

# 北延NATM坑道における緩み領域の真空透気試験

(動力炉・核燃料開発事業団 契約業務報告書)

1998年 3月

三井建設株式会社

複製またはこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒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 : Exploration and Mining Technology 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) 1998

## 北延N A T M坑道における緩み領域の真空透気試験

山田文孝\* 喜多治之\*\* 中田雅夫\*\*

### 要 旨

岩盤に空洞を掘削すると、その影響で周辺岩盤には様々な変化が生じる。なかでも壁面近傍では、発破による振動や掘削後の応力再配分によって既存亀裂が開口したり新たな亀裂が生じることで、岩盤の力学特性や水理特性が変化する。

本業務は、岐阜県土岐市東濃鉾山北延N A T M坑道の試錐孔において、真空透気試験により坑道周辺岩盤の透気性分布を求め、亀裂状況の変化を透気性という指標で評価することによって、掘削による上記の影響が及ぶ範囲（掘削影響領域）を特定することを目的とする。

真空透気試験では、ダブルパッカーにより試錐孔内に設けた「測定区間」内の空気を真空ポンプにより排除する。吸引を続けて定常状態になった時点の測定区間圧力・吸引空気流量、並びにポンプ停止後の圧力回復特性は測定区間周辺岩盤の透気性に依存するので、これらのデータから岩盤の透気性を算定することが可能である。試錐孔に沿ってパッカーを移動させて測定を繰り返すことにより周辺岩盤の透気性分布を求めることができる。

発破掘削区間と機械掘削区間に削孔された4本の試錐孔において試験を実施した結果、掘削影響領域は機械掘削区間よりも発破掘削区間で相対的に大きく、また坑道西側の粗粒砂岩部分よりも坑道東側の細粒砂岩部分で大きいという結果を得た。さらにポアホールテレビ観察の結果得られた開口亀裂分布と比較することにより、より詳細に岩盤内の亀裂状況を把握することができた。

---

本報告書は、三井建設株式会社が動力炉・核燃料開発事業団との契約により実施した業務の結果である。

契約番号：09C0448

事業団担当部課室：東濃地科学センター地質環境研究室 坪田浩二

※：三井建設株式会社 土木本部 土木技術部 技術第2課

※※：三井建設株式会社 技術研究所 第1研究部 地下・岩盤グループ

## Vacuum-Permeability Test for Estimation of Loosened Area at KITANOBE NATM Drift

Fumitaka Yamada\* Haruyuki Kita\*\* Masao Nakata\*\*

### Abstract

Excavation of an cavern in rock mass causes various changes on a surrounding environment. Especially near the excavation wall, mechanical and hydraulic properties of the rock mass change because blasting vibration or stress re-arrangement expand existing fractures and/or generate new ones.

A purpose of this work is to detect the extent of these influence (Excavation Disturbed Zone). For this purpose, vacuum-permeability test is conducted in four boreholes drilled at KITANOBE NATM drift to obtain distribution of air permeability that reveals fracture conditions in rock mass.

The vacuum-permeability test obtains the permeability by suction of air from a sealed test section in the borehole. The air permeability around the test section is deduced from either the degree of vacuum obtained by continuously pumping or by how the reduced pressure is maintained after the pump is switched off. Repetitive tests along borehole give the distribution of permeability

Results of tests conducted in four boreholes (two are drilled in a section excavated by blasting, and two in by machine) indicate that Excavation Disturbed Zone is larger in the blasting section than in the machine section. And through comparison with borehole TV image, the data shows more clearly the fracture condition in rock mass.

---

Work Performed by Mitsui Construction Co., Ltd. under contract with Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

PNC Liaison : Geological Environment Research Section, Tono Geoscience Center

Koji Tsubota

\* : Civil Engineering Division, Mitsui Construction Co., Ltd.

\*\* : Technical Research Institute, Mitsui Construction Co., Ltd.

## 目 次

1. 業務概要.....	1
1.1 目的.....	1
1.2 内容.....	1
1.3 実績数量.....	1
1.4 測定位置.....	2
1.5 実施工程.....	2
2. 測定方法.....	3
2.1 概要.....	3
2.2 原位置における測定.....	4
2.3 測定位置詳細.....	6
3. 解析方法.....	7
3.1 概要.....	7
3.2 計算方法.....	7
4. 結果.....	9
4.1 測定時の試錐孔の状況.....	9
4.2 測定結果.....	10
5. 考察.....	14
5.1 定常法と非定常法の比較.....	14
5.2 孔口拡孔の影響.....	15
5.3 掘削影響領域の判定.....	16
5.4 ポアホールテレビ観察結果との比較.....	18
6. まとめ.....	21
7. 今後の課題.....	22
7.1 試験方法の改良.....	22
7.2 掘削影響領域の分布.....	22
7.3 他の掘削影響領域評価手法.....	23

## 図 表 一 覧

表-1	実績数量一覧	1
図-1	測定位置概略	2
表-2	実績工程表	2
図-2	真空透気試験の概要	3
表-3	真空透気試験装置 主要資機材一覧	5
表-4	測定区間深度一覧	6
図-3	孔口部分の概要図	9
表-5	各孔の拡孔部分の深さ	9
表-6	真空透気試験結果一覧 (BVP-1孔、BVP-2孔)	11
表-7	真空透気試験結果一覧 (MVP-1孔、MVP-2孔)	12
図-4	固有透過度深度分布	13
図-5	真空ポンプ停止後圧力回復が小さい場合の測定例	14
表-8	有効測定範囲	15
図-6	掘削影響領域判定図	17
図-7	ボアホールテレビ観察結果と真空透気試験結果の比較	20
図-8	真空透気試験追加位置	22

## 1. 業務概要

### 1.1 目的

岩盤に坑道を掘削すると、その影響で周辺岩盤には様々な変化が生じる。なかでも壁面近傍では、発破による振動や掘削後の応力再配分によって既存亀裂が開口したり新たな亀裂が生じることで、岩盤の力学特性や水理特性が変化する。

本業務は、岐阜県土岐市東濃鉦山北延NATM坑道において、真空透気試験により坑道周辺岩盤の透気性分布を求め、亀裂状況の変化を透気性という指標で評価することによって、掘削による上記の影響が及ぶ範囲（掘削影響領域）を特定することを目的とする。

### 1.2 内容

北延NATM坑道の発破掘削区間と機械掘削区間に削孔された4本の試錐孔にて真空透気試験を実施した。その結果より、定常法及び非定常法によって透気係数の算定を行い、透気係数の分布から試錐孔近傍岩盤の、坑道掘削によって生じた掘削影響領域を評価した。

### 1.3 実績数量

測定は4本の試錐孔それぞれにおいて20点/孔以上実施することとした。表-1に実績数量一覧を示す。

表-1 実績数量一覧

試錐孔	岩質	掘削方法	孔長(m)	測定深度(m)	測定点数
BVP-1	粗粒砂岩主体	発破掘削	5.49m	0.20m～4.95m	20点
BVP-2	細粒砂岩主体	発破掘削	5.57m	0.20m～5.00m	21点
MVP-1	粗粒砂岩主体	機械掘削	5.02m	0.20m～4.40m	20点
MVP-2	細粒砂岩主体	機械掘削	5.55m	0.10m～5.00m	24点

注) 孔長とは吹付けコンクリート表面から孔底までの長さ

### 1.4 測定位置

測定位置の概略を図-1に示す。

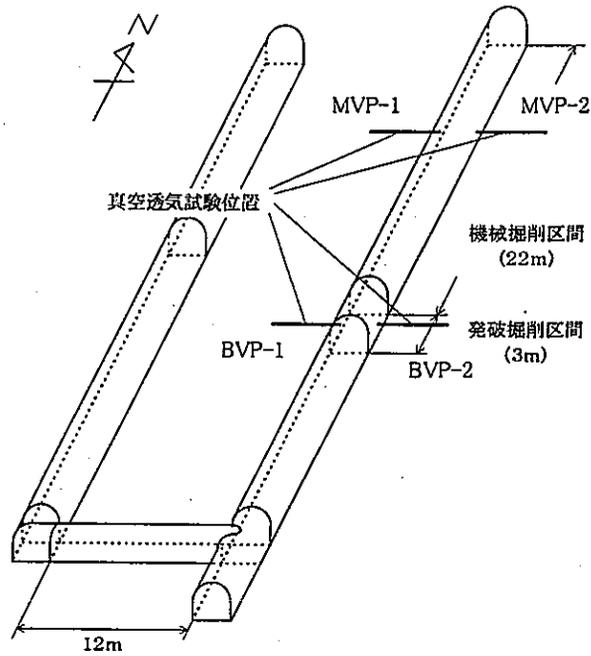


図-1 測定位置概略

### 1.5 実施工程

原位置における測定は平成9年9月1日～平成9年9月5日の期間で実施した。以下に実績工程表を示す。

表-2 実績工程表

		平成9年9月									
		1 (月)		2 (火)		3 (水)		4 (木)		5 (金)	
		午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後	午前	午後
保安教育											
資材搬入・設置											
測定	BVP-1孔										
	BVP-2孔										
	MVP-1孔										
	MVP-2孔										
撤収・資材搬出											

## 2. 測定方法

### 2.1 概要

真空透気試験の概要を図-2に示す。

この試験では、ダブルパッカーにより試錐孔内に設けた「測定区間」内の空気を真空ポンプにより排除する。吸引を続けて定常状態になった時点の測定区間圧力・吸引空気流量、並びにポンプ停止後の圧力回復特性は測定区間周辺岩盤の透気性に依存する。よってこれらのデータから岩盤の透気特性を算定することが可能である。

試錐孔に沿ってパッカーを移動させて透気特性分布を求め、これより試錐孔近傍岩盤の、坑道掘削によって生じた掘削影響領域を捉えようとするのが真空透気試験である。

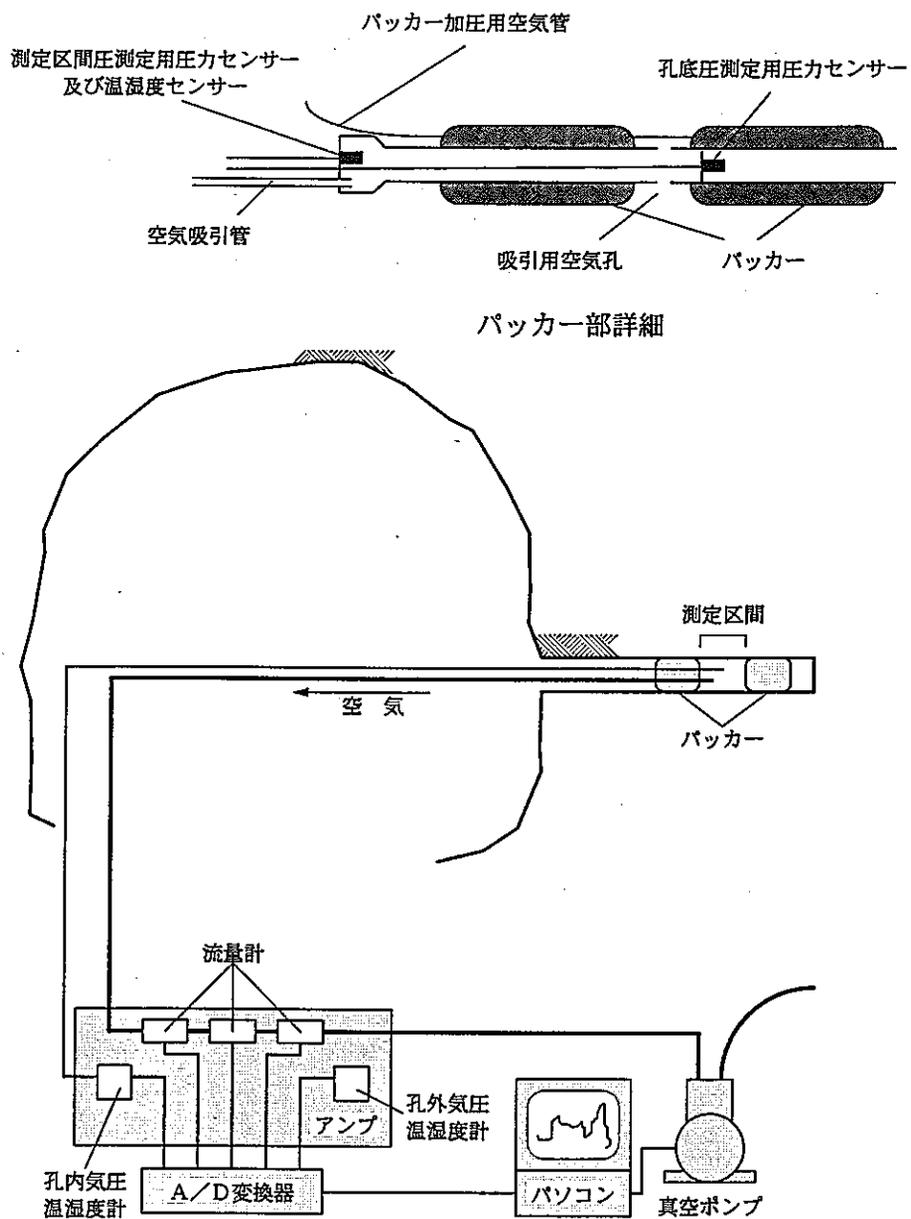


図-2 真空透気試験の概要

## 2.2 原位置における測定

### (1) 測定手順

以下に本試験の測定手順を述べる。

- ① 測定を実施する試錐孔にパッカー部を挿入し、所定の深度に設置する。パッカー部は2mの長さのアルミロッド先端に取り付けて挿入する。ロッド本数と残尺によって設置深度を確認する。
- ② 圧縮空気によりパッカーを膨張させ測定区間を密閉する。パッカー圧は1.5MPa程度とする。
- ③ 真空ポンプを起動し、測定区間から空気を吸引する。この後連続的に吸引空気流量、測定部圧力を計測する。
- ④ 流量、圧力が定常状態に達したことを事業団と協議の上決定する。このときの吸引空気流量と測定区間内圧力から固有透過度を計算する（定常法、p6式(1)）。
- ⑤ 定常状態確認後真空ポンプを停止し、同時に流量計手前のバルブを閉じ流路を遮断する。
- ⑥ 徐々に圧力が回復する。計測を継続し、データを記録する。このときの圧力回復特性から、固有透過度を計算する（非定常法、p6式(2)、p7式(3)）。圧力回復が早い場合には数秒で大気圧まで回復するのでその時点で計測を終了するが、圧力回復が遅い場合には大気圧まで回復しなくても5分程度で計測を終了する。
- ⑦ 流路を解放すると共にパッカーを減圧し次の測定位置までパッカー部を移動する。
- ⑧ 2～7を繰り返す。
- ⑨ 掘削影響の判断が可能な点数の測定を終えたら試錐孔を変えて測定を繰り返す。

## (2) 使用機器及び材料

真空透気試験装置は孔内に挿入するパッカー部、計測を行う計器部、及びデータを取り込み解析・表示するパソコン部から構成される。表-3に一覧を示す。

表-3 真空透気試験装置 主要資機材一覧

名 称	型 式	仕 様	制 作	数 量	
パッカー部	パッカー	TT-12B	エレメント長：38mm 最大差圧：2.5MPa	(株)NLC	2個
	シーリング材		軟質ゴム	TAM	一式
	圧力計	PD106	定格圧力：0.11MPa(絶対圧) 精度：±0.02%R0	豊田工機(株)	2個
	温湿度計	THT-B120	温度範囲：-10～60℃ 温度精度：±0.5℃ 湿度範囲：20～95%RH 湿度精度：±3%RH	(株)第一科学	1個
	測定区間長		30cm		
計器部	流量計	MF3-2014	範囲：2～100 L/min 精度：±1%FS	日本特殊計器製作所(株)	1個
		MF3-515	範囲：0.2～10 L/min 精度：±1%FS	日本特殊計器製作所(株)	1個
		MF3-315	範囲：0.02～1 L/min 精度：±1%FS	日本特殊計器製作所(株)	1個
	温湿度計	THT-SW	温度範囲：0～50℃ 温度精度：±0.5℃ 湿度範囲：20～95%RH 湿度精度：±3%RH	(株)第一科学	1個
	真空ポンプ	GLD-050	出力：200W(100V) 到達圧力：0.067Pa	真空機工(株)	1台
	表示・操作装置		計測値表示 バルブ操作(手動/自動/リモト)	北斗理研(株)	1台
パソコン部	ADボード	DAQ-Card120	アナログ：8ch(12bit) デジタル：3ポート(8bit)	(株)NI	1個
	記録ソフト		OS：Windows95 開発言語：LabView サンプリング間隔：0.05sec	サンココンサルtant(株)	1個

### 2.3 測定位置

発破掘削区間に掘削された2本の試錐孔（長さ約5m、径76mm）及び機械掘削区間に掘削された2本の試錐孔（長さ約5m、径76mm）、計4本（p2図-1参照）について調査を行った。

各孔における測定区間の配置は表-4示す通り、坑道壁面付近に密に配置した。

なお、付録-2に各孔の地質柱状図を付す。

表-4 測定区間深度一覧

BVP-1		BVP-2		MVP-1		MVP-2	
孔長 5.49 m		孔長 5.57 m		孔長 5.02 m		孔長 5.55 m	
測定区間深度	中心	測定区間深度	中心	測定区間深度	中心	測定区間深度	中心
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
0.15 ~ 0.45	0.30	0.20 ~ 0.50	0.35	0.20 ~ 0.50	0.35	0.10 ~ 0.40	0.25
0.20 ~ 0.50	0.35	0.30 ~ 0.60	0.45	0.25 ~ 0.55	0.40	0.15 ~ 0.45	0.30
0.25 ~ 0.55	0.40	0.35 ~ 0.65	0.50	0.30 ~ 0.60	0.45	0.20 ~ 0.50	0.35
0.30 ~ 0.60	0.45	0.40 ~ 0.70	0.55	0.40 ~ 0.70	0.55	0.30 ~ 0.60	0.45
0.40 ~ 0.70	0.55	0.50 ~ 0.80	0.65	0.50 ~ 0.80	0.65	0.40 ~ 0.70	0.55
0.50 ~ 0.80	0.65	0.80 ~ 1.10	0.95	0.60 ~ 0.90	0.75	0.50 ~ 0.80	0.65
0.80 ~ 1.10	0.95	1.10 ~ 1.40	1.25	0.70 ~ 1.00	0.85	0.60 ~ 0.90	0.75
1.10 ~ 1.40	1.25	1.40 ~ 1.70	1.55	0.80 ~ 1.10	0.95	0.80 ~ 1.10	0.95
1.40 ~ 1.70	1.55	1.70 ~ 2.00	1.85	0.90 ~ 1.20	1.05	0.90 ~ 1.20	1.05
1.70 ~ 2.00	1.85	2.00 ~ 2.30	2.15	1.10 ~ 1.40	1.25	1.10 ~ 1.40	1.25
2.00 ~ 2.30	2.15	2.30 ~ 2.60	2.45	1.40 ~ 1.70	1.55	1.20 ~ 1.50	1.35
2.30 ~ 2.60	2.45	2.45 ~ 2.75	2.60	1.70 ~ 2.00	1.85	1.40 ~ 1.70	1.55
2.60 ~ 2.90	2.75	2.75 ~ 3.05	2.90	2.00 ~ 2.30	2.15	1.40 ~ 1.70	1.55
2.90 ~ 3.20	3.05	2.90 ~ 3.20	3.05	2.30 ~ 2.60	2.45	1.70 ~ 2.00	1.85
3.20 ~ 3.50	3.35	3.05 ~ 3.35	3.20	2.60 ~ 2.90	2.75	2.00 ~ 2.30	2.15
3.50 ~ 3.80	3.65	3.20 ~ 3.50	3.35	2.90 ~ 3.20	3.05	2.30 ~ 2.60	2.45
3.80 ~ 4.10	3.95	3.50 ~ 3.80	3.65	3.20 ~ 3.50	3.35	2.60 ~ 2.90	2.75
4.10 ~ 4.40	4.25	3.80 ~ 4.10	3.95	3.50 ~ 3.80	3.65	2.90 ~ 3.20	3.05
4.40 ~ 4.70	4.55	4.10 ~ 4.40	4.25	3.80 ~ 4.10	3.95	3.20 ~ 3.50	3.35
4.65 ~ 4.95	4.80	4.40 ~ 4.70	4.55	4.10 ~ 4.40	4.25	3.50 ~ 3.80	3.65
		4.70 ~ 5.00	4.85			3.80 ~ 4.10	3.95
						4.10 ~ 4.40	4.25
						4.40 ~ 4.70	4.55
						4.70 ~ 5.00	4.85
測定点数	20点	測定点数	21点	測定点数	20点	測定点数	24点

### 3. 解析方法

#### 3.1 概要

真空ポンプによる吸引を続けて定常状態が得られた時点の圧力、流量データから固有透過度を算定する手法を定常法といい、定常を確認してポンプを停止した後の圧力回復データから固有透過度を算定する手法を非定常法という。

固有透過度とは、流れる流体の種類に左右されない岩盤固有の透過係数のことである。固有透過度は以下の式に従って計算する。定常法と非定常法は互いに独立した固有透過度算定方法であるので、両者を比較することで試験の信頼性をチェックできる。

なお、詳細は参考文献(1)を参照されたい。

#### 3.2 計算方法

##### (1) 定常法

真空ポンプによって吸引を続けると、定常状態に達する。この時点の測定区間内圧力と吸引空気流量から式(1)に従って固有透過度を求める。

$$k_{ss} = \frac{\mu p_e Q_e}{2\pi(p_e^2 - p_i^2)} \left[ \frac{1}{r_{ie}} - \frac{1}{\sqrt{r_{ie}^2 + 4H^2}} \right] \quad (1)$$

ここに

$k_{ss}$  : 定常法で計算された固有透過度 (cm<sup>2</sup>)

$\mu$  : 空気の粘性係数 (Pa·s、ここでは25℃の空気の値 $1.8 \times 10^{-6}$  Pa·sを用いた<sup>2)</sup>)

$p_i$  : 定常状態での測定部圧力 (Pa)

$p_e$  : 外気圧 (Pa)

$Q_e$  : 定常状態での流量 (cm<sup>3</sup>/s)

$H$  : 測定区間中心の深度 (cm)

$r_{ie}$  : 測定区間の大きさを考慮した等価半径 (cm、固有透過度の計算では測定区間を球状の吸い込みと仮定する。この球の半径を等価半径と呼び、ここでは20cmを用いた)

##### (2) 非定常法

定常状態が得られた後に真空ポンプを停止して測定区間を密閉したときの圧力回復特性から式(2)、式(3)に従って固有透過度を求める。

$$k_{rr} = Sl \frac{\mu V}{4\pi p_e} \left[ \frac{1}{r_{ie}} - \frac{1}{\sqrt{r_{ie}^2 + 4H^2}} \right] \quad (2)$$

ここに

$k_{rr}$  : 非定常法で計算された固有透過度 (cm<sup>2</sup>)

$V$  : 測定部の容積 ( $\text{cm}^3$ , ここでは吸引管他の容積も考慮して  $2565\text{cm}^3$  を用いた)  
 $SI$  : ポンプ停止後の圧力回復特性を式 (3) の準定常式で近似したときの勾配  
 その他の変数は式 (1) での定義と同様である。

$$\ln\left(\frac{P_e + P_t}{P_e - P_t}\right) = SI \times t + C \quad (3)$$

$C$  : 定数

$t$  : 真空ポンプ停止時からの経過時間 (sec)

### (3) 固有透過度

固有透過度とは、流れる流体の性質に依存しない岩盤固有の透過特性であり、以下の式で定義される。

$$q_a = -\frac{k}{\eta_a} \nabla p_a \quad (4)$$

$q_a$  : 空気流量

$k$  : 固有透過度

$\eta_a$  : 空気の粘性係数

$p_a$  : 空気の圧力

透水係数は次式で定義される。

$$q_w = -K \frac{dh}{dx} = -\frac{K}{\rho_w g} \frac{dp_w}{dx} \quad (5)$$

$q_w$  : 水の流量

$K$  : 透水係数

$\rho_w$  : 水の密度

$g$  : 重力加速度

$p_w$  : 水の圧力

水の場合は式 (4) において添え字の  $a$  を  $w$  と考えればよく、これを式 (5) を比較すると式 (6) のように固有透過度  $k$  と透水係数  $K$  の関係がわかる。

$$K = \frac{\rho_w g}{\eta_w} k \quad (6)$$

$20^\circ\text{C}$  の水の動粘性係数  $\nu_w$  ( $\eta_w/\rho_w$ ) =  $1.004 \times 10^{-2} (\text{cm}^2/\text{s})$  と重力加速度  $g=980.7 (\text{cm}/\text{s}^2)$  を用いて<sup>2)</sup>計算したものが式 (7) である。常温 ( $20^\circ\text{C}$  程度) の水の透水係数  $K (\text{cm}/\text{s})$  は固有透過度  $k (\text{cm}^2)$  を  $10^5$  倍することによりを求めることができることがわかる。

$$K (\text{cm}/\text{s}) = \frac{980.7 (\text{cm}/\text{s}^2)}{1.004 \times 10^{-2} (\text{cm}^2/\text{s})} \times k (\text{cm}^2) = 0.9768 \times 10^5 \times k (\text{cm}^2) \quad (7)$$

## 4. 結果

### 4.1 測定時の試錐孔の状況

測定結果を記述する前に、測定時の試錐孔の状況を簡単にまとめる。

試錐孔はφ76mmで穿孔されているが、孔口部分はいずれもφ100mm程度に拡孔がなされ、拡孔部分は塩ビ管にて保護されていた（図-3参照）。

MVP-1孔、BVP-1孔の孔口部分は強度が低く、MVP-1孔では段落とし部分が摩耗して口径が広がっていた（図-3参照）。また両孔の孔壁は、その大部分を占める粗粒砂岩部分でマトリクスが洗い流され、高さ1~2mm程度の凹凸が存在した。

MVP-2孔、BVP-2孔はほぼ全長にわたって細粒砂岩であった。このため孔口部分はしっかりしていたが、孔奥でスレーキングによると思われる孔壁の崩壊が生じており、測定前にボーリングロッドにより孔ざらいを行なう必要があった。MVP-2孔、BVP-2孔では測定直前に孔ざらいを実施した。

なお、吹付けコンクリート表面から塩ビ管の先端までの長さ（拡孔部分の深さ）を表-5に示す。

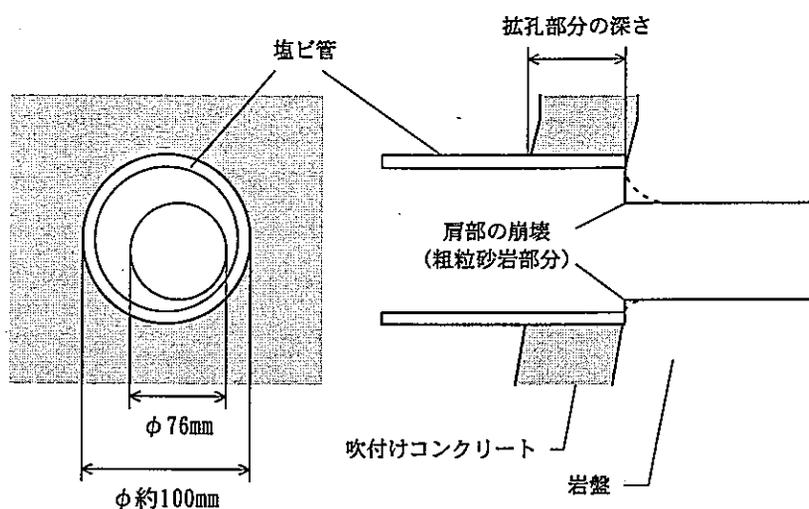


図-3 孔口部分の概要図

表-5 各孔の拡孔部分の深さ

	BVP-1	BVP-2	MVP-1	MVP-2
拡孔部分の深さ	5 cm	18 cm	12 cm	7 cm

## 4.2 測定結果

表-6、表-7に試験結果の一覧を、図-4に定常法と非定常法によって計算した固有透過度の各孔ごとの深度分布を示す。なお、深度は吹付けコンクリート表面からの深度を用いた。

なお、表-6には機器の正常な動作及び、計測限界を確認するために漏れのない鉄管内で実施した事前試験の結果も同時に示した。

表中、横線の箇所は、真空ポンプ停止後の圧力回復がほとんど認められなかったか回復が急激であったために、非定常法では固有透過度が計算できなかった区間である。また太字で示した箇所は、何らかの原因で測定中に孔底（ダブルバッカーで密閉した測定区間のさらに奥の部分、p3図-2参照）の圧力低下が認められた区間である。

また図-4中、棒グラフで示したものが定常法による計算結果、黒い四角で示したものが非定常法による計算結果である。非定常法の結果が示されていないところは、非定常法では固有透過度が計算できなかった区間である。グラフの左にコア観察から得た岩相柱状図を付記する。

表-6 真空透気試験結果一覧 (BVP-1孔、BVP-2孔)

BVP-1							BVP-2						
深度 (m)	$p_e$ (mmHg)	$p_i$ (mmHg)	$Q_e$ (cm <sup>3</sup> / min)	$SI$	固有透過度		深度 (m)	$p_e$ (mmHg)	$p_i$ (mmHg)	$Q_e$ (cm <sup>3</sup> / min)	$SI$	固有透過度	
					定常法 (cm <sup>3</sup> )	非定常法 (cm <sup>3</sup> )						定常法 (cm <sup>3</sup> )	非定常法 (cm <sup>3</sup> )
0.30	726	686	18850	3.432E+00	2.9E-09	4.5E-09	0.35	743	723	20210	4.972E+00	6.5E-09	6.7E-09
0.35	731	423	5596	1.412E-01	1.5E-10	1.9E-10	0.45	743	725	20210	1.895E+00	8.0E-09	2.8E-09
0.40	725	75	465	4.194E-03	8.8E-12	6.0E-12	0.50	744	520	7466	2.531E-01	2.8E-10	3.8E-10
0.45	725	13	36	2.248E-05	6.9E-13	3.3E-14	0.55	743	16	34	2.272E-05	6.8E-13	3.5E-14
0.55	729	17	39	5.299E-05	7.9E-13	8.2E-14	0.65	744	14	31	6.678E-06	6.3E-13	1.0E-14
0.65	733	12	29	4.807E-05	6.0E-13	7.7E-14	0.95	744	14	30	2.712E-06	6.5E-13	4.5E-15
0.95	730	32	99	9.140E-04	2.2E-12	1.5E-12	1.25	745	17	35	1.254E-04	7.8E-13	2.1E-13
1.25	729	20	59	3.779E-04	1.3E-12	6.6E-13	1.55	746	17	34	-----	7.7E-13	-----
1.55	730	25	69	7.450E-04	1.6E-12	1.3E-12	1.85	751	17	31	3.911E-05	7.1E-13	6.8E-14
1.85	731	13	30	9.847E-06	6.9E-13	1.8E-14	2.15	737	116	882	7.295E-03	2.1E-11	1.3E-11
2.15	727	12	29	1.361E-05	6.9E-13	2.5E-14	2.45	736	15	34	2.826E-05	7.9E-13	5.1E-14
2.45	733	16	31	6.617E-05	7.2E-13	1.2E-13	2.60	737	18	33	-----	7.8E-13	-----
2.75	737	10	29	-----	6.9E-13	-----	2.90	737	35	110	7.848E-04	2.6E-12	1.4E-12
3.05	735	12	25	2.059E-05	5.9E-13	3.7E-14	3.05	737	125	968	9.024E-03	2.3E-11	1.6E-11
3.35	735	13	33	4.932E-06	7.7E-13	9.0E-15	3.20	734	12	39	9.354E-06	9.1E-13	1.7E-14
3.65	733	14	32	2.455E-05	7.5E-13	4.5E-14	3.35	734	114	841	7.449E-03	2.0E-11	1.4E-11
3.95	734	10	28	3.122E-05	6.7E-13	5.7E-14	3.65	735	51	211	1.996E-03	5.0E-12	3.6E-12
4.25	736	10	28	2.655E-07	6.7E-13	4.9E-16	3.95	735	82	462	3.619E-03	1.1E-11	6.6E-12
4.55	731	10	25	8.155E-06	6.0E-13	1.5E-14	4.25	734	64	287	2.299E-03	6.9E-12	4.2E-12
4.80	747	12	23	2.378E-05	5.4E-13	4.3E-14	4.55	733	729	19970	3.499E+00	5.3E-08	6.4E-09
							4.85	732	19	34	2.943E-06	8.1E-13	5.4E-15
事前試験													
—	721	3	0	5.445E-05	4.0E-13	1.0E-13							

深度 : 測定区間(L=30cm)の中央位置       $Q_e$  : 定常状態の吸引空気流量  
 $p_e$  : 外気圧       $SI$  : 式(3)の勾配  
 $p_i$  : 定常状態の測定区間内圧力      ----- : 測定限界以下(以上)  
 太字 : 測定中孔底の圧力が低下した(奥のパッカーを通じて漏気が生じた)

表-7 真空透気試験結果一覧(MVP-1孔、MVP-2孔)

MVP-1							MVP-2						
深度 (m)	$p_e$ (mmHg)	$p_t$ (mmHg)	$Q_e$ (cm <sup>3</sup> / min)	$SI$	固有透過度		深度 (m)	$p_e$ (mmHg)	$p_t$ (mmHg)	$Q_e$ (cm <sup>3</sup> / min)	$SI$	固有透過度	
					定常法 (cm <sup>2</sup> )	非定常法 (cm <sup>2</sup> )						定常法 (cm <sup>2</sup> )	非定常法 (cm <sup>2</sup> )
0.35	733	347	4253	7.780E-02	9.7E-11	1.1E-10	0.25	732	728	20950	(-----)	2.6E-08	(-----)
0.40	731	15	37	-----	6.9E-13	-----	0.30	735	14	34	-----	5.6E-13	-----
0.45	744	17	35	1.747E-05	6.5E-13	2.5E-14	0.35	736	13	30	-----	5.3E-13	-----
0.55	741	14	31	2.380E-05	6.2E-13	3.6E-14	0.45	733	14	37	-----	7.1E-13	-----
0.65	738	13	34	-----	7.0E-13	-----	0.55	730	14	38	8.005E-06	7.6E-13	1.2E-14
0.75	742	14	32	1.633E-06	6.8E-13	2.6E-15	0.65	736	731	20210	(-----)	3.2E-08	(-----)
0.85	743	17	37	-----	7.9E-13	-----	0.75	729	17	38	-----	8.0E-13	-----
0.95	739	13	29	1.051E-05	6.4E-13	1.8E-14	0.95	735	36	144	1.401E-06	3.1E-12	2.4E-15
1.05	740	13	35	2.686E-06	7.7E-13	4.5E-15	1.05	730	16	49	4.754E-05	1.1E-12	8.1E-14
1.25	737	12	33	3.386E-05	7.3E-13	5.8E-14	1.25	731	30	93	1.344E-05	2.1E-12	2.3E-14
1.55	736	10	36	-----	8.2E-13	-----	1.35	734	457	6323	1.465E-01	2.3E-10	2.5E-10
1.85	737	13	30	-----	7.0E-13	-----	1.55	729	11	33	1.141E-05	7.5E-13	2.0E-14
2.15	736	16	38	-----	8.7E-13	-----	1.55	737	15	31	4.478E-05	7.0E-13	7.8E-14
2.45	741	14	34	5.433E-05	7.9E-13	9.7E-14	1.85	728	9	30	-----	6.9E-13	-----
2.75	737	23	68	5.687E-04	1.6E-12	1.0E-12	2.15	724	10	29	-----	6.8E-13	-----
3.05	733	15	33	-----	7.7E-13	-----	2.45	725	13	31	-----	7.4E-13	-----
3.35	734	11	29	-----	6.8E-13	-----	2.75	733	12	31	-----	7.2E-13	-----
3.65	735	17	32	2.903E-05	7.5E-13	5.3E-14	3.05	724	10	28	1.301E-05	6.7E-13	2.4E-14
3.95	735	11	33	-----	7.9E-13	-----	3.35	725	10	32	1.749E-05	7.7E-13	3.2E-14
4.25	733	17	37	1.121E-05	8.7E-13	2.1E-14	3.65	728	15	32	5.715E-06	7.7E-13	1.1E-14
							3.95	728	10	34	6.169E-06	8.1E-13	1.1E-14
							4.25	730	11	33	3.471E-05	7.8E-13	6.4E-14
							4.55	726	13	30	2.866E-05	7.3E-13	5.3E-14
							4.85	725	10	31	2.626E-06	7.4E-13	4.9E-15

深度 : 測定区間(L=30cm)の中央位置

$Q_e$  : 定常状態の吸引空気流量

$p_e$  : 外気圧

$SI$  : 式(3)の勾配

$p_t$  : 定常状態の測定区間内圧力

----- : 測定限界以下(以上)

太字 : 測定中孔底の圧力が低下した(奥のパッカーを通じて漏気が生じた)

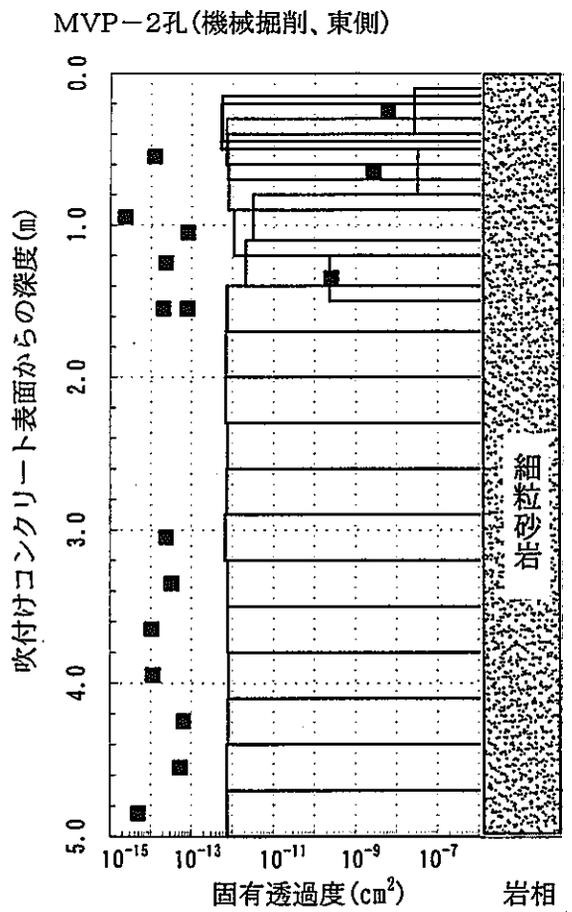
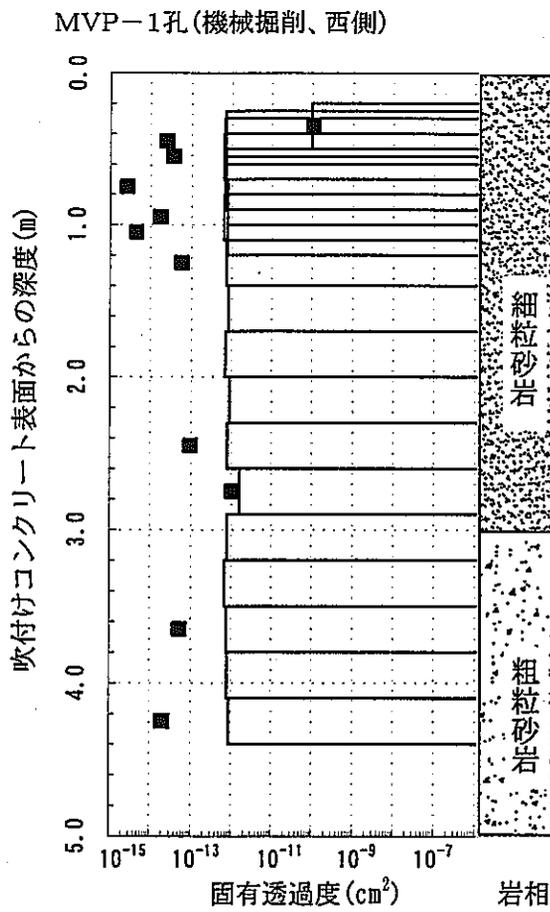
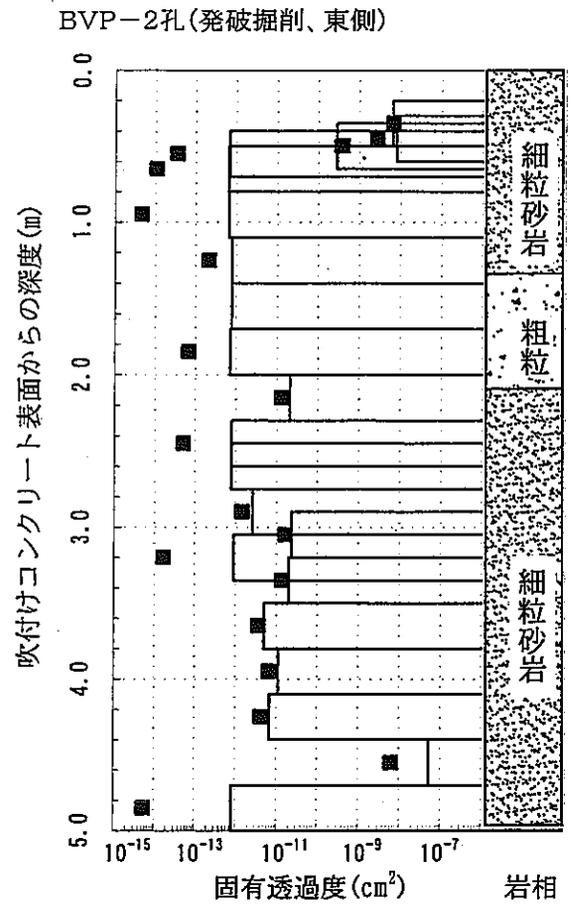
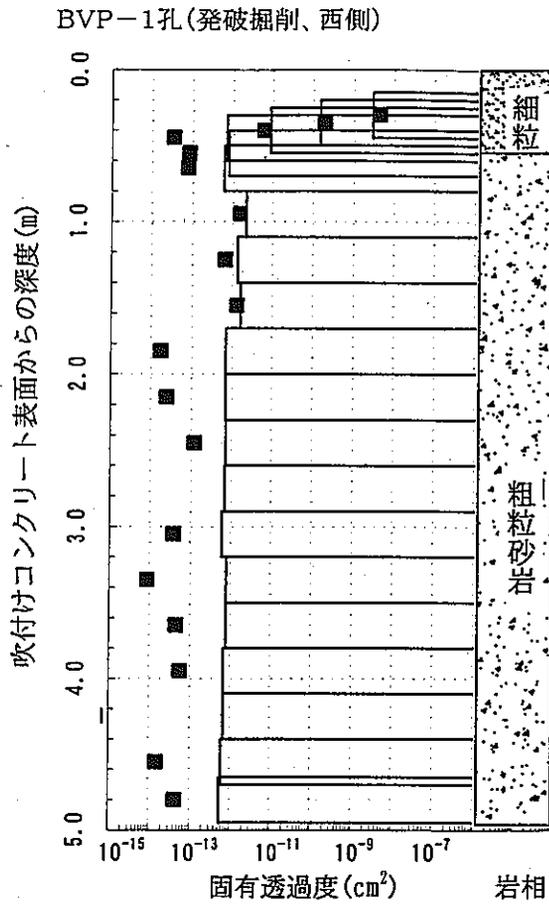


図-4 固有透過度深度分布

( : 定常法、 : 非定常法)

## 5. 考察

### 5.1 定常法と非定常法の比較

いずれの孔の測定結果も、固有透過度が $10^{-12}\text{cm}^2$ オーダー以上の場合には定常法、非定常法で計算された値がほぼ等しく、測定結果の信頼性は高いものと判断できる。しかしながら表-6、表-7を見ると、定常法で計算された固有透過度が $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーの場合には、非定常法では固有透過度が計算できないか、計算できても両者は異なる場合が多い。こういったケースでは真空ポンプ停止後、現実的な測定時間内（5分程度）では圧力の変化が極めて小さく、このため使用している圧力計の分解能のなかでは式(3)に示す勾配  $SI$  が正確に評価できない。図-5にその一例（MVP-1孔 深度0.75m）を示す。機器の正常な動作を確認するために漏れのない鉄管内で実施する事前試験の結果得られる固有透過度が $4 \times 10^{-13}\text{cm}^2$ 程度であることも考慮すると、定常法で $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーの固有透過度が計算された区間は周辺岩盤からの空気流入がない区間であると言って良く、非定常法で計算される $10^{-14}\text{cm}^2$ 以下の固有透過度の信頼性は低い。

よって以下の議論では定常法によって計算された固有透過度を用いる。

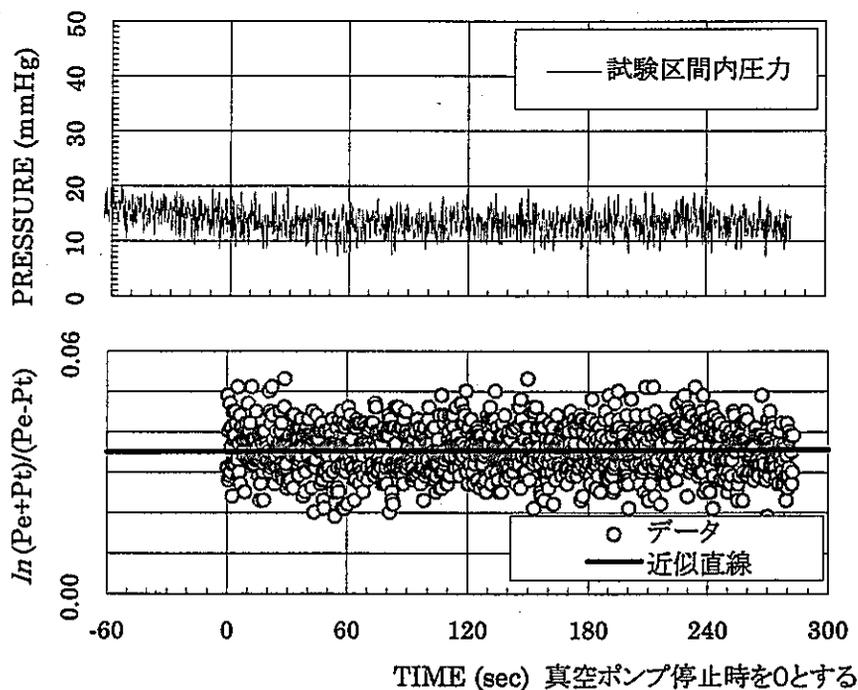


図-5 真空ポンプ停止後圧力回復が小さい場合の測定例

MVP-1孔 深度0.75m

$$k_{ss}(\text{定常法}) = 6.8 \times 10^{-13}(\text{cm}^2)$$

$$k_r(\text{非定常法}) = 2.6 \times 10^{-15}(\text{cm}^2)$$

## 5.2 孔口拡孔の影響

図-4の固有透過度分布を見ると、いずれの孔でも掘削影響領域は壁面近傍のごく狭い領域に限定されると判断できる。しかしながら、4.1節で述べたように各試錐孔孔口部分は拡孔がなされた上に孔壁状態が良くない。このため、得られた結果を評価するためには孔口近傍におけるパッカーのシール性を検討する必要がある。

孔口状態が比較的良好なMVP-2孔では、壁面から7cmまで拡孔されているが、15cmより奥では $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーの固有透過度が得られている。この事実は壁面の状態が良好ならば8cmの長さで十分なシールが可能であることを示している。

また吹付けコンクリート部分は測定自体が無意味であるので検討から除外する。

これらの基準をもとに有効測定範囲を決定した(表-8)。以下の検討ではこの有効測定範囲内のデータを使用する。

表-8 有効測定範囲

	BVP-1	BVP-2	MVP-1	MVP-2
拡孔部分の深さ (A)	5 cm	18 cm	12 cm	7 cm
A+8cm (B)	13 cm	26 cm	20 cm	15 cm
吹付けコンクリート厚さ (C)	28 cm	25 cm	12 cm	7 cm
有効測定範囲 (B、Cの大きい方より奥)	28cm より奥	26cm より奥	20cm より奥	15cm より奥

### 5.3 掘削影響領域の判定

図-6に各孔の深度0.5mまでの固有透過度分布を示す。固有透過度は有効測定範囲に含まれる定常法の結果のみを用いた。また、深度は掘削壁面からの深度とし、同時に前項で検討した有効測定範囲を示した。これより掘削影響領域を判定した。

#### (1) BVP-1孔（発破掘削、粗粒砂岩主体）

固有透過度は深度0.28m以深の有効測定範囲内ではほぼ $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーと、事前試験と同じ低レベルで一定している。この分布形態から判断すると、本孔近傍の掘削影響領域は無い。

#### (2) BVP-2孔（発破掘削、細粒砂岩主体）

固有透過度は深度0.4m以深はほぼ $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーと、事前試験と同じ低レベルで一定しているが、深度0.4mで固有透過度が2オーダー以上変化している。この分布形態から判断すると、本孔近傍の掘削影響領域は掘削壁面から0.15mの範囲である。

#### (3) MVP-1孔（機械掘削、粗粒砂岩主体）

固有透過度は深度0.25m以深はほぼ $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーと、事前試験と同じ低レベルで一定しているが、この深度より掘削壁面側では固有透過度が2オーダー以上変化している。しかしながら本試錐孔は段落とし部で肩部の崩壊が見られたことから、0.20m~0.25mの固有透過度が大きいのはシールが不完全だった可能性があり信頼性に欠ける。よって本孔近傍の掘削影響領域は掘削壁面から0.13m以内であると判断できる。

#### (4) MVP-2孔（機械掘削、細粒砂岩主体）

固有透過度は有効測定範囲である深度0.15m以深ではほぼ $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーと、事前試験と同じ低レベルで一定している。よって本孔近傍の掘削影響領域は掘削壁面から0.08m以内で、ほとんど無いと判断できる。

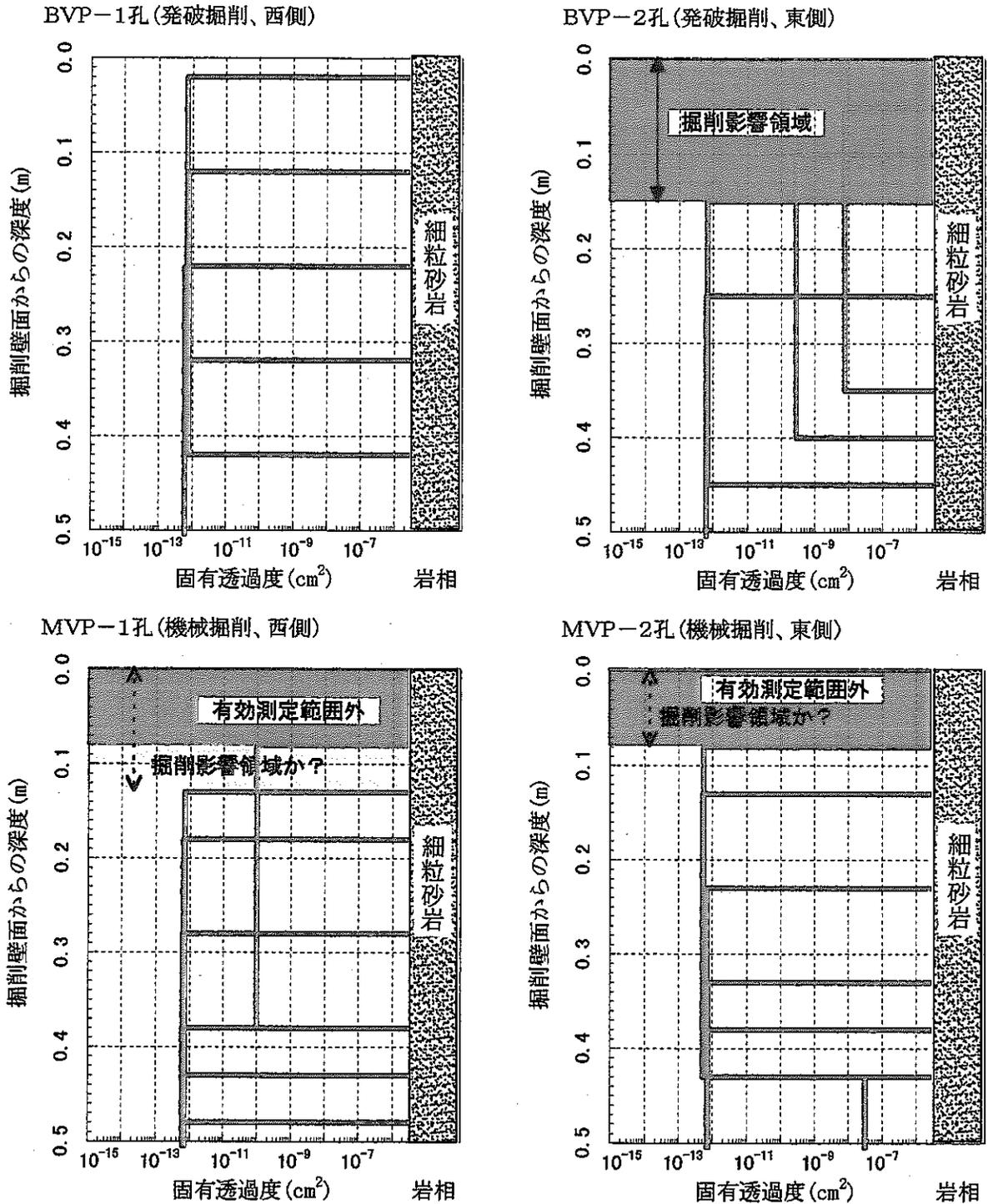


図-6 掘削影響領域判定図

- : 有効測定範囲外 (信頼性低い)
- ↑↓ : 確実な掘削影響領域
- ⋈⋈ : 掘削影響領域の判定不可能

## 5.4 ポアホールテレビ観察結果との比較

前節では真空透気試験の結果得られた固有透過度分布から各試錐孔周辺の掘削影響領域を評価した。これは掘削による壁面近傍の亀裂開口が岩盤の透気特性分布に影響を与えることに着目したものであり、透過度は亀裂開口幅の3乗に比例することから、真空透気試験は亀裂開口に対して非常に敏感な試験である。一方孔壁のポアホールテレビ観察では、解像度の問題はあつるものの、亀裂開口を直接観察することができるため亀裂の開口量や方向性を知ることができる。したがって真空透気試験結果をポアホールテレビ観察結果と比較することは、亀裂の状態や連結性など岩盤の状況をより詳細に理解するためには有効である。

今回真空透気試験を実施した4本の試錐孔では、ポアホールテレビ観察が実施された。このデータと真空透気試験結果を比較する。図-7は、ポアホールテレビ観察から得た開口亀裂の水平面内における分布である。図には各亀裂の傾斜、開口量を並記し、固有透過度分布を付した。なお、深度は掘削壁面からの深度とした。以下に、この図から読みとれる事項を列挙する。

### (1) BVP-1孔（発破掘削、粗粒砂岩主体）

- 深度5mまでは開口亀裂がなく固有透過度は低い値で一定している。
- 吹付けコンクリート表面から0.28mの位置に岩盤と吹付けコンクリートとの境界が観察された。この境界が測定区間にかかる場合には固有透過度が大きかった（表-6、図-4参照）。

### (2) BVP-2孔（発破掘削、細粒砂岩主体）

- 吹付けコンクリート表面から0.25mの位置に岩盤と吹付けコンクリートとの境界が観察された。
- 深度0.15m付近に開口亀裂が存在し固有透過度が大きい。この亀裂は孔奥で観察された亀裂群と異なる走向を示し、掘削面にほぼ並行している。この事実からもこれが発破掘削によって開口した亀裂と考えられる。
- 深度1.8m付近までは開口亀裂がなく固有透過度は低い。
- 深度2.0m付近では明瞭な開口亀裂は観察されなかったが固有透過度が大きく孔底圧も変化したことから、若干の透気性を有する亀裂の存在が類推される。
- 深度2.5m付近には開口幅1.4mmの亀裂が観察された。ここでも孔底圧が変化しており、深度2.0m付近に推定される亀裂、及び下記の深度3.2m付近の亀裂と連結すると考えられる。
- 奥側のパッカーが高角度の開口亀裂にかかる区間（深度2.8m付近、深度3.7m付近）では孔底圧が変化しており、シールが不十分であった。
- 深度3.1m付近では孔底圧が大きく変化し、深度4.2m付近では固有透過度が大きいことから、両位置にある亀裂は明らかに連続した透気経路を形成している。
- ポアホールテレビで観察された試錐孔壁面の亀裂の幅は、その位置における固有透過度とは相関しない。開口幅が0.5mmで固有透過度が $10^{-8}\text{cm}^2$ の場合（深度4.2m付近）がある一方、開口幅が1mm超でも固有透過度が $10^{-12}\text{cm}^2$ と低い場合（深度2.6m付近）もある。したがって、試錐孔表面の亀裂開口幅のみをもって亀裂の広がりや岩盤内部の状況を判断するのは危険であ

る。特に本地点の砂岩はスレーキングしやすく、亀裂と孔壁が作る隅角部が崩壊したことで見かけの開口幅が大きくなった可能性がある。

- なお、深度1.8m付近から奥で固有透過度がばらつくのは、この試錐孔近傍にすでに掘削されていた既存の試錐孔の影響があらわれている可能性がある。

### (3) MVP-1孔（機械掘削、粗粒砂岩主体）

- 深度0.2m付近に亀裂が存在するが、固有透過度は $10^{-13}\text{cm}^2$ オーダーと小さい。この亀裂はMVP-2孔深度2.0m～3.0mに見られる亀裂群と同様の走向傾斜を示すことから、導坑掘削前から存在した既存節理と考えられる。しかも掘削面からわずか20cm程度の位置にあるにもかかわらず、固有透過度が極めて小さいことは特筆すべき事実である。
- これ以深は開口亀裂がなく固有透過度は低い値で一定している。

### (4) MVP-2孔（機械掘削、細粒砂岩主体）

- 奥側のパッカーが窪みにかかる区間では、固有透過度が大きく孔底圧も変化している（深度0.8m付近）。
- 深度0.5m付近に開口幅1.4mmの亀裂が観察されたが固有透過度は $10^{-12}\text{cm}^2$ と大きくない。
- 全体的に亀裂が多いが同方向の亀裂のため透気経路がなく、固有透過度は一様に低い。

### (5) まとめ

- 固有透過度が大きい区間にはほぼ開口亀裂が存在すると考えて良いが、開口亀裂の存在が固有透過度の増大に直結するわけではない。すなわち単独で存在し透気経路を形づくらない開口亀裂が存在する。
- 粗粒砂岩主体の坑道西側（BVP-1孔、MVP-1孔）は亀裂がほとんどなく固有透過度分布も低い値で一定しており、一方細粒砂岩主体の坑道東側（BVP-2孔、MVP-2孔）は開口亀裂が多い。
- 発破掘削区間（BVP-2孔）では、掘削壁面から約15cmの位置に発破によって新たに開口亀裂が生じたものと考えられる。一方機械掘削区間（MVP-1孔）では、掘削壁面から約20cmの位置にある既存亀裂に影響を与えなかったと考えられる。このことから、機械掘削に比べて発破掘削は坑道周辺岩盤に与える影響が大きいと類推される。
- ポアホールテレビで観察された試錐孔壁面の亀裂の幅と、その位置における固有透過度とは相関しないことから、試錐孔表面の亀裂開口幅のみをもって亀裂の広がりや岩盤内部の状況を判断するのは危険である。特に本地点の砂岩はスレーキングしやすく、亀裂と孔壁が作る隅角部が崩壊したことで見かけの開口幅が大きくなった可能性がある。

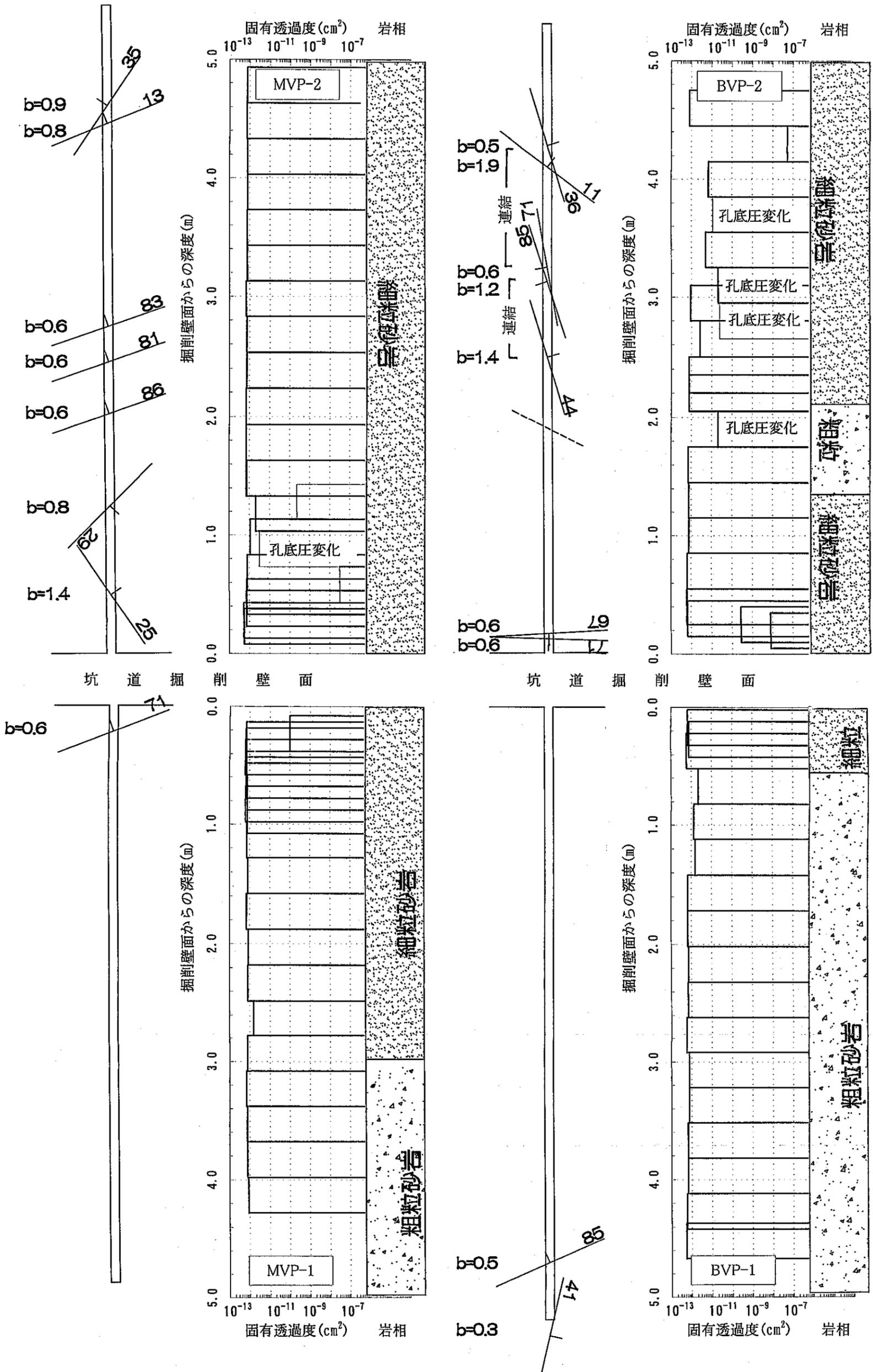


図-7 ボアホールテレビ観察結果と真空透気試験結果の比較

固有透過度：有効測定範囲外にあるデータは点線で示した。また、パッカーが高角度の亀裂や窪みに

かかり明らかにシールが不足していたものを細線で示した。

亀裂分布：各亀裂の横に傾斜を、左側に開口幅（b、単位：mm）をそれぞれ示した。

## 6. まとめ

本業務では、東濃鉱山北延NATM坑道において、発破掘削区間と機械掘削区間それぞれ2本の試錐孔で真空透気試験を実施した。その結果より、定常法及び非定常法によって坑道周辺の透気係数を算定し、その分布から試錐孔近傍岩盤の、坑道掘削による掘削影響領域を評価した。

掘削影響領域は以下のように判断された。

- BVP-1孔（発破掘削、粗粒砂岩主体）：無い
- BVP-2孔（発破掘削、細粒砂岩主体）：掘削壁面から0.15mの範囲
- MVP-1孔（機械掘削、粗粒砂岩主体）：掘削壁面から0.13m以内
- MVP-2孔（機械掘削、細粒砂岩主体）：掘削壁面から0.08m以内で、ほとんど無い

また、ボアホールテレビ観察、検層の結果と比較することで、以下の知見を得た。

- 固有透過度が大きい区間にはほぼ開口亀裂が存在すると考えて良いが、開口亀裂の存在が固有透過度の増大に直結するわけではない。すなわち単独で存在し透気経路を形づくらない開口亀裂が存在する。
- 粗粒砂岩主体の坑道西側（BVP-1孔、MVP-1孔）は亀裂がほとんどなく固有透過度分布も低い値で一定しており、一方細粒砂岩主体の坑道東側（BVP-2孔、MVP-2孔）は開口亀裂が多い。
- 発破掘削区間（BVP-2孔）では、掘削壁面から約15cmの位置に発破によって新たに開口亀裂が生じたものと考えられる。一方機械掘削区間（MVP-1孔）では、掘削壁面から約20cmの位置にある既存亀裂に影響を与えなかったと考えられる。このことから、機械掘削に比べて発破掘削は坑道周辺岩盤に与える影響が大きいと類推される。
- ボアホールテレビで観察された試錐孔壁面の亀裂の幅と、その位置における固有透過度とは相関しないことから、試錐孔表面の亀裂開口幅のみをもって亀裂の広がりや岩盤内部の状況を判断するのは危険である。特に本地点の砂岩はスレーキングしやすく、亀裂と孔壁が作る隅角部が崩壊したことで見かけの開口幅が大きくなった可能性がある。

## 7. 今後の課題

### 7.1 試験方法の改良

今回測定を実施した北延NATM坑道では、掘削影響領域は坑道壁面から40cm以下の範囲であった。真空透気試験は試錐孔内で測定区間を確実にシールする必要があるが、今回の試験では孔口部拡孔と孔壁状況の影響で壁面近傍ではシール性が悪かった。ところが孔壁がしっかりした場所では、8cmの長さがあれば確実なシールができるというデータもある。また現状の試験装置では壁面直近の数cmは測定できない。さらに奥部であっても、試錐孔に開口亀裂が高角度で交差する場所や孔壁に窪みが生じている場所にパッカーをかけた場合には、良好なシール性を確保できなかった。

上記の問題点を整理すると、以下の諸点の検討が必要と考えられる。

- 孔径の確保
- 孔壁の保持
- 壁面直近の測定方法開発
- 適切なシール長（パッカーエレメント長）の検討

### 7.2 掘削影響領域の分布

今回は発破掘削区間、機械掘削区間各々2本の水平孔にて測定を実施し、各区間の掘削影響領域を比較し、一定の成果を得た。しかしながら真空透気試験はあくまで試錐孔近傍岩盤を調査する試験であり、岩盤の局所的な不均一性を反映している懸念がある。この問題を解消し、さらに掘削影響領域の空間的な分布を把握するためにも、追加調査を実施することが望ましい。

以下に追加調査の概略を提案する。

- 横断面内の掘削影響領域分布を把握する  
発破掘削区間、機械掘削区間とも新たに天端、左右肩部に試錐孔を穿孔して真空透気試験を実施する。
- 縦断面内の掘削影響領域分布を把握する  
新たに天端に2~3mおきに試錐孔を穿孔して真空透気試験を実施する。  
なお各試錐孔の孔長は今回の試験結果を勘案し、3m程度とする。

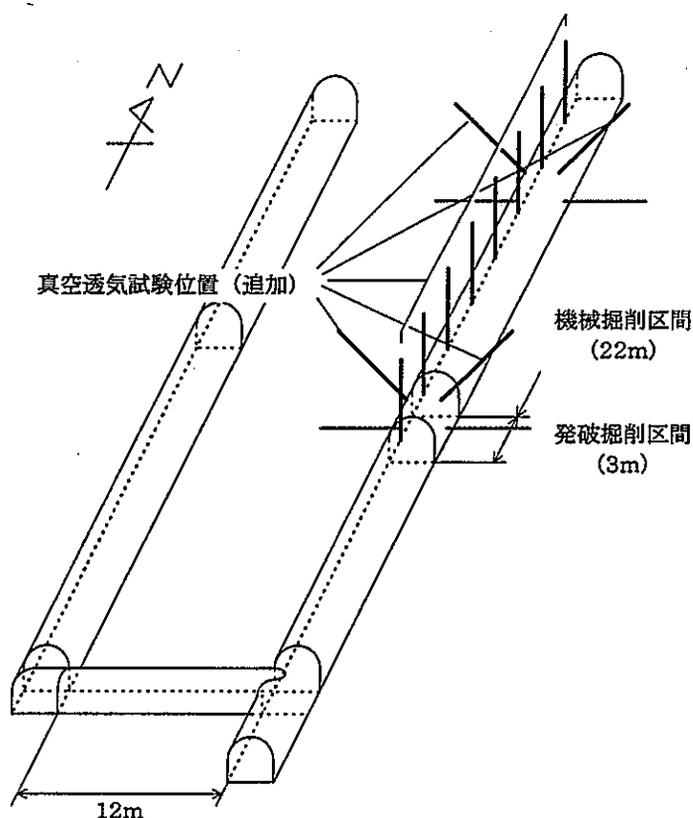


図-8 真空透気試験追加位置

### 7.3 他の掘削影響領域評価手法

真空透気試験は簡便であり、掘削による亀裂開口に極めて敏感に反応するため掘削影響領域調査には非常に有効である。しかしながら、試験で得られる物理定数は岩盤の透過特性の指標である固有透過度のみであり、他の物性値、特に設計に重大な影響を及ぼす掘削影響領域の岩盤強度ならびに変形特性は把握できない。

上記物性値を調査する試験方法は種々存在するが、前述のように本坑道の掘削影響領域は坑道壁面近傍の極めて狭い範囲であるため、適用可能な試験方法は自ずと限定される。たとえば孔内載荷試験は載荷部の一般的な長さが数10cmであるから、掘削影響領域のみの変形特性を正しく評価することはできない。

そこで以下に概要を記す試験を提案する。

#### • 詳細な地中変位測定を伴う平板載荷試験

坑道壁面に荷重を載荷したときの岩盤内の変位から、坑道近傍の変形係数分布を評価する。以下にその試験方法の一例を述べる。

- ① 真空透気試験を実施した試験孔に地中変位計を設置する（測定点は壁面近傍に密に設置する）。
- ② ジャッキにより坑道壁面に載荷する。
- ③ 理論計算、あるいはFEMを用いた逆解析により、各測定点間の変形係数を算定する。

## 謝辞

本業務を実施するにあたり、神戸大学工学部櫻井春輔教授ならびに神戸大学大学院自然科学研究科中山昭彦教授には様々な助言をいただきました。ここに深甚な謝意を表します。

## 参考文献

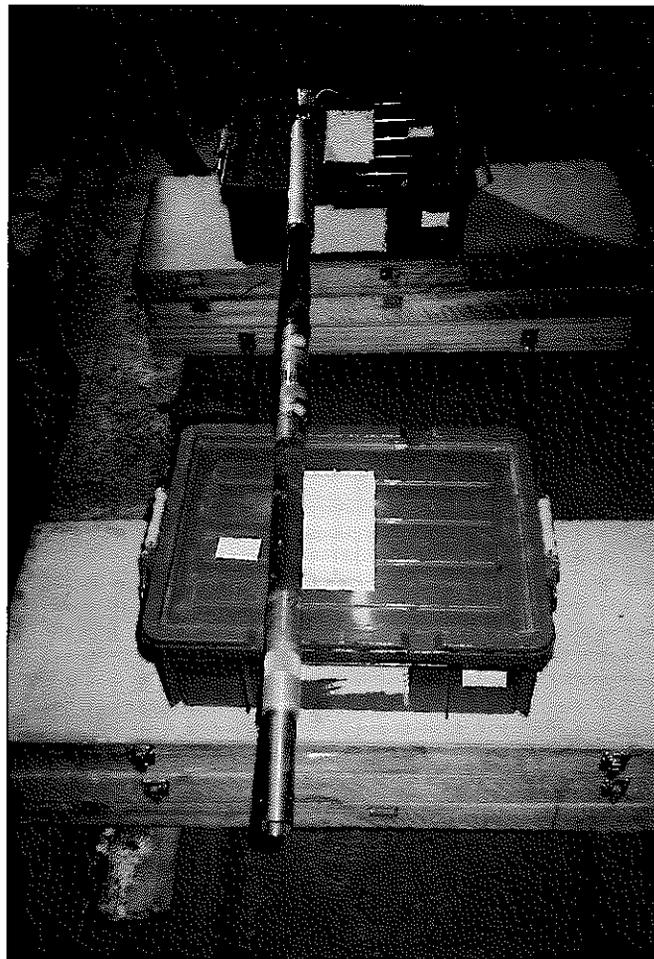
- 1) 中山昭彦、山田文孝、打田靖夫、川谷健、櫻井春輔、岩盤ゆるみ評価のための真空透気試験：土木学会論文集、No.575/Ⅲ-40、9-24、1997
- 2) 東京天文台編纂、理科年表(1997)：丸善、東京、1997

付録-1

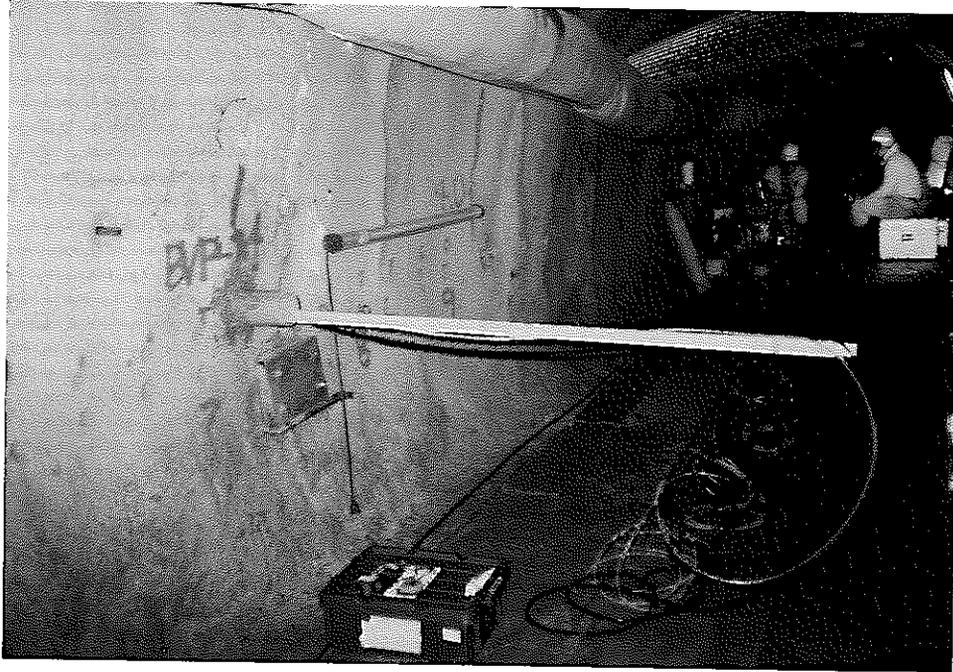
写真集



真空透気試験機器（アンプ部、パソコン部）



真空透気試験機器（パッカー部）



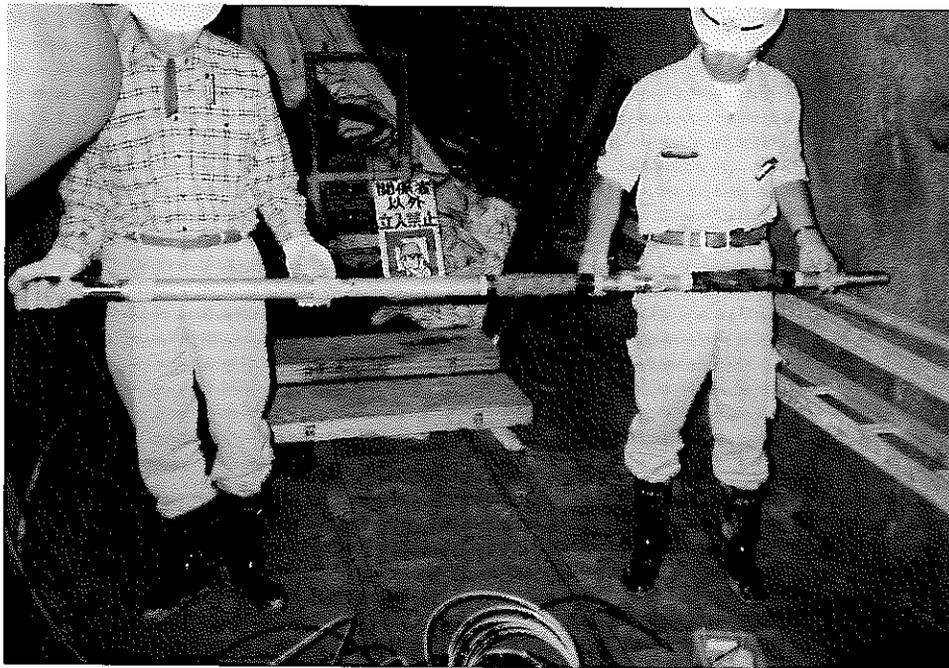
試験実施状況



試験実施状況



孔口部状況



試験終了後のパッカ一部

# 付録-2

## 地質柱状図

調査名	機械掘削影響試験			ボーリング孔名	BVP-1号孔
掘削深度	5 m	孔径	60 mm	調査位置	北延NATM坑道
深度	0m~5m	コア鑑定者	竹市	コア鑑定日	9年 12月 19日

深度 [m]	柱状図	色調	コア形状	R Q D (コア回収率)	風化	変質	割れ目					記載
							深度	角度 (°)	形状	変質	充填物	
0	細粒砂岩	明緑灰	V	53			35	90	C			
1			I	(95)	100							
2	粗粒砂岩	明緑灰	I	(100)	93		96	90	P			
3			IV		47	90	P					
			I	(100)	50	70	P					
					54	90	P					
4	III	95	33	60	P							
	I	(100)	38	60	P							
			52	90	P							
5			I	100								
				(100)								

——— 自然割れ目  
 ~~~~~ ボーリング時の破損  
 ..... 不明

|      |          |       |         |         |          |
|------|----------|-------|---------|---------|----------|
| 調査名  | 機械掘削影響試験 |       | ボーリング孔名 | BVP-2号孔 |          |
| 掘削深度 | 5.5m     | 孔径    | 60 mm   | 調査位置    | 北延NATM坑道 |
| 深度   | 0~5m     | コア鑑定者 | 喜多      | コア鑑定日   | 9年10月1日  |

| 深度<br>(m) | 柱状図  | 色調  | コア形状 | RQD<br>(コア回収率) | 風化 | 変質 | 割れ目 |           |    |    |     | 記載 |
|-----------|------|-----|------|----------------|----|----|-----|-----------|----|----|-----|----|
|           |      |     |      |                |    |    | 深度  | 角度<br>(°) | 形状 | 変質 | 充填物 |    |
| 0         | 細粒砂岩 | 明緑灰 | III  | 66             |    |    |     |           |    |    |     |    |
|           |      |     | V    |                |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 1         | 粗粒砂岩 | 明緑灰 | III  | (86)           |    |    |     |           |    |    |     |    |
|           |      |     | I    |                |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 2         | 粗粒砂岩 | 暗緑灰 | II   | 100            |    |    |     |           |    |    |     |    |
|           |      |     | III  | (100)          |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 3         | 細粒砂岩 | 暗緑灰 | II   | 100            |    |    |     |           |    |    |     |    |
|           |      |     | III  | (100)          |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 4         | 細粒砂岩 | 明緑灰 | II   | 100            |    |    |     |           |    |    |     |    |
|           |      |     | I    | (100)          |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 5         | 細粒砂岩 | 暗緑灰 | III  | 100            |    |    |     |           |    |    |     |    |
|           |      |     | I    |                |    |    |     |           |    |    |     |    |

|      |          |       |         |         |          |
|------|----------|-------|---------|---------|----------|
| 調査名  | 機械掘削影響試験 |       | ボーリング孔名 | BVP-2号孔 |          |
| 掘削深度 | 5.5m     | 孔径    | 60 mm   | 調査位置    | 北延NATM坑道 |
| 深度   | 0~5.5m   | コア鑑定者 | 喜多      | コア鑑定日   | 9年10月1日  |

| 深度<br>(m) | 柱状図  | 色調  | コア形状 | RQD<br>(コア回収率) | 風化 | 変質 | 割れ目 |           |    |    |     | 記載 |
|-----------|------|-----|------|----------------|----|----|-----|-----------|----|----|-----|----|
|           |      |     |      |                |    |    | 深度  | 角度<br>(°) | 形状 | 変質 | 充填物 |    |
| 5         | 細粒砂岩 | 明緑灰 | II   | 100            |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 6         |      |     |      | (100)          |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 7         |      |     |      |                |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 8         |      |     |      |                |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 9         |      |     |      |                |    |    |     |           |    |    |     |    |
| 10        |      |     |      |                |    |    |     |           |    |    |     |    |

|      |          |       |       |         |            |
|------|----------|-------|-------|---------|------------|
| 調査名  | 機械掘削影響試験 |       |       | ボーリング孔名 | MVP-1号孔    |
| 掘削深度 | 5 m      | 孔径    | 60 mm | 調査位置    | 北延NATM坑道   |
| 深度   | 0m~ 5m   | コア鑑定者 | 竹市    | コア鑑定日   | 9年 12月 19日 |

| 深度<br>(m) | 柱状図  | 色調  | コア形状 | R<br>Q<br>D<br>(コア<br>回収率) | 風化  | 変質 | 割れ目 |       |    |    |     | 記載 |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------|------|-----|------|----------------------------|-----|----|-----|-------|----|----|-----|----|----|------|-----|-----|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|------|-----|-----|-------|--|--|--|--|--|--|--|--|
|           |      |     |      |                            |     |    | 深度  | 角度(°) | 形状 | 変質 | 充填物 |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0         | 細粒砂岩 | 明緑灰 | V    | 50                         |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | VI   |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | II   |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    | (95) | 50  | 90  | C     |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | V    |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | 70  | 80  | P     |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | II   |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | 80  | 90  | P     |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | 1    |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     | III | 100   |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     | II  |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 23   | 90  | P   |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     | III |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 35   | 90  | P   |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     | 2   |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 粗粒砂岩 | 明緑灰 | I   | (100) |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     | III |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| III       | 60   | 90  |      | C                          |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| IV        | 65   | 90  |      | C                          |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| IV        | 77   | 90  |      | C                          |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| IV        | 81   | 90  |      | C                          |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3         |      |     |      | II                         | 100 |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | II   | 34                         |     |    |     |       |    |    |     |    |    | 80   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | II   | 66                         |     |    |     |       |    |    |     |    |    | 70   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | 4    |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | III |     | (100) |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | III | 17  |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 70   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | III | 23  |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 70   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | III | 29  |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 90   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | III | 33  |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 90   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | III | 38  |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 90   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     |      |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      | III | 43  |       |  |  |  |  |  |  |  |  | 90   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| III       | 51   | 90  |      |                            | P   |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| III       | 60   | 90  |      |                            | P   |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| III       | 66   | 90  |      |                            | P   |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5         |      |     | II   | (100)                      |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | II   |                            |     |    |     |       |    |    |     |    | 71 | 90   | P   |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |
|           |      |     | II   |                            |     |    |     |       |    |    |     |    |    |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |      |     |     |       |  |  |  |  |  |  |  |  |

——— 自然割れ目  
 - - - - - ボーリング時の破損  
 ..... 不明

|      |          |       |       |         |            |
|------|----------|-------|-------|---------|------------|
| 調査名  | 機械掘削影響試験 |       |       | ボーリング孔名 | MVP-2号孔    |
| 掘削深度 | 5.5 m    | 孔径    | 60 mm | 調査位置    | 北延NATM坑道   |
| 深度   | 0m~5m    | コア鑑定者 | 竹市    | コア鑑定日   | 9年 12月 19日 |

| 深度 [m] | 柱状図  | 色調  | コア形状  | RQD<br>(コア回収率) | 風化 | 変質 | 割れ目 |        |    |    |     | 記載                   |    |    |    |    |
|--------|------|-----|-------|----------------|----|----|-----|--------|----|----|-----|----------------------|----|----|----|----|
|        |      |     |       |                |    |    | 深度  | 角度 (°) | 形状 | 変質 | 充填物 |                      |    |    |    |    |
| 0      | 細粒砂岩 | 明緑灰 | I     | 100            |    |    |     |        |    |    |     | 10 松ヤニ               |    |    |    |    |
| (100)  |      |     |       | 54             |    |    |     |        |    |    |     |                      | 30 | P  |    |    |
| 1      |      |     | II    | 100            |    |    |     |        |    |    |     |                      | 15 | 30 | P  |    |
|        |      |     |       | (100)          |    |    |     |        |    |    |     |                      | 34 | 40 | P  |    |
| 2      |      | I   | 100   | 65             |    |    |     |        |    |    |     |                      | 20 | P  |    |    |
|        |      |     | (100) | 04             |    |    |     |        |    |    |     |                      | 30 | P  |    |    |
| 3      |      | I   | 100   | 95             |    |    |     |        |    |    |     |                      | 65 | 30 | P  |    |
|        |      |     | (100) |                |    |    |     |        |    |    |     |                      |    |    |    | 70 |
| 4      |      | 暗緑灰 | II    | (100)          |    |    |     |        |    |    |     |                      | 95 | 65 | 30 | P  |
|        |      |     |       | (100)          |    |    |     |        |    |    |     |                      |    |    |    |    |
| 5      |      |     | II    | (100)          |    |    |     |        |    |    |     | スリッケンサイド<br>70~80縦亀裂 |    |    |    |    |
|        |      |     |       |                |    |    |     |        |    |    |     | スリッケンサイド             |    |    |    |    |

——— 自然割れ目  
 ~~~~~ ボーリング時の破損  
 ..... 不明

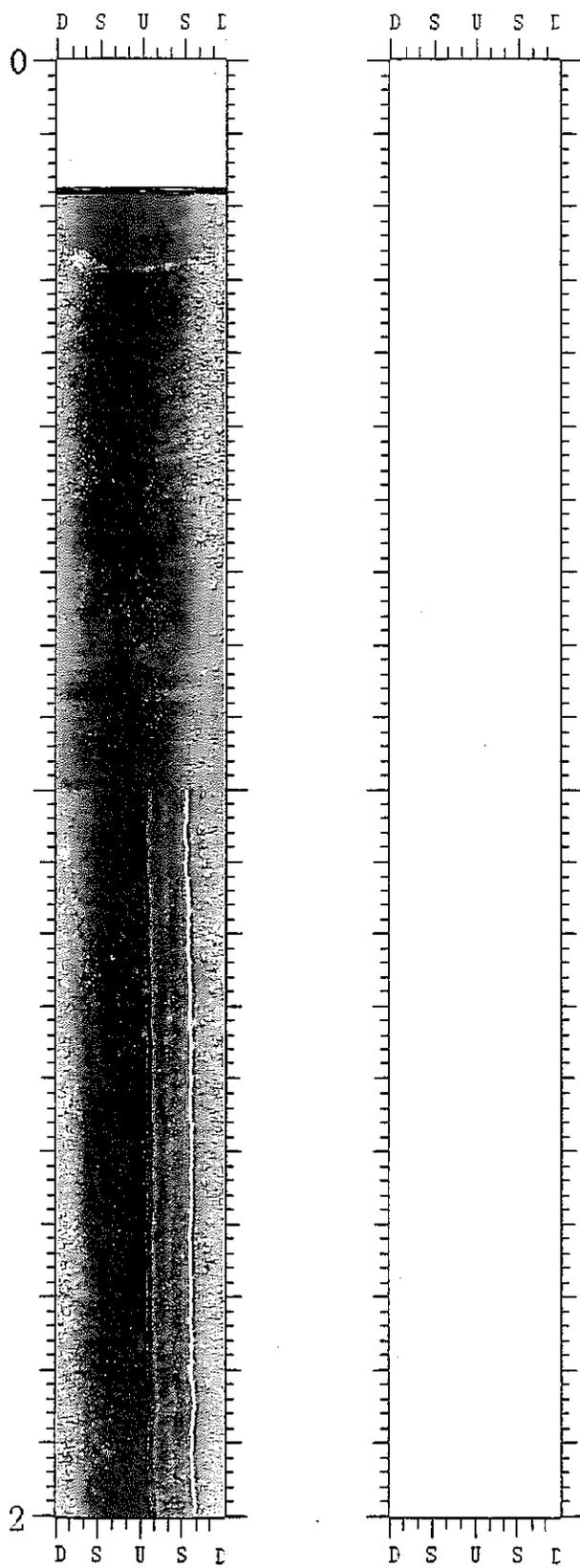
|      |          |       |       |         |            |
|------|----------|-------|-------|---------|------------|
| 調査名  | 機械掘削影響試験 |       |       | ボーリング孔名 | MVP-2号孔    |
| 掘削深度 | 5.5 m    | 孔径    | 60 mm | 調査位置    | 北延NATM坑道   |
| 深度   | 5m~5.5m  | コア鑑定者 | 竹市    | コア鑑定日   | 9年 12月 19日 |

| 深度<br>[m] | 柱状図  | 色調  | コア形状 | R<br>Q<br>D<br>(コア<br>回収率) | 風化 | 変質 | 割れ目 |           |    |    |     | 記 載      |
|-----------|------|-----|------|----------------------------|----|----|-----|-----------|----|----|-----|----------|
|           |      |     |      |                            |    |    | 深度  | 角度<br>(°) | 形状 | 変質 | 充填物 |          |
| 5         | 細粒砂岩 | 暗緑灰 | II   | 100                        |    |    | 22  | 30        | P  |    |     | スリッケンサイド |
| 6         |      |     |      | (100)                      |    |    |     |           |    |    |     |          |

- 自然割れ目
- ~~~~ ボーリング時の破損
- ..... 不明

## 付録-3

# ボアホールテレビ 観察結果



(縮尺: 1/10)

☒ 一 孔内観測図

0.16m 観測管径

1.00m 坑観測による距離の長さ目

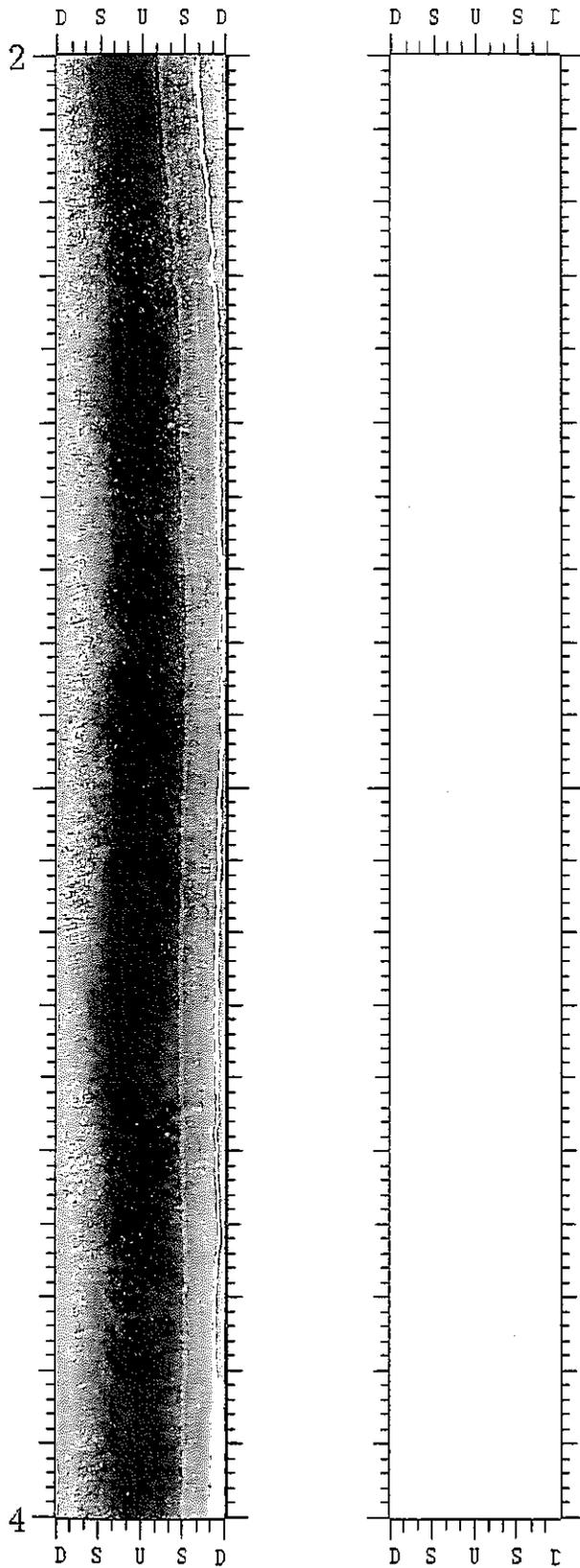
件名: 東濃鉾山

孔番: BVP-1

深度: 0 m ~ 2 m

岩種: -

記事: -



1 98m - 2 21m LI N44W26N  
 ※ モルタルと思われる

2 35m - 2 56m LI N09E26E  
 ※ モルタルと思われる

(縮尺: 1/10)

図 一 孔内観測図

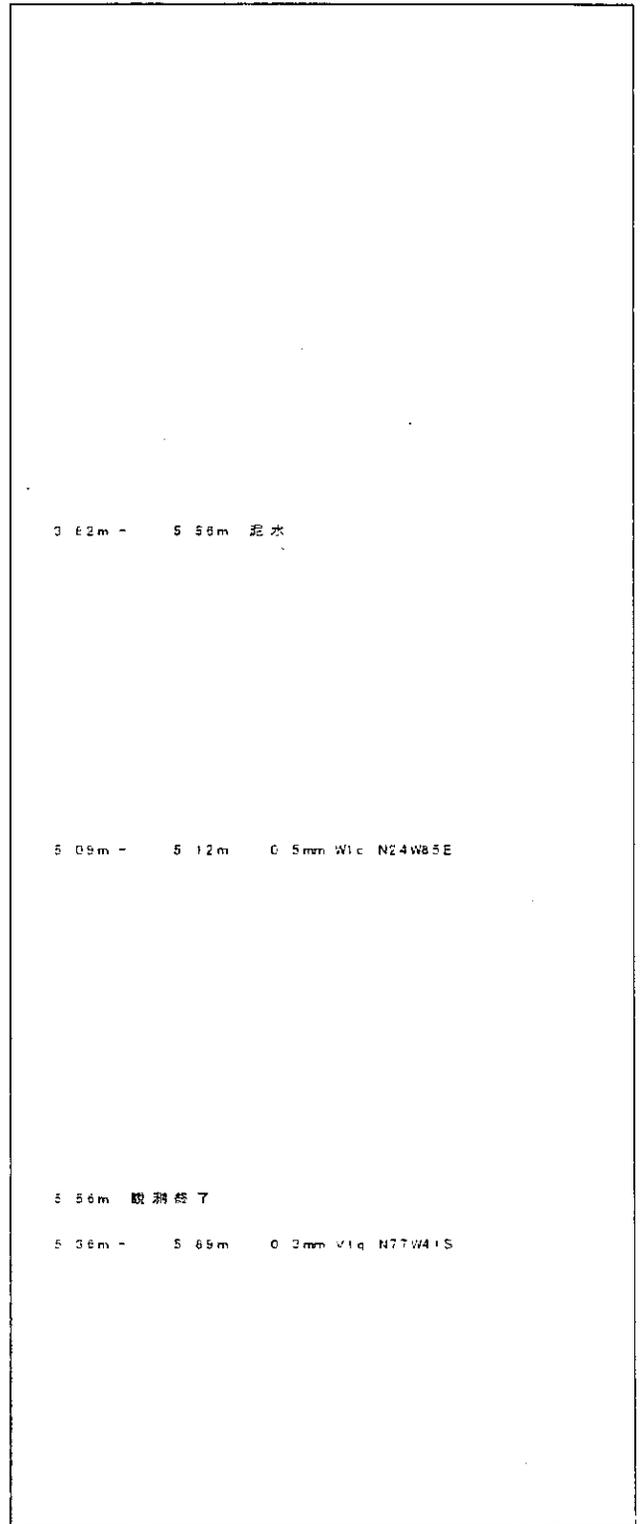
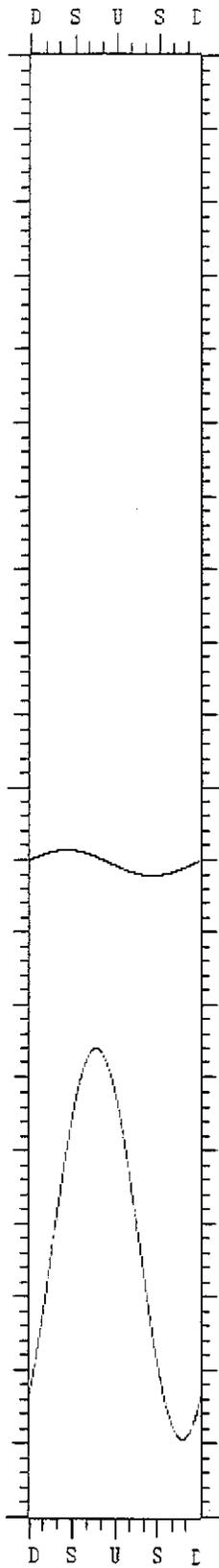
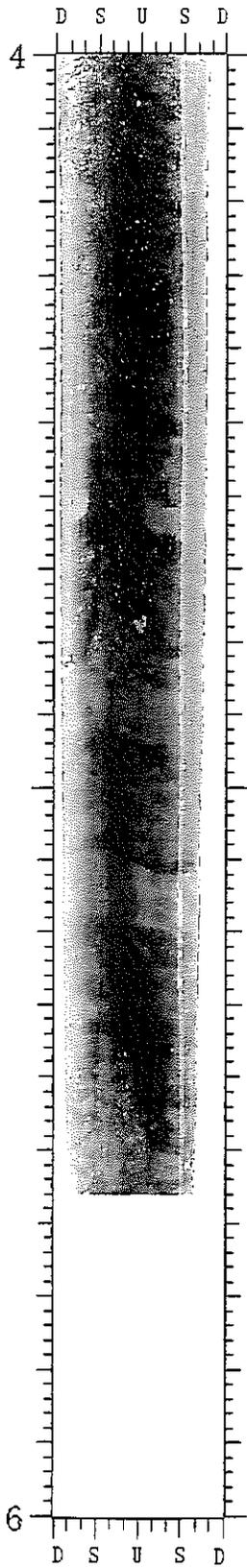
件名: 東濃鉦山

孔番: BVP-1

深度: 2 m ~ 4 m

岩種: -

記事: -



3.62m - 5.56m 泥水

5.09m - 5.12m 0.5mm Wic N24W85E

5.56m 取割終了

5.96m - 5.99m 0.3mm V1q N77W41S

(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図

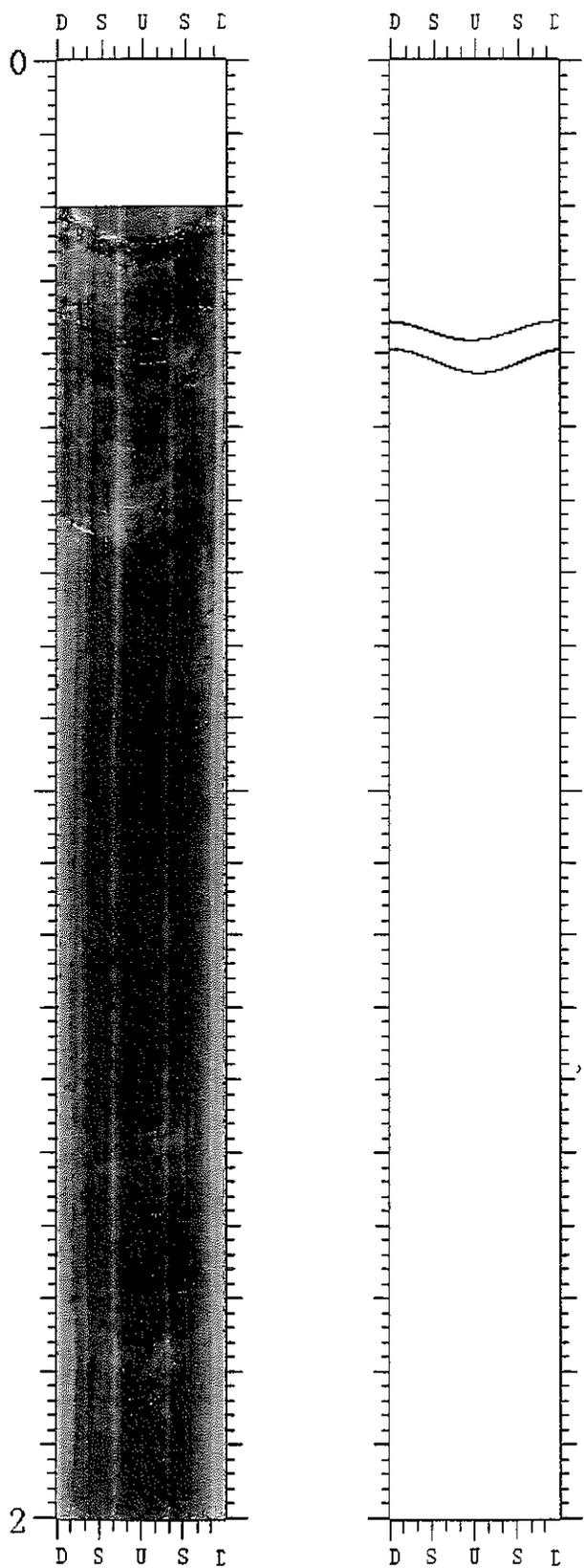
件名: 東濃鉦山

孔番: BVP-1

深度: 4 m ~ 6 m

岩種: -

記事: -



(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図

G 20m 観測開始

G 36m - G 38m G 6mm W2f N 2E71W

G 40m - G 43m G 6mm W2f N 3W67W

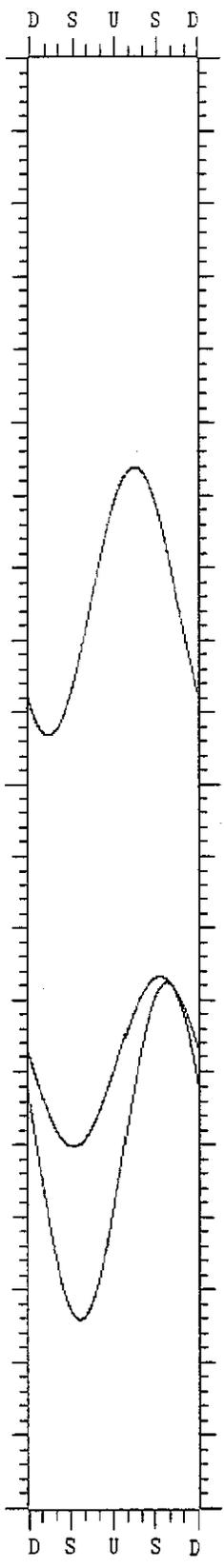
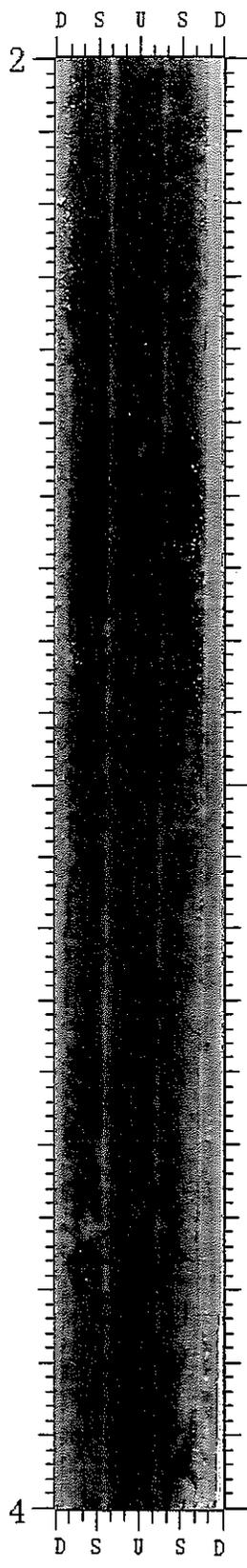
件名: 東濃鉾山

孔番: BVP-2

深度: 0 m ~ 2 m

岩種: -

記事: -



|         |       |                   |
|---------|-------|-------------------|
| 2.58m - | 2.93m | 1.4mm W2f N73E44S |
| 3.27m - | 3.50m | 1.2mm W2f N72E85N |
| 3.27m - | 3.74m | 0.6mm W2f N86E71N |

(縮尺: 1/10)

☒ 一 孔内観測図

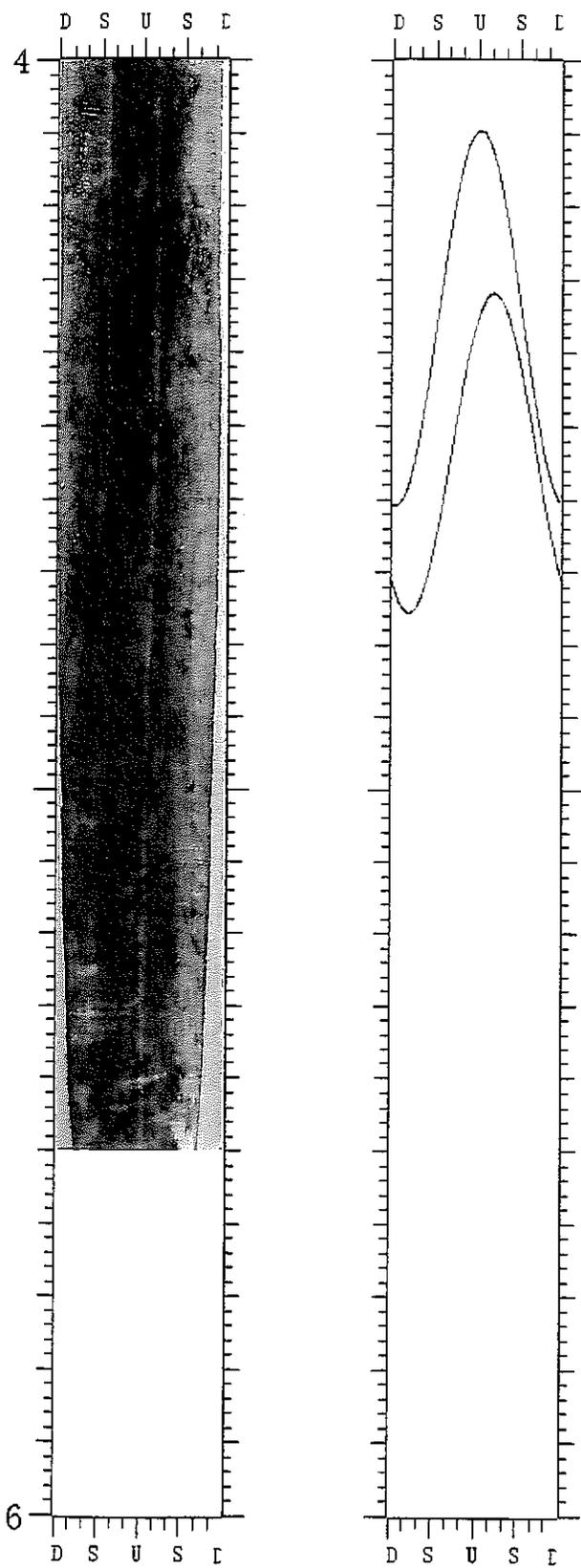
件名: 東濃鉦山

孔番: BVP-2

深度: 2 m ~ 4 m

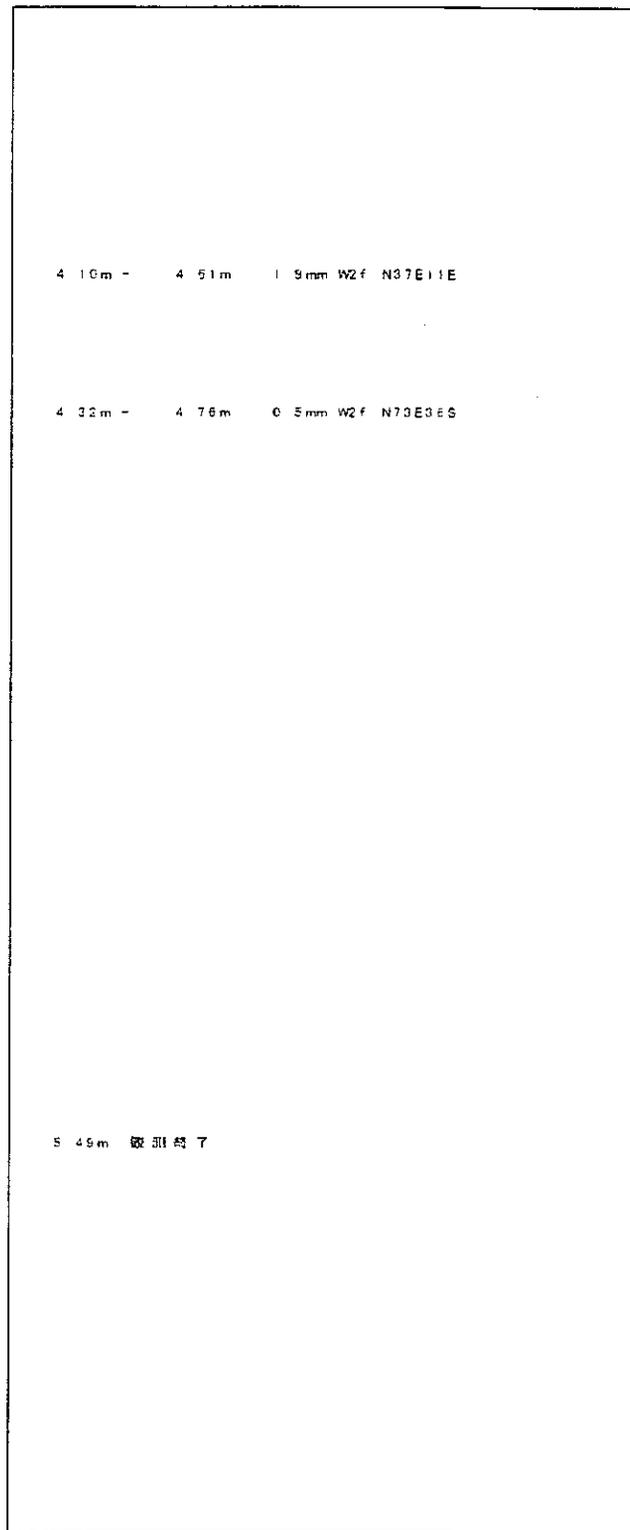
岩種: -

記事: -



(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図



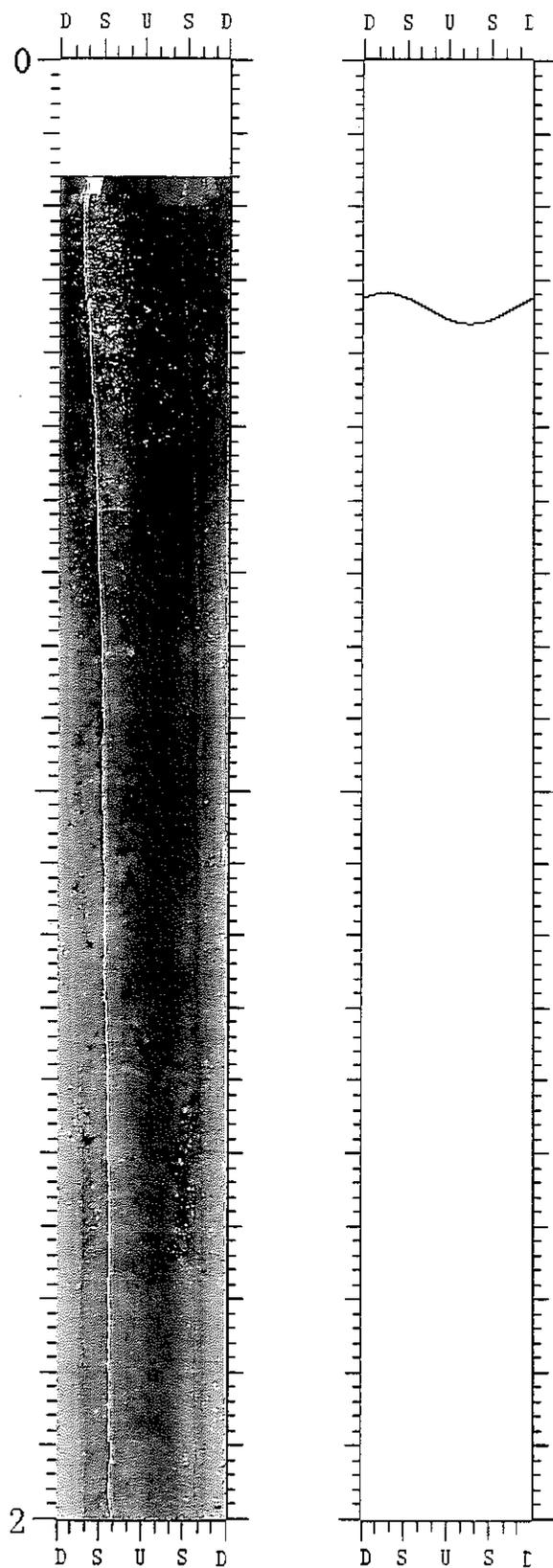
件名: 東濃鉦山

孔番: BVP-2

深度: 4 m ~ 6 m

岩種: -

記事: -



(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図

C 15m 煤田開拓

C 32m - C 35m C 8mm W2f N21W71E

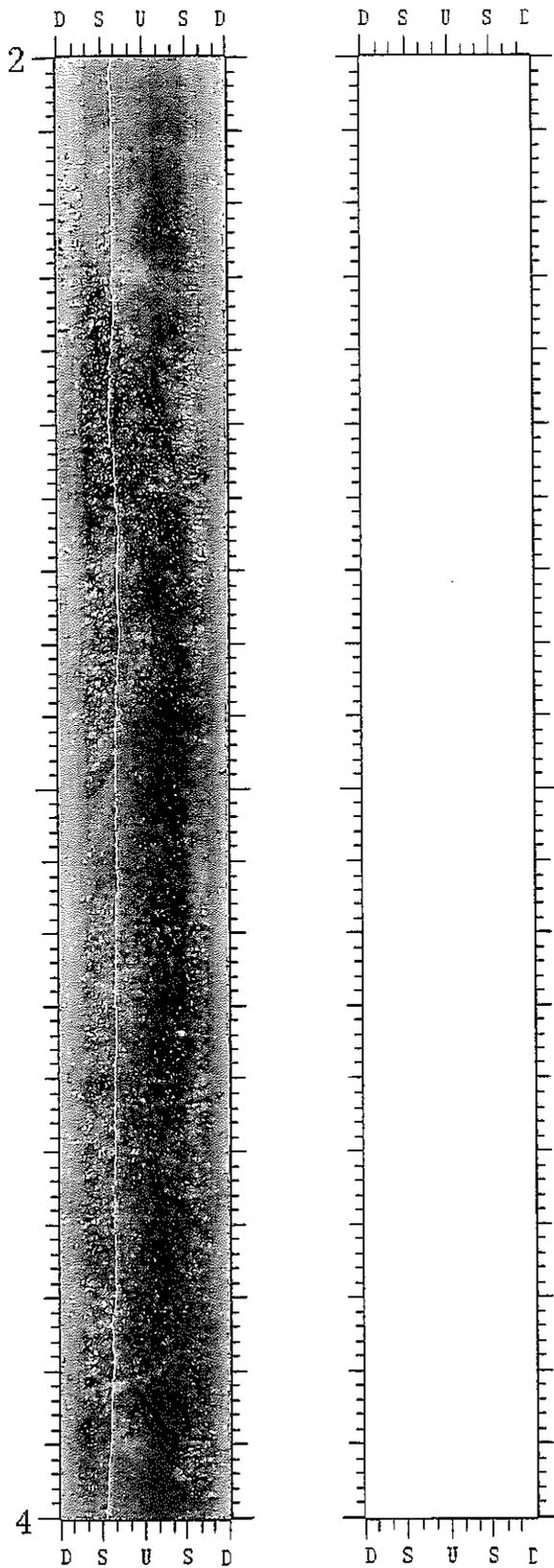
件名: 東濃鉦山

孔番: MVP-1

深度: 0 m ~ 2 m

岩種: -

記事: -



(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図

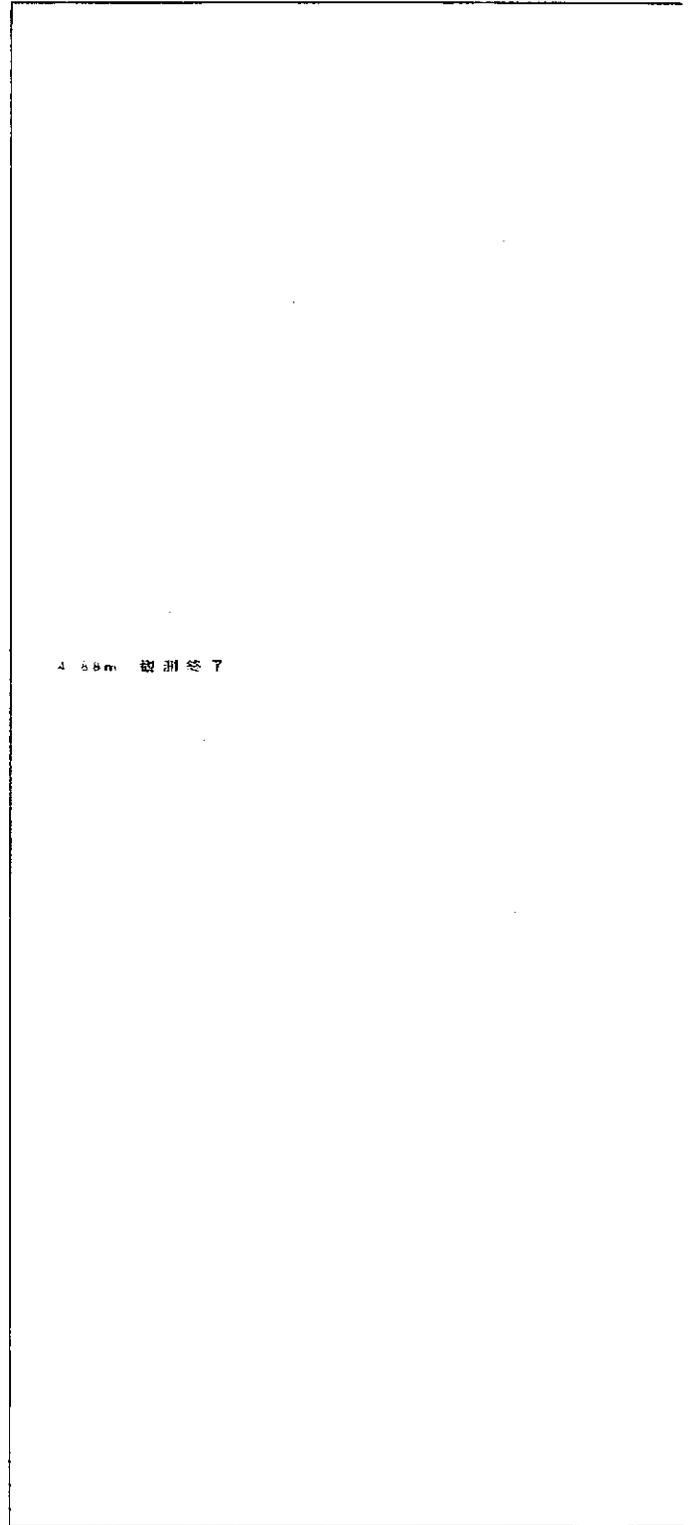
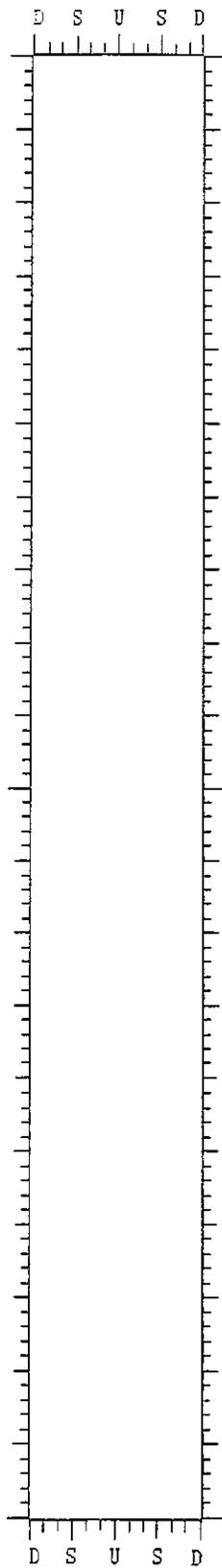
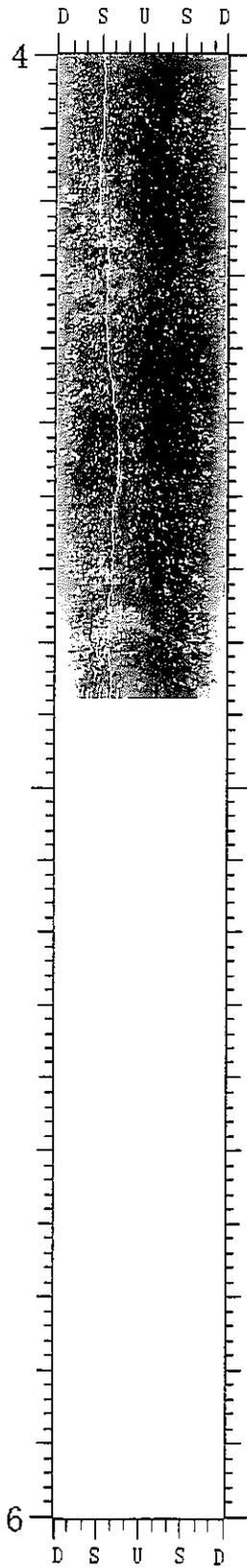
件名: 東濃鉦山

孔番: MVP-1

深度: 2 m ~ 4 m

岩種: -

記事: -



4.55m 観測終了

(縮尺: 1/10)

☒ 一 孔内観測図

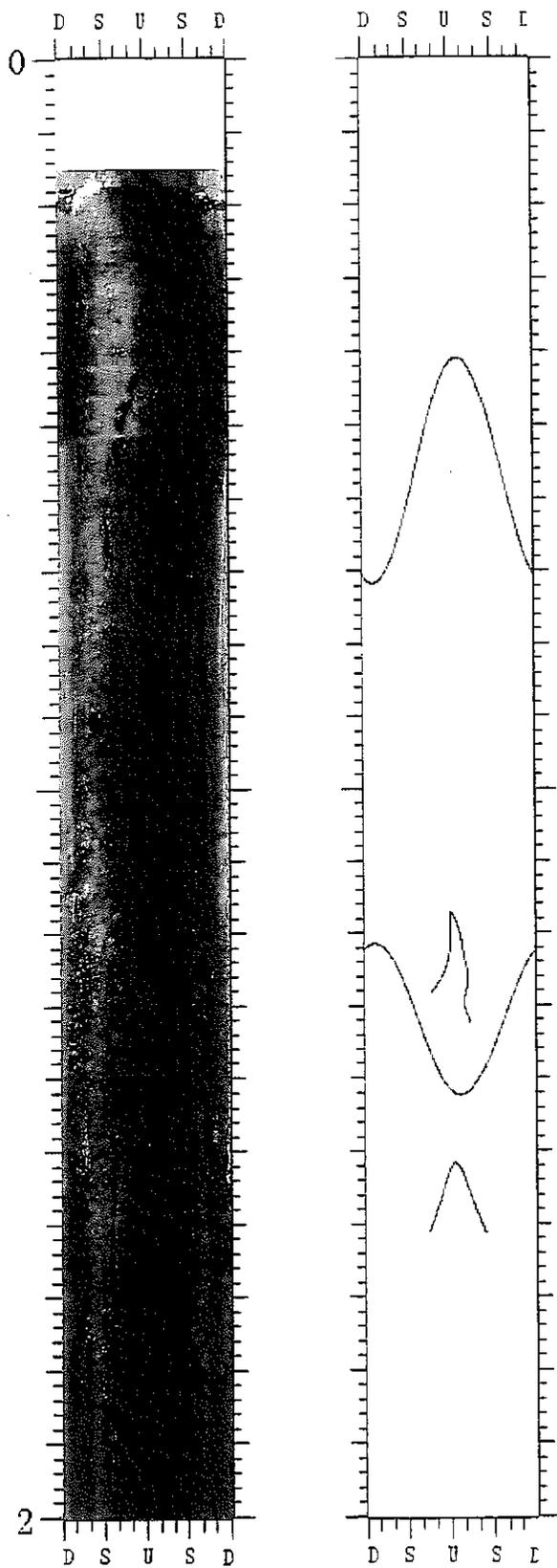
件名: 東濃鉾山

孔番: MVP-1

深度: 4 m ~ 5 m

岩種: -

記事: -



(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図

|               |                   |           |
|---------------|-------------------|-----------|
| 0.16m         | 観測開始              |           |
| 0.41m - 0.72m | 1.4mm W2f N56E26S |           |
| 1.17m - 1.32m | 1.0mm W2f N52W46S | ※ 産みが見られる |
| 1.21m - 1.42m | 0.6mm W2f N45W29S |           |
| 1.52m - 1.61m | 1.6mm W2f N50W77S | ※ 産みが見られる |

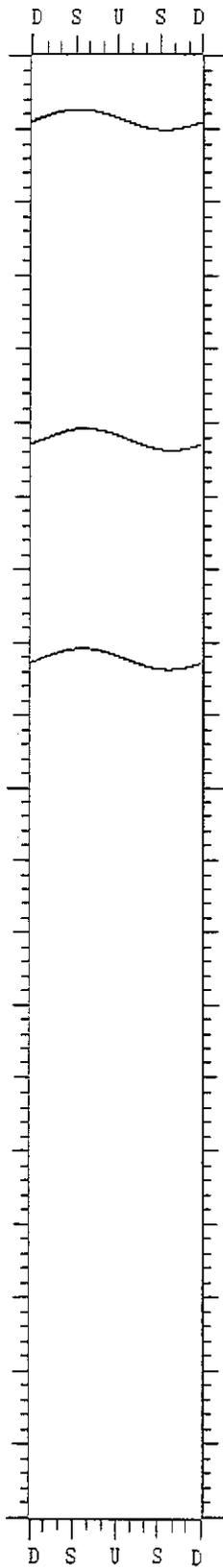
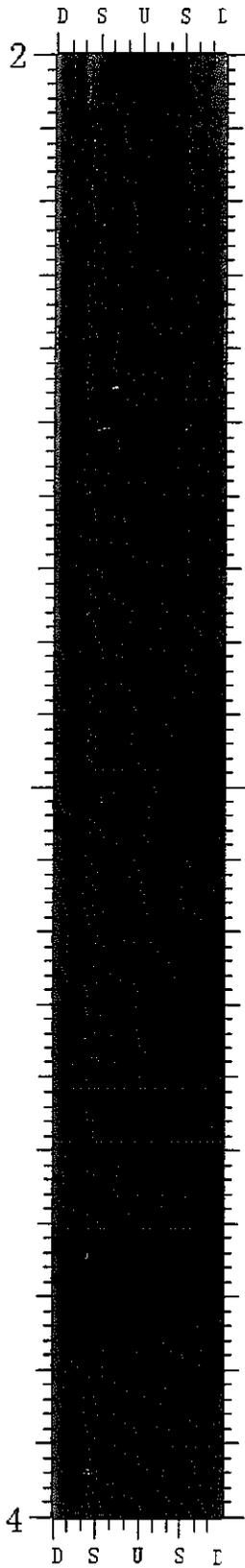
件名: 東濃鉱山

孔番: MVP-2

深度: 0 m ~ 2 m

岩種: -

記事: -



|         |       |           |         |
|---------|-------|-----------|---------|
| 2.02m - | 2.16m | 0.6mm W/c | N19W68E |
| 2.51m - | 2.54m | 0.6mm W/c | N19W61E |
| 2.61m - | 2.64m | 0.6mm W/c | N19W63E |

(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図

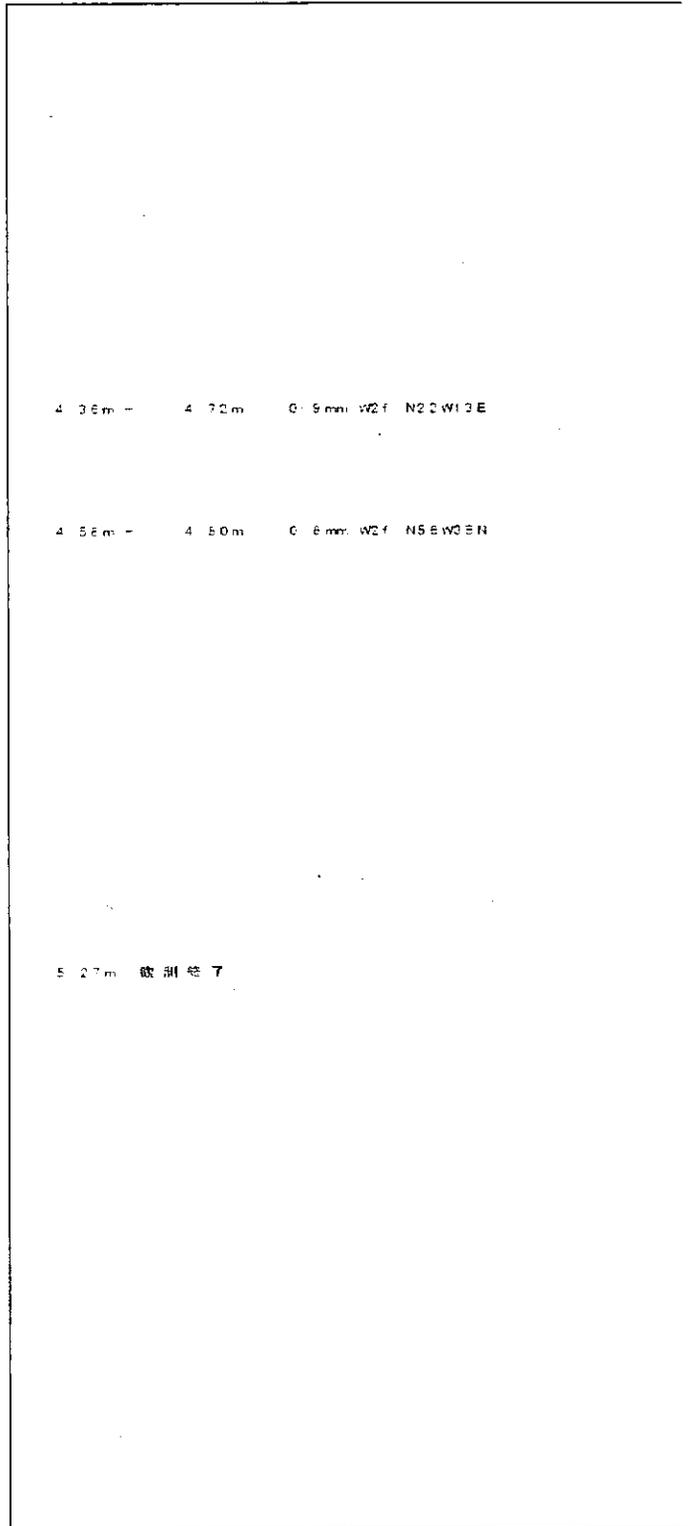
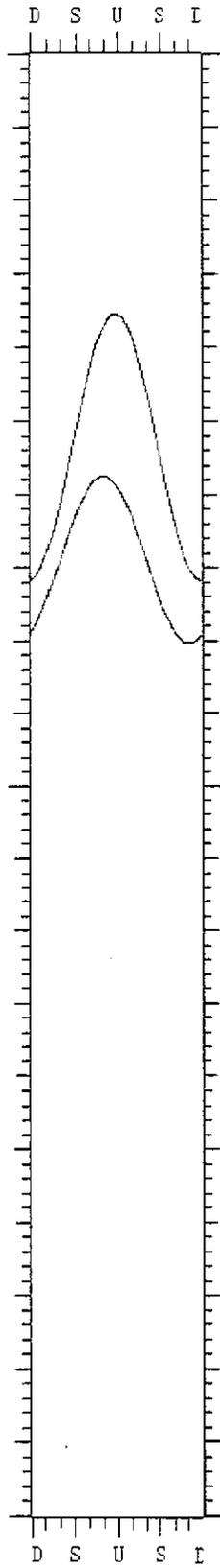
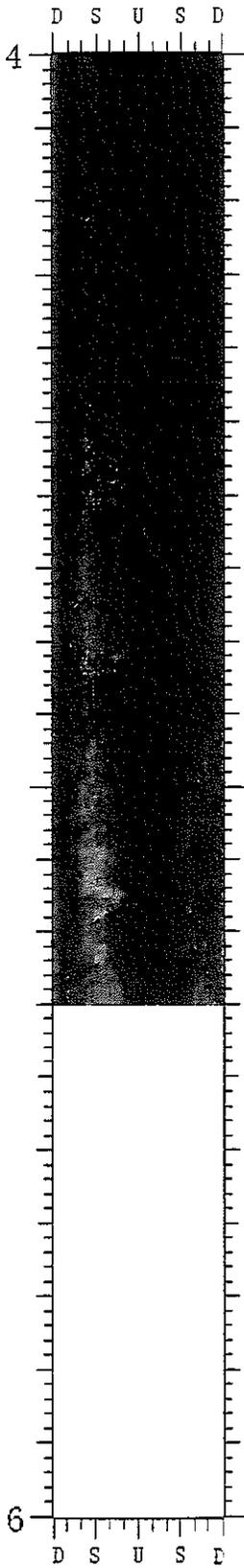
件名: 東濃鉦山

孔番: MVP-2

深度: 2 m ~ 4 m

岩種: -

記事: -



(縮尺: 1/10)

図一 孔内観測図

件名: 東濃鉦山

孔番: MVP-2

深度: 4 m ~ 6 m

岩種: -

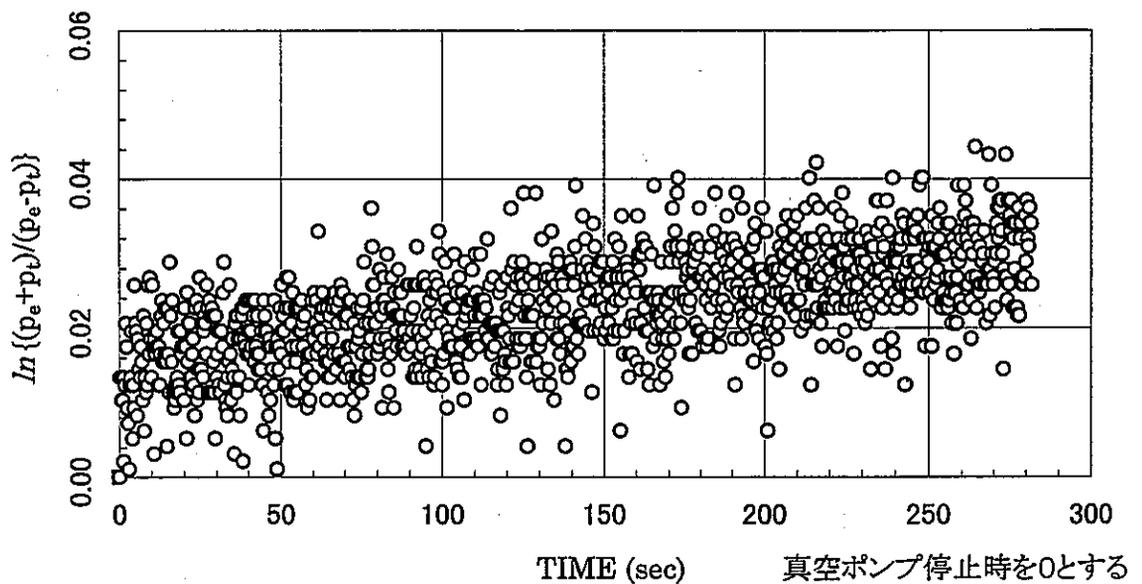
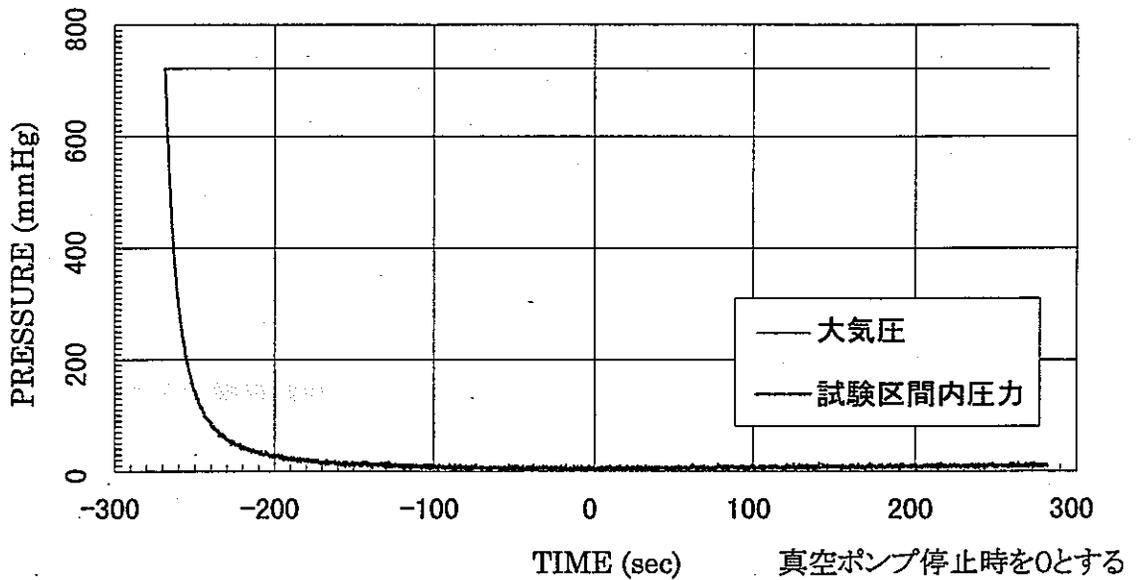
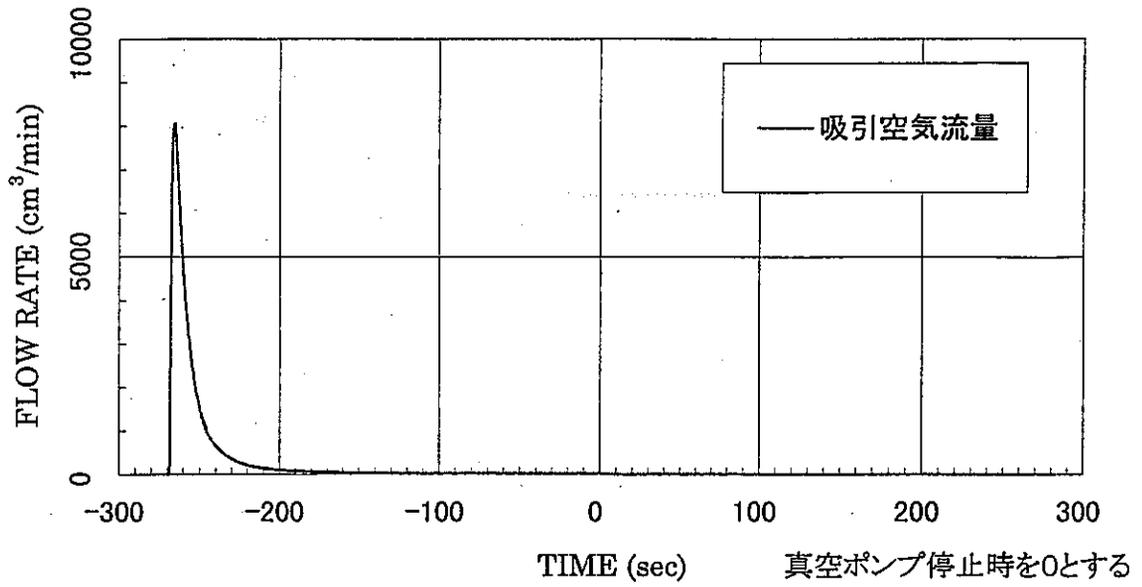
記事: -

付録-4

グラフ集

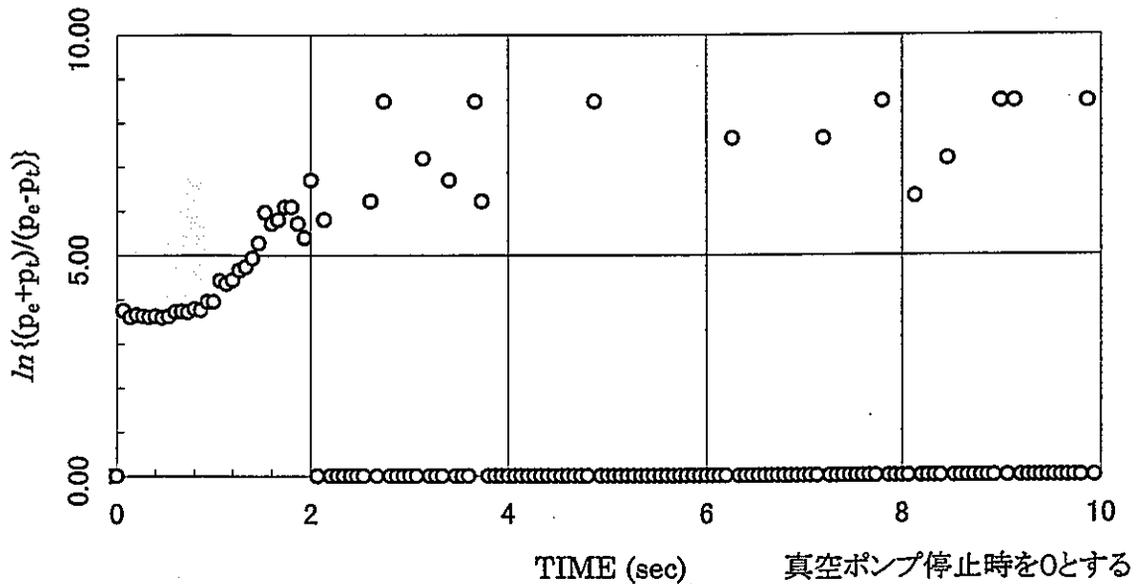
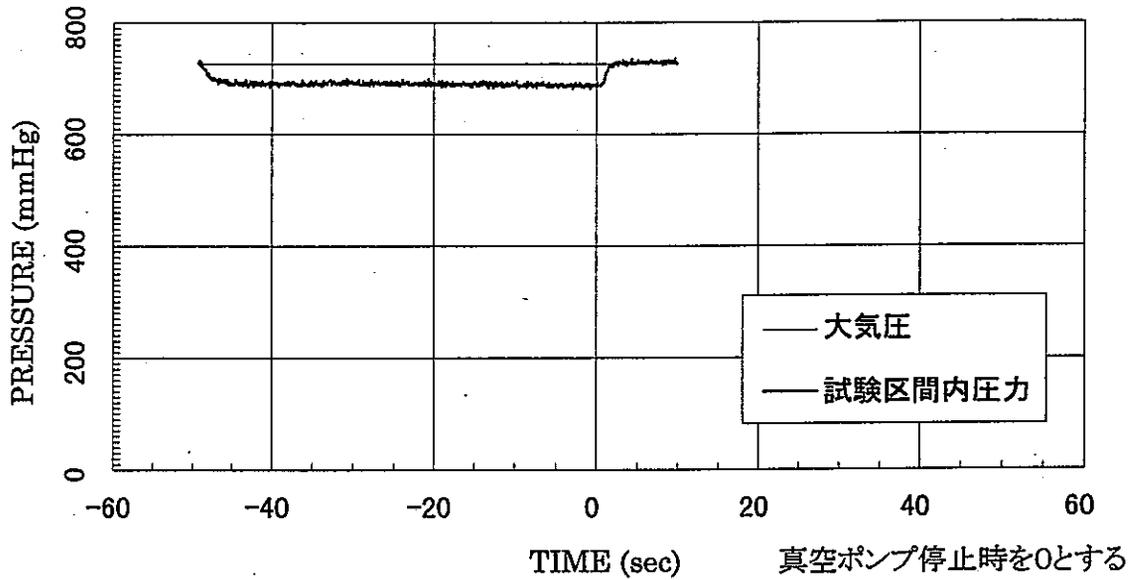
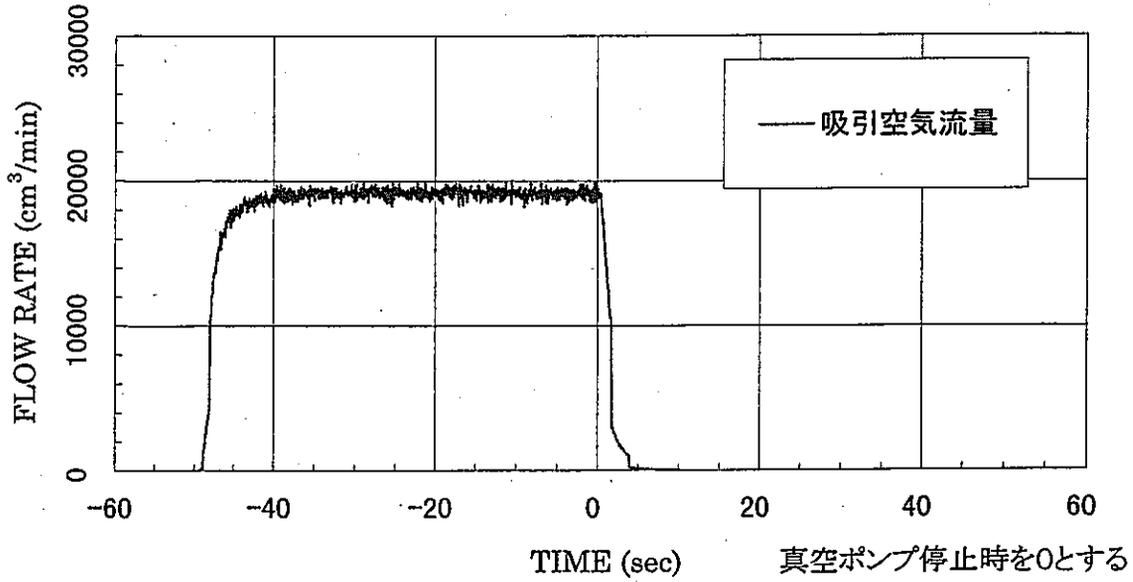
事前試験

固有透過度(定常法) =  $4.0E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.0E-13 \text{ cm}^2$



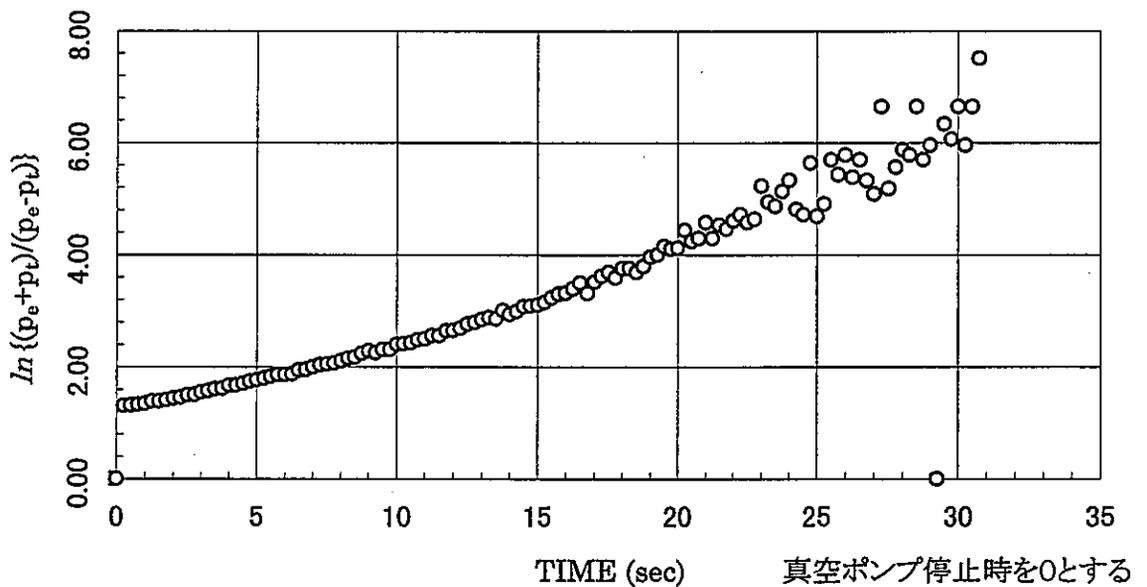
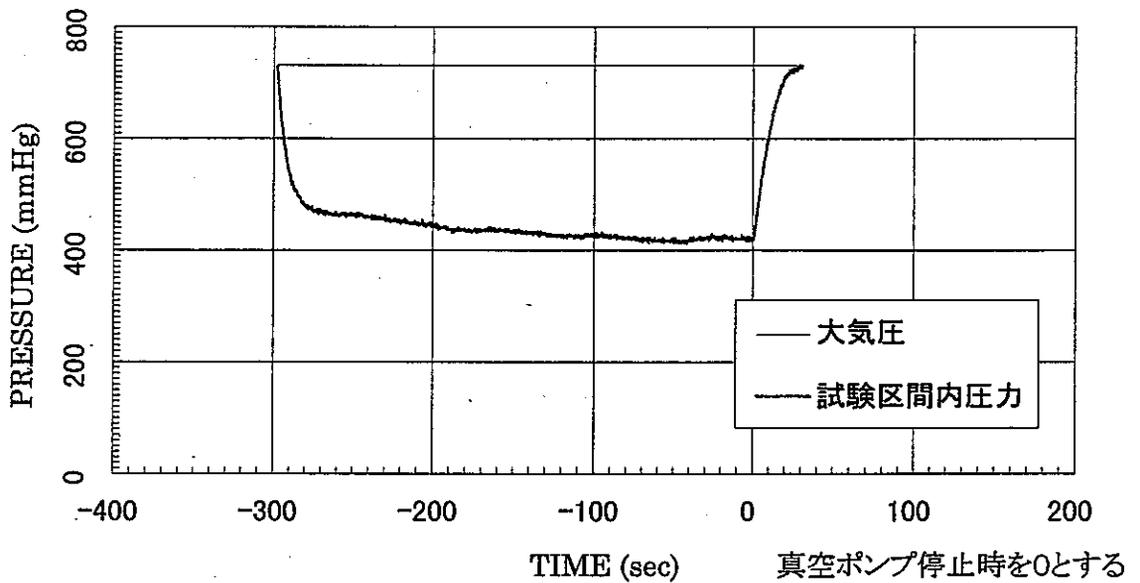
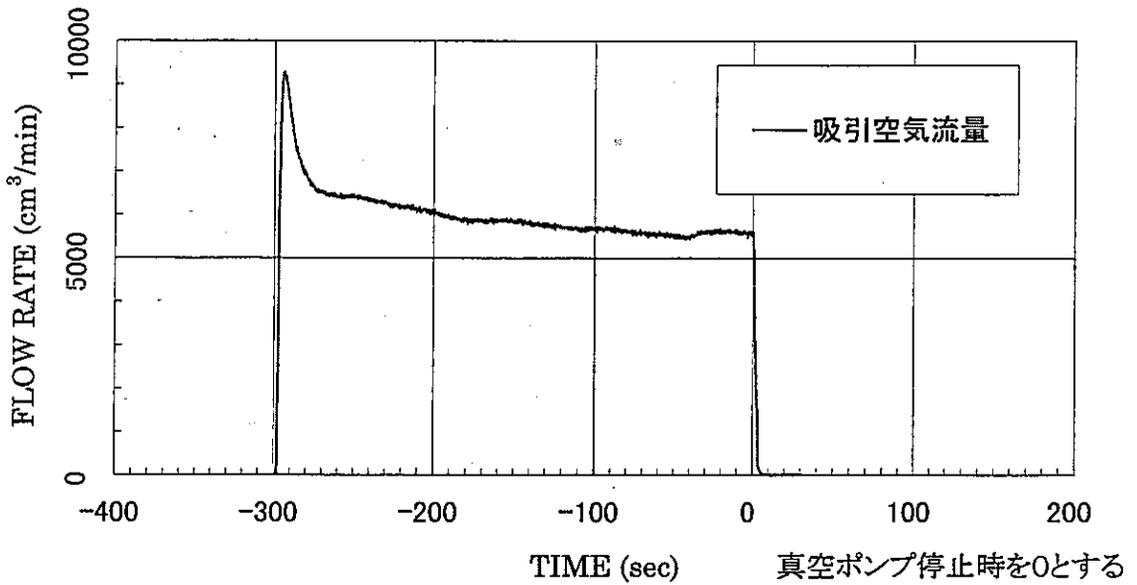
BVP-1 測定区間の中央深度 .30 m

固有透過度(定常法) =  $2.9E-09 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.5E-09 \text{ cm}^2$



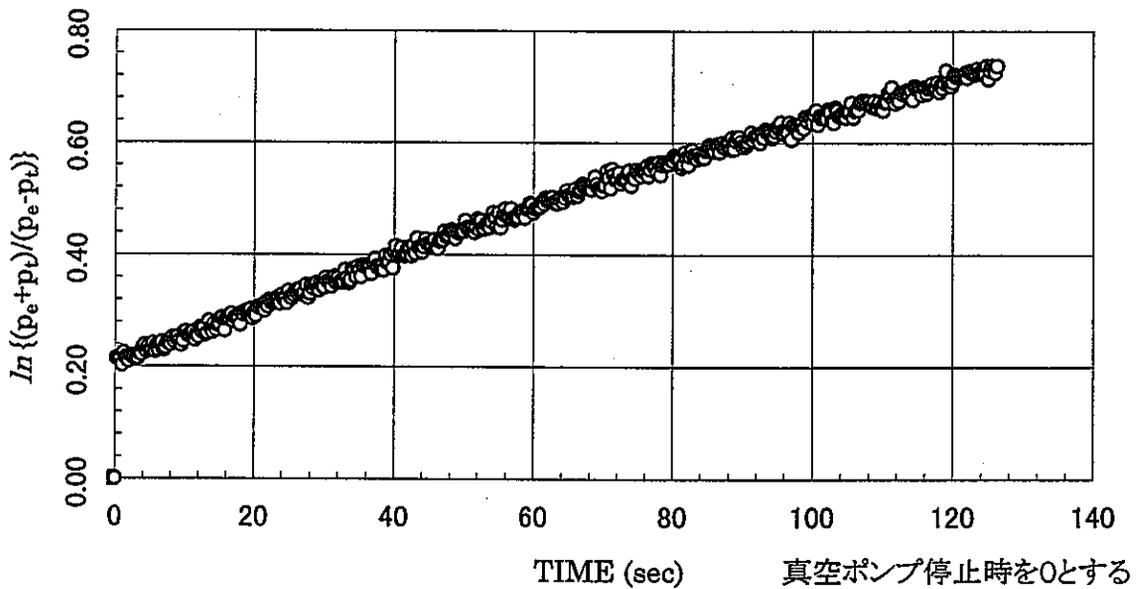
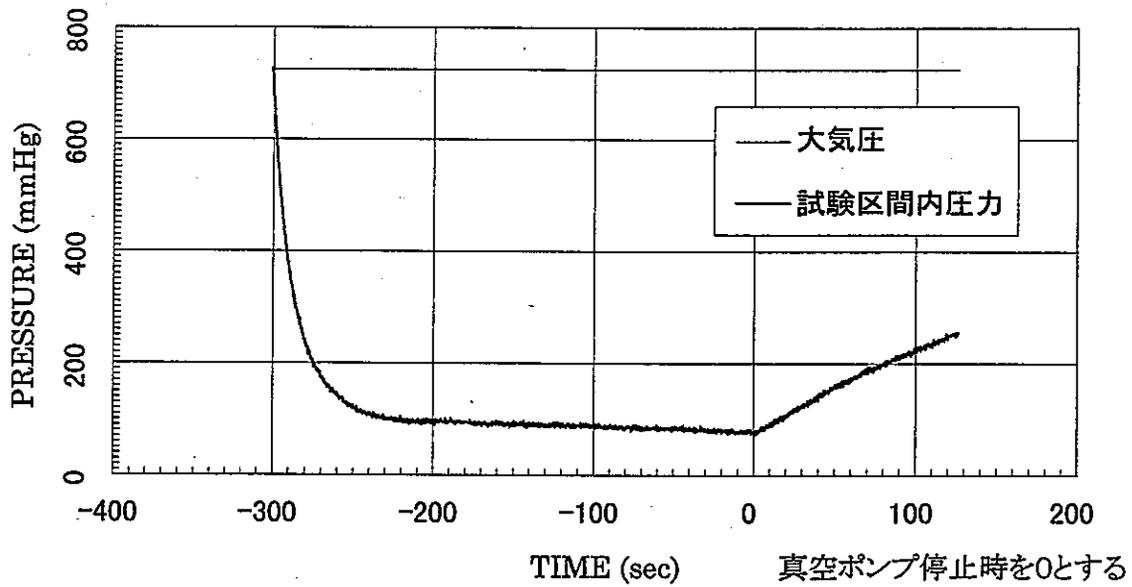
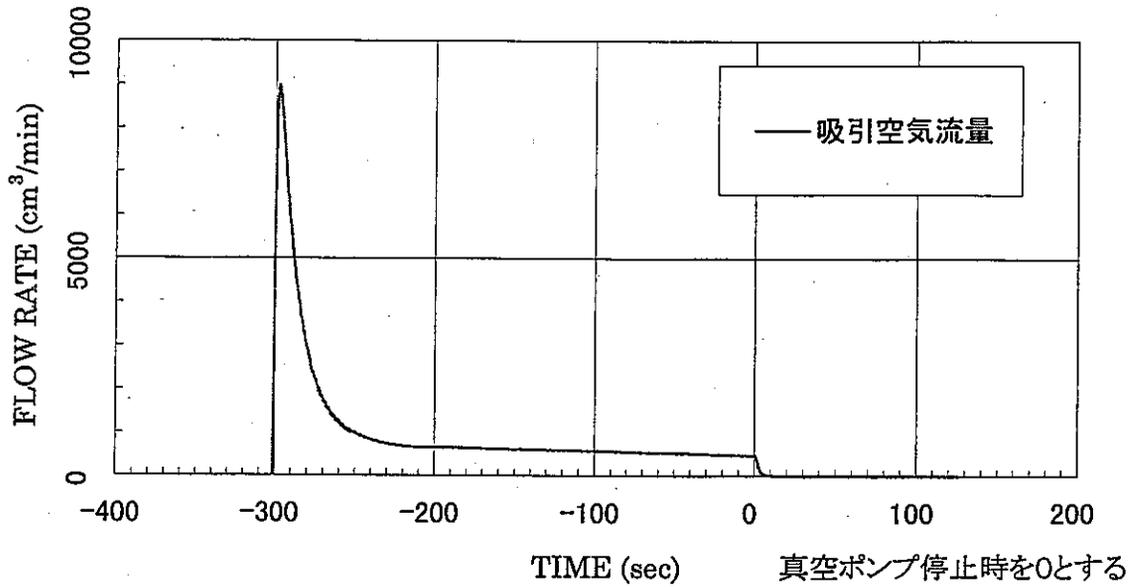
BVP-1 測定区間の中央深度 .35 m

固有透過度(定常法) =  $1.5E-10 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.9E-10 \text{ cm}^2$



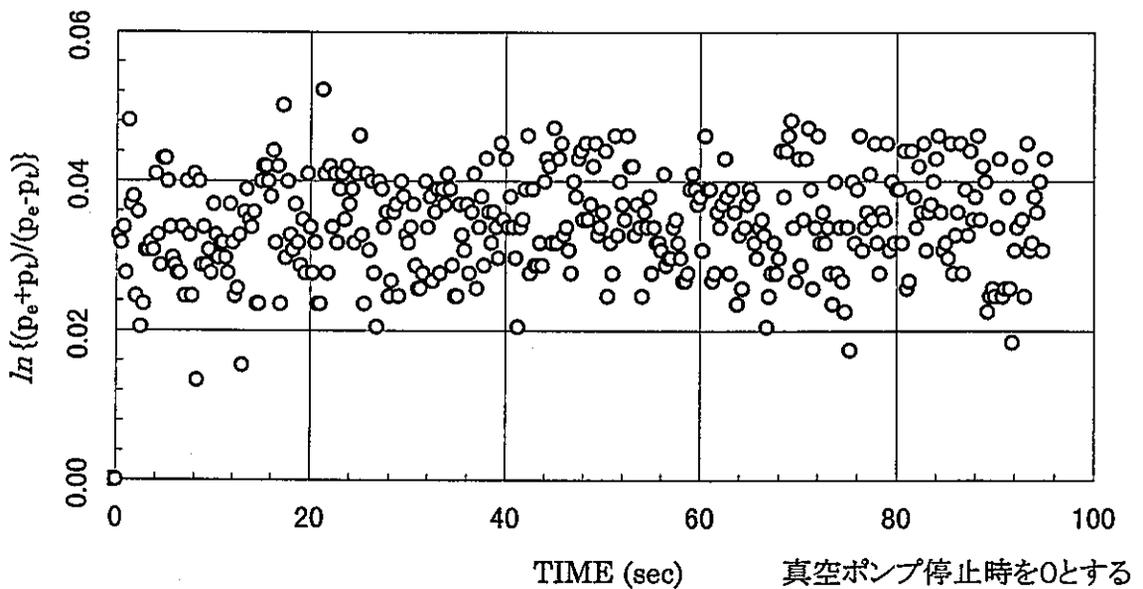
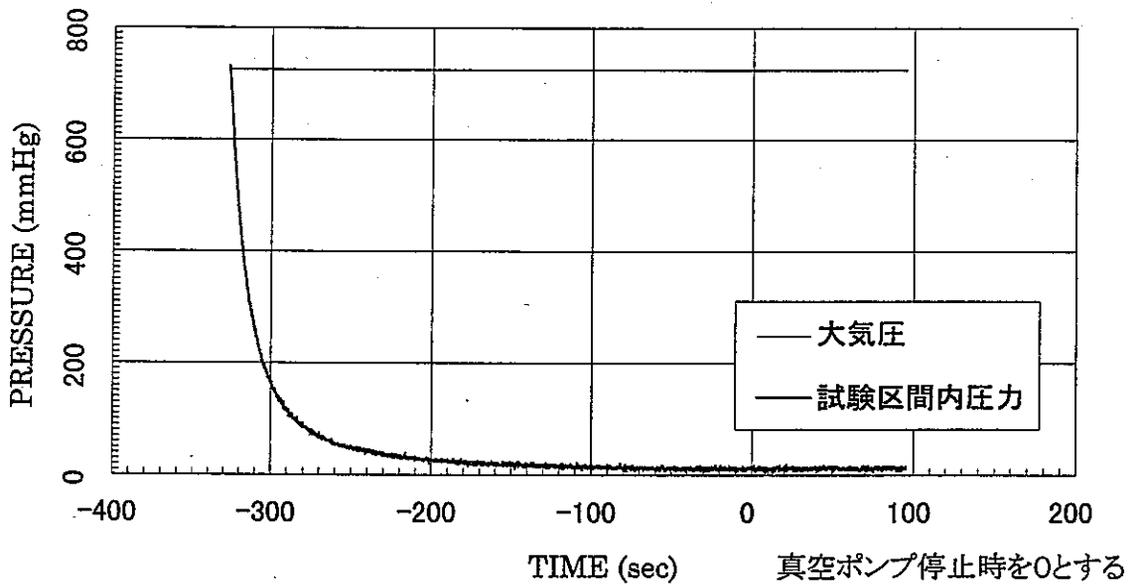
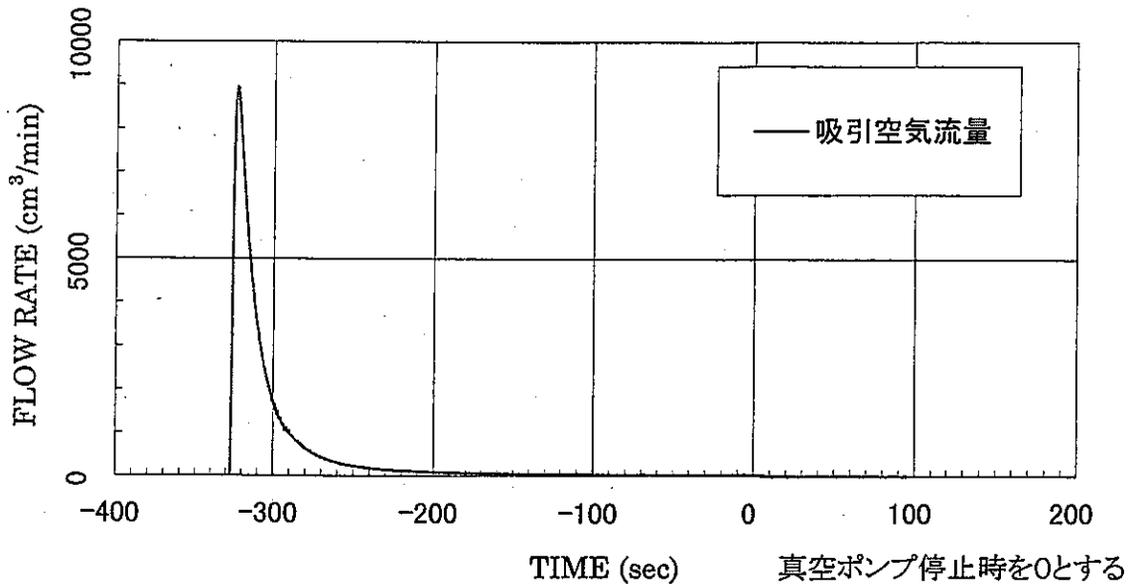
BVP-1 測定区間の中央深度 .40 m

固有透過度(定常法) =  $8.8E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.0E-12 \text{ cm}^2$



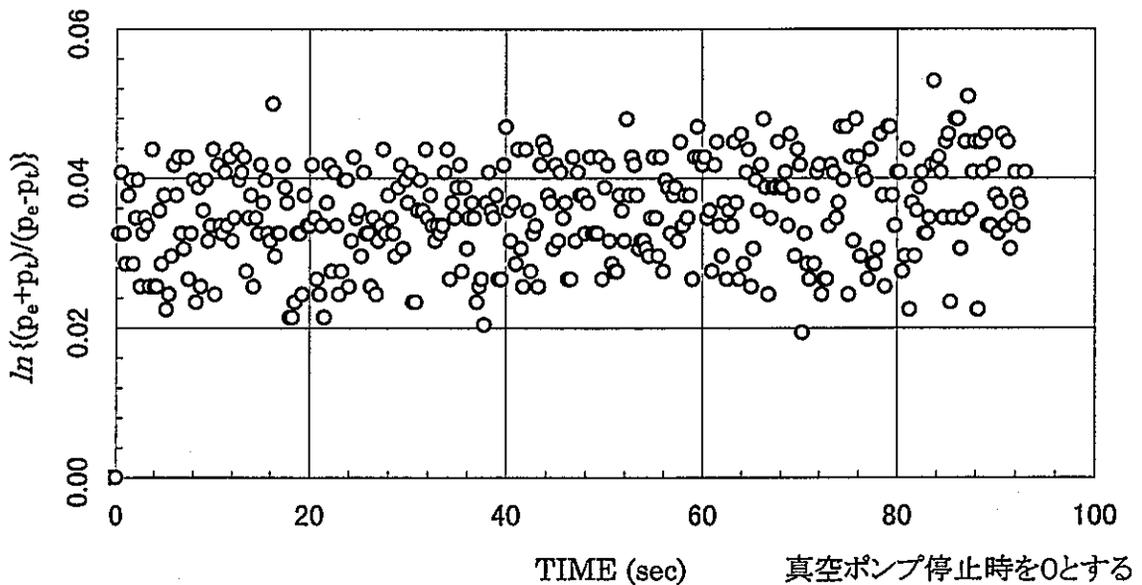
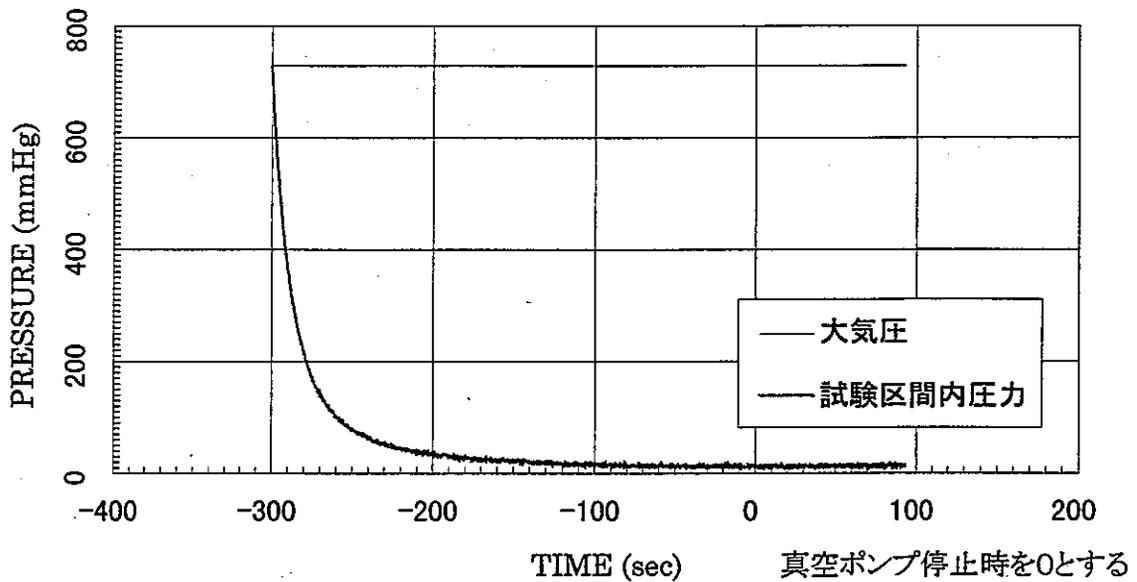
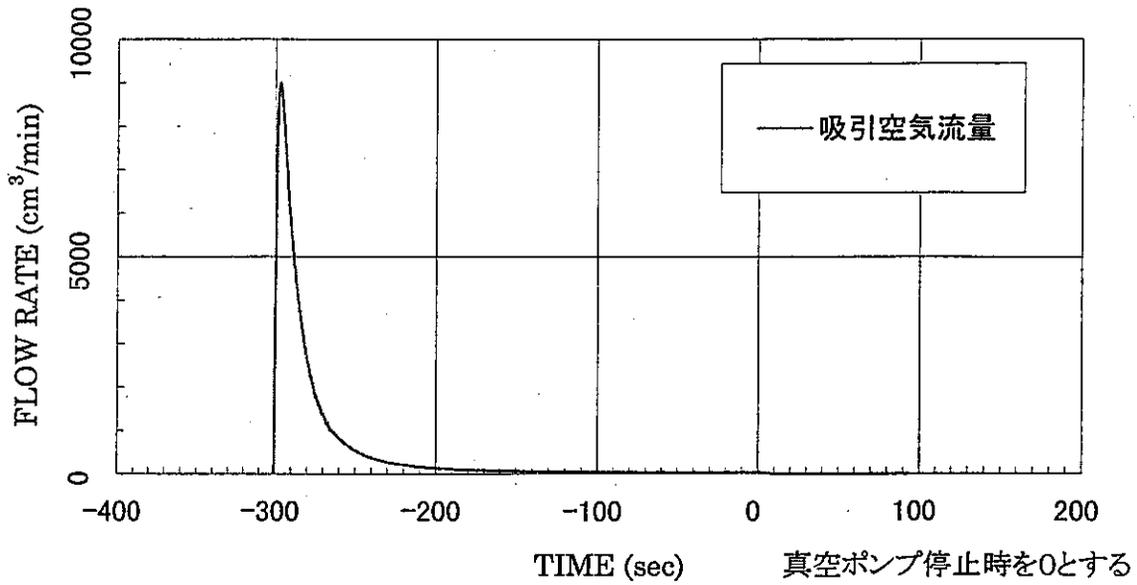
BVP-1 測定区間の中央深度 .45 m

固有透過度(定常法) =  $6.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $3.3E-14 \text{ cm}^2$



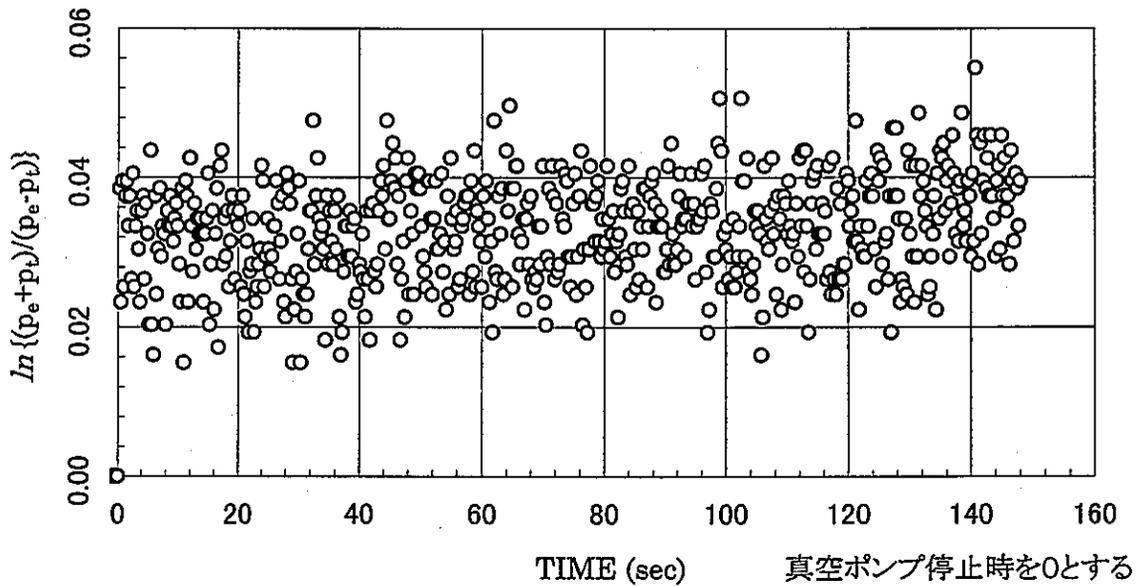
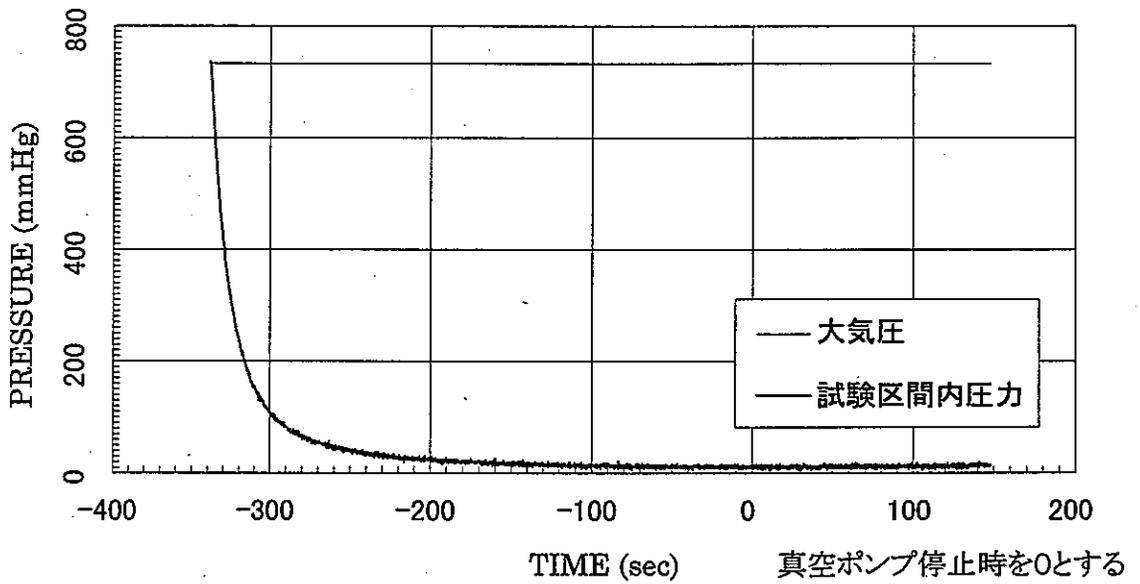
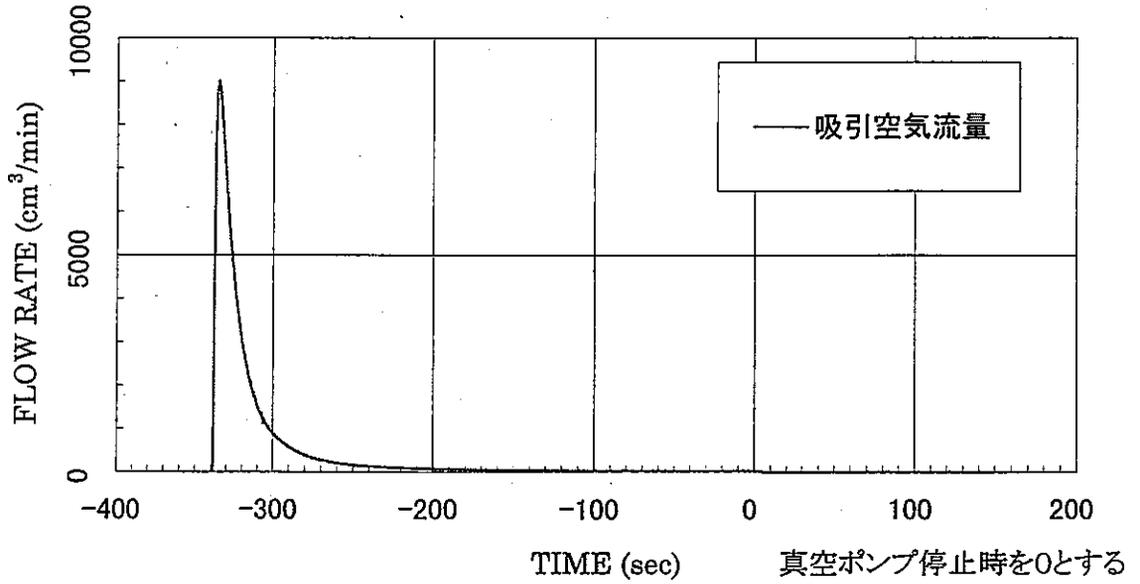
BVP-1 測定区間の中央深度 .55 m

固有透過度(定常法) =  $7.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $8.2E-14 \text{ cm}^2$



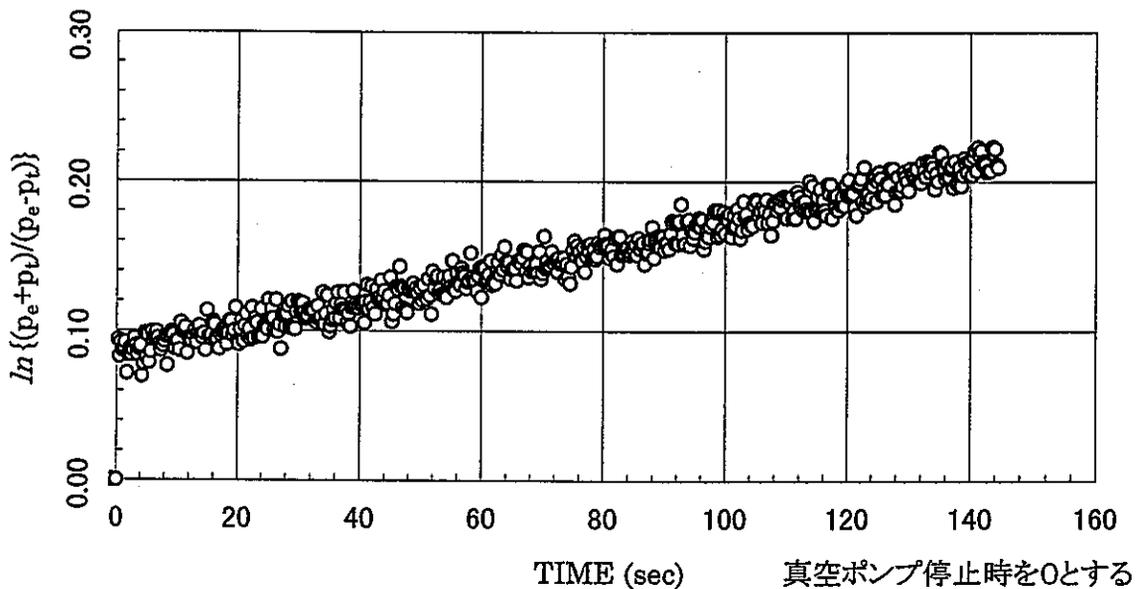
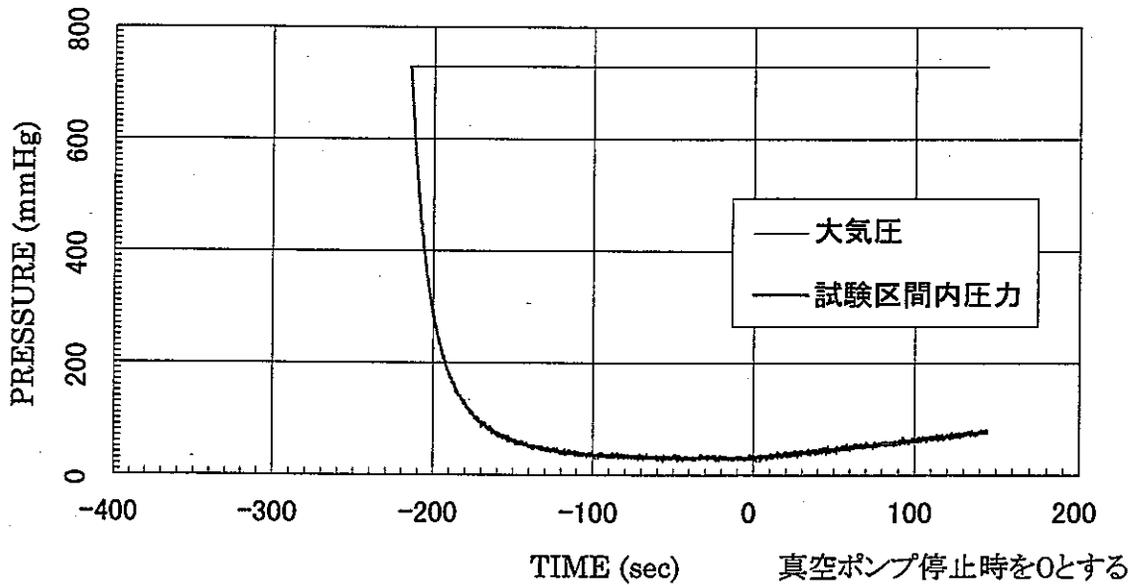
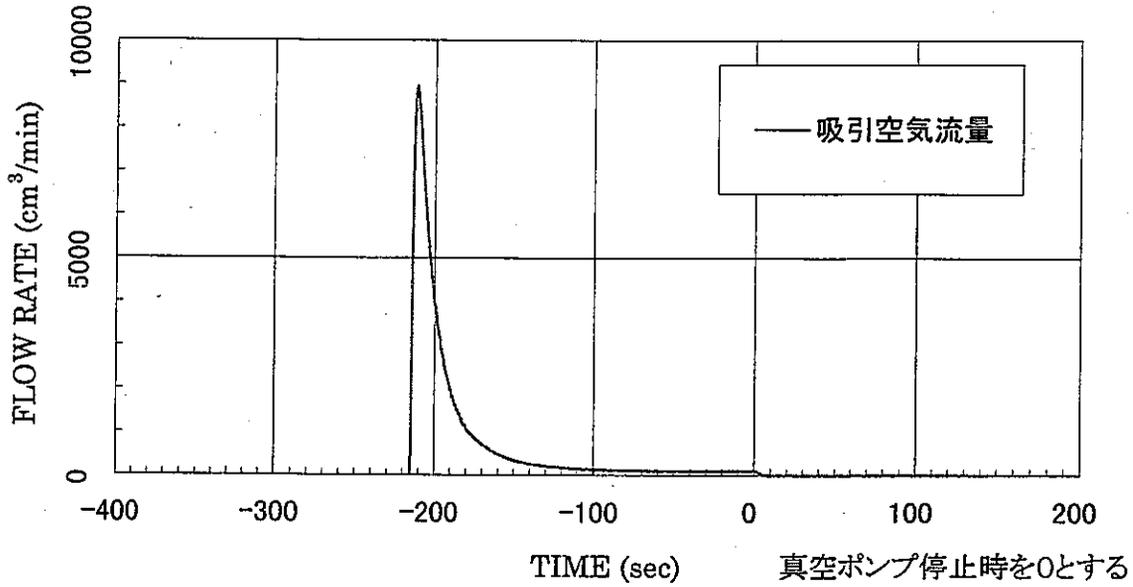
BVP-1 測定区間の中央深度 .65 m

固有透過度(定常法) =  $6.0E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $7.7E-14 \text{ cm}^2$



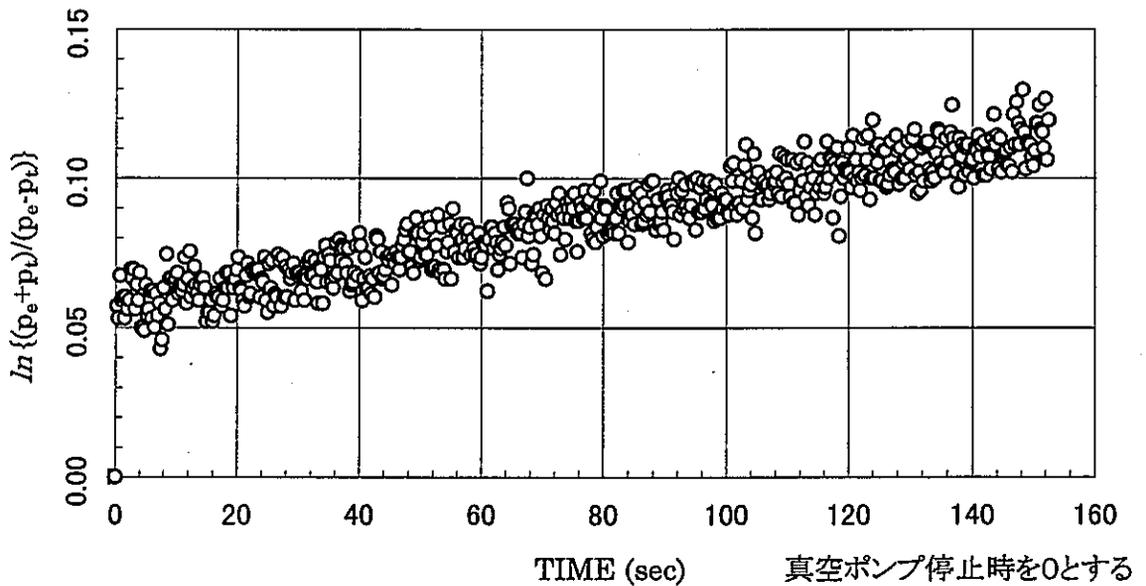
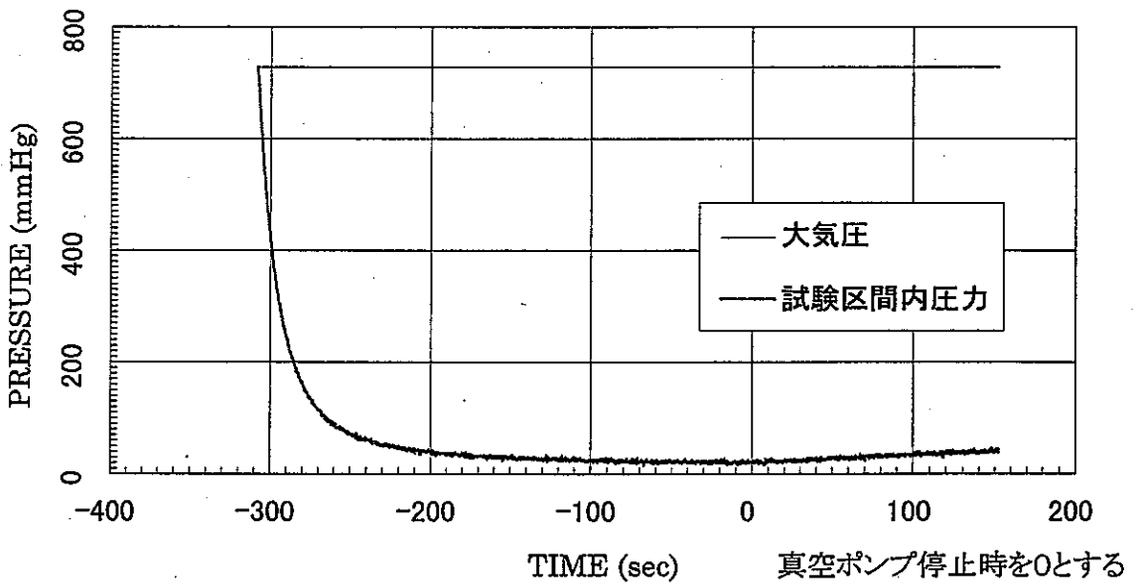
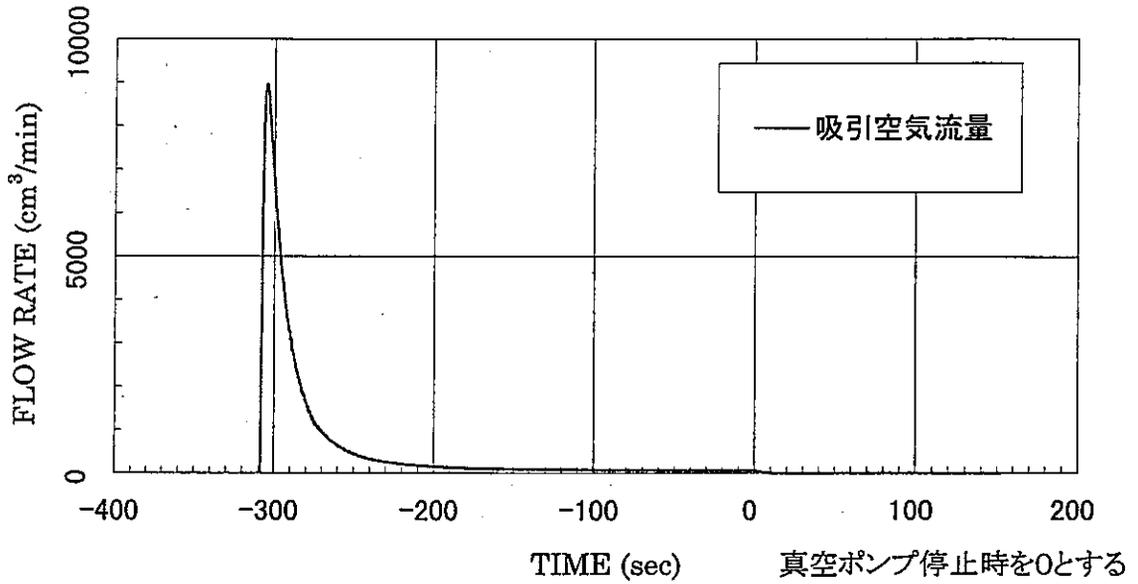
BVP-1 測定区間の中央深度 .95 m

固有透過度(定常法) =  $2.2E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.5E-12 \text{ cm}^2$



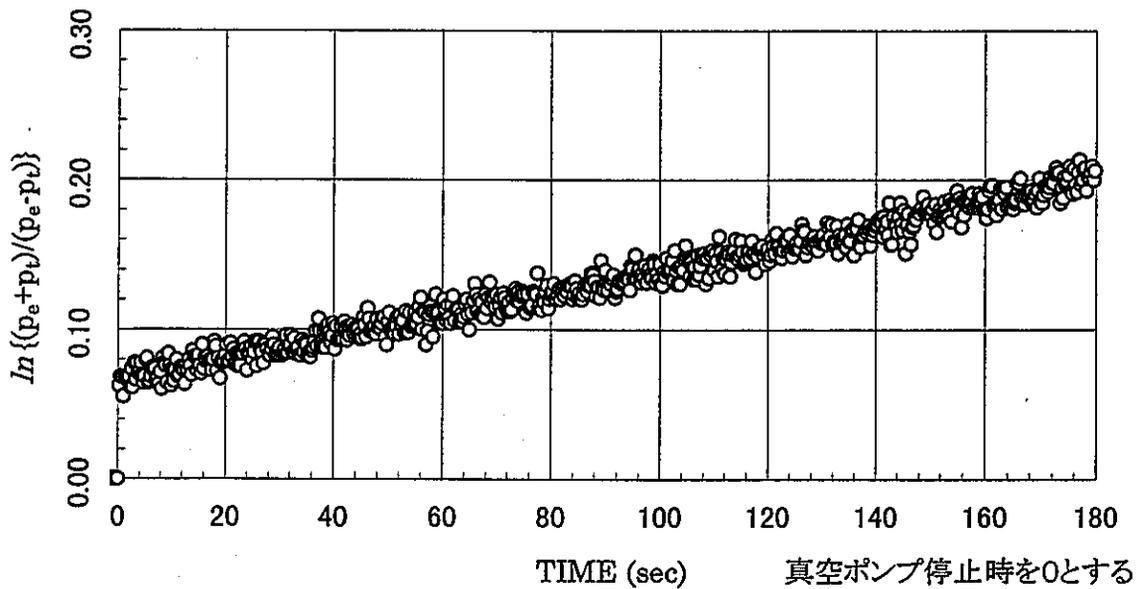
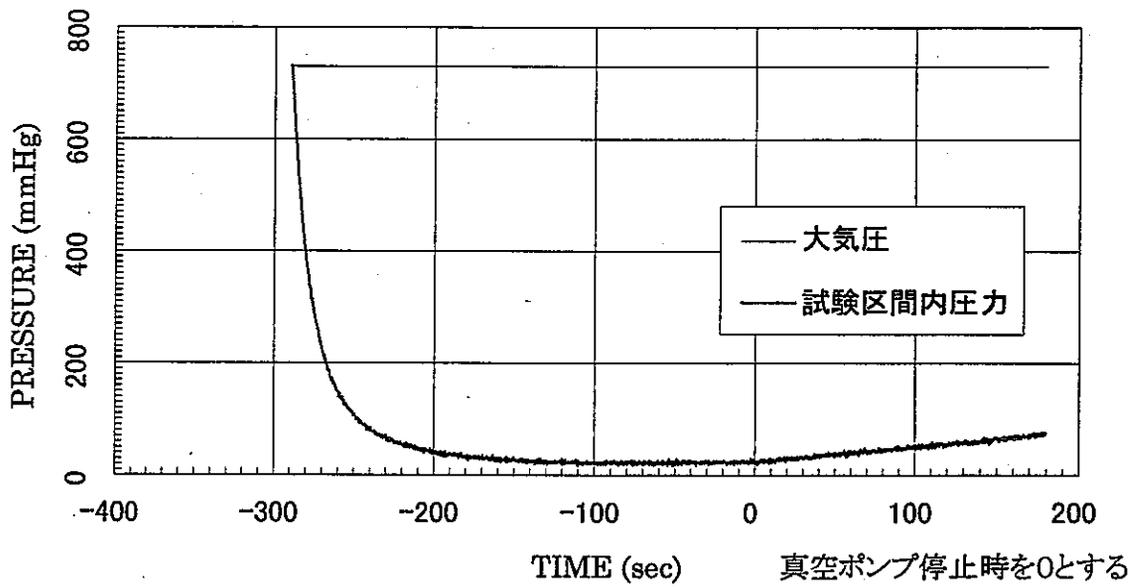
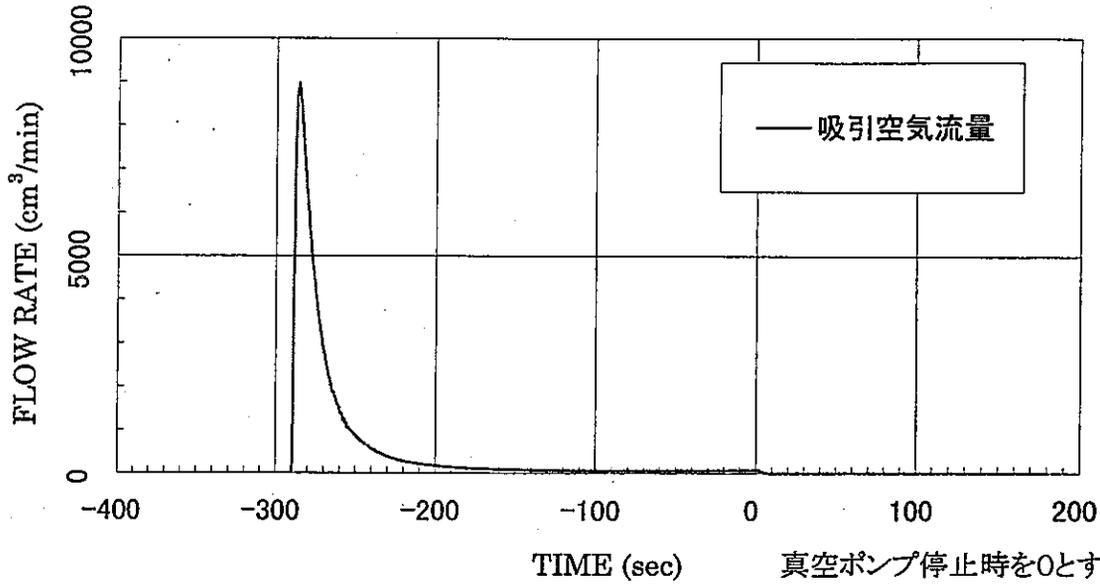
BVP-1 測定区間の中央深度 1.25 m

固有透過度(定常法) =  $1.3E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.6E-13 \text{ cm}^2$



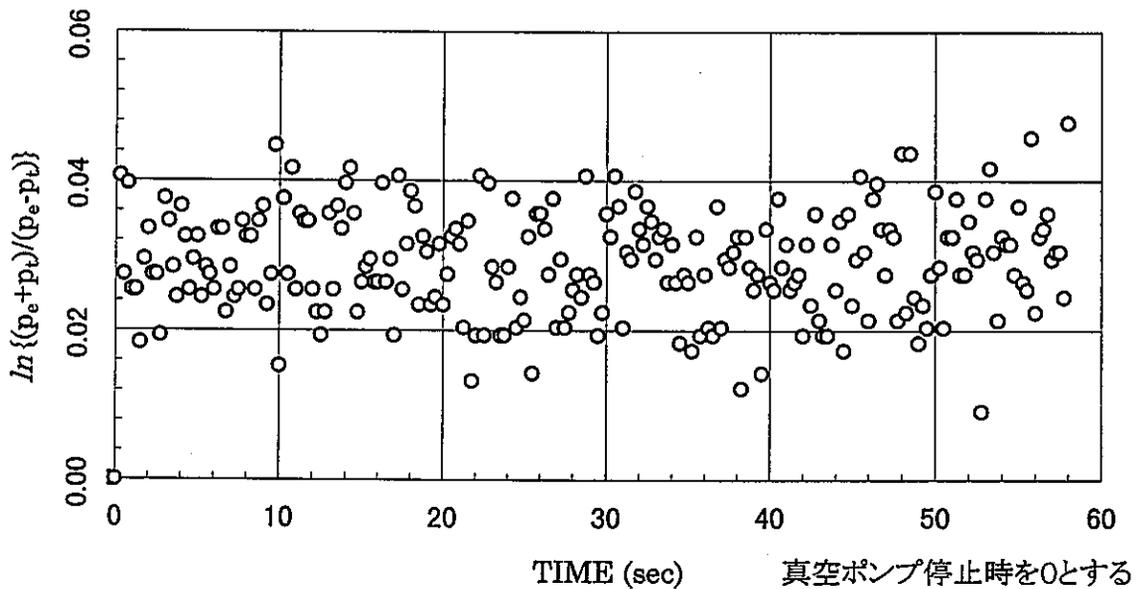
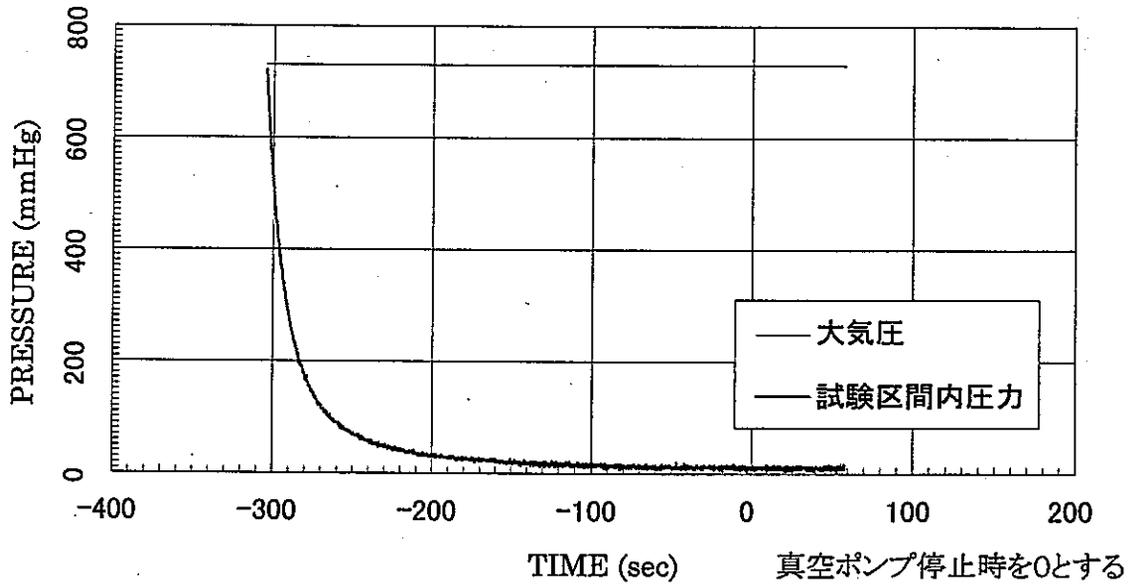
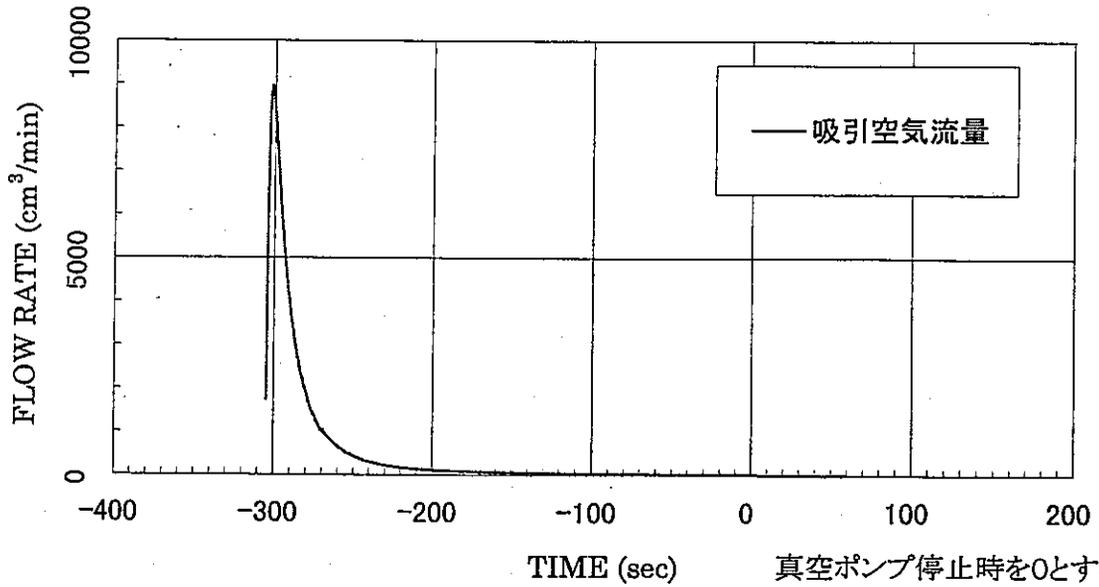
BVP-1 測定区間の中央深度 1.55 m

固有透過度(定常法) =  $1.6E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.3E-12 \text{ cm}^2$



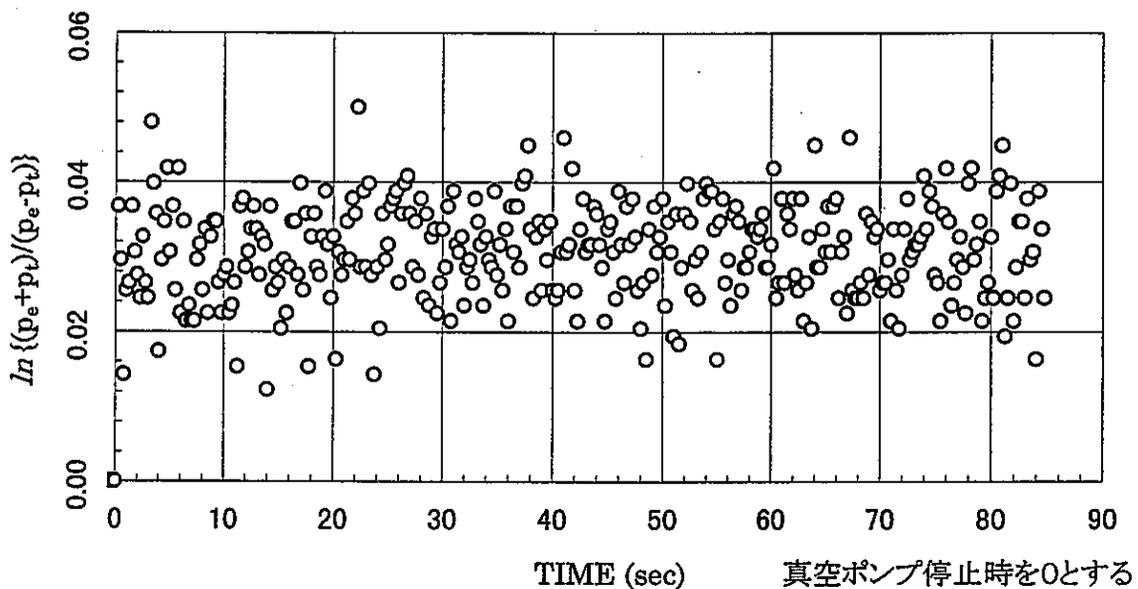
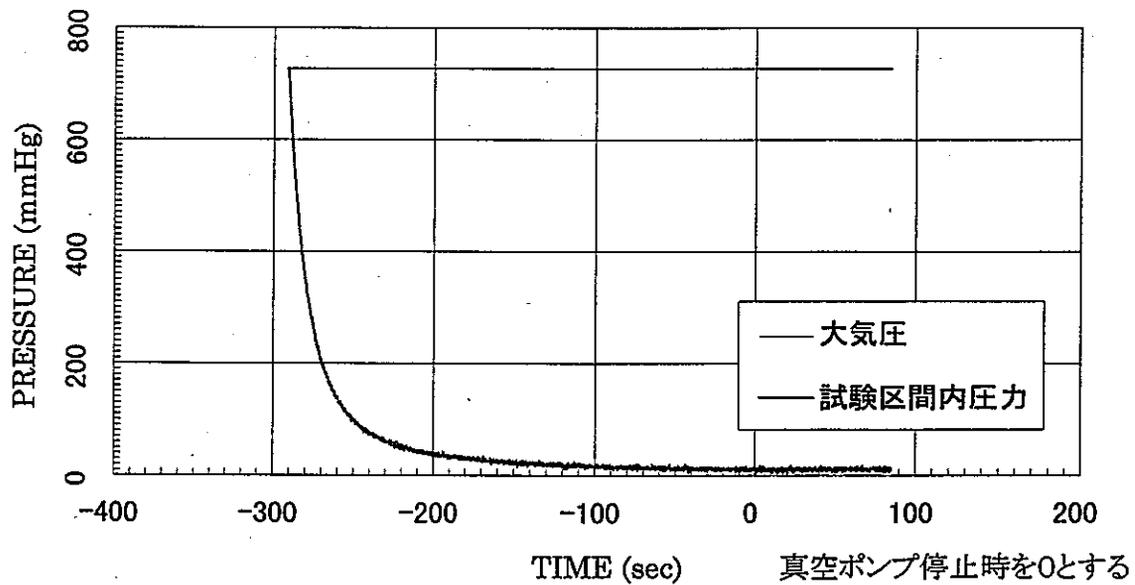
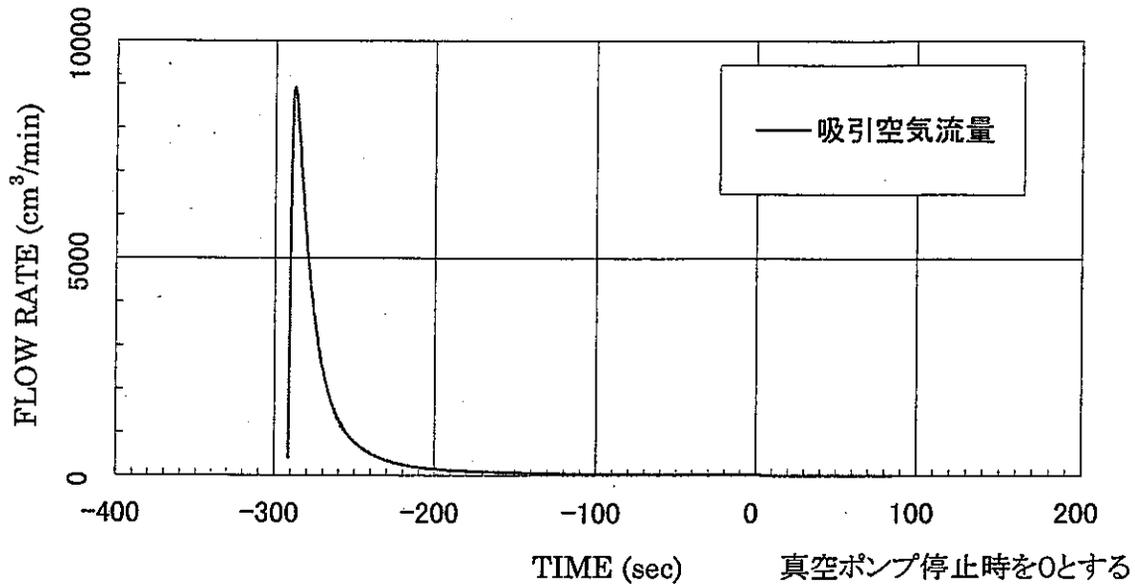
BVP-1 測定区間の中央深度 1.85 m

固有透過度(定常法) =  $6.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.8E-14 \text{ cm}^2$



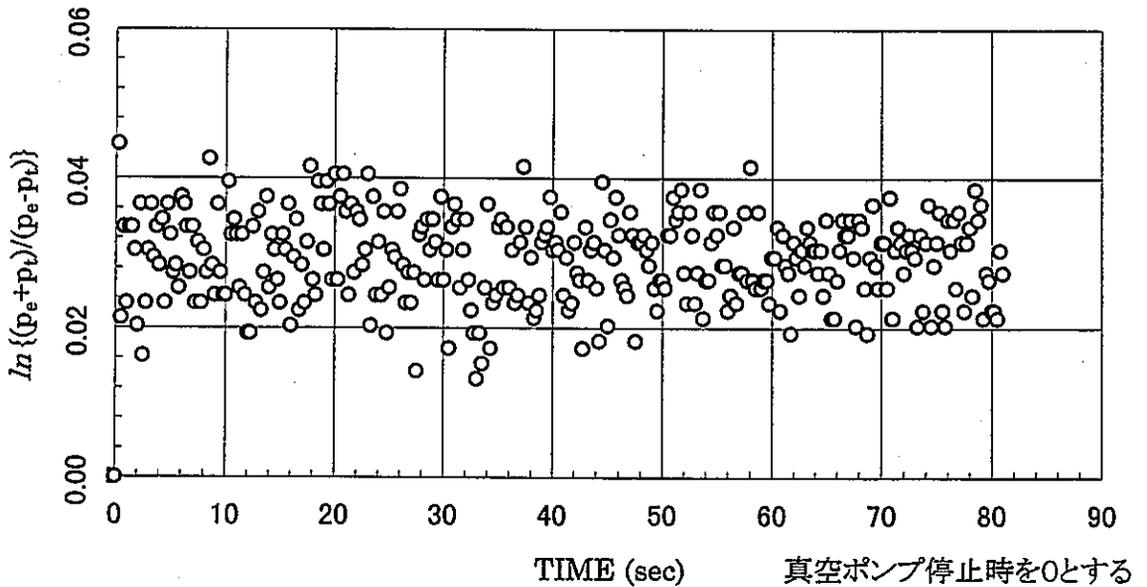
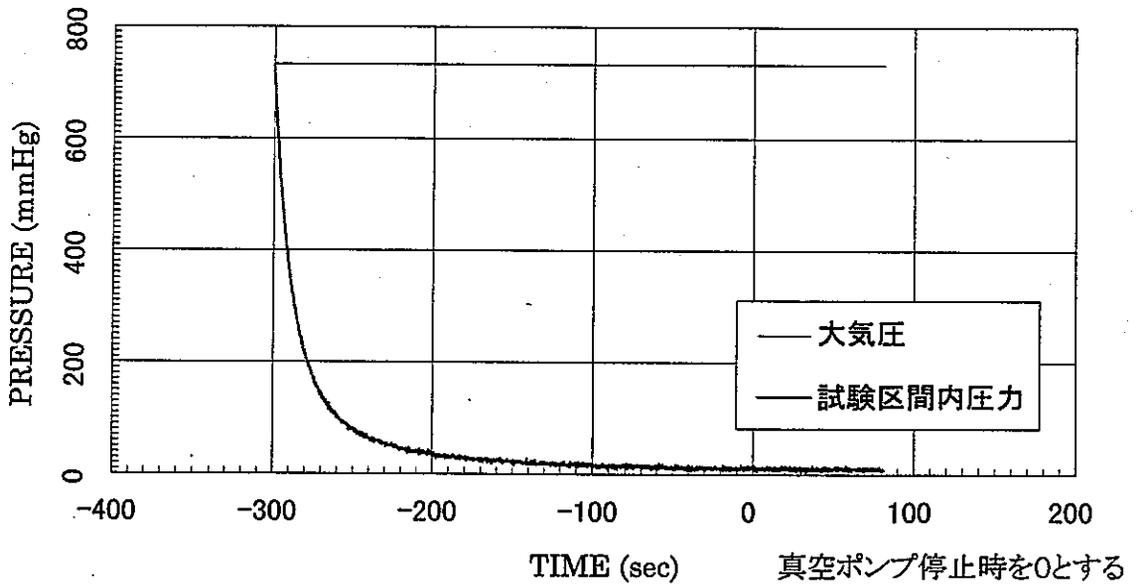
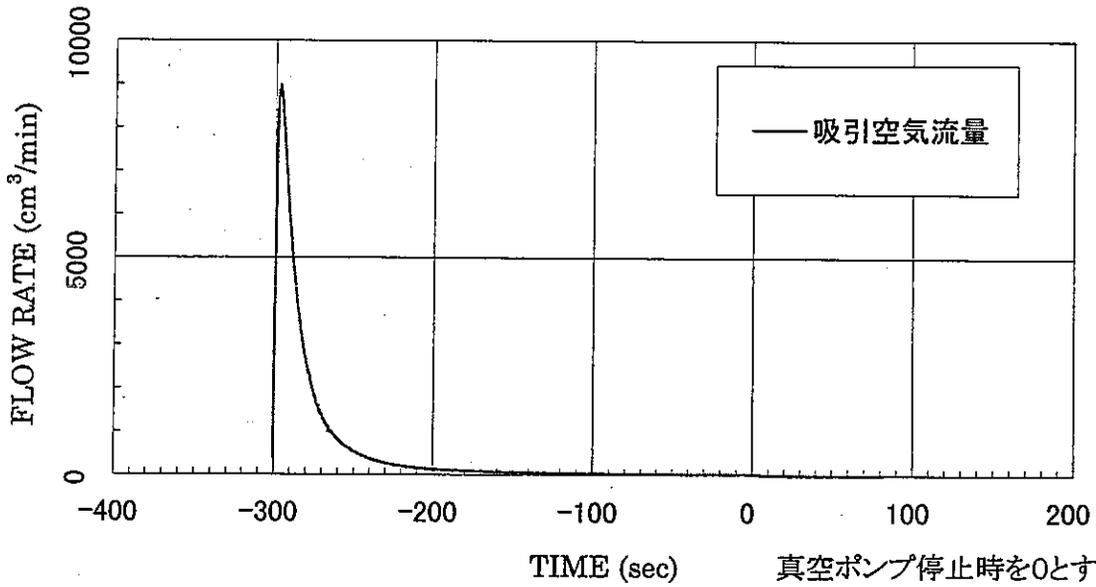
BVP-1 測定区間の中央深度 2.15 m

固有透過度(定常法) =  $6.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.5E-14 \text{ cm}^2$



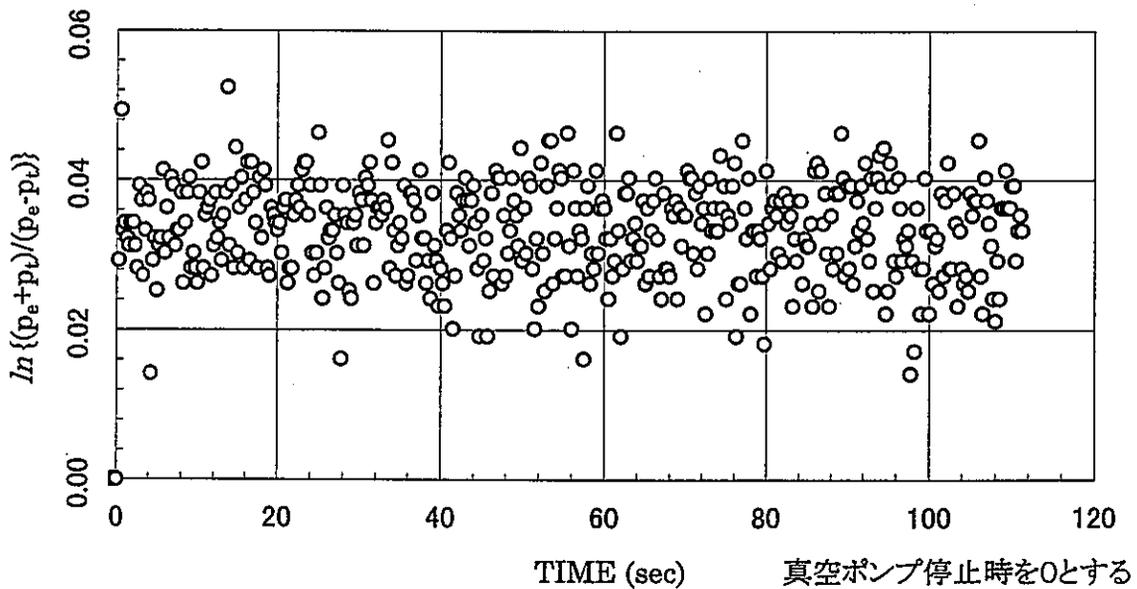
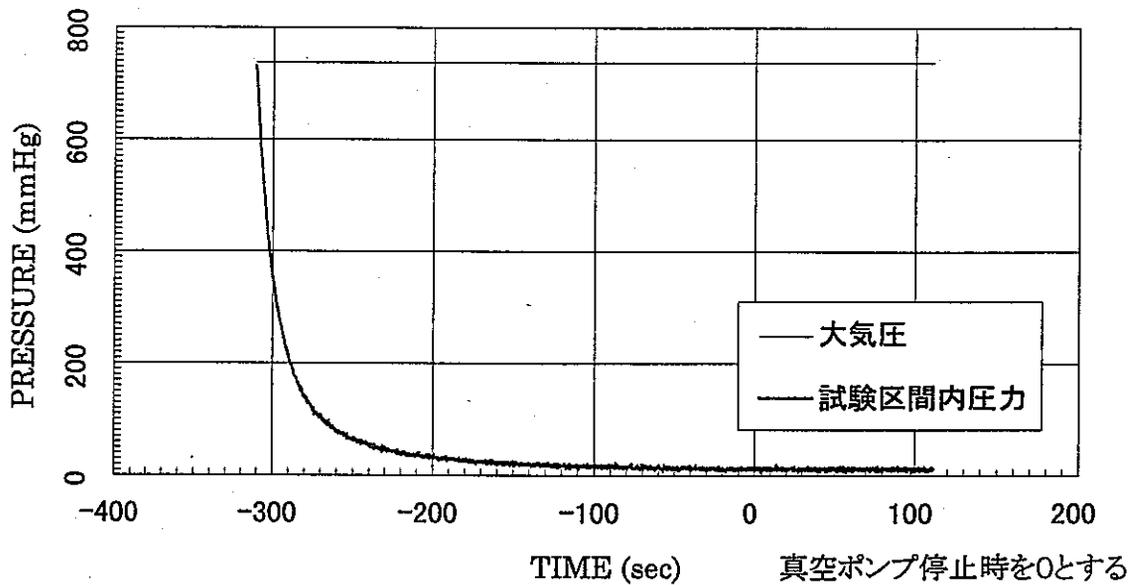
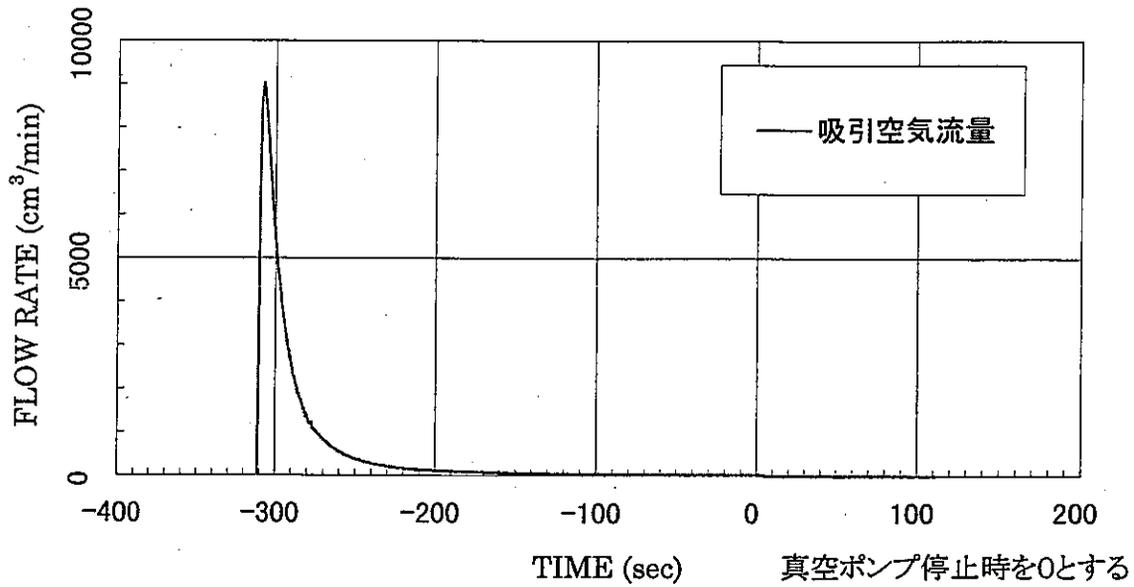
BVP-1 測定区間の中央深度 2.45 m

固有透過度(定常法) =  $7.2E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.2E-13 \text{ cm}^2$



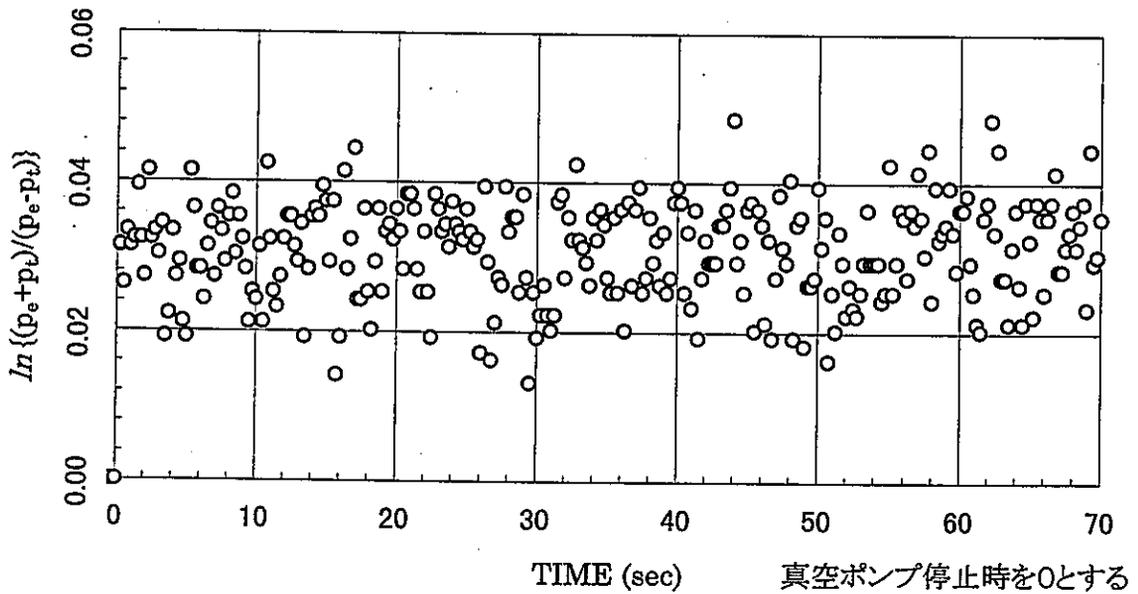
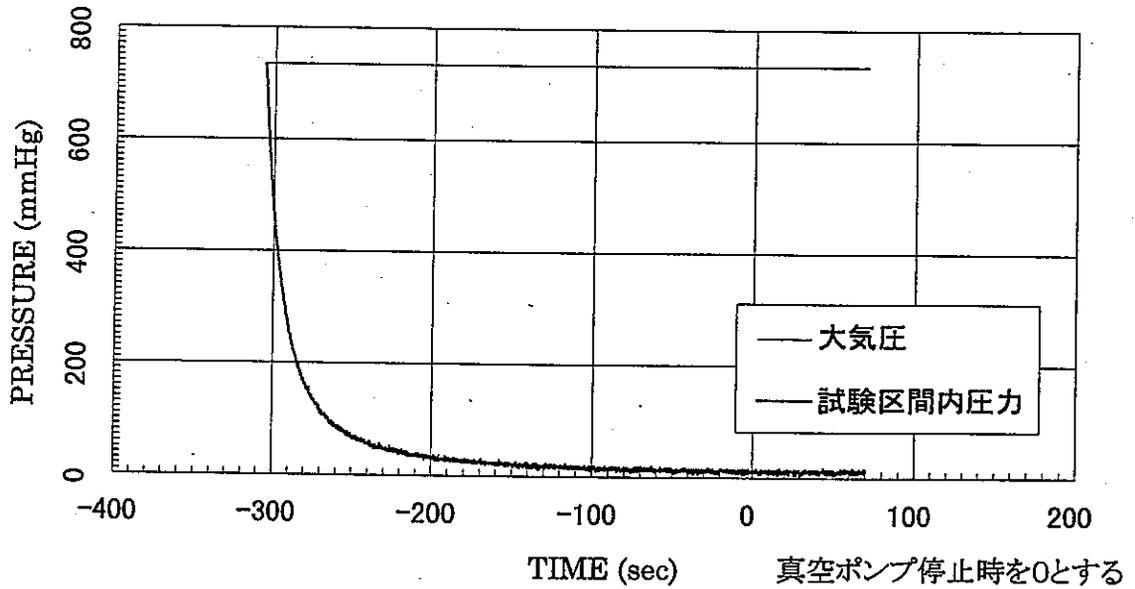
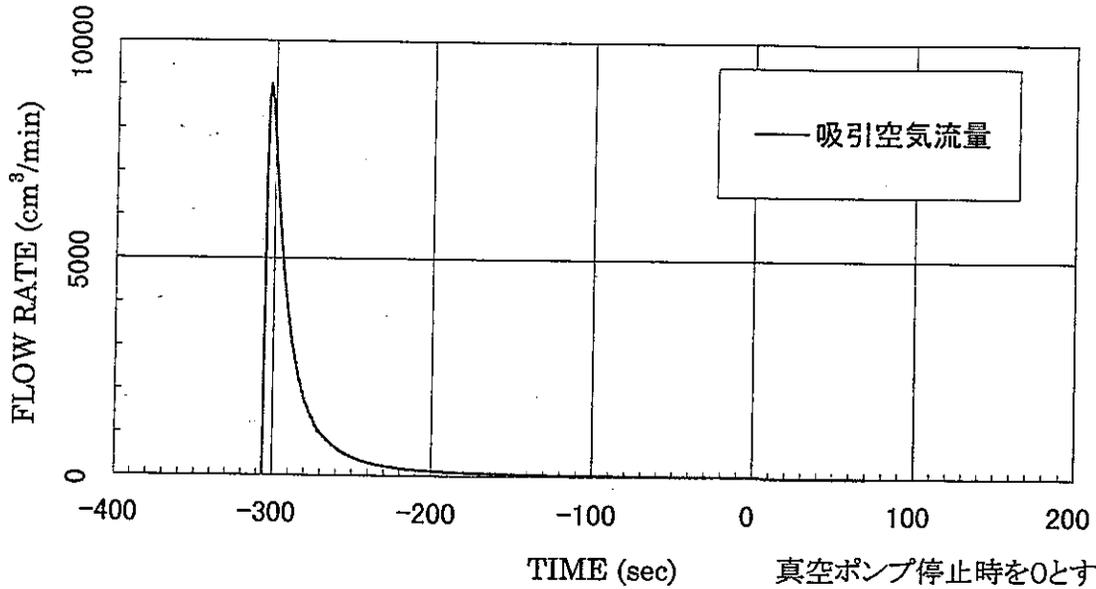
BVP-1 測定区間の中央深度 2.75 m

固有透過度(定常法) =  $6.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{——} \text{ cm}^2$



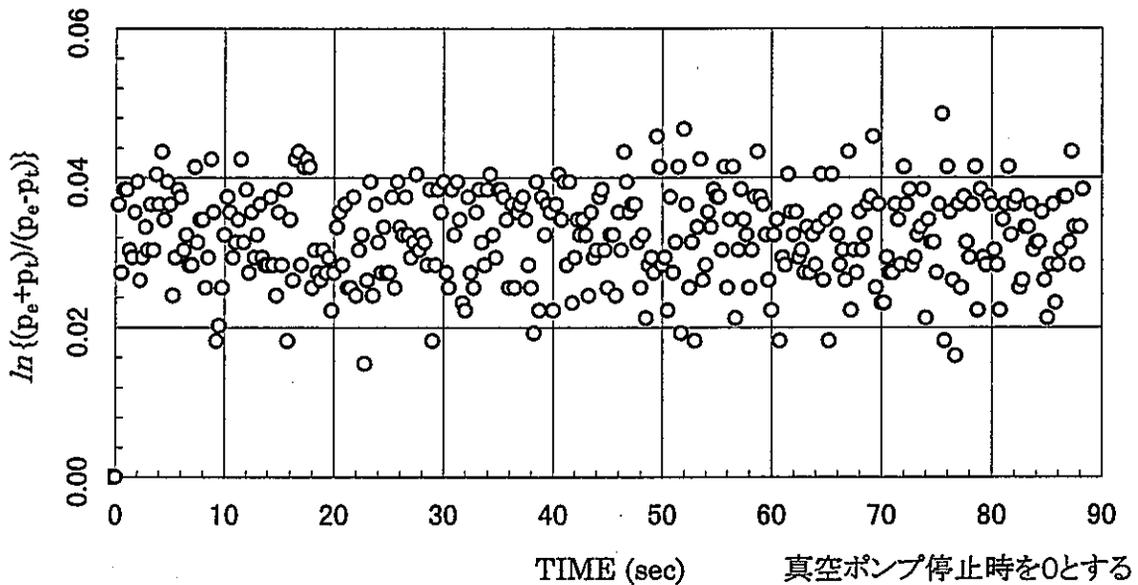
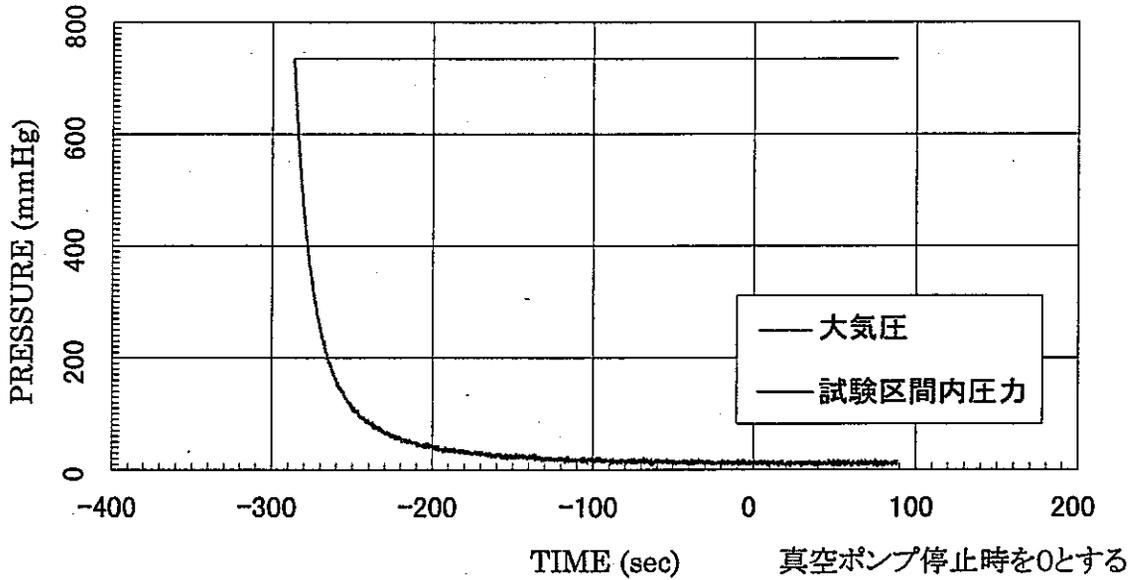
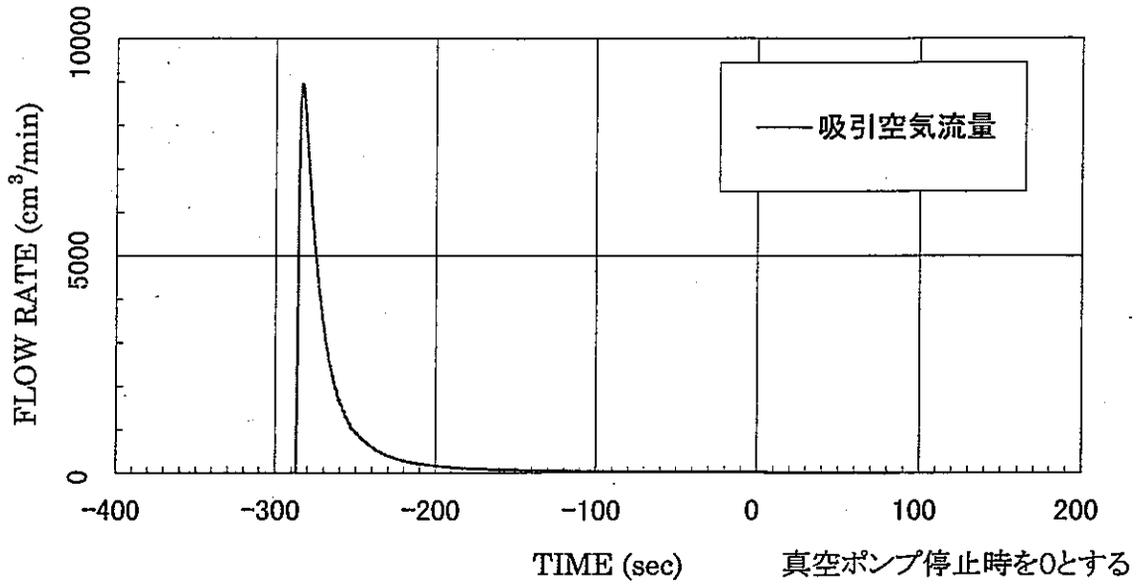
BVP-1 測定区間の中央深度 3.05 m

固有透過度(定常法) =  $5.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $3.7E-14 \text{ cm}^2$



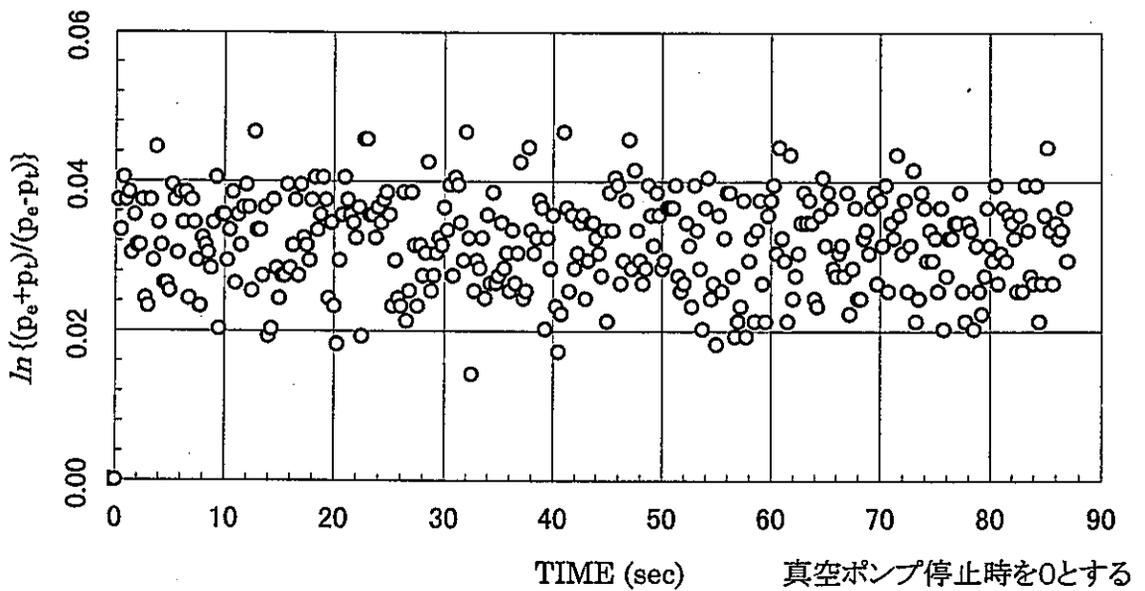
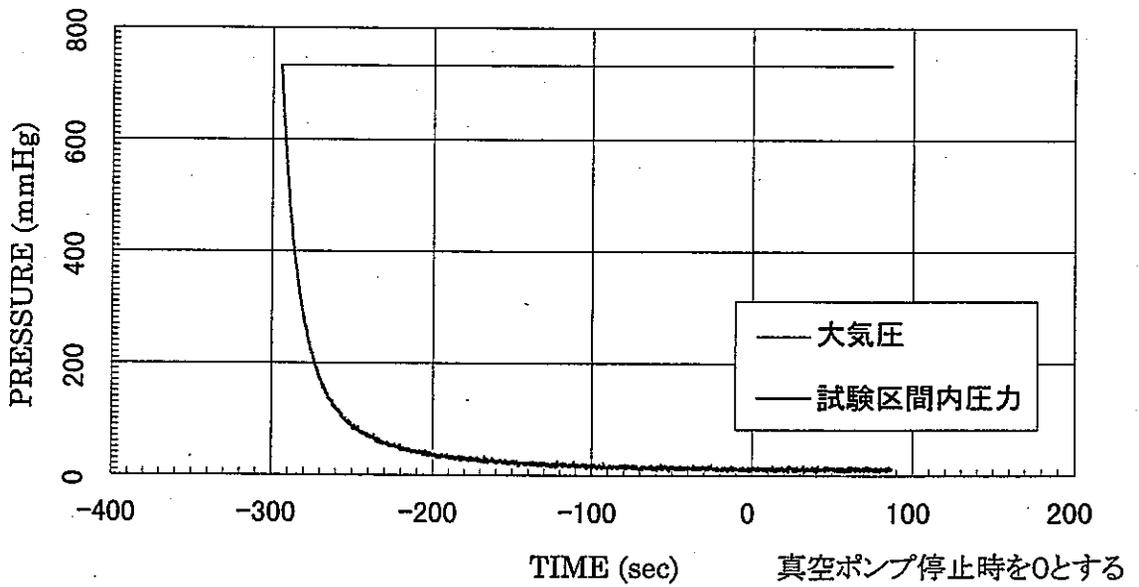
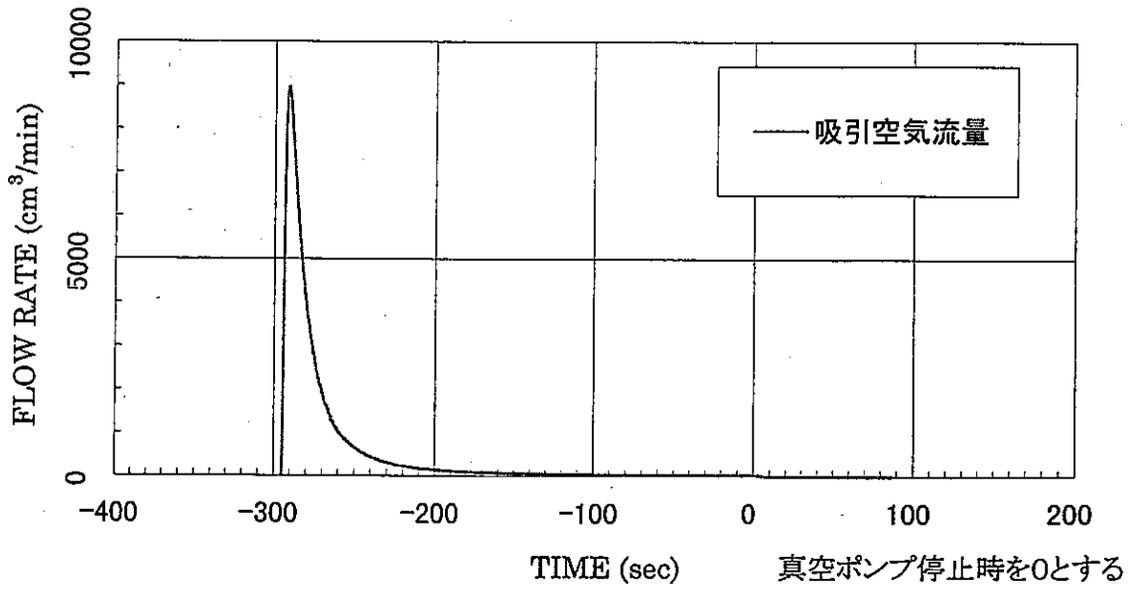
BVP-1 測定区間の中央深度 3.35 m

固有透過度(定常法) =  $7.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $9.0E-15 \text{ cm}^2$



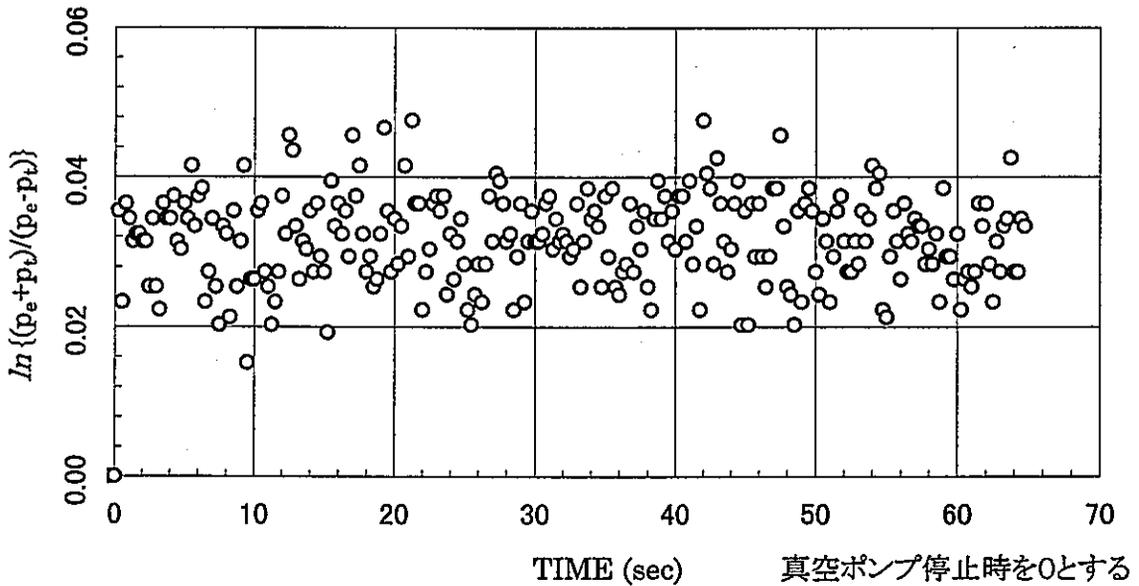
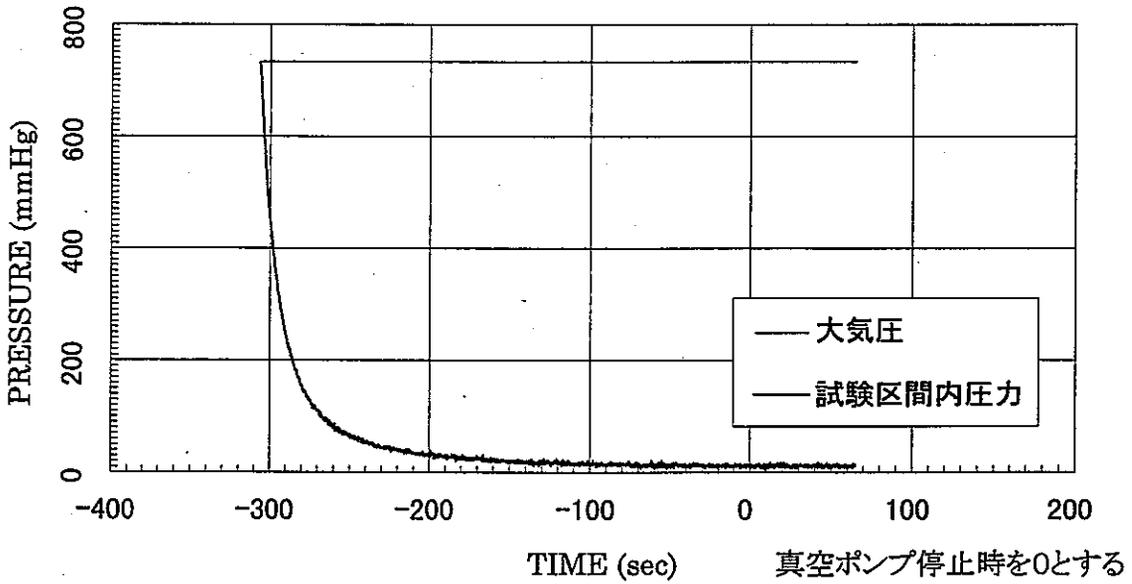
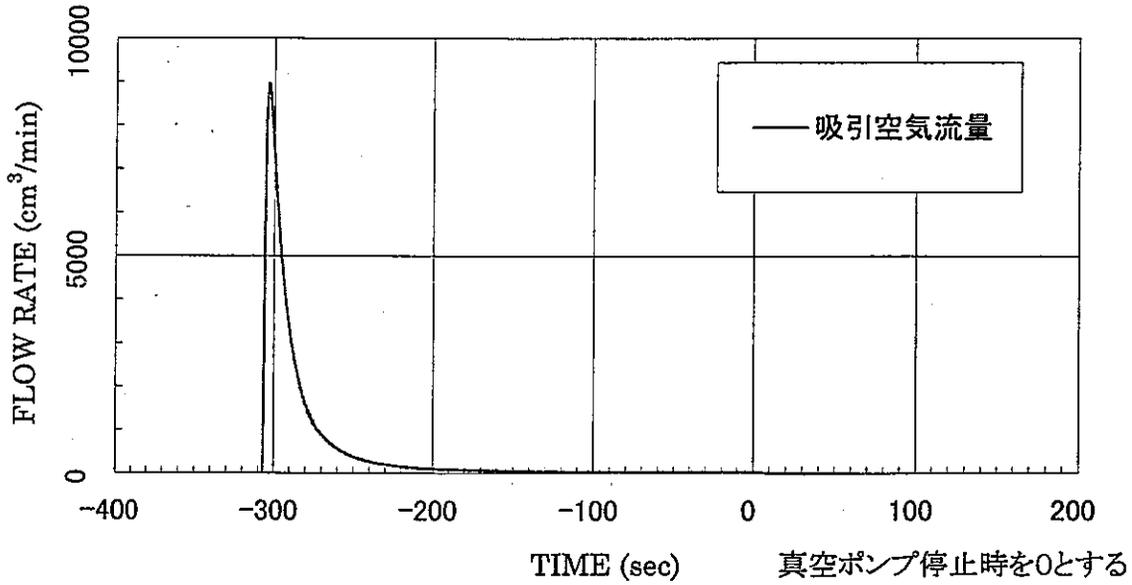
BVP-1 測定区間の中央深度 3.65 m

固有透過度(定常法) =  $7.5E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.5E-14 \text{ cm}^2$



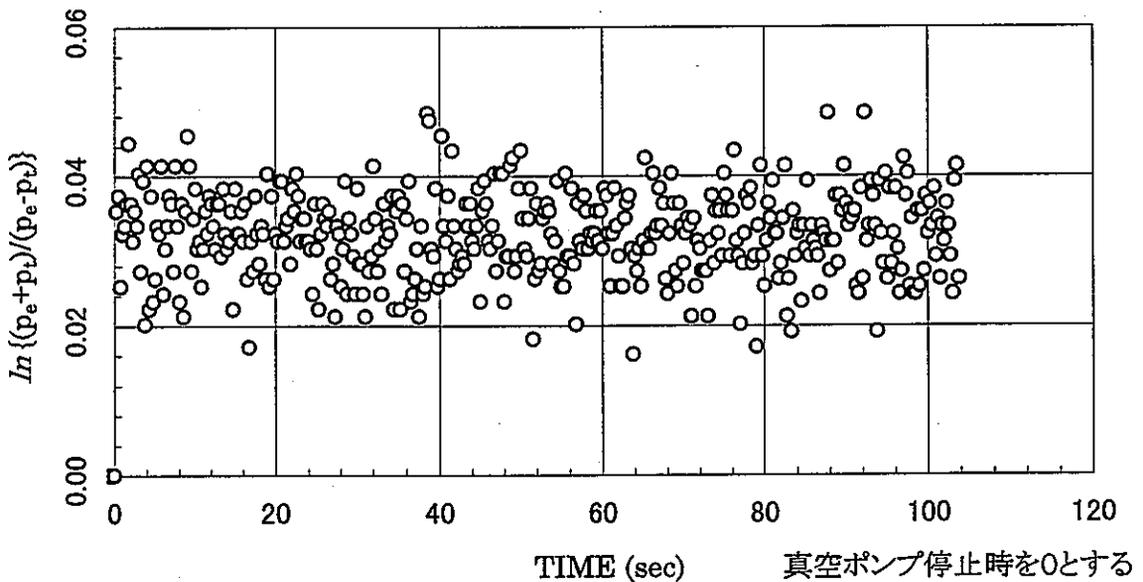
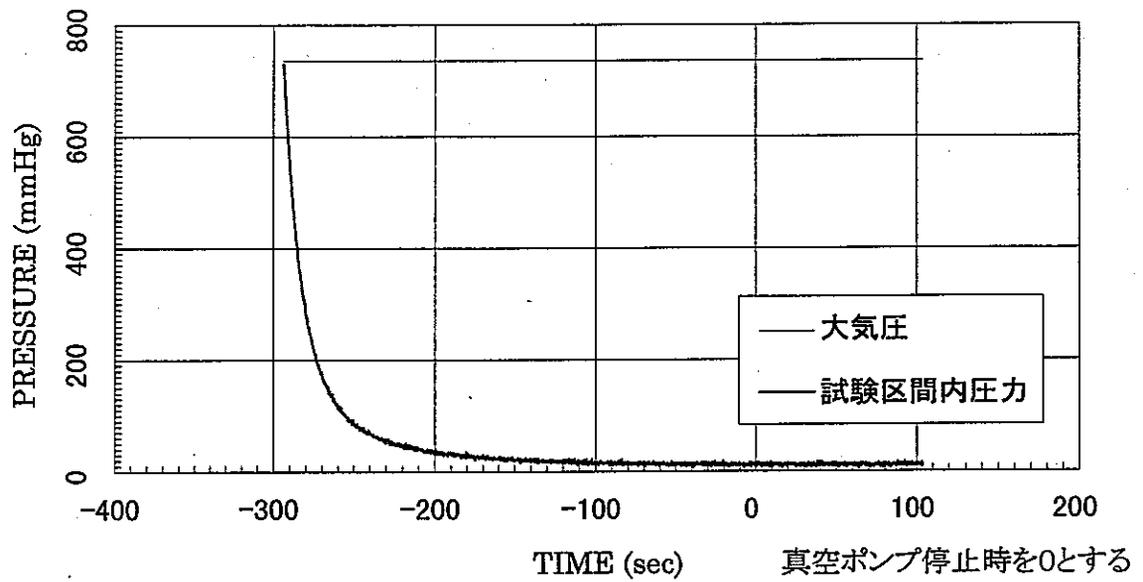
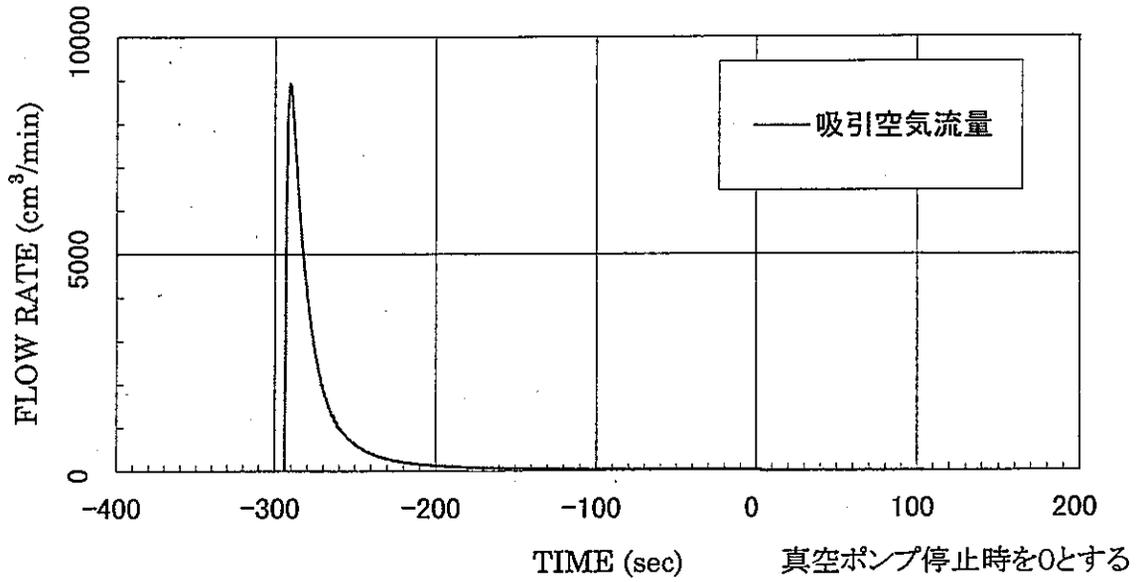
BVP-1 測定区間の中央深度 3.95 m

固有透過度(定常法) =  $6.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $5.7E-14 \text{ cm}^2$



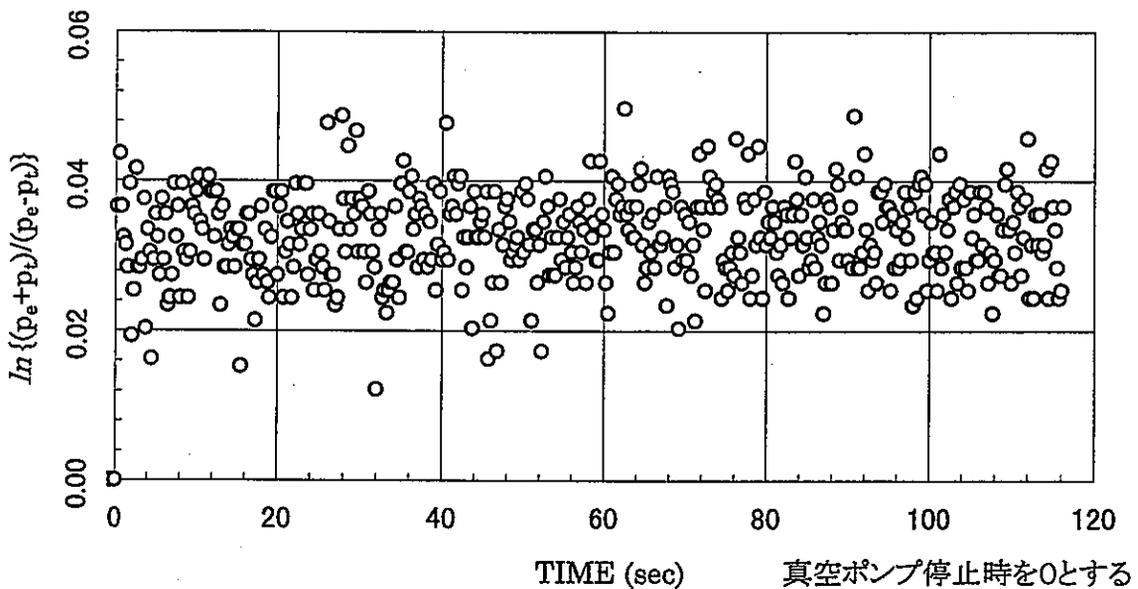
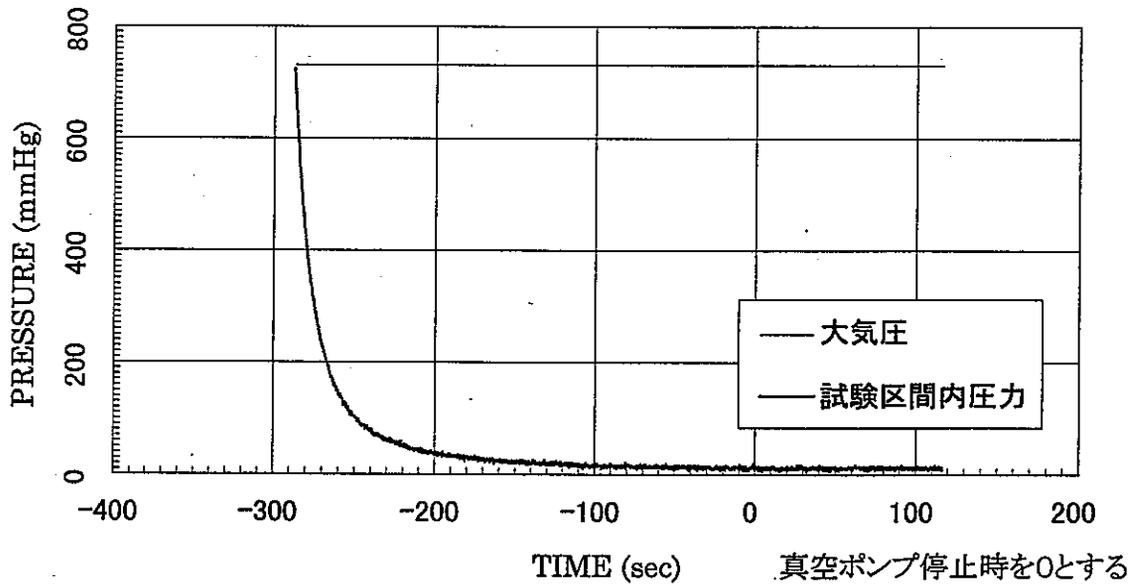
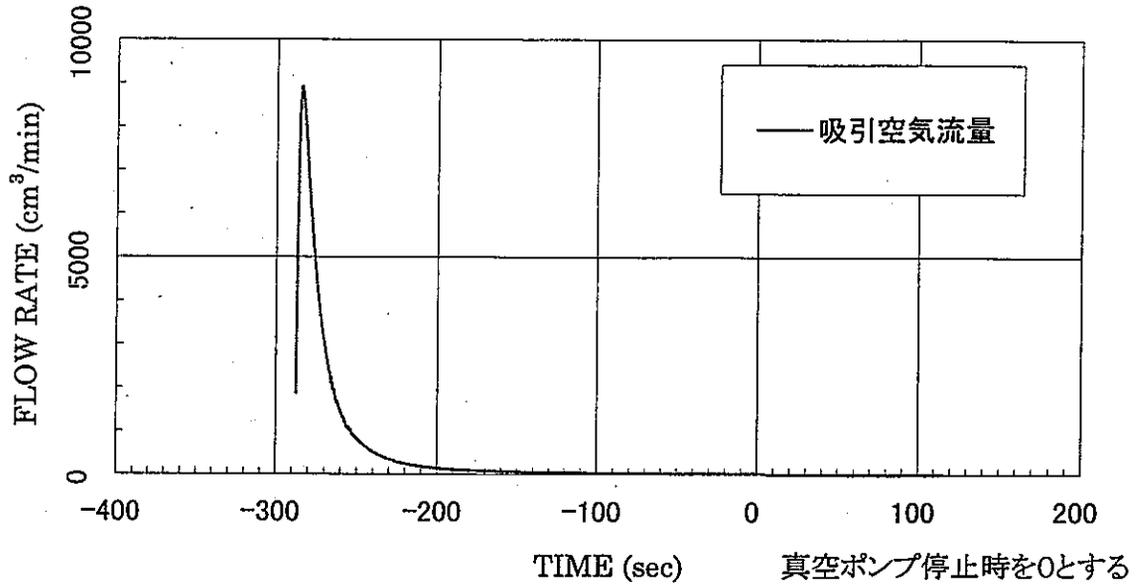
BVP-1 測定区間の中央深度 4.25 m

固有透過度(定常法) =  $6.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.9E-16 \text{ cm}^2$



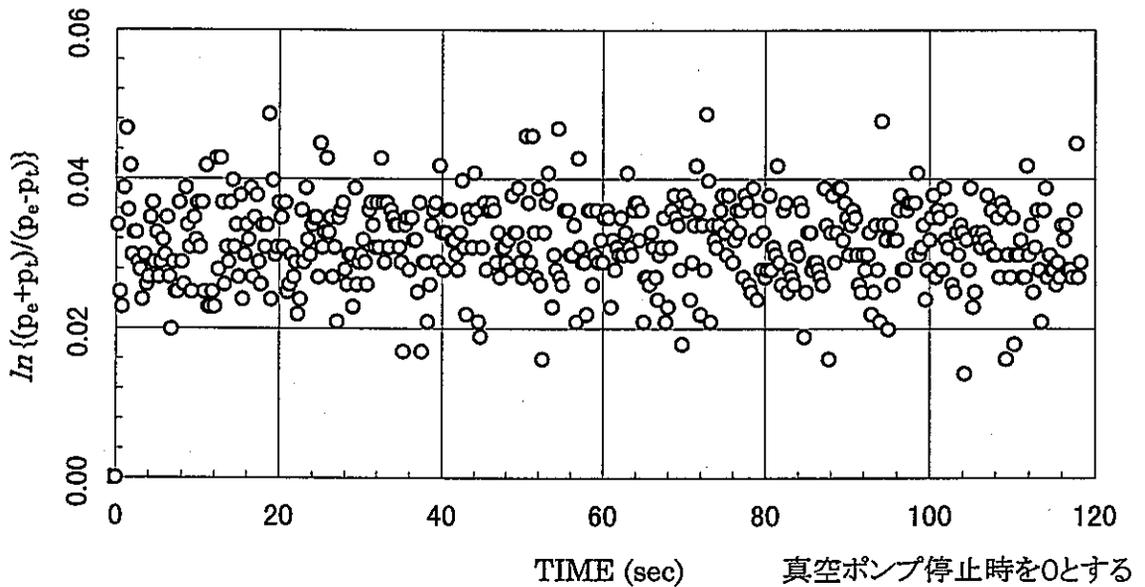
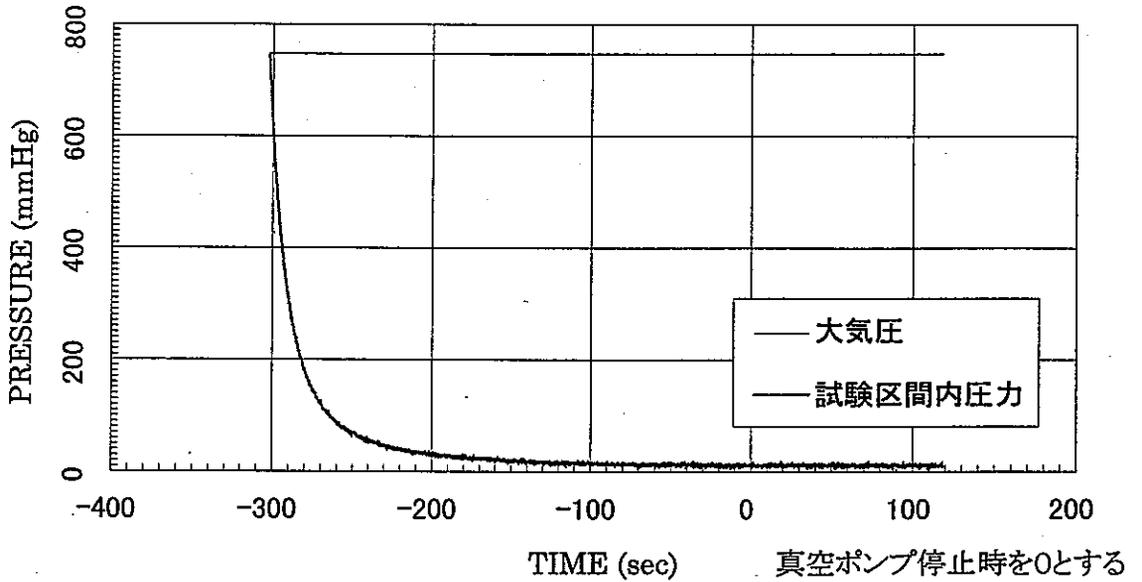
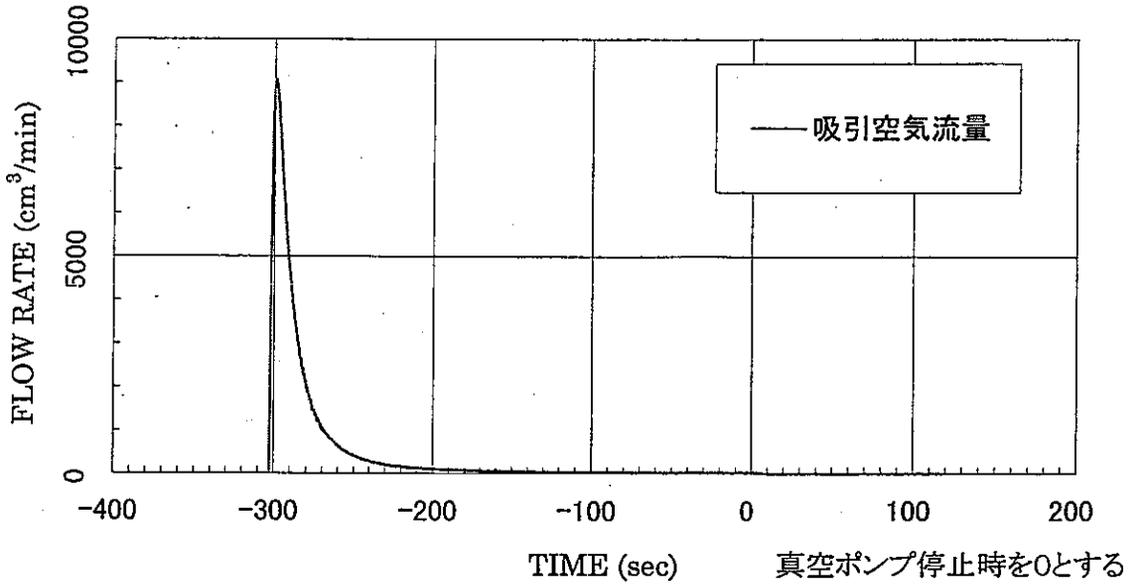
BVP-1 測定区間の中央深度 4.55 m

固有透過度(定常法) =  $6.0E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.5E-14 \text{ cm}^2$



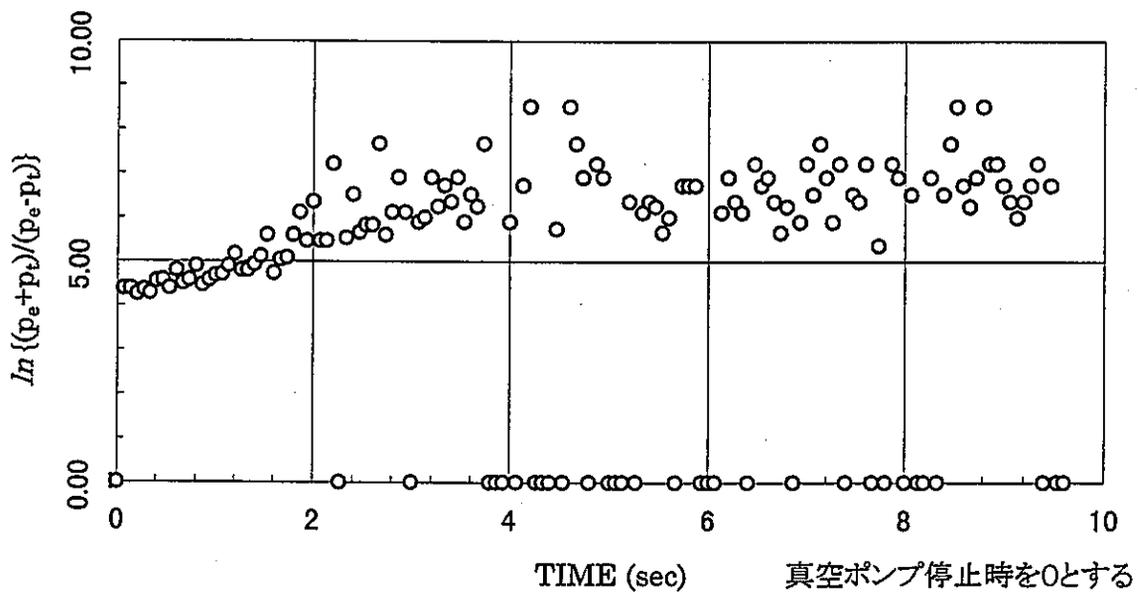
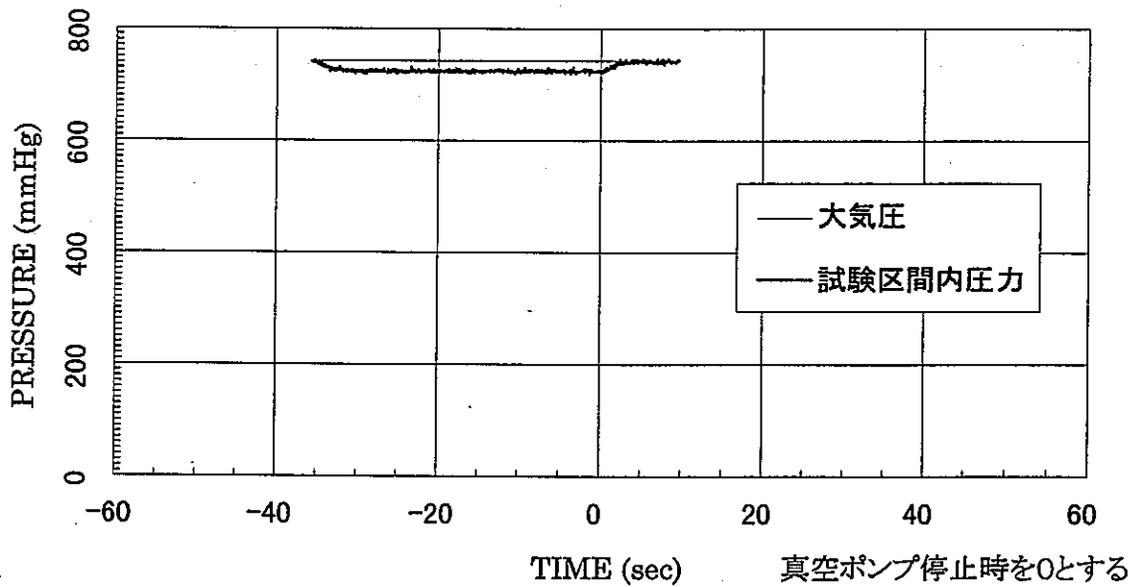
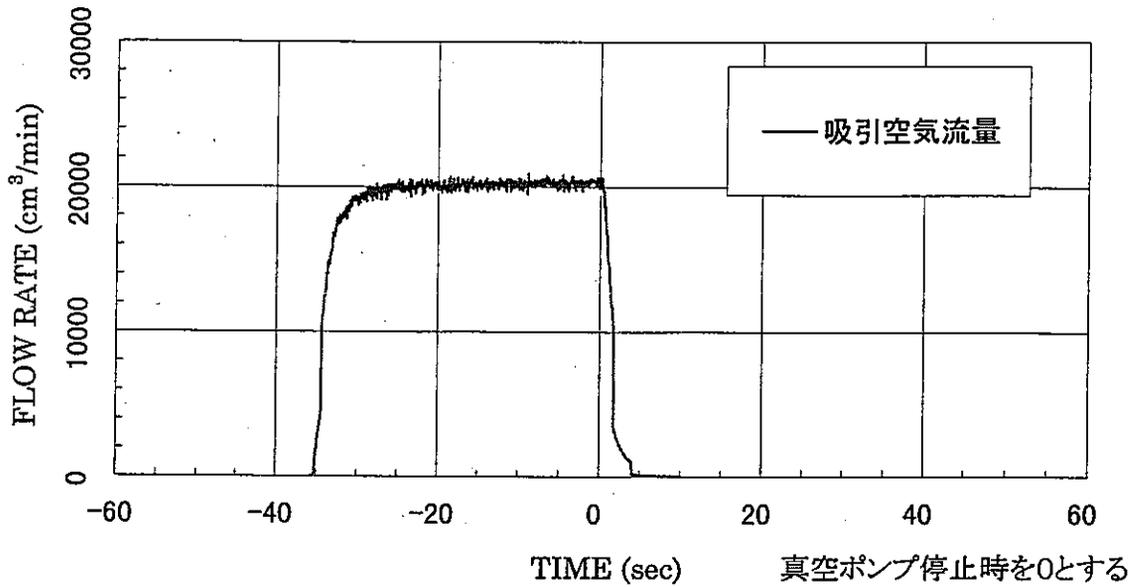
BVP-1 測定区間の中央深度 4.80 m

固有透過度(定常法) =  $5.4E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.3E-14 \text{ cm}^2$



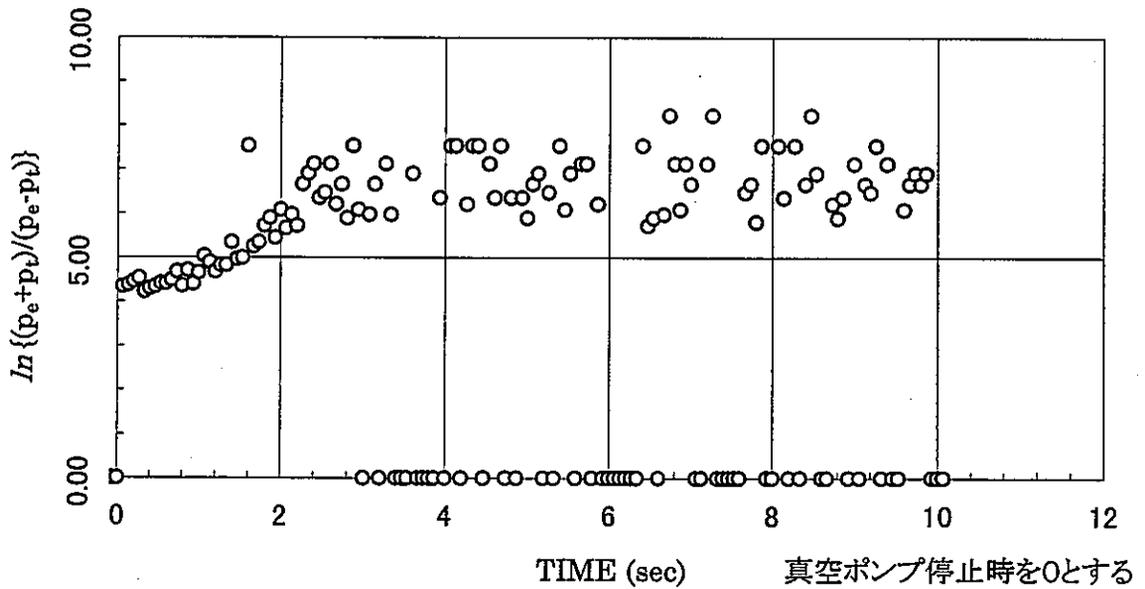
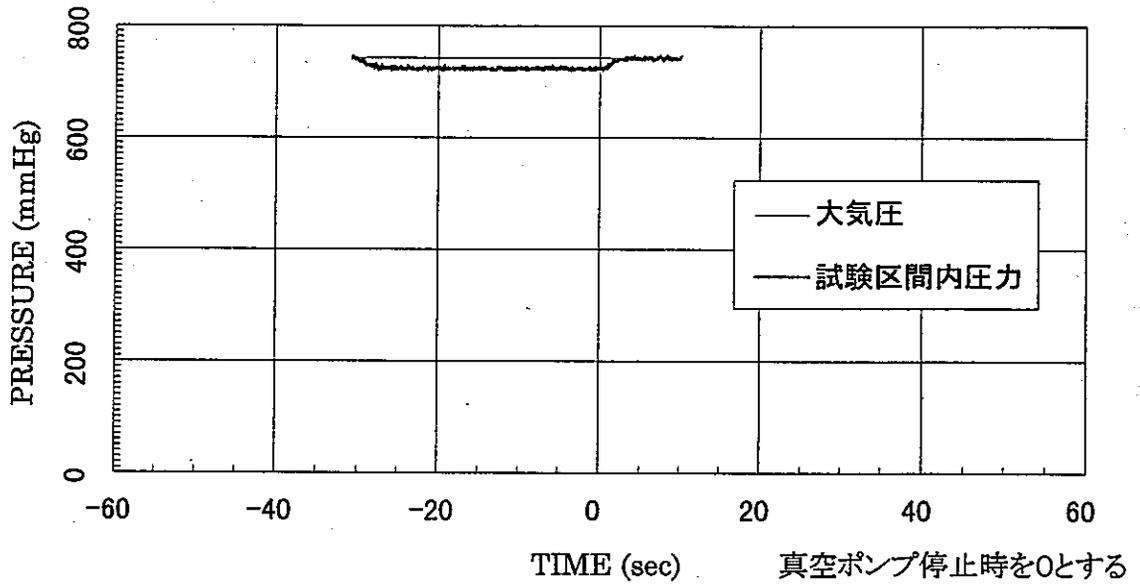
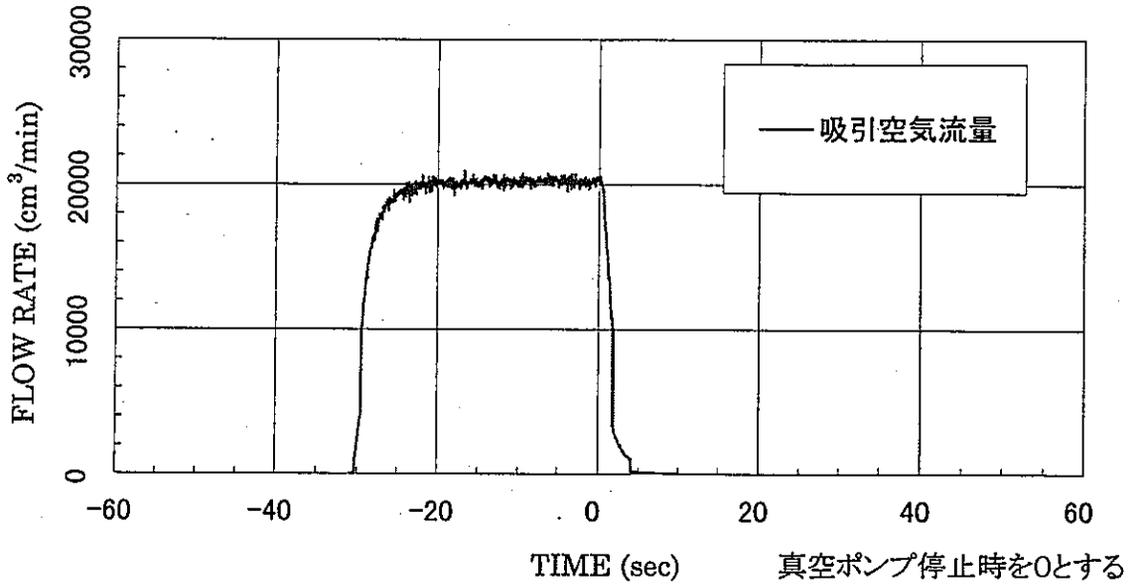
BVP-2 測定区間の中央深度 .35 m

固有透過度(定常法) =  $6.5E-09 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.7E-09 \text{ cm}^2$



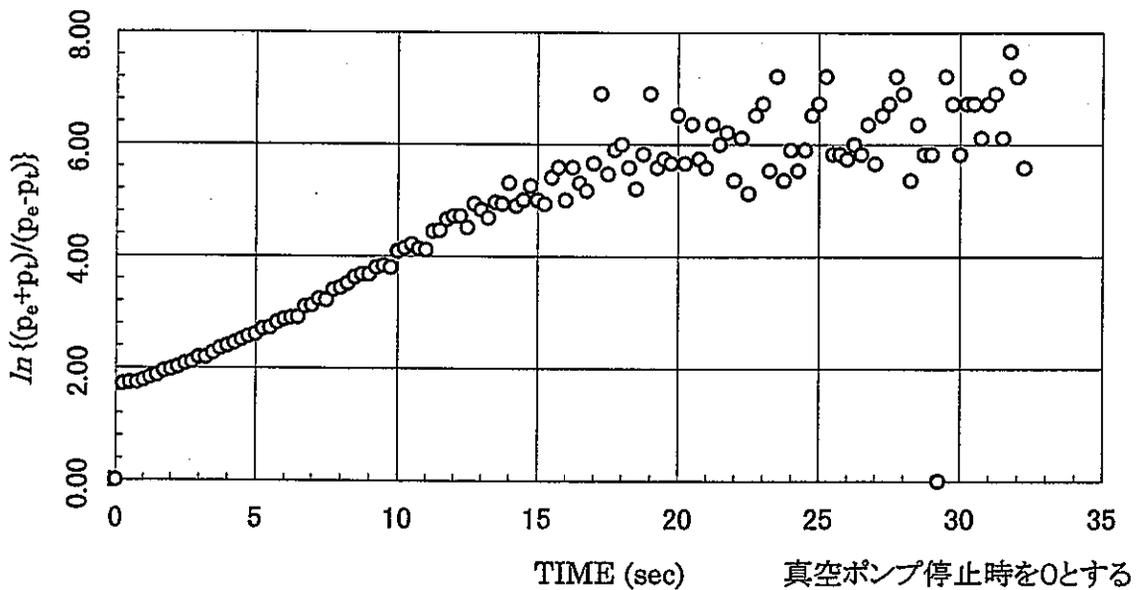
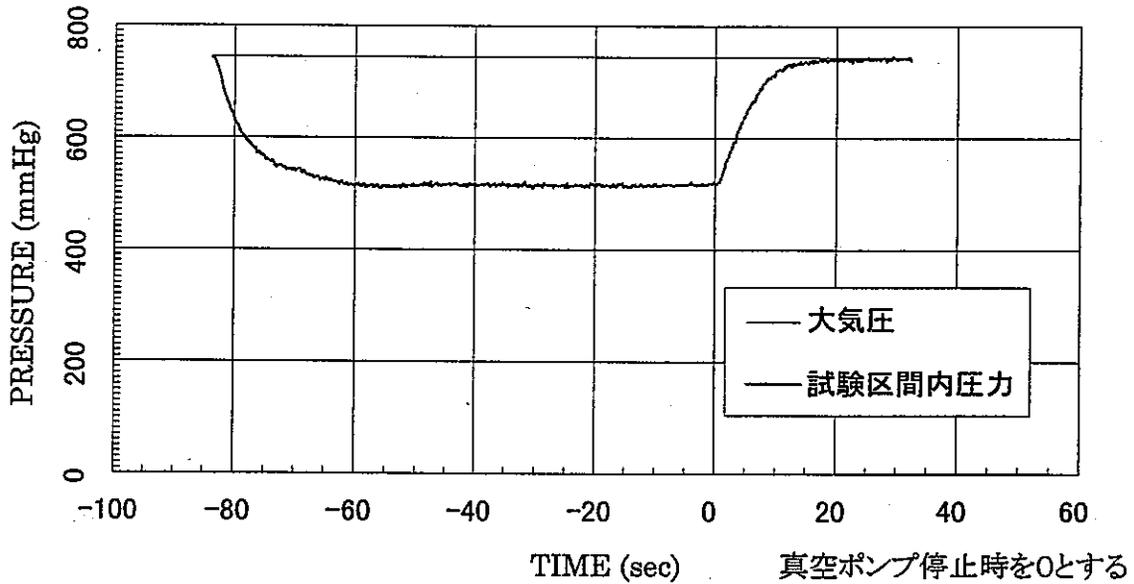
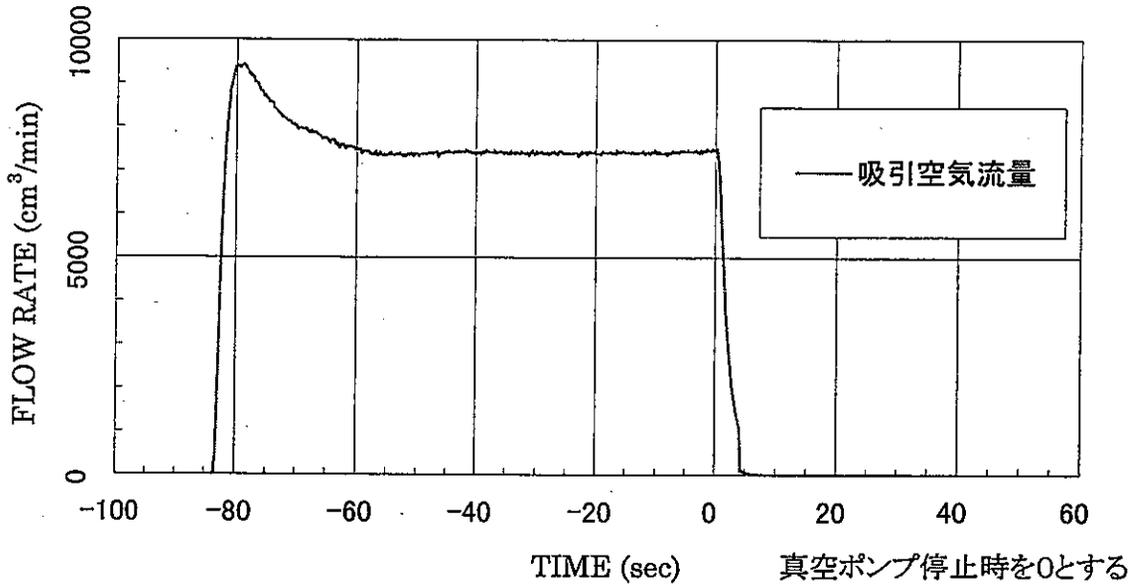
BVP-2 測定区間の中央深度 .45 m

固有透過度(定常法) =  $8.0E-09 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.8E-09 \text{ cm}^2$



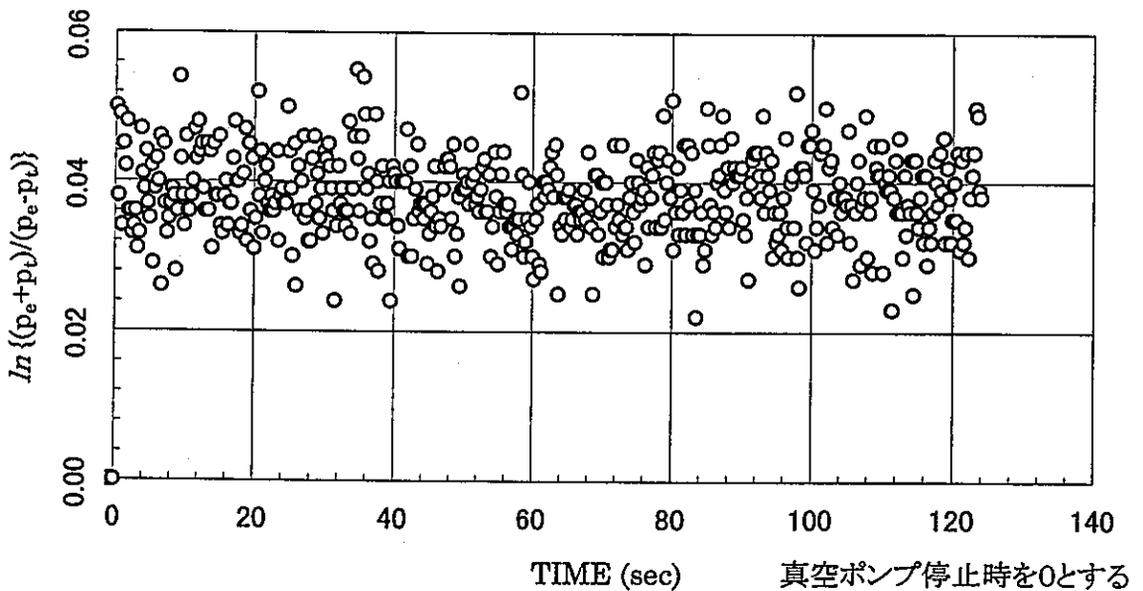
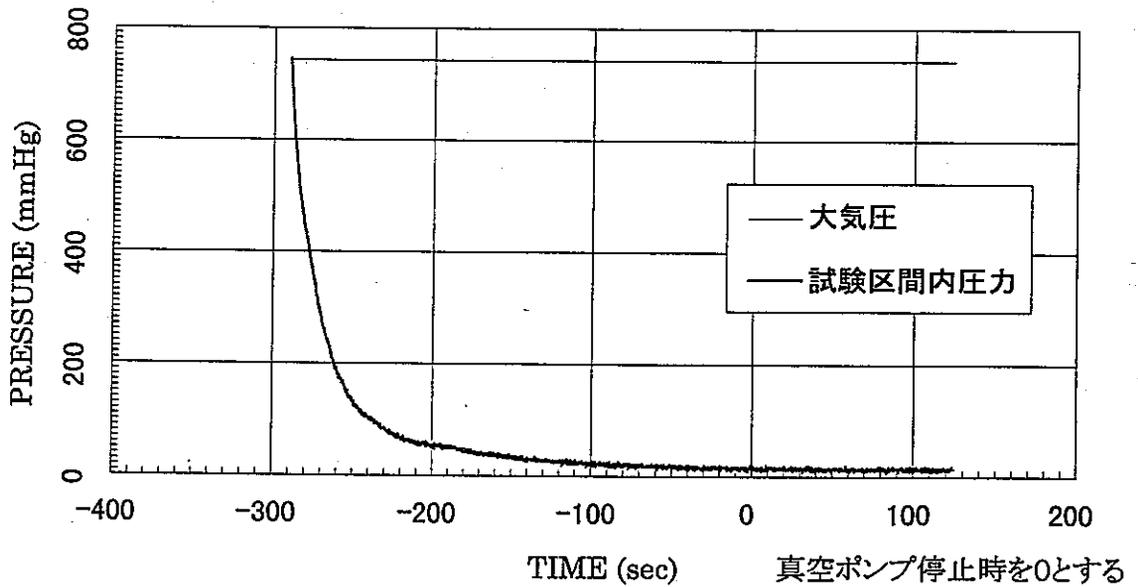
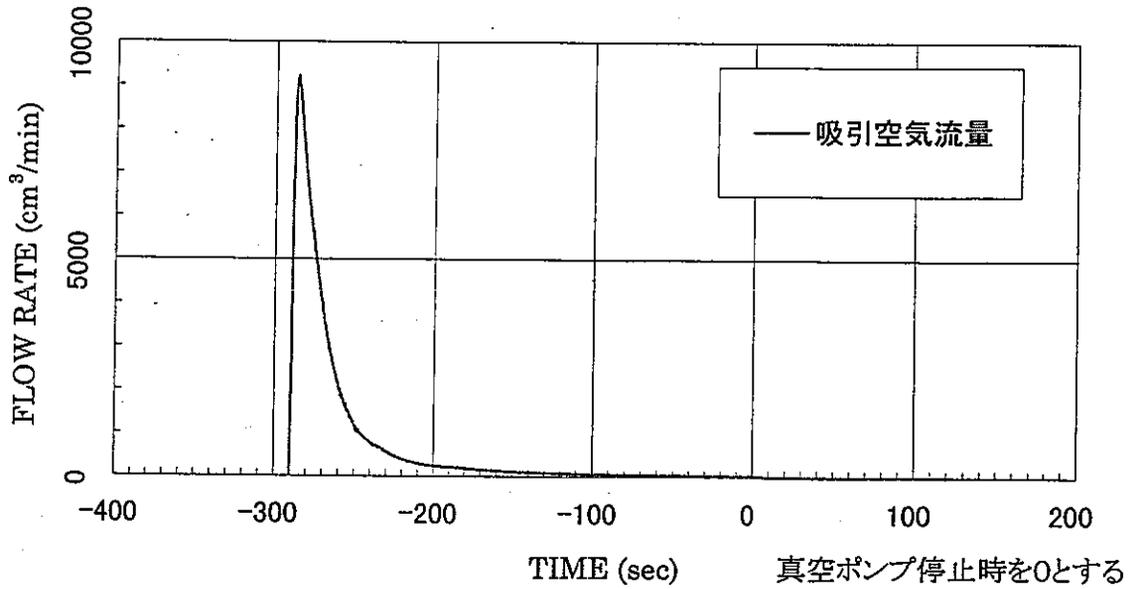
BVP-2 測定区間の中央深度 .50 m

固有透過度(定常法) =  $2.8E-10 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $3.8E-10 \text{ cm}^2$



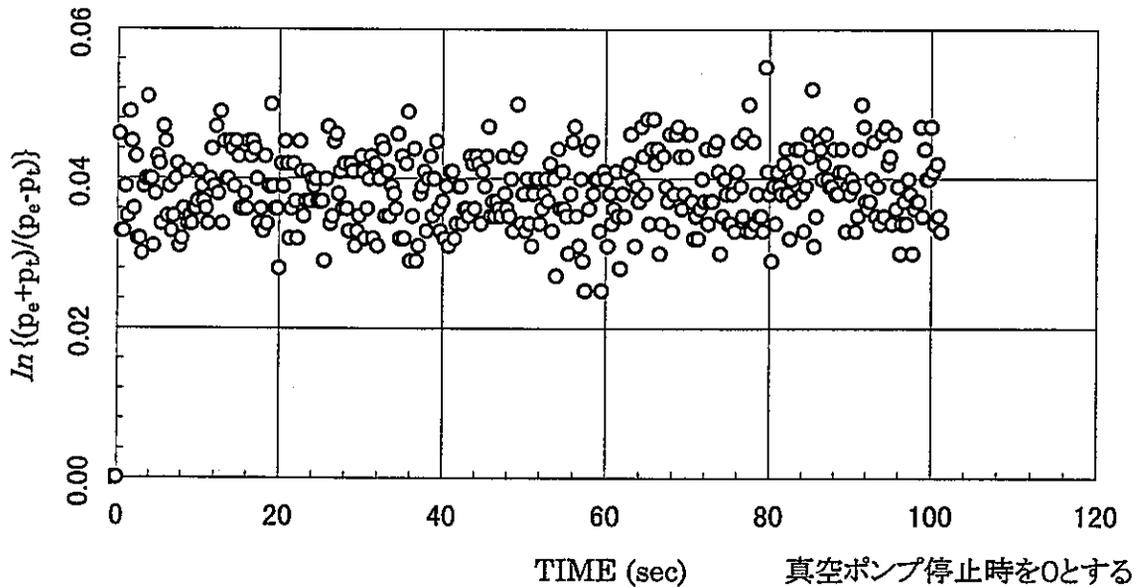
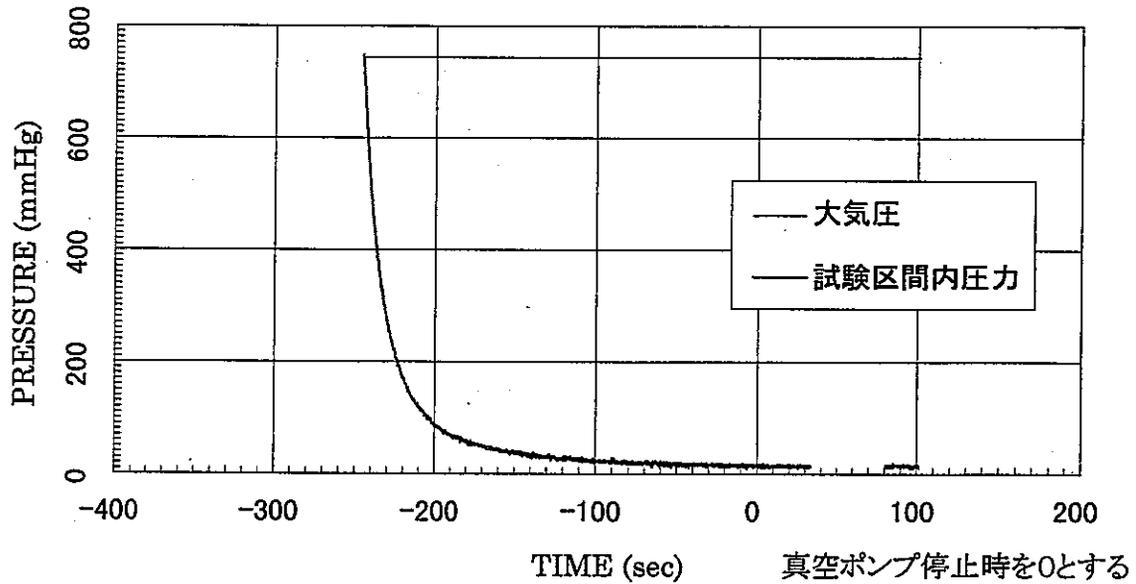
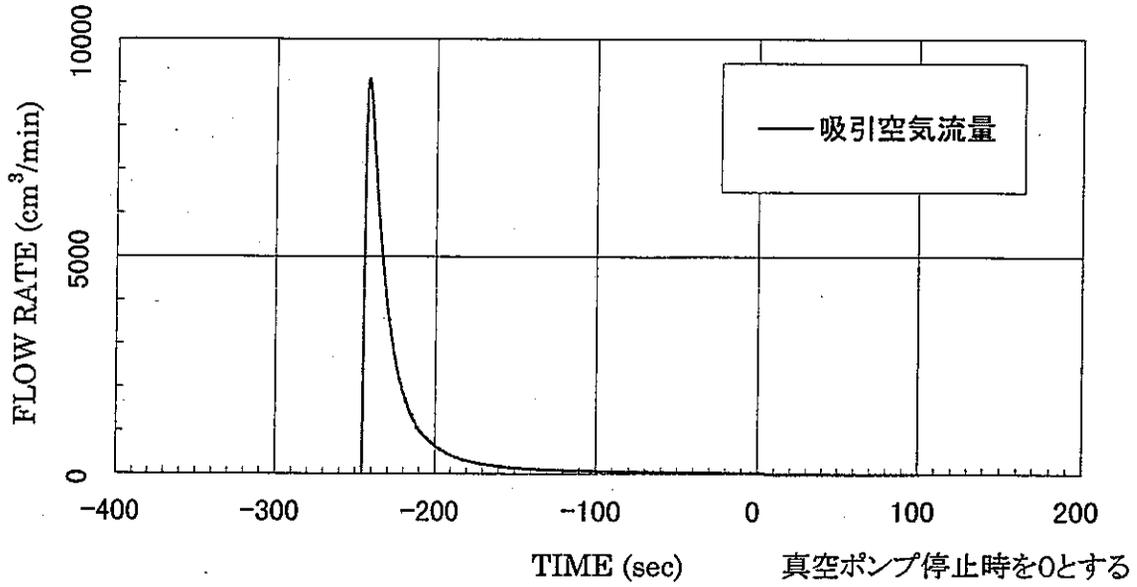
BVP-2 測定区間の中央深度 .55 m

固有透過度(定常法) =  $6.8E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $3.5E-14 \text{ cm}^2$



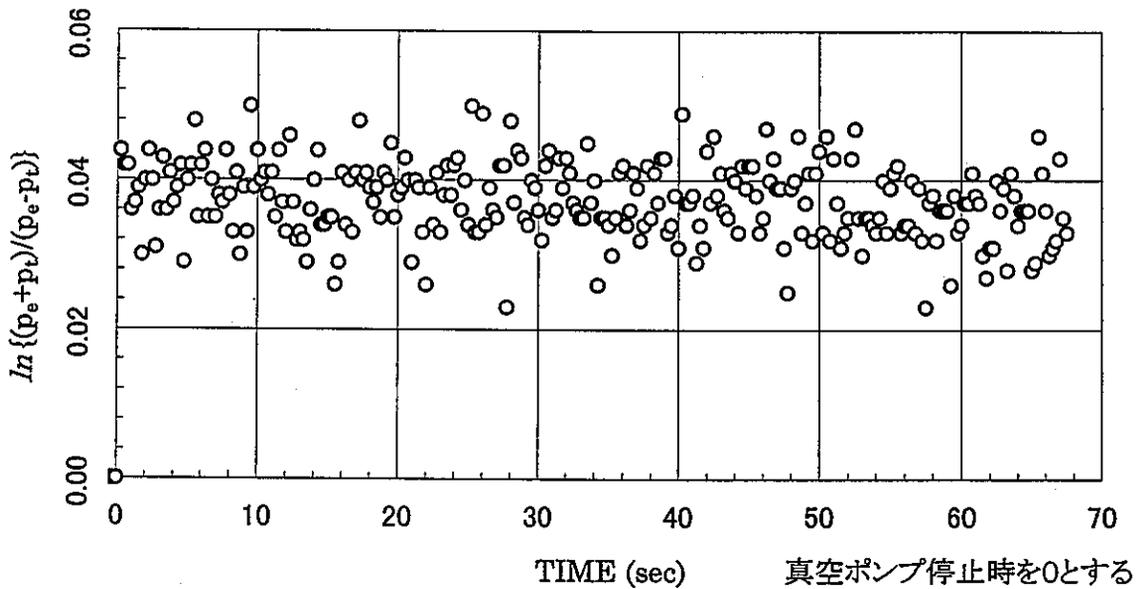
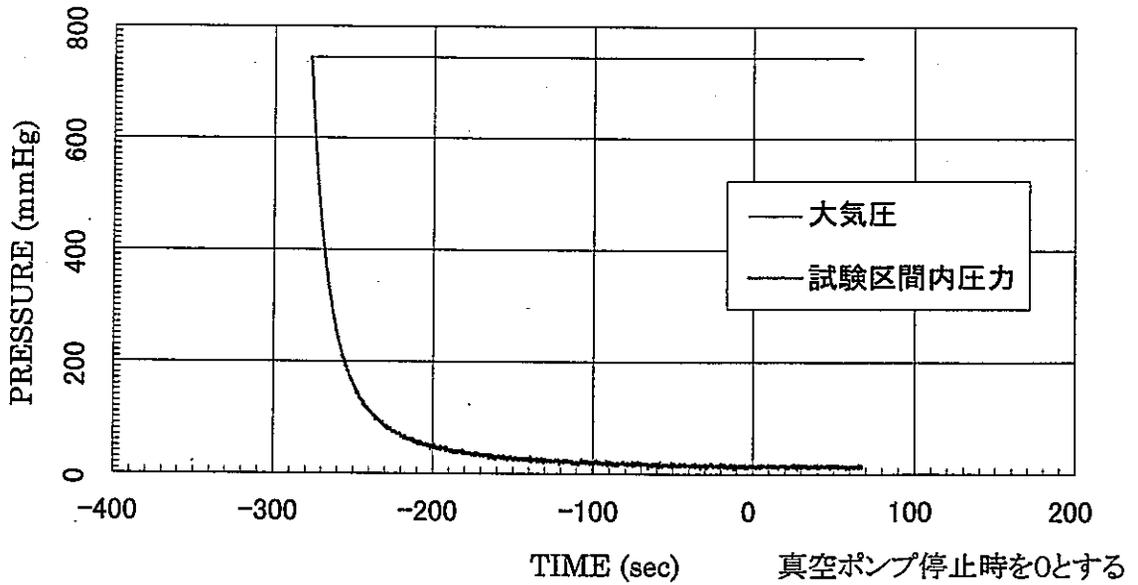
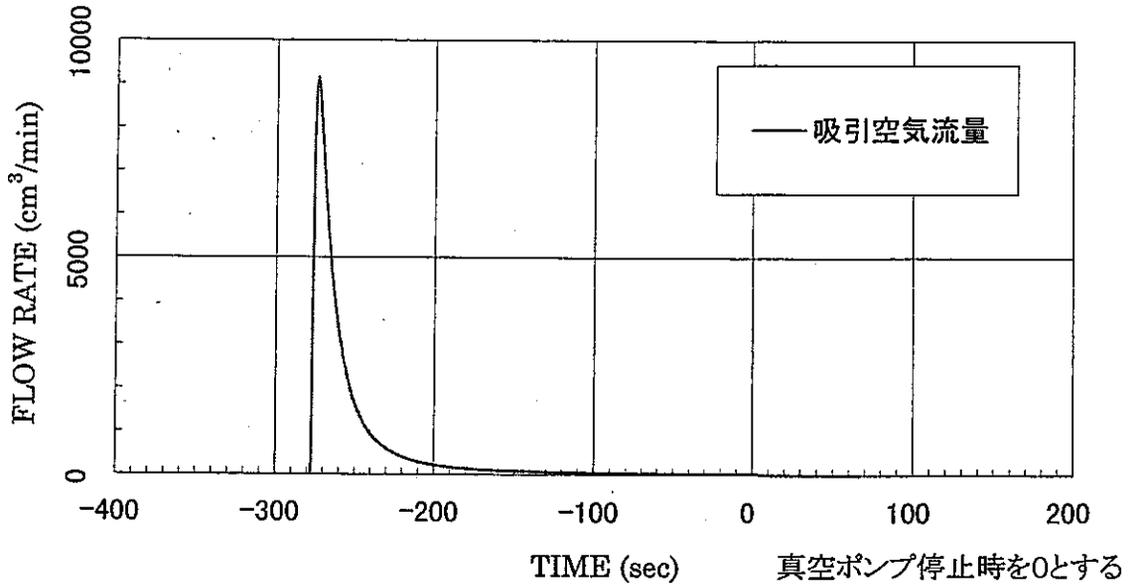
BVP-2 測定区間の中央深度 .65 m

固有透過度(定常法) =  $6.3E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.0E-14 \text{ cm}^2$



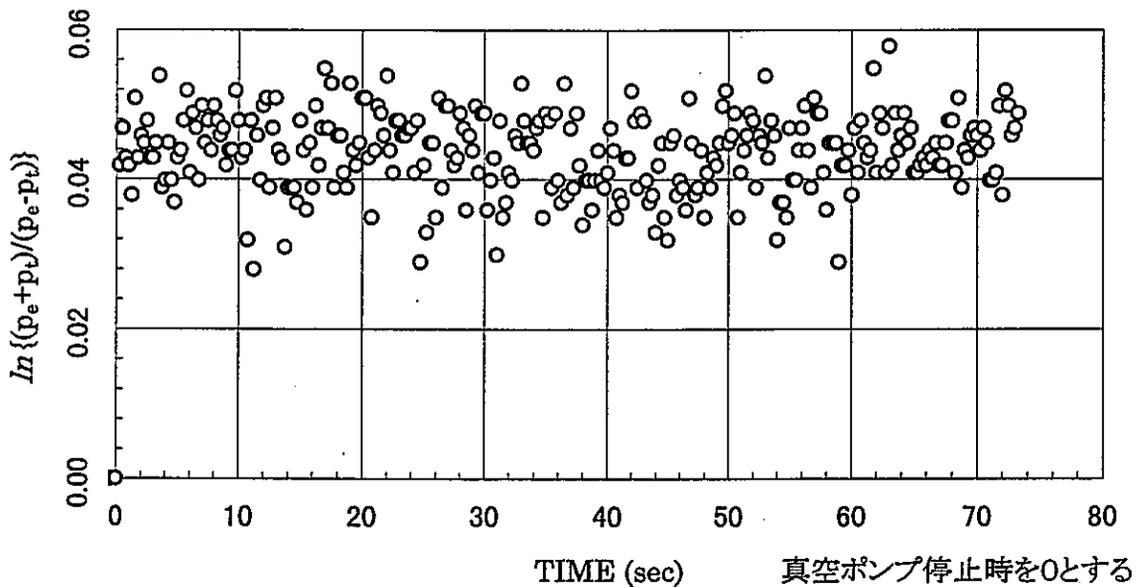
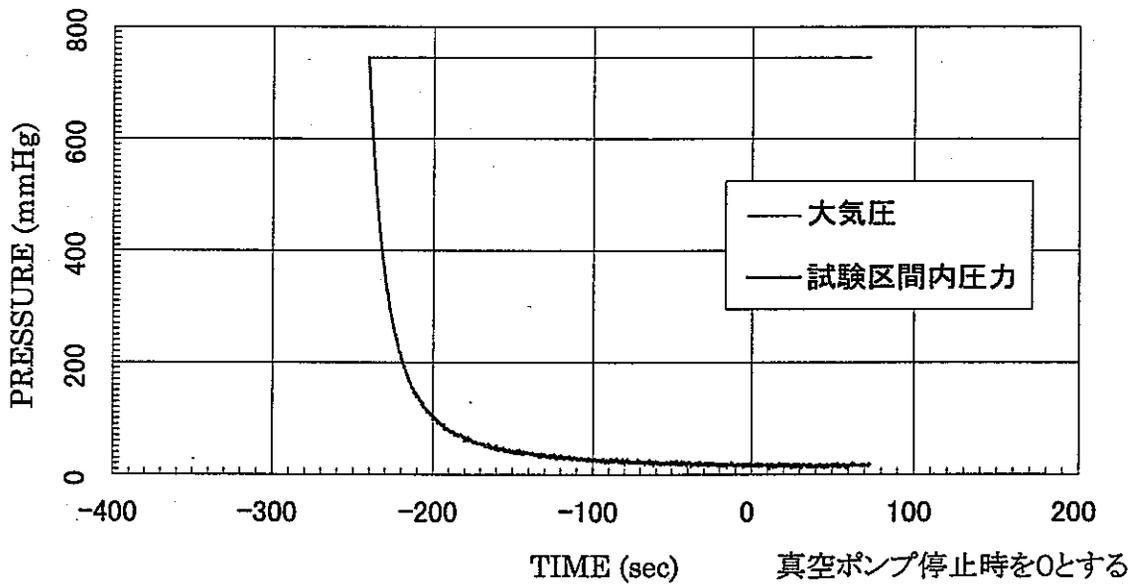
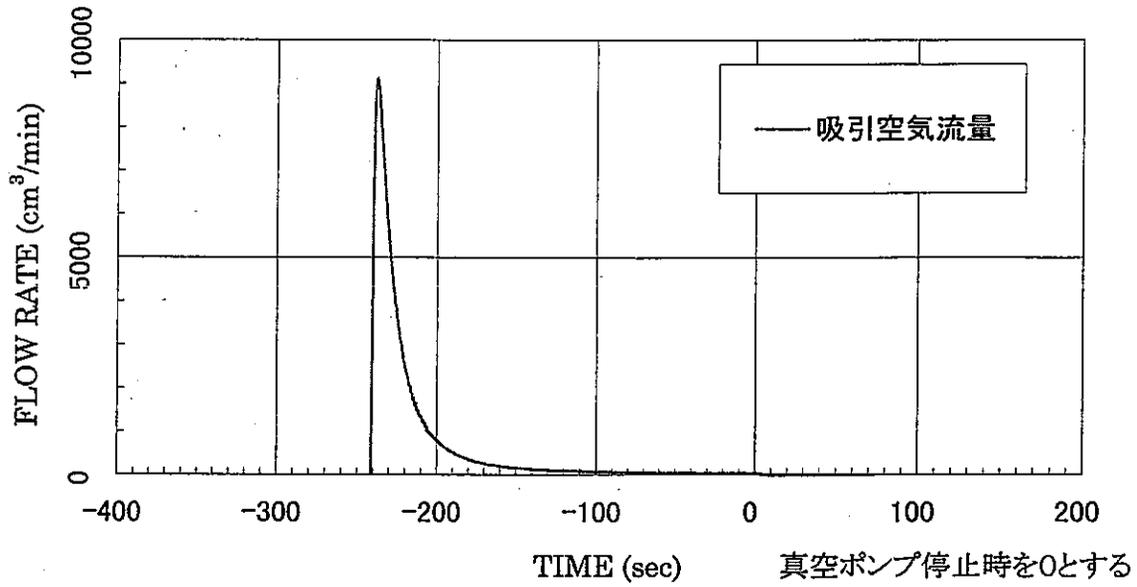
BVP-2 測定区間の中央深度 .95 m

固有透過度(定常法) =  $6.5E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.5E-15 \text{ cm}^2$



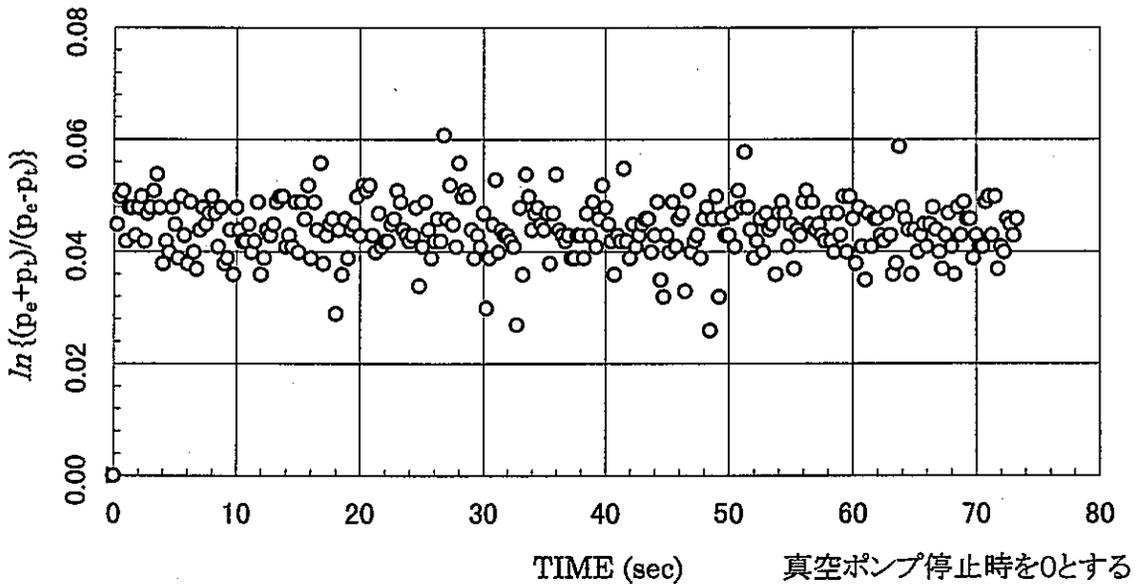
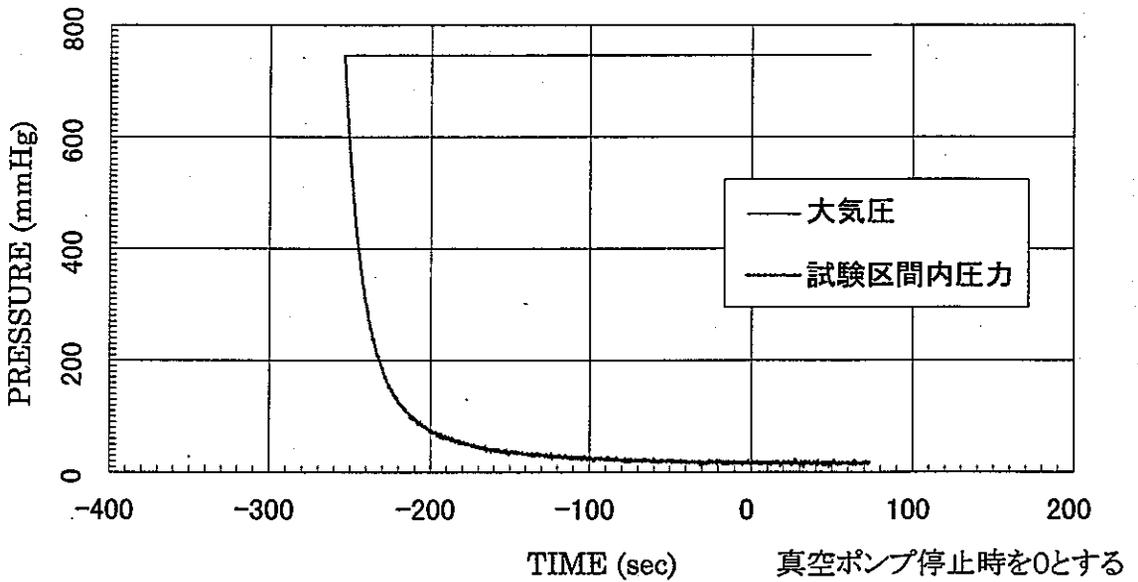
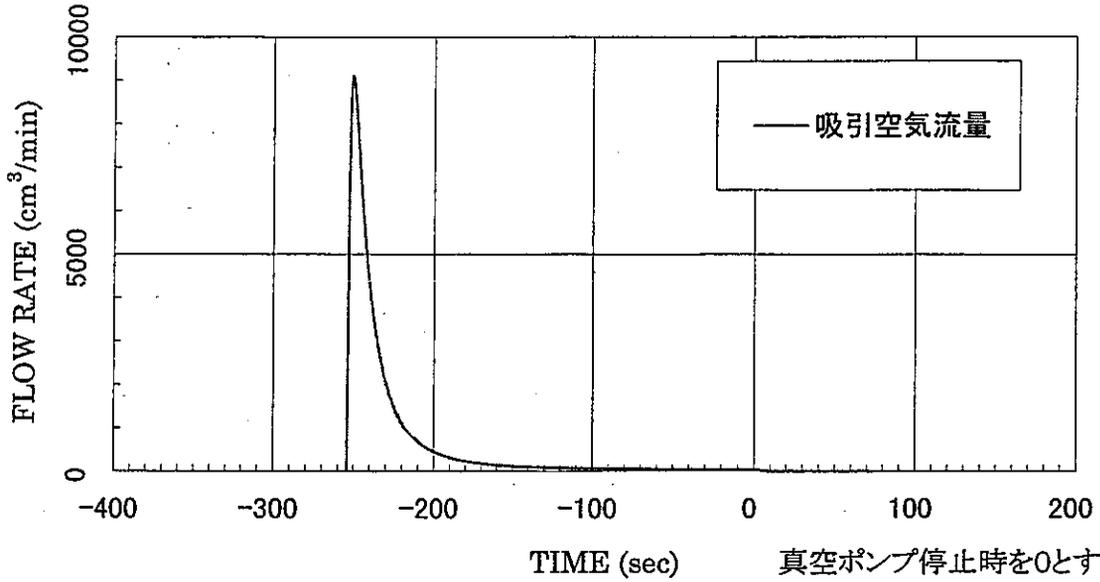
BVP-2 測定区間の中央深度 1.25 m

固有透過度(定常法) =  $7.8E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.1E-13 \text{ cm}^2$



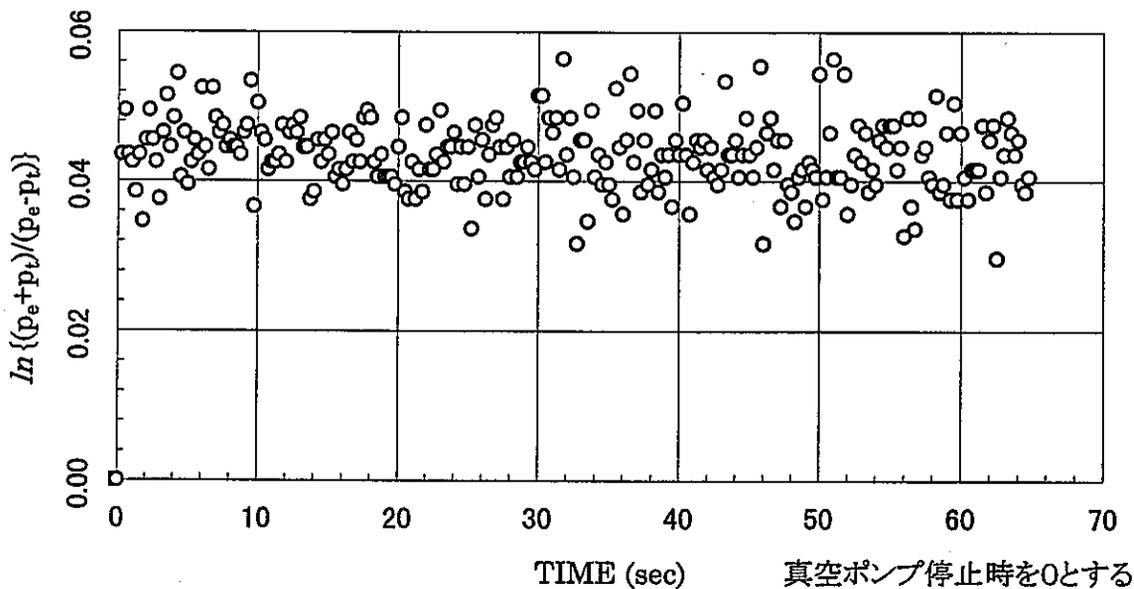
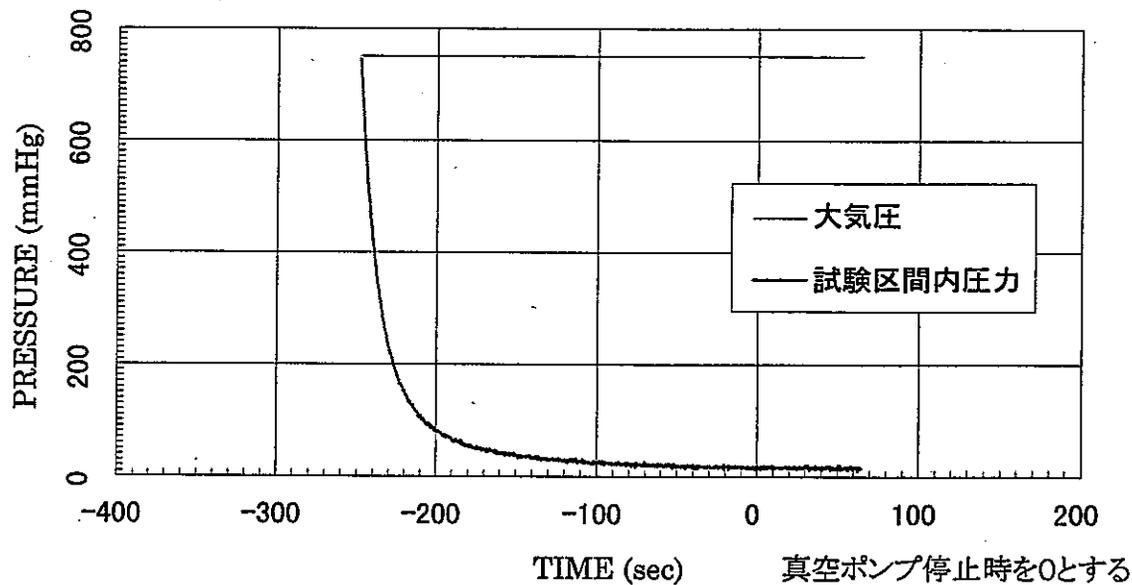
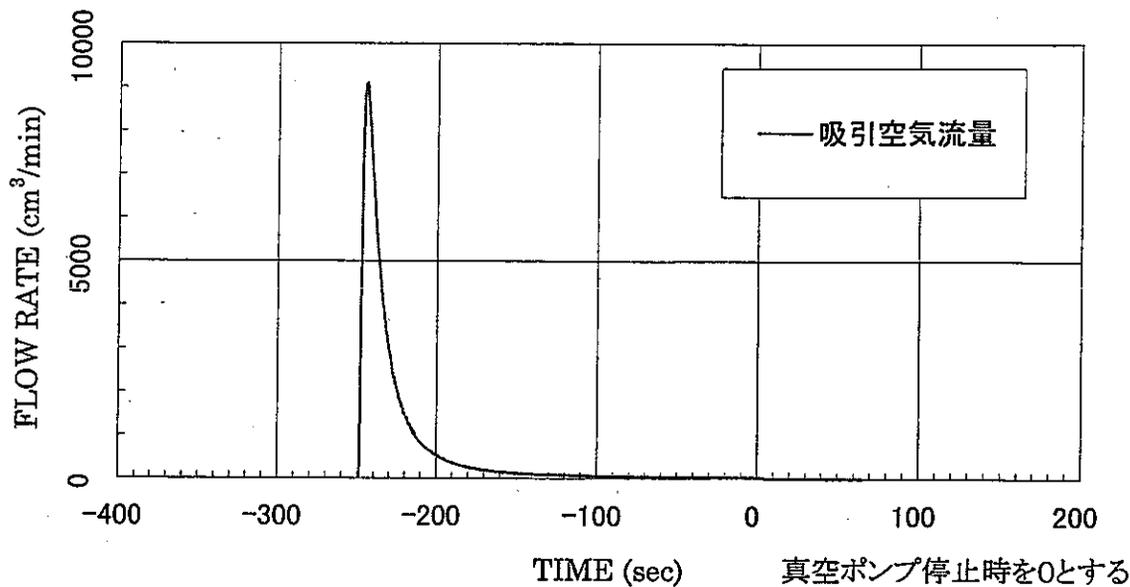
BVP-2 測定区間の中央深度 1.55 m

固有透過度(定常法) =  $7.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



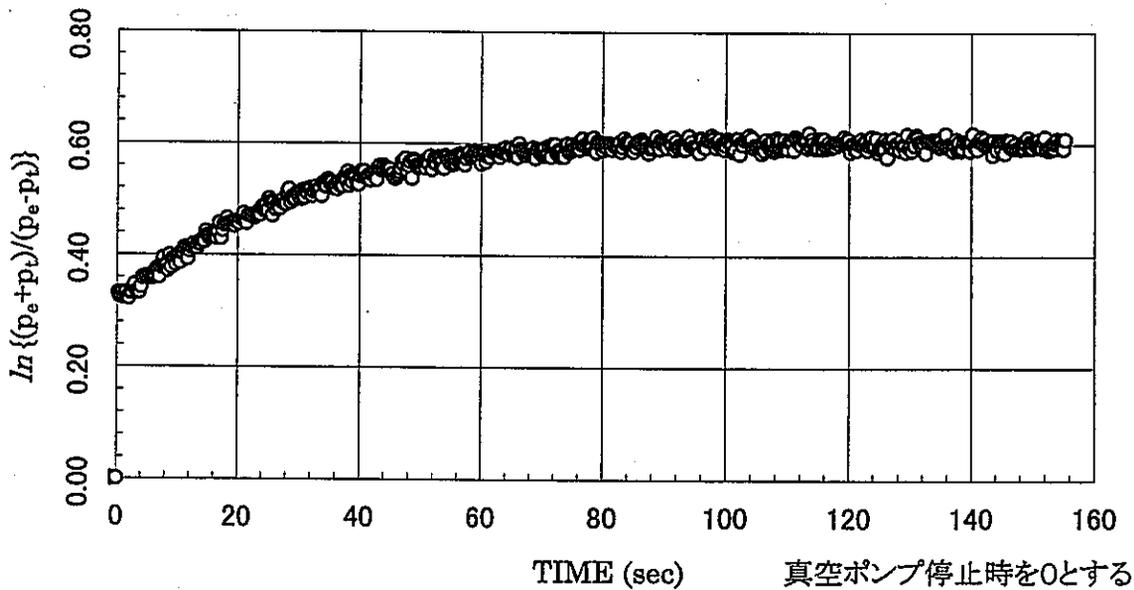
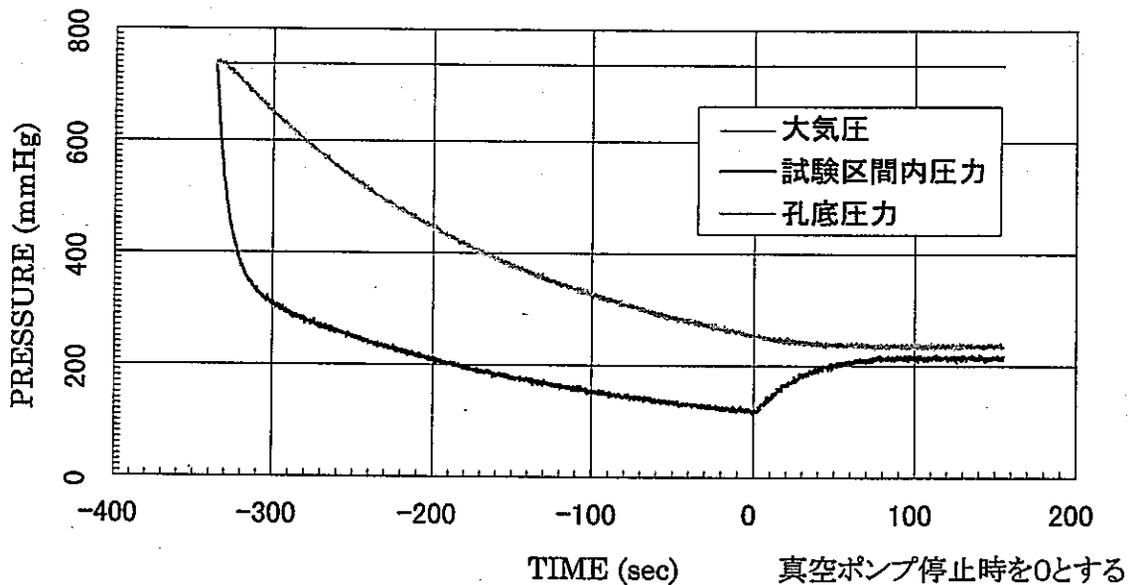
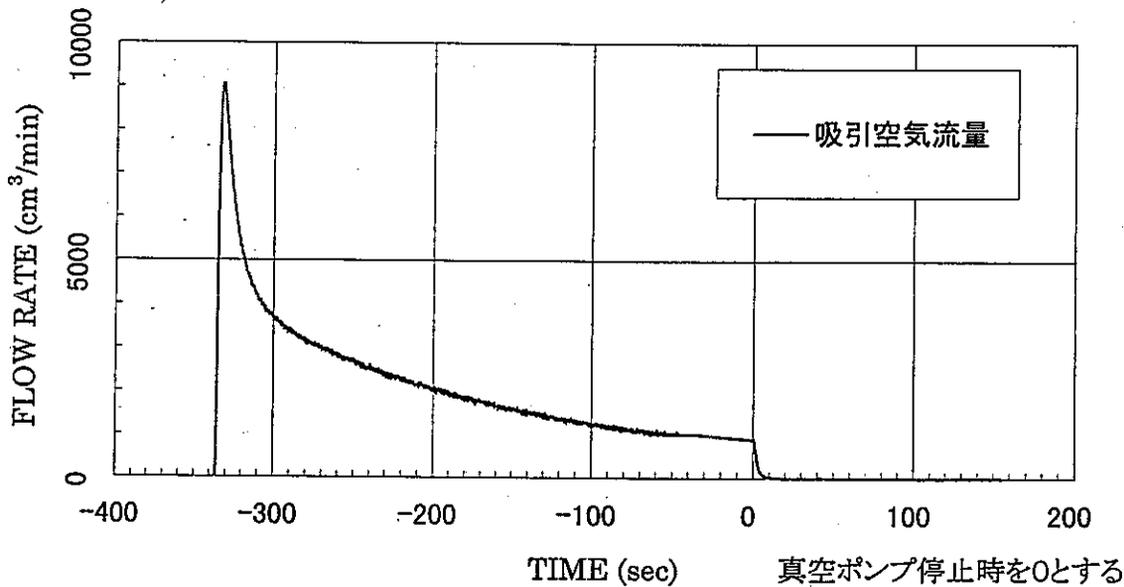
BVP-2 測定区間の中央深度 1.85 m

固有透過度(定常法) =  $7.1E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.8E-14 \text{ cm}^2$



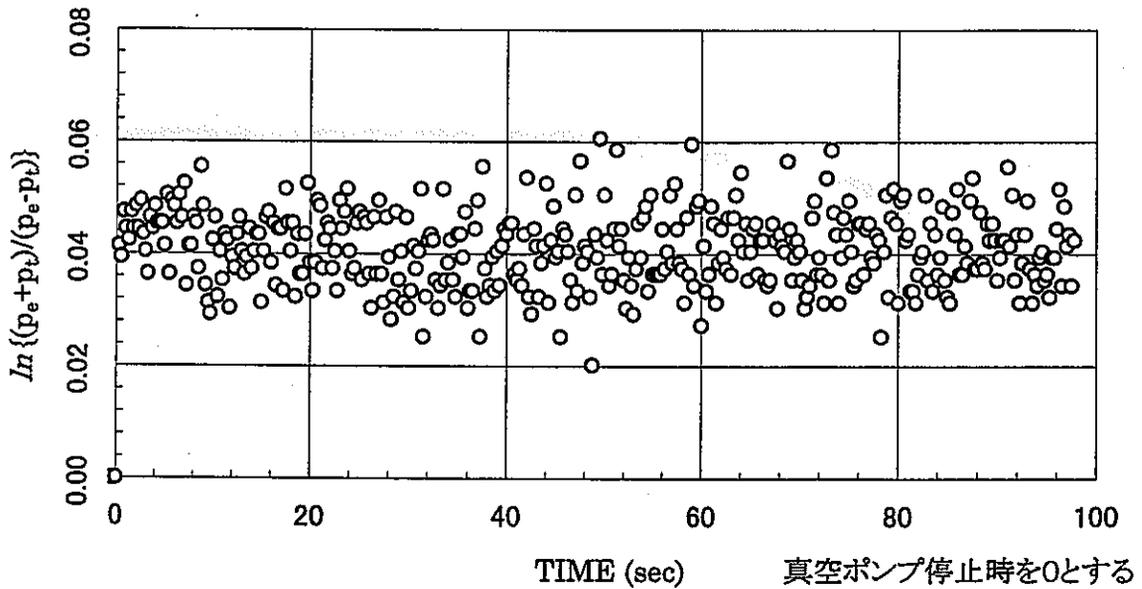
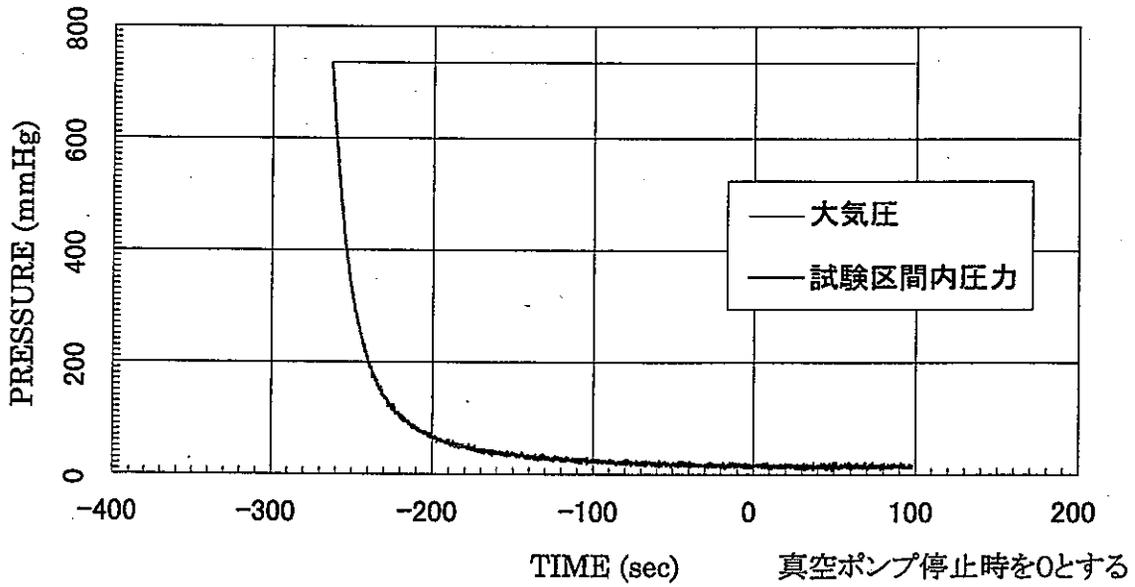
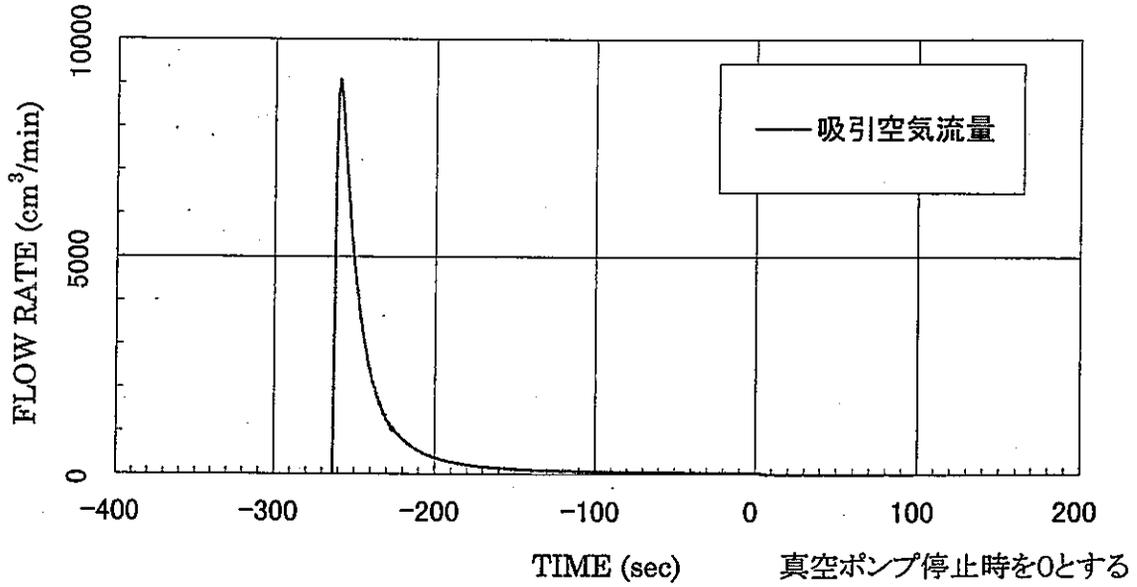
BVP-2 測定区間の中央深度 2.15 m

固有透過度(定常法) =  $2.1E-11 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.3E-11 \text{ cm}^2$



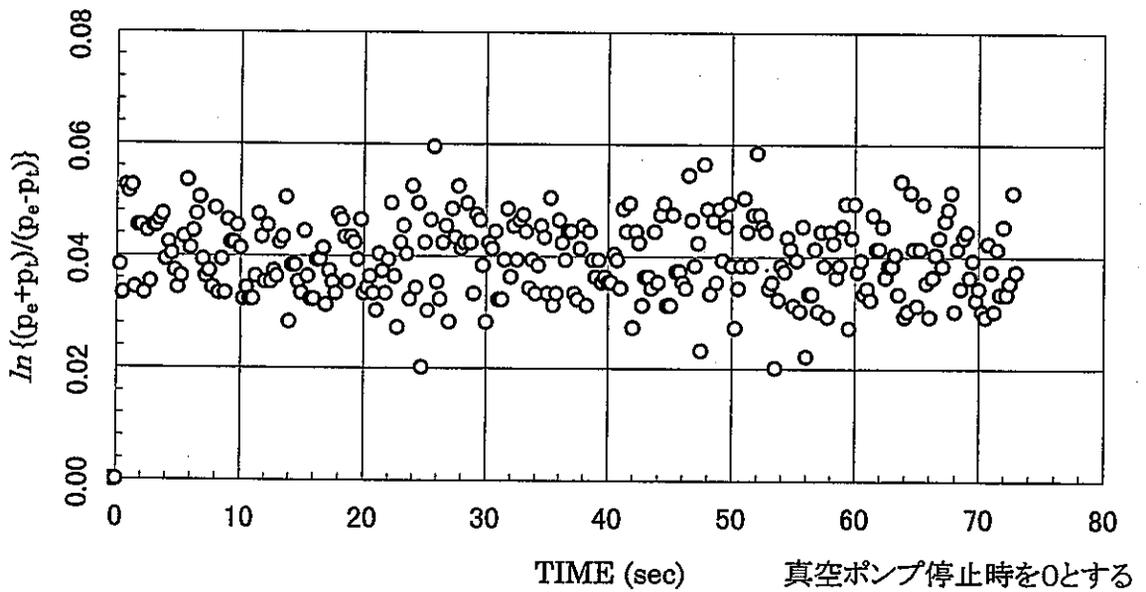
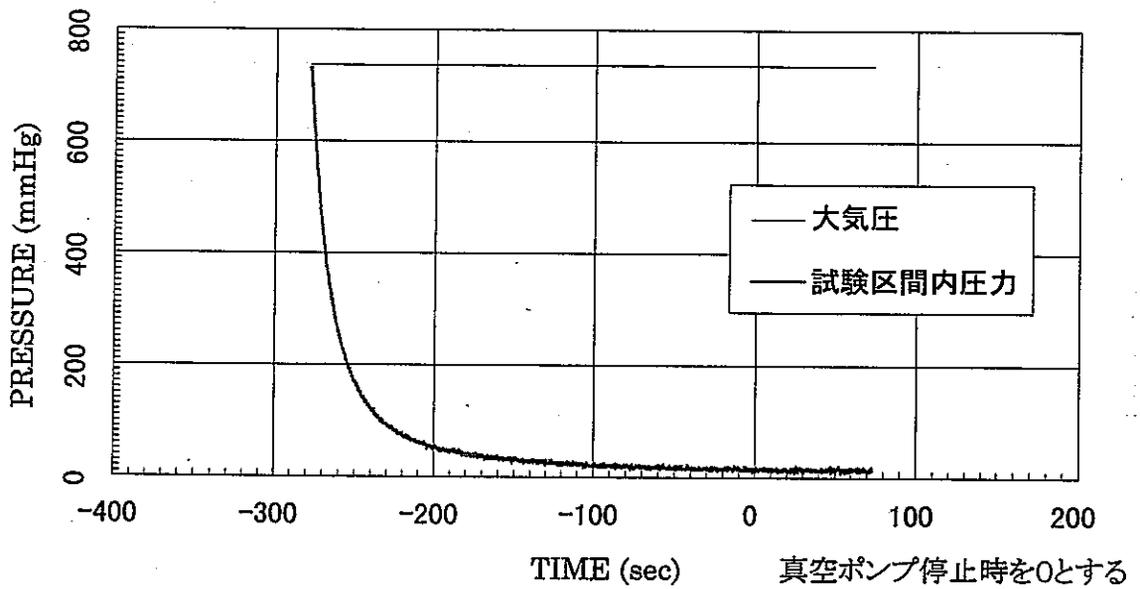
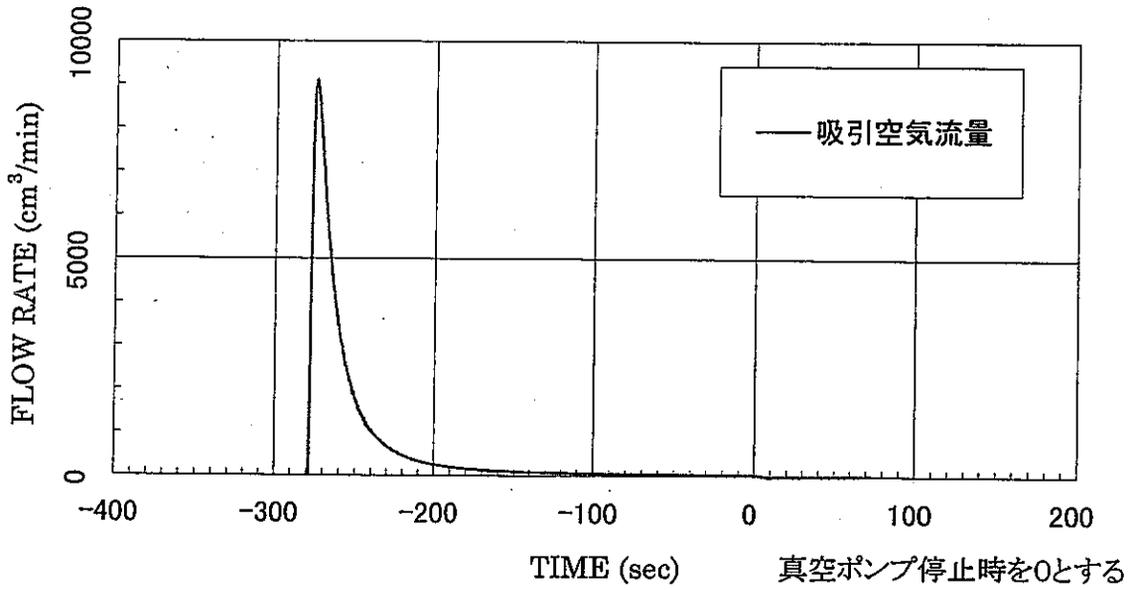
BVP-2 測定区間の中央深度 2.45 m

固有透過度(定常法) =  $7.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $5.1E-14 \text{ cm}^2$



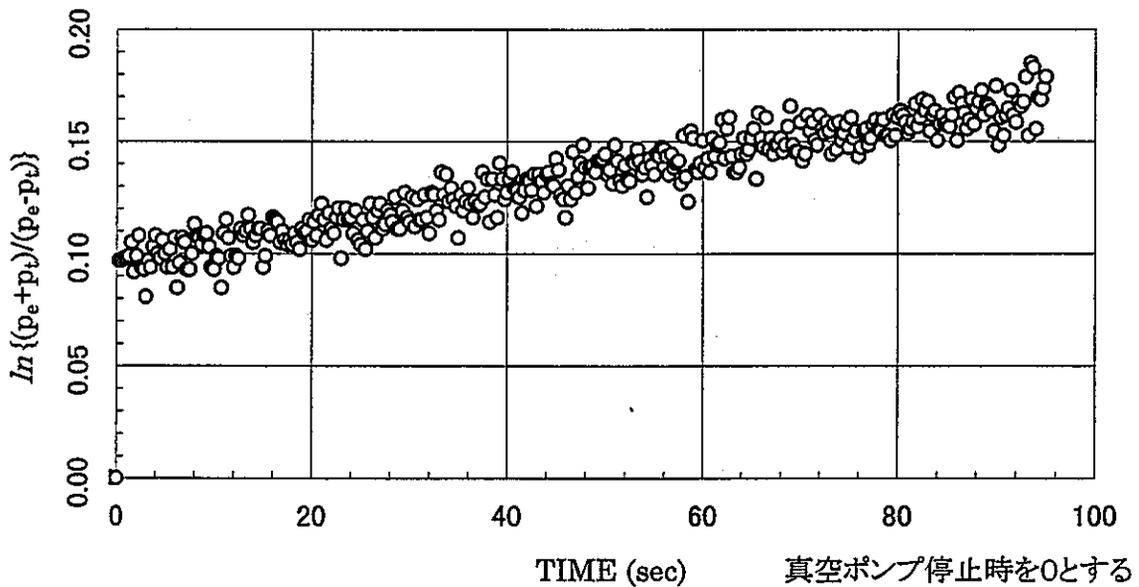
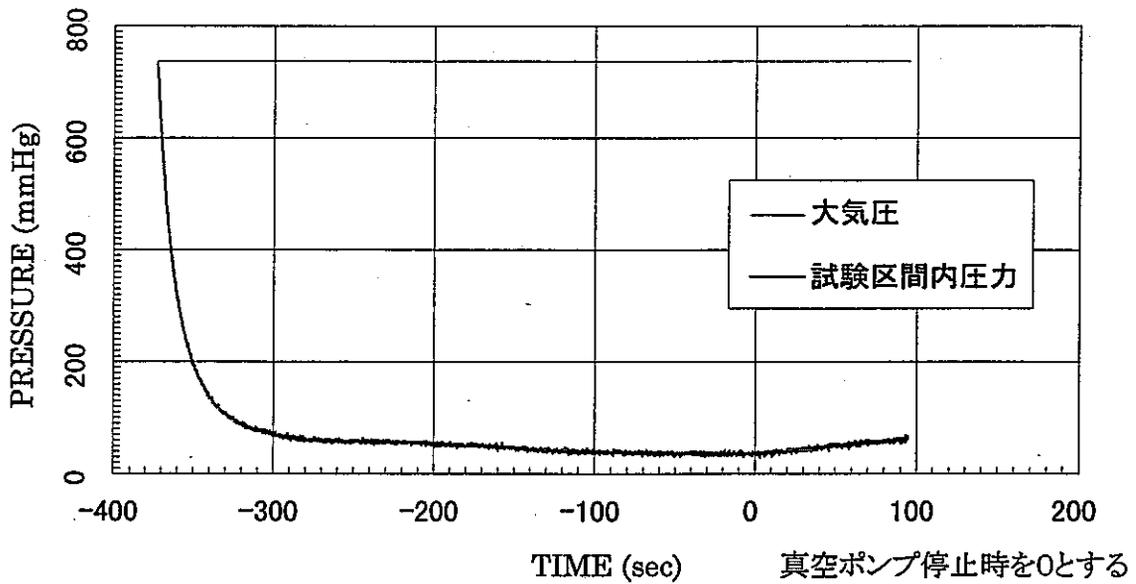
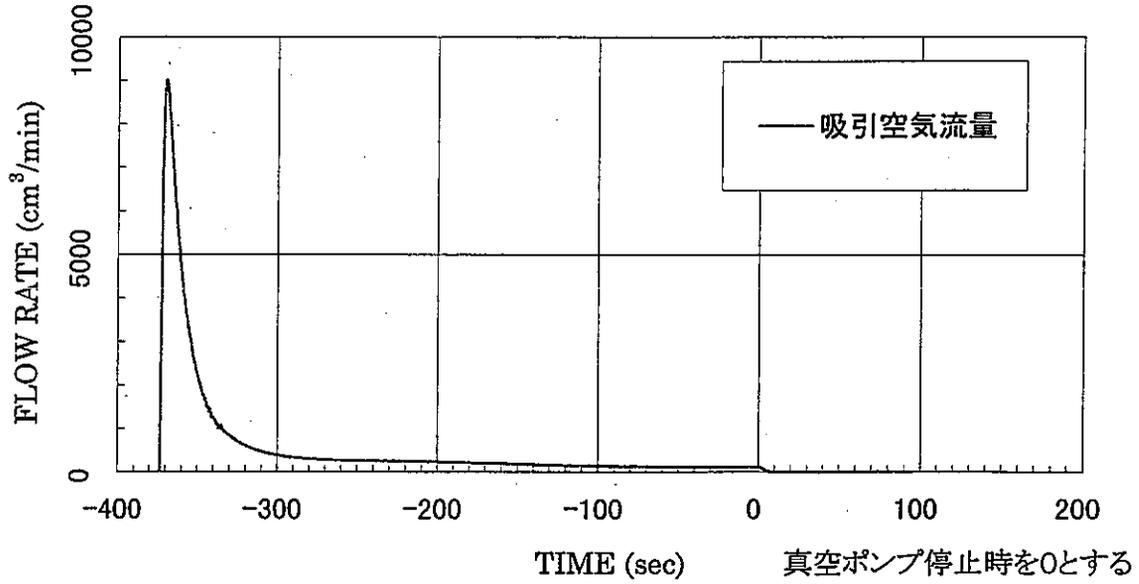
BVP-2 測定区間の中央深度 2.60 m

固有透過度(定常法) =  $7.8E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



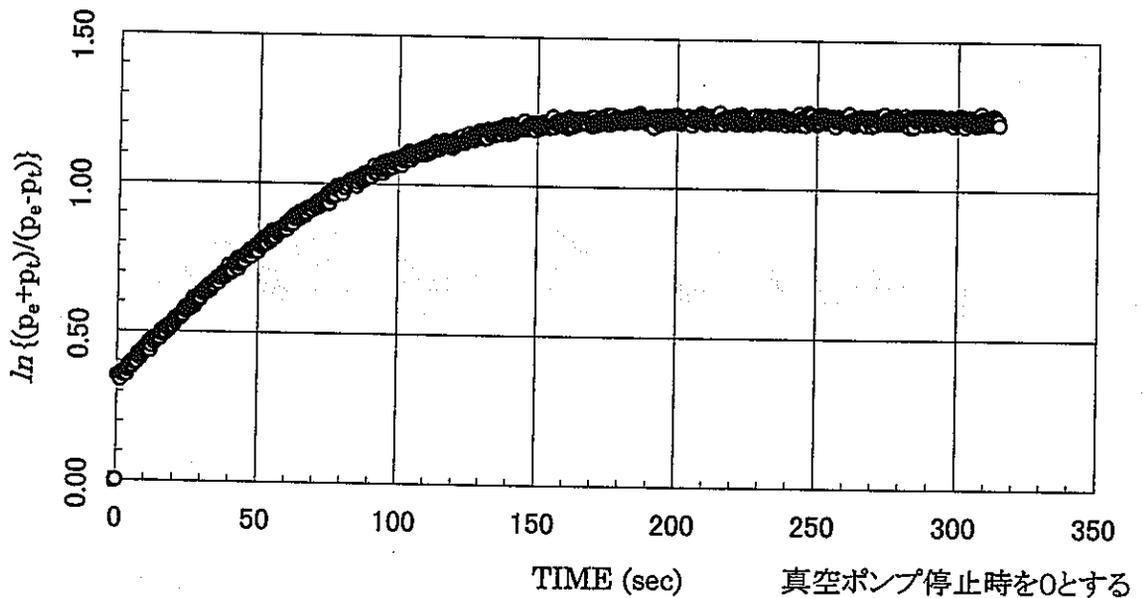
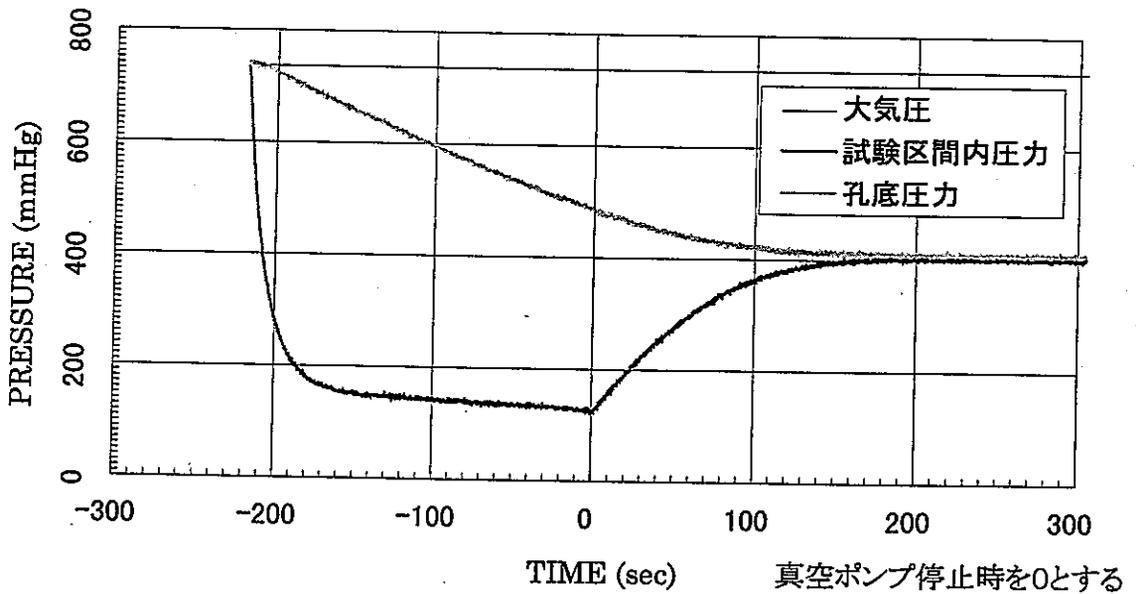
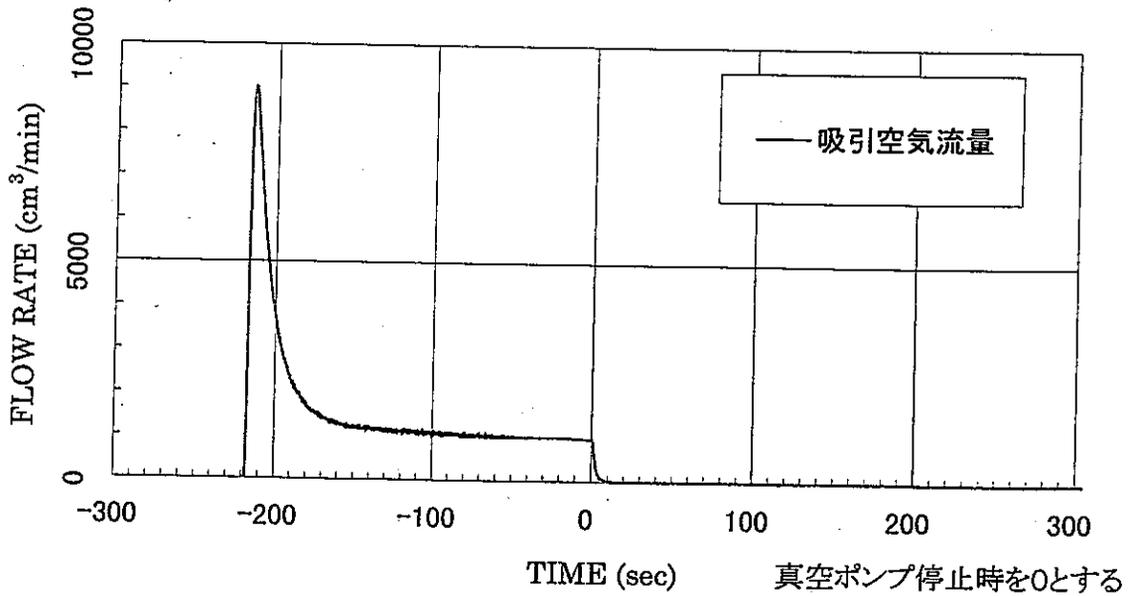
BVP-2 測定区間の中央深度 2.90 m

固有透過度(定常法) =  $2.6E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.4E-12 \text{ cm}^2$



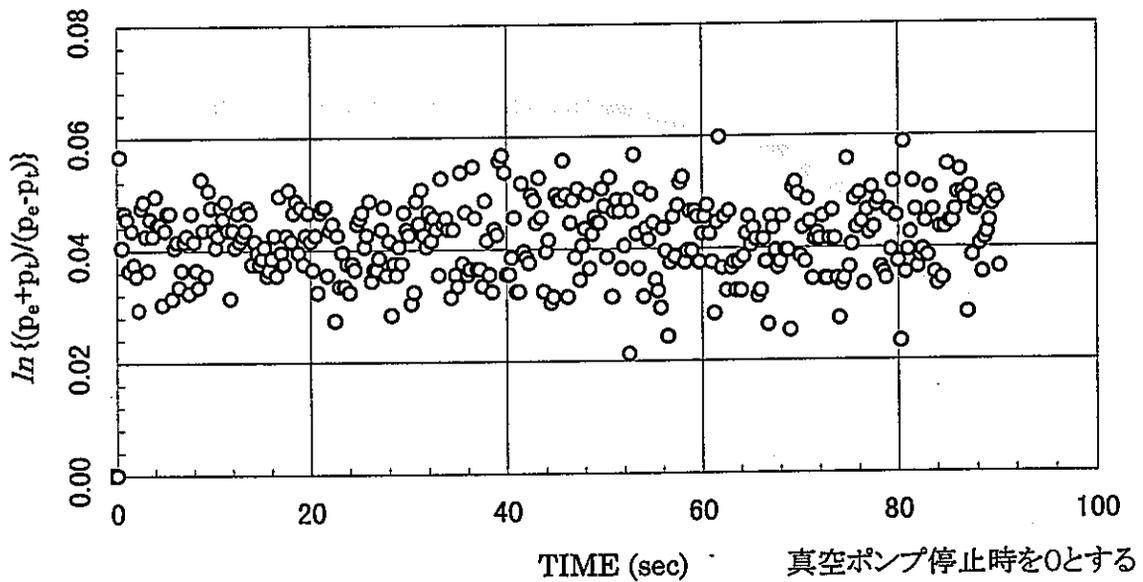
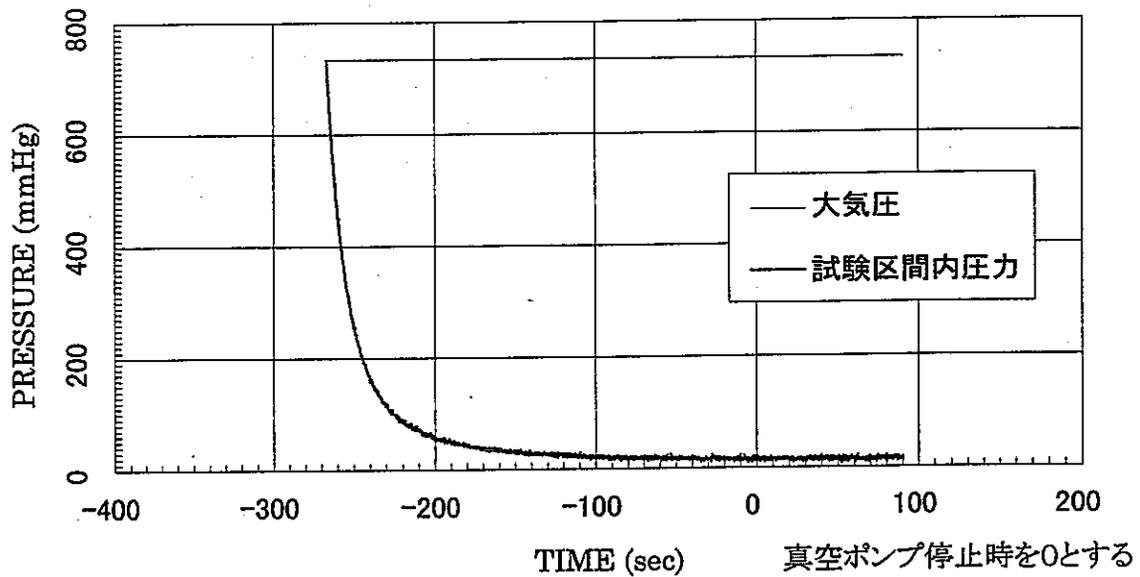
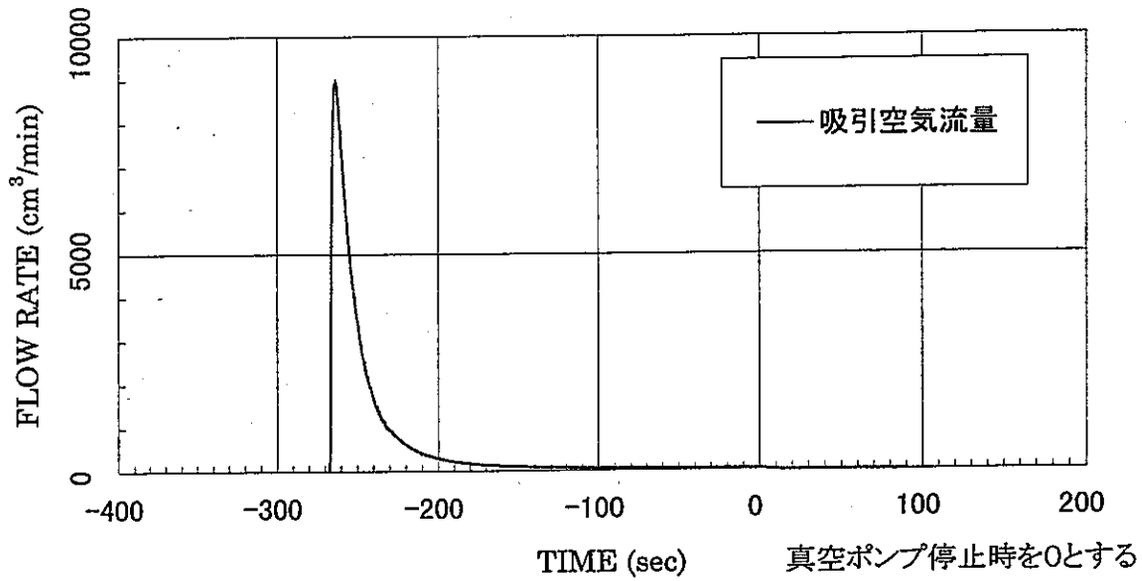
BVP-2 測定区間の中央深度 3.05 m

固有透過度(定常法) =  $2.3E-11 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.6E-11 \text{ cm}^2$



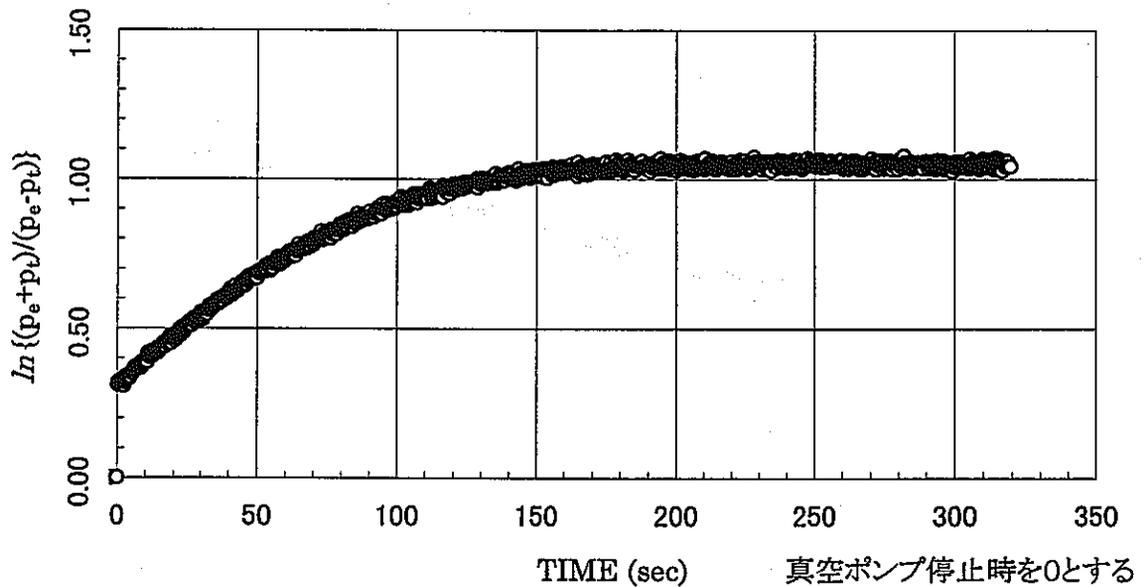
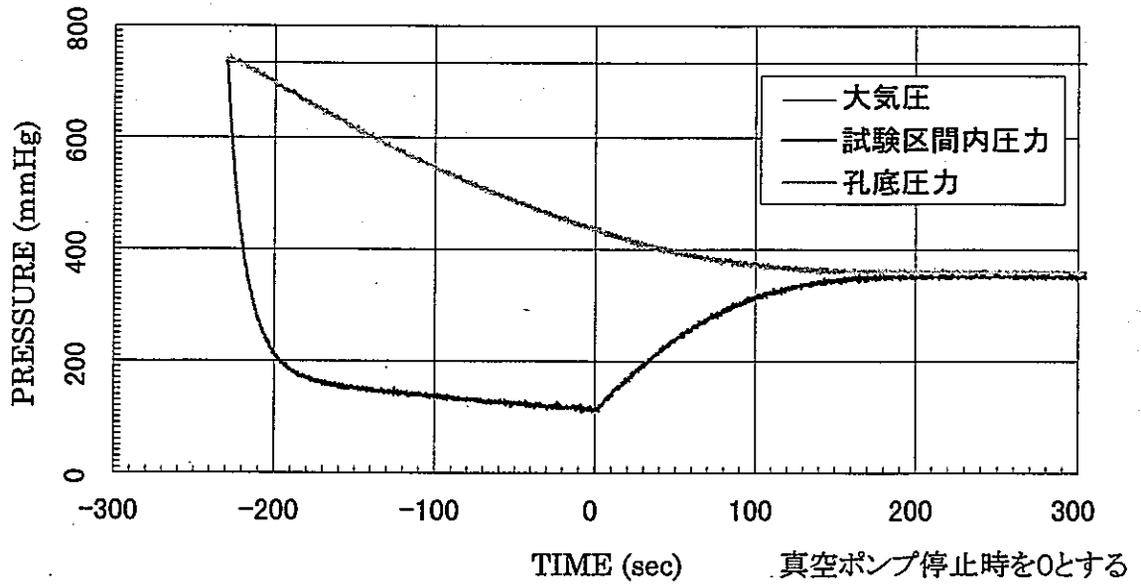
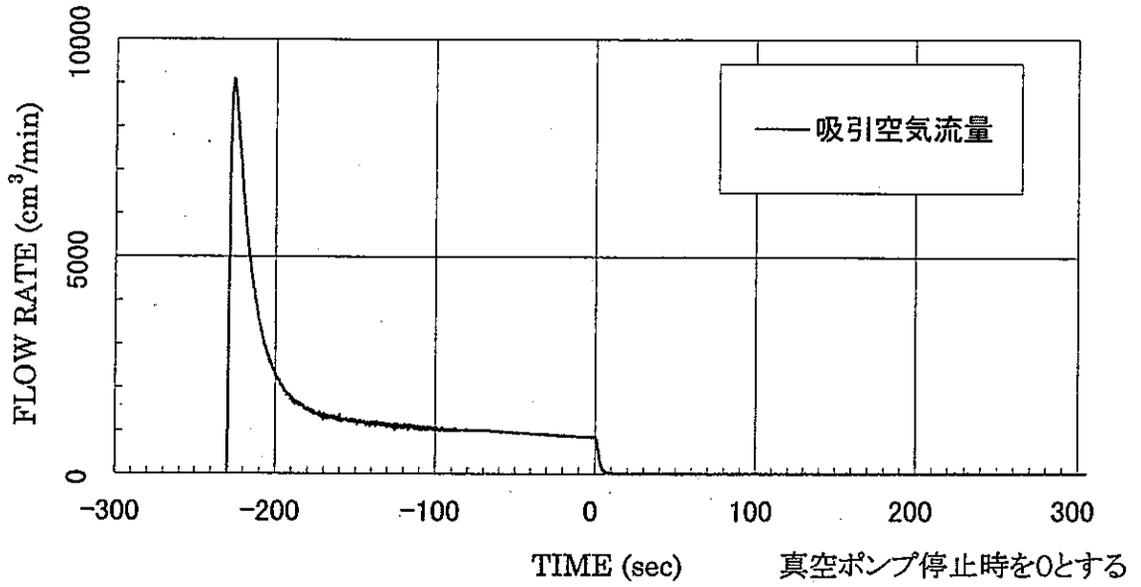
BVP-2 測定区間の中央深度 3.20 m

固有透過度(定常法) =  $9.1E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.7E-14 \text{ cm}^2$



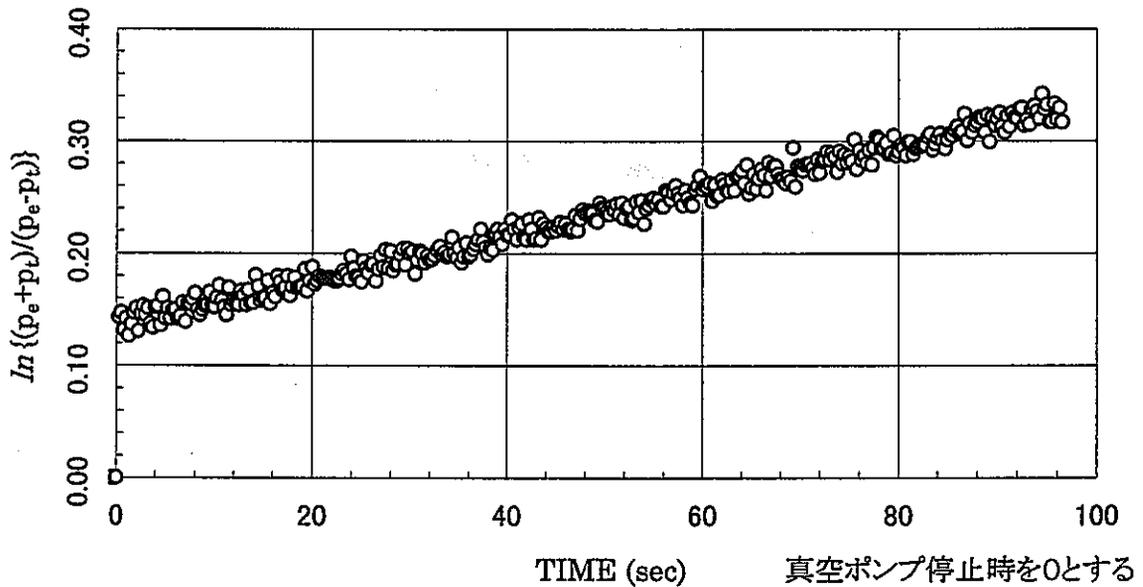
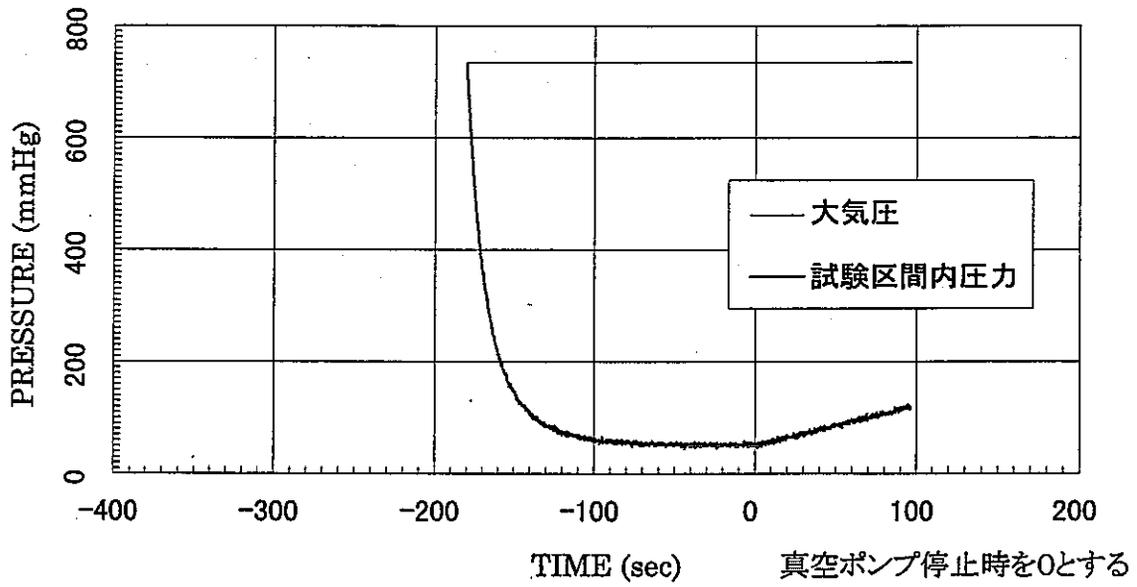
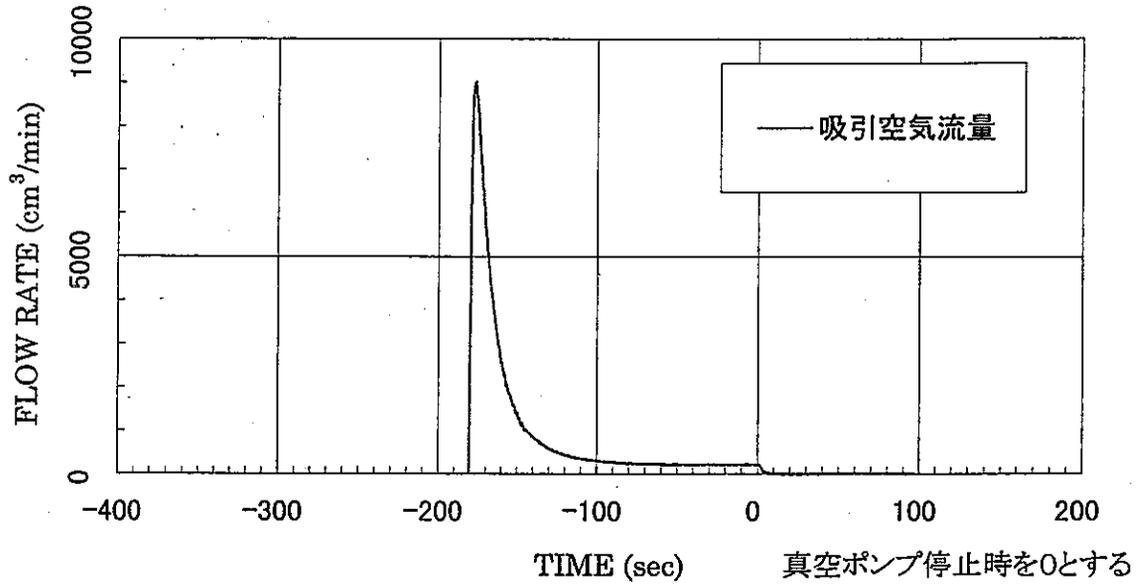
BVP-2 測定区間の中央深度 3.35 m

固有透過度(定常法) =  $2.0E-11 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.4E-11 \text{ cm}^2$



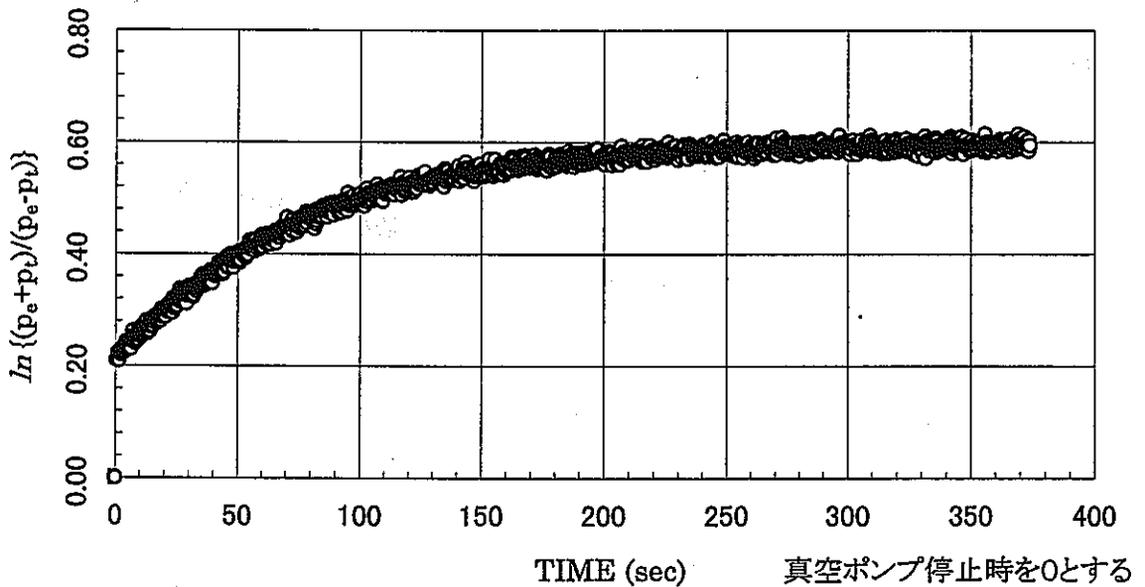
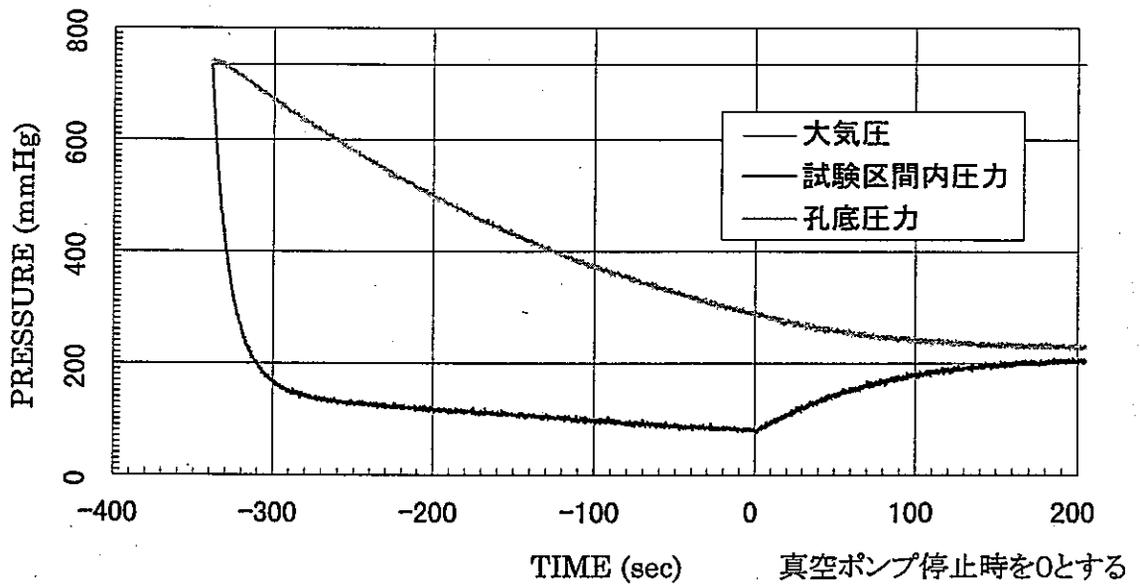
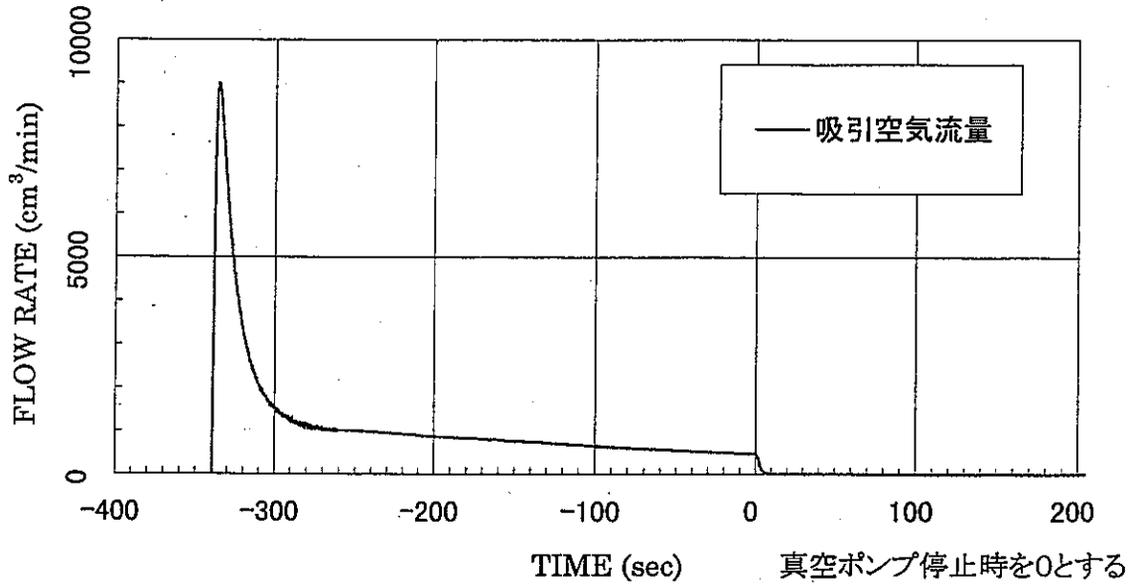
BVP-2 測定区間の中央深度 3.65 m

固有透過度(定常法) =  $5.0E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $3.6E-12 \text{ cm}^2$



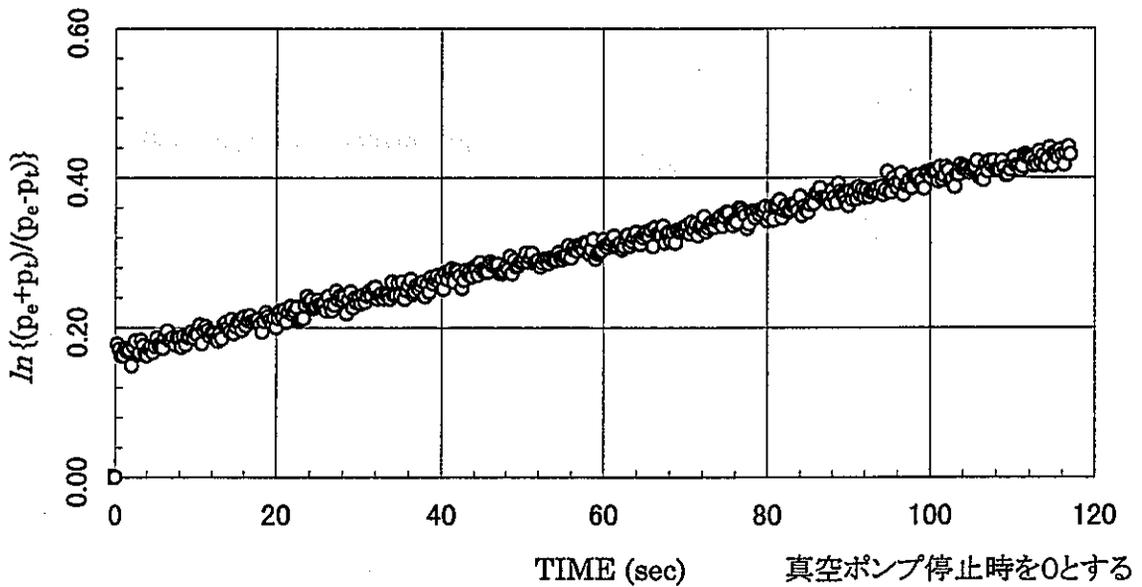
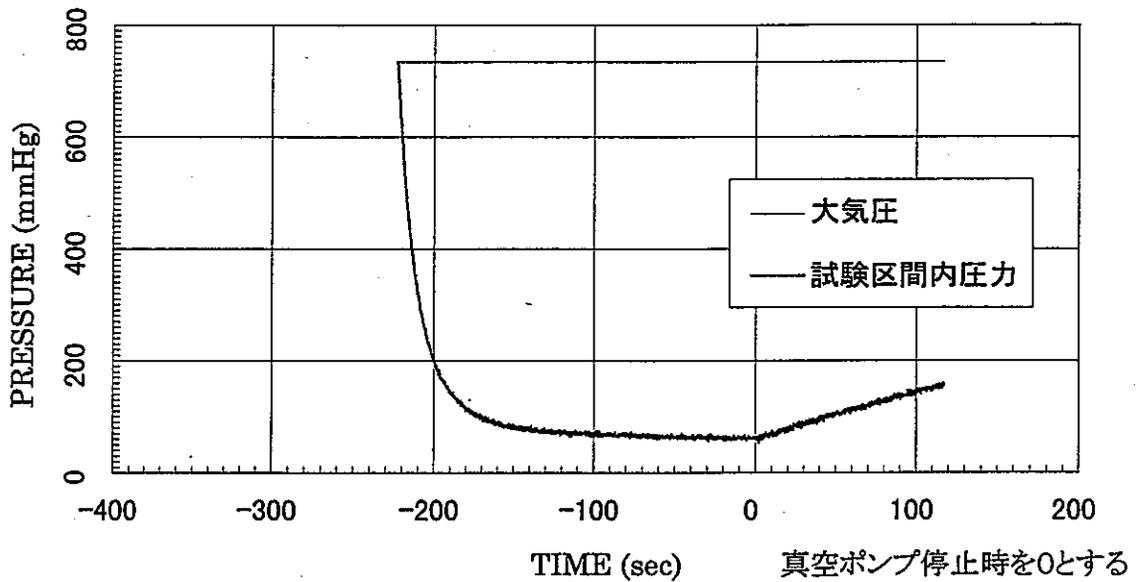
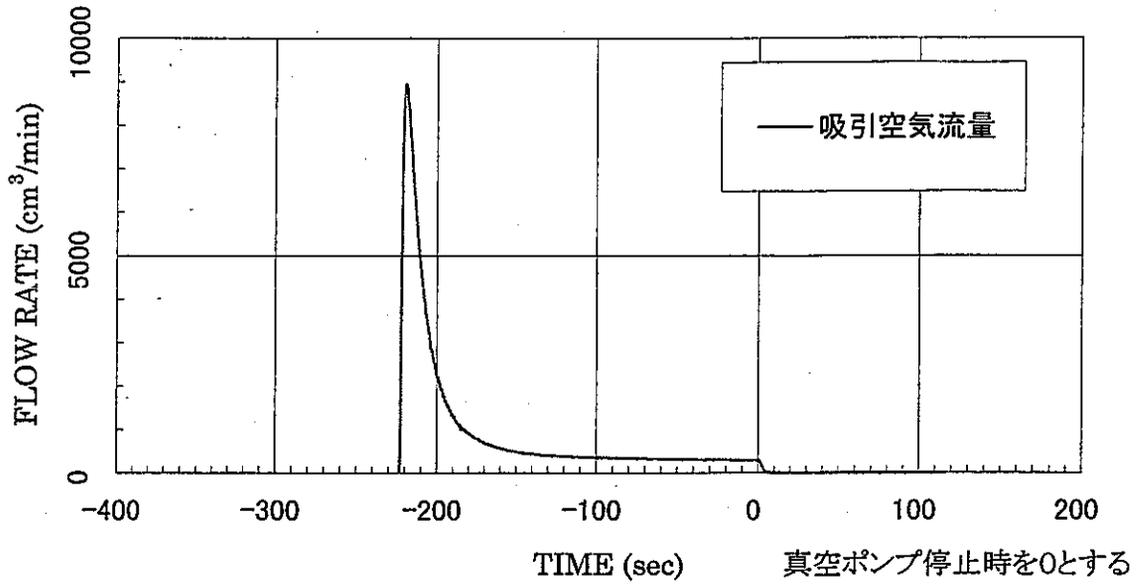
BVP-2 測定区間の中央深度 3.95 m

固有透過度(定常法) =  $1.1E-11 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.6E-12 \text{ cm}^2$



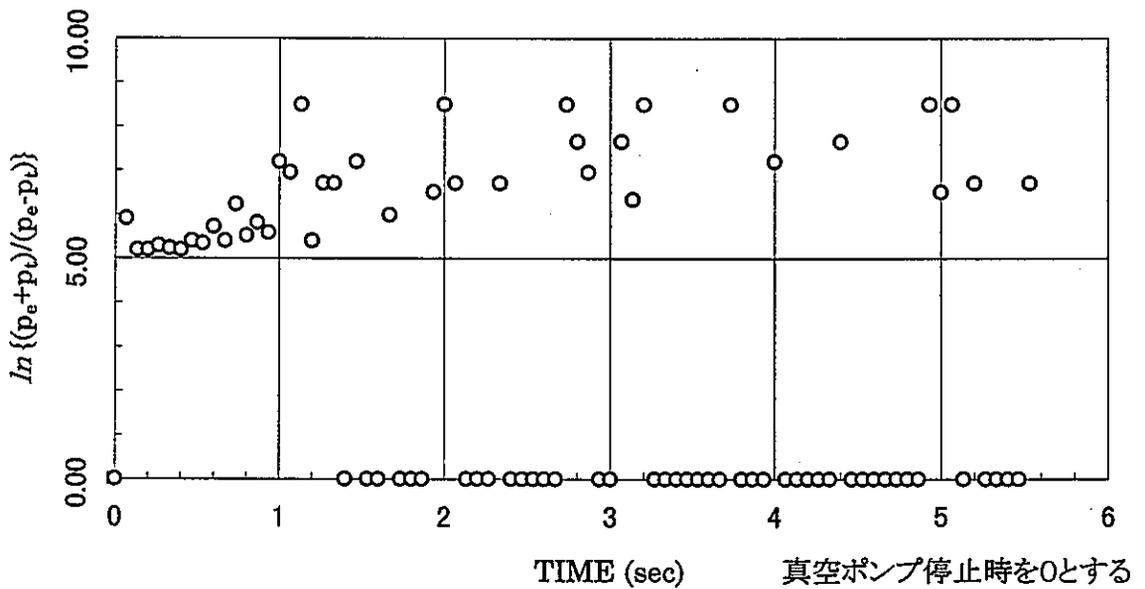
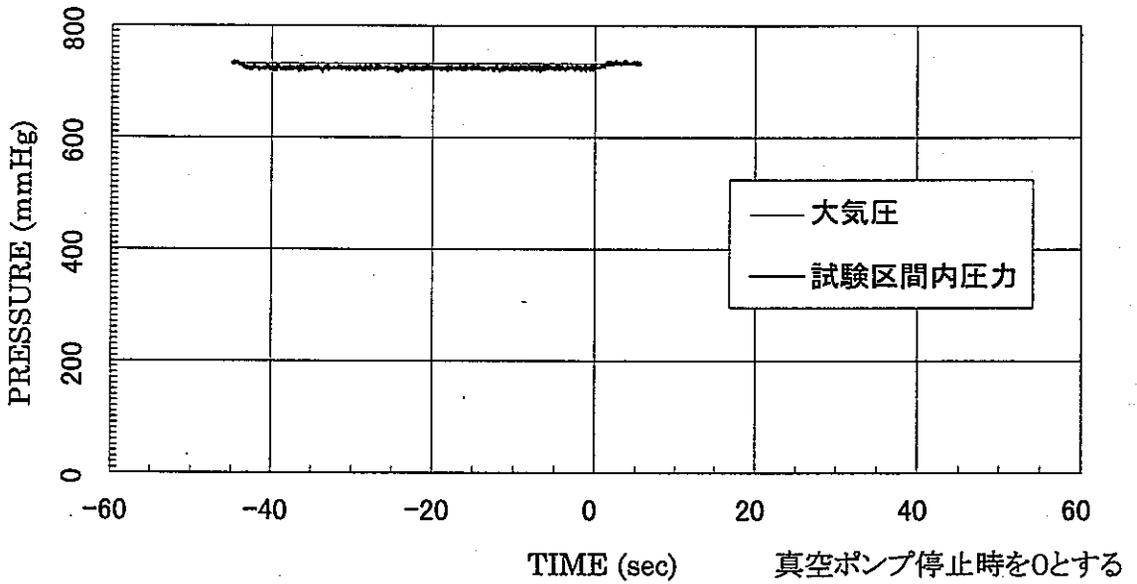
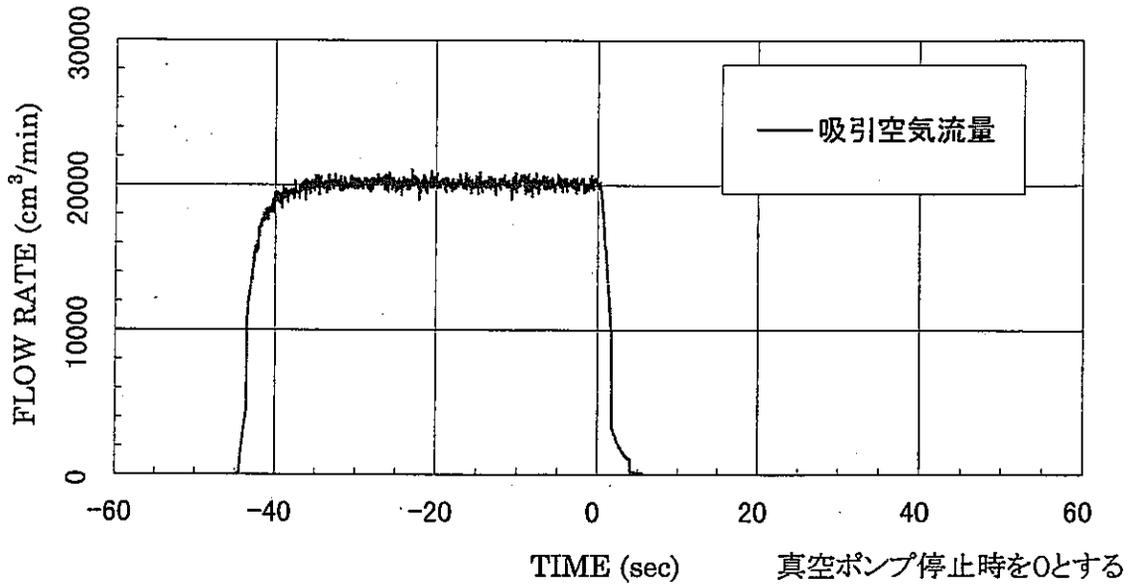
BVP-2 測定区間の中央深度 4.25 m

固有透過度(定常法) =  $6.9E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.2E-12 \text{ cm}^2$



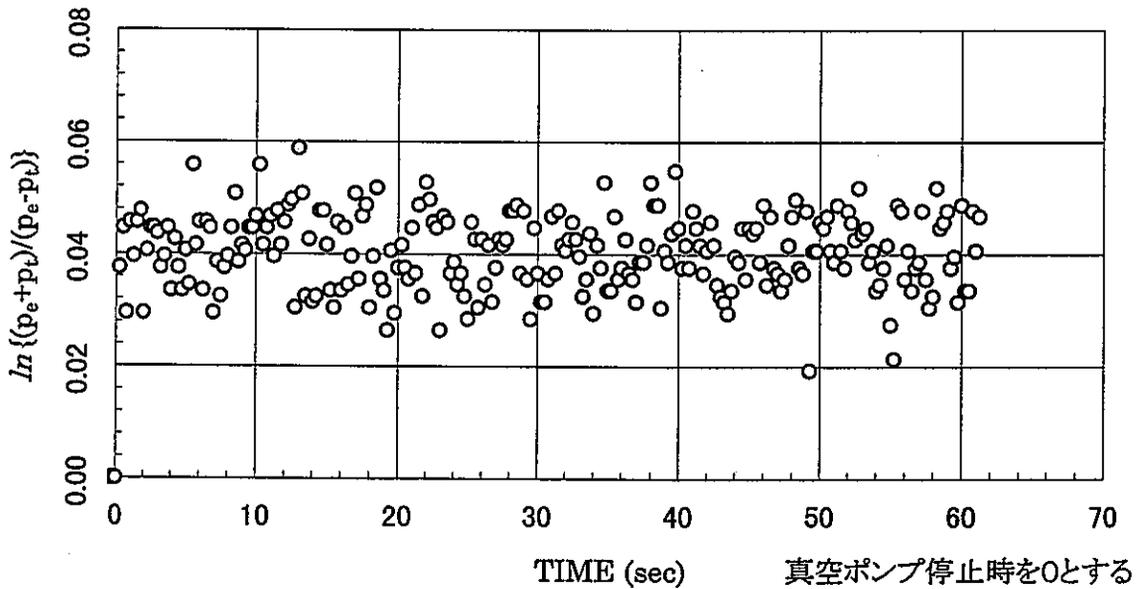
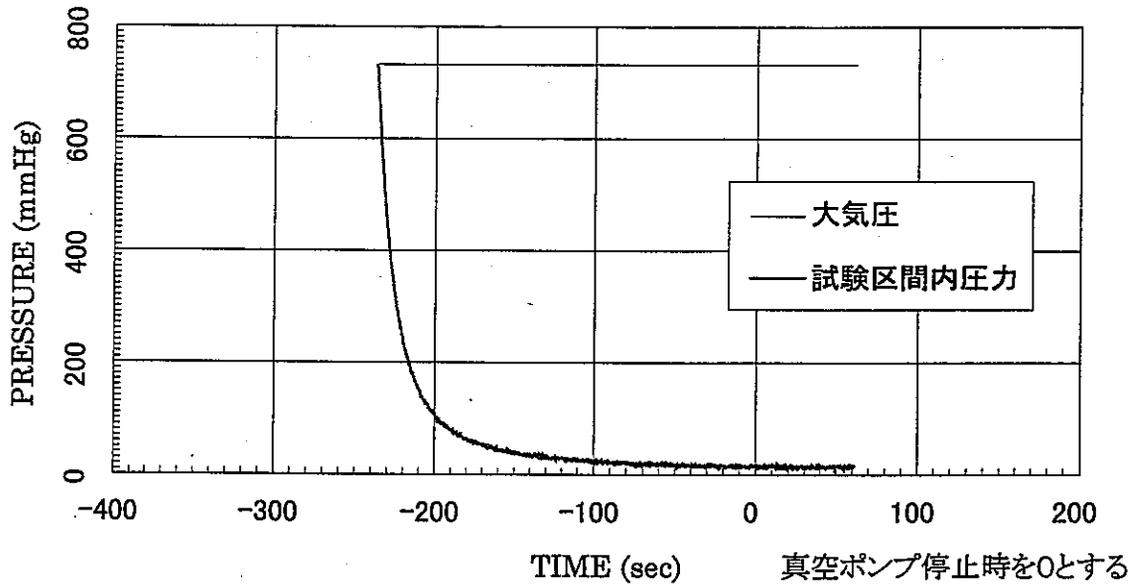
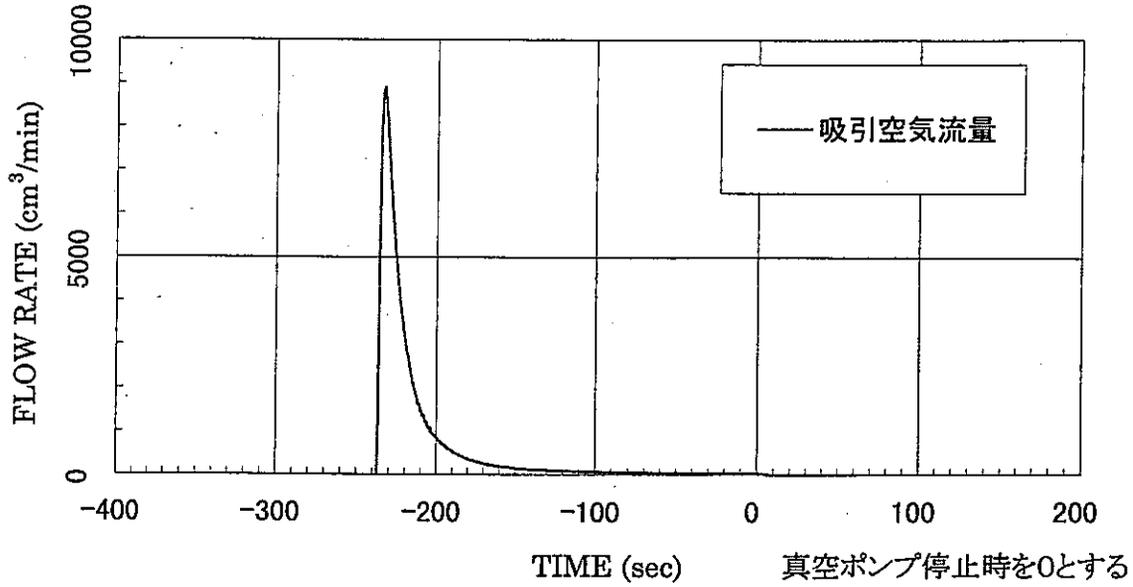
BVP-2 測定区間の中央深度 4.55 m

固有透過度(定常法) =  $5.3E-08 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.4E-09 \text{ cm}^2$



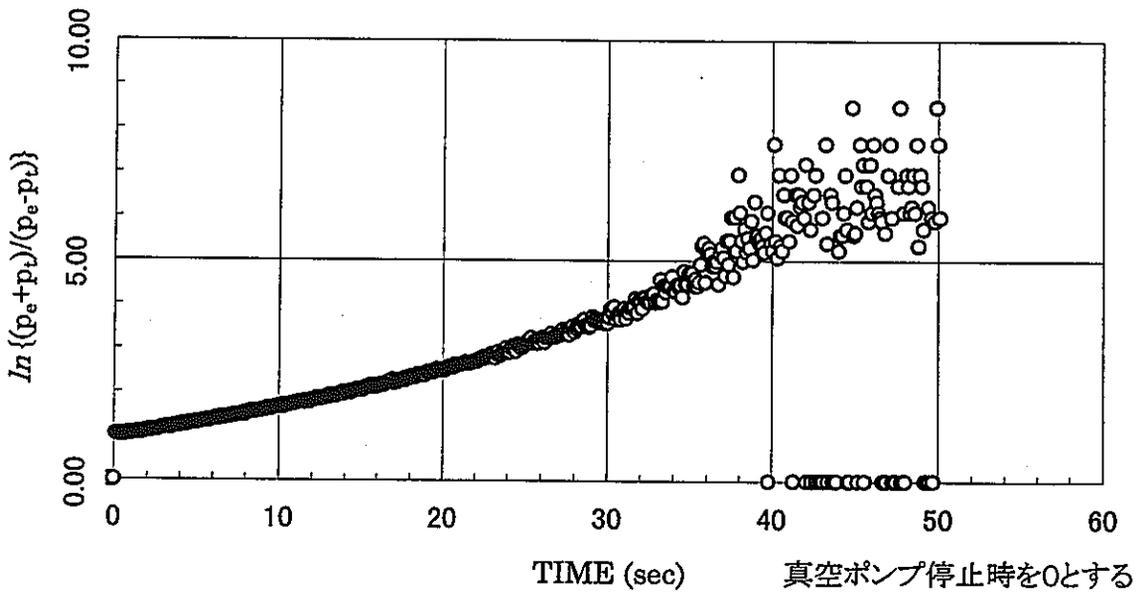
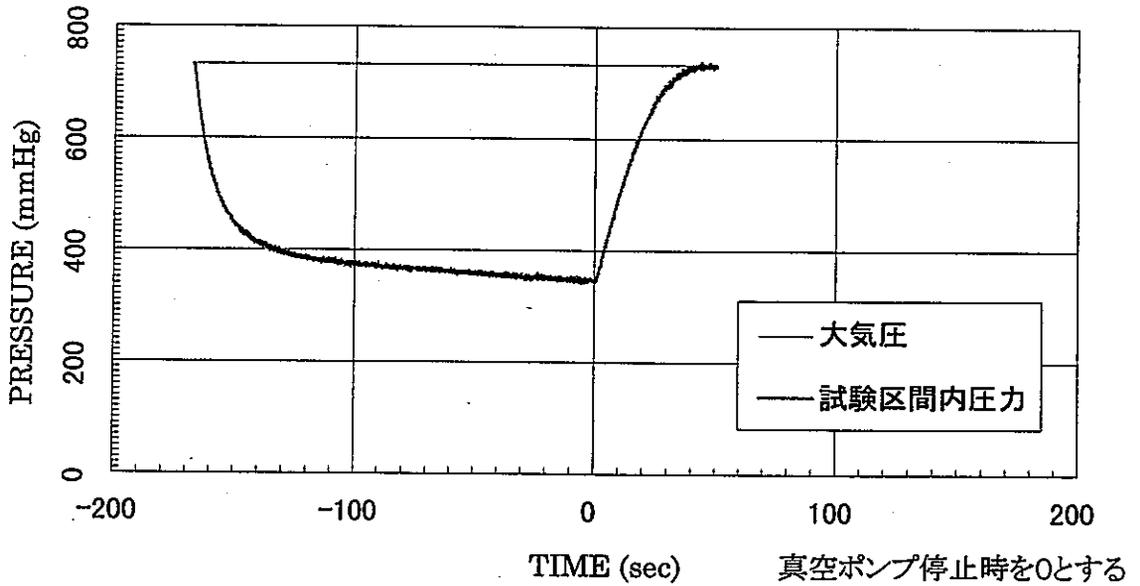
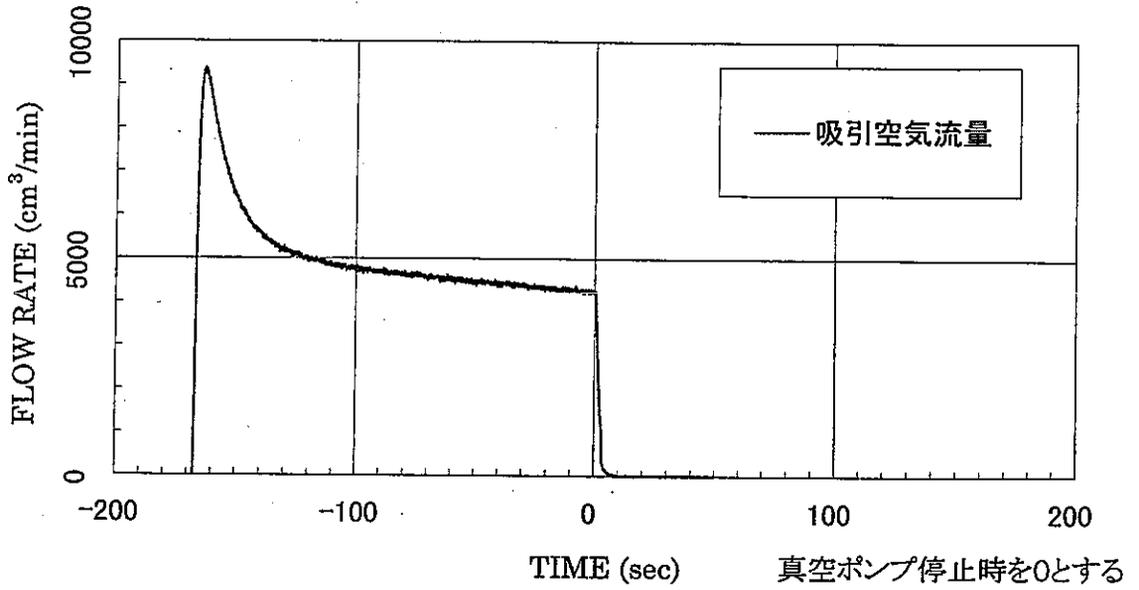
BVP-2 測定区間の中央深度 4.85 m

固有透過度(定常法) =  $8.1E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $5.4E-15 \text{ cm}^2$



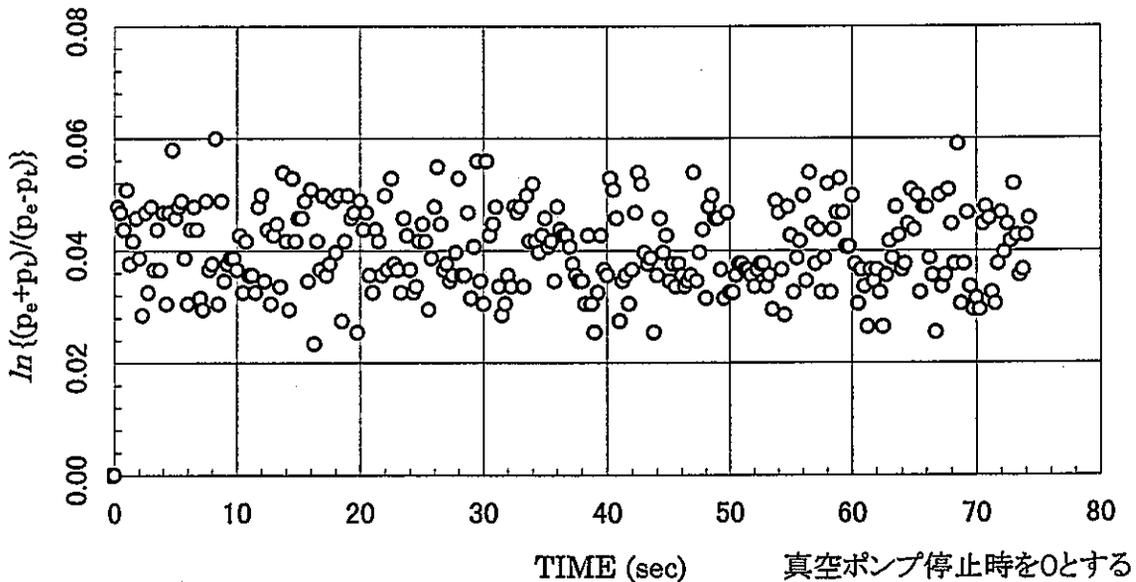
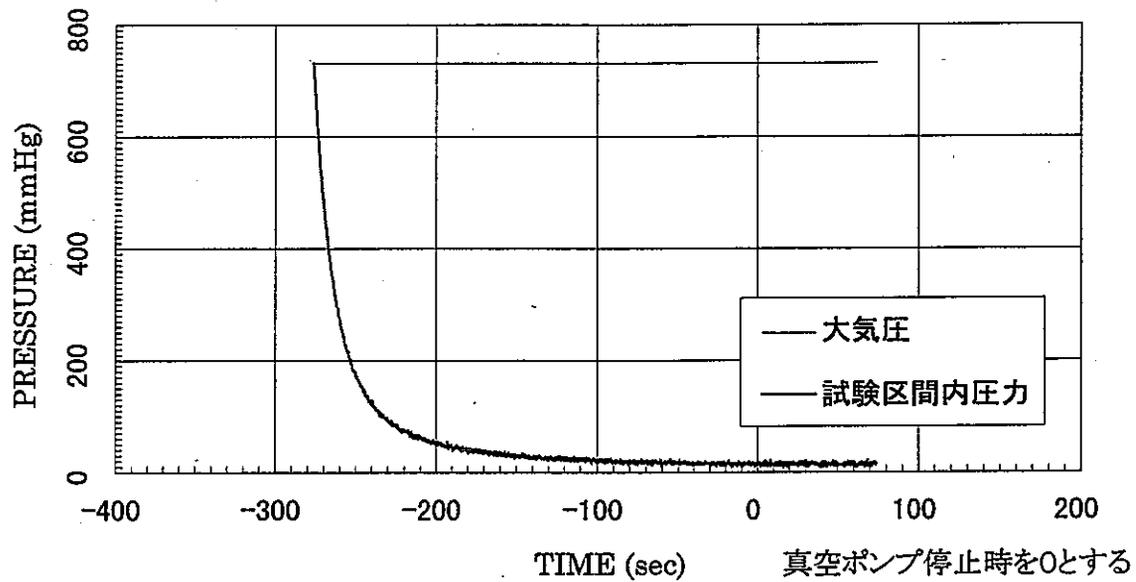
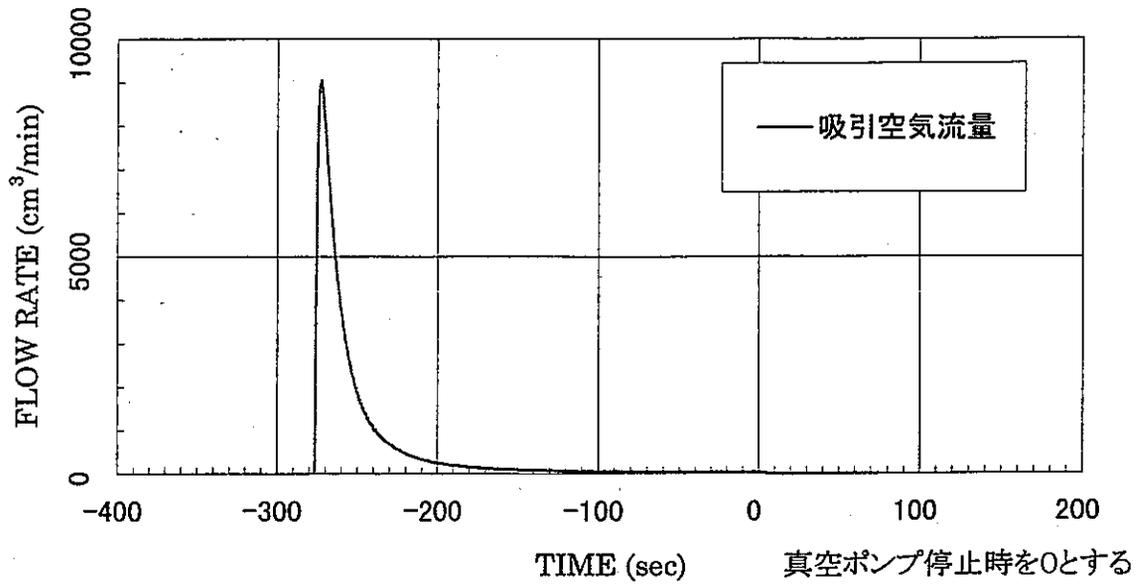
MVP-1 測定区間の中央深度 .35 m

固有透過度(定常法) =  $9.7E-11 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.1E-10 \text{ cm}^2$



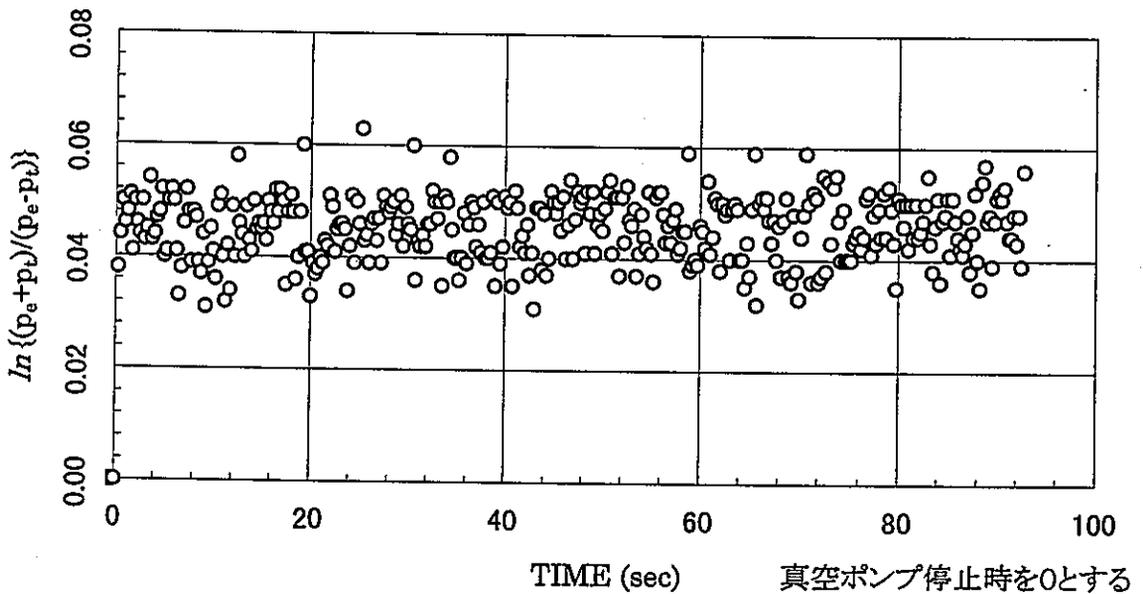
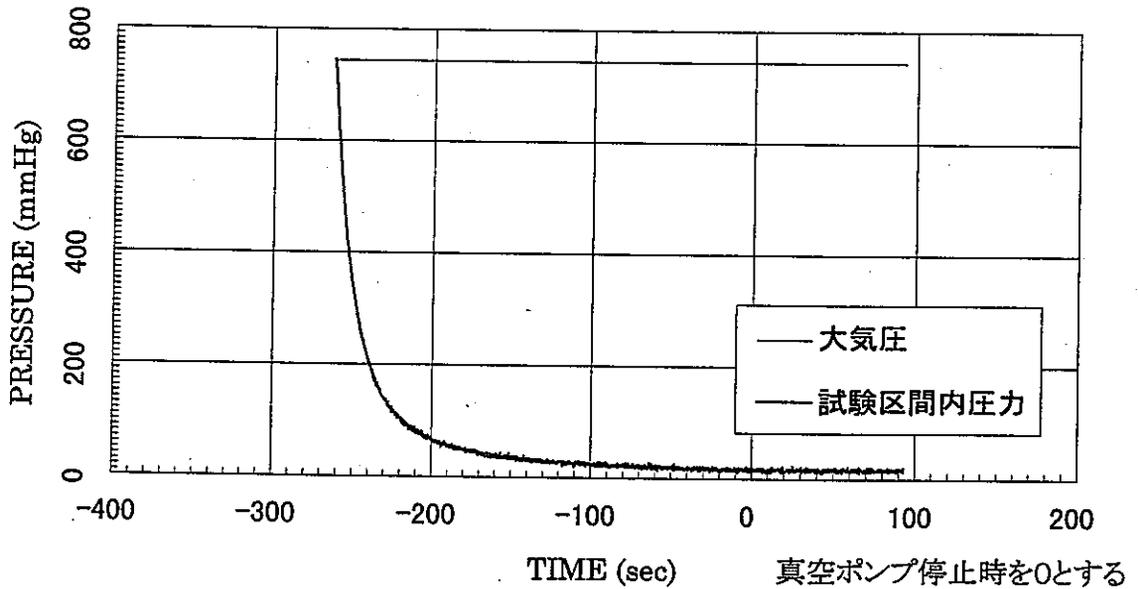
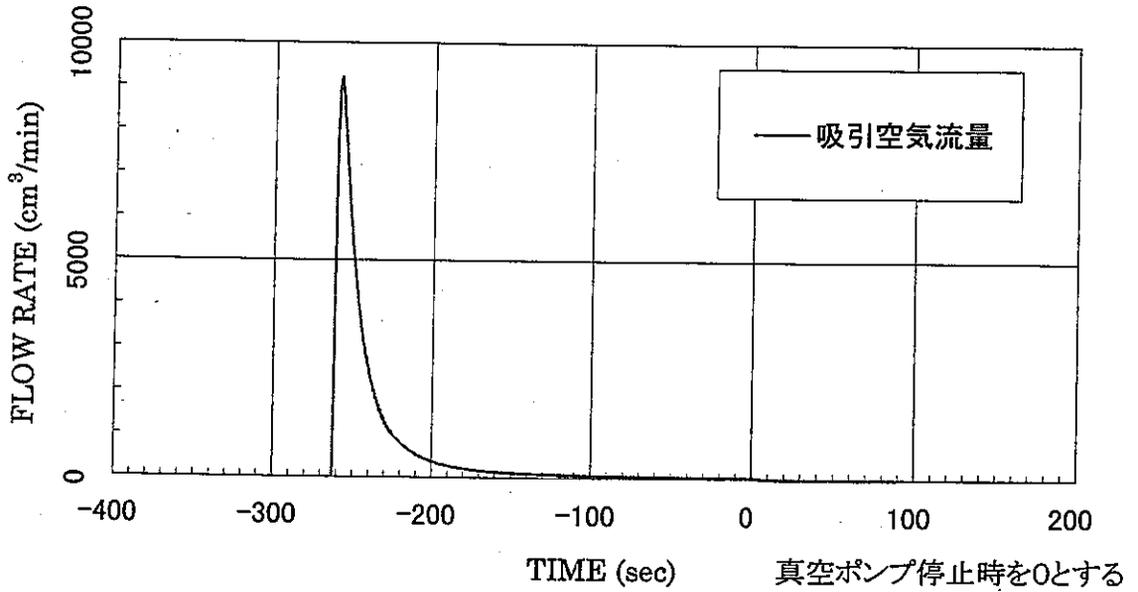
MVP-1 測定区間の中央深度 .40 m

固有透過度(定常法) =  $6.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



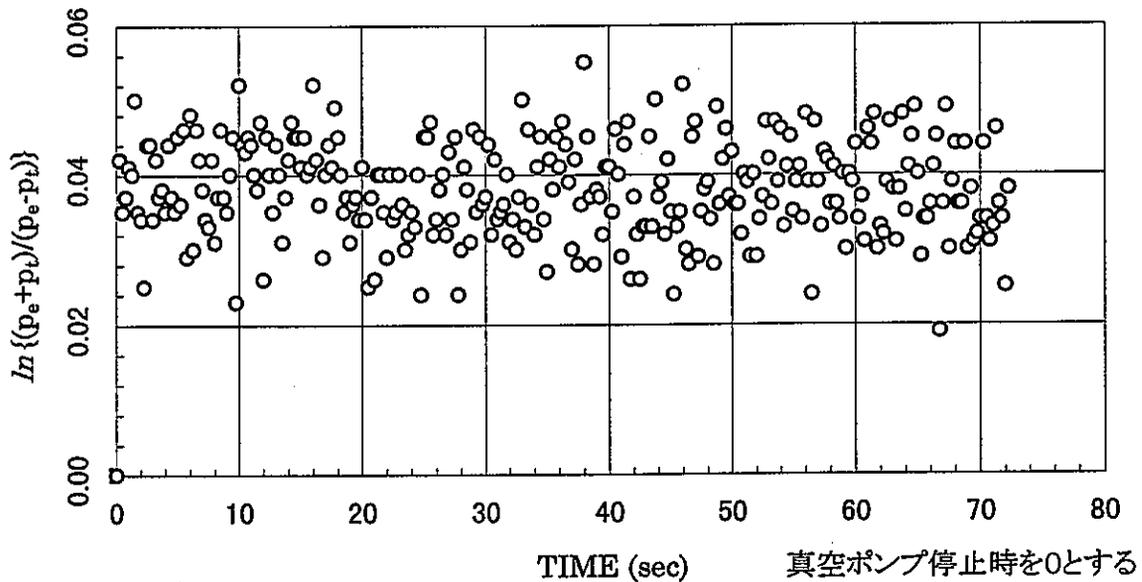
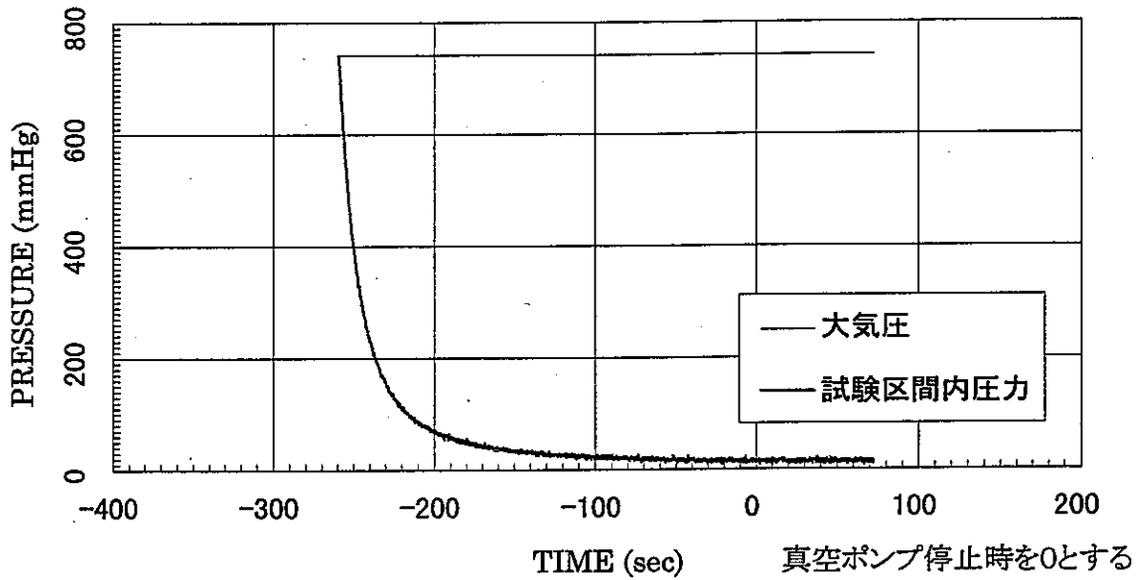
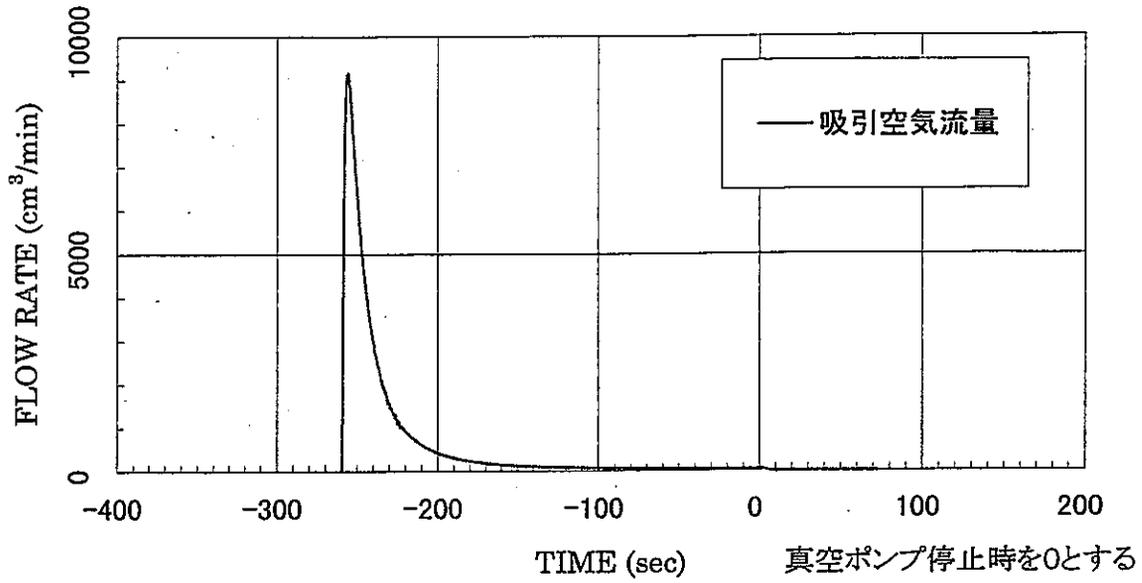
MVP-1 測定区間の中央深度 .45 m

固有透過度(定常法) =  $6.5E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.5E-14 \text{ cm}^2$



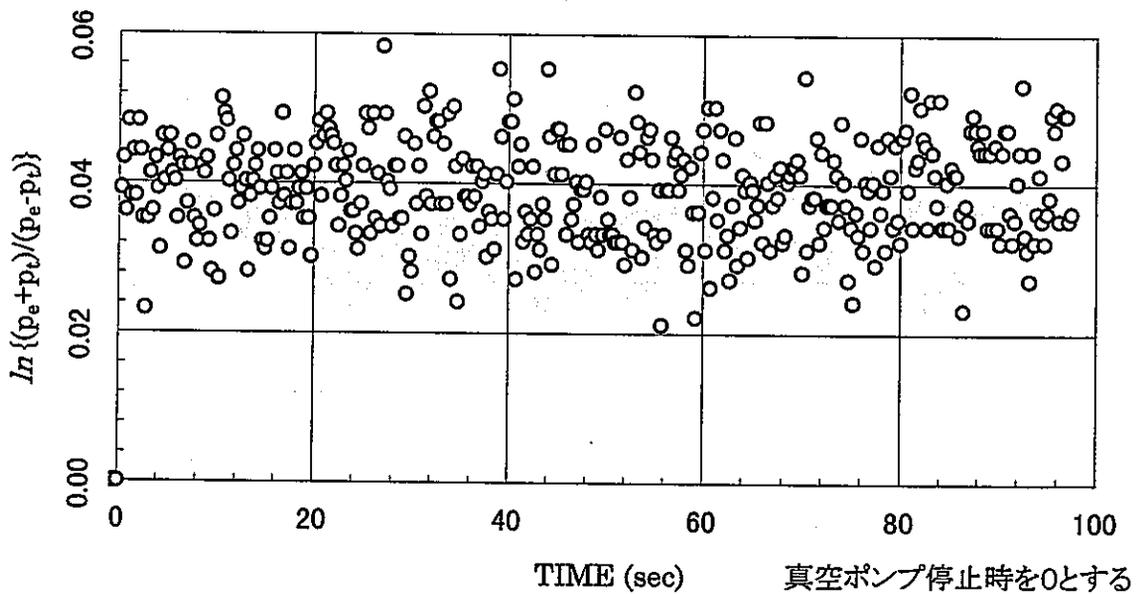
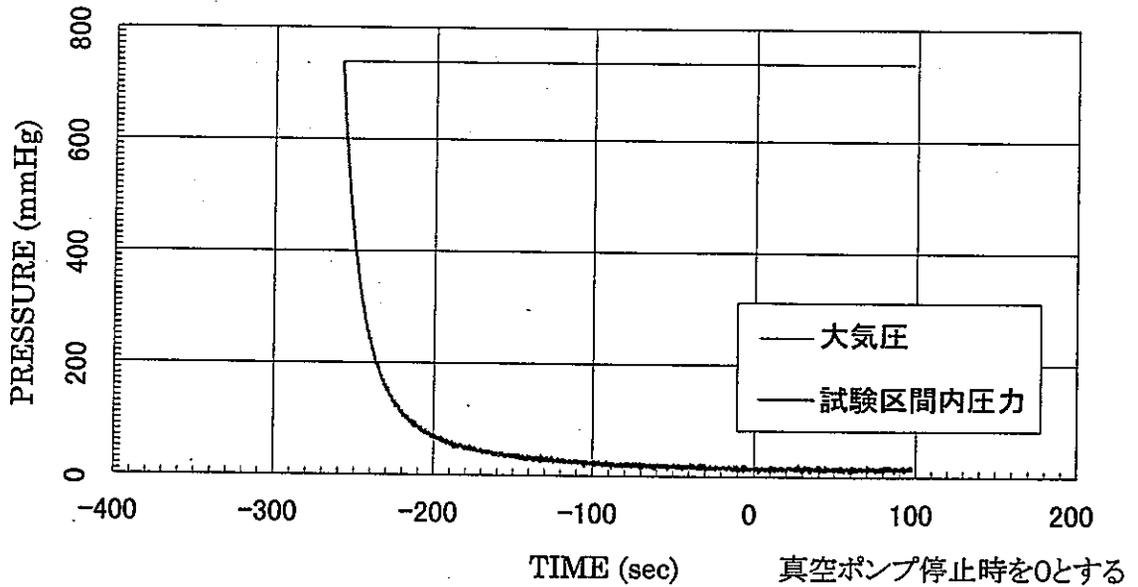
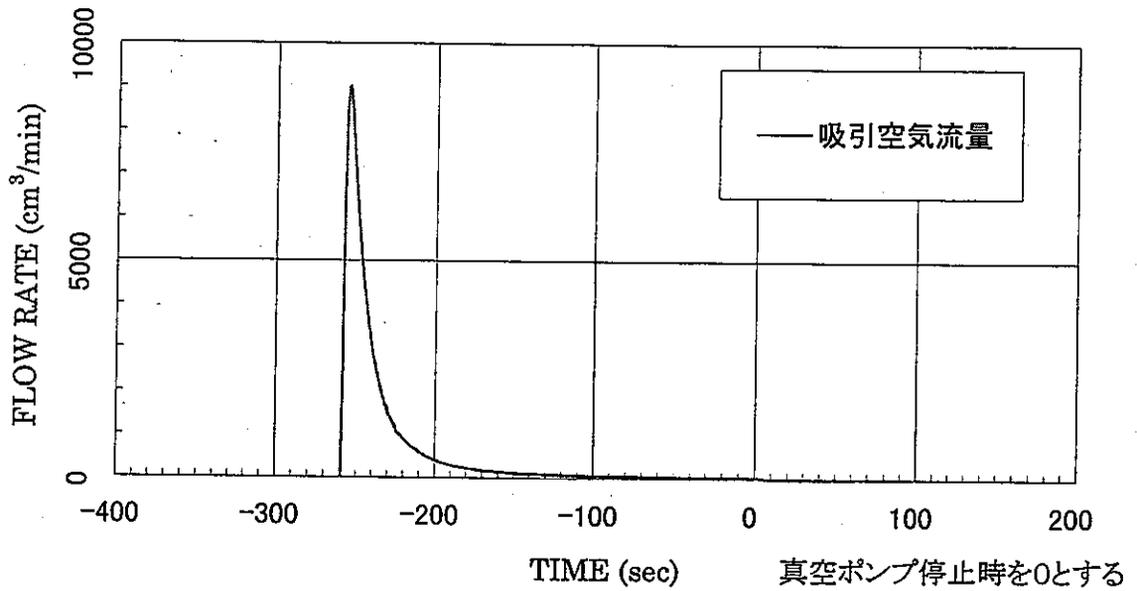
MVP-1 測定区間の中央深度 .55 m

固有透過度(定常法) =  $6.2E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $3.6E-14 \text{ cm}^2$



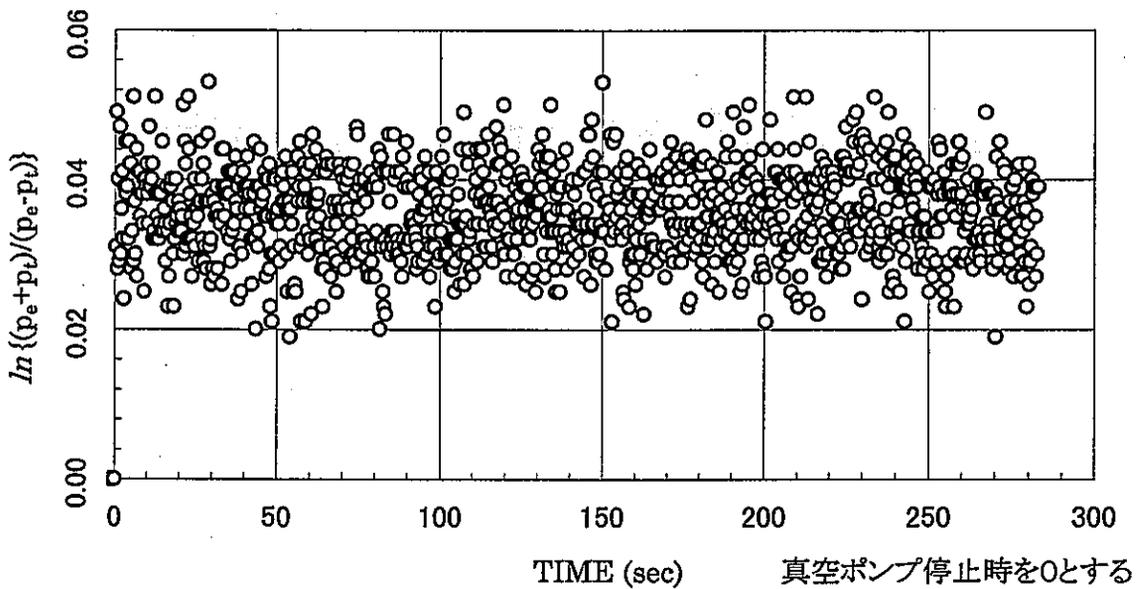
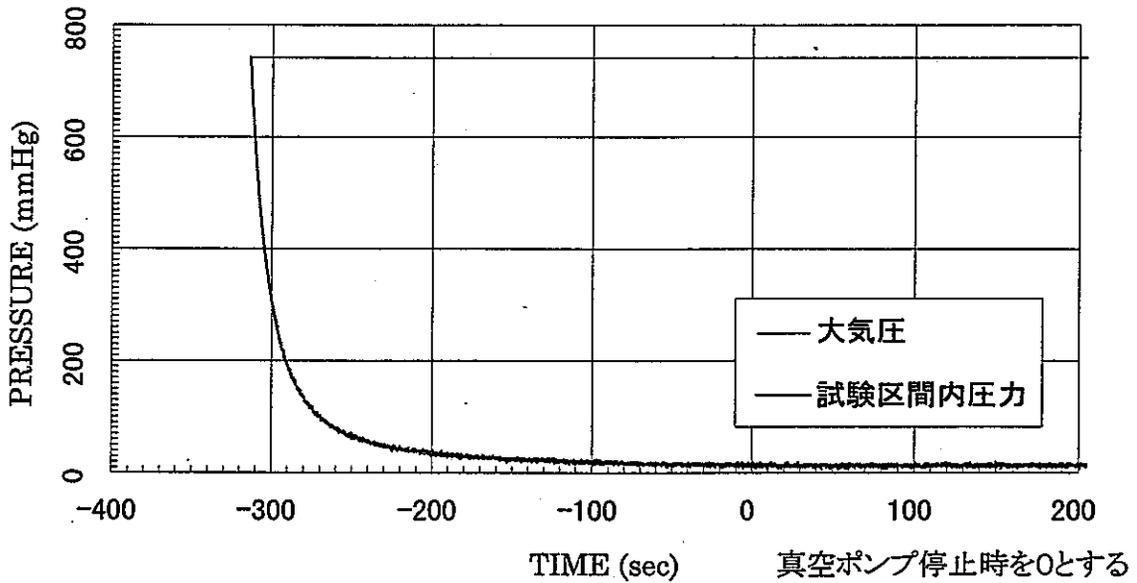
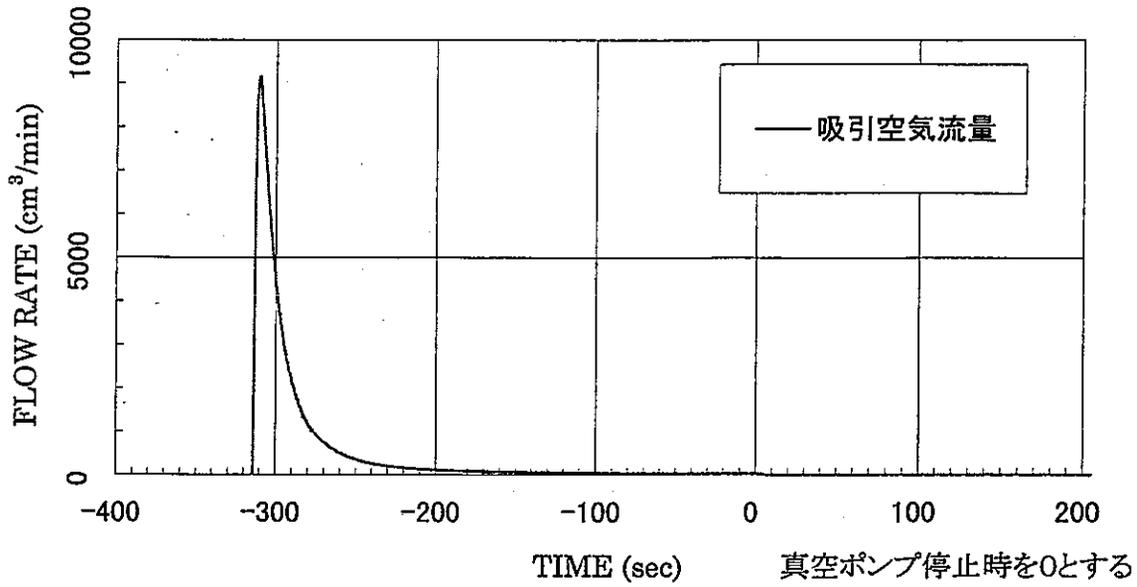
MVP-1 測定区間の中央深度 .65 m

固有透過度(定常法) =  $7.0E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



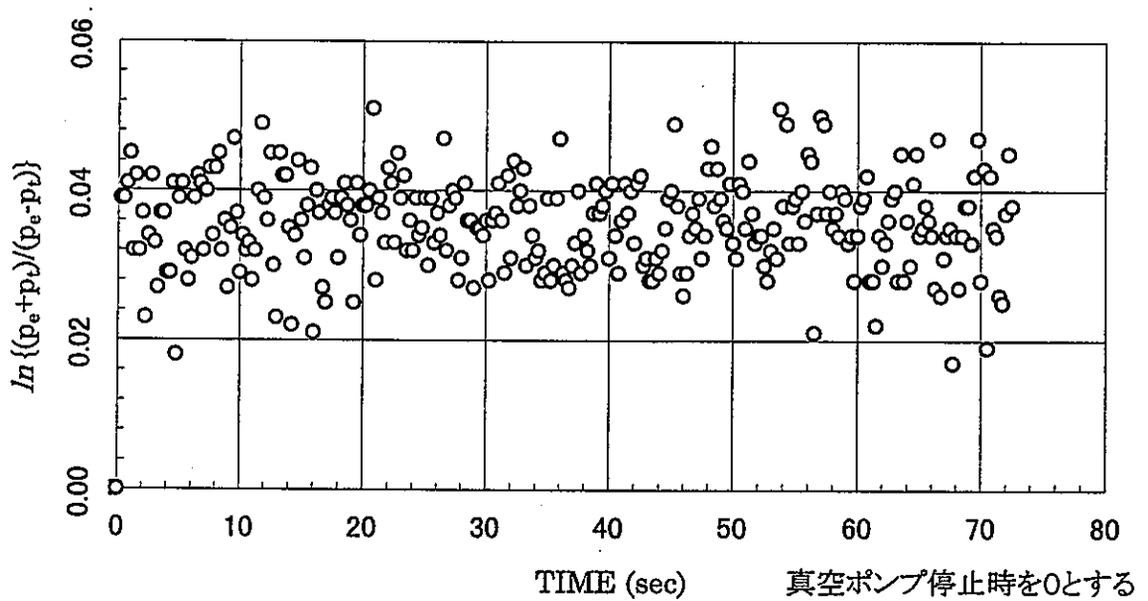
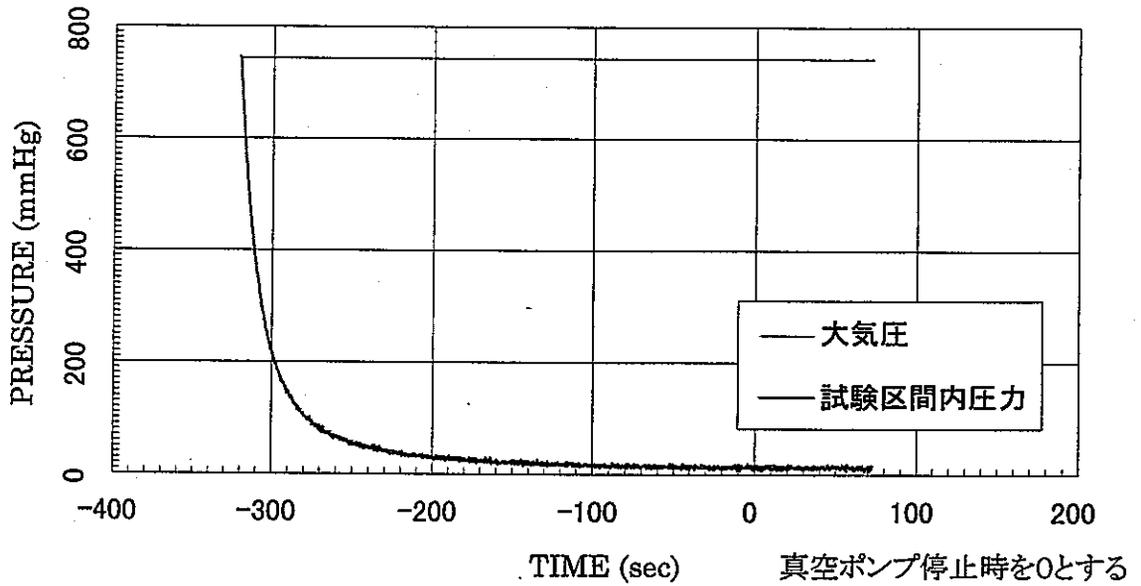
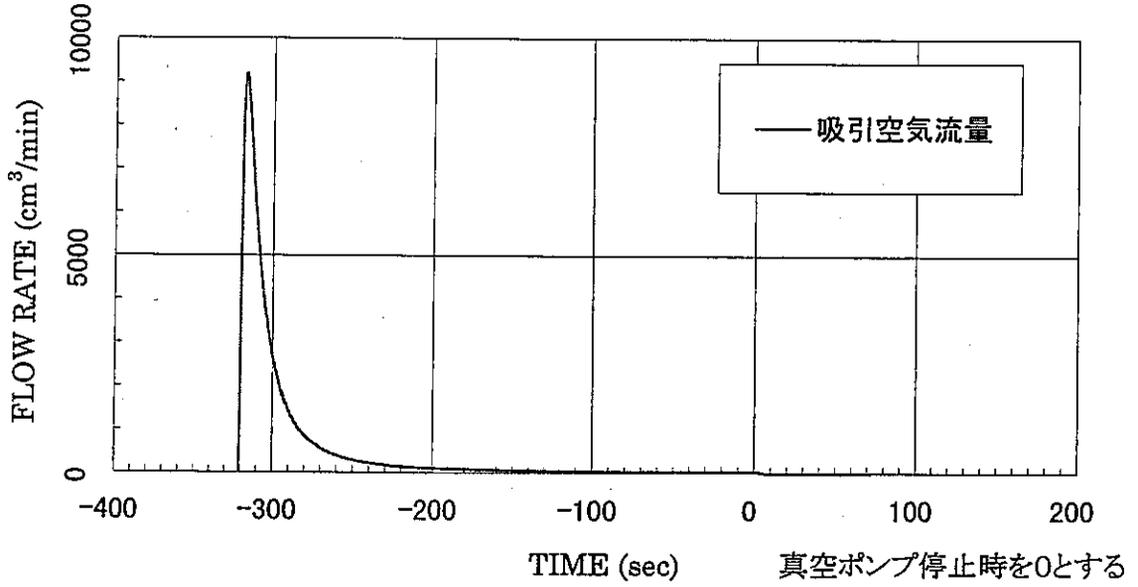
MVP-1 測定区間の中央深度 .75 m

固有透過度(定常法) =  $6.8E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.6E-15 \text{ cm}^2$



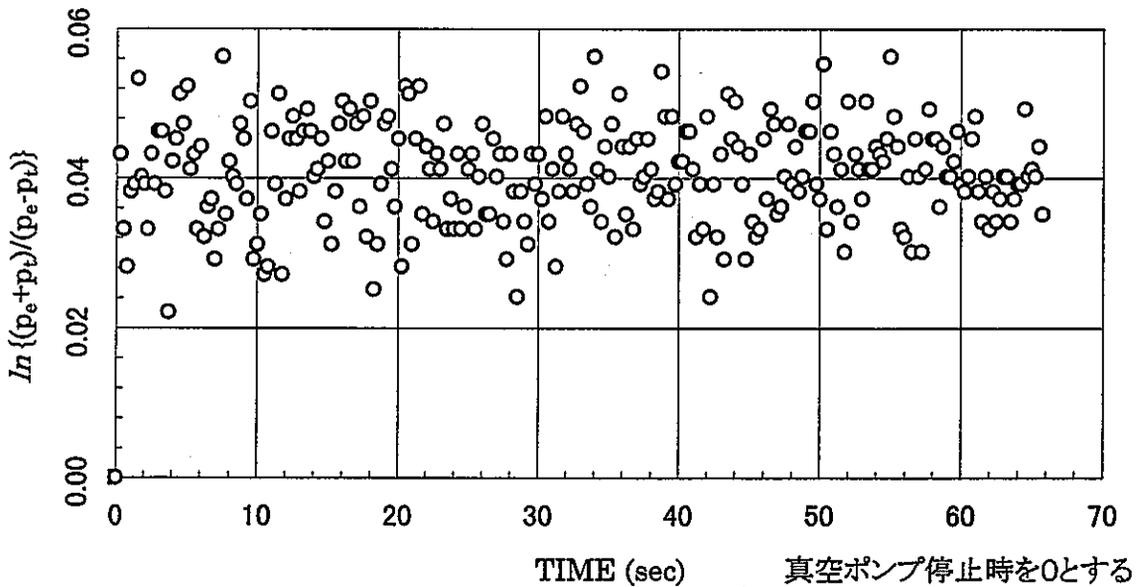
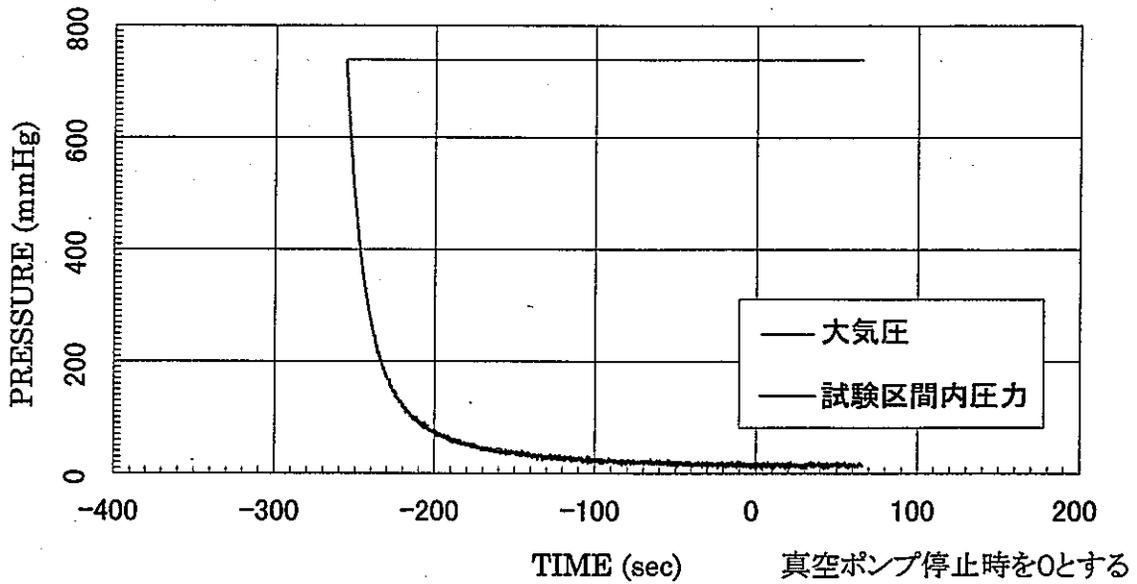
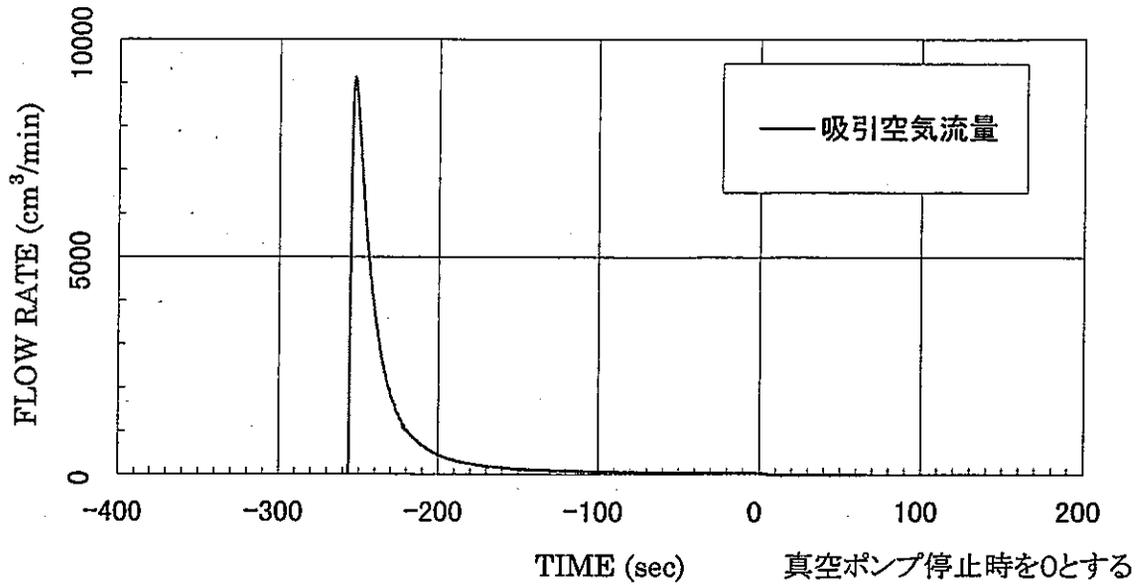
MVP-1 測定区間の中央深度 .85 m

固有透過度(定常法) =  $7.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{----- cm}^2$



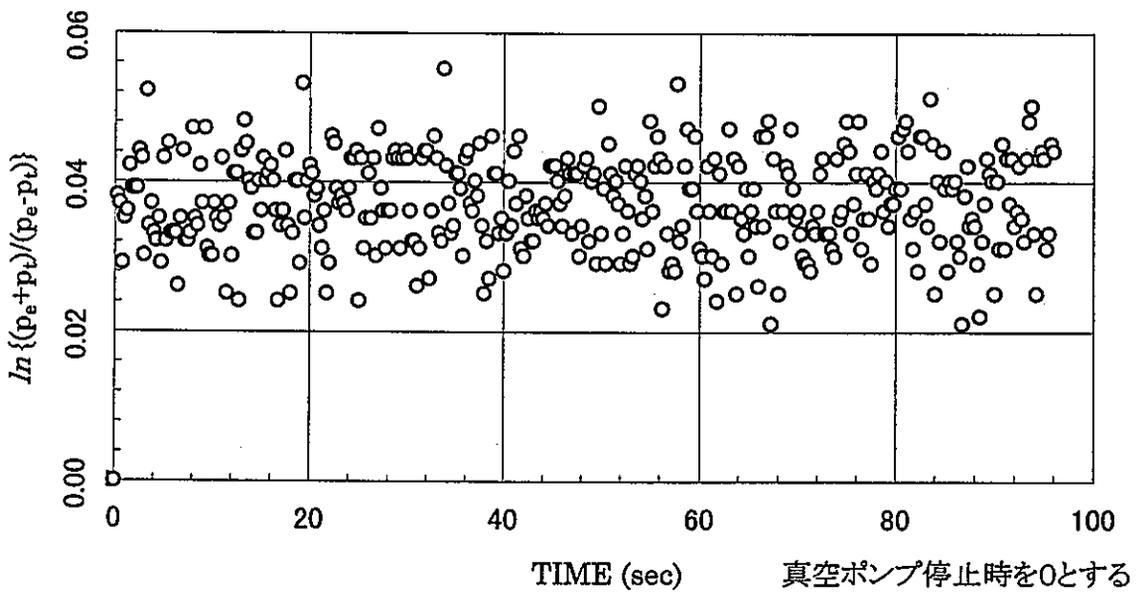
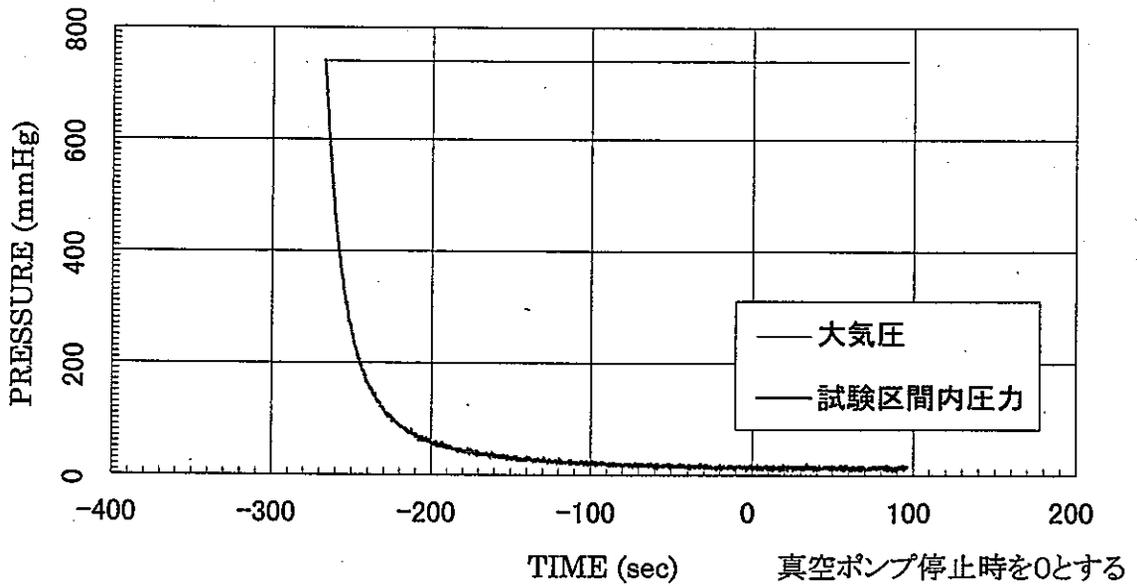
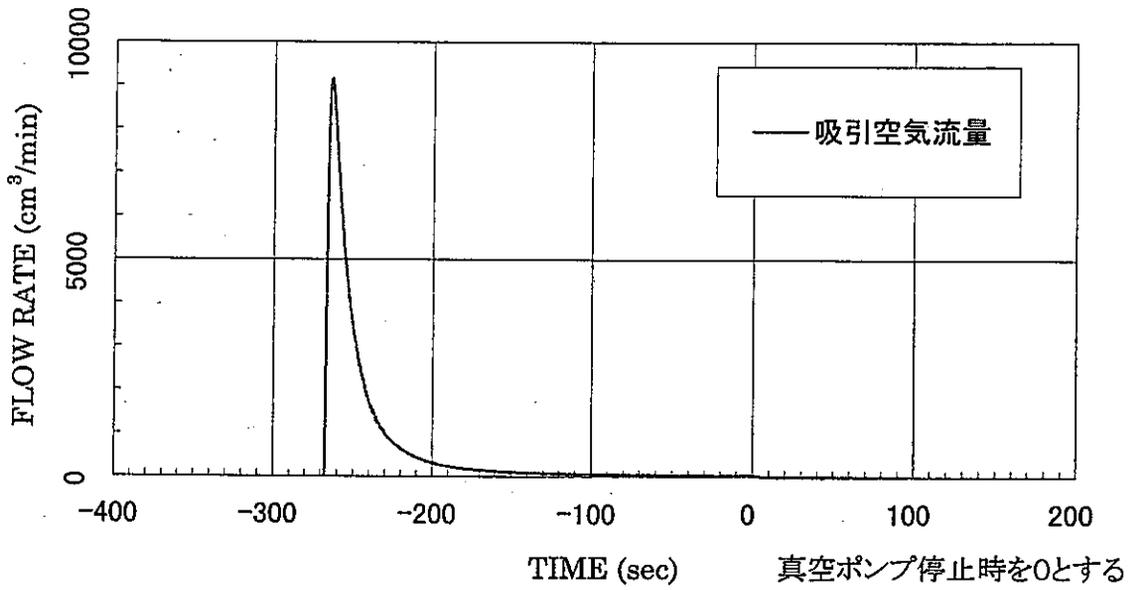
MVP-1 測定区間の中央深度 .95 m

固有透過度(定常法) =  $6.4E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.8E-14 \text{ cm}^2$



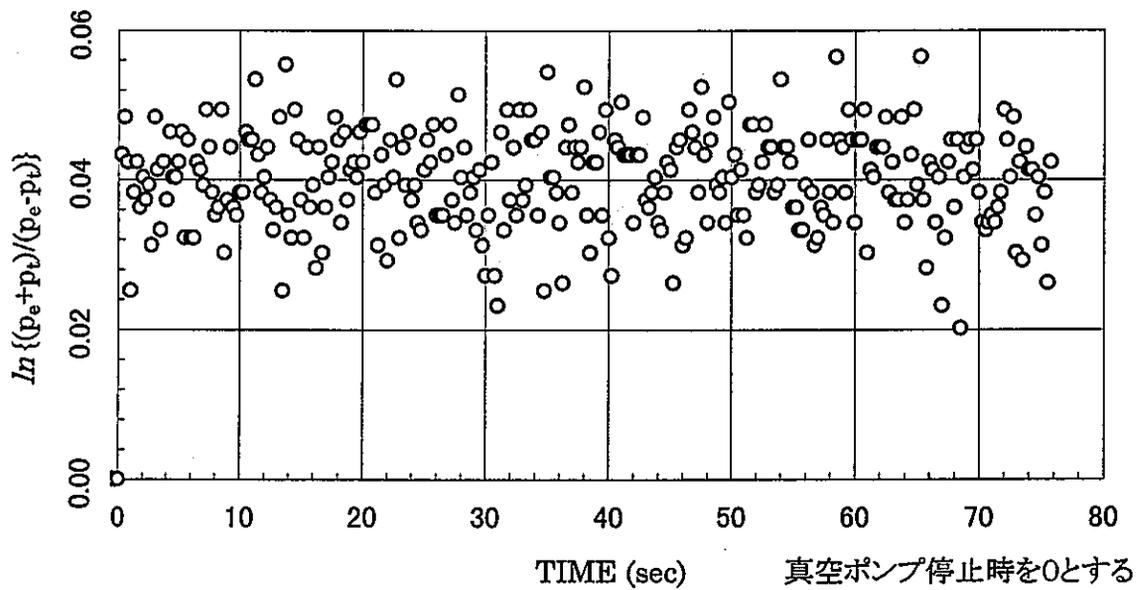
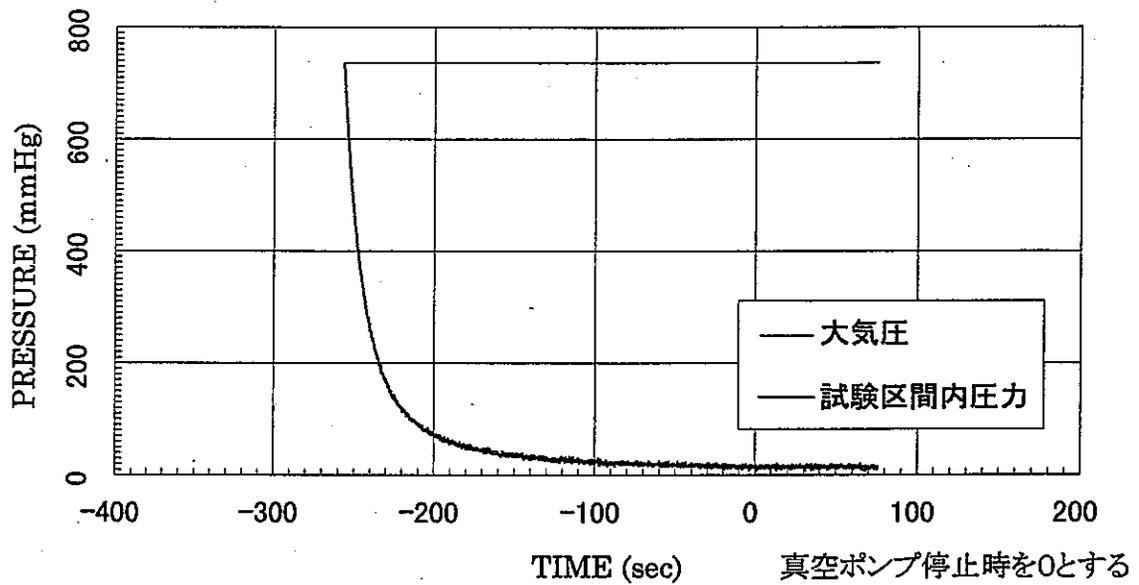
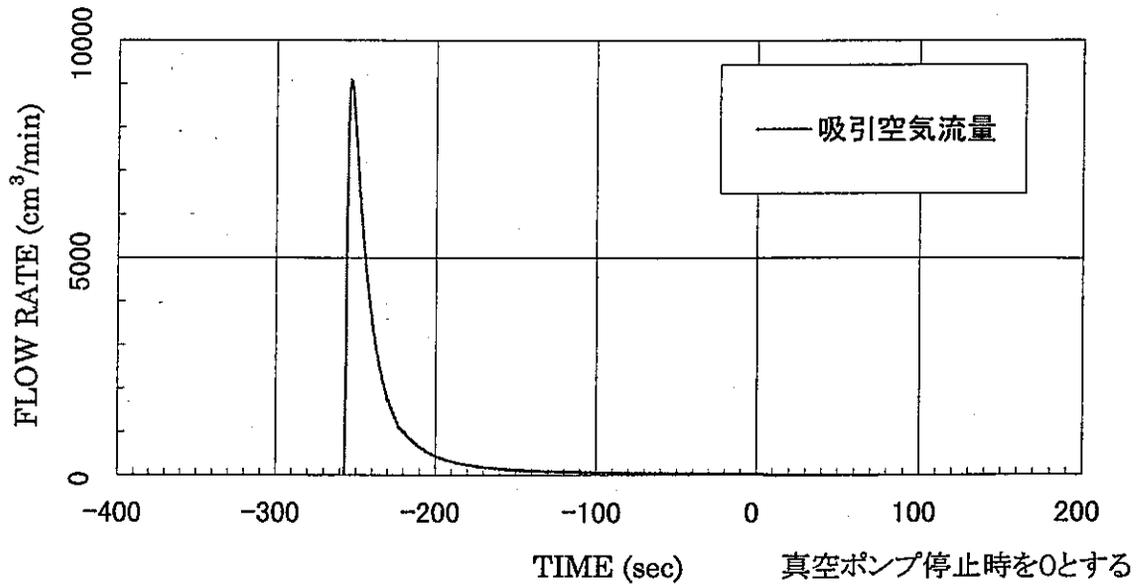
MVP-1 測定区間の中央深度 1.05 m

固有透過度(定常法) =  $7.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.5E-15 \text{ cm}^2$



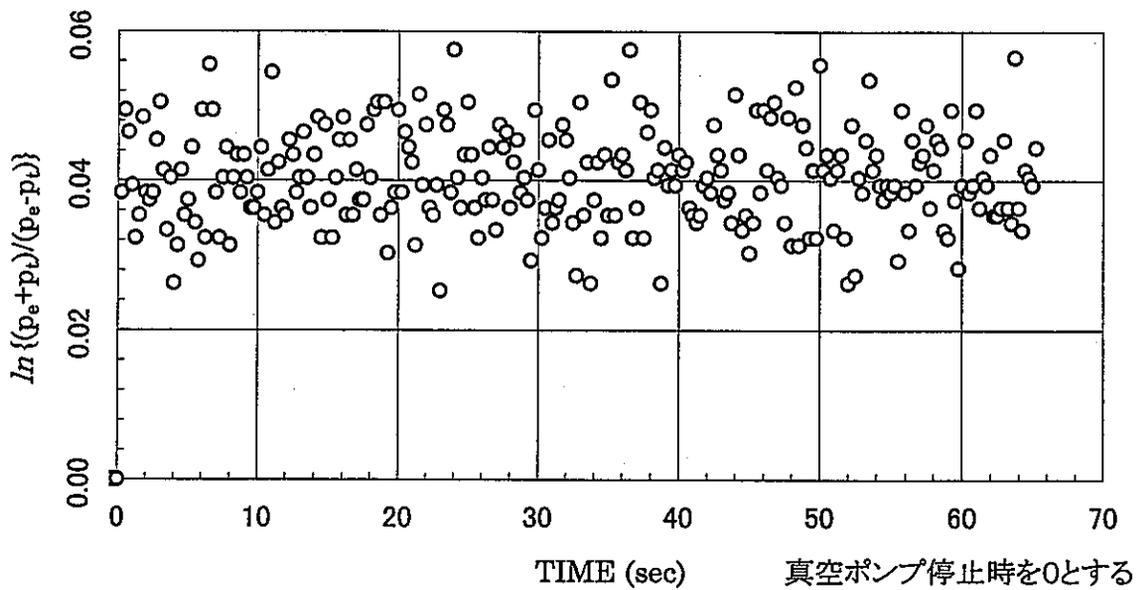
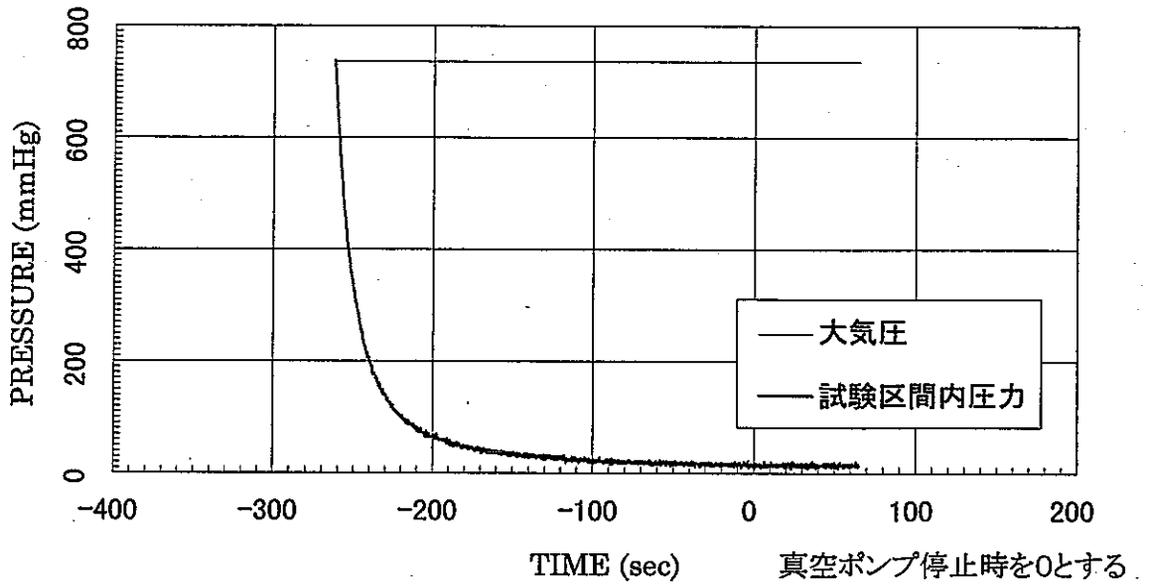
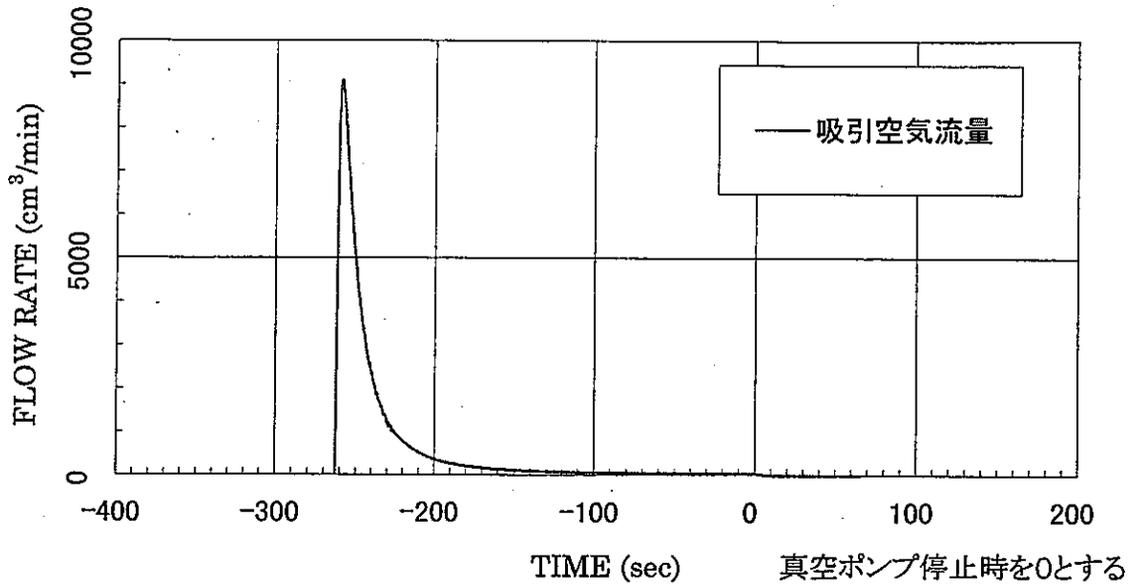
MVP-1 測定区間の中央深度 1.25 m

固有透過度(定常法) =  $7.3E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $5.8E-14 \text{ cm}^2$



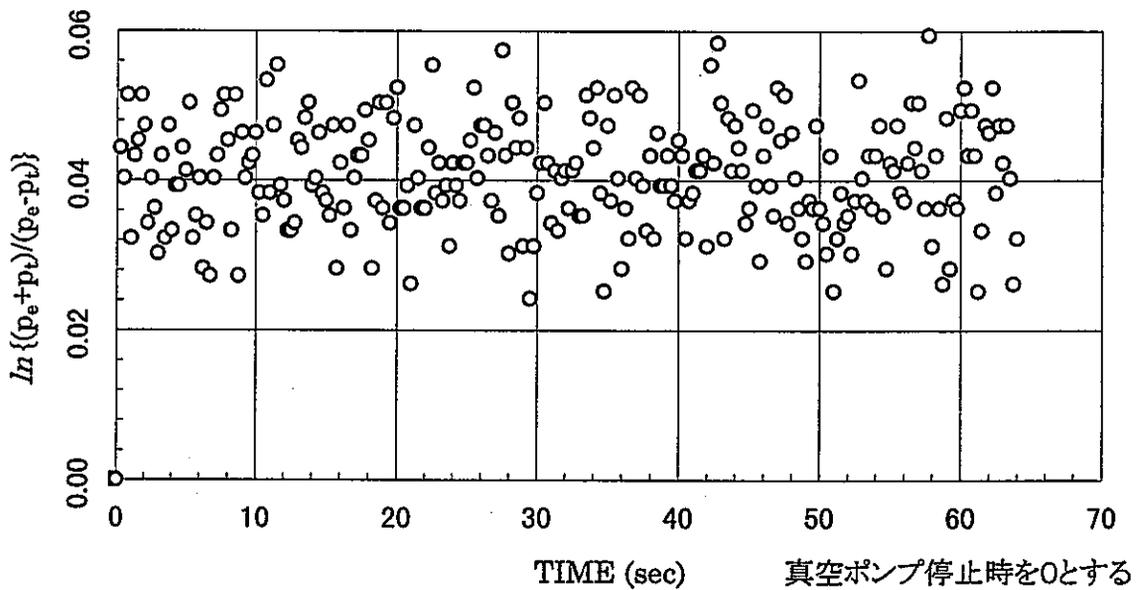
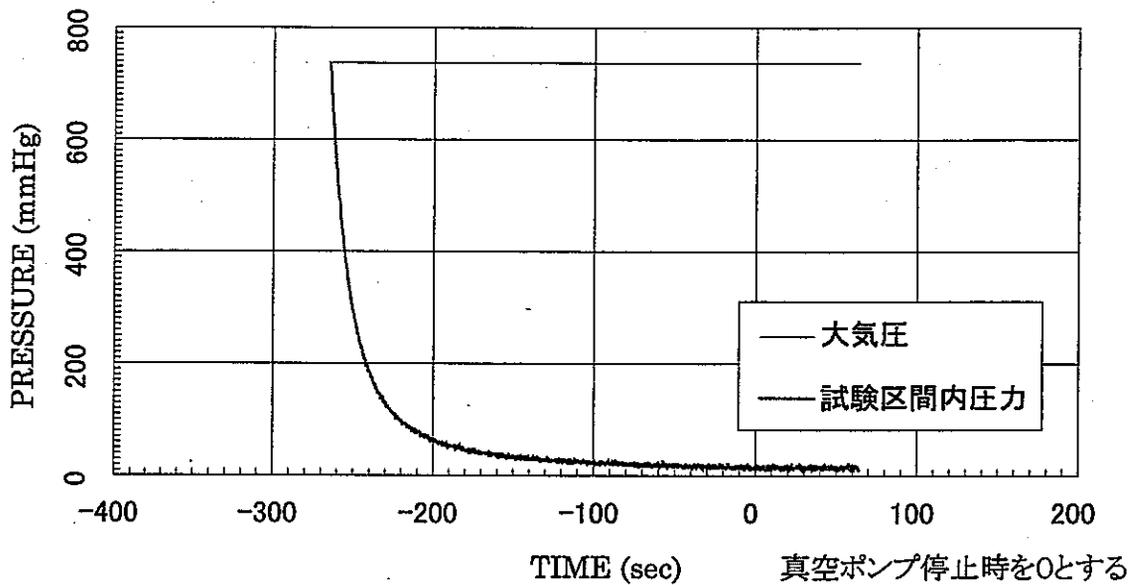
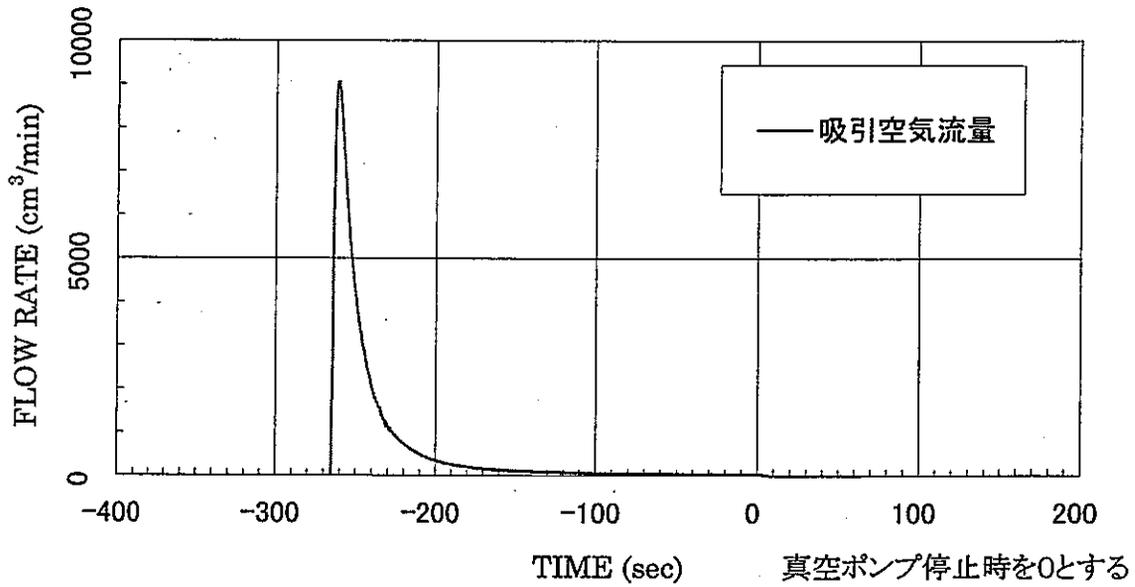
MVP-1 測定区間の中央深度 1.55 m

固有透過度(定常法) =  $8.2E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



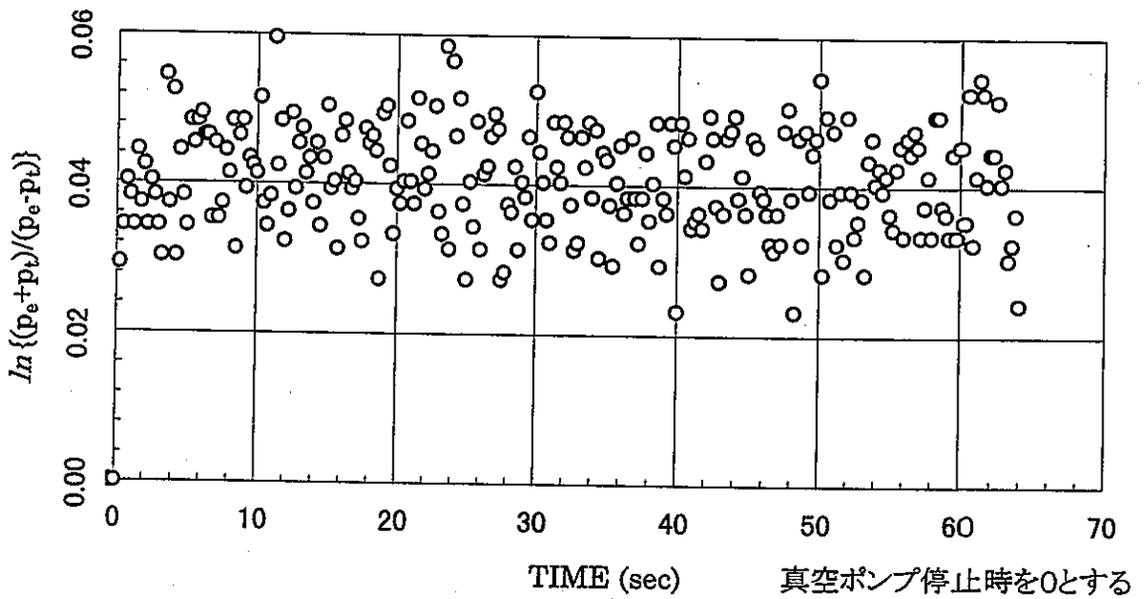
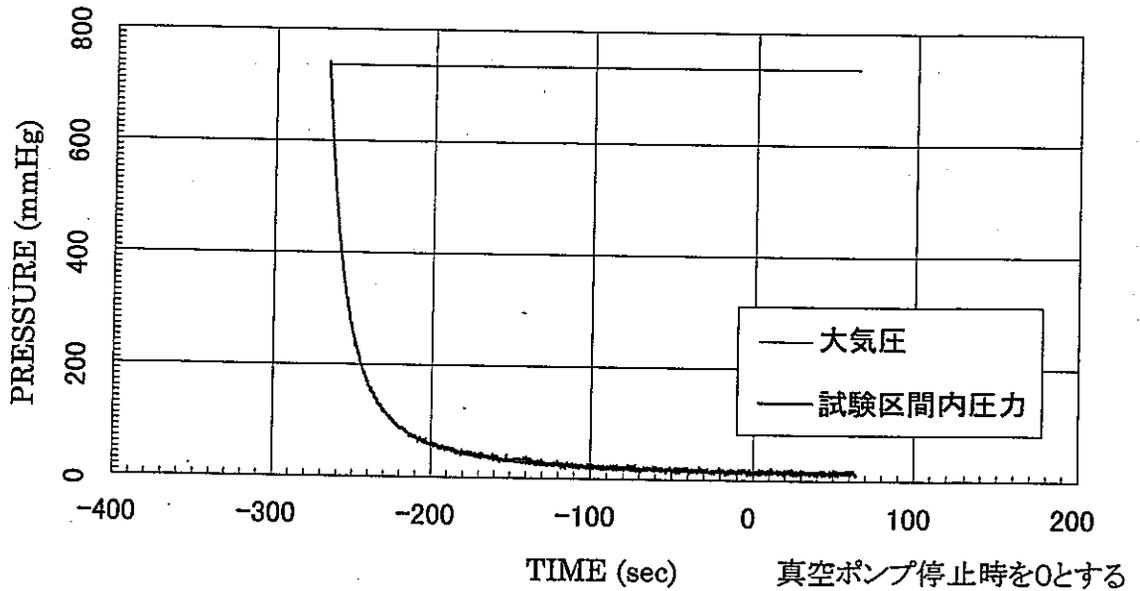
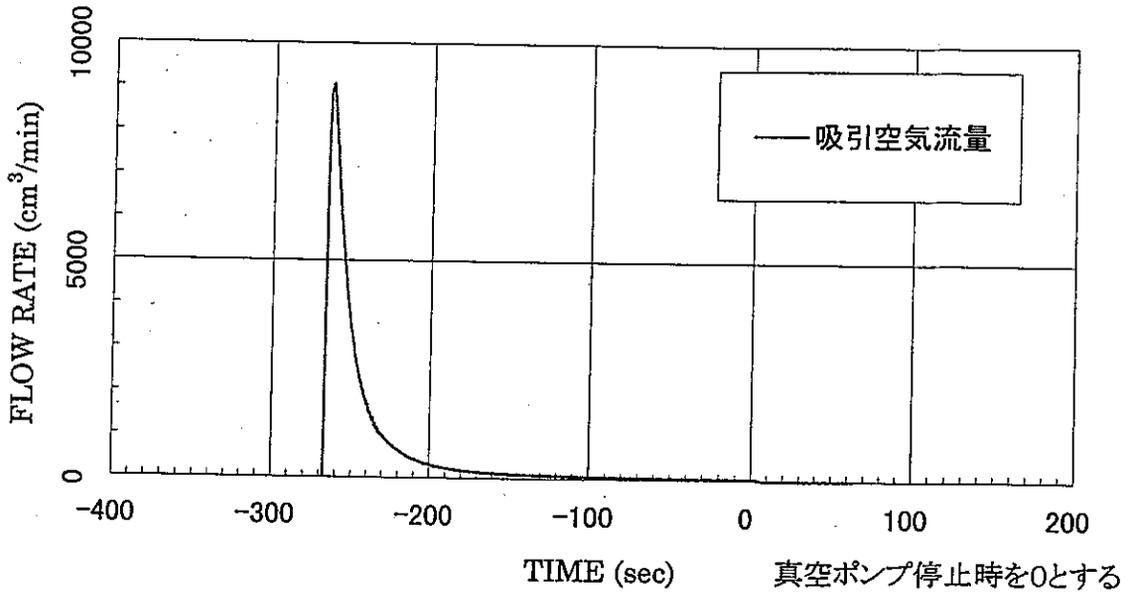
MVP-1 測定区間の中央深度 1.85 m

固有透過度(定常法) =  $7.0E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



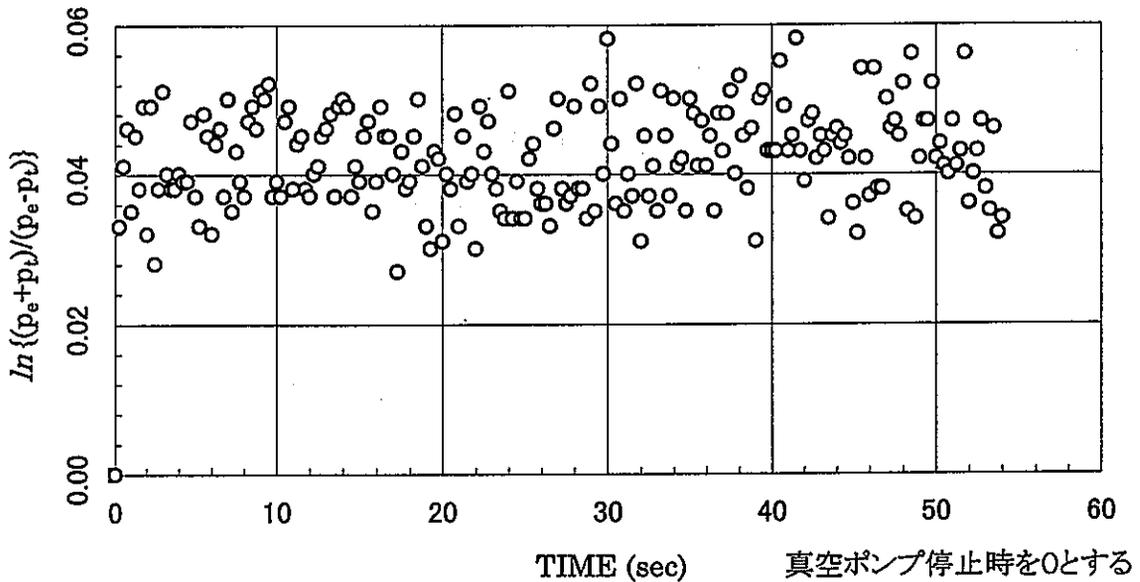
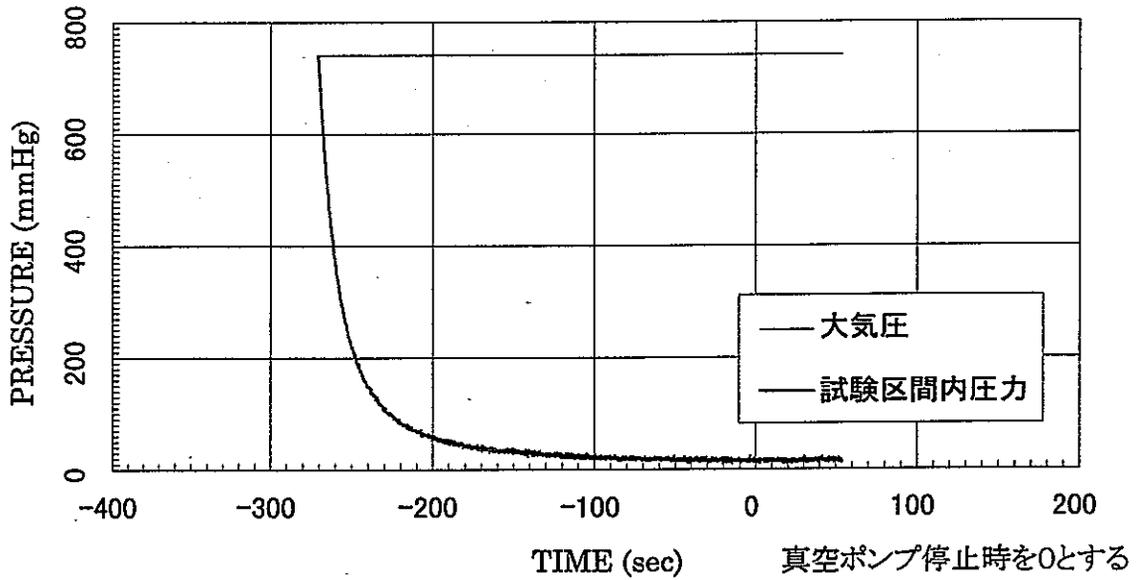
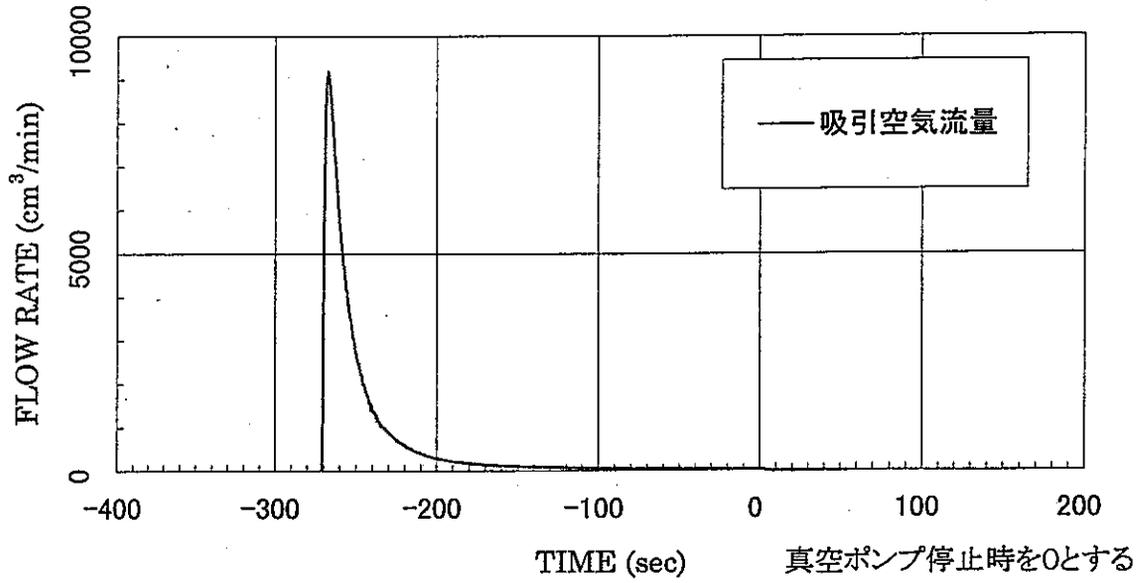
MVP-1 測定区間の中央深度 2.15 m

固有透過度(定常法) =  $8.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



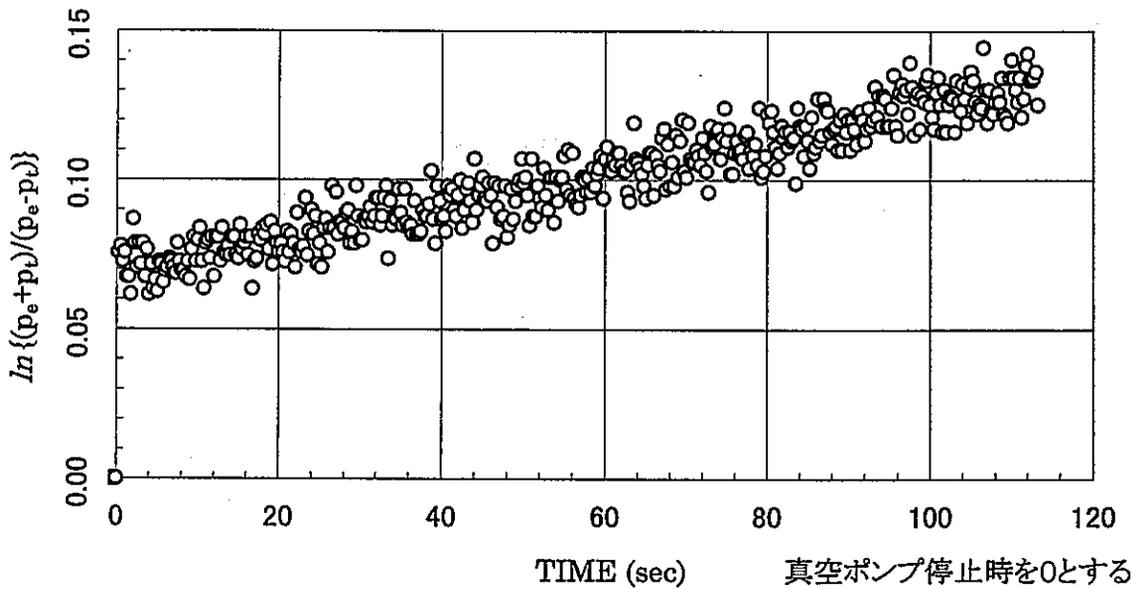
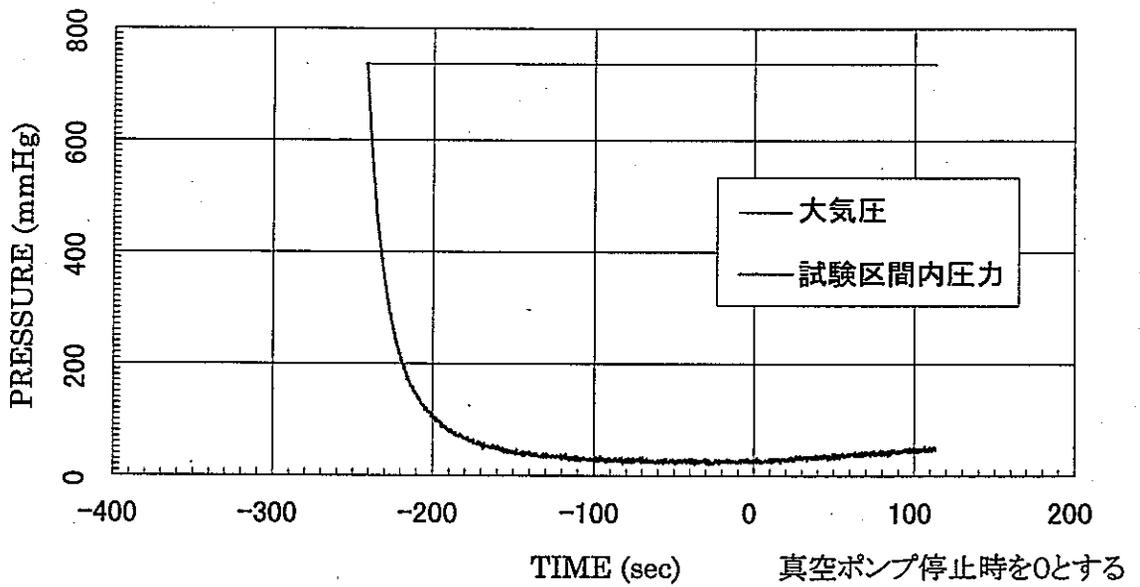
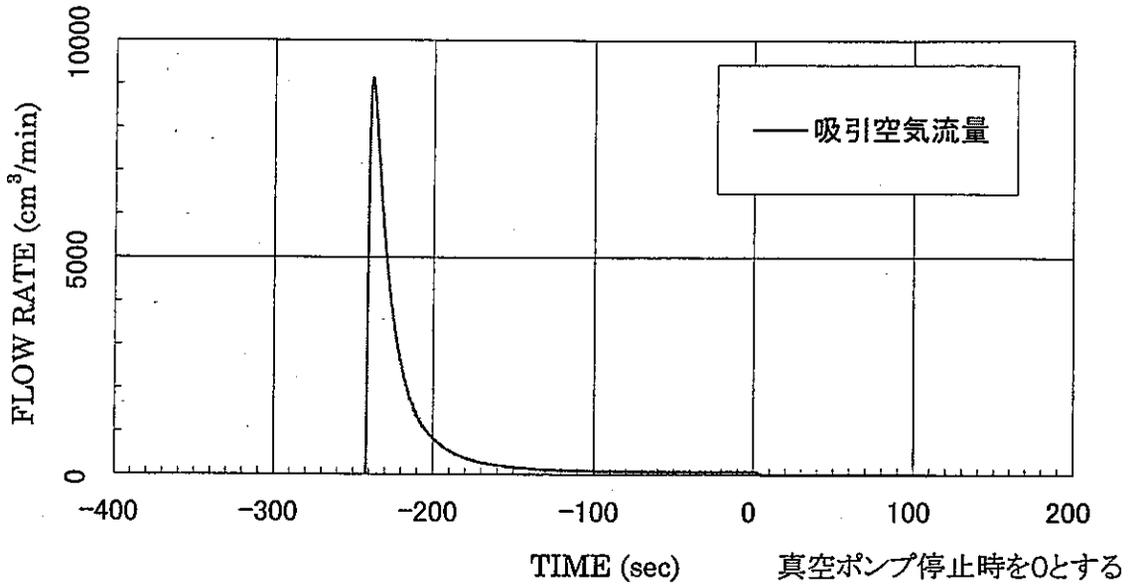
MVP-1 測定区間の中央深度 2.45 m

固有透過度(定常法) =  $7.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $9.7E-14 \text{ cm}^2$



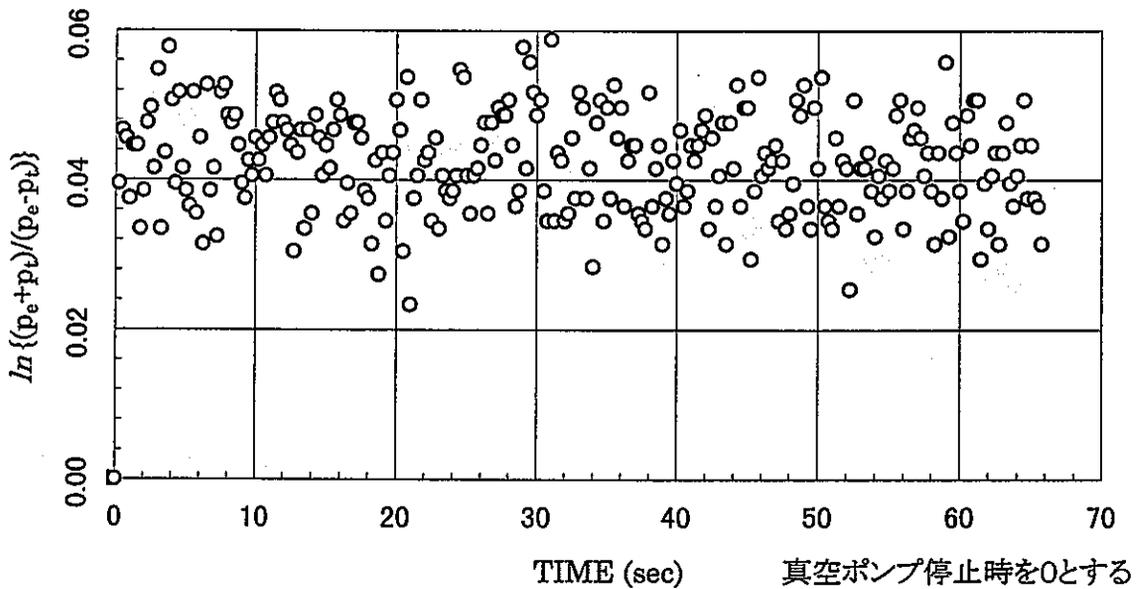
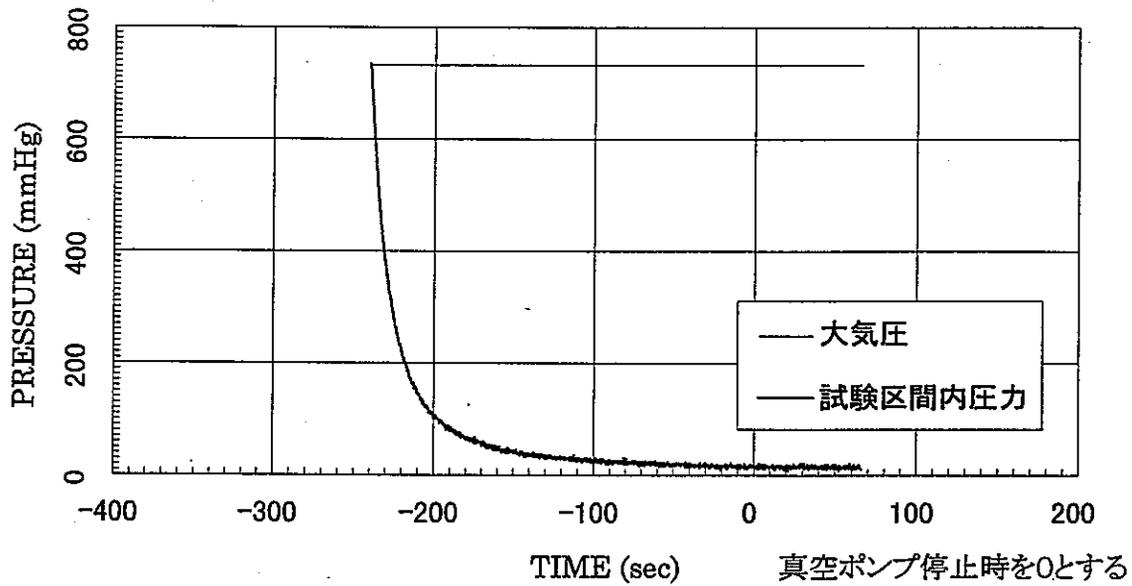
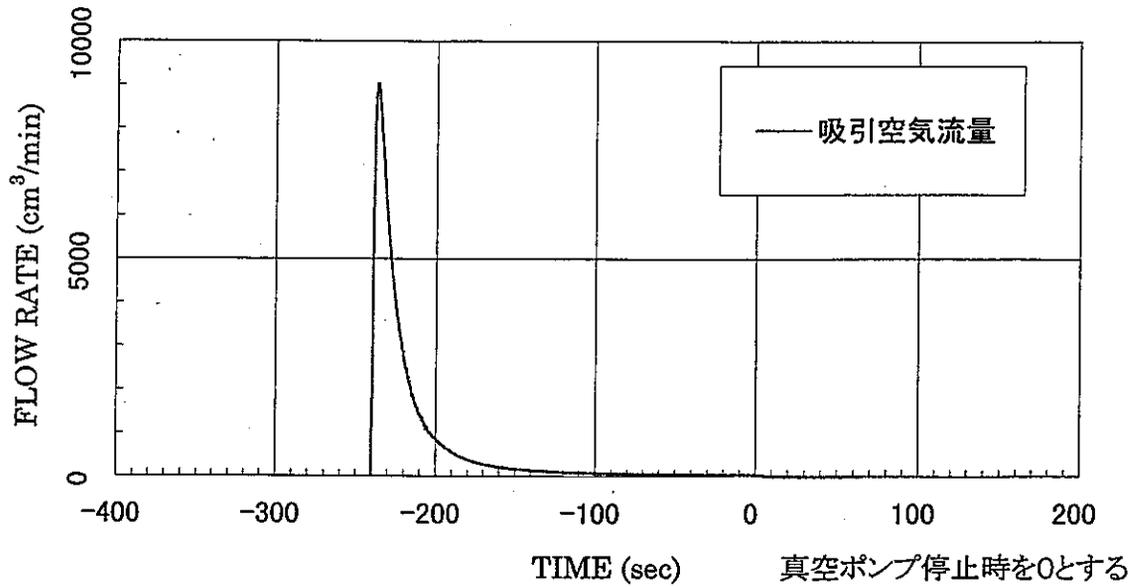
MVP-1 測定区間の中央深度 2.75 m

固有透過度(定常法) =  $1.6E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.0E-12 \text{ cm}^2$



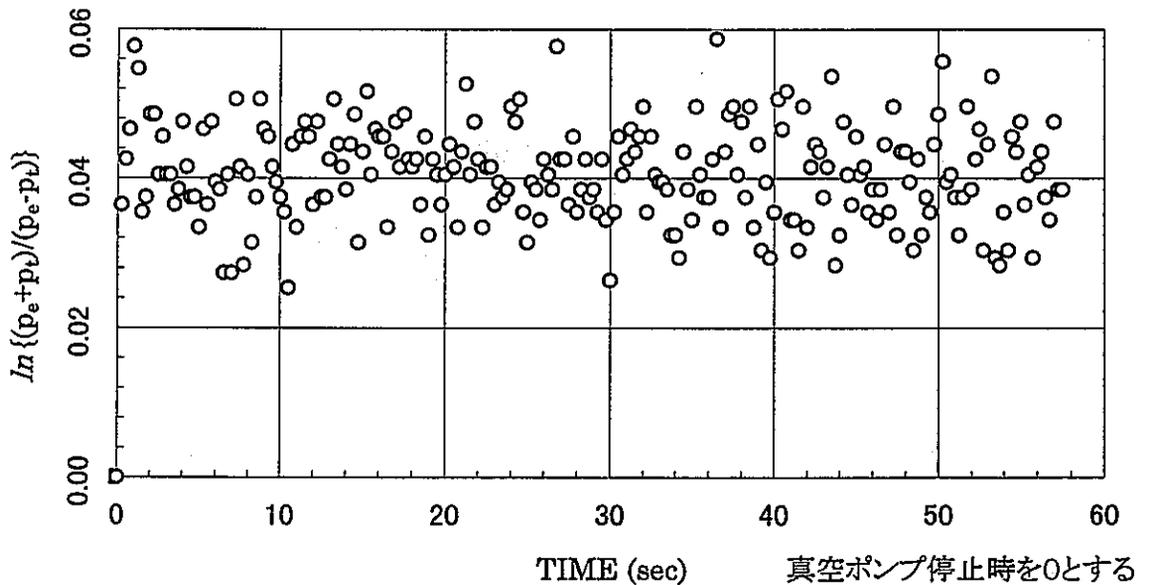
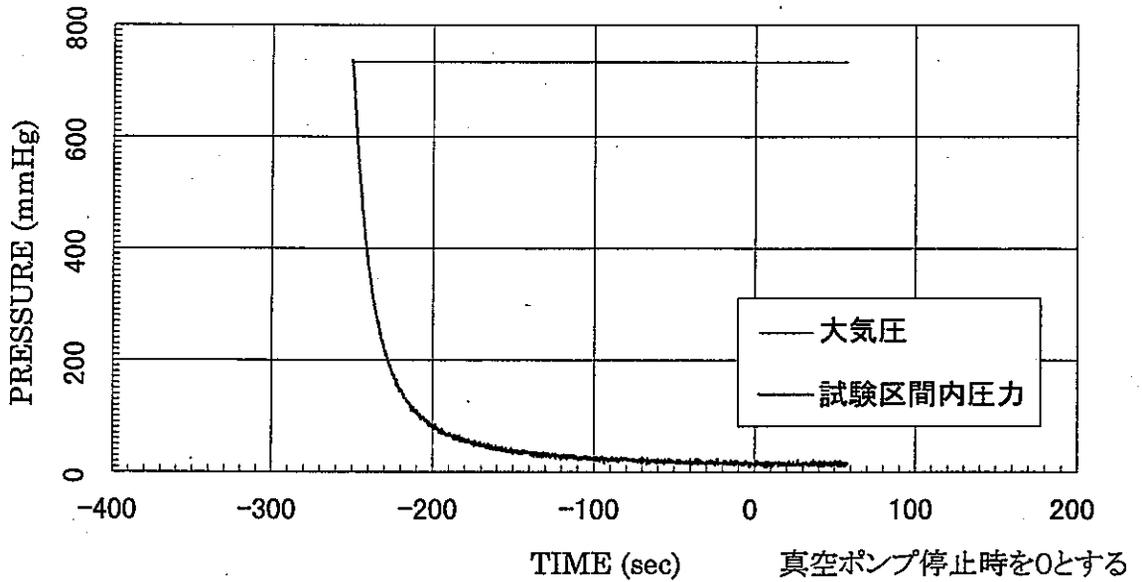
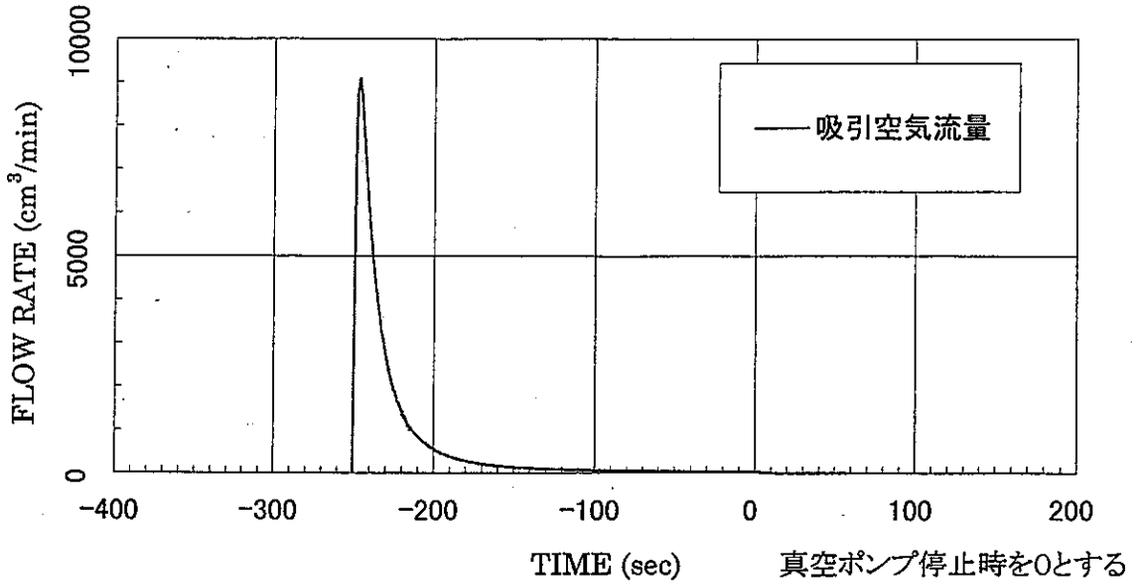
MVP-1 測定区間の中央深度 3.05 m

固有透過度(定常法) =  $7.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{----- cm}^2$



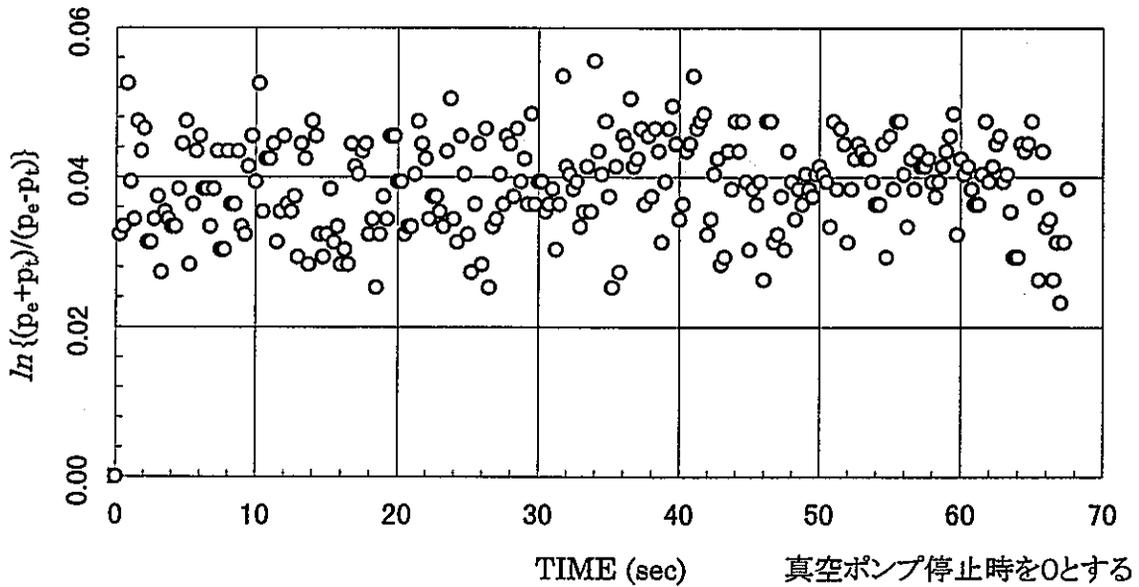
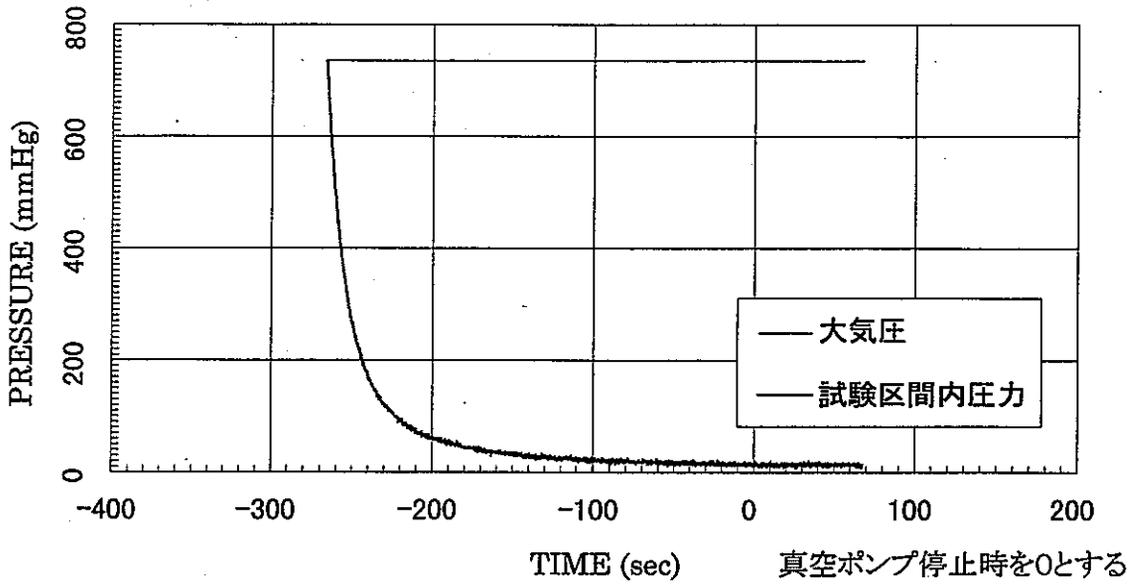
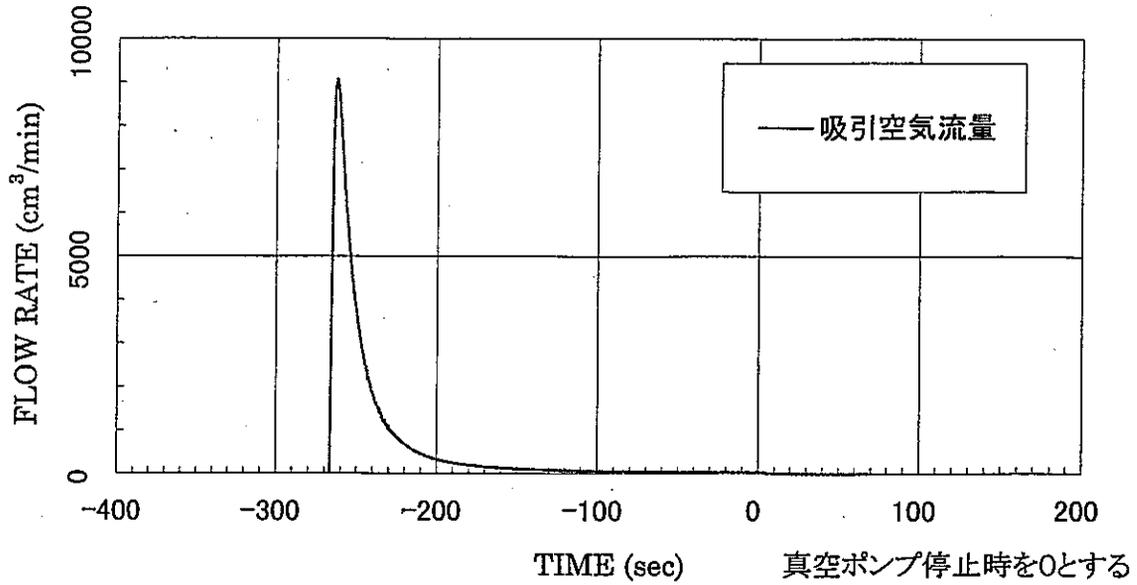
MVP-1 測定区間の中央深度 3.35 m

固有透過度(定常法) =  $6.8E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



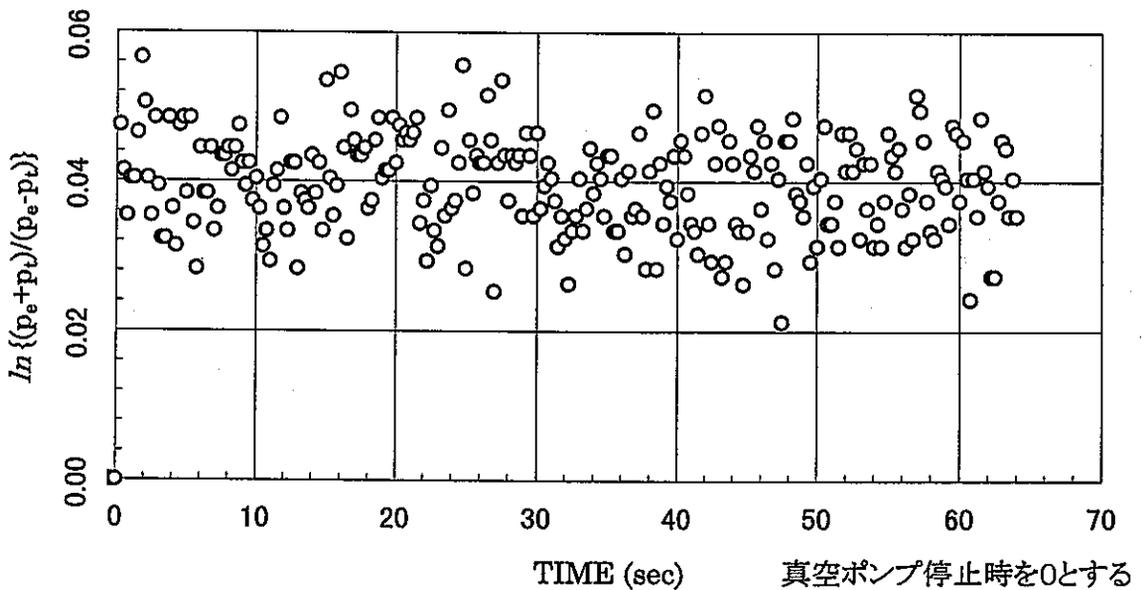
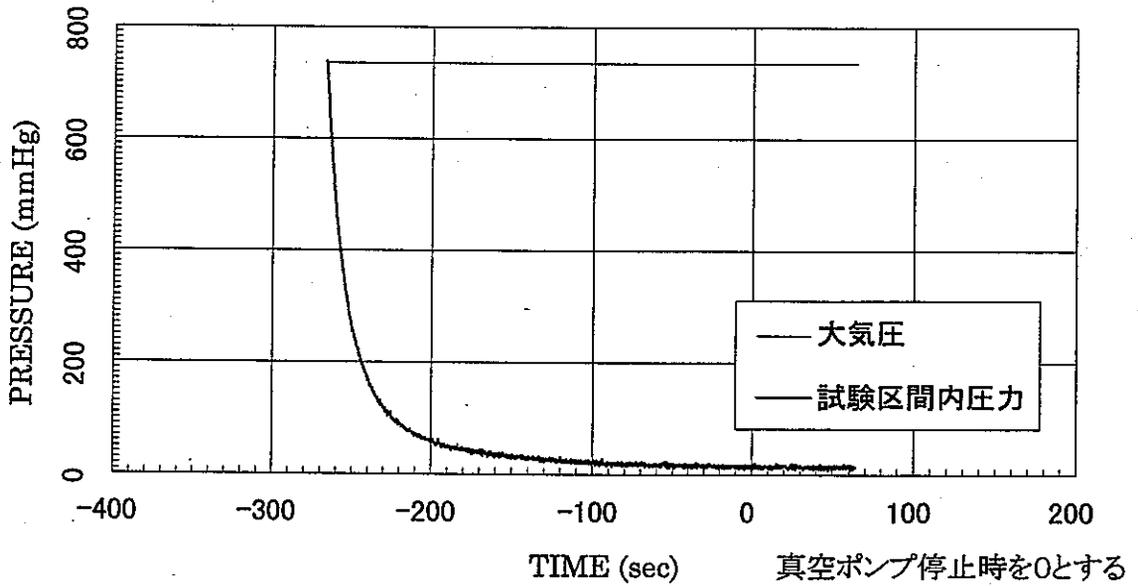
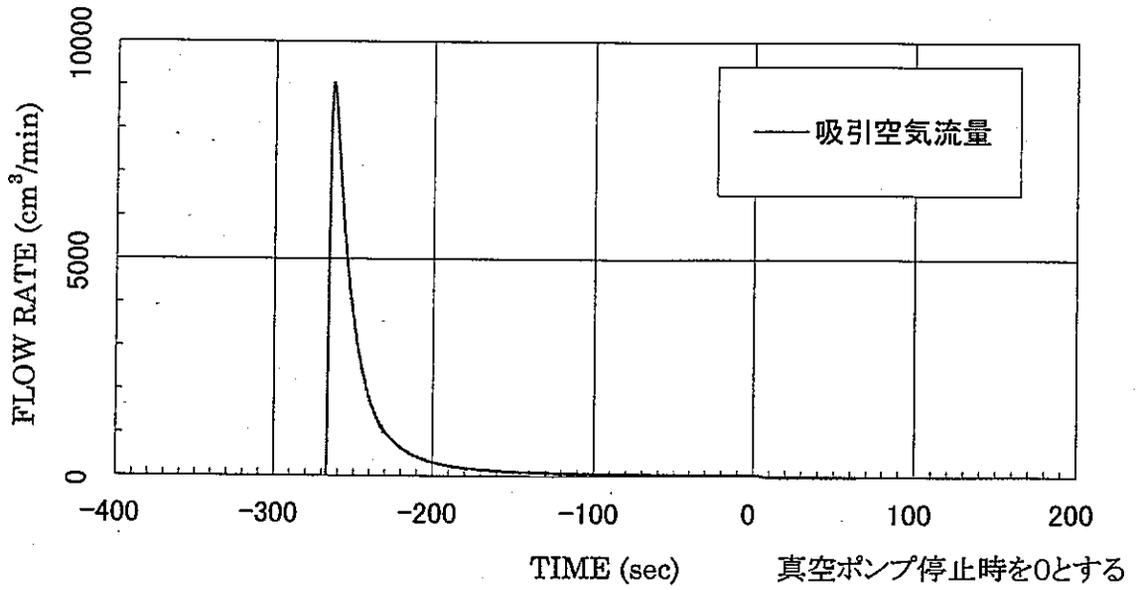
MVP-1 測定区間の中央深度 3.65 m

固有透過度(定常法) =  $7.5E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $5.3E-14 \text{ cm}^2$



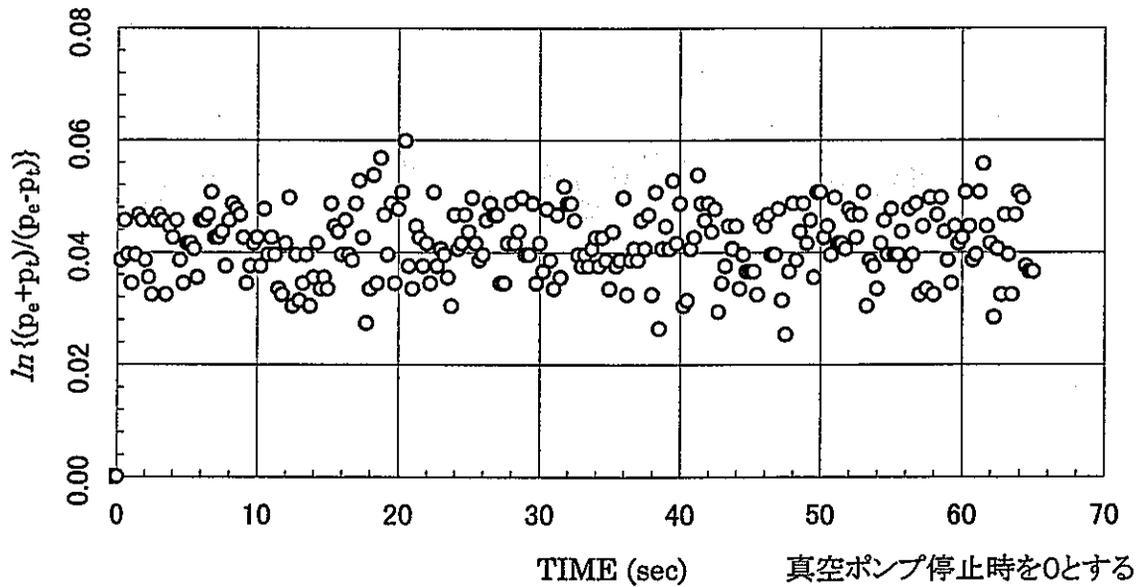
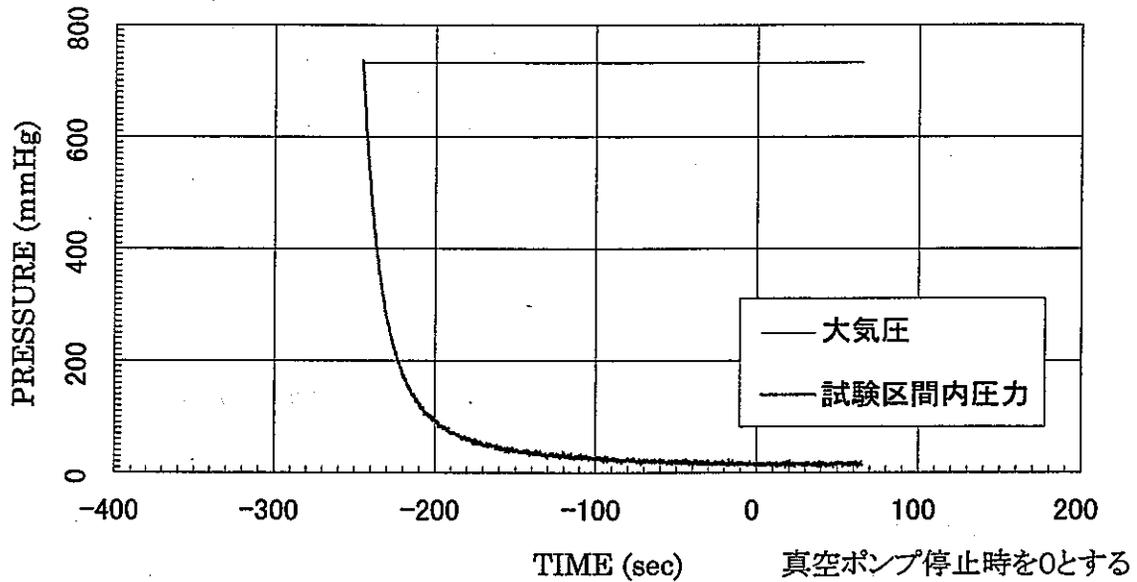
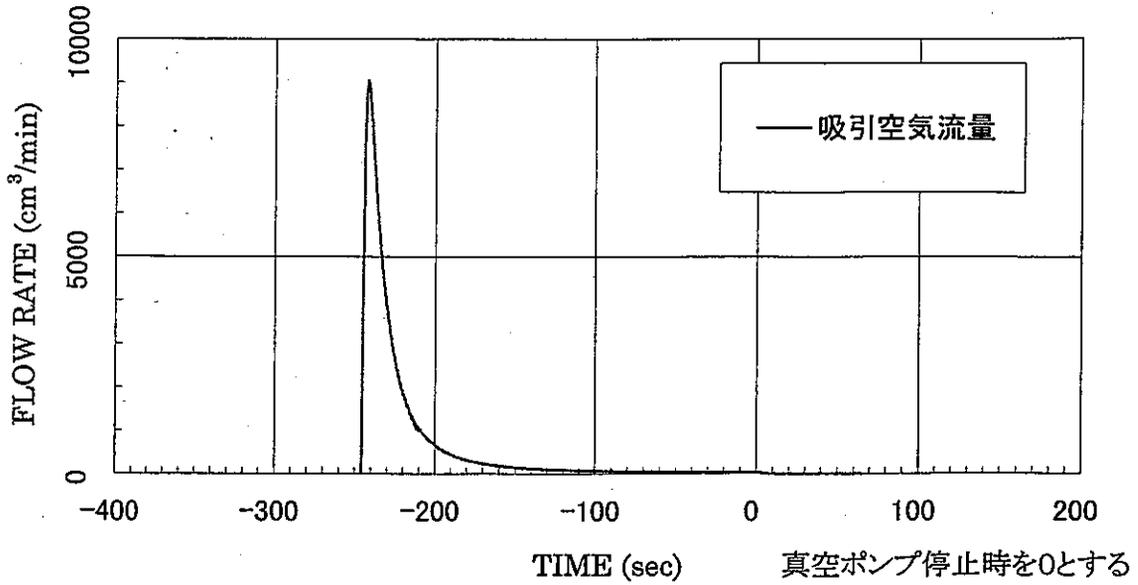
MVP-1 測定区間の中央深度 3.95 m

固有透過度(定常法) =  $7.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{----- cm}^2$



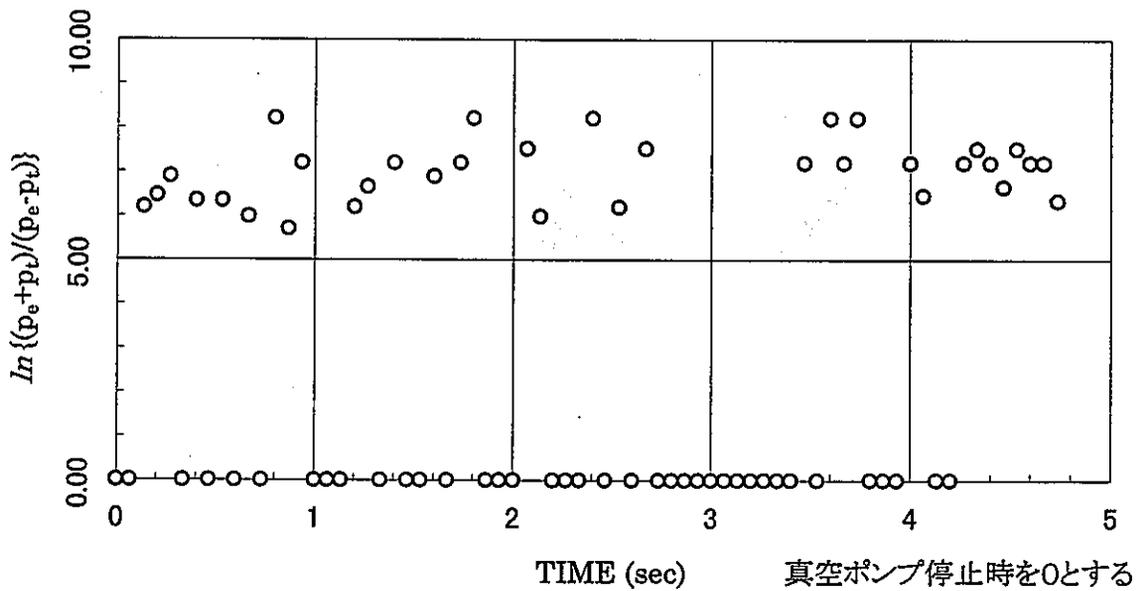
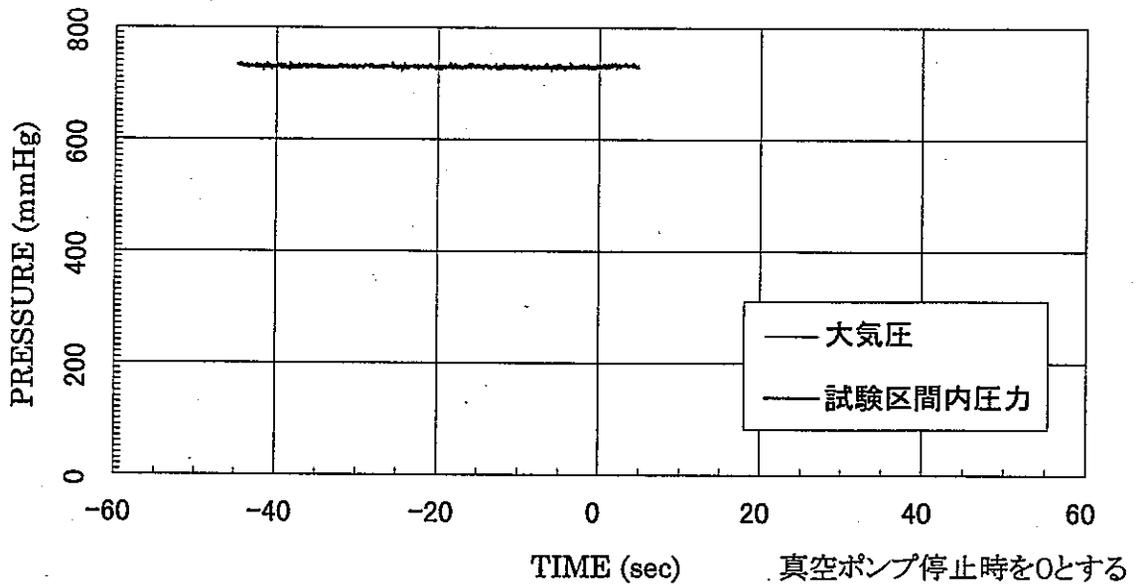
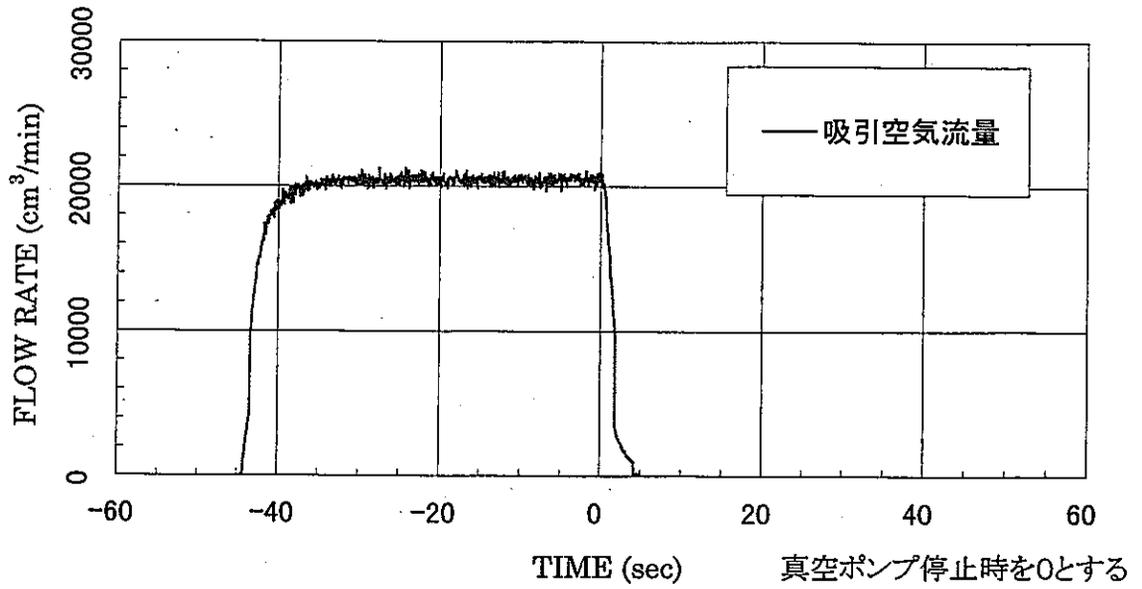
MVP-1 測定区間の中央深度 4.25 m

固有透過度(定常法) =  $8.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.1E-14 \text{ cm}^2$



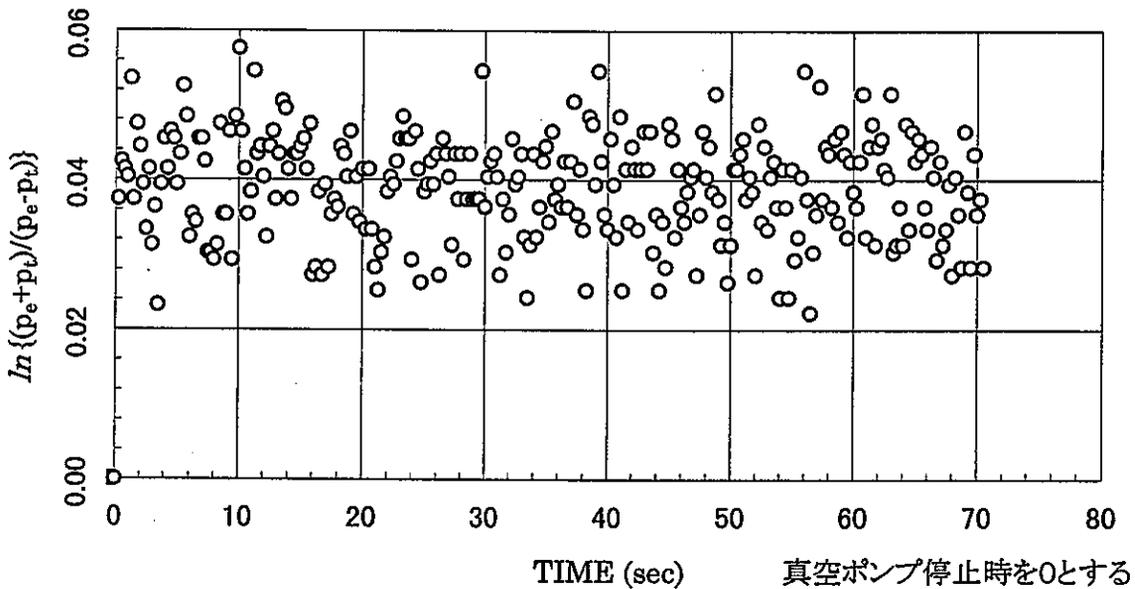
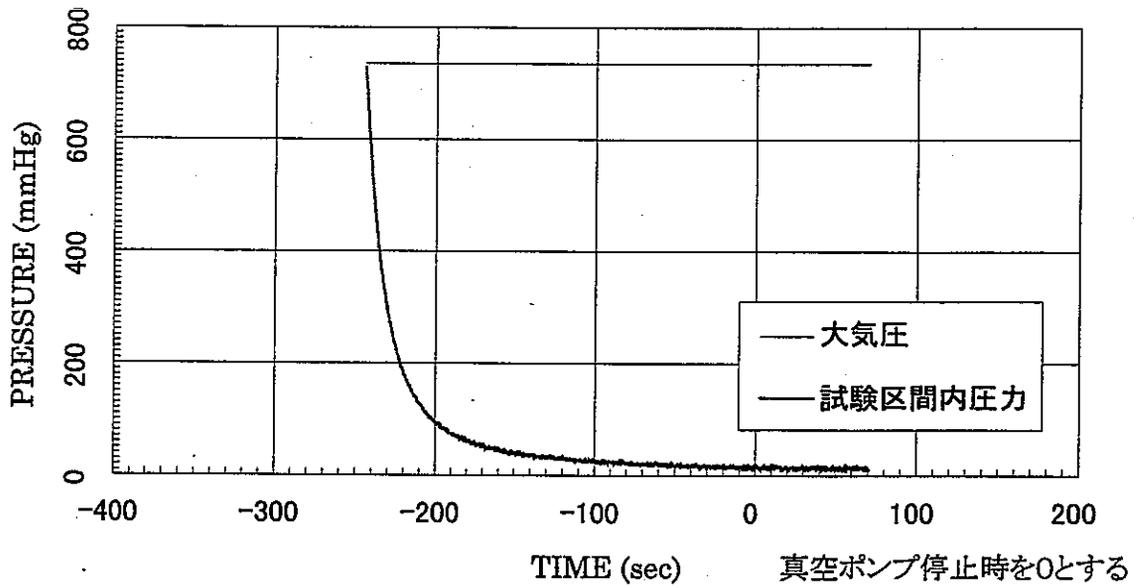
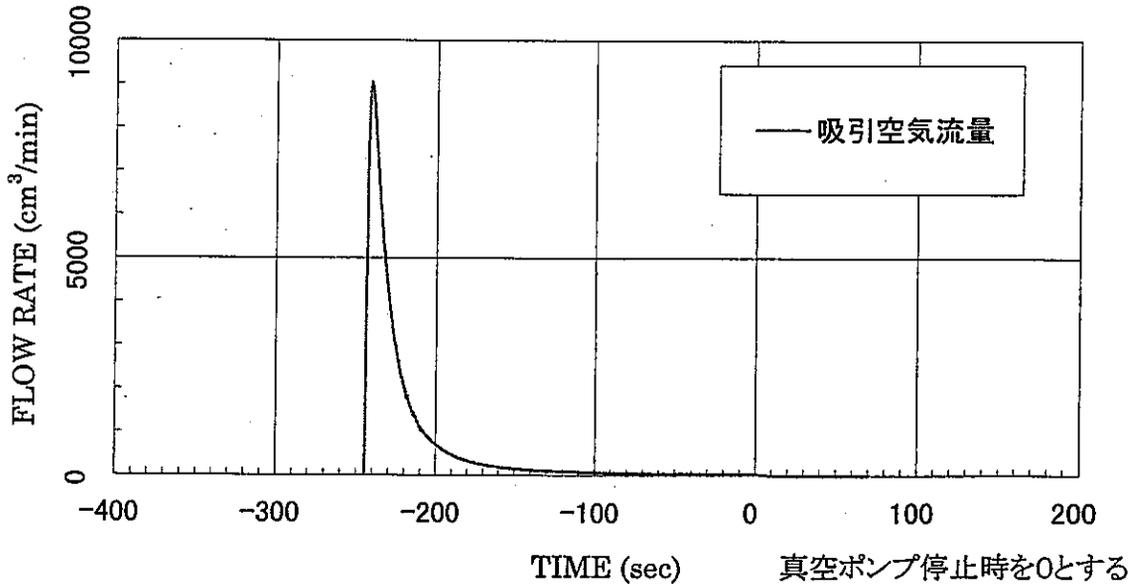
MVP-2 測定区間の中央深度 .25 m

固有透過度(定常法) =  $2.6E-08 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.2E-09 \text{ cm}^2$



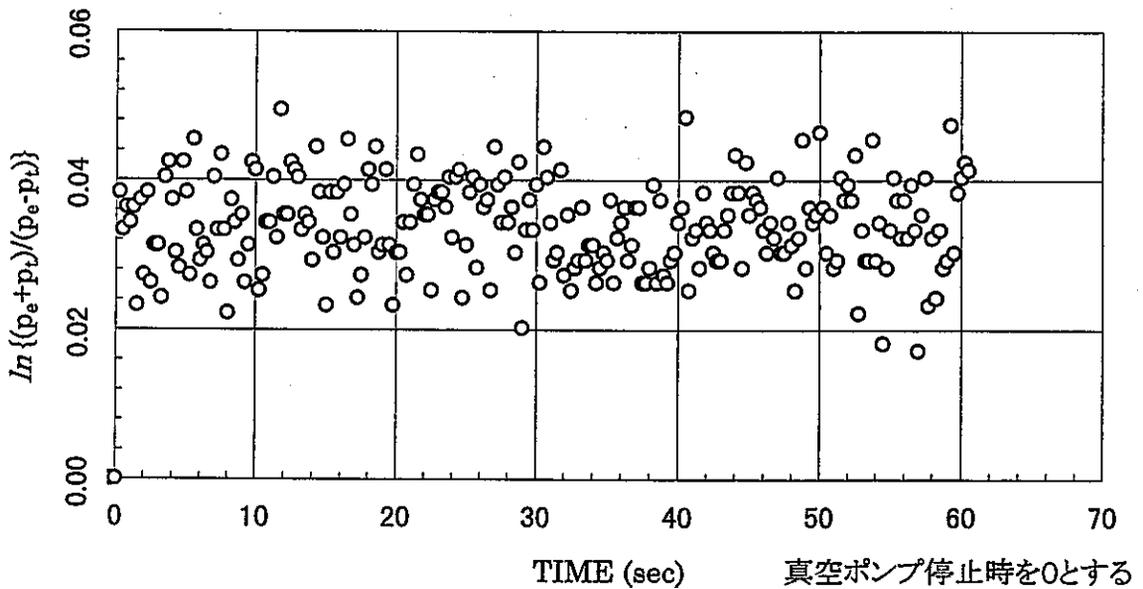
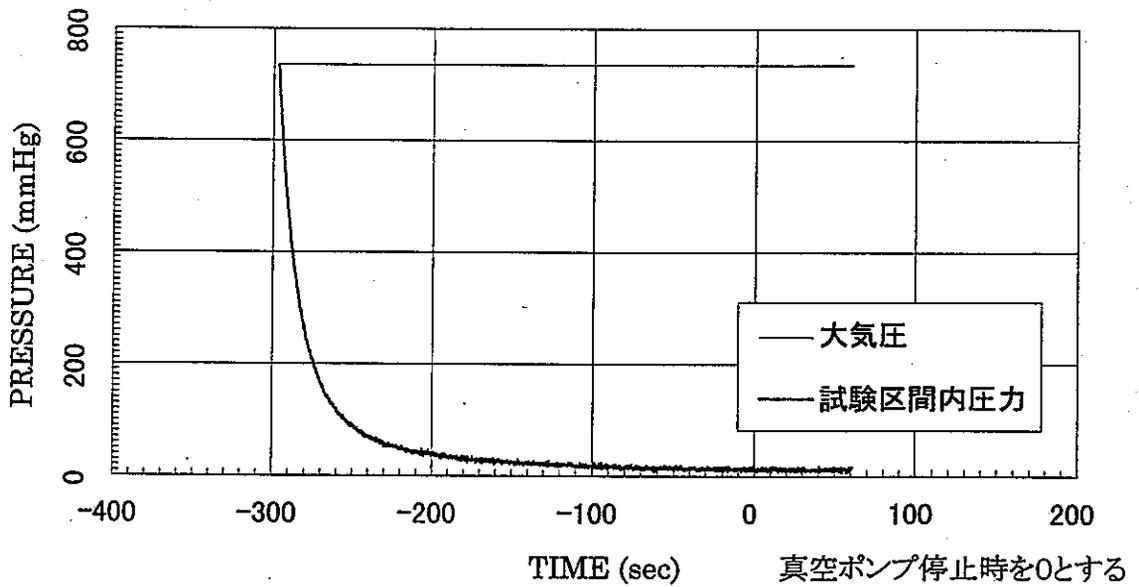
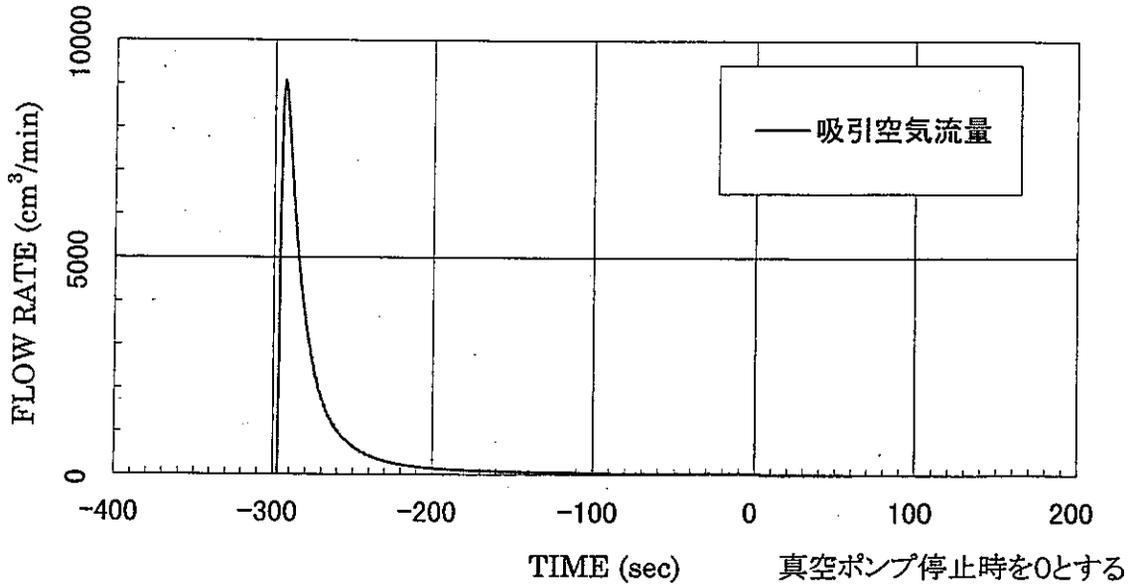
MVP-2 測定区間の中央深度 .30 m

固有透過度(定常法) =  $5.6E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{----- cm}^2$



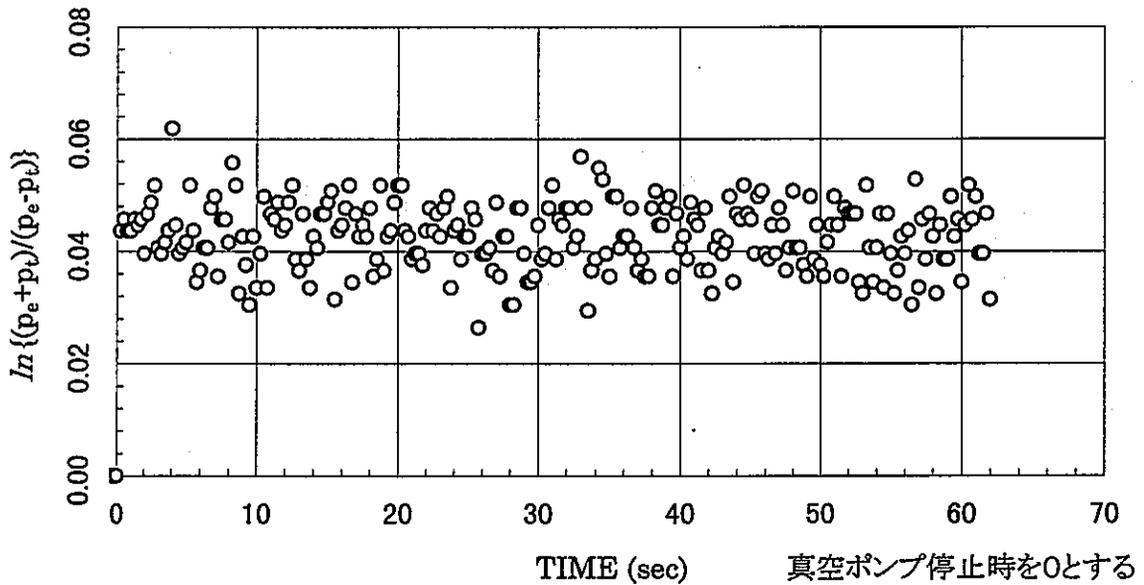
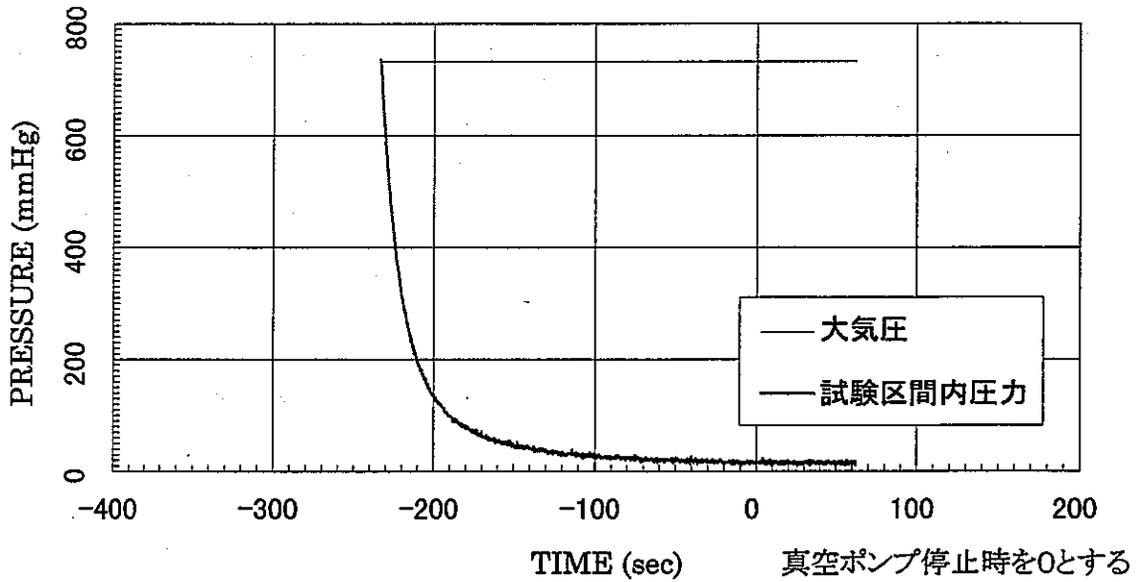
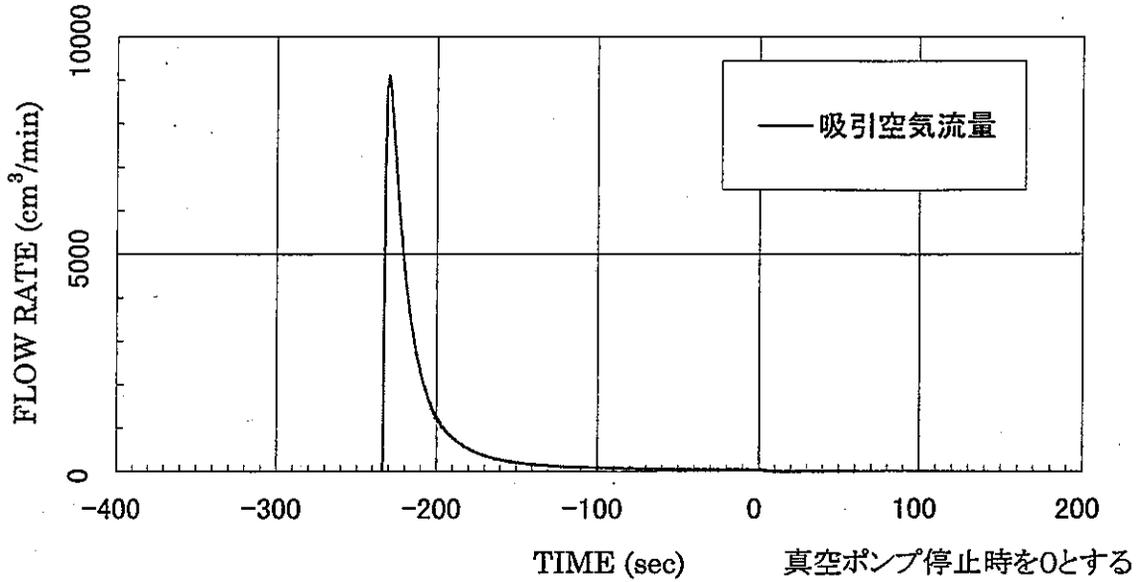
MVP-2 測定区間の中央深度 .35 m

固有透過度(定常法) =  $5.3E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{----- cm}^2$



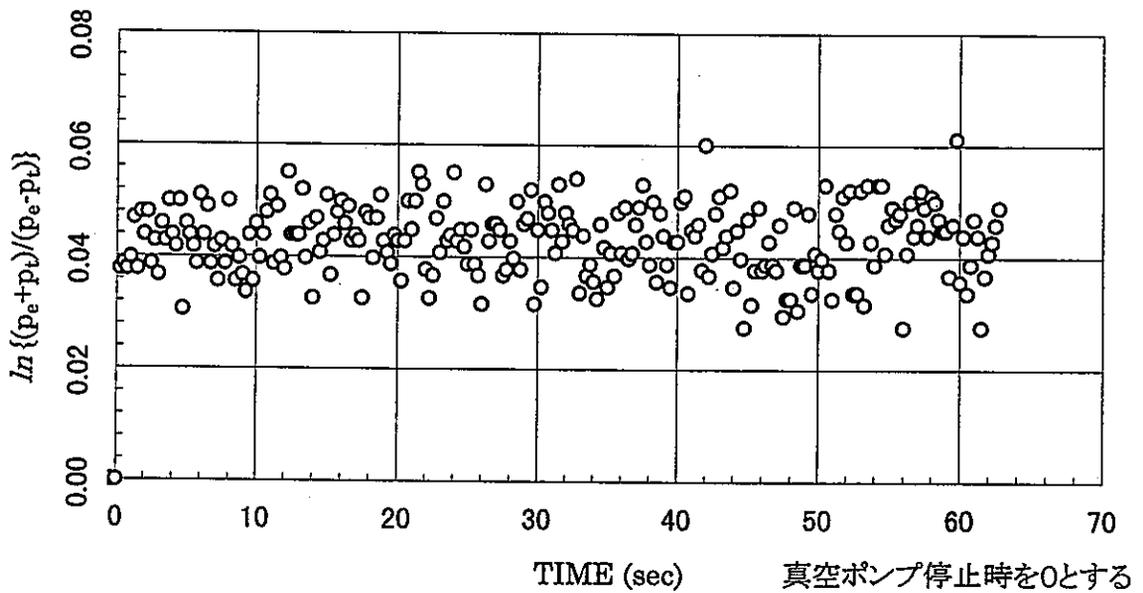
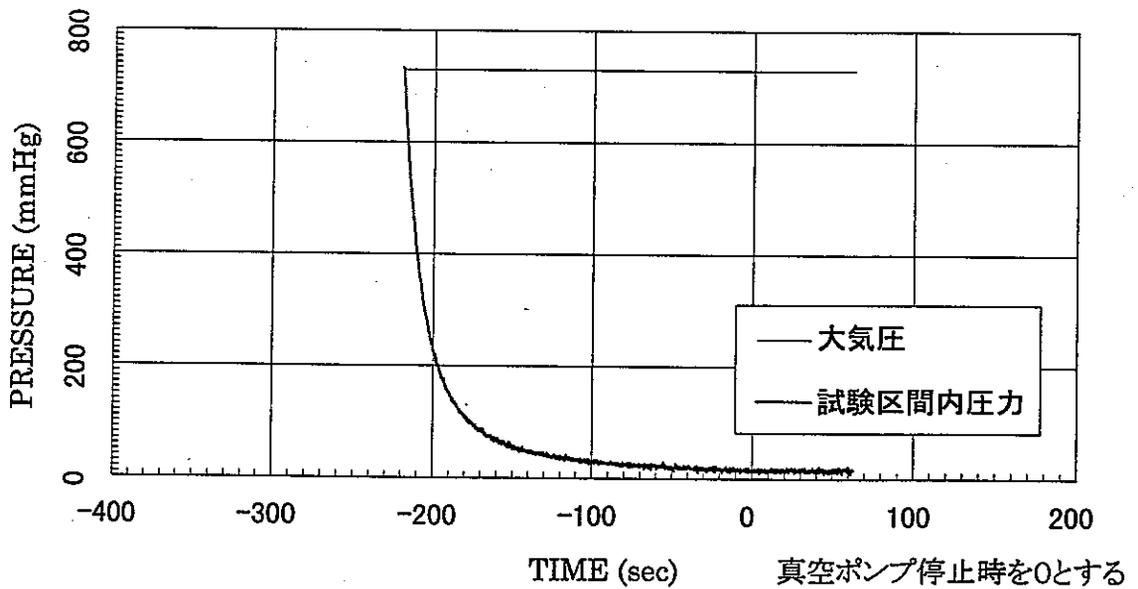
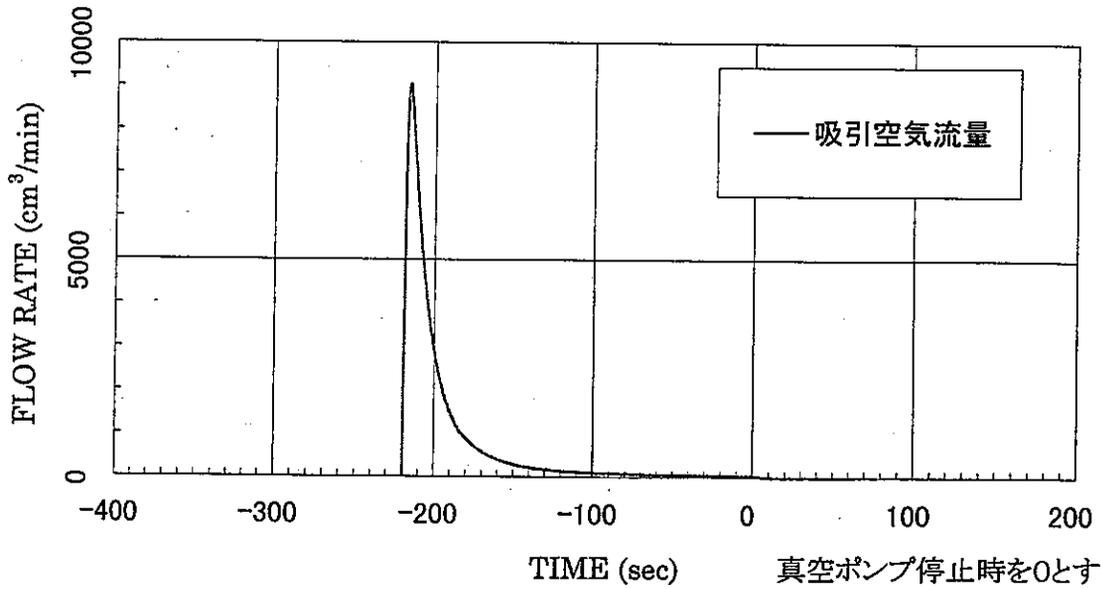
MVP-2 測定区間の中央深度 .45 m

固有透過度(定常法) =  $7.1E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



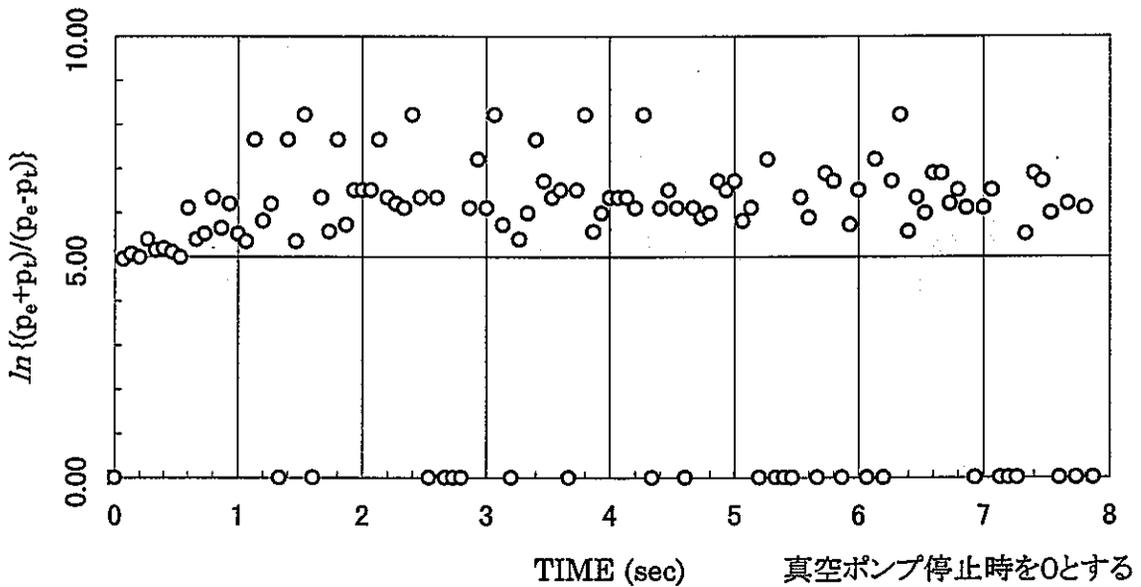
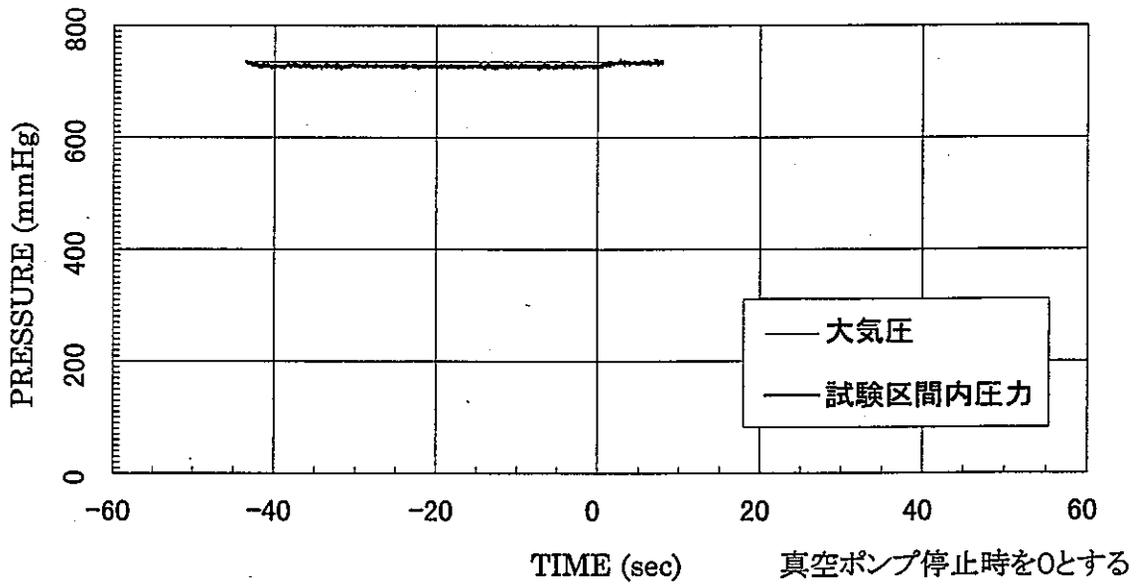
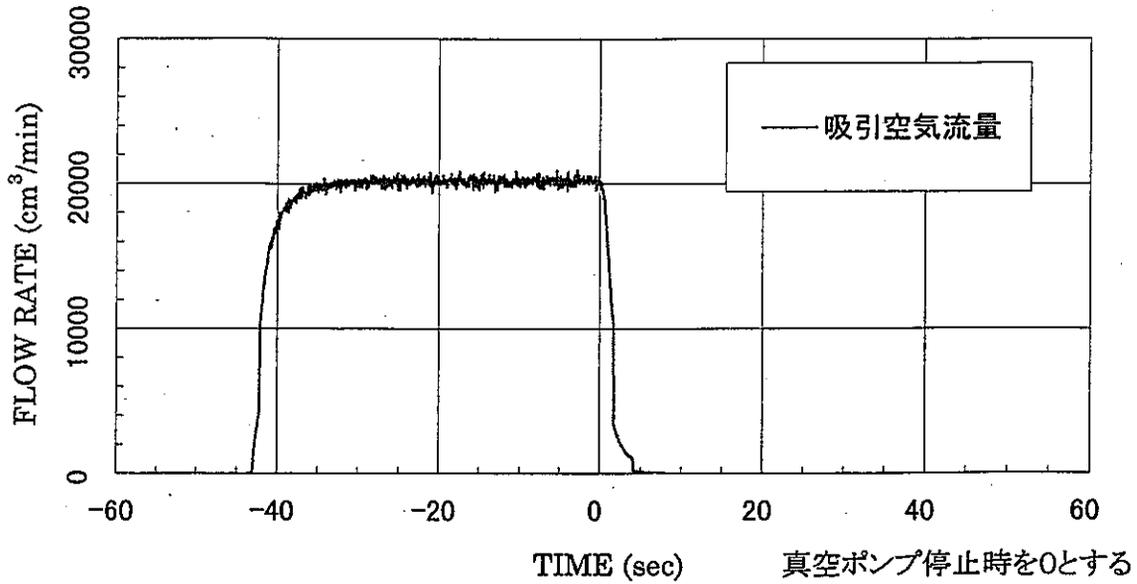
MVP-2 測定区間の中央深度 .55 m

固有透過度(定常法) =  $7.6E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.2E-14 \text{ cm}^2$



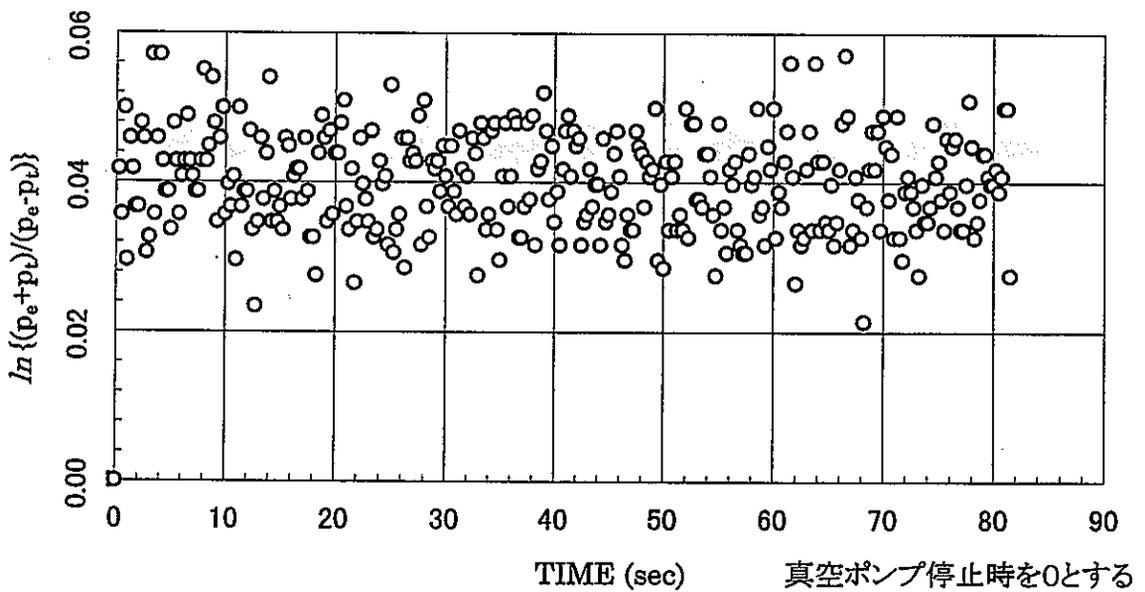
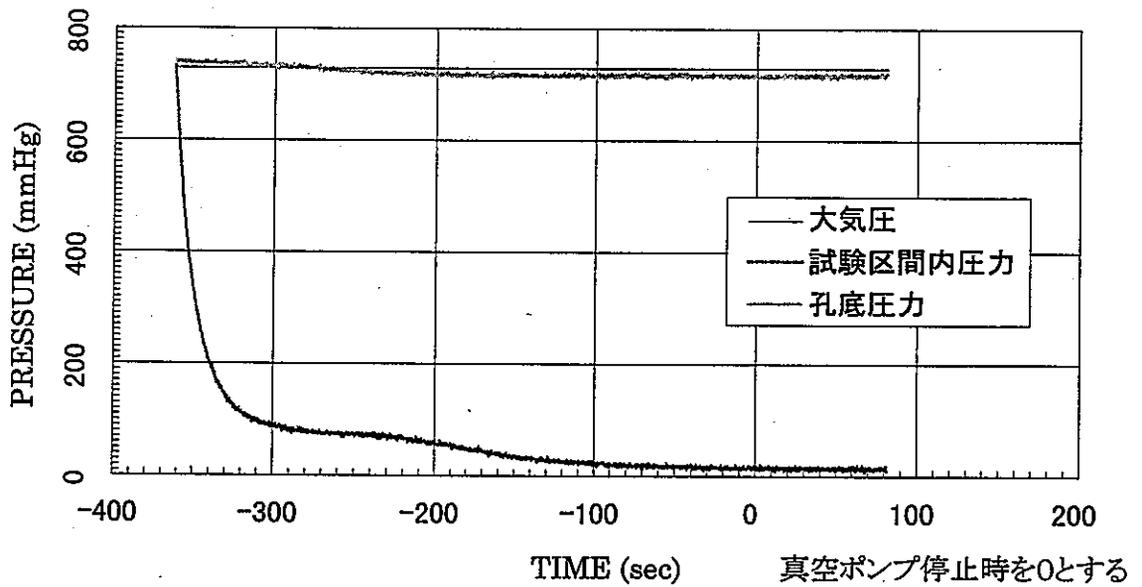
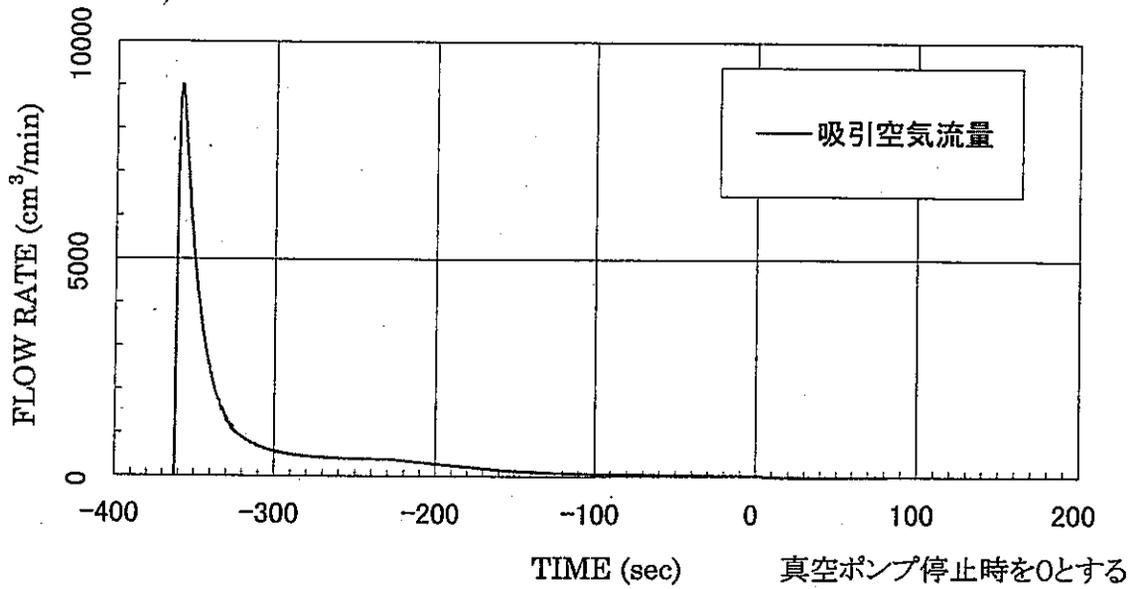
MVP-2 測定区間の中央深度 .65 m

固有透過度(定常法) =  $3.2E-08 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.8E-09 \text{ cm}^2$



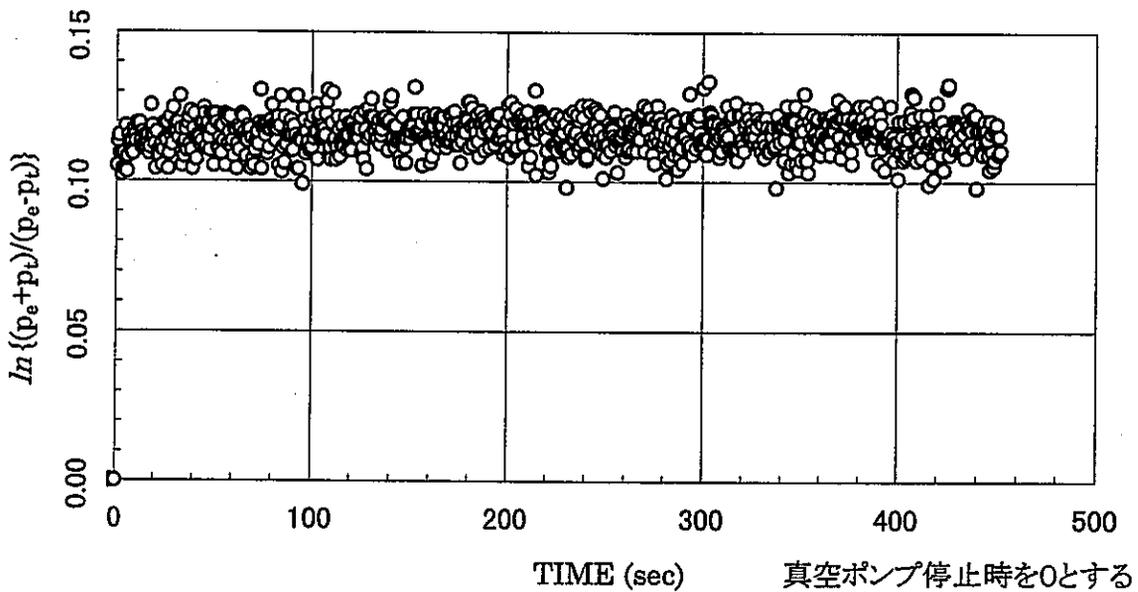
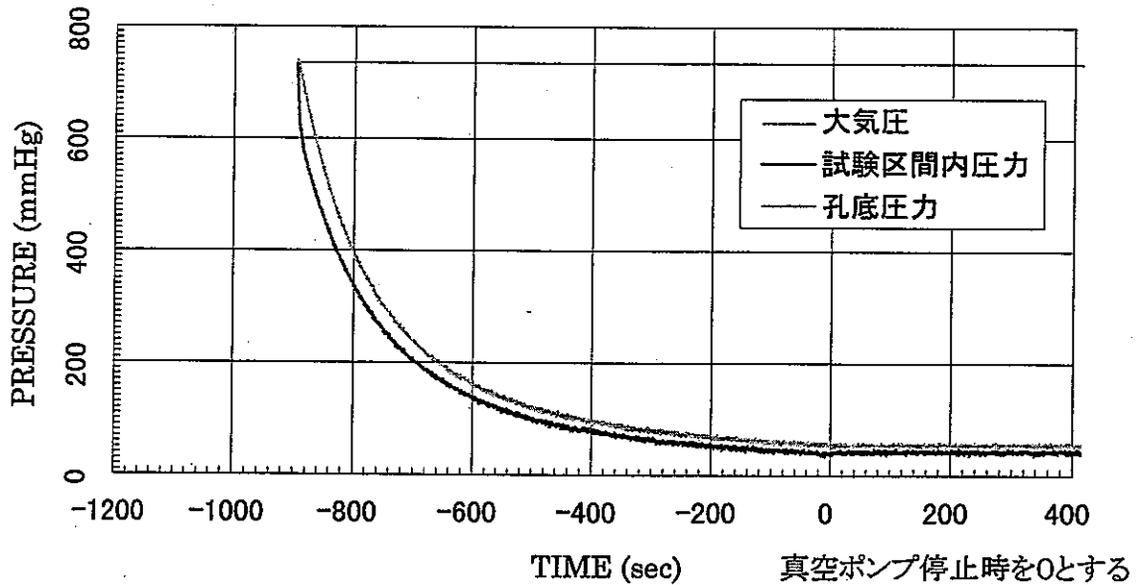
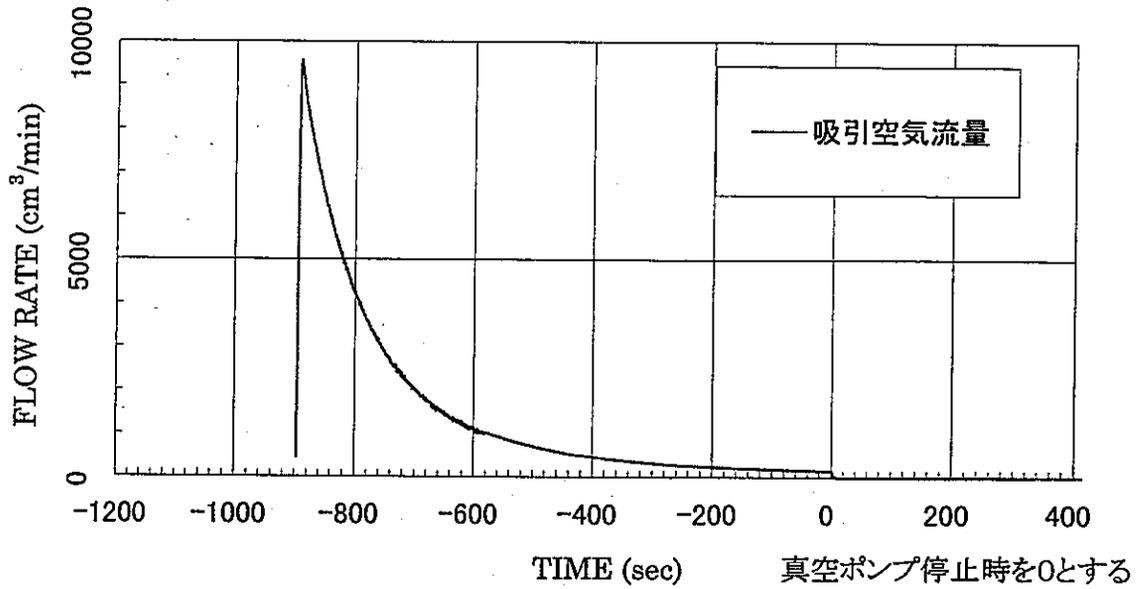
MVP-2 測定区間の中央深度 .75 m

固有透過度(定常法) =  $8.0E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



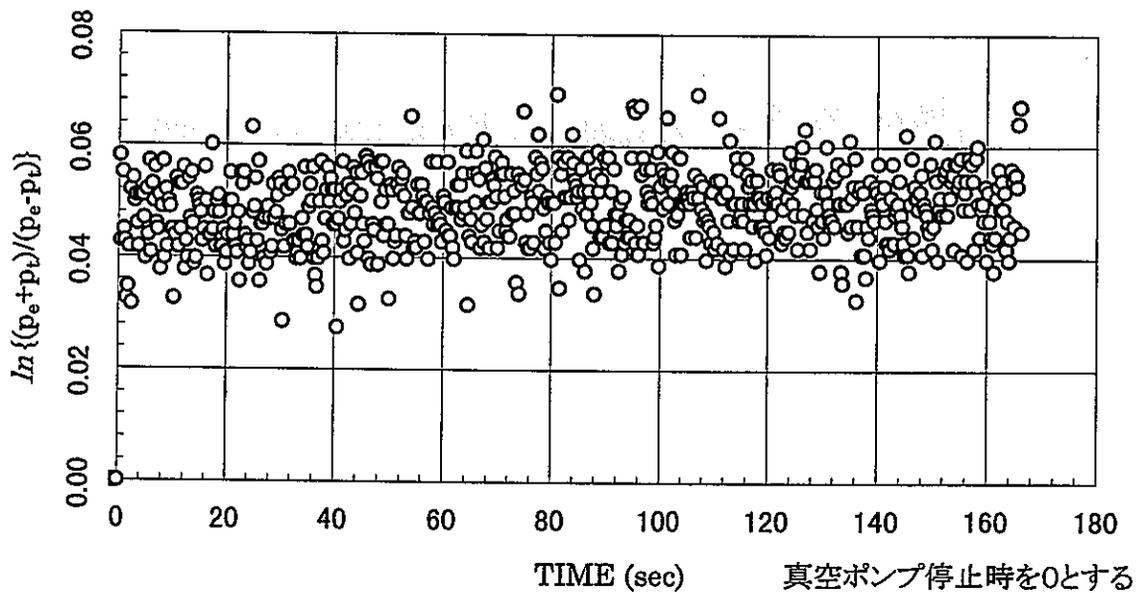
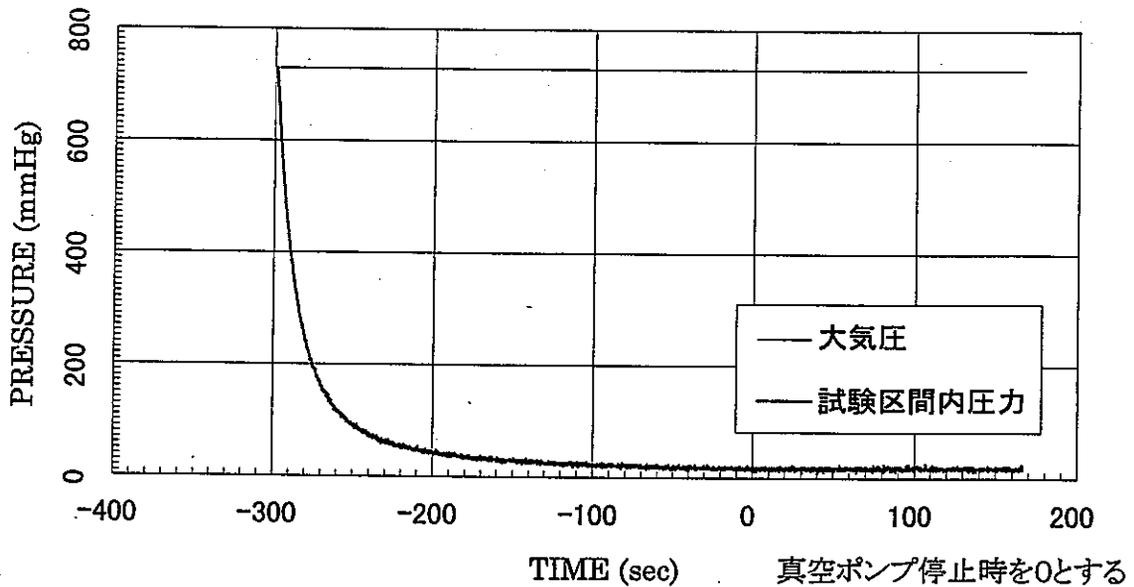
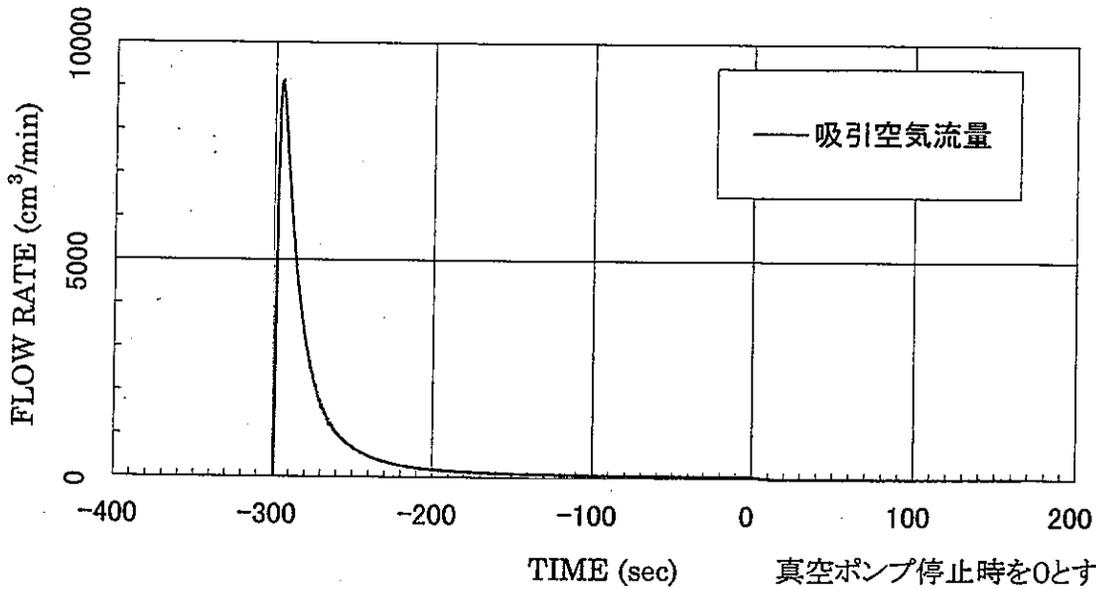
MVP-2 測定区間の中央深度 .95 m

固有透過度(定常法) =  $3.1E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.4E-15 \text{ cm}^2$



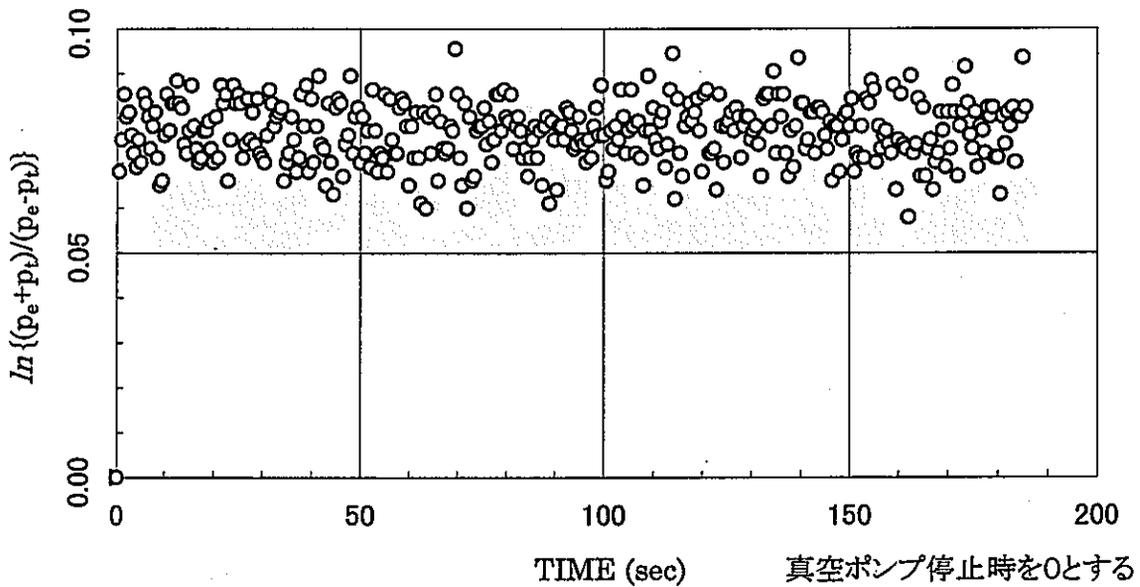
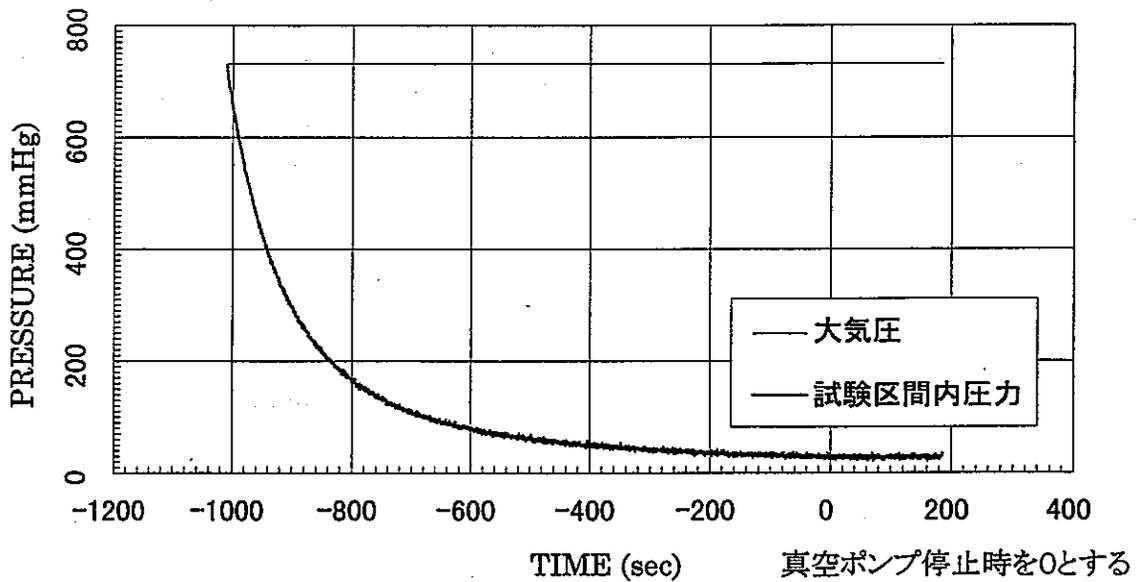
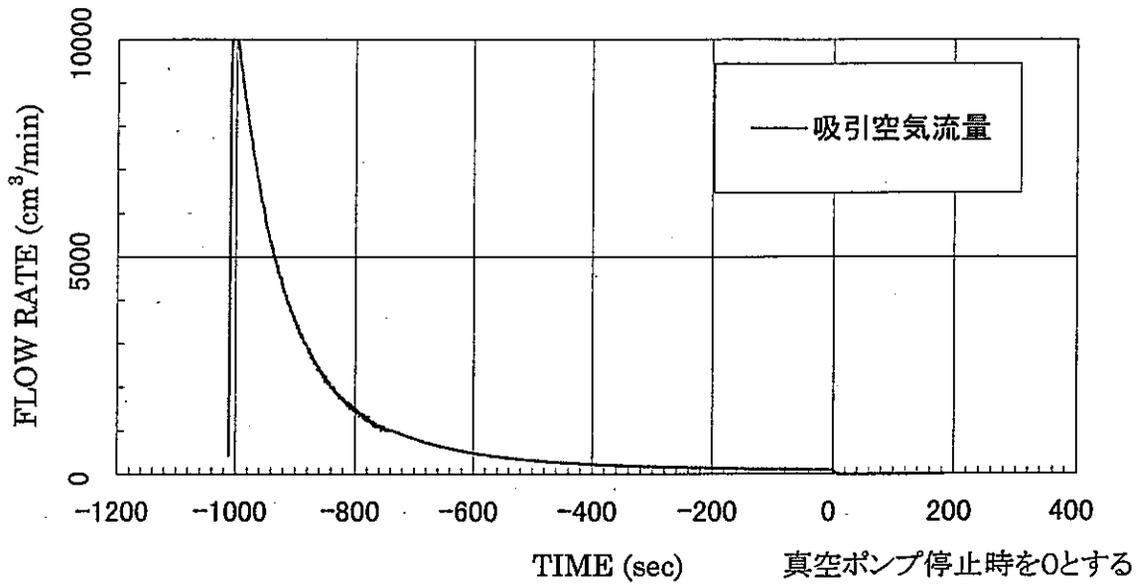
MVP-2 測定区間の中央深度 1.05 m

固有透過度(定常法) =  $1.1E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $8.1E-14 \text{ cm}^2$



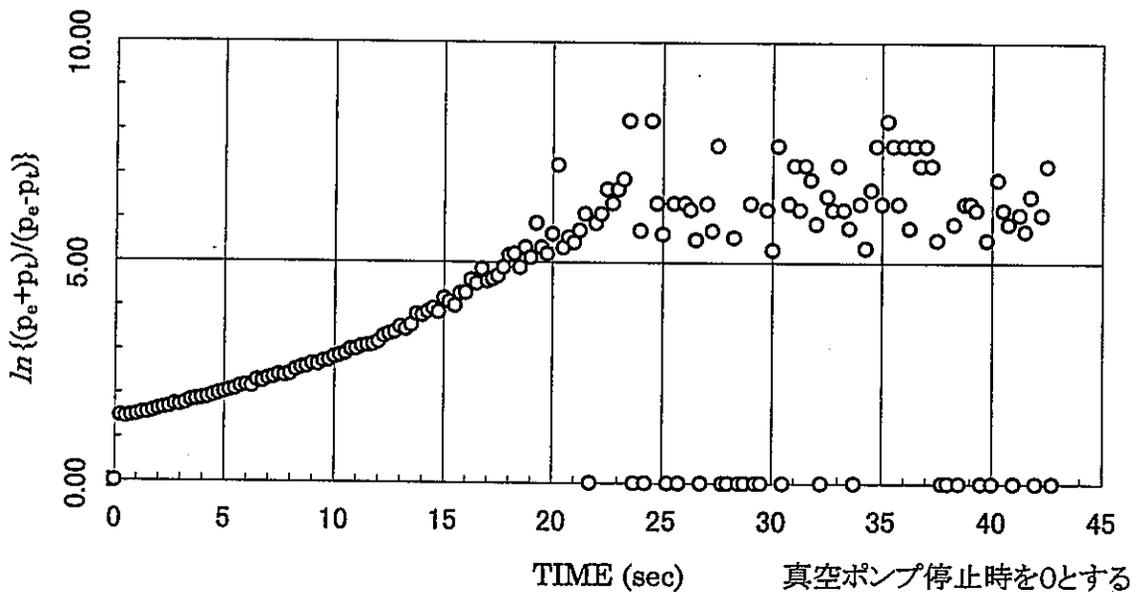
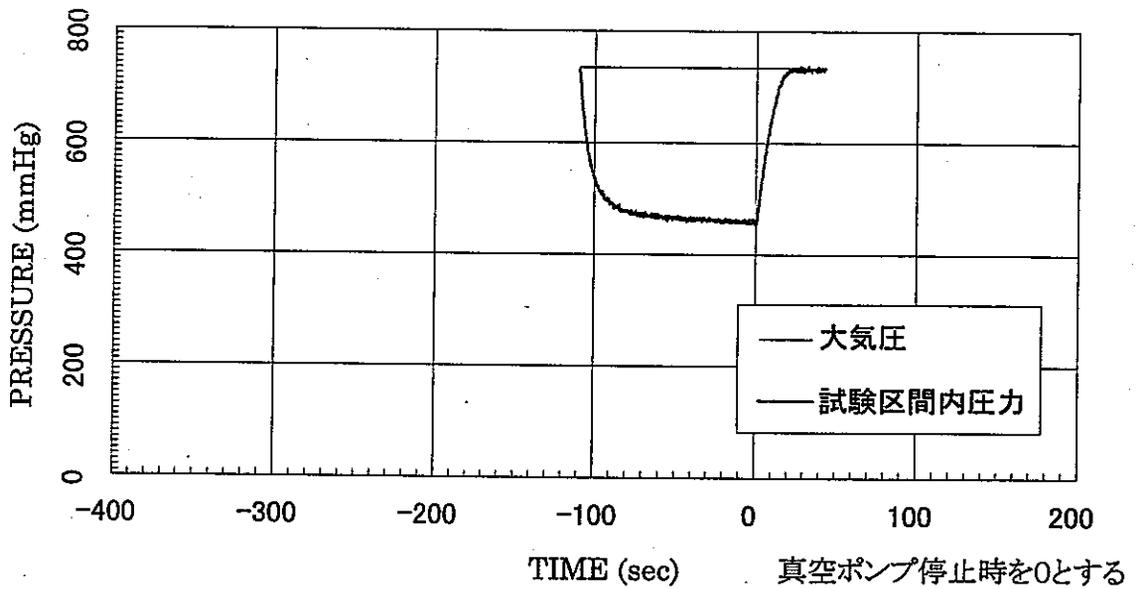
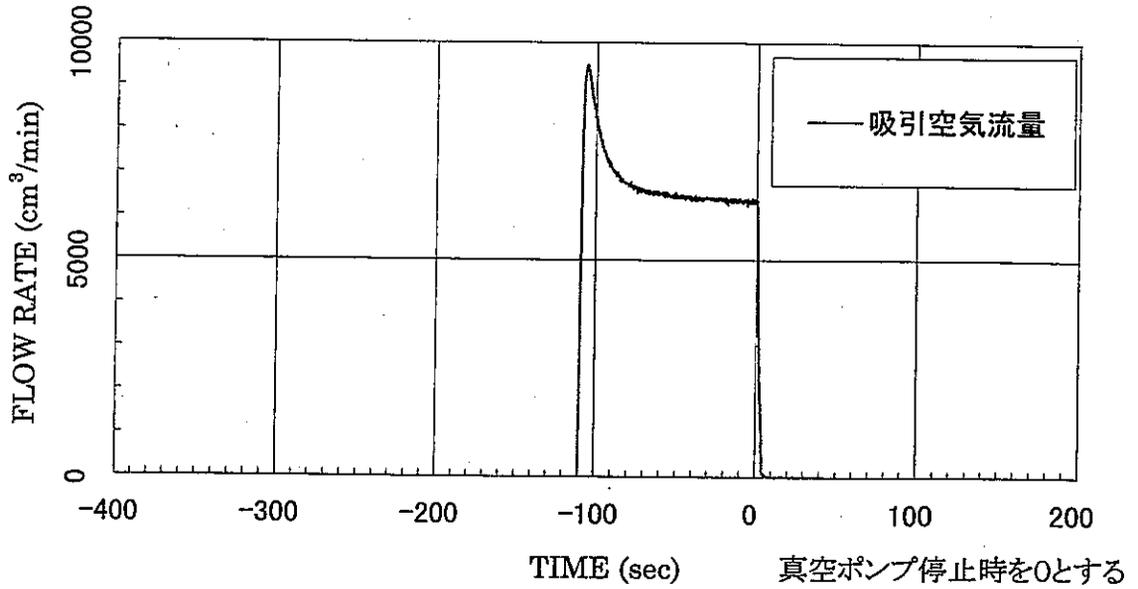
MVP-2 測定区間の中央深度 1.25 m

固有透過度(定常法) =  $2.1E-12 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.3E-14 \text{ cm}^2$



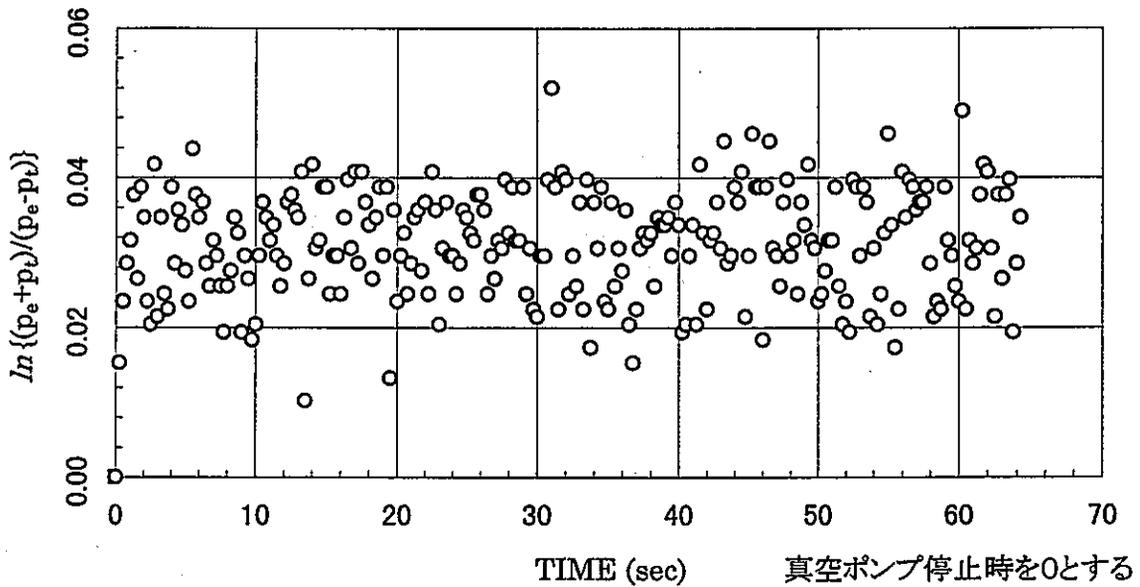
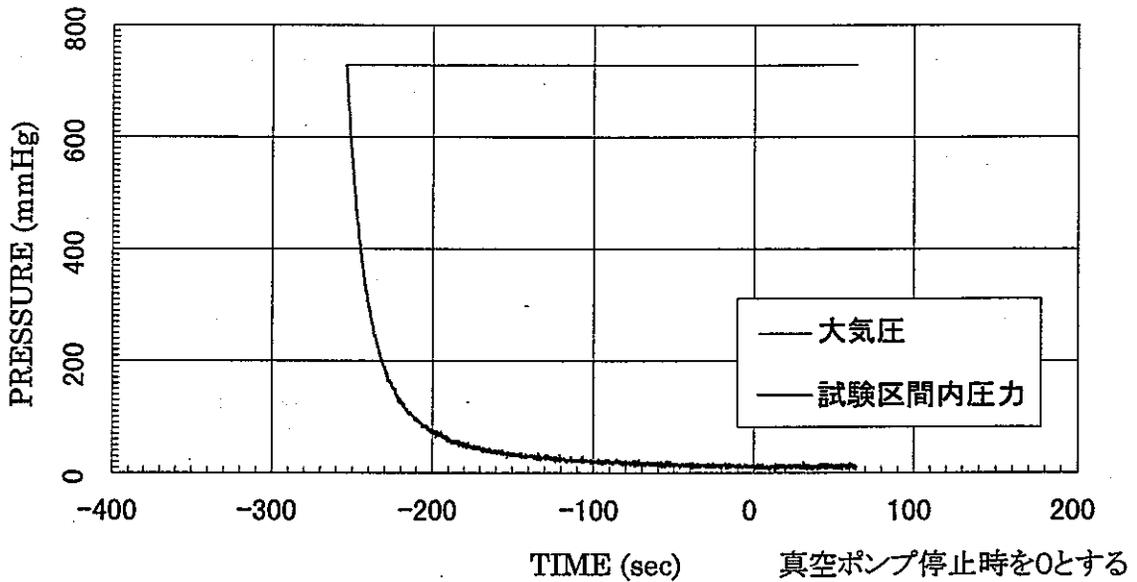
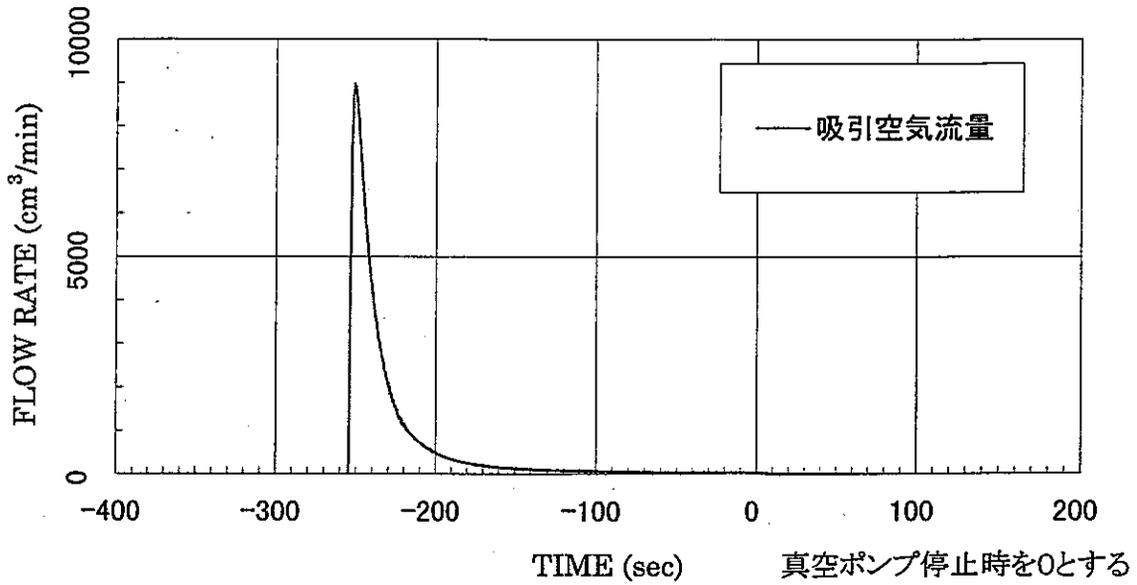
MVP-2 測定区間の中央深度 1.35 m

固有透過度(定常法) =  $2.3E-10 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.5E-10 \text{ cm}^2$



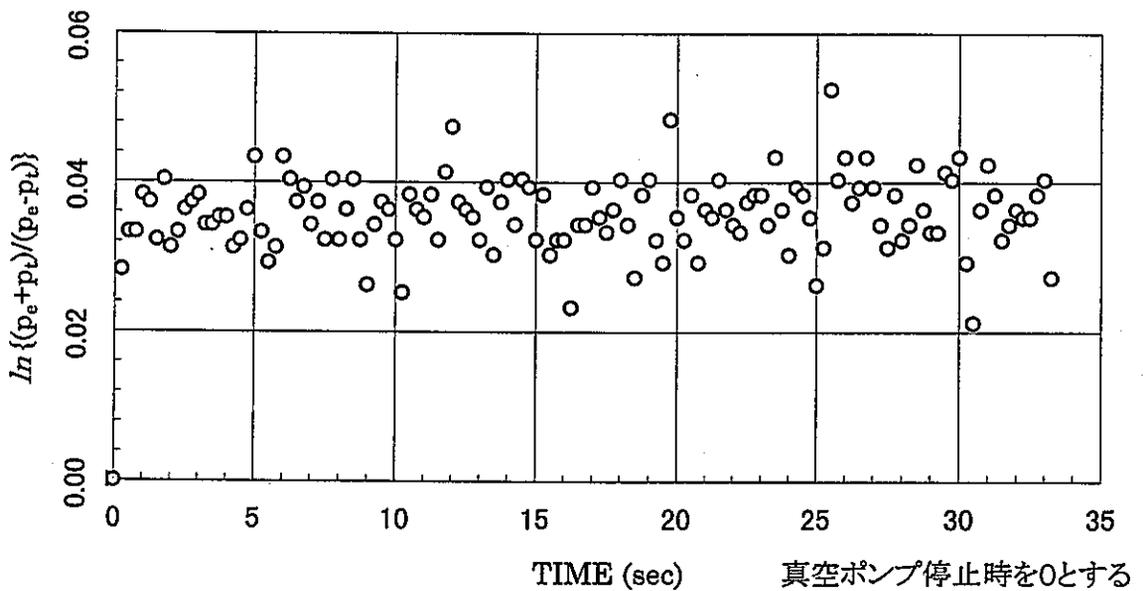
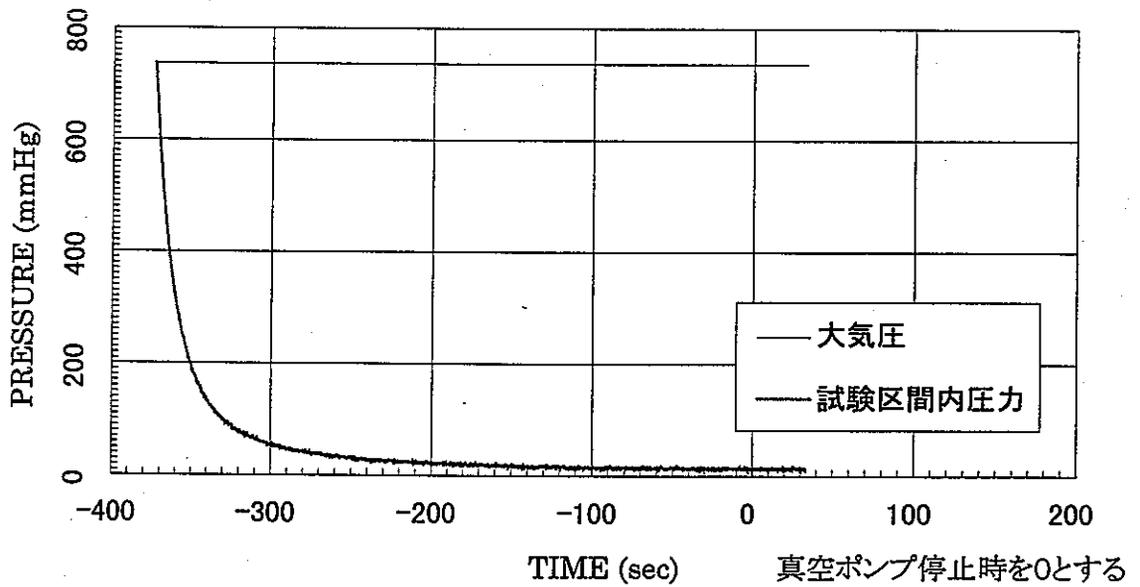
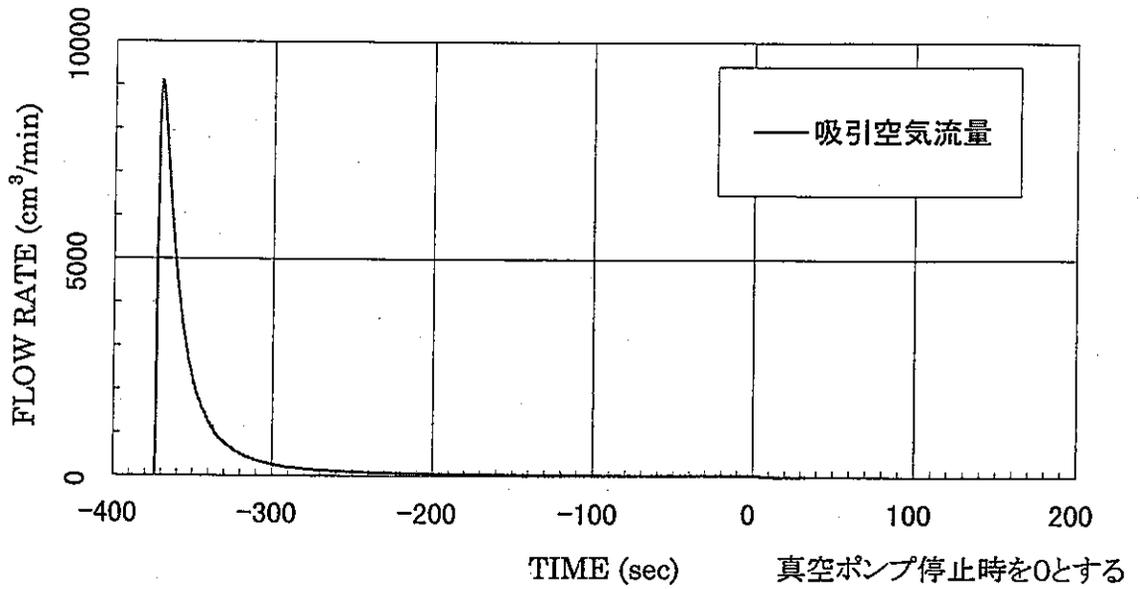
MVP-2 測定区間の中央深度 1.55 m

固有透過度(定常法) =  $7.5E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.0E-14 \text{ cm}^2$



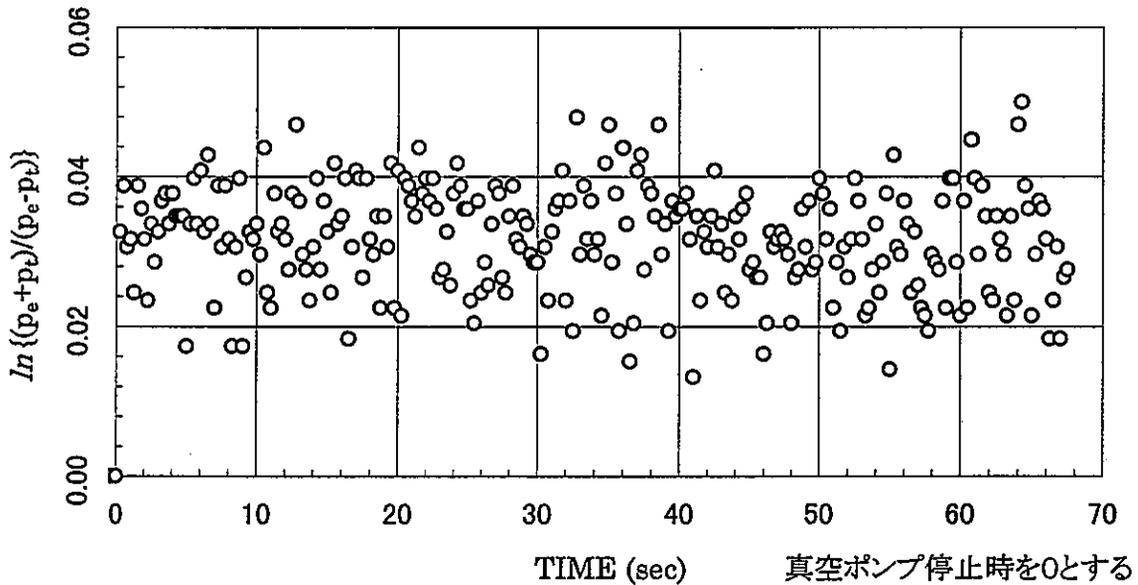
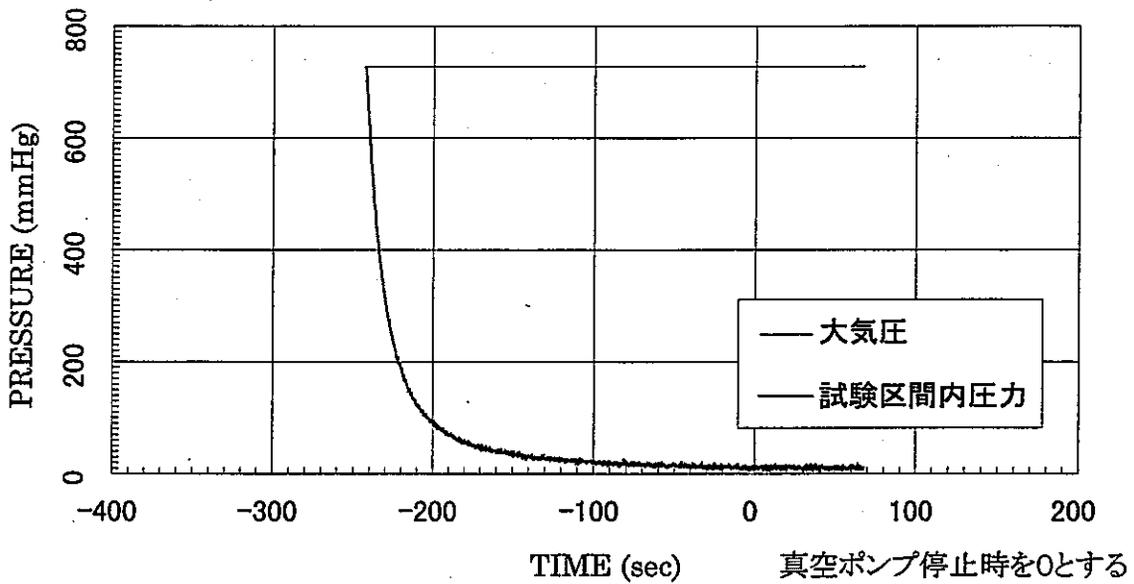
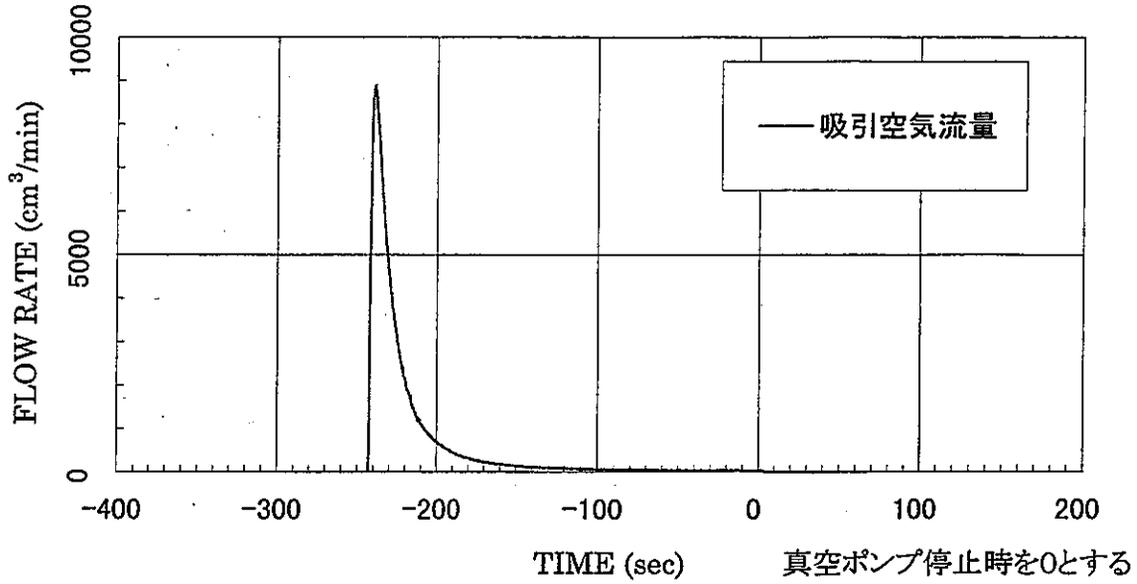
MVP-2 測定区間の中央深度 1.55 m

固有透過度(定常法) =  $7.0E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $7.8E-14 \text{ cm}^2$



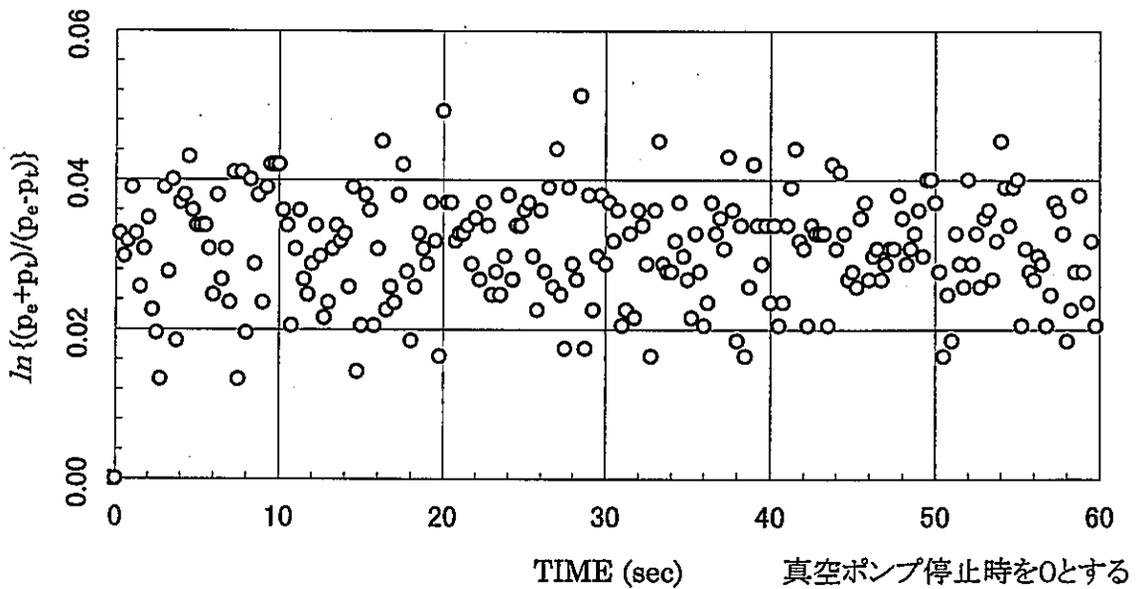
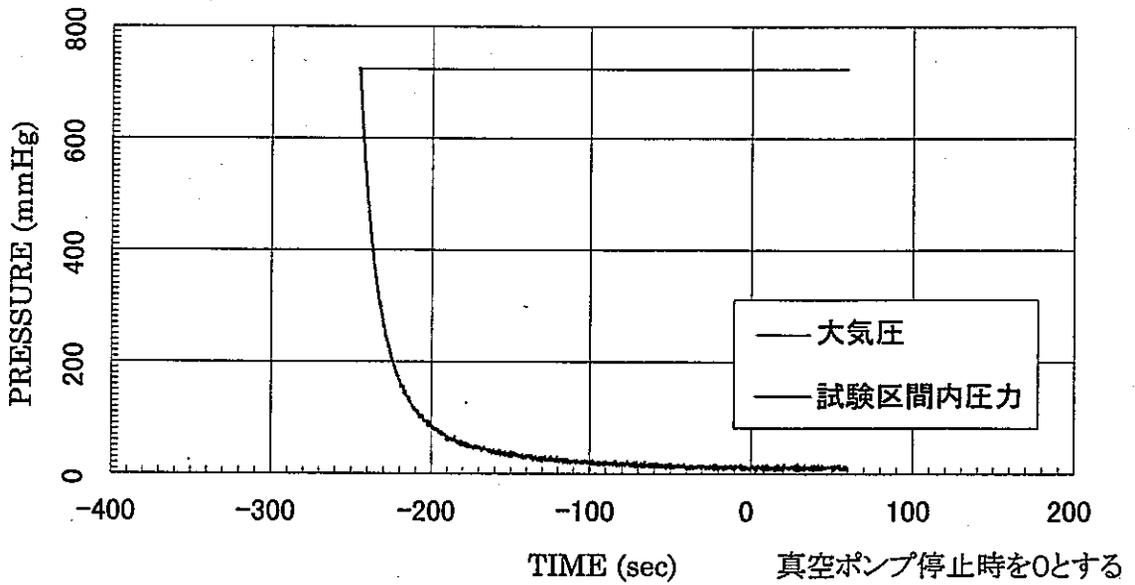
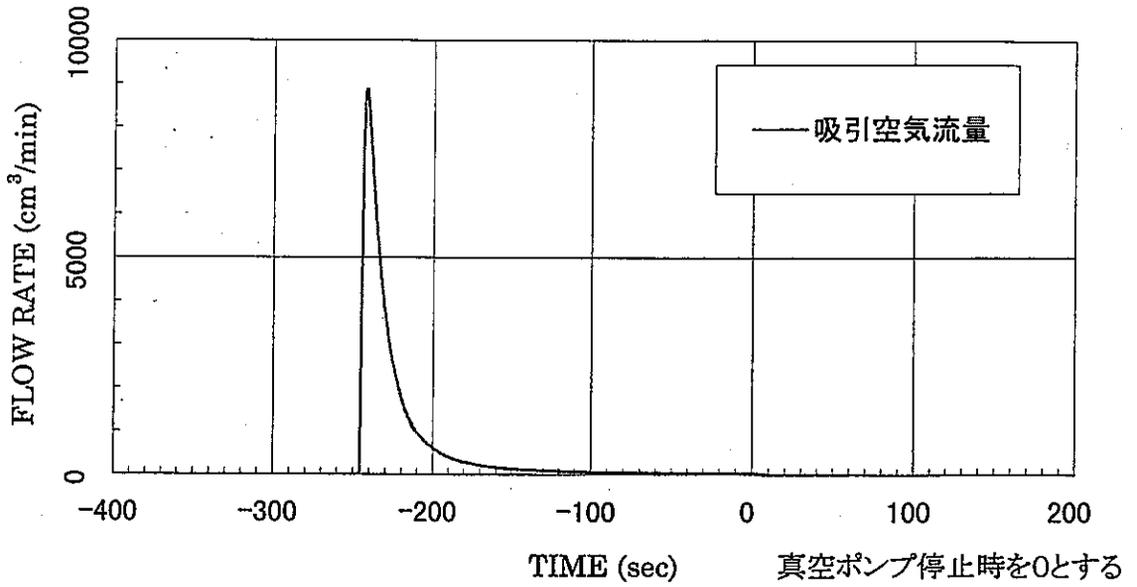
MVP-2 測定区間の中央深度 1.85 m

固有透過度(定常法) =  $6.9E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



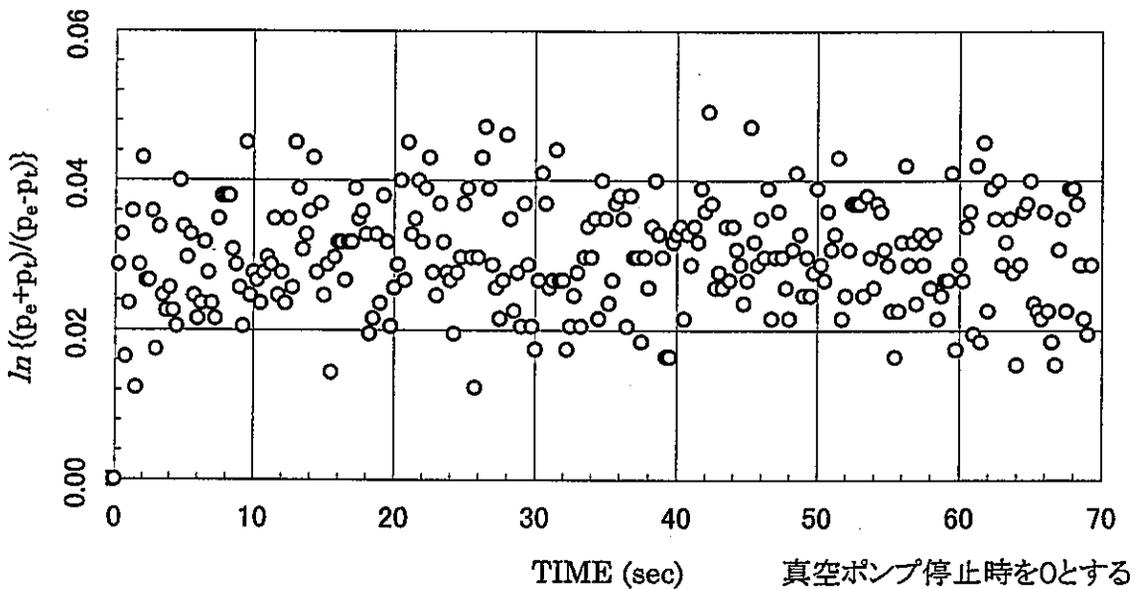
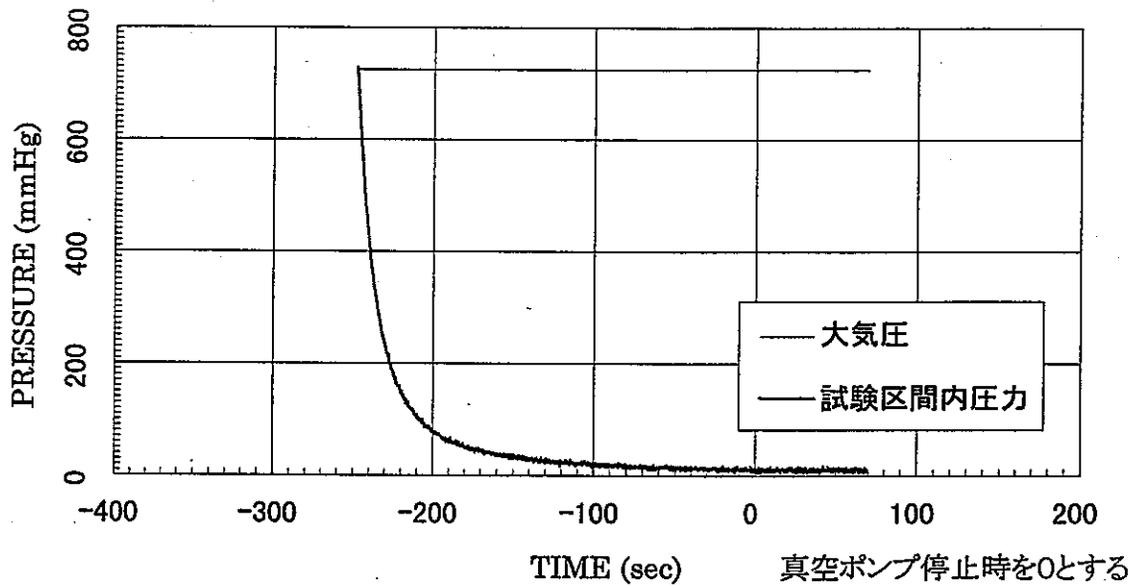
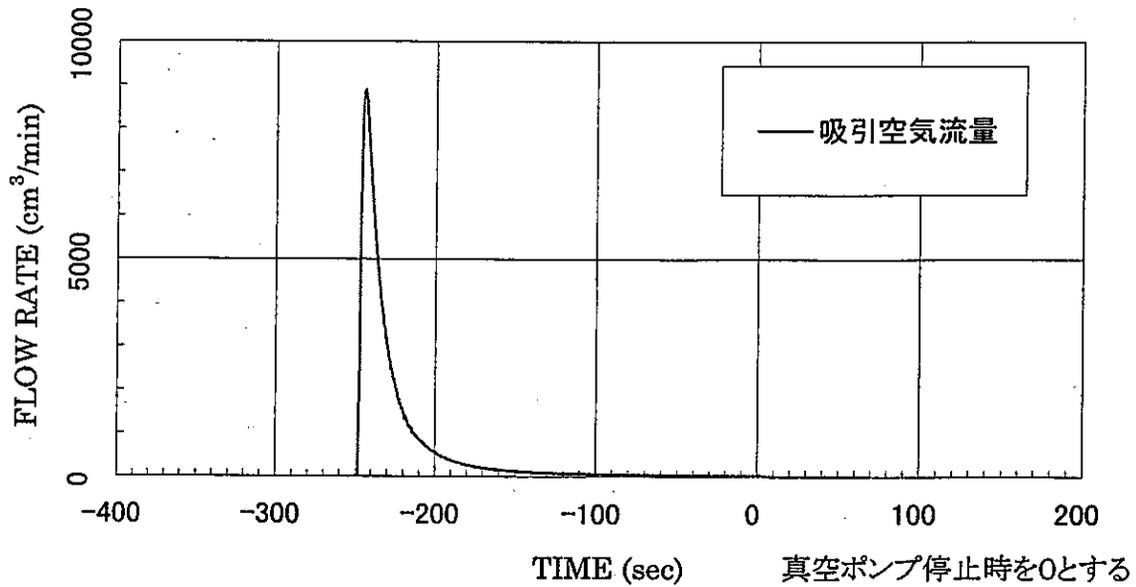
MVP-2 測定区間の中央深度 2.15 m

固有透過度(定常法) =  $6.8E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{----- cm}^2$



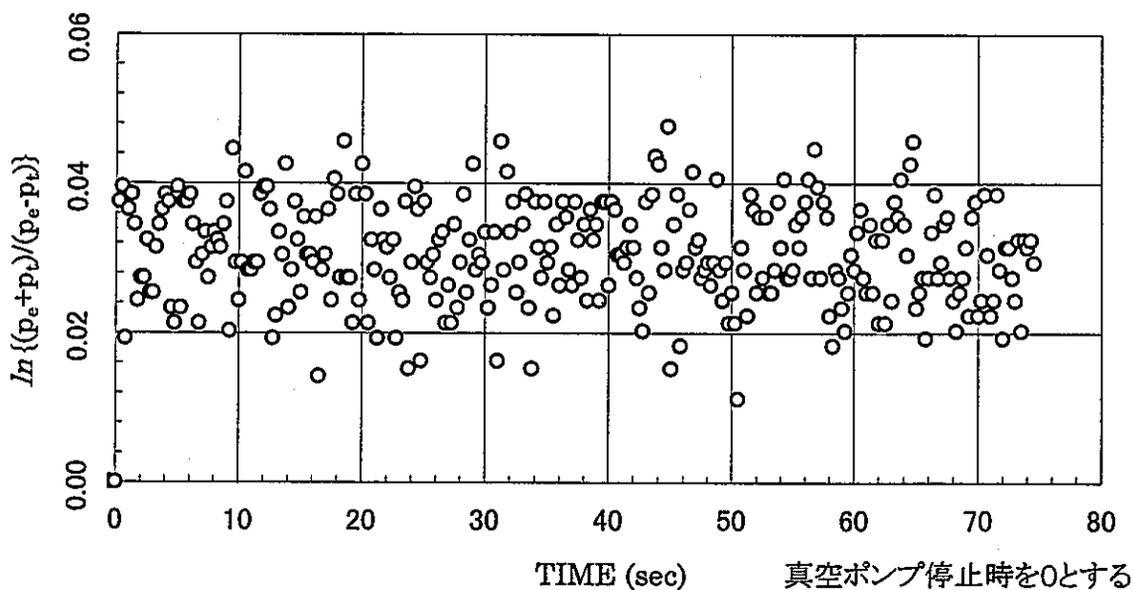
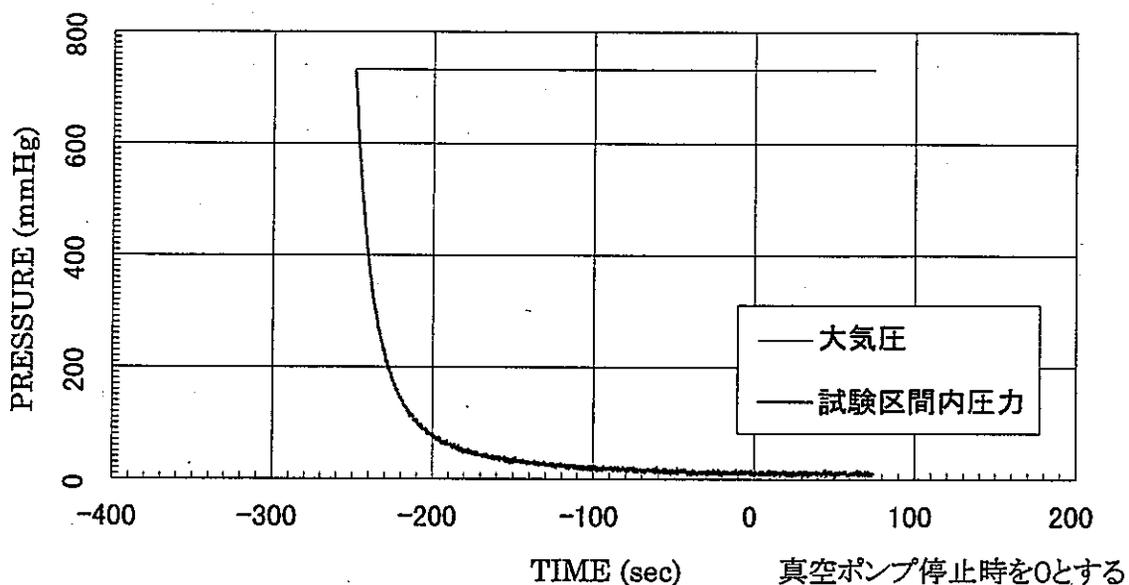
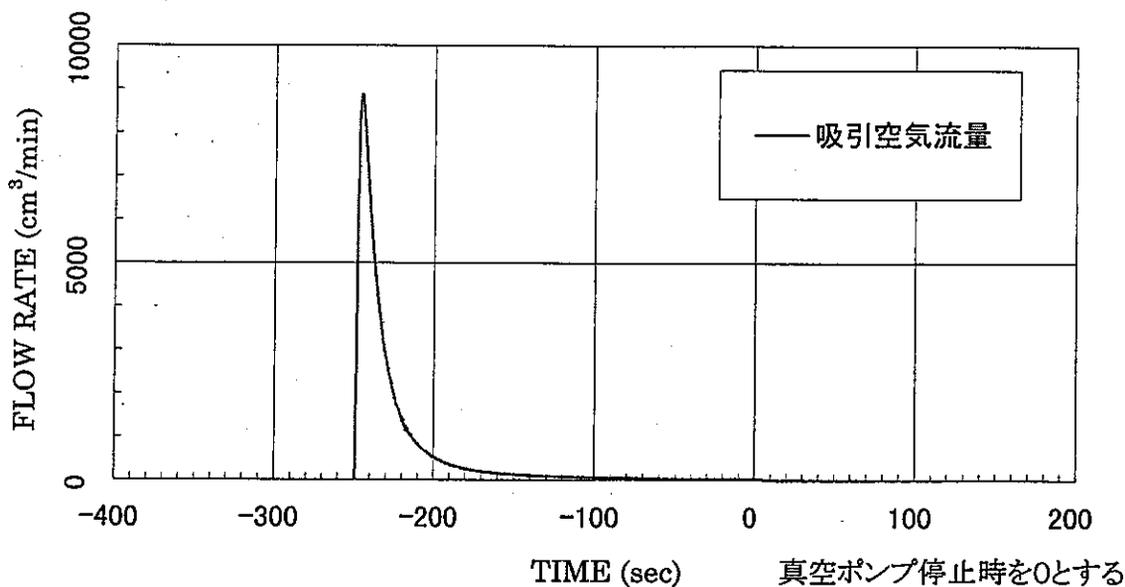
MVP-2 測定区間の中央深度 2.45 m

固有透過度(定常法) =  $7.4E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{-----} \text{ cm}^2$



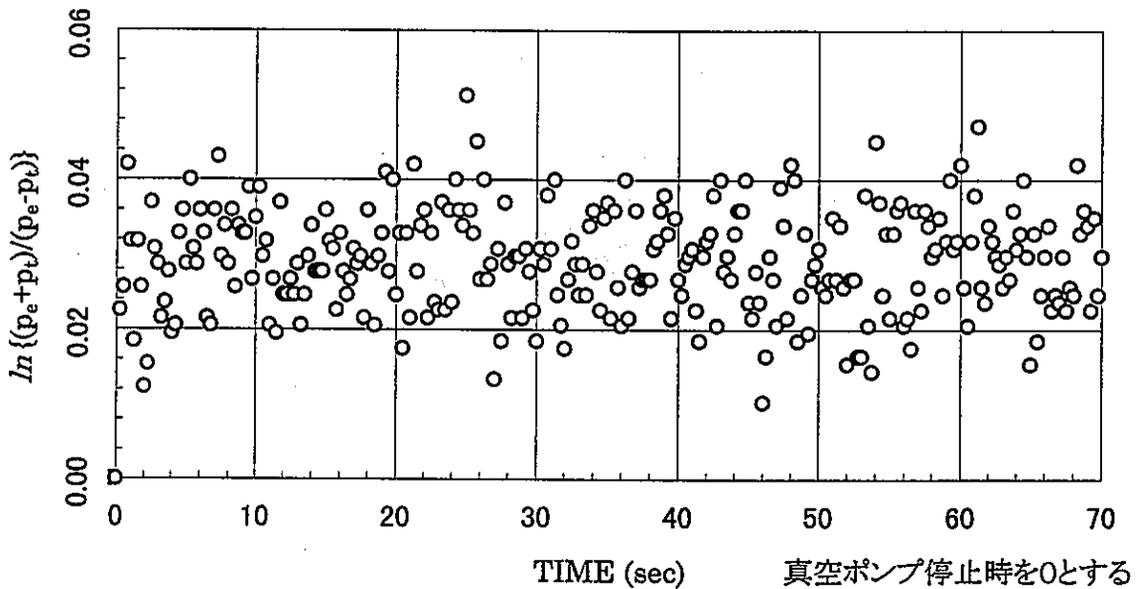
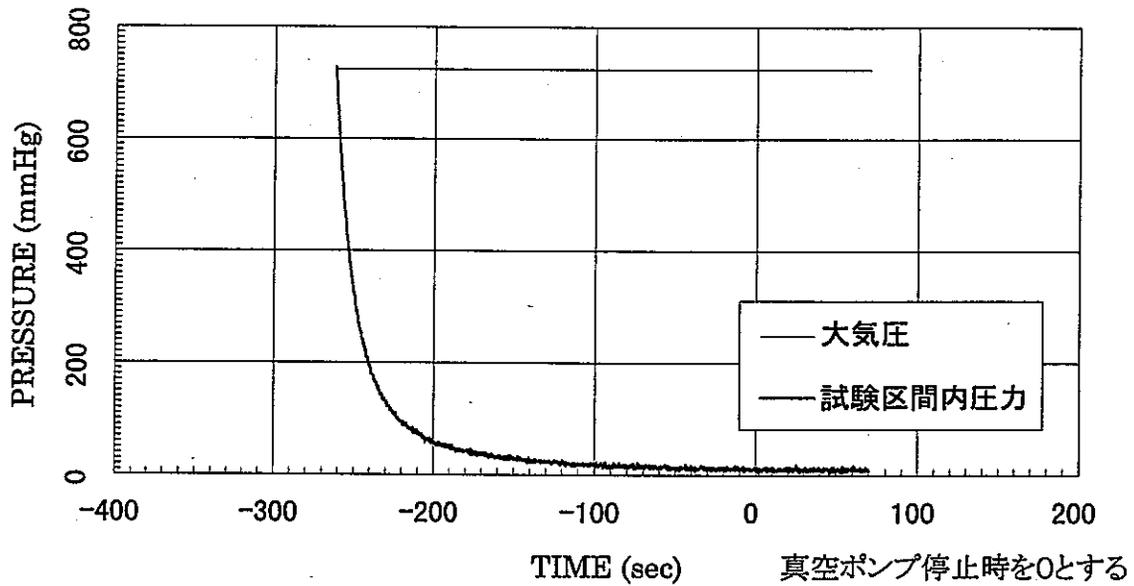
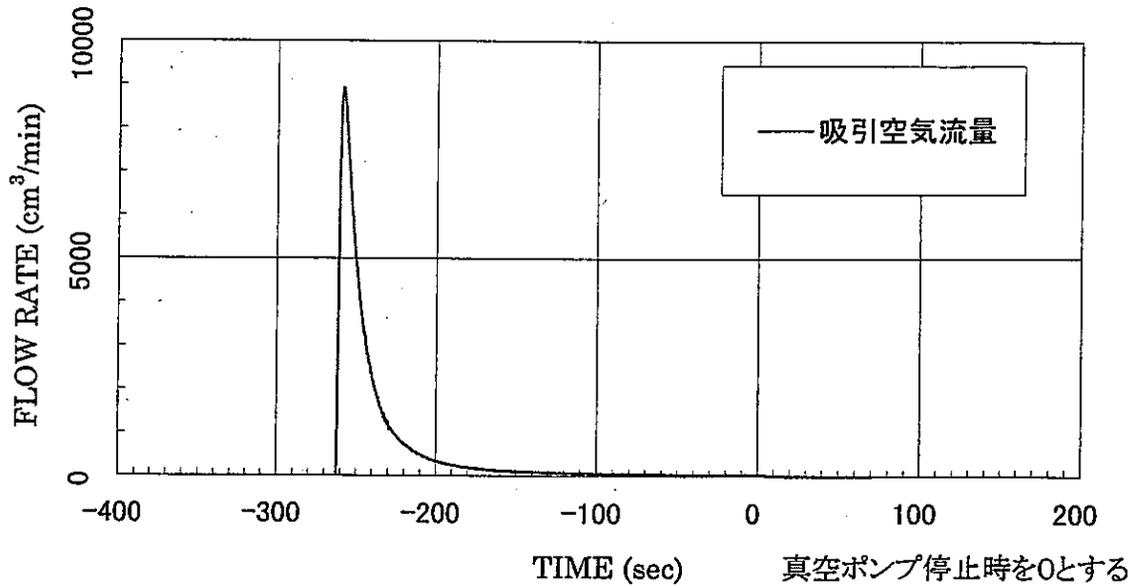
MVP-2 測定区間の中央深度 2.75 m

固有透過度(定常法) =  $7.2E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $\text{----- cm}^2$



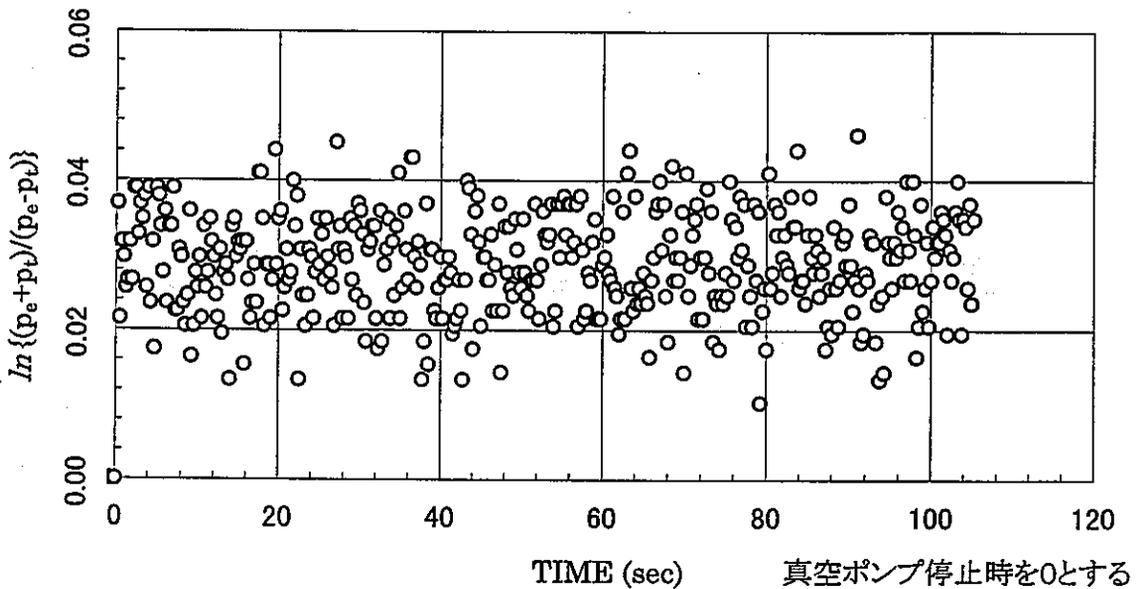
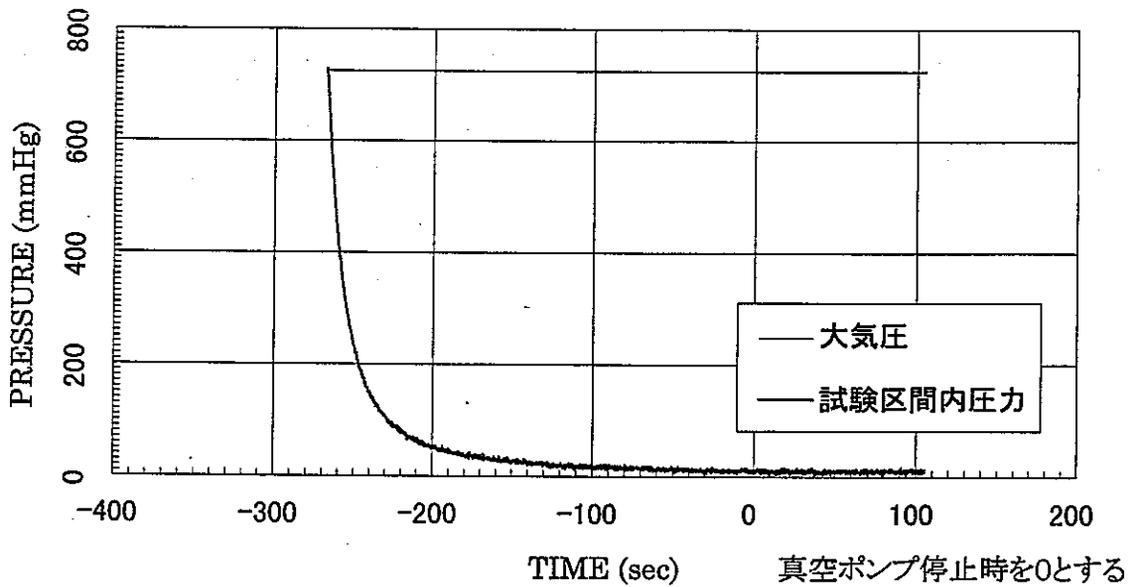
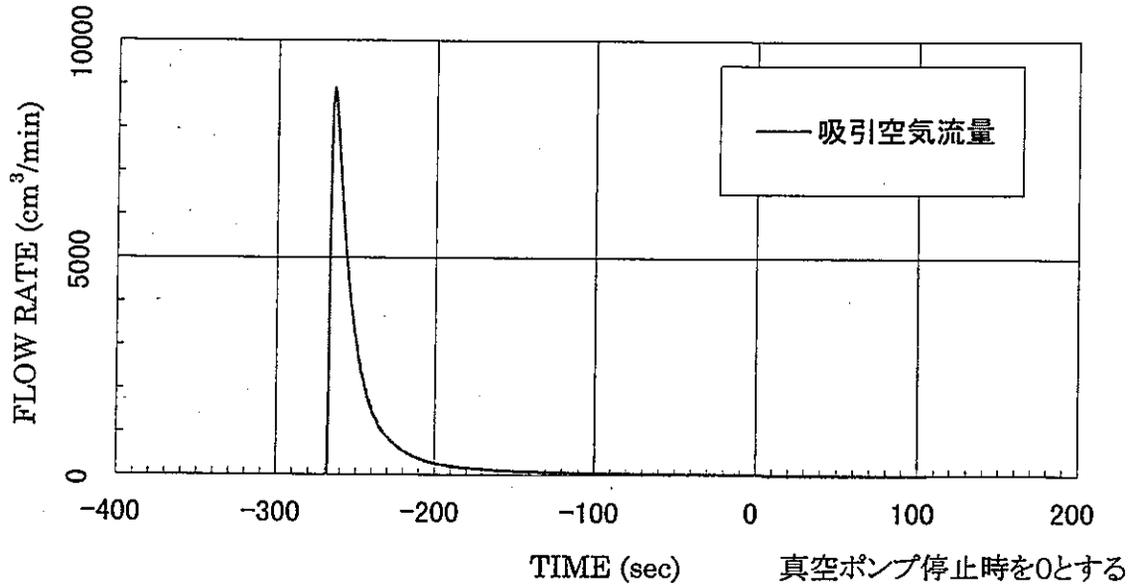
MVP-2 測定区間の中央深度 3.05 m

固有透過度(定常法) =  $6.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $2.4E-14 \text{ cm}^2$



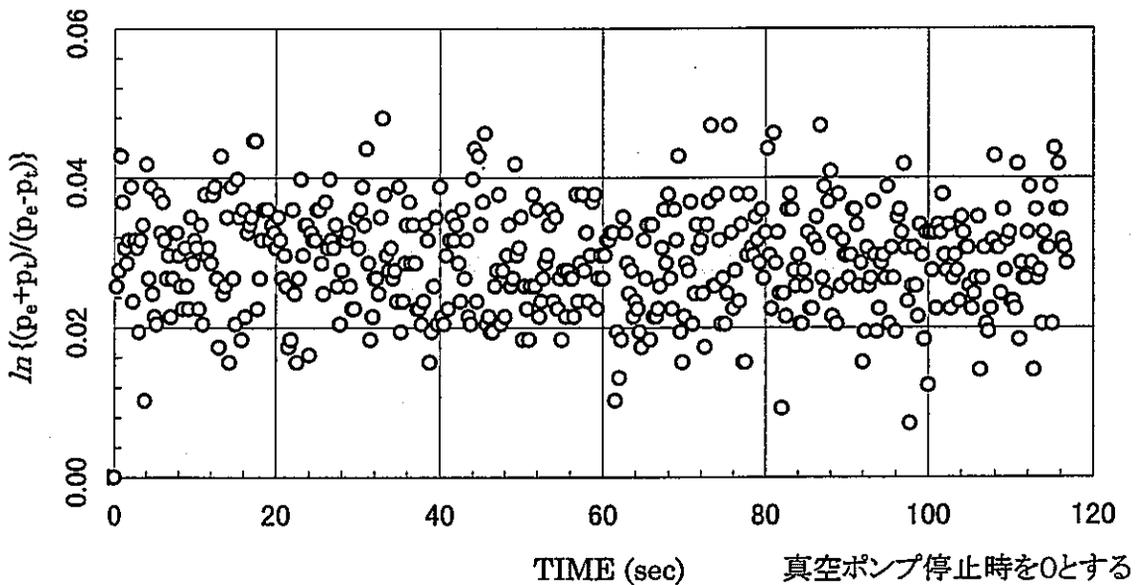
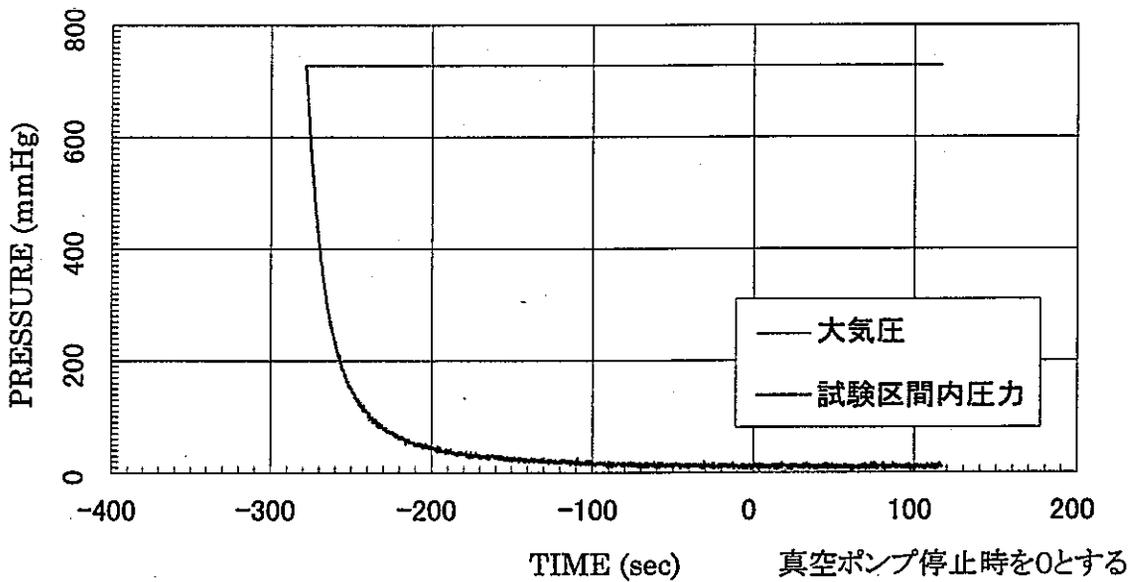
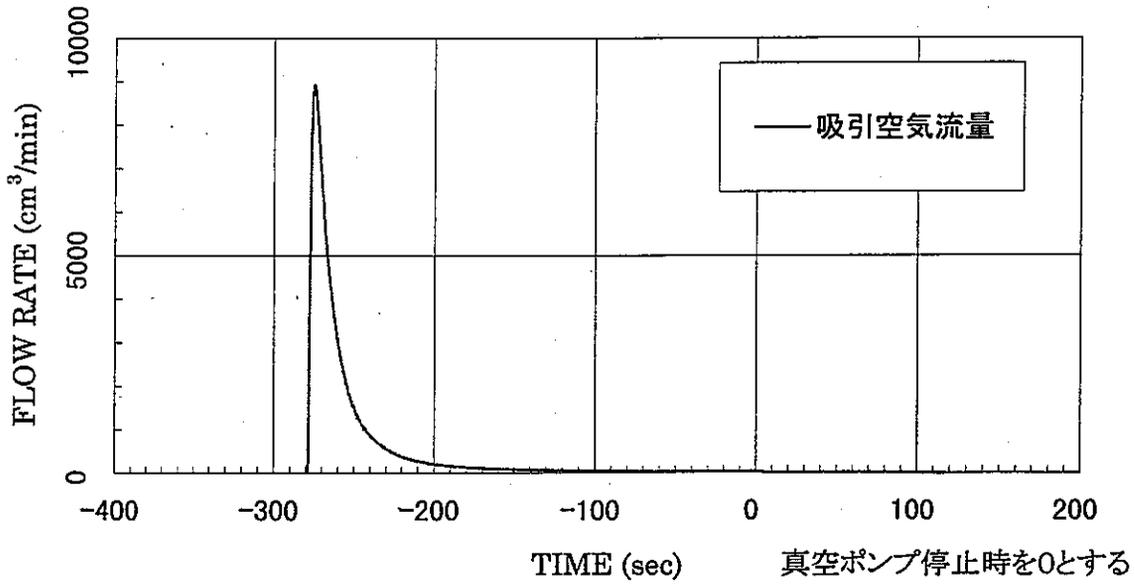
MVP-2 測定区間の中央深度 3.35 m

固有透過度(定常法) =  $7.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $3.2E-14 \text{ cm}^2$



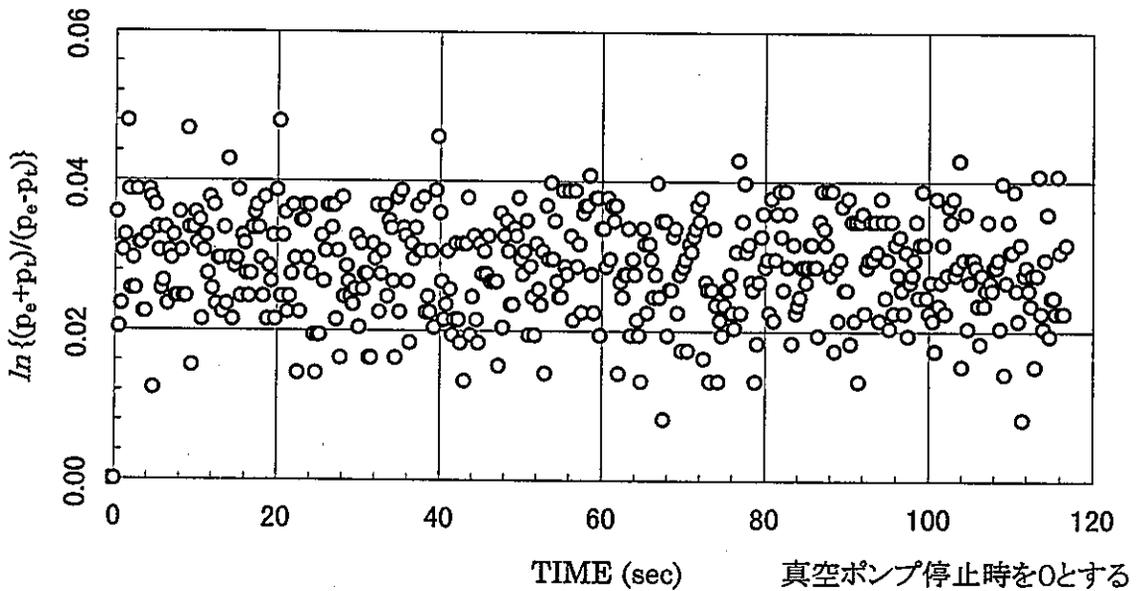
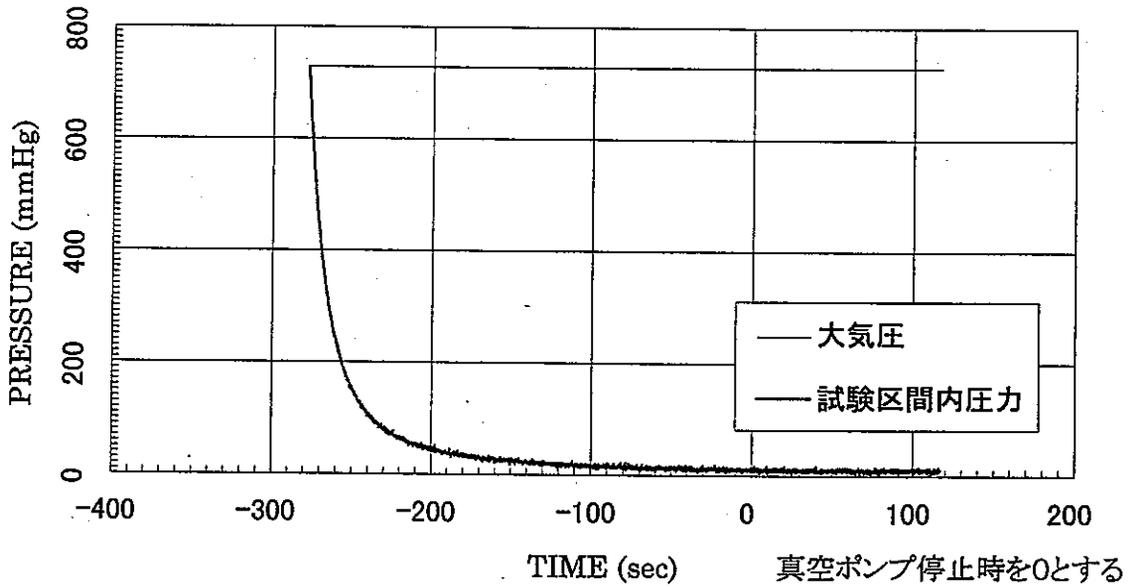
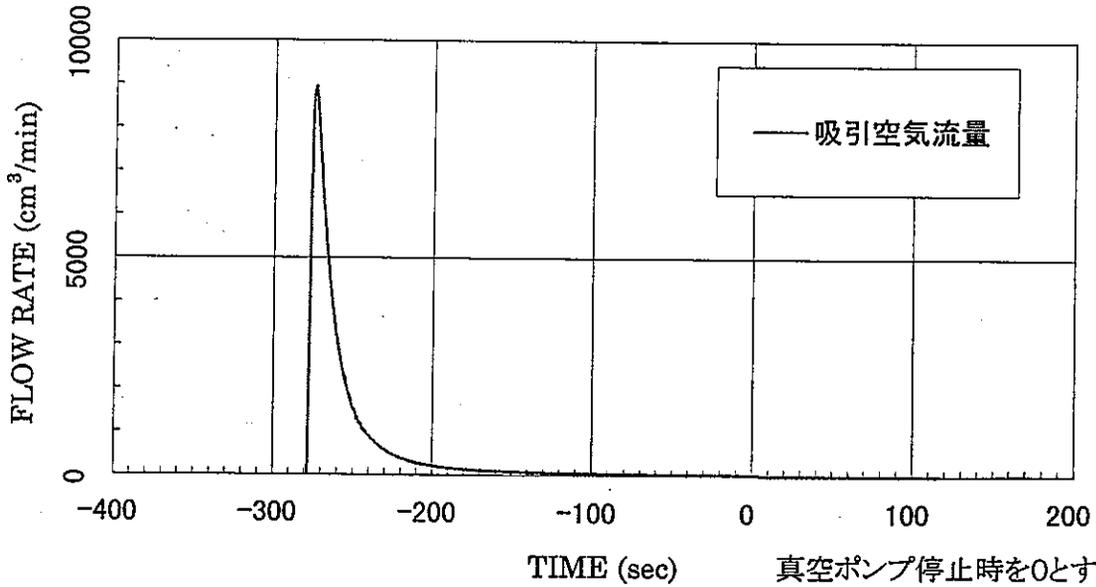
MVP-2 測定区間の中央深度 3.65 m

固有透過度(定常法) =  $7.7E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.1E-14 \text{ cm}^2$



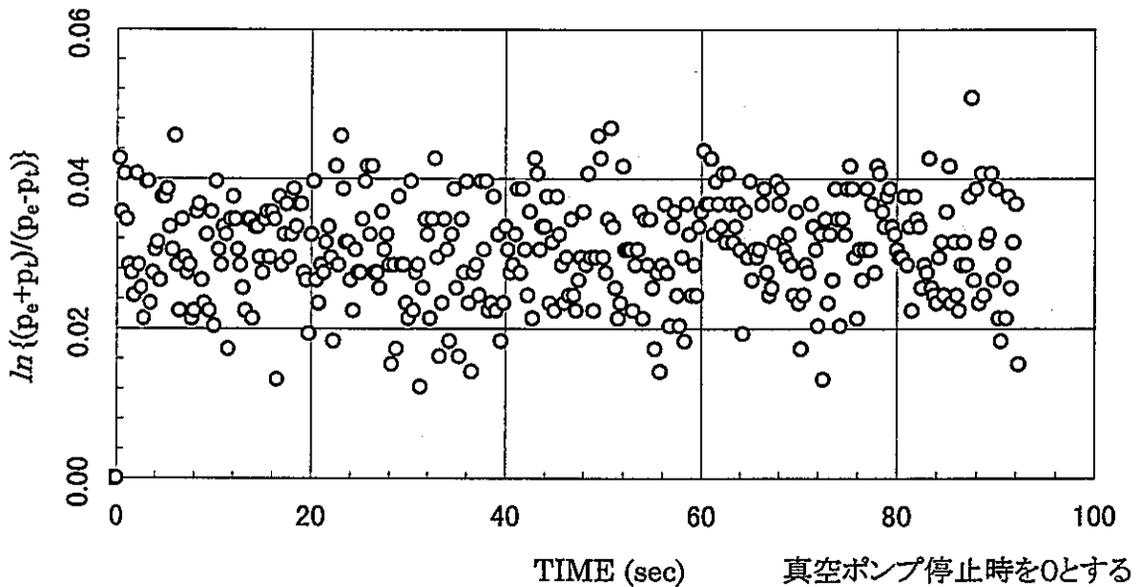
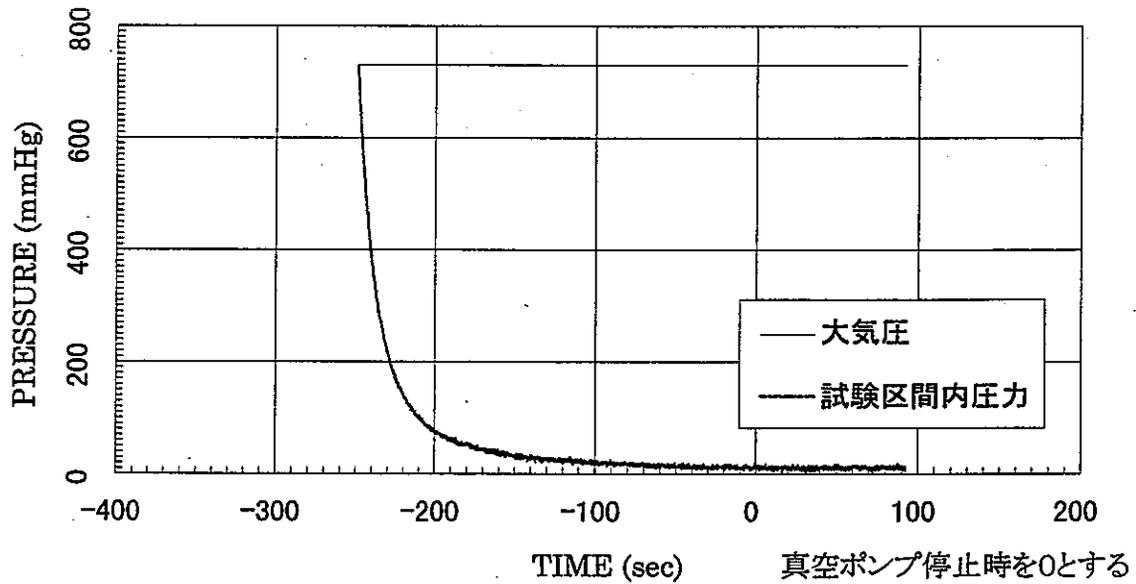
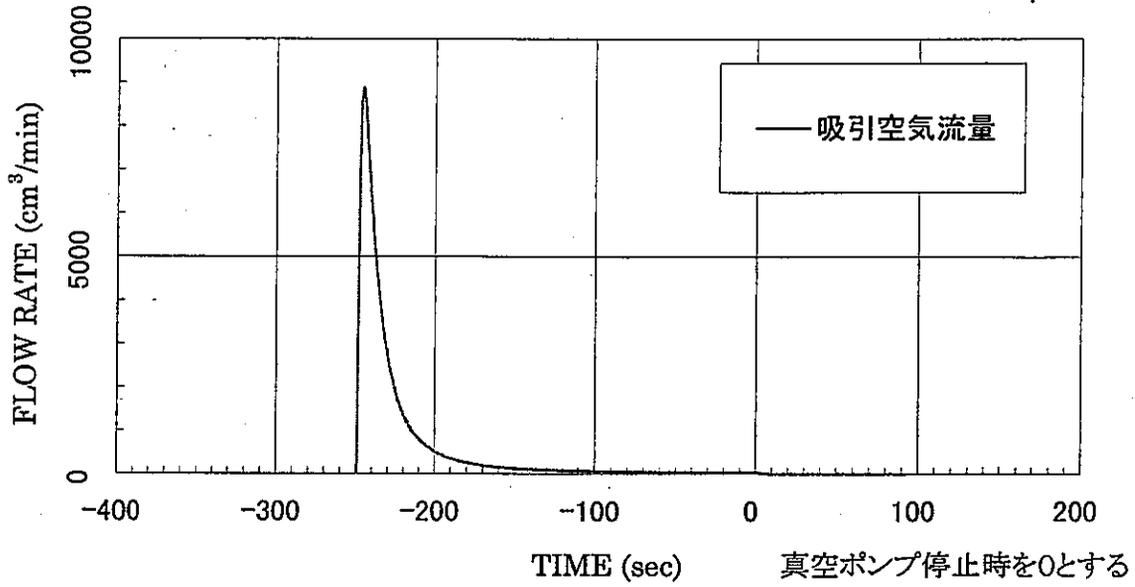
MVP-2 測定区間の中央深度 3.95 m

固有透過度(定常法) =  $8.1E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $1.1E-14 \text{ cm}^2$



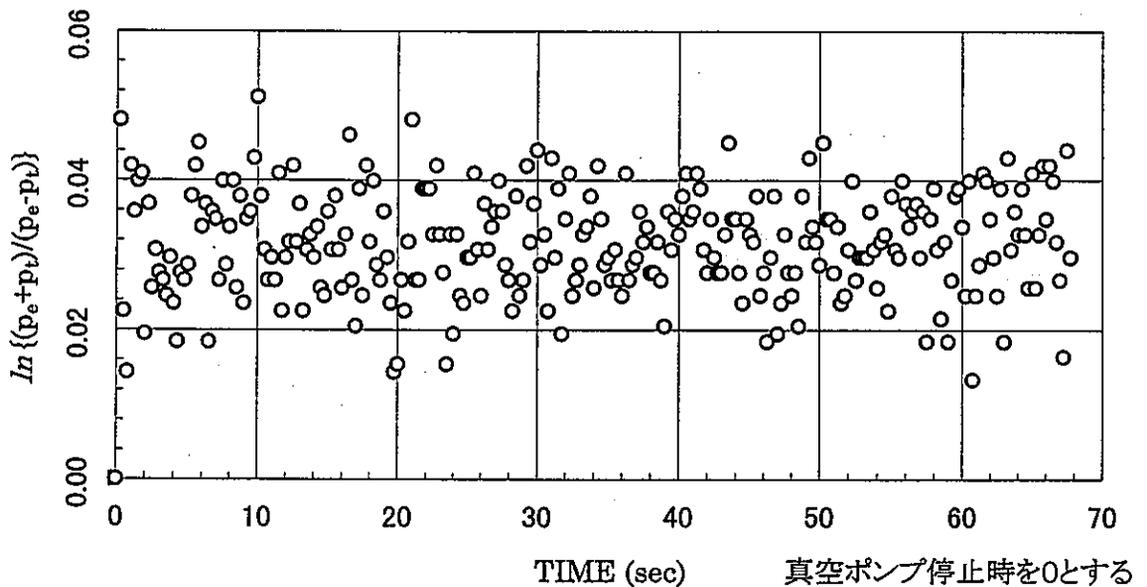
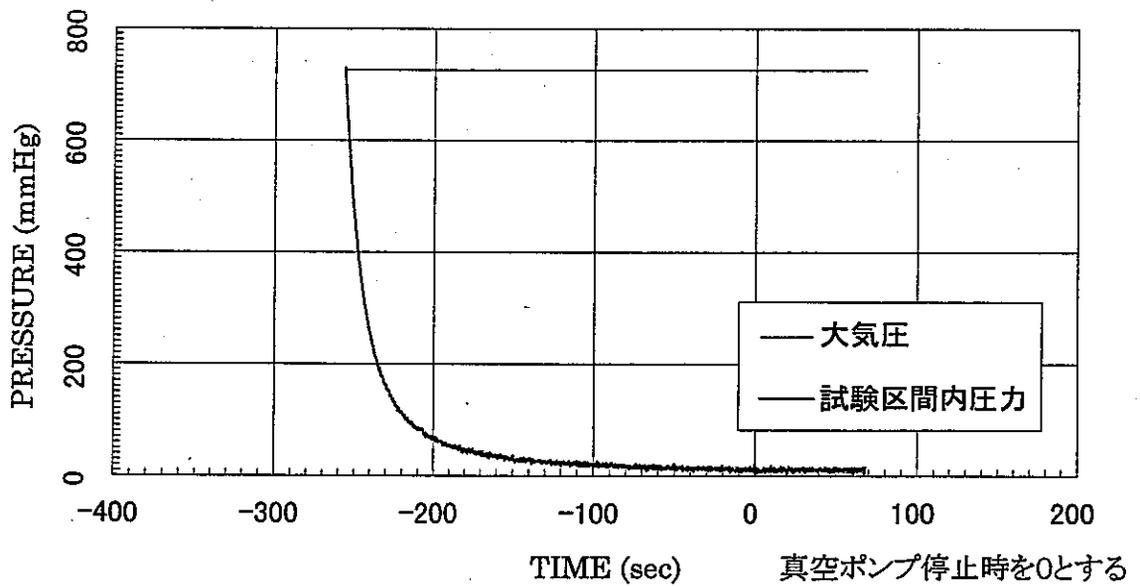
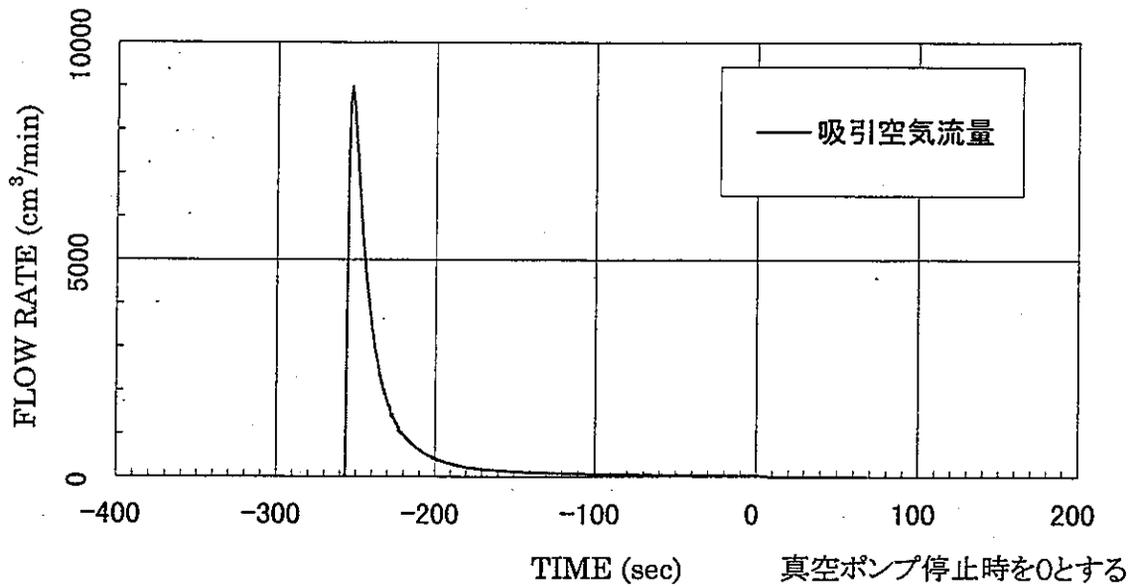
MVP-2 測定区間の中央深度 4.25 m

固有透過度(定常法) =  $7.8E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $6.4E-14 \text{ cm}^2$



MVP-2 測定区間の中央深度 4.55 m

固有透過度(定常法) =  $7.3E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $5.3E-14 \text{ cm}^2$



MVP-2 測定区間の中央深度 4.85 m

固有透過度(定常法) =  $7.4E-13 \text{ cm}^2$   
 固有透過度(非定常法) =  $4.9E-15 \text{ cm}^2$

