

本資料は2000年3月3日付けで分類区分  
変更する。

東濃地科学センター [研究調整グループ]

# 1,000m対応地下水の地球化学 特性調査機器の詳細設計

— 深度1,000m対応パッカー式地下水サンプラー —

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1993年1月

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

本文の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ下さい。

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

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

©核燃料サイクル開発機構  
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)  
1993

~~この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、特に限られた関係者だけに開示する  
ものです。ついては、複製、転載、引用等を行わないよう、また第三者への開示又は内容  
漏洩がないよう管理して下さい。また今回の開示目的以外のことには使用しないよう特に  
注意して下さい。~~

~~本資料についての問合せは下記に願います。~~

~~〒509-51  
岐阜県土岐市泉町定林寺字園戸959-31  
動力炉・核燃料開発事業団  
中部事業所  
技術開発課~~



# 1,000 m 対応地下水の地球化学特性調査機器の詳細設計

— 深度1,000m 対応パッカー式地下水サンプラー —

細堀 健司\* 豊岡 義則\* 酒井 幸雄\*

## 要 旨

地層科学研究の調査技術及び機器開発の一環として、深部岩盤中の地下水の地球化学的データを取得するために、試錐孔を利用して深度1,000mまで対応可能な装置の詳細設計を実施した。同装置の設計は基本的に現存の深度500m対応のパッカー式地下水サンプラー（PGS-500型）をベースにして、これまでに得られたノウハウおよび概念設計報告書をもとに、製作を前提として行った。

同装置は大きく①地上部、②孔内部および③中継部で構成され、装置を合理的な構造とするために、主機能は孔内部の孔内システムに集約した。地上部は機能制御・データ収録装置、孔内部は孔内システム及びパッカーシステムからなる。中継部は複合ケーブル及び巻き取り装置等からなる。その他に制御ソフトウェア等を設計した。

適用孔径は約75mm～130mmまでとし、閉鎖区間の設定にはダブルパッカー方式を、挿入システムにはケーシングシステムを採用した。機能としては被圧不活性状態で地下水を採取できること、及び閉鎖区間内の間隙水圧が測定可能であることとした。

設計の結果は本報、詳細設計書及び技術資料集として取りまとめ、目的とするサンプラーの製作に日途がついた。

---

本報告書は、基礎地盤コンサルタンツ株式会社が動力炉・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：No. 041-C-0124

事業団担当部課室および担当者：中部事業所 環境地質課 湯佐 泰久

※：基礎地盤コンサルタンツ株式会社

Design of Equipment for the Geochemical Investigation  
of Deep Groundwater

- A Groundwater Sampler Suitable for 1,000m Deep  
Borehole Using a Double Packer -

Takeshi Hosobori\*  
Yoshinori Toyooka\*  
Yukio Sakai\*

Abstract

As a part of an investigative development program into technology and equipment for geoscientific studies, and to obtain geochemical data on groundwater existing in deep rock masses, a detailed design for a sampling system suitable for 1,000m deep boreholes has been made. The design was based on an existing PGS-500 type sampler with double packers, which was suitable for 500m deep boreholes. Also, both know-how accumulated through study and conceptual design completed in previous years were fully utilized in the design of the new system.

The system was composed of ① ground surface assembly, ② borehole assembly and ③ connecting assembly. The ground surface assembly was composed of function control and data acquisition systems. The borehole assembly was composed of an in-borehole-system and packer system. The connecting assembly was composed of a hybrid cable and its winch. To maximize the performance of the system, major functions were concentrated in the in-borehole-system. Control software was also designed.

The system was designed to be suitable for boreholes of about 75 to 130mm in diameter. The double packer method was adopted to isolate the sampling section. A casing system was used to insert the borehole assembly.

The system was designed mainly to obtain groundwater samples and to measure porewater pressure at the sampling section.

Results of the design are presented in 3 separate volumes of this report, i.e. main text(this volume), detailed drawings and technical references. Through this design, we have reached the conclusion that the manufacturing of this system has good prospect.

---

Work performed by Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.  
PNC Liaison: Yasuhisa Yusa, Waste Isolation Section, Chubu Works

\* : Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd.

# 目 次

## 要 旨

	PAGE
1 業務概要 . . . . .	1
1.1 業務の目的 . . . . .	1
1.2 業務内容 . . . . .	1
2 設計条件 . . . . .	2
3 システムの基本構成 . . . . .	5
3.1 基本構成 . . . . .	5
3.2 孔内システム . . . . .	9
3.3 パッカーユニット . . . . .	13
3.4 複合ケーブル巻き取り装置 . . . . .	15
3.5 ケーシング . . . . .	17
3.6 制御・収録装置 . . . . .	17
3.7 操作手順 . . . . .	18
4 孔内システムの設計 . . . . .	23
4.1 結合ユニット . . . . .	23
4.2 採水ユニット . . . . .	38
4.3 排水ユニット . . . . .	45
4.4 共通システム . . . . .	48
5 パッカーユニットの設計 . . . . .	86
6 複合ケーブル・ケーブル巻き取り装置の設計 . . . . .	90
6.1 複合ケーブル . . . . .	90
6.2 ケーブル巻き取り装置 . . . . .	108

7 ケーシングパイプの設計	122
7.1 ケーシングパイプ	122
7.2 ケーシングホルダー	125
7.3 スイベル	125
8 機能制御・データ収録装置の設計	128
8.1 通信回路構成	128
8.2 制御・収録システムの設計	133

巻末資料 1	組立・挿入装置
巻末資料 2	打合せ議事録

## 図・表 目次

		PAGE
2	図2-1 1000m 対応地下水の地球化学特性調査機器の概要	4
3.1	図3-3-1 システム概要図	8
3.2	図3-2-1 孔内ユニット構成図	11
	図3-2-2 ポンプ概略図	12
3.3	図3-3-1 パッカーユニット模式図	14
3.4	図3-4-1 複合ケーブル断面図	16
	図3-4-2 ケーブル巻き取り装置概略図	16
3.7	図3-7-1 地下水サンプリング作業フロー	19
	図3-7-2 孔内システム構成図	22

			P A G E
4. 1	図 4-1-1	ノン スピル カプラ . . . . .	28
	図 4-1-2	圧力計 . . . . .	30
	図 4-1-3	温度計 . . . . .	32
	図 4-1-4	結合計 . . . . .	34
	図 4-1-5	近接計 . . . . .	37
	表 4-1-1	孔内ユニットの機器 . . . . .	24
	表 4-1-2	カプラの一覧表 . . . . .	27
	表 4-1-3	ノン スピル カプラ . . . . .	25
	表 4-1-4	結合計 . . . . .	33
	表 4-1-5	近接計 . . . . .	35
4. 2	図 4-2-1	採水ユニット . . . . .	40
	図 4-2-2	採水作動模式図 . . . . .	41
	図 4-2-3	採水量と容器内圧力の関係 . . . . .	44
4. 3	図 4-3-1	ポンプユニット ポンプ部組図 . . . . .	47
	表 4-3-1	排水ユニットの構成 . . . . .	45
4. 4	図 4-4-1	コントローラー構成図 . . . . .	48
	図 4-4-2	コントローラー外観図 . . . . .	50
	表 4-4-1	コントローラーのハードウェア仕様 . . . . .	49



			P A G E
4 . 4	図 4 - 4 - 2 (1)	圧力計回路図 . . . . .	6 3
	図 4 - 4 - 2 (2)	圧力計回路図 . . . . .	6 4
	図 4 - 4 - 2 (3)	ポテンシヨメータ回路図 . . . . .	6 5
	図 4 - 4 - 2 (4)	監視用温度計回路図 . . . . .	6 6
	図 4 - 4 - 2 (5)	電源回路図 . . . . .	6 7
	図 4 - 4 - 2 (6)	圧力計基板外観図 . . . . .	6 8
	図 4 - 4 - 2 (7)	温度計基板外観図 . . . . .	6 9
	図 4 - 4 - 2 (8)	ポテンシヨメータ基板外観図 . . . . .	7 0
	図 4 - 4 - 2 (9)	監視用温度計基板外観図 . . . . .	7 1
	図 4 - 4 - 2 (10)	電源回路基板外観図 . . . . .	7 2
	表 4 - 4 - 2 (1)	圧力計部品表 . . . . .	7 3
	表 4 - 4 - 2 (2)	温度計部品表 . . . . .	7 4
	表 4 - 4 - 2 (3)	ポテンシヨメータ部品表 . . . . .	7 5
	表 4 - 4 - 2 (4)	監視温度計部品表 . . . . .	7 6
	表 4 - 4 - 2 (5)	電源回路部品表 . . . . .	7 7

			P A G E
4 . 4	図 4 - 4 - 3 (1)	ノン スピル カプラ . . . . .	8 0
	図 4 - 4 - 3 (2)	低 接 触 抵 抗 端 子 . . . . .	8 1
	図 4 - 4 - 3 (1)	ボ ー ル バ ル ブ . . . . .	8 4
	図 4 - 4 - 3 (2)	サ ー ボ モ ー タ . . . . .	8 5
	表 4 - 4 - 3 (1)	ノン スピル カプラ . . . . .	7 8
	表 4 - 4 - 3 (2)	低 接 触 抵 抗 端 子 . . . . .	7 9
	表 4 - 4 - 4 (1)	水 回 路 切 換 機 能 . . . . .	8 2
	表 4 - 4 - 3 (2)	水 回 路 切 換 部 品 . . . . .	8 3
5	図 5 - 1	パ ッ カ ー ユ ニ ッ ト 概 要 図 . . . . .	8 9

6. 1	図 6-1-1	複合ケーブル	91
	図 6-1-2	光デジタルリンク	98
	図 6-1-3	光コネクタ	99
	図 6-1-4	光コネクタアダプタ	100
	図 6-1-5	ナイロンホース	102
	図 6-1-6	ケーブルトップ	105
	表 6-1-1	複合ケーブルの構成	90
	表 6-1-2	電線の代表数値	92
	表 6-1-3	動力用モータの定格電流	93
	表 6-1-4	制御基板・アンプ基板	94
	表 6-1-5	電線の最大電流	95
	表 6-1-6	発熱量の試算	95
	表 6-1-7	ホースの諸元	101
	表 6-1-8	複合ケーブルの構造 (1.2)	106
	表 6-1-9	複合ケーブルの特性	107
6. 2	図 6-2-1	巻き取り装置組立図	112
	図 6-2-2	フレーム組立	113
	図 6-2-3	電動機	114
	図 6-2-4	トラバース組立	115
	図 6-2-5	クラッチ組立	116
	図 6-2-6	スリップリング構造	117
	図 6-2-7	ガイドロール組立	118
	図 6-2-8	センサ部組立	119
	図 6-2-9	接続パネル配置図	120
	図 6-2-10	操作盤配置図	121
	表 6-2-1	スリップリング	110

			PAGE
7. 1	図 7-1-1	ケーシングパイプの形状 . . . . .	122
	図 7-1-2	ケーシングパイプの形状 . . . . .	123
7. 2	図 7-2-1	ケーシングホルダー . . . . .	126
	図 7-2-2	スイベル . . . . .	127
8	図 8-1-1	採水装置回路構成図 . . . . .	129
	表 8-1-1	通信構成 . . . . .	130
	表 8-1-2	電気的特性 . . . . .	132

## 1 業務概要

### 1.1 業務の目的

本業務は、地層科学研究の調査技術及び機器開発の一環として、深部岩盤中の地下水の地球化学的データを取得するため、試錘孔を利用して深度1,000mまで対応可能な地下水採取装置を実施するものである。

開発する地下水採取システムは、ボーリング孔内で深度1,000mまでの地下水を被圧・不活性状態のまま採取するもので、地下水を採取しようとする所定の深さで閉鎖区間を設け閉鎖区間の汚染された地下水を排除した後に採水を行う機能を備えた孔内システムと、孔内システムをボーリング孔に挿入して駆動させる地上装置から構成される。設計に際しては概念設計報告書（「深度1,000m対応パッカー式地下水サンプラーの設計」1992年 2月）を基に詳細な検討を行う。

### 1.2 業務内容

#### （1）詳細設計に係わる情報収集と整理

概念設計報告書の内容に更に詳細な検討を行うと共に、各構成部品の設計にあたり必要な技術情報を収集し、整理する。

#### （2）詳細設計の実施

（1）において収集された技術情報を基に、地下水採取装置の詳細設計を行う。

#### （3）詳細設計報告書の作成

（1）、（2）の成果をまとめた報告書を作成する。

#### （4）外部専門家及び事業団担当者との打合せ

詳細設計の前後の2回、岡山大学西垣助教授との技術的打合せ、及び事業団担当者への業務の進捗状況の報告を行う。また、打合せ終了後議事録を作成し、事業団担当者へ提出する。

## 2 設計条件

### (1) システム全体に対する条件

基本構成：装置は大きく地上部、孔内部、中継部で構成し、主機能は孔内部の孔内システムに集約する。(図2-1)

適用深度：1000m

適用孔径：75mm～130mm

閉鎖区間設定方法：ダブルパッカー方式

パッカー挿入方式：ロッド方式(ケーシングシステム)

測定項目：地下水の採取

間隙水圧(閉鎖区間の水圧)

水温

採水条件：被圧不活性状態で採取する。

閉鎖区間の水位低下限界：GL-300m

### (2) 機能制御・データ収録装置に対する条件

地上で制御する圧力の許容範囲：空圧――10kg/cm<sup>2</sup>未満

水圧――150kg/cm<sup>2</sup>未満

各装置の状況を常にモニターできる表示機能を有する。

各データを連続的にフロッピーディスクに収録できる。

各データはプリンター等に印字できる。

### (3) 孔内システムに対する条件

#### ① 採水ユニット

採水容器容量：500cm<sup>3</sup>以上

採水量がモニタリングできる。

地上で採水容器の交換が容易である。

#### ② 予備排水ユニット

閉鎖区間内の孔内水を短時間で排出できる機能を備える。

### ③ 結合ユニット

パッカーの圧力ライン、採水ラインを確実に脱着できる。

パッカー拡張時にパッカー圧をモニターできる。

孔内システム脱着時においてもパッカー圧の漏洩を防止できる。

閉鎖区間内の間隙水圧を測定できる。

圧力計の性能：最大圧力：約100kgf/cm<sup>2</sup>以上

精 度：FS 0.1%以上

### (4) パッカーユニットに対する条件

パッカーは上下パッカー、ストレーナー、中間カプセルで構成する。

パッカー拡張方式：水圧方式

パッカー有効長さ：1.5 m以上

ストレーナー長：0.5 m

中間カプセル長：3 m, 2 m, 1 m, 0.5 mの4タイプ

### (5) ケーシングに対する条件

ケーシング長：通 常：3 m

深度調整用：2 m, 1 mを各2本

### (6) 複合ケーブル及び巻き取り装置に対する条件

信号ケーブル、電源ケーブル、排水ホースを一体化した構造とする。

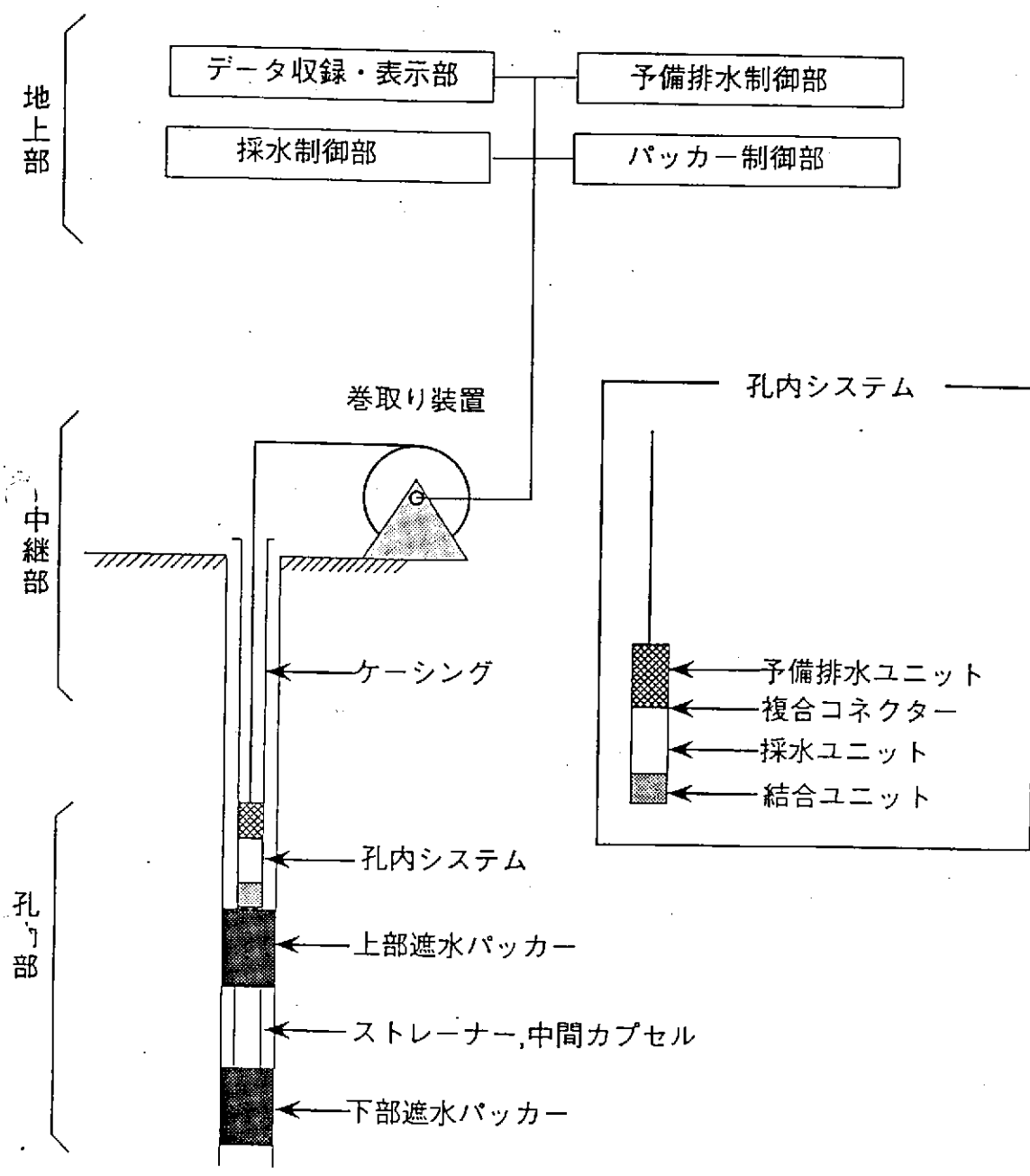


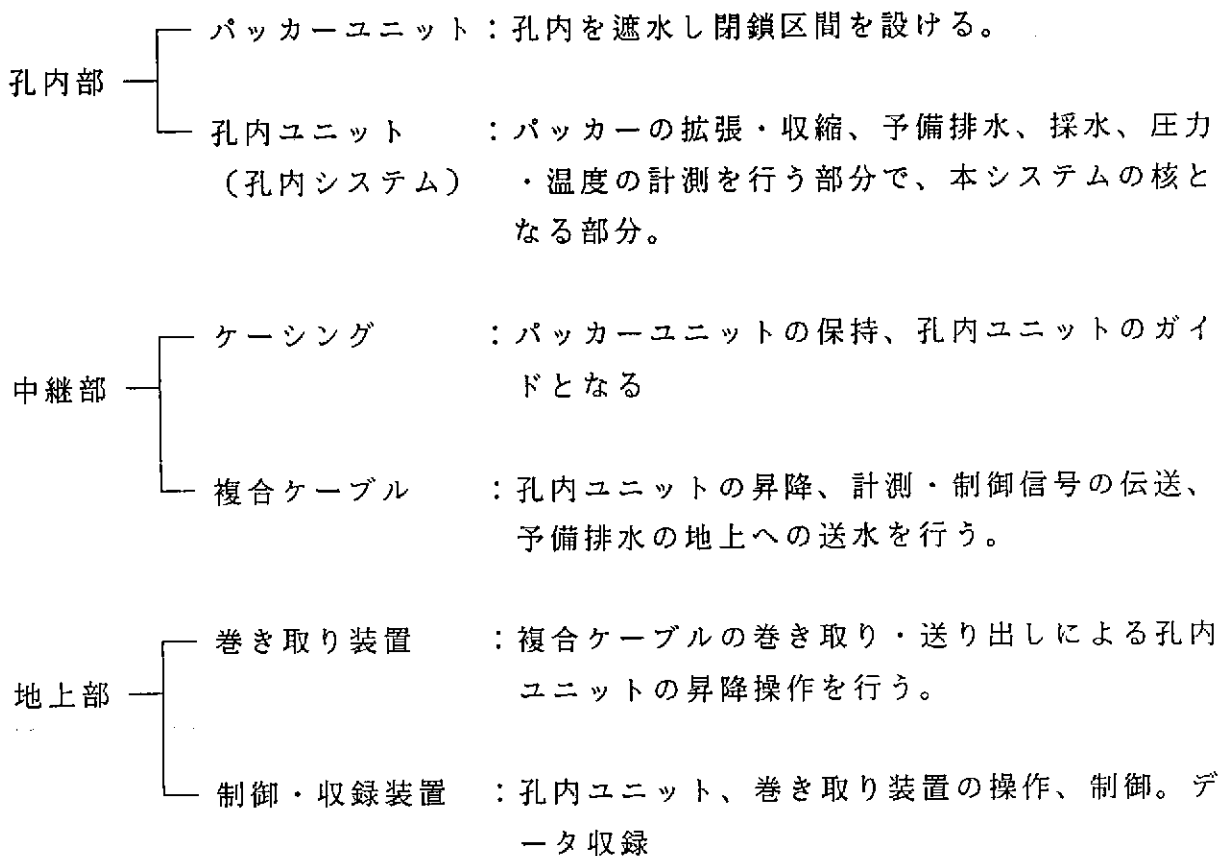
図2-1 1000m対応地下水の地球化学特性調査機器の概要  
 (深度1,000m対応パッカー式地下水サンプラー)



### 3 システムの概要

#### 3.1 基本構成

深度1000m対応パッカー式地下水サンプラーは、ボーリング孔内の所定の深度をパッカーによって遮水し、その閉鎖区間から、原位置の環境を保持した状態で、地下水を採取・運搬する装置である。パッカーの拡張から予備排水、本採水に至るまで操作はすべて孔内ユニット（または孔内システム）と呼ばれる部分を通して行われ、本採水の方法はBATシステムの方法を採用している。システムは図3-1-1に示すように、以下の部分から構成される。



以下に各部の概要を説明する。

##### ① 孔内部

孔内部は、孔内ユニットとパッカーユニットからなる。

孔内ユニットは、本装置の中心を成す部分であり、操作のすべてにわたって関与してくる。主な機能は、内蔵されたポンプによりパッカーユニットによって仕切られた閉鎖区間の初期孔内水を排水することと、その後、地層から侵出する真

の地下水をB A T式の採水システムによって採取することにある。また、本システムではパッカーの拡張・収縮についても孔内ユニットによって行う方法をとっている。即ち、従来のP G S - 5 0 0型では地上から送水用の圧力チューブを這わせて、パッカーに送水し拡張を行っていたが、深度1 0 0 0 mにおいては圧力チューブの処理が煩雑となるため、これを排除し孔内ユニット内のポンプによって孔内水をパッカーに送り込んで拡張させる方法とした。パッカーユニットとは閉鎖区間に通じる回路と、パッカーに通じる回路について、それぞれのワンタッチジョイントで脱着するようになっている。

パッカーユニットは、水圧拡張式のダブルパッカーによってボーリング孔内に閉鎖区間（採水区間）を設ける装置である。上端はケーシングに接続されて採水を行う所定の深度まで降ろされる。上述したようにP G S - 5 0 0型では地上からの送水によってパッカーを拡張させていたが、今回のシステムでは孔内水を利用するためケーシングの外側には配管は一切無い。上下のパッカー間は中間カプセルと呼ばれるパイプで接続され、この中間カプセルの長さを変えることによって閉鎖区間の長さを変えることができる。

## ② 中継部

中継部は、孔内ユニットを吊るす複合ケーブルと、パッカーユニットを吊るすケーシングがある。

複合ケーブルは、孔内ユニット内の各種センサーからの信号及び地上から孔内ユニットへの制御信号を伝送する信号ケーブル、ポンプ・モーター等を作動させる電源のための電気ケーブル、そして予備排水された水を地上へ送るための送水ホースを束ねて一体化させたものである。孔内ユニットを頻繁に上げ降ろしするため、十分な引っ張り強度を持ち、外部からの損傷を防ぐため2重のシースで被覆されている。信号ケーブルには光ファイバーケーブルを採用した。

ケーシングは、パッカーユニットを所定の深度まで降ろすと同時に孔内ユニットのガイドの役目をする。特に両ユニットは2つのカップラーで脱着を行うため、パッカーユニット直上のケーシングは孔内ユニットの角度を調整するような機構となっている。

## ③ 地上部

地上部には、ケーブル巻き取り装置と、制御装置がある。

ケーブル巻き取り装置は、複合ケーブルを巻き取り、または送り出しを行って孔内ユニットの上げ下げを行う。光信号は巻き取り装置内で電気信号に変換され、

制御装置に送られる。

制御・収録装置は、主に孔内ユニット内の各種センサーの測定値のモニター、装置各部の動作状況の確認、装置への動作指令を行う。モニターと指令の一部は、パーソナルコンピューターを通して行い、測定値と動作状況はディスプレイ上で常時モニターできる。また、データは、プリンター、フロッピーディスクへの出力が可能である。

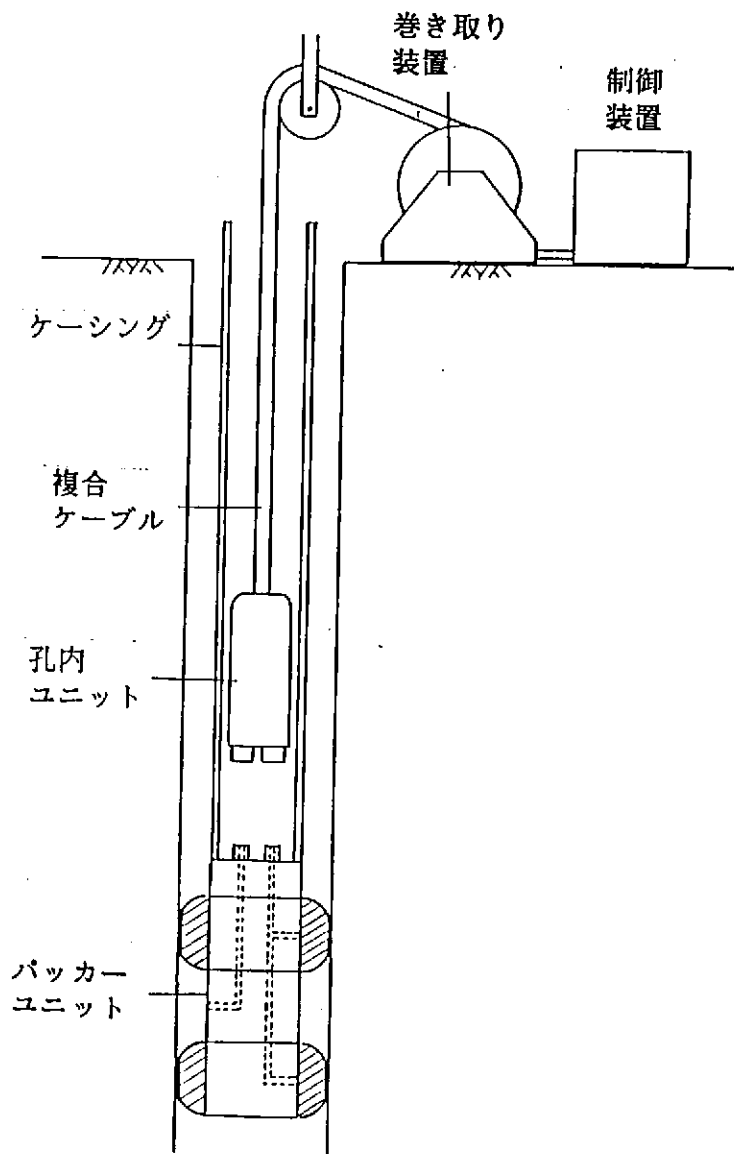


図 3 - 1 - 1 システム概要図

## 3.2 孔内システム

孔内システムは、孔内ユニットによって構成される。図3-2-1に孔内ユニットの構成図を示す。

孔内ユニットは一体でケーシング内を上げ降ろしされ、パッカーユニットへの脱着が行われるが、基本的には結合ユニット、採水ユニット、排水ユニットの3ユニットから構成され、これらはそれぞれ複合コネクタによって脱着できるようになっている。各ユニットはそれぞれに孔内システムコントローラーを持ち、地上の制御・収録装置（パーソナルコンピューター）からの動作信号の受け取り、ユニット内のセンサーからの信号の地上への伝送を行う。

結合ユニットは、主に以下の機能を持つ。

- ・パッカーユニットとの接続機能
- ・閉鎖区間の圧力、温度及びパッカー圧力のモニター

先端にパッカーユニットとの脱着用の複合コネクタを2個備え、パッカーおよび採水区間との連結を行うと共に、パッカーユニットへの近接度を感知する近接センサー、及び結合完了の確認を行う結合センサーを備える。また、その上部には、パッカー圧力測定用の圧力センサーおよびパッカーで仕切られた閉鎖区間の地下水の圧力と温度を測定する圧力センサー・温度センサーを備える。最上部には、回路切り替え用のボールバルブを持っている。

採水ユニットは、排水ユニットによる予備排水が行われた後において、地下水サンプルを被圧、不活性状態で採取する機能を持つ。

採取方式はP G S - 5 0 0型を踏襲してB A T式を採用しているが、採水容器の駆動方法は、モーターによって採水容器をスライドさせる方式をとっている。採水量のモニターは容器内の圧力を測定することによって行う。

排水ユニットは、主に以下の機能を持つ。

- ・パッカー拡張のための送水
- ・閉鎖区間内の初期孔内水の排水

これらの目的のため、排水ユニットは復動式の電動ポンプ及び送水方向切り替え用のボールバルブを備えている。

図3-2-2にポンプの概略図を示した。シリンダ内のピストンを往復運動させると共に、ピストンの反転時に2つのボールバルブによって回路を切り替えることにより、一定方向の送水を行うことができる。

また、孔内システム各ユニット内には、モーター、電子基板の発熱による温度上昇を監視するため、監視用の温度センサーも持つ。

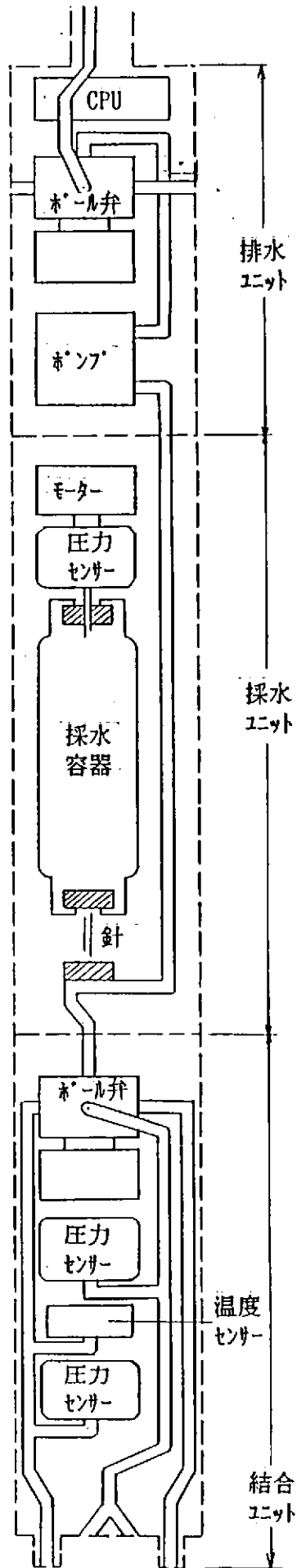


図 3 - 2 - 1  
孔内ユニット構成図

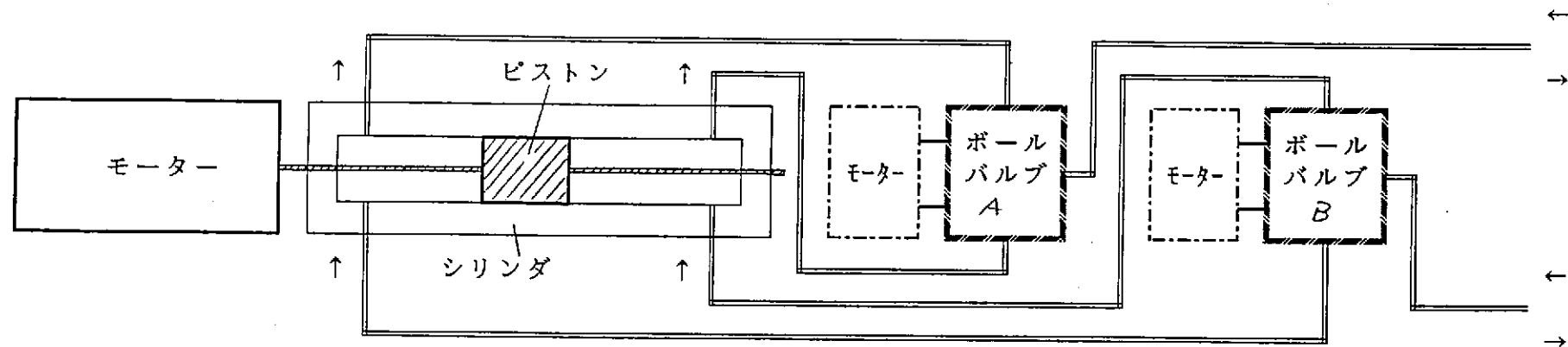


図3-2-2 ポンプ概略図



### 3.3 パッカーユニット

パッカーユニットは孔内の任意の深度において孔内水を遮断して試験を行うための閉鎖区間を設ける装置である。図3-3-1にパッカーユニットの模式図を示す。

試験深度の閉鎖区間の形成は上下2本のパッカーによって行うものとし、その上端は径69mmのケーシングパイプに接続できるようにする。また上端内側には孔内ユニット（結合ユニット）との脱着を行う複合コネクターを2個備える。

パッカーユニットの材質はステンレス製、パッカーゴムは、化学的安定性に課題を残すものの機械的性能に優れ、PGS-500型で実績のある天然ゴムを使用する。

パッカーの拡張方式は水圧式とするが、拡張のための水は、孔内ユニット（排水ユニット）内のポンプによってボーリング孔内水をパッカーに送り込むことによって拡張を行う。上下パッカーの間隔は、必要な長さの中間カプセルを継ぎ足すことによって調整を行うことができる。

また、パッカー径は今回の適用孔径75mm～130mmに合わせて、2種類用意するものとし、概ね以下のような適用を行う。

パッカーユニット径	適用孔径
φ68mm	75mm～100mm程度
φ90mm	100mm～130mm程度

その他の形状は以下の通りである。

上下パッカー有効長	: 1.5m
ストレーナー長	: 50cm
中間カプセル長	: 0.5, 1, 2, 3m

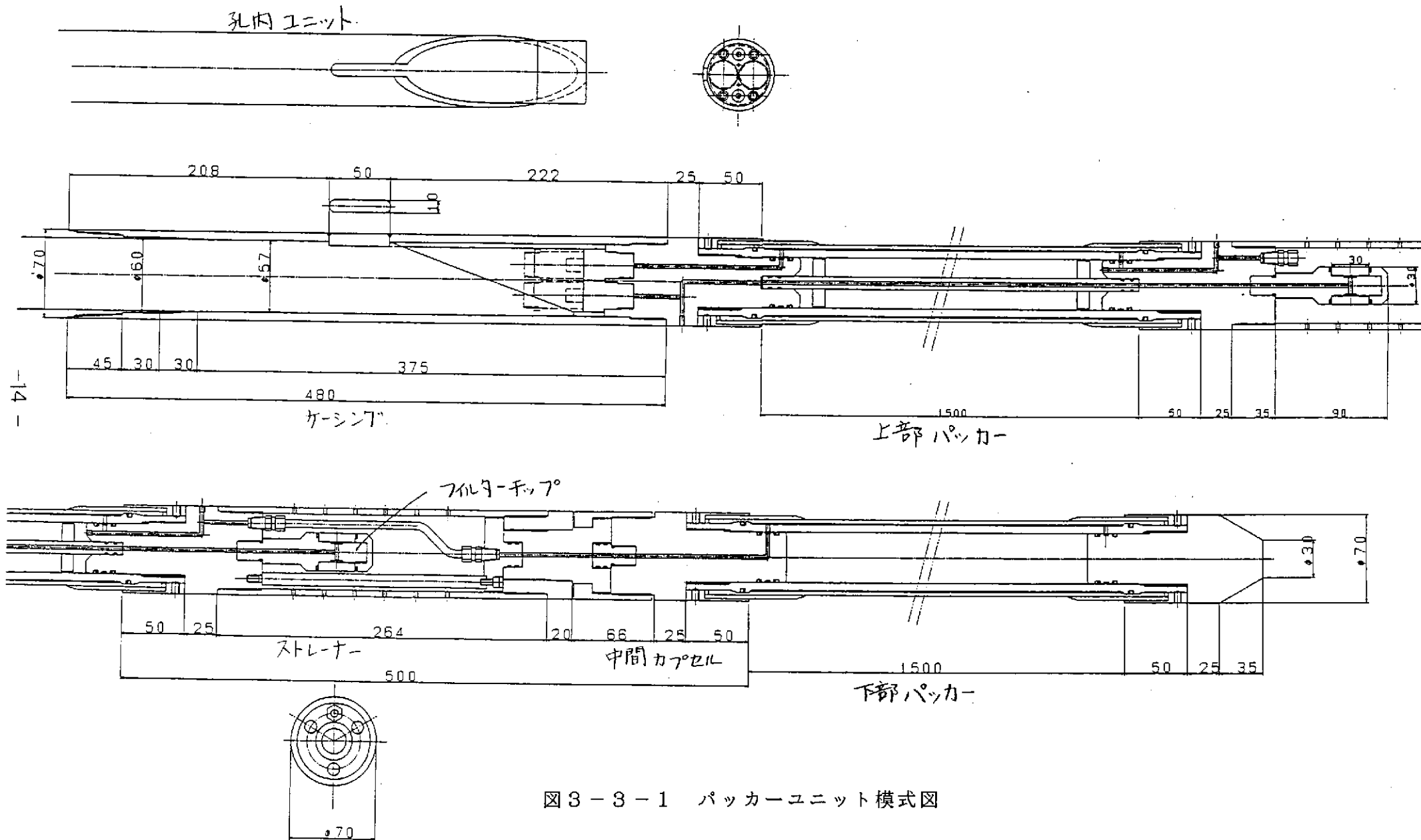


図 3-3-1 パッカーユニット模式図

### 3. 4 複合ケーブル・巻き取り装置

#### 3. 4. 1 複合ケーブル

複合ケーブルは、孔内ユニットを懸垂し、これをケーシング内にて昇降させると共に、孔内ユニット内の各種センサーからの信号及び地上から孔内ユニットへの制御信号を伝送する信号ケーブル、モーター・センサー・アンプ等への供給電源のための電気ケーブル、そして予備排水された水を地上へ送るための送水ホースを束ねて1本化したものである。

また、その外皮は、ケーブル張力を十分に保持すること、作業中の外傷から保護するため抗張力体としてのアラミド繊維の外側に外傷保護用のプラスチックで覆う構造としている。

通信ケーブルは光ファイバーケーブルを採用し、ケーブルの両端末において光信号と電気信号の変換を行う方法となっている。光ファイバーと電気ケーブルは、常時それぞれ2本、4本を使用するが、損傷時の動作不能を回避するため、予備を含めそれぞれ4本8本を持つ。

ケーブル径は30mm、曲げ半径は約600mmを必要とする。

図3-4-1にケーブル断面図を示す。

#### 3. 4. 2 ケーブル巻き取り装置

ケーブル巻き取り装置は、複合ケーブルの巻き取り・送り出しを行うことによって孔内ユニットの昇降操作を行う。

本装置は電動式単動横型ウインチで、手動操作または電動制御でケーブルの巻き取り、送り出しを行い、ドラムの回転軸から信号を取り出すスリップリング、ケーブル送り出し量を計測する線長カウンターを有する。

図3-4-2にケーブル巻き取り装置の概略図を示す。

装置の操作は、専用の操作パネルによって送り出し、巻き取り、停止等の操作ができると共に、内蔵の線長カウンターと外部に設置する張力測定装置の信号を受けて、自動停止機能を設定することもできる。

4. 断面図および色別

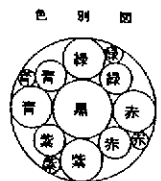
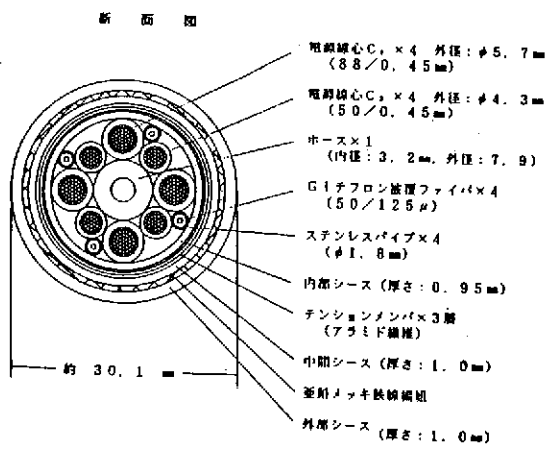


図3-4-1 複合ケーブル断面図

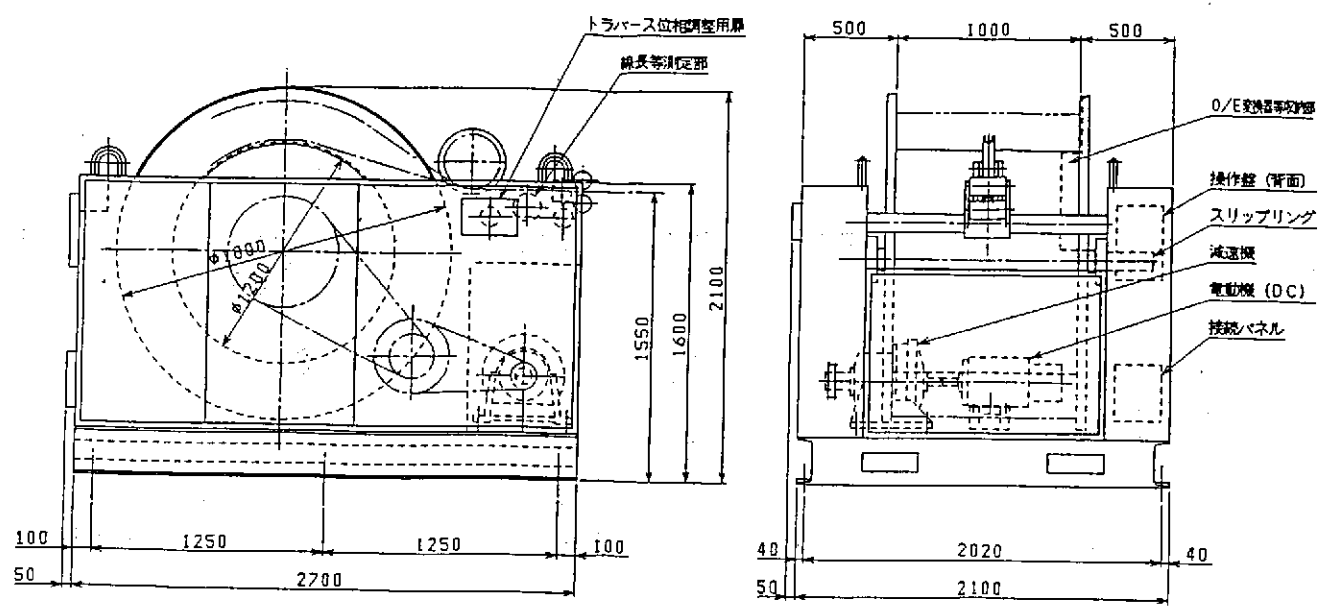


図3-4-2 ケーブル巻き取り装置概略図

### 3.5 ケーシング

ケーシングは、その先端にパッカーユニットを装着して所定の深度まで降ろすと同時に、孔内ユニットの昇降ガイドとなる部分である。

1本のケーシングは長さ3m、外径69mm、内径60mmを有し、パッカーユニット重量及びケーシングの自重を十分に保持できる。

また、孔内ユニットのガイドとしての役目を果たすため、パッカーユニットの直上、数本に位置するケーシング内には、孔内ユニットの近接センサー（磁気センサー）に反応する磁気リングを内蔵させると共に、最下端のケーシングは、結合ユニット先端の2本の複合コネクタの方向をパッカーユニット側のコネクタに合わせるための突起を有している。

### 3.6 制御・収録装置

制御・収録装置は、孔内ユニット等からの信号を受信・収録し、また、孔内ユニットへの動作制御の指令を行うための装置である。

ハードとしては、結合・採水・排水の各孔内ユニットに内蔵された孔内システムコントローラー、地上のコンピューター及びこれらをつなぐ通信ケーブルがあり、孔内システムコントローラー・地上コンピューターにそれぞれ専用の制御ソフトを持つ。

地上においては、各装置の動作状況とセンサーの計測値が、それぞれの作業段階で常時ディスプレイ上でモニターでき、これに対する動作指令をキー操作で行えるようにする。また、必要に応じて自動停止機能等も備える。

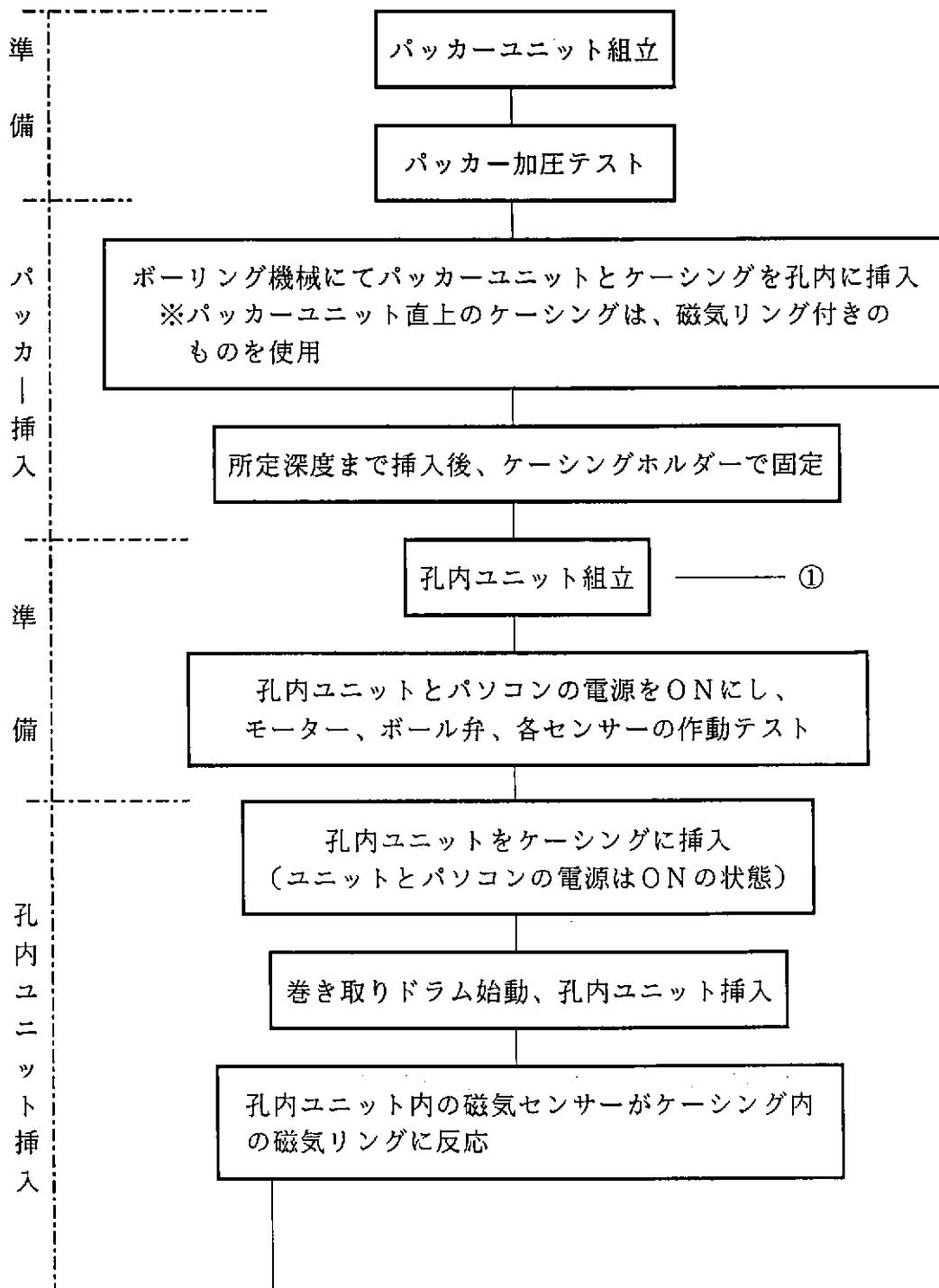
収録されたデータはプリンターに出力できると同時に、フロッピーディスクへの記録も可能である。

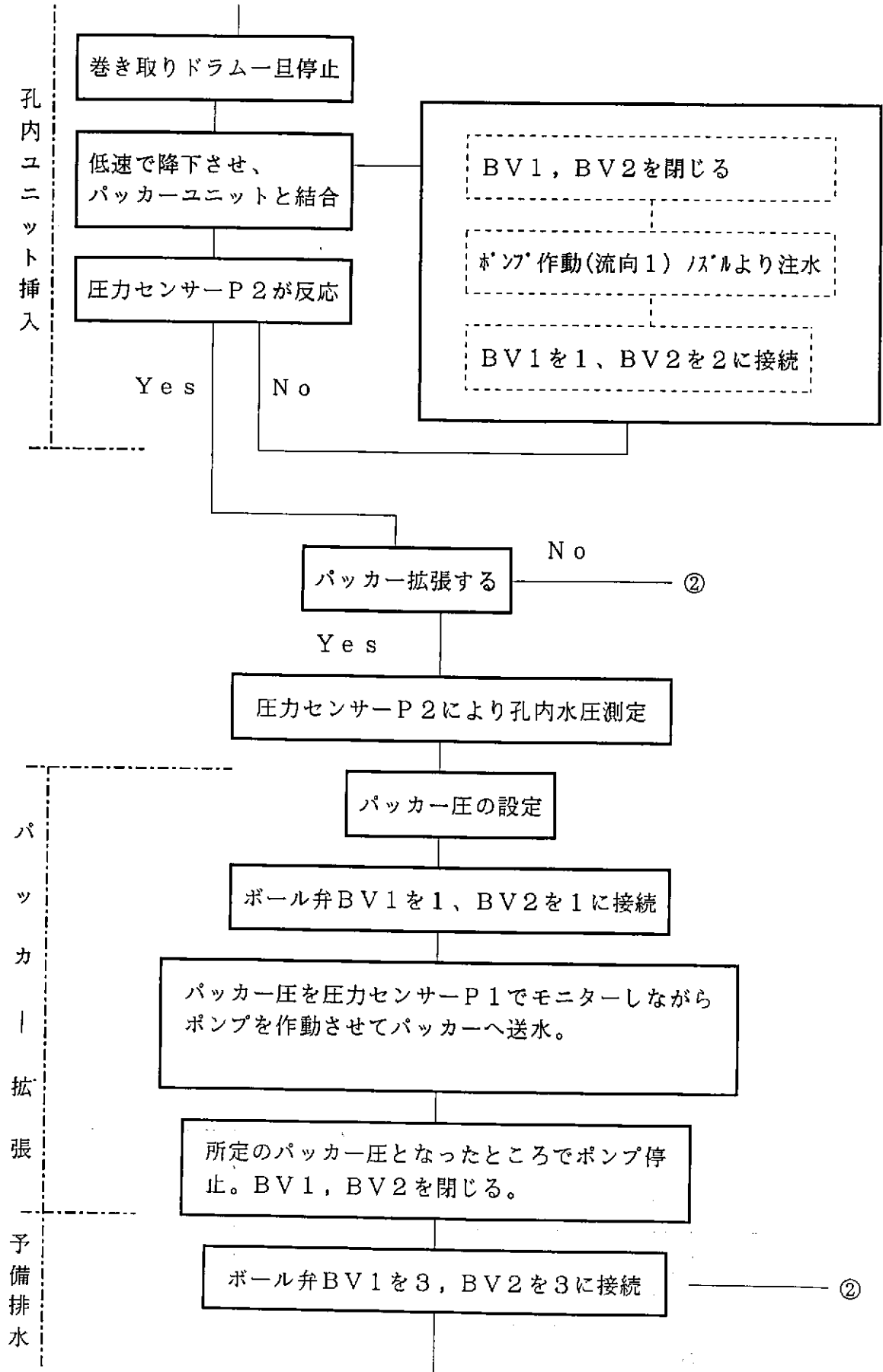
### 3. 7 操作手順

地下水サンプリングの一連の操作を図3-7-1に概略の作業フローとして示すと共に、図3-7-2に孔内システム構成図を示した。

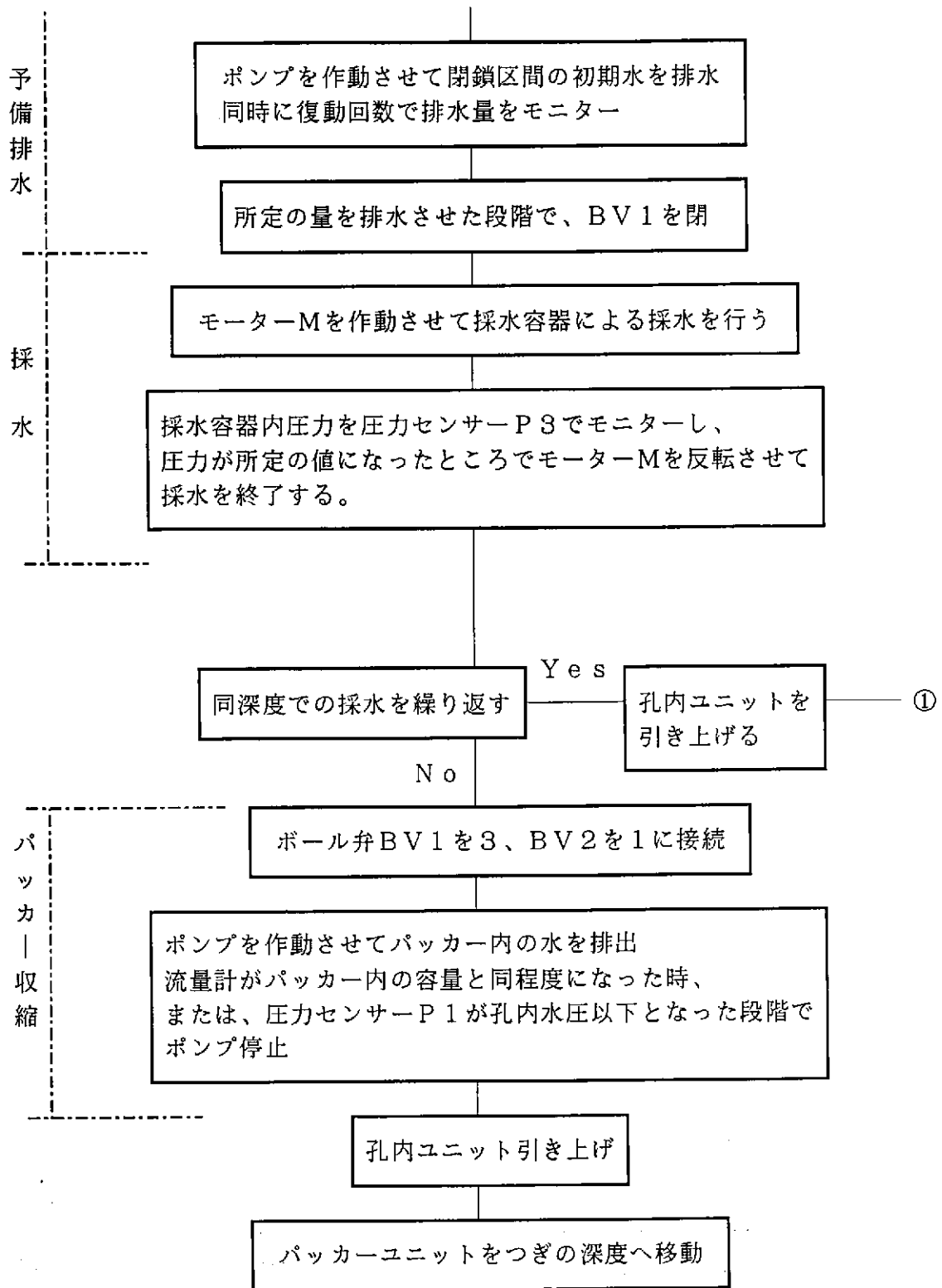
図3-7-1

地下水サンプリング作業フロー









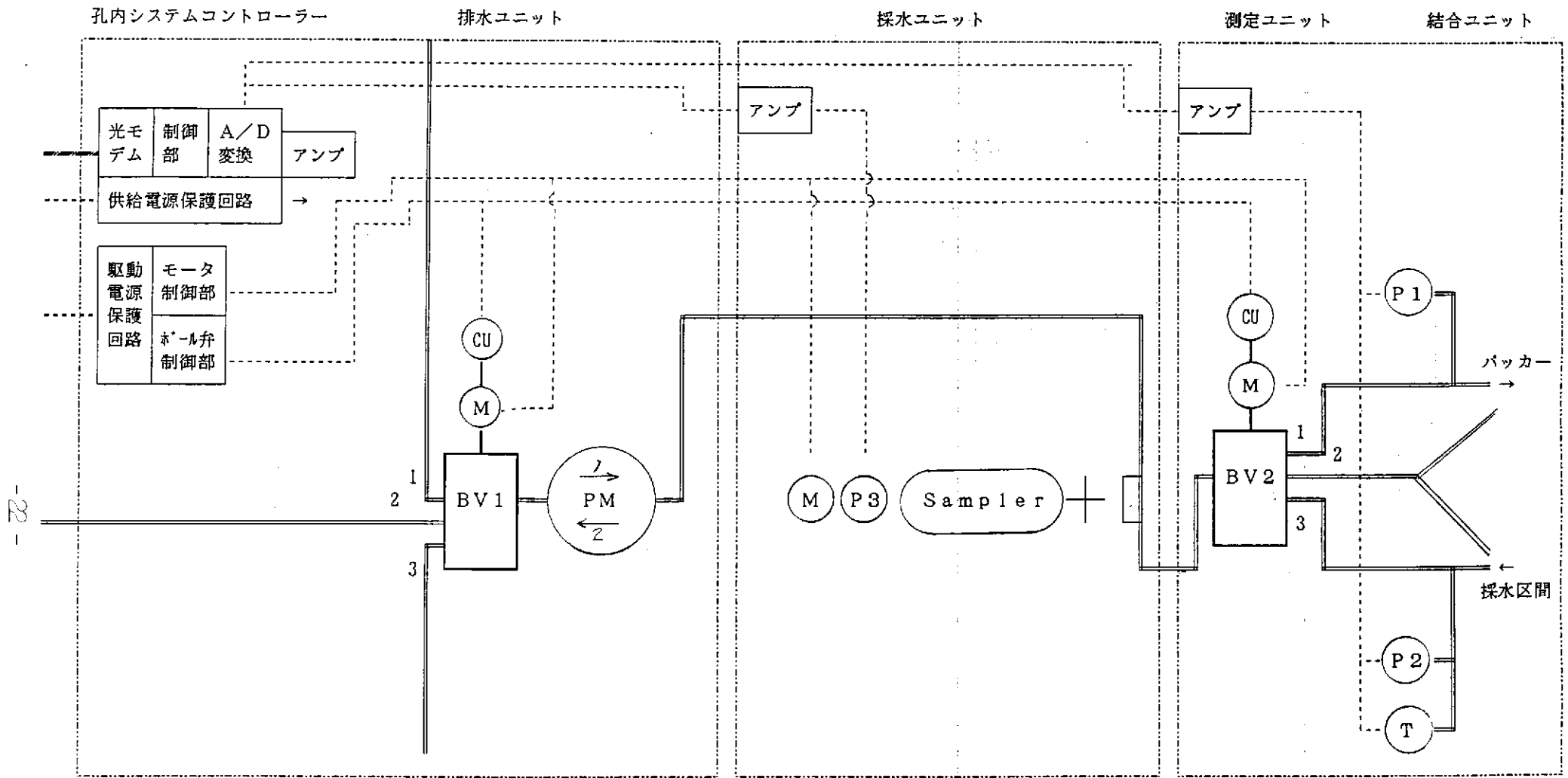


図 3 - 7 - 2 孔内システム構成図

- P 1 ~ 3 : 圧力センサー
- BV 1 ~ 2 : ボール弁
- T : 温度センサー
- M : モーター
- PM : ポンプ
- CU : ボール弁用モーター制御装置

## 4 孔内システムの設計

### 4.1 結合ユニット

#### 4.1.1 概要

「結合ユニット」は複合ケーブルの先端部に取り付けられた孔内装置の各ユニットの最下部にあり、予め孔内所定の深度に設置してある「パッカーユニット」とを遠隔に結合・分離する装置である。

ユニット内部にはパッカー膨張・収縮の回路、結合に際しての洗浄回路、排水・採水するための回路の水回路切換弁や、それを制御するための動作環境と電子回路などを監視するためのセンサが内蔵される。

#### (1) 機能

(1)「結合ユニット」と「パッカーユニット」の結合は、予めケーシング内に磁石などを数カ所に埋め込みしてある専用のもを用いて、決められた深度に対して設置してある「パッカーユニット」のケーシング内に挿入された「孔内ユニット」の内部にある磁力感知式の近接センサで監視をしながら、地上部の「電動ウインチ装置」から複合ケーブルを微小に送り出し、その近接信号を何段階も確認しながら結合深度の手前で停止させる。

(2)結合に際してケーシング孔内の最下部内に溜まった汚れた水や周りに浮遊物や塵・チリを排除した後に結合するために洗浄を行う。洗浄する区間（深度）は予め決めておく。

(3)結合した時の確認信号は結合センサ（ギャップセンサ）で検出する。

(4)結合力の保持は孔口で同時に計測されたケーブル及び孔内ユニットの「懸垂荷重計」からの測定で浮力等を考慮して「結合力」を算出する。

(5)パッカー膨張・収縮は結合状態でパッカー回路に切換てからパッカー膨張を行う。注水する時の水は孔内の水を用いるか、または「複合ケーブル」内に有るホースを用いて、地上からの供給水でまかなうか、のいずれかの選択が出来る。その時の加圧状態を監視するためにパッカー加圧ラインに圧力計が内蔵されている。終了時には速やかに、注水した水を孔内や地上に廃棄する。

(6)排水・採水に際して、結合状態で水回路を切換てから採水・排水を行う。孔内の状態を監視するために孔内の水圧力と水温を計る各センサが内蔵されている。

(7)他に監視する項目としては、動力用とセンサ用の供給している電圧で、+24Vと+12Vを監視する。それと、モータや電子基板に取り付けた孔内温度計で各部分の発熱を監視する。それらは他のユニットでも共通である。

## (2) 各機器とセンサ

「結合ユニット」の中には各種の機器、センサ類が内蔵されていて、それらを表-4. 1. 1 に示す。

表-4. 1. 1 孔内ユニットの機器

名 称	数 量	型 式	製 造
結合ユニット装置			
本 体	1 式		基礎地盤(株)*1)
ノン スピル カプラ	1 組	SPH-04	仏, ストーブリ
*2)水回路切換	1 組		基礎地盤(株)*1)
①小型DCモータ		DME 38 BB	日本サーボ(株)
②多方向切換ボール弁		SS-43ZF2	米, ホワイトエー
③減速ギヤー		S-8-100-2A-R(株)	ハーモニックドライブシステムズ
電子回路			
*3) ①制御・通信回路	1 式		基礎地盤(株)*1)
*4) ②電源回路	1 式		基礎地盤(株)*1)
*2) ③切換位置確認ポテンシオメータ	1 個	CP30-2K	栄通信(株)
④白金温度計	1 個	MODEL R903	(株)チノー
⑤孔内圧, パッカー圧力計	2 個	PGR-150KA	(株)共和電業
⑥結合計	1 組	AEC-5505	電子応用(株)
⑦近接計	1 組	RS-51, 52	日本オートメーション(株)
*4) ⑧監視用温度計	2 個		(株)芝浦電子
*4) ⑨プリアンプ	1 式		基礎地盤(株)*1)

\*1): 基礎地盤コンサルタンツ(株)

\*2): 4.4.4 水回路切換へ

\*3): 4.4.1 孔内システムコントローラへ

\*4): 4.4.2 孔内アンプへ

#### 4. 1. 2 構成及び構造

##### (1) ノン スピル カプラ

###### 1)概要

結合ユニットの下部にはパッカーユニットとの着脱時に回路内部の液漏れ（SPILL）や外部孔内水の混入の少ない特殊な機構のカプラ（SPH04，名称：ノンスピルカプラ/ストーブリ社フランス製）を選択した。（技術資料-4.1を参照）一般のカプラの保持機構は、ほとんどが、ボールロック式やスライドロック式で構成されているのに対して、フランス・ストーブリ社のような基板保持型の製品は少ない。さらに、漏れの少ない平頭接合型で、外径が最小のカプラとなると、さらに減少する。それらカプラの一覧表を 表-4.1.2 に示す。

これらを採用した事で孔内装置のケーブル巻き取りの動作でパッカーユニットと孔内ユニットとの結合及び分離、各ユニット間の組立・分解等が簡単にできる構成になった。

また、結合ユニットの上部には採水ユニットがあり、それらとの接続は他のユニットと同じ共通構造の「マルチカップリング」方式で連結する。このカップリングは排水・採水などの水回路と電気回路を同時に着脱するのでマルチカップリングと呼ばれ、着脱は素手で回して結合・分離ができる構造とし、ここと同じノンスピルカプラを選択した。（4.4.3 複合コネクタの項を参照）

結合ユニットのノンスピルカプラを 図-4.1.1 に示す。また、ノンスピルカプラの諸元を 表-4.1.3 に示す。なお、70 kgf/cm<sup>2</sup>負荷状態での着脱力は約69 kgになっている。

表-4.1.3 ノン スピル カプラ

名 称	方 式	型 式	記 号		内 径 インチ/mm	断面積 mm <sup>2</sup>	最大圧力 kgf/cm <sup>2</sup>	バネ力 kg
液だれしない カプラ	平頭接合 両端閉合	SPH04	5101	(p)	5/32(4)	1.25	160	7.9
			2101	(s)				

p: プラグ

s: ソケット

本体材質: SUS

パッキン: バイトン

水用専用グリス: G10

## 2) 特長

ノンスピルカプラ（SPH04）の最大の特長は、液だれがほとんど無いということで、同型のRTN-3型（1/8）カタログによると、結合面がうっすら濡れる程度で約 $0.02\text{ cm}^2$ となっていて、SPH型も同等仕様であると日本代理店／㈱ソルトンの説明。ただし、SPH型のどのカタログにも、これらの諸数値は明記されていない。

これらのカプラは広い意味でのマルチ・カップリング用で、プレーティング・システムと呼ばれ専用のプレートと強力なガイドピンから構成された装置の構成部品の一部であるために、単体での販売をしていないためである。

ここでは、ノーギャランティー（補償範囲外の使い方）での使用になるが、国内実績（㈱ソルトンの説明）ではおもに、漏れが少ないという最大の特長から、特に原子力関係の着脱回路に利用され、かなりの量を納入している。

## 3) サイズ

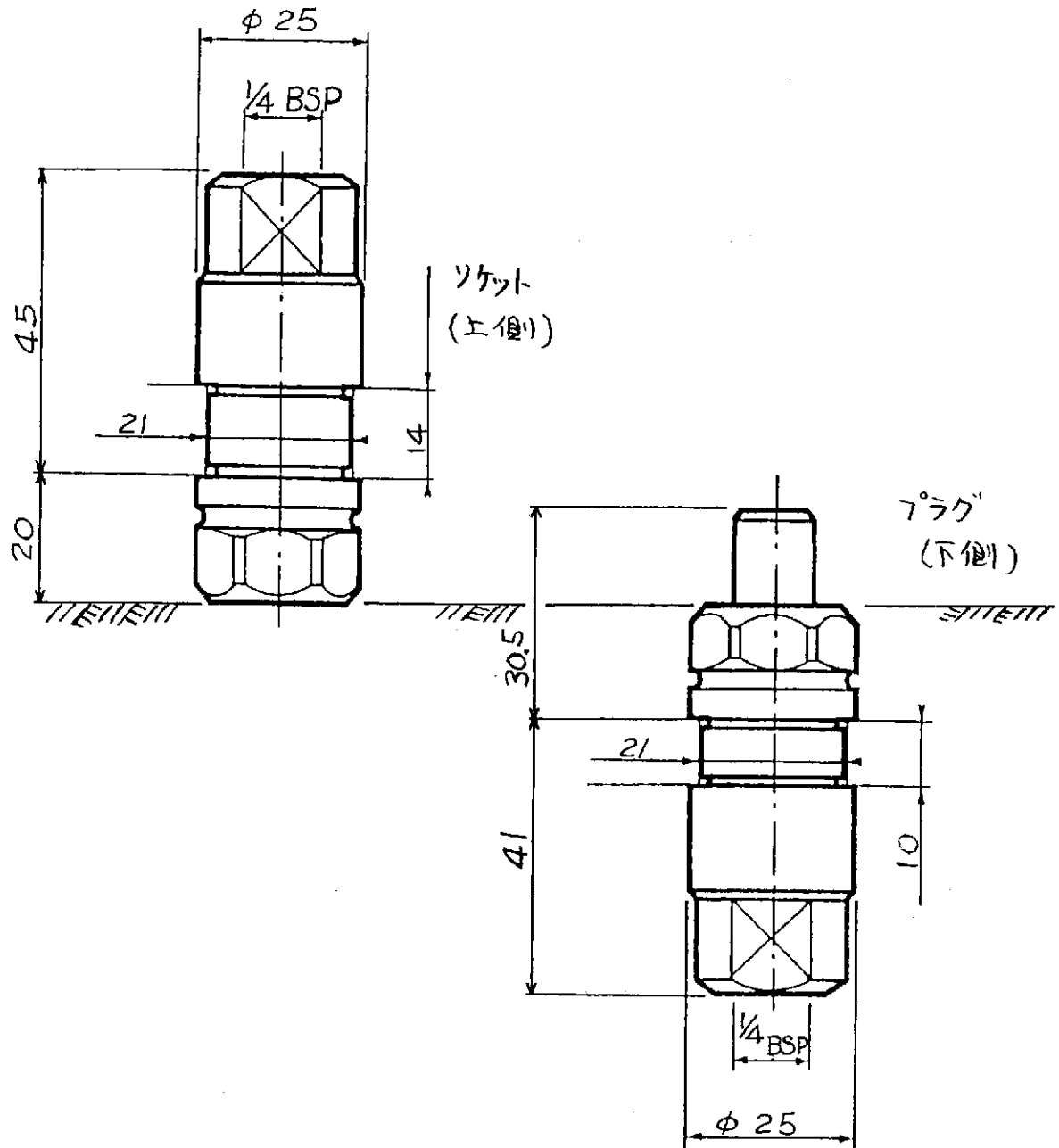
最小のサイズ（外径 $\phi 25\text{ mm}$ ×長さ $65\text{ mm}$ （ソケット）、同 $72\text{ mm}$ （プラグ））であるSPH04型、2個1組とする。また、ネジサイズは1/4BSPである。

表-4. 1. 2 カプラの一覧表

名称 / 特長	型式	サイズ	分離の構造	Cv 値	Kv 値	通過断面積 (mm <sup>2</sup> )	最大許容流量 (ℓ/min)	結合 or 保持力 離脱力 (daN・kgf)	使用範囲 (kgf/cm <sup>2</sup> )		材質	スピリッジ量 (流体流出 cm <sup>3</sup> )	挿入深さ (mm)	最大外径 (mm)	備考
									常用圧力	最高圧力					
STAUBLI	液ダレしないカプラ (平頭接合型) 自動着脱プレート専用	SPH-04	1/4	基板保持	0.46	φ4mm-12.5		70bar時 69 kgf	160	1A:160 1B:500	1A:sus430 1B:sus302	RTN9-2 同等		25.0	
		SPH-06	3/8		1.20	φ6mm-28.0		70bar時 121 kgf	160			同上		29.0	
	液ダレしないカプラ (平頭接合型) 原子力用	RTN-3	1/8	スライド式		1.5	7.0		16bar時 12.6/15	165	sus:316L	0.02		27.5	
		RTN-5	1/4		6	16.7		16bar時 18.0/15	0.03				38.0		
ストーブリ社 (フランス)	液ダレしないカプラ	RBE-03		リリース ボタン式	0.11		7.0			400	ss	-		21.5	
		RBE-06			0.56		23.7			350		-		33.0	
	液ダレしないカプラ (平頭接合型)	SBA-VR		ツノック機構						350	ss	-			
		H P X		ツノック機構						500	sus:316L	-			
Swagelok スウェーヂ ロック社 (カナダ)	クイックコネクタ 安全キー付き スライド機構	Q C - 4	1/8	スライド式	0.2		15			210	br: sus:316L	0.043	29.0	23.4	
		Q C - 6	1/4		0.6		23		105	0.253		31.8	26.4		
		Q C - 8	1/2		1.5		38		52	0.916		39.6	31.0		
	計装用コネクタ リリースボタン機構	Q T - 2		リリース ボタン式	1.0		57			420	sus:316L	0.01	23.4	27.4	
		Q T - 4			1.8		132		350	0.12		28.2	43.2		
		Q T - 8			4-8		189		280	1.0		42.9	52.3		
日東工器株式会社 (日本)	エアレスカプラ	A L - 2 SP	1/4	万作式					30	45	sus	0.1 以下			エアレスバルブ型
	オートカプラ	I A C - 2 S	1/4	エア駆動				エア圧力 5-6barで分離	30	36	sus	-			5-6barでバルブ閉閉可
		II A C V - 2													
	マルチカプラ	I M A S/T-2	1/4	基板保持	SPシリーズと同等			0bar-10,maxbar-155	75	100	sus	0.1 以下		28.0	エアレスバルブ構造に変更可能
		M A S/T- H			HSPシリーズと同等			0bar-10,maxbar-490	210	315	特殊鋼				
		II M A M - 1	1/8						75	100	-	-			多回路同時接続可能
自動離脱カプラ	A C D - 2	1/4	自動離脱					一定張力以上で分離							
HOKE (7/8)	マルチプルコネクタ	M - 05 12	1/4	基板保持											
ニッタ・ムーア (日本)	Q・D・C・Hシリーズ カプラ	V H P H	1/4 1/8	バルブ付き カラ					350	常用圧力の 1.5倍	sus:304 sus:316	1/4サイズ時 1.5cm <sup>3</sup> /4.5bar			

<daN = 1kgf>

バルブは全て両回路閉型を選択



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.1.1	ノスピルカップラ
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1 / 1	製図		承認
個数	基礎地盤コンサルタンツ株式会社			



## (2) 圧力計

### 1)概要

孔内ユニットの結合ユニットで監視・観測する圧力は以下の状態を測定する。

- ① 採水時や排水時の水圧力
- ② パッカー内の水圧力

これらのセンサは、センサの直線性や繰り返し性など一般的な精度を要求することは言うまでもないが、さらに、ここでは使用する環境が悪くこれらを考慮して信頼性の高い製品を選択する必要がある。

高い信頼性の測定を行うには、長期間に渡りメンテナンスフリーで使用が出来る、さらに高耐圧性を重んじて受感部には金属性ダイヤフラムを採用して過負荷時のダイヤフラムの破壊などでセンサー内部に漏れるのを防止するための破壊圧力が高い、㈱共和電業製の高耐圧圧力変換器（PGR-150KA）を選択した。その圧力計を 図-4. 1. 2 に示す。

### 2)特長

その圧力センサの特長は以下のとおり。

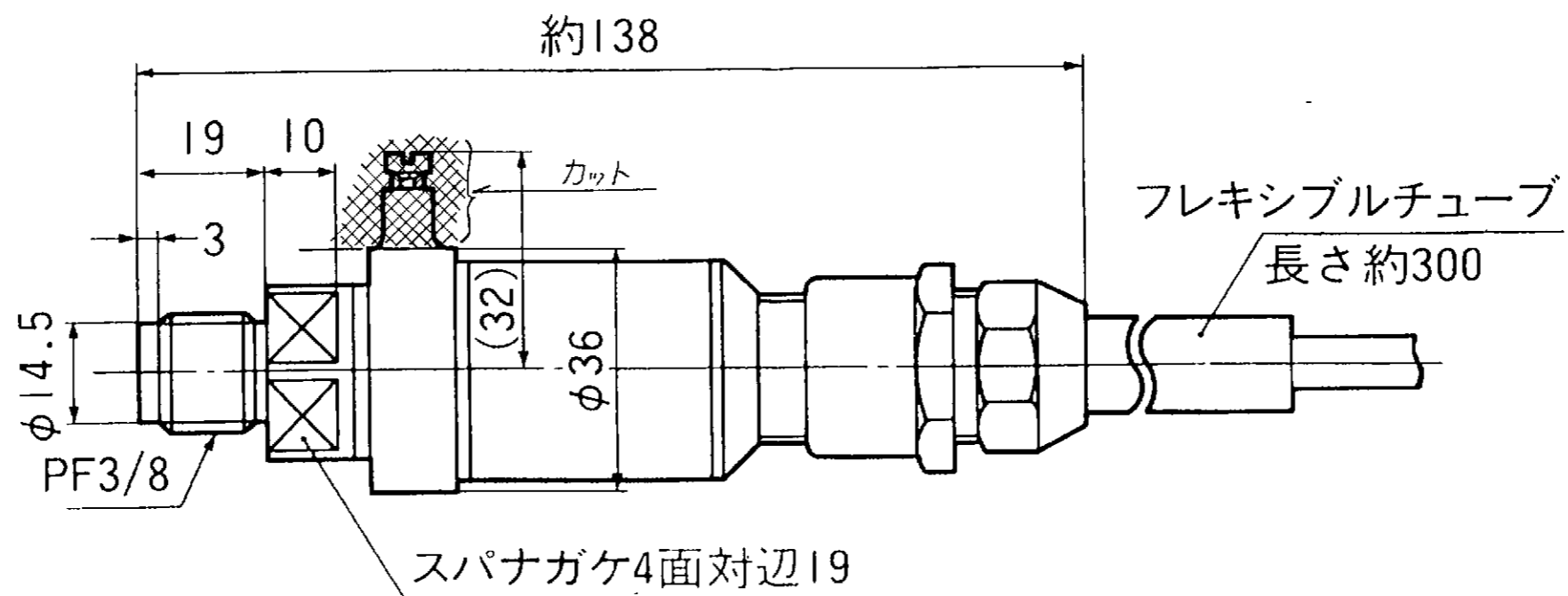
- ① 許容過負荷が300%、限界過負荷が $1,200\text{kgf/cm}^2$  (117.7Mpa) 以上
- ② 高耐圧型のために過酷な使用条件の過負荷に対して安全
- ③ 高精度で直線性、再現性が0.1%以下
- ④  $100^\circ\text{C}$ の高温下でも連続使用が可能 など

### 3)測定レンジ

圧力計の測定最大レンジは

- ① 孔内圧力計の最大は $1000\text{m}$ で $100\text{kgf/cm}^2$  (9.807Mpa) 相当
- ② パッカー圧力計はゴムの膨張抵抗圧力、遮水程度等を考慮して $+5\sim 10\text{kgf/cm}^2$  (490.3~980.7Kpa) が孔内水圧に足される

ここでは使用圧力 $100\text{kgf/cm}^2$ 程度に対して、余裕をみて50%増しと、孔内圧用、パッカー圧力用とも $150\text{kgf/cm}^2$ とする。ただし、メーカーでは丁度適合したレンジは無く、 $100\text{kgf/cm}^2$ から $200\text{kgf/cm}^2$ に飛んでいるのでここでは、特注で処理する。



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.1.2	圧力計
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

### (3) 温度計

#### 1) 概要

電気式の温度計には①熱起電力を利用するものと②電気抵抗を利用するものがあり、前者に使用されるセンサが「熱電対」と呼ばれ、後者に使用されるセンサが「測温抵抗体」と呼ばれている。一般に金属の電気抵抗は温度の変化にともなって増減し、この間には一定の関係が成り立ち抵抗を測ることで温度を知ることが出来る。測温抵抗体の素線材料としては、白金、銅、ニッケル等があり、このうち「白金」は精度や安定性に特に優れている。多くの基準センサなどの実績のある㈱チノー製の土中埋設用測温抵抗体（MODEL-R903, JIS C1604）を選択した。その温度計を図-4. 1. 3 に示す。

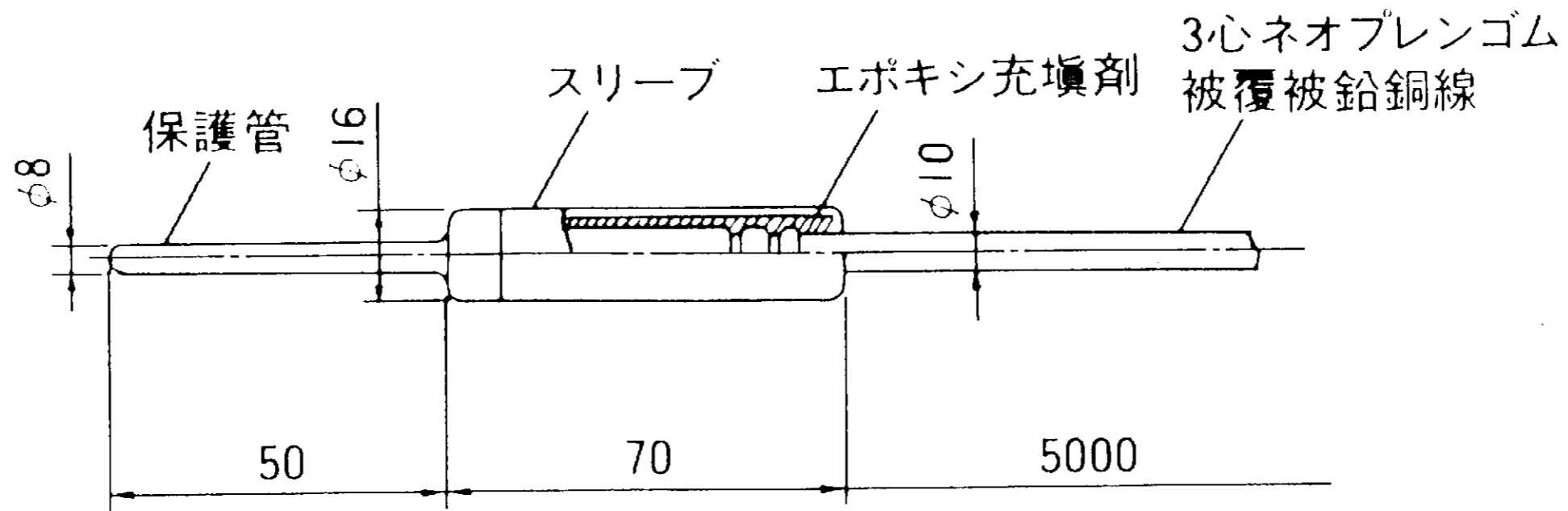
#### 2) 特長

その温度センサの特長は以下のとおり。

- ①「土中埋設用測温抵抗体」は土中に埋め込みして土壌の温度を測定するもので、耐振形、防水構造になっている
- ②これらはJISの測温抵抗体として規定されている(JIS-C1604)
- ③抵抗素子は白金, Pt 100Ω at 0℃, 3線式である
- ④センサ階級はJIS A級(±0.15℃)で規定電流は1mA

#### 3) 測定レンジ

使用される環境を考慮して-20から+65℃程度が確実に作動すれば良い。ただし、最大80℃、一時的にはさらに急増する場合にも損傷の無いような範囲を考慮する。また市販している測定範囲の中から選択した。それらの範囲は-50～+150℃である。



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.1.3	温度計
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1 / 1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

#### (4) 結合計

##### 1) 概要

結合センサは、結合ユニットとパッカー装置の結合する時の確認を得るもので、非接触構造で耐水圧、さらには小型で、故障しにくいセンサとして、(株)応用電子製の渦電流式非接触変位計(AEC-5505/PU-05)を選択した。その結合センサを図-4.1.4に示す。

センサの原理は、プローブに高周波コイルを使用し、プローブコイル磁界内に電導体又は、磁性体が近づいた時、電導体内に発生する渦電流又は、磁性体による導磁率変化により、プローブコイルのインダクタンス変化及びQの変化が発生する事を利用。その結合計の諸元を表-4.1.4に示す。

ターゲットの大きさはセンサプローブ径の約3倍範囲の面積が必要で、それ以下の場合には出力感度が低下する。また、平行して2個のセンサを設置する場合には、その間隔を15mm以上離さないと相互干渉が発生し測定誤差を生じる。この場合には運用として片側のみの使用とする。

表-4.1.4 結合計

種類	型式	測定範囲 (mm)	初期距離 (mm)	受感面積 (mm)	長さ (mm)
普通型	PU-05	1.5	0.8	φ5	35
スーパー型		10		φ4	24

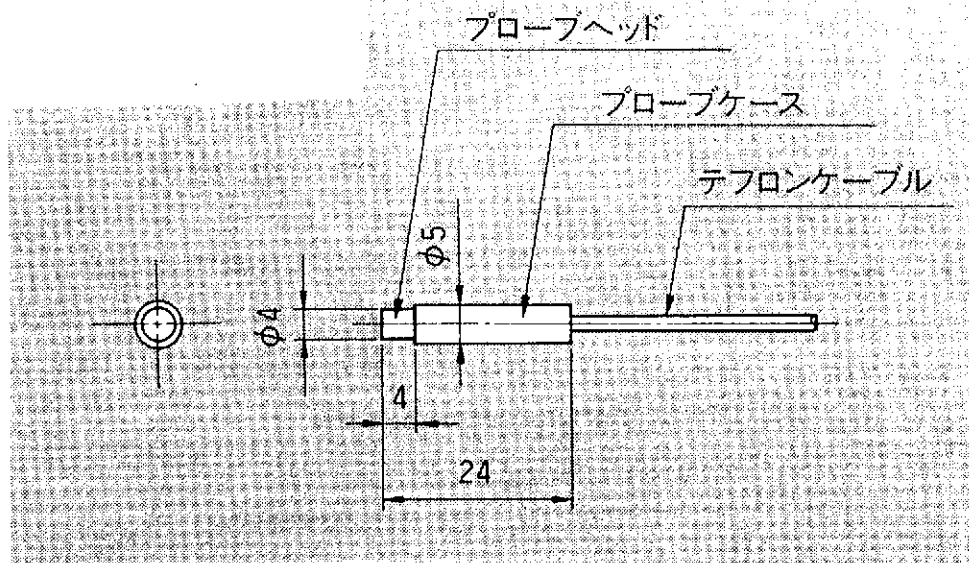
##### 2) 特長

測定は非接触式で可動部分が無いから、再現性・繰り返し性などの精度は安定している。センサのターゲットは金属体であれば作動し、その感度は鉄材、ステンレス材、アルミニウム材、銅材の順に良くなる。

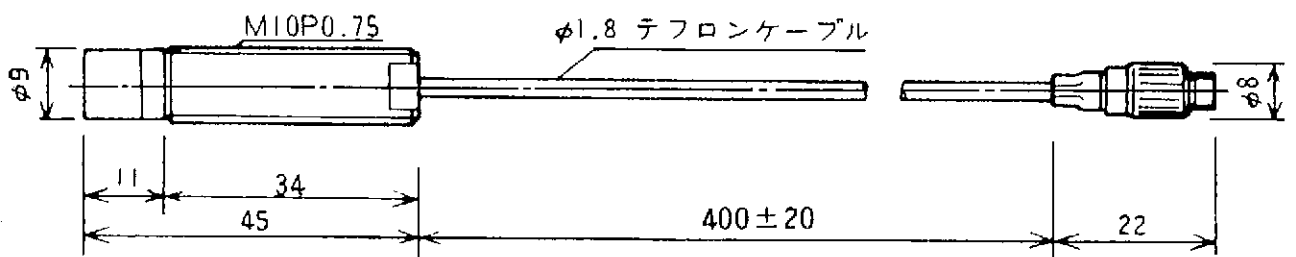
それらの反面、測定距離が長くなる場合では感度や出力等に低下現象がおこり、また、スーパー型では出力感度が向上しているので、外来ノイズなどに敏感になり、使用状態の制約もでる。

##### 3) 測定レンジ

普通型(感知距離)では、プローブ径の約1/3(1.5mm)から、スーパー型(長距離)では、それが約2倍程度(10mm)の範囲である。



スーパー型



普通型

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.1.4 結合計	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

(5) 近接計

1) 概要

近接センサは、結合ユニットがパッカー装置と結合する手前の深度で、ウインチ操作で制動などを行うために通過確認の信号を得る重要なもので、パッカー上部にあるケーシング部に細工をして置き、この近接計で感知する。これらは非接触で耐水圧、さらには小型で、故障しにくい構造として、日本オートメーション製の電磁感知型リードSW (RS-51または52) を選択した。その近接計を図-4. 1. 5 に示す。

センサの原理は、防水容器に内蔵されたリード線形をした電気回路切換器で、マグネットに反応し、それらが通過する時点で作動するという原理で、単純な構造、耐久性に優れている。電気回路的には通電または、遮断することができ、通過信号を出力をする非接触式のスイッチです。その近接計の諸元を表-4. 1. 5 に示す。

表-4. 1. 5 近接計

種類	型式	最大開閉			接点耐圧 (v)	作動距離 (mm)	大きさ (mm)
		容量(w)	電流(A)	電圧(v)			
NO型	RS-51	10	0.5	AC125	DC250	10 ± 2	W11*H14
SH型							*L48
NO型	RS-52					12 ± 2	W9*H14
SH型							*L50

NO型：ノーマル開/ノーマル閉

SH型：信号保持型

SH型はスイッチ信号を保持出来る仕様で、磁気の極性を替えることで、たとえば次のマグネット信号が入るまで維持してくれる回路が出来る。

2) 特長

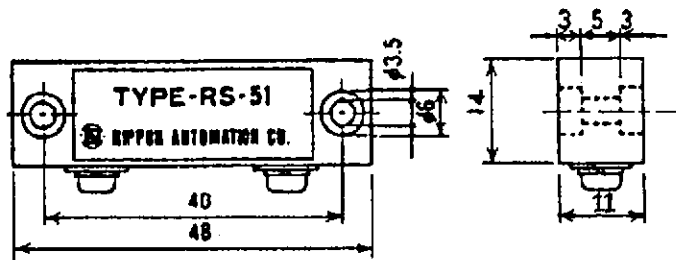
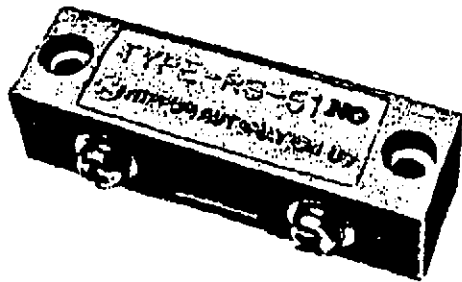
測定は非接触式で、可動部分が無いから、再現性・繰り返し性などの精度は安定している。センサターゲットは磁性体で作動する。

それらの反面、感知距離によっては、2個設置したセンサの相互干渉がおり、余り隣接しての使用は出来ない。

### 3) 測定レンジ

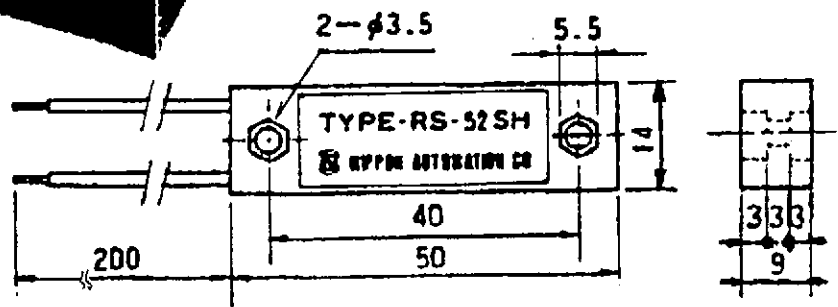
普通磁力の感知距離は数mmから感知し、最大10～12mmである。センサの両端部分には誤動作領域が必ずあるので、センサが余りターゲットと隣接する位置に設置（近づきすぎると）すると誤動作の原因になる。感知深度の位置はケーシング側で別に決める。





ケース 材質：ABS 色：グレー

RS-51型



RS-52型

ケース 材質：ABS 色：黒

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.1.5	圧接計
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1 / 1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

## 4. 2 採水ユニット

### 4. 2. 1 概要

採水ユニットは、排水ユニットによる予備排水が行われた後の地下水を採取する装置である。基本的にはPGS-500型で採用したBATシステムの採水方法を採用する。

採水ユニット内には、ステンレス製採水容器、水回路と採水容器を着脱するための両端注射針・ラバーディスク、採水容器内の圧力をモニターするための圧力センサー、採水容器駆動用モーター等が内蔵される。

図4-2-1に採水ユニットの模式図を示す。

#### (1) 機能

採水容器に地下水を導く方法は、BATシステムの両端針を水回路側と採水容器側のラバーディスクに同時に貫通する方法を採用する。但し、PGS-500型ではサンプラーの自重で両端針をラバーディスクに貫通させていたが、この方法では針の方向・位置等が不安定なため、特に深度が深くなってラバーディスクが水圧で硬化している場合に、針の曲がりや破損が起こり易くなる。従って今回は、電動モーターで採水容器をスライドさせ、両端針をラバーディスクに貫通させるBAT海洋サンプラーの方式を採用した。電動モーターは、ボールバルブ駆動用のモーターと同じものを使用している。

図4-2-2に採水作動模式図を示した。

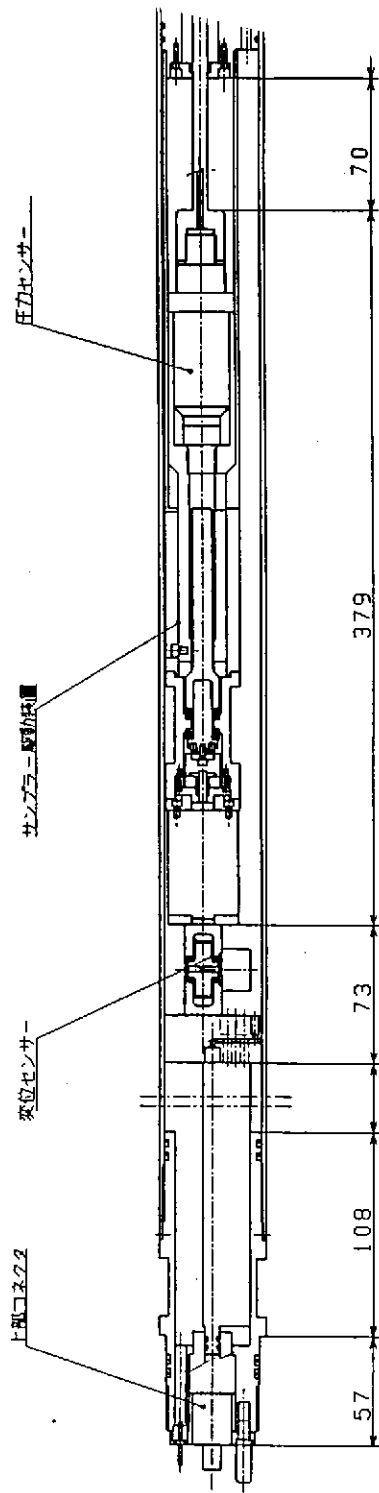
採水量のモニターは、採水容器上端に付けた圧力センサーによって、採水容器内の圧力を測定することにより行う。深度1000mの採水では、採水容器内の圧力は最終的に100kgf/cm<sup>2</sup>程度になるため、閉鎖区間の間隙水圧測定用の圧力センサーと同じものを使用する。

採水量は概略が把握できればよいが、採水容器内に10kgf/cm<sup>2</sup>の初期圧を封入した場合、10cm<sup>3</sup>単位で採水量を知ることができる。

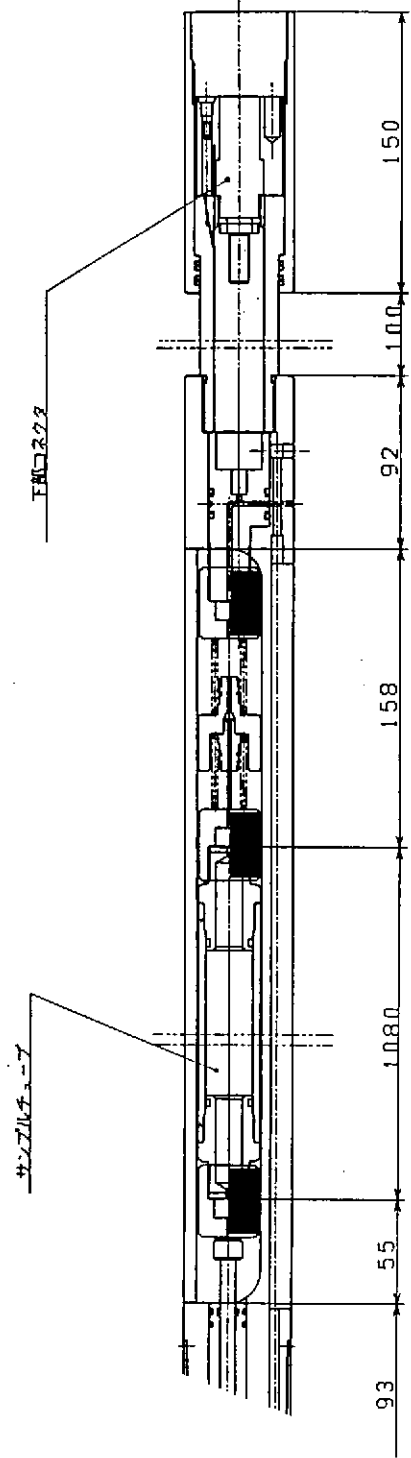
(2) 各装置とセンサー

採水ユニットの中には以下の機器、センサーが内蔵している。

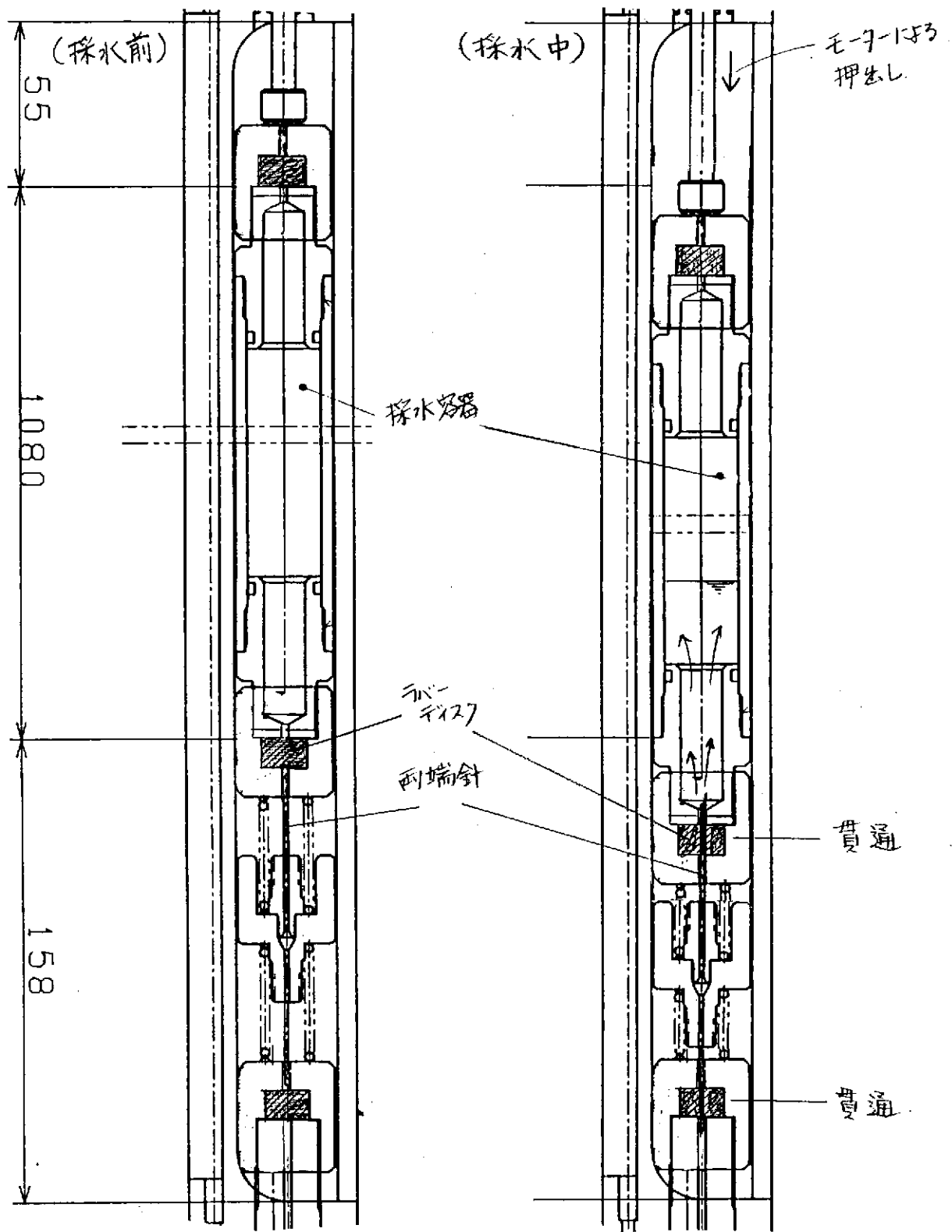
名 称	形 式	製 造
採水ユニット本体		基礎地盤C(株)
採水容器		基礎地盤C(株)
両端注射針		基礎地盤C(株)
ラバーディスク		基礎地盤C(株)
採水容器駆動部品		
① 小型DCモーター	DME 38 BB	日本サーボ(株)
② ポテンショメーター	CP30-2K	栄通信(株)
③ 減速ギヤー	CS-8-100-2A-R	(株)ハーモニック・ライフ・システムズ
電子回路		
① 制御・通信・電源回路		基礎地盤C(株)
② 採水容器内圧センサー	PGR-150KA	(株)共和電業
③ 監視用温度計		(株)芝浦電子



サンプリングユニット



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図4-2-1	採水ユニット
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1 / 4	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図4-2-2 採水作動模式図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

#### 4. 2. 2 採水容器

採水容器はステンレス製とし、内圧、外圧ともに100kgf/cm<sup>2</sup>の耐圧を持つ。採水容量は500cm<sup>3</sup>を確保するため、内径25mm、内空長1m（全長1.12m）の大きさとなっている。容器の両端は、ラバーディスクでシールされており、針によって一方は水回路と、他方は圧力センサーと接続される。

[採水容器の耐圧性]

##### ①外圧が100kgf/cm<sup>2</sup>の場合

最大円周方向応力

$$\sigma_t = \frac{2p_2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{2 \times 1 \times 16.5^2}{16.5^2 - 12.5^2} = 4.69 < 60 \text{ kgf/mm}^2 \quad \text{OK}$$

最大半径方向応力

$$\sigma_r = 1.00 < 60 \text{ kgf/mm}^2 \quad \text{OK}$$

##### ②内圧が100kgf/cm<sup>2</sup>の場合

最大円周方向応力

$$\sigma_t = \frac{p_1 (r_2^2 + r_1^2)}{r_2^2 - r_1^2} = \frac{1 \times (16.5^2 + 12.5^2)}{16.5^2 - 12.5^2} = 3.69 < 60 \text{ kgf/mm}^2 \quad \text{OK}$$

最大半径方向応力

$$\sigma_r = 1.00 < 60 \text{ kgf/mm}^2 \quad \text{OK}$$

#### 4. 2. 3 圧力センサー

採水容器内圧力モニター用の圧力センサーは、容器内圧が最大 $100\text{kgf/cm}^2$ に達することを考慮し、結合ユニット内で使用されるものと同機種（「高耐圧圧力変換器（ストレインゲージ式）」形式：PGR-150KA ㈱共和電業製）のものを使用する。

圧力レンジが大きいため、採水量の正確なモニターには不利となるが、実用上は概略の採水量がモニターできれば十分である。

図4-2-3にモニター圧力と採水量の関係を示した。

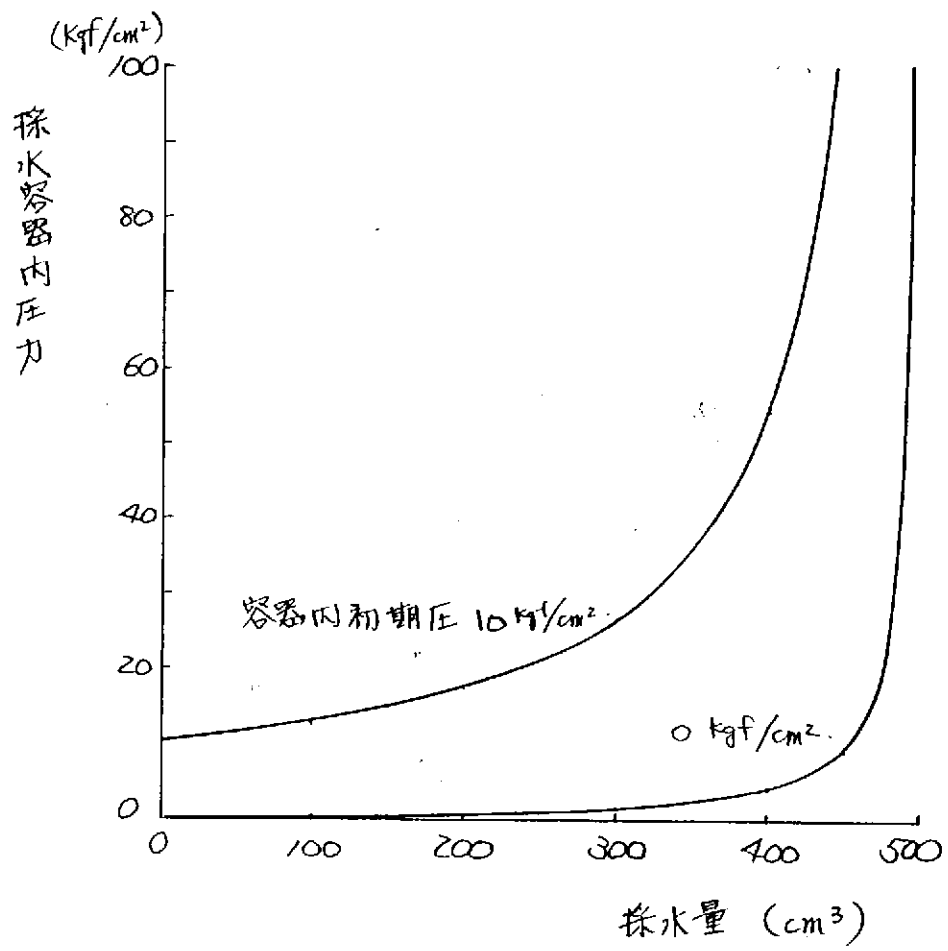


図4-2-3 採水量と容器内圧力の関係



### 4.3 排水ユニット

#### (1) 排水ユニットの概要

排水ユニットは結合ユニット(4.1)との組合せによりパッカーによる閉塞区間の残留水の排水、パッカーへの加圧・減圧及び孔内ユニットとパッカー上端部のプラグとを結合する際のプラグ周辺の洗滌水の圧送を行なうためのユニットである。

ケーシング内への挿入は複合ケーブル(6.1)により行ない、複合ケーブル及び下端に接続する結合ユニット又は採水ユニット(4.2)とは孔内ユニット全ての接続部に共通な複合コネクタ(4.4.3)によって接続される。

閉塞区間の排水又はパッカーの加圧・減圧等のユニット内の機能は地上制御ユニットからの指令によりユニット内に組み込まれたコントローラー(4.4.1)によって制御される。

#### (2) 排水ユニットの構成

排水ユニットは表4-3-1に示す機能部品によって構成される。

表4-3-1 排水ユニットの構成

部 品 名	機 能 の 概 要	備 考
排水ポンプ	排水能力：最大100cc/min	設計図
モーター	揚 程：最大500m 電 源：DC-24V 消費電力：60W	カタログ
バルブ	電 源：DC-24V 消費電力：5W	カタログ
水回路切り替えバルブ モーター	電動ボールバルブ (4方向バルブ) 電 源：DC-24V 消費電力：5W	(4.4.3参照) カタログ
コントローラー	CPU : 8bit CPU搭載	(4.4.1参照)
センサー	ポンプストローク検出：ポテンシオメーター ポンプストローク検出：リミットセンサー 排水量検出：流量センサー バルブ回転角検出：ポテンシオメーター 温度管理：熱伝対	カタログ
アンプ等	ポンプ制御用アンプ：ポテンシオメーター用 バルブ制御用アンプ：ポテンシオメーター用 温度管理用アンプ：熱伝対用 リレーユニット：ポンプ及びバルブ作動用	(4.4.2参照)

### (3) 排水ポンプ

排水ポンプは複胴型のシリンダーポンプとし、モータの回転をボールスクリュウで直進運動に換え、モータの回転方向をを「正」、「逆」に切り替えて往復運動させる。

シリンダー形状は次のようにする。

シリンダー外径： 44 mm

シリンダー内径： 32 mm

シリンダー長： 120 mm

ロッド径： 20 mm

運動長： 100 mm

ピストン断面積： 4.9 cm<sup>2</sup>

1動作吐出量： 49 cc

ポンプの吸入口及び吐出口の弁は電動ボールバルブにより行なう。

モータの回転方向の切り替えは及び、ボールバルブの切り替えはユニット内コントローラーにより行ない、バルブ操作パターンにより吸入口及び吐出口は任意に切り替えることができる。(図4-3-1)

ピストンを往復運動させるモータの所要馬力数は次のようになる。

$$L = Q \cdot H / (6.12 \cdot \eta)$$

ここに L：所要馬力 (kw)

$$Q：揚水量 \quad (\text{m}^3/\text{min}) \quad = 1.0 \times 10^{-4} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

$$H：揚程 \quad (\text{m}) \quad = 1000 \text{ m}$$

$$\eta：ポンプ効率 \quad \begin{array}{l} \text{モータ減速機ロス} = 0.25 \\ \text{ボールスクリュウロス} = 0.15 \\ \text{シリンダー内摩擦ロス} = 0.15 \end{array}$$

$$\eta = 1 - 0.55 = 0.45$$

$$L = 1.0 \times 10^{-4} \cdot 1000 / (6.12 \cdot 0.45)$$

$$= 0.0363 \text{ kw} = 36.2 \text{ w}$$

尚、モータ自体の発熱に伴う効率低下を考慮し、直流24V、60wを使用する。

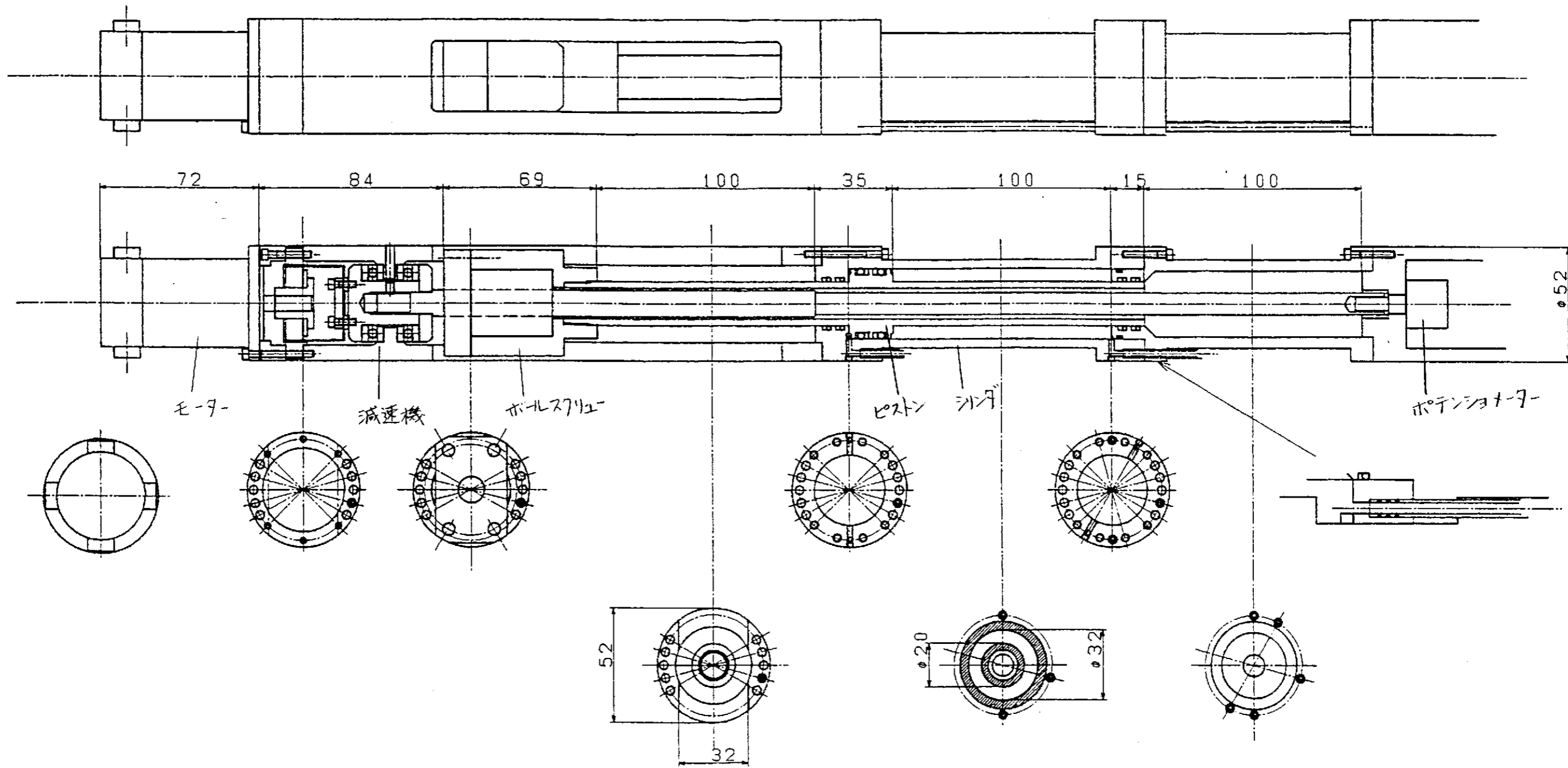


図4-3-1

部品番号	部品名	数量	材質	備考
△		名称	ポンプユニット	
△			ポンプ部組図	
△		承認	検図	設計
△			製図	年月日
△				尺度
記号	年月日	記号		図番 PU-01-00

## 4.4 共通システム

### 4.4.1 孔内ユニットコントローラー

#### (1) 概要

本コントローラーは孔内ユニット（結合、採水及び排水の各ユニット）内に組み込まれ、各ユニット内のモータ（バルブ、採水操作・排水ポンプ用）の制御及びセンサー信号計測を行なう。これらの制御は地上制御ユニット（ホストコンピューター）からの指令メッセージにより決定されるもので、本コントローラーにはこのための通信回線を持ち、指令メッセージの受入れと同時に計測データ、ユニット内機能の作動状態の監視データなどの応答メッセージの送信を行なう。

以上の動作のため、コントローラーにはCPUを持ち、通信プログラムを書き込んだROMと、電源投入後に地上部のホストコンピューターから転送される動作プログラムを書き込むRAMを持つ。

#### (2) 構成

各孔内ユニット内の本コントローラ及び電源、制御系統は図4-4-1のようになる。すなわち、コントローラーとしてはCPU、メモリー、A/Dコンバーター、I/Oポート等を備えたメインボード（CPUボード）と動力系統の制御を行なうI/Oボードの2枚のボードによって構成される。

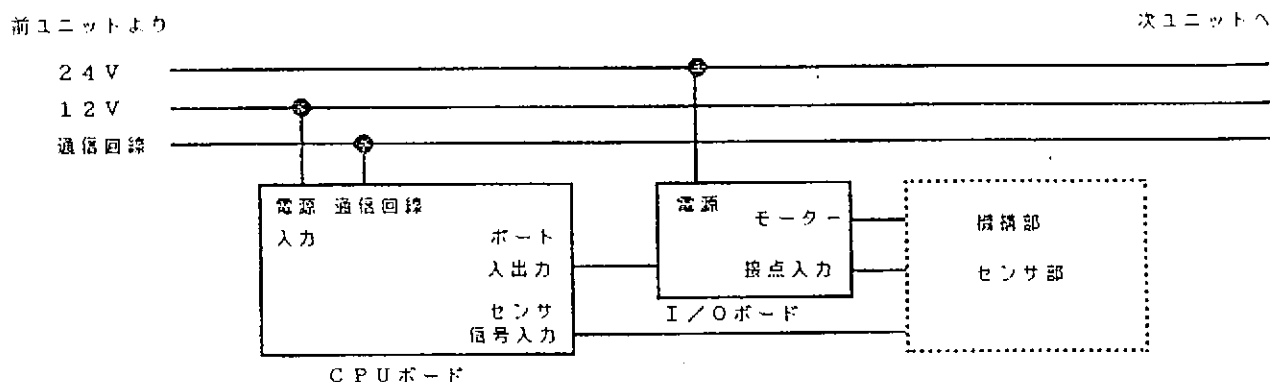


図4-1-1 コントローラー構成図

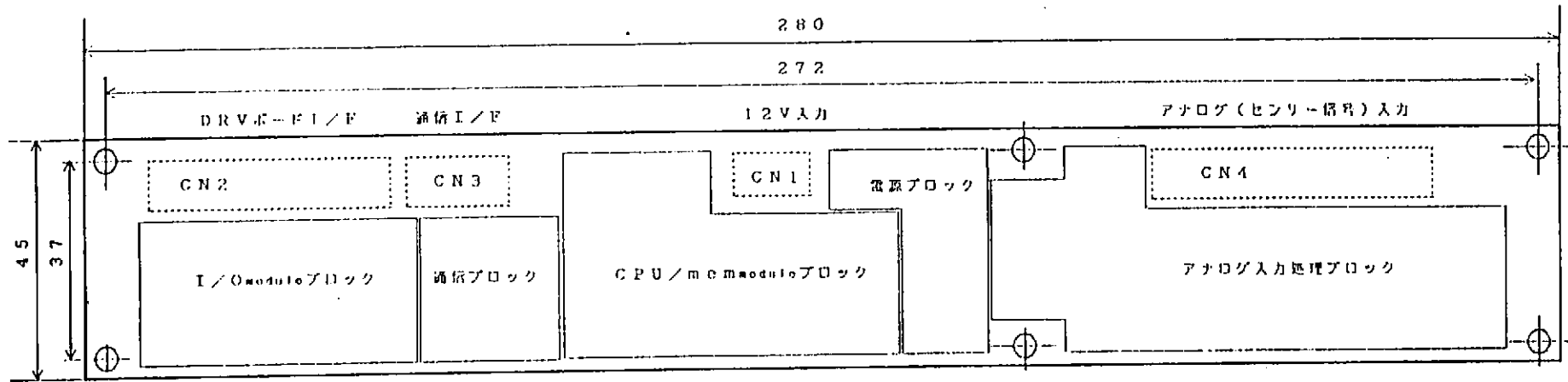
(3) コントローラーの仕様

表4-1-1 コントローラーのハードウェア仕様

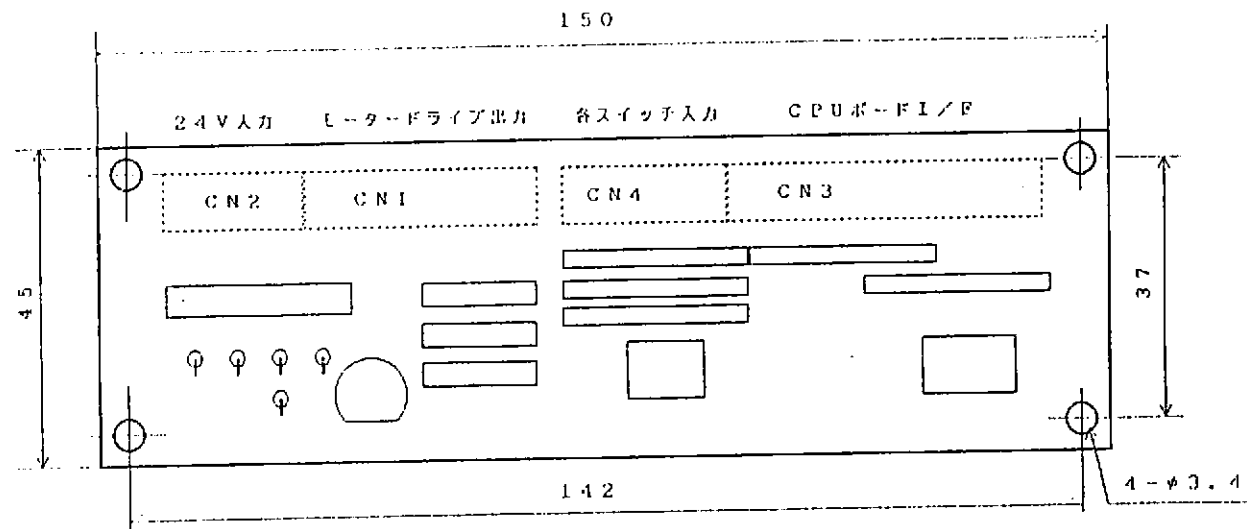
項目	仕様	
CPUボード	CPU	H8/534 (日立) 8bit
	ROM	32KByte
	RAM	32KByte
	A/D	(1)分解能: 10bit 成分数: 8ch 入力レンジ: 0~3V
	コンバーター	(2)分解能: 16bit 成分数: 8ch 入力レンジ: -3~3V
	7チャンネル入力ポート	成分数: 16ch
	出力ポート	成分数: 8ch (ISOLATE出力)
	入力ポート	成分数: 8ch (ISOLATE入力) (接点信号入力・パルス入力カウンタは不可)
	通信部	成分数: 1ch (子局アドレスは0~15の16局設定可能) 電氣的仕様: RS485 1:Nマルチバス構成
	電源	DC12V 1A
動作環境	-20~85℃	
I/Oボード	接点入力	成分数: 8ch
	モータ制御	成分数: 4ch (1chにつき出力ポート2ch使用) 正/逆転、停止動作 1/4ch: 24V 5Amax 2~4/4ch: 24V 1Amax
	電源	CPUボードTTL信号により作動
	動作環境	CPUボードに同じ

(4) コントローラーの形状

コントローラーの形状はは図4-4-2に示す。



(a) CPUボード外観図



(B) I/Oボード外観図

図4-4-2 コントローラ-外観図

## (5) コントローラーのソフトウェア

### ソフトウェア

各ユニット毎の指令メッセージ、動作、応答メッセージは以下の通り。

#### ・排水ユニット

##### 指令メッセージ

プログラム転送：指令メッセージ以降に送られてくるユニット作動プログラムをメモリ内に格納する。格納後そのプログラムを実行する。

上に排水：排水ボールバルブ(以下BV)を上排水ポートにセット(回転)ポンプモータの正/逆転によりポンプピストンを往復動し、送水する。このときのポンプピストンの進行方向、送水方向にあわせ、ポンプIN/OUT BV(2ヶ)を切り換える。  
送水方向は結合ユニット→排水ユニット。

外に排水：排水BVを外排水ポートにセット、同上のポンプ動作を行う。  
排水方向は結合ユニット→排水ユニット。

パッカー注水：排水BVをパッカーポートにセット、同上のポンプ動作を行う。  
ただし、送水方向は排水ユニット→結合ユニット

パッカー排水：排水BVを外排水ポートにセット、同上のポンプ動作を行う。  
送水方向は結合ユニット→排水ユニット。

洗浄：排水BVを給水ポートにセット、ポンプ動作を行う。  
送水方向は排水ユニット→結合ユニット

データ要求：下記の計測データ、ユニット情報を返す

非常停止：現在の動作を中止、初期状態に戻す

応答メッセージ(データ要求に対し以下の計測データ、モニタ情報を返す)

排水BVポテンシオメータ(角度)1ch, ポンプ送水量, 流量計(ON/OFF),

監視温度(5点)

アラーム情報(動作異常、電圧異常)

## ・採水ユニット

### 指令メッセージ

プログラム転送：指令メッセージ以降に送られてくるユニット作動プログラムをメモリ内に格納する。格納後そのプログラムを実行する。

採水開始：採水アクチュエータを進ませ、採水容器内に採水針を差し、採水する。

採水終了：採水アクチュエータを原点復帰、採水針から離し、採水を終了する。

データ要求：下記の計測データ、ユニット情報を返す

非常停止：現在の動作を中止、初期状態に戻す

応答メッセージ(データ要求に対し以下の計測データ、モニタ情報を返す)

圧力センサ，採水アクチュエータ進捗ポテンシオメータ(角度)，

リミットスイッチ(ON/OFF)，監視温度(2点)，

アラーム情報(動作異常，電圧異常)

## ・結合ユニット

### 指令メッセージ

プログラム転送：指令メッセージ以降に送られてくるユニット作動プログラムをメモリ内に格納する。格納後そのプログラムを実行する。

バルブ切換：注/排切換BVを指令メッセージ後に続くパラメータによりパッカー/洗浄ジェット/採水路/閉鎖のいずれかのポートにセットする。

データ要求：下記の計測データ、ユニット情報を返す

非常停止：現在の動作を中止、初期状態に戻す

応答メッセージ(データ要求に対し以下の計測データ、モニタ情報を返す)

圧力センサ(2点)，BV回転角ポテンシオメータ(角度)，監視温度(2点)，近接計(ON/OFF)，結合計、アラーム情報(動作異常，電圧異常)

各ユニットはホストコンピュータからの上記の指令のみにより動作し、各ユニット間通信は行わない。



#### 4. 4. 2 孔内アンプ

この孔内アンプは各ユニットの共通パーツで、ここでは以下の5回路について説明する。

- (1) 圧力計アンプ基板
- (2) 温度計アンプ基板
- (3) ポテンショメータアンプ基板
- (4) 監視用温度計アンプ基板
- (5) 電源回路基板

また、図表関係を以下に示す。

- 図-4. 4. 2 (1) 圧力計回路図
- 図-4. 4. 2 (2) 圧力計回路図
- 図-4. 4. 2 (3) ポテンショメータ回路図
- 図-4. 4. 2 (4) 監視用温度計回路図
- 図-4. 4. 2 (5) 電源回路図

- 表-4. 4. 2 (1) 圧力計部品表
- 表-4. 4. 2 (2) 温度計部品表
- 表-4. 4. 2 (3) ポテンショメータ部品表
- 表-4. 4. 2 (4) 監視温度計部品表
- 表-4. 4. 2 (5) 電源回路部品表

孔内アンプ関係の技術資料を 4. 4. 2 孔内アンプ にまとめた。

## (1) 圧力計基板 (LDCAMP)

### 1) 動作環境

周囲温度	-20~85℃
湿度	0~90%, 結露無し
電源入力	+5V±0.4V, -5V±0.4V
リファレンス入力	+3.0V±0.1%
対象：圧力計	辺抵抗350Ω, 1.5mV/V@フルスケール, 6線式または4線式

### 2) 仕様

内蔵回路数	1回路
リファレンス入力	差動
圧力計印加電圧	リファレンス入力電圧 (以下V <sub>r</sub> ) ±0.7mV
差動ゲイン	666.7倍 ±1.5mV/Vの入力で出力=±V <sub>r</sub>
出力形態	差動出力：出力OUTはO <sub>r</sub> e <sub>f</sub> 電圧に追従する
ゼロ点調整範囲	固定抵抗の実装のフルスケールの±10%程度 (これ以上も可能ですが精度が落ちる) 基板上可変抵抗器のフルスケールの約±2.5%
ゼロ点温度係数	入力換算±0.25V/℃以下
ゲイン調整範囲	固定抵抗の実装により±10%程度 (これ以上も可能ですが精度が落ちる) 基板上可変抵抗器により約±0.5%
ゲイン温度係数	±100ppm/℃以下 標準的には±30ppm/℃
内蔵ローパスフィルター	カットオフ周波数約10Hz, 2次バターワース
＊尚, 本基板では基本的にはA/D変換器の読みだしデータはV <sub>r</sub> の変動 に対して不変 (レシオメトリック動作)	
消費電流	+5V 20mA, -5V 11mA

### 3)外部接続

#### a. 電源 (+V A, -V A, A G N D)

電源は「アンプ用安定化電源基板」よりロジック回路用電源とは絶縁された $\pm 5\text{V}$ をアナロググラウンド (A G N D) と共に +V A, -V A, A G N D 端子に接続する

これらは他のアンプ基板と共用で A G N D は A / D 変換器の基板上でロジック電源グラウンドと接続する

#### b. リファレンス電圧入力 (V r, V r C O M)

V r は A / D 変換器の基板上で発生される A / D 変換器の基準電圧を入力する

V r C O M は A / D 変換器の基板でのグラウンドに接続する

本基板のリファレンス入力回路は差動になっており上記の如くすることで A / D 変換器の基板と本基板間の A G N D の電圧差の影響を極小にしている

#### c. 圧力計入力 (V B + F, V B + S, I N +, I N -, V B - S, V B - F)

圧力計は 6 線式 (ブリッジ電圧印加側でケルヴィンコンタクトをとったもの) にも対応しており, その場合 6 線を各々接続する

4 線式の場合はコネクタ部分で V B + F と V B + S, V B - F と V B - S を各々短絡して使用する

#### d. 基板温度監視用温度センサー (T S +, T S -)

本基板上に温度センサーを設け圧力計アンプ回路の温度係数をデータ処理部で補正する為に使用する

このセンサはその他の監視用センサと同じものですので監視用温度計アンプ基板を介し A / D 変換器で取り込む

温度係数は各基板毎に完成後、恒温槽等により温度とゼロ点 (必要ならばゲイン) の相関を測定しておき結果をデータ処理部に記憶させる

(2) 温度計 (白金抵抗線) 基板 (RTDAMP)

1) 動作環境

周囲温度	-20~85℃
湿度	0~90%, 結露無し
電源入力	+5V±0.4V, -5V±0.4V
リファレンス入力 (V <sub>r</sub> )	+3.0V±0.1%
対象温度計	3線式, 電線抵抗0.5Ω以下 抵抗値 R <sub>0</sub> = 100Ω ± 0.3%, @0℃ R <sub>100</sub> / R <sub>0</sub> = 1.3916 ± 0.002

2) 仕様

内蔵回路数	1回路
リファレンス入力	差動
抵抗線電流	約1mA, (V <sub>r</sub> / 3KΩ) ± 0.25μA。
標準出力電圧	0V @0℃, +2.0V (V <sub>r</sub> × 2 / 3) @100℃。 リニアリティ補正無し
出力形態	差動出力, 出力OUTはO <sub>r</sub> e <sub>f</sub> 電圧に追従する
ゼロ点調整範囲	0℃での抵抗値100Ω ± 0.5%相当
ゼロ点温度係数	入力換算 ± 4μV / °C以下 これは周囲温度1℃の変化で測定温度に ± 0.01℃ の誤差が発生することに相当する 尚, 標準的にはこの半分位を期待できる
ゲイン調整範囲	約 ± 1%, ゼロを合わせた後100℃にて出力を ± 1℃程度相当の範囲で調整できる
ゲイン温度係数	± 40ppm / °C以下 標準的には ± 20ppm / °C
消費電流	+5V 9mA, -5V 7mA

尚, 本基板では基本的にはA / D変換器の読みだしデータはV<sub>r</sub>の変動に対して不変 (レシオメトリック動作)

### 3)外部接続

#### a. 電源 (+V A、-V A、A G N D)

電源は「アンプ用安定化電源基板」よりロジック回路用電源とは絶縁された $\pm 5\text{V}$ をアナロググラウンド (A G N D) と共に +V A、-V A、A G N D 端子に接続する

これらは他のアンプ基板と共用で A G N D は A / D 変換器の基板上でロジック電源グラウンドと接続する

#### b. リファレンス電圧入力 (V r, V r C O M)

V r は A / D 変換器の基板上で発生される A / D 変換器の基準電圧を入力する

V r C O M は A / D 変換器の基板でのグラウンドに接続する

本基板のリファレンス入力回路は差動で上記の如くすることで A / D 変換器の基板と本基板間の A G N D の電圧差の影響を極小にした

#### c. 白金抵抗線温度計入力 (A, B, B')

抵抗線の片側を A に、他の側の 2 線を B, B' に各々接続する

### (3) ポテンショメータ基板 (POTAMP)

#### 1) 動作環境

周囲温度	-20 ~ 85 °C
湿度	0 ~ 90 %, 結露無し
電源入力	+5 V ± 0.4 V, -5 V ± 0.4 V
リファレンス入力 (V <sub>r</sub> )	+3.0 V ± 0.1 %
対象ポテンショメータ	3端子, 抵抗値 2 K Ω ± 10 %

#### 2) 仕様

内蔵回路数	4回路
リファレンス入力	差動
ポテンショメータ印加電圧	V <sub>r</sub> ± 0.7 mV
標準出力電圧	ポテンショメータのスライダ電圧をゼロ点シフトしたもの
出力形態	差動出力 出力OUTはO <sub>ref</sub> 電圧に追従する
ゼロ点調整範囲	ポテンショメータの回転角の0 ~ 9 % ポテンショメータの低電圧側からこの範囲を出力0にできる, この時出力は最小回転角ではマイナスに, 最大回転角ではV <sub>r</sub> 未満になる
精度	全温度範囲に渡り, ポテンショメータ単独での分圧比に対する出力電圧 (V <sub>r</sub> 基準) の非線形誤差を除いた精度は±0.25 %以下 尚, 有限の入力抵抗による非線形誤差が回転角の中央付近で最大フルスケールの-0.25 %発生する
消費電流	+5 V 15 mA, -5 V 10 mA

\*尚, 本基板では基本的にはA/D変換器の読みだしデータはV<sub>r</sub>の変動に対して不変 (レシオメトリック動作)

### 3)外部接続

#### a. 電源 (+V A、-V A、A G N D)

電源は「アンプ用安定化電源基板」よりロジック回路用電源とは絶縁された $\pm 5\text{V}$ をアナロググラウンド (A G N D) と共に+V A、-V A、A G N D端子に接続する

これらは他のアンプ基板と共用でA G N DはA / D変換器の基板上でロジック電源グラウンドと接続する

#### b. リファレンス電圧入力 (V r, V r C O M)

V rはA / D変換器の基板上で発生されるA / D変換器の基準電圧を入力する

V r C O MはA / D変換器の基板でのグラウンドに接続する

本基板のリファレンス入力回路は差動になっており上記の如くすることでA / D変換器の基板と本基板間のA G N Dの電圧差の影響を極小にしている

#### c. ポテンショメータ入力 (C W, S L, C C W)

ポテンショメータの3線を希望する回転方向に合わせて各々接続する

#### (4) 監視用温度計基板 (TMPAMP)

##### 1) 動作環境

周囲温度	-20 ~ 85 °C
湿度	0 ~ 90 %, 結露無し
電源入力	+5 V ± 0.4 V, -5 V ± 0.4 V
リファレンス入力 (V <sub>r</sub> )	+3.0 V ± 0.1 %
対象温度トランジューサ	アナログデバイス社製 AD590MH

##### 2) 仕様

内蔵回路数	3回路
リファレンス入力	差動
温度トランジューサ印加電圧 (両端子間)	4 ~ 5.5 V
標準出力電圧	0.00 V, @ 0 °C + 2.00 V, @ 100 °C 但し, V <sub>r</sub> = 3.000 Vの時
出力形態	差動出力 出力OUTはO <sub>r</sub> e <sub>f</sub> 電圧に追従する
ゼロ点調整範囲	± 5 °C相当
ゼロ点温度係数	入力換算 ± 30 μV / °C以下 これは周囲温度 1 °Cの変化で測定温度に ± 0.01 °C の誤差が発生することに相当
尚, 本基板ではV <sub>r</sub> の変化がゼロ点に影響する。V <sub>r</sub> が0.1%変動すると 0 °Cでの測定温度が0.27 °C (273度の0.1%)変動する	
ゲイン調整範囲	約 ± 1.5 %。ゼロを合わせた後, 100 °Cにて出力 を ± 1.5 °C程度相当の範囲で調整できる
ゲイン温度係数	± 40 ppm / °C以下 標準的には ± 20 ppm / °C
*尚, 本基板では出力電圧の1 °C当たりの変化量はV <sub>r</sub> によらず一定, 従っ てV <sub>r</sub> が変化しA/D変換器の基準が変わると読みとりデータ値が変わる	
消費電流	+5 V 16 mA, -5 V 14 mA



### (3) 外部接続

#### a. 電源 (+V A, -V A, A G N D)

電源は「アンプ用安定化電源基板」よりロジック回路用電源とは絶縁された±5Vをアナロググラウンド (A G N D) と共に+V A, -V A, A G N D端子に接続する

これらは他のアンプ基板と共用でA G N DはA/D変換器の基板上でロジック電源グラウンドと接続する

#### b. リファレンス電圧入力 (V r, V r C O M)

V rはA/D変換器の基板上で発生されるA/D変換器の基準電圧を入力する

V r C O MはA/D変換器の基板でのグラウンドに接続する

本基板のリファレンス入力回路は差動になっており上記の如くすることでA/D変換器の基板と本基板間のA G N Dの電圧差の影響を極小にします

#### c. 温度トランデュース入力 (T T +, T T -)

A D 5 9 0 M Hの+, -端子を各々接続する

## (5) 電源回路基板 (AMP PWS)

### 1) 動作環境

周囲温度	-20 ~ 85 °C
湿度	0 ~ 90 %, 結露無し
電源入力	+10.5 V ~ 16 V
負荷	80 mA (+VA, -VA 各)
入出力グラウンド電位差	±3 V 以内

### 2) 仕様

形態	絶縁型定周波数 DC-DC コンバータ 電圧安定化はシリーズレギュレータによる 入力電圧監視用アンプ内蔵
入力電流	最大 250 mA
スイッチング周波数	40 KHz ± 30 %
出力電圧	+5 V ± 0.2 V -5 V ± 0.2 V グラウンド共通
入力監視用アンプ	ゲイン 1 / 10 差動出力

### 3) 外部接続

#### a. 電源入力 (PIN+, PIN-)

標準 +12 V の電源の + と - を接続する

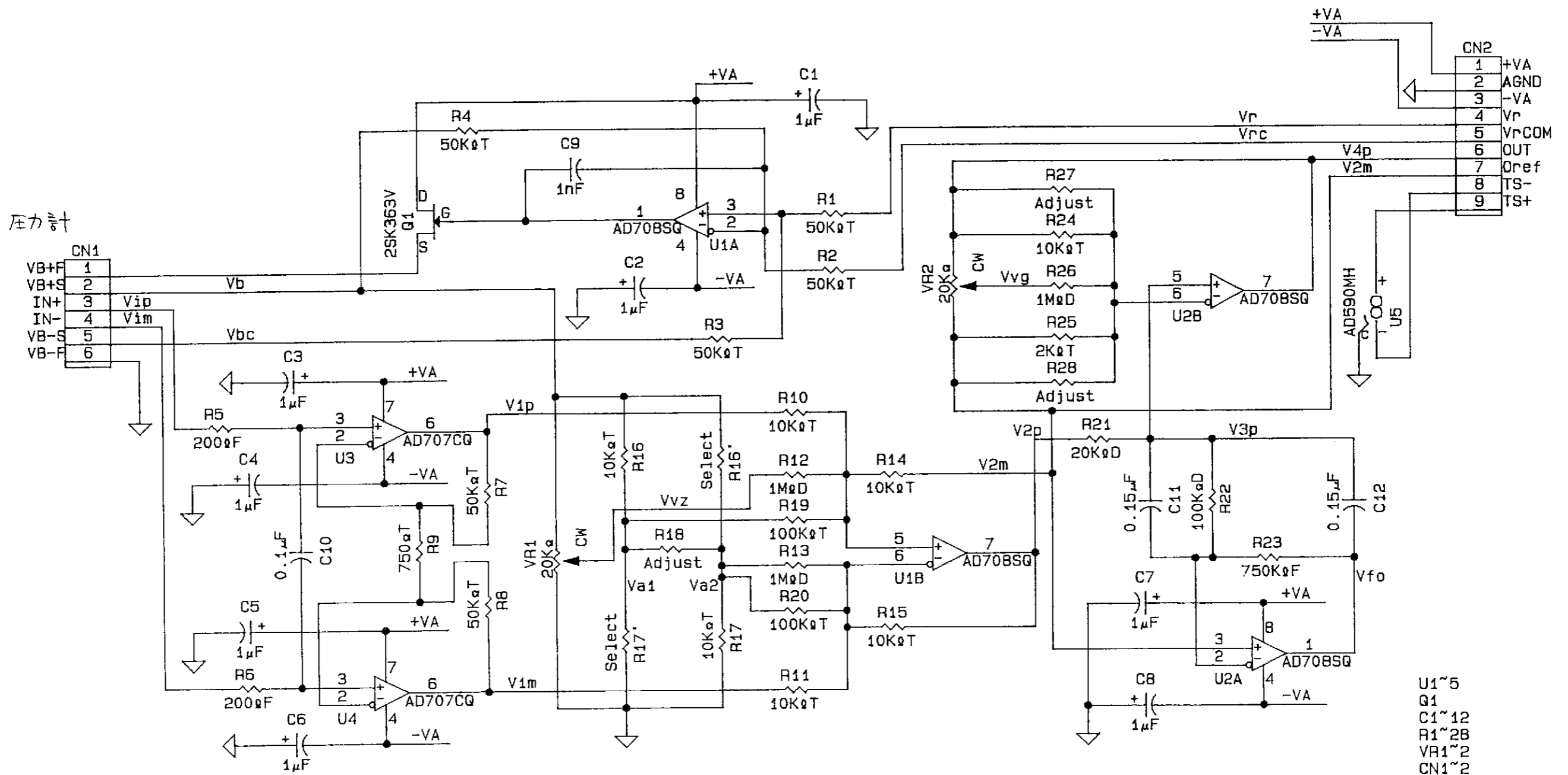
#### b. 出力 (VAOUT+, VAOUT-, AGND)

各アンプ基板の VA+, VA-, AGND へ接続する

尚, PIN- と AGND は外部のいずれかの場所 1カ所で接続されている必要がある

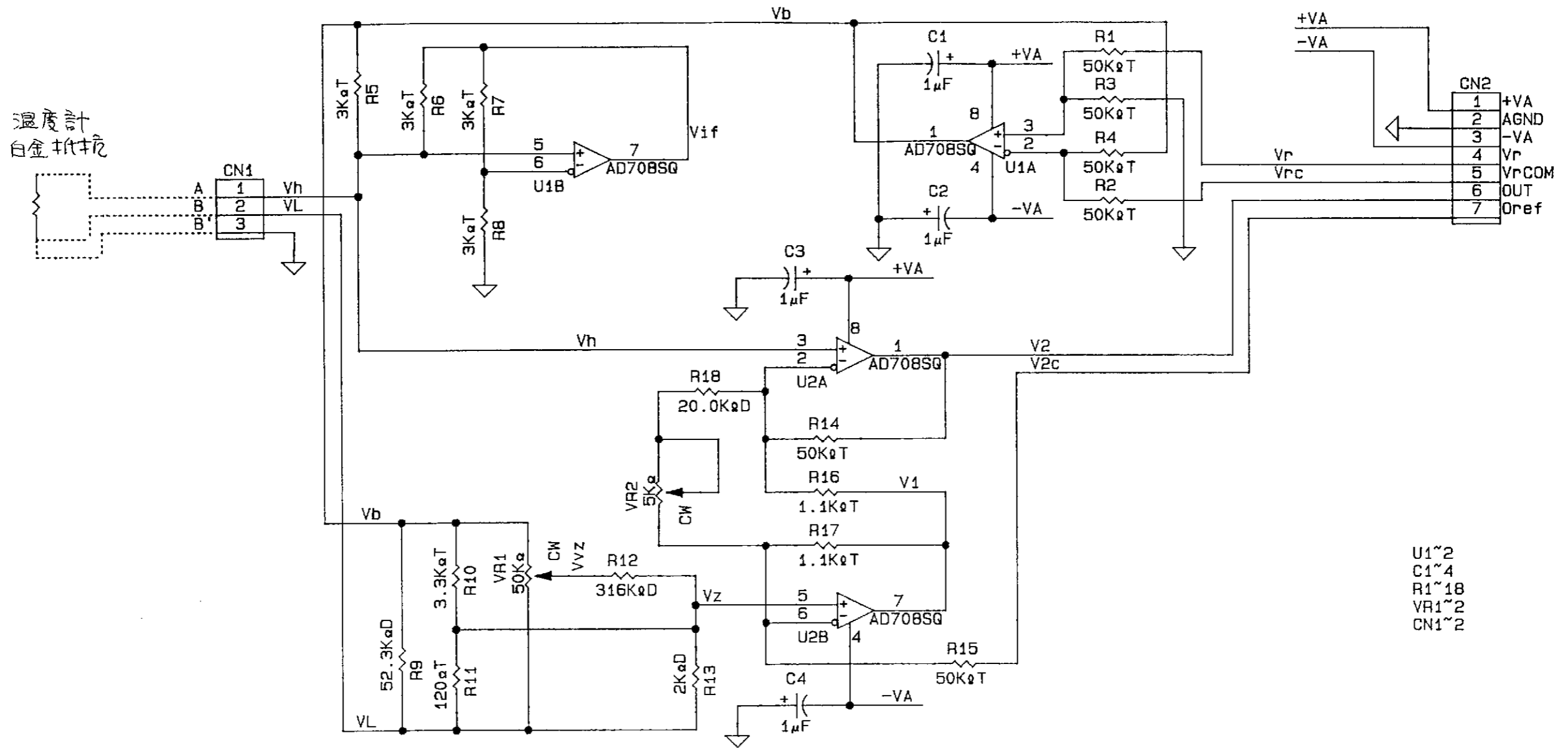
#### c. 入力電圧監視アンプ出力 (XV2MON, XV2ref)

A/D 変換器の該当入力へ接続する



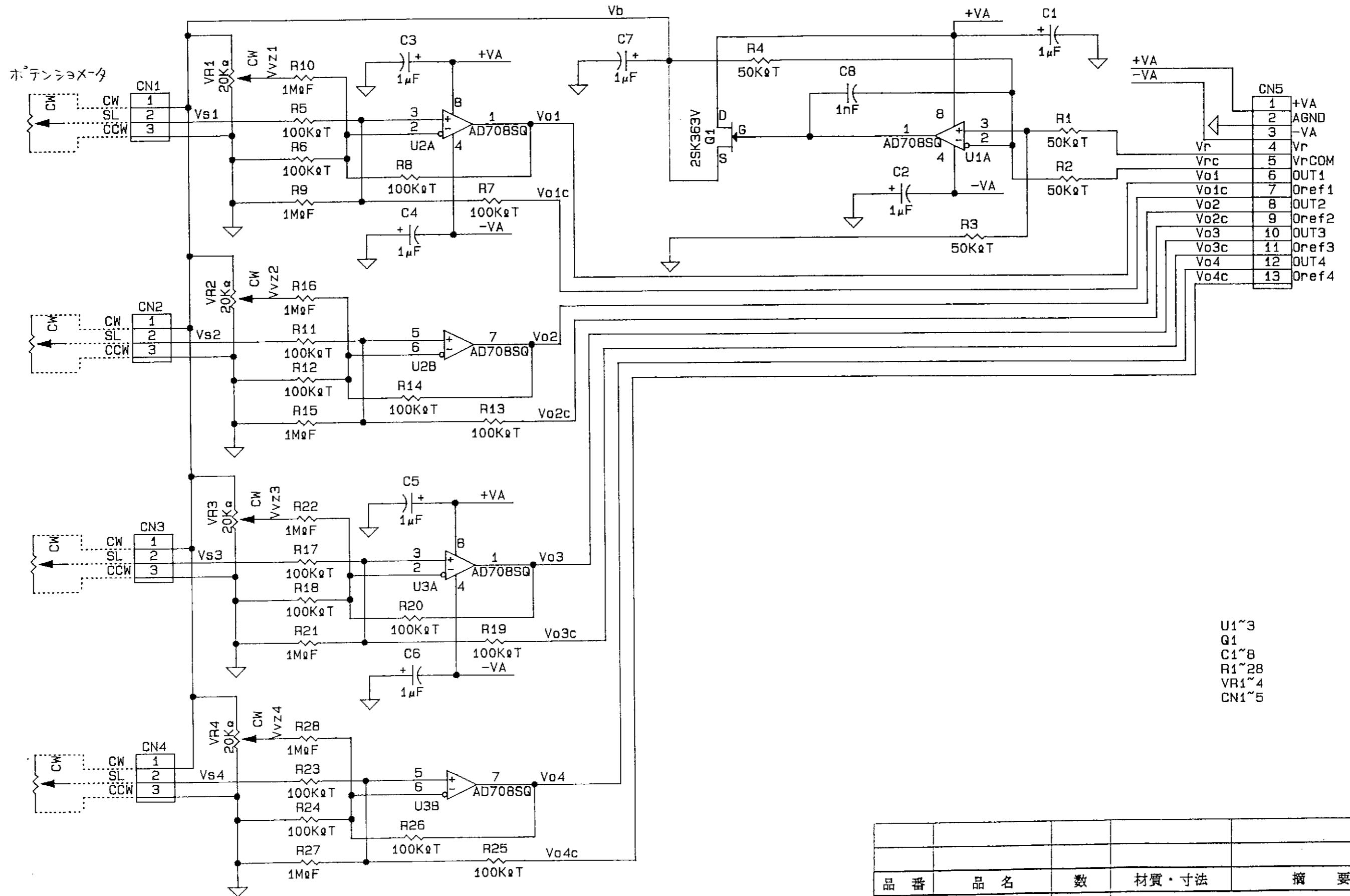
品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(1)	圧力計回路図
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

温度計  
白金抵抗



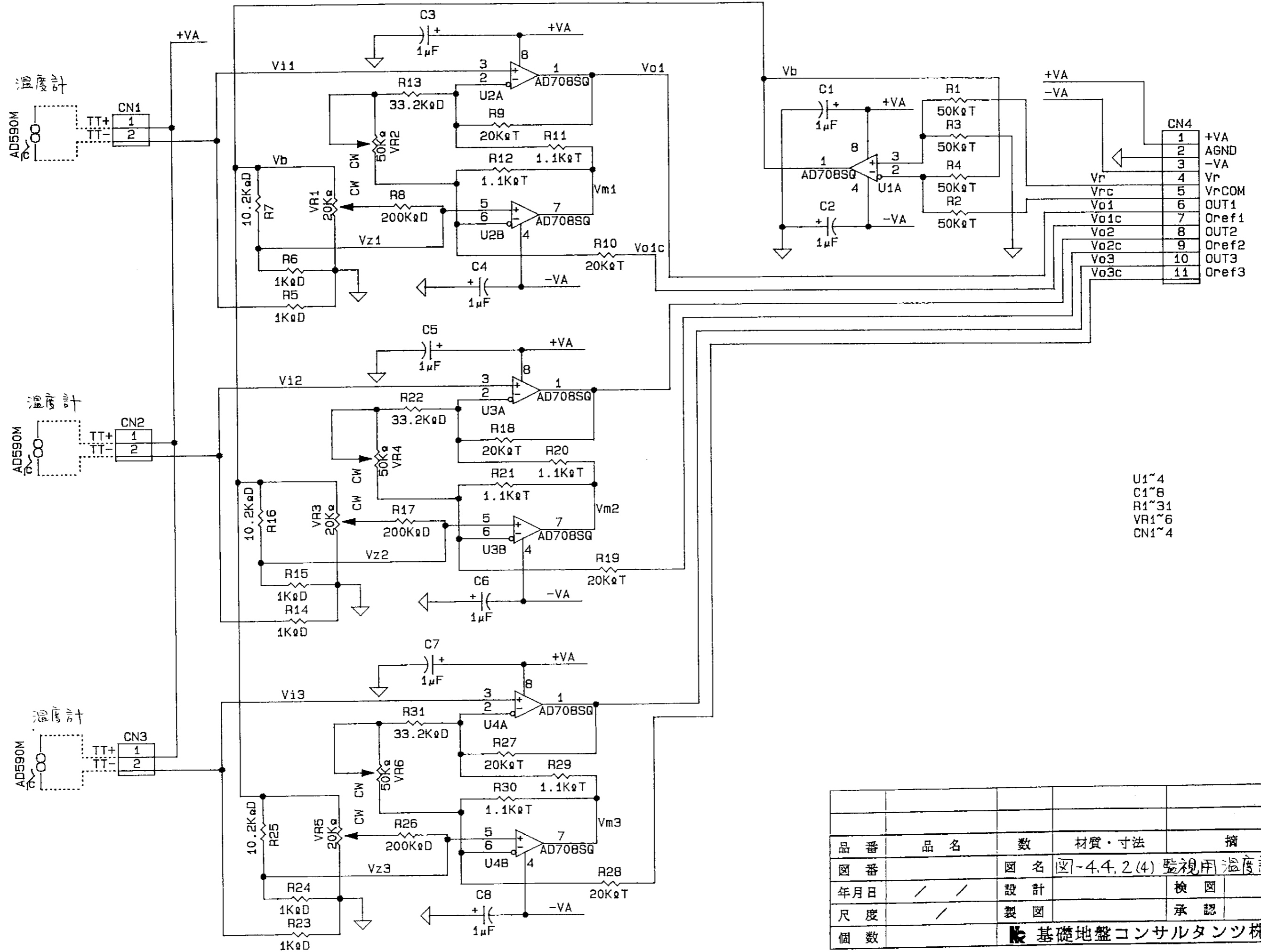
U1~2  
C1~4  
R1~18  
VR1~2  
CN1~2

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(2)	温度計回路図
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



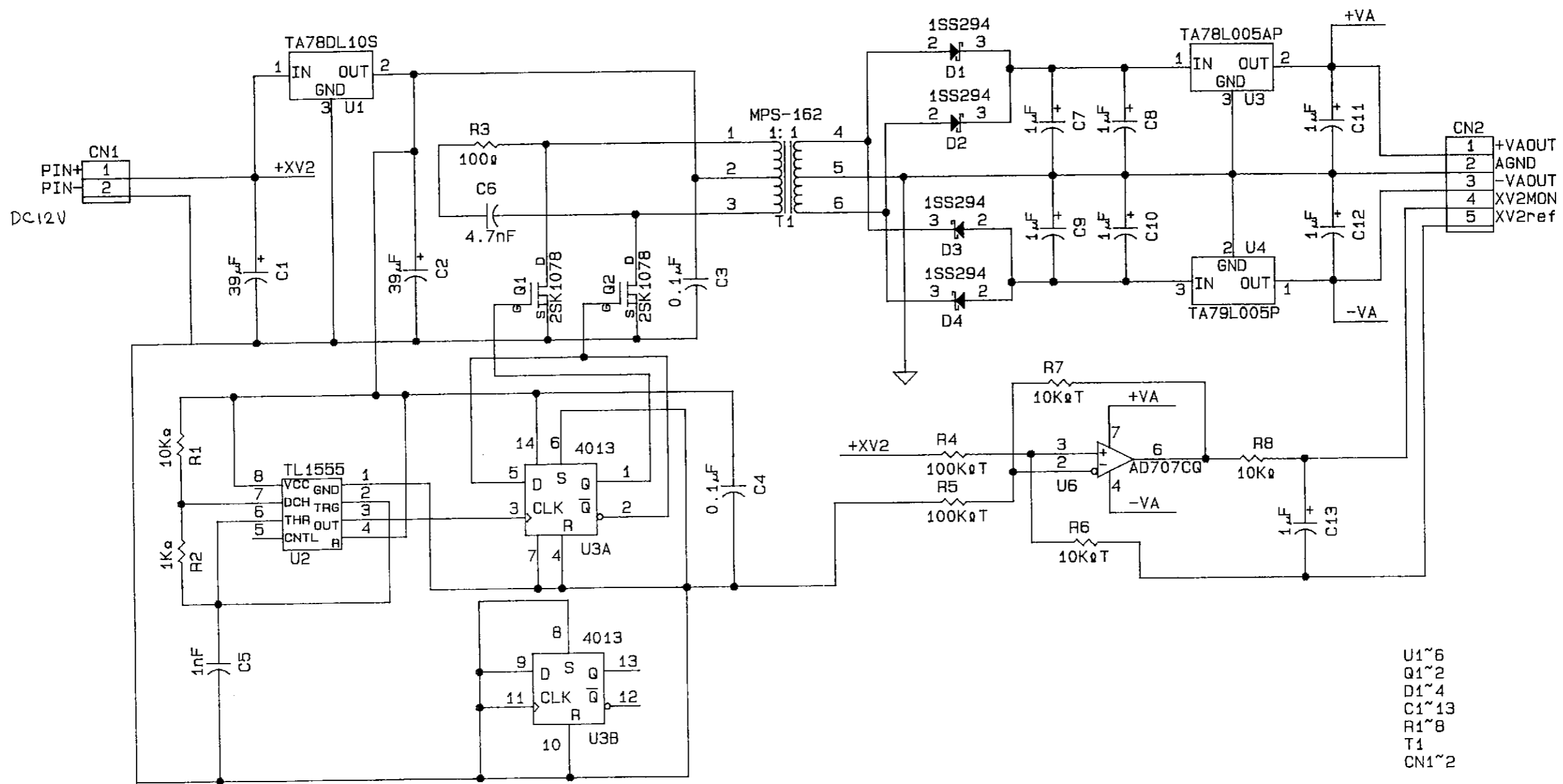
U1~3  
Q1  
C1~8  
R1~28  
VR1~4  
CN1~5

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4, 2(3)ポテンシヨメータ回路図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



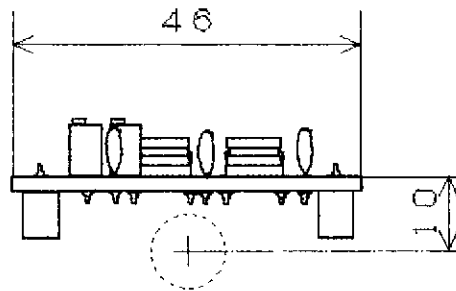
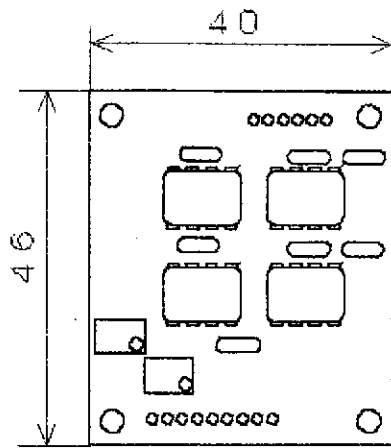
U1~4  
C1~8  
R1~31  
VR1~6  
CN1~4

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(4) 監視用温度計回路図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



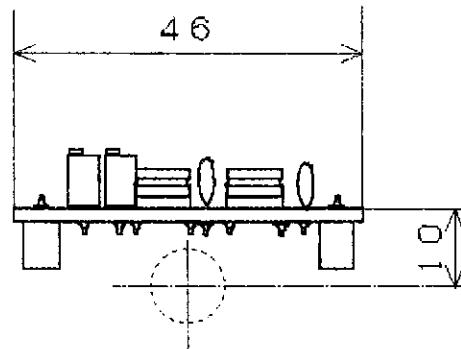
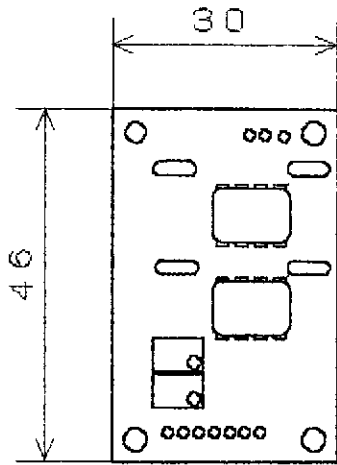
- U1~6
- Q1~2
- D1~4
- C1~13
- R1~8
- T1
- CN1~2

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(5) 電源回路図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

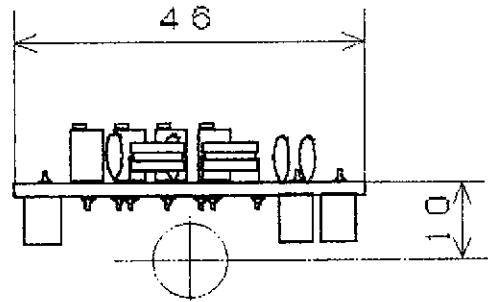
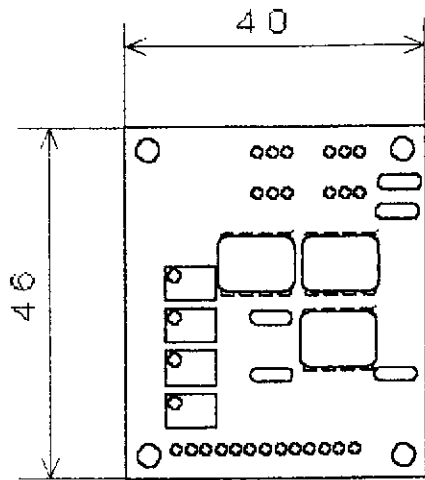


品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(6)	圧力計基板外觀図
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

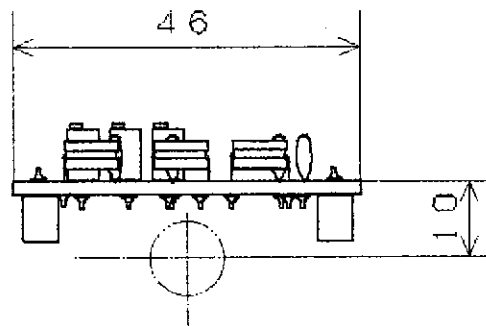
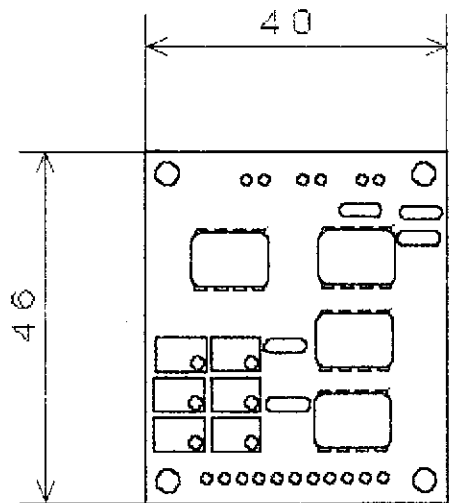




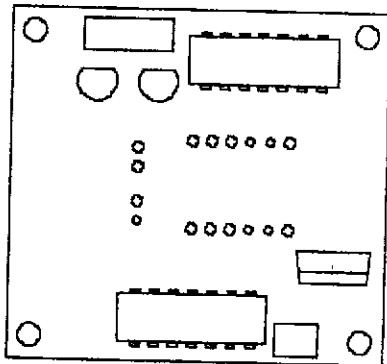
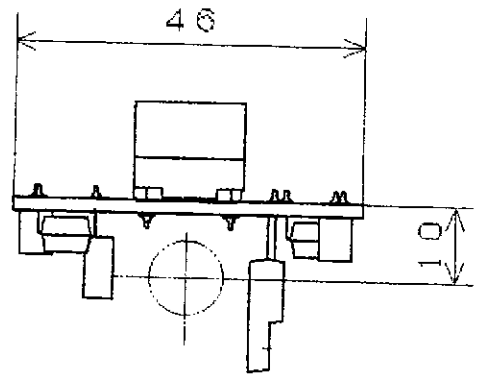
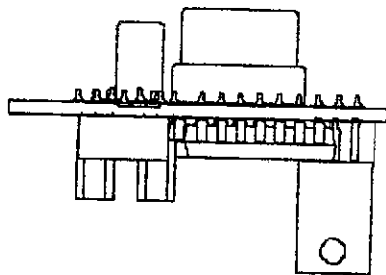
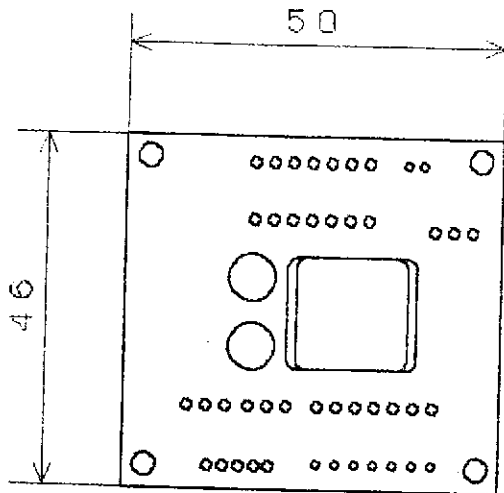
品番	品名	数	材質・寸法	摘要	
図番		図名	Ⅴ-4.4.2(7) 温度計基板外觀図		
年月日	/ /	設計		検図	
尺度	1 / 1	製図		承認	
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社			



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(8) ポテンショメータ基板外觀図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(9)監視用温度計基板外觀図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.2(10)電源回路基板外観図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

材 料 表		品名 表-4.4.2(1) 圧力計アンプ基板 (LDCAMP) ASSY				1/1
	記号 図番	名 称	形 式, 仕 様	メーカ-	備 考	数量
1	U3, 4	オペレーショナルアンプ	AD707CQ	アナログデバイス		2
2	U1, 2	"	AD708SQ	"		2
3	U5	温度トランスデューサ	AD590MH	"		1
4	Q1	接合型FET	2SK363V	東芝		1
5	C1~8	タンタル電解コンデンサチップ	SK2 20V1μF	エルナー	チップ	8
6	C9	積層セラミックコンデンサチップ	GR40SL102K50	村田製作所	チップ	1
7	C10	"	GR40F104Z25	"	チップ	1
8	C11, 12	ポリエステルフィルムコンデンサ	AMZ 50V154K	ニッセイ電機		2
9	R9	塗装形金属箔精密抵抗器	VSH1-750.-TC	VISHAY		1
10	R25	"	VSH1-2K00-TC	"		1
11	R10, 11, 14~17, 24	"	VSH1-10K0-TC	"		7
12	R1~4, 7, 8	"	VSH1-50K0-TC	"		6
13	R19, 20	"	VSH1-100K-TC	"		2
14	R5, 6	金属皮膜固定抵抗器	SN14C2C 200ΩF	KOA		2
15	R21	"	SN14C2C 20KΩD	"		1
16	R22	"	SN14C2C 100KΩD	"		1
17	R23	"	SN14C2C 750KΩF	"		1
18	R12, 13, 26	"	SN14C2E 1MKΩD	"		4
19						
20	VR1, 2	サーメット・トリマ	T6YB 20KΩ±10%	VISHAY		2
21						
22	CN1	ベース付きポスト	B6B-PH-K-S	日本圧着端子		1
23	CN2	"	B9B-PH-K-S	"		1
24						
25						
26		プリント配線基板				1
27						
28	R18, 27, 28	金属皮膜固定抵抗器	SN14C2C	KOA	出荷時調整	(3)
29						
30						
備考				承認	照査	作成
基礎地盤コンサルタンツ株式会社						

材 料 表		品名 表-4.4.2(2) 温度計(白金抵抗線)基板 (RTDAMP) ASSY				1/1	
記号	数量	図番	名 称	形 式, 仕 様	メーカ-	備 考	数 量
1	U1, 2		オペレーショナルアンプ	AD708SQ	アナログデバイス		2
2	C1~4		タンタル電解コンデンサチップ	SK2 20V1 $\mu$ F	エルナー	チップ	4
3	R11		塗装形金属箔精密抵抗器	VSH1-120.-TC	VISHAY		1
4	R16~17		"	VSH1-1K10-TC	"		2
5	R5~8		"	VSH1-3K00-TC	"		4
6	R10		"	VSH1-3K30-TC	"		1
7	R1~4, 14~15		"	VSH1-50K0-TC	"		6
8	R13		金属皮膜固定抵抗器	SN14C2C 2 K $\Omega$ D	KOA		1
9	R18		"	SN14C2C 20.0K $\Omega$ D	"		1
10	R9		"	SN14C2C 52.3K $\Omega$ D	"		1
11	R12		"	SN14C2C 3 1 6 K $\Omega$ D	"		1
12							
13	VR2		サーメット・トリマ	T6YB 5 K $\Omega$ ±10%	VISHAY		1
14	VR1		"	T6YB 5 0 K $\Omega$ ±10%	"		1
15							
16	CN1		ベース付きポスト	B3B-PH-K-S	日本圧着端子		1
17	CN2		"	B7B-PH-K-S	"		1
18							
19							
20			プリント配線基板				1
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
備考					承認	照査	作成
基礎地盤コンサルタンツ株式会社							

材 料 表		品名 表-4.4.2(3) ポテンショメータ基板 (POTAMP) ASSY				1/1
	記号 部品 図番	名 称	形 式, 仕 様	メーカ-	備 考	数量
1	U1-3	オペレーショナルアンプ	AD708SQ	アナログデバイス		3
2	Q1	接合型FET	2SK363V	東芝		1
3	C1-7	タンタル電解コンデンサチップ	SK2 20V1μF	エルナー	チップ	7
4	C8	積層セラミックコンデンサチップ	GR40SL102K50	村田製作所	チップ	1
5	R1-4	塗装形金属箔精密抵抗器	VSH1-50K0-TC	VISHAY		4
6	R5-8, 11-14, 17-20, 23-26	”	VSH1-100K-TC	”		16
7	R9, 10, 15, 16, 21, 22, 27, 28	金属皮膜固定抵抗器	SN14C2C 1MQF	KOA		8
8						
9	VR1-4	サーメット・トリマ	T6YB 20KΩ±10%	VISHAY		4
10						
11	CN1-4	ベース付きポスト	B3B-PH-K-S	日本圧着端子		4
12	CN5	”	B13B-PH-K-S	”		1
13						
14						
15		プリント配線基板				1
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
備考				承認	照査	作成
基礎地盤コンサルタンツ株式会社						

材 料 表		品名 表-4.4.2(4) 監視用温度計基板 (TMPAMP) ASSY				1/1
記号	図番	名 称	形 式 , 仕 様	メーカ-	備 考	数量
1	U1-4	オペレーショナルアンプ	AD708SQ	アナログデバイス		3
2						
3	C1-8	タンタル電解コンデンサチップ	SK2 20V1 $\mu$ F	エルナー	チップ	8
4	R11, 12, 20, 21, 29, 30	塗装形金属箔精密抵抗器	VSH1-1K10-TC	VISHAY		6
5	R9, 10, 18, 19, 27, 28	〃	VSH1-20K0-TC	〃		6
6	R1-4	〃	VSH1-50K0-TC	〃		4
7	R5, 6, 14, 15, 23, 24	金属皮膜固定抵抗器	SN14C2C 1 K $\Omega$ D	KOA		6
8	R7, 16, 25	〃	SN14C2C 1 0. 2K $\Omega$ D	〃		3
9	R13, 22, 31	〃	SN14C2C 3 3. 2K $\Omega$ D	〃		3
10	R8, 17, 26	〃	SN14C2C 2 0 0 K $\Omega$ D	〃		3
11						
12	VR1, 3, 5	サーメット・トリマ	T6YB 2 0 K $\Omega$ ±10%	VISHAY		3
13	VR2, 4, 6	〃	T6YB 5 0 K $\Omega$ ±10%	VISHAY		3
14						
15	CN1-3	ベース付きポスト	B2B-PH-K-S	日本圧着端子		3
16	CN4	〃	B13B-PH-K-S	〃		1
17						
18						
19		プリント配線基板				1
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
備考				承認	照査	作成
基礎地盤コンサルタンツ株式会社						



材 料 表		品名 表-4.4.2(5) 電源回路基板 (AMP PWS) ASSY				1/1
	記号 数量 図番	名 称	形 式, 仕 様	メーカ-	備 考	数量
1	U1	電圧レギュレータIC	TA78DL10S	東芝		1
2	U4	"	TA78L005AP	"		1
3	U5	"	TA79L005P	"		1
4	U2	タイマーIC	TL1555P	テキサスインスツルメンツ		1
5	U3	CMOS IC	TC4013BP	東芝		1
6	U6	オペレーショナルアンプ	AD707CQ	アナログデバイス		1
7	Q1, 2	MOS型FET	2SK1078	"	チップ	2
8	D1-4	シリコンショットキバリアダイオード	1SS294	"	チップ	4
9						
10	C1, 2	アルミニウム電解コンデンサ	RSH 25V39 $\mu$ F	エルナー		2
11	C5	積層セラミックコンデンサ-チップ	GR40SL102K50	村田製作所	チップ	1
12	C3, 4	"	GR40F104Z25	"	チップ	2
13	C6	"	GR40B472K50	"	チップ	1
14	C7-13	タンタル電解コンデンサ-チップ	SK2 20V1 $\mu$ F	エルナー	チップ	7
15	R4, 5	塗装形金属箔精密抵抗器	VSH1-10K0-TC	VISHAY		2
16	R6, 7	"	VSH1-100K-TC	"		2
17	R3	炭素皮膜固定抵抗器	RD16S 100 $\Omega$ J	KOA		1
18	R2	"	RD16S 1K $\Omega$ J	"		1
19	R1, 8	"	RD16S 10K $\Omega$ J	"		2
20						
21	T1	DC-DCコンバータトランス	MPS-162	スミダ電機		1
22						
23	CN1	ベース付きポスト	B2B-PH-K-S	日本圧着端子		1
24	CN2	"	B6B-PH-K-S	"		1
25						
26						
27		プリント配線基板				1
28						
29						
30						
備考				承認	照査	作成
基礎地盤コンサルタンツ株式会社						

#### 4. 4. 3 複合コネクタ

##### (1) 概要

複合コネクタはケーブルトップと各孔内ユニット間の接続を行う部品で、電気系と排水系の回路を同時に着脱するので、マルチカップリングと呼ばれる。排水系のコネクタは前出の 4. 1 結合ユニットで選択したストーブリ社製（フランス）のノン スピル カプラをここでも使用する。

電気系のコネクタは多面接触構造（マルチ ラム バンド）で接触抵抗が少なく、その結果において接触不良が防げ、さらに耐久性が増すマルチ コンタクト社製（スイス）を選択した。（技術資料－4. 3. 3 複合コネクタを参照）

##### (2) 構成及び構造

###### 1) ノン スピル カプラ（ストーブリ社）

ノン スピル カプラは平頭接合型のカプラでストーブリ社が開発した製品で液もれの少ない構造で、また着脱が簡単に行える。このカプラ自身ではロック機構（保持）は備えていないので、結合時の保持力は、ここではネジ締め込みの力で維持される。

そのノン スピル カプラを 図 4. 4. 3 (1) に示めす。また、機械的特性、他を表－4. 2. 3 (1) に示す。

表－4. 4. 3 (1) ノン スピル カプラの機械的特性， 他

最大使用圧力	160 kgf / cm <sup>2</sup>
漏れの量	0.02 cm <sup>3</sup>
スプリング力	約7.9 kg (ダブル)
バルブ機構	ダブル シャット オフ バルブ
固定の隙間	φ21 - E8e8
結合保持力	100 ~ 150 kgf
着脱力	70 kgf / cm <sup>2</sup> の時， 約69 kgf

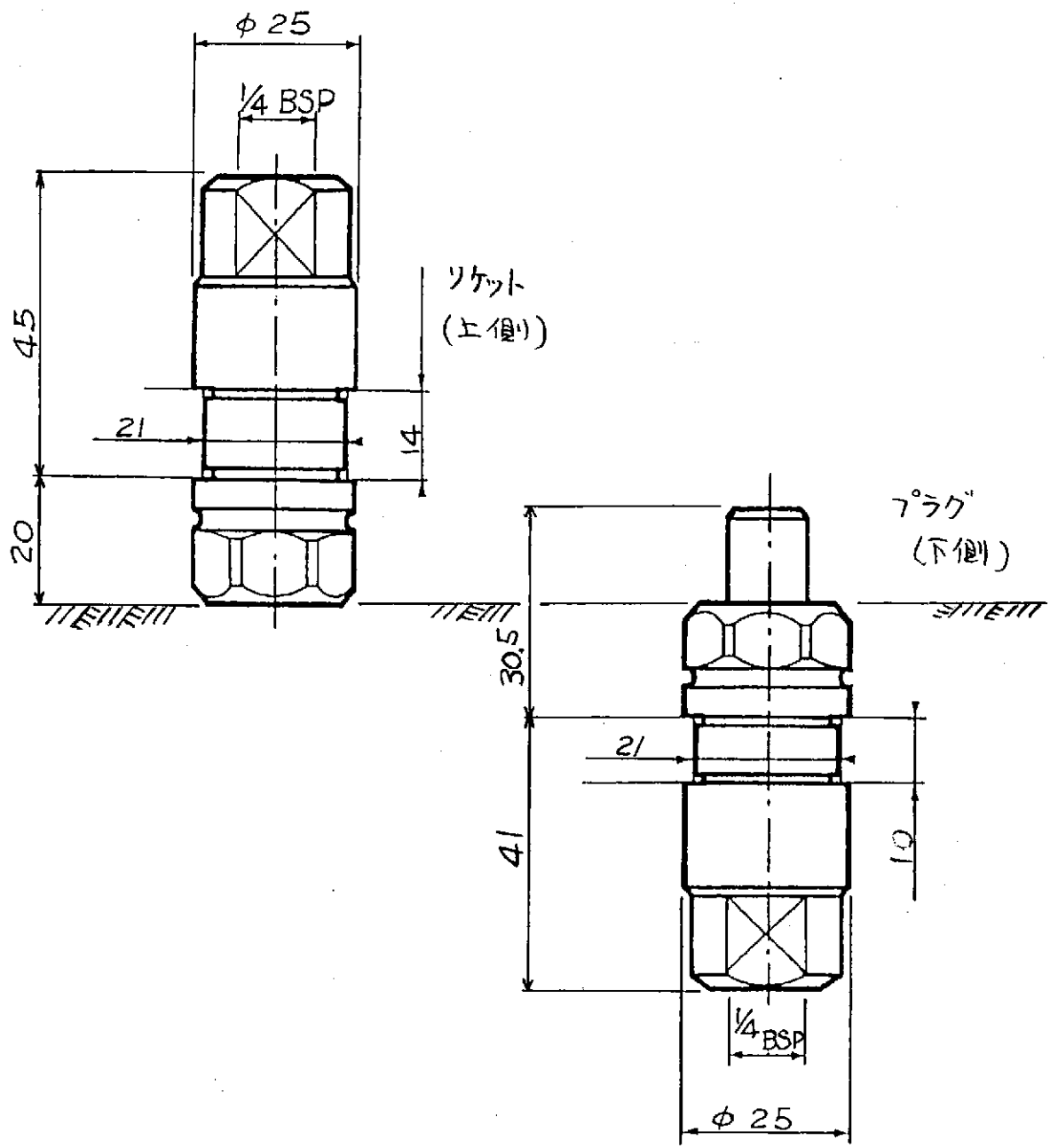
2) 低接触抵抗端子 (マルチ コンタクト社)

マルチ ラム バンドはマルチ コンタクト社が開発した製品でベリリウ銅で作られ、多面接触の構造で焼き入れがなされる事によりスプリング特性を生じ、コンタクト素子として完成されている。低接触抵抗端子のコンタクト径は、 $\phi 2 \sim 4$  mmの製品中から最小の $\phi 2$  mmを選んだ。

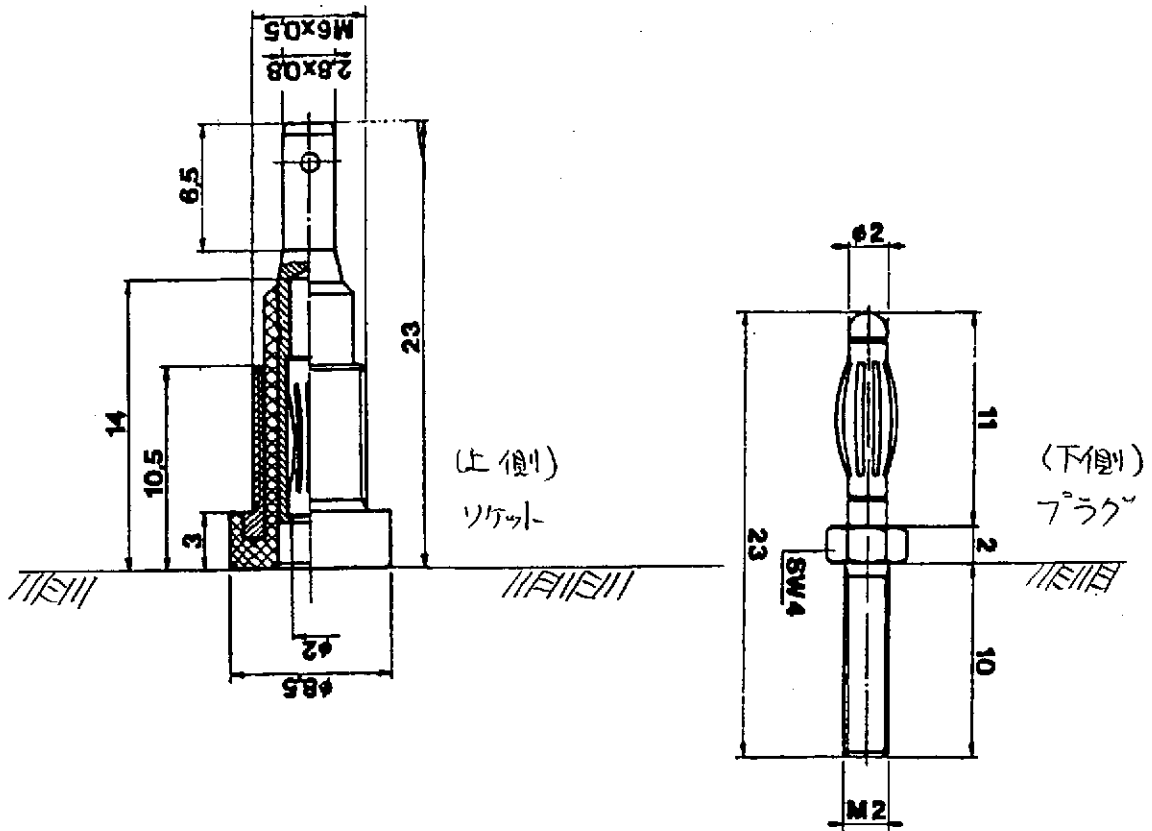
その低接触抵抗端子を 図 4. 4. 3 (2) に示めす。また、電気的特性、他を表 - 4. 2. 3 (2) に示す。

表 - 4. 4. 3 (2) 低接触抵抗端子の電気的特性, 他

電気的特性	連続通電電流	10 A
	テスト電圧	2 k v
	破壊電圧	5 k v
	接触抵抗	プラグ 0.6 m $\Omega$ ソケット 0.8 m $\Omega$
許容温度	-20 ~ +80 $^{\circ}$ C, ただしマルチラム自体の 通電可能範囲は-268 ~ +180 $^{\circ}$ C	
ソケットの色	赤, 青, 白, 黒, 黄, 緑, 茶, 灰, 紫, イエローグリーンから 赤, 白, 黒, 緑, 青, 黄, 茶, 灰の8種類を選んだ。	



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.3(1) ノンスピルキャップ	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1 / 1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.3(2) 低接触抵抗端子	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	2.5/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

#### 4. 4. 4 水回路切換

##### 1) 概要

各孔内ユニットの中に入る水回路の切換方式は、当初時期では全て電磁式の切換弁で構成され、考えられてきたが実装する上で寸法上の制約が厳しく、やむなくこのモータ駆動型に変更した。

水回路切換は入口側に接続された回路から4方向に分岐切換ができる5方ボール弁（SS-43ZF2，ホワイティ社，米）を用いて、直流小型モータで90度毎に回転させると回路が切り換わり、その回転力はモータ駆動で減速ギヤー伝達され、回転位置は360度回転型のポテンショメータで監視・制御する。

モータの回転方向は正転／逆転の両方向駆動が出来るので、 unnecessaryな分岐は飛ばして回路の選択ができる。（技術資料-4. 4. 4 水回路切換を参照）

##### 2) 水回路切換機能

水回路切換の機能を 表-4. 4. 4 (1) に示す。

表-4. 4. 4 (1) 水回路切換機能

ボ ー ル 弁		入口側	分岐された出口側			
			ホ-ト①	ホ-ト②	ホ-ト③	ホ-ト④
排水回路切換	BVN01	ポンプ	孔内取込	地上ホ-ス	孔内排出	常時閉
結合回路切換	BVN02	ポンプ	ハ-ッカ-	採水	洗浄ジ-ット	常時閉
排水ポンプ	BVP1	BVN01	注入	常時閉	排水	常時閉
	BVP2	BVN02	排水	常時閉	注水	常時閉

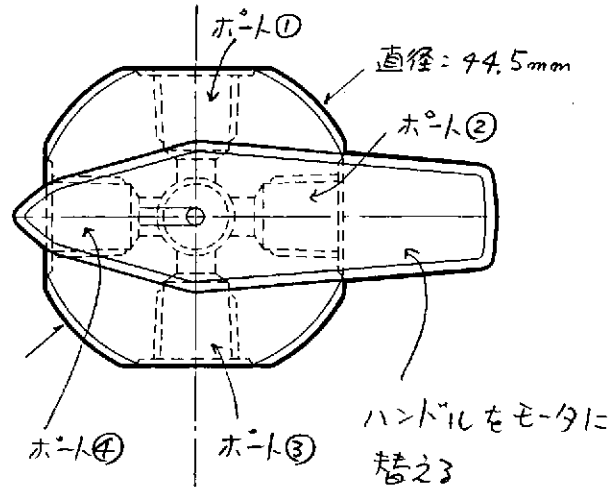
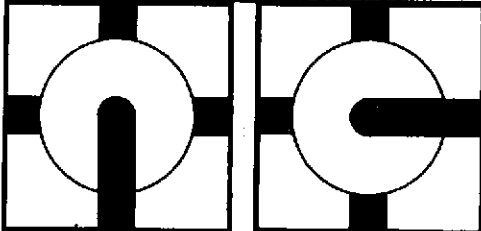
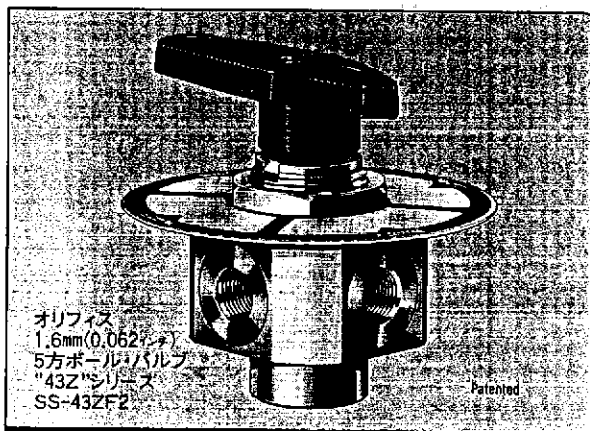
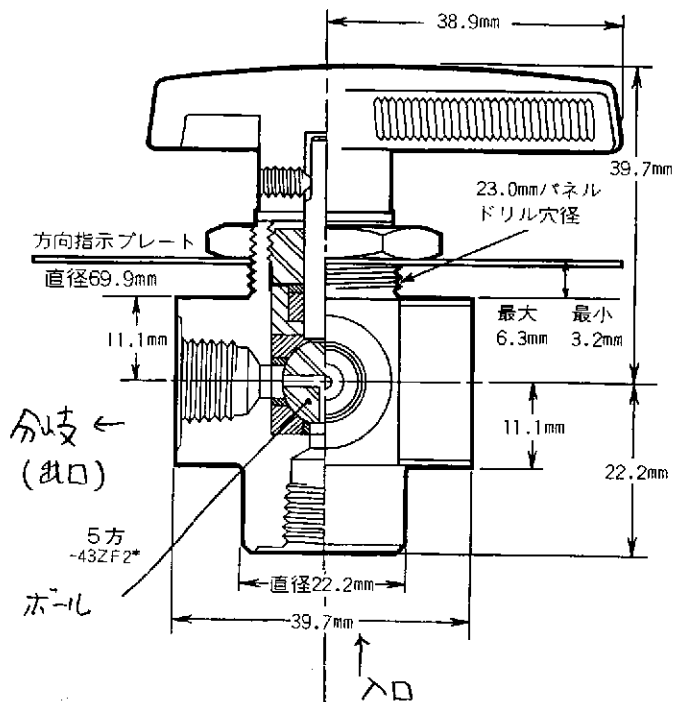
常時閉とは：無接続プラグで閉栓されている

### 3) 構成部品

ここで用いた部品を以下の 表-4.4.4(2) に示す。5方切換ボール弁、サーボモータを 図-4.4.4(1,2) に示す。

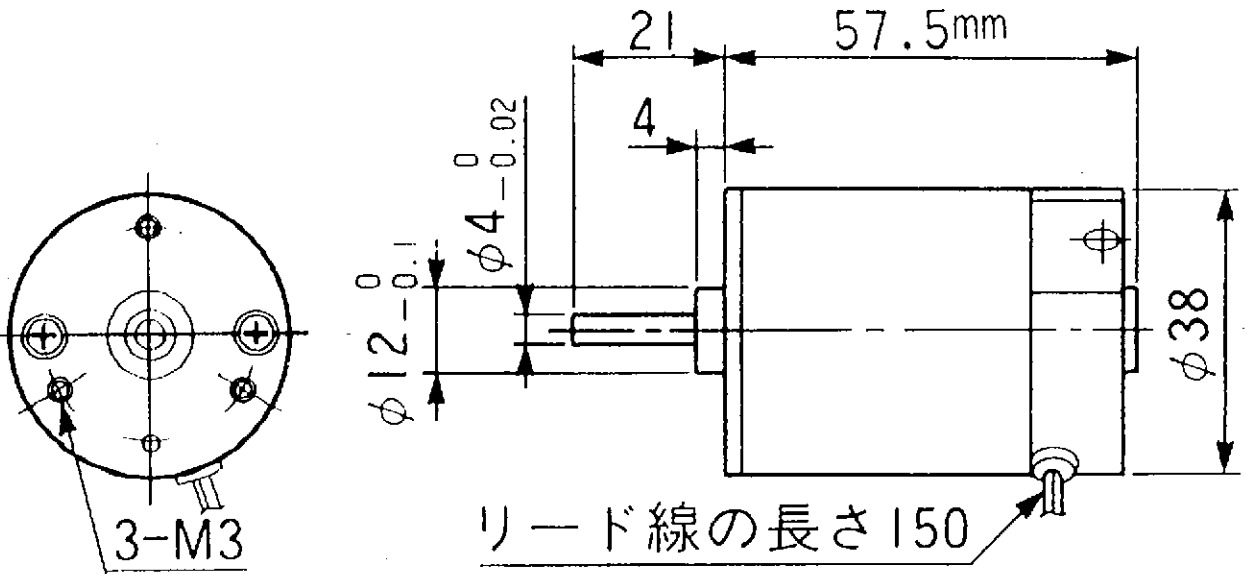
表-4.4.4(2) 水回路切換部品

名 称	メーカー	型 式	備 考
切換用モータ	日本サーボ	DME-38BB	DC24v 8w
ボールバルブ	WHITY社	SS-43ZF2	5方弁, SUS
ポテンショメータ	栄通信		2kΩ
減速ギヤ	ハーモニックドライブシステムズ	CS-R30	1/100回転



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.4(1) ホールバルブ	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1 / 1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



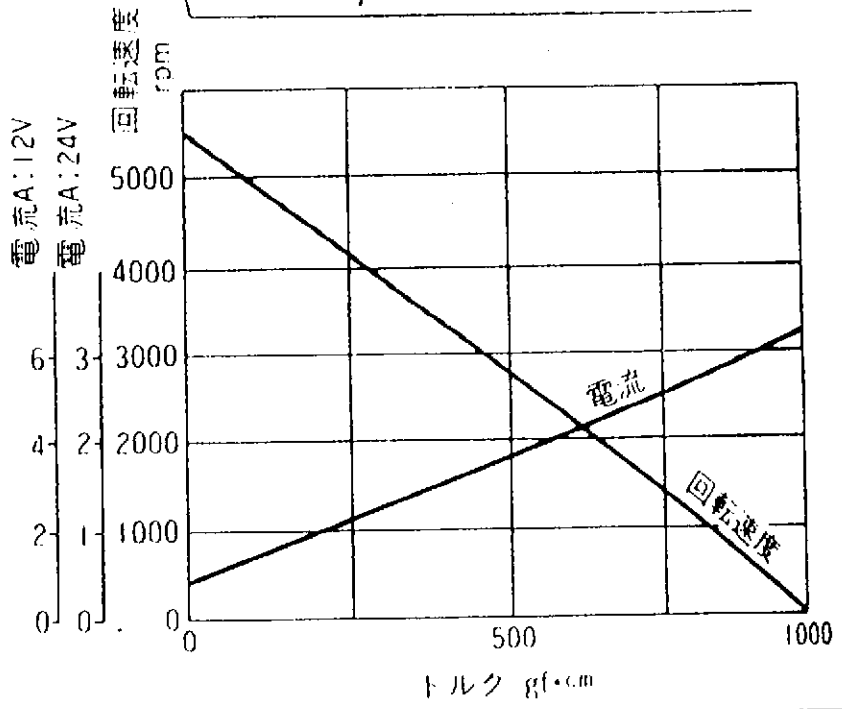


3-M3

リード線の長さ150

120°等配

P.C.D.φ28±0.1深さ4



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-4.4.4(2)	サーボモータ
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

## 5 パッカーユニットの設計

### (1) 概要

パッカーユニットは孔内の任意の深度において孔内水を遮断して試験を行うための閉鎖区間を設ける装置である。従ってこのパッカーによる遮水効果の良否はそこでの試験結果に直接影響するため、孔壁と密着して長期にわたって体積変化を起こさない材料と機構であること、地下水と反応して変質または変質に伴う成分の溶出のない材料であること等が要求される。また今回対象とするボーリング孔径は $\phi 75 \sim 130\text{mm}$ となっており、同孔径の範囲に対応できる構造または複数の径の異なるパッカーユニットを準備する必要がある。

図5-1にパッカーユニットの概要図を示す。

### (2) 構造

#### ・パッカー

試験深度の閉鎖区間の形成は上下2本のラバーパッカーによって行うものとする。

パッカーの拡張方式は水圧式とし、拡張のための水は、孔内ユニット（排水ユニット）内のポンプによってボーリング孔内水をパッカーに送り込むことによって拡張を行う。パッカー用ゴムチューブの固定は、長期に渡る漏水を防ぐため両端固定とする。

ゴムチューブの材質は、化学的安定性に優れたものが種種あるが、長期使用に対する機械的安定性が第一であるので、機械的性質に優れ、PGS-500システムで実績のある天然ゴムを使用する。

上部パッカーの下端には、予備排水・採水時の地下水の取り込み口であるフィルターチップが取り付けられる。

#### ・中間カプセル

上下パッカーの間には中間カプセルと呼ばれる管が挿入され、パッカー間隔は、必要な長さの中間カプセルを継ぎ足すことによって調整を行うことができる。

また、中間カプセルは、上下パッカーと同径の中空構造となっており、閉鎖区間の初期滞留水の体積を小さくする役目をなす。

#### ・ ストレーナー及びフィルターチップ

上部パッカーと、中間カプセルまたは下部パッカーの間にはパッカーと同径のストレーナーパイプ（有孔パイプ）が位置し、その内側には上部パッカー下端に取り付けられたフィルターチップが位置する。

フィルターチップは、ステンレス製で、周囲にポリエチレンまたはステンレス焼結体のフィルター材を巻いた構造となっている。

#### ・ パッカーユニット内水回路

パッカーユニット内には2系統の送水用回路が置かれる。それぞれの回路はパッカーユニット上部の2個の複合コネクターから配管され、一方は、フィルターチップへ、一方は上下のパッカー連結されている。

#### ・ 孔内ユニット導入パイプ

パッカーユニット上端は、径69mmのケーシングパイプに連結できる構造であるが、特に、通常のケーシングパイプとパッカーユニットの間には、孔内ユニットの複合コネクターの位置を合わせるための、導入パイプが置かれる。孔内ユニットの外管と導入パイプの内壁には、同一の傾斜を持った段差が加工してあり、ケーシング内に挿入された孔内ユニットがこの位置までくると、2つの複合コネクターの方向が一致する仕組みとなっている。

### (3) パッカーユニット寸法

パッカーユニットのサイズをまとめると以下の通りである。

- ・パッカーユニット外径

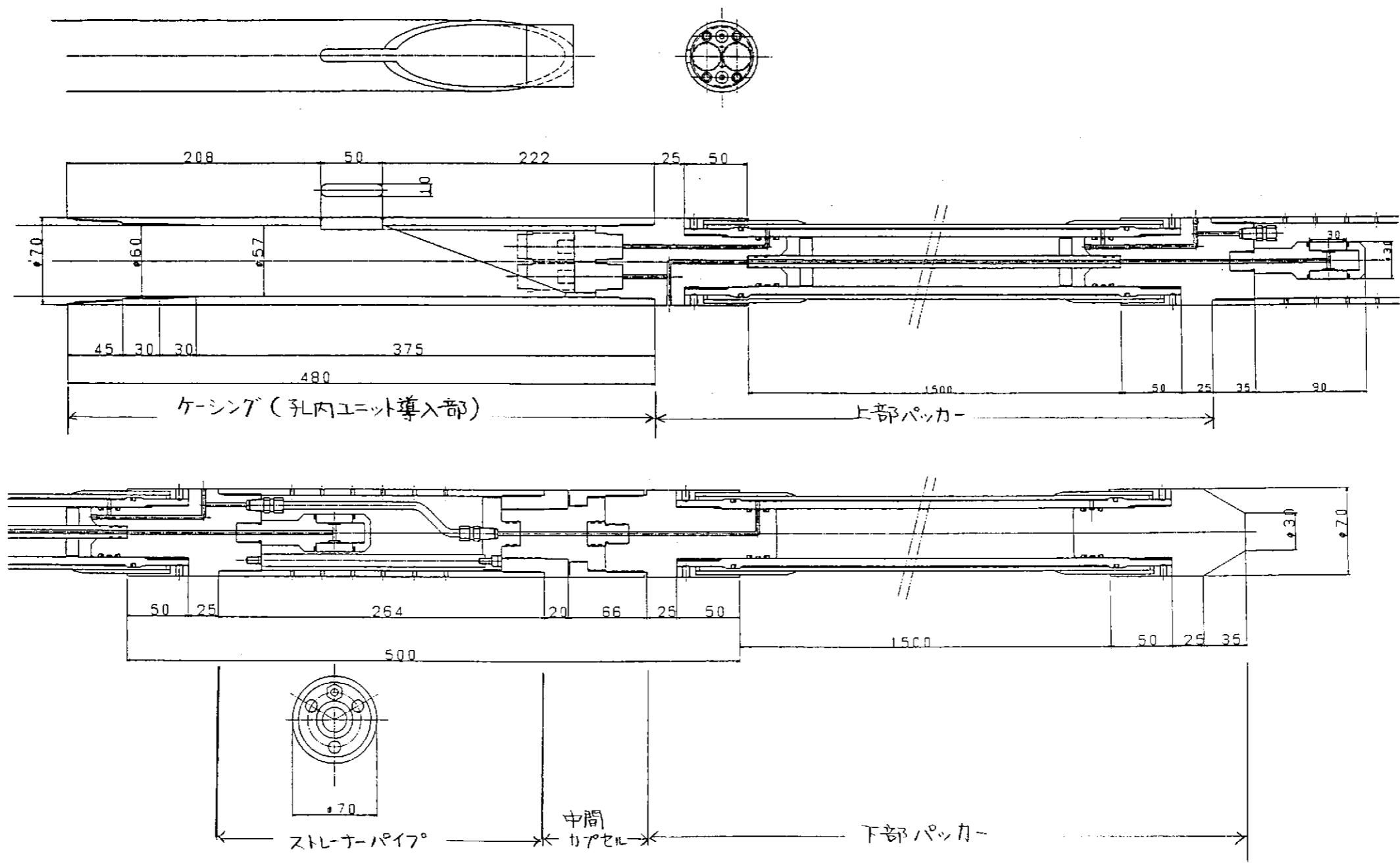
外径は2種類とする。

(ユニット径)	(適用孔径)
$\phi 70\text{mm}$ -----	75mm ~ 100mm程度
$\phi 90\text{mm}$ -----	100mm ~ 130mm程度

- ・上下パッカー有効長 : 1.5m

- ・ストレーナーパイプ長さ : 50cm

- ・中間カプセル長 : 0.5, 1, 2, 3mの4種類



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図5-1 パッカーユニット概要図	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/4	製図		承認
個数	基礎地盤コンサルタンツ株式会社			

## 6 複合ケーブル・ケーブル巻き取り装置の設計

### 6. 1 複合ケーブル

#### 6. 1. 1 概要

複合ケーブルの構成を 表-6. 1. 1 に示す。またこの他、ケーブル両端のヘッド（トップ及びエンド）部分では、光ファイバ信号と電気変換信号を変換する光モジュールや、ケーブル引張力の固定端末処理、予備の電線と光ファイバの収納部分などからなる。

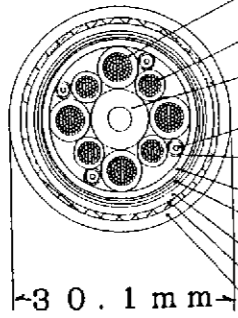
表-6. 1. 1 複合ケーブルの構成

電線	A	孔内水の排水や採水のためのポンプ、水回路切換弁などの 駆動モーターの動力用電源（中電圧：24V）
	B	制御、各センサーやアンプの計測用電源（低電圧：12V）
光ファイバ		制御、データ転送、通信用の光ファイバ
排水ホース		地上部へ排水するためのナイロン製ホース
ケーブル被覆		ケーブル張力の緊張保持、外傷保護のための被覆

①この複合ケーブルは専用ドラムに巻き取られ、必要分送り出された懸垂状態で使用される。また、複合ケーブルは過酷な使用条件とそれらの最悪事態を想定して、ケーブル自身の損傷等で動作不能を少しでも回避するために、電線ケーブル及び光ファイバに予備の線を配列し、予備線の良否を選択する事で短時間に使用復帰ができる構成とした。

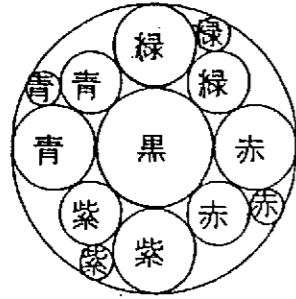
②この用途に適合する複合ケーブルの製造・加工は特殊懸垂ケーブル、海底電力・通信ケーブル、地熱高温ケーブルなどの実績が多い日本大洋海底電線製（1P-4GI-4C）を選択した。（技術資料-6を参照）これらは、それぞれの複合ケーブルを構成する素材を各専門メーカーから買い入れて、特別仕様による製造・加工となる。複合ケーブルを 図-6. 1. 1 に示す。参考として図中にアンビリカルホースシステムの複合ケーブルも併記した。

断面図

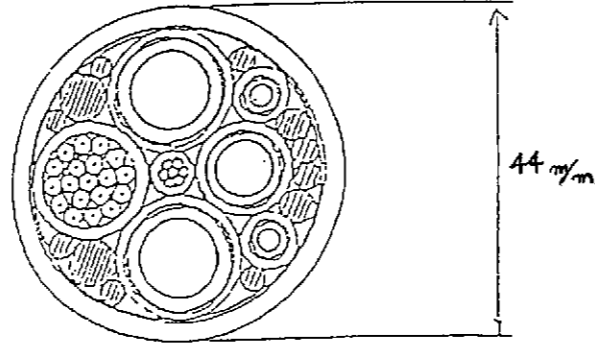


- 電線A  
電源線心C<sub>1</sub> × 4 外径: φ 5.7 mm  
(88/0.45 mm)
- 電線B  
電源線心C<sub>2</sub> × 4 外径: φ 4.3 mm  
(50/0.45 mm)
- ホース×1  
(内径: 3.2 mm, 外径: 7.9)
- G1テフロン被覆ファイバ×4  
(50/125 μ)
- ステンレスパイプ×4  
(φ 1.8 mm)
- 内部シース (厚さ: 0.95 mm)
- テンションメンバ×3層  
(アラミド繊維)
- 中間シース (厚さ: 1.0 mm)
- 亜鉛メッキ鉄線編組
- 外部シース (厚さ: 1.0 mm)

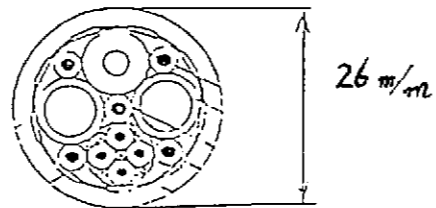
色別図



S = 1/1



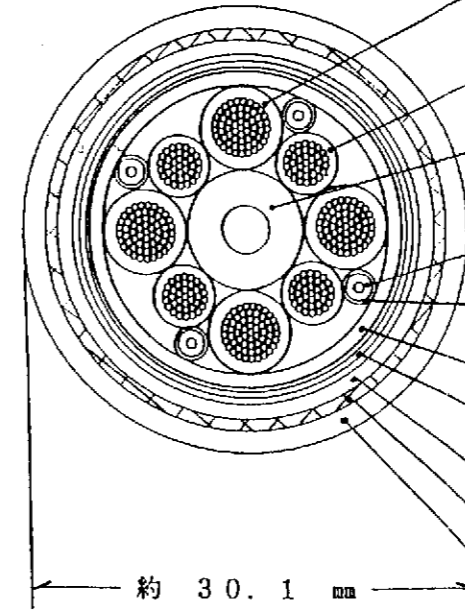
New concepts.



ホース 断面図

参考: アンピリカルホースシステム

断面図



S = 2/1

- 電線A  
電源線心C<sub>1</sub> × 4 外径: φ 5.7 mm  
(88/0.45 mm)
- 電線B  
電源線心C<sub>2</sub> × 4 外径: φ 4.3 mm  
(50/0.45 mm)
- ホース×1  
(内径: 3.2 mm, 外径: 7.9)
- G1テフロン被覆ファイバ×4  
(50/125 μ)
- ステンレスパイプ×4  
(φ 1.8 mm)
- 内部シース (厚さ: 0.95 mm)
- テンションメンバ×3層  
(アラミド繊維)
- 中間シース (厚さ: 1.0 mm)
- 亜鉛メッキ鉄線編組
- 外部シース (厚さ: 1.0 mm)

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-6.1.1. 複合ケーブル	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/1, 2/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

## 6. 1. 2 構成及び構造

### (1) 電気ケーブル

#### 1) 電線絶縁材料の選定

一般的な電気絶縁材料（ゴム，ポリエチレンなど）では最高使用温度が65～75℃程度が限界である。今回はその温度が常時その値になる場合の最悪環境を想定して，耐熱性特性を特に重視し使用可能な温度範囲を-20℃～100℃程度とした。その温度範囲に対して更に，余裕を考慮して絶縁体の材質はフッ素樹脂（ETFE）製のケーブルは日星電気㈱製のハイフロン電線（EFN-2）を選択した。この電線は耐熱性や耐寒性に優れ電氣的，機械的に極めて高い特性を持ち，連続使用150℃まで可能になる。

#### 2) 線種の選定

複合ケーブルでは，引張り荷重や捻れ，また屈曲性等が要求されているために，それらに強い構造として中央部分に排水用のナイロン製ホース（外径φ7.9mm）を配置した。そして，そのホース外周に電線Aと電線Bを配列する構造とし，その電線は予備を各2本考慮したので合計4本づつ（計8本）を収納し，最も効率良く集合するためにハイフロン電線の中から600V用の外径φ5.7mmをA線，外径φ4.3mmをB線として選択した。

それらの代表数値を 表-6. 1. 2 に示した。各電線はそれぞれの識別のために色分けしていて，緑，赤，紫，青となっている。

表-6. 1. 2 電線の代表数値

線種	公称断面積	構成	絶縁体厚	仕上り外径
A	14 mm <sup>2</sup>	88本/0.45mm	0.4 mm	5.7 mm
B	8 mm <sup>2</sup>	50本/0.45mm	0.3 mm	4.3 mm



### 3) 必要供給電圧の推定

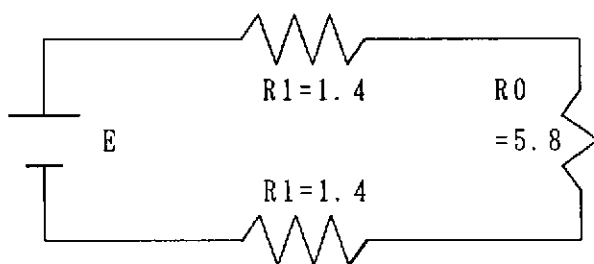
孔内ユニット内の最大消費源であるモーターの排水用モーターの電圧は、直流48V系のモーターを選択してきたが最終段階で詳細検討の末、24V系の直流モーターが孔内ユニットに収まる最適な大きさになった。

①電線Aには動力用の24V系のモーターが接続される。消費される電力の大部分は排水モーターに依存され、おおよそ30秒に1回(100cm<sup>3</sup>/分相当)モーターが切り替わる構造なので再起動時のその都度、最大電流が生じる事になる。電線としては定格電流4.1Aを確保し、その電圧を維持しながら支障の起さない程度の送電容量が必要となる。各モーターはそれぞれリレーを替えて駆動され、通常の制御では数個を同時に作動させるような運転制御は禁止とする。使用する動力用モーター類の定格電流等の諸数値を表-6.1.3に示す。電線Aに求める電流の定格は+24V、4A程度とする。

表-6.1.3 動力用モーターの定格電流

モーター種類	電圧	定格電力	個数	定格電流	瞬間最大電流
排水モーター	24V	60W	1	4.1A	25A
採水モーター	24V	7.2W	1	約1A	?
回路切換モーター	24V	7.2W	4	約1A	?
合計	24V	100W		約4A	

電線Aに必要な供給電圧を試算した。



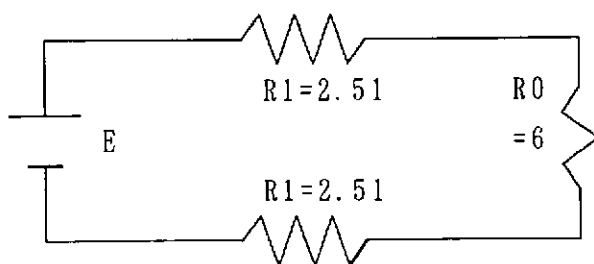
孔内消費分  $R_0 = 24 / 4.1 = 5.8 \Omega$   
 電線抵抗分  $R_1 = 1.4 \Omega$  であるから  
 $E = R * I = (5.8 + 1.4 \times 2) \times 4.1 = 35.3V$   
 ケーブルでの燃り込み率(1.03)を考慮し地上からの供給電圧は35.6(V)必要

②電線Bには各種のセンサーとそれらを駆動する電子回路のプリアンプが接続される。主に12Vで駆動されるが、それぞれに必要な特殊電圧はそれぞれのプリアンプ基板で作製され供給される。使用する制御基板・アンプ基板等を表-6.1.4に示す。電線Bに求める電流の定格は+12V, 2A程度とする。

表-6.1.4 制御基板・アンプ基板

基板名称	排水ユニット	採水ユニット	結合ユニット
アンプ類：圧力計 (3)		1	2
温度計 (1)			1
近接計 (2)			2
結合計 (2)			2
流量計 (1)	1		
ポテンシオメータ (6)	4	1	1
リミットsw (4)	2	2	
監視用温度計 (9)	5	2	2
制御用：CPU (3+2)	1	1	1
電源回路：安定化電源 (3)	1	1	1
合計	36回路 × 50mA = 1.8A →		約2A

電線Bに必要な供給電圧を試算した。



孔内消費分  $R_0 = 12/2 = 6.0 \Omega$   
 電線消費分  $R_1 = 2.51 \Omega$  であるから  
 $E = R \cdot I = (6.0 + 2.51 \times 2) \times 2 = 22.0V$   
 ケーブルでの撚り込み率(1.03)を考慮し地上からの供給電圧は22.3(V)必要

#### 4) 最大電流

電線 A と電線 B の最大電流を 表-6. 1. 5 に示す。モーターの規格表から瞬間最大電流は 25 A とありそれと比べてもまだ、余裕がある。また、電線 A と電線 B には、将来的な拡張性や孔内ユニットの構造改革や特別機器類等の付加にも耐えられるようなケースも考慮したケーブルサイズとした。

表-6. 1. 5 電線の最大電流

線種	公称断面積	導体抵抗	許容電流	定格電流	瞬間最大電流	余裕
A	14 mm <sup>2</sup>	1.40 Ω/km	59 A	4 A	25 A	○
B	8 mm <sup>2</sup>	2.51 Ω/km	43 A	2 A	6 A <sup>*1)</sup>	○

\*1) 推定値：定格電流の3倍

#### 5) 自己発熱量の試算

電線及び孔内ユニットの発熱量を試算した。電線 A には DC 24 v, 4 A, 電線 B には DC 12 v, 2 A として計算した。(W = R × I<sup>2</sup>)

その結果、発熱量の試算として 表-6. 1. 6 に示した。ケーブル自身では約 70 W, ユニット内部で消費されるのが約 120 W で合計 190 W 相当である。

表-6. 1. 6 発熱量の試算

〈A線〉	伝送路	$W = R \times I^2 = (1.4 \times 1.03 \times 2) \times 4^2 = 46.1(W)$	138.9 W
	装置内	$W = R \times I^2 = 5.8 \times 4^2 = 92.8(W)$	
〈B線〉	伝送路	$W = R \times I^2 = (25.1 \times 1.03 \times 2) \times 2^2 = 20.7(W)$	44.7 W
	装置内	$W = R \times I^2 = 6 \times 2^2 = 24.0(W)$	
〈全体〉	伝送路	$W = 46.1 + 20.7 = 66.8(W)$	合計
	装置内	$W = 92.8 + 24.0 = 116.8(W)$	183.6 W

## (2) 光ファイバ

### 1) 光ファイバ

ここでの使用温度環境は一般的に対して高温環境の部類に属し、さらに最大伝送距離が1000m等を考慮して㈱フジクラ（旧名称：藤倉電線）製のGI（グレーデッド インデックス）石英光ファイバ（G・50/125・3002・PFA）を選択した。これらは短波長仕様で150℃耐熱の保護加工がしてある。

①この光ファイバのコア径は約50 $\mu$ m、その周りにクラッドと称する外皮が125 $\mu$ mあり、メタル線との撚り合わせ構造に耐える用に圧潰特性に優れたステンレスパイプ被覆を施した。その大きさは外径約1.8mm、肉圧さ0.15mmでさらに、さらにその外側に2.3mmのポリプロピレン被覆加工がなされている。各ファイバはそれぞれの識別のために色分けしていて、緑、赤、紫、青となっている。

### ②光伝送路のシステムマージン（余裕）の試算

（光モジュールのダイナミックレンジ）－

〔（光ファイバの伝送損失）－（コネクタの接続損失）〕

$$= 12 - [3.5 \times 1 - 1.0 \times 1] = 7.5 \text{ (dB) (約)}$$

光モジュールのダイナミックレンジ： 12 dB

光ファイバの伝送損失： 3.5 dB

コネクタの接続損失： 1 dB

### ③伝送帯域

波 長 = 0.85  $\mu$ m（短波長）

特 性 = 200 MHz

④GIファイバのコアの屈折率は、一般的なクラッドの屈折率が階段状に変化しているSI（ステップインデックス）ファイバと異なる構造で、コアの中心部にいく程屈折率が高く、反対に周辺部にいく程低くなっている複雑な構造になっているのでGI（グレーデッドインデックス）と呼ばれている。

コアの中心部の屈折率の高い媒体中を通過する時の伝搬速度は遅く、また、周辺の屈折率の低い部分では伝搬速度が早く伝達するという性質を利用したもので、その結果、光拡散の少ない平均的な光が終端まで到達することによって、正確な伝送が可能となり、長距離伝送に向いている。

⑤コア中心とクラッド中心間の長さ（偏心量）をコア径で除した値が偏心率で6%以下になっている。

#### 2)光デジタルリンク（光モジュール）

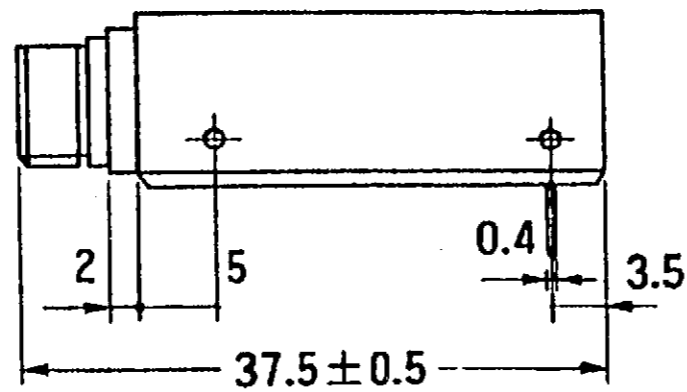
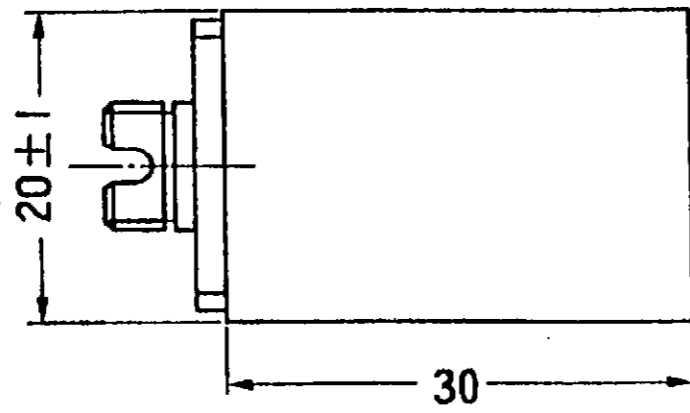
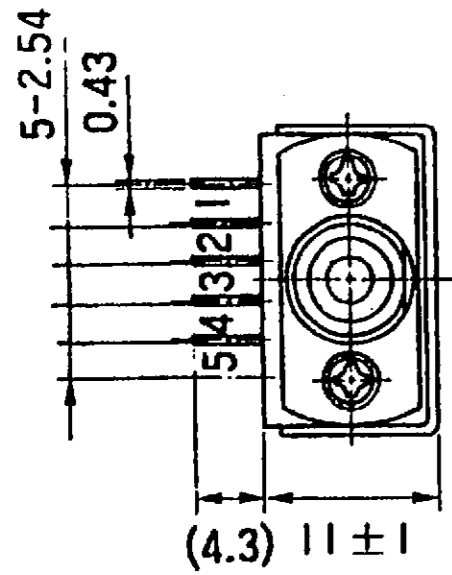
デジタル信号の伝送速度は9,600 bps程度以上、収納筐体サイズの制約（ $\phi 55$  mm以下）があり、また最大伝送距離1000 mを考慮して㈱フジクラ（藤倉電線）製の短波長仕様の光デジタルリンク（FFL-DHO21T/R）を選択した。光デジタルリンクを図-6. 1. 2 に示す。

#### 3)光コネクタ（プラグ）

上記、光デジタルリンクに適合するマルチモード用FCプラグはセイコー電子工業㈱製（SAP-5）を選択した。光コネクタを図-6. 1. 3 に示す。

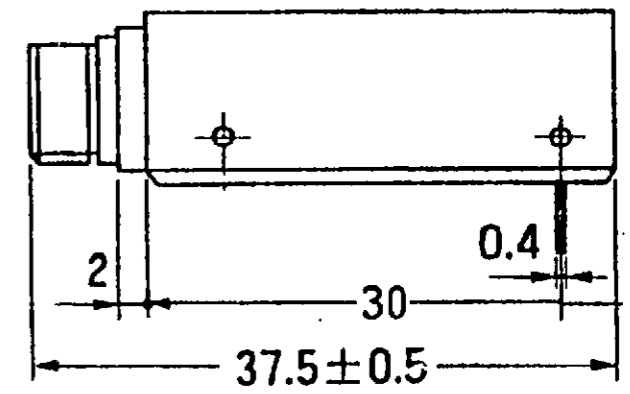
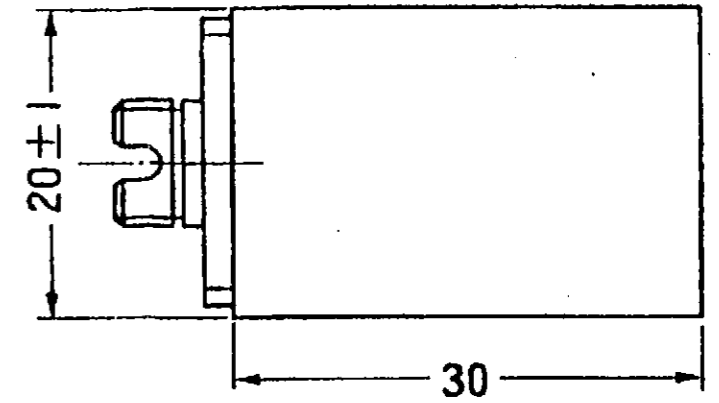
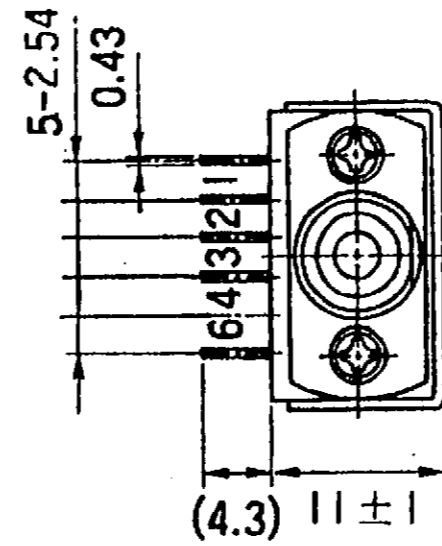
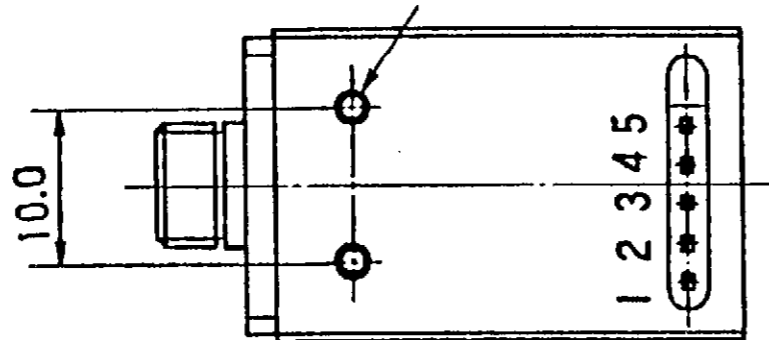
#### 4)光コネクタアダプタ（レセプタクル）

上記、光コネクタに適合するマルチモード用アダプタはセイコー電子工業㈱製（SAA-2）を選択した。コネクタアダプタを図-6. 1. 4 に示す。



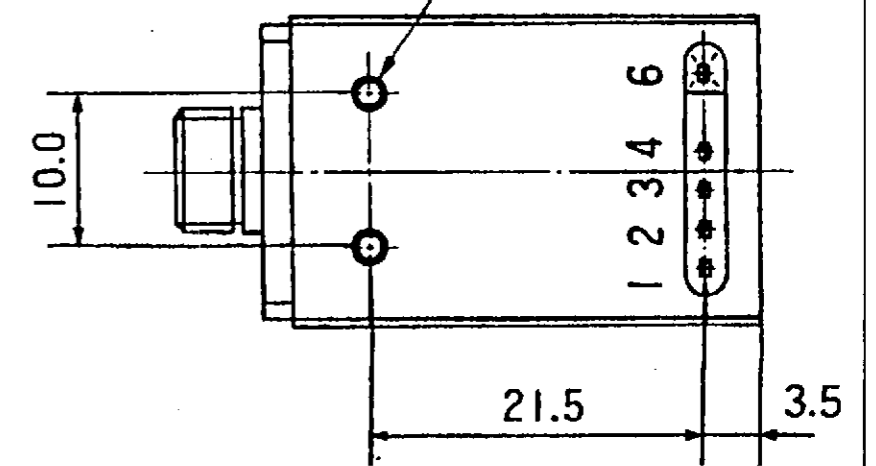
送信モジュール

2-M2×0.4(取付穴)



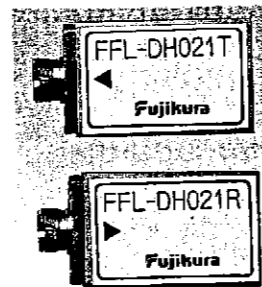
受信モジュール

2-M2×0.4(取付穴)

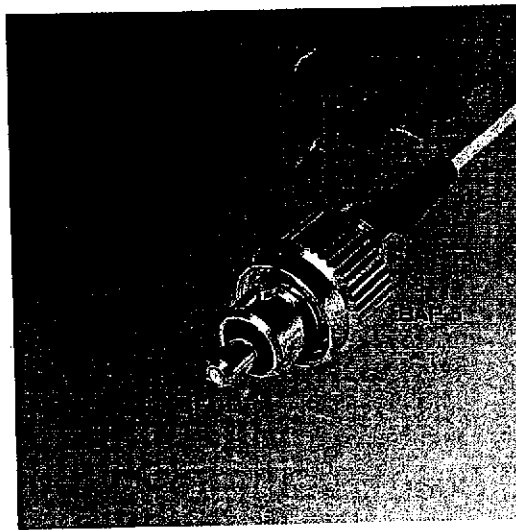
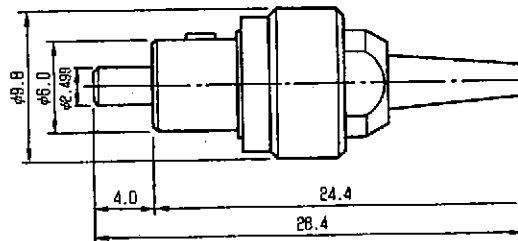


光デジタルリンク


FFL-DH021T/R

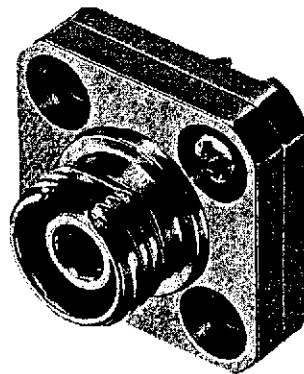
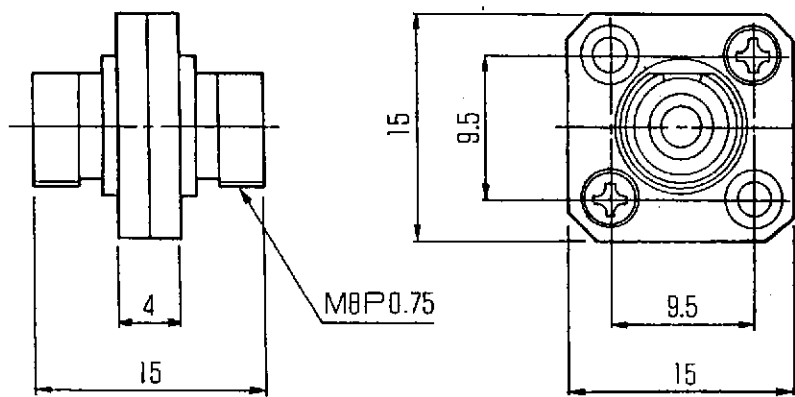


品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-6.1.2 光デジタルリンク	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	2/1	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



SAP-5

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	☒-6.1.3 光コネクタ (FCプラグ)	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	2 / 1	製図		承認
個数		 基礎地盤コンサルタンツ株式会社		



SAA-2

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-6.1.4 光コネクタアダプタ	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	2 / 1	製図		承認
個数	基礎地盤コンサルタンツ株式会社			



### (3) 排水ホース

耐圧性優れているブリジストンフローテック(株)製のナイロンホース(K502)を選択した。ナイロン製ホースを図-6.1.5に示す。ただし、高温での連続使用に際して、ナイロン物質等の溶出が問題となる場合にはフッ素樹脂(ETFE)を選択する。

#### 1) 構造

ナイロン製(ナイロン11)ホースは外径7.9mm、内径3.2mm、外皮はポリエステル被覆となっている。ナイロンホースの諸元を表-6.1.7に示す。

表-6.1.7 ホース

品名	内径 (mm)	外径 (mm)	最大常用圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	試験圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	最小曲げ半径 (mm)	ホース重量 (g/m)
K502	3.2	7.9	200	270	15	70

- ・流体温度 : -40℃ ~ +100℃
- ・推將雰囲気温度 : -40℃ ~ +70℃

#### 2) 伸び量の推定

使用状況に応じたホース伸縮量の推定

- ・ナイロンの線膨張係数 :  $15 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ ,



X m深さに於ける水温 :  $T(X) = 2.5 / 1000 \cdot X$  とすると,

X m深さでのケーブル伸びは  $\Delta L = 15 \times 10^{-5} \times 2.5 / 100 \cdot X$  で表せる。

従って、L m深さでの全体のホースの伸び長さは上式を積分して

$15 \times 2.5 \times 10^{-5} \times L^2 \div 2$  で表せる。これより、500 m深さでのホースの伸びは約50 cm、1000 m深さでの伸びは2 mと推定できる。

実際のホースの周囲には、電線やアラミド繊維や金網等があるために、自由に伸び縮みなどできずに内部ヒズミとして吸収されてしまう。それらの最終的な確認は、全長1000 mの一割程度で試作して実験する必要がある。

	商品 コード No.	サイズ		圧力		最小 曲げ 半径 (mm)	適用 温度 範囲	構造	
		内径 (mm)	外径 (mm)	最高 使用 圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )	衝撃 最高 圧力 (kgf/cm <sup>2</sup> )			補 強 層	内 管 ・ 外 被
<b>1P</b>   <b>2P</b>   排水ホース	KF 04	6.3	12.5	210	260	40	流体温度 -40℃ ~ +100℃	1 P	内管： ポリエス テル樹脂  外被： ウレタン
	KF 06	9.5	16.6	175	220	50			
	KF 08	12.7	20.7	140	175	75	推奨雰囲気 温度 -40℃ ~ +70℃	2 P	
	*KF 12	19.0	26.5	90	110	160			
	KG 06	9.5	17.2	210	280	60	流体温度 -40℃ ~ +100℃	1 P	内管： 特殊 ナイロン  外被： ウレタン
	KG 08	12.7	21.4	210	280	75			
	AS1004	6.3	10.6	105	—	40	推奨雰囲気 温度 -40℃ ~ +70℃	1 P	内管： 特殊 ナイロン  外被： ウレタン
	AS1006	9.5	15.2	105	—	60			
AS1008	12.7	18.9	105	—	80	流体温度 -40℃ ~ +100℃	1 P	内管： 特殊 ナイロン  外被： ウレタン	
AS1404	6.3	10.6	140	—	40				
AS1406	9.5	15.2	140	—	60	推奨雰囲気 温度 -40℃ ~ +70℃			
KA 02	3.2	7.9	200	270	15	流体温度		内管： ナイロン 11又は12	
KA 03	4.8	9.4	155	210	40	流体温度 -40℃ ~ +100℃	1 P	外被： ウレタン	
KA 04	6.3	11.7	150	200	50				
KA 05	7.9	13.7	120	160	65	推奨雰囲気 温度 -40℃ ~ +70℃			
KA 06	9.5	15.6	105	140	75				
KA 08	12.7	19.6	105	140	115	流体温度 -40℃ ~ +100℃			
KA 12	19.0	26.3	50	70	240				
KB 03	4.8	10.5	260	350	40	流体温度		内管： ナイロン 11又は12	
KB 04	6.3	12.9	225	300	50	推奨雰囲気 温度 -40℃ ~ +100℃			
			210	280	65				

工作機械・農業  
用機械に適した  
ホースです。

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-6.1.5	ナイロンホース
年月日	/ /	設計		検 図
尺度	/	製 図		承 認
個 数	基礎地盤コンサルタンツ株式会社			

#### (4) ケーブル外装

##### 1) 構造

ケーブルの抗張力体の素材としては①鋼線によるアーマード構造と②アラミド繊維保護とがあり、ここでは以下の理由で後者を選択した。

- ①過剰な破断張力にならない設計ができる
- ②ケーブル重量をより軽く設計できる
- ③ケーブルと端末筐体との水密設計構造がよりシンプルにできる

##### 2) 破壊強度及び許容張力

複合ケーブルの破壊強度は、1000m当たりのケーブル自重（空中重量＝1500kgf、水中重量＝800kgf）と先端重量（約200kgf）の総和の約2倍程度とした。アラミド繊維は所要の強度を確保するため3層構造で、それぞれが約1960kgf/2950kgf/2950kgfとなっており、合計7,870kgfになる。しかし、加工時のアラミド繊維への被覆樹脂含浸率などでの強度低下（60%）などを考慮して破壊強度は7,870×0.4＝3,150kgfとなる。

複合ケーブルの許容張力は、光ファイバの伸びなど考慮して、3150 kgf×0.3÷0.9＝1050kgf（10kN）となる。

##### 3) 保護

アラミド繊維は摩擦・剝離等外的な損傷に弱いのでそれらの外部被覆として、亜鉛メッキ鉄線編組で保護している。それらをさらに錆・汚れ等から守るために外側をプラスチックで覆う構造とした。

##### 4) 曲げ半径

ケーブルの収納時の曲げ半径（R）は、過去の実績からR＝20Dといわれ、ケーブル直径（D）が約30mmの場合には600mmとなり、巻き取り装置のドラム径は1200mmにした。

孔口に設置するシーブ径は、長期間の保存・巻き取り状態よりも、短時間の屈曲状態や屈曲の入射角度などから、曲げ半径を少し低減してスリムに考えても良いので、また、取り扱いの面から大きさを考慮してφ800～1000mm程度とする。

## (5) ケーブル端部

### 1) 金属筐体の外径

ケーブル両端の特に先端部（トップ）の寸法制約（ $\phi 57\text{mm}$ 以下）があり、その範囲内で諸条件を考慮の結果、最大外径を $55\text{mm}$ に規定した。ただし、最下部の孔内ユニットとの接合部分では、孔内ユニットのサイズにすり合わせるために $57\text{mm}$ になっている。ケーブルトップを 図-6. 1. 6 に示す。

### 2) 水密構造

テープ処理による部分 …… ウレタン-プラスチック、  
金属筐体-プラスチック  
プラスチック-プラスチックの各境界

これらは万一、最外層のシースが破れても、鉄線編組部の水密で止まる構造とした。

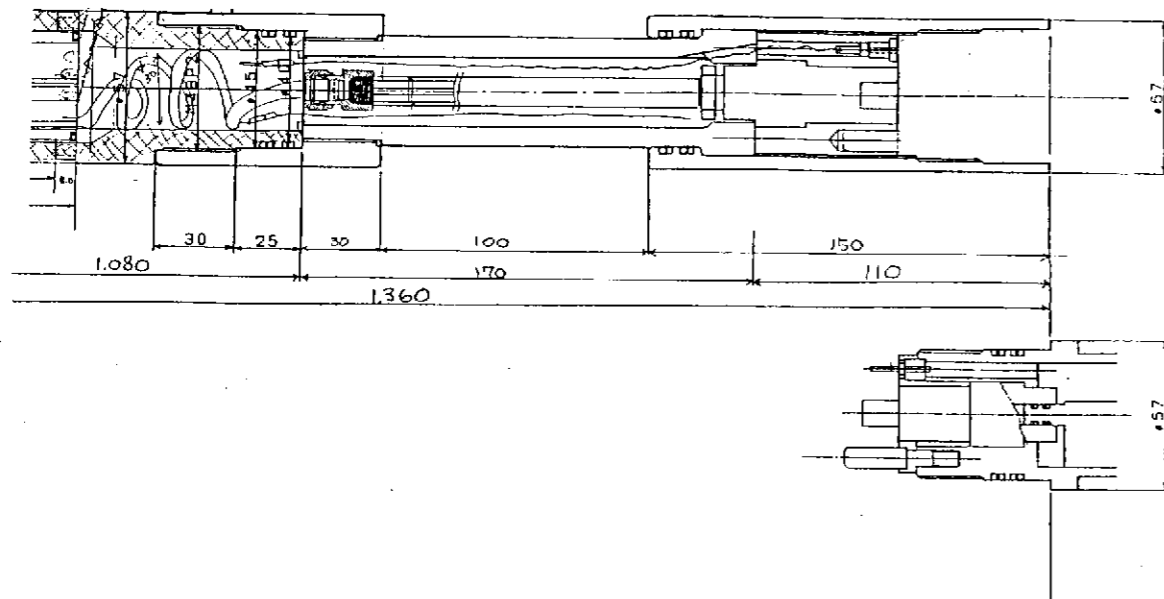
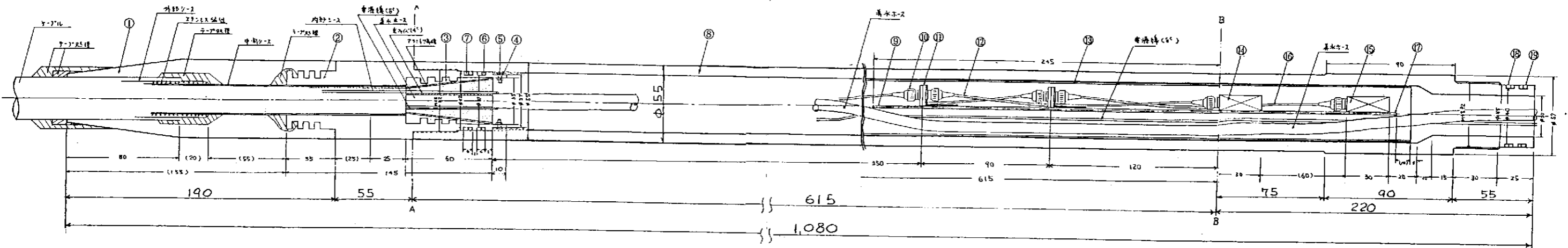
O-リングによる部分 …… 金属筐体-金属筐体の接合面

### 3) 引き留め構造

アラミド繊維の引き留め方法として最も実績のあるエポキシ系接着材による引き留め構造とした。

### 4) 光ファイバコネクタリード長

両端FCコネクタ付き光ファイバの接続に必要な長さは、光コネクタの工場での機械研磨取り付けの際に必要な量を確保する。各ファイバの長さは $300\text{mm}$ と $210\text{mm}$ とする。



19	リング P36	2	クロロレン	
18	バックアップリング P36	2	テフロン	
17	ユニバーサル基板	1	ガラスエポキシ 1.6t	180mm×39.5mm
16	コネクタ付光ファイバ	(2)	テフロンコート	L: 約210mm
15	光受信モジュール	2		GI 短波長用
14	光送信モジュール	2		"
13	インナーパイプ	1	SUS 304	2つ割り
12	コネクタ付光ファイバ	2	テフロンコート	L: 約210mm
11	コネクタアダプタ	2	FC形	GI 短波長用
10	光コネクタ	4	FC形	GI 短波長用
9	ユニバーサル基板	1	ガラスエポキシ 1.6t	180mm×39.5mm
8	金属筐体	1	SUS 304	
7	バックアップリング P36	2	テフロン	
6	リング P36	2	クロロレン	
5	M2皿小ネジ	4	SUS 304	L 8
4	M2六角ナット	4	SUS 304	
3	接着剤		エピクロン	
2	金属筐体	1	SUS 304	
1	ブーツ		ウレタン	
番号	部品名称	数量	材質	備考

品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	図-6.1.6	ケーブルトッパ
年月日	/ /	設計		検図
尺度	1/2	製図		承認
個数				基礎地盤コンサルタンツ株式会社

(6) ケーブル構造

複合ケーブルの構造を 表-6. 1. 8-1, 2 に示す。

表-6. 1. 8-1 複合ケーブルの構造(1)

項 目		材 質	寸 法 諸 元		備 考
ホ ー ス	排水ホース	ナイロン11	内 径	3.2 mm	常圧：200kg/cm <sup>2</sup> at 20℃ 色：黒
	補強網	ポリエステル	-	-	
	外 被	ウレタン	外 径	約7.9 mm	
電 線 A	導 体	スズメッキ銅	構 成	88 / 0.45 mm	軟銅より線
			外 径	約4.9 mm	
	絶縁体	フッ素樹脂	厚 さ	0.4 mm	色：緑, 赤, 紫, 青
			外 径	約5.7 mm	
電 線 B	導 体	スズメッキ銅	構 成	50 / 0.45 mm	軟銅より線
			外 径	約3.7 mm	
	絶縁体	フッ素樹脂	厚 さ	0.3 mm	色：緑, 赤, 紫, 青
			外 径	約4.3 mm	
光 フ ァ イ バ ー	GI型ファイバ		構 成	50 / 125 μm	0.85 μm用 色：緑, 赤, 紫, 青
	被 覆(1)	フッ素樹脂	外 径	0.7 mm	
	被 覆(2)	ステンレス管	厚 さ	0.15 mm	
			外 径	約1.8 mm	
	被 覆(3)	PFA 樹脂	厚 さ	約0.25 mm	PFA: ハ-フルオロフルコキン
外 径	2.3 mm				
集 合	構 成	中 心	パイプ×1本		
		1 層	2種電線×4本		
		2 層	ファイバ×4本		
内部被覆	ポリエチレン	厚 さ	約0.95 mm	充実 色：N	
		外 径	21.2 mm		
抗 張 力 体	抗張力体(1)	アラミト <sup>®</sup> 繊維	構 成	約42本	2,840 D / 16.5g F=46.86kgf/本
			外 径	約21.8 mm	
	抗張力体(2)	アラミト <sup>®</sup> 繊維	構 成	約31本	5,680 D / 16.5g F=93.72kgf/本
			外 径	約22.6 mm	
	抗張力体(3)	アラミト <sup>®</sup> 繊維	構 成	約32本	5,680 D / 16.5g F=93.72kgf/本
			外 径	約23.5 mm	

表-6. 1. 8-2 複合ケーブルの構造(2)

中間被覆	ナイロン	厚さ	約1.0mm	色:N 0.3mm
		外径	22.5mm	
金網編組	鉄亜鉛メッキ	構成	24打/約10	
		外径	27.1mm	
外部被覆	ナイロン	厚さ	約1.5mm	色:黒
		外径	30.1mm	
仕上がり外径			30.1mm	
概算質量		空中	1500kg/km	
		水中	800kg/km	

### 6. 1. 3 特性

#### (1) 複合ケーブル特性

複合ケーブルの特性を 表-6. 1. 9 に示す。

表-6. 1. 9 複合ケーブルの特性

特 性	項 目	特 性	
機 械	破断張力	約 30.7 kN (3, 150 kgf)	
	許容張力	10 kN 以下	
	曲げ半径	600 mm 以上	
光 伝 送	光損失	3.5 dB/km 以下 (0.85 μm)	
	伝送帯域	200 MHz · km 以上 (0.85 μm)	
電 気 的	導体抵抗	電線 A	1.4 Ω/km 以下
		電線 B	2.51 Ω/km 以下
	耐電圧	AC 1, 000 v に 1 分間耐えること	
	絶縁抵抗	1, 000 MΩ · km 以上 (20℃)	

## 6. 2 ケーブル巻き取り装置

### 6. 2. 1 概要

ケーブル巻き取り装置は電動式単動横置き型ウインチで、手動操作、または自動制御方式で、長さ1000mケーブルの巻き取りや繰り出しを行い、ドラムの回転中心軸から電気信号を取り出すスリップリング、ケーブル送出量を計測する線長カウンターを有する。ケーブル巻き取り装置は複合ケーブルと同じ日本大洋海底電線(株)製(ル231-X2)を選択した。(技術資料-6を参照)使用する条件として格納は屋内、使用は屋外とし輸送は車両等で行う。ケーブル巻き取り装置の組立図を図-6.2.1に示す。

### 6. 2. 2 構成及び構造

#### (1) 基本構造・フレーム

基本構造は同一ベース上に、左右及び中間フレーム、巻き取りドラム、減速及び駆動する電動機、トラバース装置及びその駆動装置、制御装置、操作盤等を搭載する。スリップリング・線長カウンターを取付、光/電気変換器の取付部が有る。また、外部には孔口に設置される回転シーブとケーブル懸垂荷重計が有る。

フレームは鋼板及び形鋼製の溶接構造とし、ベース・左右フレーム・中間フレームで構成し、夫々はボルトで組み立てる。

左右フレームはドラム装置及びトラバース装置の軸受けを構成する。軸受けは防塵・防水のため外側をオイルシールで防護する。

中間フレームは電動機と減速機を内蔵して、左右フレームの外側と中間フレームの前後と上面はネジ止め式の蓋でパッキンを介して締め付けられ、開閉を簡便にし点検保守ができるようにしてある。

通風孔は左フレームと中間フレームの底面に設け、電動機ファンで左フレームから中間フレームに排気する。ベースは左右方向に角穴を設けて、フォークリフトでの移動を容易にし、左右フレームの前後には吊り上げ金具を設ける。フレーム組立を図-6.2.2に示す。

#### (2) 巻き取りドラム

巻き取りドラムはフランジ及び胴は鋼板の溶接構造、軸は鋼管と棒鋼の溶接及び切削加工とする。複合ケーブルは胴端部より半径方向に導入し胴鏡部で引留め



され、排水ホースと分離して、光ファイバは同部に設けた光／電気変換器、電送基板に導入してからスリッパリングに接続される。排水ホースは、同部に設けた回転ホースジョイントから外部に取り出される。ドラム寸法は幅1000mm、内径1200mm、外径1800mmで、巻き取りできる収納量はケーブル直径がφ30mmの場合、最大1100m長さとなる。

### (3) 電動機及び制動装置

電動機は直流式電動機（住友重機械工業社製、DPFG型218C、7.5kw、無励磁ブレーキ付き）とその制御装置（同社製、DS-700型）による。使用する電源電圧はAC200v、相数3φ、周波数は50/60Hzとする。巻き取りドラムには減速機及びチェンで伝導駆動する。巻き取りドラムの駆動出力は最内層に於いて、速度は0.3～10m/分、巻き取りの張力は9,800N（1000kgf、ケーブル重量を除く）とし、重量はおおよそ約3,200kg（ケーブル重量を除く）になる。電動機を 図-6.2.3 に示す。

制動装置は2系統を装備し、

① 無励磁ブレーキ：電動機に無励磁作動形の電磁ブレーキを設ける。電磁ブレーキは電源が入った状態で、操作盤の切換スイッチで解除することが出来る。

② 手動ブレーキ：ドラムに手動で操作するバンドブレーキを設ける。

制動容量としては、巻き取りドラムの最内層に於いて、電磁ブレーキ：電動機トルクの125%、手動ブレーキ：34.3kN（3,500kgf）とする。

制御操作は左フレーム後部の扉内に設置してある操作盤により行われ、次の操作ができる。

- ① 電源の投入及び切断
- ② 押しボタンスイッチに依る繰出し・巻取り・停止
- ③ ダイヤルに依る速度制御
- ④ 切換スイッチに依る電磁ブレーキの解除
- ⑤ 線長カウンターの設定と監視

自動制御の場合、予め設定された線長カウンターと外部に設置した張力測定装置の出力を受けて次の制御ができる。

- ① 線長カウンター設定値の約-10mで速度減速（例えば1m/分）
  - ② 同上設定値の 約 -5mで一時停止
  - ③ 同上設定値の 約 -2mまで自動停止、後は手動に切換え
  - ④ 外部張力測定装置の信号、または近接計の確認信号等でウインチの停止
- これらの深度及び送り出し速度などの指定は、後からでも変更できるようにした。

#### (4) トラバース機構

複合ケーブルを整頓して巻き込むガイド装置（トラバース）で機械式の往復ネジ機構を用いてドラム軸とチェンで連動する。位相調整（初期のずれ量修正）のため手動の爪クラッチを設け、右側面の扉を開いて操作する。ネジ及びガイドバーは硬鋼製とする。ロール台部に線長カウンターのセンサー部を取り付ける。ガイドロールは鋼製軸受けは防塵と防水のため外側をオイルシールで防護する。トラバース部の組立を 図-6. 2. 4 に示す。クラッチ部の組立を 図-6. 2. 5 に示す。

#### (5) スリップリング

スリップリングは回転している巻き取り装置の中央軸部分から、電気信号を取り出す装置で、左フレーム内部に取り付けている。スリップリングのブラッシュ側はフレーム背面下部の接続パネルに設けたコネクタに出力される。スリップリングの性能を 表-6. 2. 1 示す。また、スリップリングの構造を 図-6. 2. 6 に示す。

表-6. 2. 1 スリップリング

項目	内容
極数	8 P
電流容量	10 A
電圧	250 v
接触抵抗	5 mΩ 以下
同回転変動	2 mΩ 以下
寿命	1,000,000 回転
保守間隔	100,000 回転

## (6) その他の部品

巻き取り装置のその他の部品を以下に示す図に示した。

図-6.2.7 ガイドロール組立

図-6.2.8 センサー部組立

図-6.2.9 接続パネル配置図

図-6.2.10 操作盤配置図

## 6.2.3 特性

### (1) 保護構造

防雨形 (J I S C 0 9 2 0)

### (2) 作動環境

大気温度 - 20 ~ + 40 ℃

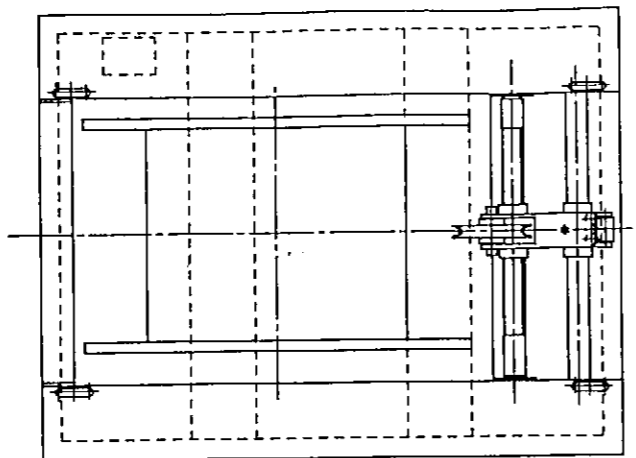
動作温度 - 20 ~ + 65 ℃

同上 - 20 ~ + 80 ℃ (60分以内)

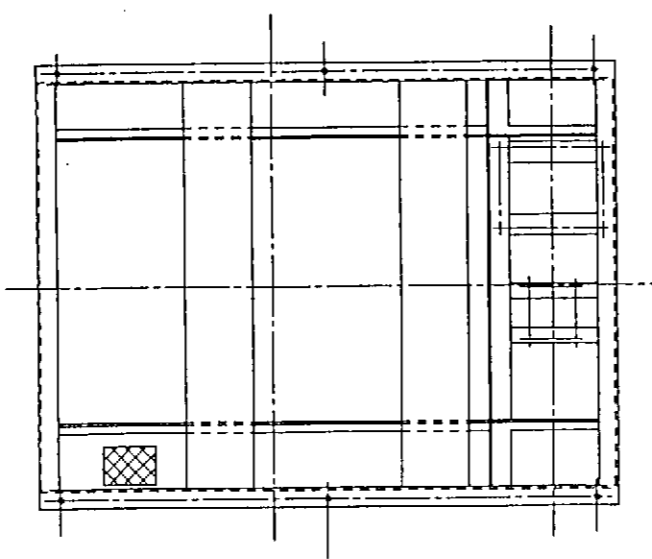
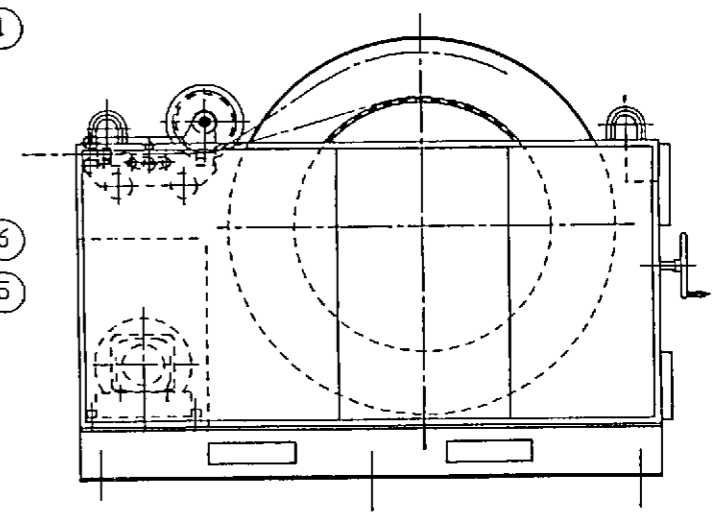
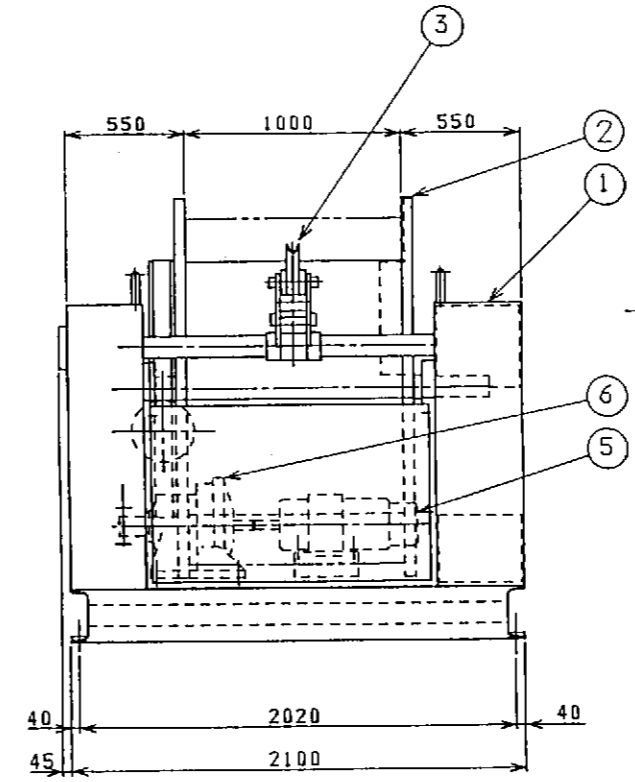
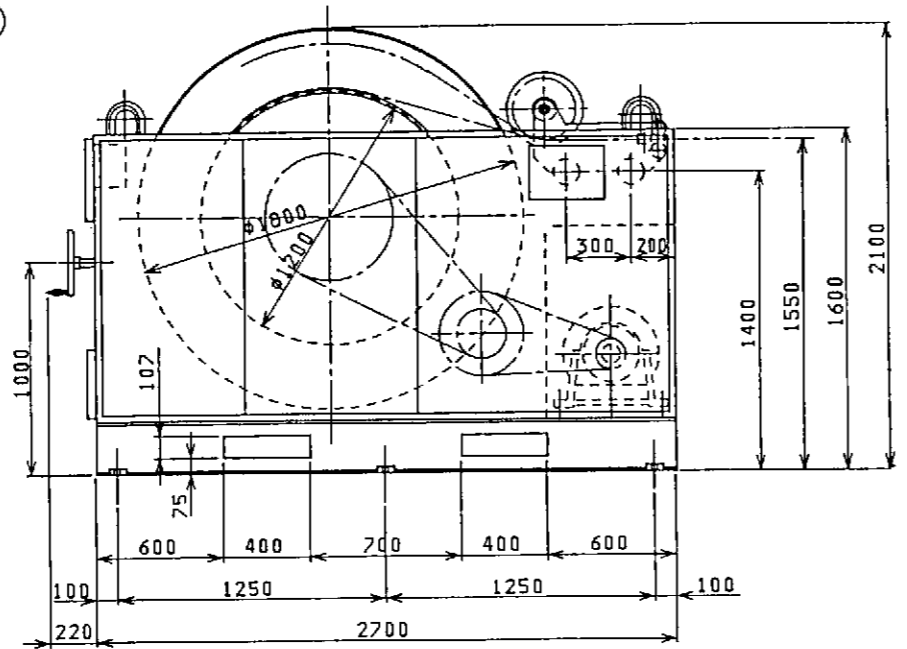
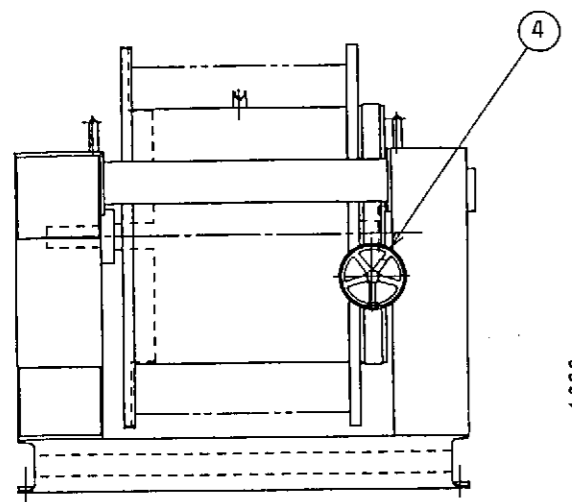
湿度 0 ~ 90% (非結露)

振動衝撃 自動車(トラック)に搭載して通常の輸送に耐えるこ

と。

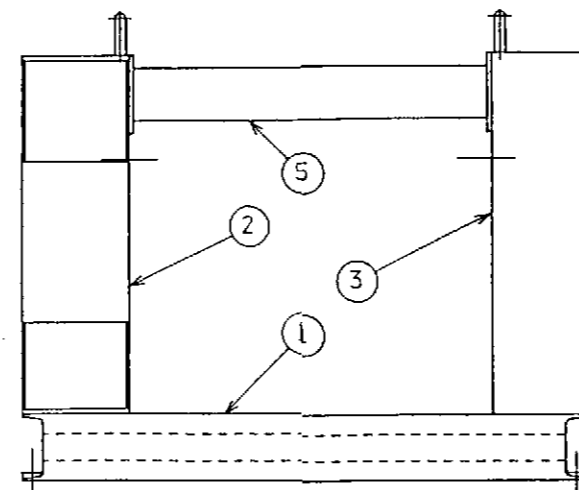
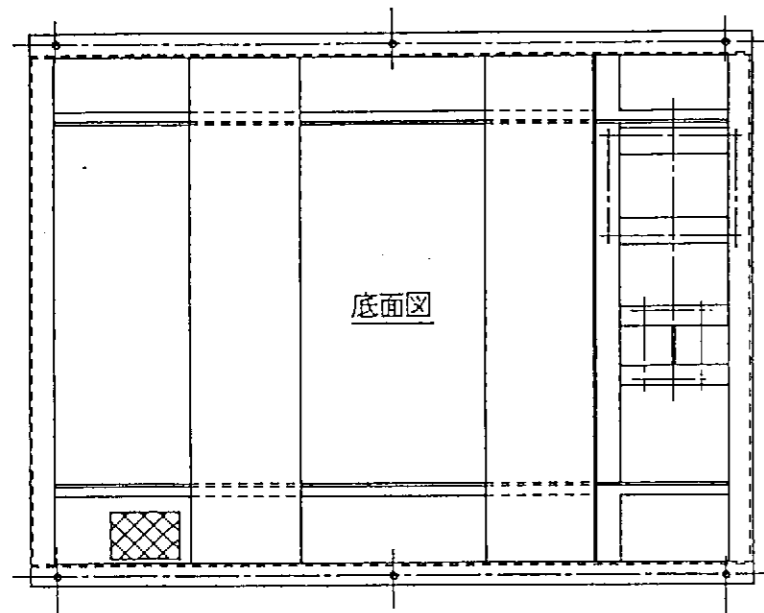
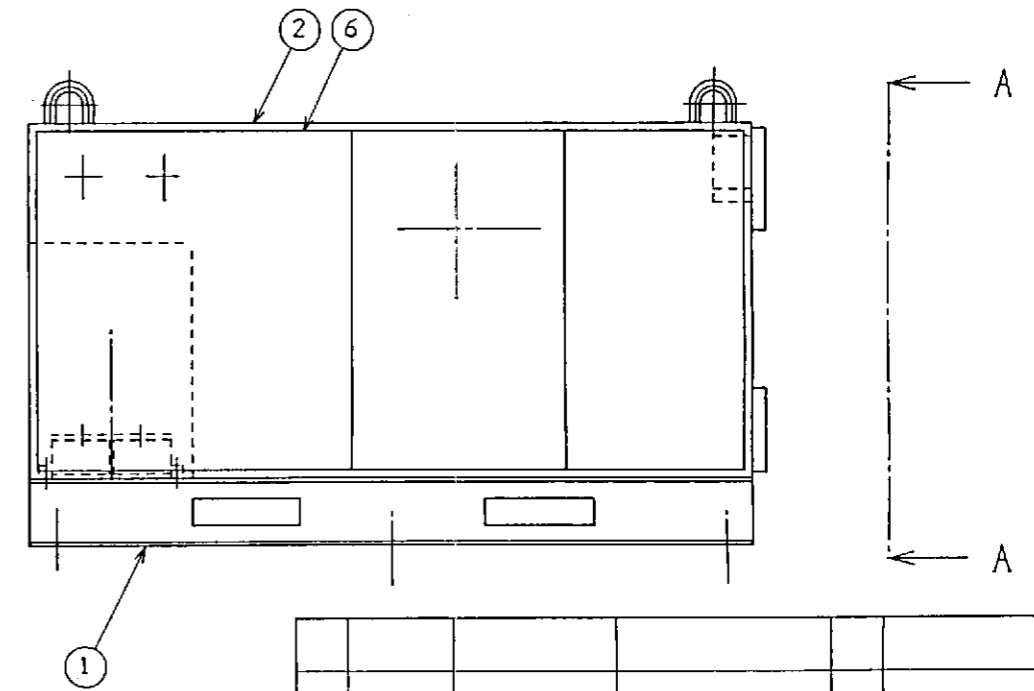
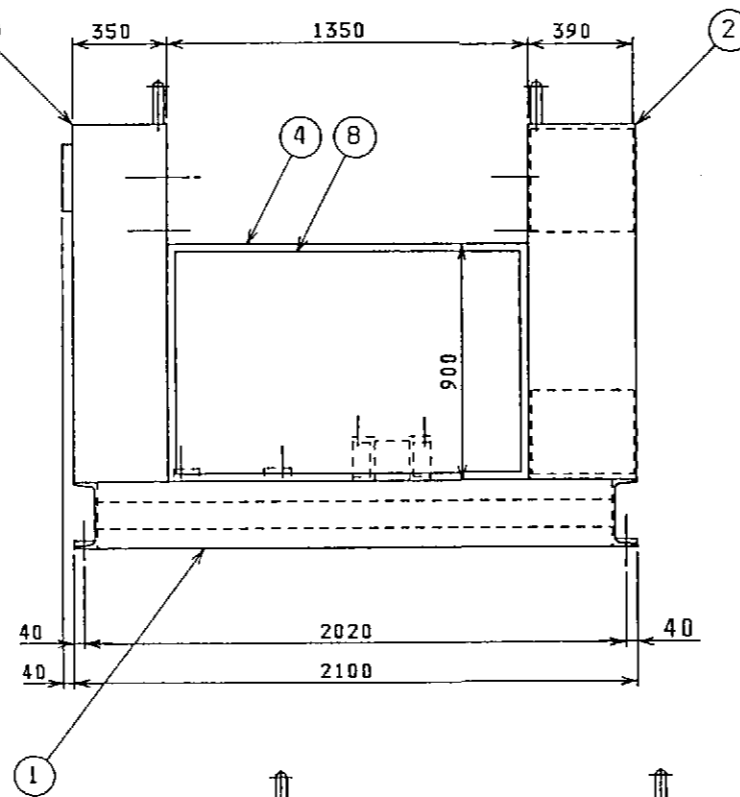
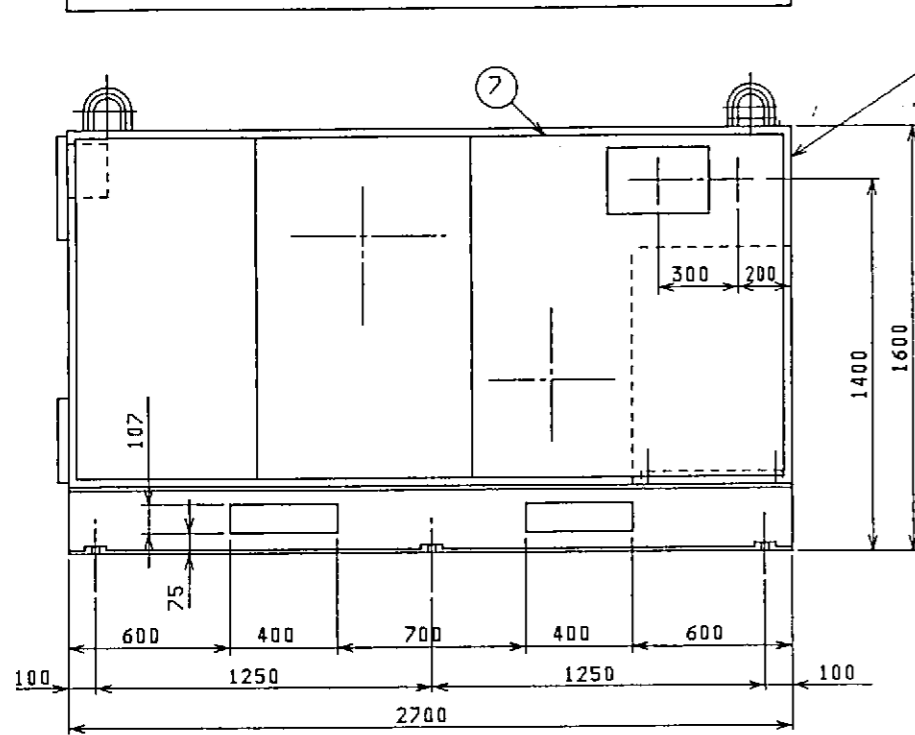
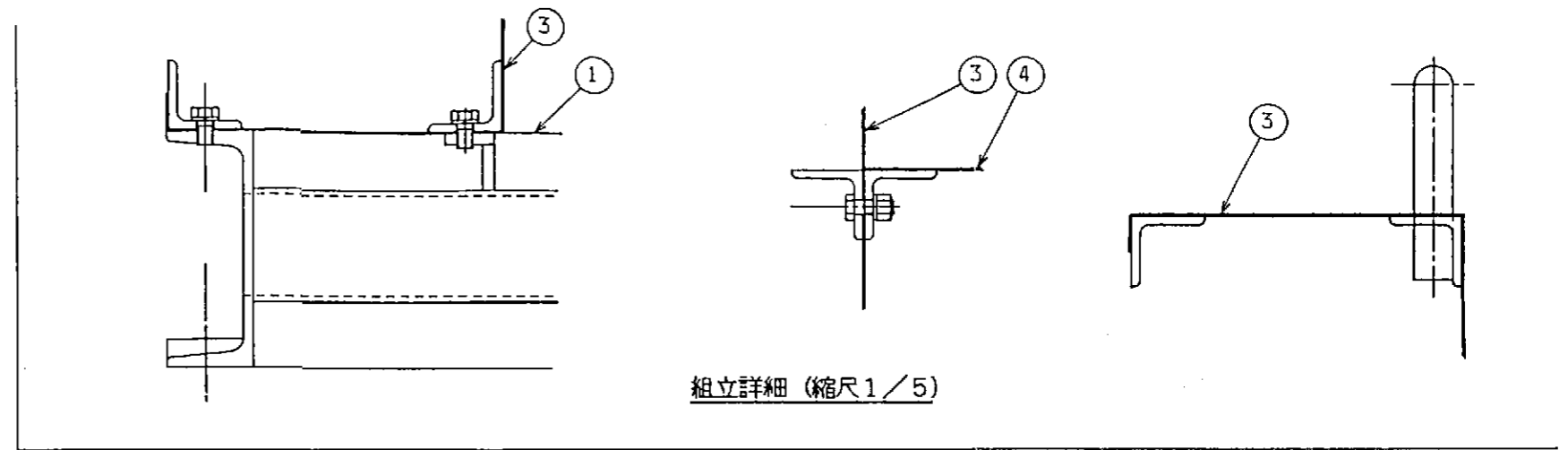
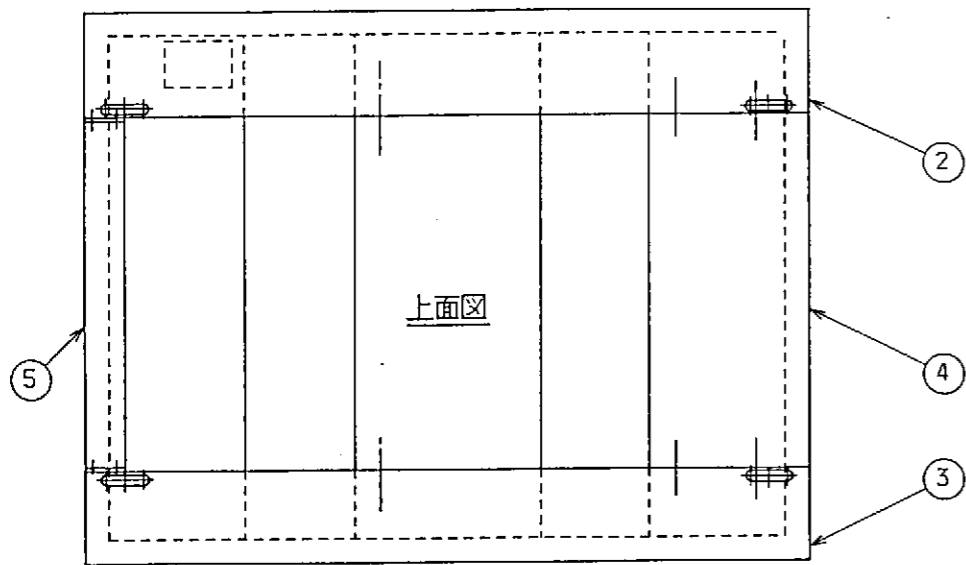


仕様 ケーブル容量  $\phi 30 \times 1100 \text{m}$   
 ケーブル速度 0.3~10m/min  
 ケーブル張力 3000Kgf  
 引き込み角度 上下左右各5度以内



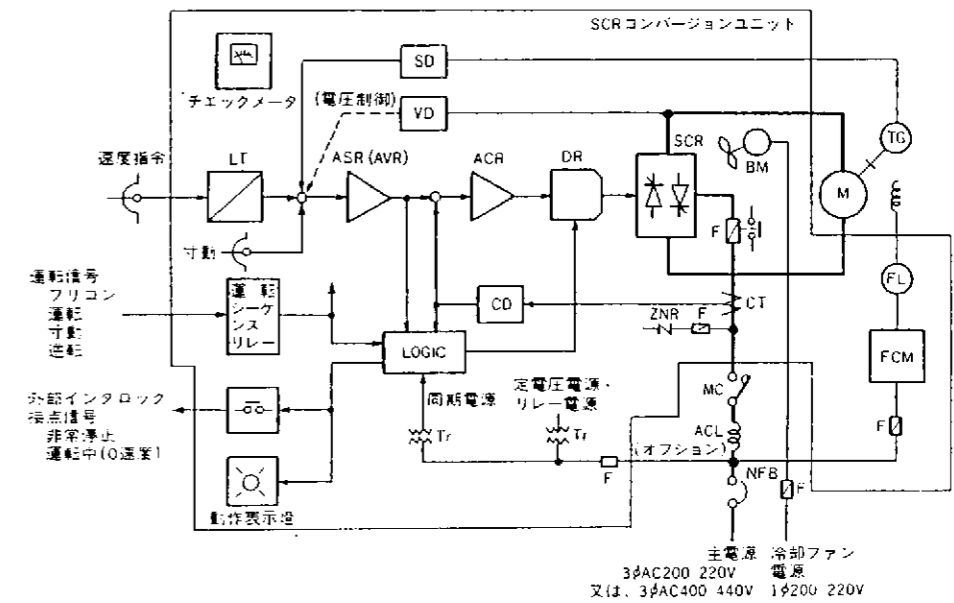
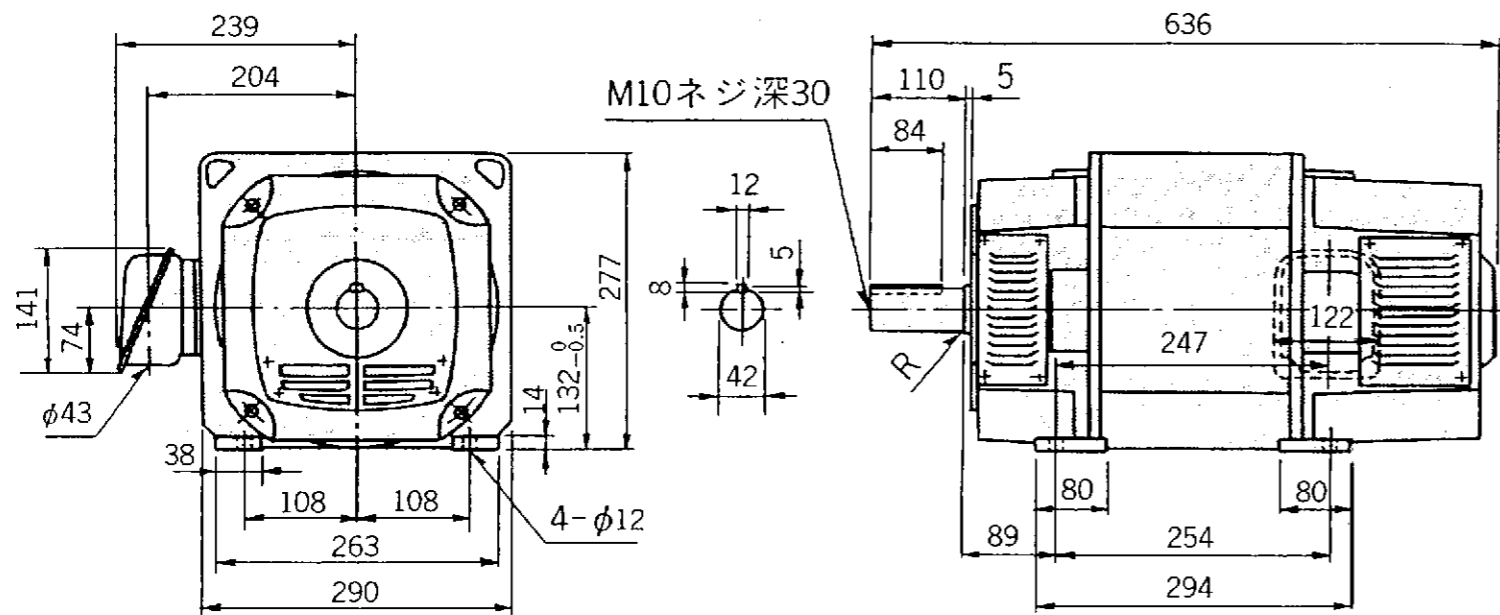
番号	名称	メーカー (材質)	型式 (図面番号)	数量	備考
6	減速機	住友重機工業 (鉄)	H10-219-87	1	
5	電動機	住友重機工業 (鉄)	DPFG-7.5KW	1	無励磁ブレーキ付
4	手動ブレーキ組立		92M23B020	1	
3	トラバース部組立		92M23C000	1	
2	ドラム組立		92M23D000	1	
1	フレーム組立		92M23B000	1	

設計		検図		承認		尺度		図番	
930222						1/25		92M23A002	
組立図 項目 品名 材質 個数 備考 名称 図-6.2.1 巻き取り装置組立座 採水試験装置用ウインチ 設計 検図 承認 尺度 図番 1/25 92M23A002 株式会社 基礎地盤コンサルタンツ株式会社									



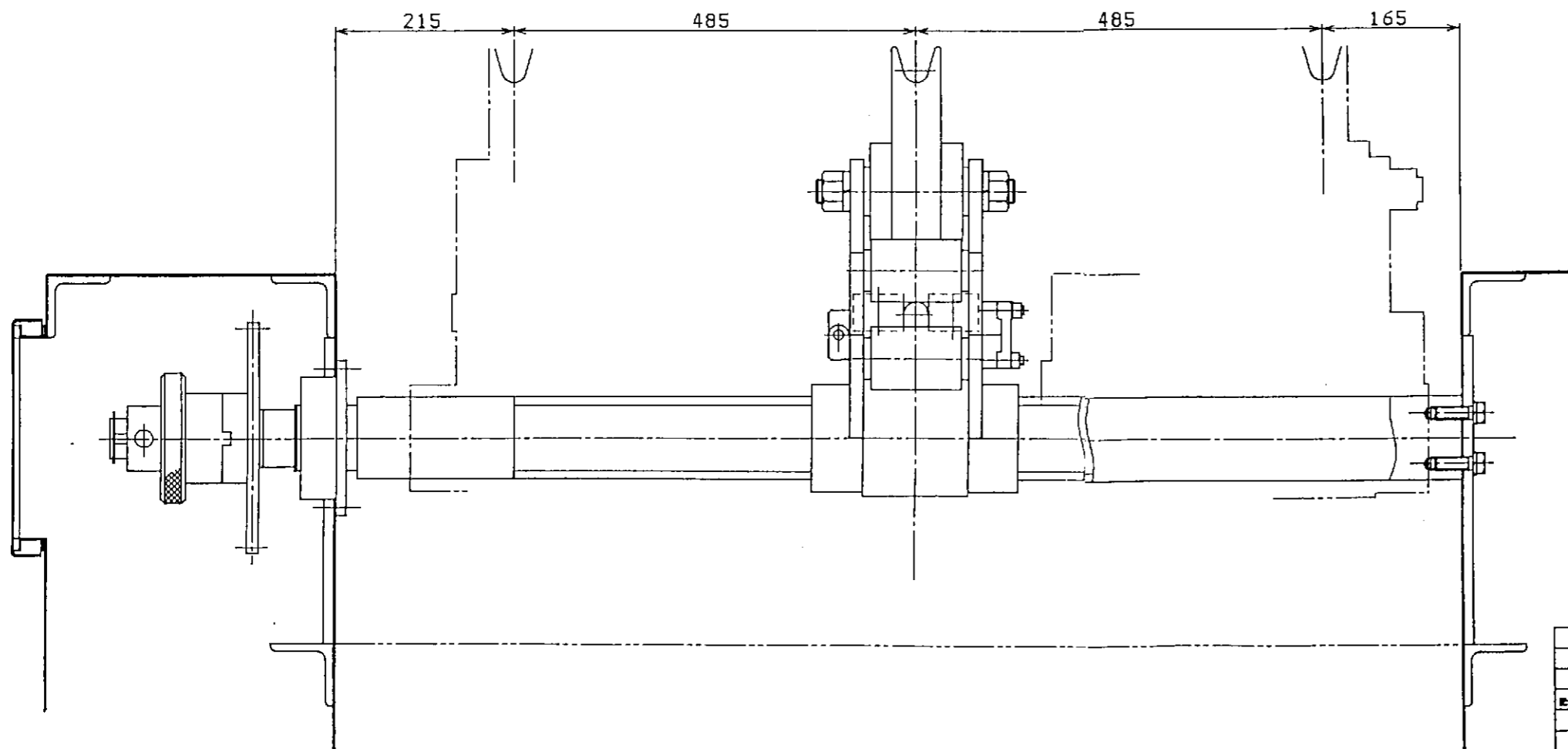
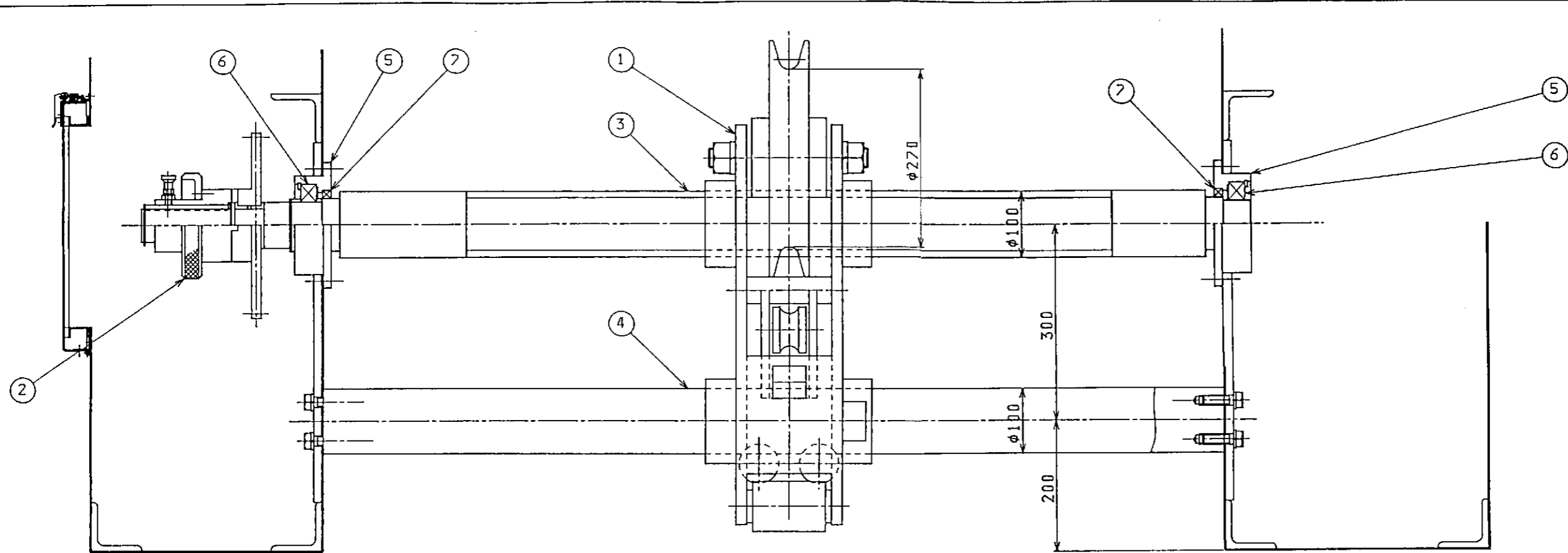
番号	名称	メーカー (材質)	型式 (図面番号)	数量	備考
8	中間フレーム	SS400P		1	
7	右フレーム	SS400P		1	3枚構成
6	左フレーム	SS400P		1	3枚構成
5	梁	STKR		1	
4	中間フレーム	SS400A&P		1	
3	右フレーム	SS400A&P		1	
2	左フレーム	SS400A&P		1	
1	ベース	SS400A		1	

項目	品名	材質	個数	備考
	フレーム組立	SS400A&P	1	
図-6.2.2 フレーム組立 採水試験装置用ウインチ				
設計	検図	承認	尺度	図番
			1/20	
株式会社 基礎地盤コンサルタンツ株式会社				92M23B000



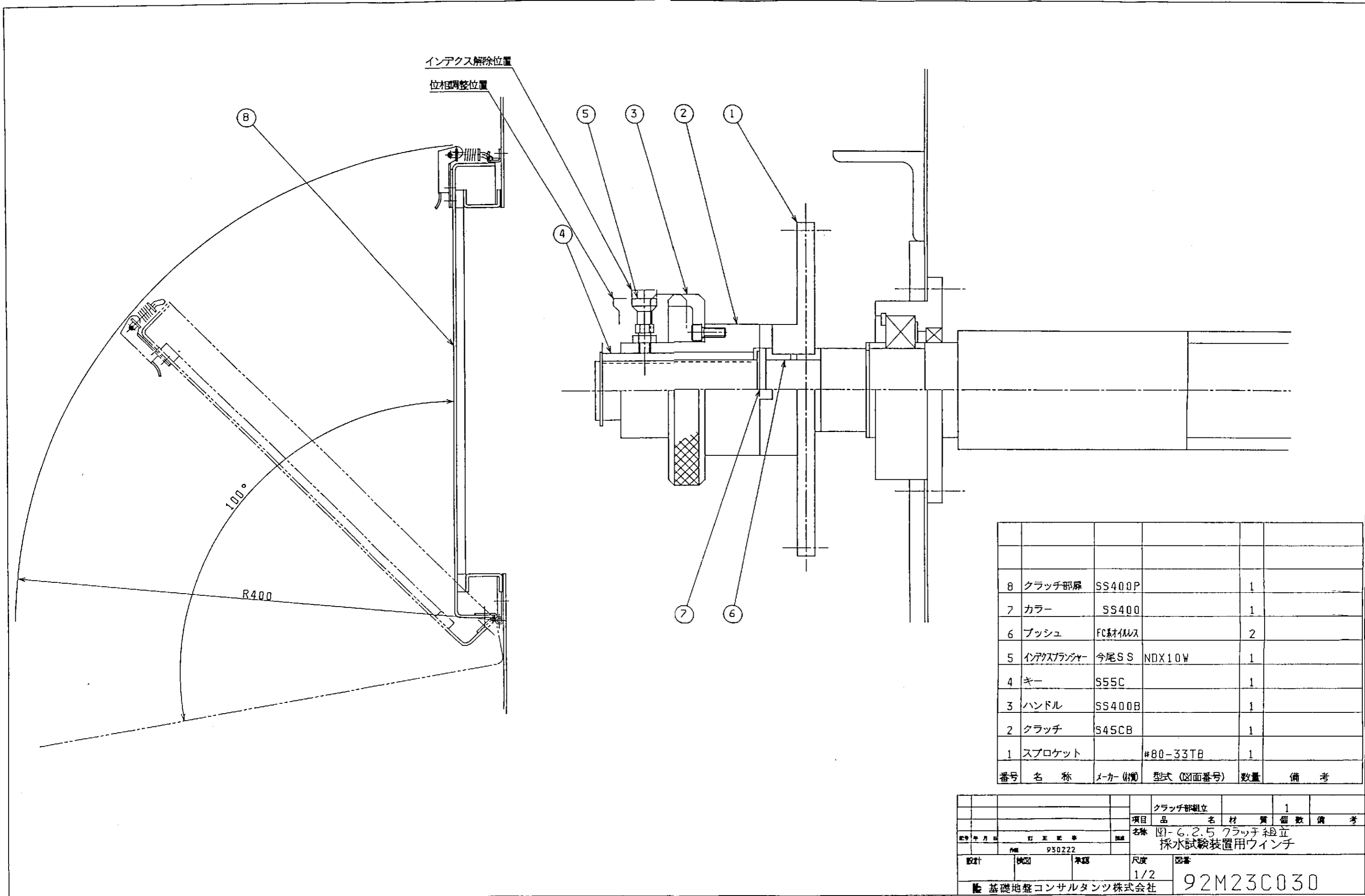
1	電動機	住友重機工業 (株)	DPFG-7.5KW	1	無励磁ブレーキ付
番号	名称	メーカー (材質)	型式 (図面番号)	数量	備考

設計		検図	承認	尺度	図番
				1/5	92M23A003
基礎地盤コンサルタンツ株式会社					



番号	名称	メーカー(商標)	型式(図面番号)	数量	備考
7	オイルシール		O 8010513 A	2	
6	球軸受		#6214 DDU	2	
5	軸受箱	SS400B		2	
4	ガイドバー	S45CB		1	
3	トラバースねじ	S45CB	92M23C110	1	
2	クラッチ組立		92M23C030	1	
1	ガイドロール組立		92M23C010	1	

設計	検図	承認	尺度	図番
			1/5	
株式会社 基礎地盤コンサルタンツ株式会社				92M23C000

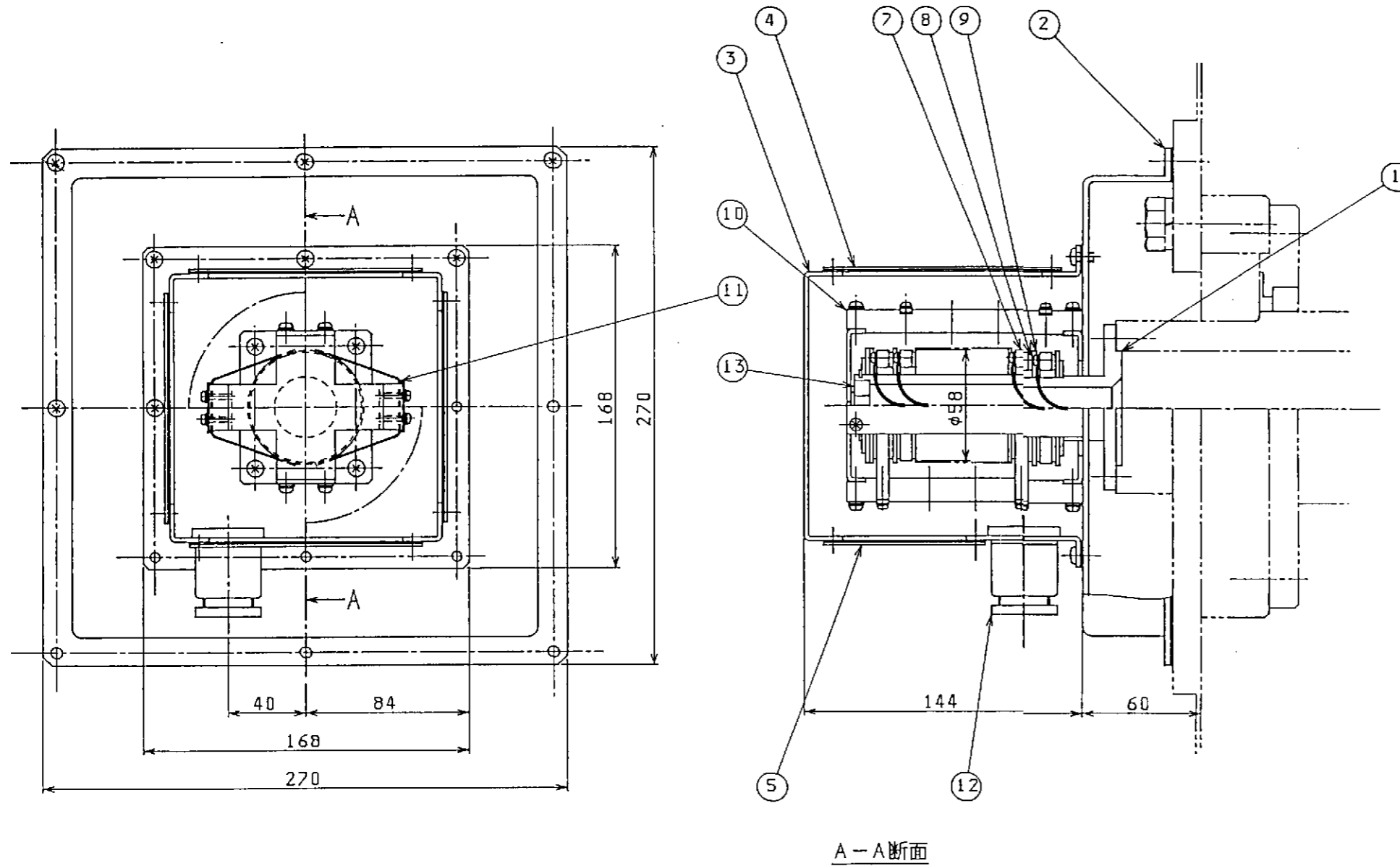


番号	名称	メーカー (材種)	型式 (図面番号)	数量	備考
8	クラッチ部扉	SS400P		1	
7	カラー	SS400		1	
6	プッシュ	FC材付ス		2	
5	インアクスラバダー	今尾SS	NDX10W	1	
4	キー	S55C		1	
3	ハンドル	SS400B		1	
2	クラッチ	S45CB		1	
1	スプロケット		#80-33TB	1	

項目	品名	材質	個数	備考
	クラッチ部組立		1	
名称 図-6.2.5 クラッチ組立 採水試験装置用ウィンチ				
設計	検図	承認	尺度	図番
			1/2	
監 基礎地盤コンサルタンツ株式会社				92M23C030

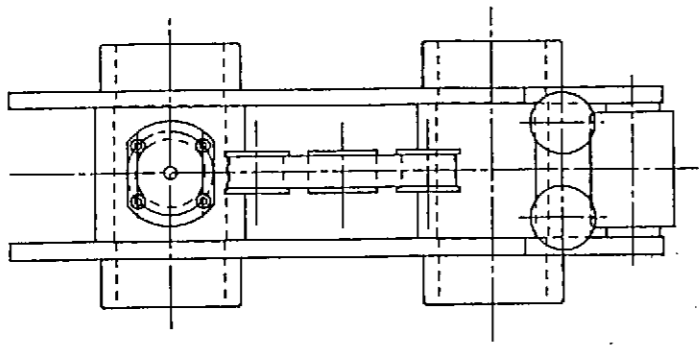


仕様	電流容量	10A
	電圧	250V
	接触抵抗	5mΩ以下
	同回転変動	2mΩ以下
	寿命	1,000,000回転
	保守間隔	100,000回転

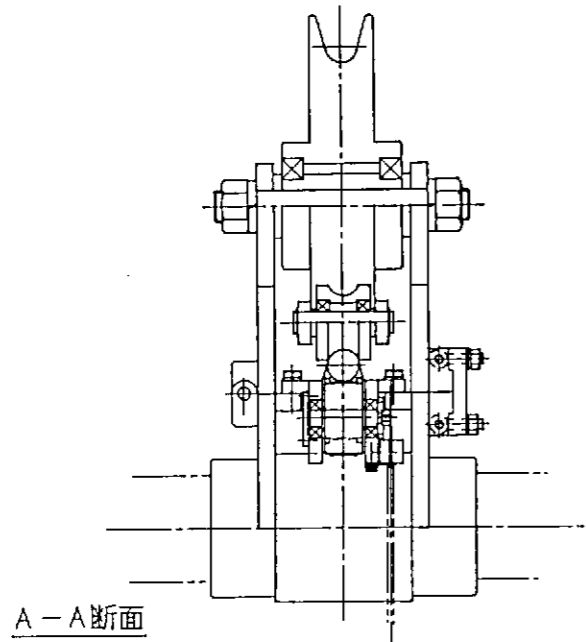
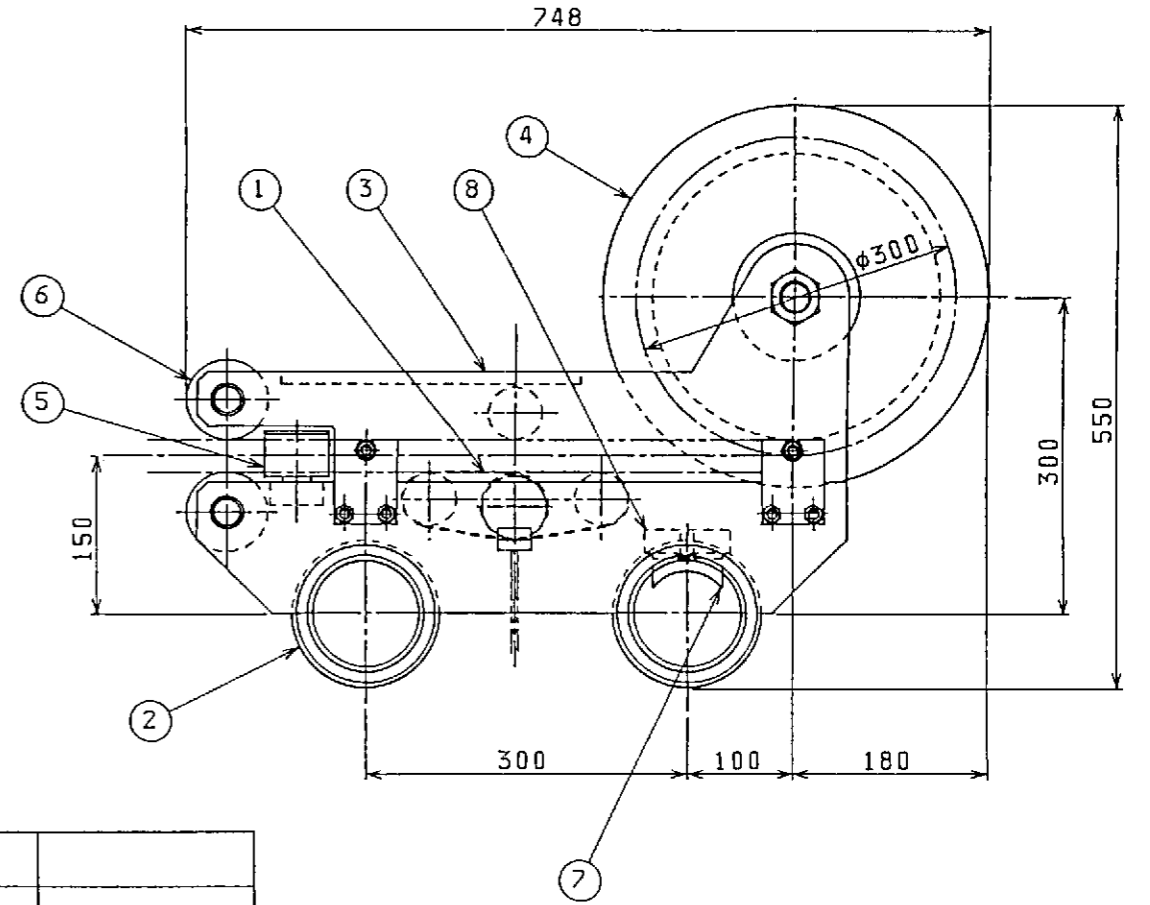
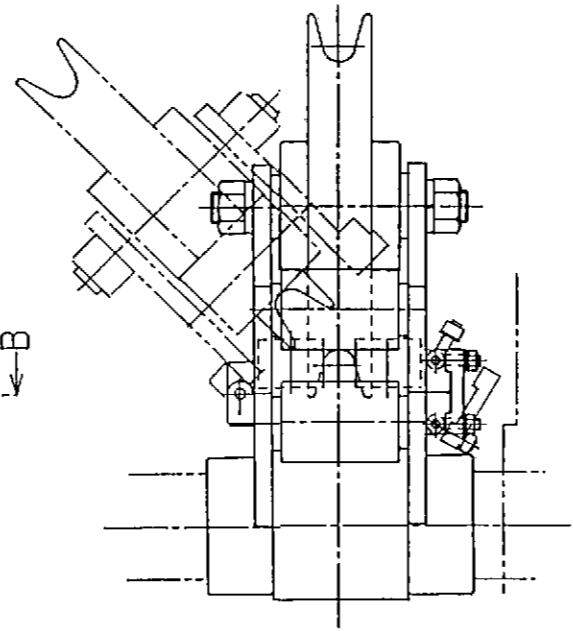
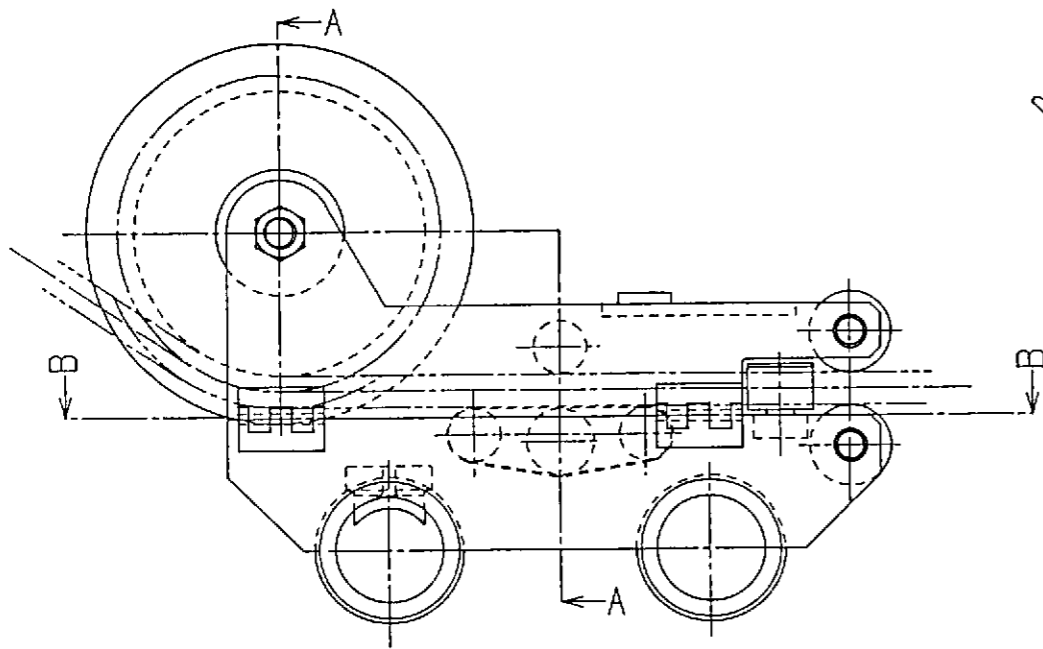
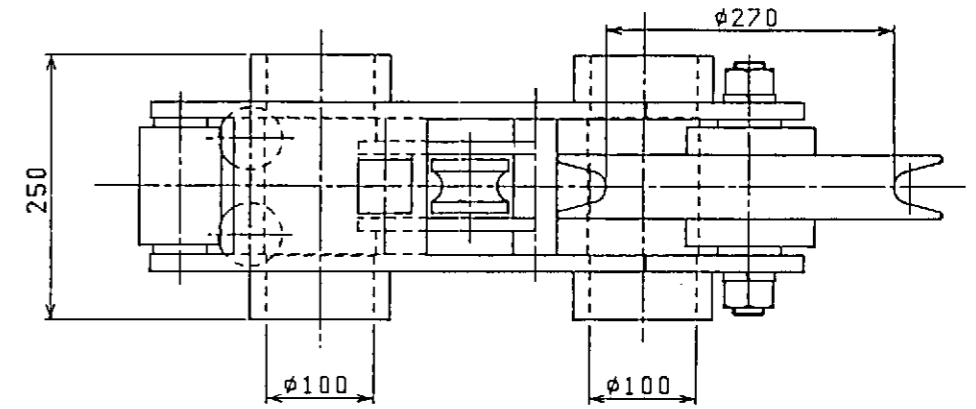


番号	名称	メーカー(材質)	型式(図面番号)	数量	備考
13	球軸受		#6000 DDU	1	
12	電線貫通金物	BsBM	20a	1	JIS F 8801
11	ブラッシュ	PbS&Ag		8	
10	ブラシ台	ハーク		2	
9	取付台	ハーク		8	
8	セパレーター	ハーク		8	
7	リング	BsBM		8	
6	枠	SS400P		1	
5	蓋(下)	SS400P		1	
4	蓋(上)	SS400P		3	
3	ケース	SS400P		1	
2	マウント	SS400P		1	
1	軸	SUS304		1	

設計	検図	承認	尺度	図番
			1/2	92M23E030
株式会社 基礎地盤コンサルタント株式会社 採水試験装置用ウインチ 図-6.2.G スリップリング構造				項目 品名 材料 数量 備考 スリップリング 1



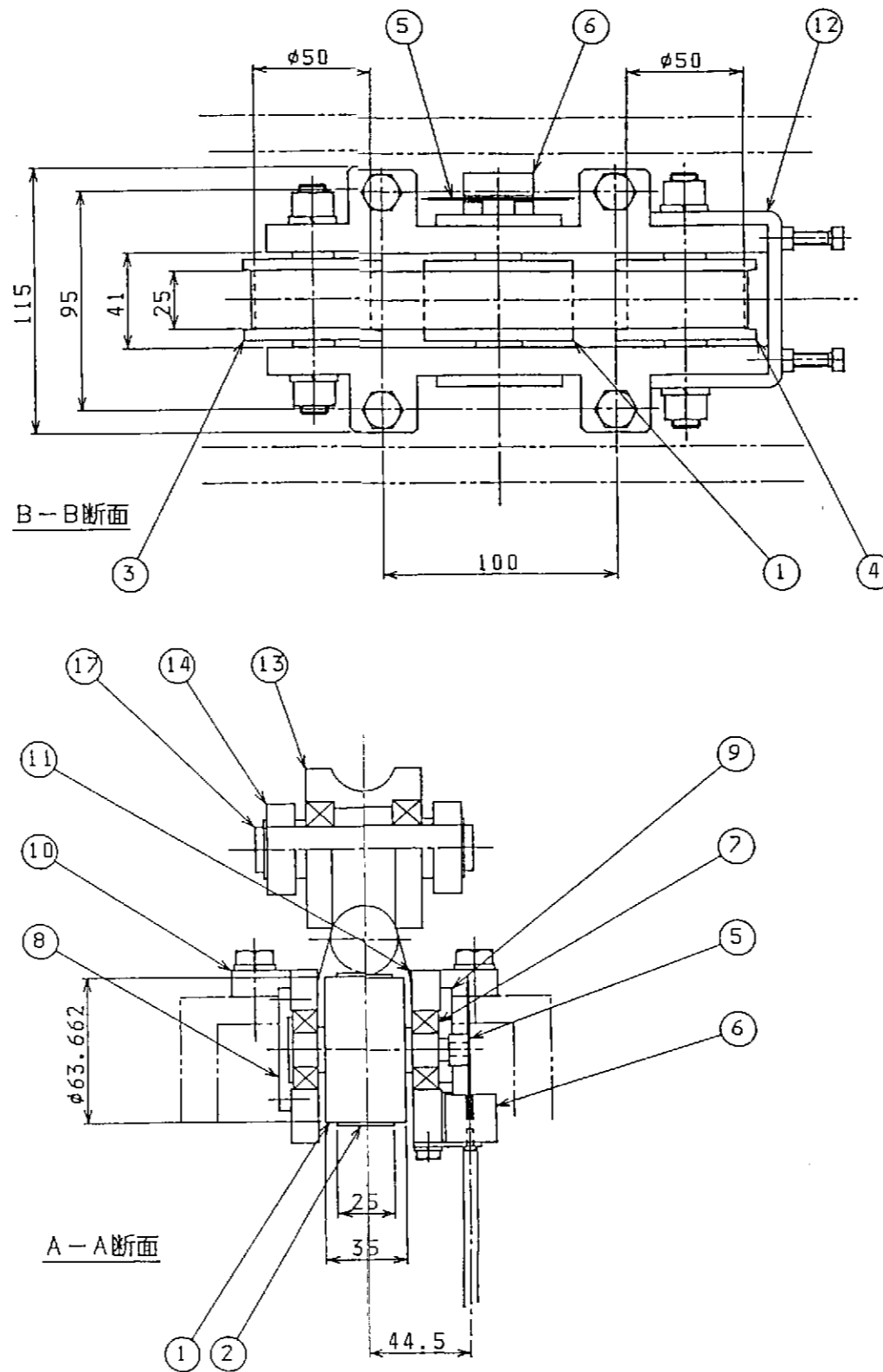
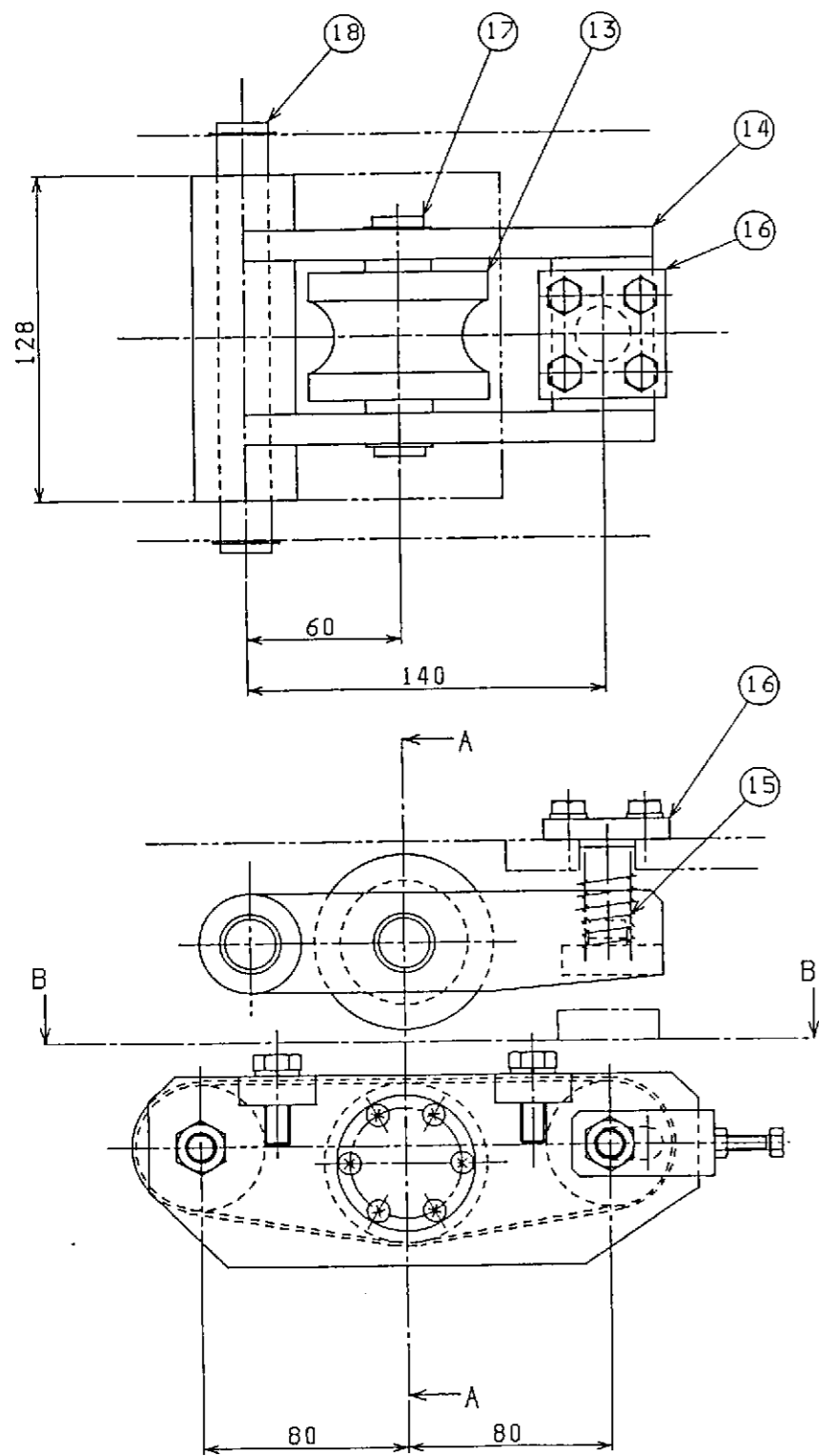
B-B断面



A-A断面

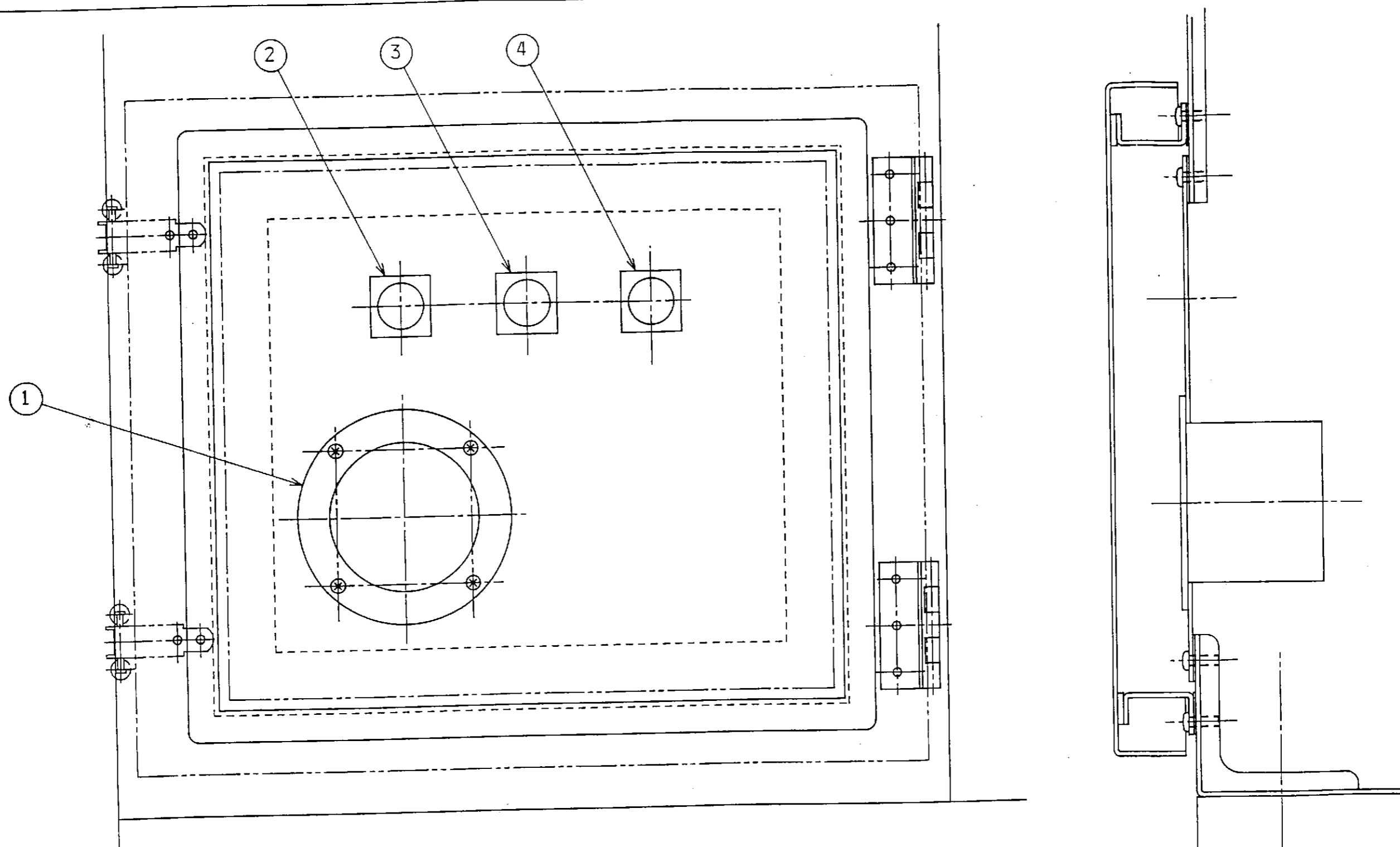
9	球軸受		#6210 DDU	2	
8	ホルダー	SS400B		1	
7	スライダー	SNC		1	
6	水平ロール	STKB		2	
5	縦ロール	STKB		2	
4	ガイドシーブ	SS400		1	
3	ロール台(上)	SS400P		1	
2	ロール台(下)	STKB&SS-P		1	
1	センサー部組立		92M23C020	1	
番号	名称	メーカー(附簡)	型式(図面番号)	数量	備考

		ガイドロール組立		1	
項目	品名	材質	個数	備考	
設計	検図	承認	尺度	図番	
			1/5		
監 基礎地盤コンサルタンツ株式会社				92M23C010	



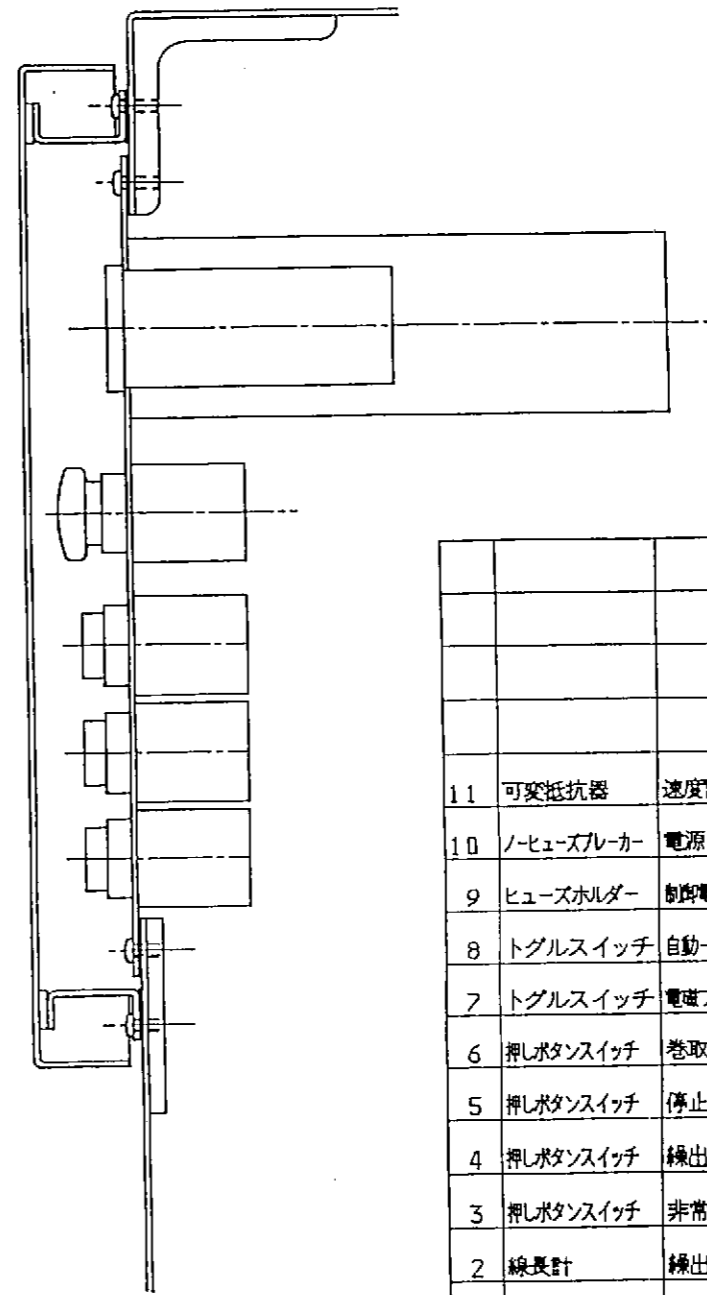
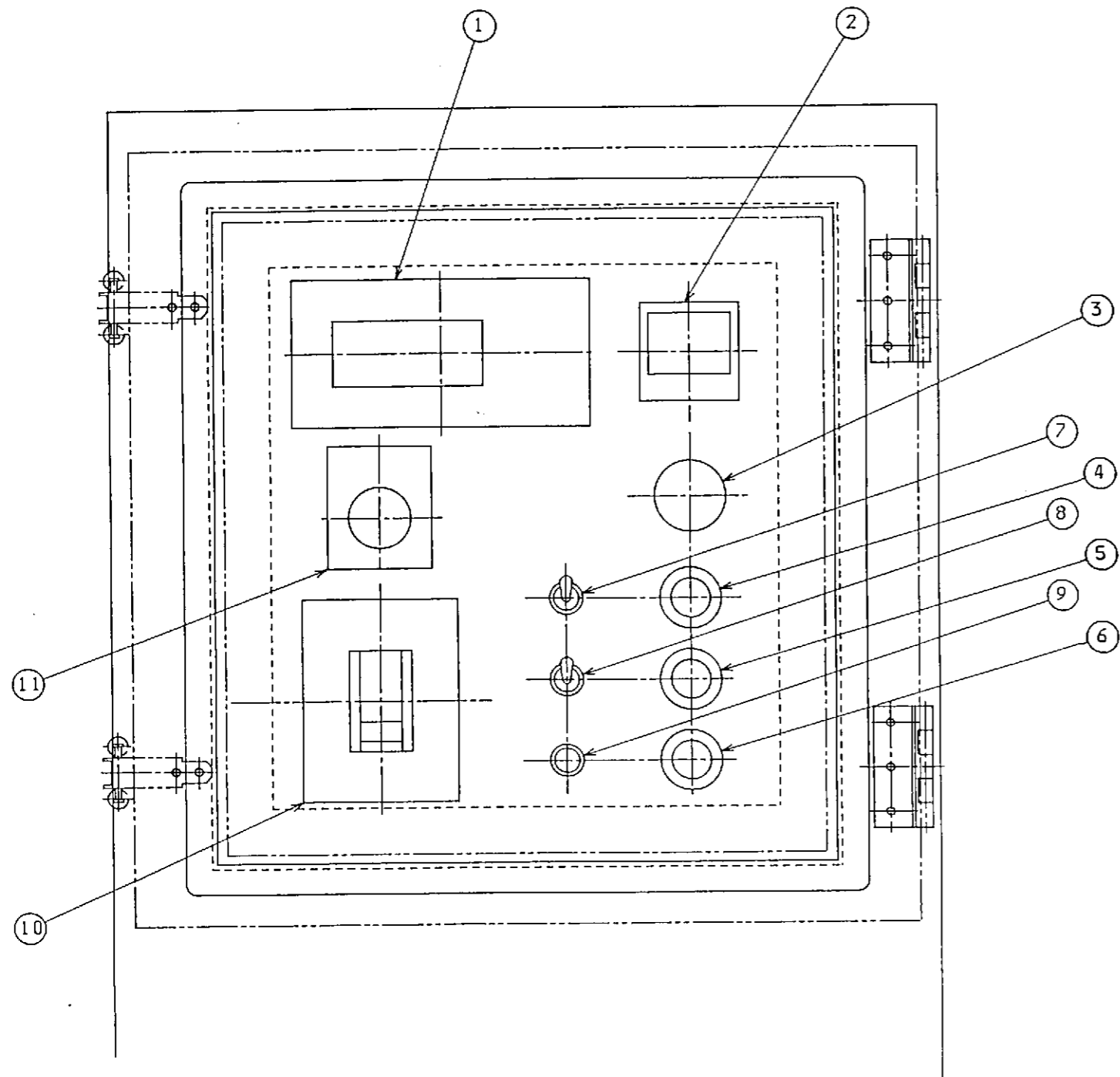
番号	名称	メーカー(材質)	型式(図面番号)	数量	備考
18	ピン	S45CB		1	
17	ロール軸	S45CB		1	
16	ばね押え	SS400		1	
15	押えばね	SWP		1	
14	押え棒	SS400		1	
13	押えロール	S45CB		1	
12	調整板	SS400P		1	
11	フレーム(L)	SS400P		1	
10	フレーム(R)	SS400P		1	
9	リテイナー(L)	SS400		1	
8	リテイナー(R)	SS400		1	
7	球軸受		#6202 ZZ	2	
6	センサー	ライン精機	WS-01	1	
5	スリット板	SS400		1	
4	調整ローラー	SS400B		1	
3	ローラー	SS400B		1	
2	検尺ベルト	三菱ベルト	25-FL-500	1	フレックススターベルト
1	検尺ロール	S45CB		1	

		センサー部組立		1	
		項目 品名 材質 個数 備考			
		名称 図-6.2.8 センサ部系用			
		採水試験装置用ウィンチ			
設計		校図	承認	尺度	図番
				1/2	
基礎地盤コンサルタンツ株式会社				92M23C020	



番号	名称	用途	メーカー (社名)	型式 (図面番号)	数量	備考
4	レセプタクル	線長計受信	七星	NJW-207-RF	1	
3	レセプタクル	ロードセル受信	七星	NJW-204-RF	1	
2	レセプタクル	信号送出	七星	NJW-2012-RF	1	
1	コンセント	電源	アメリカン電気	900	1	

接続パネル配置図				1	
項目	品名	材質	個数	備考	
図番	図-6.2.9 接続パネル配置図				
名称	採水試験装置用ウインチ				
設計	検図	承認	尺度	図番	
			1/2		
基礎地盤コンサルタンツ株式会社				92M23E021	



番号	名称	用途	メーカー(別)	型式(図面番号)	数量	備考
11	可変抵抗器	速度設定			1	
10	フューズブレーカー	電源	ナショナル	BAK-100AF-3P	1	10A
9	ヒューズホルダー	制御電源-10A	サトーパーツ	F-7105	1	
8	トグルスイッチ	自動-手動切替	日本開閉器	S-116	1	
7	トグルスイッチ	電磁ブレーキ解除	日本開閉器	S-116	1	
6	押しボタンスイッチ	巻取り	IZUMI	ABS111-G	1	
5	押しボタンスイッチ	停止	IZUMI	ABS111N-R	1	
4	押しボタンスイッチ	繰出し	IZUMI	ABS111N-G	1	
3	押しボタンスイッチ	非常停止	IZUMI	ABS320N-R	1	
2	線長計	繰出長検出	ライン精機	G48-322	1	自動運用+1(計2)
1	ロードセル表示計	張力検出	日本特殊機器	NTS-432	1	

項目				操作盤配置図		1	
名称				図-6.2.10 操作盤 西之電図		採水試験装置用ウインチ	
設計	検図	承認	尺度	図番			
			1/2	92M23E011			
基礎地盤コンサルタンツ株式会社							

## 7. ケーシングパイプの設計

### 7. 1 ケーシングパイプ

#### 7. 1. 1 ケーシングパイプの材質

ケーシングパイプの材質は強度、耐蝕性共に比較的優れている2相ステンレス工を使用する。

表4-4-2 2相ステンレス鋼の成分例

名 称	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo
SUS329J2L	≤0.03	≤1.00	≤2.00	21.00~23.00	4.50~6.50	2.50~3.50
代 表 値	0.02	0.48	1.75	21.88	5.15	2.93

但し、同規格のすきま腐食試験CCT測定結果(8%FeCl<sub>2</sub>)によると20℃以上で腐食が認められている。

#### 7. 1. 2 ケーシングパイプの形状

ケーシングパイプの形状を図7-1-1に示し、ねじ部の形状は図7-1-2に示す。

表7-1-1 形状寸法

寸法 mm			重量 kgf	
外 径	内 径	長 さ	1 m 当 り	3 m 1 本 当 り
69.5	60.0	3.0	7.63	22.90

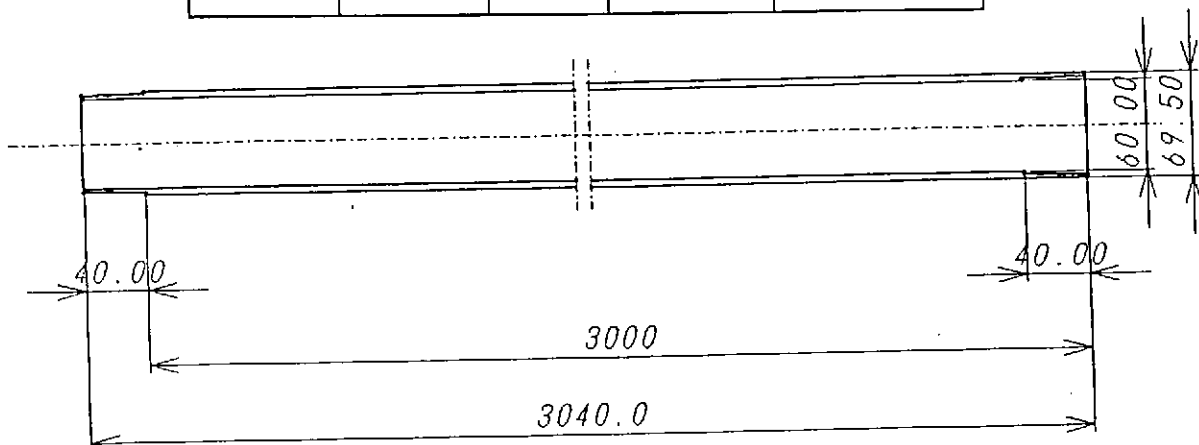
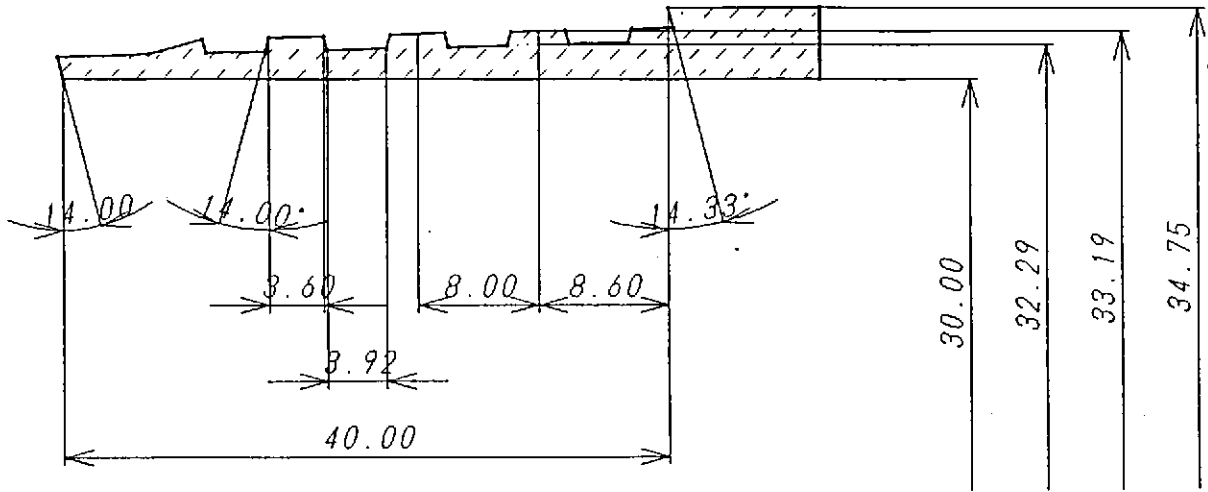
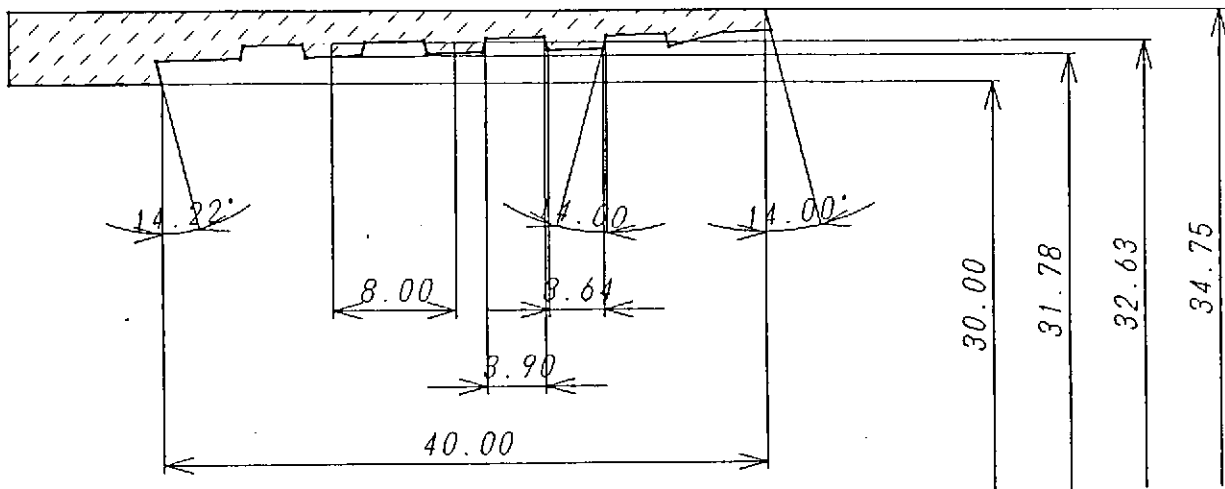


図7-1-1 ケーシングパイプの形状



(a) 雄ねじ詳細



(b) 雌ねじ詳細

図7-1-1 ケーシングパイプの形状

### 7. 1. 3 ケーシングパイプの強度及び伸び

ケーシングパイプの引張り強度はねじ部の肉圧で決定される。

雄ねじ 外径 =  $64.62 \pm 0.1 \text{ mm} \approx 64.52 \text{ mm}$

内径 =  $60.00 \pm 0.1 \text{ mm} \approx 51.00 \text{ mm}$

断面積 =  $347.0 \text{ mm}^2$

雌ねじ 外径 =  $69.50 \pm 0.1 \text{ mm} \approx 69.40 \text{ mm}$

内径 =  $65.40 \pm 0.1 \text{ mm} \approx 65.30 \text{ mm}$

断面積 =  $433.8 \text{ mm}^2$

引張り強さは、0.2%伸びでの耐力を  $56 \text{ kgf/mm}^2$  とすると、

雄ねじ  $T = 347.0 \times 65 = 22,560 \text{ kgf}$

雌ねじ  $T = 433.8 \times 65 = 28,200 \text{ kgf}$

破断強度を  $77 \text{ kgf/mm}^2$  とすると、

雄ねじ  $T = 347.0 \times 77 = 26,720 \text{ kgf}$

雌ねじ  $T = 433.8 \times 77 = 33,400 \text{ kgf}$

となる。

引張り耐力  $56 \text{ kgf/mm}^2$  では0.2%の伸び ( $E = 2.8 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$  相当)が  
発生することになり、

耐力限界での100m当り伸び  $d = 2.0 \text{ cm}$

自重による100m当り伸び  $d = (763/2 \times 10000) / (9.66 \times 2.8 \times 10^5)$   
 $= 0.14 \text{ cm}$

熱膨張による100m当り伸び  $d = 100 \times 13.1 \times 10^{-6} \times 5^\circ\text{C/m}$  (地温勾配  $5^\circ\text{C/m}$ )  
 $= 0.66 \text{ cm}$



## 7. 2 ケーシングホルダー

ケーシングホルダーは、確実性、操作性の面からワイヤーラインで使用されているものを採用する。

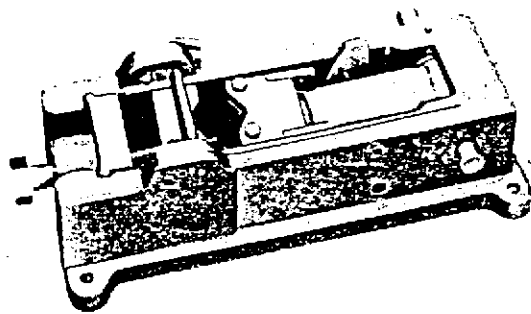
ケーシングサイズはNQと同規格であり、ケーシングに沿ってホース類を這わせることは無いため、ボーリングで使用されているものがそのまま流用可能である。

図7-2-1にホルダーの概要を示す。

## 7. 3 スイベル

スイベルもホルダーと同様、既にボーリングで使用されているものを流用する。

図7-3-1にスイベルの概要を示す。



## ロングイヤー式セーフティクランプ

本器は、1セットのV型のジョーで広い範囲のロッドおよびケーシングに使用できます。ジョーには超硬合金の粒子を熔着し、強力な保持力を得るよう設計製作されております。操作は足踏み式で簡便で、また確実に作動します。

形 式	S形	LH形
保持能力	2Ton	5Ton
使用可能ロッドサイズ	XRT~BQ 33.5~50	BQ~HQ 50~60
ケーシングサイズ	XRT~AX 43~57	AX~NQ 57~94

(株) エヌ エル シー

品 番	品 名	数	材質・寸法	摘 要
図 番		図 名	図7-2-1 ケーシングホルダー	
年月日	/ /	設 計		検 図
尺 度	/	製 図		承 認
個 数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		




ホイスティングプラグ

● ホイスティングプラグ (ホイスティングスイベル)

ホイスティングプラグは、ボーリングロッドやケーシングチューブの昇降時に使用される器具で、ロープソケットと接続して用います。

形 式	適 合 ロ ッ ド	吊上げ能力 ton
HP-2.5	40.5, 50, AW, BW, NW, HW, F7B, F9B, F10, KAQ, KBQ	2.5
HP-6	50, AW, BW, NW, HW, F7B, F9B, F10, F12	6
HP-11		11
HP-15	KAQ, KBQ, KNQ, KHQ, K116Q	15
HP-20		20
HP-25	57S, 76.5S, 96.5S, 117S	25
HP-30		30

鉾研工業 (株)

品 番	品 名	数	材質・寸法	摘 要
図 番		図 名	図 7-3-1 スイベル	
年月日	/ /	設 計		検 図
尺 度	/	製 図		承 認
個 数		 基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

## 8 機能制御・データ収録装置の設計

### 8. 1 通信回路構成

#### (1) 概要

1)孔内に懸垂された孔内ユニットと地上部にある制御装置との間を取り持つのが通信回路機能で、孔内ユニットのそれぞれは排水・採水や結合等の役目を担っていて、採水計画によっては単独で試験制御・各機能が動作しなくてはならない。

例えば、個々の動作テストや機能確認、各センサーのキャリブレーション等ではユニット毎に行う内容が異なり、それぞれの動作モードが必要となる。

また、時には別の新たな発想の装置が参入し、それを受け入れて制御できるシステムが最適である。

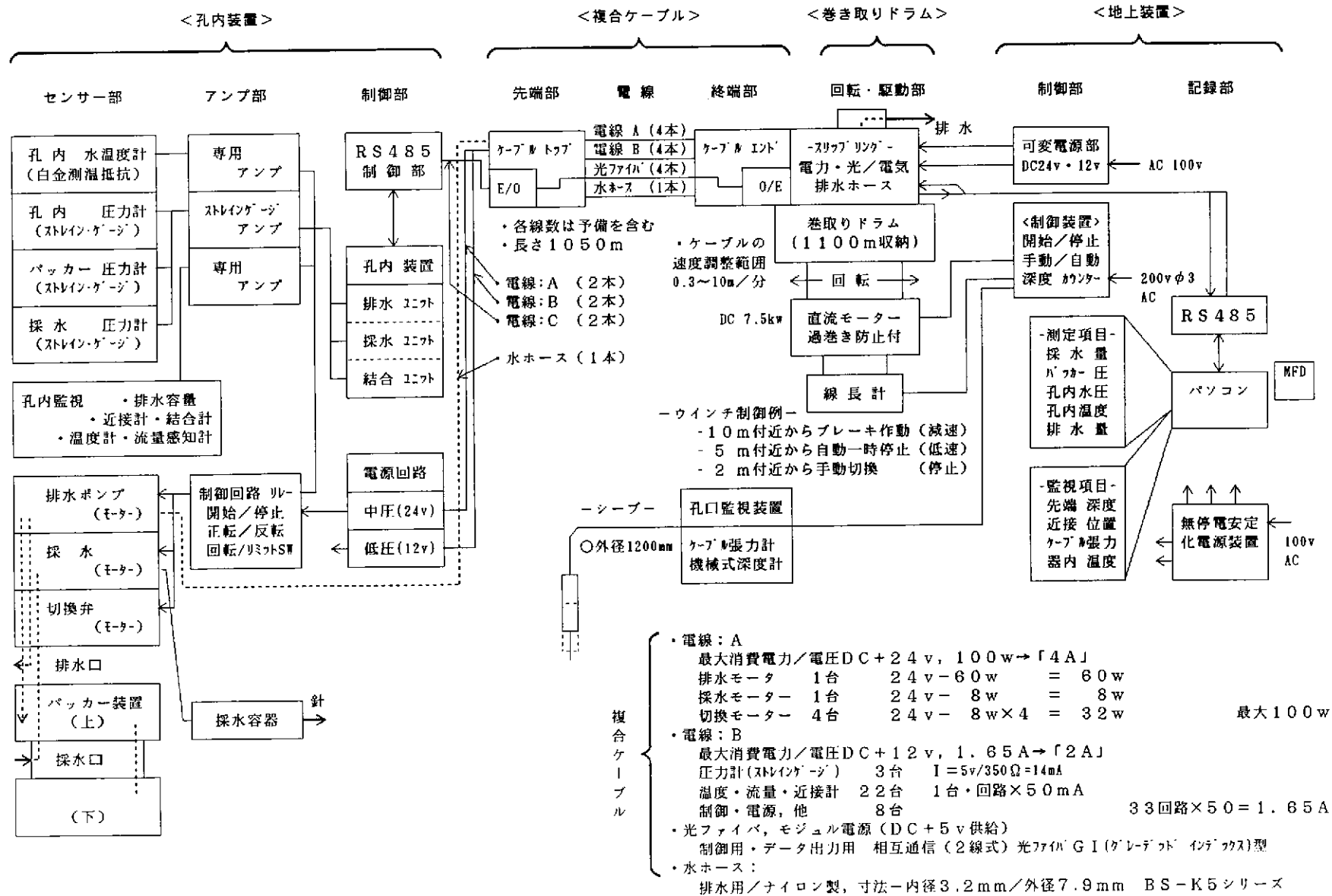
2)一般的に遠隔制御する方法は、①直接、個々に行う方法、②同時あるいは逐次処理する方法、③細かい動作は自己制御・判断する方法、などがある。ここでは、前出の理由から単独に制御が行え、なおかつ組み合わせが代わっても支障なく作動ができ、また別の装置が付加されても可能な方法として③を選択する。

3)通信回路は、各ユニット毎に制御回路を保有して、地上装置との通信手段は光ファイバケーブルを替えして行ない、他のユニット間との制御・作動はそれぞれ分岐接続された形態で相互間の通信が可能となるRS-485とした。その規格を選択することで、同時に最大32組のユニット接続が可能となる。採水装置の回路構成を 図-8. 1. 1 に示す。

図-8.1.1 採水装置回路構成図

'92-10/23 (V.5)

'92-12/25 A



## (2) 通信構成

本装置の通信構成を 表-8. 1. 1 に示す。これらに他に、送信した信号の誤り検出のためのパリティチェック機能が必要となる。

表-8. 1. 1 通信構成

内 容	制御/データ伝送
伝 送	シリアル伝送 (光ファイバ→2本)
通 信	全二重通信 (同時通信)
回 線	4線式→送信・受信 (2)
形 態	分岐回線 (最大32組の分岐可能)

なお、これらは以下の著書から引用した。

「トランジスタ技術 SPECIAL NO.8」

特集：データ通信技術のすべて

—シリアル・インターフェースの基礎からモデムの設計法まで—

1991. 5. 20 発行, CQ出版(株)

## (3) RS-232C規格

一般にRS-232Cでは次の様な点が問題とされていて、それらは、

- ① 伝送速度が遅い
- ② 伝送距離が短い
- ③ 対ノイズ性が不十分
- ④ ±12Vの電源が必要 などである。

#### (4) RS-485規格

1)シリアルインターフェースのRS-232CはアメリカのEIA（アメリカ電子工業会）がCCITTのV.24, V.28勧告に基づきDTE（データ端末）とDCE（回線終端装置）とのインターフェース条件を決めた規格で、国内ではJIS-C6361と機能的に互換性がある。

RS-232Cの規格ではデータ処理システムの高速化、長距離化に対応できなくなり、EIAが新しく規定したインターフェースがRS-422A, RS-423A。さらに、発展してRS-422が1対1の伝送に適用されるのに対して、RS-485はバス方式に適用可能なインターフェース規格となっている。

#### 2)特長

一般に広く使われているシリアルインターフェースのRS-232Cと比較して、特長を以下に示した。

①基本的には同じで、マルチドロップ（1本のライン上に32組のドライバー／レシーバーを接続すること）が可能。

③平衡伝送で耐ノイズ性が向上し、長距離伝送に耐える。

一方、その反面、留意する事柄は

①伝送回路は両側で終端し、ドライバーは両側の終端を駆動する電流容量が必要。

②非送信時はハイ・インピーダンスとならなければいけない。

③レシーバーが多く接続されれば、入力インピーダンスを高くする必要がある。

### 3)電气的特性

電气的特性を 表-8. 1. 2 に示す。

表-8. 1. 2 電气的特性

項 目		RS-232C	RS-422A	RS-423A
ド ラ イ バ イ	動 作	不平衡	平衡	不平衡
	最大伝送長	15 m	1200 m	600 m
レ シ バ イ	データ・レート	20 kボー	10 Mボー	300 kボー
	無負荷出力	25 v以上	6 v以上	
	負荷出力	5~15 v	2 v以下	3.6 v以下
レ シ バ イ	入力抵抗	3 k~7 kΩ	4 kΩ以下	
	スレッシュホールド*	-3~+3 v	-0.2~+0.2 v	
	入力最大電圧	±25 v	±12 v	

RS-485はRS-422と同等

#### (5) 通信プロトコル

データ通信を行うための諸条件を完全に一致させておく必要があり、それらの項目を列記した。

たとえば、①通信速度

- ②データ・ビット長
- ③ストップ・ビット長
- ④パリティ・ビットの有無と種類
- ⑤伝送コード
- ⑥同期方式
- ⑦通信方式
- ⑧XON/XOFF
- ⑨SI/SO制御
- ⑩漢字コード            などで、

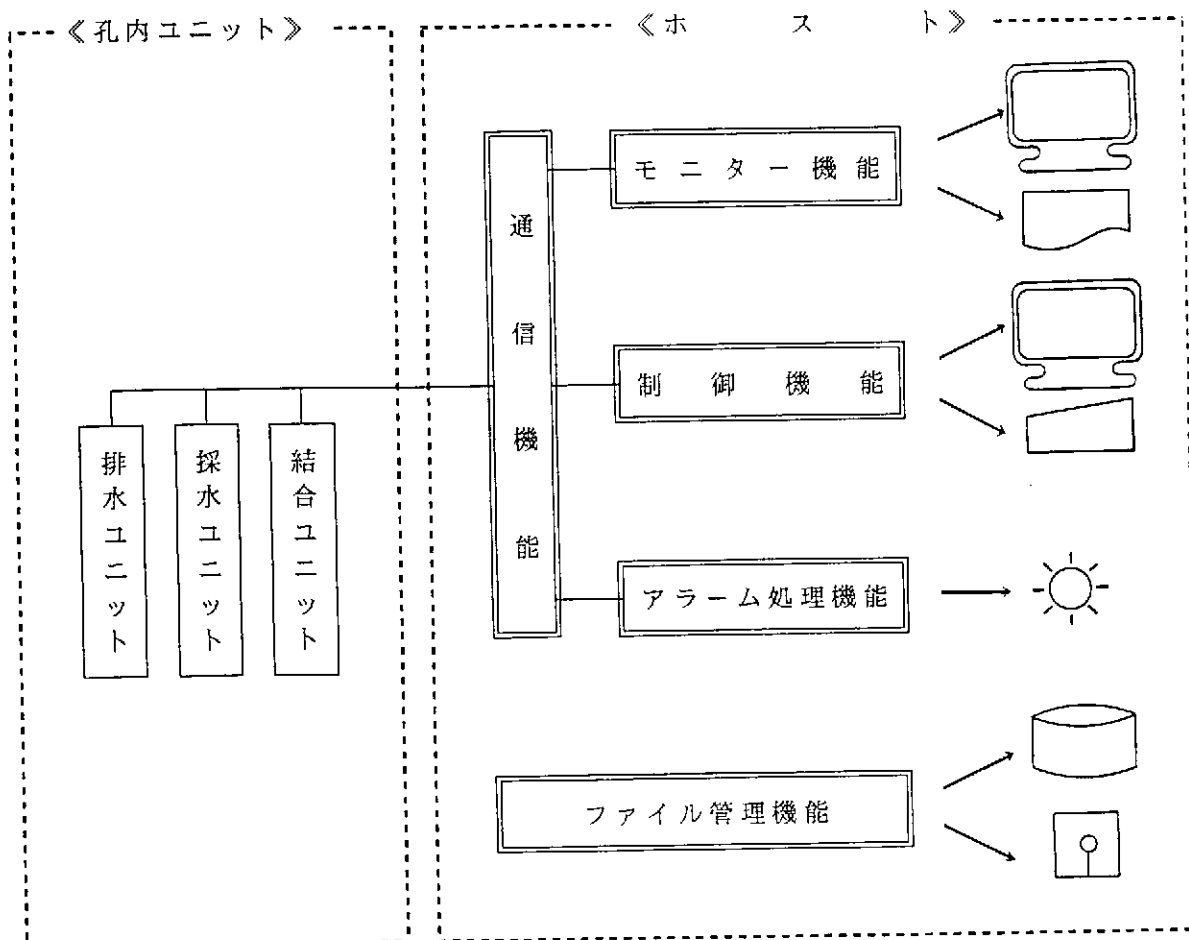
この他には、伝送制御手順の有無とその種類などがある。



## 8.2 制御・収録システムの設計

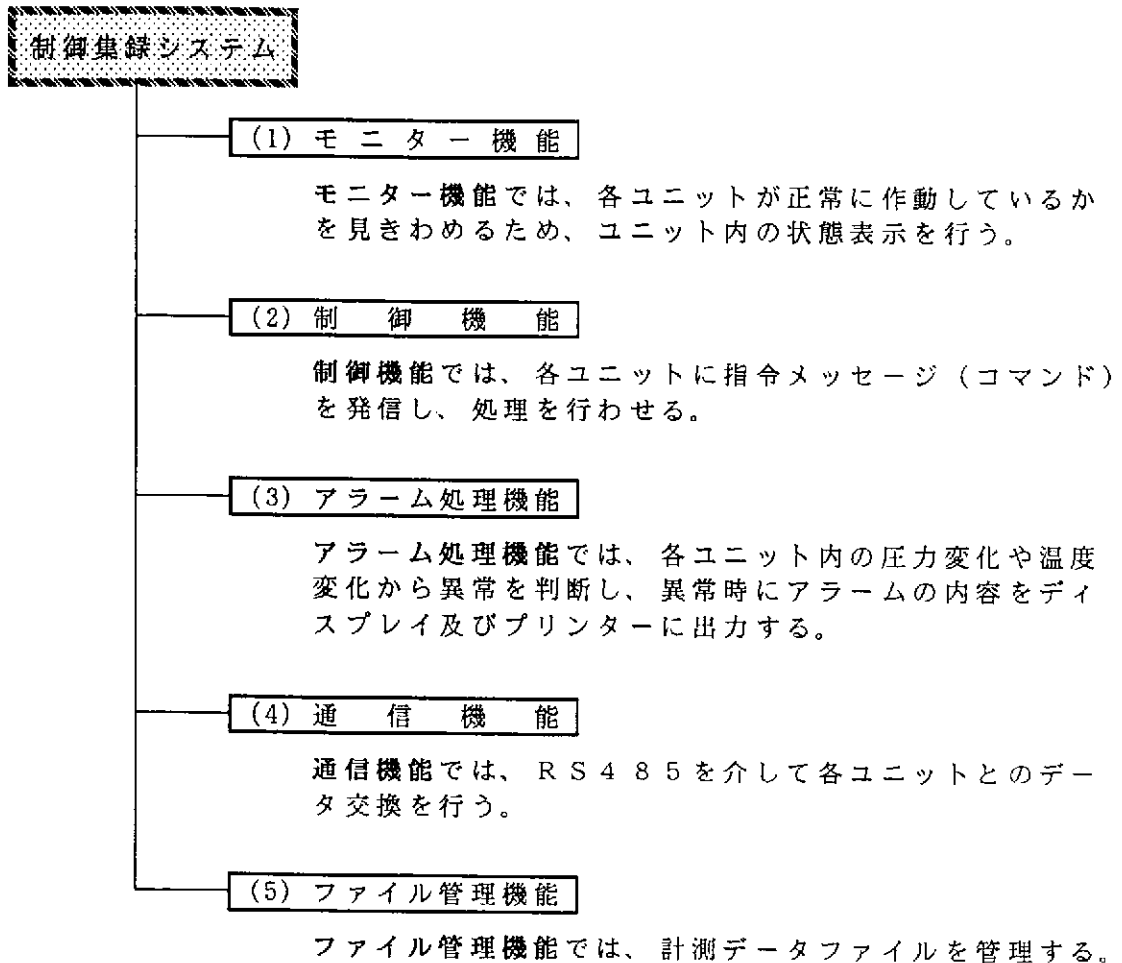
### 8.2.1 概要

#### 1 機能構造図



## II システムの機能説明

『制御集録システム』の機能は以下に示す図のように5つの機能からなっている。



### (1) モニター機能

ユニット内の状態表示を行う、モニター機能には以下のものがある。

- ① 圧力経時変化 …… 3つの圧力センサー（P1～P3）から信号を受け取り、排水・採水・パッカーの圧力をグラフ表示して、監視する。
- ② 温度経時変化 …… 各ユニットの温度センサーから信号を受け取り、排水ユニット・採水ユニット・結合ユニット内の温度をグラフ表示及び数値表示し、監視する。
- ③ 回路表示 …………… 各ユニットのバルブや水流などの現状態を回路表示して、監視する。

## (2) 制御機能

制御機能のコマンドの種類には以下のものがある。

### ■コマンドの種類

ユニット名	コマンドの種類
排水ユニット	①上に排水 ②外に排水 ③パッカー注水 ④パッカー排水 ⑤洗浄 ⑥データ要求 ⑦非常停止 ⑧プログラム・ダウンロード要求
採水ユニット	①採水開始 ②採水終了 ③データ要求 ④非常停止 ⑤プログラム・ダウンロード要求
結合ユニット	①バルブ切り替え (0, 1, 2, 3) ②データ要求 ③非常停止 ④プログラム・ダウンロード要求

## (3) アラーム処理機能

各ユニット内の圧力変化や温度変化から異常を判断し、異常が発生した場合は、アラームの内容をディスプレイ及びプリンターに出力する。

## (4) 通信機能

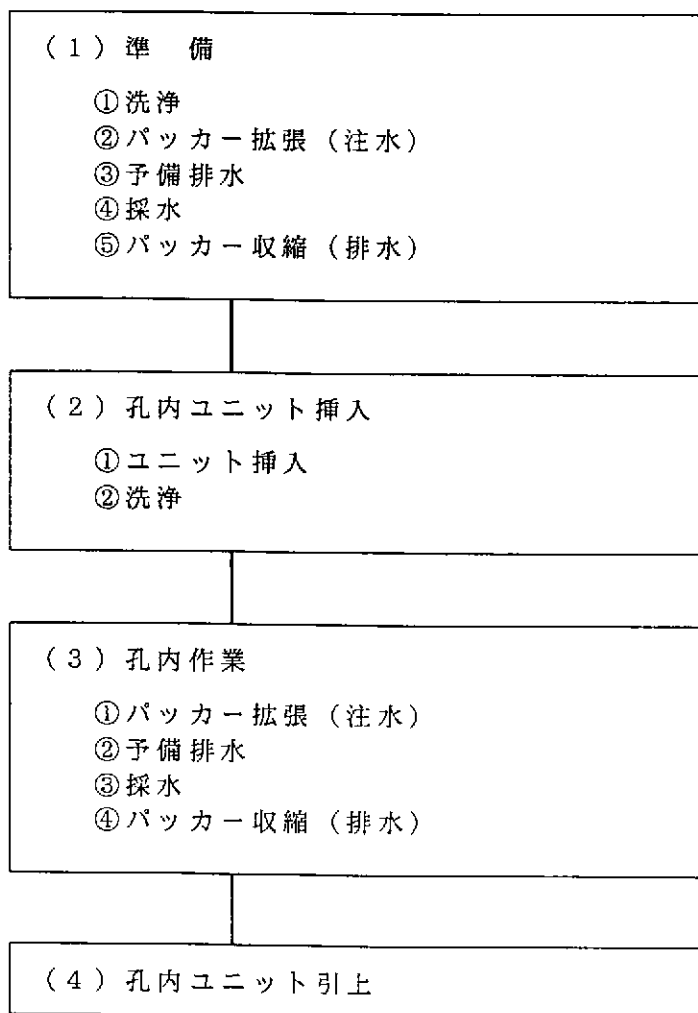
RS485を介して各ユニットとのデータ交換を行う。ホストから各コマンドに送るデータには各種指令やダウンロードプログラムのデータがあり、ユニットからホストに送るデータには指令に対する応答メッセージがある。

## (5) ファイル管理機能

データファイルに計測データを保存する。  
計測されたデータは1分ごとにデータファイルに保存される。

### Ⅲ 操作フロー

一連の作業は「(1) 準備」から「(4) 孔内ユニット引上」までの4つのフェーズから成り、各フェーズでは一つまたは複数の作業を行う。フェーズの選択及び作業開始の指示は利用者が行う。



### Ⅳ 動作環境

#### (1) ハードウェアの条件

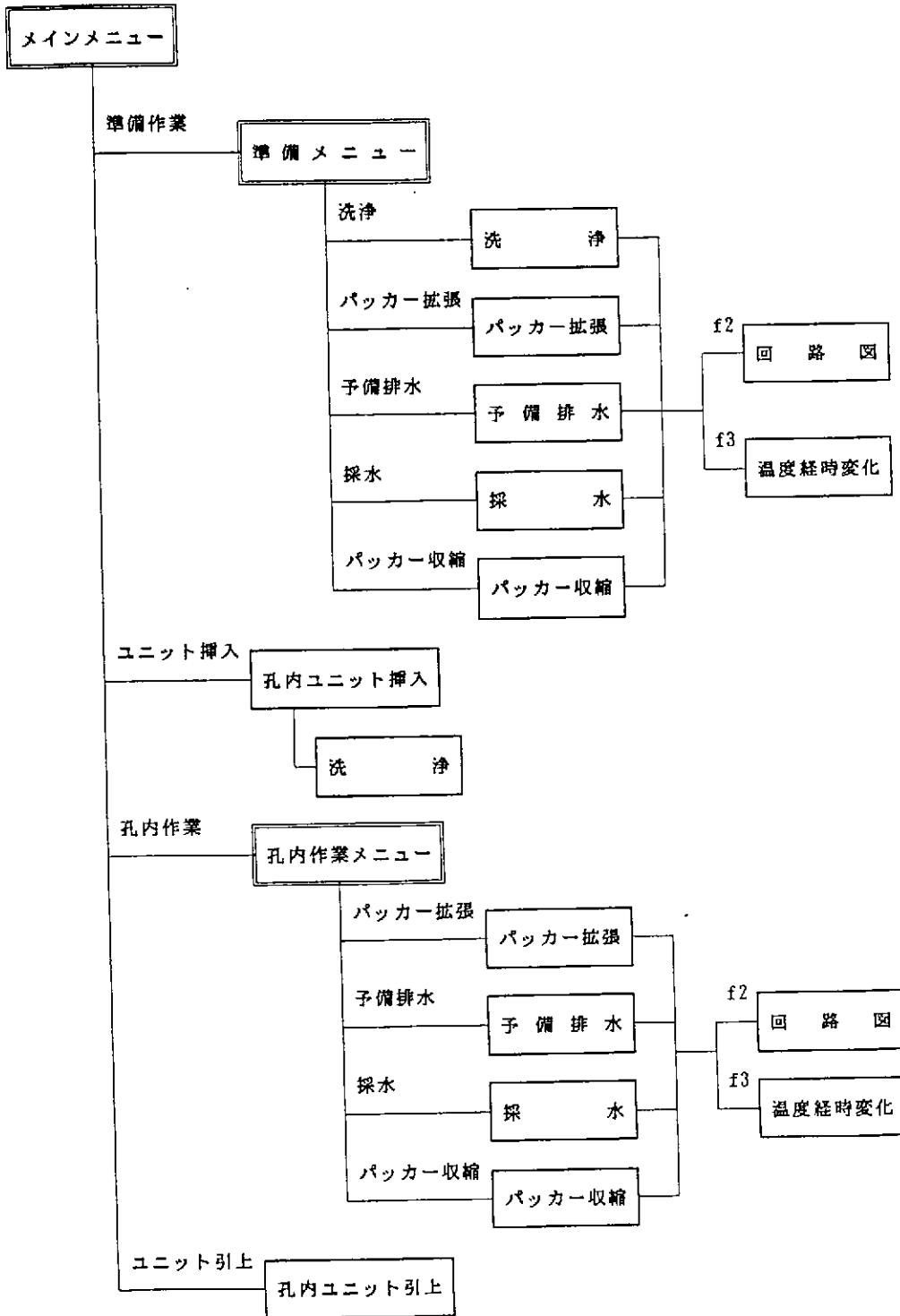
- ① 24時間継続運転が可能なもの
- ② 電源ダウン監視機能付きのもの  
(バックアップ電源: 10分以上)
- ③ メモリ: 640KB以上
- ④ ハードディスク: 空容量 10MB以上
- ⑤ プリンター: 15インチ日本語シリアルプリンター

#### (2) ソフトウェアの条件

- ① OS: MS-DOS (Ver 3.3)

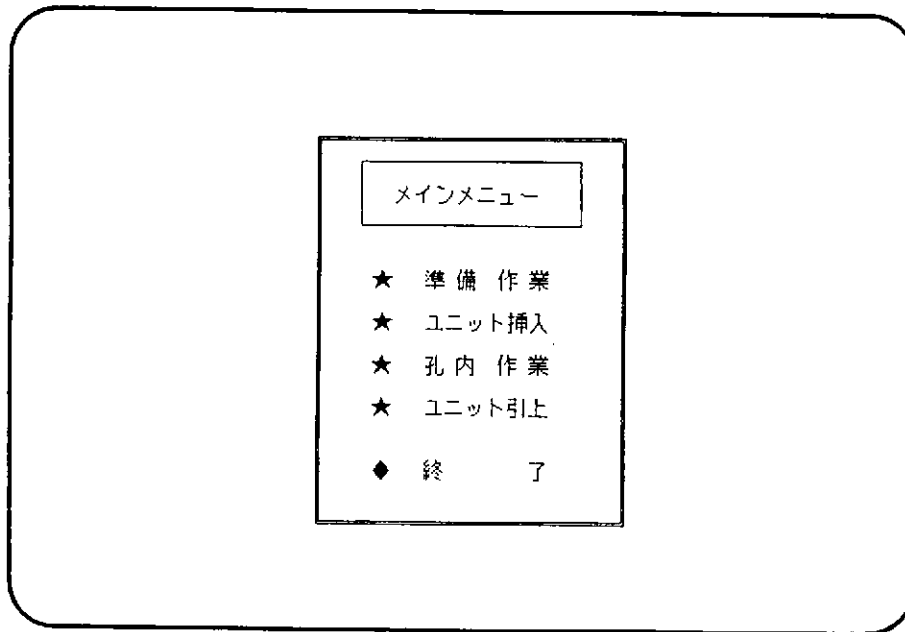
## 8. 2. 2 画面仕様

### I 画面構造図



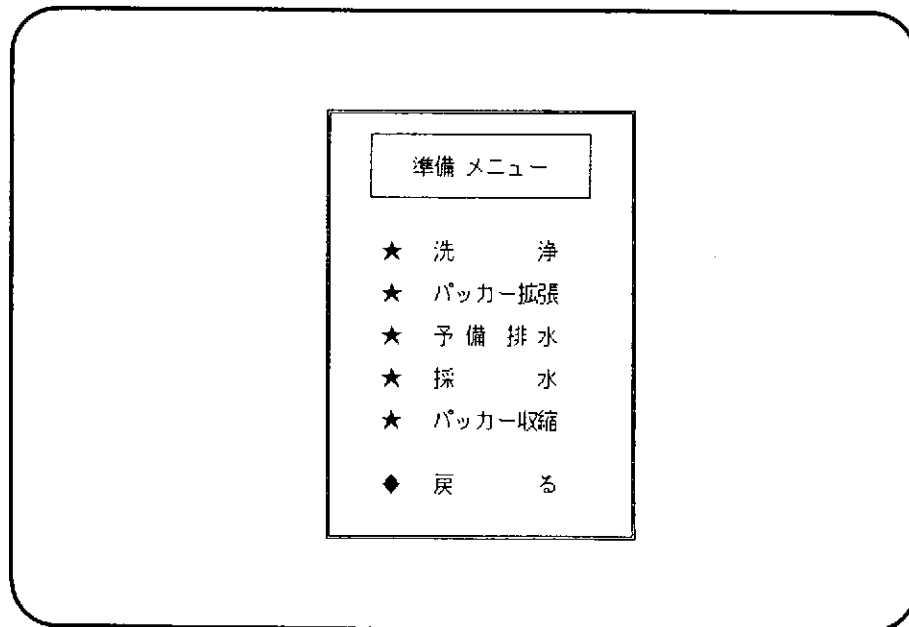
## II 画面説明

### (1) メインメニュー



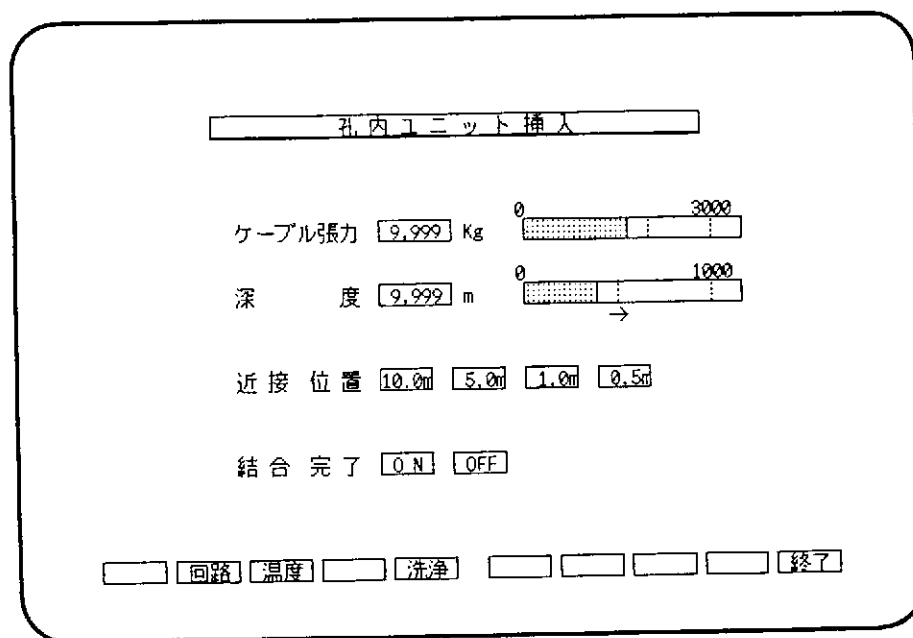
- ・ 項目の中から処理を選択する。

### (2) 準備メニュー



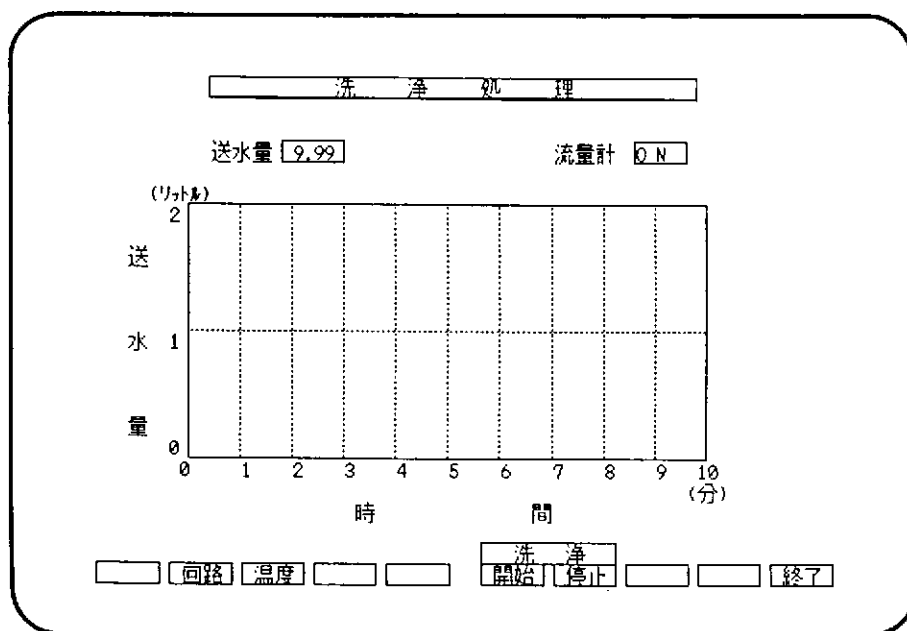
- ・ 項目の中から処理を選択する。
- ・ 準備メニューの各項目内容については、(3) 孔内ユニット挿入以降で説明されている該当項目と同様である。ただし、準備作業は地上で行うものであるため、準備作業の場合はの圧力の上限を10Kgとする。

(3) 孔内ユニット挿入



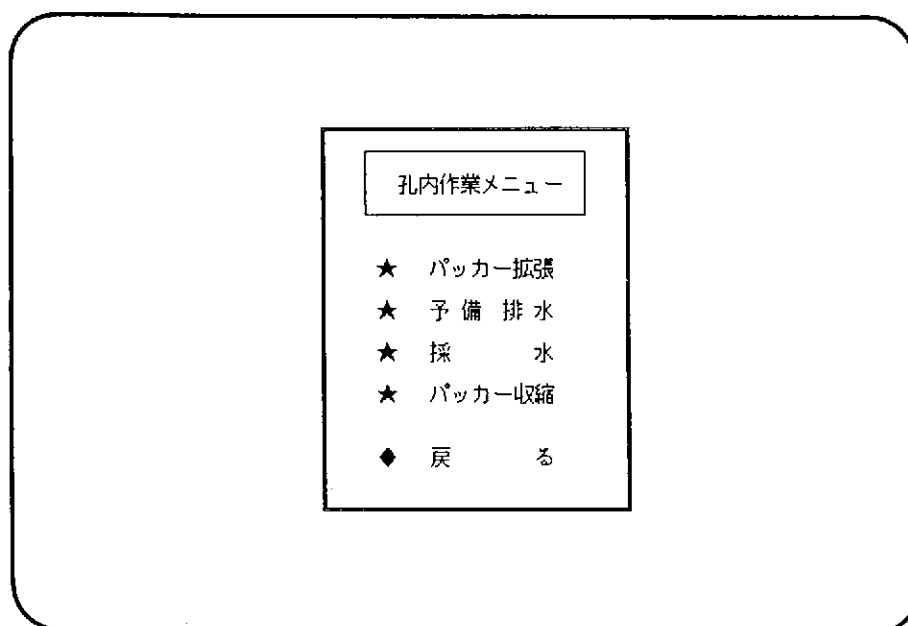
- ・ 孔内ユニット挿入時に表示される。
- ・ 近接センサーによって、孔内ユニットの現在位置を確認し、オペレーターが挿入速度を調節する。
- ・ 張力計から信号を受け、ケーブル張力を表示する。
- ・ 深度計から信号を受け、深度を表示する。
- ・ 各深度ごとの近接センサーから信号を受け、通過した地点を表示する。
- ・ [洗浄] を押すと、洗浄処理画面が表示される。
- ・ 結合センサーから信号を受け、結合すると結合完了が、ONになる。

(4) 洗浄



- ・ 洗浄を行うときに表示する。
- ・ [開始]を押すと結合ユニット内のバルブが調節され、ポンプからの送水が開始される。[停止]を押すとポンプからの送水が停止する。
- ・ 洗浄する水の送水量を経過時間によってグラフ表示する。
- ・ 送水量 (y 軸) の目盛りは0~2ℓ、時間 (x 軸) は10分で固定する。
- ・ 現在の送水量を画面上に数値で表示する。
- ・ 流量計のON/OFFを画面上に表示する。

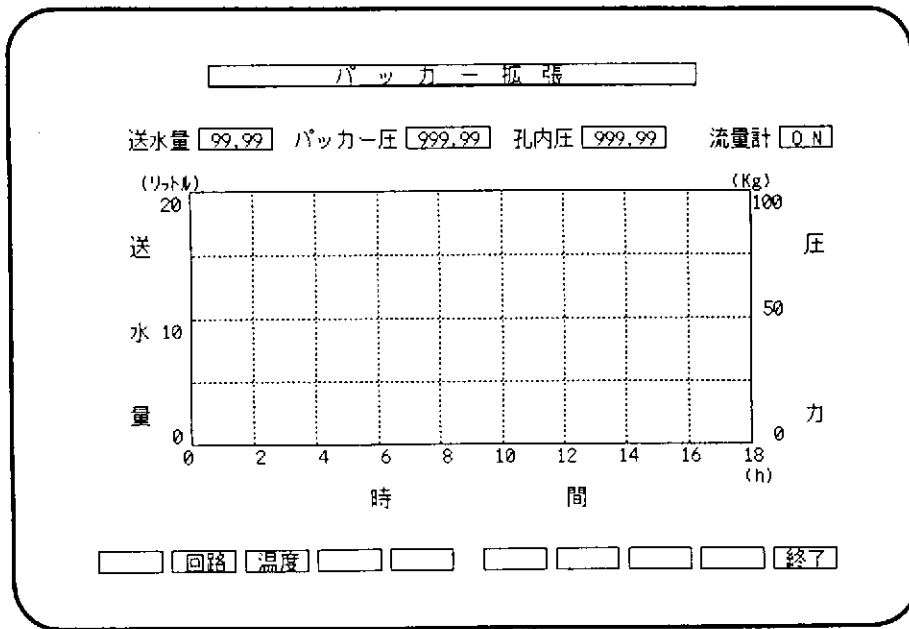
(5) 孔内作業メニュー



- ・ 項目の中から処理を選択する。

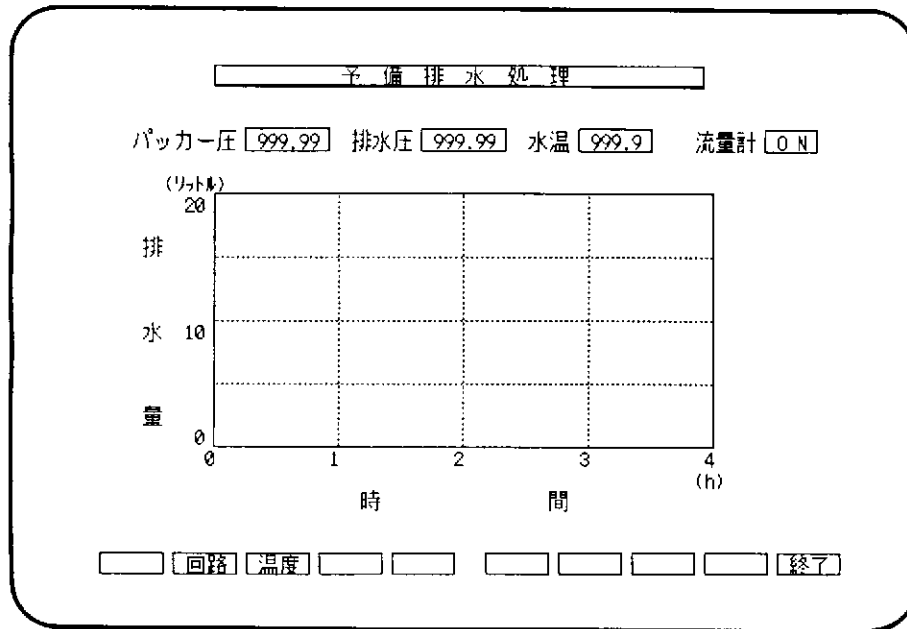


(6) パッカー拡張



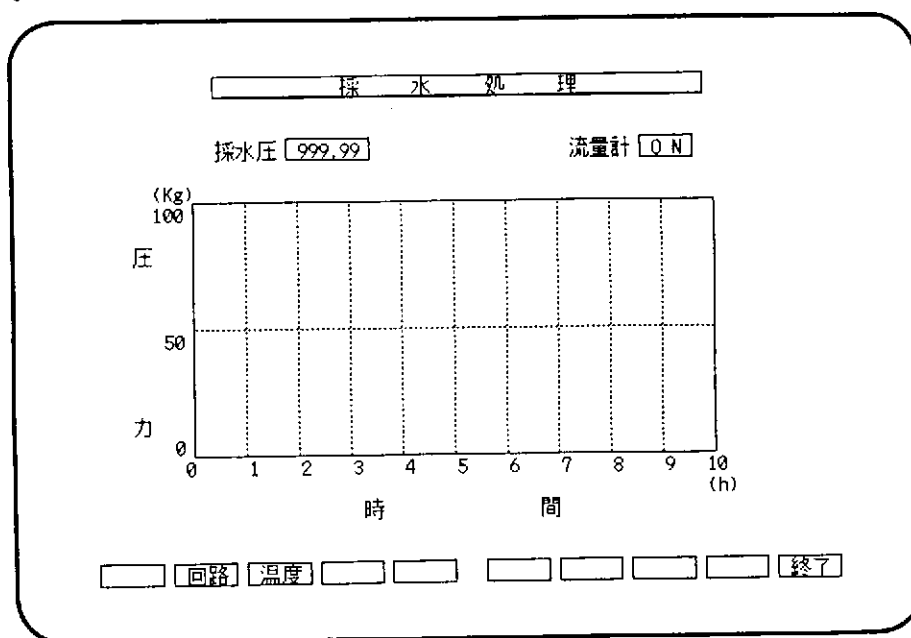
- ・ パッカーユニットのパッカーに送水し、パッカーが拡張されている間表示される。
- ・ ポンプからの送水量とパッカー圧力及び孔内圧力を経過時間によってグラフ表示する。
- ・ 送水量（y軸）の目盛りは0～20リットルで固定とする。
- ・ 圧力（y軸）の目盛りは、ポンプ始動時は0～100kgとする。パッカー圧力と孔内圧力が同じになった時点で、その時の圧力を5kg単位で丸めた数値を原点の値とし、+20kgした数値をy軸の上限として目盛りを書き換える。
- ・ 経過時間（x軸）の目盛りはポンプの始動時は0～6時間とする。さらに、6、9、12、15、18時間と、3時間経過するごとに目盛りの値が3時間ずつ増えていくようにする。  
(0～6時間 → 0～9時間 → 0～12時間)
- ・ 現在の送水量、圧力を画面上に数値で表示する。
- ・ 流量計のON/OFFを画面上に表示する。
- ・ パッカー圧力の上限規定値を設定し、値を超えた場合は自動的に送水が停止される。

(7) 予備排水



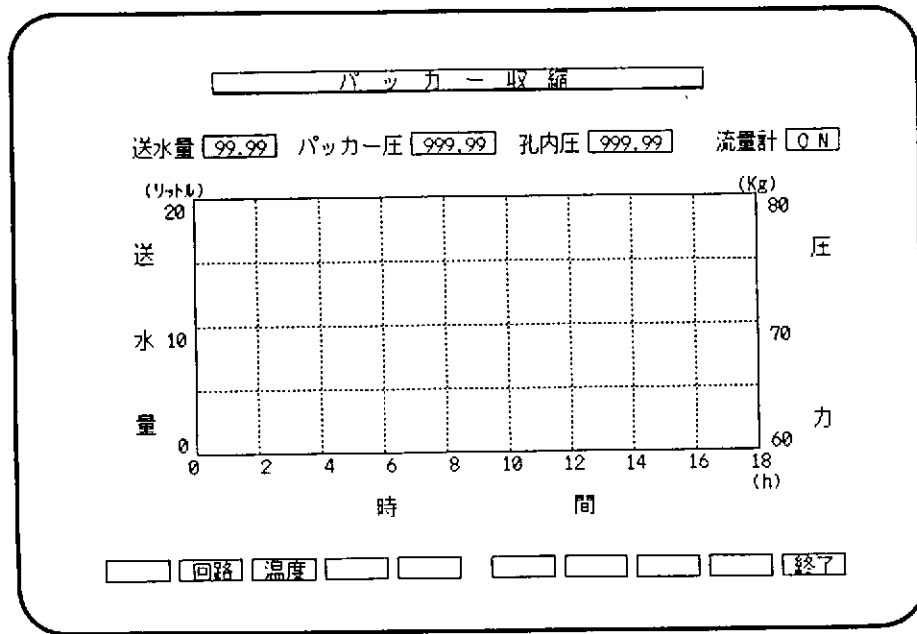
- ・ 地下水の排水を行う時に表示される。
- ・ 排水量を経過時間に従ってグラフ表示する。
- ・ 排水量 (y 軸) の目盛りは 0~20 ℓ で固定とし、20 ℓ を超えると目盛り幅は変えずに 5 ℓ 単位でグラフが上にスクロールする。  
(0~20 ℓ → 5~25 ℓ → 10~30 ℓ)
- ・ 経過時間 (x 軸) の目盛りは 0~4 時間とし、4 時間を経過すると目盛り幅は変えずに 1 時間単位で画面が右にスクロールする。  
(0~4 時間 → 1~5 時間 → 2~6 時間)
- ・ 現在のパッカー圧力、排水圧力、水温を画面上に数値で表示する。
- ・ 流量計の ON/OFF を画面上に表示する。
- ・ 計測結果のグラフは 4 時間ごとにプリンターに自動出力される。

(8) 採水



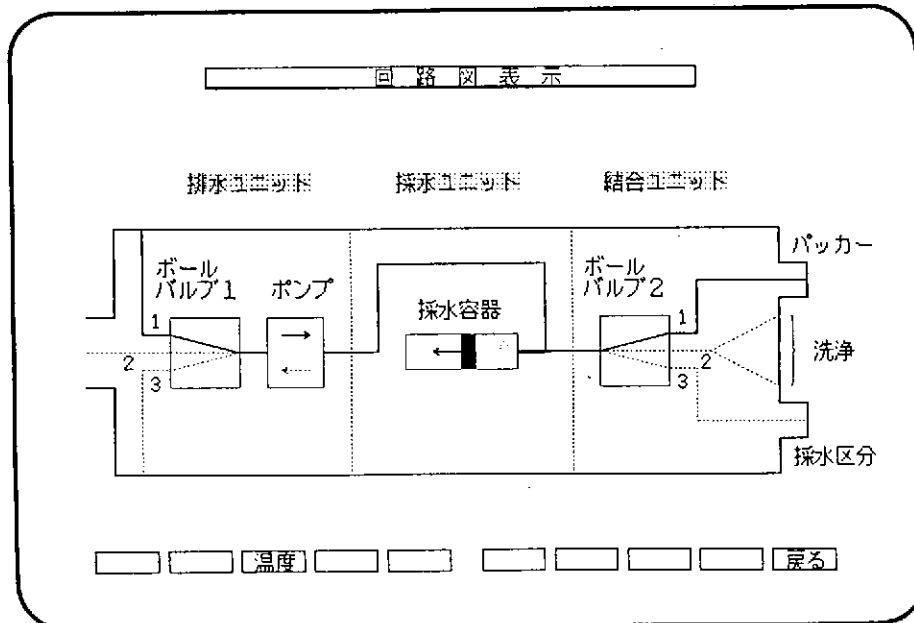
- ・ 予備排水処理が終了し、採水を行う時に表示される。
- ・ 採水圧力を経過時間に従ってグラフ表示する。
- ・ 圧力（y軸）の目盛りは0～100kgで固定とする。
- ・ 経過時間（x軸）の目盛りは0～10分で固定とする。
- ・ 現在の採水圧力を画面上に数値で表示する。
- ・ 流量計のON/OFFを画面上に表示する。

(9) パッカー収縮



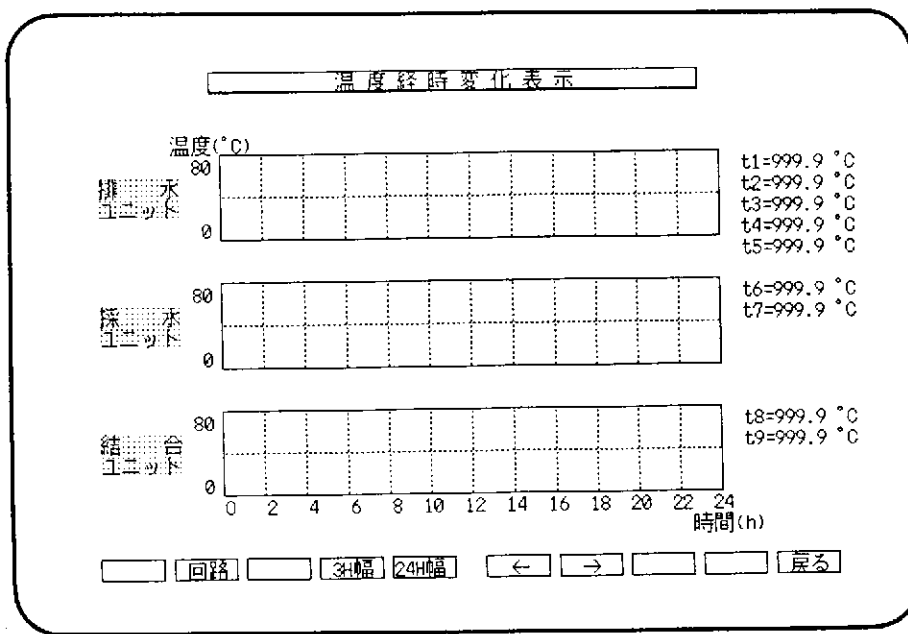
- ・採水処理が終了し、パッカーを収縮する時に表示される。
- ・パッカー拡張時（終了時点）に表示したグラフにデータを上書きして表示する。ただし、この時の圧力の原点は、パッカー圧と孔内圧が同じになった時点の圧力を5Kg単位でまるめたものとなっているため、圧力がこの値を下回ったときは、圧力の目盛りは0~100Kgに書き換えられる。
- ・経過時間の目盛りは0~パッカー拡張終了時の時間で固定とする。

(10) 回路図



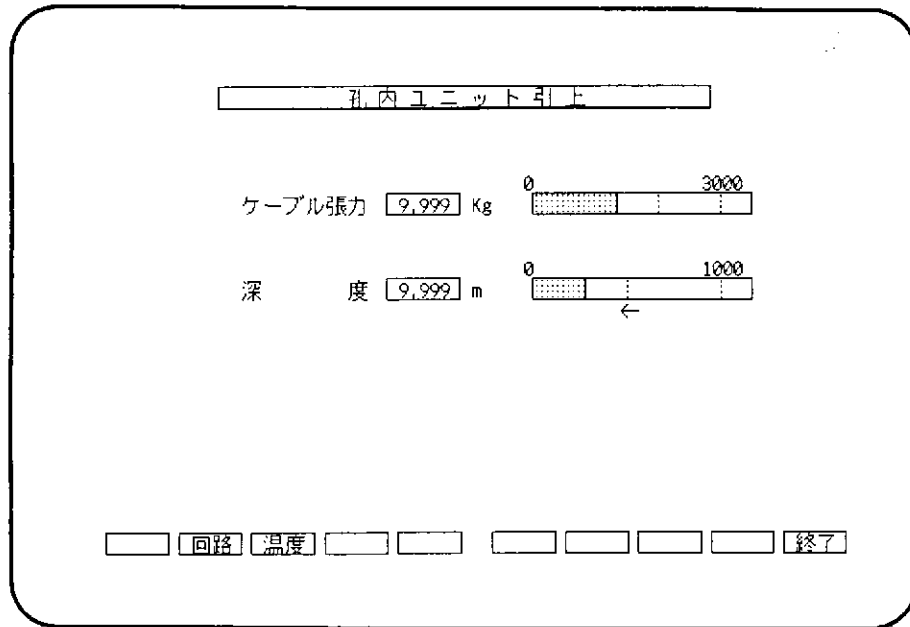
- ・各ユニットの現在の状態を回路図に表示する。

(11) 温度経時変化



- ・ 各ユニットの温度を経過時間に従ってグラフ表示する。
- ・ どの画面が表示されているときも温度経時変化を見ることができる。
- ・ 9つの温度センサー（t1～t9）の現在の数値を画面右に表示する。
- ・ 経過時間（x軸）の目盛りは3時間幅のグラフと24時間幅のグラフの2種類が表示できる。[3H幅]を押すと3時間幅のグラフに切り替わり、[24H幅]を押すと24時間幅のグラフに切り替わる。
- ・ 経過時間の上限値を超えるごとに目盛りが1時間ずつ増えて、画面がスクロールする。[←]を押すと画面が左に、[→]キーを押すと右に1時間ずつスクロールし、前後の時間のデータが参照できる。

(12) 孔内ユニット引上



- ・ 孔内ユニット引上時に表示される。
- ・ 張力計から信号を受け、ケーブル張力を表示する。
- ・ 深度計から信号を受け、深度を表示する。
- ・ 各深度ごとの近接センサーから信号を受け、通過した地点を表示する。

## 8. 2. 3 対ユニット通信仕様

### (1) 通信方法

ホストと各ユニット間の通信は、ホストからユニットごとに指令メッセージを送り出し、該当のユニットが対応した応答メッセージを返送するまでの処理を1サイクルとする。

### (2) 指令メッセージのデータ項目

- ① 指令先ユニット識別
- ② コマンド識別
- ③ パラメータ

### (3) 指令メッセージの種類

Ⅱ-(2) 制御機能の「コマンドの種類」と同様

### (4) 応答メッセージのデータ項目

ユニット名	データ項目
排水ユニット	① ポテンシオメーター (角度) 1ch ② 送水量 (カウント) 通知後クリア ③ 流水計 (ON/OFF) ④ 監視温度計 (5ch) 基板 ⑤ アラーム情報
採水ユニット	① 圧力センサー ② ポテンシオメーター (角度→スライド量) ③ リミットSW ④ 監視温度計 (2ch) 基板, モーター ⑤ アラーム情報
結合ユニット	① 圧力センサー (2ch) ② 水温計 (1ch) ③ ポテンシオメーター (1ch) バルブ角度 ④ 監視温度計 (2ch) 基板, モーター ⑤ 近接計 ⑥ 結合計 ⑦ アラーム情報

# 卷 末 資 料



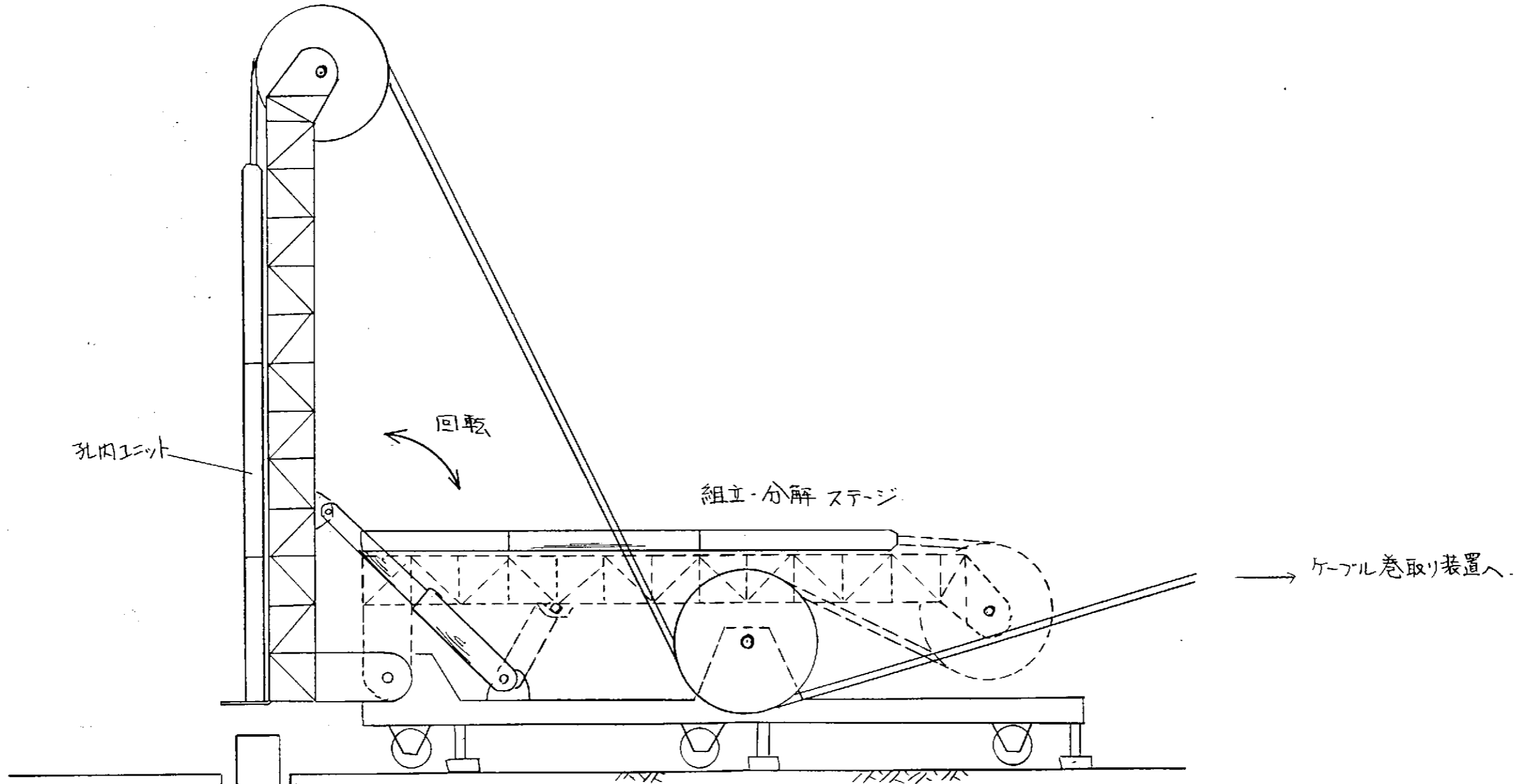
○ 組立・挿入装置

孔内ユニットは、すべてのユニットを組み立てると、数メートルの長さとなるため、組立及びケーシングへの挿入に対して、工夫が必要である。主な方法としては、

- ① ケーシングの上端で各ユニットを固定し、接続しながら順次ケーシングへ挿入していく方法
- ② 専用の組立・挿入装置によって行う方法

の2通りが考えられる。

ここでは、組立・挿入装置の一案を示す。



品番	品名	数	材質・寸法	摘要
図番		図名	組立・挿入装置 (案)	
年月日	/ /	設計		検図
尺度	/	製図		承認
個数		基礎地盤コンサルタンツ株式会社		

## 打合せ記録簿

--	--	--

<b>第 1 回</b>		1 頁		
件 名	1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の詳細設計			
出席者	発注者側	柳澤 中野 尾方 瀬尾	日 時	平成4年10月20日
			時 間	10:00~12:00
	受注者側	菅野 細堀 豊岡 松枝	場 所	動燃事業団 中部事業所
		佐野 水野	第2会議室	
<p><b>1. 装置の基本構想と今後の工程の説明</b></p> <p>装置の概要を示す図面と工程表を提出し、説明を行った。</p> <p>提出資料：孔内ユニットシステム図          孔内ユニット概略図          ポンプ概略図          孔内ユニットシステム図（ボールバルブ使用例）          工程表</p> <p>要点は、以下に示す通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・孔内ユニット内の各センサー類は、一般の既製品を使用する。</li> <li>・孔内ユニット内のポンプは、適応可能な機種が見当たらないため、自作する。</li> <li>・ポンプ内部に電磁弁を4個使用するため、電磁弁を多用する従来案とは別にボールバルブによる方法を採用したい。</li> <li>・作業工程は、別紙工程表に示した通り。</li> </ul> <p><b>2. 技術的質疑事項</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ボールバルブによるシステムでも基本的には問題ない。</li> <li>・採水効率等の面から考えるとポンプの能力は100cc/min は必要である。</li> <li>・モーター、バルブ等に関しては作動状況を確認するためのフィードバック機構を検討する。</li> <li>・サンプラーの取り出しは、側方からできる方が好ましい。</li> <li>・各パーツの故障時は、現場においてはユニット単位で交換を行い、パーツ自体の修理は工場で行う方向でいく。</li> </ul>				

卷末資料 2

○ 打合せ議事録

## 打合せ記録簿

--	--	--

<b>第 2 回</b>		1 頁	
件 名	1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の詳細設計		
出席者	発注者側	柳澤 中野 後藤 瀬尾 濱	日 時 平成5年 1月19日
			時 間 13:00~16:00
	受注者側	菅野 細堀 酒井 佐野 水野	場 所 動燃事業団 中部事業所
			第2会議室
<p>1. 報告書提出、内容の説明</p> <p>2. 技術的な事項についての討議</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各パーツの耐温度性は、55°～60°程度で妥当である。</li> <li>・コントロール基盤はシリコン樹脂等で安定させること。</li> <li>・ポンプについて             <ul style="list-style-type: none"> <li>・排水能力は、予備排水の分析の面からは50～60cc/min程度が適当。</li> <li>・ポンプを断続運転することについては、予備排水の分析上は、あまり問題は無い。</li> <li>・ポンプ自体の熱でポンプの運転に問題がある場合、2台のポンプで交互に運転する方法が考えられる。(将来的な課題とする。)</li> </ul> </li> <li>・孔内ユニットは全長6～7m程度になることが予想されるため、組立、挿入方法を工夫する。(ケーシングバンドで釣りながら組み立てる等) 報告書には、簡易な図で説明を入れる。</li> <li>・孔内ユニットをそれぞれのユニットに分割した場合の長さは、3m程度を限界とする。</li> <li>・ケーシングとパッカーユニットの接続部を構造上の弱点としておき、緊急の場合はこの接続部で切断されるようにする。</li> <li>・流量計の採用については、再度検討する。</li> </ul> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">以 上</p>			

- ・全長5 mのユニットでは曲げに弱いため、組立時に何らかのプロテクターを考える。
- ・モーター、電磁弁等による熱、ノイズの問題は化学センサーに影響するため将来的に検討を要する。
- ・複合ケーブルの構造については再検討（特にアーマード型の必要性について）。

### 3. 西垣先生との打合せ

- ・日程は、PNCで決定する。
- ・都合の悪い日をこちらから連絡する。

以 上

# 岡山大学西垣助教授打合せ記録簿

--	--	--

第 1 回		1 頁		
件 名	1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の詳細設計			
出席者	岡山大学	西垣助教授	日 時	平成4年10月29日
	発注者側	柳澤 中野 瀬尾 濱 後藤	時 間	10:00~12:00
	受注者側	菅野 細堀	場 所	動燃中部事業所 会議室
<p>・資料「深度1,000m対応パッカー式地下水サンプラーの概要」を提出、説明。</p> <p>・装置に対するコメント</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・採水容器と水回路の接続部分は、他に良い方法があれば、針とラバーディスクにこだわる必要は無い。</li><li>・孔内ユニットを一度に2,3個ケーシング内に降ろすことが可能であれば、孔内ユニットを地上まで引き上げずに、複数の深度で採水を行うことができる。</li><li>・装置として今回で完成されるわけでは無いので、将来的な技術を取り込める余裕を持つことが望ましい。</li><li>・パッカーの上下に圧力センサーを置くことによって、パッカーの効きをモニターできる可能性がある。但し、孔内水にはウラニンを投入してあるので、この濃度をモニターすることによってパッカーの効果を判断できる。</li></ul> <p style="text-align: right;">以 上</p>				

# 岡山大学西垣助教授打合せ記録簿

--	--	--

第2回		1 頁		
件名	1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の詳細設計			
出席者	岡山大学	西垣助教授	日時	平成4年12月22日
	発注者側	柳澤	時間	10:00~12:00
	受注者側	菅野 細堀	場所	岡山大学工学部
			土木工学科 西垣先生教室	
<ul style="list-style-type: none"><li>・ 報告書提出、説明。</li><li>・ 装置に対するコメント<ul style="list-style-type: none"><li>・ システム全体としては大きな問題は無い。</li><li>・ 将来的には、化学検層ユニットも組み込まれてくるため、製作時の課題として検討していく。</li><li>・ 組立・挿入の装置を検討していく。</li></ul></li></ul>				
以 上				