

本資料は2000年 2月 21日付けで登録区分
変更する。

研究調整 Gr 【管理担当箇所名】

細型複合ケーブルと小型巻き取り装置の設計

—1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器—

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1996年3月

基礎地盤コンサルタンツ株式会社

本資料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ください。

〒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)

1996

~~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い合わ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~~

~~東濃地科学センター~~

~~技術開発課~~

細型複合ケーブルと小型巻き取り装置の設計
- 1, 000 m対応地下水の地球化学特性調査機器 -



中嶋 幸房*、酒井 幸雄*、笹尾 昌靖*

要 旨

1, 000 m対応地下水の地球化学特性調査機器の適応環境条件の拡大と操作性の向上を目指した同調査機器の開発の一環として、複合ケーブルの細型化と巻き取り装置の小型・軽量化を目指した設計を実施した。

複合ケーブルは、高温環境（耐温度性能70℃）に対応出来るよう機能の向上を取り入れるとともに、水回路用のホースは内部洗浄が容易に出来る構造でかつ水質に影響を与えない材料としてステンレス製を採用した。

巻き取り装置に関しては、送り出し、巻き上げとも自動制御可能なこと、自動巻き取りをする際の段落ちを調整可能なこと、遠隔操作（リモコン操作）が可能な構造とした。

契約上のすべての必要事項を満たして細型複合ケーブルと小型巻き取り装置の設計を完了した。

本報告書は、基礎地盤コンサルタント株式会社が動力炉・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.07-C-1329

事業団担当部課室および担当者：東濃地科学センター 技術開発課 坪田 浩二

※：基礎地盤コンサルタント株式会社

Design of a Smaller Diameter Hybrid Cable and a Compact Winch System for
Geochemical Investigation of Deep Groundwater
in High Temperature Environment

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

Yukifusa Nakashima *

Yukio Sakai *

Masayasu Sasao *

Abstract

A groundwater sampling system had been developed to collect uncontaminated groundwater samples from boreholes at depths of up to 1000m.

The enthusiasm has been continued to expand its applicable environment and to improve its operational performance. Present design of the hybrid cable and the winch has achieved a smaller cable diameter and a compact and light winch system.

The hybrid cable can be used in a high temperature environment up to 70°C employing temperature resist members. A stainless steel hose was selected for the water circuit resulted its easier cleaning and less influence to the water sample.

The winch system employed automatic feed and wind mechanism which can be operated by remote control system. Also employed is a cable line space adjuster to minimize stepping down on winding layer during automatic winding.

The design of a smaller diameter hybrid cable and a compact winch system has been completed after fulfilling the job specification.

Work performed by Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd. under contract to the Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation
PNC Liaison : Koji Tsubota, Geotechnics Development Section, Tono Geoscience Center

※ : Kiso-Jiban Consultants Co., Ltd.

目 次

	ページ
1 はじめに	1
2 複合ケーブルシステムの設計条件	3
3 1号機との仕様比較	5
4 細型複合ケーブルシステムの基本構成と各部の機能	7
4.1 細型複合ケーブルの設計	9
4.1.1 細型複合ケーブルの構成および構造	9
4.1.2 電気ケーブル	13
4.1.3 光ファイバー	15
4.1.4 採水パイプ	17
4.1.5 ケーブル外装	17
4.1.6 ケーブル先端部	18
4.2 小型巻き取り装置の設計	20
4.2.1 基本	23
4.2.2 駆動および制御	27
4.2.3 小型巻き取り装置の仕様	28
5 まとめ	31

図 表 目 次

		ページ
表 2-1	細型複合ケーブルの主な設計条件	3
表 2-2	小型巻き取り装置の主な設計条件	4
表 3-1	複合ケーブルの基本仕様の比較	5
表 3-2	巻き取り装置の基本仕様の比較	6
表 4-1	細型複合ケーブルシステムの仕様・性能	7
図 4-1	採水装置の基本構成	8
表 4-1-1	細型複合ケーブルの構成	9
図 4-1-1	細型複合ケーブルの構造	10
表 4-1-2	細型複合ケーブルの構造	11
表 4-1-3	細型複合ケーブルの特性	12
表 4-1-4	電気ケーブルの代表的諸元	13
表 4-1-5	動力用モータの定格電流	14
表 4-1-6	制御・アンプ・電源用基板の数	14
表 4-1-7	光デジタルソック、マルチモード心線ファイバ-用コネクタの仕様	16
表 4-1-8	採水パイプの諸元	17
図 4-1-2	複合ケーブル先端部	19
表 4-2-1	小型巻き取り装置の諸元	20
図 4-2-1	小型巻き取り装置の構成	21
図 4-2-2	小型巻き取り装置の組立図	22
図 4-2-3	主シーブの構造	25
図 4-2-4	反転シーブの構造	26

1 はじめに

本業務は、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の適応環境条件の拡大と操作性の向上のために、複合ケーブルの細型化および複合ケーブル先端部の遮水性の向上と小型で軽量の巻き取り装置の設計を実施したものである。

この設計に際しては、

詳細設計報告書「1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の詳細設計」、
製作報告書「1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器の製作」

および適用試験等の製作・使用に伴ってこれまで蓄積された経験を基に検討を行った。

本報告書は、以下に示す2分冊で構成する。

- ①細型複合ケーブルと小型巻き取り装置の設計 報告書
- ②細型複合ケーブルと小型巻き取り装置の設計 設計図面集：組立図・部品図

2 細型複合ケーブルシステムの設計条件

細型複合ケーブルと小型巻き取り装置の設計仕様を整理して表 2-1 および表 2-2 に示す。

表 2-1 細型複合ケーブルの主な設計条件

項 目	設 計 条 件
基 本 構 成	細型複合ケーブルと複合ケーブル先端部で構成され、各システムとも高温環境に対応出来るよう機能の向上をはかる。
外 径	φ 25.0mm以下（曲げ半径450mm以下）
全 長	1,100m以上
重 量	700Kg以下
耐 温 度 性 能	70℃
耐 圧 性 能	150Kg/cm ² 以上
内部構造 光ファイバー 内部ホース	3本以上（通信に使用する2本と、予備を考慮した計3本以上を有すること。） SUSパイプ（内径φ3mm以上、水質に影響を与えないものを用いること。）
使用可能電源	AC、DC選択（1本のケーブルで交流電源を用いる場合と直流電源を用いる場合を考慮し、1,000m先の孔内システムに安定した電源を供給可能なこと。）
破 断 強 度	2.0トン以上
しごき特性	しごきにより内部構造の偏芯が発生しても、機能に支障のないこと。
ケーブル先端部の構成	内部浸水防止・基板の防水・光ファイバー （内部に2重、3重の防水機能をもたせ、導線、光ファイバー内部に水の浸透が起こらない構造を有すること。また、内蔵する光/電気変換基板は単体で防湿、防水機能を有し、光ファイバージョイント部についても内部漏洩を防止するとともに光ファイバー内芯を保護出来ること。） 配線機構（ケーブル内の電源線、光ファイバーを端子台、ジョイント等を用いて一元管理〔内部配線処理〕が出来ること

表 2 - 2 小型巻き取り装置の主な設計条件

項 目	設 計 条 件
ド ラ ム 径 縦 横 高さ	φ 9 0 0 m m 以下 2, 3 0 0 m m 以下 1, 8 0 0 m m 以下 1, 7 0 0 m m 以下
重 量	3. 0 トン以下 (複合ケーブルを含め 4. 0 トン以下)
使 用 電 源	A C 2 0 0 V ~ 2 2 0 V
巻 き 上 げ 能 力	1. 0 トン以上
巻 き 上 げ 速 度	0 ~ 2 0 m / m i n
巻 き 容 量	1, 1 0 0 m 以上
巻 き 取 り 機 構	段落ち調整機能 (1, 1 0 0 m のケーブルを自動巻き取りする際、段落ちを調整できること。)
操 作	挿入・巻き取り自動制御 (送り出し、巻き上げとも自動制御可能なこと。遠隔操作 [リモコン操作] 可能なこと。)
固 定 方 法	外部固定 (3. 0 トン以上の固定力を有すること。)
配 電 盤 位 置	内部埋め込み (外部からの配線 [電源、通信ライン等] は、操作盤から離し、現場操作の妨げにならないこと。)
引 込 角 度	± 1 0 ° 以上
ケーブル先端部収納機能	ケーブルを全て巻き取った際に、ケーブル先端部を安全かつ確実に保護出来る収納部を設けること。

3 1号機との仕様比較

新規設計（以下2号機）を実施するにあたり、既存装置（以下1号機）との基本仕様の比較を表3-1、表3-2に示す。

表3-1 複合ケーブルの基本仕様の比較

項 目	2号機	1号機	目 的
外 径	φ25.0mm以下	φ30.1mm	細型化、操作性の向上
全 長	1,100m以上	1,050m	1号機の機能向上
重 量	700Kg以下	1,100Kg	軽量化
耐温度性能	70℃	50℃	耐温度性能の向上
耐圧性能	150Kgf/cm ²	150Kgf/cm ²	1号機の性能維持
内部構造 光ファイバー 内部ホース	3本以上 SUSパイプ	4本 ナイロンホース	細型化 細型化
使用可能電源	A C、D C選択	D C	機能の向上
破断強度	2.0トン	3.0トン	軽量化に伴う操作性の向上
ケーブル先端部の構造	内部浸水の防止 基板の防水 光ファイバーの防水	————— ————— —————	機能の向上 機能の向上 機能の向上

表 3 - 2 巻き取り装置の基本仕様の比較

項 目	2 号 機	1 号 機	目 的
ド ラ ム 径 縦 横 高さ	φ 900mm以下 2,300mm以下 1,800mm以下 1,700mm以下	φ 1,200mm 2,700mm 2,100mm 2,100mm	小型化、軽量化
重 量	3. 0 トン以下	4. 2 トン	軽量化
使 用 電 源	A C 2 0 0 V	A C 2 0 0 V	1号機の性能維持
巻 き 上 げ 能 力	1. 0 トン以上	1. 0 トン	1号機の性能維持
巻 き 上 げ 速 度	0、0.3~20m/min	0、0.3~20m/min	1号機の性能維持
巻 き 容 量	1,100m以上	1,100m	1号機の性能維持
巻 き 取 り 機 構	段落ち調整機能	トラバース	機能の向上
操 作	挿入・巻き取り 自動制御	挿入自動制御	機能の向上
固 定 方 法	外部固定	自重摩擦	軽量化
配 線 盤 位 置	内部埋め込み	足 元	操作性の向上
引 込 角 度	± 1 0 ° 以上	± 5 ° 以上	操作性の向上

4 細型複合ケーブルシステムの基本構成と各部の機能

細型複合ケーブルシステムは、①細型複合ケーブルとその先端部、②小型巻き取り装置からなる。表4-1に細型複合ケーブルシステムの仕様・性能を示す。細型複合ケーブルシステムは、図4-1に示すように、先端に孔内システムを懸垂し、孔内システムをケーシングパイプを通してパッカー部まで降下、保持、または巻き上げを行う。また、この細型複合ケーブルシステムは採水区間から連続採水された水の地上への送水、孔内システム内のモータ、コントローラ、アンプ、センサー類への電源の供給および孔内システムと地上の制御システム間のデータの送受信を行う。

表4-1 細型複合ケーブルシステムの仕様・性能

区 分	装置名称	仕 様 ・ 性 能
複合ケーブル 巻き取り装置	小型巻き取り 装置	巻き取り量：1, 140 m 制御方式：DCモータ・ギヤ駆動 速度範囲 0、0.3~20m/min 外径寸法：幅 1.8 m 奥行 2.3 m 高さ 1.7 m ドラム径 0.8 m 材 質：普通鋼材（SS） 重 量：3.0トン（ケーブル重量含まず） 巻き上げ能力：1.0トン 巻き取り機構：段落ち調整機能 操 作：挿入・巻き取り自動制御 固定方法：外部固定 配線盤位置：内部埋め込み 引込角度：±10°
複合ケーブル	細型複合 ケーブル	外 径：22.7 mm 全 長：1, 100 m 複合ケーブル：電気ケーブルA×4本（モータ用） （内容） 電気ケーブルB×4本（電子回路用） 光ファイバー×3本（制御・通信用） 水ホース（連続採水用・ステンレス製） 補 強 材：アラミド繊維 外被覆材質：ナイロン ケーブル破断力：約2.3トン 重 量：665 Kg/Km（空中重量） 耐温度性能：70℃ 耐圧性能：150 Kgf/cm ²
	ケーブル 先端部	外 径：55 mm（一部除く） 長 さ：1, 333 mm モジュール：光/電気変換モジュール内蔵 材 質：ステンレス鋼（SUS）

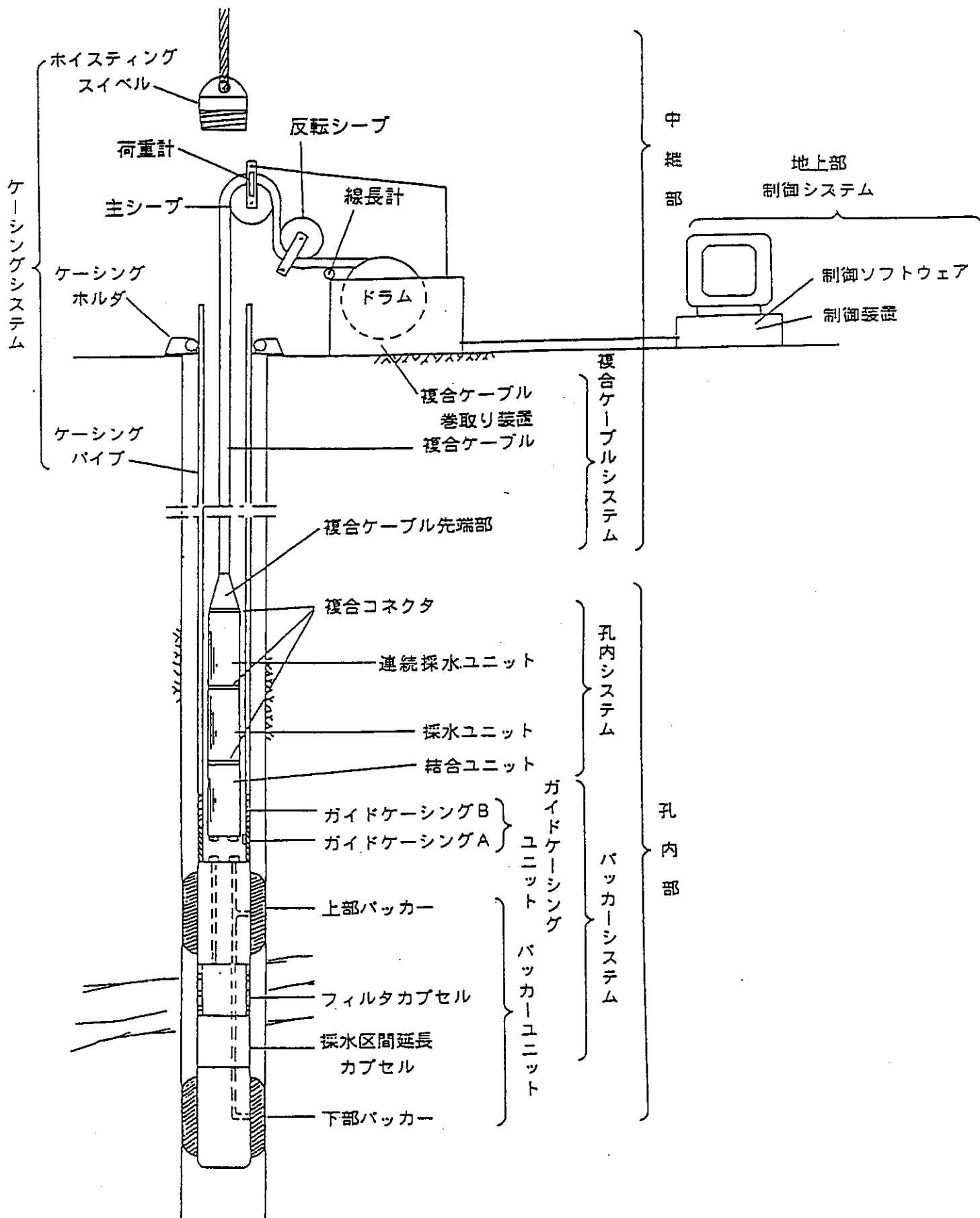


図 4 - 1 採水装置の基本構成

4. 1 細型複合ケーブルの設計

4. 1. 1 細型複合ケーブルの構成および構造

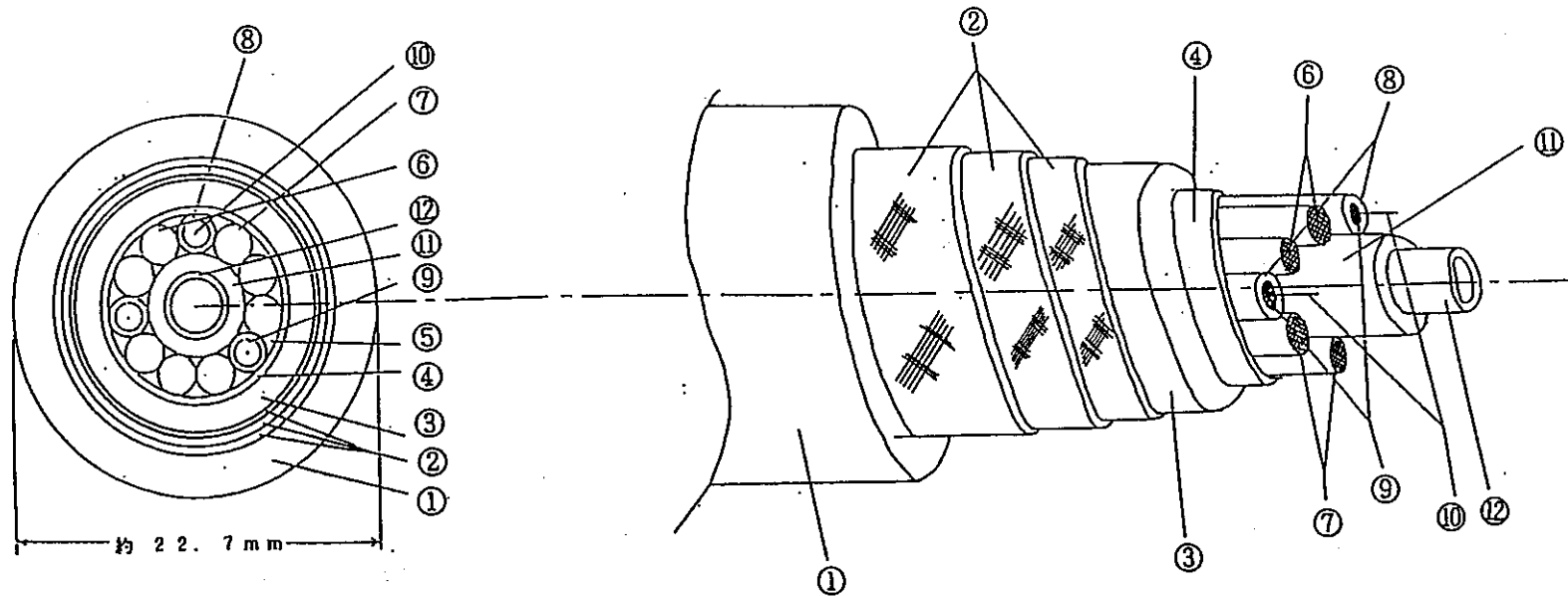
細型複合ケーブルの構成要素を表4-1-1に、細型複合ケーブルの断面構造を図4-1-1に示す。また、細型複合ケーブルの構造を表4-1-2に、細型複合ケーブルの特性を表4-1-3に示す。細型複合ケーブルは、ケーブル自身の外傷等で切断したり断線トラブルを少しでも回避するために強力なものとし、電気ケーブルおよび光ファイバーには各々予備を配列し、断線トラブルが生じたとしても、これらの予備線を選択する事で短時間に使用復帰ができる構造とした。

細型複合ケーブルには引張り力や耐ねじれ強度、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た。すなわち中央部に連続採水用のステンレス製パイプ(外径φ4.0mm×1本)を配置して、その周りを電気ケーブル8本(中圧用DC24V×4本、低圧用DC12V×4本)および光ファイバー3本(内予備1本)等で包囲する構造とした。これらのケーブルを束ねた外側引張力を確保するためにアラミド繊維を3層に巻き、更に外傷防止のためにシースで被覆する。ケーブル先端には、長さ約1.3mのケーブル先端部がある。この先端部には、光信号と電気信号を相互に変換する光モジュールを内蔵し、ケーブル引張力を固定し端末処理する部分と、予備の電気ケーブルと光ファイバーの収納部分を持たせた。その先端は、孔内システムの連続採水ユニットに複合コネクタによって接続される。

細型複合ケーブルの外径は約22.7mmとなり、1号機の複合ケーブル(外径30.1mm)と比較すると約75%程度細くなる。また、細型複合ケーブルの重量は約730kgとなるが細型複合ケーブルシステムとして小型巻き取り装置を含み4t以下となり仕様を満たした。

表4-1-1 細型複合ケーブルの構成

構成要素	機能
電気ケーブルA	採水区間の水の連続採水のためのポンプ、水回路切り換え装置などの駆動モータの動力用電源(中電圧:DC24V)を供給する。
電気ケーブルB	制御用および計測用の各センサーやアンプの電源(低電圧:DC12V)を供給する。
光ファイバー	地上から孔内システム内の各装置へ作動信号を、また、孔内システムから地上へ計測データ等を送信する。
採水パイプ	ステンレス製で採水区間からの水を地上へ送水する。
ケーブル被覆	外傷からの保護のためにケーブルを被覆する。
ケーブル先端部	ケーブル引張材を固定し、光モジュールと光/電気信号の相互交換を行う。



色別図



図 4-1-1 細型複合ケーブルの構造

部品番号	部品名称	材質(メーカ)	形状・寸法	数量
1	外部被覆	ナイロン	t = 2.5mm	1
2	テフロンメソハ [®] (1)	アラミド繊維	5,680 $\bar{\tau}$ ニ-ル/本	1
	テフロンメソハ [®] (2)	アラミド繊維	5,680 $\bar{\tau}$ ニ-ル/本	1
	テフロンメソハ [®] (3)	アラミド繊維	2,840 $\bar{\tau}$ ニ-ル/本	1
3	内部被覆	ナイロン	t = 1.6mm	1
4	押え巻きテープ			1
5	ジェリー			1
6	電気ケーブルB	スズメッキ軟銅より線	37本/0.26mm	4
7	電気ケーブルA	スズメッキ軟銅より線	37本/0.26mm	4
8	SUSパイプ		t = 0.15mm	3
9	ジェリー			1
10	GI型光ファイバー	50/125 μ m	0.85 μ m用	3
11	被覆	ナイロン	t = 1.05mm	1
12	採水パイプ	ステンレス	内径 = 3.2mm 外径 = 4.0mm	1

表 4 - 1 - 2 細型複合ケーブルの構造

項 目			数 量		備 考	
パイ プ P	採水パイプ (ステンレス)	内径	3.2 mm		色：黒	
		外径	4.0 mm			
	被 覆 (ナイロン)	厚さ	1.05 mm			
		外径	約 6.1 mm			
電気 ケーブル A (×4)	導 体 (スズメッキ軟銅より線)	構成	37本/0.26 mm		色：緑、青	
		外径	約 1.8 mm			
	絶 縁 体 (フッソ樹脂)	厚さ	0.30 mm			
		外径	約 2.4 mm			
電気 ケーブル B (×4)	導 体 (スズメッキ軟銅より線)	構成	37本/0.26 mm		色：赤、紫	
		外径	約 1.8 mm			
	絶 縁 体 (フッソ樹脂)	厚さ	0.30 mm			
		外径	約 2.4 mm			
光 ファイ バー (×4)	GI型光ファイバー		構成	50/125 μm		0.85 μm用
	被覆(1) (PFA)		外径	0.7 mm		色：緑、赤、青
	被 覆 (2) (ステンレスパイプ)		厚さ	0.15 mm		ジェリー充填
			外径	約 1.8 mm		
被 覆 (3) (ナイロン)		厚さ	約 0.30 mm		色：自然色	
		外径	2.4 mm			
集 合		中心層	1P		ジェリー充填	
		第1層	4A+4B+3F			
押え巻きテープ		構成	横巻き		色：黒	
内 部 被 覆 (ナイロン)		厚さ	約 1.60 mm			
		外径	15.0 mm		2,840 デニール/本	
アラミド繊維 (1層)		構成	約 28本			
		外径	約 15.6 mm		5,680 デニール/本	
押え巻きテープ		構成	横巻き			
アラミド繊維 (2層)		構成	約 22本		5,680 デニール/本	
		外径	約 16.6 mm			
押え巻きテープ		構成	横巻き		5,680 デニール/本	
アラミド繊維 (3層)		構成	約 24本			
		外径	約 17.6 mm		色：青	
押え巻きテープ		構成	横巻き			
外 部 被 覆 (ナイロン)		厚さ	約 2.5 mm		色：青	
		外径	22.7 mm			
仕 上 り 外 径		約 22.7 mm				
概 算 質 量		空 中	602 Kg/Km			
		水 中	198 Kg/Km			
耐温度環境性能		80℃				

(注) 表中の構造寸法は、標準値を示す。

PFA：パーフルオロアルコキシ

表 4 - 1 - 3 細型複合ケーブルの特性

特 性	項 目	特 性	
機 械 的	破 断 張 力	約 23.4 KN (2,380 Kgf)	
	許 容 張 力	7.8 KN以下 (790 Kgf以下)	
	曲 げ 半 径	360 mm以上	
光 伝 送	光 損 失	3.2 dB/Km以下 (波長0.85 μm)	
	伝 送 帯 域	200 MHz・Km以上 (波長0.85 μm)	
電 気 的	導 体 抵 抗	電 気 ケーブル A	10.2 Ω/Km以下
		電 気 ケーブル B	10.2 Ω/Km以下
	耐 電 圧	A C 1,000 Vに1分間耐えること。	
	絶 縁 抵 抗	1,000 MΩ・Km以上 (20℃)	
耐 温 度 環 境 性 能		80℃	

4. 1. 2 電気ケーブル

電気ケーブルの選択では最高使用温度で常時使用する場合を想定して、使用可能な温度範囲を $-20^{\circ}\text{C}\sim+80^{\circ}\text{C}$ 程度とした。

絶縁体の材質は耐熱性能を考慮して、フッ素樹脂 (ETFE) とし、ハイフロン電気ケーブル (EFN-2) を使用する。

この電気ケーブル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っている。電気ケーブルは中央部分のホース外周に添わせて電気ケーブルAと電気ケーブルBに配列する。各々予備を各2本ずつ配慮したので電気ケーブルは合計8本を収納することになる。各ケーブルの代表的な諸元を表4-1-4に示す。

ケーブルは、外径 2.4mmのものを電気ケーブルA、Bとし、電気ケーブルAは緑色と青色、電気ケーブルBは赤色と紫色とした。

電気ケーブルAは、ポンプおよび駆動モータの動力用電源DC24Vを供給する。電気ケーブルBは、制御用および計測用の各センサーやアンプの電源DC12Vを供給する。

表4-1-4 電気ケーブルの代表的諸元

線種	公称断面積	構成	電線外径	絶縁体厚	仕上り外径
電気ケーブルA	1.96mm ²	37本/0.26mm	1.8mm	0.3mm	2.4mm
電気ケーブルB	1.96mm ²	37本/0.26mm	1.8mm	0.3mm	2.4mm

(1) 電気ケーブルA

電気ケーブルAには動力用の24V系のモータを接続する。使用する動力用モータ類の定格電流等の諸数値を表4-1-5に示す。この表に示すように必要な供給電流は孔内システム内の最大電力消費源であるポンプ用モータで決まる。このモータはおおよそ30秒に1回の割合でモータの回転方向が(正回転から逆回転に)切り替わる構造になっているので再起動時にその都度最大電流が生じる事になる。

従って電気ケーブルとしては定格電流を最低4.1Aを確保し、必要な電圧を維持しながら支障がない程度の送電容量が必要となる。

モータはそれぞれリレー接点で切り換えて駆動し、通常の制御では数個を同時に作動させることのないようにする。

表 4-1-5 動力用モータの定格電流

モータの種類	電 圧	定格電力	個数	定格電流	瞬間最大電流
連続採水モータ	24V	60W	1	4.1A	定格の3倍
採水モータ	24V	7.2W	1	0.5A	定格の3倍
回路切り換えモータ	24V	7.2w	4	0.5A	定格の3倍
合 計	24V	約100W		約 5A	

以上より孔内システムが電気ケーブルAに求める定格電流は5A程度とする。

(2) 電気ケーブルB

電気ケーブルBには各種のセンサとそれらを駆動する電子回路のプリアンプを接続する。主に12Vで駆動するが、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変圧して供給する。使用する制御基板・アンプ基板等を表4-1-6に示す。

表 4-1-6 制御・アンプ・電源回路基板の数

基板名称	連続採水ユニット	採水ユニット	採水ユニット	合 計
アンプ類：圧力計		1	2	3
温度計			1	1
近接計			2	2
結合計			2	2
流量計	1			1
ポテンショメータ	4	1	1	6
リミット SW	2	2		4
監視用温度計	5	2	2	9
制御用：CPU	2	2	2	6
電源回路：安定化電源	1	1	1	3
合 計				37

孔内システムが電気ケーブルBに求める定格電流は次のとおり算定される。

$$\Sigma W = 37 \text{ 回路} \times 50 \text{ mA} = 1.9 \text{ A} \rightarrow \text{約 } 2 \text{ A}$$

4. 1. 3 光ファイバー

光ファイバーは、G I (グレーテッドインデックス) 石英光ファイバー (G・50/125・3002・PAF) とし、本装置の仕様に適合するように加工する。

光ファイバーのコア径は、約 50 μ m、その外周にクラッドと称する外皮があり外径は125 μ mでその周りをPFA (パーフルオロポリチレン) で被覆する。

また、電線との撚り合わせ構造に耐えるようにステンレスパイプ (厚さ0.15mm) で被覆保護を行い、水走り防止のためにジェリーを充填し外径 1.8mm となる。さらに、その外側にナイロン被覆加工を施し外径 2.4mmに仕上げる。

各ファイバーは、それぞれの識別のために緑、赤、青と色分けする。

この光ファイバーによる光伝送路のシステムマージン (余裕) は次のとおり試算できる。

$$\begin{aligned} & (\text{光モジュールのダイナミックレンジ}) - [(\text{光ファイバーの伝送損失}) + (\text{コネクタの接続損失})] \\ & = 7 - (3.2 \times 1.1 + 0.2 \times 2) = \text{約 } 3.1 \text{ dB} \end{aligned}$$

光モジュールのダイナミックレンジ : 7 dB

光ファイバーの伝送損失 : 3.2 dB/Km

コネクタの接続損失 : 0.2 dB

1号機の光ファイバーによる光伝送路のシステムマージン (約 7.5 dB) と比較すると2号機のシステムマージン (余裕) は約半分となる。これは、複合ケーブルの高温対応に伴い光モジュールのダイナミックレンジが12 dB から7 dBと狭くなるためである。そのためシステムマージンの減少を光伝送損失でできる限りカバーするために、1号機では3.5 dB/Km であるのに対して2号機では3.2 dB/Km とした。

使用する光デジタルリンク、マルチモード心線ファイバー用コネクタの仕様を表4-1-7に示す。

表 4-1-7 光デジタルリンク、マルチモード心線ファイバ用コネクタの仕様

(1) 光デジタルリンク

(株) 東芝製：TOED100/TORX100

<定 格>

項 目		定 格
光変調方式		デジタル強度変調
適合光ファイバ		GI・50/125 μ m
適合光コネクタ		FC形 (SAP5、SF-1B)
入出インターフェイス		TTL
所要電源	送信モジュール	DC+5V \pm 5%
	受信モジュール	DC+5V \pm 5%
外形 (送受信共)		17.4L \times 12.0W \times 8.5H mm
動作温度		-40 $^{\circ}$ C \sim 85 $^{\circ}$ C
保存温度		-40 $^{\circ}$ C \sim 85 $^{\circ}$ C

<性 能>

項 目	性 能
ピーク発光波長	0.85 μ m
発光レベル	-20 dBm
受光レベル	-27 dBm
伝送速度	DC \sim 20Mbps (NRZ)

(2) マルチモード心線ファイバ用コネクタ

セイコー電子 (株) 製：SAP-5、SF-1B

<仕 様>

項 目	仕 様
適用ファイバ	GI単心ファイバ (外径：0.7 μ m \sim 0.9mm)
使用温度範囲	-20 $^{\circ}$ C \sim 80 $^{\circ}$ C

<性 能>

項 目	条 件	性 能
温度サイクル	-20 $^{\circ}$ C \sim 80 $^{\circ}$ C 10サイクル	0.5dB以下
高温放置	80 $^{\circ}$ C、96Hr	0.7dB以下
低温放置	-20 $^{\circ}$ C、96Hr	0.7dB以下
高 湿	40 $^{\circ}$ C、95RH 、96Hr	0.7dB以下
耐振性	10 \sim 55Hz 全振幅1.5mm	0.7dB以下

4. 1. 4 採水パイプ

採水パイプは、内部洗浄が容易に出来る構造でかつ水質に影響を与えない材料ステンレス製パイプを採用する。この採水パイプは外径4.0mm、内径3.2mmで外皮はナイロン被覆となっている。採水パイプの諸元を表4-1-8に示す。

表4-1-8 採水パイプの諸元

内径 (mm)	外径 (mm)	最大常用圧力 (Kgf/cm ²)	試験圧力 (Kgf/cm ²)	最小曲げ半径 (mm)	ステンレス ¹⁷ 重量 (g/m)
3.2	4.0	200	270	40	36
・流体温度 : -40℃~+100℃ ・推奨雰囲気温度 : -40℃~+80℃					

4. 1. 5 ケーブル外装

細型複合ケーブルの抗張力体はアラミド繊維を使用する。アラミド繊維は所要の強度を確保するため3層構造として、合計破断を5,280Kgfにした。

ケーブル引留め部分では、加工時のアラミド繊維への被覆樹脂含浸率による強度低下 (a=0.45) から、破壊強度は (TC) 2,380Kgfとなる。

許容張力 (Ta) は破壊強度から光ファイバーの伸びなどの安全率 (b=1/3) から $Ta = Tc \times b = 2,380Kgf \times 1/3 = 790Kgf$ 程度となる。

細型複合ケーブルの収納最小曲げ半径 (r) は、ケーブル直径 (D=22.7mm) の15倍程度で 340mmとなり、巻き取り装置のドラム直径は 800mmとする。

また、孔口に設置するシーブ (主シーブ) も同径の 800mmとし、現場の操作性を考慮して反転シーブも同径とする。

4. 1. 6 ケーブル先端部

ケーブル先端部は、複合ケーブルの引留め部と電気・光の中継部、光・電気変換モジュールが内蔵されている。ケーブル先端部の外径寸法を図4-1-2に示す。

先端部の外径は、 $\phi 55\text{mm}$ とするが先端部の孔内システムとの接合部分では、孔内システムの外径にすり合わせるために $\phi 57\text{mm}$ とする。

ケーブル先端部は、2重の防水機構としている。

①ケーブル引留め部にて、防水・引張処理をする。

(エポキシ樹脂；防水Ⅰ)

②ケーブル先端部からの水の浸水を防止するために再処理を施す。

(エポキシ樹脂；防水Ⅱ)

③光ケーブル(SUS)、電気ケーブルを200mm程度の部分的な空間をウレタン充填を行う。(防水Ⅲ)

④導水パイプは③の部分で調整が出来る。

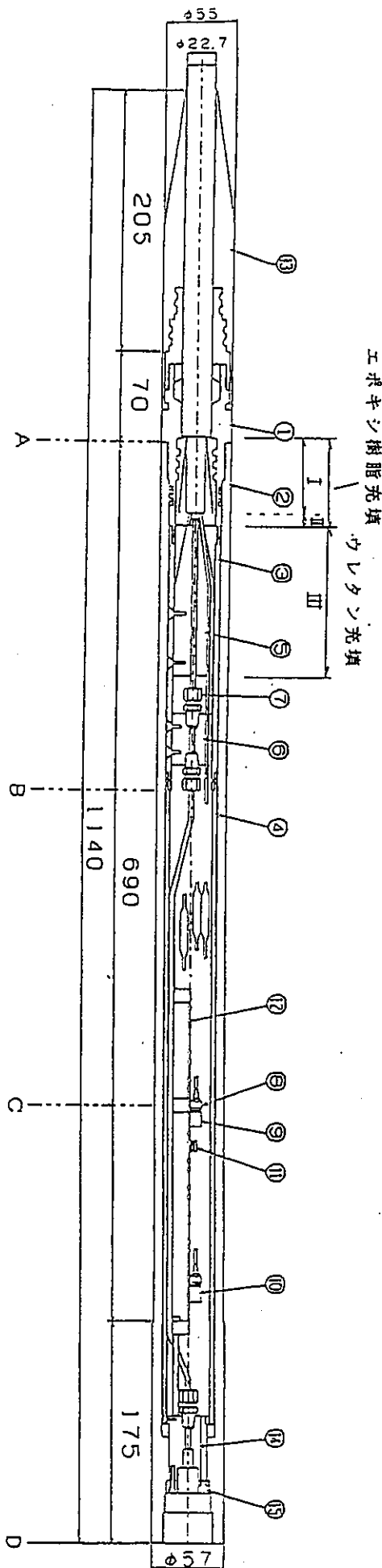
⑤その部分から下は(右)保護(防水)パイプでネジ込み式に最後のブロックに取付けている。それらのネジ部、セットビス等は液状ガスケット等で目張りを行うことで低圧の防水保護となる。(防水Ⅳ)

⑥外のケーシングパイプは、従来と同じである。

⑦光/電気変換器および光コネクタは、耐温度上昇のため(株)東芝製の光デジタルリンクおよびマルチモード心線ファイバー用コネクタに変更する。(-40℃~+85℃となる。)

⑧光電気モジュールの送信側に光伝送用発光ダイオード駆動ICが付属する。

⑨基板取付け台(光モジュール)と最後のブロックは一体として固定する。



15	ブロック押え	1	SUS304
14	ジョイントブロック	1	SUS304
13	ブーツ	1	ウレタン
12	基板(1), (2)	2	ガラスエポキシ樹脂
11	IC	1	
10	光受信モジュール	1	
9	光送信モジュール	1	
8	光コネクタ	2	
7	くい込み式管継手	3	Fe
6	継手	1	SUS304
5	曲り防止用ホルダー	1	SUS304
4	インナーパイプ(2)	1	
3	インナーパイプ(1)	1	SUS304
2	金属管体(2)	1	SUS304
1	金属管体(1)	1	SUS304
番号	部品名称	数量	材質

図4-1-2 複合ケーブル先端部

4. 2 小型巻き取り装置

小型巻き取り装置は、小型・軽量化を目指すとともに送り出し、巻き上げとも自動制御可能なこと、自動巻き取りをする際の段落ちを調整可能なこと、遠隔操作（リモコン操作）が可能な構造とする。

この小型巻き取り装置は電動式単動横置き型ウインチである。手動操作および自動制御方式で、長さ1,100mのケーブルの巻き取りや繰り出しを行う。このケーブル巻き取り装置には①ドラムの回転軸から電気信号を取り出すスリップリングと②ケーブル送出量を計測する線長計を装備する。

操作は結合深度近くまでは自動制御を行う。あらかじめ設定した深度に達すると内蔵の複合ケーブル送出量カウンターと外部に取付けた張力計の値によって自動減速、自動停止する。その後、手動操作によって孔内システムをパッカーユニットに緩やかに接近させてなめらかに結合する。

巻き取り装置の諸元を表4-2-1に、小型巻き取り装置の構成を図4-2-1に、組立図を図4-2-2に示す。

表4-2-1 巻き取り装置の諸元

項 目		機 能 ・ 仕 様
制 御	SCR制御 電動機 運転性能	サイリスタ、速度一定制御 DCモータ 7.5KW-200V 0、0.3~27m/min
寸 法	幅 : 1.8m 長さ : 2.3m 高さ : 1.7m	フォークリフト用穴あり 吊りフック付き 外部固定用アンカーボルト穴あり
重 量	3.0ト	
保護構造	防雨形	(JIS C 0920)
作動環境	大気温度 湿度 振動衝撃性	-5℃~+40℃ 0~90% (非結露) 自動車(トラック)に搭載して通常の輸送に耐えること。

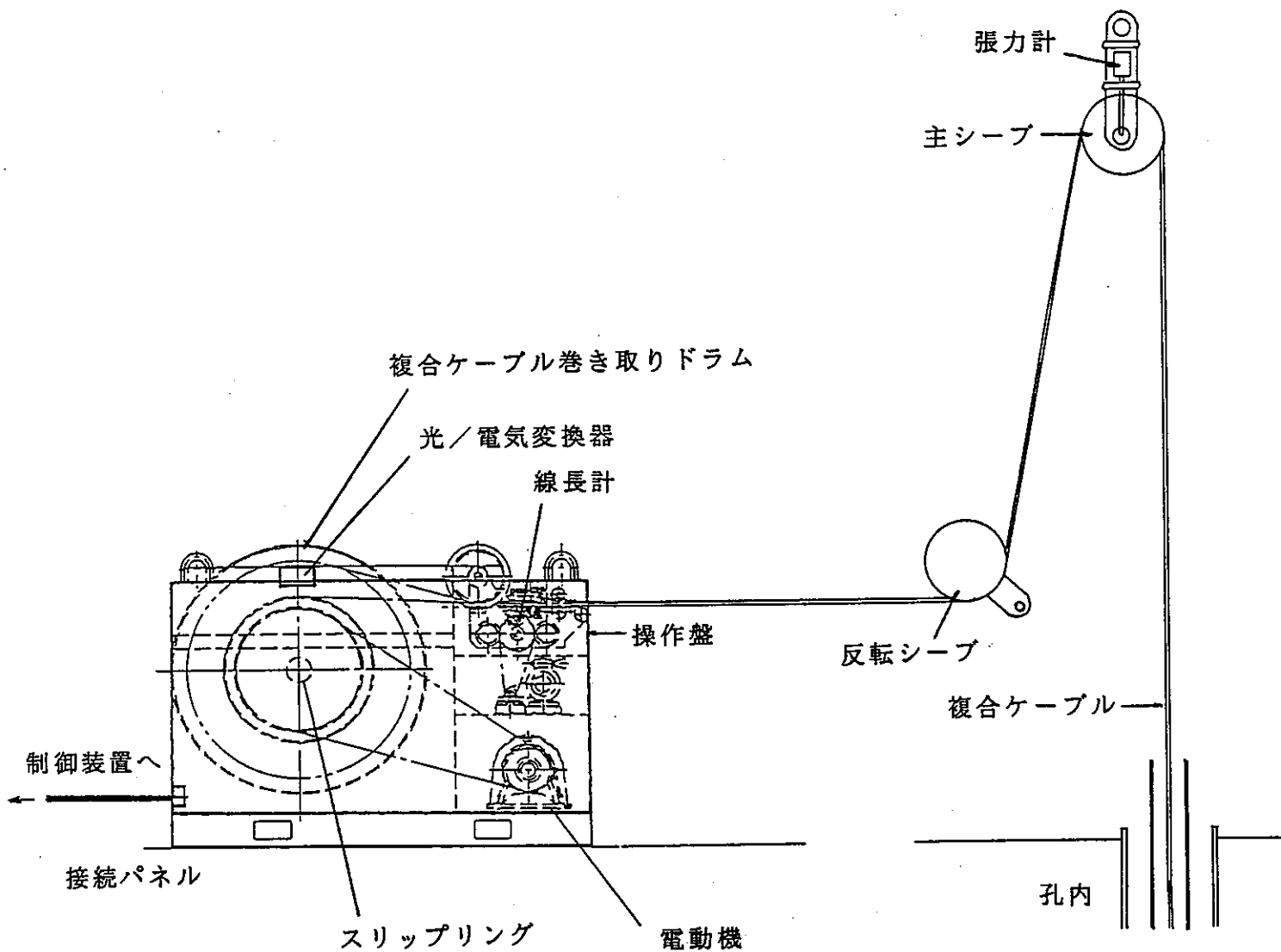


図 4-2-1 小型巻き取り装置の構成

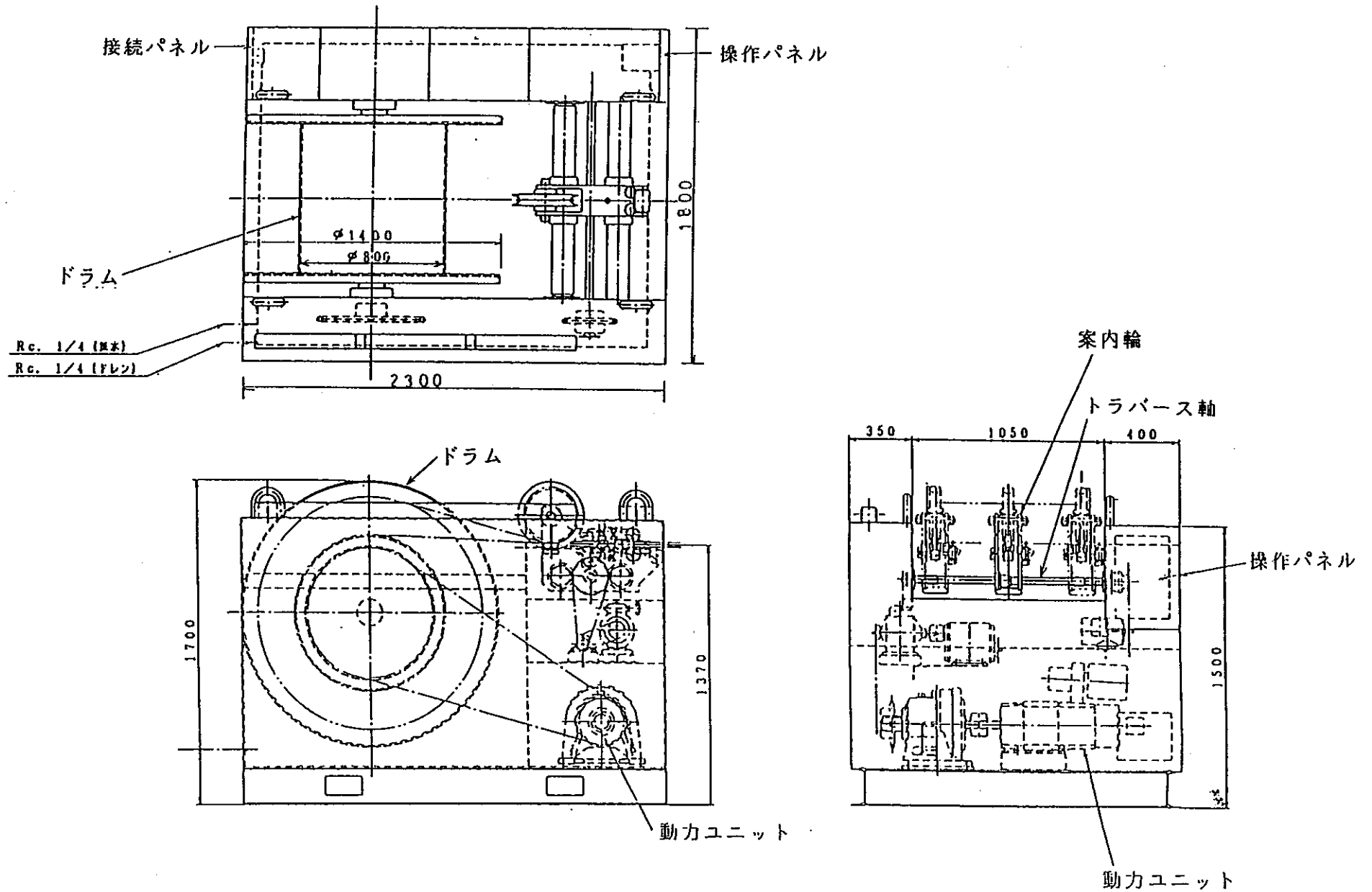


図4-2-2 小型巻き取り装置の組立図

4. 2. 1 基本構造

巻き取り装置の基本は、図4-2-2に示すように同一ベース上に、①左右および中間フレーム、②巻き取りドラムと③これを回転駆動する電動機と制御機、④トラバース装置およびその駆動装置・制御装置・操作盤等を搭載する。また、複合ケーブル送出量を計測する線長計を取り付けてある。ドラムの回転軸には⑤スリップリングが装備されている。また、外部には孔口に設置される⑥シーブがあり、これには張力計を装備している。巻き取りドラム内には光／電気変換器が内蔵されている。

(1) フレーム

フレームは、鋼板および形鋼の溶接構造とし、ベース・左右フレーム・中間フレーム・梁で構成し、各々は鋼製ボルトで組立てる。ベースサイド方向に角穴を設けフォークリフトでの移動を可能にし、前後および中央にアンカーボルト用の穴を設ける。左右フレームはドラム・トラバース装置の軸受部を構成する。軸受けは防塵・防水のため外側をオイルシールで防護し、左右フレームの上面には吊り金具を設ける。

中間フレーム部は、ドラム駆動の電動機と減速機およびトラバース駆動の可変速機と段落ち調整の電動機を内蔵している。

左右フレームの外側と中間フレームの前面はネジ止めの蓋でパッキンを介して締め付け、点検保守が可能である。右フレームと中間フレームの底面に通風孔を設けている。

(2) トラバース

通常のトラバース機能（通常走行中方向反転可）と段落ち修正の早送り機能を有し、ネジ軸の一端の電磁クラッチでその機能を切り替える。トラバースヘッドの移動は早送り機能で容易にできる。通常は正逆転電磁クラッチで左右に切り替えトラバースする、電動機・正逆転クラッチ／可変速機・ネジ軸をチェーンで連結し作動する。巻き取りピッチは可変速機（22～28mm）で容易に変更できる。

段落ち修正は別駆動を有し、早送りによりそれを修正する。（イン칭ングによる目視操作）

ネジおよびガイドバーは硬鋼製とする。トラバースネジの軸受けは防塵と防水のためオイルシールで防護する。ロール台部に線長計のセンサー部を取付ける。

(3) ドラム

鋳および胴は鋼板の溶接構造、軸は鋼管と棒鋼の溶接および切削加工に依り製作する。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、水ホースと分離して、光ファイバーケーブルと電線はドラム側面に取付けた接続箱に導入する。接続箱蓋部で光／電気変換モジュールおよび端子台と接続し、ドラム軸を通して右フレーム内に設けたスリップリングに接続する。水ホースは、同部に設けたホースジョイントからドラム軸を通して左フレーム内に設けたロータリージョイントに接続する。

(4) スリップリング

ドラム右軸端でフレーム内部にスリップリングを取付ける。スリップリングのリング側はドラム側面の接続箱蓋の端子台に、またブラシ側は右フレーム背面下部の接続パネルに設けたレセプタクル（CR3）に出力する。

(5) ロータリージョイント

ドラム軸の左端に設置し、ドラム軸を通して複合ケーブルと左フレームの後部にある配管孔を接続する。

(6) 主シーブ

鋼製溶接組立構造とし、吊り金具とフォークの間に張力計用ロードセルを取付ける。シーブは鋼製溶接構造で外周と溝部はSUS304容射処理を施す。複合ケーブルの導入角度によってシーブが大きく傾き、ロードセルの出力に与える影響を少なく抑えるために振れ止めを備える。

図4-2-3に主シーブの構造を示す。

(7) 反転シーブ

鋼製溶接組立構造とし、シーブは主シーブのものと同一ものとする。シーブを使用状態に近い角度で支持できる着脱可能なスタンドを備えている。

図4-2-4に反転シーブの構造を示す。

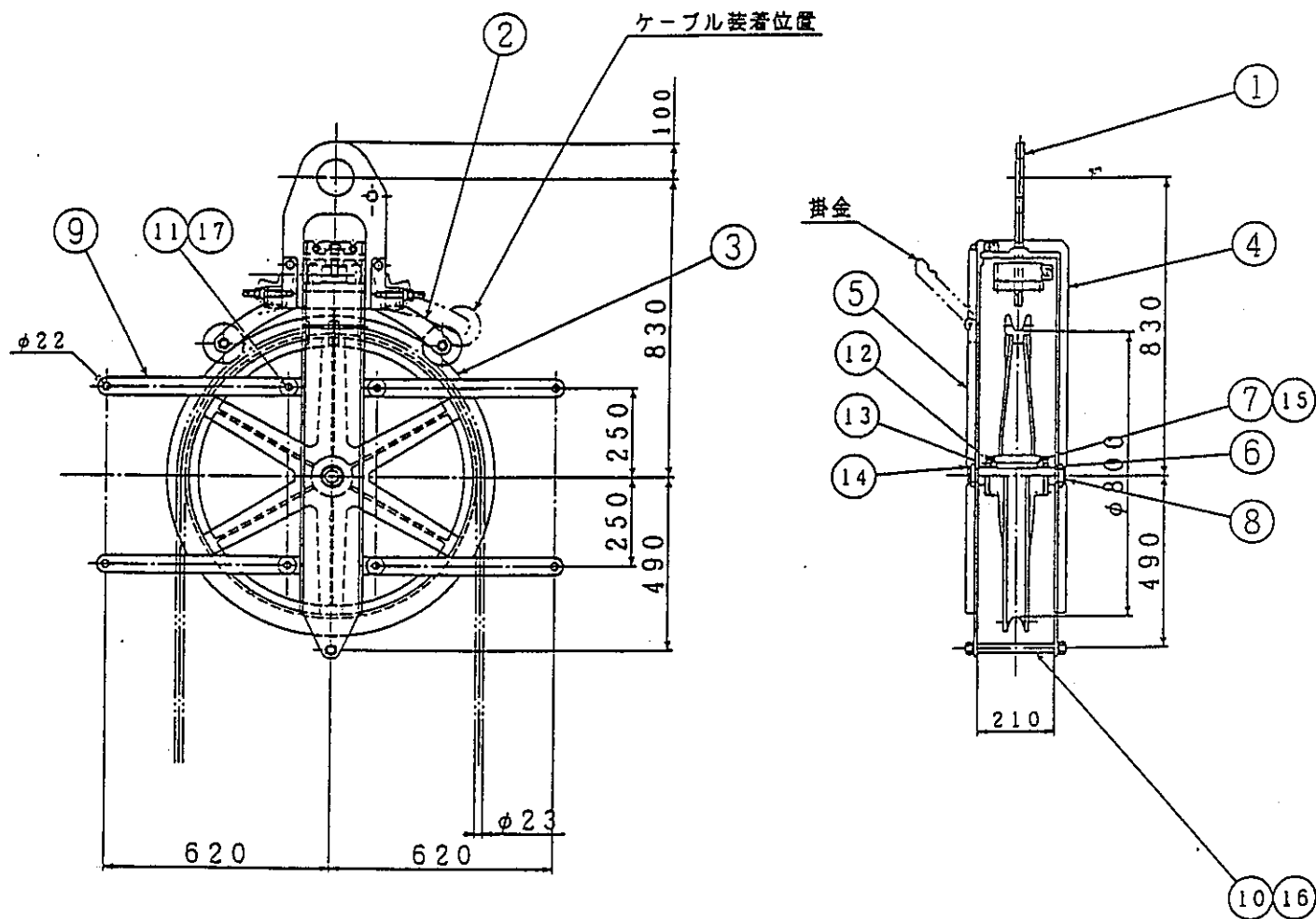


図 4 - 2 - 3 主シーブの構造

17	六角ナット
16	六角ナット
15	六角穴付ボルト
14	軸受用ナット
13	オイルシール
12	球軸受
11	リーマーボルト
10	段付ボルト
9	蓋止め
8	シーブ軸
7	リテイナー
6	カラー
5	フォーク (2)
4	フォーク (1)
3	シーブ加工
2	抑えロール
1	吊り下げ部
部品番号	部品名称

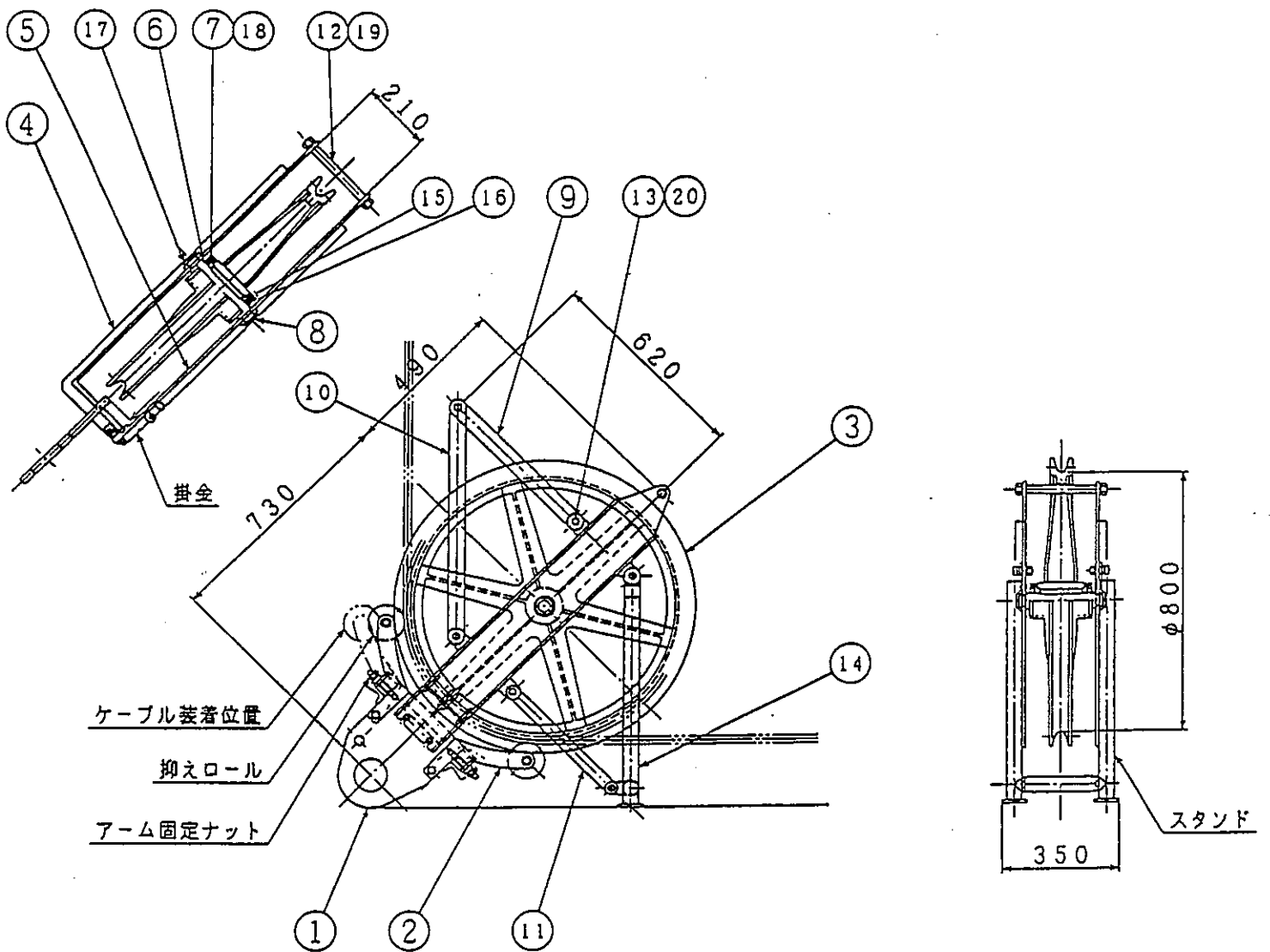


図 4 - 2 - 4 反転シーブの構造

20	六角ナット
19	六角ナット
18	六角穴付ボルト
17	軸受用ナット
16	オイルシール
15	軸継受
14	スタンド
13	リーマーボルト
12	穴付ボルト
11	蓋止の
10	蓋止の
9	蓋止の
8	シーブ軸
7	リテーナー
6	カラー
5	フォーク (2)
4	フォーク (1)
3	シーブ加工
2	抑えロール
1	吊り下げ部
部品番号	部品名称

4. 2. 2 駆動および制御方法

1) 駆動

駆動は直流電動機（DPBV型7.5KW 電磁ブレーキ付）と制御装置（DS-700SR）による。ドラムには減速機およびチェーンで伝導する。

電動機は無励磁作動形の電磁ブレーキを備え、電動機の起動・停止に応じて自動的に解除・作動し、停電等非常時も電源切断により作動する。

電磁ブレーキのブレーキトルクは電動機定格トルクの125%以上である。

2) 制御

(1) 自動制御

予め設定された線長計と張力測定装置の出力を受けて次の制御が可能である。設定の数値の内①項の距離、③項の速度、④項の過張力数値は操作パネルで、②項の距離はフレーム内の制御盤で設定する。

- | | |
|-------------|------------------------|
| ①線長計設定値 | 自動運転繰り出し停止（目標値－5m） |
| ②線長計設定値（内部） | 自動運転巻き取り停止（地表－5m） |
| ③速度設定 | 主速（自動）・低速（手動） |
| ④過張力設定 | 張力計の過張力信号でウィンチ停止（1.2T） |

(2) 操作パネル

フレーム前部左上の操作パネルで以下の操作が可能である。

- ①非常停止
- ②自動・手動の設定
- ③線長計の監視と自動運転繰り出し停止設定
- ④張力の監視と過張力の設定
- ⑤速度設定
- ⑥ウィンチ運転 繰り出し・巻き取り・停止
- ⑦トラバース 方向選択
- ⑧トラバース 方向選択表示
- ⑨トラバース 強制運転
- ⑩線長計 リセット

(3) リモート操作

下記に示す内容のリモート操作が可能である。

- ①ウィンチ運転 繰り出し・巻き取り・停止

3) 信号出力

接続パネル内のレセプタクルを通じて以下の信号が出力される。

(1) 複合ケーブルの張力

張力の表示計を5トフルスケールとし、0～10V DCで出力する。

(表示1トに対して 2V DC)

(2) 線長計出力

主線長計 (CNT1) の表示をBCD信号 (オープンコレクター 30V
30mA) で出力する。

4. 2. 3 巻き取り装置の仕様

1) 電源

AC 200 / 220V 3φ 60A 50 / 60Hz

2) ケーブル収納量

φ22.7mmで1,140m

3) ウィンチ出力

速度 0、0.3～27m/min

張力 9.8KN (1,000Kgf)

4) 外形寸法

幅 1.8m

長さ 2.3m

高さ 1.7m

5) 重量

約3,000Kg (除ケーブル)

6) 制動容量 (最内層に於いて)

電磁ブレーキ 電動機トルクの125%

7) スリップリング

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

8) 線長計

① 主制御用

表示単位	0.01 m
表示桁数	6
書き込み機能	有
B C D 出力	オープンコレクター (50 V 20 mA)
電源断のメモリ時間	10 年

② 副制御用 (左フレーム内の制御盤に取付け)

表示単位	0.01 m
表示桁数	6
書き込み機能	無

9) 張力計

ロードセル	LCX-5 T
表示器	NTS-432
外部出力	0~10 V DC

5 まとめ

本業務では、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器での経験を基に、適応環境条件の拡大と操作性の向上を目指した同調査機器の開発の一環として、複合ケーブルの細型化と小型で軽量の巻き取り装置の設計を実施した。

その成果を取りまとめると以下の通りである。

- ①複合ケーブルは、高温環境型（耐温度性能70℃）に対応出来る機能の向上を取り入れることができた。
- ②複合ケーブルを細型化（約75%）し、水回路用のホースは内部洗浄が容易に出来る構造でかつ水質に影響を与えない材料としてステンレス製を採用した。
- ③巻き取り装置は、1号機の巻き取り装置より小型・軽量化（約70%）することができた。
- ④送り出し、巻き上げとも自動制御可能となり、自動巻き取りをする際の段落ちを調整可能とすることができた。
- ⑤遠隔操作（リモコン操作）が可能となった。

以上