

## ハイドロフォンVSP調査法の評価のため の水理試験

1997年

動力炉・核燃料開発事業団

東濃地科学センター 技術開発課

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺959-31

動力炉・核燃料開発事業団

東濃地科学センター

技術開発課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :  
Geotechnics Development Section. Tono Geoscience Center. Power Reactor  
and Nuclear Fuel Development Corporation 959-31, Jorinji, Izumi-machi,  
Toki-shi, Gifu-ken 509-51, Japan

© 動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel  
Development Corporation) 1997

## ハイドロフォンVSP調査法の評価のための水理試験

藪内 聰<sup>\*</sup>, 小出 騒<sup>\*</sup>

### 要 旨

本水理試験は、平成6年度から地質調査所との共同研究として進めているハイドロフォンVSP調査技術開発の一環として、ハイドロフォンVSP調査により推定される割れ目の透水係数の信頼性を検討することを目的として実施した。

試験は岐阜県瑞浪市にある事業団用地内で実施し、花崗岩内に掘削された試錐孔を用い、平成9年の3月から4月にかけて、約300mまでの深度で5点の間隙水圧測定と7点（参考測定を含む）の透水試験を実施した。

単一割れ目を対象とした水理試験の結果、ハイドロフォンVSP調査から透水性割れ目として検出できた区間の透水係数は $1.54 \times 10^{-7}$ cm/secであったのに対し、透水性割れ目として検出できなかった区間の透水係数は $6 \times 10^{-10}$ cm/sec以下であった。

また、水理試験で得られた透水係数（ $1.54 \times 10^{-7}$ cm/sec：試験区間長2.5m）を単一割れ目（開口幅：1mm）の透水係数に換算した結果（ $3.8 \times 10^{-4}$ cm/sec）は、ハイドロフォンVSP調査から推定された透水係数と同程度のオーダーであった。

のことから、試錐孔と交差する透水性割れ目の位置およびおおよその透水係数を把握する上で、ハイドロフォンVSP調査が有効であることが確認できた。

---

<sup>\*</sup>東濃地科学センター 技術開発課

# Hydraulic test for evaluation of Hydrophone VSP

Satoshi Yabuuchi\*  
Kaoru Koide\*

## Abstract

This hydraulic test was carried out at the test site of Tono Geoscience Center, Mizunami-shi, Gifu Pref. in order to evaluate the reliability of the hydraulic conductivity estimated from hydrophone VSP experiment.

From March to April 1997, we carried out measurements of pore-water pressure at five depths and permeability tests at seven depths down to G.L. -300m, within a borehole drilled in granitic rock.

We compared the results of hydraulic test with hydrophone VSP experiment on condition that a single open fracture existed, and we obtained two notable results.

First, for the granitic rock at which a single open fracture was found by BTV and also detected by hydrophone VSP experiment, the hydraulic conductivity was  $1.54 \times 10^{-7}$  cm/sec, while for the same granitic rock at which another single open fracture was found by BTV but not detected by hydrophone VSP experiment, the hydraulic conductivity was less than  $6 \times 10^{-10}$  cm/sec.

Second, we converted the hydraulic conductivity of  $1.54 \times 10^{-7}$  cm/sec which was obtained in a hydraulic test section of length 2.5m into an equivalent value for a single open fracture of width 1mm. The converted value ( $3.8 \times 10^{-4}$  cm/sec) was similar to the hydraulic conductivity estimated from hydrophone VSP experiment.

In conclusion, the hydraulic test result shows that hydrophone VSP is useful to estimate an approximate hydraulic conductivity of a single open fracture.

---

\*Geotechnics Development Section, Tono Geoscience Center

## 目 次

1.はじめに .....	1
2.調査方法 .....	2
2. 1 調査場所 .....	2
2. 2 調査期間 .....	2
2. 3 調査担当業者 .....	2
2. 4 測定区間の選定 .....	2
2. 5 試験方法 .....	10
2. 5. 1 試験装置概要 .....	10
2. 5. 2 試験原理 .....	13
2. 5. 3 試験手順 .....	15
2. 5. 4 解析方法 .....	17
3.試験結果 .....	19
4.試験結果の考察 .....	22
4. 1 間隙水圧測定結果の考察 .....	22
4. 2 透水試験結果の考察 .....	23
4. 2. 1 解析方法について .....	23
4. 2. 2 測定区間の状況と透水係数について .....	24
4. 2. 3 既存の試験結果との比較 .....	24
5.各測定区間の透水係数の代表値の提案 .....	26
6.ハイドロフォンVSP調査により推定された透水係数との比較 .....	27
7.まとめ .....	29
8.あとがき .....	30
参考文献 .....	31
巻末資料 .....	
(1)間隙水圧測定結果図 .....	
(2)透水試験結果図 .....	

## 図 目 次

図2.1	調査位置図	3
図2.2	BTVによる測定区間の展開図（深度296.84m～299.34m）	4
図2.3	BTVによる測定区間の展開図（深度300.84m～303.34m）	5
図2.4	BTVによる測定区間の展開図（深度246.13m～248.63m）	6
図2.5	BTVによる測定区間の展開図（深度250.13m～252.63m）	7
図2.6	BTVによる測定区間の展開図（深度218.24m～224.74m）	8
図2.7	BTVによる測定区間の展開図（深度119.78m～122.28m）	9
図2.8	BTVによる測定区間の展開図（深度122.28m～124.78m）	10
図2.9	試験装置の概要図	13
図2.10	間隙水圧測定原理	14
図2.11	通常法回復による透水試験原理	14
図2.12	パルス法による透水試験原理	14
図2.13	標準曲線	19
図3.1	水理試験結果図	22
図4.1	既存の試験結果との比較	26
図6.1	水理試験による透水係数の換算	30

## 表 目 次

表2.1 測定区間と区間内の岩盤状況	2
表2.2 測定区間の移設順序	15
表3.1 間隙水圧測定結果一覧	19
表3.2 透水試験結果一覧	20
表4.1 各区間の試験方法	23
表5.1 測定区間の透水試験の代表値の提案	26
表6.1 ハイドロフォンVSP調査により推定された透水係数	27

## 1. はじめに

岩盤中の地下水流动を理解するためには、地下水の流动経路とその水理学的性質を把握することが重要である。特に結晶質岩に代表される亀裂性岩盤の場合、地下水は主に割れ目に沿って流动すると考えられることから、流动経路となりえる割れ目の位置、走向・傾斜などの幾何学的情報、および透水性などの水理学的情報を取得することが求められる。

動力炉・核燃料開発事業団・東濃地科学センターでは、岩盤中の透水性割れ目の幾何学的・水理学的情報を取得するための調査技術開発の一環として、VSP調査技術について地質調査所と平成5年度から3年にわたり共同研究を実施してきた。

VSP調査技術の1つであるハイドロフォンVSP調査法は、地震波（P波）が岩盤中の透水性割れ目に入射することで発生するチューブ波を解析することにより、割れ目の位置、走向・傾斜、透水性を一度の測定で把握できる可能性を有する手法であり、平成6年度に実施した、花崗岩中に掘削された試錐孔（AN-1号孔）での適用試験において、本手法が透水性割れ目の検出に有効であることが確認されている<sup>1)</sup>。

本報告は、ハイドロフォンVSP調査により推定された割れ目の透水係数の信頼性を検討するために実施した水理試験の結果をとりまとめたものである。

## 2. 調査方法

### 2. 1 調査場所

岐阜県瑞浪市明世町月吉正馬様洞 事業団用地内 A N - 1 号孔 (図2.1)

### 2. 2 調査期間

平成9年3月17日～4月8日

### 2. 3 調査項目

- ・B T V観察
- ・水理試験（間隙水圧測定、透水試験）

### 2. 4 調査担当業者

大成基礎設計株式会社

### 2. 5 測定区間の選定

測定区間は、ハイドロフォンV S P調査法により推定された透水係数の信頼性を検討するという目的から、ハイドロフォンV S Pデータの解析条件と一致すると考えられる単一割れ目を最優先に選定した。測定区間の深度は、水理試験に先立ってB T V観察を実施し、孔内状況を確認した上で最終的に決定した（表2.1）。

図2.2～図2.8に、今回実施したB T Vによる測定区間の展開図を示す。これ以後、本報告書では、本文中の測定区間の表記を区間の上端深度で記す。

表2.1 測定区間と区間内の岩盤状況

測定番号	測定区間	区間長	岩盤状況
1 - 1	296.84～299.34m	2.5m	深度297m付近の単一割れ目を対象
1 - 2	300.84～303.34m	2.5m	1 - 1 の区間との比較のための参考測定 深度302m～303mに複数の割れ目あり
2 - 1	246.13～248.63m	2.5m	透水性割れ目として検出できなかった深度 248m付近の単一割れ目を対象
2 - 2	250.13～252.63m	2.5m	2 - 1 の区間との比較のための参考測定 区間に3本の明瞭な割れ目あり
3	218.24～224.74m	6.5m	深度219～224mの破碎帯を対象
4	119.78～122.28m	2.5m	深度121m付近の複数割れ目を対象
5	122.28～124.78m	2.5m	深度123m付近の複数割れ目を対象

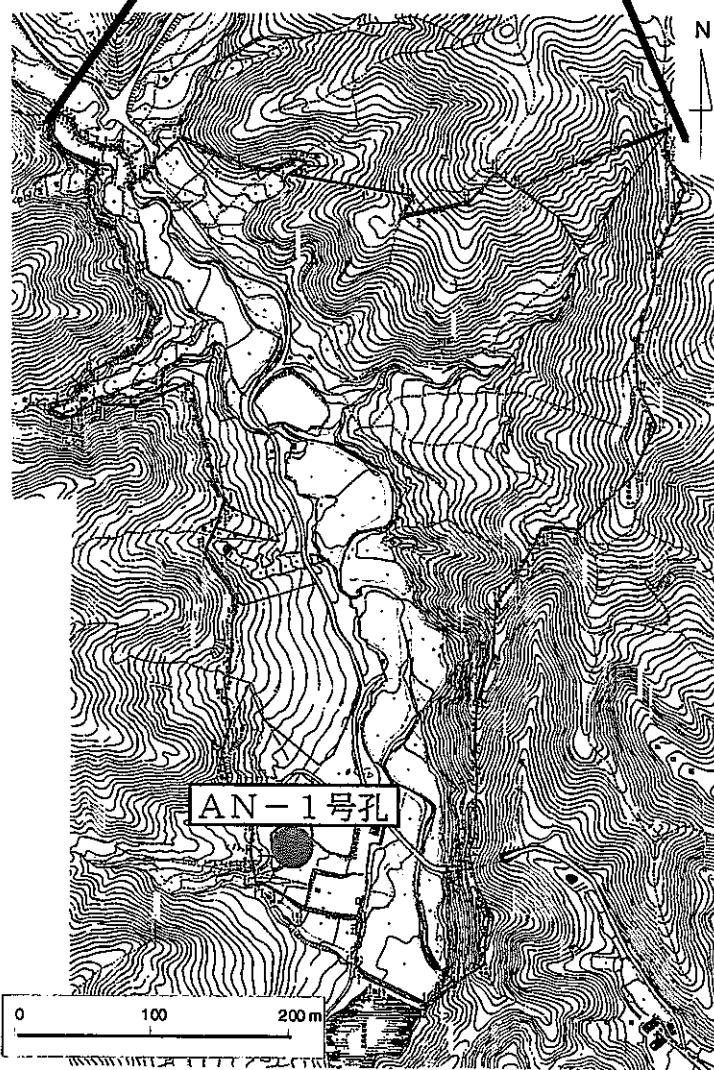
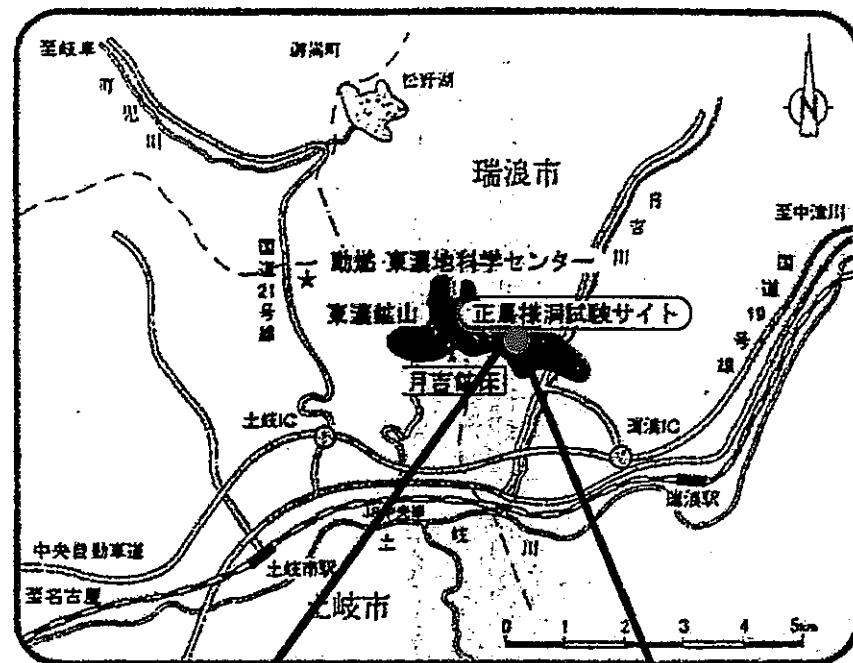


図2.1 調査位置図

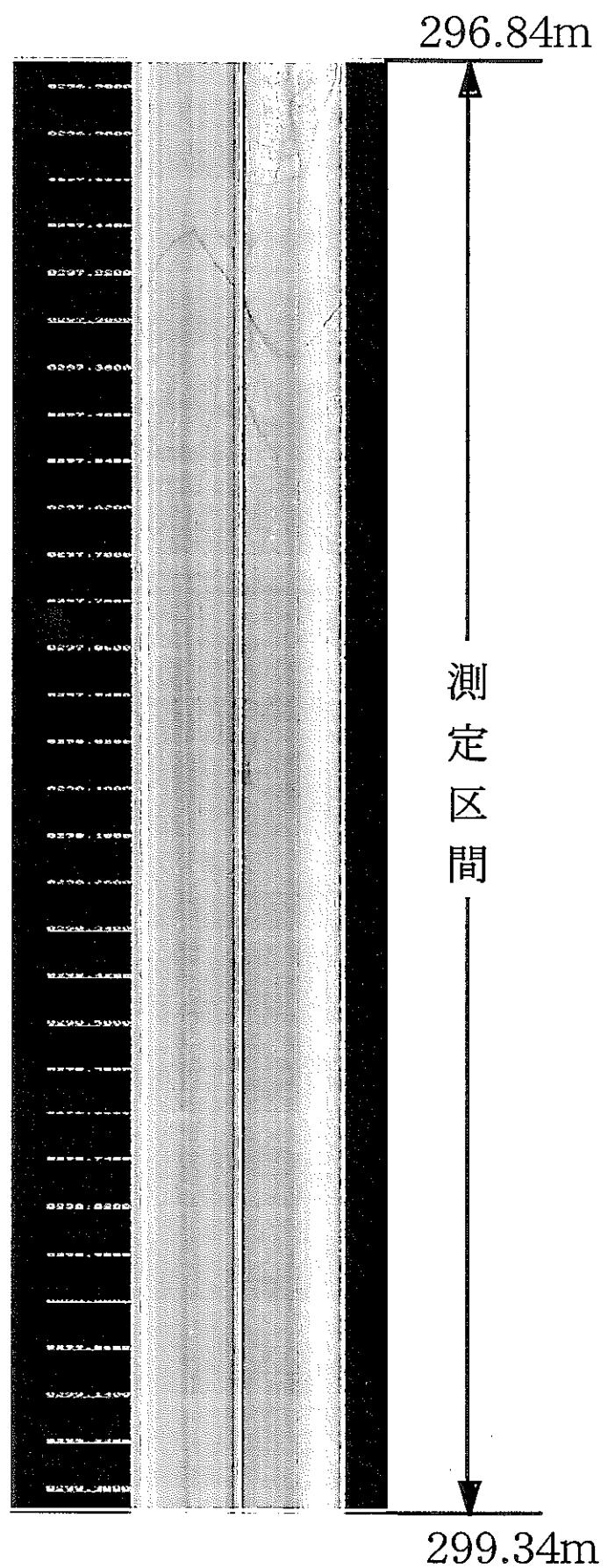


図2.2 BTVによる測定区間の展開図（深度296.84m～299.34m）

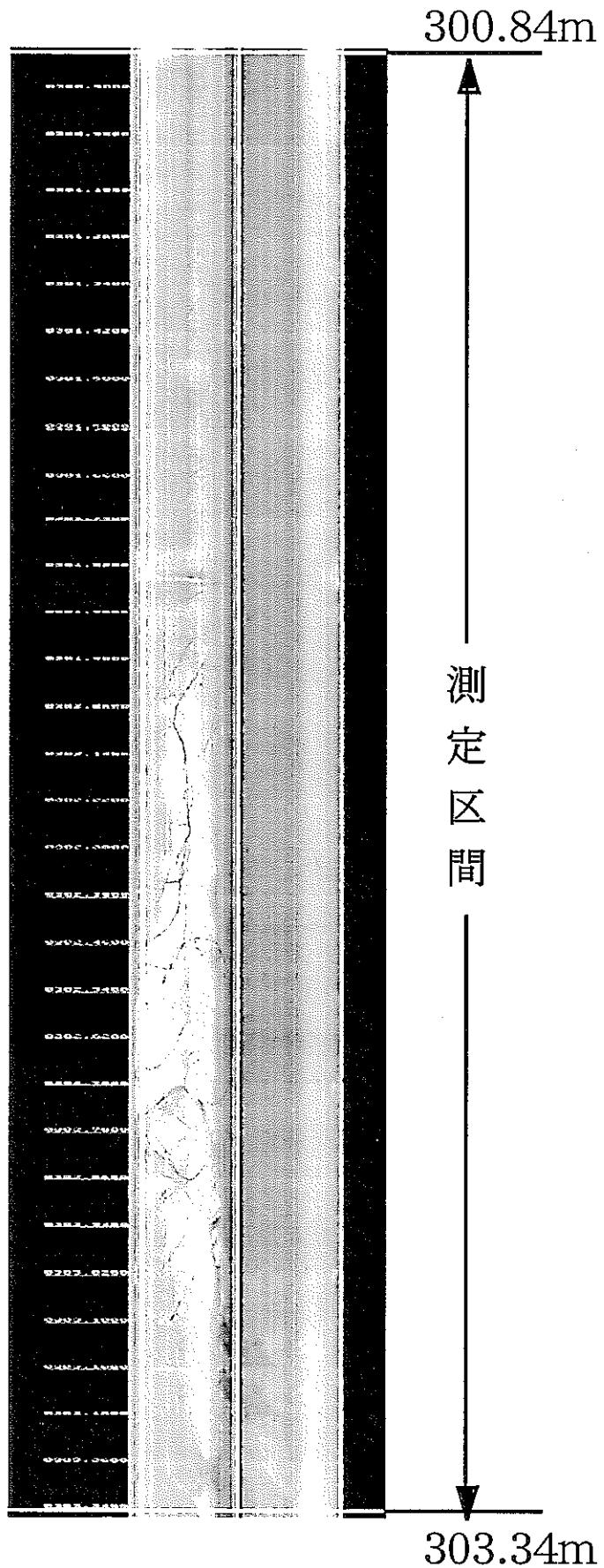


図2.3 BTVによる測定区間の展開図（深度300.84m～303.34m）

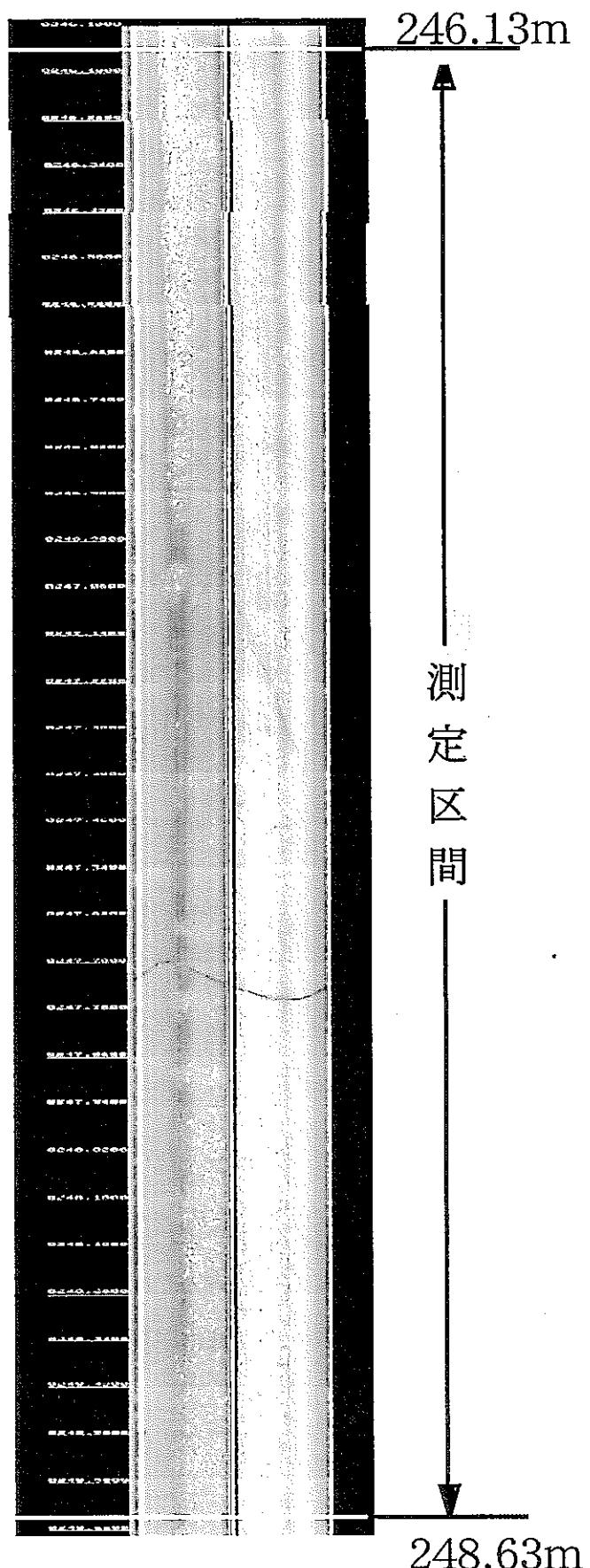


図2.4 BTVによる測定区間の展開図（深度246.13m～248.63m）

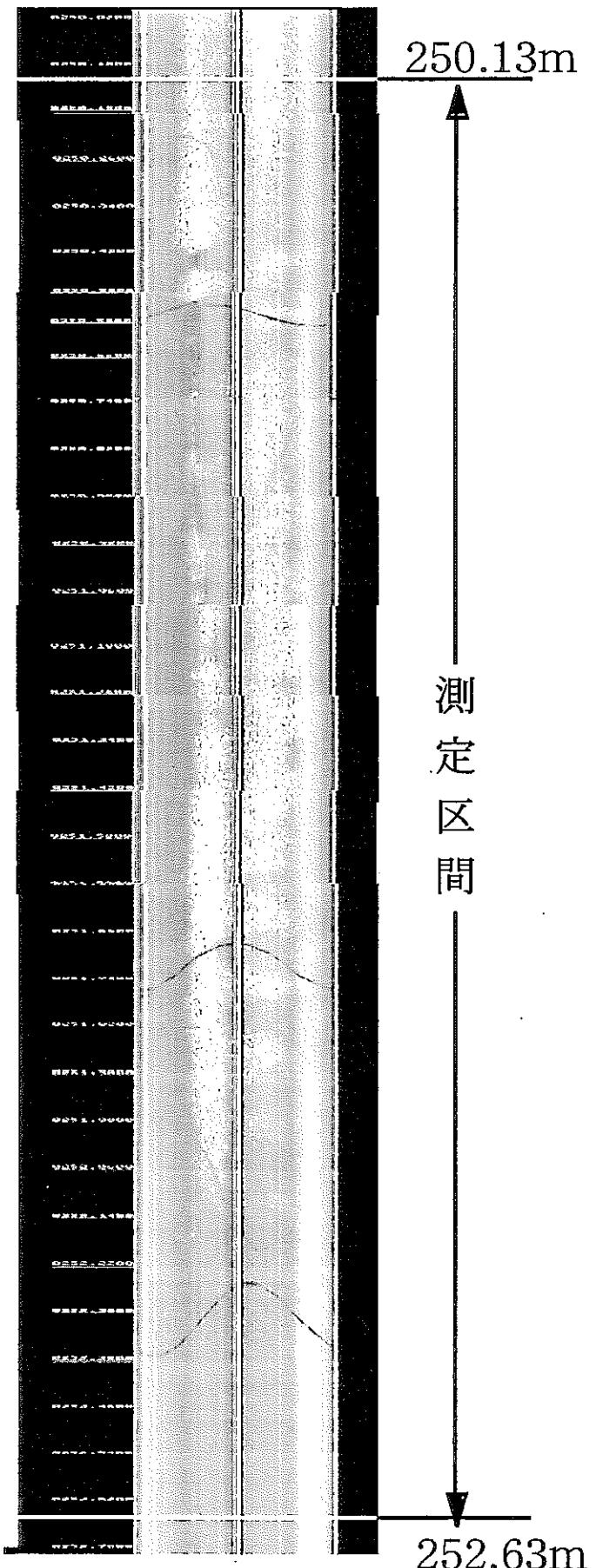


図2.5 BTVによる測定区間の展開図（深度250.13m～252.63m）

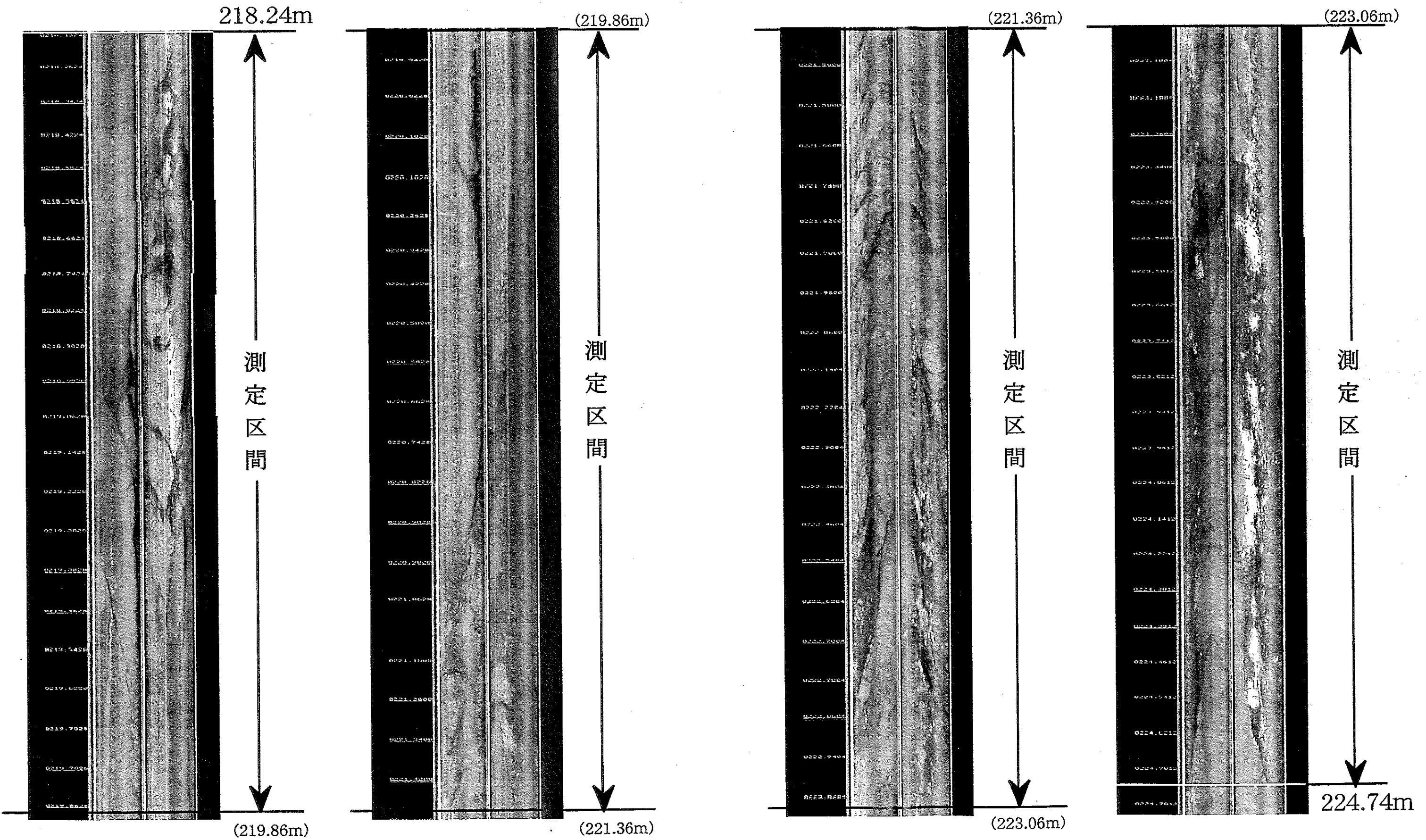


図2.6 BTVによる測定区間の展開図（深度218.24m～224.74）

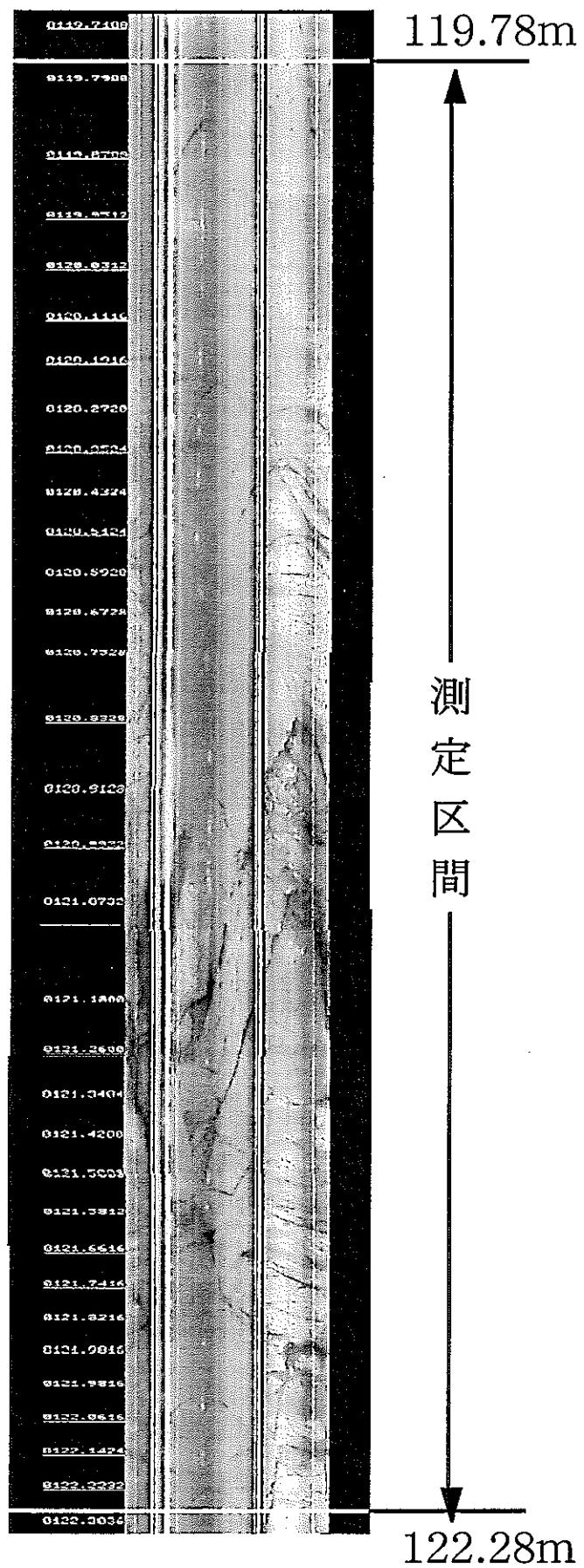


図2.7 BTVによる測定区間の展開図（深度119.78m～122.28m）

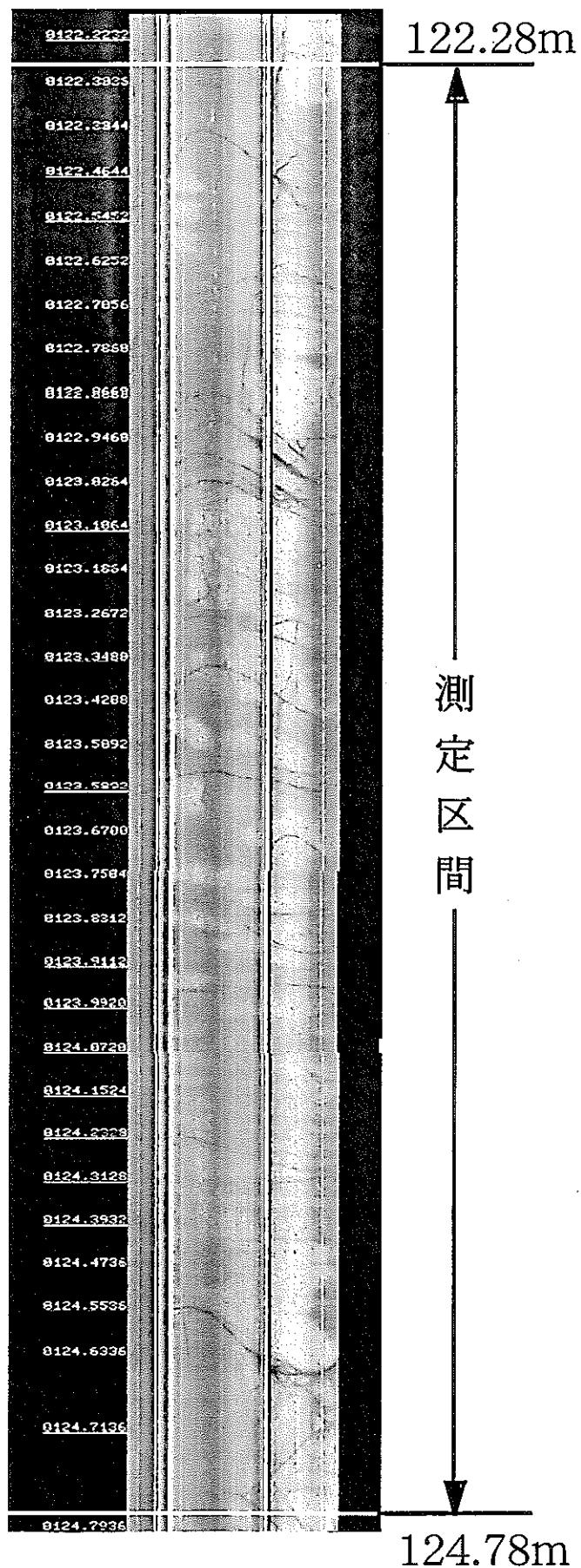


図2.8 BTVによる測定区間の展開図（深度122.28m～124.78m）

## 2. 5 試験方法

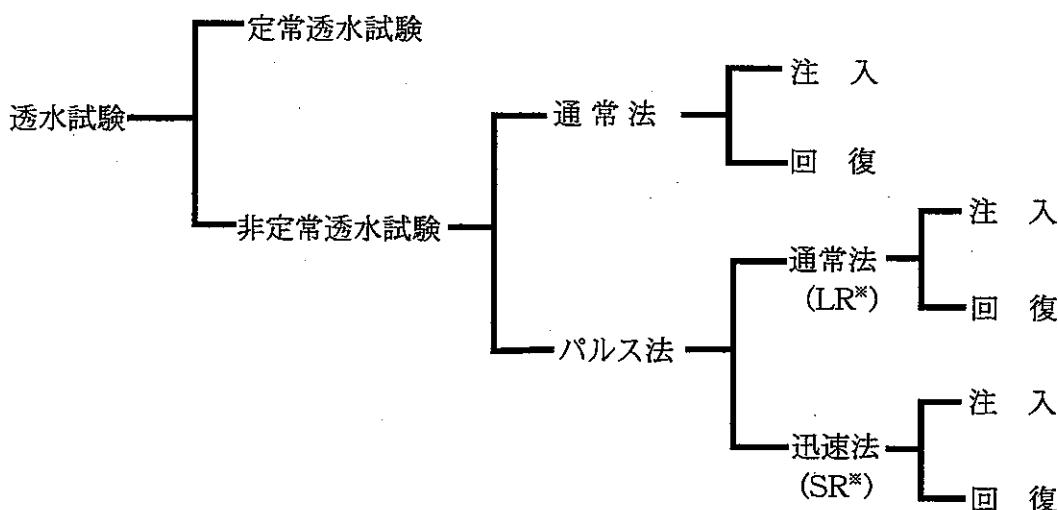
今回の水理試験は、東濃地科学センター所有の1,000m対応水理試験装置を用いて実施した。以下に本試験装置および調査方法、試験方法の概要を述べる。

### 2. 5. 1 試験装置概要

#### (1) 試験装置の基本仕様

今回使用した試験装置の基本仕様は、以下に示すとおりである。

- ①適応深度：深度1,000m
- ②適応孔径： $\phi 76 \sim 120\text{mm}$
- ③試験項目：間隙水圧測定、透水試験
- ④試験方法：以下に示すとおり



- ⑤透水係数の測定レンジ： $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-10}\text{cm/sec}$ オーダー
- ⑥地下水低下限界 : 深度300m
- ⑦特殊機能 : ○ B T V機能（前方、側方監視型）  
○ 5連装の遮水パッカーによるマルチパッカー

#### ※パルス法の種類

LR：通常法……インナーパッカーにより閉鎖区間を形成。

SR：迅速法……孔内部ユニットの測定用バルブ（M系バルブ）により閉鎖区間を形成。

## (2)試験装置の構成

図2.9に今回使用した試験装置の構成図を示す。

本試験装置は、大別して孔内部、中継部、地上部の3構成からなる。これらの構成について、以下に概説する。

### ①孔内部

#### a. 制御ユニット

5種類の制御部から構成され、水理試験に必要な水路系や圧力計、ポンプユニット等を装備するほか、組み合わせにより最大4ヶ所の試験区間を設定できるマルチパッカーシステム、孔内の状況を確認する為のボアホールカメラなどの諸機能を集約する。

#### b. インナープローブ

透水試験の際に閉鎖区間を形成するインナーパッカー、水圧の変化を計測する水圧計、閉鎖区間内の水圧をコントロールする電磁バルブを装備する。

### ②中継部

#### a. ロッド

制御ユニットに接続され、試錐孔への挿入、設置、回収を担う。また、水理試験時にはピエゾメーター管となる。

#### b. コントロールケーブル（光通信ケーブル、インナープローブケーブル）

地上部と孔内部とを連絡し、電力や信号を伝達する。また、インナーパッカーの拡張圧力や、閉鎖区間内の水圧コントロール用の圧力を伝達する。

### ③地上部

#### a. 孔内部制御部

コントロールケーブルを介して孔内部に電力や信号、圧力を送り、孔内部をコントロールする。

#### b. データ記録・解析部

孔内部からの信号を受け取り、測定データの表示、保存、解析をおこなう。

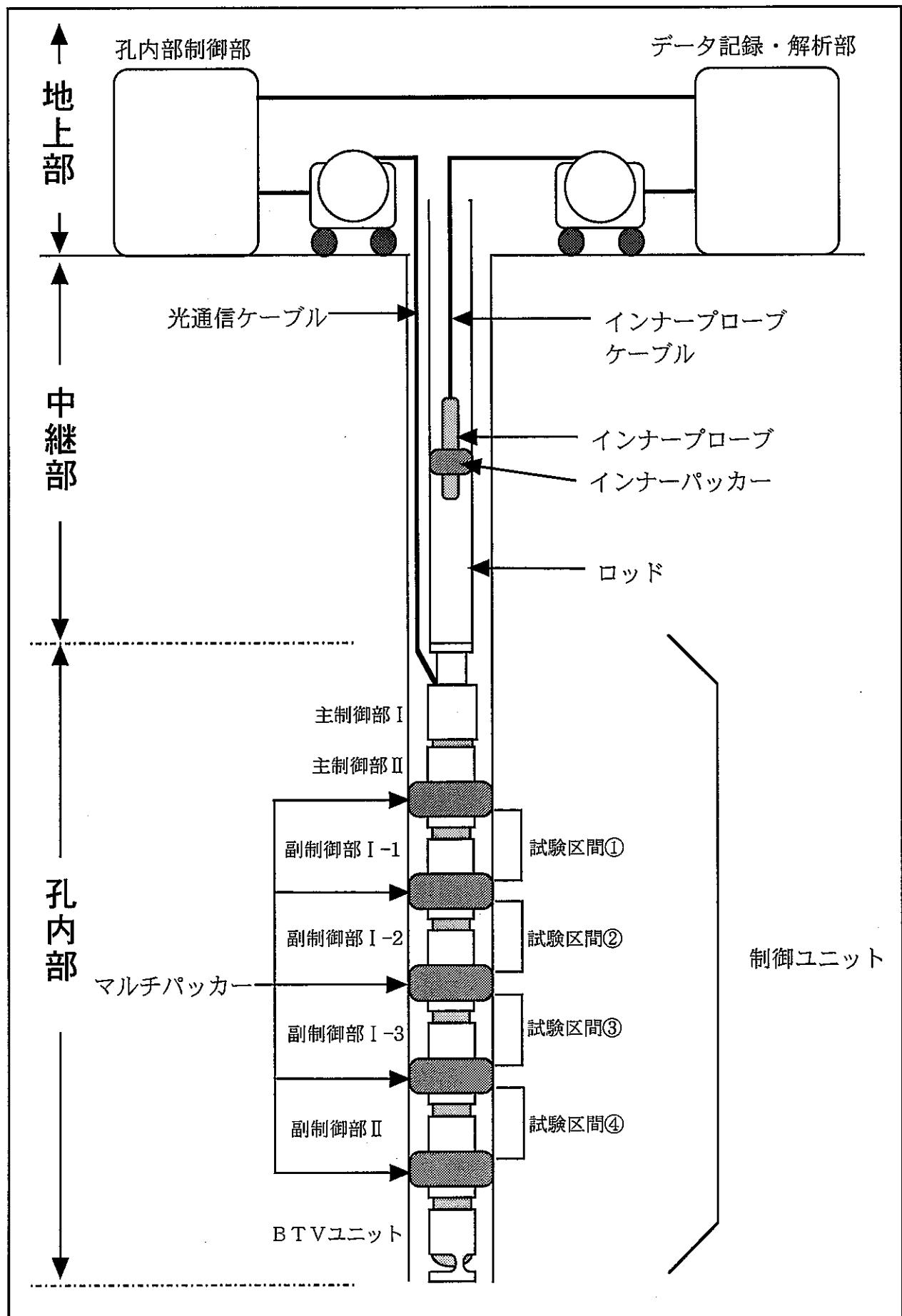


図2.9 試験装置の概要図

## 2. 5. 2 試験原理

今回の水理試験では、間隙水圧測定および2種類の非定常透水試験をおこなった。以下に各試験の原理を述べる。

### (1)間隙水圧測定

間隙水圧測定原理を図2.10に示す。

間隙水圧測定は、図に示すようにロッド内に挿入したインナープローブのパッカーを拡張させて試錐孔内に閉鎖区間を作り、インナープローブ先端に取り付けられた間隙水圧計で水圧を測定する。この測定方法は、水圧変化を計測することから、平衡水位の確認が比較的短時間でおこなえる。

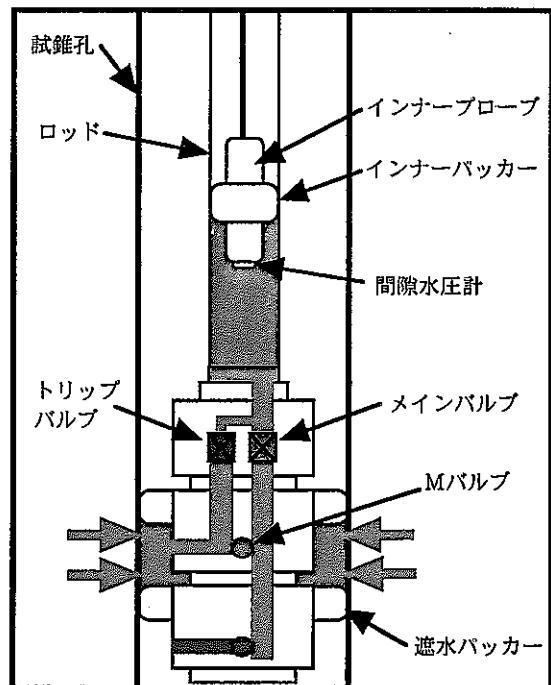


図2.10 間隙水圧測定原理

### (2)通常法回復による透水試験

図2.11に、通常法回復による透水試験原理を示す。

通常法による透水試験は、図に示すようにバルブ開放後のロッド内の水位変化を測定し、透水係数を求める方法である。

回復試験は、ロッド内の水位を測定区間の平衡水位より低くしておき、バルブの開放によって回復する水位の変化を経時的に測定するものである。

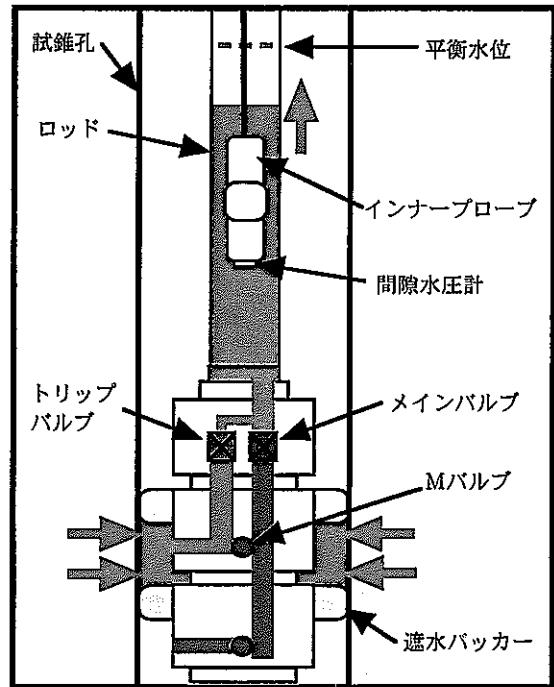


図2.11 通常法回復による透水試験原理

### (3)パルス法による透水試験

図2.12にパルス法による透水試験原理を示す。

パルス法による透水試験は、平衡状態である閉鎖区間内の水圧を瞬間に加圧あるいは減圧し、平衡状態に回復する水圧の変化を経時的に測定する。閉鎖区間内の水圧を加圧するものが注入試験、減圧するものが回復試験である。

解析では、圧力変化量に対するパッカーの変形量を考慮して透水係数を求める。

本試験装置では、インナーパッカーにより閉鎖区間を形成する方法と、試験装置内の測定用バルブ（Mバルブ）により閉鎖区間を形成する方法が選択でき、前者をパルス通常法、後者をパルス迅速法と称す。

パルス通常法は、インナープローブに内蔵されている電磁バルブの操作によって、閉鎖区間内の圧力を制御する。パルス迅速法は、Mバルブ以浅のラインの水力を調整しておき、Mバルブの操作によって閉鎖区間の水圧を制御する。パルス迅速法は、従来のパルス通常法と比べ、閉鎖区間の体積が極めて小さいため、微少な水圧の変化をさらに短時間で測定することができる。

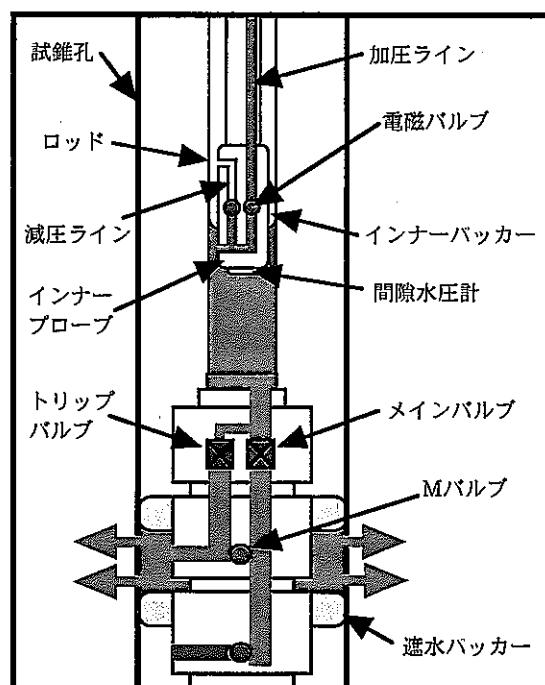


図2.12 パルス法による透水試験原理

## 2. 5. 3 試験手順

今回の水理試験は、以下に示す手順でおこなった。

### (1)試験装置組立、作動チェック

地上部の配置および接続、各部点検。

孔内部との通信試験、各バルブの作動チェック。

### (2)孔内部挿入、BTVによる孔壁観察および録画

孔内部制御ユニットの副制御部Iは、I-1～I-3の3ユニットを接続し、試錐孔内へ挿入した。

孔壁観察および録画は、GL-32.0～-310.1m間で測定区間および遮水パッカー設置区間を対象におこなった。

### (3)測定区間への孔内部制御ユニットの設置、測定順序

制御ユニットの設置および移設の際は、BTVで試験対象となる割れ目などを確認し、最終的な測定区間を決定した。

測定順序は、測定番号のとおりであり、測定区間に対応する装置の試験区間は表2.2に示すとおりである。なお、測定番号の○-1、○-2の表記は、2箇所の区間で同時に測定をおこなったことを示す。

表2.2 測定区間の移設順序

測定番号	測定区間	装置の 区間番号	区間長
1-1	296.84～299.34m	①	2.5 m
1-2	300.84～303.34m	②	2.5 m
2-1	246.13～248.63m	②	2.5 m
2-2	250.13～252.63m	③	2.5 m
3	218.24～224.74m	①～③	6.5 m
4	119.78～122.28m	②	2.5 m
5	122.28～124.78m	②	2.5 m

※装置の区間番号は、図2.9に示す試験区間番号に対応する。

(4)遮水パッカー拡張

遮水パッカーは、測定対象区間および、その上下の区間のパッカーを拡張した。

(5)間隙水圧測定

間隙水圧測定は、ロッド内に挿入したインナープローブの水圧計および制御ユニット内の絶対圧計と差圧計の組み合わせにより測定した。インナープローブにより測定した間隙水圧は、水位に換算して各区間の平衡水位とした。

(6)非定常法による透水試験

非定常法による透水試験は、パルス法および通常法回復を実施した。

(7)試験装置回収、点検整備

すべての試験の終了後、試錐孔内の試験装置を回収し、各部の点検・整備および清掃をおこなった。

## 2. 5. 4 解析方法

今回の透水試験結果の解析は、Hvorslevによる解析法<sup>2</sup>および、地盤の持つ貯留性を考慮したCooperによる解析法<sup>3</sup>を用いて求めた。以下に解析方法について述べる。

### (1) Hvorslevによる解析法

解析式は以下のとおりである。

$$k = \frac{(2Rw)^2 \cdot \ln(mL/r)}{8L(t_2-t_1)} \ln(h_1/h_2)$$

ここに、  $k$  : 透水係数(cm/sec)

$Rw$  : ピエゾメーター(ロッド)の

管内半径(cm)

$r$  : 試錐孔の半径(cm)

$m$  : 縦横方向の透水係数比(通常は1)

$L$  : 試験区間長(cm)

$t$  : 経過時間(sec)

$h$  : 経過時間に対応する水頭差(cm)

あるいは水圧差(kgf/cm<sup>2</sup>)

$t_1$ 、 $t_2$  および  $h_1$ 、 $h_2$  は、Log h - t グラフから得られる直線から読みとる。

$Rw$  は通常法の場合、インナープローブのケーブルを考慮して、

$$Rw=1.5(cm)$$

を用いて計算した。パルス法の場合  $Rw$  は仮想半径  $R$  を求めて、仮想ピエゾメーターを設定した。仮想半径  $R$  の計算式は以下のとおりである。

$$R = \sqrt{(Vw/2.3 \times 10^7) + \alpha} \times 1/\pi$$

ここに、  $R$  : 仮想半径(cm)

$Vw$  : 閉鎖区間内の水の体積(cm<sup>3</sup>)

$\alpha$  : パッカーの圧縮補正係数(cm<sup>5</sup>/gf)

閉鎖区間内の水の体積  $Vw$  は、試験装置の外径(6.5cm)および内部配管の体積を考慮して算出した。

パッカーの圧縮補正係数  $\alpha$  は、パルス通常法の場合は  $2.53 \times 10^{-3}$  cm<sup>5</sup>/gf、パルス迅速法の場合は  $1.70 \times 10^{-3}$  cm<sup>5</sup>/gf を用いた。

## (2) Cooperによる解析法

試験対象層の貯留係数が大きい場合、 $\log h - t$  曲線の直線性が損なわれる。Cooperによる方法は、地盤の有する貯留性の影響を考慮した解析方法である。以下に手順を述べる。

- ①図2.13に示す標準曲線を準備する。
- ②実測した水位変化のデータを標準曲線と同じスケールで  $h/h_0 - \log t$  のグラフにプロットする。
- ③標準曲線と  $h/h_0 - \log t$  曲線とを平行移動させてマッチングポイントを決め、 $\alpha$ 、 $\beta_0$  および  $t_0$  の値を決定する。
- ④得られた  $\alpha$ 、 $\beta_0$  および  $t_0$  の値を用いて、次式により透水係数と比貯留係数を算出する。

$$k = \frac{R w^2 \beta_0}{t_0 \cdot L}$$

$$S_s = \frac{\alpha}{(r/Rw)^2 \cdot L}$$

ただし、 $k$  : 透水係数( $cm/sec$ )

$Rw$  : ピエゾメーター(ロッド)の  
管内半径( $cm$ )

$r$  : 試錐孔の半径( $cm$ )

$L$  : 試験区間長( $cm$ )

$S_s$  : 比貯留係数( $cm^{-1}$ )

$t_0$  : 時間( $sec$ )

$\alpha$  : 貯留係数によって変化する係数 [ $= S \cdot (r/Rw)^2$ ]

$\beta_0$  : 透水係数によって変化する係数 [ $= T \cdot t_0 / R w^2$ ]

$S$  : 貯留係数 [ $= S_s \cdot L$ ]

$T$  : 透水量係数( $cm^2/sec$ ) [ $= k \cdot L$ ]

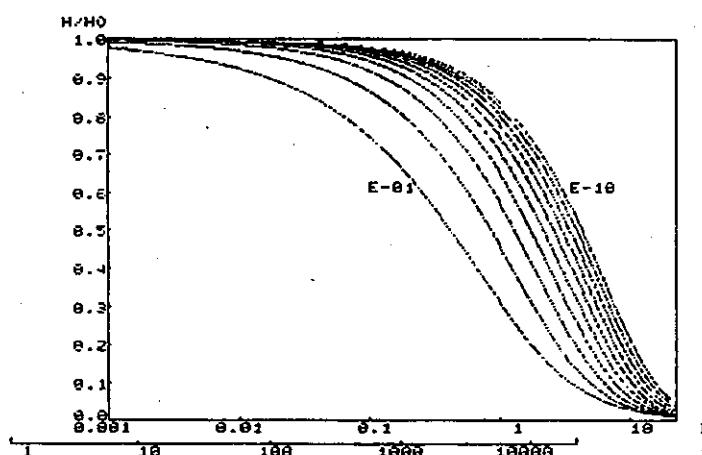


図2.13 標準曲線

### 3. 試験結果

表3.1に間隙水圧測定結果一覧を示す。間隙水圧測定は基本的にインナープローブでおこない、水位の変動が1時間あたり数cmとなった時点で測定を終了した。また、観測した水圧は水位に換算し、平衡水位として表記した。なお、表2.1に記した測定区間の内、測定番号1－2および2－2の区間については、間隙水圧の測定は実施していない。

表3.2に透水試験結果一覧を示す。透水係数の算出は、透水試験による測定区間の水圧変化を測定するすべての圧力計のデータについておこなった。

図3.1に示した水理試験結果図は、各測定区間の間隙水圧および透水係数の深度分布を、柱状図およびコアデータと併せて示したものである。

今回の調査でおこなった間隙水圧測定および透水試験の結果の詳細を巻末の資料に示す。

表3.1 間隙水圧測定結果一覧

測定番号	測定区間	平衡水位 (GL.-m)	測定時間	測定終了時の水位変動
1－1	296.84～299.34m	20.94	12時間	1時間で変動なし
2－1	246.13～248.63m	23.44	7時間	1時間で変動なし
3	218.24～224.74m	20.61	2時間	1時間で変動なし
4	119.78～122.28m	20.48	40分	40分で変動なし
5	122.28～124.78m	20.44	2時間	1時間で1cmの低下

表3.2透水試験結果一覧

測定番号	測定区間(GL-m)	通常法による透水係数(cm/sec)		パルス通常法による透水係数(cm/sec)		パルス迅速法による透水係数(cm/sec)	
		Hvorslevの解析法	Cooperの解析法	Hvorslevの解析法	Cooperの解析法	Hvorslevの解析法	Cooperの解析法
1-1	296.84～299.34			$1.59 \times 10^{-7}$	$4.5 \times 10^{-7}$		
				$1.54 \times 10^{-7}$	$4.5 \times 10^{-7}$		
				$1.54 \times 10^{-7}$	$4.5 \times 10^{-7}$		
				$1.48 \times 10^{-7}$	$4.4 \times 10^{-7}$		
				<u><math>1.66 \times 10^{-7}</math></u>	<u><math>3.9 \times 10^{-7}</math></u>		
				<u><math>1.63 \times 10^{-7}</math></u>	<u><math>3.8 \times 10^{-7}</math></u>		
1-2	300.84～306.34			$1.82 \times 10^{-6}$	—		
				$1.92 \times 10^{-6}$	—		
2-1	246.13～248.63					$6.35 \times 10^{-10}$	—
						<u><math>1.36 \times 10^{-10}</math></u>	—
2-2	250.13～252.63					$1.10 \times 10^{-8}$	$8.5 \times 10^{-9}$
3	218.24～224.74	$3.28 \times 10^{-7}$	—	$2.78 \times 10^{-7}$	$5.2 \times 10^{-7}$		
		$3.41 \times 10^{-7}$	$(1.1 \times 10^{-6})$	$2.75 \times 10^{-7}$	$5.1 \times 10^{-7}$		
		$3.00 \times 10^{-7}$	—	$2.67 \times 10^{-7}$	$5.0 \times 10^{-7}$		
4	119.78～122.28	$3.15 \times 10^{-6}$	—	$2.93 \times 10^{-6}$	—		
		$3.43 \times 10^{-6}$	—	$2.71 \times 10^{-6}$	—		
5	122.28～124.78	$5.71 \times 10^{-7}$	—	$7.98 \times 10^{-7}$	—		
		$4.19 \times 10^{-7}$	—	$7.72 \times 10^{-7}$	—		

- アンダーラインで示した透水係数は、注入試験による結果値。
- ゴシック体で示した透水係数は、インナープローブによる試験結果値。明朝体は、差圧計による試験結果値。
- ( ) 内の透水係数は、標準曲線へのマッチングが良くない結果値。棒線はマッチングしないことを示す。

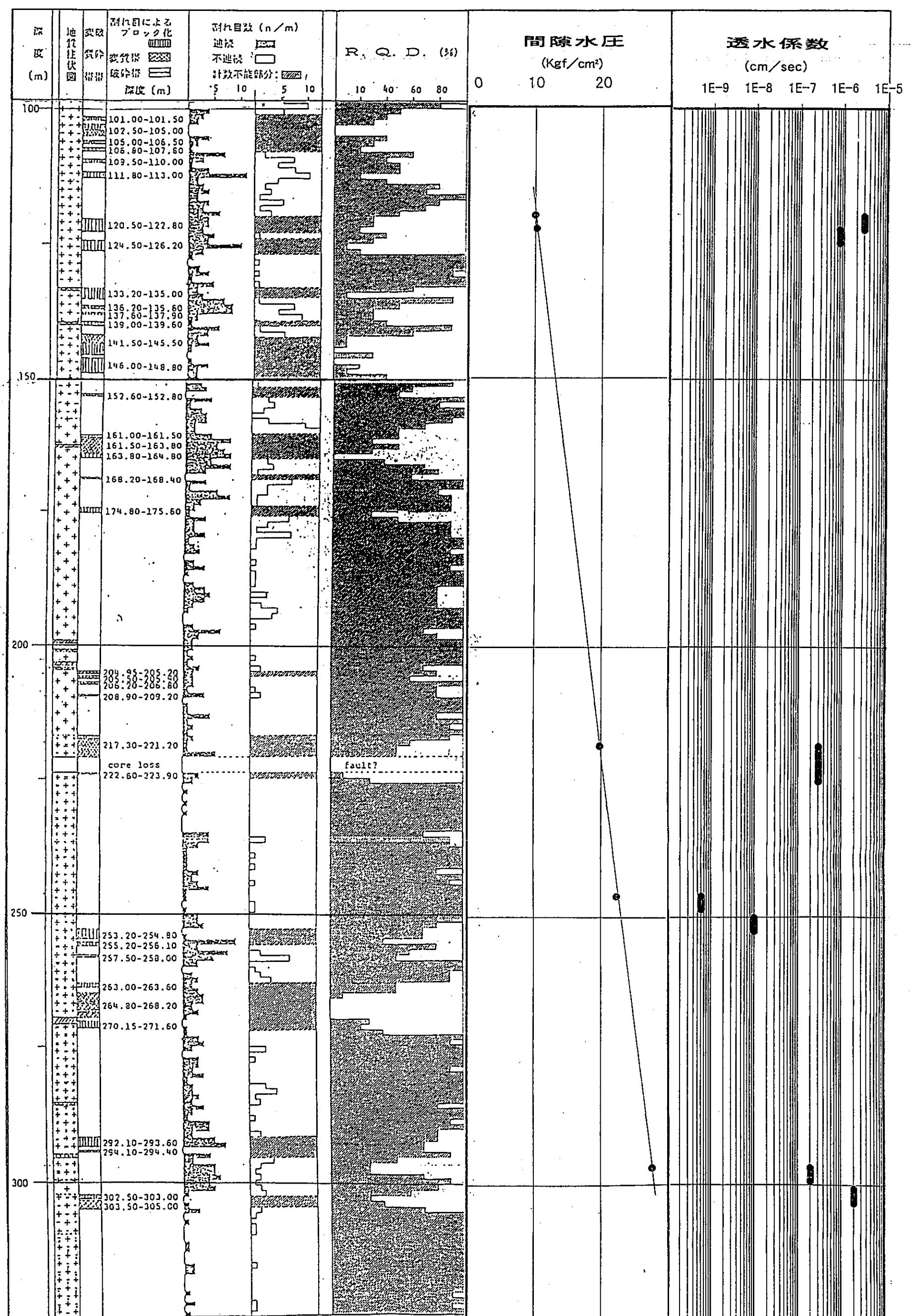


図3.1 水理試験結果図

#### 4. 試験結果の考察

今回の試験結果に対する考察を以下に示す。

##### 4. 1 間隙水圧測定結果の考察

測定結果の平衡水位は、246.13m区間以外はGL-20.5～-21.0m付近にある。試験装置挿入前の孔内水位がGL-20.6m付近にあることから、AN-1号孔は、ほぼ静水圧分布の状態であるといえる。

246.13m区間の平衡水位はGL-23.4mであり、他の区間より2.5～3.0m程度低い結果であった。この区間は、BTVにおいて割れ目がほとんど認められない健岩部であり、後に述べる透水係数も $1 \times 10^{-10}$ cm/secオーダーと非常に小さい区間であることから、一般的に他の区間より平衡水位が低くなることは考えにくい。

今回の間隙水圧測定では、測定時の水圧の安定状況は各区間とも良好であり、測定開始から數十分から数時間後には、水位に換算して概ね一時間あたり1cm以下の変動量であることを確認して測定を終了している。巻末資料(1)間隙水圧測定結果に示す246.13m区間の間隙水圧の時間変化をみると、測定初期に間隙水圧が一旦上昇し、その後、緩やかに下降していることがわかる。このような間隙水圧の変化は難透水性岩盤によくみられ、測定初期の間隙水圧の上昇は測定区間を区切るパッカーの拡張に伴う変動であり、その後の間隙水圧の緩やかな下降は先の間隙水圧の上昇によってひき起こされる岩盤（割れ目部分など）の変形による体積変化に起因するものと考えられている。したがって、この区間の透水係数が $1 \times 10^{-10}$ cm/secオーダーと非常に小さいことを勘案すれば、かなりの時間を要して間隙水圧は再び上昇し、他の区間と同様な値を示すと考えられる。

## 4. 2 透水試験結果の考察

今回の透水試験は、表4.1に示すとおり2種類の異なる試験法を実施した。ただし、250.13m区間と300.84m区間では、参考値を得ることを目的として実施した区間であり、1種類の試験方法にて試験をおこなった。

表4.1 各区間の試験方法

測定番号	測定区間	区間長	試験方法		備考
1-1	296.84～299.34m	2.5m	パルス通常法回復	パルス通常法注入	割れ目部
1-2	300.84～303.34m	2.5m	パルス通常法回復	—	割れ目部
2-1	246.13～248.63m	2.5m	パルス迅速法回復	パルス迅速法注入	健全部
2-2	250.13～252.63m	2.5m	パルス迅速法回復	—	健全部
3	218.24～224.74m	6.5m	通常法回復	パルス通常法回復	割れ目部
4	119.78～122.28m	2.5m	通常法回復	パルス通常法回復	割れ目部
5	122.28～124.78m	2.5m	通常法回復	パルス通常法回復	割れ目部

### 4. 2. 1 解析方法について

透水試験のデータから得られる $\log h - t$ 曲線は、250.13m区間以外の測定区間では、おおむね直線状態を示した。また、Cooperの解析法の $h/h_0 - \log t$ 曲線は、標準曲線にマッチしない246.13m区間を除いて、250.13m区間以外は、 $\alpha=10^{-6}$ 以下の標準曲線に乗ることから地盤のもつ貯留性の影響は少ないといえる。

以上のことから、250.13m区間以外の区間の透水係数の算出は、貯留性を考慮しないHvorslevの解析方法を用いて問題ないと考えられる。

246.13m区間は、Hvorslevの解析方法により得られた透水係数が、回復試験と注入試験とで5倍程度の差が認められた区間である。透水試験において、注入試験の結果値が回復試験の結果値と比べ小さくなることはよくあり、試験時に注入した圧力により割れ目などに目詰まりが生じることが原因といわれている。しかし、この区間の場合は、 $h/h_0 - \log t$ 曲線が標準曲線にマッチングしないことから、圧力の変化に影響を与える装置の構造上の要因が考えられる。

装置の構造上の要因としては、遮水パッカーの弾性変形が考えられる。250.130m区間は、透水係数の小さな区間であり、透水係数の大きな区間に比べ、試験時に加えた圧力の遮水パッカーへの影響は大きいと考える。今回の試験時の圧力変化は、変形したパッカーが元の形に戻ろうとする際の区間の圧力変化と試験圧力の変化とが重なり合っている状態であると考えられる。

#### 4. 2. 2 測定区間の状況と透水係数について

今回の試験で得られた透水係数は、割れ目の多い測定区間（割れ目部）で、 $3 \times 10^{-6}$ ～ $2 \times 10^{-7}$  cm/secを示した。また、割れ目の少ない測定区間（健全部）では $8 \times 10^{-9}$  cm/sec以下であった。

今回試験をおこなった割れ目部では、第2章で示したBTVによる測定区間の展開図からわかるとおり、119.78m区間および122.28m区間の孔壁状況は、全体に割れ目の多い区間であるが、密着した割れ目が主体となっている。このことに対して、218.24m区間は、全体に破碎した区間である。これらの区間の透水係数は、119.78m区間で $3 \times 10^{-6}$  cm/sec、122.28m区間で $8 \times 10^{-7}$  cm/sec、218.24m区間で $3 \times 10^{-7}$  cm/secであり、BTVにより観察された割れ目の状況との相関が特に認められない結果といえる。

図3.1に併記した割れ目数頻度図をみると、200m以浅では全体に割れ目が発達しているが、以深は局部的に分布する状況となっている。

以上のことから、上述の119.78m区間および122.28m区間の透水係数と218.24m区間の透水係数の違いは、孔壁に見られる割れ目の状況（分布頻度や見かけの開口幅など）の違いによる透水性の違いを示していると考えるよりも、割れ目の水理学的連続性の違いを示しているものと考えられる。

#### 4. 2. 3 既存の試験結果との比較

図4.1に、既存の試験結果との比較を示す。今回の透水係数は、過去の結果と比較して小さい傾向が認められた。

異なる測定結果が得られた原因としては、(1)試験に用いた水理試験装置の構造の違い、(2)注水法による割れ目の目詰まり、(3)解析時の人為的要因、(4)試験区間のわずかなずれによる試験区間内での透水性に寄与する割れ目の有無や孔壁の状態の違いによるパッカーの遮水性の違いなどが考えられる。(1)の水理試験装置の構造の違いについては、どちらの装置も同じ基本構造であることから、試験装置の違いが測定結果の差異の原因であるとは考えにくい。また、(2)の注水法による割れ目の目詰まりについても、使用した試験装置自体が岩盤への影響を極力小さくするため、低圧で試験を行なえるよう設計されていることから、目詰まりの影響は考えにくく、事実、注水法と回復法での測定結果に大きな差は認められなかった。次に、(3)の解析時の人為的要因についても、新旧の測定結果の違いが大きなところで100倍程度と、通常考えられる人為的な解析誤差の範囲を超えていることから、今回と過去の透水試験結果の違いの主たる原因是、(4)の試験区間のわずかなずれによる試験区間内での透水性に寄与する割れ目の有無や孔壁の状態の違いによるパッカーの遮水性の違いであると考えられる。特に、今回使用した水理試験装置は、先端にBTVを備えており、パッカーを設置する部分の孔壁の状態を事前に確認することができるため、パッカーの遮水性に問題となりそうな部分を避けることができる。これに対して、過去の測定時には試験区間の孔壁状態を把握することができなかつたため、パッカーの遮水不良から高めの透水係数が算出された可能性が考えられる。

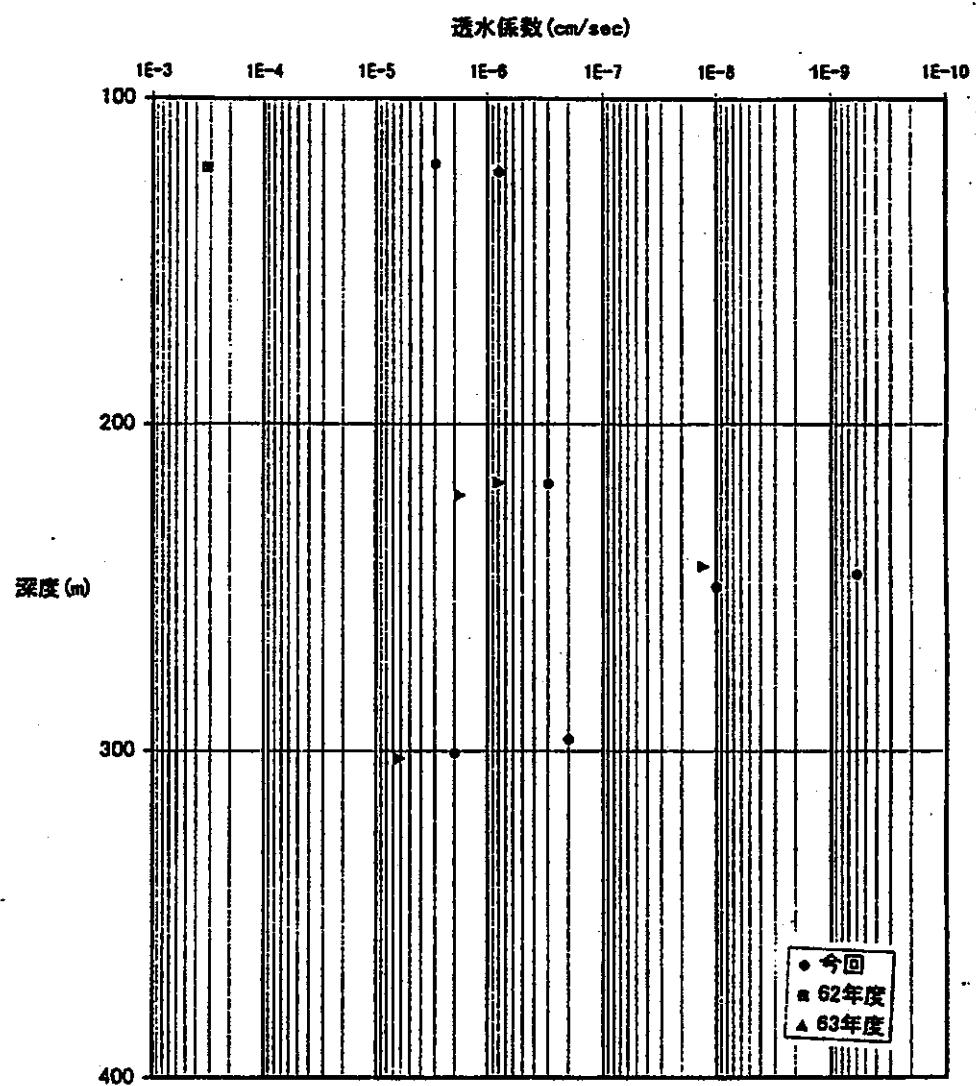


図4.1 既存の試験結果との比較

## 5. 各測定区間の透水係数の代表値の提案

今回の試験結果による各測定区間の透水係数の代表値を、表5.1に提案する。

表5.1 測定区間の透水試験の代表値の提案

測定番号	測定区間	区間長	透水係数 (cm/sec)	試験方法	備考
1-1	296.84~299.34m	2.5m	$1.54 \times 10^{-7}$	パルス通常法回復	割れ目部
1-2	300.84~303.34m	2.5m	$1.82 \times 10^{-6}$	パルス通常法回復	割れ目部
2-1	246.13~248.63m	2.5m	$6 \times 10^{-10}$ 以下	パルス迅速法回復	健全部
2-2	250.13~252.63m	2.5m	$8.5 \times 10^{-9}$	パルス迅速法回復	健全部
3	218.24~224.74m	6.5m	$2.78 \times 10^{-7}$	パルス通常法回復	割れ目部
4	119.78~122.28m	2.5m	$3.15 \times 10^{-6}$	通常法回復	割れ目部
5	122.28~124.78m	2.5m	$7.98 \times 10^{-7}$	パルス通常法回復	割れ目部

※網掛けで示した透水係数は、Cooperの解析法で求めた結果値。

透水係数の代表値の提案理由は、以下のとおりである。

- ① 測定に使用した水圧計の違いによる結果値の差異は認められず、データに対する信頼性は高いものと考えられる。代表値として提案する透水係数は、パルス迅速法以外はインナープローブでのデータから求めたものとする。
  - ② 119.78m区間のパルス通常法は、試験時間が40秒程度と短く、データに乱れが多いことから、通常法回復による透水係数を提案する。
  - ③ 長時間に及ぶ試験は、透水試験としての水圧変化以外の外的な要因が加わる可能性が高いことから、119.78m区間以外の通常法による結果値は提案しない。
  - ④ 250.13m区間以外の測定区間では、貯留性の影響が少ないと判断できることから、代表値は、Hvorslevの解析方法により得られた透水係数を提案する。
  - ⑤ 250.13m区間は、貯留性の影響が無視できないと判断されることから、Cooperの解析方法により得られた透水係数を提案する。
  - ⑥ 回復試験と注入試験をおこなった測定区間で、得られた結果値に差異がないことは、試験による目詰まり等の地盤への影響が少ないことを示すものであり、得られた結果値で測定区間の透水性を評価することに問題はない。
  - ⑦ 246.13m区間の試験結果は、パッカーの弾性変形の影響が考えられ、回復試験による透水係数は大きめに、注入試験による透水係数は小さめに現れていることが考えられることから、代表値は $6 \times 10^{-10}$ cm/sec以下とした。
- 得られた透水係数は、装置の適応限界以下であり、ここでは参考値として表記する。

## 6. ハイドロフォンVSP調査により推定された透水係数との比較

表6.1に、水理試験を実施した区間におけるハイドロフォンVSP調査法により推定された透水係数<sup>4)</sup>を表5.1の水理試験結果と合わせて記す。

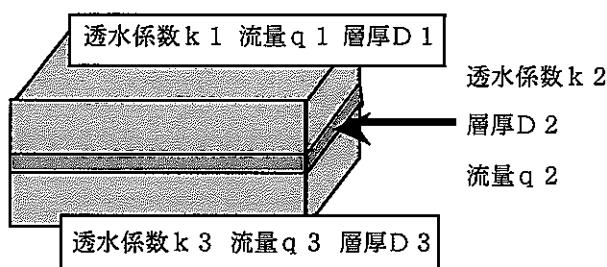
表6.1 ハイドロフォンVSP調査により推定された透水係数

測定番号	区間	水理試験結果(cm/sec)	ハイドロフォンVSPにより推定された透水係数(cm/sec)
1-1	296.84～299.34m	$1.54 \times 10^{-7}$	$9.61 \times 10^{-5} \sim 1.92 \times 10^{-3}$
2-1	246.13～248.63m	$6 \times 10^{-10}$ 以下	—
3	218.24～224.74m	$2.78 \times 10^{-7}$	$9.61 \times 10^{-6} \sim 1.44 \times 10^{-3}$
4	119.78～122.28m	$3.15 \times 10^{-6}$	$4.81 \times 10^{-5} \sim 5.77 \times 10^{-5}$
5	122.28～124.78m	$7.98 \times 10^{-7}$	$1.92 \times 10^{-5} \sim 1.92 \times 10^{-4}$

水理試験の結果から、ハイドロフォンVSP調査法から透水性の単一割れ目として検出できた区間（測定番号1-1）の透水係数よりも、透水性の割れ目として検出できなかった区間（測定番号2-1）の透水係数のほうが、3オーダー程度小さいことがわかる。これは、ハイドロフォンVSP調査において、透水性の観点からの割れ目の検出限界に関する一つの有益な知見であると考えられる<sup>5)</sup>。

また、測定番号1-1の区間における水理試験結果とハイドロフォンVSP調査から推定された透水係数では、3～4オーダー程度の差異が認められる。両者の値が異なる主な要因として、水理試験では、試験区間(2.5m)全体の平均的な透水係数が得られるのに対し、ハイドロフォンVSPのデータ解析では、割れ目部分のみの透水性を考慮し、健岩部分の透水性は考慮していないことが考えられる。そのため、2.5mの水理試験区間を単一割れ目を想定した水平3層モデルと見なし、水理試験結果から割れ目の透水係数を算出したところ、ほぼ同程度の透水係数が得られた（図6.1）。このことから、ハイドロフォンVSP調査から推定された透水係数は、単一割れ目自体の透水性を示していると考えられる<sup>5)</sup>。

BTVから破碎帯と考えられる区間（測定番号3）および複数の割れ目が認められる区間（測定区間4および5）についても、水理試験結果とハイドロフォンVSP調査から推定された透水係数では、2～3オーダー程度の差異が認められる。この主な要因として、上述のように、単一割れ目を想定するハイドロフォンVSPのデータ解析手法に問題があると考えられる。しかし、複数の割れ目を考慮したハイドロフォンVSPデータ解析手法に関しては、例えば入力パラメータとなる複数の割れ目の走向・傾斜の与え方について検討する必要があるなど、不確定要素が多いのが現状である。



$$k_2 = (k_D - k_1 D_1 - k_3 D_3) / D_2$$

$$= 3.8 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$$

$$k = 1.54 \times 10^{-7} \text{ cm/sec}$$

$$k_1 = k_3 = 6.0 \times 10^{-10} \text{ cm/sec}$$

$$D = 250 \text{ cm}$$

$$D_2 = 0.1 \text{ cm}$$

$$D_1 + D_3 = 249.9 \text{ cm}$$

単一割れ目モデルにおける割れ目の開口幅  
( $D_2 = 0.1 \text{ cm}$ ) は平成 6 年度に取得した BTV  
データ<sup>®</sup>より決定した。

図6.1 水理試験による透水係数の換算

## 7. まとめ

本水理試験は、ハイドロフォンVSP調査により推定された割れ目の透水係数の信頼性を検討するために実施したものであり、検討した結果、ハイドロフォンVSP調査から单一割れ目の透水性を示す値が推定できると考えられる。また、複数の割れ目が存在する区間を対象とした場合、单一割れ目を想定したハイドロフォンVSPデータ解析法により推定される透水係数は信頼性に欠けることがわかった。

また、ハイドロフォンVSP調査の割れ目抽出精度については、少なくとも原位置透水試験で $6.0 \times 10^{-10}$  cm/sec以下の透水性を有する区間に存在する割れ目からは、解析に利用できるチューブ波が発生しないことから、岩盤の透水性に寄与しない割れ目を透水性割れ目として抽出する可能性は少ないと考えられる。

## 8. あとがき

本水理試験では、単一と思われる割れ目を優先して、5区間の間隙水圧および7区間（参考測定の2区間を含む）の透水係数を求めた。そして、得られた透水係数から、ハイドロフォンVSP調査により推定された割れ目の透水係数の信頼性の検討を実施した。

今後は、ハイドロフォンVSP調査技術開発の一環として、複数の割れ目や大規模な破碎帯などを対象としたデータ解析手法を検討し、データの再解析を実施して、再度原位置透水試験による透水係数と比較することにより、複数の割れ目を対象としたハイドロフォンVSPデータ解析手法の妥当性を確認する予定である。

なお、水理試験区間の設定においては、通商産業省工業技術院地質調査所の伊藤久男主任研究官、大湊隆雄主任研究官、木口 努主任研究官、桑原保人主任研究官、中尾信典主任研究官、宮崎光旗地殻構造研究室長から多くの有益な助言を頂いた。

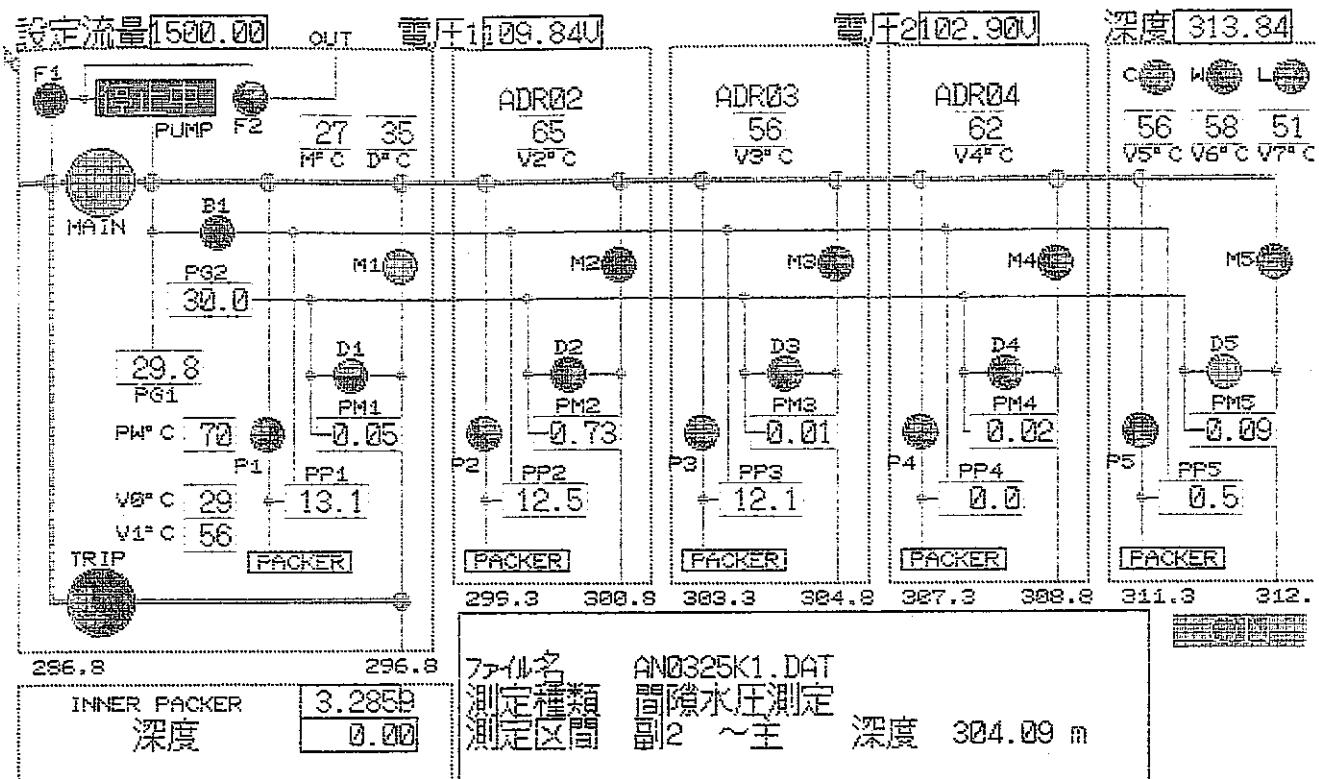
ここに、感謝の意を表する次第である。

## 参考文献

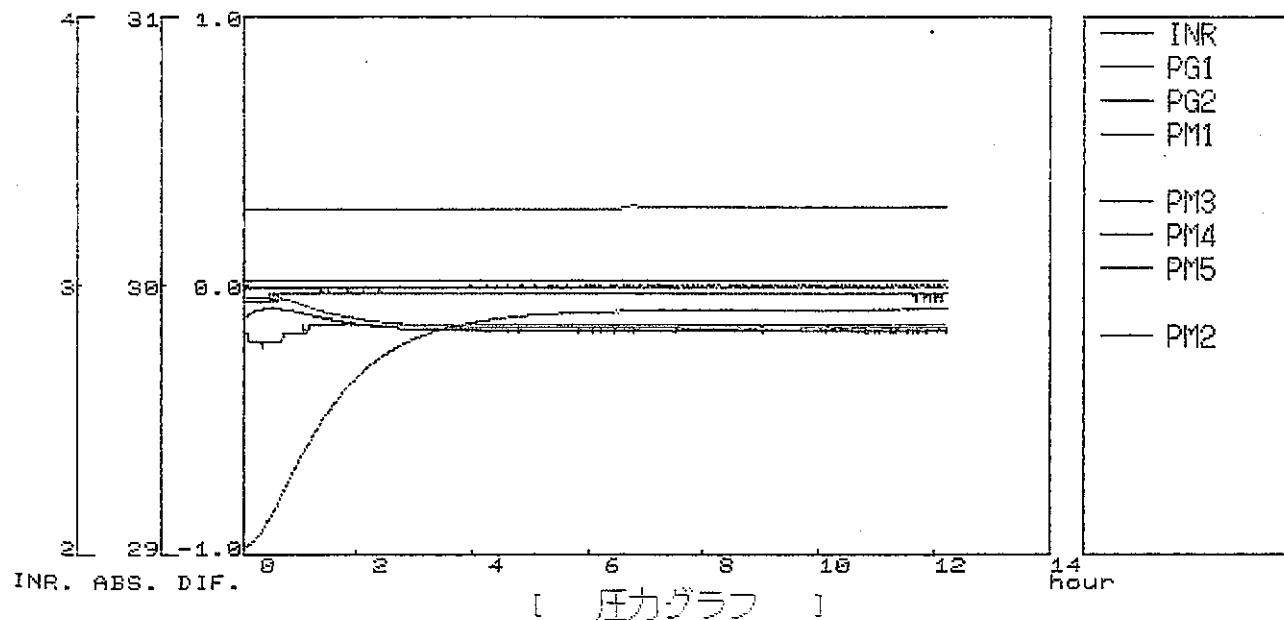
- 1) T.KIGUCHI, H.ITO, Y.KUWAHARA, T.MIYAZAKI, S.NAKAO, T.OMINATO, K.HASEGAWA, S.YABUCHI, H.OOSAWA, Y.MITO and K.AOKI : Detection of Permeable Fractures in Granitic Rock by Hydrophone VSP - Case Study for Granitic Rock, Gifu Prefecture, Japan -, 3rd SEGJ/SEG International Symposium, pp164-171
- 2) 柳沢考一・斎藤章・西垣誠・平田洋一：新しい現場透水試験法（動燃式JFT）の開発と測定例、土と基礎、Vol.37 No.7、P47～52
- 3) 西垣誠：貯留係数を考慮した単項式透水試験法、地下水と井戸とポンプ、Vol.28 No.7 P1～7
- 4) マルチオフセットハイドロフォンVSP調査法の亀裂性岩盤への適用試験（その2）、地質調査所・動燃事業団共同研究報告書 PNC TY 7651 97-001
- 5) 平成8年度技術開発課年報、動力炉・核燃料開発事業団
- 6) ボアホールレビューション装置によるAN-1号孔の岩盤割れ目の特性調査（0~500m区間）、動力炉・核燃料開発事業団、PNC PJ7417 95-001(1)

# 卷 末 資 料

## ( 1 ) 間隙水圧測定結果

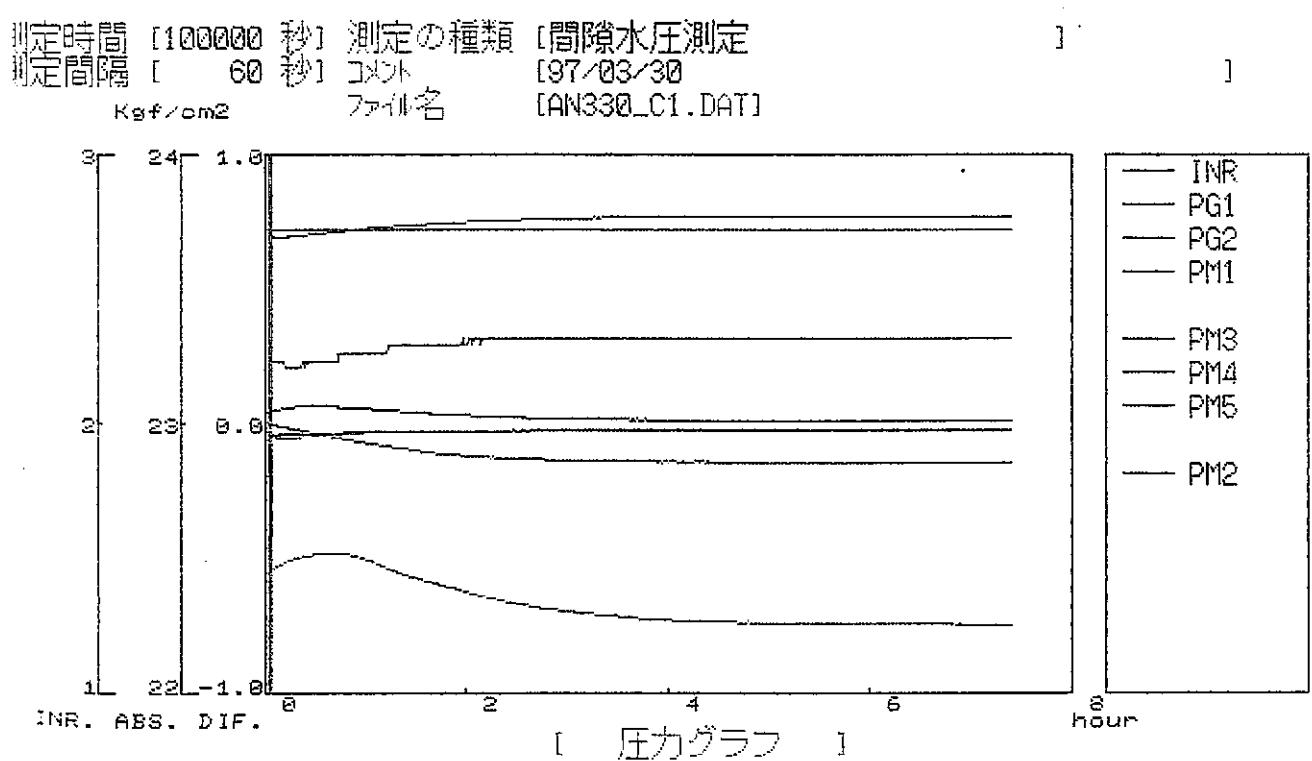
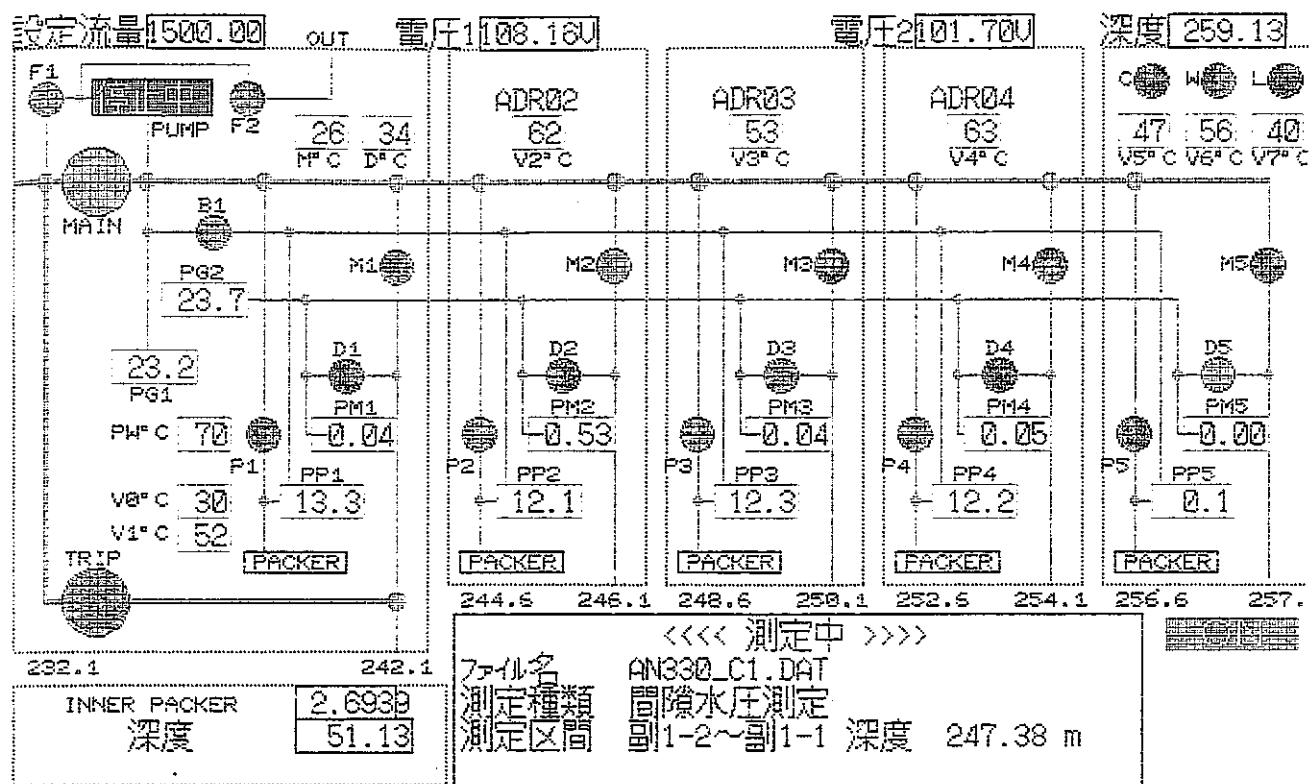


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [間隙水圧測定]  
測定間隔 [ 60 秒] コンド [97/03/25]  
Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0325K1.DAT]



初期値 待機 現在値 フォロウ アイドル 終了

間隙水圧測定結果  
(測定区間: 296.84~299.34m, 300.84~306.34m)

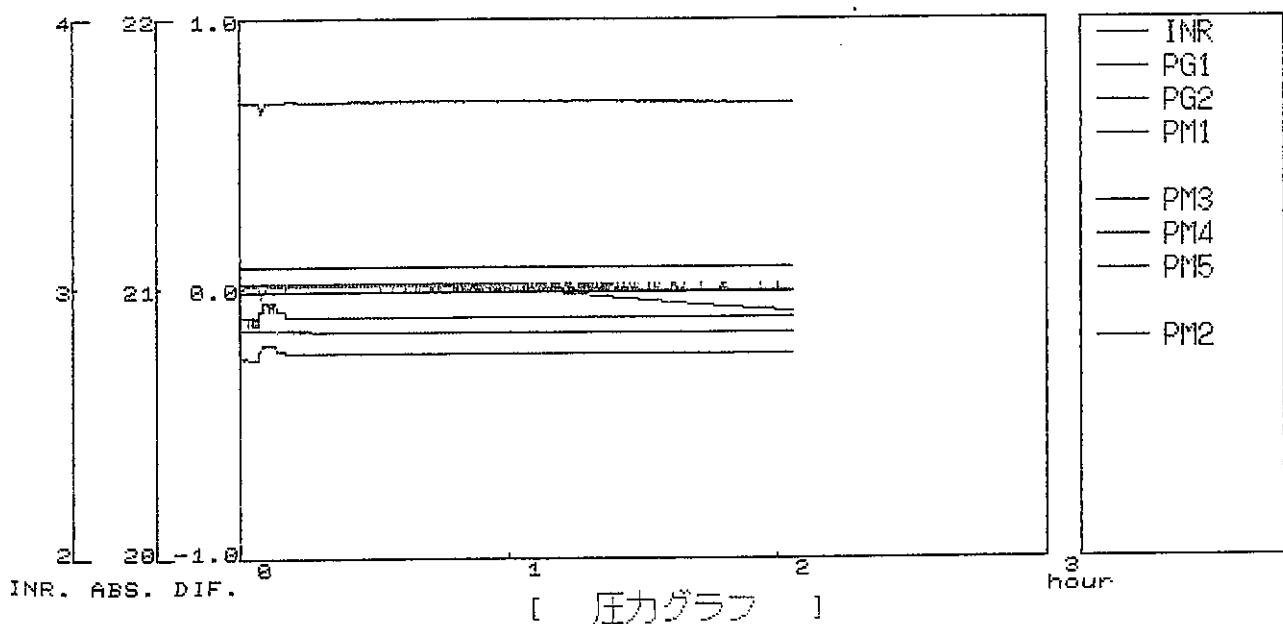


初期値 終値 行位置 ファイル 條件 実験終了

間隙水圧測定結果  
(測定区間: 246.13~248.63m, 250.13~252.63m)

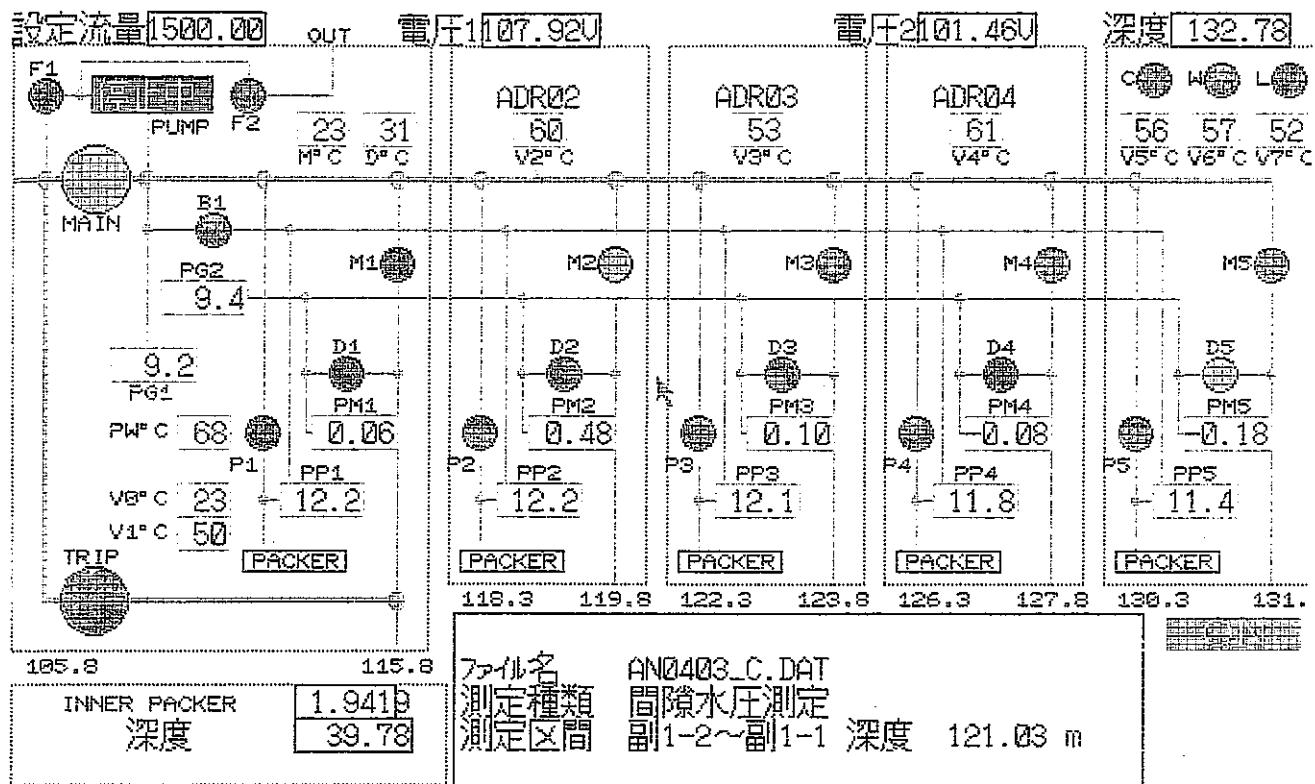
設定流量 1500.00	OUT	電圧 1107.68V	電圧 2101.46V	深度 235.24	
F1 PUMP F2 25 34 M <sup>o</sup> C D <sup>o</sup> C	ADR02 62 V2°C	ADR03 53 V3°C	ADR04 62 V4°C	C W L 57 57 52 V5°C V6°C V7°C	
MAIN E1	M2	M3	M4	M5	
PG2 21.0	D1 PM1 PW°C 69 0.00 P1 PP1 V0°C 26 10.8 V1°C 52	D2 PM2 P2 PP2 V0°C 26 0.1	D3 PM3 P3 PP3 V0°C 26 11.6	D4 PM4 P4 PP4 V0°C 26 9.2	D5 PM5 P5 PP5 V0°C 26 0.4
TRIP PACKER	PACKER	PACKER	PACKER	PACKER	PACKER
238.2	218.2	220.7 222.2 224.7 226.2 228.7 230.2 232.7 233.	<<< 測定中 >>>		
INNER PACKER 深度	2.7639 48.24	AN0401_P.DAT	測定種類 間隙水圧測定	測定区間 副1-2~主	深度 221.49 m

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [間隙水圧測定]  
 測定間隔 [ 10 秒] コメント [97/4/01-02:50]  
 Kg/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0401\_P.DAT]

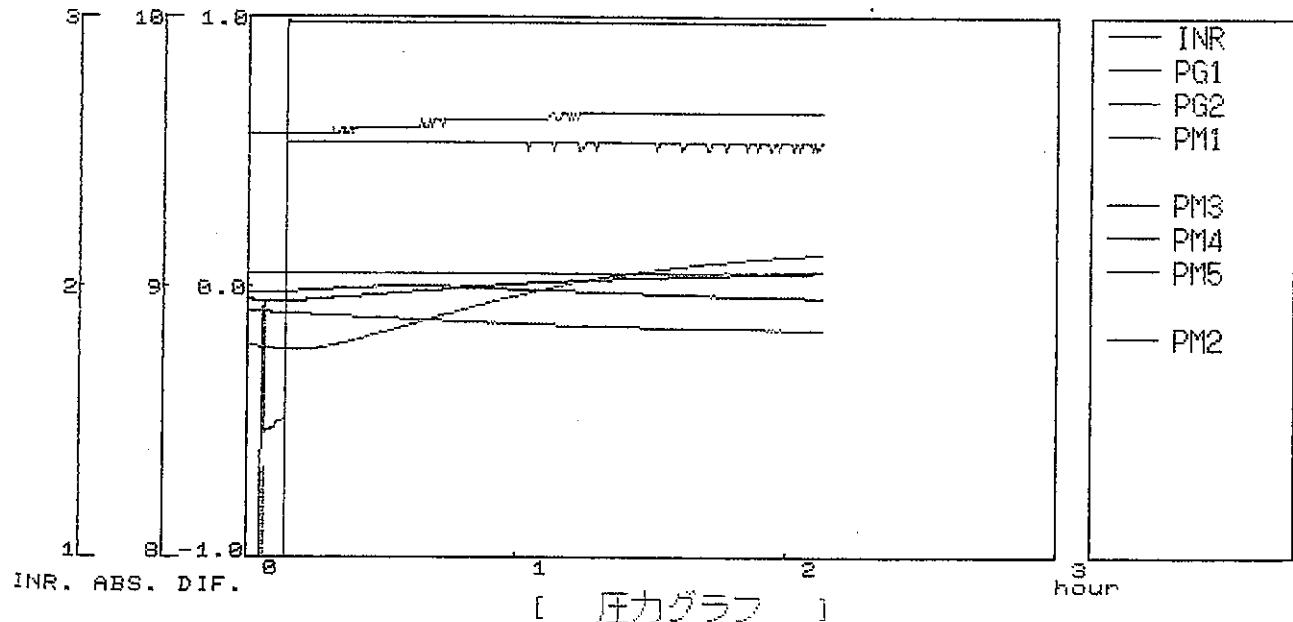


初期値 位置 ファイル 條件 終了

間隙水圧測定結果  
(測定区間: 218.24~224.74m)

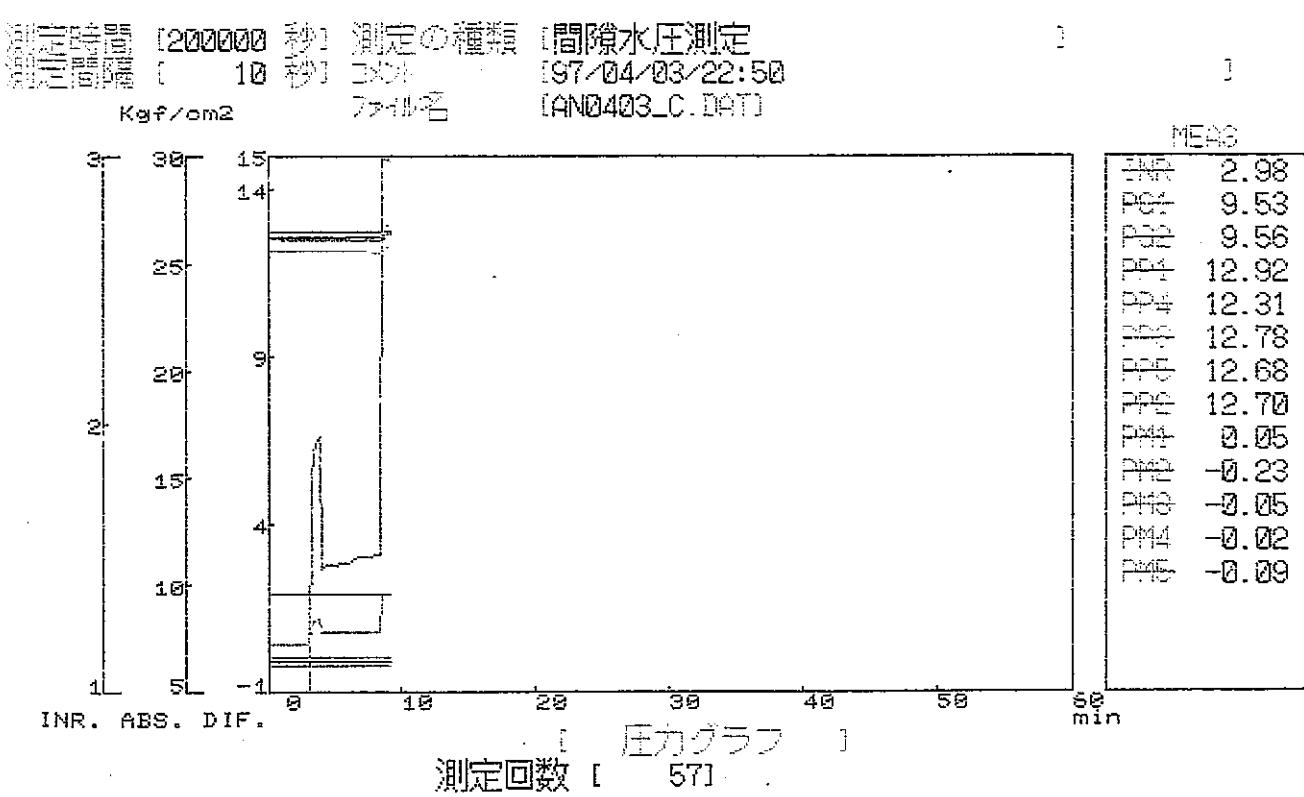
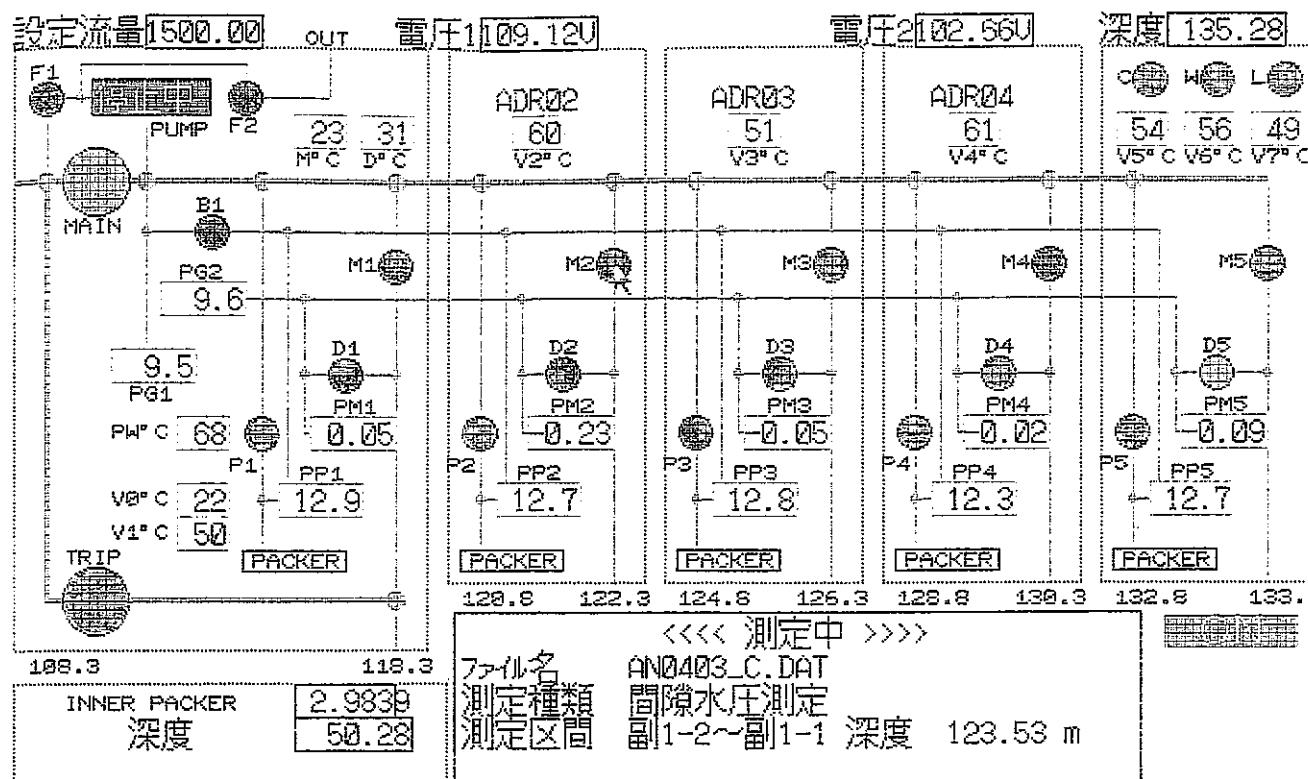


測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [間隙水圧測定]  
 測定間隔 [ 10 秒] コード [97/04/03/22:50]  
 Kg/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0403\_C.DAT]



初期値 置き直し ファイル 条件 終了

間隙水圧測定結果  
(測定区間: 119.78~122.28m)



間隙水圧測定結果  
(測定区間:122.28~124.78m)

( 2 ) 透水試験結果図

### 透水試験結果一覧

測定番号	測定区間(GL-m)	通常法による透水係数(cm/sec)		パルス通常法による透水係数(cm/sec)		パルス迅速法による透水係数(cm/sec)	
		Hvorslevの解析法	Cooperの解析法	Hvorslevの解析法	Cooperの解析法	Hvorslevの解析法	Cooperの解析法
1-1	296.84~299.34			$1.59 \times 10^{-7}$	$4.5 \times 10^{-7}$		
				$1.54 \times 10^{-7}$	$4.5 \times 10^{-7}$		
				$1.54 \times 10^{-7}$	$4.5 \times 10^{-7}$		
				$1.48 \times 10^{-7}$	$4.4 \times 10^{-7}$		
				<u><math>1.66 \times 10^{-7}</math></u>	<u><math>3.9 \times 10^{-7}</math></u>		
				<u><math>1.63 \times 10^{-7}</math></u>	<u><math>3.8 \times 10^{-7}</math></u>		
1-2	300.84~306.34			$1.82 \times 10^{-6}$	—		
				$1.92 \times 10^{-6}$	—		
2-1	246.13~248.63					$6.35 \times 10^{-10}$	—
						<u><math>1.36 \times 10^{-10}</math></u>	—
2-2	250.13~252.63					$1.10 \times 10^{-8}$	$8.5 \times 10^{-9}$
3	218.24~224.74	$3.28 \times 10^{-7}$	—	$2.78 \times 10^{-7}$	$5.2 \times 10^{-7}$		
		$3.41 \times 10^{-7}$	$(1.1 \times 10^{-6})$	$2.75 \times 10^{-7}$	$5.1 \times 10^{-7}$		
		$3.00 \times 10^{-7}$	—	$2.67 \times 10^{-7}$	$5.0 \times 10^{-7}$		
4	119.78~122.28	$3.15 \times 10^{-6}$	—	$2.93 \times 10^{-6}$	—		
		$3.43 \times 10^{-6}$	—	$2.71 \times 10^{-6}$	—		
5	122.28~124.78	$5.71 \times 10^{-7}$	—	$7.98 \times 10^{-7}$	—		
		$4.19 \times 10^{-7}$	—	$7.72 \times 10^{-7}$	—		

- アンダーラインで示した透水係数は、注入試験による結果値。
- ゴシック体で示した透水係数は、インナープローブによる試験結果値。明朝体は、差圧計による試験結果値。
- ( ) 内の透水係数は、標準曲線へのマッチングが良くない結果値。棒線はマッチングしないことを示す。

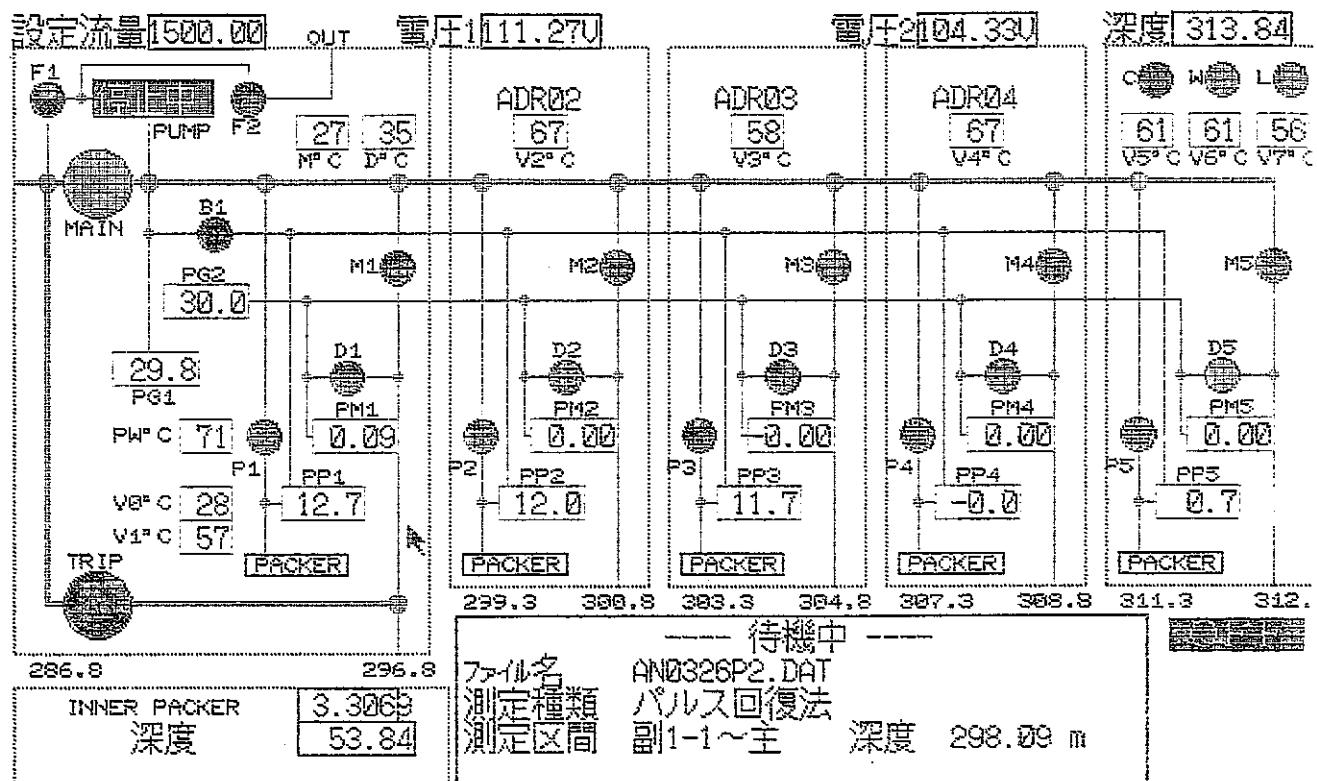
## 透水試験測定区間

G L - 296.84m ~ 299.34m

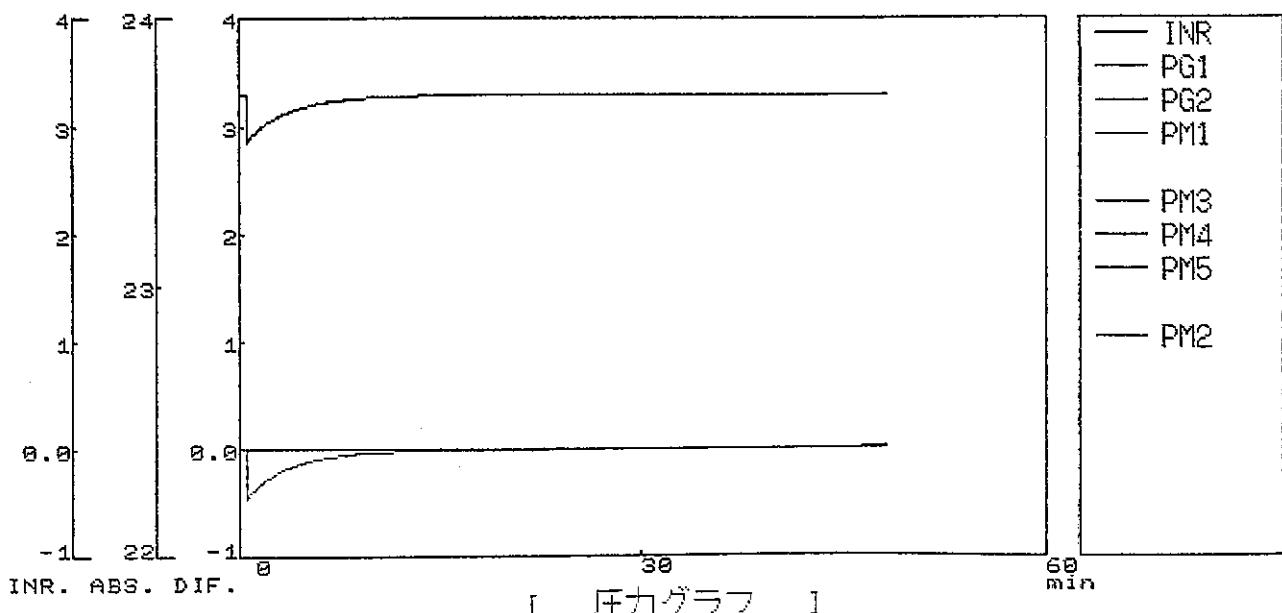
G L - 300.84m ~ 306.34m

## 透水試験状況

296.84m ~ 299.34m 区間 ; パルス回復(LR)



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス回復法  
 測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/03/26]  
 Kg/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0326P2.DAT]



初期値 現在値 ファイル名 線図

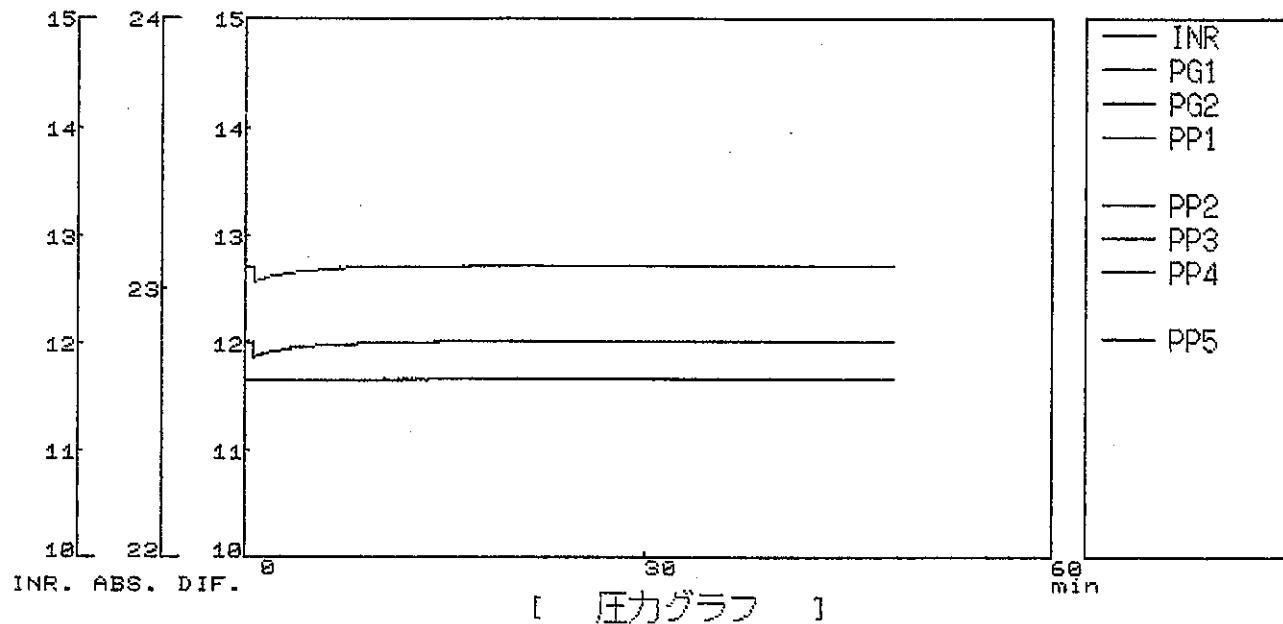
## 透水試験状況

296.84m ~ 299.34m 区間 ; パルス回復(LR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス回復法

測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/03/26]

Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0326P2.DAT]

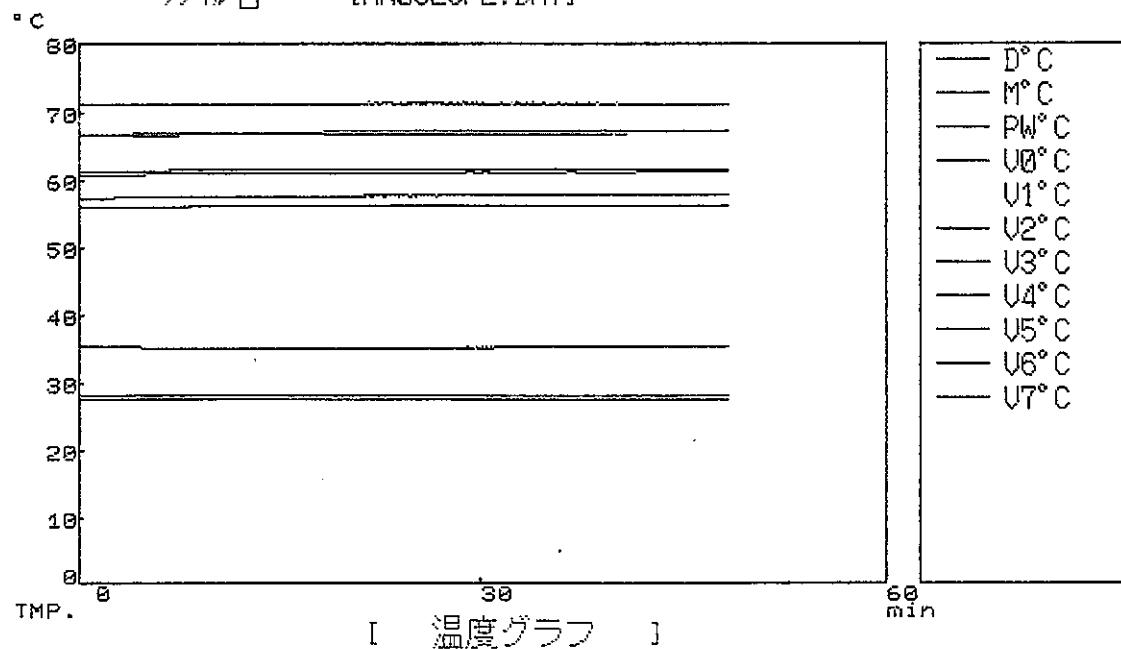


[初期値] [前置] [後置] [ファイル] [条件] [結果] [終了]

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス回復法

測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/03/26]

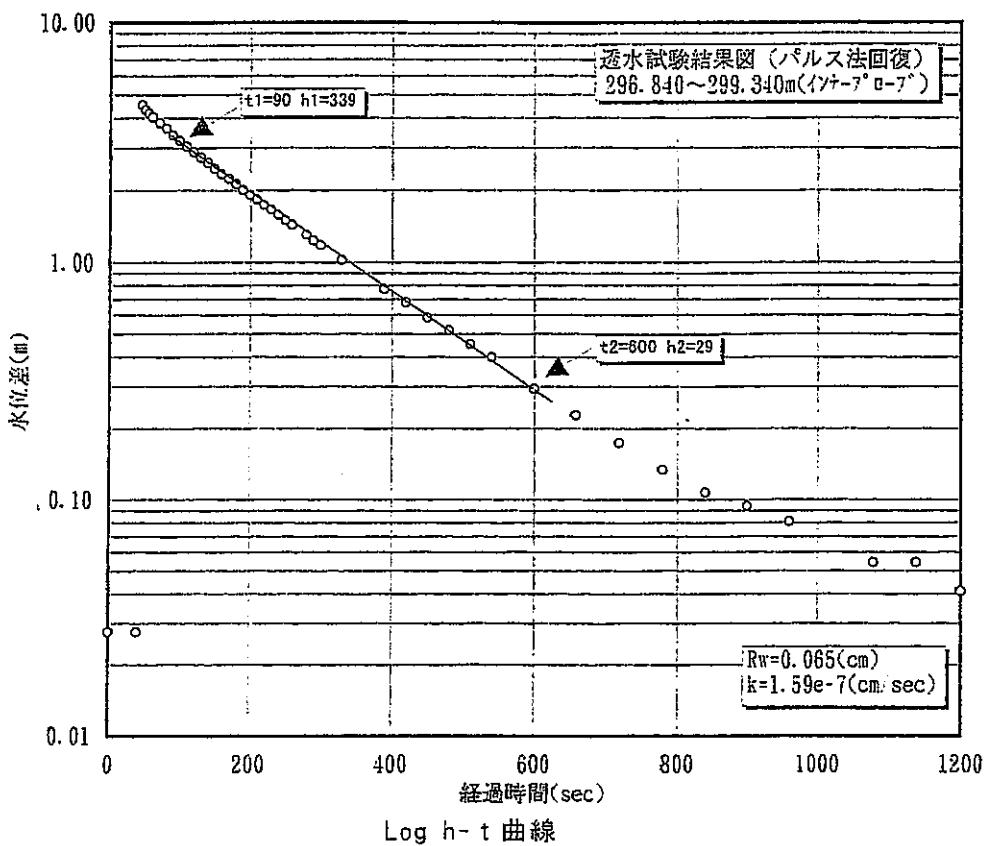
ファイル名 [AN0326P2.DAT]



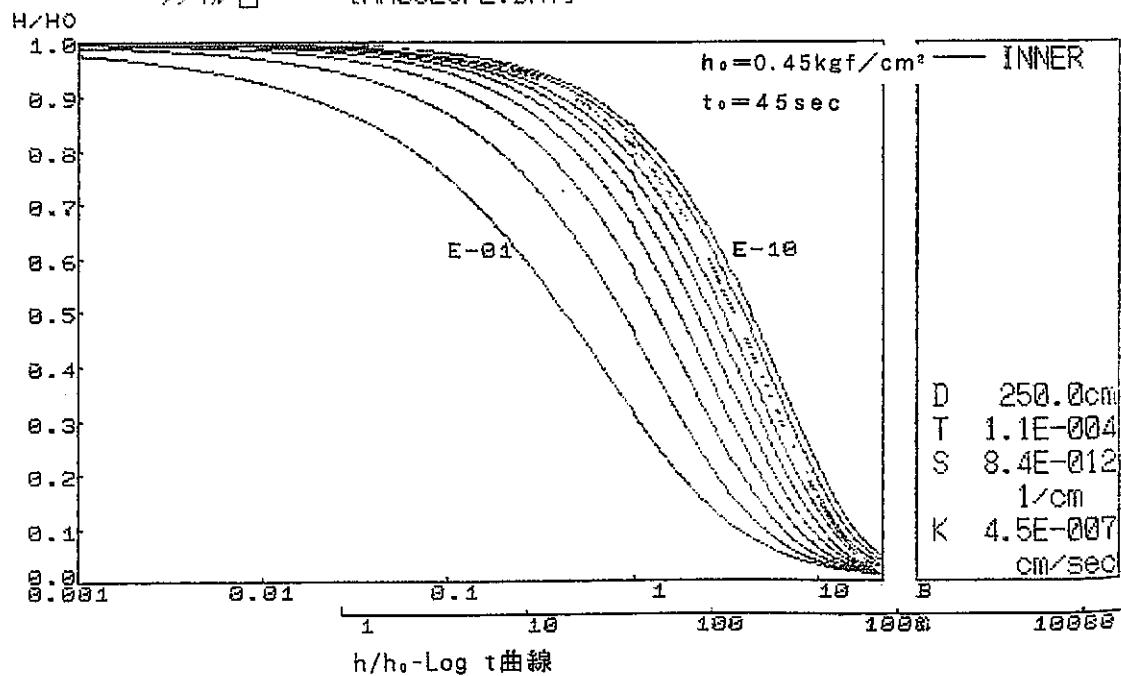
[初期値] [前置] [後置] [ファイル] [条件] [結果] [終了]

## 透水試験結果 (296.84m~299.34m区間)

〈パルス法回復 (L R) 〉

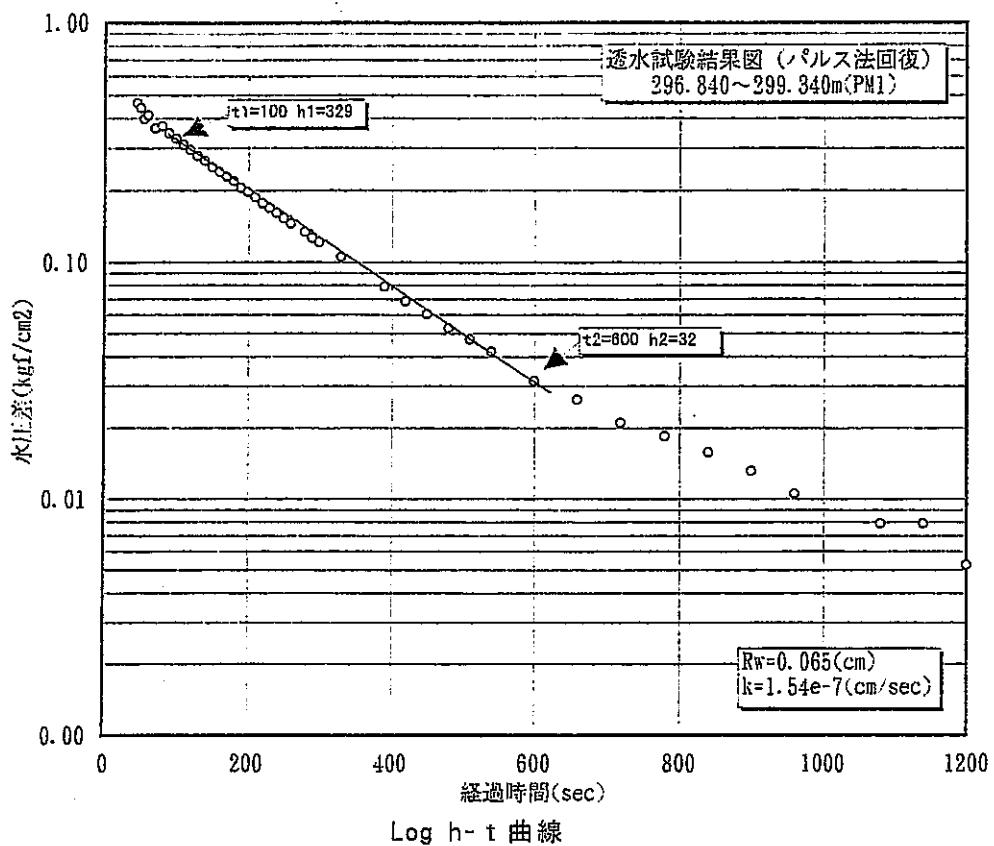


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/03/26]  
ファイル名 [AN0326P2.DAT]

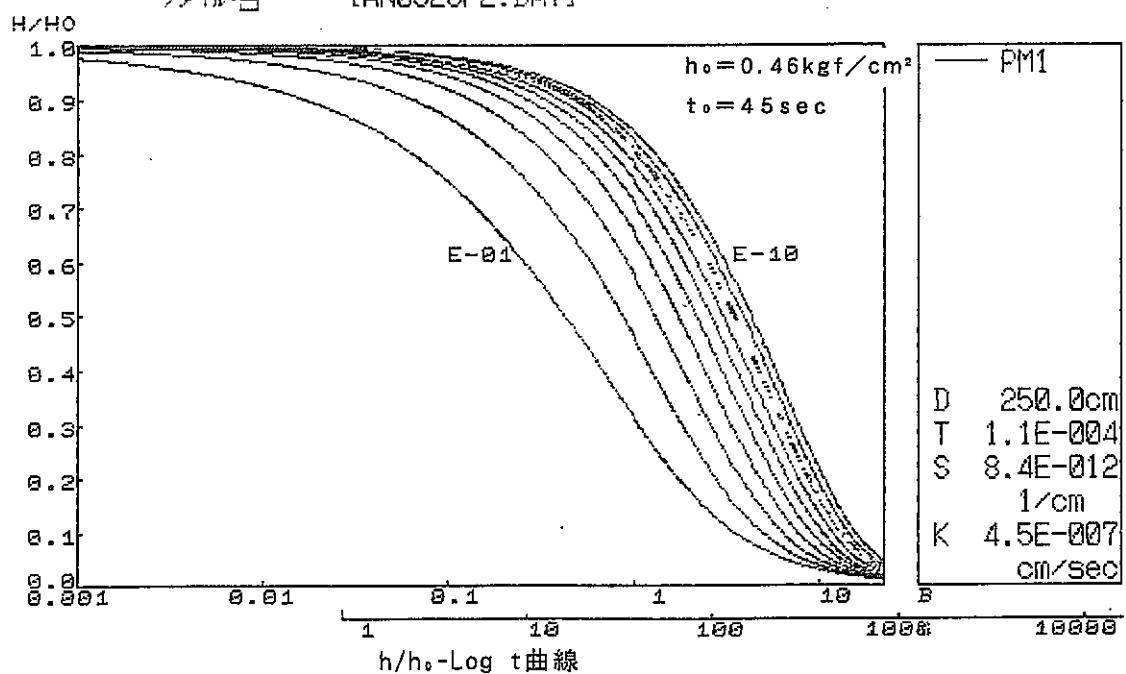


## 透水試験結果 (296.84m~299.34m区間)

〈パルス法回復 (L R) 〉

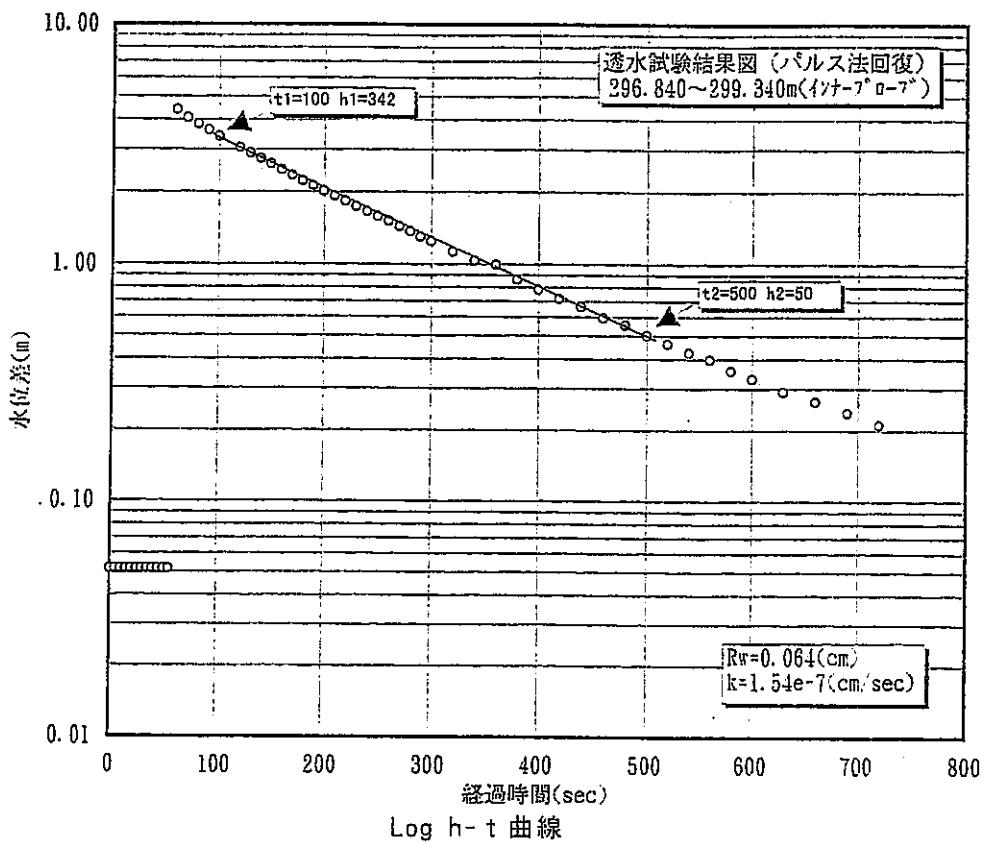


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス回復法  
測定時間隔 [ 5 秒] コメント [97/03/26]  
ファイル名 [AN0326P2.DAT]

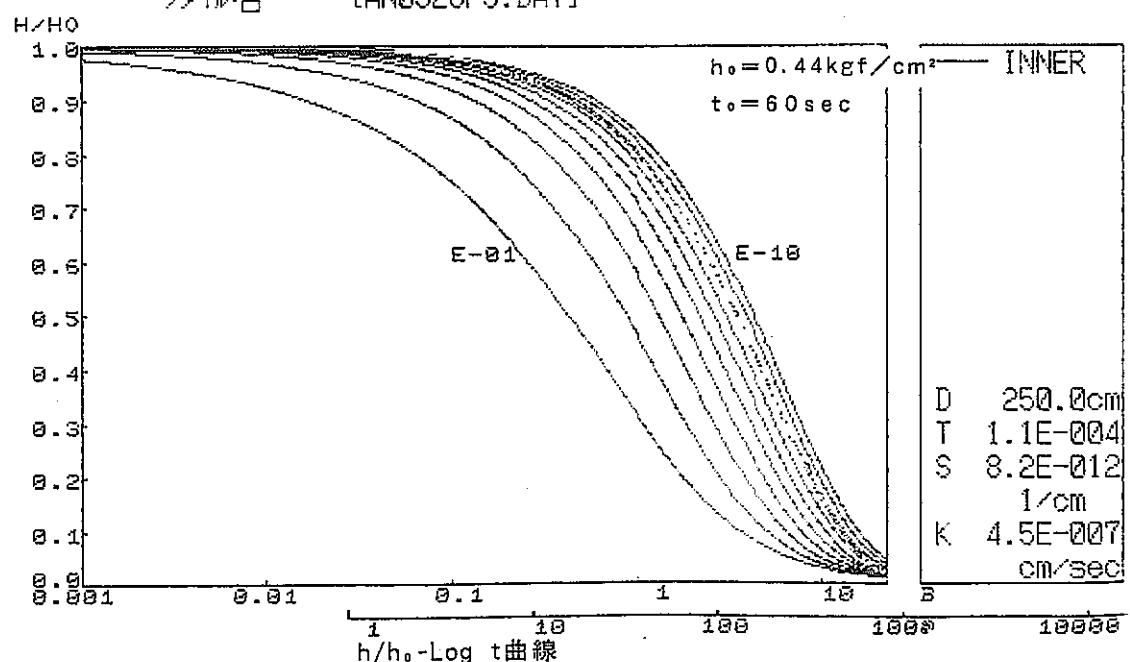


## 透水試験結果 (296.84m~299.34m区間)

(パルス法回復 (L R))

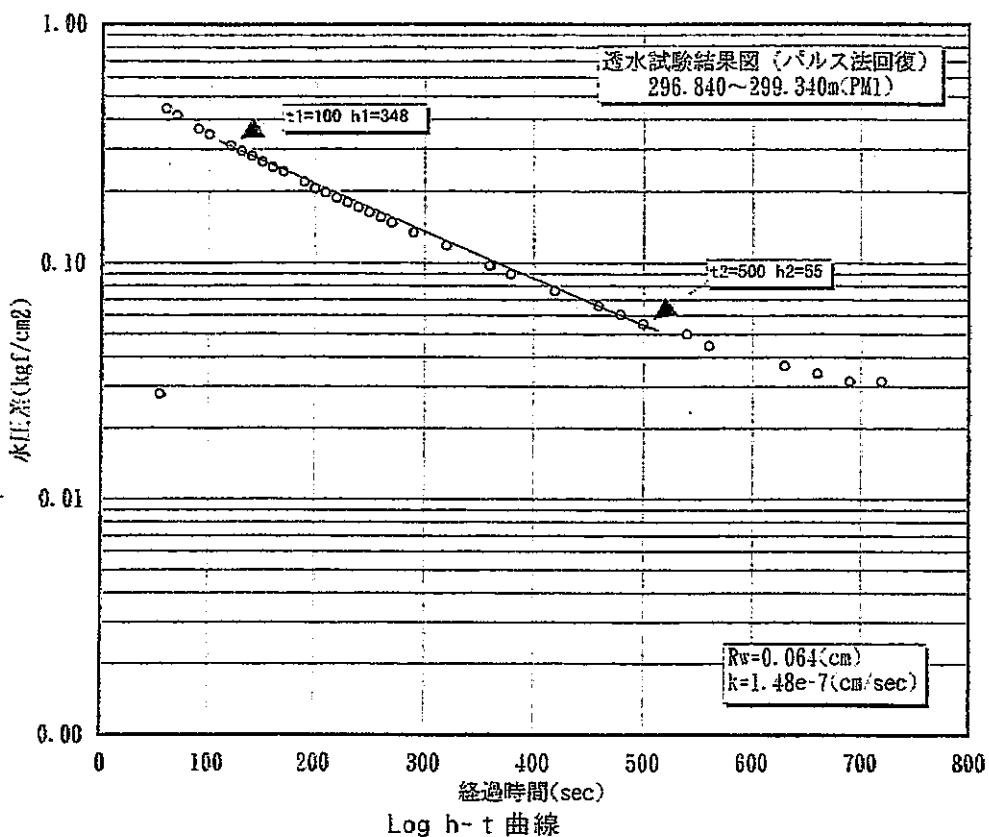


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/03/26]  
ファイル名 [AN0326P3.DAT]

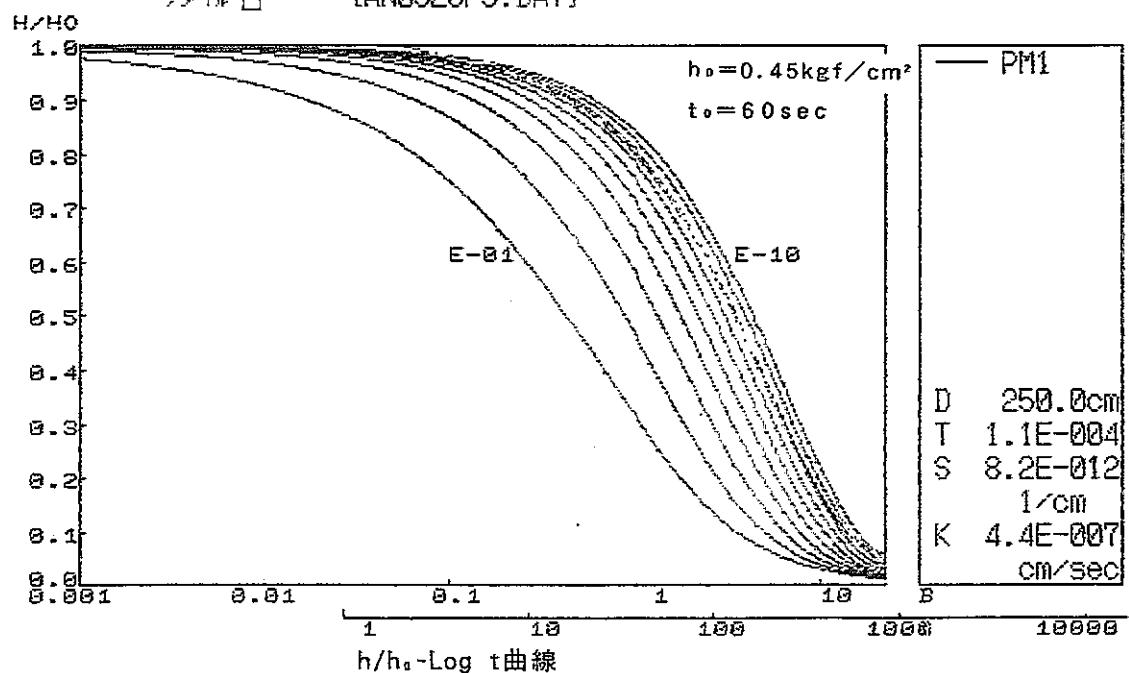


透水試験結果 (296.84m~299.34m区間)

(パルス法回復 (L R))

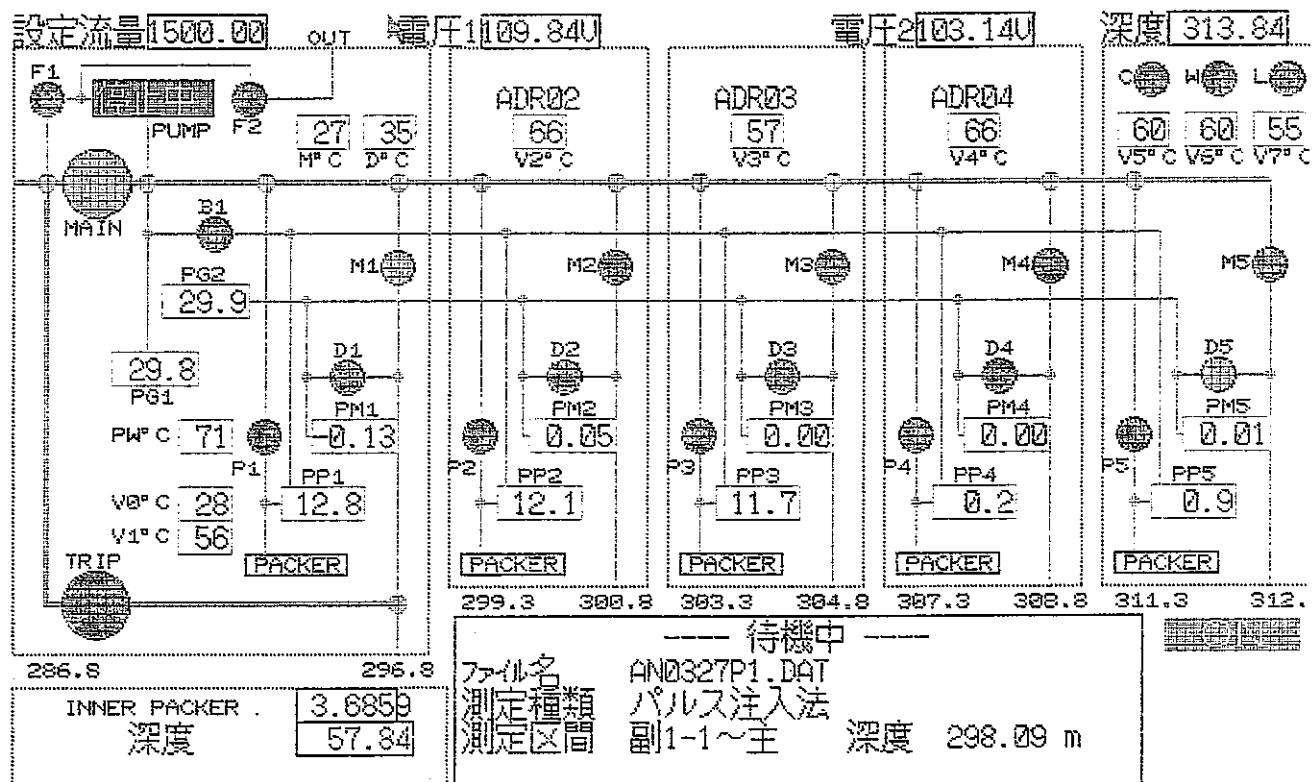


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コマ数 [97/03/26]  
ファイル名 [AH0326P3.DAT]



# 透水試験状況

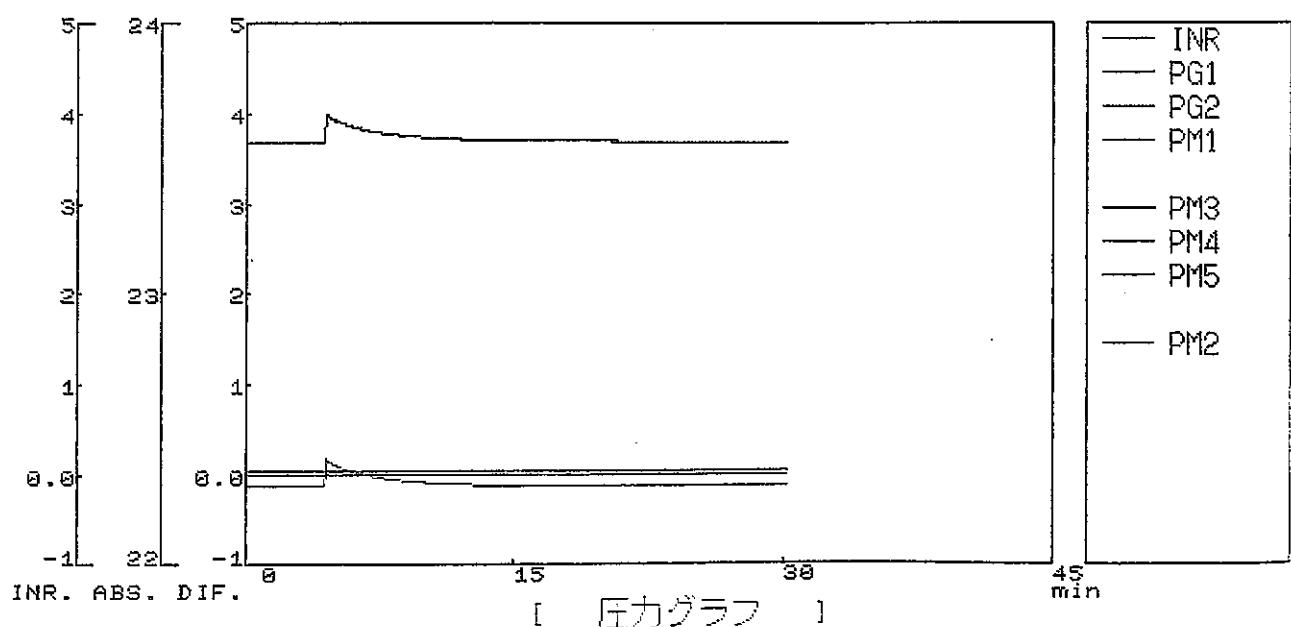
296.84m ~ 299.34m 区間 ; パルス注入(LR)



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス注入法

測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/27]

Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AND327P1.DAT]



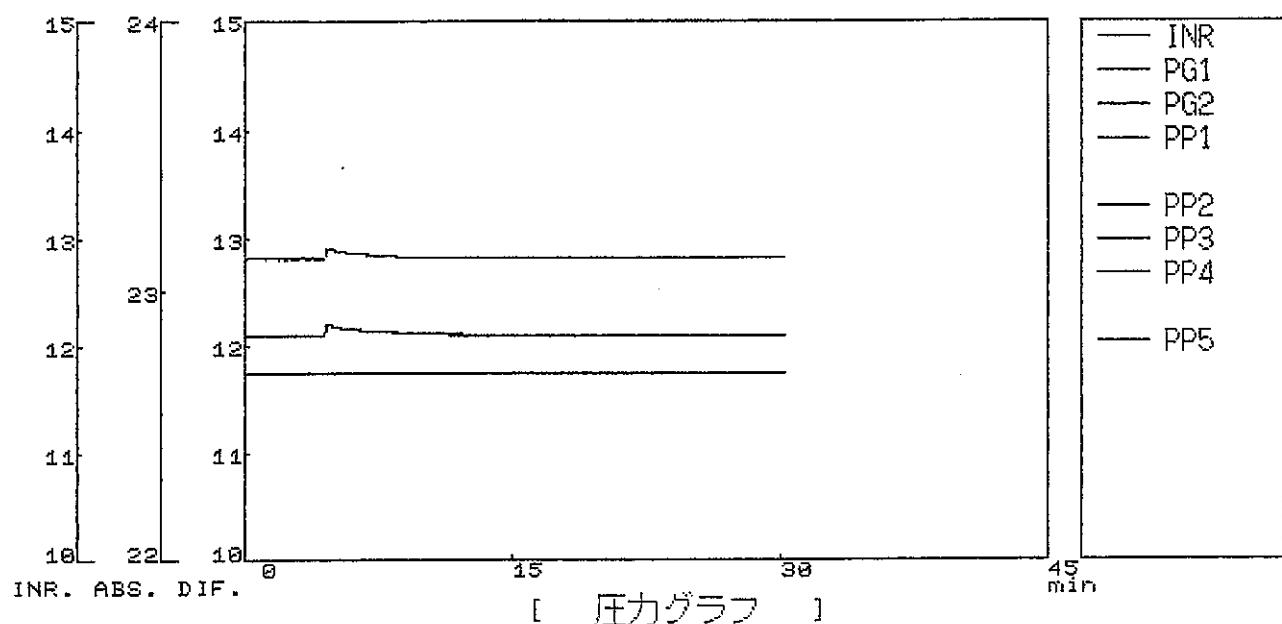
## 透水試験状況

296.84m ~ 299.34m 区間 : パルス注入(LR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス注入法]

測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/27]

Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0327P1.DAT]

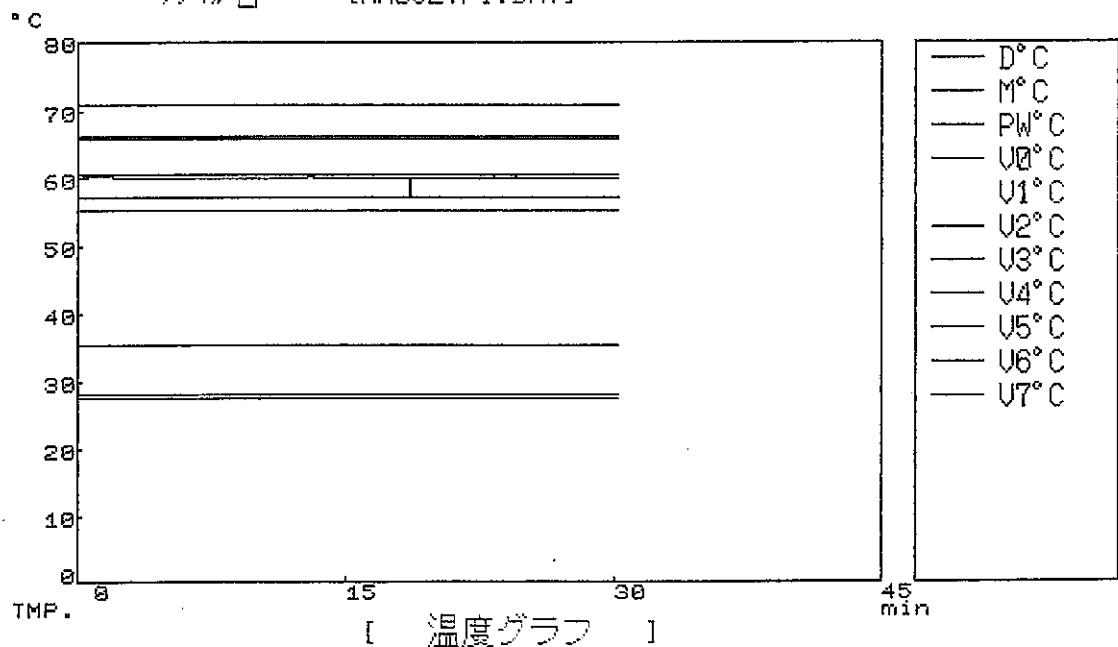


初期値 位置 ファイル 案件 終了

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス注入法]

測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/27]

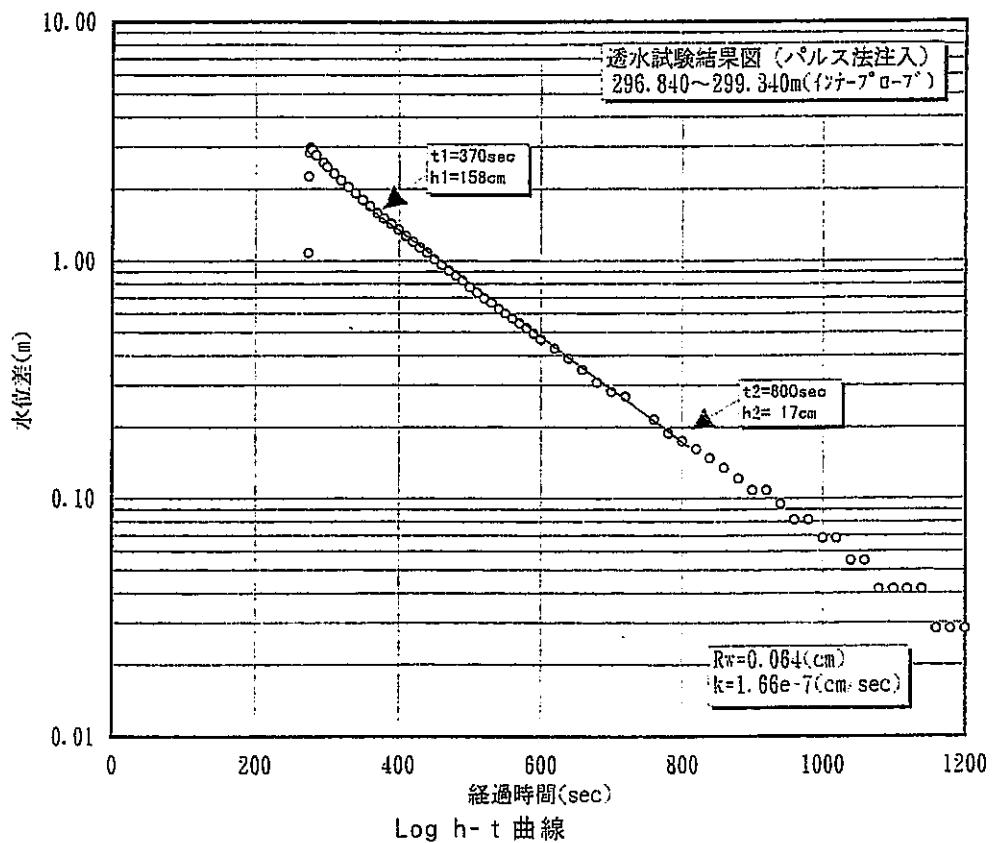
ファイル名 [AN0327P1.DAT]



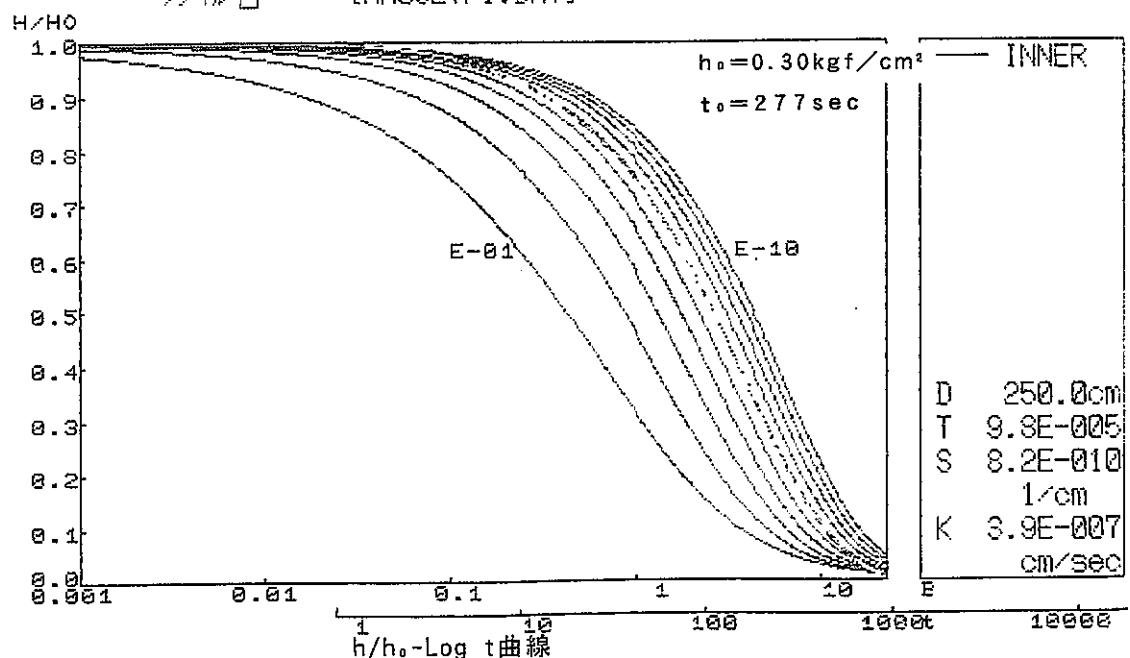
初期値 位置 ファイル 案件 終了

### 透水試験結果 (296.84m~299.34m区間)

### 〈パルス法注入（L R）〉

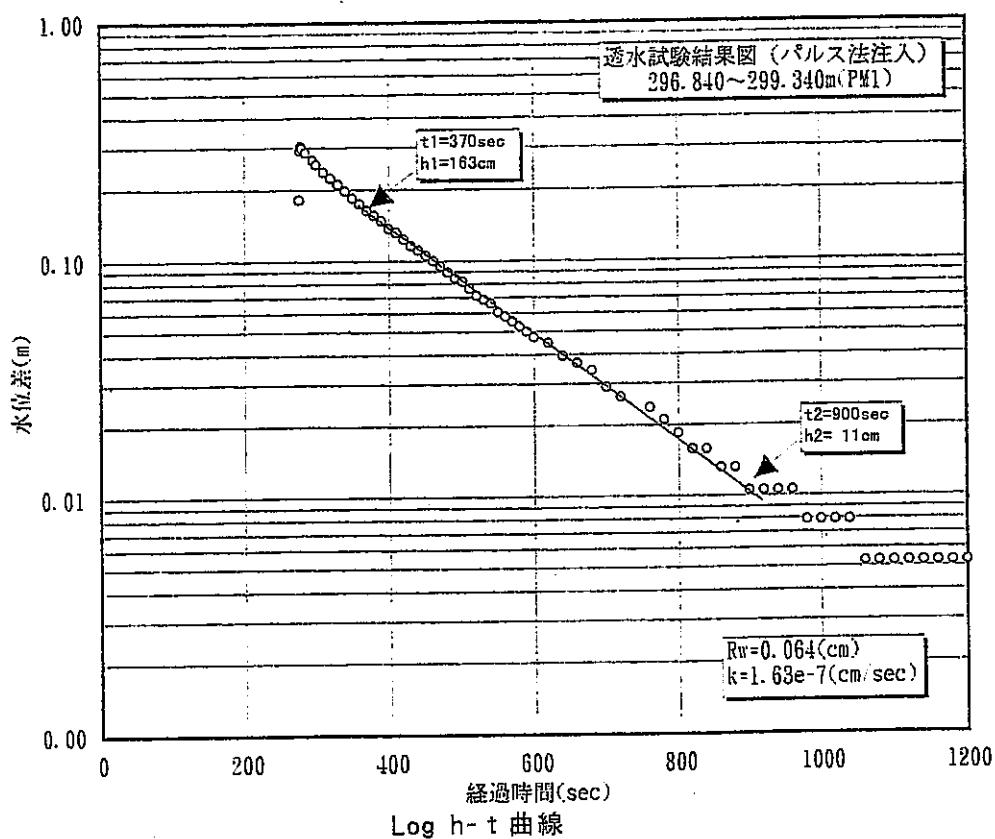


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス注入法]  
測定間隔 [1 秒] コメント [97/03/27]  
                  ファイル名 [AN0327P1.DAT]

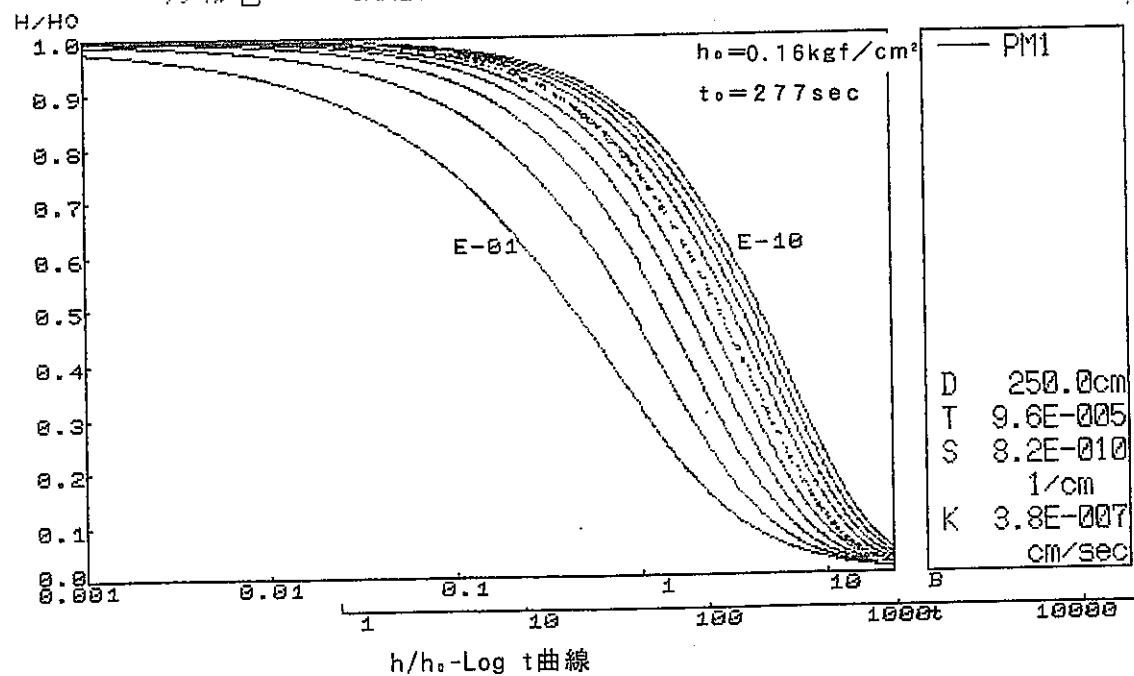


# 透水試験結果 (296.84m~299.34m区間)

〈パルス法注入 (L R) 〉

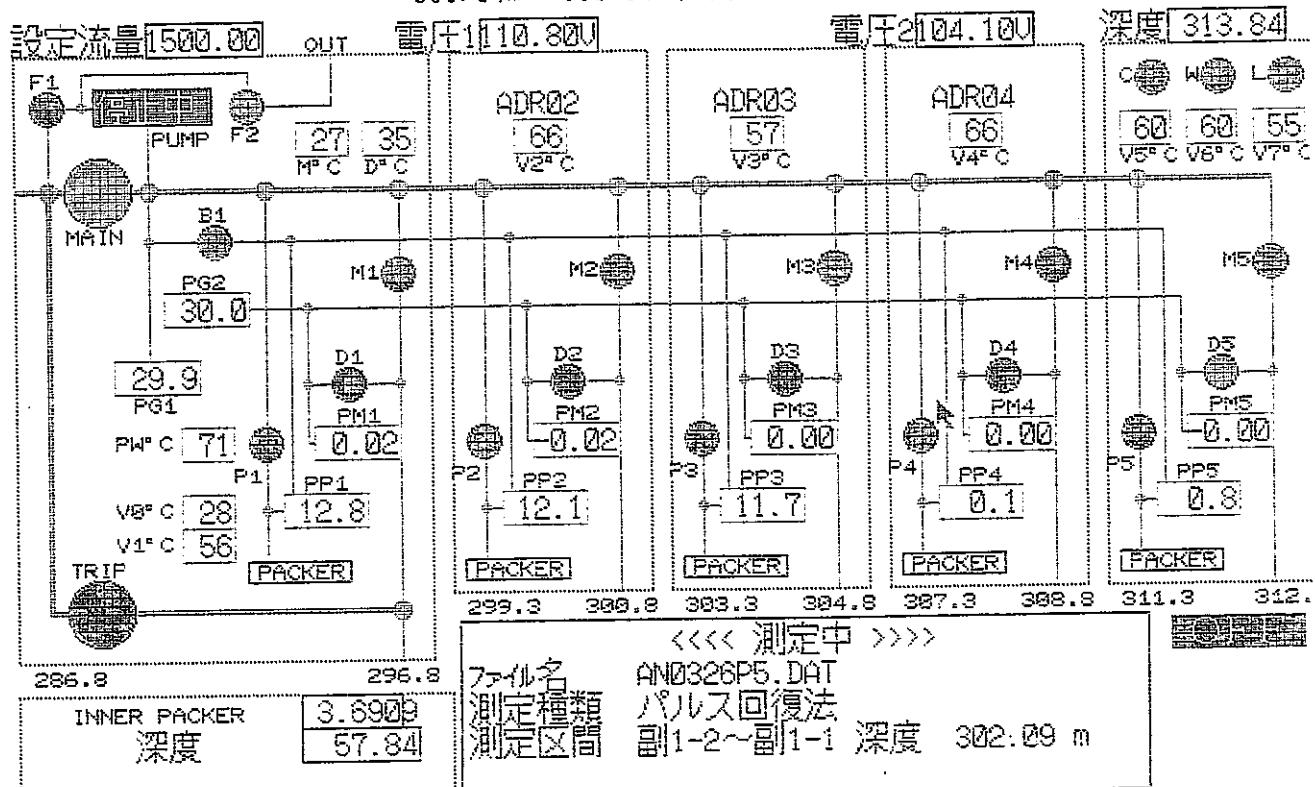


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス注入法]  
測定間隔 [1 秒] コメント  
ファイル名 [AN0327P1.DAT]



## 透水試験状況

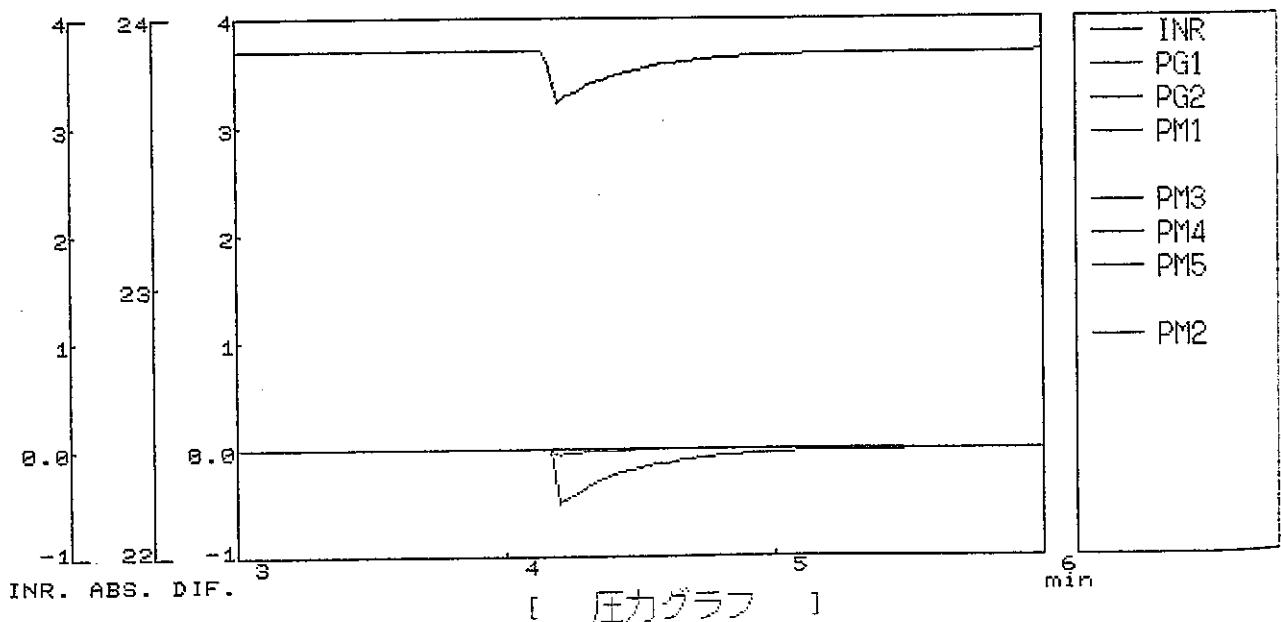
300.84m ~ 306.34m 区間 ; パルス回復(LR)



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [2 秒] コスト [97/03/26]

Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0326P5.DAT]



初期値 現在値 ファイル 終値

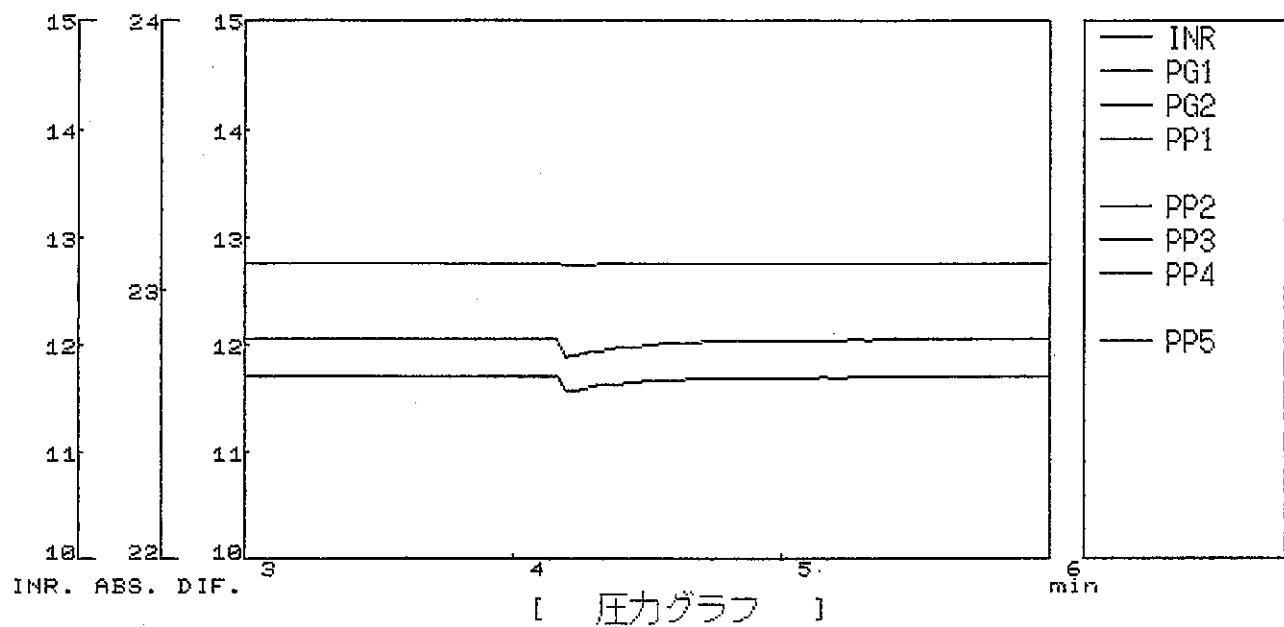
## 透水試験状況

300.84m ~ 306.34m 区間 ; パルス回復(LR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [ 2 秒] コメント [97/03/26]

Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0326P5.DAT]



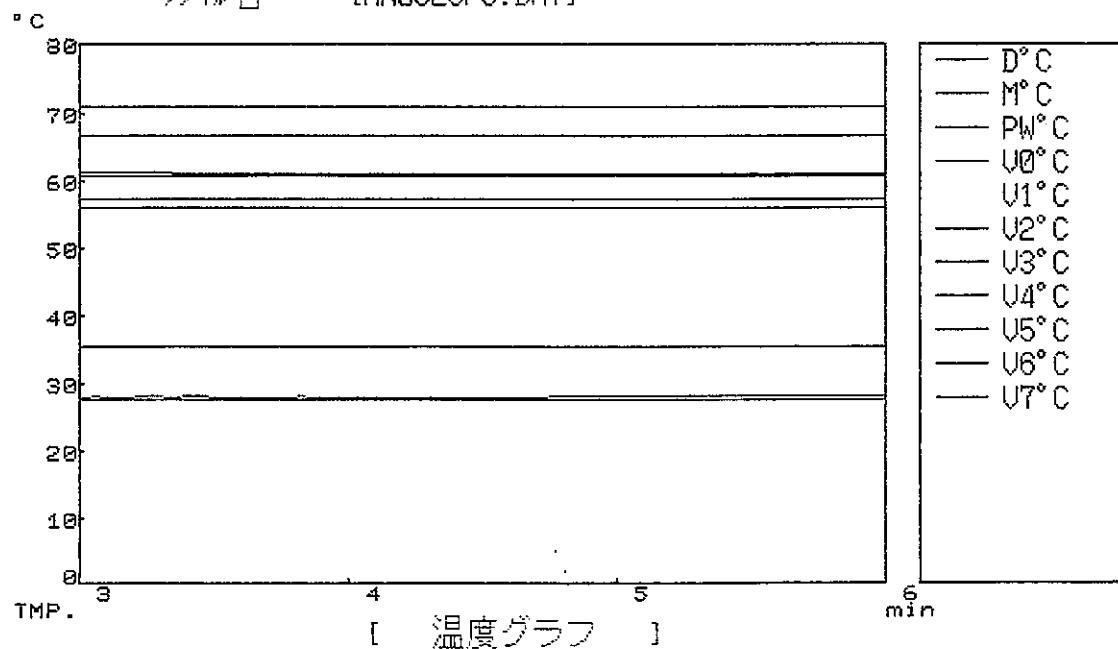
[ 圧力グラフ ]

初期値 終値 現在値 ファイル 締め切り 動画 売上 経年 終了

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [ 2 秒] コメント [97/03/26]

ファイル名 [AN0326P5.DAT]

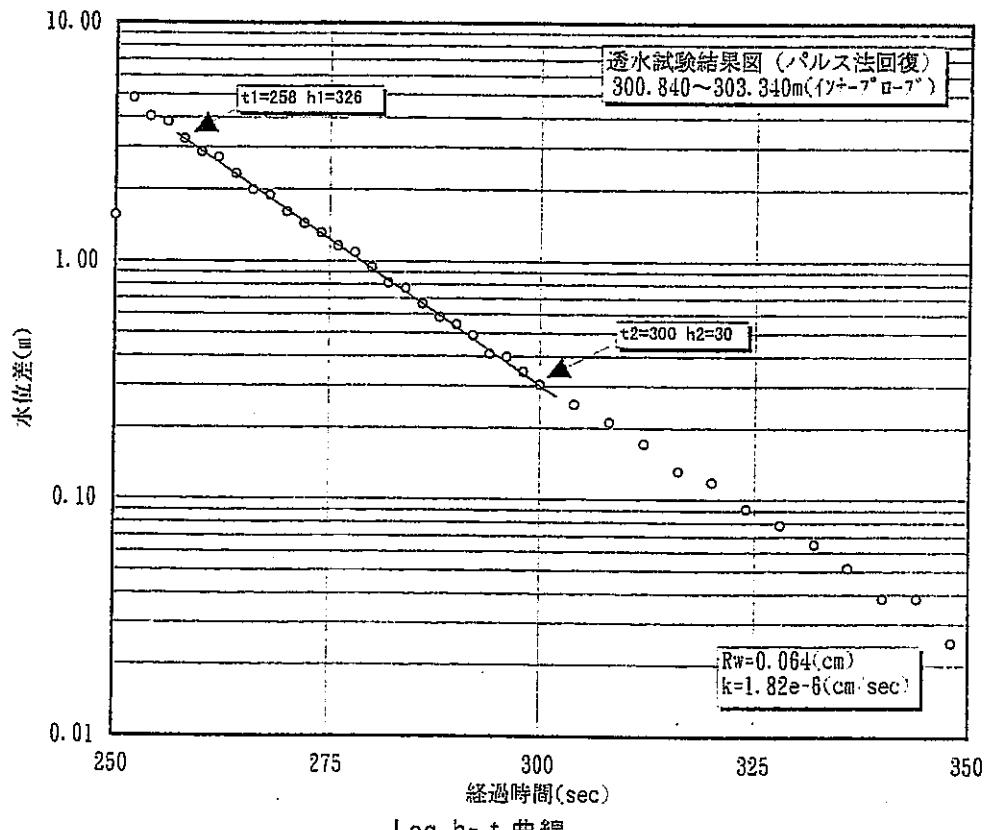


[ 溫度グラフ ]

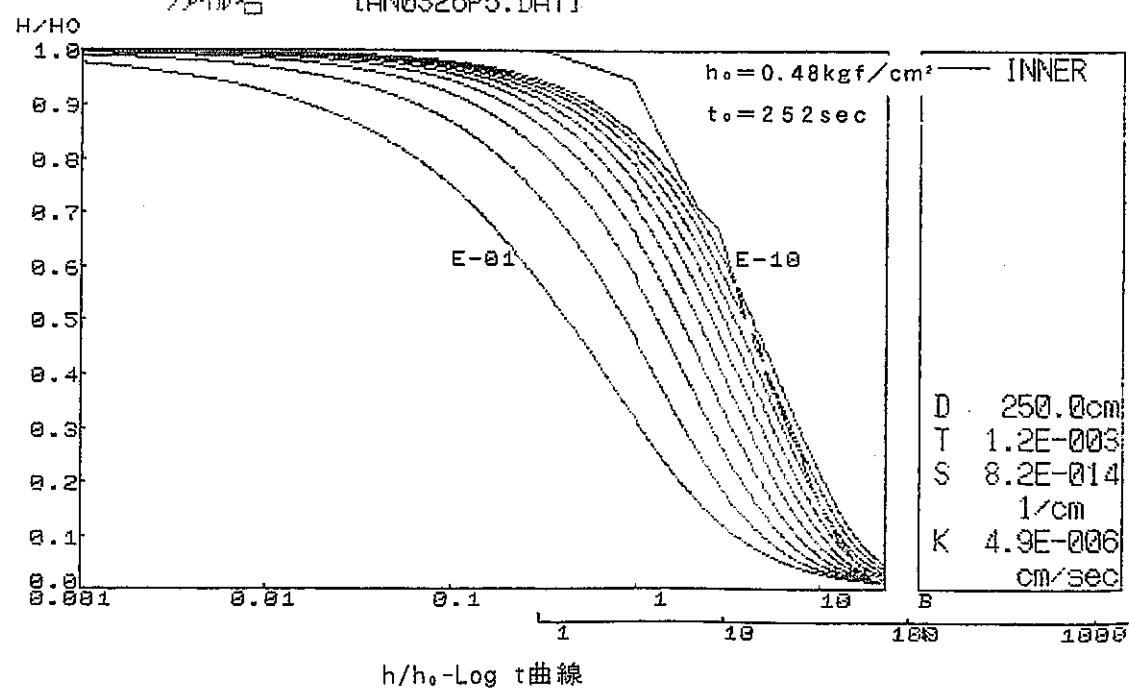
初期値 終値 現在値 ファイル 締め切り 動画 売上 経年 終了

### 透水試験結果 (300.84m~306.34m区間)

### 〈パルス法回復（LR）〉

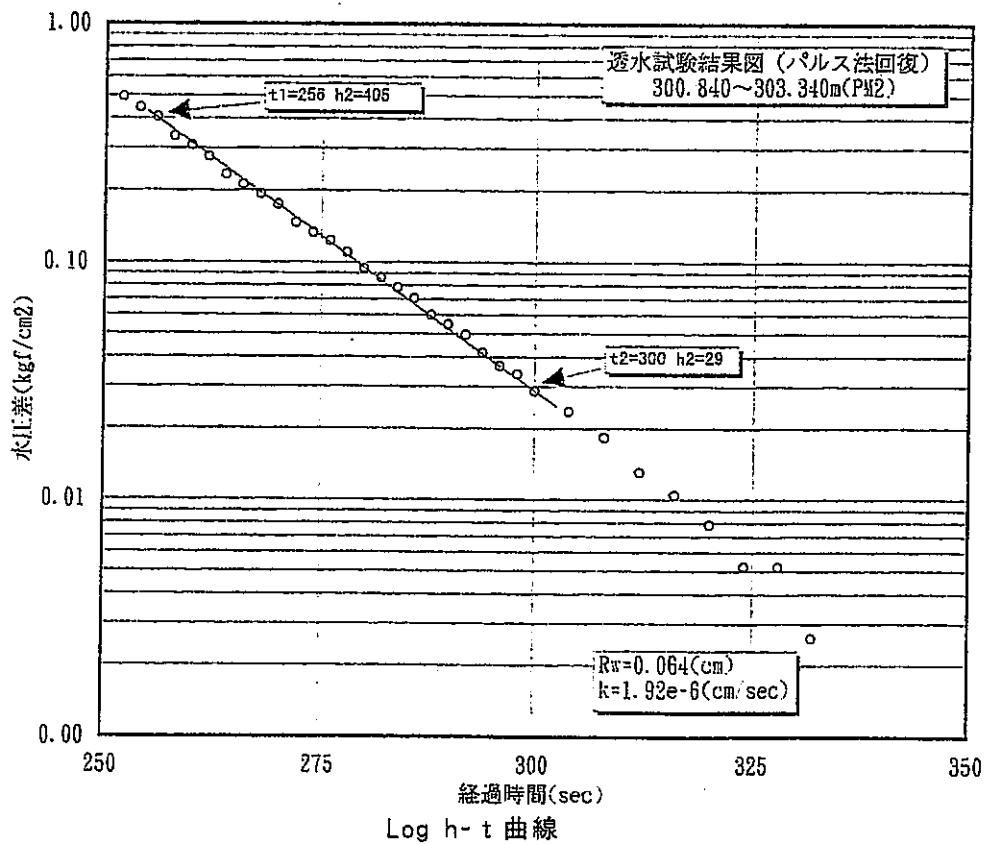


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 2 秒] コメント [97/03/26]  
                  ファイル名 [AN0326P5.DAT]

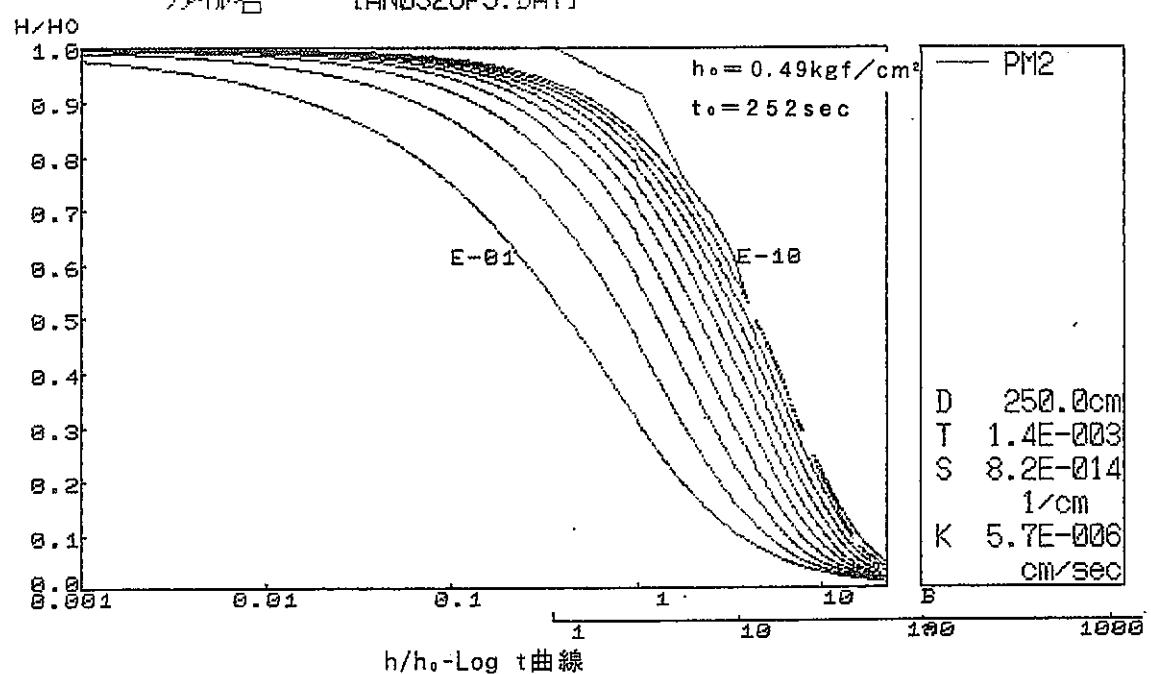


透水試験結果 (300.84m~303.34m区間)

〈パルス法回復 (L R) 〉



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
 測定間隔 [ 2 秒] コメント [97/03/26]  
 ファイル名 [AN0326P5.DAT]



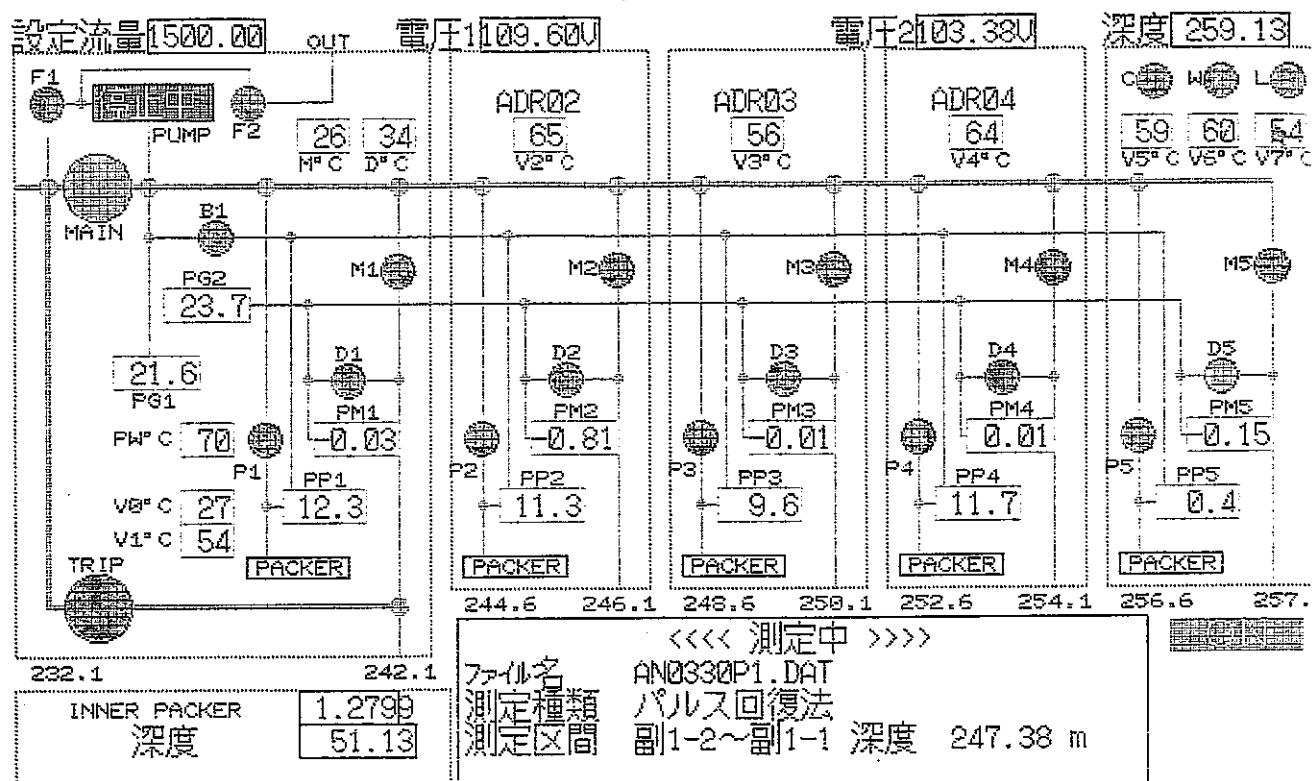
## 透水試験測定区間

G L - 246.13m ~ 248.63m

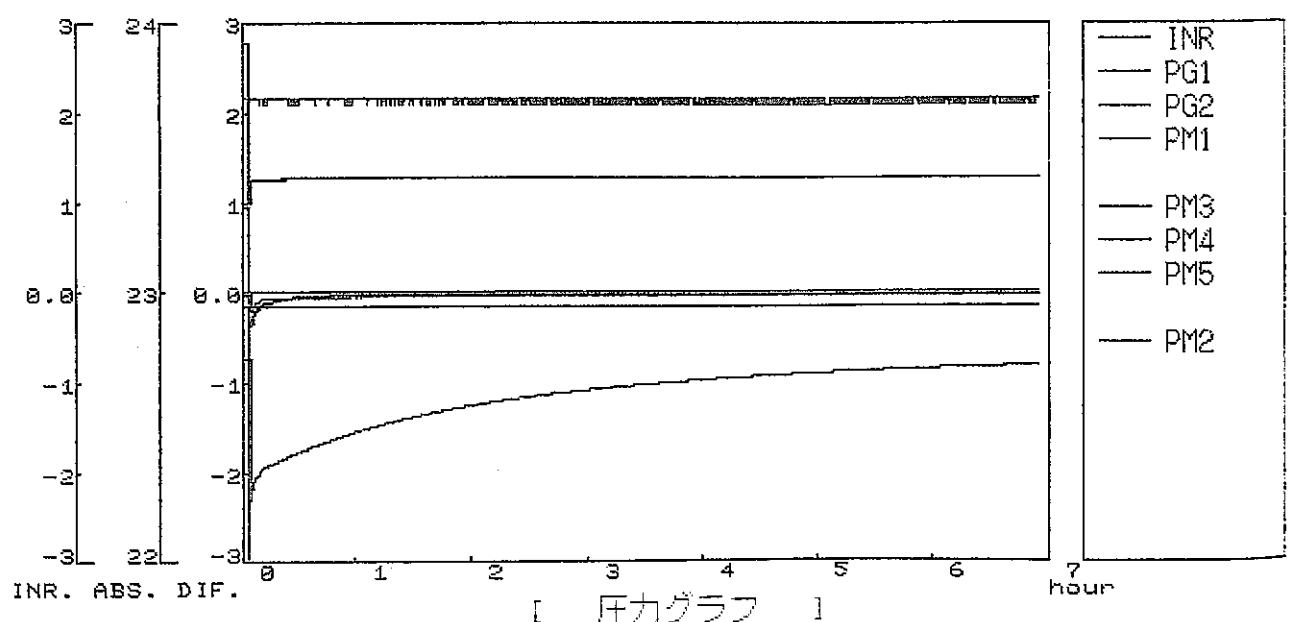
G L - 250.13m ~ 252.63m

## 透水試験状況

246.13m ~ 248.63m 区間 : パルス回復(SR)



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス回復法  
 測定間隔 [ 60 秒] コメント [97/03/30-12:00]  
 Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0330P1.DAT]



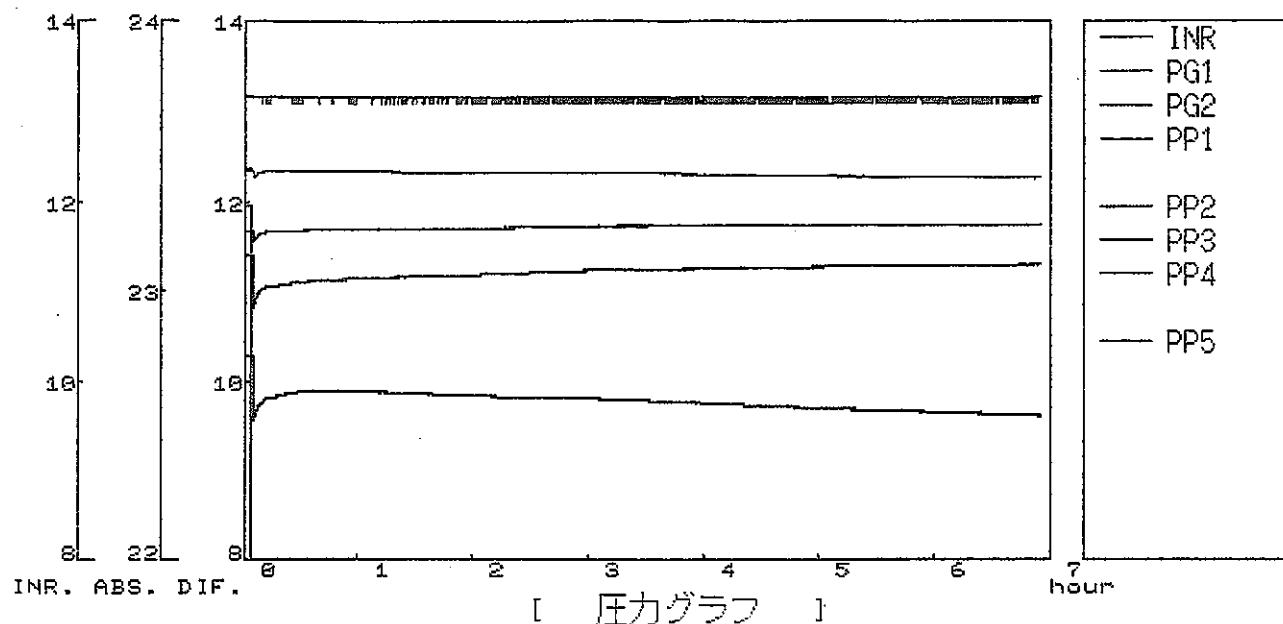
## 透水試験状況

246.13m ~ 248.63m 区間 : パルス回復(SR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [ 60 秒] コメント [97/03/30-12:00]

Kg/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0330P1.DAT]

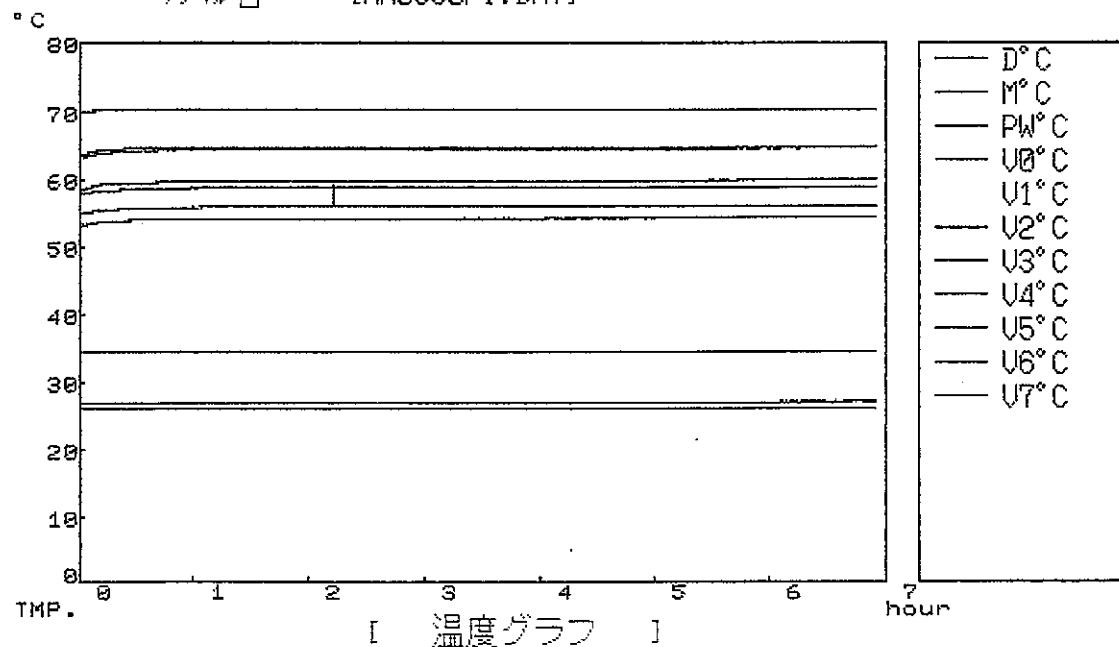


初期値 復元値 総置 ファイ リード 前後 残了

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [ 60 秒] コメント [97/03/30-12:00]

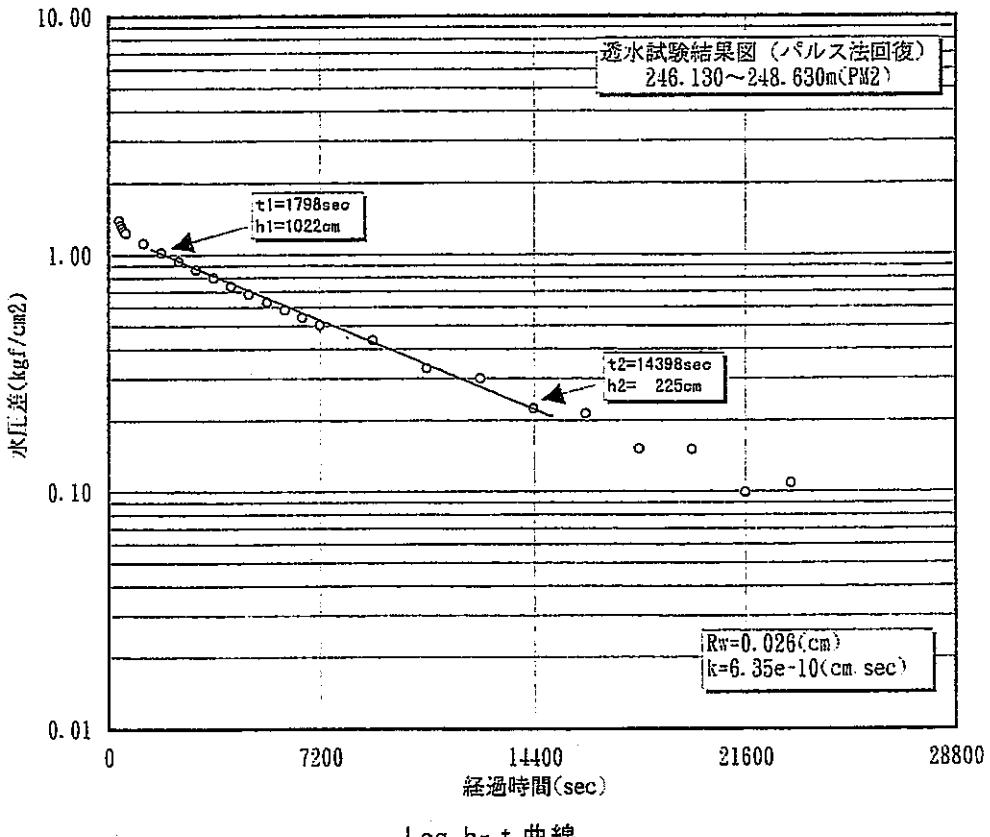
ファイル名 [AN0330P1.DAT]



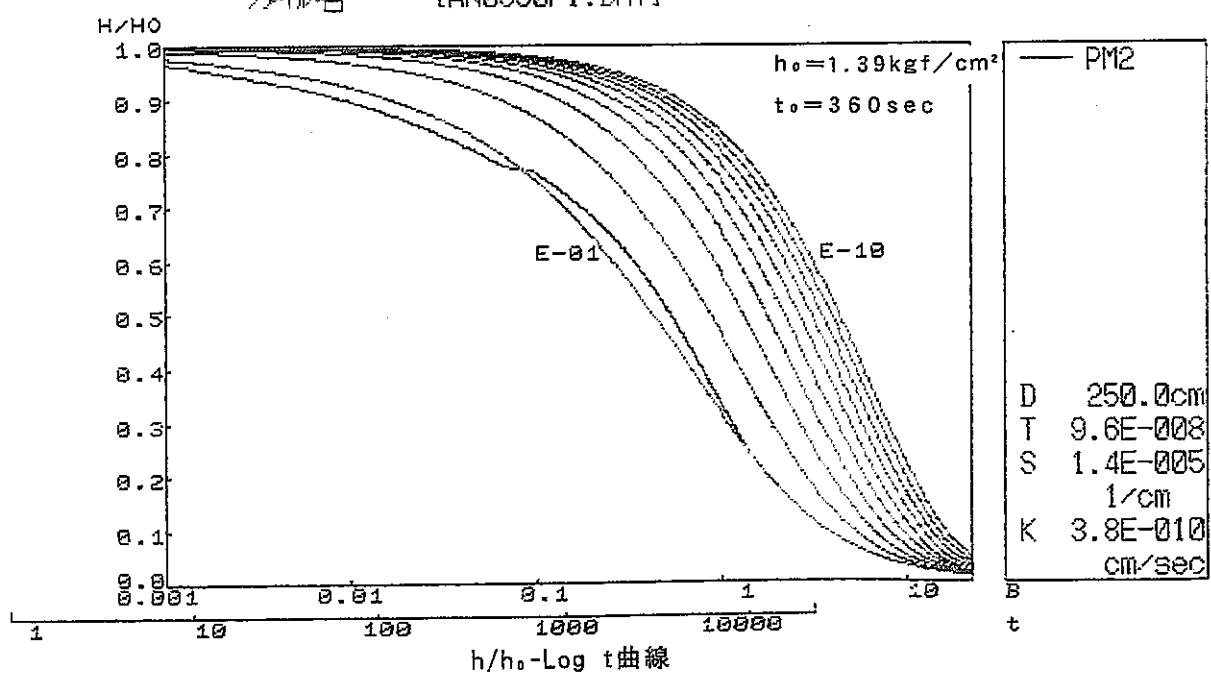
初期値 復元値 総置 ファイ リード 前後 残了

透水試験結果 (246.13m~248.63m区間)

〈パルス法回復 (S R) 〉

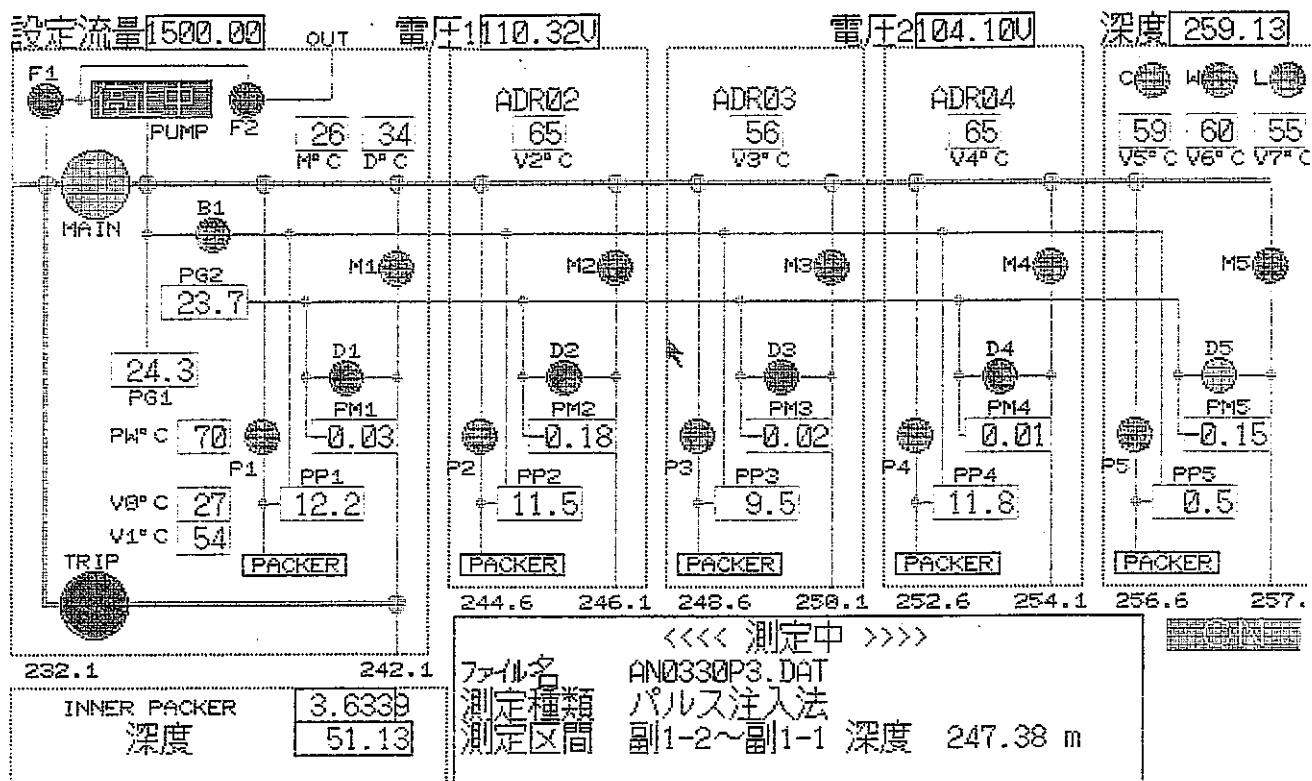


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス回復法  
測定間隔 [ 60 秒] コメント [97/03/30-12:00]  
ファイル名 [AN0330P1.DAT]

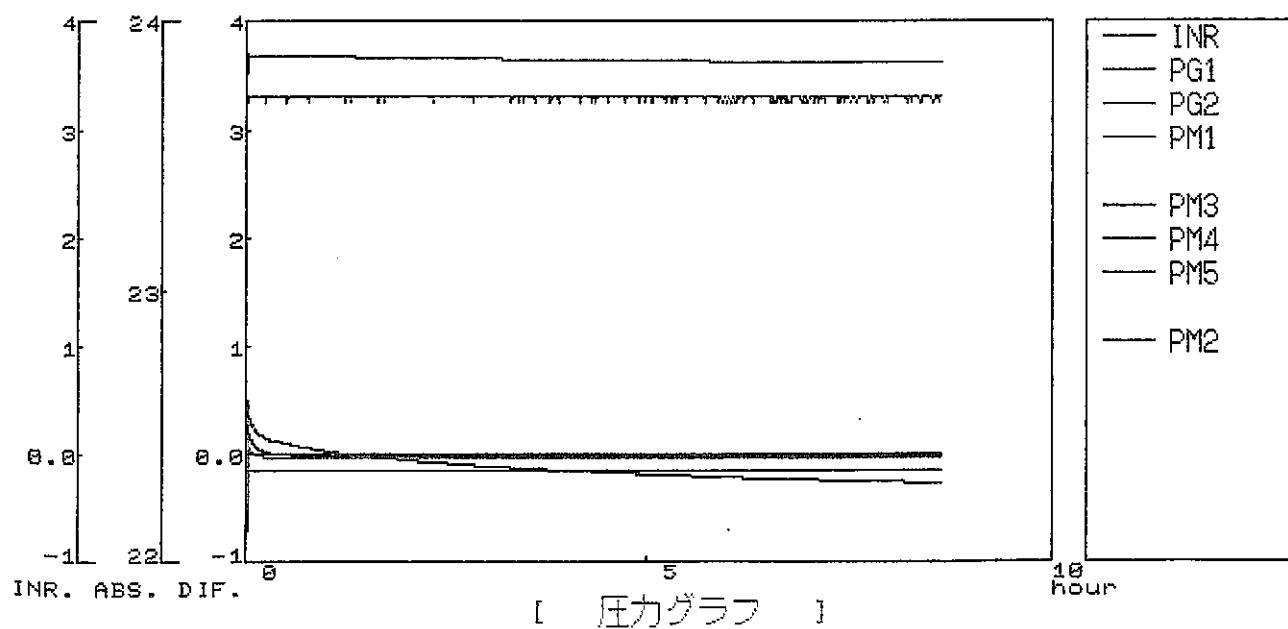


# 透水試験状況

246.13m ~ 248.63m 区間 : パルス注入(SR)



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス注入法  
 測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/30-20:30]  
 Kg/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0330P3.DAT]



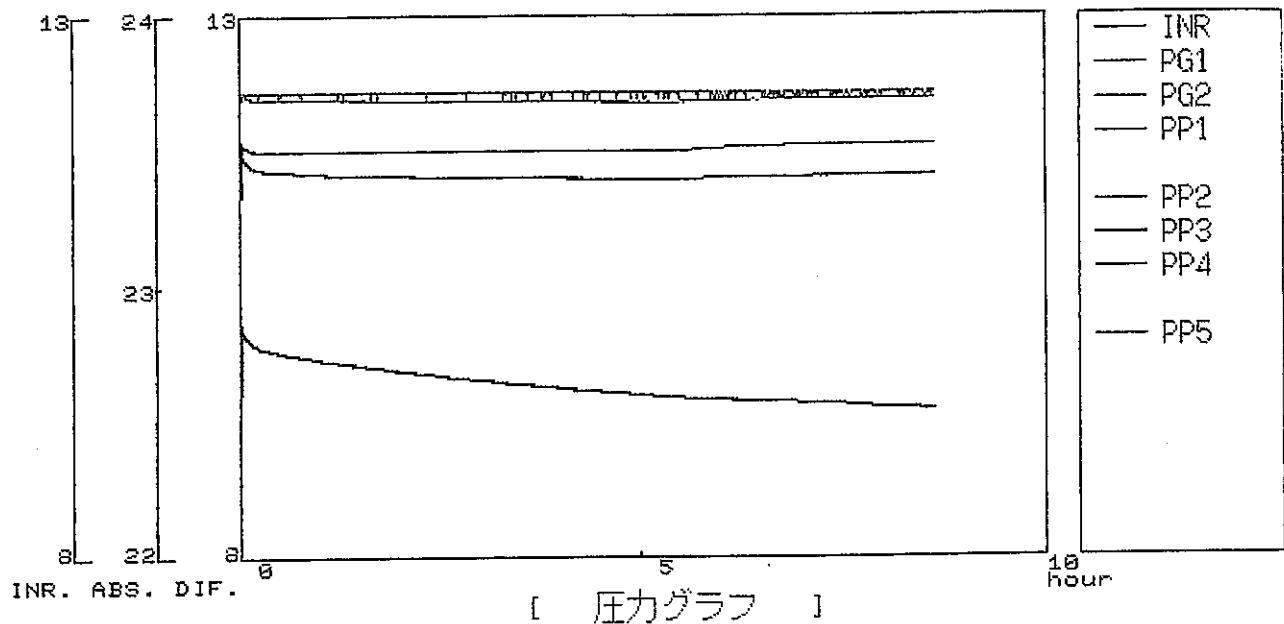
## 透水試験状況

246.13m ~ 248.63m 区間 ; パルス注入(SR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス注入法]

測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/30-20:30]

Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0330P3.DAT]

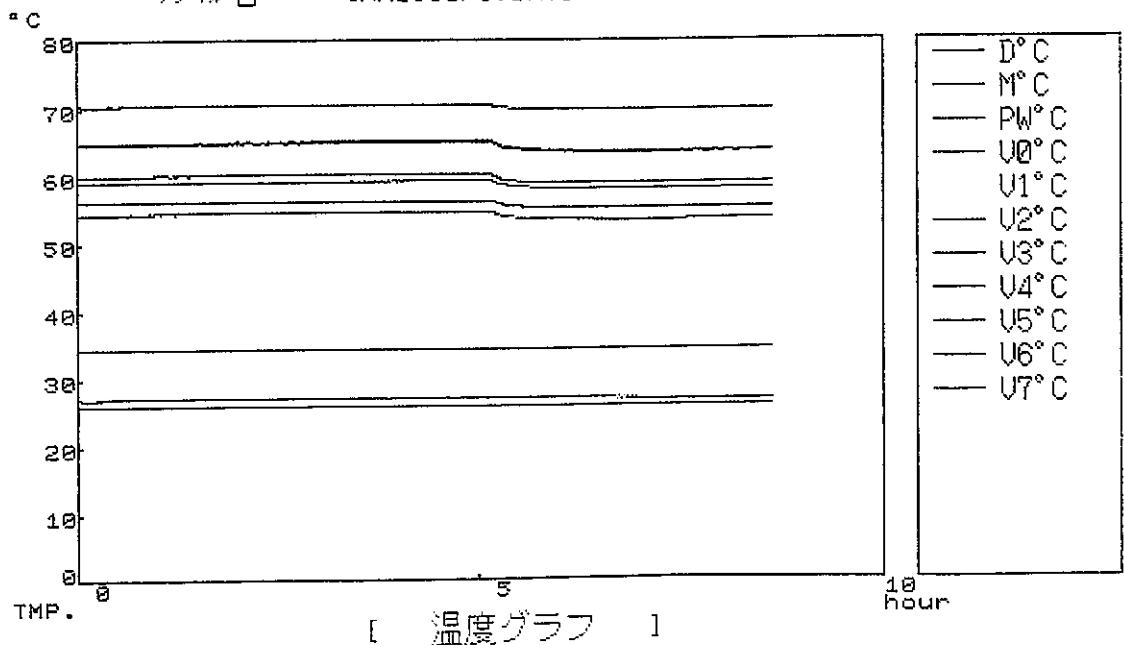


初期値 終期値 リセット 前位置 ファイル 案件 ヘルプ 終了

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス注入法]

測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/30-20:30]

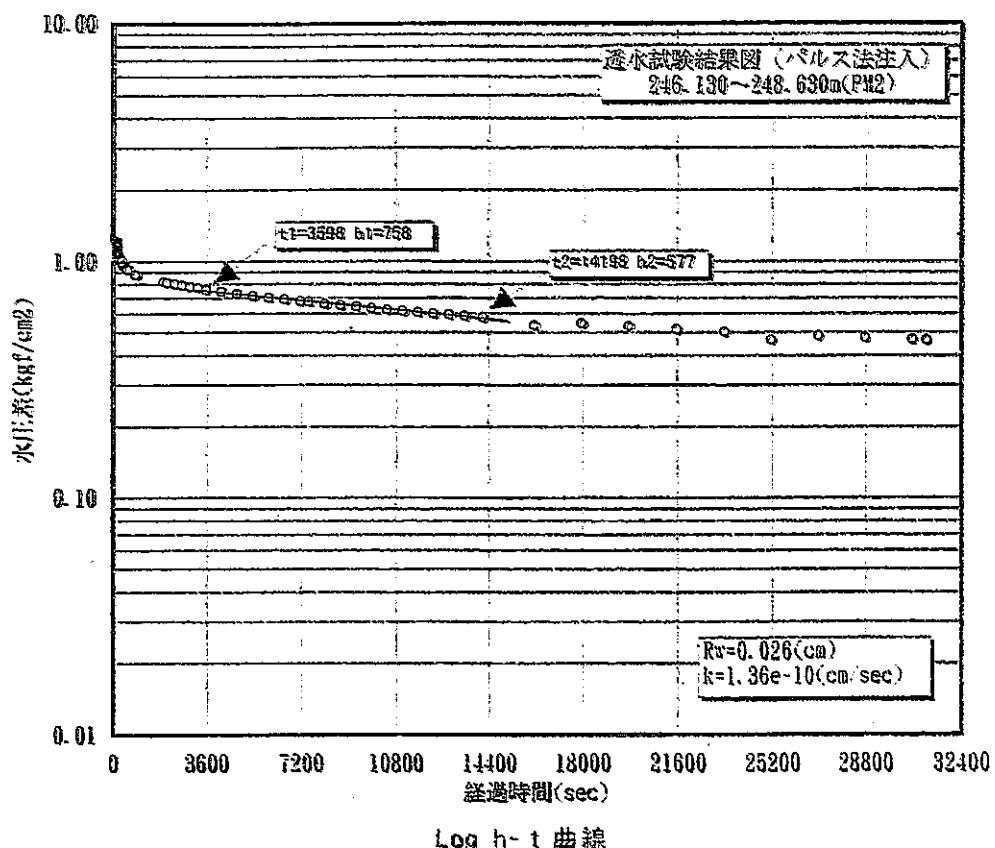
ファイル名 [AN0330P3.DAT]



初期値 終期値 リセット 前位置 ファイル 案件 ヘルプ 終了

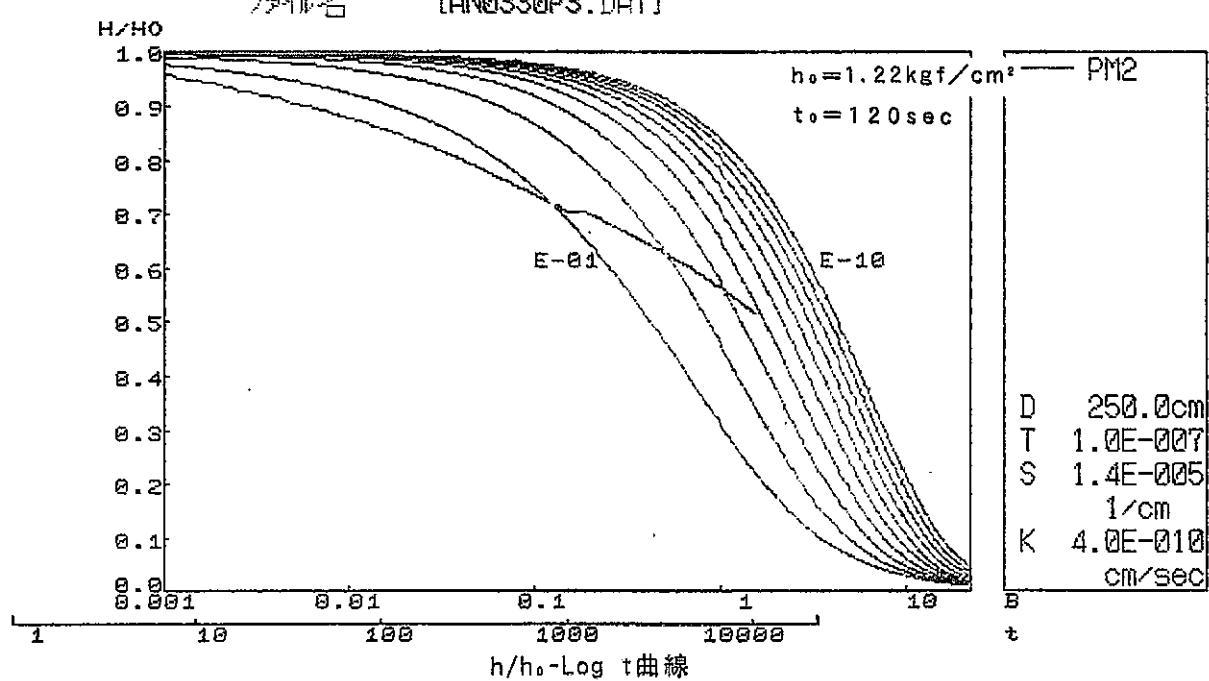
## 透水試験結果 (246.13m~248.63m区間)

(パルス法注入 (S R))



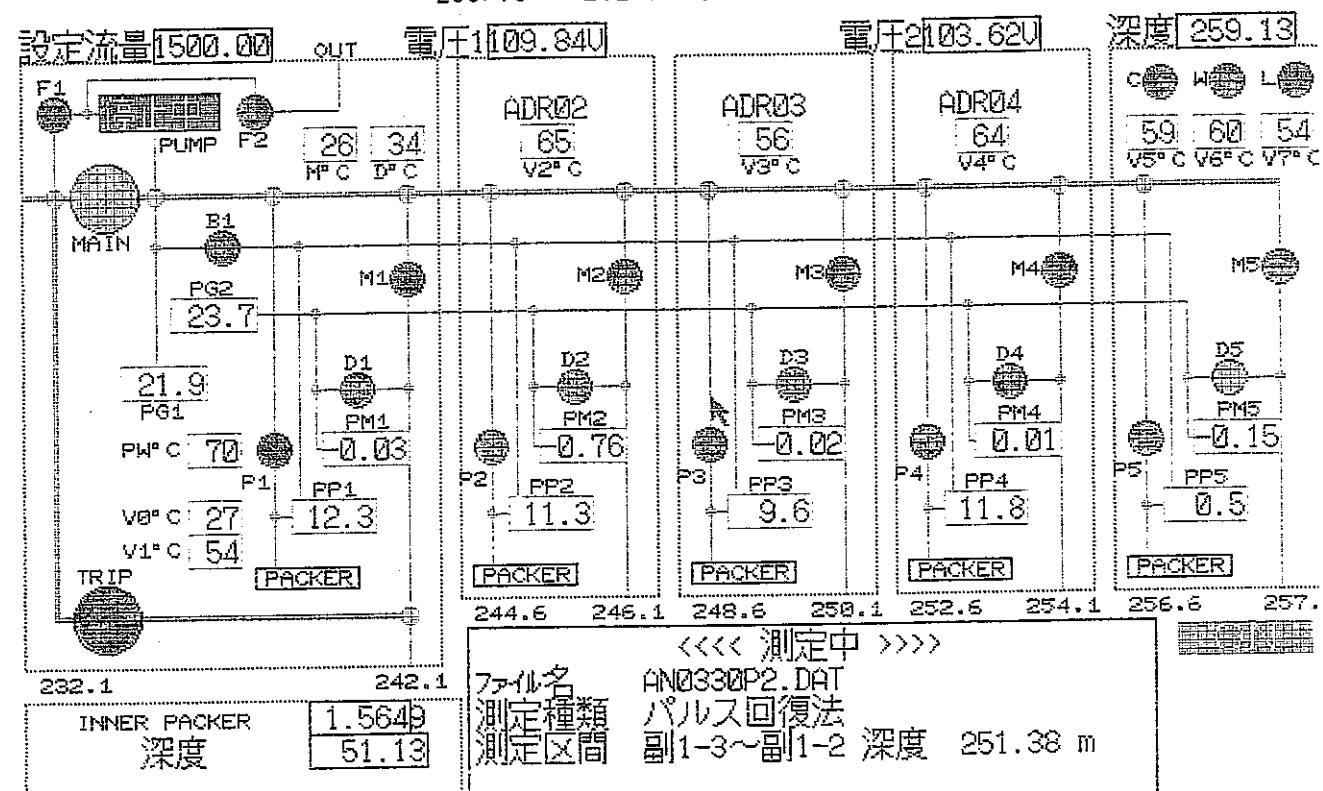
Log h-t 曲線

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス注入法]  
測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/30-20:30]  
ファイル名 [AN0330P3.DAT]



## 透水試験状況

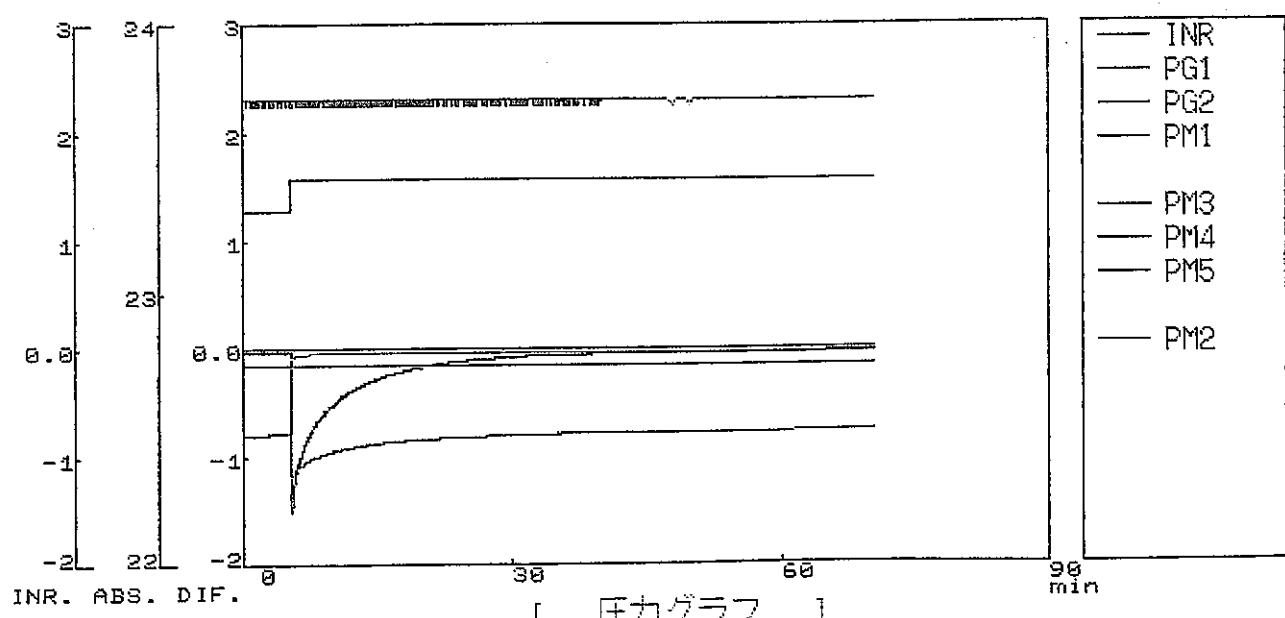
250.13m ~ 252.63m 区間 ; パルス回復(SR)



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [1 秒] コメント [97/03/30-19:00]

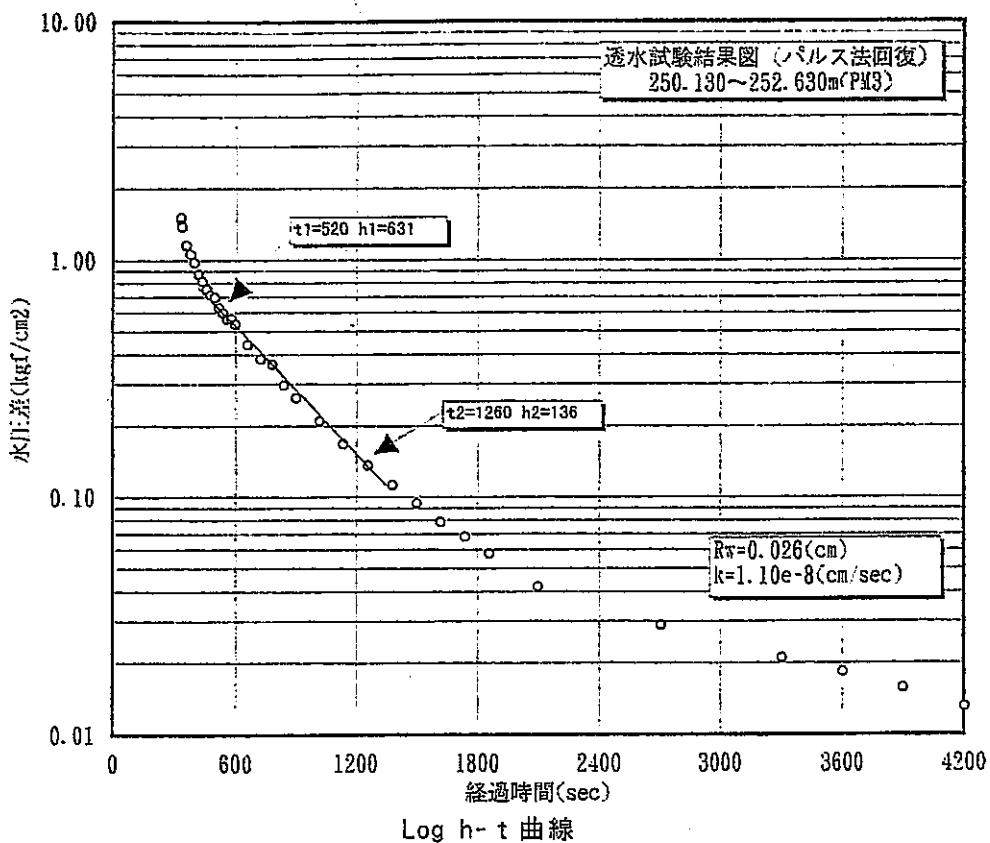
Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0330P2.DAT]



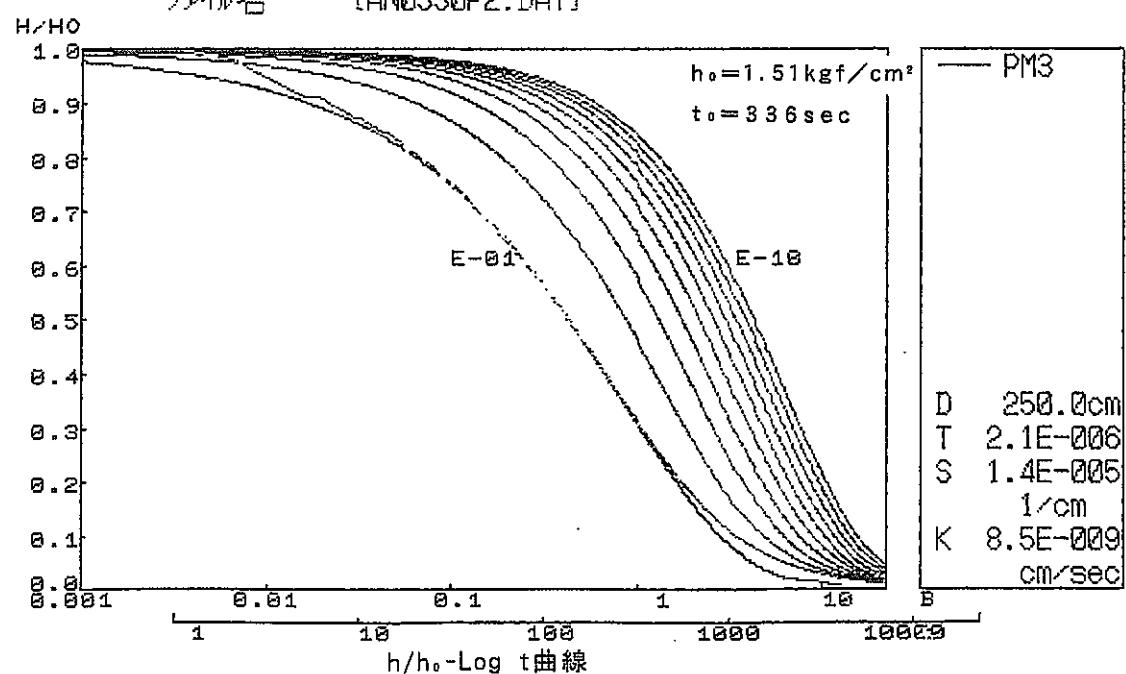
初期値 位置 ファイル 條件 終了

## 透水試験結果 (250.13m~252.63m区間)

(パルス法回復 (S R))



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [1 秒] コメント [97/03/30-19:00]  
ファイル名 [AN0330P2.DAT]



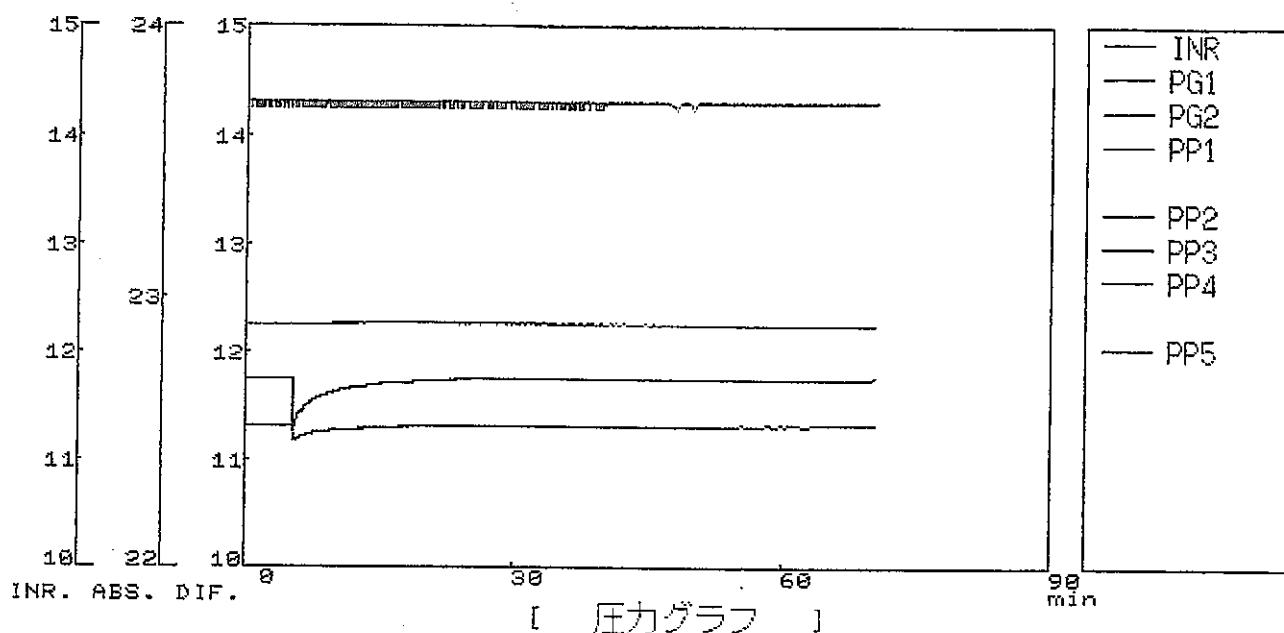
## 透水試験状況

250.13m ~ 252.63m 区間 ; パルス回復(SR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/30-19:00]

K<sub>a</sub> [cm<sup>2</sup>] ファイル名 [AN0330P2.DAT]

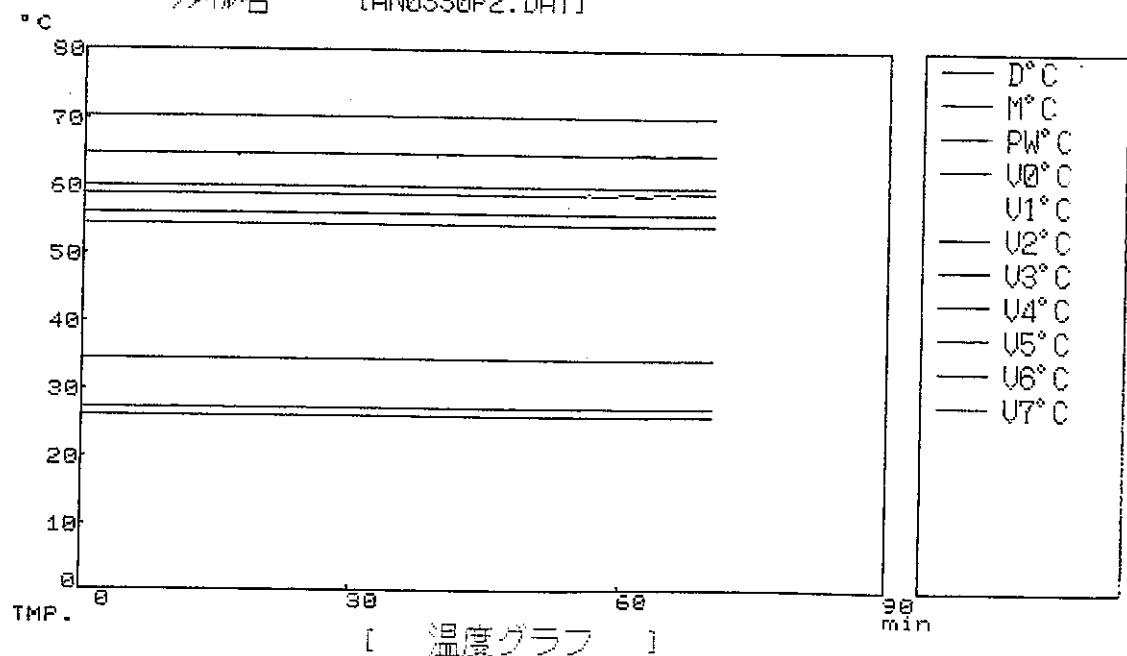


初期値 前置 ファイル 案件 終了

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/03/30-19:00]

ファイル名 [AN0330P2.DAT]



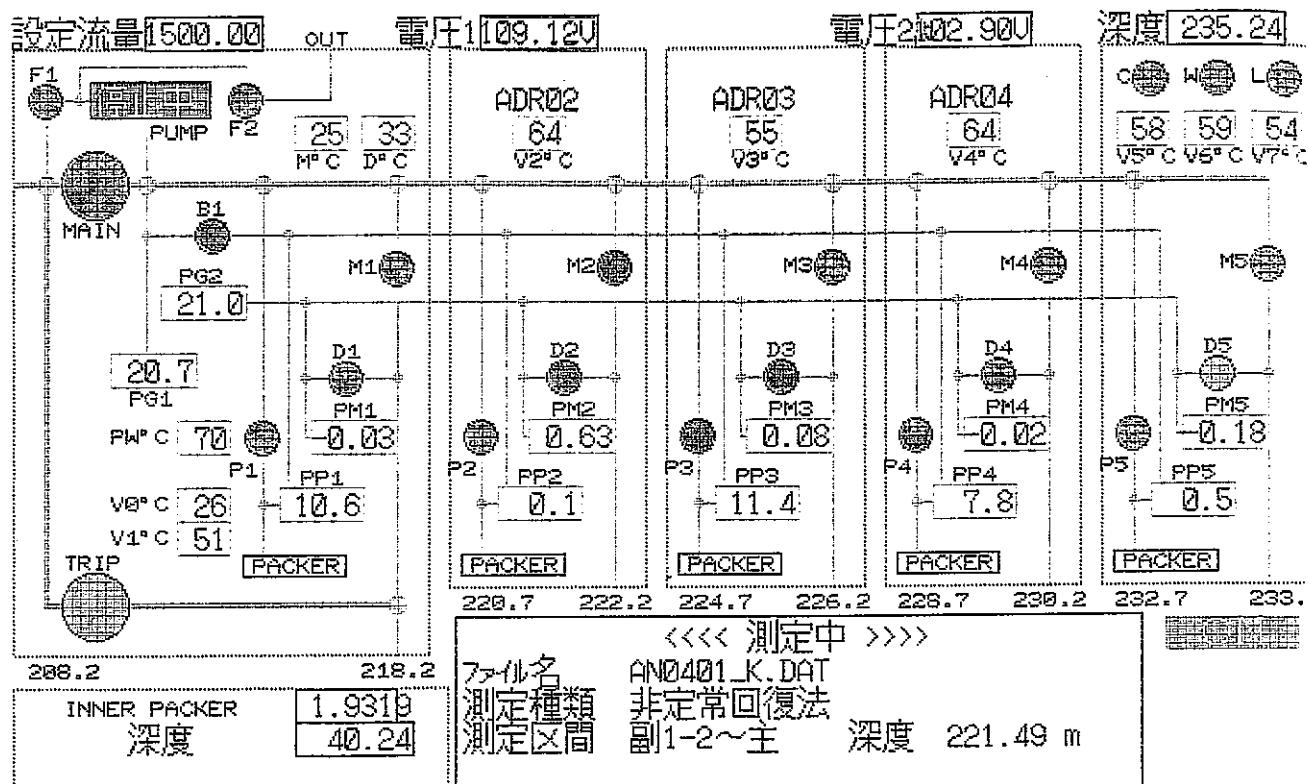
初期値 前置 ファイル 案件 終了

透水試験測定区間

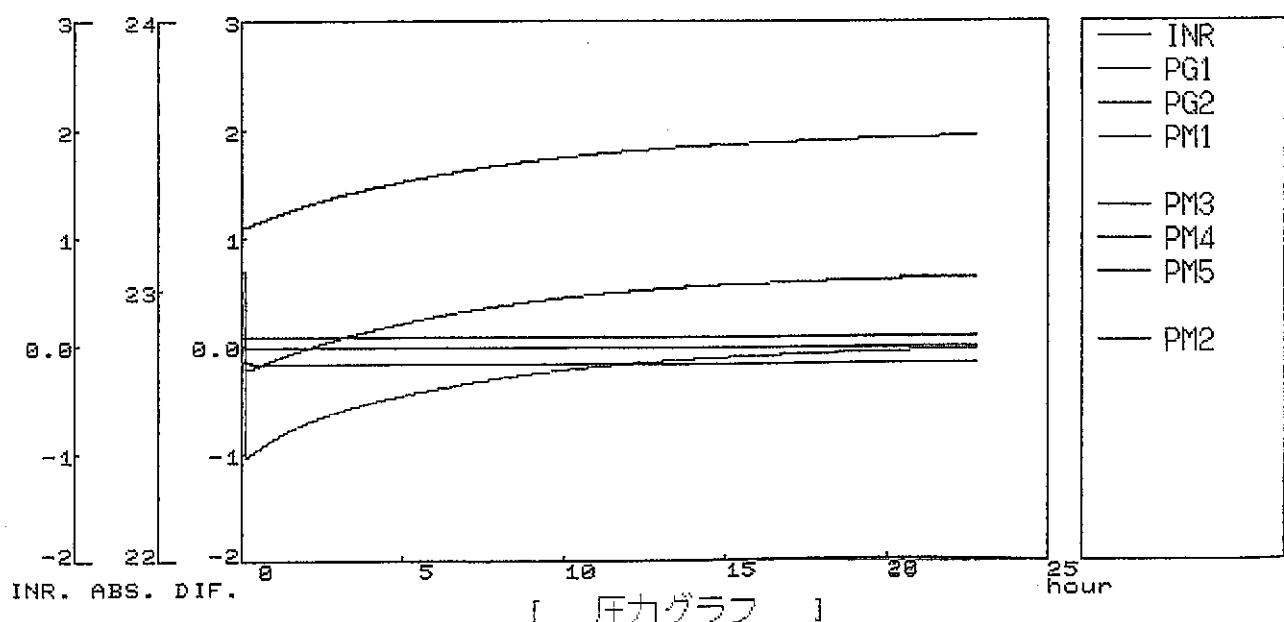
G L - 218.24m ~ 224.74m

# 透水試験状況

218.24m ~ 224.74m 区間：通常法回復(LR)



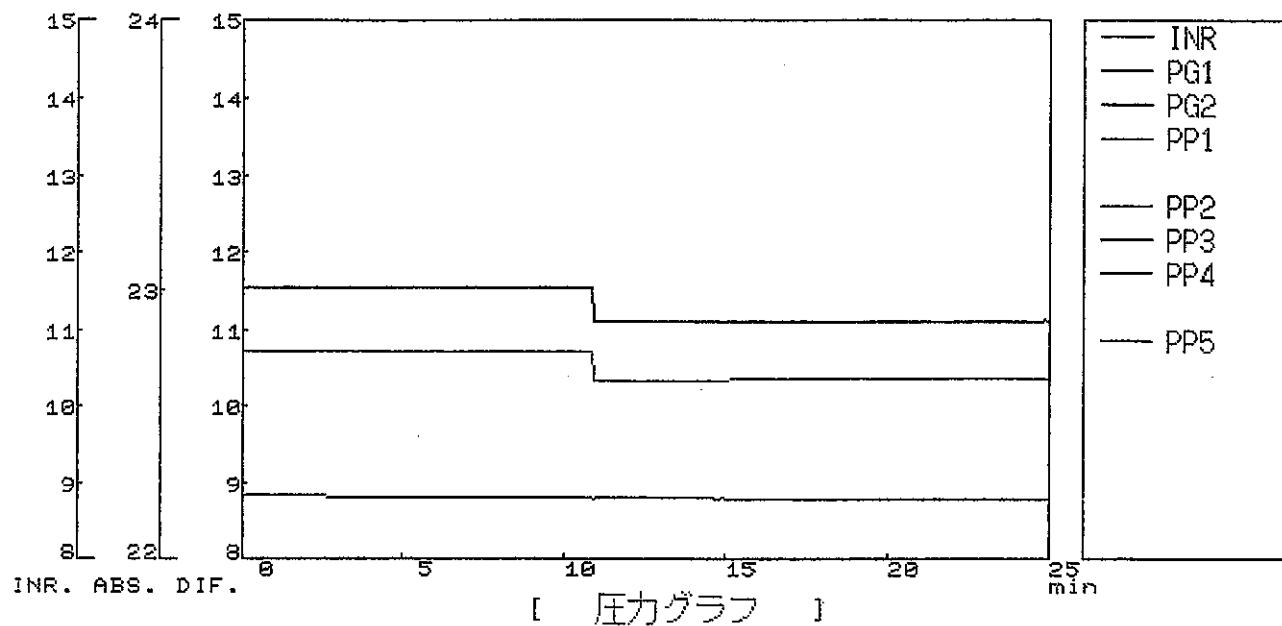
測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
 メモ [ ]  
 測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/4/01-07:00]  
 Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0401\_K.DAT]



## 透水試験状況

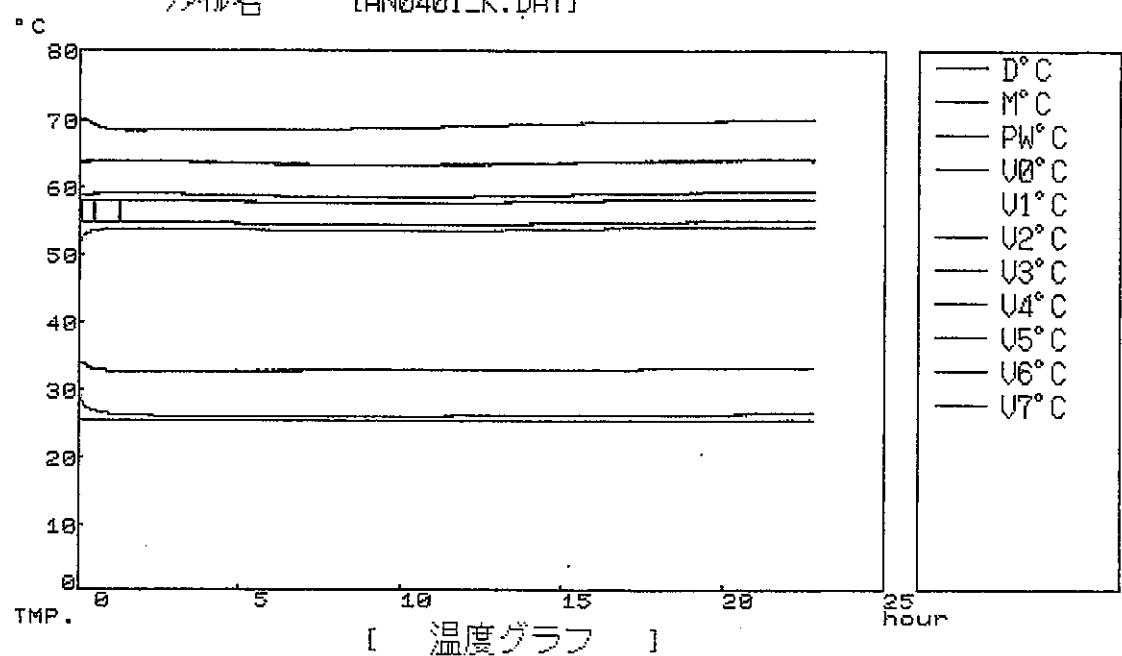
218.24m ~ 224.74m 区間 : 通常法回復(LR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
 測定間隔 [5 秒] コメント [97/4/01-07:00]  
 Kg/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0401\_K.DAT]



[初期値] [復元] [ファイル] [条件] [終了]

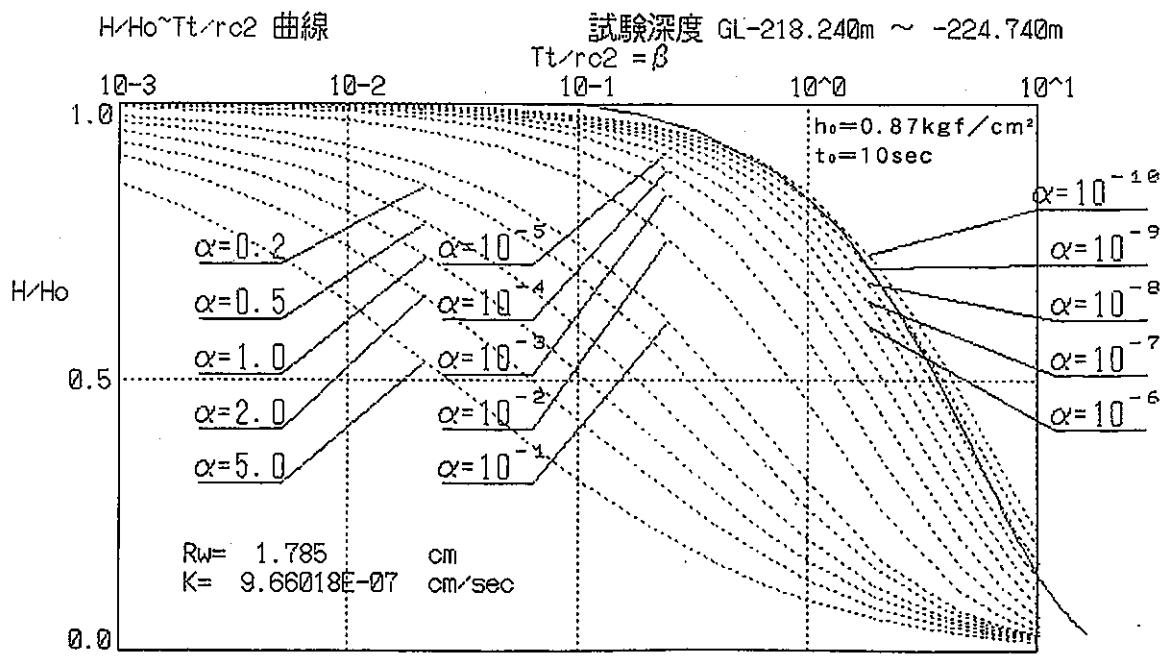
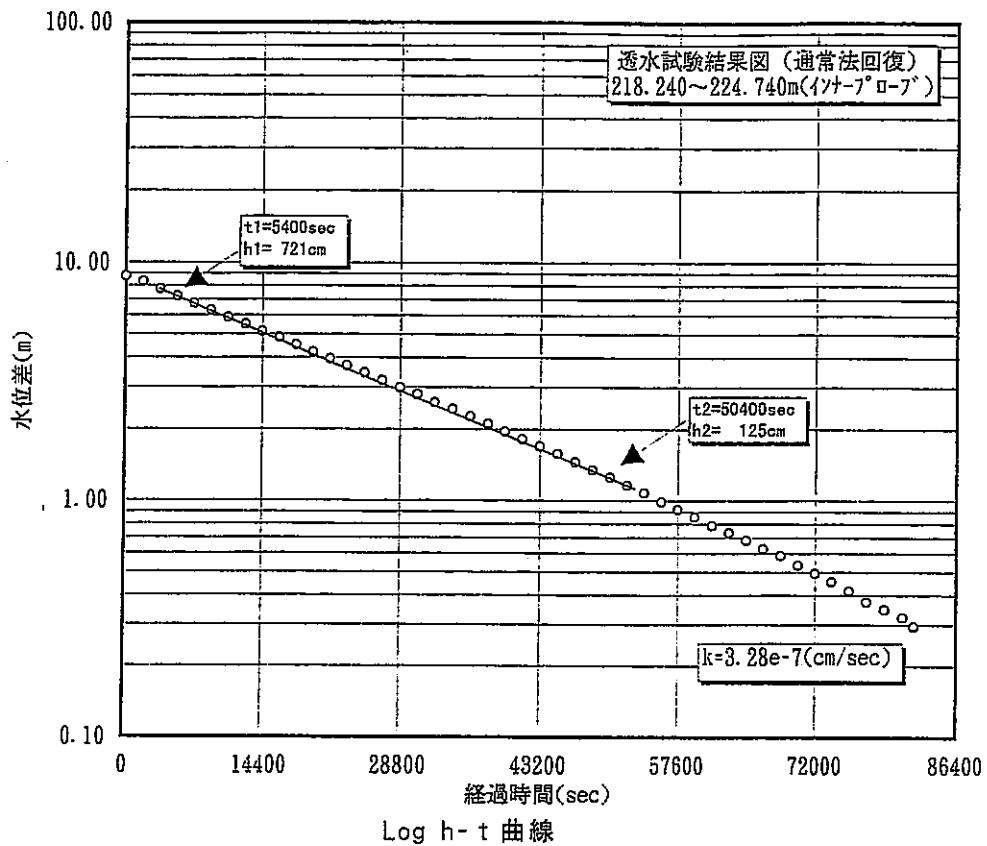
測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
 測定間隔 [5 秒] コメント [97/4/01-07:00]  
 ファイル名 [AN0401\_K.DAT]



[初期値] [復元] [ファイル] [条件] [終了]

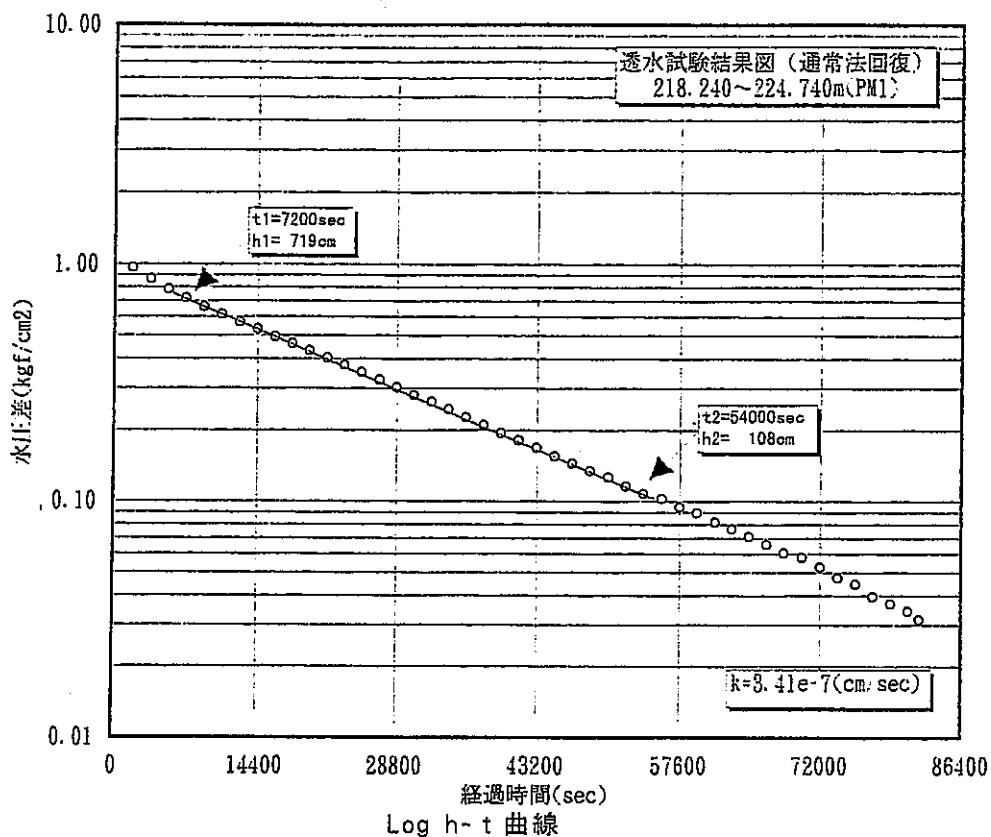
透水試験結果 (218.24m~224.78m区間)

〈通常法回復〉

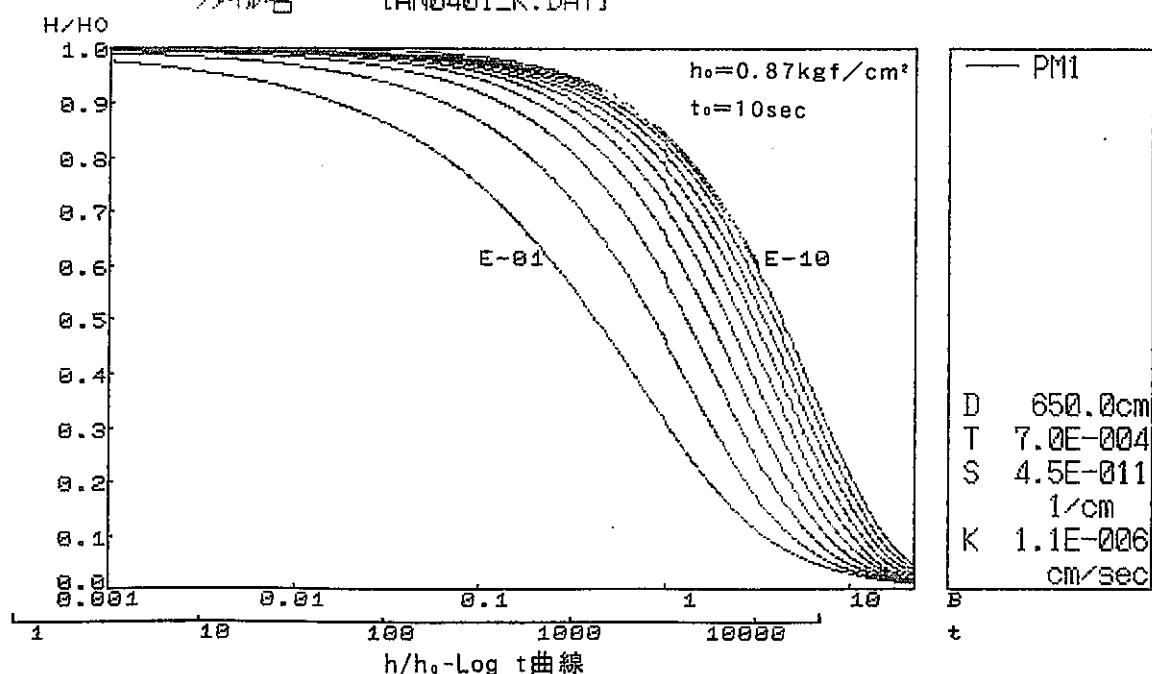


# 透水試験結果 (218.24m~224.78m区間)

〈通常法回復〉

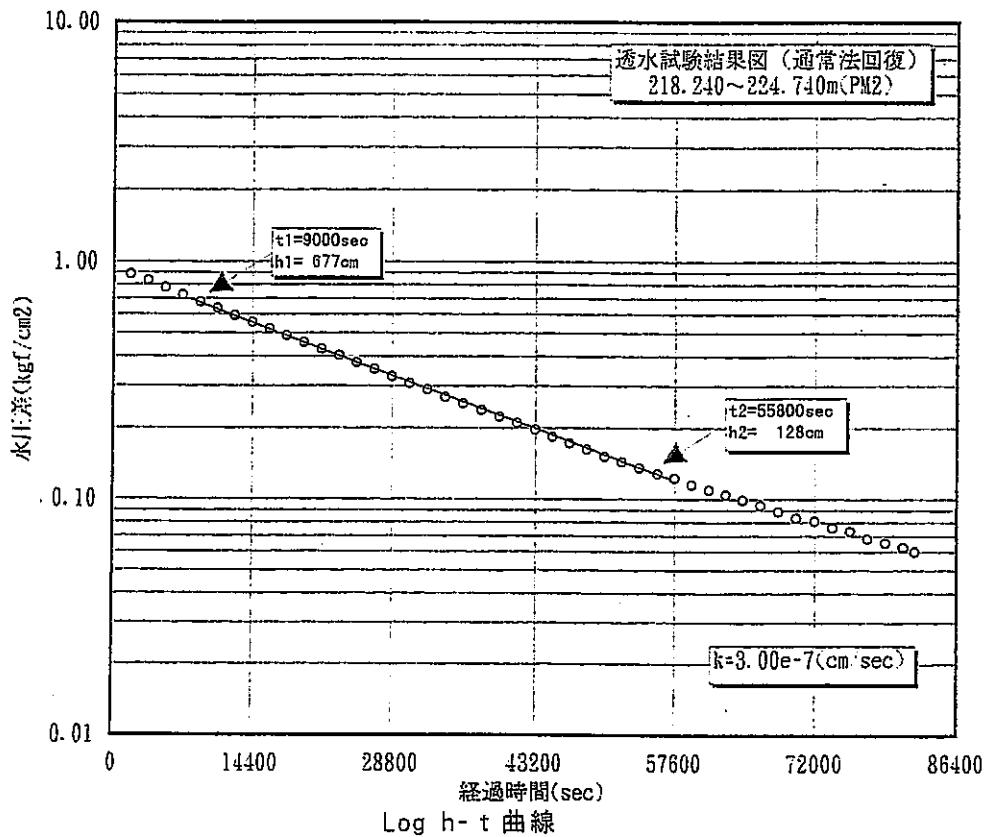


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/4/01-07:00]  
ファイル名 [AN0401\_K.DAT]

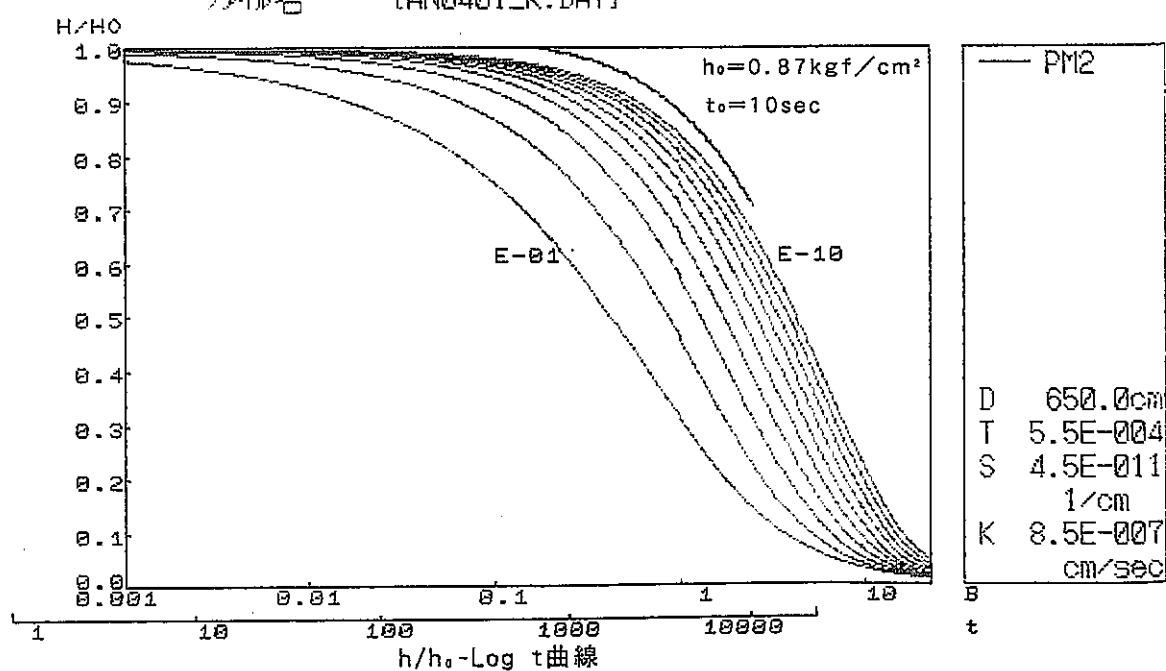


透水試験結果 (218.24m~224.78m区間)

〈通常法回復〉

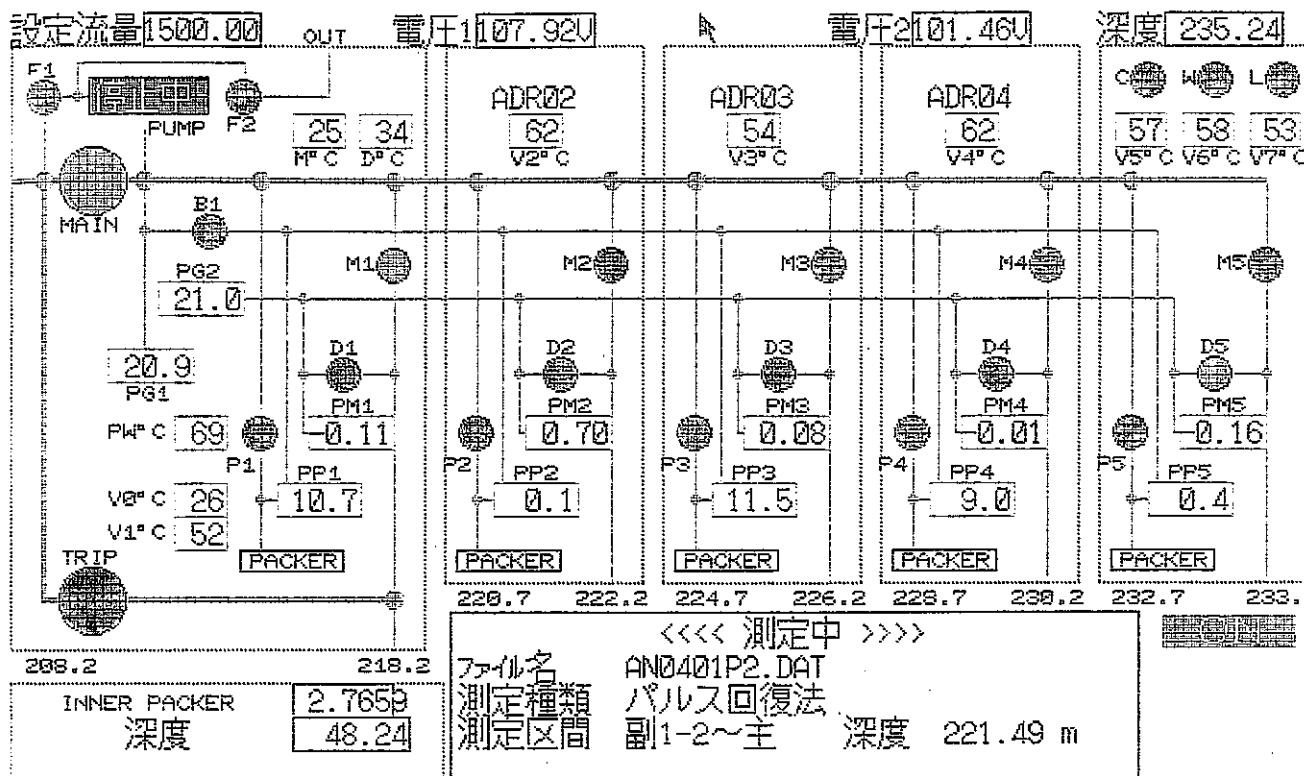


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/4/01-07:00]  
ファイル名 [AN0401\_K.DAT]

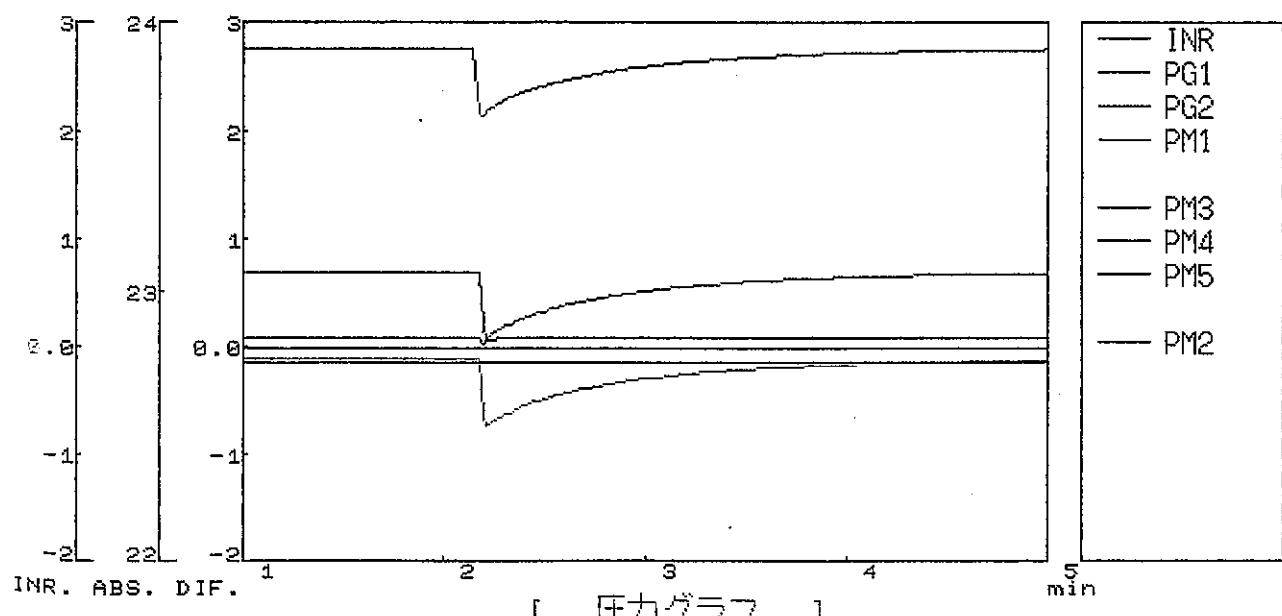


## 透水試験状況

218.24m ~ 224.74m 区間 ; パルス回復(LR)



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 パルス回復法  
測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/4/01-05:35]  
Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0401P2.DAT]



## 透水試験状況

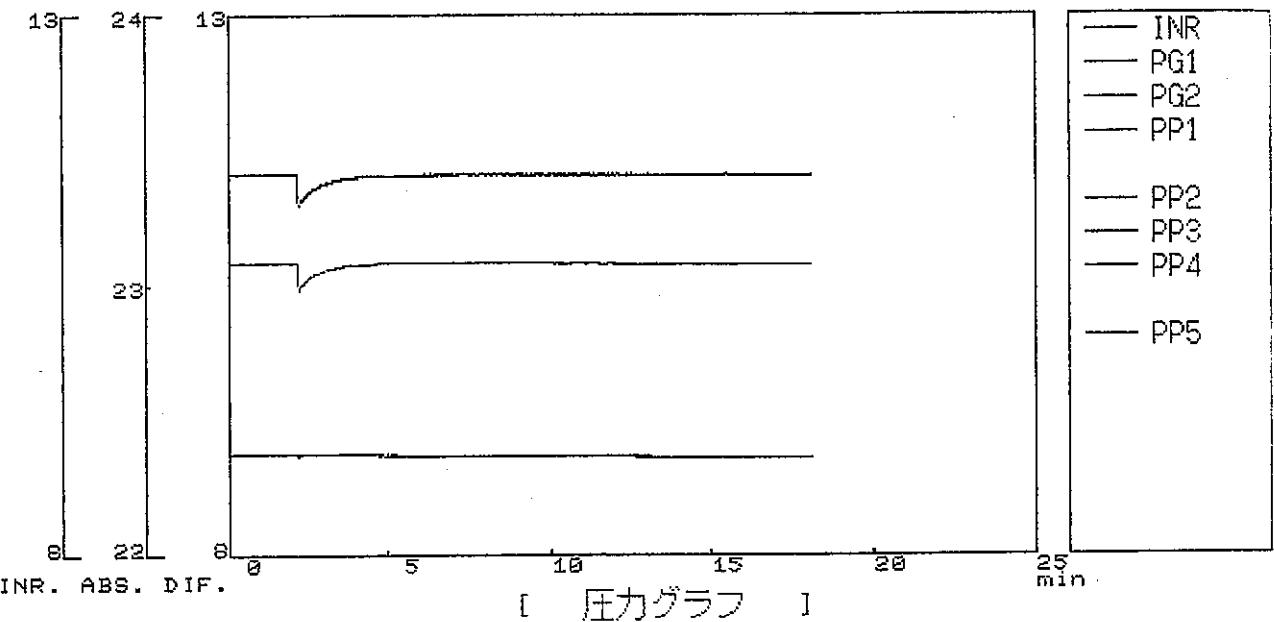
218.24m ~ 224.74m 区間：パルス回復(LR)

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [1 秒] コメント [97/4/01-05:35]

Kgf/cm<sup>2</sup>

ファイル名 [AN0401P2.DAT]

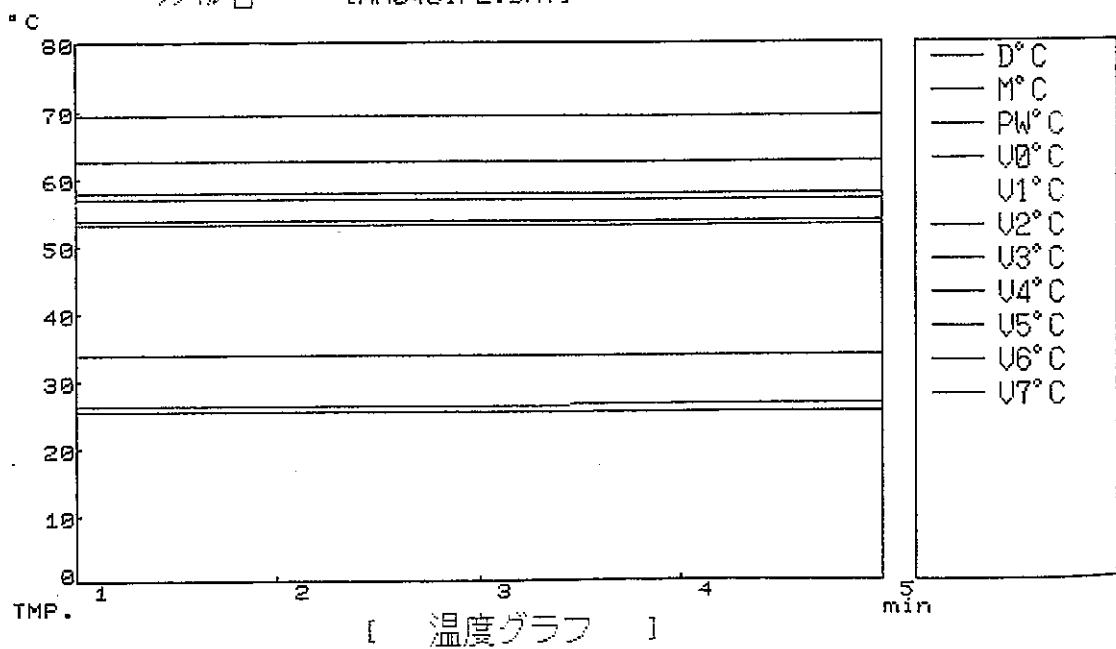


初期値 位置 ファイル 條件 終了

測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]

測定間隔 [1 秒] コメント [97/4/01-05:35]

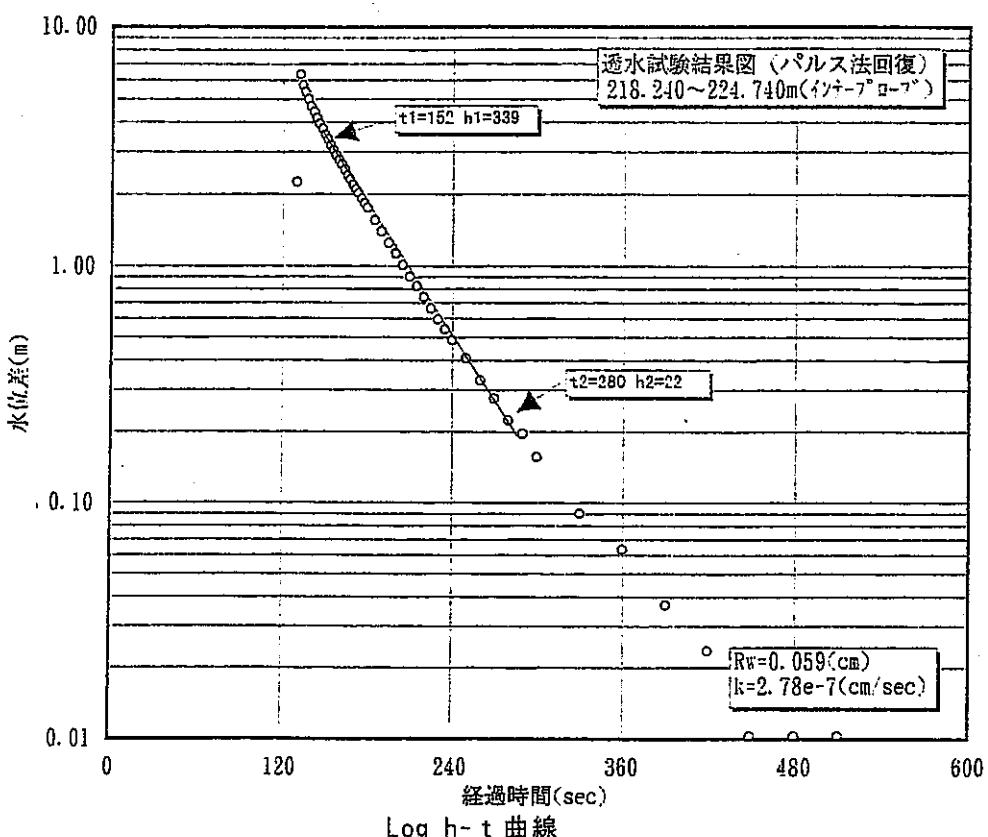
ファイル名 [AN0401P2.DAT]



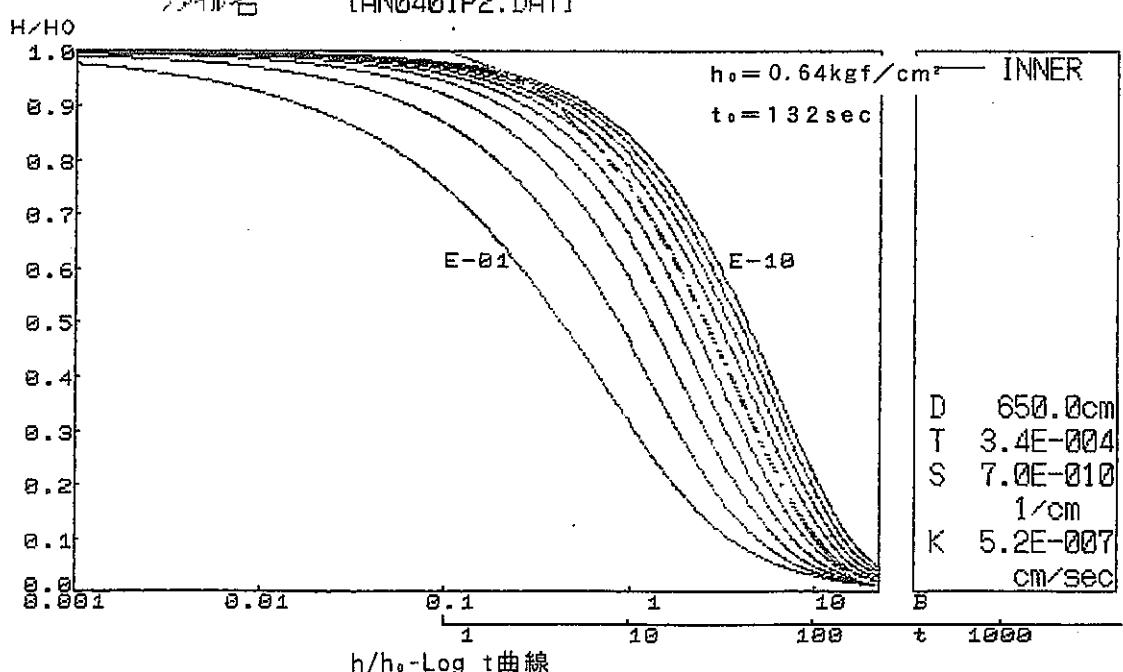
初期値 位置 ファイル 條件 終了

## 透水試験結果 (218.24m~224.78m区間)

(パルス法回復 (L R))

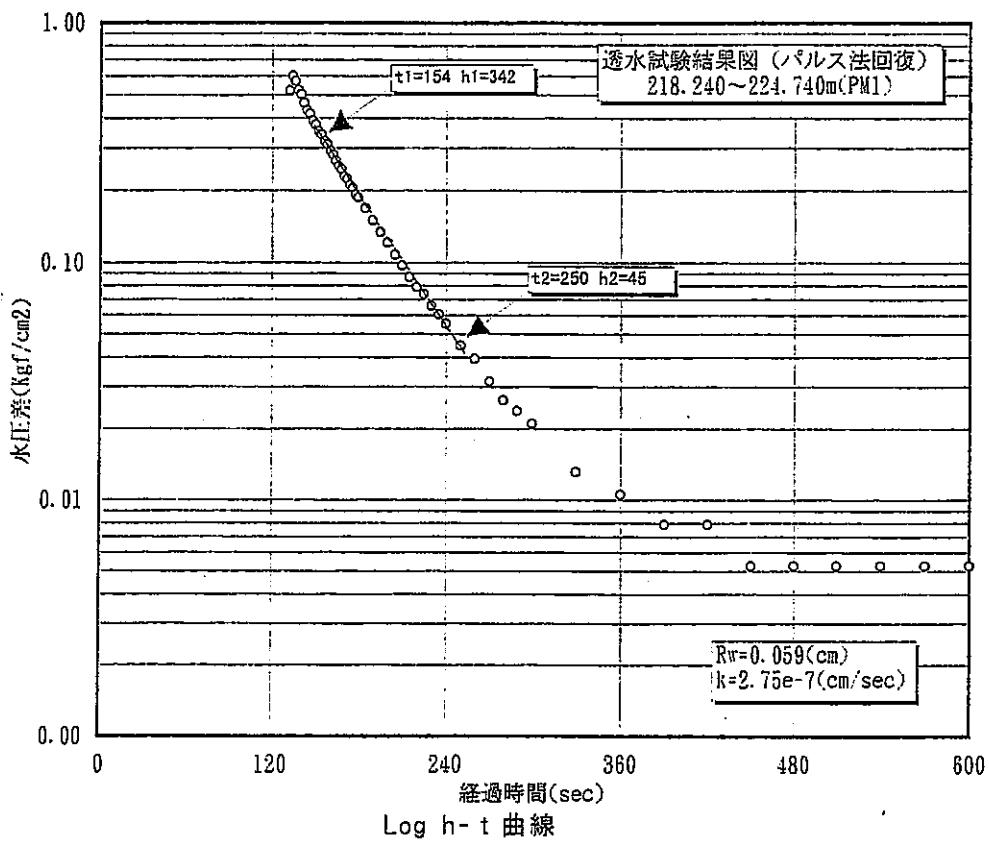


測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
 測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/4/01-05:35]  
 ファイル名 [AN0401P2.DAT]

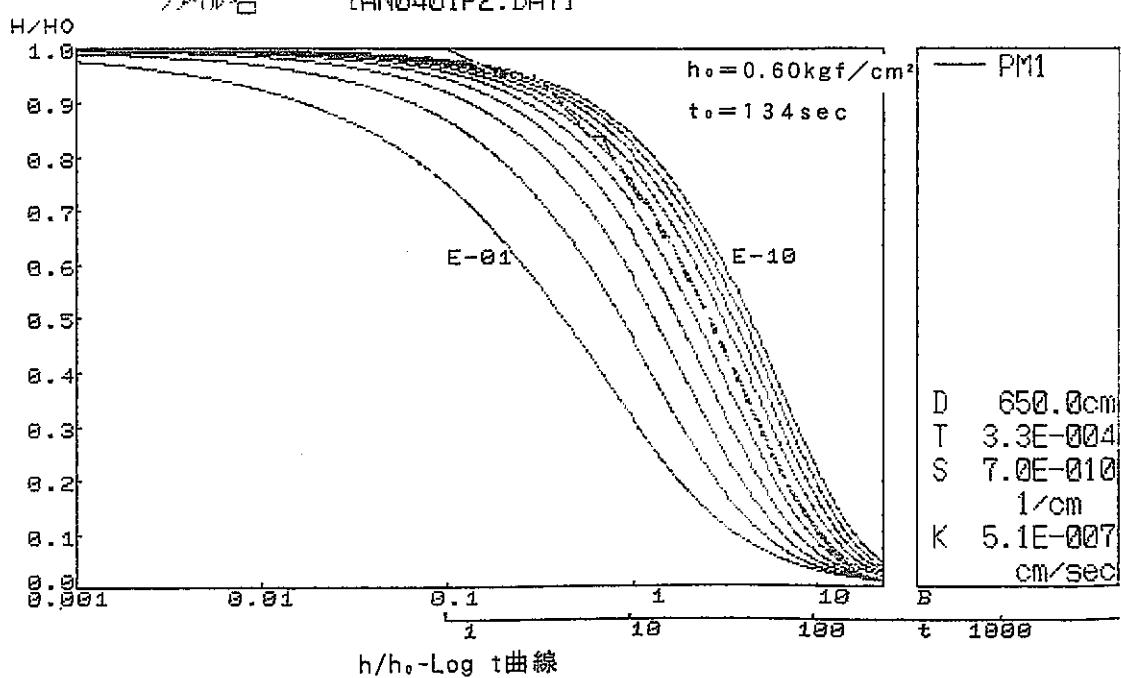


透水試験結果 (218.24m~224.78m区間)

(パルス法回復 (L R))



測定時間 [100000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [1 秒] コメント [97/4/01-05:35]  
ファイル名 [AN0401P2.DAT]



透水試験測定区間

G L - 119.78m ~ 122.28m

## 透水試驗狀況

119.78m ~ 122.28m 区間 ; 通常法回復(LR)

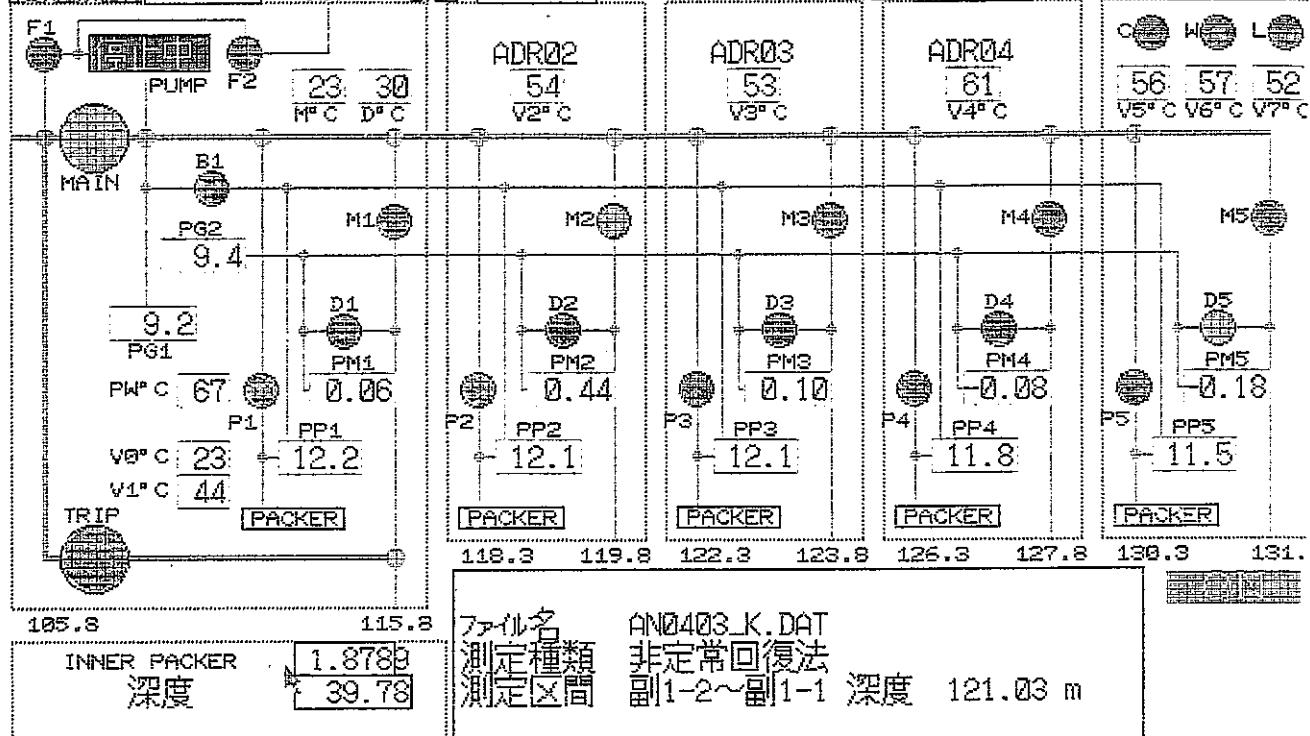
設定流量1500.00

117

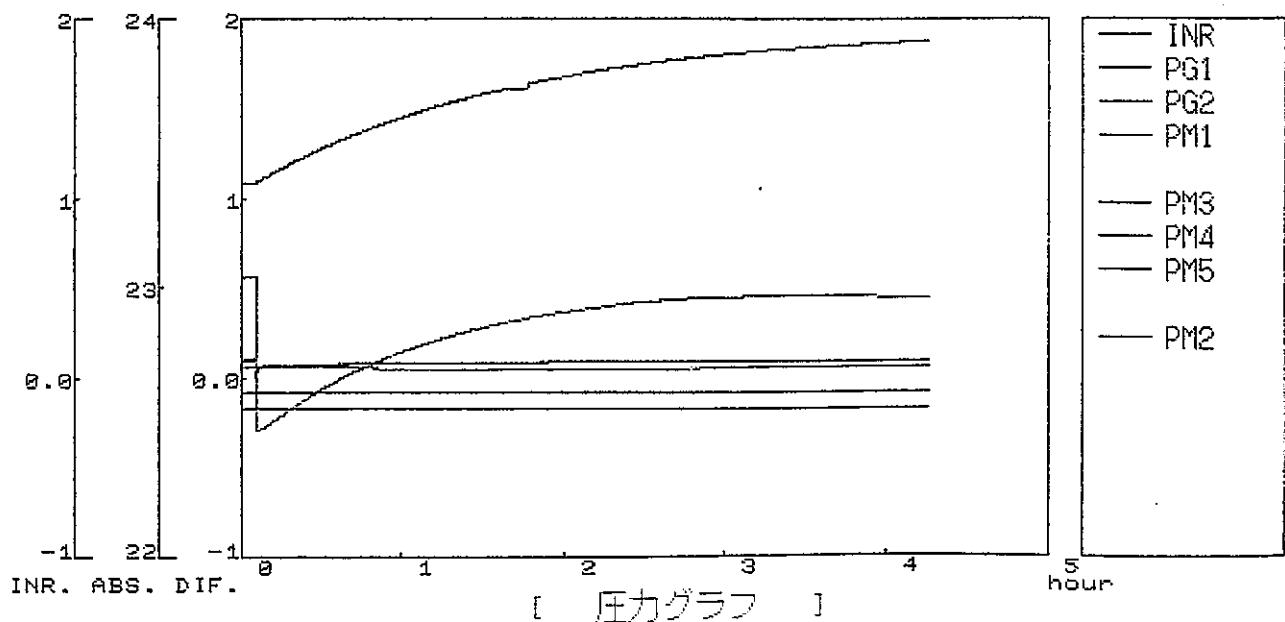
電压1107.68V

電圧2101.70V

深度 132.73



測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/04/03-06:00]  
データ名 ファイル名 [ANR403.K.DAT]



初期循環位置 734

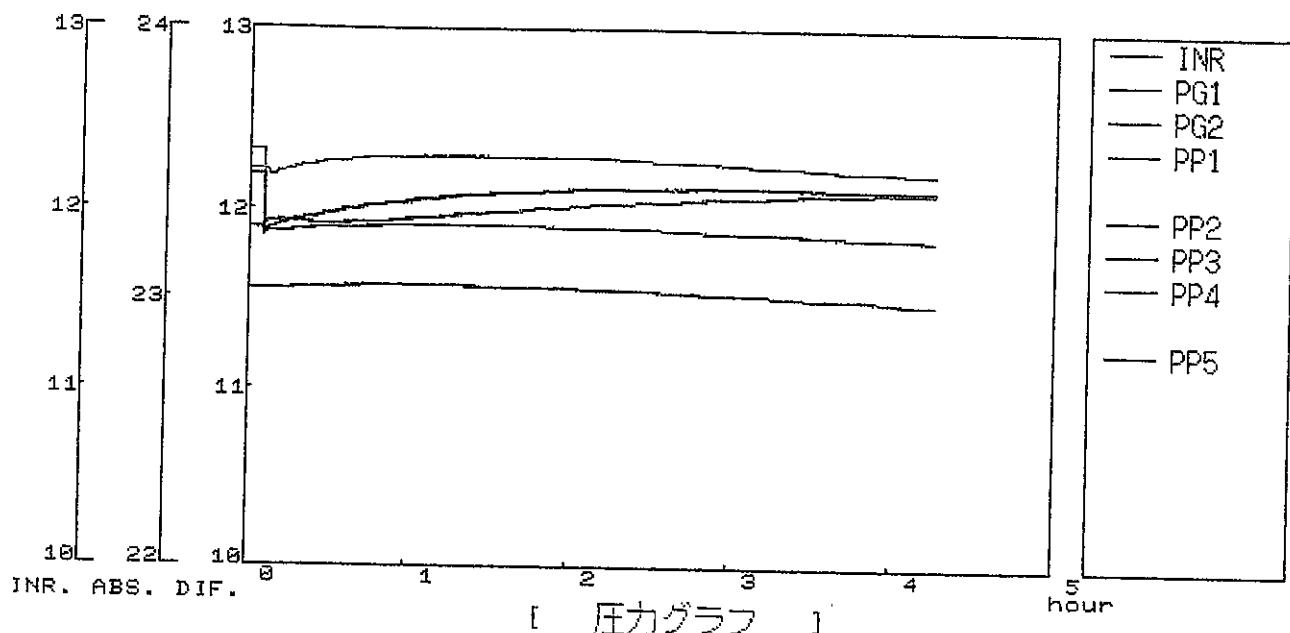
卷之三

了

## 透水試験状況

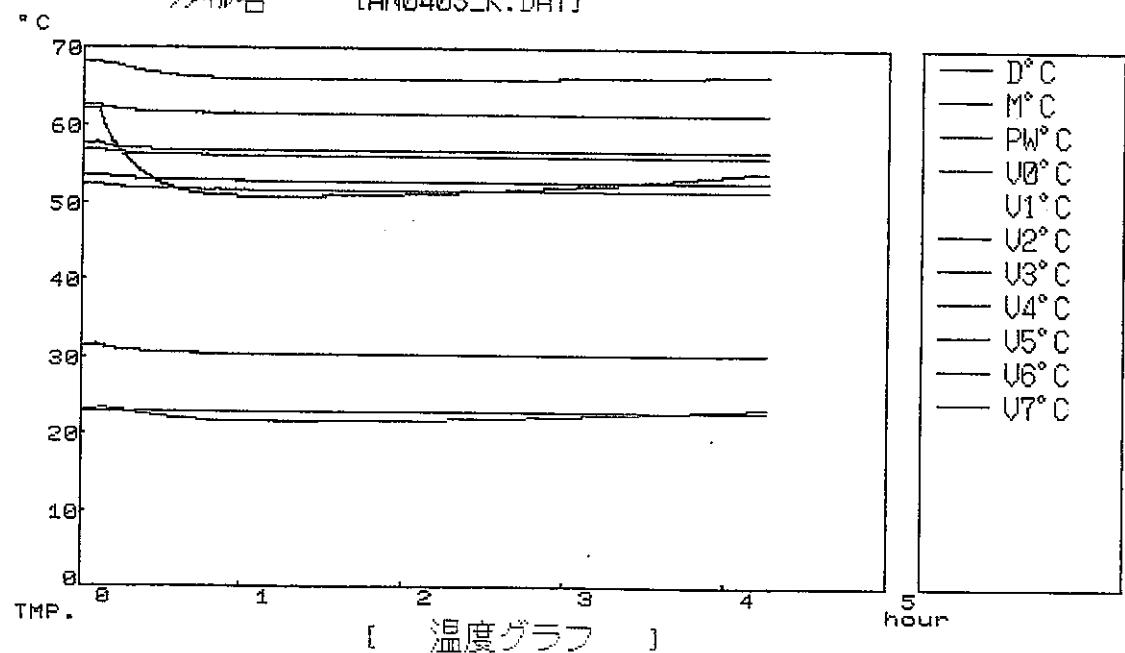
119.78m ~ 122.28m 区間 ; 通常法回復(LR)

測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/04/03-06:00]  
Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0403\_K.DAT]



[初期値] [前値] [後値] [ファイル] [条件] [出力] [終了]

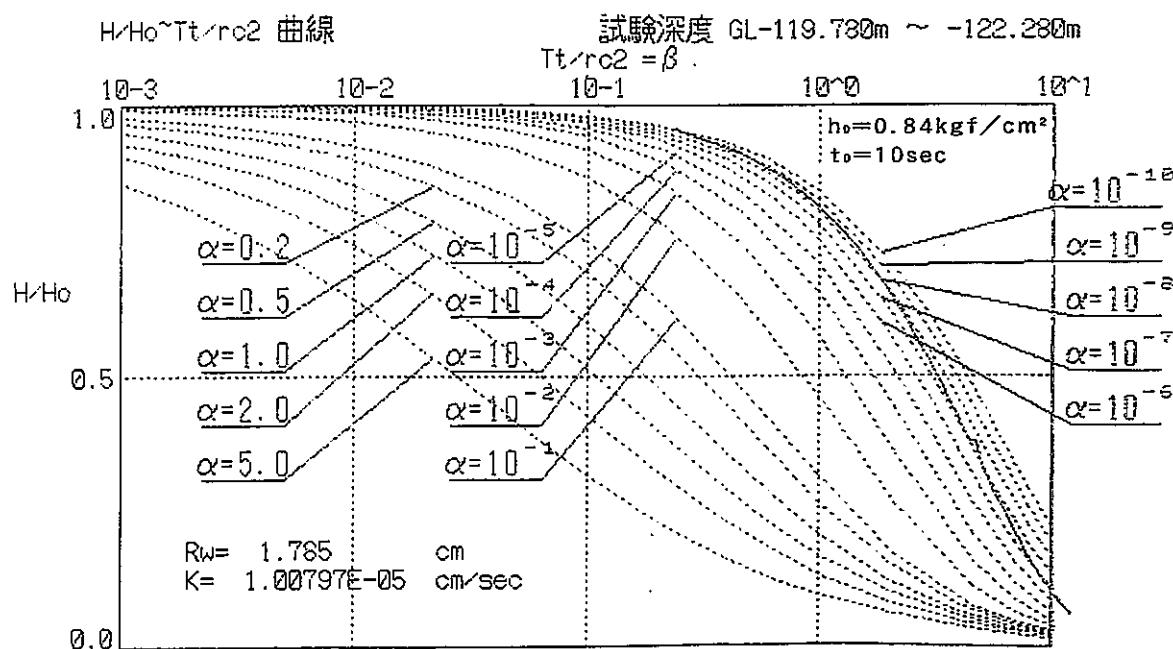
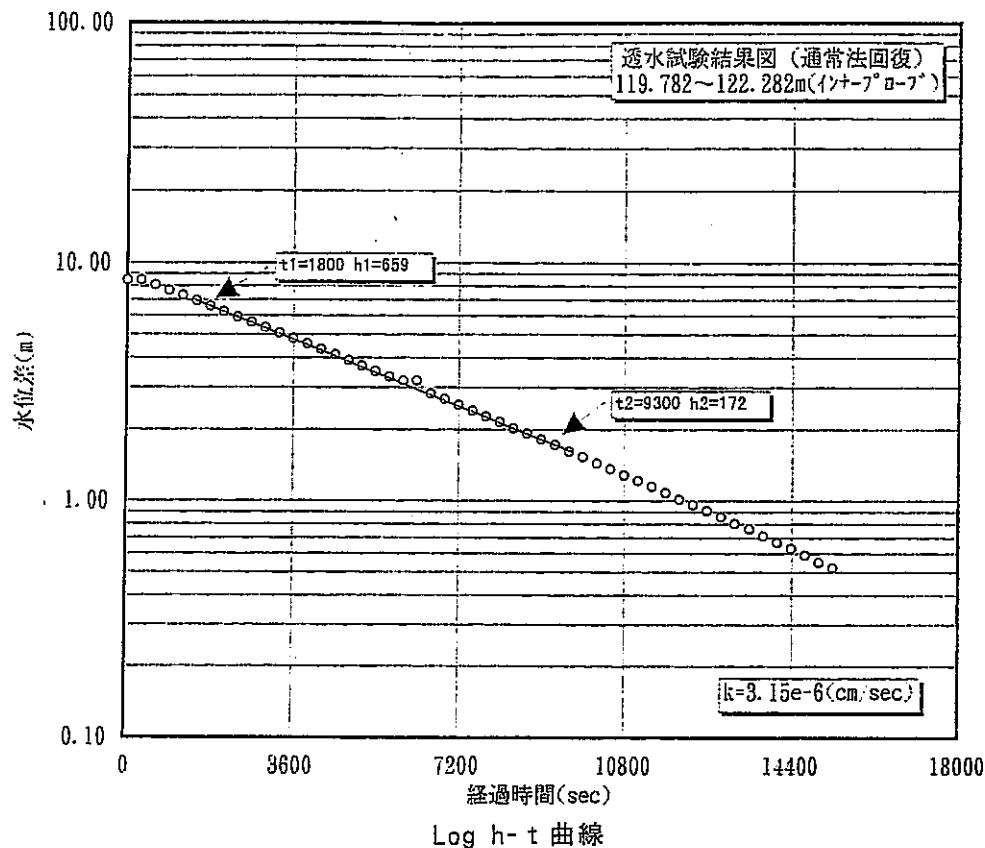
測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/04/03-06:00]  
ファイル名 [AN0403\_K.DAT]



[初期値] [前値] [後値] [ファイル] [条件] [出力] [終了]

## 透水試験結果 (119.78m~122.28m区間)

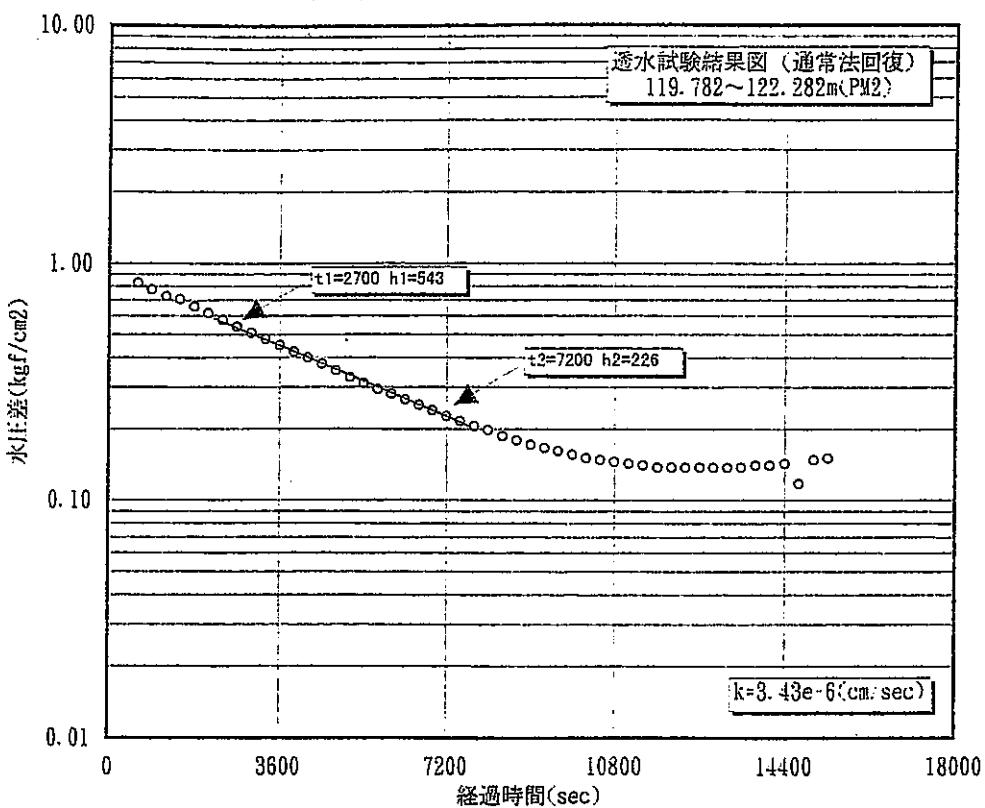
〈通常法回復〉



$h/h_0$ -Log t曲線

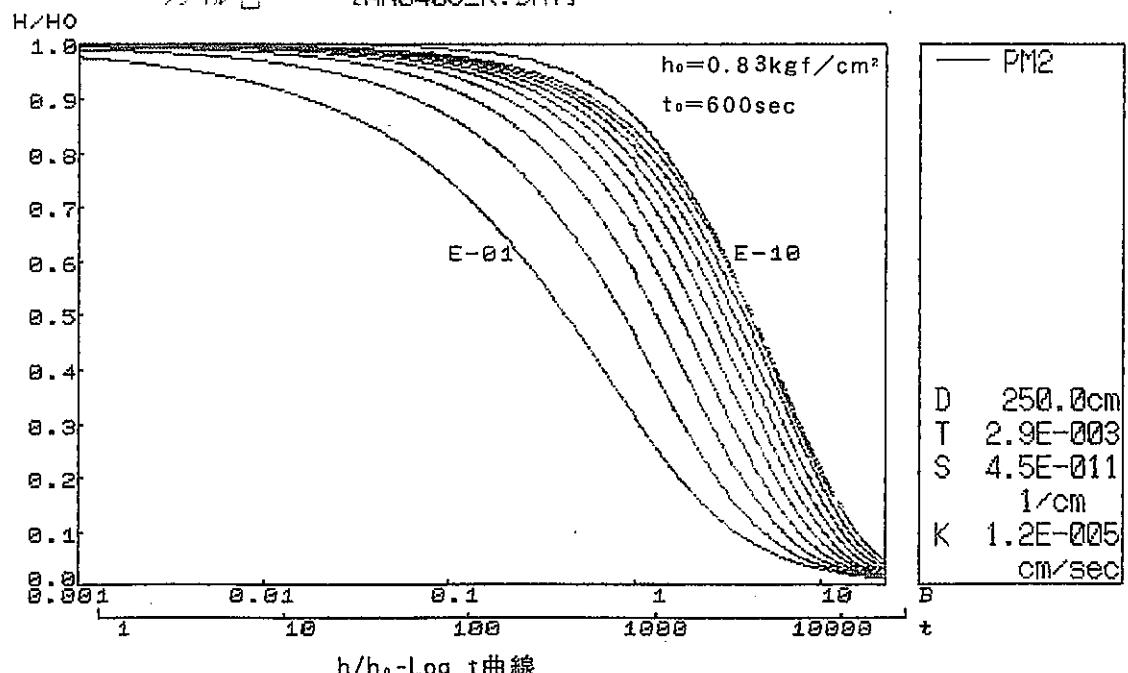
## 透水試験結果 (119.78m~122.28m区間)

〈通常法回復〉



Log h-t 曲線

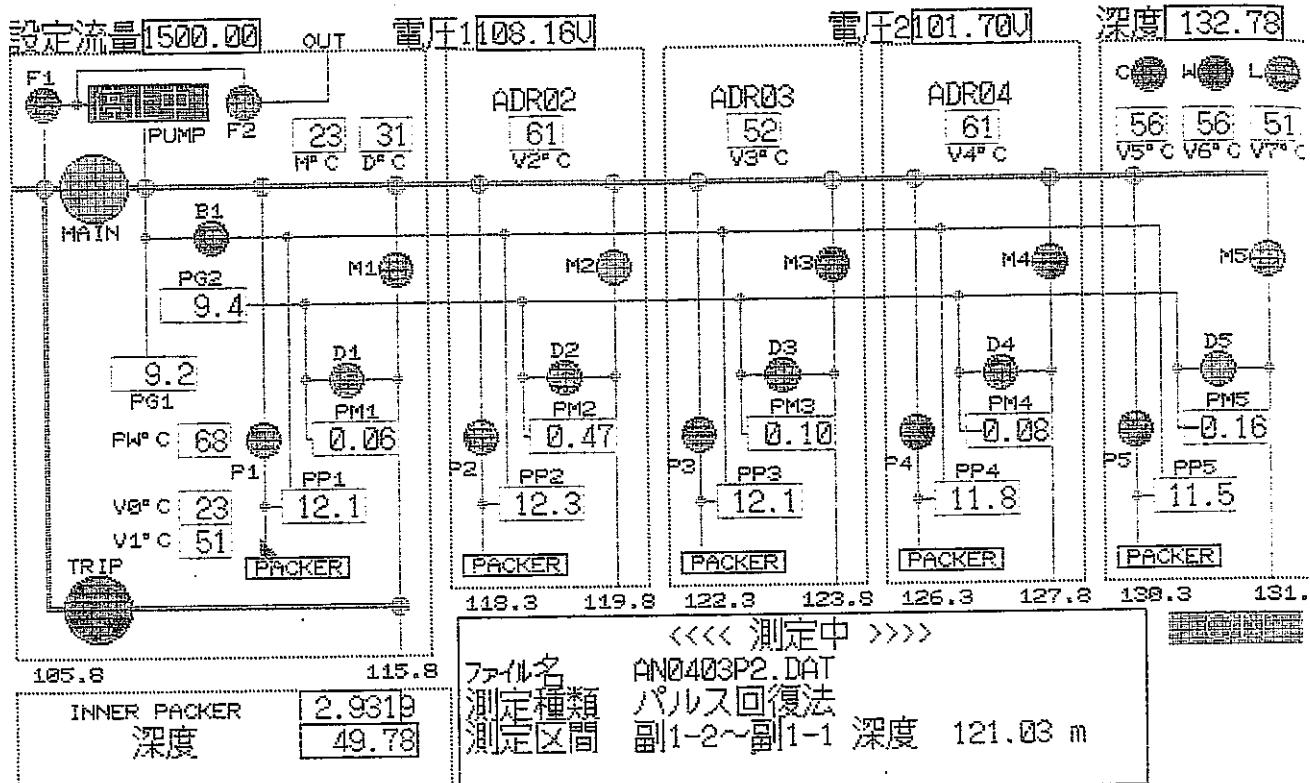
測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
 メモ [ ]  
 測定間隔 [ 5 秒] コメント [97/04/03-06:00]  
 ファイル名 [IAN0403\_K.DAT]



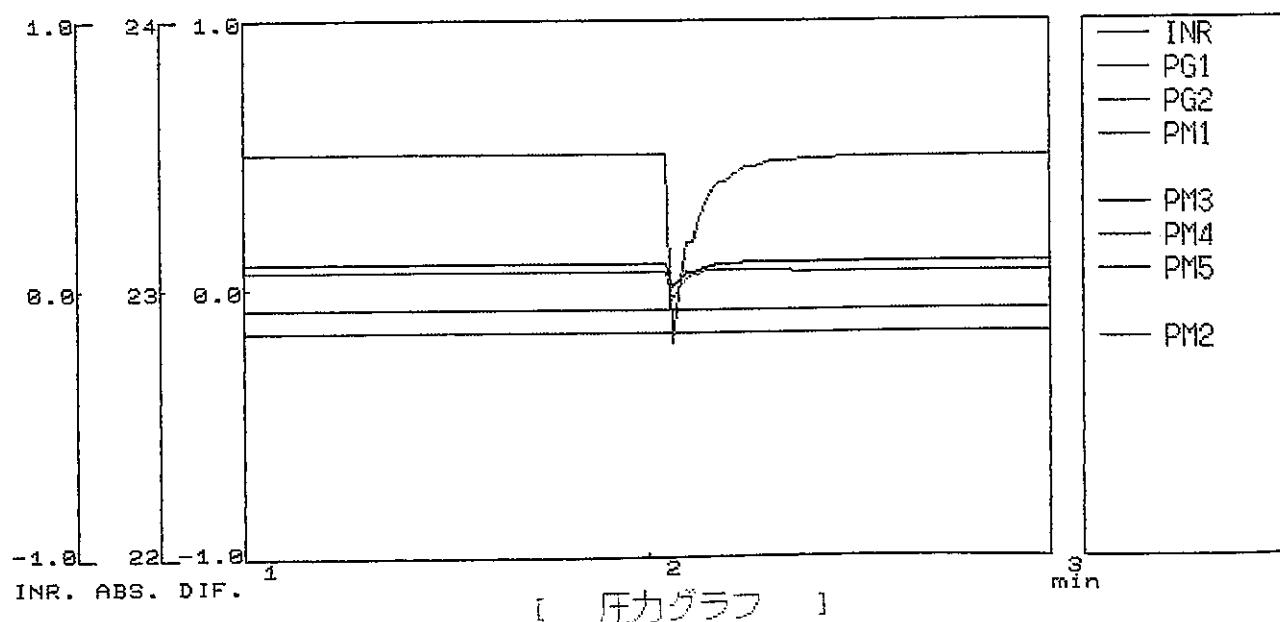
$h/h_0$ -Log t 曲線

## 透水試験状況

119.78m ~ 122.28m 区間 ; パルス回復(LR)



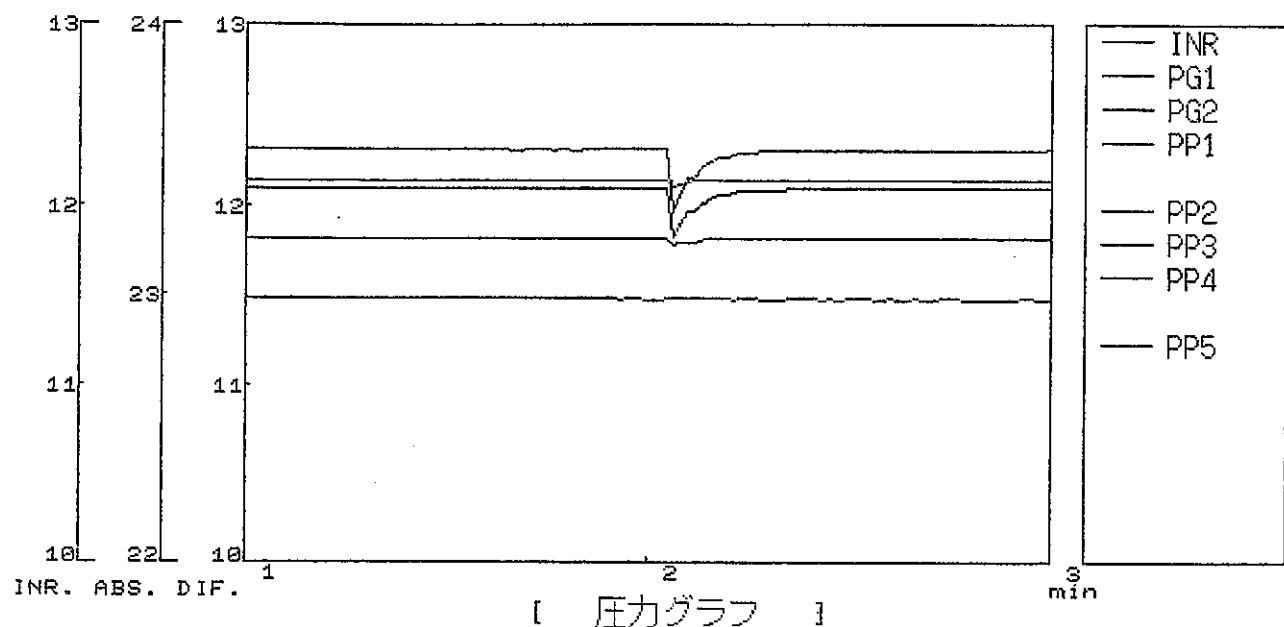
測定時間 [200000 秒] 測定の種類 パルス回復法  
 測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/04/03-04:15]  
 Kg/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0403P2.DAT]



## 透水試験状況

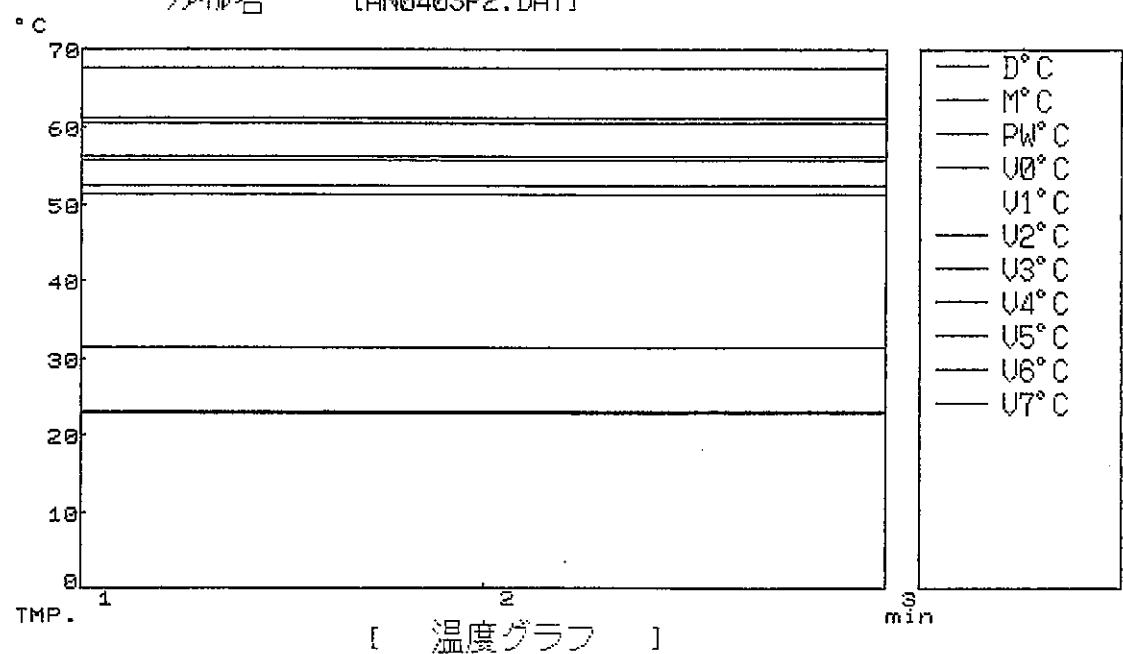
119.78m ~ 122.28m 区間 ; パルス回復(LR)

測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/04/03-04:15]  
Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0403P2.DAT]



初期値 終値 位置 ファイル 条件 データ 温度 清理 終了

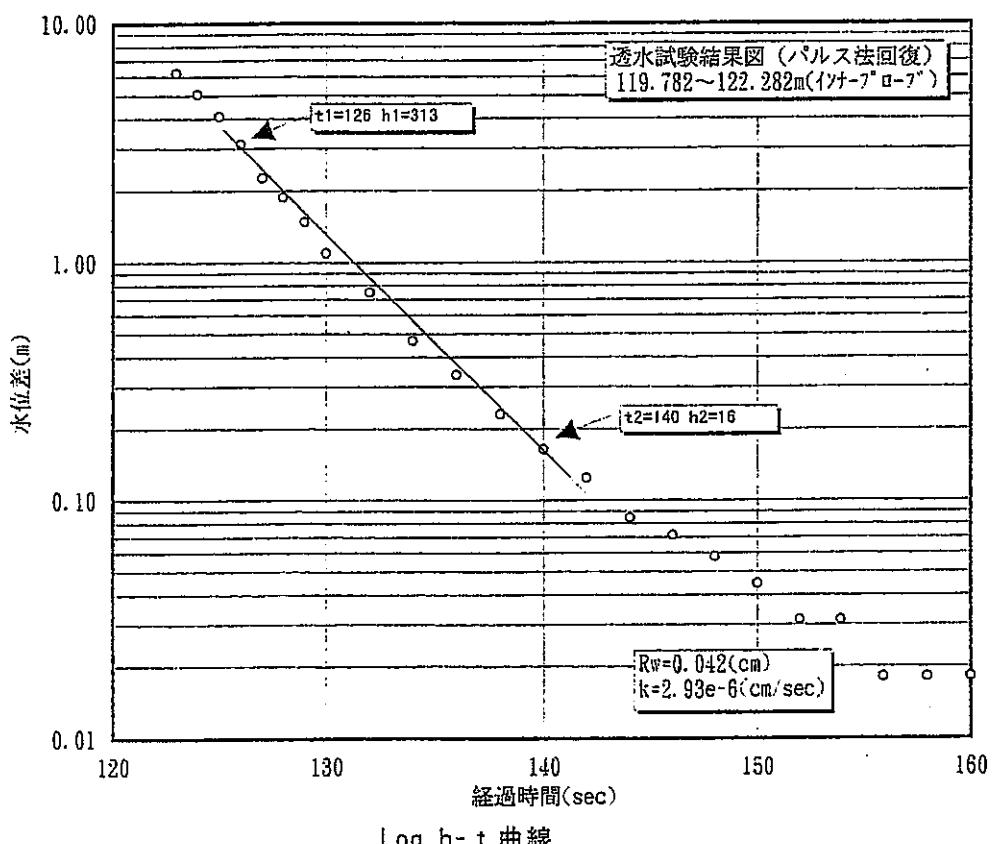
測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/04/03-04:15]  
ファイル名 [AN0403P2.DAT]



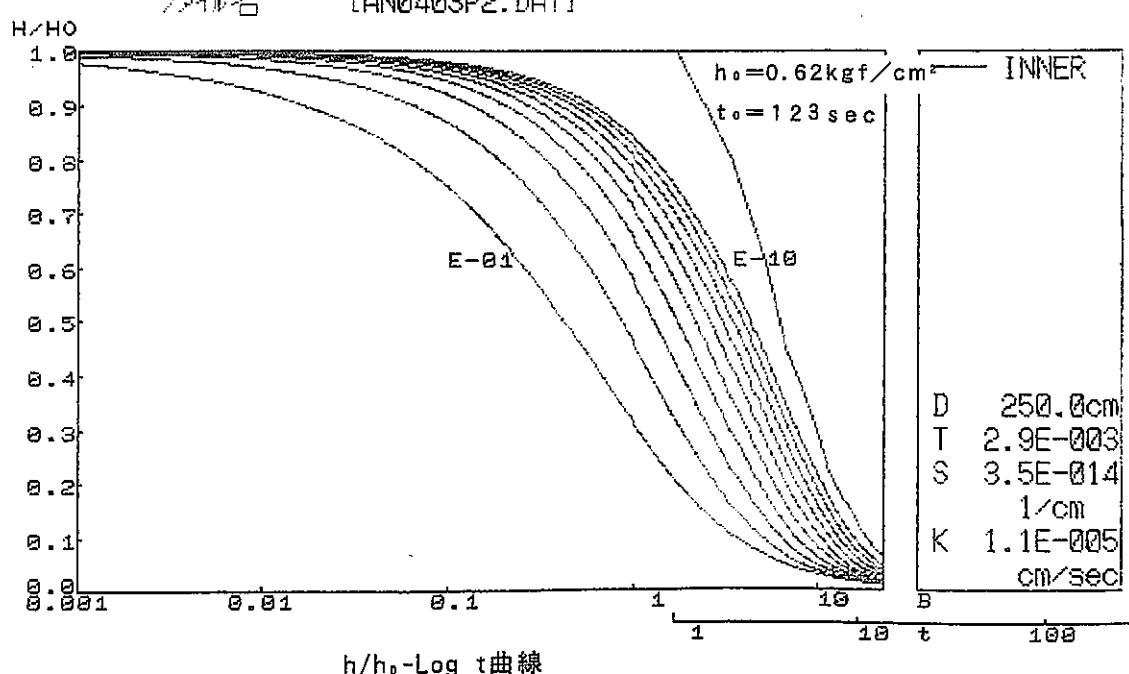
初期値 終値 位置 ファイル 条件 データ 温度 清理 終了

## 透水試験結果 (119.78m~122.28m区間)

(パルス法回復 (L R))

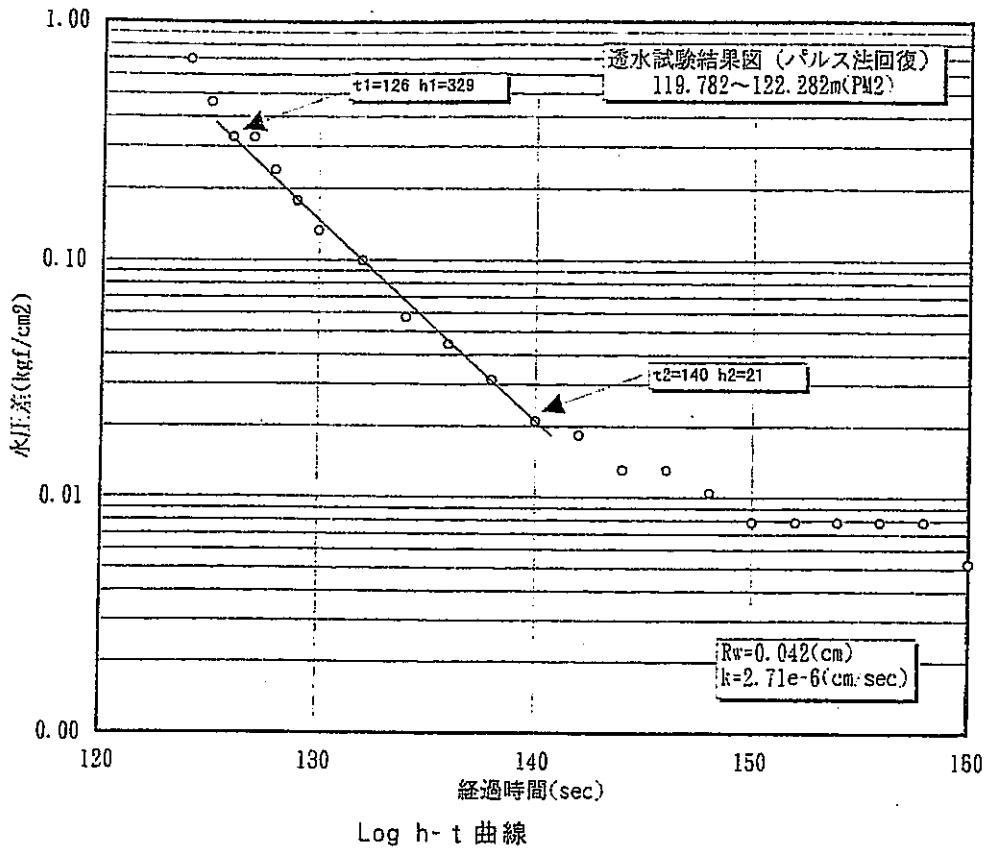


測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
 メモ [ ]  
 測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/04/03-04:15]  
 ファイル名 [AN0403P2.DAT]

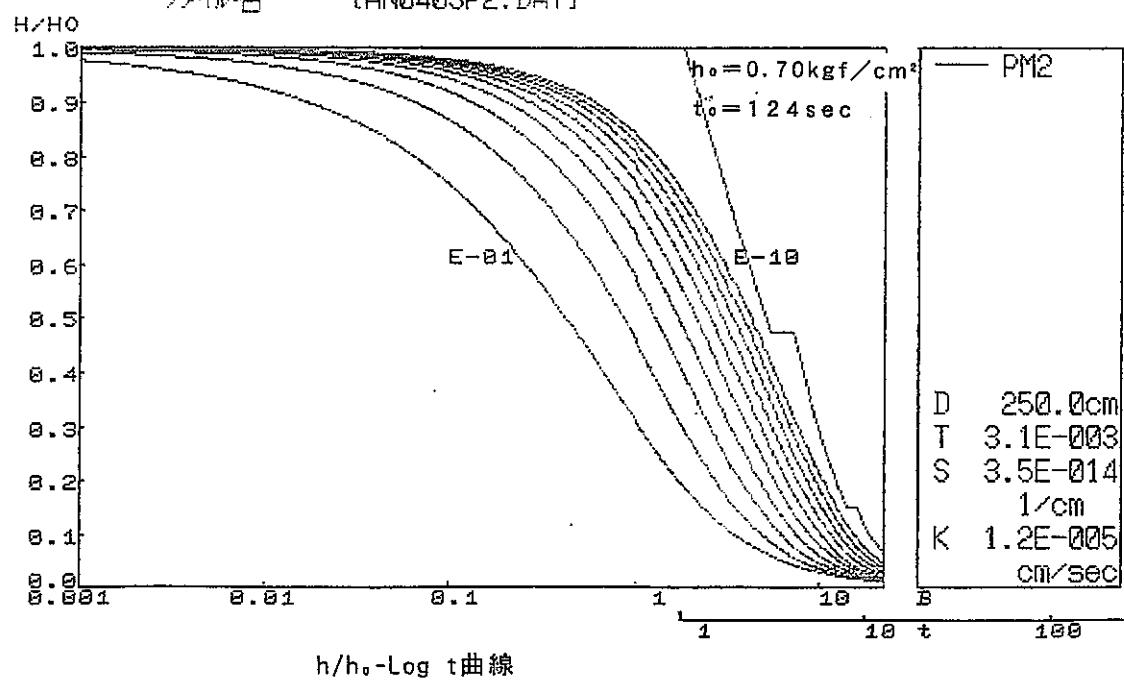


## 透水試験結果 (119.78m~122.28m区間)

(パルス法回復 (L-R))



測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定時間隔 [ 1 秒] コントローラー [97/04/03-04:15]  
ファイル名 [TAN0403P2.DAT]

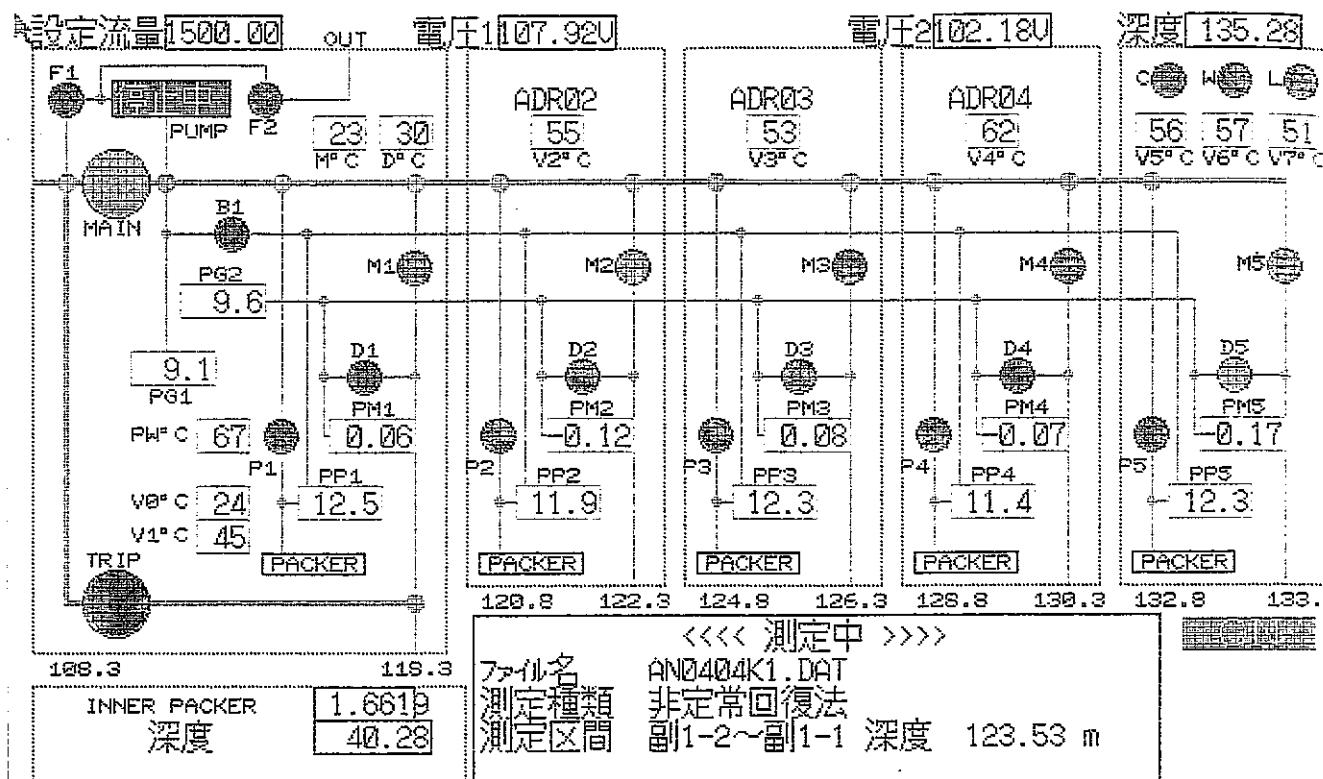


透水試験測定区間

G L - 122.28m ~ 124.78m

## 透水試験状況

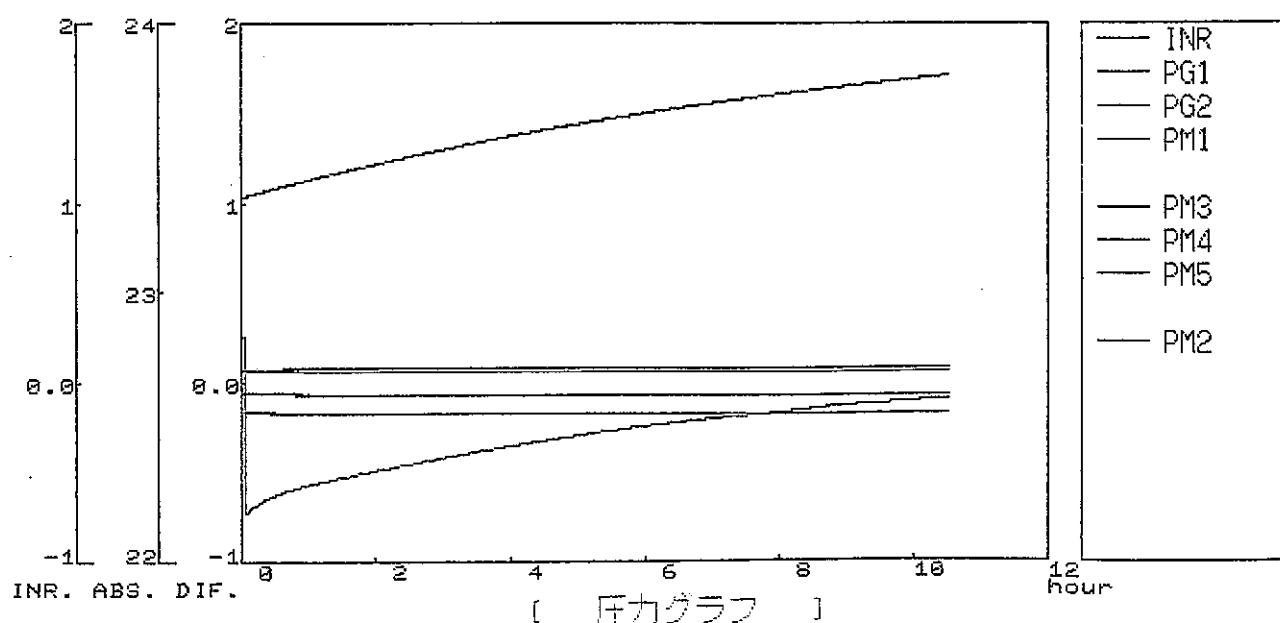
122.28m ~ 124.78m 区間 : 通常法回復(LR)



測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]

測定間隔 [ 20 秒] コメント [97/04/04/2:00]

Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0404K1.DAT]



初期値

位置 ファイル

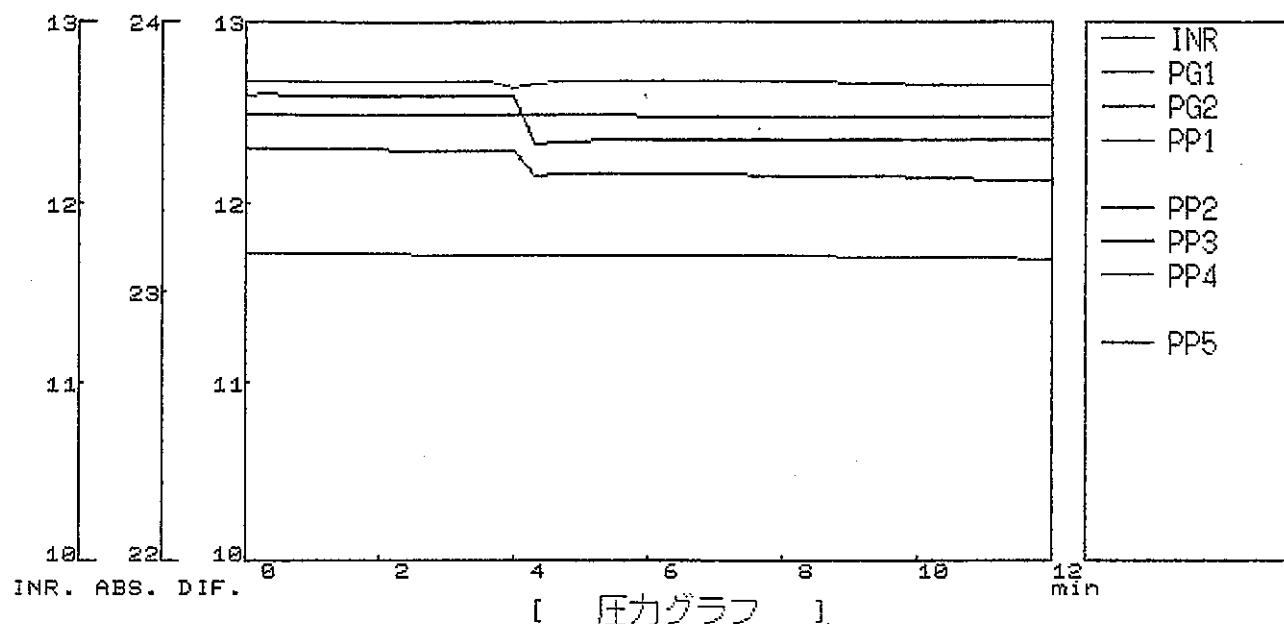
条件

終了

## 透水試験状況

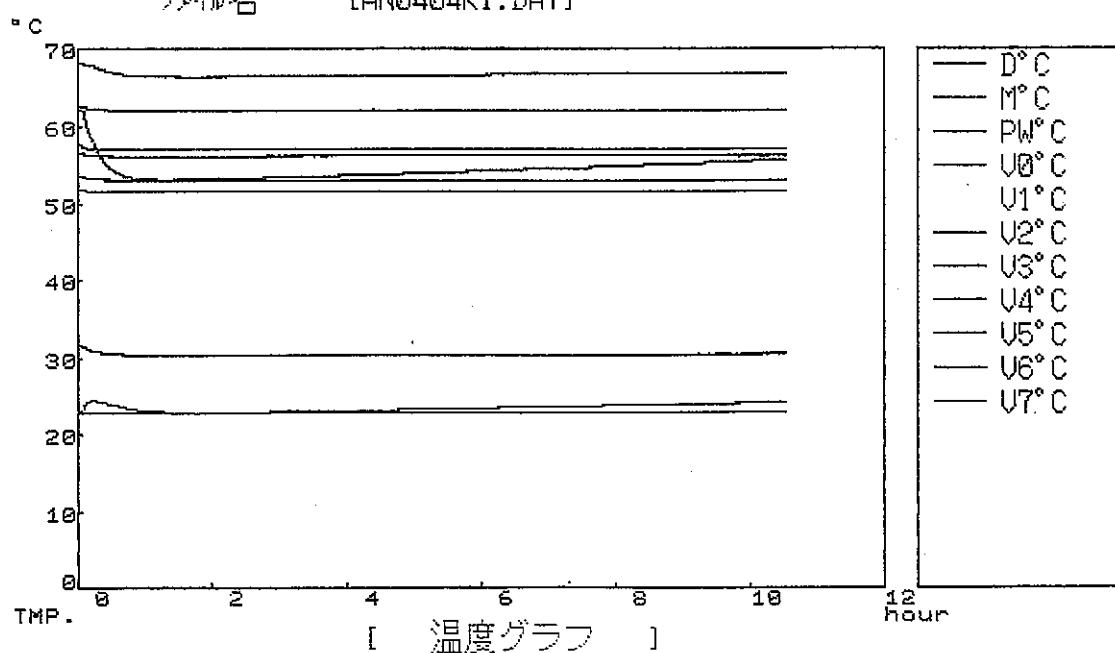
122.28m ~ 124.78m 区間 ; 通常法回復(LR)

測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 20 秒] コメント [97/04/04/2:00]  
Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0404K1.DAT]



初期値 現在値 設置 ファイル 総合 検査 温度 終了

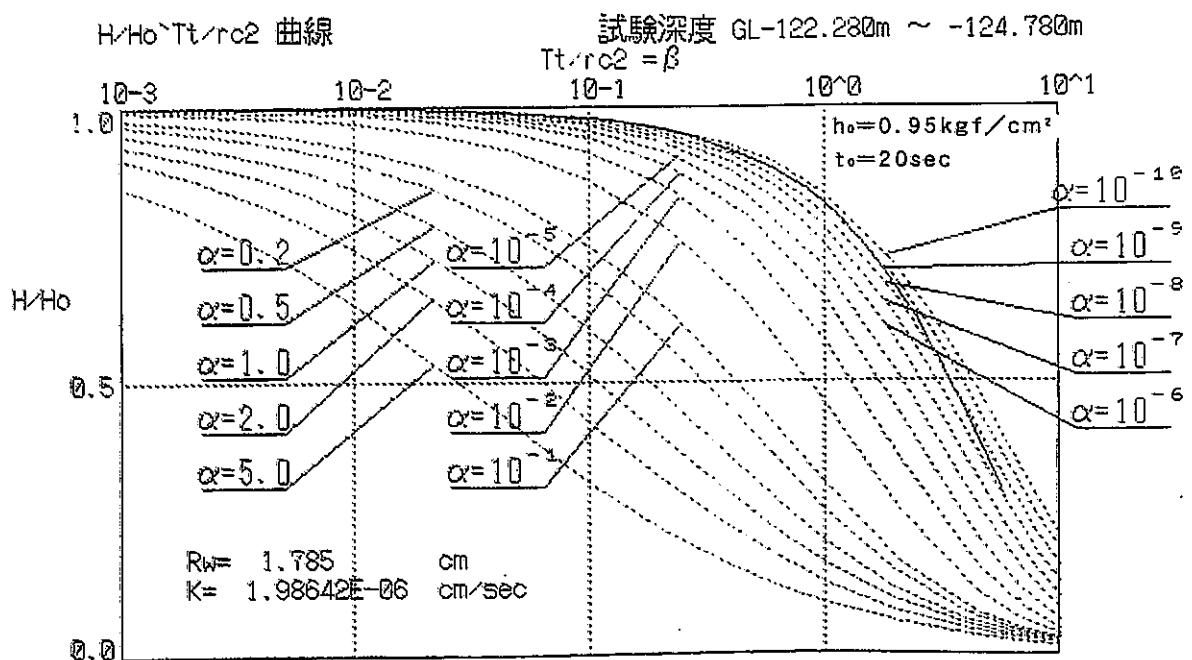
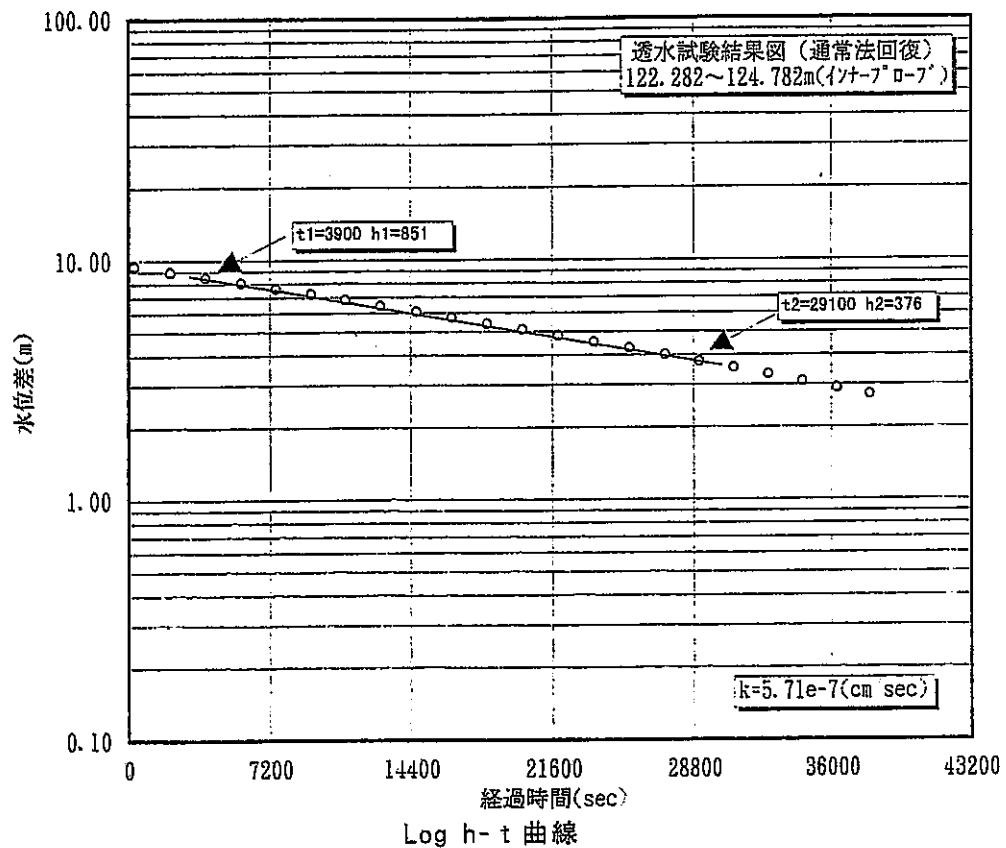
測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 20 秒] コメント [97/04/04/2:00]  
ファイル名 [AN0404K1.DAT]



初期値 現在値 設置 ファイル 総合 検査 温度 終了

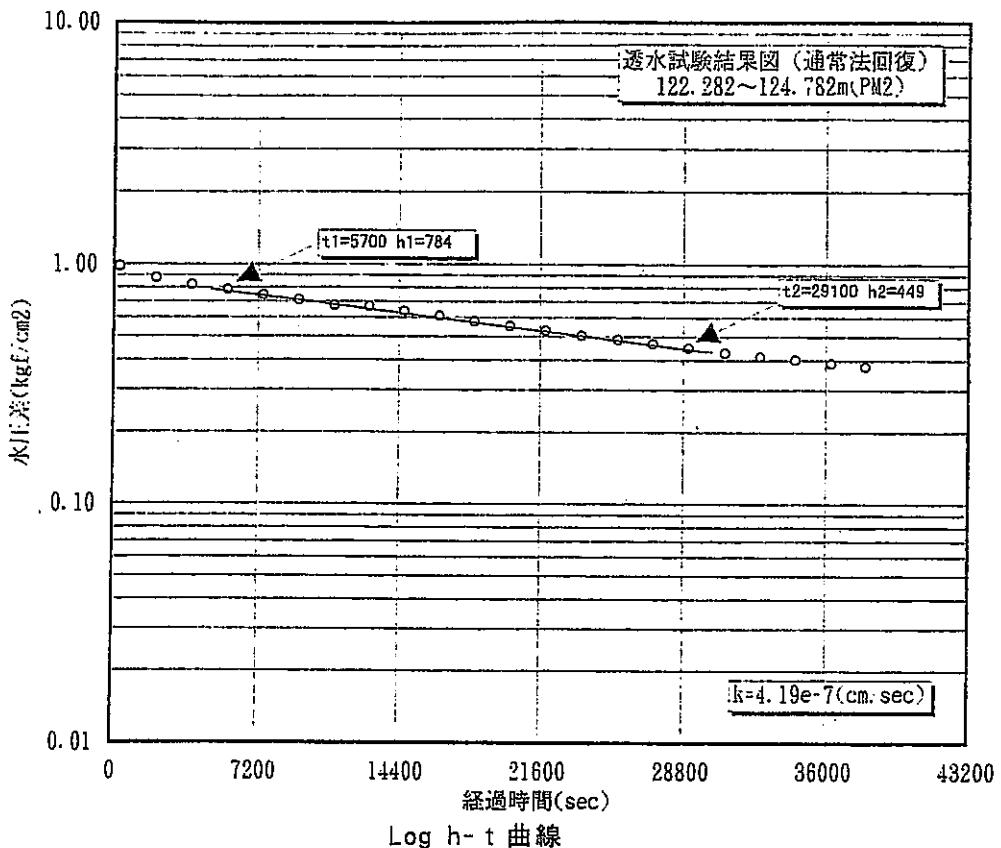
## 透水試験結果 (122.28m~124.78m区間)

〈通常法回復〉

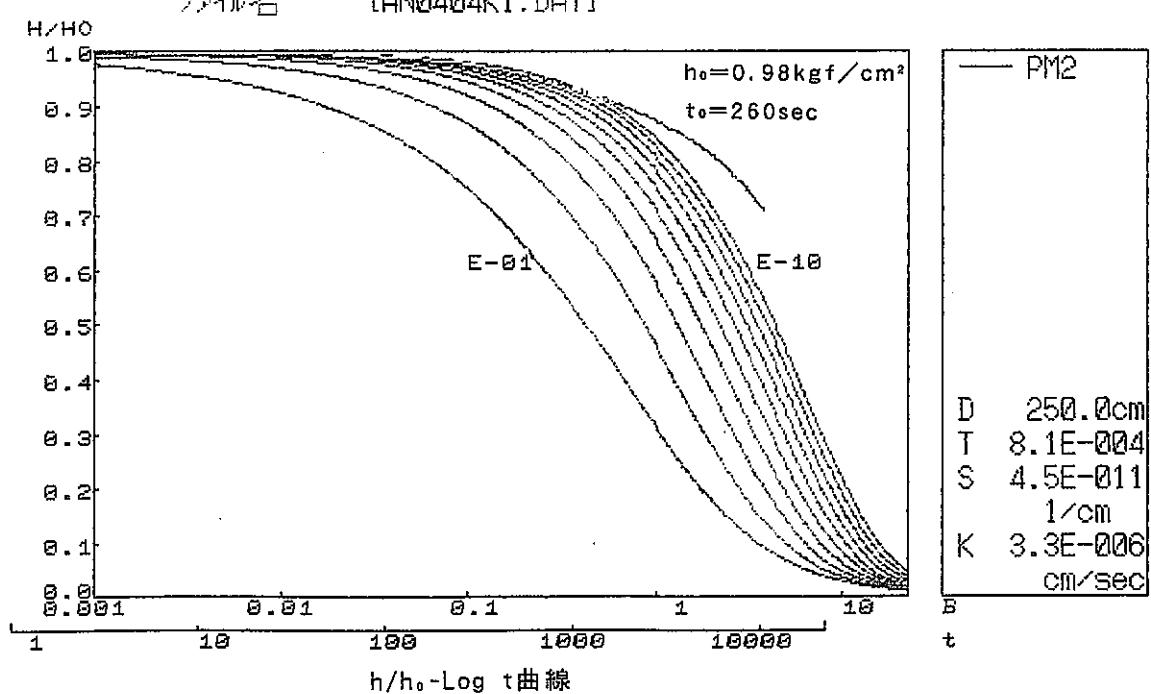


## 透水試験結果 (122.28m~124.78m区間)

〈通常法回復〉

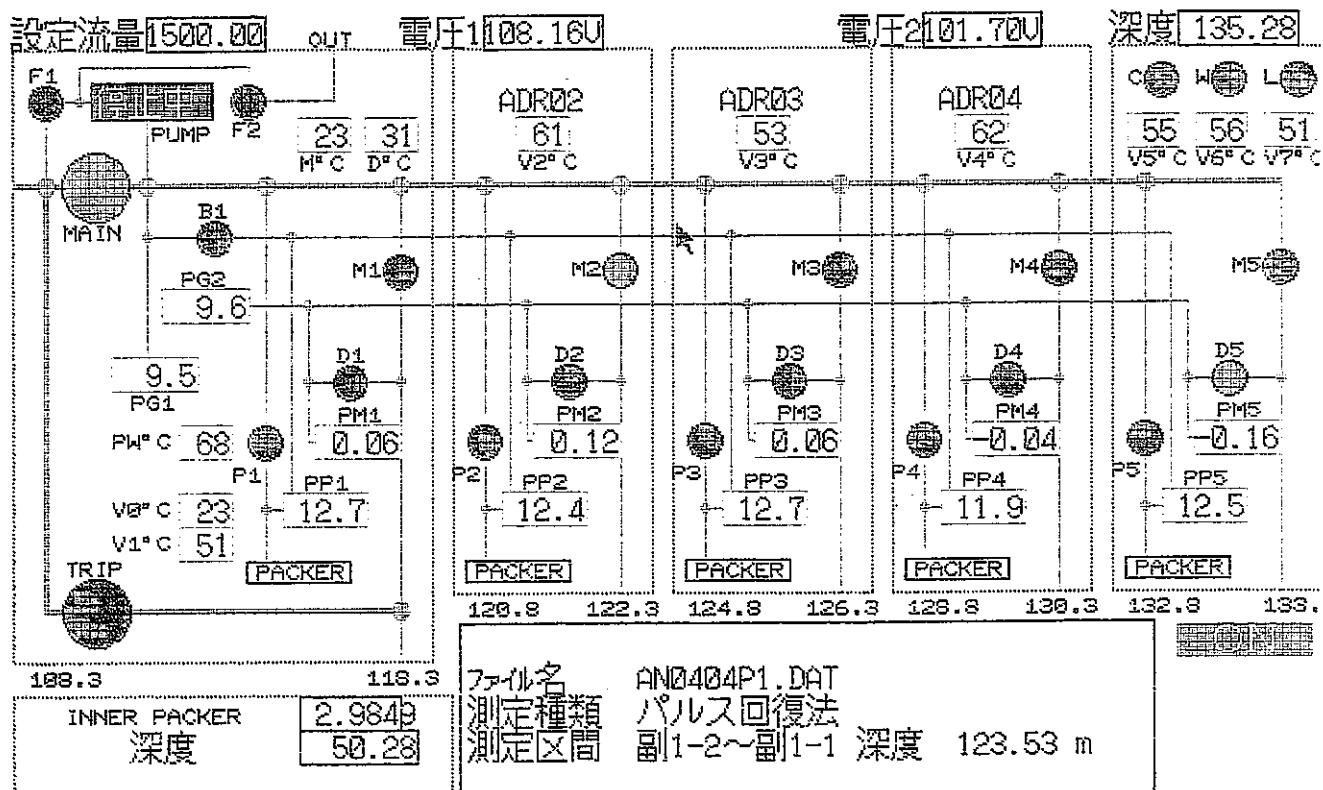


測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [非定常回復法]  
測定間隔 [ 20 秒] ポイント [97/04/04/2:00]  
ファイル名 [AN0404K1.DAT]

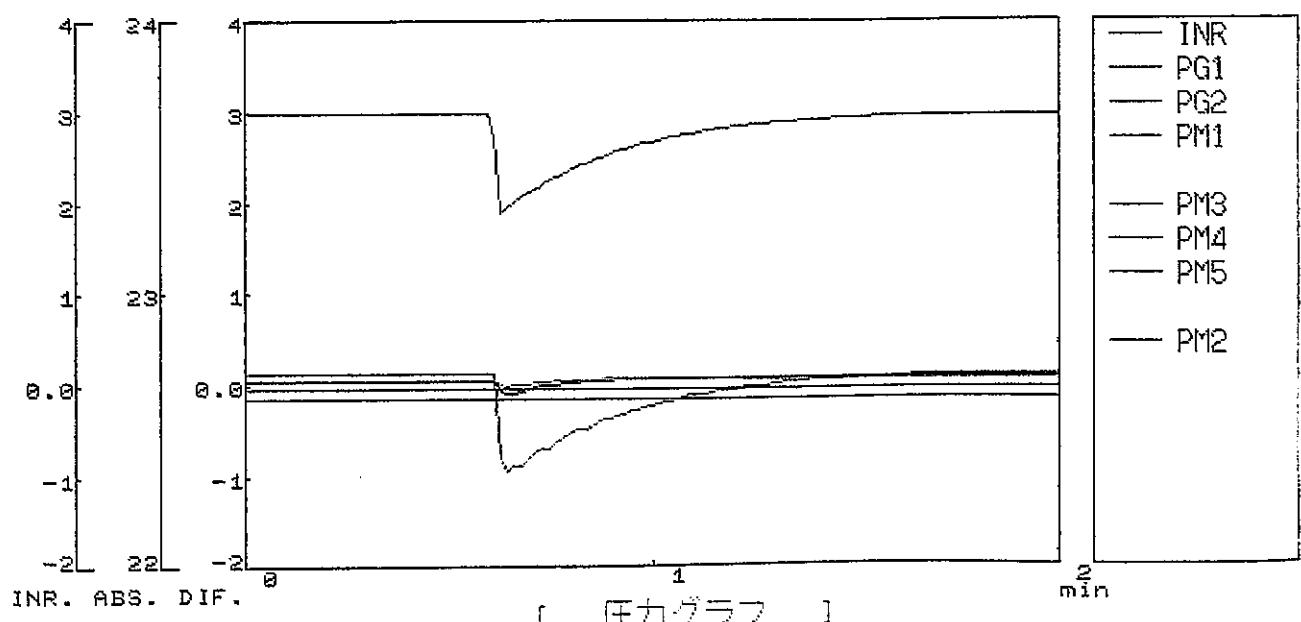


# 透水試験状況

122.28m ~ 124.78m 区間 ; パルス回復(LR)



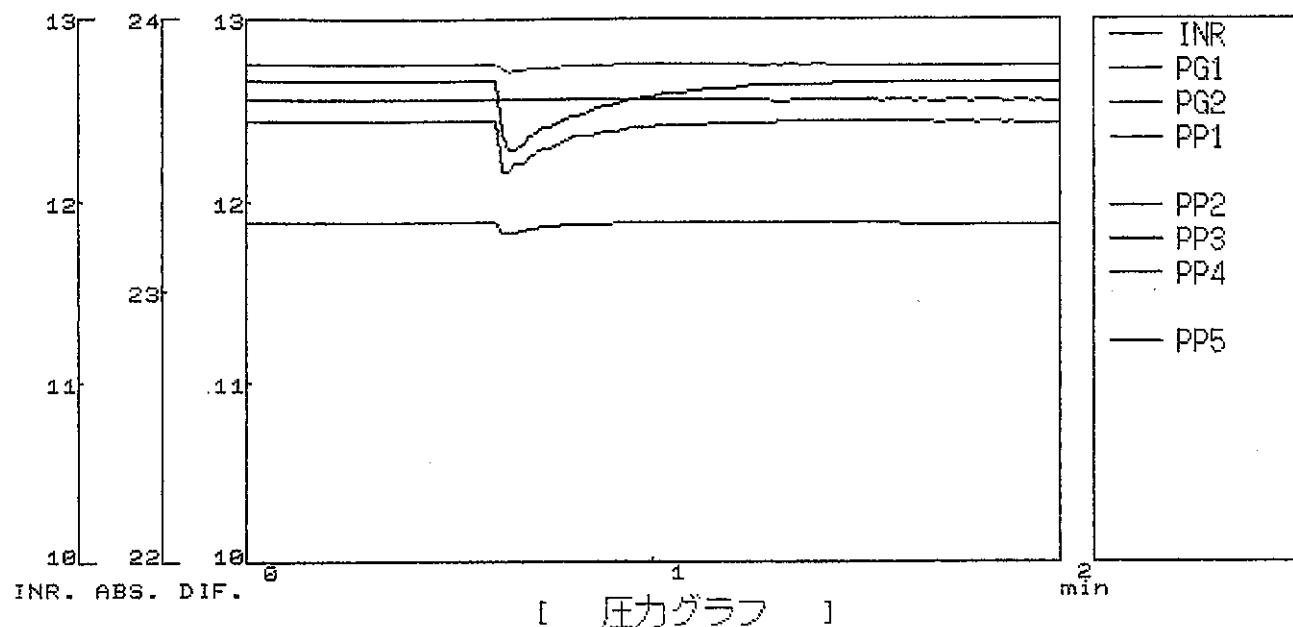
測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
 測定間隔 [1 秒] コメント [97/04/04/1:00]  
 Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0404P1.DAT]



## 透水試験状況

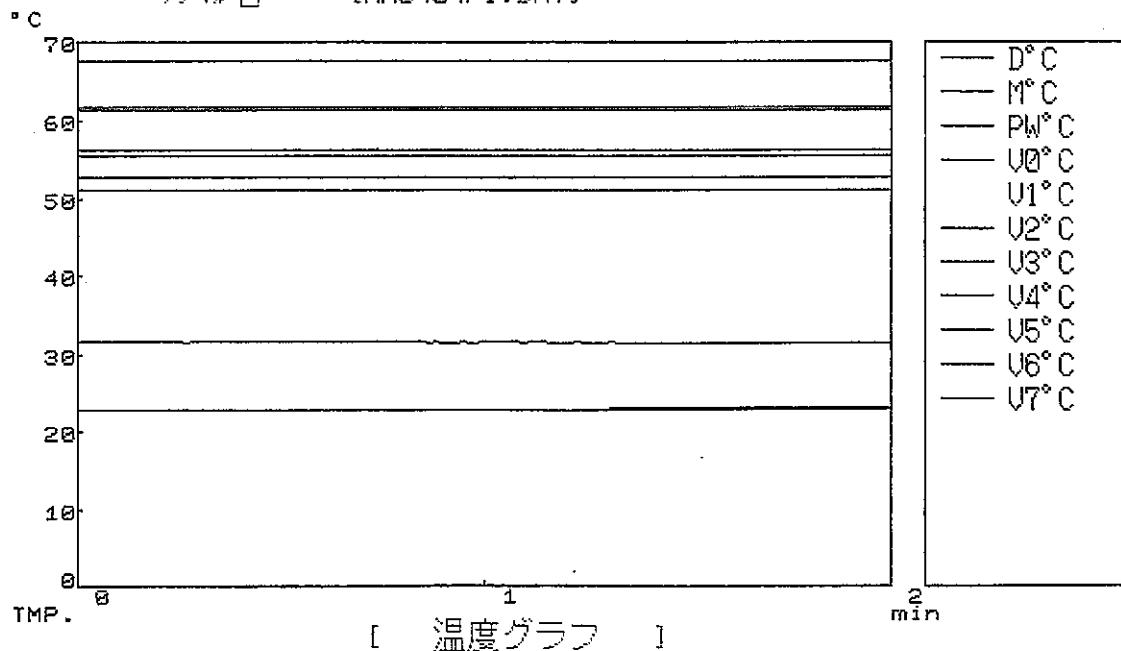
122.28m ~ 124.78m 区間 ; パルス回復(LR)

測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/04/04 1:00]  
Kgf/cm<sup>2</sup> ファイル名 [AN0404P1.DAT]



初期値 現在値 フィル タイプ ファイル 総合 帮助 終了

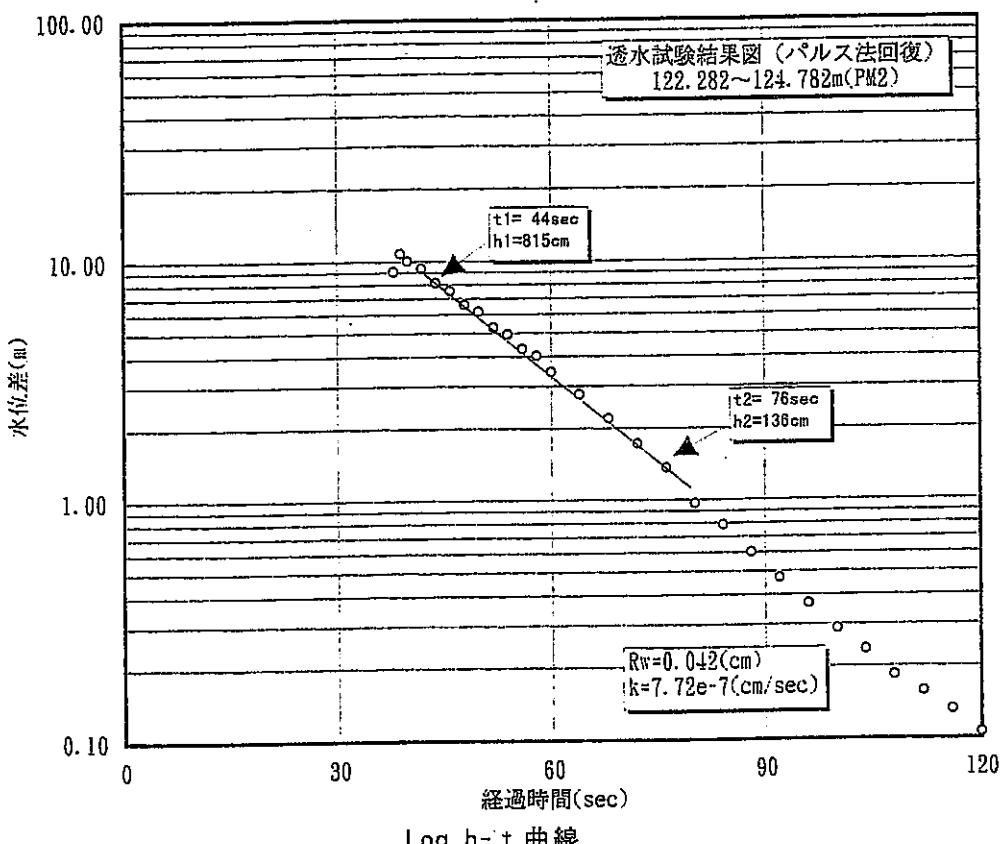
測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/04/04 1:00]  
ファイル名 [AN0404P1.DAT]



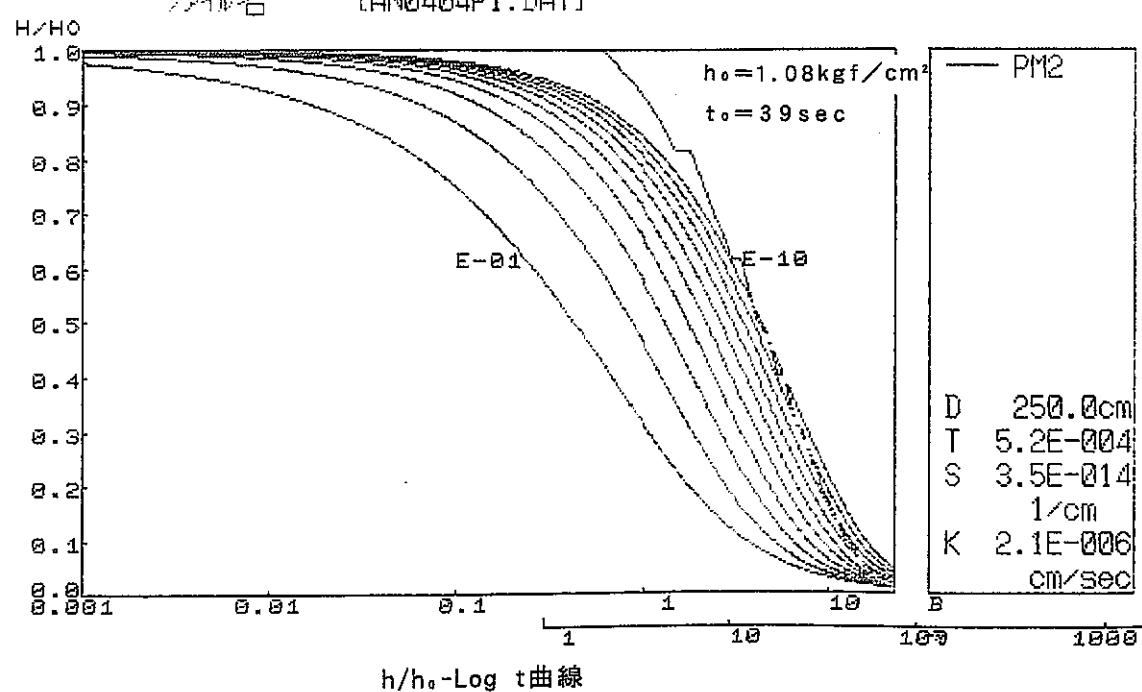
初期値 現在値 フィル タイプ ファイル 総合 帮助 終了

## 透水試験結果 (122.28m~124.78m区間)

(パルス法回復 (L R))

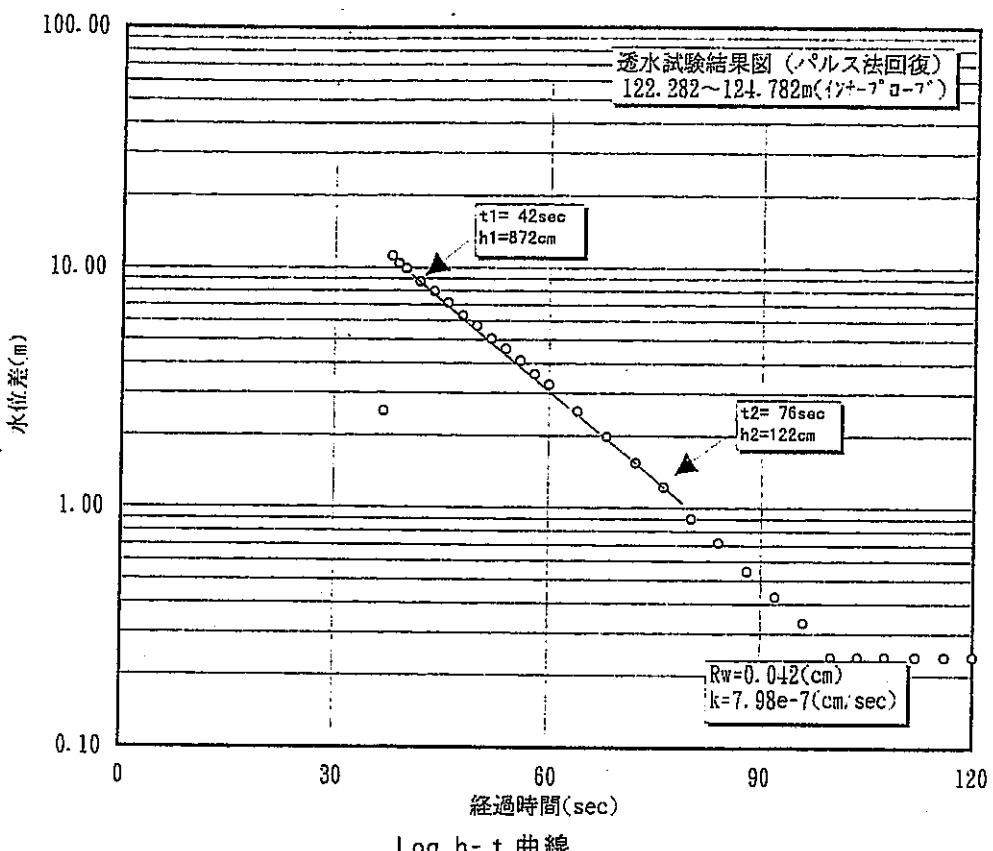


測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
 測定間隔 [1 秒] コメント [97/04/04 1:00]  
 ファイル名 [AN0404P1.DAT]



## 透水試験結果 (122.28m~124.78m区間)

〈パルス法回復 (L.R.) 〉



測定時間 [200000 秒] 測定の種類 [パルス回復法]  
 テスト番号 [ ]  
 測定間隔 [ 1 秒] コメント [97/04/04/1:00]  
 ファイル名 [AN0404P1.DAT]

