

本資料は平成4年2月28日付けて登録区分
変更する。

〔技術情報グループ〕

結晶質岩中の既存空洞における 岩盤物性及び地下水状況調査(I)

(動力炉・核燃料開発事業団 委託研究成果報告書)

1988年8月



日鉄鉱業株式会社

この資料は、動燃事業団の開発業務を進めるため、限られた関係者だけに配付するものです。従って、その取扱には十分注意を払って下さい。なお、この資料の供覧、複製、転載、引用等には事業団の承認が必要です。また今回の配付目的以外のことには使用しないよう注意して下さい。

This document is not intended for publication. No public reference nor disclosure to the third party should be made without prior written consent of Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation.

本資料についての問合せは下記に願います。

〒 107 東京都港区赤坂1-9-13
動力炉・核燃料開発事業団
技術管理部 技術情報室



配布限定期
PNC SJ4380 88-002
1988年8月

結晶質岩中の既存空洞における岩盤物性及び地下水状況調査（I）

浜辺修二*，長久*，野口義文*，飯島章夫*
嶋田 純**，福田和寛***

要旨

高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発のうち、天然バリアの5カ年研究計画の原位置試験場として、昭和61年度に実施した「釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査」の結果、釜石鉱山の栗橋花崗岩体中の既存空洞が選ばれた。本調査は、岩体のもつ岩盤物性と水理特性及び地球化学的特性に関するデータを取得することを目的に、5カ年計画の初年度として実施されたものである。

原位置試験場の550m1坑道より鉛直に500mの試錐を実施し、試験を行った結果次のことが判明した。

- (1) 採取した岩芯は全長にわたり、ほぼ優白色中粒の新鮮な角閃石黒雲母花崗閃緑岩の堅固な比較的割れ目の少ない岩盤である。割れ目には充填物として、石英や粘土鉱物を伴う場合が多い。また、一部の割れ目の多い部分では割れ目周囲の岩盤にピンク～白色の変質も認められる。
- (2) 主な岩芯の物性試験結果をみると、比重2.69、一軸圧縮強度 1,415kgf/cm²、透水係数 $10^{-8} \sim 10^{-12}$ kh(cm/sec) 前後の値がみられる。
- (3) 岩芯鑑定、孔内検層結果を参考に短期間で採水可能な有意な割れ目の発達する区間におけるJFT試験結果では、透水係数は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ kh(cm/sec)、孔口を±0mとした間隙水圧は+0.09m～+4.43mの低い値が観測されている。なお、試錐孔を利用したパッカリングシステムを設置し、間隙水圧を現在モニターしているが、水圧は設置1ヶ月後の現在も徐々に上昇している。
- (4) 試錐孔よりの採水分析結果をみると、孔口に近い部分より深部に向って、Na-HCO₃タイプの深層被圧地下水系～Na-SO₄タイプの化石地下水的な滞留時間の長い可能性のある水質が認められる。

本報告書は、日鉄鉱業株式会社が動力炉・核燃料開発事業団の委託により実施した研究の成果である。

契約番号：620D132

事業団担当部課室および担当者：環境資源部地層処分対策室（井口敬次）

*：日鉄鉱業株式会社資源開発部

**：清水建設株式会社技術研究所

***：清水建設株式会社土木本部



14.2.28 LIMITED DISTRIBUTION
PNC SJ 4380 88-002
AUGUST, 1988

Investigation on Rock Characteristics and Groundwater
around Existing Drift in Crystalline Rock of Kamaishi Mine (I)

Shuji Hamabe*, Hisashi Cho*, Yoshihumi Noguchi*
Akio Iijima*, Jun Shimada**, Kazuhiro Fukuda ***

A b s t r a c t

The drift of Kamaishi Mine is appointed as the in-situ test site of the 5 year study program on natural barrier in part of the study and development program on the geological disposal of high-level radioactive wastes, judging from the results of 'the Researches on the Various Conditions in and around the Existig Drifts of Kamaishi Mine', which was conducted in 1986. The objective of this research is to acquire the data on the rock properties, hydrology, and geochemical characteristics for the first year of the 5 year program.

From the data obtained by the vertical core drilling of 500m which was carried out from the in-situ test site of 550m level drift (575m above sea level), we found as follows:

- (1) Almost all of the recovered cores are of whitish, medium grained hornblende biotite granodiorite. The rock is fresh and hard with the poorly developed fractures. Quartz, clay minerals and several other minerals fill the fractures. A few parts in the rock contains many fractures with pink and white alterations along them.
- (2) The average values of the rock properties obtained are the specific gravity of 2.69, the uniaxial compressive strength of 1,415kgf/cm² and the hydraulic conductivity of $10^{-8} \sim 10^{-12}$ kh (cm/sec).
- (3) The results of Johnson's Formation Test (JFT) conducted in the sections of the bore hole which we selected in order to take water from the fraturures in the sections for a short time on the basis of core observation and bore hole logging, indicate that the hydraulic conductivity is between 10^{-6} and 10^{-7} kh (cm/sec), pore water pressure ($\pm 0\text{m}$ of which is set at the level of the well head) is low values of between +0.09 and +4.43m. Packer system was adopted and the pore water pressure is now being monitored. The water pressure is gradually rising at the present time, one month after the adoption of the system.
- (4) From the results of quality analyses of water taken from the bore hole, we observe that the water quality changes from the deep confined groundwater of Na-HCO₃ type to the fossil groundwater of Na-SO₄ type in the direction of the bottom from the well head. It can be said that the groundwater in the bore hole is stagnant water.

Work performed by Nittetsu Mining Co., Ltd. under contract with Power Reactar and Nuclear Fuel Development Corporation

PNC Liaison : Waste Isolation Office Waste Management and Raw Materials Division,
Keiji Iguchi

* : Nittetsu Mining Co., Ltd. Mineral Exploration & Research Department

** : Shimizu Corporation Research Institute of Technology

*** : Shimizu Corporation Construction Technology Department

目 次

まえがき	1
1. 試験の概要	3
1.1 試験名	3
1.2 試験目的	3
1.3 試験個所	3
1.4 試験期間	3
1.5 試験項目	7
1.6 試験内容と方法	8
1.6.1 試錐工事	8
1.6.2 岩芯観察による割れ目計測	11
1.6.3 岩石鉱物試験の方法	13
1.6.4 岩石物性試験の方法および条件	17
1.6.5 孔内検層	25
1.6.6 JFT試験方法	30
1.6.7 PNC式JFT法	40
1.6.8 孔内地下水の水質分析	43
1.6.9 孔内パッカリングシステムの設置目的と装置の概要	47
2. 地質概要	53
2.1 地形・地質概要	53
2.2 堆積岩類	53
2.2.1 古生層	53
2.2.2 中生層	53
2.3 火成岩類	56
2.3.1 早池峰-五葉山構造帯沿いに岩脈状に貫入した岩石	56
2.3.2 蟹岳複合岩体に伴う岩石	56
2.3.3 栗橋花崗閃緑岩とこれに伴う岩石	57
2.3.4 その他の岩石	58

2.4 鉱床概要	58
3. 岩芯地質状況 59	
3.1 岩芯の地質	59
3.2 割れ目	60
3.2.1 割れ目の記載と分布	60
3.2.2 割れ目パターン	61
3.2.3 割れ目の角度	68
3.2.4 条線	68
3.2.5 R.Q.D. と割れ目数	72
3.2.6 充填鉱物	72
3.3 変質	81
3.3.1 変質の特徴	81
3.3.2 変質の分布	82
3.4 まとめ	83
4. 試錐孔、岩芯を用いた花崗岩体の岩盤物性試験 85	
4.1 室内試験	85
4.1.1 岩石鉱物試験	85
4.1.2 岩石物性試験	110
4.2 孔内検層	153
4.2.1 検層結果	153
4.2.2 各検層結果間の相関	160
4.2.3 検層結果による割れ目の推定	165
4.2.4 検層結果と他の調査結果との比較	167
4.2.5 ポアホールスキャナーによる孔内検層	181
4.3 まとめ	190
4.3.1 室内試験結果のまとめ	190
4.3.2 孔内検層結果のまとめ	191

5. 試錐孔を用いた地下水状況調査	197
5.1 J F T法による岩盤透水性の把握	197
5.1.1 J F T試験区間決定のための孔内検層測定結果	197
5.1.2 J F T試験区間の決定	198
5.1.3 J F T試験結果	202
5.1.4 まとめ	210
5.2 P N C式J F T法による透水試験及び間隙水圧測定	214
5.2.1 試験結果	214
5.2.2 まとめ	223
5.3 孔内地下水の水質分析	223
5.3.1 分析結果	223
5.3.2 まとめ	226
5.4 パッカリングシステムの設置深度と測定状況	235
6. 総合まとめ	241
7. 参考文献	244
8. 巻末資料	
I. 岩石鉱物略号表, 割れ目記載法	
II. 孔内検層結果対比図	
III. ボアホールスキャナー孔内観測図	
IV. J F T試験パッカー設置後の水頭変化	
V. J F T試験データシート	
VI. 時間～圧力センサーからの水頭関係図	
VII. J F T試験 $\log(H_1 / H_{n+1})$ ～時間関係図	
VIII. 深度69.5m～79.5m 採水に伴う参考データ	
IX. 深度420.0m～430.0m 水圧測定データ	

図面目次

図 1. 3. 1	釜石鉱山位置図	4
図 1. 3. 2	釜石鉱山周辺地形図	5
図 1. 3. 3	原位置試験個所概念図	6
図 1. 6. 1	KH-1孔試錐位置図	9
図 1. 6. 2	KH-1孔方位傾斜測定結果断面図	10
図 1. 6. 3	KH-1孔方位傾斜測定結果平面図	10
図 1. 6. 4	トランジエント法の概念図	21
図 1. 6. 5	Brace らの岩石モデル	21
図 1. 6. 6	透水試験装置の配管系統図	23
図 1. 6. 7	電気検層電極配置図	25
図 1. 6. 8	スキャナー部断面図	29
図 1. 6. 9	微流速計のゾンデ部概念図	30
図 1. 6. 10	JFT試験区間決定のための測定系概念図	31
図 1. 6. 11	JFT試験装置概要図	34
図 1. 6. 12	JFT試験の作業フローチャート	35
図 1. 6. 13	PNC式JFT試験システム概要	40
図 1. 6. 14	PNC式JFT法による透水試験	41
図 1. 6. 15	PNC式JFT試験作業フローチャート	42
図 1. 6. 16	水質試験サンプルの採水方法	44
図 1. 6. 17	孔内用パッカリングシステム用パッカー概念図	48
図 1. 6. 18	パッカー全体組図	49
図 1. 6. 19	パッカー組図	50
図 1. 6. 20	パッカー詳細図	51
図 1. 6. 21	配管盤設計図	52
図 2. 1. 1	釜石鉱山周辺地域の概略地質図, 断面図	54
図 3. 2. 1	割れ目スケッチ (51.22 m~51.63 m)	64

図3. 2. 2	割れ目スケッチ (58.00 m~58.42 m)	65
図3. 2. 3	割れ目スケッチ (90.34 m~90.84 m)	66
図3. 2. 4	割れ目スケッチ (390.33m~390.75m)	67
図3. 2. 5	割れ目平均角度, 割れ目角度比率	69
図3. 2. 6	条線のある割れ目のヒストグラム	70
図3. 2. 7	条線角度の比率	71
図3. 2. 8	R.Q.D. ヒストグラム	73
図3. 2. 9	柱状図, 変質帯, R.Q.D., 肉眼鑑定による充填物別 割れ目頻度図	75~76

図4. 1. 1	未変質岩のモード組成と花崗岩の岩型分類	87
図4. 1. 2	未変質岩モード K f + Q z と不透明鉱物量の関係	88
図4. 1. 3	未変質岩のM F A ダイヤグラムとノルム鉱物組成	90
図4. 1. 4	主要変質鉱物の石英指数	99~100
図4. 1. 5	主要変質鉱物分布図	101
図4. 1. 6	緑泥岩の $14, 7, 4.7\text{ \AA}$ の回折強度と化学組成の関係	102
図4. 1. 7	変質岩の S i O ₂ 量に対する化学組成変化	104
図4. 1. 8	全岩化学組成の深度方向の変化	105~106
図4. 1. 9	変質岩の全岩化学組成 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO}$ 三角図	107
図4. 1. 10	石英の共存下における $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ 系相図	109
図4. 1. 11	比重測定結果	119
図4. 1. 12	比重頻度分布図	120
図4. 1. 13	比重-弾性波速度 (岩芯の物性試験による) クロスプロット	121
図4. 1. 14	比重-熱伝導率クロスプロット	122
図4. 1. 15	比重-帶磁率クロスプロット	123
図4. 1. 16	有効間隙率測定結果	124
図4. 1. 17	有効間隙率頻度分布図	125
図4. 1. 18	有効間隙率-含水比・吸水率クロスプロット	126

図4. 1. 19	有効間隙率－比重クロスプロット	127
図4. 1. 20	有効間隙率－弾性波速度（岩芯の物性試験による）クロスプロット	128
図4. 1. 21	有効間隙率－熱伝導率クロスプロット	129
図4. 1. 22	有効間隙率－帯磁率クロスプロット	130
図4. 1. 23	弾性波速度測定結果（岩芯の物性試験による）	132
図4. 1. 24	弾性波速度頻度分布図（岩芯の物性試験による）	133
図4. 1. 25	弾性波速度－熱伝導率クロスプロット（岩芯の物性試験による）	134
図4. 1. 26	弾性波速度－帯磁率クロスプロット（岩芯の物性試験による）	135
図4. 1. 27	熱伝導率測定結果	136
図4. 1. 28	熱伝導率頻度分布図	137
図4. 1. 29	熱伝導率－帯磁率クロスプロット	138
図4. 1. 30	帯磁率測定結果	139
図4. 1. 31	帯磁率頻度分布図	140
図4. 1. 32(1)	応力－ひずみ線図（縮みを正）	143
図4. 1. 32(2)	応力－ひずみ線図（縮みを正）	144
図4. 1. 33	弾性係数と一軸圧縮強度の関係	145
図4. 1. 34	一軸圧縮強度と圧裂引張強度との関係	149
図4. 1. 35	深度と透水係数の関係	151
図4. 1. 36	透水係数の有効応力依存性	152
図4. 2. 1	電気検層結果	154
図4. 2. 2	孔径検層結果	155
図4. 2. 3	音波検層結果	157
図4. 2. 4	音波検層ウェーブトレイン記録	158
図4. 2. 5	自然放射能検層結果	159
図4. 2. 6	比抵抗－自然電位クロスプロット	161
図4. 2. 7	比抵抗－弾性波速度（音波検層による）クロスプロット	162
図4. 2. 8	比抵抗－間隙率（音波検層による）クロスプロット	163
図4. 2. 9	音波検層結果より求めた間隙率	164
図4. 2. 10	検層による割れ目推定個所	166
図4. 2. 11	弾性波速度クロスプロット（検層－岩芯）	168

図4. 2. 12	間隙率クロスプロット（検層－岩芯）	169
図4. 2. 13	R.Q.D.分布図	170
図4. 2. 14	R.Q.D.－比抵抗対比図	172
図4. 2. 15	R.Q.D.－弾性波速度（音波検層による）対比図	173
図4. 2. 16	R.Q.D.－間隙率（音波検層による）対比図	174
図4. 2. 17	開口割れ目数分布図	175
図4. 2. 18	開口割れ目数－比抵抗対比図	176
図4. 2. 19	孔内検層の弾性波速度－開口割れ目数対比図	177
図4. 2. 20	間隙率（音波検層による）－開口割れ目数対比図	178
図4. 2. 21	孔内検層異常個所と岩芯のR.Q.D., 開口割れ目数との比較	180
図4. 2. 22	ボーリングキヤーによる割れ目のステレオ投影（全プロット）	184
図4. 2. 23	ボーリングキヤーによる割れ目のステレオ投影（深度別）	185
図4. 2. 24	ボーリングキヤーによる割れ目のステレオ投影（W型）	186
図4. 2. 25	ボーリングキヤーによる割れ目のステレオ投影（J型）	187
図4. 2. 26	ボーリングキヤーによる割れ目のステレオ投影（V型）	188
図4. 2. 27	ボーリングキヤーによる割れ目のステレオ投影（L型）	189
図4. 3. 1	岩石物性試験結果	193～194

図5. 1. 1	JFT試験区間決定のための孔内検層測定結果一覧	199
図5. 1. 2	各調査異常区間とJFT法透水試験区間	200
図5. 1. 3	湧水・逸水と流速の関係	201
図5. 1. 4	時間－圧力センサーからの水頭関係図の例	203
図5. 1. 5	JFT試験 $\log(H_i / H_{i+1}) \sim$ 時間関係図例	206
図5. 1. 6	深度19.0m～29.0m区間における水頭－湧水量関係	209
図5. 1. 7	透水係数と各物性値の比較	212
図5. 1. 8	透水係数と各物性値の関係	213
図5. 2. 1	$t \sim \log H$ 曲線 No.1	215
図5. 2. 2	$t \sim \log H$ 曲線 No.2	216
図5. 2. 3	$t \sim \log H$ 曲線 No.3	217
図5. 2. 4	$t \sim \log H$ 曲線 No.4	218

図5. 2. 5	$t \sim \log H$ 曲線 №5	219
図5. 2. 6	水圧分布模式図	222
図5. 3. 1	分析結果のキーダイヤグラム表示	228
図5. 3. 2	分析結果のパターンダイヤグラム表示	229
図5. 3. 3	分析結果のオクタダイヤグラム表示	231
図5. 3. 4	主要イオン成分に基づく水質の分類	232
図5. 3. 5	結晶質岩系地下水と平衡状態にある 粘土鉱物に基づく水質の分類	233
図5. 3. 6	KH-1孔地下水の $\delta D - \delta^{18}O$ ダイヤグラム	234
図5. 4. 1	KH-1孔パッカリングシステム概念図	236
図5. 4. 2	パッカー全体	237
図5. 4. 3	孔内セット状況 (パッカーアー下部)	237
図5. 4. 4	孔内セット状況 (パッカーアー上部)	238
図5. 4. 5	水圧モニターおよび採水用バルブ付き架台	238
図5. 4. 6	KH-1孔パッカリングシステム計測結果 (一部)	239

表目次

表1. 4. 1	調査試験工程（実績）	3
表1. 6. 1	KH-1孔方位傾斜測定結果	10
表1. 6. 2	岩石鉱物試験サンプル採取位置一覧表	15
表1. 6. 3	石英指数の算出に使用したピーク	16
表1. 6. 4	透水試験の試験条件（賦存深度相当の圧力条件）	24
表1. 6. 5	有効応力をえた試験の圧力条件	24
表1. 6. 6	物理検層使用機器一覧表	28
表1. 6. 7	ボアホールスキャナーの性能	29
表1. 6. 8	JFT試験区間決定のための孔内検層機器一覧	32
表1. 6. 9	JFT試験使用機器一覧表	36
表1. 6. 10	JFT試験の作業手順	37
表1. 6. 11	水質試験サンプル採取深度	45
表2. 1. 1	釜石鉱山周辺地域の地質層序表	55
表3. 1. 1	流理線構造の角度（鉛直方向に対する）	60
表3. 2. 1	割れ目パターンの特徴	62
表3. 2. 2	割れ目中に見られる各充填鉱物の出現頻度	72
表3. 2. 3	割れ目充填鉱物の組み合わせ	77～78
表3. 2. 4	充填鉱物の種類と割れ目の角度	80
表3. 3. 1	変質率の基準	81
表4. 1. 1	モード分析結果	86
表4. 1. 2	未変質岩の全岩化学組成	89
表4. 1. 3	各区間の変質の特徴	93
表4. 1. 4	顕微鏡観察結果一覧表	95～96
表4. 1. 5	X線回折分析結果一覧表	97～98
表4. 1. 6	全岩化学分析結果一覧表	103

表4. 1. 7	変質鉱物の paragenetic sequence	108
表4. 1. 8(1)	供試体の位置と実施した物性試験	111～112
表4. 1. 8(2)	供試体の位置と実施した物性試験	113～114
表4. 1. 9(1)	物性試験結果一覧表	115～116
表4. 1. 9(2)	物性試験結果一覧表	117～118
表4. 1. 10	岩芯物性値相関係数一覧表	141
表4. 1. 11	栗橋花崗閃緑岩の一軸圧縮試験結果	142
表4. 1. 12	ショア硬度および圧裂試験結果	147～148
表4. 1. 13	各物性間の相関係数	150
表4. 1. 14	透水試験結果	150
表4. 1. 15	透水係数と拘束圧の関係	151
表4. 2. 1	割れ目の種別毎の頻度	181
表4. 3. 1	新鮮な栗橋花崗岩の物性値	192
表5. 1. 1	微流速測定結果から算出した透水係数と間隙水圧	198
表5. 1. 2	詳細にみた地温勾配の分布	198
表5. 1. 3	J F T 試験概要 (J F T 試験)	204
表5. 1. 4	J F T 試験パッカー設置後の水頭変化の例	205
表5. 1. 5	J F T 試験データシートの例	205
表5. 1. 6	J F T 試験による透水係数計算結果	207
表5. 1. 7	バルブ開閉による湧水量測定結果	208
表5. 2. 1	P N C 式 J F T 法試験結果	214
表5. 2. 2	各深度の間隙水圧と透水係数	220
表5. 2. 3	各深度の透水係数と割れ目の状況	223
表5. 3. 1(1)	水質分析結果	224
表5. 3. 1(2)	水質分析結果	225
表5. 3. 2	環境同位体分析結果	226

添付図面

付図 1-1 KH-1孔柱状図及び割れ目スケッチ

付図 1-2 KH-1孔柱状図及び割れ目スケッチ

付図 2 KH-1孔総合柱状図

まえがき

わが国の高レベル放射性廃棄物の最終的な処分方策は、原子力委員会放射性廃棄物対策専門部会が昭和59年8月並びに昭和60年10月に取りまとめた報告書に従い、「高レベル放射性廃棄物の処分にあたっては、その放射能が減衰して環境汚染あるいは放射能の影響の恐れが十分軽減されるまで、長時間にわたり人間環境から隔離を行うことが必要である。この隔離の方法としては、従来方針通り地層処分によることとし、地下数百mより深い地層中へ処分を行い、天然バリアと人工バリアを組合せた多重バリアによることを基本概念とする。」とされている。わが国の地層処分の技術開発は、動力炉・核燃料開発事業団を中心として4段階方式の手順で進められており、現時点はその第2段階にあたる。天然バリアに係わる研究に関しては、室内試験ばかりでなく原位置試験によるシミュレーションモデルの開発・検証が不可欠であるが、処分場設計のためのわが国独自の岩盤深部の情報は乏しいのが現状である。わが国における放射性廃棄物の処分対象岩体としては堆積岩と結晶質岩の2種類が考えられている。花崗岩はわが国に広く分布する代表的結晶質岩であり、処分に有効な地層の一つである。釜石鉱山は比較的大きな花崗岩体に接して位置し、花崗岩体内の適当な深度に既存坑道を有するため、深部岩体に至るアクセス坑道が不要で、また鉱山所有のユーティリティを利用することができるなど、原位置試験を実施するのに有利な条件を備えている。これらの理由により、昭和61年度に「釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査」が実施され、その結果、同鉱山の大峰鉱床の北側に分布する栗橋花崗閃緑岩体が、既存空洞を利用した諸調査に環境上適正であると確認された。

本調査は釜石鉱山での「花崗岩における原位置試験」5ヵ年計画の第1歩として、大峰550m1 NW押坑道より鉛直試錐（K H - 1孔）500mを掘進し、これの岩芯及び試錐孔を用いた岩盤物性に関する各種試験、試錐孔を用いた地下水状況調査を実施して花崗岩体中の地質環境データを取得することを目的とするものである。

尚、本報告書を作成するに当たり執筆担当区分を以下の通りとした。

岩芯地質、総合解析：日鉄鉱業株式会社 浜辺修二、長久、飯島章夫

岩盤物性試験：日鉄鉱業株式会社 野口義文

地下水理試験：清水建設株式会社 嶋田純、福田和寛

1. 試験の概要

1.1 試験名

結晶質岩中の既存空洞における岩盤物性及び地下水状況調査（I）

1.2 試験目的

結晶質岩体のもつ岩盤物性と地下水の水理特性及び地球化学的特性に関するデータを取得することを目的とする。この目的を達成するために栗橋花崗閃緑岩体中の既存空洞より鉛直方向に試錐孔を錐進し、これについて岩芯観察に基づく割れ目測定、岩芯を用いた物性及び岩石鉱物試験、試錐孔を用いた孔内物理検層、試錐孔の主要区間における透水性試験、水圧測定、採水を実施する。

1.3 試験個所

試験個所は釜石鉱山大峰鉱床北部にあり、行政界では岩手県釜石市橋野町青の木に属し、平面直角座標系の第X系原点より緯距-75,010.81m、経距+72,699.99mに位置する。KH-1孔の試錐は、大峰550m1 NW押坑道の分岐点より380m、海拔575.55m、地下約260mの地点で実施された。

図1.3.1 に釜石鉱山位置図を、図1.3.2 に釜石鉱山周辺地形図を、図1.3.3 に原位置試験個所概念図を示す。

1.4 試験期間 昭和63年 3月10日～昭和63年 8月31日

表1.4.1 に各試験の工程を示す。

表 1.4.1 調査試験工程（実績）

項目	3月	4月	5月	6月	7月	8月
試錐底達成	■					
試錐工事	■					
岩芯鑑定	■			■	■	
岩芯の室内試験				■	■	
孔内検層				■		
透水試験(JFT)				■	■	
透水試験(PNC式JFT)					■	
採水・分析				■	■	
バケツシステムの設置・観測					■	
解折作業					■	■
報告書作成					■	
接待管理作業	■	■				

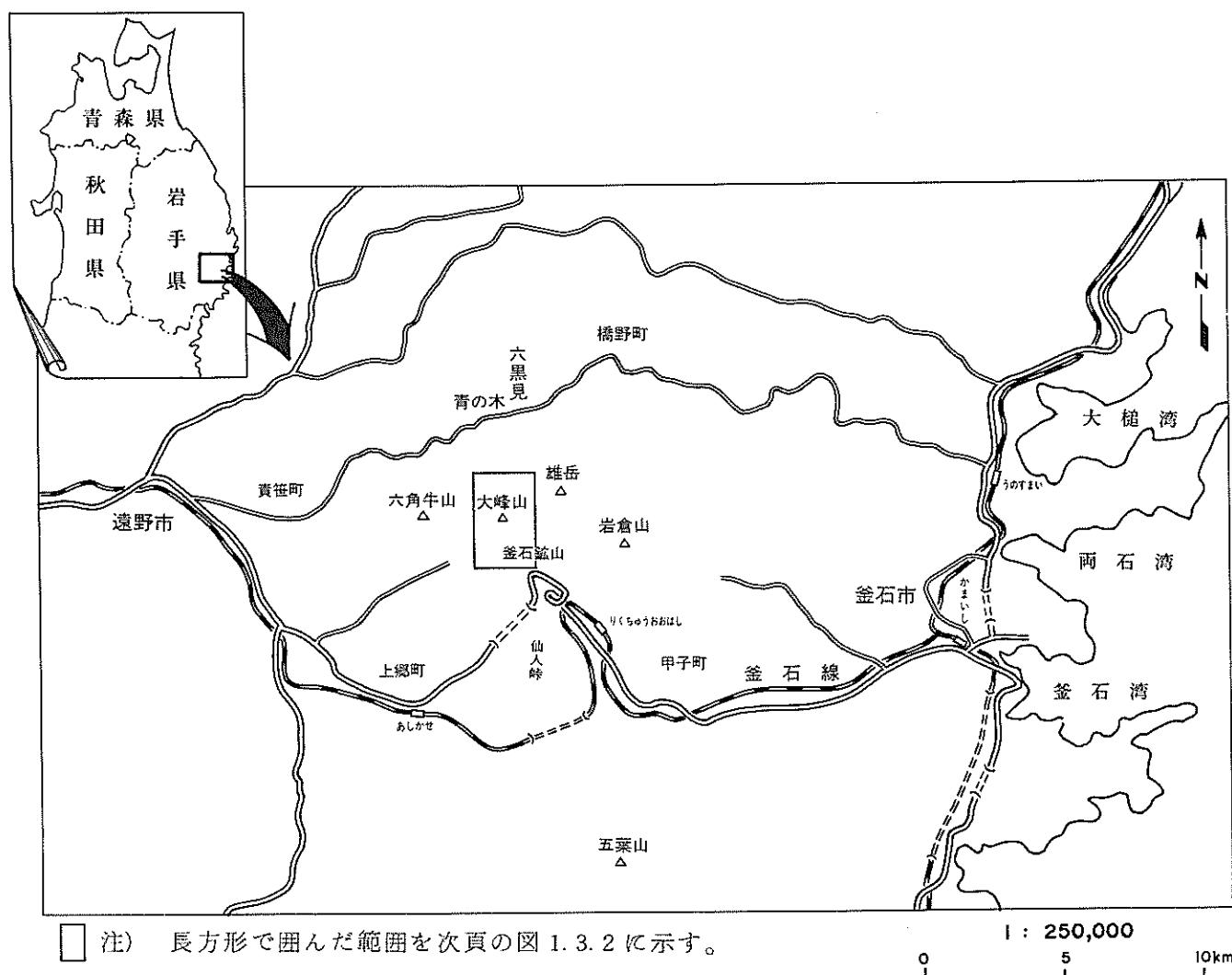


図 1.3.1 釜石鉱山位置図

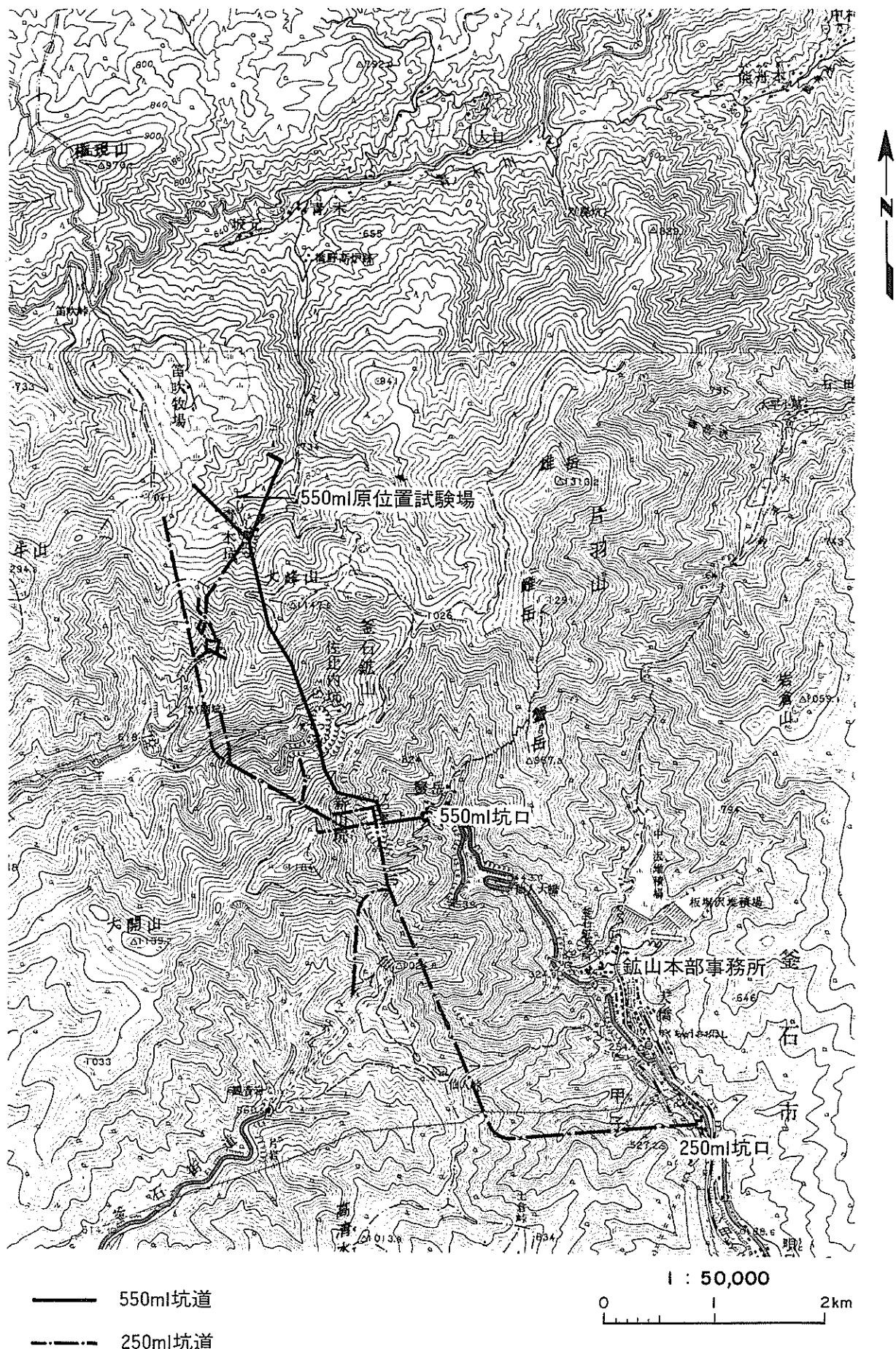


図 1.3.2 篓石鉱山周辺地形図

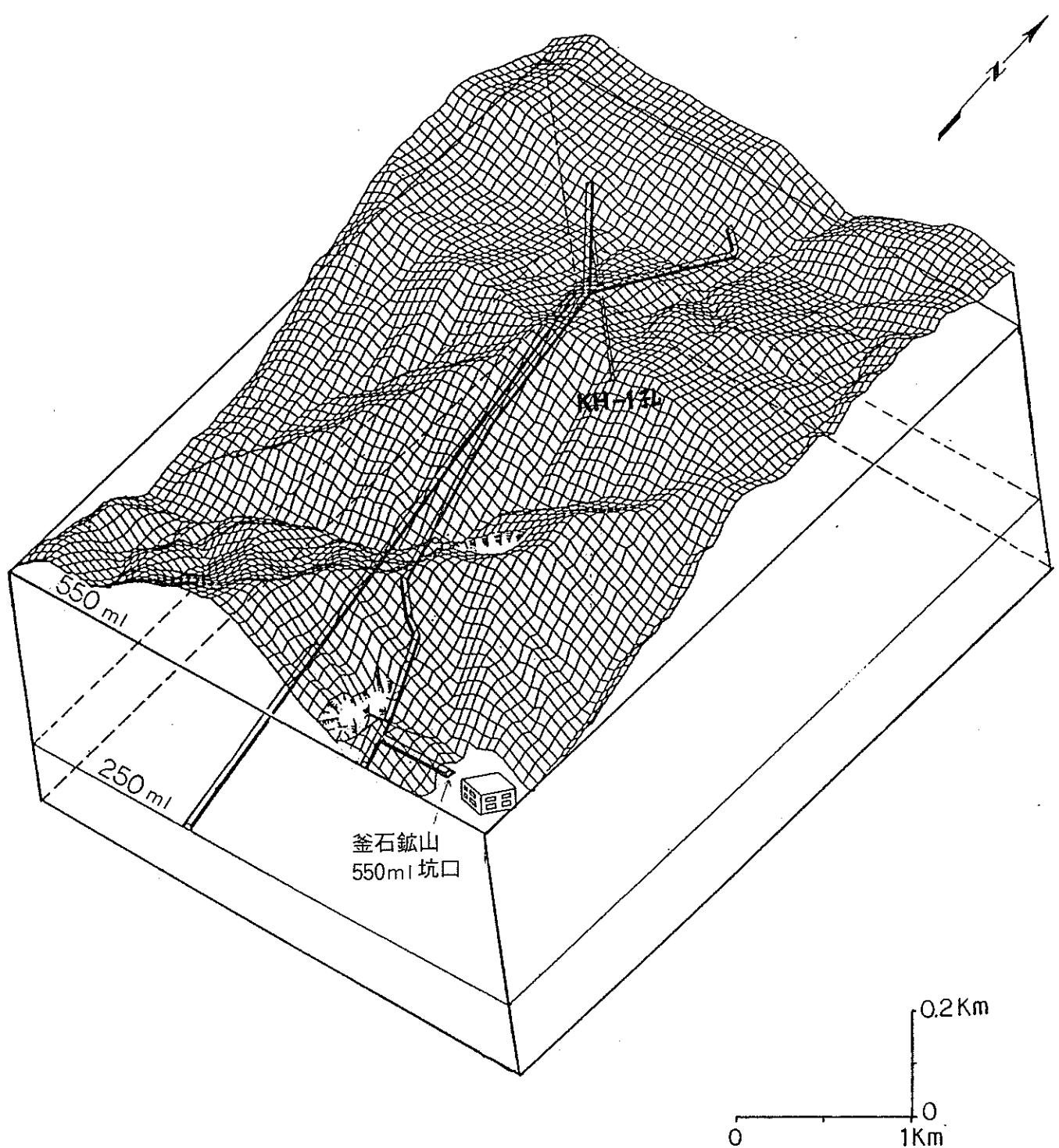


図 1.3.3 原位置試験箇所概念図

1.5 試験項目

(1) 試錐孔を用いた花崗岩体の岩盤物性の把握

(i) 試錐座造成

(ii) 試錐 KH-1孔 鉛直方向 孔長 501.20m (計画 500m),

NQ サイズー外径 78mm, 岩芯径 45mm

(iii) 岩芯鑑定及び岩芯の室内試験

a. 岩芯の割れ目測定

b. 岩芯の物性試験

比重, 含水比, 吸水率, 有効間隙率, 超音波伝播速度, 透水係数,

一軸圧縮強度, 圧裂引張強度, ショア硬度, 熱伝導率

c. 岩石鉱物試験

顕微鏡観察, X線回折分析, 全岩化学分析,

(iv) 孔内検層

電気, 孔径, 音波, 自然放射能, ポアホールスキャナー

(2) 試錐孔を用いた地下水状況調査

(i) 水圧, 透水性測定

JFT法, PNC式・JFT法

(ii) 採水, 分析

陸水分析項目8成分と環境同位体分析, 水温, pH, RpH,

電気伝導度

(iii) パッカリングシステムの設置, 地下水圧の長期測定

(3) 大峰鉱床北部の維持管理, 試験開始前の準備作業

(i) 鉱山操業時における大峰鉱床北部の維持管理と定期計測

(ii) 試験及びそのための工事が自由に行える状態にするための工事

1.6 試験内容と方法

1.6.1 試錐工事

(1) 試錐位置

釜石鉱山大峰550m1 NW押坑道の分岐点から380mの地点

平面直角座標系の第X系原点より

経距 : +72,699.99m

緯距 : -75,010.81m

孔口標高 : 575.55m

図1.6.1に試錐位置を示す。

(2) 錐進状況

試錐機は、ロングイヤー社製 L38-98 型試錐機を用い、送水ポンプには同社製 535RQ型ポンプを使用した。

全孔を通じて、概ね新鮮な栗橋花崗閃綠岩中を錐進した。岩石の変質は割れ目に沿った限られた部分にのみ見られた。岩質は堅硬で安定しており、全孔長を通じての岩芯実収率は 99.91%である。岩芯流失部は292.85m～293.05m 間及び 497.00m～479.25m 間の0.45mのみであった。

(3) 孔心測定結果

50mごとにKH-1孔の方方位傾斜測定を実施した。測定機器には Eastman Whistock 社製 Single Shot Survey Instrumentを使用し、Tangential法によつて計算した。測定結果を表1.6.1に、断面図を図1.6.2に、平面図を図1.6.3に示す。

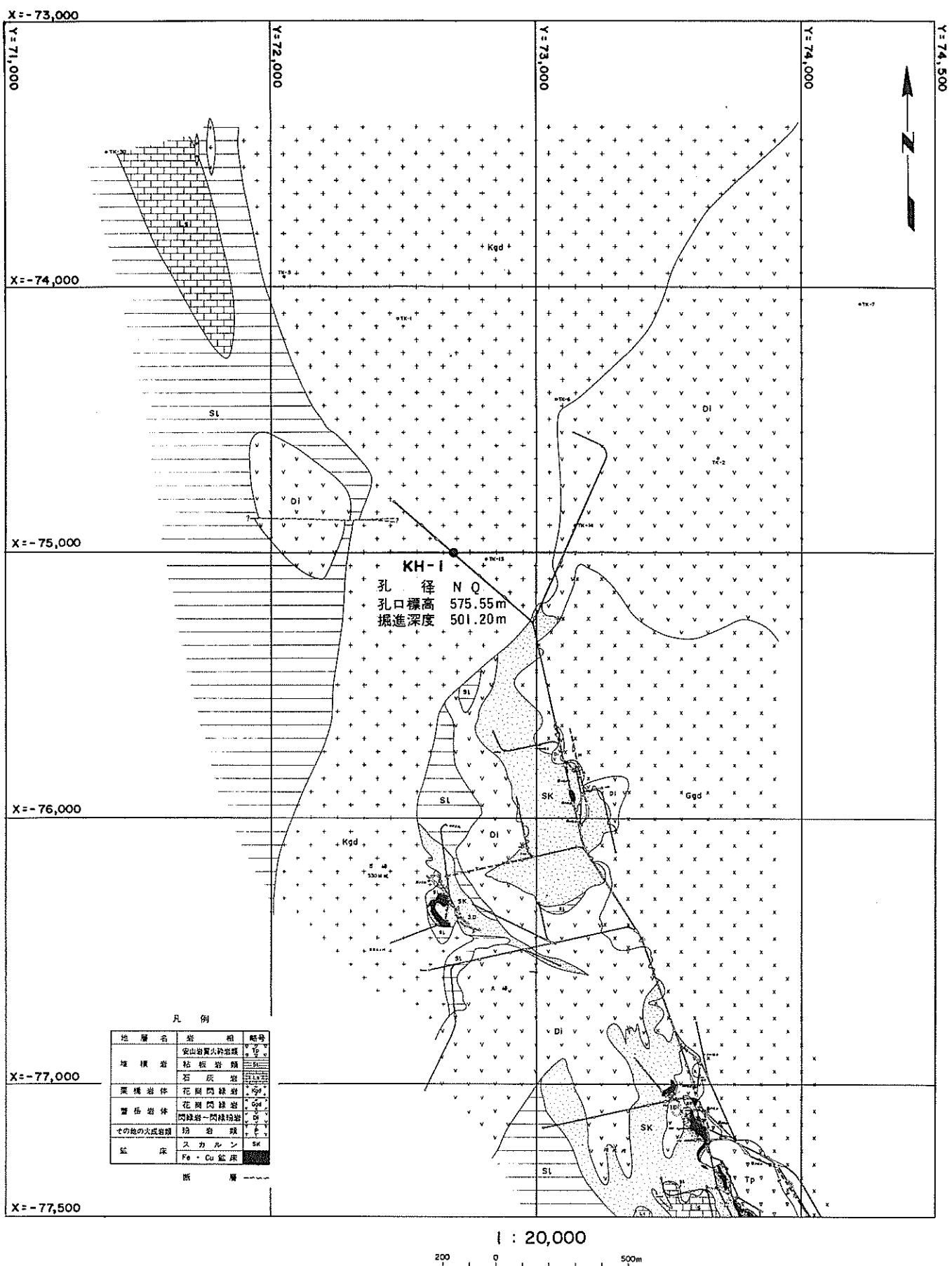


図 1.6.1 KH-1孔 試錐位置図

表 1.6.1 KH-1孔方位傾斜測定結果

DIRECTIONAL DRILLING COORDINATES: EW= 0.00m NS= 0.00m			ROTATION = 0.00 ($^{\circ}$)		G.G.N EL=575.55m			
DEPTH (m)	DIP ($^{\circ}$)	DIR ($^{\circ}$)	VER DEP (m)	EW DEP (m)	NS DEP (m)	DIR ($^{\circ}$)	DEV (m)	E L (m)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	575.55
50.00	0.00	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.00	525.55
100.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	475.55
150.00	0.50	133.17	150.00	0.32	-0.30	133.17	0.44	425.55
200.00	1.50	108.17	199.98	1.56	-0.71	114.34	1.71	375.57
250.00	1.67	108.17	249.96	2.94	-1.16	111.51	3.16	325.59
300.00	1.83	104.17	299.93	4.49	-1.55	109.04	4.75	275.62
350.00	2.00	101.17	349.90	6.21	-1.89	106.93	6.49	225.65
400.00	2.33	108.17	399.86	8.14	-2.52	107.23	8.52	175.69
450.00	2.83	125.17	449.80	10.16	-3.95	111.23	10.90	125.75
497.00	2.83	121.17	496.74	12.15	-5.15	112.97	13.20	78.81
500.00	2.83	121.17	499.74	12.28	-5.23	113.06	13.34	75.81

方位は真方位（磁針方位は西偏約 $6^{\circ} 50'$ ）。500mの値は497mから推定

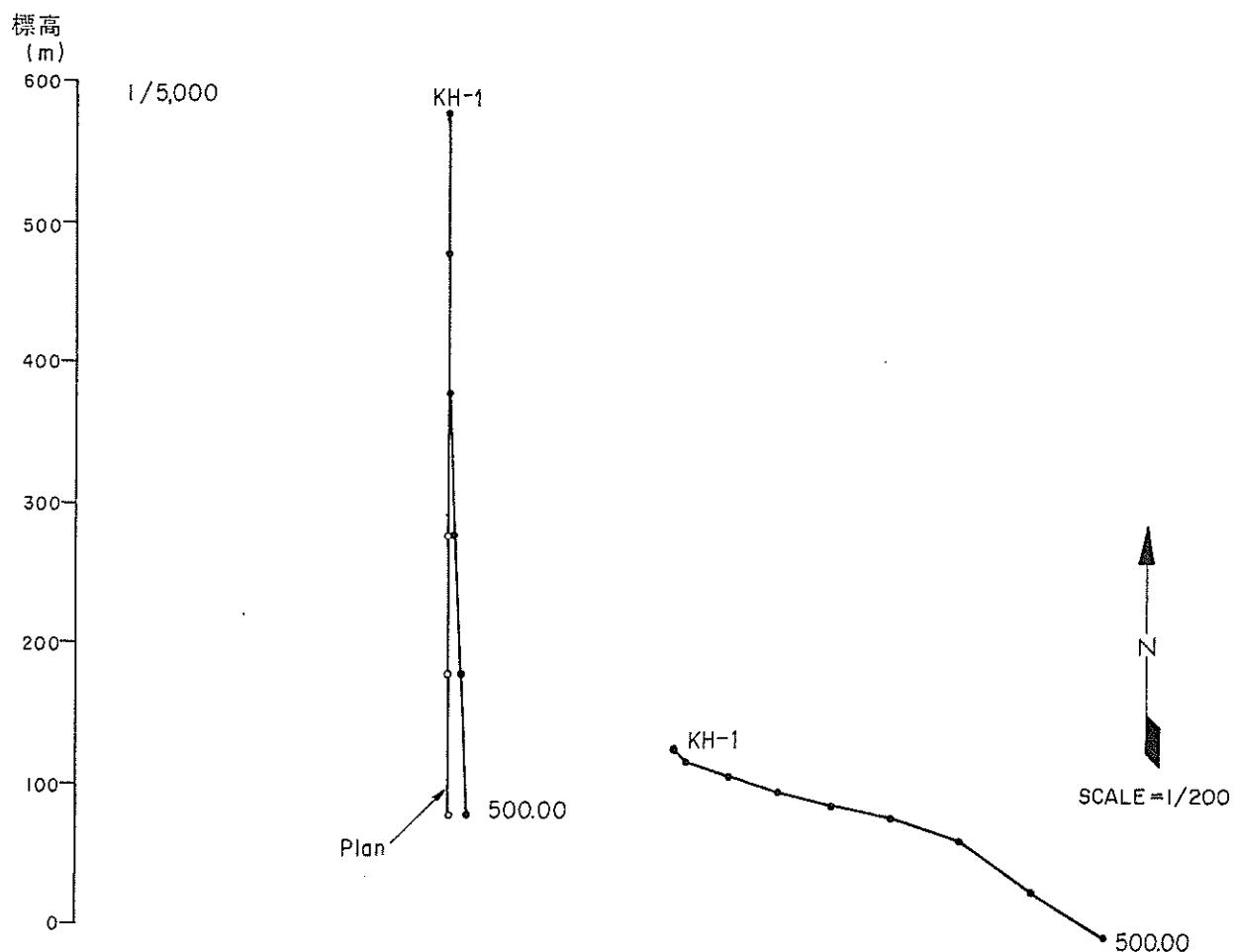


図1.6.2 KH-1孔方位傾斜測定結果断面図
(孔口と孔底を結んだ面)

図1.6.3 KH-1孔方位傾斜測定結果平面図

1.6.2 岩芯観察による割れ目計測

(1) 岩芯の取扱い方法

試錐孔錐進時より岩芯の取扱いには細心の注意を払い、人工割れ目の発生を極力排除する。岩芯採取管にはトリプルチューブを使用し、岩芯回収時における人工割れ目の発生を防止する。また、コア箱（長さ1m）に岩芯を格納する際には、岩芯に印をつけ、これをカッターで切断することにより、岩芯格納時における人工割れ目の発生及び岩芯の回転を防止する。

岩芯が破碎している場合は岩芯をトリプルチューブから取り出す時に半割りにしたアクリルパイプに岩芯を納め、そのままコア箱に納めることにより、破碎された岩芯が分離して原形を失うことを防止する。

(2) 岩芯割れ目のスケッチ方法

岩芯割れ目の正確かつ再現性のある展開図を得るために、岩芯をコピー機械の上で光源の動きに同調させて転動し、岩芯表面の原寸大コピーをとる。岩芯のコピーには岩石の組織、割れ目等が比較的良く複写されているため、割れ目、変質の形状及び充填鉱物の種類等を、岩芯を観察しながらこのコピー紙に直接書き込み、岩芯のスケッチとする。この際に、明らかに人工割れ目と判断される割れ目は対象から外し、人工的でないと判断されるものについてのみスケッチを行い、それぞれの割れ目に番号を付け、後述の割れ目評価基準に沿って評価する。また割れ目のスケッチ、評価と並行して岩芯の柱状図を作成する。なお、割れ目スケッチ結果を付図1のK H - 1孔柱状図および割れ目スケッチに添付した。割れ目スケッチはボアホールスキャナー観測結果との対比を容易にするため、岩芯の内側から外側を見る向きで行っている。

(3) 割れ目変質帯の記載方法

明らかに人工的でない割れ目について以下の項目に従って割れ目の評価を行う。割れ目の評価項目は、①割れ目深度・②割れ目のタイプ・③割れ目の連続性・④割れ目パターン・⑤割れ目の表面構造・⑥条線の有無とその角度・⑦割れ目充填鉱物・⑧割れ目幅・⑨変質の程度・⑩変質の幅・⑪割れ目角度の11項目である。

また岩芯の柱状図を作成し、岩質・岩盤区分・変質帯・割れ目帯・網目状割れ

目の発達部・割れ目によるコア破碎部・岩芯形状等を記載し、R.Q.D.を計測する。

なお、割れ目の評価基準はAECLの割れ目分類法に準拠する。また、割れ目の評価、柱状図の作成に当たって以下の項目を定義する。

- a. 割れ目の深度は、割れ目面と岩芯中心線との交点の深度とする。
- b. 割れ目の連続性は、割れ目が岩芯を横断している場合を連続、一方または両方の端が岩芯中で消滅したり、他の割れ目によって切られている場合を不連続とする。
- c. 割れ目タイプは、岩芯観察の時点で岩芯が分離しているものを開口割れ目とする。
- d. 変質は、肉眼的に有色鉱物の緑泥石化と、長石の粘土鉱物化による白濁の認められる点を有無の境界とする。また赤鉄鉱の鉻染により長石がピンク色に変色する部分があり、これをピンク色化変質として記載する。また岩芯の外周全てが変質している場合を変質帯とし、外周の一部のみの変質の場合は部分的な変質とする。
- e. 割れ目数の計数は、連続割れ目に関しては岩芯が破碎されている部分も可能な限り計数する。不連続割れ目に関しては網目状割れ目の発達部や、割れ目帯を計数不能部とする。また第4章における孔内検層結果と割れ目数の比較には、開口割れ目数を使用する。
- f. 充填鉱物ごとの割れ目数を計数する際に、1つの割れ目を複数の鉱物が充填している場合、それぞれの鉱物ごとに割れ目数を計算するものとする。従って全割れ目数は各鉱物ごとの割れ目数の合計と比較して少なくなる。
- g. ディスキングは人工割れ目として扱う。

1.6.3 岩石鉱物試験の方法

試料採取および分析方法は以下の通りである。

(1) 岩芯の採取

室内試験用試料の採取位置は、岩芯鑑定結果から変質の影響が少ない部分および特徴的な変質を示す部分を中心に、孔内検層で異常の認められる深度を参考にして決定する。化学分析、顕微鏡観察およびX線回折分析用共通試料を12個採取する。X線回折分析のみの試料は、鍵となる変質鉱物の分布する部分を中心に13個所採取した。試料採取位置を表1.6.2に示す。

採取した試料は薄片用試料を分けたのち、約200gを粉碎縮分して、全岩化学分析とX線回折法による変質鉱物の分析に用いる。

(2) 岩石試験方法

顕微鏡観察は、共通試料のほか、肉眼観察結果から特徴的な変質の認められる部分につき7個の試料を補足・追加する。このうち未変質の花崗岩3試料については、カリ長石の染色薄片を作成しモード分析に供する。

モード分析は $0.1\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ のピッチで、総カウント数が3000カウントに達するまで計数を行う。

X線回折分析は、全岩粉末試料および水ひにより分離した $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下の粒子の定方位試料（無処理、エチレングリコール処理、HCl処理）について行った。測定条件は、下田（1985）に準拠して以下のように設定する。

装 置	理 学 電 機 R D A III A
X 線 管 球	全 岩 試 料
(モノクロマータ使用)	C u
管 電 圧	40KV
管 電 流	30mA
カ ウ ン タ 一	S. C.
時 定 数	1sec
ス キ ャ ン ス ピ ー ド	2° /min
チャ ー ト ス ピ ー ド	2cm /min
ス リ ッ ツ D. S.	1°
R. S.	0.15mm
S. S.	1°
ス キ ャ ン 角 度	70° ~ 2°
	40° ~ 2°

X線分析結果はデジタイザーでピーク位置、ピーク強度を読みとり、標準試料（石英）の石英強度を用いて石英指数（林、1979）を算出した。石英指数は試料中のある鉱物の特定のピークのX線強度 I_m (c p s) を同じ条件下で測定した純粋な石英の最強X線強度 I_q (c p s) の百分率で表したもので、その鉱物の相対的な量比を示すことができる。算出に用いたピークは表1.6.3に示す。

但し1000cpsを越えるピークは読み取りできないために5+と表示する。

全岩化学分析は、 SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 , $\text{H}_2\text{O}+$, $\text{H}_2\text{O}-$ の全13成分につき、全て湿式法で行う。

以上の分析は日鉄鉱業（株）三鷹研究開発センターで行う。

表 1.6.2 岩石鉱物試験サンプル採取位置一覧表

化 学 分 析	顕 微 鏡	X 線
C - 1, 23.10 m	M - 1, 23.10 m	X - 1, 6.90 m X - 2, 13.85
C - 2, 69.90	M - 2, 69.90	X - 3, 23.10 X - 4, 25.20
C - 3, 75.50	M - 3, 75.50	X - 5, 54.60
C - 4, 105.20	M - 4, 105.20	X - 6, 69.90 X - 7, 75.50
		X - 8, 105.20 X - 9, 117.40
C - 5, 162.80	M - 5, 136.90 M - 6, 162.80	X - 10, 136.90 X - 11, 162.80
		X - 12, 179.00
C - 6, 189.60	M - 7, 182.70 M - 8, 189.60	X - 13, 182.70 X - 14, 189.60
		X - 15, 210.60
C - 7, 251.20	M - 9, 227.10 M - 10, 251.20	X - 16, 227.10 X - 17, 251.20
		X - 18, 265.00
C - 8, 292.70	M - 11, 292.70	X - 19, 292.70 X - 20, 312.50
		X - 21, 343.45
C - 9, 353.10	M - 12, 353.10	X - 22, 353.10
C - 10, 375.60	M - 13, 375.60 M - 14, 390.50	X - 23, 375.60 X - 24, 390.50
C - 11, 412.80	M - 15, 412.80 M - 16, 437.90	X - 25, 412.80 X - 26, 437.90
		X - 27, 443.50
C - 12, 455.30	M - 17, 455.30	X - 28, 455.30
C - 13, 474.80	M - 18, 474.80 M - 19, 498.70	X - 29, 474.80 X - 30, 498.70

表 1.6.3 石英指数算出に使用したピーク

鉱物名	h k l	d Å
モンモリロナイト	001	5.6±
緑泥石／モンモリロナイト混合層鉱物	002	5.8±
緑泥石	001	6.2±
絹雲母	002	10.0±
束沸石	001	9.0±
濁沸石	110	9.6±
緑レン石	213	2.4±
ブドウ石	115	2.55 ±
方解石	104	3.04 ±
石英	101	3.34 ±
斜長石	002	3.20 ±
普通角閃石	110	8.5±
黒雲母	001	10.0±

1.6.4 岩石物性試験の方法および条件

(1) 比重、有効間隙率

(i) 使用測定器

直示上皿天秤 LU-T 600型（島津製作所製、感度 0.2g）

(ii) 測定条件 (JIS A5003)

重量を、自然状態、強制乾燥状態、強制湿潤状態について計測する。各々の条件は次のとおりである。

a. 自然状態 採取した供試体を室内において常温で6日間空気中に放置した状態

b. 強制湿潤状態 供試体を常圧下で48時間以上浸水させた後、表面の付着水を抜きとった状態。すなわち表面乾燥飽和状態

c. 強制乾燥状態 供試体を、105 ° ~ 110 °Cに保った送風乾燥器中で恒量となるまで乾燥した後デシケータ中で常温まで冷却させた状態

各物性値は、次式から算出した。

$$\text{自然状態の見掛け比重} = \frac{W_1}{W_2 - W_3}$$

$$\text{強制湿潤状態の見掛け比重} = \frac{W_4}{W_2 - W_3}$$

$$\text{強制乾燥状態の見掛け比重} = \frac{W_4}{W_2 - W_3}$$

$$\text{含水比} = \frac{W_2 - W_4}{W_2 - W_3} \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{吸水率} = \frac{W_3 - W_4}{W_4} \times 100 \quad (\%)$$

$$\text{有効間隙率} = \frac{W_3 - W_4}{W_2 - W_3} \times 100 \quad (\%)$$

ここに、
W₁ : 自然状態の空气中重量
W₂ : 強制湿润状態の空气中重量
W₃ : 強制湿润状態の水中重量
W₄ : 強制乾燥状態の空气中重量

である。

(2) 弹性波速度

(i) 使用測定器

超音波速度測定器 N S P G - 5 3 D型 (開発電子測器研究所製)
オシロスコープ撮影装置 (菊水電子製)

(ii) 測定条件および方法

- a. 供試体は長さ約10cmとし、両端面が平行になるように切断し、ガラス板上で400～800番の研磨材を用いて平滑に仕上げる。
- b. (1) で述べた自然状態、強制湿润状態、強制乾燥状態について測定する。
- c. 2現像シンクロスコープにより、波形および時間目盛信号等を同時に 출력させ、伝播時間を読み取り、供試体長さを除して伝播速度を算出する。

(3) 热伝導率

(i) 使用測定器

Q T M - D₂ 迅速熱伝導率計 (昭和電工製)

(ii) 測定条件および方法

- a. 供試体は長さ約10cmの岩芯を縦半割にし、その面を、ガラス板上で400番～800番の研磨材を用いて平滑に仕上げる。
- b. (1) で述べた自然状態、強制湿润状態、強制乾燥状態について測定する。
- c. Box Probe 法 (熱線法) を用い、各供試体について異なる3点で測定し、その平均値を採用する。

(4) 帯磁率

(i) 使用測定器

3 1 0 1型帯磁率計 (バイソン社製)

3101-5型 コア・サンプル・コイル (バイソン社製)

(ii) 測定条件および方法

- a. (1) で述べた自然状態で測定する。
- b. 供試体を、3110-5型コア・サンプル・コイルの中心に置いて測定し、得られた測定値を供試体直径について次式で補正する。

$$K = f \times \left(\frac{25.4}{d} \right)^2 \times R$$

ここに、
K : 容積帶磁率 (e.m.u./cm³)

f : コイル定数 (1.2)

d : 供試体直径 (mm)

R : 測定値

である。

(5) 一軸圧縮試験

(i) 使用機器

100トン容量、アムスラー型万能試験器 (東京衡機製造所製)

50トン・ロードセル LU-50TSB43 (共和電業製)

ストレイン・アンプ DPM-1N および DPN-110A (共和電業製)

X-Yレコーダー D-72BP (理研電子製)

クロス型抵抗線ひずみゲージ (ゲージ長10mm) (共和電業製)

(ii) 試験条件および方法

供試体は、平面研削盤を用いて両端面の平行度を±0.02mmとし、直径と高さの比がほぼ1:2 (直径45mm、高さ90mm) になるように整形する。100トン容量アムスラー型万能試験機で、荷重速度を5.0t/minの一定にして載荷する。供試体側面の中央部にクロス型抵抗線ひずみゲージを向かい合わせの位置に貼付し、両者の平均をとるようにする。荷重は、50トンロードセルからストレイン・アンプを介して、また、ひずみもストレイン・アンプを介して、X-Yレコーダーに記録させる。

(6) ショア硬度試験

(i) 使用機器

ショア硬度計 (東京衡機製造所製)

(ii) 試験条件および方法

供試体は、両端面を、ターン・テーブル上で 400番の研磨材を用いて研磨し、その平行度が±0.1mm、直徑と厚さの比がほぼ 2 : 1 となるように整形する。各共試体の両面で、各々 20回の試験を行い、両面の平均値を採用する。

(7) 圧裂引張試験

(i) 使用機器

20トン容量 アムスラー型万能試験機 (東京衡機製造所製)

(ii) 試験条件および方法

供試体は、ショア硬度試験と兼用する。20トン容量アムスラー型万能試験機で、荷重速度をほぼ一定にして載荷し、破壊荷重を、試験機の目盛盤から読み取る。

(8) 透水係数

(i) 透水試験の原理

透水性の低い岩石の透水試験では、定水位法よりも変水位法の一種であるトランジエント法が有利なので、今回の試験ではトランジエント法を用いる。その原理を以下に示す。

トランジエント法は、図1.6.4 に示すように、供試体両端に体積 V_1, V_2 が既知である圧力容器を設置し、初期状態で各容器内の圧力 P_1, P_2 および供試体の間隙水圧 P_g を等しく設定する。時間 $t = 0$ において圧力パルス ΔP を V_1 に与えると、時間の経過とともに供試体内の動水勾配が変化し圧力伝播が生じる。最終的に P_1 と P_2 がともに圧力 P_1 に収束し、この間の圧力と時間の関係から、透水係数を求めるものである。

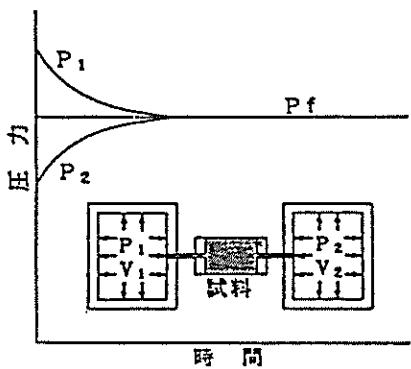


図1.6.4 トランジエント法の概念図

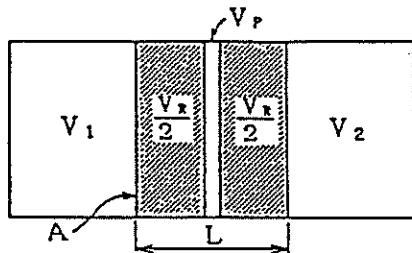


図1.6.5 Brace らの岩石モデル

透水係数の算定には、図1.6.5に示すような、岩石供試体中央に間隙が集中し、かつ間隙率が充分小さい ($V_p \ll V_1, V_2, V_r$) 岩石モデルを考え、ダルシー則に従うとして導かれた1)および2)式を用いる。

$$P_1 - P_f = \Delta P \frac{V_2}{V_1 + V_2} \exp(-\alpha t) \quad \dots \dots \dots \quad 1)$$

$$\alpha = \frac{KA}{\mu \beta L} \frac{V_1 + V_2}{V_1 \cdot V_2} \quad \dots \dots \dots \quad 2)$$

P_1, V_1 : 圧力パルスを与える貯溜槽の圧力 (kgf/cm^2), 体積 (cc)

P_2, V_2 : 圧力パルスを与えない貯溜槽の圧力 (kgf/cm^2), 体積 (cc)

P_f : 圧力の収束値 (kgf/cm^2) ΔP : 圧力パルス (kgf/cm^2)

t : 時間 (sec) K : 透水係数 (Darcy)

μ : 水の粘性係数 (cP) β : 水の圧縮率 (cm^2/kgf)

A : 供試体の断面積 (cm^2) L : 供試体の長さ (cm)

$P_1 - P_f$ は、時間経過とともに指数関数的に減少する。これより $\log(P_1 - P_f)$ と時間 t の関係から傾き α が得られ、透水係数を求めることができる。

今回の試験で用いた貯溜槽の体積、圧力パルス、水の粘性数および圧縮率は、次のとおりである。なお粘性数、圧縮率はいずれも25°Cでの値である。

$$\begin{array}{ll}
 V_1 & : 1000(\text{cc}) \\
 \Delta P & : 5(\text{kgf/cm}^2) \\
 \mu & : 0.905(\text{cP})
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{ll}
 V_2 & : 1000(\text{cc}) \\
 \beta & : 4.12 \times 10^{-5} (\text{cm}^2/\text{kgf})
 \end{array}$$

(ii) 試験方法

透水試験に用いた試験装置の配管系統図を図1.6.6 に示す。

この試験装置は、載荷装置・三軸室・液圧発生装置（3台）・貯溜槽などから構成されており、載荷装置および各液圧装置は独立にコンピュータ制御を行うことができる。3台の液圧発生装置の内1台は拘束圧を、残りの2台はそれぞれ供試体両端の間隙水圧を制御する。

供試体は端面を切断後平面研削盤にて直径約45mm、長さ約90mmに成形する。

その後、3日間以上減圧浸水によって含水飽和させたものを試験に用いる。メンブレンで覆った供試体を三軸室に設置した後、表1.6.4 に示したような、供試体の採取深度に対応した拘束圧、間隙水圧を与え、供試体内の圧力が一定になるのを待つために6時間以上放置する。使用した水はいずれもイオン交換水である。圧力差 ΔP (5 kgf/cm^2) を作用させ、差圧計により $P_1 - P_2$ の経時変化を測定する。使用した差圧系の測定精度は、 $\pm 0.25\text{ kgf/cm}^2$ である。今回の試験では、使用した2つの貯溜槽の体積が同じであり $P_1 - P_1 = P_1 - P_2$ となることから、差圧計の出力 $P_1 - P_2$ の $1/2$ を $P_1 - P_1$ として用いる。

測定は、透水係数が小さいため、原則として30時間以上とする。30時間測定を行った場合の測定可能な透水係数の下限値は、 $5.6 \times 10^{-12} (\text{cm/sec})$ となる。なお透水係数が大きく、圧力の収束が早い場合は、短時間で測定を終了する。

試験は以下の圧力条件下で実施した。

a. 賦存深度相当の圧力条件における試験

表1.6.4 に示すように、供試体の賦存深度（採取深度）に相当する拘束圧、間隙水圧を与え、供試体の地山条件下における透水性を推定する。ここでは、孔口の地表からの深度が300mで、岩盤の平均的な単位体積重量が 2.5 g/cm^3 、地下水水面が地表面と一致するものと仮定し、かぶり圧に等しい拘束圧と、静水圧的に作用する地下水の間隙水圧を設定する。

b. 有効応力を変化させた試験

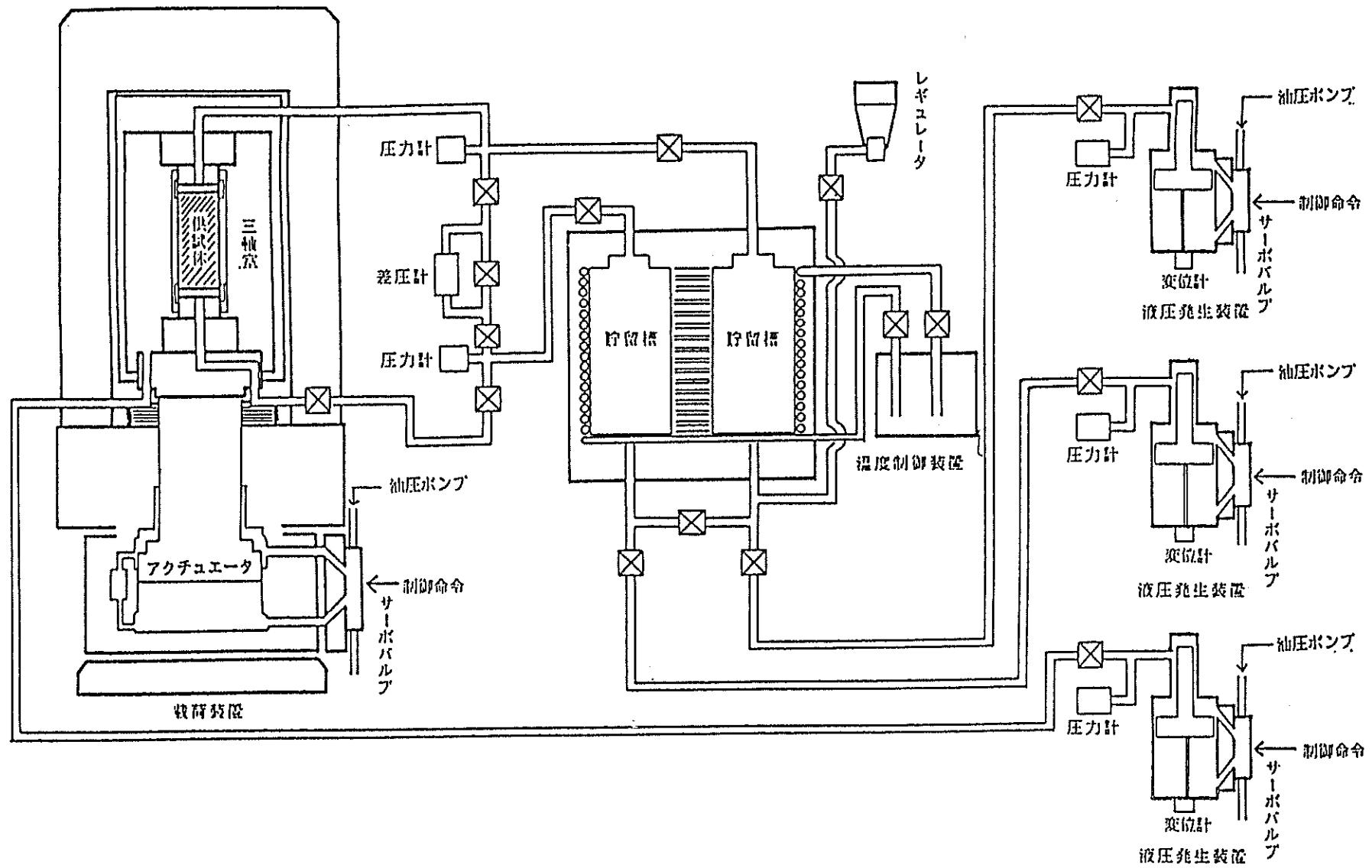


図 1.6.6 透水試験装置の配管系統図

有効応力（＝拘束圧－間隙水圧）が岩石の透水性に与える影響を調べるためには、同一供試体に表1.6.5に示すように異なる3組の圧力条件を設定する。なお、ここで用いた供試体はa. の試験に用いたものとは異なる供試体である。

表1.6.4 透水試験の試験条件（賦存深度相当の圧力条件）

供試体番号	試料採取深度(m) (ボアホール口元からの深度)	かぶり厚(m) (仮定した地表からの深度)	拘束圧(kgf/cm ²)	間隙水圧(kgf/cm ²)
13	72.5	370	93	37
23	105.7	400	100	40
29	139.8	440	110	44
36	201.4	500	125	50
42	249.0	550	138	55
49	294.5	600	150	60
56	355.0	650	163	65
62	400.3	700	175	70
69	446.4	750	188	75
71	497.1	800	200	80

表1.6.5 有効応力をえた試験の圧力条件

試料採取深度(m) (ボアホール口元からの深度)	圧力条件に相当する かぶり厚(m)	拘束圧(kgf/cm ²)	間隙水圧(kgf/cm ²)
497.3	330	83	33
	550	138	55
	700	175	70
139.5	100	25	10
	650	163	65
	800	200	80

1.6.5 孔内検層

(1) 電気検層

電気検層の目的は地層の電気的性質を測定し、割れ目の分布、岩相の識別及び地層の対比を行うことである。

本検層では比抵抗2成分と自然電位1成分を同時に測定する。比抵抗の測定では電極配列に図1.6.7のような2極法を用い、電流Iと測定電圧Vから次式により見掛け比抵抗Raを求める。

$$R_a = \frac{V}{4\pi \overline{AM}} \cdot \frac{1}{I} \quad [\Omega \cdot m]$$

V : MN間の電位差 [V]

I : A B間に流れる電流 [I]

$4\pi \overline{AM}$: 電極定数 [m]

電極間隔AMは異なる間隔のものを使用することにより、異なる探査深度の地層の比抵抗を得ることができる。測定の基準点はAMの中点とする。

電極間隔はAM₁ = 25cm, AM₂ = 100cm, とする。

自然電位は図の電極M₂を移動電極、N極を固定電極としてM₂, N間に発生する電位を測定する。実際には比抵抗測定用として非常に低い周波数の矩型波交流が使用されており、自然電位は直流であるので、これをフィルターで分離することによって同時測定記録する。

データは3ペン・ペンレコーダに1/100の縮尺で記録した。電極の移動は10m/minとし、巻上げ時の記録をデータとして採用する。

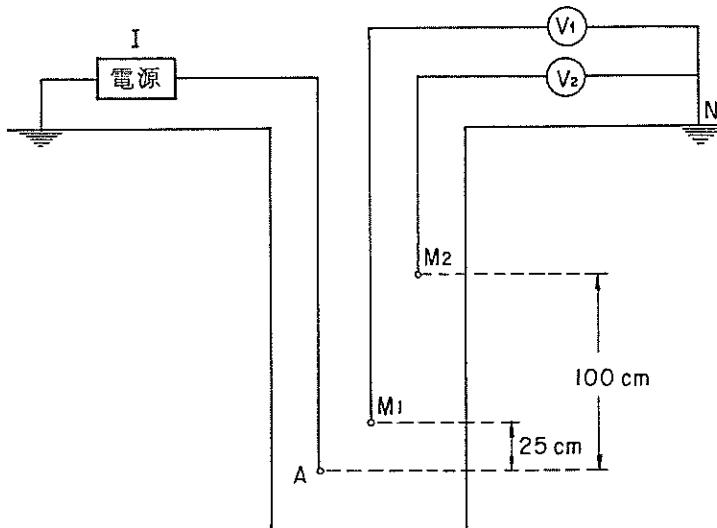


図 1.6.7 電気検層電極配置図

(2) 孔径検層

孔径検層は、孔径の変化を深度に対し連続記録するものである。

測定電極内に小型モータを装備し、地上のコントロール装置から、このモータで3本のキャリパーアームを開閉できるシステムとなっている。キャリパーアームは閉じた状態で孔内に降下し、孔底で開いた後、測定電極を巻上げながら連続的に測定する。孔径の変化はアームの動きに対応して電気信号に変換されて記録される。

このタイプの孔径検層では平均的な孔径の連続記録となる。

データは、ペンレコーダに1/100の縮尺で記録し、検層具の移動は5m/minとする。

(3) 音波検層

音波検層は測定検層具内に超音波振動子を一定の距離で発信器及び受信器として装備し、発信器から地層の音波を発振して地層を走行して受信器に到達する音波の到着時間(ΔT)を深度に対応させて連続記録し、この時間から地層の弾性波速度を求めるものである。

更に受信した音波の全走行波形(ウェーブトレイン)やこの波形の振幅の変化(インテンシティー記録)を記録する。

ΔT は地層の一定距離(3フィート)を走行する音波の走行時間を深度に対して連続的に測定記録する。データはペンレコーダに1/100の縮尺で記録する。

ウェーブトレインは受信した音波の波形をカメラにより撮影するもので、20m毎に撮影する。

インテンシティー記録は、受信した波形を振幅の大きさに対応して光の濃淡表示で表わすものである。受信波形は時間経過で振幅が変化する交流電圧で、各時間毎の振幅の強弱を光の明暗に交換するため、オシロスコープのCRTの電子ビームを輝度変調し、変調した光をCRTの水平軸に投影すると振幅の大きさに対応した光の濃淡が現われる。これを、検層具の移動速度と同期させ連続撮影装置でフィルム撮影したものがインテンシティー記録である。縮尺は1/100とする。

検層具の移動は 5m/min とし、降下時にウェーブトラインを、巻上げ時にインテンシティ記録、及び ΔT を測定する。

また音波検層による間隙率の算出は以下の通りである。

岩石の弾性波速度と間隙率の関係を表す式に Wyllie により実験的に導かれた時間平衡式がある (Wyllie et al., 1956)。

$$1/V = \phi/V_f + (1 - \phi)V_m \quad \dots \quad 1)$$

V : 岩石の P 波速度
 V_f : 間隙内流体の P 波速度
 V_m : 岩石構成物質の P 波速度
 ϕ : 間隙率

1) 式より間隙率 ϕ を求めると次式になる。

$$\phi = \frac{1/V - 1/V_m}{1/V_f - 1/V_m} \quad \dots \quad 2)$$

従って、音波検層の結果から 2) 式を用いて間隙率を算出することができる。

ここで $V_f = 1.5 \text{ km/sec}$ (水の P 波速度)、 $V_m = 5.9 \text{ km/sec}$ (検層による P 波速度最大値) とする。

上記の式は粒間状間隙に対する式であり、割れ目に対してはその形状によりかなり左右されると思われる。

(4) 自然放射能検層

自然放射能検層は地層中に含まれている放射性物質から自然に放射されている自然のガンマ線を深度に対して連続的に測定記録するものである。岩石は普通、微量の放射性物質を含んでおり、岩石の種類によって含有量が異なっているので、これらの放射性物質からのガンマ線の変化を見ることができる。

データはペンレコーダに 1/100 の縮尺で記録し、検層具の移動速度は 5m/min とする。

(5) 測定に使用した物理検層機器を表1.6.6 に示す。

表 1.6.6 物理検層使用機器一覧表

種 目	機 器	種 別	製 造 元	仕 様	数 量
全種目共通	巻き揚げ装置	800m級 電動ワインチ	開発工業	電動ワインチ	1
	ケーブル	4芯ステンレス-マードケーブル	USスチール	外径 4.7mm, 800m 使用温度 150°C以下	1
	記 録 計	RV型多ペンレコーダー	理化電機	素子：5ペン 紙送り：エコーグ-連動	1
電気検層	電気検層機	ELM 203 SCM 304	G S C G S C	出力電圧 150Vmax 出力電流 0 ~50mA 周波数 20 ~300Hz 出力波形, 矩形波	1 1
	ゾンデ	電極間隔 0.25m, 1.0m	日本バルカ-	外径 50mm, 全長 1.5m 電極ステンレス	1
孔径検層	孔径検層機	RMM-204 LPM-202	G S C G S C	レートメータ	1 1
	ゾンデ	孔 径	ギアハート インダク トリ-ト	電動開閉式3アーム型 外径40.0mm, 全長 2.5m	1
ガンマ線 検 層	ガンマ線 検層機	RMM-204 LPM-202	G S C G S C	レートメータ ライナ-パ-・コントロ-ル	1 1
	ゾンデ	ガンマ線	ギアハート インダク トリ-ト	外径43.0m, 全長 1.5m	1
音波検層	音波検層機 オシロスコ-プ 連続撮影装置	LPM-202 SBM-303 PSP-303 R M-504 P C-2B	G S C G S C G S C テクトロニクス 日本工電	300VDC. 電源装置 150mA.	1 1 1 1 1
	ゾンデ	発受信子間隔 3 feet	G S C	型式：シグナルソ-バ- パルス発信周期 25kHz 外径43.0m, 全長 3.0m	1

(6) ボアホールスキャナーによる孔内検査

ボアホールスキャナーシステムはスキャナー部、コントロールユニット部の2部より構成されており、スキャナー部を試錐孔内に降下させ試錐孔内 360° 全周の連続展開画像を得るものである。

スキャナー部の模式断面図を図 1.6.8 に示す。

スキャナーが試錐孔内を降下する時に反射鏡が高速回転することにより、試錐孔内 360° 全周の反射光を集め。得られたデータは地上のコントロールユニットに送られ、映像化され、モニターテレビで観測される。映像化されたデータ

は更にビデオテープに記録される。

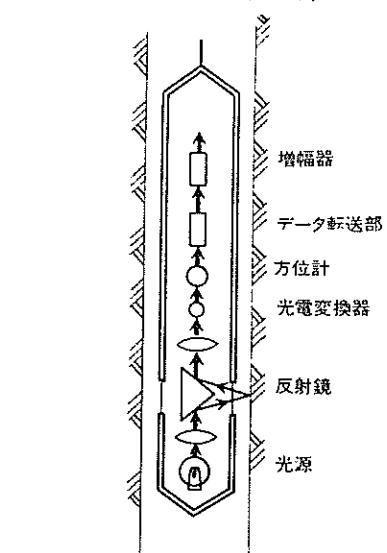


図 1.6.8 スキャナー部断面図

観測速度は最大 60cm/分 (36m/時) である。表 1.6.7 にボアホールスキャナーの性能を示す。

表 1.6.7 ボアホールスキャナーの性能

項目	性能
撮影方法	360° の連続回転撮影
撮影画像	カラー連続展開画像
観測速度	36m/時
解析作業効率	10m~50m/日
記録方法	VTR・デジタル記録
解像度	0.1mm
観測可能深度	200 m
適用試錐孔径	φ66mm~φ86mm

KH-1 孔の観測は 0m~200.58m 間について実施されたが、解析はそのうちの 19.30m~35.00m 間、69.60m~83.60m 間及び 130.40m ~ 200.58m 間の合計 99.88m について行なわれている。

1.6.6 J F T 試験方法

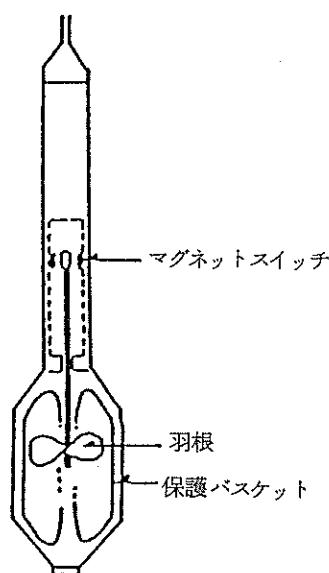
(1) J F T 測定区間設定のための試験方法

J F T 法による透水試験の測定区間を決定するため、これまで同孔において行われた各種検層、岩芯観察の他に、微流速測定、温度・示差温度検層、フルウェーブ音波検層を実施した。

測定系の概念図を図1.6.10に、使用機器一覧を表1.6.8 に示す。測定の方法は、基本的にはセンサを内蔵するゾンデを孔内に入れ、ゾンデを降下あるいは上昇させながら、連続的に測定する。測定値は、記録紙上に一定の深度縮尺(1:500とした)にてプロットされる。以下、各項目ごとに詳細を述べる。

(i) 微流速測定

微流速測定のゾンデは図1.6.9 に示すような構造をしており、羽根の回転によって流速を検出する。羽根の軸にはマグネットが具備されており、軸が回転すると周囲4ヶ所にあるマグネットスイッチが作動して電圧パルスが発生する。したがって直接の計測値は単位時間当たりのパルス数(C P S)になるが、流速とは直線関係にあり容易に流速を求める事ができる。また、測定ゾンデを昇降しながら行うため、得られる結果はゾンデの昇降速度が加わったものになっている。そこでゾンデ昇降速度を一定に保ち往復測定を行い、次の簡単な式により孔内水の流速を求める。



V_d : ゾンデ降下時に得られる測定値

V_u : ゾンデ上昇時に得られる測定値

V_c : ケーブルの昇降速度

V : 孔内水の流速

$$V_d = V_c + V$$

$$V_u = V_c - V$$

$$V = (V_d - V_u) / 2$$

図 1.6.9 微流速計のゾンデ部概念図

測定時、孔口から約 $5\text{ l}/\text{min}$ の湧水がみられ、その状態（自然状態）で測定したが、深部の方では流速がみられなかった。そこで、水の孔内上昇流を強制的に発生させるため、ポンプにて孔内水位を4m下げた状態（揚水状態）での観測も行った。

(ii) 温度検層

温度はゾンデ内のサーミスタセンサにより、電気抵抗の変化としてとらえられ測定器内部で温度に変換され出力される。また、はなれた2つの深度（3フィート長）での温度差を測定する示差温度測定も同時に行つた。示差温度は相対的スケールで出力されるが、湧水個所など温度の急激な変化をとらえる場合に有効である。

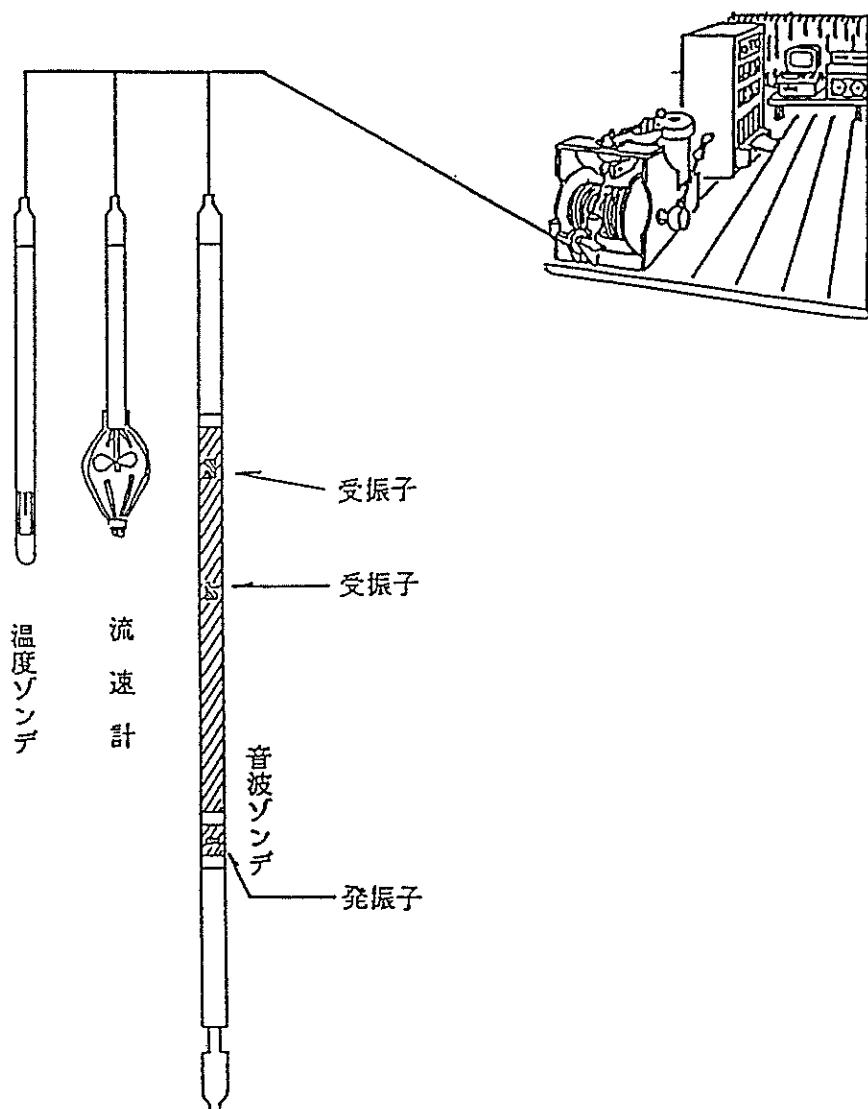


図 1.6.10 J F T 試験区間決定のための測定系統概念図

表 1.6.8 J F T試験区間決定のための孔内検層機器一覧

MLS検層システム (電源 220v, 5kw)

名 称	仕 様	数 量	製 作
地 上 測 定 器	電源回路, 4ペンレコーダー, 各種測定モジュール, ウィンチコントロール	1 台	MLS
ウ イ ン チ	2馬力 (1.5kw), 引張力 1134kg, 自重 163kg	1 台	"
ケ ー ブ ル	4芯アーマード, 長1800m, 径4.26mm 破断荷重 1364kg, 耐温 150°C, 90kg/1000 m	1 式	"
発 电 機	単相 120v, 240v, 5kw	1 台	ONAN
デジタル収録装置	A/D変換, サンプリング周波数最大 128kHz 磁気テープ, 密度1,600bpi, テープ長1200feet	1 式	ティック

ゾ ン デ	検 層 項 目	ゾンデ径	ゾンデ長	耐 温	耐 壓	その他の仕様	数 量	MLS
	温 度	36.5	94	200	1020		2 本	
	音 波	54	488	125	544		1 本	
	流 速 計	36.5	69	175	680		1 本	

(2) J F T 試験方法

(i) 測定方法

この試験法は一般に J F T (Johnson's Formation Test) あるいは湧水圧試験と称され、ボーリング孔において対象とする深度にパッカーおよびトリップバルブを設置し、試験区間の水圧が平衡になるのを待って、トリップバルブを開いて、試験区間から湧水してくる水の上昇速度を測定することにより、透水係数を求めるものである。

試験装置の概要を図1.6.11に、また使用した機器類の一覧表を表1.6.9に示す。

試験は、ダブルパッカーを試験区間の上下にセットし、試験区間以外を遮水し、試験区間からの湧水量を経過時間とともに測定する。

試験深度は、前章で述べたとおり、コア観察、ボアホールスキャナー、各種物理検層および微流速測定等の結果を検討し、以下の10区間が決定された。なお、試験区間長は10mである。

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| ① 19.0m～29.0m | ② 69.5m～79.5m | ③ 130.0m～140.0m |
| ④ 159.0m～169.0m | ⑤ 175.5m～185.5m | ⑥ 188.5m～198.5m |
| ⑦ 288.0m～298.0m | ⑧ 342.0m～352.0m | ⑨ 369.0m～379.0m |
| ⑩ 475.0m～485.0m | | |

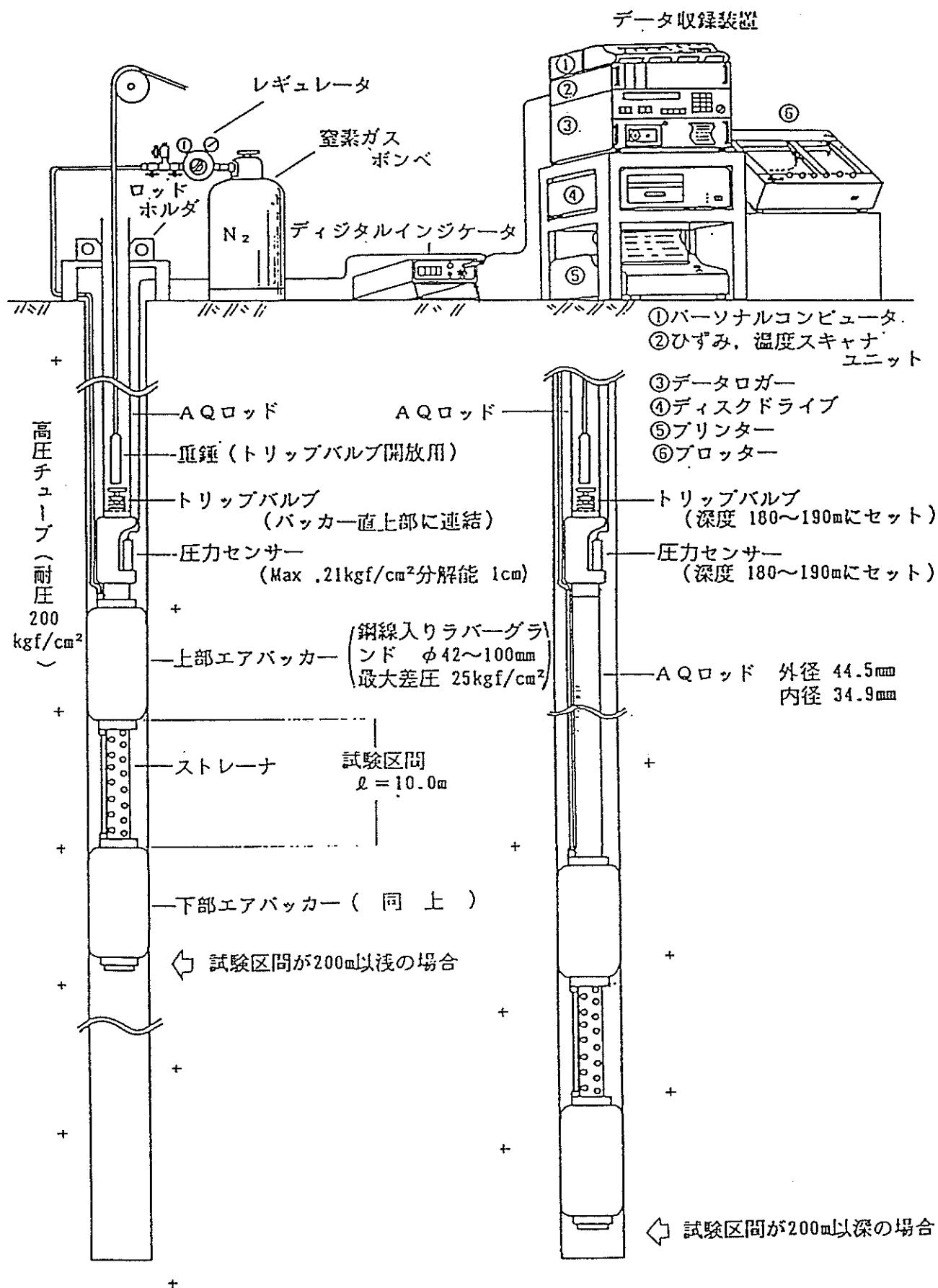


図 1.6.11 J F T 試験装置概要図

合計10回の各試験の途中で水質試験用のサンプル採取を行う。これらの1サイクルにおける作業の流れの概略を図1.6.12に示す。また、作業手順は表1.6.10のとおりである。

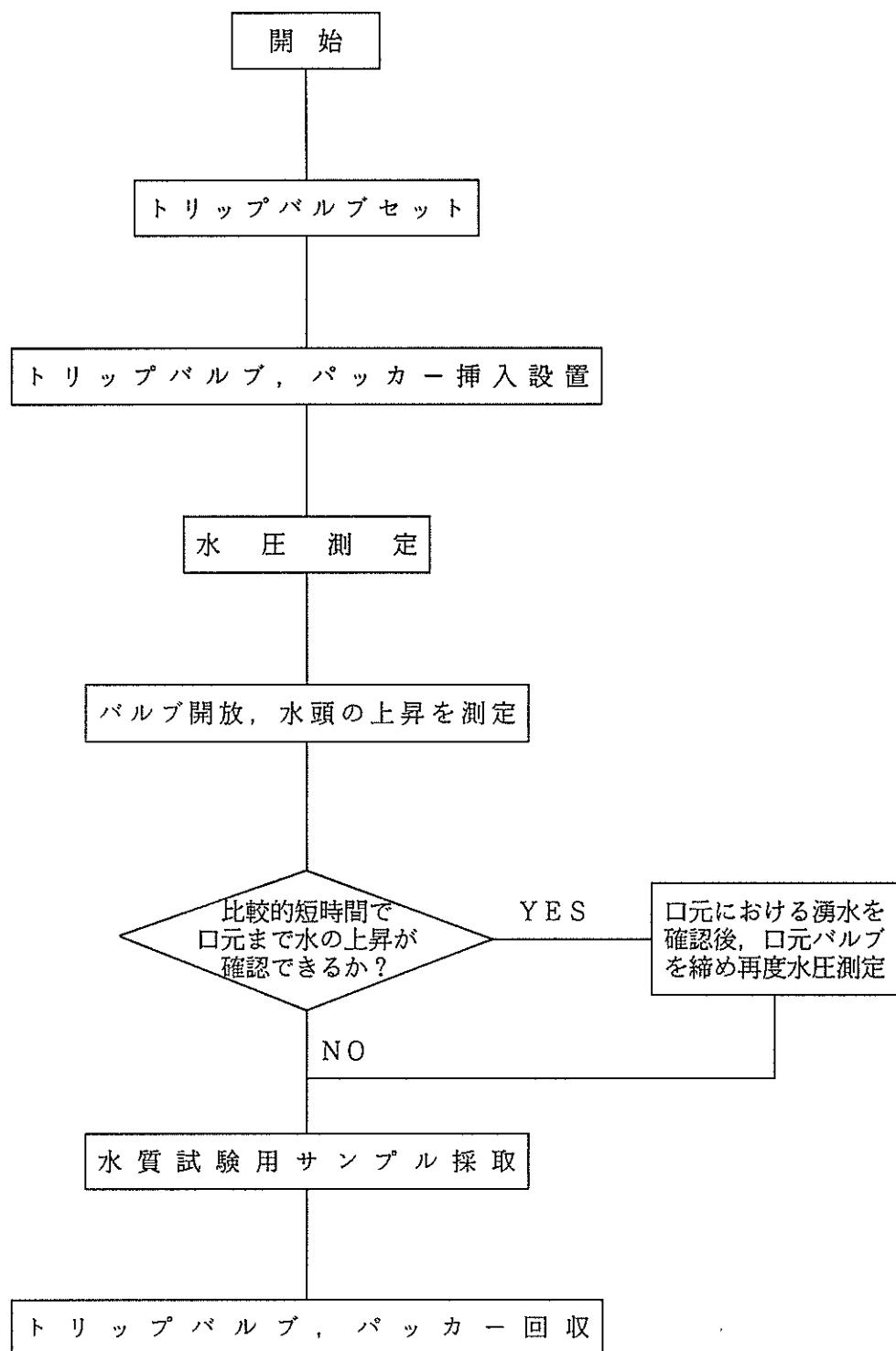


図 1.6.12 JFT試験の作業フローチャート

表 1.6.9 J F T 試験使用機器一覧表

名 称	仕 様	数 量	製 作 所
エアーパッカー	TT-23B, $\phi 42 \sim 100\text{mm}$ 鋼線入りラバーグランド $\ell = 650\text{mm}$, ダブルパッカー 仕様 最大差圧 25kgf/cm^2	1 式	N L C
圧力センサー	200Psi ケーブル 300m (14kgf/cm^2 最大 21kgf/cm^2)	1	応用地質
トリップバルブ	$\phi 43\text{mm} \times 300\text{mm}$, 耐圧 35kgf/cm^2	1 個	応用地質
重錘, 重錘ケーブル	電極 3 m ピッチ 20個付 $\ell = 200\text{ m}$	1 式	応用地質
デジタルインジケータ	MODEL-4919A 測定範囲 199.9 mV , 表示精度 $\pm 1\%$	1 式	応用地質
デジタルデータロガー	7V07 16 ビットCPU 測定点数 最大 1000 点 測定速度 0.1 秒/点 サーマルプリンタ, デジタル カセット MT 内蔵 ひずみ, 温度スキャナユニット	1 台	日本電気三栄
パーソナルコンピュータ	HP9825B CPU 64K バイト	1 台	ヒューレットパッカード
ディスクドライブ	9885M 460K バイト	1 台	ヒューレットパッカード
プリンター	82905A 160CPS	1 台	ヒューレットパッカード
プロッター	9872C A_3 サイズ	1 台	ヒューレットパッカード
高圧チューブ	耐圧 200kgf/cm^2	500m	応用地質
ストレーナ管 ブルドン管ゲージ バルブ 積算流量計 ベーラー レギュレータ メジャーカップ 他雑品	10kgf/cm ² $1\ell/\text{min}$ 1000 cm^3	10m 1 個 1 個 1 個 1 個 1 個 1 個 1 式	

表 1.6.10 J F T試験の作業手順

I	孔底側より、下部エアパッカー、ストレーナ、上部エアパッカー、水位計、トリップバルブ、AQロッドの順に接続し、予定深度まで挿入する。 この際に、トリップバルブは止水状態とし、各接続部は漏水のないようにシールテープでシールする。
II	窒素ガス（静水圧相当+15kgf/cm ² 程度）を高压チューブを介してエアパッカーに送り、孔壁に密着させると共に圧力センサーによる間隙水圧の測定を行う。
III	エアパッカーの膨張により、試験区間とそれ以外の部分とが遮断されると、水圧は、割れ目部分の水の出入りによって、間隙水圧に漸近していく。水圧の測定は圧力の変化がほとんどなくなり、ほぼおちついたと思われるまで続ける。
IV	重錘付きのケーブルを降ろしてトリップバルブの頭部を打撃し、バルブを開放する。
V	トリップバルブ開放の1～2秒前より水頭（水圧）と経過時間の自動記録をスタートさせ、平衡水頭または孔口付近まで水頭が回復するまで続ける。
VI	水質試験用に試験区間から湧水する水を採取する。
VII	トリップバルブならびにパッカーを回収し、次の試験の準備（トリップバルブのセット等）を行う。

なお、図1.6.11に示したように、トリップバルブ、圧力センサーの設置位置は、トリップバルブの耐圧（常用35kgf/cm²）や圧力センサーの容量と分解能、重錐ケーブルの長さ等の関係で深度190m程度までに限定した。すなわち、深度200m以浅の測定ではパッカーの直上に圧力センサーとトリップバルブをセットし、これ以深の測定においては、圧力センサーとトリップバルブは深度180m～190m付近にセットした。またパッカーと圧力センサー、トリップバルブとの間はAQロッドで接続した。この方法により、深部の測定においてはトリップバルブに加わる水圧を軽減し、孔壁の崩壊の防止を図った。

(ii) J F T 解析方法

J F T試験の記録から透水係数を求めるにはM. Juul Hvorslevの式を用いる。

・被圧透水層の場合

$$kh = \frac{d^2 l_n (2mL/D + \sqrt{1 + (2mL/D)^2})}{8L (t_{n+1} - t_n)} \cdot l_n \frac{H_n}{H_{n+1}} \quad \dots \dots \dots \quad 1)$$

$d = 3.49\text{cm}$ (測定管AQロッドの内径)

$D = 7.7\text{ cm}$ (ボーリング孔径)

$L = 1,000\text{cm}$ (試験区間)

・自由水面透水層の場合

$$kh = \frac{d^2 l_n (mL/D + \sqrt{1 + (2mL/D)^2})}{8L (t_{n+1} - t_n)} \cdot l_n \frac{H_n}{H_{n+1}}$$

今回の場合は、被圧透水層の式を用いて透水係数を求めた。

1) 式において

d : 測定管の内径 (cm)

D : 孔径 (cm)

L : 試験区間長 (cm)

t : 経過時間 (sec)

H_n : $t = t_n$ における圧力水頭 (cm) . . . 最高静水頭 h_{max} からの

水位の深さ

m : kh/kv (通常 1 とする)

k_h : 水平方向の透水係数 (cm/sec)

k_v : 垂直方向の透水係数 (cm/sec)

実際の場合 $m=1$, $2mL/D > 4$ であるから 1) 式は

2) 式を変形すると

3) 式をセミログに表示すれば直線関係となるから、その傾きをN とすると

$$N = \frac{8Lkh}{(2.30d)^2 \log(4mL/D)} \quad \dots \quad 4)$$

4) 式より透水係数 k_h は

$$kh = \frac{(2.30d)^2 \log(4mL/D) \cdot N}{8L} = \frac{0.661d^2 \log(4mL/D) \cdot N}{L} \quad 5)$$

で得られる。

1.6.7 PNC式JFT法

(1) 試験方法

(i) 測定器概要

今回の調査で使用した低水圧制御試験機（PNC式JFT試験機）は、動力炉・核燃料開発事業団と大成基礎設計㈱が共同開発した試験機である。システム概要を図1.6.13に示す。

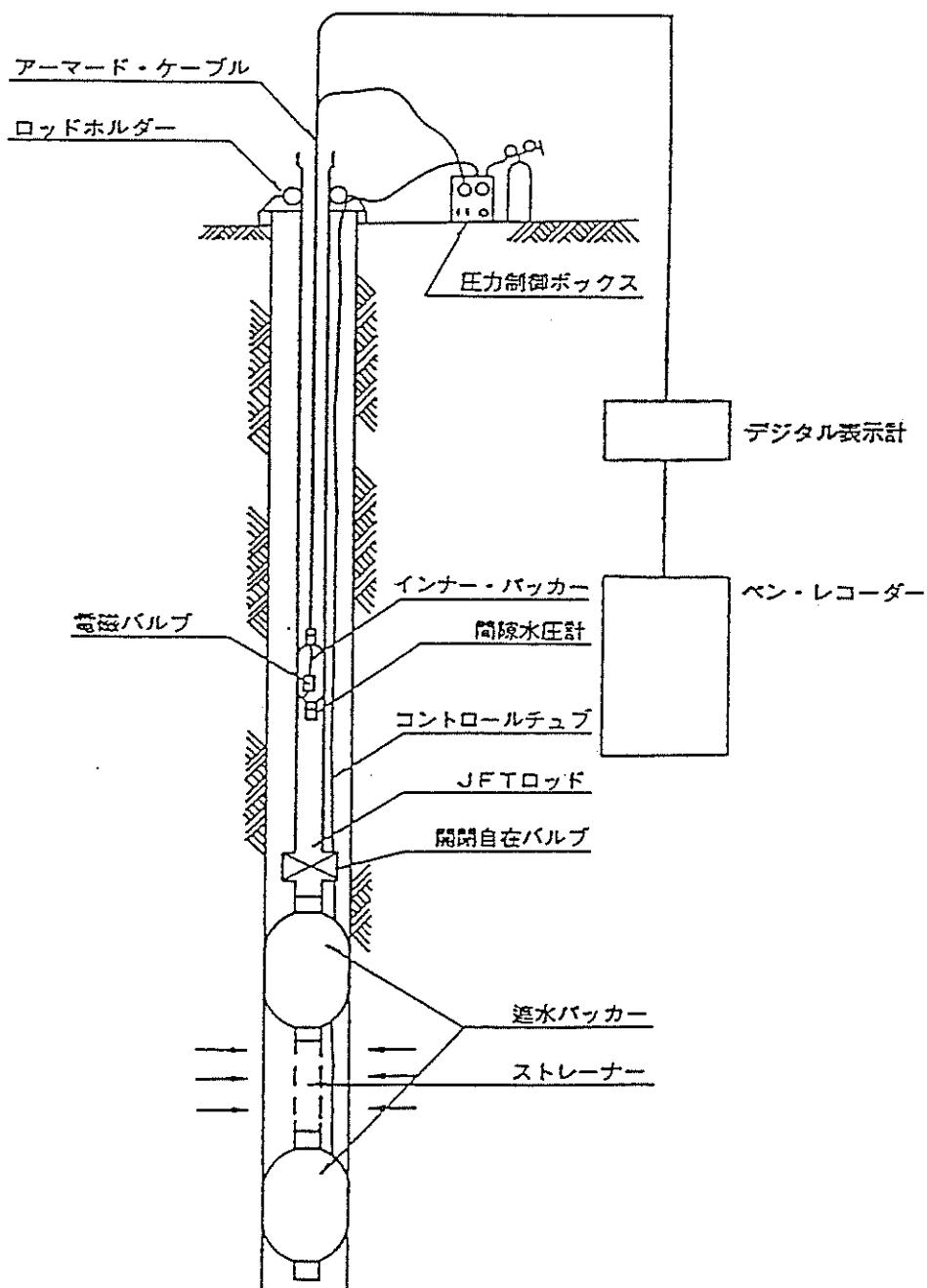


図 1.6.13 PNC式JFT試験システム概要

(ii) 測定原理

本試験機は、J F T法とパルス法の2通りの方法で試験を行うことができる。通常は前者を、透水性が極端に悪い場合（割れ目の全くない岩盤など）には後者の試験をおこなう。今回の調査では、すべての深度においてJ F T法による試験が可能だったためパルス法では試験を行う必要がなかった。よって今回の報告書ではパルス法の説明は省略する。

a. J F T法による透水試験

J F T法は一般的な岩盤における透水係数の測定法であり、図1.6.14のようにバルブ開放後のピエゾメーター管（J F Tロッドにあたる）内の水位上昇を測定し透水係数を求める方法である。水位はインナー・パッカー（パッカーは拡張されていない）の先端に取り付けられている間隙水圧計で水圧としてとらえる。

解析にはHvorslevの単孔式透水試験の解析式を用いる。

$$K = \frac{(2R_w)^2 \ln (mL/r_0)}{8L(t_2 - t_1)} \ln (H_1/H_2)$$

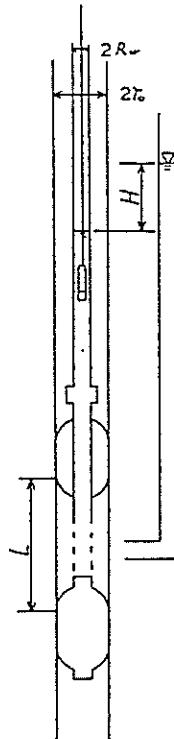


図 1.6.14 P N C式J F T法
による透水試験

K	: 透水係数 (cm/sec)
R _w	: ピエゾメーター管内半径 (cm)
r ₀	: ボーリング孔半径 (cm)
m	: 縦横方向の透水係数比 (通常はm=1)
L	: 測定区間 (cm)
t	: 経過時間 (sec)
H	: 経過時間tに対応する水位 (cm)

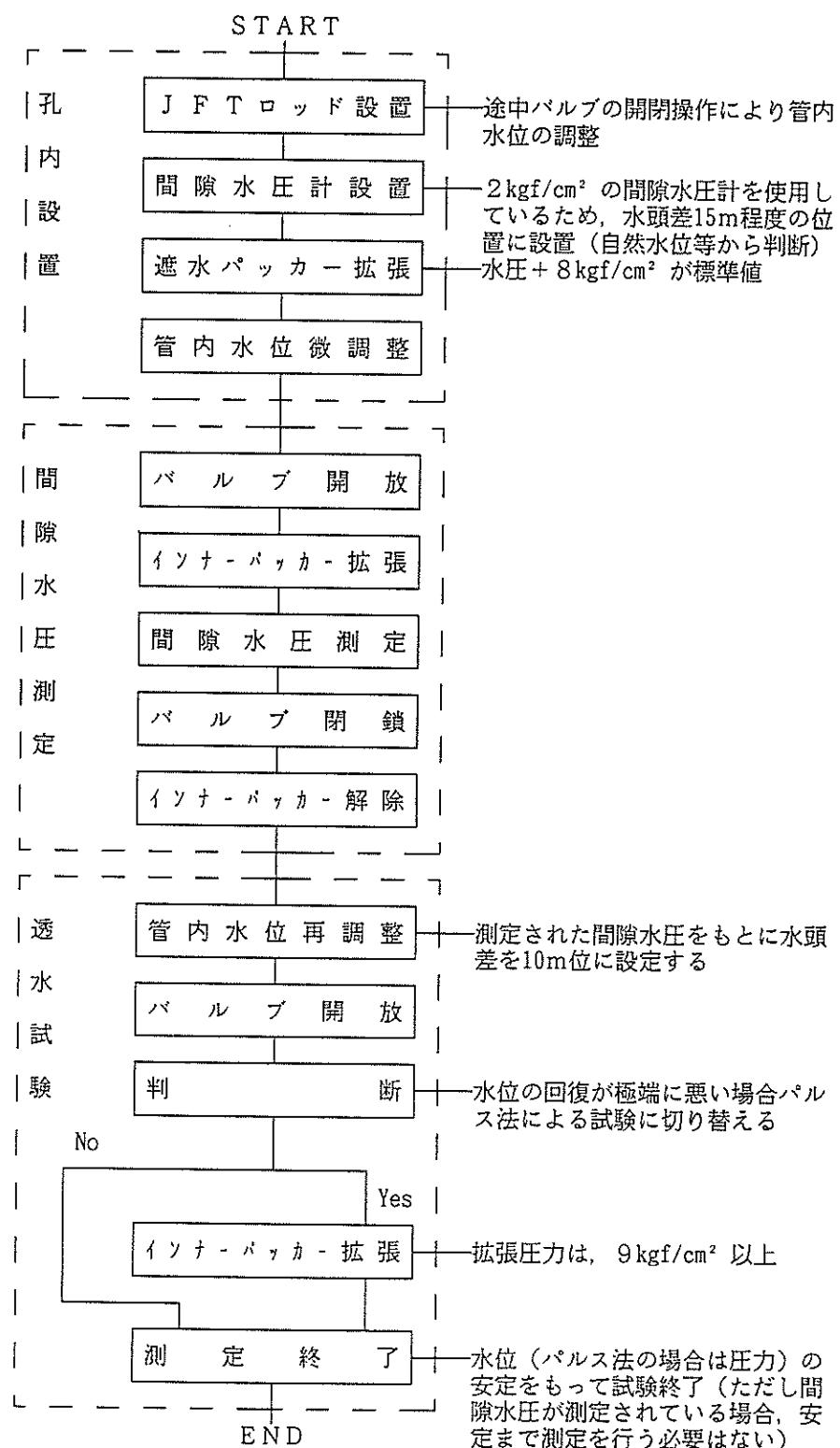
t_1 , t_2 および H_1 , H_2 は $t - \log H$ グラフから得られる直線から読み取る。 R_w は、間隙水圧計を吊っているケーブルの太さを考慮に入れため実際のロッドの内径よりも小さい。

b. 間隙水圧測定

間隙水圧は、インナー・パッカーを拡張させ閉鎖空間をつくり、先端の間隙水圧計で測定する（パッカー拡張時に上昇した内圧は電磁バルブを使って解放）。

(iii) 測定手順

本測定機を用いた測定フローを以下に示す。



測定の都合上、間隙水圧測定と透水試験の順番が逆の場合もある。

図 1.6.15 P N C式 J F T 試験作業フローチャート

1.6.8 孔内地下水の水質分析

(1) 採水深度と採水方法

水質試験用サンプルの採取は、J F T 試験の水頭上昇測定の終了後に行った。

サンプルは、孔口からの自然湧水を採取する計画であったが、今回の測定においては水頭が低いため、口元における湧水量が非常に少ないか、試験区間によっては、トリップバルブ開放後1～2日たっても水位が口元まで完全に回復しないものも認められた。そこで効率的に採水するために次の3種類の方法を適宜採用した。（図1.6.16参照）

①のケース（試験区間 19.0m～29.0m, 175.5m～185.5m）

口元からの湧水を採水する（湧水量が多い場合）。

②のケース（試験区間 69.5m～79.5m, 130.0m～140.0m, 159.0m～169.0m, 288.0m～298.0m）

口元付近まで水位上昇を確認した後、エアポンプを用いてトリップバルブ付近から水を採取する（試験区間が比較的浅く、孔口付近まで水の上昇を確認すればバルブ以浅に、入れ換った水が充分に供給されている場合）。

③のケース（試験区間342.0m～352.0m, 369.0m～379.0m, 475.0m～485.0m）

J F T 試験の水頭上昇データを孔口付近まで記録した後、ベーラーで水を汲み上げヘッド差をつけて、水の上昇と入れ換りの促進を図り、②と同様の方法で採水する（試験区間が深く、孔口からの自然湧水の採水には相当な時間がかかると予想される場合や、J F T 試験時の水頭が低く自然湧水の採水が困難と判断された場合）。

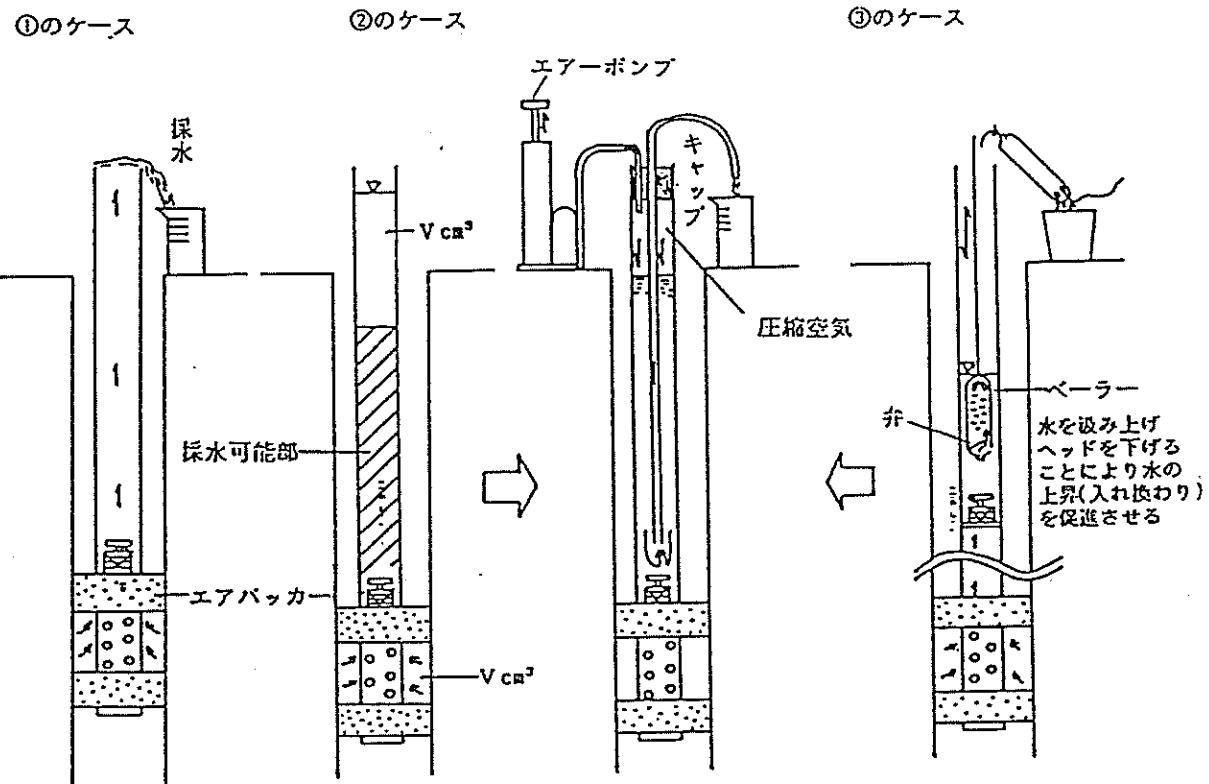


図 1.6.16 水質試験サンプルの採水方法

表1.6.11に採取対象深度の一覧を示す。なお、各深度からの採水に当たっては、10m区間の孔内水量（50ℓ）およびそれぞれの深度からJ F T用のトリップバルブまでのA Q ロッド内の水量を勘案し、それらの水量に相当する水が充分排水されたことが確認されてから後にサンプルの採取を行うようにした。採取対象となった10区間のいずれもが、すべて孔口レベルに対して正の区間水頭を持っていることから、パッカーによって区切られた区間の孔内水が排水された後には、周辺岩盤内の裏の地下水が孔内に浸入してくることになり、したがって今回採取された地下水は、基本的には各深度における真の岩盤内地下水に相当していると考えられる。

表 1.6.11 水質試験サンプル採取深度

調査内容	試験点数	試験深度(m)	水質試験サンプルNo.	
J F T 試 験	1	19.0～29.0	○	KH-1-01
	2	69.5～79.5	○	KH-1-02' *1
	3	130.0～140.0	○	KH-1-03
	4	159.0～169.0	○	KH-1-04
	5	175.5～185.5	○	KH-1-05
	6	188.5～198.5	○	KH-1-06
	7	288.0～298.0	○	KH-1-07
	8	342.0～352.0	○	KH-1-08
	9	369.0～379.0	○	KH-1-09
	10	475.0～485.0	○	KH-1-10

* 1 水質試験サンプル採取量が不足したため、サンプル採取を兼ねて再度J F T試験を実施した。データ類は、参考として巻末に示した。

(2) 分析項目と方法

採水は原則として 4.5 ℥ 採取し、現地測定用に 1 ℥、一般水質分析用に 1.5 ℥、環境同位体分析用に 2 ℥ ずつ用いた。

分析項目としては、室内分析として陸水 8 成分 (Na, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃, SiO₂) および環境同位体項目 (³H, D, ¹⁸O) を、また現地測定項目として水温, pH, RpH, ORP および電気伝導度と滴定法により HCO₃ を測定した。陸水 8 成分に関しては J I S の K101 に基づき分析を行った。また現地測定項目は、携帯用pHメータ (ORP 電極および水温センサー付き) と携帯用電気伝導度計を用いた。同位体比分析は、δ D は H₂ ガス、δ ¹⁸O は CO₂ ガスとして質量分析計 (Finnigan MAT Delta-E) を用いて行う。分析試料のガス化への前処理は下記の方法による。

(i) 热水及び凝縮水の δ D 分析

水試料は、ファインピペットを用いて 5 μℓ 採取し反応容器内（グリースレスストップコック付き石英段つき管）で約 0.1g の金属亜鉛と真空下、450 °C で反応させ H₂ ガスを発生させる。分析精度は ±1.5 ‰。

(ii) 热水及び凝縮水の δ ¹⁸O 分析

5mℓ の水試料は、30mℓ (STP) の CO₂ ガスと共にガラス容器内に封入され、25°C の恒温水槽内で 4 時間振盪させる。この結果、酸素同位体交換反応により、CO₂ ガスは、水の同位体比よりも 41.15‰ほど ¹⁸O に富む同位体比組成に固定される。この CO₂ ガスを質量分析計で測定することにより、試料水の同位体比を算出する。分析精度は ±1.5 ‰。

(iii) トリチウム分析

分析は、化学技術庁マニュアル「トリチウム分析法」(1977) に準じて、次のように実施する。試料水は通常、2000cc 使用し、浮遊物がある場合には、ろ紙でろ過した後、濃縮する。試料水は、全量を電解濃縮するため、KMnO₄ と NaOH を加え、3 回の蒸留と 2 回の電気分解を行う。試料水を約 1/700 ~ 1/1000 に濃縮後、液体シンチレーションカウンター (ALOKA LSC-671) で測定する。測定限界は 0.3TR である。

1.6.9 孔内パッカリングシステムの設置目的と装置の概要

坑内に掘削されたボーリング孔において、坑道周辺の地下水状態を長期的にモニターするために、ボーリング孔を複数区間に分離して、その各区間の地下水圧をモニターし、また必要に応じて各区間の地下水が採取出来るようなパッカリングシステムを開発した。

このシステムは、基本的には孔口において湧水が発生しているような主として坑内におけるボーリング孔（孔径76mm以上）に設置することを想定したもので、図1.6.17に示すような外径60mm、長さ1000mmの水圧膨張式ゴムパッカーを、最大で7本連結することにより、1つのボーリング孔を7つの独立した区間に分離することができるものである。

図1.6.18～1.6.20にパッカーの詳細図を、また図1.6.21に水圧測定用の架台の設計図を示す。

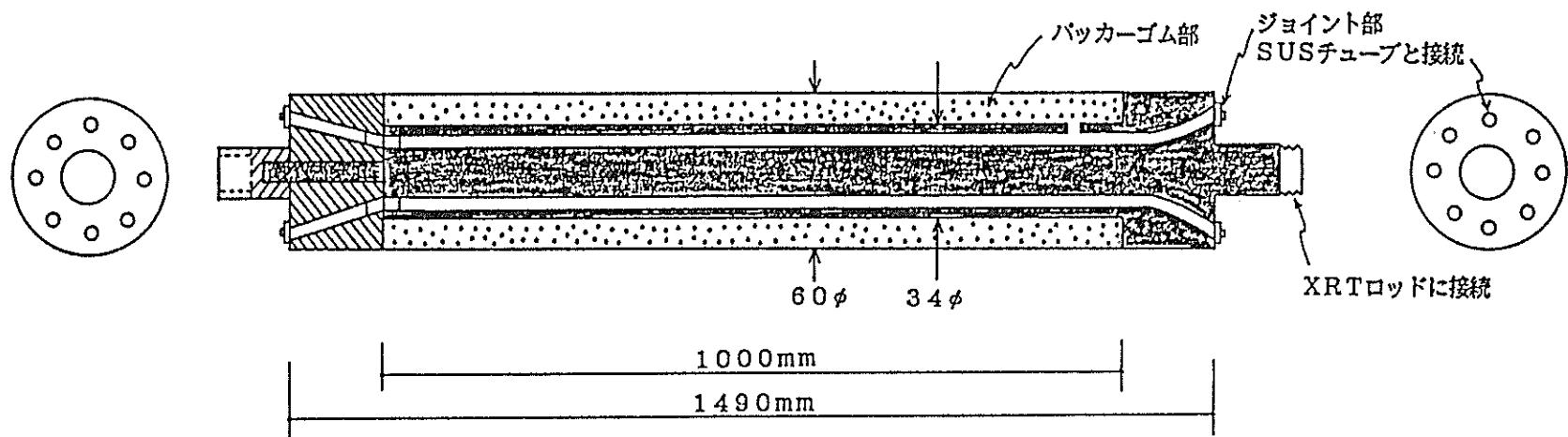
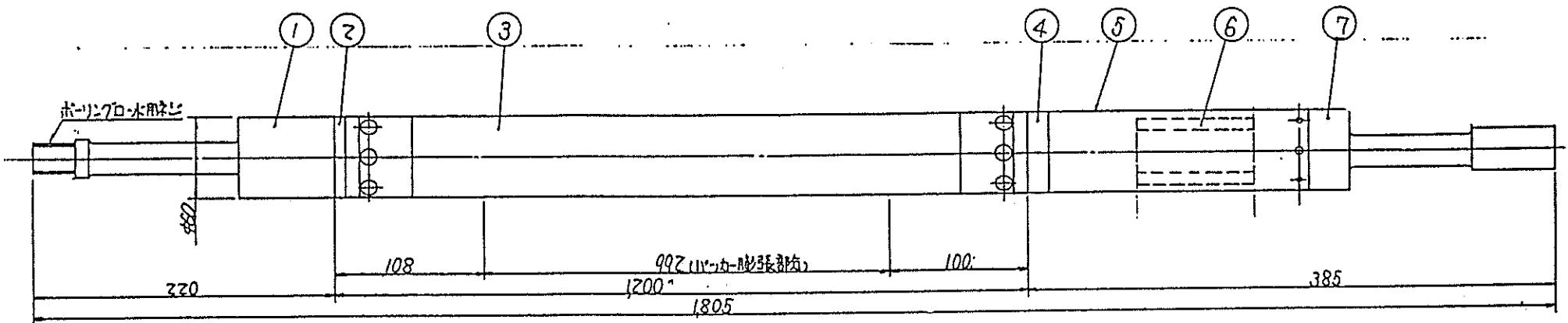


図 1.6.17 孔内用パッカリングシステム用パッカー概念図



1	パッカー芯金
2	カラー
3	パッカー
4	パッカーピン
5	中間ロッド
6	スペーサー
7	パッカージョイント
番号	部品名称

図 1.6.18 パッカー全体組図

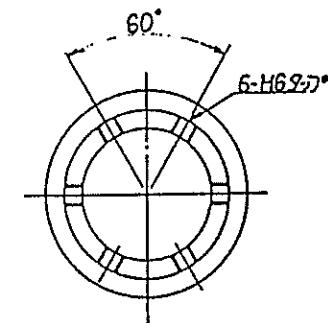
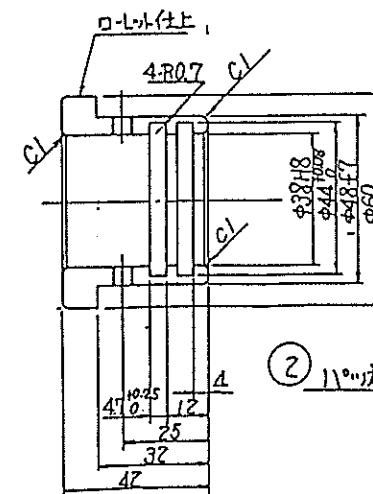
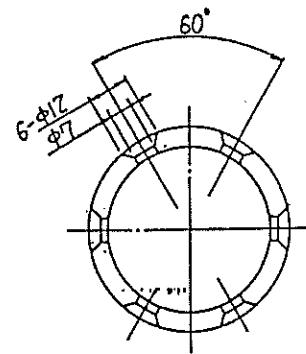
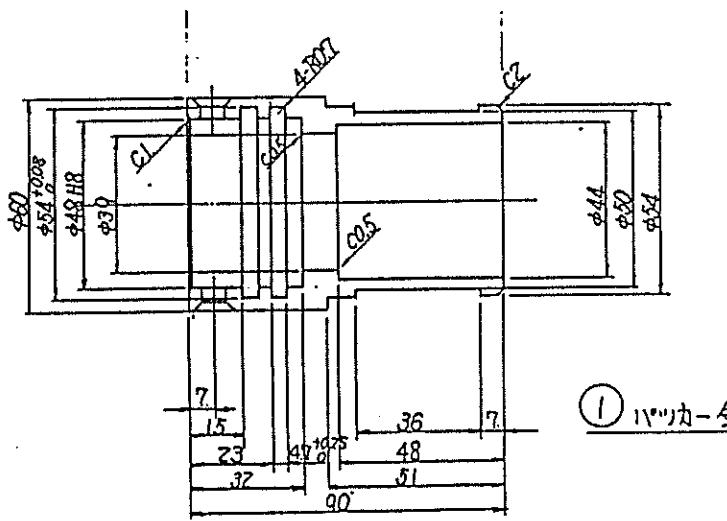
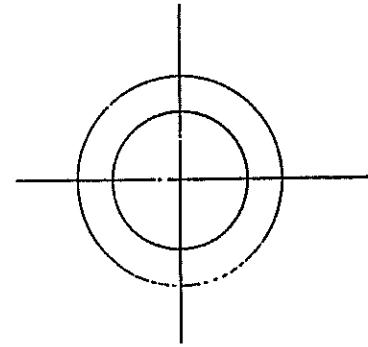
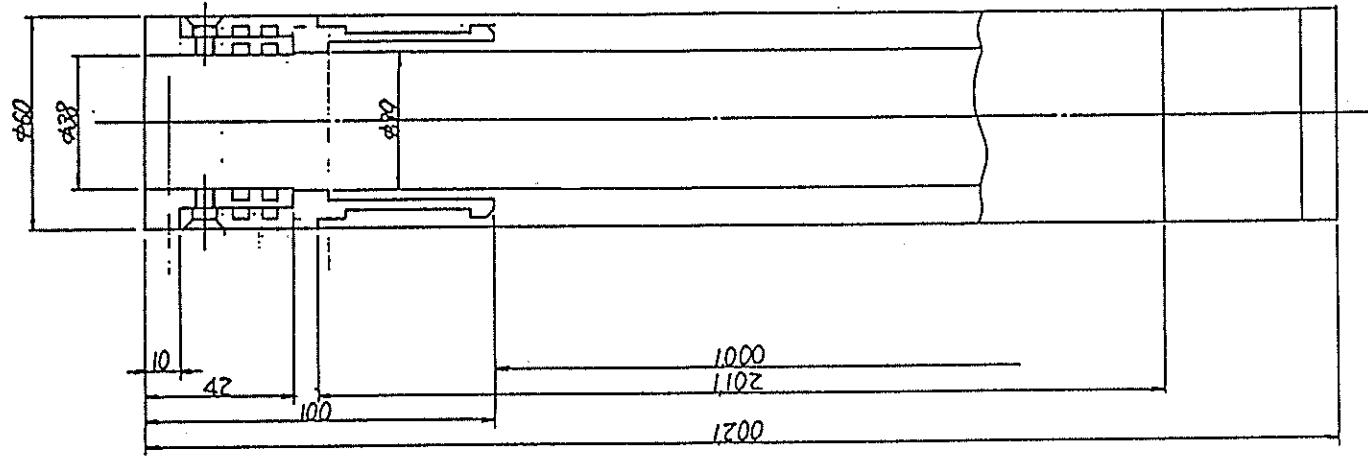


図 1.6.19 パッカー組図

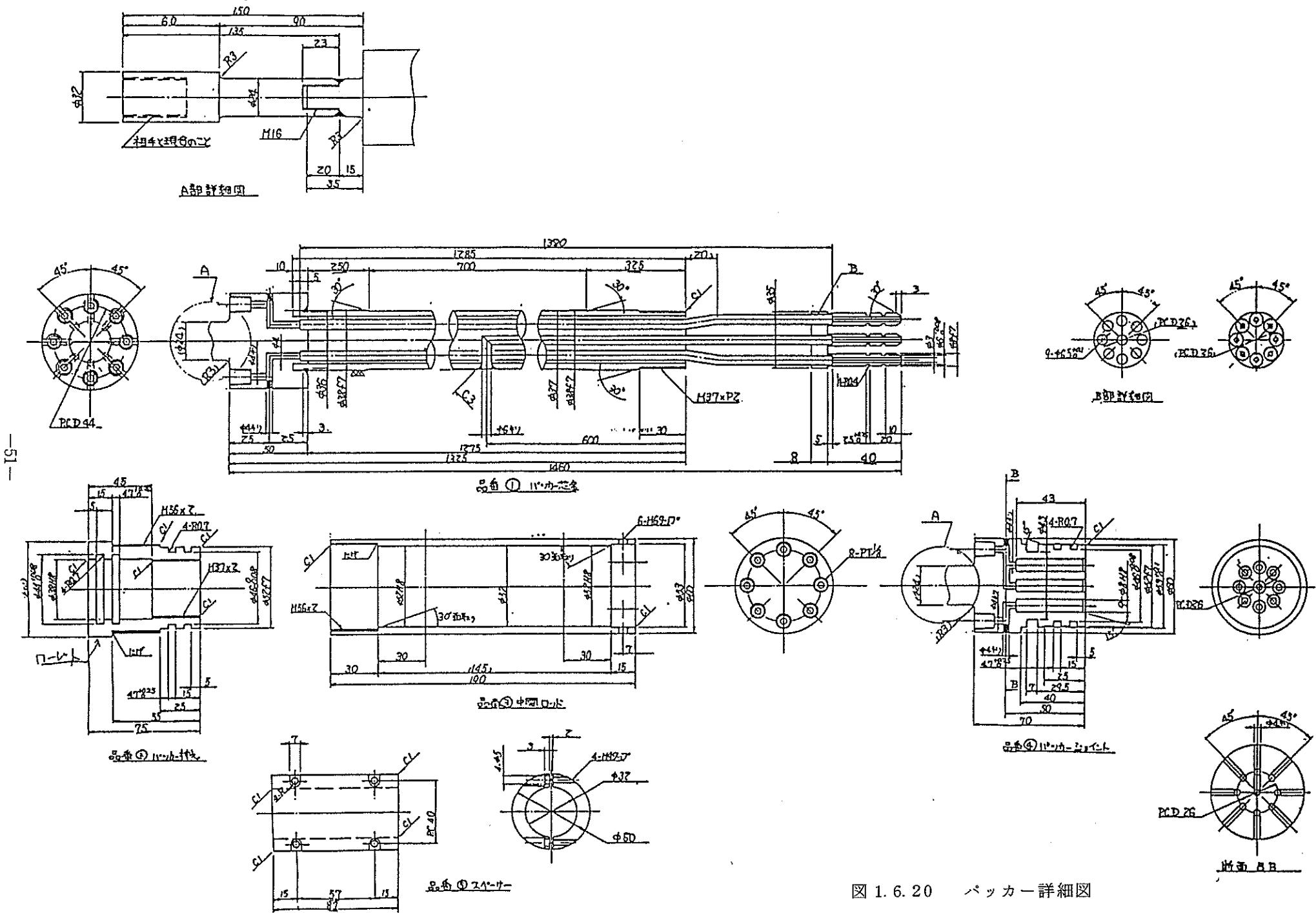
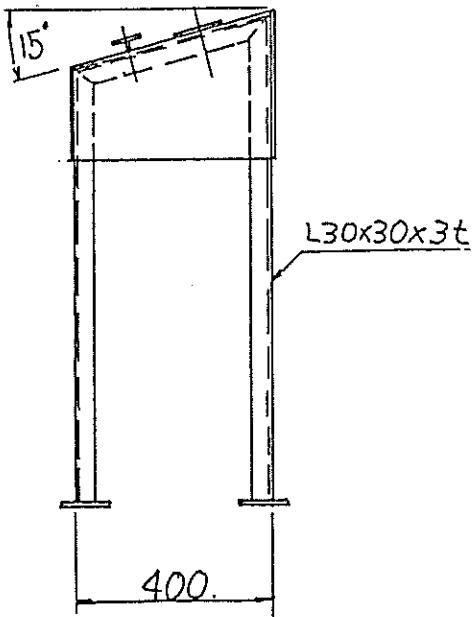
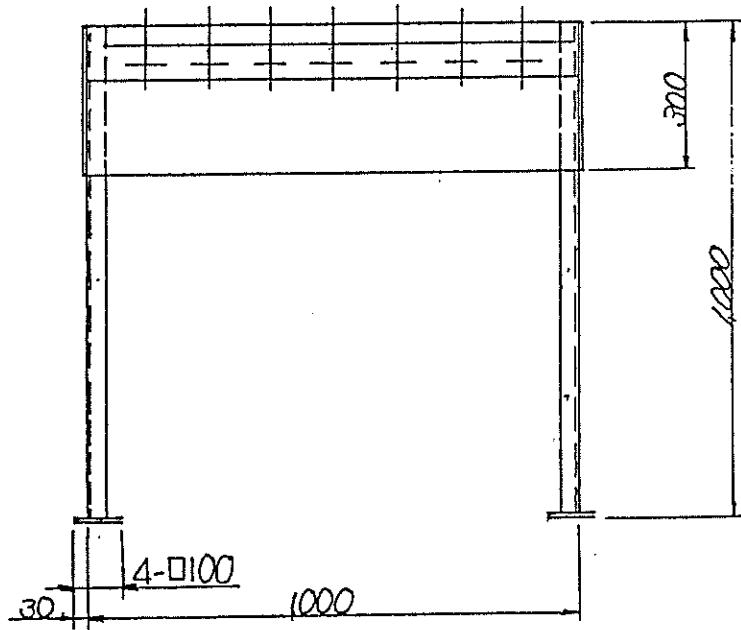
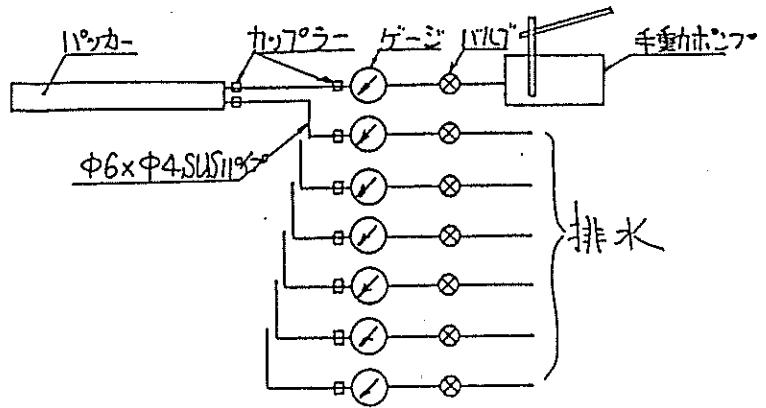
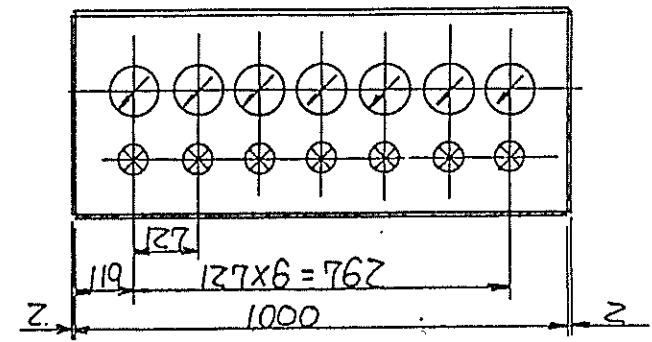


図 1.6.20 パッカー詳細図



配管略図

図 1.6.21 配管盤設計図

2. 地質概要

2.1 地形・地質概要

試験位置周辺は北上山地の脊陵部に位置する。雄岳（1313.2m）、天狗森（1184m）、仙人峠（921m）、土倉峠（985m）を結ぶ尾根の東部には甲子川と橋野川が直接太平洋に下り、地形は急峻である。尾根の西側には北上川の支流である早瀬川が流れ、東部に比し、やや緩やかな地形を示している。

本地域はまた、地質的には南部北上山地東縁付近に位置し、地域東部には北上山地を地質的に二分する早池峰－五葉山構造帯に伴う超塩基性－塩基性岩類が南北に細長く分布している。

本地域の地質はおおむね古生界石炭系、二疊系の堆積岩類、中生界白亜系の堆積岩類とこれらを貫く超塩基性－塩基性－酸性の各種火成岩とにより構成されている。

図2.1.1 に釜石鉱山周辺の概略地質図を、表2.1.1 に層序表を示す。

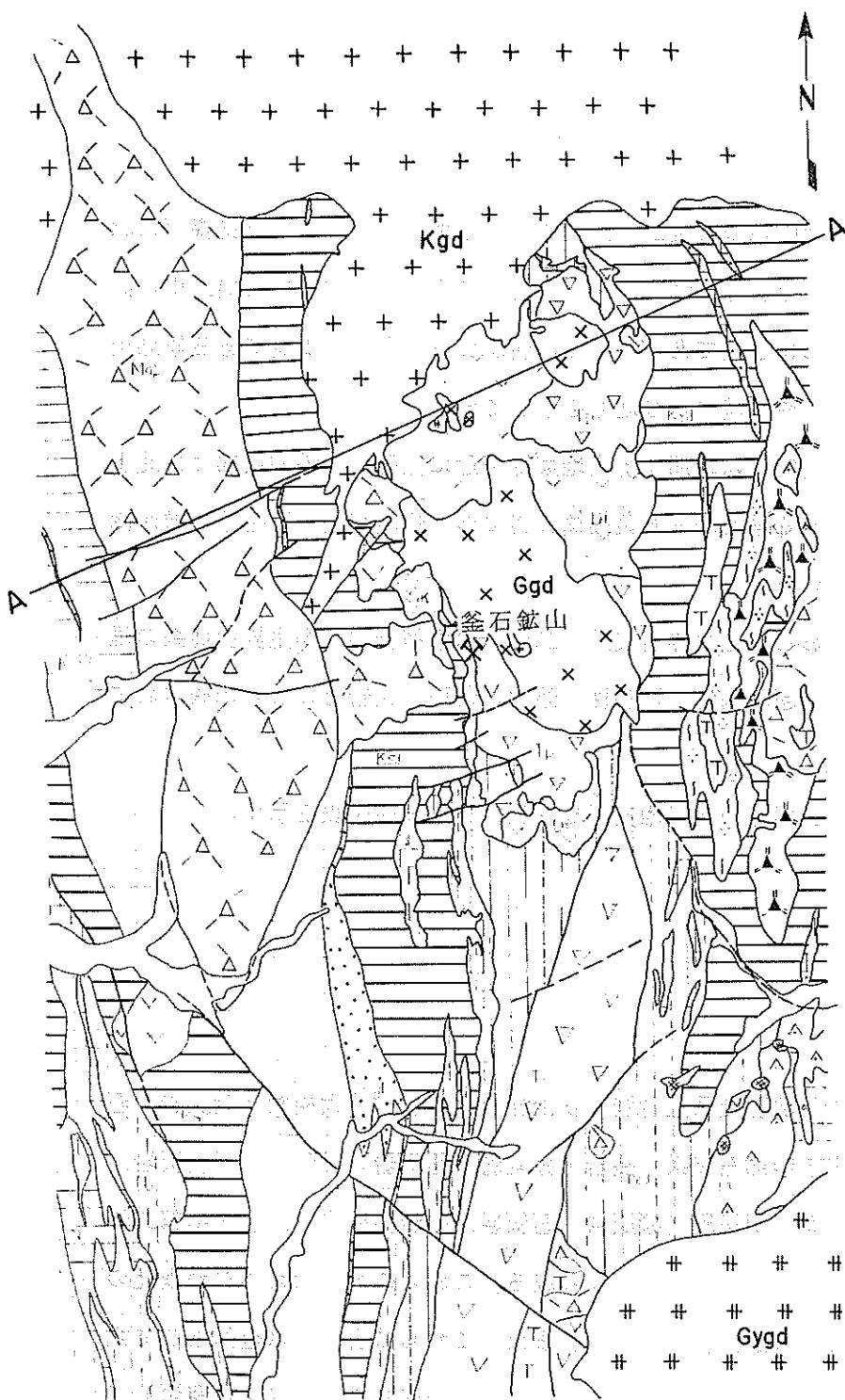
2.2 堆積岩類

2.2.1 古生層

古生層は下位より下部石炭系土倉層（安山岩質火砕岩）、大橋層（凝灰岩、石灰岩、粘板岩）、上・中部石炭系 長岩・鬼丸層（石灰岩）、唄貝層（石灰岩、粘板岩）、下部二疊系 甲子層（凝灰岩、石灰岩、砂岩粘板岩）、上・中部二疊系金山層（大洞礫石、砂岩、粘板岩）より成る。これらの地層はおおむね南北の走向を持ち、東又は西に急傾斜している。また、これらの古生層は全体として六黒見－蟹岳－土倉峠を結ぶ線を軸とする複背斜構造を成しており（土倉背斜）、軸部から東西に進むに従って新しい時代の地層が分布する。

2.2.2 中生層

中生層は下部白亜系馬木の内層の石英安山岩質～安山岩質火砕岩類、礫岩、砂岩、粘板岩より成る。これは地域西部の大開山－六角牛山を結ぶ線の西方に、東西2Km、南北15Kmに広がる地溝状の部分と、天狗森山頂付近、大峰山山頂付近、



凡例

時代	地層名	岩相	暗号
古 生 代	馬木の内層	石英安山岩・ 安山岩質火碎岩類	Map
	金山層	粘板岩類	KnsI
		疊岩(大洞疊岩)	DcgI
	松倉層	砂岩・粘板岩	MtsI
		安山岩質火碎岩類	Kp
	甲子層	粘板岩類	Ksi
		石灰岩	Kls
	唄貝層	粘板岩	UsI
		石灰岩	Uls
	長岩・鬼丸層	石灰岩	Nls
		砂岩・粘板岩	Nsl
	大橋・寒倉層	粘板岩類	Osl
		石灰岩	Ols
	土倉層	安山岩質火碎岩類	Tp
火 成 岩	栗橋岩体	花崗閃綠岩	Kg
		花崗閃綠岩	Ggd
	蟹岳岩体	斑沸岩	Gb
		閃綠岩 閃綠玢岩	Di
	五葉山岩体	花崗閃綠岩	Gygd
		花崗斑岩	Gp
	類	玢岩類	P
	その他の火成岩類	変斑玢岩	PGb
		玢岩基性岩	U
鉱床		スカルン	SK

断層
推定断層

1 : 100,000
0 3000m

A - A

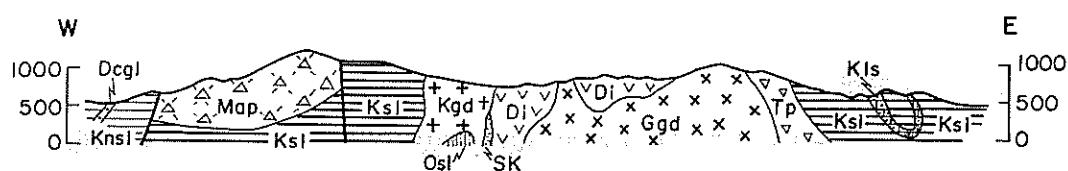


図 2.1.1 釜石鉱山周辺地域の概略地質図、断面図

表 2.1.1 釜石鉱山周辺地域の地質層序表 (浜辺・野納, 1976)

時代		標準層序	西部			東部			火成活動	主な構造運動		
地層	層厚		岩相			地層	層厚	岩相				
白 堊 系	下 部	大船渡層群	馬木の内層	700m		馬木の内層	250m		石英安山岩 ～安山岩質 火砕岩 砂岩、粘板岩 礁岩	石英・蟹岳等 深成岩類の 貫入 石英安山岩～ 安山岩の活動	宮城変動	
二 疊 系	上・中部	登米層倉層	金山層	1,100m		甲子層	800m		粘板岩 砂岩 硫灰岩 粘板岩、砂岩 石灰岩 粘板岩、砂岩	安山岩質 基底岩 石灰岩 硬岩、粘板岩	石英安山岩～ 安山岩の活動	大谷変動
石 炭 系	下 部	坂本沢層	甲子層	900m		甲子層	900m		粘板岩 石灰岩 硬岩、粘板岩	安山岩類の 噴出	世田米変動	
石 炭 系	上・中部	長岩層 鬼丸層	長岩・ 鬼丸層	200～ 300m		噴貝層	600m		粘板岩 石灰岩	安山岩類の 噴出	清水変動	
		横田層群	大橋層	700m		土倉層	600m					

岩倉山東方の尾根の部分とに古生層を不整合に覆って分布する。

2.3 火成岩類

本地域の火成岩類は以下の4種に分類される

- a. 早池峰－五葉山構造帯沿いに岩脈状に貫入した岩石：超塩基性岩，変斑レイ岩～変輝緑岩
- b. 蟹岳付近を中心に複合岩体を形成するもの：蟹岳花崗閃緑岩，モンゾニ岩，閃緑岩～閃緑ヒン岩，斑レイ岩，ヒン岩
- c. 栗橋花崗閃緑岩体に伴う岩石：栗橋花崗閃緑岩，アプライト，ペグマタイト
- d. その他の岩石：花崗斑岩

2.3.1 早池峰－五葉山構造帯沿いに岩脈状に貫入した岩石

早池峰－五葉山構造帯沿いに分布する超塩基性岩，変斑レイ岩～変輝緑岩は釜石鉱山の鉱床群の鉱化前に貫入したもので，蛇紋石化及び緑泥石化，ソシュール化等の変質がかなり進んでいる。坂下（1985）によれば，超塩基性岩の捕獲岩が栗橋花崗閃緑岩中に認められる。

2.3.2 蟹岳複合岩体に伴う岩石

蟹岳複合岩体は蟹岳花崗閃緑岩を中心としてモンゾニ岩，閃緑岩～閃緑ヒン岩，斑レイ岩，ヒン岩等よりなり，長径約5km，短径約3kmのNNW-SSE方向に延びたいびつな橢円状の分布を示す。本岩体は釜石鉱山におけるスカルン化及び鉱化作用に重要な役割を果したと考えられており，鉱床付近の花崗閃緑岩，閃緑岩～閃緑ヒン岩，ヒン岩は種々の程度にスカルン化を被っている。河野・上田（1965）は蟹岳複合岩体に119MaのK-Ar年代を与えており。

蟹岳花崗閃緑岩は付近の他の花崗岩類と比べてK₂Oが多く，色指数が低い特徴を持つ。岩質は石英，斜長石，カリ長石，黒雲母，角閃石を主成分鉱物とし，副成分鉱物としてクサビ石，ジルコン，燐灰石，不透明鉱物を含む角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。

閃緑岩～閃緑ヒン岩はその分布により，a. 蟹岳花崗閃緑岩の北半分をとり囲むように分布するもの，b. 大峰，佐比内，新山各鉱床周辺の古生層中の衝上断層沿いに貫入した数条の岩脈をなすもの，c. 鬼ヶ沢付近に東西2km，南北0.5km

ほどの分布を示すものの三つに分類できる。b. はスカルンの原岩として鉱床形成に重要な役割を果している。

モンゾニ岩は中の沢から鬼ヶ沢にかけて、南北約 3km、最大幅500mの岩脈状に貫入している。

斑レイ岩は蟹岳花崗閃緑岩及び閃緑岩～閃緑ヒン岩中に小岩株をなして貫入している。他に蟹岳複合岩体に伴う岩脈類としてヒン岩、ランプロファイアーガーがある。前者にはスカルン化を被ったものとスカルン、鉱石を切るものがあり、後者は全てスカルン、鉱石を切っている。いずれもEW、NS走向のものが多い。

2.3.3 栗橋花崗閃緑岩とこれに伴う岩石

栗橋花崗閃緑岩は北上山地の花崗閃緑岩体中で最大の分布を示す遠野岩体の東に接して約 $15 \times 14 \text{ km}^2$ の範囲に分布している。本岩体の南西端に青の木から笛吹牧場を通って SSW方向に幅50m～400mで約25kmほど岩脈状に延びた部分があり、今回の試験地はこの笛吹牧場の南方斜面の地下、約260mの海拔 575.55m（踏前）の坑道にある。岩質は主に中粒角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。坂下（1985）によれば、本岩体はその大部分を占める中粒相と岩体西部に円形の小分布を示す細粒相に分類され、モード分析により、中粒相はトーナル岩～花崗閃緑岩、細粒相は花崗閃緑岩に分類される。主成分鉱物は石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、角閃石であり、副成分鉱物として磷灰石、ジルコン、電気石、磁鉄鉱が含まれる。本岩体周縁部には多くの捕獲岩が含まれるが日峰鉱床付近の本岩体中にスカルン及び鉱石が捕獲されているのが観察され、本岩体の貫入は釜石鉱山の鉱化作用以後のものとされている。河野・植田（1965）は本岩体に119Ma、120Ma、122Ma の K-Ar 年代を与えており。その貫入形態については加納ほか（1967）は重力、磁気調査に基づいて東西に対称な、しづく状のベーゼン構造をなすとしており、坂下（1985）は岩体の流理面構造及び流理線構造から岩体東部の早池峰－五葉山構造帶に貫入の中心をもち、西に倒れた非対称ベーゼン構造をなすとしている。

試験地の坑道において栗橋花崗閃緑岩を数条のEW系のアプライト、ランプロファイアーガー岩脈が貫いているのが観察される。

2.3.4 その他の岩石

花崗斑岩には釜石鉱山枯松沢ダム付近に小岩株をなすものと、釜石鉱山の試錐等により確認され、露頭の認められないものの2つのタイプがある。

2.4 鉱床概要

釜石鉱山における鉱化作用に関しては多くの研究・報告が成されており、浜辺(1981)によれば以下のとおりである。

釜石鉱山は本邦最大の高温交代型銅鉄鉱床である。鉱床は白亜紀初期に進入した蟹岳複合岩体と、その周辺に分布する石灰岩その他の岩石との間に生成したスカルン帯中に胚胎している。主なスカルン鉱物はグランダイト系ザクロ石、緑レン石及び灰鉄輝石等である。鉱床は蟹岳岩体の東西両翼に各一列が南北方向に配列し、それぞれ東列鉱床群、西列鉱床群と呼称されている。前者は全般的に小規模で、稼行は主に後者中で行なわれている。

西列鉱床群には北から青の木、大峰、日峰、佐比内、新山、天狗森、滝の沢、沓掛、大仙等の鉱床が属し、南北約5Kmにわたり分布している。主な鉱石鉱物は磁鉄鉱、黄銅鉱、キューバ鉱、磁硫鉄鉱及び黄鉄鉱である。鉱床は鉱石鉱物の組合せにより鉄鉱体、鉄銅鉱体、銅鉱体に分けられる。一般に鉄鉱体は蟹岳岩体に近接してザクロ石スカルン中に、銅鉱体はその西方の石灰岩に接した灰鉄輝石スカルン中に胚胎している。鉄銅鉱体はその中間のザクロ石スカルン中に胚胎している。

3. 岩芯地質状況

3.1 岩芯の地質

KH-1孔は栗橋花崗閃緑岩体中の地下約260mの坑道から鉛直に501.20m錐進された。当孔は全て花崗閃緑岩よりなるが、一部にランプロファイアーアとアプライトの岩脈をはさみ、また多数の捕獲岩を含有している。当岩は優白色中粒の角閃石黒雲母花崗閃緑岩で、一部に弱い変質が認められているが、全般的に新鮮である。有色鉱物の配列より見ると鉛直方向に対して $80^\circ \sim 50^\circ$ の弱い線構造が認められる（表3.1.1）。

捕獲岩の岩質は肉眼的にはほぼ優黒色の閃緑岩質を示しており、起源は蟹岳岩体の閃緑岩あるいは栗橋岩体の周囲に接する变成岩類である。KH-1孔では深度13.85mに磁鉄鉱、黄銅鉱を含むスカルンの捕獲岩も認められる。これらの捕獲岩の形状は直径1cm～2cmの亜円形のものが多く、最大でも35cmである。

貫入岩はランプロファイアーアとアプライトの小規模な岩脈として認められる。その内のランプロファイアーアは深度70m～80mに8本、118m～119mに2本、477mに1本と偏在して認められ、その幅は2m以下である。岩脈の貫入角度は鉛直方向に対して 30° 。前後で、 $20^\circ \sim 40^\circ$ の周囲の割れ目と調和的である。岩質は暗緑色塊状、緻密で肉眼的に無斑晶のランプロファイアーアであり、周囲の花崗閃緑岩とは明瞭に識別され、急冷縁等は認められない。KH-1孔のランプロファイアーアと花崗閃緑岩との境界面は以下の4タイプに識別される。a. 完全に密着しているもの b. 開口割れ目、または破碎帶があるもの c. 充填鉱物があり密着しているもの d. 充填鉱物があり、開口割れ目または破碎帶となり密着していないもの。

アプライトは、完晶質等粒状を示し、有色鉱物をほとんど含まず、白色を呈する。また、アプライトは深度350m位までに散在し、ランプロファイアーアのように偏在していない。岩脈幅は約20cmで岩脈の角度は鉛直方向に対して $30^\circ \sim 75^\circ$ 、平均で角度は 58.6° である。他の割れ目の鉛直方向に対する角度が $20^\circ \sim 40^\circ$ である事を考えればアプライトの貫入角度は、他の割れ目に対して非調和的である。

アプライトと花崗閃緑岩との境界は直線的なものと、不規則な形をしたもの、両方が認められ、いずれも周囲の岩盤と密着している。

表 3.1.1 流理線構造の角度（鉛直方向に対する）

深度 (m)	線構造の角度 (°)
54	55
101	65
150	80
200	75
249	55
300	65
350	50
400	55
450	65
499	70

3.2 割れ目

3.2.1 割れ目の記載と分布

KH-1孔の栗橋花崗岩体中の力学的・水理的な特性を把握するために、1.6.2に述べた11項目にわたり評価を行う。

割れ目の評価基準は、巻末資料“割れ目記載法”に示すが、特に割れ目パターンに関しては3.2.2 割れ目パターンで説明する。

KH-1孔は割れ目数・割れ目パターンによって、0m～230m, 230m～350m, 350m～501.2mの3つの深度区間に分けることができ、それぞれA区間, B区間, C区間とする。

計測した割れ目の総数は、880本に達する。3区間の割れ目数の割合は、A区間76.7%, B区間8.6%, C区間14.7%であり、230m以浅のA区間に、集中する傾向を示している。変質帶の分布や変質等も同様な深度区間に区分することができ、割れ目系と変質が密接な関係を持っていることを示している。

3.2.2 割れ目パターン

割れ目の形状を把握するために、A E C Lの岩芯の割れ目分類基準に準拠した分類基準を作成し、これに従って割れ目を分類した。

この記述は基本的な4つのグループと、中間的な1グループを加えた主要5グループよりなる。主要グループの分類基準を以下に示す。

- (i) P グループ 割れ目面の形状が平面のもの
- (ii) C グループ 割れ目面の形状が曲面のもの
- (iii) I グループ 割れ目面の形状が不規則な形状のもの
- (iv) D グループ I グループとC グループの中間的な形状で、全体として大きな弧を描いているが、細かくみると不規則な形状のもの
- (v) S グループ 割れ目の形状が階段状のもの

5 グループの各々について、さらに副パターンにより下記のように細かく分類する。

- (a) m パターン 毛状割れ目を伴わない単一の割れ目
- (b) i パターン 短い毛状割れ目を伴うもの
- (c) j パターン 長い毛状割れ目を伴うもの
- (d) p パターン 平行な毛状割れ目を伴うもの
- (e) d パターン 不連続な毛状割れ目のもの

記号は主要グループの記号を大文字にし、副パターンの記号を小文字の添字として表現する。なお割れ目パターンの代表的な略号と記号は、“割れ目記載法（巻末I）”に示す。

表 3.2.1 主要割れ目パターンの特徴

	Planar	Curved	Irragular	Curved + Irragular	Stepped
グループ名	P	C	I	D	S
割れ目数	806	48	15	4	7
各グループの割合%	91.6	5.4	1.7	0.5	0.8
分 布	全孔長	100~200m	23~51m	27~179m	23~51m 144~200m
割れ目幅 平 均 角 度	0.1~30.0mm 31.3°	0.1~60.0mm 30.9°	0.2~10.0mm —	0.2~40.0mm 32.7°	0.1~20mm 52.8°
変 質 肉眼観察された充填鉱物 条 線 と そ の 角 度	有 全 種 全角度方向	有 全種だがC1 が卓越3本で 40~90度	無 C1, Qz 1本で70度	有 C1 無し	有 C1 3本で55~ 70度
各副パターンの割合	P _m , 57.0% P _i , 17.1% P _j , 23.0% P _p , 2.4% P _d , 0.5%	C _m , 29.1% C _i , 39.6% C _j , 16.7% C _p , 12.5% C _d , 2.1%	I _m , 46.7% I _i , 33.3% I _j , 20.0% — —	D _m , 100.0% — — — —	S _m , 42.8% S _i , 28.6% S _j , 14.3% — S _d , 14.3%
そ の 他		開口割れ目 多い		すべてD _m パターン	すべて開口割 れ目で、白色 変質帶に 多い。

(i) P グループ

P グループの割れ目は全体の90%を占める。

このグループの割れ目は、深度・充填鉱物・変質鉱物の種類等によらず、K H - 1 孔の割れ目分布域に普遍的に分布している。割れ目角度は、 $20^\circ \sim 30^\circ$ が卓越しており、その幅は 0.1mm~30mmで10mm以下のものが多い。

P グループの中では、P_m パターンの割れ目が57.0%，P_j パターンの割れ目が17.1%，P_i パターンの割れ目が23.0%，P_p パターンの割れ目が 2.4%，P_a パターンの割れ目が 0.5%存在する。P_j パターンは、B 区間、C 区間で少ない傾向がある。また P_p，P_a パターンの割れ目は、開口部を持たない。

P グループの割れ目の10%について、その割れ目表面に条線（すべり面）が認められる。その方向性は、P_m パターンでは、どの角度にも、ほぼ均等に分布しているのに対し、P_j パターンでは、その条線の角度が割れ目面の軸に対して低角度の傾斜方向のものが卓越している。

このグループの割れ目は、その約半数が変質を伴っている。変質鉱物としては、石英、方解石、粘土鉱物、緑レン石、ブドウ石等、観察された全てのものが認められる。充填鉱物は、単一の場合と数種類が共存する場合があり、後者の方が割れ目幅が大きい傾向がある。図3.2.1 ~3.2.4 に、P グループの割れ目の典型的な例につき、そのスケッチを示す。図3.2.2 は、不連続な P グループの割れ目の集合である。

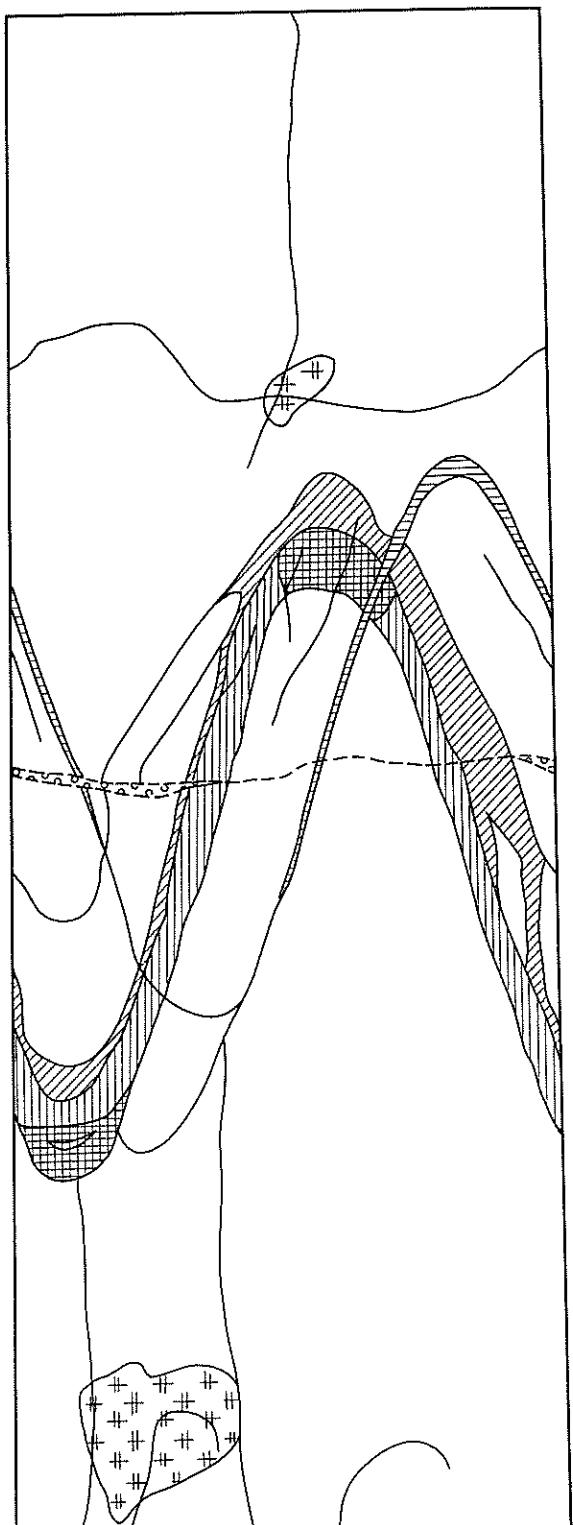
(ii) C グループ

C グループに属する割れ目は、深度 100m ~200mに集中して分布する。とくに深度35m ~68m 間と115m~138mの間に大部分が集中している。割れ目角度は 30° のものが多い。開口割れ目が多く、大部分が母岩のピンク色化を伴なわない変質帶中に認められる。

(iii) I グループ

I グループに入る割れ目は、23m ~51m, 144m ~200mの間に分布する。割れ目角度は $0^\circ \sim 88^\circ$ まで散在している。割れ目表面に条線を持つものが 3 本計測され、条線の角度は割れ目面の軸に対して高角度（割れ目の走向方向）である。

I グループの大部分は、母岩のピンク色化を伴わない変質に伴っている。割れ目の充填鉱物は、濃緑~緑色の粘土鉱物と緑泥石が卓越する。



凡　例

- 花崗閃綠岩
- ▨ ランブロファイア
- #+#+#+#+ 捕　獲　岩
- ▨ 沸　石
- ▨ 緑　レ　ン　石
- ▨ 粘土鉱物
(緑泥石を含む)
- ▨ 石　英
- ▨ 方　解　石
- 割　れ　目
- - - 人工割れ目
- コア欠落

0 2 4 6 8 10 (cm)

図 3.2.1 割れ目スケッチ (51.22m～51.63m)

粘土鉱物, 緑レン石, 石英と沸石との関係

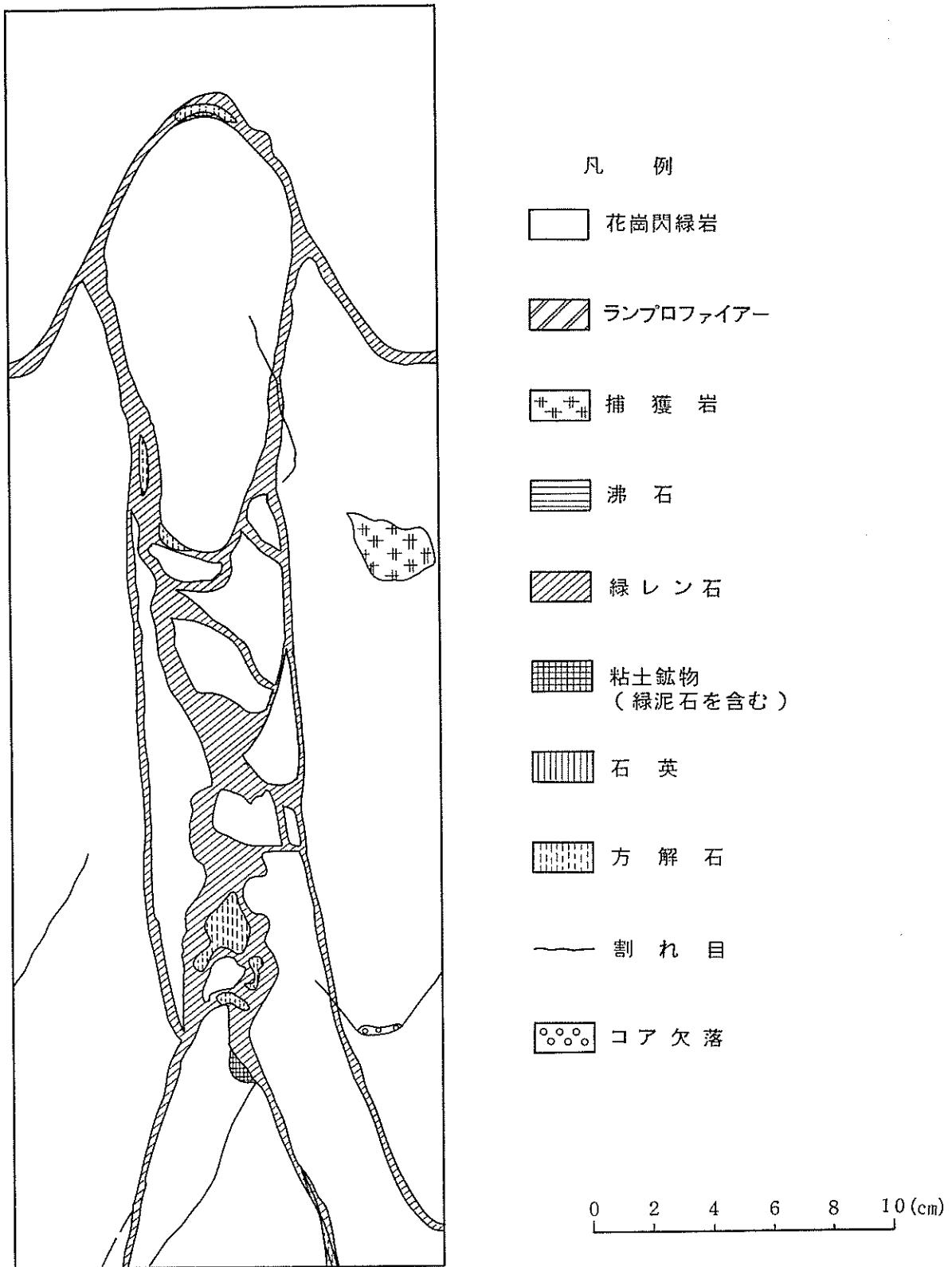


図 3.2.2 割れ目スケッチ (58.00m ~ 58.42m)

緑レン石と方解石の累帯構造

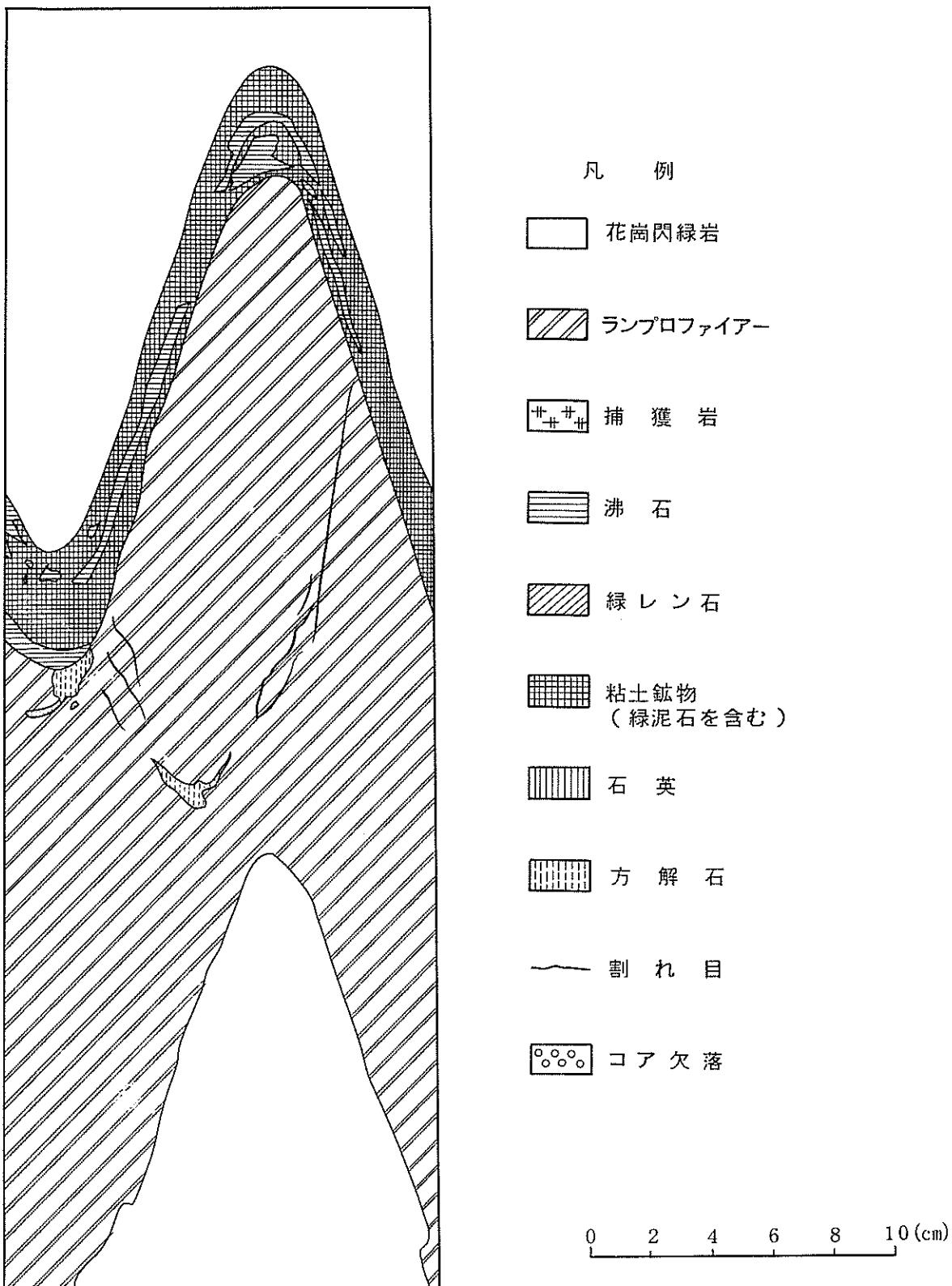
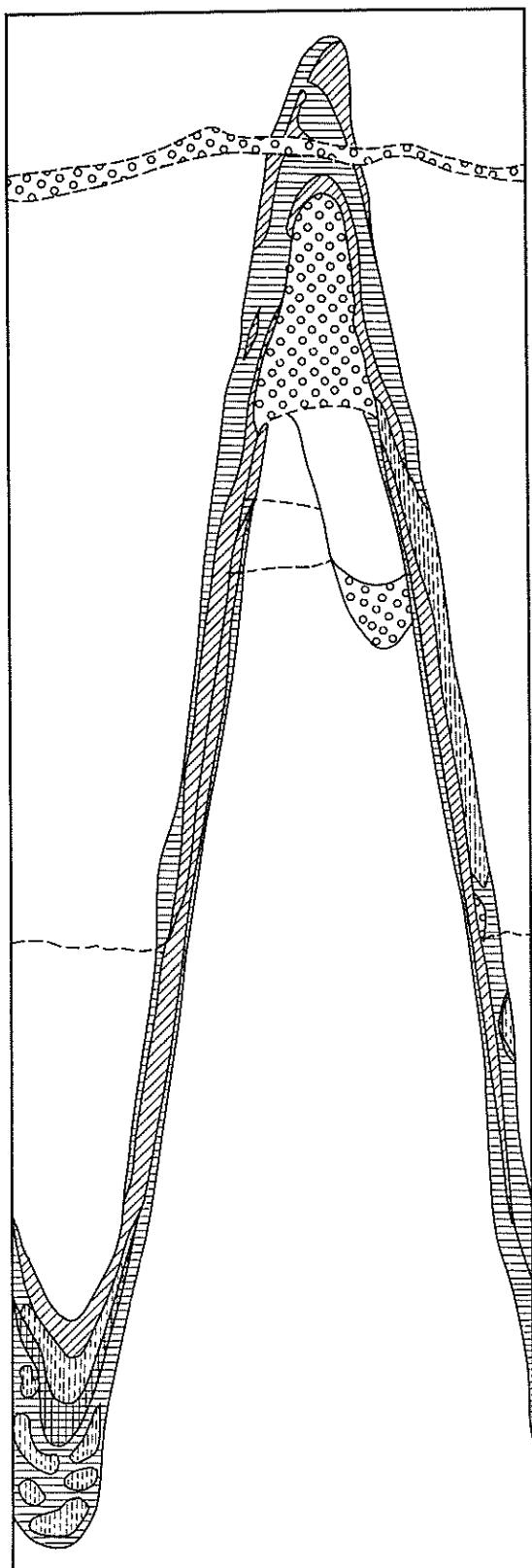


図 3.2.3 コアスケッチ (90.34m ~ 90.84m)

ランプロファイバーとの貫入面に沿った

粘土鉱物と沸石の累帯構造



凡　例

- 花崗閃綠岩
- ランプロファイア
- 捕　獲　岩
- 沸　石
- 緑　レ　ン　石
- 粘土鉱物
(緑泥石を含む)
- 石　英
- 方　解　石
- 割　れ　目
- 人工割れ目
- コア　欠　落

0 2 4 6 8 10 (cm)

図 3.2.4 割れ目スケッチ (390.33m~390.75m)

緑レン石, 沸石, 方解石, 粘土鉱物の累帯構造

(iv) D グループ

D グループに入る割れ目は、23m～51m間に4本認められる。これらは全てD_m パターンに属する。D グループの割れ目は弧を描き、展開図で橍円になるので、その角度は測定不能である。

このグループのうち、3本は未変質の部分に分布しており、残り1本は変質帶中に認められる。4本中2本は、開口部を持ち、充填鉱物として濃緑色の粘土鉱物を伴う。他の2本は、開口部を持たず、割れ目は石英に充填されている。

(v) S グループ

S グループに属する割れ目は7本認められ、27m～157m間に大部分が分布する。これらの割れ目角度は3°～60°で、全て開口割れ目である。7本中5本は変質を伴っており、充填鉱物として緑泥石を伴うものが卓越している。

3.2.3 割れ目の角度

割れ目の鉛直方向に対する平均角度とその比率を図3.2.5に示す。

A区間(0m～230m)は、割れ目数が多く、平均角度は約30°程度を示し、割れ目角度の比率では30°以下の高角度の割れ目が卓越している。

B区間(230m～350m)では、平均角度およびその比率の深度に対する変化が著しい。これは主として、割れ目数が少ないためであり、みかけのものであると考えられる。

C区間(350m～501.2m)は、平均角度約33°、割れ目角度の比率では30°以下のものが卓越している。

KH-1孔、全孔長を通して変質帶の分布する深度では、割れ目の鉛直方向に対する角度は30°以下の占める比率が増加し、その平均角度は小さくなる。これは、変質を伴った割れ目が全孔の割れ目の平均角度より鉛直に近いことを意味している。

3.2.4 条 線

条線が認められる割れ目は大部分が変質帶に分布する。この場合割れ目周辺が、ピンク色に変質する型と白色に変質する型とが、ほぼ同数認められる。

図3.2.6に、条線のある割れ目数の深度に対するヒストグラムを、また図3.2.7に条線の角度の比率を示す。

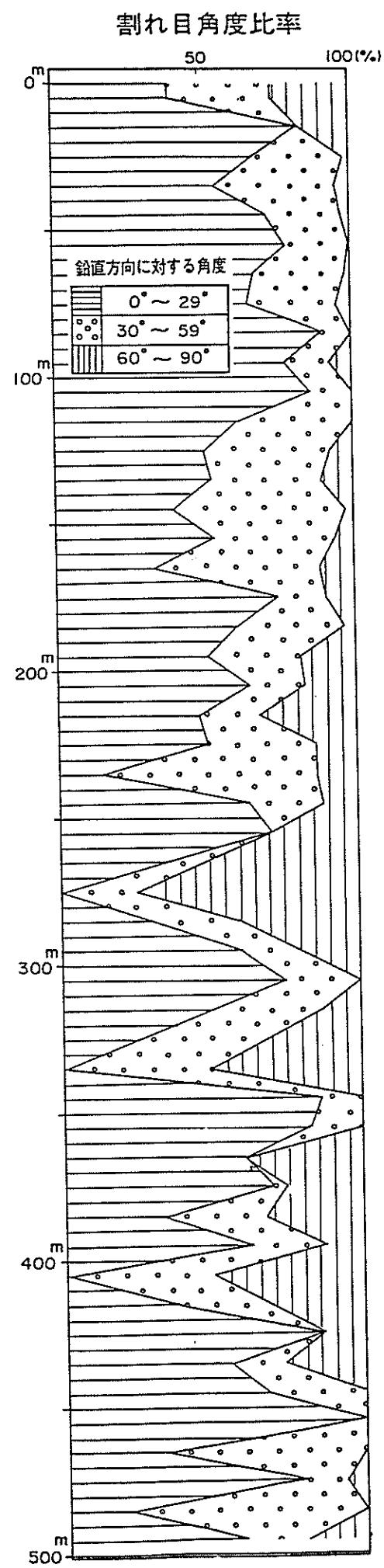
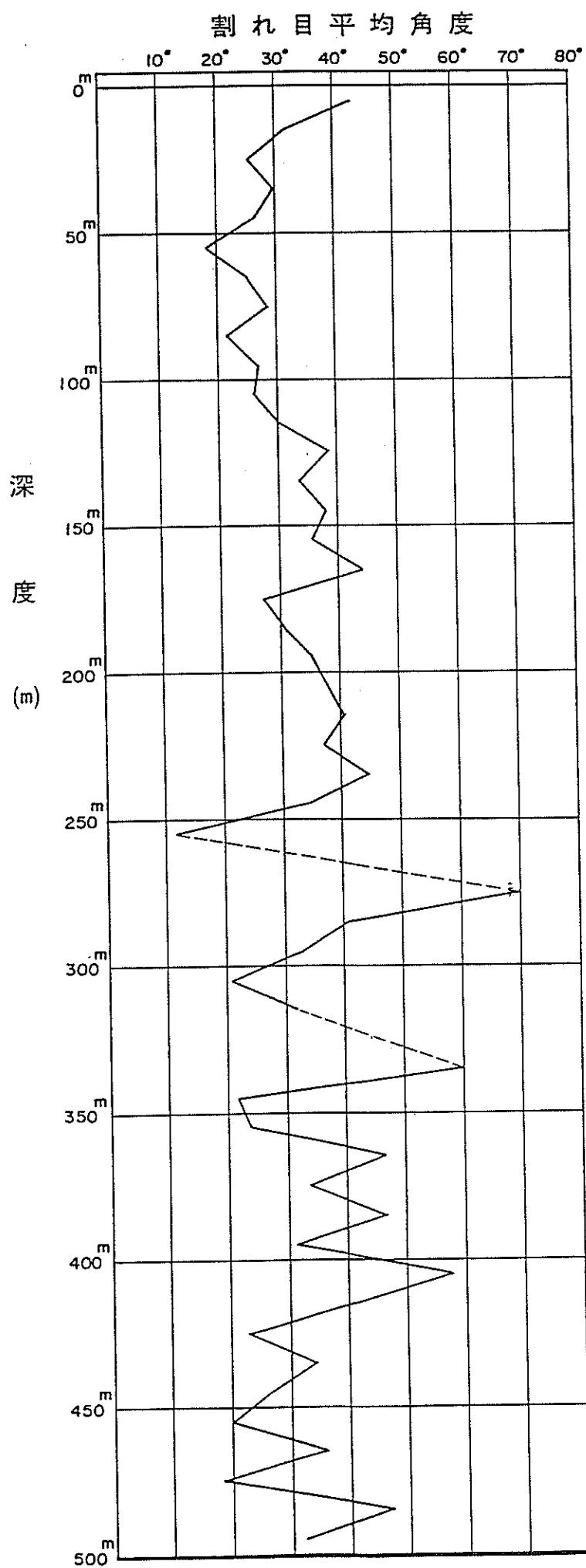


図 3.2.5 割れ目平均角度, 割れ目角度比率

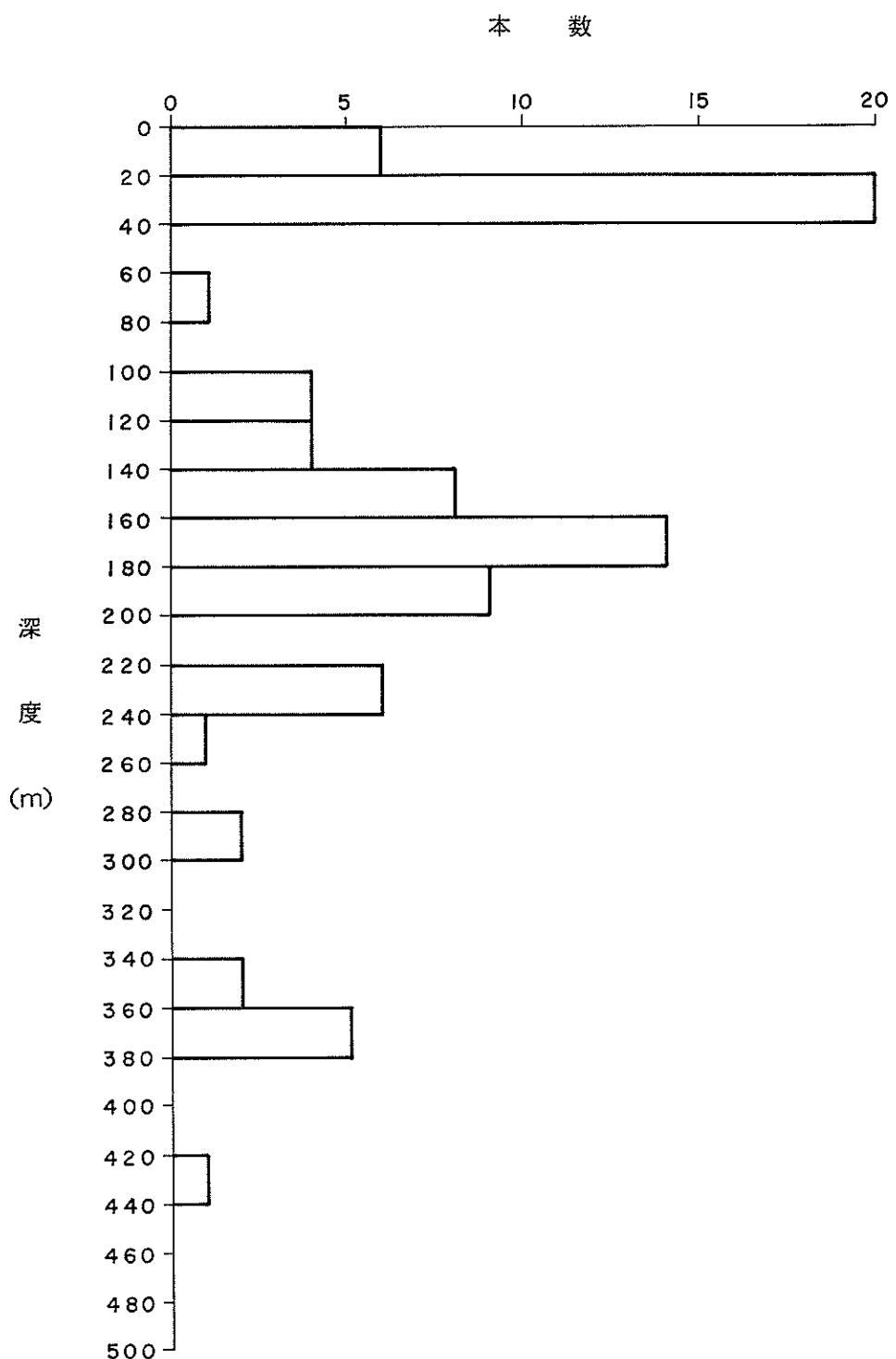
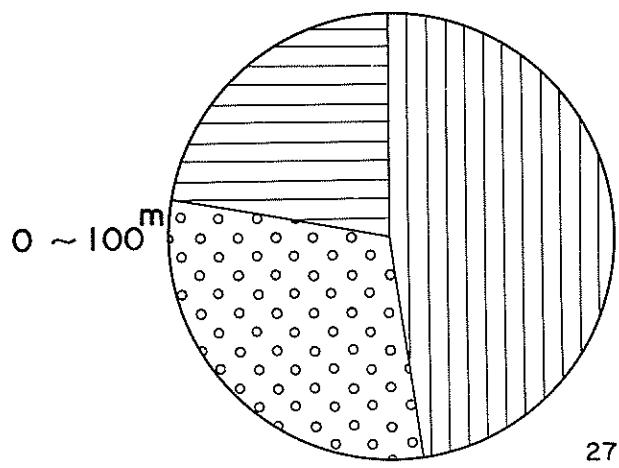
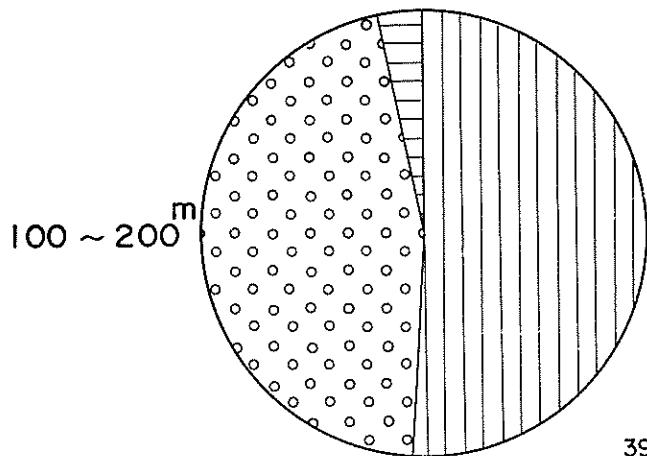


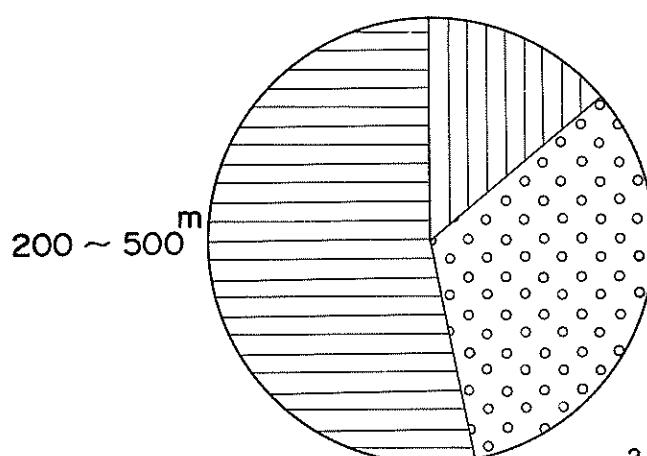
図 3.2.6 条線のある割れ目のヒストグラム



27

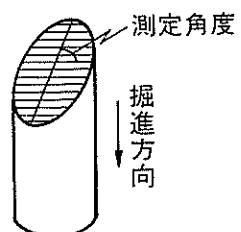


39



21

条線角度の測定方法



注；右下数字は
サンプル個数

0° ~ 29°
30° ~ 59°
60° ~ 90°

図 3.2.7 条 線 角 度 の 比 率

これらの図より、深度0m～100mでは、割れ目面の軸に対する条線の角度が60°～90°と高角度のものが多い。割れ目面に認められる条線は、割れ目形成時または形成後の岩盤の動く方向を表していると考えられ、この部分では割れ目の走向方向の動きが多かったことが推定される。

一方、深度200m以深における条線の角度は0°～29°間のものが卓越し、傾斜方向の動きが多かったことがわかる。深度100m～200m間における条線の角度は、30°～59°間、60°～90°間の比率が高く、0m～100m間と200m以深の中間的な動きがあったことを示している。

3.2.5 R. Q. D. と割れ目数

KH-1孔のR.Q.D.（人工的と思われる割れ目は除く）のヒストグラムを図3.2.8に示す。当試錐孔で、R.Q.D.が90%～100%を示す部分は、全孔長の88.4%を示し、KH-1孔の岩盤が割れ目の少ない堅固なものであると示している。

R.Q.D.の低い位置と割れ目数の多い位置は、ほぼ一致する。一致の良くない部分は割れ目の中に閉じた割れ目の数が多く含まれているため、直接コアの破碎を反映するR.Q.D.値が低下しないためと考えられる。

図3.2.9、付図2の各柱状図に、R.Q.D.の深度方向への変化図を合わせて示す。

3.2.6 充填鉱物

KH-1孔で、割れ目の充填鉱物として認められるものは、以下に示す通りである。

表 3.2.2 割れ目中に見られる各充填鉱物の出現頻度

肉眼観察で認められる充填鉱物	割れ目数	頻度 %
粘土鉱物（緑泥石を含む）	101	11.5
沸石鉱物	233	26.4
石英	96	10.9
方解石	180	20.5
ブドウ石	19	2.2
緑レン石	128	14.5

充填鉱物を伴わない割れ目 136 本

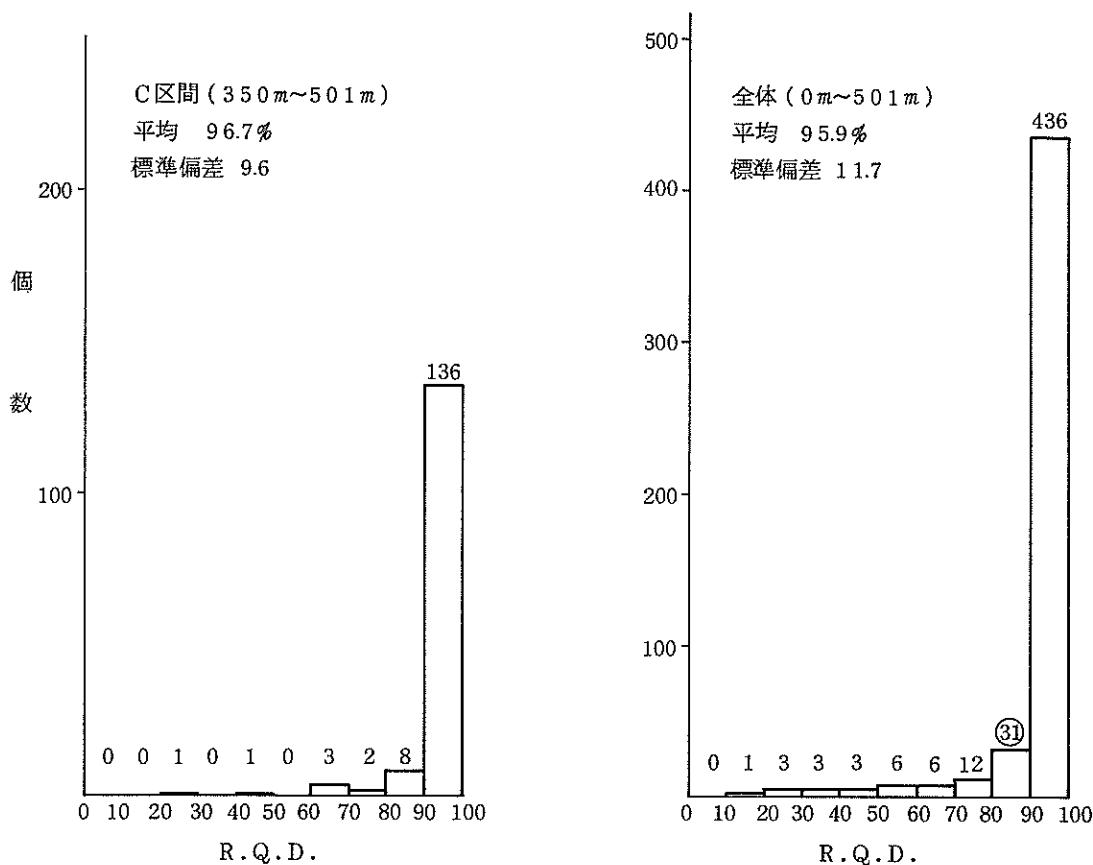
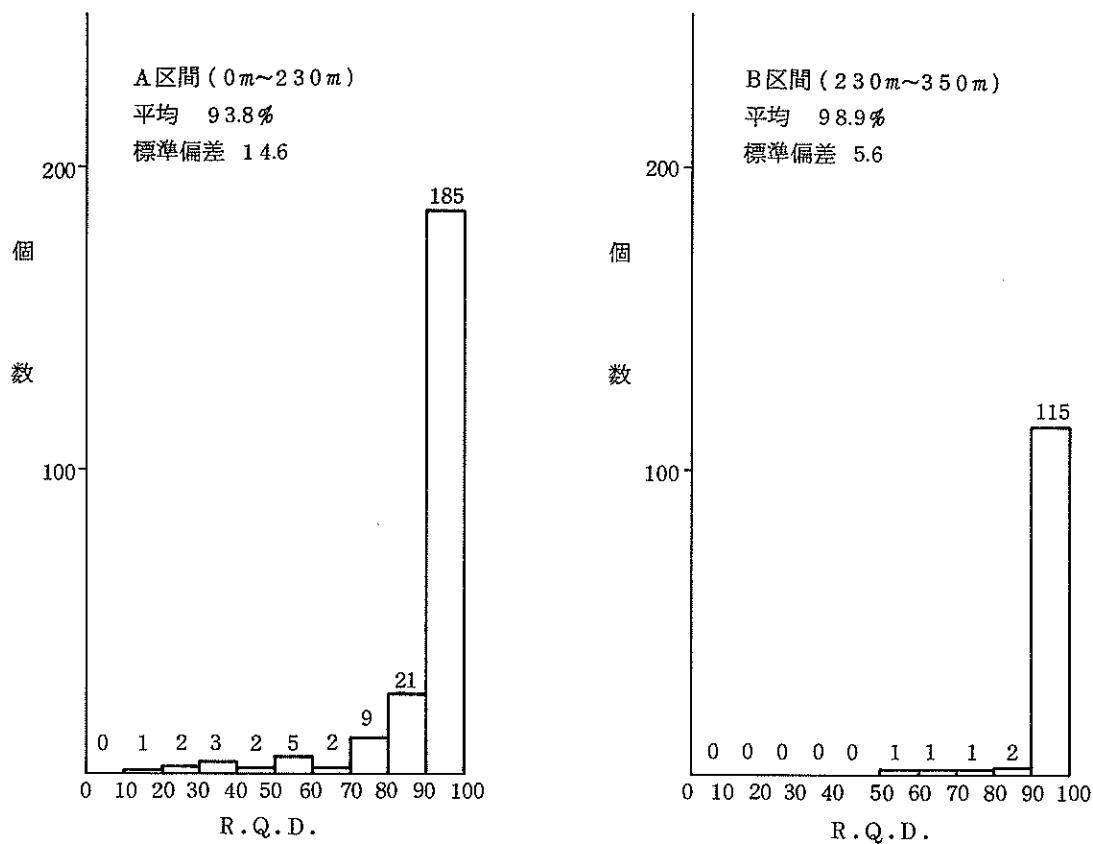


図 3.2.8 R.Q.D. ヒストグラム

図3.2.9 に、充填鉱物毎の割れ目数の深度方向の頻度分布を示す。（割れ目の計数は、1本の割れ目に2種類の鉱物があれば、それぞれの鉱物につき1本づつカウントする方法をとっている。また頻度は全割れ目数に対する頻度である。）

緑レン石を充填鉱物とする割れ目は、A区間の上部およびC区間に分布し、B区間には分布しない。ブドウ石は、A区間の下部およびC区間に分布し、やはりB区間に分布しない。石英、方解石および粘土鉱物を充填鉱物とする割れ目は、似かよった頻度分布を示し、A区間を中心に分布する。沸石を充填鉱物とする割れ目は、0m～50m を除いてK H - 1孔全体に分布する。沸石を充填鉱物とする割れ目は開口割れ目と類似した頻度分布を示し、その産状と一致する。

表3.2.3 に肉眼鑑定による割れ目充填鉱物の組み合わせのうち3個所以上認められるものの頻度を示す。

割れ目の充填鉱物の組み合わせのうち、2種類の組み合わせは165本、3種類の組み合わせは29本、4種類の組み合わせは6本であり、5種類以上の組み合わせは認められない。複数の鉱物組み合わせを充填鉱物とする割れ目は163本がA区間に分布し、B区間には4本、C区間には27本分布する。

2種類の鉱物を充填鉱物とする割れ目は、緑泥石と緑レン石の組み合わせが最も多く34本、緑レン石と方解石の組み合わせが、次に多く31本、緑泥石と沸石の組み合わせが、23本認められる。

緑泥石と緑レン石、沸石とブドウ石および緑れん石と方解石の組み合わせを充填鉱物とする割れ目は、A区間とC区間に分布し、これ以外の鉱物組み合わせを充填鉱物とする割れ目はA区間にのみ分布する。

3種類の鉱物を充填鉱物とする割れ目は、A区間とC区間に分布し、B区間には分布しない。緑泥石・沸石・方解石および緑泥石・緑レン石・方解石の組み合わせがそれぞれ8本存在する。

充填鉱物が複数共存する場合は、累帯構造を示すものと累帯構造を示さず、不規則に散点するものが認められる。

典型的な累帯構造を示す場合の鉱物組み合せは、割れ目の中心から側岩に向かって

(i) 方解石-緑レン石-緑泥石

(ii) 方解石-沸石

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。

(75~76 頁) ~ (77~78 頁)

(iii) 沸石-ブドウ石

(iv) 沸石-粘土鉱物

の4タイプが認められる。

図3.2.1 の割れ目スケッチには、粘土鉱物・緑レン石・石英を充填鉱物とする割れ目と、それを切る沸石を充填鉱物とする割れ目を示す。

図3.2.2 は(i) のタイプで、中心から方解石-緑レン石の累帯を示す。

図3.2.4 は(i) と(ii)の共存タイプで、中心から、方解石-沸石-緑レン石の累帯を示す。

図3.2.3 は(iv)のタイプで、中心から沸石-粘土鉱物の累帯を示す。

スケッチ図に示したような、生成ステージが異なる鉱物が共存している割れ目は、長期間にわたり力学的な弱線であったと考えられる。

充填鉱物の種類と母岩の変質（初生鉱物の緑泥石化・絹雲母化）との間には、ある程度の関係が認められる。割れ目の充填鉱物として緑レン石またはブドウ石が認められる割れ目は、そのほとんどで母岩に変質が及んでいる。ブドウ石がある場合には、さらに母岩にピンク色化が認められる。緑レン石が認められる場合は、0m~200m間ではピンク色化していない部分が多く、200m~501.2m間でピンク色化している部分に多く分布している。充填鉱物に粘土鉱物または石英が認められる場合、大部分が母岩に変質がおよんでいるが、鉄酸化物によるピンク色化は伴っていない場合が多い。充填鉱物に沸石が認められる割れ目は、母岩の変質の有無とは関連あまり認められない。充填鉱物に沸石が認められる割れ目のピンク色化を伴う率は約30%である。

表3.2.4 に、充填鉱物毎の割れ目の鉛直方向に対する角度の平均値とその標準偏差を示す。

表 3.2.4 充填鉱物の種類と割れ目の角度

	割れ目角度の平均値 (°)	標準偏差
緑 レ ン 石	18.34	11.60
ブ ド ウ 石	20.34	17.60
方 解 石	22.86	12.60
石 英	30.21	18.50
粘 土 鉱 物 *	31.28	17.60
沸 石	31.43	21.60
開 口 割 れ 目 **	41.32	22.40

* 緑泥石を含む

** 充填鉱物を伴わない

割れ目の角度によって充填鉱物の有無およびその種類に違いがみられ、割れ目角度によってそれぞれの平均角度から

- (i) 20° 前後の緑レン石・ブドウ石・方解石を充填鉱物とする割れ目
- (ii) 30° 前後の石英・粘土鉱物・沸石を充填鉱物とする割れ目
- (iii) 約 40° の充填鉱物を伴なわない開口割れ目

に分類される。

3.3 変質

3.3.1 変質の特徴

KH-1孔で錐進した栗橋花崗閃綠岩はおおむね新鮮で、全孔長を通して顕著な変質は少ない。また、それ以外に見られる変質も、割れ目に沿う狭い範囲の微弱な変質のハローを中心とするものである。肉眼的な割れ目の特徴及び変質の状況により、KH-1孔は0m～230m、230m～350mおよび350m～501.20mの3つの深度区間に分けることができ、それぞれをA区間、B区間、C区間と呼ぶ（3.2.1参照）。変質率は、A区間において中～強変質が卓越し、B区間においてはおおむね微弱で、C区間では中程度である。ここで変質率は、林（1979）に準拠して次のように評価する。

表 3.3.1 変質率の基準

変質程度	変質率%	備考
全 体	100	母岩と流体が十分に反応
強	50 ～ 100	母岩組織が一部不明瞭
中	50 ±	
弱	10 ～ 50	母岩組織明瞭
微 弱	0 ～ 10	初生鉱物の一部が変質
未	0	流体が全く到達しない

岩芯の変質の強い部分は、主として割れ目系に規制されて分布し、A区間の0m～26m間、130m～230mおよびC区間の470m付近に分布する。

変質の型としては

- a. 有色鉱物の緑泥石化、長石類の絹雲母化
- b. 割れ目を充填する緑泥石、緑レン石、又はブドウ石化
- c. 割れ目を充填する濁沸石、束沸石化

d. 別れ目系に伴う粘土化

の4通りが認められ、場合によって、これに赤鉄鉱の鉱染による母岩のピンク色化を伴っている。a. およびc. 型の変質は、全孔長を通じて認められるが、b. 型は主としてA区間およびC区間、d. 型はA区間の一部(22m～26m)でのみ、卓越する傾向がある。

3.3.2 変質の分布

(1) A区間 (0m～230m)

A区間はKH-1孔の中では比較的変質が強い区間である。特に22m～26m間は、割れ目および網目状に発達した細脈に沿って粘土化が進んでいる。岩芯全体が軟質で暗緑色を呈する部分は、岩芯の形状は礫状となる。付図1-1の割れ目スケッチに示す様にこの部分には高角度(鉛直方向に対して20°前後)の大きな割れ目が集中し、それらの間に石英・沸石鉱物・粘土鉱物を充填鉱物とする網状の細脈が発達する。一部に黄鉄鉱の鉱染が認められる。この付近には、後述のボアホールスキャナーによって、開口割れ目系が確認されている。

26m～136m間には、付図1-1に示す様におおむね変質の微弱な花崗閃緑岩中に緑レン石・石英・方解石および緑泥石の細脈～網状脈に伴う幅2m以下のa.型の変質帯が散在して認められる。これらは詳細に観察すると個々の割れ目の両側にピンク色化の変質ハローを伴っている。69.10m～70.00mおよび120.20m～120.90m間にはやや変質の強い部分があり、岩芯が礫状化している。

136m～230m間には、付図1-1示す様にa.型の弱い白色変質帯が連続している。部分的に、石英・方解石・沸石および緑泥石の網状細脈の発達と、ピンク色化変質が認められる。

(2) B区間 (230m～350m)

この区間は、全体を通じて変質が微弱であることを特徴とする。変質は母岩のピンク色化を伴う高角度(鉛直方向に対し30°前後)の沸石の細脈を中心とする白色化変質を主体としており、一部にピンク色化する部分も認められる。沸石は、束沸石が多く、開口した割れ目を被う皮膜状(幅1mm～2mm)の自形結晶集合体

として産する。

(3) C区間 (350m~501.2m)

C区間でも変質は主として割れ目系に規制され350.00m ~351.82m, 412.46m~413.51m, 420.83m~425.00m, 429.00m~430.40m, 465.40m~466.43m, 470.10m~477.45m の6個所に変質の強い部分が分布している。変質の型は主に有色鉱物の緑泥石化, 長石の絹雲母化に特徴づけられるa. 型に部分的にピンク色化を伴うものである。割れ目は, 一部に破碎帶を伴い, 充填鉱物として緑泥石, 緑レン石, ブドウ石および沸石が認められる。割れ目に近い部分は, ピンク色化し, その外側は白色化するハローが観察される。

3.4 まとめ

KH-1孔の岩芯観察の結果以下の事が判明した。

- (1) KH-1孔の栗橋花崗閃緑岩は, 優白色中粒の新鮮な角閃石黒雲母花崗閃緑岩で粒径及び岩相は安定している。
- (2) 貫入岩にはランプロファイアとアプライトがある。ランプロファイアは70m ~80m に偏在し, 貫入角度が他の割れ目の角度と調和的である。アプライトは散在し, その貫入角度は他の割れ目の角度と調和的でない。
- (3) 割れ目パターンのうち, Pパターンの割れ目が91.6%と卓越し, 割れ目分布域に普遍的に分布する。
- (4) A区間では割れ目数が多く, 割れ目の平均角度は約30°, 割れ目角度が30°以下のが卓越し, B区間では割れ目数は少ない。C区間では割れ目数はやや多く, 割れ目の平均角度は約34°, 割れ目角度が30°以下のものが卓越する。
- (5) 割れ目に認められる条線の観察結果によると, 100m 以浅では割れ目の走向方向のすべりが卓越し, 200m以深では, 割れ目の傾斜方向のすべりが卓越することがわかる。
- (6) R.Q.D. は90%~100 %のものが88.4%を占め, KH-1孔の岩盤が割れ目の少ない堅固なものであることを示している。R.Q.D. の低い部分と割れ目数の多い部分は, ほぼ一致する。
- (7) 緑レン石, ブドウ石を充填鉱物とする割れ目は, 母岩に変質がおよびピンク色

化する場合に多く、粘土鉱物・石英を充填鉱物とする割れ目は、母岩がピンク色化を伴わない変質を被っている場合が多い。束沸石は新鮮な岩石中の開口割れ目の晶洞によく認められ、濁沸石は変質部の高角度の割れ目を充填する場合が多い。

(8) 割れ目の角度によって充填鉱物の有無およびその種類に違いがみられ、それぞれの平均角度により

(i) 20° 前後の緑レン石・ブドウ石・方解石を充填鉱物とする割れ目

(ii) 30° 前後の石英・粘土鉱物・沸石を充填鉱物とする割れ目

(iii) 約 40° の充填鉱物を伴わない開口割れ目

に分類される。

(9) 変質はA区間では濃緑色とピンク色の中～強変質、B区間ではおおむね白色で微弱な変質、C区間ではピンク色と白色の中変質が卓越する。

これらのことは、割れ目とその割れ目に伴う変質の生成条件、時期の違いを示していると考えられ、水理や核種の収着環境を考えるうえで、参考になるものと思われる。

4. 試錐孔・岩芯を用いた花崗岩体の岩盤物性試験

4.1 室内試験

4.1.1 岩石鉱物試験

(1) 未変質岩の岩石鉱物試験

(i) 顕微鏡観察結果

KH-1孔の岩芯中、比較的変質が少ないと考えられる 105.20m (C-4, M-4, X-8,), 251.20m (C-7, M-10, X-17) および 455.30m (C-12, M-17, X-28) の 3 点で花崗閃緑岩を、75.50m (C-3, M-3, X-7) でランプロファイアを、それぞれ試料採取した。

花崗岩類は、鏡下では（電気石）角閃石黒雲母花崗閃緑岩である。石英、斜長石、カリ長石、角閃石、黒雲母を主成分鉱物とし、電気石、燐灰石、ジルコン、くさび石、および不透明鉱物を副成分鉱物として含んでいる。それぞれの試料のモード分析結果を表4.1.1 に Qz - Kf - Pl 図を図4.1.1 に示す。

105.20m は栗橋岩体の平均モード組成に近く Bateman (1963), I. U. G. S. (1973) の分類のどちらでも花崗閃緑岩に分類されるが、深度が増加するのに従ってカリ長石の含有量が減少し、251.20m および 455.30m では、Bateman (1963) で石英閃緑岩、I. U. G. S. (1973) でトーナル岩に分類される。不透明鉱物のモードは 0.2 ~ 0.7 と大きく、磁鉄鉱系 (Ishihara (1977)) に属する (図4.1.2)。

これは、この岩体の大きな帶磁率（全平均 1181×10^{-6} e. m. u. / cc）と調和的である。色指数は 11.7 ~ 20.4 を示している。

石英は径 1.0mm ~ 3.0mm で他形を呈し、波動消光が顕著である。斜長石は径 0.5mm ~ 3.0mm で半自形を呈し、客晶をなす。カリ長石は 1mm ~ 2mm で、石英とともに間隙充填型を呈する。累帯構造や双晶は認められない。局的に石英 - 斜長石、斜長石 - カリ長石間でミルメカイトが認められる。角閃石は、濃緑 ~ 淡緑色の多色性を示す種類であり、径 0.5mm ~ 1.5mm 柱状自形 ~ 半自形を呈し、結晶の中心 ~ 外縁へ向かって淡緑 → 濃緑となるプロードな累帯構造を呈する。黒雲母は径 0.5mm ~ 1.5mm で、板状自形を示す。電気石は 0.4mm ~ 1.5mm で柱状自形 ~ 半自形を呈し、結晶の中心 → 外縁に向かって、淡緑 → 濃緑となる

累帶が顯著である。燐灰石は、0.05mm～0.2mmで柱状半自形を呈し、斜長石、黒雲母等に包有される。ジルコンは0.05mm～0.2mmで、短柱状半自形、淡褐色を呈し、電気石中に包有される。クサビ石は、0.05mm～0.4mmで半自形を呈する。

(ii) 未変質岩の全岩化学組成

新鮮岩の全岩分析結果を表4.1.2に、MFA図を図4.1.3に示す。変質の弱い花崗岩(C-4 105.20m, C-7 251.20m, C-12 455.30m)の化学組成は、 $\text{SiO}_2 = 63.4 \sim 64.6\text{wt\%}$ 、ノルム鉱物組成から得られた分化指数(ノルムQz + Or + Ab, Thornton & Tuttle, 1960)は60.95～62.87の間にに入る。

75.5m深(C-3)のランプロファイアーラの分析値は $\text{SiO}_2 = 51.1\text{wt\%}$ 、色指数38.5で火成岩の分類では粗面安山岩に含まれるが、顕微鏡的な特徴からは角閃岩の特徴を持ち、ランプロファイアーラの分類からはスペッサルタイトに分類される。

表 4.1.1 モード分析結果

	M-4	M-10	M-17
採取深度 総カウント数	105.2m 3000	256.2m 3000	455.3m 3000
石英	24.4	24.0	29.9
斜長石	45.6	56.6	51.7
カリ長石	6.5	5.5	1.3
黒雲母	8.2	7.1	9.7
普通角閃石	9.3	3.3	4.4
電気石	2.4	1.1	1.1
燐灰石	0.5	tr	0.3
その他	1.4	0.5	0.1
不透明鉱物	0.5	0.2	0.7
緑泥石	1.2	1.7	0.8
Total	100.0	100.0	100.0
Qz %	31.9	27.9	36.1
P1 %	59.6	65.7	62.4
Kf %	8.5	6.4	1.5
色指數 Qz+Kf	20.4 30.9	11.7 29.5	15.9 31.2

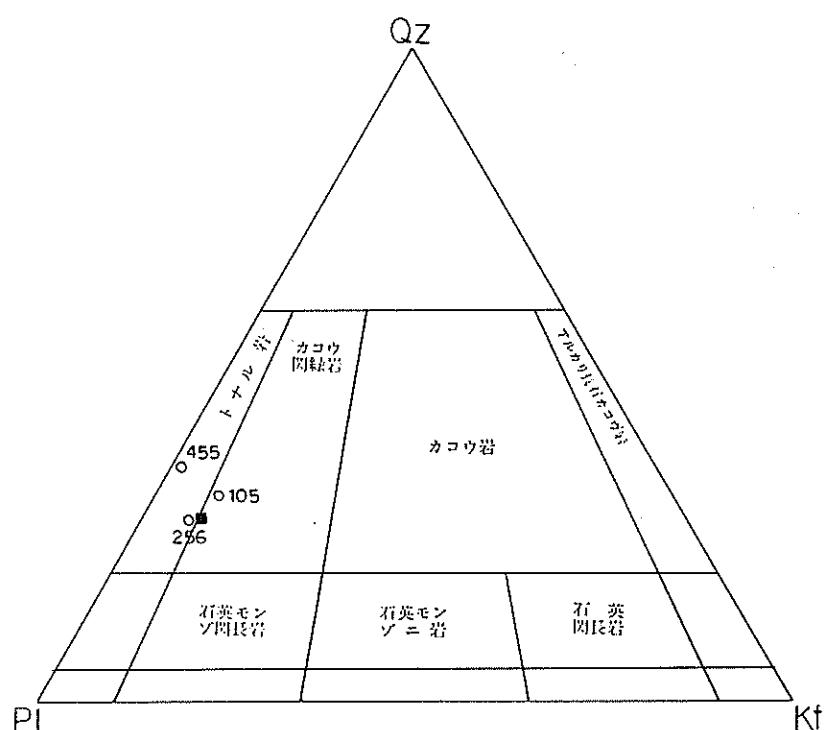
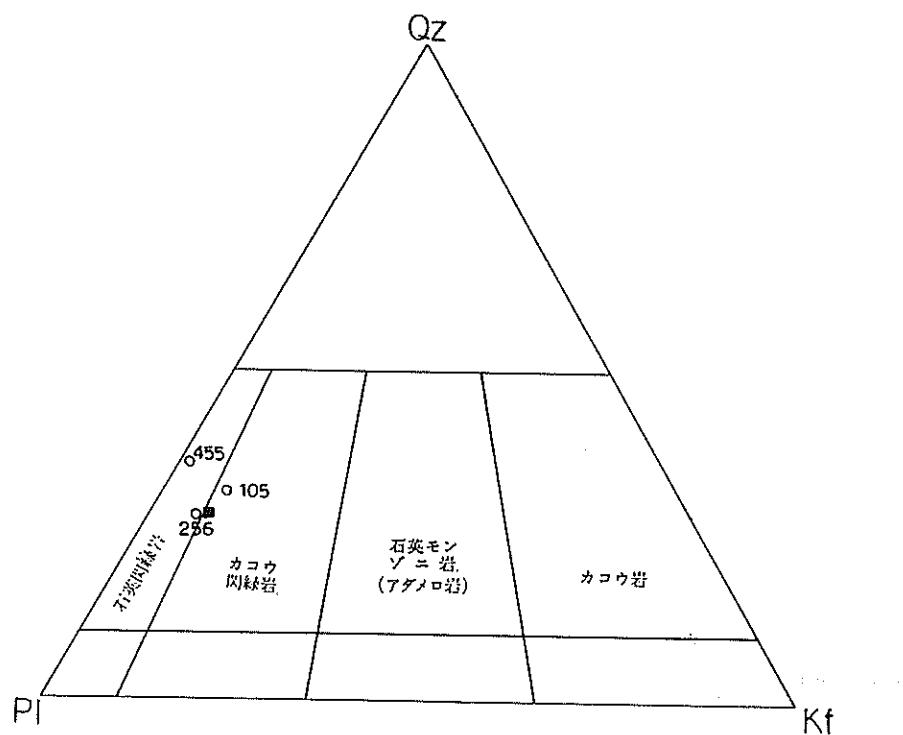


図 4.1.1 未変質岩のモード組成と花崗岩の岩型分類。
 上は Bateman (1963), 下は I. U. G. S (1973) による。
 数字は試料の深度を示す。 ■は、昭和 61 年度調査による栗橋
 岩体のモード組成の平均値。

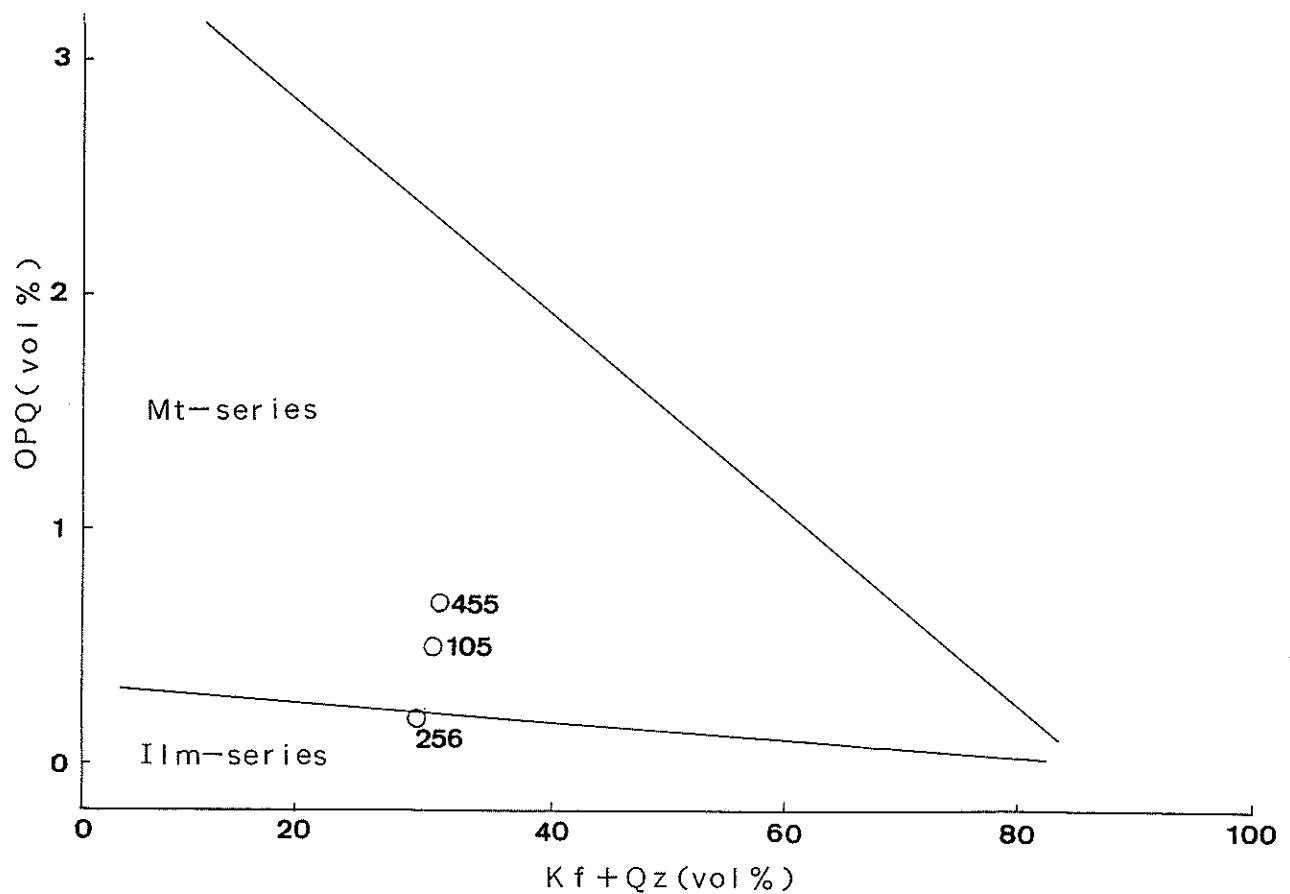


図 4.1.2 未変質岩モード $K_f + Q_z$ と不透明鉱物量の関係

表 4.1.2 未変質岩の全岩化学組成

岩 質	No. C-3 ラソプロファイア-	C-4 花崗閃綠岩	C-7 花崗閃綠岩	C-12 花崗閃綠岩
SiO ₂	51.10	64.60	64.00	63.40
TiO ₂	0.70	0.56	0.46	0.57
Al ₂ O ₃	15.70	15.60	16.40	16.00
Fe ₂ O ₃	1.52	1.56	1.52	1.97
FeO	6.30	3.64	2.95	3.62
MnO	0.16	0.11	0.09	0.11
MgO	8.73	2.34	1.92	2.39
CaO	7.89	5.10	5.39	5.45
Na ₂ O	2.39	3.38	3.57	3.44
K ₂ O	1.79	2.26	2.00	2.09
P ₂ O ₅	0.12	0.13	0.12	0.16
H ₂ O ⁺	3.21	0.91	1.03	0.72
H ₂ O ⁻	0.28	0.10	0.11	0.06
TOTAL	99.89	100.29	99.56	99.98
FeO*	7.67	5.04	4.32	5.39
FeO*/MgO	0.88	2.16	2.25	2.26
Na ₂ O+K ₂ O	4.18	5.64	5.57	5.53
Qz	0.00	20.91	20.55	19.49
Cal	0.00	0.00	0.00	0.00
Or	10.58	13.36	11.82	12.35
Ab	20.22	28.60	30.21	29.11
An	26.82	20.72	22.82	22.04
Dp	6.74	1.80	1.56	1.98
Hd	2.56	1.26	1.02	1.25
En	15.97	4.99	4.06	5.03
Fs	6.95	4.01	3.04	3.64
Fo	1.86	0.00	0.00	0.00
Fa	0.89	0.00	0.00	0.00
Mt	2.20	2.26	2.20	2.86
He	0.00	0.00	0.00	0.00
I lm	1.33	1.06	0.87	1.08
Apt	0.28	0.30	0.28	0.37
S. I.	42.42	17.97	16.26	17.95
D. I.		62.87	62.58	60.95

FeO* は FeOとして再計算された全鉄量を示す。

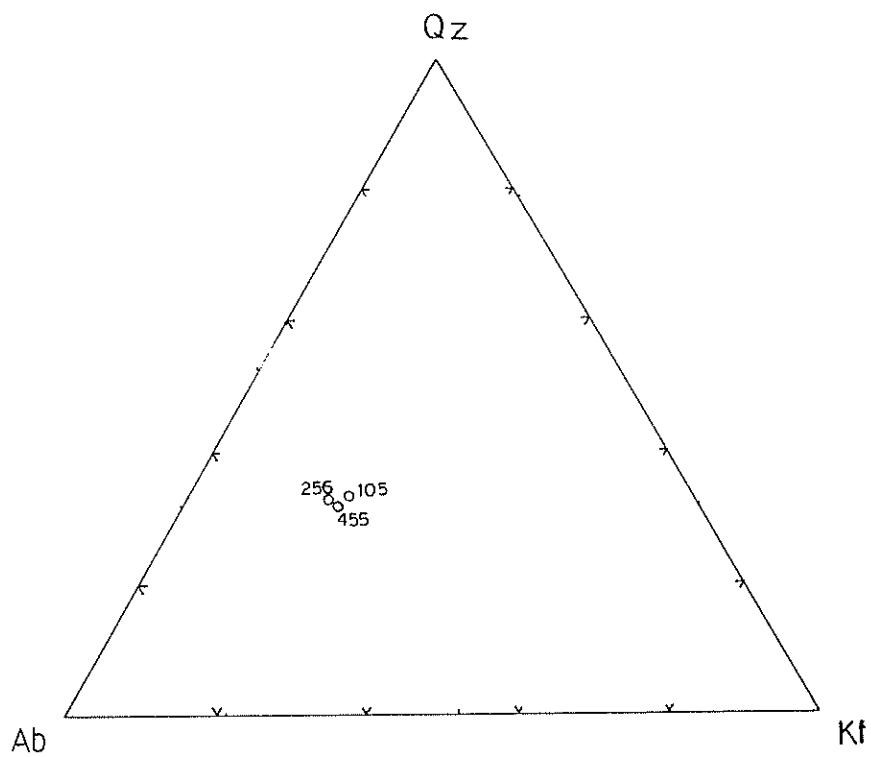
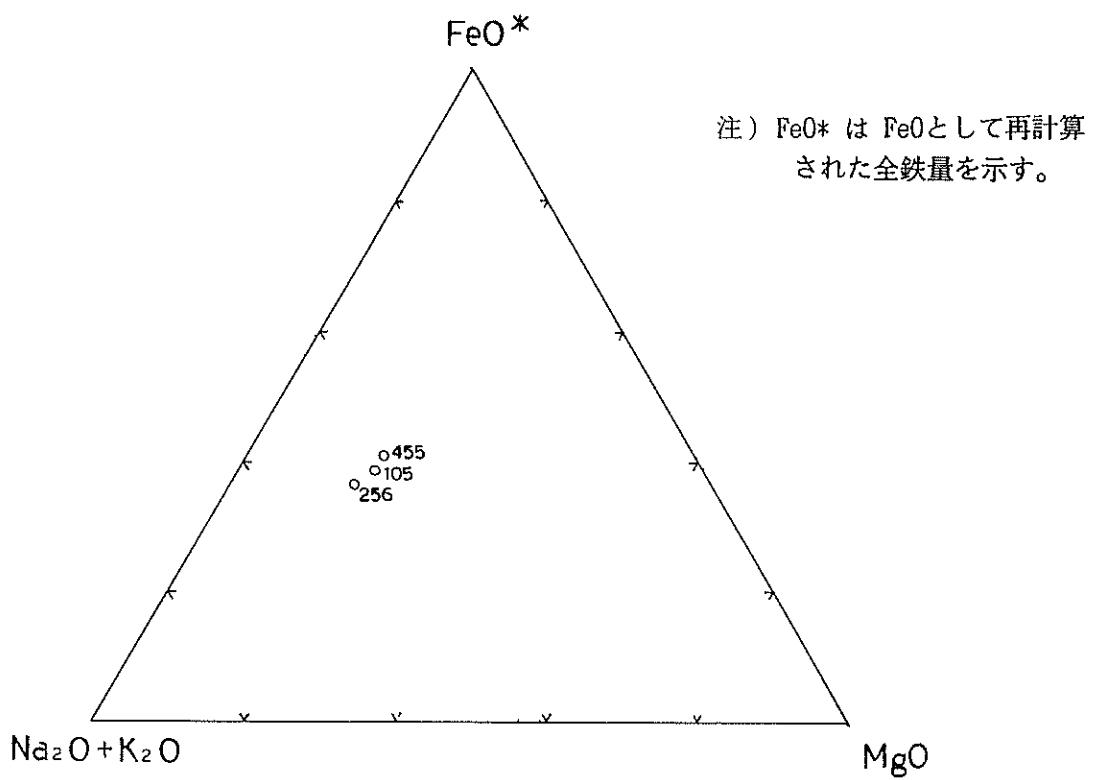


図 4.1.3 未変質岩のMFAダイヤグラムとノルム鉱物組成

(2) 変質岩の岩石鉱物試験

(i) 変質岩の顕微鏡観察およびX線回折分析結果

顕微鏡観察およびX線回折分析結果から同定された変質鉱物は以下の通りである。

粘土鉱物；モンモリロナイト，緑泥石／モンモリロナイト混合層鉱物，緑泥石，絹雲母

沸石鉱物；東沸石，濁沸石

シリカ鉱物；石英

Ca-珪酸塩鉱物；ブドウ石，緑レン石，アクチノ角閃石

炭酸塩鉱物；方解石

その他；赤鉄鉱，黄鉄鉱

肉眼観察から，KH-1孔の変質は，割れ目系に関連したものと考えられる。

後述するように変質状況の変化は，同一時期の物理化学条件の変化（たとえば深度方向の）によって規制されたものでなく，花崗岩の定地後に生じたステージの異なった変質作用が重複して形成されたものとしてとらえることができる。これらの変質をその特徴により，次のような変質型に分類した。

a. 緑泥石-絹雲母型

変質度の強弱はあるものの，KH-1孔全体を通して認められるこの型の変質は，黒雲母，角閃石の緑泥石化，斜長石の絹雲母化で特徴づけられる。検鏡結果およびX線強度の変化（図4.1.4）からみて，黒雲母>角閃石>斜長石の順に変質を受け易い傾向が認められる。

緑泥石は，0.2mm～0.3mmの葉片状結晶の集合体をなし，藍青色の干渉色を呈するものが多いが，角閃石周縁部等に褐色の干渉色を示すものも認められる。絹雲母は0.05mm以下の板状を呈し、斜長石内部を虫喰い状に交代する。

※ 生沼他(1972)のダイアグラム（図4.1.6）から求められた緑泥石の化学組成はFe-Mg系の中間組成を示している。

b. 緑レン石-ブドウ石-緑泥石型

高角度の割れ目系に伴い脈状を呈する。鏡肌を持ち，明らかに変位を伴うものも認められる。とくに430m～501.20m間で卓越する。

緑レン石は、0.05mm以下の細粒・粒状・他形の集合体をなし、緑泥石と密接に共生している。ブドウ石は0.1mm～0.2mmの板状を呈し、放射状あるいは短冊状の集合体となる。方解石と密接に共生し、緑レン石と共存する場合にはそれよりも後成である。緑泥石は0.1mm～0.2mmの葉片状結晶の集合体を形成する。周辺の組織から、 α 型の緑泥石が変形し、ひき延ばされたような形態を示す場合もある。

c. 束沸石-濁沸石一方解石(+綠泥石/モンモリロナイト混合層鉱物)型

高角度の開口割れ目系を充填して、白色～帶桃灰白色脈を形成する。22m～78m、117m～196m、350m～370m、412m～430mの各区間で卓越し、物理検層結果の異常は、この型の変質個所とよく一致する傾向が見られる。

濁沸石は、肉眼的には帶桃灰白色の柱状結晶の集合体となり、間隙中のものは、菱形の卓面を持つ $0.1\text{mm}\sim0.3\text{mm}$ の短柱状自形を呈する。鏡下では $0.05\text{mm}\sim0.5\text{mm}$ の板状結晶集合体として、方解石とともに細脈をなす。

束沸石は、肉眼的には、0.1mm 以下のガラス状光沢をもつ透明結晶の集合体となり、弱変質部の割れ目系を充填する。間隙中のものは 0.1mm 以下の薄板状結晶をなす。鏡下では 0.1mm~0.5mm の板状結晶を呈し、濁沸石と共に存する場合には、それよりも後成である。これらの沸石の分布は X 線回折分析結果から得られた緑泥石／モンモリロナイト混合層鉱物の分布と一致している。このことは緑泥石／モンモリロナイト混合層鉱物が、沸石と密接に関連して生成していることを示している。

d. モンモリロナイト型

200m以浅の強変質帯に関連して分布する。モンモリロナイトは、主としてX線回折分析で少量検出される。X線のピークはブロードで弱い。その産状は明らかではないが、割れ目系を充填する粘土鉱物あるいは緑泥石の一部を交代して分布するものと推定される。

各々の変質型は、その産状から次のように分類される。

- | | | |
|------------|-------|---|
| a. | 交代型 | a. 緑泥石+絹雲母型 |
| β . | 変質脈型 | b. 緑レン石+ブドウ石+緑泥石型 |
| γ . | 間隙充填型 | c. 束沸石-濁沸石+方解石型
..... d. モンモリロナイト型 |

肉眼観察結果およびX線分析結果から、K H - 1孔は次のような深度区間に区分できる。

表 4.1.3 各区間の変質の特徴

区 間	深 度	変 質 度	変 質 型
A	0 ~ 25 m	強	c + d
	25 ~ 70	中	a + b + c
	70 ~ 130	弱	c + d
	130 ~ 230	強	a + b
B	230 ~ 350	微 弱	a
C	350 ~ 410	弱	c
	410 ~ 501.2	中	b + c

(ii) 変質岩の全岩化学組成

変質岩の全岩化学分析結果を表4.1.6に、SiO₂に対する各成分の変化を図4.1.7に示す。変質状況からこれらのサンプルは次のように分類される。

- ①弱い緑泥石化 C - 4(105.20m), C - 7(251.20m), C - 12(455.30m)
- ②緑レン石化+沸石化 C - 9(353.10m)
- ③強いブドウ石化+沸石化 C - 13(474.80m)
- ④弱い沸石化 C - 8(292.70m), C - 11(412.80m)
- ⑤強い沸石化+方解石化 C - 2(69.90m), C - 5(162.80m)
C - 6(189.60m), C - 10(375.60m)
- ⑥強い方解石化 C - 1(23.10m)

- ①群は、ほぼ本来の花崗岩の組成と見なすことができる。
- ②群では、CaO, H₂Oが増加し、SiO₂が減少する。
- ③群では、CaO, K₂O, H₂Oが増加しMgO, SiO₂が減少する。
- ④群では、K₂O, H₂O+の増加が認められ、相対的にCaO, Al₂O₃, SiO₂が減少する。

⑤群では、 CaO 、 H_2O^+ の増加が認められ、相対的に Na_2O 、 Al_2O_3 、 SiO_2 の減少が認められる。

⑥群では、 CaO 、 CO_2 が大きく増加し、相対的に Na_2O 、 Al_2O_3 、 SiO_2 の減少が顕著である。

$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{MgO}$ 図上では②、④、⑤群は、原岩化学組成とほとんど変化がなく、全岩組成の変化は主として花崗岩と、変質に関連した流体とのアルカリ元素の再分配と H_2O^+ の富化に起因していることを示している。③、⑥群では主として CaO の富化により、方解石や Ca -珪酸塩鉱物が増加したことにより全岩組成の変化が生じたことが伺える。

(iii) 変質鉱物の生成順序

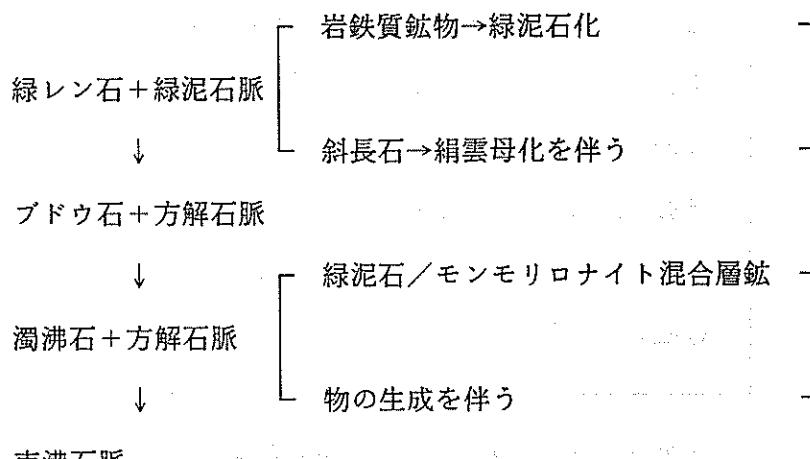
顕微鏡観察結果、およびX線回折分析結果から得られた変質鉱物の出現消滅関係を図4.1.5に示す。KH-1孔から得られた変質鉱物の生成は、以下の順で生じたと考えられる。

① 花崗岩定地後の熱水期、またはランプロファイアの貫入に伴う熱的な影響による花崗岩の変質

苦鉄質鉱物→緑泥石化

斜長石→絹雲母化

② 温度低下と花崗岩体中の割れ目系の生成に伴う Ca 、 K の富化を伴う変質



③ 温度低下後の割れ目系中の地下水の循環に伴うモンモリロナイトの生成

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。

(95~96 頁) ~ (99~100 頁)

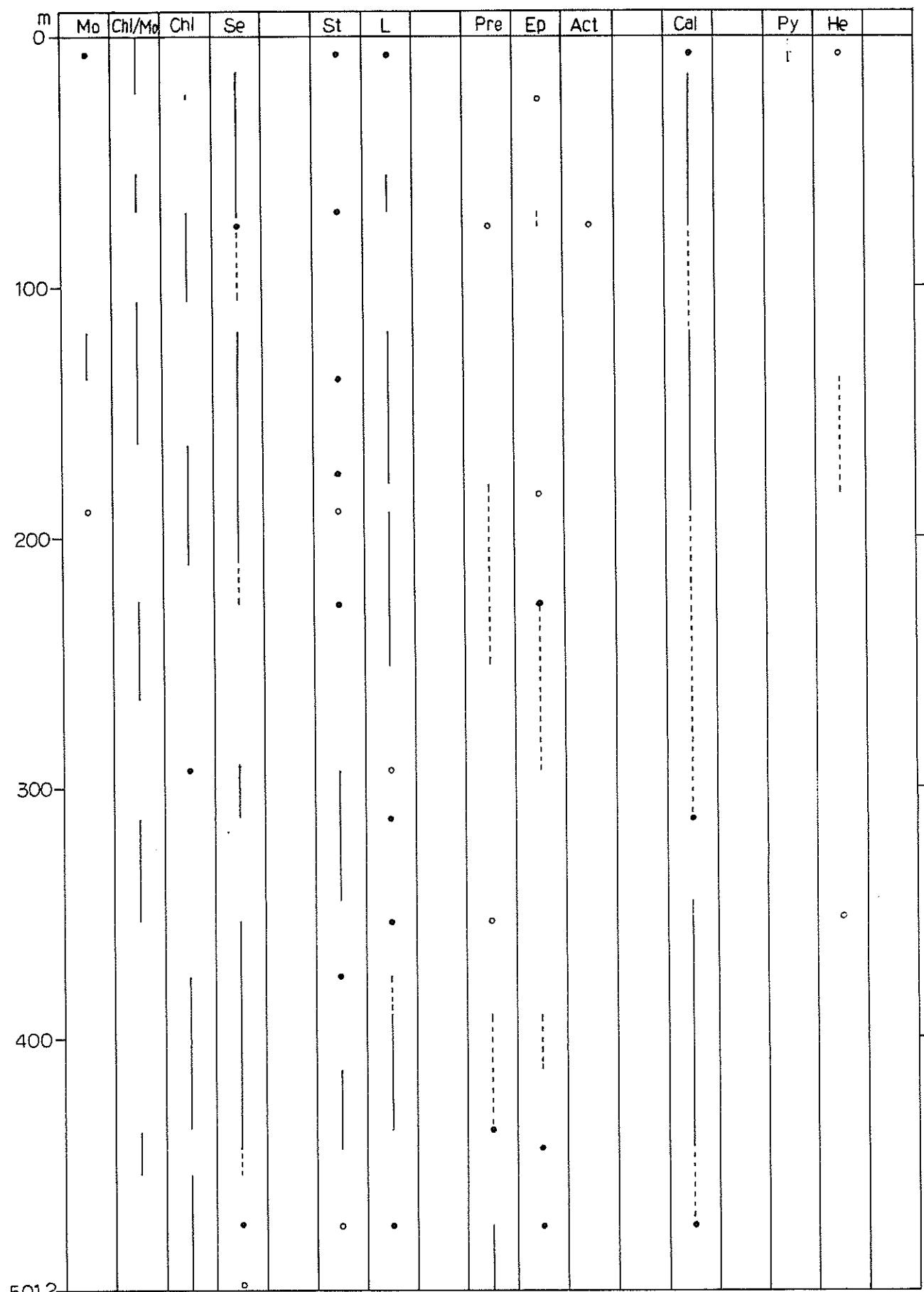


図 4.1.5 主要変質鉱物分布図

—— X線回折分析により連続的に認められる範囲

- - - - 頭微鏡観察により連続的に認められる範囲

- X線分析でスポット的に認められる地点
- 頭微鏡観察によりスポット的に認められる地点

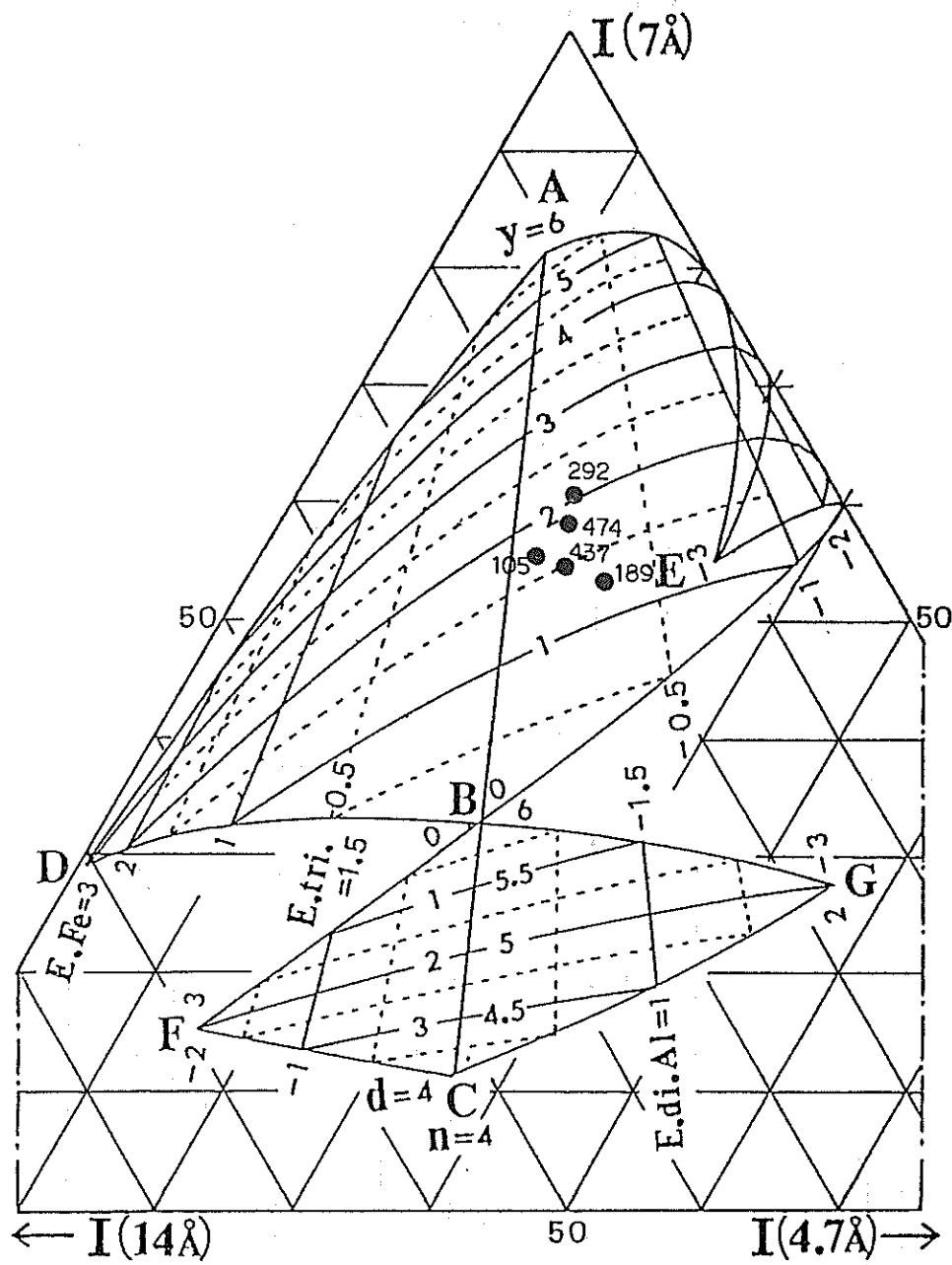


図 4.1.6 緑泥石の $14\text{, }7\text{, }4.7\text{\AA}$ の回折強度と化学組成の関係
(Oinuma et al., 1972)

●の数字は試料の採取深度を示す。

表 4.1.6 全岩化学分析結果一覽表

SAMPLE	C - 1	C - 2	C - 3	C - 4	C - 5	C - 6	C - 7	C - 8	C - 9	C - 10	C - 11	C - 12	C - 13
SiO ₂	56.70	60.10	51.10	64.60	61.80	62.80	64.00	63.50	58.20	61.70	63.80	63.40	56.70
TiO ₂	0.58	0.53	0.70	0.56	0.49	0.61	0.46	0.56	0.57	0.53	0.61	0.57	0.48
Al ₂ O ₃	9.67	14.80	15.70	15.60	14.80	13.80	16.40	15.60	16.50	13.40	14.30	16.00	16.40
Fe ₂ O ₃	1.12	1.97	1.52	1.56	1.49	1.84	1.52	1.74	2.23	1.84	1.69	1.97	2.26
FeO	4.18	3.02	6.30	3.64	3.31	3.67	2.95	3.46	3.28	3.36	4.15	3.62	3.52
MnO	0.16	0.10	0.16	0.11	0.09	0.11	0.09	0.11	0.10	0.10	0.12	0.11	0.10
MgO	2.91	2.15	8.73	2.34	2.16	2.46	1.92	2.45	2.31	2.29	2.73	2.39	1.84
CaO	10.70	6.03	7.89	5.10	5.65	5.44	5.39	3.81	6.51	5.30	3.46	5.45	9.57
Na ₂ O	0.83	1.97	2.39	3.38	2.48	1.46	3.57	3.28	2.78	1.74	3.46	3.44	2.71
K ₂ O	1.61	3.02	1.79	2.26	1.34	2.42	2.00	2.76	2.50	1.93	2.19	2.09	3.39
P ₂ O ₅	0.09	0.13	0.12	0.13	0.13	0.15	0.12	0.14	0.14	0.13	0.15	0.16	0.13
H ₂ O ⁺	2.69	5.52	3.21	0.91	4.75	4.78	1.03	2.25	4.55	6.98	2.87	0.72	2.56
H ₂ O ⁻	0.26	0.71	0.28	0.10	0.45	0.53	0.11	0.22	0.63	0.91	0.23	0.06	0.34
TOTAL	91.50	100.05	99.89	100.29	98.94	100.07	99.56	99.88	100.30	100.21	99.76	99.98	100.00
FeO*	5.19	4.79	7.67	5.04	4.65	5.33	4.32	5.03	5.29	5.02	5.67	5.39	5.55
FeO*/MgO	1.78	2.23	0.88	2.16	2.15	2.17	2.25	2.05	2.29	2.19	2.08	2.26	3.02
Na ₂ O+K ₂ O	2.44	4.99	4.18	5.64	3.82	3.88	5.57	6.04	5.28	3.67	5.65	5.53	6.10
Norm	Qz	23.39	21.24	0.00	20.91	25.77	28.57	20.55	20.52	15.24	28.49	21.74	19.49
	Cal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.31	0.00
	Or	9.51	17.85	10.58	13.36	7.92	14.30	11.82	16.31	14.77	11.41	12.94	12.35
	Ab	7.02	16.67	20.22	28.60	20.99	12.35	30.21	27.75	23.52	14.72	29.28	22.93
	An	17.90	22.62	26.82	20.72	25.29	23.95	22.82	17.99	25.16	23.05	16.19	22.04
	Dp	15.64	3.44	6.74	1.80	0.92	1.03	1.56	0.00	3.33	1.22	0.00	1.98
	Hd	11.45	1.81	2.56	1.26	0.63	0.65	1.02	0.00	1.74	0.74	0.00	1.25
	En	0.00	3.76	15.97	4.99	4.95	5.65	4.06	6.10	4.21	5.14	6.80	5.03
	Fs	0.00	2.27	6.95	4.01	3.88	4.08	3.04	4.21	2.52	3.59	5.47	3.64
	Fo	0.00	0.00	1.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Fa	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Mt	1.62	2.86	2.20	2.26	2.16	2.67	2.20	2.52	3.23	2.67	2.45	2.86
	He	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Ilm	1.10	1.01	1.33	1.06	0.93	1.16	0.87	1.06	1.08	1.01	1.16	1.08
	Apt	0.20	0.30	0.28	0.30	0.30	0.35	0.28	0.32	0.32	0.30	0.35	0.37
S. I.	27.61	18.02	42.42	17.97	20.32	21.09	16.26	18.13	17.94	20.86	19.43	17.95	13.64

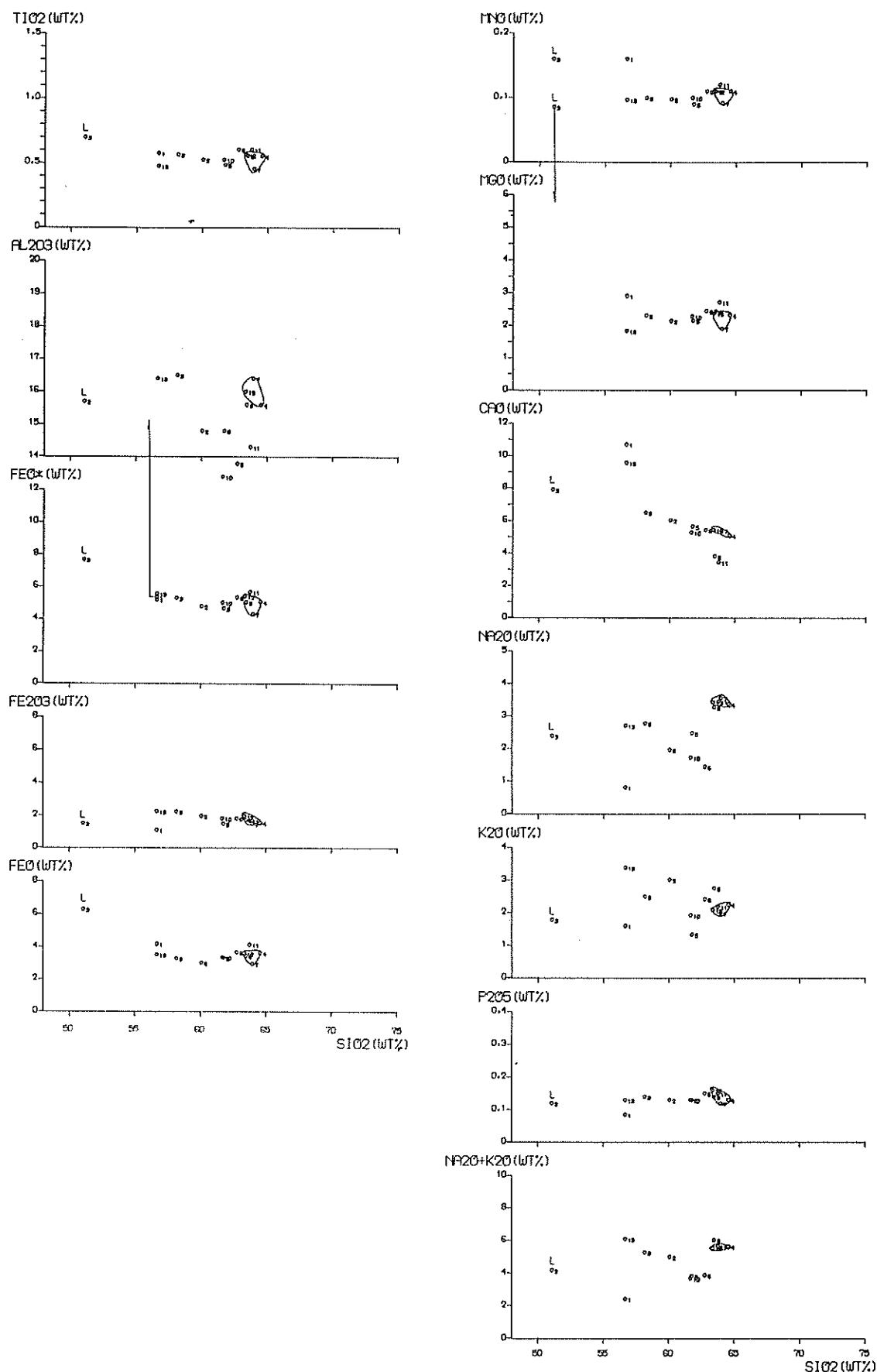
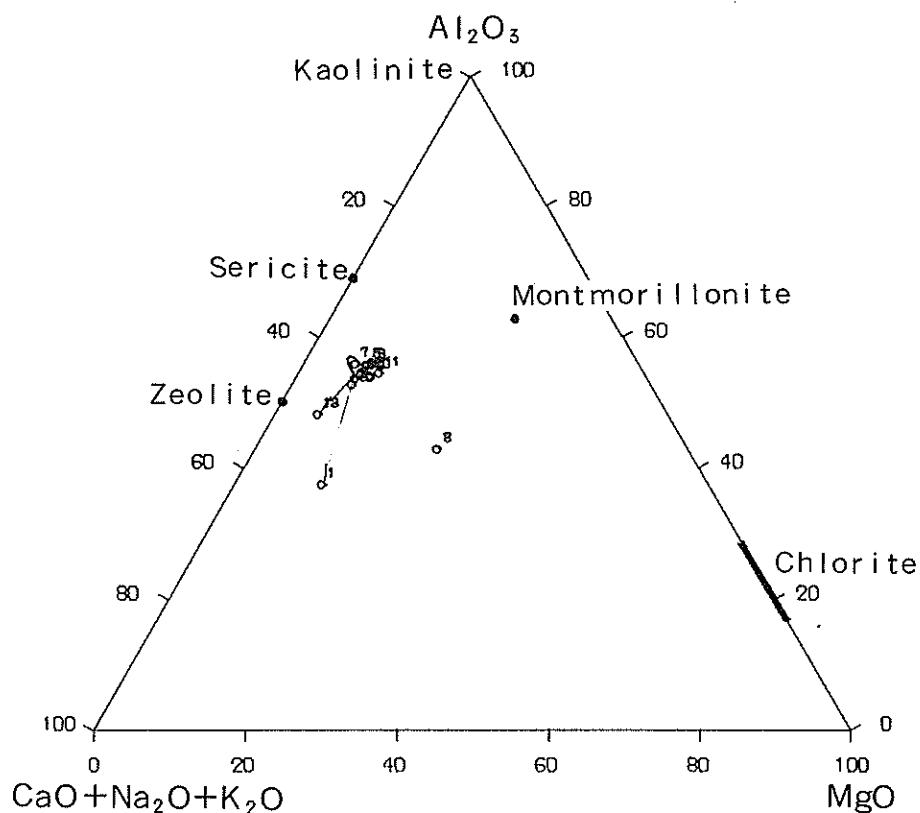


図 4.1.7 変質岩の SiO_2 量に対する化学組成変化
実線で囲んだ範囲内が未変質岩の化学組成範囲を、 L はランプロファイアを示す。

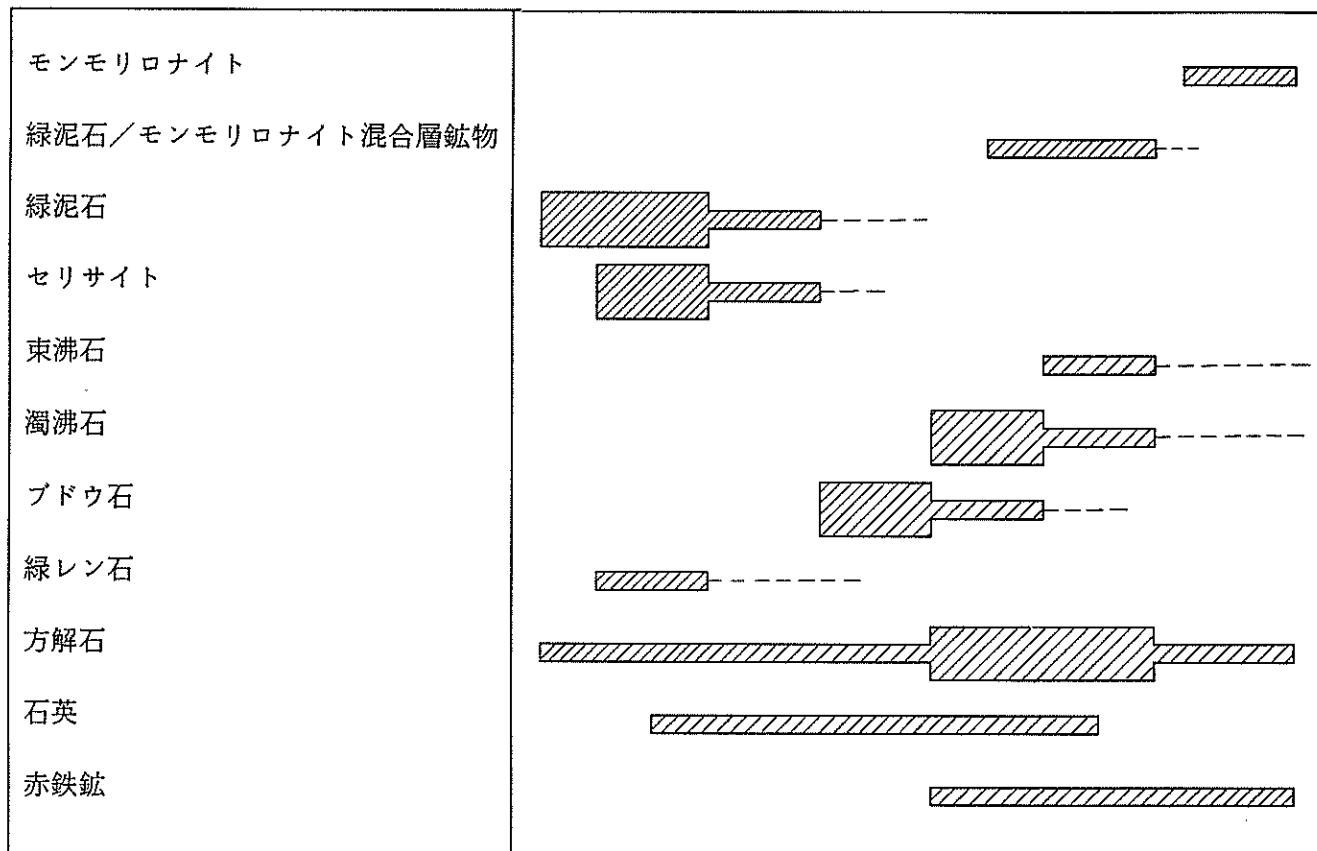
この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。



1	C-1	(23.10 m)
2	C-2	(69.90 m)
3	C-3	(75.50 m)
4	C-4	(105.20 m)
5	C-5	(162.80 m)
6	C-6	(189.60 m)
7	C-7	(251.20 m)
8	C-8	(292.70 m)
9	C-9	(353.10 m)
10	C-10	(375.60 m)
11	C-11	(412.80 m)
12	C-12	(455.30 m)
13	C-13	(474.80 m)

図 4.1.9 変質岩の全岩化学組成
 Al₂O₃ - CaO + Na₂O + K₂O - MgO 三角図
 (C-3はランプロファイア)

表4.1.7 変質鉱物のparagenetic sequence



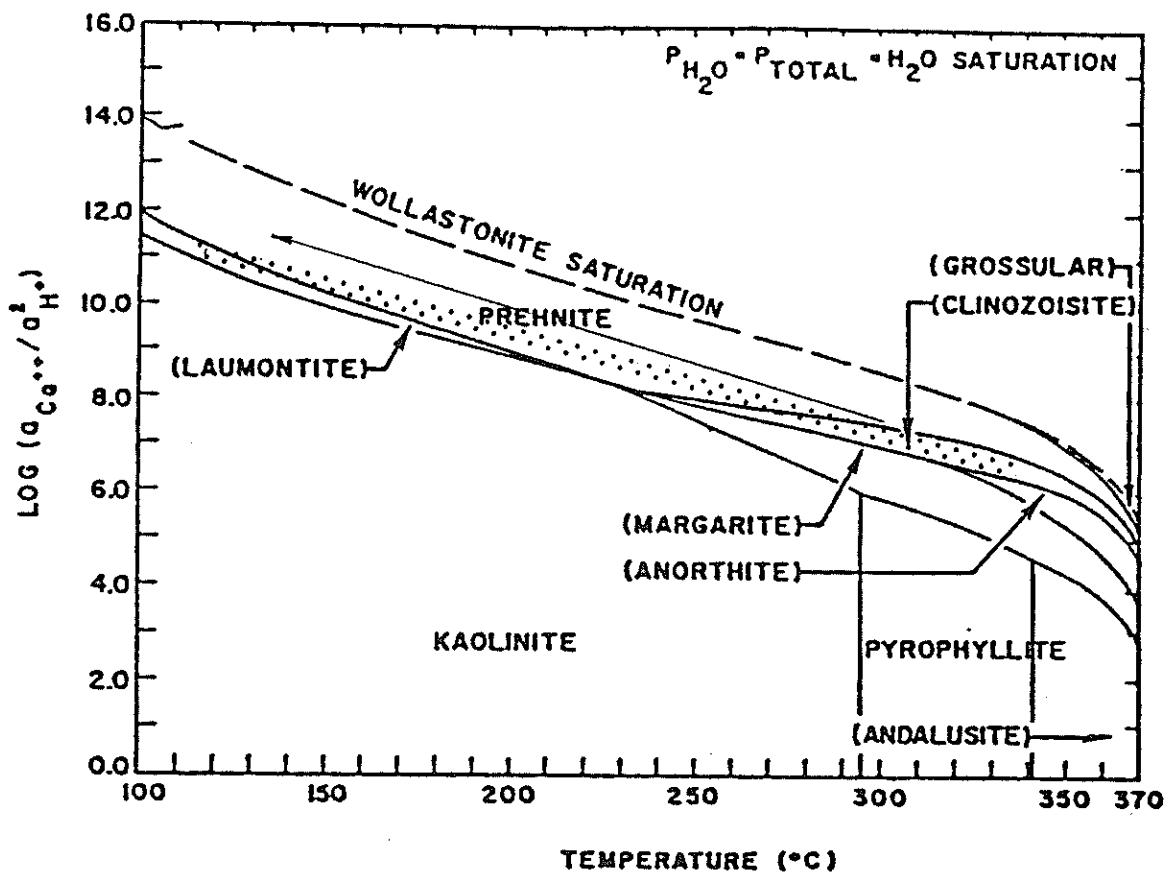


図 4.1.10 石英の共存下における $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ 系相図
 (Birt et al., 1984)
 ハッチが想定される安定領域

4.1.2 岩石物性試験

比重、含水比、吸水率、有効間隙率、弾性波速度、熱伝導率、帶磁率、一軸圧縮強度、弾性係数、ポアソン比、圧裂引張強度、ショア硬度、透水係数を測定する。表4.1.8に、供試体採取位置と、実施した物性試験の一覧表を示す。表の中で○、◎印が実施した試験である。表4.1.9には、その結果および平均値を示す。表4.1.9に記載したブロックA～Wは、供試体の採取位置毎に区分したものである。採取位置が多少異なる供試体があるが、表4.1.8の各ブロック内で◎印で示した測定値は、同一の供試体から得られたものとして検討を進める。

(1) 比重(見掛け比重)

自然風乾、強制湿潤、強制乾燥の3状態で測定した。自然風乾状態での最大値は2.84、最小値は2.45であり、平均すると 2.68 ± 0.08 である。図4.1.11に深さ方向の比重の分布、図4.1.12に比重の頻度分布を示す。頻度分布では2.7～2.8が最も多く、変質部と思われる部分で値が小さい。最大値は、ランプロファイアーパークの部分である。

強制乾燥状態と、他の2つの状態との差は、平均値で0.01～0.02と非常に小さく、間隙が少なく、緻密であることを表わしている。

図4.1.13～4.1.15は、強制湿潤比重と弾性波速度、熱伝導率、帶磁率との相関を調べたものである。弾性波速度との相関係数が0.61とやや高い外は、相関は認められない。比重の変化に対して弾性波速度の変化が比較的大きいことがわかる。

(2) 含水比、吸水率、有効間隙率

図4.1.16に深さ方向の有効間隙率の分布、図4.1.17に有効間隙率の頻度分布を示す。有効間隙率の最大値は9.15%，最小値は0.52%であった。頻度分布で見ると、1%以下が最も多く、平均すれば1.89（±2.25）%となる。

吸水率と有効間隙率は、算定式から明らかなように互いに対応する。含水比も有効間隙率との相関が高く、相関係数0.98である。図4.1.18に3者の関係を示した。なお、含水比は、平均で0.29（±0.23）%と非常に小さい。

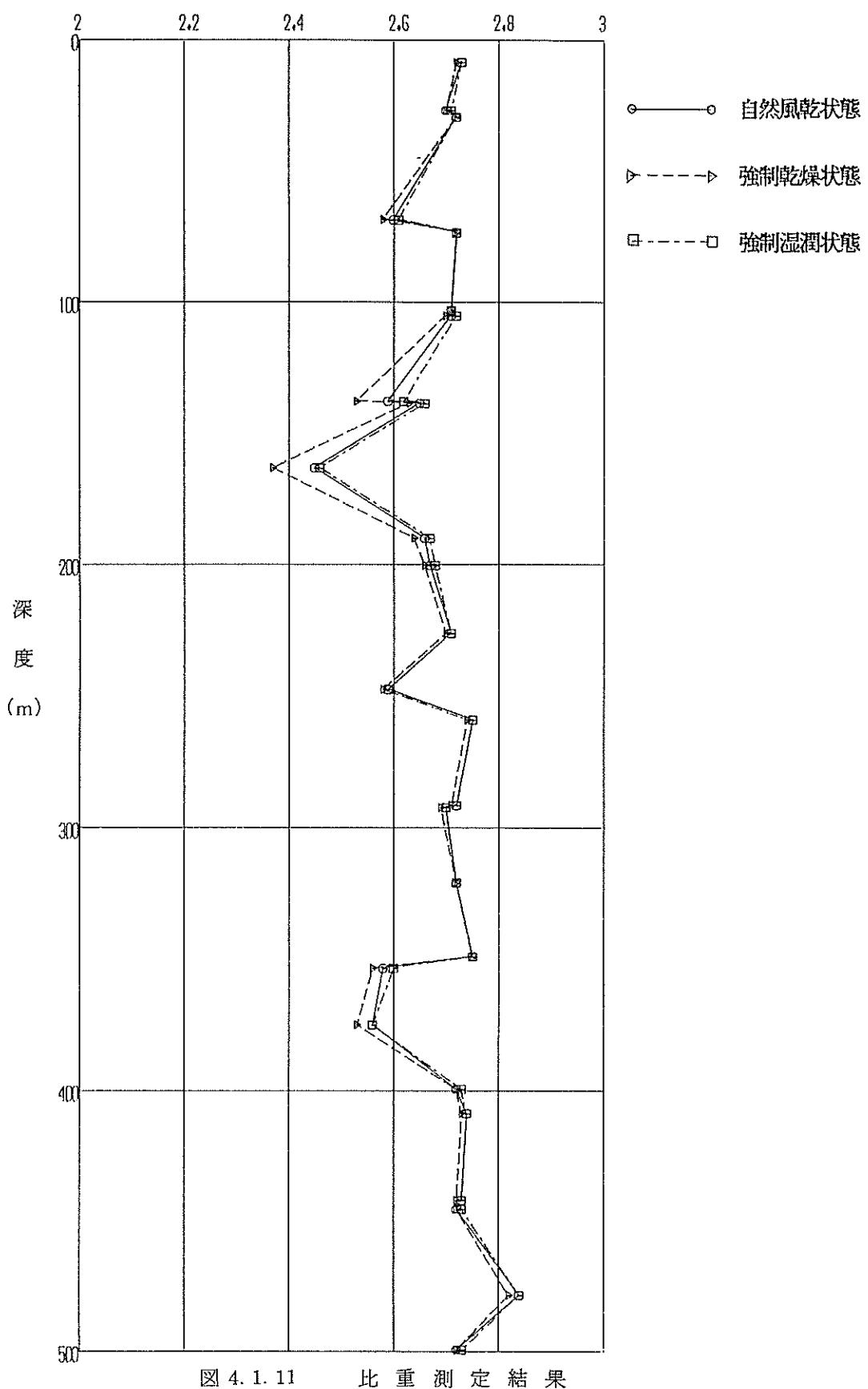
有効間隙率と共に含水比が高くなる部分は、変質が認められる個所である。

図4.1.19～4.1.22は、有効間隙率と強制湿潤比重、弾性波速度、熱伝導率、帶磁率との相関を調べたものである。図中に相関係数Rと、Rの絶対値が0.6以上

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。

(111~112 頁) ~ (117~118 頁)

比重



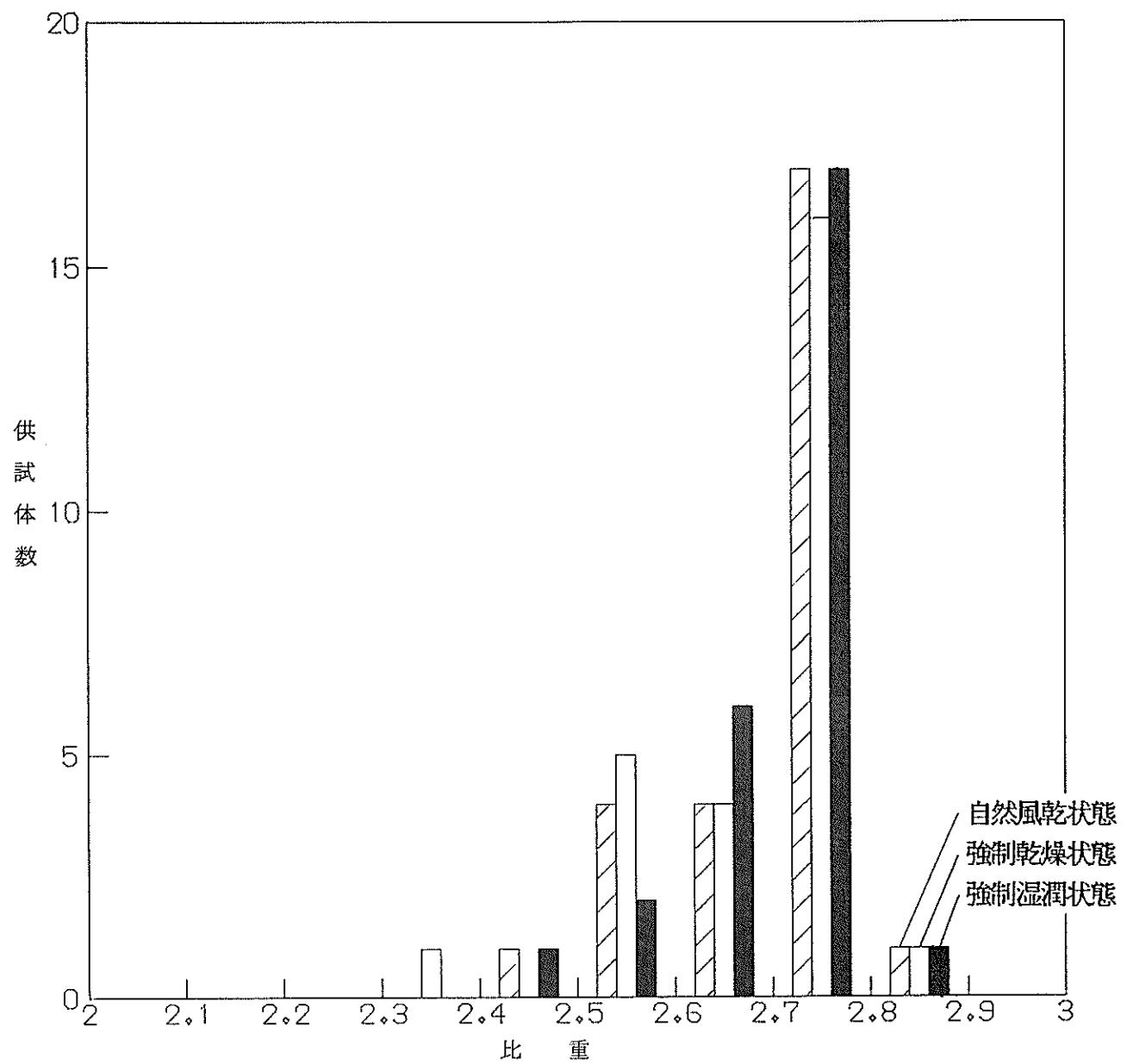


図 4.1.12 比重 頻度 分布 図

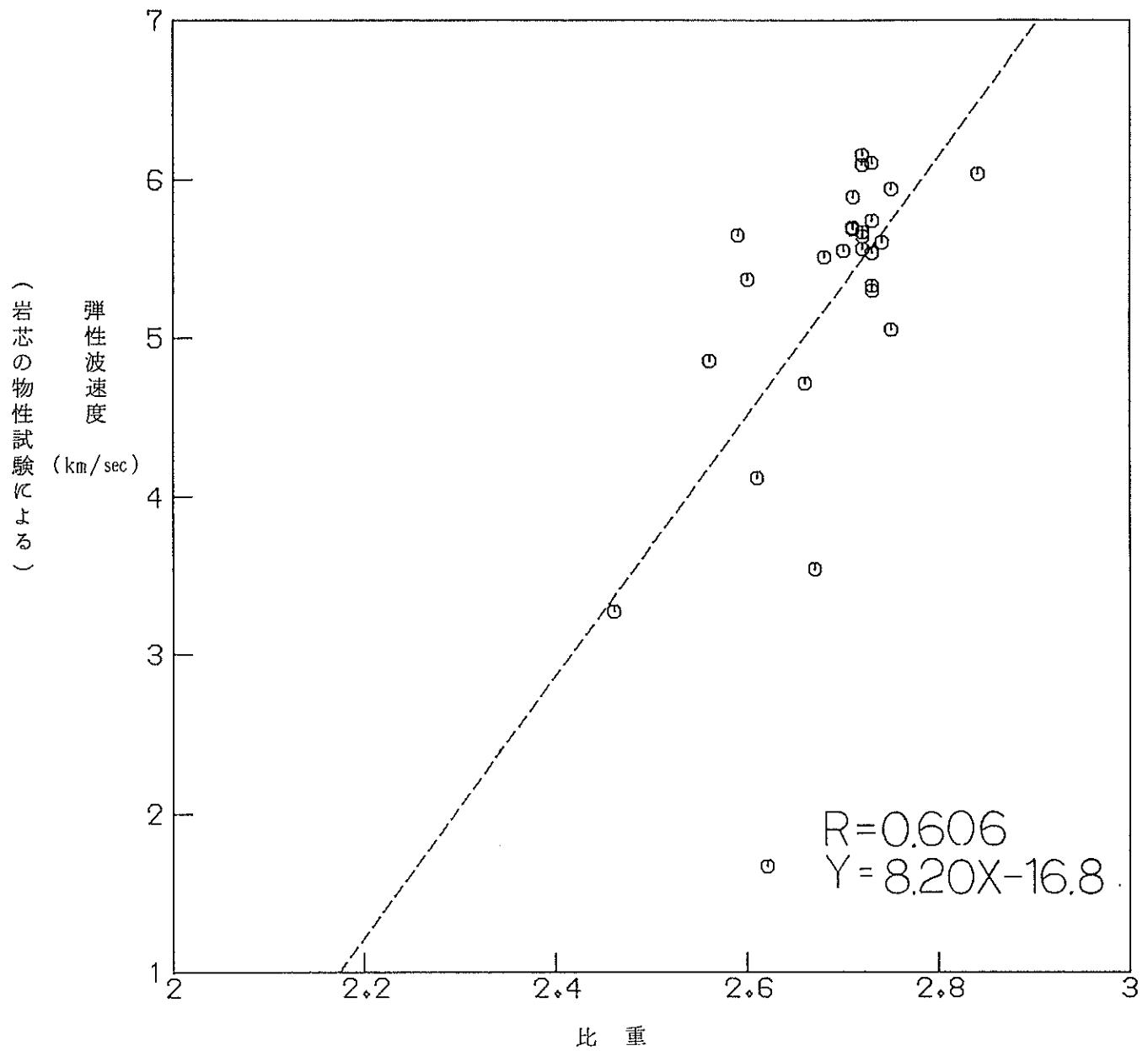


図 4.1.13 比重 - 弹性波速度 (岩芯の物性試験による) クロスプロット

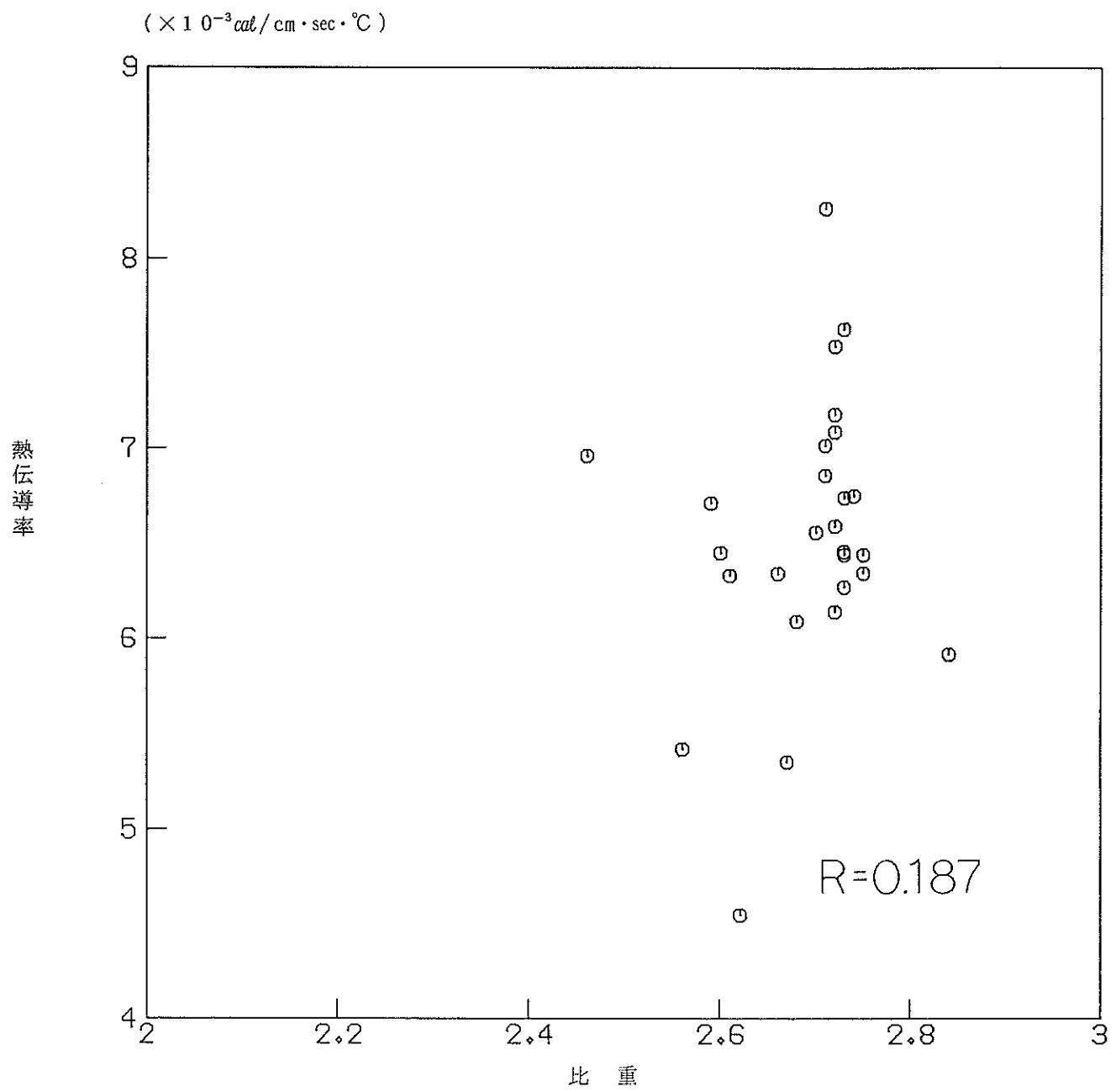


図 4.1.14 比重 - 热伝導率クロスプロット

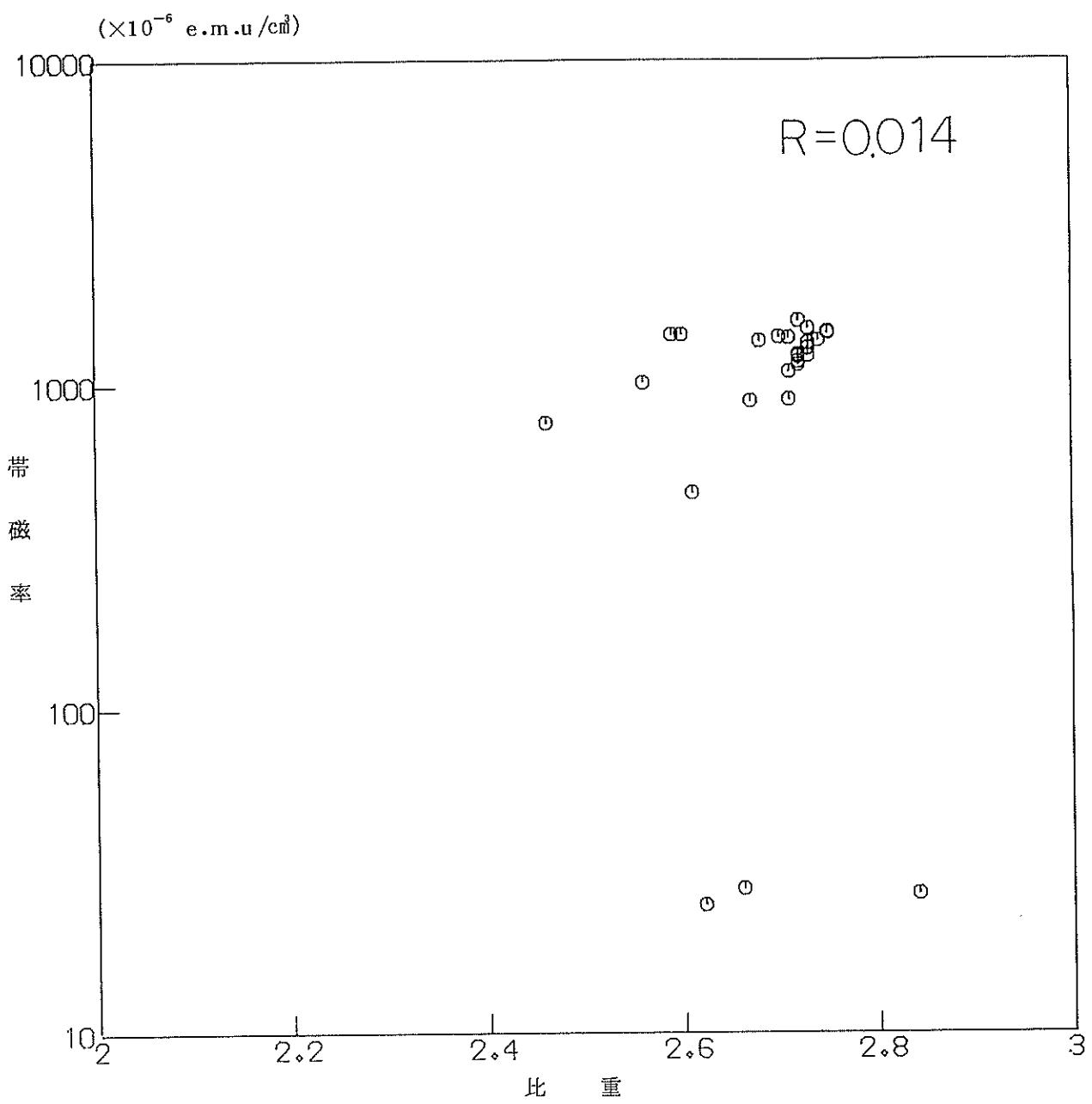


図 4.1.15 比重 - 帯磁率クロスプロット

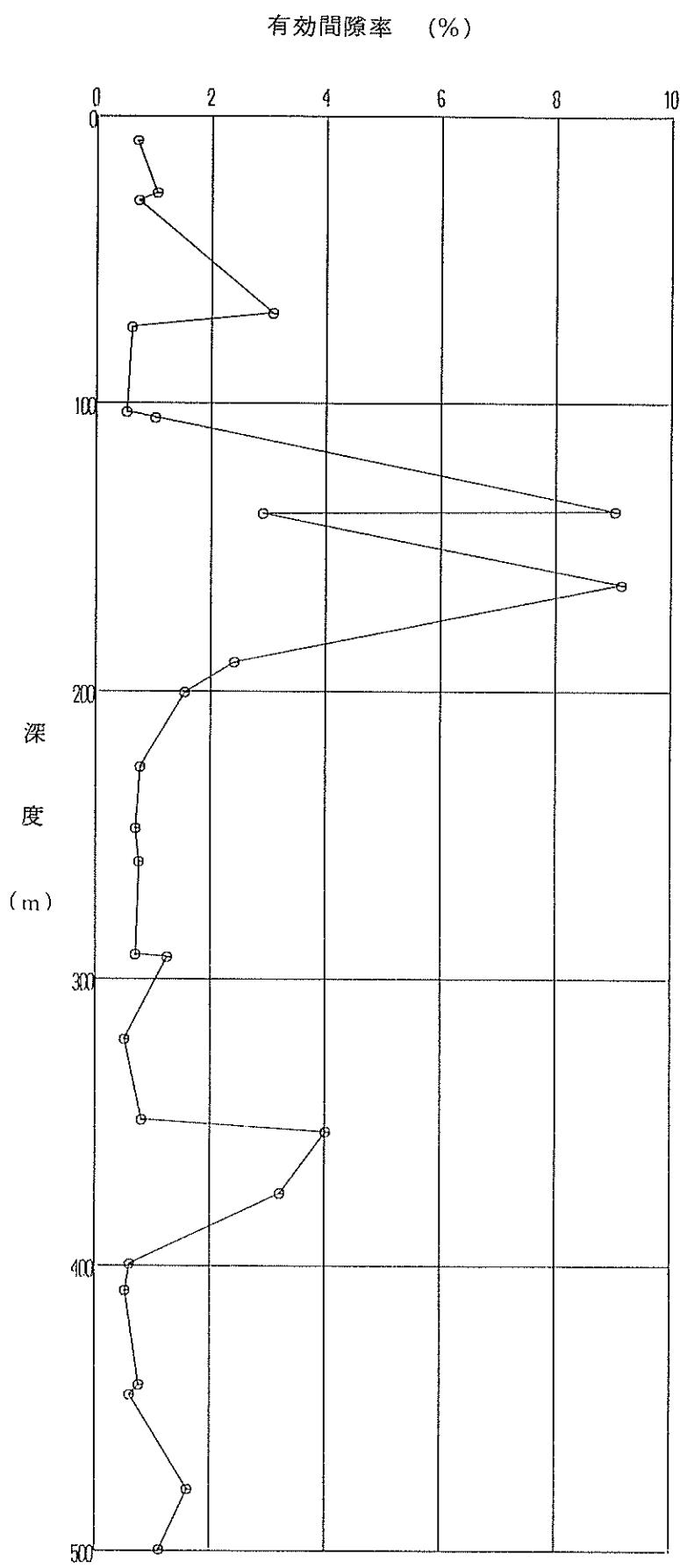


図 4.1.16 有効間隙率測定結果

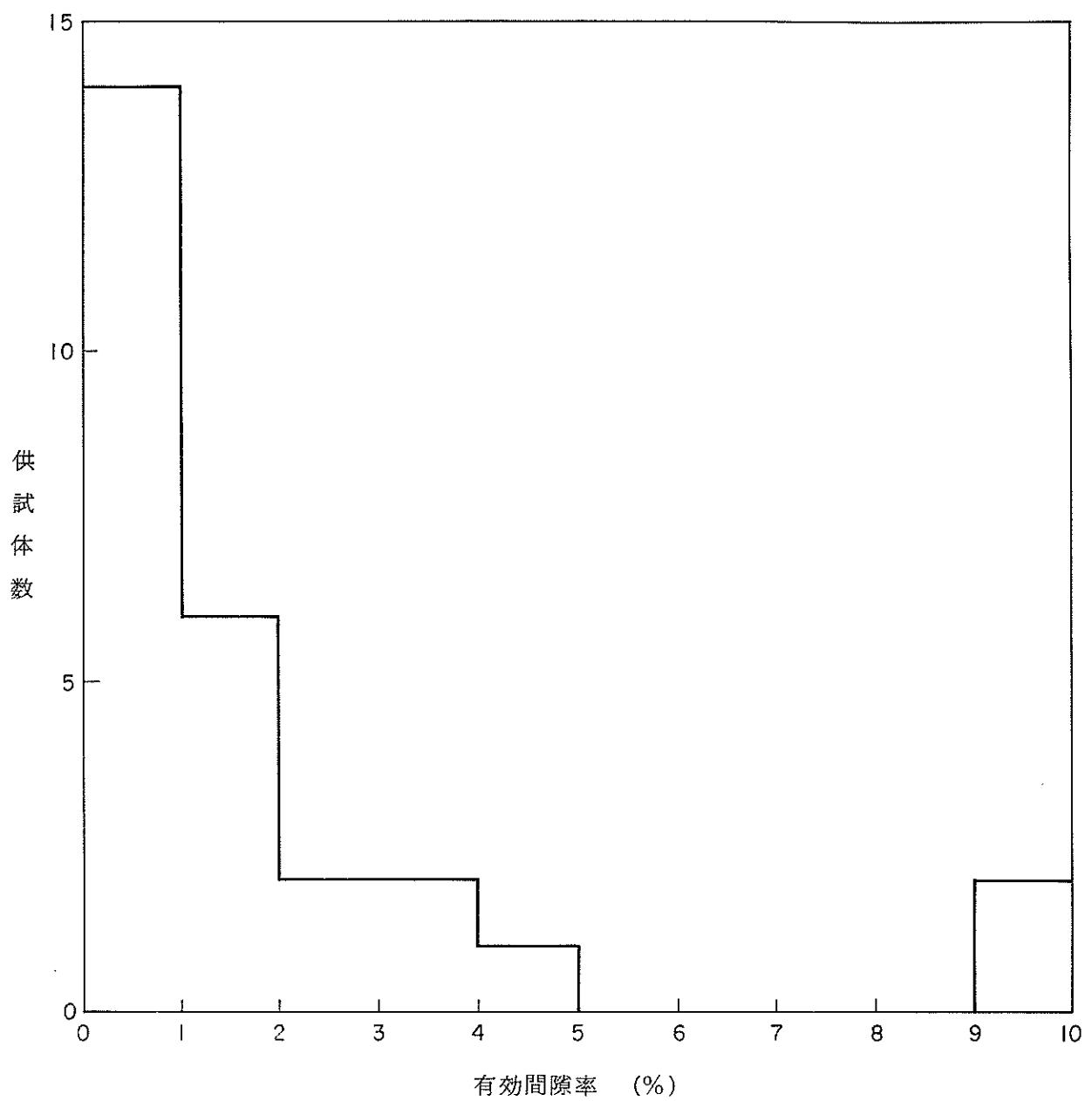


図 4.1.17 有効間隙率頻度分布図

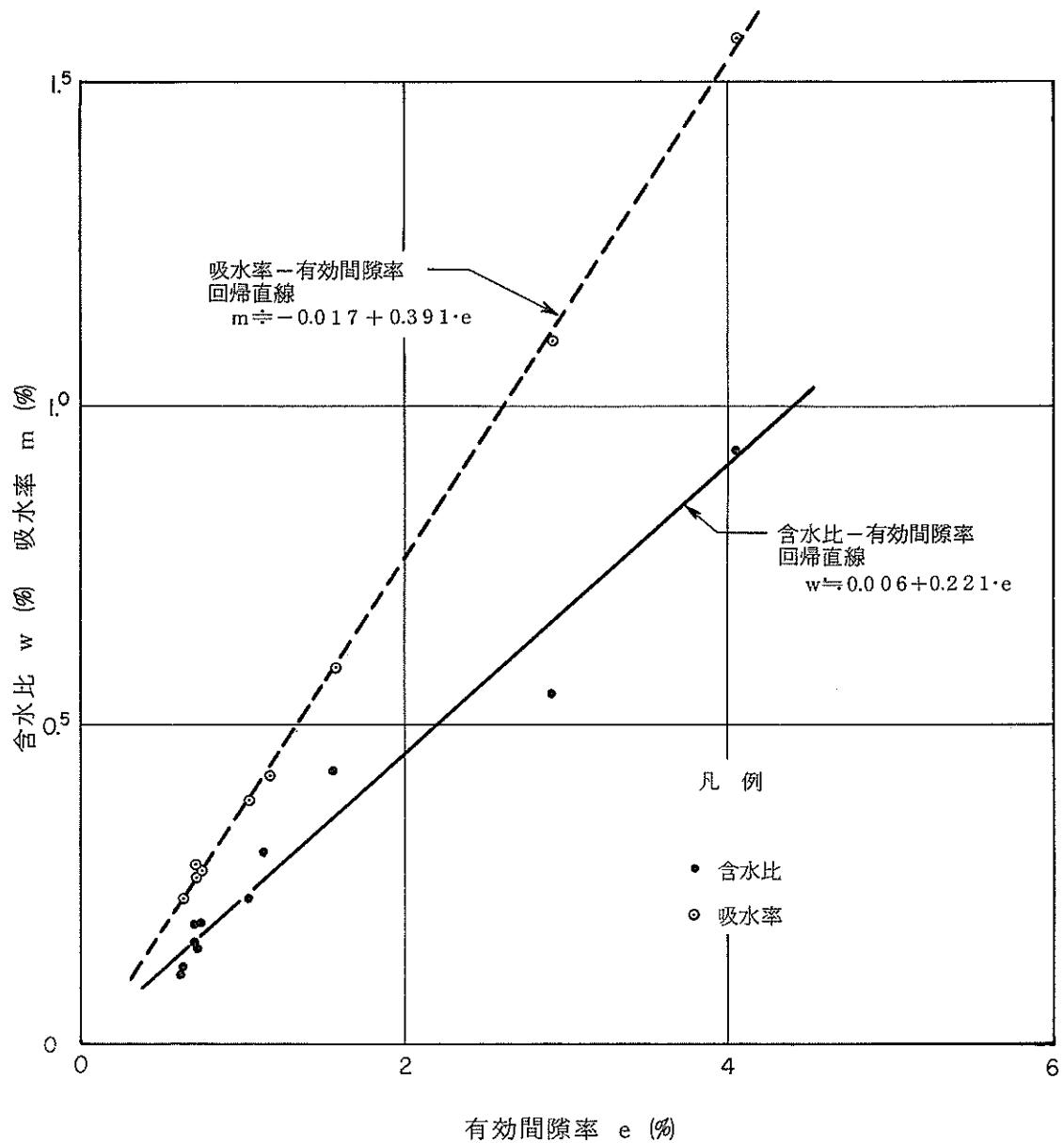


図 4.1.18 有効間隙率 - 含水比・吸水率クロスプロット

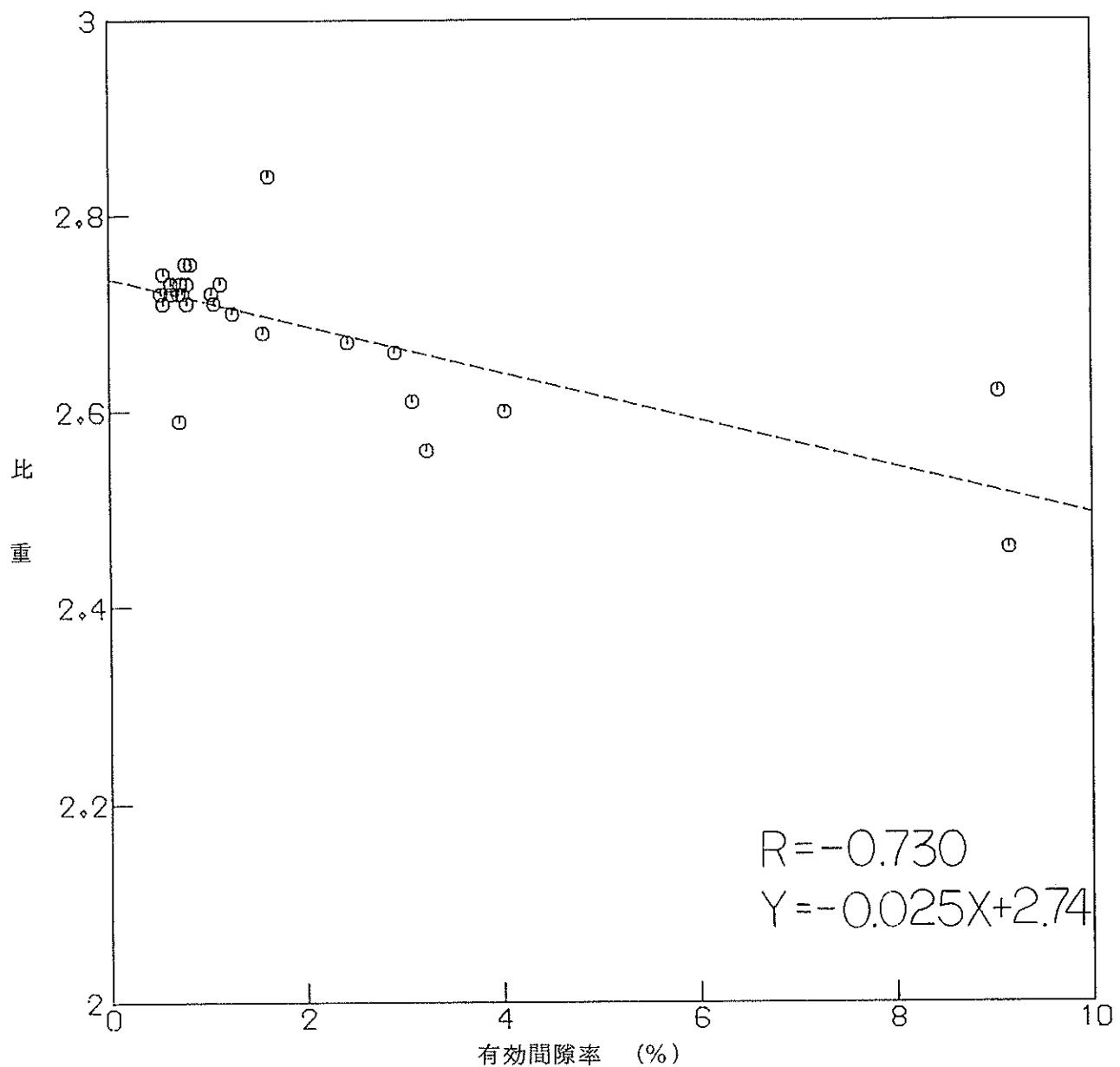


図 4.1.19 有効間隙率 - 比重クロスプロット

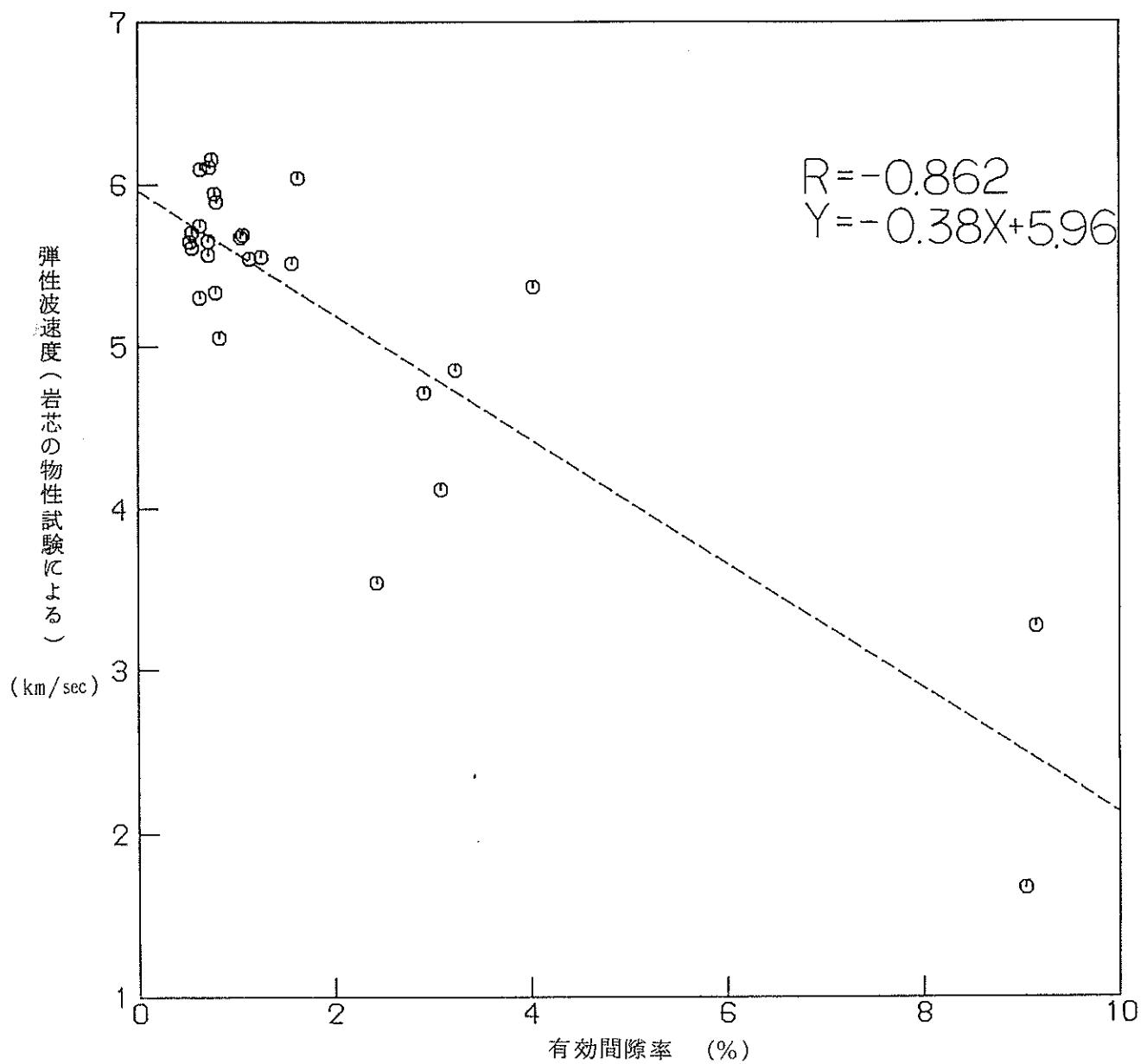


図 4.1.20 有効間隙率－弾性波速度(岩芯の物性試験による)クロスプロット

($\times 10^{-3}$ cal/cm \cdot sec \cdot °C)

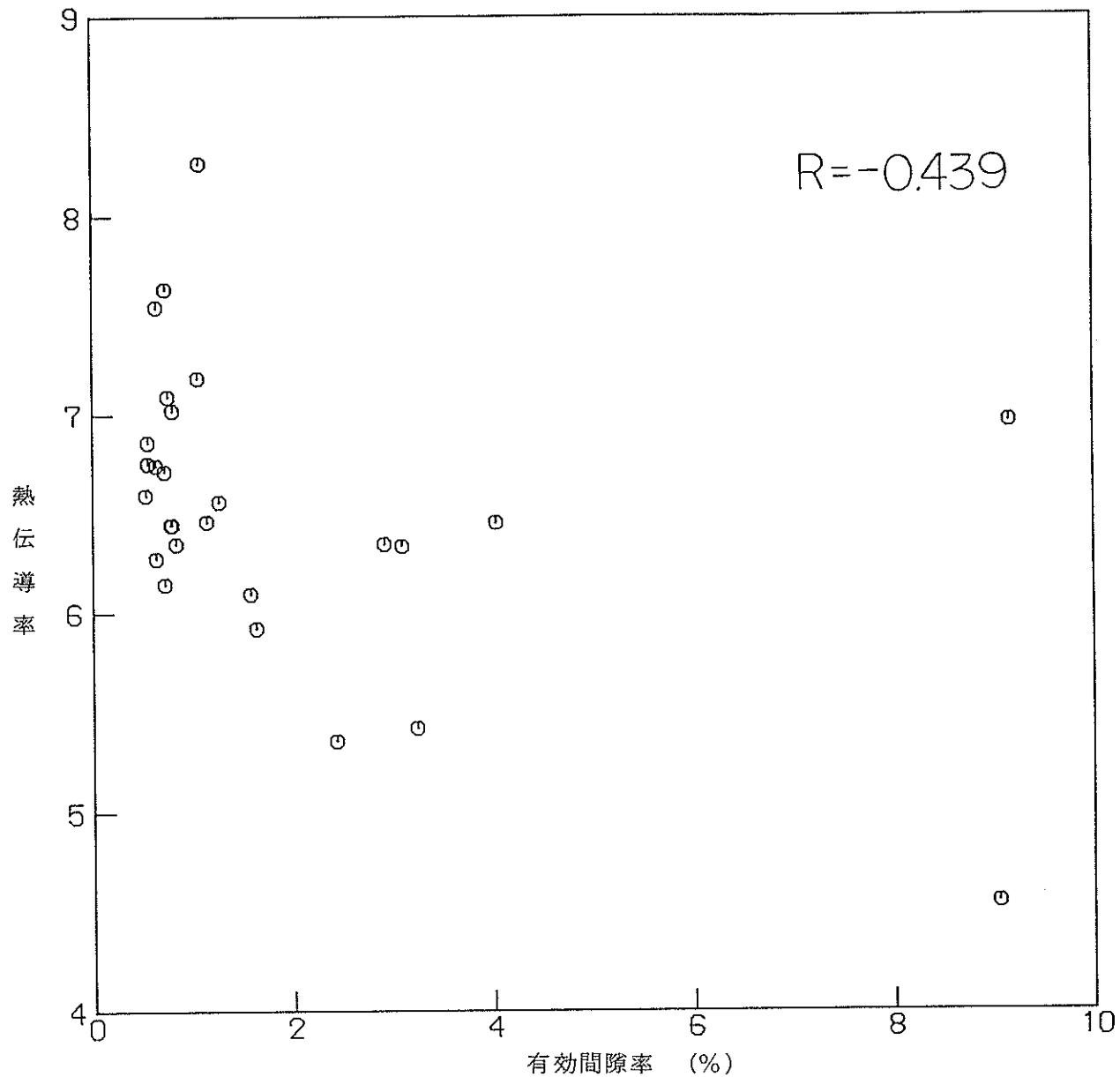


図 4.1.21 有効間隙率－熱伝導率クロスプロット

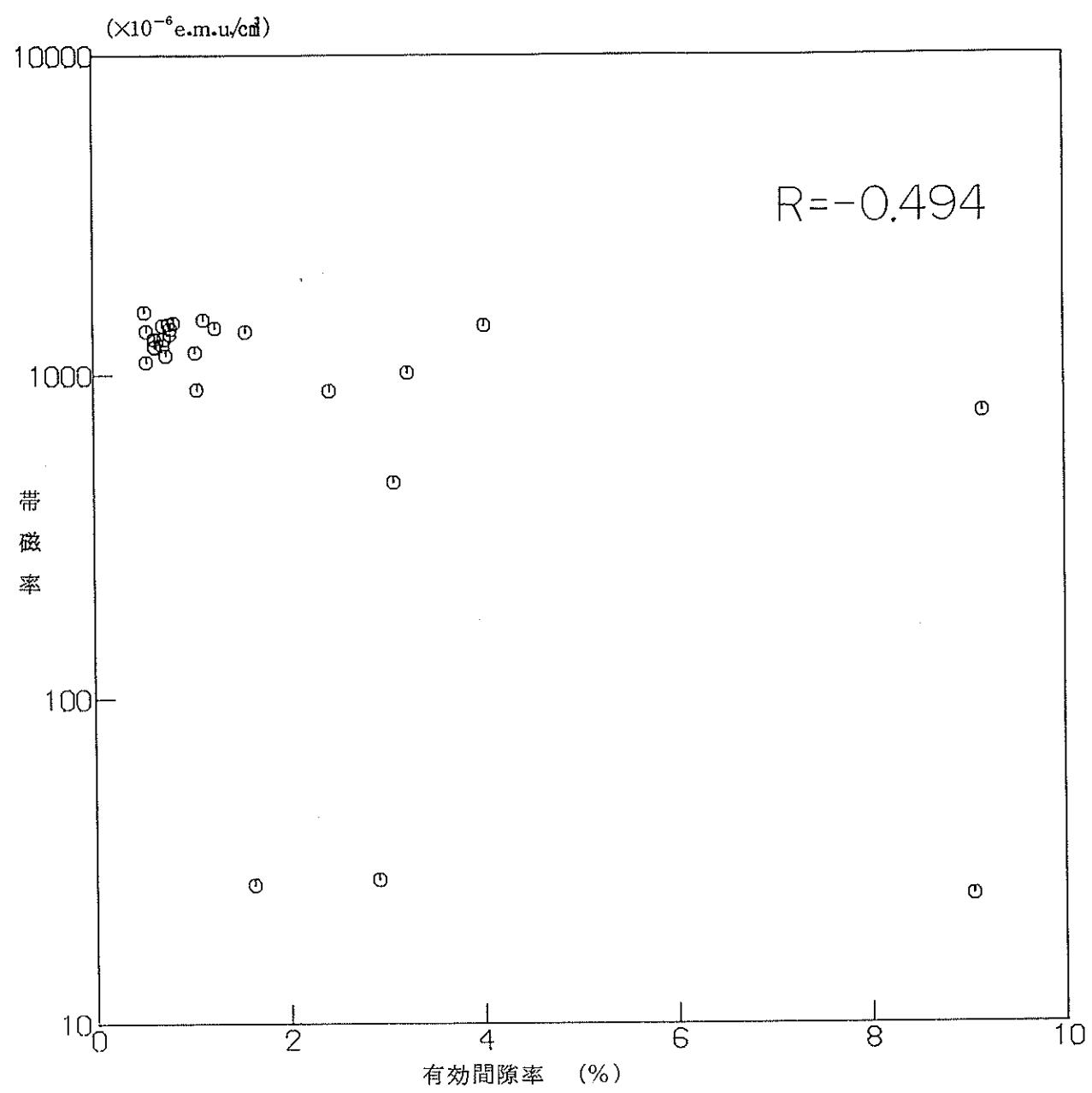


図 4.1.22 有効間隙率－帯磁率クロスプロット

のものについてのみ回帰直線を記入した。強制湿潤比重、弾性波速度との相関は各々 $R = -0.73$, $R = -0.86$ と高いが、帶磁率とは顕著な相関は認められない。熱伝導率については相関は顕著ではないが、有効間隙率が 1% 以下の緻密な岩芯の部分で比較的高い値を示している。

(3) 弾性波速度

既述の 3 状態で測定した。自然風乾状態での最大値は 6.18 km/sec , 最小値は 1.91 km/sec であり、平均すると $4.78 (\pm 0.89) \text{ km/sec}$ となる。 4 km/sec を下回る部分はブロック G, H, I のような著しい変質が認められる個所である。

図4.1.23に深さ方向の分布、図4.1.24に頻度分布を示す。頻度分布では $5 \sim 6 \text{ km/sec}$ が最も多い。最大値は、ランプロファイアの部分である。

図4.1.25～4.1.26は、弾性波速度と熱伝導率、帶磁率との相関を調べたものである。熱伝導率との相関係数が 0.63 であり、弾性波速度が高いと、熱伝導率も高くなる傾向があることを示している。帶磁率との相関は認められない。

(4) 熱伝導率

既述の 3 状態で測定した。自然風乾状態での最大値は $8.28 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$, 最小値は、 $3.89 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ であり、平均すると、 $6.36 (\pm 0.84) \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ となる。

乾燥状態に比べて湿潤状態では、熱伝導率は大きくなる。また、ブロック G のように、変質が認められる所では小さな値となる。ランプロファイアの部分は、変質が認められない花崗閃緑岩部より小さな値を示す。

図4.1.27に深度方向の分布、図4.1.28に頻度分布を示す。頻度分布は $6 \sim 7 \times 10^{-3} \text{ cal/cm} \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$ が最も多い。

図4.1.19は、熱伝導率と帶磁率との相関を調べたものであるが、係数は 0.46 で特異な点があるものの、熱伝導率にかかわらず帶磁率は一定の値を示している。

表4.1.10に、各物性値の相関係数をまとめて示す。

(5) 帯磁率

帶磁率については 1 m 間隔で測定し、各供試体の位置に補間して算出した。全測定値の最大値は $3235 \times 10^{-6} \text{ e.m.u./cm}^3$ 最小値は $16 \times 10^{-6} \text{ e.m.u./cm}^3$ で、平均すると $1181 \times 10^{-6} \text{ e.m.u./cm}^3$ である。図4.1.30に深度方向の分布、図4.1.31に頻度分布を示す。頻度分布では、 $1000 \sim 2000 \times 10^{-6} \text{ e.m.u./cm}^3$ が最も多く全体の

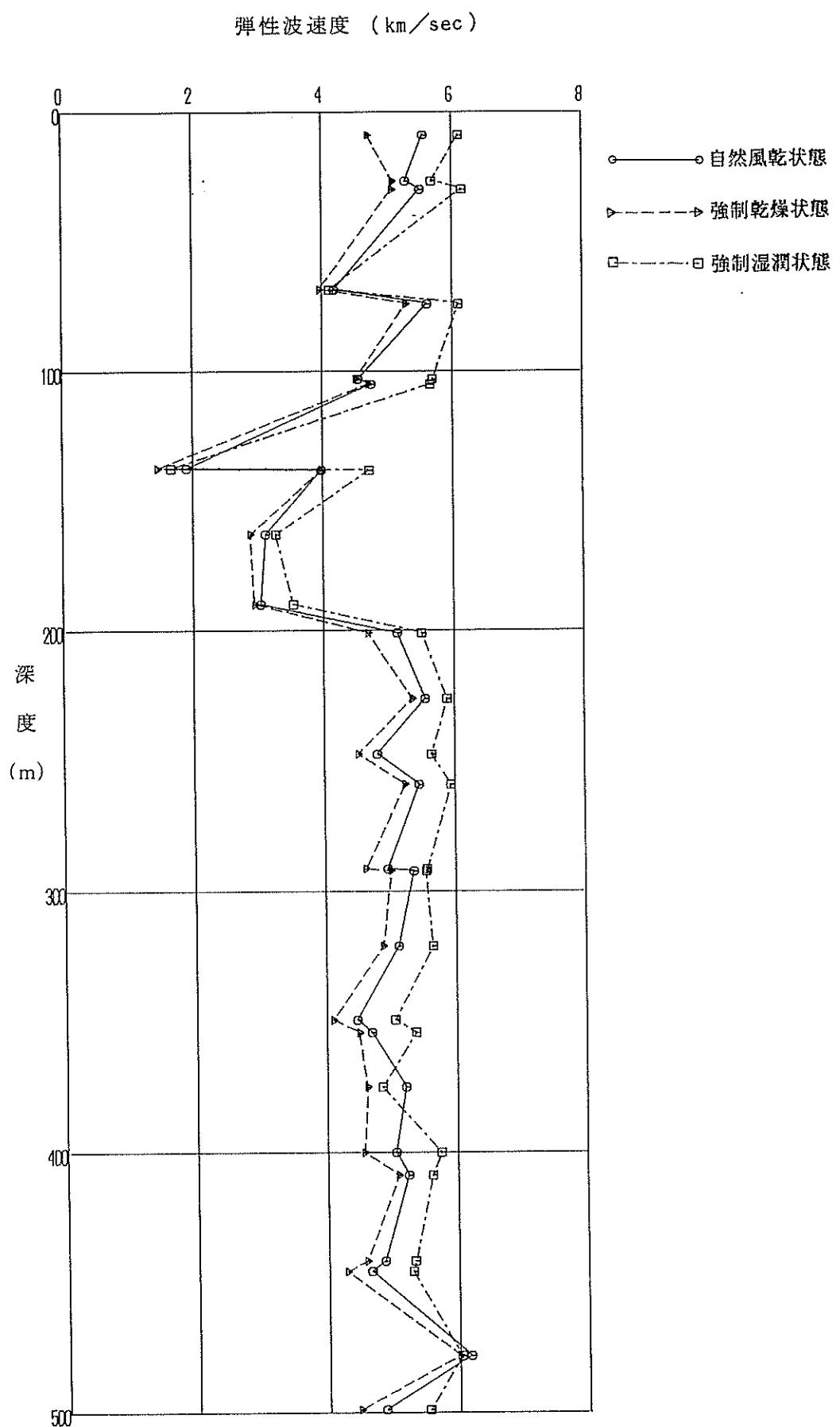


図 4.1.23 弾性波速度測定結果
(岩芯の物性試験による)

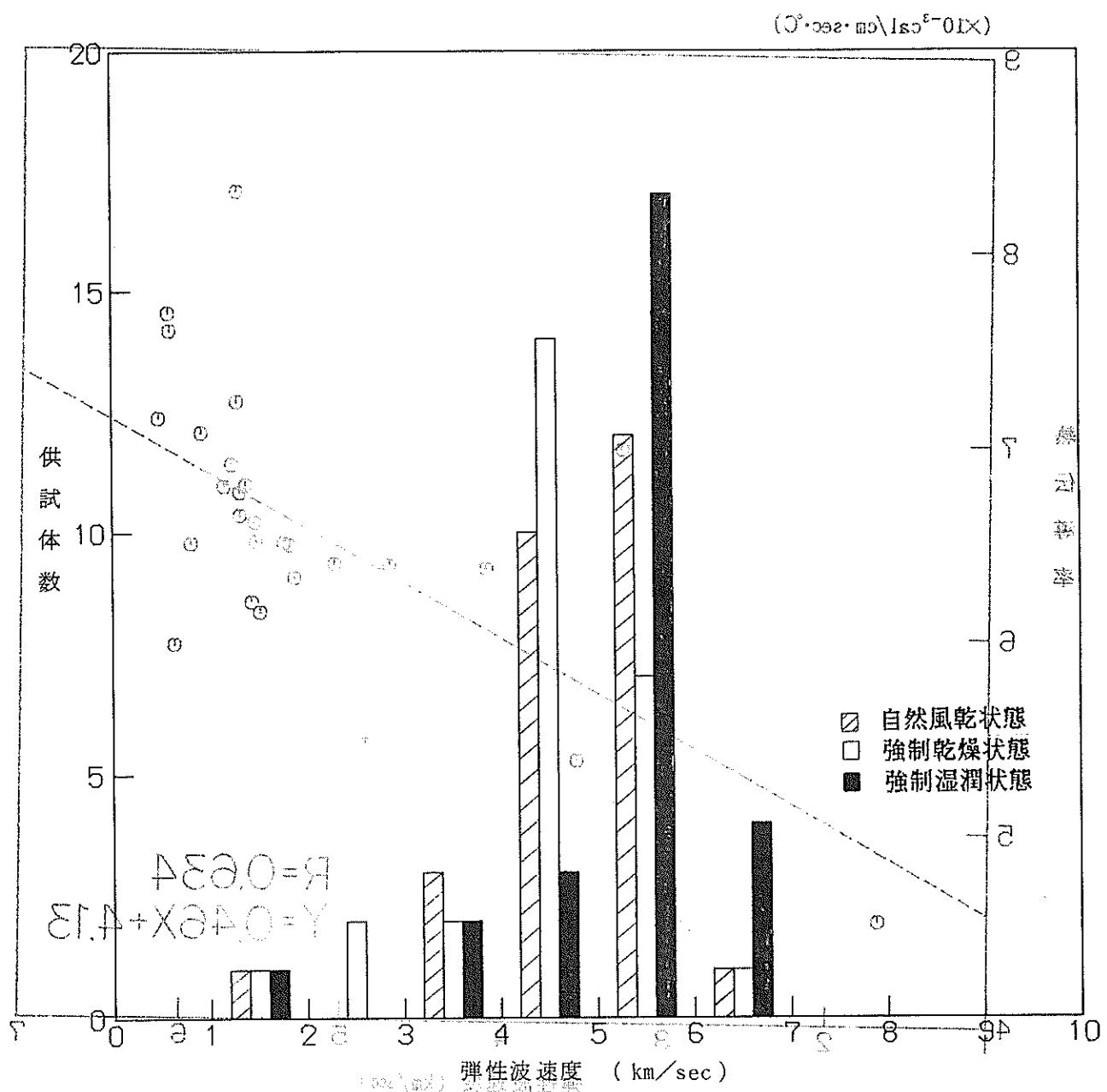


図 4.1.24 弹性波速度頻度分布図

(岩芯の物性試験による)

4. 地下水の毛管水圧と強制浸漬水圧の関係

(成層地盤の物理的性質)

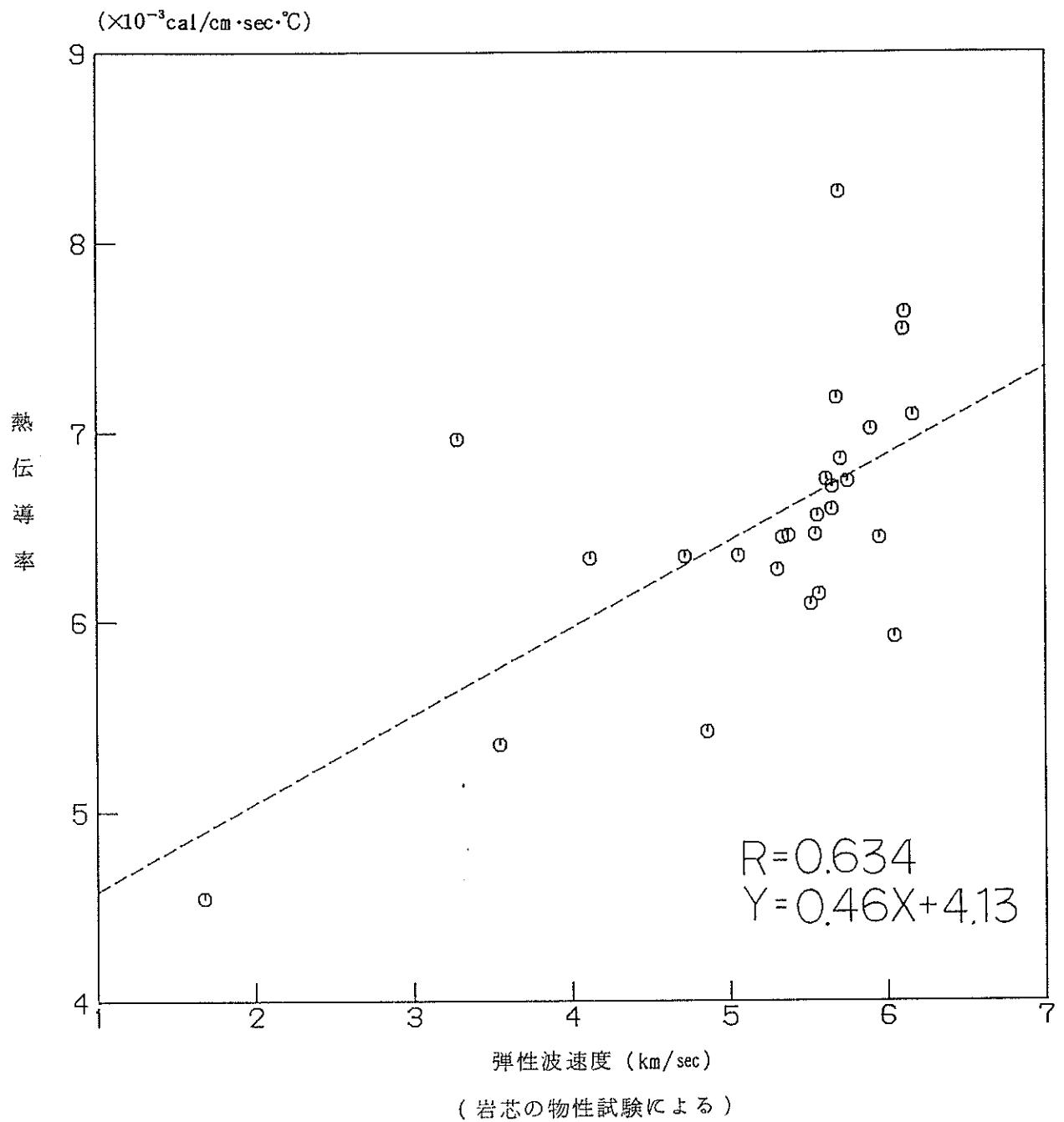


図 4.1.25 弹性波速度 - 热伝導率クロスプロット
(岩芯の物性試験による)

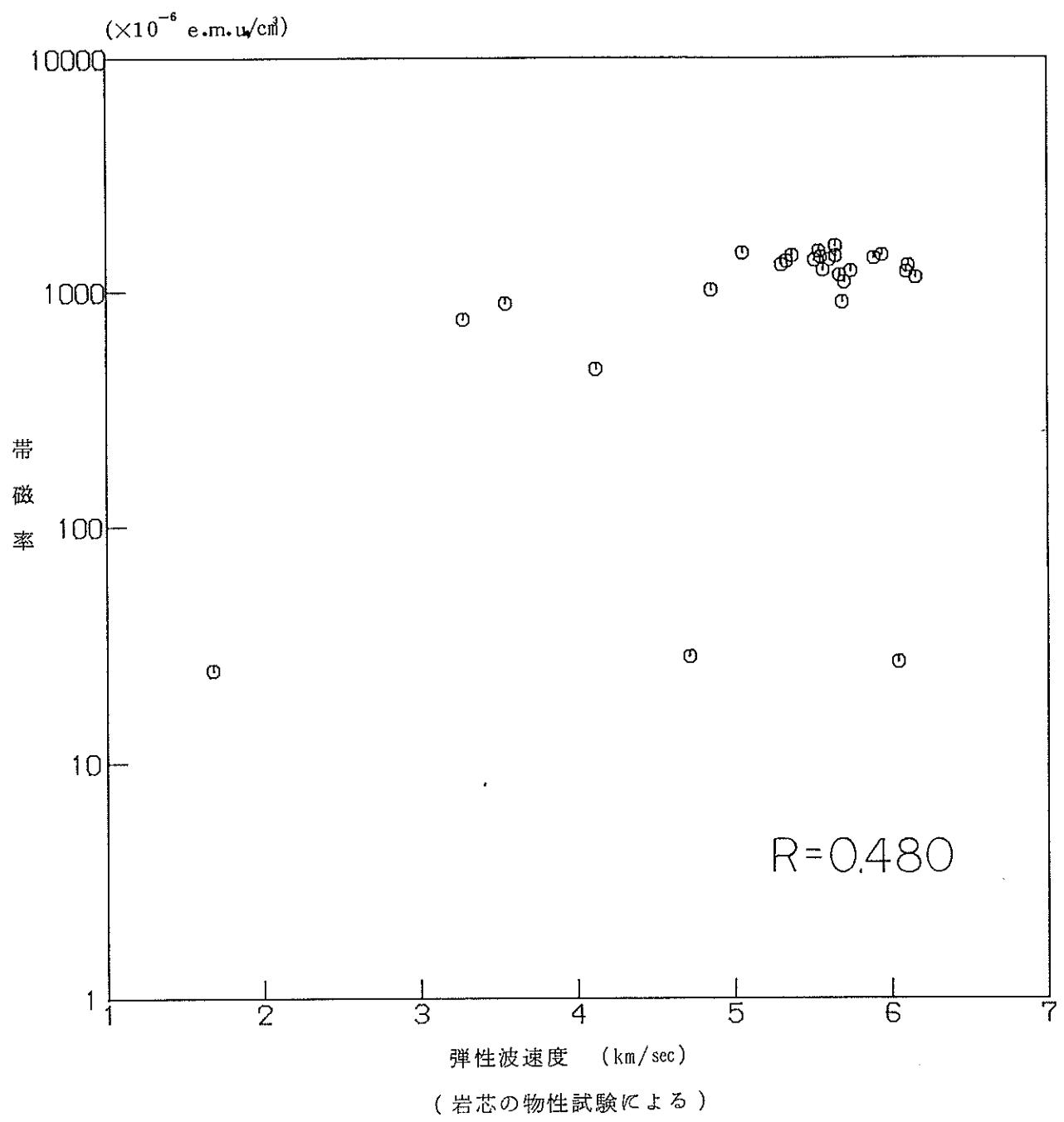


図 4.1.26 弹性波速度 - 带磁率クロスプロット
 (岩芯の物性試験による)

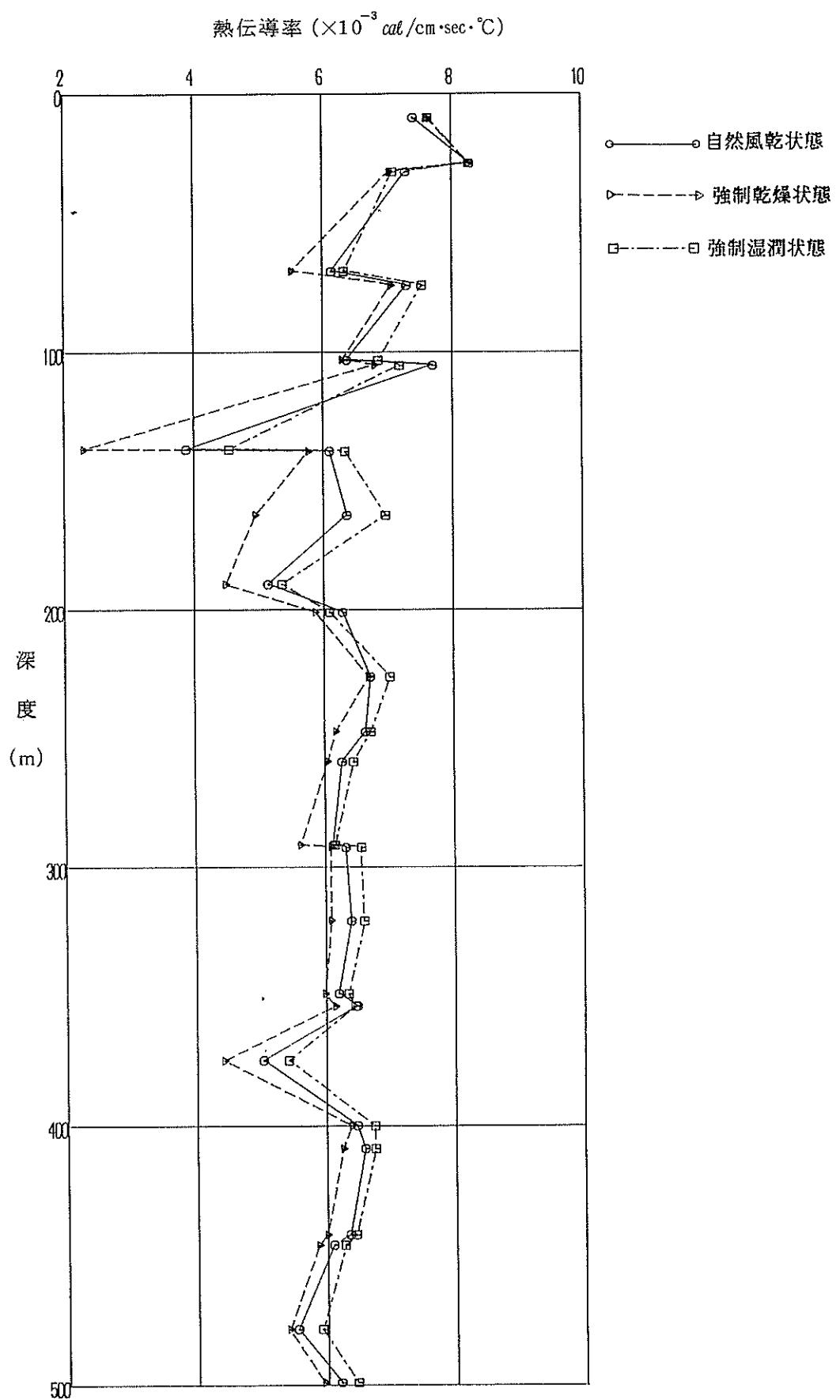


図 4.1.27 热伝導率測定結果

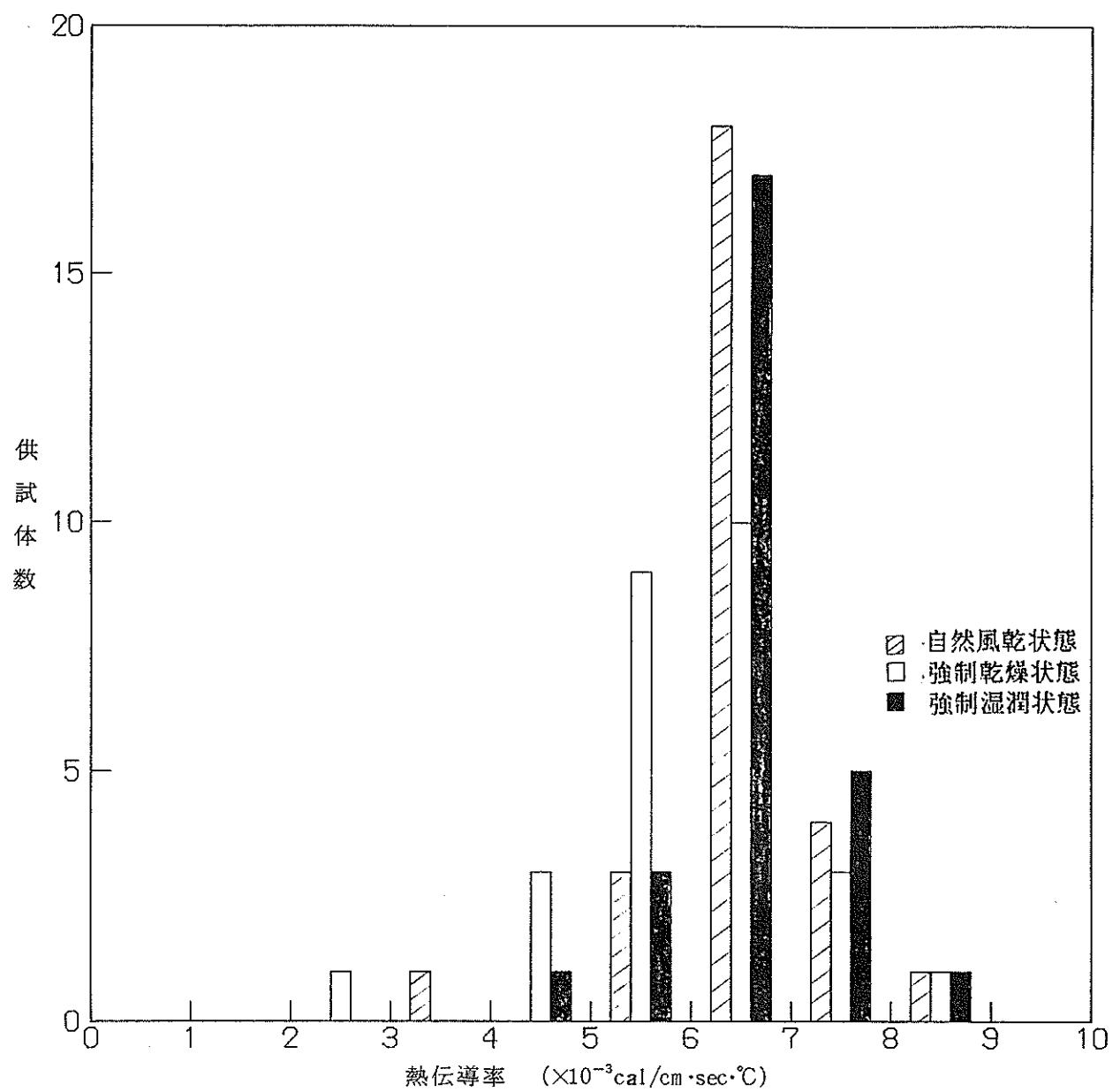


図 4.1.28 热伝導率頻度分布図

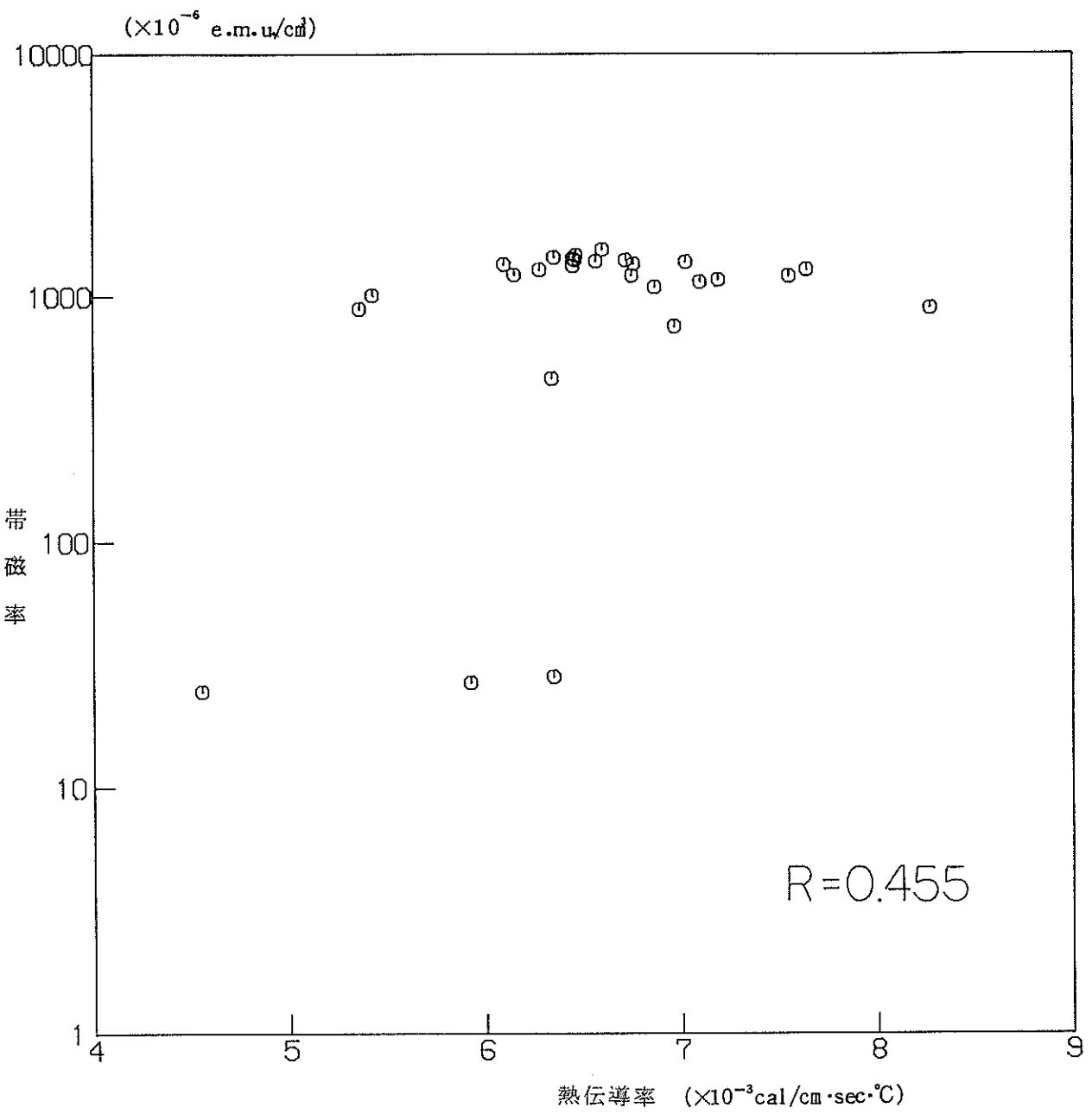


図 4.1.29 热伝導率 - 带磁率クロスプロット

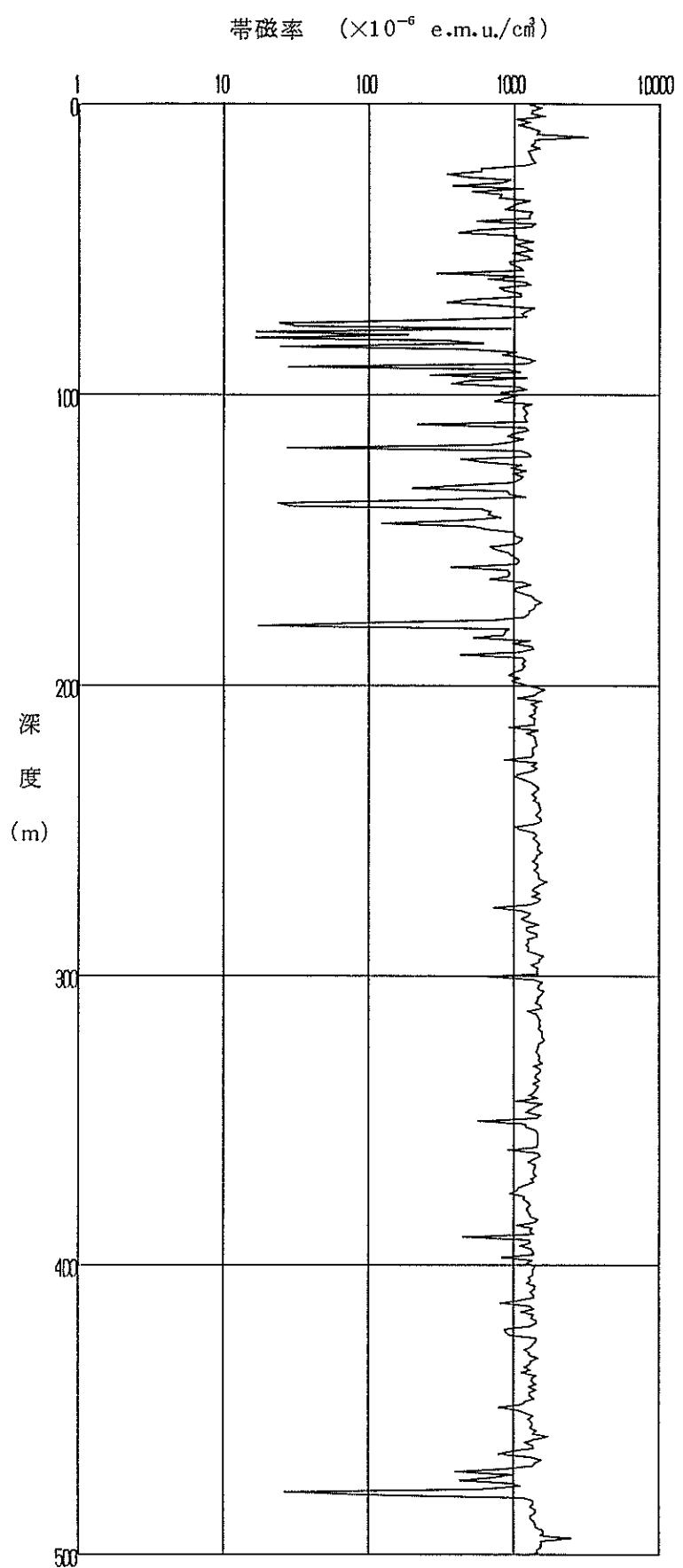


図 4.1.30 帶磁率測定結果

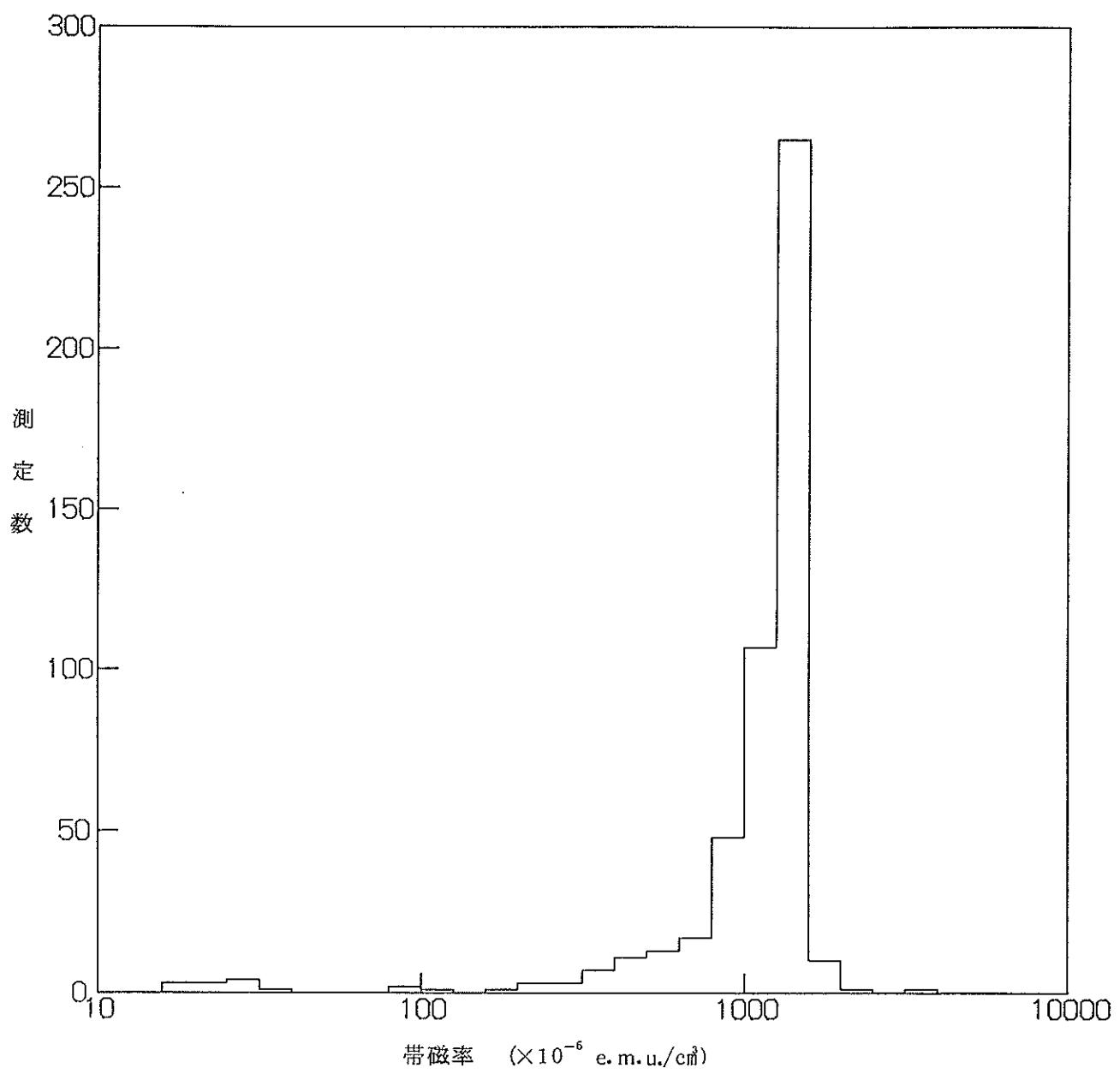


図 4.1.31 帯磁率頻度分布図

76%にあたる。変質が認められる部分では、値が小さくなり、特に著しい変質が認められるブロックGの付近では、 100×10^{-6} e.m.u./cm³以下であった。またランプロファイアの部分もすべて小さな値を示す。 2000×10^{-6} e.m.u./cm³を超える値が2個あるが、いずれも閃緑岩質の捕獲岩が見られる所である。

(6) 一軸圧縮試験

表4.1.11に、供試体寸法と試験結果を示す。また図4.1.32は、各供試体の応力一軸ひずみ線図と、応力一横ひずみ線図である。表4.1.11に示した弾性係数E₅₀は、応力一軸ひずみ線図で、破壊強度の50%の応力レベルを示す点での接線の傾きから算出する。ポアソン比ν₅₀は同じ点での横ひずみと軸ひずみの比である。

表 4.1.10 岩芯物性値相関係数一覧表

	比 重	間 隙 率	弾性波速度	熱 伝 導 率	帶 磁 率
比 重		-0.730	0.606	0.187	0.014
間 隙 率	-0.730		-0.862	-0.439	-0.494
弾性波速度	0.606	-0.862		0.634	0.480
熱 伝 導 率	0.187	-0.439	0.634		0.455
帶 磁 率	0.014	-0.494	0.480	0.455	

図4.1.32で明らかなように、K H U - 5, 9を除けば載荷初期の非線形の部分がほとんど見られず、弾性的な挙動をしている。弾性係数は、 $5.6 \sim 7.4 \times 10^5$ kgf/cm²で、いずれも極めて脆的な破壊をする。一方、K H U - 5, 9は、破碎された部分の近傍から採取した供試体であり、付近では試錐によるディスキング現象も観察される。応力一ひずみ線図を見ると、弾性係数が 2.26×10^5 kgf/cm², 3.96×10^5 kgf/cm²と小さく、かつ著しい非線形性を示している。これは破碎された部分の影響を受け、構成鉱物が変質したり、微細な割れ目が生じたりしていることに起因すると考えられる。また、ポアソン比は他と比較して非常に小さい。載荷の初期段階に相当するとも受けとれるが、割れ目や岩石の組織の方向性により横ひずみが顕著でなかったこと、あるいは平均的に生じなかったこと等も影響しているものと予想される。全体の平均は、一軸圧縮強度 $1415(\pm 334)$ kgf/cm²,

表 4.1.11 栗橋花崗閃綠岩の一軸圧縮試験結果

供試体番号	採取深度 (m)	注)高さ (mm)	注)直徑 (mm)	重量 (gf)	比重 (見掛け比重)	一軸圧縮強度 σ_c (kgf/cm ²)	弾性係数 $E_{50} \times 10^6$ (kgf/cm ²)	ポアソン比 ν_{50}	備考
KHU-1	8.1	90.75	44.95	394.2	2.74	1508	6.66	0.23	
KHU-2	29.2	89.60	44.92	387.8	2.73	1639	6.35	0.27	
KHU-3	73.2	89.10	44.95	387.3	2.74	1437	6.84	0.22	
KHU-4	104.1	89.10	44.95	383.5	2.71	1459	5.72	0.18	
KHU-5	137.5	89.05	45.03	373.0	2.63	467	2.26	0.14	方解石・緑色石等が網目状に入っている部分
KHU-6	200.3	88.60	44.97	382.3	2.72	1312	6.31	0.22	
KHU-7	247.8	89.70	44.93	388.2	2.73	1559	7.44	0.24	
KHU-8	293.1	89.55	45.02	380.4	2.67	1375	5.64	0.28	
KHU-9	353.4	89.50	44.90	372.7	2.63	1104	3.96	0.15	破碎部の直下に当たりやや変質している
KHU-10	399.1	89.25	44.53	380.0	2.73	1722	7.39	0.26	
KHU-11	445.2	88.60	44.95	390.1	2.77	1689	6.63	0.22	
KHU-12	499.2	89.25	44.98	388.9	2.74	1709	6.24	0.23	

注) 供試体の高さ、直徑は3ヶ所測定の平均値である

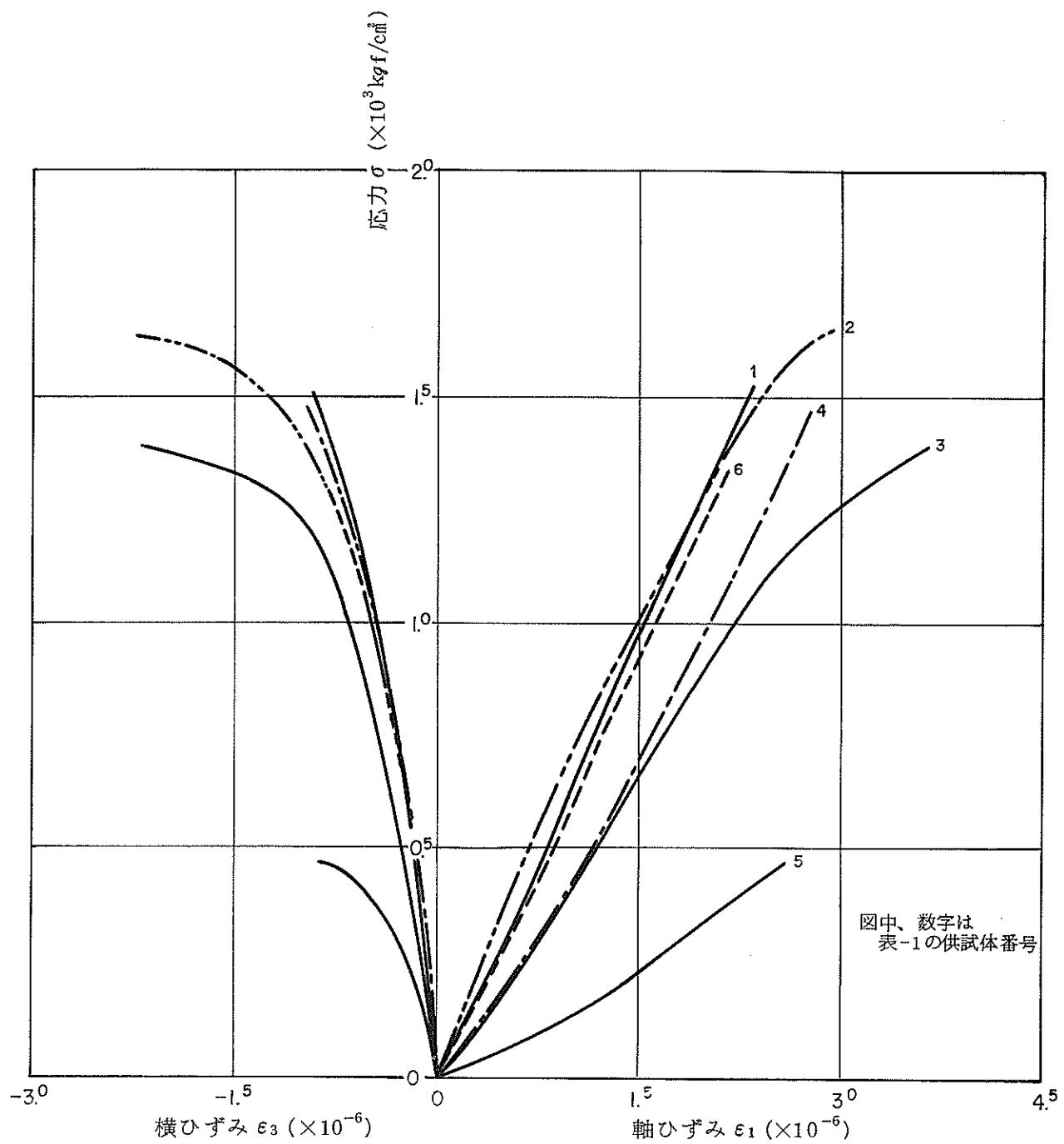


図 4.1.32(1) 応力一ひずみ線図(縮みを正)

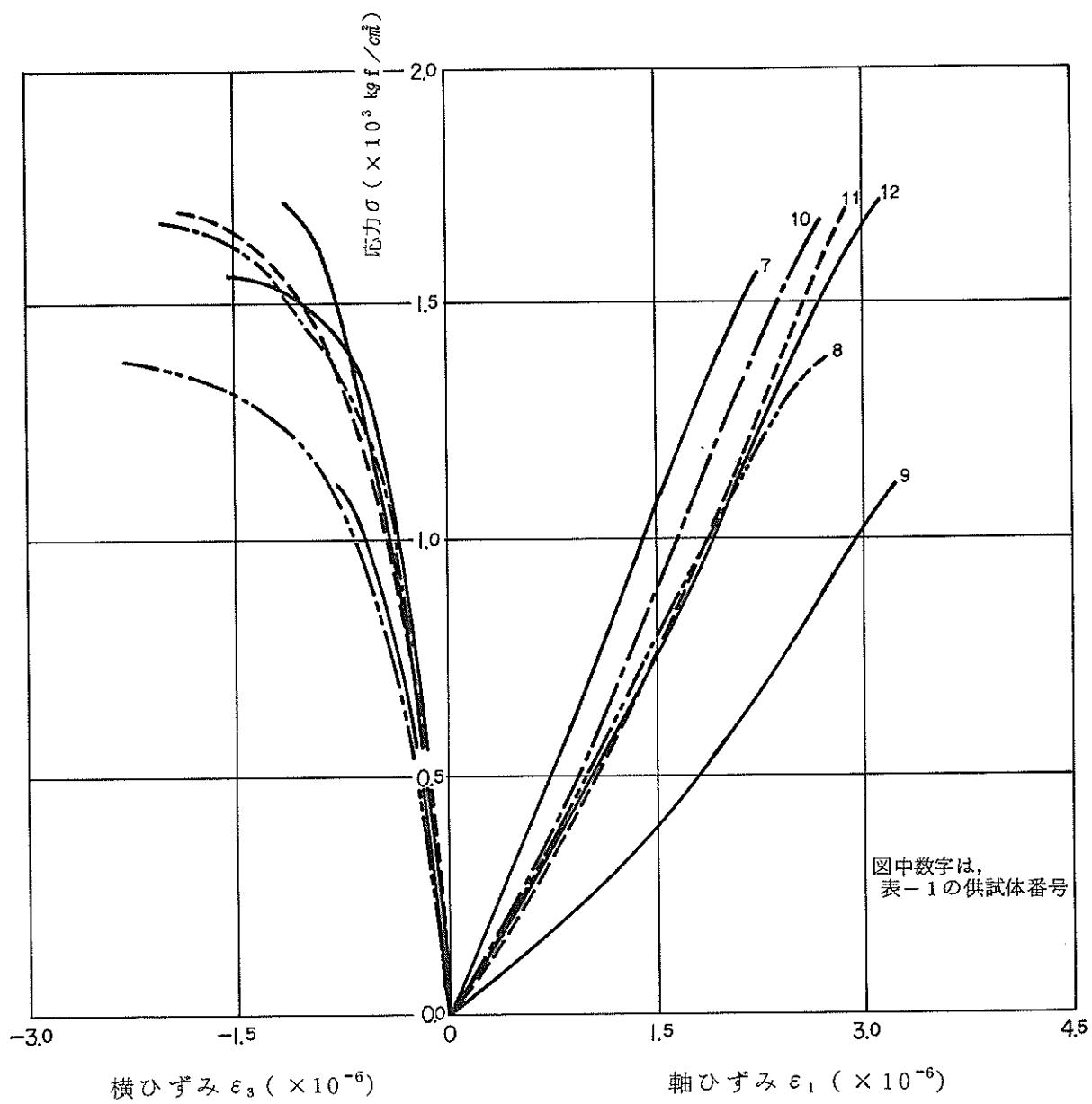


図 4.1.32(2) 応力-ひずみ線図(縮みを正)

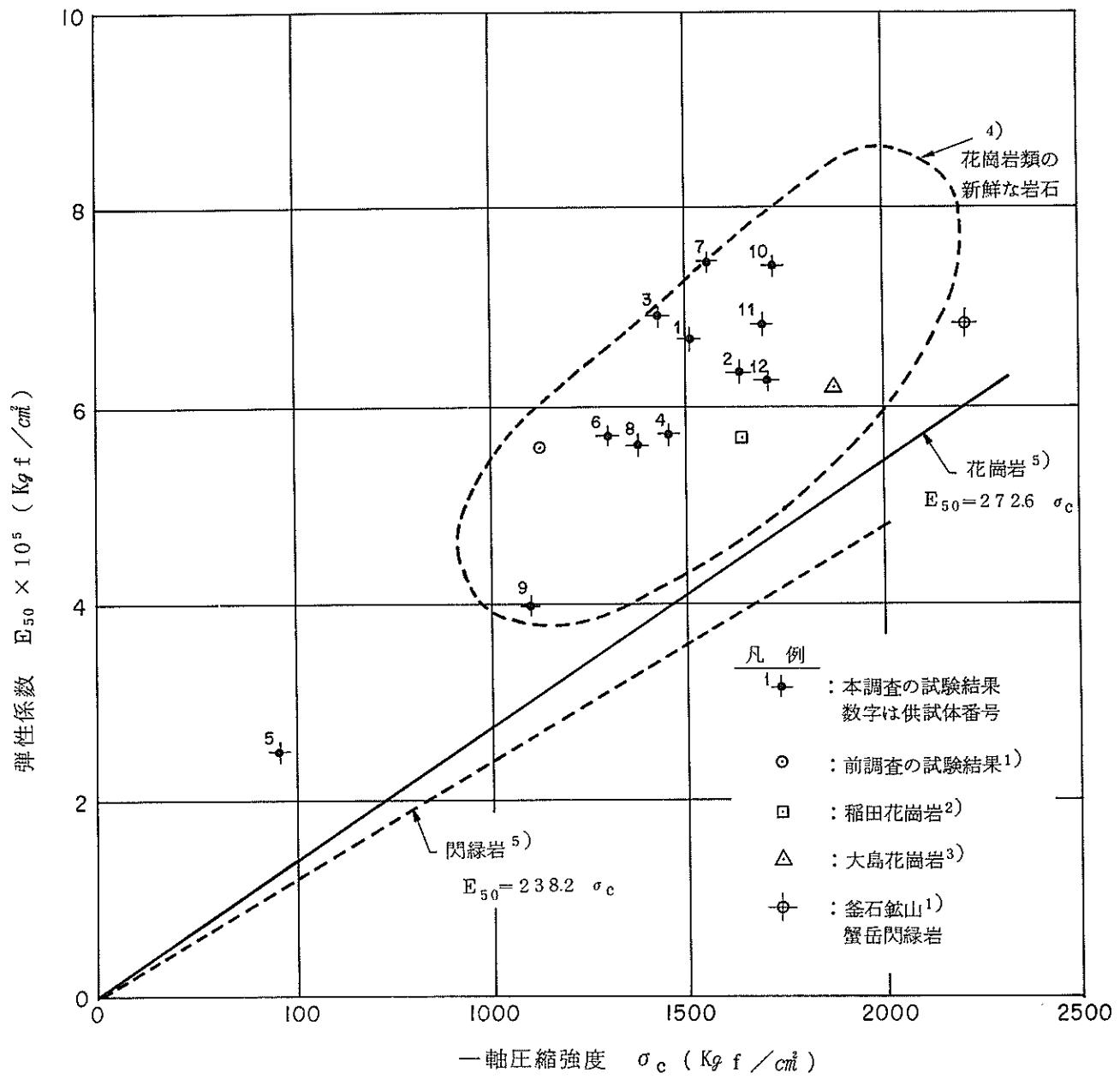


図 4.1.33 弾性係数と一軸圧縮強度の関係

文献

- 1) 動燃事業団; 釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査, 1987
- 2) 山口, 西松; 岩石力学入門; p.120 東京大学出版会, 1977
- 3) 金子勝比古他; 日本鉱業会誌 103 p. 9 ~ p.15 (1987)
- 4) 川本勝万; 岩盤力学. 朝倉土木工学講座; p.24 朝倉書店, 1975
- 5) 糟谷憲司; 応用地質 19 卷 4 号 p.24, 1978

弾性係数 $5.95(\pm 1.42) \times 10^5$ kgf/cm², ポアソン比 0.22(±0.04) である。

図4.1.33は、弾性係数と一軸圧縮強度との相関を調べたものである。また、文献から得た他の花崗岩類の数値もプロットし、比較する。弾性係数と一軸圧縮強度との相関係数は0.91であり、一般的に言われるように、かなり高い相関を示す。同図に、得られた回帰直線を記入する。栗橋花崗閃緑岩体の岩石は、一軸圧縮強度に比較して弾性係数がやや高い部類に属するといえる。また、岩芯調査で、縦方向の構造が卓越していることが明らかであり、KH-1孔はその方向に沿う試錐である。従って、他の花崗岩類の値が様々な方向における値であって、その異方性を含んでいると予想されるのに対し、本調査の試験結果は構造的な方向性を考慮すると、偏っている可能性もある。異方性の影響の評価も、今後の課題と思われる。

(7) ショア硬度・圧裂引張試験

表4.1.12に供試体寸法と試験結果を示す。各供試体のショア硬度は、両面における結果の平均値である。KHB-5, 9で、ショア硬度・圧裂引張強度ともやや小さな値になっている。これも、一軸圧縮試験の場合と同じことに起因しているものと考えられる。全体の平均は、ショア硬度 76.1(±5.2), 圧裂引張強度 82.6 (±11.4) kgf/cm² である。山口、西松(1977)によれば花崗岩で95, 火成岩一般で60~95との報告があり、花崗岩としてはショア硬度がやや低い値と思われる。

図4.1.34で、一軸圧縮強度と圧裂引張強度の相関を見ると、相関係数は0.85と高い。同図に、得られた回帰直線と、他の花崗岩類の数値も記入し比較する。一軸圧縮強度と圧裂引張強度との比、即ち脆性度という指標から見れば、他の花崗岩類と比較して、ほぼ平均的な所に位置しているものといえる。

ショア硬度と一軸圧縮強度、圧裂引張強度との相関係数は、各々0.56, 0.55であり、顕著な相関は認められない。「火成岩で一軸圧縮強度が1000 kgf/cm²を超えるものはショア硬度のばらつきが大きく、他の物性との相関は明瞭でない」(三木, 1975)との報告がある。鉱物粒子の大きさや鉱物組成との関係が興味ある所である。

表4.1.13に、各々の岩石物性試験で得られた結果の相関係数をまとめて示す。

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。

(147~148 頁)

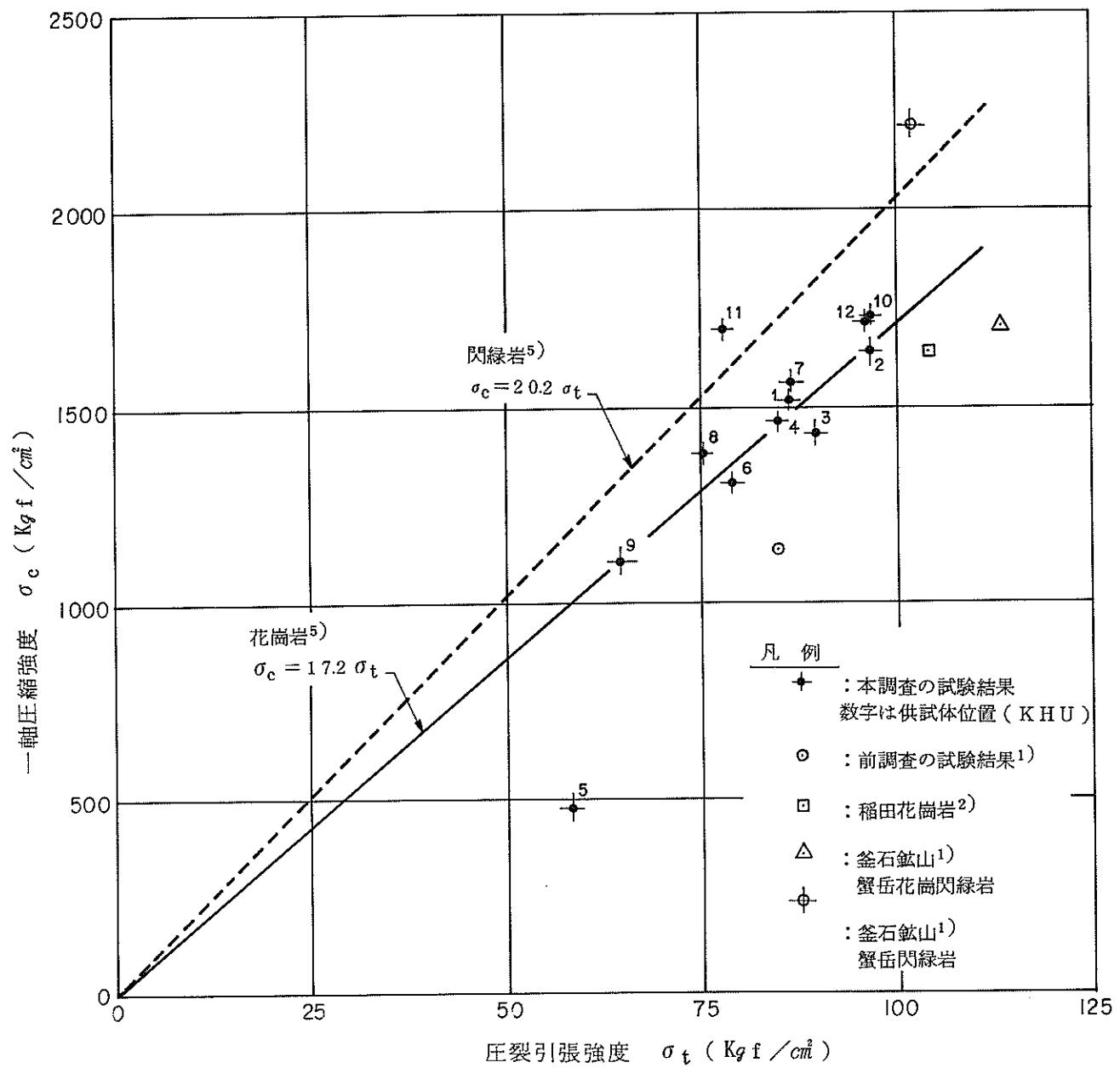


図 4.1.34 一軸圧縮強度と圧裂引張強度との関係

文献

- 1) 動燃事業団; 釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査. 1987
- 2) 山口, 西松; 岩石力学入門; p.120 東京大学出版会, 1977
- 3) 金子勝比古他; 日本鉱業会誌 103 p.9 ~ p.15 (1987)
- 4) 川本勝万; 岩盤力学. 朝倉土木工学講座; p.24 朝倉書店, 1975
- 5) 稲谷憲司; 応用地質 19 卷 4 号 p.24, 1978

表 4.1.13 各物性間の相関係数

	自然 風乾比重	有 間 隙 率	彈 性 係 數	一 軸 圧縮強度	圧 裂 引張強度	シ ョ ア 硬 度
自然風乾比重		-0.76	0.57	0.83	0.18	-0.12
有効間隙率	-0.76		-0.83	-0.76	-0.75	-0.52
弾性係數	0.57	-0.83		0.91	0.82	0.67
一軸圧縮強度	0.83	-0.76	0.91		0.85	0.56
圧裂引張強度	0.18	-0.75	0.82	0.85		0.55
ショア硬度	-0.12	-0.52	0.67	0.96	0.55	

(8) 透水係数

(i) 賦存深度相当の圧力条件下における試験の結果

表4.1.14に透水試験結果を示す。またかぶり深度と透水係数の関係を図4.1.35に示す。透水係数は、 $1 \text{ Darcy} = 904 \text{ cm/sec}$ として計算した。供試体No.56は透水性が低過ぎるために、透水係数の値を求めることができなかった。大部分の供試体は、 10^{-11} cm/sec オーダーという低い透水係数を示している。しかし供試体No.29だけは、肉眼で観察できる割れ目を有しており、他の供試体に比べて高い透水係数を示している。

表 4.1.14 透水試験結果

供試体番号	試料採取深度(m)	拘束圧(kgf/cm ²)	間隙水圧(kgf/cm ²)	透水係数(cm/sec)
13	72.5	93	37	2.97×10^{-11}
23	105.7	100	40	6.80×10^{-11}
29	139.8	110	44	2.08×10^{-8}
36	201.4	125	50	1.03×10^{-11}
42	249.0	138	55	1.65×10^{-11}
49	294.5	150	60	7.72×10^{-11}
56	355.0	163	65	5.6×10^{-12} 以下
62	400.3	175	70	8.52×10^{-12}
69	446.4	188	75	8.56×10^{-11}
71	497.1	200	80	2.44×10^{-11}

(ii) 有効応力をえた試験の結果

表4.1.15に試験結果を示す。また有効応力と透水係数の関係を図4.1.36に示す。供試体は、比較的高い透水性を示した139.80mの試料と、今回の試料の中では平均的な透水性を示した497.10mの試料に近い位置から作成した。試験結果を見ると、透水性の大きな試料の方が大きな有効応力依存性を示すことが伺える。

表 4.1.15 透水係数と拘束圧の関係

試料採取深度 (m)	拘束圧 (kgf/cm ²)	間隙水圧 (kgf/cm ²)	有効応力 (kgf/cm ²)	透水係数 (cm/sec)
497.3	83	33	50	1.28×10^{-10}
	138	55	83	9.65×10^{-11}
	175	70	105	7.95×10^{-11}
139.5	25	10	15	7.38×10^{-8}
	168	65	98	1.31×10^{-8}
	200	80	120	9.97×10^{-9}

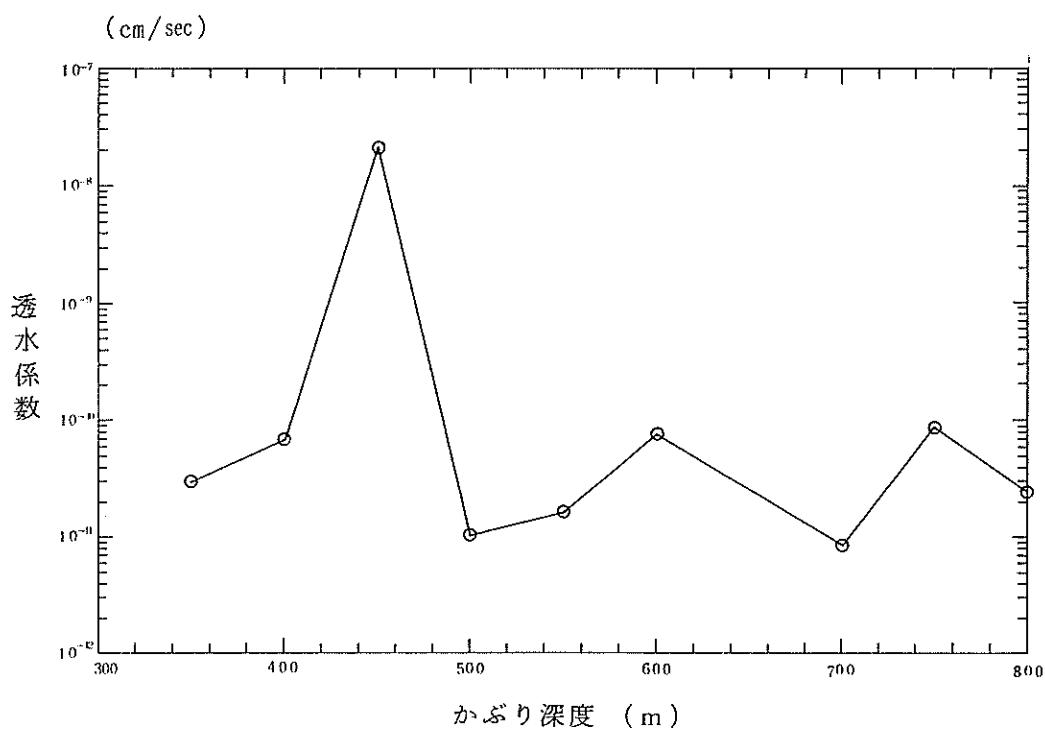


図 4.1.35 深度と透水係数の関係

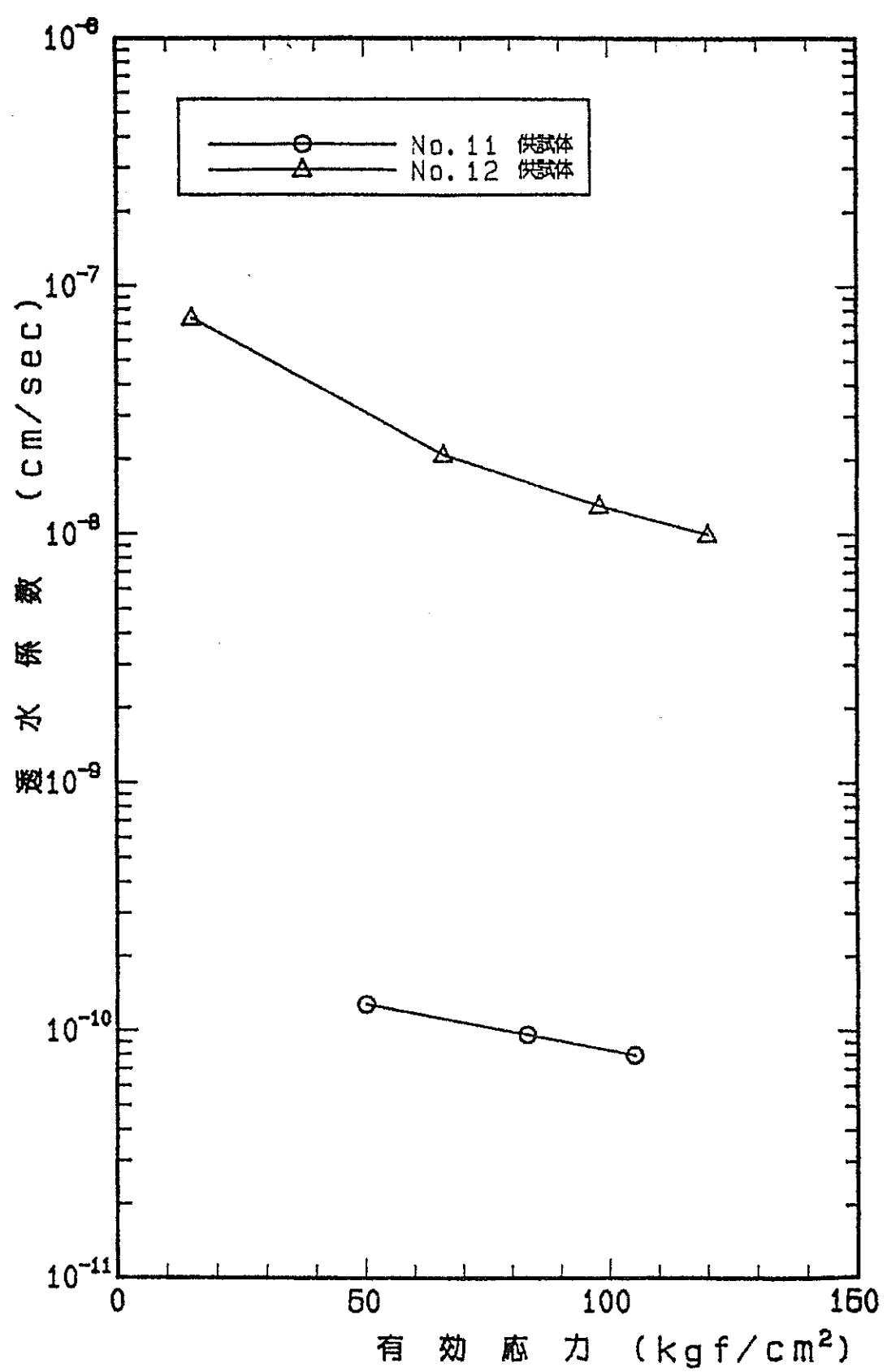


図 4.1.36 透水係数の有効応力依存性

4.2 孔内検層

4.2.1 検層結果

各検層の測定結果対比図を巻末Ⅱおよび付図2に示す。

(1) 電気検層 (25cm, 100cm ノルマル, 自然電位) (図4.2.1)

岩石の比抵抗は岩質, 間隙の状態, 水の比抵抗, 温度, 変質などに左右される。

岩質は, 孔口からほぼ一様な花崗閃緑岩であり, 温度変化も少ないとから, 比抵抗値は間隙の状態及び変質に左右されると考えられる。

比抵抗は電極間隔25cmと100cmで測定する。25cmノルマルは孔内水の比抵抗の影響を受けており, 100cmノルマルの方は, 孔径に対し電極間隔が十分大きいため, 地層の比抵抗に近い値を示すと考えられる。

比抵抗曲線は大別すると200mを境に2区間に分けられる。200m以浅では比抵抗変化が大きく, 低比抵抗を示す箇所が多い。一方200m以深では比抵抗変化が小さく全体的に高比抵抗を示すことから割れ目は少ないものと予想される。

200m以浅では割れ目を示すシャープな低比抵抗が多く見られる。また全体的に比抵抗も低いことから変質も強いものと予想される。200m~290m間ではほぼ一定の $10000\Omega \cdot m$ 前後の比抵抗値を示しており, 割れ目, 変質共に少ない緻密で堅固な部分と予想される。

290m以深では割れ目によるシャープな低比抵抗部が数箇所見られるほかは, 高比抵抗を示す。従ってこの部分は, 200m以浅に比べると変質は弱いものと予想される。

自然電位は低比抵抗部に対応して30mV~50mVの正異常が見られる。

(2) 孔径検層 (図4.2.2)

孔径検層は等間隔に配置された3本のアームによる平均孔径を測定している。

孔径の拡大箇所は少なく, ビット径(77mm)に近い80mm前後の値を示しており, 全体的に堅固な岩石と考えられる。

20m~26m間に30mm程の最大拡大部が見られるほかは, 10mm程度の拡大箇所が数箇所見られるだけである。10mm前後の拡大箇所は161m~163m, 188m~192m, 291m~293m, 348m~352m, 477m~479mである。

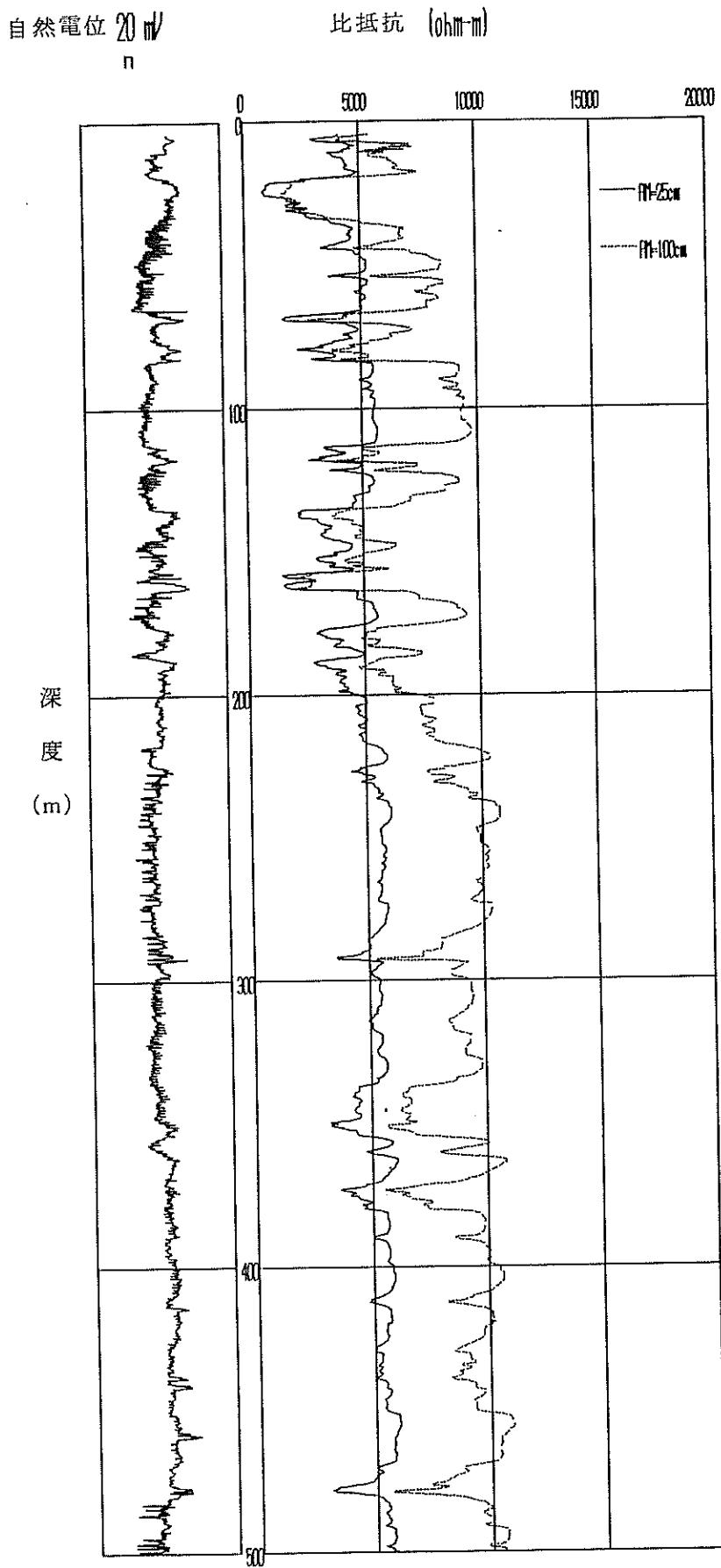


図 4.2.1 電気検層結果

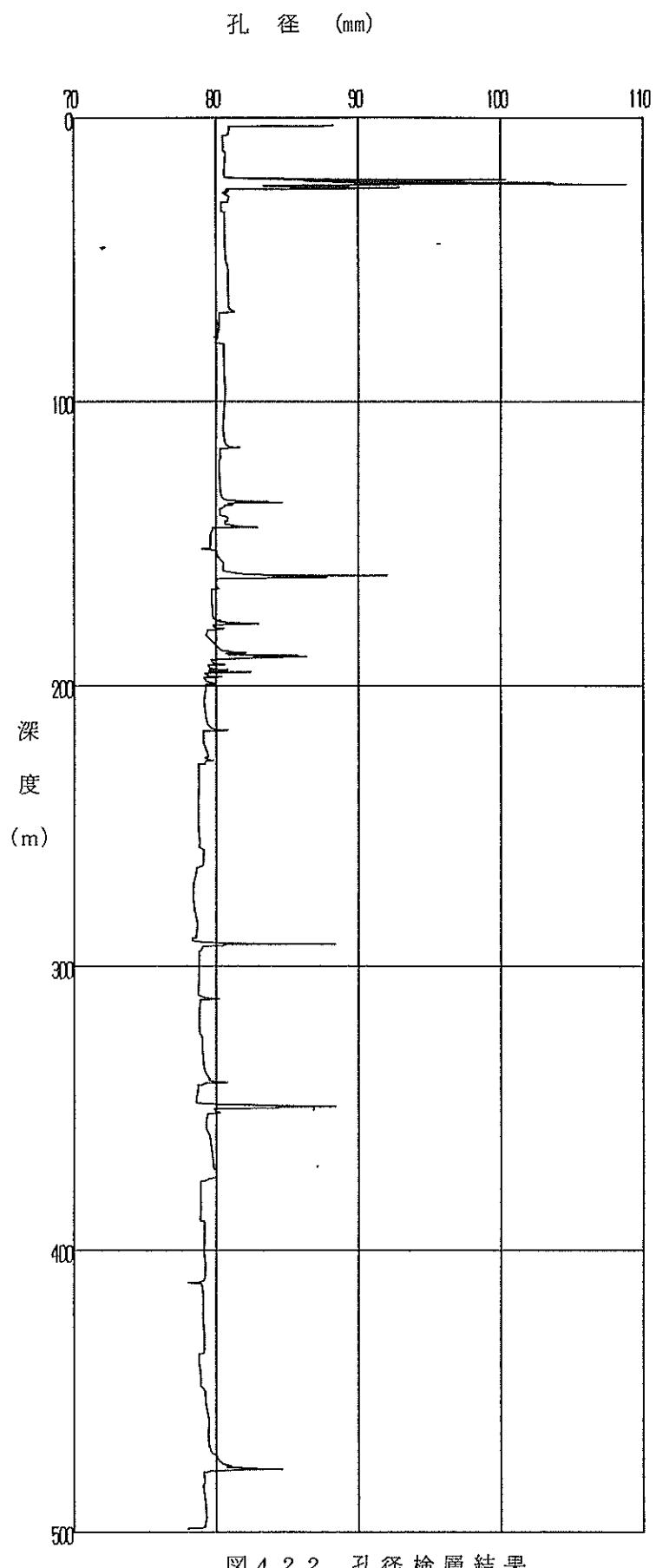


図 4.2.2 孔径検層結果

(3) 音波検層 (図4.2.3)

音波検層は、発振子と受信子の3フィート間の走行時間をインテンシティーログ記録より読み取り、孔径検層結果を用いて孔径補正を加えて岩盤の弾性波(P波)速度を求める。

弾性波速度は3.7~5.9km/secであり、変質・割れ目の発達している区間は5km/sec以下の値を示す。120m~200m間は全体的に低速度を示しており、変質が強いものと予想される。4km/sec前後のシャープな低速度部は割れ目に対応するものと考えられ、電気検層の低比抵抗部、孔径検層の孔径拡大部と良い一致が認められる。

インテンシティーログ記録を見ると、孔径の拡大している破碎状の個所では、音波の割れ目内での反射のために波形が歪み、縞模様が激しく乱れる。更に、孔径の拡大も時間の遅れとなって現れ、縞模様に変化が見られる。単一の開口割れ目では、破碎状の個所に比べ、縞模様の乱れは少なく、時間遅れによる縞模様の変化が見られる。割れ目のない均質な岩盤では縞模様に乱れが見られない。従って音波検層は割れ目や、破碎帯の判定に適していると考えられる。

(巻末Ⅱ)。図4.2.4に20m毎に撮影したウェーブトレイン記録を示す。

(4) 自然放射能検層 (図4.2.5)

自然放射能検層は、岩盤に含まれている放射性物質から自然に放射されているガンマ線を記録するものである。

測定値が小さく変化しているものの、ほとんどが100~130API間の値を示す。これは本孔の岩質の変化が少ないためと考えられる。測定値が100API以下を示す個所は74m~83m、476m~479mであり、いずれもランプロファイナーの見られる個所と一致している。また測定値が、200API前後のピークを示す個所が17m、247m、319mに見られるが、いずれもアプライト岩脈が見られる個所と一致している。

自然放射能検層は割れ目の分布とは顕著な対応は認められないが、岩相の変化している個所では特異値を示しており、岩相の変化をとらえるのには適していると考えられる。

弾性波速度(音波検層による)(km/sec)

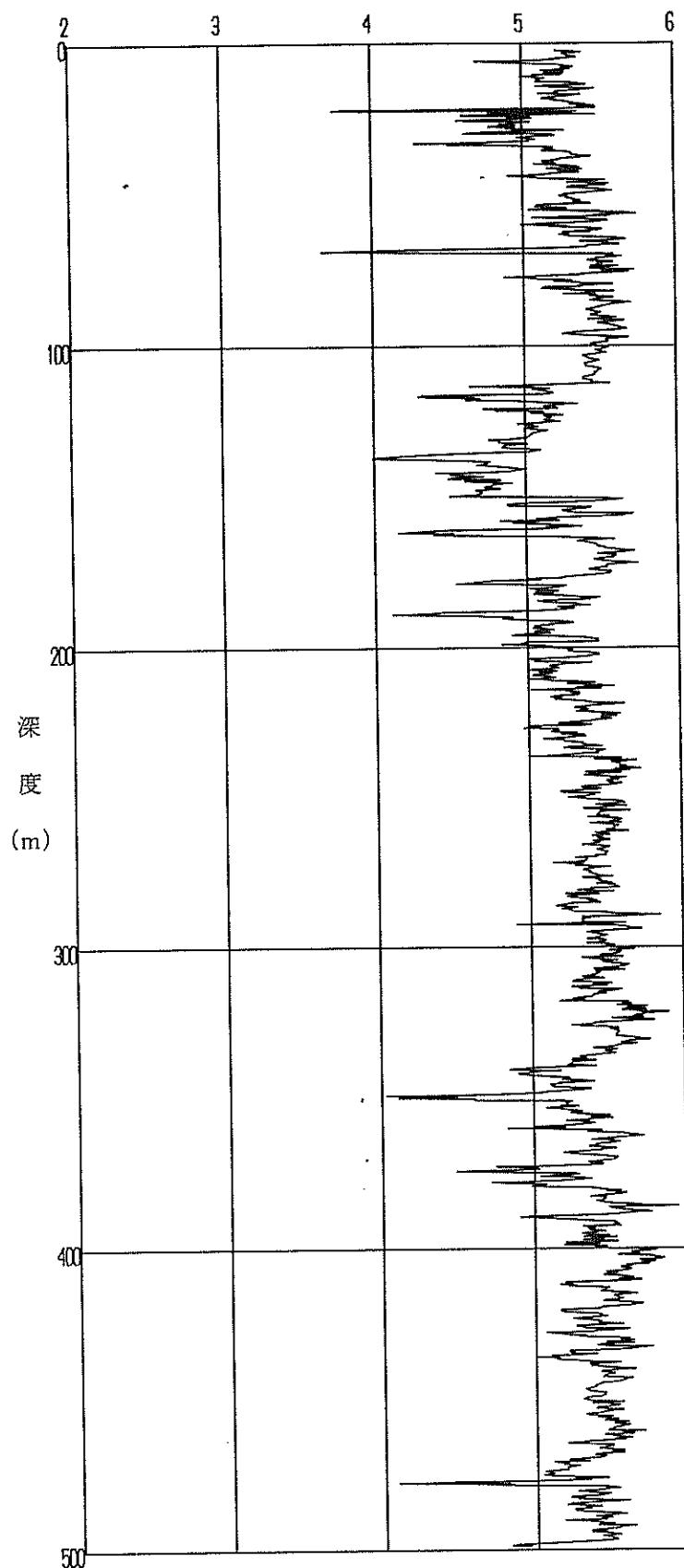


図 4.2.3 音波検層結果

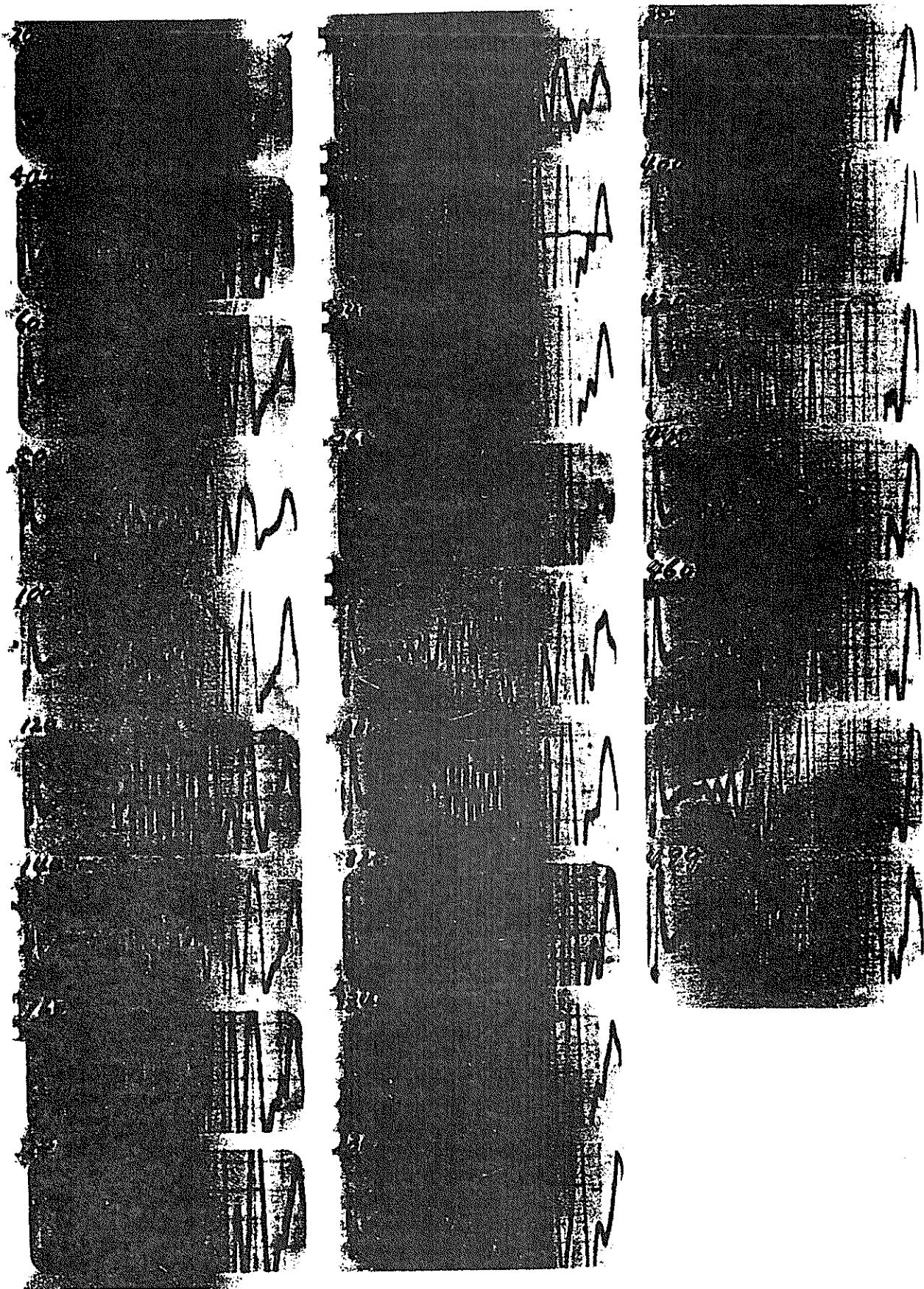


図 4.2.4 音波検層ウェーブトレイン記録

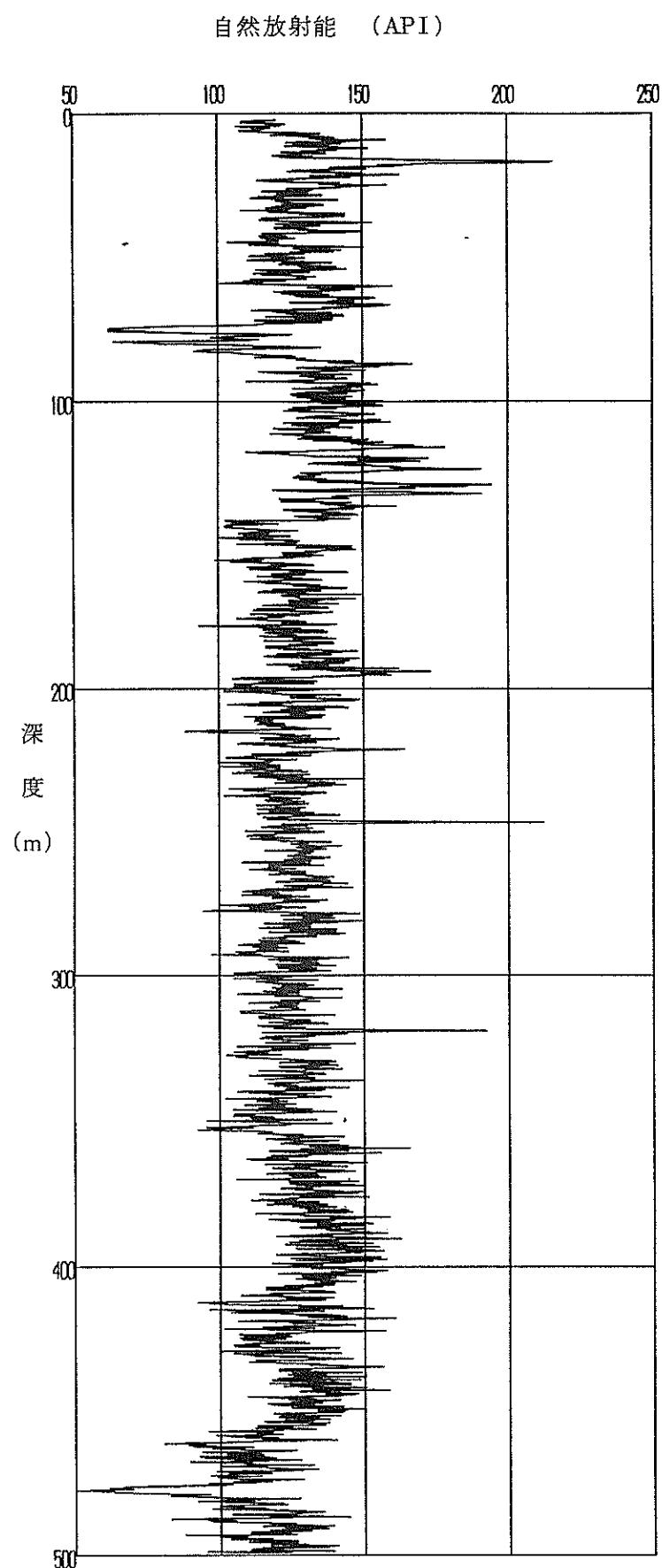


図 4.2.5 自然放射能検層結果

4.2.2 各検層結果の相関

検層結果は、連続記録されたものを1m毎のデジタル記録に変換して、各検層結果の相関を調べた。

(1) 比抵抗－自然電位（図4.2.6）

比抵抗と自然電位は弱い負の相関を示し、相関係数は-0.628である。即ち、比抵抗が低いほど自然電位はプラス側にふれる傾向が認められる。

一般に、自然電位は、孔内水と地層水の塩分濃度の差により透水層で異常が見られると言われている。比抵抗と自然電位に相関が見られる事から、自然電位が割れ目の影響を受けている事も考えられるが、KH-1孔では孔内水と地層水の塩分濃度の差が小さいことから、明瞭ではない。

(2) 比抵抗－弾性波速度（検層）（図4.2.7）

比抵抗と弾性波速度は幅を持った弱い正の相関を示し、相関係数は0.605である。高比抵抗を示す所は弾性波速度も大きくなる傾向を示すが、低比抵抗を示す所では弾性波速度の値にかなりの幅が見られる。比抵抗、弾性波速度とも割れ目の分布する個所では値が低くなるが、その低下の度合が割れ目の形状や方向に影響を受けるため、弾性波速度の差が生じていると考えられる。

(3) 比抵抗－間隙率（検層）（図4.2.8）

間隙率は音波検層による弾性波速度から Wyllie の時間平衡式 (Wyllie et al, 1956) により計算で求めた。結果を図4.2.9に示す。比抵抗と間隙率は弱い負の相関を示し、相関係数は-0.592である。

間隙率の算出方法は1.6.5(3)に示す通りである。

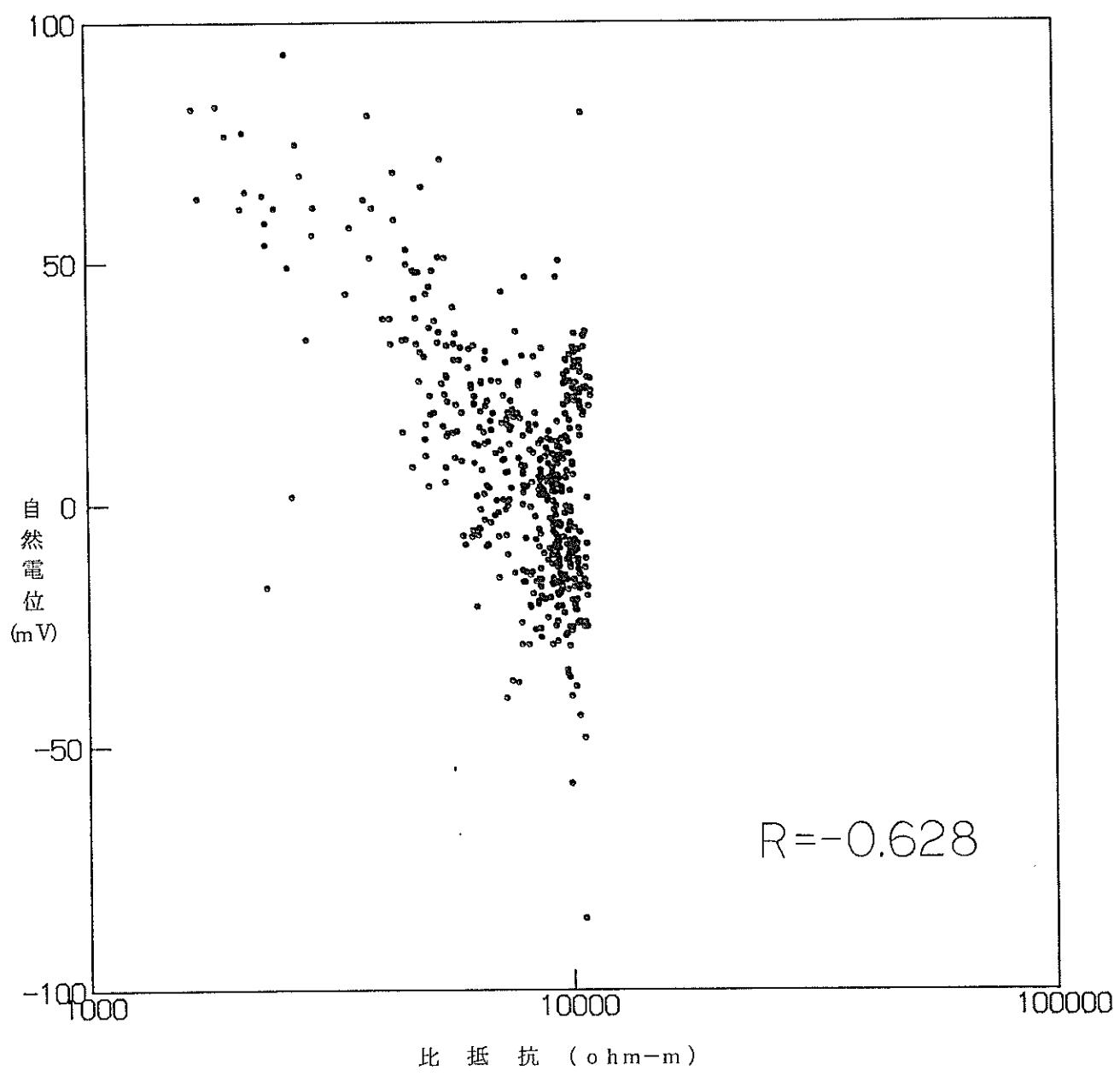


図 4.2.6 比抵抗－自然電位クロスプロット

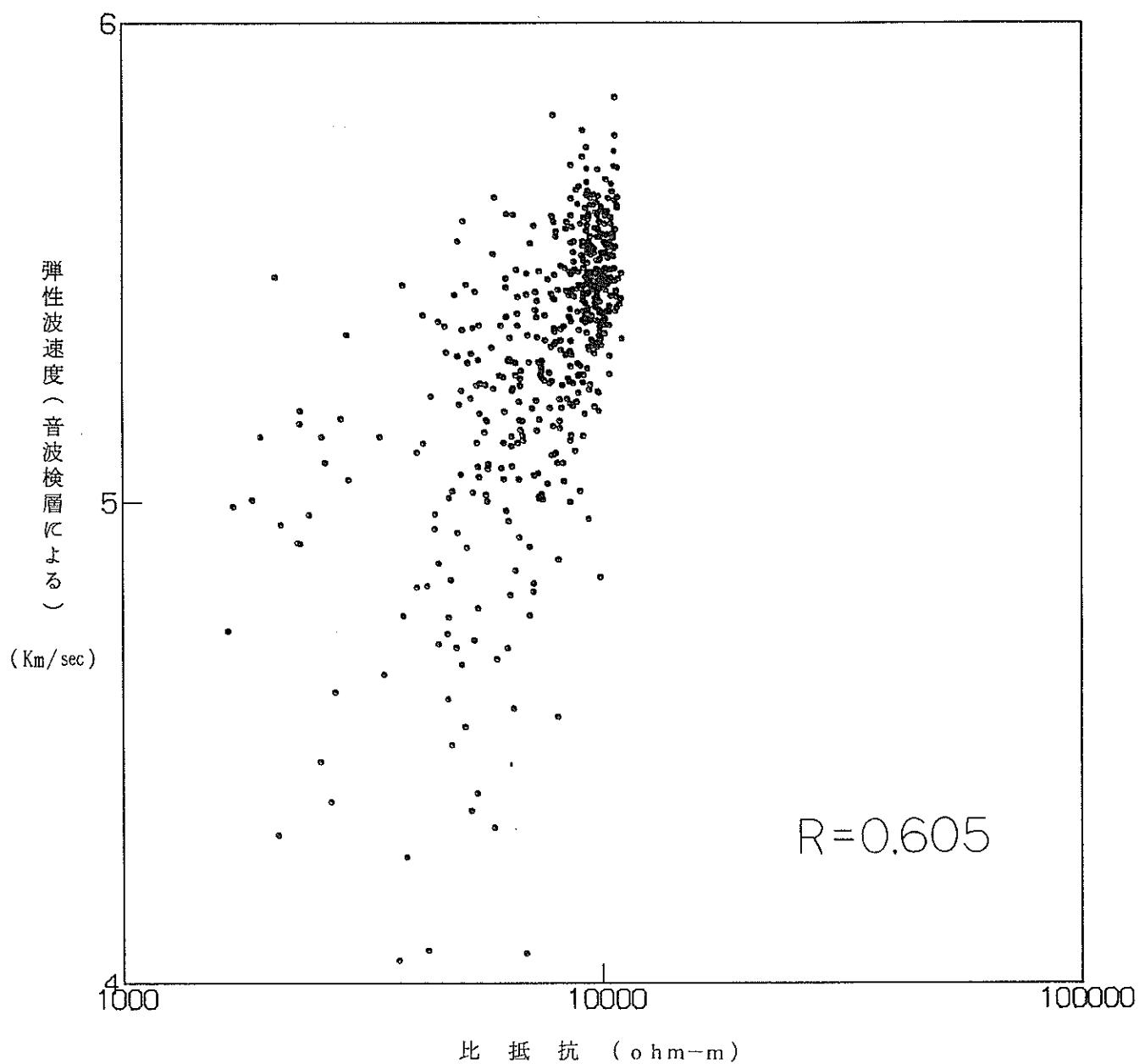


図 4.2.7 比抵抗-弾性波速度(音波検層による)クロスプロット

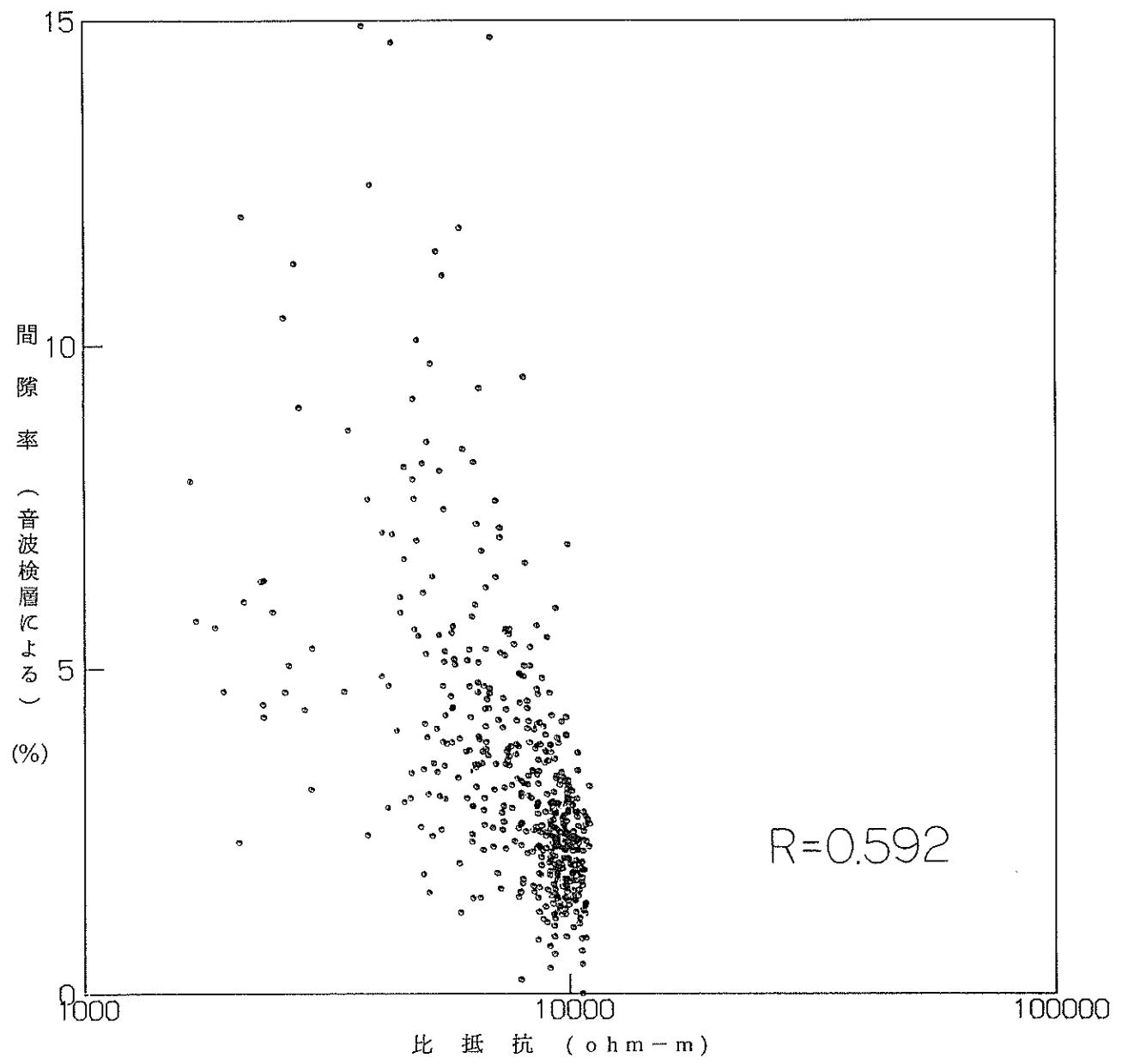


図 4.2.8 比抵抗 - 間隙率(音波検層による)クロスプロット

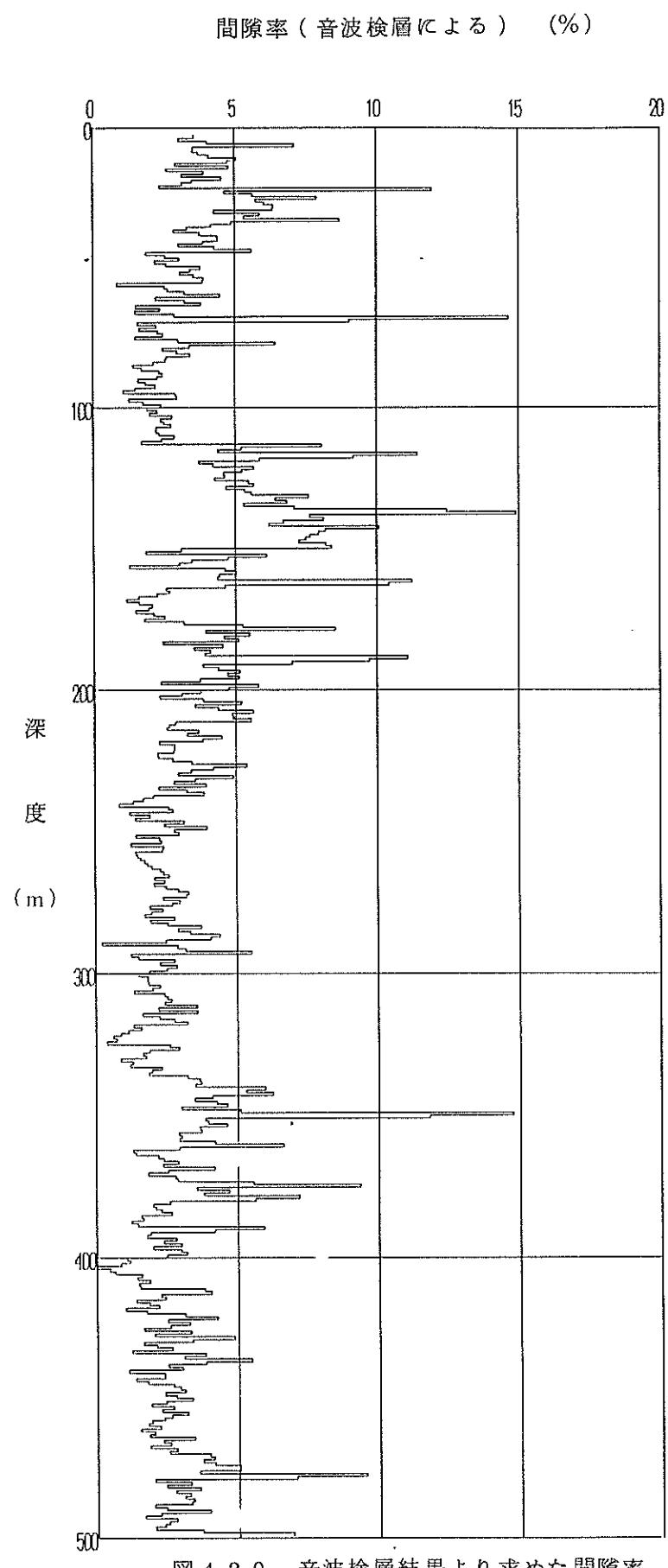


図 4.2.9 音波検層結果より求めた間隙率

4.2.3 検層結果による割れ目の推定

各検層結果により割れ目が推定される個所を図4.2.10に示す。

200m以浅に割れ目が多く分布しており、200m以深では割れ目が数ヶ所しか見られない。

120m以浅については、25m前後に孔径検層で30mmの拡大を示す最大の異常が見られ、他の検層結果とあわせて割れ目の存在が推定される。120m～200m間は、小さな割れ目の多く見られる部分で、孔径検層でそれが推定されている。また、そこは比抵抗曲線も変化の多い区間である。この区間は全体的に低比抵抗、低速度を示し、岩芯鑑定でも強い変質を認めている。

200m～290m間は検層結果では割れ目がない部分であり、R.Q.D.もほとんど100%を示す。従ってこの区間は、割れ目、変質共に少ない緻密で堅固な岩石と考えられる。

290m以深は検層で割れ目の推定される個所が4個所見られる。いずれもR.Q.D.の低い個所と一致している。この4個所以外の区間は、全体的に高比抵抗で弾性波速度も5.5km/sec前後を示しており、割れ目は存在したとしても小さく、少ないと考えられる。

図4.2.10のとおり、検層結果から推定される割れ目の分布個所は、良く一致している。孔径検層については、3ヶ所ほど割れ目の検出されなかった個所があったが、これは孔径検層が120°の等間隔で配置された3本のアームを使って孔径を測定しているため、アームにからなかった縦方向の小さな割れ目がとらえられなかったことによると考えられる。

各検層で割れ目の検出に有効と考えられるのは、電気、孔径、音波検層であり、電気検層のシャープな低比抵抗部、孔径検層の孔径拡大部、音波検層インテンシティログ記録の縞模様の乱れ等がそれぞれ割れ目に対応している。

変質帯の検出には電気、音波検層が有効と思われる。

自然放射能検層は割れ目、変質の検出には適しているとは言えないが、岩相の変化した個所の検出には有効な方法である。

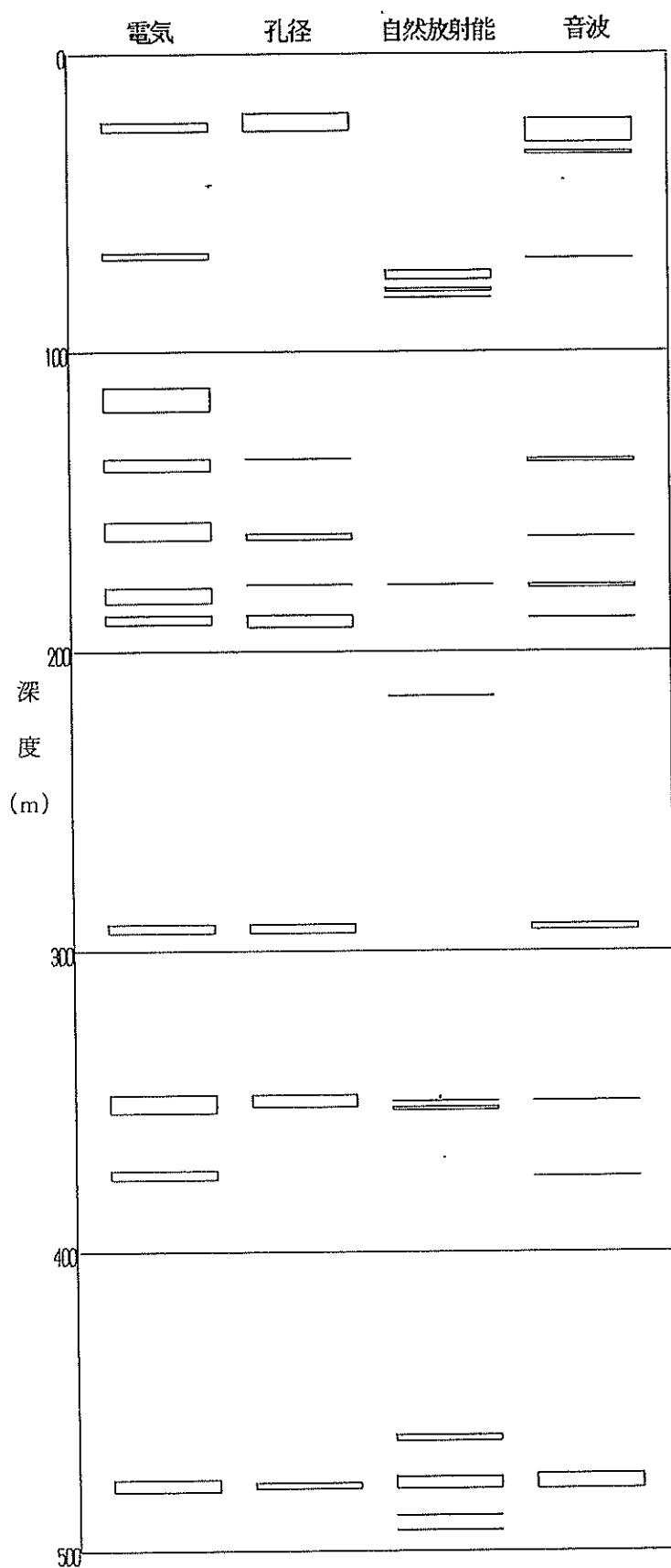


図 4.2.10 検層による割れ目推定個所

4.2.4 検層結果と他の調査結果との比較

(1) 検層結果と岩芯物性値の相関

検層結果は連続記録から岩芯の深度に相当する測定値をサンプリングし、岩芯による値との相関を調べる。相関係数が 0.6 以上の場合は回帰直線を求めている。

(i) 弾性波速度（検層－岩芯、図4.2.11）

岩芯の弾性波速度は強制湿潤状態の測定値を使う。相関係数は 0.636 で弱い正の相関を示す。ばらつきの原因としては、岩芯で測定された値は 10cm 間の割れ目の少ない個所もしくは、強変質を受けた個所といった特徴的な部分を測定しているのに対し、検層では 3 フィート間の平均速度を求めていることによると考えられる。岩芯での測定値が 1.7～6.2 km/sec に対し、検層の測定値は 3.7～5.6 km/sec とばらつきが小さく、回帰曲線の傾きは 1 以上を示す。また、変質を受けている部分では検層の測定値に比べ、岩芯の測定値が低い値を示す。変質のない岩芯では両者はほぼ同じ値を示している。これは検層の測定値が封圧から解放された孔壁の弾性波速度を測定したものであることを示している。

(ii) 間隙率（検層－岩芯、図4.2.12）

岩芯の有効間隙率は 5% 以下に集中しているのに対し、検層の間隙率は 1%～13% まで幅をもって分散する。検層の間隙率の増加と共に岩芯の有効間隙率も若干増加が見られるが、ばらつきが大きく相関係数は 0.547 である。

ほとんどの位置で岩芯有効間隙率に対し、検層の間隙率が大きな値を示している。これは測定長の関係で検層結果が岩石本来の間隙率だけでなく、割れ目も加味されやすいためと考えられる。

(2) 検層結果と岩芯観察によるR.Q.D.、割れ目数との比較

(i) R.Q.D. と検層結果

R.Q.D. は岩芯の観察により 1 m 毎に求めている。検層結果との比較には人工的な割れ目を除いた R.Q.D. を用いる。

R.Q.D. 分布図を図4.2.13 に示す。

検層結果も 1 m 毎の値をサンプリングして比較した。R.Q.D. = 100% の部分が全体の 79% を占めており、頻度分布では比較しにくいため、R.Q.D. を 10

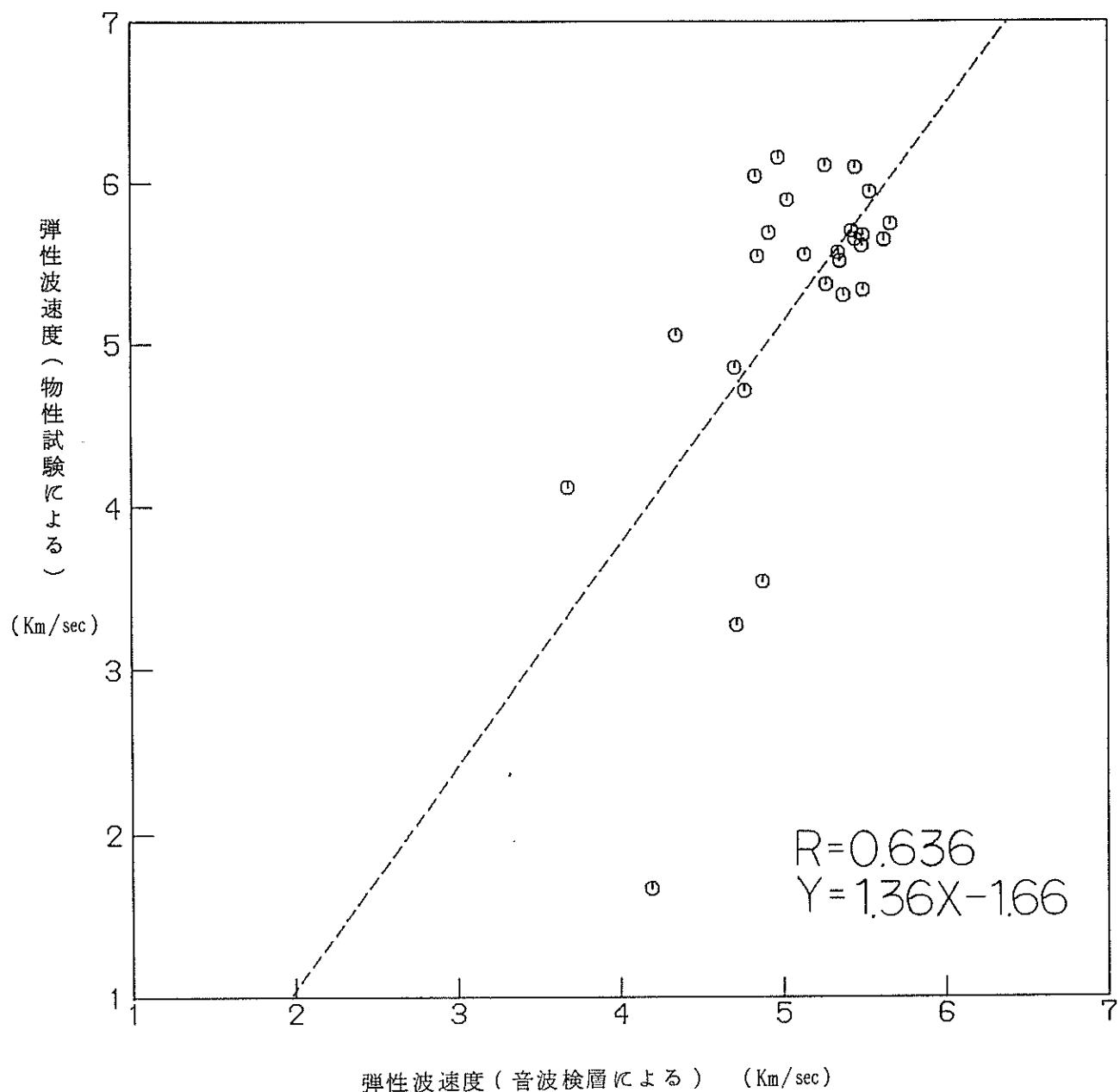


図 4.2.11 弹性波速度クロスプロット（検層－岩芯）

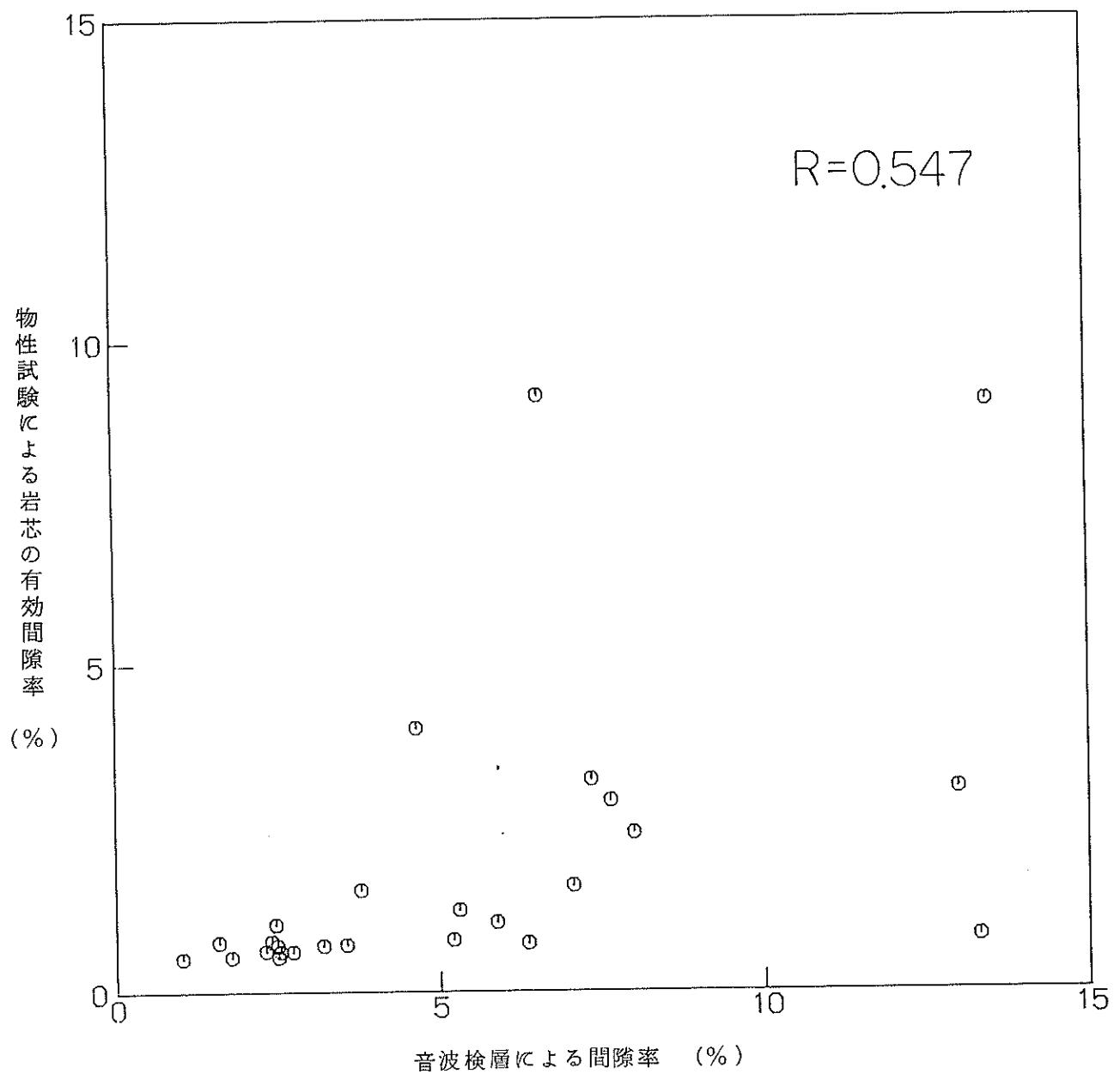


図 4.2.12 間隙率クロスプロット（検層－岩芯）

R.Q.D. (%)

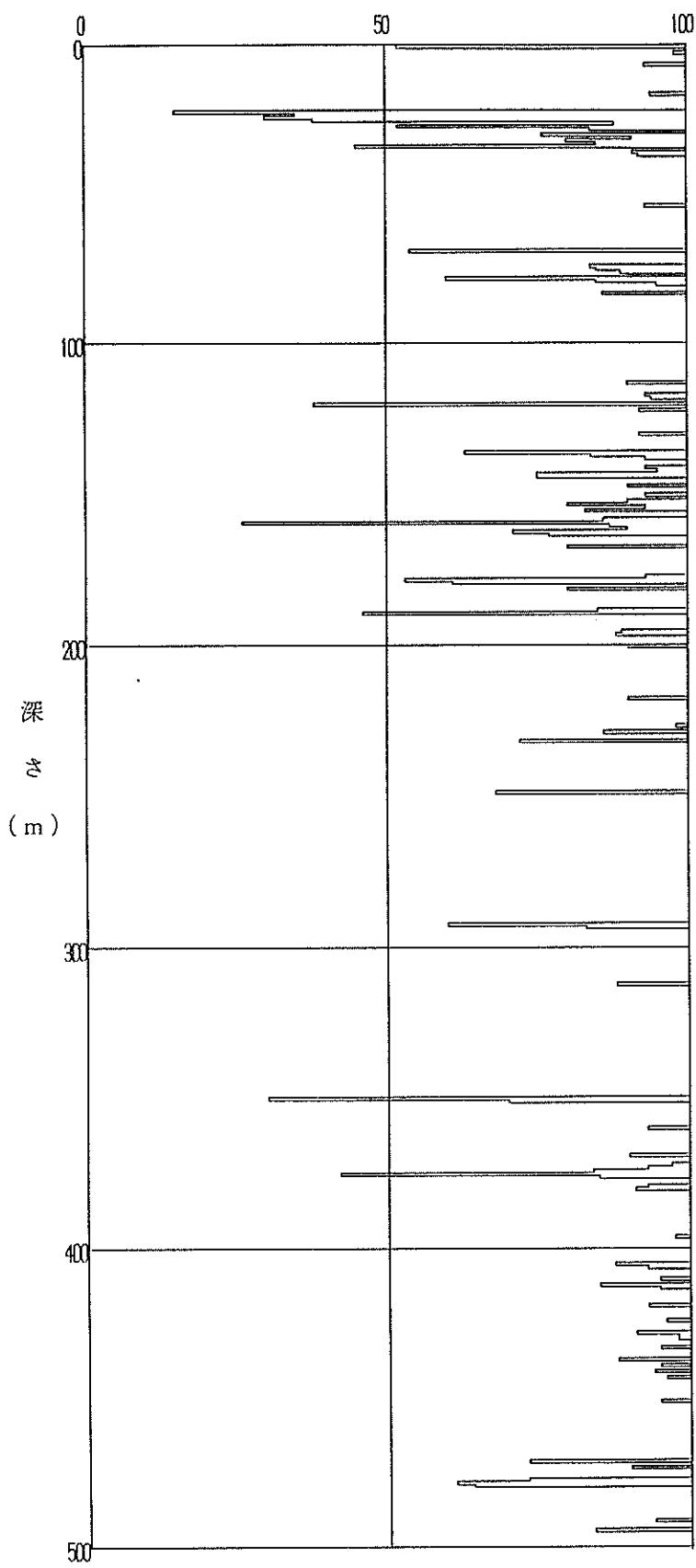


図 4.2.13 R.Q.D. 分布図

%毎に区切り、それに対応する各検層結果の最小値、最大値、平均値を用いる。

a. R.Q.D. と比抵抗 (図4.2.14)

R.Q.D. が低い個所ほど比抵抗値は低くなる傾向が認められる。R.Q.D. から 50% 以下の個所については比抵抗値は $7000 \Omega \cdot m$ 以下を示す。

b. R.Q.D. と弾性波速度 (音波検層による、図4.2.15)

かなりばらつきが見られるが、平均値で比較すると、R.Q.D. が低い値を示す個所は、弾性波速度も低い値を示す。

c. R.Q.D. と間隙率 (音波検層による、図4.2.16)

間隙率の算出は弾性波速度を用いるため c. と同様かなりばらつきは見られるが、平均値について比較すると R.Q.D. が低くなるほど間隙率が大きくなる傾向が認められる。

(ii) 開口割れ目数 (岩芯鑑定時の) と検層結果

開口割れ目数は R.Q.D. と同様に 1 m 每に求めており、1 m 間の岩芯の割れ目の本数で表わしてある。(図4.2.17)

検層結果は 1 m 每の値をサンプリングして、割れ目数を比較する。比較には R.Q.D. の場合と同様に、割れ目数に対応する各検層結果の最小値、最大値、平均値を用いる。

a. 割れ目数と比抵抗 (図4.2.18)

ばらつきが多いが平均値について見ると、割れ目数が 10 本/m の所では割れ目数が増えるにつれ比抵抗値が小さくなる傾向が認められる。

b. 割れ目数と弾性波速度 (図4.2.19)

平均値について見ると、割れ目数が 10 本/m 未満の所では割れ目数が多いほど弾性速度は遅くなる傾向が強い。割れ目数が 10 本/m 以上になると、データの絶対数が少ないためか、傾向からはずれている。

c. 割れ目数と間隙率 (図4.2.20)

間隙率は弾性波速度から算出しているため b. と同様、割れ目数が 10 本/m 以上の所で傾向からはずれるものの割れ目数が 10 本/m 未満の所では、割れ目数が多いほど間隙率も大きくなる傾向が強い。

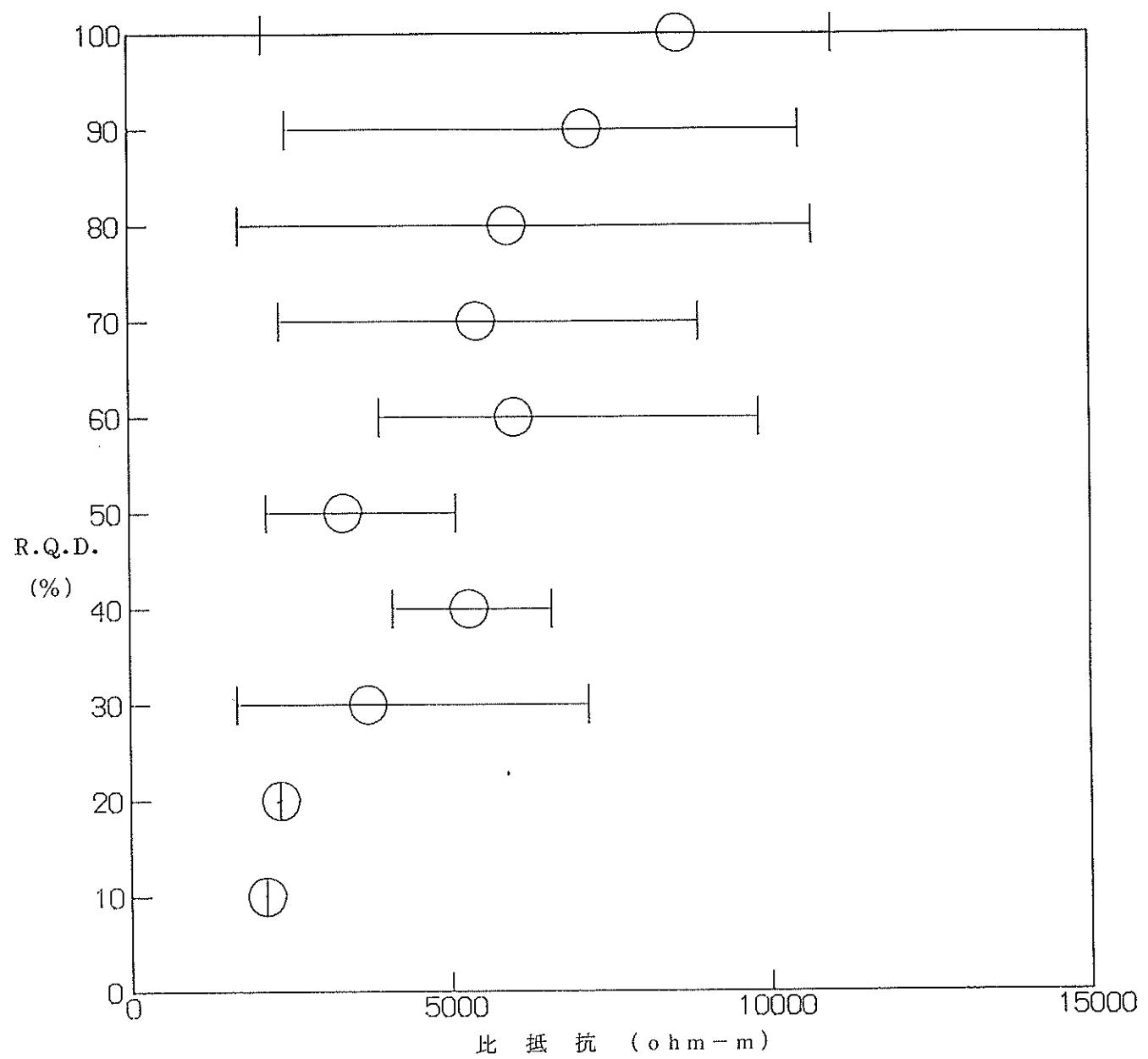


図 4.2.14 R.Q.D - 比抵抗 対比図
(○は平均値を示す。)

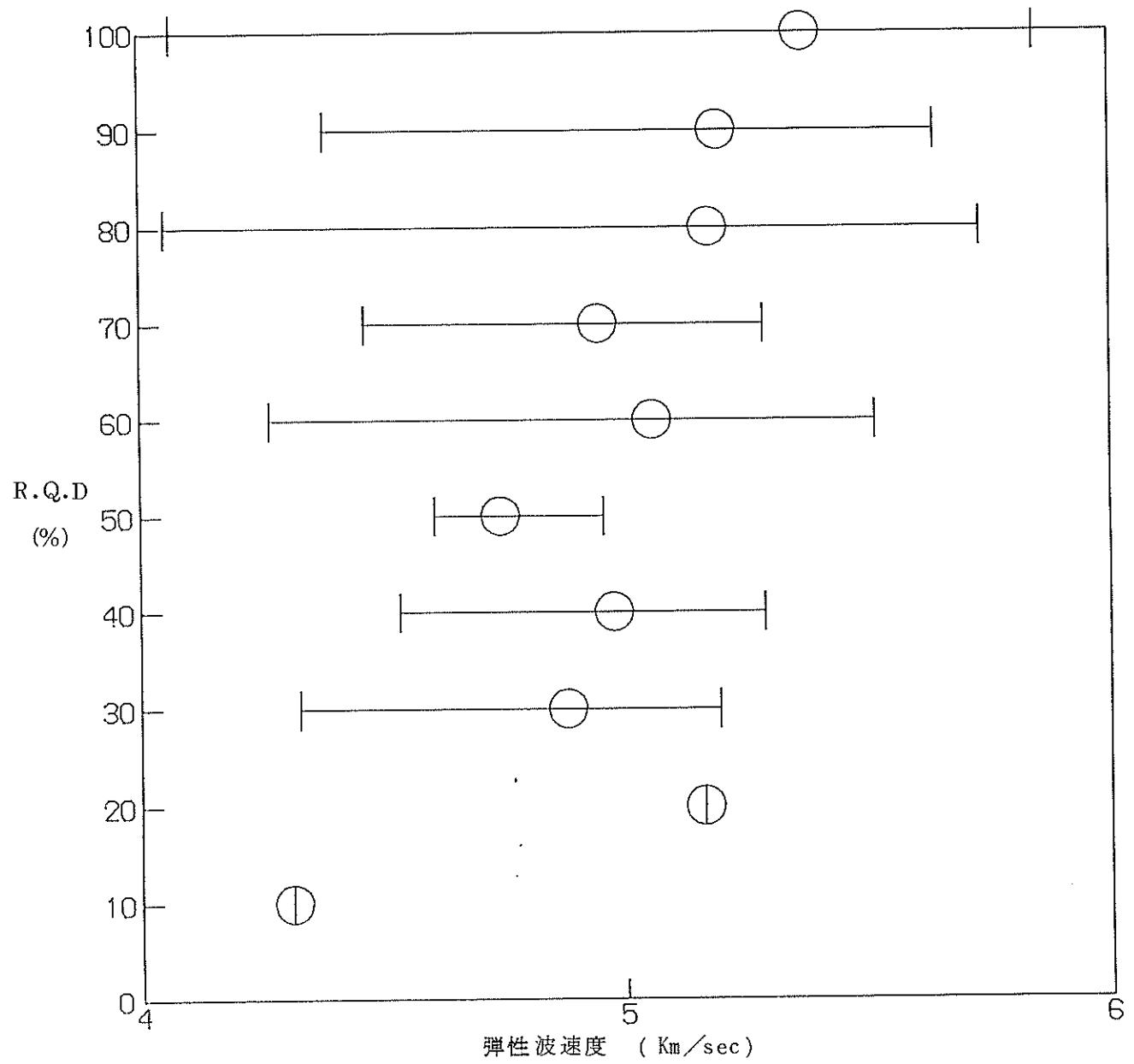


図 4.2.15 R.Q.D-弾性波速度(音波検層による)対比図
(○は平均値を示す。)

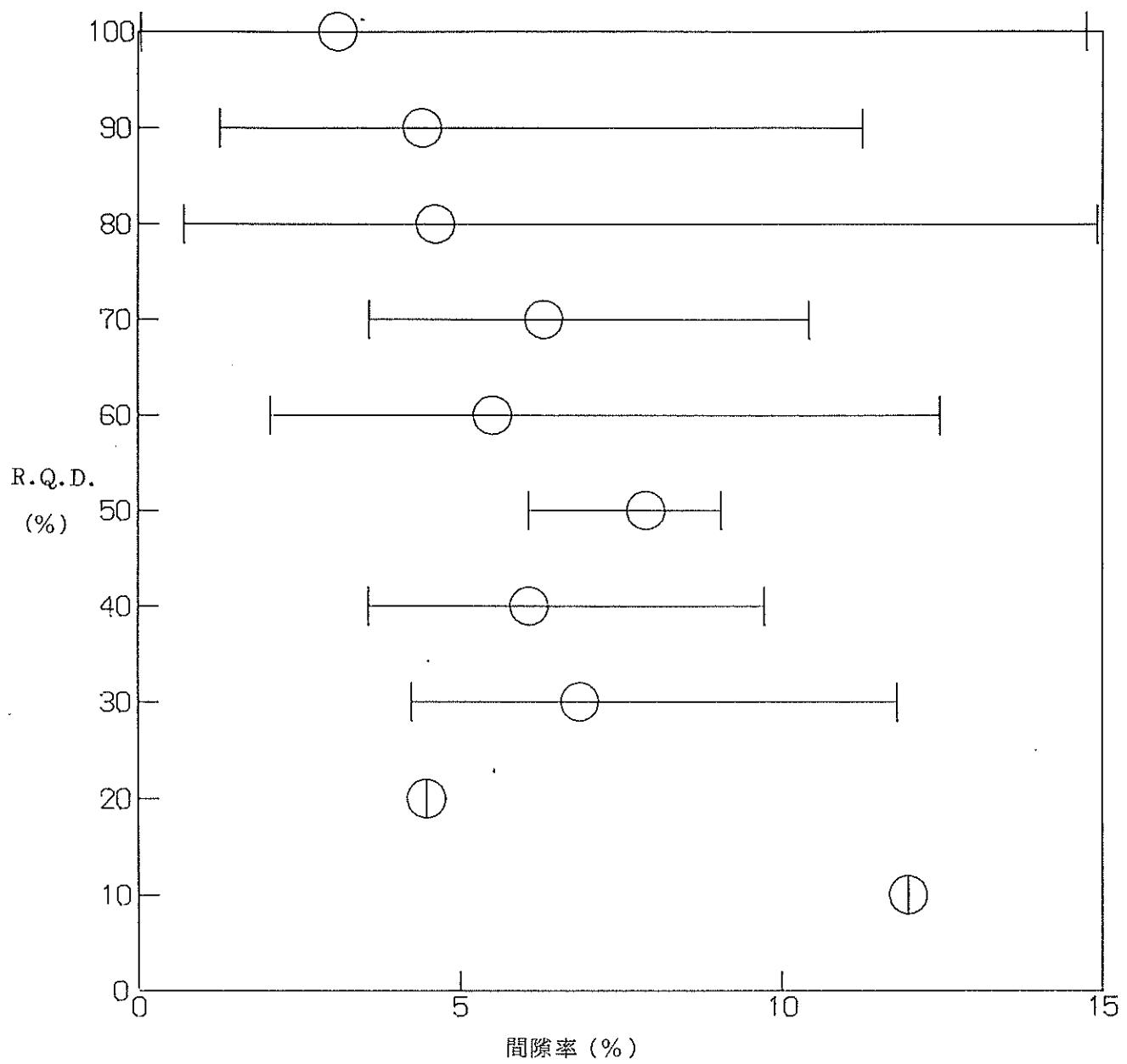


図 4.2.16 R.Q.D - 間隙率(音波検層による)対比図
(○は平均値を示す。)

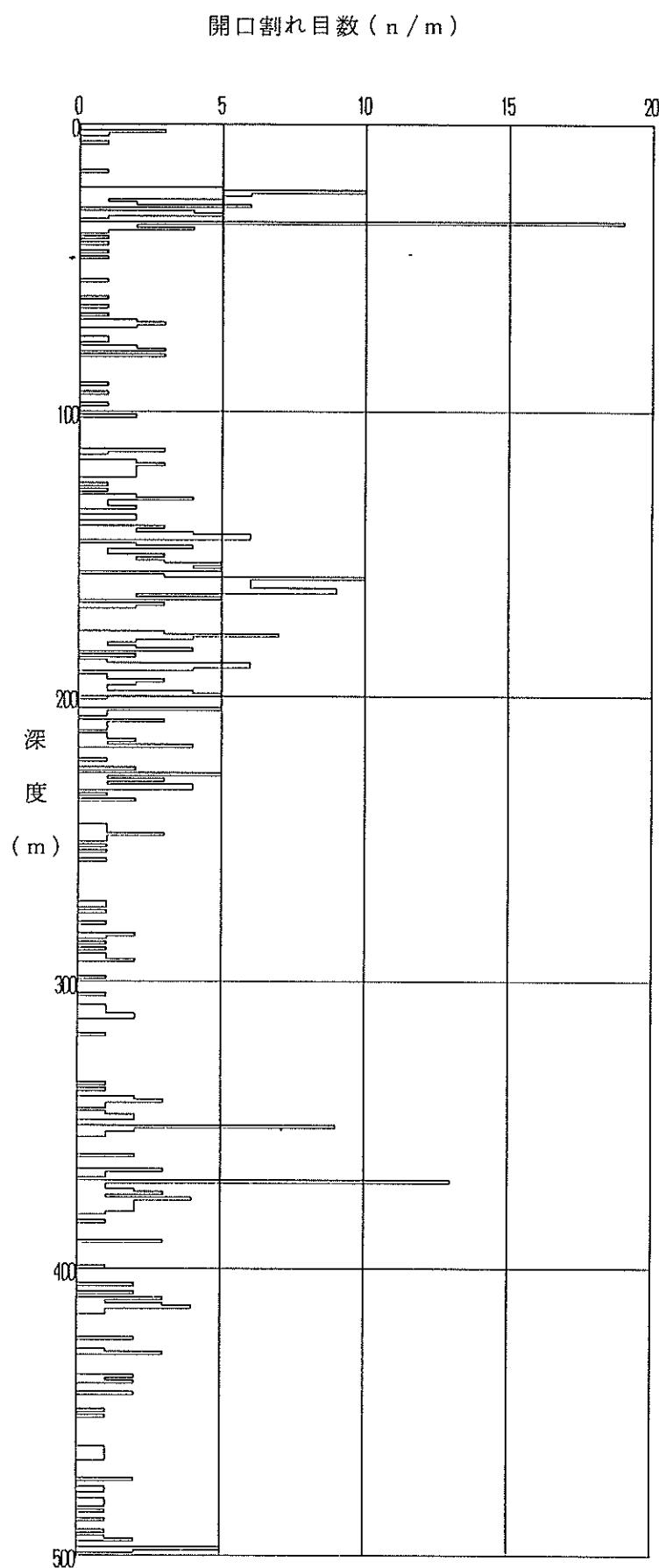


図 4.2.17 開口割れ目数分布図
(岩芯鑑定時に開口していた割れ目を数えたもの)

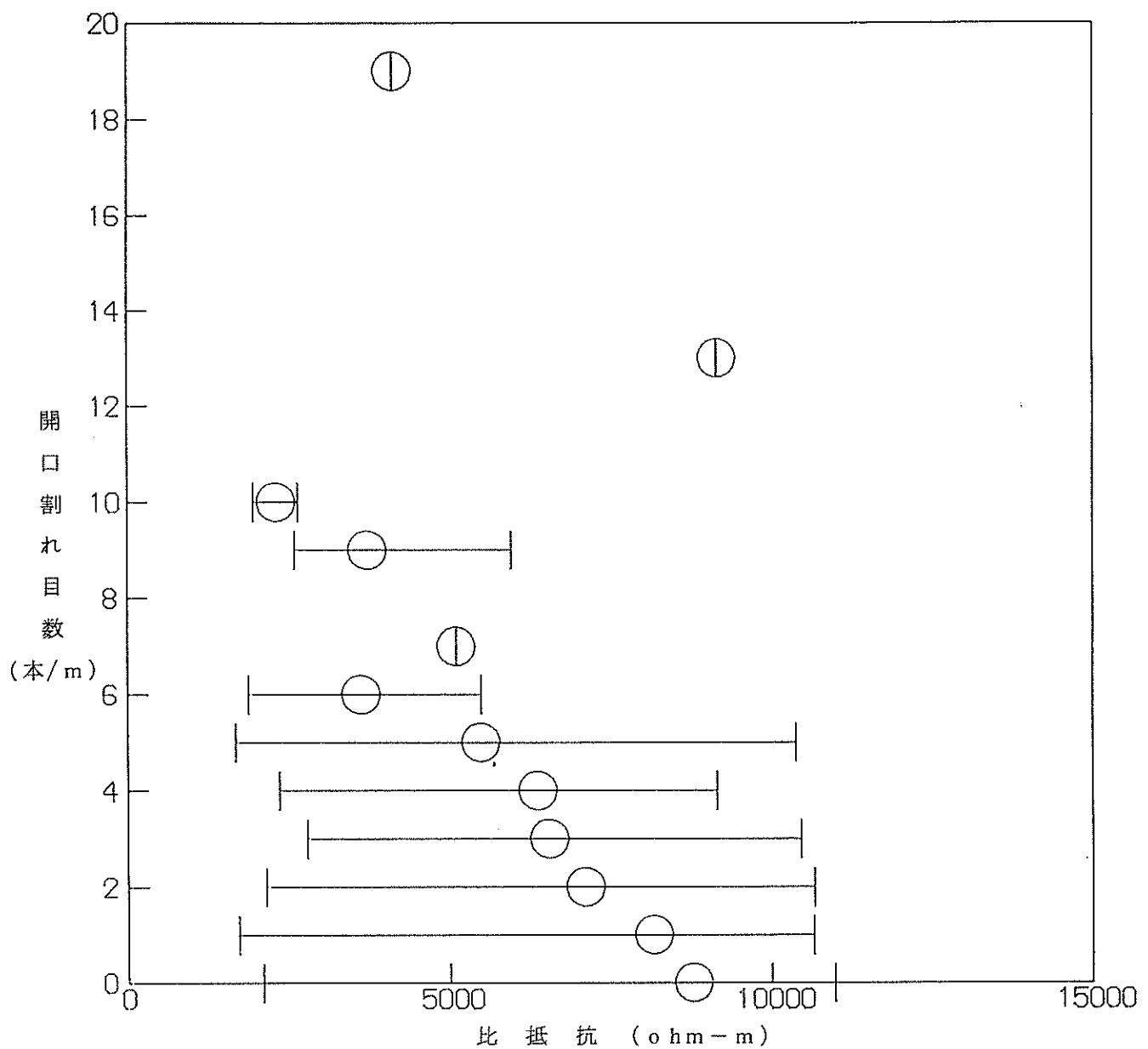


図 4.2.18 開口割れ目ー比抵抗対比図

(開口割れ目数は岩芯鑑定時に開口していた割れ目を数えたもの。
 ○は平均値を示す。)

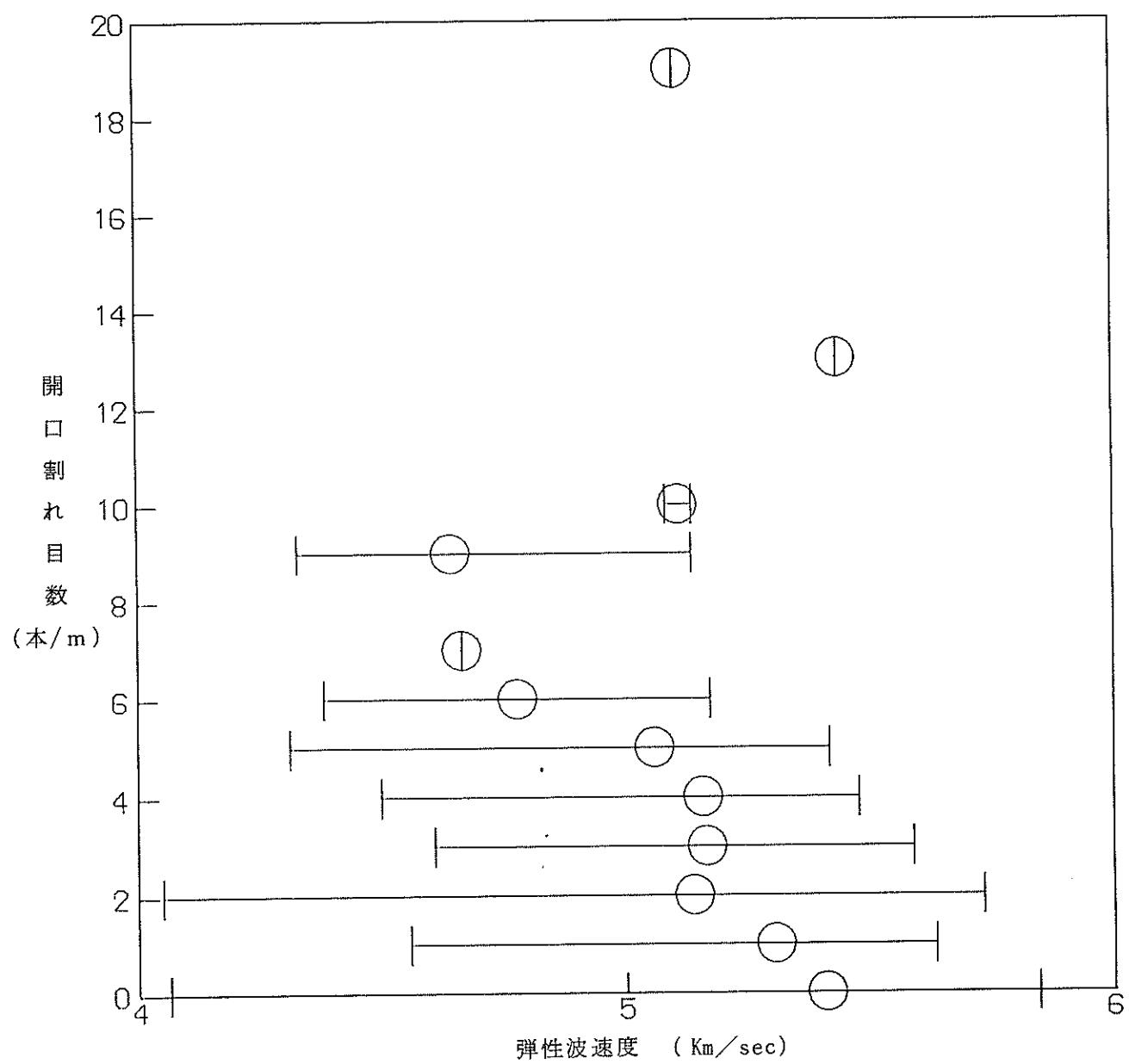


図 4.2.19 孔内検層の弾性波速度 - 開口割れ目数対比図

(開口割れ目数は岩芯鑑定時に開口していた割れ目を数えたもの。)
 (○は平均値を示す。)

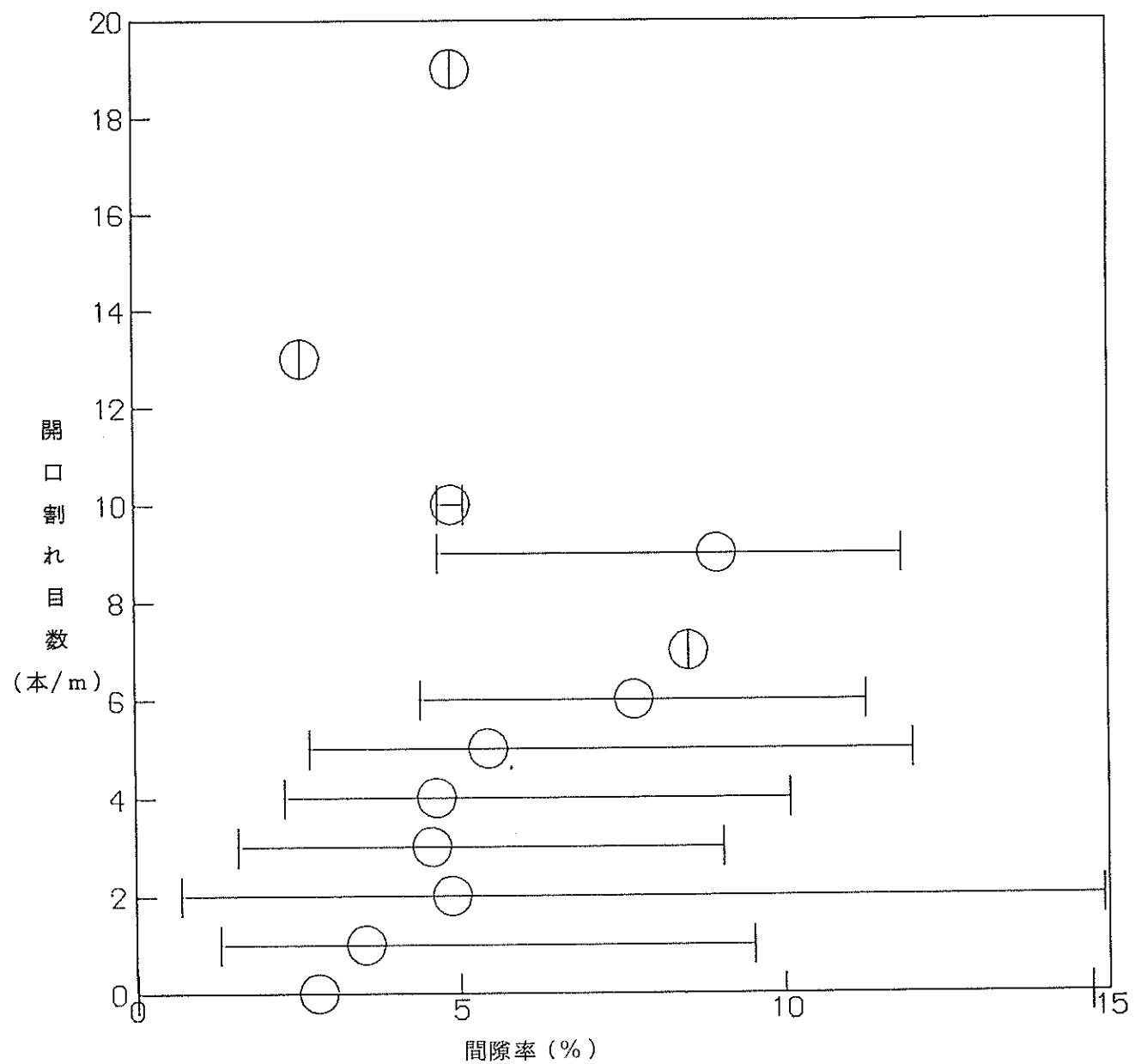


図 4.2.20 間隙率(音波検層による) - 開口割れ目数対比図
 (開口割れ目数は岩芯鑑定時に開口していた割れ目を数えたもの。)
 (○は平均値を示す。)

(iii) 検層結果による岩盤特性の評価

各検層項目について割れ目に対応すると考えられる個所をプロットする

(図4.2.21)。比較のためR.Q.D., 割れ目数もプロットしている。

プロット基準

電気検層・・・・・・シャープな低比抵抗部

孔径検層・・・・・・孔径拡大部

自然放射能・・・・100API以下の部分

音 波・・・・・・インテンシティーログ記録で縞模様に乱れが見られる
個所

R. Q. D. ・・・80%以下

割れ目数・・・・5本以上

自然放射能検層を除くと、各検層結果ともR.Q.D.が80%以下の個所と検層の異常部は良く一致している。R.Q.D.と最も良く対応しているのが音波検層で、次に電気検層である。電気検層では他の項目に比べ異常部を示す幅が大きい。

孔径検層では電気、音波検層で割れ目の予測される個所に対して、異常を検出できない個所が見られる。これは、孔径検層の構造が等間隔に配置された3本のアームで孔径を測定していること、およびアームより小さい割れ目は孔径の拡大としてとらえられていない事から、縦方向の細かい割れ目は検出できなかった可能性がある。しかし、破碎されている様な割れ目は孔径の拡大として明瞭にとらえられており、大規模な割れ目の検出には有効と考えられる。

自然放射能検層では割れ目分布と良い対応が見られないため、他の検層項目に比べ、割れ目の検出には適しているとは言えないが、ランプロファイナーの分布に対し、低い値を示し、アプライト岩脈が見られる所では高い値を示すことから岩相の識別には有効な方法と考えられる。

割れ目数の分布に対しては検層からの割れ目の分布個所とおおむね一致しているが、検層ではとらえられていない割れ目が数ヶ所見られる。これは検層の分解能の問題であり、細かい割れ目がとらえられなかつたためと考えられる。

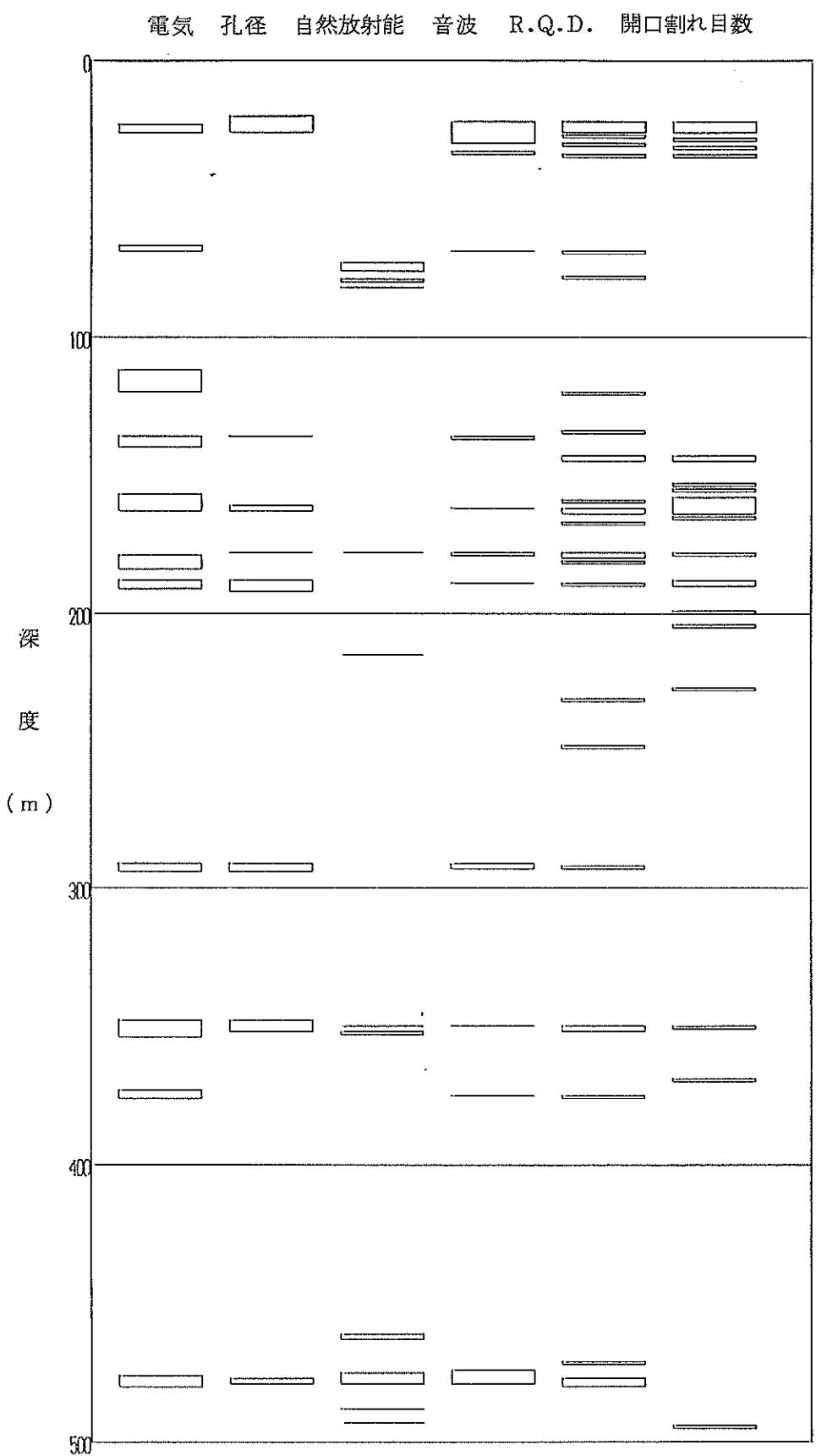


図 4.2.21 孔内検層異常個所と岩芯の R.Q.D., 開口割れ目数との比較

4.2.5 ボアホールスキャナーによる孔内検層

KH-1孔の0m~200.58m間の孔内観測を行った。この深度区間について、JF Tの試験区間を参照して、19.30m~35.00m, 69.90m~83.60m, および130.40m~200.58mの3区間、合計99.88mについて解析する。ボアホールスキャナーの孔内観測図を巻末Ⅲに示す。ボアホールスキャナーの観測深度は孔口ケーシング底部が0mとされていたため孔内観測図の深度は、孔口を0mとし、また岩芯観測結果との対比から検層機降下時の深度計の誤差を補正したもの用いている。巻末Ⅲにボアホールスキャナーの観測深度の岩芯深度に対する誤差をプロットしたものを合わせて示す。

ボアホールスキャナーによって得られた割れ目あるいは岩相境界等の構造は、総計364本にのぼる。その内訳は、19.30m~35.00m・50本、69.90m~83.60m・48本、130.40m~200.58m・266本である。割れ目の種別毎の頻度を表4.2.1に示す。

表 4.2.1 割れ目の種別毎の頻度

型	略号	開口部なし	略号	開口部あり	合 計
W型	Wc	208 (57.1 %)	Wo	14 (3.9 %)	222 (61.0 %)
J型	Jc	27 (7.4 %)	Jo	2 (0.5 %)	29 (8.0 %)
V型	Vq	60 (16.5 %)			71 (19.5 %)
	Ve	11 (3.1 %)			
L型	L	42 (11.5 %)			42 (11.5 %)
合 計		348 (95.6 %)		16 (4.4 %)	364 (100.0%)

記号については巻末Ⅲ参照

充填鉱物を伴わない割れ目（W型）は 222本あり、全体の約60%を占め、その割れ目幅は 0.5mm以下ものものが多い。割れ目傾斜は鉛直方向に対して $5^{\circ} \sim 75^{\circ}$ の範囲に入る。W型の割れ目の中では、密着しているもの（Wc型）がその94%を占めている。開口部を持つ割れ目（Wo型）は、14本中 8本が22m \sim 26m の区間に含まれており、傾斜は鉛直方向に対して $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$ の高角度のものが卓越している。岩芯観察結果で、充填鉱物を伴わない割れ目は全体の15.5%であり、ボアホールスキャナーの結果（61%）と大きく異なっている。これは、主としてボアホールスキャナーの解像度に近い幅では、割れ目中の充填鉱物の有無が識別できない事によるものと考えられる。

充填鉱物を伴っている割れ目は全体の約30%を占め、その割れ目幅は 1mm以上のものがほとんどである。割れ目傾斜は、鉛直方向に対して $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の高角度のものが多い。充填鉱物は、粘土鉱物・白色鉱物・有色鉱物の 3種が識別できる。岩芯観察の結果から、白色鉱物には石英・方解石・沸石等を含み、有色鉱物には緑泥石・緑レン石を含んでいる。

岩相境界とされた面構造は、全体の約10%を占めている。岩芯観察との比較から、これらの面構造のうち、実際のランプロファイアーランプ・花崗閃綠岩との境界は、74.5m \sim 83.6m 間のもののみである。この他は、捕獲岩・粘土鉱物脈・緑泥石脈の一部がランプロファイアーランプと誤認されたもの、あるいは方向性を持った微細な割れ目が花崗閃綠岩中の面構造と誤認されたものと思われる。また、岩芯観察で見られたアプライト岩脈は、ボアホールスキャナーで検出されていない。

ボアホールスキャナーの解析結果は、主として色調の変化に拠っているので、岩質柱状図の作成・変質鉱物・割れ目充填鉱物の正確な判定・微細割れ目の発達する割れ目帯の正確な把握には、岩芯観察による調査が不可欠である。

岩芯観察結果との対比では、主な割れ目に関してはほぼ良好な一致を見た。岩芯観察では、顕著な開口割れ目の発達部（例えば KH-1孔の岩芯深度25.2m付近）および断層部等では一般に岩芯は破碎された状態で回収され、これから割れ目の形態を復元することは困難である。このような個所ではボアホールスキャナーを使用した孔内観測により、割れ目の形態を正確に把握する事ができる。

岩芯観察では岩芯のオリエンテーションの復元を行っていないために、割れ目系の走向が測定できない。限られた区間ではあるが、ボアホールスキャナーにより走

向・傾斜の決定された割れ目の総数は、363本に上る。図4.2.22～図4.2.27に、K H-1孔の割れ目の極のシュミットネットによるステレオ投影図（下半球投影）を示す。割れ目の極の投影は、走向N10°E～N80°E、傾斜60°～80°NWから走向EW、傾斜70°～85°S方向が卓越する。これは61年度調査*の550m1坑道及び250m1坑道の割れ目解析結果と調和的である。

割れ目の集中方向は、深度方向に変化が見られる。19.30m～35.00mでは開口割れ目系が卓越し、走向NS・傾斜60°～70°Wおよび走向EW・傾斜70°S方向に集中している。69.90m～83.60m間は変質鉱物によって充填されている割れ目が卓越し、その極はN45°E、80°S方向の大円上にのる。130.40m～200.58m間では、密着割れ目が卓越し、その極は走向N10°E N80°E 傾斜60°～80°NW方向に集中している。

これらの割れ目系は、平行なものが多く、明瞭に共役なセットと判定されるものは、23.59m～24.35m間の一組しか得られない。この割れ目系の走向傾斜はN63°W、80°NおよびN85°E、80°Sでどちらも開口割れ目（割れ目の幅は0.7mmと0.4mm）である。これは、19.30m～35.00m間の2つの割れ目の集中域と一致しており、これらが共役な系である可能性を示唆する。

* 動力炉・核燃料開発事業団、釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査：(1987)

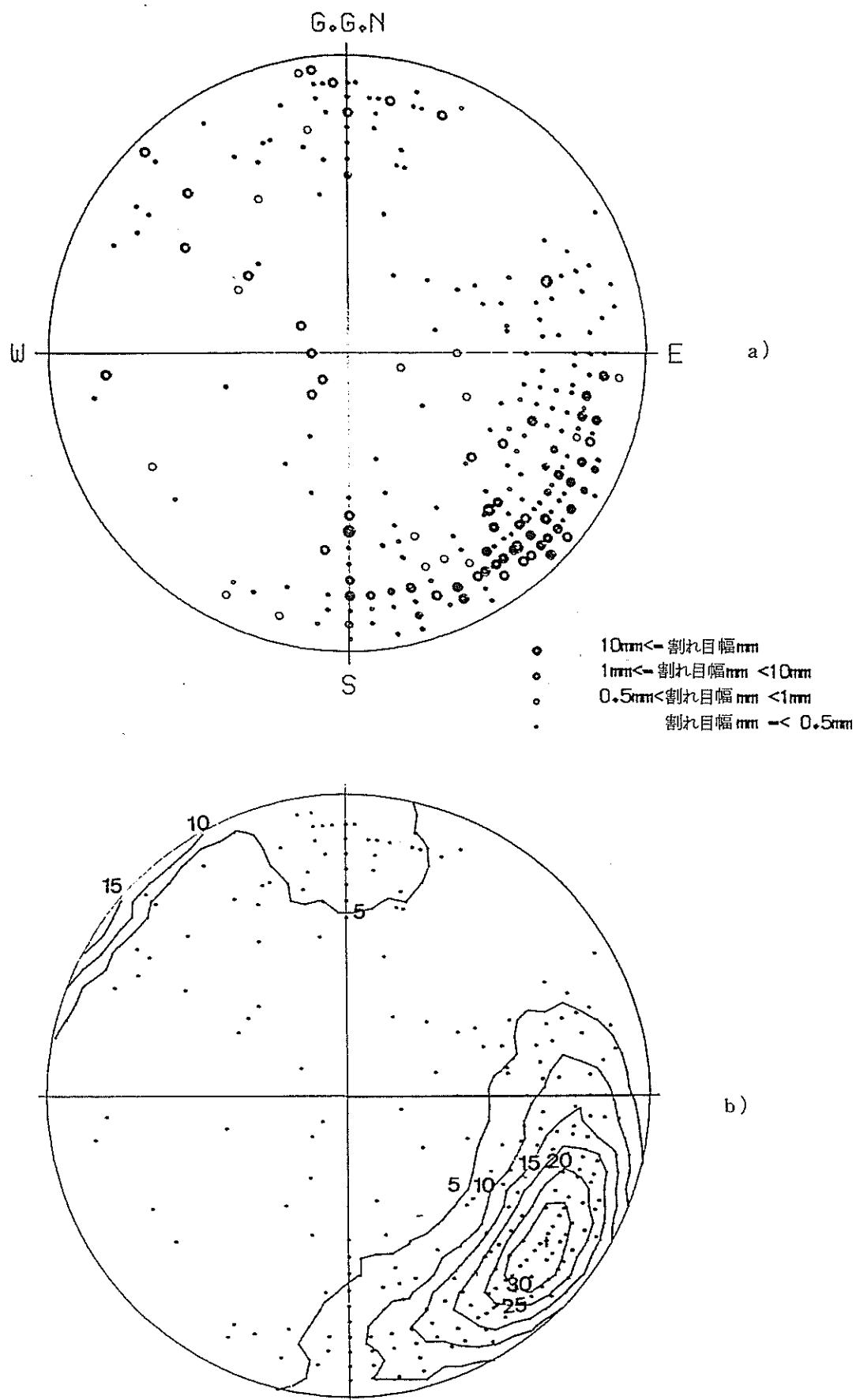


図 4.2.22 ボアホールスキャナーによる割れ目のステレオ投影(全プロット)
シュミットネット, 下半球投影
a) 極の投影 b) 分布密度のコンター

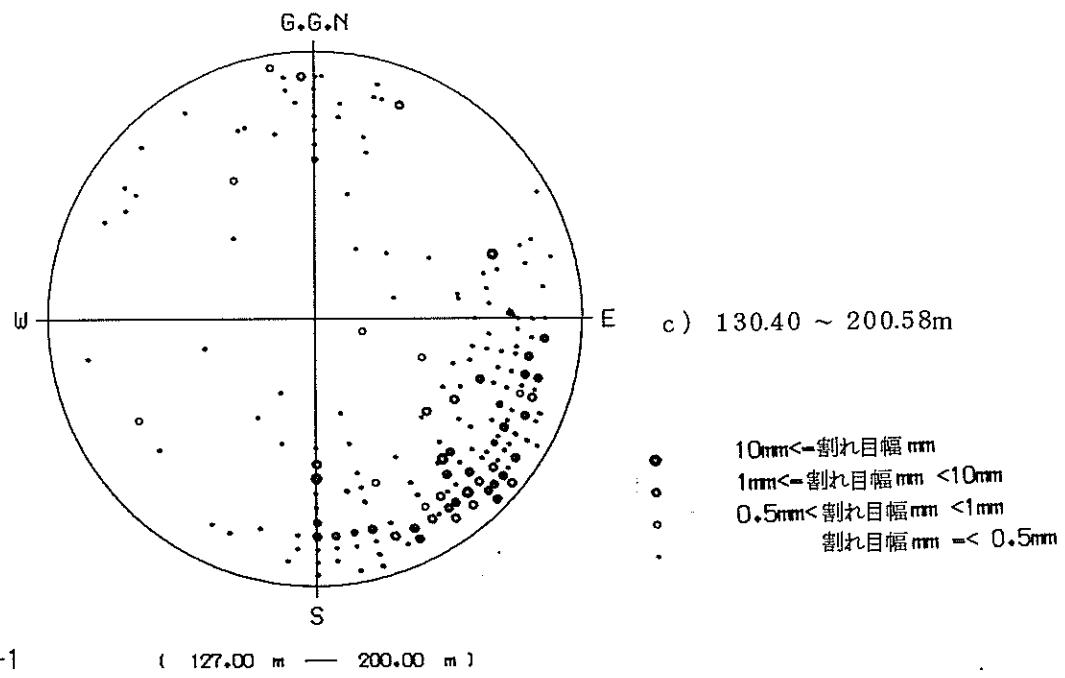
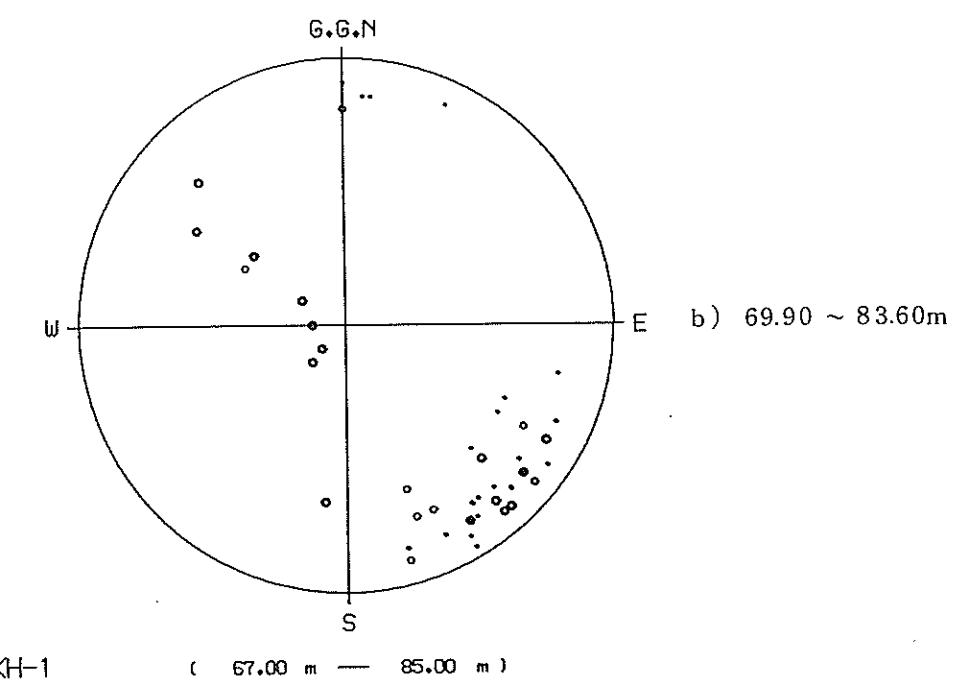
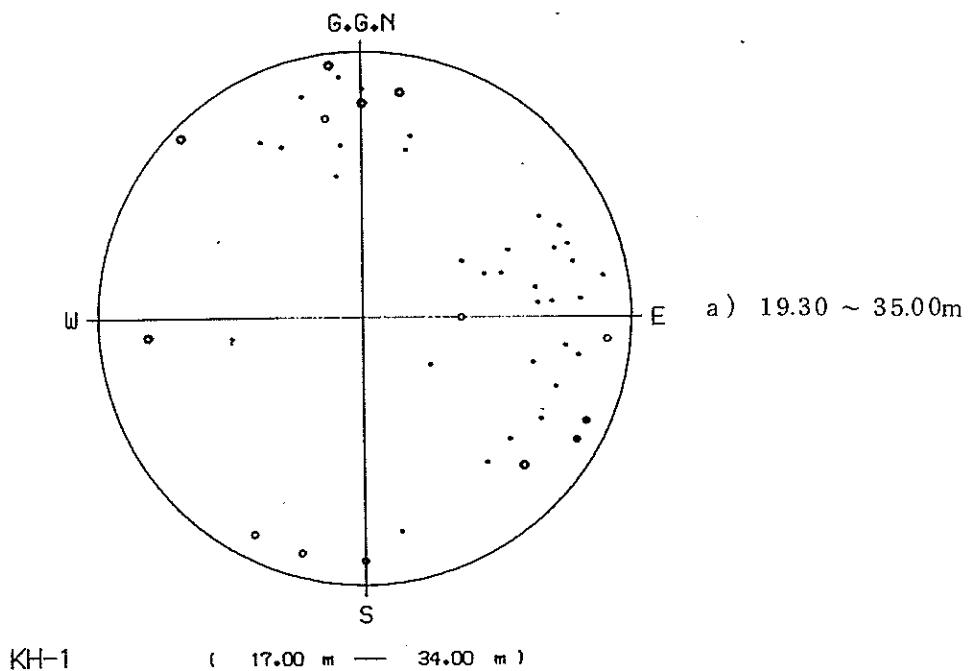
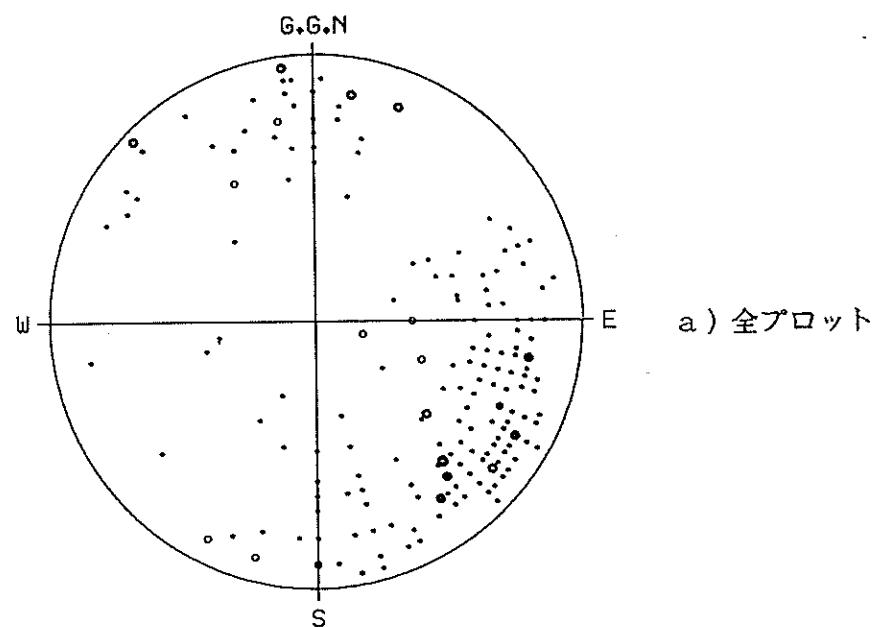
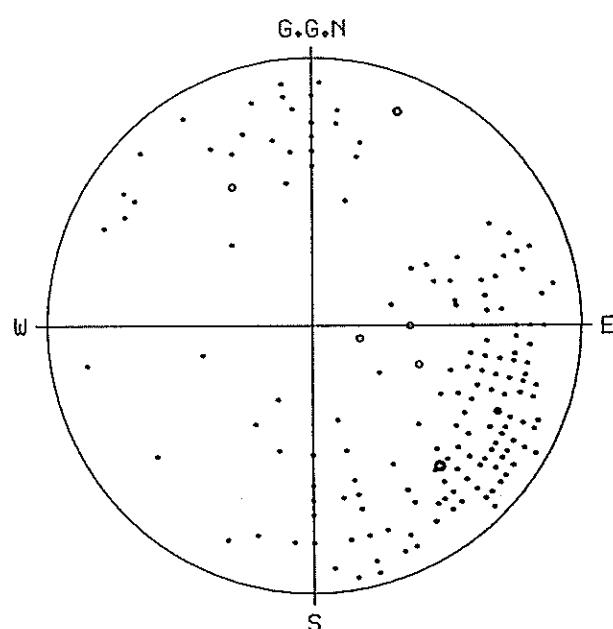


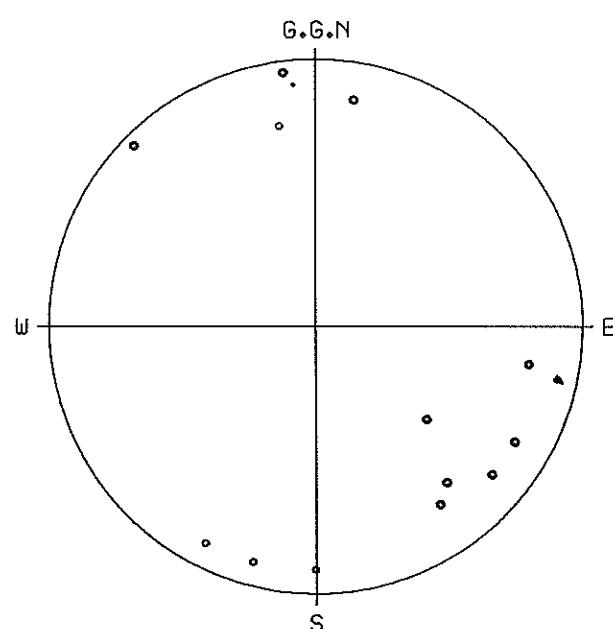
図 4.2.23 ボアホールスキャナーによる割れ目のステレオ投影(深度別)



a) 全プロット



b) Wc型

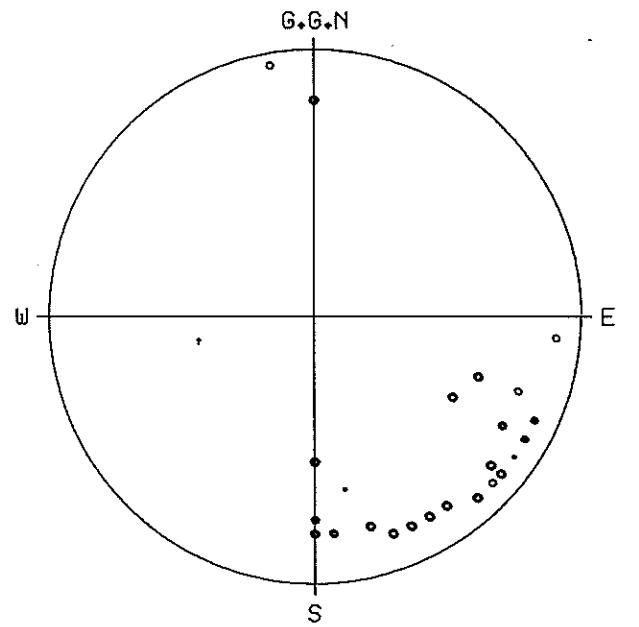


c) Wo型

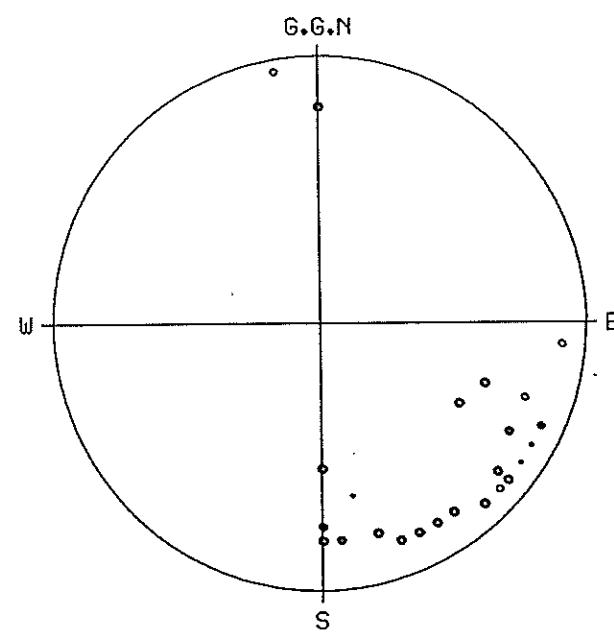
- 10mm< 割れ目幅 mm
- 1mm< 割れ目幅 mm <10mm
- 0.5mm< 割れ目幅 mm <1mm
- ・ 割れ目幅 mm < 0.5mm

図 4.2.24 ボアホールスキャナーによる割れ目のステレオ投影 (W型)

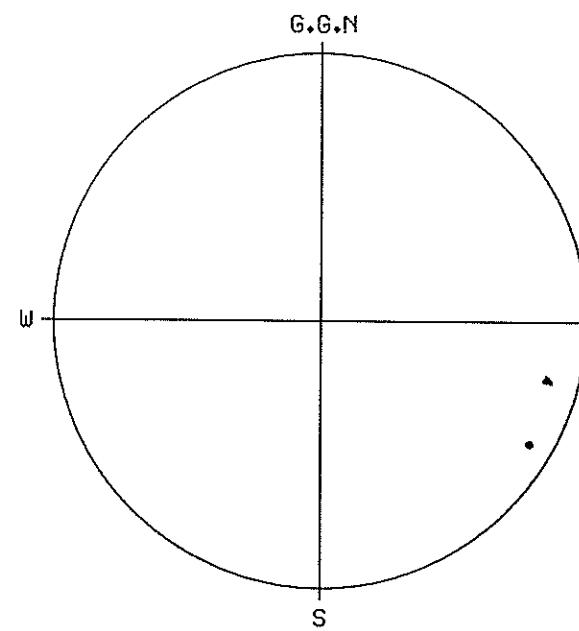
シュミットネット，下半球投影



a) 全プロット



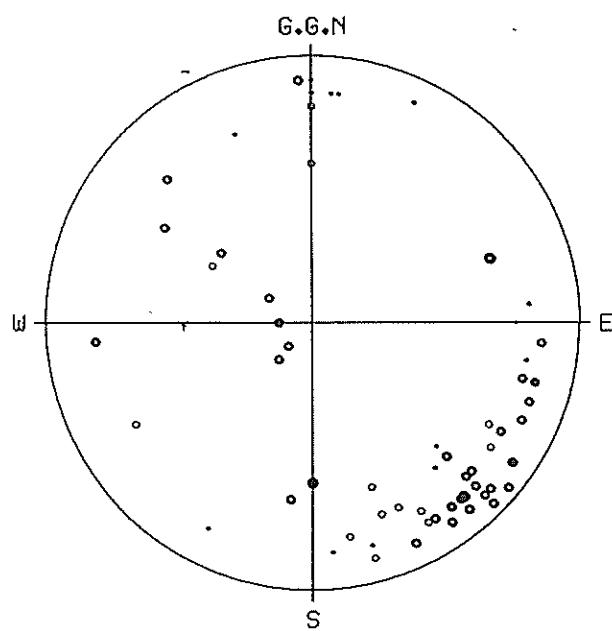
b) Jc型



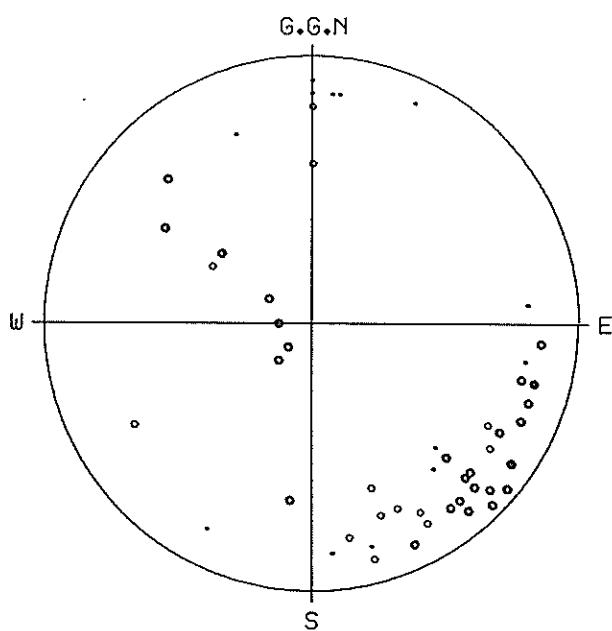
c) Jo型

- 10mm≤割れ目幅mm
- 1mm< 割れ目幅mm <10mm
- 0.5mm< 割れ目幅mm <1mm
- 割れ目幅mm < 0.5mm

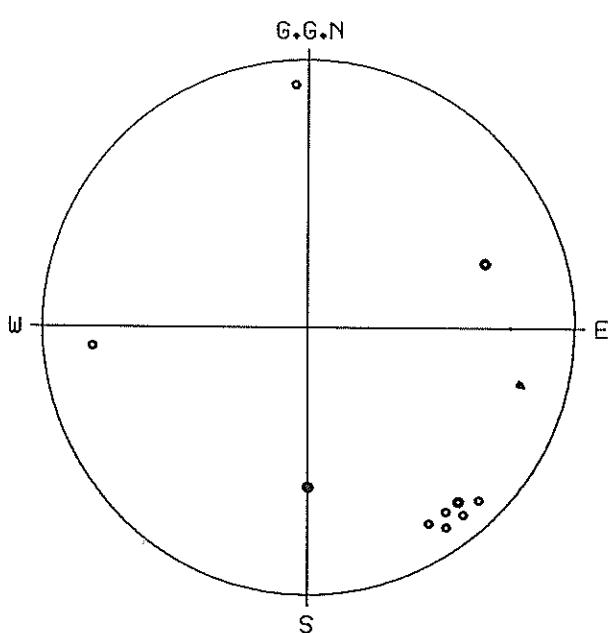
図 4.2.25 ポアホールスキャナーによる割れ目のステレオ投影 (J型)
シュミットネット, 下半球投影



a) 全プロット



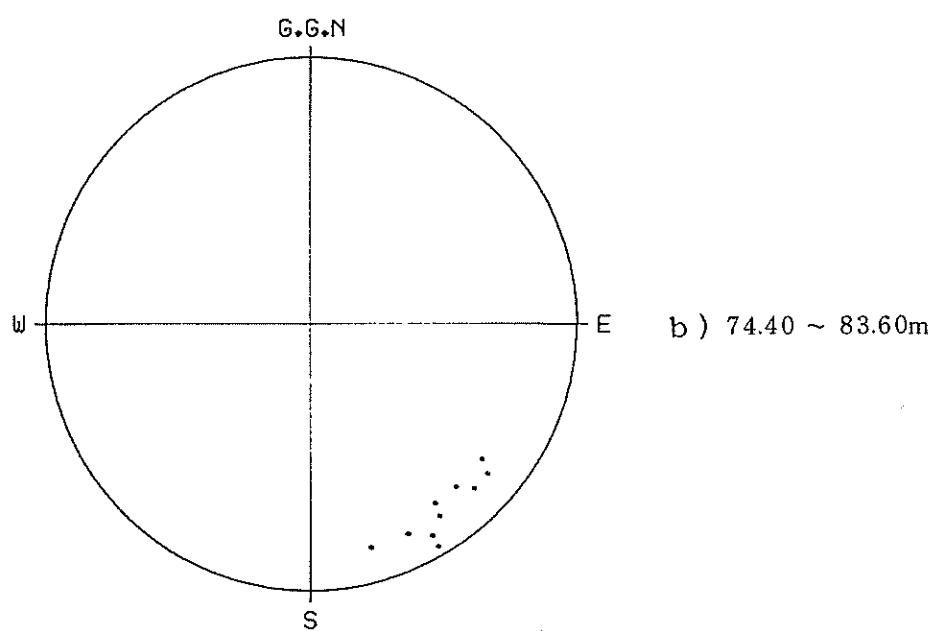
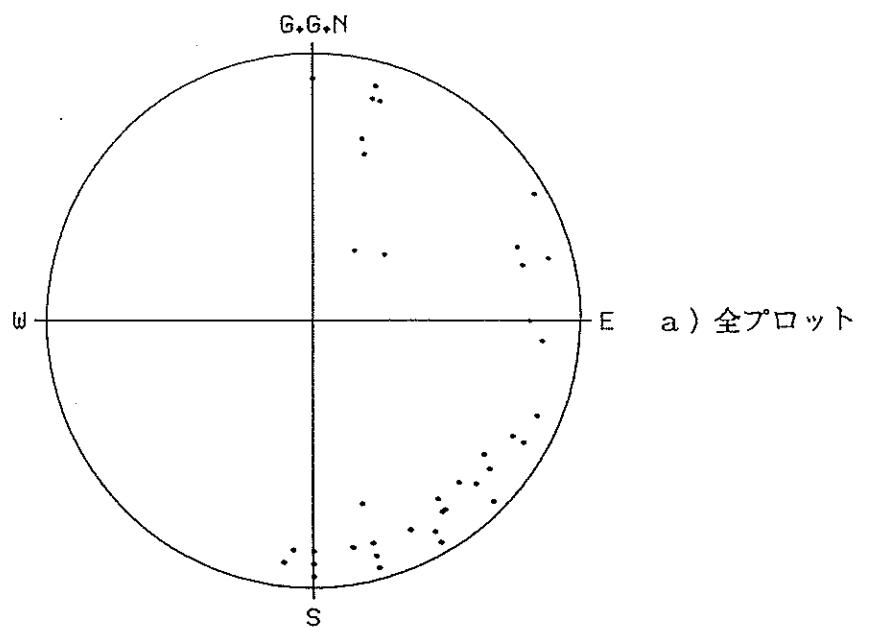
b) V_q型



- 10mm < 割れ目幅 mm
- 1mm < 割れ目幅 mm < 10mm
- 0.5mm < 割れ目幅 mm < 1mm
- 割れ目幅 mm < 0.5mm

図 4.2.26 ポアホールスキャナーによる割れ目のステレオ投影 (V型)

シュミットネット, 下半球投影



- 10mm<-割れ目数 mm
- 1mm<= 割れ目数 mm <10mm
- 0.5mm<割れ目数 mm <1mm
- ・ 割れ目数 mm =< 0.5mm

図 4.2.27 ボアホールスキャナーによる割れ目のステレオ投影 (L型)
シュミットネット, 下半球投影

4.3まとめ

4.3.1 室内試験結果のまとめ

(1) 岩石鉱物試験

KH-1孔地点の地質は、孔口～孔底まで栗橋花崗岩体に属する角閃石黒雲母花崗閃緑岩または角閃石黒雲母トーナル岩を主体とする。花崗岩類は磁鉄鉱系に属し、その分化指数は61～63の間に入っている。岩脈として認められるランプロファイア類は、鉱物組成からみて、スペッサルタイトに分類される。

変質は、主として割れ目系に伴っており、次の4つの変質型にわけられる。

- a. 緑泥石-絢雲母型（交代型）
- b. 緑レン石-ブドウ石-緑泥石型（変質脈型）
- c. 東沸石-濁沸石-方解石型（間隙充填型）
- d. モンモリロナイト型（間隙充填型？）

各変質型は、主として温度の低下に伴って、a→dの順に生成したと考えられる。変質の進行に伴って、花崗岩類中の初生鉱物は、黒雲母→角閃石→斜長石の順に交代される。変質による全岩組成は、a, b型ではほとんど変化せず、c, d型ではCaO, K₂O, H₂O+の増加と、これに伴うSiO₂, Al₂O₃の相対的な減少で特徴づけられる。

(2) 岩石物性試験

栗橋花崗閃緑岩の諸物性を明らかにし、また岩盤としての特性を評価するために、KH-1孔から得られた岩芯について種々の室内試験を実施している。その結果、岩盤への諸物性に深く関わっているのは、変質部あるいは破碎部の、割れ目や微細な亀裂を含む間隙の存在であると推察される。

岩芯を用いた岩石物性試験の結果、有効間隙率は弾性波速度をはじめ、一軸圧縮強度、弾性定数、圧裂引張強度と強い負の相関を示した。これらの状況を、図4.3.1にまとめる。図には岩石鉱物試験の結果から大まかに分類した深度方向の変質度分布と、岩芯鑑定によるR.Q.D.の低い部分とを示している。また、岩芯の力学的性質を一軸圧縮強度で見ることにし、試験結果とディスキング現象が生じている位置を参考にして推定した強度の分布と、自然放射能検層を除くいすれかの検層で間隙が多いと推定された位置も示す。これらの結果は、孔口から深度50m程度の所を除けばほぼ一致した傾向を示すといえる。

間隙部はまた、熱伝導率、透水係数とも密接に関わるものと予想される。本調査での供試体レベルでは、明瞭な関係は得られず両者とも全体にわたってあまり変化していない。しかし、熱伝導率については、有効間隙率が9%になると 3.89×10^{-3} cal/m・sec °Cと、平均値の約60%に低下している。透水係数については、有効間隙率が0.6%~1.0%程度と低いこともあり、 10^{-11} cm/secのオーダーという低い値が得られ、かつ、この程度の有効間隙率の変化も有意でなかったものと思われる。ちなみに、有効間隙率2.9%では 10^{-8} cm/secのオーダーとなっている。割れ目を含む供試体の間隙率およびその変化が、どの程度熱伝導率、透水係数に影響を与えるのか、より精密な調査も必要と思われる。

図4.3.1には本調査で行ったJFT試験による透水係数の分布も示す。

試錐岩芯のディスキング現象は原位置試験場周辺に作用している地圧の方向、大きさを検討する場合には興味深い現象である。顕微鏡下で雁行状の割れ目を充填した鉱物が認められるが、これは過去に卓越した地圧の方向を物語っていると思われる。一方、本調査で図4.3.1に示したような強度の劣化も見られる。既に、割れ目等弱面が存在する場所を除いて連続体を保ちながら劣化が進んでいるとすれば、地圧が深度にかかわらず同じであるとしても岩石の物性上、試錐による応力の開放からディスキング現象を生じ得る状態にあると予想される。顕微鏡下では岩石の組織に関係なく鉱物粒子を分断する引張割れ目が観察され、ディスキングの原因が、破碎帶のような間隙や割れ目が生じた劣化のためのみでないことが推察される。

以上のような変質、劣化の観点から栗橋花崗閃緑岩のほぼ新鮮とみなせる部分の物性をまとめると、表4.3.1のようである。各値は表4.1.9で示したブロックB, D, G, H, I, K, N~R, Vを除いた平均を求めたものである。

4.3.2 孔内検層結果のまとめ

深部花崗岩の力学的、水理学的、地球化学的特性を評価する手法を確立することを目的に、KH-1孔で物理検層を実施し、岩芯物性試験データ、岩芯観察によるR.Q.D.、割れ目数等と比較検討した。

物理検層は、電気・孔径・音波・自然放射能検層の4項目を実施している。電気検層では、割れ目の分布に対してシャープな低比抵抗が対応し、変質帯で

表4.3.1 新鮮な栗橋花崗岩の物性値

	自然風乾 比 重	有効 間隙率 (%)	弾 性 波 度 (自然風乾) (km/sec)	熱 伝 導 率 (自然風乾) ($\times 10^{-3}$ cal /cm sec°C)	帶 磁 率 ($\times 10^{-6}$ e. m. u./cm ³)
平 均 値 (標準偏差)	2.71 (0.04)	0.80 (0.28)	5.09 (0.35)	6.69 (0.51)	1300 (115)

	弾性係数 (kgf/cm ²)	一軸圧縮強度 (kgf/cm ²)	ボツ比	圧裂引張強度 (kgf/cm ²)	ショア硬度	透水係数 (cm/sec)
平 均 値 (標準偏差)	6.62 (0.52)	1559 (134)	0.23 (0.02)	88.0 (6.8)	77 (5)	4.96×10^{-11} (3.03×10^{-11})

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。

は一定の低比抵抗を示す。孔径検層では、縦方向の小さな割れ目は検出できない可能性もあるが、破碎されている様な割れ目は孔径の拡大として明瞭にとらえられており、割れ目の位置を確認するには、最も適した方法である。音波検層では、インテンシティー記録の縞模様の乱れが割れ目と対応し、孔径検層でとらえられなかった割れ目を確認できる。さらに、P波速度分布は、割れ目の検出には適していないものの、岩相・岩質の変化を検出するには有効な方法である。

物理検層による割れ目個所の推定に関しては、大きな割れ目は各検層に共通して異常部として見られ、逆に1種類の検層でしか検出されないような割れ目は小さな割れ目であると考えられる。割れ目を推定するためには数種類の検層を実施し、共通する異常部から割れ目を推定するのが確実な方法と思われる。

岩芯物性試験と検層結果の比較のため比重、間隙率、弾性波速度、熱伝導率、帶磁率の5項目の室内試験をとりあげると、各物性値間で正の相関の高かったものは、比重-弾性波速度、弾性波速度-熱伝導率で、負の相関が高かったのは、間隙率-比重、間隙率-弾性波速度である。弾性波速度については比重、間隙率、熱伝導率と相関が見られ、弾性波速度が、他の物性の変化を良く反映している事を示している。熱伝導率と比重や間隙率との相関は高いと予想されたが、あまり高い相関は得られず、この点に関しては今後検討する必要があると思われる。帶磁率については他の物性値と高い相関は得られていないが岩相・岩質の変化している所では異常値を示すことから、岩相・岩質の変化を検出するには適していると考えられる。

検層データと岩盤特性の比較では、検層による割れ目推定個所とR.Q.D.が80%以下の個所とは良く一致する。割れ目数との比較では、割れ目数5本以上の個所と検層による割れ目推定個所はおむね一致するが、検層でとらえられない割れ目も見られる。これは検層の分解能の問題で、細かい割れ目がとらえにくいためと考えられる。この様な細かい割れ目に対しては、マイクロログのような電極間隔の短い電気検層が有効と思われる。検層結果との対応では、割れ目数よりR.Q.D.の方が良く一致している。これはR.Q.D.が割れ目だけではなく、岩盤の強度や変質等を反映しているためと考えられる。

また、湧出個所の判定には、温度検層、泥水比抵抗検層を併せて実施する事

が有効と考えられる。

5. 試験孔を用いた地下水状況調査

5.1 JFT法による岩盤透水性の把握

5.1.1 JFT試験区間決定のための孔内検層測定結果

JFT試験区間決定のための孔内検層として微流速測定、温度検層を実施した。

図 5.1.1に測定結果を示す。図の左側にボーリングコアの地質・破碎・変質の状況を併記した。以下に各項目について結果を説明する。

(1) 微流速測定

測定結果は±1 cm/secの範囲で細かな変化をしている。これは、ゾンデが孔内で揺れ動くために生ずる機械的な誤差であり、現状では機構上さけることができない。

湧水や逸水があれば、流速の値が全体にシフトするので、1 cm/sec以上の流速変化は十分把えることができる。自然状態では、深度100m以深で流速は検出されていない。一方、揚水状態では、深度300m付近から上部で流速変化が検出されている。

一般に流速と透水係数の関係はde Dupuit の公式で次のように表わされる。

$$K = \frac{Q}{2\pi(H-h)} \cdot \ell_n \cdot \frac{R}{r}$$

K : 透水係数 (cm/sec) Q : 1 cm長当たりの湧水量 (cm³/sec · cm)

H : 間隙水圧 (cm, 水頭表示) h : 孔内水位 (cm)

R : 影響半径 (cm) r : 井戸半径 (cm)

上式より孔内水位hを2通りの状態で流速測定を行えば、RとHを求めることができる。今回の自然状態と揚水状態の測定結果からRとHを求める表5.1.1のようになる。ただしR=30000cmとした。

表 5.1.1 微流速測定結果から算出した透水係数と間隙水圧 (GL水頭)

深 度(m)	流速 (cm/sec) 差	間隙水圧(m)	透水係数(cm/sec)
26 ~ 36	2.4-0.5 (自然)	5.8	2.3×10^{-4}
	4.0-0.8 (揚水)		
36 ~ 226	0.5-0.0 (自然)	6.6	2.8×10^{-6}
	0.8-0.0 (揚水)		

これらの算出結果は、後でのべる透水試験の結果と概略一致している。

(2) 溫 度 檢 層

温度検層の結果は、孔口付近で 9.2°C、孔底で 14.9°C を示している。深度 50m 以浅は、湧水の影響で特徴的な温度分布を示す。一方、深度 50m 以深の温度は総じて単調に深度とともに増加している。しかし、示差温度と対比しながら詳細にみると所々で温度が急変するところがみられる。

地温勾配は約 1.2°C/100m であるが、もう少し詳しくみると、表 5.1.2 に示すように 3 つの区間に別れる。地温勾配と岩盤の割れ目頻度とに関連があるように思われる。

表 5.1.2 詳細にみた地温勾配の分布

深 度(m)	地温勾配 (°C/100m)
50 ~ 225	1.11
225 ~ 350	1.29
350 ~ 500	1.11

5.1.2 J F T 試験区間の決定

透水試験は“水の出やすい所”をねらって行う方針であり、その試験個所は微流速測定等の孔内測定結果や R.Q.D.、既往の物理検層結果から候補の深度を抽出し、それをもとに、最終的にはコアをみながらパッカーをかける位置の状況を確認して決定した。

図 5.1.2 に、各手法による候補の深度区間にシェードを入れて示す。同時に最終

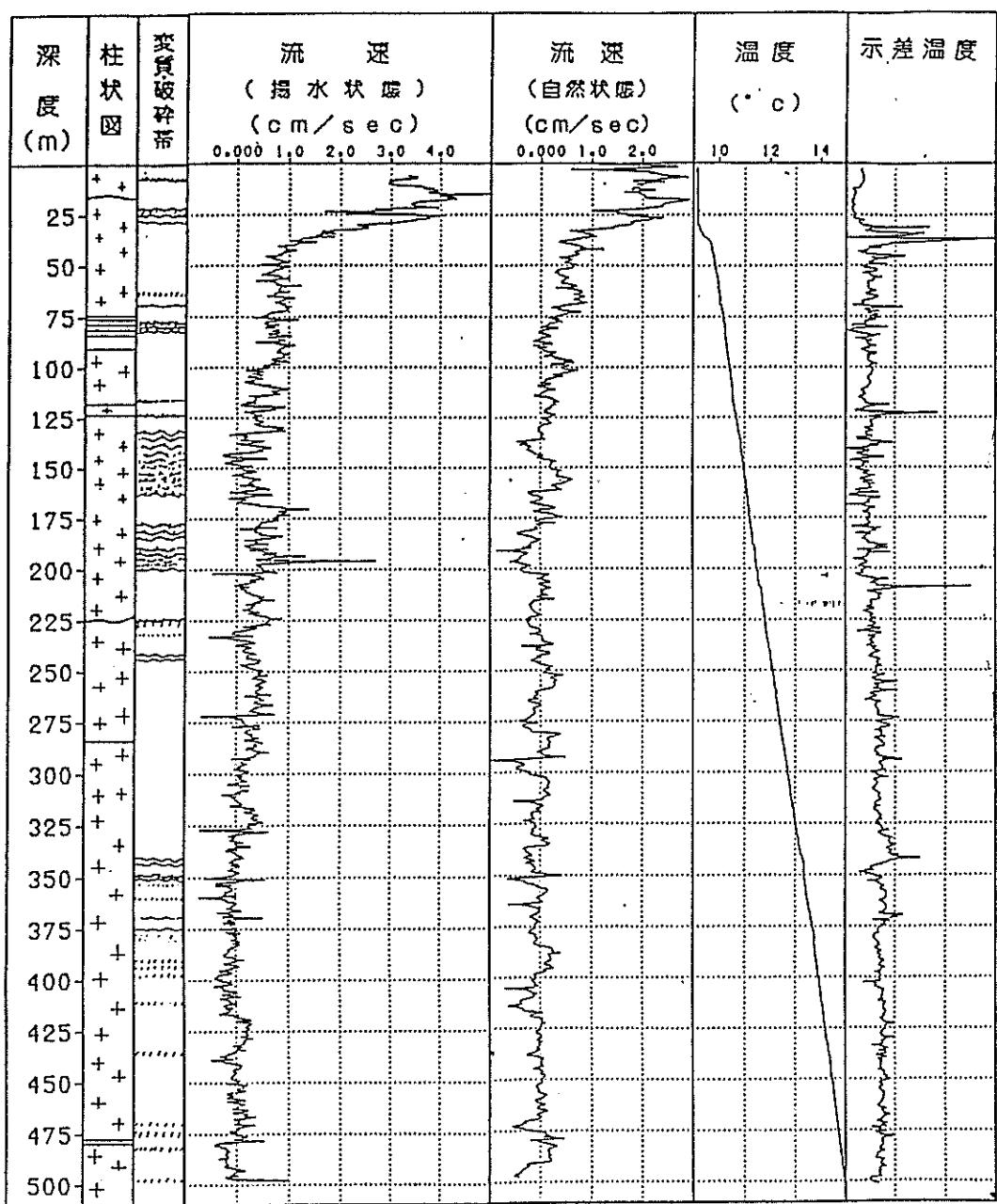


図 5.1.1 J F T 試験区間決定のための孔内検層測定結果一覧

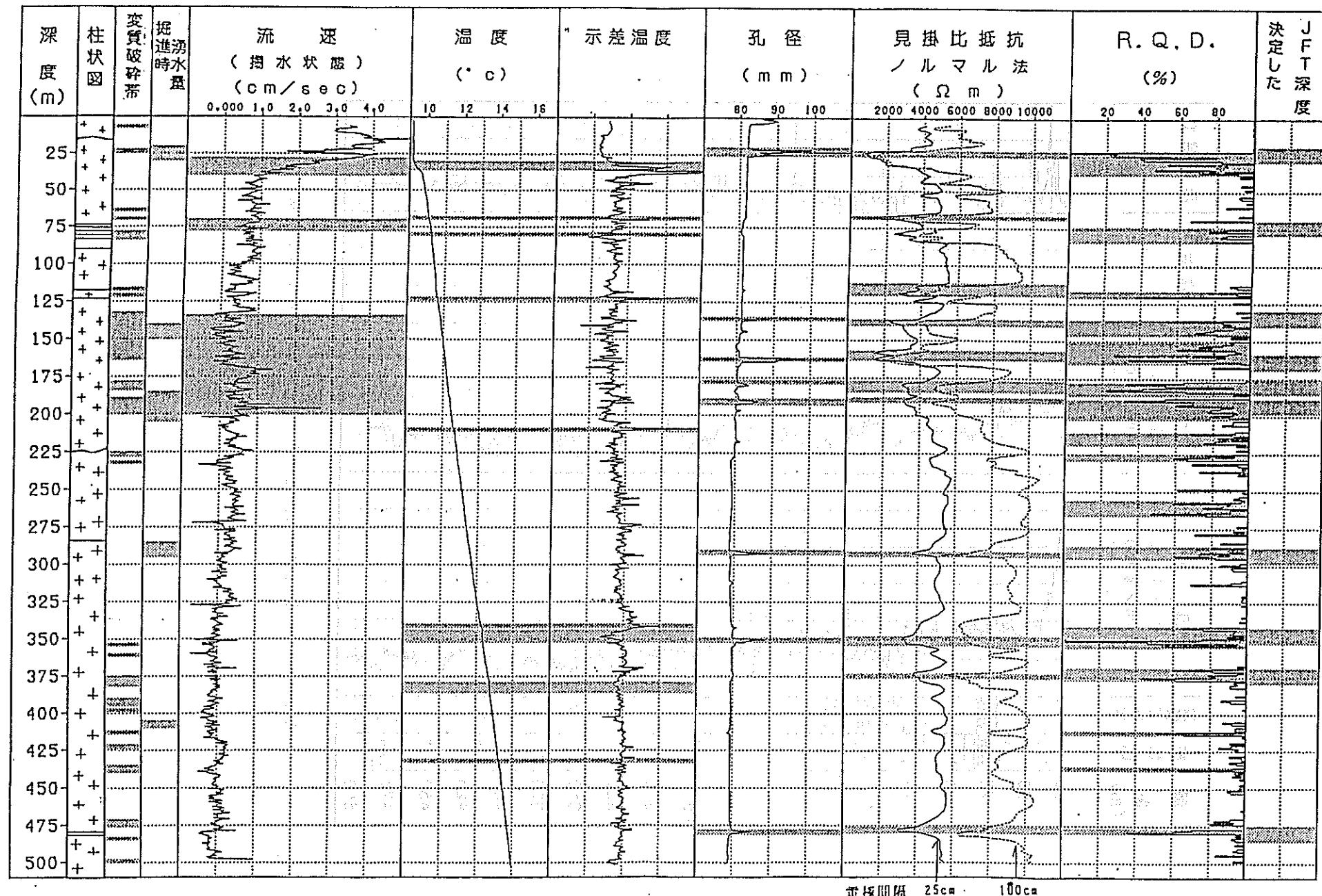


図 5.1.2 各調査異常区間と J.F.T 法透水試験区間

的に決定した J F T 試験深度も図の右端に示す。以下に各手法ごとに候補深度区間を決めた理由について述べる。

(1) 微流速測定

流速は感度の良い揚水状態の測定結果を用いた。図 5.1.3 に示すように 1 個所から湧水する場合には階段状の流速分布となる。また、ある深度区間で全体に湧水している場合には、深度に対してある勾配を持った記録となる。

こうした原則を念頭に測定結果を解析すると 40m 以浅は明らかにある深度区間で全体に湧水している現象が見られる。40m 以深ではきわだつた深度区間は特定できないが変化の多く見られる個所として 75m 付近、135m ~ 200m を候補深度区間として選定する。

(2) 温度検層

温度変化の急な深度を選定する。温度変化の鋭さは示差温度でピークとなって現われる。そのピーク部分に着目して温度検層結果から候補深度を選定する。

(3) 電気検層

見掛け比抵抗の値が低くなっている深度区間を抽出する。細かな層厚変化に敏感な短い電極間隔の測定結果を用いて、見掛け比抵抗が目安として $4000\Omega \cdot m$ 以下を示す部分を抽出する。

(4) 孔径 (キャリパー検層)

孔径は全深度にわたってほとんど均一であるが、拡大している個所がいくつもありその深度を候補深度とする。

(5) R . Q . D .

R.Q.D は約 80% 以下の深度区間を候補深度とする。

(6) 変質帶、破碎帶

岩芯観察より、変質・破碎帶と認められた深度区間を候補深度とする。

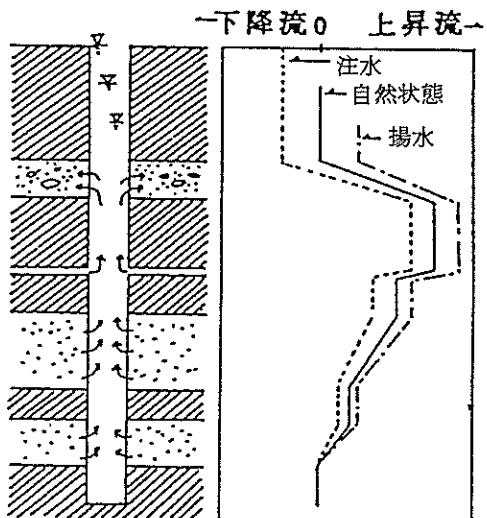


図 5.1.3 漫水・逸水と流速の関係

(7) 錐進時湧水量

錐進時にロッドを引き上げた時点で湧水量を測定している。この湧水量は錐進時のポンプ圧力や送水停止後の経過時間に大きく左右されるが、一応の目安として湧水量が増えているところを候補深度として抽出する。

5.1.3 JFT試験結果

(1) 試験時の状況

表 5.1.3にJFT試験概要を示す。

表中に最高静水頭として示した値は、パッカーの設置後に圧力が安定した時点の水頭である。なお、試験中に口元からの湧水が確認されたものについては、口元に取り付けたバルブを閉じた状態で再度圧力を測定し、トリップバルブ開放前と比較して大きい方（いずれも試験後の方が大）を採用した。

図5.1.4にパッカー加圧の際の水頭の変化とバルブ開放による水頭上昇の例を示す。なお、各試験深度における同様の図は、巻末資料として巻末に添付した。

パッカー加圧の際の水頭の変化をみると、深度288.0m～298.0m以深のデータには、ピークが認められ、やがて降下して落ち着いている。

今回の試験で認められた最大のピークは、深度420.0m～430.0mでの水圧測定において、GL + 28.82mの水頭を記録したもので最終的には、GL + 0.87mの水頭でほぼ落ち着いた。

一方、深度188.5m～198.5m以浅のデータでは、ピークは認められず、加圧後、水頭が若干上がってシフトした状態で、ほぼ落ち着いている。

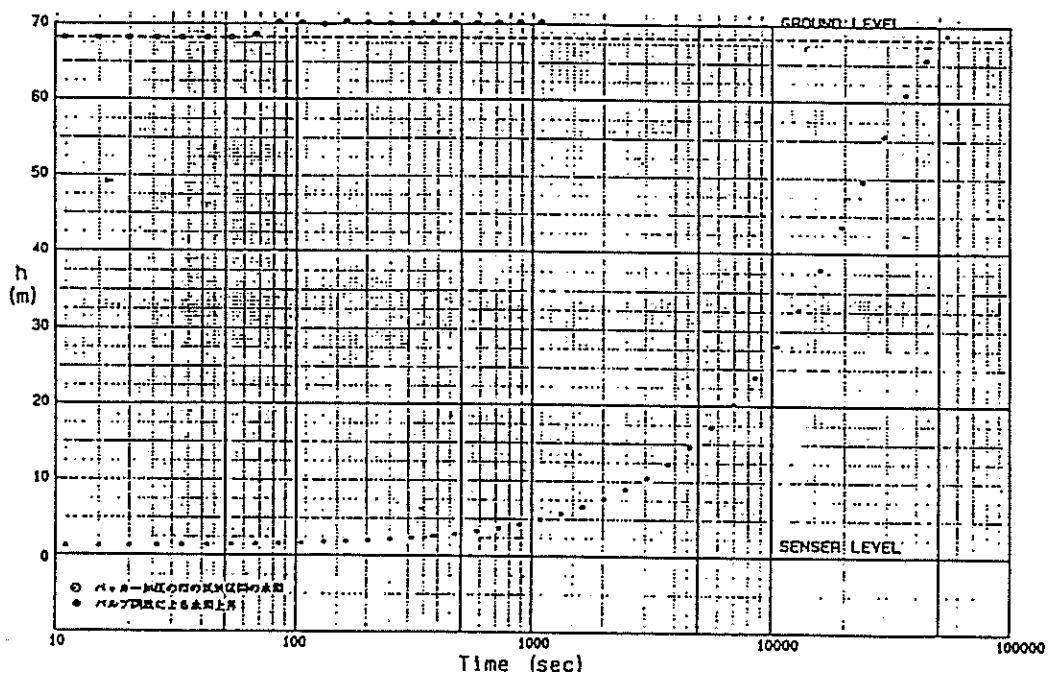


図 5.1.4 時間～圧力センサーからの水頭関係図の例

表 5.1.3 J F T 試験概要
(J F T 試験)

回数	測定区間深度 GL-(m)	圧力センサ-深度 GL-(m)	トリップバルブ深度 GL-(m)	パッカ-加圧後水頭		バルブ解放後水頭		備考
				GL+(m)	時間(時:分)	GL+(m)	時間(時:分)	
1	19.0~29.0	18.34	17.84	3.17	(1:00)	3.79 8.22	(3:00) (18:00)	
2	69.5~79.5	67.95	67.45	4.43	(2:00)	—	—	
3	130.0~140.0	128.45	127.95	1.77	(2:00)	—	—	
4	159.0~169.0	—	156.96	—	—	0.48	(16:00)	圧力センサー故障 水位データーは手読み
5	175.5~185.5	173.96	173.46	1.09	(0:40)	1.62	(40:00)	
6	188.5~198.5	186.96	186.46	1.46	(1:10)	—	—	
7	288.0~298.0	187.29	186.79	0.33	(0:40)	0.67	(19:00)	
8	342.0~352.0	187.29	186.79	0.82	(1:00)	—	—	
9	369.0~379.0	187.29	186.79	0.56	(0:50)	—	—	
10	475.0~485.0	188.29	187.79	0.09	(0:40)	—	—	

(水圧測定)

1	420.0~430.0	187.29	186.56	0.87	(15:00)	—	—	
---	-------------	--------	--------	------	---------	---	---	--

トリップバルブの開放による水頭の上昇データのうち、特徴的なものは、上昇の速い方では深度19.0m～29.0mの区間で100秒前後で口元から湧水が流れ出した。また遅い方では、深度188.5m～198.5mの試験において孔口付近まで水頭が上昇するまでに、トリップバルブの開放後約45時間程度を要している。

パッカーの加圧の際の水頭変化および、トリップバルブ開放後のデータシートは、表5.1.4と表5.1.5にそれぞれ例を示す。各試験深度における同様の表は、巻末資料として巻末に添付した。

表 5.1.4 J F T 試験パッカー設置後の水頭変化の例

KAHASHI-KOZAN-JFT 1988.07.14
KH-1 19.0~29.0m SUJATU SHOUTAI

NO.	T (sec)	SENDER+ (m)	GL (-m)
1	1	16.34	0.00
2	2	16.34	0.00
3	3	16.33	-0.01
4	4	16.34	0.00
5	6	16.33	-0.01
6	8	16.34	0.00
7	11	16.34	0.00
8	15	16.34	0.00
9	20	16.34	0.00
10	26	16.33	-0.01
11	33	16.33	-0.01
12	42	16.34	-0.02
13	53	16.33	-0.01
14	67	17.44	-1.30
15	84	19.71	-1.37

表 5.1.5 J F T 試験データシートの例

KAHASHI-KOZAN-JFT 1988.07.14 KH-1 19.0~29.0m

NO.	T (sec)	SENDER+ (m)	GL (-m)	$h_{max} - hn$ (m)	$H_1 / Hn = 1$	$\log(H_1 / Hn = 1)$
4	4	4.13	14.21	15.00	1.027	0.012
5	6	4.41	13.73	17.52	1.073	0.037
6	8	5.40	12.74	16.73	1.143	0.044
7	11	6.69	11.45	15.44	1.273	0.112
8	15	8.24	10.10	13.87	1.473	0.148
9	20	7.71	8.43	12.22	1.734	0.237
10	26	11.73	6.37	10.20	2.003	0.319
11	33	13.49	4.85	8.44	2.443	0.423
12	42	13.37	2.97	6.74	3.347	0.533
13	53	17.07	1.23	5.04	5.054	0.704
14	67	20.57	-0.23	3.26	6.143	0.768
15	84	17.20	-0.64	2.73	4.362	0.605
16	103	19.31	-0.57	2.82		

表中記号の説明

No : 測定開始からの測定個数

T(sec) : 測定開始からの経過時間(秒)

SENDER+ (m) : -hn 水位計からの水頭(m)

GL(-m) : ポーリング孔口からの水頭(-m)

h_{max} : 水位計からの最高静水頭(m)

$h_{max} - hn$: -Hn 最高静水頭からその時の水頭までの水頭差(m)

H_1 : バルブ開放直後のH ($h_{max} - h_1$)

(2) 透水係数

図 5.1.5に透水係数の計算に用いた $\log(H_1/H_{n+1})$ ～時間関係図の例を示す。

各試験深度における同様の図は、巻末資料として添付した。この図における直線の傾きが、前章の(4), (5)式中のNである。

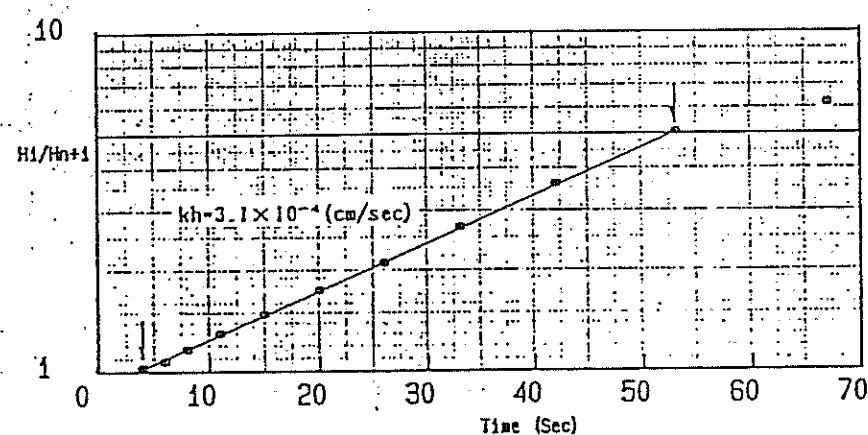


図 5.1.5 J F T 試験 $\log(H_1/H_{n+1})$ ～時間関係図例

図 5.1.5や巻末資料の図の中に直線で示した部分の勾配Nを(5)式に当てはめて透水係数khを求めた。

表 5.1.6にJ F T 試験による透水係数計算結果を示す。

(3) 透水係数、間隙水圧に関する現場でのチェック

深度19.0m～29.0m の試験では、口元より湧水が認められたが、その際に口元にバルブを取り付けて、このバルブの閉じ具合を変えて水頭（水位計による測定）と湧水量Q (cm³/sec)の関係を測定した。このデータを表 5.1.7および図 5.1.6に示す。

表 5.1.6 J F T 試験による透水係数計算結果

試験区間 深度 GL-(m)	計算に用いた水位 区間 GL-(m):A	区間Aの水位上昇所要 時間 $t_{n+1} - t_n$ (sec)	区間AのT-logH曲線 におけるlogHの値	T-logH曲線の勾配 $N = \frac{\log(H_1/H_n + 1)}{t_{n+1} - t_n}$	透水係数 kh(cm/sec)	備考
				$\log(H_1/H_n + 1)$		
19.0~29.0	1.25~14.21	49	0.692	0.0141	3.1×10^{-4}	
69.5~79.5	8.43~34.28	28,948	0.567	0.0000196	4.3×10^{-7}	
	34.28~66.09	6,961	0.313	0.0000450	9.8×10^{-7}	
130.0~140.0	61.70~127.12	19,417	0.379	0.0000195	4.3×10^{-7}	
159.0~169.0	7.29~106.96	7,734	1.196	0.000155	3.4×10^{-6}	
	106.96~153.96	522	0.153	0.000293	6.4×10^{-6}	
175.5~185.5	0.69~3.25	1,733	0.259	0.000149	3.3×10^{-6}	
	11.24~163.20	1,319	1.330	0.00101	2.2×10^{-5}	
188.5~198.5	22.01~162.45	95,377	1.064	0.0000112	2.4×10^{-7}	
	162.45~185.88	5,530	0.071	0.0000128	2.8×10^{-7}	
288.0~298.0	-0.29~0.92	31,188	0.294	0.00000943	2.1×10^{-7}	
	0.92~187.23	12,884	2.481	0.000193	4.2×10^{-6}	
342.0~352.0	3.91~186.32	5,667	1.923	0.000339	7.4×10^{-6}	
369.0~379.0	-0.30~0.89	8,923	0.204	0.0000229	5.0×10^{-7}	
	4.00~185.95	8,546	1.883	0.000220	4.8×10^{-6}	
475.0~485.0	1.18~186.21	35,905	2.967	0.0000826	1.8×10^{-6}	

表 5.1.7 バルブ開閉による湧水量測定結果

深度19.0m～29.0m のJFT試験（トリップバルブ開放後約100秒で口元から湧水）の後口元に取り付けたバルブの開度を変化させて湧水量の測定を行った。

	G L + 水頭 (cm)	湧水量 (cm ³ /sec)			
		1回目	2回目	3回目	平均
トリップバルブ 閉	337	—	—	—	—
バルブ開放 後7分	102	75.2	75.2	75.2	75.2
バルブ開放 後90分	102	69.0	68.5	68.5	68.7
バルブ閉	175	46.0	45.0	45.5	45.5
	213	33.3	34.5	33.8	33.9
	292	12.9	13.1	12.9	13.0
	324	3.3	3.3	3.3	3.3
全閉	379	—	—	—	—
バルブ開	357	11.8	11.1	11.1	11.8
	299	35.1	34.5	34.1	34.6
	248	52.6	51.7	52.6	52.3
	201	67.1	66.7	66.7	66.8
	152	83.3	81.3	80.6	81.7
全開	108	92.6	89.3	92.6	91.5

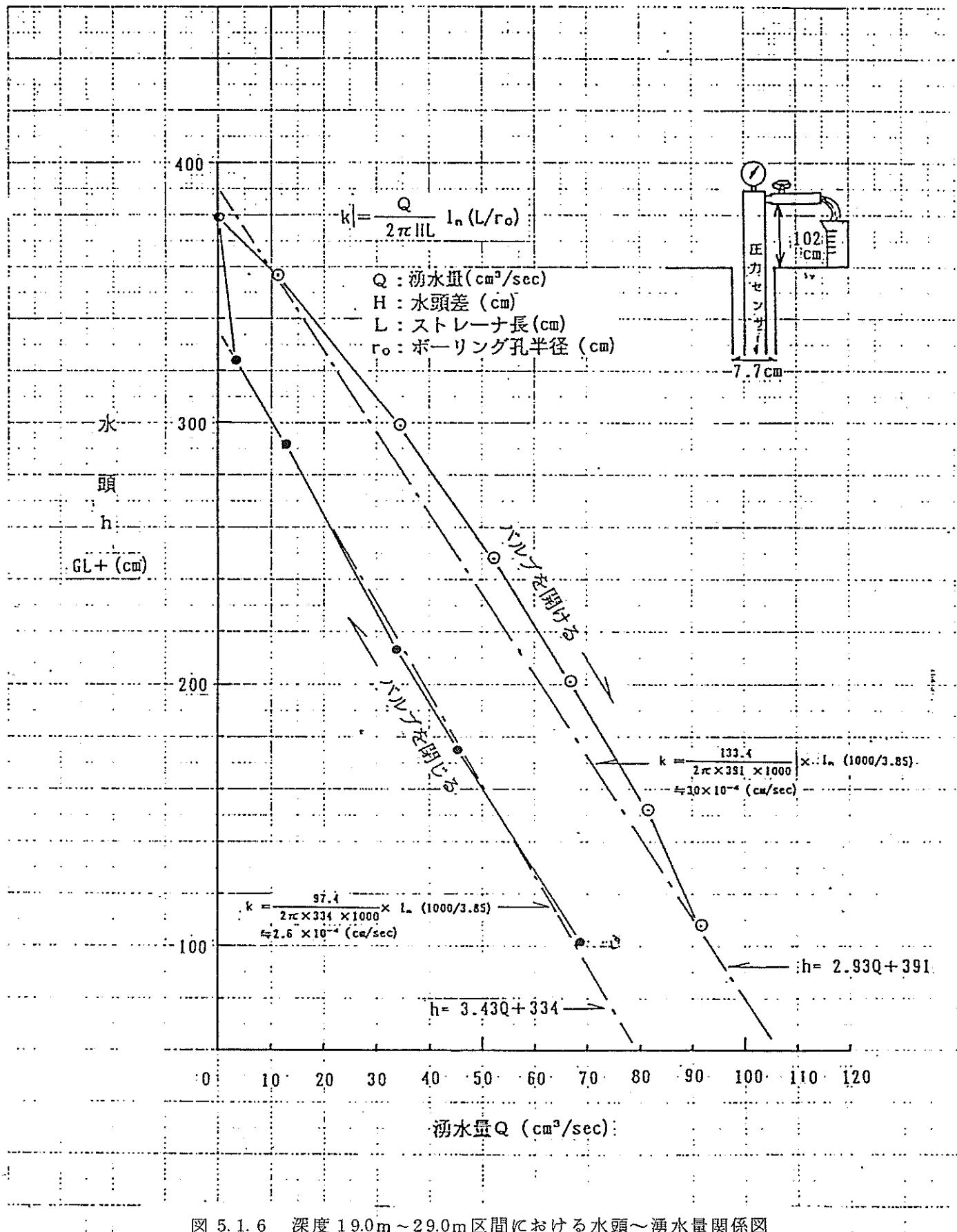


図 5.1.6 深度 19.0m ~ 29.0m 区間における水頭～湧水量関係図

図 5.1.6は、バルブを閉じる時と開ける時の湧水量と水頭から最小二乗法で水頭差（H）と湧水量（Q）の関係を求め、これから単孔式の透水試験のうちのパッカーフラッシュ法の公式

$$K = \frac{Q}{2\pi HL} \sinh^{-1}(L/2ro) \quad \text{（ただし } L/ro > 8 \text{ であるから）}$$

$$= \frac{Q}{2\pi HL} \ell \cdot (L/ro)$$

を用いて透水係数Kを求めたもので、これによると透水係数は、 $K=2.6 \sim 3.0 \times 10^{-4}$ (cm/sec) 程度が得られる。

この値は、J F Tによって得られた透水係数 $k_h = 3.1 \times 10^{-4}$ (cm/sec) と良く対応しており、この種の手法によって透水性を算定することは十分精度があることが確認された。

なお、この試験では間隙水圧が計算の過程でY切片として求められているが、その値（水頭表示）は2つのケースで3.34mおよび3.91mとなっている。本来同一であるはずであるが、試験の行われたときのバルブ閉鎖後の経過時間の違い、換言すれば地下水状態の微妙な差によって異なった値が示されているものと思われる。

また、深度19.0m ~ 29.0m では試験後口元のバルブを閉じて、一晩水頭の変化を記録した所、GL + 3.79m 付近にあった水頭が約15時間でGL + 8.22m(15時間で約4.4m上昇)まで上がった。この傾向は後述するパッカリングシステムにおいてより顕著であり、今回J F T試験時に測定された最高静水頭は、試験実施時前後における比較的短期間のデータと考えられ、長期的なそれとは異なっていると考える必要がある。

5.1.4 まとめ

(1) 透水係数と岩盤状況の対比

入手された岩盤状況の資料と得られた透水係数を対比すると、透水係数は岩盤の割れ目状況（頻度、方向性、接触面の性状等）によって支配されているように

みえる。図5.1.7は割れ目と関係がある物性について、各柱状図の上に透水係数の値を重ねてプロットしたものである。透水係数のスケールは対数表示で逆向き（左ほど大きな値）にとってある。これをみると、いずれの物性も透水係数と比較的よい対応をしている。

図5.1.8には透水係数と各物性値との関係を示す。物性値は透水試験区間（10m）の平均値である。R.Q.D.の他、比抵抗と音波波形の振幅も透水係数と比較的よい関係を示す。これは、岩盤中に存在する割れ目と透水性が密接に関連していることを示している。ここで用いられたR.Q.D.は値が100%を示すと、もはや割れ目頻度を評価し識別することができないので、今回のように新鮮な岩盤では割れ目のインデックスとしてはむしろ割れ目本数の方がよいと思われる（図3.2.9、付図2）。一方P波、S波速度は透水係数にほとんど影響を及ぼさない。これは割れ目の要素が速度に影響を与えないような状態、すなわち、割れ目がよく密着した状態と考えられる。

このように当地域では、割れ目が透水性に大きく関与している。このような岩盤地域における透水性評価にはJFT法のような直接的な方法の他、それらのデータを深度方向に補間する手段としてコア観察や電気検層、音波検層も有効な方法といえよう。

(2) 地下水の間隙水圧について

今回、深度19m～29m間においては、種々の方法で間隙水圧を求めた。通常のJFT試験時に求めた平衡水位（静水頭）はGL+3.79mを示し、そして、さらに長期放置した結果GL+8.22mを示した。また、水位測定管の口元から湧水量をバルブで調整し、その時の圧力（水頭）と湧水量の関係からGL+3.34mとGL+3.91mの平衡間隙水圧が得られた（図5.1.6参照）。さらに、微流速測定の結果からはGL+5.8mの間隙水圧が求められた（表5.1.1参照）。

これらの結果を総合して考えて見ると、岩盤内の地下水頭の測定においては、平衡状態になるまでにかなりの長時間を必要とするものと思われ、特に透水係数の小さな岩盤ではこの傾向は顕著に現われてくる。これは透水性の低い岩盤部から地下水を揚水した場合には、揚水に伴う割れ目部分からの地下水排出によって引起された水頭低下を回復させるための地下水の移流に長時間を要するためと思われる。これに対し透水性が高い場合には、割れ目の透水性が高いためにその

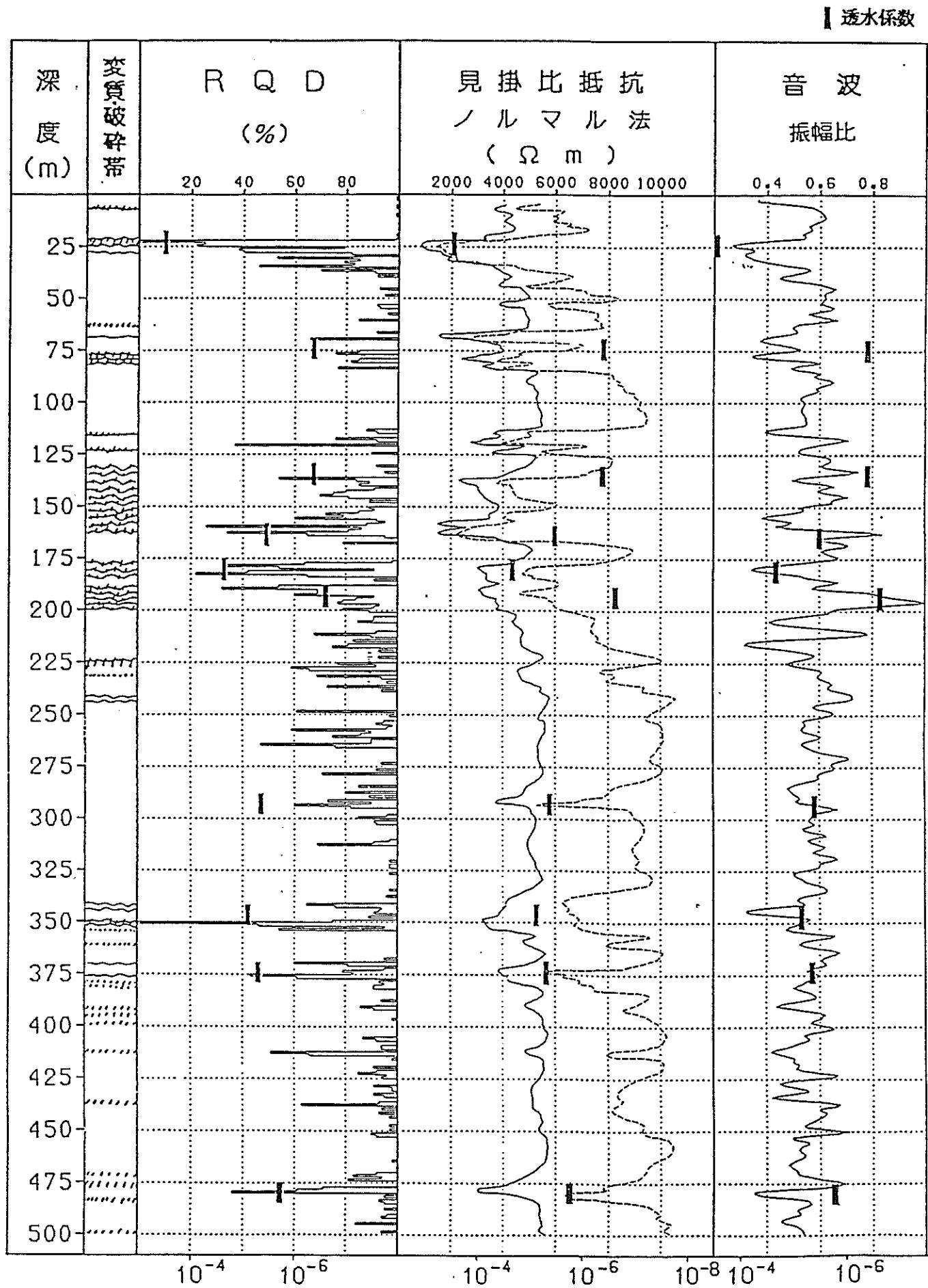
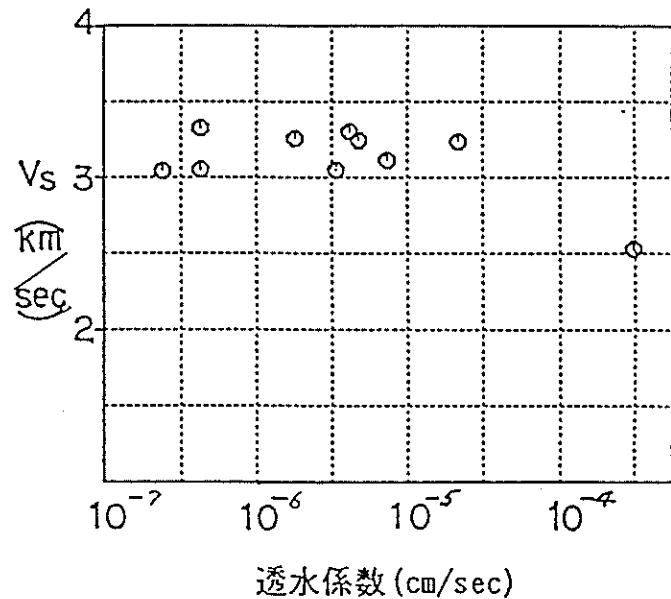
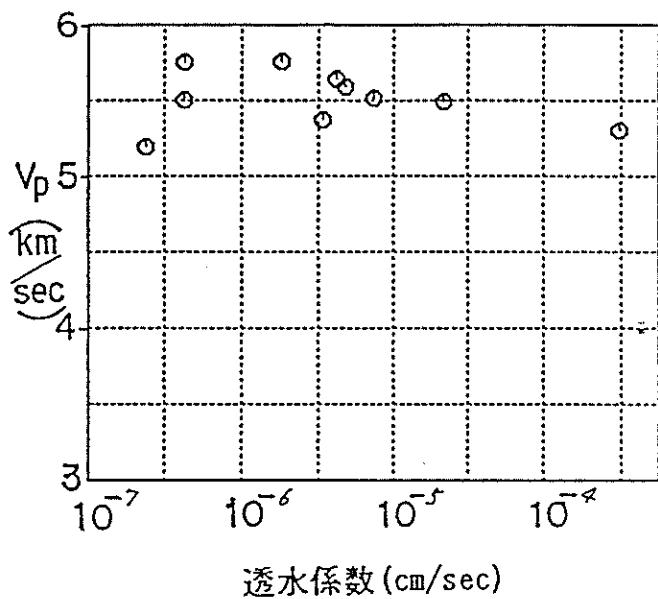
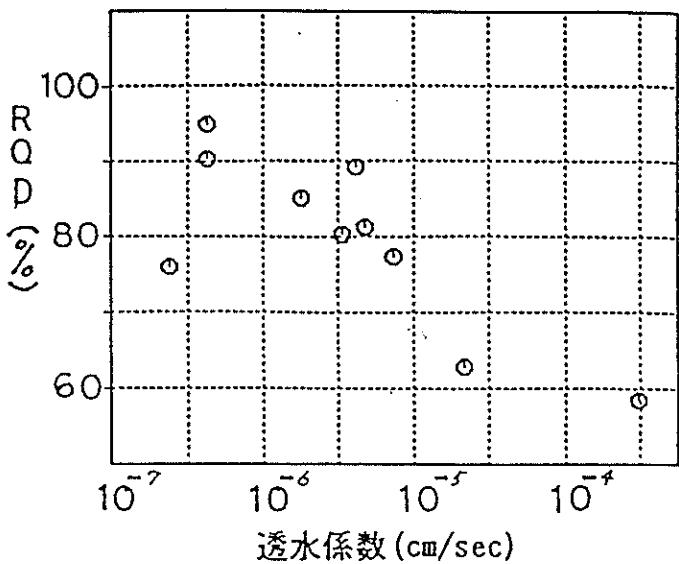
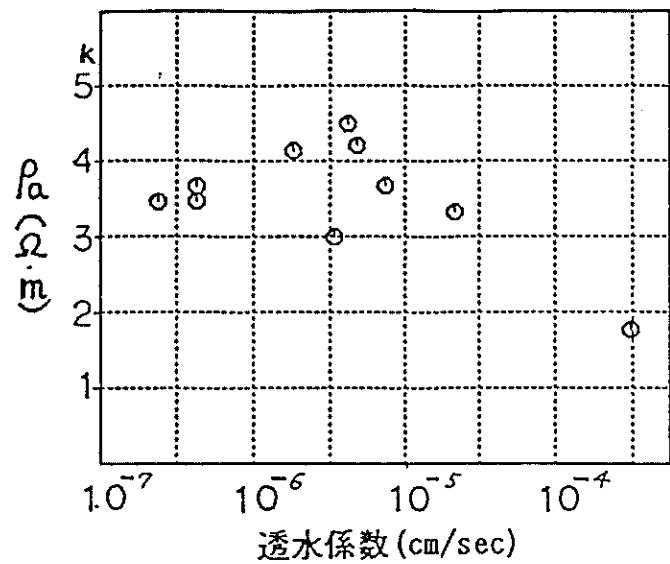


図 5.1.7 透水係数と各物性値の比較



*: 2つの受振子で測定した
波形から各々P波部分の
振幅(A)を読みとり比
をとったもの。
 A_{far}/A_{near}

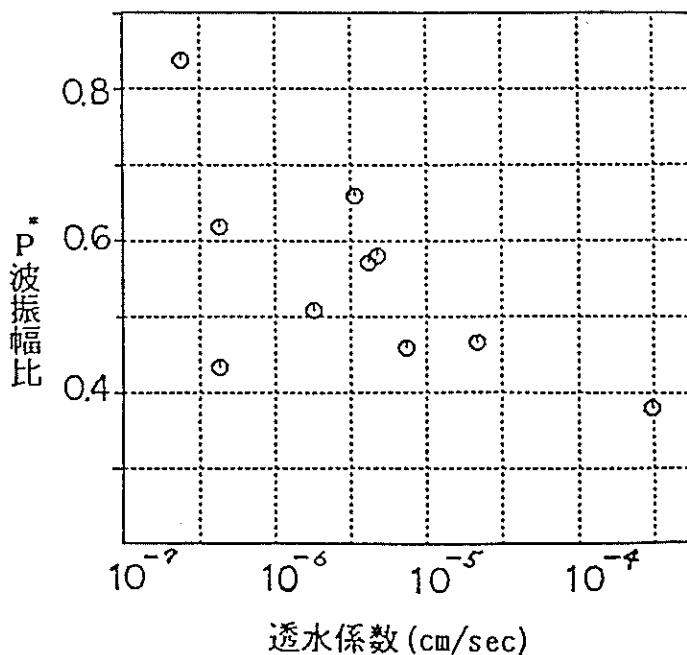


図 5.1.8 透水係数と各物性値の関係

移流時間が少なく、従って極めて短期的に水頭が見られるものと考えられる。

5.2 P N C式J F T法による透水試験及び間隙水圧測定

5.2.1 試験結果

(1) 測定結果

表 5.2.1に各深度の計測値を示す。水位上昇は、水圧で表示した。

表 5.2.1 P N C式J F T法試験結果

試験位置	No. 1		No. 2		No. 3		No. 4		No. 5	
	注) GL-100.0m ~110.0m	GL-103.0m ~108.0m	GL-103.0m ~140.0m	GL-235.0m ~245.0m	GL-240.0m ~250.0m					
	経過時間 (min)	水位上昇 (kgf/cm ²)	経過時間 (min)	水位上昇 (kgf/cm ²)	経過時間 (min)	水位上昇 (kgf/cm ²)	経過時間 (min)	水位上昇 (kgf/cm ²)	経過時間 (min)	水位上昇 (kgf/cm ²)
1	0	0.6386	0	0.765	0	1.5173	0	0.7639	0	1.0586
2	10	0.6079	10	0.758	10	1.4306	10	0.6706	10	1.0479
3	20	0.5786	20	0.756	20	1.3466	20	0.5853	20	1.0359
4	30	0.5506	30	0.755	30	1.2746	30	0.5066	30	1.0199
5	40	0.5279	60	0.752	40	1.2106	40	0.4439	40	1.0079
6	50	0.5013	120	0.747	50	1.1479	50	0.3879	50	0.9933
7	60	0.4773	180	0.741	60	1.0853	60	0.3333	60	0.9839
8	70	0.4559	240	0.736	70	1.0293	70	0.2893	70	0.9693
9	80	0.4346		·	80	0.9706	80	0.2559	80	0.9559
10	90	0.4133			90	0.9173			90	0.9453
11					100	0.8679				
12					110	0.8213				
13					117	0.7919				

注) ポーリング孔口からの深度

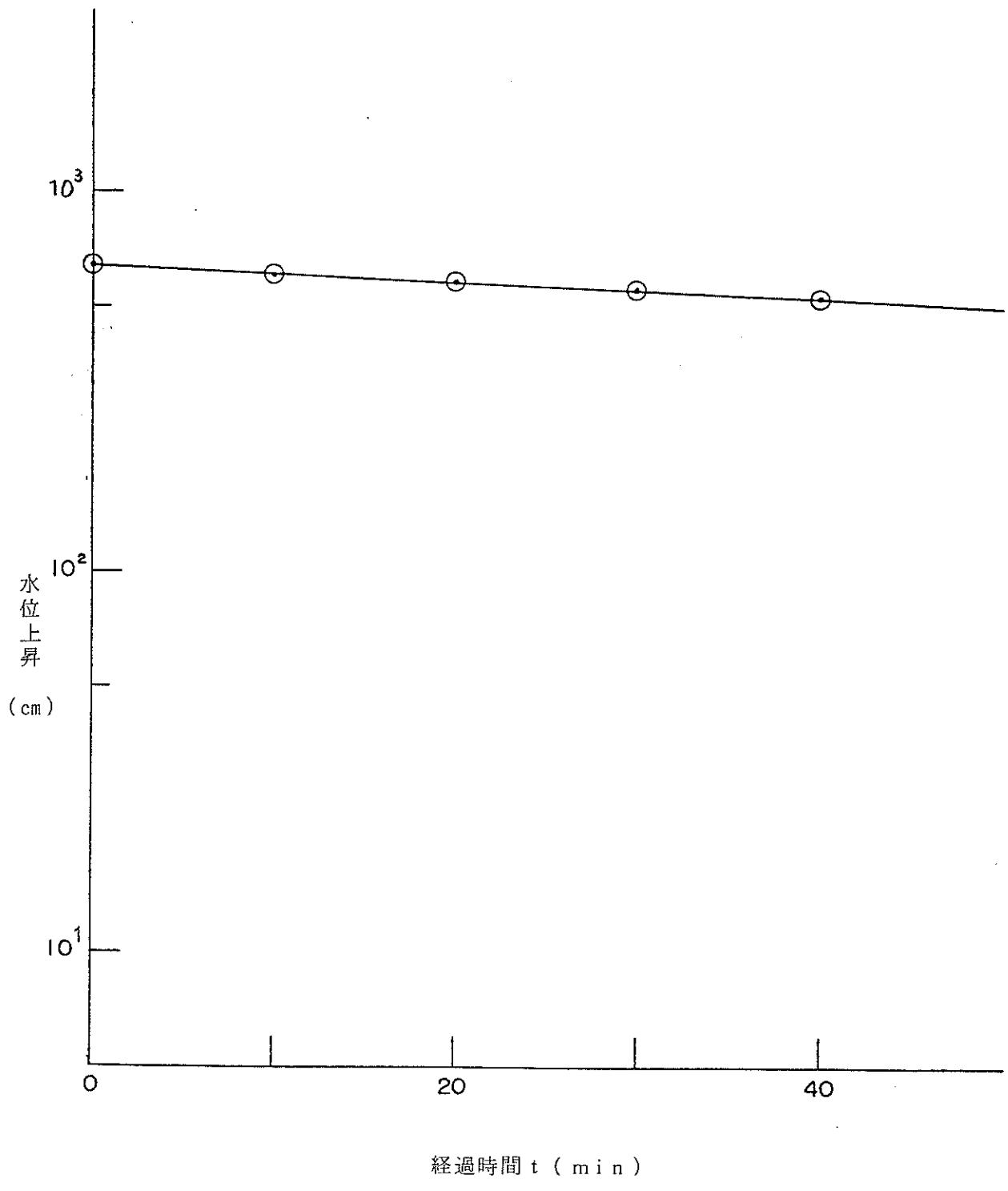


図 5.2.1 $t \sim \log H$ 曲線No.1 (GL-100m~110m)

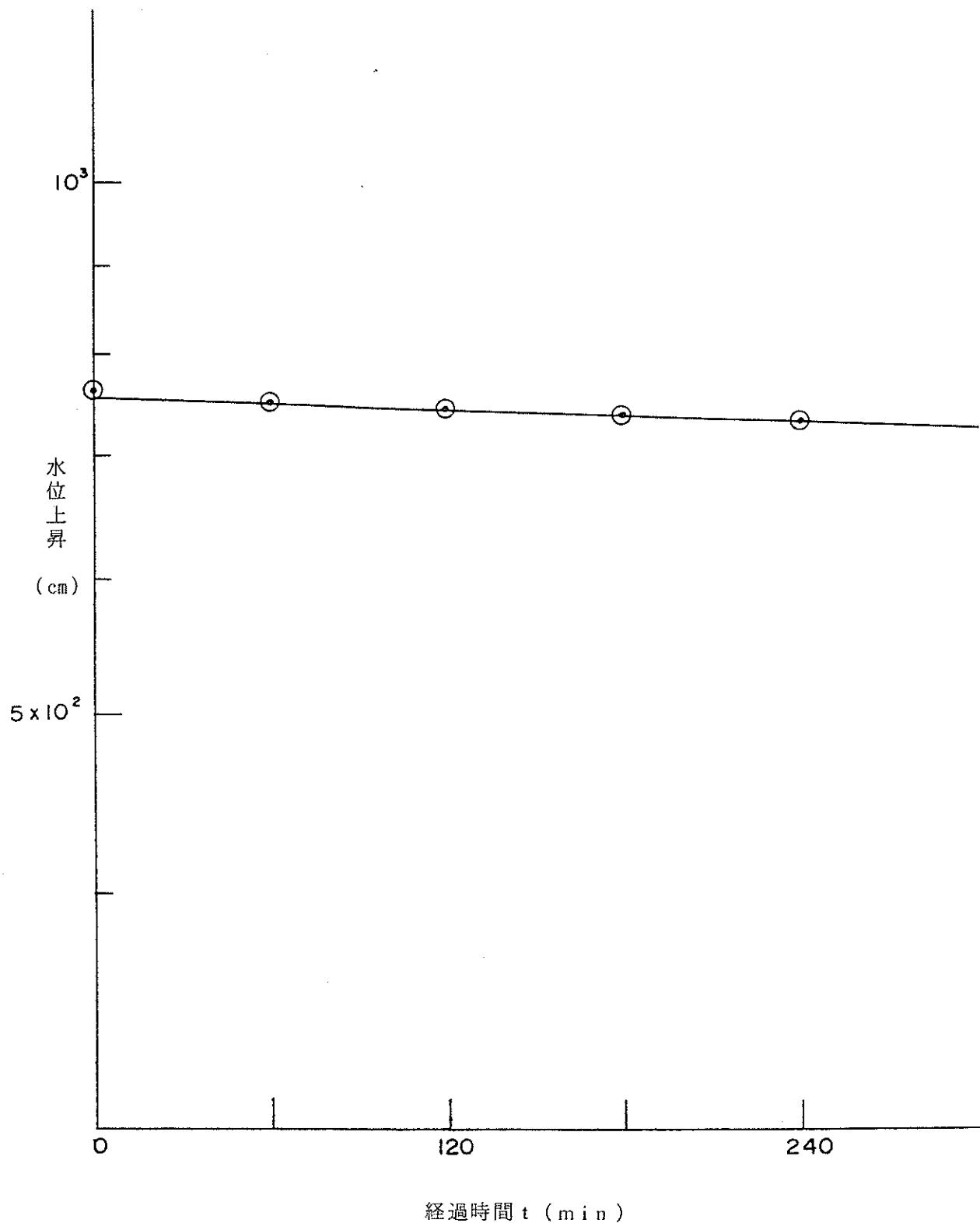


図 5. 2. 2 $t \sim \log H$ 曲線 No. 2 (GL-103m ~ 108m)

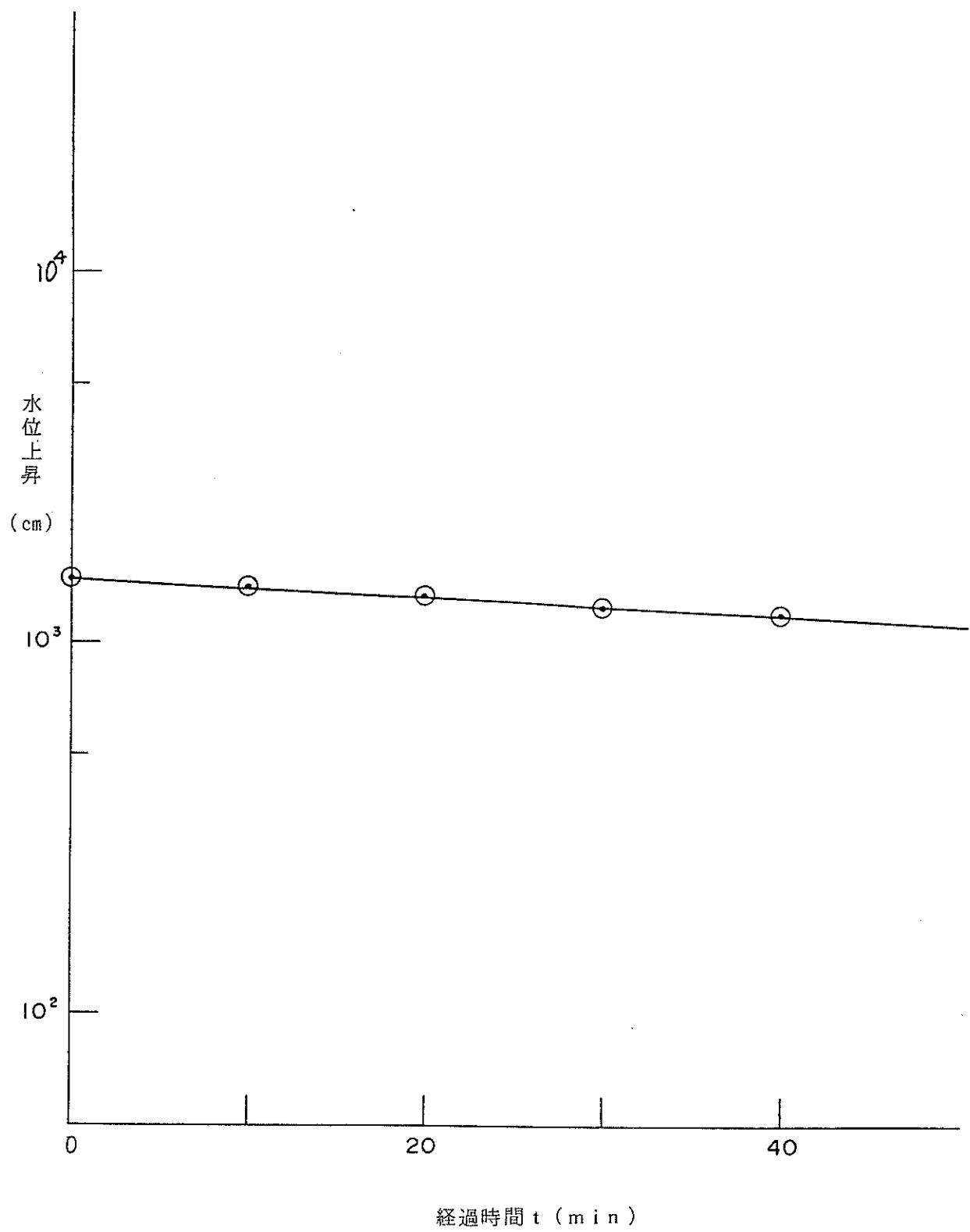


図 5.2.3 $t \sim \log H$ 曲線No.3 (GL-130m~140m)

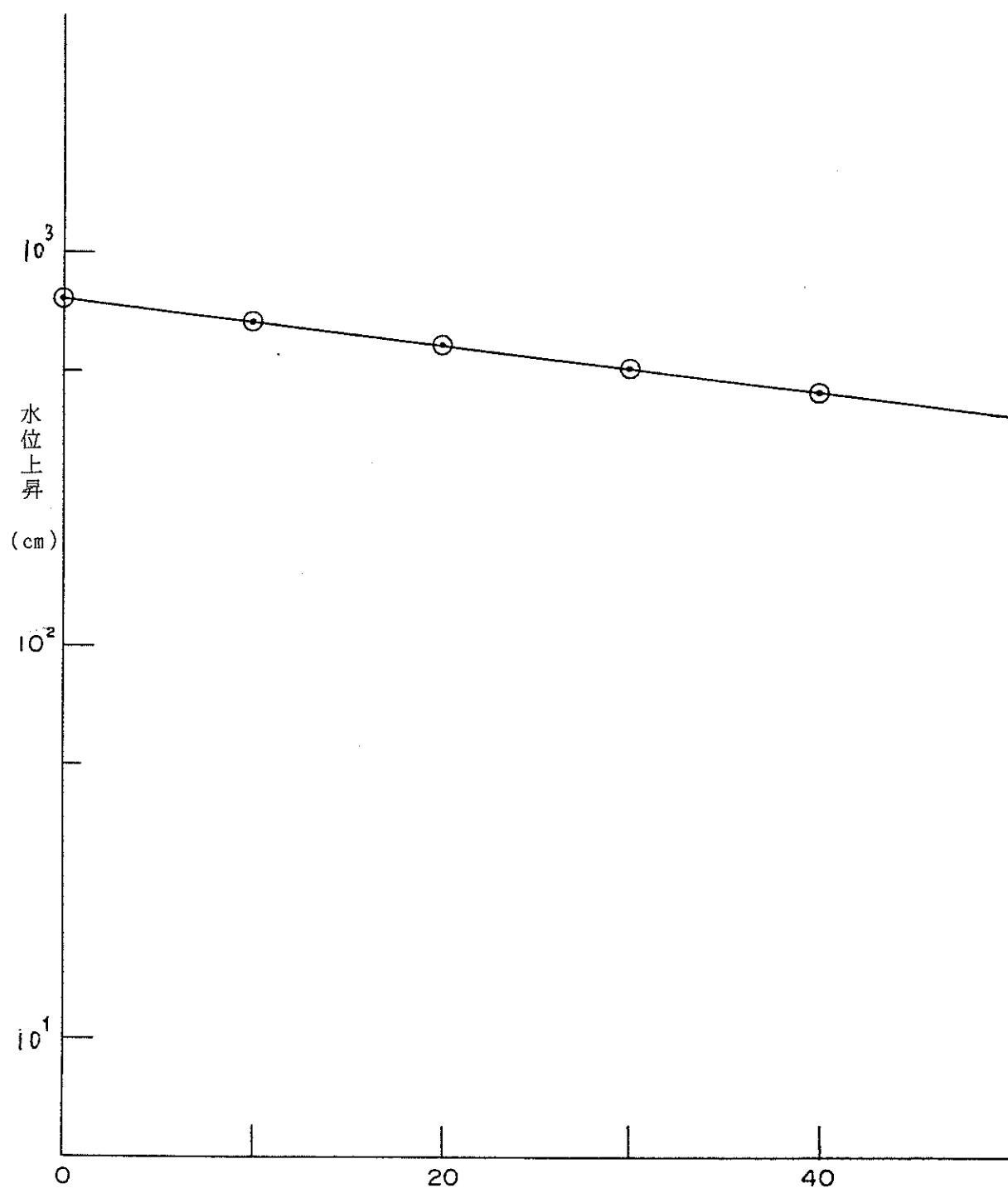


図 5. 2. 4 $t \sim \log H$ 曲線 No. 4 (GL-235m ~ 245m)

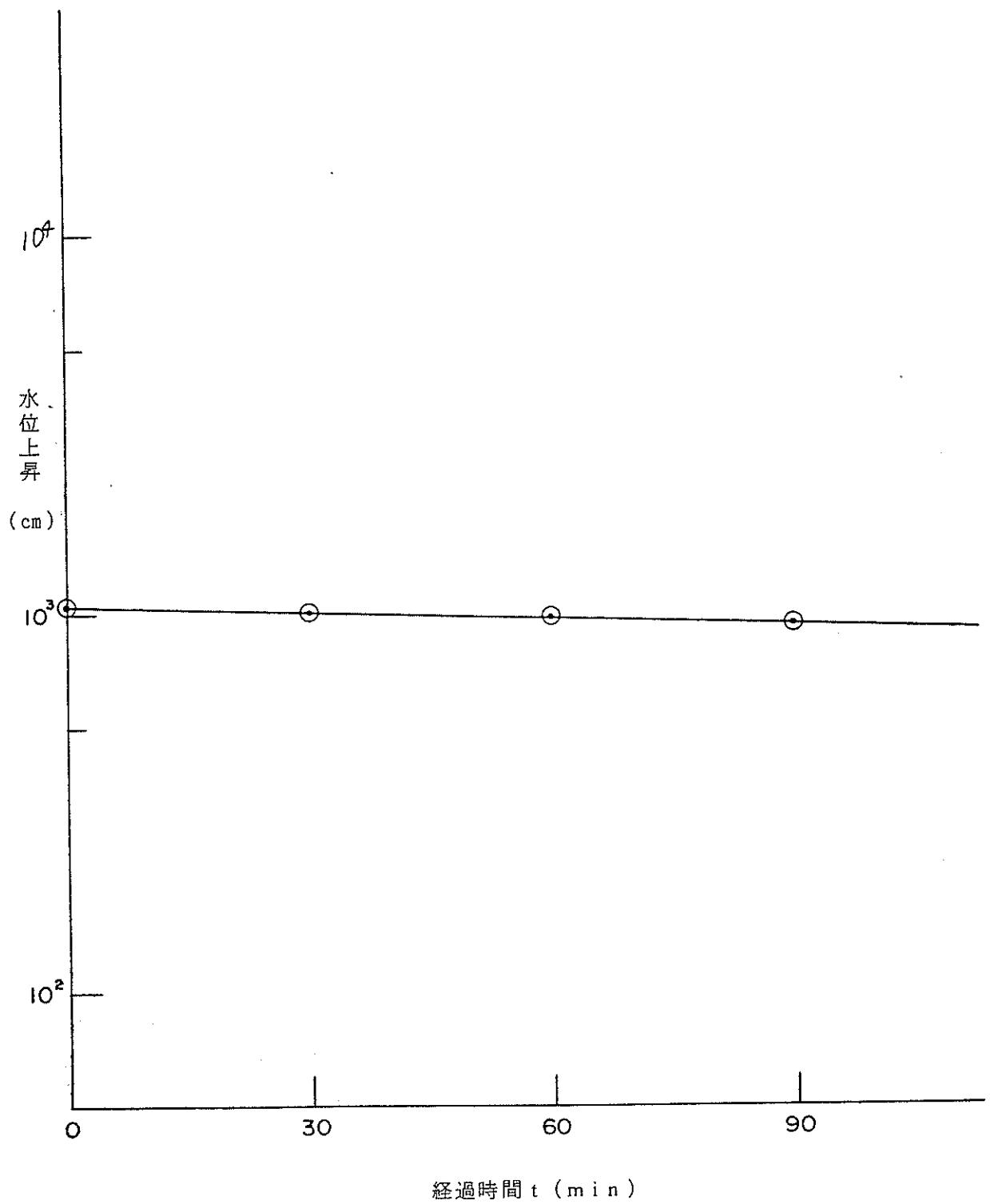


図 5.2.5 $t \sim \log H$ 曲線No.5 (GL-240m~250m)

図5.2.1～図5.2.5は経過時間 t と水位上昇 H をプロットしたものであり、 $t - \ell_n H$ はほぼ直線関係にある。透水係数は任意の2点の値を用い、1章の1.6.7の(ii)に示した次式で算出する。

$$K = \frac{(2Rw)^2 \ell_n (mL/\rho_0)}{8L(t_2 - t_1)} \ell_n (H_1 / H_2)$$

ここに、

t_1, t_2 : 各々 1, 2 点における経過時間 (sec)

H_1, H_2 : " 水位上昇 (cm)

L : 区間長 No. 1, 3, 4, 5 は、 $L = 930\text{cm}$

No. 2 は、 $L = 430\text{cm}$

である。

表5.2.2 に各深度の透水係数を示す。また同表に間隙水圧の計測値も水柱で併記する。

表5.2.2 各深度の間隙水圧と透水係数

No.	測定深度 (GL-m)	間隙水圧 (m)	透水係数 (cm/sec)
1	100.0 ~ 110.0	GL + 0.14	5.94×10^{-7}
2	103.0 ~ 108.0	GL + 0.10	2.77×10^{-8}
3	130.0 ~ 140.0	GL + 2.89	7.45×10^{-7}
4	235.0 ~ 245.0	GL + 0.95	1.66×10^{-6}
5	240.0 ~ 250.0	GL + 1.08	1.57×10^{-7}

(2) 透水係数

透水係数は、No. 2 の深度を除いて 10^{-7}cm/sec オーダーに位置する。No. 2 の深度は No. 1 の測定区間の内、特に割れ目の少ない区間（割れ目 1 つを含む）を選んで測定したものである。

Stokes の式から誘導した(1) 式及び Hvorslev の式(2) を用いて割れ目の持つ透水係数、割れ目幅を試算することができる。

$$K = \rho g (2b)^2 / 12\mu$$

K : 透水係数

ρg : 液体の単位体積重量 : $1.0 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{sec}^2$

g : 重力 : 9.8 cm/sec^2

$2b$: 割れ目の幅 : cm

μ : 粘性係数 水 (15°C) : $1.138 \times 10^{-2} \text{ g/cm} \cdot \text{sec}$

$$K = \frac{2(Rw)^2 \ln ((mL/2r_0) + \sqrt{1 + (mL/2r_0)^2})}{8L(t_2 - t_1)} \ln (H_1/H_2)$$

[$mL/2r_0 < 4$] 2)

L = 2b : 割れ目の幅 (cm)

No. 2 の深度について試算すると、次のようになる。

透水係数 $K = 4.88 \times 10^{-4} \text{ (cm/sec)}$

割れ目幅 $2b = L = 8.1 \times 10^{-3} \text{ (cm)}$

この試算結果から、花崗岩はわずか0.08ミリの幅を持つ割れ目1つで透水性が大きく上昇すると言えよう。

測定深度の中で最も透水係数が高かった No. 4 は、岩芯観察によると他の No. 1, 3, 5 に比べて、明らかに割れ目の少ない区間である。そこで透水係数が高いのは割れ目の幅が大きいためと考えられる。

以上述べたことから花崗岩の透水係数は、割れ目本数とその割れ目の幅の2つの要素によって決定されていると考えられる。

(3) 貯留係数

今回、透水試験の解析に使用している Hvorslev の式は貯留係数 S を考慮にいれていない。貯留係数が大きくなると図 5.2.1 ~ 図 5.2.5 に示した解析 $t \sim \log H$ 曲線は直線にならない。各深度の解析図を見ると良い直線性を示している。これは貯留係数が無視できるほどの値であることを意味する。よって測定区間の割れ目は、保水源となるような不純物（粘性土等）をほとんど含んでいないと考えられる。

(4) 間隙水圧

間隙水圧はほぼ静水圧分布をしており、水位にすると坑道の GL + 1 m 前後に集中している。この結果は、ボーリング孔自体が実際の GL (山) より約 300m

下がった所に位置しているということから予想された間隙水圧よりもかなり低い値である。以上のことに対し次の2つの可能性が考えられる。

- (i) 今回測定された値は、花崗岩の持つ間隙水圧を正しくとらえている。
 - (ii) 今回測定された値は、実際の間隙水圧よりも低く測定されている。
- (ii) の場合の理由は次のように考えられる。

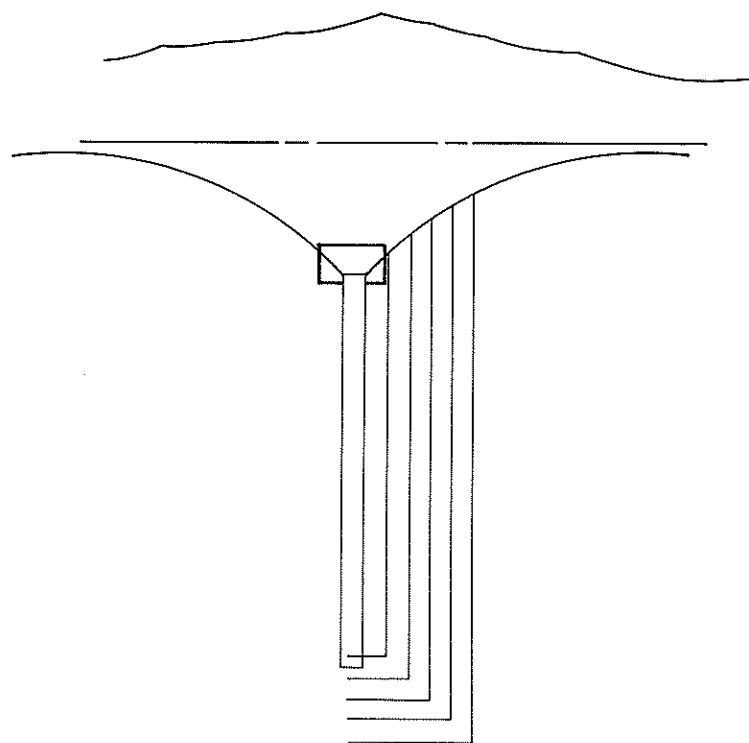


図 5.2.6 水圧分布模式図

図5.2.5 に示すとおり、本ボーリング孔は地上から約300m付近で切断された状態にあり、水は絶えずオーバー・フローしている。このことは、水を絶えず揚水していることと同じであり、この状態が長時間続ければ最終的には図に示すような定常状態に達する。

この時ボーリング孔下部で測定された間隙水圧は、実際の値よりも低く測定される。

5.2.2 まとめ

今回の調査で以下のことが判明した。

- ・測定された間隙水圧は、ボーリング孔の条件（GL-300mに位置）、坑道や採掘跡空洞が存在する鉱山という特殊な環境を考慮に入れると実際の値は、測定値よりも高いと考えられる。
- ・貯留係数の影響はなく、よって割れ目は不純物を挟んでいない。
- ・花崗岩の透水係数は割れ目の数とその幅の2つの要素に大きく影響を受ける。

表5.2.3に今回測定した各深度の透水係数と割れ目の状況をまとめて示し比較した。

表5.2.3 各深度の透水係数と割れ目の状況

No	深 度(GL-m)	透水係数(cm/sec)	割れ目の数及び形状
1	100.0～110.0	5.94×10^{-7}	割れ目が3～4含まれる。幅はNo.2よりも若干広いと考えられる。
2	103.0～108.0	2.77×10^{-8}	割れ目が1つ含まれる。幅は試算によると0.08ミリ。
3	130.0～140.0	7.45×10^{-7}	割れ目を多数含む。コアに見られる平均的な幅を持つと考えられる。
4	235.0～245.0	1.66×10^{-6}	割れ目が1～2含まれる。幅は他と比べて広いと考えられる。
5	240.0～250.0	1.57×10^{-7}	割れ目が1～2含まれる。幅はNo.4よりも狭いと考えられる。

5.3 孔内地下水の水質分析

5.3.1 分析結果

現地での測定結果および陸水8成分の分析結果を表5.3.1(1)および(2)に示す。

また環境同位のうちDおよび ^{18}O についての分析結果を表5.3.2に示す。 ^3H の分析結果については、分析に要する時間の関係上後日追加報告する。

なお、分析は陸水8成分については、日鉄鉱業株式会社で、また環境同位体については三菱金属株式会社研究所にそれぞれ委託した。

表5.3.1 (1) 水質分析結果

SAMPLE No.	採水個所	採水日	水温 °C	pH	RPH	伝導度 μs/cm	EH mV	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	C1 mg/l	SO ₄ mg/l	CO ₃ mg/l	HCO ₃ mg/l	SiO ₂ mg/l
KH-1-01	19.0~29.0m	7.15	10.9	9.4	7.1	51.8	140	11.1	0.25	4.37	0.01	1.20	4.40	3.37	29.1	12.1
KH-1-02	69.5~79.5	7.16	11.3	9.4	7.4	66.4	125	13.9	0.44	3.71	0.02	1.62	8.29	2.96	25.6	10.0
KH-1-03	130.0~140.0	6.17	12.6	9.4	7.1	73.4	187	14.2	0.45	2.71	0.03	1.92	11.8	2.56	22.2	9.6
KH-1-04	159.0~169.0	6.20	12.2	8.9	7.4	65.0	165	16.2	0.52	0.76	0.02	1.50	19.5	0.55	16.5	8.9
KH-1-05	175.5~185.5	6.27	12.6	8.8	7.2	73.5	186	15.8	0.30	0.89	0.02	2.09	18.0	0.51	19.5	9.9
KH-1-06	188.5~198.5	6.30	12.6	9.6	7.7	73.1	175	14.5	0.46	1.49	0.01	2.16	15.4	2.54	14.7	12.4
KH-1-07	288.0~298.0	7.02	13.8	9.4	7.3	74.4	185	15.9	0.31	1.46	0.02	2.06	19.0	1.86	16.1	14.6
KH-1-08	342.0~352.0	7.05	14.4	8.4	7.3	71.7	163	15.7	0.31	1.11	0.04	2.30	20.3	0.16	15.6	12.3
KH-1-09	379.0~389.0	7.08	13.2	9.1	7.3	76.6	146	15.8	0.26	1.06	0.02	2.01	21.0	0.67	13.0	10.1
KH-1-10	475.0~485.0	7.13	12.8	8.3	7.1	103.3	118	20.1	1.05	1.30	0.00	1.61	33.3	0.09	11.4	11.4

表5.3.1(2) 水質分析結果

SAMPLE No.	採水個所	Na	K	Ca	Mg	C1	SO ₄	CO ₃	HCO ₃	TOTAL (C)	TOTAL (A)	C+A	RATE (C/A)	(C/A-1) X100
KH-1-01	19.0~29.0m	0.4828	0.0064	0.2181	0.0008	0.0338	0.0916	0.1123	0.4789	0.7081	0.7146	1.4220	0.9909	-0.91
KH-1-02	69.5~79.5	0.5655	0.0113	0.1851	0.0016	0.0457	0.1726	0.0997	0.4196	0.7635	0.7366	1.5001	1.0365	3.65
KH-1-03	130.0~140.0	0.6177	0.0115	0.1352	0.0025	0.0542	0.2457	0.0853	0.3638	0.7669	0.7490	1.5159	1.0239	2.39
KH-1-04	159.0~169.0	0.7047	0.0133	0.0379	0.0016	0.0423	0.4060	0.0183	0.2704	0.7575	0.7370	1.4945	1.0278	2.78
KH-1-05	175.5~185.5	0.6873	0.0077	0.0444	0.0016	0.0590	0.3748	0.0170	0.3196	0.7410	0.7704	1.5114	0.9618	-3.82
KH-1-06	188.5~198.5	0.6307	0.0118	0.0744	0.0068	0.0609	0.3206	0.0847	0.2409	0.7177	0.7071	1.4248	1.0150	1.50
KH-1-07	288.0~298.0	0.6916	0.0079	0.0729	0.0016	0.0581	0.3956	0.0620	0.2639	0.7740	0.7796	1.5536	0.9928	-0.72
KH-1-08	342.0~352.0	0.6829	0.0079	0.0554	0.0033	0.0649	0.4227	0.0053	0.2557	0.7495	0.7486	1.4981	1.0012	0.12
KH-1-09	379.0~389.0	0.6873	0.0072	0.0529	0.0016	0.0567	0.4372	0.0223	0.2131	0.7490	0.7293	1.4783	1.0278	2.70
KH-1-10	475.0~485.0	0.8743	0.0269	0.0649	0.000	0.0454	0.6933	0.003	0.1868	0.9661	0.9285	1.8946	1.0405	4.05

表5.3.2 環境同位体分析結果

	δD (‰)	$\delta^{18}O$ (‰)	3H (TR)
KH-1-01	-68.1	-10.4	
KH-1-02	-67.8	-10.6	
KH-1-03	-71.1	-10.8	
KH-1-04	-77.2	-11.3	
KH-1-05	-76.8	-11.4	
KH-1-06	-74.5	-11.1	
KH-1-07	-77.1	-11.3	
KH-1-08	-78.3	-11.2	
KH-1-09	-79.1	-11.6	
KH-1-10	-78.2	-11.6	

5.3.2 ま と め

(1) キーダイヤグラムによる分類

水質の主要成分の量的関係を明かにして水質タイプ区分を容易にすることをねらって、陽・陰イオンをそれぞれ二成分系として表示するキーダイヤグラムがある。図5.3.1はKH-1孔からの地下水サンプルを同ダイヤグラムに表示したものであるが、その分布域は、昭和61年度の分析結果*で250mレベルの栗橋花崗閃緑岩中の地下水が主として分布していた、循環系の地下水としてはより滞留時間が経過していると考えられるNa-HCO₃タイプの深層被圧地下水系の領域からNa-SO₄タイプの化石地下水的な水質状態を示す領域にわたって広く分布している。しかもその傾向は深部からの採水サンプル程、Na-SO₄タイプになっているのが特徴的である。

* 動力炉・核燃料開発事業団、釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査：(1987)

この変化は、陽イオンではNaが増えてCaが減少する傾向に、また陰イオンでは HCO_3^- が減少して SO_4^{2-} が増加する傾向として認められる。これは、一般的に言わ�る、地下水の滞留時間が長くなるにつれて、陽イオン成分が塩基置換作用に基づいて、 $\text{Ca} < \text{Na}$ となる傾向とは一致しているが、陰イオン成分に関して、 SO_4^{2-} が還元により減少し、それに代わって HCO_3^- が増加すると言う傾向とは全く逆の変化であり、次項に示すパターンダイヤグラムからも読取れるように、何らかの SO_4^{2-} イオンの供給源を考えねばならないと思われる。

(2) パターンダイヤグラムによる分類

水質組成の違いや濃度の高低を比較するのに適しているパターンダイヤグラムを図5.3.2に示す。ダイヤグラムのパターンは、陰イオンではいずれの深度のサンプルもNa+K卓越型であるのに対し、陽イオンではKH-1-01～03までは HCO_3^- 卓越型であるのに対し、それ以深では SO_4^{2-} 卓越に変化している。また、電導度はそれ程著しい変化ではないが、浅部で $50 \mu\text{S}/\text{cm}$ 付近であるのに対し、深部では $100 \mu\text{S}/\text{cm}$ 近くにまで漸増する傾向がみとめられる。pHに関しては、8.3～9.4でいずれも微アルカリ性の被圧地下水系の特徴を呈している。

溶存成分の構成比は、昭和61年度の調査結果*で栗橋花崗閃緑岩（250mレベル）に認められたNa+K-HCO₃タイプの被圧地下水系のパターンが、比較的浅層のKH-1-01～03のサンプルに認められる。一方、それ以深の地下水は、昭和61年度の調査結果*には全く見られなかったNa+K-SO₄タイプの地下水に分類されるのが特徴的である。

(3) オクタダイヤグラムによる分類

オクタダイヤグラムは、基本的には前述したパターンダイヤグラムと同じく溶存成分の構成比を検討するために用いられるものであるが、分析した全ての項目について個別に比較するためMinorな成分の特性が把握される特徴がある。図5.3.3の各サンプルを比較してみると、昭和61年度の調査結果*で栗橋花崗閃緑岩系のサンプルに認められたMgが少ない傾向は一致している。しかしここでも、KH-1-04以深のサンプルにおいては、 SO_4^{2-} イオンが増大している傾向が顕著である。

* 動力炉・核燃料開発事業団、釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査：(1987)

S A M P L E

- 1 KH - 1 - 0 1
- 2 KH - 1 - 0 2
- 3 KH - 1 - 0 3
- 4 KH - 1 - 0 4
- 5 KH - 1 - 0 5
- 6 KH - 1 - 0 6
- 7 KH - 1 - 0 7
- 8 KH - 1 - 0 8
- 9 KH - 1 - 0 9
- 10 KH - 1 - 1 0

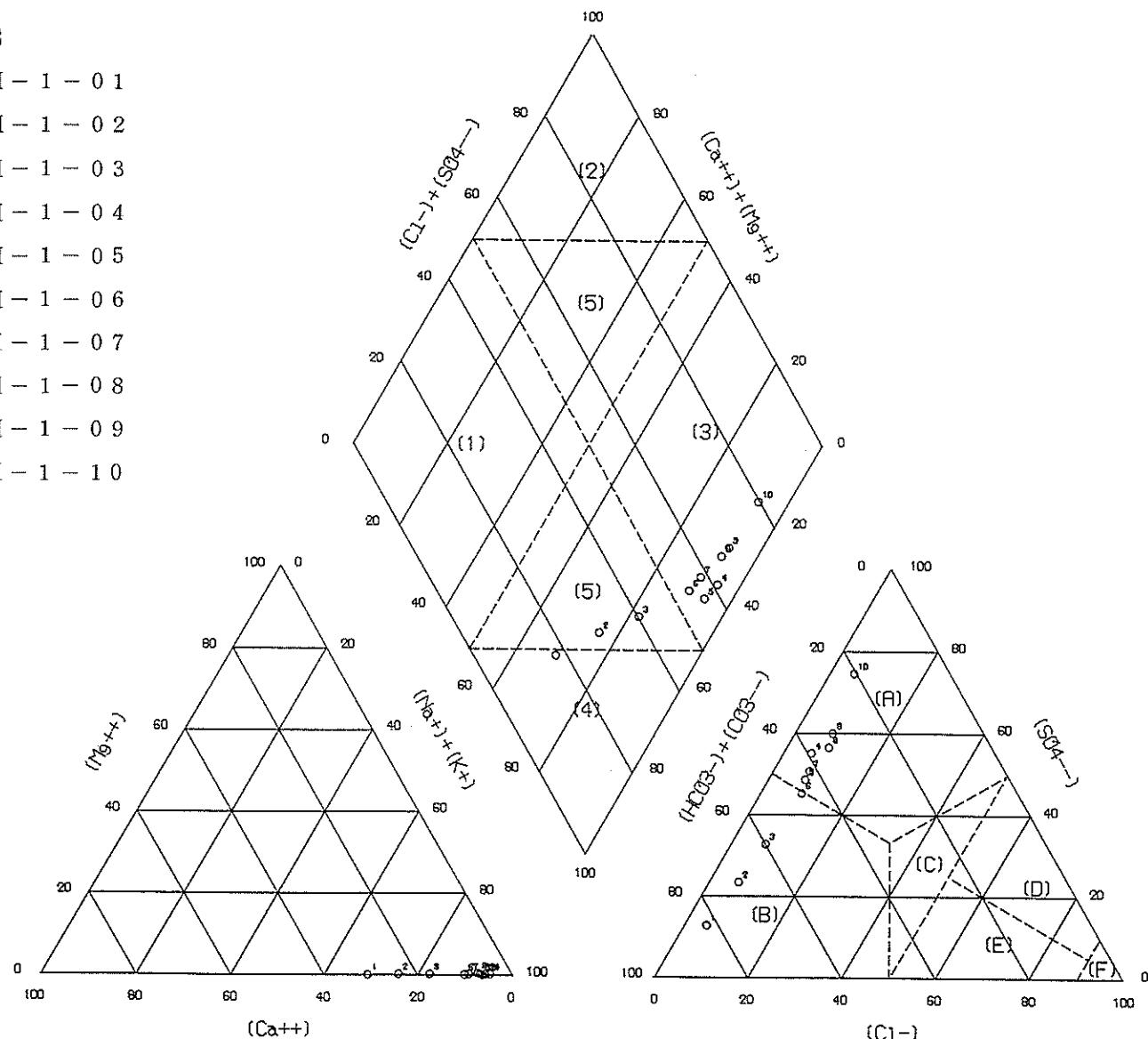


図 5.3.1 分析結果のキーダイヤグラム表示

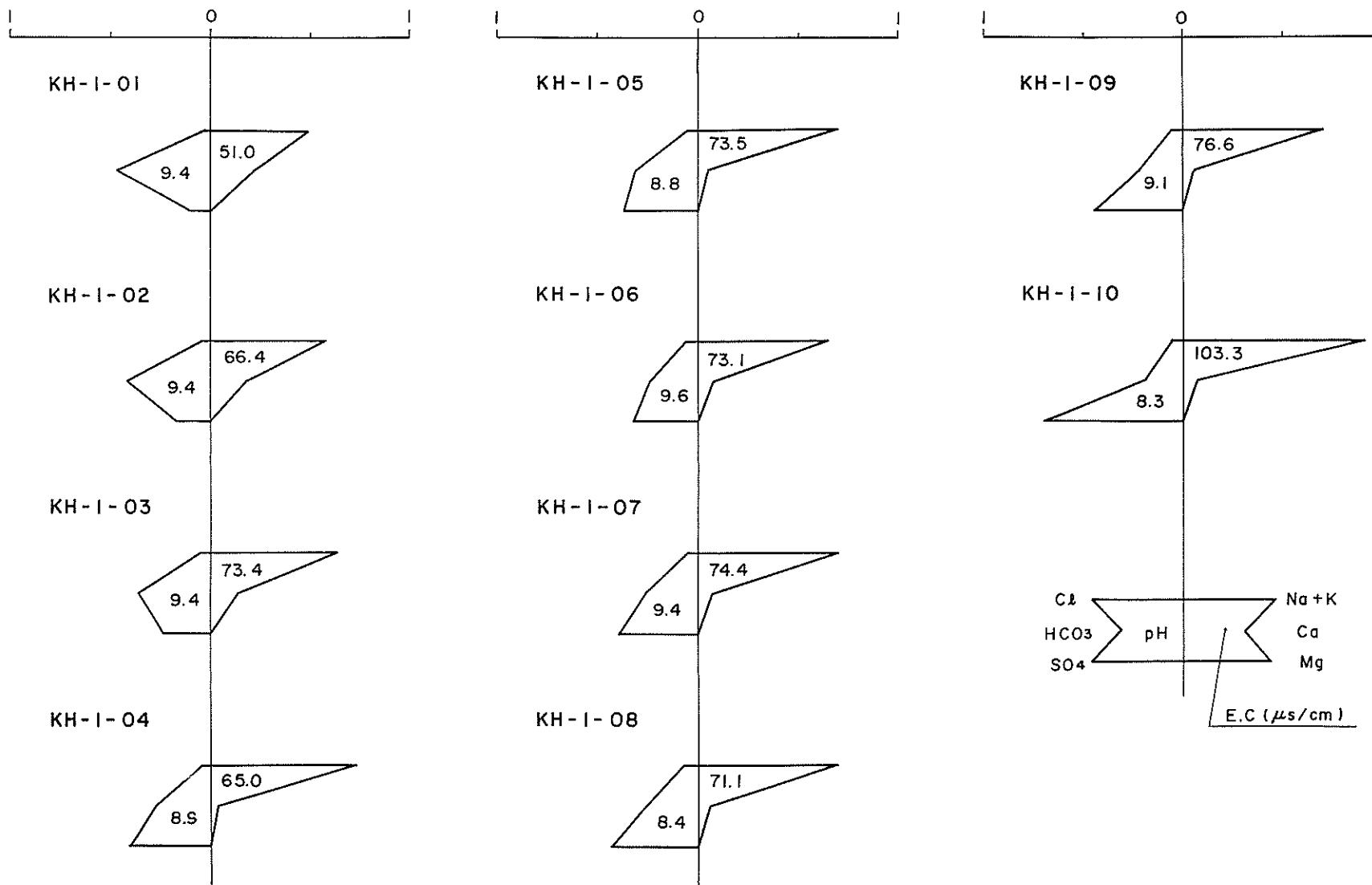


図 5.3.2 分析結果のパターンダイヤグラム表示 (me/l)

この特性をより明確にとらえるため、図5.3.4に示すような、Mg/CaとCa+Mg/陽イオン-C1との関係を調べてみた。その結果昭和61年度の調査結果*に基づく分類上の250mレベルの栗橋花崗閃緑岩を主体とする深層地下水系の領域に、今回測定したすべてのサンプルが分布していることが確認された。スケールを拡大してより詳細に検討してみると、図に示すように深度が増えるにつれて左上がりの傾向が見られた。これは、主としてCaイオンの減少に関係しているものと考えられる。

(4) 鉱物安定図による分類

Garrels(1967)による結晶質岩系の地下水中の粘土鉱物の平衡状態に基づく地下水の分類を本地域の地下水に適応してみると、図5.3.5に示すようにいずれのサンプルも、モンモリロナイト系と平衡関係にある深層地下水系の特性を示している。

これらの特徴は、前述したキーダイヤグラムやオクタダイヤグラムによって把握された分類と一致している。

(5) 安定同位体の測定結果

図5.3.6に測定結果の $\delta D - \delta^{18}O$ ダイヤグラムを示す。

今回のサンプルも昭和61年度の測定結果*と同様、当該地域に近い綾里における降水ライン上に分布しており、孔内地下水はいずれも降水起源であることは疑いの余地はない。

その分布傾向は、深度増に伴って軽い同位体組成になっていることから、深部の地下水程、相対的に標高の高い地域からかん養されていることが示唆される。図中に昭和61年度に測定した250mレベルの栗橋花崗岩体中の被圧地下水の測定結果*を併せて示した。これによると、今年度測定された深部の地下水は昨年度の250mレベルの湧水よりもおよそ500m~800m程度高いところからかん養されている可能性が高い。

現在のところトリチウム分析の結果はまだ出ていないが、これまでの水質および安定同位体の分析結果からすると、かなり滞留時間の長い地下水である可能性が考えられ、測定結果が待ち望まれる。

* 動力炉・核燃料開発事業団、釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査：(1987)

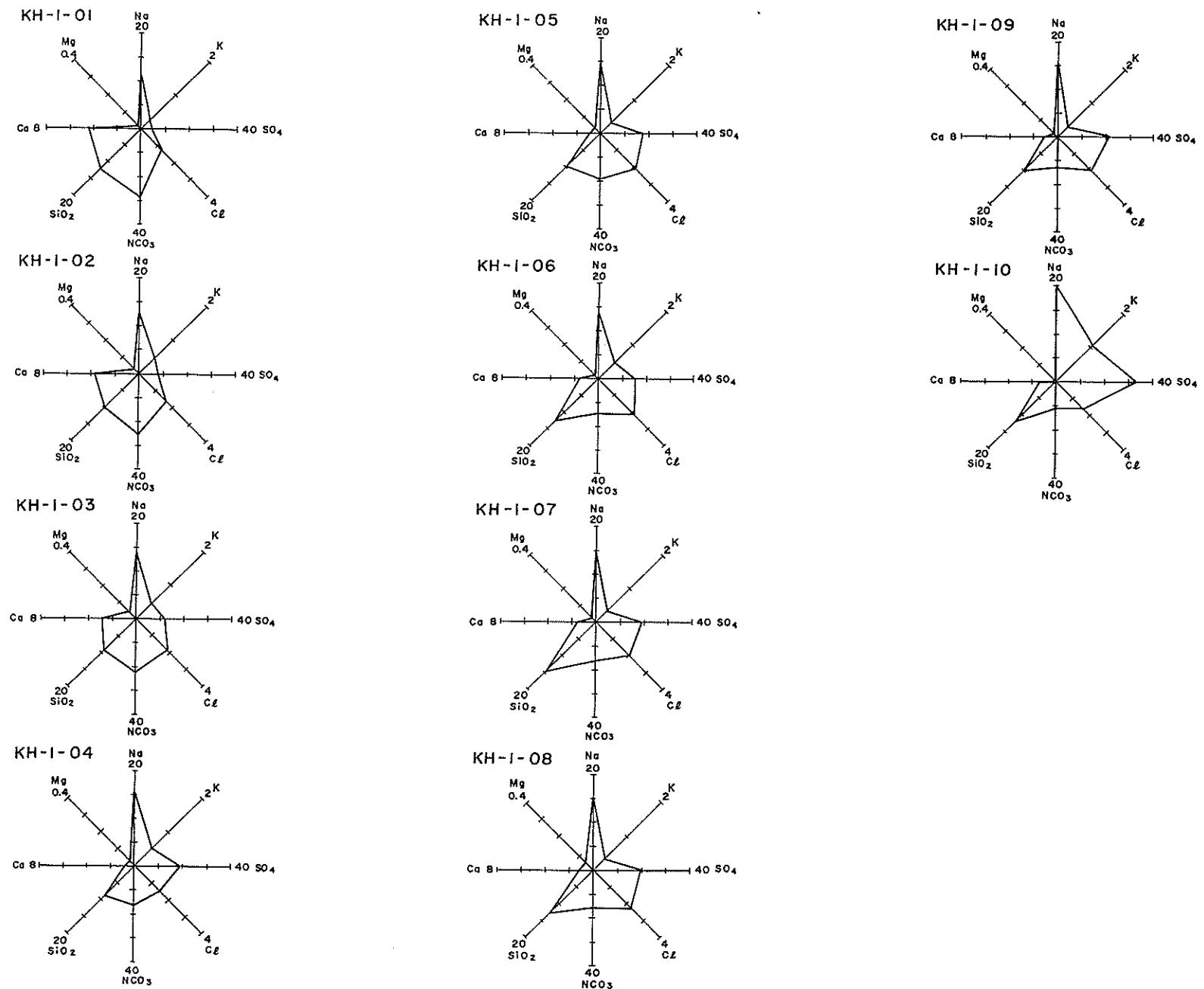


図 5.3.3 分析結果のオクタダイヤグラム表示 (mg/l)

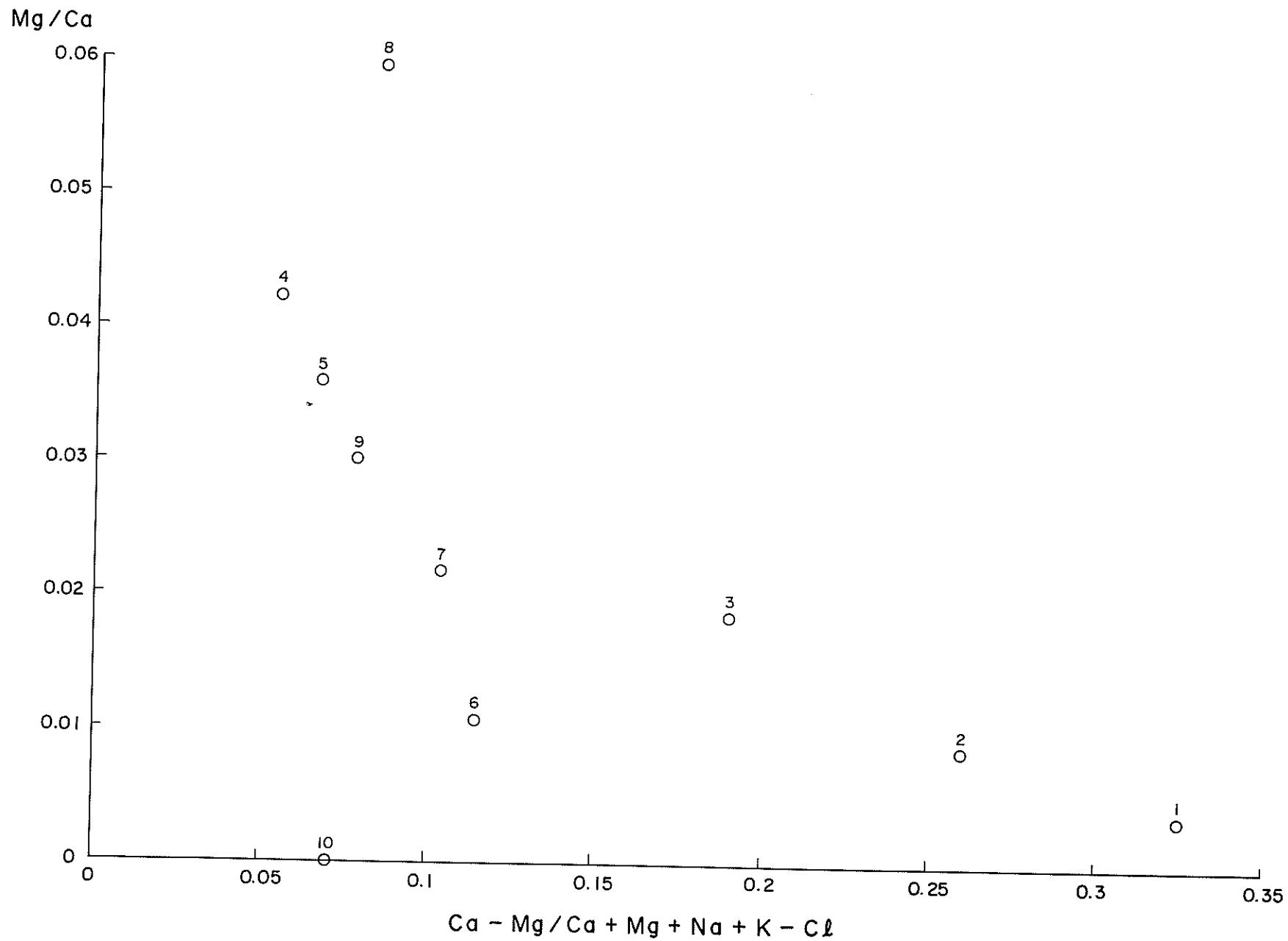


図 5. 3. 4 主要イオン成分に基づく水質の分類

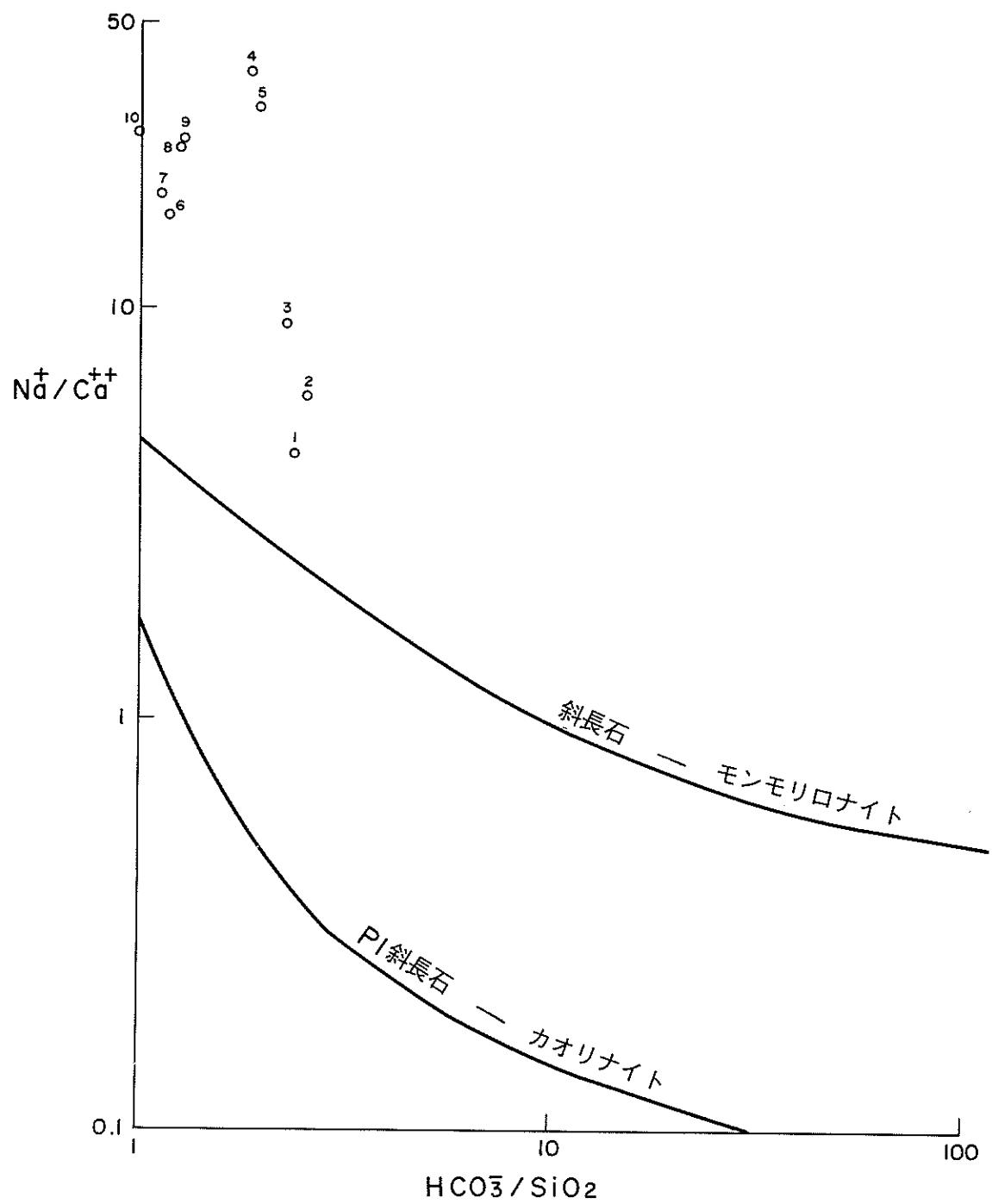


図 5.3.5 結晶質岩系地下水と平衡状態にある粘土鉱物に基づく水質の分類

* 250m レベル栗橋花崗岩体中
の被圧地下水湧水 (S61年度調査結果)

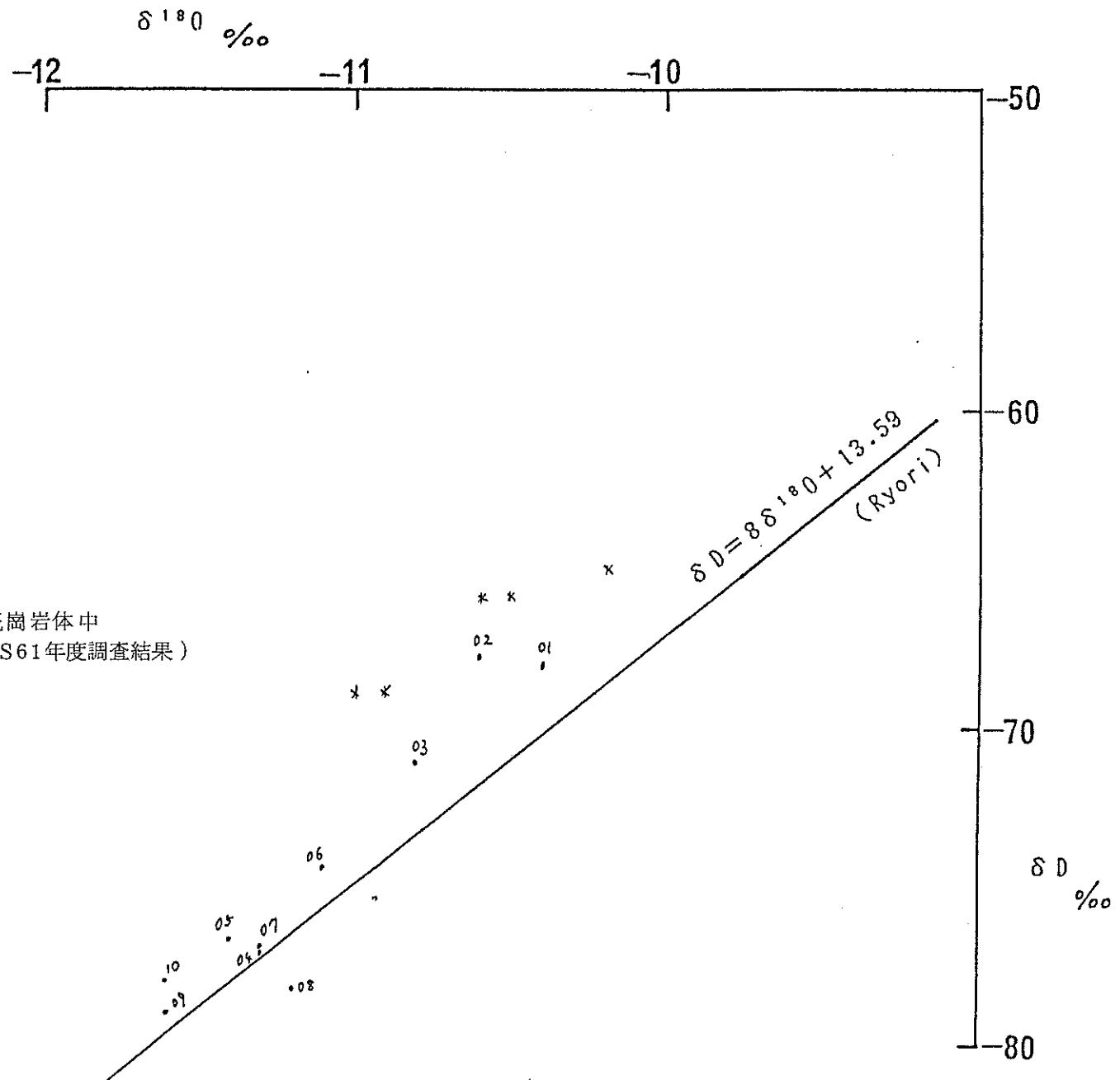


図 5.3.6 K H - 1 孔地下水の $\delta D - \delta^{18}\text{O}$ ダイヤグラム

5.4 パッカリングシステムの設置深度と測定状況

全ての孔内側定が終了した昭和63年7月23日から26日にかけて、K H - 1 孔においてパッカリングシステムの設置作業が行われた。5つのパッカーを図5.4.1に示すうに内径2mm、外径4mmのジュンロンチューブによって連結し、5つの区間からの地下水を孔口まで導いた。各区間の採水口には、50ミクロンの間隙率をもつ多孔質フィルターをセットした。

図 5.3.2～5.3.5 にセット状況を示す。

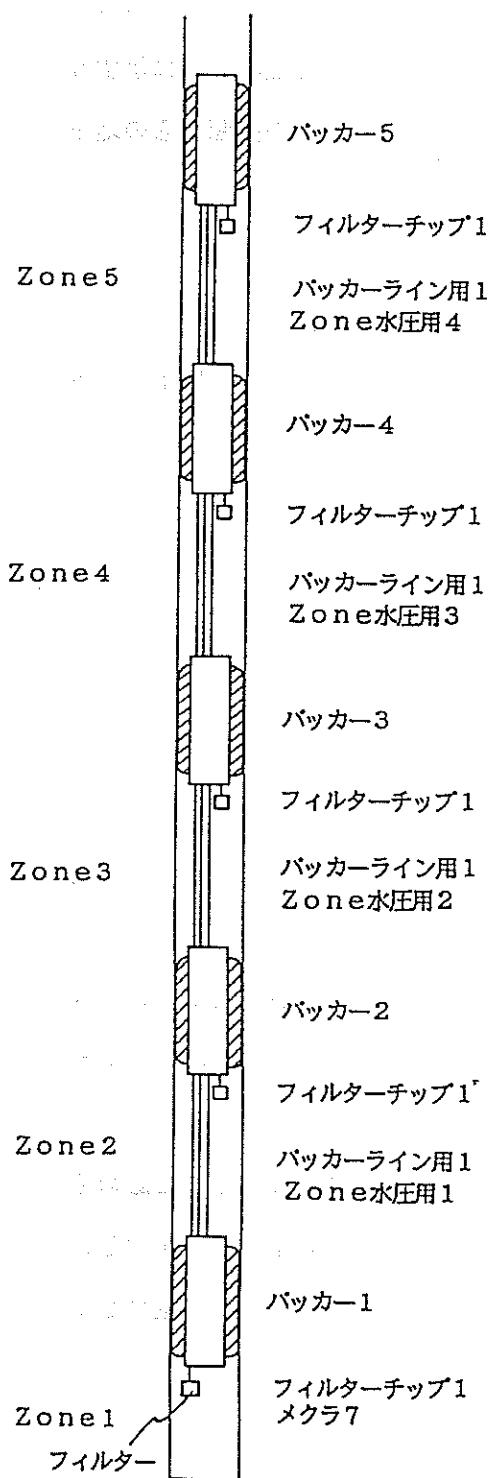
設置深度は、物理検層、J F T 試験結果、岩芯観察結果等を参考にして以下のように定めた。

ZONE 1	GL - 2.01～101.17m
ZONE 2	GL - 102.25～236.41m
ZONE 3	GL - 237.49～337.14m
ZONE 4	GL - 338.22～410.94m
ZONE 5	GL - 412.02～500.0 m

図5.4.6に設置後の各区間の水圧変化状況の一部を示す。各区間ともJ F T 試験時には測定されなかったような高い水圧を示しつつ、さらに増大する傾向にある。

(ここで示されている水圧は、孔口+1.25m の高さに設置された架台に置かれたブルドン管式圧力計の読み値である。孔口水頭に換算するには、((ブルドン管の読み値(kg/cm²) × 10.01 + 1.25m となる))。

今後しばらくは、各区間の水圧上昇をモニターし、ほぼ一定値に安定したと認められた時点で、バルブを開放して各区間の孔内水の水量に相当する容積の水を排水した後、再度バルブを閉鎖して各区間の水圧の長期的変化状況をモニターする予定にしている。



ジョイント設定部	ワンタッチジョイント	フィルターチップ	メクラ栓
P ₅	バッカー5上部	6	0 2
		①~⑤, ⑧	⑥~⑦
P ₄	バッカー4下部	5	1 2
		①~④, ⑧	⑤ ⑥~⑦
P ₃	バッカー3上部	5	0 3
		①~④, ⑧	⑤~⑦
P ₂	バッカー2上部	4	1 3
		①~③, ⑧	④ ⑤~⑦
P ₁	バッカー1上部	3	0 4
		① ② ⑧	③ ④~⑦
	バッカー1下部	2	1 5
		① ⑧	② ③~⑦

○印は各チューブジョイント部の刻印No. に対応

図 5.4.1 KH-1孔パッカリングシステム概念図

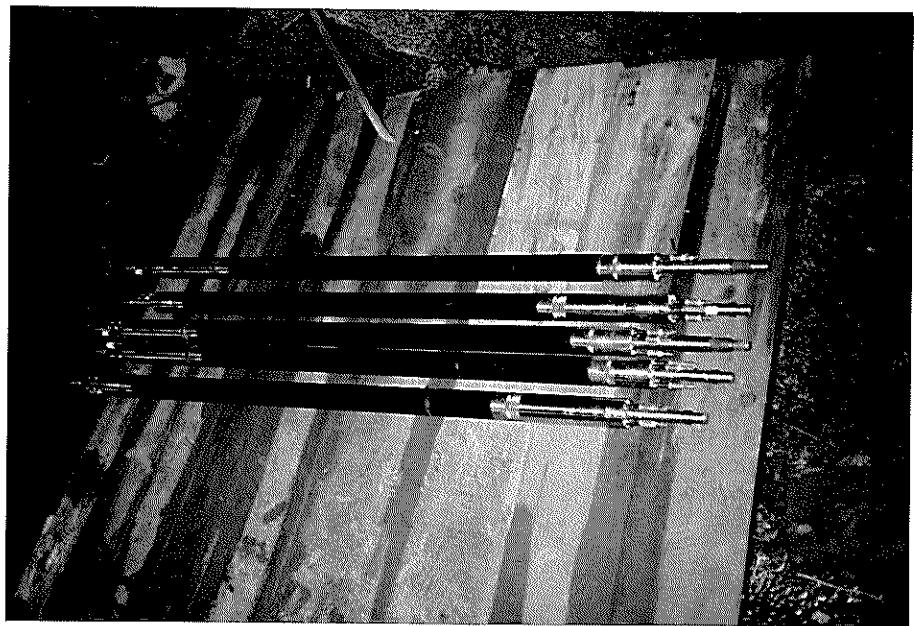


図 5.4.2 パッカー全体

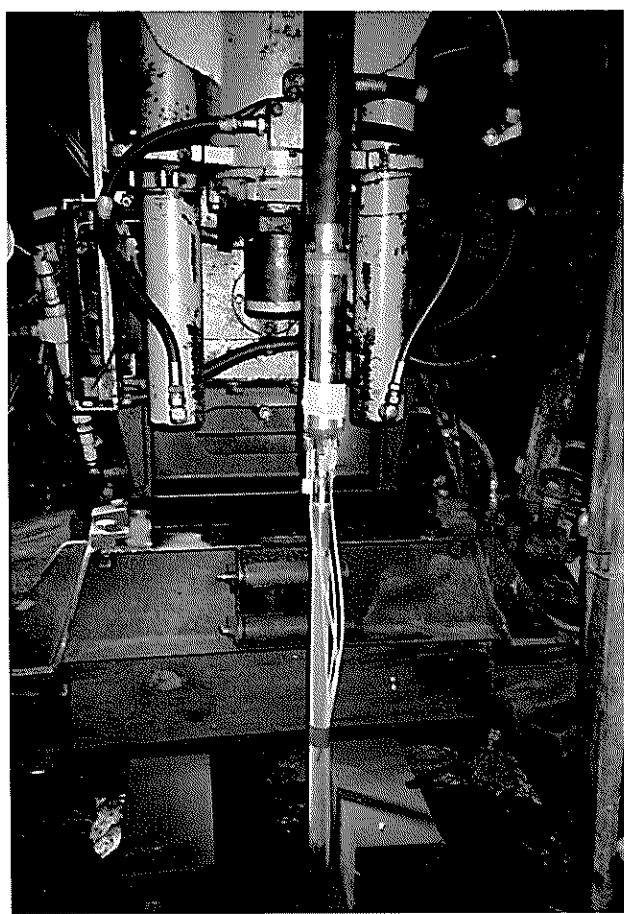


図 5.4.3 孔内セット状況(パッカーワーク)

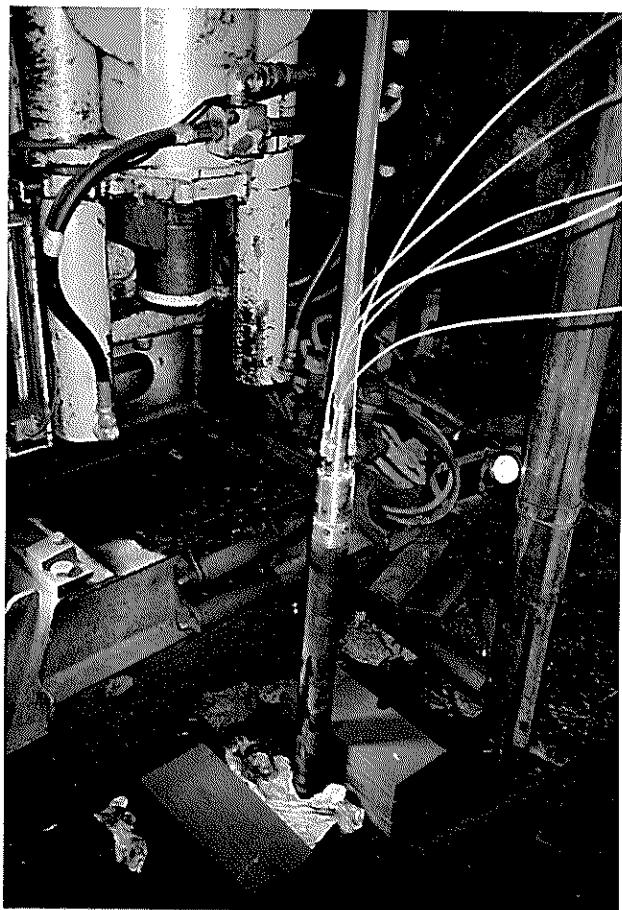


図 5.4.4 孔内セット状況(パッカー上部)

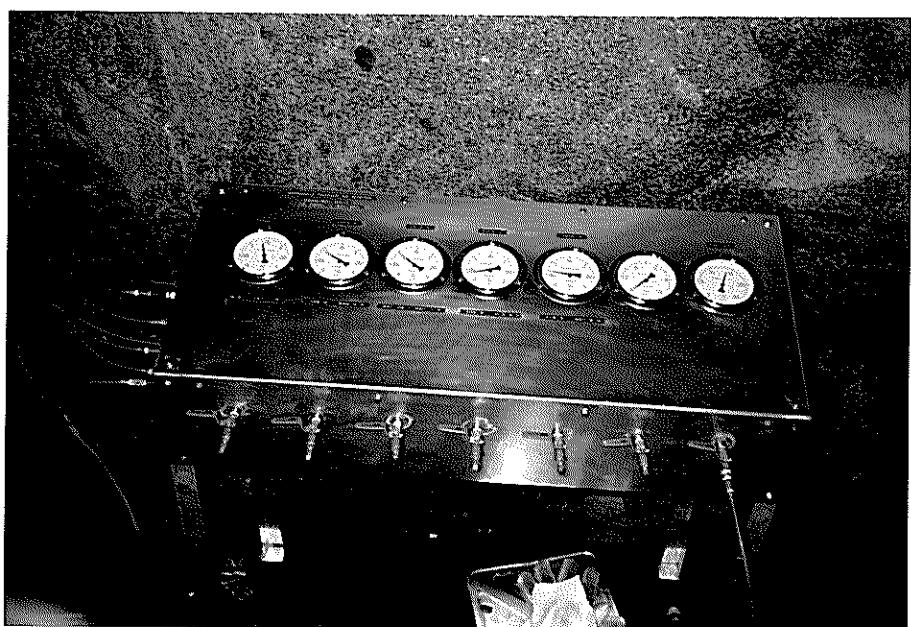


図 5.4.5 水圧モニターおよび採水用バルブ付き架台

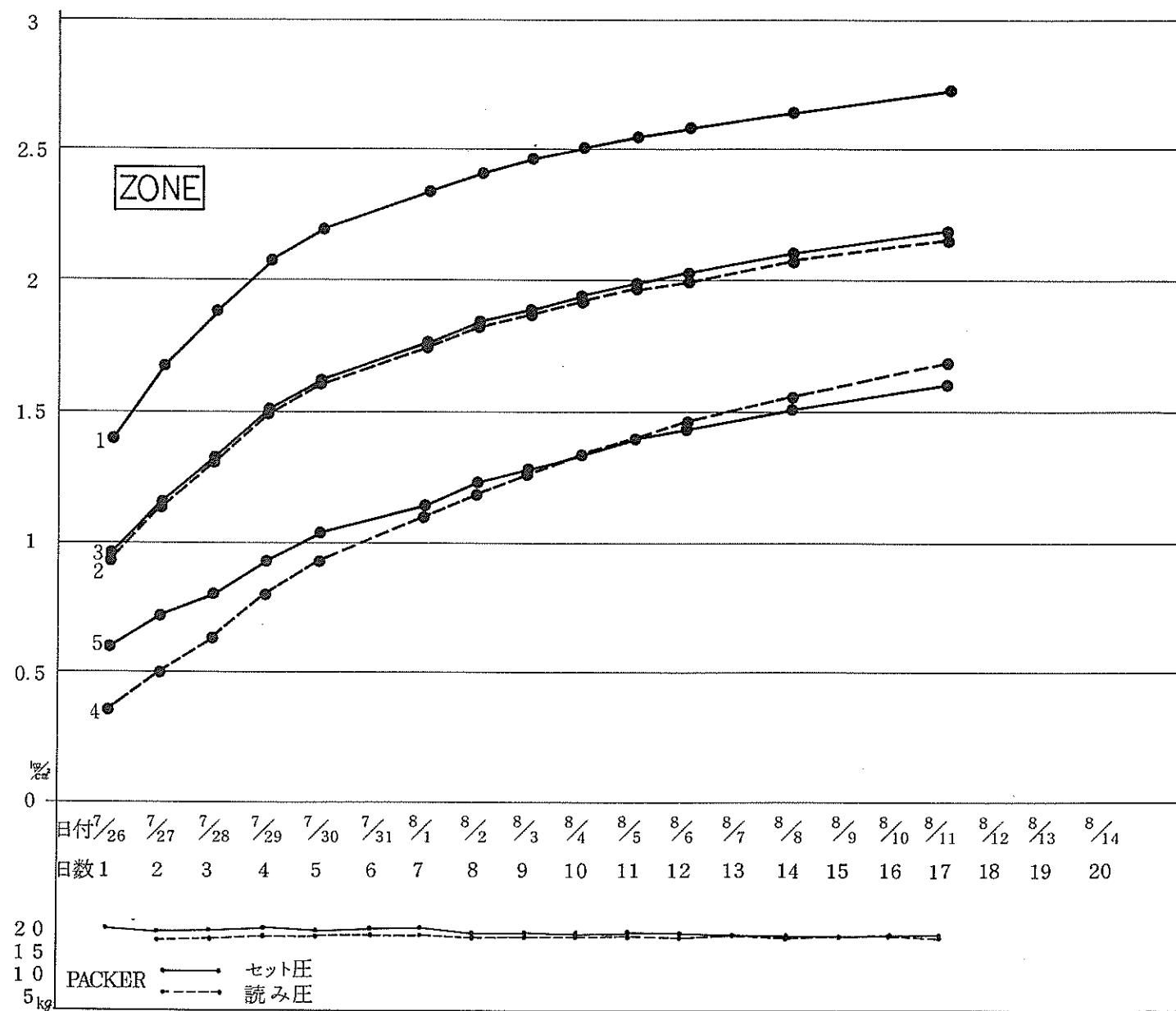


図 5.4.6 KH-1孔パッカリングシステム計測結果(一部)

6. 総合まとめ

本試験では原位置試験場の550m1 NW押坑道のほぼ中央部より鉛直の試錐（K H - 1孔）を500m錐進した。採取した岩芯及び試錐孔を使って実験を行い、下記のような事項が判明した。

(1) 岩芯は肉眼鑑定結果よりみると、ランプロファイア、アプライトの小岩脈を除くとほぼ全孔長にわたり優白色中粒の新鮮な角閃石黒雲母花崗閃緑岩の、堅固な比較的割れ目の少ない岩盤であり、R. Q. D. は90% ~100%のものが大部分を占める。また、一部の割れ目の多い部分ではピンク～白色の変質も岩盤に認められる。全孔長にわたって割れ目をみると試錐の錐進方向より低角度の直線的で割れ面の平らな割れ目が大部分を占め、割れ目の角度により充填鉱物の有無およびその違いがみられる。

それぞれの平均角度により

- a. 20° 前後の緑レン石、ブドウ石、方解石を充填鉱物とする割れ目
- b. 30° 前後の石英、粘土鉱物、沸石を充填鉱物とする割れ目
- c. 約40° の充填鉱物を伴わない開口割れ目

に分類される。

(2) 岩石鉱物試験よりみると、全孔長にわたって岩芯はほぼ角閃石黒雲母花崗閃緑岩または、角閃石黒雲母トーナル岩を主体とし、磁鐵鉱系で、その分化指数は61~63である。変質は主として割れ目系に伴っており、次のaよりdの順で岩体生成期より現在までの次の4つに分けられる。

- a. 緑泥石—絹雲母型（交代型）
- b. 緑レン石—ブドウ石—緑泥石型（変質脈型）
- c. 束沸石—濁沸石一方解石型（間隙充填型）
- d. モンモリロナイト型（間隙充填型）

(3) 岩石物性試験結果はK H - 1孔より採取した試料の平均値で比重2.69、含水比0.29%、吸水率0.49%、有効間隙率1.89%、弾性波速度5.24km/sec、熱伝導率 6.54×10^{-3} cal/cm²・sec⁻¹・°C、帶磁率 1.093×10^{-6} e. m. u. /cm³、弾性係数 5.95×10^5 kgf/cm²、一軸圧縮強度1,415kgf/cm²、ポアソン比0.22、圧裂引張強度82.6kgf/cm²、ショア硬度76.1、透水係数 $2 \times 10^{-8} \sim 8.52 \times 10^{-12}$ kh(cm/sec)である。試験の供試体を割れ目のない部分より採取したことにもよるが、これらの物性値は新鮮な比較的堅固な岩盤の値を示している。

る。

(4) 孔内検層はK H - 1孔内の岩盤状況を測定するために電気、孔径、音波、自然放射能の各検層を全孔長にわたって実施している。電気、孔径、音波の3項目は岩芯の肉眼鑑定による割れ目や変質の分布状況とよく一致している。

孔内検層値との相関をみるために実施した岩石物性試験値間の比較では比重、間隙率、熱伝導率と弾性波速度の相関が良いことが認められる。また、実際の検層データと岩盤特性の比較では電気、音波検層による割れ目推定個所とR. Q. D. が80%以下の個所、割れ目数5本/m以上の個所とは良く一致している。一方自然放射能はランプファイアーやアプライト岩脈のような岩相の違いを良く検出している。

孔内観察は孔口より深度200.58m区間の内約延100m長において、ボアホールスキャナーを使用して行っている。岩芯の肉眼鑑定結果を参考にケーブルの延び等を調整したうえで解析したところ、主な割れ目に関しては良い一致を見るとともに、深度25m前後の破碎等の割れ目が開口状態にあることを観察している。なお、解析した区間全長についてシュミットネットによる割れ目のステレオ投影を行ったところ、昭和61年度調査*の550m坑道と250m坑道の割れ目解析結果と同じく、走向N 80° E、傾斜60°～80° NWから走向E W、傾斜70°～85° Sの割れ目が卓越している。

(5) J F T法による透水試験については岩芯が新鮮で割れ目の少ない岩盤であることと、採水の必要性、J F T試験装置の測定限界を考慮したうえで、岩芯鑑定、孔内検層試料を参考に短期間で採水可能な有意な割れ目の発達する区間を選んで測定している。その結果をみると破碎帯を含む深度19.0m～29.0m区間の 3.1×10^{-4} kh (cm/sec)を最大に、その他の測定区間は透水係数 $10^{-6} \sim 10^{-7}$ kh (cm/sec)の値を示している。

P N C式J F T法による透水試験は透水係数が低いと思われる割れ目の少い区間を選んで測定している。その結果は小さな割れ目が1個でも含まれると透水係数は 2.77×10^{-8} kh (cm/sec)程度の値を示し、それ程低い値にはならないことが判明した。また、P N C式J F T法と従来型J F T法の測定値の比較を行うため同一の130m～140m区間で測定したところ、両者ともほぼ同一の 10^{-7} kh (cm/sec)の値を示している。

地下水の間隙水圧についてはJ F T法、P N C式J F T法両者の測定値とも孔口を±0mとすると+0.09m～+4.43mの低い値を示している。一方、パッカリングシステム

* 動力炉・核燃料開発事業団、釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査：(1987)

は500mを5区間にほぼ等間隔に区切ってパッカーを設置し、その後の水圧上昇をモニターしている。ブルドン管の読み値は徐々に上昇し続け、約1ヶ月後の8月末現在で約1.5~3.0kg/cm² (+15m ~ +30m)の値を示している。

これらの結果を総合して考えると透水係数の低い岩盤では、いったん乱された岩盤内の地下水頭が周囲の岩盤と平衡状態に回復するにかなりの時間を要することが推定される。

(6) KH-1孔よりの採水分析結果をみると、550mの孔口に近い部分より深部に向って、Na-HCO₃タイプの深層被圧地下水系の領域からNa-SO₄タイプの化石地下水的な水質状態を示す領域にわたって広く分布しているのが特徴である。電導度は浅部で50μs/m付近であるのに対し、深部では100μs/cm近くまで漸増し、pHは8.3~9.4の微アルカリ性の被圧地下水系の特徴を呈している。また、δD-δ¹⁸Oダイヤグラムに示されるようにKH-1孔の地下水は深度の増加に伴って軽い同位体組成となっており、深部の地下水程相対的に標高の高い地域からかん養されている可能性がある。これらのことよりKH-1孔の地下水はかなり滞留時間の長い地下水である可能性が考えられる。

參 考 文 獻

第 1 章

- 下田 右, 粘土鉱物研究法:創造社, 東京, p. 243(1985)
- 林 正雄, 地熱井コアスライムの定量的記載:日本地熱学会誌, Vol. 1, No. 2, pp. 103
~116(1979)
- Wyllie et al., Elastic wave velocities in heterogeneous and porous media :
Geophysics, Vol. 21, No. 1, pp. 41~70(1956)

第 2 章

- 片田 正人, 北上山地の白亜紀花崗岩類 VI 南部北上山地の花崗岩類, および全北上山
地の白亜紀花崗岩類の分帶区分:地調報告, No. 251, pp. 121~133(1974)
- 加納 博 秋田大学花崗岩研究グループ, 花崗岩プルトンの構造岩石学(I)一北上山
地のしづく形プルトン——:岩鉱, Vol. 73, No. 4, pp. 97~120(1978)
- 河野義礼・植田良夫, 本邦産火成岩のK-Ar dating (II), 北上山地の花崗岩類:岩鉱,
Vol. 53, pp. 143~154(1965)
- 坂下 宏, 北上山地, 遠野市東方に分布する栗橋花崗岩体について:秋田大学鉱山学部
鉱山地質学科卒論(手記)(1985)
- 浜辺修二, 釜石鉱山の地質鉱床と探査の展開:日本鉱山地質学会30周年記念「日本の鉱
床探査」第1巻, pp. 71 ~112(1981)
- 浜辺修二・桑畑和則, 釜石鉱山の探鉱, とくに関係火成岩について:鉱山地質, Vol. 27,
pp. 73~86(1977a)
- 浜辺修二・野納敏展, 岩手県釜石鉱山付近の地質構造, 鉱山地質, Vol. 26, pp. 93~104
(1976)
- 平塚博史, 岩手県釜石鉱山周辺の花崗岩類の岩石学的性質——特に蟹岳花崗岩閃綠岩に
ついて——秋田大学鉱山学部鉱山地質学科卒論(手記)(1984)

第 3 章

- 菊地宏吉 他, 日本語訳 I S R M 指針 Vol. 3 岩盤不連続面の定量的に記載法:岩の力学
連合会(1985)
- グッドマン, R. E., 不連続性岩盤の地質工学, 赤井浩一他共訳:1版, 森北出版,
東京, (1978)

林 正雄, 地熱井コアスライムの定量的記載: 日本地熱学会誌, Vol 1., No. 2, pp. 103
~116 (1979)

第4章

I. U. G. S., Subcommission on the Systematics of Igneous Rock, Plutoic rocks,
classification and nomenclature : Geotimes, Vol 18, pp. 26~30(1973)

Ishihara, S., The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks : Mining
Geol., Vol. 27, pp. 293 ~305(1977)

Oinuma et al., Triangular diagrams for surveying chemical composition of
chlorites : Jour Toyo Univ., General Education, No. 15, pp. 1~33(1972)

糟谷憲司, 岩石の物理量の相互関係および物理量による岩石の工学的分類に関する一試
案: 応用地質, Vol. 19, No. 4, p. 24(1978)

金子勝比古 他, 花崗岩の弾性率とその評価——岩盤の変形性の評価法に関する基礎的
研究 (第2報) : 日本鉱業会誌, Vol. 103, p. 14(1987)

川本肺万, 岩盤力学: 朝倉土木工学口座 (1975)

Thornton & Tuttle, Chemistry of igneous rocks I, differentiation index : Amer,
Jour. Sci., Vol. 258, pp. 664~684(1960)

動力炉・核燃料開発事業団, 釜石鉱山の既存空洞とその周辺の各種状況調査 :
P N C (1987)

土木学会編, 土木技術者のための岩盤力学 : 昭和54年版, p. 11(1987)

Birt et al., Calc-silicate mineralization in active geothermal systems : Econ.
Geol., Vol. 79, pp. 671~695(1984)

Bateman et al., The Sierra Nevada batholith, a synthesis of recent work across
the central part : U.S. Geol. Surv., Prof. Paper, 414-D, pp. 146(1963)

第5章

Garrels, R. M., Genesis of groundwater from igneous rocks : Researches in
Geochemistry, Vol. 2, pp. 405~420(1967)

卷末資料

I. 岩石鉱物略号一覧表、割れ目記載法

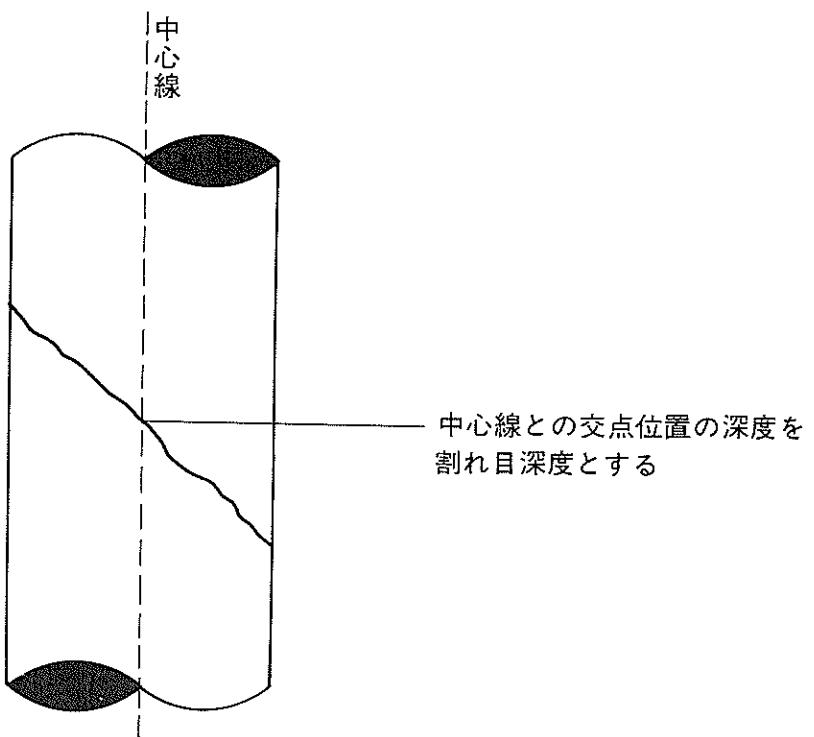
岩石鉱物略号一覧表

初生鉱物		変質鉱物		不透明鉱物		岩石	
Qz	石英	Cal	方解石	Py	黄鐵鉱	GD	花崗閃綠岩
Kf	カリ長石	Ep	緑レン石	He	赤鐵鉱	Di	閃綠岩
Or	正長石	Act	アクチノ角閃石	Mt	磁鐵鉱	Ap	アプライト
Pl	斜長石	Pre	ブドウ石	Ilm	チタン鉄鉱	Lp	ランプロファイア-
Ab	曹長石	L	濁沸石	Cp	黄銅鉱		
Hd	普通角閃石	St	束沸石	OPQ	不透明鉱物		
Bt	黒雲母	Se	絹雲母				
Apt	磷灰石	Chl	緑泥石				
Tour	電気石	Chl/Mo	緑泥石／モソモリロナイト				
Zr	ジルコン		混合層鉱物				
Sph	クサビ石	Mo	モソモリロナイト				
Dp	透輝石	Cl	粘土鉱物				
Hd	灰鐵輝石						
En	頑火輝石						
Fs	フェロシライト						
Fo	フォルステライト						
Fa	ファヤライト						

書
れ
目
記
載
法

割れ目記載法

1) 割れ目深度



2) 割れ目のタイプ

O F……開口割れ目

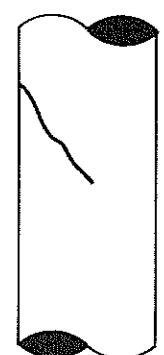
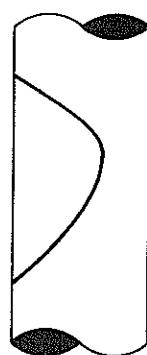
C F……閉鎖割れ目

3) 割れ目の連続性

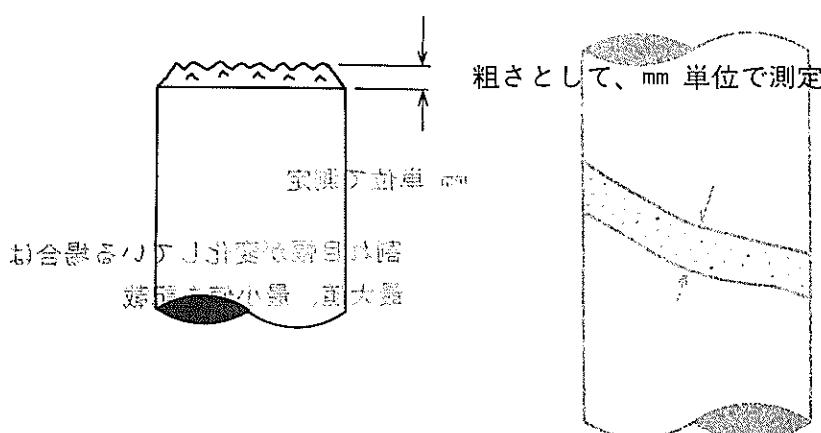
C……連 続



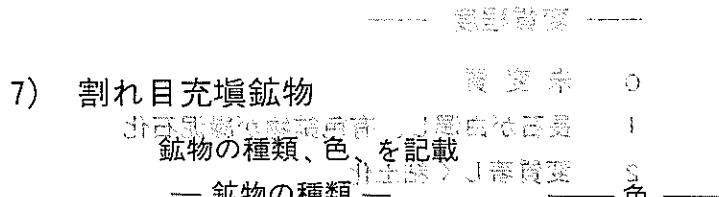
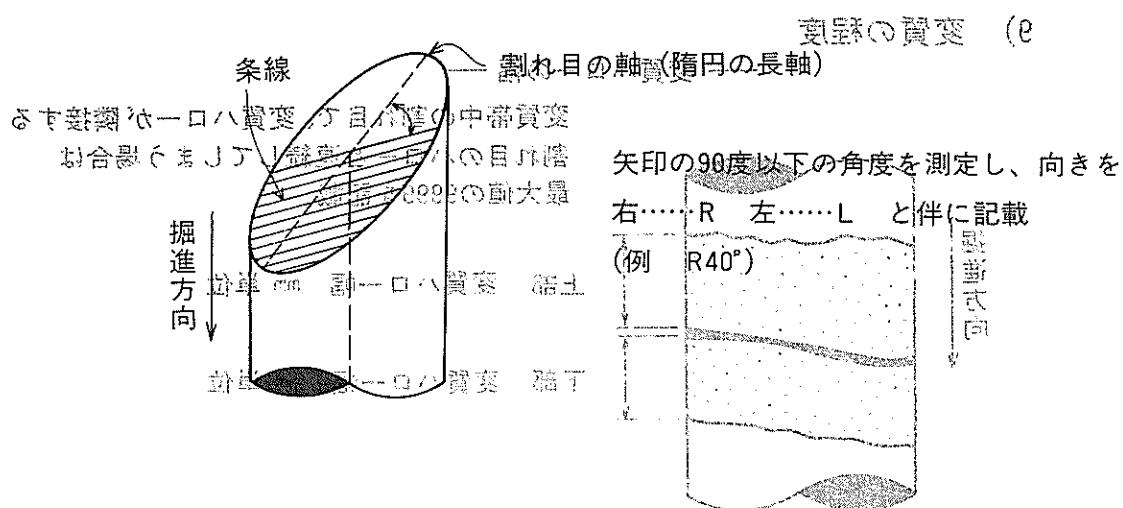
D……不 連 続



5) 割れ目表面構造

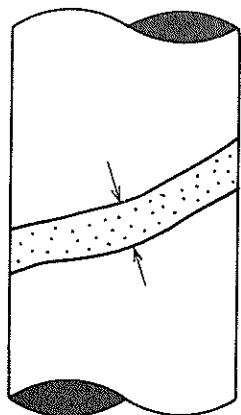


6) 条線の有無とその角度



鉱物の種類	色
Ep	緑レン石
Cal	方解石
Chl	緑泥石
Zeo	沸石
Qz	石英
Pre	ブドウ石
Cl	粘土鉱物
Dg	濃緑色
Yg	黄緑色
G	緑色
P	ピンク色
W	白色
W	白色

8) 割れ目幅

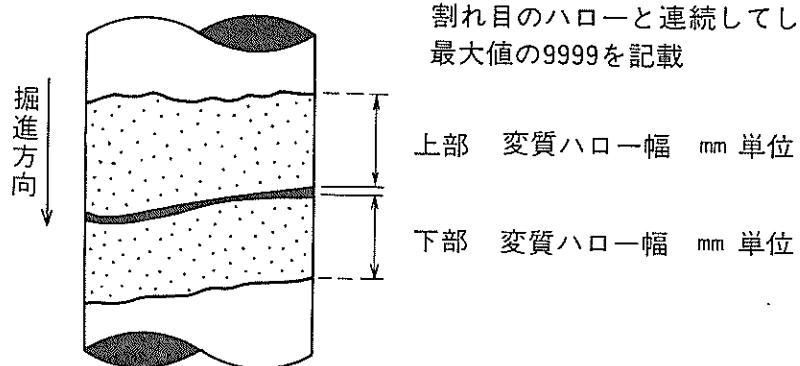


mm 単位で測定

割れ目幅が変化している場合は
最大値、最小値を記載

9) 変質の程度

— 変質ハローの幅 —



変質帯中の割れ目で、変質ハローが隣接する
割れ目のハローと連続してしまう場合は
最大値の9999を記載

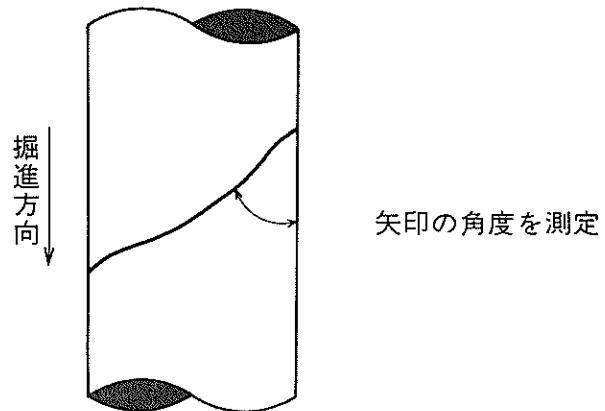
— 変質程度 —

- 0 未変質
- 1 長石が白濁し、有色鉱物が緑泥石化
- 2 変質著しく粘土化

— 色 —

- Dg……濃緑色
- G……緑色
- P……ピンク色
- W……白色

10) 割れ目の角度

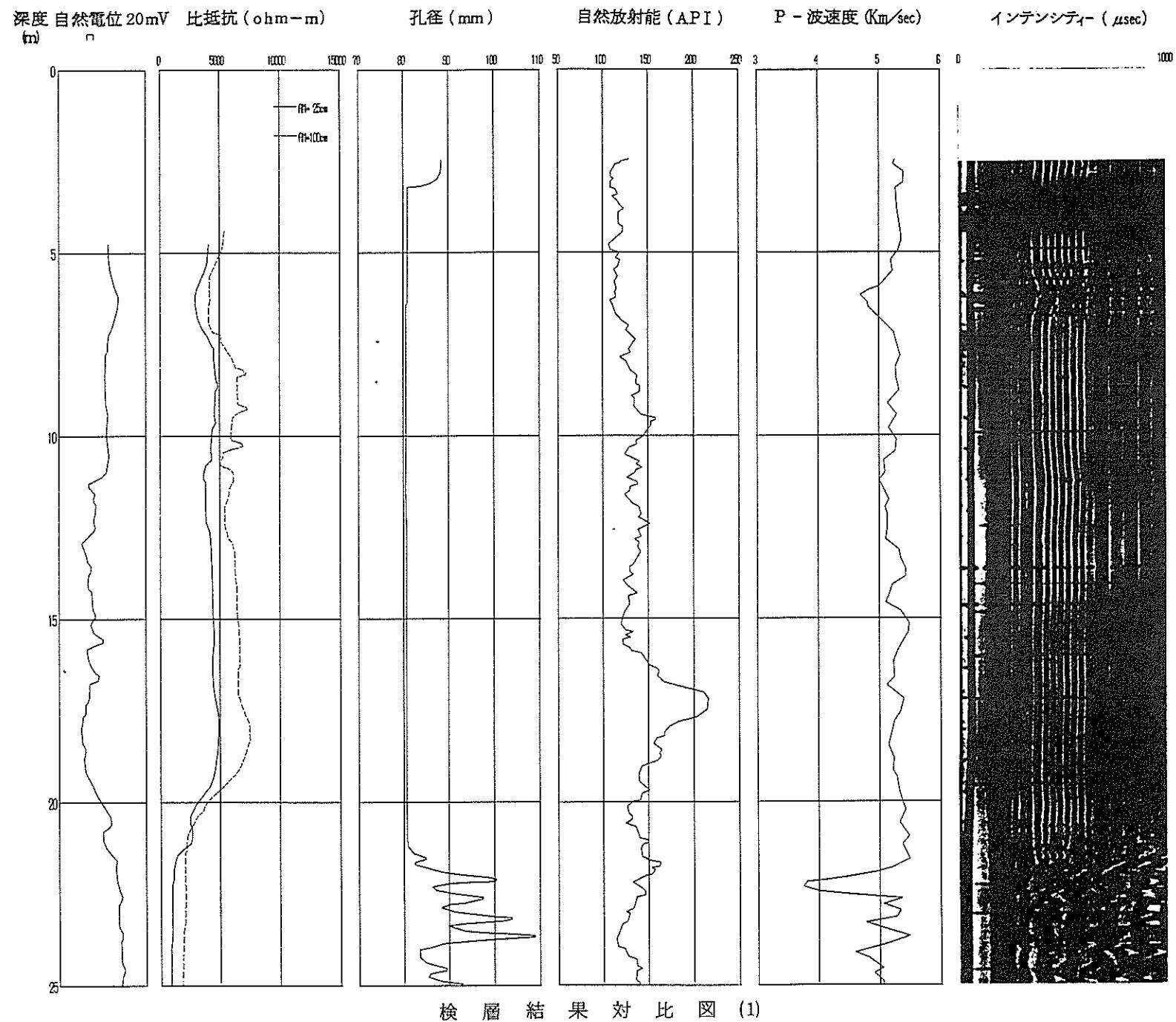


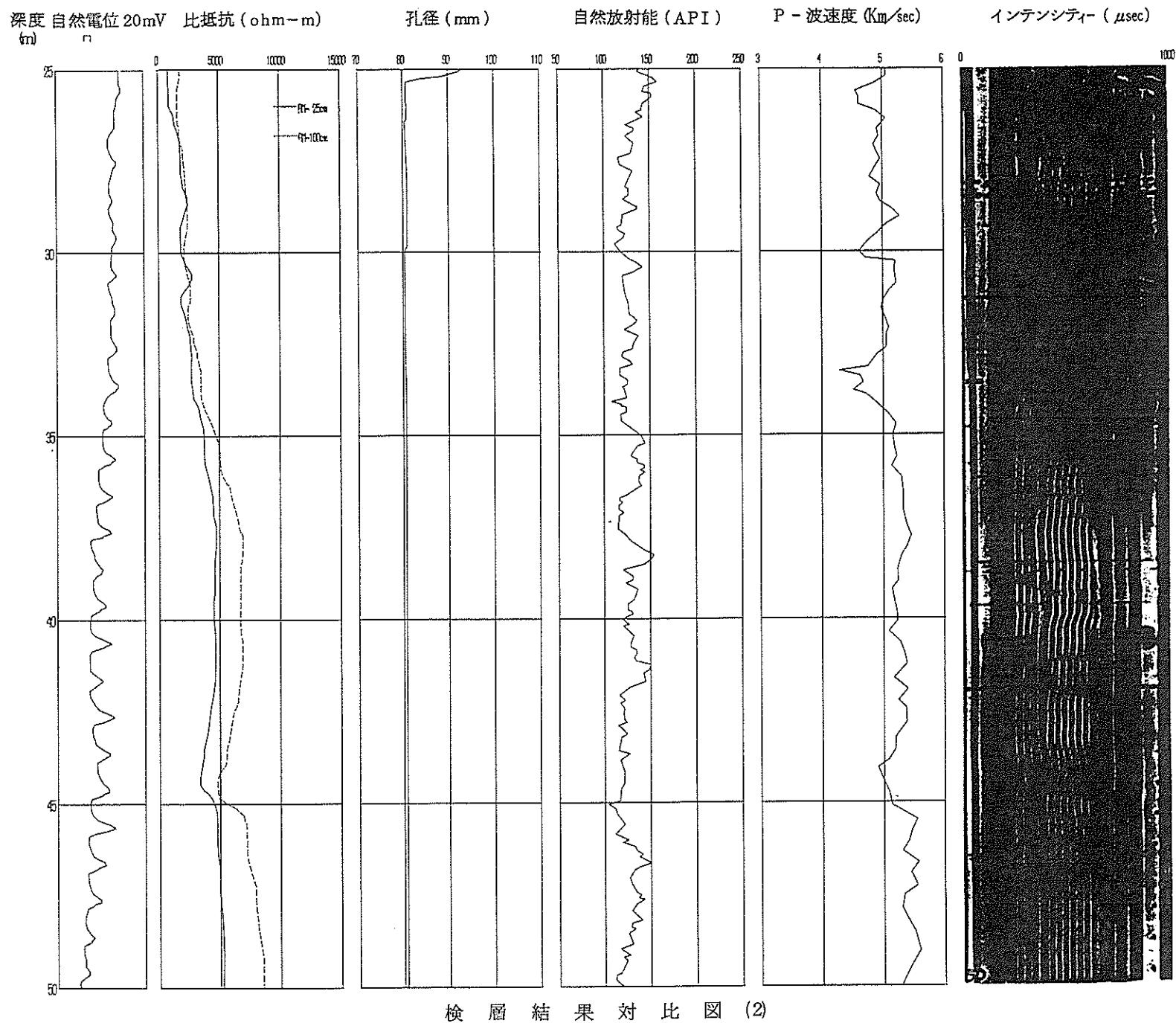
割れ目パターン

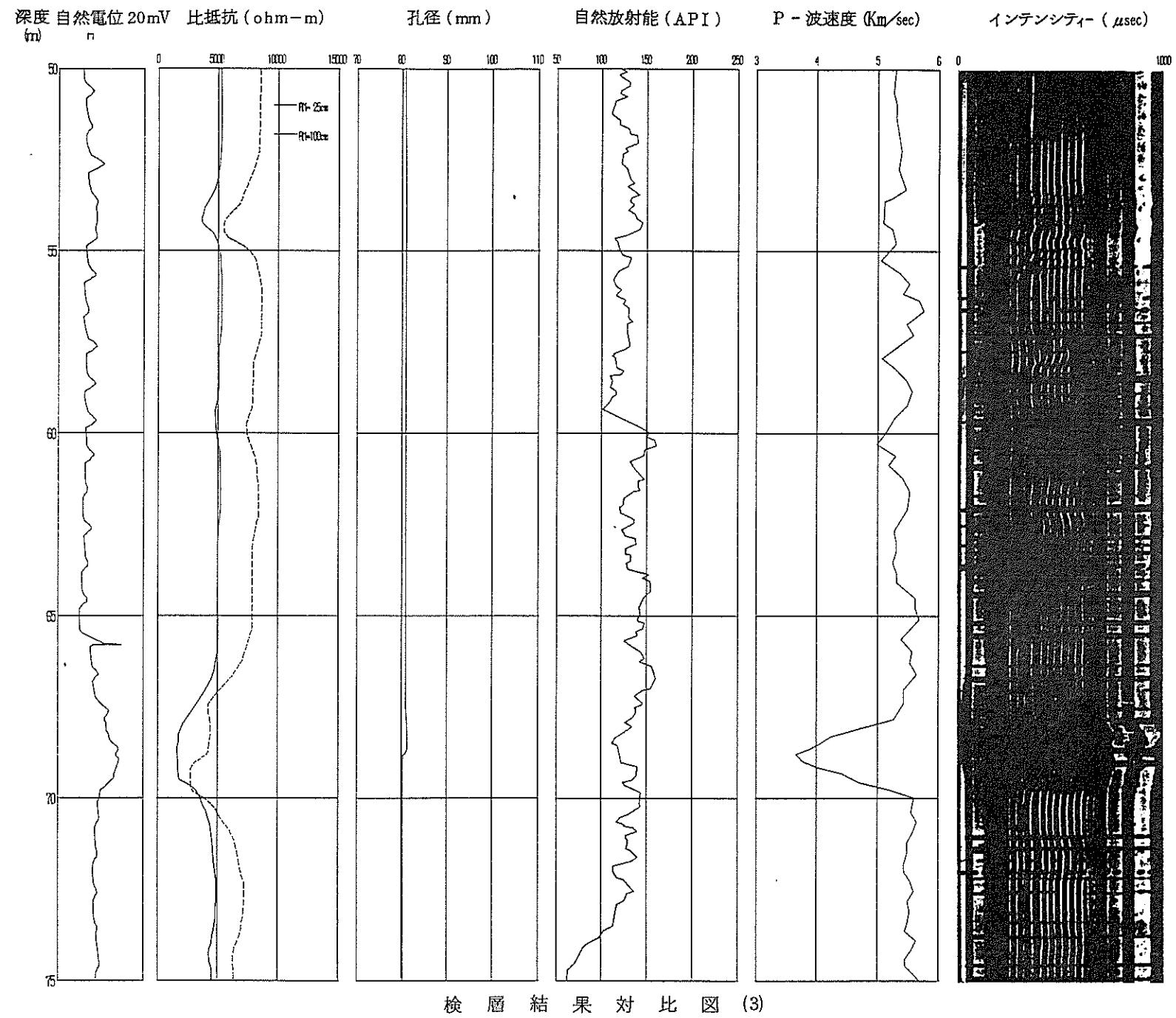
基本パターン	パターン				
	毛状割れ目を伴わないパターン	短い毛状の割れ目を伴うパターン	長い毛状の割れ目を伴うパターン	平行な割れ目パターン	不連続な割れ目パターン
P (Planar)	Pm	Pi	Pj	Pp	Pd
C (Curved)	Cm	Ci	Cj	Cp	Cd
I (Irregular)	Im	Ii	Ij	—	—
D (Curved and Irregular)	Dm	—	—	—	—
S (Stepped)	Sm	Si	Sj	—	Sd

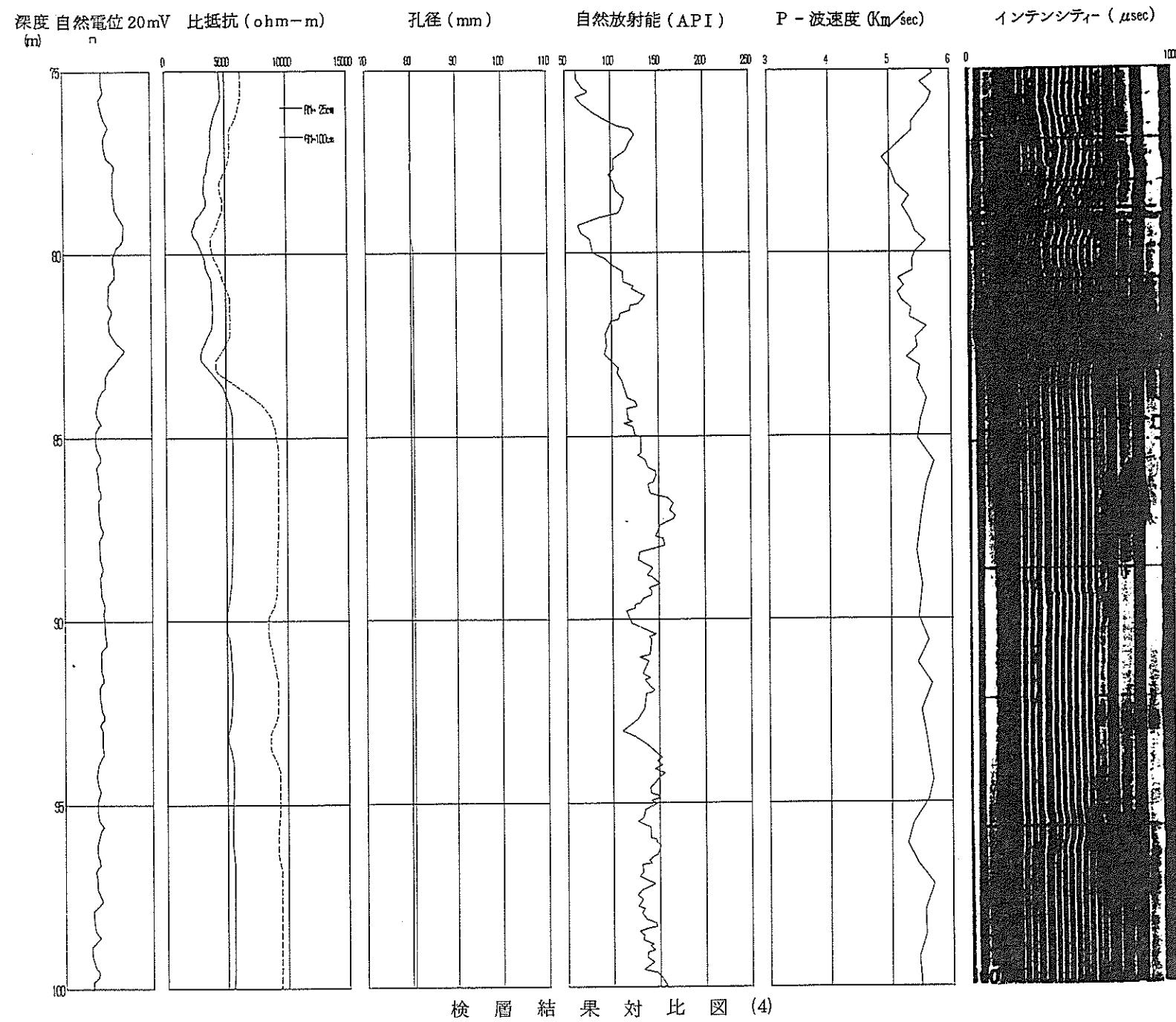
— は、今回の調査では認められなかったパターン
 この割れ目パターンは、この試験のために、AECLに準拠して日鉄鉱業で作成した。

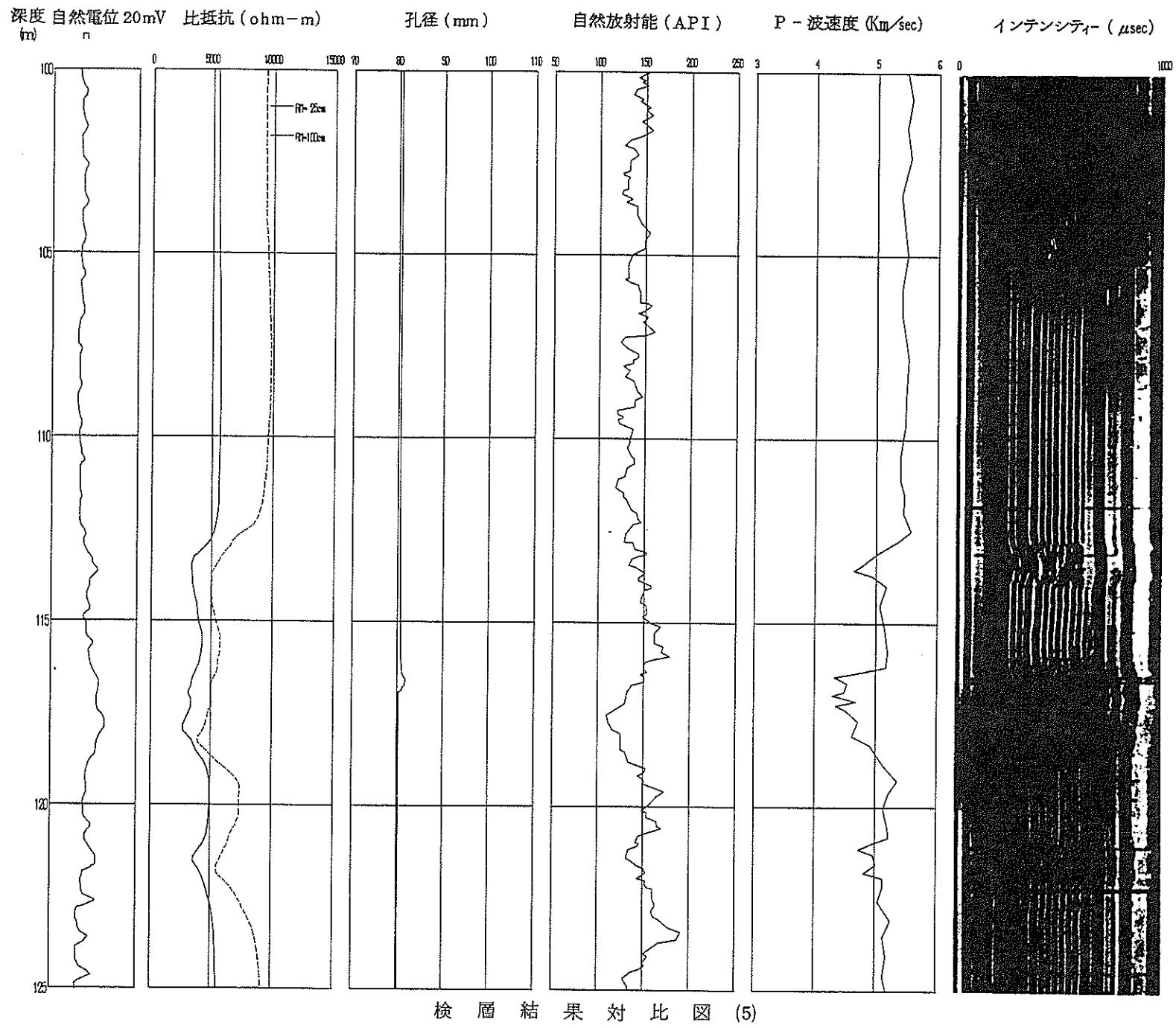
II. 孔内検層結果対比図

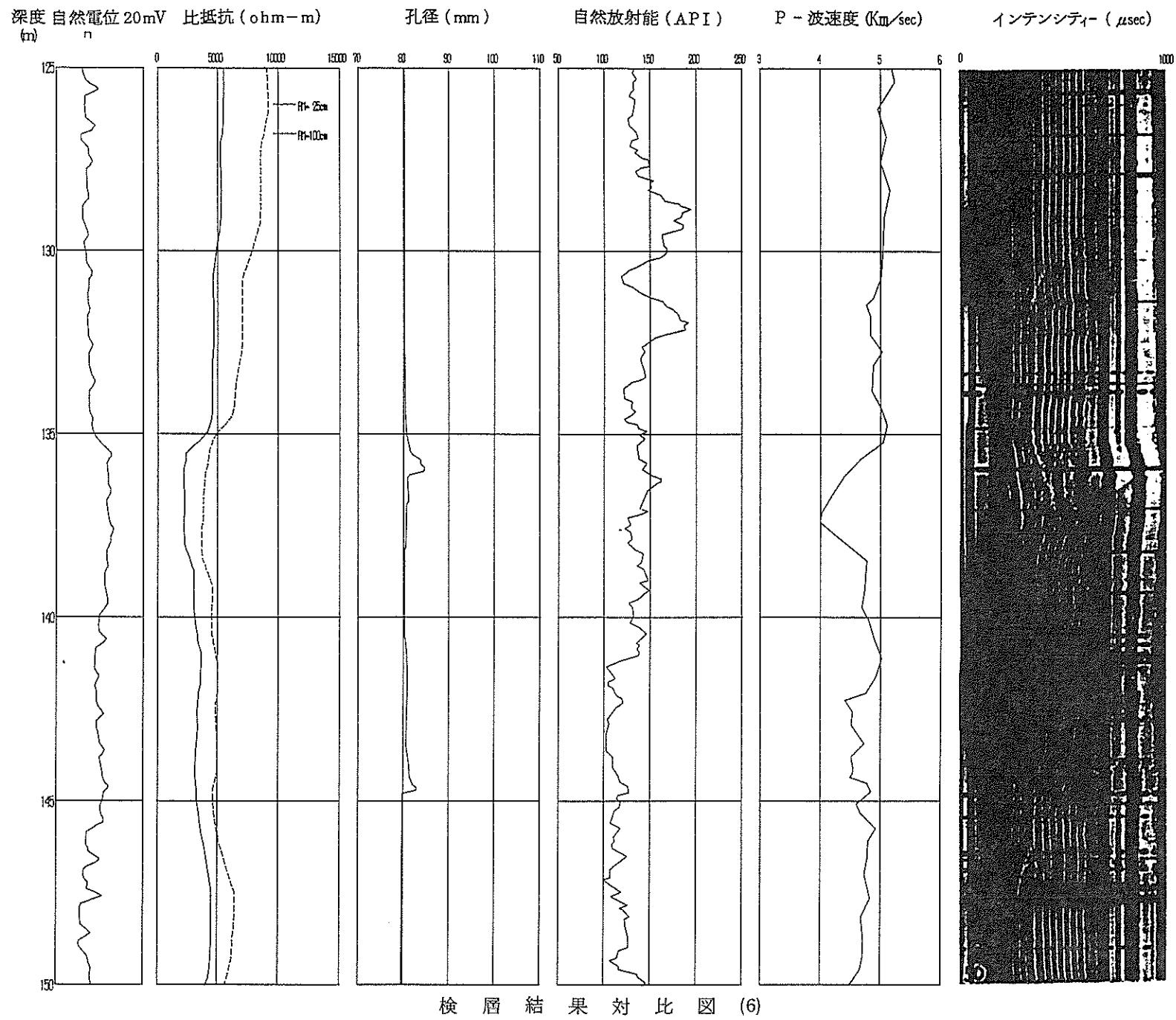


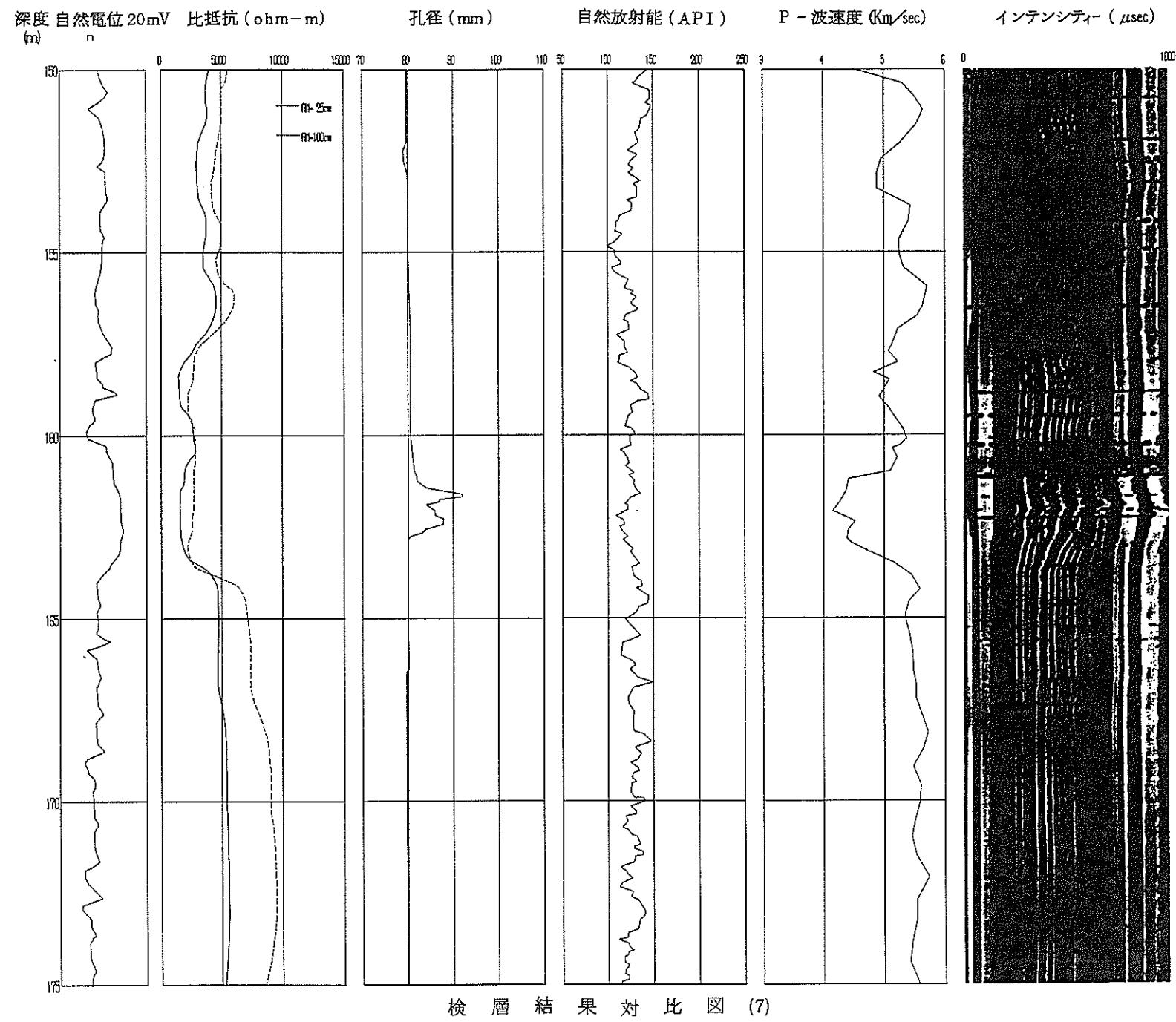


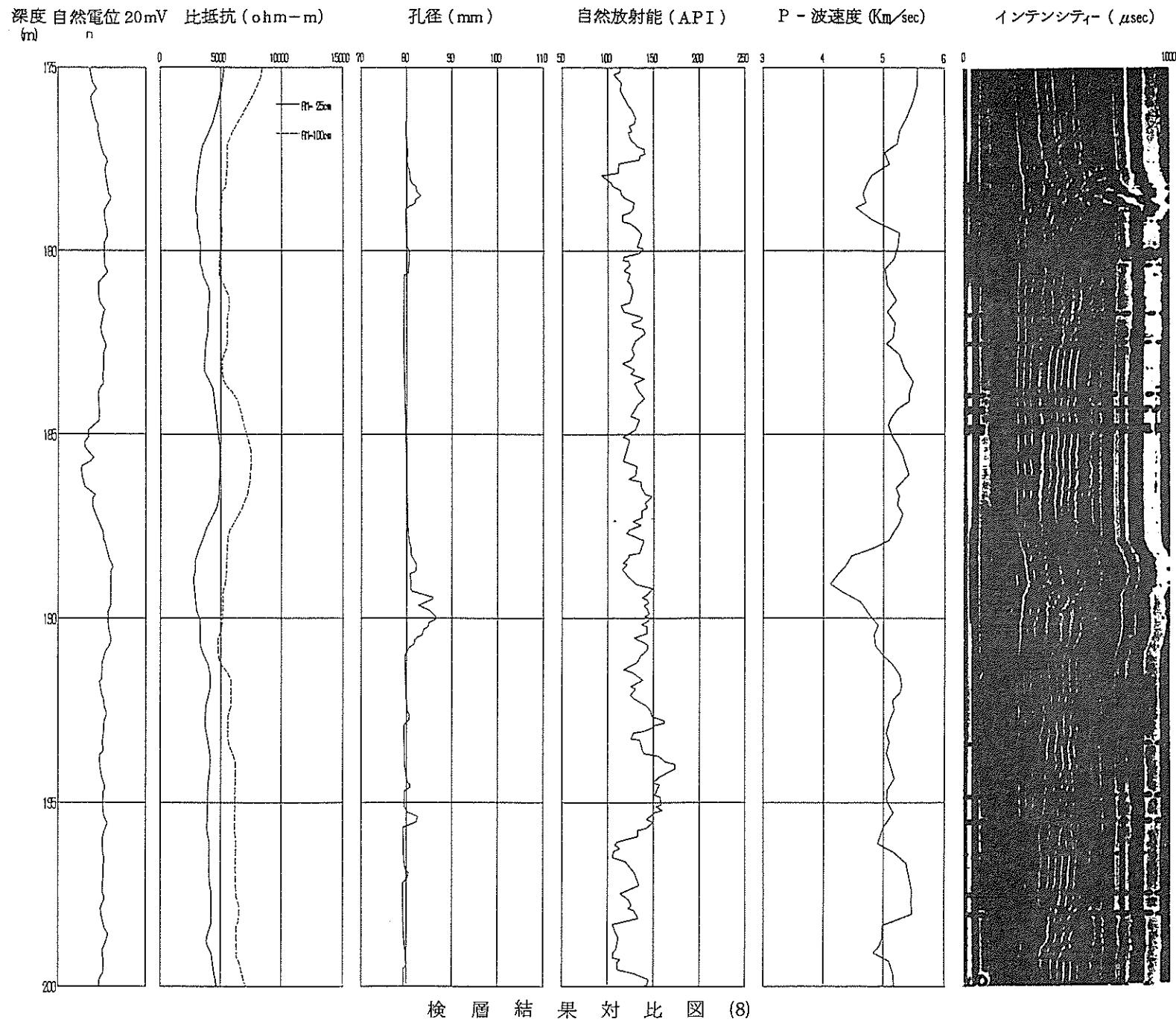


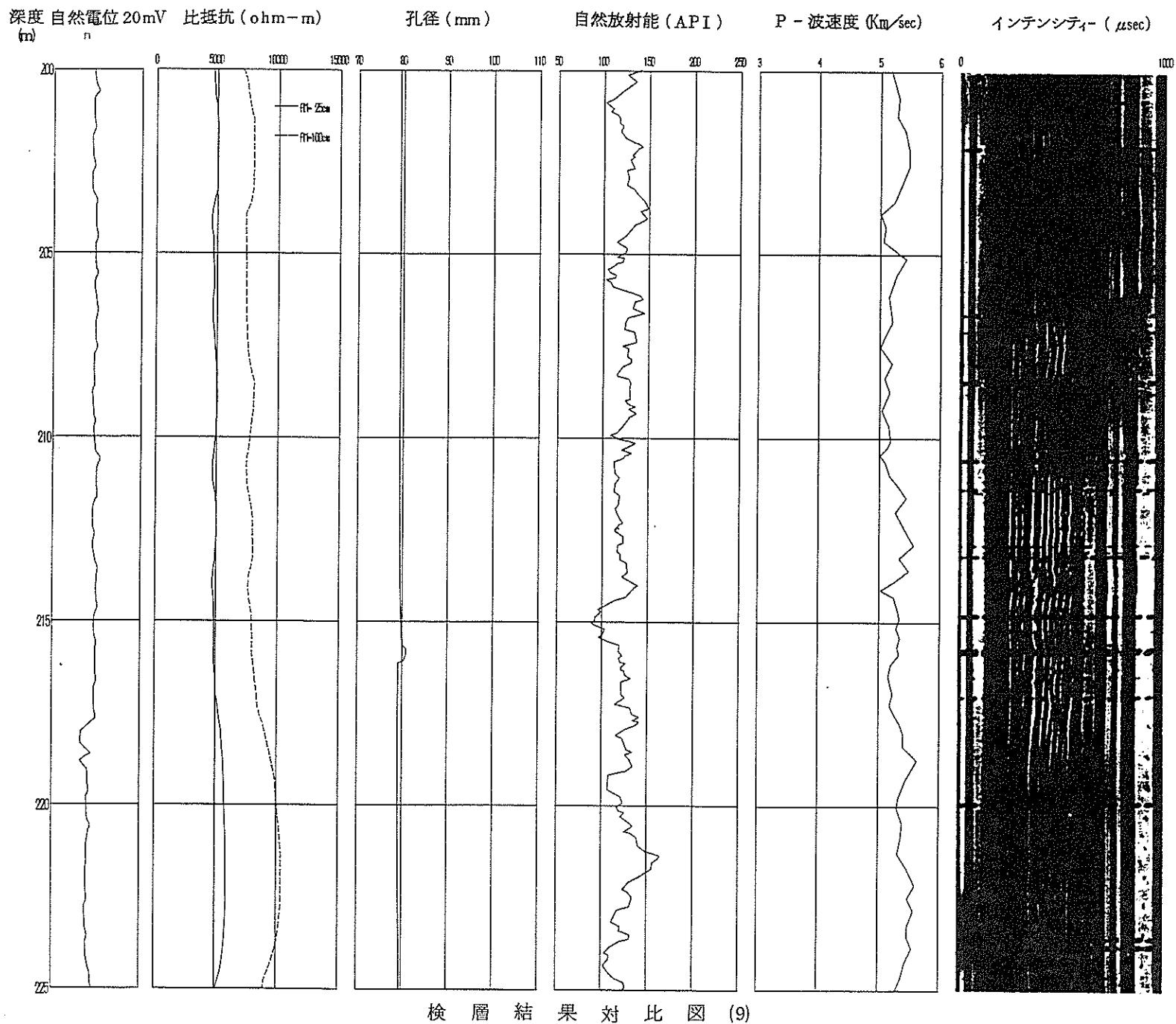


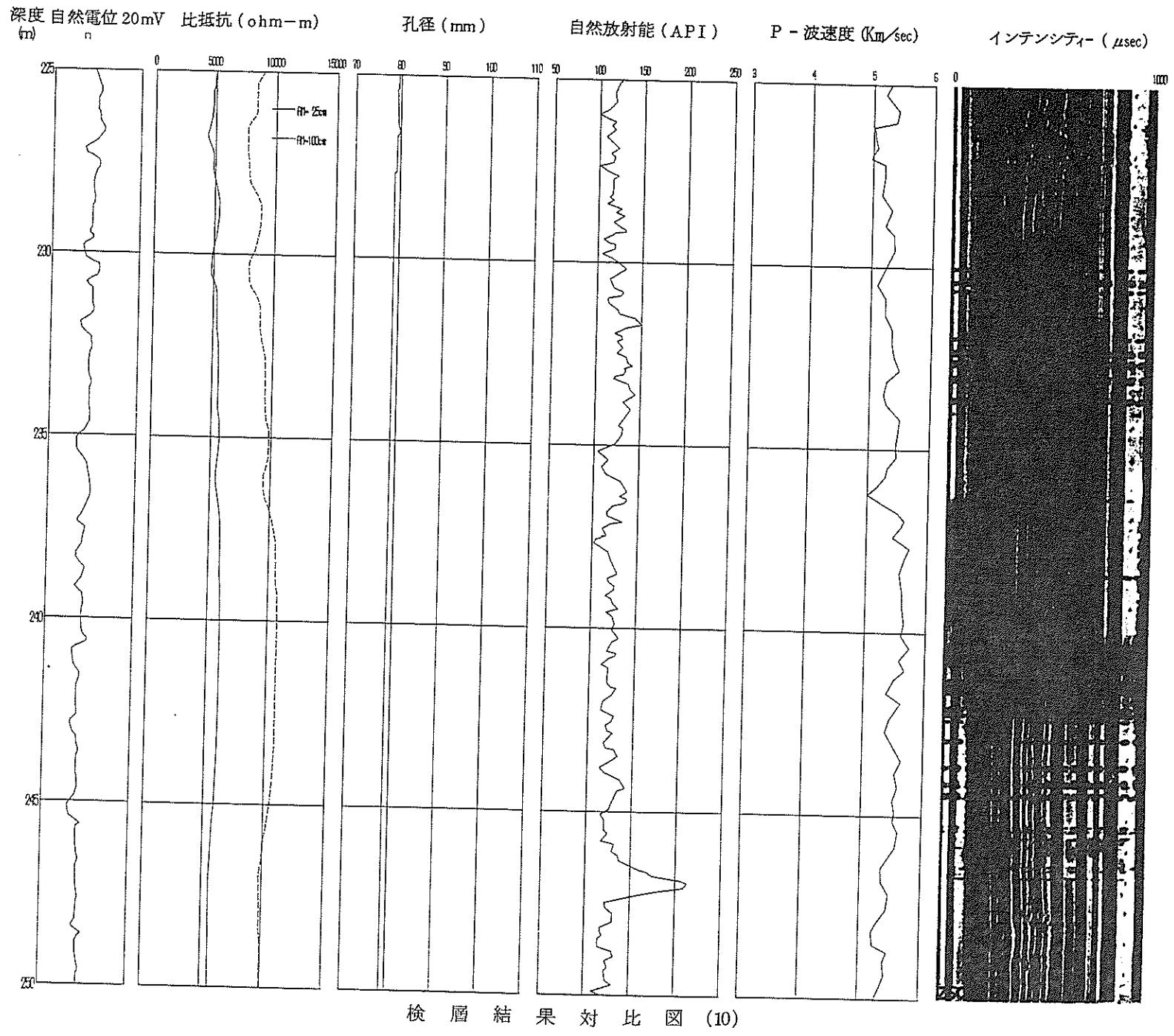


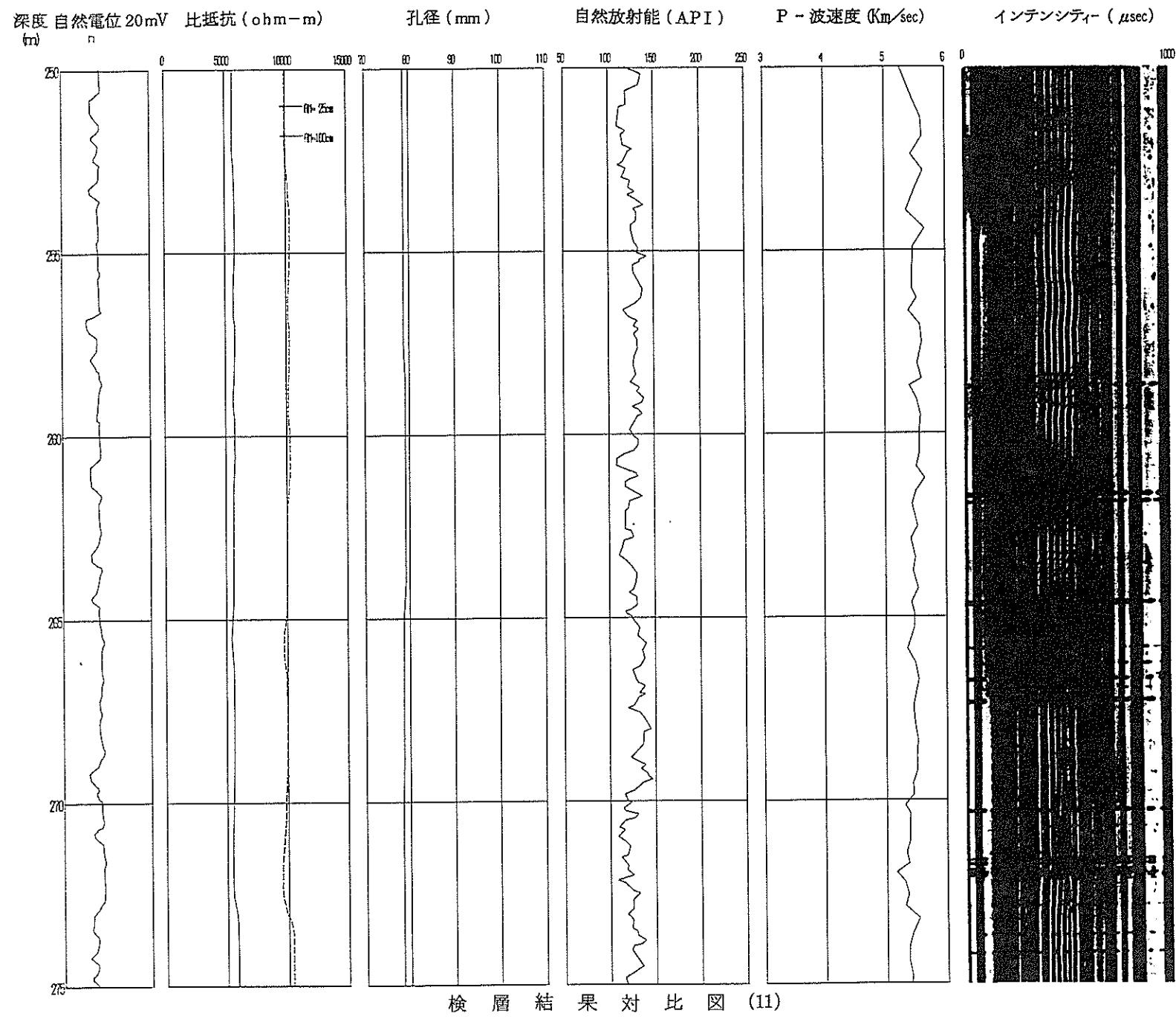




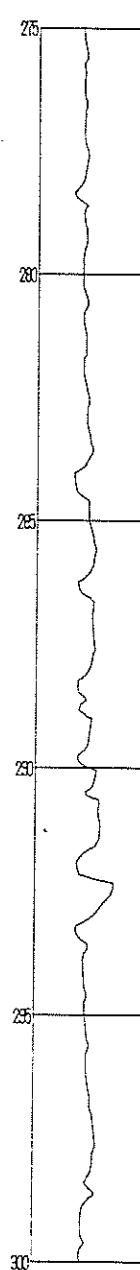




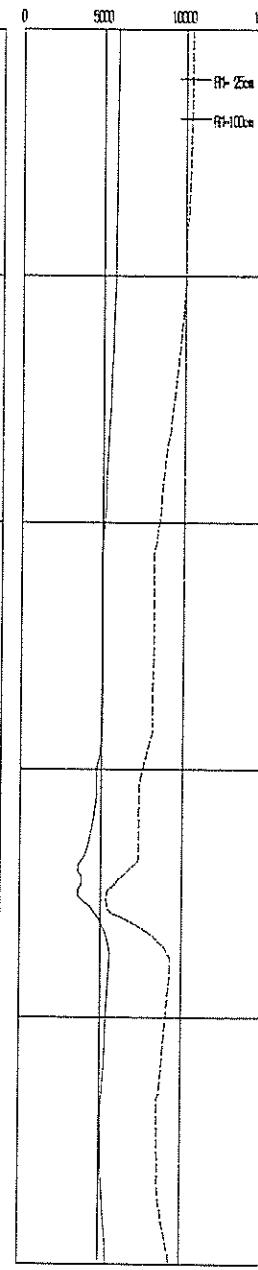




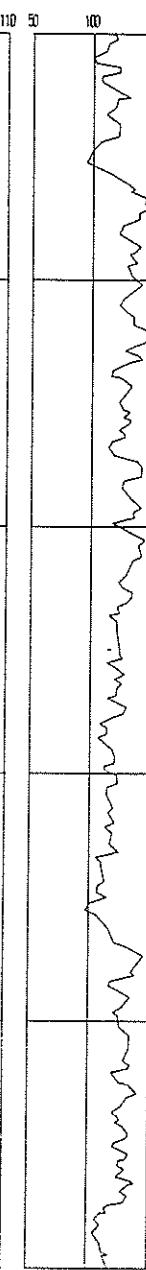
深度 自然電位 20mV 比抵抗 ($\text{ohm}\cdot\text{m}$)
(m)



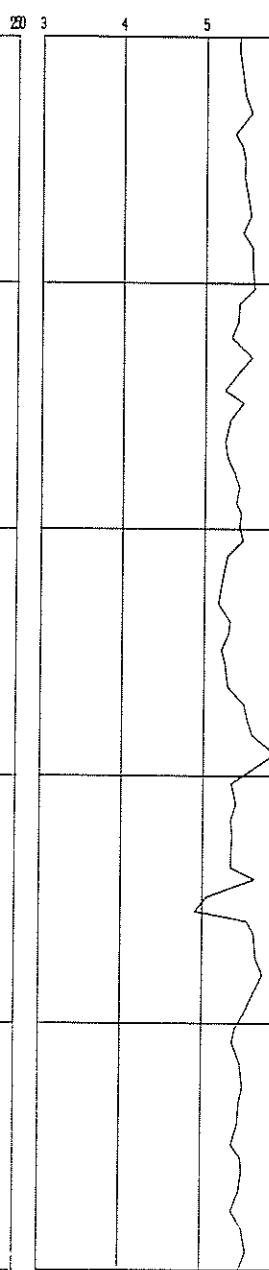
孔径 (mm)



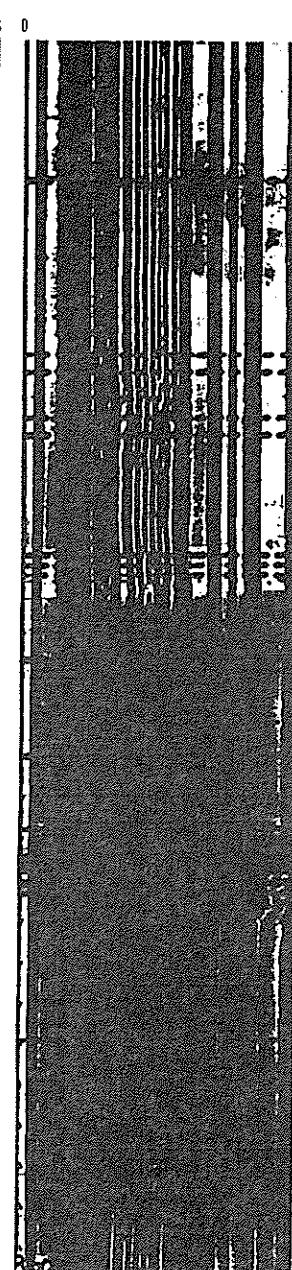
自然放射能 (API)



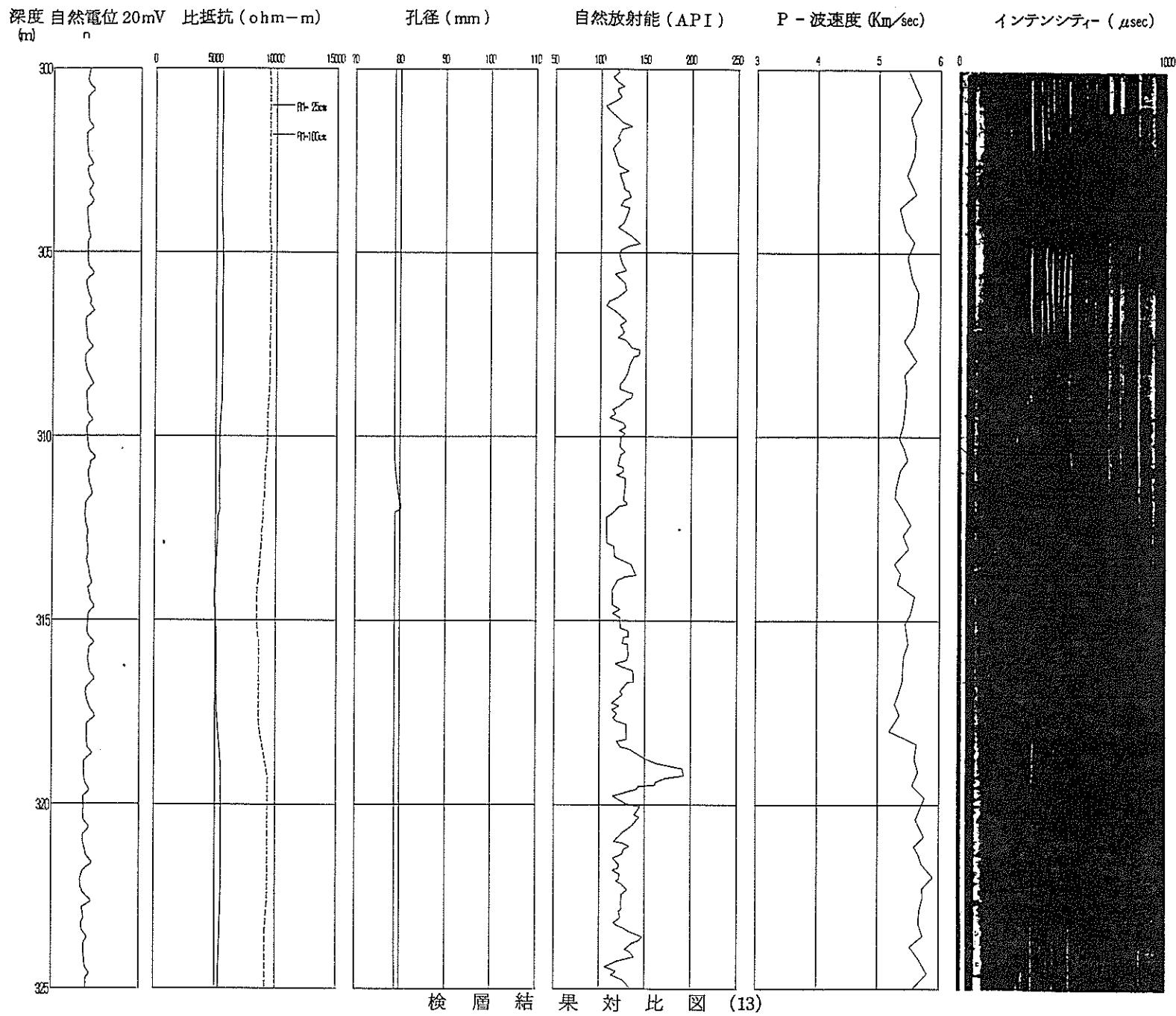
P - 波速度 (Km/sec)

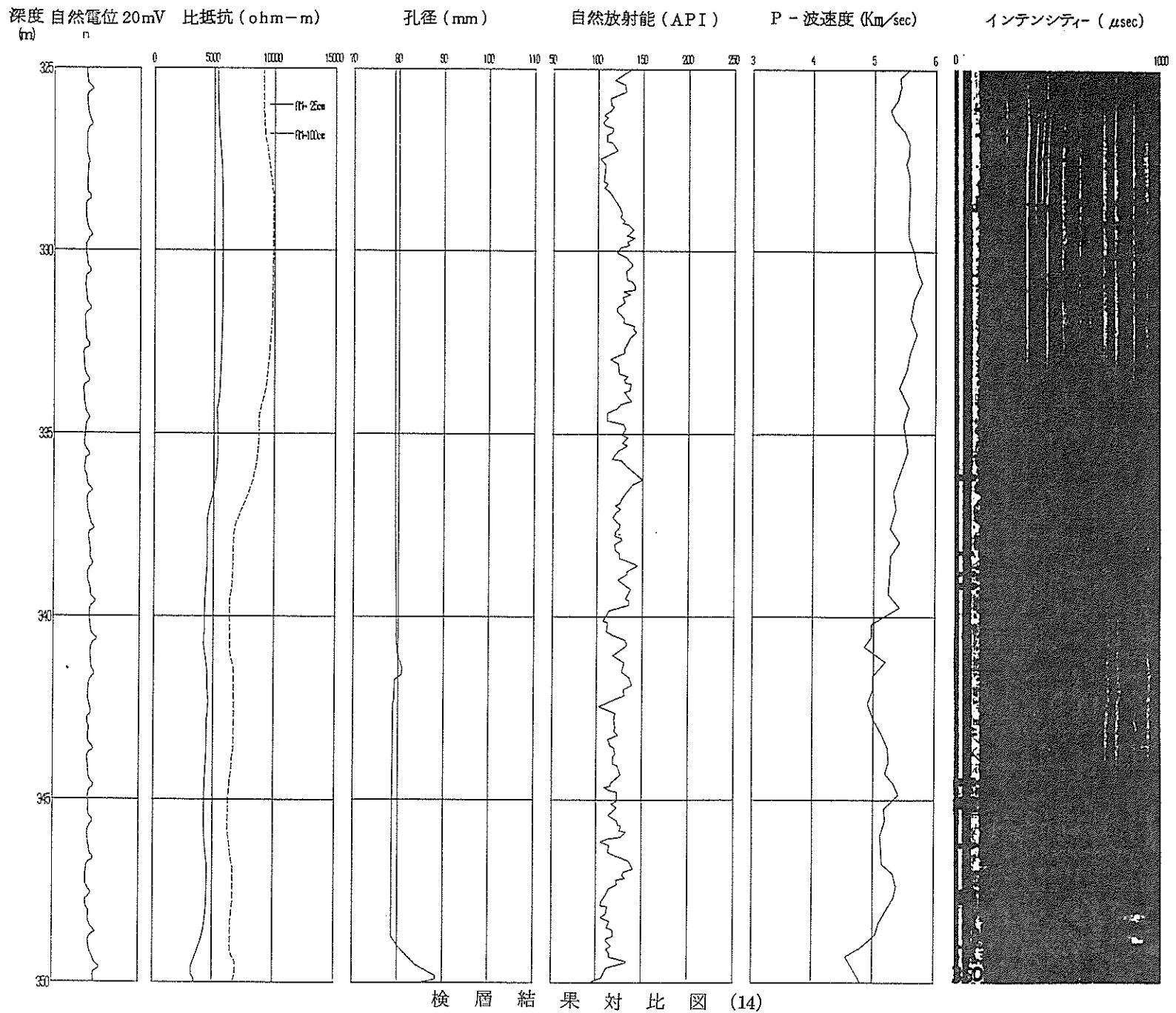


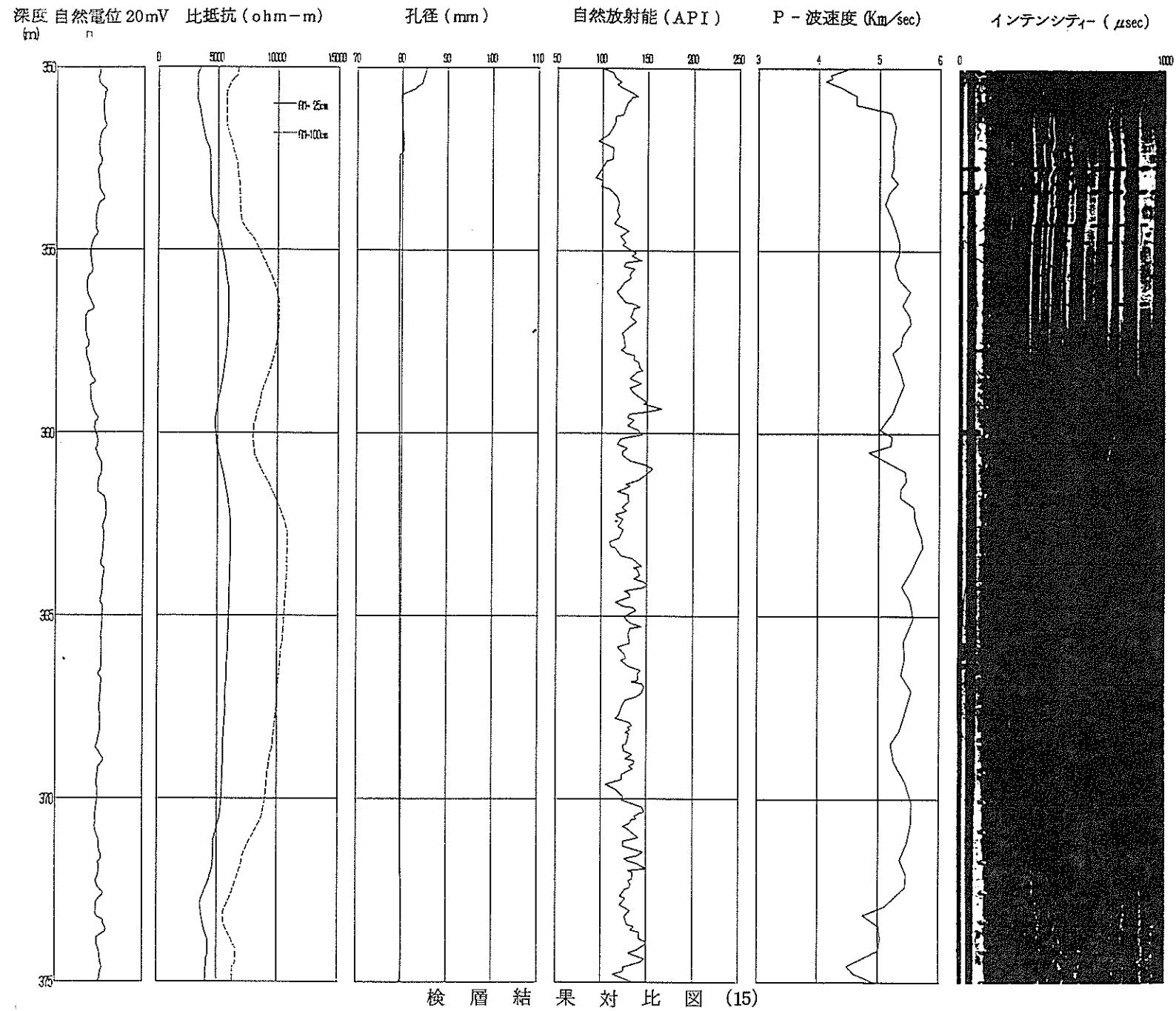
インテンシティ (μsec)

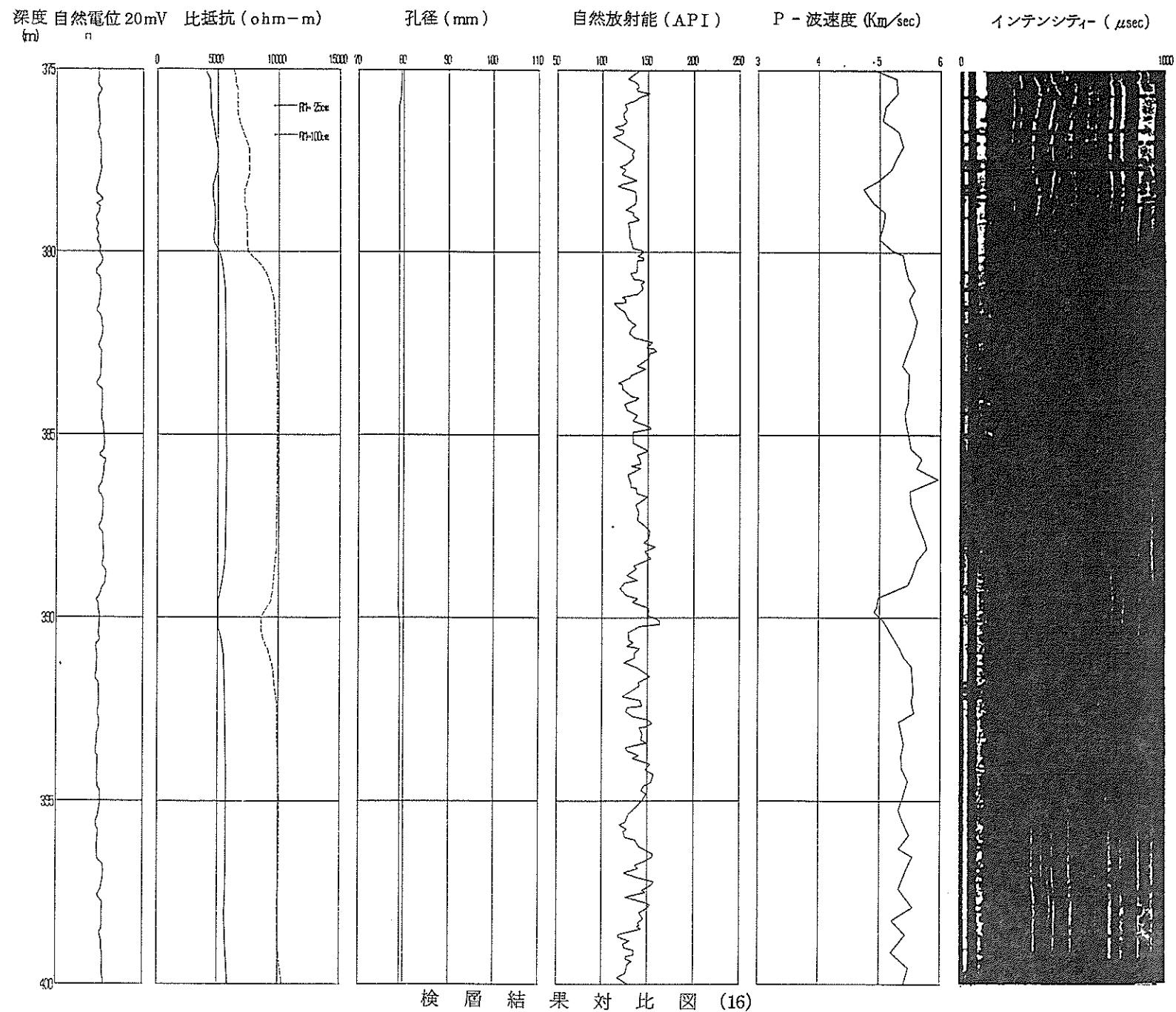


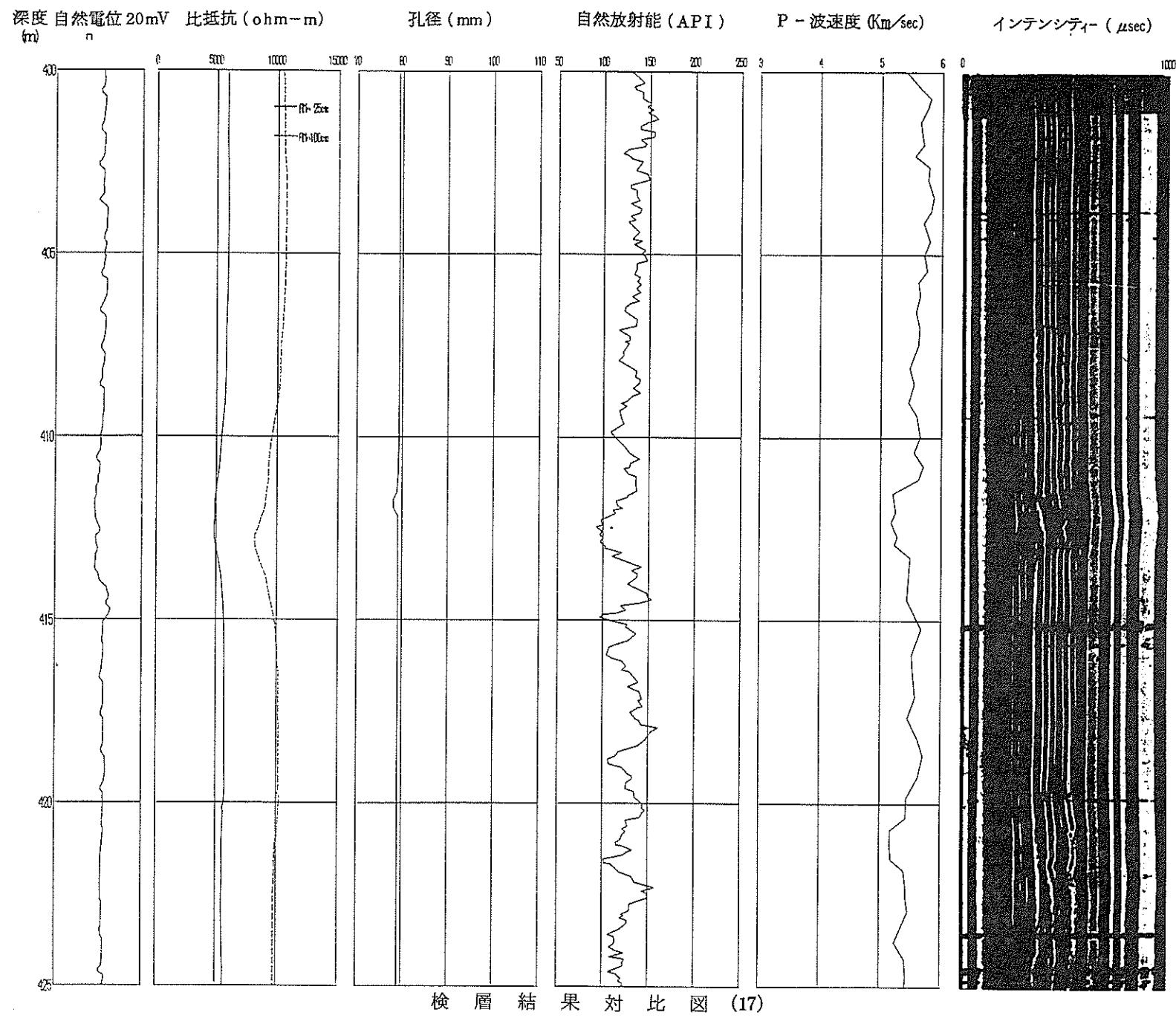
検層結果 対比図 (12)

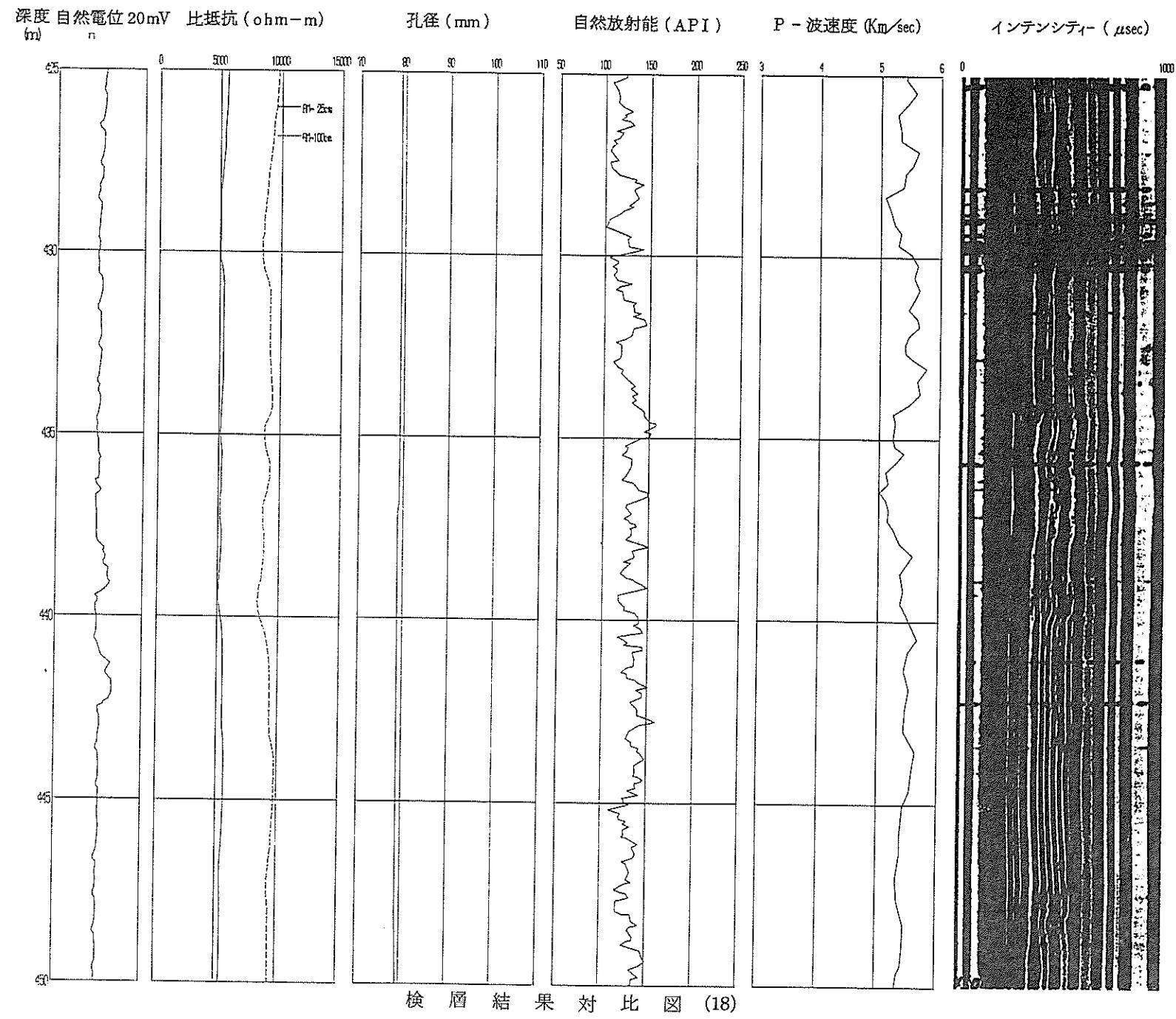


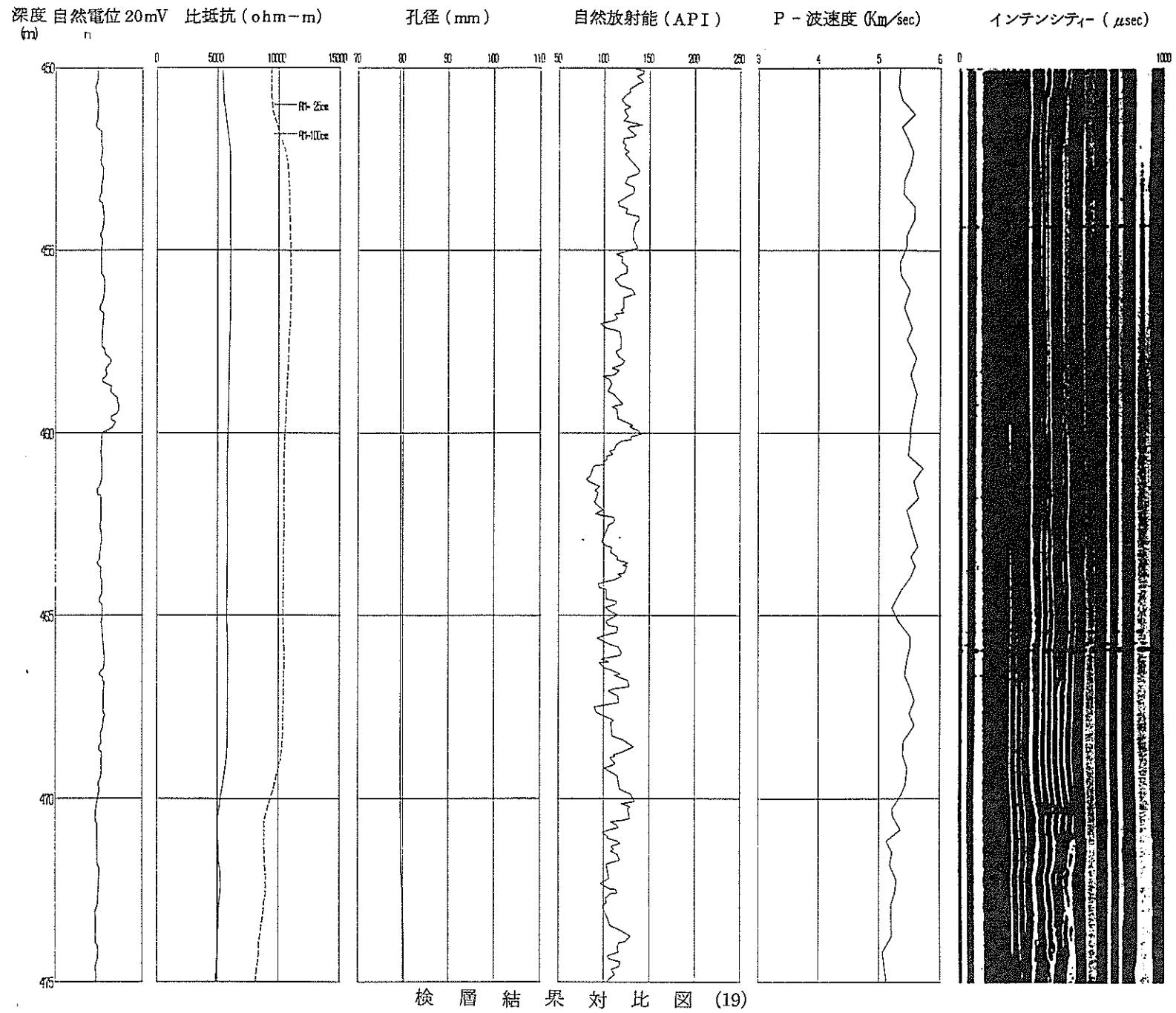


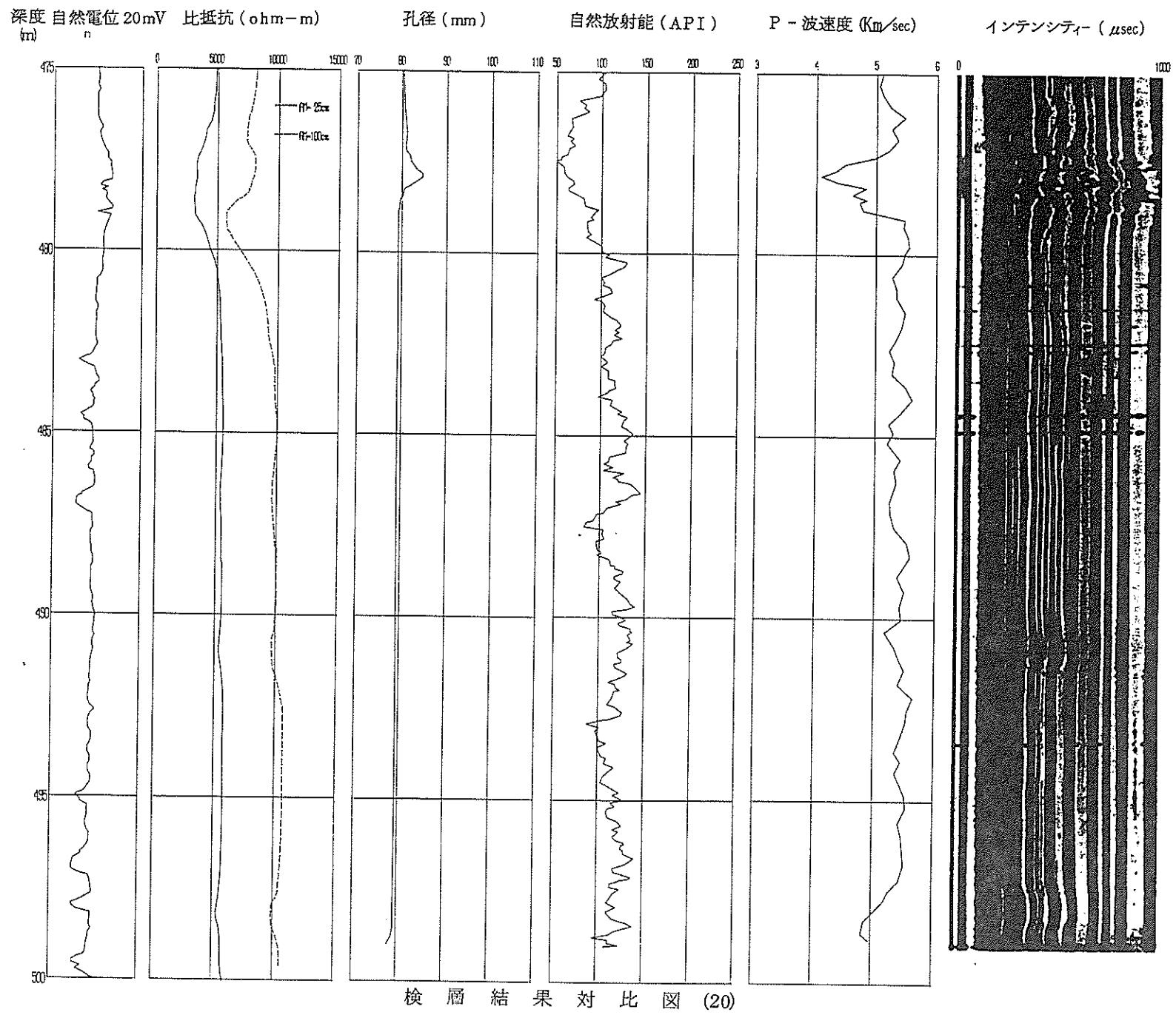




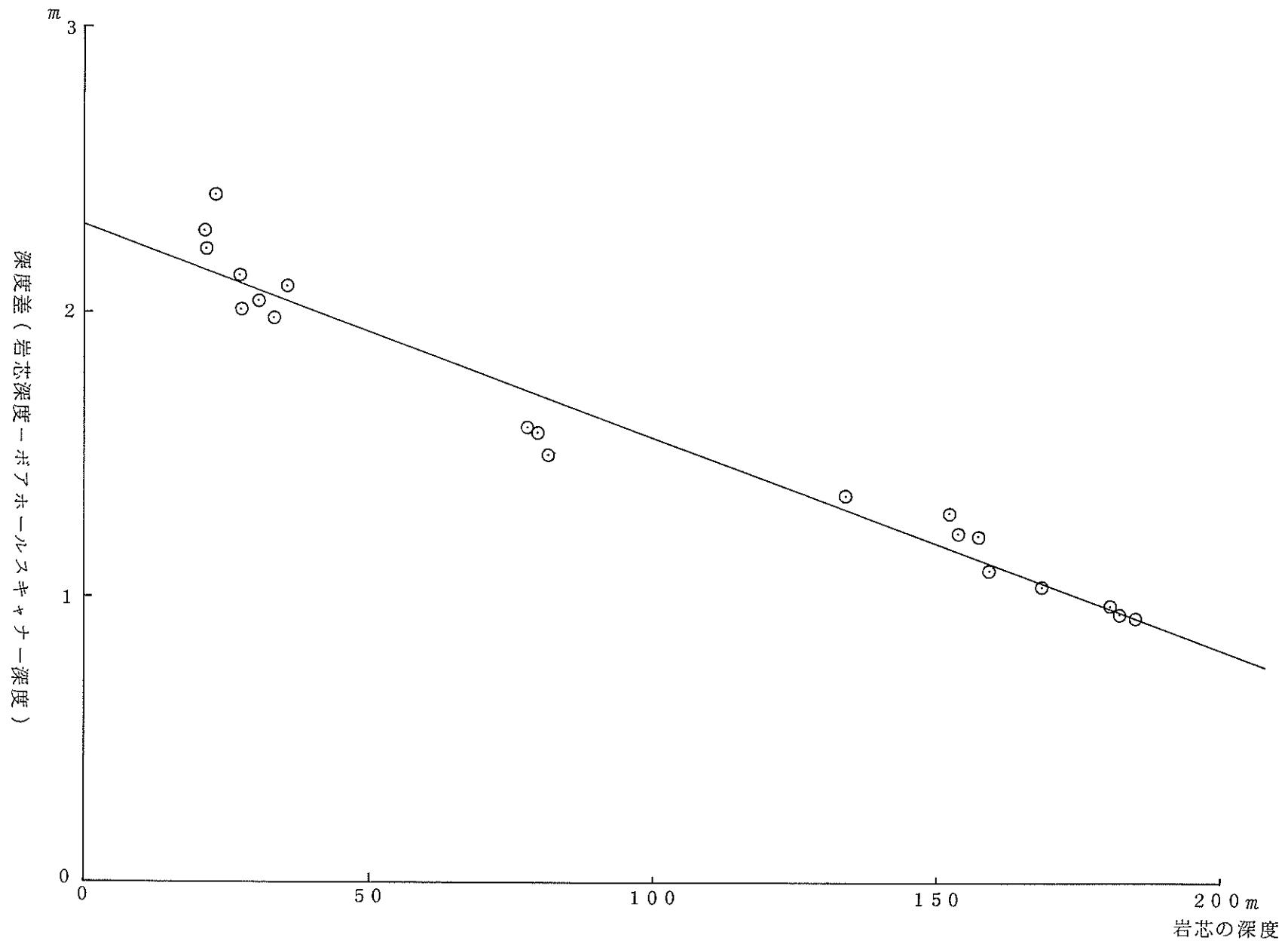








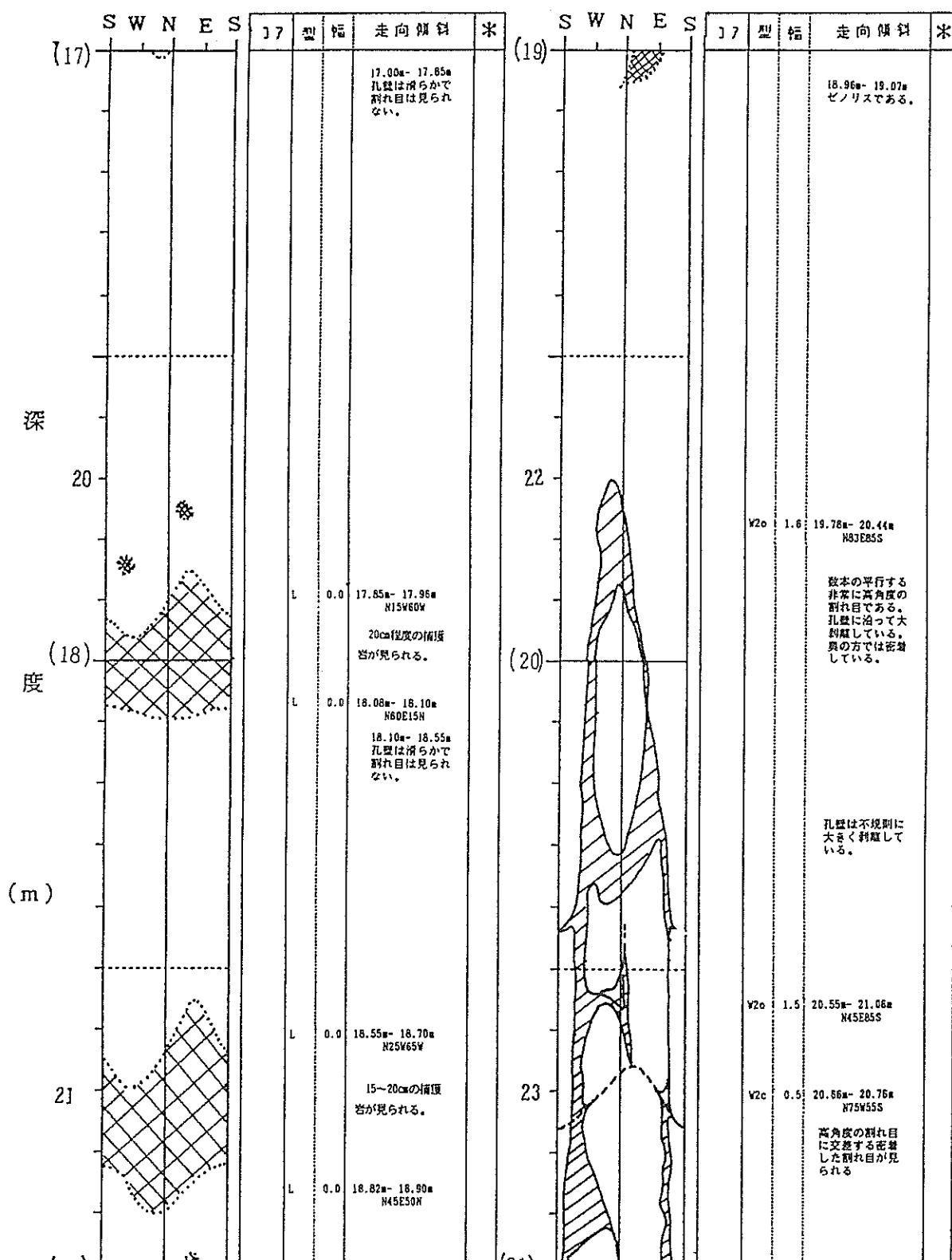
III. ボアホールスキャナー孔内観測図



岩芯深度とボアホールスキャナー深度の深度差変化図

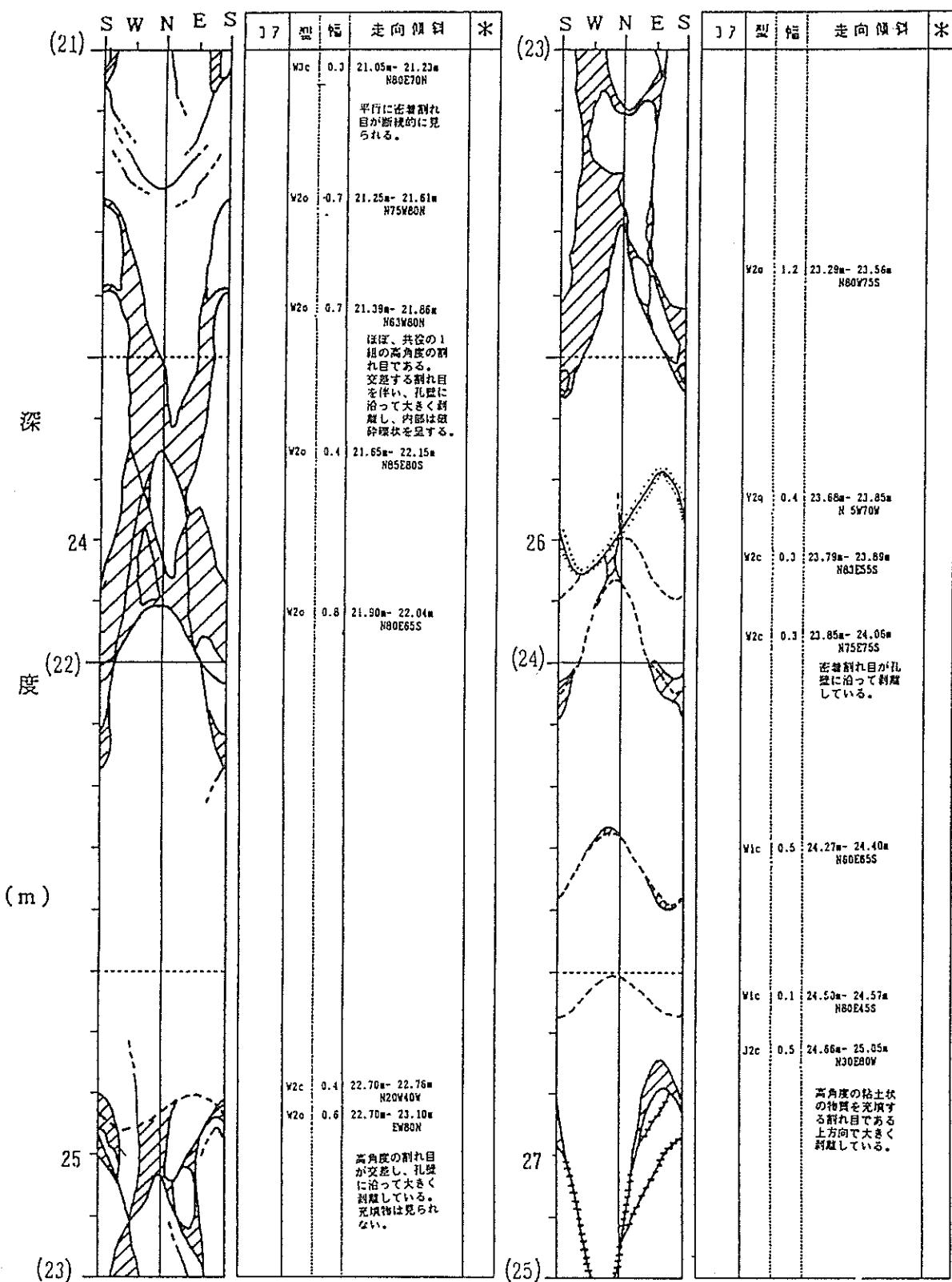
割れ目種別区分		
密着割れ目	Wc	
表面波紋を伴う割れ目（奥で密着）	Wf	
開口割れ目	Wo	
破碎部（境界面）	Wb	
粘土鉱物を伴う割れ目	Jo	
白色鉱物の細脈	Vq	
有色鉱物の細脈	Ve	
層理面・岩相境界面	L	

割れ目形状区分		
1	単独で観察される割れ目	
2	派生割れ目を伴う割れ目	
3	平行する多数の断続割れ目から成る割れ目	
4	周期性の無い割れ目	



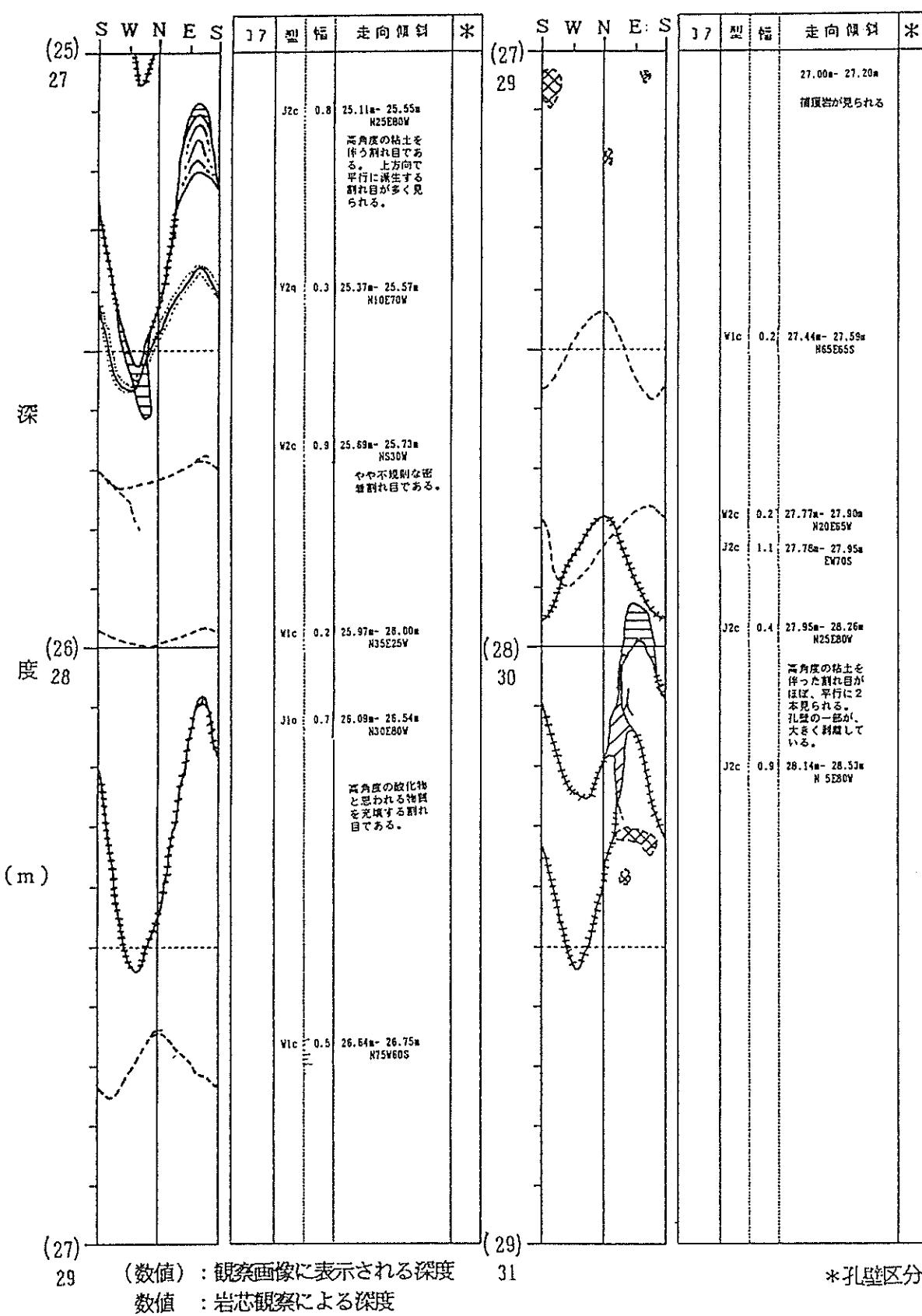
(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

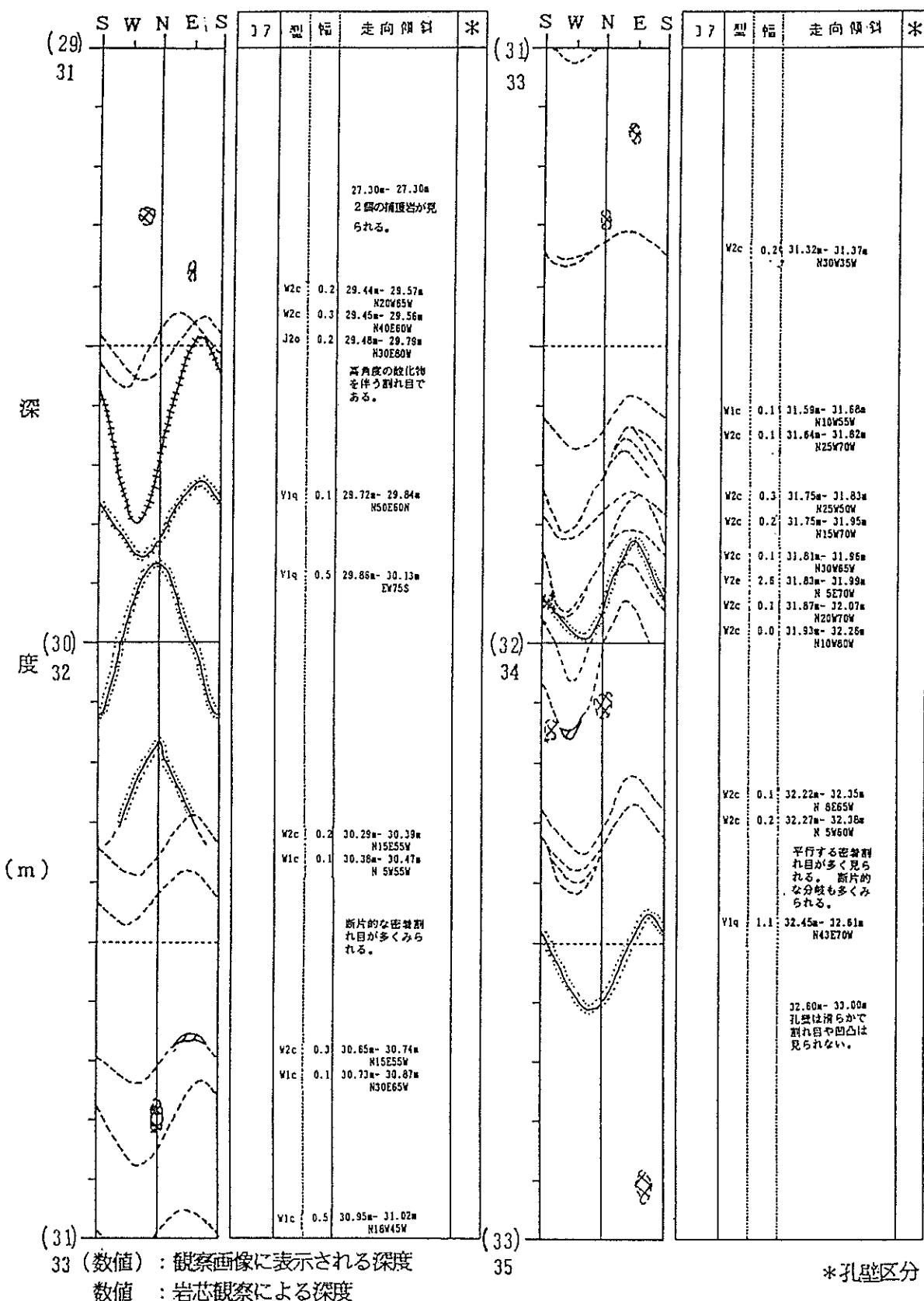
孔內觀測圖(1)



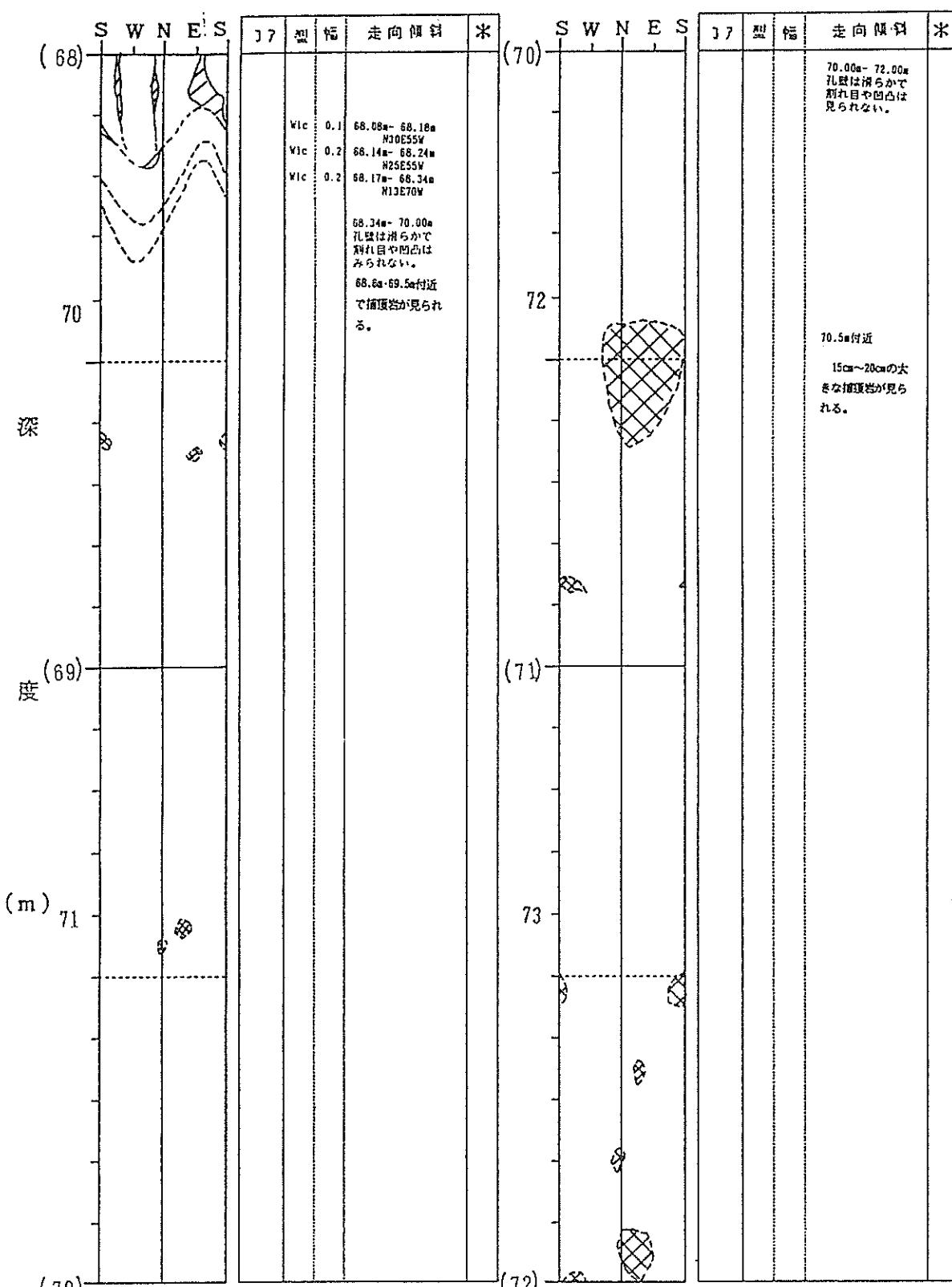
(数値) : 観察画像に表示される深度 * 孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

孔 内 観 測 図 (2)

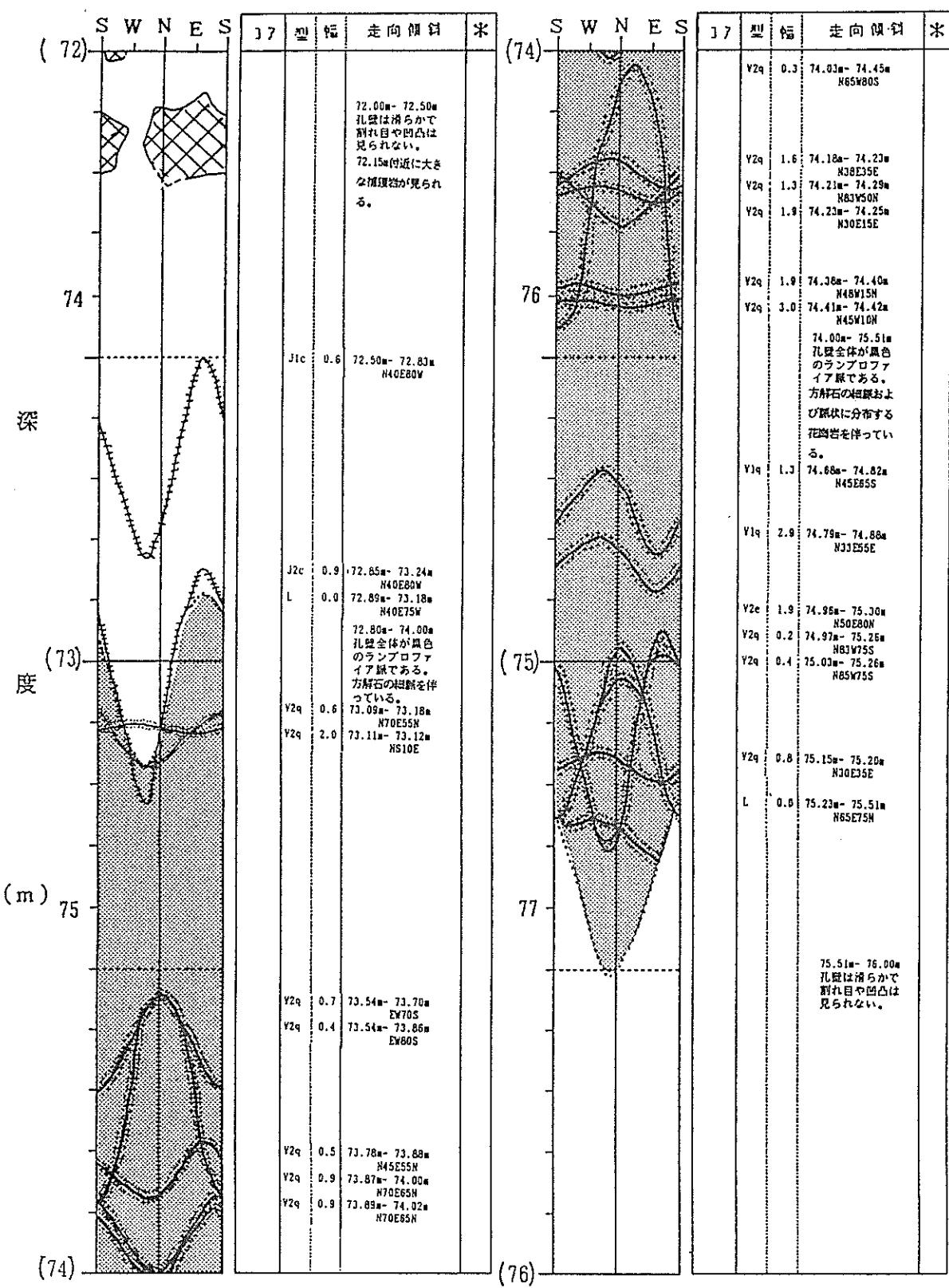




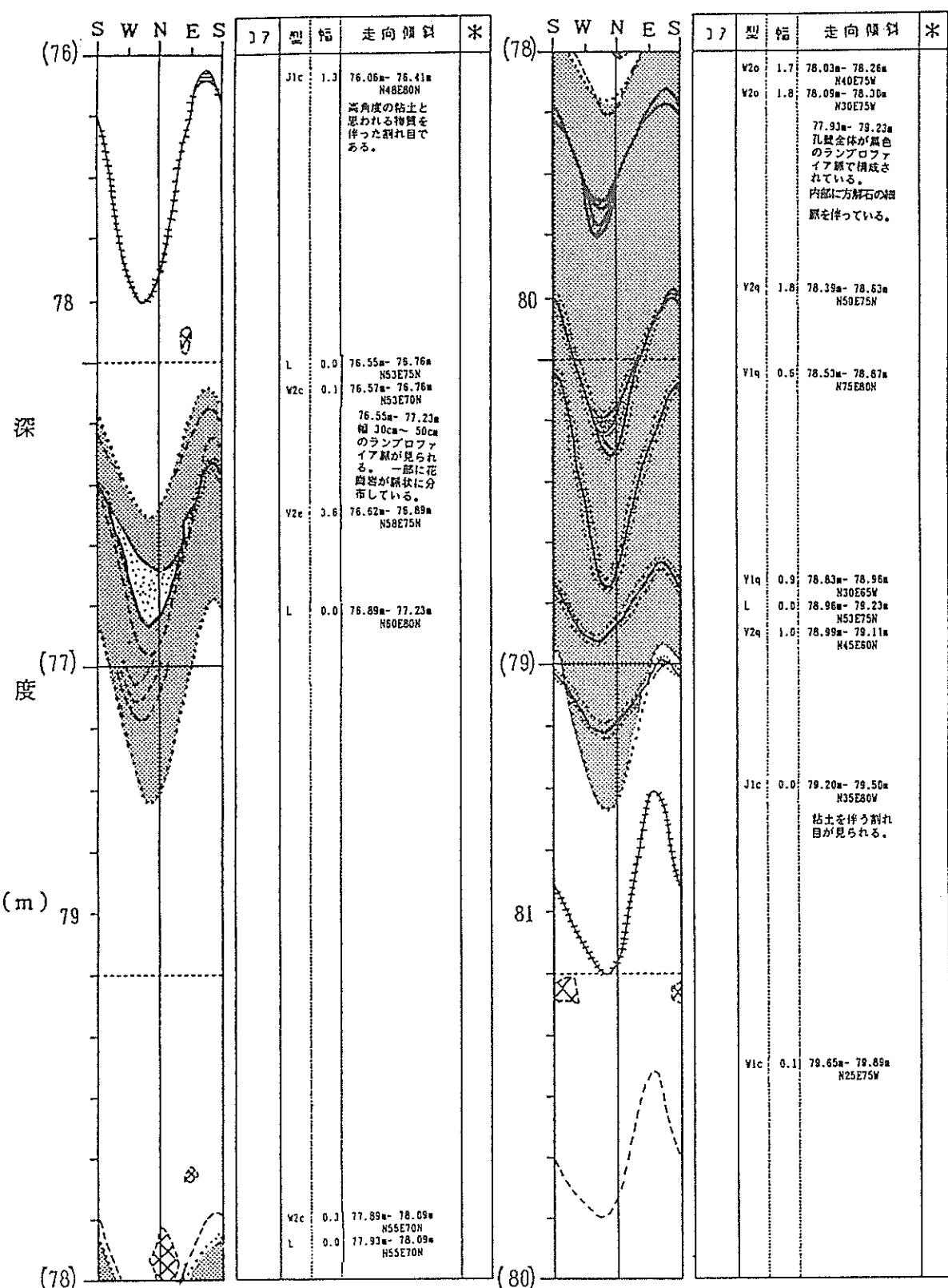
子ル 内 鑑 見 測 判 図 (4)



子し 内 管見 測り 図 (5)

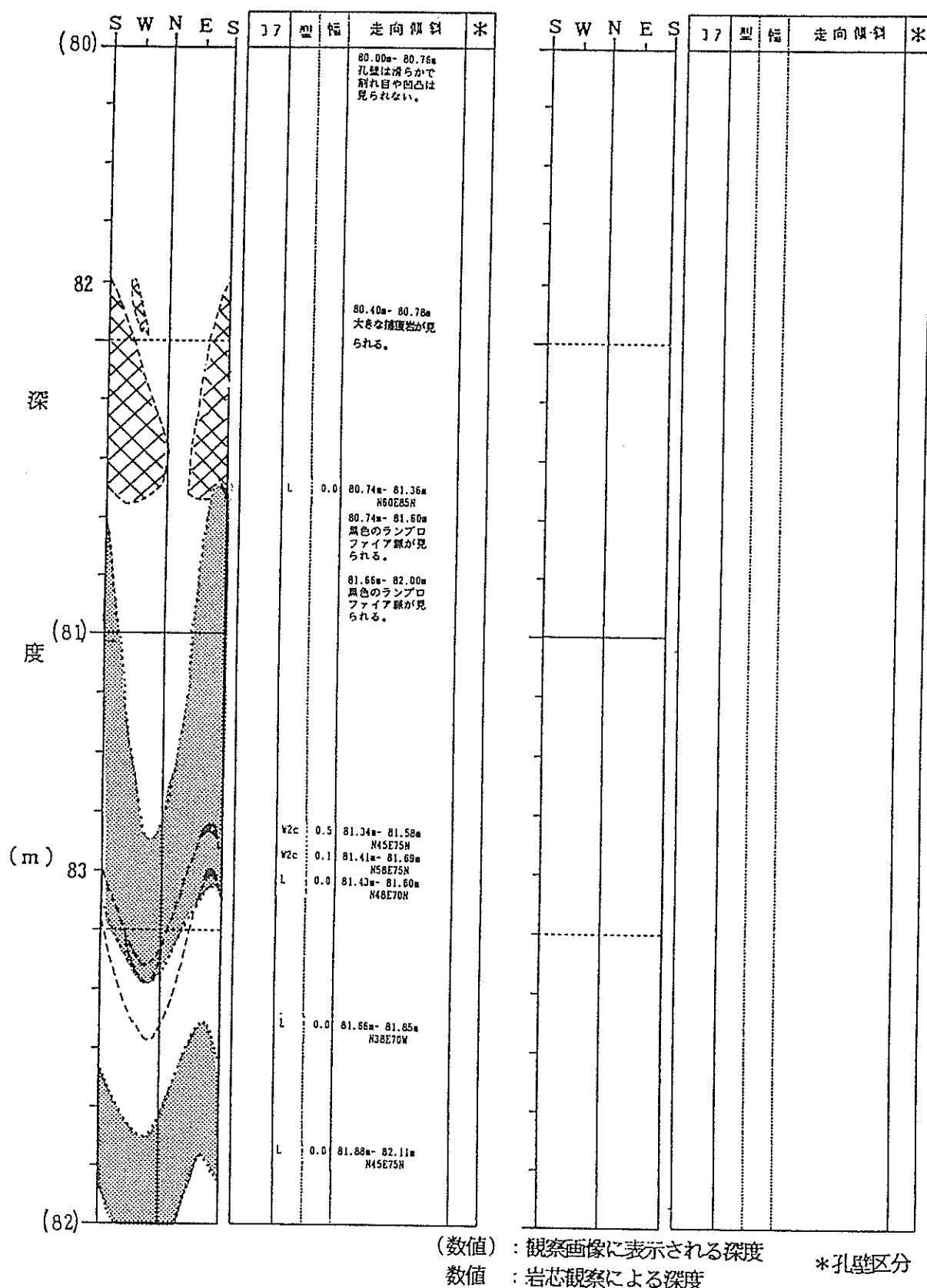


(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度



孔番 KH-1

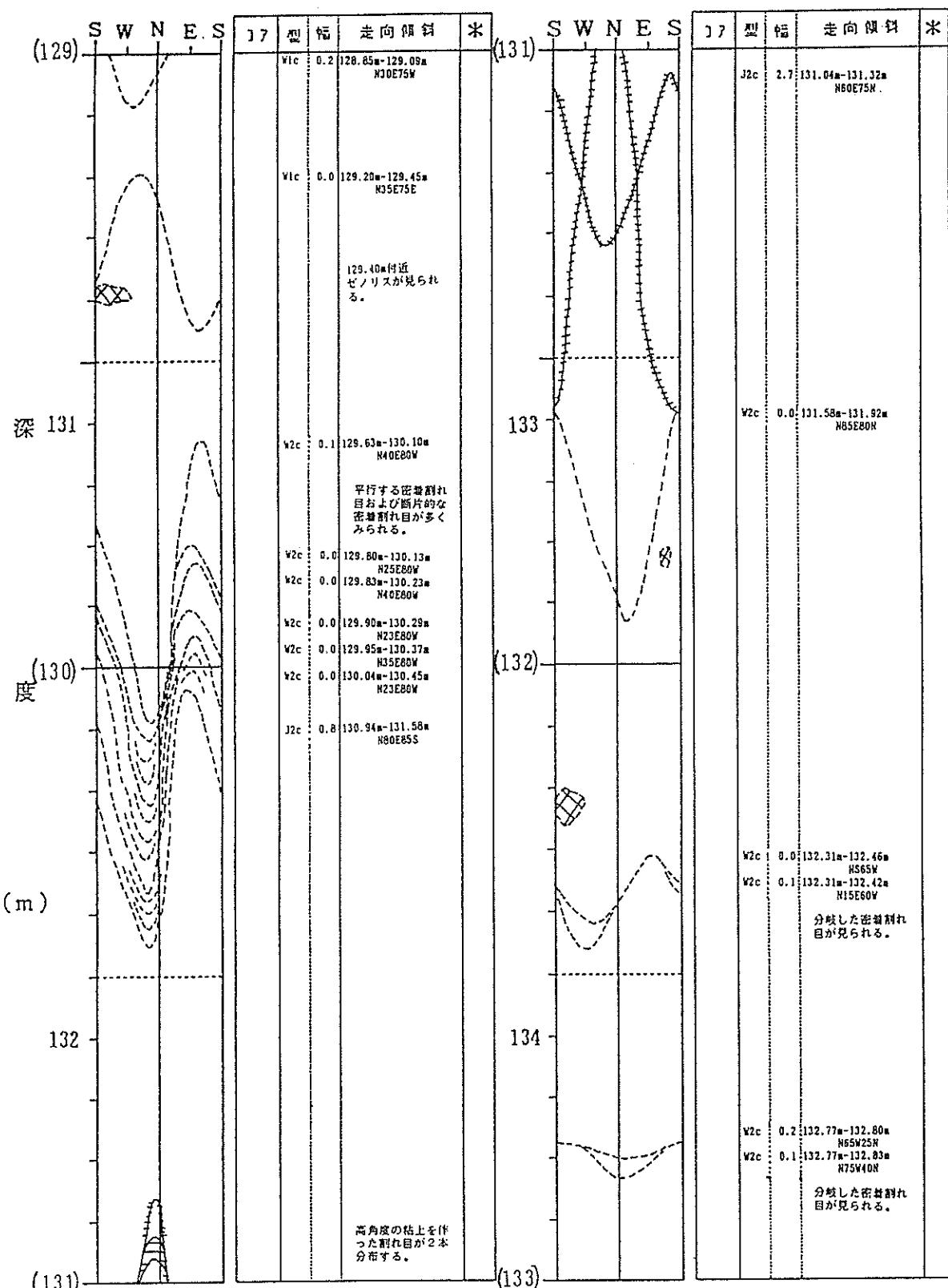
$$(80)_m \sim (82)_m$$



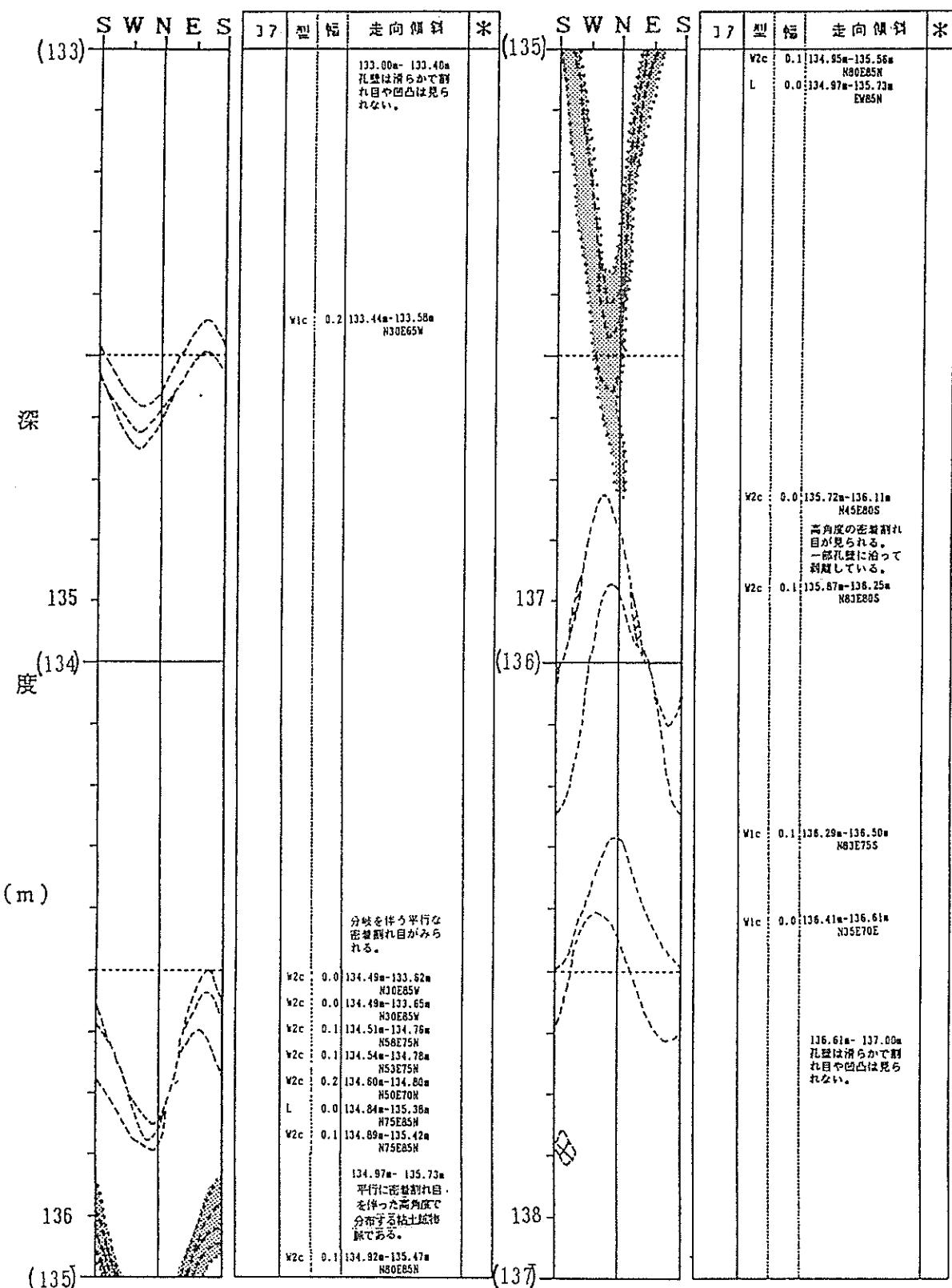
(数値) : 観察画像に表示される深度
数値 : 岩芯観察による深度

*孔壁区分

孔 内 観 測 図 (8)

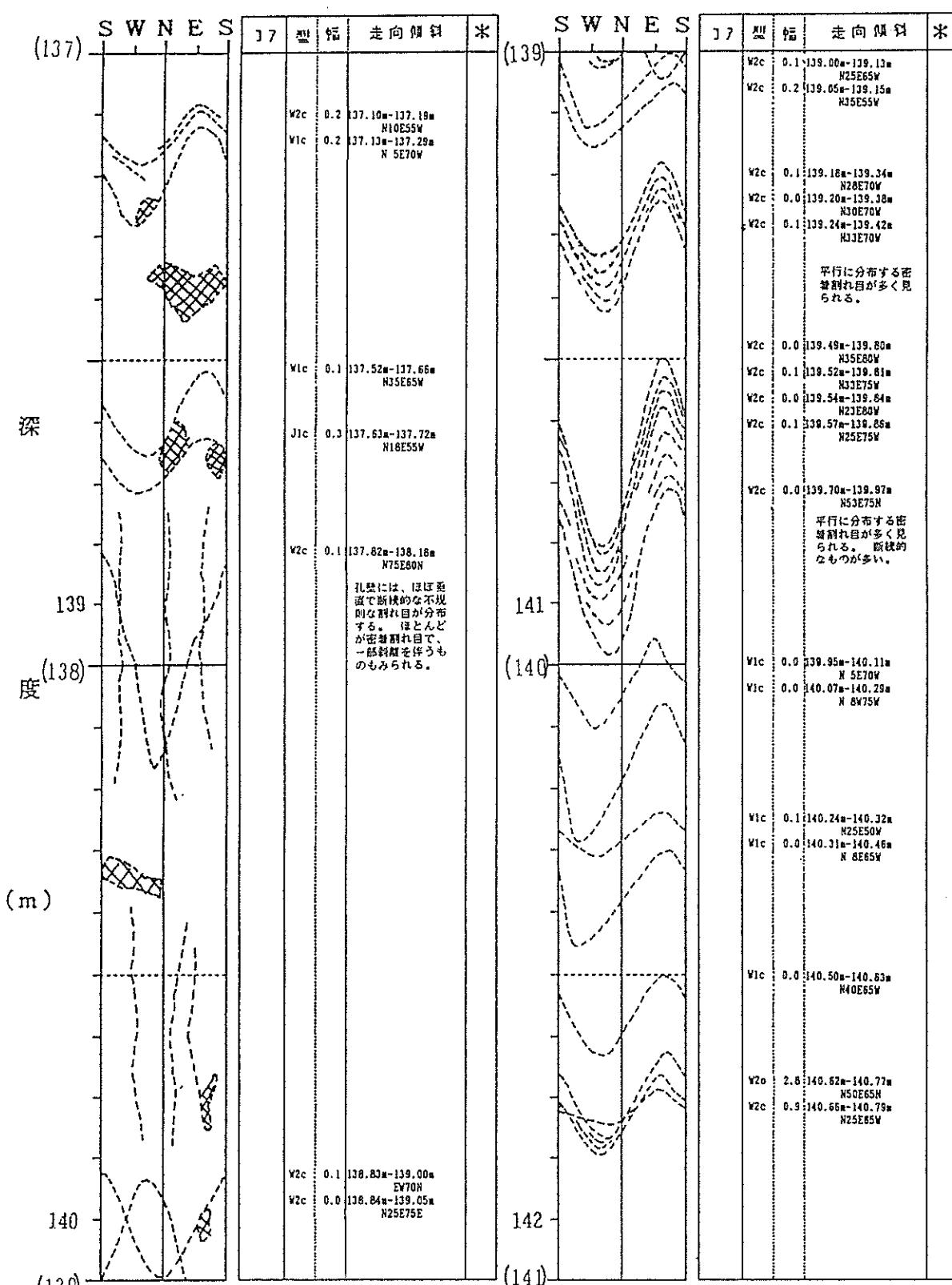


(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度



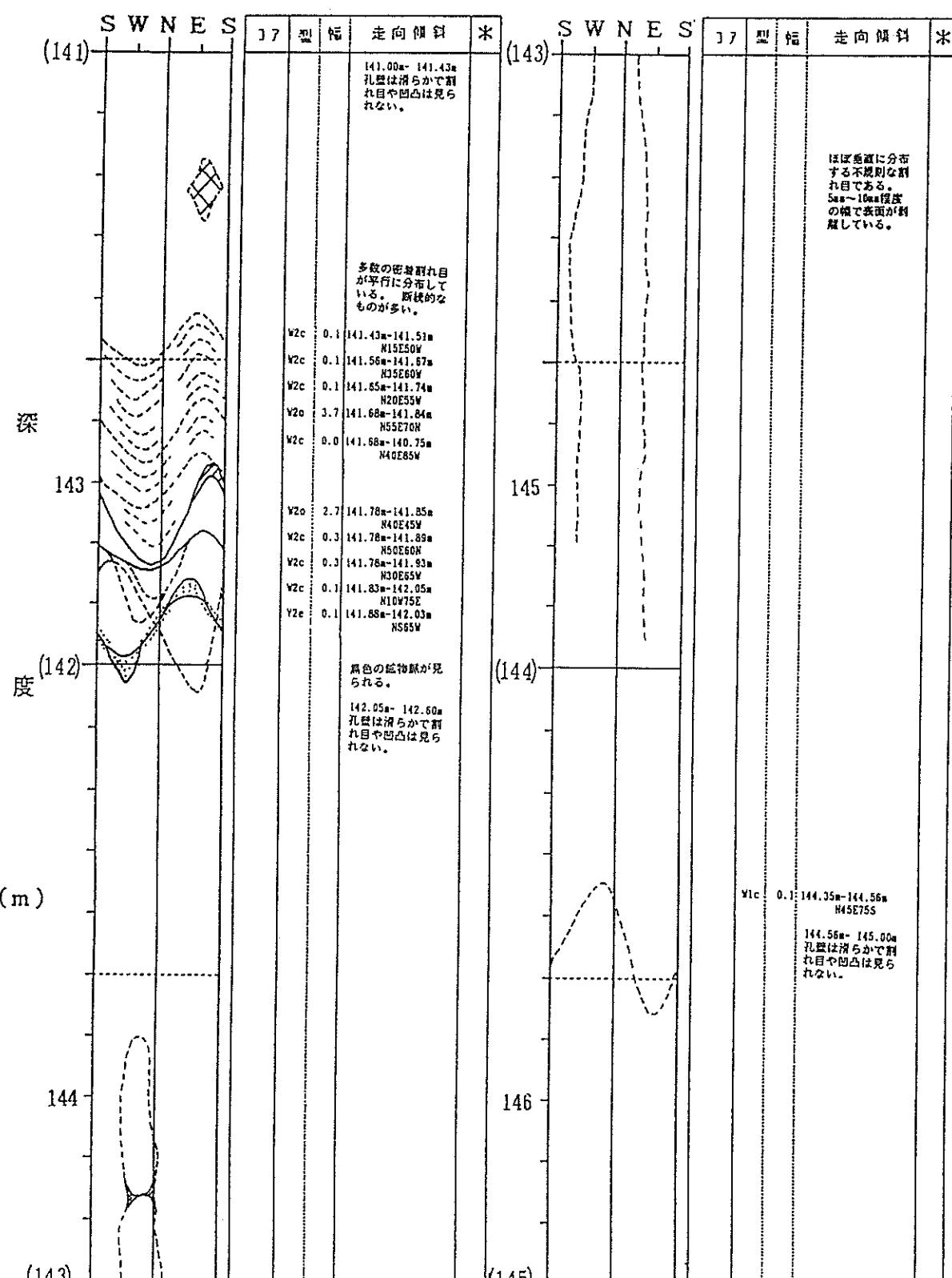
(数値) : 観察画像に表示される深度 * 孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

孔 内 觀 測 圖 (10)



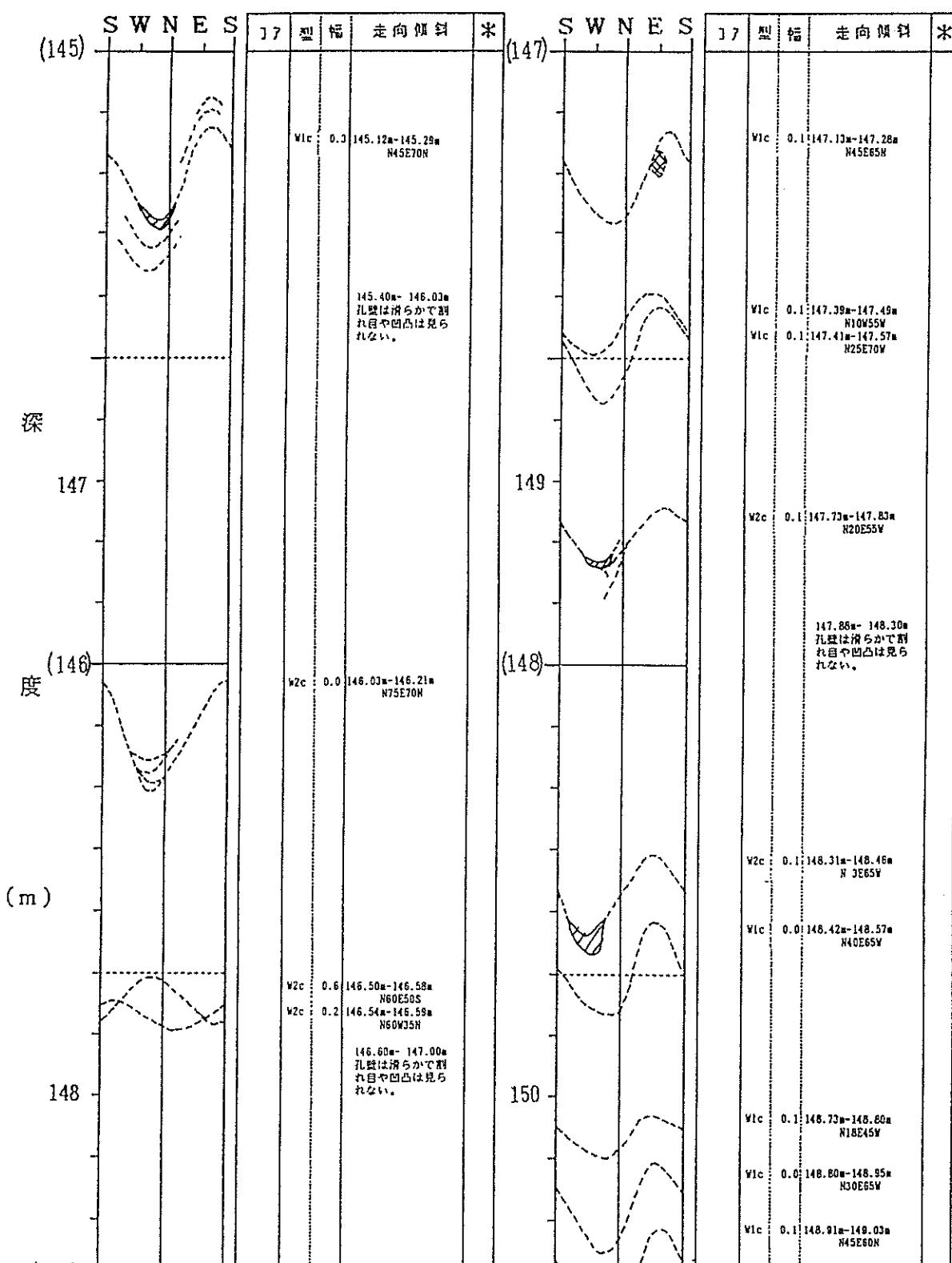
(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

子 L 内 養 見 測 判 図 (11)



(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

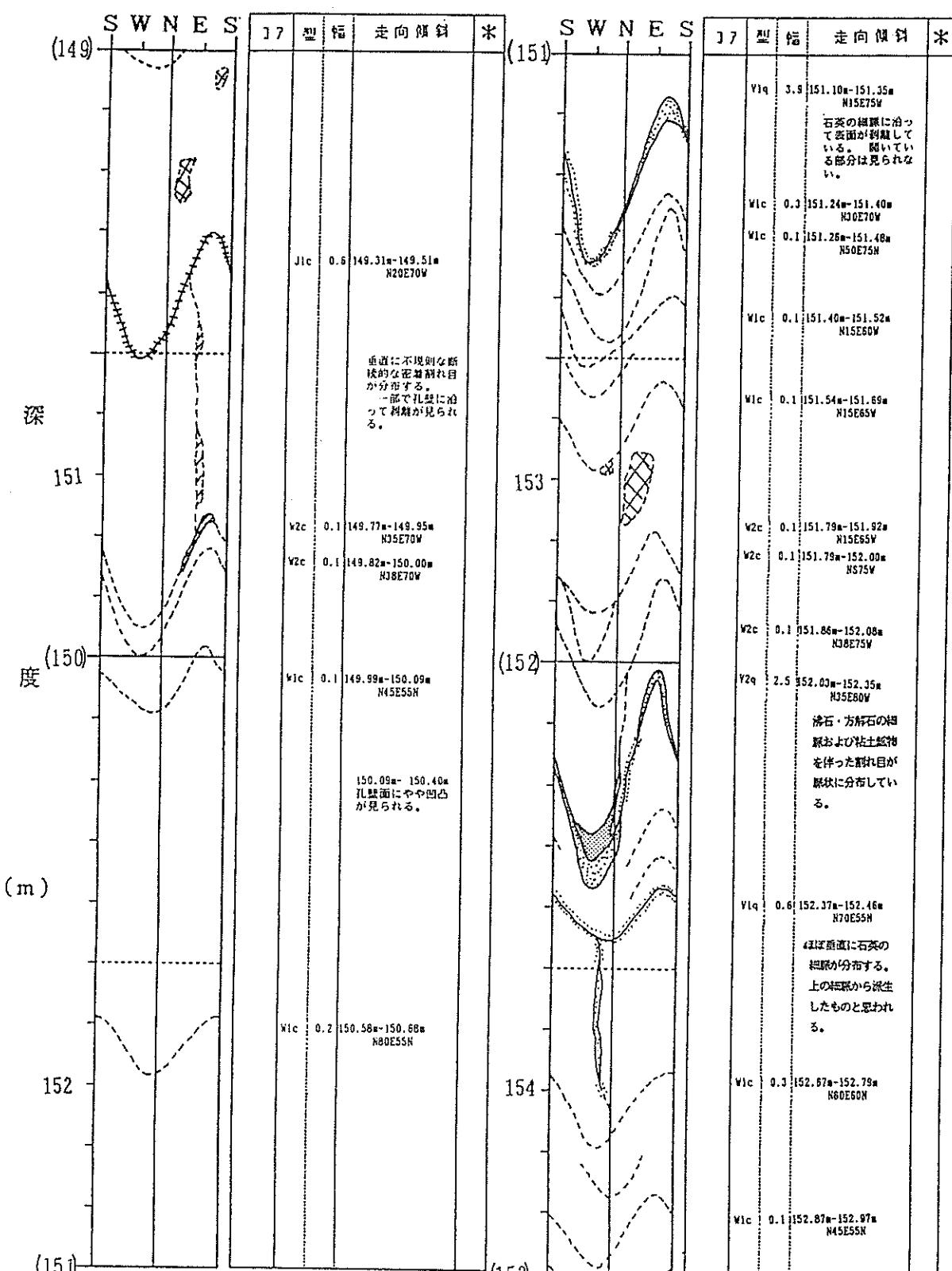
子し 内 察見 測図 (12)

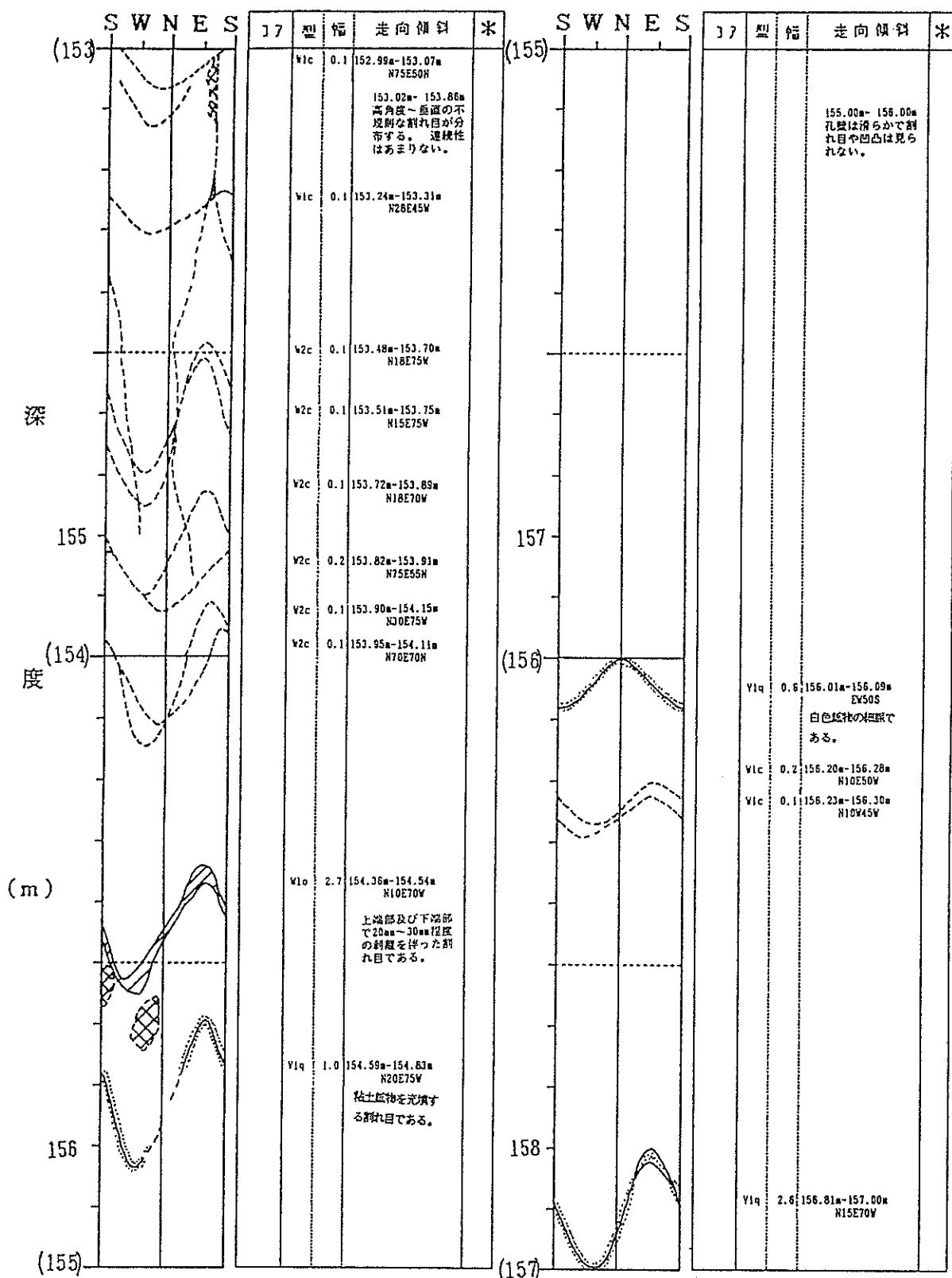


(数値) : 観察画像に表示される深度

*孔壁区分

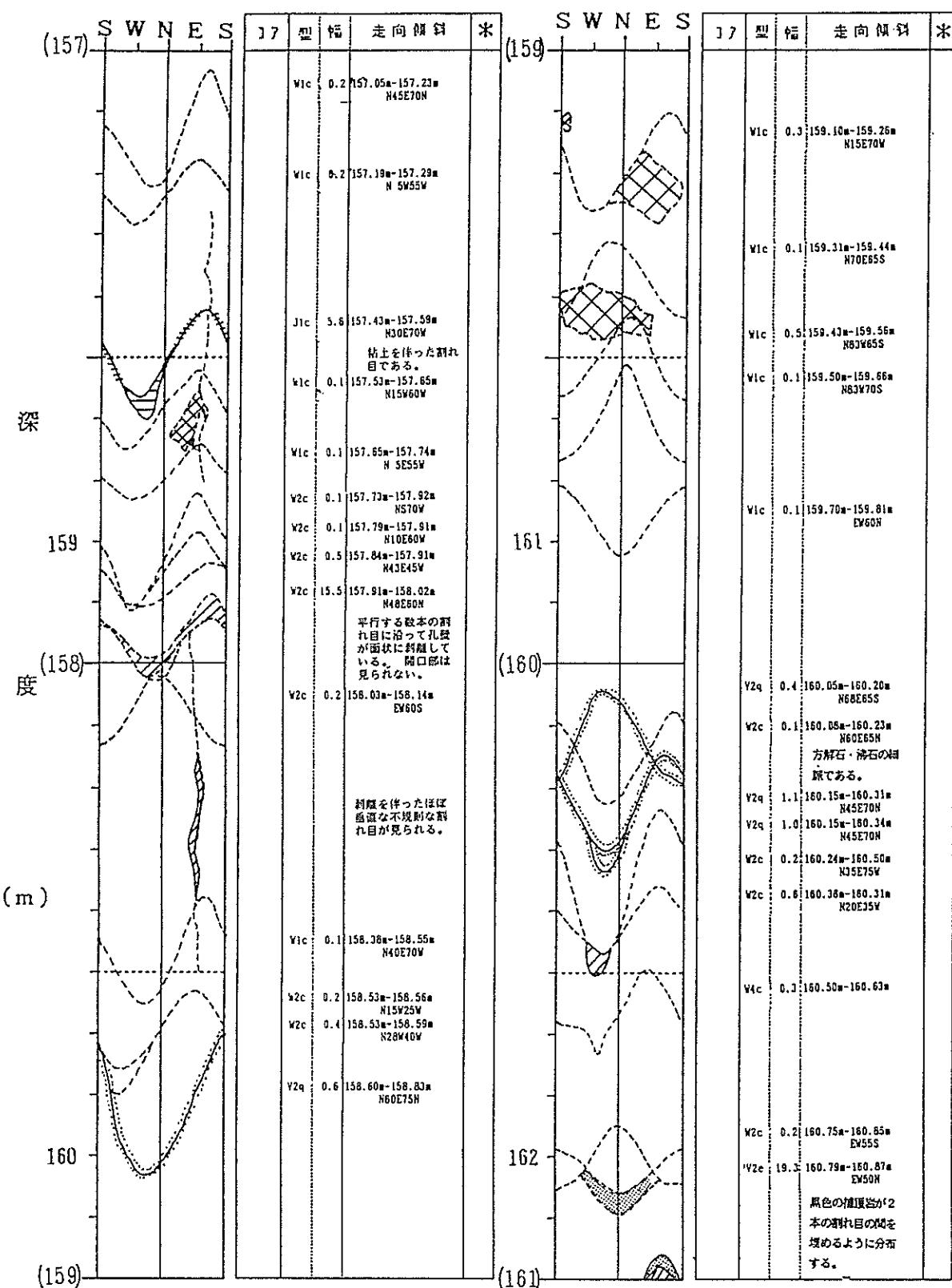
数値 : 岩芯観察による深度



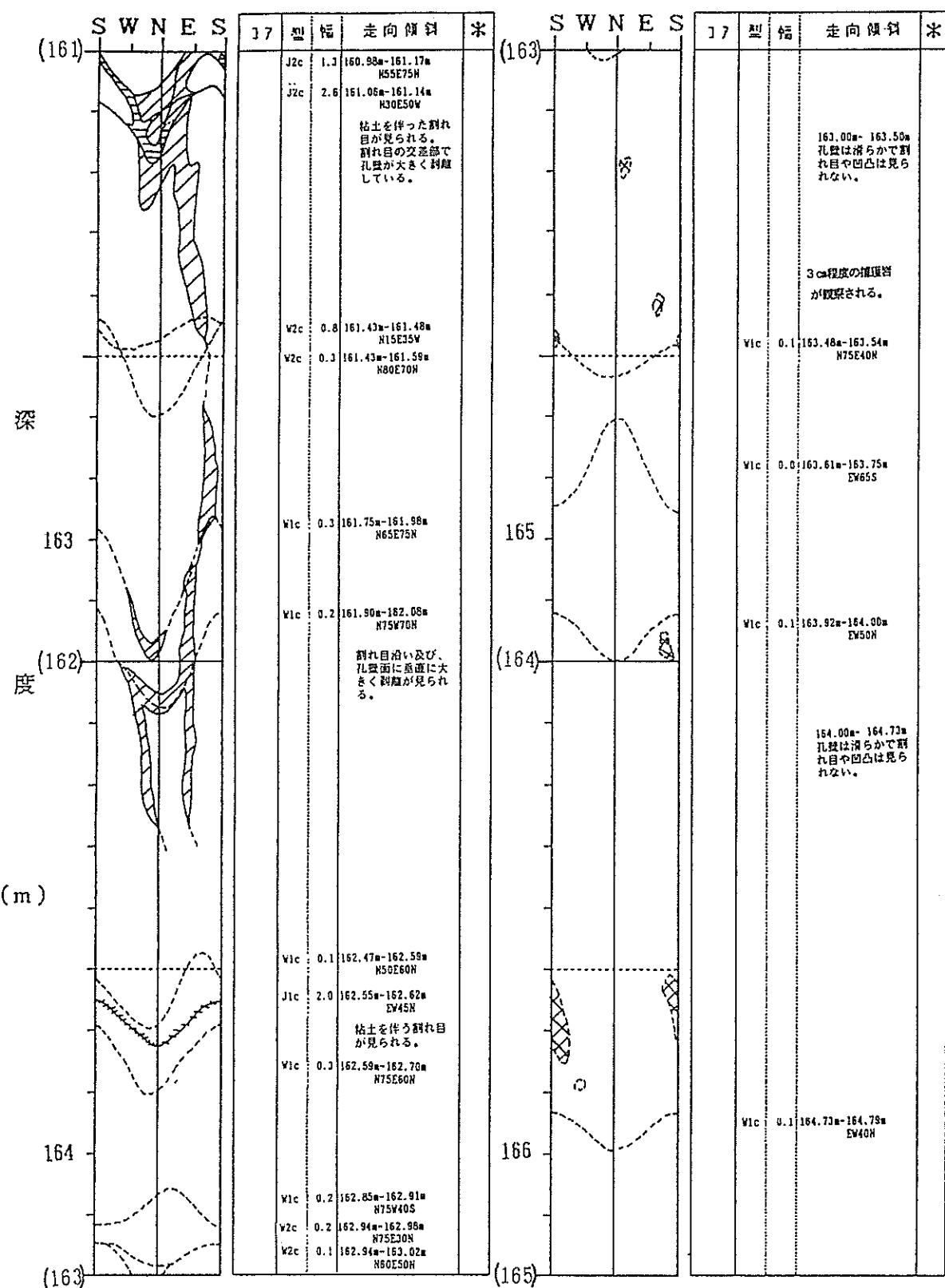


(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

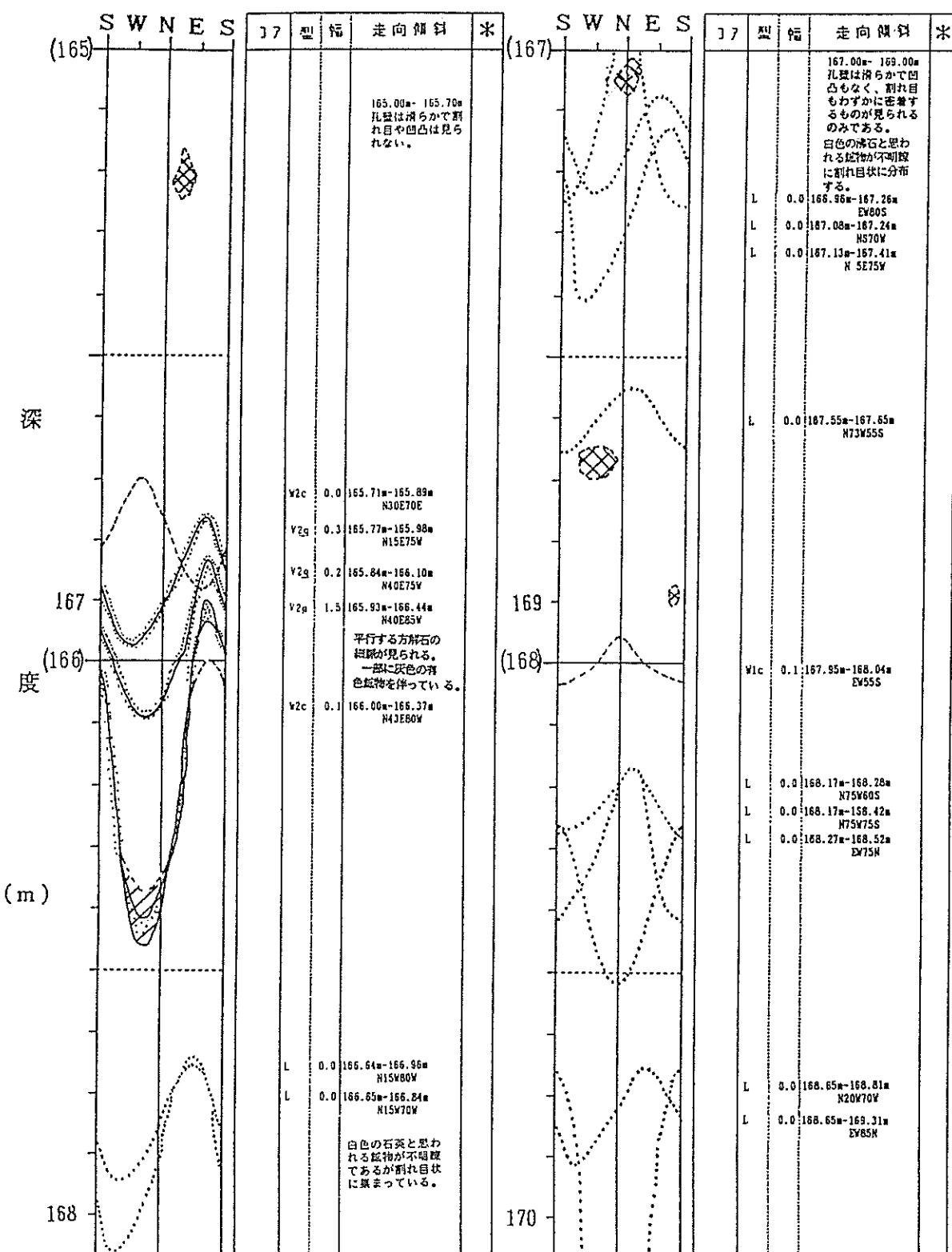
子 L 内 審 見 測 判 図 (15)



(数値) : 観察面像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

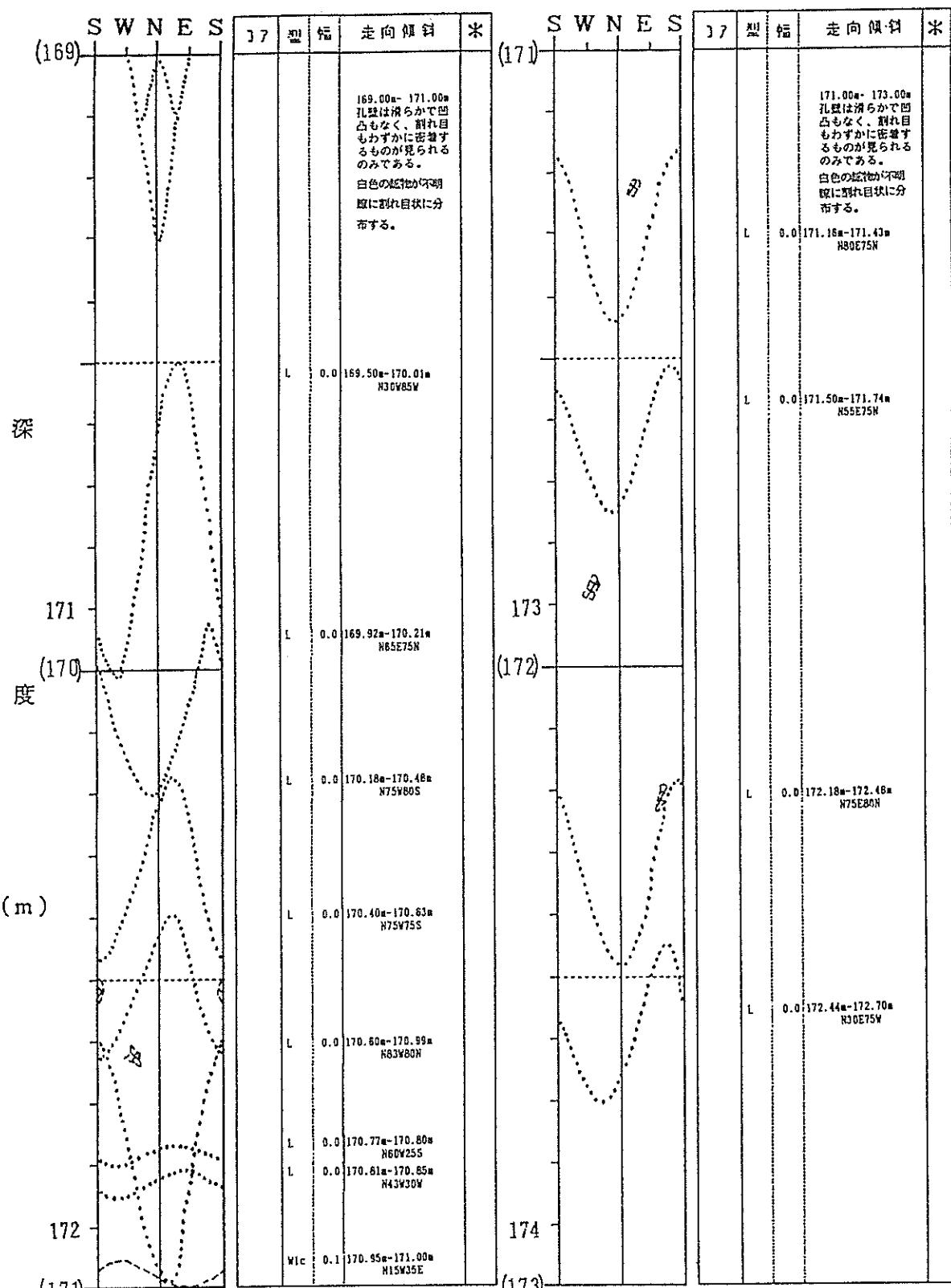


子L 内 鑿 見 測 図 (17)



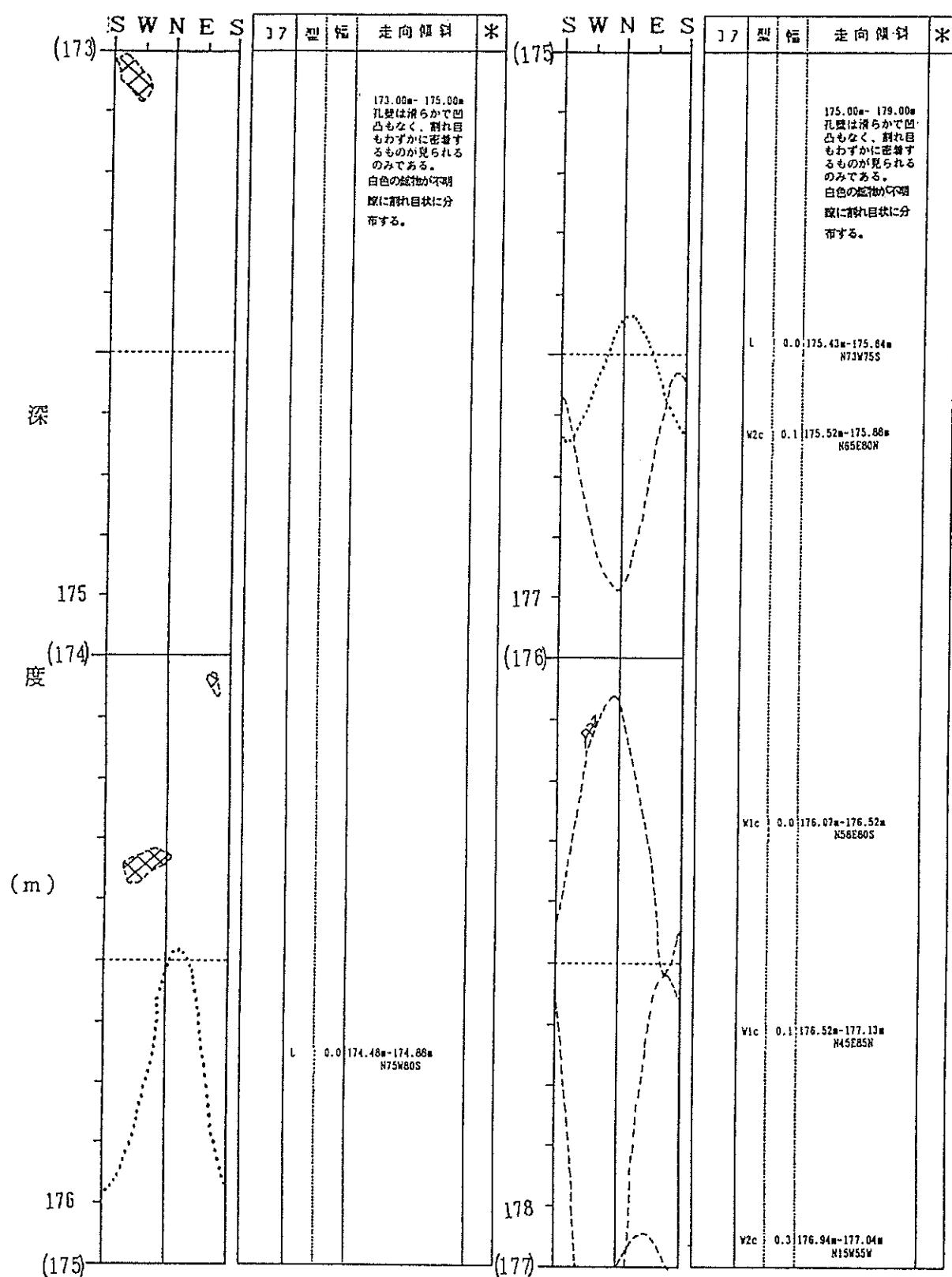
(数値) : 観察画像に表示される深度
数値 : 岩芯観察による深度

*孔壁区分



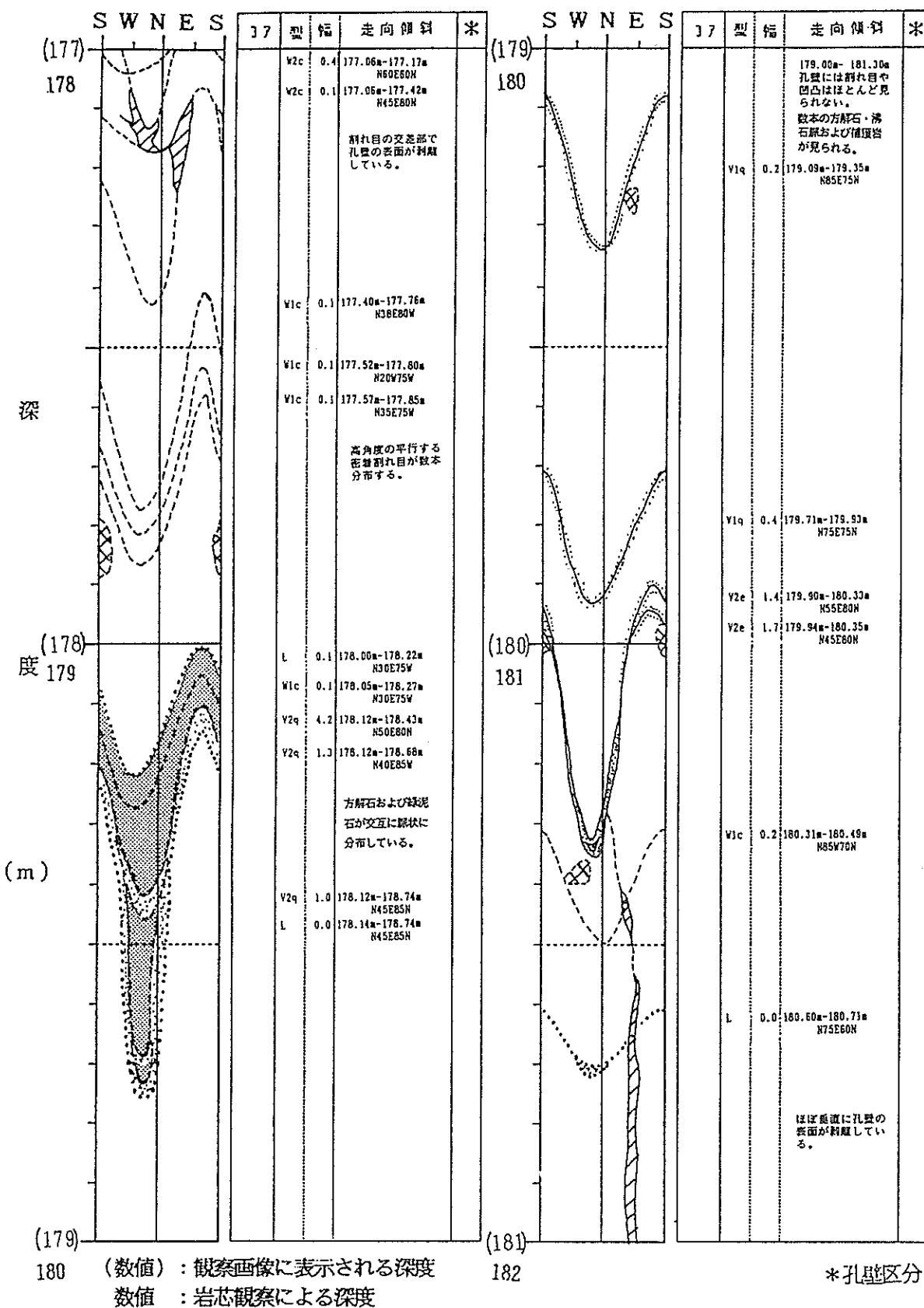
(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

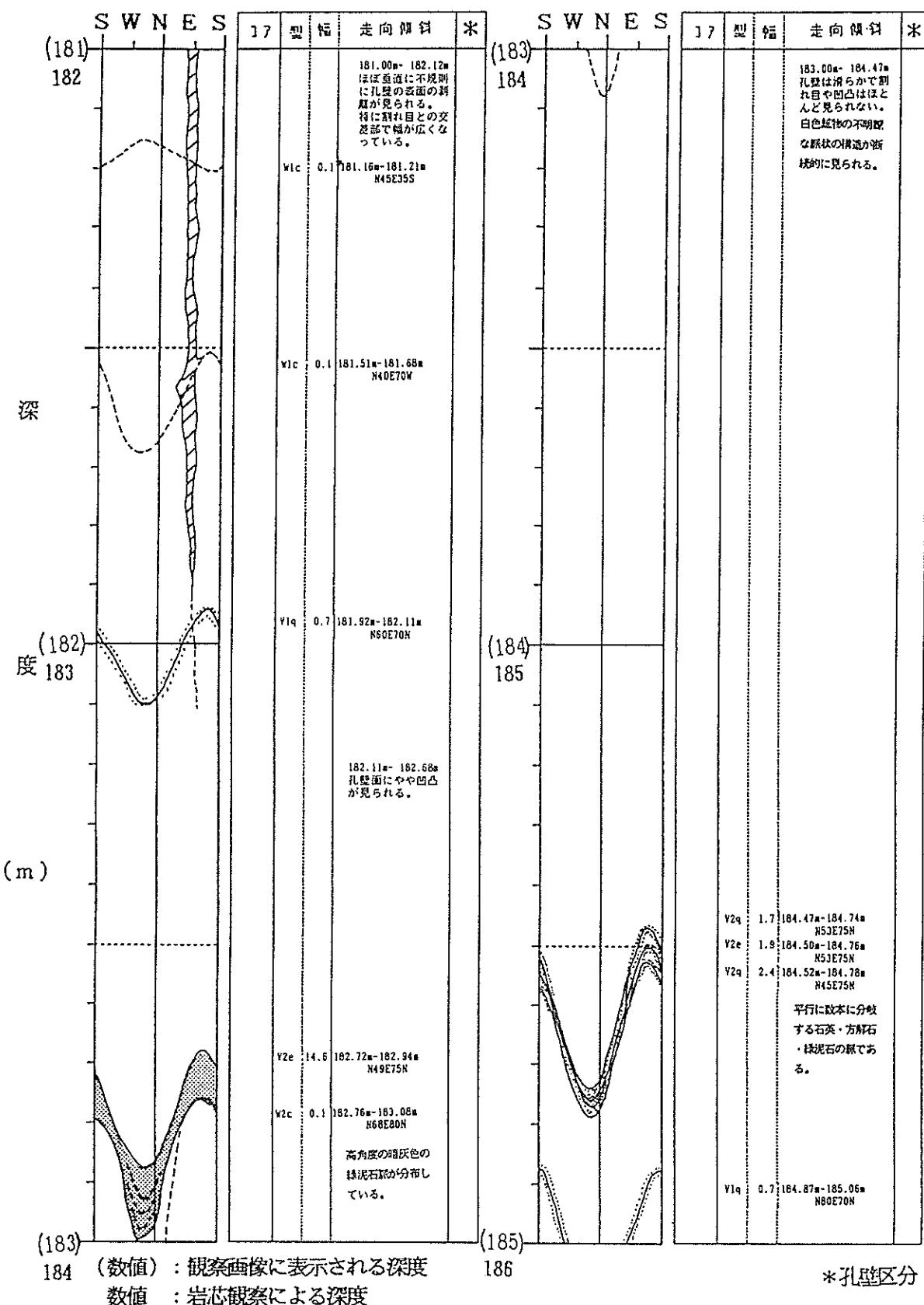
子L 内 巻見 測り 図 (19)



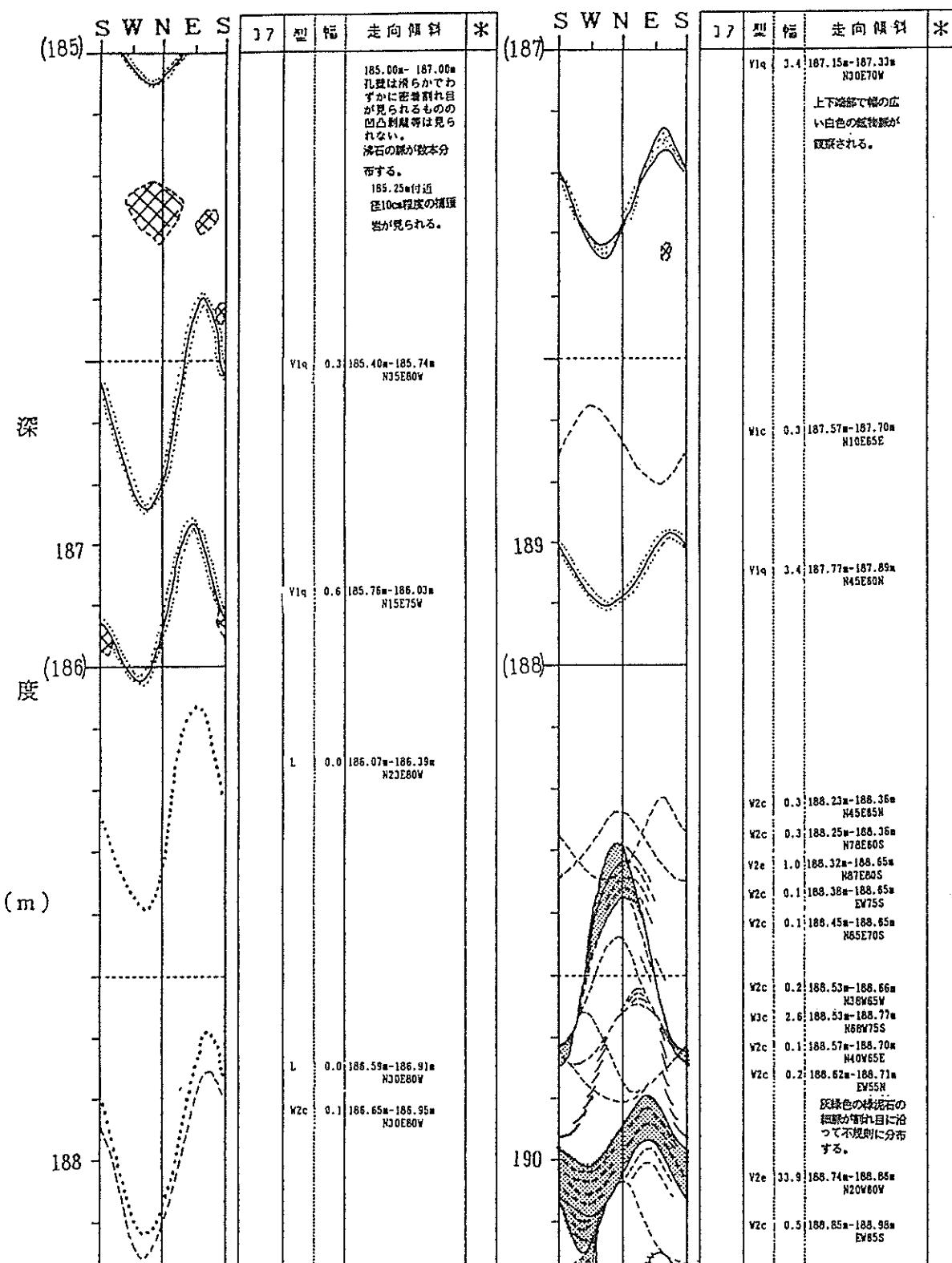
(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

子し 内 程見 測 図 (20)



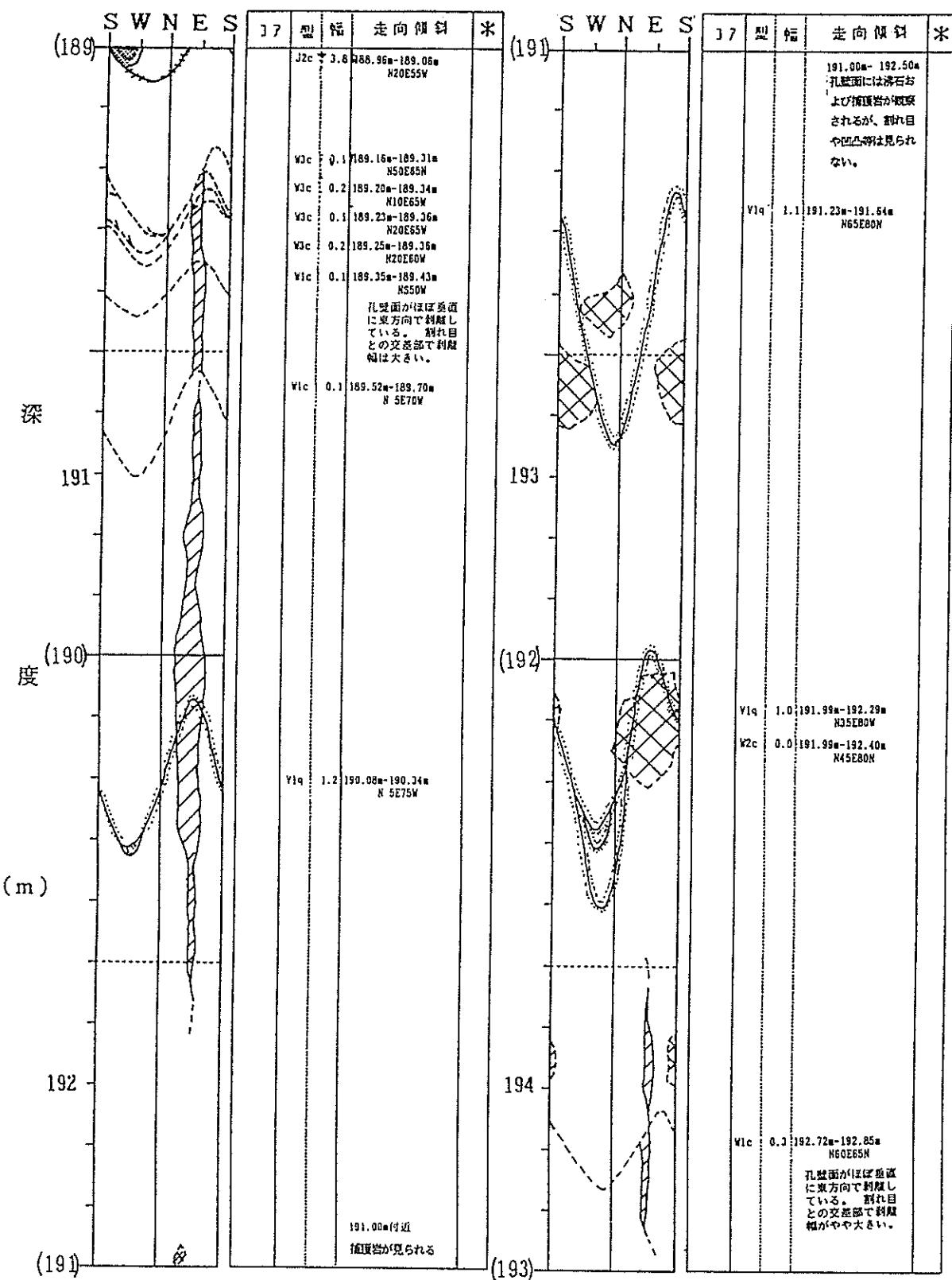


子L 内 管見 測 (22)



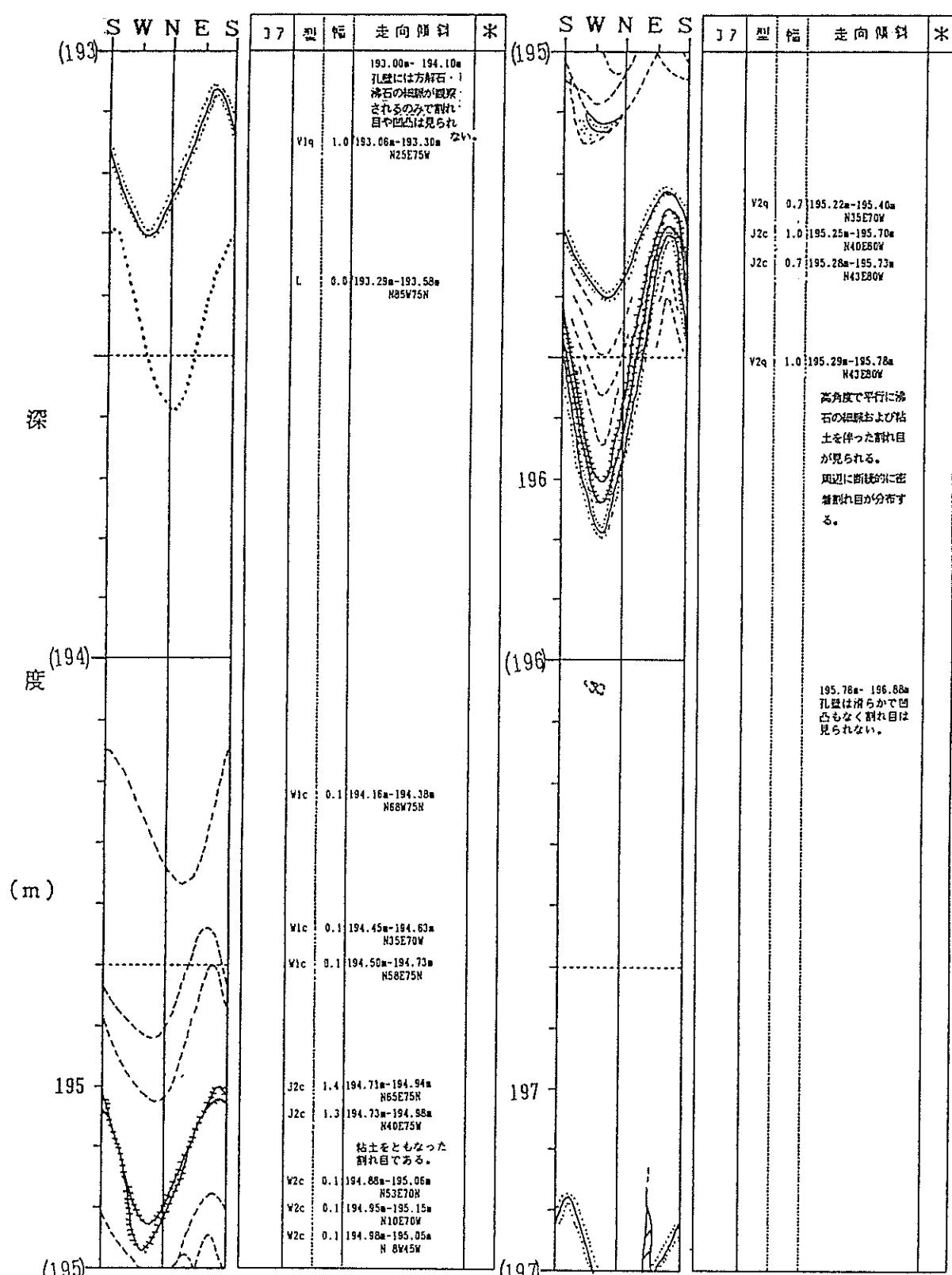
(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

孔内観測図 (23)



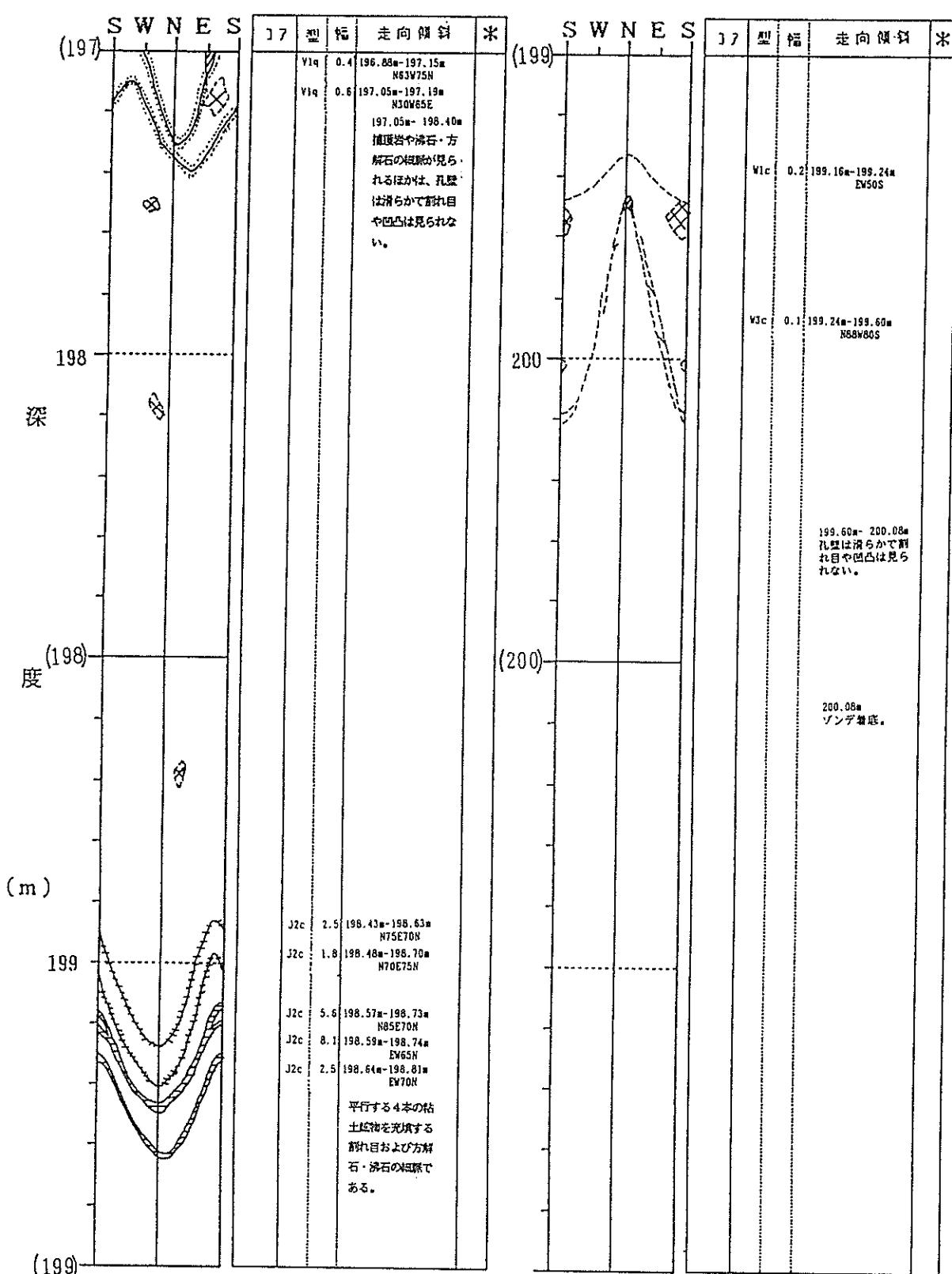
(数値) : 観察画像に表示される深度 * 孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

孔 内 鏡 見 測 圖 (24)



(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

子L 内 観 測 図 (25)



(数値) : 観察画像に表示される深度 *孔壁区分
数値 : 岩芯観察による深度

子し 内 養見 測図 (26)

IV. J F T 試験ノッカー設置後の水頭変化

J F T 試験バッカ一設置後の水頭変化(1)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.14

KH-1 19.0~29.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSEI+(m)	GL (-m)
1	1	18.34	0.00
2	2	18.34	0.00
3	3	18.35	-0.01
4	4	18.34	0.00
5	6	18.35	-0.01
6	8	18.34	0.00
7	11	18.34	0.00
8	15	18.34	0.00
9	20	18.34	0.00
10	26	18.35	-0.01
11	33	18.35	-0.01
12	42	18.36	-0.02
13	53	18.35	-0.01
14	67	19.64	-1.30
15	84	19.91	-1.57
16	105	20.08	-1.74
17	131	20.19	-1.85
18	163	20.26	-1.92
19	202	20.34	-2.00
20	250	20.39	-2.05
21	309	20.45	-2.11
22	382	20.52	-2.18
23	472	20.57	-2.23
24	582	20.64	-2.30
25	718	20.71	-2.37
26	884	20.76	-2.42
27	1088	20.85	-2.51
28	1339	20.92	-2.58
29	1647	21.00	-2.66
30	2025	21.11	-2.77
31	2489	21.23	-2.89
32	3059	21.34	-3.00
33	3758	21.51	-3.17
34		22.13	-3.79 ←

J F T 試験終了後
口元のバルブを閉じて測定

J F T試験バッカ一設置後の水頭変化(2)

試験終了後口元バルブを閉じて一晩測定

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.14

KH-1 19.0- 29.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSER+(m)	GL(-m)
1	1	21.79	-3.45
2	2	21.79	-3.45
3	3	21.79	-3.45
4	4	21.79	-3.45
5	6	21.81	-3.47
6	8	21.79	-3.45
7	11	21.81	-3.47
8	15	21.79	-3.45
9	20	21.81	-3.47
10	26	21.82	-3.48
11	33	21.79	-3.45
12	42	21.81	-3.47
13	53	21.82	-3.48
14	67	21.82	-3.48
15	84	21.83	-3.49
16	105	21.83	-3.49
17	131	21.83	-3.49
18	163	21.86	-3.52
19	202	21.86	-3.52
20	250	21.90	-3.56
21	309	21.90	-3.56
22	382	21.91	-3.57
23	472	21.94	-3.60
24	582	21.97	-3.63
25	718	21.99	-3.65
26	884	22.02	-3.68
27	1088	22.06	-3.72
28	1339	22.10	-3.76
29	1647	22.14	-3.80
30	2025	22.22	-3.88
31	2489	22.26	-3.92
32	3059	22.37	-4.03
33	3758	22.45	-4.11
34	4616	22.55	-4.21
35	5670	22.68	-4.34
36	6963	22.84	-4.50
37	8550	23.02	-4.68
38	10497	23.24	-4.90
39	12887	23.47	-5.13
40	15820	23.75	-5.41
41	19420	24.06	-5.72
42	23837	24.44	-6.10
43	29258	24.84	-6.50
44	35911	25.36	-7.02
45	44075	25.92	-7.58
46	54094	26.56	-8.22

J F T 試験パッカー設置後の水頭変化(3)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.12

KH-1 69.5-79.5m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENER+(m)	GL (-m)
1	1	67.94	0.01
2	2	67.94	0.01
3	3	67.94	0.01
4	4	67.94	0.01
5	6	67.95	-0.00
6	8	67.94	0.01
7	11	67.94	0.01
8	15	67.95	-0.00
9	20	67.94	0.01
10	26	67.94	0.01
11	33	67.94	0.01
12	42	67.95	-0.00
13	53	67.94	0.01
14	67	67.95	-0.00
15	84	67.94	0.01
16	105	67.91	0.04
17	131	67.94	0.01
18	163	67.95	-0.00
19	202	69.57	-1.62
20	250	70.21	-2.26
21	309	70.67	-2.72
22	382	70.82	-2.87
23	472	71.00	-3.05
24	582	71.19	-3.24
25	718	71.34	-3.39
26	884	71.48	-3.53
27	1088	71.62	-3.67
28	1339	71.74	-3.79
29	1647	71.87	-3.92
30	2025	71.97	-4.02
31	2489	72.05	-4.10
32	3059	72.12	-4.17
33	3758	72.20	-4.25
34	4616	72.27	-4.32
35	5670	72.36	-4.41
36	6963	72.36	-4.41
37		72.38	-4.43 ← バルブ開放直前の水頭

J F T 試験バッカ一設置後の水頭変化(4)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.15

KH-1 130.0-140.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENNER+(m)	GL(-m)
1	1	128.45	-0.00
2	2	128.45	-0.00
3	3	128.45	-0.00
4	4	128.45	-0.00
5	6	128.45	-0.00
6	8	128.45	-0.00
7	11	128.45	-0.00
8	15	128.47	-0.02
9	20	128.45	-0.00
10	26	128.45	-0.00
11	33	128.45	-0.00
12	42	128.45	-0.00
13	53	128.47	-0.02
14	67	128.44	0.01
15	84	128.45	-0.00
16	105	128.45	-0.00
17	131	128.45	-0.00
18	163	128.44	0.01
19	202	128.45	-0.00
20	250	128.45	-0.00
21	309	128.45	-0.00
22	382	129.60	-1.15
23	472	129.01	-0.56
24	582	129.10	-0.65
25	718	129.17	-0.72
26	884	129.25	-0.80
27	1088	129.33	-0.88
28	1339	129.43	-0.98
29	1647	129.57	-1.12
30	2025	129.67	-1.22
31	2489	129.75	-1.30
32	3059	129.84	-1.39
33	3758	129.96	-1.51
34	4616	129.98	-1.53
35	5670	130.07	-1.62
36	6963	130.18	-1.73
37		130.22	-1.77 ← バルブ開放直前の水頭

J F T 試験バッカ一設置後の水頭変化(5)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.25

KH-1 175.5-185.5m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)
1	1	173.97	-0.01
2	2	173.97	-0.01
3	3	173.97	-0.01
4	4	173.96	-0.00
5	6	173.96	-0.00
6	8	173.97	-0.01
7	11	173.97	-0.01
8	15	173.97	-0.01
9	20	173.97	-0.01
10	26	173.96	-0.00
11	33	173.97	-0.01
12	42	173.97	-0.01
13	53	173.96	-0.00
14	67	173.97	-0.01
15	84	174.24	-0.28
16	105	174.61	-0.65
17	131	174.62	-0.66
18	163	174.72	-0.76
19	202	174.75	-0.79
20	250	174.80	-0.84
21	309	174.82	-0.86
22	382	174.86	-0.90
23	472	174.88	-0.92
24	582	174.91	-0.95
25	718	174.94	-0.98
26	884	174.97	-1.01
27	1088	174.98	-1.02
28	1339	175.05	-1.09
29	1647	175.06	-1.10
30	2025	175.08	-1.12
31	2489	175.05	-1.09
32		175.58	-1.62 ← J F T 試験終了後 口元のバルブを閉じて測定

J F T 試験バッカー設置後の水頭変化(6)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.28

KH-1 188.5-198.5m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSEI+ (m)	GL (-m)
1	1	186.96	-0.00
2	2	186.98	-0.02
3	3	186.96	-0.00
4	4	186.99	-0.03
5	6	186.98	-0.02
6	8	186.99	-0.03
7	11	186.98	-0.02
8	15	186.99	-0.03
9	20	186.99	-0.03
10	26	186.98	-0.02
11	33	186.96	-0.00
12	42	186.96	-0.00
13	53	187.02	-0.06
14	67	187.63	-0.67
15	84	187.67	-0.71
16	105	187.74	-0.78
17	131	187.76	-0.80
18	163	188.05	-1.09
19	202	188.12	-1.16
20	250	188.26	-1.30
21	309	188.19	-1.23
22	382	188.19	-1.23
23	472	188.20	-1.24
24	582	188.22	-1.26
25	718	188.22	-1.26
26	884	188.20	-1.24
27	1088	188.30	-1.34
28	1339	188.23	-1.27
29	1647	188.26	-1.30
30	2025	188.22	-1.26
31	2489	188.24	-1.28
32	3059	188.27	-1.31
33	3758	188.33	-1.37
34		188.42	-1.46

—— バルブ開放直前の水頭

J F T試験バッカ一設置後の水頭変化(7)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.01

KH-1 288.0~298.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSER+(m)	GL (-m)
1	1	187.32	-0.03
2	2	187.30	-0.01
3	3	187.32	-0.03
4	4	187.32	-0.03
5	6	187.30	-0.01
6	8	187.37	-0.08
7	11	187.30	-0.01
8	15	187.29	0.00
9	20	187.30	-0.01
10	26	187.30	-0.01
11	33	187.32	-0.03
12	42	187.29	0.00
13	53	187.30	-0.01
14	67	187.29	0.00
15	84	187.30	-0.01
16	105	187.30	-0.01
17	131	188.10	-0.81
18	163	188.60	-1.31
19	202	189.09	-1.80
20	250	189.33	-2.04
21	309	189.41	-2.12
22	382	189.42	-2.13
23	472	189.37	-2.08
24	582	187.84	-0.55
25	718	187.68	-0.39
26	884	187.63	-0.34
27	1088	187.61	-0.32
28	1339	187.62	-0.33
29	1647	187.61	-0.32
30	2025	187.61	-0.32
31	2489	187.62	-0.33
32		187.96	-0.67

— J F T試験終了後
口元のバルブを閉じて測定

J F T 試験バッカ一設置後の水頭変化(8)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.04

KH-1 342.0-352.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)
1	1	187.30	-0.01
2	2	187.32	-0.03
3	3	187.30	-0.01
4	4	187.30	-0.01
5	6	187.29	0.00
6	8	187.30	-0.01
7	11	187.29	0.00
8	15	187.29	0.00
9	20	187.30	-0.01
10	26	187.32	-0.03
11	33	187.29	0.00
12	42	187.29	0.00
13	53	187.29	0.00
14	67	187.33	-0.04
15	84	187.32	-0.03
16	105	187.32	-0.03
17	131	188.87	-1.58
18	163	191.02	-3.73
19	202	190.92	-3.63
20	250	191.05	-3.76
21	309	190.84	-3.55
22	382	188.97	-1.68
23	472	188.46	-1.17
24	582	188.25	-0.96
25	718	188.14	-0.85
26	884	188.10	-0.81
27	1088	188.05	-0.76
28	1339	188.05	-0.76
29	1647	188.03	-0.74
30	2025	188.05	-0.76
31	2489	188.06	-0.77
32		188.11	-0.82 ← バルブ開放直前の水頭

J F T 試験バック一設置後の水頭変化(9)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.06

KH-1 369.0-379.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL(-m)
1	1	187.28	0.01
2	2	187.28	0.01
3	3	187.29	-0.00
4	4	187.29	-0.00
5	6	187.29	-0.00
6	8	187.29	-0.00
7	11	187.28	0.01
8	15	187.31	-0.02
9	20	187.31	-0.02
10	26	187.32	-0.03
11	33	187.29	-0.00
12	42	187.29	-0.00
13	53	187.29	-0.00
14	67	187.31	-0.02
15	84	188.98	-1.69
16	105	189.41	-2.12
17	131	195.86	-8.57
18	163	197.24	-9.95
19	202	197.40	-10.11
20	250	196.47	-9.18
21	309	190.04	-2.75
22	382	189.27	-1.98
23	472	189.04	-1.75
24	582	188.87	-1.58
25	718	188.81	-1.52
26	884	188.77	-1.48
27	1088	188.80	-1.51
28	1339	188.81	-1.52
29	1647	188.80	-1.51
30	2025	188.83	-1.54
31	2489	188.83	-1.54
32		188.85	-1.56 ← バルブ開放直前の水頭

J F T 試験バッカ一設置後の水頭変化(10)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.10

KH-1 475.0-485.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSEER+(m)	GL(-m)
1	1	188.29	-0.00
2	2	188.29	-0.00
3	3	188.30	-0.01
4	4	188.30	-0.01
5	6	188.30	-0.01
6	8	188.30	-0.01
7	11	188.30	-0.01
8	15	188.29	-0.00
9	20	188.29	-0.00
10	26	188.29	-0.00
11	33	188.30	-0.01
12	42	188.29	-0.00
13	53	188.30	-0.01
14	67	188.29	-0.00
15	84	188.33	-0.04
16	105	188.30	-0.01
17	131	188.30	-0.01
18	163	191.53	-3.24
19	202	199.41	-11.12
20	250	201.92	-13.63
21	309	202.39	-14.10
22	382	201.74	-13.45
23	472	192.77	-4.48
24	582	188.68	-0.39
25	718	188.42	-0.13
26	884	188.33	-0.04
27	1088	188.32	-0.03
28	1339	188.30	-0.01
29	1647	188.30	-0.01
30	2025	188.30	-0.01
31		188.29	0.00

バルブ開放直前の水頭

V. J F T 試験データシート

J F T 試験データシート(1)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.14

KH-1 19.0-29.0m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log (H1/Hn+1)
4	4	4.13	14.21	18.00	1.027	0.012
5	6	4.61	13.73	17.52	1.075	0.032
6	8	5.40	12.94	16.73	1.165	0.066
7	11	6.69	11.65	15.44	1.295	0.112
8	15	8.24	10.10	13.89	1.473	0.168
9	20	9.91	8.43	12.22	1.734	0.239
10	26	11.75	6.59	10.38	2.083	0.319
11	33	13.49	4.85	8.64	2.663	0.425
12	42	15.37	2.97	6.76	3.569	0.553
13	53	17.09	1.25	5.04	5.054	0.704
14	67	18.57	-0.23	3.56	6.143	0.788
15	84	19.20	-0.86	2.93	6.382	0.805
16	105	19.31	-0.97	2.82		

J F T 試験データシート(2)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.12

KH-1 69.5-79.5m

NO.	T (sec)	SENSE R+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
2	2	1.86	66.09	70.52	1.001	0.000
3	3	1.90	66.05	70.48	1.002	0.001
4	4	1.97	65.98	70.41	1.002	0.001
5	6	2.00	65.95	70.38	1.002	0.001
6	8	2.02	65.93	70.36	1.003	0.001
7	11	2.06	65.89	70.32	1.004	0.002
8	15	2.12	65.83	70.26	1.004	0.002
9	20	2.16	65.79	70.22	1.007	0.003
10	26	2.37	65.58	70.01	1.010	0.005
11	33	2.59	65.36	69.79	1.013	0.005
12	42	2.74	65.21	69.64	1.015	0.007
13	53	2.92	65.03	69.46	1.018	0.008
14	67	3.12	64.83	69.26	1.021	0.009
15	84	3.32	64.63	69.06	1.024	0.010
16	105	3.53	64.42	68.85	1.028	0.012
17	131	3.76	64.19	68.62	1.032	0.014
18	163	4.03	63.92	68.35	1.036	0.015
19	202	4.33	63.62	68.05	1.042	0.018
20	250	4.71	63.24	67.67	1.049	0.021
21	309	5.17	62.78	67.21	1.058	0.024
22	382	5.72	62.23	66.66	1.068	0.029
23	472	6.34	61.61	66.04	1.080	0.033
24	582	7.05	60.90	65.33	1.095	0.039
25	718	7.97	59.98	64.41	1.114	0.047
26	884	9.05	58.90	63.33	1.136	0.055
27	1088	10.32	57.63	62.06	1.161	0.065
28	1339	11.66	56.29	60.72	1.193	0.077
29	1647	13.27	54.68	59.11	1.231	0.090
30	2025	15.08	52.87	57.30	1.280	0.107
31	2489	17.29	50.66	55.09	1.343	0.128
32	3059	19.88	48.07	52.50	1.422	0.153
33	3758	22.78	45.17	49.60	1.522	0.182
34	4616	26.04	41.91	46.34	1.651	0.218
35	5670	29.65	38.30	42.73	1.822	0.260
36	6963	33.67	34.28	38.71	2.054	0.313
37	8550	38.05	29.90	34.33	2.209	0.344
38	10497	40.46	27.49	31.92	2.421	0.384
39	12887	43.25	24.70	29.13	2.683	0.429
40	15820	46.10	21.85	26.28	3.034	0.482
41	19420	49.14	18.81	23.24	3.613	0.558
42	23837	52.86	15.09	19.52	4.725	0.674
43	29258	57.45	10.50	14.93	5.484	0.739
44	35911	59.52	8.43	12.86	7.584	0.880
45	44075	63.08	4.87	9.30		

J F T 試験データシート(3)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.15 KH-1 130.0-140.0m

NO.	T (sec)	SENSER+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
3	3	1.33	127.12	128.89	1.005	0.002
4	4	2.02	126.43	128.20	1.005	0.002
5	6	1.99	126.46	128.23	1.005	0.002
6	8	1.96	126.49	128.26	1.005	0.002
7	11	1.99	126.46	128.23	1.006	0.002
8	15	2.05	126.40	128.17	1.006	0.003
9	20	2.08	126.37	128.14	1.006	0.003
10	26	2.12	126.33	128.10	1.007	0.003
11	33	2.21	126.24	128.01	1.007	0.003
12	42	2.26	126.19	127.96	1.008	0.003
13	53	2.35	126.10	127.87	1.009	0.004
14	67	2.45	126.00	127.77	1.010	0.004
15	84	2.56	125.89	127.66	1.011	0.005
16	105	2.71	125.74	127.51	1.012	0.005
17	131	2.89	125.56	127.33	1.014	0.006
18	163	3.11	125.34	127.11	1.016	0.007
19	202	3.35	125.10	126.87	1.018	0.008
20	250	3.65	124.80	126.57	1.021	0.009
21	309	3.99	124.46	126.23	1.024	0.010
22	382	4.41	124.04	125.81	1.029	0.012
23	472	4.92	123.53	125.30	1.033	0.014
24	582	5.50	122.95	124.72	1.039	0.017
25	718	6.20	122.25	124.02	1.046	0.020
26	884	7.01	121.44	123.21	1.054	0.023
27	1088	7.96	120.49	122.26	1.064	0.027
28	1339	9.06	119.39	121.16	1.075	0.031
29	1647	10.34	118.11	119.88	1.089	0.037
30	2025	11.91	116.54	118.31	1.109	0.045
31	2489	13.95	114.50	116.27	1.132	0.054
32	3059	16.33	112.12	113.89	1.159	0.064
33	3758	19.05	109.40	111.17	1.195	0.077
34	4616	22.37	106.08	107.85	1.240	0.093
35	5670	26.29	102.16	103.93	1.298	0.113
36	6963	30.95	97.50	99.27	1.374	0.138
37	8550	36.38	92.07	93.84	1.471	0.168
38	10497	42.63	85.82	87.59	1.599	0.204
39	12887	49.62	78.83	80.60	1.776	0.250
40	15820	57.67	70.78	72.55	2.031	0.308
41	19420	66.75	61.70	63.47	2.406	0.391
42	23837	76.65	51.80	53.57	3.004	0.478
43	29258	87.32	41.13	42.90	4.029	0.605
44	35911	98.23	30.22	31.99	6.010	0.779
45	44075	108.77	19.68	21.45	10.576	1.024
46	54094	118.03	10.42	12.19	40.381	1.606
47	66389	127.03	1.42	3.19		

J F T 試験データシート(4)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1998.06.19 KH-1 159.0~169.0m

NO.	T (sec)	SENSER+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log (H1/Hn+1)
1	4	3.00	153.96	154.44	1.020	0.009
2	23	6.00	150.96	151.44	1.027	0.011
3	33	7.00	149.96	150.44	1.033	0.014
4	42	8.00	148.96	149.44	1.040	0.017
5	51	9.00	147.96	148.44	1.047	0.020
6	60	10.00	146.96	147.44	1.055	0.023
7	70	11.00	145.96	146.44	1.062	0.026
8	81	12.00	144.96	145.44	1.069	0.029
9	92	13.00	143.96	144.44	1.077	0.032
10	103	14.00	142.96	143.44	1.084	0.035
11	114	15.00	141.96	142.44	1.092	0.038
12	125	16.00	140.96	141.44	1.100	0.041
13	136	17.00	139.96	140.44	1.108	0.044
14	148	18.00	138.96	139.44	1.116	0.047
15	159	19.00	137.96	138.44	1.124	0.051
16	169	20.00	136.96	137.44	1.132	0.054
17	180	21.00	135.96	136.44	1.140	0.057
18	191	22.00	134.96	135.44	1.149	0.060
19	202	23.00	133.96	134.44	1.157	0.063
20	213	24.00	132.96	133.44	1.166	0.067
21	225	25.00	131.96	132.44	1.175	0.070
22	237	26.00	130.96	131.44	1.184	0.073
23	249	27.00	129.96	130.44	1.193	0.077
24	261	28.00	128.96	129.44	1.202	0.080
25	273	29.00	127.96	128.44	1.212	0.083
26	285	30.00	126.96	127.44	1.221	0.087
27	297	31.00	125.96	126.44	1.231	0.090
28	309	32.00	124.96	125.44	1.241	0.094
29	322	33.00	123.96	124.44	1.251	0.097
30	334	34.00	122.96	123.44	1.261	0.101
31	346	35.00	121.96	122.44	1.272	0.104
32	358	36.00	120.96	121.44	1.282	0.108
33	370	37.00	119.96	120.44	1.293	0.112
34	382	38.00	118.96	119.44	1.304	0.115
35	394	39.00	117.96	118.44	1.315	0.119
36	406	40.00	116.96	117.44	1.326	0.123
37	418	41.00	115.96	116.44	1.338	0.126
38	425	42.00	114.96	115.44	1.350	0.130
39	437	43.00	113.96	114.44	1.361	0.134
40	450	44.00	112.96	113.44	1.374	0.138
41	462	45.00	111.96	112.44	1.386	0.142
42	474	46.00	110.96	111.44	1.398	0.146
43	486	47.00	109.96	110.44	1.411	0.150
44	498	48.00	108.96	109.44	1.424	0.154
45	510	49.00	107.96	108.44	1.437	0.158
46	526	50.00	106.96	107.44	1.451	0.162
47	546	51.00	105.96	106.44	1.465	0.166
48	567	52.00	104.96	105.44	1.479	0.170
49	589	53.00	103.96	104.44	1.493	0.174
50	614	54.00	102.96	103.44	1.509	0.179
51	639	55.09	101.87	102.35	1.515	0.180
52	665	55.49	101.47	101.95	1.530	0.185
53	690	56.49	100.47	100.95	1.545	0.189
54	725	57.49	99.47	99.95	1.564	0.194
55	760	58.67	98.29	98.77	1.580	0.199
56	799	59.67	97.29	97.77	1.588	0.201

J F T 試験データシート(5)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.19 KH-1 159.0-169.0m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (~m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log (H1/Hn+1)
57	835	60.17	96.79	97.27	1.604	0.205
58	875	61.17	95.79	96.27	1.621	0.210
59	915	62.17	94.79	95.27	1.638	0.214
60	955	63.17	93.79	94.27	1.656	0.219
61	998	64.17	92.79	93.27	1.674	0.224
62	1035	65.17	91.79	92.27	1.692	0.228
63	1075	66.17	90.79	91.27	1.720	0.236
64	1118	67.67	89.29	89.77	1.740	0.240
65	1160	68.67	88.29	88.77	1.760	0.245
66	1201	69.67	87.29	87.77	1.780	0.250
67	1240	70.67	86.29	86.77	1.801	0.255
68	1285	71.67	85.29	85.77	1.822	0.261
69	1325	72.67	84.29	84.77	1.844	0.266
70	1371	73.67	83.29	83.77	1.866	0.271
71	1412	74.67	82.29	82.77	1.889	0.276
72	1457	75.67	81.29	81.77	1.912	0.282
73	1495	76.67	80.29	80.77	1.936	0.287
74	1540	77.67	79.29	79.77	1.961	0.292
75	1589	78.67	78.29	78.77	1.986	0.298
76	1634	79.67	77.29	77.77	2.012	0.304
77	1675	80.67	76.29	76.77	2.038	0.309
78	1720	81.67	75.29	75.77	2.066	0.315
79	1765	82.67	74.29	74.77	2.094	0.321
80	1811	83.67	73.29	73.77	2.122	0.327
81	1859	84.67	72.29	72.77	2.152	0.333
82	1910	85.67	71.29	71.77	2.182	0.339
83	1957	86.67	70.29	70.77	2.214	0.345
84	2006	87.67	69.29	69.77	2.246	0.351
85	2055	88.67	68.29	68.77	2.279	0.358
86	2100	89.67	67.29	67.77	2.313	0.364
87	2152	90.67	66.29	66.77	2.348	0.371
88	2200	91.67	65.29	65.77	2.384	0.377
89	2250	92.67	64.29	64.77	2.422	0.384
90	2302	93.67	63.29	63.77	2.460	0.391
91	2358	94.67	62.29	62.77	2.500	0.398
92	2415	95.67	61.29	61.77	2.541	0.405
93	2465	96.67	60.29	60.77	2.584	0.412
94	2518	97.67	59.29	59.77	2.628	0.420
95	2573	98.67	58.29	58.77	2.673	0.427
96	2631	99.67	57.29	57.77	2.720	0.435
97	2680	100.67	56.29	56.77	2.769	0.442
98	2740	101.67	55.29	55.77	2.820	0.450
99	2798	102.67	54.29	54.77	2.872	0.458
100	2855	103.67	53.29	53.77	2.927	0.466
101	2913	104.67	52.29	52.77	2.983	0.475
102	2975	105.67	51.29	51.77	3.042	0.483
103	3040	106.67	50.29	50.77	3.103	0.492
104	3095	107.67	49.29	49.77	3.167	0.501
105	3157	108.67	48.29	48.77	3.233	0.510
106	3220	109.67	47.29	47.77	3.302	0.519
107	3280	110.67	46.29	46.77	3.374	0.528
108	3351	111.67	45.29	45.77	3.450	0.538
109	3416	112.67	44.29	44.77	3.528	0.548
110	3484	113.67	43.29	43.77	3.611	0.558
111	3552	114.67	42.29	42.77	3.697	0.568
112	3611	115.67	41.29	41.77	3.788	0.578
113	3694	116.67	40.29	40.77	3.883	0.589
114	3765	117.67	39.29	39.77	3.983	0.600
115	3838	118.67	38.29	38.77	4.089	0.612
116	3913	119.67	37.29	37.77	4.200	0.623
117	3989	120.67	36.29	36.77	4.318	0.635
118	4060	121.67	35.29	35.77	4.442	0.648
119	4147	122.67	34.29	34.77	4.573	0.660
120	4229	123.67	33.29	33.77	4.713	0.673
121	4313	124.67	32.29	32.77	4.861	0.687
122	4399	125.67	31.29	31.77	5.019	0.701

J F T 試験データシート(6)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.19 KH-1 159.0-169.0m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
123	4480	126.67	30.29	30.77	5.188	0.715
124	4577	127.67	29.29	29.77	5.368	0.730
125	4665	128.67	28.29	28.77	5.561	0.745
126	4767	129.67	27.29	27.77	5.769	0.761
127	4865	130.67	26.29	26.77	5.993	0.778
128	4960	131.67	25.29	25.77	6.235	0.795
129	5072	132.67	24.29	24.77	6.497	0.813
130	5180	133.67	23.29	23.77	6.783	0.831
131	5294	134.67	22.29	22.77	7.094	0.851
132	5412	135.67	21.29	21.77	7.436	0.871
133	5535	136.67	20.29	20.77	7.812	0.893
134	5665	137.67	19.29	19.77	8.228	0.915
135	5800	138.67	18.29	18.77	8.691	0.939
136	5947	139.67	17.29	17.77	9.209	0.964
137	6100	140.67	16.29	16.77	9.793	0.991
138	6266	141.67	15.29	15.77	10.456	1.019
139	6448	142.67	14.29	14.77	11.216	1.050
140	6637	143.67	13.29	13.77	12.094	1.083
141	6837	144.67	12.29	12.77	13.121	1.118
142	7060	145.67	11.29	11.77	14.340	1.157
143	7317	146.67	10.29	10.77	15.808	1.199
144	7587	147.67	9.29	9.77	17.610	1.246
145	7887	148.67	8.29	8.77	19.876	1.298
146	8260	149.67	7.29	7.77	22.812	1.358
147	8668	150.67	6.29	6.77		

J F T 試験データシート(7)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.25

KH-1 175.5-185.5m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
9	20	10.76	163.20	164.82	1.010	0.004
10	26	12.36	161.60	163.22	1.025	0.011
11	33	14.74	159.22	160.84	1.045	0.019
12	42	17.93	156.03	157.65	1.071	0.030
13	53	21.63	152.33	153.95	1.103	0.042
14	67	26.09	147.87	149.49	1.142	0.057
15	84	31.19	142.77	144.39	1.191	0.076
16	105	37.20	136.76	138.38	1.255	0.099
17	131	44.22	129.74	131.36	1.336	0.126
18	163	52.24	121.72	123.34	1.441	0.159
19	202	61.19	112.77	114.39	1.565	0.194
20	250	70.25	103.71	105.33	1.749	0.243
21	309	81.36	92.60	94.22	1.958	0.292
22	382	91.42	82.54	84.16	2.296	0.361
23	472	103.79	70.17	71.79	2.842	0.454
24	582	117.59	56.37	57.99	3.718	0.570
25	718	131.25	42.71	44.33	5.195	0.716
26	884	143.85	30.11	31.73	7.863	0.896
27	1088	154.62	19.34	20.96	12.821	1.108
28	1339	162.72	11.24	12.86	21.562	1.334
29	1647	167.94	6.02	7.64	33.824	1.529
30	2025	170.71	3.25	4.87	47.169	1.674
31	2489	172.09	1.87	3.49	59.344	1.773
32	3059	172.80	1.16	2.78	71.392	1.854
33	3758	173.27	0.69	2.31	85.726	1.933
34	4616	173.66	0.30	1.92	100.078	2.000
35	5670	173.93	0.03	1.65	103.545	2.015
36	6963	173.99	-0.03	1.59		

JFT試験データシート(8)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.06.28 KH-1 188.5-198.5m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
4	4	1.08	185.88	187.34	1.000	0.000
5	6	1.09	185.87	187.33	1.000	0.000
6	8	1.12	185.84	187.30	1.001	0.000
7	11	1.19	185.77	187.23	1.001	0.000
8	15	1.23	185.73	187.19	1.001	0.000
9	20	1.23	185.73	187.19	1.001	0.001
10	26	1.35	185.61	187.07	1.002	0.001
11	33	1.39	185.57	187.03	1.002	0.001
12	42	1.46	185.50	186.96	1.003	0.001
13	53	1.56	185.40	186.86	1.003	0.001
14	67	1.66	185.30	186.76	1.004	0.002
15	84	1.79	185.17	186.63	1.003	0.001
16	105	1.64	185.32	186.78	1.004	0.002
17	131	1.77	185.19	186.65	1.005	0.002
18	163	1.92	185.04	186.50	1.005	0.002
19	202	2.08	184.88	186.34	1.007	0.003
20	250	2.33	184.63	186.09	1.008	0.004
21	309	2.59	184.37	185.83	1.010	0.004
22	382	2.91	184.05	185.51	1.012	0.005
23	472	3.30	183.66	185.12	1.015	0.006
24	582	3.78	183.18	184.64	1.018	0.008
25	718	4.38	182.58	184.04	1.025	0.011
26	919	5.73	181.23	182.69	1.026	0.011
27	920	5.75	181.21	182.67	1.026	0.011
28	921	5.75	181.21	182.67	1.026	0.011
29	922	5.75	181.21	182.67	1.026	0.011
30	924	5.76	181.20	182.66	1.026	0.011
31	926	5.76	181.20	182.66	1.026	0.011
32	929	5.78	181.18	182.64	1.026	0.011
33	933	5.80	181.16	182.62	1.026	0.011
34	938	5.83	181.13	182.59	1.026	0.011
35	944	5.83	181.13	182.59	1.026	0.011
36	951	5.87	181.09	182.55	1.026	0.011
37	960	5.90	181.06	182.52	1.027	0.011
38	971	5.95	181.01	182.47	1.027	0.012
39	985	6.01	180.95	182.41	1.028	0.012
40	1002	6.11	180.85	182.31	1.028	0.012
41	1023	6.17	180.79	182.25	1.029	0.012
42	1049	6.28	180.68	182.14	1.029	0.013
43	1081	6.41	180.55	182.01	1.030	0.013
44	1120	6.60	180.36	181.82	1.031	0.013
45	1168	6.77	180.19	181.65	1.033	0.014
46	1227	7.00	179.96	181.42	1.034	0.015
47	1300	7.29	179.67	181.13	1.036	0.016
48	1390	7.66	179.30	180.76	1.039	0.017
49	1500	8.09	178.87	180.33	1.042	0.018
50	1636	8.65	178.31	179.77	1.046	0.019
51	1802	9.30	177.66	179.12	1.051	0.022
52	2006	10.13	176.83	178.29	1.057	0.024
53	2257	11.12	175.84	177.30	1.064	0.027
54	2565	12.30	174.66	176.12	1.073	0.031
55	2943	13.81	173.15	174.61	1.084	0.035
56	3407	15.62	171.34	172.80	1.099	0.041
57	3977	17.94	169.02	170.48	1.117	0.048
58	4676	20.74	166.22	167.68	1.143	0.058
59	5534	24.51	162.45	163.91	1.178	0.071
60	6588	29.41	157.55	159.01	1.222	0.087
61	7881	35.09	151.87	153.33	1.263	0.101
62	9468	40.11	146.85	148.31	1.314	0.119
63	11415	45.87	141.09	142.55	1.377	0.139
64	13805	52.33	134.63	136.09	1.459	0.164
65	16738	59.97	126.99	128.45	1.564	0.194
66	20338	68.66	118.30	119.76	1.703	0.231
67	24755	78.42	108.54	110.00	1.891	0.277
68	30176	89.37	97.59	99.05	2.150	0.332
69	36829	101.29	85.67	87.13	2.521	0.402
70	44993	114.11	72.85	74.31	3.071	0.487
71	55012	127.42	59.54	61.00	3.930	0.594
72	67307	140.74	46.22	47.68	5.359	0.729
73	82395	153.46	33.50	34.96	7.982	0.902
74	100911	164.95	22.01	23.47	13.634	1.135
75	123634	174.68	12.28	13.74	29.215	1.466
76	151519	182.01	4.95	6.41		

J F T 試験データシート(9)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.01

KH-1 288.0-298.0m

NO.	T (sec)	SESNR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	lag (H1/Hn+1)
3	3	0.06	187.23	187.90	1.009	0.004
4	4	1.72	185.57	186.24	1.007	0.003
5	6	1.41	185.88	186.55	1.008	0.004
6	8	1.57	185.72	186.39	1.009	0.004
7	11	1.82	185.47	186.14	1.011	0.005
8	15	2.03	185.26	185.93	1.012	0.005
9	20	2.30	184.99	185.66	1.011	0.005
10	26	2.10	185.19	185.86	1.012	0.005
11	33	2.36	184.93	185.60	1.014	0.006
12	42	2.69	184.60	185.27	1.016	0.007
13	53	3.10	184.19	184.86	1.019	0.009
14	67	3.61	183.68	184.35	1.023	0.010
15	84	4.20	183.09	183.76	1.027	0.011
16	105	4.95	182.34	183.01	1.032	0.014
17	131	5.84	181.45	182.12	1.038	0.016
18	163	6.96	180.33	181.00	1.046	0.019
19	202	8.28	179.01	179.68	1.055	0.023
20	250	9.89	177.40	178.07	1.067	0.028
21	309	11.79	175.50	176.17	1.082	0.034
22	382	14.25	173.04	173.71	1.101	0.042
23	472	17.23	170.06	170.73	1.124	0.051
24	582	20.73	166.56	167.23	1.153	0.062
25	718	24.98	162.31	162.98	1.190	0.076
26	884	30.06	157.23	157.90	1.238	0.093
27	1088	36.23	151.06	151.73	1.300	0.114
28	1339	43.46	143.83	144.50	1.384	0.141
29	1647	52.18	135.11	135.78	1.497	0.175
30	2025	62.41	124.88	125.55	1.651	0.218
31	2489	74.15	113.14	113.81	1.870	0.272
32	3059	87.50	99.79	100.46	2.195	0.341
33	3758	102.36	84.93	85.60	2.707	0.433
34	4616	118.56	68.73	69.40	3.600	0.556
35	5670	135.76	51.53	52.20	5.403	0.733
36	6963	153.18	34.11	34.78	9.719	0.988
37	8550	168.63	18.66	19.33	23.697	1.375
38	10497	180.03	7.26	7.93	117.934	2.072
39	12887	186.37	0.92	1.59	305.375	2.485
40	15820	187.34	-0.05	0.62	327.359	2.515
41	19420	187.39	-0.10	0.57	352.754	2.547
42	23837	187.43	-0.14	0.53	362.118	2.559
43	29258	187.44	-0.15	0.52	417.536	2.621
44	35911	187.51	-0.22	0.45	492.980	2.693
45	44075	187.58	-0.29	0.38	601.700	2.779
46	54094	187.65	-0.36	0.31	1076.531	3.032
47	66389	187.79	-0.50	0.17		

J F T 試験データシート (10)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.04

KH-1 342.0-352.0m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
3	3	0.97	186.32	187.14	1.017	0.007
4	4	4.15	183.14	183.96	1.015	0.006
5	6	3.71	183.58	184.40	1.016	0.007
6	8	4.00	183.29	184.11	1.019	0.008
7	11	4.39	182.90	183.72	1.022	0.009
8	15	4.93	182.36	183.18	1.026	0.011
9	20	5.65	181.64	182.46	1.030	0.013
10	26	6.50	180.79	181.61	1.032	0.014
11	33	6.75	180.54	181.36	1.036	0.016
12	42	7.55	179.74	180.56	1.044	0.019
13	53	8.91	178.38	179.20	1.054	0.023
14	67	10.48	176.81	177.63	1.064	0.027
15	84	12.24	175.05	175.87	1.077	0.032
16	105	14.39	172.90	173.72	1.093	0.039
17	131	16.91	170.38	171.20	1.113	0.046
18	163	19.89	167.40	168.22	1.137	0.056
19	202	23.47	163.82	164.64	1.167	0.067
20	250	27.76	159.53	160.35	1.204	0.081
21	309	32.72	154.57	155.39	1.251	0.097
22	382	38.56	148.73	149.55	1.311	0.118
23	472	45.38	141.91	142.73	1.388	0.142
24	582	53.30	133.99	134.81	1.490	0.173
25	718	62.49	124.80	125.62	1.625	0.211
26	884	72.92	114.37	115.19	1.810	0.258
27	1088	84.69	102.60	103.42	2.074	0.317
28	1339	97.86	89.43	90.25	2.464	0.392
29	1647	112.15	75.14	75.96	3.071	0.487
30	2025	127.17	60.12	60.94	4.089	0.612
31	2489	142.34	44.95	45.77	5.955	0.775
32	3059	156.69	30.60	31.42	9.726	0.988
33	3758	168.87	18.42	19.24	18.329	1.263
34	4616	177.90	9.39	10.21	39.552	1.597
35	5670	183.38	3.91	4.73	85.116	1.930
36	6963	185.91	1.38	2.20	146.621	2.166
37	8550	186.83	0.46	1.28		

J F T 試験データシート (11)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.06 KH-1 369.0~379.0m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log (H1/Hn+1)
3	3	1.67	185.62	187.18	0.998	-0.001
4	4	1.34	185.95	187.51	1.000	-0.000
5	6	1.61	185.68	187.24	1.002	0.001
6	8	2.11	185.18	186.74	1.004	0.002
7	11	2.36	184.93	186.49	1.005	0.002
8	15	2.66	184.63	186.19	1.007	0.003
9	20	2.94	184.35	185.91	1.009	0.004
10	26	3.27	184.02	185.58	1.011	0.005
11	33	3.66	183.63	185.19	1.014	0.006
12	42	4.17	183.12	184.68	1.017	0.007
13	53	4.78	182.51	184.07	1.018	0.008
14	67	4.96	182.33	183.89	1.023	0.010
15	84	5.80	181.49	183.05	1.028	0.012
16	105	6.83	180.46	182.02	1.036	0.015
17	131	8.21	179.08	180.64	1.045	0.019
18	163	9.75	177.54	179.10	1.056	0.024
19	202	11.68	175.61	177.17	1.070	0.030
20	250	13.99	173.30	174.86	1.088	0.037
21	309	16.85	170.44	172.00	1.110	0.045
22	382	20.21	167.08	168.64	1.138	0.056
23	472	24.34	162.95	164.51	1.173	0.069
24	582	29.31	157.98	159.54	1.219	0.086
25	718	35.28	152.01	153.57	1.277	0.106
26	884	42.23	145.06	146.62	1.354	0.132
27	1088	50.62	136.67	138.23	1.457	0.163
28	1339	60.39	126.90	128.46	1.598	0.204
29	1647	71.72	115.57	117.13	1.797	0.254
30	2025	84.67	102.62	104.18	2.087	0.320
31	2489	99.16	88.13	89.69	2.533	0.404
32	3059	114.96	72.33	73.89	3.275	0.515
33	3758	131.69	55.60	57.16	4.615	0.664
34	4616	148.29	39.00	40.56	7.399	0.869
35	5670	163.55	23.74	25.30	14.302	1.155
36	6963	175.76	11.53	13.09	33.674	1.527
37	8550	183.29	4.00	5.56	76.466	1.883
38	10497	186.40	0.89	2.45	110.703	2.044
39	12887	187.16	0.13	1.69	122.688	2.089
40	15820	187.32	-0.03	1.53	148.069	2.170
41	19420	187.59	-0.30	1.26	176.973	2.248
42	23837	187.79	-0.50	1.06		

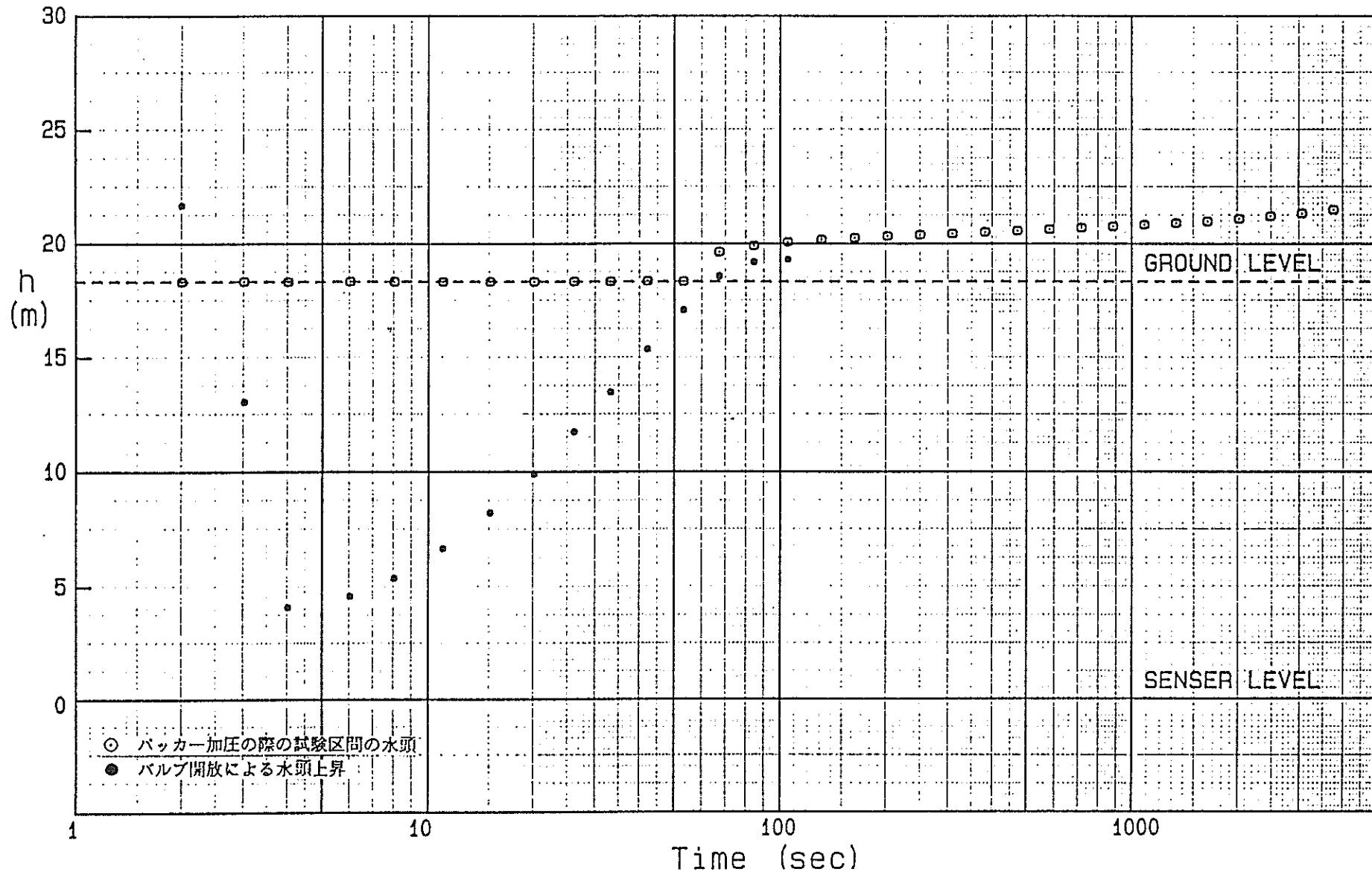
J F T 試験データシート (12)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.10

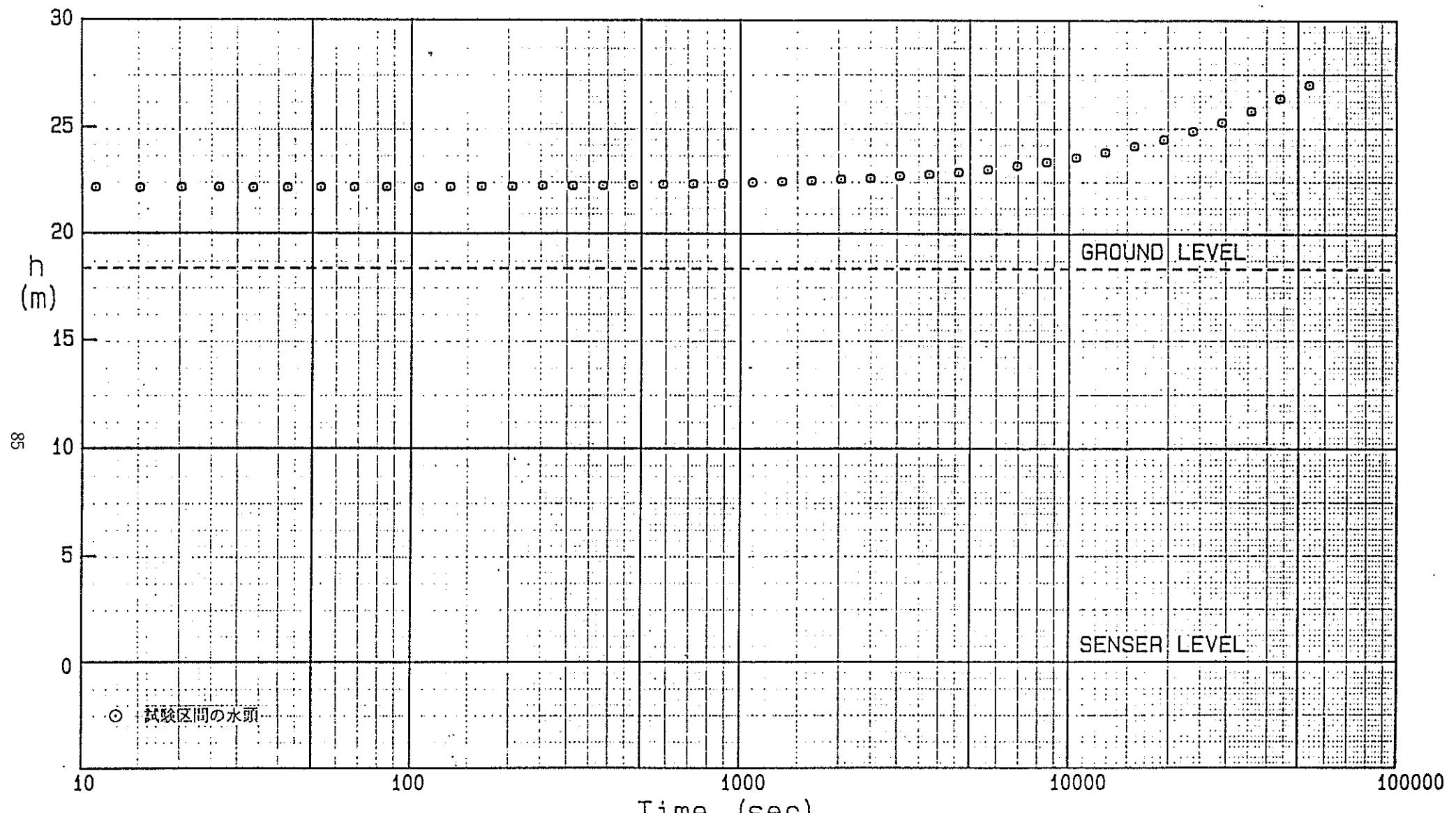
KH-1 475.0-495.0m

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
5	6	2.08	186.21	186.21	1.001	0.000
6	8	2.29	186.00	186.00	1.001	0.001
7	11	2.36	185.93	185.93	1.002	0.001
8	15	2.49	185.80	185.80	1.003	0.001
9	20	2.69	185.60	185.60	1.004	0.002
10	26	2.88	185.41	185.41	1.006	0.002
11	33	3.11	185.18	185.18	1.007	0.003
12	42	3.36	184.93	184.93	1.006	0.003
13	53	3.21	185.08	185.08	1.008	0.004
14	67	3.61	184.68	184.68	1.011	0.005
15	84	4.05	184.24	184.24	1.013	0.006
16	105	4.54	183.75	183.75	1.017	0.007
17	131	5.18	183.11	183.11	1.021	0.009
18	163	5.95	182.34	182.34	1.026	0.011
19	202	6.83	181.46	181.46	1.031	0.013
20	250	7.65	180.64	180.64	1.037	0.016
21	309	8.67	179.62	179.62	1.044	0.019
22	382	9.85	178.44	178.44	1.052	0.022
23	472	11.22	177.07	177.07	1.061	0.026
24	582	12.83	175.46	175.46	1.074	0.031
25	718	14.88	173.41	173.41	1.089	0.037
26	884	17.34	170.95	170.95	1.108	0.045
27	1088	20.28	168.01	168.01	1.133	0.054
28	1339	23.89	164.40	164.40	1.163	0.066
29	1647	28.24	160.05	160.05	1.204	0.081
30	2025	33.67	154.62	154.62	1.258	0.100
31	2489	40.30	147.99	147.99	1.330	0.124
32	3059	48.32	139.97	139.97	1.423	0.153
33	3758	57.41	130.88	130.88	1.548	0.190
34	4616	67.99	120.30	120.30	1.721	0.236
35	5670	80.08	108.21	108.21	1.975	0.295
36	6963	93.99	94.30	94.30	2.354	0.372
37	8550	109.18	79.11	79.11	2.967	0.472
38	10497	125.53	62.76	62.76	4.039	0.606
39	12887	142.19	46.10	46.10	6.167	0.790
40	15820	158.09	30.20	30.20	10.874	1.036
41	19420	171.17	17.12	17.12	22.459	1.351
42	23837	180.00	8.29	8.29	55.329	1.743
43	29258	184.92	3.37	3.37	158.101	2.199
44	35911	187.11	1.18	1.18	926.904	2.967
45	44075	188.09	0.20	0.20	2941.529	3.469
46	54094	188.23	0.06	0.06		

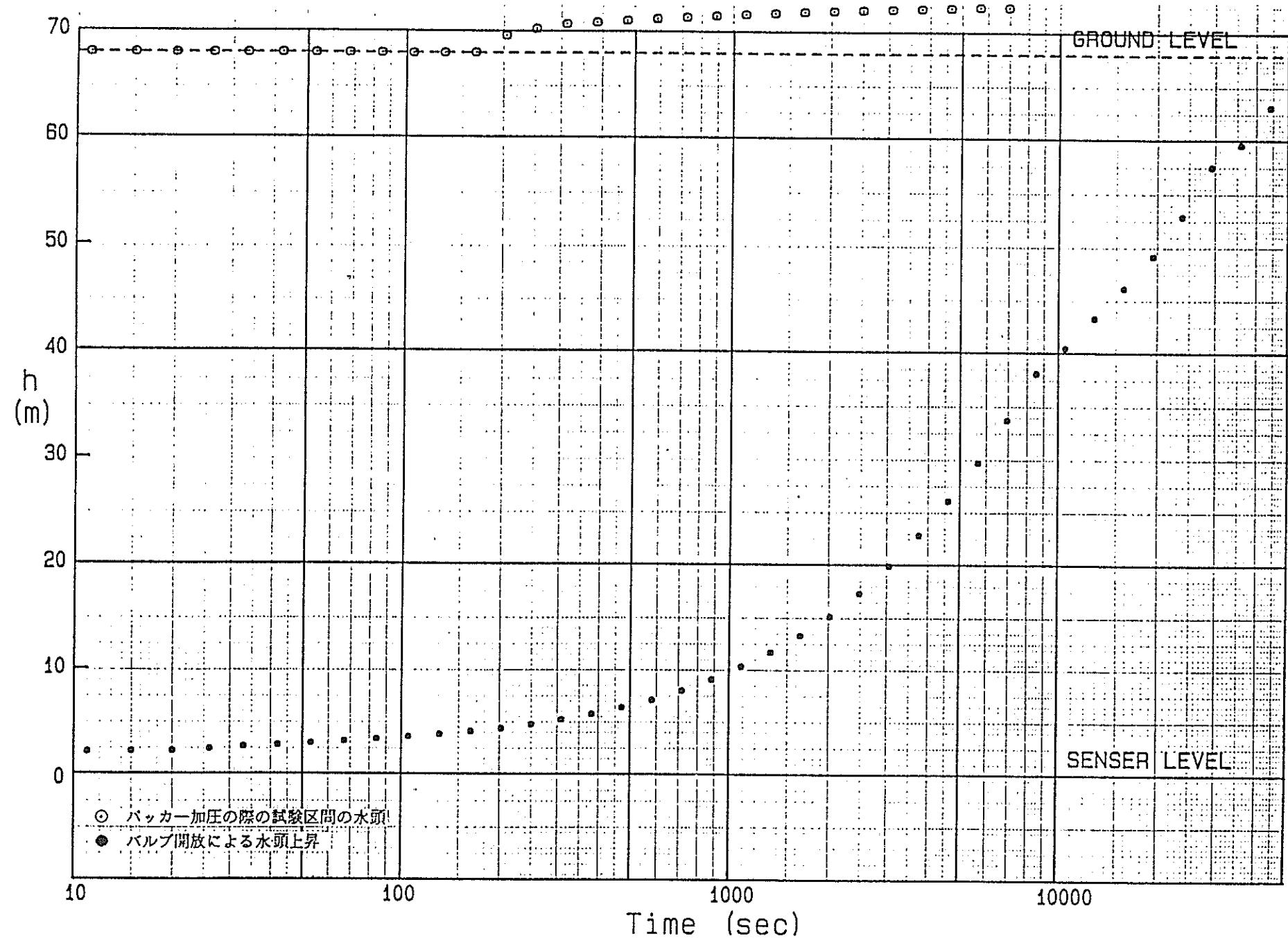
VI. 時間～圧力センサーからの水頭関係図

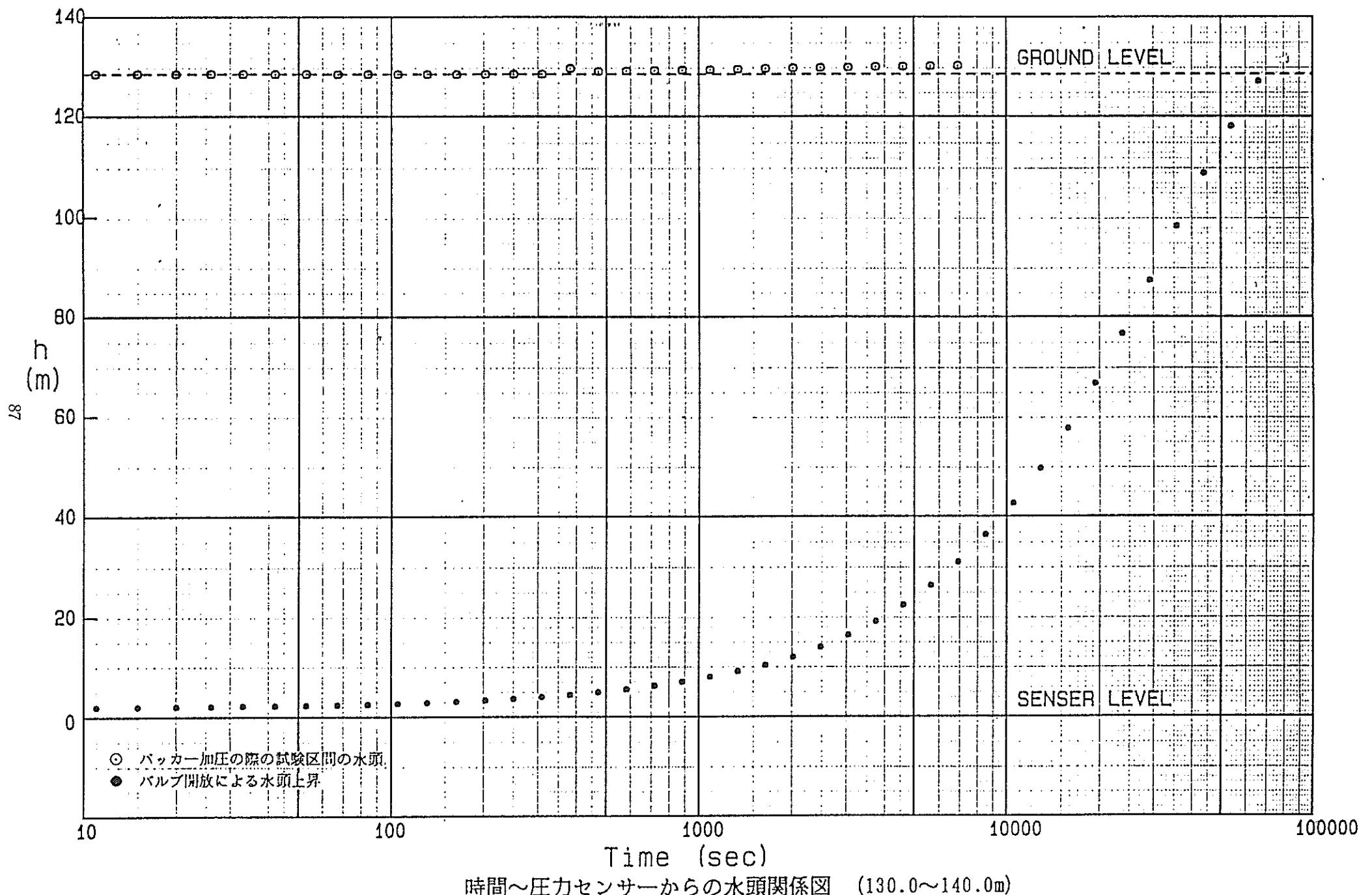


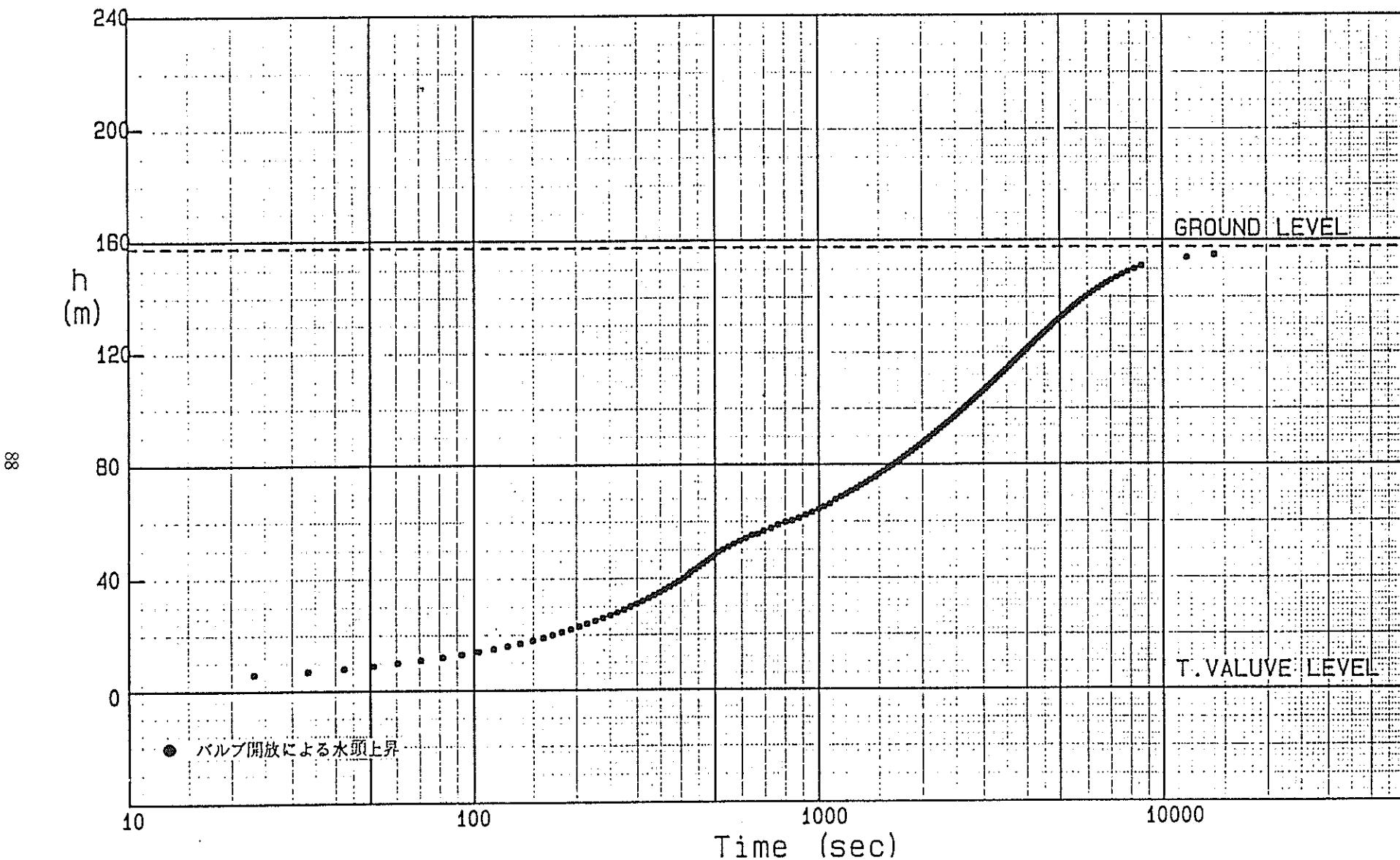
時間～圧力センサーからの水頭関係図 (19.0～29.0m)



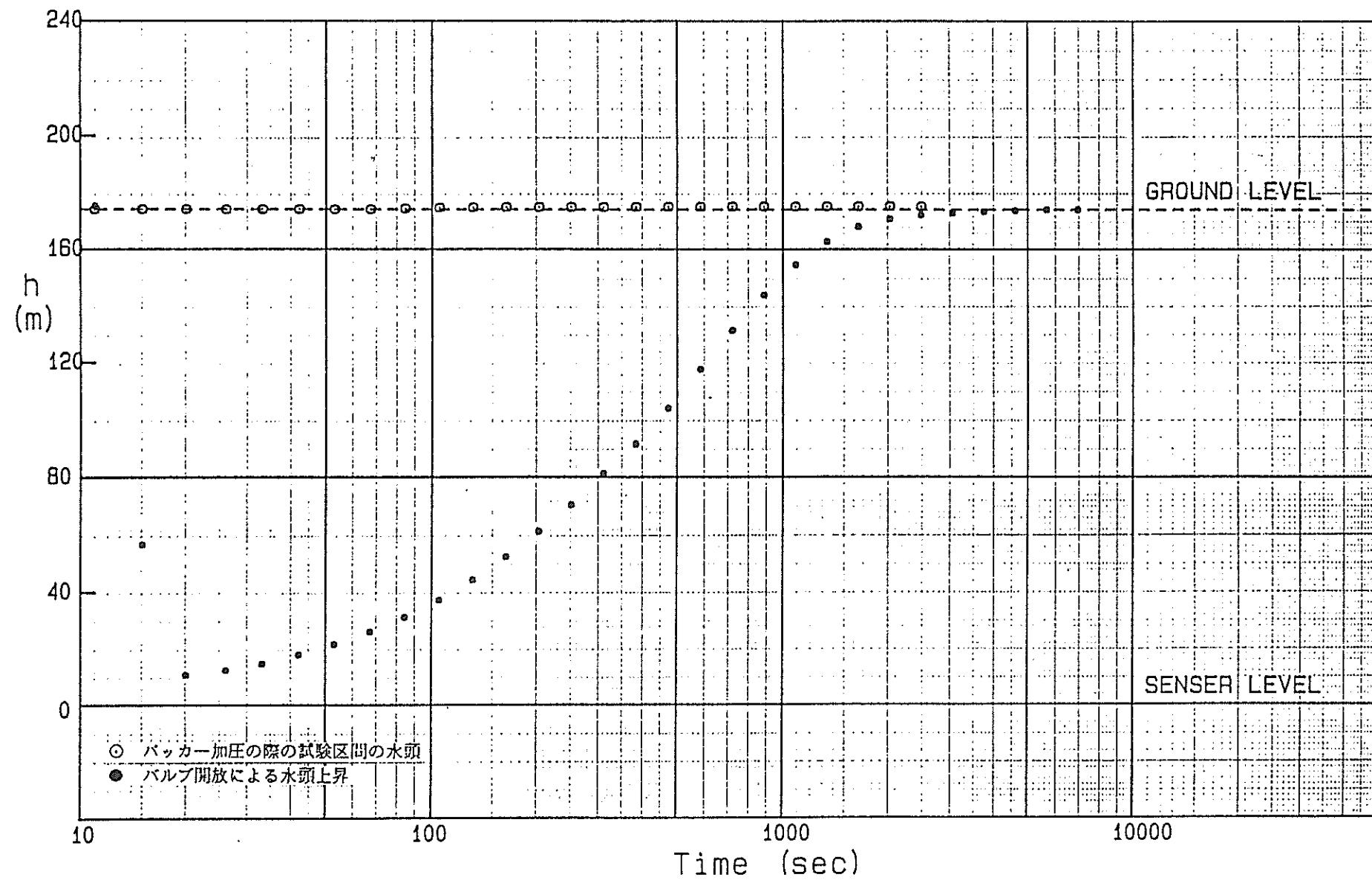
時間～圧力センサーからの水頭関係図
J F T 試験終了後口元バルブを締め、一晩放置 (19.0~29.0m)



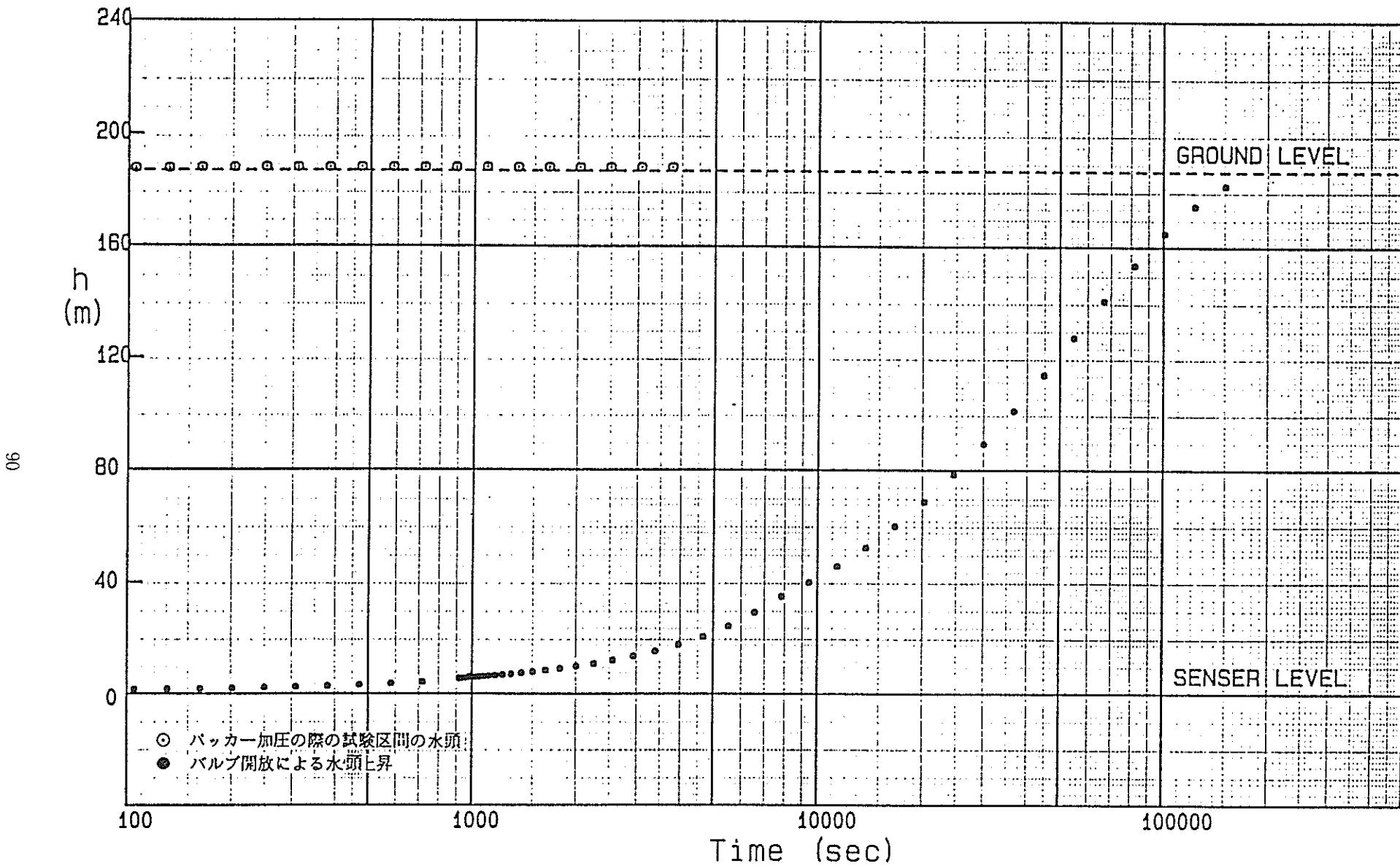


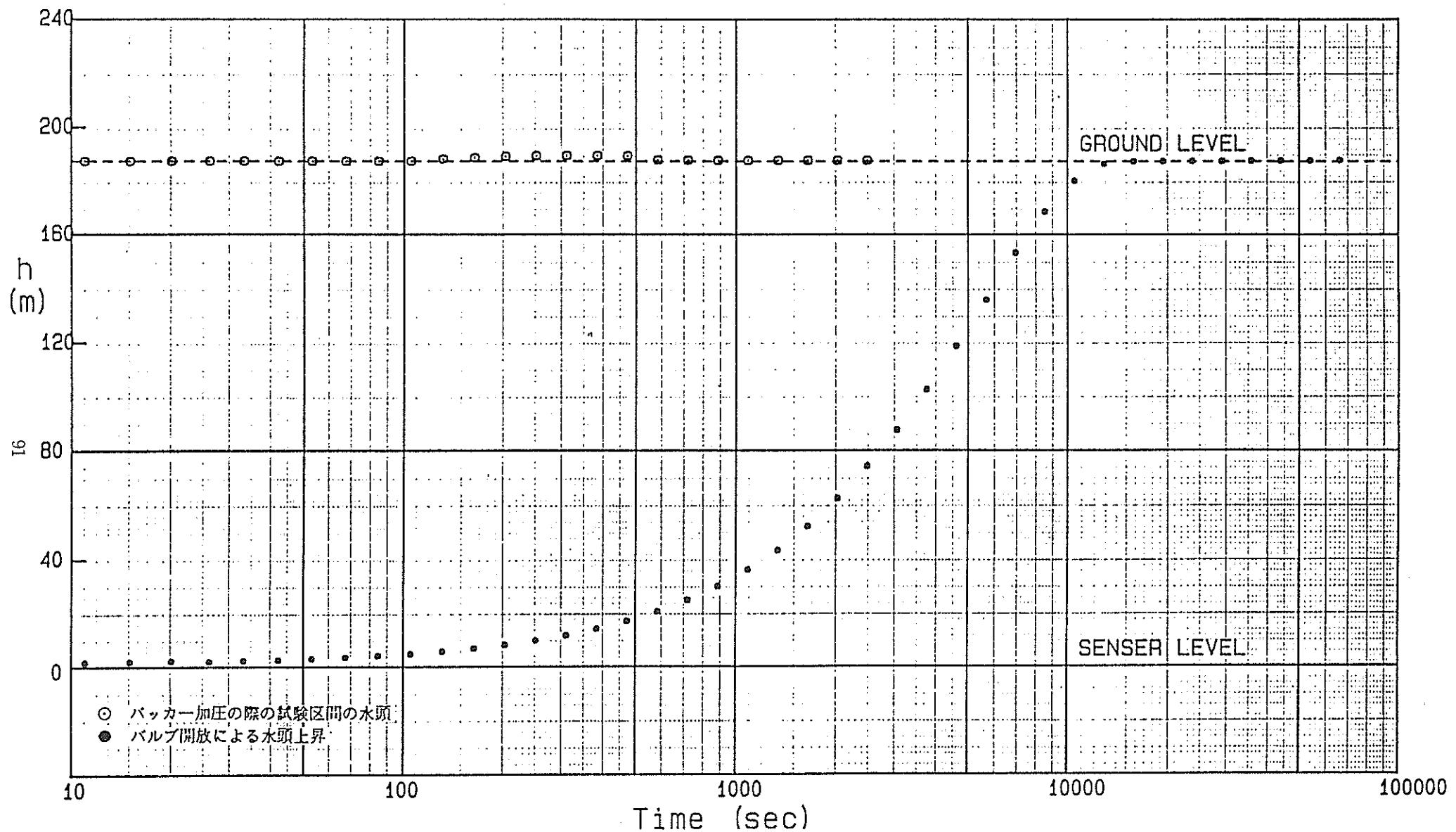


時間～トリップバルブからの水頭関係図 (159.0 ~169.0m)

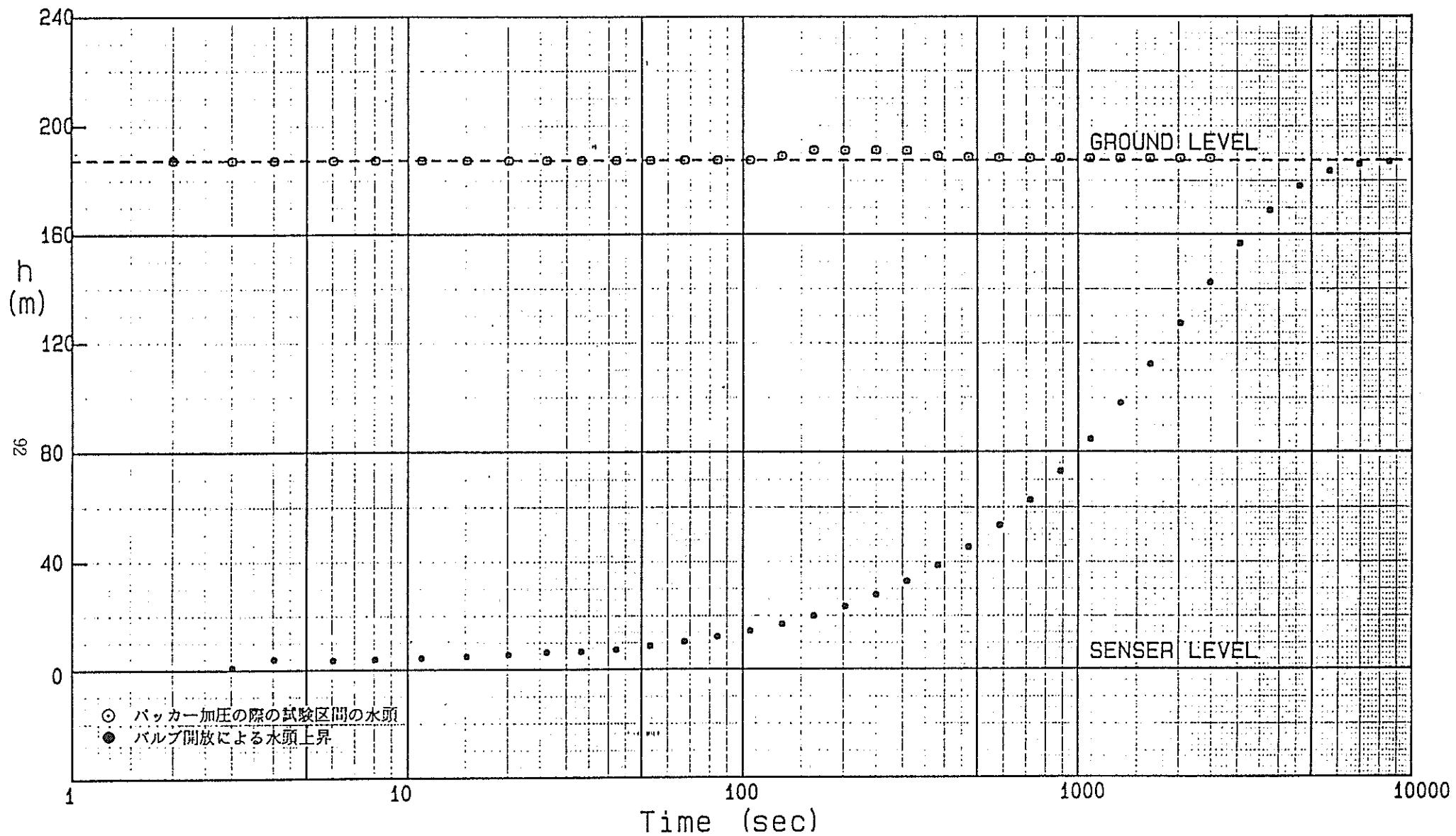


時間～圧力センサーからの水頭関係図 (175.5～185.5m)

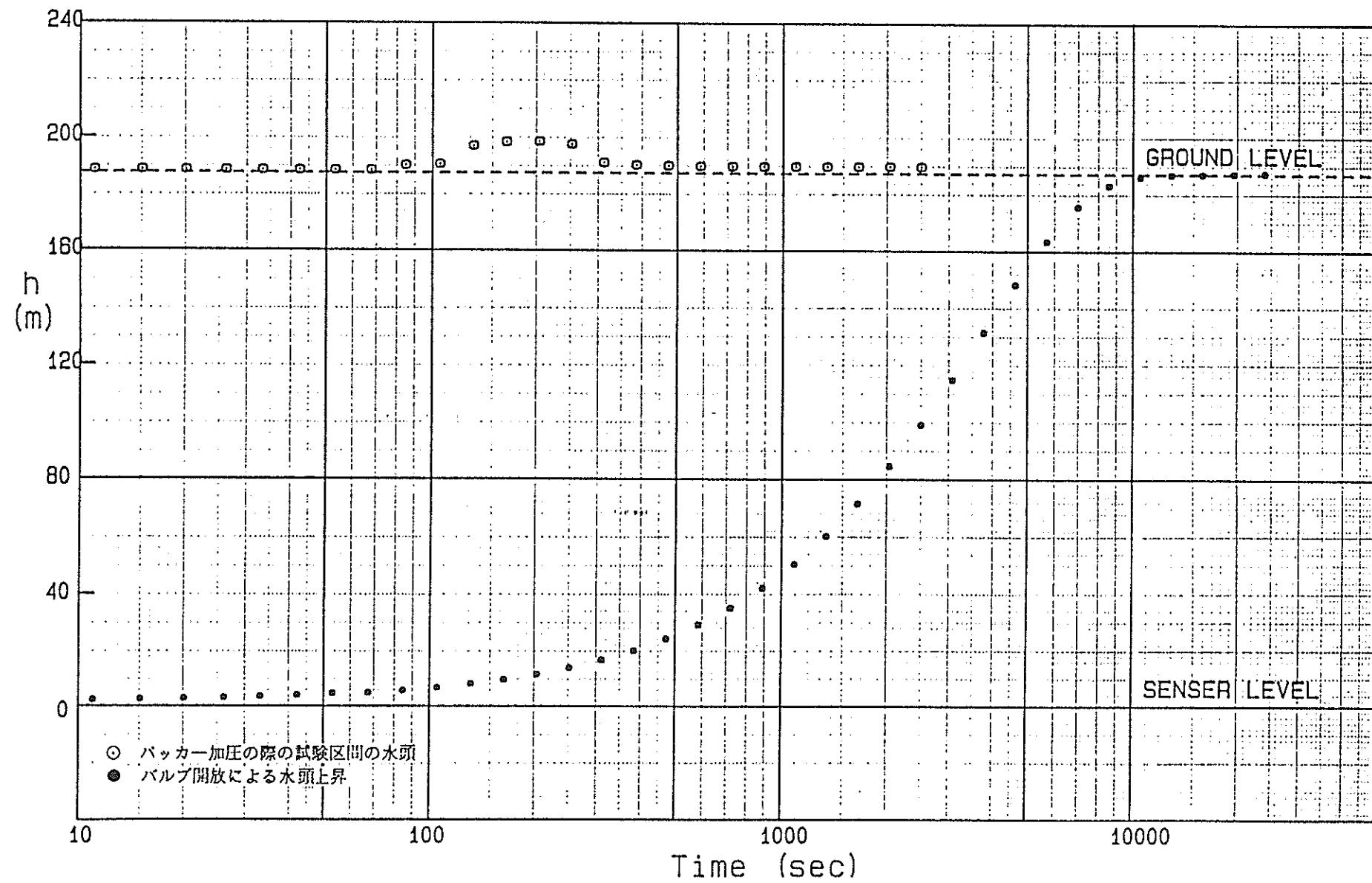




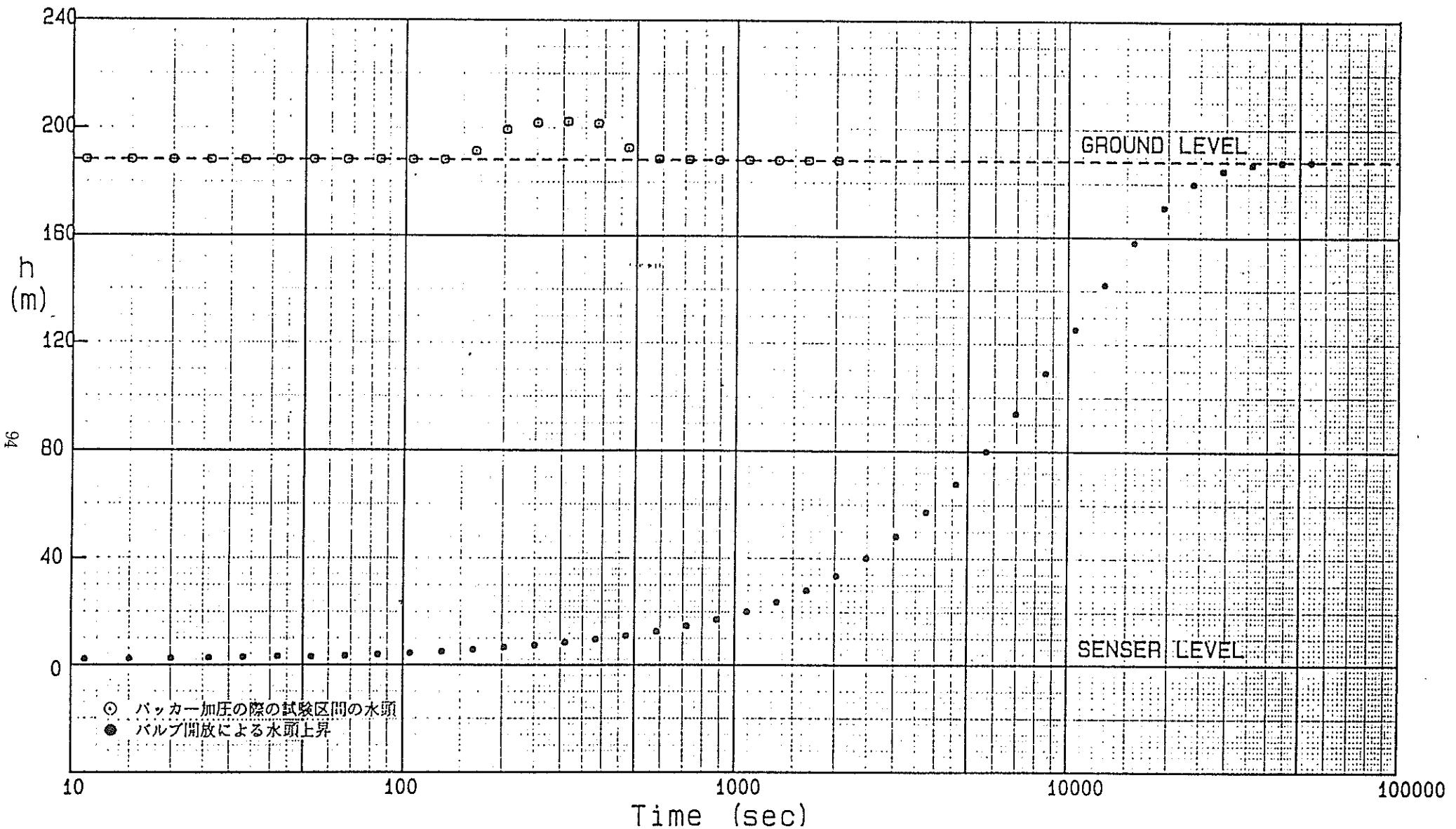
時間～圧力センサーからの水頭関係図 (288.0～298.0m)



時間～圧力センサーからの水頭関係図 (342.0～352.0m)

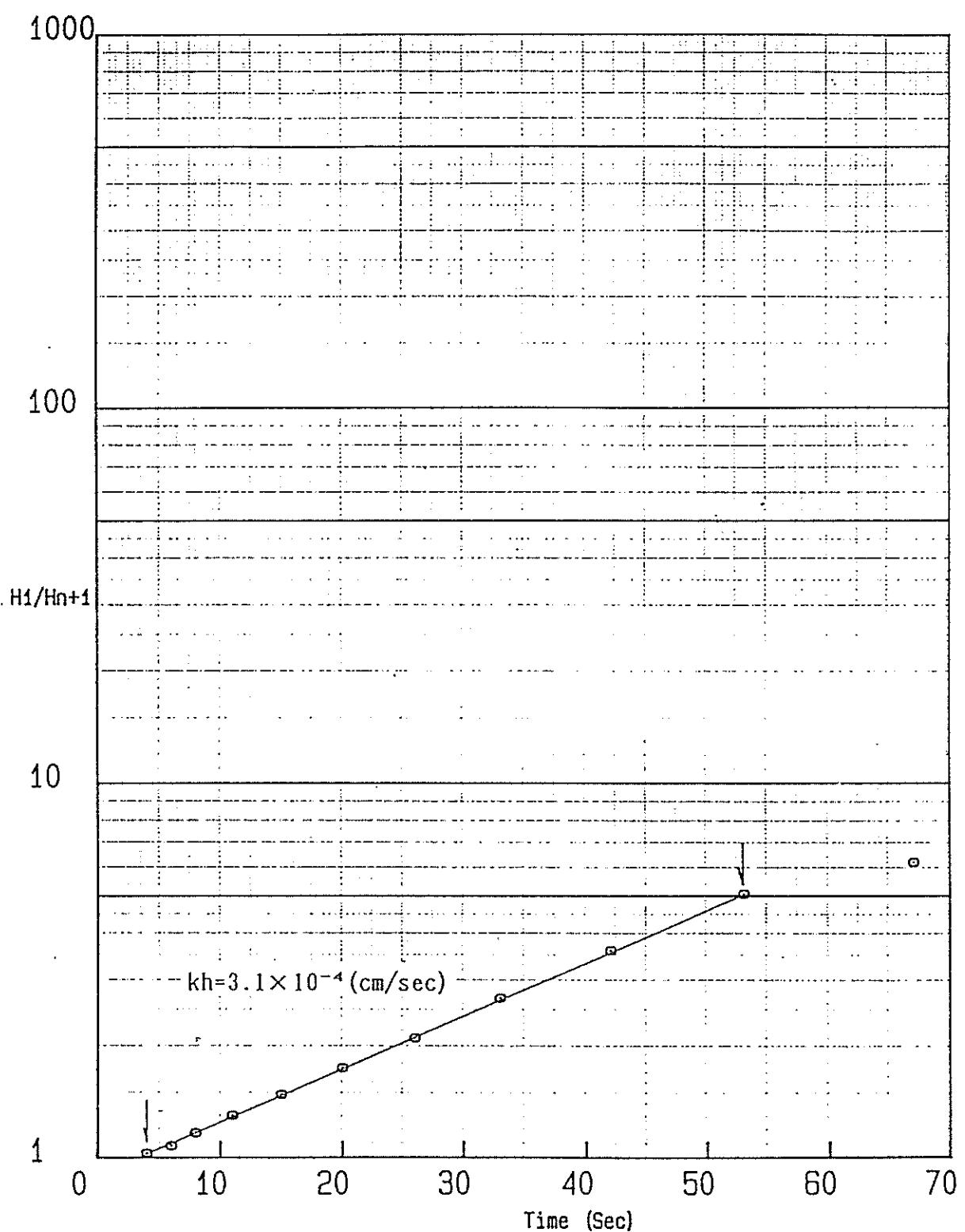


時間～圧力センサーからの水頭関係図 (369.0～379.0m)

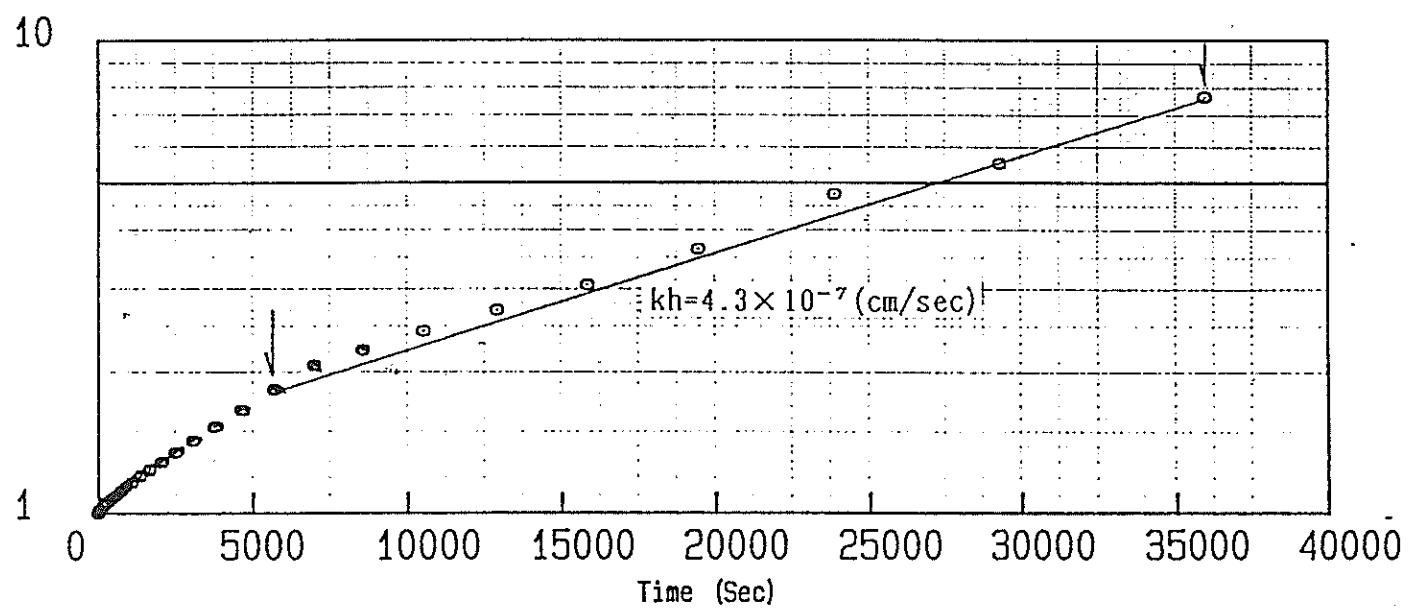
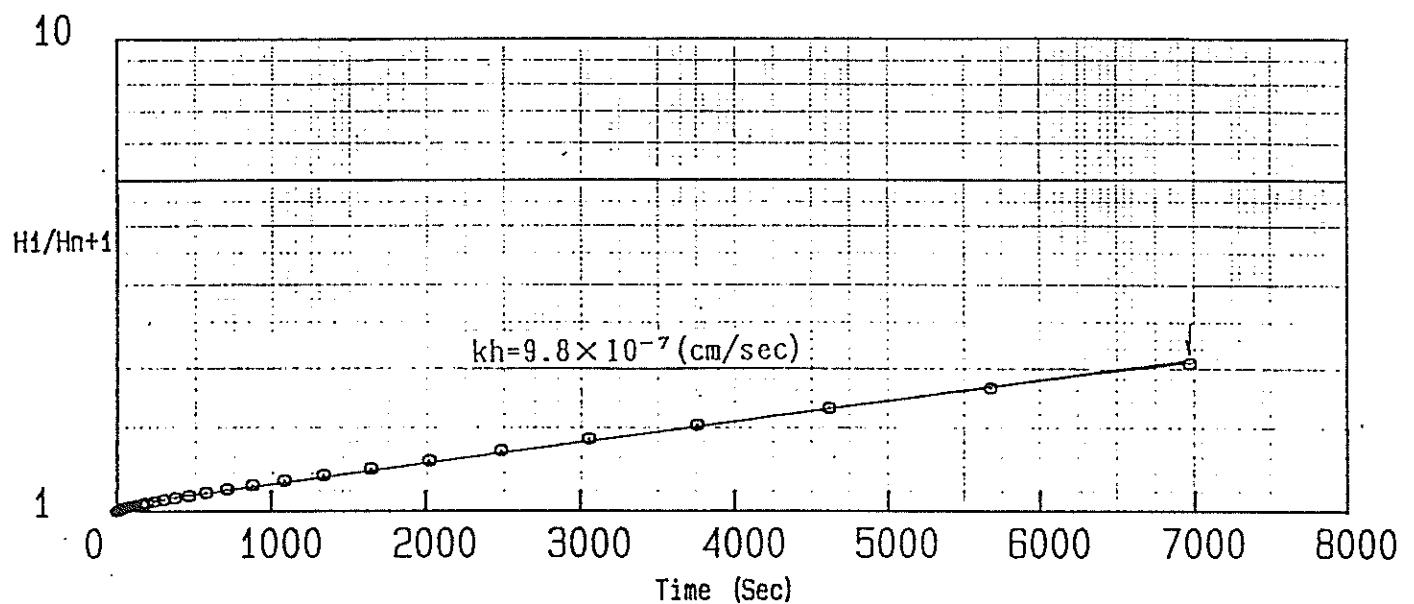


時間～圧力センサーからの水頭関係図 (475.0～485.0m)

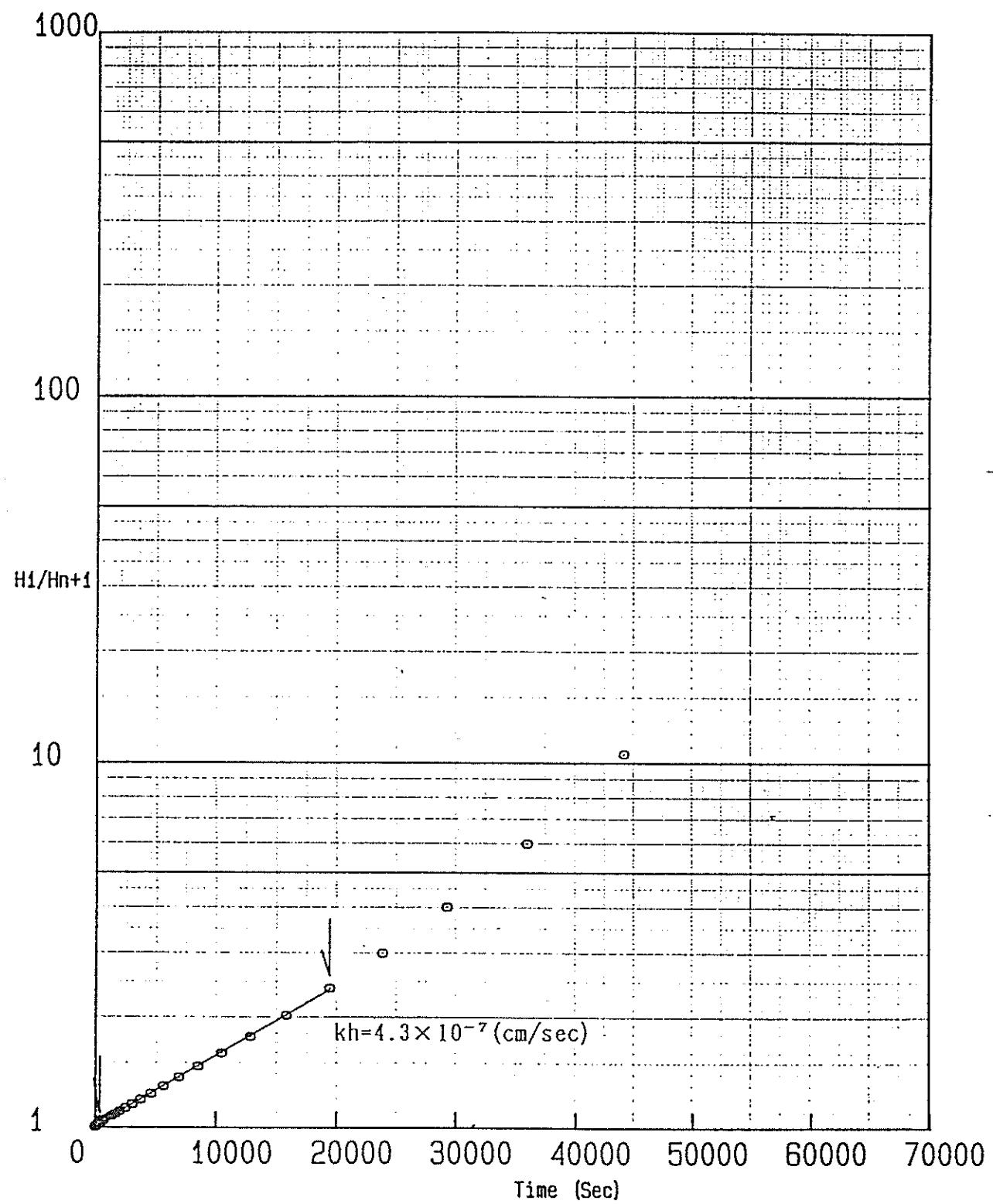
VII. J F T 試験 1 ○ g (H₁ / H_{n+1}) ~ 時間
関係図



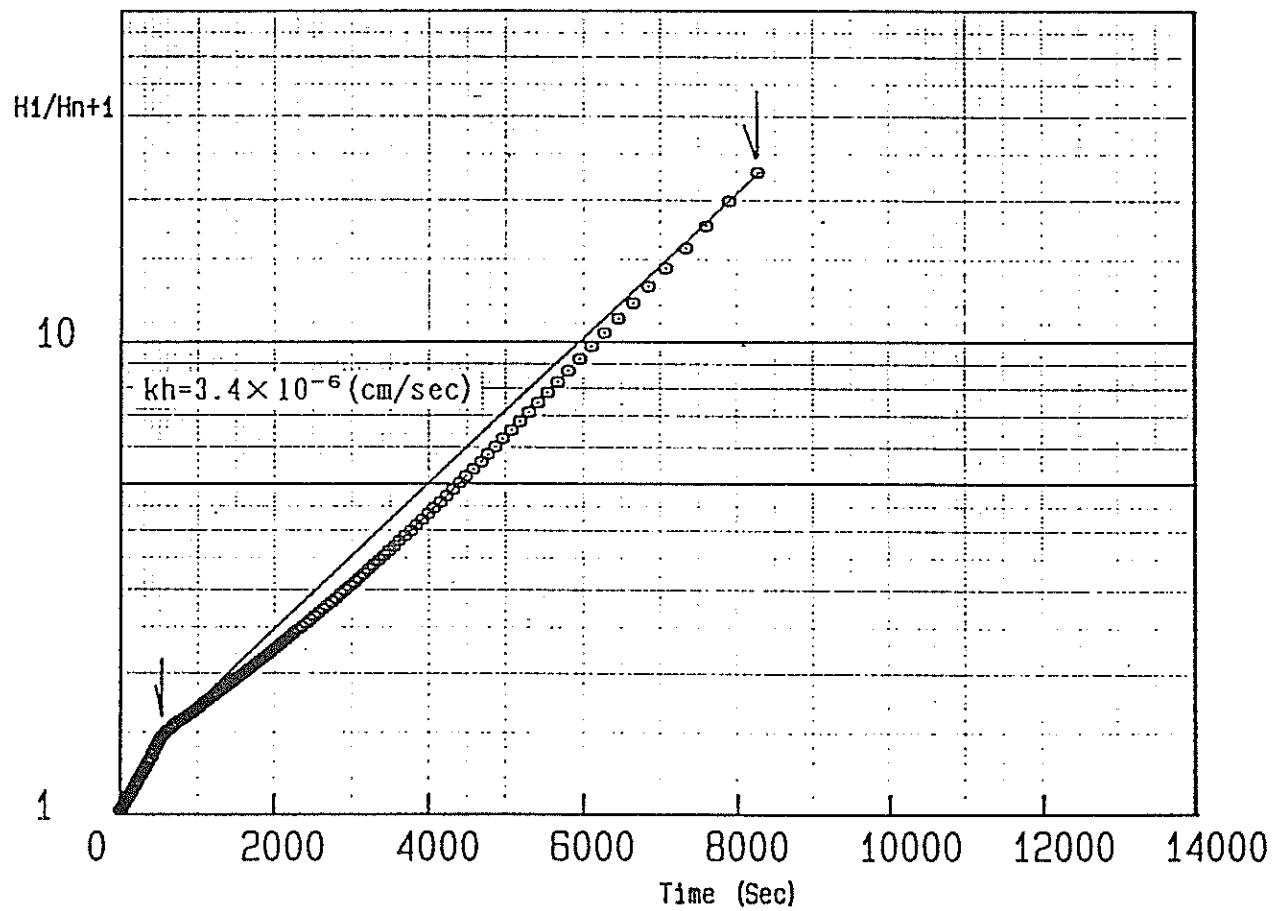
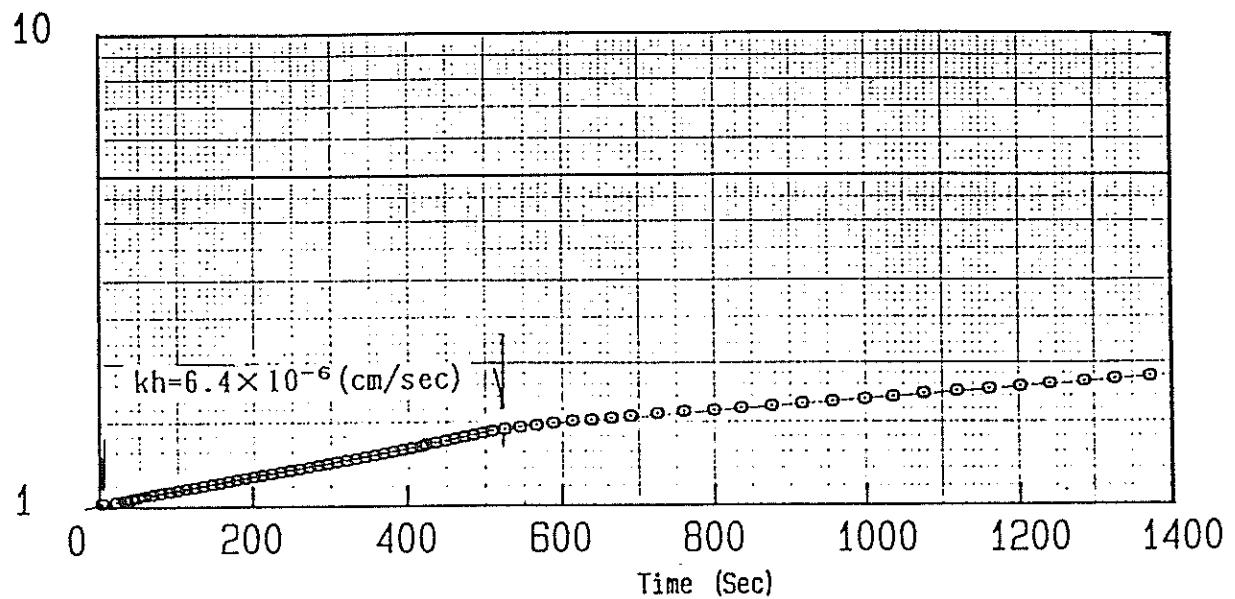
J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (19.0~29.0m)



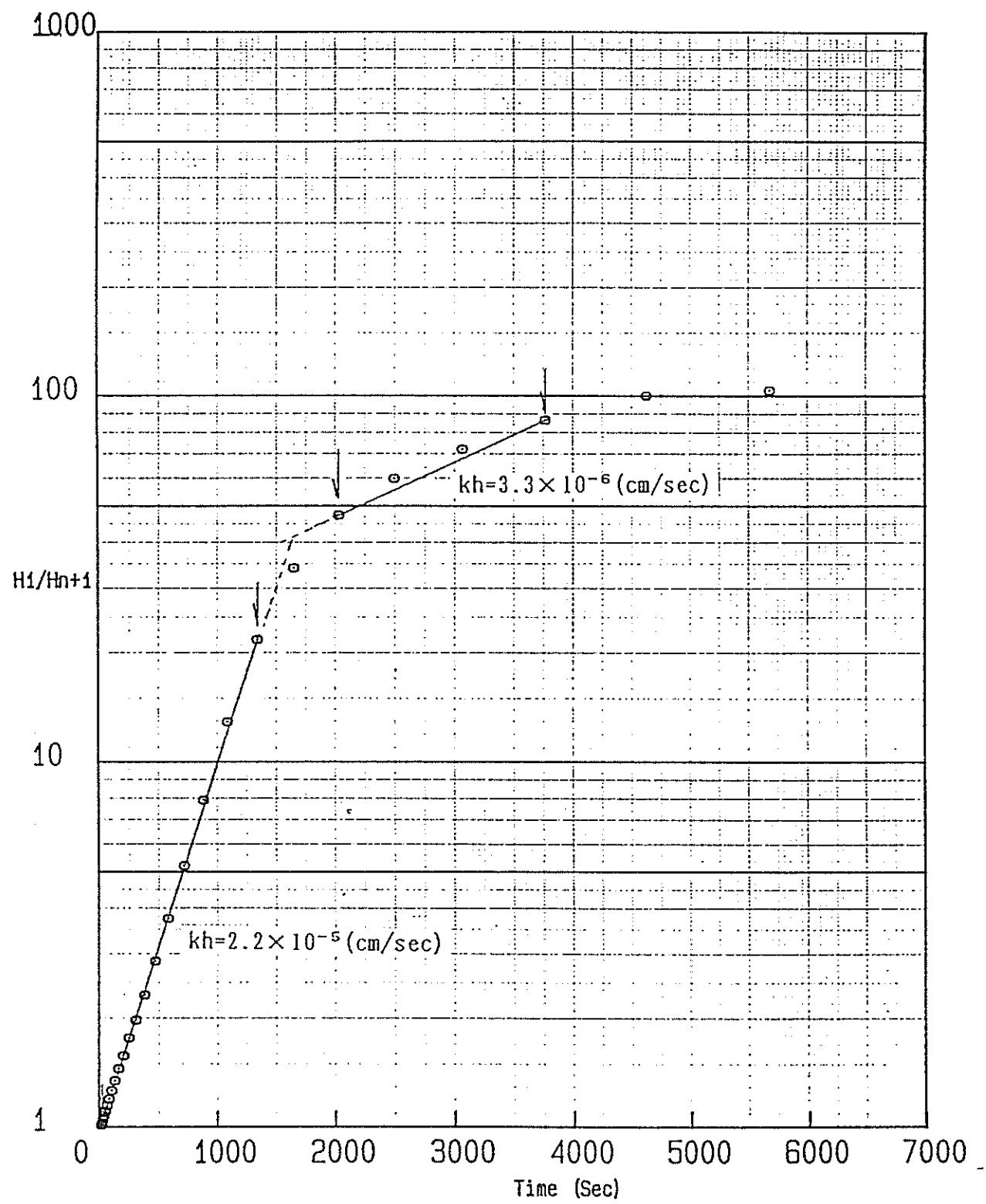
J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (69.5~79.5m)



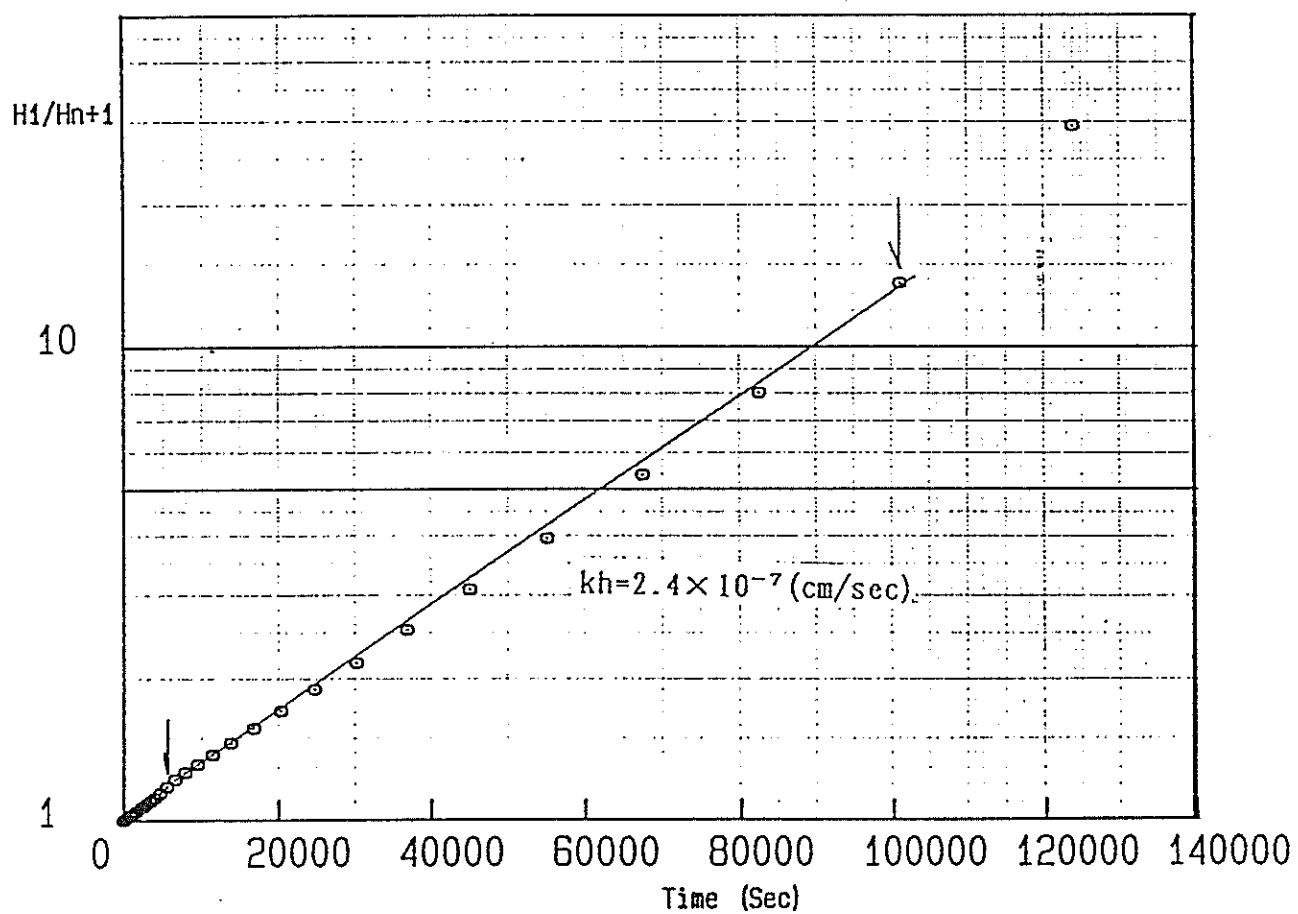
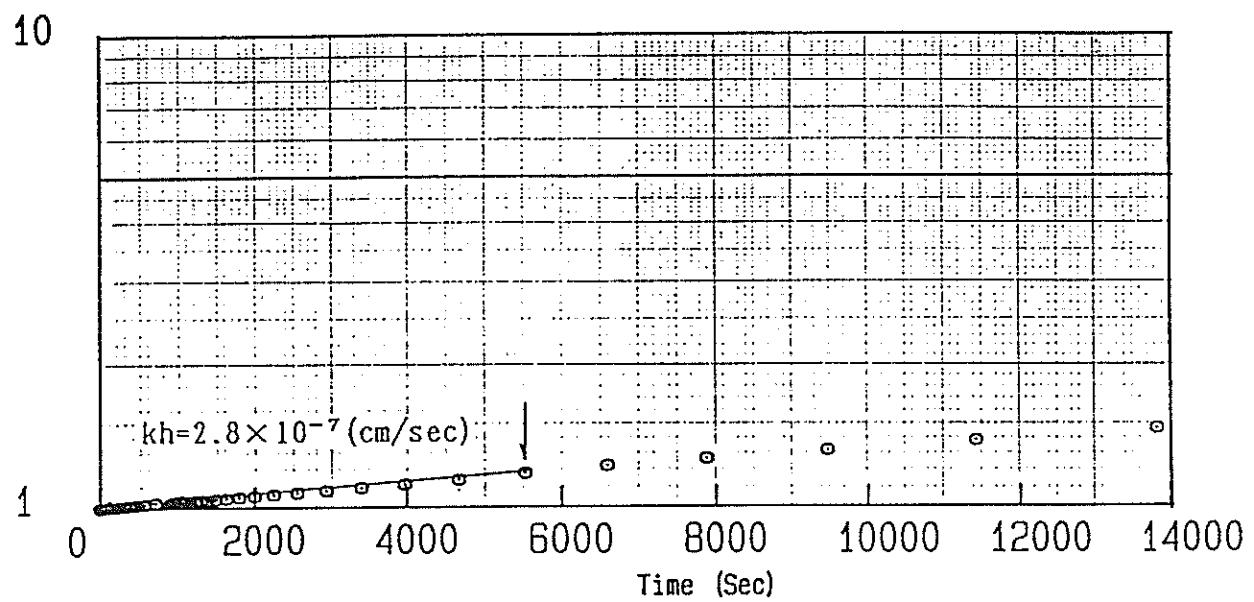
J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (130.0~140.0m)



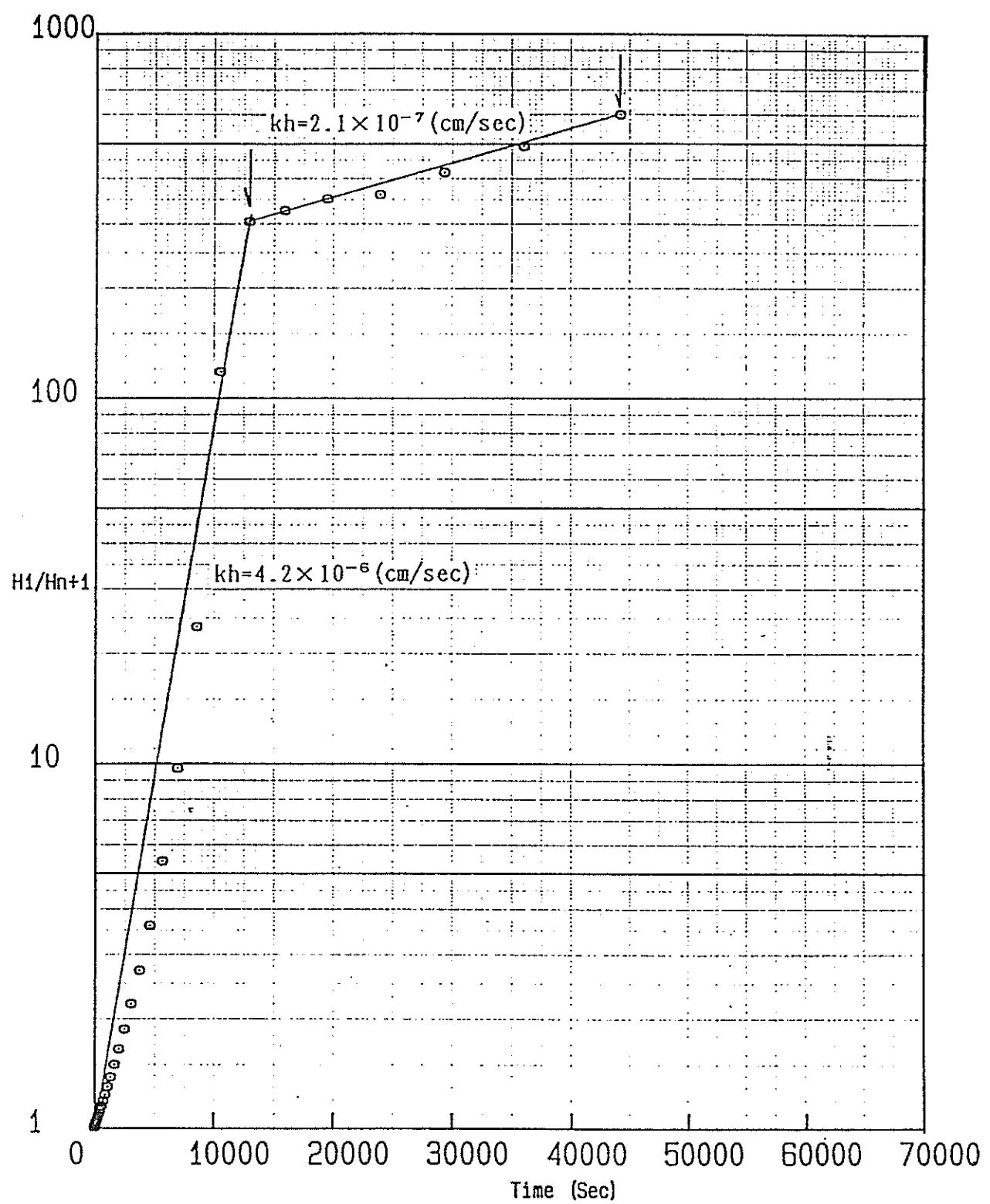
J F T 試験 $\log(H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (159.0~169.0m)



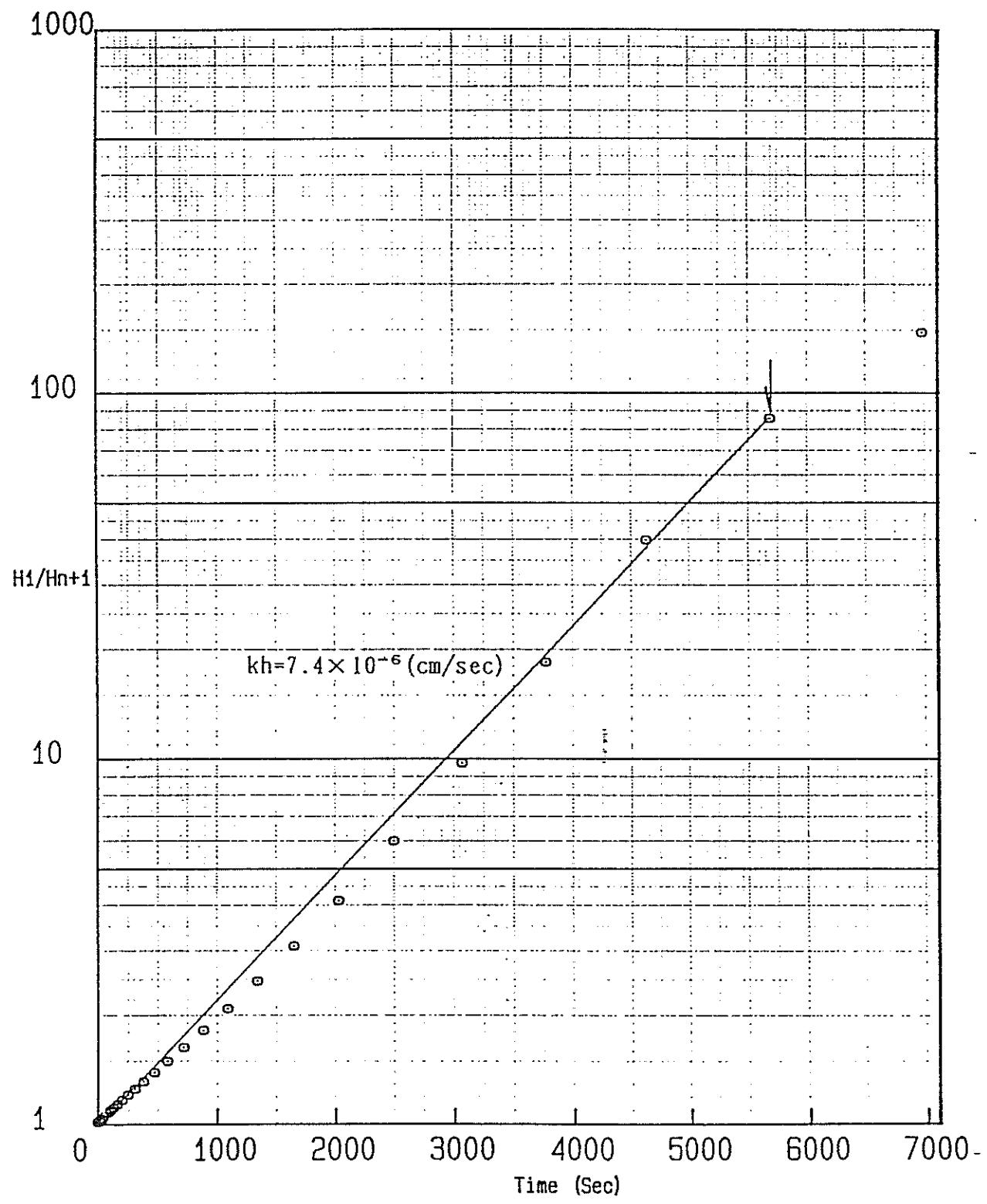
J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (175.5~185.5m)

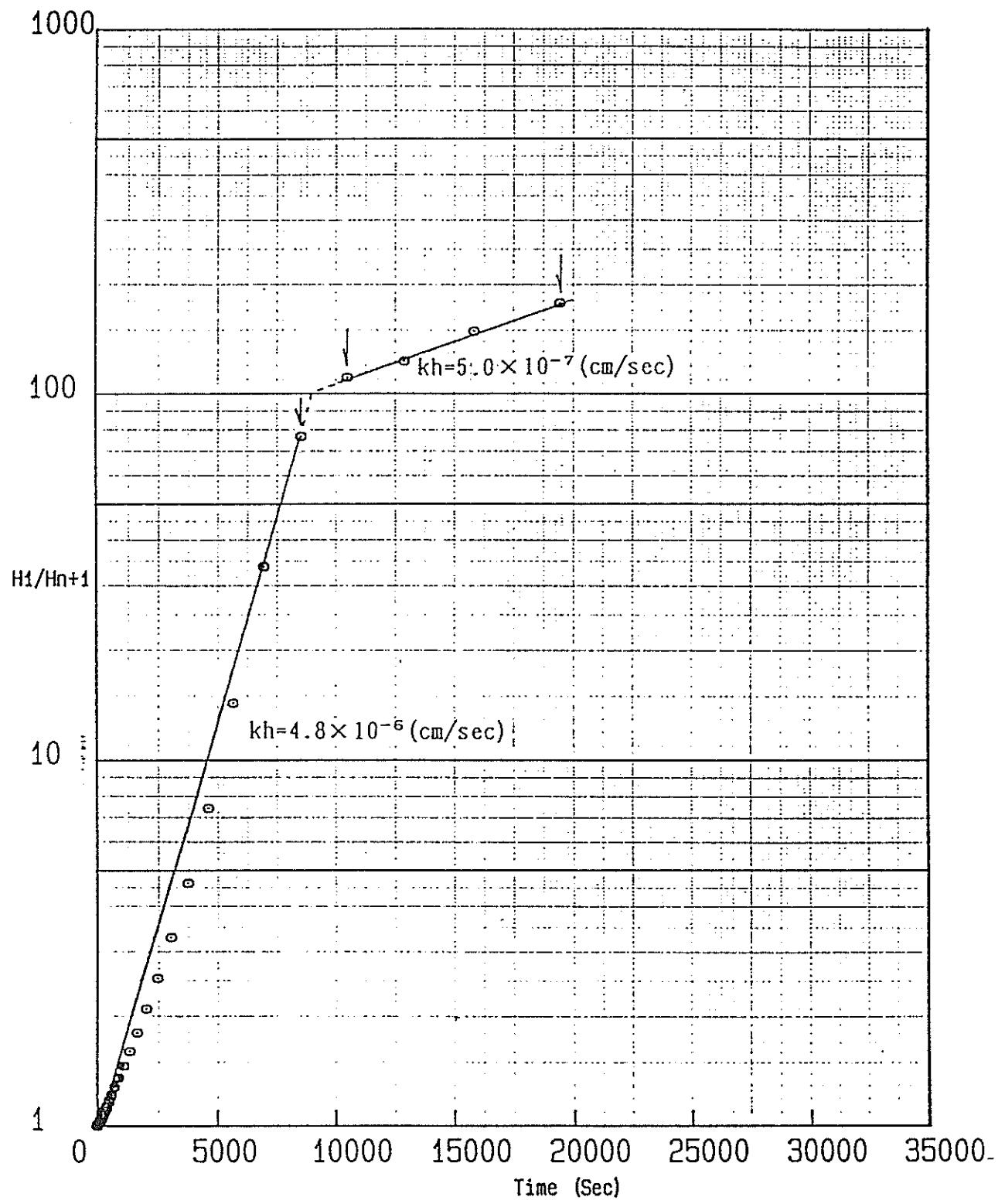


J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (188.5~198.5m)

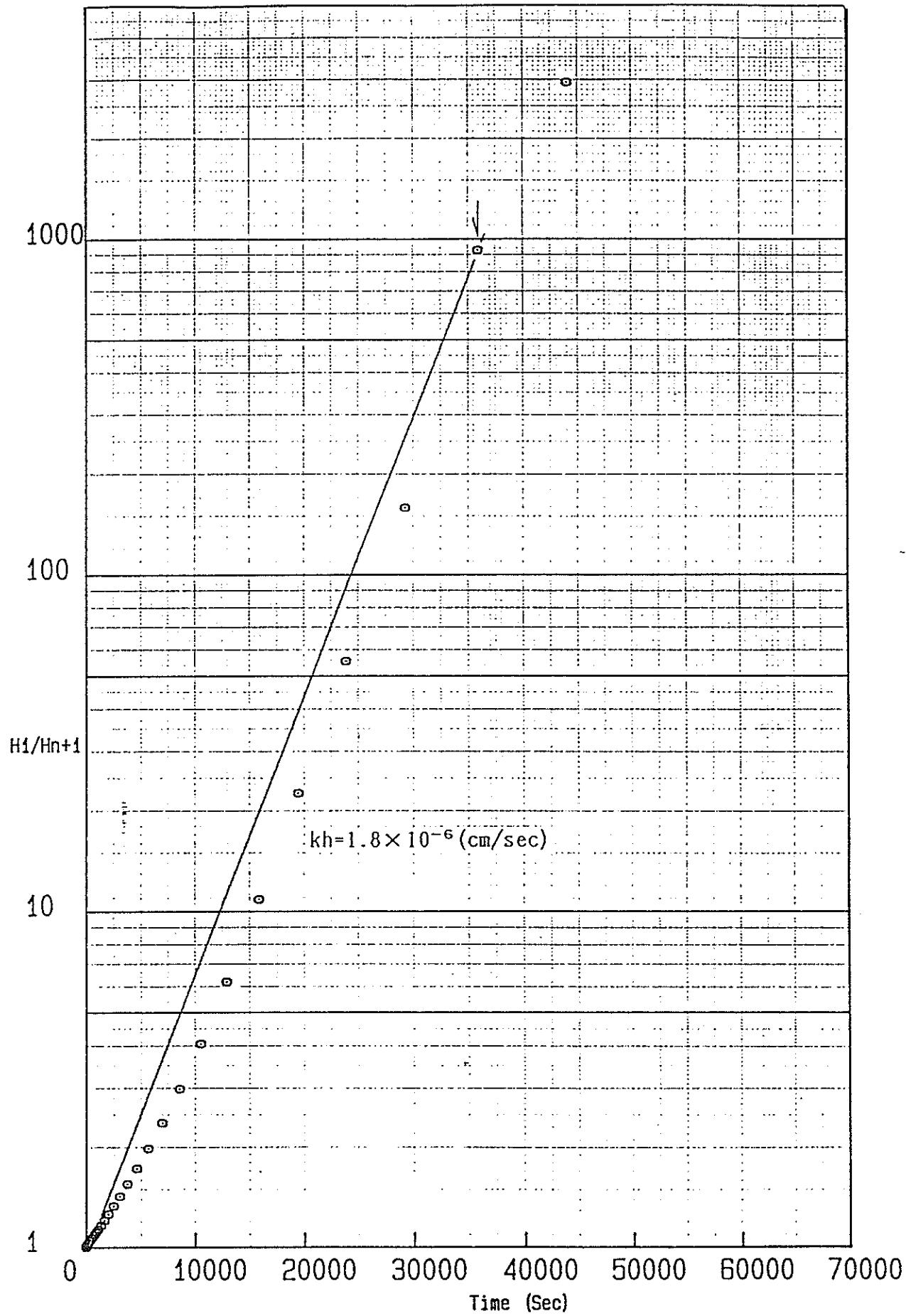


J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (288.0~298.0m)





J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~ 時間関係図 (369.0~379.0m)



J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~ 時間関係図 (475.0~485.0m)

VIII. 深度 69.5m～79.5m 採水に伴う
参考データ

圧力センサー深度	GL-68.15m
トリップバルブ深度	GL-67.65m
パッカー設置後の水頭	GL+2.15m (20分後)
深度7.26m～67.04 m区間	N=0.0000279
	$Kh=6.1 \times 10^{-7} (\text{cm/sec})$

J F T 試験パッカー設置後の水頭変化

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.15

KH-1 69.5-79.5m' SUIATU SOKUTEI

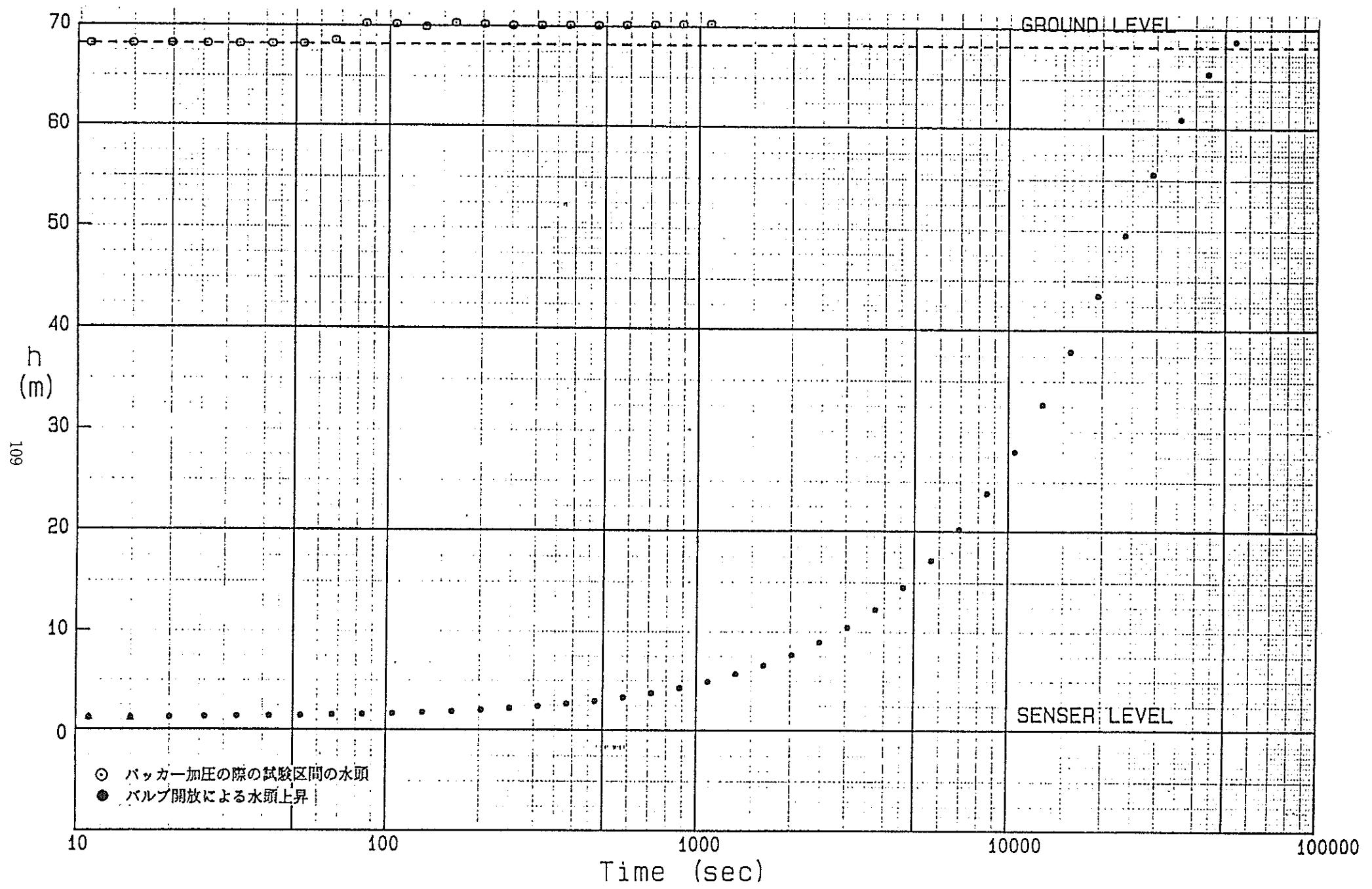
NO.	T (sec)	SENER+(m)	GL (-m)
1	1	68.15	-0.00
2	2	68.17	-0.02
3	3	68.15	-0.00
4	4	68.15	-0.00
5	6	68.15	-0.00
6	8	68.14	0.01
7	11	68.14	0.01
8	15	68.15	-0.00
9	20	68.17	-0.02
10	26	68.17	-0.02
11	33	68.15	-0.00
12	42	68.15	-0.00
13	53	68.17	-0.02
14	67	68.51	-0.36
15	84	70.22	-2.07
16	105	70.16	-2.01
17	131	69.92	-1.77
18	163	70.30	-2.15
19	202	70.18	-2.03
20	250	70.07	-1.92
21	309	70.08	-1.93
22	382	70.12	-1.97
23	472	70.08	-1.93
24	582	70.12	-1.97
25	718	70.18	-2.03
26	884	70.23	-2.08
27	1088	70.30	-2.15 ← バルブ開放直前の水頭

J F T 試験データシート

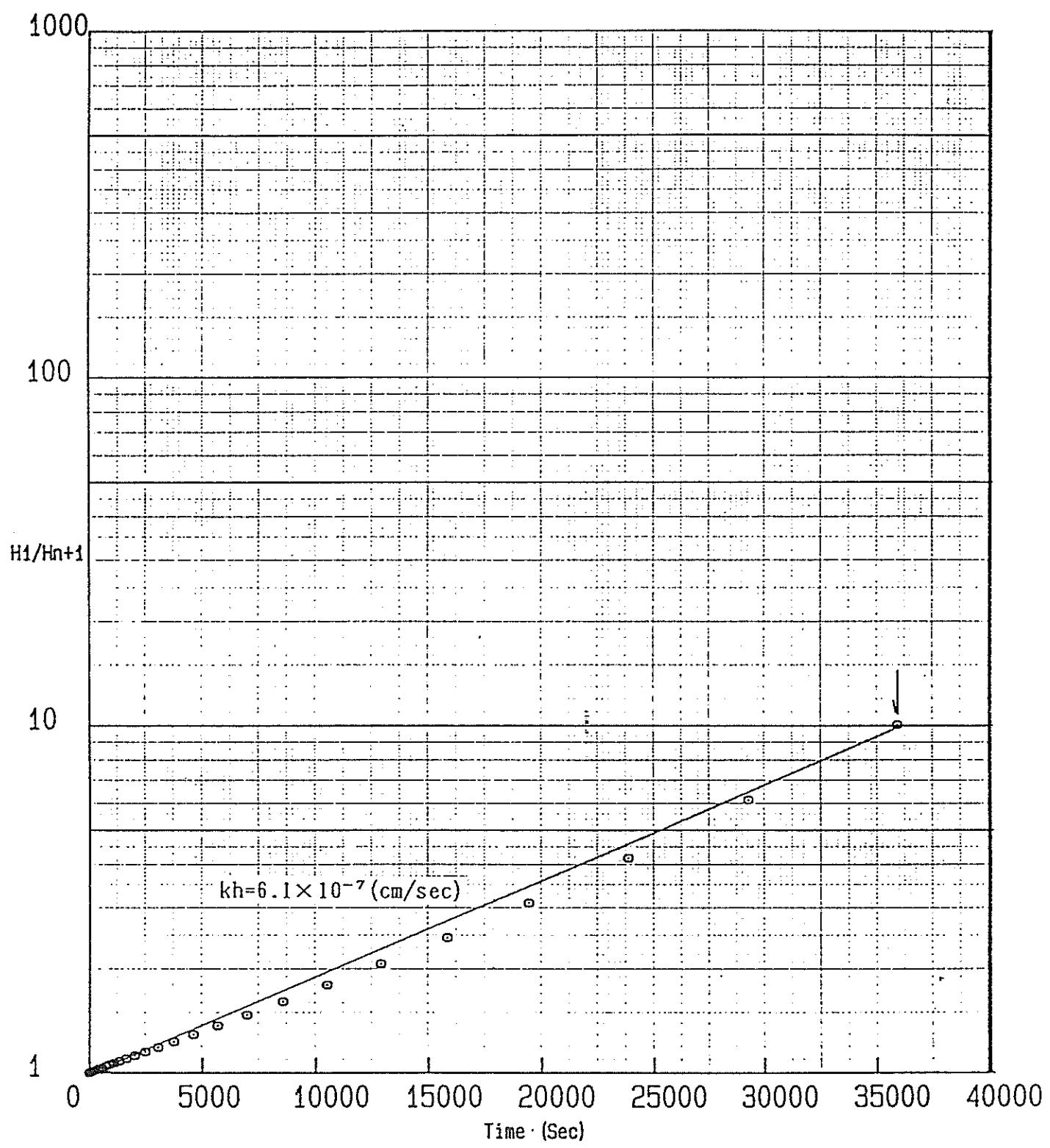
KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.15

KH-1 69.5-79.5m²

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)	hmax-hn (m)	H1/Hn+1	log(H1/Hn+1)
4	4	1.11	67.04	71.47	1.000	0.000
5	6	1.14	67.01	71.44	1.001	0.000
6	8	1.15	67.00	71.43	1.001	0.000
7	11	1.16	66.99	71.42	1.001	0.000
8	15	1.16	66.99	71.42	1.002	0.001
9	20	1.23	66.92	71.35	1.003	0.001
10	26	1.29	66.86	71.29	1.003	0.001
11	33	1.33	66.82	71.25	1.004	0.002
12	42	1.37	66.78	71.21	1.004	0.002
13	53	1.41	66.74	71.17	1.005	0.002
14	67	1.48	66.67	71.10	1.006	0.003
15	84	1.54	66.61	71.04	1.007	0.003
16	105	1.61	66.54	70.97	1.009	0.004
17	131	1.73	66.42	70.85	1.010	0.004
18	163	1.84	66.31	70.74	1.012	0.005
19	202	1.98	66.17	70.60	1.015	0.006
20	250	2.16	65.99	70.42	1.018	0.008
21	309	2.36	65.79	70.22	1.022	0.009
22	382	2.63	65.52	69.95	1.026	0.011
23	472	2.89	65.26	69.69	1.031	0.013
24	582	3.26	64.89	69.32	1.037	0.016
25	718	3.69	64.46	68.89	1.045	0.019
26	884	4.21	63.94	68.37	1.055	0.023
27	1088	4.86	63.29	67.72	1.067	0.028
28	1339	5.62	62.53	66.96	1.082	0.034
29	1647	6.51	61.64	66.07	1.099	0.041
30	2025	7.56	60.59	65.02	1.122	0.050
31	2489	8.86	59.29	63.72	1.149	0.060
32	3059	10.39	57.76	62.19	1.184	0.073
33	3758	12.19	55.96	60.39	1.229	0.090
34	4616	14.43	53.72	58.15	1.288	0.110
35	5670	17.09	51.06	55.49	1.365	0.135
36	6963	20.20	47.95	52.38	1.465	0.166
37	8550	23.79	44.36	48.79	1.600	0.204
38	10497	27.91	40.24	44.67	1.787	0.252
39	12887	32.59	35.56	39.99	2.057	0.313
40	15820	37.83	30.32	34.75	2.448	0.389
41	19420	43.39	24.76	29.19	3.081	0.489
42	23837	49.38	18.77	23.20	4.162	0.619
43	29258	55.41	12.74	17.17	6.116	0.786
44	35911	60.89	7.26	11.69	10.074	1.003
45	44075	65.49	2.66	7.09	18.672	1.271
46	54094	68.75	-0.60	3.83		



時間～圧力センサーからの水頭関係図 (69.5～79.5m¹)



J F T 試験 $\log (H_1/H_{n+1})$ ~時間関係図 (69.5~79.5m')

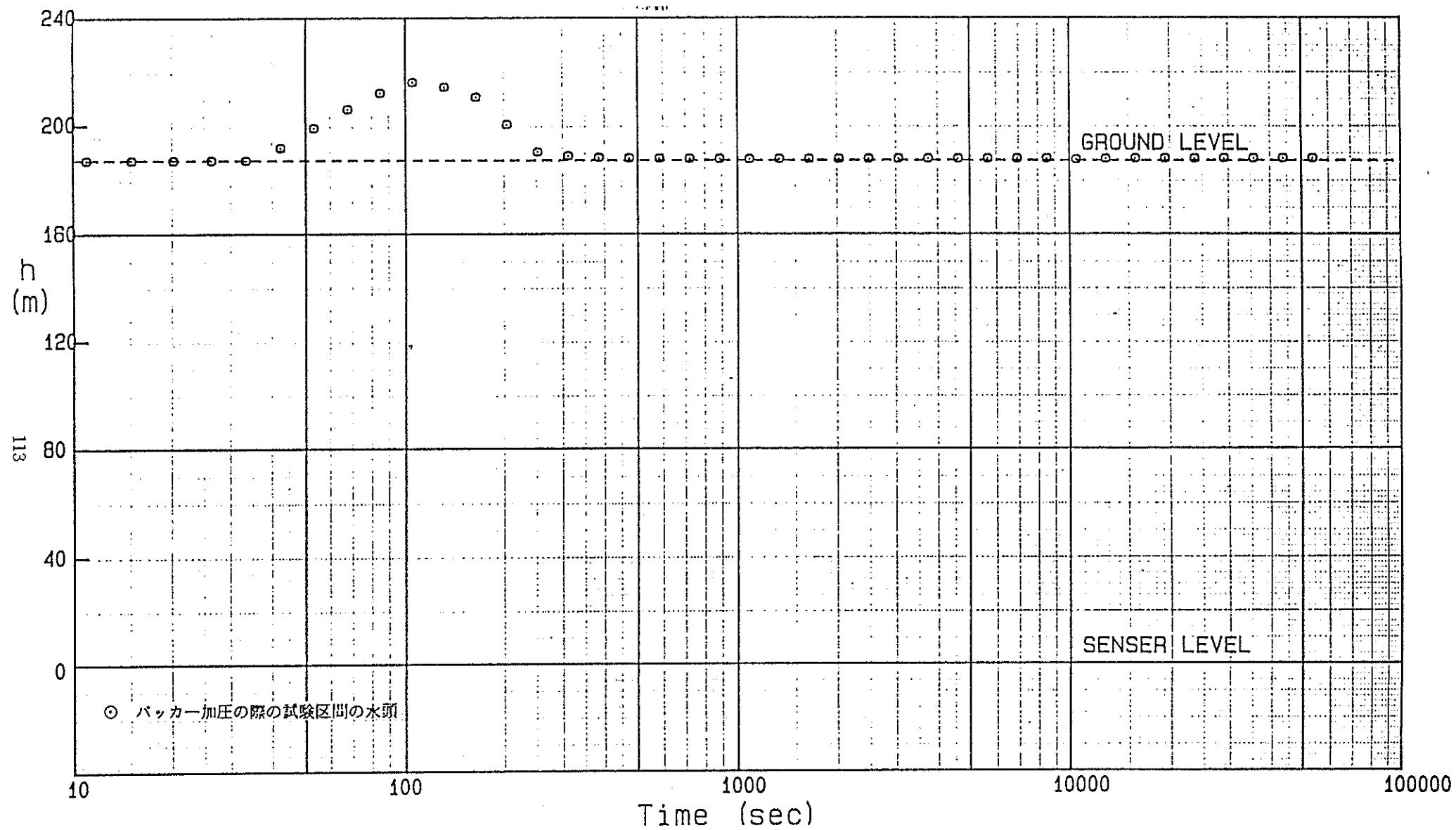
IX. 深度 420.0 m ~ 430.0 m
水圧測定データ

J F T 試験バッカ一設置後の水頭変化
(水 壓 測 定)

KAMAISHI-KOZAN-JFT 1988.07.16

KH-1 420.0-430.0m SUIATU SOKUTEI

NO.	T (sec)	SENSOR+(m)	GL (-m)
1	1	187.05	0.01
2	2	187.05	0.01
3	3	187.07	-0.01
4	4	187.05	0.01
5	6	187.07	-0.01
6	8	187.05	0.01
7	11	187.05	0.01
8	15	187.05	0.01
9	20	187.05	0.01
10	26	187.07	-0.01
11	33	187.11	-0.05
12	42	191.72	-4.66
13	53	199.07	-12.01
14	67	205.94	-18.88
15	84	211.95	-24.89
16	105	215.88	-28.82
17	131	214.10	-27.04
18	163	210.41	-23.35
19	202	200.31	-13.25
20	250	190.14	-3.08
21	309	188.69	-1.63
22	382	188.11	-1.05
23	472	187.86	-0.80
24	582	187.73	-0.67
25	718	187.63	-0.57
26	884	187.59	-0.53
27	1088	187.56	-0.50
28	1339	187.57	-0.51
29	1647	187.57	-0.51
30	2025	187.59	-0.53
31	2489	187.63	-0.57
32	3059	187.71	-0.65
33	3758	187.73	-0.67
34	4616	187.75	-0.69
35	5670	187.78	-0.72
36	6963	187.79	-0.73
37	8550	187.78	-0.72
38	10497	187.45	-0.39
39	12887	187.75	-0.69
40	15820	187.84	-0.78
41	19420	187.82	-0.76
42	23837	187.85	-0.79
43	29258	187.92	-0.86
44	35911	187.90	-0.84
45	44075	187.92	-0.86
46	54094	187.93	-0.87



時間～圧力センサーからの水頭関係図 (420.0～430.0m圧力測定)

この頁は PDF 化されていません。
内容の閲覧が必要な場合は、技術資料管理
担当箇所で原本冊子を参照して下さい。

付図 1-1

付図 1-2

付図 2