は慣性力、第二項は減衰力、第三項はバネによる復元力、右辺は不釣り合い遠心力荷重による外力をそれぞれ示す。

(Ⅲ)式を角変位 θ について解き、角変位の振幅(0-peak) Θ を求めると、

$$\Theta = \frac{L_2 \Delta m R \omega^2}{\sqrt{(k L_1^2 - J \omega^2)^2 + (C L_1^2 \omega)^2}} \dots \dots \dots (IV)$$

が得られる。一方、角変位の振幅 Θ と任意の位置 L_3 での変位振幅 X との関係は、

$$X = L_3 \Theta \dots \dots \dots (V)$$

にて表されるので、(IV) (V) の式より

$$X = \frac{L_2 L_3 \Delta m R \omega^2}{\sqrt{(k L_1^2 - J \omega^2)^2 + (C L_1^2 \omega)^2}} \dots \dots \dots (VI)$$

が得られる。従って、測定される軸変位の大きさとアンバランスの関係は、

$$\Delta m = \frac{X \cdot \sqrt{(k L_1^2 - J \omega^2)^2 + (C L_1^2 \omega)^2}}{L_2 L_3 R \omega^2} \dots \dots \dots (VII)$$

となる。

ここで得られたアンバランス質量 Δm は、初期アンバランス（回転軸系のアンバランス） Δm_1 と固体成分捕集状況によって生じたアンバランス質量 Δm_2 のベクトル和になる。図2. 2. 1-4に示すように、(VII)式によって得られた Δm より、事前に測定しておいた初期アンバランス Δm_1 をベクトル減算することにより、固体成分捕集状況に伴うアンバランス量と位相差（回転パルス位置からの周方向角度）を得ることができる。

ベクトル演算式は、

$$\Delta m_2 = \sqrt{(\Delta m \cdot \cos \theta - \Delta m_1 \cdot \cos \theta_1)^2 + (\Delta m \cdot \sin \theta - \Delta m_1 \cdot \sin \theta_1)^2} \cdot (VIII)$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{\Delta m \cdot \sin \theta - \Delta m_1 \cdot \sin \theta_1}{\Delta m \cdot \cos \theta - \Delta m_1 \cdot \cos \theta_1} \dots \dots \dots (IX)$$

ここで、

L_1 : 上部軸受から下部軸受までの距離	ω : 回転軸の回転速度
L_2 : 上部軸受から不釣り合い位置までの距離	R : 不釣り合い半径
L_3 : 上部軸受から任意の位置までの距離	k : 下部軸受部支持剛性
C : 下部軸受部減衰係数	Δm : アンバランス質量
J : 回転軸回りの慣性モーメント	Δm_1 : 初期アンバランス質量
Δm_2 : 固体成分捕集状況によるアンバランス質量	θ : 回転パルスとの位相差
θ_1 : 初期アンバランスの位相差	θ_2 : 固体成分捕集状況による位相差

である。

(ウ) アンバランス応答の試算結果

アンバランス質量がボウルの内側上端部(ケースA)および内側下端部(ケースB)に集中して付着した場合について、ボウルの外側下端部、ボウルの外側上端部及び下部軸受センサ取付け位置での各軸変位を上記計算式により試算した。計算に用いた数値は表2. 2. 1-3に、また寸法の外略は図2. 2. 1-5に示す通りである。ただし、本計算では捕集固体成分が2.0kg溜まっているとして、アンバランス質量のみ変化(0.00kg~0.06kg)させて計算を行った。

ケースAの計算結果を図2. 2. 1-6に、ケースBの計算結果を図2. 2. 1-7に示す。

図2. 2. 1-6および図2. 2. 1-7は初期アンバランスをゼロとした場合の計算結果で、初期アンバランスがゼロであるから位相差は単純にアンバランス位置を示すので、省略している。

計算結果によれば、アンバランス質量60g(MAX)時の下部軸受センサ位置の軸変位は、ケースAで、0.053mm0-P、ケースBで0.075mm0-Pとなり、ケースAの方が検出感度が悪いことが分かる。

以上の計算結果から、感度が悪いケースAにおいても、アンバランス質量を10gの分解能で検出するには、軸振動を0.009mm0-P以上の精度で検出すれば良いことが分かる。

(エ) スリーブシャフト構造の影響

RETF清澄試験機は、スリーブシャフト構造が採用されており、シャフトとスリーブ間に約40 μ m程度の隙間がある。従って、シャフトは上部軸受位置を支点として隙間内を自由に動くことが出来る。しかし、シャフトが持つ初期アンバランスにより、かなり低い回転数でシャフトがアンバランス方向に振れスリーブに接触してしまい、スリーブと一体化すると考えられる。

一方本軸振動の検知では、定格回転数(3000rpm)一定回転数で評価するもので

あるから、この状態では既にスリーブとシャフトは接触して回転しており、前記したモデルによる振動計算で十分と考える。

(オ) 下部軸受部剛性の影響

清澄試験機の下部軸受部の指示剛性は、下部軸受（ボールベアリング）の剛性に比べてメッシュバネの支持剛性が非常に小さくなっており、上部軸受に比して柔らかく支持されている。

このように下部軸受部はメッシュバネの支持剛性の影響が大きいことから、下部軸受部の支持剛性はすなわちメッシュバネ支持剛性として考えることができる。

メッシュバネの支持剛性は、振動計算書（DT-R43RTD-TOS-0018-0 1993年12月20日発行）により、清澄試験機のシャフト系固有振動数が6 Hz程度となるバネ定数 40 kgf/mmとして求められている。

これは、構造検討書（DT-R43RTD-TOS-0015-0 1993年12月20日発行）での検討結果である固有振動数10 Hz以下とする必要性和合致するが、仮にシャフト系固有振動数が10 Hzまで変化する支持剛性（バネ定数 112 kgf/mm）の設定となった場合でも振動変位の変化は0.9 μ m 0-Pであり、十分無視できるものである。

理由として清澄試験機の1次危険速度（約356 rpm：6 Hz）に対し、定格回転速度（3000 rpm：50 Hz）が大きく離れているため、定格回転時における下部軸受部（メッシュバネ）支持剛性の影響が非常に小さくなっているものと思われる。

これらから、軸振動の検知を行うにあたり下部軸受部の剛性は影響しないものとする。

(3) 固体成分捕集量の軸振動検知

(a) 設計条件

条件1：本システムにより捕集状況の推定を行う場合、清澄試験機の回転速度は定格回転速度（3000rpm）とする。

条件2：捕集量を推定する場合の加減速時は、内容物（固体成分、液体成分等）が周方向に移動しないものとする。

条件3：固体成分の最大捕集量は2.0kgとする。

(b) 固体成分捕集量と軸振動の関係（固体成分捕集時の振動応答計算）

(ア) 計算モデル

振動応答計算では、2.2.1.(2)項 軸振動の検知と同様にバネ・マスモデルを用いて計算する。よって、モデルも図2.2.1-3と同じとする。

(イ) 計算式

計算式も (VI) 式より、 Δm を初期アンバランス一定として、捕集固体成分がボウル内で均一に堆積すると仮定し、捕集固体成分量に比例して慣性モーメント J が増加するため、変位振幅 X が変化する。ここで、固体成分捕集量の変化に伴う変位振幅は、(VI) 式で求められる。

$$X = \frac{L_2 L_3 \Delta m R \omega^2}{\sqrt{\left(k L_1^2 - J \omega^2\right)^2 + \left(C L_1^2 \omega\right)^2}} \quad \dots \dots (VI)$$

ここで、

L_1 : 上部軸受から下部軸受までの距離

ω : 回転軸の回転速度

L_2 : 上部軸受から不釣り合い位置までの距離

R : 不釣り合い半径

L_3 : 上部軸受から任意の位置までの距離

k : 下部軸受部支持剛性

C : 下部軸受部減衰係数

Δm : 初期アンバランス質量

J : 回転軸回りの慣性モーメント

である。

(ウ) 固体成分捕集時の振動応答計算結果

上記 (VI) 式を用い、初期アンバランス量を 60 g 一定とし、固体成分捕集量を 0.0 kg ~ 2.4 kg まで変化させ、捕集固体成分はボウル内で均一に堆積したと仮定した場合の軸振動の変化を求めた。その結果を図 2. 2. 1-8 に示す。

計算結果より、固体成分捕集量 0.0 kg 時と 2.0 kg 時の下部軸受位置での振動変位は、 $78 \mu m^{0-P}$ ~ $75 \mu m^{0-P}$ と $3 \mu m^{0-P}$ しか変化しないことが分かった。よって、計算結果から、固体成分捕集量と軸振動は直接的な関係はないものと思われる。従って、実際の清澄試験機では、固体成分が偏積して捕集されている可能性が高い。この関係を机上の計算により求めることは、個々の機器において、機械的特性 (軸の偏芯、捕集固体成分の分布等)、または固体成分の特性 (粒子形状、溶液の濃度等) が異なるので非常に困難である。

(c) 固体成分捕集量と軸振動の関係データ (動燃殿より入手) の検討

現状では、実際に固体成分がどのように堆積するのか、または固体成分溶液がどのような状態 (特性) で清澄試験機に流入してくるのかが不明であり、机上計算によって関連付けることは困難である。

また、動燃殿より提示して頂いた固体成分捕集量と軸振動の関係の資料からも、溶液の種類 (粒径分布) によって図 2. 2. 1-9 ~ 図 2. 2. 1-11 のように特性カーブが異なり、軸振動データから固体成分捕集量を推定するには、データの蓄積が必要であると考えられる。

上記のように現状の机上検討では、軸振動から固体成分捕集量を推定することが非常に困難であるが、実際の清澄試験機において軸振動及び固体成分捕集量のデータを蓄積し、清澄試験機の機械的な特性（軸の偏芯、捕集固体成分の分布等）と固体成分溶液の特性の間に相関を見出すことができれば、実現可能な方法であると考ええる。

表 2. 2. 1-1 計算パラメータ

ケースNo.	速度変化率 : α
1	50 rpm/sec (3000rpm/60sec)
2	25 rpm/sec
3	(50/3) rpm/sec

表 2. 2. 1-2 固体成分捕集量と回転系の GD^2

固体成分捕集量 (質量 kg)	内容物の GD^2 ($kg \cdot m^2$)	回転系全体の GD^2 ($kg \cdot m^2$)
0.0	1.078391	6.888391
0.5	1.140699	6.950699
1.0	1.202822	7.012822
1.5	1.264761	7.074761
2.0	1.326516	7.136516

表 2. 2. 1-3 数 表

項 目		記 号	ケース A	ケース B
上部軸受から下部軸受までの距離		L 1	0.32m	
上部軸受から不釣り合い位置までの距離		L 2	0.58m	0.83m
計算位置 L 3	上部軸受から下部軸受 センサまでの距離		0.220m	
	上部軸受からボウル 外側上端部までの距離		0.559m	
	上部軸受からボウル 外側下端部までの距離		0.880m	
回転軸の角速度		ω	314rad/sec	
不釣り合い半径		R	0.200m	
下部軸受支持剛性		k	3.92E+05N/m $\rightarrow$ 40kgf/mm	
下部軸受減衰係数		C	2.45E+03N $\cdot$ sec/m $\rightarrow$ 0.25kgf $\cdot$ sec/mm	

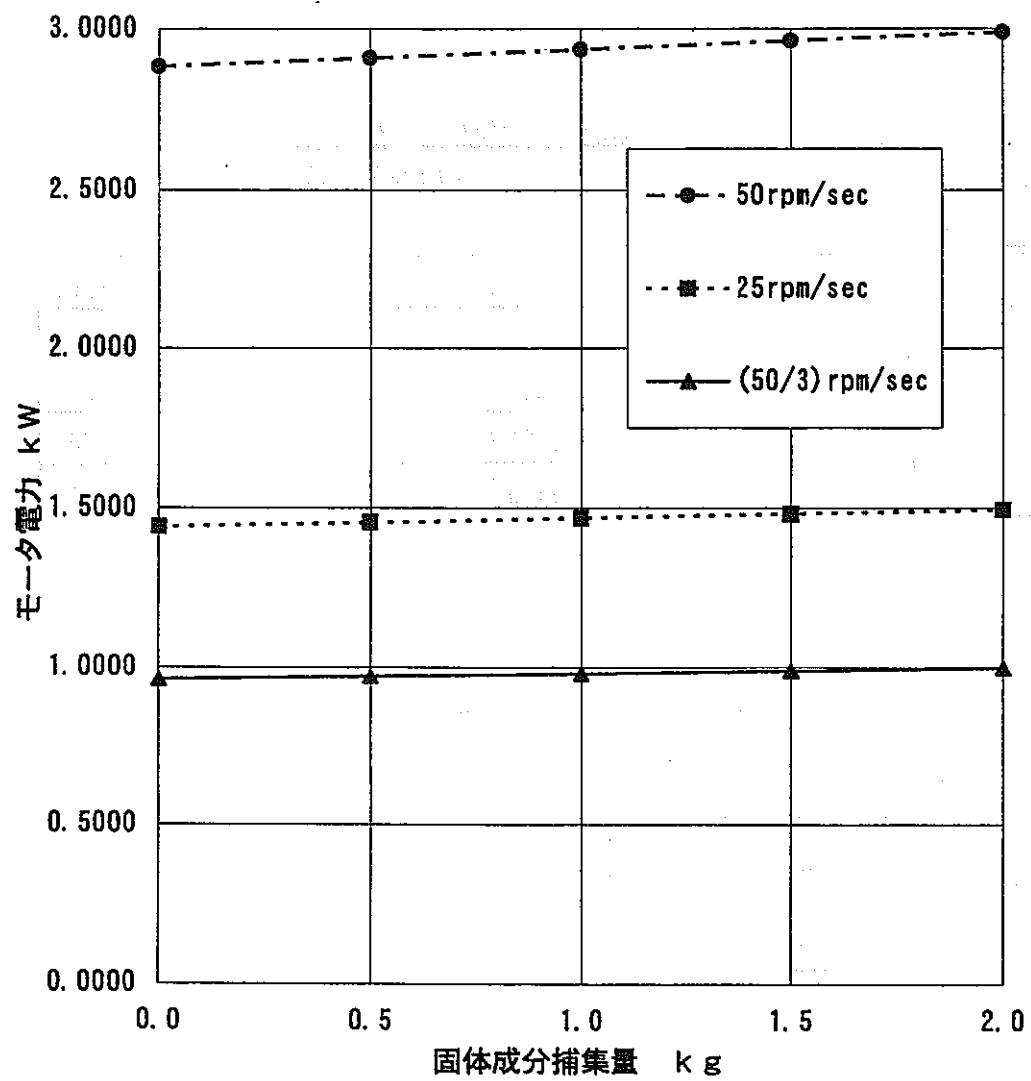


図 2. 2. 1 - 1 固体成分捕集量とモータ電力の関係

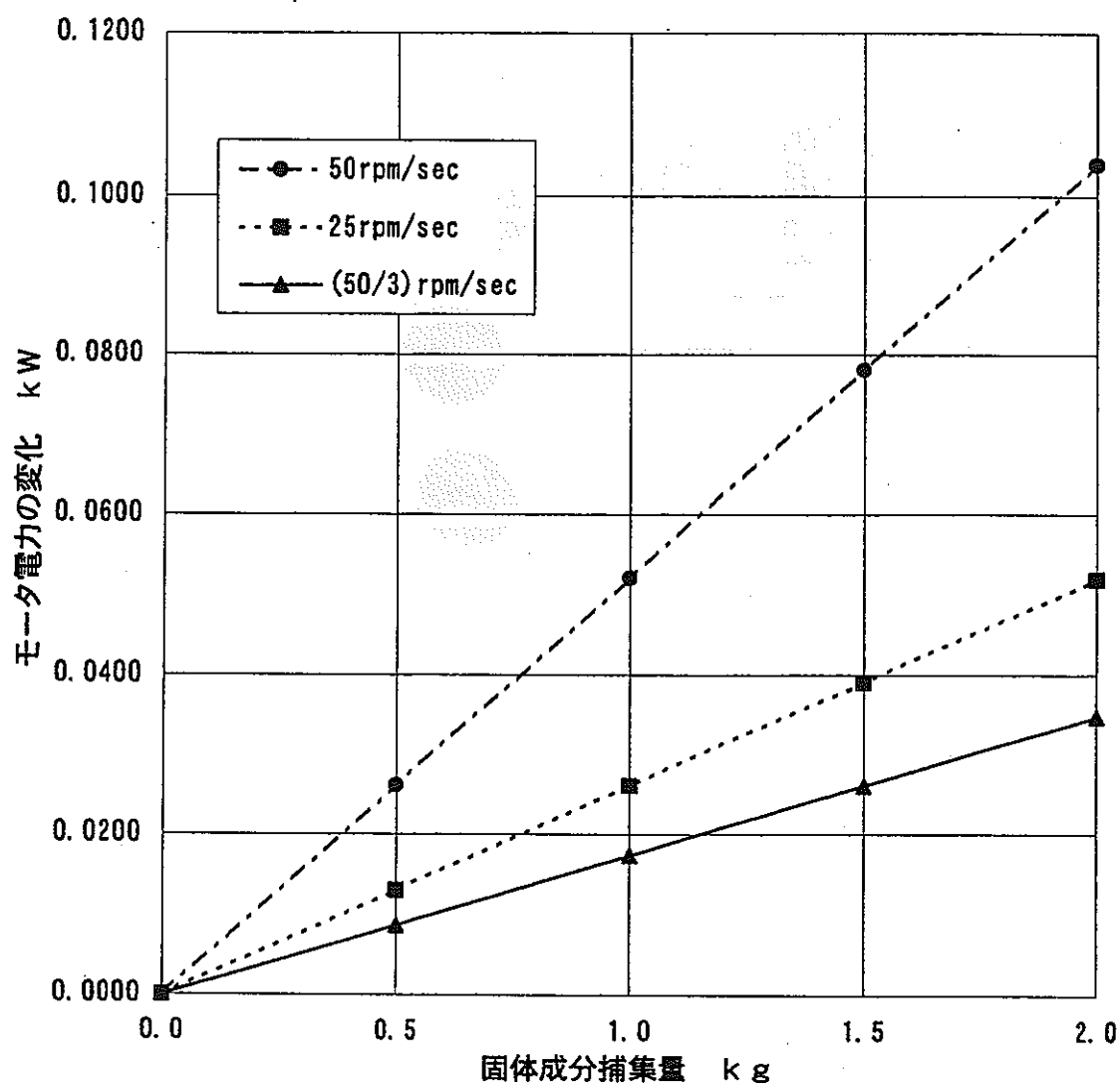
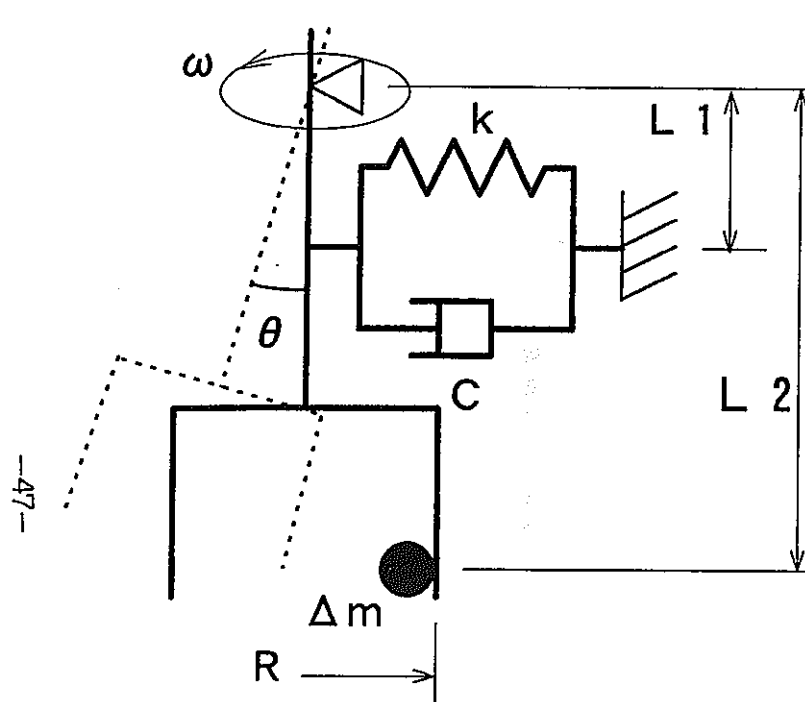


図 2. 2. 1 - 2 固体成分捕集量とモータ電力変化の関係



モデル化
→

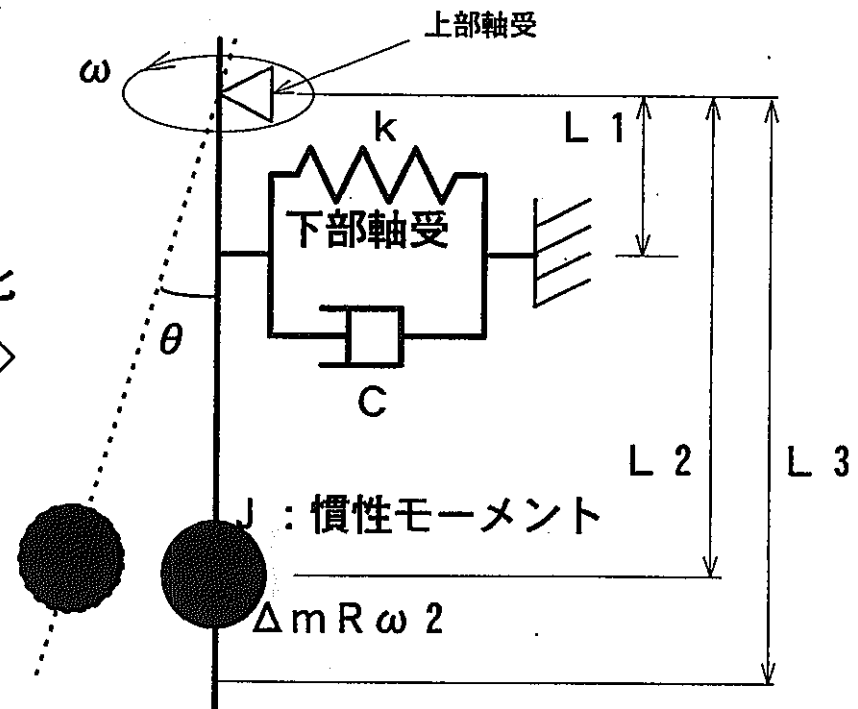


図 2. 2. 1 - 3 振動計算モデル (バネ・マスモデル)

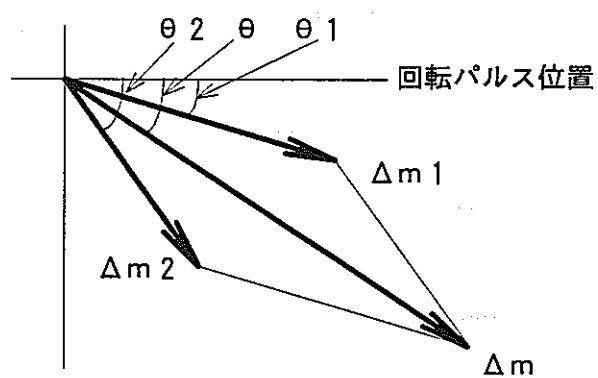


図 2. 2. 1 - 4 各アンバランスの大きさと位相関係

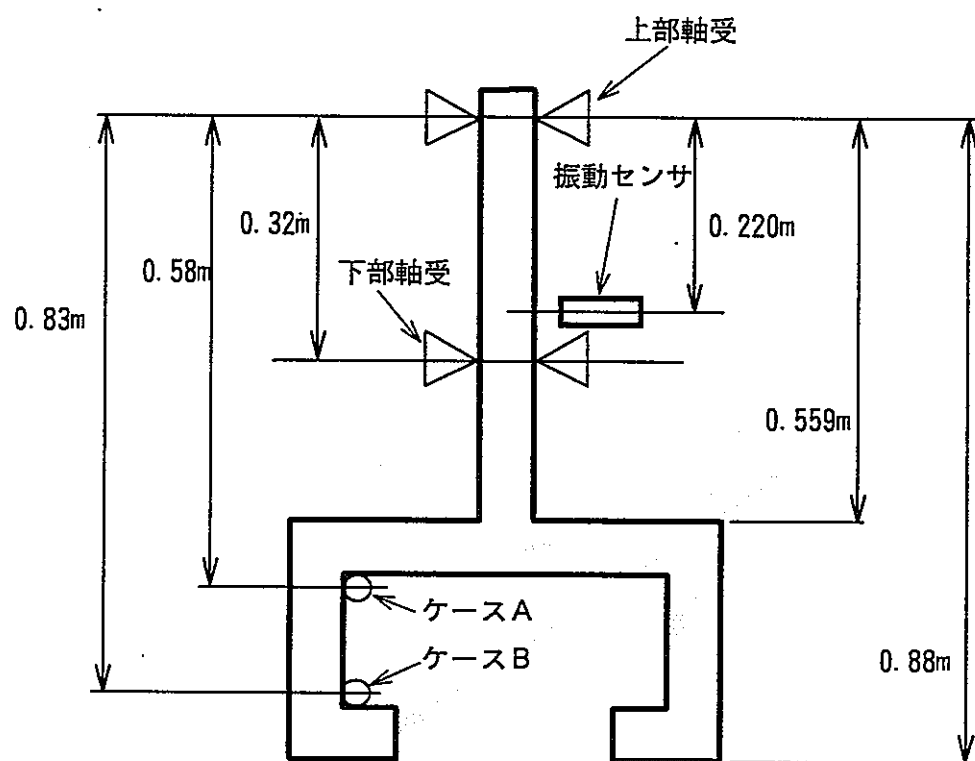


図 2. 2. 1 - 5 寸法外略図

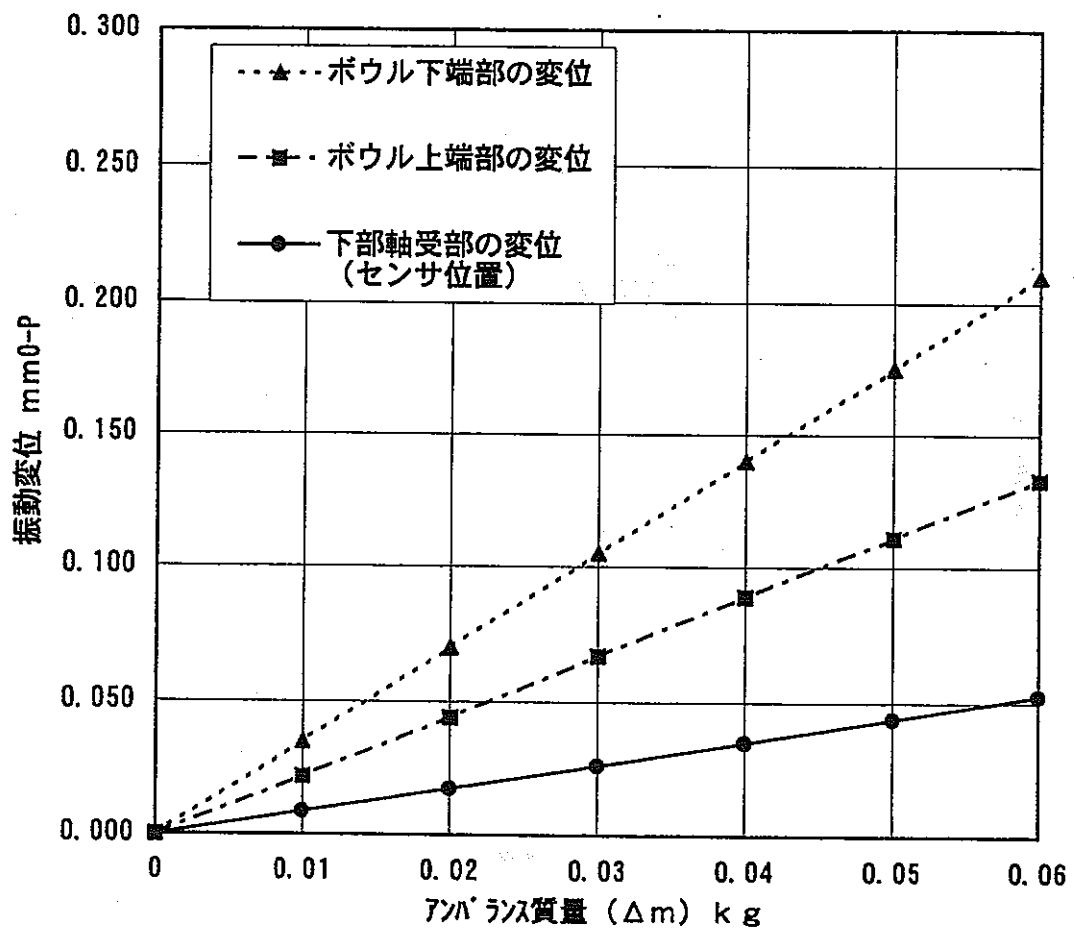


図2. 2. 1-6 アンバランス質量と軸振動の関係 ($L_2 = 0.58\text{ m}$)

CASE A

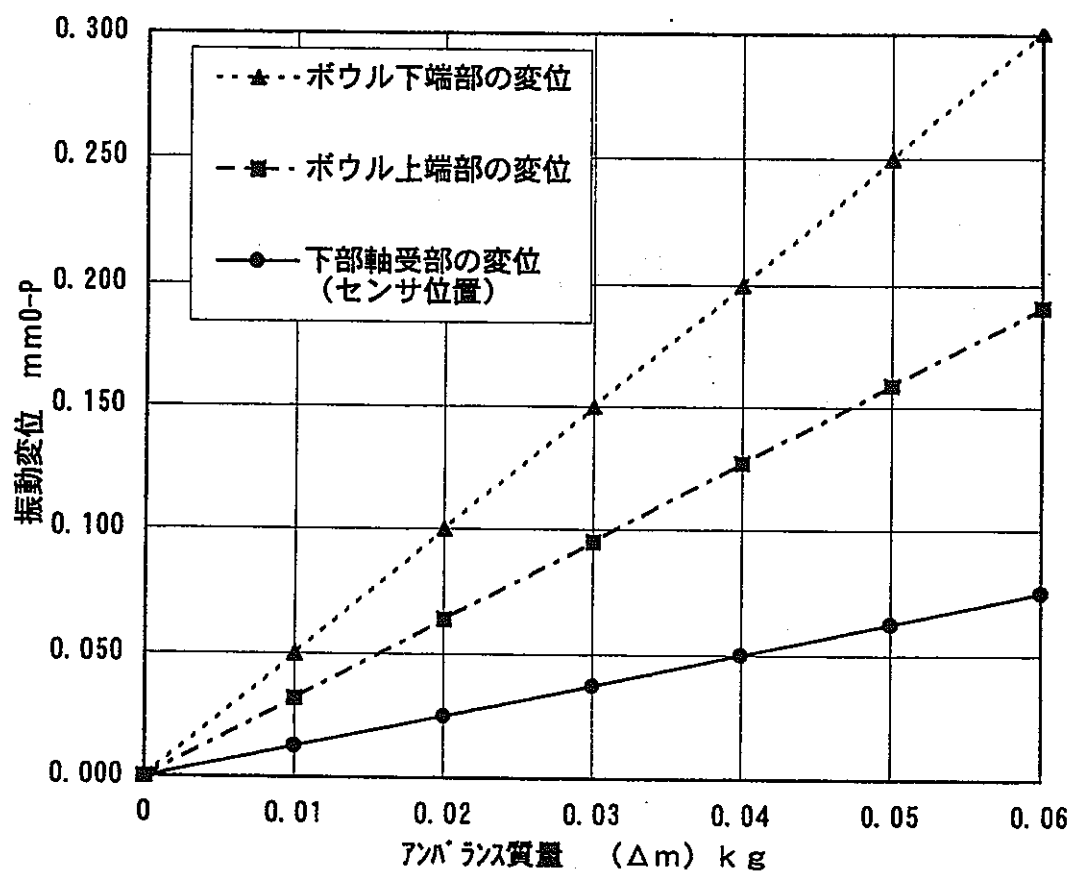


図 2. 2. 1-7 アンバランス質量と軸振動の関係 ($L_2 = 0.83 \text{ m}$)
CASE B

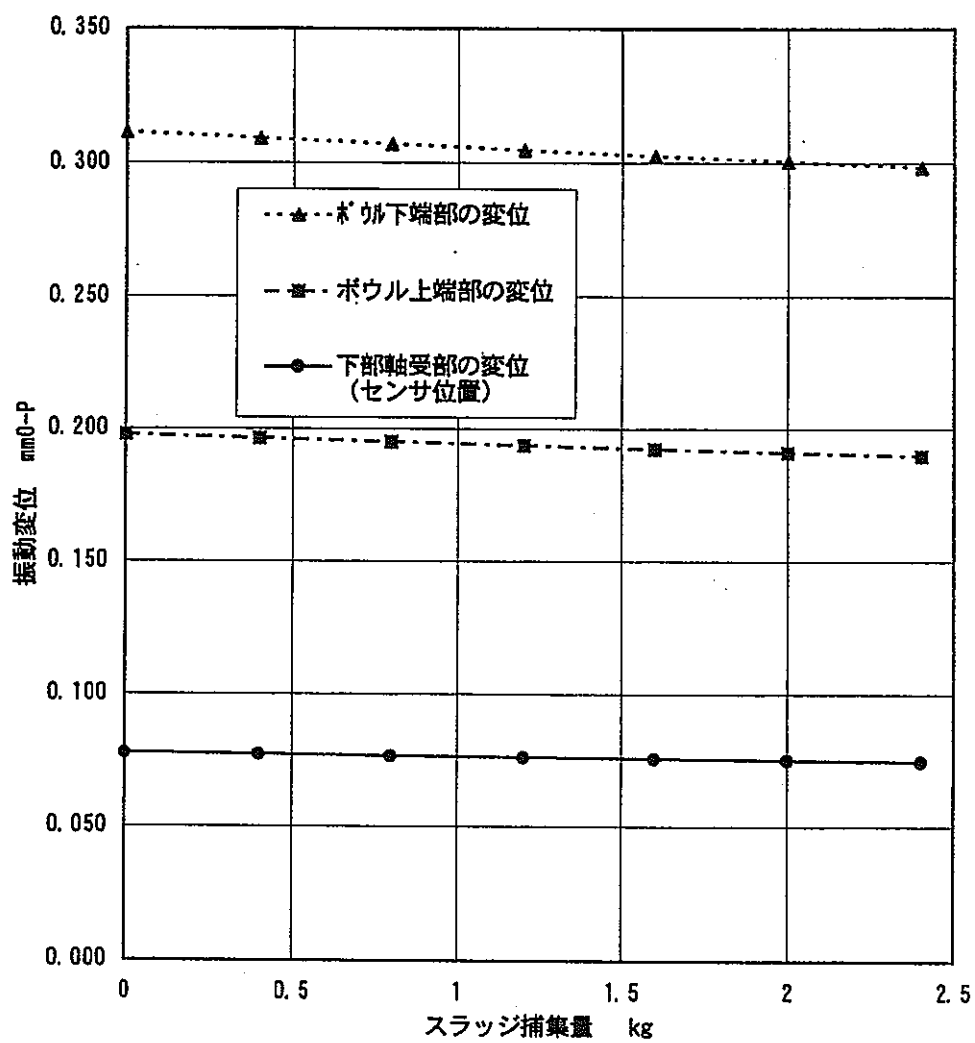


図 2. 2. 1 - 8 固体成分捕集量と軸振動の関係（振動応答計算結果）

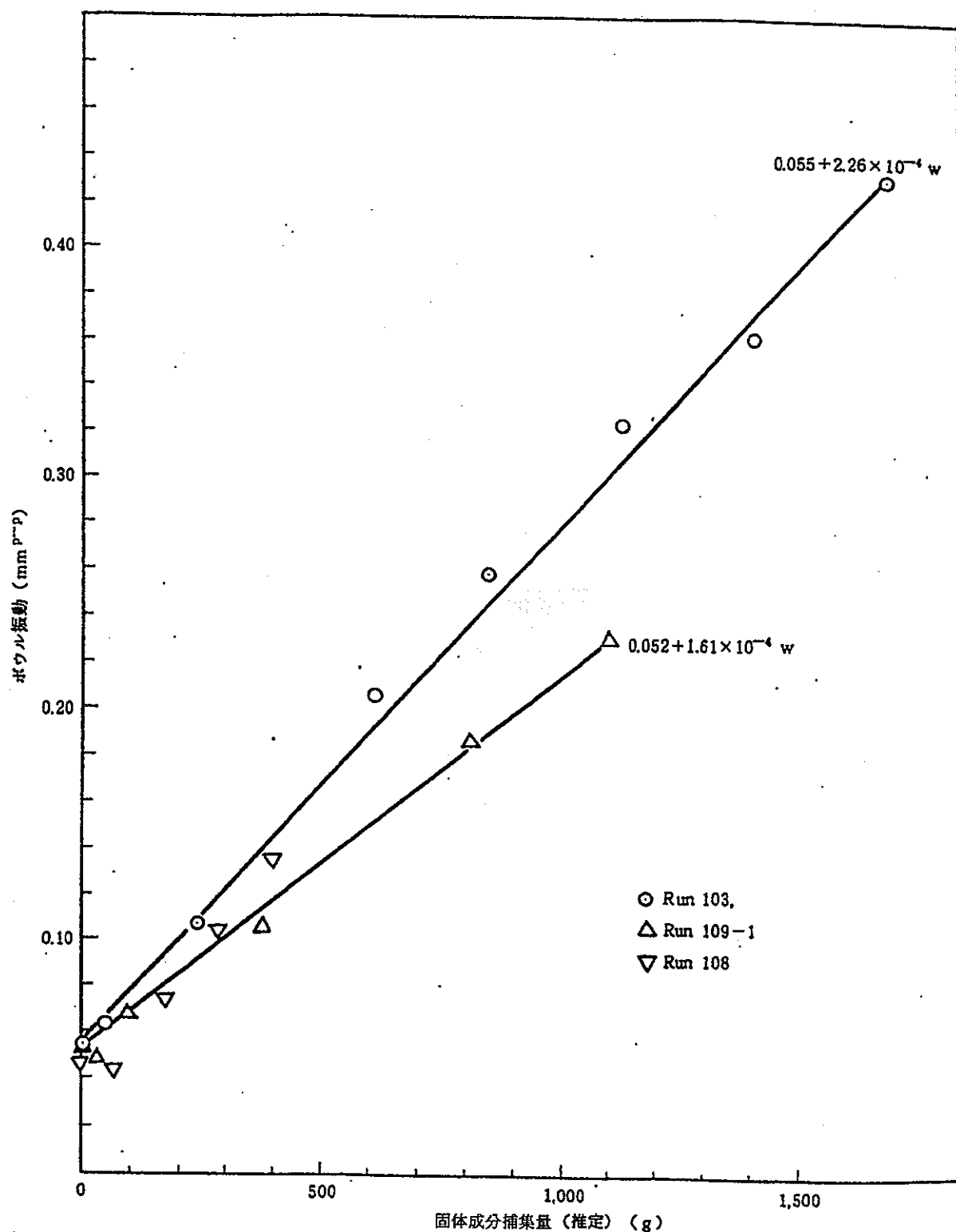


図 2. 2. 1-9 ボール振動に対する固体成分捕集量の影響 (3000 rpm)
(モータ駆動、ボール振動が捕集量に比例して増大)

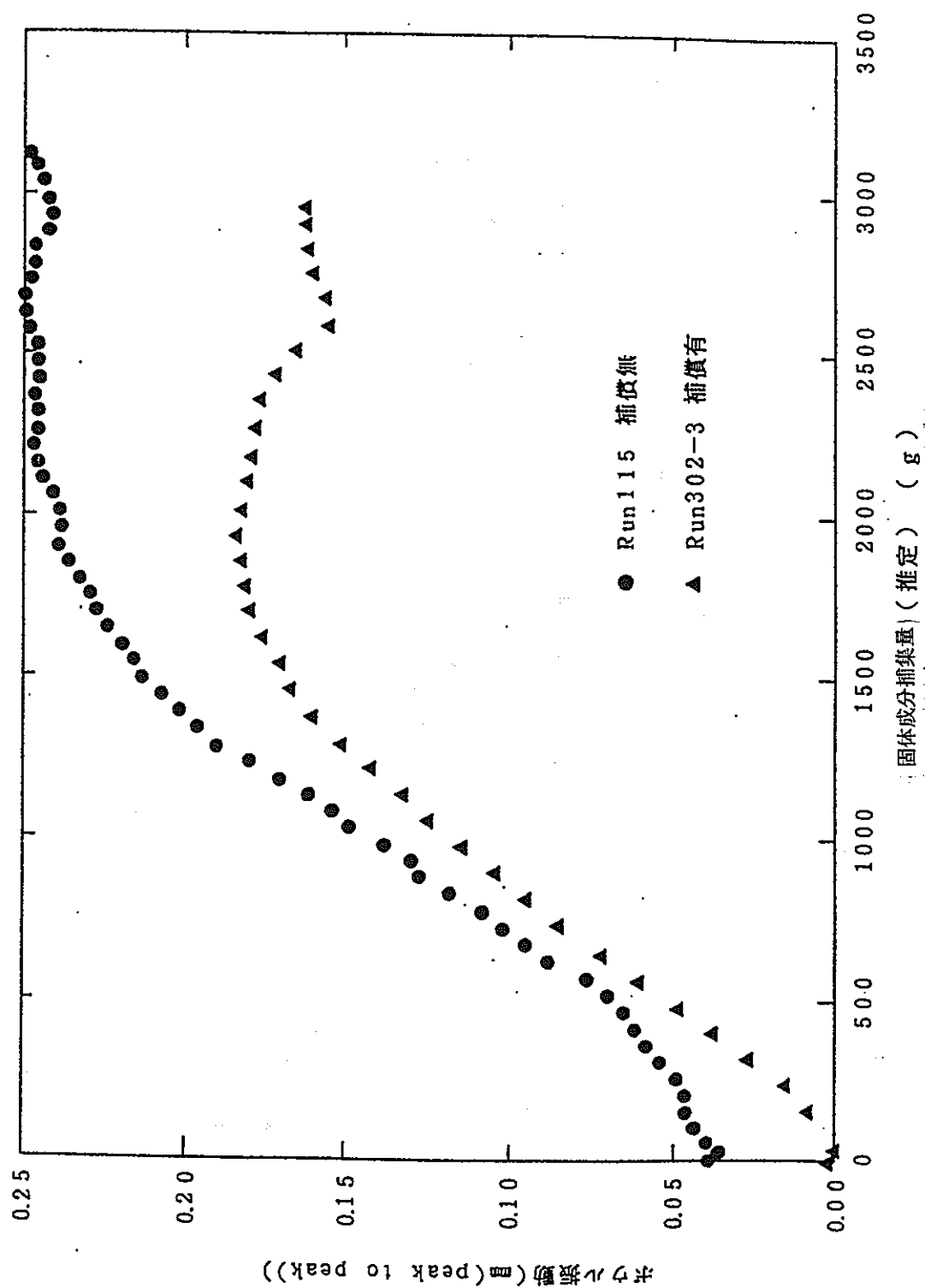


図2. 2. 1-10 ボウル振動に対する固体成分捕集量の影響 (回転数3000rpm)
(エアータービン駆動、ボウル振動の増大傾向が捕集量2kg程度から飽和する傾向)

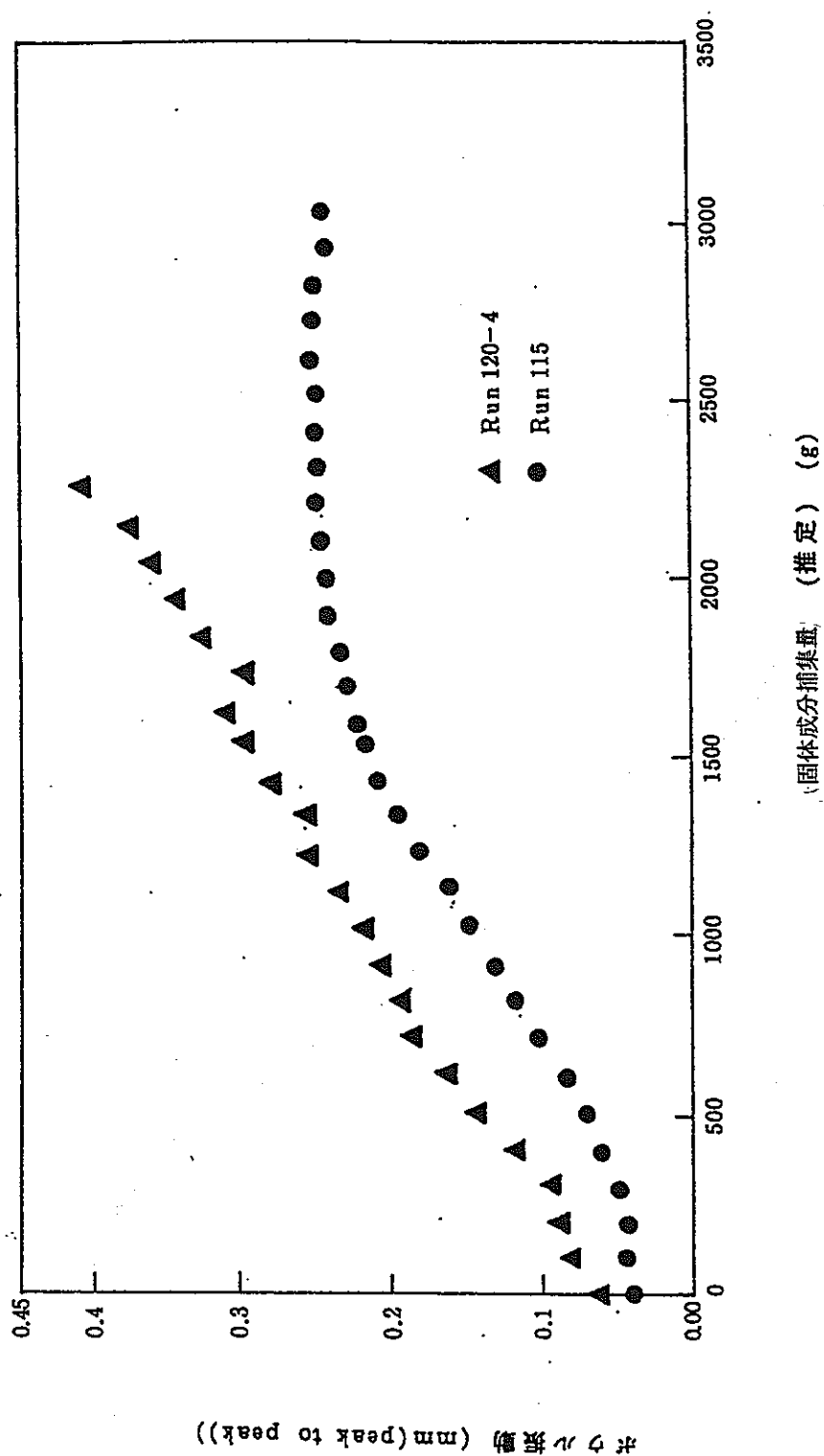


図2. 2. 1-1.1 固体成分捕集量に対するボウル振動幅 (回転数 3000 rpm)
 (エアービン駆動、ボウル振動の飽和傾向が見られず、捕集量増加に伴い振動が増大。
 また、試験によって差がありすぎるため、捕集量検知パラメータとして用いることが
 難しい。)

2. 2. 2 運転診断システムの検討

(1) モータ負荷変化の検知

(a) システム構成

モータ負荷変化の検知では、モータ電力、回転数および回転数の変化率を測定することにより、捕集した固体成分の量を推定する。図 2. 2. 2-1 にシステムの概要を示す。

また、本システム構成を図 2. 2. 2-2 に示す。

清澄試験機は、ACサーボモータで駆動されており、モータ電力はモータの電流と電圧を電力トランスジューサまたは高精度電力計に入力することにより検出する。この時、電流は変流器(CT)を介し、また電圧は直接電力トランスジューサまたは高精度電力計に入力する。尚、先期の検討結果ではACサーボドライバ出力端よりモータ電流を検出する方法を用いていたが、本出力はモニター用であり精度上不明な点があることから上記方法とした。

捕集量演算器では、電力トランスジューサまたは高精度電力計の出力変化幅を測定するピークホルダ、A/Dコンバータ、P I O、パソコン等で構成する。また、回転数は既存の回転センサの信号を分岐して専用の回転計で検出し、図 2. 2. 2-3 に示すような運転パターンと各データのタイミングで検出する。

図 2. 2. 2-2 に示すシステム構成要素の例としては、以下のものが上げられる。

- | | | |
|--------------|--------------------------|------------|
| ① CT | : 横河インスツルメンツ(株) 2243 | 0.10%FS. |
| ② 電力トランスジューサ | : 渡辺電機工業(株) WVP-WL-54A-5 | 0.25%FS. |
| または高精度電力計 | : 横河電機(株) 2531 | 0.10%FS |
| ③ 回転計 | : 小野測器(株) TM-280 | 精度 ±1 カウント |
| ④ 捕集量演算器 | : 次の a) 以下で構成する。 | |
| | a) パソコン | |
| | b) A/Dコンバータ | |
| | c) P-I/O | |
| | d) ピーク・ツー・ピークホルダ | |
| | 渡辺電機工業(株) WVP-PW-36A-5 | 0.20%FS. |

しかし前記したように、固体成分捕集量とモータ電力の関係を試算した結果、本診断システムはフルスケールの 0.1%FS. 以上の検出精度が必要であることが分かったが、上記のようなシステム構成では構成要素個々の精度がそれぞれ 0.2%FS. 程度の測定精度しかなく、システム全体で 0.1%FS. の精度を得ることは非常に難しい。たとえ高精度の電力計(例えば横河電機製 2531、測定精度 0.1%FS.) を用いたとしてもこの精度を保つためには、下記条件を満足しなければならず、実験室レベルのような高環境でなければシス

テム精度がでない。

高精度電力計（2531）の環境条件

- ① 周囲温度： $23 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- ② 湿度： $30 \sim 75\% \text{RH}$
- ③ 電源電圧： $100 \text{V} \pm 5\%$
- ④ 入力波形：正弦波
- ⑤ 同相電圧： 0V
- ⑥ 力 率：1
- ⑦ 校正周期：6ヶ月（6ヶ月毎に校正を行わなければならない）

（b）社内試験での検証

上記で行った机上検討は、電力検出の絶対値に対する測定器の精度であるが、本システムは、電力の相対的変化を求めるものであるから、測定結果のばらつきが無ければ電力から固体成分捕集量を推定できる可能性がある。この可能性を確認するため、東芝に於いて社内試験を実施した。ただし、東芝社内試験機は実機と比べ、以下の異なる点がある。

相異点1：駆動モータが、ACサーボモータではなく、汎用インダクションモータである。

相異点2：汎用インダクションモータであるため、インバータ制御にて回転速度を制御。

相異点3：現在、インバータの回転速度制御を調整中であるため定格運転からの加速運転ができず、起動→定格回転数（0rpm→3000rpm）の回転上昇途中（800rpm）時の電力値を測定した。

また、速度変化率も、最高 33rpm/sec（3000rpm/90sec）までしか上げることができない。

このような実機との相違の基、表2. 2. 2-1に示す条件で東芝社内試験を行なった。図2. 2. 2-4にその結果を示す。

これらの試験結果より、以下のことが分かった。

- ①加速時の測定データ個々（測定毎）のばらつきは、最大でもモータ定格容量に対し、 0.19% （電力トランスデューサ）～ 0.24% （電力計）程度と小さく、電力により捕集量を推定するシステムは実現の可能性がある。
- ②清澄試験機の損失は、試験毎にモータ定格容量に対し最大 1.2% （800rpm時）程度ばらつく測定結果が得られた。このため、捕集量と電力変化量との相関は認められなかった。また、固体成分捕集量増加に伴うモータ電力の増分は最大でもモータ定格容量に対し 1.8% であるので清澄運転中に同様の損失等の変動がある場合、モータ電

力による捕集量の測定は困難である。

この試験結果から、清澄試験機損失のばらつきを改善することが可能となれば、本システム実現の可能性があると思われる。

清澄試験機損失のばらつきがないものとして、社内試験結果のデータを基に固体成分捕集量の分解能を算出する。

社内試験結果より、測定のばらつき(測定誤差)はモータ定格容量に対して最大0.24%(電力計とトランスデューサの内、安全サイドにばらつきの大きい電力計の方で検討)となっており、余裕分を考慮して1.5倍のばらつきとすると、モータ定格容量に対し0.36%となり、スラッジ捕集量推定の分解能を計算すると、目標とする分解能($\pm 0.2 \text{ kg}$)の2倍の、約1/5の分解能($\pm 0.40 \text{ kg}$)での推定が可能と思われる。

清澄試験機損失のばらつきの原因として、軸受グリースの影響が考えられる。本社内試験機の軸受グリースは対放射線性グリースを用いており、軸受グリースの対放射線性を重視して製作されているため、今回社内試験を行なった試験条件のような低温($5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$)では粘度が高く、各試験毎の周囲温度によって軸受グリースの粘度が異なり、今回のような清澄試験機損失のばらつきが生じたものと思われる。

この軸受グリースによる清澄試験機損失のばらつきを低減するためには、低温においても、粘度の変化が少ない軸受グリースに交換し、試験時に軸受及び清澄試験機内外の温度を調整し、各試験を同条件で実施することが必要である。

ただし、実機の清澄機がおかれる温度条件は、今回東芝社内試験を行なったような低温($5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$)ではなく、常温($30^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$)であるため、本社内試験のような清澄試験機損失のばらつきは少ないものと考えられる。

(c) モータ負荷変化の検知の有用性

今回の机上検討及び社内試験結果より、清澄試験機の損失のばらつきを最小限に抑えることができれば、モータ負荷変化を検出することにより捕集量を推定できる可能性があり、この方式の有用性について以下に述べる。

- ① 清澄中に機器を停止することなく、また清澄性能を下げることなく固体成分捕集量を推定することができる。
- ② 固体成分捕集量を最大捕集量(2.0kg)の約1/5($\pm 0.40 \text{ kg}$)の分解能で推定することが可能となる。
- ③ 検出で必要となる測定機器の設置位置は、セル壁外(現場制御盤)で十分測定が可能である。

このようなことから、今後ばらつき要因の分析、清澄運転中の機械損等によるモータ出力値変動の有無等について評価、試験を行い、損失のばらつきが無くなった状態で正規運転条

件による再試験を行い、測定精度及び、固体成分捕集量と加速電力との相関を確認していく必要がある。

(2) 軸振動の検知

(a) システム構成

図2. 2. 2-5及び図2. 2. 2-6に軸振動の検知の概要を示す。

また、図2. 2. 2-7に本運転診断システム（軸振動の検知）の構成を表すブロック図を示す。これらの図において振動センサは、下部軸受ユニットの上部にある既存の振動センサユニットより信号を分岐し、回転パルスは、前記振動センサと同じ仕様のものを追加し、遮蔽体の外側のスリーブシャフトまたはスリーブシャフトとモータ間の中間軸等に、1回転に1箇所スリットまたは突起箇所を設け、追加した振動センサを対向して設置することにより得る。スリット、突起何れの場合でも振動センサの出力信号はマイナスまたはプラスの1パルス波形となり、位相を演算する場合にはこの信号のエッジを検出して用いるのでどちらでも問題無い。

捕集状況推定装置内の周波数分析器は、2チャンネルを有しチャンネル間の信号の位相差と振幅の大きさが測定でき、後記するパソコンとのインターフェースを有するものを採用する。

捕集状況演算器は、簡単な表計算ソフトと、前記周波数分析器との信号の授受を行うインターフェースを有するパソコンで良い。

システム構成要素の例としては、以下のものが上げられる。

- | | | |
|----------|------------|--|
| ① 振動センサ | ：新川電機株式会社製 | 清澄試験機用（既存品）
使用ケーブルも同一
(2c各芯遮蔽+ドレンワイヤ) |
| ② 周波数分析器 | ：小野測器株式会社製 | CF-350またはCF-360
(GP-IBインターフェース付き) |
| ③ パソコン | ：株式会社 東芝製 | PV3000-5133
(表計算ソフト「エクセル」、専用の通信ソフト、GP-IBインターフェース必要) |

尚、使用する振動センサの分解能は0.001mm程度あり、前記試算結果から10gの推定をする為には、アンバランス質量がボウルの内側上端部に付着している、条件の悪い場合においても0.009mm0-P以上の精度があれば良いので、精度上の問題はなく、検出可能アンバランス量も10g単位の分解能での検出が十分可能である。

実際には、「モータ負荷変化の検知」同様、軸受の状態が過渡的な場合、軸受のばね定数が増えることが考えられ、それに伴い軸振動が増えると思われる。このような軸受の過渡的な状態でのばね定数の増減を机上で推定することは難しく、今後このようなばね定数の増減を無くする手段の検討と、試験によるデータの蓄積が必要である。

(b) 軸振動の検知の有用性

今回の机上検討の結果、固体成分偏荷重の軸振動の検知は十分可能なことより、この有用性について以下に述べる。

- ① 本軸振動の検知では、固体成分捕集量の絶対量は検知することはできないが、偏積が生じているか、または固体成分が移動しているか等の清澄試験機の振動不安定現象を監視することができる。
- ② 固体成分捕集時(定格回転 3000rpm 時)に、軸振動を検知することが可能である。
- ③ 軸振動変位(回転成分振動)と方向の測定データを蓄積することにより、固体成分の堆積状況(偏積、捕集量等)を推定できる可能性がある。
- ④ 追加となる回転位置を検出する振動センサ以外の必要となる測定機器の設置位置は、セル壁外(現場制御盤)で十分測定が可能である。
- ⑤ 偏積している固体成分の形態(形状)は、分からない。

本基本設計検討では、捕集した固体成分の捕集状況を確認する分には十分なシステムを構築することが可能であることが分かった。

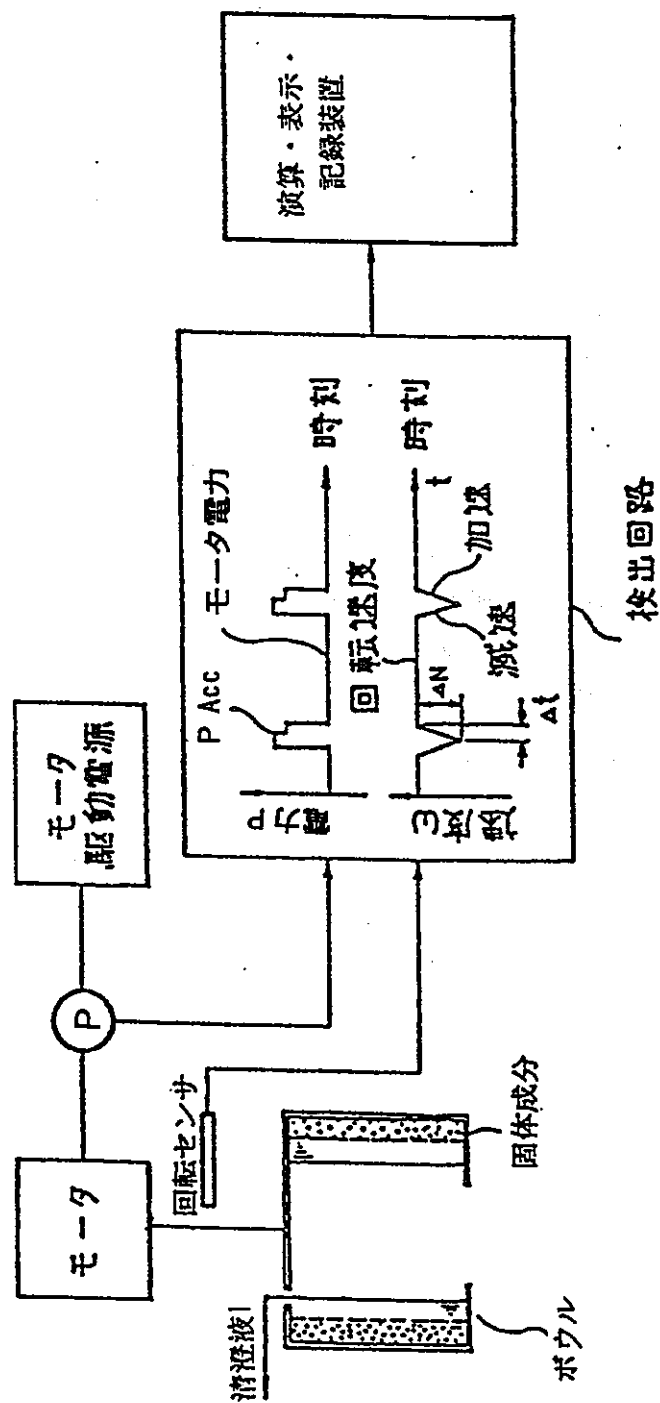


図2. 2. 2-1 モータ負荷変化の検知の概要

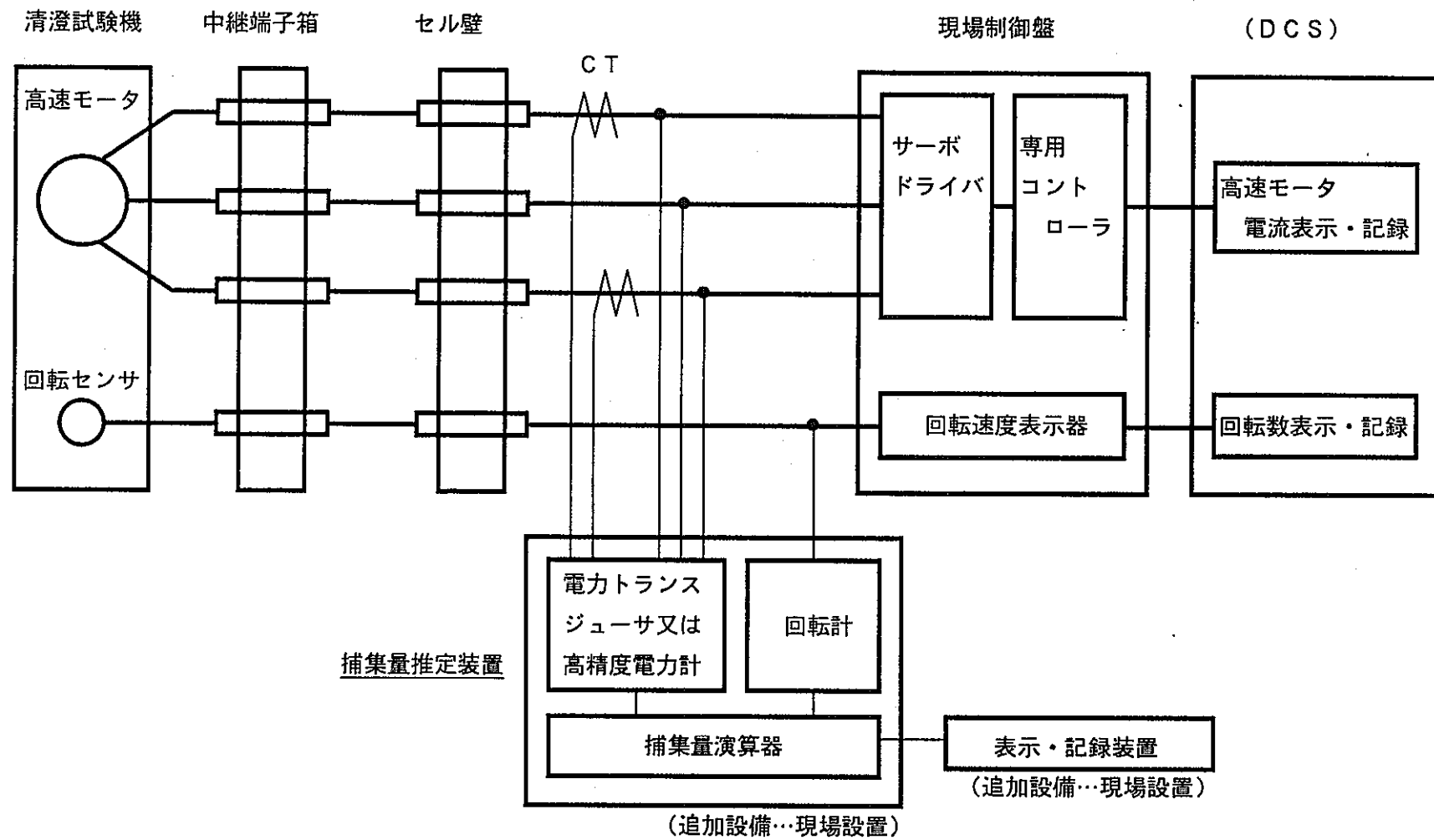


図 2. 2. 2-2 モータ負荷変化の検知による捕集量推定システムブロック図

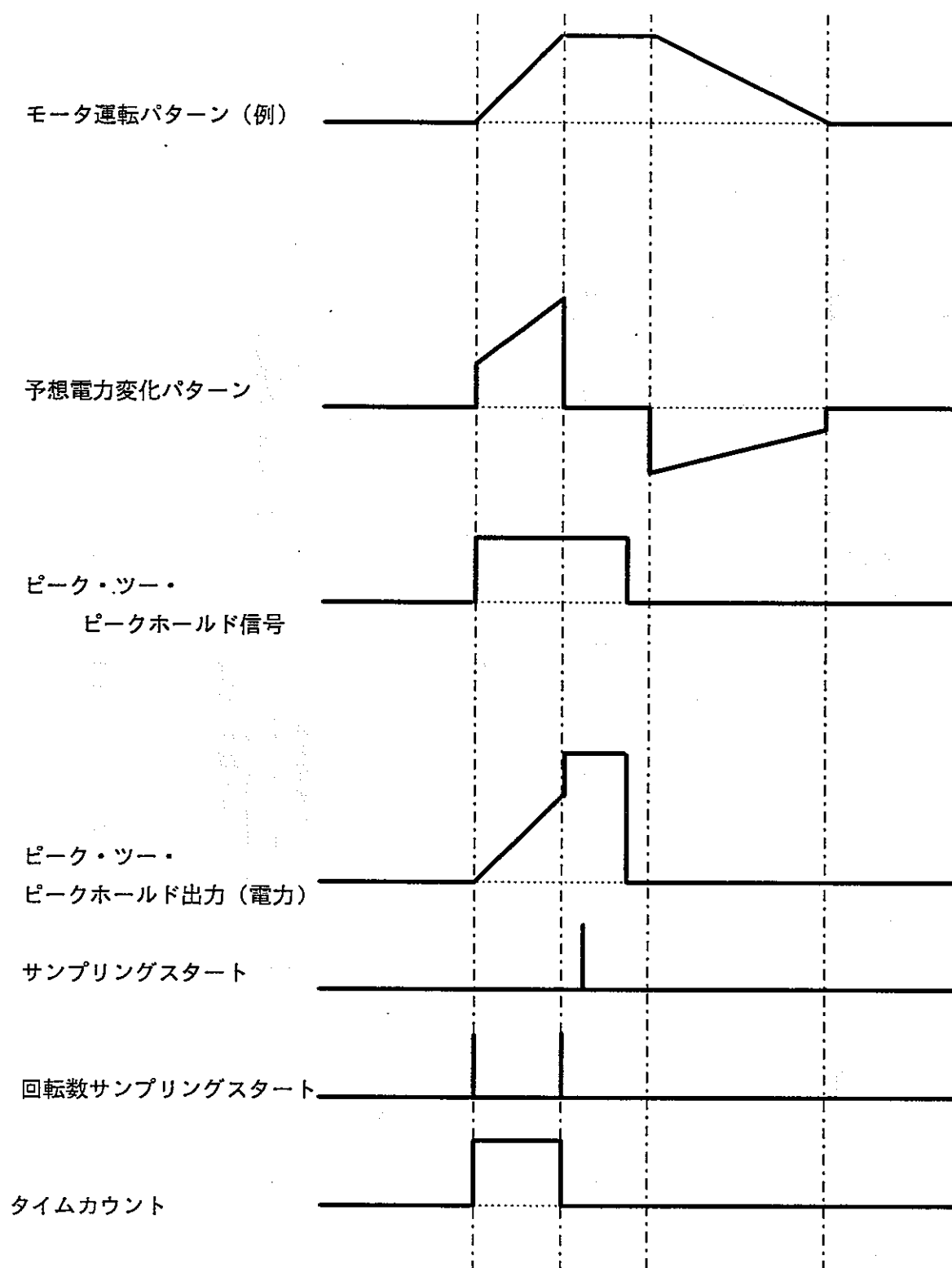


図 2. 2. 2-3 捕集量演算器のタイムチャート

表 2. 2. 2-1 固体成分捕集量の電力検出試験

試験 NO.	模擬ウェイト	回転数[rpm] (0→3000rpm 回転上昇時)	測定回数
試験 1	2.0kg	800rpm 時電力測定	4 回
試験 2	1.0kg	800rpm 時電力測定	4 回
試験 3	0.0kg	800rpm 時電力測定	4 回

ばらつき及び清澄機損失：モータ定格電力（5.5 kW）
に対する割合％にて算出

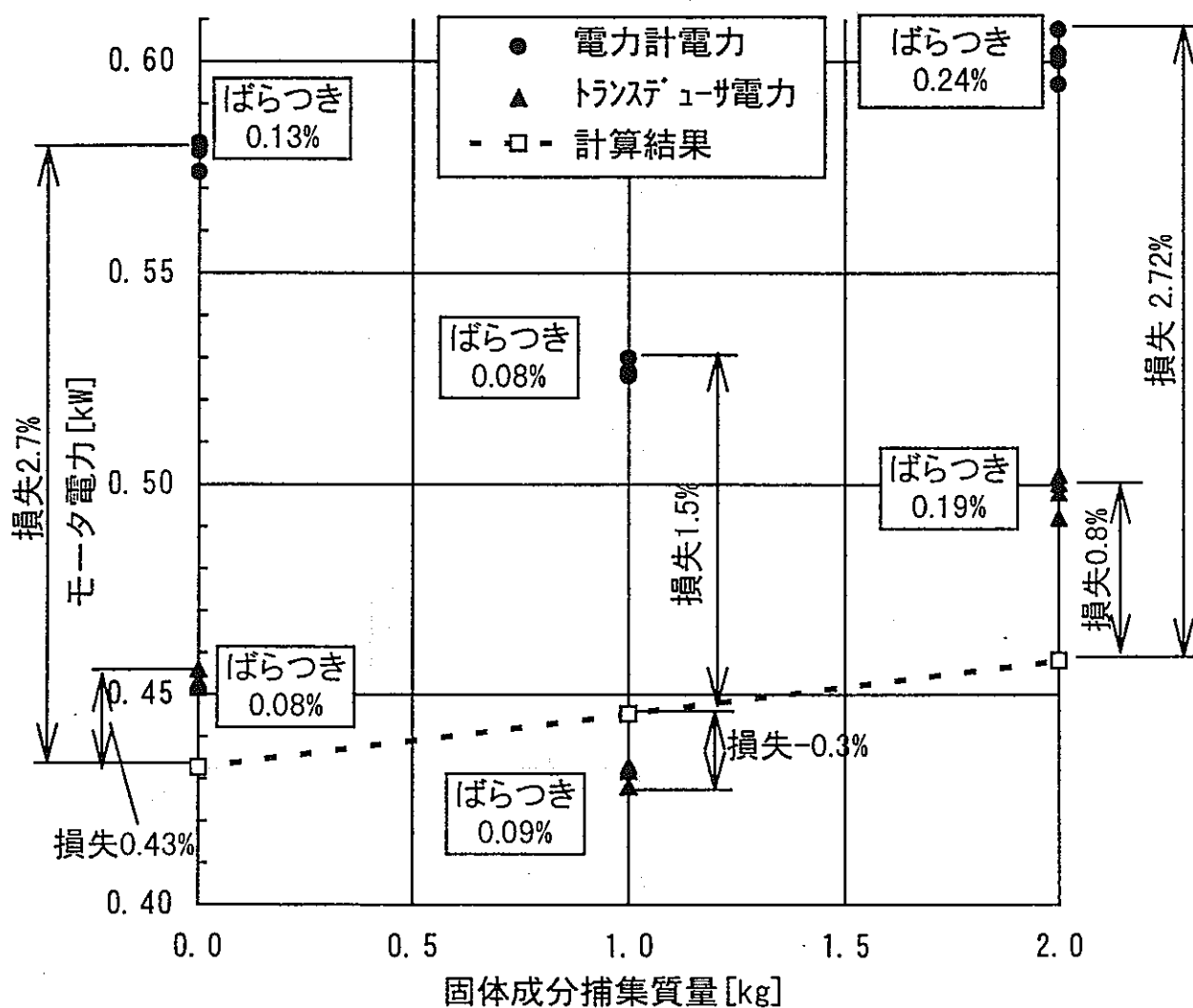


図 2. 2. 2-4 固体成分捕集量の電力検出試験結果
(速度変化率 33.3rpm/sec, 回転数 800rpm 時)

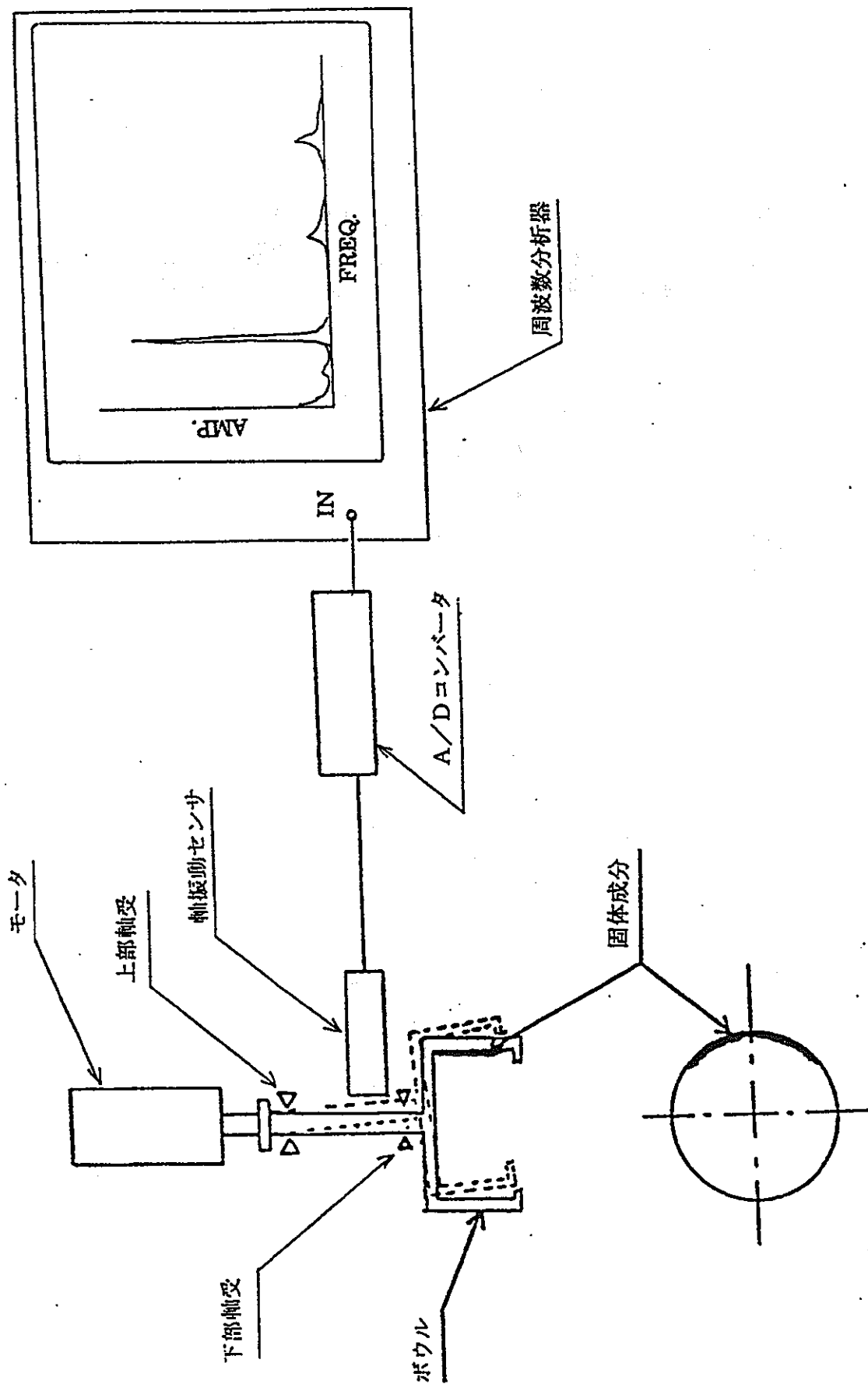
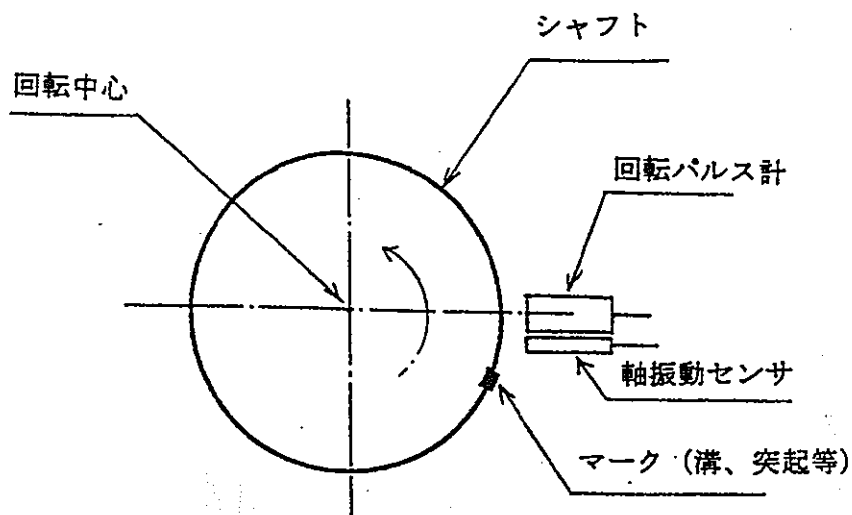
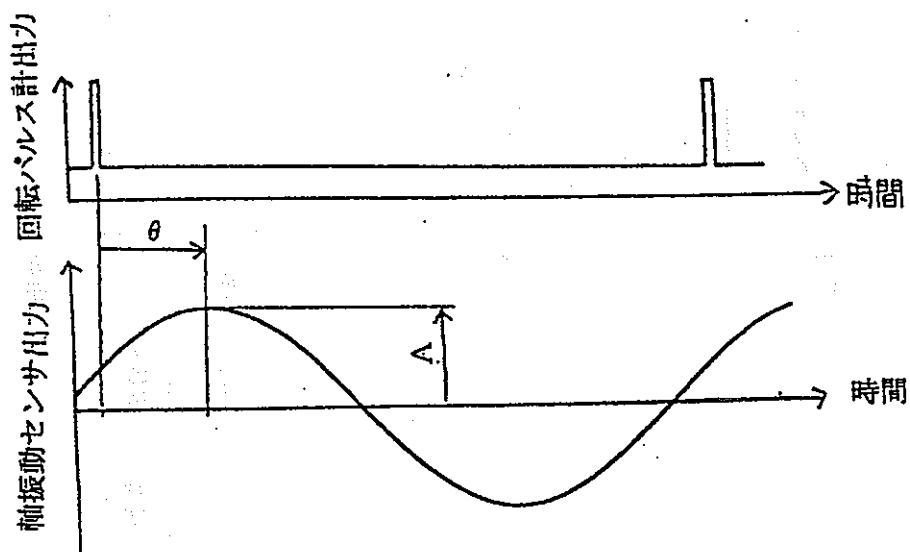


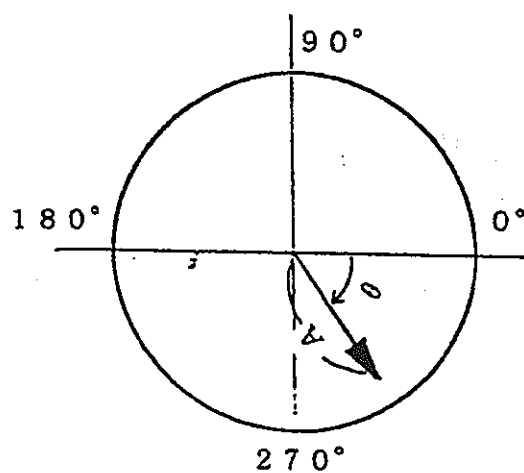
図 2. 2. 2-5 軸振動検知の概要 (軸振動検出について)



(a) 回転パルス計の正面をマークが通過するとパルスが発生



(b) 回転パルス計出力と軸振動センサ出力の関係



(c) 上記振動のベクトル表示

図 2. 2. 2-6 軸振動の検知の概要 (振動ベクトルについて)

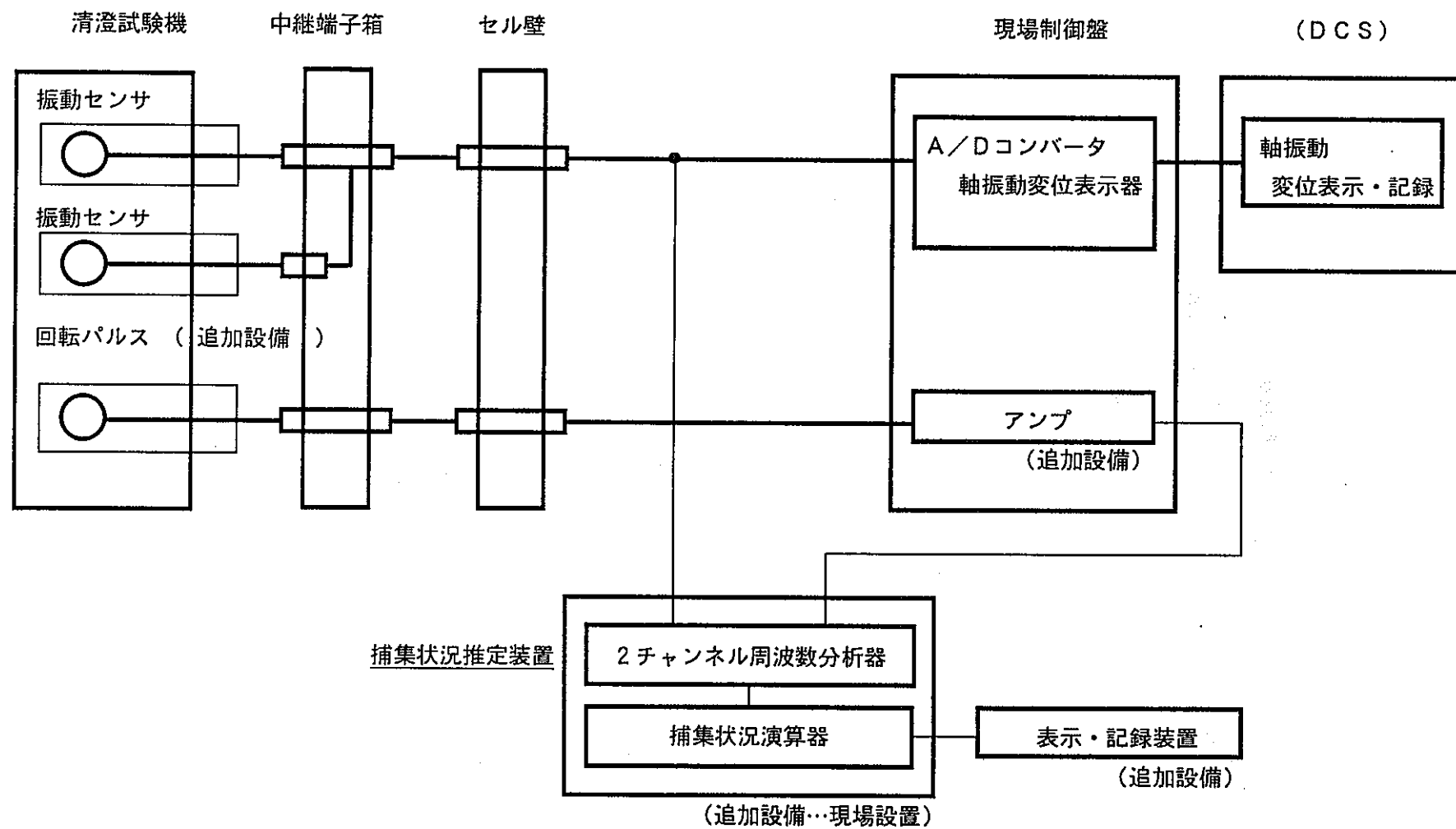


図2. 2. 2—7 軸振動の検知による捕集状況推定システムブロック図

2. 2. 3 実機への反映検討

(1) 実機及び関連設備への反映項目抽出

表 2. 2. 3-1 に本システムの採用に伴う実機及び関連他設備への反映項目、設工認変更の有無、反映期限等をまとめ示す。

(a) モータ負荷変化の検知

モータ負荷検知による固体成分捕集量推定システムでは、高速モータの電力および回転センサ信号を電力計、回転計及び演算器等で構成する捕集量推定装置へ取り込み表示・記録装置へ出力する。捕集量推定装置は、清澄試験機現場制御盤へ併設するか盤内へ設置するものとする。システムおよび各機器の詳細設計と共に現場制御盤等への反映を実施する必要がある。

また、本システムでは診断のためのモータの加減速運転を行うが、DCS への診断運転モードの追加及びシーケンス設定の見直し、モータコントローラへのプログラム追加等が必要である。

更に、表示・記録装置を制御室に設置する場合には、信号ケーブルの追加について検討が必要である。

(b) 軸振動の検知

軸振動による固体成分捕集状況推定システムでは、回転パルス計の追加を要し、実機に設置する振動センサと同一仕様のもを使用することで計画しているが、合わせて、現場制御盤への回転パルス用アンプの追加、セル内及びセル外ケーブルの追設が必要である。

なお、ケーブル仕様のセル壁貫通プラグへの反映は、プラグ製作設計工程を鑑み、実機反映への予備的措置として前記の通り、振動センサに用いるケーブルと同じ仕様にて要求する。

また、周波数分析器および演算機（パソコン）からなる捕集状況推定装置への信号取り込み、装置の配置等について機器仕様の検討に合わせ反映検討を進める必要がある。

(2) 実機反映に係る課題

清澄試験機本体の製作着手（材料手配）は、全体工程再見直しに伴う検討・提案ベース（表2. 1. 3－2参照）では、平成9年10月、また現場制御盤の製作着手（材料手配）は、平成11年2月に計画している。

従って、運転診断システムの実機への反映については、回転パルス計追加等の清澄試験機本体に関するものについては平成9年9月末まで、また、電力計、回転計等の各計器の現場制御盤への追加等については平成11年1月末までに設計を固める必要がある。

取合の発生する関連設備側への反映については、設備側の設計・製作工程を踏まえ、調整・反映を実施するべく建設工務管理室殿と調整中である。

今後、今年度実施した机上検討を踏まえ、さらに具体的な設計を進め実機製作設計へ反映を行うが、システム構築に必要な計器の最終仕様の決定及び診断運転方法決定を行うためには、回転特性に係わる高速用モータ、ボウル、軸受等を実機並みとした試験機およびモータドライバ、コントローラ、計測計器等により診断運転試験を実施し、ばらつきの改善とデータの蓄積を実施していく必要があると考えられる。

表 2. 2. 3 - 1 運転診断システムの検討項目／実機への反映

No.	検討項目	内 容	実機反映要否決定期限	設工認変更	備 考
1	計器仕様の決定	・システム構成に関わる計器仕様の決定 (回転パルス計の追加含む) ・清澄試験機本体及び現場制御盤設計への反映	・清澄試験機本体材料手配前 (H 9. 9. E) ・現場制御盤材料手配前 (H 1 1. 1. E)	不要	
2	ケーブル仕様の決定	・システム構成に関わるケーブル仕様の決定 ・遠隔コネクタ追加、セル貫通プラグ、中継端子箱取合への反映	セル貫通プラグ材料手配前 (H 9. 3. 2 1)	不要	
3	現場制御盤／D C S 取合調整	・システム追加に伴う取合の調整	D C S 側設計工程による	不要	
4	運転診断装置／D C S 取合調整	・システム追加に伴う取合の調整	D C S 側設計工程による	不要	
5	運転診断モードの追加 (スラッジ捕集量推定の為 の加減速運転)	・加減速シーケンス、診断運転、手順等の決定 ・現場制御盤及びD C S への反映 ・実機模擬試験装置による特性データ採取・試験の実施	・D C S 側設計工程による ・D C S 側設計工程による ・現場制御盤材料手配前 (H 1 1. 1. E) ・清澄試験機本体材料手配前 (H 9. 9. E)	不要	

2. 2. 4 まとめ

(1) モータ負荷変化の検知

本運転診断システム（モータ負荷変化の検知）を成立させるためには、本システムの総合精度として0.1%以上が机上検討より必要であることが分かった。しかし、このような高精度測定は、温度、湿度、電源の電圧変動、測定波形、力率、定期的（短期間：3ヶ月または6ヶ月程度）な校正等、多くの測定環境を最良に維持しなければならない、実験室レベルこそ可能であるが、一般の環境で可能な測定精度レベルは、0.5%～1.0%程度が妥当であることが分かった。

上記のようなことから、電力検出の絶対値を一般の測定器で検出することは難しいが、本システムは相対的变化を求めるものであるので、測定結果のばらつきが無ければ電力から固体成分捕集量を推定できる可能性があるため、この可能性を確認する東芝社内試験を実施した。

その結果、次のことが分かった。

- ① 加速時の測定データの個々のばらつきは、最大でもモータ定格容量に対し、0.19%（電力トランスデューサ）～0.24%（電力計）程度と小さく、電力により捕集量を推定するシステムは実現の可能性がある。
- ② 清澄試験機の損失は、試験毎にモータ定格容量に対し、最大1.2%程度(800rpm時)ばらつく測定結果が得られ、固体成分捕集量増加に伴うモータ電力の増分は最大でもモータ定格容量に対し1.8%であるので、モータ電力による捕集量の測定は困難である。

清澄試験機損失のばらつきの原因として、軸受グリースの影響が考えられる。本社内試験機の軸受グリースは対放射線性グリースを用いており、軸受グリースの対放射線性を重視して製作されているため、今回社内試験を行なった試験条件のような低温（5℃～10℃）では粘度が高く、各試験毎の周囲温度によって軸受グリースの粘度が異なり、今回のような清澄試験機損失のばらつきが生じたものと思われる。

この軸受グリースによる清澄試験機損失のばらつきを低減するためには、低温においても、粘度の変化が少ない軸受グリースに交換し、試験時に軸受及び清澄試験機内外の温度を調整し、各試験を同条件で実施することが必要である。

ただし、実機の清澄試験機がおかれる温度条件は、今回東芝社内試験を行なったような低温（5℃～10℃）ではなく、常温（30℃～40℃）であるため、本社内試験のような清澄試験機損失のばらつきは少ないものと考えられる。

今回の机上検討及び社内試験結果より、清澄試験機損失のばらつきを最小限に抑えることができれば、固体成分捕集量を推定できる可能性があり、この方式の有用性として以下のようなものが上げられる。

- a. 清澄運転中に機器を停止することなく、また清澄性能を下げることなく固体成分捕集量を推定することができる。
- b. 固体成分捕集量を最大捕集量(2.0kg)の約 $1/5$ ($\pm 0.40\text{kg}$) の分解能で推定することが可能となる。
- c. 検出で必要となる測定機器の設置位置は、セル壁外(現場制御盤)で十分測定が可能である。

このようなことから、今後ばらつき要因の分析、清澄運転中の機械損等によるモータ出力値変動の有無等について評価、試験を行い、損失のばらつきが無くなった状態で正規運転条件による再試験を行い、測定精度及び、スラッジ捕集量と加速電力との相関を確認していく必要がある。

(2) 軸振動の検知

今回の机上検討の結果、捕集した固体成分の捕集状況を確認するには十分なシステムを構築することが可能であることが分かった。しかし、実際には「モータ負荷変化の検知」同様軸受の状態が過渡的な場合、軸受のばね定数が変化することが考えられ、それに伴い軸振動が変化すると思われる。このような軸受の過渡的な状態でのばね定数の変化を机上で推定することは難しく、本システムを実現するには、今後このようなばね定数の変化を無くする手段の検討と、試験によるデータの蓄積が必要であり、これが解決できれば前記机上検討に示すような関係となるので、簡単な表計算ソフトを用いるだけで捕集状況の推定が可能と考える。

本システムが実現されたときの有用性としては以下のようなものが上げられる。

- ① 本軸振動の検知では、固体成分捕集量の絶対量は検知することはできないが、偏積が生じているか、または固体成分が移動しているか等の清澄試験機の振動不安定現象を監視することができる。
- ② 固体成分捕集時(定格回転 3000rpm 時)に、軸振動を検知することが可能ある。
- ③ 軸振動変位(回転成分振動)と方向の測定データを蓄積することにより、固体成分の堆積状況(偏積、捕集量等)を推定できる可能性がある。
- ④ 追加となる回転位置を検出する振動センサ以外の必要となる測定機器の設置位置は、セル壁外(現場制御盤)で十分測定が可能である。
- ⑤ 偏積している固体成分の形態(形状)は分らない。

(3) 固体成分捕集量の軸振動検知

机上検討の結果、固体成分捕集量と軸振動の間に直接的な関係はないものと思われる。したがって、実際の清澄試験機では、固体成分が偏積して捕集されている可能性が高く、この関係を机上の計算により求めることは、個々の機器において、機械的特性（軸の偏芯、捕集固体成分の分布等）、または固体成分の特性（粒子形状、溶液の濃度等）が異なるので非常に困難である。

また、動燃殿より提示して頂いた固体成分捕集量と軸振動の関係の資料からも、溶液の種類（粒径分布）によって特性カーブが異なり、固体成分捕集量を検出するにはデータの蓄積が必要と考える。

上記のように、現状の机上検討では軸振動から固体成分捕集量を検出することが非常に困難であるが、実際の清澄試験機において軸振動及び固体成分捕集量のデータを蓄積し、清澄試験機の機械的な特性（軸の偏芯、捕集固体成分の分布等）と固体成分溶液の特性の間に相関を見出すことができれば、実現可能な方法であると考ええる。

3. あとがき

(1) 内部観察システム

試験セル内環境条件を基に、内部観察システムの使用・運転条件、設置・保守条件を定め、システム検討を実施した。

7年度検討を受けて、ファイバーの操作方法の変更、耐放射線テレビカメラの採用、固体成分除去のために洗浄ライン・ドレンラインを追加など、実機採用をにらんで詳細を詰め、ファイバースコープ、可視化管台、光源、ファイバースコープ駆動機構、ケーブルなどの各要素の基本仕様を設定した。

今後は、清澄試験機のボウル部、ケーシング部、ガイド管等の寸法・形状等を模擬した試作機を用い、本検討で構築した光ファイバースコープ、駆動装置、光源、カメラ、モニタ等から構成される原型システムにより、両者を組合せて適用評価試験を行い、撮像管式テレビカメラの機種選定、光ファイバースコープとの互換性の検証および、光ファイバースコープ方式の操作性・視認性について確認していく必要がある。

(2) 運転診断システム

モータ負荷変化の検知による固体成分捕集量推定システムを成立させるため、システムの総合精度として、0.1%以上が必要である。しかし、机上検討上では、一般の環境下で実現できるのは0.5%～1%程度の精度である。

そこで、予備的な試験を実施したところ、

- ①加速時の測定データから電力による捕集量の推定システムは実現の可能性があること
- ②清澄試験機の機械損失のばらつきを改善できれば、本システム実現の可能性があることが判明した。

また、軸振動の検知による固体成分捕集状況の推定システムでは、机上検討において10g単位の分解能でのアンバランス量の検出が可能であり、測定計器精度上も問題無いとの結果を得ている。

このため今後は、清澄試験機の高速用モータ、上下軸受部、スリーブシャフト、ボウル部の仕様・重量等を模擬した試験機を用い、高速モータのドライバ・コントローラ、電力等の計測・記録装置と振動センサ、A/Dコンバータ、周波数分析器、演算・表示・記録装置から成る原型システムにより、両者を組み合わせて運転診断システムの適用評価試験

を行う。

モータ負荷変化の検知による固体成分捕集量推定システムでは、ボウル内捕集量と加速時の高速モータ負荷変化との関係についてデータを収集し、機器のばらつきを排除するための改善あるいは蓄積したデータを解析することにより、必要な数値に変換できる手法を確立する必要がある。

軸振動の検知による固体成分捕集状況の推定システムでは、ボウル内捕集状況（偏積量）と軸振動変位の関係を確認しておくこと及び過渡的アンバランスの変化の有無等について評価・確認しておく必要がある。

また、今後、（１）、（２）を実機へ組み込む場合のシステム反映に関わる設計反映項目として、機器レイアウト決定のためのコンボジット調整および他設備との施工所掌を含めた詳細調整、実機設計変更に伴う動燃殿への設工認変更申請依頼を実施する。

4. 謝辞

本設計の遂行にあたり、数々の御指導と情報の開示をいただきました動力炉・核燃料開発事業団 機器材料開発室の皆様には感謝の意を表します。

5. 付録

(1) 参考資料 2. 1. 1-A : 耐放射線性ステップモータ関連資料

・エンパイヤ・マグネティクス社 製品カタログ

(2) 参考資料 2. 1. 1-B : 撮像管式耐放射線テレビカメラ関連資料

・浜松ホトニクス 耐放射線用水中カラーカメラ C5536

・REES INSTRUMENTS

Rees R92/93

小型・防水・耐放射線 C. C. Tカメラシステム

・AEA IRC404

・QI ETV-SERIES

(3) 参考資料 2. 2. 1-A : ピークホルダ関連資料

(4) 参考資料 2. 2. 1-B : 電力変換器関連資料

(5) 参考資料 2. 2. 1-C : デジタル回転計 (表示器) 関連資料

(6) 参考資料 2. 2. 1-D : 電力測定器関連資料

(7) 参考資料 2. 2. 1-E : FFTアナライザ関連資料

エンパイア・マグネティクス社 製品カタログ

高真空型

耐放射線型

防水型/水中型

高温型

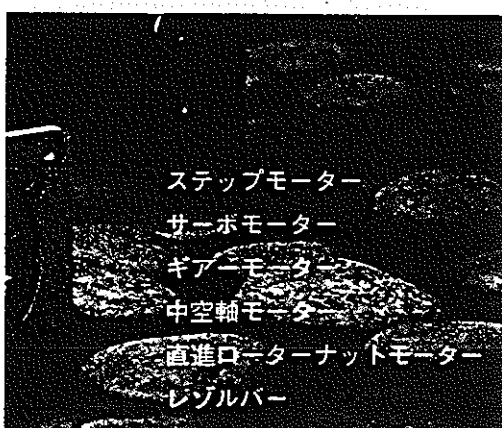
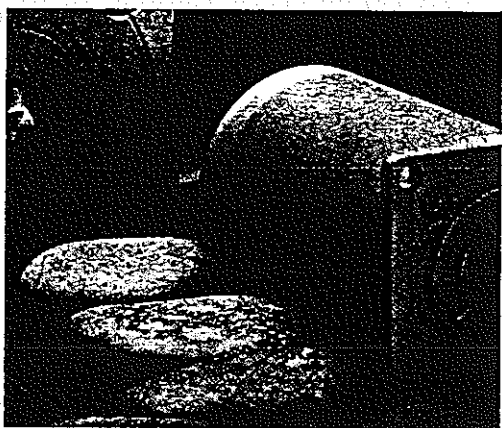
極低温型

クリーンルーム型

防塵型/高度防塵型

MIL対応型

対衝撃型



ステップモーター

サーボモーター

ギアモーター

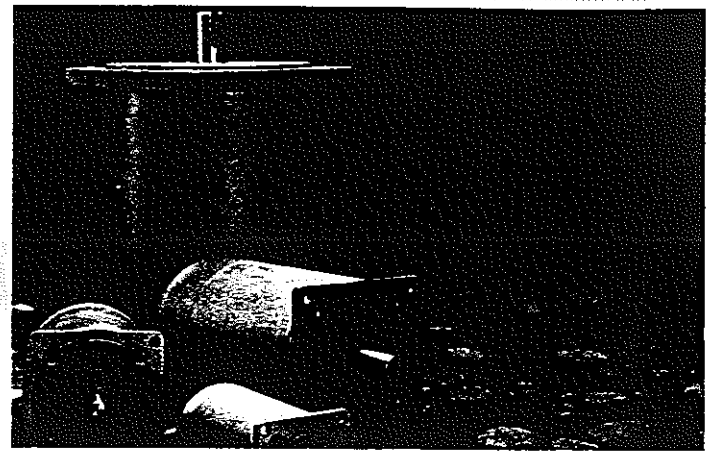
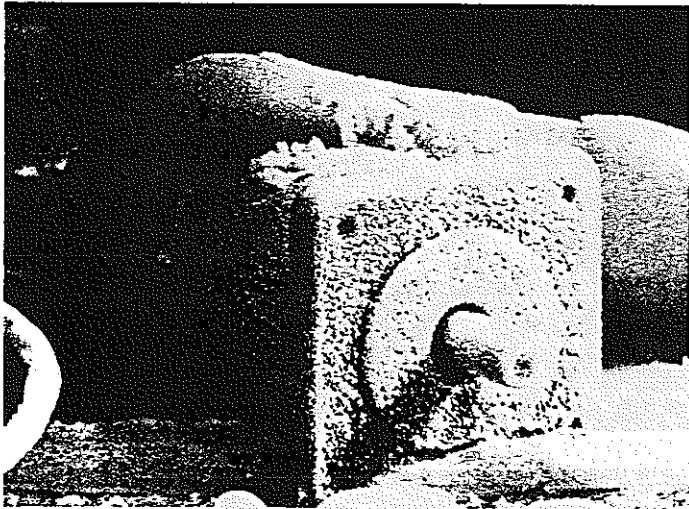
中空軸モーター

直進ロータリーナットモーター

レゾルバー

【耐放射線型モーター (RH)】

- 世界中で最も信頼性の高い耐放射線型モーターです。
- 標準品の放射線定格は累積放射線量 2×10^6 radsです。
- 米国ORNL (オークリッジ国立研究所) のホットセル試験で唯一累積放射線量 1×10^6 radsの要求規格をクリアした技術力があります (1×10^6 rads対応型も製作致します)。
- 標準型の耐放射線型モーターに加え、耐放射線性+高真空型、耐放射線+防水型、耐放射線+高温型といった複合環境対応型モーターも製作しております。
- 各種原子炉、動力炉、核燃料再処理等高い信頼性を要求される施設で使われる装置・機械には必須のモーターです。



【高温型モーター (HT)】

-40°C から155°C までの高温環境までの広い温度範囲で安心して使用できるモーターです。モーター巻線最高温度は180°Cを定格にしており、ケーブル/絶縁材料/潤滑油も全て広い環境温度に適するものを使っています。このモーターは定格温度範囲内で性能を劣化させることなく、普通のモーターと同じ約10,000時間の作動寿命があります。

【極低温環境モーター (CY)】

20°Kまでの極低温環境で使用できる特殊モーターです。潤滑剤には極低温型ドライ・ルブリカントを使い、部品には特殊クロム・ニッケル合金を採用しています。各部品の熱収縮や低温脆性にも完全に対処しています。超電導巻線型も製作可能です。

【防塵型/高度防塵型モーター (DP,AD)】

粉体を直接取り扱ったり又切断等で細かいチリの発生する場所で使われる装置・ロボット等に特に適したモーターです。これら粒子がモーター内部に入り、ショートを引き起こしたりやベアリングを損傷したりするのを防ぎます。特に高度防塵型ではシャフト・スリンガーとシールをつけ、非常に細かく固いセラミックス粒子、グラスファイバー粒子等にも対処できるようになっています。

【MIL対応型モーター (MS)】

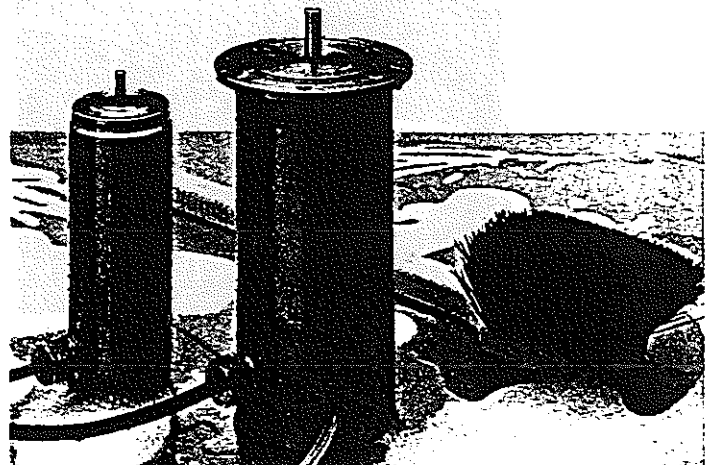
MIL-E-5400仕様書に基づいたステップモーターです。仕様書に定められている温度、圧力、湿度、塩分スプレー、衝撃、振動の各項目についての規定を満足しています。MILに基づいた品質保証書を発行致します。

【耐衝撃型モーター (SH)】

MIL-E-5400Tに規定されている航空機/ジェット機搭載用機器の規準を満たしたステップモーターです。パンチプレス等の激しい振動・衝撃下でも安心して使用できます。

【防水型モーター/水中型モーター (WP)】

モーターハウジングにステンレス鋼を使い、水中でも長期間作動できるようにしたモーターです。モーターシャフトを含め進入の可能性のある全ての箇所はシールされています。モーター運転時/停止時の内外温度差による湿気等の引き込みにも対処し、巻線絶縁部は2重にシールされています。又、特に水中やその他の液体中に没して使う用途向けに内部をオイル又はシリコンで充填したタイプ、圧力平衡用ダイアフラムバルブ付の機種もあります。

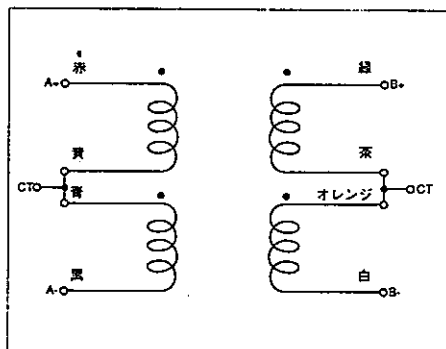


【Uシリーズステップモーター基本仕様】

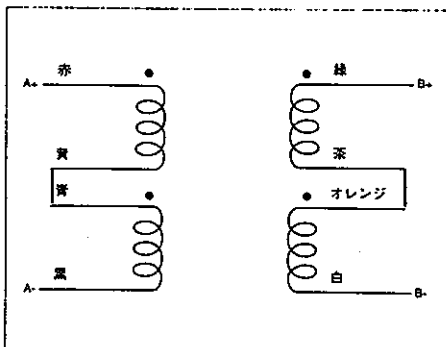
	Uシリーズステップモーター										
	U17-1	U17-2	U21	U22	U23	U31	U32	U33	U41	U42	U43
出力トルク (kg-cm)											
ユニポーラー	0.79	1.58	3.2	5.8	8.6	7.2	16.6	26.6	27.0	27.0	52.6
バイポーラー (パラレル)	1.08	2.30	3.6	6.1	7.9	8.6	19.1	28.8	28.8	57.6	82.8
バイポーラー (シリーズ)	1.08	2.30	4.3	7.9	9.4	11.2	23.0	32.4	37.8	72.0	106.6
デントトルク (kg-cm)	0.07	0.16	0.43	1.08	1.51	0.86	1.87	2.23	1.15	1.80	2.74
ローターイナーシャ (kg-cm)	0.024	0.035	0.088	0.234	0.320	0.641	1.226	1.885	4.026	8.052	12.078
最大相電流 (A)											
ユニポーラー	0.85	0.72	1.4	1.6	2.0	2.3	3.6	5.0	5.0	6.3	8.1
バイポーラー (パラレル)	0.85	1.08	1.6	1.8	2.3	3.4	4.5	6.3	5.4	7.2	9.0
バイポーラー (シリーズ)	0.36	0.54	1.0	1.4	1.8	1.9	2.7	3.4	4.5	5.4	7.2
シリーズ結線時 巻線抵抗 (Ω)	11.1	8.7	3.2	3.2	3.2	1.5	1.3	1.1	0.8	0.6	0.6
インダクタンス (mH)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Uシリーズモーター結線図

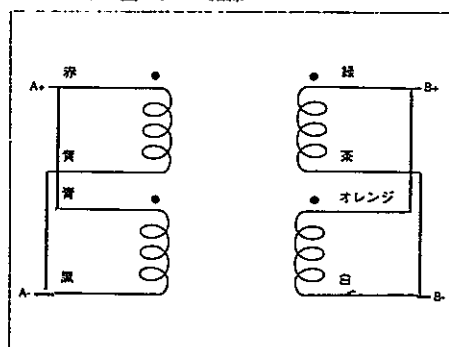
ユニポーラー型結線



バイポーラー型シリーズ結線



バイポーラー型パラレル結線



ステップモーターの性能はモーター単体だけで決めるのではなく、それをどう駆動するかによって大きく左右されます。Uシリーズモーターはリード線を8本持っているステップモーターです。全ての種類の2相ステップモーター用ドライバーと自由に接続することができますが、出力特性はドライバーによって大きく異なります。各種ステップモーター用ドライバーの特徴は次のようになります。

【R/L型ドライバー】

回路構成が簡単で低価格です。電磁ノイズをほとんど発生しないという利点があります。しかしあまり電流効率が良くなく、主として小出力・低速回転用です。

【ユニポーラーチョップパー型ドライバー】

市販されているステップモータードライバーはほとんどこのタイプです。電流効率はかなり改善され、高速回転も可能になっています。しかもモーターコイルの半分にしか電流を流していないので、モーターの能力をフルに使用するとモーターが過熱してしまう欠点があります。

【バイポーラーチョップパー型ドライバー】

最も高性能のステップモータードライバーです。ユニポーラーチョップパー型に比べ駆動効率は40%位向上しています。モーターの特性を最大限に発揮し、モーターの温度上昇をある程度に押えることができます。

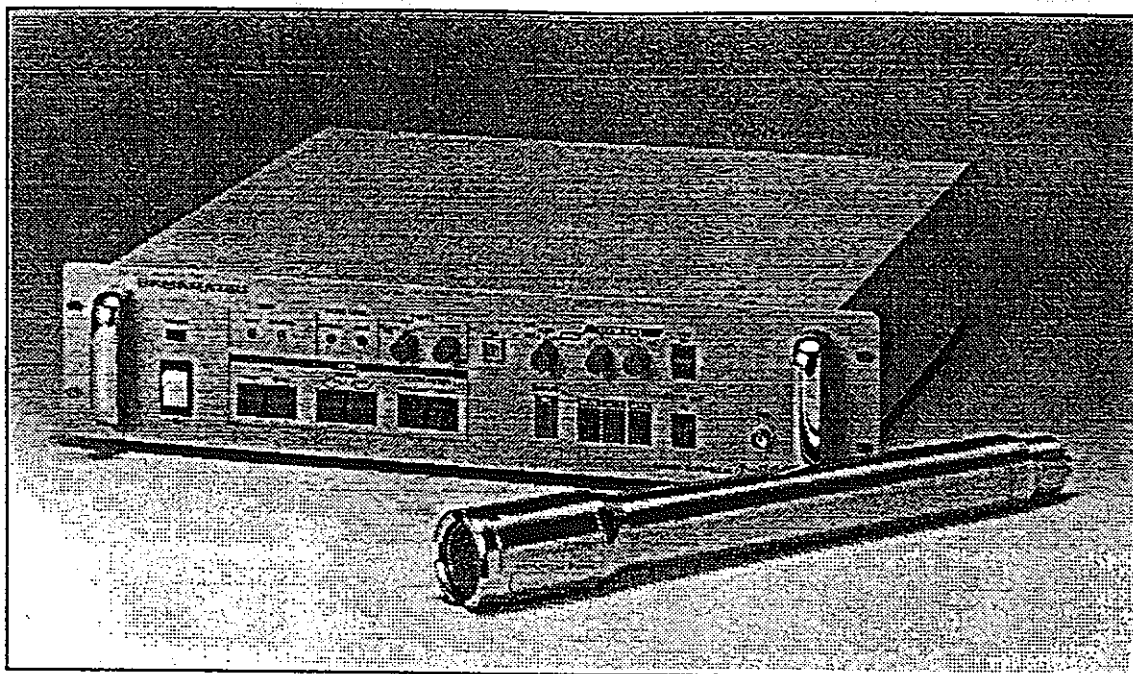
バイポーラー型ドライバーではモーター結線をシリーズ又はパラレルのどちらでも行うことができます。通常はシリーズ結線ですが、パラレル結線を行うと特に高速域での出力特性が向上します。しかしながらモーターが過熱しますので、5pr (≒300rpm) 以上の回転速度での使用の際にはデューティーサイクルを50%以下に押える必要があります。

[illegible]

HAMAMATSU

暫定資料

耐放射線用水中カラーカメラ C5536



C5536は、原子力発電所内の炉心隔壁、燃料棒、細管等の監視やその他放射線管理区域内の監視を目的とした小型耐放射線水中カラーカメラです。

装置は、水中カメラヘッド部とカメラコントロールユニット部に分かれており、カメラヘッド部が耐放射線性及び耐水性を有します。撮像素子には、2/3インチ耐放射線カラーカルニコンを使用していますので、高濃度の放射線環境下においても解像度の良いカラー画像を得ることができます。

カメラハウジングは、細管内の監視に対応できるよう円筒形であり10kg/cm²耐水性を有します。

レンズの制御はカメラコントロールユニットより行ない、用途に合わせて3種類のレンズ(固定レンズ、2.5倍ズームレンズ、6倍ズームレンズ)を選択できます。

高解像度

水平中心解像度 300TV本以上

耐放射線特性

動作 : 3Gys⁻¹ (10⁶rads per hour)

蓄積 : 1MGy (10⁸rads)

耐水カメラヘッド

SUS304製カメラハウジングにより
10kg/cm²の耐水特性

仕様

●カメラ

耐放射線性

蓄積 : 1MGy (10⁶rads)

動作 : 3Gys⁻¹ (10⁶rads per hour)

材質 : SUS304 ステンレス

動作周囲温度 : 0℃~50℃

撮像管 : 耐放射線 2/3 インチカラーカルニコン

有効光電面 : 6.0 × 8.0mm

カメラケーブル : 35m 耐放射線性複合ケーブル

●カメラコントロールユニット

同期方式 : NTSC

周波数 : 15.734KHz (水平)、59.94Hz (垂直)

インターレース : 2 : 1

アスペクトレシオ : 4 : 3

解像度 : 300TV本以上

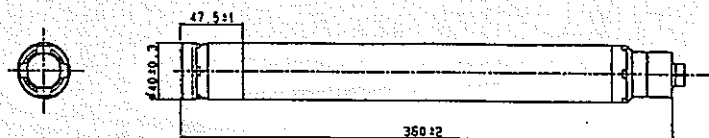
映像出力 : 1.0Vp-p (75 Ω)

電源電圧 : AC100,117,220,240V 50/60Hz

外形寸法図

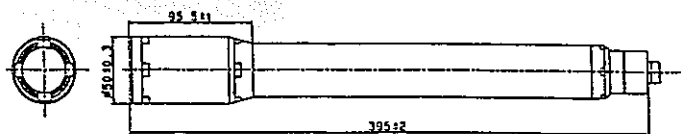
固定レンズ

カメラヘッド



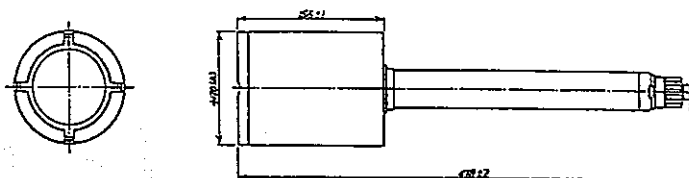
2.5倍ズームレンズ

カメラヘッド



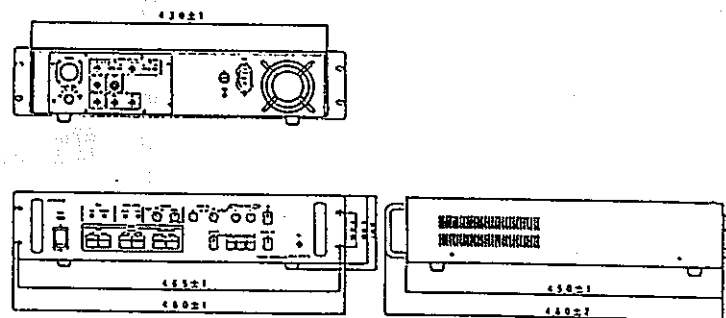
6倍ズームレンズ

カメラヘッド



カメラコントロール

ユニット



特殊製品となりますので御検討の際は、必ず下記システム第2営業部製品担当者まで御連絡願います。

※本内容は改良のため予告なく変更することがあります。

浜松ホトニクス株式会社

システム第二営業部 □〒431-31 浜松市常光町 812

☎ (053) 435-1560 (代表) ☎ (053) 434-6811 (営業直通)

FAX (053) 433-8031

東京支店 □〒105 東京都港区虎ノ門3-8-21 (第33森ビル)

☎ (03) 3436-0491 FAX (03) 3433-6997

大阪営業所 □〒541 大阪市中央区備後町 3-3-9

☎ (06) 271-0441 FAX (06) 271-0450

HAMAMATSU



REES INSTRUMENTS

Rees R92/93

小型・防水・耐放射線

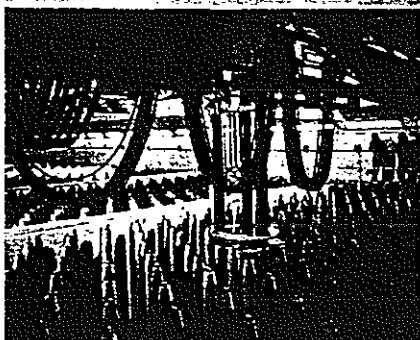
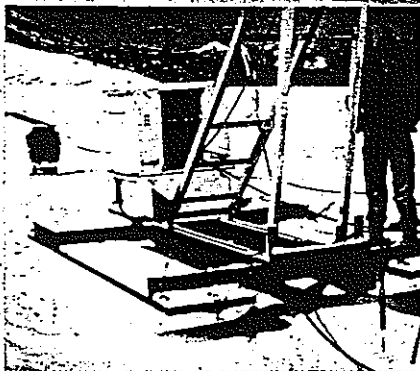
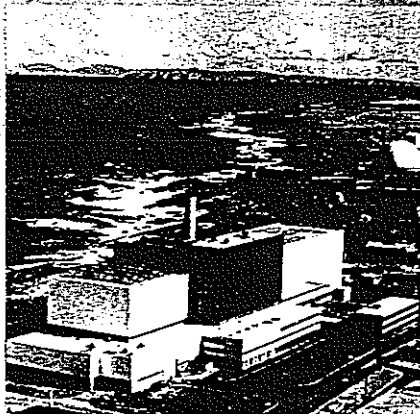
C.C.T.カメラシステム

リース R92/R93 シリーズテレビカメラ検査システムは、下水管の検査から核燃料集合体の検査に到る広い分野で活躍しております。カメラは放射線の強い環境や高い水圧の条件下でも十分に能力が発揮出来る様設計されてますので発電所内の工事の案内用や検査のためにカメラを水中の遠隔装置に取り付けて使用する為の色々なアプリケーションを持っています。その他、ボアホールや井戸の検査等あらゆる水中での検査に適しています。

R93型カメラのフォーカスと絞りは、コントロールユニットより遠隔操作できます。コントロールユニットには、カメラに付いている照明を調整したり、側視ヘッドのミラーやズームレンズを動かす為の機能があります。カメラの直径は40.5mmです。

R92型カメラは固定式モニターカメラとして効果的で、耐放射線に対してはR93と同じ能力をもっており、カメラの直径は35mmです。

両カメラ共標準のR92/R93型のコントロールユニットで操作でき数種のレンズ及びヘッドを使用することができます。全システムがモジュラー方式で作られており特別の仕様についても容易に対処できます。例えばガス冷却方式による高温度用カメラ(200℃)等も製作致しております。



R92型カメラ

このカメラ(外径:35mm)は、特殊な据付及び小さな径の管内検査用に設計されたものです。

内径が100mmのパイプの90度の曲りにおいても使用でき、またマニピュレーターに取り付けて遠隔操作の為に案内用としても適しています。

R93型カメラとは異なりレンズのフォーカスと絞りは手動調整です。

R93型カメラ

本R93型カメラは、適当なレンズと撮像管を使用した場合、放射線吸収線量で約10⁸rads(100%ガンマ)まで耐えうる能力が英国ハールウェル研究所にて証明されており、類似のテスト例が世界各国のユーザーより報告されています。また40.5mm(外径)のステンレスのボディの中にトリプルカスケードFETを使用した超低ノイズのヘッドアンプが組み込まれています。このアンプにより過酷な条件においても高品質の画像を作ることができます。適切な撮像管を使用すればすばらしい結果をお約束します。

カメラボディの中には、リモートフォーカス及びリモート絞り用のモーター及び付属品の側視ヘッドやズームレンズ(6:1)の駆動用モーターが組み込まれています。

レンズ

R92/R93カメラシステムには3種類の交換可能なレンズが準備されています。

11mm f 2.8-16	ノンブラウニング
25mm f 2.5-16	標準
25mm f 2.5-16	ノンブラウニング

R93型カメラで上記レンズを使用する場合すべてリモートで絞りを操作することができます。

R93/04型ヘッドには、12.5~75mmのズームレンズの機能があります。特注にてノンブラウニングレンズの取付も可能です。

ビューイングヘッド

R92/01型ヘッドはR92型カメラ用直視ヘッドで小径管内検査用に1.8ワットの照明ランプ(タングステン)を備えています。

R92型カメラのヘッドはすべて特別に設計したバイオネット方式による取付の為に安全で確実です。

R93/00型ブレインヘッドは、水圧のかかる深い所で外部照明のある場所での使用に適しています。

R93/01型低照度ヘッドは、ヘッド前面の周囲に8つのランプがあり1.8ワットの照明ができます。内径が200mmまでの小径管の内部の検査に向いています。本ヘッド使用時のカメラの外径は40.5mmです。

R93/02型ヘッド前方に20ワットのハロゲンランプが準備されており高照度ヘッドです。このランプはヘッドへの熱影響を防ぐ為にヘッドの径を小さく保つ為にヘッド前方に離して取付けられています。また本ヘッドは、前方のランプの影響を小さくするために画角を大きくしてあります。

R93/03型ヘッドは、360度回転式のステンレスのミラーと20ワットのハロゲンランプ及び1.2ワットのタングステンランプを備えています。回転式ミラーはカメラボディ内の小さなモーターで駆動され、各ランプと同様に操作はコントロールユニットのスイッチより行えます。小径管の内面やボアホールの検査に適しています。

R93/04型ズームレンズビューヘッドは、R93型カメラと使用する事により12.5mmから75mmまでズームリングができ、標準のヘッドから約20秒で取り換えることができます。本ヘッドは耐水圧のステンレスのハウジングに納まっています。

レンズ絞り、フォーカス及びズームリングもコントロールユニットより遠隔で操作できます。又ズームレンズハウジング内のモーターにより50mmから無限大まで焦点合せをすることが可能です。

R93/05型ヘッドは10ワットのハロゲンランプを両側に2ヶ持っていて、照度の必要な150mm以上のパイプの検査やダイバーの手持ち操作用に設計されています。このヘッドはカメラに取り付けた後でも防水用シールに影響なく180°回転させることが出来ます。ヘッドの材料としてはアルミとステンレスの両方があります。

R93/09型プリズム付ビューイングヘッドを使用することにより、検査員はヘッドの交換なしで、リモートでプリズムの角度を変えて、直視と側視を使いわけることができます。使用レンズは25mmノンブラウニングレンズです。

R92/R93型カメラコントロールユニット

本コントロールユニットはモジュール方式を採用している為、色々な組合せができます。

標準のコントロールユニットは、モーター制御スイッチ等を装備した電源モジュールとビデオ及びタイムベースのモジュール、アライメント調整や微調に便利な3インチのモニターテレビで構成されています。標準コントロールユニットには13インチと19インチの大きさがあり、19インチの場合には、上記モジュールの他にデーターディスプレイ用のモジュールを追加することが出来ます。このモジュールにより日付および時刻とパイプのサイズ等をビデオ文字でモニターテレビに写し出せます。またリース社製のケーブルカウンターと接続した場合、パイプ中やボアホールの中にあるカメラの位置までの距離を表示することが出来ます。フラッシュ撮影用カメラと連動させて写真の

シリアル番号を自動的にくり上げるイベントカウンターもあります。このデーターディスプレイモジュールにより合計64文字を表示出来ます。このコントロールユニットは持ち運びが楽なようにコンパクトにまとめてあります。特別仕様の時には、19インチのラックマウントタイプを採用しますので他の装置とのインターフェイスがしやすくなります。標準の19インチのコントロールユニットの場合には、3インチのモニターテレビとデーターディスプレイを取り除いた組合せにでも納めることが出来ます。また2チャンネル分のカメラコントロール用モジュールをワンセットに組み込むことが出来ます。この組合せは、発電所内等でのスペースやケーブルの問題を解決するでしょう。

このコントロールユニットによりカメラ用の電源とカメラの絞り、フォーカス及びミラー回転用モーターを操作することが出来ます。またカメラ

の照明ランプの切換えスイッチ(High/Low)や明るさ調整ツマミがあり、ビデオ処理、掃引信号発生、フォーカス調整の機能も持っています。

電源モジュールには、自動保護回路があり、カメラが無事にコネクタに連結されるまでコントロールユニットが発生する高圧からカメラを守ります。またコントロールユニットにはビデオ再生機能およびカメラヘッドアンプの温度値を3色(青、黄、赤)のランプにて表示する機能があります。

使用電源は、AC100V、50/60Hzです。またDCでカメラを動作させるためにMS型ソケットも準備してあります。このソケットで150ワットまでの外部照明を接続することが出来ます。

R92/R93型カメラ用アクセサリ

R92/100/900型スキッドは、R92型カメラ用センタリング装置で、内径100mmのパイプ用です。90度の曲り部分でも使用することが可能です。市内の排水管や100mm径の通風管の検査に最適です。

R93/LW型センタリング装置

R93型カメラ用の小型軽量タイプのセンタリング装置です。モジュラー方式で長さ10cm単位で脚の長さを調整することが出来内径が62mmから300mmまでのパイプやダクトの検査に使用できます。

R93/HD型センタリング装置

本センタリング装置はR93型カメラ用大型のセンタリング装置で、下水管のような骨の折れる検査に向いています。中心部でヒンジ止めてカメラ

を取り付ける方式のため取りはずしも簡単です。主な付属部品としては、拡張プレートと調整アームがあります。内径が150mmから1mの管内検査に使用できます。またこの装置には引き綱用の止めが4ヶ所準備されています。

R93/100CD型スキッド

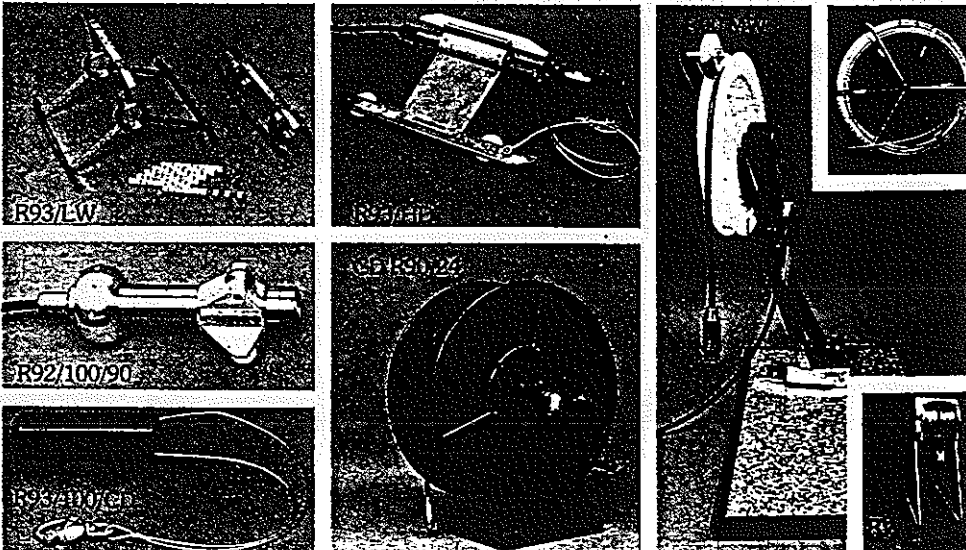
これは、上記R93/HD型センタリング装置の補助的な装置でR93型カメラを内径100mmの下水管に使用する時に役に立ちます。

R90MW型ケーブルカウンターは、コントロールユニットのデーターディスプレイモジュールと接続することが出来、カメラケーブルの上下移動距離を0.1mの分解能でモニター上に表示することが出来ます。本装置は、1周が1mのナイロン製回

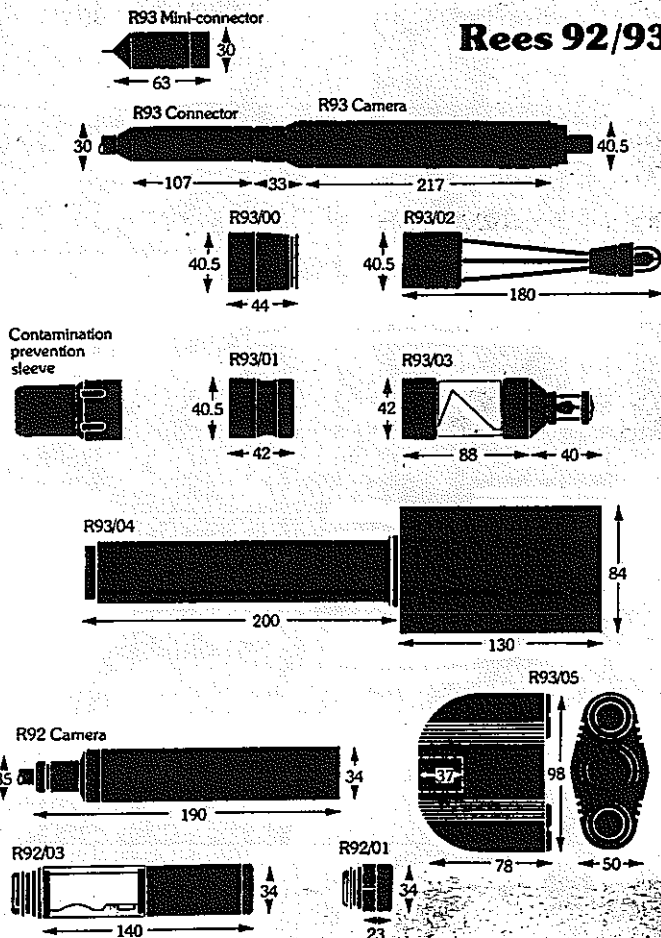
転輪とシャフトエンコーダー及びステンレスとアルミ合金の機構部で構成されていて、基部は回転構造になっています。

CDR90/24型ケーブルドラムは、モーター駆動によるケーブル巻取用ドラムでユーザーの要求に合った仕様のものも製作いたします。

LT120型ラインスレーダーは、カメラを挿入する前にあらかじめ導管に通してみるためのファイバークラス製の細長いロッドです。長さは50mまたは120mがあります。

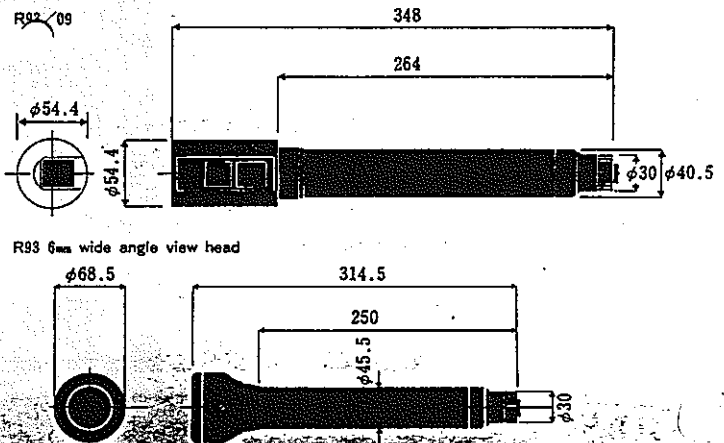


Rees 92/93



カメラシステムの仕様

カメラコントロールユニット	標準型 (19インチ)	13インチ型
幅 mm	450	330
奥行 mm	300	同左
高さ mm	110	"
重さ kg	5.0	4.76
湿度	95%	同左
使用電源	AC100V, 50/60Hz 単相	同左
	DC24V	"
使用温度範囲	-25から+50°C	"
ビデオバンド幅	DCから8MHz	"
ビデオ出力	1.4V複合映像信号	"
白レベル限度	クリップ範囲1V-4V	"
標準走査線	CCIR (625ヨーロッパ)	"
	EIA (525アメリカ)	"
アスペクト比	4:3	"
オートレベルコントロール	標準型ビデオン使用時	"



R92型 カメラ	R92型カメラ (ビューヘッド取付時)		R93型 カメラ	R93型カメラ (ビューヘッド取付時)					
	01付	03付		00付	01付	02付	03付	04付	05付
長さ (コネクタを含む) mm	190.0	213.0	330.0	250.0	294.0	292.0	430.0	378.0	291.0
直径 mm	35.0	35.0	35.0	40.5	40.5	40.5	40.5	84.0	98.0
重さ kg	0.35	0.44	0.85	1.24	1.38	1.35	1.44	3.04	2.39
水中での使用可能深さ m		15			200	120	400		400
クォーツガラス使用時					400	400	400	400	
ポリカーボネイト使用時									
湿度	95%	100%	100%	95%	100%	100%	100%	100%	100%
光学調整	マニュアル			リモート				リモート	
視角	53度 (空气中: 11mm レンズ使用時)			53度 (空气中: 11mm レンズ使用時)					
解像度	500本以上			500本以上					
S/N比	40dB (バンド幅5MHz)			40dB (バンド幅5MHz)					
感度	2:1 インターレース			2:1 インターレース					
ケーブル長 (Max.) m	1ルクスの照度より (使用する撮像管による)			1ルクスの照度より (使用する撮像管による)					
8mm径	50			50					
11mm径	100			100					
17mm径				400					
使用温度 °C	-25 ~ +55			-25 ~ +55					
耐放射線	$\geq 1.6 \times 10^4$			$\geq 1.6 \times 10^4$ Rads					
	(100% Gamma at 1 Mrad/hr)			(100% Gamma at 1 Mrad/hr)					
消費電力	30ワット (タンクステンランプ使用時35.2ワット)			30ワット (タンクステンランプ使用時35.2ワット)					

All Rees Instruments descriptive literature is intended as a general description of its products and shall not form part of any contract of sale nor shall any statement therein be deemed to be a representation, warranty term or condition of or relating to any contract of sale nor constitute a collateral contract.

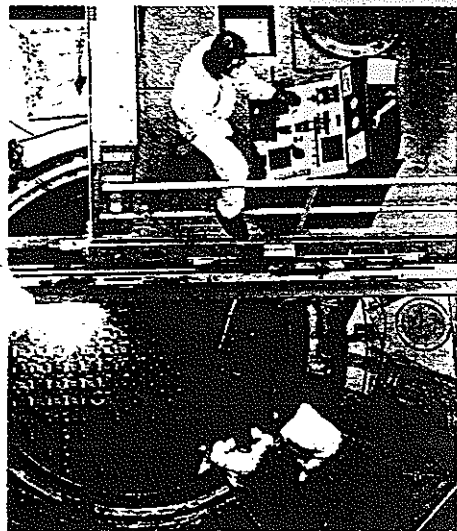
Due to a policy of continued product development, Rees Instruments Limited reserve the right to alter or amend any published specification without notice.



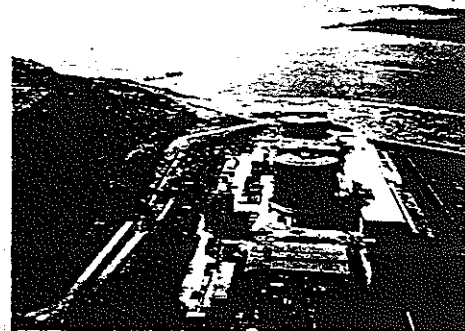
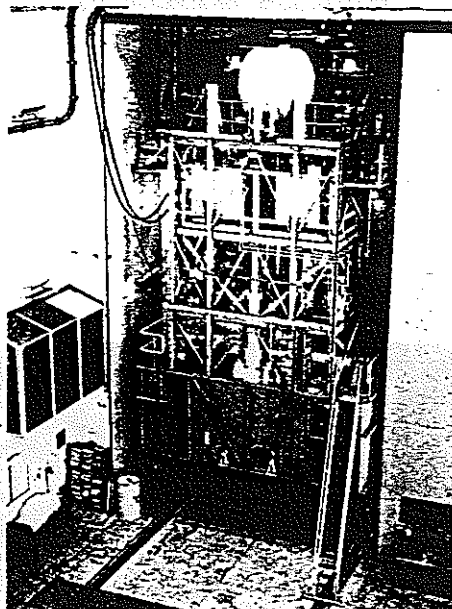
REES INSTRUMENTS

Rees 92/93 型

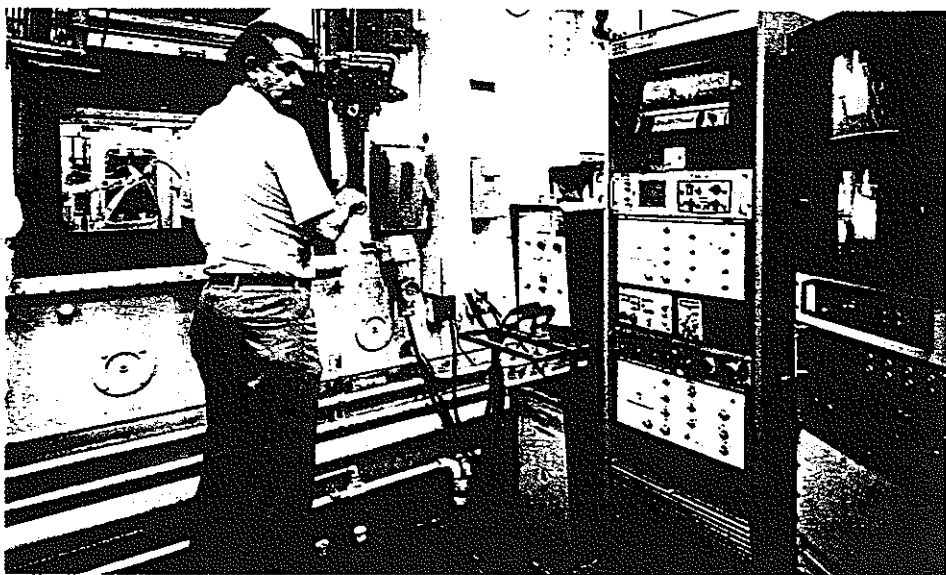
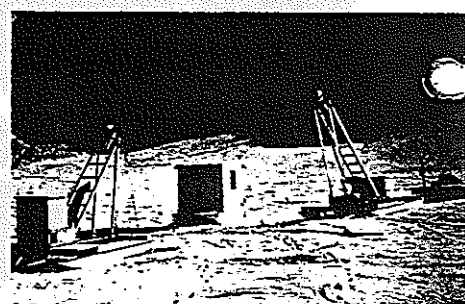
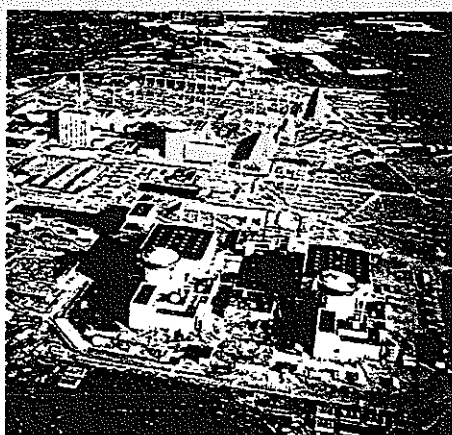
カメラシステムのユーザー例



スウェーデン(リングハルス)のチャージマシン。
R93型カメラにズームレンズをつけて、燃料操作
時のアライメントの確認と認識に使用しているこ
ろ。



南スコットランド(ハンターストン)の原子力発電
所。1981-1982年の間に合計29セットのリース製
カメラが納入されました。主に放射性廃棄物格納
ビル、分離室及びチャージマシンの管理やモニ
ターのために使用されています。



リース R93型カメラシステムがアメリカ(ワシントン州)の
ソジウムホット試験室に据付けて使用されています。



アメリカ内務省がワシントン州のノースカステ
ードでR93型カメラを使ってボアホールの検査を
しています。カメラは氷河の床のすべっている部分
の形態調査と氷河の移動量の測定のために使われ
ています。上記写真はカメラを厚さ 200m の氷の
中におろして行くところです。

Rees Instruments Limited,
Westminster House, Old Woking,
Surrey GU22 9LF
England

日本総代理店

コーンズ

アンド・カンパニー・リミテッド

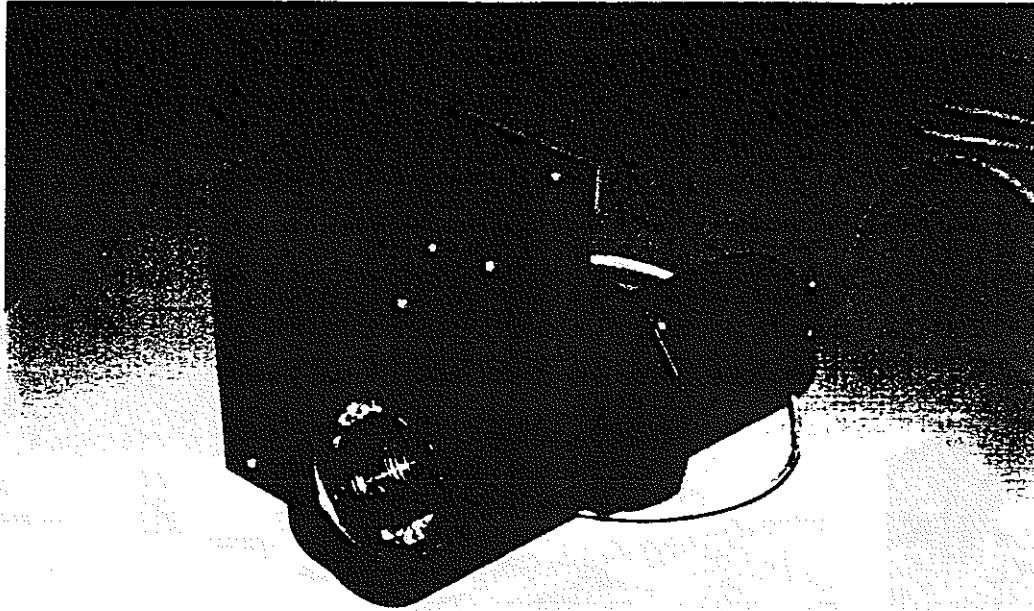
Tel. (04862) 62221
or 61317 (Night Line)
Telex: 859679
Cables: Rees Woking

〒103 東京都中央区日本橋2-3-10(丸善ビル) TEL (03) 272-5771(代)
〒550 大阪市西区西本町1丁目13番40号 TEL (06) 532-1013

© Copyright: Rees Instruments Limited (1981)
Printed in England

Telerobotic Systems

IRC404 Single Piece Nuclear TV Camera



IRC404 camera is pictured with optional nuclear pan-and-tilt unit

IRC404: The Advanced Nuclear TV System-Camera

- A single piece radiation tolerant TV camera of unique capability.
- Single piece means power-in, video-out - a stand-alone camera.
- Unique multiplex system means that the camera, zoom lens and pan-and-tilt operate over a simple, reliable, 6 core cable.
- Superb quality black and white pictures.
- Comprehensive system-camera benefits - see back page.

Applications and Configuration

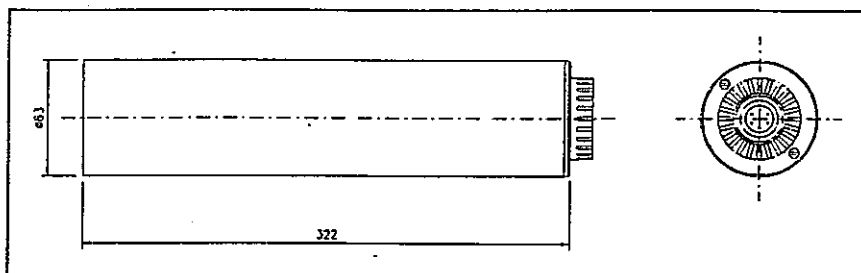
Areas where users have found particular benefits for IRC404 and its system components.

- Crane mounted cameras - here the reduced cabling requirements leads to lower cable costs and improved reliability.
- In-cell cameras - where cameras have to be handled or moved regularly to change the viewpoint, the lift-off option is particularly attractive.
- General surveillance: the compact camera and pan-and-tilt with on-board lighting mean that the camera fits where other cameras cannot.

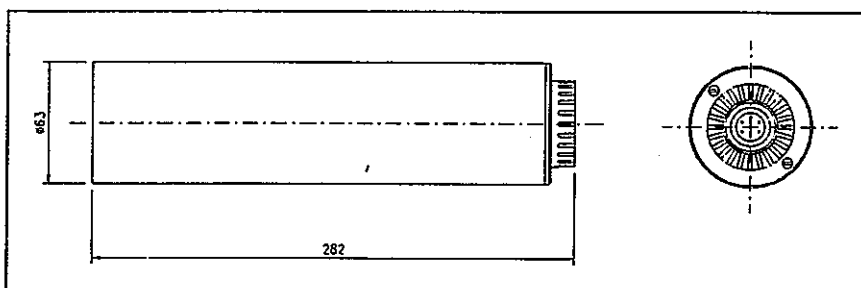
IRC404 Specification

Video Signal:	Composite to EIA or CCIR standard (switchable); peak white limit at +0.9V; sync pulses -0.3V (Direct output from camera or output from control unit)
Video Processing:	Black level clamp, variable gamma correction, aperture correction, dark current compensation
Scanning Format:	525 lines, 60 fields/second, 2:1 interlace (EIA RS170) or 625 line, 50 field/second, 2:1 interlace
Image Format:	2/3 inch
Resolution: (limiting)	>650 TV lines per picture height
Sensitivity:	1.5 lux on faceplate for full image quality 0.15 lux at max video gain (reduced quality)
Scene Illumination	150 lux for top quality pictures, 40 lux for acceptable pictures (when fitted with f3.5, lens).
Spectral Response:	375-725 nM (50%)
Optical Interface:	"C" mount
Radiation Tolerance:	>10 ⁸ rads total dose (Cobalt 60, 1 MeV gamma source) >2.5 x 10 ⁵ rads/hour (Pasecon faceplate)
Housing:	Hard anodised aluminium, black finish
Dimensions and Weight of Camera:	63 mm dia x 172 mm long Weight 725 g without lens
Demultiplexer and CCU:	On-board CCU and demultiplexer for lens and pan-and-tilt control. Note: it is possible to operate the camera and transmit video and control signals over one twisted pair signal cable and one 2-conductor power cable.
Control Unit (Optional):	A desk mounted stand-alone unit. This includes a 12V power supply for the camera, with top panel controls for lens and pan-and-tilt functions (see diagram opposite)
Connector:	Latching Lemo connector 7 way 3B size.
Typical Cable:	3 x twisted pair - 8 mm diameter (minimum 2 x twisted pair).
Connector Clearance:	Allow 150 mm at rear for installed connector and cable. 30 mm extra if connector must be removed.

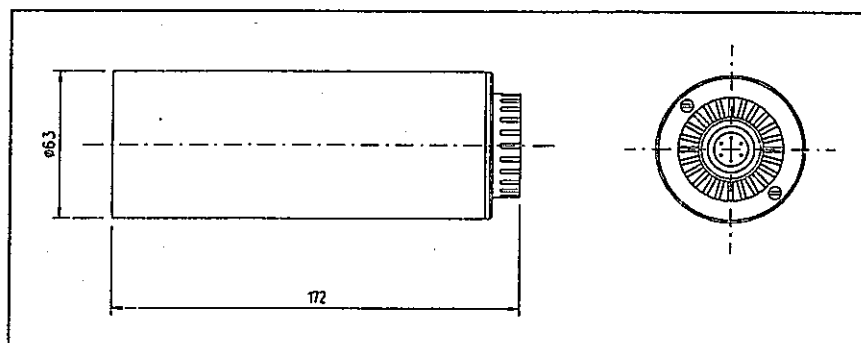
Some Camera and Camera/Lens Configurations



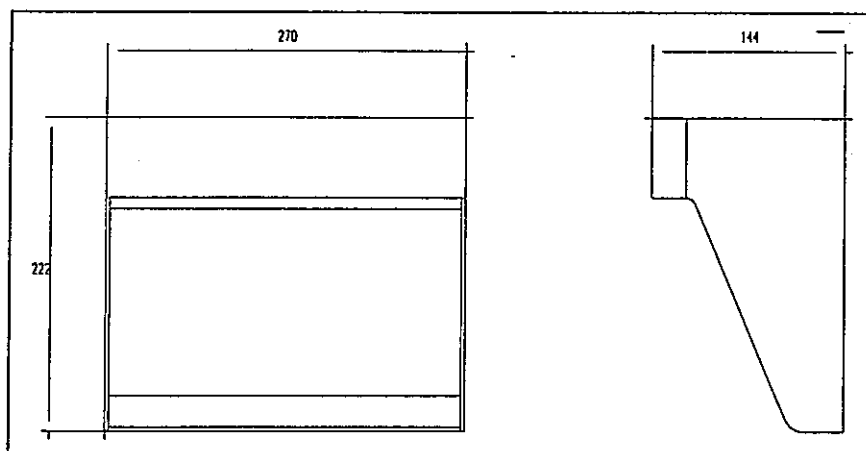
- IRC404 with integral 22-90 mm zoom lens.
- Weight: 1.4 kg
- Dimensions are identical for cold lighting option installed.



- IRC404 with integral fixed focal length 25 mm lens.
- Weight: 1 kg

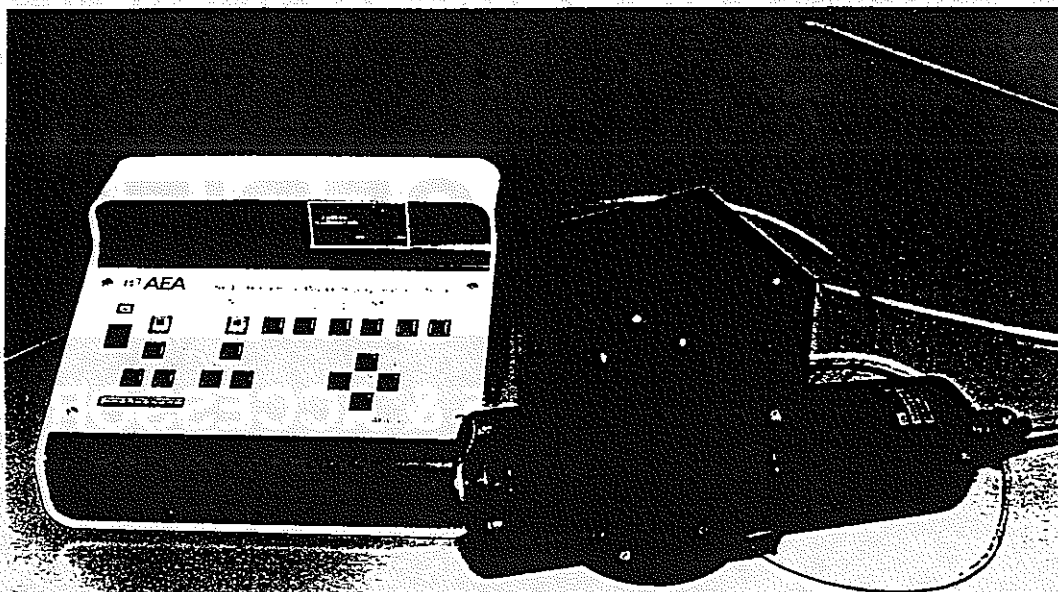


- Basic camera with internal focus option + "C" mount.
- Weight: 725 g



- Outline drawing of optional Stand-Alone Control Unit.

IRC404



IRC404 camera is pictured with PTR513 pan-and-tilt and a free-standing control unit for lens and pan-and-tilt

Standard Options and System Components

Lenses:	Radiation tolerant zoom: 22-90 mm or 8-24 mm. Radiation tolerant fixed focus: 25 mm (other lenses available, please call).
Lighting:	LED on-board illumination: excellent lighting, usually suitable for viewing up to 4 m. Other lighting options on request.
Sealing/Environment:	Fully sealed, underwater, and stainless steel versions.
Internal Focus:	Enables very close up viewing.
Connectors:	Connector options can be chosen to reduce overall length if required.
Signal Transmission:	Co-axial cable transmission is available as an alternative to twisted cable. (Typical cable: 4 core with coax - radiation tolerant version 10.1 mm diameter includes 2 cores for pan/tilt power).
Controller:	As an alternative to the stand-alone controller, a rack mounted card is available. This receives the video signal and transmits the multiplexed control signals for lens and pan/tilt control. The card may interface to hard wired or serial interface controls.
Pan-and-Tilt:	PTR513 radiation tolerant pan-and-tilt with side mounting for camera and integral control system for reduced cabling. PTR514 as PTR513 but with overhead mount - see separate technical data sheet.
CCD Camera:	A fully compatible B&W CCD sensor camera is available for reduced price. It is smaller in size and is for use in low radiation fields only. (Type ICD204).

For further information please contact:

Telerobotic Systems
10.2 Harwell, Didcot
Oxfordshire OX11 0RA, UK
Telephone +44 235 434537
Facsimile +44 235 436138

Agent/Distributor in your area





ist

耐放射線TVカメラシリーズ(米国ISTC社製)

ETV-SERIES

ETV-1250 ETV-1256 ETV-1255 & ACCESSORIES

Video System **Q·I**

ETV-1250

耐放射線小型水中B/W TV カメラ

用途

高い放射線下で使用できる様に、設計されたTV検査システムです。放射線はもとより、水中・空中を問わず、又広範囲の温度下で原子力機器を検査することが可能な超小型白黒TVカメラです。

概要

ETV-1250システムはカメラヘッド（ケーブル付）とカメラコントロールユニットから構成されます。

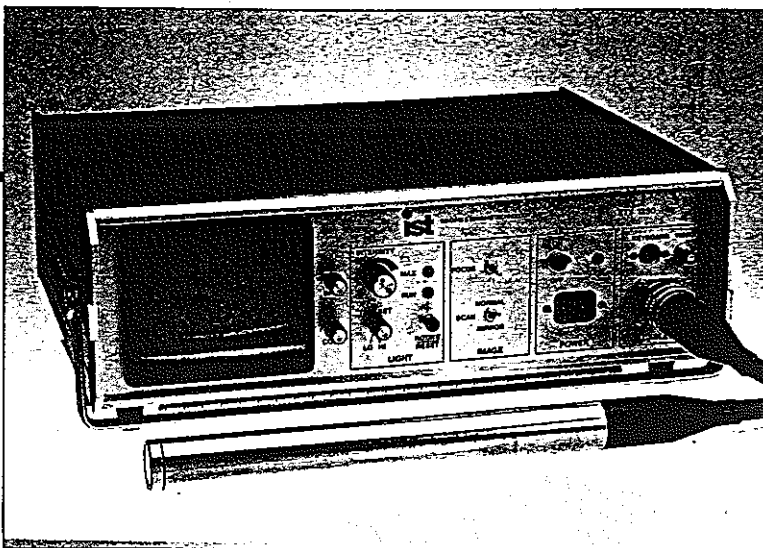
カメラヘッドはステンレス製ハウジングででき、内部はカートリッジ式になっており簡単に交換ができます。内部カートリッジは耐放射線レンズ、耐放射線撮像管、基板、フォーカスモーターで構成されています。標準の撮像管は、ビジコンです。更に感度を必要とする時は、ニュービコンで対応できます。レンズに関しては、標準で焦点距離16mm最大口径比2.8です。オプションとして画をもっと拡大したい時は、焦点距離25mmあるいは、50mmのレンズもあります。もっと広い視野を必要とする時は、ワイドアタッチメントアクセサリを選ぶ事もできます。その他、ライト付き、側視ミラー付き等のアクセサリが豊富に有り、選択できるようになっています。

カメラコントロールユニットは、5インチ白黒モニター・電源・各種コントロール基板からなります。ユニットは、アルミキャビネットからでき、スイッチ類・ケーブルコネクタは前面にすべて配置しております。スイッチに関しては、電源ON-OFF、フォーカス調整、ライト切換High-Low、像 (image) normal-mirror、ライト調光、アクセサリ用回転プッシュボタンがあります。ユニット内は、7枚の基板からなり、簡単に抜き差しできる構造です。メンテナンスもユニット交換可能な為、現場でも簡単に行えます。

標準構成

- カメラヘッド ケーブル38m付 1
- コントロールユニット 5インチB/Wモニター付 1
- キャリングケース 1式
- 付属品 (Oリング・ヒューズ・ツール) 1式
- マニュアル 1

※その他、オプションも豊富に取り揃えております。



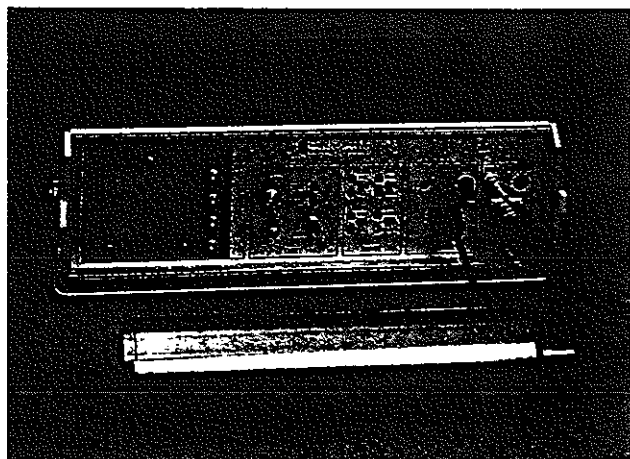
仕様

撮像管	2/3インチ耐放射線ビジコン
水平解像度	550本以上 (中心部)
ビデオ出力	1.0Vp-p 75Ω不平衡
走査方式	2:1インターレース
電源	AC100V 50/60Hz
レンズ	f=16mm F2.8 耐放射線レンズ
画角	約38° 対角 (空中) 約28° 対角 (水中)
焦点調整範囲	直視 25mm~∞ (アタッチメント含まず) 遠隔操作 (遠隔操作)
側視	アタッチメント~∞
使用温度	カメラヘッド -25℃~60℃ 制御器 -18℃~50℃
使用水深	ケーブルの長さまで (標準では38m)
耐放射線性	ビジコン 1×10 ⁵ R (集積) 2×10 ⁵ R/Hr (線量率) ニュービコン 1×10 ⁵ R (集積) 2×10 ⁵ R/Hr (線量率)
カメラヘッド	
外形	φ32×340mm (ケーブルテーパー部含む)
重量	約450g
材質	sus304
コントロールユニット	
外形	305×157×478mm (W×H×D)
重量	約15Kg
ケーブル	
長さ	38m標準 (注文により152mまで可)
外径	φ14.5mm
最小曲げ半径	150mm (標準時)

オプション

ETV-1250/1256

- ケーブル38mシェル付
- ケーブル56mシェル付
- ノンブラウンレンズ・ビジコンカートリッジ 専用基板付
- ノンブラウンレンズ・ニュービコンカートリッジ 専用基板付
- コントロールユニット (ラックサイズ、モニタなし型等)
- 水中コネクタタイプ (カメラ部)
- アクセサリ (ETV-1250/1256)
- 各種モニタ、VTR
- その他



24A

ETV-1256

耐放射線小型カラー水中TV カメラ

特長

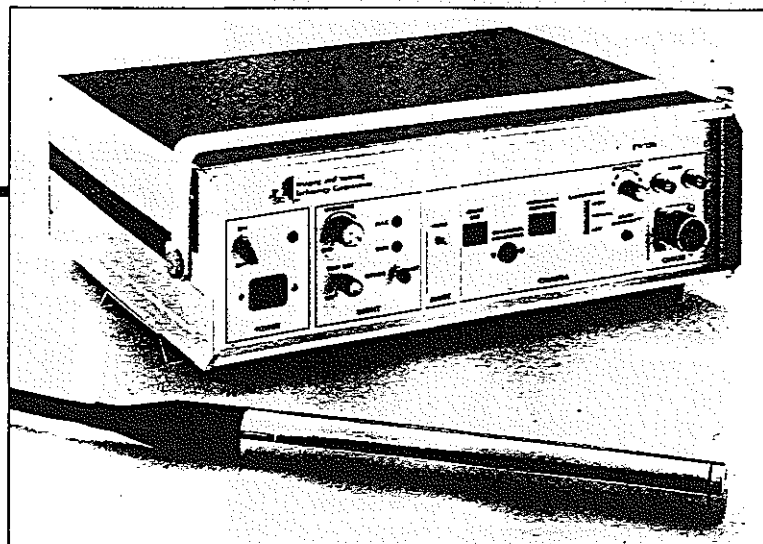
NTSCカラー標準規格
超小型カメラヘッド
耐放射線性
水中・空中仕様
ケーブル長最大183Mまで可能
アクセサリはETV-1250と共有

概要

ETV-1256システムは、カメラヘッド（ケーブル付き）とカメラコントロールユニットから構成されるCCTVです。カメラヘッドはETV-1250同様ステンレス製ハウジングで、内部はカートリッジ方式を採用しています。（ケーブル・シェルはETV-1250と共有）撮像管は1/2インチサチコンを使用し、高い放射線性を有しています。レンズは焦点距離16mm、最大口径比2.8耐放射線性レンズを使用しています。画角は空中で約30° 対角、水中で約22° 対角の視野を持っています。カメラコントロールユニットは、操作に必要な全てのコントロール機能が搭載され、フロントパネルにはスイッチ類、ケーブルコネクタが配置されています。スイッチに関しては、電源ON-OFF、フォーカス調整、ライト切替 high-low、AGCON-OFF、カラーバーON-OFF、色温度調整、アクセサリ用回転押しボタンがあります。又、ビデオ出力端子がありますので、必要な大きさのカラーモニタ（オプション）に画できます。

標準構成

- カメラヘッド、ケーブル33M付 1
- コントロールユニット 1
- キャリングケース 1式
- 付属品（オリング・ヒューズ・ツール） 1式
- マニュアル 1
- モニタ オプション



仕様

撮像管	1/2インチ耐放射線サチコン
水平解像度	300本以上（中心部）
ビデオ出力	1.0Vp-p 75Ω不平衡
走査方式	2:1インターレース
電源	AC100V 50/60Hz
レンズ	f=15mm F2.8耐放射線レンズ
画角	約30° 対角（空中） 約22° 対角（水中）
焦点調整範囲	直視 25mm～∞（アタッチメント含まず） （遠隔操作） 傾視 アタッチメント～∞
使用温度	カメラヘッド -18℃～50℃ 制御器 -18℃～50℃
使用水深	ケーブルの長さまで（標準では38M）
耐放射線性	2X10 ⁴ R（集積） 1.4X10 ⁴ R/Hr（線量率）
カメラヘッド	
寸法	φ32X340mm（ケーブルテーパー含む）
重量	約450g
コントロールユニット	
寸法	457X153X343
重量	約5Kg
ケーブル	
長さ	38m標準（注文により183mまで可）
外径	14.5
最大曲げ半径	150mm（標準時）

ETV-1255 耐放射線小型水中B/W TV カメラ（ズームタイプ）

仕様

撮像管	2/3インチ耐放射線ニュービコン	使用水深	ケーブルの長さまで（標準では38M）
水平解像度	550本以上（中心部）	耐放射線性	1X10 ⁴ R（集積） 2X10 ⁴ R/Hr（線量率）
ビデオ出力	1.0Vp-p 75Ω不平衡	カメラヘッド	
走査方式	2:1インターレース	寸法	φ76X315mm（コネクタ部含む）
電源	AC100V 50/60Hz	重量	約3.2Kg
レンズ	f=12~72mm 耐放射線レンズ	コントロールユニット	
画角	約49° ~9° 対角（空中） 約36° ~7° 対角（水中）	寸法	457X153X343mm（W×H×D）
焦点調整範囲	直視 25mm～∞（アタッチメント含まず）	重量	約15Kg
アイリス	F1.8~F16	ケーブル	
使用温度	カメラヘッド -25℃～50℃ 制御器 -18℃～50℃	長さ	38m標準（注文により152mまで可）
		外径	14.5
		最大曲げ半径	150mm（標準時）

ACCESSORIES

●概要

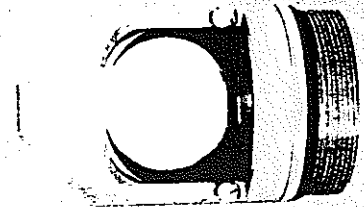
アクセサリはETV-1250/1256に使用できます。標準タイプは、全てカメラ前面に取り付けられ、アクセサリへの電源供給は、自動的にカメラコントロールユニットより行われます。視野(画角)は、アクセサリによって決まりますが、魚眼、広角タイプ以外は焦点距離16mmになります。又、アクセサリは耐放射線を有していますが、魚眼(フィッシュアイ)タイプに使われているレンズはガラス製ですので変色します。

P/N 33914 FRAM

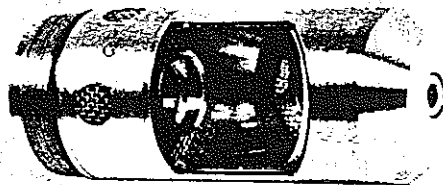
(空中・水中仕様)

側視用ミラーアタッチメントです。見たい方向はマニュアルで変更可能です。

※
寸法：φ32mm×36mm



Fixed Right-Angle Mirror



Lighted Fixed Right-Angle Mirror

P/N 33916 LFRAM

(水中仕様)

20Wハロゲンランプ2ヶ付側視ミラーアタッチメントです。見たい方向はマニュアルで変更可能です。又、(P/N 35-9394) シールドアタッチメントを使用することでP/N33915 Lighted Axial Viewing Attachment (水中用ハロゲンランプ付直視アタッチメント)としても使用できます。

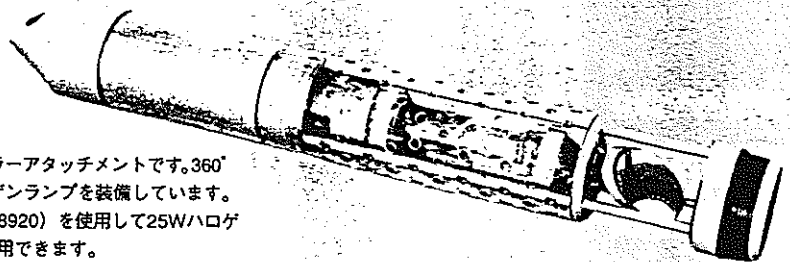
※
寸法：φ32mm×57mm

P/N 33913 RAVA

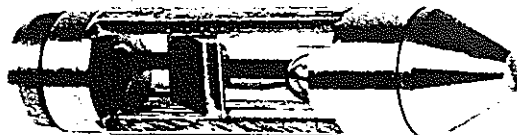
(水中仕様)

リモートコントロール型側視ミラーアタッチメントです。360°近くまで回転可能で150Wハロゲンランプを装備しています。又、アダプタソケット(P/N35-8920)を使用して25Wハロゲンランプにする事で空中でも使用できます。

※
寸法：φ32mm×229mm



Rotating Right-Angle Viewing Attachment



Light Fixed Right-Angle Mirror Hermetic Air

P/N 33919 LFRAM-HA

(空中・水中仕様)

25Wハロゲンランプ付側視ミラーアタッチメントです。見たい方向はマニュアルで変更可能です。しかも空中・水中どちらでも使用可能です。

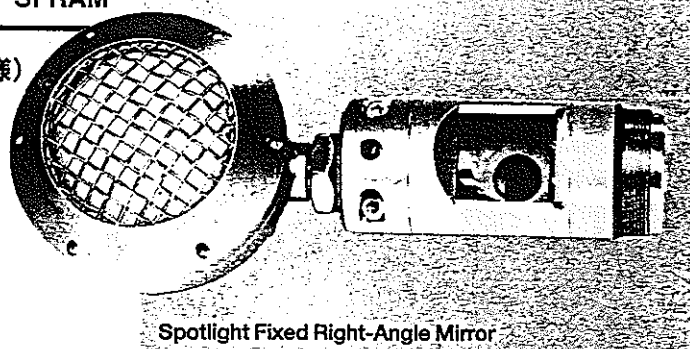
※
寸法：φ32mm×112mm

P/N 34243 SFRAM

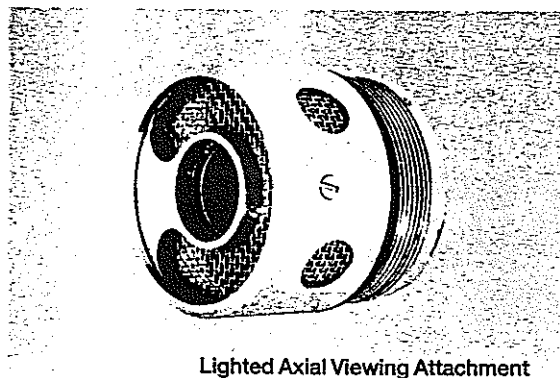
(水中仕様)

被写体までの距離が離れた時に使用される強力ライト付側視ミラーアタッチメントです。85Wスポット光用リフレクターを装備し、ライト前面に石英ガラスを用い水密性を保っています。又、石英ガラスの保護として、網状にワイヤを巡らしています。ミラー付でマニュアル可変で見たい方向を変えます。

※
寸法：76mm×131mm



Spotlight Fixed Right-Angle Mirror



Lighted Axial Viewing Attachment

P/N 33915 LAVA

(水中仕様)

20Wハロゲンランプ2ヶ付直視アタッチメントです。固定ミラー (P/N35-9886) を使用することでLFRAM (P/N 33916) に変更することができます。

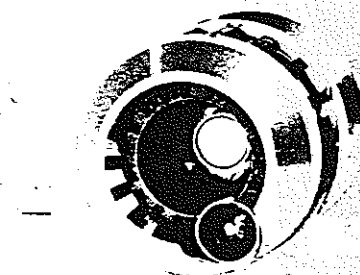
※
寸法：φ32mm×13mm

P/N 33918 LAVA-HA

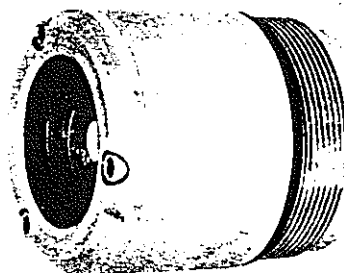
(空中・水中仕様)

12Wあるいは25Wハロゲンランプ付直視アタッチメントです。空中でも水中でも使用できますが25W使用時、特に空中ではランプの熱上昇が激しい為、断続的に使用してください。

※
寸法：φ51mm×41mm



Lighted Axial Viewing Attachment Hermetic Air



Fisheye Optical Viewing Port

P/N 34549 FISHEYE OVP

(空中・水中仕様)

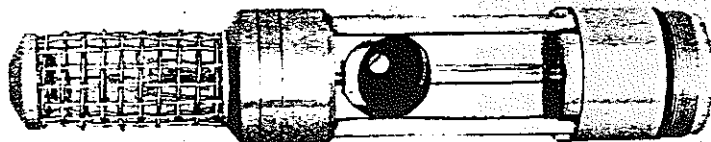
魚眼レンズアタッチメントです。空中画角、標準対角で38° (f=16mm) をこのアタッチメントを使用することにより対角を110° にします。

※
寸法：φ32mm×34mm

ACCESSORIES

P/N 34923 FISHEYE VA AL HIGH

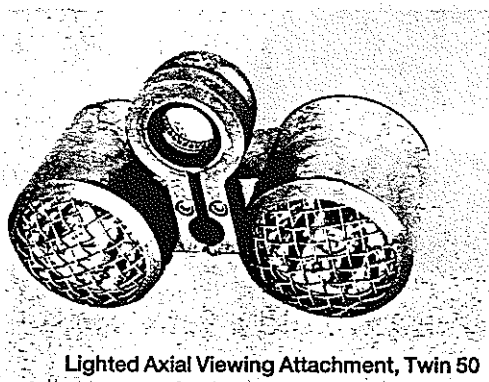
(水中仕様)



P/N 34645水中専用のアタッチメントです。150Wハロゲンランプ1ヶを装備しています。

※
寸法：φ32mm×145mm

Fisheye Viewing Attachment With High Power Axial Light



Lighted Axial Viewing Attachment, Twin 50

P/N 34646 LAVA TWIN 50

(水中仕様)

50Wハロゲンランプ2ヶ付直視アタッチメントです。ランプの前面は、各々網状ワイヤーで保護された50Wリフレクター付ハロゲンランプを使用しています。

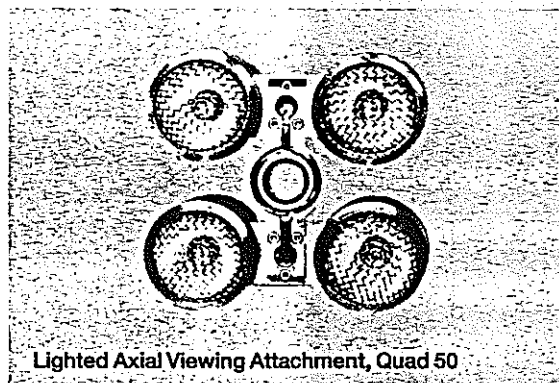
※
寸法：105mm×23mm

P/N 34647 LAVA QUAD50

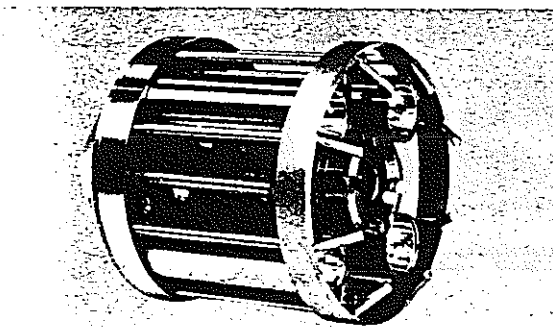
(水中仕様)

50Wハロゲンランプ4ヶ付直視アタッチメントです。P/N 34646の強力タイプです。尚カメラケーブルの長さは38mですが、特注ケーブルで長くすることも可能です。

※
寸法：130mm×23mm



Lighted Axial Viewing Attachment, Quad 50



High Intensity Wide Angle Lighted Axial Viewing Attachment

P/N 34295 HIWA-LAVA

(水中仕様)

ライト付広角レンズアタッチメントです。レンズの選択で水中画角(対角)50°と100°に出来ます。20Wリフレクター付ハロゲンランプ4ヶを装備しています。

※
寸法：φ83mm×25mm

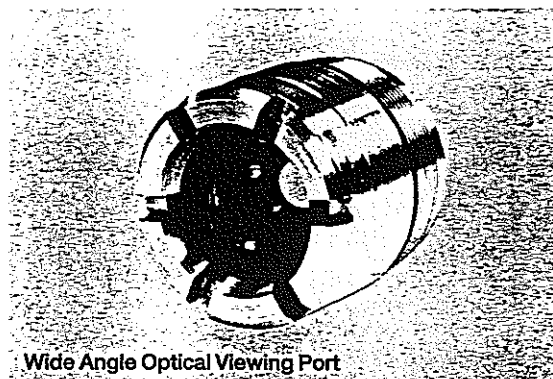
※に関してはカメラ長増加分

P/N 35225 WA OVP

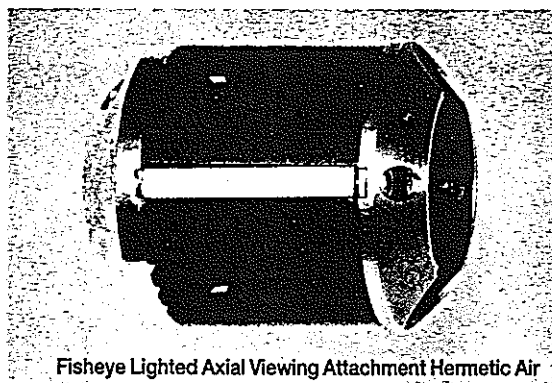
(空中・水中仕様)

広角レンズアタッチメントです。空中画角、標準対角で38°を55°に、水中画角、標準対角で28°を50°にします。

※
寸法：φ32mm×10mm



Wide Angle Optical Viewing Port



Fisheye Lighted Axial Viewing Attachment Hermetic Air

P/N 34541 FISHEYE LAVA-HA

(空中・水中仕様)

12Wランプ2ヶ付広角レンズです。空中画角(対角)を110°にする直視アタッチメントです。12Wハロゲンランプ2ヶを装備し空中水中どちらでも使用可能です。

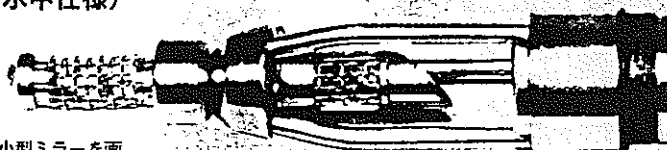
※
寸法：φ64mm×30mm

P/N 34645 FISHEYE VA AL

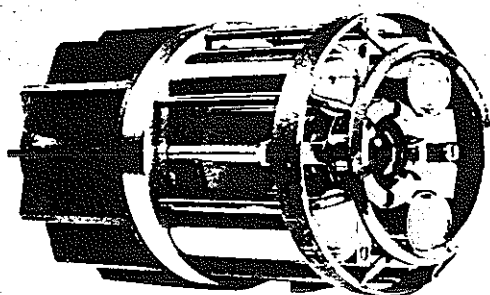
(空中・水中仕様)

小型側視ミラー付広角レンズアタッチメントです。空中時は広角レンズ、水中時対角110°を持つアタッチメントです。直視アタッチメントとして広角で撮影されますが小型ミラーを画像の中心に置いている為直視を見ながら小型ミラーで側視を見る事ができます。10Wのハロゲンを2ヶ装備し、それぞれ保護ワイヤーを巡らせています。

※
寸法：φ32mm×112mm



Fisheye Viewing Attachment With Axial Lights



High Intensity Wide Angle Lighted Axial Viewing Attachment

P/N 34296 HIWA-LAVA

(空中・水中仕様)

P/N 34295タイプの空中・水中仕様です。10Wリフレクター付ハロゲンランプ4ヶ使用する事で両用できるタイプです。

※
寸法：φ83mm×25mm

オプション ガイド

アクセサリ		使用環境		ライト切換		使用ランプ		備考
PART NO	名称	空中	水中	H I	L O	PART NO	仕様	
33914	FRAM	○	○					
33916	LFRAM		○	○		531-11	6V20W	ハロゲンランプ2ヶ使用
33913	RAVA		○	○		531-04	24V150W	
33913		○			○	531-07	14V25W	P/N 35-8920ソケット使用
33919	LFRAM-HA	○	○		○	531-07	14V25W	
34243	SFRAM	—	○	○		531-06	13V85W	リフレクター付
33915	LAVA		○	○		531-11	6V20W	ハロゲンランプ2ヶ使用
33918	LAVA-HA	○	○		○	531-01	6V12W	
33918		○	○		○	531-07	14V25W	空中時は断続的使用
34549	FISHEYE OVP	○	○					
35225	WIDE ANGLE OVP	○	○					
34541	FISHEYE LAVA-HA	○	○		○	531-01	6V12W	ハロゲンランプ2ヶ使用
34645	FISHEYE VA AL	○	○		○	531-19	6V10W	つや消しハロゲンランプ2ヶ使用
34923	FISHEYE VA AL HIGH		○	○		531-04	24V150W	
34646	LAVA TWIN 50		○	○		531-18	16V50W	リフレクター付2ヶ使用
34647	LAVA QUAD 50		○	○		531-18	16V50W	リフレクター付4ヶ使用
34295	HIWA-LAVA		○	○		531-08	6V20W	ハロゲンランプ4ヶ使用
34296	HIWA-LAVA	○	○		○	531-24	6V10W	ハロゲンランプ4ヶ使用

販売元

A. Cat No. 93062

株式会社 キュー・アイ

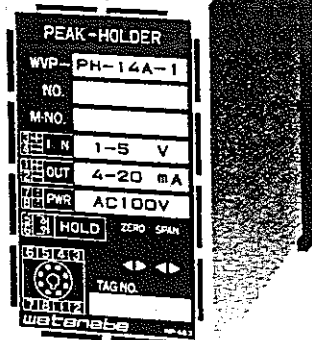
本社 〒220 横浜市西区高島2-12-6 TEL(045) 441-8591(代) FAX(045) 441-8592
ヨコハマジャストBF

大阪営業所 〒532 大阪市淀川区東三国6-1-35 TEL (06) 394-4614(代) FAX (06) 394-4721
東三国グランドハイブ北602号

ヨコハマ
テクニカルセンター 〒236 横浜市金沢区福浦2-4-7 TEL(045) 783-1035(代) FAX(045) 785-0120

ピークホルダ

WVP-PH
WVP-PL
WVP-PW



50 (W) × 96 (H) × 125 (D)mm 約 400g

本器は、アナログ信号の最大値を検出して自動的に保持させるための変換器です。ホールド端子を、OFFにしておくと通常の変換器と同様に動作しますが、ONにして使用すると、最新の最大値を検出し、その出力信号を保持する動作を行います。プラグイン形で非常に小形ですが、弊社独特の回路構成とマイコン(MPU)の搭載によって、抜群の信頼性と経済性を同時に実現しました。

PL形は最小値、PW形は最小・最大間の幅に比例する値。

特 長

- マイコンの実装により、検出と保持の高精度化を実現。
- ホールド値の減衰が全く生じないデジタル記憶方式。
- 入出力間は、信頼性抜群のフォトカプラ方式で絶縁。
- DINレール取付・据置取付両用のプラグイン形。

仕 様

形名 WVP- [] - [] - [] - []

PH	ピークホルダ (絶縁)
PL	ボトムホルダ (絶縁)
PW	ピーク・ツー・ピークホルダ (絶縁)

電	1	AC 100V ± 10%、50・60HZ
源	2	AC 200V ± 10%、50・60HZ
	3	DC 24V ± 10%
	4	AC 110V ± 10%、50・60HZ
	5	AC 220V ± 10%、50・60HZ
	9	上記以外 (御相談下さい)

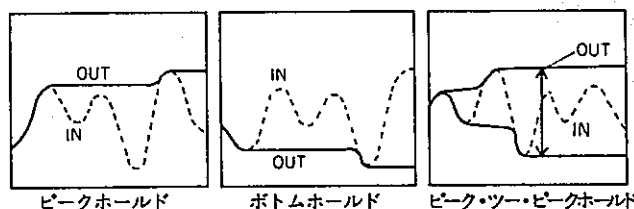
入 力 抵 抗		
10	DC 0 ~ 10mV	1MΩ
11	DC 0 ~ 100mV	1MΩ
12	DC 0 ~ 1V	1MΩ
13	DC 0 ~ 5V	1MΩ
14	DC 1 ~ 5V	1MΩ
15	DC 0 ~ 10V	1MΩ
16	DC 0 ~ 50mV	1MΩ
17	DC 0 ~ 60mV	1MΩ
31	DC 0 ~ 100μA	100Ω
32	DC 0 ~ 1mA	100Ω
33	DC 0 ~ 10mA	50Ω
34	DC 0 ~ 16mA	50Ω
35	DC 0 ~ 20mA	50Ω
36	DC 4 ~ 20mA	50Ω
99	上記以外 { 10mVfs以上 300Vfs以下 (御指定) 10μAfs以上 20mAfs以下	

出 力 抵 抗		
A	DC 4 ~ 20mA	750Ω以下
B	DC 1 ~ 5mA	3KΩ以下
C	DC 2 ~ 10mA	1.5KΩ以下
D	DC 0 ~ 1mA	15KΩ以下
E	DC 0 ~ 10mA	1.5KΩ以下
F	DC 0 ~ 16mA	937Ω以下
G	DC 0 ~ 20mA	750Ω以下
H	DC 1 ~ 5V	2.5KΩ以上
J	DC 0 ~ 10mV	10KΩ以上
K	DC 0 ~ 100mV	100KΩ以上
L	DC 0 ~ 1V	500Ω以上
N	DC 0 ~ 5V	2.5KΩ以上
P	DC 0 ~ 10V	5KΩ以上
S	上記以外 { 電圧出力 10V以下 (御指定) 電流出力 20mA以下	

入 力 信 号 直流電圧、直流電流
出 力 信 号 直流電圧、直流電流
精 度 ±0.2%fs(23℃にて)
許 容 負 荷 抵 抗 電圧出力の場合は、負荷電流2mA(出力1Vfs未満は1μA)以下で御使用下さい。
電流出力の場合は、出力端子間の電圧降下15V以下で御使用下さい。

応 答 時 間 100m Sec (0 ~ 90%)
使 用 温 湿 度 -5 ~ +55℃ 90% RH以下(結露なきこと)
周囲温度の影響 10℃の温度変化に対して±0.2%fs
絶 縁 抵 抗 入出力端子と電源端子間 } 100MΩ以上
(DC500Vメガーにて) 入出力端子間
耐 電 圧 入出力端子間 } AC2000V
入出力端子とMPU間 } 1分間
入出力端子と電源間 }
消 費 電 力 約4VA(AC)、約160mA(DC)
ホールド信号 無電圧ドライ接点 (ONでホールド)
ゼロ・スパン調整 各々±10%fs (多回転トリマ)

機 能 説 明

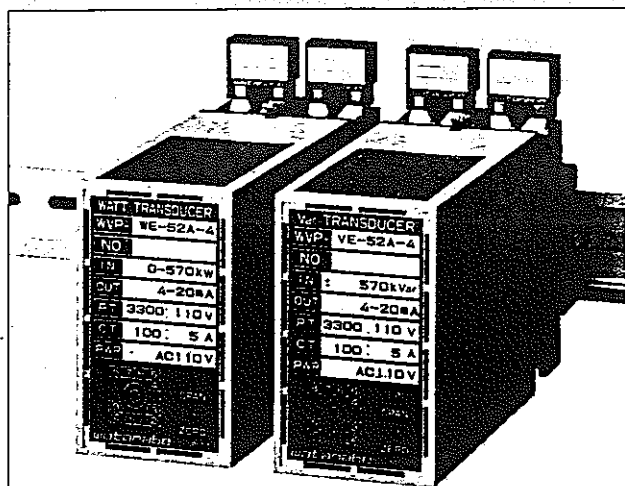


端 子 説 明

番号	記 号	内 容
1	OUTPUT	+
2		- 出力信号
3	INPUT	+
4		- 入力信号
5	HOLD	↑
6		↓ ホールド信号
7	POWER	U(+)
8		V(-) 電 源

電力変換器・無効電力変換器

WVP-W
WVP-V



電力変換器 無効電力変換器
50 (W) × 103 (H) × 135 (D) 重量 約 450 g

本器は、交流の電圧と電流を入力とし、その電力または無効電力に比例する直流信号を出力する時分割乗算方式の変換器です。革新的な回路設計によって従来品の $\frac{1}{3}$ 以下(当社比)に小形化するとともに、着脱自在のプラグイン化を実現しました。また、電圧が定格の 0% 付近まで変動する場合にも正確な測定を可能にします。出力は入力及び電源から絶縁されており、リップルが少なく直線性に優れており、コンピュータ等への入力として最適です。

特 長

- スペース効率が抜群で結線に便利なプラグイン式。
- ひずみ波に強い実効値測定、時分割乗算方式を採用。
- 入力・出力・電源間は耐圧 AC 2000 V で相互に絶縁。
- 電流は勿論、電圧が定格の 0% に下っても正確に動作。

形 名 電力変換器

WVP - W					
W 有効電力		相線区分 (周波数)		精度	
		A 单相 2 線		± 0.5 % fs	
		J (50・60 Hz 両用)		± 0.25 % fs	
		D 单相 3 線		± 0.5 % fs	
		K (50・60 Hz 両用)		± 0.25 % fs	
		E 三相 3 線		± 0.5 % fs	
		L (50・60 Hz 両用)		± 0.25 % fs	
		11 100 V・1 A		12 110 V・1 A	
		13 200 V・1 A		14 220 V・1 A	
		51 100 V・5 A		52 110 V・5 A	
		53 200 V・5 A		54 220 V・5 A	
		99 他(相談下さい)			

出力信号	許容負荷抵抗	
	DC 4 ~ 20 mA	500 Ω 以下
A	DC 1 ~ 5 mA	2 KΩ 以下
B	DC 2 ~ 10 mA	1 KΩ 以下
C	DC 0 ~ 1 mA	10 KΩ 以下
D	DC 0 ~ 10 mA	1 KΩ 以下
E	DC 0 ~ 16 mA	625 Ω 以下
F	DC 0 ~ 20 mA	500 Ω 以下
G	DC 1 ~ 5 V	2.5 KΩ 以上
H	DC 0 ~ 10 mV	10 KΩ 以上
J	DC 0 ~ 100 mV	100 KΩ 以上
K	DC 0 ~ 1 V	500 Ω 以上
L	DC 0 ~ 5 V	2.5 KΩ 以上
N	DC 0 ~ 10 V	5 KΩ 以上
P	± 10 V	5 KΩ 以上
R	上記以外 (御指定)	電圧出力 10 V 以下 電流出力 20 mA 以下

電源		
	AC 100 V ± 10 %	50・60 Hz
1	AC 200 V ± 10 %	50・60 Hz
2	AC 110 V ± 10 %	50・60 Hz
4	AC 220 V ± 10 %	50・60 Hz
5	上記以外 (御相談下さい)	

形 名 無効電力変換器

WVP - V					
V 無効電力		相線区分		電圧要素	
		A 单相 2 線		50 Hz	
		B 单相 2 線		60 Hz	
		C 单相 3 線		50 Hz	
		D 单相 3 線		60 Hz	
		E 三相 3 線		平衡 50・60 Hz 両用	
		G 三相 3 線		不平衡 50 Hz	
		H 三相 3 線		不平衡 60 Hz	
		11 100 V・1 A		12 110 V・1 A	
		13 200 V・1 A		14 220 V・1 A	
		51 100 V・5 A		52 110 V・5 A	
		53 200 V・5 A		54 220 V・5 A	
		99 他(相談下さい)			

出力信号	許容負荷抵抗	
	DC 4 ~ 12 ~ 20 mA	500 Ω 以下
A	DC ± 0.5 mA	10 KΩ 以下
B	DC ± 1 mA	5 KΩ 以下
C	DC ± 5 mA	1 KΩ 以下
D	DC 1 ~ 3 ~ 5 V	2.5 KΩ 以上
H	DC ± 10 mV	20 KΩ 以上
K	DC ± 50 mV	100 KΩ 以上
L	DC ± 2.5 V	2.5 KΩ 以上
N	DC ± 5 V	5 KΩ 以上
P	DC ± 10 V	5 KΩ 以上
R	上記以外 (御指定)	電圧出力 ± 10 V 以下 電流出力 ± 5 mA 以下

電源		
	AC 100 V ± 10 %	50・60 Hz
1	AC 200 V ± 10 %	50・60 Hz
2	AC 110 V ± 10 %	50・60 Hz
4	AC 220 V ± 10 %	50・60 Hz
5	上記以外 (御相談下さい)	

仕 様

動作原理	時分割乗算方式
精度	有効電力：±0.25%fs または±0.5%fs (23°C・正弦波にて)
	無効電力：±0.5%fs
出力リップル	1% (p-p) fs 以下
許容負荷抵抗	電圧出力の場合は、負荷電流2mA(出力1V fs未滿は1μA)以下で御使用下さい。 電流出力の場合は、出力端子間の電圧降下 10V以下で御使用下さい。
応答時間	0.5秒(0~90%)
有効測定範囲	電圧、電流とも0~定格の120%
許容過大入力	電圧：200% 5秒間、電流：1000% 5秒間
使用温湿度	-10~+55°C 90%RH以下(結露なきこと)
周囲温度の影響	10°Cの温度変化に対して±0.2%fs
絶縁抵抗	入出力端子と電源端子間 } 100MΩ以上 入出力端子間 }
耐電圧	入出力端子間 } 入出力端子と筐体間 } AC 2000V 1分間 入出力端子と電源間 }
消費電力	電圧側：約1mA以下(各相) 電流側：約0.75VA以下(各相) 電源側：約4VA以下
ゼロ・スパン調整	各々±10%fs(3回転トリマ)

製作範囲

＜直接接続の場合＞

下表の製作範囲から御希望の入力レンジを御指定下さい。

＜PT、CT外付の場合＞

下式の計算を行ない(P)が下表の製作範囲内であることを確認の上、御希望の入力レンジを御指定下さい。

$$\text{変換器への入力信号 (P)} = \frac{\text{御希望の入力レンジ}}{(\text{PT比}) \times (\text{CT比})}$$

(例1) 希望入力レンジ 単相 5kw、440/110V、10/5A

$$P = \frac{5 \text{ kw}}{(440/110) \times (10/5)} = \frac{5}{8} \text{ kw} = 625 \text{ w}$$

標準にて製作可能です。←

(例2) 希望入力レンジ 三相3線40kw 660/110V、50/5A

$$P = \frac{40 \text{ kw}}{(660/110) \times (50/5)} = \frac{40}{60} \text{ kw} = 666 \text{ w}$$

特注品として製作可能です。←

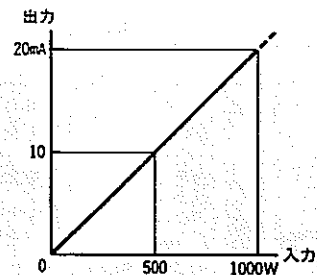
(注) 特注品の場合、精度はお問い合わせ下さい。

電力・製作範囲					
定格	電圧	電流	標準	標準	標準
100V	1A	100	80~120	173	137~207
110V	1A	110	88~132	190	152~228
200V	1A	200	160~240	346	276~415
220V	1A	220	176~264	381	304~457
100V	5A	500	400~600	866	692~1,039
110V	5A	550	440~660	952	761~1,142
200V	5A	1,000	800~1,200	1,732	1,385~2,078
220V	5A	1,100	880~1,320	1,905	1,524~2,286

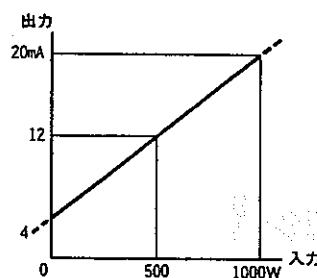
無効電力・製作範囲					
定格	電圧	電流	標準	標準	標準
100V	1A	±100	±80~±120	±173	±137~±207
110V	1A	±110	±88~±132	±190	±152~±228
200V	1A	±200	±160~±240	±346	±276~±415
220V	1A	±220	±176~±264	±381	±304~±457
100V	5A	±500	±400~±600	±866	±692~±1,039
110V	5A	±550	±440~±660	±952	±761~±1,142
200V	5A	±1,000	±800~±1,200	±1,732	±1,385~±2,078
220V	5A	±1,100	±880~±1,320	±1,905	±1,524~±2,286

入出力信号の関係 (代表例)

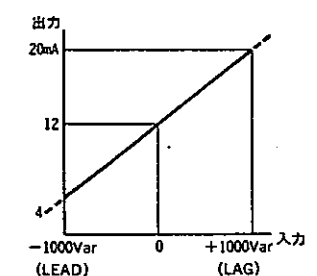
入力：0~1000W, 出力：0~20mAの場合



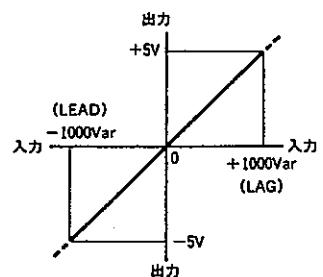
入力：0~1000W, 出力：4~20mAの場合



入力：±1000var, 出力：4~20mAの場合



入力：±1000var, 出力：±5Vの場合



御注文要領

- 1) 形名・2) 御希望の入力レンジ(WATTまたはVar)
- 3) PT定格、CT定格

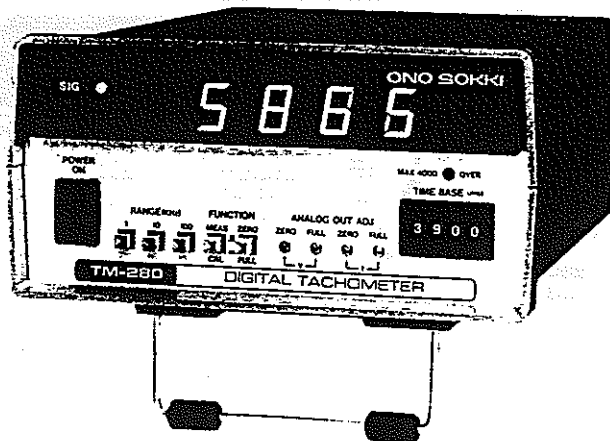
但し、出力信号および電源電圧がカタログ標準以外の御注文については、その内容を御指定下さい。

プロテクター(標準付属)			
端子	単相2線	単相3線	三相3線
1	+	+	+
2	-	-	-
3		P1	P1
4		P2	P3
5	P1	1S	1S
6	P2	1L	1L
7	1S	3S	3S
8	1L	3L	3L
9		P0	P2
10	U	U	U
11	V	V	V

※三相の場合のみ実装

デジタル回転計(表示器)

アナログ出力付・測定時間可変

TM-280
デジタル回転計

TM-280

アナログ出力のついた回転計は、ペンレコーダなどの記録計や、他の指示計と接続する場合に使用されます。全体の傾向の把握や変動をみるのに役立ちます。回路は、入力信号を整形し、一定のパルス列にした後にアナログ量に変える独自の設計ですので、ノイズに強く、高精度な測定が可能となります。TM-280型は、測定時間可変により希望の単位で表示が得られます。

- 1msから4秒まで、1msのステップで測定時間を任意にセットできます。セット操作は、デジタル式ですので熟練がいらず個人差も生じません。
- アナログ出力は、デジタル表示回路とは独立したFV変換回路ですので、90ms以下のレスポンスで出力します。
- デジタル表示の1カウントをレンジ切替により、0.1mV、1mV、10mVの3種、重みを変えてアナログ出力できます。
- 背面での蝶ネジによる固定式ですので盤面取付に便利です。
- コネクタ接続式、端子接続式のどちらのタイプの検出器でも接続可能です。また、外部から電源供給の必要な検出器などへのDC12V供給端子付です。

〔TM-280〕

適合検出器：MPシリーズ，RPシリーズ
 増幅形式：ACおよびDC
 AC入力信号：正弦波 0.2~50Vrms(10Hz~100kHz)
 方形波 0.6~30Vp-p(0.1Hz~100kHz)
 デューティ50±10%
 DC入力信号：矩形パルス（パルス幅5μs以上）
 “HI”レベル+4~+30V
 “Lo”レベル-1~+1V
 入力周波数レンジ：1kHz，10kHz，100kHz切換式
 入力インピーダンス：30kΩ以上（10kHzにて）
 信号入力モニタ：信号入力表示用LED
 入力端子：本体側；BNCレセプタクルおよび端子台
 （並列接続）

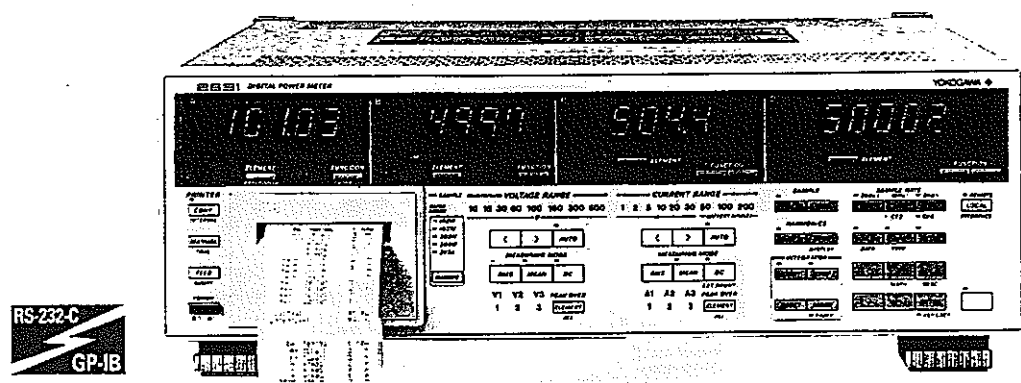
表示方式：緑色LED5桁
 測定時間：0001~4000×1msec
 表示時間：測定時間に一致
 精 度：±1カウント
 アナログ出力：電流：0~16mAまたは4~20mA/
 0~10V(負荷抵抗100Ω以下)
 電圧：0~10V/各レンジのフルスケール(負荷抵抗1kΩ以上)
 （出力端子：端子台）
 使用温度範囲：0~+40℃
 保存温度範囲：-20~+70℃
 電 源：AC100V±10% 50/60Hz 約20VA
 外形寸法：170(W)×85(H)×243(D)mm
 重 量：約2.3kg

電力測定器

2531



デジタルパワーメータ・2531



2531 (三相用モデル, オプション付)

約426×132×432mm 約11kg(単相モデル), 約14kg(三相4線モデル)

★ 安全規格 : CSA231

2531は、TV、エアコンに代表される家電製品や、動力モータ・トランスなどの産業分野における機器の開発・検査用の電力計です。とくに、高性能化が進むインバータ搭載機器の開発・評価・検査用として十分な基本性能と豊富な機能を備えています。

計測管理室などでの標準器の校正用として、または発電プラントにおける配電計器の検査用としてもご利用いただけます。

特長

●広帯域—DC, 2Hz~200kHz

インバータ機器の開発に欠かせない帯域を目標に設計されています。とくに、モータの主な駆動周波数となる30Hz~1kHz間の広い帯域を商用周波数と同じ精度でカバーできるだけでなく、制御技術の進む10Hz以下での低回転時でも極めて安定に測定できます。

●高精度、高速応答—±(0.05% of rdg + 0.05% of range)

14データ/250ms応答

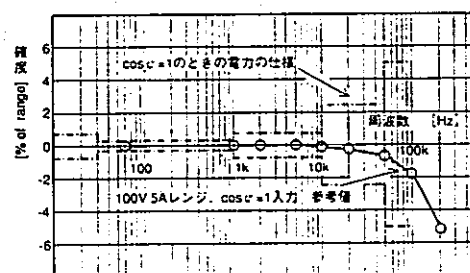
デジタルサンプリング式の電力計としては最高レベルの読み値誤差0.05%を実現しています。これにより、低消費電力化の要求が強まっている機器の開発現場において、その効果を実測できます。また、250msの短時間で14項目の同時測定・通信出力が可能なので、製造・検査ラインをはじめとするシステム化の著しい近年のニーズにマッチしています。

●高調波成分の解析機能—「IEC1000-3-2」および通産省の「家電・汎用品の高調波抑制対策ガイドライン」に準拠した測定・解析が可能(オプション)

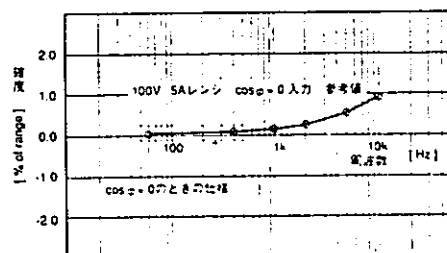
近年、欧米で関心の高まっている高調波電流の測定機能を装備しており、49次までの電圧・電流・電力の値と含有率が測定できます(オプション)。'97年に法令化が予定されている国際規格の測定・処理方法に準拠した実測を行うことで、電子機器の開発時に大きなメリットが得られます。

●アプリケーションにマッチした豊富な機能

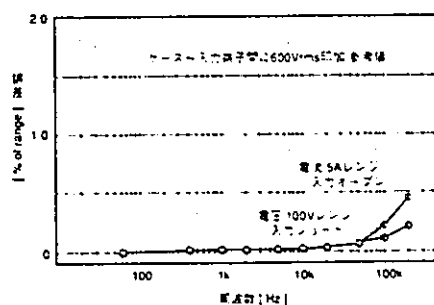
- ・各入力エレメントの測定レンジ・モードを個別に設定可能
- ・1台で単相および三相3線式(2電力計法)の同時測定を行い、両データ間での効率・損失の演算結果を表示可能(三相4線モデルのみ)
- ・電圧・電流各入力のクレストファクタおよびピーク値を測定可能
- ・任意の測定項目を任意の出力チャンネルに、定格値換算された直流電圧の出力が可能(14チャンネルD/A機能(オプション))
- ・現場で測定結果を記録できる内蔵プリンタ(オプション)
- ・設定された時間またはインターバル間隔で、プリンタによるロギング出力が可能なオートプリント機能



周波数—電力精度の特性



ゼロ力率時の周波数—電力精度の特性



コモンモード電圧による指示値への影響

機能

結線の選択

選択可能な結線方式とモデルとの関係は次の通りです。

結線	形名	253110	253120	253130
単相2線式		○	○	○
単相3線式		—	○	○
三相3線式(2電圧、2電流)		—	○	○
三相3線式(3電圧、3電流)		—	—	○
三相4線式		—	—	○

これらの選択はいわゆる“Σ”に関係する部分の計算式が異なるのみで、Σ演算以外の各入力エレメントの測定結果には影響しません。日本国内での動力用の200Vは三相3線、または三相のバランスを確認するために3電圧、3電流方式にて測定する場合があります。

レンジ・ファンクションの選択

電圧レンジは10/15/30/60/100/150/300/600V、
電流レンジは1/2/5/10/20/30Aおよび50/100/200mA
から選択可能です。電力レンジは、電圧および電流の選択されたレンジ定格値によって一律に決定されます。
その他の測定・演算項目は次の通りです。
VA, var, PF, deg, Vpk, Apk, VHz, AHz, Wh, Ah, η(効率, クレストファクタおよび四則演算), THD(高調波ひずみ率, 各入力値の高調波成分の実効値および含有率)
表示値は、クレストファクタ3のとき定格値が30,000カウントを越えないように小数点とレンジ単位(m, k, M)が決まります。積算の表示値は300,000カウントを越えないように小数点とレンジ単位が決まります。

測定モードの選択

電圧、電流の測定にはRMS/MEAN/DCの3種類のモードが選択可能です。
RMSは真の実効値演算(直流電圧、電流と等価なエネルギーを持った交流値)を表示します。
MEANは平均値整流方式の実効値換算の表示を行うため、直流入力では原理的に1.11倍の値を示します。PWM形インバータ駆動モータの電圧測定または磁性材料の鉄損測定に有効です。
DCは測定データを単純平均しているため、直流入力では極性表示を行います。このモードでACを入力した場合にはゼロを表示します。

表示更新周期の選択

表示更新周期は次の3種類が選択できます。表示更新周期を長くすることで実波形の観測時間が長くなり、より低周波域の入力が安定して測定できます。

設定	表示更新周期	測定周波数範囲
FAST	250 ms	DC, 20Hz~200kHz
MID	500 ms	DC, 10Hz~200kHz
SLOW	2 s	DC, 2Hz~200kHz

スケール機能

外付けのPTやCTを使用する際に、各々のスケール値をあらかじめ設定することで一次側の値が直読できます。また、有効電力、無効電力、皮相電力に対してのみスケールファクタを掛けた値を表示できるので、電力以外の変数として直読できます。
一方、この機能と類似して外付けシャントのスケール機能があります。設定方法は上記と同様ですが、PT・CT・スケールファクタのような比率設定ではなく、外付けシャントの発生電圧が測定レンジの定格値(50/100/200mV)になるときの電流値を設定します。いずれの機能も、各入力エレメントで独立に設定可能です。

アベレージング機能

測定値の平均表示方法として次の2種類から選択できます。
指数化平均方式
移動平均方式
指数化平均方式では減衰定数を、また移動平均方式では平均数を8, 16, 32, 64, 128, 256から選択できます。
一般に、移動平均方式の方が効果が大きくなりますが、従来モデルでは指数化平均方式で減衰定数8を採用していました。

フィルタ機能

本器のフィルタは、電圧・電流入力データに直接作用するので、フィルタをONの状態にすると測定精度に影響します。
カットオフ周波数が約500Hzのため、商用周波数50/60Hzにて、
電圧、電流：1% of range
電力：2% of range
が各々加算となります。
PWM形インバータ駆動モータの基本波実効値を測定する場合や基本波の周波数を測定する場合に有効です。

ホールド機能

A/D変換器の動作を一次的に停止させる機能です。TRIGキー、外部入力のEXT TRIGまたは通信機能でのトリガによって1回の測定が可能です。
同じ通信機能を装備した他の機器と同時測定を行う際に有効な機能です。

MATH機能

DISPLAY Dにてηを選択した場合、各電圧・電流入力のクレストファクタ、W1~W3間の効率演算の他に、DISPLAY A, B間の四則演算が可能です。
この機能を用いると、負荷のインピーダンス(抵抗値換算)または電力損失などを演算可能です。

積算機能

電力または電流の積算が可能です。積算のモードは以下の5種類があります。

モード	スタート	ストップ	繰り返し	積算時間
マニュアル積算	STARTキー 通信 or 外部入力	STOPキー	しない	START~STOP間
標準積算	STARTキー	積算タイマ	しない	積算タイマ時間
連続積算	STARTキー	STOPキー	する	積算タイマ時間
実時間制御				
標準積算	予約日時	予約日時	しない	予約日時
連続積算	予約日時	予約日時	する	積算タイマ時間

積算モードではデータ処理方法が通常の測定モードとは異なるので、サンプリング周波数が約135kHzとなり、測定周波数範囲がDC~50kHzとなります。
また、短時間の積算の際には積算経過時間とともに表示最小分解能が変化して、誤差が少ない最大の分解能表示が得られます。

●D/A機能

初期設定状態で電圧、電流、電力の各々エレメント1~3, この値およびDISPLAY C, Dの表示値をアナログ電圧(定格で5V DC)で出力します。

選択モードにて, 最大14項目の測定・演算結果を, 任意の出力チャネルに出力可能です。このことにより, 必要な項目のみをレコード記録できます。

また, 積算時には電力, 電力量, 電流積算値, 周波数の固定の13種類を出力可能です。

D/A出力は表示更新周期に連動しているため, 例えばSLOWの場合には2秒毎に出力値が更新されます。

●高調波解析機能

「IEC1000-3-2」および通産省の「家電・汎用品の高調波抑制対策ガイドライン」に準拠したデータ処理を行っています。さらに規格に沿った測定を実施するには, 低ひずみ電源およびインピーダンス整合器が必要です。また, 本器は波形・測定データ判定の機能は内蔵されていません。

●プリンタ機能

本器の設定情報, 最大14項目の測定・演算結果, 高調波解析の数値データおよび高調波解析のバーグラフ印字が可能です。14項目のデータは通信出力と同じ項目です。

出力方法は次の3種類です。

マニュアルプリント MANUALキーが押された時点のデータを印字

オートプリント

インターバルプリント CONTキーが押された時点から再びCONTキーが押されるまで, 設定されたインターバル時間間隔で自動印字

実時間インターバルプリント タイムで設定されたスタート/ストップの予約日時間で, CONTキーが押された時点からインターバル時間間隔に従って自動印字

仕様

■入 力

項 目	電 圧 V	電 流 A
入力形式	フローティング入力	
	抵抗分圧方式	シャント入力方式
定格値 (レンジ)	10/15/30/60/100/150/300/600 V	1/2/5/10/20/30 A (電流直接入力) 50/100/200 mV (外部シャント入力レンジ)
計器損失	入力抵抗 約2M Ω (全レンジ) 入力容量 並列に約15pF	入力抵抗 約(6m Ω +0.07 μ H) (全レンジ) 外付シャント入力抵抗 約100k Ω
	ただし, 入力端子(±)~ケース間に約100PF	
測定周波数範囲	DCおよび2Hz~200kHz	
瞬時最大許容入力 (1秒間)	ピーク電圧がレンジの3.5倍または1,400Vの低い方	ピーク電流がレンジの10倍または60Aの低い方 外付シャント入力についてはピークがレンジの20倍以下
連続最大許容入力	ピーク電圧が1,000Vまたは実効値がレンジの2倍の低い方	ピーク電流がレンジの5倍, または実効値がレンジの2倍のいずれか低い方(ただし最大35A) 外付シャント入力についてはピークがレンジの10倍以下
連続最大同相電圧	600 Vrms	600 Vrms
CMRR 600Vrms 入力端子~ケース間 (50/60Hz入力時)	-80dB以上 ($\pm 0.01\%$ of range以下) (入力端子短絡)	-80dB以上 ($\pm 0.01\%$ of range以下) (入力端子開放)
入力端子形式	バイディングポスト	大形バイディングポスト 外付シャント入力: 4ピン丸形コネクタ(付属品)
フィルタ	OFF, カットオフ周波数500Hzのいずれか選択	
A/D変換部	電圧, 電流入力同時サンプリング 分解能 : 16ビット 最大変換速度 : 約104kHz	
過大入力検出	レンジの約350%以上のときに警報ランプが点灯する (クレストファクタ=6のとき, レンジの約700%)	
レンジ切替	手動, 自動および外部制御(GP-IBまたはRS-232-C)によりV, Aそれぞれ独立に可能, レンジ設定は全エレメントを同時にまたは個別に設定可能	
オートレンジの切替	レンジアップ: 測定値が定格の110%を超えたとき, または, ピーク値が定格の約350%を超えたとき レンジダウン: 測定値が定格の30%以下になったとき	
測定モードの切替	各エレメント毎に可能 RMS : 真の実効値 MEAN : 平均値 DC : 平均値	

■表示機能

表示器 : 7セグメントLED(発光ダイオード)

表示内容 : 4表示

DISPLAY	表示内容	表示分解能
A	V, A, W (各エレメント)	V, A, W : 30000
B	V, A, W (各エレメント)	Wh, Ah : 300000
C	V, A, W, VA, var, PF, deg, Vpk (各エレメント)	Hz : 199999
D	V, A, W, Apk, THD*, VHz, AHz Wh, Ah, (各エレメント), η (効率)	

* 高調波解析機能 (オプション) 付加時

単 位 : m, k, M, V, A, W, VA, var, pk, Hz, h, deg, %

表示更新周期 : 0.25秒(FAST), 0.5秒(MID), 2.0秒(SLOW)のいずれか選択可能

応答時間 : 最大で表示更新周期の2倍
(フィルタOFF時, レンジの0~100%, または100~0%へ急変したときの表示が, 最終値の確度内に達するまでの時間)

●表示スケール機能

有効桁 : 電圧, 電流レンジの有効桁に従って自動的に選択

設定範囲 : 0.0001 ~ 10000

設定値 : "DISPLAY A" : 無表示

"DISPLAY B" : PT 比

"DISPLAY C" : CT 比

"DISPLAY D" : 電力スケールファクタ

●表示アベレージング機能

方 式 : 以下の2種類から選択可能

・指数化平均方式 ・移動平均方式

指数化平均方式の場合には減衰定数を, また移動平均方式の場合には平均数Nを8, 16, 32, 64, 128, 256から選択することが可能

●MATH機能

方 式 : DISPLAY Dのファンクションを η (効率)にしたとき, 効率, 入力, クレストファクタの測定の他に, DISPLAY AとBの測定値を+, -, $\times$, /の演算した結果を表示する機能を選択可能

■周波数測定機能

測定入力 : V1, V2, V3, A1, A2, A3

測定方式 : レシフコカル方式

測定周波数レンジ : 表示更新周期により以下の通り(オートレンジ)

FAST : 2k/20k/200k/1000kHz

MID : 200/2k/20k/200k/500kHz

SLOW : 20/200/2k/20k/100kHz

最大表示 : 199999

最小表示 : FAST : 18.00Hz

MID : 9.000Hz

SLOW : 1.8000Hz

確 度

: $\pm 0.05\%$ of rdg

・電圧, 電流各レンジ定格の30%以上にて
・クレストファクタ3のとき, 最小周波数レンジの20%以上にて
・200Hz以下はフィルタONにて

■測定機能

項目	電圧 / 電流	電力
方式	ディジタル乗算方式	
クレストファクタ	定格入力するとき3または6	
表示精度(校正後6ヶ月以内 YOKOGAWA標準による) (条件) 温度: 23±5℃ 湿度: 30~75%RH 電源電圧: 100V ±5% 入力波形: 正弦波 同相電圧: 0V フィルタ: OFF クレストファクタ: 3 力率: $\cos\phi=1$	DC ±(0.05% of rdg+0.1% of range) 30Hz≤f≤1kHz ±(0.03% of rdg+0.05% of range) 10Hz≤f<30Hz, 1kHz<f≤10kHz ±(0.1% of rdg+0.2% of range) 2Hz≤f<10Hz, 10kHz<f≤50kHz ±(0.5% of rdg+0.5% of range) 50kHz<f≤100kHz ±(1% of rdg+1.5% of range) 100kHz<f≤200kHz ±(3% of rdg+3% of range) ただし 2Hz~10Hzは設計値 表示更新周期は 10Hz以上はMID, 2Hz以上はSLOWで規定	DC ±(0.1% of rdg+0.15% of range) 30Hz≤f≤1kHz ±(0.05% of rdg+0.05% of range) 10Hz≤f<30Hz, 1kHz<f≤10kHz ±(0.2% of rdg+0.5% of range) 2Hz≤f<10Hz, 10kHz<f≤50kHz ±(1.0% of rdg+1.5% of range) 50kHz<f≤100kHz ±(2.5% of rdg+2.5% of range) 100kHz<f≤200kHz ±(10% of rdg+6% of range) ただし 2Hz~10Hzは設計値 表示更新周期は 10Hz以上はMID, 2Hz以上はSLOWで規定
校正後1年以内の表示精度	校正後6ヶ月以内の表示精度+(校正後6ヶ月以内のレンジ誤差)×0.5	
力率の影響		$\cos\phi=0$ のとき 45Hz~440Hz: ±0.15% of range
有効入力範囲	定格値の10%~110%における測定は、表示精度の項にて規定 110%<入力≤130%の精度は読み値誤差×1.5, 表示は140%まで	
クレストファクタ6の精度	クレストファクタ3(上記精度)のレンジ誤差×0.5	
温度係数	±0.02% of range / °C	
5~18℃, 28~40℃		
表示更新周期	0.25秒(FAST), 0.5秒(MID), 2.0秒(SLOW)	
フィルタON時の精度	50Hzにて, 表示精度に1% of rangeを加算	50Hzにて, $\cos\phi=1$ のとき 表示精度に2% of rangeを加算

■演算機能

皮相電力、無効電力、力率、位相角の演算

	有効電力(W)	皮相電力(VA)	無効電力(var)	力率(PF)	位相角(deg)
単相 2線	W	VA=V×A	$\sqrt{(VA)^2-W^2}$	$\frac{W}{VA}$	$\cos^{-1}(\frac{W}{VA})$
単相 3線	W _i i=1, 3 ΣW =W ₁ +W ₂ +W ₃	VA _i =V _i ×A _i i=1, 3 ΣVA =VA ₁ +VA ₂ +VA ₃	var _i =√[(VA _i) ² -W _i ²] i=1, 3 Σvar =var ₁ +var ₂ +var ₃	PF _i = $\frac{W_i}{VA_i}$ i=1, 3 ΣPF = $\frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	φ _i = $\cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i=1, 3 Σφ = $\cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
三相 3線 (2電圧, 2電流)	W _i i=1, 3 ΣW =W ₁ +W ₂	VA _i =V _i ×A _i i=1, 3 ΣVA = $\frac{\sqrt{3}}{2}(VA_1+VA_2)$	var _i =√[(VA _i) ² -W _i ²] i=1, 3 Σvar =var ₁ +var ₂	PF _i = $\frac{W_i}{VA_i}$ i=1, 3 ΣPF = $\frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	φ _i = $\cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i=1, 3 Σφ = $\cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
三相 3線 (3電圧, 3電流)	W _i i=1, 2, 3 (ただし, W ₃ は物理 的意味を 持たない) ΣW =W ₁ +W ₂ +W ₃	VA _i =V _i ×A _i i=1, 2, 3 ΣVA = $\frac{\sqrt{3}}{3}(VA_1+VA_2+VA_3)$	var _i =√[(VA _i) ² -W _i ²] i=1, 2, 3 Σvar =var ₁ +var ₂ +var ₃	PF _i = $\frac{W_i}{VA_i}$ i=1, 2, 3 ΣPF = $\frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	φ _i = $\cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i=1, 2, 3 Σφ = $\cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
三相 4線	W _i i=1, 2, 3 ΣW =W ₁ +W ₂ +W ₃	VA _i =V _i ×A _i i=1, 2, 3 ΣVA =VA ₁ +VA ₂ +VA ₃	var _i =√[(VA _i) ² -W _i ²] i=1, 2, 3 Σvar =var ₁ +var ₂ +var ₃	PF _i = $\frac{W_i}{VA_i}$ i=1, 2, 3 ΣPF = $\frac{\Sigma W}{\Sigma VA}$	φ _i = $\cos^{-1}(\frac{W_i}{VA_i})$ i=1, 2, 3 Σφ = $\cos^{-1}(\frac{\Sigma W}{\Sigma VA})$
演算範囲	定格値は V, Aレンジ による	定格値はV, A レンジによる	皮相電力と同じ (var≥0)	-1~0~1	LEAD180~ 0~LAG180 または0~360
最大表示 もしくは 表示分解能	30000	30000	30000	±1.0000	0.01
演算精度 (測定値 からの計算値 に対して)	—	定格値(VA) の±0.001%	定格値(VA)の ±0.001%	±0.0001	力率からの演算 に対し±0.005°

■積算機能

表示分解能	: 300000 積算経過時間とともに表示最小分解能が変化
測定周波数範囲	: DC ~ 50kHz
モード	: 標準積算モード(タイマモード) 連続積算モード(繰り返しモード) マニュアル積算モード
タイマ	: タイマ設定により積算の自動停止可能 設定値 : 000h:00min ~ 999h:59min (000h:00minの時マニュアルモード)
表示	: DISPLAY A : 経過時間 DISPLAY B/C : W DISPLAY D : W, Wh, Ah, Hz
出力	: プリンタ, 通信およびD/Aでの出力は, 経過時間, W, Wh, AhおよびHzのファンクションに関して14項目を設定可能
カウントオーバ	: 積算値が±999999MWhを超えたときは, 積算経過時間を保持して停止
実時間制御	: 積算スタート/ストップの実時間を設定することにより制御が可能
精度	: ±(本体精度+0.05% of rdg)
タイマ精度	: 0.005%
リモート制御	: 外部接点信号によりスタート, ストップ, リセット制御を行うことが可能

注1) 本器の皮相電力(VA), 無効電力(var), 力率(PF), 位相(deg)は, 電圧, 電流, 有効電力からディジタル演算で求めています。したがって, ひずみ波入力の場合, 測定原理の異なる他の測定器と差が生じる場合があります。

注2) 電圧, 電流のいずれか一方がレンジ定格の0.3%以下のとき, 皮相電力(VA), 無効電力(var)はゼロ表示。また, 力率(PF), 位相(deg)はエラー表示となります。

注3) 進相, 遅相の検出精度は電圧, 電流の入力がともに正弦波形でクレストファクタ3, 定格の50%以上にて規定。
検出精度: ±5 deg (20Hz~10kHz)

注4) 位相角表示が0~360の場合, 0および180の±5 degは精度規定なし。

注5) 演算で, 各エレメントのスケール値が異なる場合, 各エレメントに定格値が入力されたときのΣの値が30000(クレストファクタ3)または10000(クレストファクタ6) カウントを超えない表示桁となります。またD/A出力は各エレメントに定格値が入力されたときのΣの値を100% (5.0V) として出力します。

2531

■通信

GP-IB または RS-232-C を標準装備

GP-IB

電気的仕様 : IEEE Std 488-1978 準拠

機械的仕様 : IEEE Std 488-1978 準拠

機能的仕様 : SH1, AH1, T5, L4, SR1, RL1, PP0, DC1, DT1, C0

RS-232-C

伝送モード : 調歩同期式

ボーレート : 75, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 bps

■プリンタ(オプション)

印字内容 : 通常測定の場合 : 数値印字-14項目(任意に設定可能, ただし通信出力と同一項目)

高調波解析機能

(オプション)の場合 : 数値印字-V, A, W, deg
バーグラフ-V, A, W, deg

■D/A出力(オプション)

出力数 : 14項目(各チャンネル毎に設定可能)

分解能 : 12ビット

出力電圧 : 各定格値に対して±5V(最大約±7.5V)

最大出力電流 : ±1mA

精度 : ±(表示精度+0.2% of range), 出力電圧±5Vまで

温度係数 : ±0.05% of range/°C

更新レート : 本体の表示更新周期に同じ

■高調波解析機能

測定周波数範囲/サンプリング速度/窓幅/解析次数

	基本周波数(f1)	サンプリング速度	窓幅	解析次数
777	40Hz ≤ f1 < 70Hz	f1 × 512	f1 の16周期	1~49(解析上限値)
777ON	70Hz ≤ f1 < 130Hz	f1 × 256	f1 の32周期	1~25(解析上限値)
777ON	130Hz ≤ f1 < 250Hz	f1 × 128	f1 の64周期	1~13(解析上限値)
777ON	250Hz ≤ f1 < 400Hz	f1 × 64	f1 の128周期	1~9(解析上限値)
777	40Hz ≤ f1 < 70Hz	f1 × 512	f1 の16周期	1~49(解析上限値)
777ON	70Hz ≤ f1 < 130Hz	f1 × 256	f1 の32周期	1~49(解析上限値)
777ON	130Hz ≤ f1 < 250Hz	f1 × 128	f1 の64周期	1~49(解析上限値)
777OFF	250Hz ≤ f1 < 400Hz	f1 × 64	f1 の128周期	1~25(解析上限値)

測定中で、解析上限値が小さくなる方向に基本周波数が変化しても、各周波数範囲上限の約7%以内であれば、もとの周波数範囲の解析上限値まで、測定・解析します。

表示分解能 : クレストファクタ3のとき 30000
クレストファクタ6のとき 10000

窓関数 : レクタングュラ(矩形窓)

アンチエリアシングフィルタ : 基本周波数50/60Hzにて、解析次数40次までへの折り返しは-50dB以上

アベレーシング : 基本周波数50/60Hzにおいて、

時定数1.5秒の指数化平均

サンプリング周波数 : PLL同期方式 基本周波数とサンプリング周波数との相対偏差は±(0.01%)

データ処理 : 窓間のギャップおよび窓のオーバーラップのないFFT演算

FFTデータ長 : 8192ポイント

FFT処理語長 : 32ビット

A/Dコンバータ分解能 : 16ビット

表示更新周期(サンプルレート) : 通常測定と同じ 0.25秒(FAST), 0.5秒(MID), 2.0秒(SLOW)
ただし、高調波解析モードのときの周波数測定は、サンプルレートをFAST(0.25秒)に設定しても、データ更新は0.5秒に1回となります。

■精度

(0.1Hz/7773のとき)	電圧/電流	有効電力	位相角
777	40Hz ≤ f ≤ 500Hz ±(1% of rdg + 0.05% of range)	40Hz ≤ f ≤ 500Hz ±(2% of rdg + 0.1% of range)	40Hz ≤ f ≤ 500Hz ±10 deg
777ON	500Hz ≤ f ≤ 2.5kHz ±(2% of rdg + 0.05% of range)	500Hz ≤ f ≤ 2.5kHz ±(2% of rdg + 0.1% of range)	500Hz ≤ f ≤ 2.5kHz ±15 deg
777ON	2.5kHz ≤ f ≤ 3.5kHz ±(5% of rdg + 0.2% of range)	2.5kHz ≤ f ≤ 3.5kHz ±(5% of rdg + 0.2% of range)	2.5kHz ≤ f ≤ 3.5kHz ±15 deg
777	通常測定モードと同じ	通常測定モードと同じ	通常測定モードと同じ
777ON	通常測定モードと同じ	通常測定モードと同じ	通常測定モードと同じ
777OFF	通常測定モードと同じ	通常測定モードと同じ	通常測定モードと同じ

・上記精度の条件
各解析次数の入力がレンジ定値の110%以下
(110%を超える場合: レンジ誤差が上記の値になります)
校正後6ヶ月以内(YOKOGAWA標準による)
・校正後1年以内の精度: 校正後6ヶ月以内の精度+(校正後6ヶ月以内のレンジ誤差) × 0.5
・クレストファクタ6のときの精度: レンジ誤差が1.5倍になります
・入力範囲は「ピークオーバー」表示(L.E.D)が点灯しない範囲
(測定レンジの約±250%以内) したがって、最大許容入力範囲内

■測定項目

●電圧、電流および有効電力の基本波と各高調波別の測定値

●電圧、電流および有効電力の各高調波の含有率

●電圧、電流および有効電力の基本波+高調波の測定値

●電圧または電流の高調波ひずみ率(THD)

●電圧と電流の基本波どうしの位相角

●電圧または電流の基本波に対する各高調波の位相角

●電圧または電流の基本波の周波数

(電圧または電流は、すべて実効値で測定します)

■一般仕様

外部制御、出力

制御信号

: EXT-HOLD, EXT-TRIG, EXT-START, EXT-STOP,
EXT-RESET, EXT-PRINT, INTEG-BUSY

入力

: TTLレベル負パルス

D/A出力(オプション)

: 初期設定状態にて固定の14項目、選択モードにて任意の14項目

通信出力(オプション)

: 初期設定状態にて固定の14項目、選択モードにて任意の14項目

ただし、プリンタ印字項目と共通設定

プリンタ出力(オプション) : 初期設定状態にて固定の14項目、選択モードにて任意の14項目

ただし、通信出力項目と共通設定

ウォームアップ時間 : 約30分

使用温湿度範囲 : 5~40°C, 20~80% RH(ただし、結露しないこと)

保存温度 : -25~60°C(ただし、結露しないこと)

絶縁抵抗

: 電圧入力端子一括とケース間、

電流入力端子一括と出力端子一括間、

電圧入力端子一括と電流入力端子一括間、

各エレメントの電圧入力端子一括間、

各エレメントの電流入力端子一括間、

電圧入力端子一括と電源プラグ間、

電流入力端子一括と電源プラグ間、

ケースと電源プラグ間、

以上の各部は500V DCで50MΩ以上

耐電圧

: 電圧入力端子一括とケース間、

電流入力端子一括と出力端子一括間、

電圧入力端子一括と電流入力端子一括間、

各エレメントの電圧入力端子一括間、

各エレメントの電流入力端子一括間、

電圧入力端子一括と電源プラグ間、

電流入力端子一括と電源プラグ間、

以上の各部50/60Hzにて2.200 VAC 1分間

ケースと電源プラグ間

50/60Hzにて1.500V 1分間

電源

: 設定 許容電圧範囲 周波数

100V 90~110V 48~63Hz

振動条件

: 掃引試験-周波数8~150Hz スイープ、各3方向、往復1分間

耐久試験-周波数16.7Hz、複振幅4mm、各3方向、2h間

衝撃条件

: 衝撃試験-加速度490m/s²、各3方向

自由落下試験-高さ100mm、各4辺にて1回ずつ

消費電力

: 120 VA Max

内部時計精度

: 月差約±30秒

外形寸法

: 約426(W) × 132(H) × 432(D) mm

質量

: 253110 約11kg

253130 約14kg

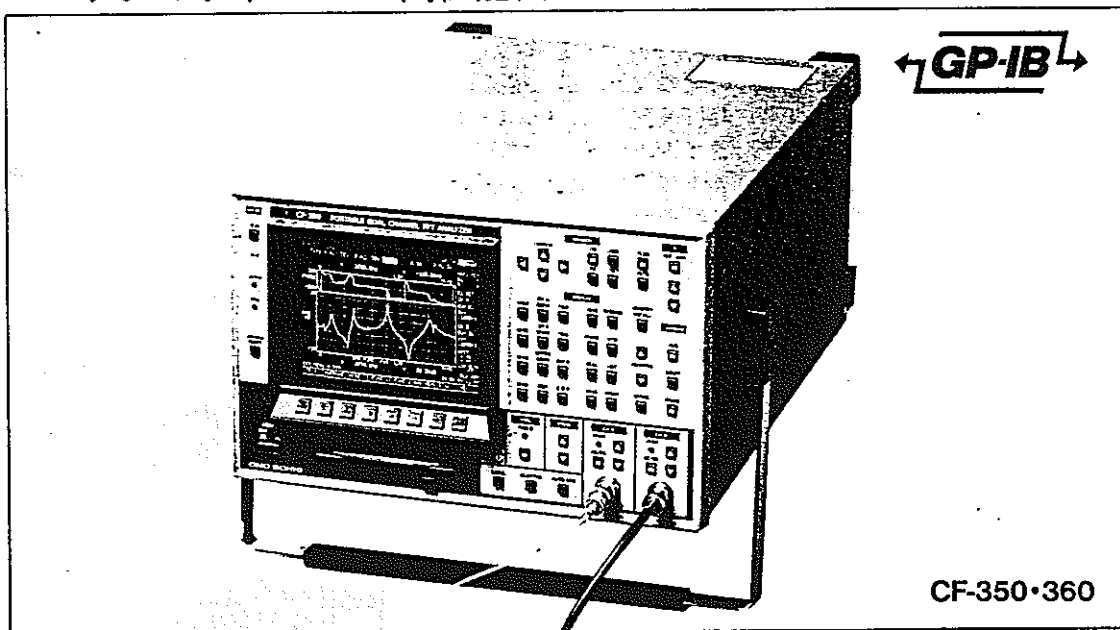
安全規格

: CSA C22.2 No.231

FFTアナライザ

パーソナルサイズの2ch高性能機

CF-350・360

ポータブル
デュアルチャンネル
FFTアナライザ

CF-350・360は、当社の10年以上に渡るFFTアナライザの実績を駆使して高集積化をはかり、機能をおとすことなく、従来の1チャンネルアナライザなみの重量、価格を実現した2チャンネルFFTアナライザです。パワースペクトル、クロススペクトル、伝達関数、コヒレンス関数など基本的な関数はもちろん、四則/微積分演算、逆フーリエ変換、ケプストラム、ヒルベルト変換によるタイムエンベロープ抽出など多彩な処理機能を標準装備。さらに、標準タイプその他、オプションを組合せたA、B、Cタイプを用意、目的に応じて選択することができます。コンパレータ機能、rpm・トラッキング分析機能等これまでは専用機種で対応していた機能を内蔵することも可能。汎用機としての用途から専用機としての用途まで、目的に応じて選べるパーソナルなアナライザです。

- 320mm(W)×200mm(H)×400mm(D)、約13kgと小型・軽量。
- AC90~264V(47~440Hz)、ワールドワイドな電源。
- 16ビットADコンバータ、全周波数レンジに対応するアンチエイリアシングフィルタ、32ビットFFT演算等、高精度な入力・演算部。
- 豊富な関数、処理機能を標準装備。振動・騒音解析、設備診断から構造解析、サーボ解析まで幅広く対応。
- オクターブ分析、4ディケード・オートレンジ解析、カーブフィット等11機能をオプションとして用意、目的に応じて選沢自由。
- 60画面の解析画面メモリー、255Kワードのタイムレコードメモリーを装備。さらにCMOSメモリーカード追加によりメモリー容量は3倍。

FFTアナライザ

〔CF-350・360〕

CF-350・360

ポータブル
デュアルチャンネル

処理関数:

時間領域: 時間軸波形, 自己相関関数, 相互相関関数, インパルスレスポンス, タイムエンベロープ波形, ヒルベルト変換, ケプストラム, 逆フーリエ変換

周波数領域: フーリエスペクトル, (オート)パワースペクトル, リニアスペクトル, クロス(パワー)スペクトル, 位相スペクトル, 伝達関数, コヒレンス関数, コヒレントアウトプットパワー, オクターブ分析 ($1/1, 1/3$ oct), (オート)パワースペクトルエンベロープ, 群遅延, 回転次数比分析, rpmトラッキング分析

振幅領域: 確率密度関数, 確率分布関数, 平均値, 標準偏差, スキューネス, クルトシス

信号解析モード: アナログ信号解析・処理モード

カレントデータ解析

: 入力端子に加えた信号のカレント解析・処理

ディスクデータ解析

: フロッピディスクに記録されたタイムレコードデータ・CRTブロックデータ処理

CRTブロックデータ解析

タイムレコードデータ解析

デジタル信号解析・処理モード

GP-IBインタフェースを介してコンピュータから入力したデータの解析・処理

関数の演算処理機能:

パワースペクトルの処理: パワースペクトル密度

エネルギースペクトル密度

パーシャルオーバーオール

サーチエンハンス機能

: ハニングウィンドウ使用

のときラインスペクトルの読取精度向上

Y軸分解能 ± 0.1 dB

X軸分解能 32倍

関数データの処理: 四則演算

時間軸微積分

周波数軸微積分

伝達関数・パワースペクトルの処理:

イコライズ機能, A特性補正

伝達関数の処理: 逆関数, 開ループ閉ループ変換

多自由度カーブフィット

オクターブ分析の処理: A特性補正

周波数領域関数の処理: ズーム機能

FFT分析部仕様:

分析周波数レンジ: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1k, 2k, 5k, 10k, 20k, 40kHz★, 50kHz☆, 100kHz☆

(★はCF-350のみ, ☆はCF-360のみ)

入力サンプリング: 16bit ADコンバータ

サンプリング周波数: 分析レンジ(分析範囲上限)の2.56倍の周波数および外部サンプリングクロック

ダイナミックレンジ: 90dB (TYP)

演算精度: 32bit FFT演算

振幅フラットネス: ± 0.3 dB

周波数精度: $\pm 0.01\%$

サンプリング点数および周波数分解能:

点数	1024ポイント	2048ポイント
分解能	分析レンジの $1/400$	$1/800$

(ただし4ディケード解析を除く)

アンチエイリアシングフィルタ: 全分析レンジに連動して自動設定

8次連立チェビシェフ型

遮断周波数: 分析レンジ最高周波数

遮断特性: -140 dB/oct以上

レスポンスヒル: 最高周波数の1.56

倍において -80 dB

以下

100Hzレンジ以下はデジタルフィルタ

外部サンプリング信号のときは200Hz

以上が有効

オーバーラップ処理: データサンプリングのオーバーラップ量

Max, 0%, 50%

ウィンドウ関数: 方形, ハニング, フラットトップ, フォース(区間), 指数およびユーザ定義ウィンドウ

ディレイ機能: チャンネルA, B入力信号間に時間遅れがある場合に, ChBのサンプリングウィンドウをChAに対して遅らせてクロスモード解析を行う機能

遅延時間の設定範囲

各分析レンジにつき1~65536ポイントまで1ポイントステップ

リアルタイム分析: 2kHzレンジまで(サンプリング点数2048点および1024点に対し)

ズーム機能: リアルタイムズームおよびレコードズーム
ズーム倍率2~64倍(バイナリスステップ)

4ディケード解析: 周波数対数スケールによる4
(オプションCF-0354) ディケード解析
データ点数(ライン数)1117点
(ライン)

オートレンジ解析: 400ライン解析および4ディケード
(オプションCF-0354) ド解析のとき可能

FFTアナライザ

CF-350・360

ポータブル
デュアルチャンネル
FFTアナライザ

・LOGスイープ解析：周波数対数スケールで等間隔に
(オプションCF-0354) 設定した周波数の1ラインごと
に正弦波で解析する
サンプリングライン数
1ディケード10, 20, 40, お
よび80ライン
スイープ範囲 1~4ディケード

平均化機能：

平均化モード：時間領域関数
加算平均, 指数平均, 絶対値平均
周波数領域関数
加算平均, 指数平均, 減算平均,
フーリエ平均, ピークホールド,
スイープ平均
振幅領域関数
加算平均

平均回数：1~32767回, 任意設定可能
(ただし, ピークホールド, スイ
ープ平均を除く)

関連機能：ADオーバーキャンセル

AD変換器で過大入力を検出し
たときそのデータをキャンセル
する機能

表示禁止機能

平均化時間短縮のため, CRT表
示更新を $\frac{1}{2}$ に減少または平均化
終了まで禁止する機能

入力部仕様：

入力チャンネル数：2チャンネル
入力形式：シングルエンデッド(CF-350)
アイソレートシングルエンデッド(CF-360)
クロストーク：-120dB
入力インピーダンス：約1M Ω , 約110pF
入力結合：ACおよびDC
AC結合遮断周波数 0.5Hz, -3dB

入力コネクタ：BNC

DCキャンセル：AD変換後時間データの平均値か
らDC成分を求めてその分の補正
を行う機能

オートゼロ機能：アナログ入力部の自動零電位校正
機能

電圧レンジ： ± 1 mV, ± 2 mV, ± 5 mV(以
上AC結合のみ)
 ± 10 mV, ± 20 mV, ± 50 mV,
 ± 0.1 V, ± 0.2 V, ± 0.5 V, $\pm$
1 V, ± 2 V, ± 5 V, ± 10 V,
 ± 20 V, ± 50 V(以上AC/DC結合)
およびオートレンジ

絶対最大入力電圧：100Vrms (50Hz) 1 分間

入力レベルモニタ：LEDによる過大入力表示

トリガモード：フリー, リピート, シングルおよび
ワンショット

トリガソース：ChA, ChBおよび外部トリガ信号
データサンプリング：プレトリガ トリガポイントに
スタートポイント 対し65536ポイン

ト前から1ポイン

トごとに設定可能

ポストトリガ トリガポイントに

対し65536ポイン

ト後まで1ポイン

トごとに設定可能

トリガレベル：フルスケールに対し($\pm 1/128$ の
分解能で設定可能(ただし, 外部
トリガ信号をソースとするときの
フルスケールは ± 5 V)

トリガスロープ：立上がりおよび立下がり

外部トリガ入力：入力電圧 0.5Vpp以上

入力インピーダンス 約100k Ω

周波数帯域幅 200kHz以上

絶対最大入力電圧 1000Vrms/min

外部サンプリング入力：入力形式 TTL立上り

最大入力周波数 102.4kHz

絶対最大入力電圧 AC100V

rms/min

チャンネル間位相差：位相校正をしない場合

同一電圧レンジにて ± 3.0 deg

位相校正をした場合

同一電圧レンジにて ± 0.5 deg

入力減衰器位相誤差： ± 0.7 deg以下(40kHzにおいて)
 ± 0.4 deg以下

(10kHz以下において)

DCオフセット：AC結合のとき

電圧レンジの ± 0.6 %(-44dB)以下

DC結合のとき

電圧レンジの ± 0.8 %(-42dB)以下

オートゼロ機構ONのとき

電圧レンジの ± 0.1 %(-60dB)以下

データ表示機能：

表示器：7インチラスタスキャンCRT

図形データ表示モード：(表示モード) (表示可能関数等)

1画面表示 関数図形およびリスト

2画面表示 関数図形およびリスト

重ね書き表示 同種領域関数図形

三次元表示 パワースペクトルの

20, 60, 90ライン三次

元表示およびスクロール

関数図形の20ライン

三次元表示およびス

クロール

リサージュ図形 ChA, ChB波形間の

リサージュ図形

ナイキスト線図 複素関数

立体表示 リサージュ図形お

よびナイキスト線図

(表示範囲制限および軸

周回回転可能)

ニコルス線図 伝達関数

コクアド線図 複素関数(2画面表示)

ボード線図 伝達関数

コールコールプロット 伝達関数

FFTアナライザ

CF-350・360

ポータブル
デュアルチャンネル
FFTアナライザ

コヒレンスプランキング伝達関数
S/N 伝達関数

プロットによる図形データ表示モード:

ディスクデータの130本三次元プロット
キャンベル線図プロット
(オプションCF-0382)

図形データ表示: グリッド表示

一般機能

垂直軸スケール: リニアおよびログスケール

リニアスケール: 倍率 1/10~2,000

ログスケール: 範囲 20~200dB

位相角スケール: $\pm 10 \sim \pm 20,000 \text{ deg}$
($\pm$, +または-領域表示)

アンラップ表示可能

垂直軸単位 V, Vrms,

V^2 , V_{rms}^2 , dBV, dBVrms,

EU, dB EU, dB, %, deg, sec,

V^2/Hz , $V/\sqrt{\text{Hz}}$, dBV/Hz,

EU^2/Hz , $EU\sqrt{\text{Hz}}$, dBVsec/

Hz, $EU^2\text{sec}/\text{Hz}$, $EU\sqrt{\text{sec}}/\sqrt{\text{Hz}}$, dB EUsec/Hz

水平軸スケール: リニアおよびログスケール

リニアスケール: 周波数軸および周波数軸の任意区間拡大可能

水平軸単位 Hz, CPM (回転数), ORD (次数比), V, secおよびEXT

サーチ機能 サーチ点マーク表示

(X, Y軸の値表示)

サーチマーク移動

(1または13点ステップ)

ピーク値自動サーチ

Δ カーソル機能 サーチ点との差の表示または範囲指定

表示禁止機能 平均実行中表示更新を禁止または半減する

リスト表示機能: 20次までの高調波リスト・歪率

リストおよび全高調波歪率

ピーク10点のリスト

20点までの任意設定点のリスト

オクターブ分析リスト

セットアップ表示: ソフトキーの設定状態表示

アノテーション表示: 基本条件項目

入力電圧レンジ, 入力結合方式

(AC/DC), 周波数レンジ, 平均化モード, 平均設定回数, 平均実行回数, X・Y軸スケールおよび単位, 解析データ長, ラベル, ウィンドウの種類, 表示データの種類, 年月日, 時刻

ビュー表示

設定平均化の種類, マスメモ

りのアドレスおよび表示データに対応した8種類の解析条件の自動表示および手動選択表示

ソフトキー表示: メニュー, 項目

メモリ機能: (種類) (記憶内容)

メモリの種類: タイムレコードメモリ: 時間波形記憶

と記憶内容 CRTブロックメモリ: CRT画面データ記憶

フロッピディスクメモリ:

タイムレコードデータ

CRTブロックデータ

および

パネルコンディショニング

オートシーケンスプログラム

シグナルシーケンスプログラム

CMOSメモリ: フロッピディスクモード

(オプションCF-0381) タイムレコードモード

CRTブロックデータモード

タイムレコードメモリ: 255Kワード/1 Ch, 127Kワード/2 Ch

または31Kワードを8データ記憶

(ただし1Kワードは1024ポイントのデータ)

CRTブロックメモリ: CRT画面データ 60画面を記憶

フロッピディスクメモリ: ディスクドライブ

3.5インチ両面倍密度フロッピディスク(記憶容量1Mバイト)用

全ファイル数 300ファイル

使用ファイル数 タイムレコードデータ

17ファイル/1kワード

CRTブロックデータ

シングルモードデータ1ファイル/1画面

クロスモードデータ2ファイル/1画面

パネルコンディショニングおよびシグナルシーケンスプログラム 1ファイル/1 P.COND

+10S.S.PROG

オートシーケンスプログラム1ファイル/2

A.S.PROG

CMOSメモリ: 次の三種類のモードで使用できる

フロッピディスクモード

フロッピディスクと同じ 300ファイル

タイムレコードモード

768Kワード/1 Ch $\times$ 1 データ

384Kワード/2 Ch $\times$ 1 データ

255Kワード/1 Ch $\times$ 3 データ

127Kワード/2 Ch $\times$ 3 データ

31Kワード $\times$ 24 データ

CRTブロックデータモード540ファイル(画面)

パネルコンディショニングメモリ: 設定したパネル条件を4種類記憶

バッテリーによるバックアップ方式

(バックアップ用リチウム電池は約5年間有効)

オートシーケンス機能:

オートシーケンス: 操作手順を学習しその手順に従って

自動解析・処理を行う機能

プログラム 63操作ステップ

$\times$ 2種類

CF-3

デュアル
FFT

FFTアナライザ

CF-350・360

ポータブル
デュアルチャンネル
FFTアナライザ

シグナルシーケンス：シグナルアウトカード（オプションCF-0383/0386）またはシグナルジェネレータSG-450と併用して、任意に設定した周波数範囲ごとに出力信号を切換えて伝達関数を求める機能

時計機能：バッテリーバックアップした時計を備え、年・月・日、時刻（時・分）を表示、オートシーケンスプログラムのタイマとして利用可能

出力部仕様：

データインタフェース：GP-IBインタフェース(IEEE-488, 1978)

プロットインタフェース：GP-IBインタフェース(HP-GL言語およびグラフィック社パーソナルプロット系言語)のXYプロットに適合

プロット機能：手動およびオートシーケンス機能によるオートプロット

データ・フレーム・文字それぞれプロット指定

作図位置・大きさ指定

ペンの種類（色・太さ等）4種類指定

ビデオ信号出力：ビデオプリンタによるハードコピー可能

適合機種 VP-1500

XYレコーダ出力：データ図形のみで作図

（オプションCF-0382）サーチポイントアナログアウト信号の記録

信号出力：正弦波、正弦波スイープ、ランダム（オプションCF-0383）ム、ピリオディックランダム、ピクランダム、ピリオディックピクランダム、スウェプトサイン、インパルス

SG-450インタフェース端子：信号発生器SG-450と併用のときの接続用

一般仕様：

電源：AC90~264V, 47~440Hz, 約100VA

使用温度範囲：0~+40℃

+5~+35℃（フロッピディスク使用のとき）

保存温度範囲：-10~+60℃

外形寸法：320(W)×200(H)×400(D)mm

重量：約13kg（CF-350）

約15kg（CF-360）

オプション：

サーボ解析ソフト：CF-0354

カーブフィットソフト：CF-0355

加振補償プログラム：CF-0356

CMOSメモ리카ード：CF-0381

トラッキング&XY：CF-0382

レコーダ出力カード

信号出力カード：CF-0383（CF-350）
CF-0386（CF-360）

音響インテンシティソフトウェア：CF-0357

音響インタフェースカード：CF-0385

マイクロホンアンプ：CF-0310

DC電源ユニット：CF-0390（CF-350）

CF-0391（CF-360）

コンバータカード：CF-0384