JNC TJ7440 2003-004

DH-2号孔への地下水長期観測システムの購入設置

（核燃料サイクル開発機構　業務委託報告書）

2003年3月

株式会社ダイヤコンサルタント

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
電話：029-282-1122（代表）
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

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)
2003

JNC TJ7440 2003-004
2003年3月

DH-2号孔への地下水長期観測システムの購入設置
（核燃料サイクル開発機構　業務委託報告書）

若浜　洋*，中田充彦*，廣木峰也*，二口克人*，岡田秋夫*

要　旨

広域地下水流動研究の一環として行われる地下水流動解析モデルのキャリブレーションおよび超深地層研究所計画における地下水流動に関するモデル化解析に資するため，DH-2号孔に地下水長期観測システムを設置した。DH-2孔は，1993年に掘削された深度501mの孔井である。孔内には深度172mまで5インチのケーシング管が埋設され，以深は孔径が約100mmの裸孔で土岐花崗岩が分布している。

孔内装置は，主として同心円状に配列された7本のPVC製スタンドパイプとこれらを覆うPVC製ケーシング，およびパッカーと幾つかのステンレス製部材から構成される。

装置の観測可能区間数は7区間である。装置設置後に，パッカーを水で加圧し，裸孔部に7観測区間を設定した。システムの長期使用を前提として，パッカー圧力を0.6MPa以上に維持するため，パッカー圧力を地上から管理できるようにした。パッカーはすべて，工場出荷前および現場施工前に耐圧試験を実施し，ケーシングの接合部分については，施工組み立て時に全数を耐圧検査して気密性を確認した。また，ケーシングの遮水性能は設置完了後に装置ケーシング内部の水位を低下させ，各区間の水位が変動しないことにより確認した。

各観測区間は，内径が約20mmのスタンドパイプを通じて地上に大気開放されており，区間圧力の測定のため，スタンドパイプ内に圧力センサーを設置した。採水は，水中ポンプにより各区間とも平均20cc/minで実施した。採水時にはスタンドパイプ間で圧力干渉が認められないことから，採水ラインの気密性も確認された。

地上設備では，データロガーユニットにより，5分毎に区間圧力および現地気圧の計測がなされている。このユニットは，無線伝送により計測データを遠隔収録することが可能である。なお，システム全体の駆動電力は，すべてソーラ発電によりまかなわれている。

本報告書は株式会社ダイヤコンサルタントが核燃料サイクル開発機構との業務委託契約により実施した業務成果に関するものである。
機構担当部課室：東濃地科学センター　地質環境研究グループ
＊株式会社ダイヤコンサルタント ジオテクニカル事業部 地盤物性グループ

JNC TJ7440 2003-004
March, 2003

Installation of the groundwater monitoring system to borehole DH-2

Hiroshi Wakahama*, Mitsuhiko Nakata*, Minenari Hiroki*,
Katsuhito Futakuchi*Akio Okada*

ABSTRACT

This report describes the results of installation of the long-term groundwater monitoring system into borehole DH-2 as a part of the Regional Hydrogeological Study and Mizunami Underground Research Laboratory Project. DH-2 was drilled with 100mm diameter through Toki-granite to the depth of 501meter below the ground level, in which 5inch-steel-casing pipe was inserted to the depth of 171m.

The monitoring system was composed of concentrically arranged seven open PVC (polyvinyl chloride)-stand-pipes ("Piezo-pipes"), housed within outer 4inch PVC-casings, followed by 3inch PVC-casings, packers and several stainless steel units.

In the system, seven monitoring zones were isolated by expandable rubber type packers inflating with water. From the view point of quality assessment, leak-off tests were conducted for all of 7 packers before the shipment and the installation at the site. In terms of individual casing joints, air-tight inspections were carried out after they had been assembled on the rig floor at the site. After installation of the system, it was confirmed that there was no leakage through casing joints upon the results that water head in each Piezo-pipe was not changed when pumping up the inside water of the casing.

Each monitoring zone was connected to the surface through a Piezo-pipe with an inside diameter of about 20mm, and the water pressure in each interval was measured using small diameter pressure sensors. Through the Piezo-pipes, water sampling could be conducted for all monitoring zones with the maximum continuous withdrawal rating of about 20cc/min. During the sampling in one Piezo-pipe, no water head was changed in the other Piezo-pipes, therefore, it was concluded that no leakage was along the Piezo-pipes.

In the surface, both water pressure in each monitoring zone and barometric pressure were collected in 5 minutes interval using the data-logging unit. The wireless data acquisition could also be operated through this unit with telecommunications. A solar cell was installed to provide running power required for all the system.

This work was performed by Dia Consultants Co. Ltd under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison :Tono Geoscience Center,Geoscience Reserch Group

*Dia Consultants Geotechnical Engineering Department,

目　　次

要旨 i
本文目次 iii
図表目録 v
1. はじめに 1
2．業務概要 1
　2.1　件名 1
　2.2　設置場所 1
　2.3　実施期間 1
　2.4　作業範囲 1
　2.5　実施数量 3
　2.6　実施体制 3
3．ピエゾシステムの購入 4
4．ピエゾシステムの仕様 5
　4.1　装置の概要 5
　4.2　孔内装置 5
　4.3　地上設備 16
　4.4　観測区間 19
5．ピエゾシステムの設置 20
　5.1　全体概要 20
　5.2　施工前の孔口概要 21
　5.3　搬入・仮設・準備 22
　5.4　孔内装置の設置 26
6．性能確認試験 48
　6.1　遮水性能確認試験 48
　6.2　採水性能確認試験 50
　6.3　初期間隙圧力測定結果 54
7．地上設備の設置 57
　7.1　ソーラーシステムおよび計測・伝送システムの設置 57
　7.2　観測小屋の設置 57
　7.3　ケーブル埋設工事 58
　7.4　施工後の孔口状況 58
8．おわりに 61
　8.1　まとめ 61
　8.2　設置後の観測結果 61

8.3　保守・点検 62
参考文献 63

巻末資料
資料１.
・パッカーの検査方法.....資－１(1)
・φ100 型 PVC パッカー出荷検査成績表.....資－１(4)
・PVC パッカー検査写真..... 資－１(5)
・100mm 圧力検知ユニット出荷検査成績表..... 資－１(6)
・圧力検知ユニット検査写真..... 資－１(7)
・間隙圧力計測センサーの出荷検査成績表..... 資－１(8)
・気圧計の出荷時検査成績表..... 資－１(15)
資料２.
・センサー一覧表および生データから観測データへの変換式..... 資－２(1)
・データ伝送システムの配線図..... 資－２(2)
・ソーラシステムの配線図..... 資－２(3)
資料３．データロガーの操作マニュアル..... 資－３(1)
資料４．潮汐力の算出について..... 資－４(1)
資料５．2003 年 2 月 29 日までの区間水位測定記録..... 資－５(1)
資料６．現場記録写真..... 資－６(1)

図 表 目 次

図 2.2-1　設置場所 2
図 2.2-2　DH-2 号孔周辺の拡大図 2
図 2.6-1　ピエゾシステム設置の実施体制 3
図 4.1-1　ピエゾシステムの全体概念図 6
図 4.2-1　孔内装置の模式図 9
図 4.2-2　孔内装置の構造図 10
図 4.2-3　孔内装置におけるパッカーの模式図 11
図 4.2-4　圧力検知・採水ユニットの構造概念 13
図 4.2-5　取り付け台座部の構造模式図 15
図 4.3-1　地上設備の構成概念 16
図 4.3-3　パッカー圧力管理ユニット 18
図 4.4-1　DH-2 号孔における孔内装置の概要と地質 19
図 5.2-1　施工前の孔口状況 21
図 5.3-1　現場仮設状況(平面図) 23
図 5.3-2　現場仮設状況(A-A'断面) 24
図 5.3-3　現場仮設状況(B-B')断面 24
図 5.3-4　パッカー耐圧試験方法 25
図 5.4-1　ピエゾシステムの設置手順フロー 27
図 5.4-2　ジョイント漏れ検査方法(その１) 32
図 5.4-3　ジョイント漏れ検査方法(その２) 33
図 5.4-4　ジョイント漏れ検査方法(ピエゾパイプ) 34
図 5.4-5　漏れ検査機器における検査圧力の経時変化 35
図 5.4-6　ケーシング内水位変化グラフ 42
図 5.4-7　レオロジカルモデルの概念図 45
図 5.4-8　ケーシング内水位低下の経時変化 45
図 5.4-9　ピエゾパイプ内の圧力センサー設置深度の確認 46
図 5.4-10　パッカー再加圧によるパッカー圧力低下の緩和 47
図 6.1-1　遮水性能確認試験の実施概念図 48
図 6.1-2　遮水性能確認試験におけるケーシング内水位の変化 49
図 6.2-1　水中ポンプによる採水模式図 52
図 6.2-2　採水性能確認試験結果 53
図 6.3-1　初期間隙圧力測定結果 55
図 6.3-2　直接法による潮汐力(鉛直成分)計算結果 56
図 6.3-3　現地気圧測定記録 56

図 6.3-4　区間１における潮汐および気圧の補正結果 56
図 7.1-1　データロガーへの供給電圧の経時変化 57
図 7.2-1　観測小屋およびケーブル埋設位置模式図 59
図 7.3-1　ケーブル埋設縦断図(Ｃ－Ｃ'断面) 59
図 7.3-2　ケーブル埋設横断図(Ｄ－Ｄ'断面) 60
図 7.3-3　施工完了後の孔口模式断面図 60
図 8.3-1　パッカー圧力点検要領 62

表 2.5-1　実施数量 3
表 3.1-1　ピエゾシステム納品資材一覧(孔内装置) 4
表 3.1-2　ピエゾシステム納品資材一覧(地上設備) 4
表 4.1-1　ピエゾシステム特長一覧 7
表 4.2-1　孔内装置におけるパッカーの仕様. 12
表 4.2-2　主要部材の諸元 13
表 4.3-2　間隙圧力センサーおよび気圧センサーの仕様 17
表 4.3-3　データロガーの基本仕様一覧 18
表 4.4-1　ピエゾシステムの観測区間 19
表 5.1-1　現場実績工程 21
表 5.3-1　主要仮設機器 22
表 5.4-1(その 1)　孔内装置施工時のケーシングログ 28
表 5.4-1(その 2)　孔内装置施工時のケーシングログ 29
表 5.4-1(その 3)　孔内装置施工時のケーシングログ 30
表 5.4-2(その 1)　ケーシングのジョイント漏れ検査結果 36
表 5.4-2(その 2)　ケーシングのジョイント漏れ検査結果 37
表 5.4-2(その 3)　ケーシングのジョイント漏れ検査結果 38
表 5.4-3(その 1)　ピエゾパイプの漏れ確認試験 39
表 5.4-3(その 2)　ピエゾパイプの漏れ確認試験 40
表 5.4-4　手ばかりによるケーシング内水位低下のまとめ 41
表 5.4-5　パッカーの加圧時注水量および注水圧力 47
表 6.2-1　採水性能確認試験における諸元 52
表 6.3-1　初期間隙圧力補正で得られた回帰係数および平衡水位 55

1．はじめに

本報告書は，核燃料サイクル開発機構(以下，サイクル機構)により実施されている「広域地下水流動研究」の一環として行われたＤＨ－２号孔における地下水長期観測システムの設置の施工状況をまとめたものである。

ＤＨ－２号孔は，「超深地層研究所計画(ＭＩＵ計画)」の用地南方の境界外側に位置する既存試錐孔である。ＤＨ－２号孔において間隙水圧をモニタリングすることにより，

①広域地下水流動研究における地下水流動解析結果の検証データおよび水理地質構造モデルのキャリブレーションデータの取得

②ＭＩＵ計画における研究坑道掘削や他の試錐孔調査に伴う地下水状態の変化の把握

を行うことが，本システムの購入設置の目的である。なお，本件にて納入した地下水長期観測システムをピエゾシステム（ダイヤコンサルタント社製）と呼称する。

2．業務概要

2.1　件名

ＤＨ－２号孔への地下水長期観測システムの購入設置

2.2　設置場所

岐阜県瑞浪市明世町戸狩字大狭間 48-8 他　ＤＨ－２号孔(図 2.2-1 参照)

2.3　実施期間

自：平成 14 年 9 月 26 日

至：平成 15 年 3 月 14 日

2.4　作業範囲

本業務における作業範囲を以下に示す。

(1)　地下水長期観測システムの購入
(2)　計画準備
(3)　仮設作業
(4)　地下水長期観測システムの搬入
(5)　地下水長期観測システムの設置
(6)　作動確認試験
(7)　観測小屋の設置
(8)　ソーラーシステムの設置
(9)　データ伝送システムの設置
(10)　提出図書の作成

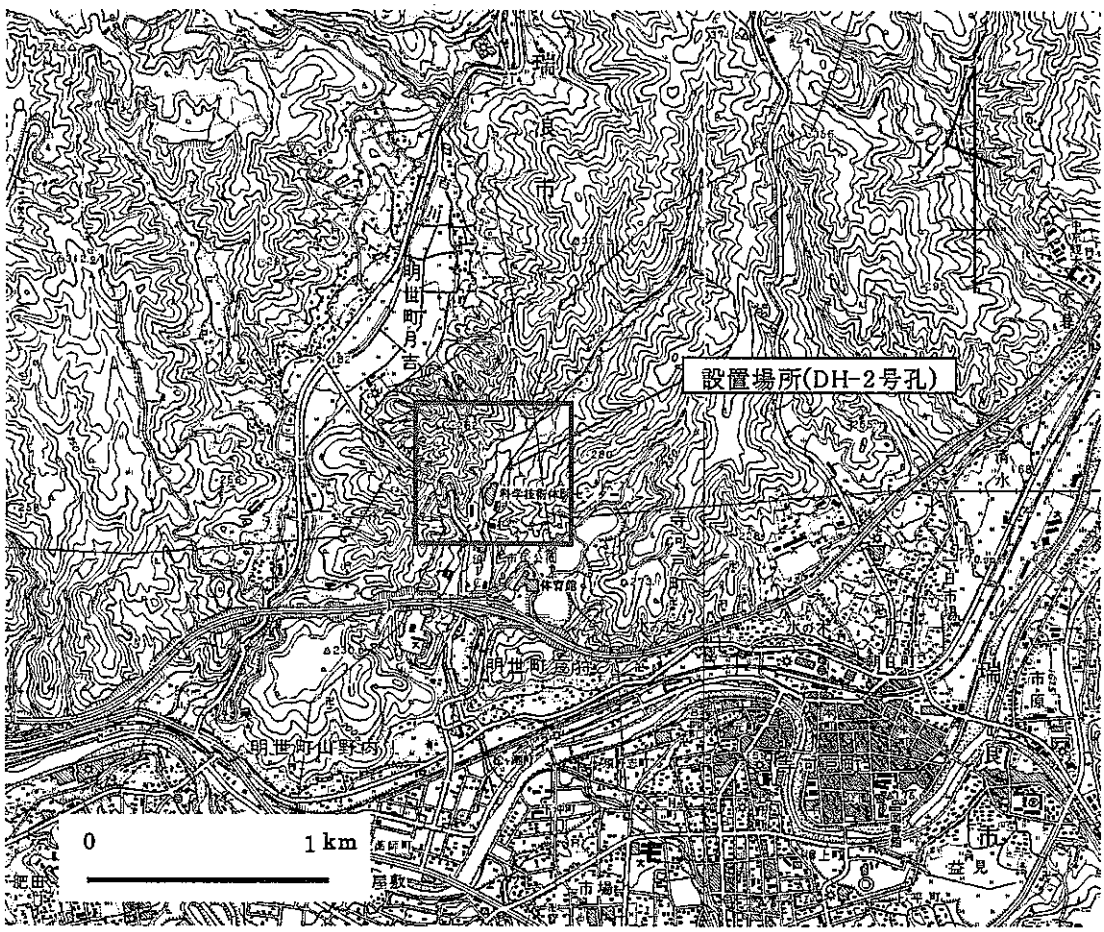


図 2.2-1　設置場所(国土地理院発行 2 万 5 千分の 1 地形図：「土岐」を使用)

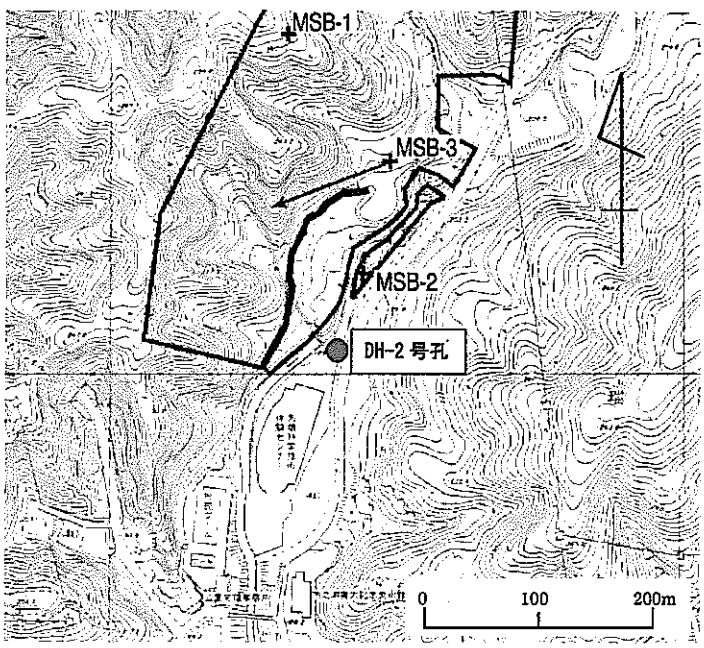


図 2.2-2　DH-2 号孔周辺の拡大図

2.5　実施数量

実施数量を表 2.5-1 に示す。

表 2.5-1　実施数量

項　目	実 施 要 項	数 量
ピエゾシステムの孔内装置の設置	孔全長501mにパッカーにより７観測区間を設定する。	一式
採水確認	揚水ポンプを挿入し採水が可能か否かを確認する。	7点
データ伝送システム	地下水水圧データをモデムを介し携帯電話により伝送する。	1式
観測小屋設置	高さ2m×幅1.3m×奥行き1.3m程度。通気孔設置。転倒防止措置をとる。	1棟
ソーラシステムの設置	ソーラーパネル，太陽充放電コントローラー，バッテリーで構成する。	一式
現地気圧測定	気圧センサーで測定する。	1地点
現地気温測定	熱電対で測定する。	1地点

2.6　実施体制

実施体制を図 2.6-1 に示す。

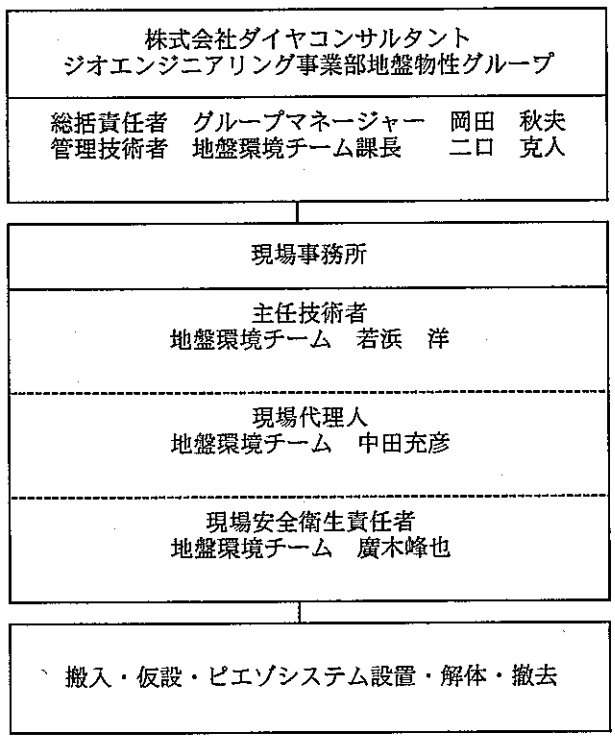


図 2.6-1　ピエゾシステム設置の実施体制

3．ピエゾシステムの購入

本業務において，サイクル機構に納品した資材数量を表3.1-1および表3.1-2に示す。全資材の検収はサイクル機構の立ち会いの下，ＤＨ－２号孔において実施した。なお，各資材の詳細な情報については，４章にとりまとめた。

表3.1-1　ピエゾシステム納品資材一覧表(孔内装置)

製品名		有効長	納品数量	巻末写真番号	説　明
パッカー		1.35m	7本	7，18，35	各観測区間を遮水する。
圧力検知・採水ユニット		0.15m	7個	9，17，35	各観測区間の間隙圧力測定，採水をする。
センターロッド		10ft	32本	36，37	装置の強度を上げて，切断を防止する。
		0.80m	2本	36	
		0.115m	1本	36	
ピエゾパイプ		10ft	231本	22，35	間隙圧力センサー，揚水ポンプを挿入して，間隙圧力観測，採水を可能とする。
取り付け台座部		2.050m	1式	13，14，20，21	ピエゾパイプとセンターロッドを保持する。
PVC製ケーシング	4”用	10ft	33本	10，23，24，35	ピエゾパイプとセンターロッドを保護し，装置内側と外側の遮水性を保つ。
		1.200m	1本	13	
	3”用	10ft	121本	34，38	・各パッカーの設置位置を調整して，各資材をつなぎとめる。 ・装置内側と外側の遮水性を保つ。
		5ft	1本	39	
		2.700m	1本	12	
		2.502m	1本	12	
		1.907m	1本	12	
		1.848m	1本	12	
		1.469m	1本	12	
		0.987m	1本	12	
		0.200m	1本	12	
		0.500m	1本	40	
エンドキャップ		0.130m	1個	8，16	装置の内側と外側を遮断する。
アンカーロッド		1.370m	1本	16	装置の孔底へのスライドを防止する。

表3.1-2　ピエゾシステム納品資材一覧表(地上設備)

製品名	納品数量	巻末写真番号	説　明
間隙圧力センサー	7個	11，14	観測区間の間隙圧力を計測する。
気圧センサー	1個	42	現場の気圧を計測する。
温度センサー	1個	43	現場の温度を計測する。
データロガー	1個	44	計測データを記録する。
モデム	1式	44	携帯電話を用いたデータ通信を可能にする。
携帯電話起動ユニット	1式	44	モデムに送る電力を制御する。
電源バッテリー	1個	45	データロガー，各種センサー，携帯電話，携帯電話起動ユニット，モデムに電力を供給する。
ソーラーパネル	1個	47	電源バッテリーを充電する。
充放電コントローラー	1個	45	ソーラーパネルが供給する電力を制御する。
パッカー圧力管理ユニット	1式	25，46	パッカー圧力の再加圧時に使用する。
観測小屋	1棟	32，47	地上設備を保護する。

4．ピエゾシステムの仕様

4.1　装置の概要

ピエゾシステムの概念図を図 4.1-1 に示す。またピエゾシステムの特長をまとめたものを表 4.1-1 に示す。ピエゾシステムは，多連のパッカーによって区切られた地盤の間隙圧力をピエゾ水頭方式で測定するシステムであり，長期耐久性やデータの品質等において多くの利点を有する。

本業務の仕様を満たすために，株式会社ダイヤコンサルタントが開発した従来のピエゾシステムから以下の項目について設計を変更した。

① 地下水採水方法を従来の採水管を利用する方式から，ピエゾパイプ(4.2 参照)内に揚水ポンプを直接設置して，観測区間の地下水を採水する方式にすることで，7 観測区間全ての地下水採水が可能な構造に変更した。
② ピエゾパイプ内に揚水ポンプの挿入を可能とするために，ピエゾパイプの内径を従来のφ10mm からφ18.9mm に変更した。
③ ピエゾパイプ内に揚水ポンプの挿入を可能とするために，揚水ポンプの外径をφ35mm からφ17.3mm に小型化した。
④ ピエゾパイプの設置深度を従来の GL-50m 程度から GL-100m に変更して，圧力センサーおよび揚水ポンプを GL-100m まで挿入できる構造に変更した。
⑤ 圧力センサーを GL-100m まで挿入できるように，センサーケーブルを従来の 50m から 100m に変更した。
⑥ 設置深度 500m に耐え得るように，従来の PVC 製ケーシングの他にセンターロッド(SUS 製)を新たに追加して，装置全体の強度を向上させた。

地上設備においては，従来から実績のあるデータ伝送システムを使用することで，現場に赴くことなく事務所で観測データ回収が可能なシステムとした。さらにソーラーシステムを使用することで，バッテリーの保守・管理作業を大幅に軽減した。

ピエゾシステムの基本構造，各資材の仕様および観測区間についての詳細を 4.2～4.4 節で説明する。

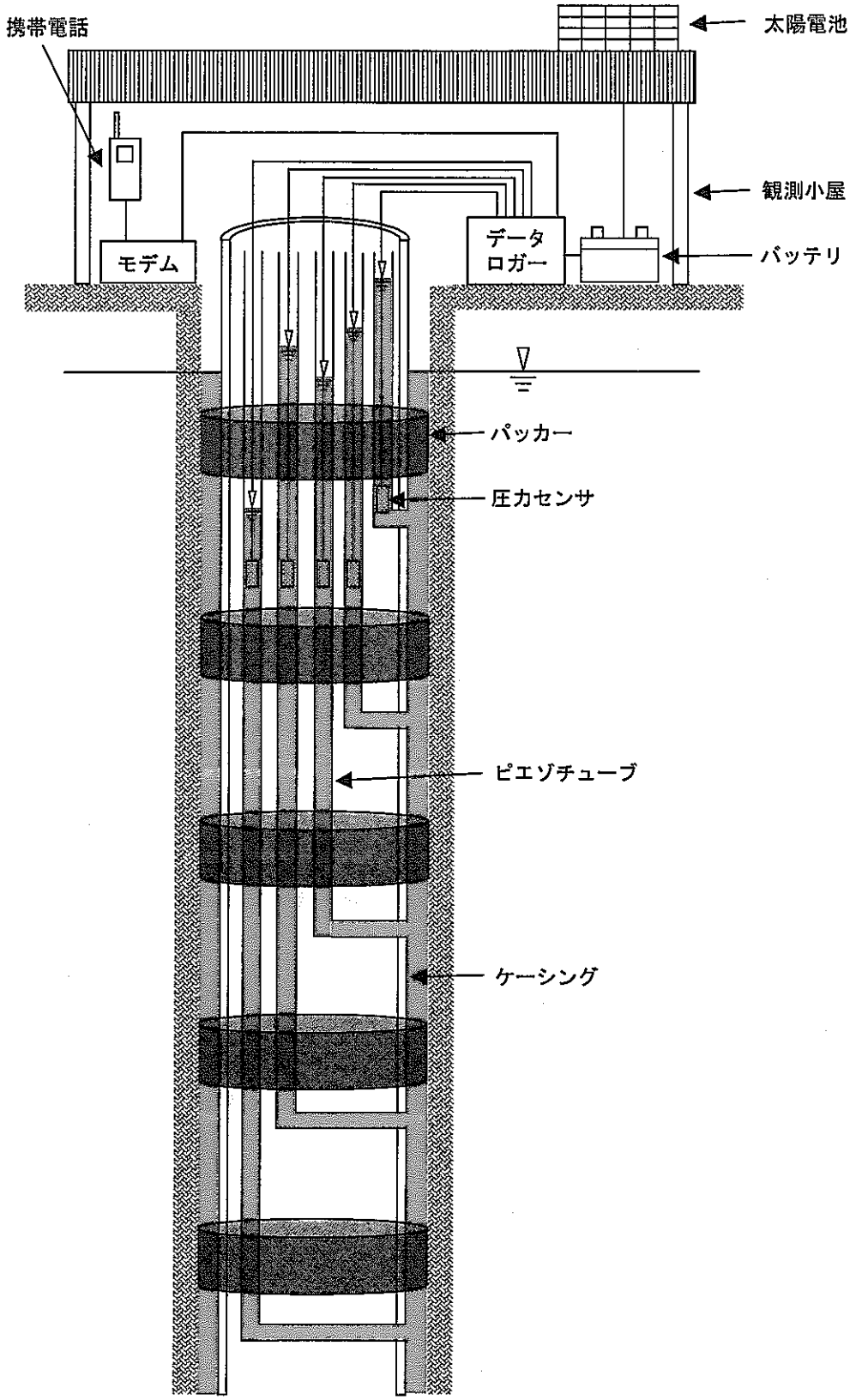


図 4.1-1　ピエゾシステムの全体概念図

表 4.1-1　ピエゾシステム特長一覧

特　　長	説　　明
長期耐久性	ピエゾメータ方式の採用によって孔内に電気機器を含まないため，耐久性に優れる。
高信頼性	ピエゾメータ方式の採用によって，水位を実測でき，間隙水圧をセンサーによらず確実に確認することができる。
高精度	圧力センサーを用いて間隙水圧記録を行う場合でも，小レンジの圧力センサーを用いることができるため，高精度・高分解能の計測が可能である。
確実な遮水性	測定区間の遮水には軟質ゴムパッカーを用いるので，孔壁に確実に密着できる。またパッカー圧力は地上で制御しているため，パッカーの孔壁密着効果を容易に確認できる。
連続自動計測可能	超小型圧力センサーを水位計として用いることによって，ピエゾメータ方式の特長を生かしながら，多深度同時の連続測定が可能である。また，この圧力センサーは交換可能であるため，孔内装置自体の耐久性を損なわず校正も容易である。
回収可能	埋設方式などとは異なり，孔壁の状態が著しく悪くない限り，必要に応じて孔内装置を回収が可能であり，設置後の計画変更にも対応可能である。
採水可能	ピエゾパイプを利用することによって，孔内にポンプを常設することなく採水が可能である。

4.2　孔内装置

図 4.2-1 に孔内装置の模式図を示す。孔内装置については，圧力センサーおよび揚水ポンプの挿入が可能な GL-100m を境に上下で大きく構造が異なる。

GL-100m 以深は，3 インチ(外径φ89.1mm，SCH80)の PVC 製ケーシング，パッカー(非膨張径φ92mm)，および圧力・採水ユニットからなる。また，最深部には，エンドキャップおよびアンカーロッドが装着されている。

深度 100m 以浅は，4 インチ(外径φ114.3mm，SCH80)の PVC 製ケーシングから構成されている。4 インチケーシングの内側には，7 区間の圧力測定ならびに採水を実施するために，圧力センサーまたは採水ポンプが挿入可能な 0.75 インチ(外径φ26.8mm，SCH80)の PVC 製パイプ(以下ピエゾパイプと呼称する)が設置されている。これらのピエゾパイプは，装置最上部と GL-100mの間において装置の中心を貫くステンレス製ロッドの周囲に同心円状に配置されている。

図 4.2-2 にピエゾシステムの孔内装置構造図を示す。装置の内部には，次の 3 種類のチューブが配管されている。

① 間隙圧力測定と区間採水用を兼ねたチューブ

② パッカー拡張用チューブ

③ パッカー収縮用チューブ

①には，外径φ6mm，内径φ4mm のナイロンチューブを，また②および③には，外径φ4mm，内径φ2mm のナイロンチューブをそれぞれ使用した。

①のチューブは，図 4.2-2 において青線で示したように，一端が各々の圧力検知・採水ユニットの圧力・採水ポートに接続され，他端が GL-100m 以浅に配置されるピエゾパイプの最下部へとつながる。したがって，間隙圧力に応じた水柱が，圧力ポート～ピエゾパイプ間に形成され，圧力センサーをピエゾパイプ内に投入することにより，間隙圧力測定がなされる。さらに，この圧力測定経路は採水経路も兼ねており，ピエゾパイプ内にポンプを設置することによりパッカー区間からの採水がなされる。

②および③のチューブは，図 4.2-2 において，それぞれ赤線および緑線で示したように，一端が各々のパッカーに接続される。後述するように，パッカーには拡張用と収縮用の 2 つの加圧(排出)ラインがあり，パッカー1 個あたり 2 本のチューブ接続が必要となる。これら②(赤)と③(緑)のチューブは装置ケーシング内を通り，地上のパッカー圧力管理ユニットへとつながる。

以下に装置の構成部材毎の性状・機能を述べる。

(1)アンカーロッド

アンカーロッドは，装置の最下端に接続される外径φ35mm のステンレス製のロッドである。先端には，厚さ 6mm，直径 80mm のステンレス製プレートが装着されている。

アンカーロッドの長さは，装置を孔内に立込んだ後に，その下端深度が孔底深度の直

上となるように事前に調整した。孔内装置の全体自重は，基本的にはパッカーの孔壁への密着により保持されるが，アンカーロッドを設けることにより，設置後何らかの原因でパッカーの密着力が低下して装置が下方へスライドした場合でも，装置全体の落下や伸びによる部材の切断等，測定機能にかかわるような致命的な故障や損傷を防止することができる。

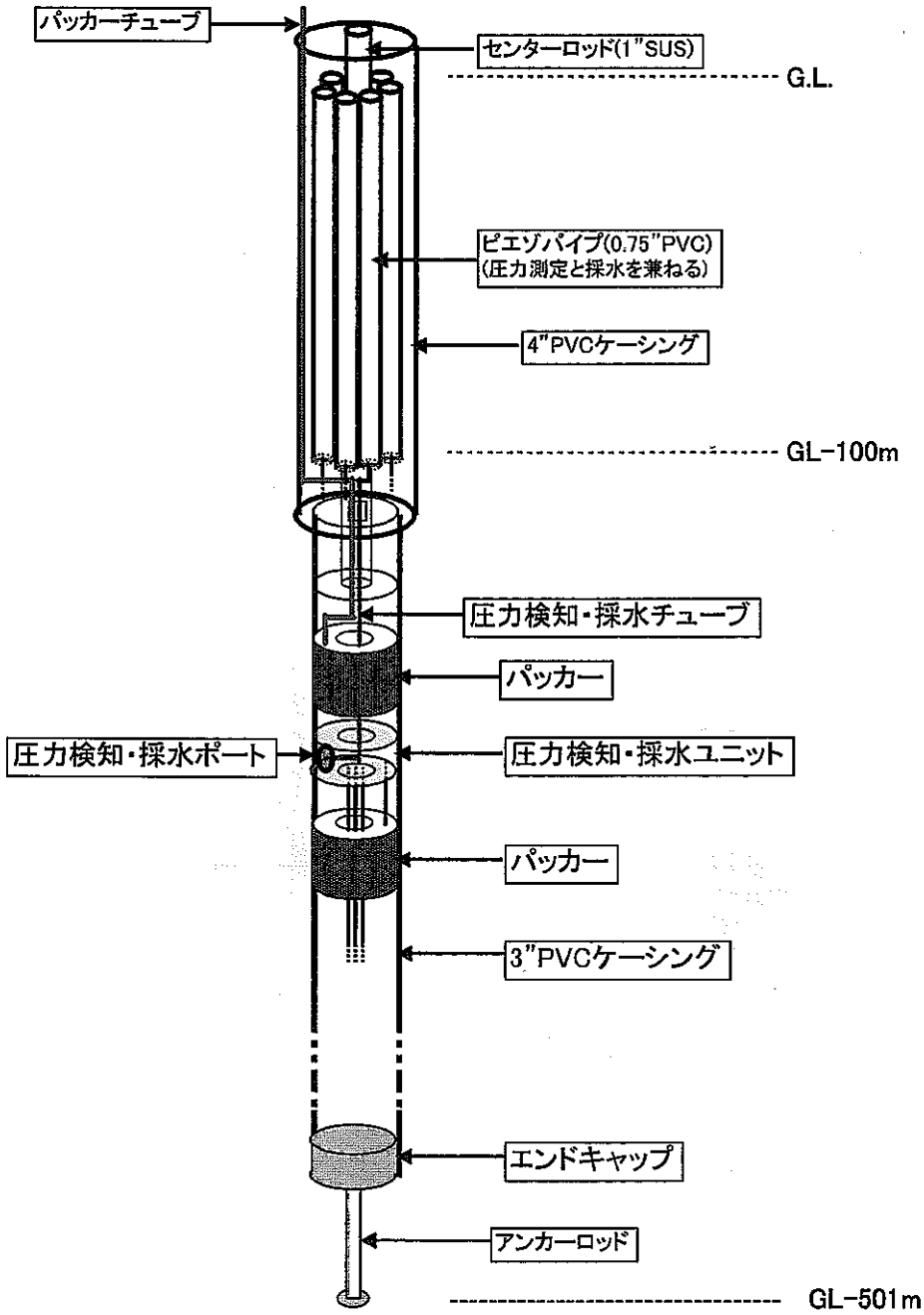


図 4.2-1　孔内装置の模式図

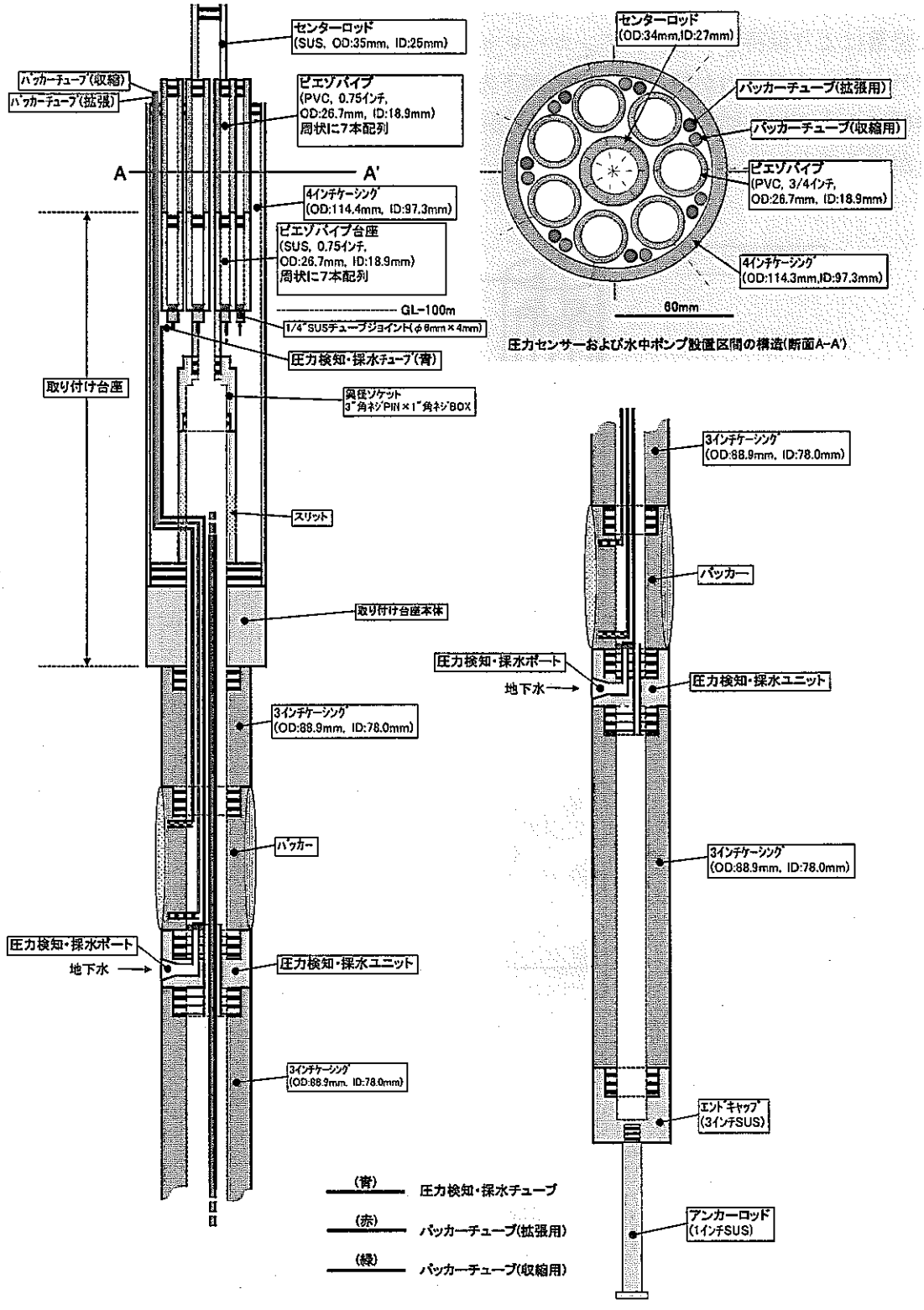


図 4.2-2　孔内装置の構造図

(2)エンドキャップ

エンドキャップは，ステンレス製の底蓋である。ケーシング下端に装着し，装置の内部と外部を隔離する。

(3)パッカー

測定区間の遮閉に使用したパッカーの模式図を図 4.2-3 に，その主な仕様を表 4.2-2 に示す。パッカーは，適用孔径がφ100～φ132mm のフィックスエンド型式である(特許出願中)。パッカー圧力は，後述するように，観測小屋内に設けられたパッカー加圧ユニットにより随時確認でき，必要に応じて再加圧が可能である。なお今回使用したパッカーは，緊急時の収縮を効率的かつ確実とするため，加圧ラインに加え，新たに収縮時における加圧水排出用のバイパスライン(収縮ライン)を設けた。

パッカーは工場出荷時の 3MPa 耐圧試験，24 時間圧力持続試験および現場施工時の耐圧試験を実施し，リークや異常変形等がないかどうかを三重のチェック体制で検査した。なお，工場出荷時の検査手順および検査シートは巻末資料に添付した。

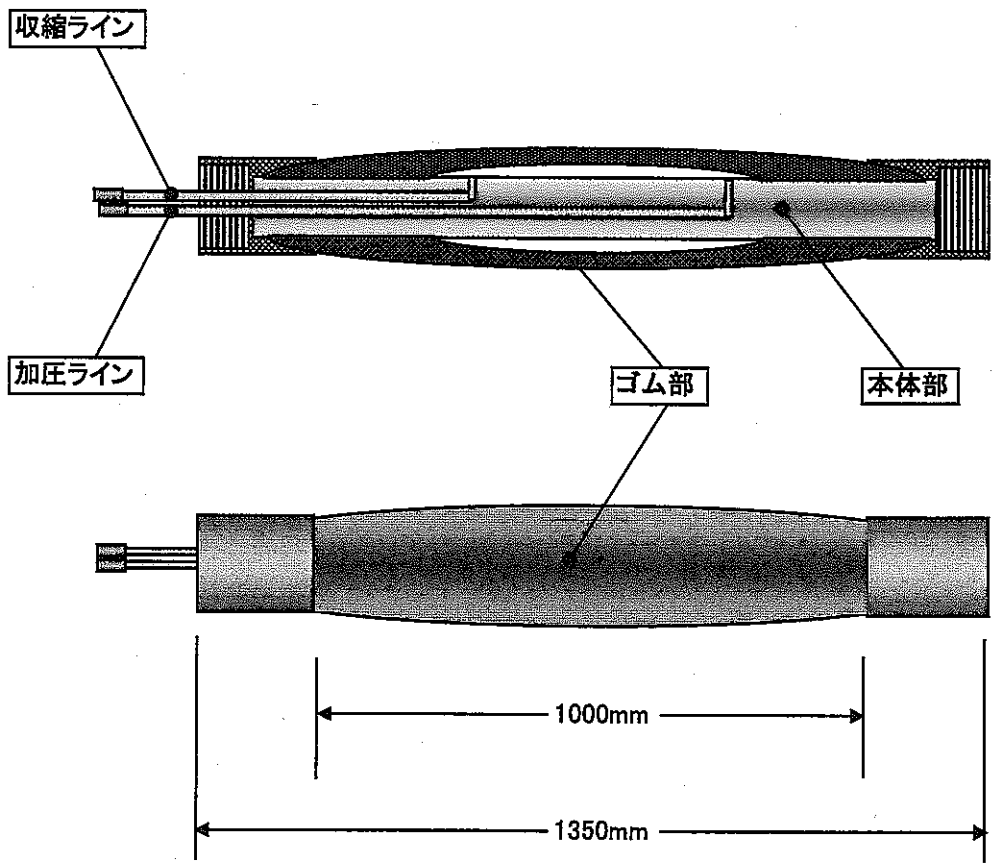


図 4.2-3　孔内装置におけるパッカーの模式図

表 4.2-1　孔内装置におけるパッカーの仕様

諸元	型式		フィックスエンド型
	呼び径		100
	接続径	inch	3
	膨張代	mm	100～132
	接続口		φ6-PT，1/8”管継手
	非膨張時外径	mm	92
	全長	mm	1350
	有効長	mm	1000
	重量	kg	18.7
	最大使用圧力	Mpa	1.96
	適正作動圧力	Mpa	0.8～1.0
	最小作動圧力	Mpa	0.4(0.6以上推奨)
使用環境	設置深度	m	500
	孔内流体		清水および塩水
	孔内温度	℃	0～+30
	気温	℃	-5～+35
	加圧流体		清水または不凍液(空気)
材質	本体		SUS
	ゴム部		耐摩耗性ゴム(NR)
ゴム部	実用硬度範囲	HS	70±5
	引張強さ	Mpa	23.0
	伸び	%	350
	耐熱性	℃	-20～+60
	比重		1.16±0.03

(4)圧力検知・採水ユニット

図 4.2-4 に圧力検知・採水ユニットの構造概念を示す。圧力検知・採水ユニットは，各測定区間に１つずつ配置されるステンレス製の部材である。測定区間の間隙圧力は，ユニットのほぼ中央にある圧力・採水ポートから，内径 4mm のナイロンチューブを通じて，装置上部のピエゾパイプへと伝達される。また，区間採水はこのポートを通じてなされる。また，ポート形状を円錐状として，目詰まりが起こりにくい構造とした。

(5)ケーシング

すでに述べたように，装置の GL-100m 以深には，パッカー遮蔽区間のつなぎ管として，3 インチの PVC(塩化ビニール重合体)製ケーシングが，また GL-100m 以浅は，4 インチ PVC 製ケーシングが，後述のセンターロッドおよびピエゾパイプを覆って配置される。これらの諸元を表 4.2-2 に示す。なお，ケーシングの接続ネジは ASTM 規格に準拠する角ネジであり，シーリングは AS568 タイプの○リングを使用した。

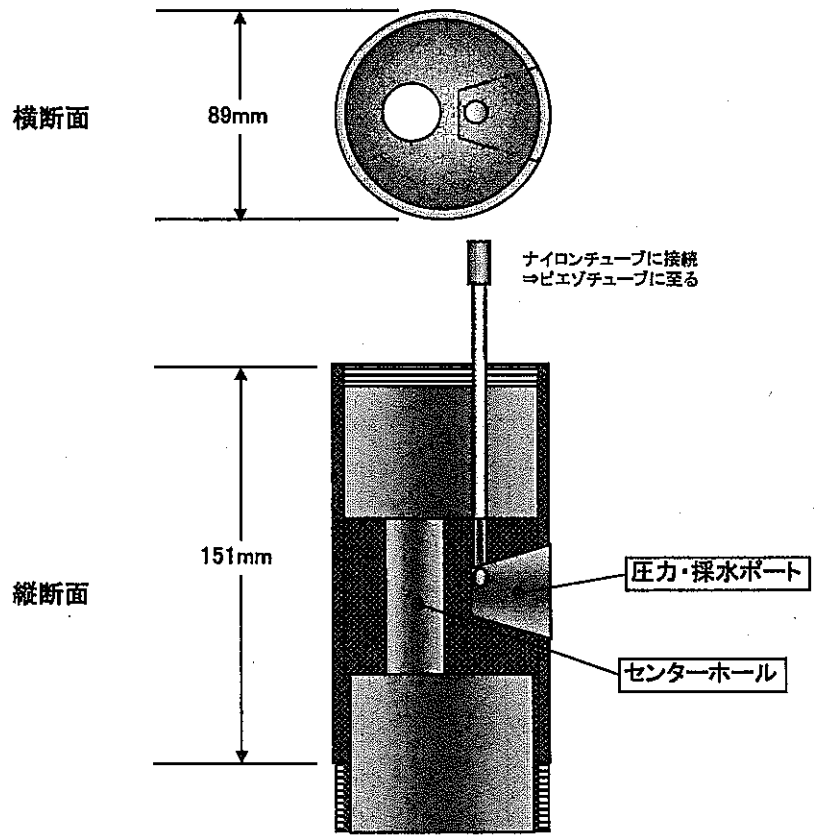


図 4.2-4　圧力検知・採水ユニットの構造概念

表 4.2-2　主要部材の諸元

名称	呼称	外径	内径	空中重量	材質	引張強度	耐内圧力	耐外圧力
						23℃	23℃	23℃
		mm	mm	N/m		kN	MPa	
ケーシングパイプ	3インチ	89.0	72.8	28.8	PVC	36.2	1.917	4.661
ケーシングパイプ	4インチ	114.4	96.2	42.0		36.1	1.675	3.041
ピエゾパイプ	0.75インチ	26.7	18.8	28.8		6.6	1.917	4.661
センターロッド	1インチ	35.0	26.0	42.0	SUS	112.3 (管体の破断強度)	1.675	3.041

(6)ピエゾパイプ

ピエゾパイプは，GL-100m 以浅に後述のセンターロッドと平行して円周状配列される７列の PVC 製パイプである。基本仕様を前掲の表 4.2-2 に示す。前述したように，各ピエゾパイプ尻は，圧力検知・採水チューブにより圧力検知・採水ユニットを通じてパッカー隔離区間と接続されている。したがって，各ピエゾパイプ内の水位を計測することにより，各区間の間隙圧力の測定が可能である。ピエゾパイプ内の水位は，圧力センサーをパイプ内の水面下に投入しておけば，連続計測が可能である。採水は，間隙圧力計測用のセンサーを引き上げ，水中ポンプを所定の深さまで挿入して行う。

(7)センターロッド

センターロッドは，GL-100m 以浅に使用される，装置の中心を貫くステンレス製ロッドである。基本仕様は前掲の表 4.2-2 に示した。装置の立込み時において，４インチケーシングに装置荷重を保持させた場合，孔内状況により動荷重～衝撃荷重が作用した際の切断事故が懸念された。したがって，主として施工時の引張荷重に対する安全率を高める目的で採用したものである。

ケーシング遮水性能確認試験では，センターロッドをガイド管として，ポンプや圧力センサーを挿入し，装置ケーシング内の揚水ならびに水位測定を実施した。なお，装置の機能上，センターロッドのネジ締結部には，高い遮水性は必要がなく，Ｏリングは装着されていない。

(8)取り付け台座部

取り付け台座部は，装置の３インチケーシング部分と４インチケーシング部分をつなぐステンレス製の台座である。図 4.2-5 にその構造模式図を示す。３インチケーシング内部を通るチューブ類は，台座の下端を通過し，台座のほぼ中央部に明けられたチューブ取り出し窓から台座の外に出る。窓から出たチューブのうち，圧力測定・採水用のチューブは，ピエゾパイプ取り付け座の下端につながり，パッカーチューブは，ピエゾパイプに沿って，地上のパッカー加圧ユニットへと向かう。

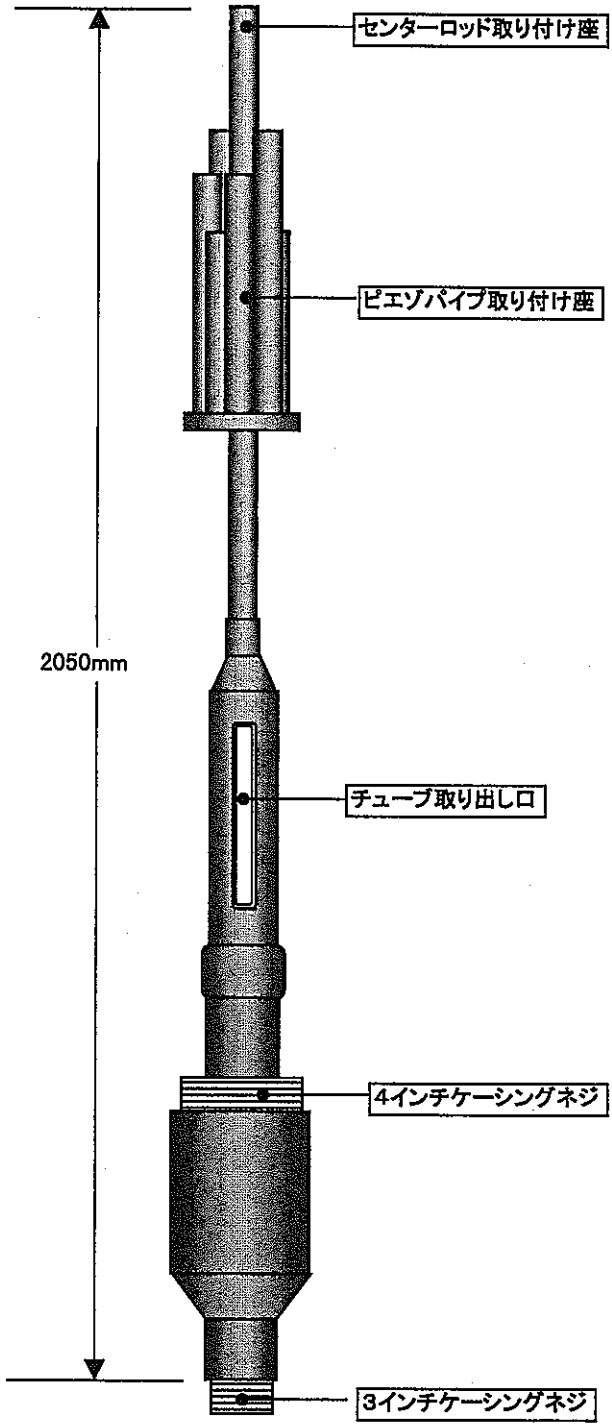


図 4.2-5　取り付け台座部の構造模式図

4.3　地上設備

地上設備は，観測用センサー，ソーラーシステム，計測・伝送システムおよびパッカー圧力管理ユニットとこれらを収納する観測小屋から構成される。図 4.3-1 に地上設備の構成概念を示した。

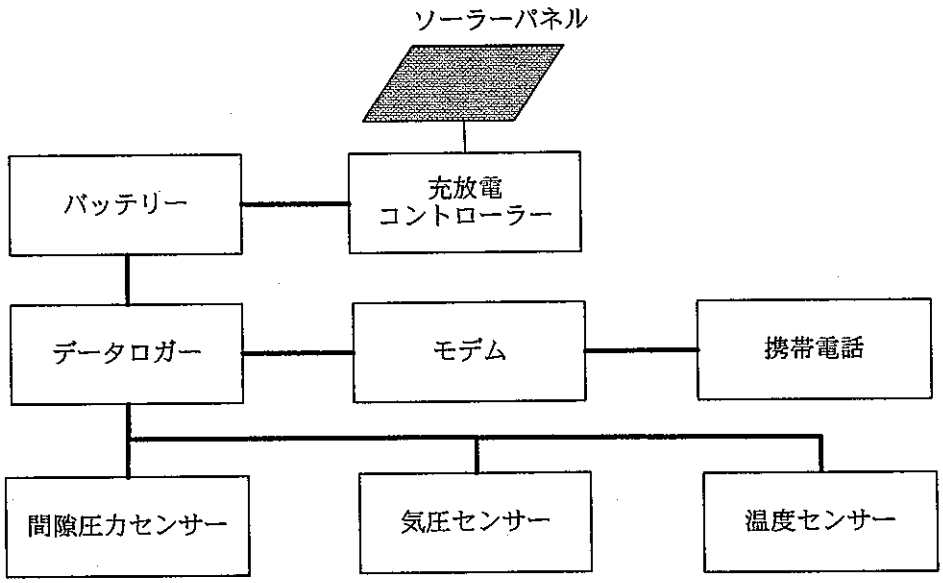


図 4.3-1　地上設備の構成概念

(1)観測用センサー

観測用センサーは，各区間のピエゾパイプ内に設置された間隙圧力センサーおよび現地気圧観測用の気圧センサーである。これらの基本仕様を表 4.3-2 に示す。

間隙圧力センサーは，DRUCK 社製の PTX-1730 を使用した。非直線性，ヒステレシス，および再現性を合計した総合精度は，フルスケール(350kPa)の ±0.25%(±0.89cmH_2O)である。間隙圧力センサーへの印可電圧は 9～30V で，測定レンジに対して電流値で 4～20mA のアナログ信号が出力される。

気圧センサーは，VAISALA 社製の PTB210 を使用した。気圧センサーは，観測小屋内に収納し，雨水および直射日光にあたらないように配慮した。気圧センサーへの印可電圧は 8～18V で，測定レンジに対して電圧値で 0～2.5V のアナログ信号が出力される。

この他に温度センサーとして，熱電対温度センサーを使用した。観測小屋内に収納して，観測小屋内の温度を計測することができる。

なお，各センサーの生データから間隙圧力，気温，気圧のデータに変換する式については，巻末の付録に取りまとめた。

表 4.3-2　間隙圧力センサーおよび気圧センサーの仕様

項目	間隙圧力センサー	気圧センサー
型式	DRUCK-PTX1730	VAISALA-PTB210
全長	142.0mm	122.5mm
外径(幅×奥行)	φ17.5mm	50mm×32mm
本体重量	30g	110g
測定原理	集積型シリコーンストレインゲージ	集積型シリコーンストレインゲージ
レンジ	350kPa	800～1060hPa
精度	±0.25%F.S.(非直線性+ヒステレシス+再現性)	±0.15hPa
耐圧力	700kPa	5000hPa
使用温度範囲	-20℃～+120℃	-40℃～+60℃
測定圧力	ベントチューブとの差圧(大気圧との差圧)	絶対圧力

(2)ソーラーシステム

ソーラーシステムは，ソーラーパネル，充放電コントローラーおよび電源バッテリーから構成される。観測用センサー，データロガー，モデム，携帯電話および携帯電話起動ユニットの電力消費は，電源バッテリーおよびソーラーパネル発電で賄われる。日中は，太陽光によりソーラーパネルで発電がなされ，電源バッテリーが充電される。夜間は，ダイオード機能を持つ充放電コントローラーによりソーラーパネルへの放電が防止されている。ソーラーパネルは昭和シェル社製 GT234 型(24W,12V)，充放電コントローラーは Trace Engineering 社製 C12 型，電源バッテリーは日本電池株式会社製 12V,SX2-28B 型電池を設置した。電源バッテリー容量は，フル充電時には 24Ah である。センサー，データロガーおよび次節に述べるデータ伝送による 1 日あたりの全消費電流は約 0.8Ah であることから，日射がなくソーラ発電による充電がなされない状況でも連続 30 日間は計測とロガーへのデータ収録を行うことが可能である。

(3)計測・伝送システム

計測・伝送システムは，データロガー，モデム，携帯電話および携帯電話起動ユニットから構成される。

データロガーは，間隙圧力および現地気圧と温度の計測を行い，計測データを蓄積する。計測時間の管理はデータロガーの内蔵時計でなされ，専用のソフトウェアで作成したプログラムにより設定した時間間隔ごとに電源バッテリーからセンサーへの通電／遮断の切り替えを行う。センサーから返ってくるアナログ信号は，増幅器により増幅された後に A／D 変換され，メモリーに蓄積される。ただし，データロガーはアナログ電流信号を記録することができないため，電流信号については抵抗(100Ω)を回路に組み込むことによって，電流信号(4～20mA)を電圧信号(0.4～2V)に変換しておく。

計測は 1 分間隔でなされ，1 分間隔で取得した 5 つのデータを算術平均し，5 分毎にメモリーに書き込む設定となっている。

データロガーからのデータ収録は，携帯電話を使った無線伝送システムで行う。観測小屋内に設置された携帯電話宛に，パソコンからダイヤルアップ接続することによって，システムが起動し，モデムを通じて観測データの遠隔収録がなされる。表 4.3-3 にデータロガーの基本仕様を示した。

なお，データ伝送システムの配線図については，巻末の付録に取りまとめた。

表 4.3-3　データロガーの基本仕様一覧

チャンネル数	12ch(間隙圧力7ch，気圧，温度各1ch，合計9ch使用)	
最大入力レンジ	±2.5VDC	±5VDC
最小分解能	333μV	76μV
精　度	±0.1%F.S.(全温度範囲について)	
データ収録間隔	1～7200秒(1秒刻みで設定可能)	
内部メモリー	2MB	
通信規格	RS232C準拠	
内蔵時計精度	月差±1分	
電源電圧	11～16VDC	
消費電流	1mA(待機時)	135mA以下(操作時)
概略寸法	約25cm×約20cm×約7cm	
重　量	約1kg	
動作温度範囲	-10℃～+50℃	

(4)パッカー加圧ユニットおよび観測小屋

孔内装置設置後に適宜パッカー圧力をモニターし，必要に応じて再加圧が行えるように，パッカー加圧ラインに図 4.3-3 に示すようなパッカー加圧ポンプおよび加圧バルブを接続した。なお，パッカー収縮用ライン(ナイロンチューブ)は，すべてストップバルブにより閉栓した。

以上の地上設備の機器類を収納，固定，保護するために，指定の場所に観測小屋を設置した。観測小屋はイナバ社製 MBW-20C を使用した。

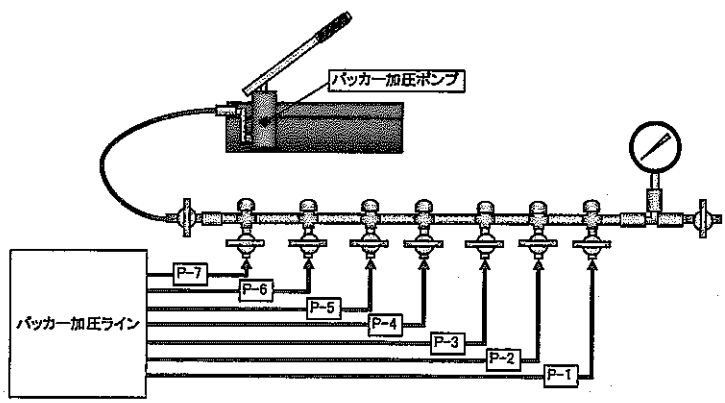


図 4.3-3　パッカー圧力管理ユニット

4.4　観測区間

表 4.4-1 に，ピエゾシステムの観測区間を示す。また，図 4.4-1 には，孔内装置の概要と地質との対応を示す。今回の測定対象区間は土岐花崗岩であった。なお，地質状況は，"DH-2 号孔における調査研究報告書,JNC－TN7400－2000－007,1997"に基づいて作成した。

表 4.4-1　ピエゾシステムの観測区間

観測区間	記 号	上端深度	下端深度	中心標高	上端標高	下端標高	対象地質	備 考
		GL-m	GL-m	EL-m	EL-m	EL-m		
区間1	①	176.0	226.0	-7.4	17.6	-32.4	土岐花崗岩	Jointed Zone　(GL-206m～210m)
区間2	②	227.0	292.0	-65.9	-33.4	-98.4		Jointed Zone　(GL-230m～234m)
区間3	③	293.0	308.7	-107.2	-99.4	-115.1		Fracture Zone　(GL-300m～308m)
区間4	④	309.0	343.9	-132.8	-115.4	-150.3		Fracture Zone　(GL-309m～326m)
区間5	⑤	344.9	414.0	-185.8	-151.3	-220.4		Fracture Zone　(GL-345m～356m)
区間6	⑥	415.0	448.4	-238.1	-221.4	-254.8		Fracture Zone　(GL-427m～445m)
区間7	⑦	449.4	501.0	-281.6	-255.8	-307.4		Fracture Zone　(GL-450m～460m)

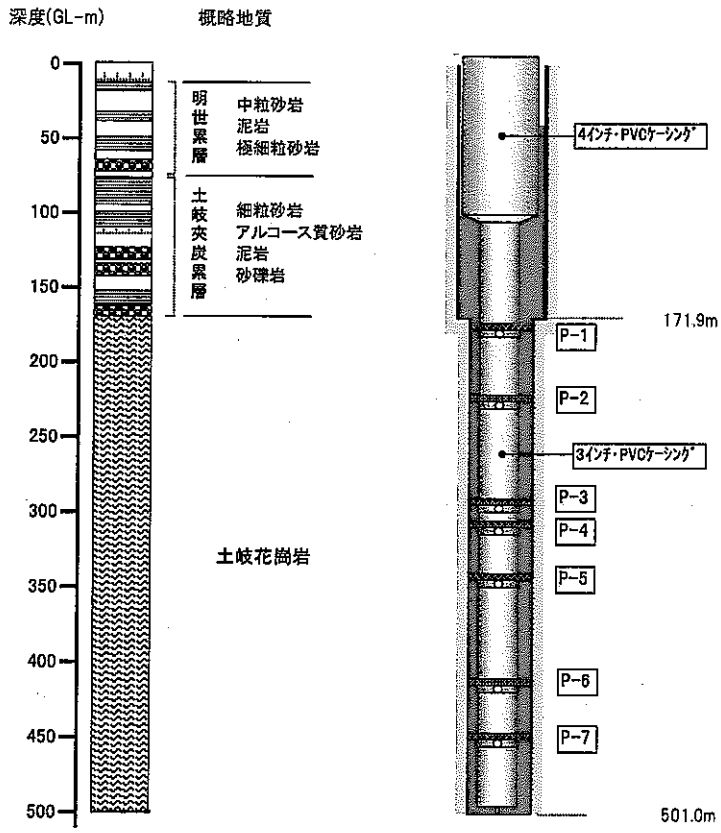


図 4.4-1　ＤＨ－２号孔における孔内装置の概要と地質

5．ピエゾシステムの設置

5.1　全体概要

表 5.1-1 に現場実績工程を示す。表中の青線は計画工程を，黒線は実績工程を示す。現場作業は，2002 年 10 月 29 日～2002 年 12 月 20 日にかけて実施した。

(1)現場仮設フェンス設置

現場直近では，超深地層研究所計画に伴う，研究坑道掘削準備作業が進められていた。そこで，搬入・仮設時の安全確保のため施工に先立つ 10 月 29 日～30 日に仮設フェンスの設営を行い，歩行者安全通路および現場作業区画を確保した。

(2)仮設・準備

施工は，11 月 12 日から開始した。11 月 12 日に資機材の搬入および孔口状況の確認と孔口加工作業を実施した。その後ボーリング櫓，ボーリングマシーン，発電機等の仮設を行い，これと平行して孔内装置の部材の整列・配置，点検およびパッカーの耐圧試験などの準備作業を進めた。11 月 14 日の午前中には準備作業がおおむね終了し，午後からは DH-2 号孔の孔底深度を把握するために検尺を実施した。

(3)孔内装置の設置

孔内装置の組み立て・挿入作業は，11 月 15 日～11 月 27 日にかけて行った。11 月 28 日には全 7 区間のパッカー加圧を行い，装置の設置が完了した。

引き続き，11 月 29 日～12 月 4 日にかけて，孔内装置により計測されるデータの品質を確認するため，遮水性能確認試験および採水性能確認試験を行い，並行して測定された初期間隙圧力データを踏まえ，孔内装置の機能がすべて正常であることを確認した。

(4)　解体・撤去

孔内装置の設置が完了し，遮水性能確認試験および採水性能確認試験で合格となった後，12 月 4 日～12 月 5 日に，ボーリング櫓を解体し，設置に伴い使用した全ての機器を搬出撤去した。なお，装置はマンホール内に収まるように設置し，観測小屋は，設置場所の指示があるまで，孔口直上に暫置した。

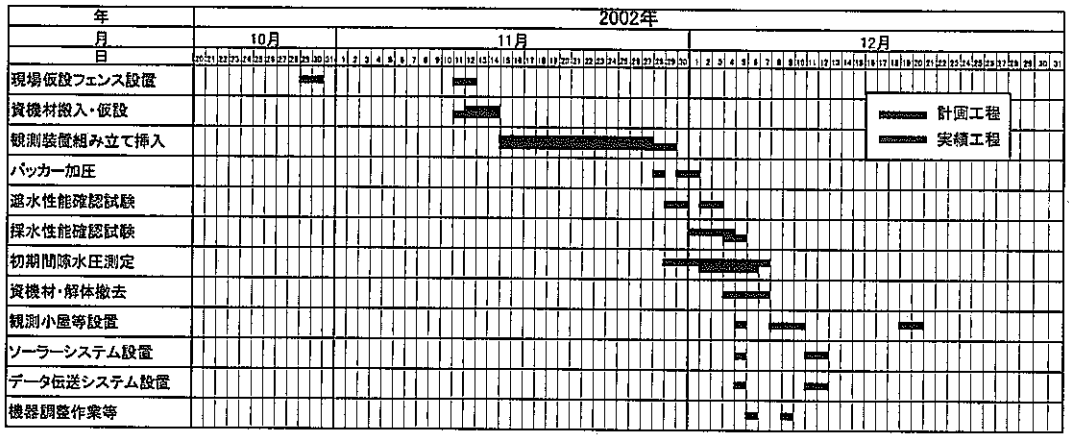
(5)　地上機器の設置

観測小屋は，屋根にソーラーパネルを取り付け，設置場所が確定するまでの間は孔口直上に暫置した。また，気圧計，電源バッテリー，データロガー，携帯電話通信システムなどの地上観測機器類は，観測小屋内に収納した。

(6)観測小屋の設置

12 月 13 日に観測小屋の設置場所が決定し，12 月 19 日～20 日にかけて，観測小屋の移設および孔口～観測小屋間のセンサーケーブル，パッカーチューブ類の地中埋設工事を実施し，すべての現場作業を終了した。

表 5.1-1　現場実績工程



5.2　施工前の孔口概要

"DH-2 号孔における調査研究報告書,JNC－TN7400－2000－007,1997"によれば，DH-2 号孔は，1993 年 12 月～1994 年 3 月にかけて掘削された。掘削深度は GL-501.0m で，掘削深度の基準となる G.L.＋0m の標高は SL+193.629m である。G.L.-11.7m までにφ165mm のケーシングパイプが，G.L.-171.9m までにφ127mm のケーシングパイプが挿入されている。また，深度 G.L.-171.9m～G.L.-500m 間は裸孔となっている。図 5.2-1 に孔口状況を示す。孔口の内径は，現地で寸法を測ったところφ120mm であった。

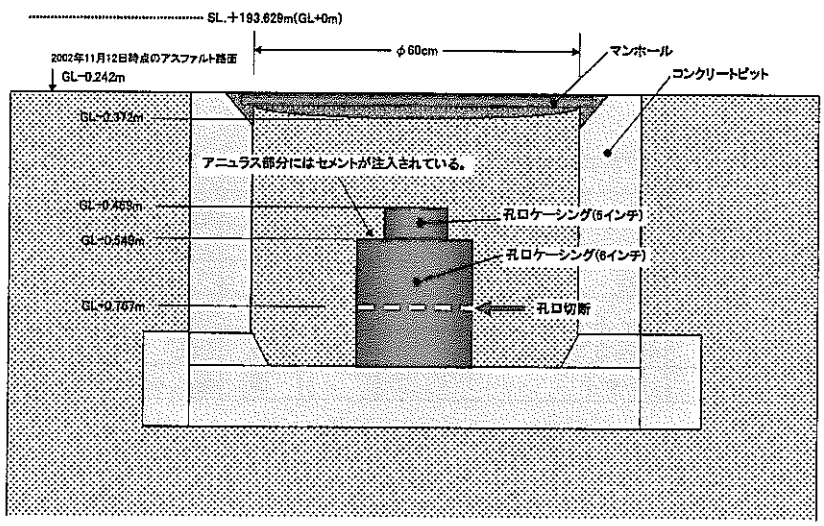


図 5.2-1　施工前の孔口状況

5.3　搬入・仮設・準備

(1) 現場仮設フェンス設置

図 5.3-1，図 5.3-2 および図 5.3-3 に現場仮設状況模式図を示す。サイクル機構の立会いのもと，現場敷地を仮設フェンスで囲った。なお仮設フェンスの位置および規模は，本業務実施計画書および岐阜県警多治見警察署認可の道路占有許可証にしたがった。

(2) 孔口の加工

施工前の孔口状況はすでに，図 5.2-1 に示した。孔口は公道上の地表下のコンクリートピット内にあり，ピットは鋼製マンホール蓋により覆われている。孔内装置をピット内に収納するために，サイクル機構の許可を得て，ボーリング櫓の仮設に先立ち，孔口ケーシングを G.L.-0.767m(図の白線位置)で切断した。巻末資料の写真 4 および写真 5 に切断前および切断後の孔口状況を示す。

(3)仮設状況

孔内装置の設置に当たっては，ボーリング櫓およびボーリングマシンを使用した。ボーリング櫓は，櫓の大きさと敷地内における孔芯位置とが作業敷地の境界に近いことを勘案し，正面を南側に向け配置した。主要な仮設機器を表 5.3-1 に示す。

資機材を搬入したのち，おおむね図 5.3-1，図 5.3-2 および図 5.3-3 に示したようなレイアウトに配置した。孔内に挿入設置するパッカー，ケーシング等の部材は，現場敷地の南半分に整頓配置し，挿入前の保守・点検およびパッカーの耐圧試験等が余裕をもって実施できるように配慮した。引き続き部材の整頓配列，ネジ部の目視検査等を行い，ボーリング櫓の組立て，ボーリングマシーンの試運転・点検等の仮設作業が完了した。なお，作業用の水(装置内に使用)は，現場の北側約 60m にあるサイクル機構殿の建設グループ事務所に敷設されている上水道から給水し，これを仮設水タンクにストックして使用した。

表 5.3-1　主要仮設機器

機器名	形式	数量	単位	仕様
ボーリング櫓	DRP-9-5	1	式	鋼製四脚：3.2m×3.2m×9m
ボーリングマシーン	Longyear－L38－MEGARO	1	台	シングル巻上げ10t
ボーリングロッド	EQWL	170	本	ワイヤーラインロッド
発電機	ヤンマー	1	台	45kVA，防音型
水タンク	組み立て槽	1	基	5m3
ユニットハウス	2坪タイプ	1	棟	幅1.8m×長さ3.6m×高さ2.2m

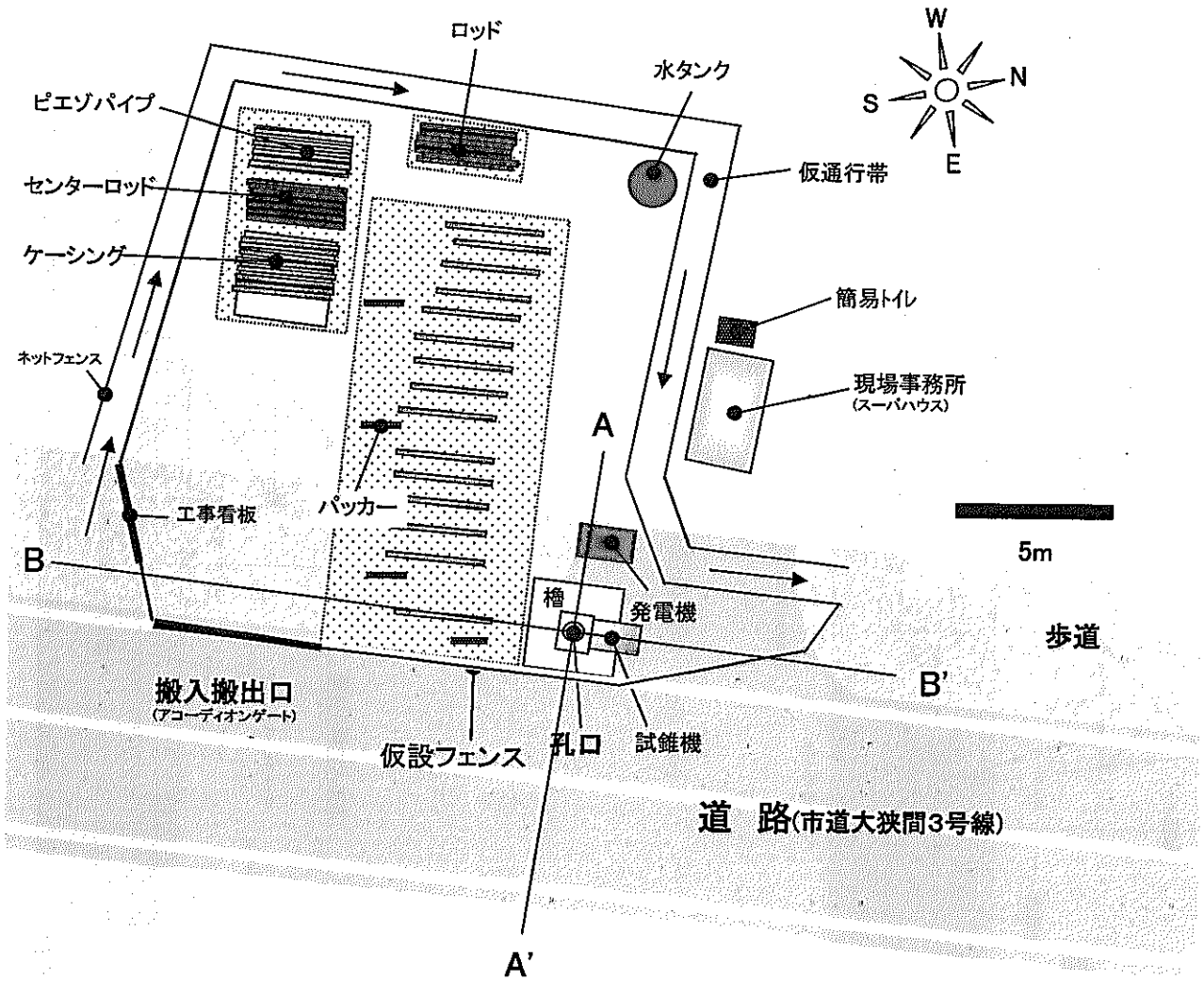


図 5.3-1　現場仮設状況(平面図)

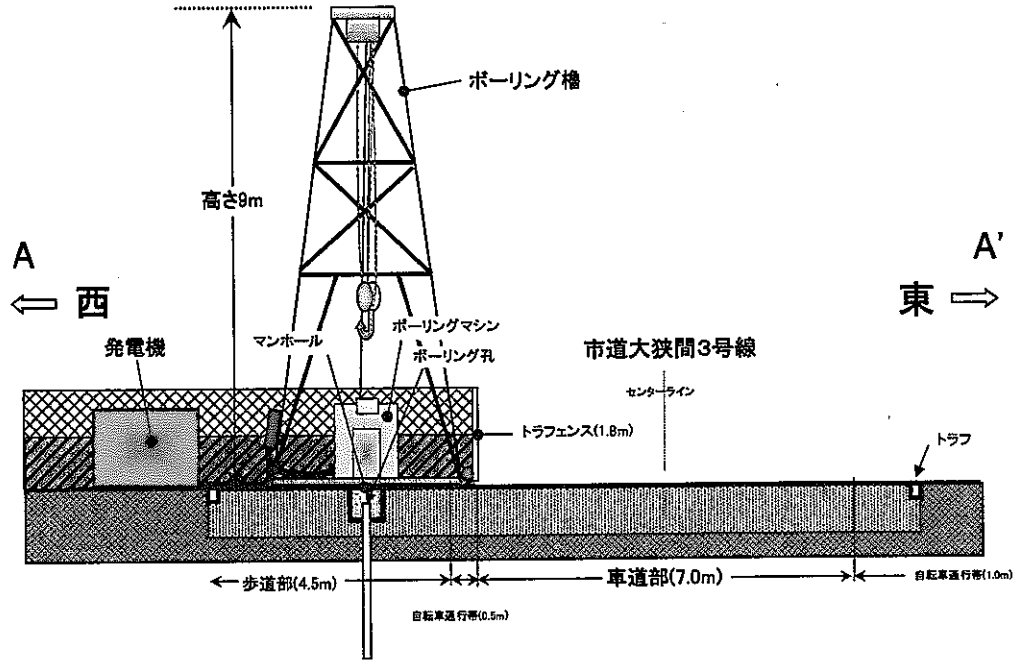


図 5.3-2　現場仮設状況(A-A'断面)

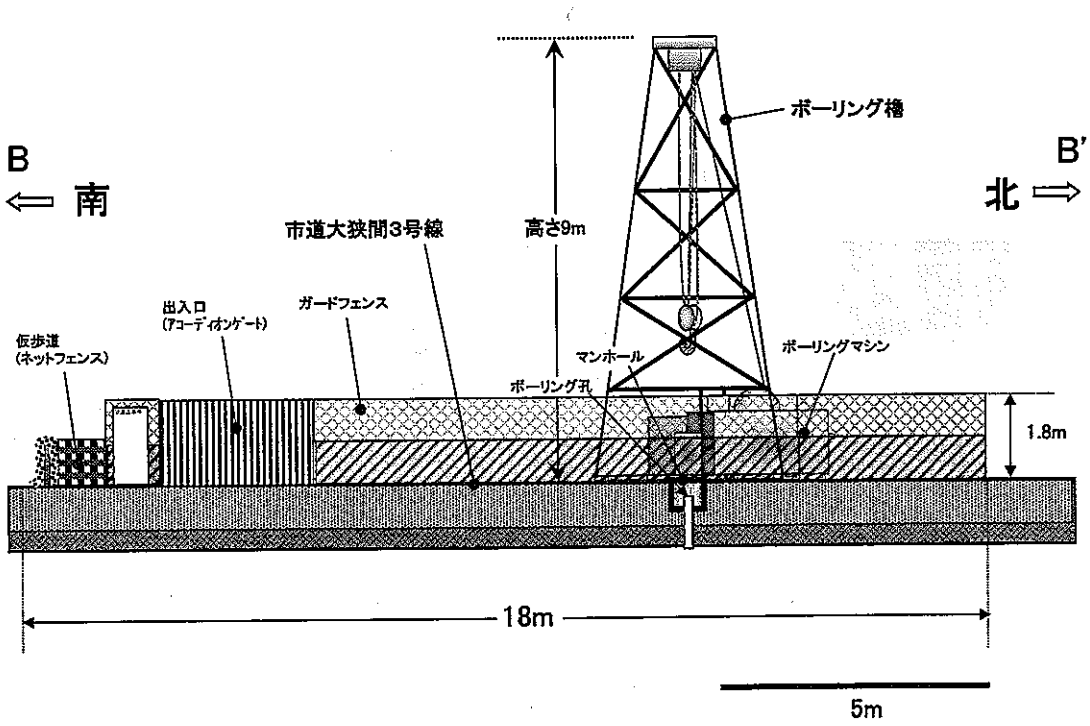


図 5.3-3　現場仮設状況(B-B')断面

(3)パッカーの耐圧試験

パッカーの耐圧試験は，図 5.3-4 に示した方法で実施した。パッカー本体を 4 インチの鋼製鞘管に装填し，収縮用ラインを閉栓し，拡張用ラインから窒素ガスを送り，漏れがないかどうかを確認した。試験圧力を 1MPa とし，試験時間を 1 時間とした。この結果，使用する 7 本のパッカーに圧力の低下は認められなかった。

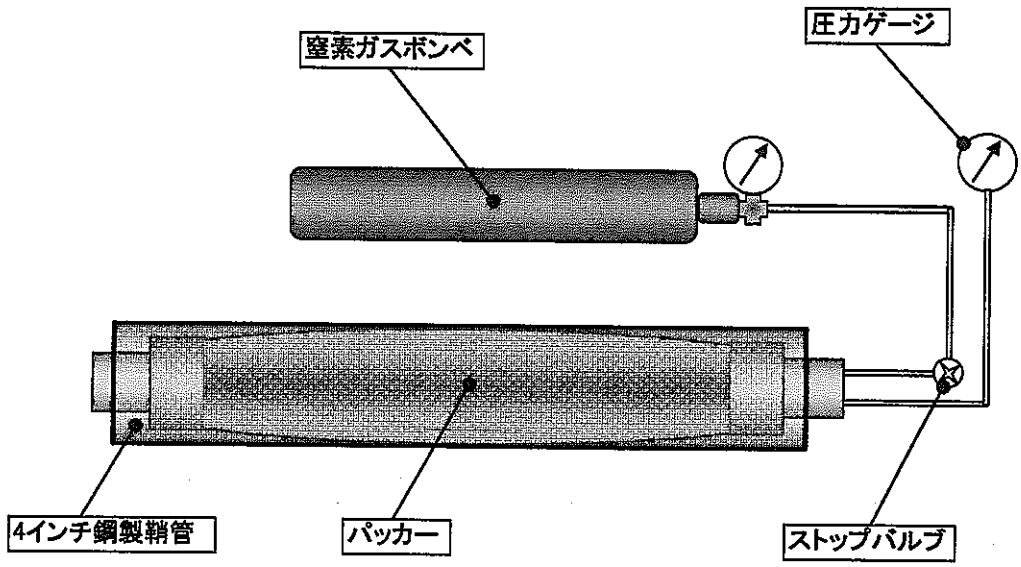


図 5.3-4　パッカー耐圧試験方法

(4)孔底深度の確認

既往調査から孔底には未固結のスライムの堆積が想定された。したがって，孔内装置の設置に先立ち，孔底深度を把握するために検尺を実施した。検尺には EQWL ワイヤーラインロッドを使用した。なお，ここでいう孔底深度とは，孔内装置の最大挿入可能深度，すなわち装置の全重量が孔底にかかった場合の安定深度のことである。したがって，安定深度をより正確に見積もるために，検尺ロッドの先端形状および接地荷重に注意をはらった。検尺ロッドを EQWL とした理由は，500m 分の EQWL ロッドを孔内に挿入した場合の自重が約 1.43t となり，孔内装置の自重 1.45t と同程度となるためである。また，検尺ロッドの先端には，厚さ 6mm，直径 φ80mm の円盤プレートを装着し，孔内装置の最下部のアンカーロッドと同じ形状として検尺を実施した。以上の編成で，接地荷重を 1.4t とした場合の孔底深度は，G.L.-500.294m(G.L.は 5.2 節における基準；G.L.=S.L.+193.629m)となった。

なお，EQWL ロッドの温度変化による伸びは，温度変化を+10℃とした場合に約 6cm，自重による伸びは約 0.4cm と計算され，上記の検尺深度には少なくともこれらの合計の 6～7cm 程度の誤差は含まれると考えられる。

5.4　孔内装置の設置

ピエゾシステム設置手順のフローを図 5.4-1 に示し，ケーシングログ(部材配置表)を表 5.4-1 に示す。ケーシングログは，工場出荷時の製品検査における部材寸法測定の結果に基づいて作成した。設置作業は，図 5.4-1 のフローにしたがい，装置の立込みでは，常にケーシングログを参照しながら行い，施工ミスや手戻りがおこらないように細心の注意をはらった。

実際の設置時には部材の伸びが発生するため，設置深度について以下のことが考えられる。

① 部材長の誤差

ケーシングログによる装置下端深度は，GL-500.00m である。ケーシングログに記した部材長は，部材 1 本あたり±1mm の検尺(計測)誤差があり，部材総数 187 本では，最大で±0.187m，すなわち±0.2m 程度の誤差を含む。

② 孔底深度の誤差

孔底検尺は，孔内装置が孔底に接地した場合と同等の載荷条件で行い，検尺ロッド先端の接地面を装置と同じφ80mm の円盤プレートとし，接地荷重を装置の全水中重量と同じ 1.4t とした。この結果得られた検尺深度は GL-500.29m である。これに検尺時の検尺ロッドの弾性伸び，温度変化による伸びを補正すると，孔底検尺深度は，さらに約 0.07m 深くなり，GL-500.36m となる。

③ 部材(3 インチ)の伸び

構成部材の弾性伸び，温度変化による伸びは，それぞれ-0.10m，-0.35m と見積もられる。

④ 部材(4 インチ)の伸び

パッカー拡張時においては，深度 100m 以浅を構成する 4 インチケーシングは，上端が自由端で，その自重はステンレス製センターロッドにより保持される。センターロッドの弾性伸びはミリオーダーである。また，温度変化による伸びは-0.02m である。

これらのことから，パッカー拡張直前には，①～④が要因となって，装置の最下端深度が，GL-500.27m(孔底に非接地)～GL-500.36m(孔底に接地)の範囲にあると考えられる。装置の最上部が固定端であることを考慮すると，ステンレス製取付台座の下端深度(深度 GL-102.15m)では，センチオーダの設置精度がある。一方，台座以深のパッカー部分では，設置深度との偏差は最大-0.20m 程度となり，平均すると-0.05m 程度と見積もることができる。

以下に各作業内容について述べる。

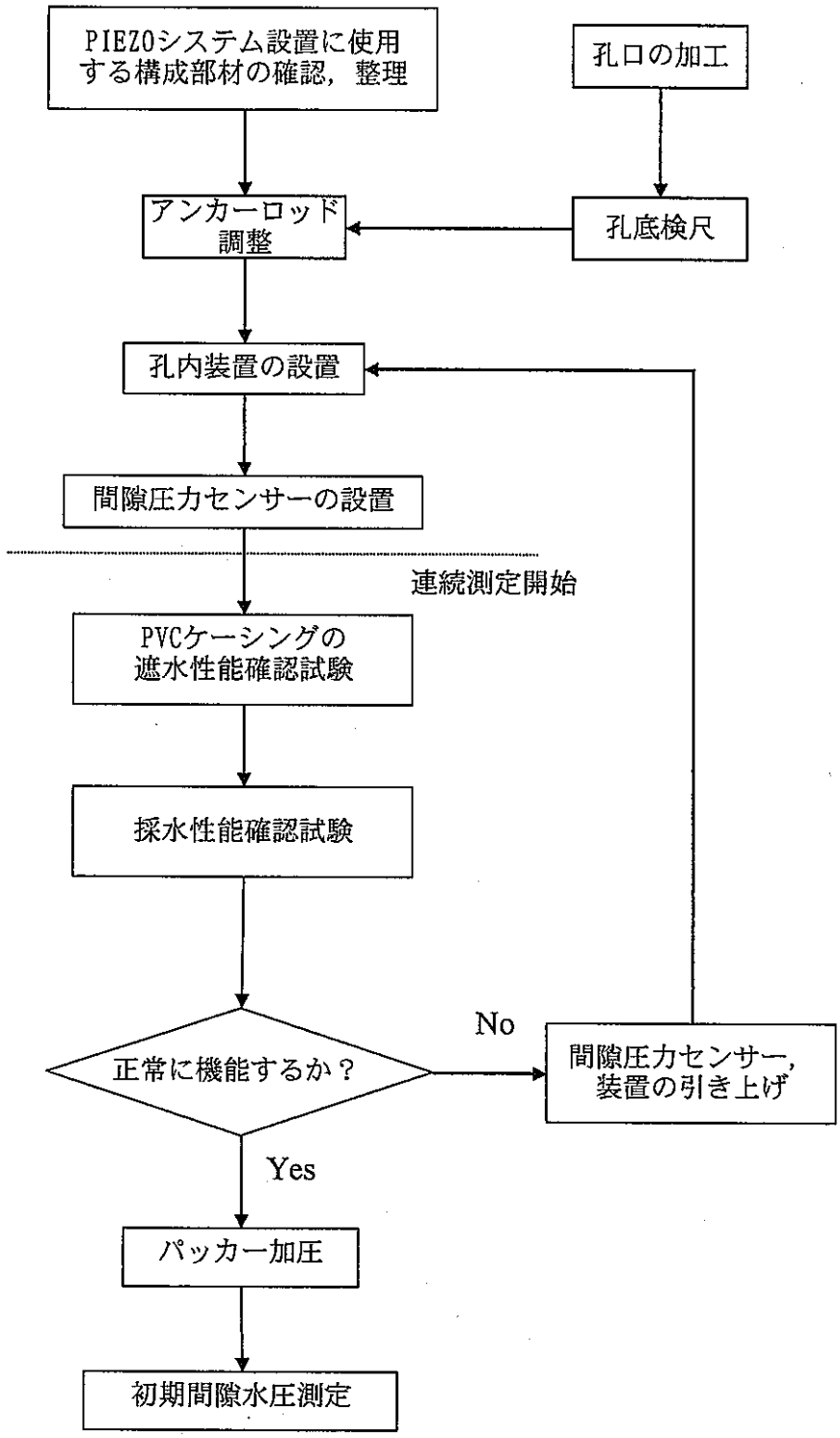


図 5.4-1　ピエゾシステム設置手順のフロー

表 5.4-1(その 1)　孔内装置施工時のケーシングログ

部材番号	上端深度 (GL-m)	下端深度 (GL-m)	部材長(m)	上端標高 (EL+m)	径	ユニット名	PVC番号	パッカー番号	区間名	設置実績
1	0.87	3.49	2.62	-0.87	4″	PVC10ft	2			11/27
2	3.49	6.54	3.05	-3.49	4″	PVC10ft	3			
3	6.54	9.59	3.05	-6.54	4″	PVC10ft	4			
4	9.59	12.63	3.05	-9.59	4″	PVC10ft	5			
5	12.63	15.68	3.04	-12.63	4″	PVC10ft	6			
6	15.68	18.72	3.05	-15.68	4″	PVC10ft	7			
7	18.72	21.77	3.05	-18.72	4″	PVC10ft	8			
8	21.77	24.81	3.04	-21.77	4″	PVC10ft	9			11/26
9	24.81	27.86	3.05	-24.81	4″	PVC10ft	10			
10	27.86	30.90	3.05	-27.86	4″	PVC10ft	11			
11	30.90	33.95	3.04	-30.90	4″	PVC10ft	12			
12	33.95	37.00	3.05	-33.95	4″	PVC10ft	13			
13	37.00	40.04	3.05	-37.00	4″	PVC10ft	14			
14	40.04	43.09	3.05	-40.04	4″	PVC10ft	15			
15	43.09	46.14	3.05	-43.09	4″	PVC10ft	16			
16	46.14	49.18	3.05	-46.14	4″	PVC10ft	17			11/25
17	49.18	52.23	3.05	-49.18	4″	PVC10ft	18			
18	52.23	55.27	3.05	-52.23	4″	PVC10ft	19			
19	55.27	58.32	3.05	-55.27	4″	PVC10ft	20			
20	58.32	61.37	3.05	-58.32	4″	PVC10ft	21			11/24
21	61.37	64.41	3.04	-61.37	4″	PVC10ft	22			
22	64.41	67.46	3.05	-64.41	4″	PVC10ft	23			
23	67.46	70.50	3.05	-67.46	4″	PVC10ft	24			
24	70.50	73.55	3.05	-70.50	4″	PVC10ft	25			
25	73.55	76.59	3.04	-73.55	4″	PVC10ft	26			
26	76.59	79.64	3.05	-76.59	4″	PVC10ft	27			
27	79.64	82.68	3.04	-79.64	4″	PVC10ft	28			
28	82.68	85.72	3.04	-82.68	4″	PVC10ft	29			11/23
29	85.72	88.77	3.05	-85.72	4″	PVC10ft	30			
30	88.77	91.81	3.05	-88.77	4″	PVC10ft	31			
31	91.81	94.86	3.05	-91.81	4″	PVC10ft	32			
32	94.86	97.91	3.05	-94.86	4″	PVC10ft	33			
33	97.91	100.95	3.04	-97.91	4″	PVC10ft	34			11/22
34	100.95	102.15	1.20	-100.95	4″	台座部PVC				
35	102.15	102.30	0.15	-102.15	3″-4″	台座				
36	102.30	105.35	3.05	-102.30	3″	PVC10ft	1			
37	105.35	108.40	3.05	-105.35	3″	PVC10ft	2			
38	108.40	111.45	3.05	-108.40	3″	PVC10ft	3			
39	111.45	114.50	3.05	-111.45	3″	PVC10ft	4			
40	114.50	117.55	3.05	-114.50	3″	PVC10ft	5			
41	117.55	120.60	3.05	-117.55	3″	PVC10ft	6			
42	120.60	123.65	3.05	-120.60	3″	PVC10ft	7			11/21
43	123.65	126.70	3.05	-123.65	3″	PVC10ft	8			
44	126.70	129.75	3.05	-126.70	3″	PVC10ft	9			
45	129.75	132.80	3.05	-129.75	3″	PVC10ft	10			
46	132.80	135.85	3.05	-132.80	3″	PVC10ft	11			
47	135.85	138.90	3.05	-135.85	3″	PVC10ft	12			
48	138.90	141.95	3.05	-138.90	3″	PVC10ft	13			
49	141.95	145.00	3.05	-141.95	3″	PVC10ft	14			
50	145.00	148.05	3.05	-145.00	3″	PVC10ft	15			
51	148.05	151.10	3.05	-148.05	3″	PVC10ft	16			
52	151.10	154.15	3.05	-151.10	3″	PVC10ft	17			
53	154.15	157.20	3.05	-154.15	3″	PVC10ft	18			
54	157.20	160.25	3.05	-157.20	3″	PVC10ft	19			
55	160.25	163.30	3.05	-160.25	3″	PVC10ft	20			
56	163.30	166.35	3.05	-163.30	3″	PVC10ft	21			
57	166.35	169.40	3.05	-166.35	3″	PVC10ft	22			
58	169.40	172.45	3.05	-169.40	3″	PVC10ft	23			
59	172.45	174.30	1.85	-172.45	3″	PVC調整管				
60	174.30	174.80	0.50	-174.30	3″	PVC0.5m			175.000	
61	174.80	176.15	1.35	-174.80	3″	パッカー		P-1		
62	176.15	176.30	0.15	-176.15	3″	圧力検知			176.000	
63	176.30	179.35	3.05	-176.30	3″	PVC10ft	24		1区間	
64	179.35	182.40	3.05	-179.35	3″	PVC10ft	25			
65	182.40	185.45	3.05	-182.40	3″	PVC10ft	26			
66	185.45	188.50	3.05	-185.45	3″	PVC10ft	27			
67	188.50	191.55	3.05	-188.50	3″	PVC10ft	28			11/20
68	191.55	194.60	3.05	-191.55	3″	PVC10ft	29			
69	194.60	197.65	3.05	-194.60	3″	PVC10ft	30			
70	197.65	200.70	3.05	-197.65	3″	PVC10ft	31			

表 5.4-1(その 2)　孔内装置施工時のケーシングログ

部材番号	上端深度 (GL-m)	下端深度 (GL-m)	部材長(m)	上端標高 (EL+m)	径	ユニット名	PVC番号	パッカー番号	区間名	設置実績
71	200.70	203.75	3.05	-200.70	3″	PVC10ft	32			11/20
72	203.75	206.80	3.05	-203.75	3″	PVC10ft	33			
73	206.80	209.85	3.05	-206.80	3″	PVC10ft	34			
74	209.85	212.90	3.05	-209.85	3″	PVC10ft	35			
75	212.90	215.95	3.05	-212.90	3″	PVC10ft	36			
76	215.95	219.00	3.05	-215.95	3″	PVC10ft	37			
77	219.00	222.05	3.05	-219.00	3″	PVC10ft	38			
78	222.05	225.10	3.05	-222.05	3″	PVC10ft	39			
79	225.10	225.30	0.20	-225.10	3″	PVC調整管				
80	225.30	225.80	0.50	-225.30	3″	PVC0.5m			226.000	
81	225.80	227.15	1.35	-225.80	3″	パッカー		P-2		
82	227.15	227.30	0.15	-227.15	3″	圧力検知			227.000	
83	227.30	230.35	3.05	-227.30	3″	PVC10ft	40		2区間	11/19
84	230.35	233.40	3.05	-230.35	3″	PVC10ft	41			
85	233.40	236.45	3.05	-233.40	3″	PVC10ft	42			
86	236.45	239.50	3.05	-236.45	3″	PVC10ft	43			
87	239.50	242.55	3.05	-239.50	3″	PVC10ft	44			
88	242.55	245.60	3.05	-242.55	3″	PVC10ft	45			
89	245.60	248.65	3.05	-245.60	3″	PVC10ft	46			
90	248.65	251.70	3.05	-248.65	3″	PVC10ft	47			
91	251.70	254.75	3.05	-251.70	3″	PVC10ft	48			
92	254.75	257.80	3.05	-254.75	3″	PVC10ft	49			
93	257.80	260.85	3.05	-257.80	3″	PVC10ft	50			
94	260.85	263.90	3.05	-260.85	3″	PVC10ft	51			
95	263.90	266.95	3.05	-263.90	3″	PVC10ft	52			
96	266.95	270.00	3.05	-266.95	3″	PVC10ft	53			
97	270.00	273.06	3.05	-270.00	3″	PVC10ft	54			
98	273.06	276.11	3.05	-273.06	3″	PVC10ft	55			
99	276.11	279.16	3.05	-276.11	3″	PVC10ft	56			
100	279.16	282.21	3.05	-279.16	3″	PVC10ft	57			
101	282.21	285.25	3.05	-282.21	3″	PVC10ft	58			
102	285.25	288.30	3.05	-285.25	3″	PVC10ft	59			
103	288.30	289.83	1.53	-288.30	3″	PVC5ft	1			
104	289.83	291.30	1.47	-289.83	3″	PVC調整管				
105	291.30	291.80	0.50	-291.30	3″	PVC0.5m			292.000	11/17
106	291.80	293.15	1.35	-291.80	3″	パッカー		P-3		
107	293.15	293.30	0.15	-293.15	3″	圧力検知			293.000	
108	293.30	296.35	3.05	-293.30	3″	PVC10ft	60		3区間	
109	296.35	299.40	3.05	-296.35	3″	PVC10ft	61			
110	299.40	302.45	3.05	-299.40	3″	PVC10ft	62			
111	302.45	305.50	3.05	-302.45	3″	PVC10ft	63			
112	305.50	308.00	2.50	-305.50	3″	PVC調整管				
113	308.00	308.50	0.50	-308.00	3″	PVC0.5m			308.700	
114	308.50	309.85	1.35	-308.50	3″	パッカー		P-4		
115	309.85	310.00	0.15	-309.85	3″	圧力検知			309.700	
116	310.00	313.05	3.05	-310.00	3″	PVC10ft	64		4区間	
117	313.05	316.10	3.05	-313.05	3″	PVC10ft	65			
118	316.10	319.15	3.05	-316.10	3″	PVC10ft	66			
119	319.15	322.20	3.05	-319.15	3″	PVC10ft	67			
120	322.20	325.25	3.05	-322.20	3″	PVC10ft	68			
121	325.25	328.30	3.05	-325.25	3″	PVC10ft	69			
122	328.30	331.35	3.05	-328.30	3″	PVC10ft	70			11/16
123	331.35	334.40	3.05	-331.35	3″	PVC10ft	71			
124	334.40	337.45	3.05	-334.40	3″	PVC10ft	72			
125	337.45	340.50	3.05	-337.45	3″	PVC10ft	73			
126	340.50	343.20	2.70	-340.50	3″	PVC調整管				
127	343.20	343.70	0.50	-343.20	3″	PVC0.5m			343.900	
128	343.70	345.05	1.35	-343.70	3″	パッカー		P-5		
129	345.05	345.20	0.15	-345.05	3″	圧力検知			344.900	
130	345.20	348.25	3.05	-345.20	3″	PVC10ft	74		5区間	
131	348.25	351.30	3.05	-348.25	3″	PVC10ft	75			
132	351.30	354.35	3.05	-351.30	3″	PVC10ft	76			
133	354.35	357.40	3.05	-354.35	3″	PVC10ft	77			
134	357.40	360.45	3.05	-357.40	3″	PVC10ft	78			
135	360.45	363.50	3.05	-360.45	3″	PVC10ft	79			
136	363.50	366.55	3.05	-363.50	3″	PVC10ft	80			
137	366.55	369.61	3.05	-366.55	3″	PVC10ft	81			
138	369.61	372.66	3.05	-369.61	3″	PVC10ft	82			
139	372.66	375.71	3.05	-372.66	3″	PVC10ft	83			
140	375.71	378.76	3.05	-375.71	3″	PVC10ft	84			

表 5.4-1(その 3)　孔内装置施工時のケーシングログ

部材番号	上端深度 (GL-m)	下端深度 (GL-m)	部材長(m)	上端標高 (EL+m)	径	ユニット名	PVC番号	パッカー番号	区間名	設置実績
141	378.76	381.81	3.05	-378.76	3″	PVC10ft	85			11/16
142	381.81	384.86	3.05	-381.81	3″	PVC10ft	86			
143	384.86	387.91	3.05	-384.86	3″	PVC10ft	87			
144	387.91	390.96	3.05	-387.91	3″	PVC10ft	88			
145	390.96	394.01	3.05	-390.96	3″	PVC10ft	89			
146	394.01	397.07	3.05	-394.01	3″	PVC10ft	90			
147	397.07	400.12	3.05	-397.07	3″	PVC10ft	91			
148	400.12	403.17	3.05	-400.12	3″	PVC10ft	92			
149	403.17	406.22	3.05	-403.17	3″	PVC10ft	93			
150	406.22	409.26	3.05	-406.22	3″	PVC10ft	94			
151	409.26	412.31	3.05	-409.26	3″	PVC10ft	95			
152	412.31	413.30	0.99	-412.31	3″	PVC調整管				
153	413.30	413.80	0.50	-413.30	3″	PVC0.5m			414.000	
154	413.80	415.15	1.35	-413.80	3″	パッカー		P-6		
155	415.15	415.30	0.15	-415.15	3″	圧力検知			415.000	
156	415.30	418.35	3.05	-415.30	3″	PVC10ft	96		6区間	11/15
157	418.35	421.40	3.05	-418.35	3″	PVC10ft	97			
158	421.40	424.45	3.05	-421.40	3″	PVC10ft	98			
159	424.45	427.50	3.05	-424.45	3″	PVC10ft	99			
160	427.50	430.55	3.05	-427.50	3″	PVC10ft	100			
161	430.55	433.60	3.05	-430.55	3″	PVC10ft	101			
162	433.60	436.64	3.05	-433.60	3″	PVC10ft	102			
163	436.64	439.69	3.05	-436.64	3″	PVC10ft	103			
164	439.69	442.74	3.05	-439.69	3″	PVC10ft	104			
165	442.74	445.79	3.05	-442.74	3″	PVC10ft	105			
166	445.79	447.70	1.91	-445.79	3″	PVC調整管				
167	447.70	448.20	0.50	-447.70	3″	PVC0.5m			448.400	
168	448.20	449.55	1.35	-448.20	3″	パッカー		P-7		
169	449.55	449.70	0.15	-449.55	3″	圧力検知			449.400	
170	449.70	452.75	3.05	-449.70	3″	PVC10ft	106		7区間	
171	452.75	455.80	3.05	-452.75	3″	PVC10ft	107			
172	455.80	458.85	3.05	-455.80	3″	PVC10ft	108			
173	458.85	461.90	3.05	-458.85	3″	PVC10ft	109			
174	461.90	464.95	3.05	-461.90	3″	PVC10ft	110			
175	464.95	468.00	3.05	-464.95	3″	PVC10ft	111			
176	468.00	471.05	3.05	-468.00	3″	PVC10ft	112			
177	471.05	474.10	3.05	-471.05	3″	PVC10ft	113			
178	474.10	477.15	3.05	-474.10	3″	PVC10ft	114			
179	477.15	480.20	3.05	-477.15	3″	PVC10ft	115			
180	480.20	483.25	3.05	-480.20	3″	PVC10ft	116			
181	483.25	486.30	3.05	-483.25	3″	PVC10ft	117			
182	486.30	489.35	3.05	-486.30	3″	PVC10ft	118			
183	489.35	492.40	3.05	-489.35	3″	PVC10ft	119			
184	492.40	495.45	3.05	-492.40	3″	PVC10ft	120			
185	495.45	498.50	3.05	-495.45	3″	PVC10ft	121			
186	498.50	498.63	0.13	-498.50	3″	エンドキャップ				
187	498.63	500.00	1.37	-498.63	3″	SUS管				

(1)構成部材の確認，整理

現場に搬入した部材に不良，不足品がないか，数量表およびケーシングログにより確認を行った。また，資材を種類別，設置順に整列配置し，パッカー，ケーシング，圧力検知・採水ユニット等の構成部材ごとにケーシングログに記載された番号付けを行い，円滑に作業が進むように準備を行った。

(2)アンカーロッドの調整

アンカーロッドの長さは，装置を孔内に立込んだ後に，その下端深度が 500.00m となるように事前に調整した。

(3)孔内装置の設置

孔内装置の立て込みは，櫓前方の作業区画においてケーシング，パッカー等へのチューブ通し，チューブ繰り出し作業を進めるとともに，櫓内において，ケーシング内側を通過するパッカーチューブや圧力検知・採水チューブの接続作業を行い，ケーシングログの記載番号を確認しながら実施した。

装置の深度 100m 以浅に対応した 4 インチケーシング部分の立込みでは，装置はいわゆるシェルアンドチューブ構造となり，ケーシング内にはセンターロッド，ピエゾパイプおよびナイロンチューブ類がセンターロッドを心棒とする同心円状に配列する。
立込みは，初めにセンターロッドを接続し，次いでピエゾパイプを周囲に接続し，
その後，4 インチケーシングをセンターロッドとピエゾパイプの上から被せて接続するものとした。ピエゾパイプは剛性が低く，立込み時には曲がり～座屈を引き起こし易い。そこで，立込み後にはセンターロッドを支柱としつつ極力垂直となるように固定してから 4 インチケーシングを被せ，管体にダメージを与えないように施工した。

作業中は，ケーシングのネジ部の破損，パッカーゴム部の亀裂，チューブ及びケーシング接続部分の緩みによる水漏れ等がないかどうか目視確認を徹底した。

ケーシング接続部については，次節において詳細に述べるように，一定の検査基準によって漏れがないかどうかを確認した。

(4)ケーシング接合部の検査

装置を組み立て，孔内に挿入する際にネジ接合部の漏れ検査(ジョイントリークオフテスト)を実施した。検査は 3 インチケーシング接合部，4 インチケーシング接合部および 0.75 インチピエゾパイプ接合部につき実施した。検査方法の概念を図 5.4-2，図 5.4-3 および図 5.4-4 に示す。

図 5.4-2 に示したジョイントの漏れ検査方法は，装置をつなぐ全 185 ジョイント(アンカーロッドとエンドキャップの接合部を除く)のうち，最下部の 185/186 番ジョイント(ジョイントの表現については，表 5.4-1 における部材番号を使用し，部材番号/部材番号とした。)から 50/51 番ジョイント間，および 35/36 番ジョイントに対して実施したものである。この方法は，部材を 1 本追管・締結する毎に装置内を水道水で満たし，5 分間にわたり水位低下が発生しないかどうかを目視確認する方法である。DH-2 号孔は，孔内水位が GL-35.78m 付近にあり，装置内部の水位を高めると，各ジョイントには装置内外の圧力差に応じた内圧が加わる。また，孔内には GL-208m 付近(10^{-4}m/sec オーダー)をはじめ，いくつかの高透水ゾーンがあり，装置水没後の孔内水排除による水位上昇は比較的短時間のうちに回復し，立込み中の孔内水位はほぼ一定に保たれると考えられる。検査手順は，追管ごとに検査対象のジョイントが GL-35m に位置するようにケーシングの残尺を調整し，かつケーシング内を水道水で満たし，この状態で 5 分間保持して水位低下の有無を確認するものとした。この場合，孔内水位の直上に位置す

る検査対象ジョイントには 0.36MPa(3.7kgf/cm²)程度の内圧が加わる。5 分間経過しても水位低下が認められなければ，このジョイントについて合格とした。しかしながら，この検査方法は大きなリスクを伴っている。すなわち仮に水位低下(漏れ)が発見された場合，どのジョイントかを特定することが難しい。さらに，補修のために最大 35m 分装置を引き上げる必要があり，補修結果が適正か否かは，再挿入して始めて明らかになるため，作業効率の低下は免れない。したがって，49/50 番ジョイントからは検査方法を変更し，図 5.4-3 に示す検査機器を新たに準備し，ネジを締結した直後における直接検査とした。

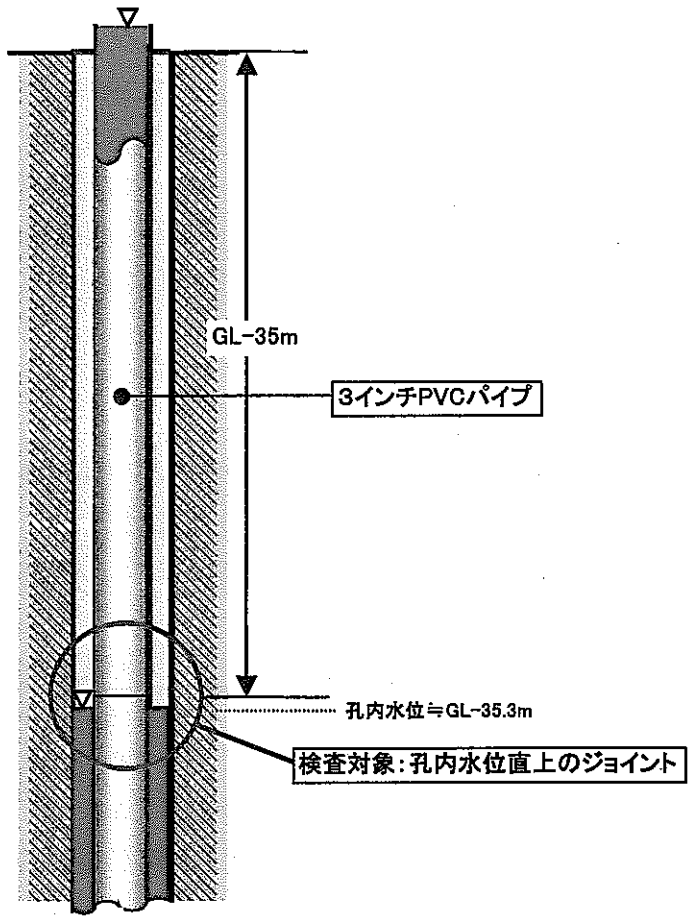


図 5.4-2　ジョイント漏れ検査方法(その１)

図 5.4-3 に示したジョイント漏れの検査方法は，3 インチ接合部のジョイント 49/50 番以浅と全ての 4 インチ接合部に適用した。この方法は，ジョイント締結後にその上下に外側から閉鎖区間をつくり，閉鎖区間内に圧力をかけるものである。検査装置は，本体がシリンダー，ピストン，リング状のゴムパッカーおよびスリーブからなり，付帯機

器はパッカー駆動用の電動油圧ポンプ，エアーコンプレッサー，圧力センサーおよび圧力変換器から構成される。

検査手順は，ジョイント部分がパッカー区間，すなわちスリーブ付近にくるように，あらかじめ管体にはピストン上端からのオフセット長をマーキングしておき，これを目印にケーシングの位置を調整する。この状態で油圧ポンプを作動させると，ピストンが下方へスライドし，内蔵のリング状ゴムパッカーを押しつぶし，パッカーがケーシング管および鋼製シリンダーに同心円状に密着することにより閉鎖区間が形成される。この状態でコンプレッサーから閉鎖区間内に圧縮空気を送り，圧力低下の時間的変化を圧力センサーおよびデジタル表示器によりモニターするものである。

検査基準は，検査圧力を 0.69MPa(7kgf/cm²)程度とし，5 分間保持で圧力低下が 49hPa(0.05 kgf/cm²)以内で安定していれば合格とした。

なお検査は，ケーシング管を満水にした状態で行い，閉鎖区間の圧縮空気が，気泡としてジョイントを通じてケーシング管内に流入していないかどうかも目視確認した。

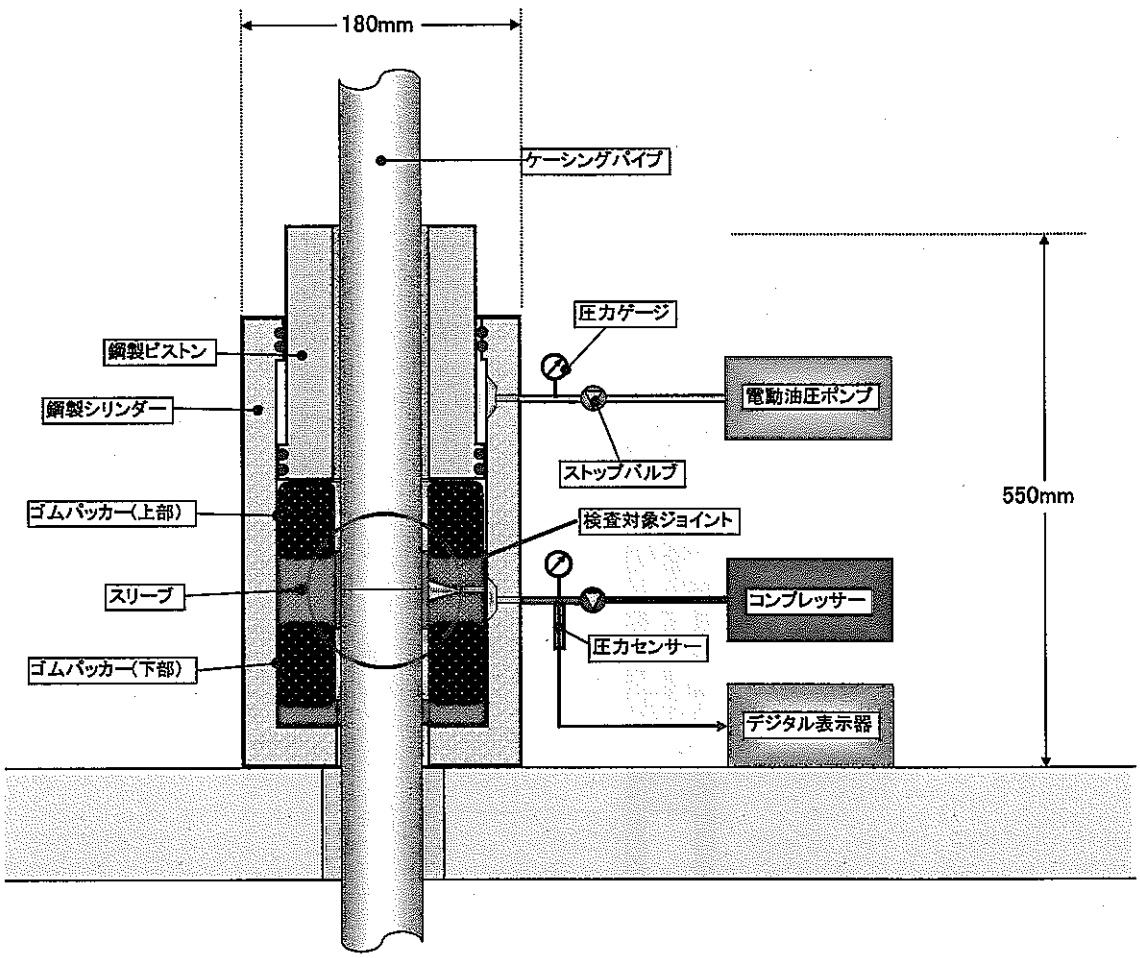


図 5.4-3　ジョイント漏れ検査方法(その 2)

図 5.4-4 は 0.75 インチ(ピエゾパイプ)接合部の漏れの検査方法を示したものである。ピエゾパイプは，装置の構造上，パイプの外側からの検査が難しいため，図 5.4-3 に示したケーシングの検査とは逆に，内側から加圧する方法とした。検査手順は，ピエゾパイプ追管後に直径が 15mm, 全長が約 200mm のインナーパッカーを検査対象ジョイントの下部まで挿入し，ヘッドキャップをねじ込んだ後にパッカーを膨らませて閉鎖区間を形成する。さらに閉鎖区間に圧縮空気を送り，圧力低下の有無を検査するものである。あわせて，パイプの外側からは，ジョイント部分に漏れ検知スプレーを噴霧し，微細なエアー漏れがないかどうかを目視点検した。

以上の検査を全ジョイントについて行い，部材間の遮水性を確認しながら施工にあたった。

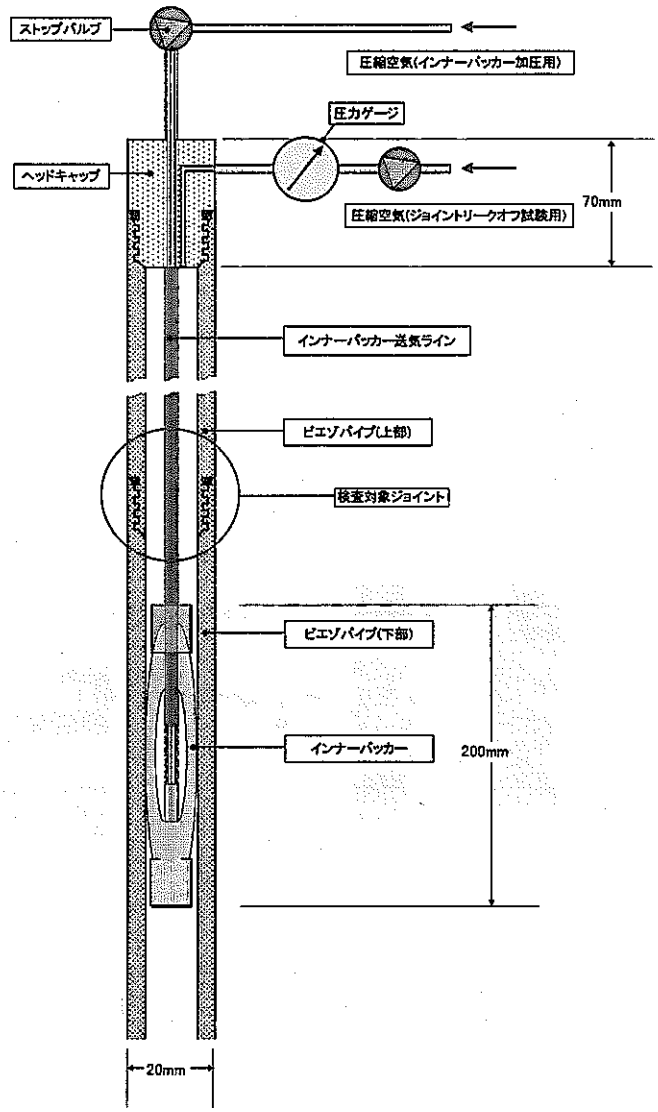


図 5.4-4　ジョイント漏れ検査方法(ピエゾパイプ)

図 5.4-5 に検査圧力の経時変化の例を示す。検査に合格したジョイントでは，指数関数的に検査圧力が平衡しており，時定数は 5 分程度である。一方，当初検査不適合となったジョイント 28/29 番では，コンプレッサーから送気した直後に管内からの気泡の上昇がはじまり，検査圧力の直線的低下が認められた。同ジョイントは脱管し，ネジ部分の汚れを丁寧に取り除き慎重に締結した後に，再度検査を実施し漏れがないことを確認した。

表 5.4-2 に 3 インチケーシング接合部および 4 インチケーシング接合部の検査結果を示し，表 5.4-3 にピエゾパイプ接合部の検査結果を示す。表に示したとおり，すべてのジョイントの検査合格を確認した。

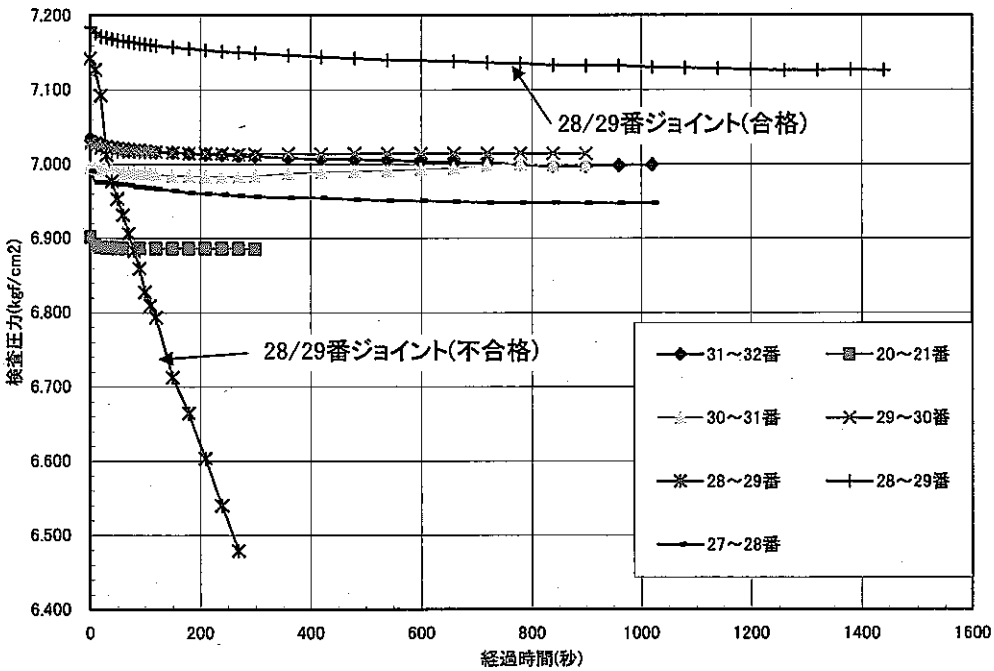


図 5.4-5　漏れ検査機器における検査圧力の経時変化

表 5.4-2(その１)　ケーシングのジョイント漏れ検査結果

検査日付	検査時刻			検査ジョイント	径	ユニット名	検査圧力 (kgf/cm^2)	検査結果
11/27	17:11	～	17:16	1 / 2	4″	PVC10ft	7.036	○
	14:52	～	14:57	2 / 3	4″	PVC10ft	6.954	○
	14:02	～	14:07	3 / 4	4″	PVC10ft	6.928	○
	11:27	～	11:32	4 / 5	4″	PVC10ft	6.953	○
	10:40	～	10:45	5 / 6	4″	PVC10ft	6.944	○
	9:45	～	9:50	6 / 7	4″	PVC10ft	6.928	○
	9:01	～	9:06	7 / 8	4″	PVC10ft	6.967	○
11/26	18:03	～	18:08	8 / 9	4″	PVC10ft	6.979	○
	17:20	～	17:25	9 / 10	4″	PVC10ft	6.934	○
	16:17	～	16:22	10 / 11	4″	PVC10ft	6.794	○
	15:17	～	15:23	11 / 12	4″	PVC10ft	6.735	○
	14:21	～	14:29	12 / 13	4″	PVC10ft	6.701	○
	13:43	～	13:49	13 / 14	4″	PVC10ft	6.703	○
	11:00	～	12:00	14 / 15	4″	PVC10ft	6.836	○
	9:01	～	9:46	15 / 16	4″	PVC10ft	6.697	○
11/25	18:15	～	18:21	16 / 17	4″	PVC10ft	6.715	○
	17:21	～	17:26	17 / 18	4″	PVC10ft	6.855	○
	16:26	～	16:35	18 / 19	4″	PVC10ft	6.962	○
	12:22	～	12:27	19 / 20	4″	PVC10ft	6.680	○
11/24	17:09	～	17:14	20 / 21	4″	PVC10ft	6.902	○
	16:05	～	16:12	21 / 22	4″	PVC10ft	6.889	○
	15:20	～	15:25	22 / 23	4″	PVC10ft	6.856	○
	14:33	～	14:38	23 / 24	4″	PVC10ft	6.840	○
	13:52	～	13:57	24 / 25	4″	PVC10ft	6.820	○
	13:46	～	13:51	25 / 26	4″	PVC10ft	6.841	○
	11:13	～	11:18	26 / 27	4″	PVC10ft	6.798	○
	10:36	～	10:41	27 / 28	4″	PVC10ft	6.990	○
11/23	15:57		16:44	28 / 29	4″	PVC10ft	7.184	○
	15:32	～	15:38	28 / 29	4″	PVC10ft	7.124	×
	15:02	～	15:07	29 / 30	4″	PVC10ft	7.028	○
	14:14	～	14:29	30 / 31	4″	PVC10ft	6.996	○
	11:36	～	11:53	31 / 32	4″	PVC10ft	7.034	○
	10:09	～	10:27	32 / 33	4″	PVC10ft	7.080	○
11/22	17:52	～	17:57	33 / 34	4″	台座用 PVC	7.0	○
	17:37	～	17:42	34 / 35	3″-4″	台座	7.0	○
11/24		～		35 / 36	3″	PVC10ft	3.7	○
11/22	9:41	～	9:46	36 / 37	3″	PVC10ft	7.0	○
	9:26	～	9:31	37 / 38	3″	PVC10ft	7.0	○
	9:11	～	9:16	38 / 39	3″	PVC10ft	7.0	○
	8:56	～	9:01	39 / 40	3″	PVC10ft	7.0	○
	8:42	～	8:47	40 / 41	3″	PVC10ft	7.0	○
	8:27	～	8:32	41 / 42	3″	PVC10ft	7.0	○
11/21	17:37	～	17:42	42 / 43	3″	PVC10ft	7.0	○
	17:22	～	17:27	43 / 44	3″	PVC10ft	7.0	○
	17:08	～	17:13	44 / 45	3″	PVC10ft	7.0	○
	16:52	～	16:57	45 / 46	3″	PVC10ft	7.0	○
	16:37	～	16:42	46 / 47	3″	PVC10ft	7.0	○
	16:23	～	16:28	47 / 48	3″	PVC10ft	7.0	○
	16:00	～	16:05	48 / 49	3″	PVC10ft	7.0	○
	15:27	～	15:32	49 / 50	3″	PVC10ft	7.0	○
11/22	9:41	～	9:46	50 / 51	3″	PVC10ft	3.7	○
	9:26	～	9:31	51 / 52	3″	PVC10ft	3.7	○
	9:11	～	9:16	52 / 53	3″	PVC10ft	3.7	○
	8:56	～	9:01	53 / 54	3″	PVC10ft	3.7	○
	8:42	～	8:47	54 / 55	3″	PVC10ft	3.7	○
	8:27	～	8:32	55 / 56	3″	PVC10ft	3.7	○
11/21	17:37	～	17:42	56 / 57	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:22	～	17:27	57 / 58	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:08	～	17:13	58 / 59	3″	PVC調整管	3.7	○
	16:52	～	16:57	59 / 60	3″	PVC0.5m	3.7	○
	16:37	～	16:42	60 / 61	3″	パッカー	3.7	○
	16:23	～	16:28	61 / 62	3″	圧力検知	3.7	○
	16:00	～	16:05	62 / 63	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:25	～	15:30	63 / 64	3″	PVC10ft	3.7	○
	13:31	～	13:36	64 / 65	3″	PVC10ft	3.7	○
	13:19	～	13:24	65 / 66	3″	PVC10ft	3.7	○

表 5.4-2(その２)　ケーシングのジョイント漏れ検査結果

検査日付	検査時刻			検査ジョイント			径	ユニット名	検査圧力 (kgf/cm^2)	検査結果
	13:08	～	13:13	66	/	67	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:56	～	12:01	67	/	68	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:43	～	11:48	68	/	69	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:31	～	11:36	69	/	70	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:18	～	11:23	70	/	71	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:05	～	11:10	71	/	72	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:52	～	10:57	72	/	73	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:39	～	10:44	73	/	74	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:02	～	10:07	74	/	75	3″	PVC10ft	3.7	○
	9:51	～	9:56	75	/	76	3″	PVC10ft	3.7	○
	9:40	～	9:45	76	/	77	3″	PVC10ft	3.7	○
	9:26	～	9:31	77	/	78	3″	PVC10ft	3.7	○
11/20				78	/	79	3″	PVC調整管		○
				79	/	80	3″	PVC0.5m		○
	14:30	～	14:35	80	/	81	3″	パッカー	3.7	○
				81	/	82	3″	圧力検知		○
				82	/	83	3″	PVC10ft		○
	14:17	～	14:22	83	/	84	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:03	～	14:08	84	/	85	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:40	～	11:45	85	/	86	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:26	～	11:31	86	/	87	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:12	～	11:17	87	/	88	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:59	～	11:04	88	/	89	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:46	～	10:51	89	/	90	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:32	～	10:37	90	/	91	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:02	～	10:07	91	/	92	3″	PVC10ft	3.7	○
	9:41	～	9:49	92	/	93	3″	PVC10ft	3.7	○
	9:31	～	9:36	93	/	94	3″	PVC10ft	3.7	○
11/19	18:25	～	18:30	94	/	95	3″	PVC10ft	3.7	○
	18:13	～	18:18	95	/	96	3″	PVC10ft	3.7	○
	18:03	～	18:08	96	/	97	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:52	～	17:57	97	/	98	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:42	～	17:47	98	/	99	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:31	～	17:36	99	/	100	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:21	～	17:26	100	/	101	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:09	～	17:14	101	/	102	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:57	～	17:02	102	/	103	3″	PVC5ft	3.7	○
				103	/	104	3″	PVC調整管		○
				104	/	105	3″	PVC0.5m		○
	16:43	～	16:48	105	/	106	3″	パッカー	3.7	○
				106	/	107	3″	圧力検知		○
				107	/	108	3″	PVC10ft		○
	16:29	～	16:34	108	/	109	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:15	～	16:21	109	/	110	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:04	～	16:09	110	/	111	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:51	～	15:56	111	/	112	3″	PVC調整管	3.7	○
	15:39	～	15:44	112	/	113	3″	PVC0.5m	3.7	○
				113	/	114	3″	パッカー		○
	15:26	～	15:31	114	/	115	3″	圧力検知	3.7	○
				115	/	116	3″	PVC10ft		○
	15:14	～	15:19	116	/	117	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:01	～	15:06	117	/	118	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:46	～	14:51	118	/	119	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:34	～	14:39	119	/	120	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:21	～	14:26	120	/	121	3″	PVC10ft	3.7	○
11/17	18:24	～	18:29	121	/	122	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:56	～	17:01	122	/	123	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:44	～	16:49	123	/	124	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:26	～	16:36	124	/	125	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:04	～	16:16	125	/	126	3″	PVC調整管	3.7	○
	15:51	～	15:56	126	/	127	3″	PVC0.5m	3.7	○
				127	/	128	3″	パッカー		○
	15:27	～	15:41	128	/	129	3″	圧力検知	3.7	○
				129	/	130	3″	PVC10ft		○
	14:53	～	14:58	130	/	131	3″	PVC10ft	3.7	○

表 5.4-2(その３)　ケーシングのジョイント漏れ検査結果

検査日付	検査時刻			検査ジョイント			径	ユニット名	検査圧力 (kgf/cm^2)	検査結果
	14:41	～	14:46	131	/	132	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:28	～	14:33	132	/	133	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:16	～	14:21	133	/	134	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:03	～	14:08	134	/	135	3″	PVC10ft	3.7	○
	13:50	～	13:55	135	/	136	3″	PVC10ft	3.7	○
11/16	17:49	～	17:54	136	/	137	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:37	～	17:42	137	/	138	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:26	～	17:31	138	/	139	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:14	～	17:19	139	/	140	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:02	～	17:07	140	/	141	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:30	～	16:35	141	/	142	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:20	～	16:25	142	/	143	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:10	～	16:15	143	/	144	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:00	～	16:05	144	/	145	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:50	～	15:55	145	/	146	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:40	～	15:45	146	/	147	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:24	～	15:34	147	/	148	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:49	～	15:19	148	/	149	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:39	～	14:44	149	/	150	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:30	～	14:35	150	/	151	3″	PVC10ft	3.7	○
				151	/	152	3″	PVC調整管		○
	14:12	～	14:22	152	/	153	3″	PVC0.5m	3.7	○
				153	/	154	3″	パッカー		○
				154	/	155	3″	圧力検知		○
	13:59	～	14:04	155	/	156	3″	PVC10ft	3.7	○
	13:49	～	13:54	156	/	157	3″	PVC10ft	3.7	○
	13:35	～	13:43	157	/	158	3″	PVC10ft	3.7	○
	13:07	～	13:29	158	/	159	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:58	～	13:00	159	/	160	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:47	～	11:53	160	/	161	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:34	～	11:40	161	/	162	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:21	～	11:30	162	/	163	3″	PVC10ft	3.7	○
	11:11	～	11:16	163	/	164	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:58	～	11:03	164	/	165	3″	PVC10ft	3.7	○
	10:46	～	10:52	165	/	166	3″	PVC調整管	3.7	○
	10:39	～	10:44	166	/	167	3″	PVC0.5m	3.7	○
	10:31	～	10:36	167	/	168	3″	パッカー	3.7	○
	10:15	～	10:20	168	/	169	3″	圧力検知	3.7	○
	9:53	～	10:13	169	/	170	3″	PVC10ft	3.7	○
11/15	18:23	～	18:28	170	/	171	3″	PVC10ft	3.7	○
	18:13	～	18:18	171	/	172	3″	PVC10ft	3.7	○
	18:03	～	18:08	172	/	173	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:53	～	17:58	173	/	174	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:43	～	17:48	174	/	175	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:33	～	17:38	175	/	176	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:23	～	17:28	176	/	177	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:12	～	17:17	177	/	178	3″	PVC10ft	3.7	○
	17:01	～	17:06	178	/	179	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:50	～	16:55	179	/	180	3″	PVC10ft	3.7	○
	16:32	～	16:42	180	/	181	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:22	～	15:32	181	/	182	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:10	～	15:18	182	/	183	3″	PVC10ft	3.7	○
	15:00	～	15:05	183	/	184	3″	PVC10ft	3.7	○
	14:52	～	14:57	184	/	185	3″	PVC10ft	3.7	○
	13:58	～	14:47	185	/	186	3″	ｴﾝﾄﾞｷｬｯﾌﾟ	3.7	○

◎検査は、下記のいずれかの方法によって実施した。

（1）：ケーシング内側を水道水で満水にした後，5分間ケーシング内側の水位の低下の有無を確認する。

（2）：ケーシング外側から圧力を7kgf/cm2程度加え，5分間で0.05kgf/cm2以内の低下量であることを確認する。

表 5.4-3(その１)　ピエゾパイプの漏れ確認試験

検査日付	検査時刻	ケーシング部材番号			検査ジョイント						
					1区間	2区間	3区間	4区間	5区間	6区間	7区間
11/27	－ ～ －	1	検査圧	開始	－	－	－	－	－	－	－
				終了	－	－	－	－	－	－	－
			目視確認		－	－	－	－	－	－	－
	14:20 ～ 14:41	2	検査圧	開始	3.40	3.50	3.60	3.50	3.50	3.40	3.40
				終了	3.40	3.50	3.60	3.50	3.50	3.40	3.40
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	13:21 ～ 13:47	3	検査圧	開始	3.40	3.40	3.50	3.70	3.60	3.60	3.40
				終了	3.40	3.40	3.50	3.70	3.60	3.60	3.40
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	10:56 ～ 11:17	4	検査圧	開始	3.30	3.40	3.30	3.40	3.40	3.50	3.40
				終了	3.30	3.40	3.30	3.40	3.40	3.50	3.40
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	10:10 ～ 10:31	5	検査圧	開始	3.50	3.50	3.50	3.40	3.50	3.50	3.60
				終了	3.50	3.50	3.50	3.40	3.50	3.50	3.60
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	9:14 ～ 9:35	6	検査圧	開始	3.60	3.40	3.50	3.50	3.40	3.50	3.40
				終了	3.60	3.40	3.50	3.50	3.40	3.50	3.40
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	8:30 ～ 8:50	7	検査圧	開始	3.80	3.75	3.70	3.80	3.50	3.70	3.60
				終了	3.80	3.75	3.70	3.80	3.50	3.70	3.60
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
11/26	17:35 ～ 17:54	8	検査圧	開始	3.70	3.50	3.70	3.70	3.75	3.70	3.70
				終了	3.70	3.50	3.70	3.70	3.75	3.70	3.70
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	16:50 ～ 17:10	9	検査圧	開始	3.60	3.70	3.70	3.60	3.70	3.70	3.70
				終了	3.60	3.70	3.70	3.60	3.70	3.70	3.70
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	15:47 ～ 16:06	10	検査圧	開始	3.60	3.70	3.60	3.70	3.70	3.70	3.75
				終了	3.60	3.70	3.60	3.70	3.70	3.70	3.75
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	14:46 ～ 15:08	11	検査圧	開始	3.70	3.70	3.80	3.60	3.60	3.70	3.80
				終了	3.70	3.70	3.80	3.60	3.60	3.70	3.80
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	13:59 ～ 14:19	12	検査圧	開始	3.70	3.70	3.70	3.60	3.60	3.70	3.80
				終了	3.70	3.70	3.70	3.60	3.60	3.70	3.80
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	13:12 ～ 13:32	13	検査圧	開始	3.60	3.75	3.75	3.70	3.70	3.75	3.70
				終了	3.60	3.75	3.75	3.70	3.70	3.75	3.70
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	10:00 ～ 10:27	14	検査圧	開始	3.60	3.60	3.70	3.60	3.70	3.60	3.60
				終了	3.60	3.60	3.70	3.60	3.70	3.60	3.60
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	8:29 ～ 8:50	15	検査圧	開始	3.70	3.50	3.70	3.50	3.70	3.75	3.75
				終了	3.70	3.50	3.70	3.50	3.70	3.75	3.75
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
11/25	17:42 ～ 18:02	16	検査圧	開始	3.50	3.60	3.70	3.75	3.40	3.60	3.50
				終了	3.50	3.60	3.70	3.75	3.40	3.60	3.50
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	16:47 ～ 17:10	17	検査圧	開始	3.60	3.50	3.60	3.60	3.80	3.70	3.60
				終了	3.60	3.50	3.60	3.60	3.80	3.70	3.60
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	15:53 ～ 16:13	18	検査圧	開始	3.20	3.50	3.75	3.50	3.50	3.50	3.90
				終了	3.20	3.50	3.75	3.50	3.50	3.50	3.90
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○
	8:40 ～ 9:03	19	検査圧	開始	3.70	3.60	3.70	3.70	3.60	3.60	3.60
				終了	3.70	3.60	3.70	3.70	3.60	3.60	3.60
			目視確認		○	○	○	○	○	○	○

表 5.4-3(その 2)　ピエゾパイプの漏れ確認試験

検査日付	検査時刻	ケーシング部材番号		検査ジョイント 1区間	2区間	3区間	4区間	5区間	6区間	7区間
11/24	16:37 ～ 16:58	20	検査圧 開始	3.75	3.75	3.90	3.70	3.75	3.75	3.60
			検査圧 終了	3.75	3.75	3.90	3.70	3.75	3.75	3.60
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	15:46 ～ 16:07	21	検査圧 開始	3.70	3.70	3.80	3.80	3.70	3.70	3.60
			検査圧 終了	3.70	3.70	3.80	3.80	3.70	3.70	3.60
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	14:48 ～ 15:10	22	検査圧 開始	3.75	3.70	3.70	3.40	3.70	3.80	3.50
			検査圧 終了	3.75	3.70	3.70	3.40	3.70	3.80	3.50
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	14:01 ～ 14:22	23	検査圧 開始	3.80	3.60	3.60	3.60	3.60	3.70	3.50
			検査圧 終了	3.80	3.60	3.60	3.60	3.60	3.70	3.50
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	13:13 ～ 13:34	24	検査圧 開始	3.60	3.50	3.50	3.70	3.60	3.60	3.70
			検査圧 終了	3.60	3.50	3.50	3.70	3.60	3.60	3.70
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	11:27 ～ 12:03	25	検査圧 開始	3.60	3.80	3.70	3.60	3.70	3.70	3.80
			検査圧 終了	3.60	3.80	3.70	3.60	3.70	3.70	3.80
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	9:45 ～ 10:21	26	検査圧 開始	3.90	3.50	3.60	3.70	3.60	3.70	3.60
			検査圧 終了	3.90	3.50	3.60	3.70	3.60	3.70	3.60
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	8:28 ～ 8:48	27	検査圧 開始	3.60	3.70	3.70	3.60	3.65	3.60	3.70
			検査圧 終了	3.60	3.70	3.70	3.60	3.65	3.60	3.70
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
11/23	16:11 ～ 16:46	28	検査圧 開始	3.60	3.70	3.50	3.60	3.60	3.55	3.40
			検査圧 終了	3.60	3.70	3.50	3.60	3.60	3.55	3.40
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	14:41 ～ 15:34	29	検査圧 開始	3.60	4.00	3.60	3.70	3.50	3.70	3.25
			検査圧 終了	3.60	4.00	3.60	3.70	3.50	3.70	3.25
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	13:09 ～ 14:02	30	検査圧 開始	3.30	3.30	3.60	3.50	3.50	3.65	3.45
			検査圧 終了	3.30	3.30	3.60	3.50	3.50	3.65	3.45
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	10:32 ～ 11:23	31	検査圧 開始	3.50	3.50	3.30	3.20	3.40	3.30	3.30
			検査圧 終了	3.50	3.50	3.30	3.20	3.40	3.30	3.30
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	8:52 ～ 9:51	32	検査圧 開始	3.30	3.45	3.60	3.65	3.40	3.55	3.20
			検査圧 終了	3.30	3.45	3.60	3.65	3.40	3.55	3.20
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○
	8:17 ～ 8:41	33	検査圧 開始	3.50	3.55	3.40	3.60	3.60	3.60	3.55
			検査圧 終了	3.50	3.55	3.40	3.60	3.60	3.60	3.55
			目視確認	○	○	○	○	○	○	○

(5)ケーシング内水位の計測

ケーシング接合部からの漏洩がないかどうかを確認する目的で，毎日の作業終了後，一晩放置した翌朝のケーシング内の水位を計測した。この結果，11 月 16 日以降にケーシング内にセンチオーダの水位低下が見られた。この水位低下に関して以下に考察する。

ケーシング内水位の計測結果(手ばかりによる測定)を表 5.4-4 にまとめた。

表 5.4-4　手ばかりによる DH-2 の水位低下のまとめ

測定年月日	ケーシング頭からの深さ(mm)	低下量(mm)	低下率(mm/day)
2002/11/15 19:00	0.0	—	—
2002/11/16 8:00	0.0	0.0	0.0
2002/11/16 18:30	37.3	—	—
2002/11/17 8:00	50.3	13.0	23.1
2002/11/17 8:10	43.7	—	—
2002/11/17 13:00	44.5	0.8	4.0
2002/11/17 18:30	38.7	—	—
2002/11/18 8:00	59.8	21.1	37.5
2002/11/18 13:00	60.4	21.7	28.2
2002/11/18 15:00	62.5	23.8	27.9
2002/11/18 16:43	46.4	—	—
2002/11/19 8:02	60.0	13.6	21.3
2002/11/19 13:13	66.0	19.6	22.9
2002/11/19 18:52	37.8	—	—
2002/11/20 8:08	58.7	20.9	37.8
2002/11/20 17:33	38.5	—	—
2002/11/21 8:08	66.6	28.1	46.2
2002/11/21 17:52	36.6	—	—
2002/11/22 8:07	67.9	31.3	52.7
2002/11/22 18:16	24.7	—	—
2002/11/23 8:03	40.7	16.0	27.9
2002/11/23 20:21	17.2	—	—
2002/11/24 8:02	34.4	17.2	35.3
2002/11/24 18:29	87.6	—	—
2002/11/25 8:15	129.4	41.8	72.9
2002/11/25 19:26	9.1	—	—
2002/11/26 8:02	13.6	4.5	8.6
2002/11/26 19:24	5030	—	—
2002/11/27 8:05	5023	-7.0	-13.2
2002/11/27 20:47	22500	—	—
2002/11/28 8:50	22439	-61.0	-121.5
2002/11/28 18:14	22475	—	—
2002/11/29 8:25	22440	-35.0	-59.2

表 5.4-4 に示した手ばかりの他，水位変化の詳細な経時変動を観測するために，ピエゾ水位計をケーシング頭から約 1m 下に設置し，11 月 17 日夕方から 5 分間隔で連続測定を開始した。しかし，ノイズによる変動が大きいことが分かったため，11 月 18 日夕方からミニトロール圧力センサー(以下トロールと呼称する)をケーシング頭から約 1.5m 下に設置し，5 分間隔で連続測定を開始した。図 5.4-6 に連続測定結果と手ばかりによる測定結果をまとめる。

ケーシング内水位は，立て込み初日の 11 月 15 日の翌朝には低下していなかった。11 月 16 日以降～11 月 24 日までの立て込み作業後には，水位は低下しており，水位低下率は，4.0～72.9mm/day の範囲にある。

一方，11 月 26 日～11 月 28 日の測定では，水位は上昇している。これは，11 月 25 日に降った雨が立て込み中のケーシングやチューブを濡らし，立て込み後に徐々にケーシング内壁を流下し水位が上昇したものと判断された。

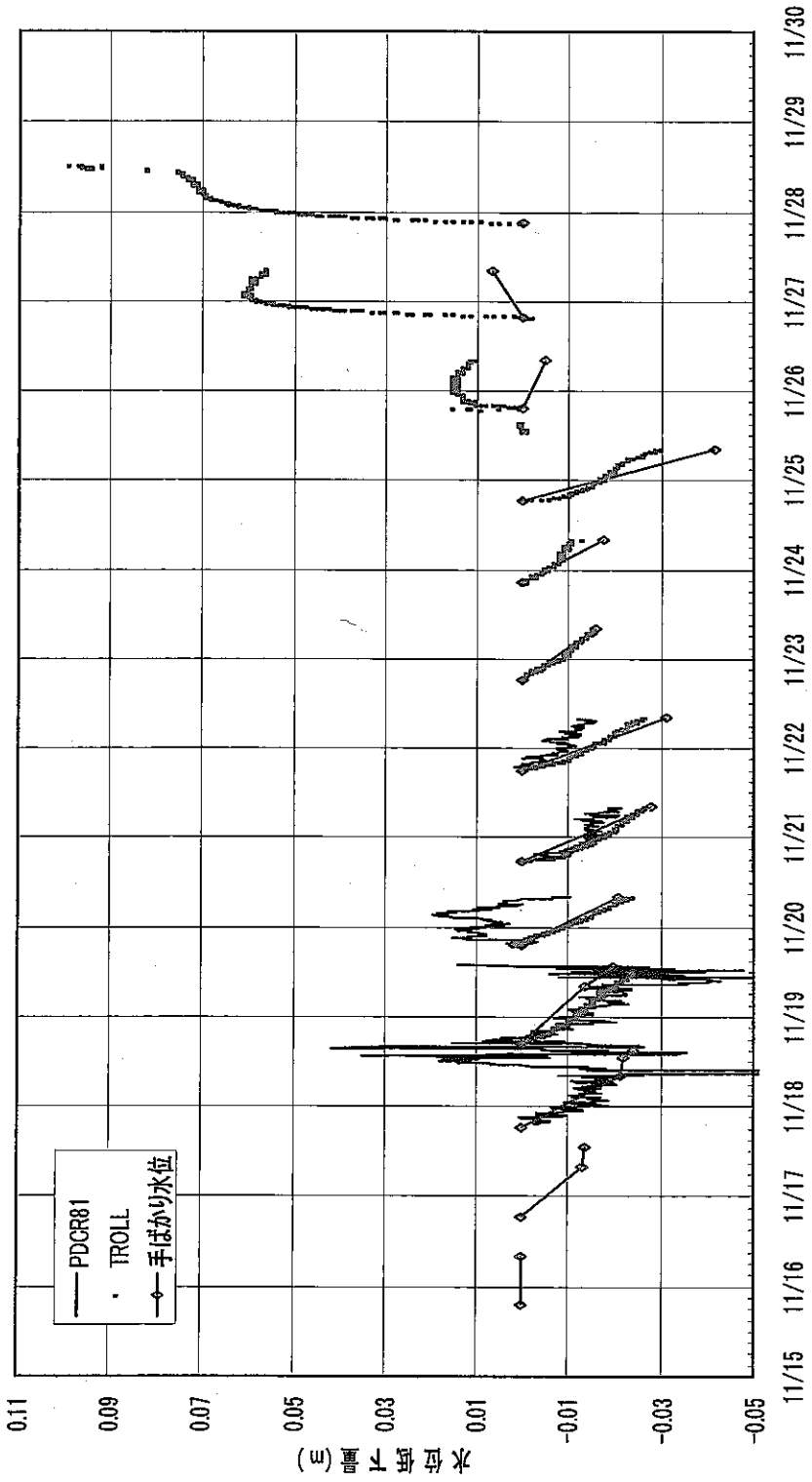


図 5.4-6　ケーシング内水位変化グラフ

水位低下については，次の原因が考えられる。

① ケーシング内壁，チューブ類等に付着した気泡の上昇。

② ケーシングの温度変化による伸び。

③ ケーシング外への水の漏洩。

④ ケーシングの自重伸び。

以下，①～④について検討する。

① 気泡の上昇

ケーシング立て込み時にケーシング内に多数気泡が付着し，時間の経過とともに上昇し，大気中へ放散されることで，ケーシング内水位が低下することが考えられる。

孔内装置を立て込む際には，チューブ類，圧力検知・採水ユニットおよびピエゾパイプがケーシング内に設置される。これらの部材はケーシングの挿入深度の増加につれ本数を増し，それに伴い気泡の付着面積が大きくなる。また，圧力検知・採水ユニットには空気の溜まる可能性のある部分が存在する。

実際，気泡の上昇により水位低下が起こっているかどうかを確認するため，水位低下の途上にある作業終了後および開始前に 30 分間程度，11 月 18 日には終日ケーシング内水面の目視観察を行ったが，気泡の上昇は確認されなかった。また，気泡の上昇が間欠的に起こり，それに伴い水位が変動することが想定されたが，5 分ピッチで観測しているトロール水位計では，この現象が観測できなかった。したがって，気泡の上昇が原因となっている可能性は考えにくい。

② ケーシングの温度変化による伸び

孔内に挿入することにより，ケーシングの管体温度が上昇し，熱応力により伸びが生ずること考えられる。伸びの大きさ ΔL は，管長を L，温度変化を ΔT，線膨張係数を β として，$\Delta L = \beta \cdot \Delta T \cdot L$ で見積もることができる。したがって，孔内装置をすべて立て込んだ場合には，ケーシングの平均温度変化量を $\Delta T = +10℃$，$L = 500m$，$\beta = 7 \times 10^{-5}$（／℃）（PVC メーカー資料による）とおくと，$\Delta L = +0.35m$ と得られる。一方，孔内にケーシングを立て込み，ケーシングの表面温度が変化しても，瞬時には管体内部には及ばないことから，ケーシング管体は急に伸びない。温度平衡に要する時間は，管体のフーリエ数の大きさによって決まり，温度拡散率を $1.34 \times 10^{-7}(m^2/sec)$として，3 インチケーシングの場合には，約 7800(sec)≒2 時間，4 インチケーシングの場合には，約 9900(sec)≒ 2 時間 40 分と求められる。もちろん温度平衡に達した後には，熱応力は変化せず，伸びは生じない。

一方，観測された，ケーシング管内水位は，夕方に観測を開始し，12 時間以上経過した翌朝になっても依然として低下傾向を示している。上記の試算結果から，温度変化による延びは 2～3 時間程度で収束することから，温度変化がケーシング内水位に影響を及ぼしてはいるものの，それが主要な水位低下の原因とはみられない。

③ ケーシング外への水の漏洩

部材間のつなぎ目から水がケーシング外に漏洩して水位が低下することが考えられる。立込み中に行われた検査(図 5.4-2 参照)では，検査時間が 5 分と短いことから，4～73mm/day レベルの水位低下率は確認できない。そこで，11 月 18 日には立込みを中断して終日水位を観測した。この結果，前日の立込み終了から約 20 時間後に水位は安定したため，④に述べるケーシングの伸びなど漏洩以外の原因も考えられた。部材間の繋ぎ目から水が漏洩しているかどうかは，最終的には，遮水性能確認試験を行い判断することとした。

④ ケーシングの伸び

孔内装置の立込み途上では，孔内に懸垂された孔内装置に，自重による引張応力が作用する。この引張応力によりケーシング管体が伸び，満水にした水位が低下することが考えられる。水位低下の観測中には，主として 3 インチとセンターロッドに引張荷重が作用する。4 インチケーシングは，下端がステンレス製の台座に固定されており，上端が自由端となっている。3 インチケーシングの自重による弾性伸び⊿L の大きさは，ケーシングのヤング率 $E=2.94\times10^{3}$MPa，3 インチケーシング全長 L=385m)水中における比重量 $\gamma=3.82\times10^{3}$N/m^3 として，$\Delta L=(\gamma\cdot L^2)/(2E)$から見積もると，⊿L≒10cm となる。同様にして，4 インチケーシングには約 1cm の縮みが生じる。センターロッドでは，ヤング率がケーシングの 100 倍のオーダーであるため，mm オーダーの弾性変形が生ずる。

上記の伸びないし縮みは，あくまでも弾性変形であり，荷重が作用した直後に瞬時に生じると考えられる。一方，水位低下がケーシングの伸びに対応すると考えた場合，荷重が作用してから時間が経過しても伸びが生じていると見なければならない。

ケーシングの材料である PVC(塩化ビニール重合体)には，上記のような時間遅れを伴う変形特性(粘弾性)が存在することが知られている。PVC の変形特性を近似するために，多くの粘弾性モデルが提起されており，代表的なモデルとして，例えば図 5.4-7 に示されるレオロジカルモデルが使用される。同モデルでは，一定応力 S が作用するときの歪 ε が次式で与えられる。

$$\varepsilon=S/k_1\{1-k/(k+k_1)\cdot e^{(-t/t_1)}\} \quad , \quad t_1=\eta(k+k_1)/(k\cdot k_1)$$

このとき k は弾性率，η は粘性率，t は時間である。ε は，時間とともに増大するが，充分時間が経過すると S/k_1 に収束する。$t\to0$ とおいた歪 ε_0 は，$\varepsilon_0=S/(k+k_1)$となり，この$(k+k_1)$が弾性変形におけるヤング率に対応する。

図 5.4-8 に 11 月 19 日～11 月 20 日における水位低下の経過を示す。同図において，青色で測定結果を示し，上記モデルの適用結果を赤色で示す。適用結果に，11 月 19 日の立込み終了後におけるケーシング自重から求めた応力 $S=1.5\times10^{6}$N/m^2，および 3 イ

ンチケーシング長 L=263m を代入し，ヤング率として，$k+k_1=2.5\times10^9 N/m^2$ が得られた。なお材料メーカにより提供された試験データでは，ケーシングのヤング率が $2.9\times10^9 N/m^2$ とされ，ほぼ同程度の値となった。

したがって，施工中のケーシング内水位低下は，ケーシングの粘弾性伸びに密接に対応していることが考えられる。より定量的な判断をするためには，ケーシングの粘性率 η の値を，定荷重クリープ試験などにより実験的に明らかにする必要がある。

以上のことから，ケーシング内の水位低下の主な原因として，①，②である可能性は低く，③もしくは④である可能性が高いと判断された。また，③が原因となり，④が発生している可能性もある。特に，③であった場合には，間隙圧力や地下水採水に影響を与えるため，孔内装置設置後の遮水性能確認試験においてケーシング内水位を低下させ，観測区間に影響を与えないかどうか観測することで，漏洩の有無を確認する必要がある。また，④が原因であった場合，設置後にパッカーにより装置全体を支えるようになれば，水位低下は認められないはずである。このためには，設置後のケーシング内の水位計測が必要となる。

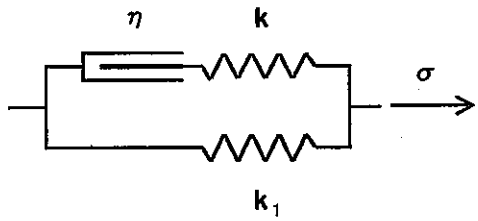


図 5.4-7　レオロジカルモデルの概念図

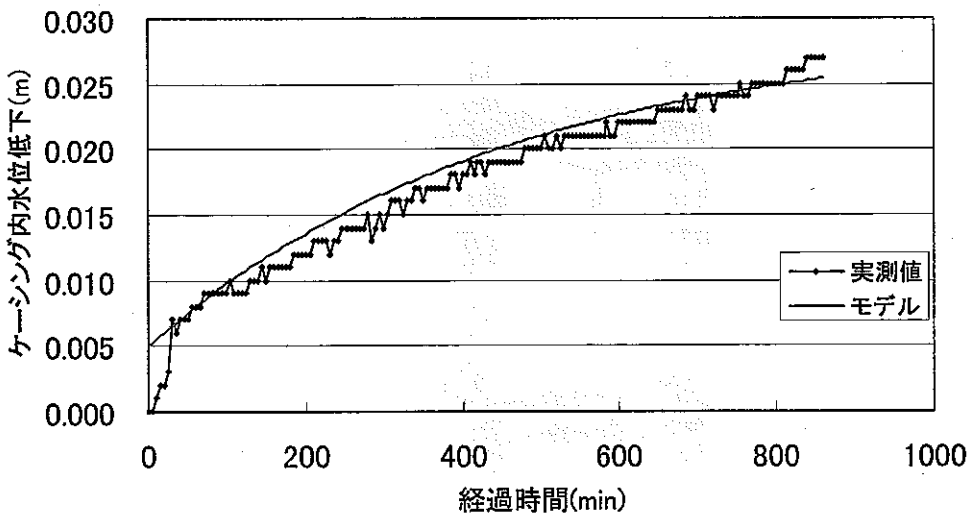


図 5.4-8　ケーシング内水位低下の経時変化(11 月 19 日～11 月 20 日観測分)

(6)間隙圧力センサーの設置

孔内装置の建て込み後，間隙水圧測定区間から水頭を立ち上げているピエゾパイプ内に，間隙圧力センサーを所定の深度に挿入した。センサーを所定の深度に設置後，ケーブルをデータロガーに接続して連続測定を開始した。その後，図 5.4-9 に示す方法によりセンサー設置後の区間水位を実測し，センサー指示値と実測水位を比較して，センサーが正常に機能しているか否かを確認し，かつセンサーの設置深度を把握した。

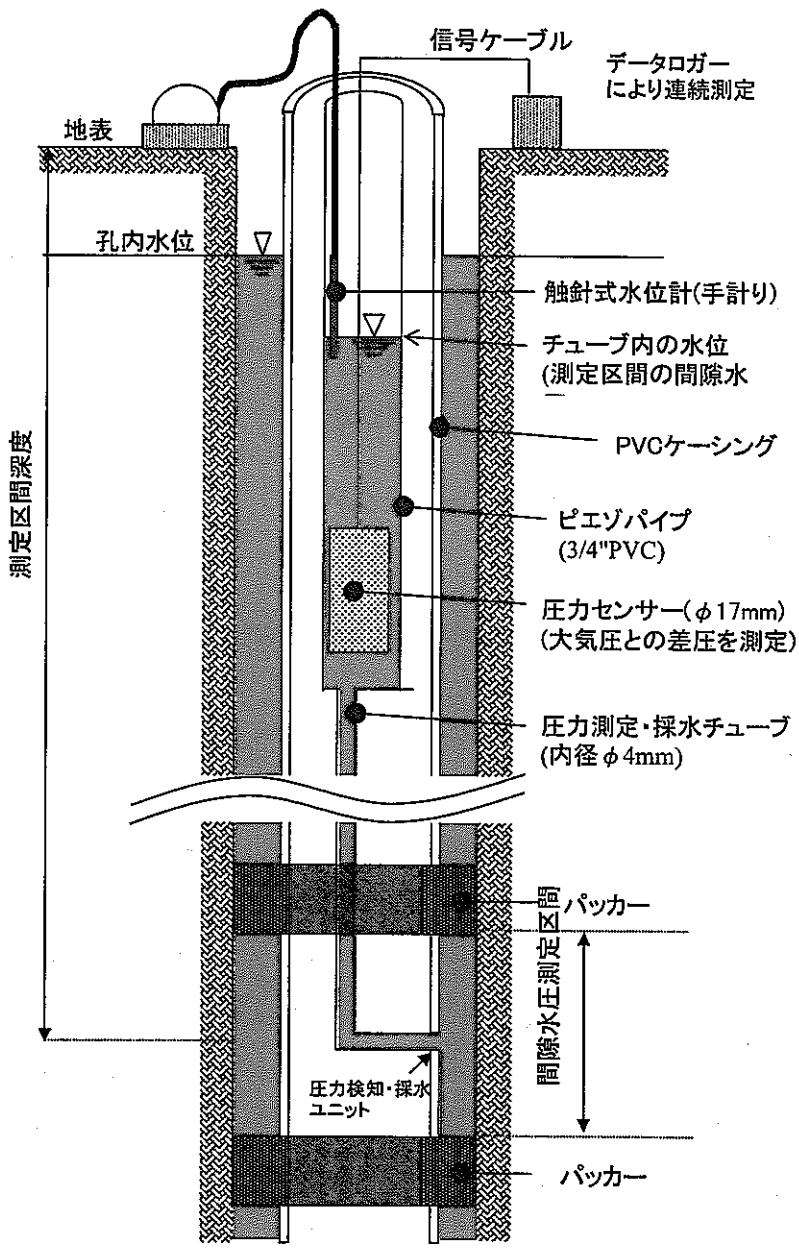


図 5.4-9　ピエゾパイプ内の圧力センサー設置深度の確認

(7) パッカー加圧

圧力センサーの設置後，4-3 節に示したパッカー圧力管理ユニットを使用して，パッカーを水注入により加圧した。パッカーは下位の区間から順次加圧し，パッカー圧力が 1MPa 程度となるように注水量を調整した。パッカー加圧においては，圧力管理に加え，注水量の管理も行い，過剰注水によるパッカーの破損や，注水不足に伴う遮蔽性能の低下が起こらないようにした。表 5.4-5 に各パッカーにおける加圧時の注水量，注水後の有効圧力を示す。

表 5.4-5 パッカーの加圧時注水量および注水圧力(2002 年 11 月 28 日実施)

パッカー	設置深度(GL-m)	加圧時刻	注水量 $\times 10^{-3}(m^3)$	有効圧力(Mpa)
P-7	448.0 ～ 449.0	10:53 ～ 14:01	1.350	1.03
P-6	414.0 ～ 415.0	12:04 ～ 14:08	1.360	1.08
P-5	343.9 ～ 344.9	13:54 ～ 14:36	1.392	1.13
P-4	308.0 ～ 309.0	14:30 ～ 14:57	1.537	1.03
P-3	292.0 ～ 293.0	15:35 ～ 15:39	1.364	1.08
P-2	226.0 ～ 227.0	16:03 ～ 16:05	1.387	0.98
P-1	175.0 ～ 176.0	16:23 ～ 16:25	1.557	0.98

なお，ピエゾシステムでは，設置後初期の段階においては，パッカーの孔壁への密着度が変化することなどから，暫時パッカー圧力が低下する傾向にある。したがって，初期段階においては，パッカー圧力の安定傾向を確認するまでの間，定期的にパッカー圧力を確認し，必要に応じて再加圧する必要がある。図 5.4-10 に施工期間中におけるパッカー圧力の管理結果を示す。11 月 29 日および 11 月 30 日にパッカー圧力の測定および再加圧を行った。再加圧により，パッカー圧力の低下率は減少し，2 回目の再加圧後には，安定傾向が認められたが，今後の圧力チェック等が必要とされる。

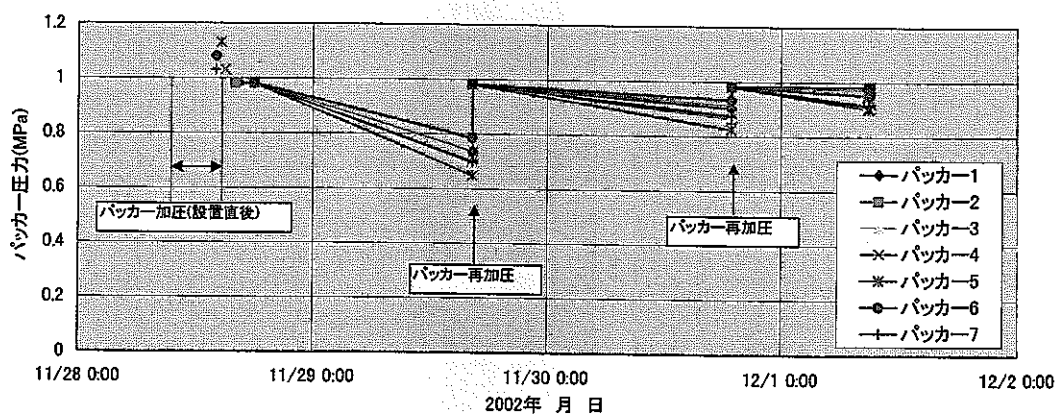


図 5.4-10 パッカー再加圧によるパッカー圧力低下の緩和

6　性能確認試験

6.1　遮水性能確認試験

装置のケーシング遮水性能を確認する目的で，観測装置の遮水性能確認試験を実施した。この試験は，パッカーを拡張させて各観測区間を隔離した後，ケーシング内の水位を変化させ，それに伴う観測区間内の水位変化をピエゾパイプにより観測する。ケーシングやピエゾパイプの接続部の遮水性が不充分な場合，ピエゾパイプ内の水位が干渉を受けて変化するはずである。図 6.1-1 に試験概念を示す。

試験方法は，ケーシング内水位を揚水により孔内水位(G.L.-35.8m 付近)より 5m 程度低下させ，その状態でピエゾパイプ，ケーシング内の水位を 24 時間以上観測し，次に注水によりケーシング内水位を孔内水位程度にまで上昇させ，ピエゾパイプ内，ケーシング内の水位を観測するものである。仮にケーシング内への孔内水の漏洩があった場合，ケーシング内水位が上昇するため漏洩が確認される。

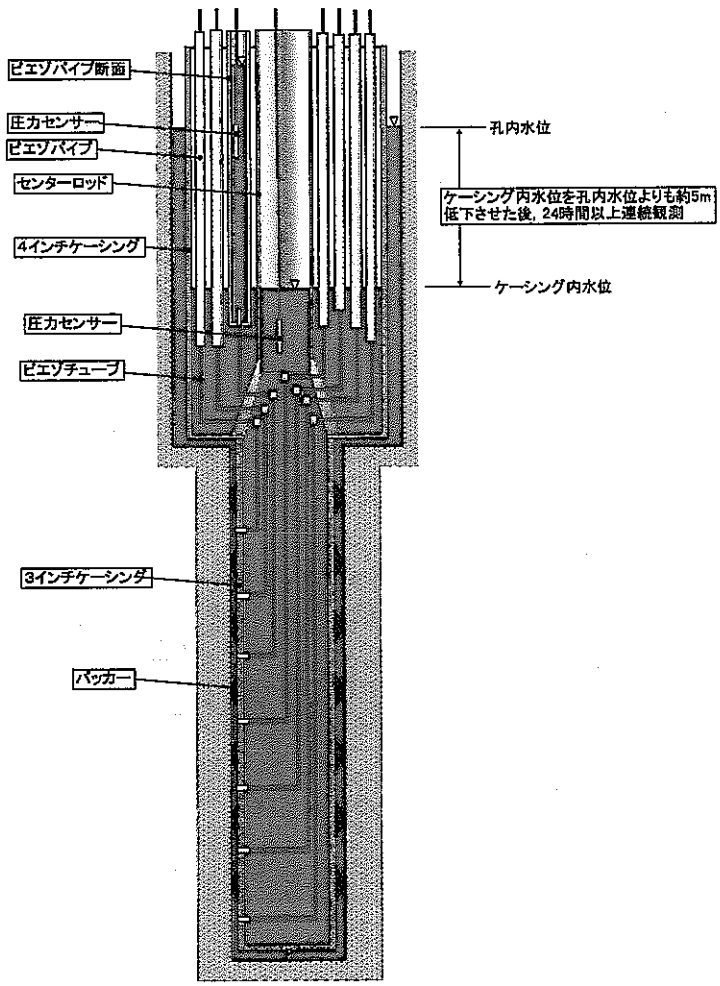


図 6.1-1　遮水性能確認試験の実施概念図

図 6.1-2 に試験結果を示す。上部のグラフは，各観測区間に対応するピエゾパイプ内の水位を示し，下部のグラフは，ケーシング内水位を示す。

2002 年 11 月 28 日にパッカー拡張を行い，11 月 29 日～12 月 1 日にかけて試験を実施した。ケーシング内水位は，エアーリフト揚水により低下させた。エアーリフト揚水における送気量およびインジェクション深さと揚水量(水位低下量)との関係を事前に把握するために，予備的にエアーリフトを実施した。試験前，ケーシング内水位は GL-22.44m であったが，予備エアーリフトにより G.L.-24.54m まで低下した。この結果を踏まえて，11 月 29 日の 13:53～14:52 間にエアーリフトを実施し，ケーシング内水位を GL-41.19m まで低下させた。エアーリフト実施後，センターロッド内からインジェクションチューブを引き抜き，圧力センサーを挿入し，11 月 29 日の 16:25 からケーシング内水位の連続測定を開始した。

測定結果から，ケーシング内の水位低下に伴うピエゾパイプ内の水位変化は認められなかった。また，24 時間経過後，ケーシング内水位は GL-41.19m から GL-41.14m とやや上昇したが安定していることが示された。さらに，11 月 30 日の 18:49～18:53 の間にケーシング内に水道水を注水し，ケーシング内水位を G.L.-36.21m まで上昇させたが，注水に伴うピエゾパイプ内の水位変化は認められなかった。

以上の試験結果から，ケーシングやピエゾパイプの接続部の遮水性能が確認できた。

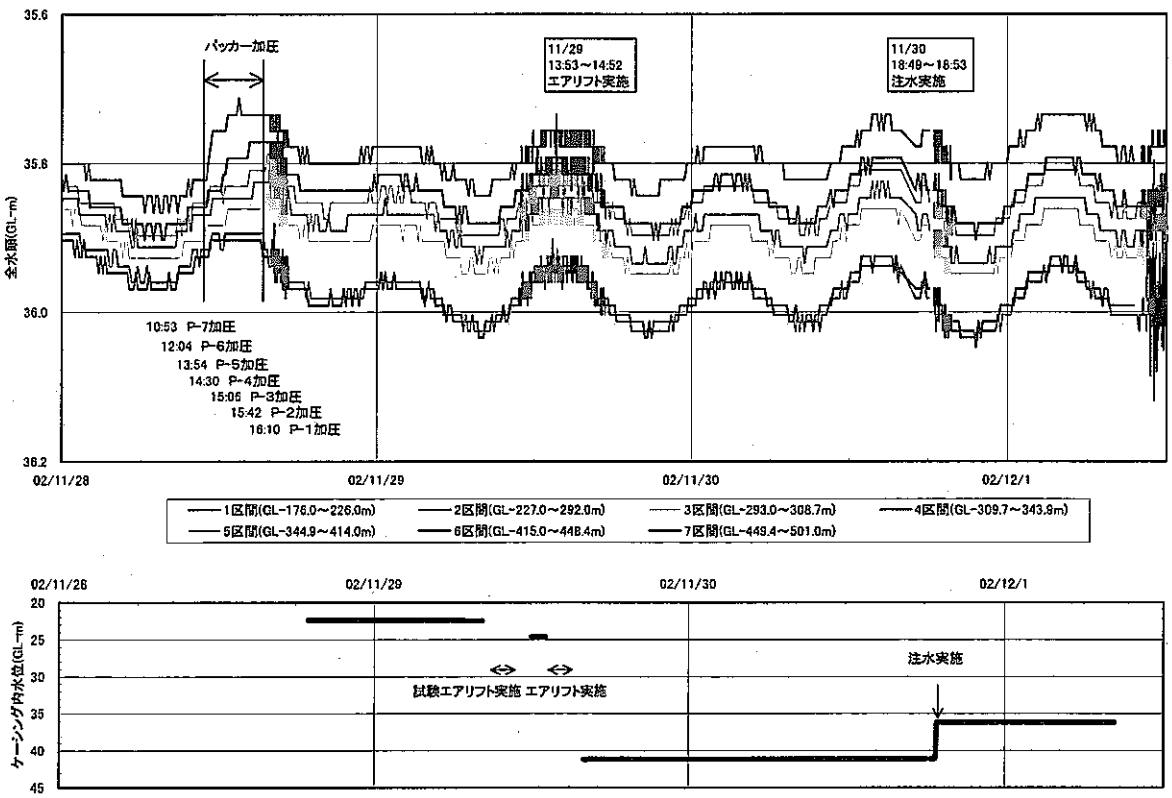


図 6.1-2　遮水性能確認試験におけるケーシング内水位の変化

6.2　採水性能確認試験

採水性能確認試験は以下の事項の確認のために行った。

①すべての試験区間において一定流量で揚水し，採水が可能なことを確認する。

②採水中にケーシング内の水位が影響を受けないことを確認することから，ケーシング接合部やピエゾパイプ接続部の遮水性能を確認する。

③採水区間以外のピエゾパイプとの間に圧力干渉がないことから，パッカーの隔離性を確認する。

試験には，最大外径がφ18mm の容積型の水中ポンプを使用した。図 6.2-1 に採水性能試験の概念図を示す。寸法上の制約から，高トルクのモーターを組み込む余裕がないため，ポンプの駆動は地上に設置されたモーターを使用し，ポンプ揚水管内の同軸ワイヤーを回転させることにより行った。工場出荷時のポンプ突出量は，揚程 50m，定格回転数 500r.p.m.時に 20ml/min であった。

装置概要の 4 章でも述べたように，本装置では各区間における圧力測定ラインと採水ラインとが共通となっており，GL-100m 以浅には，ピエゾチューブと呼称する内径約φ20mm の圧力測定と採水ケーシングを兼ねたパイプが孔口まで立ち上がっている。間隙圧力観測時には，ピエゾパイプ内の水面下に間隙圧力センサーが投入される(図 6.2-1 左)。

採水ポンプと間隙圧力センサーはピエゾパイプ内に双方同時に挿入できないため，試験の際には，区間毎に順次ピエゾパイプ内の間隙圧力センサーと採水ポンプを入れ替えて採水を実施するものとした(図 6.2-1 右)。なお，採水実施中の間隙圧力は，ポンプの揚水管に装着された超小型の圧力センサーにより測定した。

揚水ポンプをピエゾパイプ内 GL-50m付近に設置し，2 時間程度一定流量で採水を行い，これを全 7 観測区間に対し上位の区間から順次実施した。また，ある区間で採水後，次の区間での採水までは 1 時間以上の時間をあけ，揚水により低下したピエゾパイプ内の区間水位が定常状態に戻るのを確認してから，次の区間での採水を行うものとした。

図 6.2-2 に試験結果を示す。同図は上下 2 つの時系列グラフからなっており，上側のグラフが各区間におけるピエゾパイプ内水位を示し，下側のグラフが装置ケーシング内の水位を示している。試験は上位の区間から順番に実施した。各区間から得られた採水はメスシリンダーに溜め，10 分毎に採水レートと積算揚水量を測定した。

採水レートは 20ml/min 程度を目安とした。最下位の区間 7 において水位低下が異常な変動を示したため，同区間ではさらに 2 回の追加試験を実施した。

表 6.2-1 に，各区間における採水継続時間，積算採水体積および平均採水レートを示す。採水レートは区間により多少異なるが，17ml/min～20ml/min とほぼ一定の流量で揚水が可能であった。最下部の 7 区間での 1 回目の採水試験において、揚水流量は一定であったが，揚水の途中で水位の急激な上昇が観測された。これは，初めピエゾパイプ内に抵抗があったが、途中で抵抗が減少したことを示しており，原因としては管内を詰

まらせていた異物がある段階で除去された可能性がある。このため，2回の追試験を実施し，異常な水位変動が見られないことを確認した。これらのことから，①ピエゾシステムにより採水が可能であることが確認された。また，採水試験中にケーシング内の水位を測定した結果，各区間の採水に伴うケーシング内水位の変動は認められなかった。これにより，②ケーシングやピエゾパイプの接続部からの漏洩はないことが確認できた。

採水試験中に採水を実施している区間以外のピエゾパイプ内の水位を計測した結果，採水による他の区間の水位への影響はないことがわかった。この計測結果から，③パッカーの隔離性能が確認できた。採水のための揚水により低下したピエゾ管内の水位は，揚水の停止と共に元の水位へ回復するが，元の水位まで戻りきらず，元の水位よりやや低い位置で安定することが観測された。これは最下位の区間7における採水において顕著であった。この原因として，揚水することによりチューブ～ピエゾパイプ内の水が水道水から地下水に置換されたことが挙げられる。地下水の方が水道水より比重が大きいため，揚水後はピエゾパイプ内の水柱高さは低く観測され，下位の区間ほど，スライムの混入により比重が大きくなっているため，以上の現象が顕著に観測されたものと考えられる。この理由から，採水性能確認試験の終了後，採水に伴いピエゾパイプ内に混入した区間水をすべて水道水に置換(清水置換)して，間隙圧力測定への影響を除去した。

以上のことから本システムにおいては，間隙圧力観測と採水ができることが確認された。

なお，今回のシステムでは，採水と圧力観測が同一ラインでなされている。採水による比重の影響ならびに採水ラインの管摩擦圧力損失の影響を受けないようにするために，通常のピエゾシステムでは，圧力観測と採水ラインが独立に設けられている。しかしながら，本件においては，井戸孔径がφ120mm内で7区間の圧力観測と採水を実施する仕様となっており，寸法上の制約から，採水と圧力観測を独立のラインとは成し得なかった。採水ラインと圧力測定ラインを同一とした場合の装置機能上の特徴として，次の2点が挙げられる。

① 採水実施により，ライン中が清水(水道水)から地下水(区間水)に置き換わるため，採水実施後の通常の圧力観測に先立ち，ライン内に浸入した地下水を清水に置換する必要があること。(前掲)

② 採水時のピエゾパイプ内の水位降下には，各区間の透水性を反映した圧力降下に加え，採水ラインの管摩擦圧力損失が含まれること。

表6.2-1に採水性能試験時における採水ラインの圧力損失を計算により求めた結果を示す。採水性能確認試験時には，各区間の水位降下は，深部の区間ほど大きい傾向にあり，採水停止前30分間の水位低下量の平均値が0.39～3.34mと測定された。この測定値には，採水ポート～ピエゾパイプでの管摩擦圧力損失の影響が含まれている。圧力損失の大きさをオーダエスティメートするため，ピエゾチューブを曲がりの無い内壁の滑らかな円管と仮定し，圧力損失の大きさを次のワイズバッハ・ダルシーの式で求めた。

$$h=\lambda(L/D)(V^2/2g)$$

λ：管摩擦係数；層流時=64/Re(Re:レイノルズ数)

L：チューブ長さ　　D：チューブ内径　　g：重力加速度

V：チューブ内平均流速(揚水レート／チューブ断面積)

圧力損失を概算すると表 6.2-1 に示したように，水位降下量のおおむね 40%~90%程度は採水ラインの圧力損失と見積もられる。このことから，採水性能確認試験時における水位降下は，大部分が装置内における圧力損失と考えられ，区間の透水性を直に反映していない可能性があることを付記しておかねばならない。

表 6.2-1　採水性能確認試験における諸元

測定区間	深度	採水継続時間	積算採水量	平均採水レート	採水チューブ長さ	停止前30分間平均水位降下(観測値)		採水ライン圧力損失(計算値)		圧力損失の占める割合
	(G.L.-m)	(min)	(L)	(mL/min)	(m)	(kPa)	(mH_2O)	(kPa)	(mH_2O)	(%)
1	176.0～226.0	120	2.30	19.2	74	3.8	0.39	3.5	0.36	92.8
2	227.0～292.0	120	2.13	17.8	125	6.5	0.66	5.4	0.55	83.4
3	293.0～308.7	120	2.19	18.3	191	10.3	1.05	8.3	0.85	81.0
4	309.7～343.9	120	2.17	18.1	208	11.7	1.20	8.8	0.90	75.7
5	344.9～414.0	120	2.18	18.2	243	11.7	1.19	10.2	1.04	87.4
6	415.0～448.4	120	2.18	18.2	313	16.8	1.72	12.8	1.31	76.4
7	449.4～501.0	120	2.18	18.2	348	19.4	1.98	14.0	1.43	72.3
7*	449.4～501.0	240	4.33	18.0	348	32.8	3.34	13.9	1.42	42.6
7**	449.4～501.0	150	3.25	21.7	348	24.4	2.49	16.7	1.71	68.6

*,** は追加試験

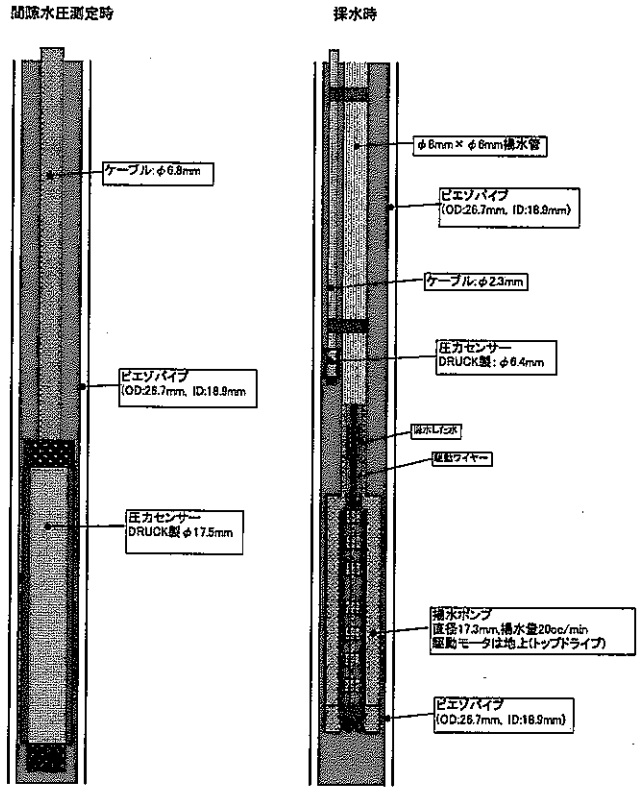


図 6.2-1　水中ポンプによる採水模式図(左：間隙圧力測定，右：採水)

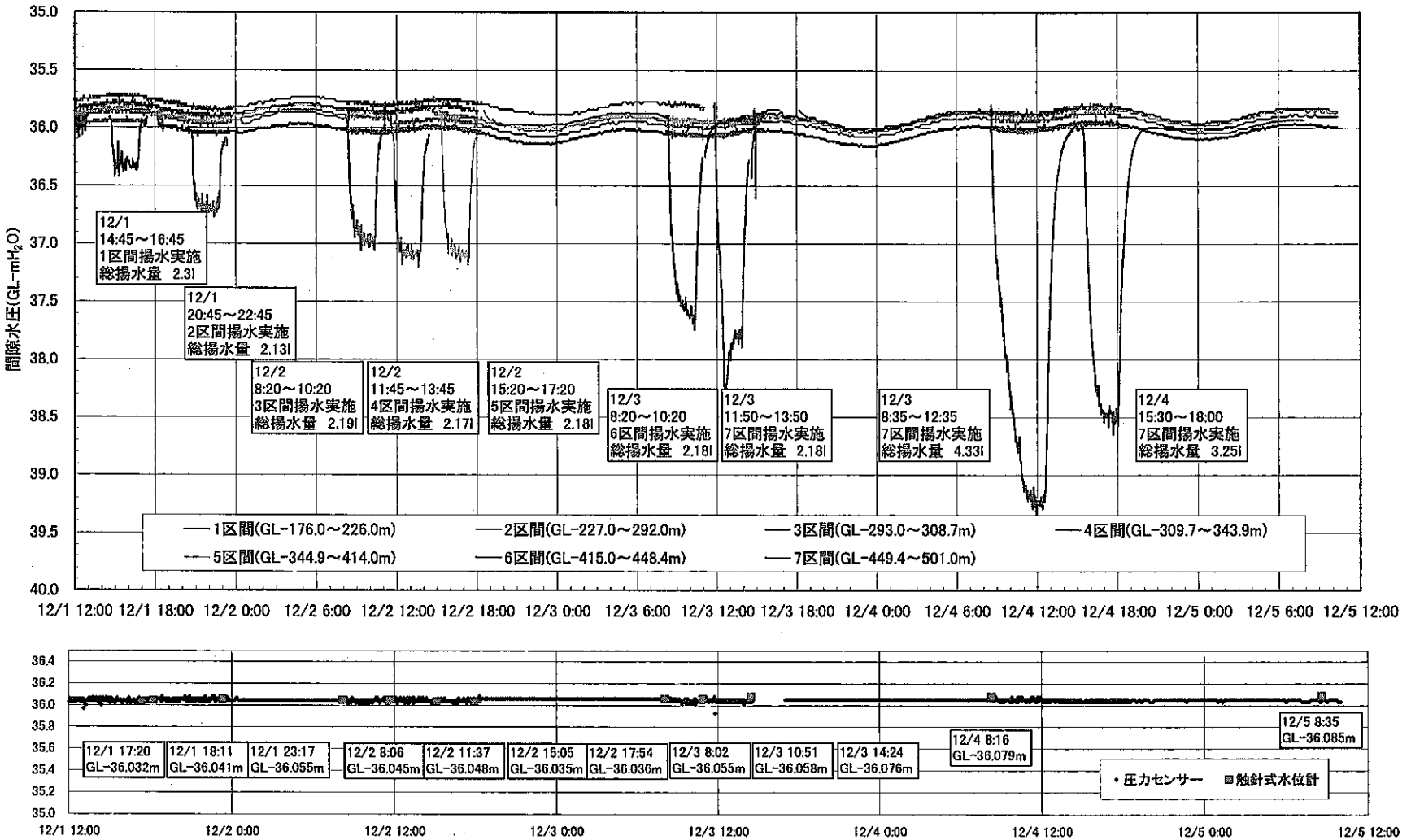


図 6.2-2　採水性能確認試験結果

6.3　初期間隙圧力測定結果

図 6.3-1 にパッカー加圧後の初期間隙圧力測定結果を示す。間隙圧力はピエゾパイプ内の水位として観測される。グラフの縦軸は G.L.基準のピエゾパイプ内水面高さである。横軸は，測定期間にあわせ，2002 年の 11 月 27 日～12 月 7 日とした。11 月 27 日の 20:30～20:50 に，各区間への水位計(圧力センサー)設置が完了し測定を開始した。引き続き，翌 28 日の 10:50～17:30 に，下位のパッカーから順次加圧を開始した。

測定結果から，深部の区間ほど水位が高い傾向が認められ，区間 7 で最も水位が高く，区間 1 が最も低い。また，各区間ともに潮汐の影響が明瞭である。

パッカー拡張直後に測定された間隙圧力は，

① 遮蔽区間形成による孔井内流動経路の変化

② 拡張前の孔内水位と区間間隙圧力との差異

③ パッカー拡張による区間体積の変化などの影響

などを受けており，その区間本来の間隙圧力とは一致しないと考えられる。間隙圧力が，こういった装置設置に伴う非定常状態から地盤固有の定常(平衡)状態に達するまでには，少なくとも数日間程度を要することが知られている。これまでのピエゾシステムの設置実績などから，経験的には地盤の透水性が小さいほど圧力平衡には時間を要することが示唆されており，透水係数が 10^{-11}m/sec オーダーの難透水性の岩盤における観測事例では，施工完了から一ヶ月以上経過しても，パッカーによる区間隔離時の影響(以後，初期効果と呼ぶ)が認められる。今回の初期間隙水圧測定では，採水確認試験時の水頭値の低下している部分は除外して検討している。

図 6.3-1 から，DH-2 号孔では，間隙圧力が潮汐および気圧変化の影響を受けており，生の観測記録からは初期効果が明瞭に見出せない。そこで，潮汐および気圧の影響を見積もり，これらを補正することが必要となる。潮汐の補正は，DH-2 号孔地点における潮汐力(起潮力)の計算結果に基づいた。気圧の補正には観測システムの一部として設置した気圧センサー(ヴァイサラ製)による現地気圧の測定記録を使用した。

直接法による潮汐力(鉛直成分)計算結果を図 6.3-2 に，現地気圧測定記録を図 6.3-3 に示した。なお，直接法による潮汐力の計算方法は巻末資料に示した。図 6.3-3 において気圧データが 11 月 30 日，12 月 5 日の 2 期間に欠損している。これは，11 月 30 日に関しては気圧センサーケーブルの不良によるもので，12 月 5 日に関しては観測小屋の移設のため気圧センサーをはずしたことによるものである。また図 6.3.1 において，12 月 1 日から 12 月 6 日の期間内で間隙水圧データが欠損している様にみえるが，これは採水性能確認試験により間隙水圧値が低下している部分であり，欠損しているわけでない。上記の気圧データ欠測時，採水性能確認試験時は以下に述べる補正計算は行っていない。

図 6.3-4 に，区間 1 における潮汐および気圧の補正結果を例示した。同図における縦軸は，間隙圧力の観測値を H(mH_2O)，潮汐力を T(μgal),気圧を A(hPa)とし，$\Delta = H +$

$\alpha \cdot T + \beta \cdot (A\text{-}1013)$とした重回帰分析における残差⊿($mH_2O$)である。また，回帰係数$\alpha$および$\beta$は，それぞれ潮汐および気圧に対する影響を表す。表 6.3-1 にα，βを算出した結果を示す。区間によりバラツキがあり，αは，0.041～0.046cmH_2O／μgal，βは，0.50～0.60cmH_2O／hPa と求められた。図 6.3-4 から，⊿はパッカー加圧直後の 11 月 28 日から徐々に低下する傾向がみられ，4 日後の 12 月 2 日の午後にはほぼ平衡に達している。平衡に至るまでの⊿の経時変化は，パッカー加圧直後の影響（初期効果）を反映したものと考えられる。表 6.3-1 には，平衡時の⊿値もあわせて示した。区間２～区間７についても上記の計算を行い，区間１とほぼ同様の傾向が認められた。なお，以上の補正では，回帰分析により振幅を補正するのみにとどめ，位相差を考慮していない。位相差は，潮汐力の計算結果との対比では明瞭ではない。潮汐応答，気圧応答についてのより厳密な検討は，観測データの精度も考慮したうえ，今後蓄積される観測結果に基づかなければならない。

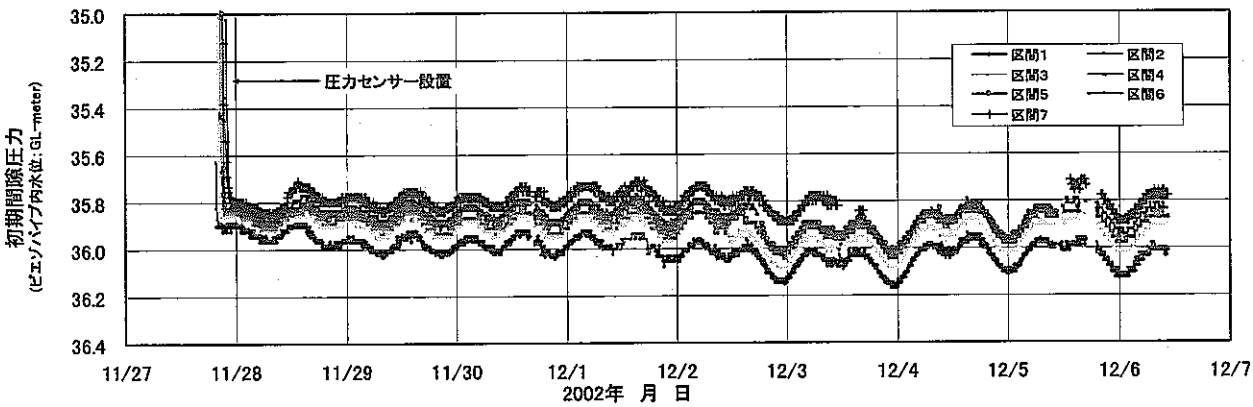


図 6.3-1　初期間隙圧力測定結果

表 6.3-1　初期間隙圧力補正で得られた回帰係数および平衡水位

区間	α	β	平衡時の⊿	備　考
	cmH_2O／μgal	cmH_2O／hPa	GL-meter	
1	0.046	0.50	36.04	位相差は明瞭ではない
2	0.046	0.50	36.00	同上
3	0.046	0.48	35.96	同上
4	0.045	0.60	35.92	同上
5	0.045	0.60	35.90	同上
6	0.045	0.55	35.90	同上
7	0.041	0.57	35.78	同上

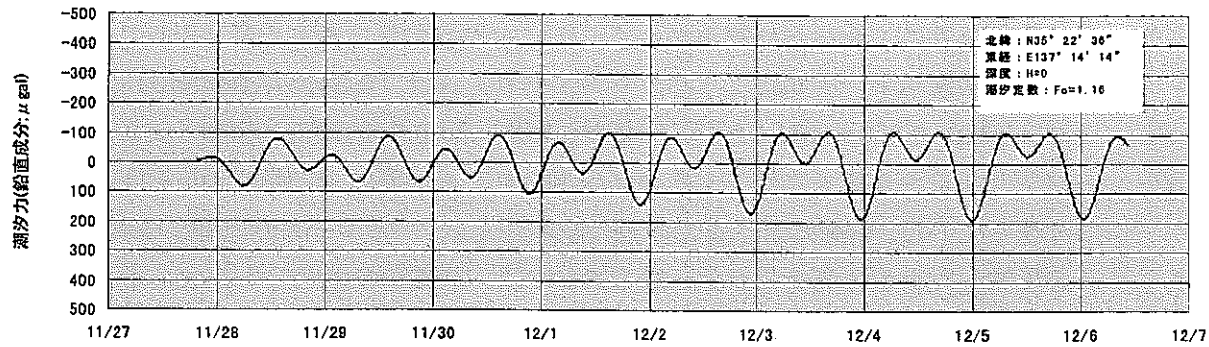


図 6.3-2　直接法による潮汐力(鉛直成分)計算結果

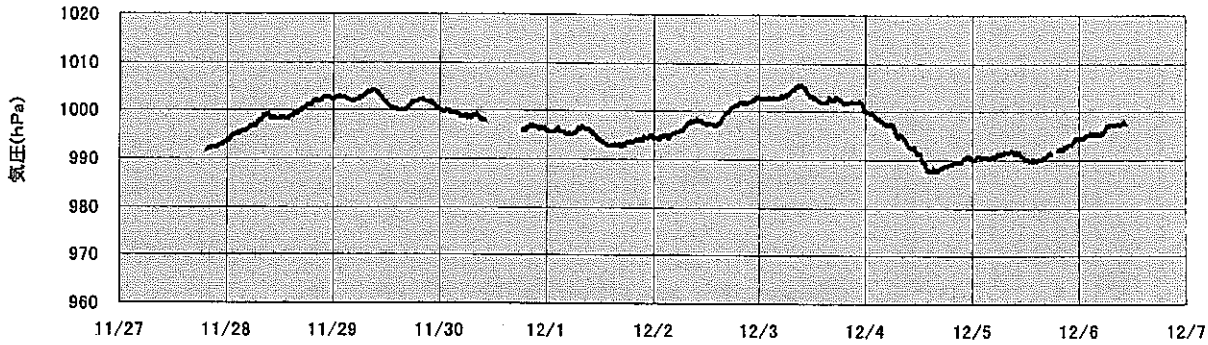


図 6.3-3　現地気圧測定記録

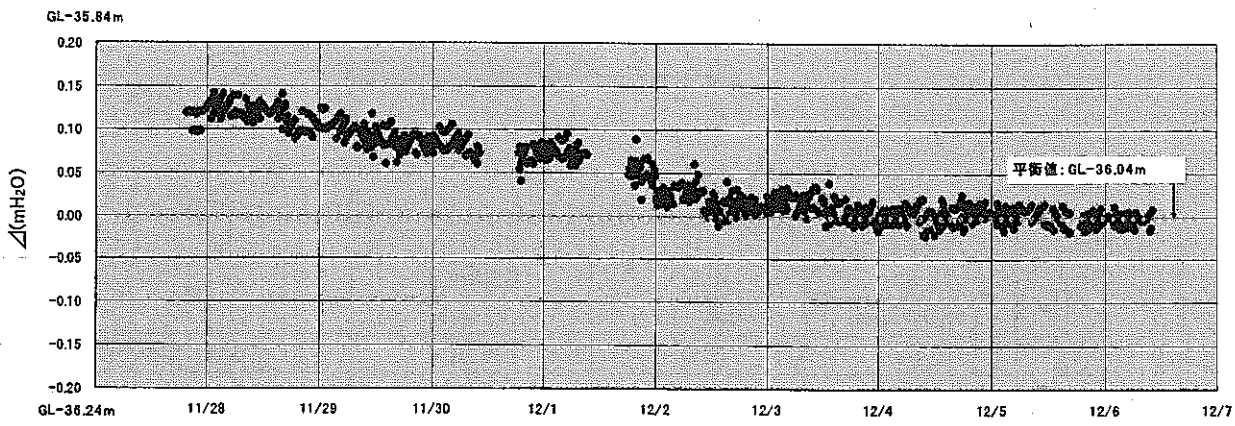


図 6.3-4　区間１における潮汐および気圧の補正結果

7．地上設備の設置

7.1　ソーラーシステムおよび計測・伝送システムの設置

概略寸法が，高さ 2m×幅 1.3m×奥行 1.3m である観測小屋を現場敷地内において組み立て，地上観測機器類(データロガー，バッテリー，パッカー圧力管理ユニット)を収納・設置した。また，ソーラーパネルを観測小屋の屋根に設置した。

図 7.1-1 にデータロガーへの供給電圧の経時変化を示す。ソーラーパネルから電圧が供給されるため，日中は電圧が上昇し，夜間は供給が停止するため，電圧は低下する。しかし，バッテリーの電圧は常に 12V 以上を維持しており，システムの作動には影響しないと判断される。

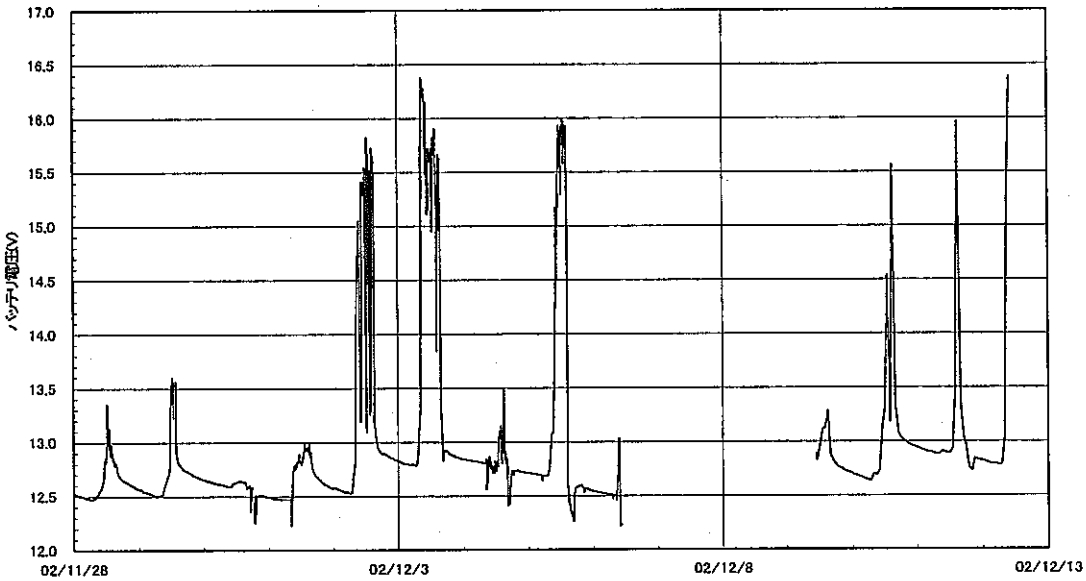


図 7.1-1　データロガーへの供給電圧の経時変化

7.2　観測小屋の設置

2002 年 12 月 19 日～20 日に観測小屋の設置，固定および計測ケーブルの埋設作業を行った。これらの作業終了後に，観測機器の動作確認，仮囲い(U 字バリケード)および工事看板の撤去，小屋周りの植え込み設置作業等を行い，観測小屋の施錠・鍵返却を行い，現場作業をすべて終了した。

施工完了後の現場平面図を図 7.2-1 に示す。観測小屋は，監督員と協議のうえ，歩道脇の雨水溝端より西側約 2.9m の道路利用区画内に設置し，小屋内側の四隅に約φ30mm の鉄筋を深さ 30cm 程度打ち込み，これをアンカーとして固定した。また，ソーラパネルは観測小屋の屋根に受光面を南側に向け固定した。データロガー，気圧センサー，データ伝送システム，および電源バッテリーは，観測小屋内北側に設けたスチール

棚に収納した。さらにスチール棚の直下床面には，パッカー圧力管理ユニットを設置した。

7.3 ケーブル埋設工事

孔内装置の最上部からは，圧力観測用センサーの信号ケーブル(7本)，パッカー加圧・減圧用チューブ(14本)が出ており，これらのケーブルおよびチューブは，それぞれ観測小屋内に収納されたデータロガー，パッカーバルブへ繋がる。DH-2号孔は，すでに述べたように孔口が車道部のマンホールピット内にあるため，ケーブルおよびチューブ類を地中埋設することが必要となった。埋設状況を図7.3-1(縦断図)，図7.3-2(横断図)および図7.3-3(孔口状況)に模式的に示す。

埋設に先立ち，① 埋設溝の機械掘削，② 孔口ピットの穿孔作業，③ 信号ケーブルおよびパッカーチューブの埋設保護管通し作業を実施した。①は，道路カッターにより車道部分のアスファルトを削剥した後，バックホーを使用して行った。掘削位置および規模は，図7.2-1，図7.3-1および図7.3-2に示したように，孔口ピットと観測小屋を結ぶラインとほぼ平行に，幅が約60cm，深さが約60cmとした。②は，孔口ピット底部のコンクリート巻きたて厚さが約50cmであったため，エアーオーガを使用して行い，穿孔径は，埋設保護管(硬質塩化ビニール製：φ89mm)がスムーズに挿入できるようにφ100mm以上とした。

埋設の手順は以下のとおりである。

(a) 上記③によりケーブル類を潜らせた埋設保護管を，上記②のピット横孔に貫通させた。
(b) 埋設保護管は，その孔口側の先端が5cm程度ピット内側に出るように，埋設溝床面に敷設した。
(c) ピット横孔と埋設保護管との隙間にシリコーンゴムを充填した。
(d) 埋設溝は，バックホーやスコップを使用しながら空隙が出来ないように注意を払いつつ慎重に埋め戻した。
(e) 埋め戻し部分を小型ランマーにより填圧した。

7.4 施工後の孔口状況

最終的な坑口状況は既に図7.3-3に示した。DH-2号孔の掘削時に孔深度の基準されたグランドレベル(GL+0m)は，海抜標高が+193.629mである。このGL+0mを基準として述べると，装置の設置が完了した2002年12月時点においては，孔口マンホール周囲のアスファルト路面は，GL-0.242mである。孔口ピット内の装置についてみると，最上部を構成するステンレス製の口元保持器具は，上端深度がGL-0.533m，フィンプレート部分の上端深度，下端深度がそれぞれGL-0.573m，GL-0.693mである。3-2節で述べたように，施工前の孔口(125(A)SGPと150(A)の二重管構造)は，装置を収納す

るために切断しており，施工完了時点の計測結果から，孔口深度は GL-0.767m であった。

なお，装置地上部が地表下にあり，ピエゾチューブ開放端を通じて装置内部に土砂などが混入しやすい環境にあるため，装置・孔口全体をビニールシートで覆い養生した。

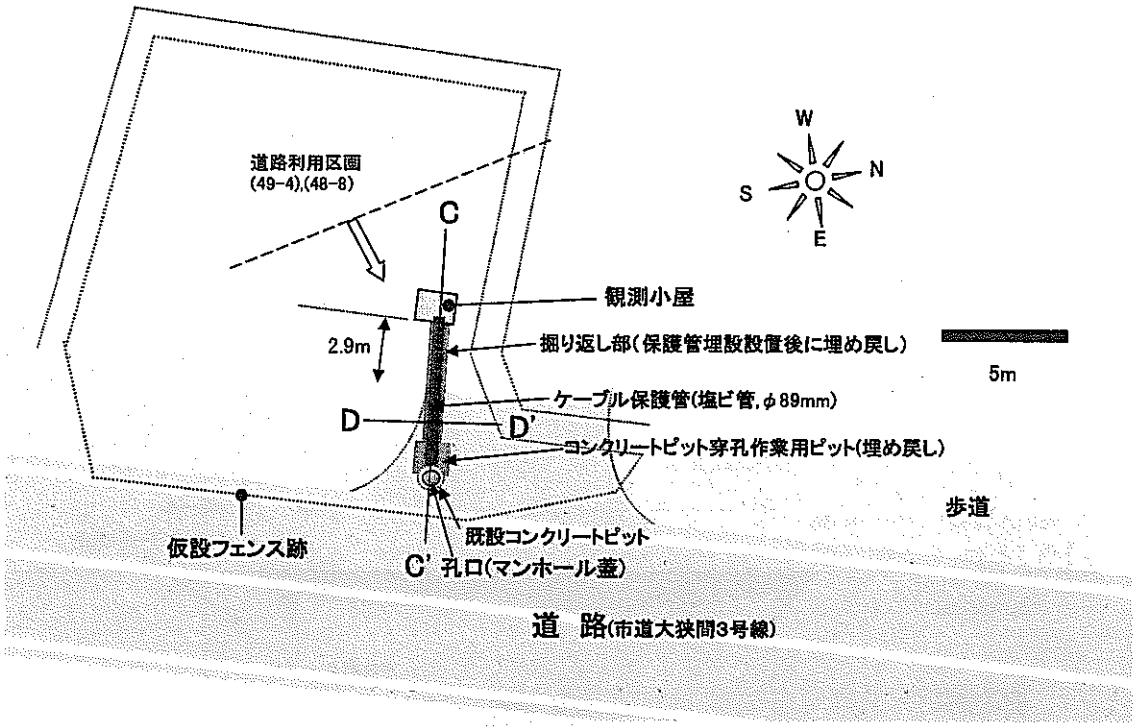


図 7.2-1　観測小屋およびケーブル埋設位置模式図

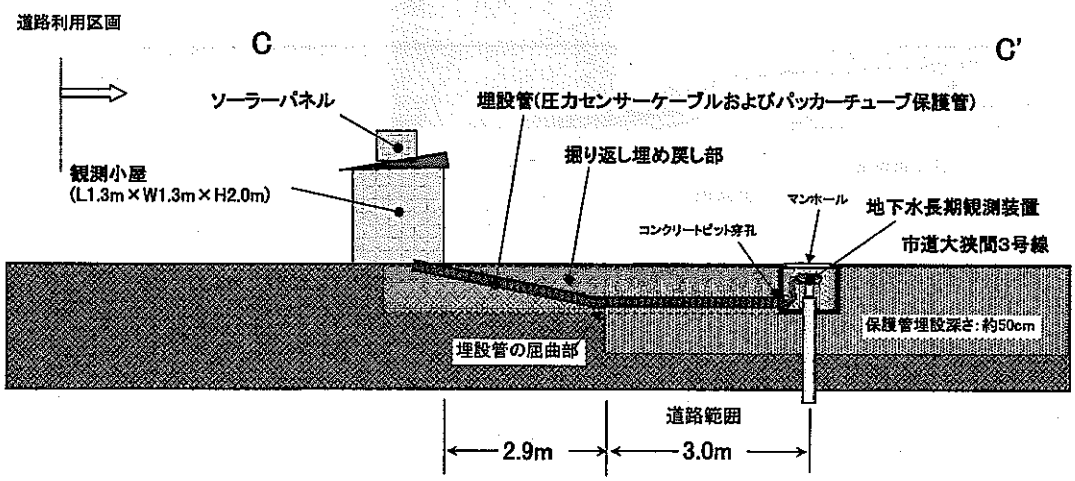


図 7.3-1　ケーブル埋設縦断図(C－C'断面)

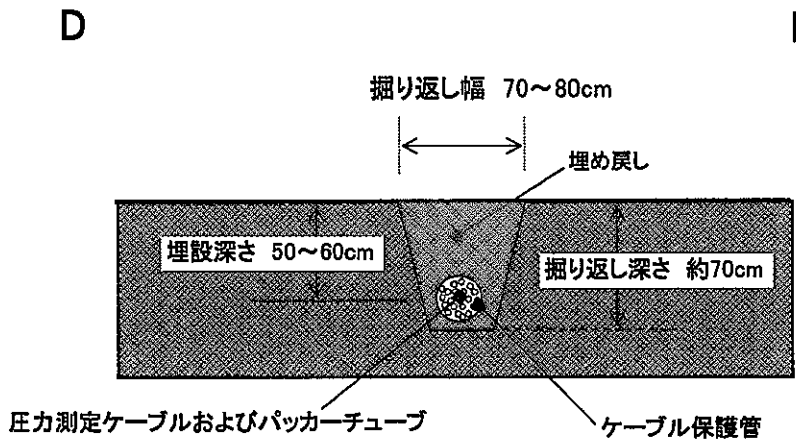


図 7.3-2　ケーブル埋設横断図(D－D'断面)

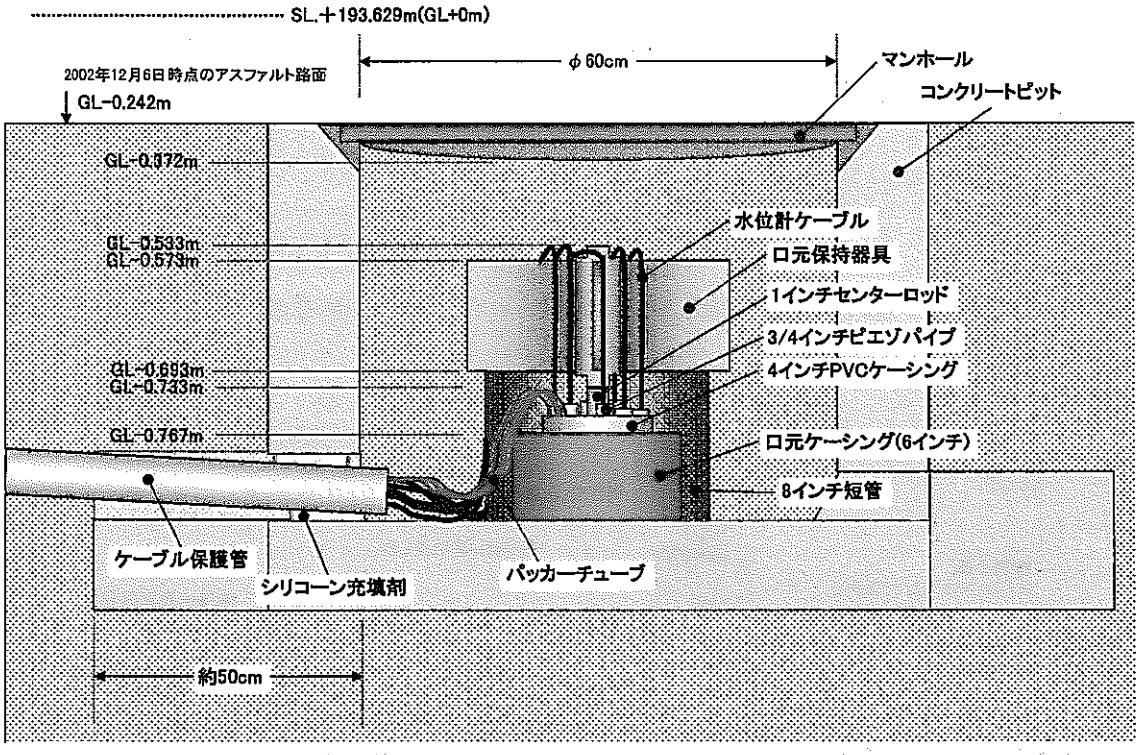


図 7.3-3　施工完了後の孔口模式断面図

8．おわりに

8.1　まとめ

これまで述べてきた内容を以下に要約する。

(1) DH-2 号孔に地下水長期観測システム(ピエゾシステム)を設置した。

(2) 深度 171m～501m の裸孔部をパッカーにより隔離し，7 つの観測区間を設けた。

(3) システムの長期使用を前提に，パッカー圧力を地上から管理できるようにした。

(4) パッカーおよび装置ケーシングの接合部は，施工組み立て時に全数耐圧検査を行い，耐圧性と気密性を確認した。

(5) 施工中にみられたケーシング内の水位低下は，水位計測と検討の結果，装置内からの漏洩が原因ではなく，ケーシングの粘弾性的な伸びを反映している可能性が考えられた。漏洩によらないことは，装置設置後の遮水性能確認試験で確認された。

(6) 遮水性能確認試験では，装置ケーシング内の水を汲出し，外側の水位より低下させた後に水位変動がおこらないことから，ケーシング内部と外部の遮水性が確認された。

(7) 採水性能確認試験から，20ml/min で全区間採水できることが確認された。あわせて，採水時には，

①区間同士に圧力干渉が認められなかったこと

②ケーシング内水位に影響を及ぼさないこと

から，採水ラインの気密性およびパッカーの隔離性を確認できた。

(8) 初期間隙圧力測定結果から，パッカーによる区間隔離後からほぼ 5 日目以降は，間隙圧力が安定し，正常な計測が出来ることを確認した。

(9) 地上設備では，データロガーにより，5 分毎の区間圧力，現地気圧，気温などが測定され，これらのデータが蓄積されている。

(10) 携帯電話を使用したデータ伝送システムにより，データの無線・遠隔収録が可能である。

(11) 地上設備機器類はすべて観測小屋に収納・設置した。

(12) システム全体の駆動電力は，すべてソーラ発電から供給されている。

(13) パッカー圧力は，設置後の 2 回の再加圧によりほぼ安定傾向となったが，今後のチェックが必要である。

8.2　設置後の観測結果

巻末資料に 2002 年 12 月 9 日～2003 年 2 月 28 日の観測結果を示した。全 7 区間における間隙圧力，気圧および気温はすべて正常な観測結果が得られている。また，バッテリー電圧は，12V 以上を継続して維持しており，安定した電源電圧が確保されている。

8.3　保守・点検

今回納品したピエゾシステムは，3年間の保障期間中においてメインテナンスフリーとはならない。以下の保守・点検を定期的かつ恒常的に実施することにより，長期間にわたって正常な観測ができるものと期待される。

以下に保守・点検要領を示す。

(1) パッカー圧の点検およびパッカーの加圧

パッカー圧は，初期間隙圧力測定後には約 1MPa に調整しているが，極微小ながら徐々に低下する傾向にある。パッカー圧が 0.6 MPa 未満に低下すると，パッカーの効き性能が低下する可能性があるため，適正な有効圧力の 0.8～1MPa となるように再加圧する必要がある。

① 点検は，最低3ヶ月に一度に実施する。

② パッカー圧管理ユニットの遮水バルブが全て閉塞していることを確認した後，点検するパッカーに対応するバルブ(C1～C7)を開き，付属のアナログ式圧力計によりパッカー圧を確認する。

③ 付属のパッカー加圧ポンプを使用して注入液を送り，パッカー圧を 0.8～1MPa まで高める。注入液は凍結防止のため，清水に市販の不凍液を 20%程度混入したものを使用する。

④ バルブ座(灰色)は，バルブを全閉したままに放置すると，気温上昇に伴い内部の注入水が膨張し破裂することがある。パッカー圧力の点検後は，手押しポンプとつながるバルブAを開放し，残りの遮水バルブは全て閉塞して終了する。

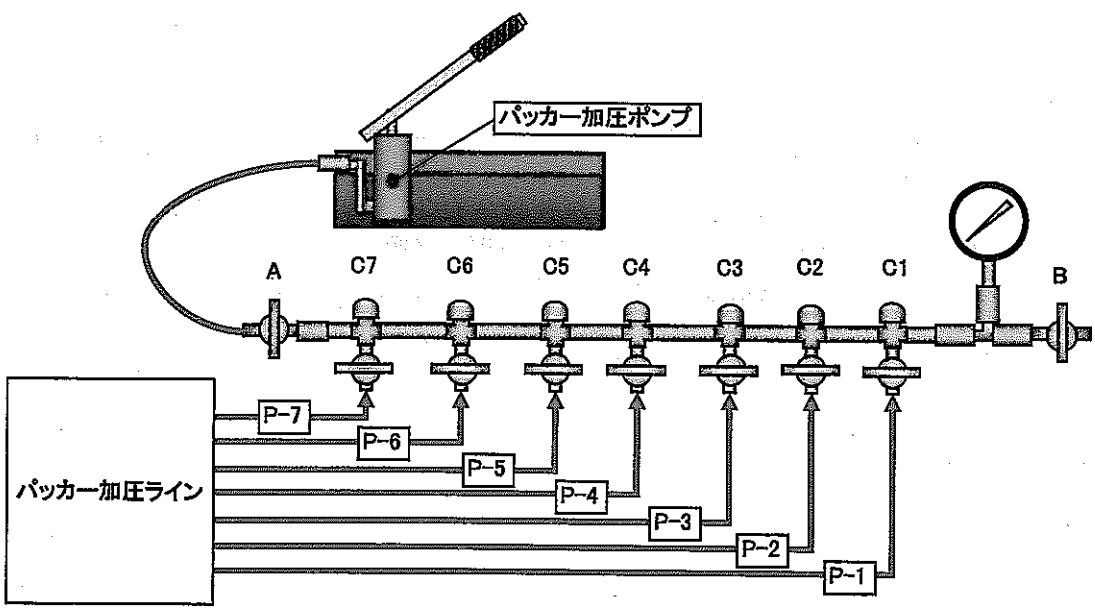


図 8.3-1　パッカー圧力点検要領

(2)太陽電池の清掃

太陽電池の清掃は１ヶ月に一度実施する。太陽電池のパネル表面の汚れ(粉塵,鳥の糞,落ち葉等)を目視点検する。汚れが確認された場合，木の葉，鳥の糞等は速やかに取り除き，汚れは柔らかい布またはスポンジに水を少しつけ，表面を清掃する。

(3)除湿剤の交換

除湿剤の交換は３ヶ月に一度実施する。データロガー，モデム等が収納された防水箱内に設置している除湿剤を目視で確認して，使用期限を超えている場合は市販の新品の物に交換する。

(4)バッテリー電圧の点検

データロガーから収録されるバッテリー電圧データにより随時バッテリー電圧を点検する。ソーラーシステムが正常に動作しているにもかかわらず，バッテリー電圧が頻繁に 12V 未満に低下する場合には，バッテリーの性能が劣化している可能性が高い。直ちに市販の新品の自動車用バッテリーに交換する。

重量物のため，交換の際は持ち運びに十分注意を払う。また，ショートや配線を間違えるとデータロガーや太陽電池が破損する可能性があるため，配線時にも十分注意を払う必要がある。

参考文献

(1) 坪川家恒編：現代測地学，第５巻，測量測地②，日本測量協会，pp.193～267(1986)

(2) 暦計算研究会編：新こよみ便利帳，ver1.2.，天文現象・暦計算のすべて，pp143～161 (1998)

(3) 作花一志・中西久崇：天文学入門，パソコンで見る宇宙，オーム社，pp93～100(2001)

(4) 国立天文台編：理科年表，机上版，平成 14 年第 56 冊(2003)

(5) 国立天文台編：天文年鑑-卓上版-，誠文堂(2002)

(6) 動力炉・核燃料開発事業団東濃地科学センター：DH-2 号孔における調査研究報告書，JNC－TN7400－2000－007，pp1～7(1997)

(7) 田中章一ほか：油井・パイプライン用鋼管ハンドブック，石油技術協会，pp224～225(1992)

(8) 池森亀鶴：水理学，標準機械工学講座 8，コロナ社，p160(2000)

(9) 中原一郎：材料力学(下巻)，養賢堂 pp82～106(2000)

(10) Osswald/Menges：エンジニアのためのプラスチック材料工学，シグマ出版，pp273～281(1997)

(11) J.C.Jaeger：弾性・破壊・流動論(工学および地球科学への応用)，共立全書，pp110～111(1978)

平成１１年６月　８日
改訂　平成１１年６月２８日

ＰＶＣパッカー出荷検査について

株式会社　ダイヤコンサルタント

１．検査方法Ｉ

パッカーラバー外径＋２０ｍｍ（±４）のケーシング内で、Ｎ２ガス圧力２．９４ＭＰａ（３０ kgf/cm²）を加えて水中にて１５分間、気泡の有無及び圧力変化をチェックする。チェック箇所は、ラバー拡張用φ６パイプ部、ラバーカシメ部、（パイロック継ぎ手部）を中心に行う。

〈チェック方法〉

１．１　チェックする場所は、屋内が望ましい。但し、外部の場合は、直射日光が当たらない場所で行う事。

１．２　水槽内には気泡の発生防止として不凍液を水１００㍑当たり１５０～３００ｃｃ入れること。

１．３　ラバー外径＋２０ｍｍケーシング内にパッカーをセット後水槽内に入れサブ又は、これに代わる物を水中内にて組み込む（サブ、ねじ部の気泡を除去する為）。この時、パッカー内及びケーシグに気泡が付着しない様、静かに水槽内に沈め水槽内に気泡が発生していない事を確認する。（ケーシング表面とパッカー内に付着した気泡は取り去ること。）φ６パイプ側をＢ側とし、水槽内の傾斜用台にてＢ側を上げる。

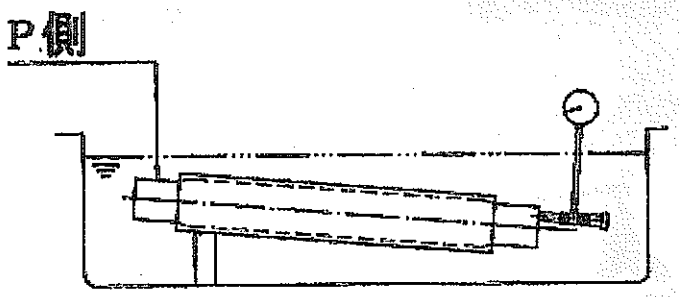
１．４　圧力を徐々に上げて行き（約３分間かけて）２．９４ＭＰａ（３０ kgf/cm²）にセットする。

１．５　以上の状態で、１５分間目視及び圧力計にて確認する。（気泡を継続的に監視する。

１．６　φ６パイプの反対側をＰ側とし水槽内の傾斜用台を移動させＰ側を上げて気泡を１５分間確認する。（この時試験体は絶対に水中から上げない事！）

１．７　最後に圧力低下が判定基準内であるか圧力計を目視確認した後パッカー試験体を水槽から取り出し、石鹸水スプレーにてφ６パイプ溶接部の漏れの有無を確認する。

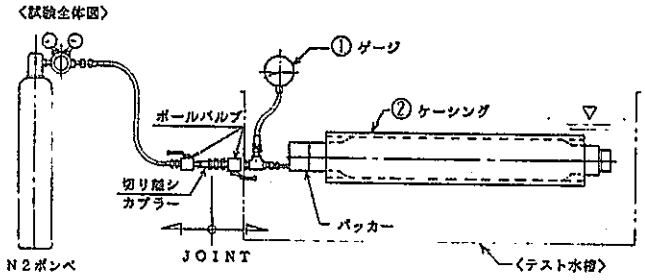
図　１



平成１１年６月　８日
改訂　平成１１年６月２８日

〈試験全体図〉

使用ゲージは、スケール４．９０ＭＰａ（５０ kgf/cm²）とする。

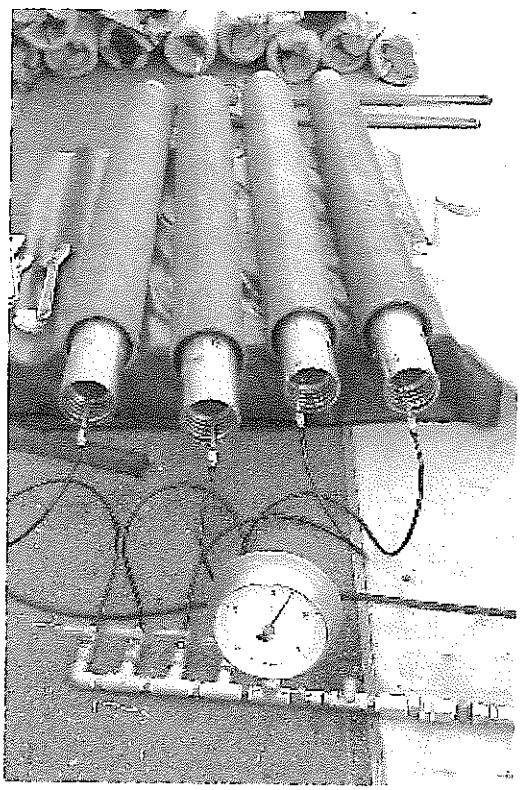


〈検査Ⅰ合否判定基準〉

圧力低下２．９２ＭＰａ（２９．８ kgf/cm²）以内又は、初期圧力より－０．０２ＭＰａ（０．２ kgf/cm²）以内、気泡０で本試験合格として検査Ⅱへ移行する。但し、圧力２．８９ＭＰａ（２９．５ kgf/cm²）以内、気泡箇所が限定できない物についても次の検査を行った上で判断する。

２．検査方法Ⅱ

検査方法Ⅰの通過品について、パッカーラバー外径＋２０ｍｍ（±４）のケーシング内でＮ２ガス圧力１．１８ＭＰａ（１２ kgf/cm²）を加え大気中にて初期圧力、６０分後の圧力を測定する。



〈試験全体図〉

〈チェック方法〉

２．１　試験場所は、屋内で行う。

２．２　検査方法Ⅰと同様にケーシング内にセットしたパッカーに徐々に（約３分間かけて）圧力をかけて１．１８ＭＰａ（１２ kgf/cm²）にセット、６０分後の圧力をチェックする。

２．３　試験装置は、左の様にパッカー１個の圧力を測れるようにバルブにて仕切ること。

２．４　経過時間と共に各々のパッカー側バルブを開いて圧力を目視記録します。

２．５　最後に石鹸水スプレーにてφ６パイプ溶接部をチェックする。

←ゲージは、スケール１．９６ＭＰａ（２０ kgf/cm²）０．０１ＭＰａ（０．１ kgf/cm²）を読む。

平成１１年６月　８日
改訂　平成１１年６月２８日

〈検査Ⅱ合否判定基準〉

圧力低下１．１６ＭＰａ（１１．８ kgf/cm² ）以内又は、初期圧力より－０．０２ＭＰａ（０．２ kgf/cm²）以内、で合格品とする。ゲージ判読上微妙な物については、１２時間以上継続的に本試験を実施し基準内（１．１６ＭＰａ）であれば合格とする。
尚、この時は室温が一定に保てる場所で行う事。

〈その他〉

検査手順は、検査Ⅰ、Ⅱの順で行う事。

３．チェック結果の提出

パッカー個体ＮＯ別に、検査方法Ⅰ．Ⅱの結果をまとめて提出する事。
検査状況を各個体別に写真に撮り提出する。（個体ＮＯが写っていること。）

４．輸送について

１．φ６ｍｍパイプ部に外力、振動が加わらない様クッション材にて保護する。
　　又、添え木等で保護する。
２．梱包は、木枠内にパッカーが動かないようバンド等にて固定（ラバー部は、さけること）する。
３．取り扱い注意のステッカーを貼る。

５．持続性試験について　（９９．７．１３追記）

１．パッカー全数について検査方法Ⅱによる試験装置を用いて、パッカーを加圧した状態で２４時間後の圧力をチェックする。但し、途中５時間後、１６時間後の圧力についても測定する。（開始時間により、途中経過の時間は多少前後することがあります。）

【例】１２：００　→　１７：００　→　翌日９：００　→　１２：００
　　開始　５時間後　チェック　１６時間後　チェック　３時間後　終了

合否判定は２４時間後の圧力低下が１．１６ＭＰａ（１１．８ kgf/cm² ）以内を合格品として出荷する。
○検査データを報告書にて提出する。
○検査状況を各個体別個体ＮＯが写る用に写真に撮り提出する。

以　上

φ100型PVCパッカー出荷検査成績表

(3″ 2口タイプ)

品番 B282691

平成14年10月31日
株式会社 エヌ エル シー

検査印	検査印	検査係
	吉沢	藤田

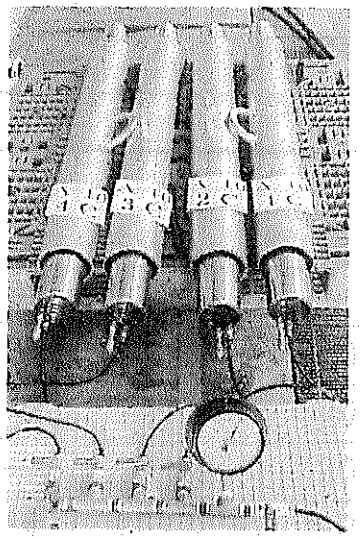
項目No	寸法					外観			耐圧性								持続性					備考
	全長	ホース部外径	P側カシメ部外径	φ6側カシメ部外径	判定	ネジ部	ホース部	カシメ部	2.94MPa気密検査(水中)					1.18MPa気密検査(大気中)			1.18MPa加圧後の圧力					
									もれ(気泡)	初期圧力	15分後圧力	30分後圧力	φ6溶接部石鹸水確認	初期圧力	60分後圧力	φ6溶接部石鹸水確認	基準値24時間後1.16MPa以上				判定	
	+1.5 1350 -1.5	+1.0 φ92.0 -1.0	φ94.5 ±0.5	φ94.5 ±0.5		目視	目視	目視	有無		2.92MPa以上のこと	2.93MPa以上のこと	もれ(気泡)有無		1.16MPa以上のこと	もれ(気泡)有無	初期圧力	5時間経過後	16時間経過後	24時間経過後		
AX-01C	1351.5	91.2	94.1	94.3	合格	合格	合格	合格	無し	2.94	2.94	2.94	無し	1.18	1.180	無し	1.18	1.180	1.180	1.180	合格	
AX-02C	1351.0	91.2	95.0	94.8	合格	合格	合格	合格	無し	2.94	2.94	2.94	無し	1.18	1.180	無し	1.18	1.180	1.179	1.179	合格	
AX-03C	1351.5	91.1	94.9	94.3	合格	合格	合格	合格	無し	2.94	2.94	2.94	無し	1.18	1.179	無し	1.18	1.179	1.179	1.179	合格	
AX-04C	1351.0	91.1	94.5	94.6	合格	合格	合格	合格	無し	2.94	2.94	2.94	無し	1.18	1.179	無し	1.18	1.179	1.179	1.179	合格	
AX-05C	1351.5	91.1	94.2	94.4	合格	合格	合格	合格	無し	2.94	2.94	2.94	無し	1.18	1.179	無し	1.18	1.179	1.179	1.179	合格	
AX-06C	1351.5	91.1	94.5	94.4	合格	合格	合格	合格	無し	2.94	2.94	2.94	無し	1.18	1.180	無し	1.18	1.180	1.180	1.179	合格	
AX-07C	1351.5	91.2	94.7	94.3	合格	合格	合格	合格	無し	2.94	2.94	2.94	無し	1.18	1.179	無し	1.18	1.179	1.179	1.179	合格	

資-1(4)

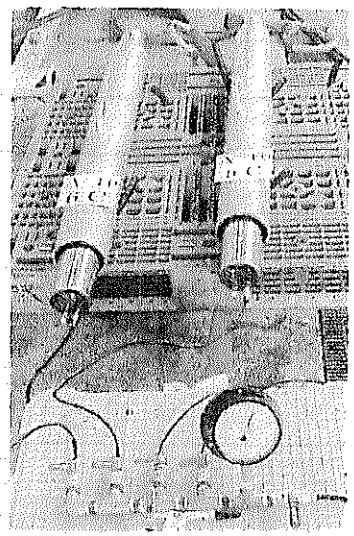
φ100型

PVCパッカー気密検査写真

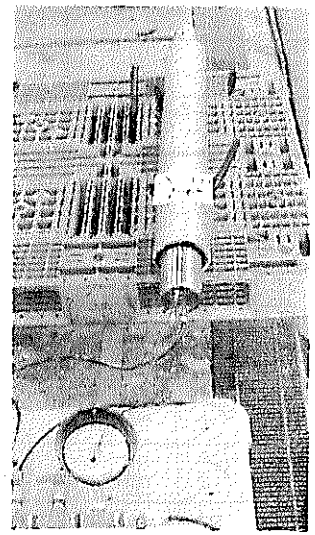
12kgf/cm²気密検査
ホースNo. 1C 2C 3C 4C



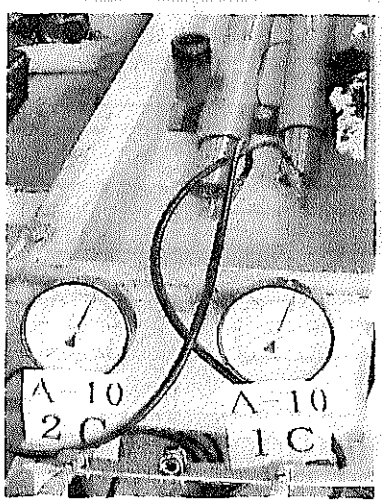
12kgf/cm²気密検査
ホースNo. 5C 6C



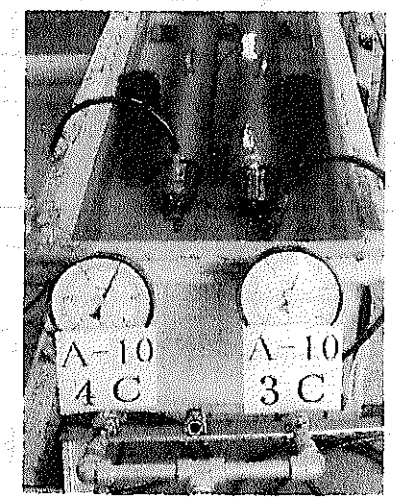
12kgf/cm²気密検査
ホースNo. 7C



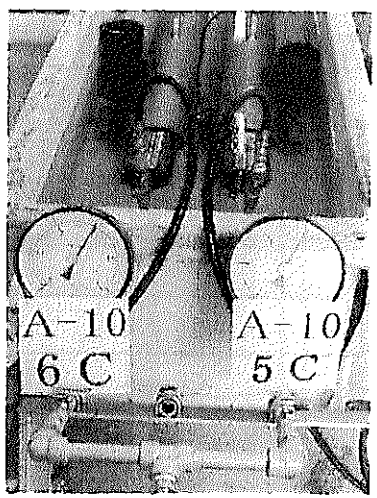
30kgf/cm²気密検査
ホースNo. 1C 2C



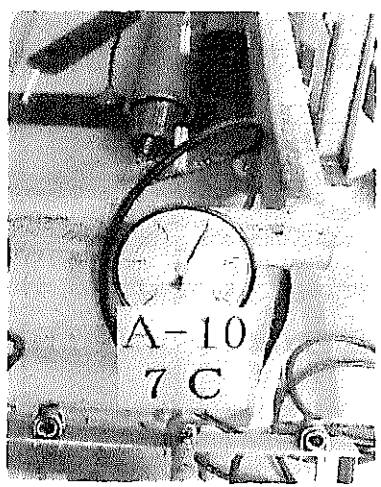
30kgf/cm²気密検査
ホースNo. 3C 4C



30kgf/cm²気密検査
ホースNo. 5C 6C



30kgf/cm²気密検査
ホースNo. 7C



平成14年10月31日
㈱エヌ エル シー

検査印	検査印	検査印

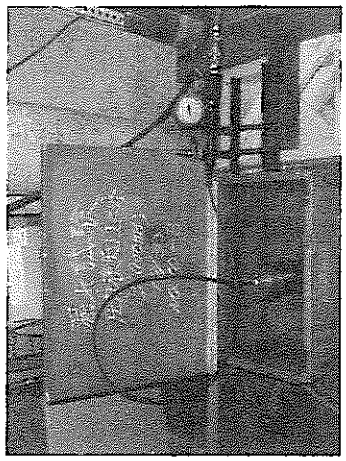
100mm圧力検知ユニット出荷検査成績表

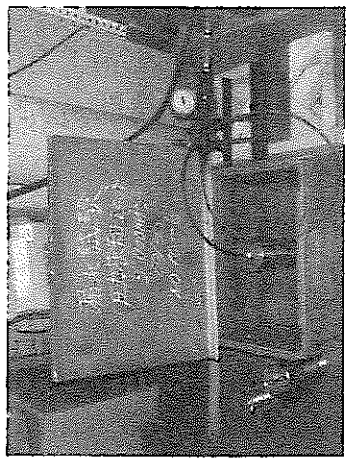
(3″)

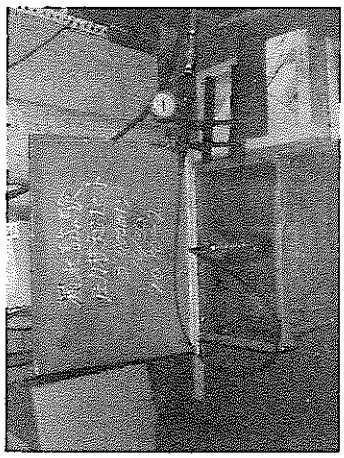
部品番号　282708

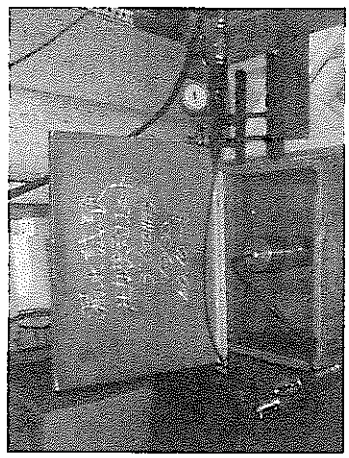
NO ＼ 項目	寸法			外観			加圧後の圧力降下	気泡	判定	日時
	全長（有効長）	Pin ネジ長さ	Box ネジ長さ	ネジ部	溶接部 Pin側	溶接部 Box側				
				目視	目視	目視				
基本寸法	$151.4^{\pm 0.2}$	50.5^{-0}	54^{-0}							
10-1	151.4	50.5	54.0	OK	OK	OK	ナシ	ナシ	合格	10/30
10-2	151.4	50.5	54.0	OK	OK	OK	ナシ	ナシ	合格	10/30
10-3	151.4	50.5	54.0	OK	OK	OK	ナシ	ナシ	合格	10/30
10-4	151.4	50.5	54.0	OK	OK	OK	ナシ	ナシ	合格	10/30
10-5	151.4	50.5	54.0	OK	OK	OK	ナシ	ナシ	合格	10/30
10-6	151.4	50.5	54.0	OK	OK	OK	ナシ	ナシ	合格	10/30
10-7	151.4	50.5	54.0	OK	OK	OK	ナシ	ナシ	合格	10/30

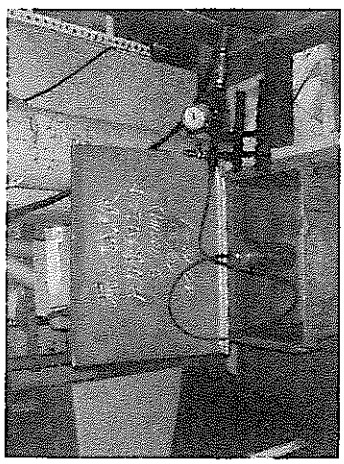
資－1(6)

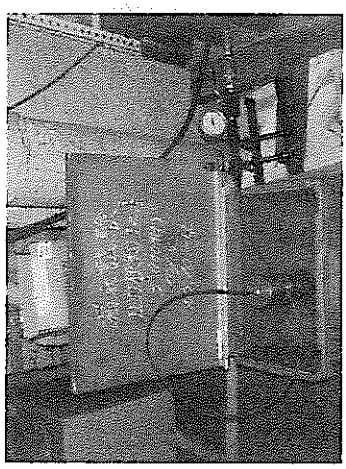


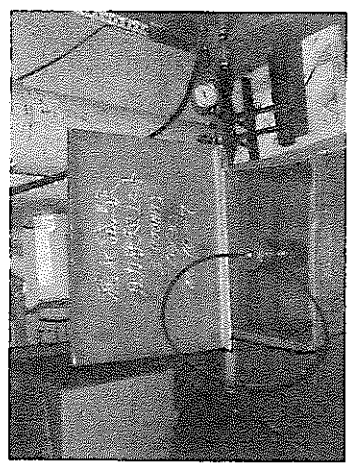












DRUCK AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM ISSUE 6.1

Device Under Test

Tag no S11002
Location ..... DRUCK
Manufacturer ... DRUCK
Type PTX1730
S/N 1662885
Test range ..... 0 to 35 mH2O
Nominal Output.. 4 to 20 mA
Accuracy spec .. .25 % FS
DUT Full Scale . 16 mA

General Information

Test Procedure . PT35MH2O
Data file fle62885
Caldate 7-Nov-80
Operator ..... I.KOBAYASU
Analysis ..... TSL
Printed 7-Nov-80
Temperature ... 21 C

Calibration Equipment

Pressure Source .... DPI 510
Manufacturer ..... DRUCK
S/N 1324
Range ..... 7 bar G
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Pressure Medium .. AIR
Accuracy .....

Elec. Measurement .. SCM - Input 1
Manufacturer ..... DRUCK
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Accuracy .....

Client Information

Client .....
Client Ref .....
Our ref .....
Certificate No. 1004575

Comments : Diva sn1324 date 7/11/02

Option H Enabled In Gauge Mode

Summary of Calibration Results
Span : -0.001 to 35.002mH2O : 16.011 mA

Cycle	Max. Deviation (mA)	Max. Deviation (% FS)
1	-0.020	-0.12

	Applied Pressure (mH2O)	Output (mA)	Error (mA)	Error (% FS)	
	-0.001	4.015	0.000	0.00	
	6.995	7.202	0.013	0.08	
Max. >	14.003	10.400	-0.020	-0.12	< Max.
	21.003	13.603	-0.018	-0.11	
	28.002	16.808	-0.016	-0.10	
	35.002	20.006	0.000	0.00	
	34.177	19.885	0.004	0.02	
	28.001	16.809	-0.015	-0.09	
	20.998	13.802	-0.018	-0.11	
	13.998	10.402	-0.016	-0.10	
	6.994	7.207	-0.008	-0.05	
	0.000	4.017	0.002	0.01	

02.11.07

Inspector ..... Date .....

DRUCK AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM ISSUE 6.1

Device Under Test

Tag no 311002
Location ..... DRUCK
Manufacturer ... DRUCK
Type PTX1/30
S/N 1662884
Test range ..... 0 to 35 mH20
Nominal Output.. 4 to 20 mA
Accuracy spec .. .25 % FS
DUT Full Scale . 16 mA

General Information

Test Procedure . PT35MH20
Data file T1662884
Caldate 7-Nov-80
Operator ..... J.KUMAISU
Analysis ..... BSL
Printed 7-Nov-80
Temperature ... 21 C

Calibration Equipment

Pressure Source ..... DPI 510
Manufacturer ..... DRUCK
S/N 1324
Range ..... 7 bar G
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Pressure Medium .. AIR
Accuracy .....

Elec. Measurement .. SCM - Input 1
Manufacturer ..... DRUCK
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Accuracy .....

Client Information

Client .....
Client Ref .....
Our ref .....
Certificate No. L004569

Comments : Diva sn1324 date 7/11/02

Option H Enabled In Gauge Mode

Summary of Calibration Results

Span : 0.000 to 35.004mH20 : 16.017 mA

Cycle	Max. Deviation (mA)	Max. Deviation (% FS)
1	0.016	0.10

BSL has a gradient = .4574062 mA / mH20

and intersection = 3.987658 mA

	Applied Pressure (mH20)	Output (mA)	Error (mA)	Error (% FS)	
	0.000	3.998	0.010	0.06	
	6.996	7.188	0.000	0.00	
	13.998	10.383	-0.013	-0.08	
	21.000	13.583	0.010	0.06	
	28.001	16.789	-0.006	-0.04	
Max.	35.004	20.015	0.016	0.10	Max.
	35.000	20.010	0.013	0.08	
	28.001	16.789	-0.006	-0.04	
	21.000	13.586	-0.007	-0.04	
	13.998	10.381	-0.009	-0.06	
	6.994	7.188	0.001	0.01	
	0.000	3.999	0.011	0.07	

小 2002.11.07 松

Inspector ..... Date .....

DRUCK AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM ISSUE 6.1

Device Under Test

Tag no S11002
Location ..... DRUCK
Manufacturer ... DRUCK
Type PIX1730
S/N 1662883
Test range ..... 0 to 35 mH20
Nominal Output.. 4 to 20 mA
Accuracy spec .. .25 % FS
DUT Full Scale . 16 mA

General Information

Test Procedure . PT35MH20
Data file f1662883
Caldate 7-Nov-80
Operator ..... T.KOMATSU
Analysis ..... BSL
Printed 7-Nov-80
Temperature ... 21 C

Calibration Equipment

Pressure Source .... DPI 510
Manufacturer ..... DRUCK
S/N 1324
Range ..... 7 bar G
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Pressure Medium .. AIR
Accuracy .....

Elec. Measurement .. SCM - Input I
Manufacturer ..... DRUCK
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Accuracy .....

Client Information

Client .....
Client Ref .....
Our ref .....
Certificate No. 1004574

Comments : Diya sn1324 date 7/11/02

Option H Enabled In Gauge Mode

Summary of Calibration Results

Span : 0.001 to 34.999mH20 : 15.999 mA

Cycle	Max. Deviation (mA)	Max. Deviation (% FS)
1	0.016	0.10

BSL has a gradient = .4570887 mA / mH20

and intersection = 4.000932 mA

	Applied Pressure (mH20)	Output (mA)	Error (mA)	Error (% FS)	
	0.001	4.013	0.012	0.07	
	7.005	7.197	-0.005	-0.03	
	14.001	10.388	-0.013	-0.08	
	20.993	13.584	-0.013	-0.08	
	28.004	16.796	-0.005	-0.03	
	34.999	20.012	0.013	0.08	
Max. >	35.001	20.015	0.016	0.10	< Max.
	28.001	16.797	-0.003	-0.02	
	21.000	13.590	-0.010	-0.06	
	13.998	10.391	-0.008	-0.05	
	6.995	7.200	0.002	0.01	
	0.000	4.015	0.014	0.09	

小 2002.11.07 松

Inspector ..... Date .....

DRUCK AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM ISSUE 6.1

Device Under Test

Tag no SI1002
Location ..... DRUCK
Manufacturer ... DRUCK
Type PTX1730
S/N 16628B2
Test range ..... 0 to 35 mH20
Nominal Output.. 4 to 20 mA
Accuracy spec .. .25 % FS
DUT Full Scale . 16 mA

General Information

Test Procedure . PT35MH20
Data file I16628B2
Caldate 7-Nov-80
Operator ..... T.KOMATSU
Analysis ..... BSL
Printed 7-Nov-80
Temperature ... 21 C

Calibration Equipment

Pressure Source .... DPI 510
Manufacturer ..... DRUCK
S/N 1324
Range ..... 7 bar G
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Pressure Medium .. AIR
Accuracy .....

Elec. Measurement .. SCN - Input I
Manufacturer ..... DRUCK
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Accuracy .....

Client Information

Client .....
Client Ref .....
Our ref .....
Certificate No. 10045/0

Comments : Diva sn1324 date 7/11/02

Option H Enabled In Gauge Mode

Summary of Calibration Results

Span : -0.001 to 35.003mH20 : 16.002 mA

Cycle	Max. Deviation (mA)	Max. Deviation (% FS)
1	0.016	0.10

BSL has a gradient = .4570776 mA / mH20

and intersection = 4.003544 mA

	Applied Pressure (mH20)	Output (mA)	Error (mA)	Error (% FS)	
	-0.001	4.017	0.014	0.09	
	6.993	7.701	-0.001	-0.01	
	13.997	10.397	0.011	0.07	
	21.001	13.589	-0.014	-0.09	
	28.002	16.797	0.006	0.04	
Max. >	35.003	20.019	0.016	0.10	< Max.
	35.003	20.019	0.016	0.10	
	28.001	16.797	-0.005	-0.03	
	21.000	13.591	-0.011	-0.07	
	13.998	10.391	-0.011	-0.07	
	6.993	7.199	-0.001	-0.01	
	0.001	4.017	0.013	0.08	

小 2002.11.07 松

Inspector ..... Date .....

DRUCK AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM ISSUE 6.1

Device Under Test

Tag no S11002
Location ..... DRUCK
Manufacturer ... DRUCK
Type PTX1/30
S/N 1662881
Test range ..... 0 to 35 mH20
Nominal Output.. 4 to 20 mA
Accuracy spec .. .25 % FS
DUT Full Scale . 16 mA

General Information

Test Procedure . PT35MH20
Data file T1662881
Caldate 7-Nov-80
Operator ..... T.KOMATSU
Analysis ..... ISL
Printed 7-Nov-80
Temperature ... 21 C

Calibration Equipment

Pressure Source .... DPI 510
Manufacturer ..... DRUCK
S/N 1324
Range ..... 7 bar G
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Pressure Medium .. AIR
Accuracy .....

Elec. Measurement .. SCM - Input I
Manufacturer ..... DRUCK
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Accuracy .....

Client Information

Client .....
Client Ref .....
Our ref .....
Certificate No. 10001573

Comments : Diva sn1324 date 7/11/02

Option H Enabled In Gauge Mode

Summary of Calibration Results
Span : 0.001 to 35.000mH20 : 16.019 mA

Cycle	Max. Deviation (mA)	Max. Deviation (% FS)
1	-0.022	-0.14

	Applied Pressure (mH20)	Output (mA)	Error (mA)	Error (% FS)	
	0.001	3.994	0.000	0.00	
	6.995	7.183	-0.012	-0.08	
	14.001	10.381	-0.021	-0.13	
Max. >	21.000	13.583	-0.022	-0.14	< Max.
	28.002	16.791	-0.019	-0.12	
	35.000	20.013	0.000	0.00	
	35.001	20.011	-0.002	-0.02	"
	28.001	16.790	-0.020	-0.12	
	21.000	13.583	-0.022	-0.14	
	13.999	10.383	-0.018	-0.11	
	6.994	7.183	-0.012	-0.07	
	0.001	3.997	0.003	0.02	

小 2002.11.07 松

Inspector ..... Date .....

DRUCK AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM ISSUE 6.1

Device Under Test

Tag no S11002
Location ..... DRUCK
Manufacturer ... DRUCK
Type PTX1730
S/N 1662880
Test range ..... 0 to 35 mH20
Nominal Output.. 4 to 20 mA
Accuracy spec .. .25 % FS
DUT Full Scale . 16 mA

General Information

Test Procedure . PT35MH20
Data file 16622880
Caldate 7-Nov-80
Operator ..... T.KUMATSU
Analysis ..... BSL
Printed 7-Nov-80
Temperature ... 21 C

Calibration Equipment

Pressure Source .... DPI 510
Manufacturer ..... DRUCK
S/N 1324
Range ..... 7 bar G
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Pressure Medium .. AIR
Accuracy .....

Elec. Measurement .. SCN - Input I
Manufacturer ..... DRUCK
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Accuracy .....

Client Information

Client .....
Client Ref .....
Our ref .....
Certificate No. 1004568

Comments : Diva sn1324 date 7/11/02

Option H Enabled In Gauge Mode

Summary of Calibration Results

Span : 0.000 to 35.004mH20 : 16.009 mA

Cycle	Max. Deviation (mA)	Max. Deviation (% FS)
1	-0.014	-0.09

BSL has a gradient = .4572353 mA / mH20

and intersection = 4.000748 mA

Applied Pressure (mH20)	Output (mA)	Error (mA)	Error (% FS)
0.000	4.010	0.009	0.06
6.999	7.199	-0.002	-0.01
14.000	10.386	-0.014	-0.09
21.003	13.594	-0.010	-0.06
27.998	16.797	-0.005	-0.03
35.004	20.019	0.013	0.08
35.001	20.017	0.013	0.08
27.998	16.800	-0.002	-0.02
21.000	13.595	-0.008	-0.05
13.999	10.393	-0.009	-0.05
6.993	7.201	0.003	0.02
0.000	4.013	0.012	0.08

小 2002.11.07 松

Inspector ..... Date .....

DRUCK AUTOMATIC CALIBRATION SYSTEM ISSUE 6.1

Device Under Test

Tag no S11002
Location ..... DRUCK
Manufacturer ... DRUCK
Type PTX1730
S/N 1662879
Test range ..... 0 to 35 mH2O
Nominal Output.. 4 to 20 mA
Accuracy spec .. .25 % FS
DUT Full Scale . 16 mA

General Information

Test Procedure . PT35MH2O
Data file f1662879
Caldate 7 Nov-80
Operator ..... T.KOMATSU
Analysis ..... BSL
Printed 7-Nov-80
Temperature ... 21 C

Calibration Equipment

Pressure Source .... DPI 510
Manufacturer ..... DRUCK
S/N 1324
Range ..... 7 bar G
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Pressure Medium .. AIR
Accuracy .....

Elec. Measurement .. SCN - Input I
Manufacturer ..... DRUCK
Calibrated 15/OCT/01
Traceability ..... DRUCK JAPAN
Accuracy .....

Client Information

Client .....
Client Ref .....
Our ref .....
Certificate No. 1004572

Comments : Diya sn1324 date 7/11/02

Option H Enabled In Gauge Mode

Summary of Calibration Results

Span : 0.000 to 35.009mH2O : 16.024 mA

Cycle	Max. Deviation (mA)	Max. Deviation (% FS)
1	0.016	0.10

BSL has a gradient = .4575577 mA / mH2O

and intersection = 3.985675 mA

	Applied Pressure (mH2O)	Output (mA)	Error (mA)	Error (% FS)	
	0.000	3.994	0.008	0.05	
	7.000	.186	-0.003	-0.02	
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	
	20.995	13.581	-0.011	-0.07	
	28.002	16.790	-0.008	-0.05	
	35.009	20.018	0.014	0.09	
Max. >	35.001	20.016	0.016	0.10	< Max.
	28.000	16.792	-0.005	-0.03	
	21.000	13.585	-0.009	-0.06	
	13.998	10.385	-0.005	-0.03	
	6.995	7.190	0.004	0.02	
	-0.001	3.997	0.012	0.07	

小 2002.11.07 松

Inspector ..... Date .....

VAISALA

Certificate report no. H11-02440005

CALIBRATION CERTIFICATE

Instrument	PTB210 Class C digital barometer
Serial number	X4410013
Manufacturer	Vaisala Oyj, Finland
Calibration date	28th October 2002
Test procedure	doc210435A

This instrument has been calibrated against a Vaisala PTB220 factory working standard. The Vaisala PTB220 is traceable to the National Institute of Standards and Technology (NIST, USA) via Vaisala Measurement Standards Laboratory (MSL). Vaisala MSL has been accredited by FINAS according to ISO/IEC 17025 standard.

At the time of shipment, the instrument described above was within its operating specifications.

Calibration results

Reference pressure hPa	Observed pressure hPa	Correction* hPa	Uncertainty** hPa
810.08	810.07	0.01	± 0.15
850.37	850.38	-0.01	± 0.15
910.09	910.12	-0.03	± 0.15
950.28	950.30	-0.02	± 0.15
999.96	999.99	-0.03	± 0.15
1058.01	1058.02	-0.01	± 0.15

*To obtain the true pressure, add the correction to the barometer reading. Interpolated corrections may be used at intermediate readings of the scale of the barometer.

**The calibration uncertainty given at 95 % confidence level, k = 2

Equipment used in the calibration

Type	Serial number	Calibration date	Certificate number
PTB220	S0400002	2002-06-24	K008-K06241
HP34970A	US37015569	2001-09-27	100694-19

Ambient conditions

Humidity: 26 ± 5 %RH Temperature: 22 ± 1 °C Pressure: 992 ± 1 hPa

For Vaisala Oyj

Antti Vuorinen

This report shall not be reproduced except in full, without the written approval of Vaisala. *doc210433-A*

Vaisala Oyj
Vanha Nurmijärventie 21
FIN-01670 Vantaa, Finland

Tel. (+ 358 9) 8949 2658
Fax (+ 358 9) 8949 2295
http://www.vaisala.com

Domicile Vantaa, Finland
Trade Reg. No. 96.607

センサー一覧表

孔　名	端子台番号	深度番号（区間）	センサー型式	Serial No.	ケーブル長 (m)	レンジ (mH_2O) 温度計 (℃) 気圧計 (hPa)	センサーの傾き (mA/mH_2O) 気圧計 (hPa/mV)	センサーのゼロ点 (mA) 気圧計 (hPa)	供給電圧 (V)	設置深度 (GL-m)	設置深度 標高 (EL m)	精　度 (cm) 温度計 (℃) 気圧計 (hPa)
DH-2	SE 1	1	PTX1730	1662879	100	0～35	0.458	3.986	12.00	50.69	142.94	±3.5
	SE 2	2	PTX1730	1662880	100	0～35	0.457	4.001	12.00	50.44	143.19	±3.5
	SE 3	3	PTX1730	1662881	100	0～35	0.458	3.984	12.00	50.47	143.16	±3.5
	SE 4	4	PTX1730	1662882	100	0～35	0.457	4.004	12.00	50.61	143.02	±3.5
	SE 5	5	PTX1730	1662883	100	0～35	0.457	4.001	12.00	50.47	143.16	±3.5
	SE 6	6	PTX1730	1662884	100	0～35	0.457	3.988	12.00	50.62	143.01	±3.5
	SE 7	7	PTX1730	1662885	100	0～35	0.457	4.006	12.00	50.37	143.26	±3.5
	DIFF 5	温度	熱電対	-	-	-55～85	-	-	-	観測小屋内に設置		±0.5
	DIFF 6	気圧	PTB210	X4410013	3	800～1060	0.104	800.0	12.00	観測小屋内に設置		±0.15

資－2(1)

・生データから観測データへの換算式

（間隙圧力）

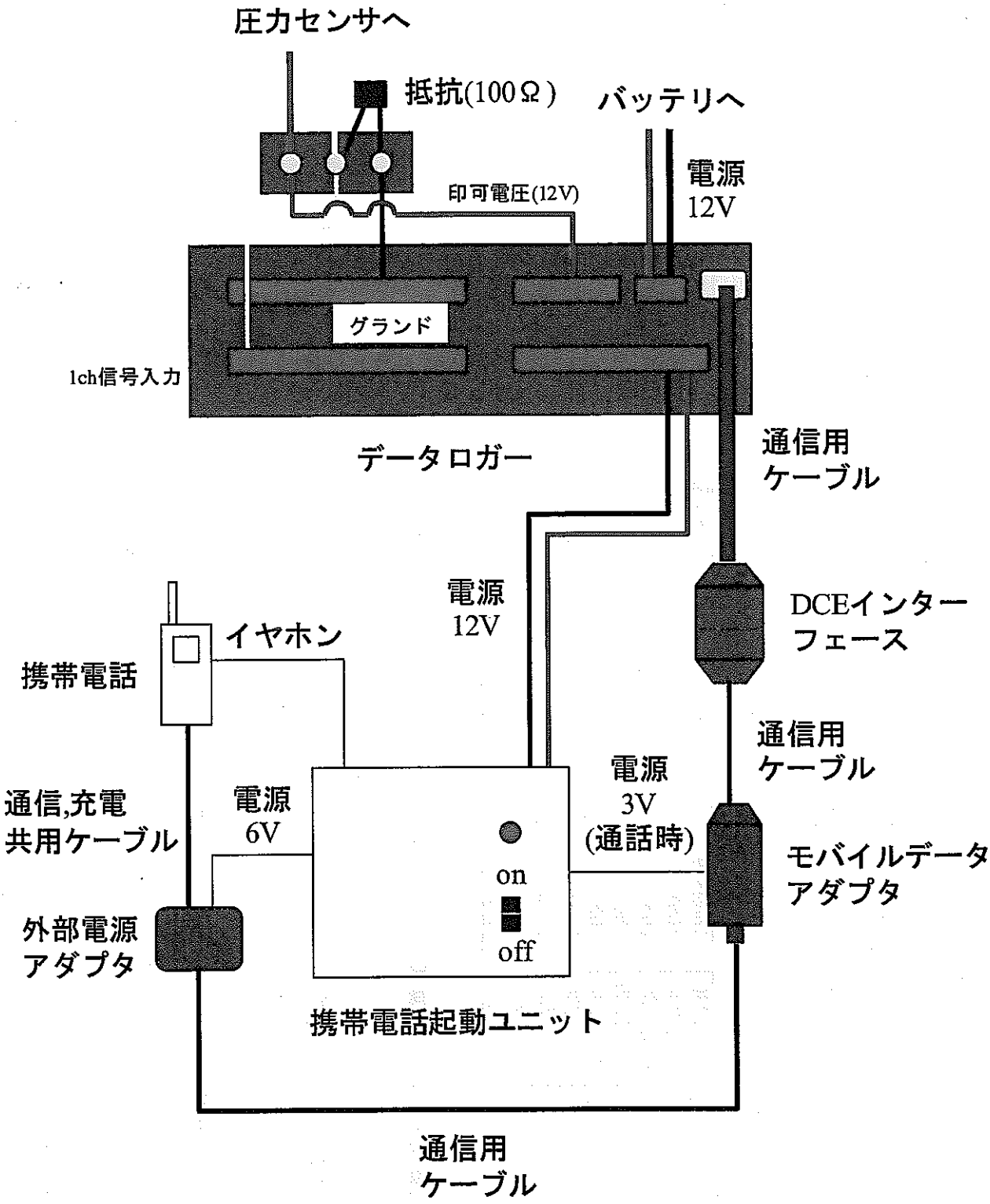
$$\text{間隙圧力}(GL\text{-}mH_2O) = \text{設置深度}(GL\text{-}mH_2O) - \frac{(\text{生データ})/100 - (\text{ゼロ点})}{(\text{傾き})}$$

（温度）

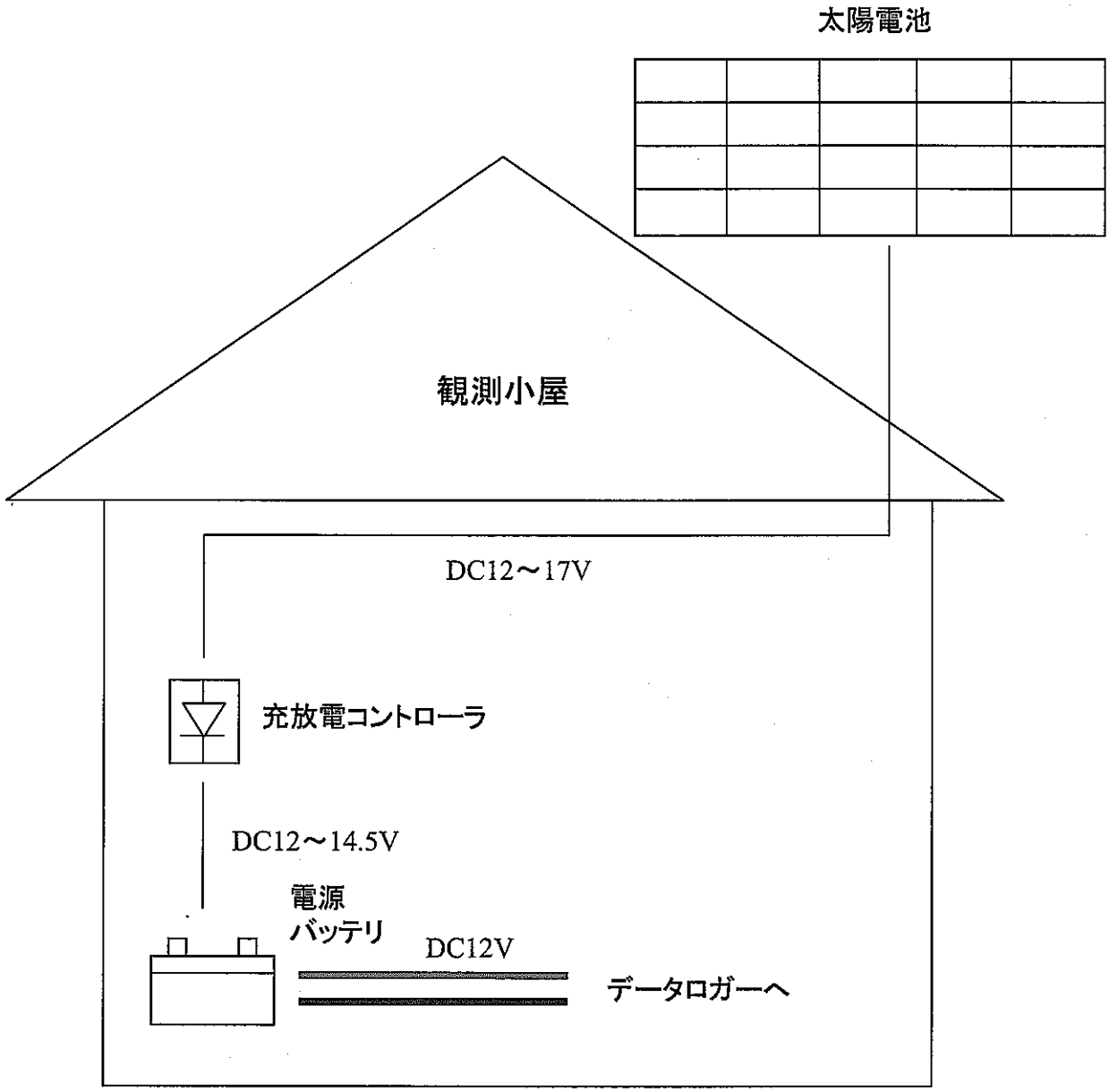
$$\text{温度}(℃) = \text{生データ}$$

（気圧）

$$\text{気圧}(hPa) = \text{センサの傾き} \times \text{生データ} + \text{センサのゼロ点}$$



データ伝送システムの配線図



ソーラーシステムの配線図

観測データ回収方法

ピエゾシステムによって観測されたデータを，専用のサポートソフトウェア(PC208W)を利用してデータロガーから回収する方法について，概略を以下に説明する。なお，データ回収以外の詳細な操作，各操作画面の説明については，別紙の資料にとりまとめた。

1. モバイル通信アダプタ，携帯電話をパソコンに接続する。
2. PC208W をパソコンから起動する。
3. メニューアイコンの Connect(左から２つ目)をクリックする。
4. 画面左上の Station List で「 DH2 」が選択されていることを確認してから，画面右下の Connect ボタンをクリックする。
5. 携帯電話が通話状態になって画面右下のケーブルの絵が繋がったことを確認した後，画面中央上の Collect ボタンをクリックする。すると，データの回収が開始される。なお，データファイルの保存先はメニューアイコンの Setup(左から１つ目)内の Data Collection のタブで確認・変更が可能でるが，通常は変更しない。
6. 画面中央上のグラフでデータファイルがパソコンに回収されたことを確認した後，画面右下の Disconnect ボタンをクリックする。
7. 携帯電話の通信が切断されたことを確認した後，Connect のウィンドウを閉じる。
8. メニューアイコンの Report(右から４つ目)をクリックする。
9. Input File(s)タブの Browse ボタンをクリックして，データ通信によって回収したデータファイル(dat ファイル)を選択する。
10. 画面下の Selct の欄に「 date(3;2)4..14 」と入力する。
11. Output File タブの Browse ボタンをクリックして，出力ファイル(prn ファイル)のファイル名と保存先を指定する。この際，保存先はデフォルトかハードディスク直下(例：C:¥)が良い。フォルダ名が日本語の場合，エラーが発生しやすい。
12. Run の下にある Go のコマンドを押す。すると，データファイルの変換が行われる。
13. 出力ファイルである prn 形式のファイル(スペース区切りのテキストファイル)は，Excel 等の表計算ソフトで読み込み可能であるが，日付の部分が区切られていないので，Excel 等でファイルを読み込む際に手入力で区切る。
14. テキストファイルに変換できたことを確認した後，PC208W を終了してモバイル通信アダプタ，携帯電話をパソコンをパソコンから取り外す。

以上

キャンベルデータロガー CR510 / CR10X / CR23X / CR7 用サポートソフトウェアー
ＰＣ２０８Ｗ

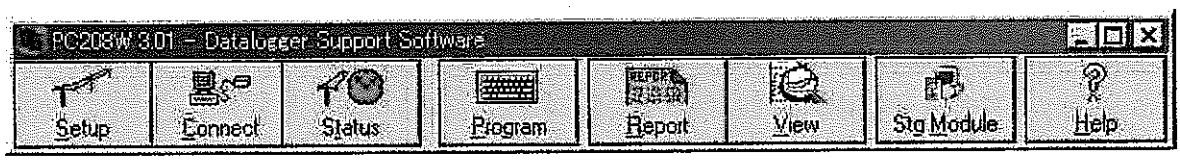
内容：

PC208W は Windows3.1 / Windows 95 / Windows 98 / Windows NT の走っているパソコンの上で実行します。

このソフトウェアーを使用すると以下のことができます。

1） データロガーのプログラム作成及び修正
2） プログラムをデータロガーに通信ケーブルを使用して送り込む。
3） データロガーからプログラムを吸い上げる。
4） データロガーの時計をパソコンの時計にあわせる。
5） 計測中のデータをモニターする。
6） データロガーに収録されたデータを吸い上げる。
7） 収録されたデータを見る。
8） 収録されたデータを編集する。
9） データロガーに記録されたデータを消去する。

*PC208W を実行すると以下のアイコンが画面上部に表示されます。

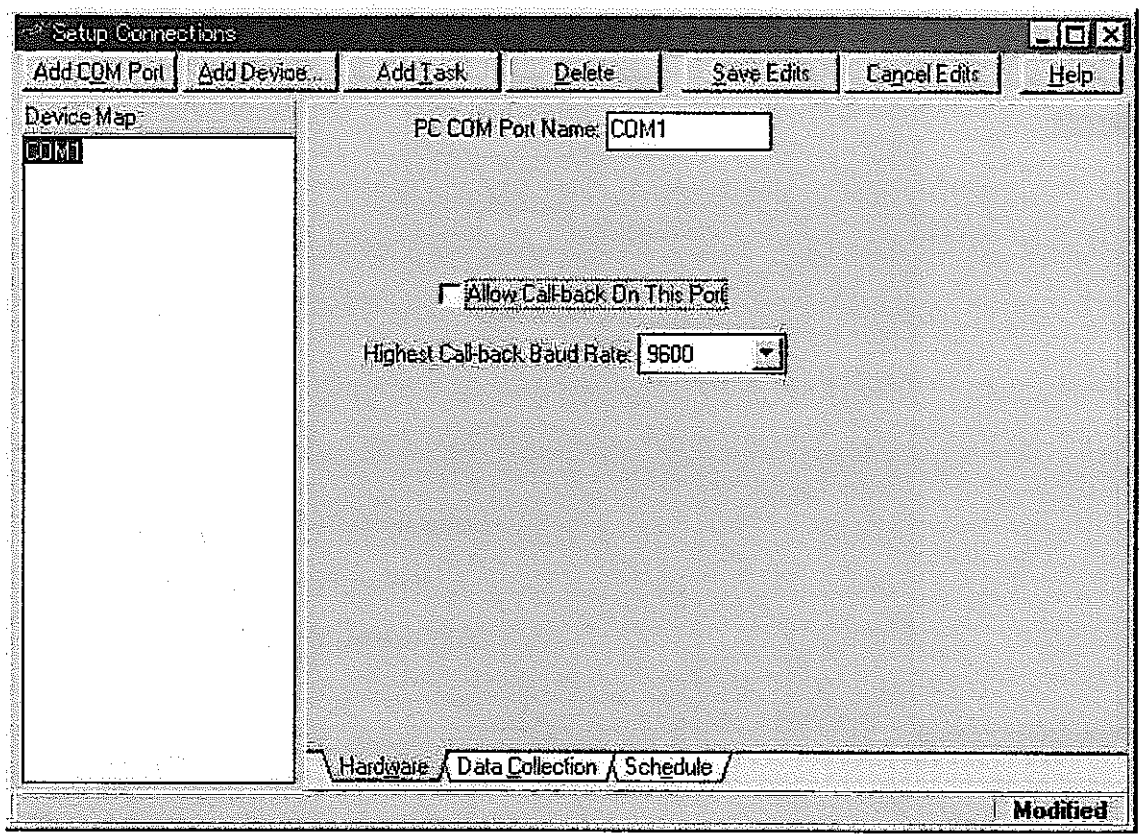


1） Set Up
2） Connect
3） Status
4） Program
5） Report
6） View
7） Stg Module
8） Ｈｅｌｐ

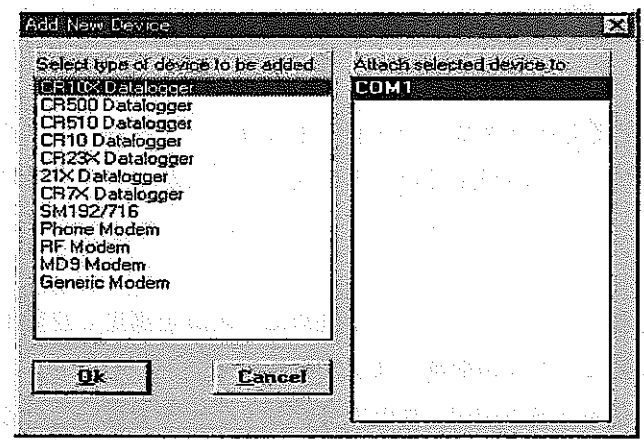
すべての機能はこのメニューアイコンから呼び出して実行されます。

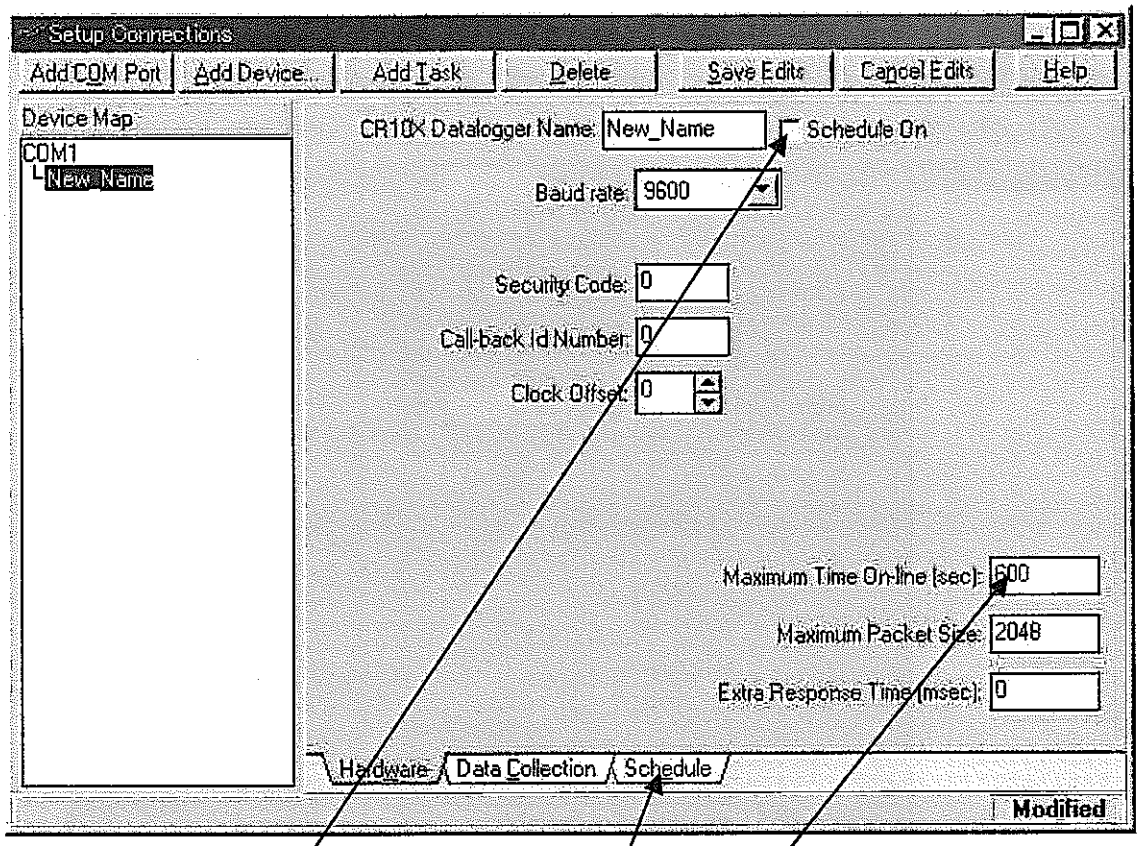
それぞれのアイコンを呼び出すと以下の機能を実行出来ます。

1）Set Up



データロガーの種類・接続方法等を決めます。
上部にあるボタンで com Port の決定とかデータロガーの種類とかデータロガーに名前をつけるとかの初期条件を決定します。
初めて使用する時はＣＯＭ１のみ設定されています。
Add device で使用するデータロガーを選択して通常のパソコンの設定では RS232 ポートが COM1 なので COM1 を選択して OK とします。　Baud Rate 等は初期値（９６００）でかまいません。





一定のインターバルで自動接続する場合は，
このボックスにチェックします。

データを吸い上げる時、この秒数で吸上げを中止します。
データ吸上げに 10 分以上かかるときはこの数値を 1200、1800 等に増やします。

このタブでスケジュール画面に切換えて
スケジュールインターバルなどを設定します。

Data logger name に名前が表示されます。名前を変えるときはこの名前の上にカーソルを置き新しくつけたい名前をつけます。この時つけたデータロガーの名前が後でデータを吸い上げた時のデータ名になります。

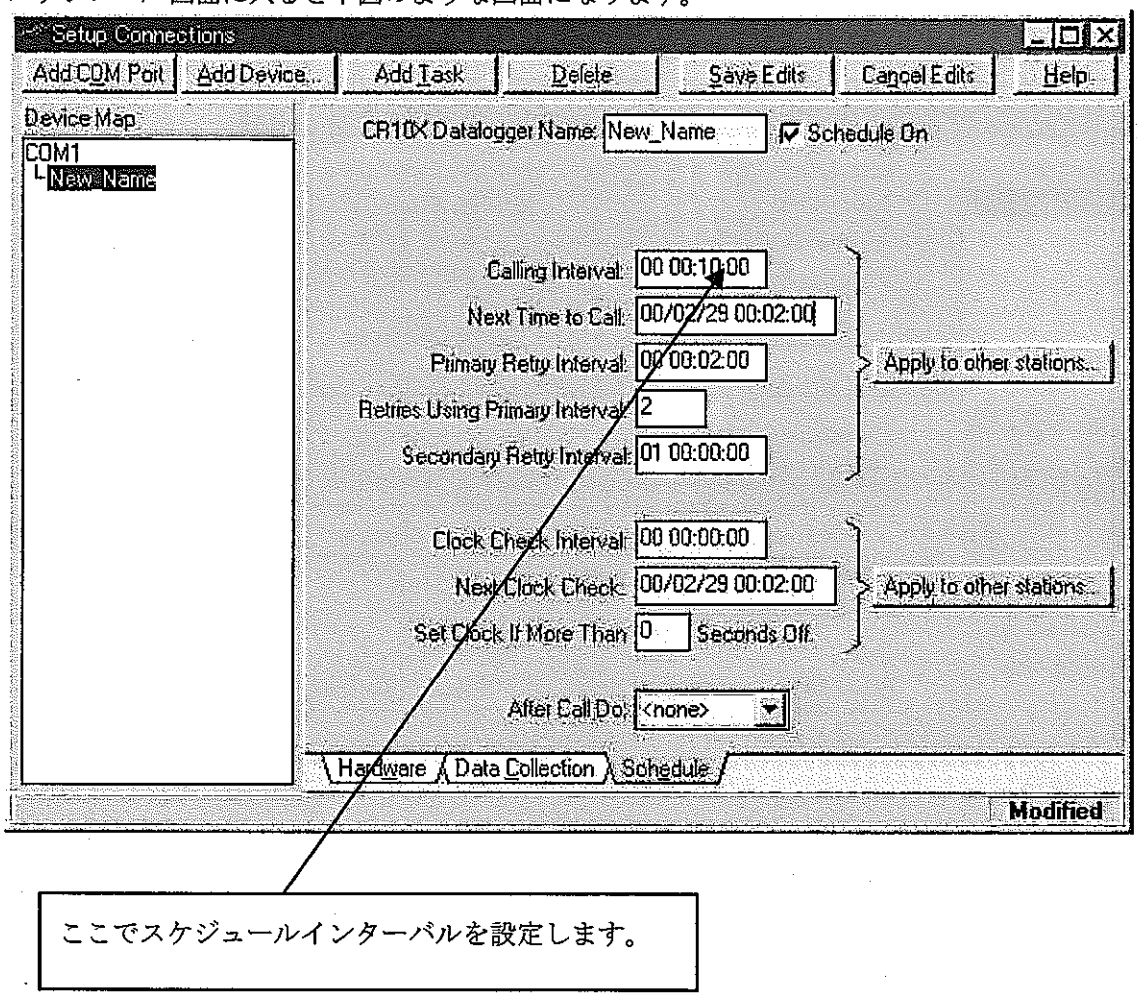
変更或いは作成したら Save Edit で Save します。

下部のタブはデータの形式例えばカンマで区切られた ASCII だとかを決めたり時刻を指定し自動的にデータを吸い上げる等の条件を決定します。通常はここは初期値のままで OK です。

パソコンから定期的に自動データ取り込みをする時は Schedule 画面で接続してデータを吸い上げるインターバルを決定します。

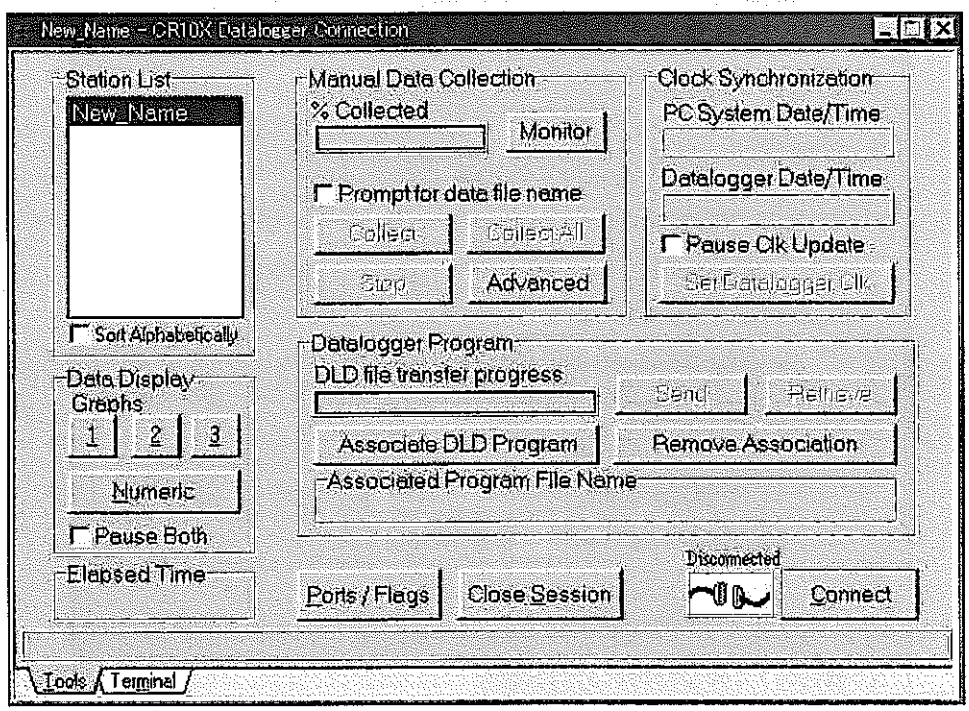
初めは schedule を設定しないで手動でデータを取り込む方が解りやすいと思います。

またデータ量が多くてデータの吸い上げ時間が１０分以上掛かるような場合は上の画面の右したの方のMaximum Time On-Line (sec):の数値を600より大きく例えば２０分ぐらいなら1200以上にします。
スケジュール画面に入ると下図のような画面になります。

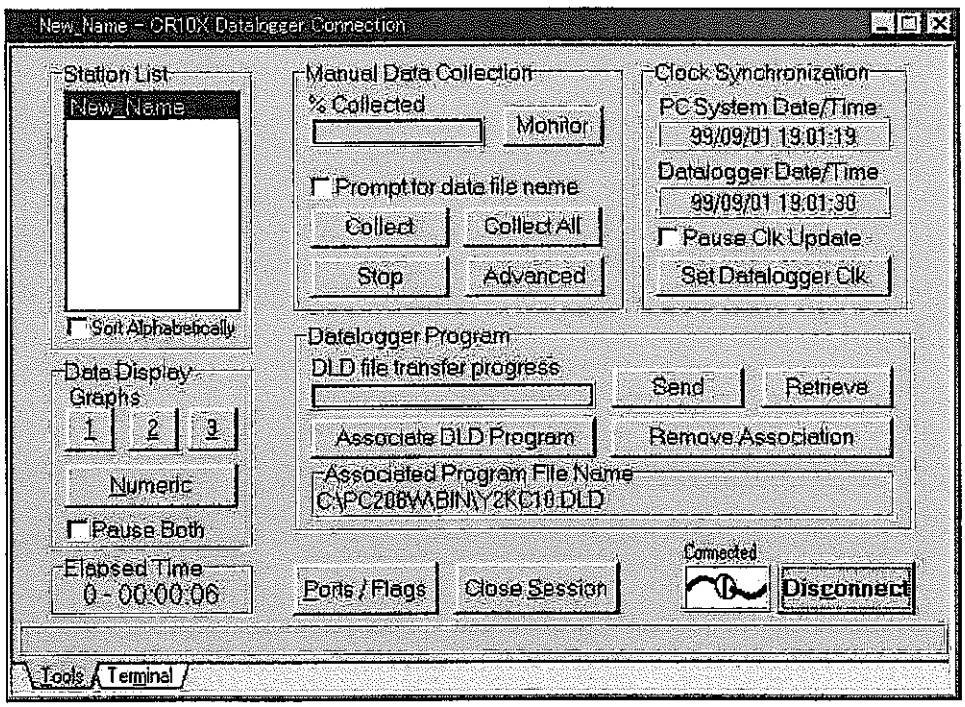


ここでスケジュールインターバルを設定します。

2）Connect

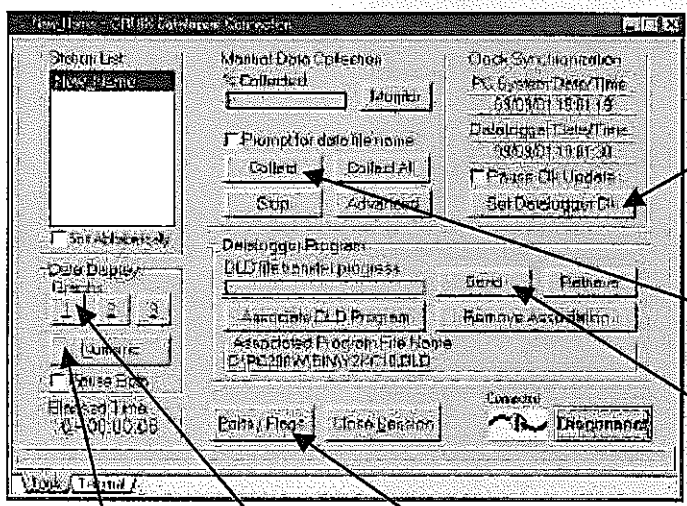


この画面で下部のタブが Tools の時データロガーと接続されていると画面の中の Datalogger date/Time のボックスに年月日 時分秒が表示されます。



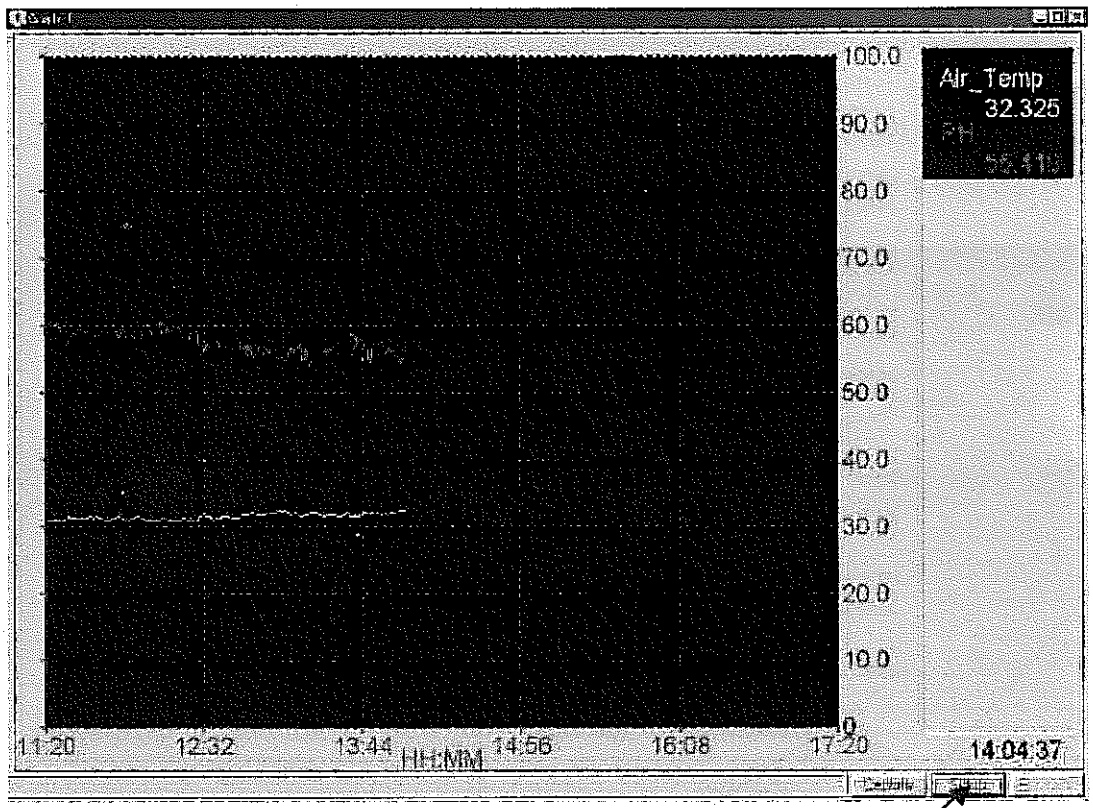
v

もし表示されない時右下の connect ボタンが押されているかチェックしてください。押されている時は Disconnect と表示が変わり隣にコネクターが接続されている状態を示す絵が表示されます。
最初の接続時は、前もって作っておいたプログラムをデータロガーに送り込みます。
その方法は Datalogger Program の Send ボタンをクリックして dld という拡張子のついたプログラムを送り込みます。



２回目からはプログラムを送り込む必要はありません。
データロガーに貯まっているデータを吸い上げるには画面の Manual Data Collection の Collect を選択します。するとその上の%Collected ウインドウに吸い上げられたデータ量が表示されます。
この時吸い上げたデータ名は前につけた Data Logger Name と同じ（ただし拡張子は DAT）名前が自動的に付きます。
後から例えば１週間後に同じ Collect を実行すると、以前に取込んだデータファイルに追記されます。
この時以前と異なる Data Logger Name で同じコマンドを実行すると新しい Data Logger Name と新しいデータファイルが出来ます。
ここで注意しなければならないことは、この DAT ファイルをエクセル等で読んだ後、加工してしまうと DAT ファイルに隠れているポインターを消してしまうことがあります。
このポインターは前回の接続で、データロガーのどこまでを記録したかを表す大切な情報なので

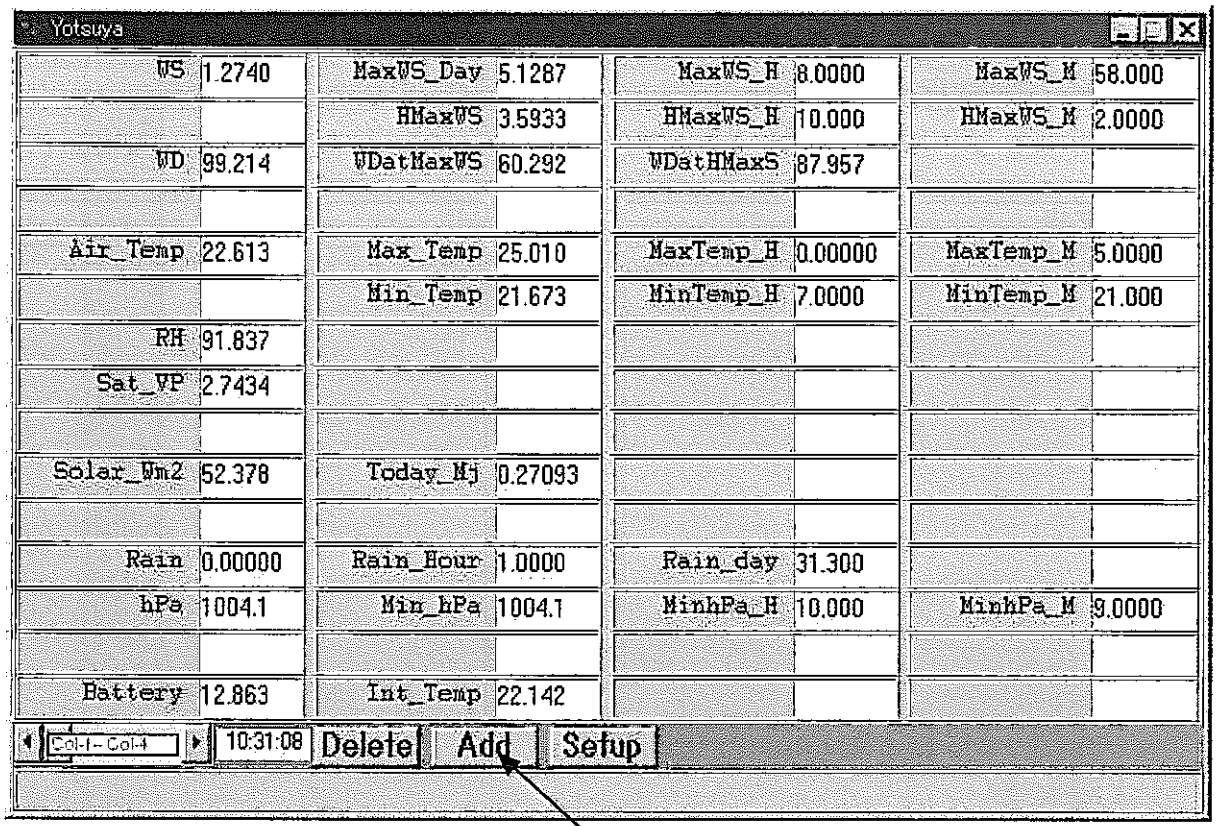
このポインターがないと、どこから書き出して良いかわからなくなってデータロガーに溜まっているデータを再び書き出し、ある部分が二重に書かれてしまいます。



グラフ画面

グラフに表示させるデータの種類・X軸及びY軸のフルスケール等を設定するボタン

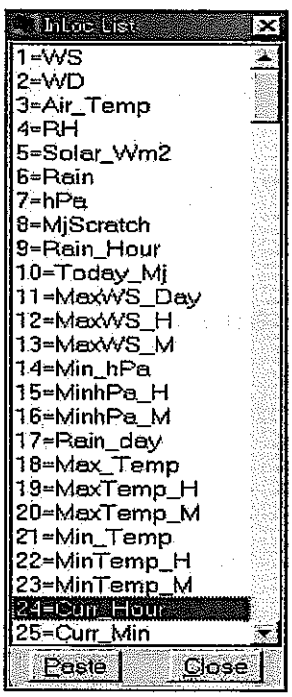
Data Display の Numeric Display を選択するとリアルタイムモニターになります。 また Tools の画面から Launch Graphs を選ぶとリアルタイムでグラフを表示させる事が出来ます。
この時グラフは同時に3枚迄表示させる事が出来ます。
グラフに表示させるデータの設定・グラフの上限・下限の設定及び時間軸のフルスケール設定などグラフの下にある Setup で行います。



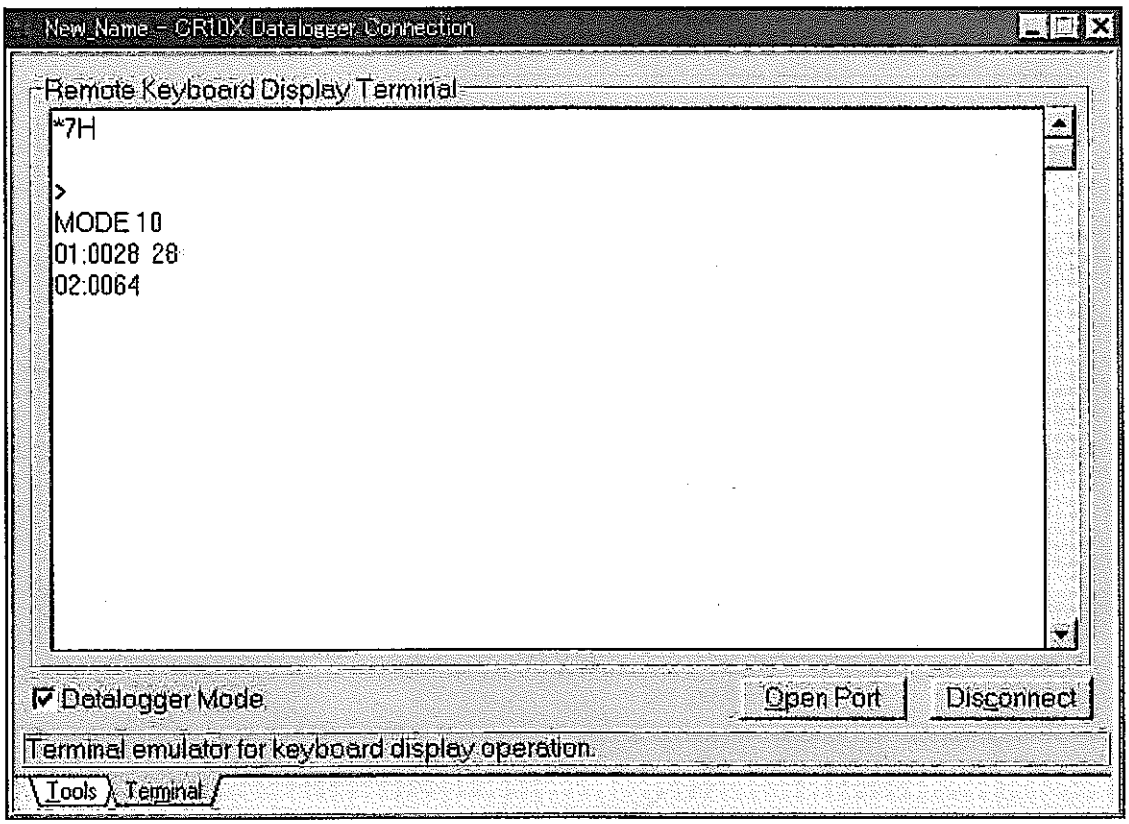
数値表示画面

数値表示はNumericボタンを押すと現れます。

表示させるデータはAddで追加できます。



数値表示画面にデータを表示させるには表示させたい表示画面の開いている場所をマウスでクリックした後表示させたいデータをリストから選択してPasteを選ぶと数値表示画面にデータを表示させることが出来ます。



データロガーの内部に溜まっているデータをすべて消去するには Connect の右下の Terminal Emulator を選択し CR10X の Option の CR10KD（キーボードディスプレイ）と同じ動作をさせてからデータロガーのメモリーを変更するとデータは消去されます。

その方法は以下の手順で行います。 **ただしメモリーをいじるのは、大切なデータを誤って消してしまわない様に注意してください。**

パソコンのハードディスクに余裕があれば、とりあえずダミーの Station Name で File を記録してからにします。

CR キーを押すと画面に＊が返って来ます。

パソコンのキー入力で７H と Enter キーを打ち込むと ＞ が 表示されます。

今度はパソコンから ＊ を打ち込むと Mode と聞いてきます。

Ａと打つと先ほど表示された Mode の後に１０と加えられ画面表示は

Mode １０

０１：００２８と表示されます。

(データロガーに既に送り込んであるプログラムによっては 0028 より大きい数が表示されることもあります。)

ここで最初に表示された数、上記の例では２８ Enter とするとデータロガーの内部に蓄積されていた**データはすべて消去されます。**

もし最初に表示された数より少ない数を入力するとこの時内に入っているプログラがエラーを起こして走らなくなります。

(この時表示された 0028 はデータロガーの Input LOC が Default の２８個確保されているという意味で

す。）

3）Status

通信状況を見ることが出来ます。

通常は使用しない機能ですが、通信状態を見たい時などに使用します。

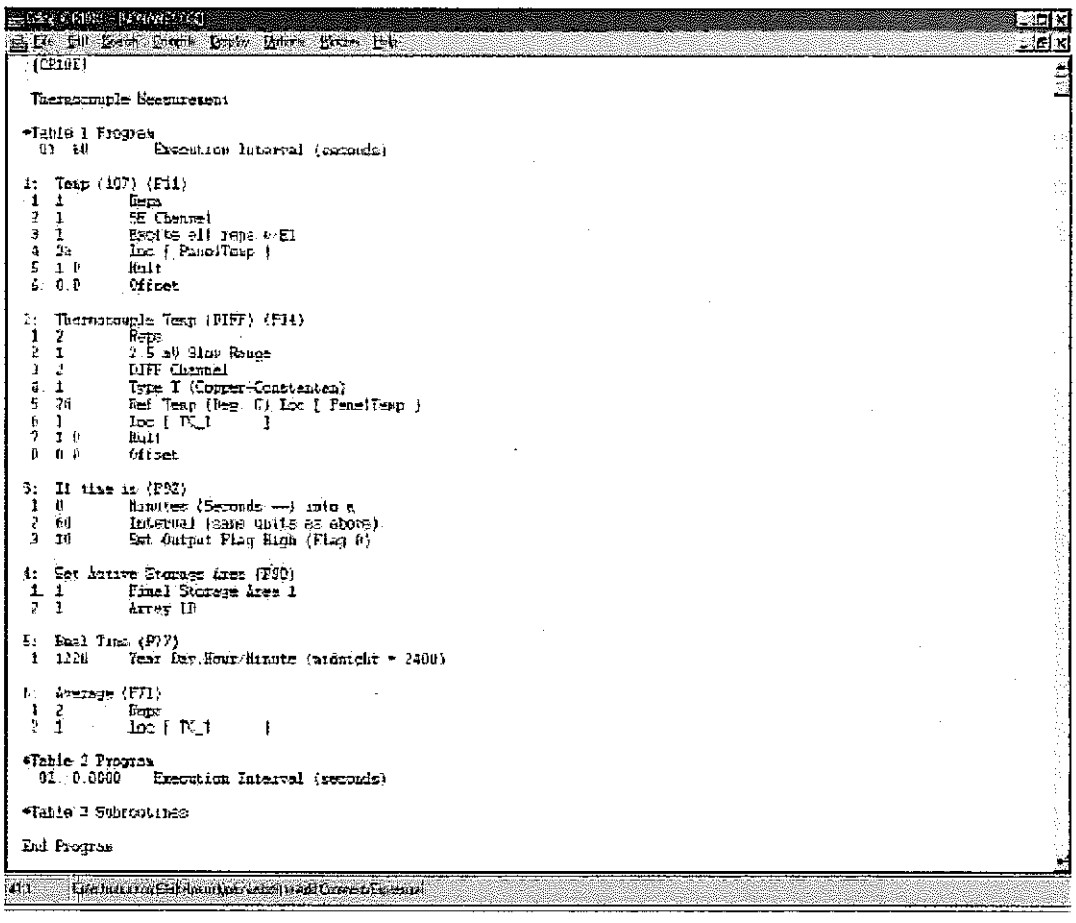
4）Program

従来からキャンベル社で用意されている EDLOG です。この機能を使用してプログラムを組み Save した後に Connect 画面の中の Data Logger Program の Send ボタンでデータロガーにプログラムを送ります。

Edlog に入ったら Edlog のメインメニューから File を選択（マウスまたは Alt F）

作成なら New 修正なら Open

この時、作成するプログラムはＣＲ１０Ｘの数字を羅列したプログラムですが Edlog を使用するとそれぞれの数字を打ち込んだ時　英文マニュアルに附属の PROMPT SEET と同じ説明がパソコンの画面に表示されます。



もし熱電対の計測命令をするならば、Ｐを付けずにただ１４と打ち込みます。

すると画面はＰ１４となりその下に 01:から 08: までパラメーター入力待ちの行が８行表示されます。

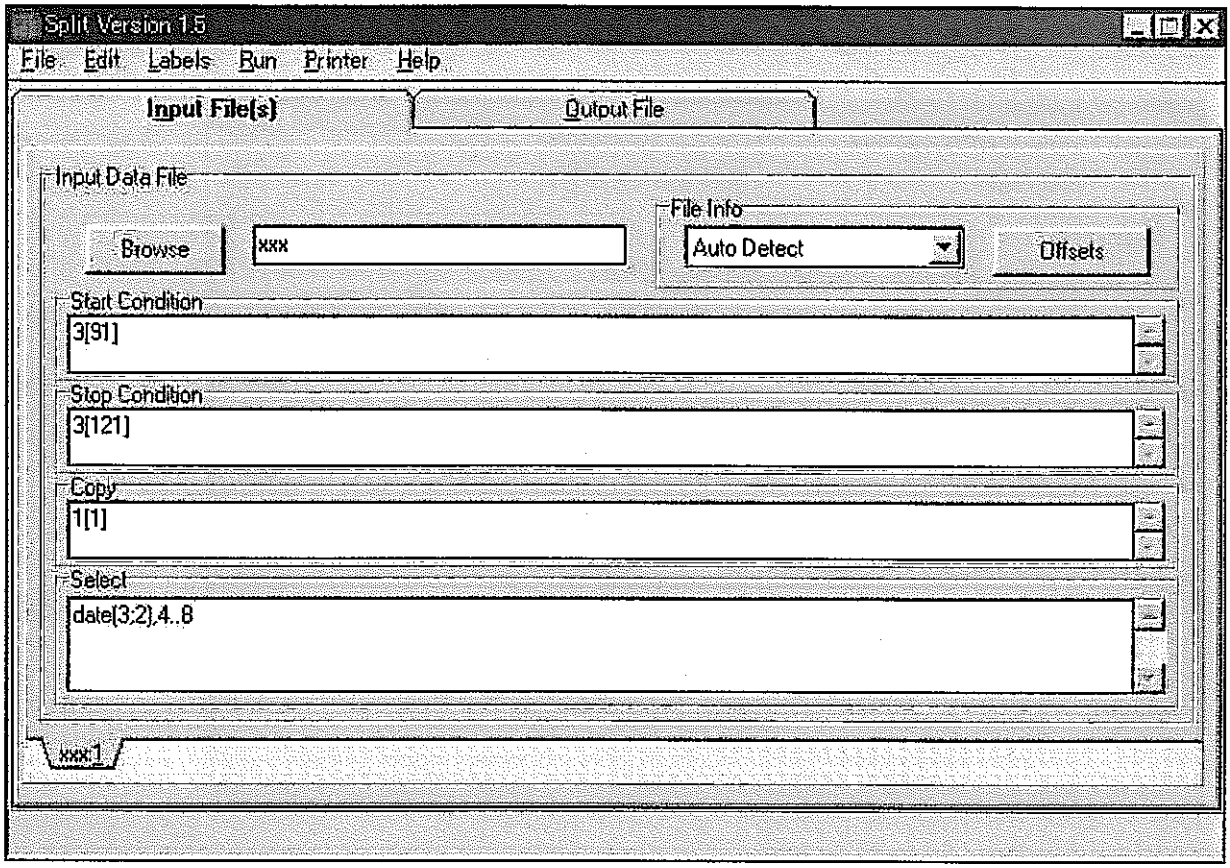
１行目の０１：のところに Reps とコメントがでています。これはこの命令を繰り返す回数（通常の

x

計測命令ではセンサーの数）です。例えば熱電対４本なら Reps を４とします。
次の Range は予想される入力電圧の範囲を数字に置き換え１から５で入力します。
例えば２．５ｍＶ以内（銅・コンスタンタン熱電対なら約６２℃）ならば１とします。
７番目の Mult と８番目の Offset は測定値をそれぞれの物理量例えば華氏の温度にするなら Mult を 1.8 にし Offset を 32 とします。 つまり測定値の生データに Mult を掛け Offset を加えます。

作成または修正が終わったら File から Save 或いは Save As でプログラムを Save
Quit を選択し Edlog を終了します。

５）Report
従来からキャンベル社で用意されている Split です。
このユーティリティーはデータロガーから吸い上げたデータを加工して改めて別のファイル名で Save するプログラムです。
例えばデータロガーから吸い上げたデータはカンマで区切られた ASCII ファイルですが日付は、データロガーの内部で使用している Julian Day （１月１日が１で１２月３１日が３６５）ですがこの Split を実行することにより通常の月と日の表示に戻す事が出来ます。
またデータがたくさんあってもその内からある期間の分だけ抜き出して別のファイルを作る事も出来ます。
また最も普通の使い方は元のデータファイルではさまざまなインターバル例えば１時間毎のデータと２４時間毎のデータが混在しているファイルから２４時間毎のデータ（日データ）だけ抜き出す等の機能を使用します。



Report 入力データ設定画面

まず画面の上部のタブ（Input File(s) と Output File）の 左側の Input File(s)を選択します。
左上の Input Data File に元のデータ名を入力します。Browse ボタンを押すとデータファイル一覧が表示されますからそこから選んでも結構です。

Input Data Files	:既に取込まれているデータファイル名 xxx.dat
Start Condition	:xxx.dat のどこから抽出するかを指定（指定しなければ最初から）
Stop Condition	: xxx.dat のどこまで抽出するかを指定（指定しなければ最後まで）
Copy	:xxx.dat のどのセルの条件で抽出するかを指定
Select	:xxx.dat のどのセルを抽出するかを指定

次に上部のタブの Output File を選択します。

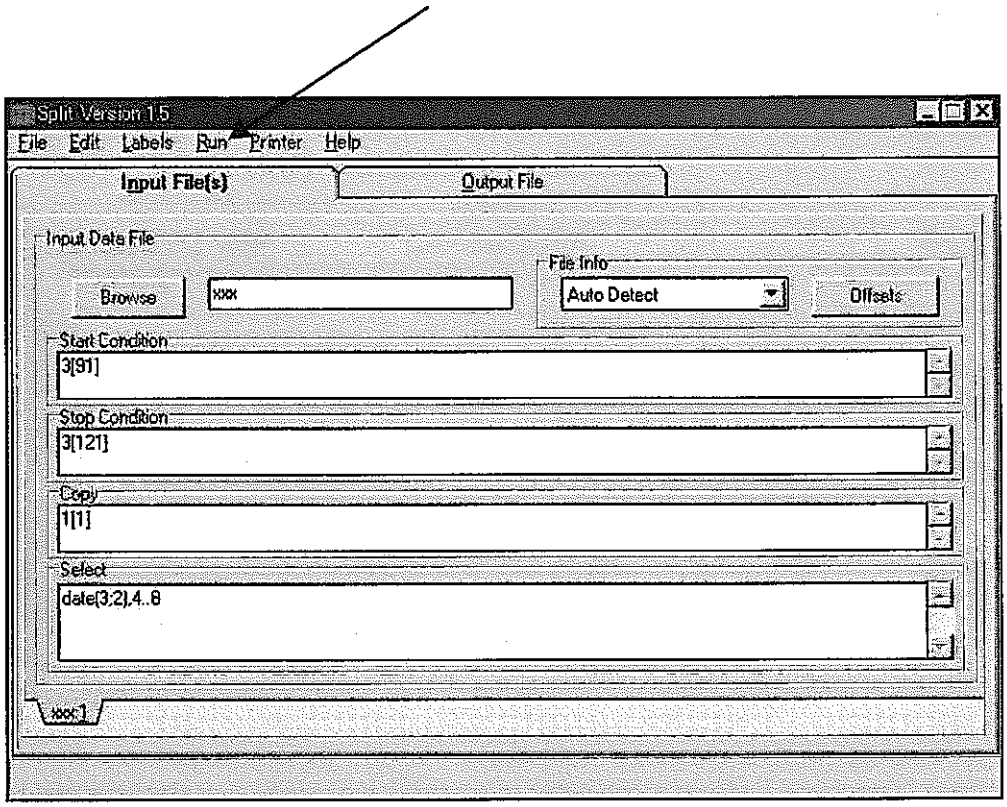
Output data file　　:これから作成する prn ファイル名

この Output data file が新しく Input data file の条件で作成されるファイルです。

このファイルは Excel 等の表計算ソフトで区切り記号をスペースと設定して読み込みできます。これ以外の欄は空欄のままで結構です。

Output data file を指定してから

> Run の下にある Go を押すと Output data file で指定したファイル名の Prn ファイルが出来ます。
> Prn ファイルはスペースで区切られた Text 形式で、エクセル等で読むことが出来ます。
> もし Output data file を空欄のまま Run/Go とするとファイルは作らないで画面に表示だけしま
> す



Report の実行例

元の xxx．dat

ID　年　日　時分　|……　データ　……|

1, 1999, 90, 2300, 2.3, 278.0, 24.76, 89.36
1, 1999, 90, 2400, 2.9, 282.2, 24.92, 92.19
24, 1999, 90, 3.1, 282.3, 25.72, 85,21　←―――― 日データ
1, 1999, 91, 100, 3.4, 275,5, 24.24, 91.26
1, 1999, 91, 200, 3.6,　294.2, 23.34, 93.2
1, 1999, 91, 300, 4.2, 274.3, 22.98, 95.2
1, 1999, 91, 400, 2.1, 282.0, 24.28, 92.1
・
・
1, 1999, 120, 2200, 8.2, 286.2, 27.34, 81.2
1, 1999, 120, 2300, 7.2, 271.3, 27.53, 80.76
1, 1999, 120, 2400, 6.8, 294.2, 28.01, 79.34
24, 1999, 120, 8.3, 276.8, 29.34, 76.9
1, 1999, 121, 100, 5.7, 275.3, 28.19, 80,2

1, 1999, 121, 200, 4.8, 269.6, 28.88, 79.2

このようなデータファイルがXXX.datだったとして４月分の時間毎データのみを抽出しApril. prnを作るには下記の様なparファイルを作り実行します。

Input Data Files	:xxx.dat	
Start Condition	:3[91]	（３番目のセルが９１のデータから読み込む）
Stop Condition	:3[121]	(3番目のセルに１２１が出てきたらそこで読み込むのを止める)
Copy	:1[1]	(1番目のセルが１のデータだけを読み込む)
Select	:date(3;2),4..8	（３番目のセルの日を２番目のセルの年で閏年の判定をして月日に変換しさらに４番目のセルから８番目のセルまでを読み込む)
Output data file	:April.prn	(.prnは入力しなくても結構です。)

もし時間毎のデータではなく、日データの４月分を抽出するなら

OUTPUT FILE to generate　：　April.prnとは別のファイル名を付ける

・

・

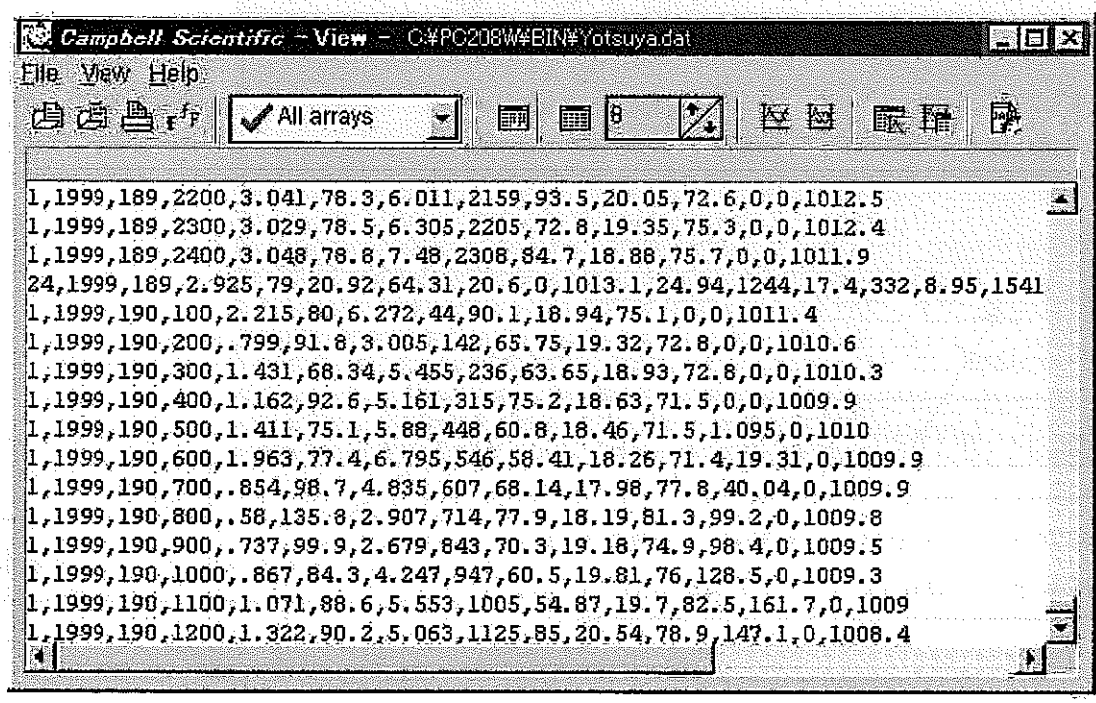
COPY　：　1[24]　(1番目のデータ（ID）が２４のデータのみ抽出)

とします。

6）View

パソコンに既に取込んだデータを表示したり表示してあるデータファイルの中から検索したりする画面です。

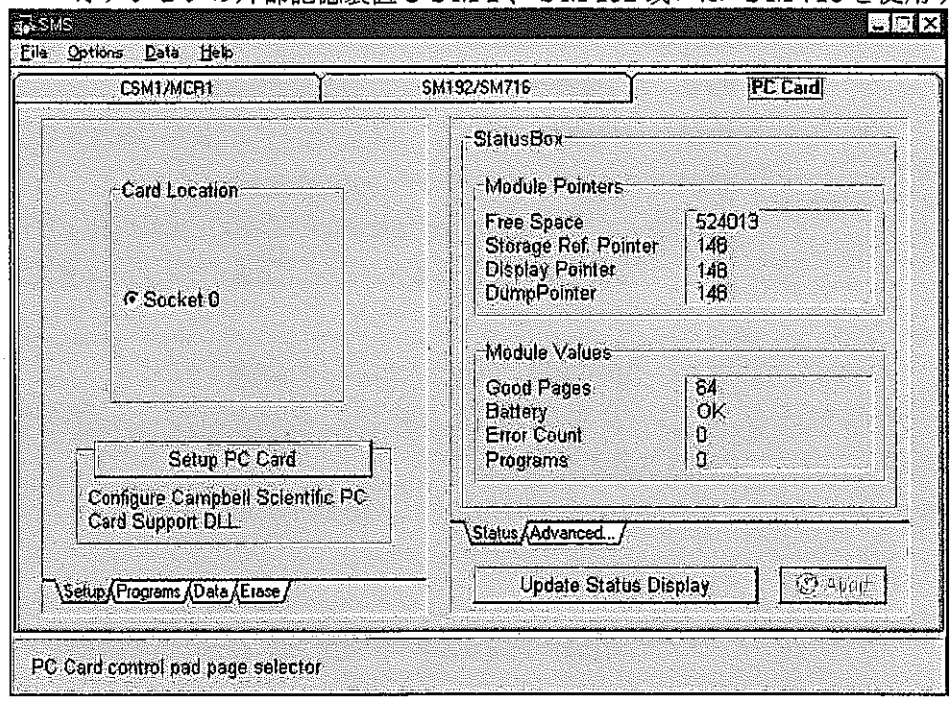
データを取り込んだ後に確認する時などにも使用します。



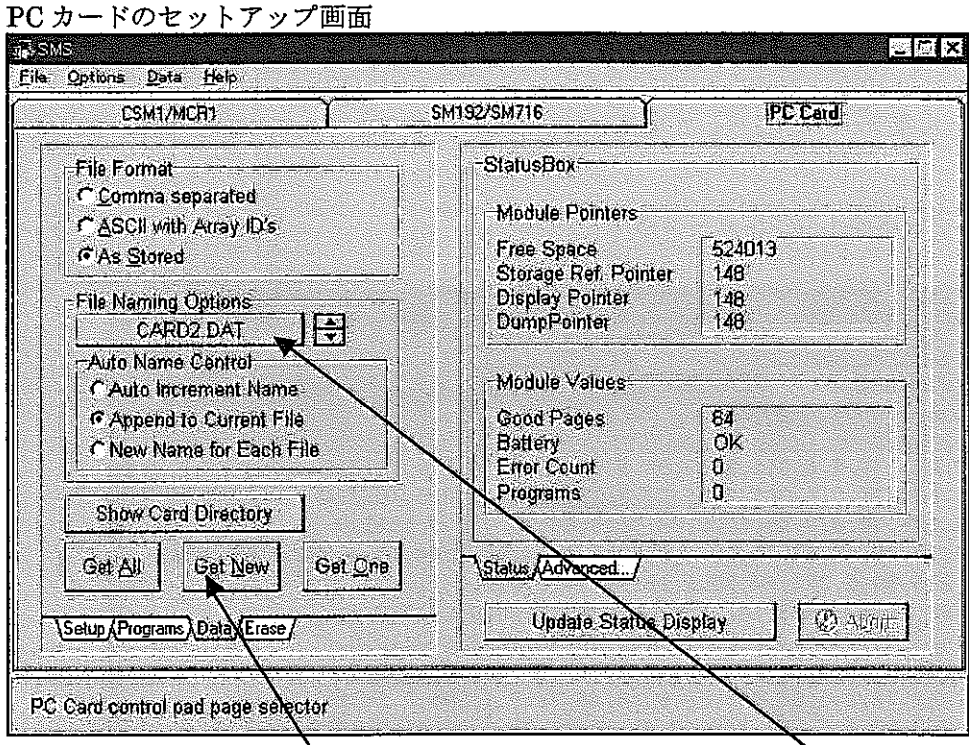
View 画面

7）Stg Module

オプションの外部記憶装置ＣＳＭ１、ＳＭ192 或いは ＳＭ716 を使用する際のコマンドです。



PC カードのセットアップ画面



カードからデータを取り込む時は上の画面で Get New として Dat ファイルを作成します。

データファイル名を変えることが出来ま

8）Ｈｅｌｐ

このボタンを押すと、英語による Help 画面に入ります。

巻末資料

潮汐力の算出について

潮汐力の算出には，主に次の方法がある。

①：直接法：任意の時刻における天体(太陽，月)の位置，すなわち，天体の天頂距離 Z および天体までの距離 d を求め，これらを潮汐力の式に代入することにより計算する方法。

②：分潮合成法：潮汐力が由来するポテンシャルは数多くの分潮の集まりであると考えることができ，各分潮の型と振幅係数から分潮毎の潮汐力を求めたのち，加え合わせる方法。

である。

ここで述べる直接法による計算は，計算手続きが簡単で計算時間も短い。しかしながら，全体として２つのパラメータ(全体の振幅と位相差)しか可変でないため，周波数分散の大きな応答などへの細密なカーブマッチングに向かない。計算精度は，後述するように潮汐ポテンシャルの４次以上の高次項が省略されていること，地球楕円体近似による座標変換では，鉛直線偏差が無視されていることから，計算結果の 0.01 μgal の桁に不確かさを持つ。

潮汐力の基本式

地球の形を回転楕円体(ellipsoid of revolution)であるとし，粘弾性的性質が重心に対して対称とする。地球重心に座標原点をとり，地球の表面上または内部の１点 A(r, ϕ, λ)における天体の潮汐力ポテンシャルは(1)のように書ける。(LAPLACE による)

$$W_n(A)=G\mu\sum_{n=2}^{\infty} r^n/d^{n+1}P_n(\cos Z) \qquad \text{----------(1)}$$

ここで，r：地球の重心から点 A までの距離

ϕ：地心緯度

λ：経度

G：ニュートンの引力定数

μ：天体質量比(地球=1)

d：地球重心から天体までの距離

$P_n()$：n 次の Legendre 多項式

Z：点 A における天体の天頂距離

式(1) は n=2 を初項とする無限級数和となっている。これを n=2 および 3・・・(2 次および 3 次・・・)について書き下ろすと，

$$W_2(A)=G\mu/2\{r^2/d^3(3\cos^2 Z-1)\} \qquad \text{----------(2)}$$

$$W_3(A)=G\mu/2\{r^3/d^4(5\cos^3 Z-3\cos Z)\} \quad \text{----------(3)}$$

$W_4(A)=$ ・・・・

となる。

潮汐力は，式(1)で与えられている潮汐力ポテンシャルを微分することにより得られる。

このうち上述の式(2)に示した W_2 のみでも，太陽による全ポテンシャルの 99.99%以上，月による全ポテンシャルの 98%程度を占めることが知られている。したがって，潮汐現象のほとんど全ては W_2 に起因するといえる。ただし，より完全を期するため，月については W_2 だけでは不十分であり，通常は３次の潮汐ポテンシャル W_3 も考慮される。したがって，月，太陽に関するサフィックスをそれぞれ m， s とすると，

$$W=Wm+Ws=W_{2m}+W_{3m}+W_{2s}$$
$$=(1/2)GM_mr^2/d_m^3(3\cos^2 Z_m-1)$$
$$+(1/2)GM_mr^3/d_m^4(5\cos^3 Z_m-3\cos Z_m)$$
$$+(1/2)GM_sr^2/d_s^3(3\cos^2 Z_s-1) \quad \text{----------(5)}$$

が得られる。なお，天頂距離 Z は局所座標系に従い，以下の関係によって赤道座標系に変換できる。

$$\cos Z=\sin\phi\sin\delta+\cos\phi\cos\delta\cos H \quad \text{----------(6)}$$

ここで ϕ ：地心緯度， δ ：天体の赤緯，H：天体の時角である。

潮汐力の３成分は上記(5),(6)式から，

$$\text{上下成分 } w_{up}=\partial W/\partial r \quad \text{----------(7)}$$
$$\text{南北成分 } w_{north}=1/r\cdot\partial W/\partial\phi \quad \text{----------(8)}$$
$$\text{東西成分 } w_{east}=1/(r\cdot\cos\phi)\cdot\partial W/\partial\lambda \quad \text{----------(9)}$$

と求められる。すなわち，

$$w_{up}=GM_mr/d_m^3\{(3\cos^2 Z_m-1)+3r/2d_m(5\cos^3 Z_m-3\cos Z_m)\}+GM_sr/d_s^3(3\cos^2 Z_s-1) \quad \text{----------(10)}$$

$$w_{north}=3GM_mr/d_m^3\{\cos Z_m+r/2d_m(5\cos^2 Z_m-1)\}(\cos\phi\cdot\sin\delta_m-\sin\phi\cdot\cos\delta_m\cdot\cos H_m)$$
$$+3GM_sr/d_s^3\cdot\cos Z_s(\cos\phi\cdot\sin\delta_s-\sin\phi\cdot\cos\delta_s\cdot\cos H_s) \quad \text{----------(11)}$$

$$w_{east}=3GM_mr/d_m^3\{\cos Z_m+r/2d_m(5\cos^2 Z_m-1)\}\cos\delta_m\cdot\cos H_m$$
$$+3GM_sr/d_s^3\cdot\cos Z_s\cdot\cos\delta_s\cdot\sin H_s$$

----------(12)

とかける。これらの成分は地心座標系(地球の重心を原点とする直交座標系)に基づくことである。一方，実際に求めたい成分はジオイドに準拠した成分でなければならない。観測点の地心緯度ϕおよび地心半径rは，

$$\phi = \phi - f \cdot \sin 2\phi \quad \text{----------(13)}$$

$$r = a(1 - f \cdot \sin^2 \phi) + \zeta \quad \text{----------(14)}$$

ϕ ：測地緯度

f ：地球の扁平率

ζ ：観測点の地球楕円体面からの高さ(実用上は≒平均海面高基準の標高)

の関係にある。したがって，ジオイドの近似面として地球楕円体を採用し，$\gamma = \phi - \phi = f \cdot \sin 2\phi$とおけば，ジオイド準拠の潮汐力は，近似的に

$$\text{鉛直成分} \fallingdotseq W_{up} \cdot \cos\gamma + W_{north} \cdot \sin\gamma \quad \text{----------(15)}$$

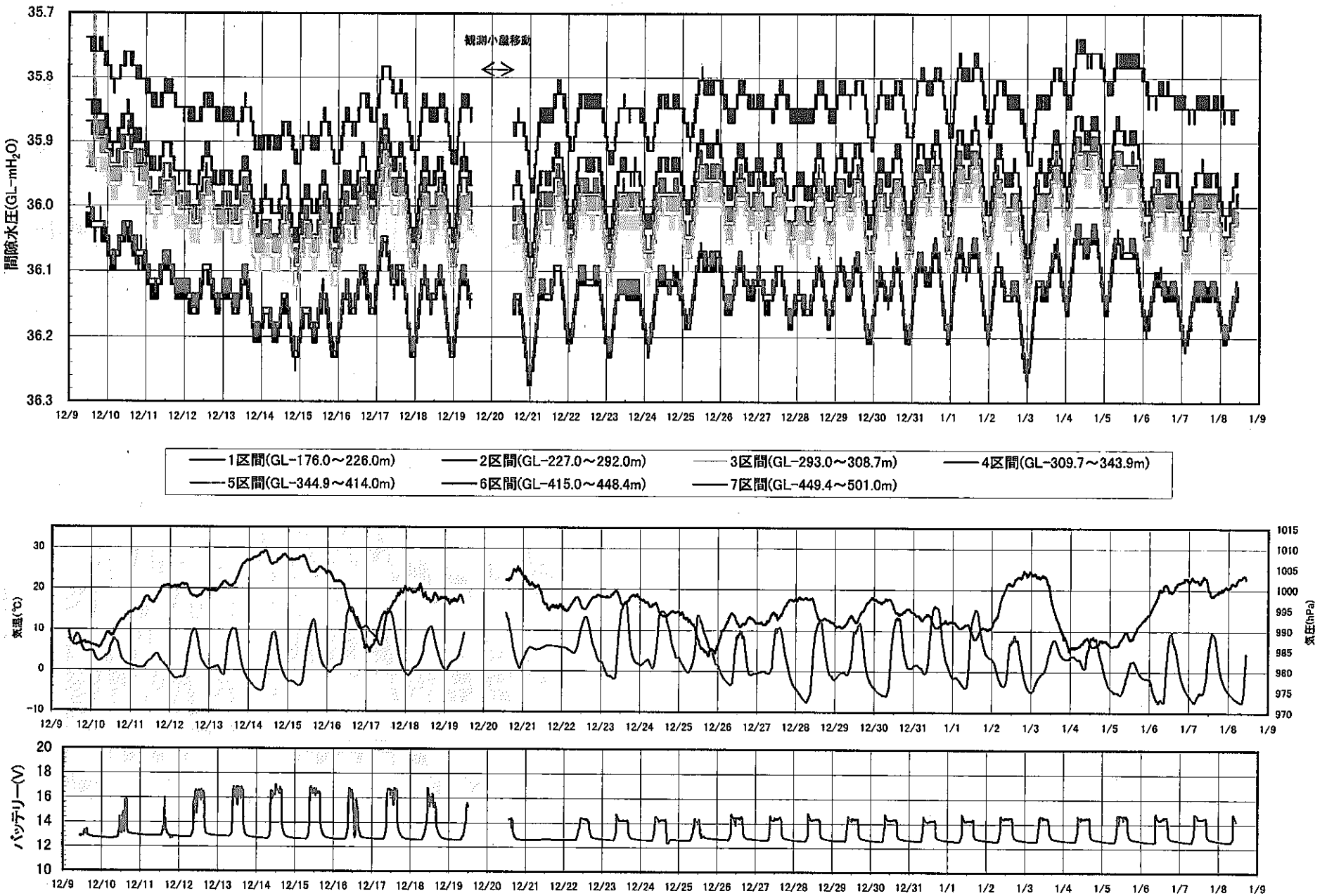
$$\text{南北成分} \fallingdotseq W_{north} \cdot \cos\gamma - W_{up} \cdot \sin\gamma \quad \text{----------(16)}$$

$$\text{東西成分} \fallingdotseq W_{east} \quad \text{----------(17)}$$

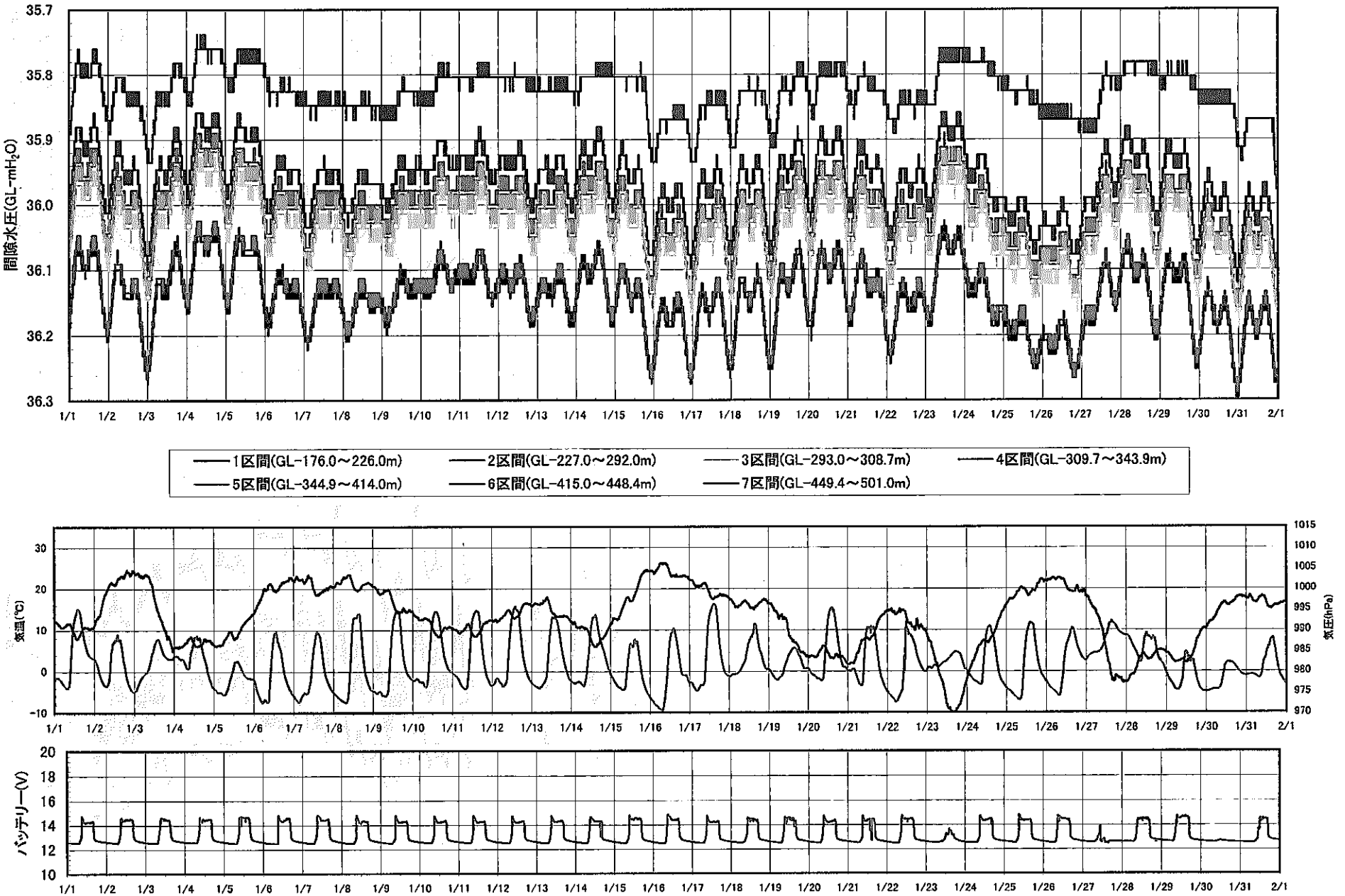
と表せる。

このように，目的とする潮汐力の成分は，まず地心座標系で潮汐力を求め，それに座標変換を施すことによって得られる。

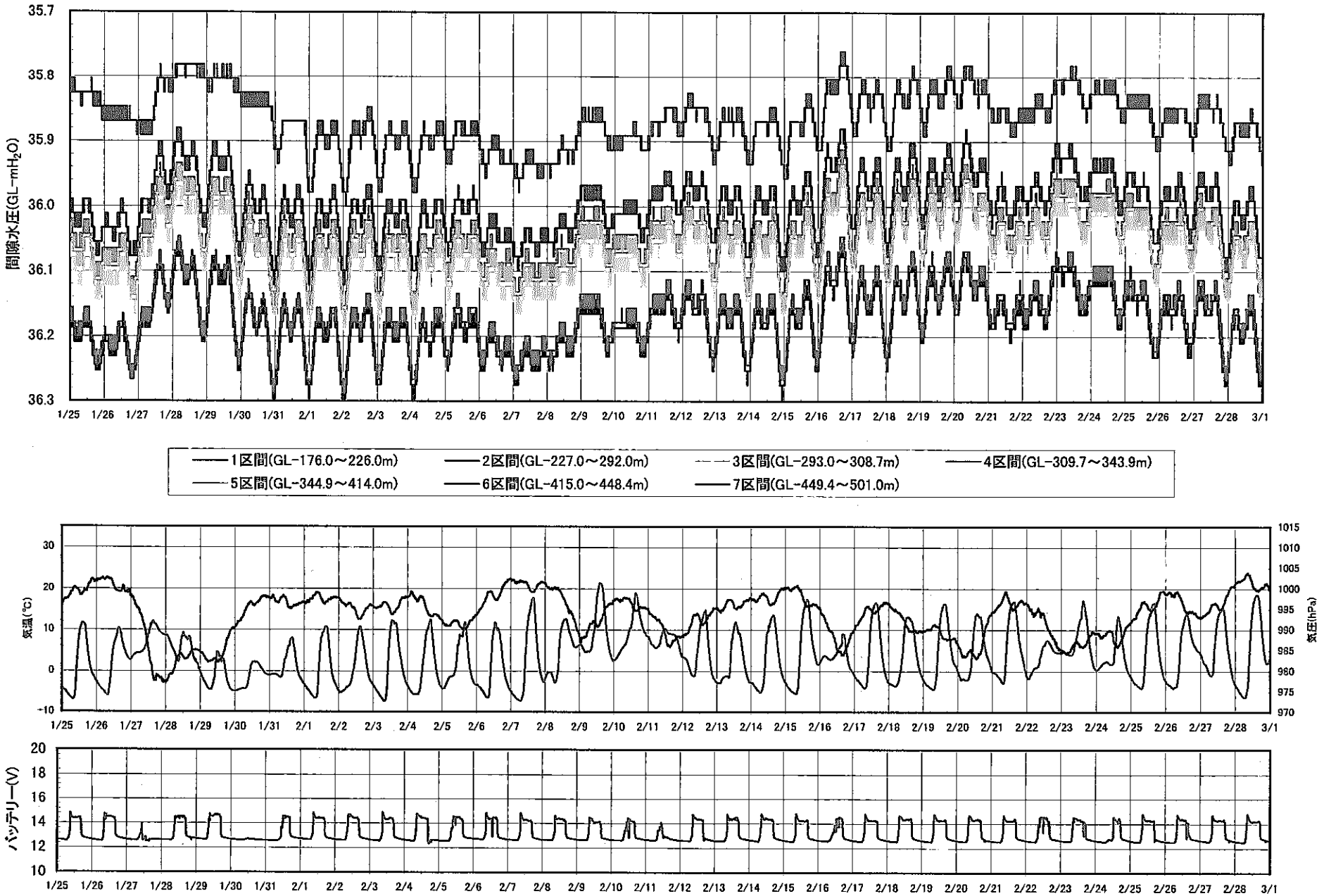
DH-2ピエゾによる水圧モニタリング



DH-2ピエゾによる水圧モニタリング



DH-2ピエゾによる水圧モニタリング



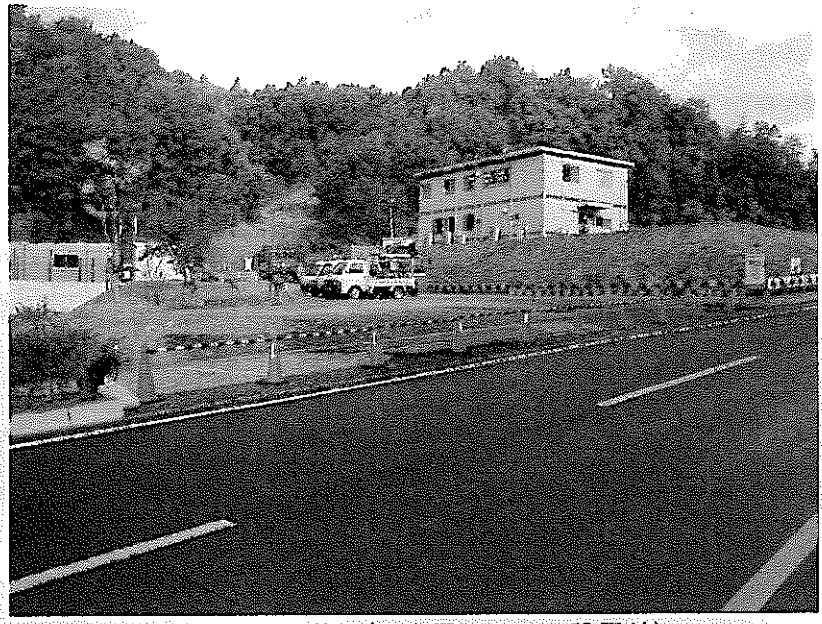


写真１　現場状況(工事用フェンス設置前)

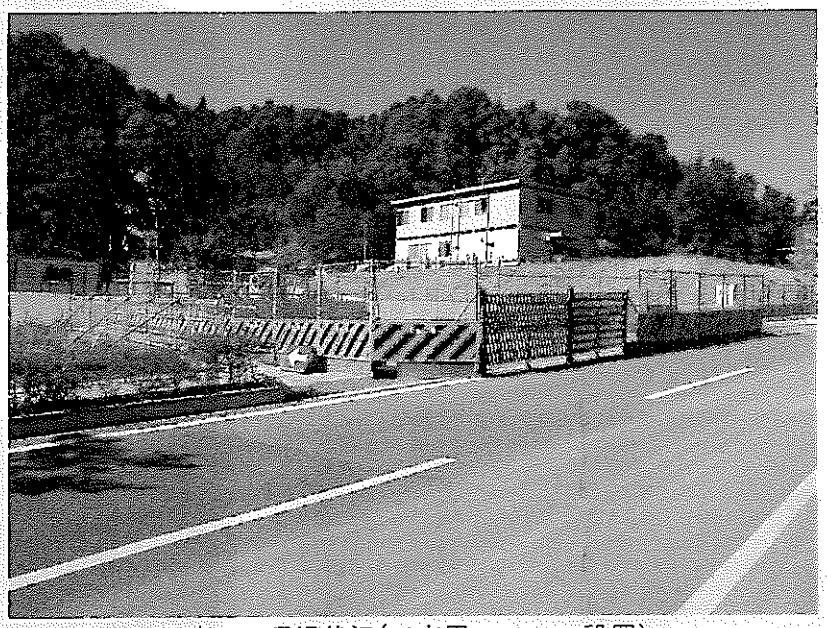


写真２　現場状況(工事用フェンス設置)

写真３　現場状況(工事用フェンス設置)

写真 4　現場状況（DH-2 号孔改修施工前）

写真 5　現場状況（DH-2 号孔改修施工後）

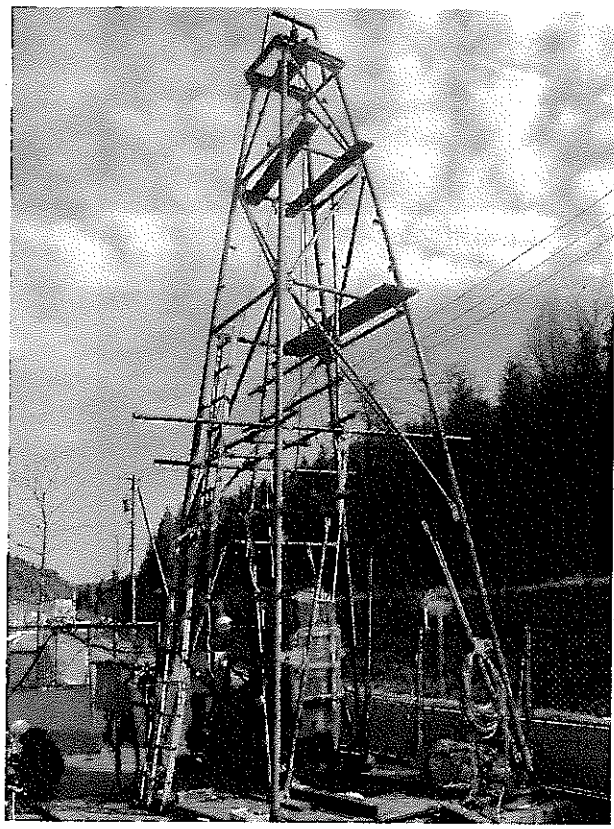


写真 6　現場状況（DH-2 号孔全景）

写真 7　PIEZO 設置機器（パッカー）

写真 8　PIEZO 設置機器（エンドキャップ）

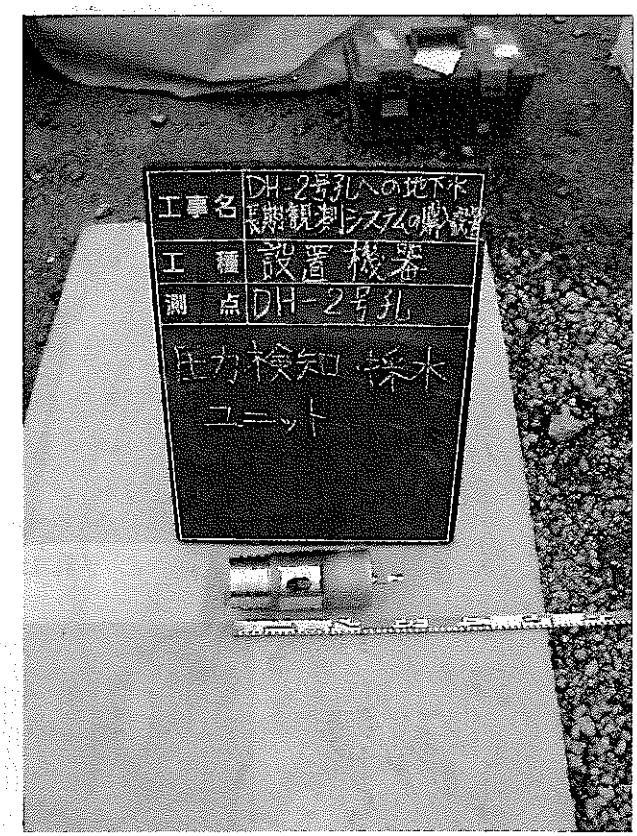


写真 9　PIEZO 設置機器（圧力検知・採水ユニット）

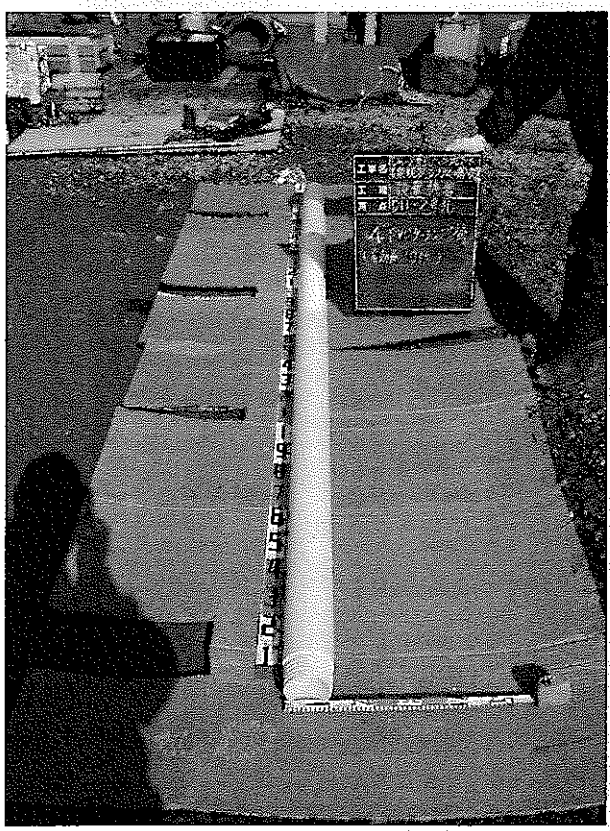


写真 10　PIEZO 設置機器（4inchPVC）

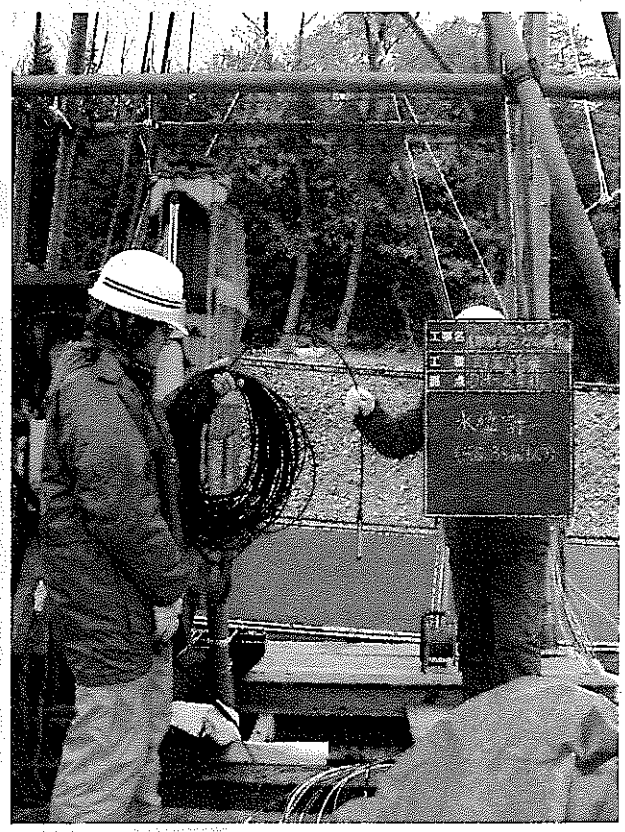


写真 11　PIEZO 設置機器（圧力センサー）

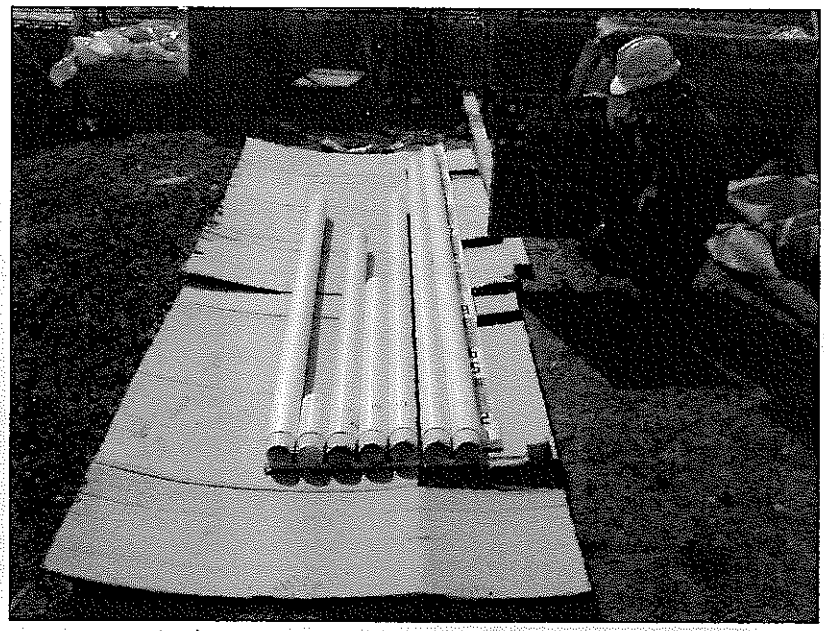


写真 12　PIEZO 設置機器（3inchPVC）

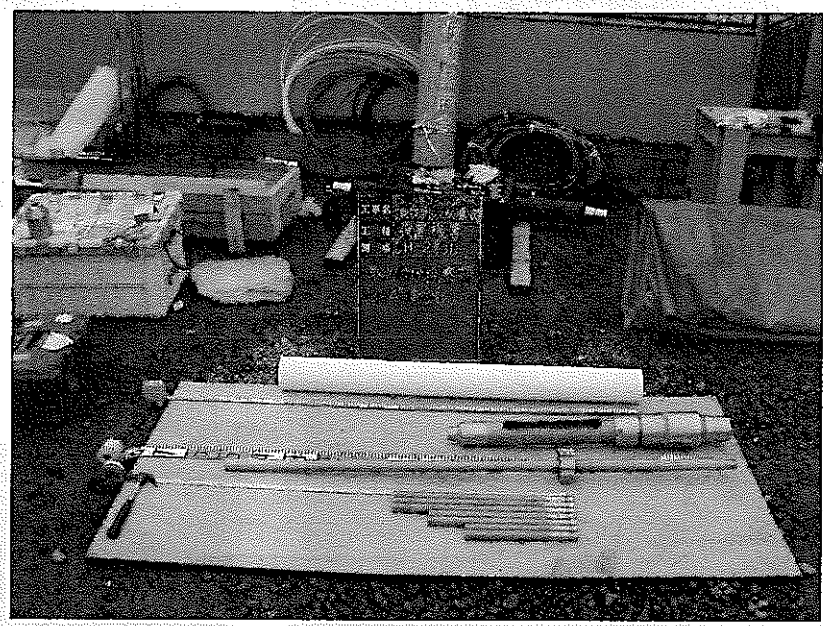


写真 13　PIEZO 設置機器（3inch－4inch 接合部）

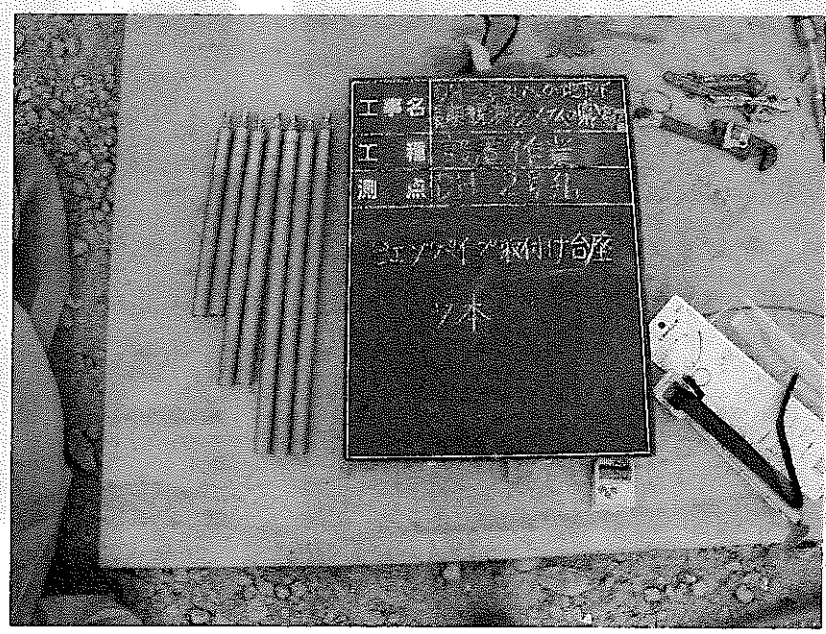


写真 14　PIEZO 設置機器（3/4inch ピエゾパイプ取り付け部）

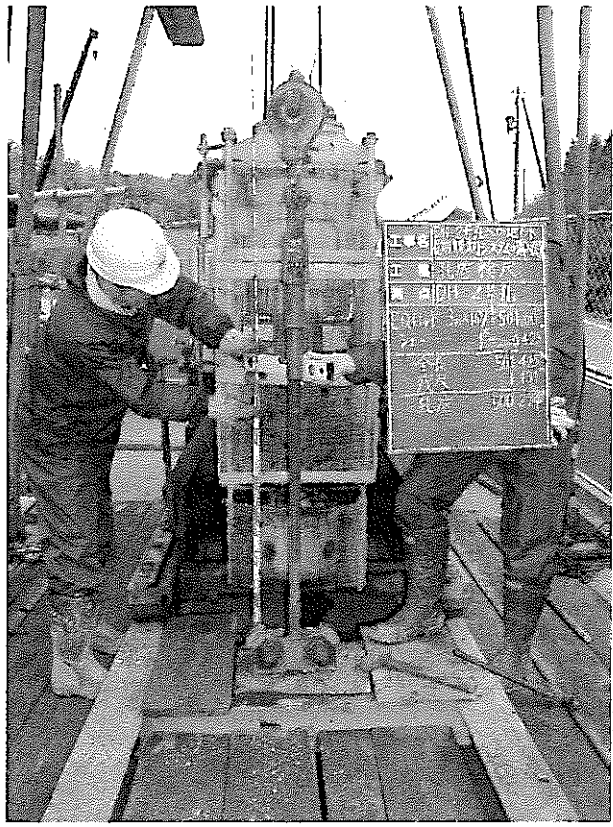


写真 15　PIEZO 設置状況（孔底検尺）

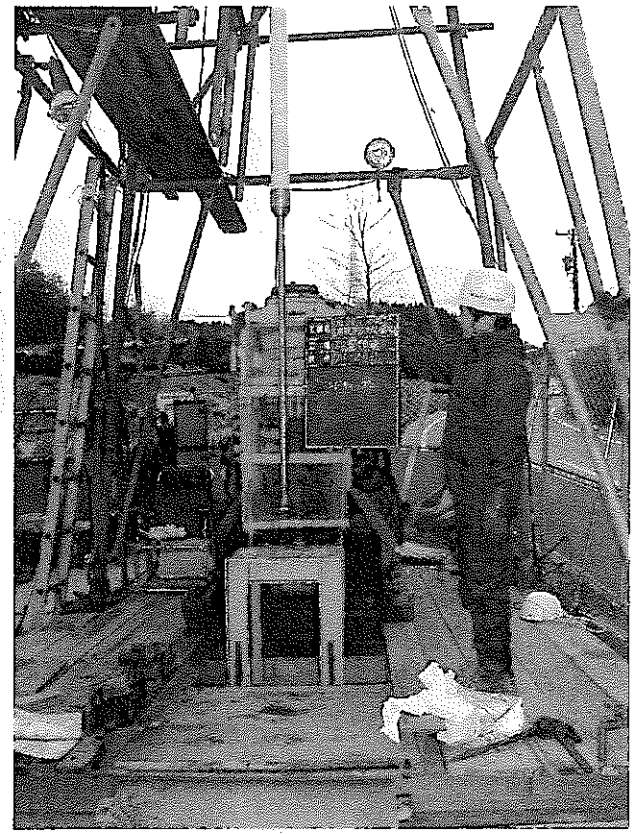


写真 16　PIEZO 設置状況（エンドキャップ）

写真 17　PIEZO 設置状況（圧力検知・
採水ユニット）

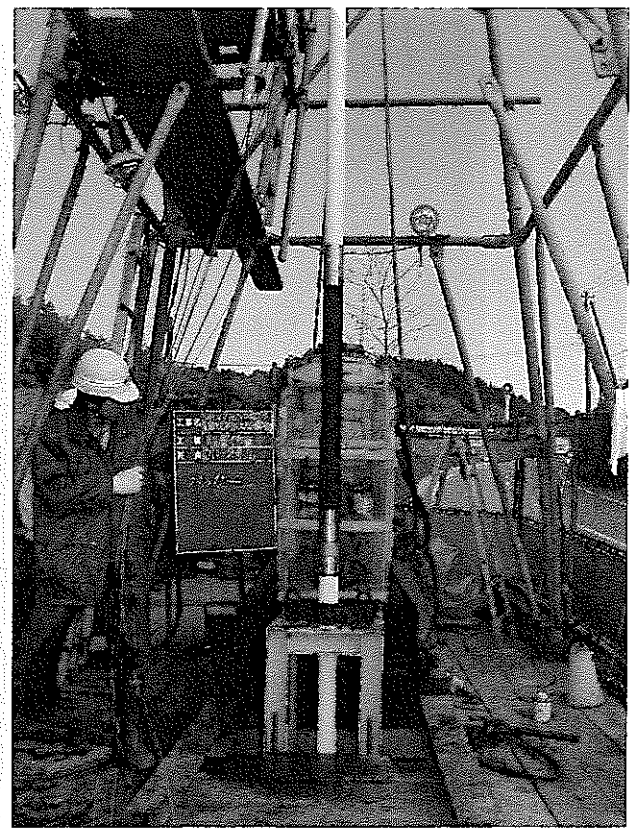


写真 18　PIEZO 設置状況（パッカー）

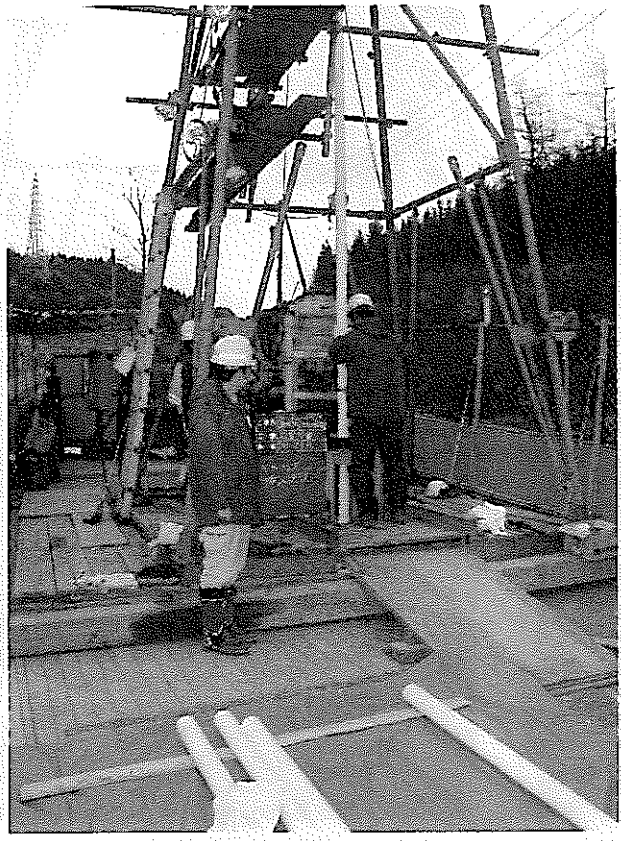


写真 19　PIEZO 設置状況（3inchPVC）

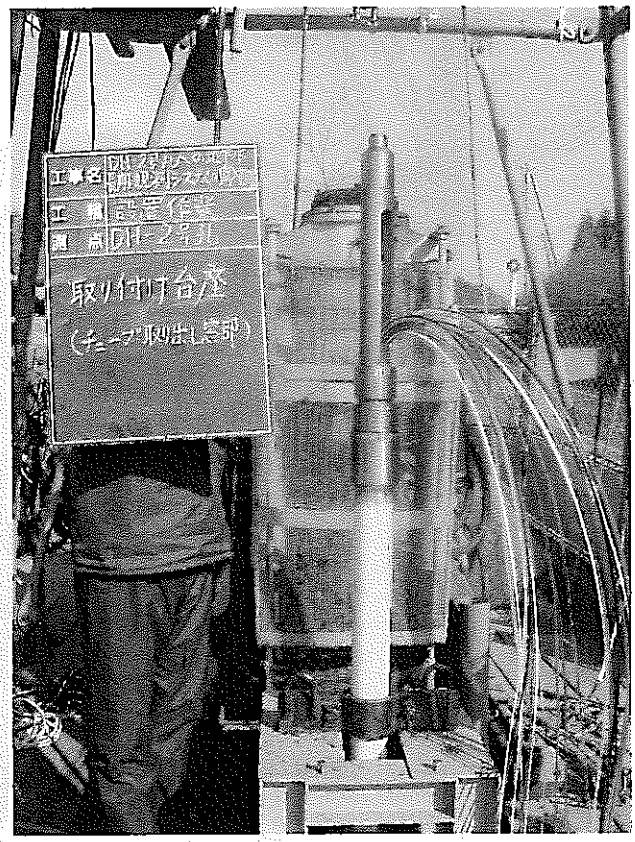


写真 20　PIEZO 設置状況(3inch－4inch 接合部)

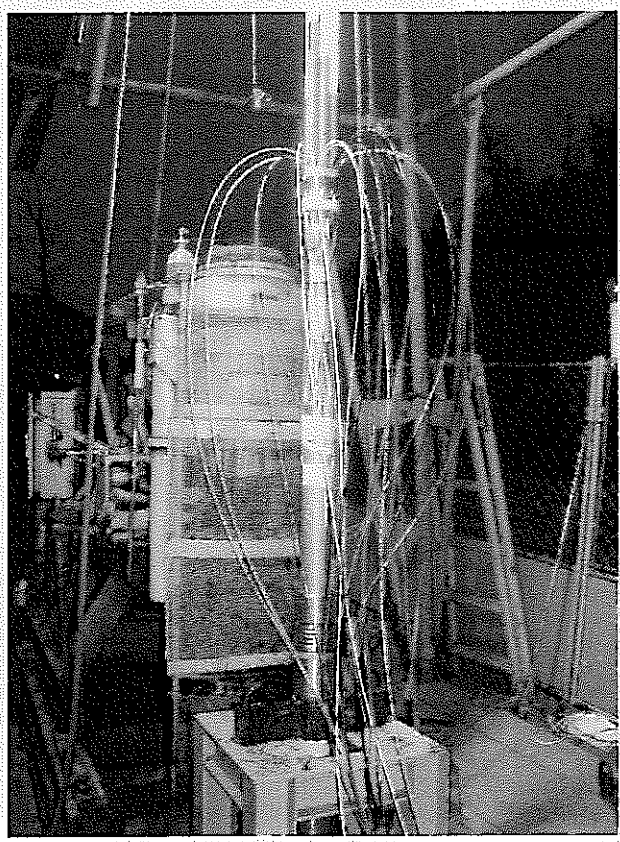


写真 21　PIEZO 設置状況(3inch－4inch 接合部)

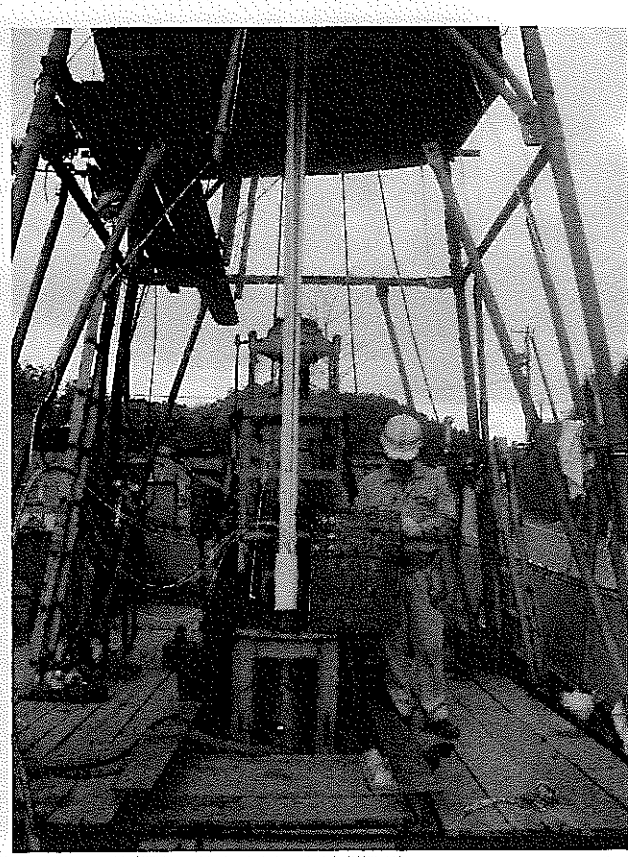


写真 22　PIEZO 設置状況（3/4inch ピエゾパイプ）

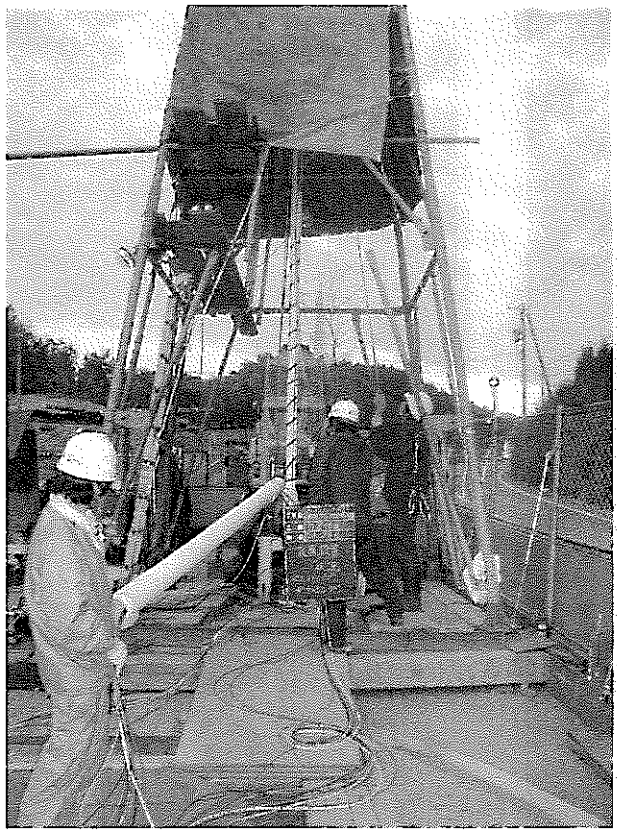


写真 23　PIEZO 設置状況（4inchPVC）

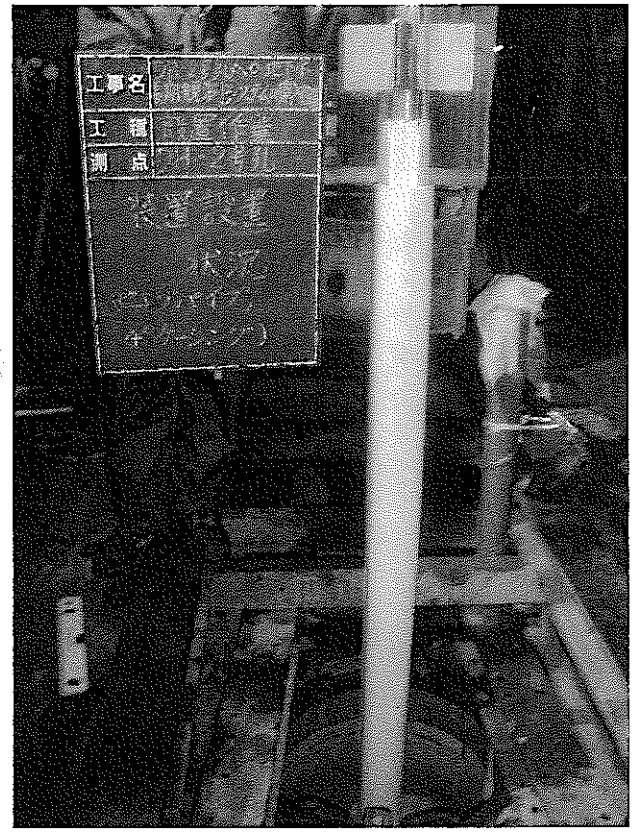


写真 24　PIEZO 設置状況（4inchPVC 最上部）

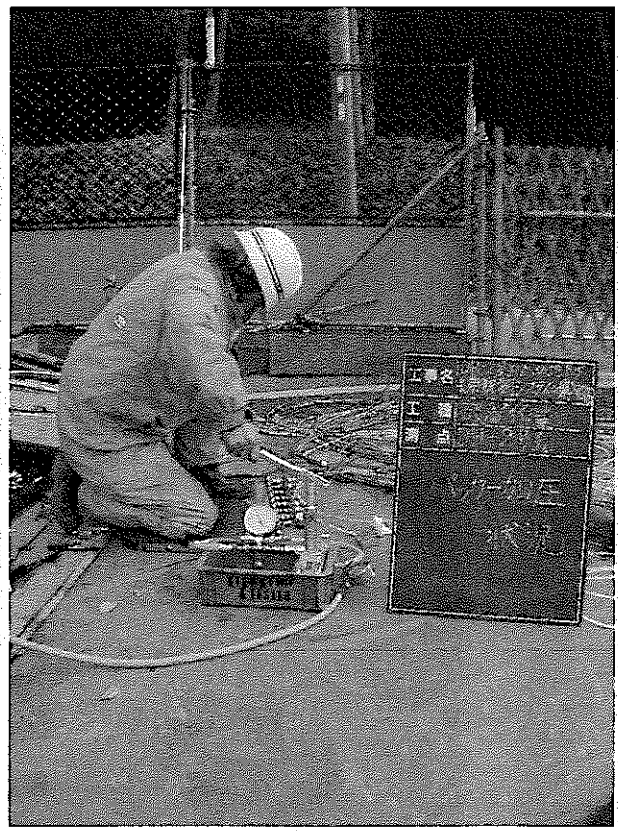


写真 25　PIEZO 設置状況（パッカー加圧）

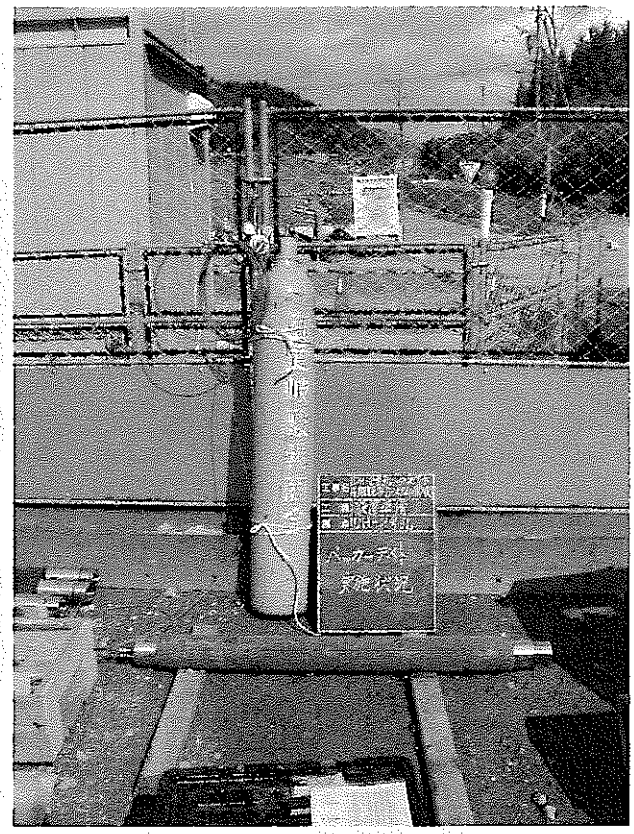


写真 26　PIEZO 設置資材試験
（パッカーリークチェック）

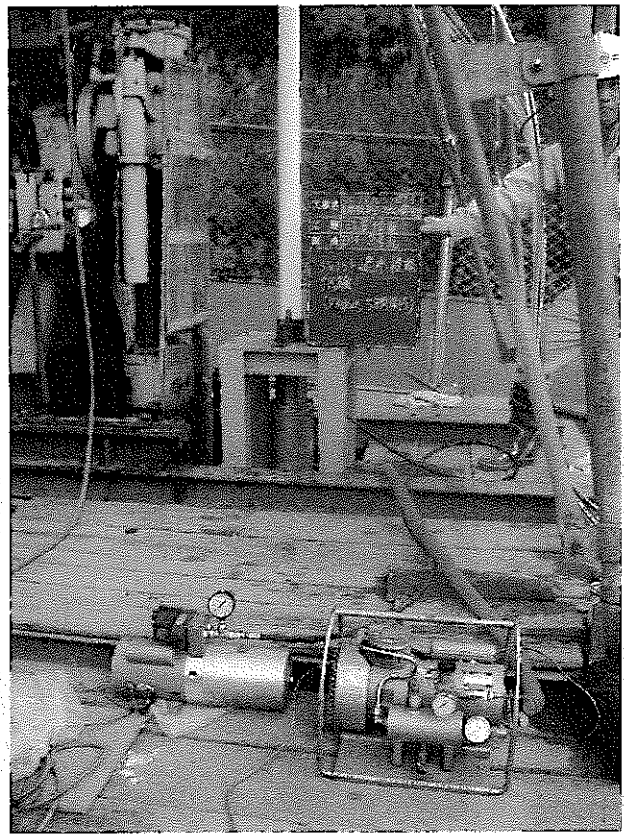


写真 27　PIEZO 設置資材試験
（ジョイント部リークチェック）

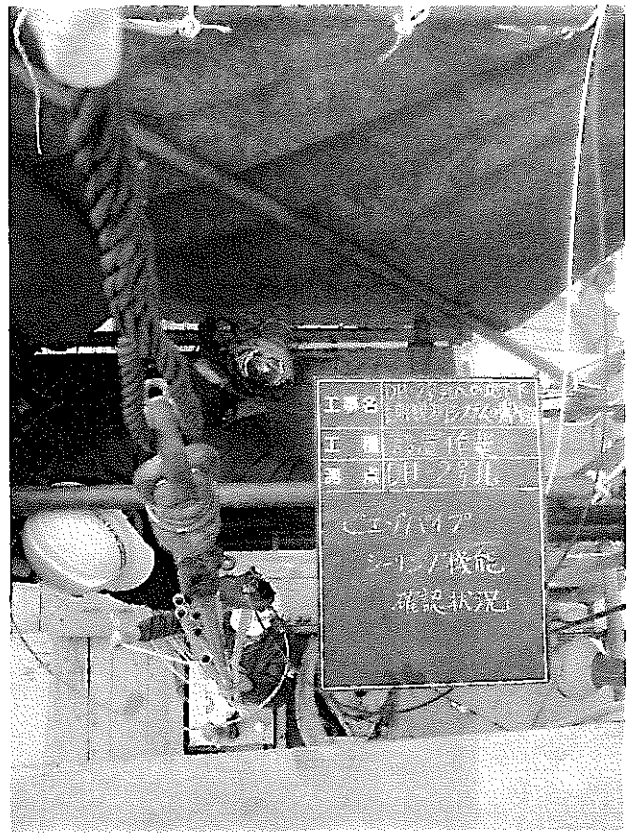


写真 28　PIEZO 設置資材試験
（ピエゾパイプリークチェック）

写真 29　PIEZO 採水確認試験
（ポンプによる揚水）

写真 30　PIEZO 設置終了
（ピエゾパイプ内清水置換）

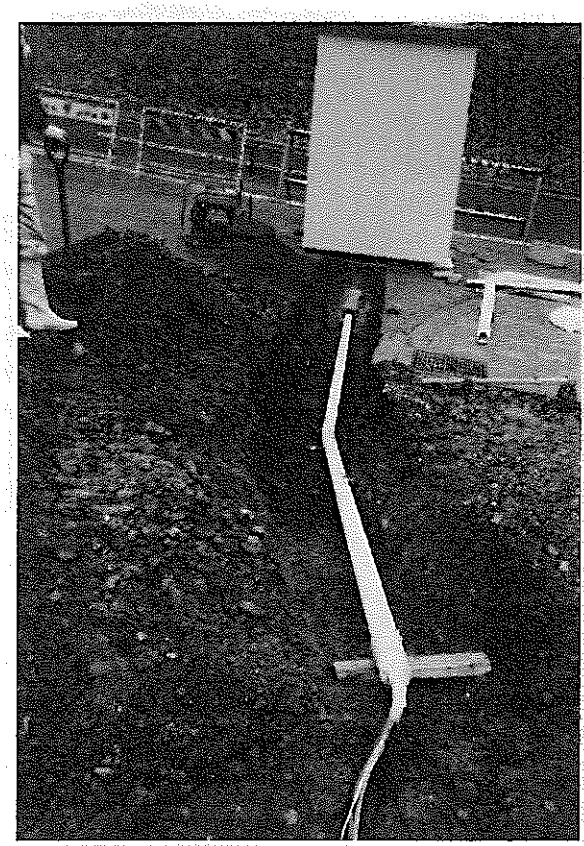


写真 31　PIEZO 設置終了
（ケーブル埋設）

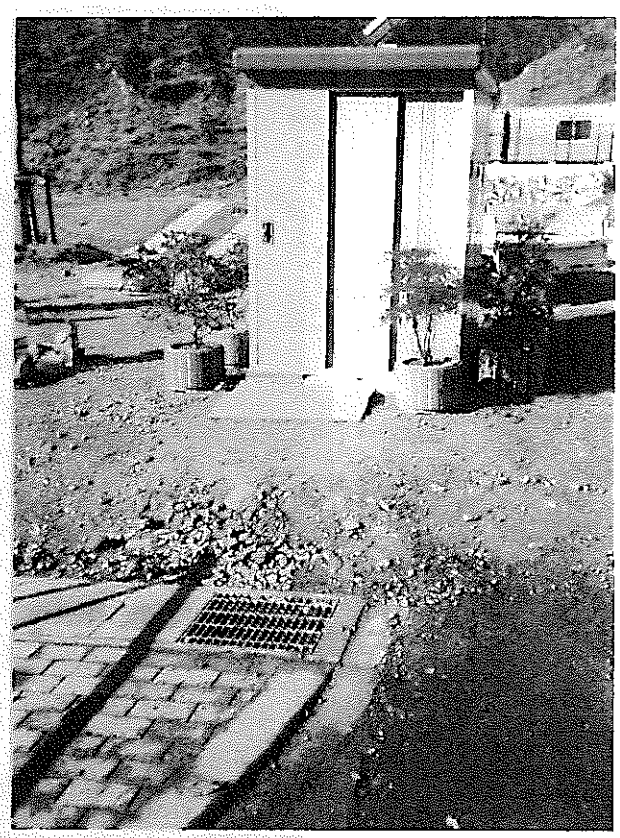


写真 32　PIEZO 設置終了
（観測小屋設置）

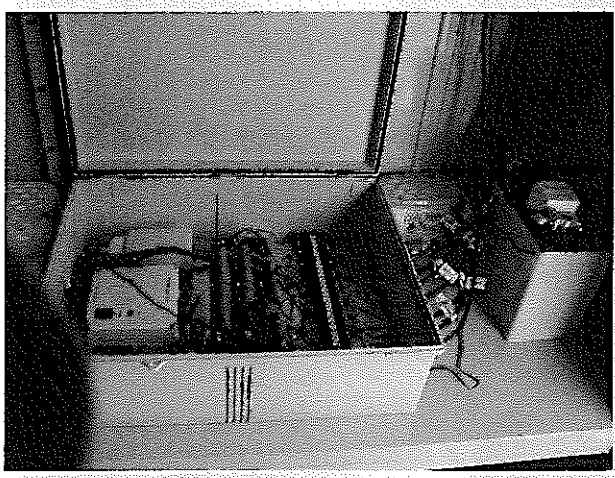


写真 33　PIEZO 設置終了
（データ伝送機器，内部）

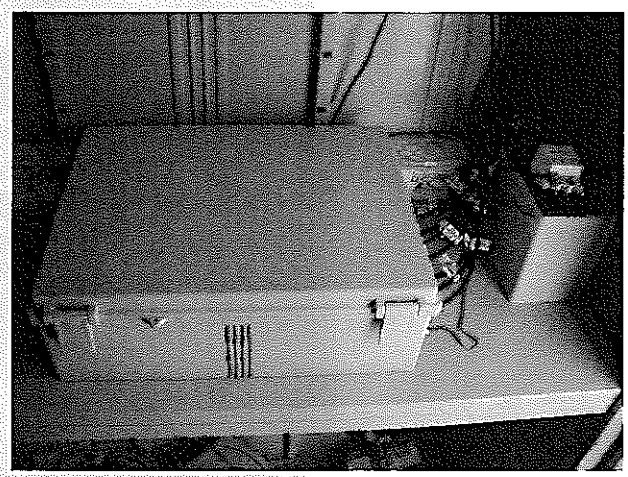


写真 34　PIEZO 設置終了
（データ伝送機器，外観）

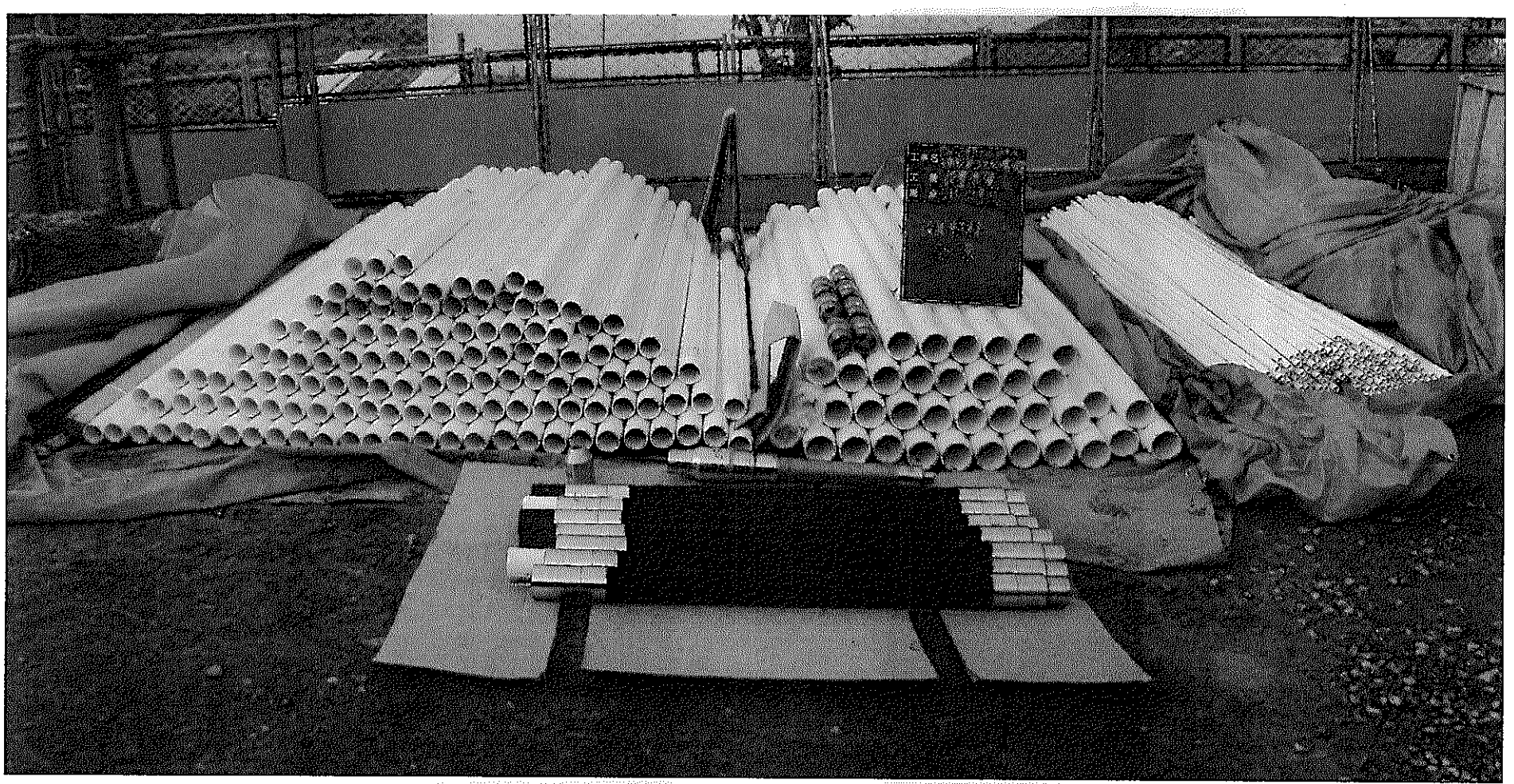


写真 35　孔内設置部材全景

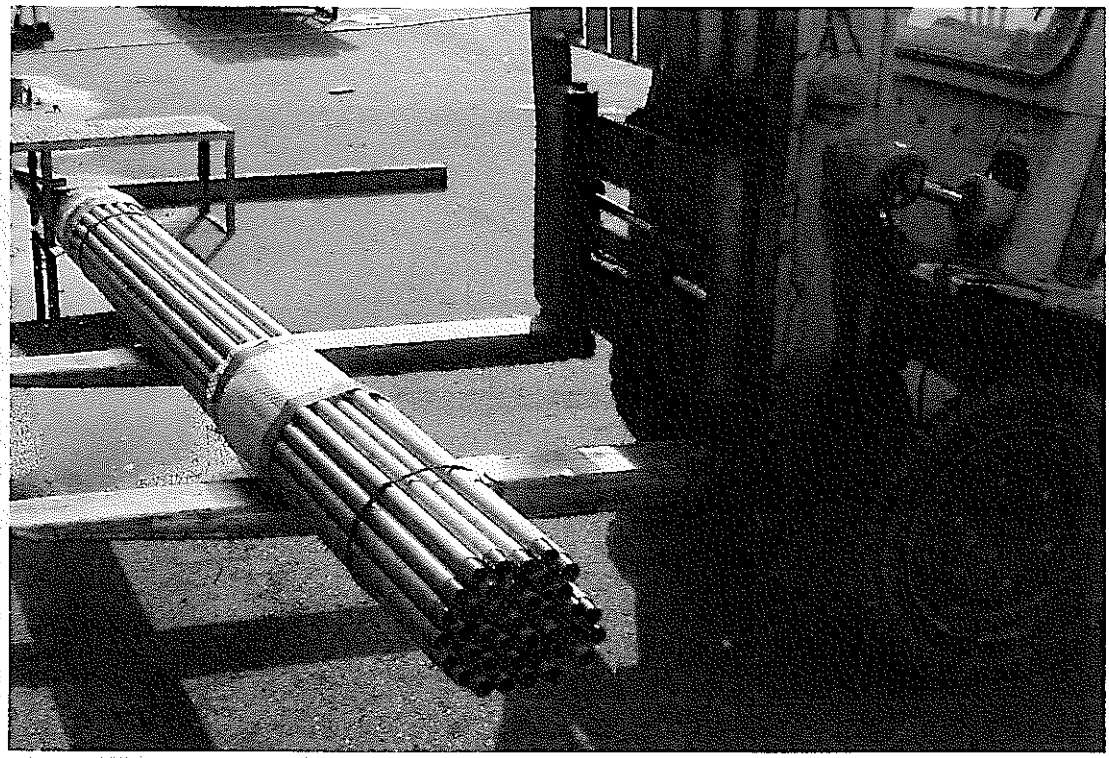


写真 36　センターロッド(全景)

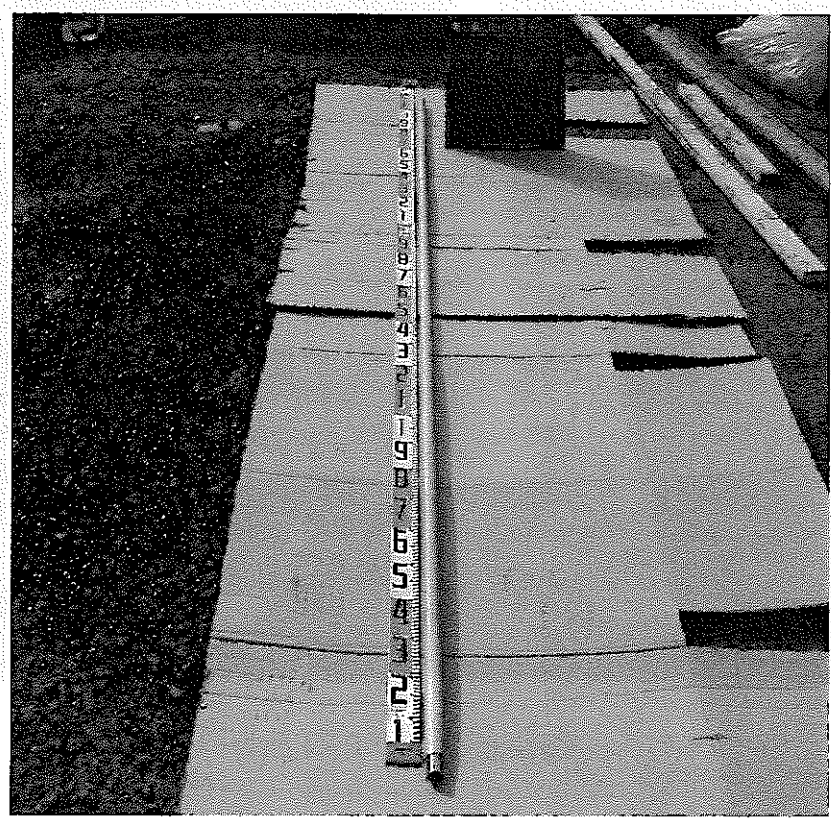


写真 37　センターロッド(10ft)

写真 38　3インチＰＶＣ製ケーシング(10ft)

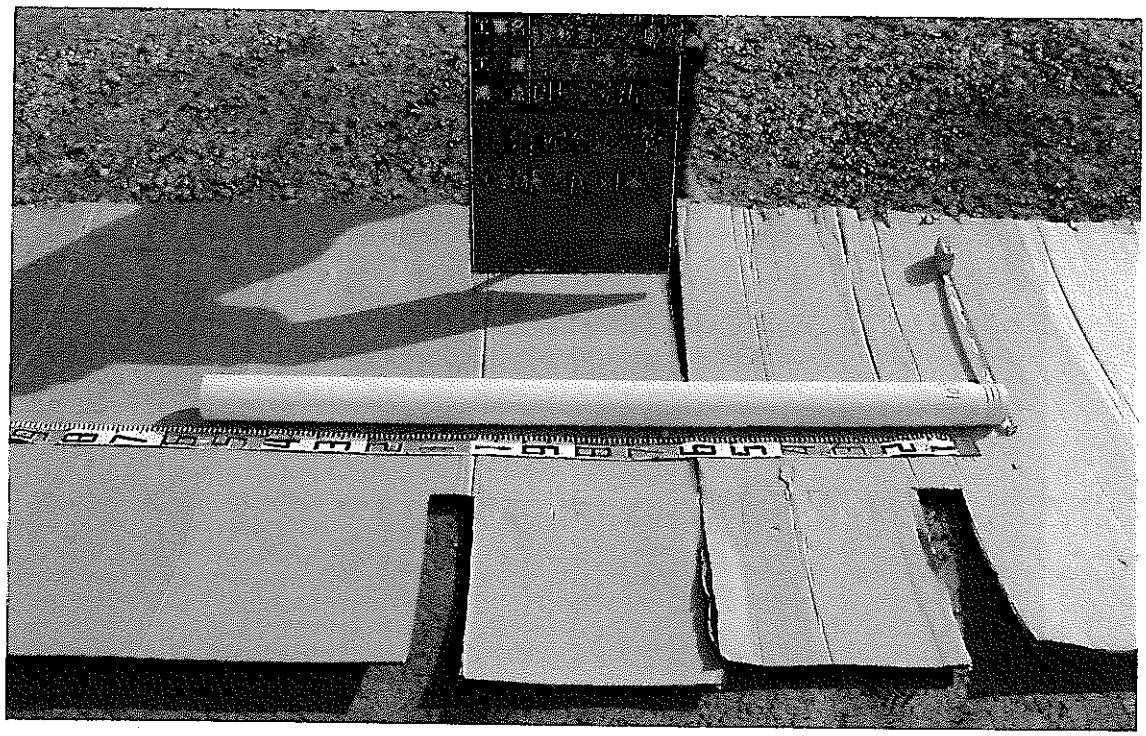


写真 39　3 インチ PVC 製ケーシング(5ft)

写真 40　3 インチ PVC 製ケーシング(0.5m)

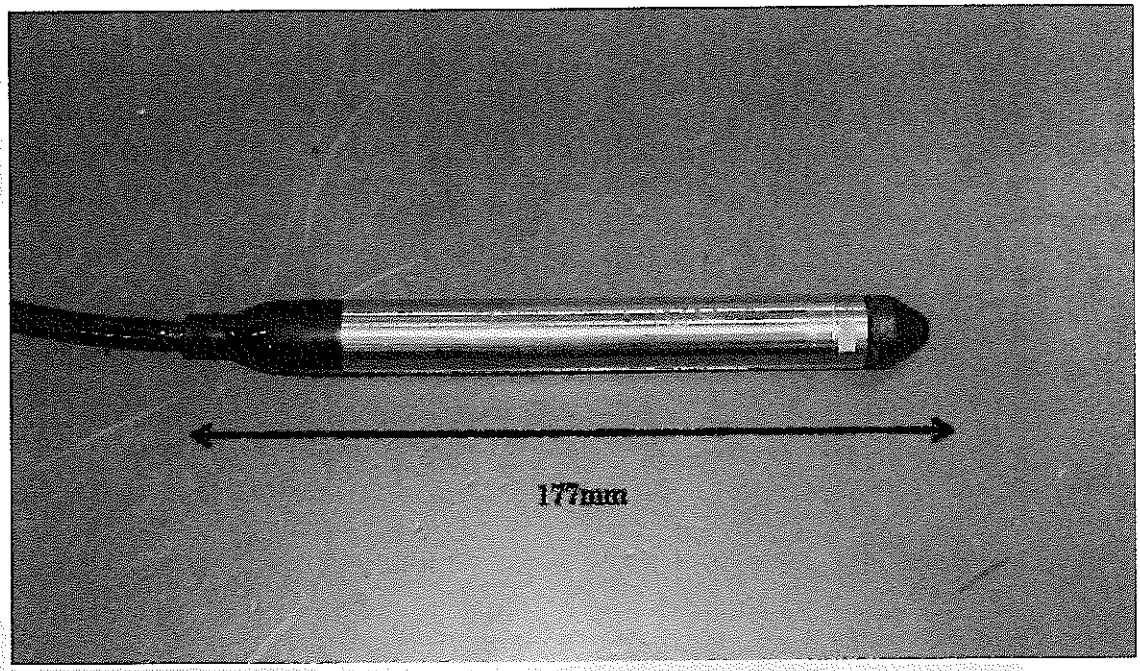


写真 41　間隙圧力計測センサー

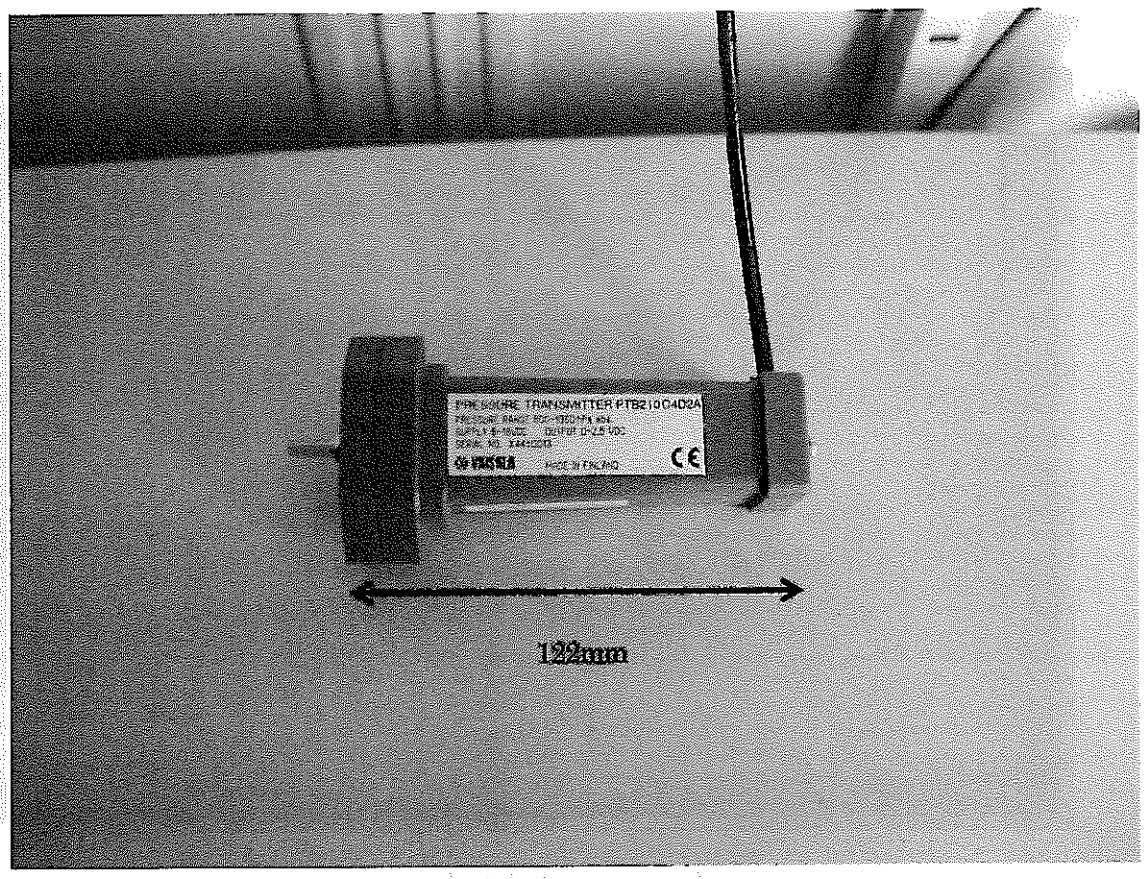


写真 42　気圧センサー

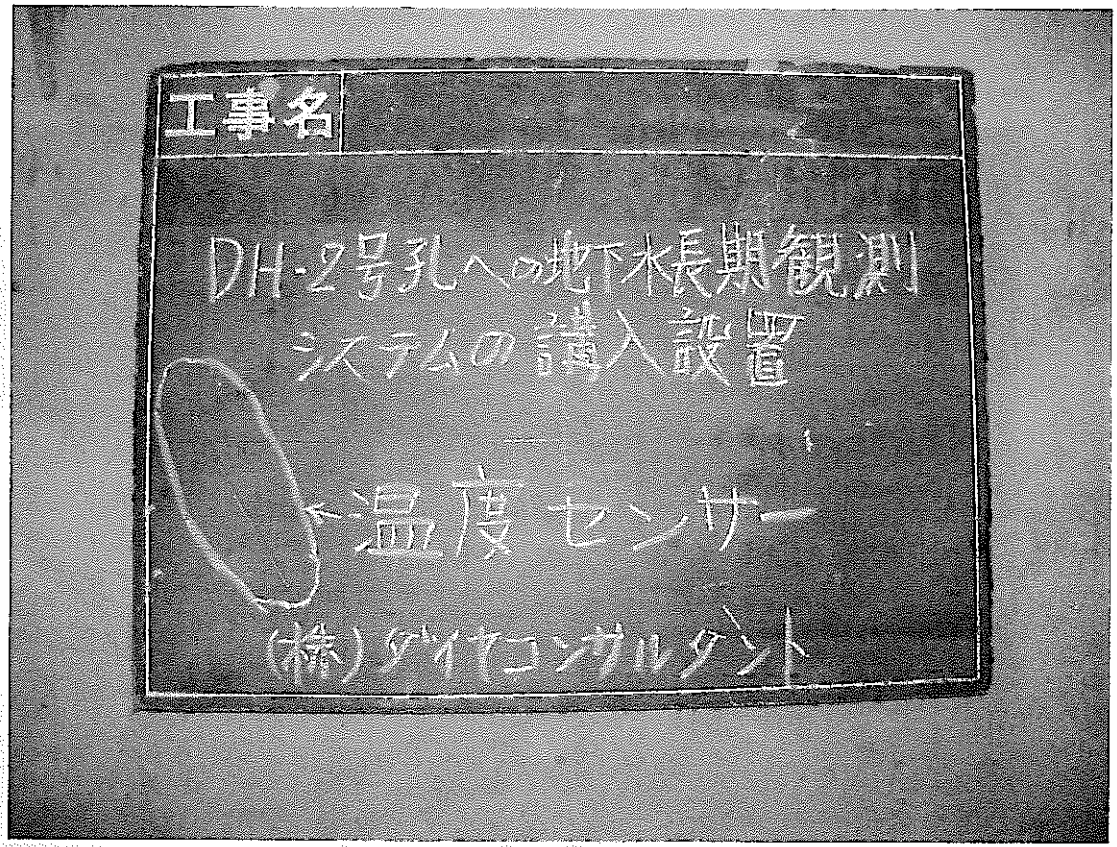


写真 43　温度センサー

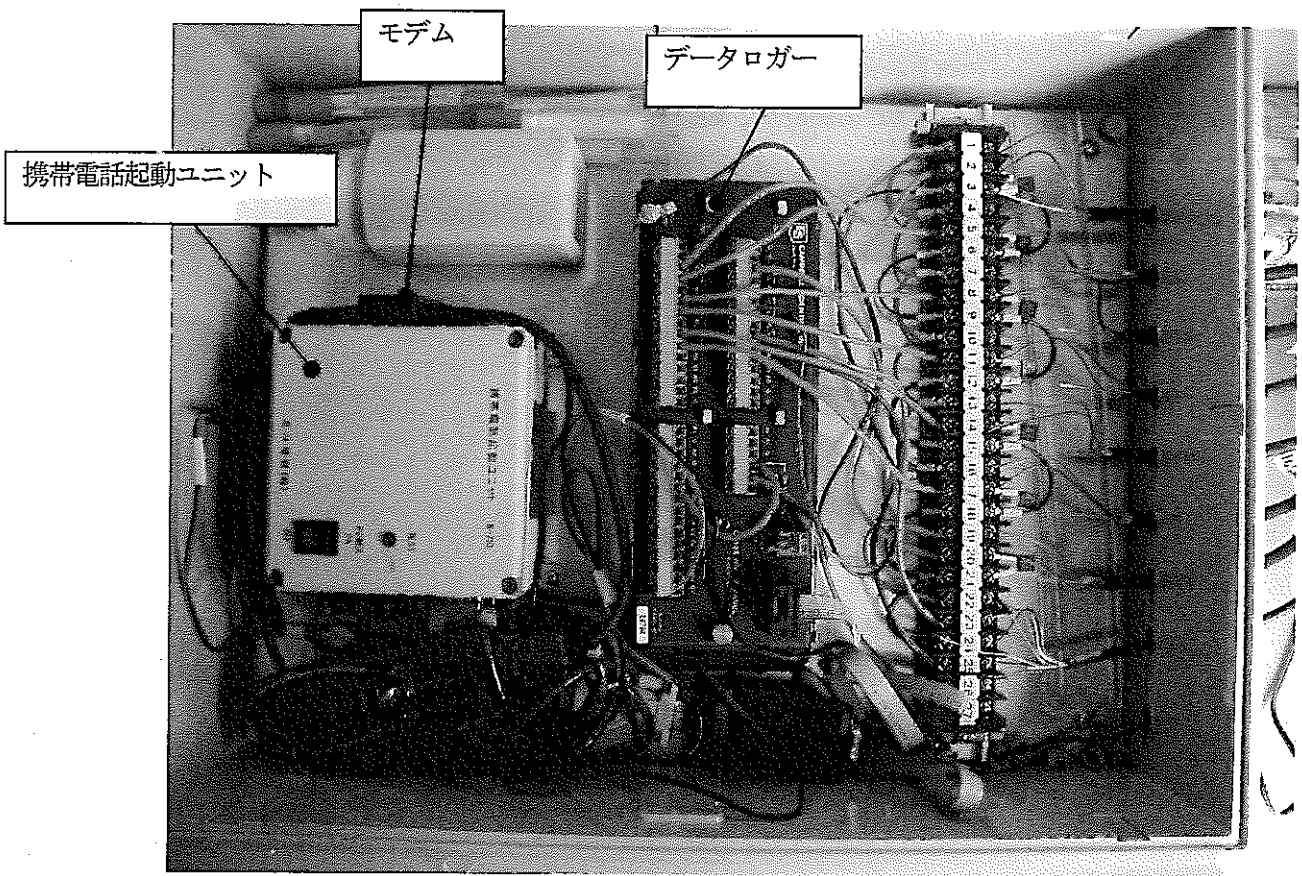


写真 44　データロガー，モデムおよび携帯電話起動ユニット

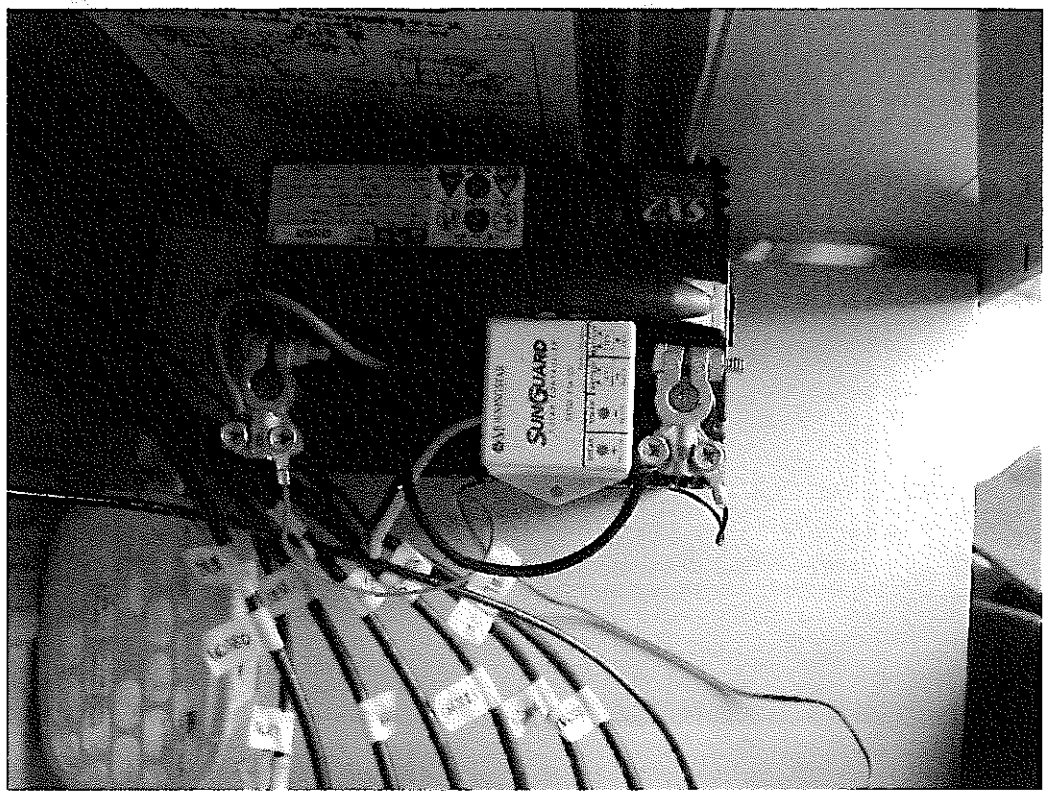


写真 45　バッテリーおよび充放電コントローラ

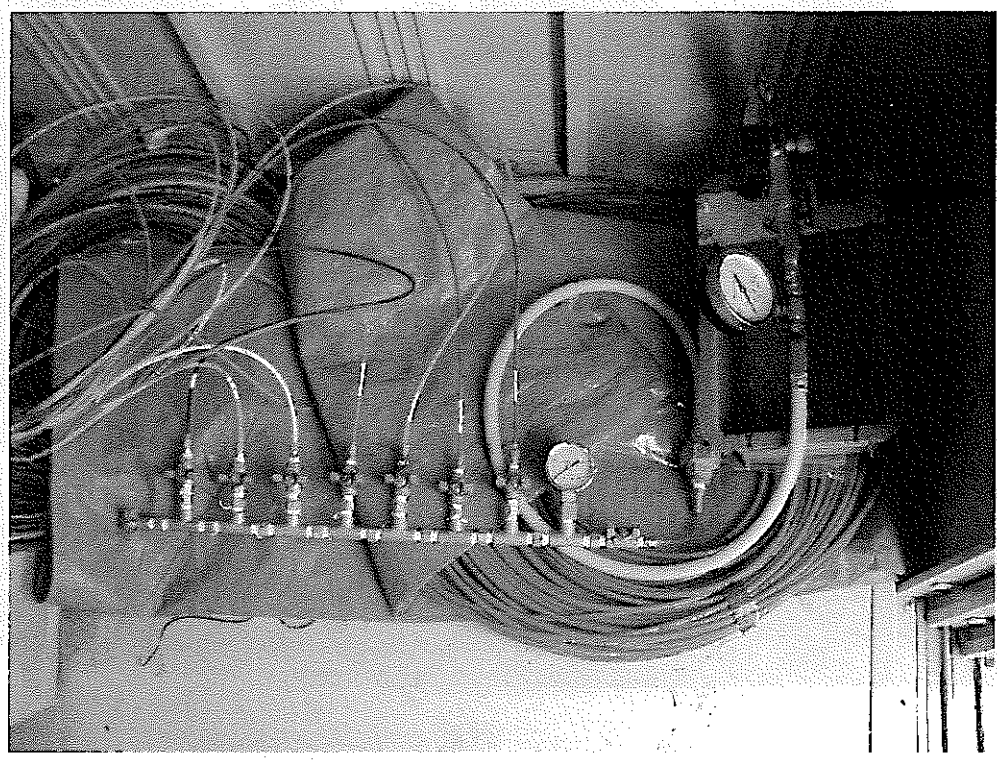


写真 46　パッカー圧力管理ユニット

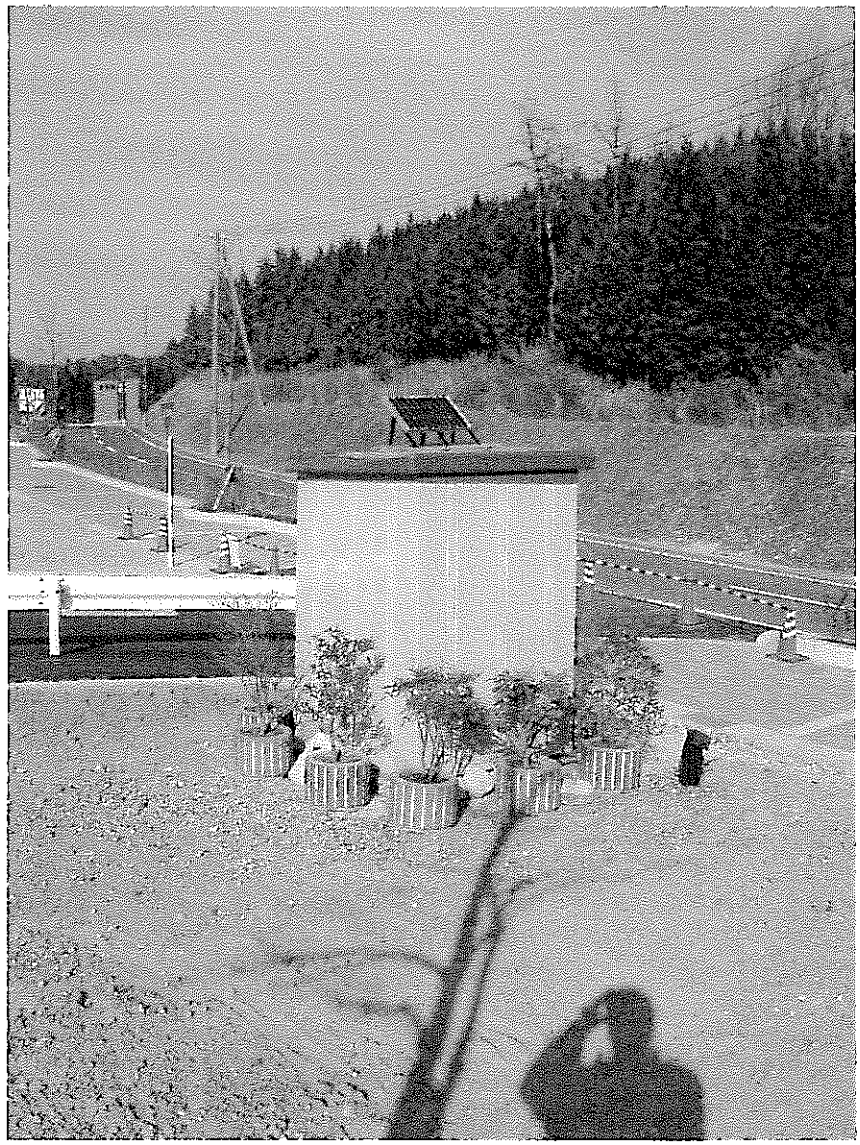


写真 47　観測小屋およびソーラパネル(屋上)