

本資料は2000年 3月 31日付けで登録区分
変更する。

研究調整 Gr【管理担当箇所名】

図書室

1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器 (高温環境型)の設計

(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~~



~~限 定 資 料~~
PNC 寄J7411 96-002
1996年 3月

1, 000 m対応地下水の地球化学特性調査機器（高温環境型）の設計

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、1, 000 m対応地下水の地球化学特性調査機器（高温環境型）の設計を実施した。

本装置の孔内部は大きく①パッカーシステム、②孔内システム、③パッカー水回収システムで構成され、各システムとも高温度環境に対応出来るよう機能の向上をはかった。

パッカーシステムは、パッカー部、フィルターカプセル、採水区間延長カプセルとケーシング内を昇降する孔内システムと安全かつ確実に結合するための結合機構を有したガイドケーシング部で構成される。

孔内システムは連続採水ユニット、採水ユニット、結合ユニットで構成し各ユニットとも高温度環境を考慮するとともに、保守・点検が容易に行える構造とした。

パッカー水回収システムは孔内ユニットがパッカーユニットと結合が不可能な場合に用いるシステムでパッカー水回路を開放し、パッカー水を回収することができる。こうして契約上のすべての必要事項を満たして孔内部（高温環境型）の設計を完了した。

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.07-C-1351

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ツ株式会社

Design of Equipment 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 down hole component of this sampler consist of (1) a packer system, (2) a traveling system and (3) a packer water retrieve system. They are improved in the design to be used in high temperature environment up to 70°C.

The packer system consists of two packers, a filter coupcell, some sampling section extension capsule and a guide casing which facilitates safe and firm coupling with traveling system fed through the casing string.

The traveling system consists (1) a continuous sampling unit, (2) a batch sampling unit and (3) a coupling unit. Special improvement has made on the structure of each unit for utilizing in high temperature environment and for easy maintenance.

The packer water retrieve system will be utilized in case traveling system can not couple with the packer system retrieving the packer water opening the packer water circuit.

The design of an equipment for geochemical investigation of deep groundwater in high temperature environment 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 設計条件	3
3 1号機との仕様比較	5
4 採水装置（孔内部）の基本構成と各部の機能	7
4.1 パッカーシステムの設計	10
4.1.1 パッカユニット	12
4.1.2 ガイドケーシング部	22
4.2 孔内システムの設計	28
4.2.1 各ユニット共通	31
4.2.2 連続採水ユニット	36
4.2.3 採水ユニット	42
4.2.4 結合ユニット	49
5 パッカー水回収システムの設計	59
5.1 概 要	59
5.2 内 容	61
5.3 構 造	62
5.3.1 パッカー水回収ユニット本体	62
5.3.2 キットⅠ（ビューアーキット）	63
5.3.3 キットⅡ（クリーナーキット）	64
5.3.4 キットⅢ（ペネトレーターキット）	65
6 まとめ	67

図 表 目 次

		ページ
表 2-1	高温環境型全体に対する主な設計条件	3
表 2-2	各部に対する主な設計条件	4
表 3-1	装置の基本仕様の比較	5
表 3-2	各部の基本仕様	5
表 4-1	採水装置（孔内部）の基本構成	7
図 4-1	採水装置全体の構成	8
表 4-2	孔内部各装置の構成	9
表 4-1-1	パッカーシステムの主な諸元	10
図 4-1-1	パッカーシステムの概要	11
図 4-1-2	パッカーユニットの構造	13
図 4-1-3	パッカーの構造	14
表 4-1-2	パッカーの寸法	15
表 4-1-3	ゴムの基本性質	16
図 4-1-4	スライム対策構造	17
表 4-1-4	採水区間延長カプセルの有効長	18
図 4-1-5	採水区間延長カプセルの構造	19
表 4-1-5	フィルタ部の寸法	20
図 4-1-6	フィルタカプセルの構造	21
表 4-1-6	ガイドケーシング A の仕様	22
図 4-1-7	ガイドケーシング部の構成	23
図 4-1-8	ガイドケーシング A の構成	24
表 4-1-7	ガイドケーシング B の仕様	25
図 4-1-9	ガイドケーシング B の構造	26
表 4-1-8	結合位置までの距離	27
表 4-2-1	孔内システムの概要	28
図 4-2-1	孔内システムの構成	29
図 4-2-2	孔内システムの水回路構成	30
表 4-2-2	採水作業各ステップにおける 孔内システムのポンプとボールバルブの動き	30
表 4-2-3	ノンスピルカプラの諸元および機械的特性等	31
図 4-2-3	複合コネクタの構成	32
図 4-2-4	ノンスピルカプラの外形寸法	33
表 4-2-4	低接触抵抗端子の電気的特性等	34
図 4-2-5	遮水壁（防水ブロック）の組込み状況	34
図 4-2-6	連続採水ユニットの形状寸法	37

図 4-2-7	連続採水ユニットの回路構成	37
表 4-2-5	連続採水ユニットの機器構成	38
表 4-2-6	両方向ポンプの仕様	39
図 4-2-8	4方向ボールバルブの概略図	40
図 4-2-9	採水ユニットの外形寸法	43
図 4-2-10	採水ユニットの回路構成	43
表 4-2-7	採水ユニットの機器構成	44
図 4-2-11	採水機構	45
図 4-2-12	両端注射針とラバーディスクの構造	46
図 4-2-13	採水容器収納部の変更状況	47
図 4-2-14	結合ユニットの外形寸法	50
図 4-2-15	結合ユニットの回路構成	50
表 4-2-8	結合ユニットの機器構成	51
図 4-2-16	結合部の詳細	53
図 4-2-17	結合ユニットとパッカーシステムとの結合機構	54
表 4-2-9	結合計の諸元	55
表 4-2-10	近接計の諸元	55
図 4-2-18	圧力逃しバルブ設置位置	56
表 5-1	パッカー水回収システムの構成	59
図 5-1	パッカー水回収システム	60

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開発経験を基に、適応環境条件の拡大と操作性の向上を計るために同調査機器の開発の一環として、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器（高温環境型）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 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器（高温環境型）の設計

報告書

② 1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器（高温環境型）の設計

設計書（図面集：組立図・部品図）

2 設計条件

高温環境型の設計に当たって仕様書で与えられた主な条件を整理して表 2-1 および表 2-2 に示した。

表 2-1 高温環境型全体に対する主な設計条件

項 目	設 計 条 件
基 本 構 成	孔内部は大きく①パッカーシステム、②孔内システム、③パッカー水回収システム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。
適 応 深 度	1, 0 0 0 m
適 応 孔 径	φ 7 5 ~ 1 3 0 m m
孔内システムの最大外径	φ 5 7 m m 以下
適 応 温 度	0 ~ 7 0 ° C (凍結考慮なし)
耐 圧 性 能 ラ イ ン 圧 外 圧	1 5 0 K g f / c m ² 以上 1 5 0 K g f / c m ² 以上
測 定 項 目	間隙水圧・パッカー圧力・孔内温度 採水容器内圧力
採 水 条 件	地下水の採取方法は、ポンプアップを用いた連続採水方法と採水容器内に被圧不活性状態で採取できるバッチ式方法を備える。
間 隙 水 圧 計 測	閉鎖区間の間隙水圧が測定可能であること。
閉鎖区間内の水位低下限界	G L - 3 0 0 m を水位の低下限界とする。

表-2-2 各部に対する主な設計条件

項 目	設 計 条 件												
複合コネクタ遮水性能 (凹、凸)	各ユニットを連結するための複合コネクタは、配管系、電源、通信系の各ラインが同時にかつ確実に接続できるとともに、各ユニット間を保護することを考慮し、ユニット間の防水性能150Kgf/cm ² 以上を有すること。												
基板防水性能	電気基板を収納する部分は、基板を外部環境から保護することを考慮し、防水性能150Kgf/cm ² 以上を有すること。												
結合ユニット 外径 全長 結合機構 回路構造 結合測定範囲 部品の交換 (消耗対象品)	<ul style="list-style-type: none"> ・φ57mm以下 ・2,000mm以下 ・確実にパッカーシステムの圧力ライン、採水ラインと脱着出来ること。 また、パッカーシステムとの結合状況を把握するための機構として、先端部に結合距離計を有すること。 結合距離計の性能は以下の仕様を満たすこと。 測定距離：0~2mm 2ヶ 精 度：FS 3.0%以内 ・閉鎖区間の間隙水圧とパッカー圧力を測定出来ること。また、圧力計の性能は以下の仕様を満たすこと。 測定範囲：-1~150Kgf/cm² 精 度：FS 0.5%以内 ・採取する地下水の水温を測定出来ること。 温度計の性能は以下の仕様を満たすこと。 測定範囲：-50~150℃ 精 度：FS 1.0%以内 ・パッカー圧力、間隙水圧を確実に伝達し、漏洩を防止する機能を有すること。 ・孔内システムの脱着時に発生する一時的な過剰圧力を、回避する機能を有すること。 ・スライム対策 ・圧力逃がし構造 ・0~2mm (50mm検出) ・単体交換 <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>パッカー圧力計</td> <td style="text-align: right;">1ヶ</td> </tr> <tr> <td>孔内温度計</td> <td style="text-align: right;">1ヶ</td> </tr> <tr> <td>水回路切り換えバルブ</td> <td style="text-align: right;">1ヶ</td> </tr> <tr> <td>結合距離計</td> <td style="text-align: right;">2ヶ</td> </tr> <tr> <td>結合カプラー</td> <td style="text-align: right;">2ヶ</td> </tr> <tr> <td>電気基板</td> <td style="text-align: right;">5枚</td> </tr> </table> 	パッカー圧力計	1ヶ	孔内温度計	1ヶ	水回路切り換えバルブ	1ヶ	結合距離計	2ヶ	結合カプラー	2ヶ	電気基板	5枚
パッカー圧力計	1ヶ												
孔内温度計	1ヶ												
水回路切り換えバルブ	1ヶ												
結合距離計	2ヶ												
結合カプラー	2ヶ												
電気基板	5枚												
採水ユニット 外径 全長 採水容器収納部 採水駆動 内部配線 採水容器収納 部品の交換 (消耗対象品)	<ul style="list-style-type: none"> ・φ57mm以下 ・3,000mm以下 ・採水容器の交換が容易であるとともに、安定した構造を保つこと。 ・採水容器内に被圧不活性状態で地下水を採取出来ること。 ・採水容器内の圧力が測定出来ること。 また、圧力計の性能は以下の仕様を満たすこと。 測定範囲：-1~150Kgf/cm² 精 度：FS 0.5%以内 ・採水容器の容積は500cm³以上とする。 ・Oリングの破損などを考慮し、安全かつ確実な配線、導水経路を確保すること。 ・変位計制御 ・肉厚穴、外部遮断 ・C型構造 ・単体交換 <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>採水駆動リミットスイッチ</td> <td style="text-align: right;">2ヶ</td> </tr> <tr> <td>電気基板</td> <td style="text-align: right;">5枚</td> </tr> </table> 	採水駆動リミットスイッチ	2ヶ	電気基板	5枚								
採水駆動リミットスイッチ	2ヶ												
電気基板	5枚												
連続採水ユニット (排水ユニット) 外径 全長 両方向ポンプの機能 (ポンプ制御) 部品の交換 (消耗対象品)	<ul style="list-style-type: none"> ・φ57mm以下 ・2,500mm以下 ・採水作業を効率的に進めるため、ポンプアップ方式を用いて閉鎖区間の孔内水を短時間で地上もしくは孔内に排出するとともに、パッカーの拡張、収縮の制御が可能なこと。 ・また、ポンプ性能として0~100cc/minの範囲で10cc/min間隔で定流量制御ができ、作動停止指令受信後速やかに停止すること。 (定流量制御) ・単体交換 <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td>両方向ポンプ水回路切り換えバルブ</td> <td style="text-align: right;">2ヶ</td> </tr> <tr> <td>両方向ポンプリミットスイッチ</td> <td style="text-align: right;">2ヶ</td> </tr> <tr> <td>電気基板</td> <td style="text-align: right;">6枚</td> </tr> </table> 	両方向ポンプ水回路切り換えバルブ	2ヶ	両方向ポンプリミットスイッチ	2ヶ	電気基板	6枚						
両方向ポンプ水回路切り換えバルブ	2ヶ												
両方向ポンプリミットスイッチ	2ヶ												
電気基板	6枚												
パッカーシステム 適応孔径 パッカー部 有効長 パッカーゴム フィルターカプセル 採水区延長カプセル ガイドケーシング部	<ul style="list-style-type: none"> ・φ75~100mm (φ68mm) ・φ100~130mm (φ86mm) ・上下1対のパッカー有し、パッカー拡張方法は水圧方式を採用すること。 ・孔内システムと結合しパッカー、閉鎖区間との回路の着脱が出来る結合機構と、パッカー水回収ユニットと結合しパッカー回路を開放しパッカー水を回収出来る結合機構の2機構を有すること。 ・上下パッカー共に1.5m以上とする。 ・パッカーに用いるゴムは高温度環境下で使用出来る材質を用い、差圧5.0Kgf/cm²以上の遮水性能を有すること。 (耐熱ゴム) ・フィルター長は0.3m以下とし、全長は0.5m以下とする。 ・延長カプセルは1.0m×6本、0.5m×1本を用意し、フィルターカプセルを含めて、採水区間長が0.5~7.0mまで0.5m間隔で設定出来ること。 ・延長カプセル内はOリングの損傷などを考慮し、安全かつ確実な導水経路を確保すること。(導水経路 (肉厚穴)) ・ガイドケーシング部は、試験孔内のスライム、ゴミ等が結合部に沈殿することを回避する構造を採用し、孔内システムがパッカーシステムと結合する際、安全かつ確実に誘導する機能を有すること。 												
パッカー水回収システム パッカー水回収ユニット 外径 全長	<ul style="list-style-type: none"> ・孔内システムとは別に、パッカー水回収システムを用いてパッカー回路を開放し、パッカー水の回収を行う。 ・φ57mm以下 ・1,500mm以下 ・パッカーシステムのパッカー水回収ユニット結合機構と安全かつ確実に着脱し、パッカー回路を開放しパッカー水を除去出来ること。 												
消耗対象部品	各ユニットに組込まれる部品の内、使用頻度に応じて交換が必要と考えられる消耗部品に関しては、容易に交換可能な構造を採用すること。												

3 1号機との仕様比較

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

表3-1 装置の基本仕様の比較

項 目	2号機	1号機	目 的
適 応 孔 径	φ75~130mm	φ75~130mm	1号機の性能維持
孔内システムの最大外径	φ57mm以下	φ57mm以下	1号機の性能維持
耐 温 度 性 能	70℃	50℃	耐温度性能の向上
耐 圧 性 能 ラ イ ン 圧 外 圧	150Kgf/cm ² 150Kgf/cm ²	150Kgf/cm ² 150Kgf/cm ²	1号機の性能維持

表3-2 各部の基本仕様

項 目	2号機	1号機	目 的
複合コネクタ-遮水性能	150Kgf/cm ²	————	ユニット保護の機能向上
基板防水性能	150Kgf/cm ²	————	電子部品の保護
結合ユニット 結合機構	スライム対策	スリット付き結合機構	結合性の向上
回路構造	圧力逃がし構造	閉鎖回路	内部回路の保護
結合測定範囲	0~2mm、50mm検出	0~2mm	操作性の向上
部品の交換	単体交換	分解交換	操作性の向上
採水ユニット 採水駆動	変位計制御	リミットスイッチ制御	操作性の向上
内部配線	SUSパイプ 外部露出	SUSパイプ 外部露出	1号機の性能維持
採水容器収納	C型構造	U型構造	強度の向上
部品の交換	単体交換	分解交換	操作性の向上
連続採水ユニット ポンプ制御	定流量制御	電圧制御 1ストローク制御	操作性の向上
部品の交換	単体交換	分解交換	操作性の向上
パッカーゴム	耐熱ゴム	天然ゴム	耐温度性能の向上
中間カプセル 導水経路	肉厚穴	SUSパイプ Oリング	気密性の向上
パッカー水の 回収方法	孔内システム 回収システム	孔内システム のみ	安全性の向上

4 採水装置（孔内部）の基本構成と各部の機能

本採水装置は、地表から掘削された試錐孔を利用して、目的とする深度の地下水を採取するものである。

適応深度は最大1,000mである。ボーリング孔を利用して地下水を採取しようとする場合、様々な深度の地下水が混ざり合っていると考えられる。

従って、所定の深度の水のみを採取するには、採水を行う深度区間の上下を仕切って、その区間内の水を排除した後に、その間の地層内から浸出する真の地下水（以下地層水と呼ぶ）を採取する必要がある。

また、地下深部の地下水は高圧の状態にあり、大気に接することも無い。そのため、現位置で採取された地層水はできる限りその圧力を保持し、大気に触れさせずに地上まで運搬する必要がある。

この採水装置は以上の点を考慮し、ボーリング孔内深部において主として次に示す作業を効率的に行う。

- ①採水区間の上下を遮水する。
- ②採水区間の水を連続採水する。
- ③地層水を採取し現位置の状態を保持したまま地上へ運搬する。

この採水装置の基本構成を図4-1に示す。

孔内部は、パッカーシステムと孔内システムに分けられる。これらのシステムはボーリング孔内に挿入され、採水区間上下の遮水、採水区間内の水の連続採水、地層水の採取と運搬を行う部分である。

採水装置の基本構成を図4-1、および表4-1に、表4-2に孔内部各装置の構成を示す。

表4-1 採水装置（孔内部）の基本構成

システム		役割
孔内部	孔内システム	採水区間内の水を連続採水 地層水の採取と地上への運搬 (地上への運搬は複合ケーブルとの組み合わせで行う。)
	パッカーシステム	採水区間上下の遮水 孔内システムとパッカーシステムとの結合時のガイド

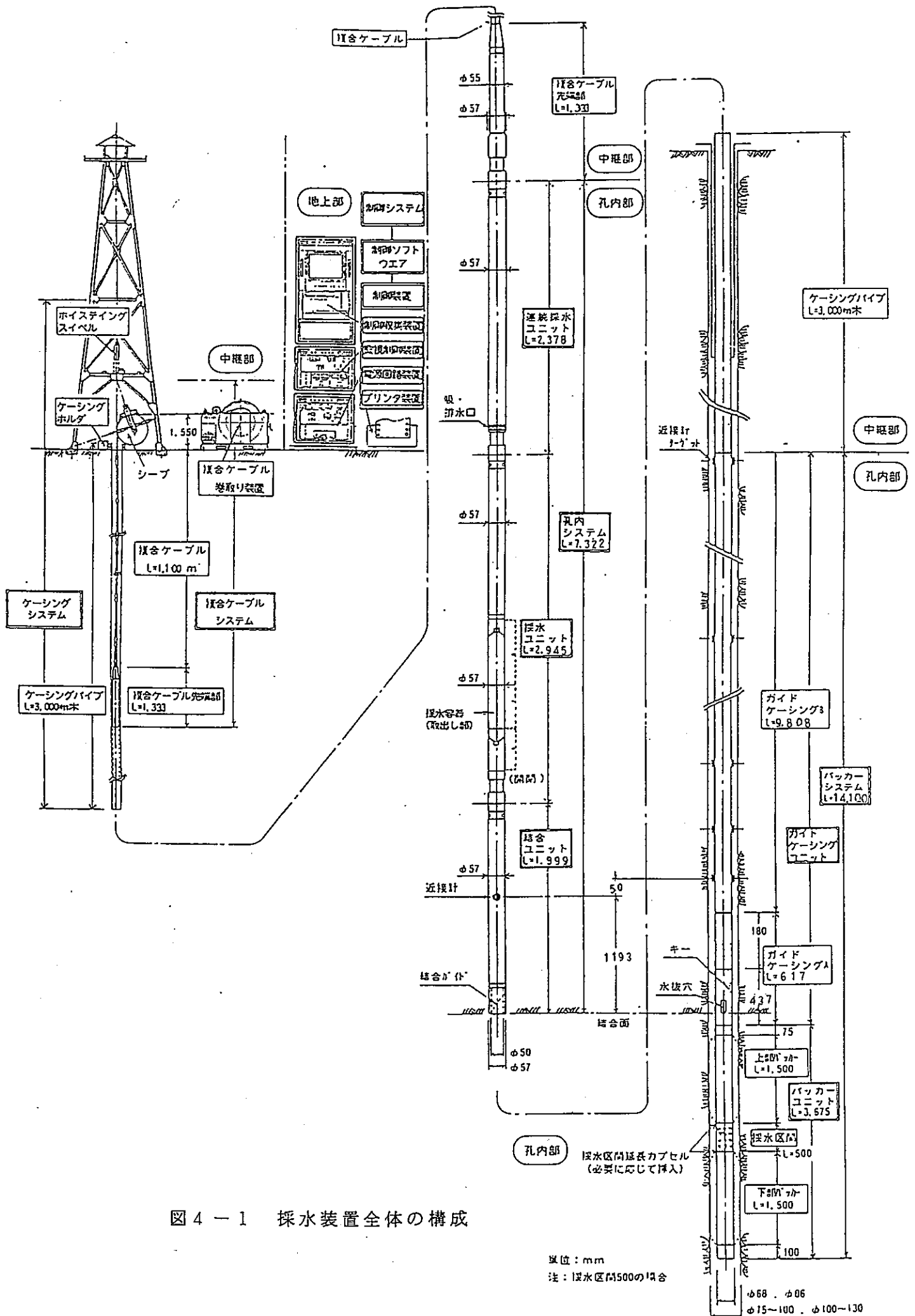


図4-1 採水装置全体の構成

単位：mm
注：採水区画500の場合

表 4 - 2 孔内部各装置の構成

区 分	装 置 名 称	仕 様 ・ 性 能		
孔内システム	連続採水ユニット	外有重材	効 径長 : 57mm : 2,378mm : 3,1Kg : ステンレス鋼(SUS304)	
	採水ユニット	外有採水重材	効容 径長 : 57mm : 2,045mm : 5,0ml : 3,9Kg : ステンレス鋼(SUS304)	
	結合ユニット	外有重材	効 径長 : 57mm : 1,999mm : 2,6Kg : ステンレス鋼(SUS304)	
パッカーシステム	ガイドケーシングB	外内重材	効 径長 : 69.9mm : 60.3mm : 9,808mm (近接ターゲット内蔵) : 80Kg : ステンレス鋼(SUS329)	
	ガイドケーシングA	外内重材	効 径長 : 69.9mm : 58.0mm : 61.7mm(カイトキ付き) : 3Kg : ステンレス鋼(SUS329)	
パッカーユニット	パッカー部	適応孔径	75~100mm	100~130mm
		外 径	φ 6 8 mm	φ 8 6 mm
		全 長	上 部 1, 7 2 0 mm 下 部 1, 6 9 0 mm	
		有 効 長	上部、下部とも1,500mm	
		重 量	2 0 Kg	3 0 Kg
		内筒材質	ステンレス鋼(SUS304)	
		チューブ	天然ゴム、フッ素ゴム	
	採水区間延長カプセル	外 径	φ 6 8 mm	φ 8 6 mm
		有 効 長	500mm、1,000mm×6本	
		重量(6.5m)	8 0 Kg	1 2 0 Kg
		材 質	ステンレス鋼(SUS304)	
	フィルタカプセル	外 径	φ 6 8 mm	φ 8 6 mm
		有 効 長	315mm (採水区間は500mm)	
		重 量	5 Kg	7 Kg
		材 質	ステンレス鋼(SUS304)	
	フィルタエレメント	外 径	φ 6 6 mm	φ 8 4 mm
		有 効 長	2 4 4 mm	
		ポ-ラスサイズ	2 0 μ m	
材 質		ステンレス鋼焼結体		

4. 1 パッカーシステムの設計

パッカーシステムは①パッカーユニットと②ガイドケーシング部で構成される。パッカーシステムの主な諸元を表4-1-1に、概要を図4-1-1に示す。

表4-1-1 パッカーシステムの主な諸元

区 分	適応ホ-リング*孔径範囲	75~100mm	100~130mm	
ガイド ケーシング B	外 径	φ 6 9 . 9 mm		
	内 径	φ 6 0 . 3 mm		
	長 さ	3, 3 7 9 mm × 1 本 2, 0 0 0 mm × 1 本 1, 0 0 0 mm × 2 本 5 0 0 mm × 3 本 6 7 1 mm × 1 本	合 計 9, 550m	
	材 質	ステンレス鋼 (SUS 329)		
	磁気リング*	外 径	6 3 . 5 mm	
		内 径	6 0 . 5 mm	
幅		1 0 . 0 mm		
ガイド ケーシング A	外 径	φ 6 9 . 9 mm		
	内 径	φ 5 8 . 0 mm		
	長 さ	6 1 7 mm		
	材 質	ステンレス鋼 (SUS 329)		
パッカー部	外 径	φ 6 8 mm	φ 8 6 mm	
	全 長	上 部	1, 7 2 0 mm	
		下 部	1, 6 9 0 mm	
	有 効 長	1, 5 0 0 mm		
	内部管材質	ステンレス鋼 (SUS 304)		
パッカーゴム材質	天然ゴム・フッ素ゴム			
採水区間延長 カプセル	外 径	φ 6 8 mm	φ 8 6 mm	
	長 さ	500mm, 1000mmの2種類		
	材 質	ステンレス鋼 (SUS 304)		
フィルタ カプセル	外 径	φ 6 8 mm	φ 8 6 mm	
	長 さ	3 1 5 mm (採水区間は5 0 0 mm)		
	材 質	ステンレス鋼 (SUS 304)		
	フィルタ エレメント	外 径	φ 6 6 mm	φ 8 4 mm
		長 さ	2 4 4 mm	
		ホ-ラスサイズ*	2 0 μm	
材 質		ステンレス焼結体		

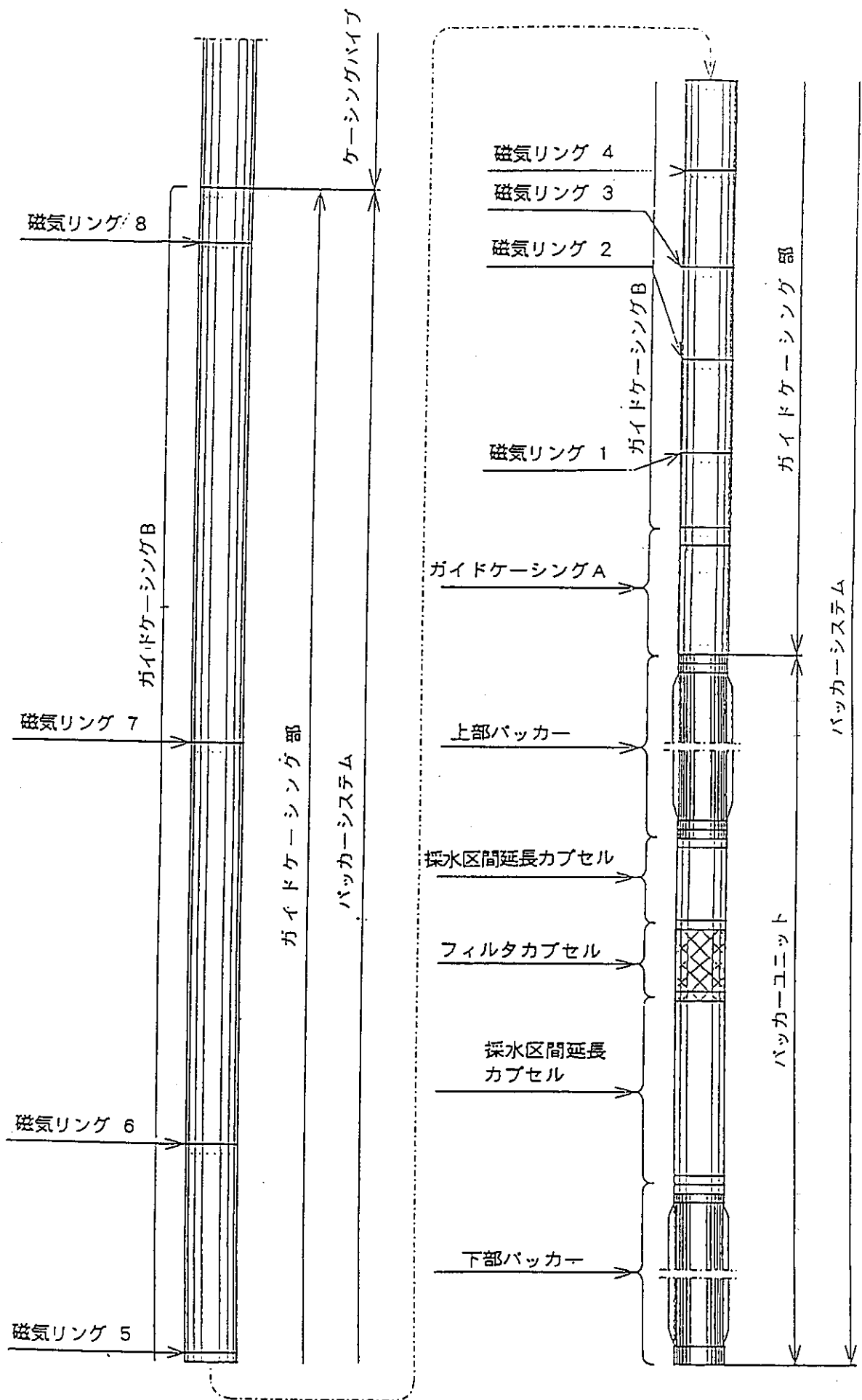


図 4 - 1 - 1 パッカーシステムの概要

4. 1. 1 パッカーユニット

パッカーユニットはボーリング孔内の任意の深度において採水を行うための採水区間を設け、同区間の孔壁から湧出する地下水をパッカー上端の孔内システムとの結合部まで導く装置である。パッカーユニットは図4-1-2に示すように次のもので構成される。

- ① 採水区間を設ける上下2本の水圧パッカー
- ② 採水区間の長さを調節する採水区間延長カプセル
- ③ フィルタとフィルタを防護するストレーナからなるフィルタカプセル

このパッカーユニットのうち、ボーリング孔を閉鎖する上下のパッカー部は長期に渡り孔壁と密着し、採水区間の上下からの水の進入を防ぐことが重要な役割であり、同時に採水区間延長カプセルやフィルタカプセルを含め、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が要求される。

(1) パッカー部

パッカー部は、ボーリング孔内の採水を行う深度の上下端をダブルパッカー方式によって遮水を行い採水区間を閉鎖する。そしてこの採水区間内の水を連続採水し、地層水を採取するための地下水の流入口の役目を果たす。また、その上部にはガイドケーシングとの接続のためのネジ部および孔内システムとの水回路接続のためのノンスプルカプラを2個備えている。

ノンスプルカプラのうち1個は採水区間からの水の取り込み口である上部パッカー下端のフィルタ部につながる水回路に接続されている。

もう1個のカプラはパッカー加圧拡張・収縮用の水回路に通じ、この回路はさらに上部パッカー拡張部を介して下部パッカーまで接続されている。

上下いずれのパッカーもその拡張は水圧により行われる。拡張のための水は、孔内システム内のポンプにより採水区間より上部の孔内水が供給されるため、地上から送水する必要は無いが、地上からの供給水でもパッカーの拡張は可能である。

パッカーの拡張部分の長さは上下とも各々1.5mとする。

図4-1-3に上部および下部パッカーの構造を示し、パッカーの形状寸法を表4-1-2に示す。

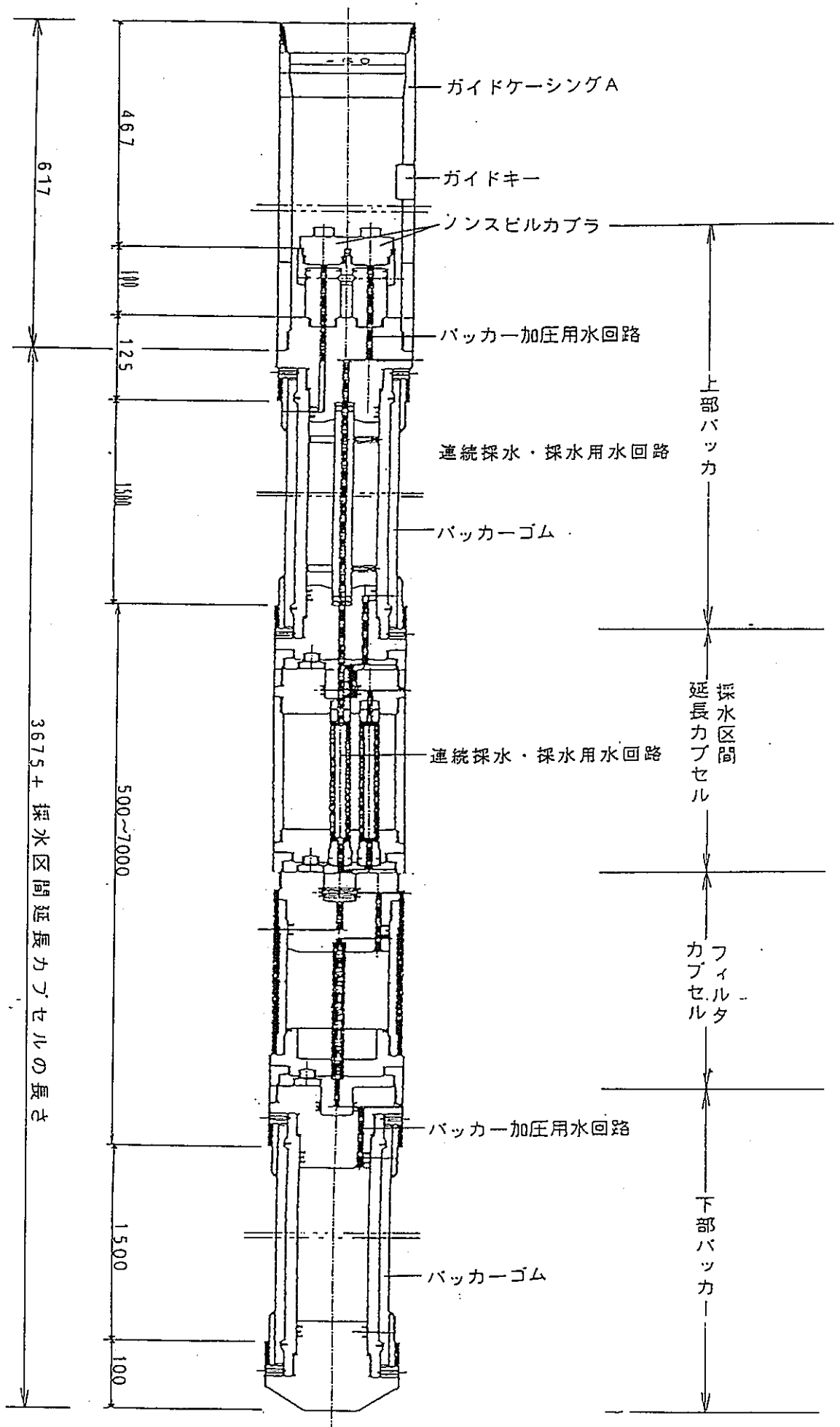
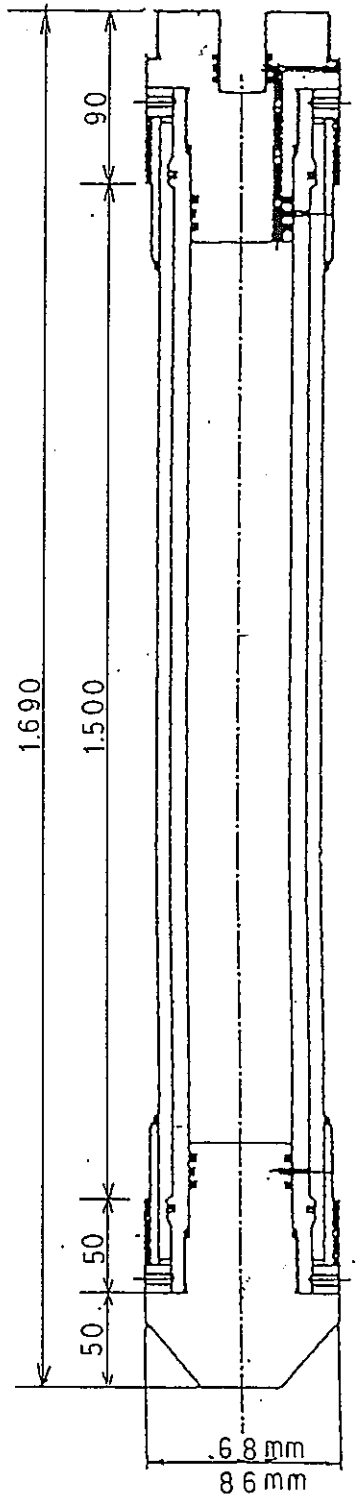
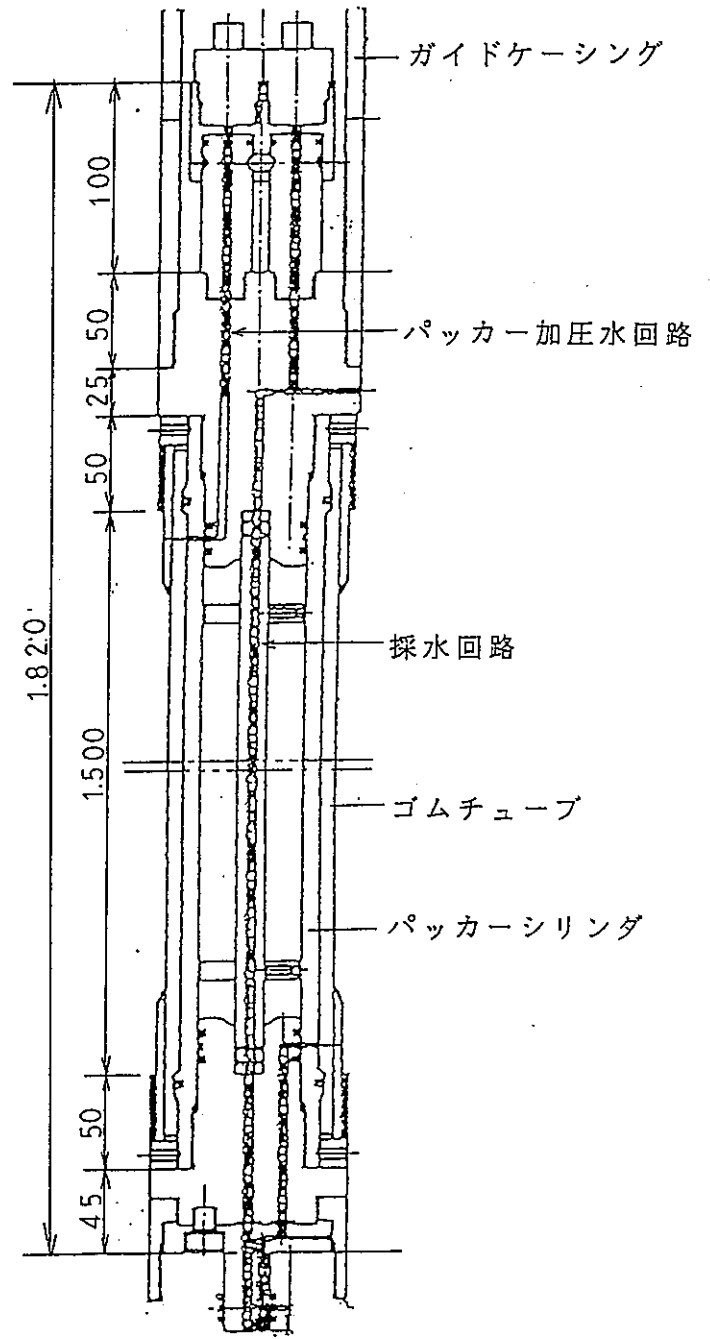


図4-1-2 パッカーユニットの構造



下部パッカー



上部パッカー

単位：mm

図 4-1-3 パッカーの構造

表 4-1-2 パッカーの寸法

寸法位置	寸法	
パッカー全長	上部	1, 720 mm
	下部	1, 690 mm
拡張有効長	1, 500 mm	
パッカー外形	φ 68 mm (孔径 75 mm ~ 100 mm 対応)	
	φ 86 mm (孔径 100 mm ~ 130 mm 対応)	
パッカー重量	上部	20 Kg × 2本
	下部	30 Kg × 2本
ゴムチューブ	長さ : 1, 600 mm	
	肉厚 : 5 mm	
パッカーシリンダ	ステンレス鋼 (SUS 304)	
チューブ材質	天然ゴム・フッ素ゴム	

このパッカーの構造は長さ 1, 700 mm のステンレス製のシリンダの両端にゴムチューブを固定するものとし、適用ボーリング孔径 φ 75 mm ~ φ 130 mm に対しては外径 φ 68 mm と φ 86 mm の 2 種類の径のパッカーを準備して対応する。

ゴムチューブの材質は、従来 (1号機にて使用) の天然ゴムでも最高温度は 70 °C 対応であり今回仕様の耐温度性能には問題無いが、高温環境用として化学的安定性に優れたフッ素ゴム (最高使用温度 250 °C) とし、差圧 5 Kgf/cm² 以上の遮水性能を有する。

表 4-1-3 にゴムの基本性質を示す。

表 4-1-3 ゴムの基本性質

一般名		天然ゴム	フッ素ゴム
A S T M 略号		NR	FKM
化学構造		ポリイソプレン	6フッ化プロピレン 共重合体
商品名		スモークドシート エネアドライ	ダイオール
ゴムの比重		0.93	1.85
引張強さ (Kgf/cm ²)	純ゴム配合	210	120
	カーボン配合	300	170
伸び (%)	純ゴム配合	850	350
	カーボン配合	650	300
硬さ範囲 Hs (JISA)		30-90	65-90
配合ゴムの物理的性質	反ばつ弾性	◎	△
	耐摩耗性	◎	◎
	引裂抵抗	◎	○
	圧縮永久ひずみ	○	◎
	耐屈曲亀裂性	◎	○
	最高使用温度℃	70	250
	最低使用温度℃	-50~-70	-10~-50
	体積固有抵抗(ohm/cm)25℃	10 ¹⁰ ~10 ¹⁵	10 ¹⁵ ~10 ¹⁸
	耐老化性	○	◎
	耐光性	○	◎
	耐オゾン性	×	◎
	耐焰性	×	○-◎
	耐ガス透過性	○	◎
	耐放射線性	△~○	△-○
	電気絶縁性	○	◎
ゴムの臭気	△~○	○	

また、上部パッカーの上端は、非結合時のスライム対策として以下に示す構造とする。

① ノンスピルカプラーの結合位置を高くする。

- ・ 高くすることで水の出入り口（通水口）より離れ、流速低下を防止するとともに、スライムがカプラーの上部に沈殿しづらくなる。
- ・ ノンスピルカプラーの位置を高くすることでスライムがたまるスペースを設ける。
- ・ 試錐孔の状況によりノンスピルカプラーの高さ調整ができる構造とする。

② カプラーの結合面を傾斜させてスキ間を多くする。

図 4-1-4 に 1 号機と 2 号機のノンスピルカプラーの位置の比較を示す。

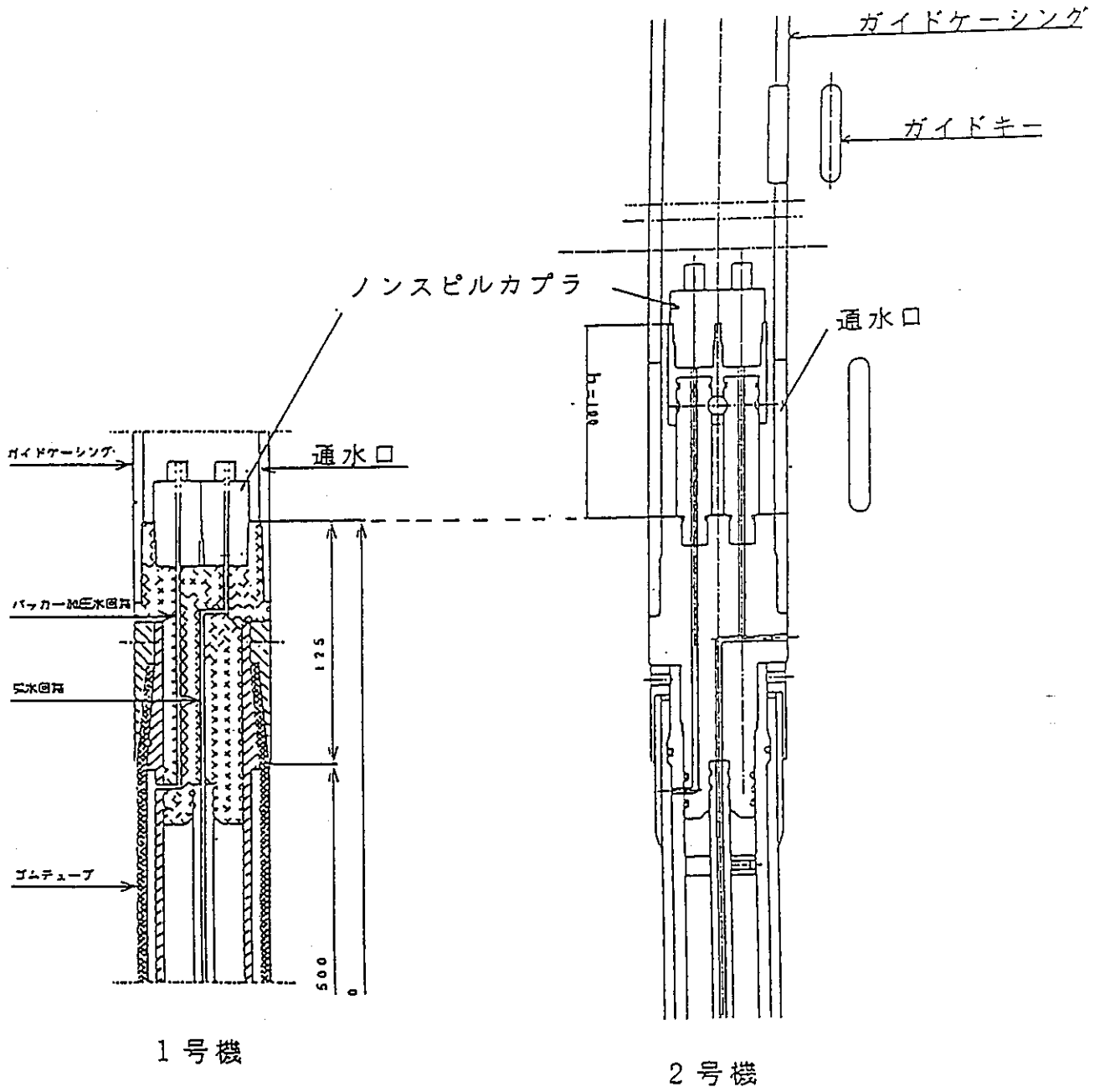


図 4-1-4 スライム対策構造

(2) 採水区間延長カプセル

採水区間延長カプセルは、上下パッカーの間の採水区間がフィルタカプセルの長さで不十分な場合に採水区間を延長するカプセルである。その内部には水が入り込まない中空の構造になっていて、採水区間に滞留する水の体積を低減するようになっている。この中には下部パッカー拡張・収縮用の水回路およびフィルタカプセルをその下位に取付ける場合のフィルタ部への水回路がそれぞれ1本ずつ通っている。

図4-1-5に採水区間延長カプセルの構造を示す。このカプセルは上部パッカーと下部パッカーの間にフィルタカプセルを挟んで接続し、採水区間長の調整を行う部材である。カプセルの両端にはパッカーまたはフィルタカプセルと接続するための接続プラグがあり、内部には上部パッカーから下部パッカーへのパッカー拡張用の圧力水の導管と、採水回路の導管とが内挿されている。上下のパッカーまたはフィルタカプセルと接続するためのカプラー部は下端が凸で上端が凹となっており、凹側の袋ナットにより下側パッカーまたはフィルタカプセルと接続する。

延長カプセルの長さは表4-1-4に示すものを準備し、採水区間長はフィルタカプセルの長さによって決定される50cmを最小として、50cm毎に7.0mまでの調整を可能とする。また、延長カプセルの外径はパッカーの外径と同一とし、φ68mm、φ86mmの2種類とする。

表4-1-4 採水区間延長カプセルの有効長

採水区間延長カプセル		数量	備 考
有効長	500mm	1本	φ68mmおよびφ86mmの2種類の外径のものを準備する。
	1,000mm	6本	
材 質			ステンレス鋼 (SUS 304)

また、カプセル内の水回路パイプは凍結等により曲折しにくい構造とする。

- ①水回路パイプを太くする。(外径φ10.5mm、内径φ5.7mm)
- ②水回路の固定方法として水回路パイプの一端にネジ加工を施しネジ込みにより固定する。他方は、押えカバーで止め曲がり難い構造とした。

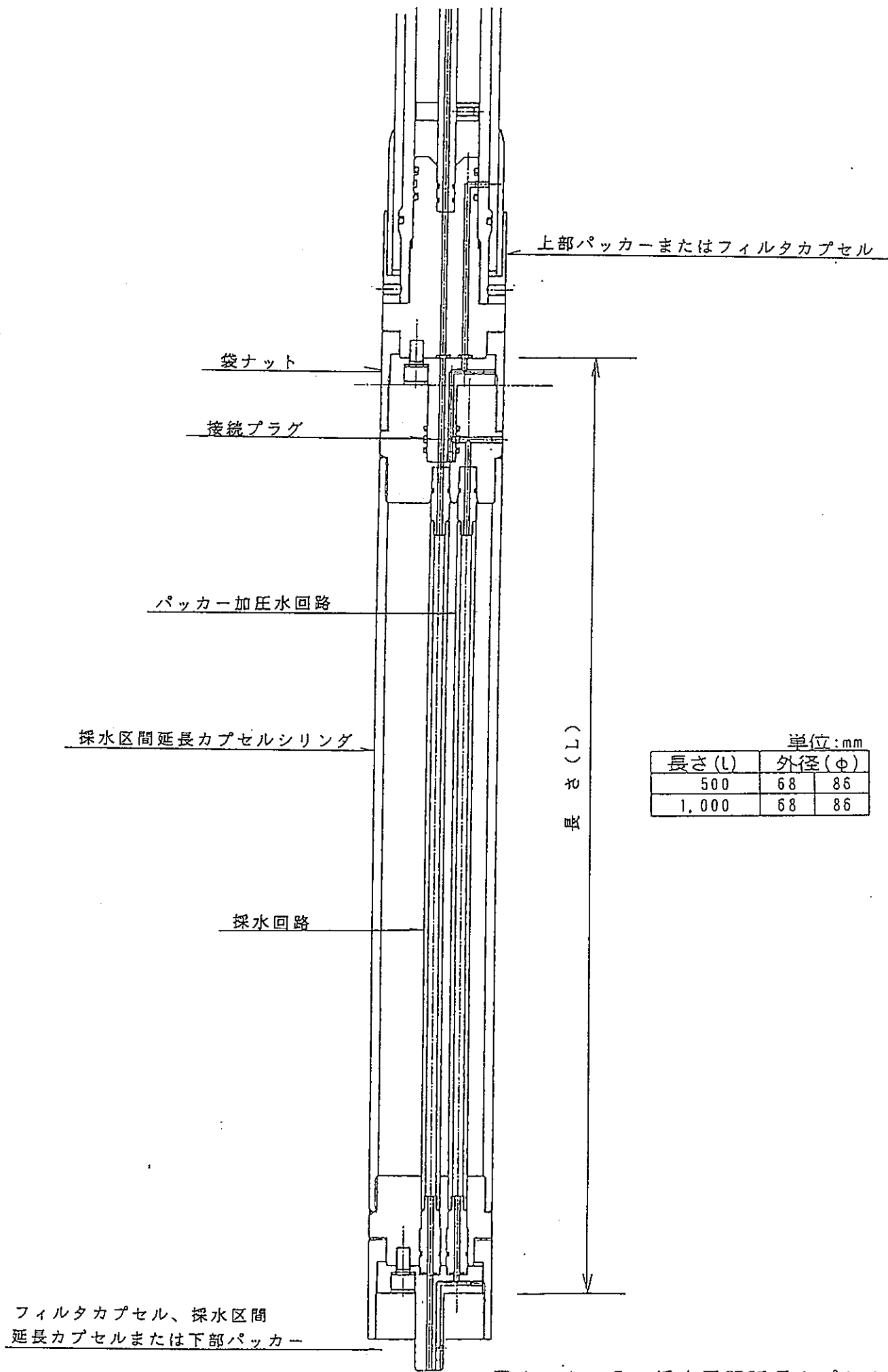


図 4 - 1 - 5 採水区間延長カプセルの構造

(3) フィルタカプセル

フィルタカプセルは上部パッカーと下部パッカーの間の採水区間延長カプセルと組み合わせて挿入する。その外周はステンレスパイプであり、これがフィルタ部を取り囲んで保護するとともに、採水区間の水をパッカーシステム内に取り込む役目をする。

図4-1-6にフィルタカプセルの構造を示す。

水中の土粒子等の採水回路への進入を防ぐフィルタチップと、上下パッカーの水回路を結ぶ導管、さらにそれらを防護するストレーナパイプによって構成される。

材質はフィルタを固定する治具も含めてステンレス鋼製とし、フィルタはステンレス鋼焼結合体とする。

フィルタカプセルの両端にはパッカーまたは採水区間延長カプセルが接続できるように延長カプセルと同規格の接続用袋ナットを取付ける。

フィルタの形状およびポラスサイズは表4-1-5に示す。

表4-1-5 フィルタ部の寸法

寸法位置		寸法	
フィルタ カプセル	外径	$\phi 68\text{ mm}$	$\phi 86\text{ mm}$
	全長	315 mm (採水区間は500 mm)	
	材質	ステンレス鋼 (SUS 304)	
フィルタ エレメント	外径	$\phi 66\text{ mm}$	$\phi 84\text{ mm}$
	長さ	244 mm	
	ポラスサイズ	20 $\mu\text{ m}$	
	材質	ステンレス鋼焼結合	

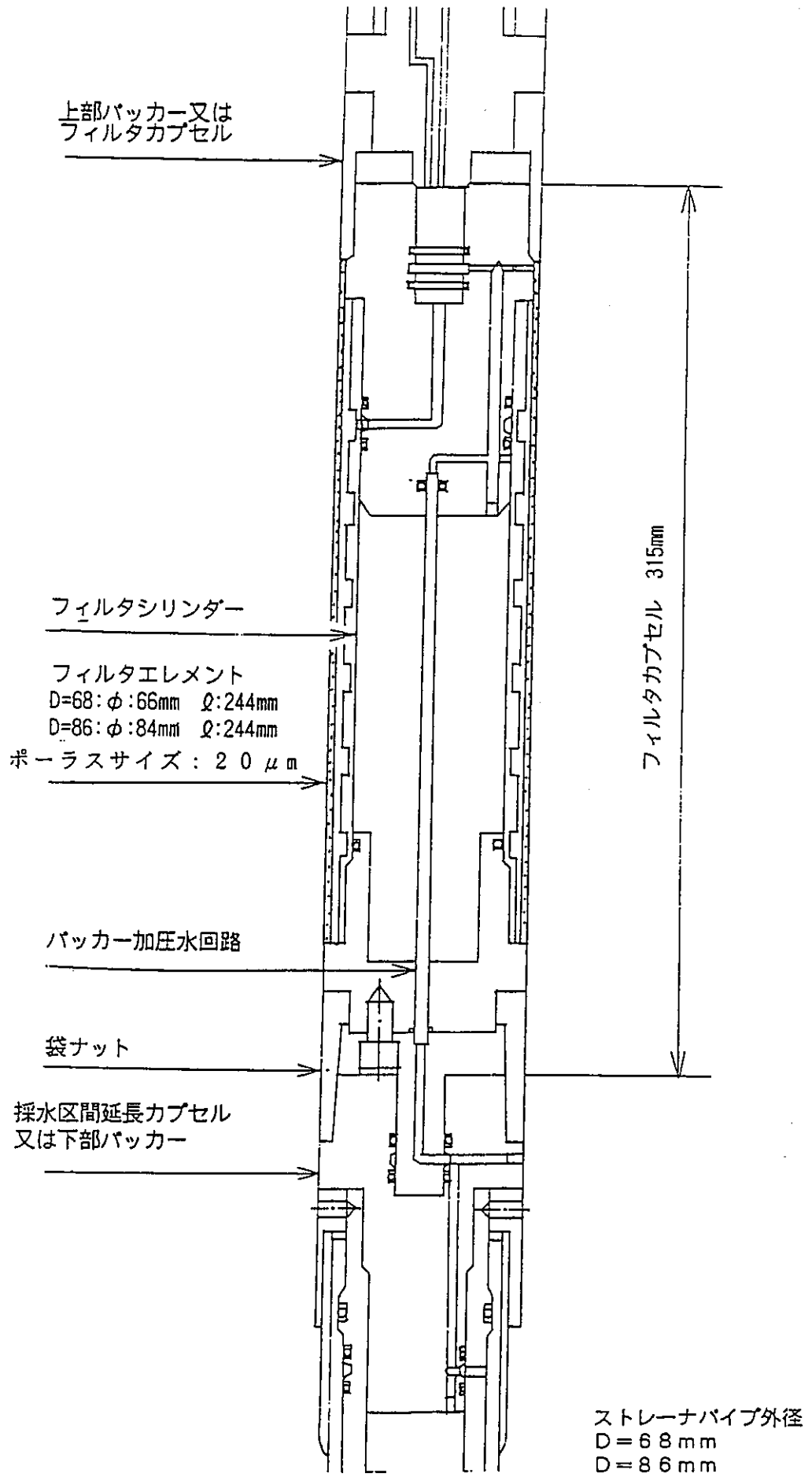


図 4 - 1 - 6 フィルタカプセルの構造

4. 1. 2 ガイドケーシング部

パッカーユニットと孔内システムは2個のカプラで着脱を行うため、両システムの円周方向の角度を一致させる必要がある。また、両システムが大深度でなめらかに結合するためには両者が接近してきた場合に十分な減速が必要である。これらの目的を達成するために、パッカー部の上位にガイドケーシング部を設けた。これらのガイドケーシング部はガイドケーシングAおよびガイドケーシングBに分けられる。

図4-1-7にガイドケーシング部の構成を示す。このガイドケーシング部はパッカー部と挿入用ケーシングパイプとの間に接続され、孔内システムとパッカー部の結合を制御するためのケーシングパイプである。

結合時に行われる制御は、①パッカー上端の採水用カプラとパッカー加圧用カプラの円周方向の位置および②孔内システムがパッカー部上端に近づく際の降下速度を調整する。円周方向の位置の制御をガイドケーシングA、降下速度を制御するための深度位置の確認をガイドケーシングBがそれぞれ孔内システムとの連携で行う。いずれのガイドケーシングも材質は挿入用のケーシングパイプと同一のステンレス鋼を使用し、接続部のネジも同規格とする。

(1) ガイドケーシングA

図4-1-8にガイドケーシングAの構造を示す。また、その仕様を表4-1-6に示す。

表4-1-6 ガイドケーシングAの仕様

項目	仕様
外径	φ69.9mm
内径	58.0mm
長さ	617mm
材質	ステンレス鋼 (SUS 329)

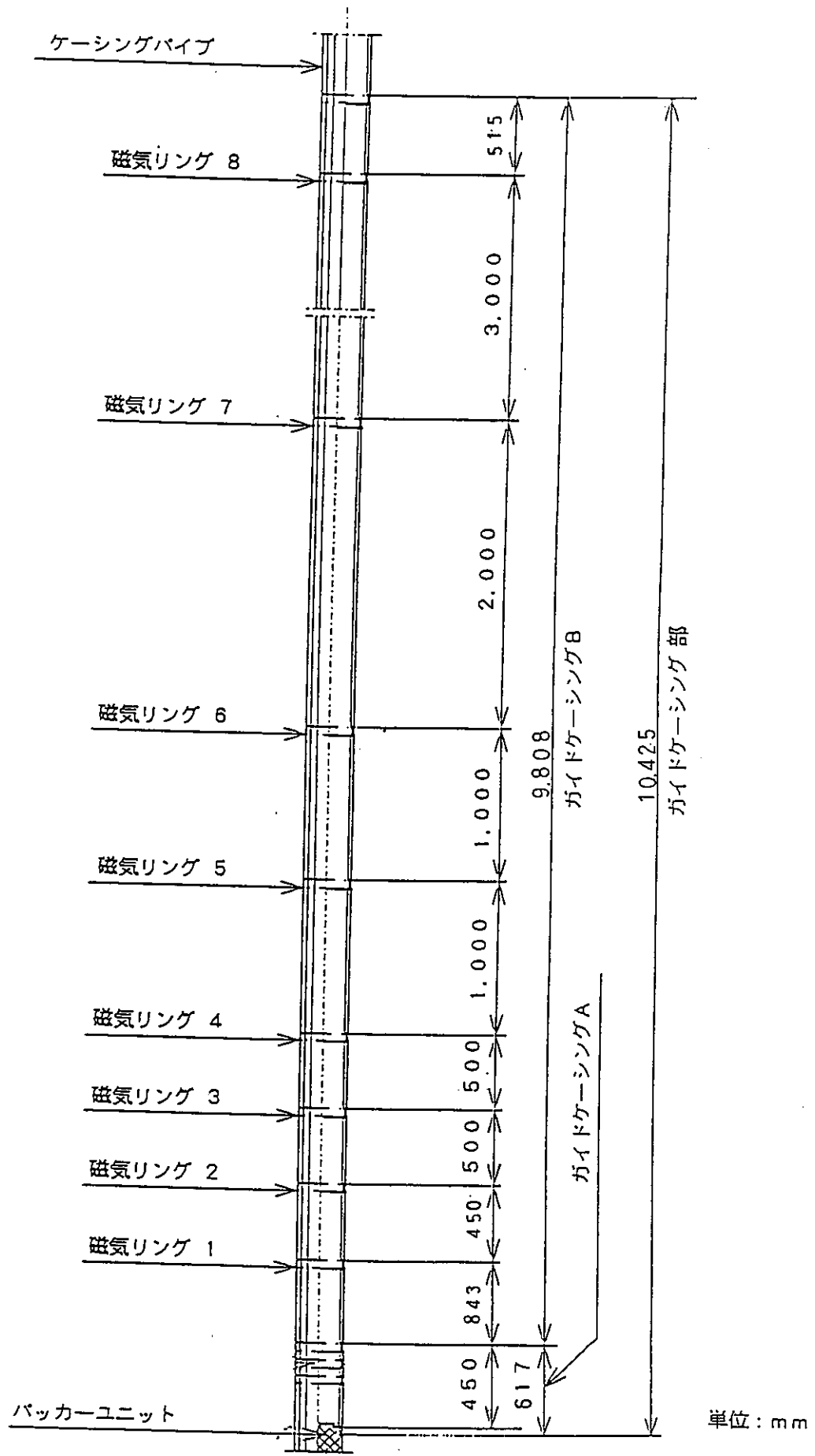


図 4-1-7 ガイドケーシング部の構成

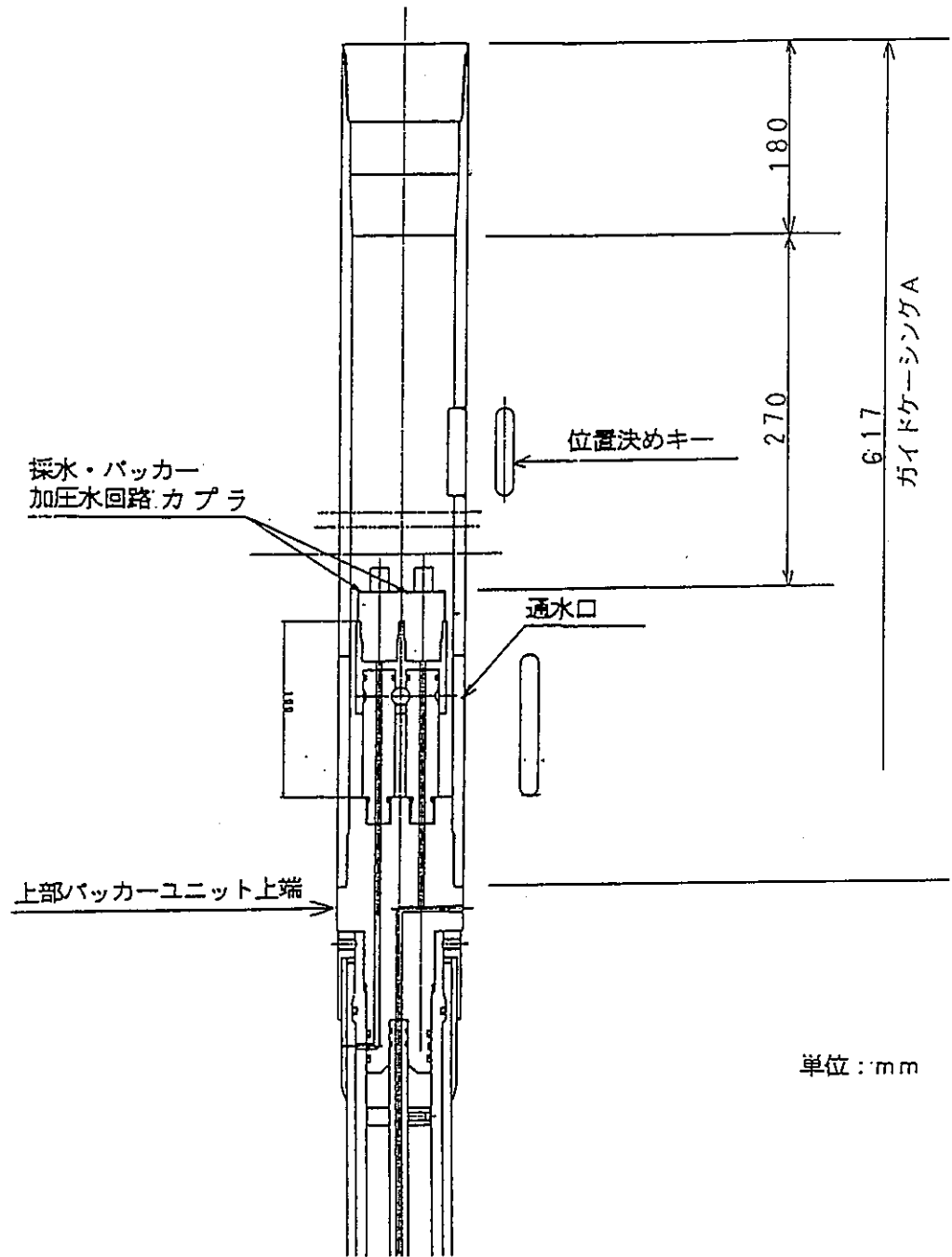


図 4 - 1 - 8 ガイドケーシング A の構成

ガイドケーシング A は孔内システムとパッカー部上端の採水用カプラおよびパッカー加圧用カプラとを結合する際の円周方向の位置の制御を行うガイドである。構造的にはガイドケーシング内側の凸部（位置決めキー）と孔内システム下端の側面（結合ユニット側面）に設けられた下方に広がる扇形の凹部とによって結合直前に正確に位置が確定される。

孔内システムの円周方向の位置の制御が行われる範囲は、結合位置から上の約 200 mm の区間で、 $\pm 180^\circ$ の水平方向の回転が可能となっている。使用する材料はいずれもステンレス鋼で、パッカーとの接続ネジは挿入用ケーシングパイプのネジ部と同等の引っ張り耐力を確保する。

また、パッカー上端部の改良に伴い約 100 mm 程度 1 号機より長くする。

ただし、通水口的位置は変更しない。通水口には、試錐孔の状況に応じてフィルターを取付けたものも用意する。（スライム等がケーシングパイプ内への進入を防止）

(2) ガイドケーシング B

図 4-1-9 にガイドケーシング B の構造を示す。また、仕様を表 4-1-7 に示す。

表 4-1-7 ガイドケーシング B の仕様

項 目		形状寸法・仕様	
ケーシング	外 径	$\phi 69.9 \text{ mm}$	
	内 径	$\phi 60.3 \text{ mm}$	
	全 長	9,808 mm	
	単品長		515 mm × 1 本
			3,000 mm × 1 本
			2,000 mm × 1 本
			1,000 mm × 2 本
			500 mm × 2 本
			450 mm × 1 本
		843 mm × 1 本	
材 質	SUS 329		
磁気リング	外 径	$\phi 63.5 \text{ mm}$	
	内 径	$\phi 60.5 \text{ mm}$	
	幅	10.0 mm	
	数 量	8 個	
	材 質	サマリウム系 テフロンコーティング	

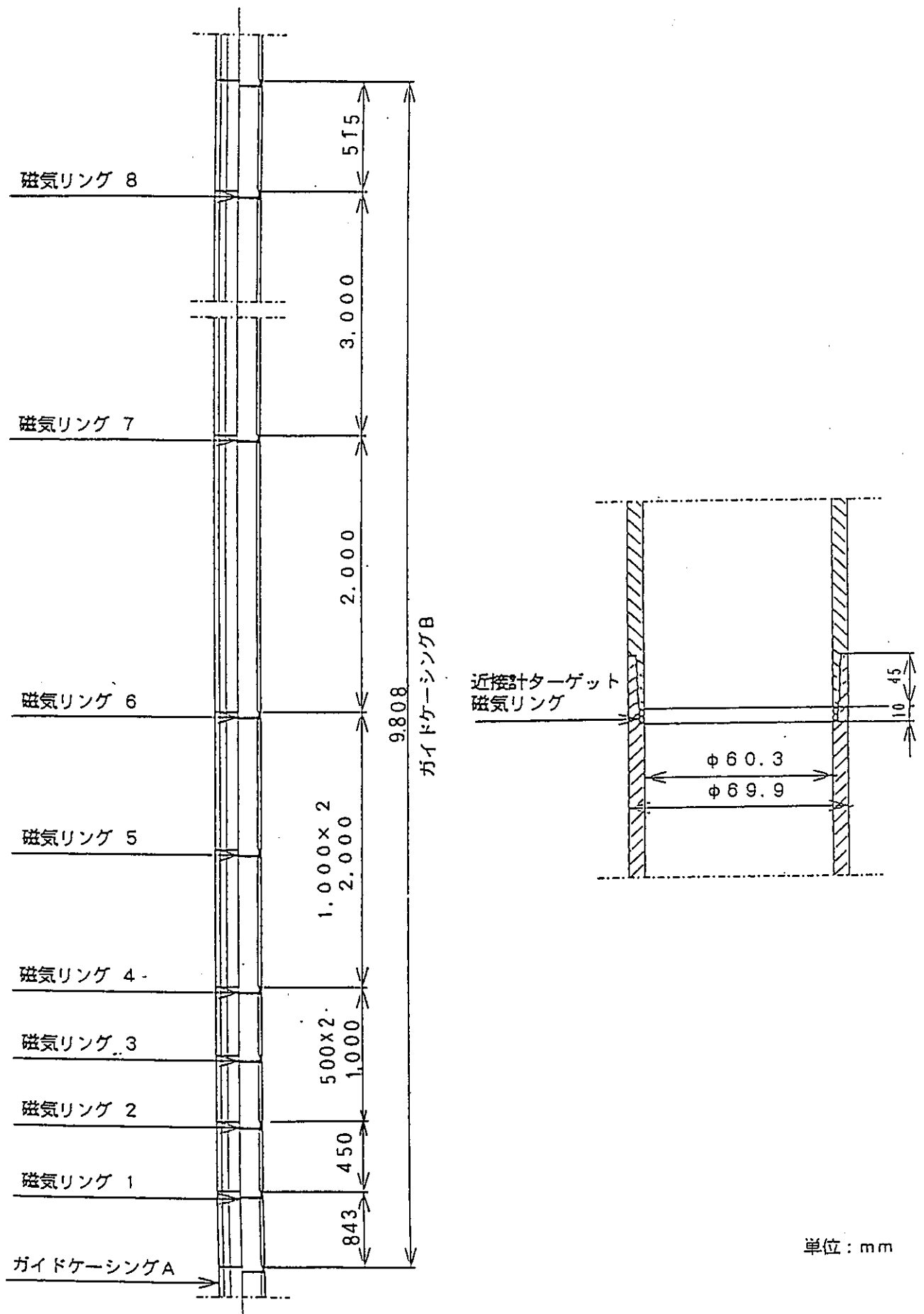


図 4 - 1 - 9 ガイドケーシングBの構造

ガイドケーシング B には、孔内システムとパッカー部との結合する際に孔内システムの降下速度の制御を行うための深度位置検出用のターゲットを装備する。

孔内システムの降下速度の制御は、まず複合ケーブルの送り出し長さで孔内システムの深度位置を監視しながら行う。孔内システムがガイドケーシング内のターゲットを検出した後は、ターゲットの位置（間隔）を確認しながら降下速度の制御を行い、結合位置では孔内システムとパッカー部を緩やかに結合する。

このため、孔内システムの結合ユニットにはこのターゲットを検出する近接計（磁気感知型のリードスイッチ）を取付け、ターゲットとしては、磁気リングをガイドケーシング B の各接続部内側に固定する。ターゲットの取付け範囲および取付け位置は降下速度制御を十分な余裕を持って行えるように、ケーブルの送り出し速度の調整可能範囲等を考慮するとともに最小結合測定範囲 50 mm を検出できるように表 4-1-8 に示す位置とした。

表 4-1-8 結合位置までの距離

磁気リング番号	結合位置までの距離
磁気リング 8	8, 500 mm
7	5, 500 mm
6	3, 500 mm
5	2, 500 mm
4	1, 500 mm
3	1, 000 mm
2	500 mm
1	50 mm

尚、ガイドケーシング B には挿入用ケーシングパイプと同一のネジ規格とステンレス鋼を使用し、磁気リングについてはテフロンコーティングを施し耐腐食性を持たせて孔内水の汚染を防止する。

4. 2 孔内システムの設計

孔内システムは、本装置の最も重要な機器であり、精密な加工精度と超小型で高耐圧に優れ、マイクロコンピュータの指令や遠隔によるプログラム制御で連続採水ポンプの作動や水回路切り換えなどを行うメカトロ機構が収納されている。孔内システムは、連続採水ユニット、採水ユニットおよび結合ユニットの3ユニットから構成される。孔内システムの機能を表4-2-1に、構成を図4-2-1に、水回路構成を図4-2-2に示す。

また、採水作業各ステップにおける孔内システムのポンプとボールバルブの動きを表4-2-2に示す。

表4-2-1 孔内システムの概要

連続採水ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 採水区間の連続採水機能 連続採水量：100 cc/min程度 ・ パッカー拡張・収縮のための給排水機能 ・ 結合部の洗浄のための給排水機能 ・ 水回路の切り換えを行う
採水ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・ 被圧不活性状態での地層水採取機能 採水容量：約500 cc/1回
結合ユニット	<ul style="list-style-type: none"> ・ パッカーユニットとの正確な接続・切り離し機能 ・ パッカーユニットとの接続時の近接度の確認機能 ・ パッカーの圧力を測定する ・ 採水区間の圧力と水温を測定する ・ 水回路の切り換えを行う

各ユニット間の接続および複合ケーブルとの接続には、水回路と複数の電気回路を同時に着脱できる複合コネクタ方式を採用する。この水回路の着脱には結合時の液漏れのきわめて少ないノンスピルカプラを用いる。また、孔内システムとパッカーユニットとの着脱にもこのノンスピルカプラを2個使用する。各ユニット内にはそれぞれのモータの動作制御用コントロールと各種センサ用のアンプを持っている。採水の操作はいずれも地上の制御システムとこれら孔内システムの各ユニット内のコントローラで制御する。この採水装置は地下深部の高温の環境下で使用するため、モータやアンプ類に温度センサを取付けて地上の制御システムで監視する。

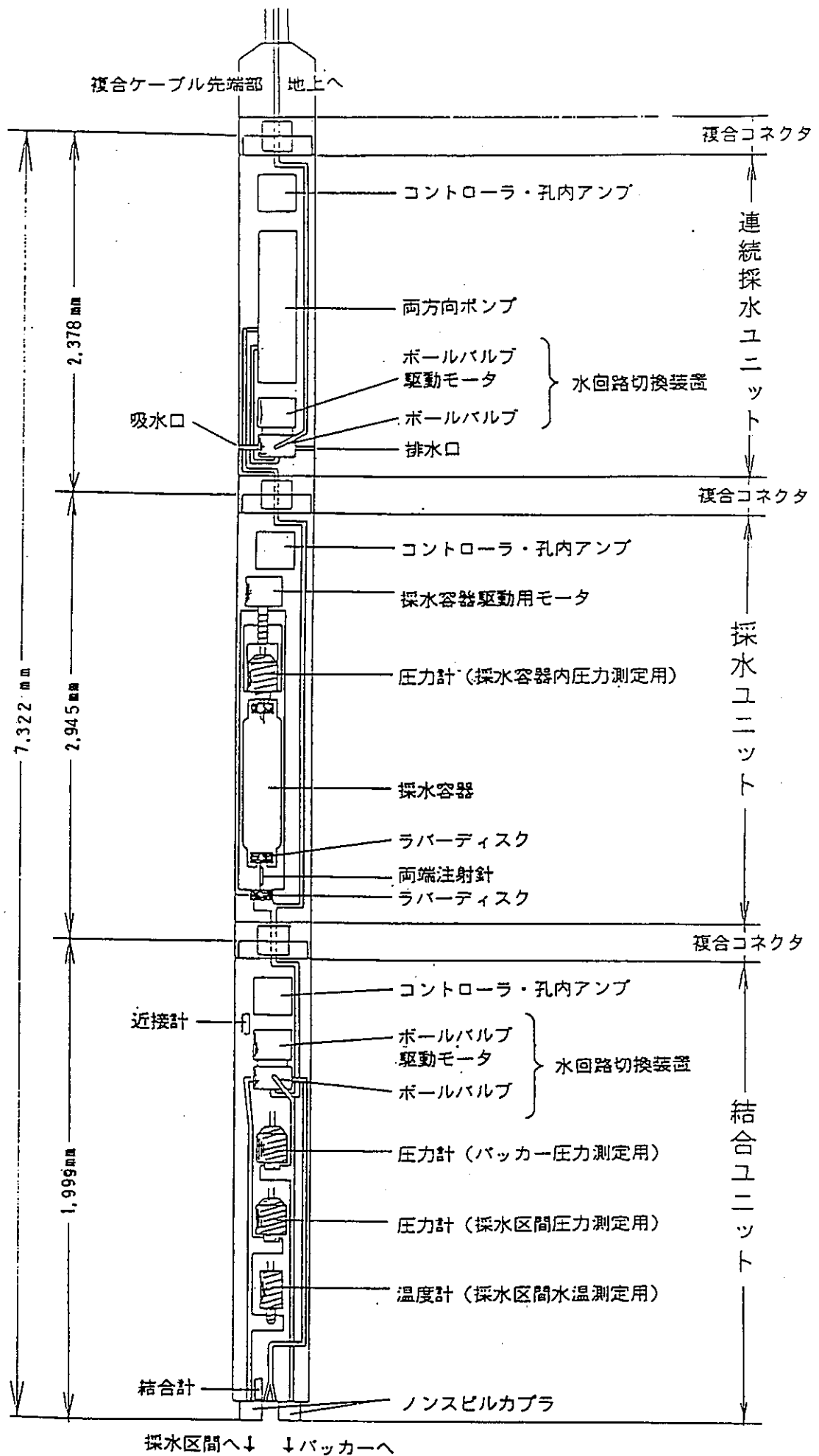
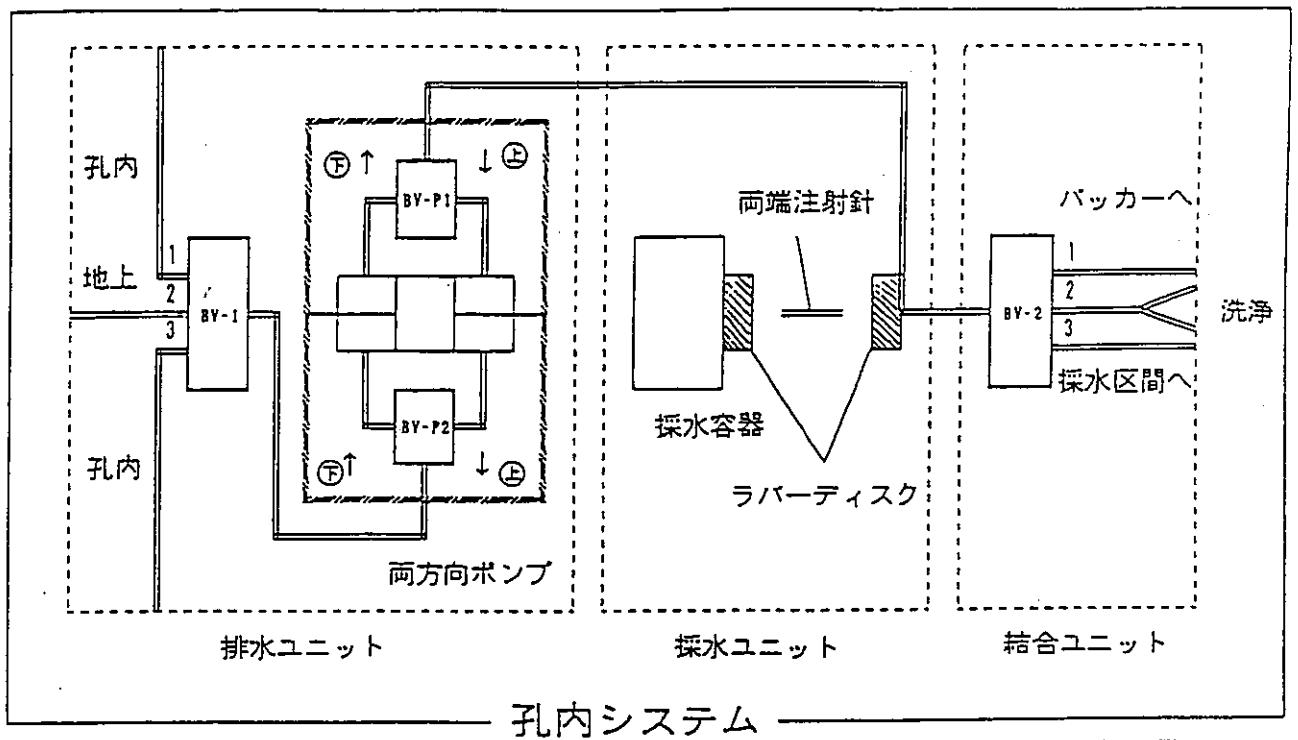


図 4 - 2 - 1 孔内システムの構成



BV : 水回路切換装置

図 4 - 2 - 2 孔内システムの水回路構成

表 4 - 2 - 2 採水作業各ステップにおける
孔内システムのポンプとボールバルブの動き

作業ステップ	両方向ポンプ 送水方向	ボールバルブの接続位置		動作の概要
		BV - 1	BV - 2	
バックカーユニット 上端のノンスピル カプラ部の洗浄	下	1 孔内から	2 結合部へ	ポンプによって孔内水を取り込み、ノンスピルカプラ部に噴射・洗浄する。
バックカーの拡張	下	1 孔内から	1 バックカーへ	孔内水をポンプによって取り込み、バックカーへ送水する。
採水区間の 孔内水の排水	上	2 OR 3 地上または 孔内へ	3 採水区間 から	採水区間の水をポンプによって取り込み孔内または地上へ排出する。
地層水の採取	停止	閉塞	3 採水区間 から	採水ユニットを作動させて地層水の採取を行う。
バックカーの収縮	上	3 孔内へ	1 バックカー から	ポンプによってバックカー内の水を取り込み、孔内に排出する。

4. 2. 1 各ユニット共通

(1) 複合コネクタ (凹、凸)

複合コネクタの構成を図4-2-3に示す。複合コネクタはケーブル先端部と各孔内ユニット間の接続を行う部品である。電気系と水回路系の回路を同時にかつ確実に接続できるとともに、各ユニット間を保護することを考慮し、ユニット間の防水性能 150 Kg/cm^2 以上を有する構造とする。

(複合コネクタの遮水性を高めるために、Oリングの設置個所を増やした。)

各ユニット間と複合ケーブル先端部との間は、複合コネクタと呼ぶ水回路と複数の電気回路の着脱を同時に出来る複合カップリング方式で接続する。水回路系の着脱に使用したノンスピルカプラは、平頭接合型で液漏れの非常に少ない構造となっている。

電気系の脱着は、低接触抵抗端子型のコネクターを採用する。

コネクタの固定は孔内ユニットおよび複合ケーブル先端部の外管側にロック機構を設けて行う。

①水回路の接続

水回路のコネクタとしては、ノンスピルカプラを使用する。このノンスピルカプラは平頭接合型のカプラで液漏れが少なく、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、上下に接続される各ユニットの連結部のネジ締め込み力で維持する。ノンスピルカプラの機械的特性等を表4-2-3に示し、外形寸法を図4-2-4に示す。

表4-2-3 ノンスピルカプラの諸元および機械的特性等

項目	仕様
方式	平頭接合/両端閉合
外径	25.0 mm
内径	4.0 mm
断面積	12.5 mm ²
最大使用圧力	160 Kg/cm ²
漏れの量	0.02 cm ³
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
結合保持力	100~150 Kg
着脱力	70 Kg/cm ² の時、約6.9 Kg

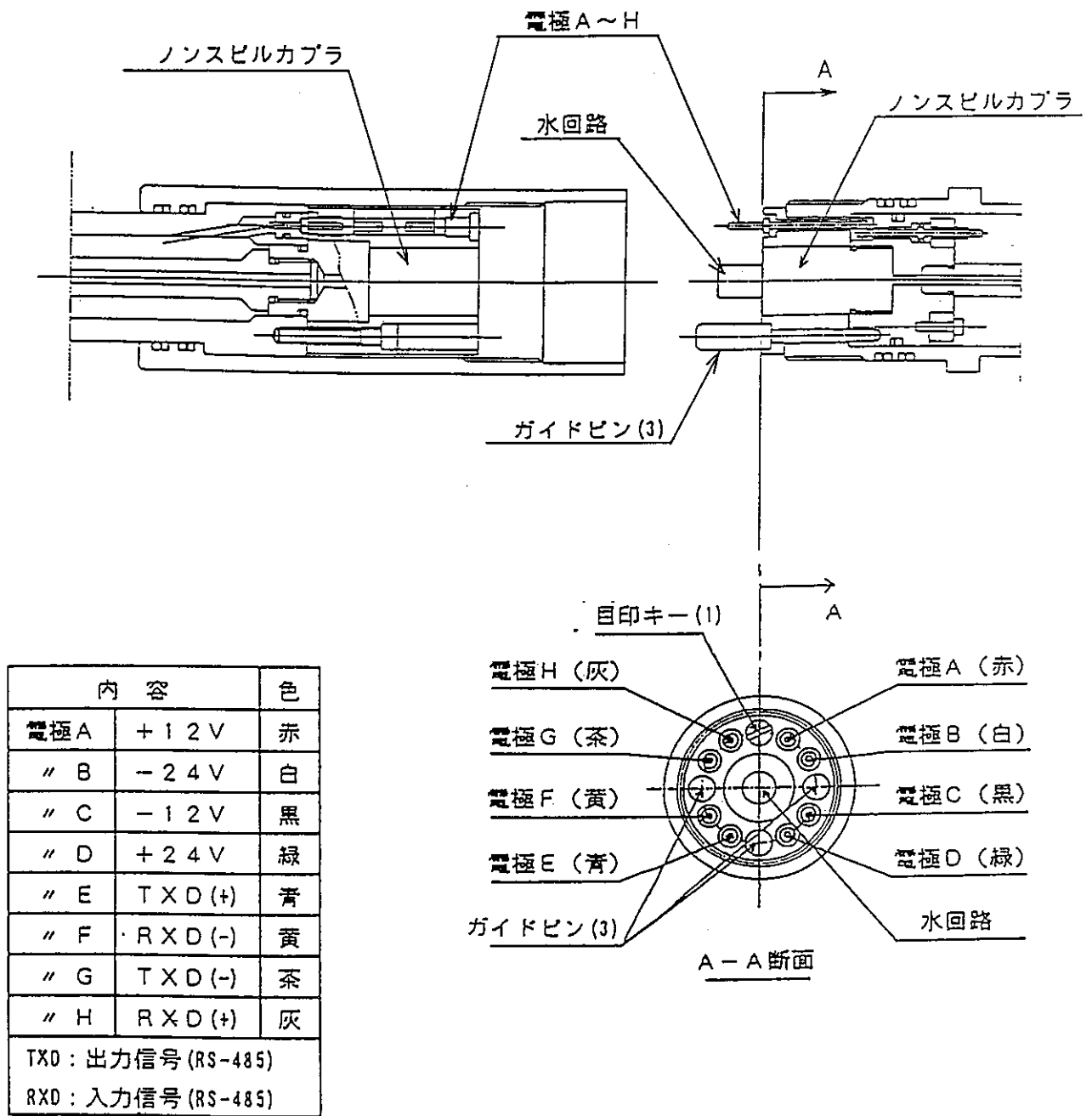


図4-2-3 複合コネクタの構成

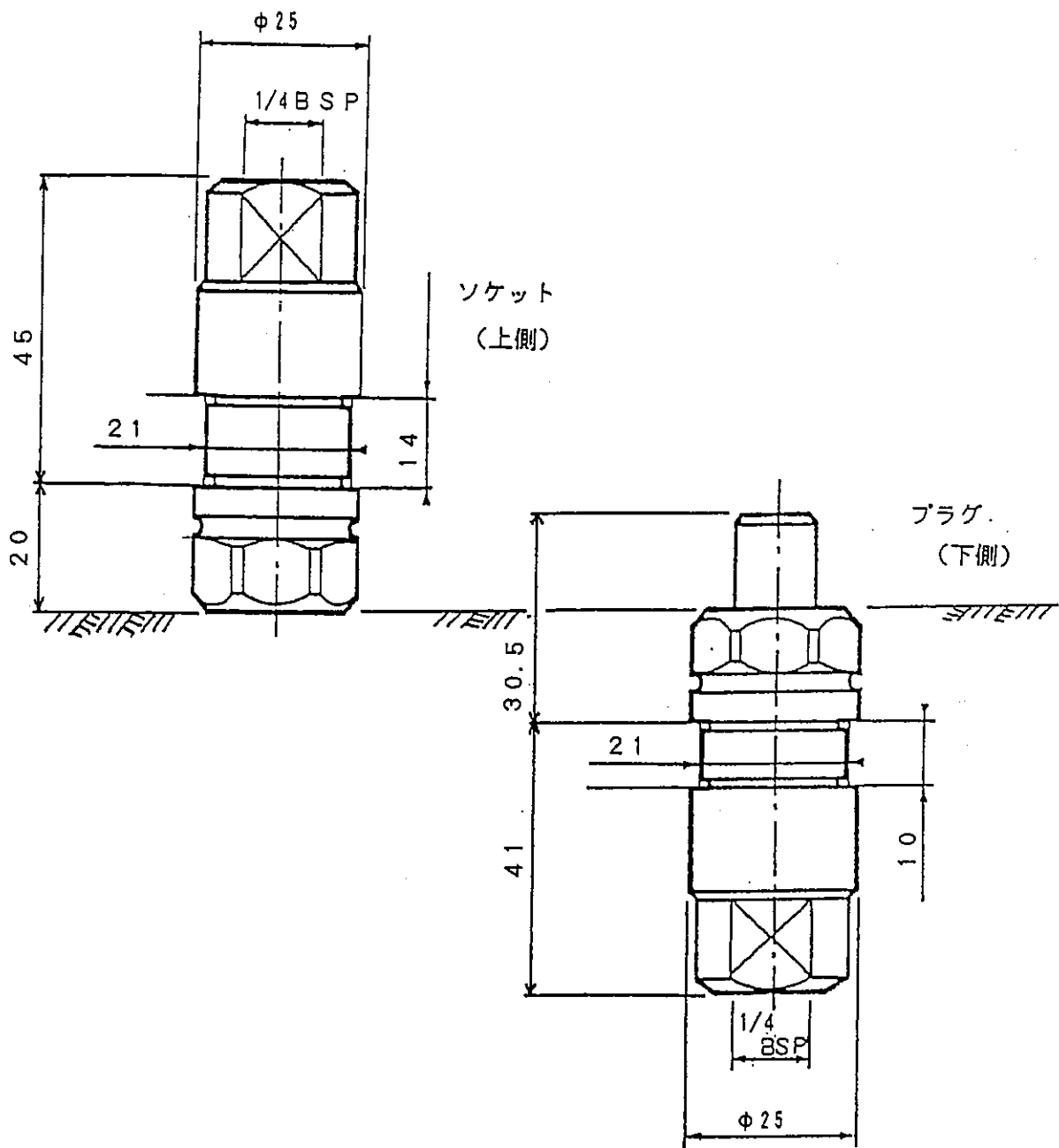


図 4 - 2 - 4 ノンスピルカプラの外形寸法

② 電気回路の接続

電気系のコネクタは多面接触構造で接触抵抗が少なく、接触不良が防げるマルチコンタクトピンとする。この低接触抵抗端子の電気的特性等を表4-2-4に示す。

表4-2-4 低接触抵抗端子の電気的特性等

項 目		仕 様
電気的特性	連続通電電流	10 A
	テスト電圧	2 KV
	破壊電圧	5 KV
	接触抵抗	プラグ 0.6 mΩ ソケット 0.8 mΩ
許容温度		-20 ~ +80℃、ただしマルチラム自体の通電可能範囲は-268 ~ +180℃
ソケットの色		赤、白、黒、緑、青、黄、茶、灰、の8種類

(2) 基板保護機能

各ユニットに組込まれる電気基板を外部環境から保護することを考慮して、電気基板の両端に遮水壁（防水ブロック）を組込む構造とし、防水性能を150 Kg/cm²有する機構とする。

図4-2-5に遮水壁（防水ブロック）の組み込み状況を示す。

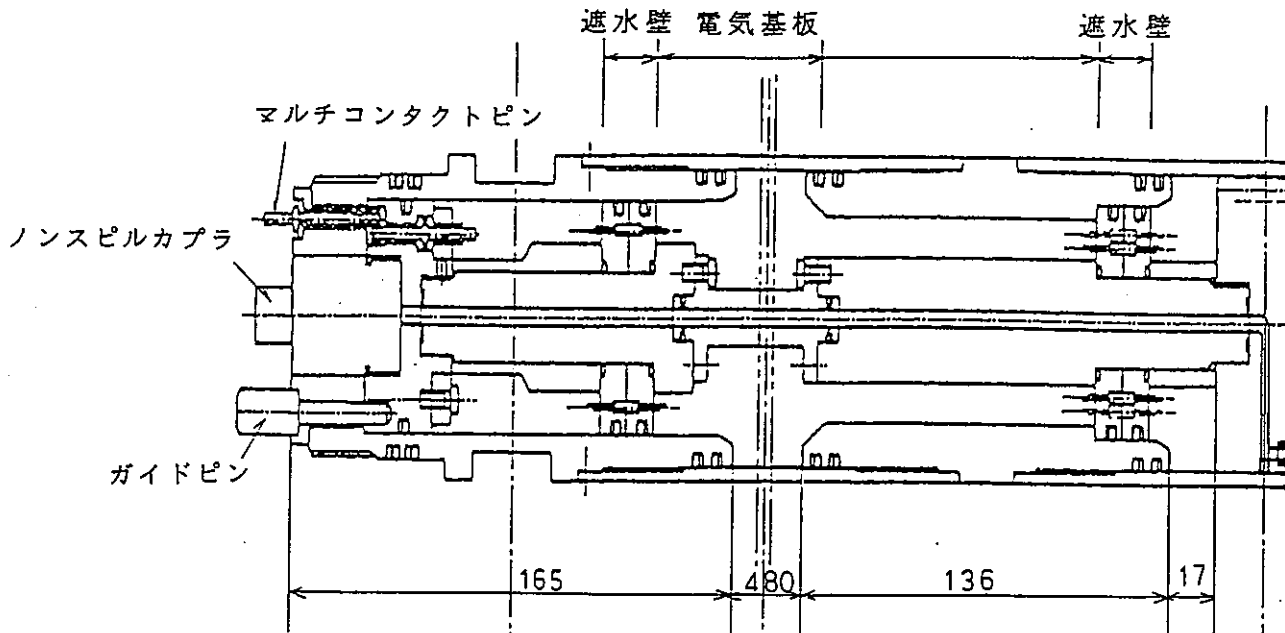


図4-2-5 遮水壁（防水ブロック）の組み込み状況

(3) 部品交換機能

各ユニットに組込まれる部品の内、使用頻度に応じて交換可能な構造とする。下記に交換対象部品を示す。

① 連続採水ユニット

- ・ 両方向ポンプ水回路切り換えバルブ 2ヶ
- ・ 両方向ポンプリミットスイッチ 2ヶ
- ・ 電気基板 6枚

② 採水ユニット

- ・ 採水駆動リミットスイッチ 2ヶ
- ・ 電気基板 5枚

③ 結合ユニット

- ・ 孔内圧力計 1ヶ
- ・ パッカー圧力計 1ヶ
- ・ 孔内温度計 1ヶ
- ・ 水回路切り換えバルブ 1ヶ
- ・ 結合距離計 2ヶ
- ・ 結合カプラー 2ヶ
- ・ 電気基板 5枚

4. 2. 2 連続採水ユニット

連続採水ユニットは、孔内システムの最上部に位置し、複合ケーブル先端部に接続される。ユニット内部には主要機能である連続採水作業のための電動モータによる往復機構の両方向ポンプと水回路切り換えなどの装置を内蔵する。

連続採水ユニットは、以下に示す5つの主な機能を備えている。

① パッカーの拡張・収縮

内蔵の両方向ポンプによって、採水区間より上の孔内水もしくは、地上からの供給水をパッカーに送水し、パッカーの拡張を行う。拡張中は結合ユニット内の圧力計によってパッカー圧をモニターし、適正なパッカー圧を設定できる。

② 採水区間内の水の連続採水

内蔵の両方向ポンプによって、採水区間の水を取り込み、採水区間より上の孔内、または、複合ケーブルを介して地上へ連続採水する。

③ パッカーユニットとの結合部の洗浄

孔内システムをパッカーユニットと結合するさいに内蔵の両方向ポンプによって、採水区間より上の孔内水をパッカーユニットとの結合部に噴射し、ノンスピルカプラ部の洗浄を行う。

④ 水回路の切り換え

下方ユニットへの水回路を地上もしくは孔内に切り換える。

⑤ 両方向ポンプ

両方向のポンプの性能は、0～100 cc/minを10 cc/min間隔で定流量制御できる構造である。

これらの機能を果たすために、ユニットには特殊なポンプが内蔵されている。また、これらの機能の各操作は、地上の制御システム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によって行う。

連続採水ユニットの外径寸法を図4-2-6に、回路構成を図4-2-7に示す。また、連続採水ユニットの機器構成を表4-2-5に示す。

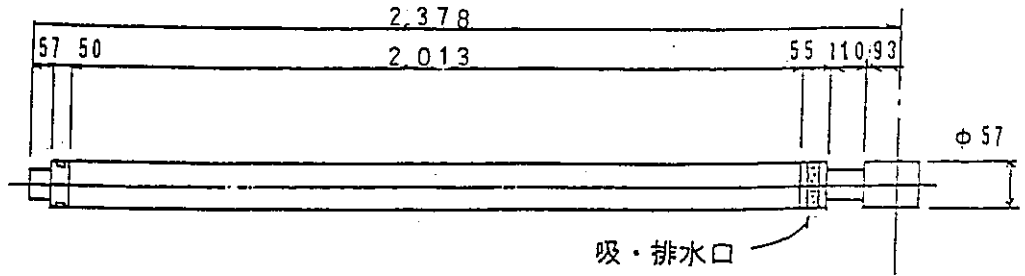
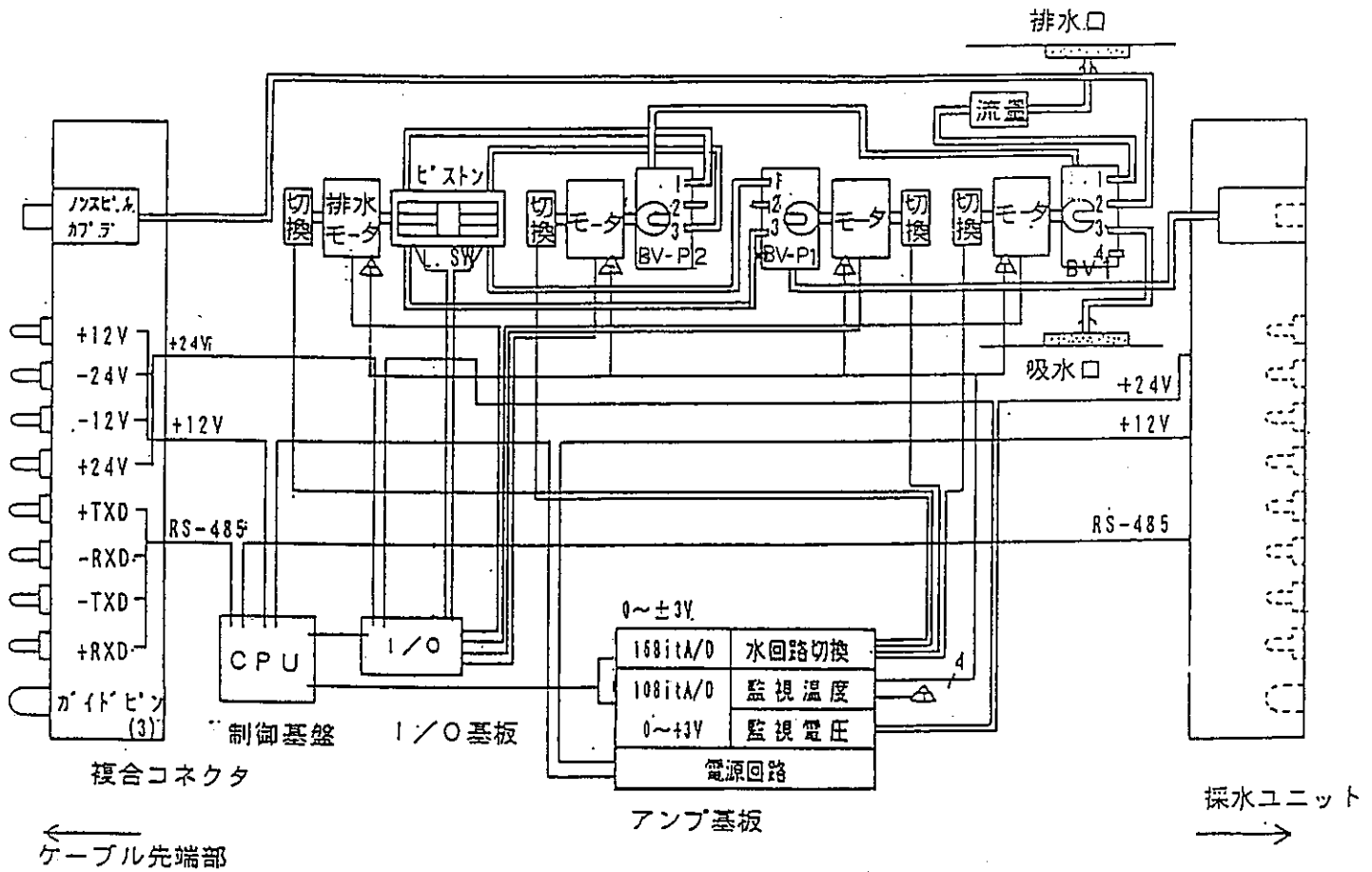


図 4 - 2 - 6 連続採水ユニットの形状寸法



注：△IC温度計
L.SW：リミットスイッチ
A, B：ボールバルブ

図 4 - 2 - 7 連続採水ユニットの回路構成

表 4 - 2 - 5 連続採水ユニットの機器構成

名称・項目		機能・仕様	
本体 (1)	外径長 全保護パイプ 吸水・排水口	57mm 2, 358mm 長さ=2, 003mm、t=2.5mm、SUS304 幅=25mm、全周、SUS、 ϕ 7径=20 μ m、2つ割	
複合コネクタ (上端 1) (下端 1)	電気系	マルチプル方式、低接触抵抗(約0.8m Ω) 電源 +12V、+24V、RS-485、8極	
	水回路系	平頭接合式カプラ、漏れ量約0.02cm ³ 耐圧160Kgf/cm ² 、1回路	
両方向ポンプ (1)	DCモータ形状 吐出能力 減速ギヤ モータ作動検出計	DC24V、60W ピストン径=32mm(A=4.9cm ²)、L=100mm/30秒 圧力=500m、水頭以上、吐出量=約100cm ³ /分 ハーモニック式、減速比1/100 回転計(ϕ テフゾメータ)、10回転	
ポンプ切換装置 [BV-P1] (1)	DCモータ 多方向 減速ギヤ 切換位置検出計	DC24V、8W 3方向バルブ ハーモニック式、減速比1/100 非接触型変位計	
ポンプ切換装置 [BV-P2] (1)	DCモータ 多方向 減速ギヤ 切換位置検出計	DC24V、8W 3方向バルブ ハーモニック式、減速比1/100 非接触型変位計	
水回路切換装置 [BV1] (1)	DCモータ 多方向 減速ギヤ 切換位置検出計	DC24V、8W 4方向バルブ ハーモニック式、減速比1/100 非接触型変位計	
制御基板 (1)	CPU 通信構成	8Bit、H8/534、Clock=19.6608Mhz RS-485、信号線：4本線	
	基板寸法	幅45mm×長さ200mm、両面配置、2枚組	
I/O基板 (1)	連続採水制御信号 連続採水ポンプ切換 連続採水回路切換 シリンダー端部信号 連続採水信号	開始・停止、正転・逆転制御、リレー信号 2組 1組 マイクロリミットSW、2成分組 0-100cm ³ /minで設定、可変可、3成分組	
	基板寸法	幅45mm×長さ150mm、両面配置、2枚組	
アンプ 基板 (1)	測定用	モータ作動検出計 切換位置検出計	回転計 [ϕ テフゾメータ]、10回転式、2K Ω 非接触型変位計
		出力	0 \sim \pm 3V(16Bit A/D変換)
	監視用	モータ温度計 内温度計 電源電圧	2端子IC式、-50 \sim +150 $^{\circ}$ C 2端子IC式、-50 \sim +150 $^{\circ}$ C +12V、+24V
		出力	0 \sim 3V(10Bit A/D変換)
基板寸法		幅45mm×長さ100mm、両面配置、2枚組	

(1) 両方向ポンプ

このポンプのピストンはモータの回転力をボールスクリュウで直進運動に変換し、モータの回転方向を「正回転」、「逆回転」に切り替えて往復運動をさせる。ピストンの動きに連動させて、2つの水回路切り換え装置BV-P1とBV-P2を作動させることにより、一定方向に水を送ることができる。

ここで用いる水回路切り換え装置は電動のボールバルブである。モータの回転方向の切り替えおよび電動ボールバルブの切り替えはユニット内のコントロールにより行う。

その仕様を表4-2-6に示す。

表4-2-6 両方向ポンプの仕様

シリンダおよびピストン	仕 様
シリンダ外径	44 mm
ピストン外径	32 mm
ロッド径	20 mm
運動長	100 mm
ピストン有効断面積(A)	$A=(3.2^2-2^2)\times\pi/4=4.9\text{cm}^2$
1動作吐出量	約49 ml
モータ出力	60 W

採水作業を効率的に進めるため、ポンプアップ方式を用いて閉鎖区間の水を短時間で地上もしくは孔内に排出するとともに、パッカーの拡張・収縮の制御を行う。ポンプ性能として0~100 cc/minの範囲で10 cc/min間隔で定流量制御ができ、作動停止指令後速やかに停止する機構とする。

また、モーター、バルブ類は回路ブロック毎に交換出来る構造とする。

両方向ポンプの減速機（ギヤ）はボールスクリュウを通じてピストンを駆動するために正転・逆転回転するので、あそび等の極力少ない構造としている。減速機はハーモニックギヤとし、減速比はおよそ1/100程度で小型とする。両方向の作動状態の確認項目とその手段を以下に示す。

- ・モータの回転 : 回転計(ポテンショメータ)により確認する。
- ・ピストンの作動位置 : 始点と終点をマイクロスイッチにより確認する。
- ・吐出量(水の移動)の確認 : パッカー拡張、収縮時の水の移動は流量計により確認する。

(2) 水回路の切り換え

ユニット内の水回路切り換えは、モータ駆動方式にし、3つのポンプ切り換え装置 (BV-P1、BV-P2、BV-1) を内蔵する。水回路切り換えはポンプに接続された回路から2・3方向に分岐切り換えができる3・4方向ボールバルブを用いる。ボールバルブは中心軸を90度もしくは180度回転させる毎に回路が切り換わり、その回転力は直流小型モータを用い、減速機を介して伝達される。回転位置は非接触型変位計で監視・制御する。

図4-2-8に4方向ボールバルブの概略図を示す。

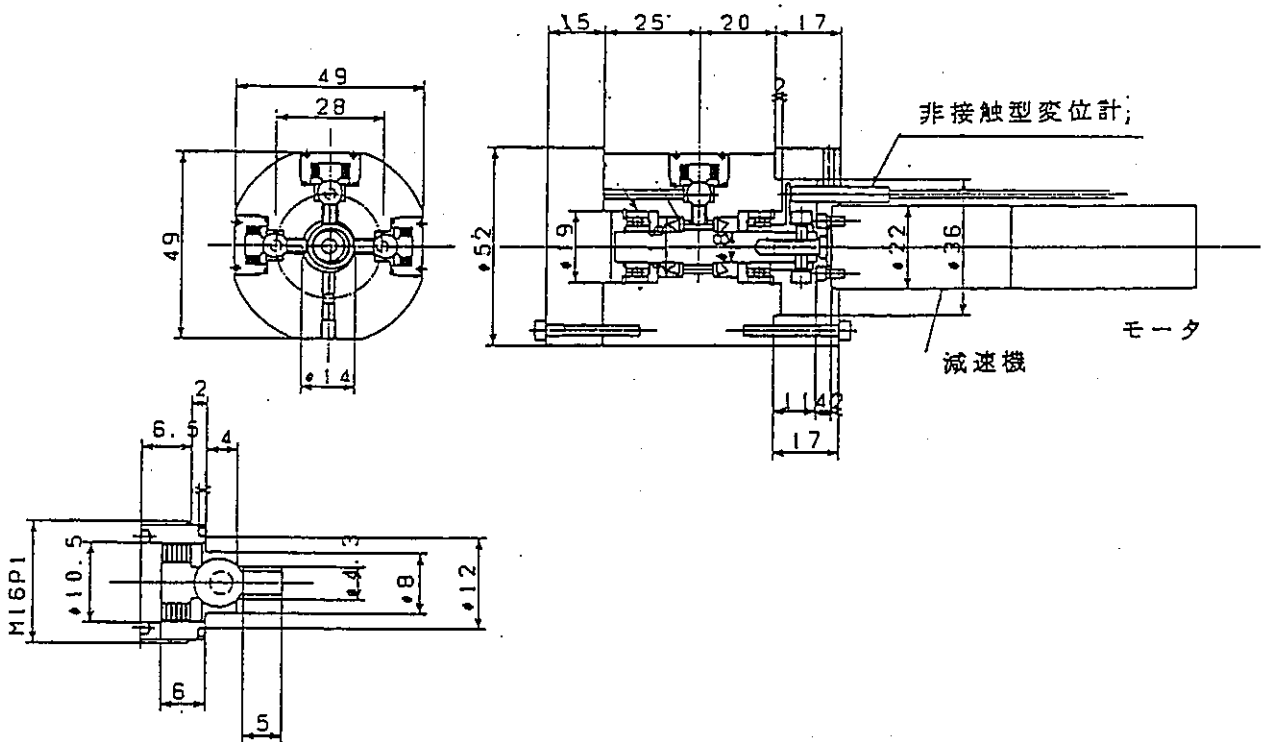


図4-2-8 4方向ボールバルブの概略図

(3) 電子制御機構

電子制御機構として、モータの動作制御や地上部制御システムとの通信等を行うコントローラと各種センサ用のアンプを持つ。地上からの各動作部への命令は各コントローラを介して伝達する。同時にユニット内のセンサによる計測データや各装置の作動状況の監視データ等はコントローラを介して地上の制御システムへ送信する。また、各モータやコントローラ、孔内アンプ等への電源も地上から供給される。

ユニット内の基板を下記に示す。

- ・制御基板 : CPUを内蔵した主基板で、センサで計測したアナログ値をデジタル値に変換したり、地上部とユニット間の通信に用いているRS-485信号に変換する回路などが内蔵されている。
- ・アンプ基板 : センサ出力を増幅したり、A/D変換に入力する電圧レベルを合わせる。
- ・I/O基板 : モータの駆動や、接点入出力のターミナルとなる。

各基板は、収納長さを短く押えるために、2枚構成でメイン、サブ基板を両側に配置する。

また、電気基板を収納する部分は、外部環境から保護するため収納部分の両端には基板防水ブロック（遮水壁）を取付ける構造とした。

(4) 部品の交換

保守点検および使用頻度に応じて下記に示す部品が容易に交換できる構造とした。

- ①水回路切り換えバルブ（BV-P1、BV-P2、BV-1）
- ②両方向ポンプリミットスイッチ
- ③電気基板

各部品毎に単体で交換可能な構造とするために各部品の前後に部品を取り出すために必要な最小の移動が可能なスペースを取るとともに、各部品どうしをビスにて固定している。

また、導水パイプも接続構造とし、各部品が容易に取り外せるようにした。電気基板はビス留めとし基板よりの配線はハーネスにて接続し容易に交換可能としている。水回路切り換えバルブについては単体での交換可能な構造とするとともに組込まれた状態で内蔵されているボールおよび押えバネの交換ならびに回路等に混入したスライム・ゴミ等を容易に取り出せる構造とした。

4. 2. 3 採水ユニット

採水ユニットは、孔内システムの中央部に位置し、内蔵する採水容器に被圧・不活性状態のまま地層水を採取する装置である。採水は連続採水ユニットによる予備連続採水が終了した後に、ユニット内の水回路から行われる。ユニット内部には、①地層水採取用の採水容器、②採取システムの構成部であるラバーディスクと両端注射針、③採水容器内圧力モニター用の圧力計、④採水容器駆動用のモータ等を内蔵させた。

地層水の採取機構は、「B A Tシステム」と呼ばれるスウェーデンのB. A. Torstensson によって考案された機構を応用したものである。このシステムでの採水機構には採水ユニット内の水回路の途中に小室を設け、ここをラバーディスクと呼ばれるゴム栓でシールしておく。ここに両端注射針を挟んで、他方に同様のラバーディスクでシールされた採水容器を配置する。この採水容器には圧力計と採水容器駆動用モータで連結させる。

採水時にはこのモータを駆動させて圧力計と採水容器を水回路方向へスライドさせて両端注射針を水回路側と採水容器側の双方のラバーディスクに貫通させ、水回路を採水容器内部に開放する。通常、水回路側の圧力が高いため、地層水は採水容器内に流入し採水が行われる。採水量は容器内の圧力変化を測定することによりモニターできる。

採水後、モータを逆回転し両端注射針を引き抜いて水回路と採水容器を分離させると採水容器は再び密閉され、容器内に採取された地層水は被圧不活性状態を保持したまま孔内システムと共に地上に回収される。

なお、採水前に容器内の圧力と封入ガスの種類は採水個所の状態に応じて調整・選択する。

採水ユニットの外径寸法を図4-2-9に、回路構成を図4-2-10に示す。採水ユニットの機器構成を表4-2-7に示す。

(1) 採水機構

採水は採水容器の上側にある電動モータのピストンを下方へ押し出すことによつて採水容器ごと下端部にある両端注射針と結合してラバーディスクを貫通させて行う。採水が完了したら電動モータを逆回転することでバネの力を利用して元の位置までせり上がり、両端注射針がラバーディスクから抜き取られ、分離される。採水機構を図4-2-11に示す。

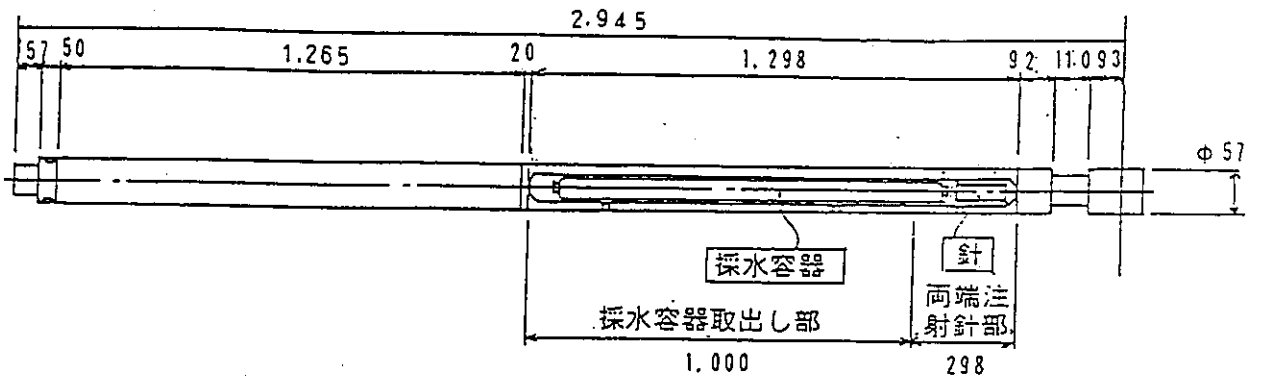


図 4 - 2 - 9 採水ユニットの外形寸法

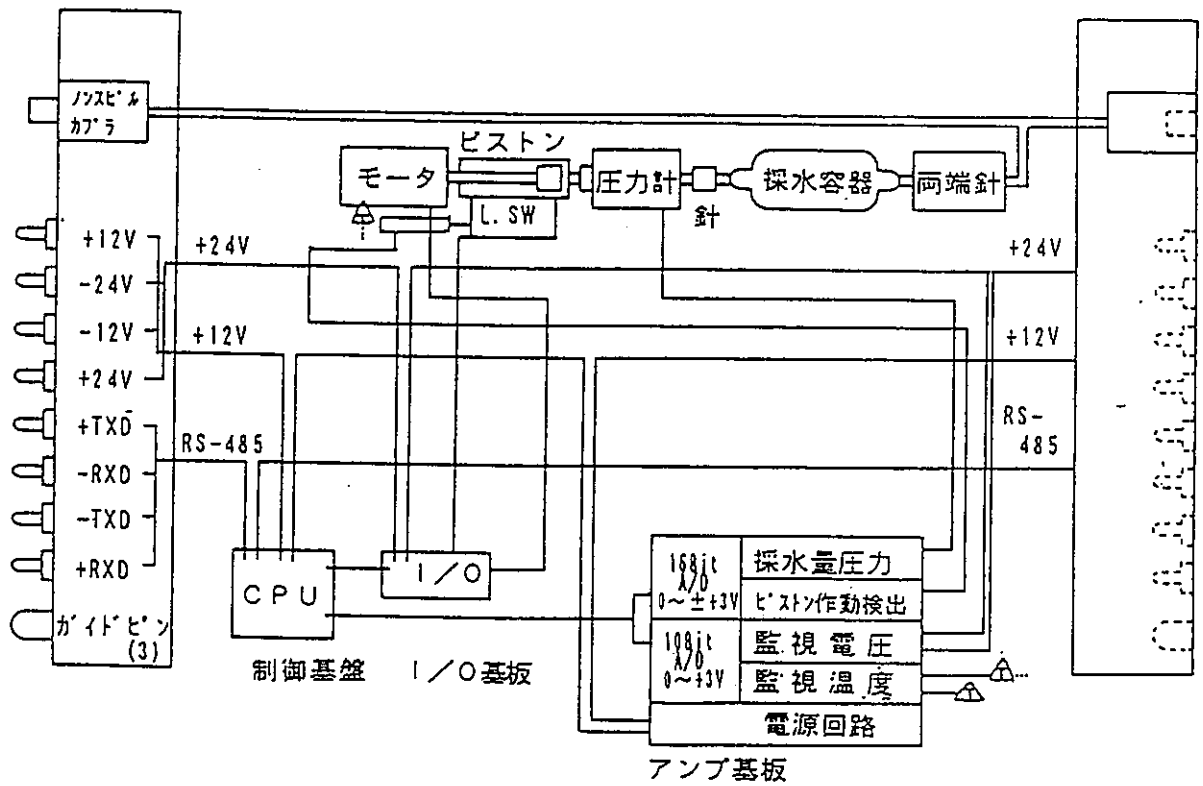


図 4 - 2 - 10 採水ユニットの回路構成

表 4 - 2 - 7 採水ユニットの機器構成

名 称 ・ 項 目		機 能 ・ 仕 様	
本 体 (1)	外 径 全 長 保護パイプ サンプラー収納	5 7 mm 2, 9 7 5 mm 長さ=1, 2 6 5 mm、t=2.5mm、SUS304 幅=3 4 mm、長さ=1, 2 9 8 mm	
複合コネクタ (上端 1) (下端 1)	電 気 系	マルチプル方式、低接触抵抗(約0.8mΩ) 電源 +12V、+24V、RS-485、8極	
	水 回 路 系	平頭接合式カプラ、漏れ量約0.02cm ³ 耐圧1 6 0 Kg/cm ² 、1回路	
採水容器 (1)	外径 容器長さ 容量	3 3 mm (内径 2 5 mm) 1, 0 8 0 mm (キャップ長さ含まず) 5 0 0 cm ³ 、耐圧1 5 0 Kg/cm ²	
採水駆動装置 (1)	D C モ ー タ シリンダ 減速機 ピストン端部検出信号 ピストン作動検出信号	D C 2 4 V、8 W 長さ：6 0 mm ボールスクリュウ式 停止、反転信号、マイクロリミット SW 変位計、7 5 mmストローク	
制御基板 (1)	C P U 通 信 構 成	8Bit、H8/534、Clock=19.6608Mhz RS-485、信号線：4本線	
	基 板 寸 法	幅 4 5 mm×長さ 2 0 0 mm、両面配置、2枚組	
I/O基板 (1)	採水制御信号 駆動部端部信号	開始・停止、正転・逆転制御、リレー信号 マイクロリミット SW、2成分組	
	基 板 寸 法	幅 4 5 mm×長さ 1 0 0 mm、片面配置、1枚組	
アンプ 基板 (1)	測定用	採水圧力計 駆動軸作動検出計	ストリクチャー式、-1~+150Kg/cm ² 直線変位、4.7KΩ
		出 力	0 ~ ± 3 V (16Bit A/D変換)
	監視用	モ ー タ 温 度 計 機 内 温 度 計 電 源 電 圧	2 端子 IC 式、-50~+150℃ 2 端子 IC 式、-50~+150℃ + 1 2 V、+ 2 4 V
		出 力	0 ~ 3 V (10Bit A/D変換)
	基 板 寸 法	幅 4 5 mm×長さ 1 0 0 mm、両面配置、2枚組	

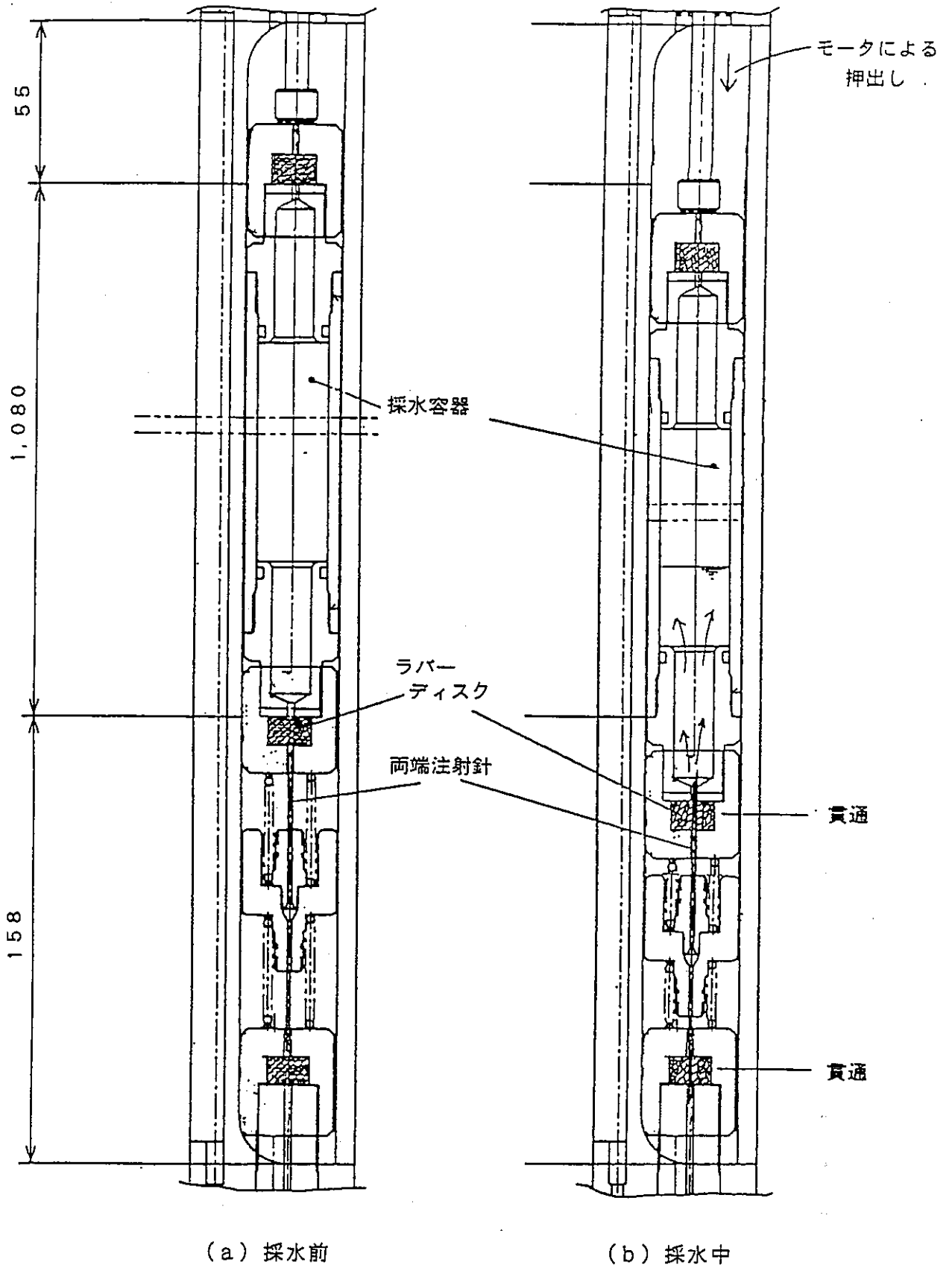


図 4 - 2 - 1 1 採水機構

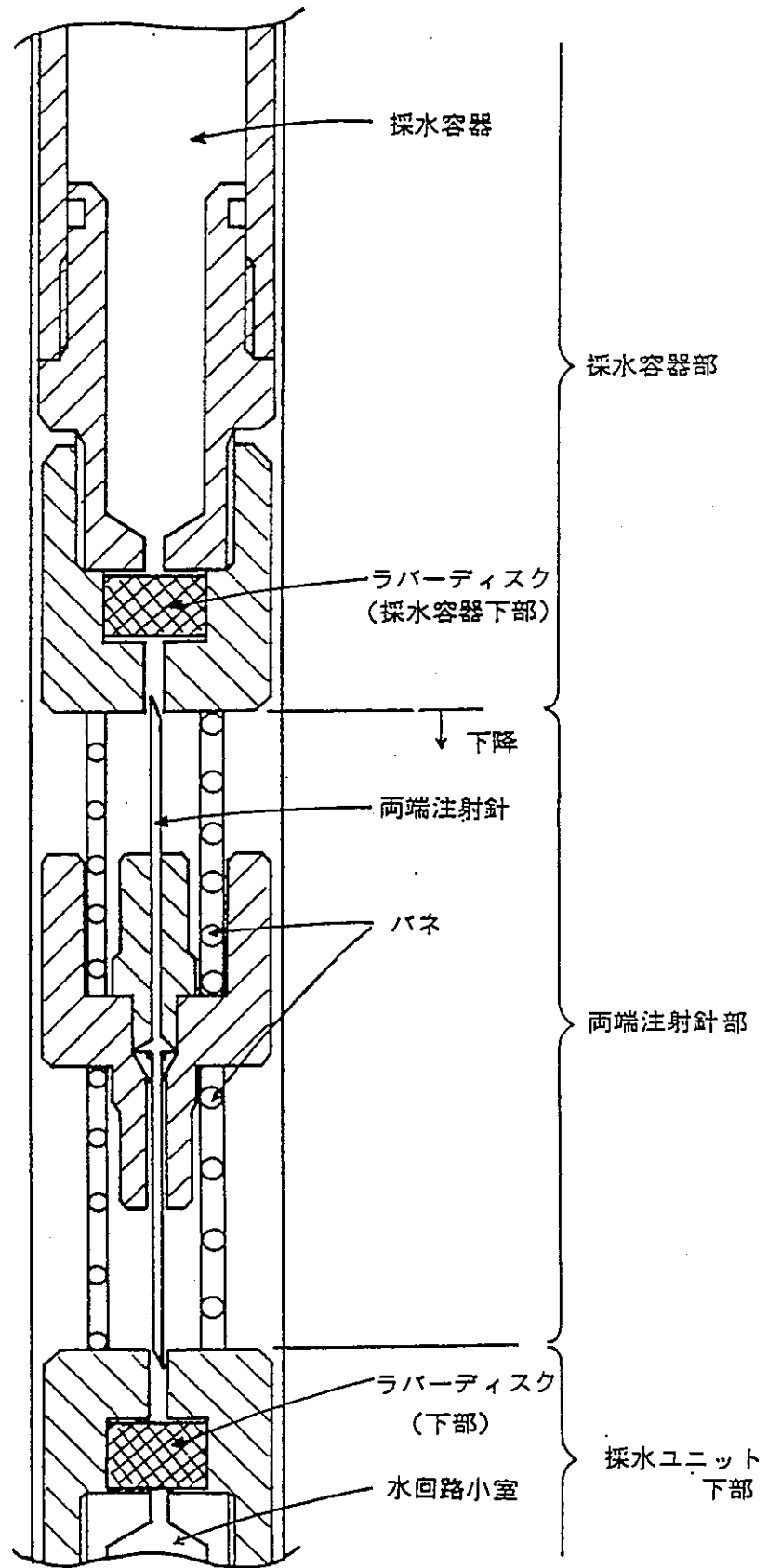


図 4 - 2 - 1 2 両端注射針とラバーディスクの構造

(2) 採水容器

採水容器はステンレス鋼製とし、内圧、外圧ともに 150 Kg/cm^2 の耐圧を持つ。採水容器容量は 500 ml を確保するために、内径 25 mm 、内空長 $1,019 \text{ mm}$ （全長 $1,120 \text{ mm}$ ）の大きさとする。

容器の両端は、ラバーディスクでシールされており、両端注射針によって一方は水回路と、他方は圧力センサと接続される。

(3) 両端注射針とラバーディスク

採水容器の両端にはラバーディスクをキャップで取付ける。これは下方に装着されている両端注射針がラバーディスクを貫通することで内部と接続して、採水するためのものである。これらの両端注射針とラバーディスクの構造を図4-2-12に示す。

(4) 圧力計

採水容器内の圧力モニタ用の圧力センサは、容器内圧が最大 100 Kg/cm^2 に達することを考慮し、高耐圧圧力変換器（ストレインゲージ式）で、最大 150 Kg/cm^2 仕様とする。

採水容器収納部は安定した構造とするために、容器収納位置を中心に移動するとともに内部配線用のSUSパイプを4本とする。容器取り出し用の開閉フタは6個所にてビス留め機構とし、脱落防止を施す。

開閉フタには針の貫入具合が確認できるように上下にアクリル板により窓を設ける。また、採水駆動装置のストローク長を必要最低ストローク長 60 mm とする。採水駆動リミットスイッチはビス留めとし容易に交換可能な構造とした。

図4-2-13に採水容器収納部の変更状況を示す。

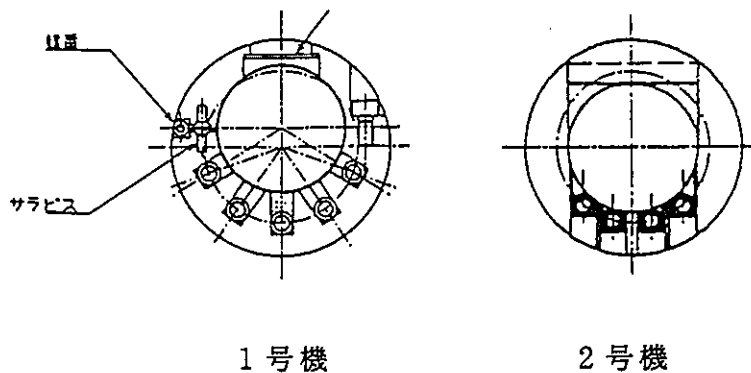


図4-2-13 採水容器収納部の変更状況

(5) 部品の交換

保守点検および使用頻度に応じて下記に示す部品が容易に交換できる構造とした。

- ① 採水駆動リミットスイッチ
- ② 電気基板

各部品毎に単体で交換可能な構造とするためにビス留めとした。

電気基板は基板よりの配線はハーネスにて接続し容易に交換可能としている。

4. 2. 4 結合ユニット

結合ユニットは、孔内システムの最下部に位置し、予め孔内の所定深度に設置してあるパッカーユニットに結合・離脱する装置である。ユニット内部には、パッカー拡張・収縮用の水回路、結合に際しての結合部洗浄用の水回路、連続採水・採水のための水回路の水回路切り換え装置や、パッカーにかかる圧力、採水区間の圧力、採水区間の水温のモニター用センサ等を内蔵させた。

結合ユニットの主な機能を以下に示す。

①パッカーユニットとの接続時の近接度および結合の確認

孔内システムのパッカーユニットへの近接度をモニターするため、ガイドケーシングAより上約10mの区間のガイドケーシングB内には所定の間隔で磁気リングを埋設してある。これに対し、結合ユニット内には磁気センサ方式の近接計を取付けてある。

また、結合ユニット先端部に、ギャップセンサ式の結合計をノンスピルカプラに併設し、パッカー部と孔内システムの結合を確認することができるようにした。

②パッカーユニットとの接続

結合ユニット先端に付けられた2つのノンスピルカプラによってパッカーユニットの水回路との結合を行う。結合時にはパッカーユニット側と孔内システム側の2セットのカプラの軸を一致させるため、結合ユニットの外側には下向きに開いた扇状のガイド溝が、ガイドケーシングAの内側にガイドキーとなる突起が設けてある。

③水回路の切り換え

上方ユニットからの回路をパッカー、採水区間、洗浄回路に切り換える。

④パッカーにかかっている圧力の測定

パッカーユニットに通ずる水回路に圧力計を置き、パッカーにかかっている圧力も常時モニターできるようにした。

⑤採水区間の温度と圧力の測定

採水区間に連結される水回路に、温度計と圧力計を配し、採水区間の水温と水圧をモニターできるようにした。

⑥圧力逃がし構造

パッカーユニットとの結合の際に発生する一時的な過剰圧力を回避するための圧力逃がし弁を結合ユニット先端部に内蔵し、一時的な過剰圧力を開放する。

⑦結合部の洗浄を行う機構を有する。

⑧パッカーを加圧拡張・収縮させる機構を有する。

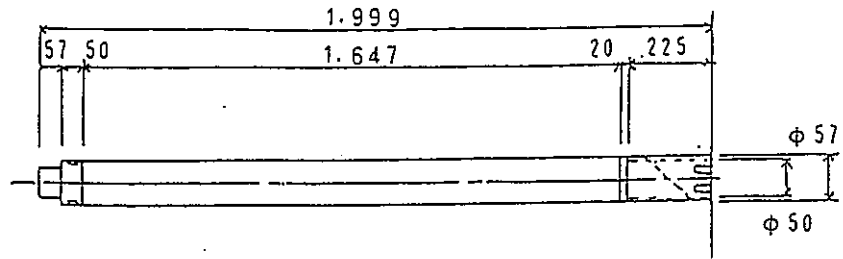


図 4 - 2 - 1 4 結合ユニットの外形寸法

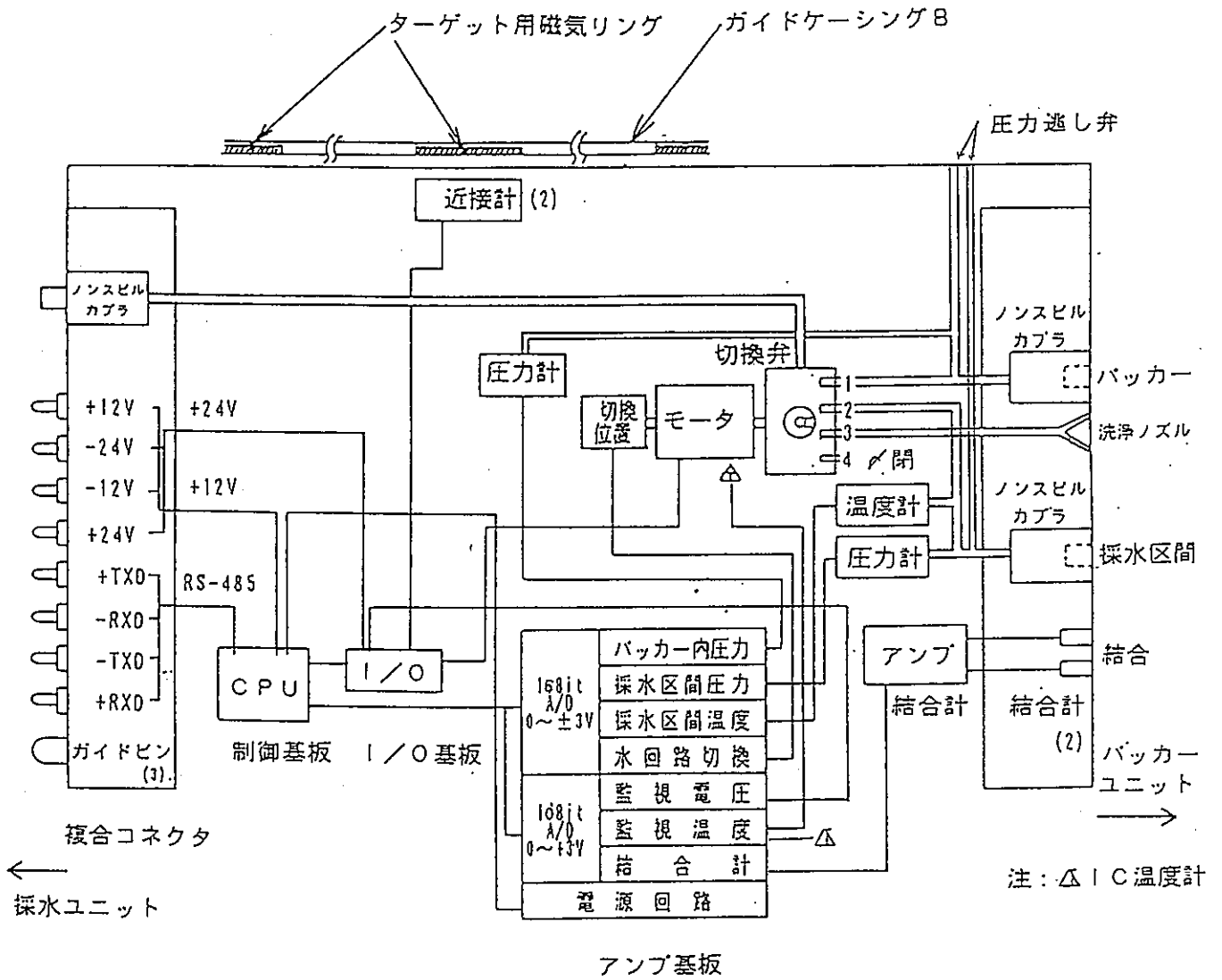


図 4 - 2 - 1 5 結合ユニットの回路構成

表 4 - 2 - 8 結合ユニットの機器構成

名 称 ・ 項 目		機 能 ・ 仕 様	
本 体 (1)	外 径 全 長 保 護 派 イ プ	5 7 mm 1, 9 9 6 mm 長さ=1, 6 4 4 mm、t=2.5mm、SUS304	
複 合 コ ネ ク タ (上 端 1)	電 気 系	マルチポイント方式、低接触抵抗(約0.8mΩ) 電源 +12V、+24V、RS-485、8極	
	水 回 路 系	平頭接合式カプラ、漏れ量約0.02cm ³ 耐圧160Kgf/cm ² 、1回路	
結 合 カ プ ラ (下 端 2)	ノンスピルカプラ	平頭接合カプラ 耐圧160Kgf/cm ²	
水回路切り換え装置 [BV2] (1)	D C モ ー タ 多 方 口 切 り 換 え 弁 減 速 ギ ヤ ー 切 り 換 え 位 置 検 出 計	D C 2 4 V、8 W 4 方 向 バ ル ブ ハ ー モ ニ ッ ク 式、減速比1/100 非接触型変位計	
制 御 基 板 (1)	C P U 通 信 構 成	8Bit、H8/534、Clock=19.6608Mhz RS-485、信号線：4本線	
	基 板 寸 法	幅45mm×長さ200mm、両面配置、2枚組	
I / O 基 板 (1)	水回路切り換え信号 近接計信号	開始・停止、正転・逆転制御、リレー信号 磁性体対応スイッチ	
	基 板 寸 法	幅45mm×長さ100mm、片面配置、1枚組	
ア ン プ 基 板 (1)	測 定 用	白金測温計 採水圧力計 パッカー圧力計 切り換え位置検出計	
	出 力	-50~+150℃、SUS304 ストレインゲージ式、-1~+150Kgf/cm ² ストレインゲージ式、-1~+150Kgf/cm ² 非接触型変位計	
	出 力	0~±3V(16Bit A/D変換)	
	監 視 用	結合計 モ ー タ 温 度 計 機 内 温 度 計 電 源 電 圧	渦電流式、検知距離0~約3mm 2端子IC式、-50~+150℃ 2端子IC式、-50~+150℃ +12V、+24V
	出 力	0~3V(10Bit A/D変換)	
基 板 寸 法	幅45mm×長さ150mm、両面配置、2枚組		

結合ユニットの外径寸法を図4-2-14に、回路構成を図4-2-15に示す。また、結合部の詳細を図4-2-16に示す。結合ユニットの機器構成を表4-2-8に示す。

(1) パッカー部との結合部

結合ユニットとパッカー部との結合機構を図4-2-17に示す。結合ユニットの最下部の外側には角度約 20° 、長さ約140mmの下に開いた扇状の溝(テーパ部)に続いて幅約10mm、長さ約60mmのキー溝部が設けてある。相方のガイドケーシングAには位置決めキーと呼ぶ突起があり、これらが遭遇接触し、円周方向の位置を定める。また、カプラの結合中心軸を精度良く位置決めするために、その隙間を小さくしてある。

結合部は、着脱時に回路内部の液漏れや外部孔内水の混入の少ない機構のカプラを使用する。

(2) 圧力計

圧力計は結合ユニット内の水回路上で①採水状態や連続採水状態にある水圧(採水区間の水圧)、②パッカーにかかる水圧を制御、維持・監視するために測定する。これらのセンサには、使用する環境条件を考慮して信頼性の高いセンサとする。(①長期間の耐久性、②過大な負荷圧力がかかってダイヤフラムが破壊してセンサ内部に外部圧力水が入り込んでも、その水がユニット内部に入り込んで他の機械類を損傷する可能性を少なくできる構造)

この圧力計の特徴は以下のとおりである。

- ①許容過負荷が300%、限界過負荷が1,200Kgf/cm²以上
- ②高耐圧型のために過酷な使用条件に対して安全
- ③高精度で直線性、再現性が0.1%以下
- ④100℃の高温下でも連続使用が可能

各圧力計の測定すべき範囲は次のとおりである。

- ①孔内水の圧力は最大水深を1,000mとすれば100Kgf/cm²に相当する。
- ②パッカー加圧水の水圧ゴムの拡張に必要な圧力(+5~10Kgf/cm²)と孔内水圧相当となる。

ここでの測定範囲は採水区間水圧用、パッカー水圧用とも最大150Kgf/cm²とする。

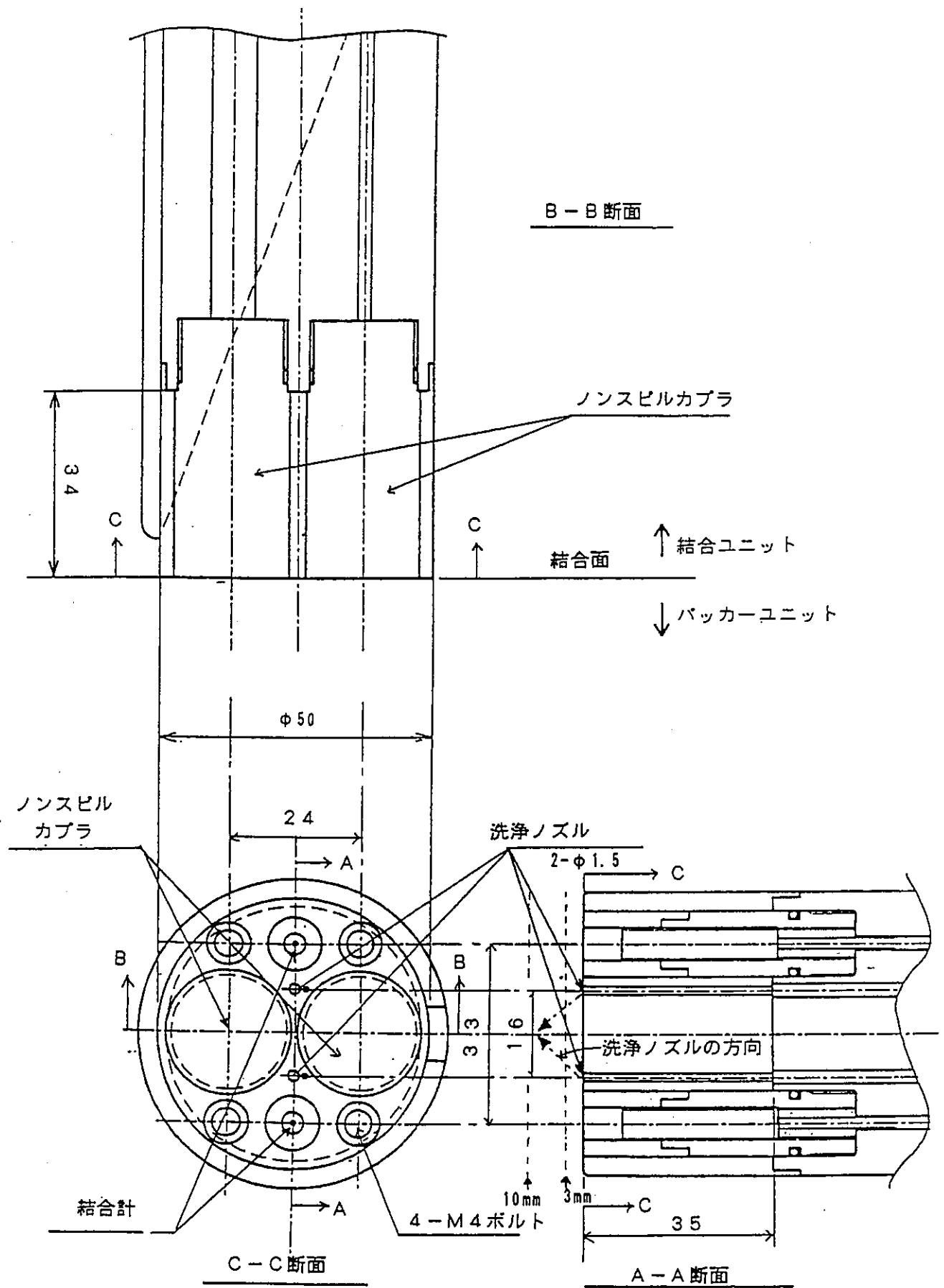


図 4 - 2 - 1 6 結合部の詳細

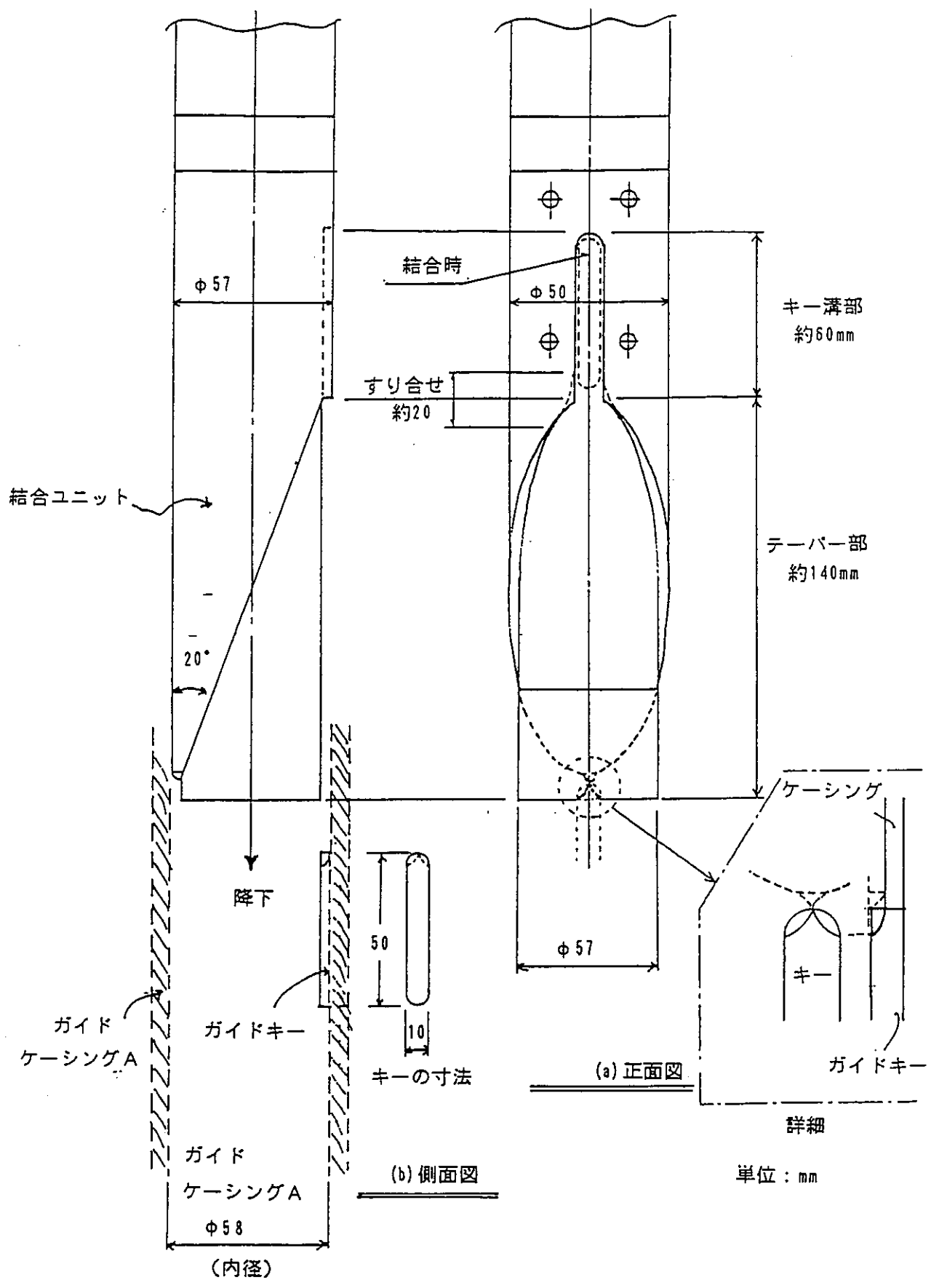


図4-2-17 結合ユニットとパッカーシステムとの結合機構

(3) 温度計

温度計は結合ユニット内の水回路上で採水状態や連続採水状態の水温の測定を行う。温度計は一時的に高温になってセンサ自身が破壊することなどでセンサ内部に外部圧力水が入り込んでも、さらにユニット内部にその水が入り込んで他の機器類を損傷する可能性を少なくする構造とする。

測定範囲は $-50^{\circ}\text{C}\sim+150^{\circ}\text{C}$ とする。

(4) 結合計

図4-2-16に示したようにパッカー部との結合部に結合計を2個装備する。この結合計は結合ユニットとパッカー部が結合した時に密着した状態を確認する信号を発信する。この結合計は非接触構造で耐水圧、さらに小型で故障しにくい渦電流で検出する方式のものとする。結合計の諸元を表4-2-9に示す。

表4-2-9 結合計の諸元

種類	型式	測定範囲 (mm)	初期距離 (mm)	受感部直径 (mm)	長さ (mm)
普通型	PU-05	約 3	0.8	$\phi 5$	35

(5) 近接計

近接計は結合位置への近接を事前に感知するために装備する。これは結合ユニットがパッカー部と結合する十分手前の深度で、孔内システムの降下速度を減速制動するためにその通過位置を確認して信号を発信する重要なものである。パッカー部の上位に設けるガイドケーシングに通過位置を示すターゲットを取り付けて置き、この近接計で感知する。この近接計の諸元を表4-2-10に示す。

表4-2-10 近接計の諸元

型式	電源電圧	消費電流	作動距離	大きさ	絶縁抵抗
VS-2-24	DC24V $\pm 10\%$	10mA以下	10mm ± 2	$\phi 3\text{mm}$ L=16.5mm	DC500V \times カにて 100M Ω 以上

(6) 結合部を洗浄する機構

図4-2-16に示したようにパッカー部との結合部にこの部分の洗浄のための洗浄ノズルを2孔設ける。結合ユニットとパッカー部の結合に際しては、ケーシング内の最下部すなわち、パッカー部の直上部に溜った汚れた水や浮遊した塵が結合時に測定水回路に混入するのを防ぐとともに、カプラの保護および安全かつ確実に結合するために結合する直前に下側のカプラ付近の洗浄を行う。

(7) パッカーを拡張・収縮させる機構

パッカーの拡張・収縮はこのユニットに内蔵されている水回路切り換え装置と連続採水ユニットの両方向ポンプと水回路切り換え装置を用いて行う。パッカーの拡張には採水区間より上の孔内水を用いる。また、採水終了後、注水した水は同じ両方向ポンプによってボーリング孔に排出する。

(8) 圧力逃がし構造

パッカーユニットとの結合の際に発生する一時的な過剰圧力は内蔵されているセンサ類に悪影響を及ぼす可能性があるため、それを回避するために圧力逃しバルブを結合ユニット先端部に内蔵し、一時的な過剰圧力を開放する構造とした。図4-2-18に圧力逃しバルブ設置位置を示す。

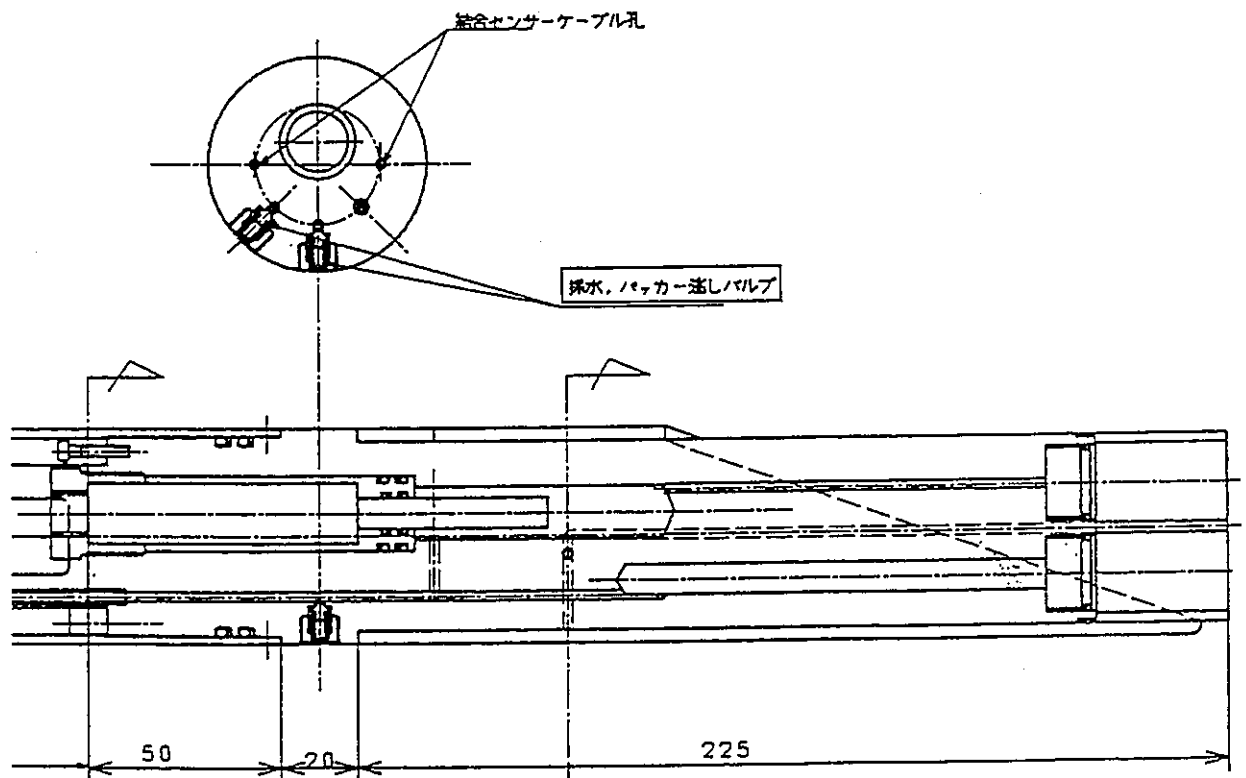


図4-2-18 圧力逃しバルブ設置位置

(9) 部品の交換

保守点検および使用頻度に応じて下記に示す部品が容易に交換できる構造とした。

①孔内圧力計	1個
②パッカー圧力計	1個
③孔内温度計	1個
④水回路切り換えバルブ	1個
⑤結合距離計	2個
⑥結合カップラー	2個
⑦電気基板	5枚

各部品毎に単体で交換可能な構造とするために各部品の前後に部品を取り出すために必要な最小の移動が可能なスペースを取るとともに、かつ横に取り出せるようにセンサ等を支えている支柱の一部をビス留めとした。

また、導水パイプも接続構造とし、各部品が容易に取り外せるようにした。電気基板はビス留めとし基板よりの配線はハーネスにて接続し容易に交換可能としている。水回路切り換えバルブについては単体での交換可能な構造とするとともに組込まれた状態で内蔵されているボールおよび押えバネの交換ならびに回路等に混入したスライム・ゴミ等を容易に取り出せる構造とした。結合距離計と結合カップラーは同一個所に設置されているため単体による交換は難しいが、セットで取り外し可能な構造とした。

5 パッカー水回収システムの設計

5.1 概要

この1000m採水装置では、孔内深部において孔内結合ユニットとパッカーシステムの「自動結合の適否」は基本的な動作項目で、全工程に関わる重要な事項である。万一、パッカー拡張後に「自動結合」が出来ない事態が起こるとパッカーシステムをはじめケーシングパイプシステムの回収も出来なくなる。

その場合を想定して深度1000mの深部作業空間で、闇雲に結合面を突いても危険な状態を招く恐れがあるので事前に超小型TVカメラを用いて観察を行い、時間を割いても安全優先にしたパッカー水回収システムを設計する。ここでは、始めに結合出来ない理由や原因を超小型TVカメラで観察、確認・把握し、その因子を排除するメカ機構を併用した構成とした。

パッカー水回収システムは、複合ケーブル先端ユニットに接続されるパッカー水回収ユニット本体と接続キットで構成され、各接続キットはキットⅠ（ビューアーキット）、キットⅡ（クリーナーキット）、キットⅢ（ペネトレーターキット）の3種類があり、必要に応じて選択して使用する。

各構成を以下の表5-1に示す。また、図5-1にパッカー水回路システムを示す。

表5-1 パッカー水回収システムの構成

パッカー水回収ユニット本体	キットⅠ（ビューアーキット）
	キットⅡ（クリーナーキット）
	キットⅢ（ペネトレーターキット）

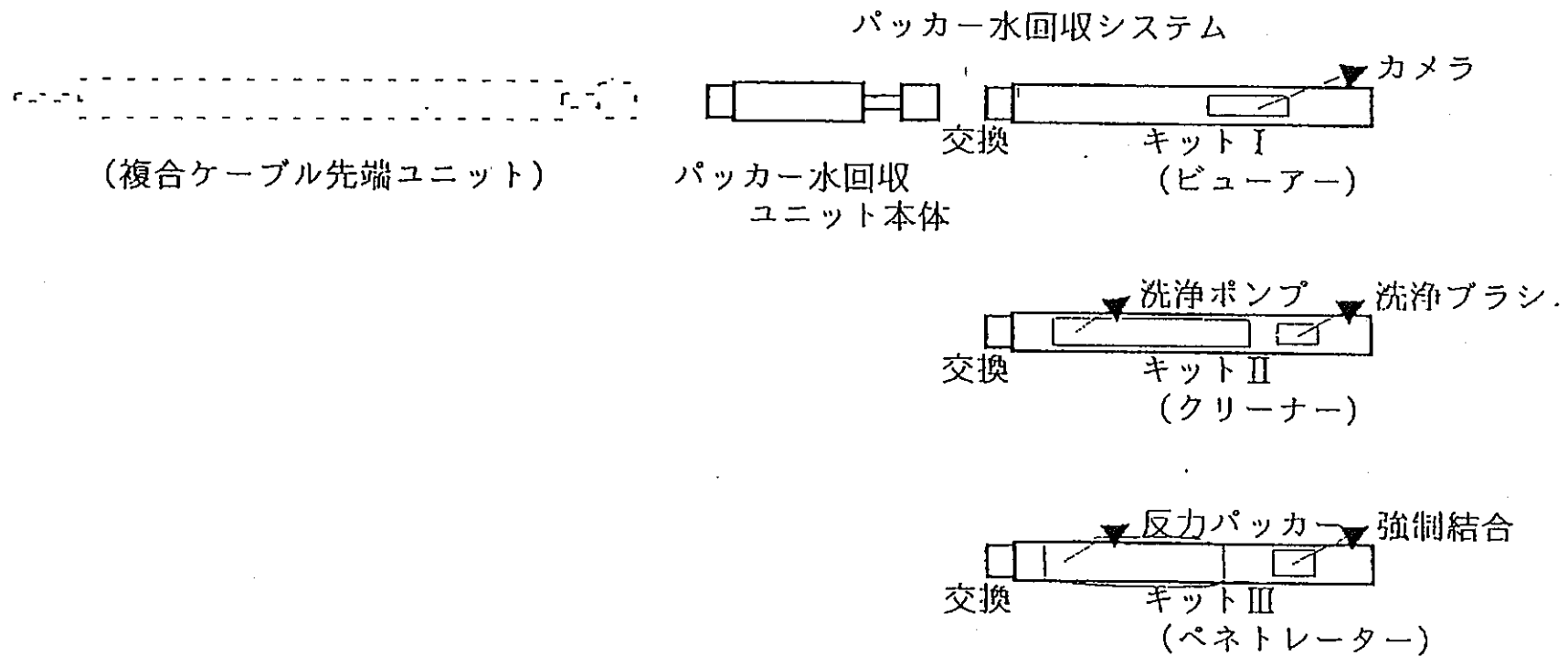


図 5 - 1 パッカー水回収システム

5. 2 内 容

- ① パッカー水回収ユニットの本体は、上部にある複合ケーブル先端ユニットに接続され、下部は各接続キットに連結される。

本体には、パッカー水回収ユニット全体を制御する電子回路E/Oレベル変換回路やI/Oシリアル変換回路が内蔵されている。変調回路は入力回路4、出力回路2で各種のセンサー信号入力と共通電磁弁切替信号出力がある。また、反力パッカー拡張の水回路の地上又は孔内への切替弁が内蔵されている。

地上部には、パッカー拡張用水圧ポンプや地上回路装置に内蔵されたE/Oレベル変換回路、I/Oシリアル変換回路、電磁弁切替選択sw回路、センサー出力画面表示回路がある。また、TVモニター装置や録画装置がある。

- ② パッカー水回収ユニット本体+キットI構成は、結合ユニットが上部パッカーのカプラーに結合しない場合に、その原因や状態を把握するための観察用ビューアーキットである。

このキットIは、先端に超小型カメラが内蔵（光源付き）され、地上のモニター画面で孔内に設置されているパッカーのカプラー頭部近傍の状況が観察出来る。

- ③ パッカー水回収ユニット本体+キットII構成は、浮遊しているゴミや沈殿物のスライム等で結合しない場合を想定しており、その洗浄用クリーナーキットである。

このキットIIは、孔内昇降の際に回収ユニット先端流入口と側面流入口から孔内水を取り込み内部フィルターでゴミ等を除去し排出口から排水して孔内水の洗浄が出来る。

また、結合時にはカプラー部分を回転式のブラシを用いて磨くことで、カプラー先端部に堆積したスライム等の除去ができる機構とした。

- ④ パッカー水回収ユニット本体+キットIII構成は、最悪の状態の場合を想定しており、強制的な結合力でカプラーを圧入するペネトレーターキットである。

このキットIIIは、ガイドケーシングAの内壁を利用して、ゴム式パッカーを拡張して反力にする。そして電動力で機械的に結合カプラーを強制的に押し出して圧入・結合することが出来る。

また、結合後のパッカーラインの水は隣接している孔内ラインから孔内へ戻され、地上には回収しない機構とした。

5. 3 構造

5. 3. 1 パッカー水回収ユニット本体

パッカー水回収ユニットの本体は、上部にある複合ケーブル先端ユニットに接続され、下部は各接続キットに連結される。ここで使用しているセンサー等はアンプ内蔵式（同等、プリアンプ付加）で電圧または電流出力型とした。

本体の内部には、以下に示す機構・部品で構成される。また地上部は、パッカー拡張用ポンプ、TVモニター、録画装置などがある。

< 孔内部 >

- ① E / O レベル変換回路（光モジュールレベル調整）
- ② I / O シリアル変換回路（変調回路：入力回路 4、出力回路 2）
 - 入力回路 1：センサー信号（接続キットから）
 - 2：センサー信号（接続キットから）
 - 3：共通信号（本体、孔内ライン圧力計）
 - 4：共通信号（本体、近接計）
 - 出力回路 1：共通電磁弁切替信号（本体）
 - 2：電磁弁切替信号（接続キットから）
- ③ 水回路切替機構（反力パッカーラインと地上又は孔内への切替弁）

< 地上部 >

- ④ 地上水圧ポンプ（電動式水圧ポンプ：反力パッカー拡張用）
- ⑤ 地上回路装置 1：E / O レベル変換回路（光モジュールレベル調整）
 - 2：I / O シリアル変換回路（復調回路）
 - 3：電磁弁切替選択 sw 回路（2 回路）
 - 4：センサー出力画面表示回路（スハ°-インホ°-ス° 回路）
- ⑥ TV モニター装置（センサー出力、画像出力）
- ⑦ 録画装置（小型）

5. 3. 2 キットI (ビューアーキット)

ビューアーキットはパッカー水回収ユニットの本体に接続され、先端に超小型カメラが内蔵されハロゲンランプ光源付きで、地上のモニター画面で孔内に設置されているパッカーのカプラー頭部近傍の状況が観察出来る。

ビューアーキットの内部は、以下に示す機構・部品で構成される。

< 孔内部 >

① 超小型 CCD 式カメラ : 単電源 (12 v)

: レンズ兼耐水圧窓 (150 気圧)

: ハロゲンランプ (24 v)

② I/O シリアル変換回路 (復調回路)

入力回路 1 : センサー信号 (TV コンポジット信号レベル調整)

2 : センサー信号 (監視用温度計)

3 : 共通信号 (本体、孔内ライン圧力計)

4 : 共通信号 (本体、近接計)

出力回路 1 : 共通電磁弁切替信号 (本体)

2 : 電磁弁切替信号 (ライト点灯/消灯)

5. 3. 3 キットⅡ（クリーナーキット）

クリーナーキットはパッカー水回収ユニットの本体に接続され、孔内ユニット昇降の際にパッカー水回収ユニット先端流入口と側面流入口から孔内水を取り込み内部フィルターでゴミ等を除去し排出口から排水して孔内水を洗浄する。

また、結合時にカプラー部分を回転式ブラシで磨くことで、その先端部に堆積したスライム等の除去ができる。

クリーナーキットの内部は、以下に示す機構・部品で構成される。

< 孔内部 >

- ① 水洗浄ポンプ : 自動往復ポンプ機構
 : 洗浄フィルター（交換式）
- ② 先端ブラシ : 2式回転機構
 : 先端ブラシ（交換式）
- ③ I/Oシリアル変換回路（復調回路）
 - 入力回路 1 : センサー信号（無接続）
 - 2 : センサー信号（無接続）
 - 3 : 共通信号（本体、孔内ライン圧力計）
 - 4 : 共通信号（本体、近接計）
 - 出力回路 1 : 共通電磁弁切替信号（本体）
 - 2 : 電磁弁切替信号（洗浄ポンプ、先端ブラシ）

5. 3. 4 キットⅢ（ペネトレーターキット）

ペネトレーターキットは、最悪の状態の場合を想定しており、強制的な結合力でカプラーを圧入するために、ガイドケーシングAの内壁を利用して、ゴム式パッカーを拡張して反力にする。そして電動力で機械式に結合カプラーを強制的に押し出して圧入・結合する。

また、結合後のパッカー水は隣接している孔内カプラーから孔内部へ戻され、孔内に放出し、地上には回収しない。

ペネトレーターキットの内部は、以下に示す機構・部品で構成される。

< 孔内部 >

①反力パッカー : ゴム式パッカー（地上水ポンプ拡張、収縮時は孔内排出）

②カプラー押し出し : 電動式押し出し

③ I / O シリアル変換回路（復調回路）

入力回路 1 : センサー信号（カプラー押し出し荷重計）

2 : センサー信号（カプラー圧力計）

3 : 共通信号（本体、孔内ライン圧力計）

4 : 共通信号（本体、近接計）

出力回路 1 : 共通電磁弁切替信号（本体）

2 : 電磁弁切替信号（カプラー押し出し開始／停止）

6 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計るために同調査機器の開発の一環として、1,000m対応地下水の地球化学特性調査機器（高温環境型）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) 孔内部（パッカーシステム、孔内システム）の各システムとも高温環境に対応できるよう機器の向上を計ることができた。

①パッカーシステム

- ・ 試錐孔内に浮遊しているスライム、ゴミ等が結合部に沈殿することを回避させ、孔内システムがパッカーシステムと安全かつ確実に結合できる構造とした。
- ・ 採水区間延長カプセル内の水回路用パイプが凍結等により曲がりにくくするとともに、確実な導水経路を確保できる構造とした。
- ・ ガイドケーシング部は、孔内システムがパッカーシステムと結合する際、安全かつ確実に誘導するよう機能の向上を計った。
- ・ パッカーに用いるゴムは高温度環境下で使用できる材質を用い、差圧5.0 Kgf/cm²以上の遮水性能を有することとした。

②孔内システム

- ・ 複合コネクターは、確実に接続できるとともに、各ユニット間を保護するため、ユニット間の防水性能を150 Kgf/cm²以上有する構造とした。
- ・ 各ユニットに組込まれる電気基板を収納する部分は、基板を外部環境から保護するため、防水性能を150 Kgf/cm²以上有する構造とした。
- ・ 各ユニットに組込まれる部品の内、使用頻度に応じて交換が必要と考えられる消耗部品に関しては、容易に交換可能な構造とした。
- ・ 連続採水ユニットに関しては、採水作業を効率的に進めるため、ポンプアップ方式を用いて閉鎖区間内の孔内水を短時間で地上もしくは孔内に排出するとともに、パッカーの拡張、収縮の制御が可能なこと。
また、ポンプの性能として0～100 cc/minの範囲で10 cc/min間隔で定流量制御ができ、作動停止指令受信後速やかに停止できるよう機能の向上を計った。
- ・ 採水ユニットの採水容器収納部は、採水容器の交換が容易であるとともに、安定した構造を保つようにした。また、採水容器内に被圧不活性状態で地下水を採取できること、採水容器内の圧力が測定できること、さらに、安全かつ確実に配線、導水経路を確保できることとした。

- ・結合ユニットは、確実にパッカーシステムの圧力ライン、採水ラインと脱着でき、パッカーシステムとの結合状況を把握するための機構として先端部に結合距離計を有した。閉鎖区間内の間隙水圧、パッカー圧力を測定するとともに採取する地下水の水温の測定、パッカー圧力、間隙水圧を確実に伝達、漏洩を防止する機能、孔内システムの脱着時に発生する一時的な過剰圧力を回避する機能を有した。

(2) パッカー水回収システム

- ①孔内システムとは別に、パッカー回路を開放し、パッカー水の回収が行えるシステムを設計した。
 - ・パッカーのカプラー頭部近傍の状況を観察するためのビューアーキット（小型カメラを内蔵）
 - ・カプラー頭部に堆積したスライム等を孔内水を利用して洗浄するクリーナーキット（回転式ブラシ等で洗浄）
 - ・強制的な結合力でカプラーを圧入、結合しパッカー水を放出するペネトレータキット（ゴム式パッカー、電動式押し出し装置を装備）

以 上