

光ファイバーを用いた 地下水圧観測装置の製作

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2003年3月

大成基礎設計株式会社

光ファイバーを用いた地下水圧観測装置の製作

平田 洋一*、吉田 幸美*

要 旨

地表から地下深部までの地質特性を把握する方法の一つとして、地下水の長期モニタリング装置の必要性が検討されている。長期にわたる間隙水圧観測を実施するため、安定性・耐久性に優れた光信号を用いる地下水圧観測システムの開発を行った。本業務では、上記観測システムの試作として、試錐孔内の2区間で地下水の水圧と温度を測定可能な観測装置を製作した。光ファイバーを利用した水圧測定技術としては、世界でも初の試みとなった。

本装置の孔内設置部は、パッカーユニット、水圧・温度測定ユニット、光ファイバー接続ユニットで構成される。地上設置部は、データ観測・収録装置である。

本装置の仕様を以下に示す。

- ・測定方式： FBG (Fiber Bragg Grating)
- ・測定項目： 間隙水圧、温度
- ・測定範囲： 水圧 0 ～ 10 kgf/cm² (0 - 1 MPa)
- ・測定精度： ±0.5%FS
- ・適用孔径： φ86 ～ 100mm

本業務の最後に、本装置を試錐孔へ設置した。

本業務終了後も、本装置による水圧観測を続行して長期安定性を確認しつつ、適宜改良を実施していく予定である。

本報告書は、大成基礎設計株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務の成果である。

契約番号：1406A01064

サイクル機構担当部課および担当者：東濃地科学センター 地質環境研究 地球環境特性研究グループ

* 大成基礎設計株式会社 技術研究所

Manufacturing of Long-term Pore Water Pressure Monitoring System with Optical Fiber Sensor

Yoichi Hirata*, Yukimi Yoshida*

Abstract

Long-term monitoring system for the underground water is needed as one of the important method to understand the characteristic of hydro-geology. To measure long-term pore water pressure, we manufactured the pore water pressure monitoring system with optical fiber sensors which have long term stability and durability. On this job, we produced a new type monitoring system which has two identified zone for measuring water pressure and temperature.

This system is divided in two parts by the sense of installed place. The downhole part is composed of the packer units, temperature and pressure measuring units and optical fiber jointing units. The surface part is composed of observation and data-saving equipment.

The specification is as follows.

- Measurement method : FBG (Fiber Bragg Grating)
- Measurement contents : Pressure and Temperature
- Range : 0 - 10 kgf/cm² (0 - 1 MPa)
- Accuracy : ± 0.5 % FS
- Borehole diameter : ϕ 86 ~ 100 mm

This system was installed at the DH-5 bore-hole .

Work performed by Taisei Kiso Sekkei Co.,LTD under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison : Underground Research Group, Tono Geoscience Centre

*Taisei Kiso Sekkei Co.,LTD Technical Laboratory

目 次

1. はじめに	1
2. 装置の概要	2
2. 1 装置の基本仕様	2
2. 2 装置の基本構成	2
3. 装置の構造	4
3. 1 ケーシング	4
3. 2 パッカーユニット	4
3. 3 測定ユニット (水圧・温度測定ユニット)	5
3.3.1 測定ユニット	
3.3.2 圧力計・温度計の仕様	
3. 4 接続ユニット (光ファイバー接続ユニット)	6
3. 5 データ観測・制御装置	6
3.5.1 FBG 測定器 (FBG 反射波長測定器)	
3.5.2 光スイッチ	
3.5.3 制御・観測用パソコン	
4. 地上での作動確認	8
4. 1 圧力計・温度計の性能確認試験	8
4.1.1 目的	
4.1.2 試験方法	
4.1.3 試験結果	
4. 2 パッカーユニットの遮水性能確認試験	11
4.2.1 目的	
4.2.2 試験方法	
4.2.3 試験結果	
4. 3 接続ユニットの遮水性能確認試験	13
4.2.1 目的	
4.2.2 試験方法	
4.2.3 試験結果	
5. 孔内部での作動確認	14
6. 1 目的	14
6. 2 確認方法	14
6. 3 確認結果	14
6. 試錐孔への設置と観測開始	15
6. 1 目的	15
6. 2 設置日程	15
6. 3 設置場所および深度	15
6. 4 設置手順	15

7. 観測結果	17
8. おわりに	18

図目次

図2.2.1	装置構成図	3
図3.2.1	パッカーユニット概念図	4
図3.3.1	測定ユニット概念図	5
図3.3.2	圧力計外形図	5
図3.4.1	接続ユニット概念図	6
図3.5.1	FBG 測定器 外観写真	6
図4.1.1	検定装置構成	8
図4.1.2	圧力計の検定結果と較正式	9
図4.1.3	温度計の検定結果と較正式	10
図4.2.1	パッカーユニット遮水性能確認試験 装置構成図	11
図4.3.1	接続ユニット遮水性能確認試験 装置構成図	13
図5.1	孔内作動確認 設置深度状況図	14
図6.3.1	設置深度状況図 (DH-5)	15
図6.4.1	パッカー拡張装置 構成図	16
図7.1	2003年3月13日の観測データ	17

表目次

表3.3.1	圧力計の測定性能	5
表3.5.1	FBG 測定器 波長測定性能	6
表3.5.2	光スイッチの仕様	7
表4.2.1	パッカーユニット遮水性能確認試験結果	12
表4.3.1	接続ユニット遮水性能確認試験結果	13
表5.1	孔内作動確認結果	14

1. はじめに

地上から地下深部までの地質環境を把握する方法の一つとして、地下水の長期モニタリング装置の必要性が検討されている。地下水に関するモニタリングのうち、水圧や水温は微小な変動をとらえることが可能なことから、モニタリング項目として適していると考えられる。モニタリング装置に求められる機能は、長期耐久性、必要以上のメンテナンスを要しないこと等である。以上の観点をつまみ、本件では光信号を利用した観測システムの製作を試行した。

本業務は、上記観測システムの試作として、水圧・水温の測点を試錐孔内の 2 区間に設置することが可能な観測装置を製作し、地上部および孔内部において機能確認を行うものである。

本装置では、光信号を利用する測定方式として、光ファイバーセンサーの FBG (Fiber Bragg Grating) を採用した。FBG 固有の反射波長が、FBG 部分に生じる歪および温度変化に応じてシフトする特性を利用する。現状で一般的な FBG 反射波長測定器である FBG-IS は、FBG のひずみ測定用として取扱い性に優れているが、光学測定系としては入力光強度と波長読取り精度の点で弱点をもつ。そこで、光学測定系の性能向上を図ってかねてより開発を始めていた新型の FBG 反射波長測定器を、本業務を機に実用化させ、本装置へ導入した。新型の FBG 反射波長測定器は、一般の光波長計測システムをもとにしており、絶対波長の測定性能は FBG-IS に比べると大きく向上している。

その他光ファイバー配線方法などの点においても、将来的な多連装化を前提にして本装置を製作した。

2. 装置の概要

2. 1 装置の基本仕様

本装置の基本仕様を以下に示す。

- ① 測定方式： FBG (FBG 応用光ファイバーセンサー) *1
- ② 測定項目： 間隙水圧、温度
- ③ 測定性能： 間隙水圧： 0 ~ 1 MPa (10 kgf/cm²), 精度 0.5 %FS
温度： 0 ~ 40 °C, 精度 0.5 %FS
- ④ 適用深度： 水深 100mまで *2
- ⑤ 適用試錐孔径： φ86 mm ~ φ100 mm
- ⑥ 観測区間数： 2区間
- ⑦ 観測区間長： 2.5 m 以上
- ⑧ 測定区間の設定方法： ダブルパッカー
- ⑨ 孔内部装置外径： 最大 φ70 mm
- ⑩ ケーシング外径： φ40.5mm (ボーリングロッド)
- ⑪ パッカー拡張方式： 水圧 または 空圧

*1 FBGは光ファイバーのコアに形成された回折格子 (Grating) のことであり、FBG 部に光パルスを入射すると特定波長 (Bragg 波長) のみを反射する。センサーとしてのFBGは、Bragg 波長が光ファイバーのひずみに比例してシフトする特性を利用して、波長シフト量を計測することにより、光ファイバーのひずみ量を測定するものである。

*2 圧力計の適用範囲に基づく数値である。今回の製作分ではケーシング総延長に制約があり、最大で孔口より100mまでとなる。

2. 2 装置の基本構成

本装置の孔内部は、パッカーユニット、水圧・温度測定ユニット、光ファイバー接続ユニットをケーシングで接続して構成する。他区間と独立した2つの測定区間を形成するために、パッカーユニットは水圧・温度測定ユニットの両側に配置して接続する。装置の地上部はデータ観測・制御装置となる。孔内部の配線・配管は、測定用の光ファイバーケーブルとパッカー圧制御用の圧力チューブの2系統をもつ。装置構成図を図2.2.1に示す。

なお、本装置のパッカー拡張時にはパッカー圧制御装置を必要とするが、本装置専用のパッカー圧制御装置は製作せず、既存装置を適宜利用することとする。

● 孔内部

ケーシング

パッカーユニット

水圧・温度測定ユニット (以下、「測定ユニット」と記述する。)

光ファイバー接続ユニット (以下、「接続ユニット」と記述する。)

● データ観測・制御装置： 圧力・温度データの観測・測定、表示と記録を行う。

FBG 反射波長測定器 (以下、「FBG 測定器」と記述する。)

光スイッチ

制御・観測用パソコン

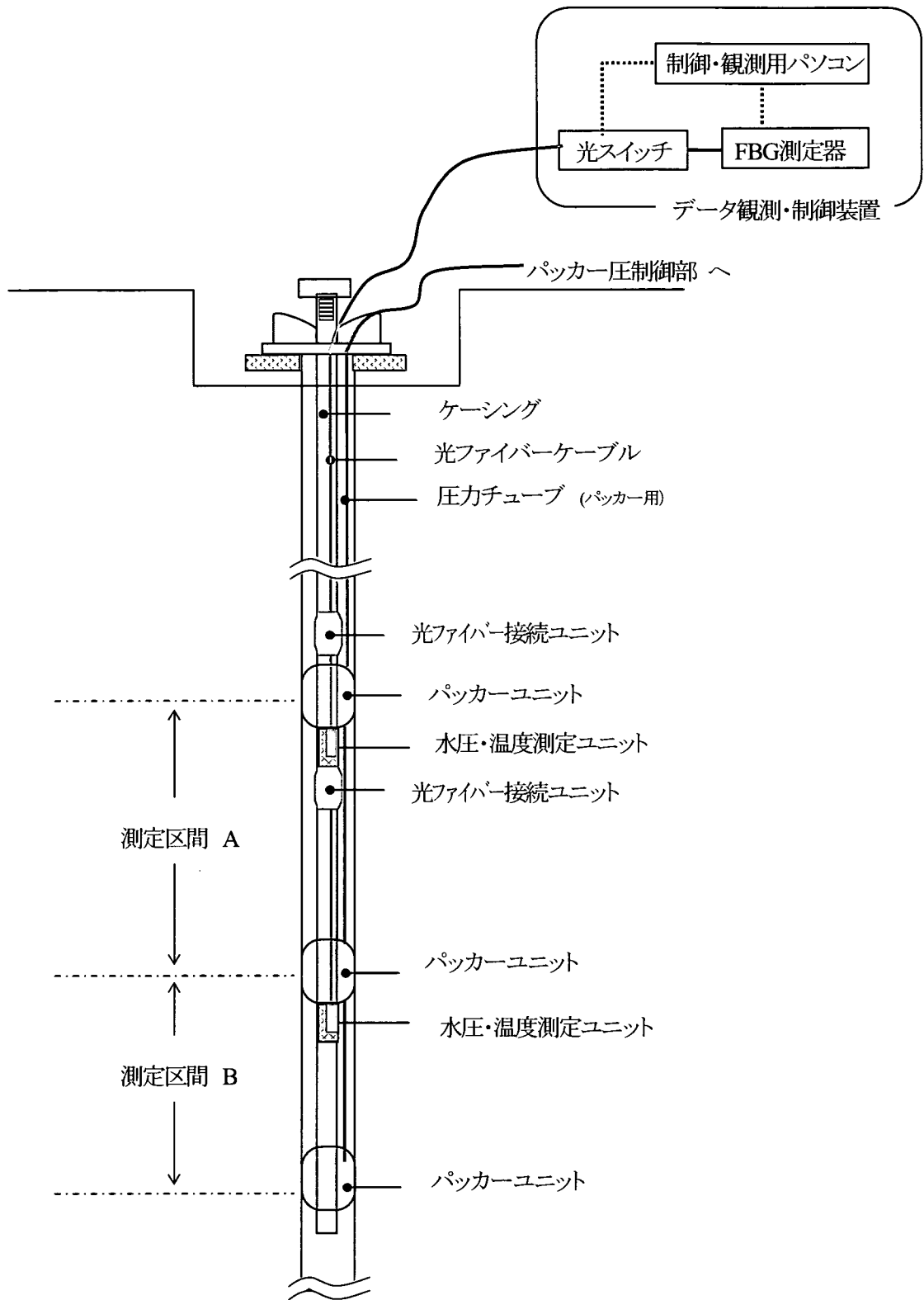


図2.2.1 装置構成図

3. 装置の機能および構造

3.1 ケーシング

ケーシングは、本装置の測定部を試錐孔内の任意の深度に設置する機能を持つ。ケーシングとして、下記の部分を除きφ40.5 mmのボーリングロッドを使用する。

- ・ パッカーユニット
- ・ 測定ユニット
- ・ 接続ユニット

上記各ユニットはボーリングロッドなしで成立する構造を持ち、ケーシングの機能を兼ねている。具体的な構造は、各ユニットについての項で記載する。

ボーリングロッドは3m長を標準とし、設置深度の調整には1m長、0.5m長を併用する。

測定区間内では、区間の上部・下部それぞれ1ヶ所以上に貫通孔を設けたロッドカップリングを使用し、ボーリングロッド内外の圧力・温度環境を均一にする。

3.2 パッカーユニット

パッカーユニットは、試錐孔の測定区間上下に設置し、測定区間を限定する機能を持つ。パッカーユニットの上部はボーリングロッドと、下部は測定ユニットと接続する。図3.2.1にパッカーユニットの概念図を示す。

パッカーは外径70 mmのゴム製で、試錐孔径φ76~100 mmに適用できる。拡張には水圧または空気圧を用いる。

パッカーマンドレルは遮水構造を持ち、パッカーユニット上下の地下水の移動を遮断する。

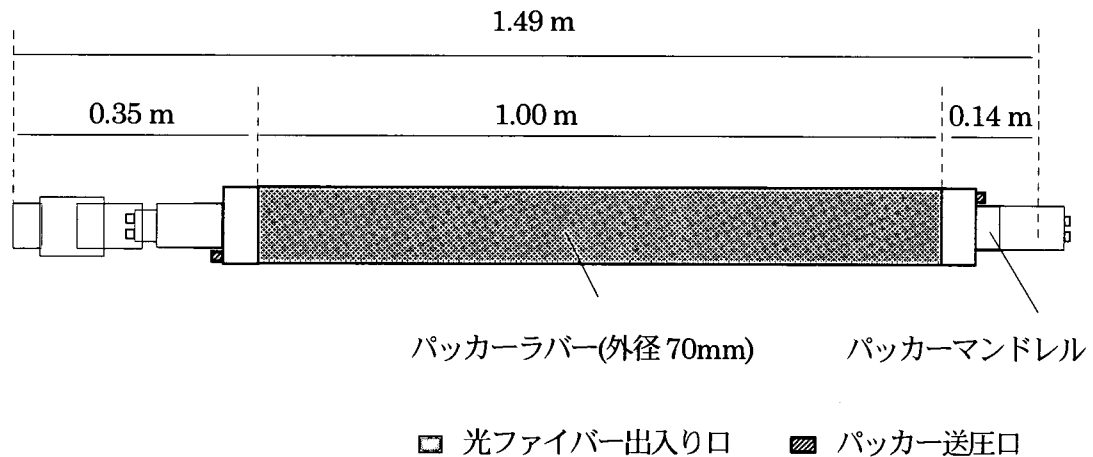


図3.2.1 パッカーユニット概念図

3. 3 測定ユニット（水圧・温度測定ユニット）

3. 3. 1 測定ユニット

測定ユニットは、パッカーで区切られた測定区間内の水圧と温度を測定する機能を持つ。パッカーユニットの下部に接続し、圧力計・温度計を収容した専用ケーシングと、専用ケーシングをボーリングロッドに接続するためのレジャーサから構成される。図3.3.1に測定ユニットの概念図を示す。

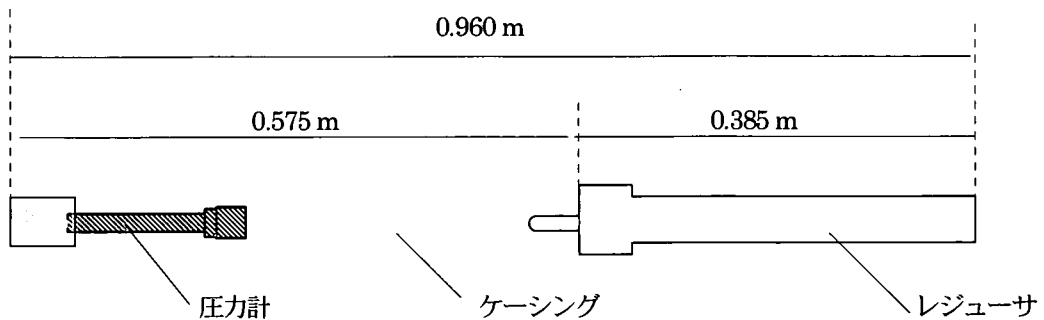


図3.3.1 測定ユニット概念図

3. 3. 2 圧力計・温度計の仕様・測定性能

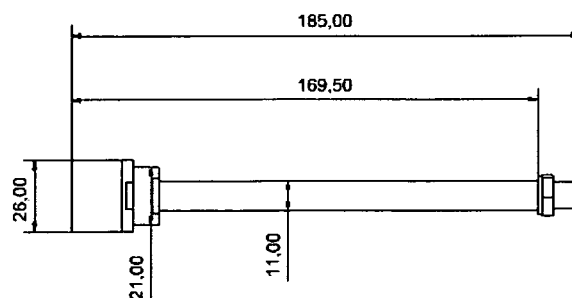
圧力計・温度計として、ID-FOS 社（ベルギー）製の温度計内蔵型の水圧計を採用している。採用計器は、測定性能についてはID-FOS 社の水圧計の標準品 MPWP10 と同等であるが、本地下水圧観測装置の将来的な目標である多深度への設置に対応するため、下記の点において特別仕様となっている。

- ・圧力計を連装するための通過光ファイバー配線の確保
- ・小型化

圧力計の測定性能を表3.3.1に、外形図を図3.3.2に示す。圧力計の個別検定書は巻末資料に示す。

表3.3.1 圧力計の測定性能

測定項目		
圧力	測定範囲	0.0 ~ 10.0 kgf/cm ²
	精度	± 0.5 %FS
温度	測定範囲	0 ~ 40 °C
	精度	± 0.5 %FS



[表示単位は mm]

図3.3.2 圧力計概形図

3.4 接続ユニット (光ファイバー接続ユニット)

接続ユニットは、光ファイバーどうしの接続部を防水するとともに、接続に必要な光ファイバーの余長を収納する機能を持つ。接続ユニットは上下ともボーリングロッドと接続する。接続ユニットの概念図を、図3.4.1に示す。

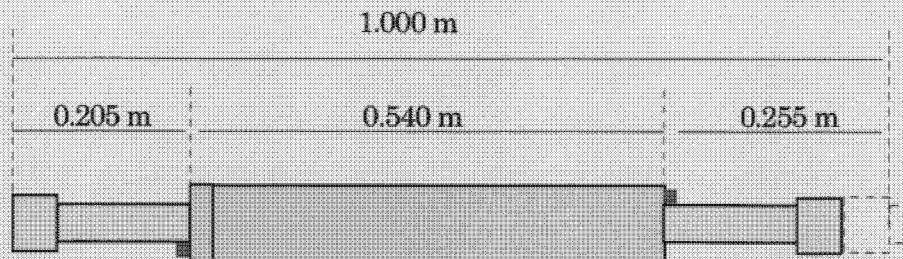


図3.4.1 接続ユニット概念図

3.5 データ観測・制御装置

3.5.1 FBG 測定器 (FBG 反射波長測定器)

センサーである FBG の反射波長を測定する機能を持つ。一般の光波長測定システムをもとに、光学測定機器メーカーの協力を得て FBG 測定器として新規製作した WA-5900 を採用する。

WA-5900 は、波長測定モジュール、He-Ne 波長基準モジュール、広帯域 ASE 光源モジュールの3つのモジュールで構成される。レーザーを内蔵する He-Ne 波長基準モジュール・広帯域 ASE 光源モジュールは、性能を維持する寿命が限られており、2年に1度程度の定期交換が必要となる。WA-5900 では長期連続計測を考慮して、これらの2種類のモジュールはキャリブレーションなしに現地で交換可能となっている。

FBG 測定器 (WA-5900) の外観写真を図3.5.1に、波長測定性能を表3.5.1に示す。

表3.5.1 FBG 測定器 波長測定性能

精度	絶対波長で $\pm 1.5 \text{ pm}$
分解能	$\pm 0.1 \text{ pm}$
測定時間	1秒

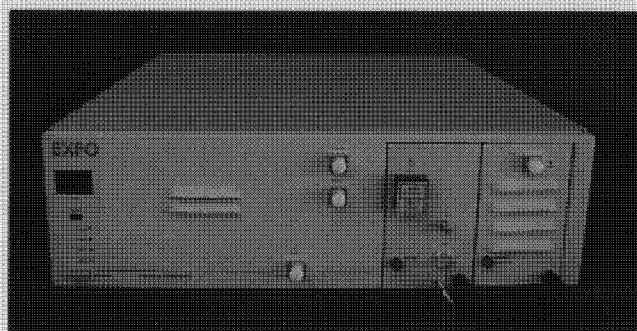


図3.5.1 FBG測定器の外観写真 (WA-5900)

3. 5. 2 光スイッチ

1台のFBG測定器で多数の計器の測定を実現するために、複数の光ファイバー測線を切替える機能を持つ。

本装置では、圧力計の2連装が実現して1本の光ファイバーでの測定が可能となったため光スイッチは特に必要ないが、将来的に圧力計を多連装すれば必須となる。測定用ファイバが数本の場合を想定し、一般的にパッケージングされた光スイッチに比べて取扱い性が良く経済的に優位な光スイッチを、光回路部品用の光スイッチを用いて作成した。本装置の光スイッチの仕様を表3.5.2に示す。

表3.5.2 光スイッチの仕様

切替えチャンネル数	4
切り替え時間	0.2秒
切替え方法	TTL入力*

* 5Vの送電の有無によって光スイッチの切替が実施される。

3. 5. 3 制御・観測用パソコン

FBG測定器および光スイッチを制御して、測定データの表示と保存を実施する。FBG測定器はRS-232Cインターフェースで、光スイッチはI/Oボードのインターフェースで、それぞれ制御する。

圧力・温度データは、画面上に設置深度別に表示し(2分ごとに最新値に更新)、30分間隔で保存する。

4. 地上での作動確認

4. 1 圧力計・温度計の性能確認試験

4.1.1 目的

圧力計ならびに圧力計内蔵の温度計が、本装置の仕様を満足する測定性能を持つことを確認する。

4.1.2 試験方法

恒温室内に2台の圧力計（圧力計 A、圧力計 B）を設置し、温度一定の環境時における圧力応答を、温度を変えて測定することにより、圧力計と温度計の性能検定を同時に実施した。検定装置の構成図を図4.1.1に示す。恒温室外部から2台の圧力計へ同時に圧力変化を与えられる構成とした。圧力変化は空気圧で与えた。2台の圧力計は1本の光ファイバーで接続し、すべての圧力計・温度計を同時に測定した。

温度設定および各温度環境時に与えた圧力設定を以下に示す。

温度： 5℃、10℃、15℃、20℃、25℃、30℃の6段階を1往復（昇温過程⇒降温過程）

圧力： 0、2、4、6 kgf/cm² (0.0, 0.2, 0.4, 0.6 MPa) の4段階を1往復

（加圧過程⇒減圧過程）

すべての条件における測定値から、圧力計・温度計それぞれの較正式を算出した。次に、得られた較正式に測定値を代入した結果を、測定時の設定値（温度・圧力）と比較し、その差が本装置の仕様の測定精度範囲内に納まるか否かを確認した。精度範囲内に納まっていれば、本装置の仕様を満足する測定性能を持つと判断できる。

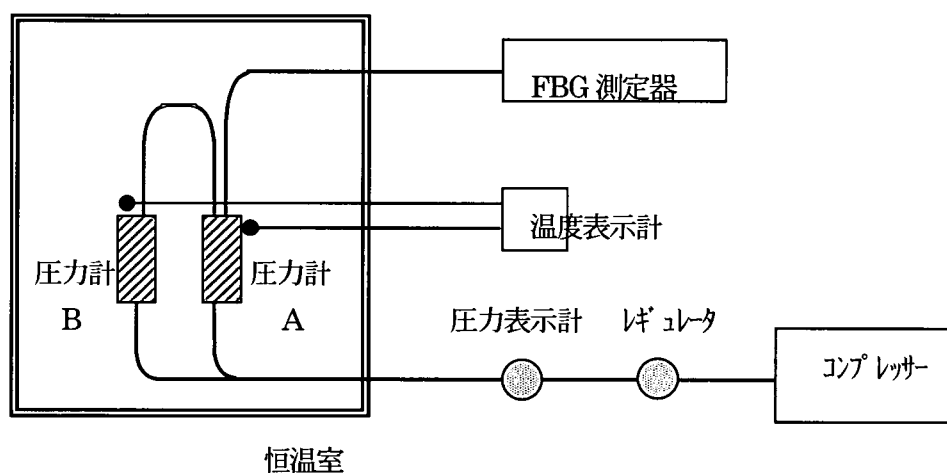
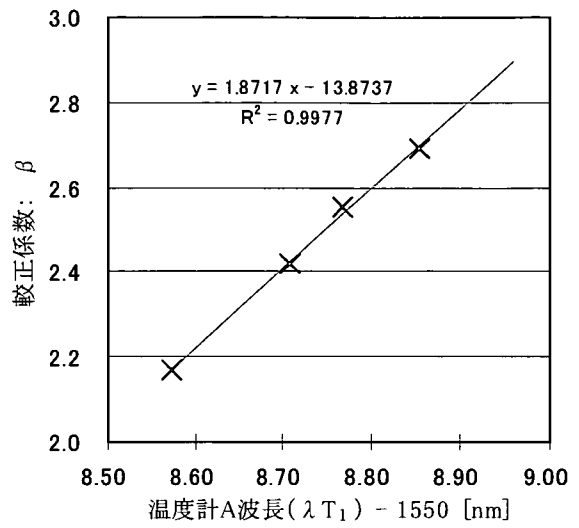
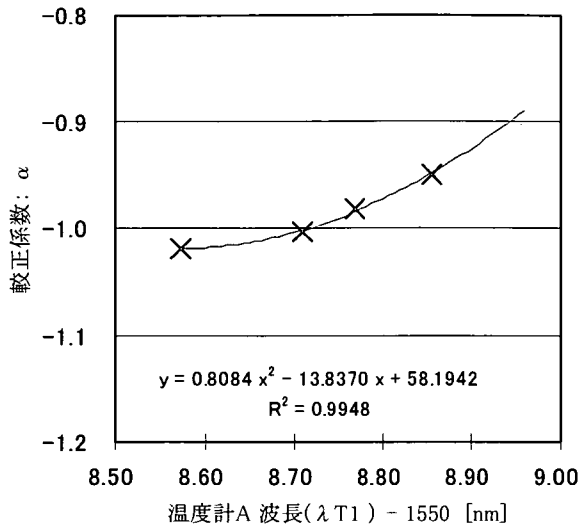


図4.1.1 検定装置構成

4.1.3 試験結果

検定により得られた較正式と、圧力・温度に対する相関状況を、圧力計については図4.1.2に、温度計については図4.1.3に示す。いずれの計器も、圧力・温度に対して一定以上の相関関係が成立していた。また、較正式に測定値を代入し、測定時の設定値と比較したところ、本装置の仕様の測定精度範囲内に納まった。圧力計・温度計は2台とも、本装置の仕様を満足する測定性能を持つことが確認できた。

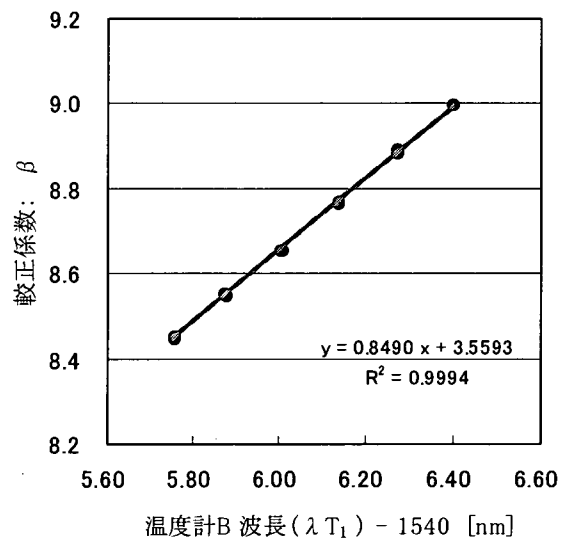
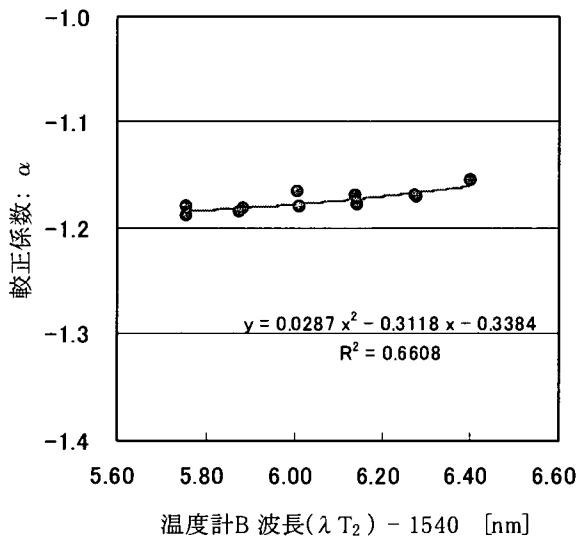


圧力計A 較正式

$$\text{圧力} = (\lambda_{p1} - 1550 - \beta) / \alpha$$

ここで、 $\alpha = 0.8084 \times (\lambda_{T1} - 1550)^2 - 13.8370 \times (\lambda_{T1} - 1550) + 58.1942$

$$\beta = 1.8717 \times (\lambda_{T1} - 1550) - 13.87396$$



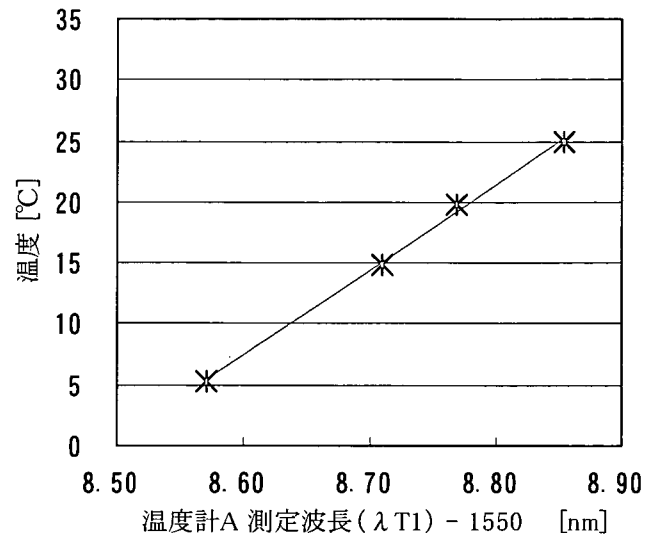
圧力計B 較正式

$$\text{圧力} = (\lambda_{p2} - 1540 - \beta) / \alpha$$

ここで、 $\alpha = 0.0287 \times (\lambda_{T2} - 1540)^2 - 0.3118 \times (\lambda_{T2} - 1540) - 0.3384$

$$\beta = 0.8490 \times (\lambda_{T2} - 1540) + 3.5593$$

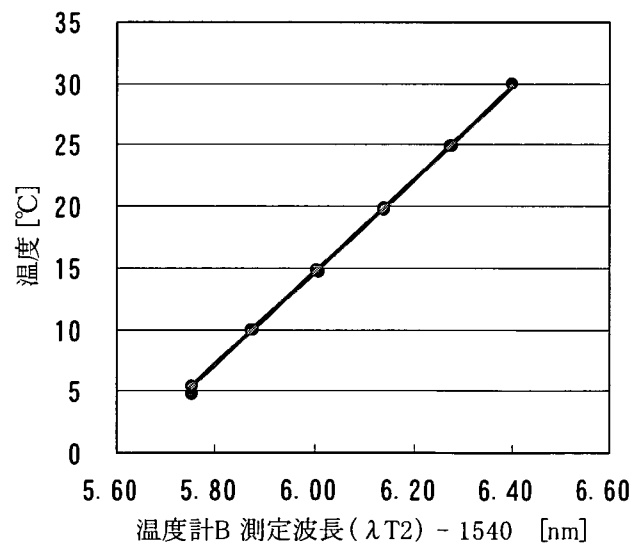
図4. 1. 2 圧力計の検定結果と較正式



温度計A 較正式

$$\text{温度} = 70.2705 \times (\lambda_{T1} - 1550) - 596.9404$$

($R^2 = 0.9970$)



温度計B 較正式

$$\text{温度} = 38.2728 \times (\lambda_{T12} - 1550) - 215.1289$$

($R^2 = 0.9993$)

図4.1.3 温度計の検定結果と較正式

4. 2 パッカーユニットの遮水性能確認試験

4.2.1 目的

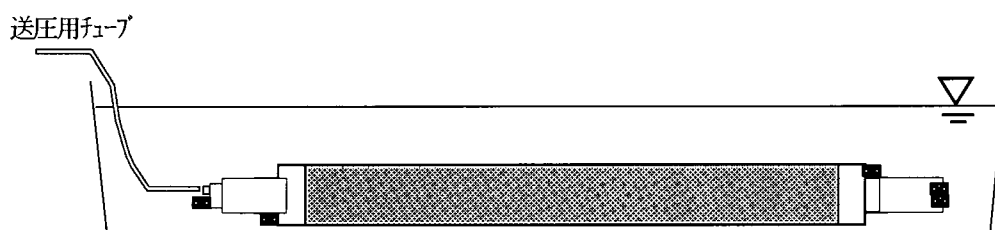
測定区間の独立性を保つため、パッカーユニットの遮水性能を確認する。

4.2.2 確認方法

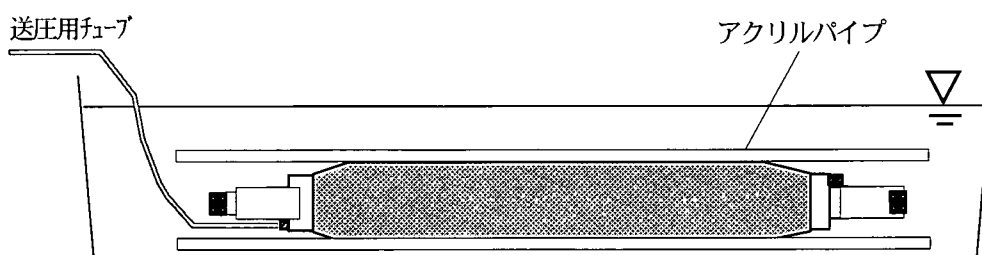
パッカーユニットの遮水性能は、パッカーマンドレルの遮水性能とパッカー拡張時のパッカー両端に対する遮水性能との2点について実施した。パッカーユニットの遮水性能確認試験の概念図を図4.2.1に示す。

最初に、パッカーマンドレルの遮水性能を確認した。パッカーマンドレルにある4ヶ所の光ファイバー出入口のうち1ヶ所に送圧用チューブを取り付け、残りの出入口をとパッカーの送圧口すべてを封鎖した。パッカーユニットを水中に完全に沈めてから、0.1MPa(約10kgf/cm²)の空圧を30分間送り続け、その間にパッカーユニットから出てくる気泡の有無を目視確認した。

パッカー拡張時の遮水性能の確認は、マンドレルの遮水性能確認後、パッカーユニットを水中から取り出した後に実施した。パッカー送圧口の1ヶ所に送圧チューブを取り付け、残り1ヶ所の送圧口とパッカーマンドレルのすべての光ファイバー出入口を封鎖した。パッカーユニットを内径84mmの亚克力パイプに接し、亚克力パイプごと水中に完全に沈め、0.05MPa(約5kgf/cm²)の空圧でパッカーを拡張した。送圧を30分間維持し、その間の亚克力パイプへのパッカーの密着状況とパッカーから出てくる気泡の有無を目視確認した。



(a) パッカーマンドレルの遮水性能確認



(b) パッカー拡張時の遮水性能確認




凡例；  閉鎖口  パッカー送圧口  光ファイバー出入口

図4.2.1 パッカーユニット遮水性能確認試験 装置構成図

4.2.3 確認結果

試験結果を表4.2.1に示す。上部・中間・下部パッカーユニットのいずれにも気泡の発生はなく、パッカーとアクリルパイプの密着状況も良好であり、パッカーユニットの遮水性は確保されているといえる。

表4.2.1 パッカーユニット 遮水性能確認試験 結果

試験対象		気泡の有無	密着性	遮水性
パッカー マンドレル	上部パッカーユニット	無	良	○
	中間パッカーユニット	無	良	○
	下部パッカーユニット	無	良	○
パッカー	上部パッカーユニット	無	良	○
	中間パッカーユニット	無	良	○
	下部パッカーユニット	無	良	○

4.3 接続ユニットの遮水性能確認試験

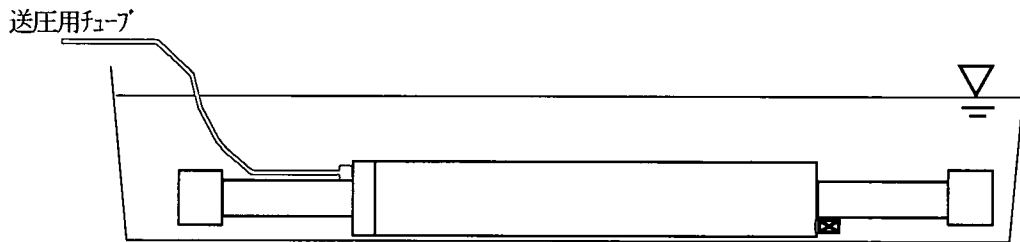
4.3.1 目的

接続ユニットの遮水性能を確認する。

4.3.2 試験方法

接続ユニットの遮水性能確認試験の概念図を、図4.3.1に示す。

接続ユニットにある2ヶ所の光ファイバー出入り口のうち1ヶ所に送圧用チューブを取り付け、残りの1ヶ所を封鎖した。接続ユニットを水中に完全に沈めてから0.98 MPa (10 kgf/cm²)の空圧を30分間送り続け、その間に接続ユニットから出てくる気泡の有無を目視確認した。



凡例； ■ 閉鎖口 □ 光ファイバー出入り口

図4.3.1 接続ユニット遮水性能確認試験 装置構成図

4.3.3 試験結果

試験結果を表4.3.1に示す。接続ユニットA・Bともに気泡の発生はなく、遮水性が確保されているといえる。

表4.3.1 接続ユニット 遮水性確認試験 結果

試験対象	気泡の有無	遮水性
接続ユニットA	無	○
接続ユニットB	無	○

5. 試錐孔内での作動確認

5. 1 目的

本装置を実際に試錐孔内へ設置し、深度に対応した温度、圧力データが取得できることを確認する。

5. 2 確認方法

大成基礎設計 技術研究所内の試錐孔に測定ユニット 2 式を含む本装置の一部を挿入し、実際に測定を実施した。設置深度状況を図 5.1 に示す。なお、設置した試錐孔の水位は GL-0m であり、孔内温度は GL-6m で 8.1℃、GL-15m では 8.8℃であった。

測定値を、設置深度から期待される圧力データ・温度データと比較し、顕著な差異が認められた場合は異常測定、認められなければ正常測定が実施されていると判断した。

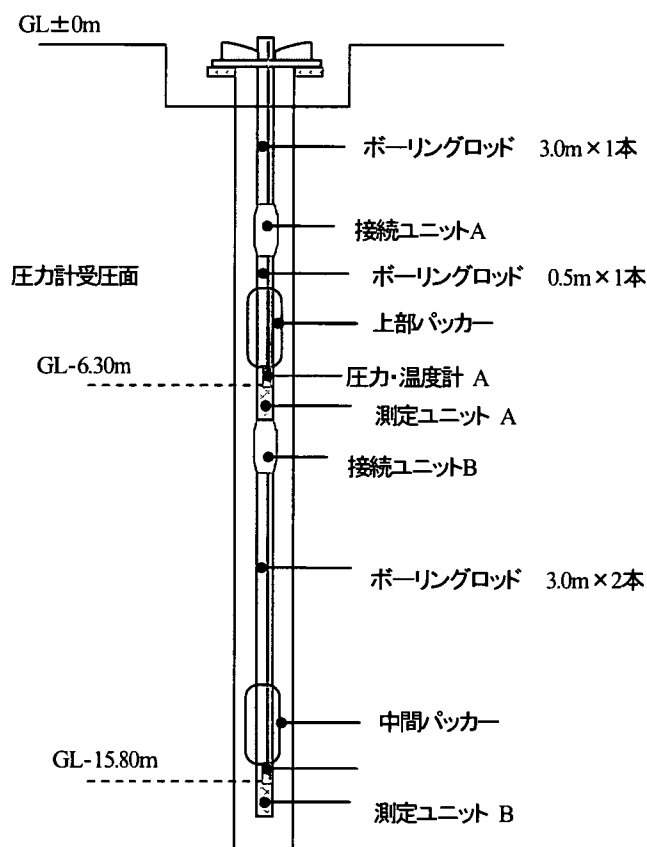


図 5.1 孔内作動確認 設置深度状況図

5. 3 確認結果

図 5.1 の設置深度における測定値と、期待される値とを表 5.1 に示す。いずれの項目についても、測定に異常がないことを確認できた。

表 5.1 孔内作動確認結果

計器	圧力測定値	期待値	判定	温度測定値	期待値	判定
圧力計 A	0.62 kgf/cm ²	0.63 kgf/cm ²	○	8.3 °C	8.1 °C	○
圧力計 B	1.60 kgf/cm ²	1.58 kgf/cm ²	○	8.8 °C	8.8 °C	○

6. 試錐孔への設置と観測開始

6.1 目的

本装置の長期間にわたる測定性能の確認を目的とし、試錐孔へ設置して自動観測を開始した。

6.2 設置日程

設置作業は、2003年3月12日・13日の2日間で実施した。

6.3 設置場所および深度

サイクル機構の指定により、東濃地科学センターの「DH-5号孔」に設置した。本装置の設置深度状況を、図6.3.1に示す。DH-5号孔の自然水位は、GL-30.37mであった。

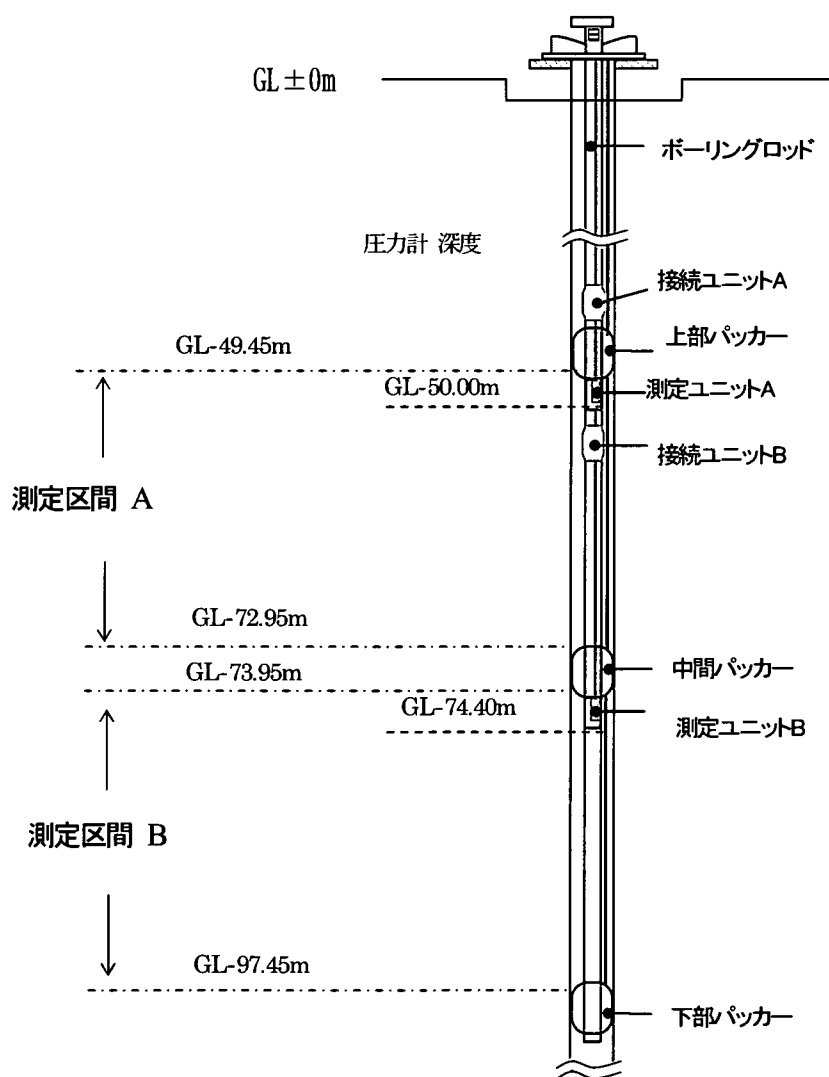


図 5.3.1 設置深度状況図

6. 4 設置手順

以下の①～⑥の手順で、本装置をDH-5号孔に設置し、観測を開始した。

- ① 既設ハウスの移動
- ② 装置孔内部の設置：図6.3.1の深度にあうように、パッカーユニット3式、測定ユニット2式、接続ユニット2式を、ボーリングロッドで順次接続して、試錐孔に挿入した。ロッド数量等は巻末資料のTally Listに従った。設定深度までの挿入が完了した時点で、ボーリングロッドの立ち上がり部分をロッドホルダーで固定し、さらに立ち上がり部分の上端に脱落防止用キャップを取りつけた。
- ③ 装置地上部の設置：①で移動したハウスを試錐孔上に再設置し、ハウス内へ本装置地上部を設置した。電源をハウス内に引込んですべての装置を稼働させ、内部時計を時報に合わせた。測定ユニットから出る光ファイバー配線を、FBG測定器に接続した。
- ④ 測定状況の確認：本装置の観測ソフトウェアを用いて測定を実施し、圧力計の設置深度に合致した測定結果が得られていることを確認した。
- ⑤ パッカーの拡張：パッカー送圧用チューブを水で満たした圧力チャンバーに接続し、コンプレッサーで圧力チャンバーを加圧することによりパッカーへ送水・送圧して、パッカーを拡張させた。パッカー拡張圧は自然水位との水頭差による約 3 kgf/cm^2 にコンプレッサー加圧分の 5 kgf/cm^2 を加え、設置深度の水圧に対して $+8\text{ kgf/cm}^2$ とした。パッカー拡張の装置図を、図6.4.1に示す。パッカーの拡張完了は、圧力チャンバーの水位低下が認められなくなることで判断した。
- ⑥ 自動観測の開始：パッカー拡張が完了した時点(16:10)で、観測ソフト上で測定初期値を設定し、自動観測を開始した。

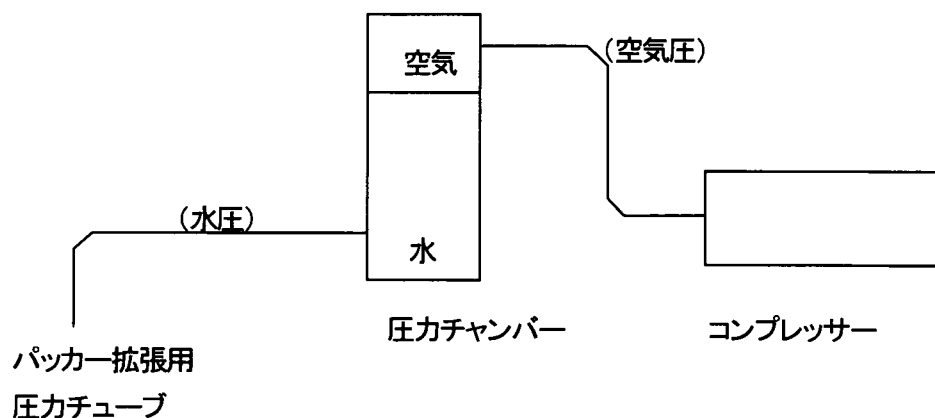


図6.4.1 パッカー拡張装置 構成図

7. 観測結果

2003年3月13日における自動計測開始後の観測データを、図7.1に示す。GL-50.0mに設置した圧力計Aのデータは圧力A・温度A、GL-74.4mに設置した圧力計Bのデータは圧力B・温度Bとして表示した。

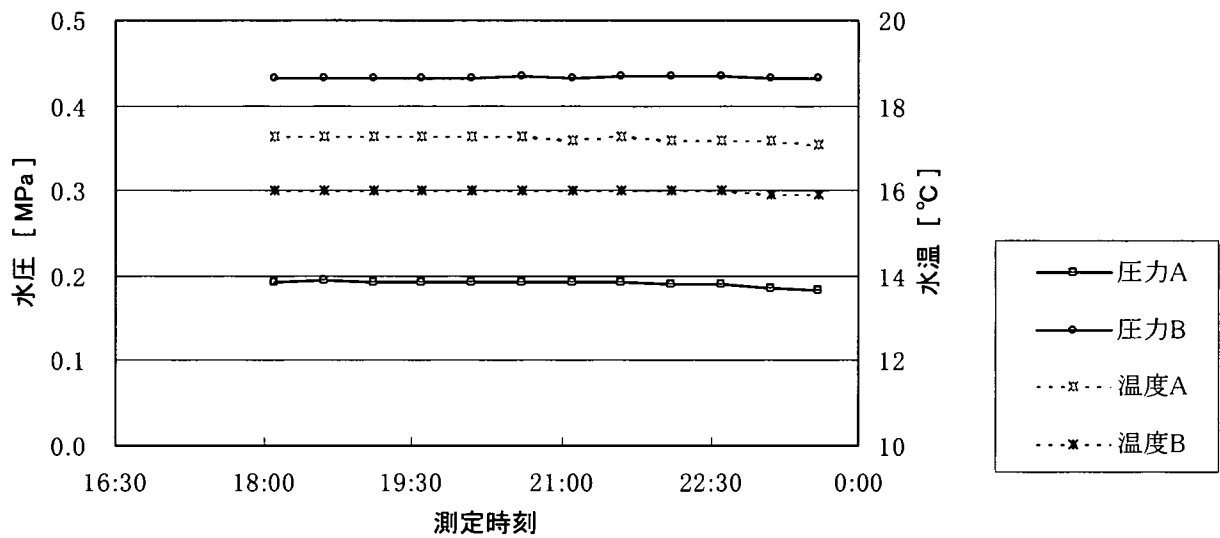


図7.1 2003年3月13日の観測データ

8. おわりに

光ファイバーを用いた地下水圧観測装置の試作である本装置は、試錐孔へ挿入する前の事前性能確認試験において、測定仕様を満足することが確認された。

試錐孔へ設置して後の連続計測は、設置後約6時間の範囲において中断や異常データを示すことなく測定できたことが確認された。初期作動には問題無く、長期観測が開始されたといえる。

観測装置の長期安定性や測定データの品質の評価については、観測データの蓄積が必要である。今後得られるデータは随時評価・検討し、必要に応じて改良を加えることにより、長期安定測定を有する地下水圧観測装置の実用化を目指す。