

広域地下水流動研究における
表層水理定数観測システムの拡充

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

1999年5月

アジア航測株式会社

本資料の全部または、一部を複写・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒509-5102 岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31

核燃料サイクル開発機構

東濃地科学センター 研究調整グループ

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Co-ordination Group,

Tono Geoscience Center,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

959-31 Jhorinji, izumi, toki, Gifu 509-5102,

Japan

広域地下水流動研究における表層水理定数観測システムの拡充

遠山茂行*, 若松尚則*, 岡崎彦哉*

要 旨

広域地下水流動研究の一環として、表層部の水理学的環境を詳細に把握するため、表層水理定数観測システムが既設されている柄石川流域の小流域において、河川流量計、地下水位計を設置した。

地下水位計を設置するために実施したボーリング結果（99RT-01 孔：掘進長 35.0m）によると、G.L.-32.75m（標高 333.27m）まで瀬戸層群の砂礫層が分布し、その下位に、マサ化した基盤花崗岩が分布する。地下水面は G.L.-15.0m 付近に認められた。

現場透水試験の結果、瀬戸層群で 9.90×10^{-8} m/s、基盤花崗岩マサ部で 1.81×10^{-6} m/s の透水係数が得られた。

本報告書は、アジア航測株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務の成果である。

契約番号 10C1307

機構担当部課室および担当者：東濃地科学センター地層科学研究グループ 武田精悦

*アジア航測株式会社

Expansion of subsurface hydrological monitoring system
in Regional groundwater flow study

Shigeyuki Toyama*, Hisanori Wakamatsu*, Hikoya Okazaki*

ABSTRACT

In order to understand subsurface hydrological condition in Regional groundwater flow study, stream flow measuring and groundwater monitoring systems were set in small catchment in Garaishi area.

Based on core-logging data in drilling the water level monitoring system well, gravel of Seto group is distributed from surface to G.L.-32.75m(T.P.332.27m) . Weathered granite is distributed from G.L.-32.75m(T.P.332.27m) to G.L.-35.0m (T.P.330.02m). The basal part of the Seto group is silty sand, a water-table is recognized about G.L.-15.0m.

Hydraulic conductivity tests show that hydraulic conductivity of basal part of Seto group is 9.90×10^{-8} m/s and weathered granite is 1.81×10^{-6} m/s.

Work performed by Asia Air Survey Co., Ltd. Under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute

JNC Liaison:Tono Geoscience Center, Geoscience Research Execution Group, Seietsu Takeda.

*Asia Air Survey Co., Ltd.

目次

1. はじめに	1
1.1 目的	1
1.2 業務内容	1
1.3 業務場所	1
1.4 実施期間	1
1.5 工程	1
1.6 実施機関	1
2. 機器設置地点の地形・地質・植生概要	4
3. 観測機器の設置	5
3.1 河川流量計の設置	8
3.1.1 電気探査	8
3.1.2 試掘	12
3.1.3 機器設置	14
3.2 地下水位計の設置	17
3.2.1 ボーリングコア観察	17
3.2.2 電気検層	17
3.2.3 現場透水試験	17
3.2.4 粒度分析	18
3.2.5 機器設置	23
3.3 観測点の測量	25
3.4 観測機器設置地点の水理地質構造	25
4. おわりに	27

参考文献

図 表 目 次

「図」

図-1.1	業務地点位置図	2
図-1.2	業務の流れ	3
図-2.1	対象流域地質図	4
図-3.1	観測システム・電気探査測線配置図	6
図-3.2	観測システム系統図	7
図-3.3	二極法概念図	8
図-3.4	多電極を用いた電気探査の測定概念図	9
図-3.5	比抵抗断面図	11
図-3.6	試掘結果	13
図-3.7(1)	河川流量計設置図	15
図-3.7(2)	河川流量計設置図(土留め堰堤)	16
図-3.8	ボーリング柱状図	20
図-3.9	現場透水試験結果1	21
図-3.10	現場透水試験結果2	22
図-3.11	模式柱状図および観測井戸・地下水位計設置図	24
図-3.12	水理地質構造模式図	26

「表」

表-3.1	観測機器仕様一覧表	5
表-3.2	探査数量表	8
表-3.3	観測孔の諸元	15
表-3.4	測量結果一覧表	15

添 付 資 料

1. 現場写真
2. 電気探査測定値
3. 土質試験結果
4. 測量資料

1 はじめに

1.1 目的

核燃料サイクル開発機構では、広域地下水流動研究の一環として、基盤花崗岩の上に第三紀堆積岩、未固結砂礫層が堆積するというわが国に普遍的な地質構造を持つ東濃鉾山周辺を一例として、表層における地下水流動および、表層から岩盤への地下水の流れを観測している。

この観測の一環として、東濃鉾山周辺の表層部に土岐砂礫層（鮮新世未固結砂礫層：瀬戸層群）と基盤花崗岩が分布する地域において、大流域全体の水収支観測を実施している。しかし、大流域全体の表層部の地下水流動を詳細に理解するためには、この流域内にあるより小規模な流域において水収支の観測が必要となることから、今回は、新たに観測システムを設置することを目的とした。

1.2 業務内容

- (1) 河川流量計の設置
- (2) 地下水位計の設置

1.3 業務場所

岐阜県瑞浪市日吉町柄石地区（図-1.1）

1.4 実施期間

平成11年1月13日から平成11年5月14日

1.5 工程

図-1.2に示す業務の流れに従って、河川流量計と地下水位計を設置した。

なお、対象流域は崖錐堆積物に覆われ、基盤が露出していないため、電気探査、試掘を行い、基盤を確認した後に、河川流量計を設置した。地下水位計は、ボーリング孔を観測井戸に仕上げた後に設置した。また、地下水位計を設置するために掘削したボーリング孔を用い、電気検層、現場透水試験を実施した。

1.6 実施機関

アジア航測株式会社 地質部

神奈川県厚木市旭町 5-42-32

担当者	地質部	部長	遠山茂行（主任技師）
	地質部水文地質課		若松尚則
			岡崎彦哉



国土地理院 土岐 1:25,000

图-1.1 業務地点位置图

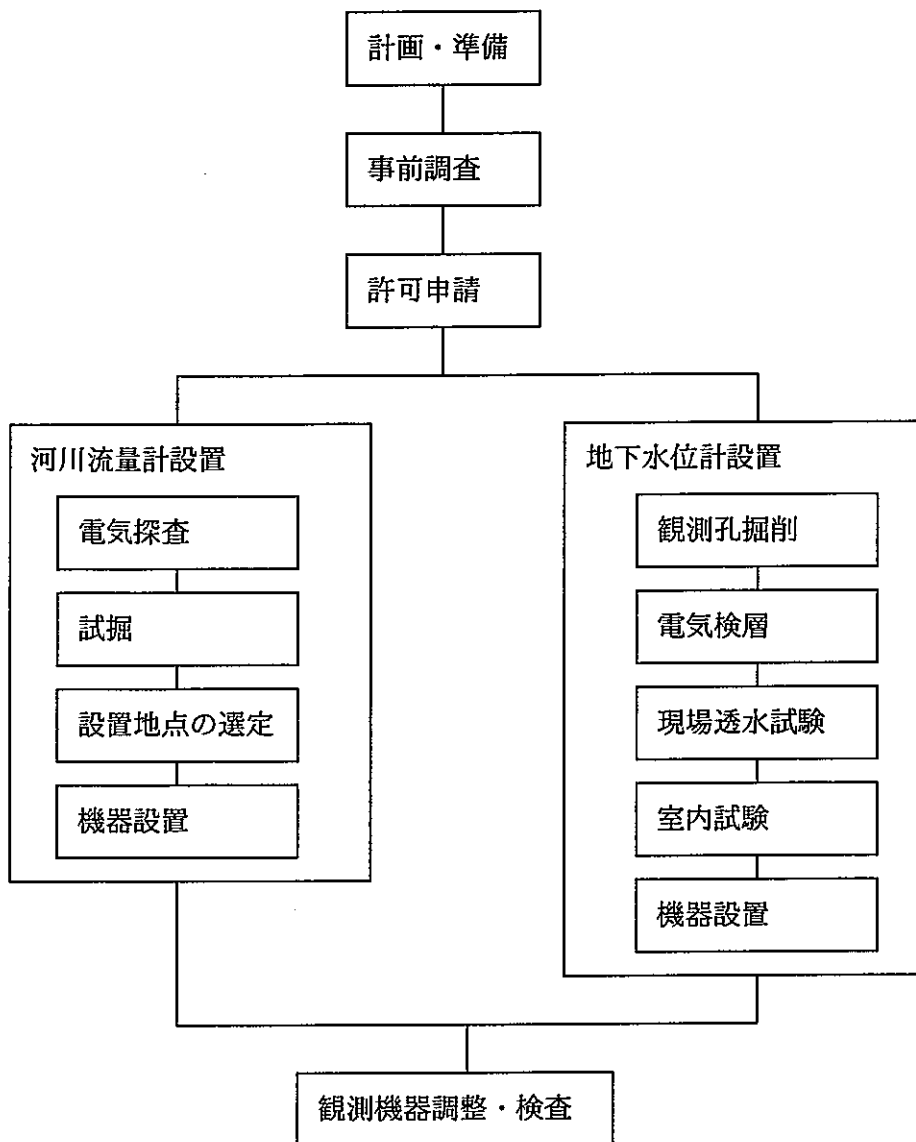


図-1.2 業務の流れ

2 機器設置地点の地形・地質・植生概要

本件における表層水理定数観測システム拡充の目的は、「地下深部への地下水涵養量の時間的・空間的分布の把握」である。

本件では、瑞浪市日吉町柄石地区において、基盤花崗岩の上に瀬戸層群が分布するという地域を対象に、観測機器を設置した。設置地点は、表層水理定数観測システムを設置している柄石川流域内にある小流域であり、かつ河川流量計を設置できる流域という観点から、標高約 370m のピークを持つ東斜面を選定した。対象流域の流域面積は、0.0096km² である (図-2.1)。

既存の地質図 (例えば糸魚川,1980) などによると、対象流域は、標高約 250m より高い部分には瀬戸層群の砂礫層が、低い部分には基盤花崗岩が分布すると推定される。

対象流域の植生は、マツ、ヒノキなどの針葉樹と、ナラなどの広葉樹が混生している地域、およびヒノキの植林を行っている地域から構成される。地表は腐葉土や伐採した樹木で覆われている。

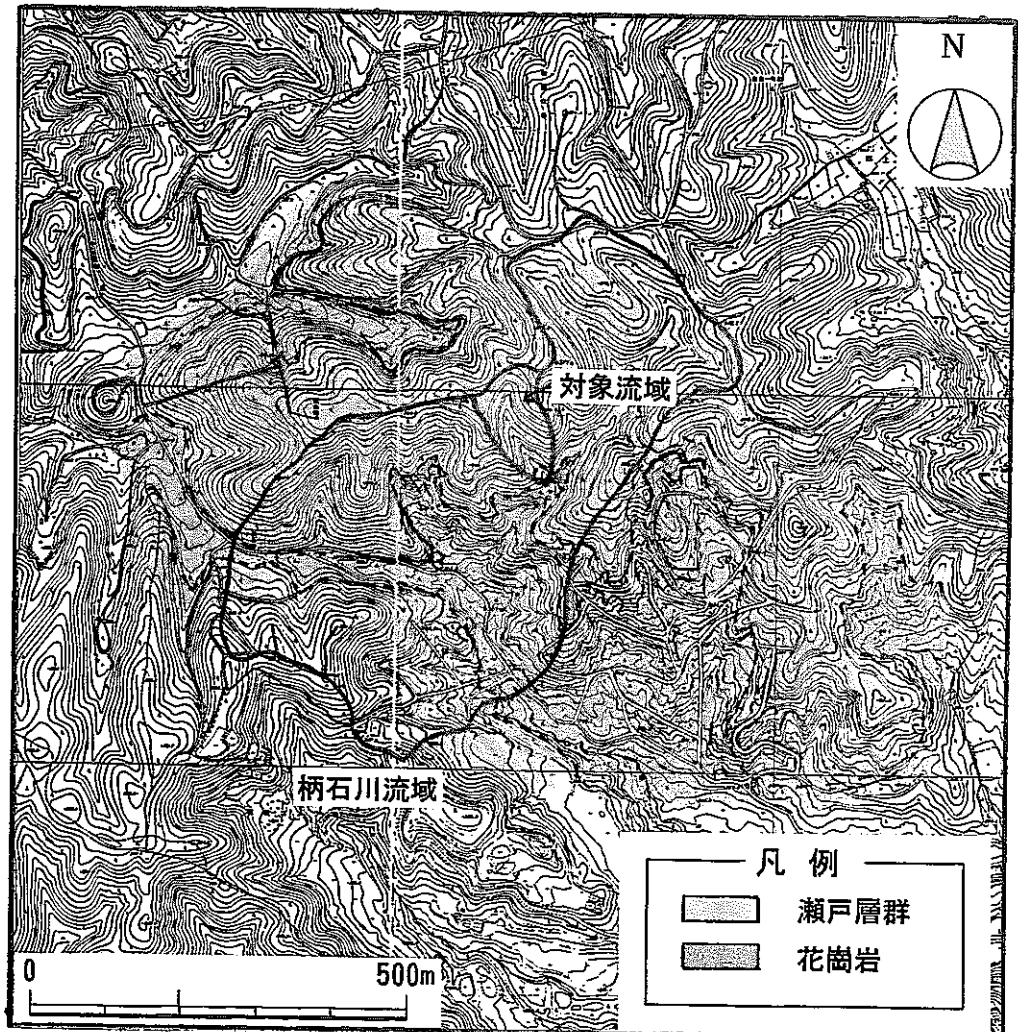


図-2.1 対象流域地質図

3 観測機器の設置

表層から岩盤への地下水涵養量を詳細に把握する方法を検討するために、柄石川流域の小流域に新たに河川流量計と地下水位計および自記記録計を設置した。

(1) 観測システムの構成

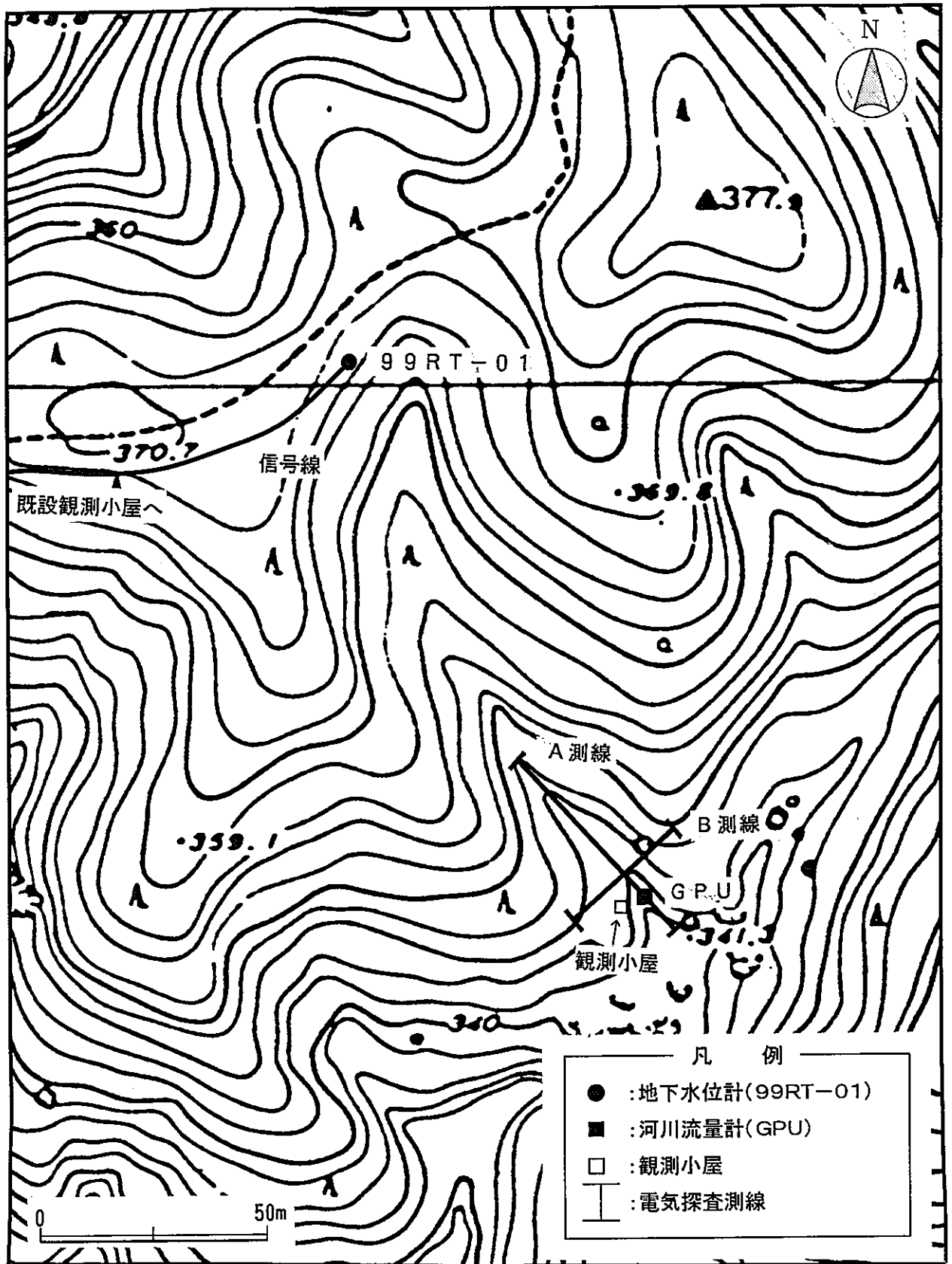
設置した水理定数観測システムは河川流量計、地下水位計、および各測定機器の自記記録計、保安器、電源装置から構成される。観測システムの配置図を図-3.1 に、観測システム系統図を図-3.2 に示す。

(2) 観測機器の仕様

機器の仕様を表-3.1 に示す。

表-3.1 観測機器仕様一覧表

機 器	台数	仕様・精度など
地下水位計 (99RT-01)		
地下水位センサー	1	W-431-00、0~10m
河川流量計 (GPU)		
パーシャルフリューム (大)	1	6 インチ、水位計 0~1m
パーシャルフリューム (小)	1	0.5 インチ、水位計 0~1m
データ記録部		
データロガー (M-812-10-22)	1	
電源装置		
電源装置 (M831)	1	



都市計画基本図に加筆

図-3.1 観測システム・電気探査測線配置図

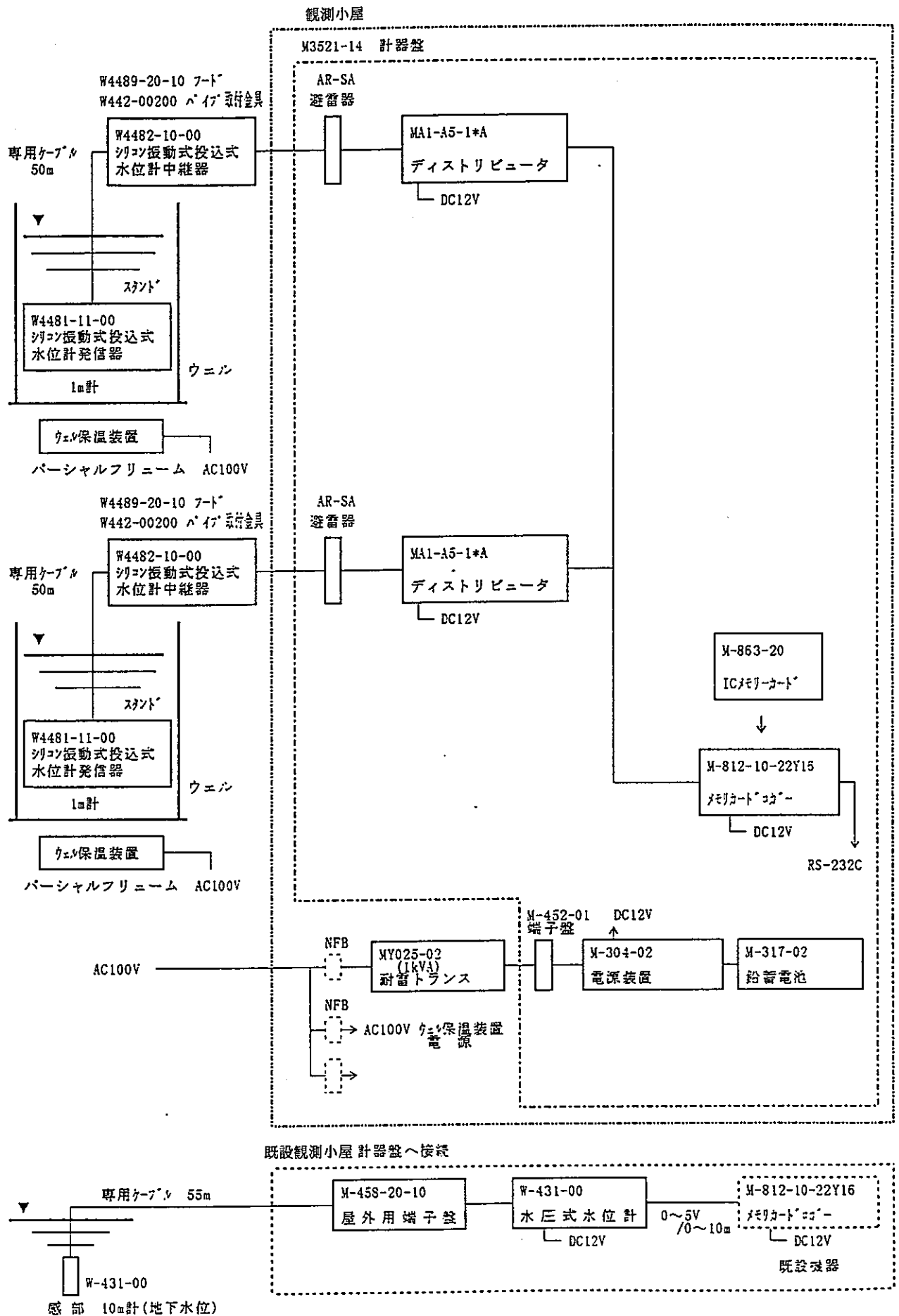


図-3.2 観測システム系統図

3.1 河川流量計の設置

3.1.1 電気探査

河川流量を正確に測定するためには、堰からの漏水がないように、基盤が露出している河床に、河川流量計を設置する必要がある。対象流域は、崖錐堆積物に覆われ、河床に基盤が露出している地点がないため、崖錐堆積物の掘削を行い、基盤岩を露出させる必要がある。

電気探査は、地層の電気的な抵抗を測定することにより、掘削することなく地質構造を把握することができる手法である。

今回は、河川流量計設置予定地点において、電気探査により得られる比抵抗分布から、基盤花崗岩と崖錐堆積物の境界面を捉え、適切な設置地点の選定材料にすることを目的として実施した。測線は図-3.1 に示す2測線である。

(1) 探査方法

電気探査は応用地質（株）社製の測定器（McOHM2115）を用いて、二極法電極配置による比抵抗映像法を実施した。表-3.2 に探査数量を、図-3.3、3.4 に概念図を示す。

探査測線は、河川の縦断方向（A測線）と、横断方向（B測線）の2測線である。探査順序は、最初にA測線を測定し、簡易解析を行い、崖錐堆積物の厚さが薄いと判断された地点において、B測線を設定し、測定を行った。

表-3.2 探査数量

測線名	測線長 (m)	探査深度 (m)	電極間隔 (m)	測点数 (点)	位置
A測線	50	20	2	205点	縦断方向
B測線	30	15	1	345点	横断方向
計	80	-	-	550点	-

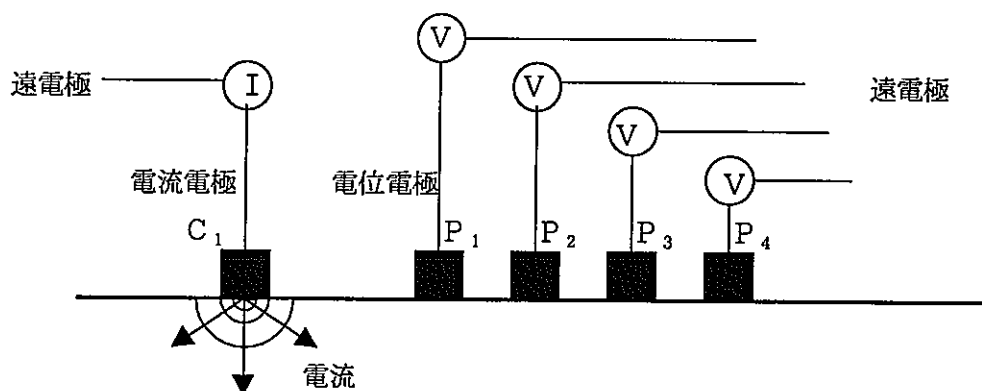


図-3.3 二極法概念図

(2本の移動電極と2本の遠電極を用いて測定を行う。)

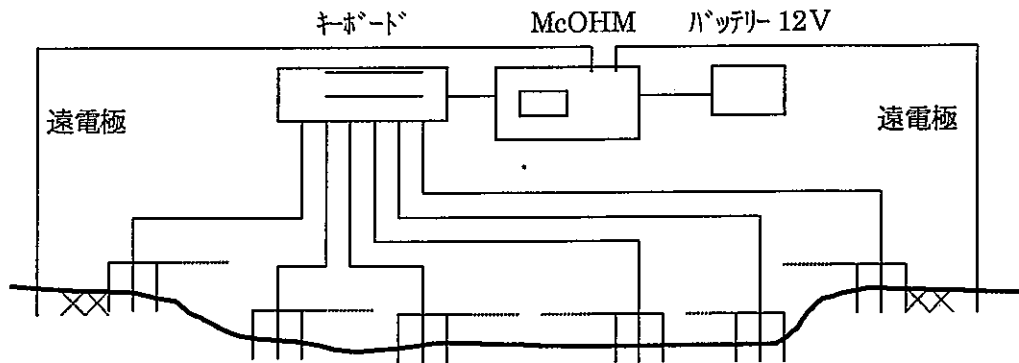


図-3.4 多電極を用いた電気探査の測定概念図

二極法配置を用いた測定では、ある1本の電流電極から通電された電流が作る電場を、他の1本の電位電極を用いて測定する。まず、電流電極 (C_1) を固定し、電位電極 (P_1, P_2, P_3, \dots) の位置を移動しながら電位の変化を測定する。そして、この作業を電流電極の位置を移動させながら繰り返し、詳細な電位分布を測定する。実際には、電流の通電にも電位の測定にも正負一對の電極が必要である。二極法では、これら負の電極を遠電極とよび、探査深度の10倍以上離れた所に設置する。よって大地見掛け比抵抗値は次式より得られる。

二極法：ポール・ポール法とも呼ばれ、1つの電流電極 C_1 と1つの電位電極 P_1 を電極間隔 a で配置し、他の電極 C_2 と P_2 を無遠限において、次式の $1/C_2P_1$ および $1/C_1P_2$ の項が無視できるようにした電極配置で、 C_1P_1 とを移動させて探査を行う。従って、見掛け比抵抗はウェンナー法と同式で近似して求められる。

$$V = \frac{\rho a}{2\pi} I \left(\frac{1}{C_1P_1} + \frac{1}{C_2P_2} - \frac{1}{C_2P_1} - \frac{1}{C_1P_2} \right) \dots \dots \dots \text{(式-1)}$$

$$\rho a \doteq 2\pi a V / I \quad \dots \dots \dots \text{(式-2)}$$

ρa : 見掛け比抵抗 ($\Omega \cdot m$)

a : 電極間隔 (m)

V/I : 測定値 (Ω)

なお、実際の測定では、図-3.3 に示した電極配置を拡張し、測線設定 (測量) を行ってから、図-3.4 に示すように、あらかじめ全ての電極を設置し、これをキーボードで切り替えながら測定を行った。

(2) 探査結果

解析結果を比抵抗断面図として図-3.5に示す。

解析は、測定値に遠電極補正および地形補正を行った後、リニアフィルター法による解析結果を初期モデルとして、測定値と解析により求められる理論値との誤差が最小になるように有限要素法(FEM)によるインバージョン解析を行った。

比抵抗断面図は、次のように区分できる。

- ・高比抵抗部 (1,500~4,000 $\Omega \cdot m$): 赤色系
- ・中比抵抗部 (800~1,500 $\Omega \cdot m$): 黄緑色系
- ・低比抵抗部 (400~800 $\Omega \cdot m$): 青色系

この比抵抗断面図は、比抵抗値の高低と比抵抗分布パターン、周囲の地質状況から以下のような特徴がある。

- ・地表面下2m付近に低比抵抗部分と高比抵抗部分の境界が認められる。
- ・B測線において、兩岸の尾根部に近づくほど、低比抵抗部と高比抵抗部の境界が不明瞭となる。
- ・2m以深において、ブロック状の比抵抗パターンを示す。

以上のことから、この付近の地質状況は以下のように推定される。

- ・地表から2mまでは、高比抵抗で一定の値を示し、層状の比抵抗分布パターンを示すことから、空隙の多い粗粒な崖錐・溪床堆積物に対比される。
- ・2m以深は、基盤花崗岩に対比される。
- ・尾根部に近づくにつれ境界が不明瞭になることから、崖錐堆積物の層厚が薄くなっていると推定される。
- ・基盤花崗岩中の比抵抗パターンから、地表部に近い中～高比抵抗の部分はマサ化し、空隙の多い部分。深部の中～高比抵抗の部分は新鮮な岩体を示していると解釈される。また、レンズ状の低比抵抗部は風化や亀裂の発達した部分であると推定される。

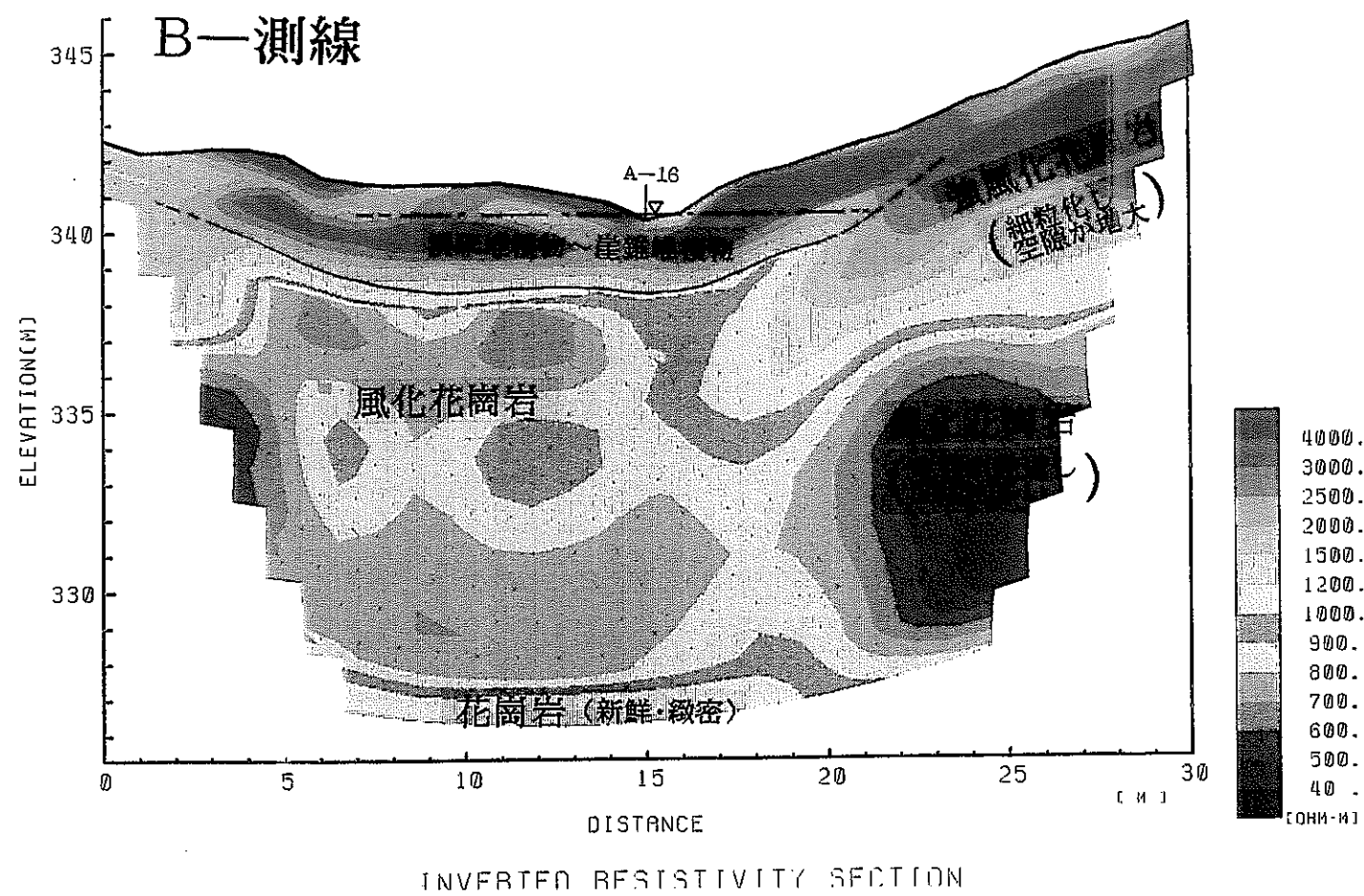
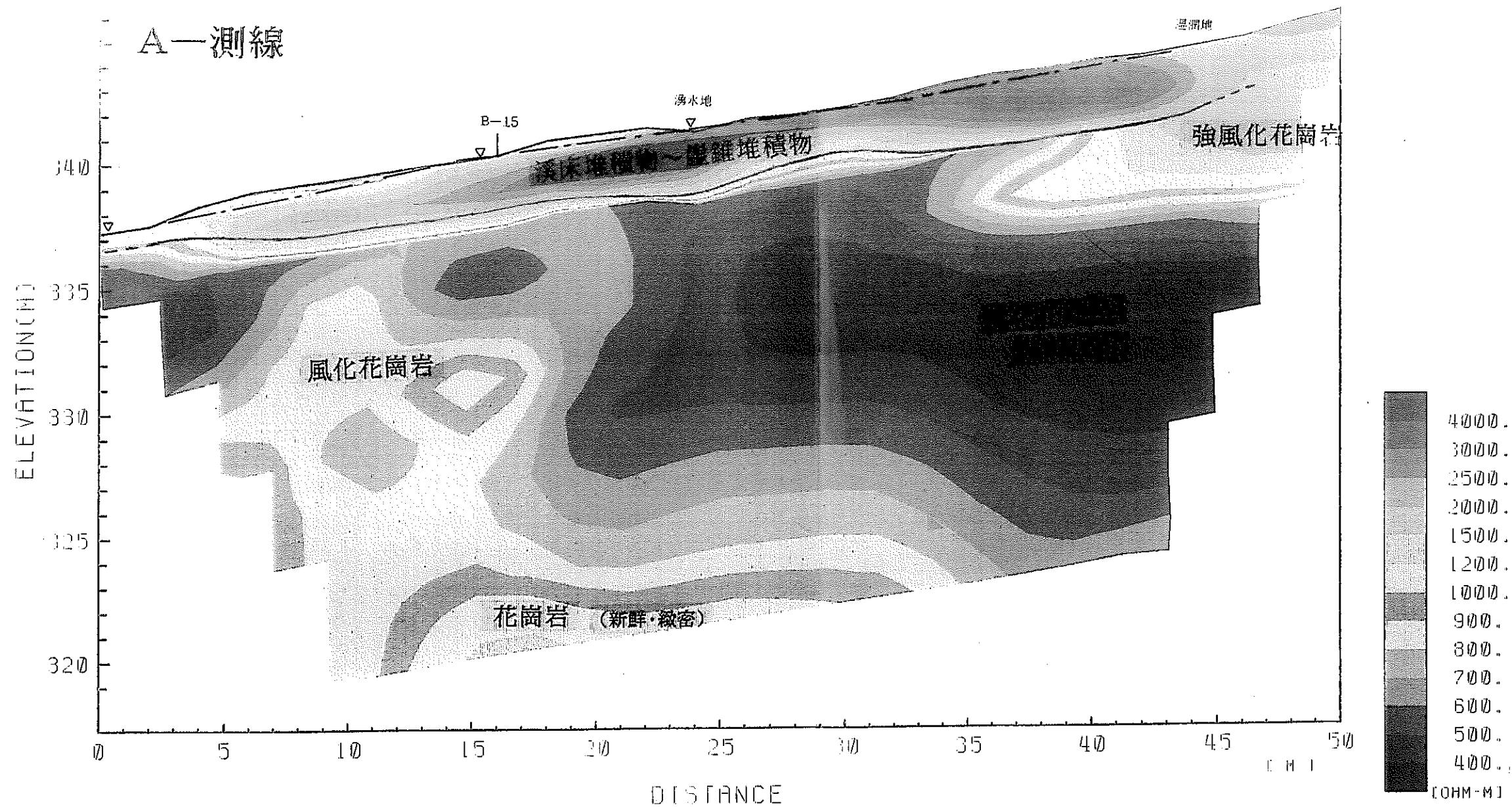


圖-3.5 比抵抗断面图

3.1.2 試掘

電気探査等の結果から、崖錐、溪床堆積物の層厚が薄いと判断された地点（電気探査測線 A の 16m 地点付近）を中心に、試掘を行った。試掘は基盤の花崗岩を確認することを目的とし、人力により行った。試掘は、最大幅約 2m、縦断方向約 20m、横断方向約 8m の範囲において実施した。試掘の結果を図-3.6 に示す。

試掘の結果、基盤花崗岩が一番浅いところで G.L.-70cm、一番深いところで G.L.-170cm において確認され、表流水が基盤花崗岩の上を流下していることを確認した。基盤花崗岩は C_M~D の岩級に区分される。基盤花崗岩中には、N-S 方向と E-W 方向の亀裂が認められた。基盤花崗岩亀裂部においては、若干の浸出水が認められたが、降水の前後でその量に変化がないこと、水位が河川水位より 1m 近く低いこと等から、この浸出水は、伏流水ではなく、亀裂に沿って浸透した地下水であると考えられる。

河川流量計の設置地点は、対象流域の流量をもれなく捉えるという観点から、沢の両岸で基盤花崗岩が確認された A-16m 付近が適切であると判断した。横断方向をみると、右岸側は試掘により尾根部付近まで基盤花崗岩が分布し、左岸側は、山腹斜面に花崗岩の露頭が存在する地点である。

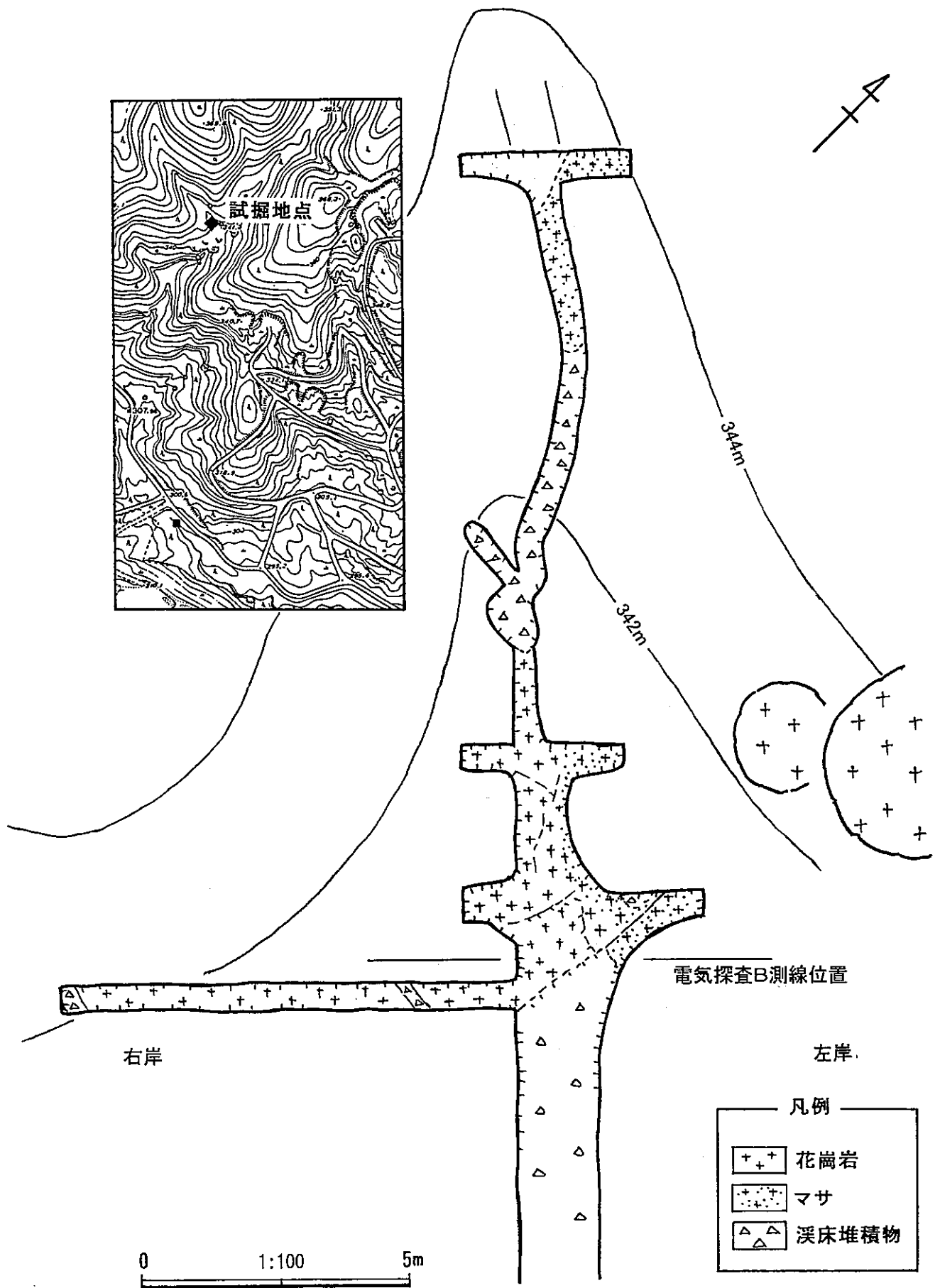


図-3.6 試掘結果

地表から約 2m 掘削した時点での基盤花崗岩の分布状況。G.L.-70cm~170cm の範囲で確認している。

3. 1. 3 機器設置

河川流量計は、対象流域の河川流出量を把握する目的で、対象流域の最下部に設置した。図-3.7(1)~(2)に設置図を示す。

河川流量計には、堰にパーシャルフリュームを用い、測水井戸に河川水を引き込み、水位を圧力式水位センサーで測定する方式を採用した。パーシャルフリュームは河川流量の測定範囲をより広くするため、スロート部が6インチのパーシャルフリュームと0.5インチのパーシャルフリュームを組み合わせて設置した。また、パーシャルフリュームに土砂や落ち葉が直接流れ込まないように、土留め堰堤および落ち葉防止ネットをそれぞれ設置した。

パーシャルフリューム堰による水位からの流量の算出は以下の式によって求められる。

$$Q = K H^a * 10^{-3} \text{ -----(式-3)}$$

Q : 流量 (m³/min)

H : 水位 (mm)

K, a : パーシャルサイズによる係数

0.5 インチ : K=0.01、a=1.7973

6 インチ : K=0.416、a=1.58

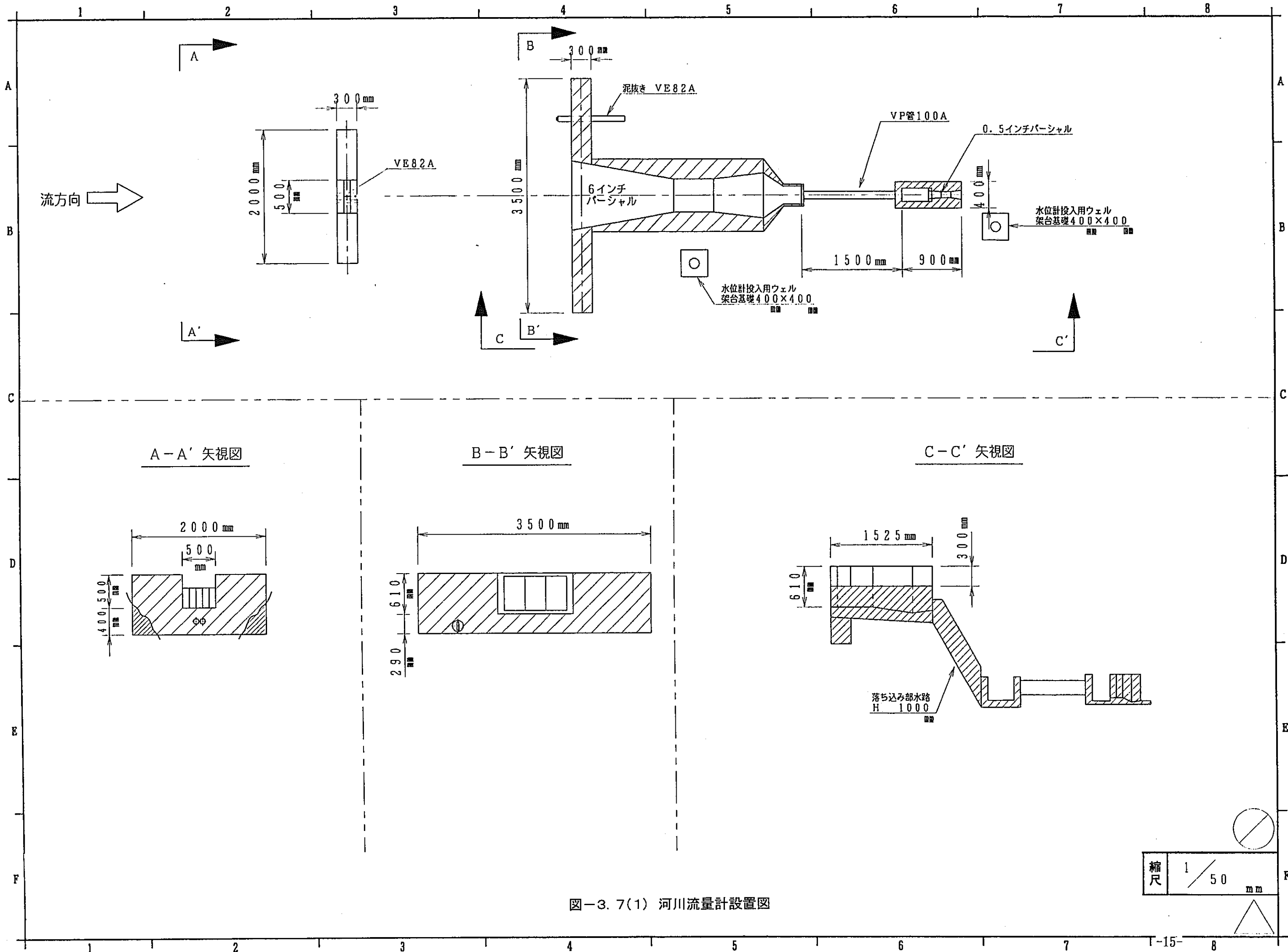


図-3.7(1) 河川流量計設置図

縮尺 1 / 50 mm

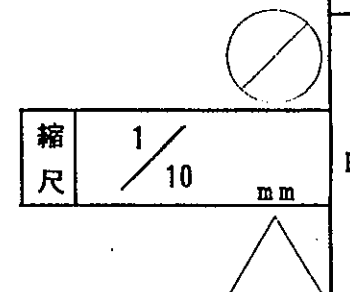
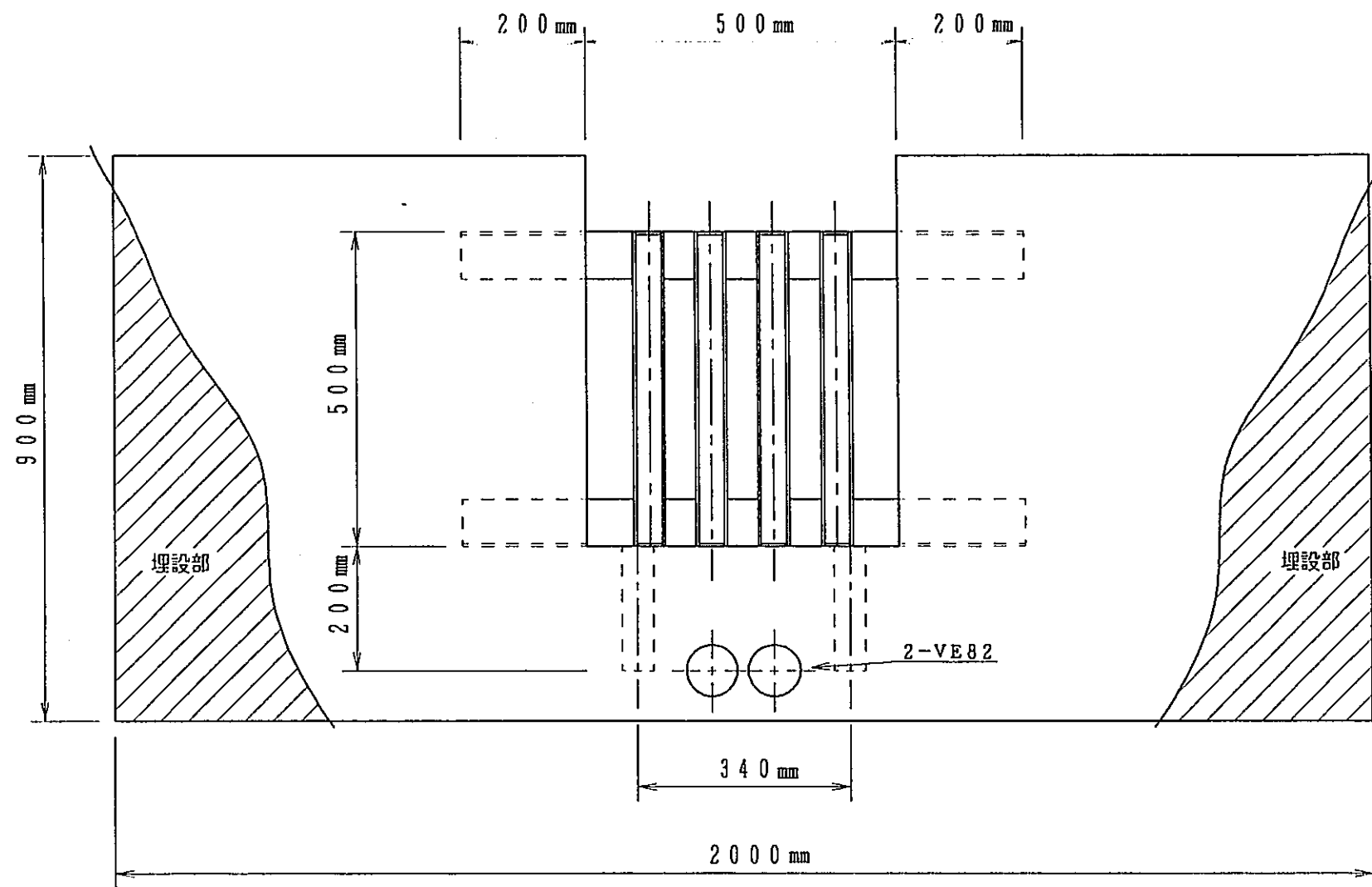


図-3.7(2) 河川流量計設置図(土留め堰堤)

3.2 地下水位計の設置

3.2.1 ボーリングコア観察

地下水位計設置の際に得られたボーリングコアを観察した。ボーリングコア観察結果を図-3.8にボーリング柱状図に示す。

標高 333.2m 付近に地質境界が認められ、上部に瀬戸層群、下部に基盤花崗岩が分布している。

瀬戸層群は玉石を含む未固結の砂礫層からなり、基質は粘土化している。玉石はチャート、濃飛流紋岩、粘板岩などから構成され、濃飛流紋岩、粘板岩の多くは、風化して“くさり礫”となっている。また、瀬戸層群の下部に、厚さ 60cm の陶土層が認められた。

基盤花崗岩は、風化して黄褐色～赤褐色を呈しており、マサ化している。岩級区分はDである。

3.2.2 電気検層

(1) 調査手法

電気検層は、ノルマル検層（電極間隔 25cm、50cm、100cm）を実施し、同時に自然電位を測定した。

(2) 調査結果

電気検層の結果、G.L.-4.0m 付近まで 2,000 Ω m 以上と比抵抗が高く、表層部の不飽和帯（特に土壤水分が少ない部分）を表していると考えられる。G.L.-8.0～24.0m 付近は、G.L.-12.0～15.0m 付近で比抵抗が 1,000～1,500 Ω m と、やや高くなるものの、1,000～500 Ω 程度で、深度が増すほど比抵抗が小さくなる傾向がある。G.L.-24.0m 以深は 100 Ω m 程度の低比抵抗となる。基盤花崗岩マサ部に入ると、比抵抗が若干高くなってゆく傾向が認められる。

3.2.3 現場透水試験

(1) 調査手法

瀬戸層群中の1区間および、基盤花崗岩マサ部の1区間において単孔式現場透水試験（ピエゾメータ法）を実施した。

1) 試験区間

瀬戸層群の基底部と基盤花崗岩マサ部を試験区間として以下の深度を設定した。

a) 瀬戸層群基底部 : GL-31.90～32.75m

b) 基盤花崗岩マサ部 : GL-33.60～34.10m

2) 試験方法

透水試験は回復法により実施した。いずれの区間においても対象区間のみの透水係数を把握するため、ケーシング、粘土により試験区間の上下を遮水してから試験

を実施した（関東地質調査業協会，1985、建設省河川局監修，1993）。

透水係数は、以下の式より算定した。

$$k = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \cdot \ln\left(\frac{L}{R}\right) \cdot \left(\frac{h_1}{h_2}\right) \cdot \dots \cdot \text{(式-4)}$$

k：透水係数 (cm/s)

R：ケーシングの半径 (cm)

L：ケーシングの長さ (cm)

t₁，t₂：直線部分の任意の2点における時間 (秒)

h₁，h₂：時間t₁，t₂における平衡水位との水位差 (m)

(2) 調査結果

1) 瀬戸層群基底部 (G.L.-31.90~32.75m)

試験直前の自然水位は G.L.-14.760m であった。透水試験は、水中ポンプにより揚水し、ポンプの能力の限界である水位 (約 G.L.-25m) まで低下させ、水位の回復 (上昇) を測定した。

試験結果を図-3.9 に示す。透水係数は 9.90×10^{-8} m/s である。

2) 基盤花崗岩マサ部

試験直前の自然水位は G.L.-15.682m であった。透水試験は、水中ポンプにより揚水し、ポンプの能力の限界である水位 (約 G.L.-26m) まで低下させ、水位の回復 (上昇) を測定した。

試験結果を図-3.10 に示す。透水係数は 1.81×10^{-6} m/s である。

3. 2. 4 粒度分析

(1) 調査手法

現場透水試験区間におけるボーリングコアを用いて、粒度分析 (JIS A 1204) を実施した (添付資料参照)。

(2) 調査結果

粒度分析の結果 (添付資料参照) から、瀬戸層群基底部、基盤花崗岩マサ部ともに砂質土に区分された。瀬戸層群基底部は、細砂分の多い砂質土であり、基盤花崗岩マサ部は粗砂分の多い砂質土である。粒度分布は、両地点とも「粒度分布がよい」分布を示す。

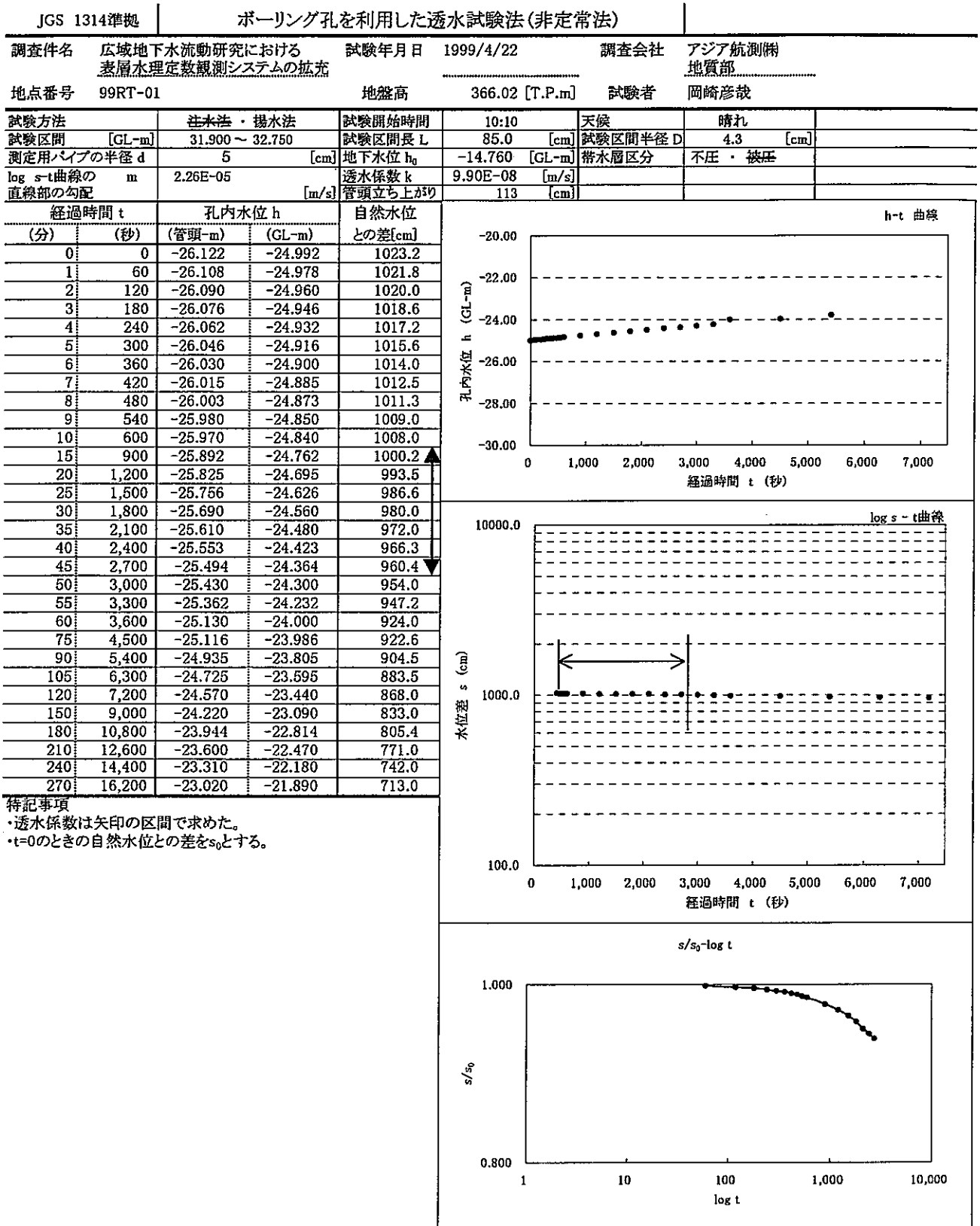
現場透水試験の結果と比較するため、20%粒径 (D₂₀) から、透水係数を求めた。粒度分析の結果から求めた透水係数は、瀬戸層群が、 1.50×10^{-7} m/s となる。現場透水試験結果では、 9.90×10^{-8} m/s であり、D₂₀ から求めた透水係数とほぼ同様の値を

示している。基盤花崗岩マサ部の場合は、 D_{20} から求めた透水係数が、 $1.30 \times 10^{-7} \text{m/s}$ となる。現場透水試験の結果は、 $1.81 \times 10^{-6} \text{m/s}$ であり、 D_{20} から求めた透水係数より 10^{-1} 大きい値となっている。

なお、基盤花崗岩マサ部は風化が進行し、土砂化しているものの、母岩の組織を残しているため、乱したマサ土とは工学的性質が異なる。ボーリングコアを用いて行う粒度分析結果は、乱したマサ土の物性を示すものあり、用いる試料のほぐれ具合により粒度分布が変わる。

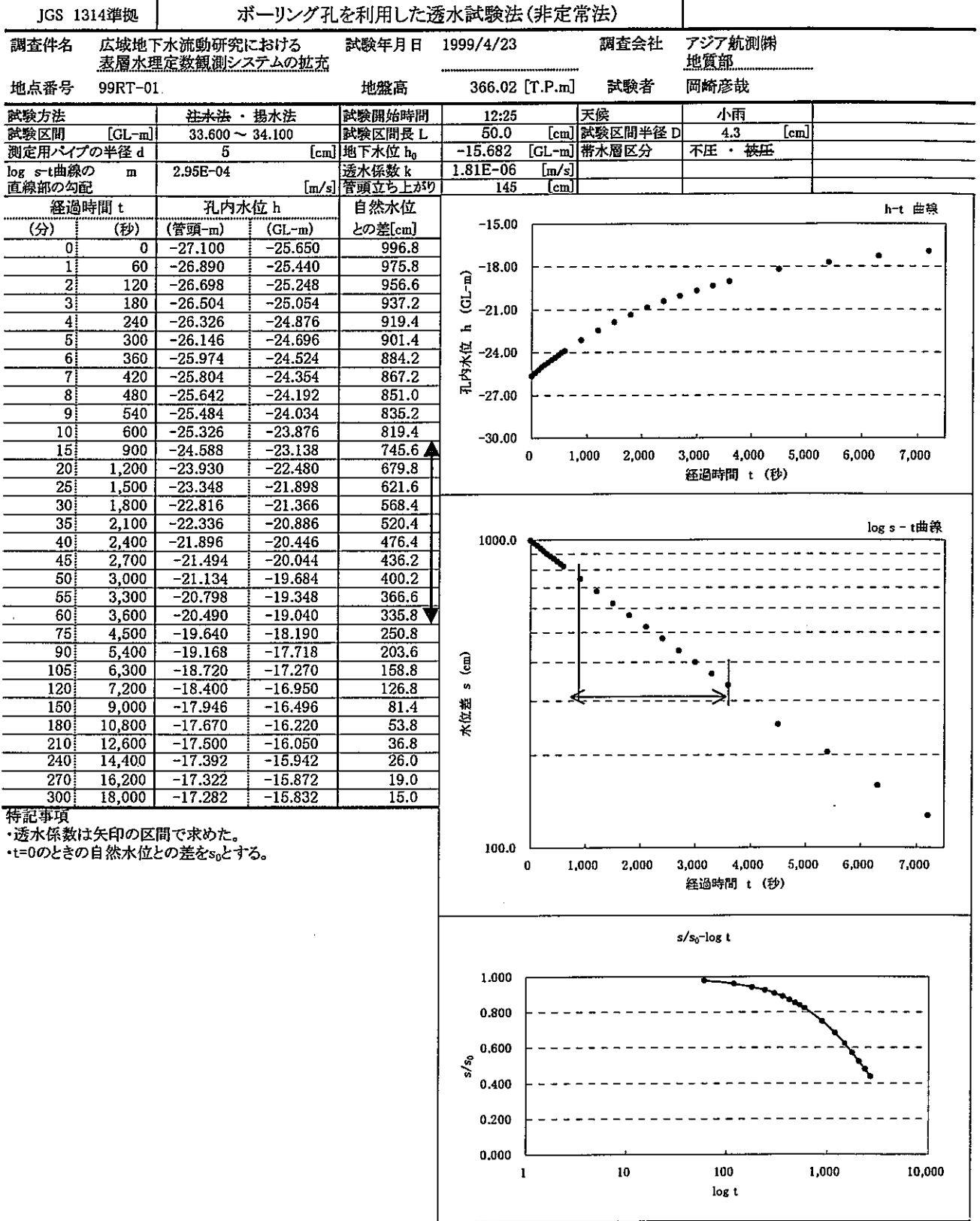
したがって、今回の粒度分析結果に基づく D_{20} から求めた基盤花崗岩マサ部の透水係数は、必ずしも地山の透水性を示しているものではないことに留意する必要がある。

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
担当箇所では原本冊子を参照して下さい。



(社)地盤工学会 3751 準拠

図-3.9 現場透水試験結果



(社)地盤工学会 3751 準拠

図-3.10 現場透水試験結果

3.2.5 機器設置

地下水位計の設置地点は、対象流域における地下水流動、特に表層部の地下水貯留量の変化を把握することを目的とし、流域の尾根部を選定した。地下水位計を設置するために G.L.-35.0m までボーリング孔を掘削し、観測井戸（99RT-01 孔）に仕上げた。観測井戸を仕上げた後に、投げ込み式の水圧式水位計を設置した。

観測井戸は、掘削したボーリング孔に VP50 の塩ビ管を建て込み、瀬戸層群基底部の水位を把握するため、G.L.-30.75～32.75m（区間長 2.00m）にスクリーンを設置した。

スクリーンは、塩ビ管にφ10mm の丸孔を 1 周 4 列、5cm ピッチの千鳥配置にあげ、周囲を防虫網で巻いた。スクリーンの開口率は約 8% である。スクリーン区間には、孔壁の目詰まり防止のため、砂利を充填し、スクリーン上部は、砂、セメントミルクにより遮水した。スクリーン下部は、スクリーンの下端から 0.5m の区間に膨潤材（“ナイスシール” 応用地質（株）社製）を孔壁と塩ビ管の間に入れて遮水した。表-3.3 に諸元を示す。

水位計は、地下水位が G.L.-15.47m にあり、水位計の測定範囲が 0～10m であることから、センサー感圧部を G.L.-22.00m に設置した。また、センサーから入出力信号線は、既設の気象観測地点のロガーに接続した。図-3.11 に井戸構造・水位計設置図を示す。

表-3.3 観測孔の諸元

観測孔	99RT-01 孔
井戸深度 (GL-)	33.25m
スクリーン区間 (GL-)	30.75～32.75m
スクリーンの種類	丸孔φ10mm、千鳥配置、 5cm ピッチ、網巻き
スクリーンの開口率	8%
スクリーン区間の孔径	116mm
仕上がり口径	50mm (VP50 仕上げ)
塩ビ管立ち上がり	0m

99RT-01

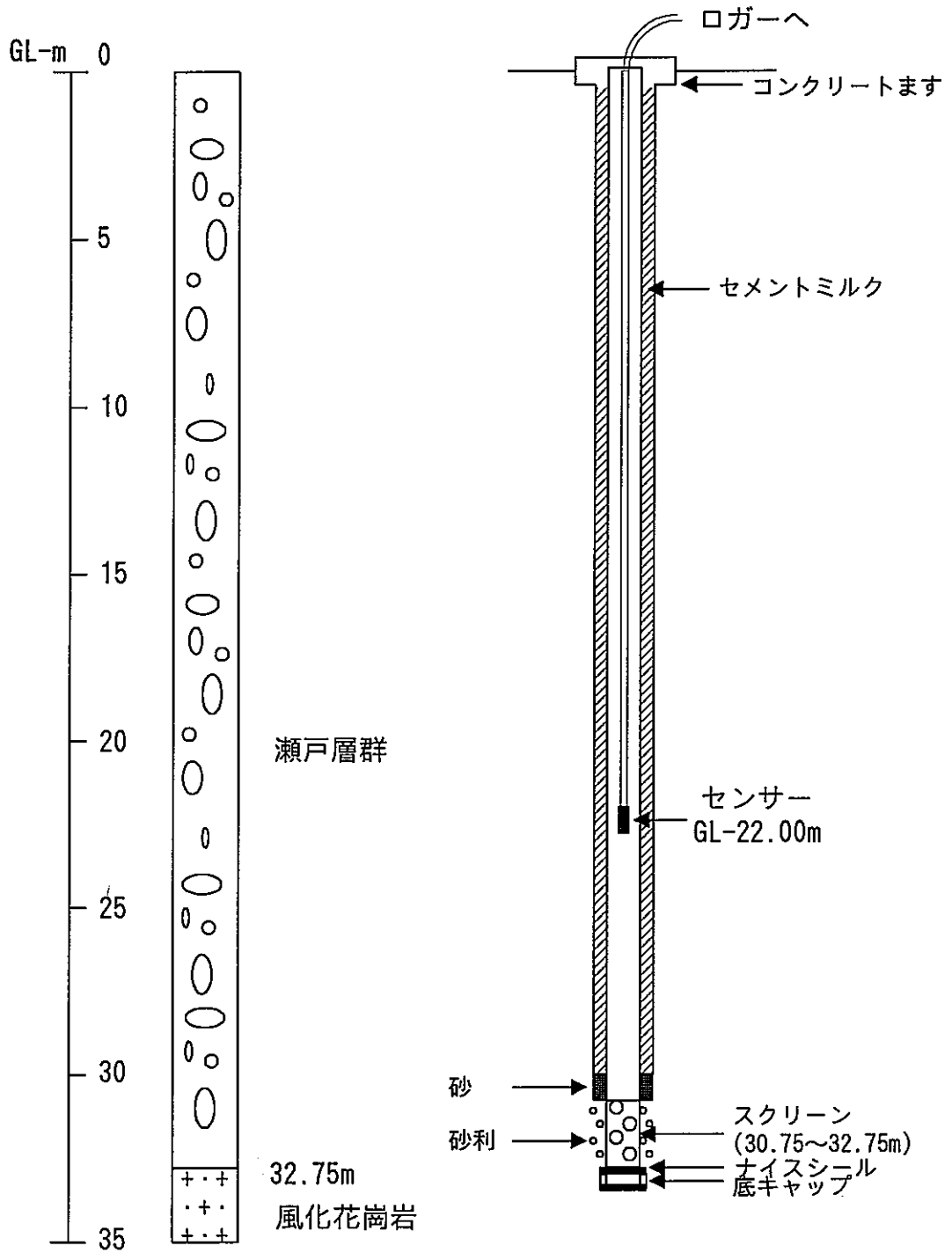


図-3.11 模式柱状図および観測井戸構造・地下水位計設置図

3.3 観測点の測量

設置した観測機器の標高を確認するため、水準測量を実施した。水準測量は3級水準とし、オートレベルと標尺を用いて実施した。基準点は、柄石地区の1等水準点(T.P307.96m)を用いた。表-3.4に測量結果を示す。

表-3.4 測量結果一覧表

観測機器	標高 (m)	測点
99RT-01 孔	366.02	管頭
河川流量計大パーシャル (GPU1)	342.06	測水井戸基部
河川流量計小パーシャル (GPU2)	341.17	測水井戸基部

3.4 観測機器設置地点の水理地質構造

電気探査、試掘、地下水位計設置のためのボーリング結果から得られた、水理地質構造模式図を図-3.12にを示す。

瀬戸層群と基盤花崗岩の不整合面は、ボーリングコア、電気検層の結果から、標高約333.2m付近において確認された。この結果は、既存の地質図から読みとれる不整合面より約15m程度深い位置に存在する。また、河川流量計設置地点付近に基盤花崗岩が分布していることから、河川流量計設置地点から99RT-01孔に向かって、不整合面が傾斜していることが確認された。このことから、対象流域における瀬戸層群の基底面は水平ではなく、基盤花崗岩上面の構造に規制される。また、割れ目に沿って、地下水が浸透していることが推定される。

ボーリングの結果、地下水位はG.L.-14.0~15.0m付近に認められたが、明瞭な帯水層は認められなかった。

表層部の地下水面は一般的に、地形に沿って形成されるため、対象流域の地下水面も尾根部から河川流量計設置地点に向かって、存在していると考えられる。

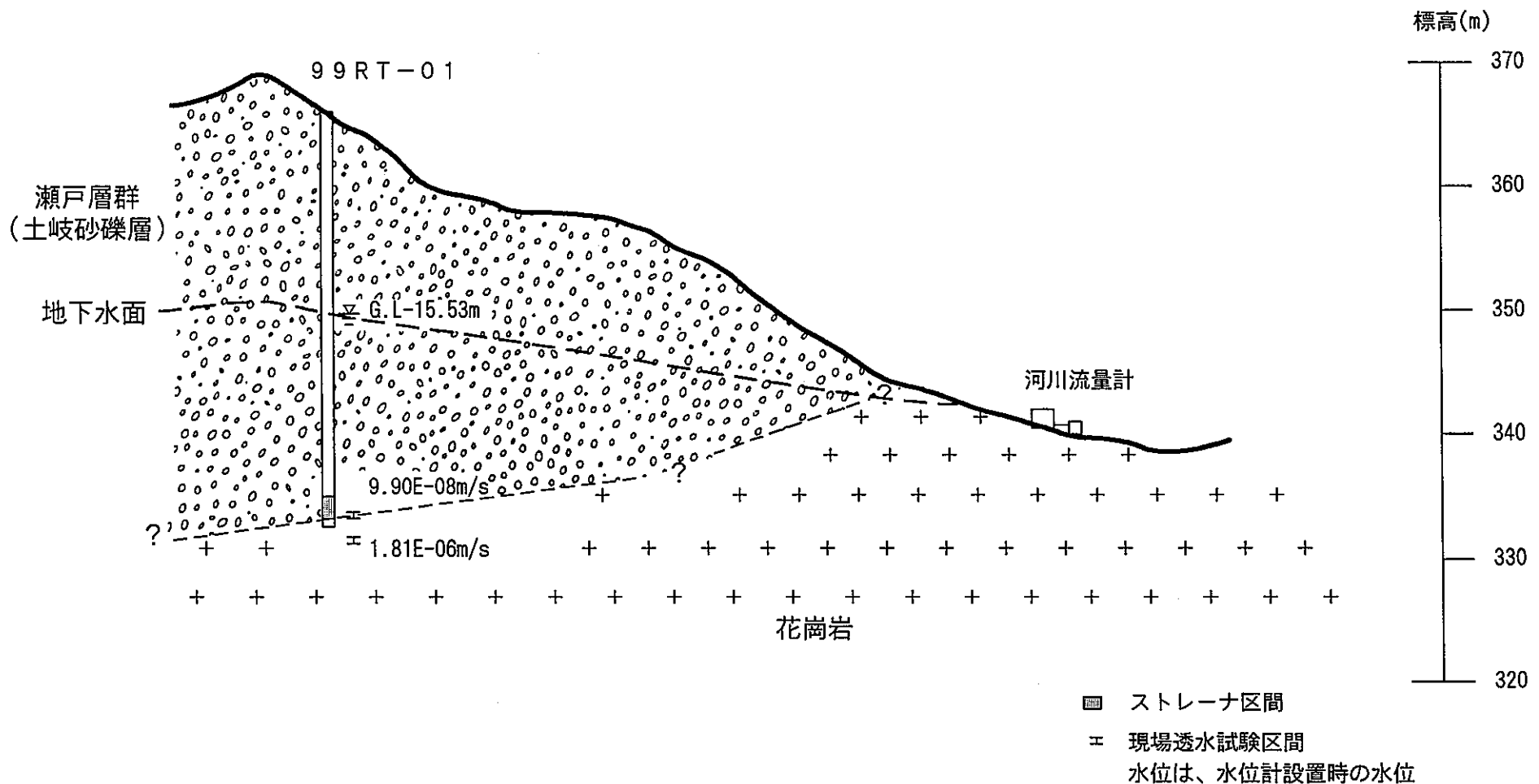


図-3.12 水理地質構造模式図

4 おわりに

今回の表層水理定数観測システムの拡充により、対象流域における表層水理定数観測システムがほぼ整備された。今後は、これまで観測を実施している瑞浪層群の上に瀬戸層群が堆積している流域と、基盤花崗岩の上に瀬戸層群が堆積している流域の地下水涵養量の比較、地下水流動機構の相違を把握することが可能となった。

機器設置を行う際に、基盤花崗岩などの火成岩、中・古生層などの年代の古い堆積岩等の上に、崖錐堆積物等が堆積している地点等の、基盤と新期堆積岩の不整合面が不規則に分布していると予想される地域では、河川流量計設置地点の選定において、電気探査等の物理探査が地表から基盤までの深度を把握する上で、有効な手段であることが示された。

また、基盤花崗岩の基盤面は、過去の削剥、割れ目などの基盤岩の性状により、複雑な形状をしている可能性があることが判明した。今後、水理地質構造モデルを構築する際には、ボーリング調査、あるいは電気探査などの物理探査手法を用いて、基盤の形状をより詳細に把握することが必要である。

今後の課題として、観測機器を設置するために伐採した搬入路、観測機器設置地点について原状復旧のための植栽を実施する必要がある。植栽計画を以下に示す。

搬入路および機器設置のために伐採した領域は、全体で 60m^2 程度である。このうち搬入路は $0.5\text{m} \times 40\text{m}$ 、機器設置地点は $2\text{m} \times 20\text{m}$ である。植栽の目安は、造林の場合、1ha 当たり樹高 1~2m の樹木を 2,000 本程度植えるのが標準となっている（岐阜県森林保全研究会，1994）。これに従うと、今回の伐採面積は 60m^2 であり、伐採地に 15 本程度植樹すればよいことになる。

植樹する樹種は、周囲の樹林と調和的な樹種とする。周辺の樹木は、マツ、ヒノキなどの針葉樹と、ナラなどの広葉樹からなっており、これらをバランスよく植栽することを計画する。植栽の時期は、機器のメンテナンス用の作業路として使用するため、観測終了後に植栽することが望ましい。

参考文献

糸魚川淳二(1980) 瑞浪地域の地質. 瑞浪化石博物館, No.1, p1-50.

関東地質調査業協会(1985) 新編ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル.

建設省河川局監修(1993) 地下水調査および観測指針(案).

動力炉・核燃料開発事業団(1997) PNC ZJ7361 97-001 表層地下水流動機構の把握のための地下水観測システムの設計.

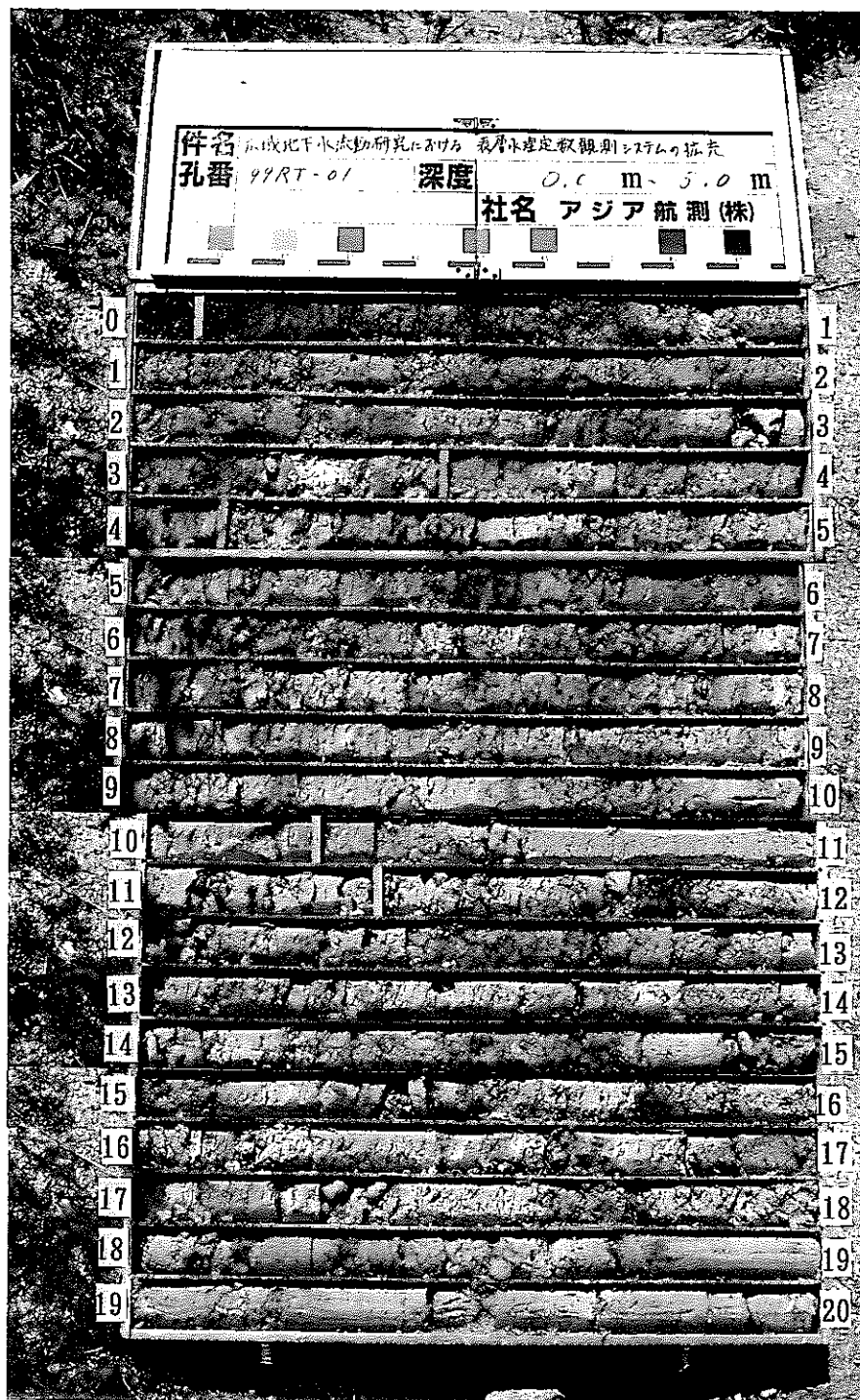
岐阜県森林保全研究会(1994) 森林法に基づく林地開発許可申請の手引き.

核燃料サイクル開発機構(1999) JNC ZJ7440 98-006 正馬様洞における表層水理定数観測システムの設置.

添 付 資 料

- ・現場写真
- ・電気探査測定値
- ・土質試験結果
- ・測量資料

現 場 写 真



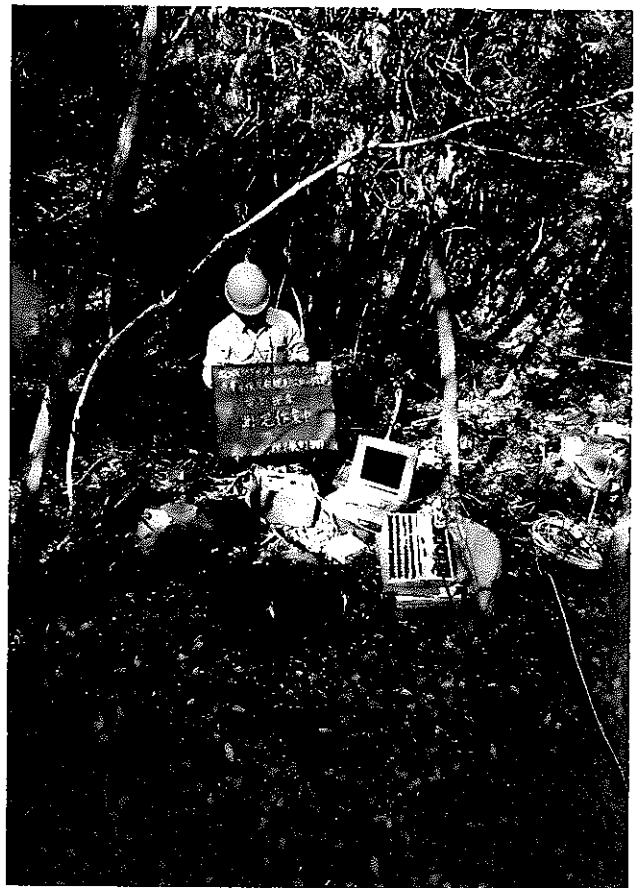
99RT-01(0.0~20.0m)



99RT-01(20.0~35.0m)



電気探査測定機器一式



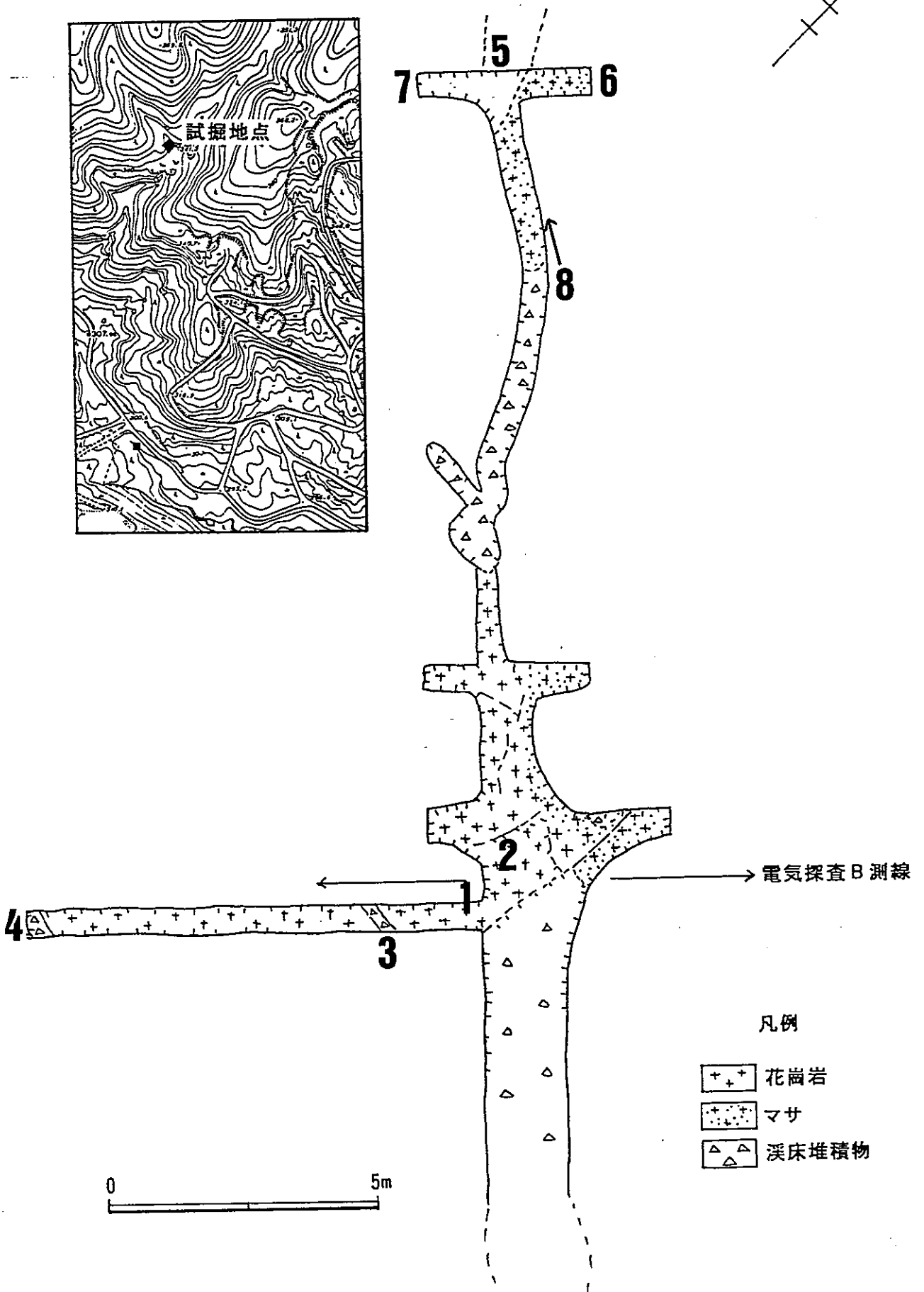
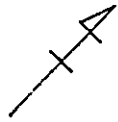
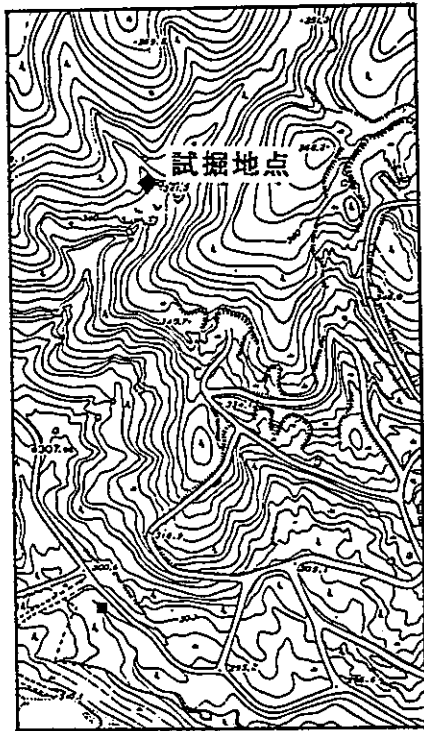
測定状況



観測線の展開



電極の設置

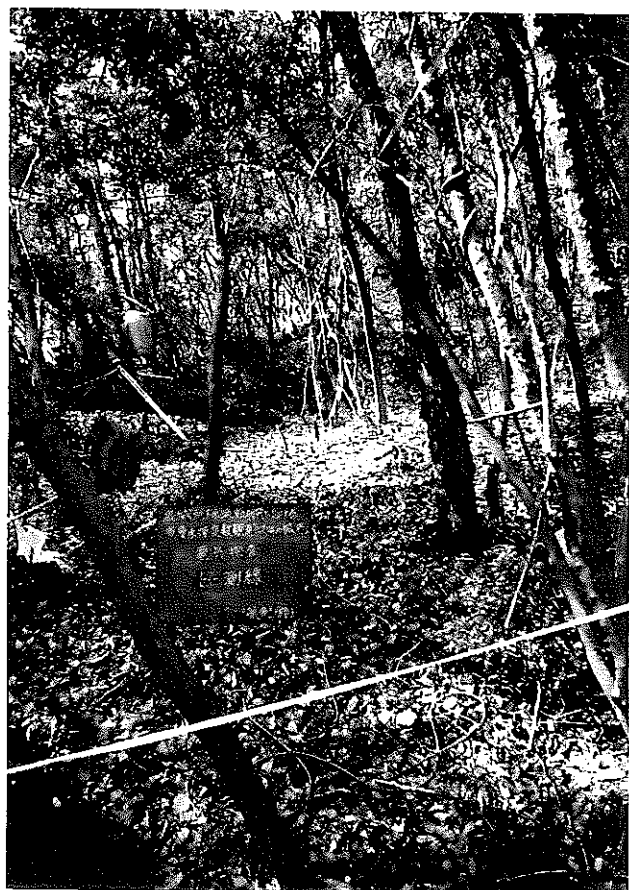




測量状況



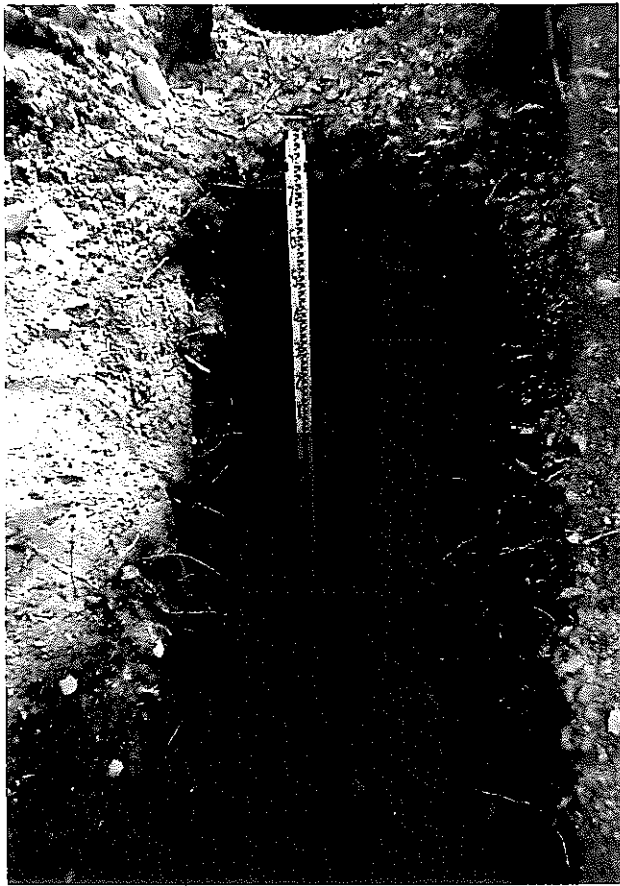
A-測線



B-測線
(右岸状況)



B-測線
(左岸状況)



試掘③



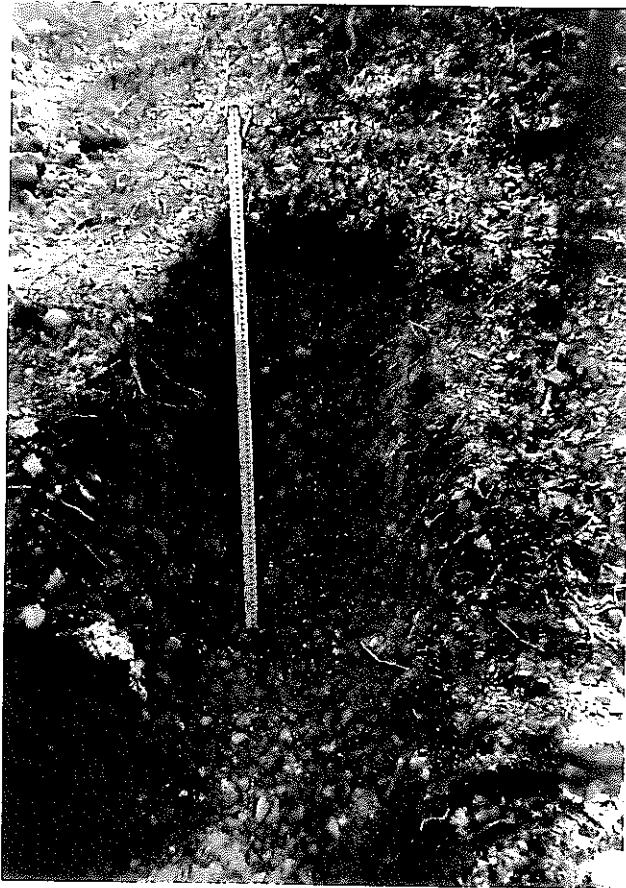
試掘④



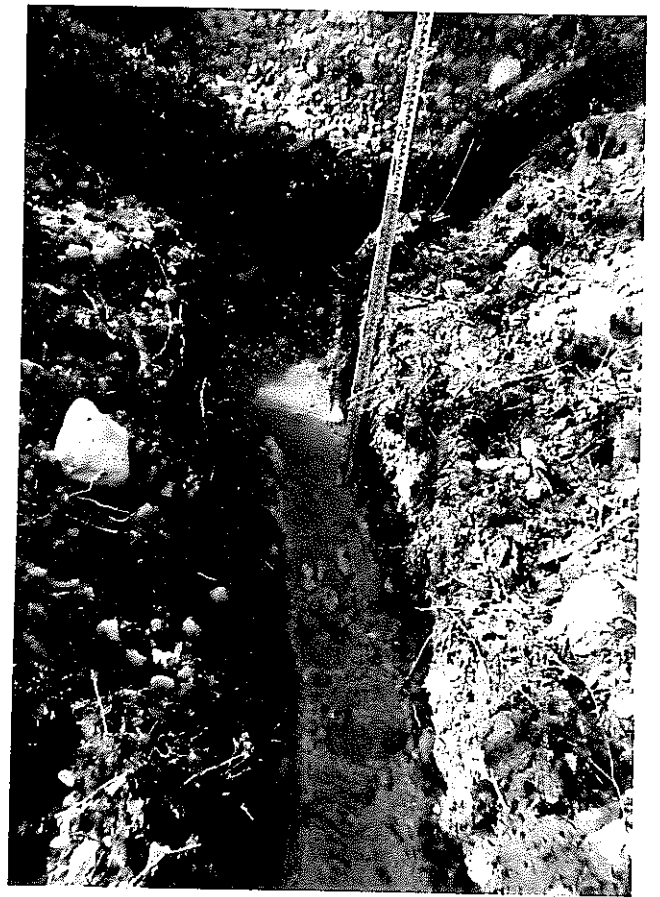
試掘⑤



試掘⑥



試掘⑦



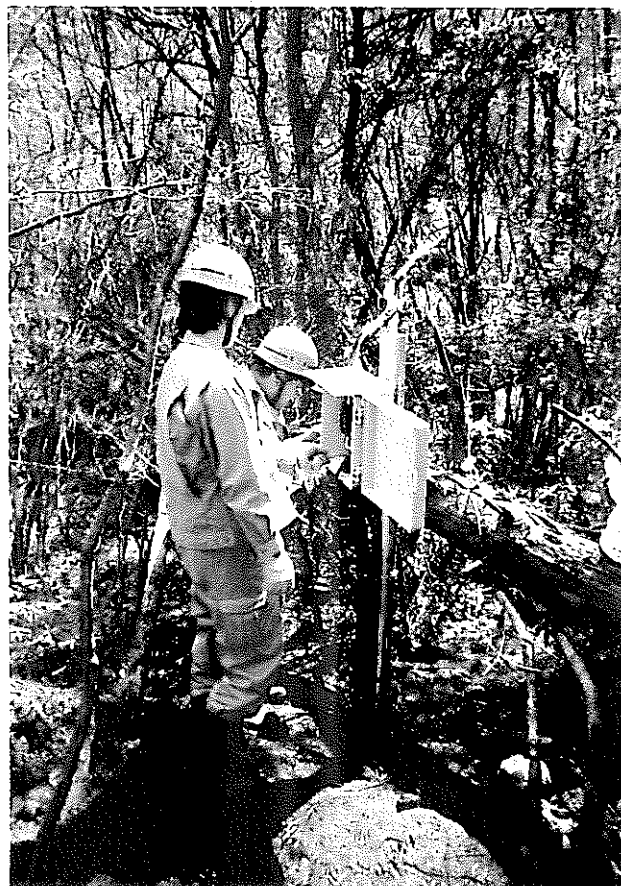
試掘⑧



電力線分岐作業



電力線敷設状況



電源ボックス設置



モノレール架設作業



モノレール架設作業



モノレール架設状況



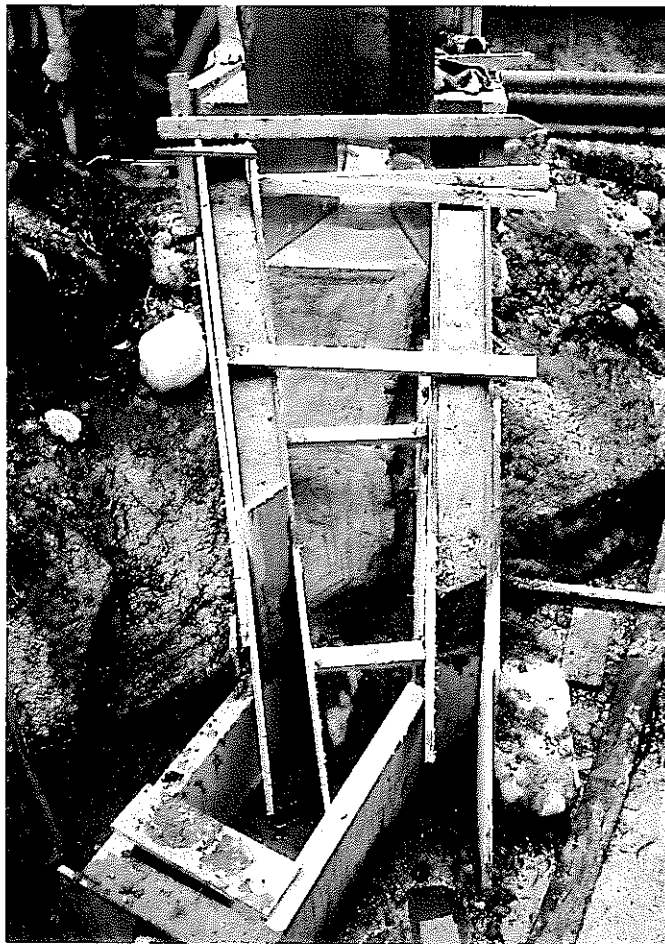
作業前



試掘①



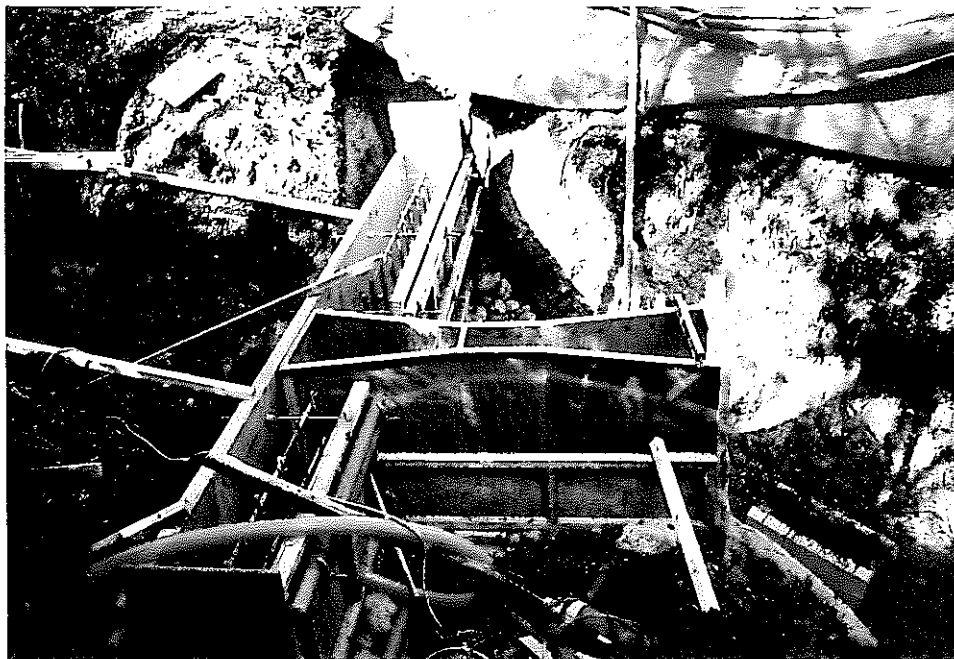
試掘②



パーシャル
フリーム（大）
～升降込み部、
型枠打設



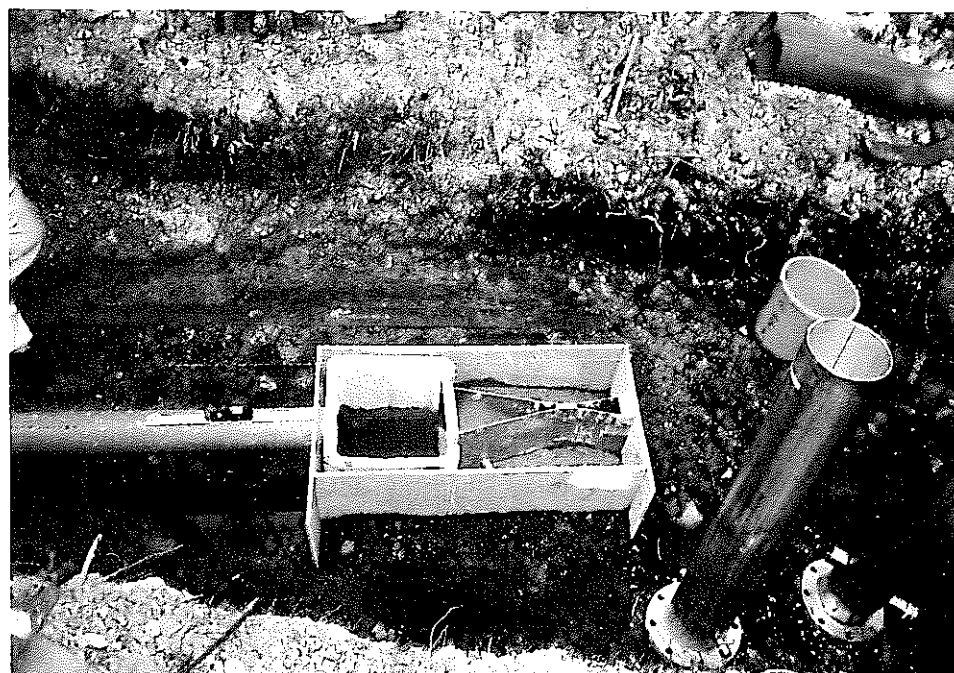
パーシャル
フリーム（大）
ウェル設置



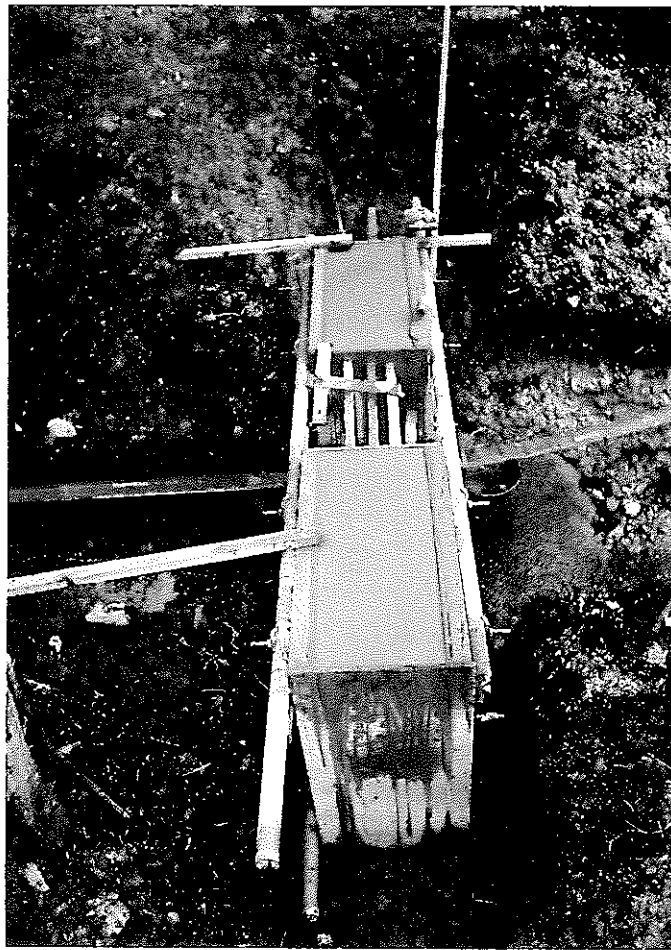
パーシャル
フリーム（大）
型枠作業



パーシャル
フリーム（大）
コンクリート打設



パーシャル
フリーム（小）
ベース・型枠作業
完了



コンクリート打設完了
(土留め堤防)



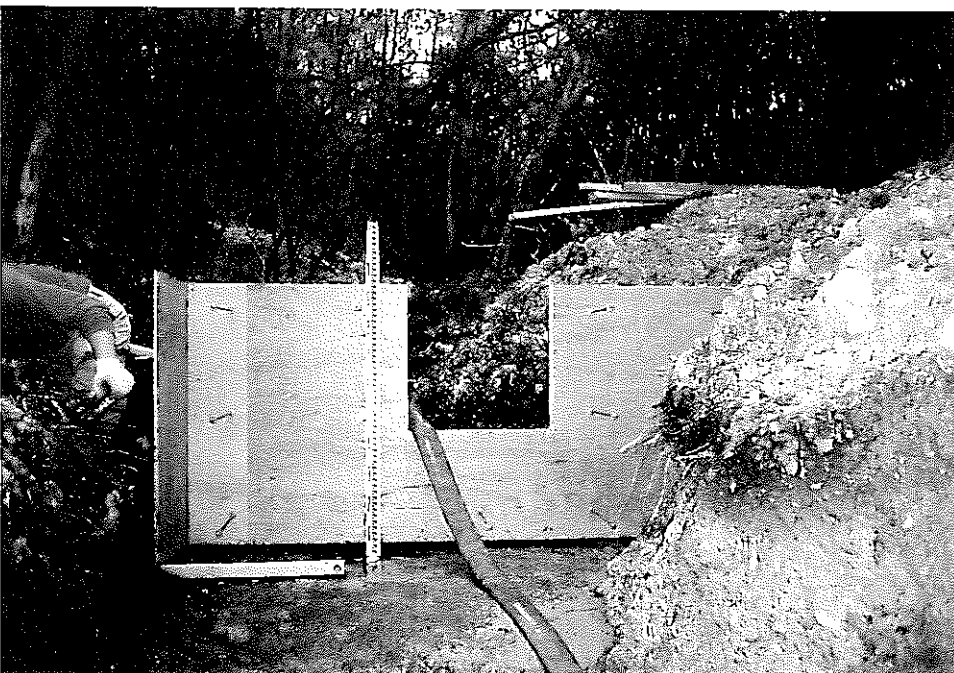
パーシャルフリーム
(大) 型枠作業



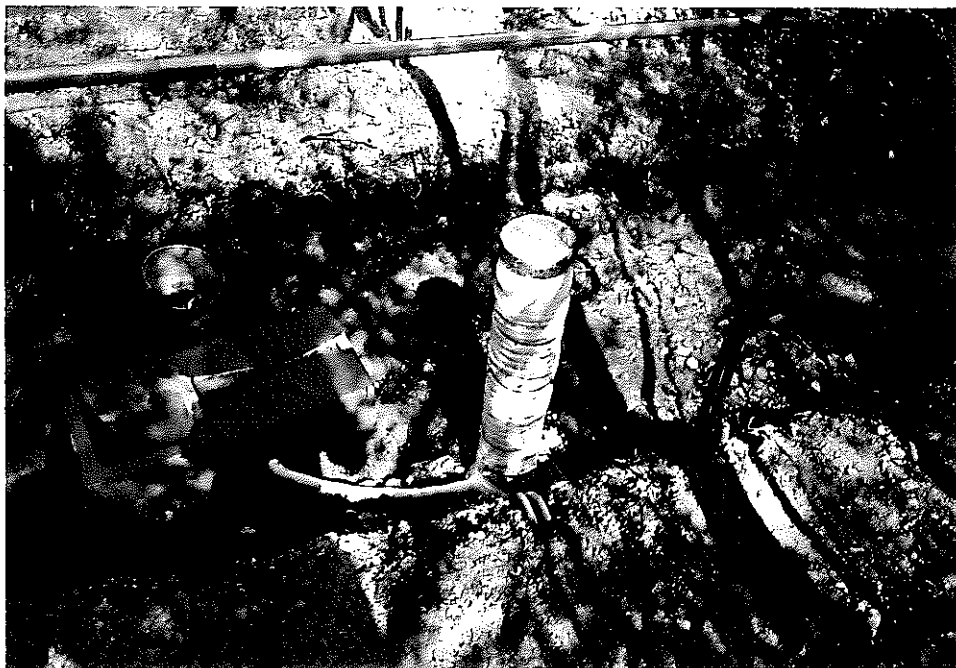
設置前
(河床整形後)



ベース
コンクリート作業
(土留め堤防)



型枠製作
(土留め堤防)



パーシャル
フリューム (小)
ウェル設置



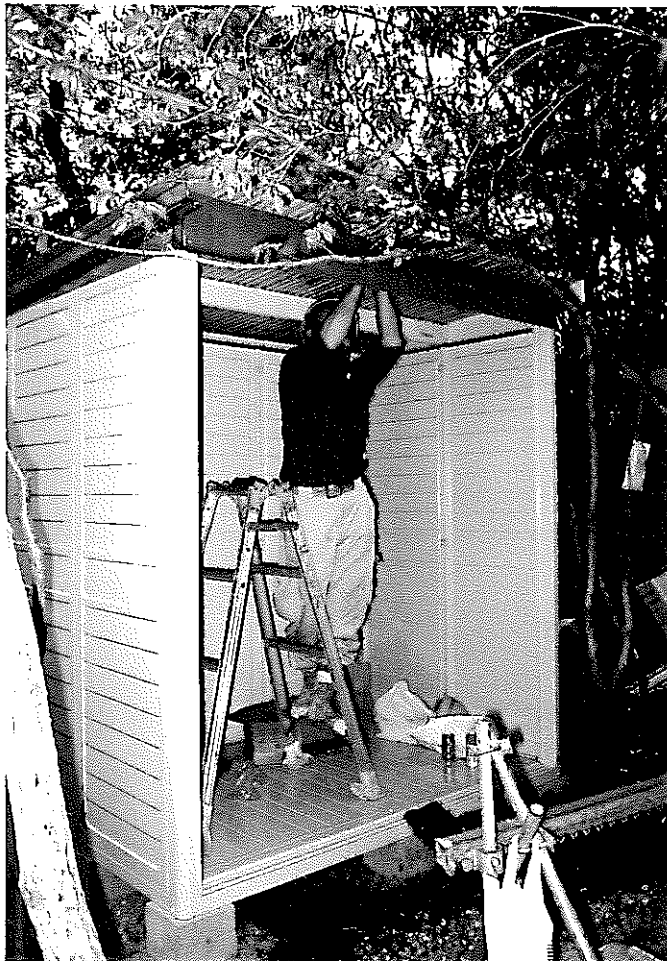
防葉ネット取付作業



設置完了
全景 (上流より)



設置完了
全景（下流より）



観測小屋設置作業



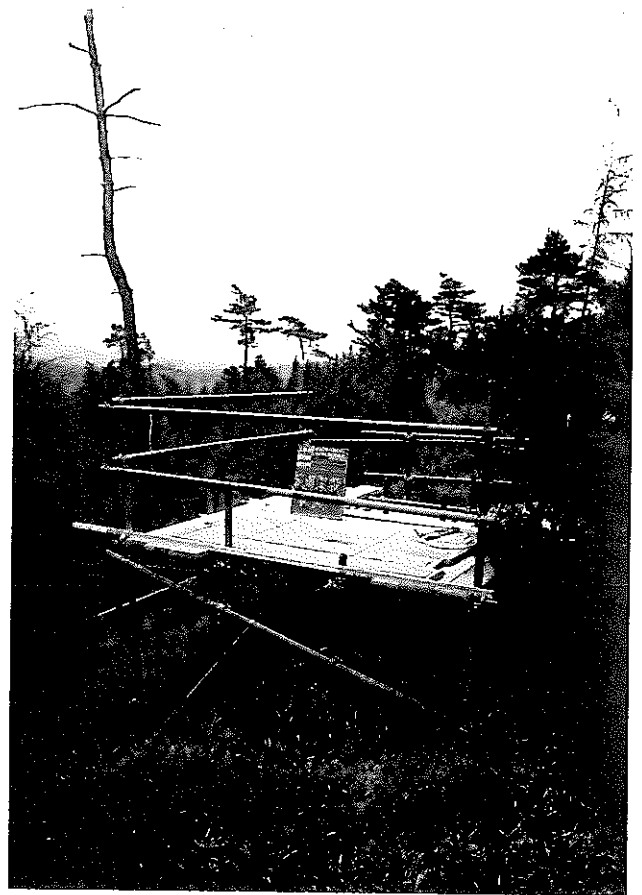
観測小屋設置完了、
流量観測装置設置完了



投込式水位計中継器



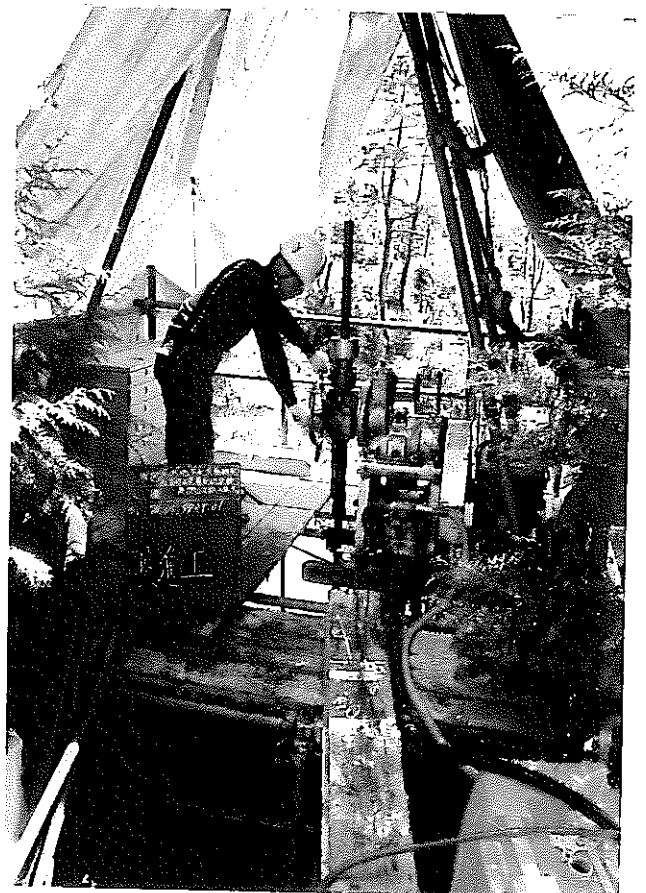
作業前 (99RT-01)



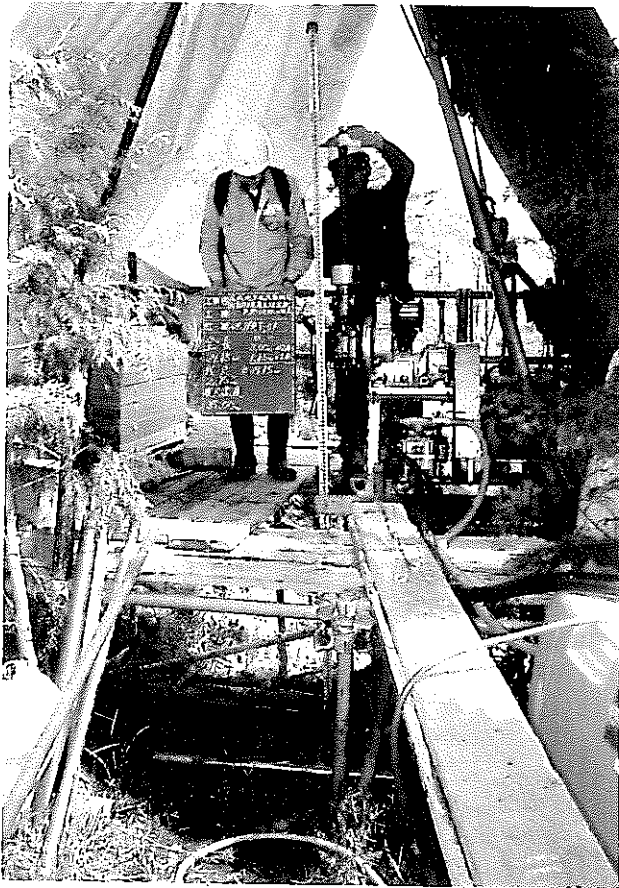
足場架設



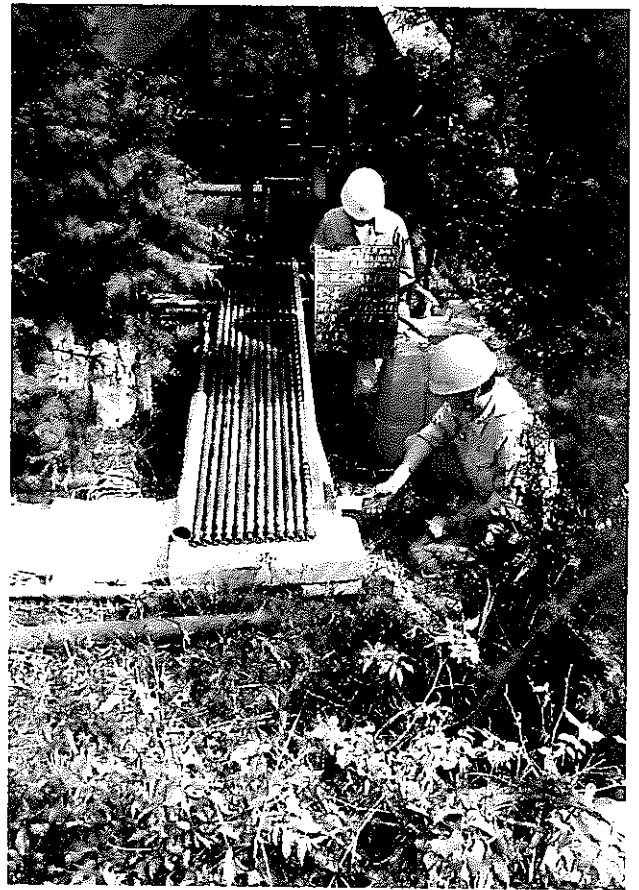
全景



掘進工



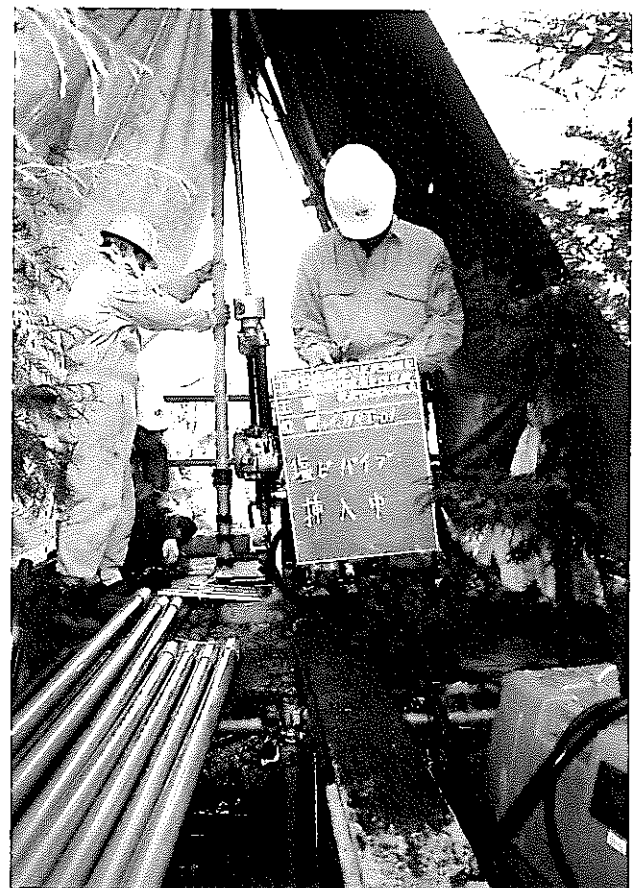
検尺 (残尺)



検尺



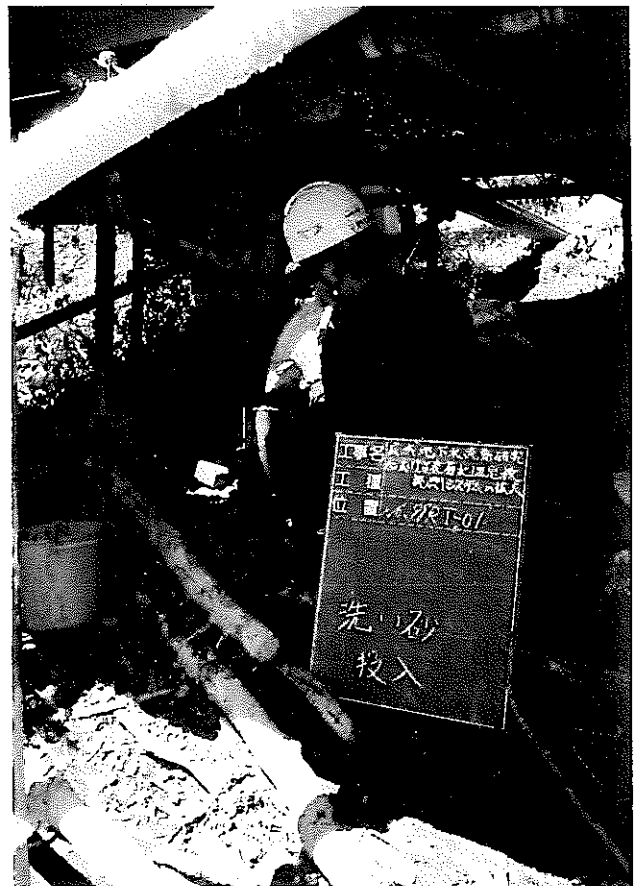
パイプ検尺



パイプ挿入



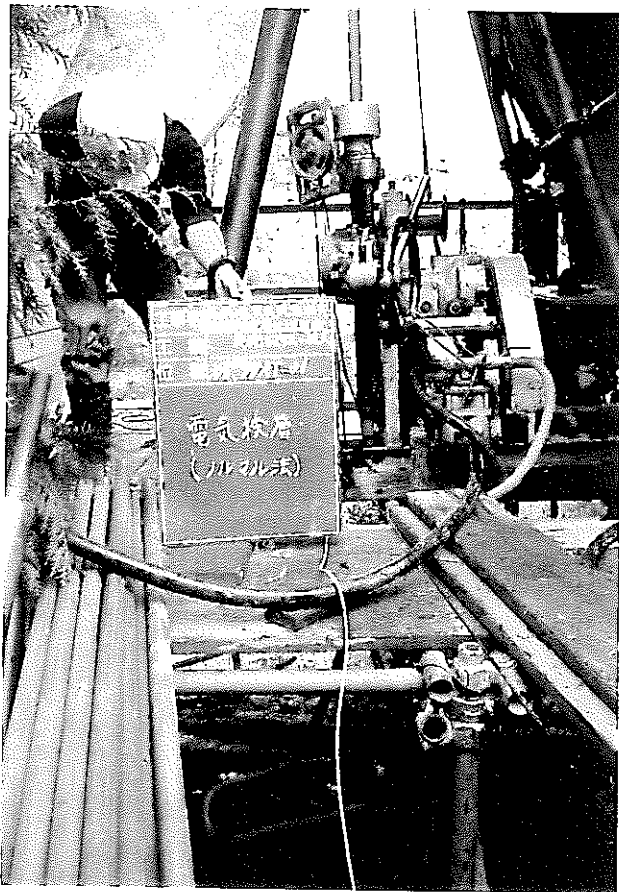
砂利充填



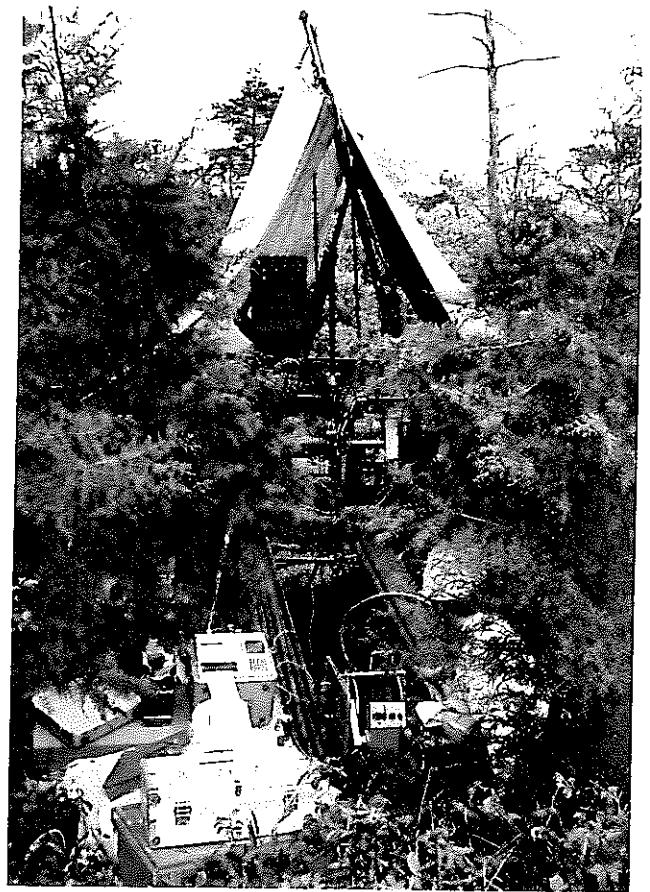
砂充填



セメントミルク充填



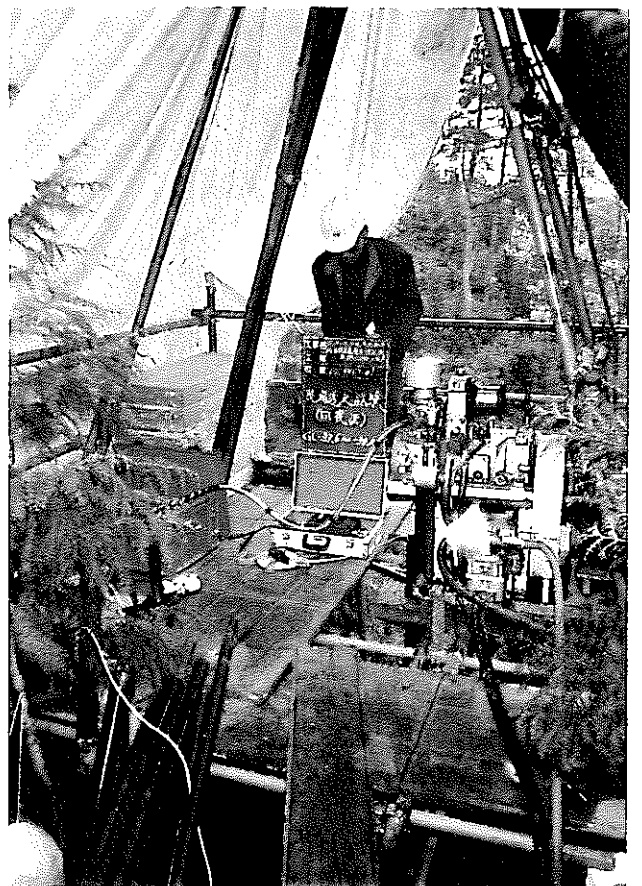
電気検層



電気検層全景



現場透水試験 (回復法)



現場透水試験 (回復法)



水準測量基準点



測点 (99RT-01)



測点 (GPU1)



測点 (GPU2)



水位計取付



土の含水比試験



土粒子の密度試験



土の粒度試験 (ふるい分析)



土の粒度試験 (沈降分析)



水準測量



水準測量

電気探査測定値

A-LINE

-1 1 500 1.00 10

26 2.0 0.0
測定深度数と測定深度 (m)

10
2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0
測定値 (Ω)

44.28	26.36	17.34	13.24	10.66	9.017	7.682	6.472	5.717	5.135
45.17	24.10	16.97	12.94	10.76	9.096	7.523	6.566	5.846	5.025
90.37	31.46	18.10	13.60	10.83	8.618	8.600	6.457	5.553	4.682
113.4	36.70	21.99	14.91	10.61	8.964	7.718	6.359	5.317	4.655
120.7	46.99	23.84	13.81	11.27	9.333	7.394	5.915	5.152	4.722
150.4	48.81	20.13	14.83	11.49	8.732	6.742	5.690	5.127	4.750
130.8	32.44	20.14	14.70	10.32	7.619	6.279	5.581	5.083	4.676
90.21	36.50	22.24	13.60	9.065	7.150	6.283	5.596	5.027	4.645
133.0	54.33	24.73	13.33	8.906	7.336	6.344	5.870	5.057	4.674
163.0	51.12	21.02	11.43	8.497	7.160	6.359	5.511	5.033	4.555
146.2	42.41	17.02	10.66	8.442	6.828	5.921	5.436	4.920	4.413
138.0	34.80	16.34	10.83	8.467	6.971	6.169	5.472	4.856	4.261
95.60	30.96	15.84	10.86	8.318	7.161	6.165	5.367	4.653	4.297
113.2	32.39	16.27	10.68	8.615	7.122	6.094	5.162	4.680	4.231
91.98	28.88	14.40	10.47	8.168	6.847	5.690	5.022	4.584	4.017
110.3	28.37	15.57	10.24	8.107	6.444	5.602	5.076	4.359	3.931
124.7	39.57	16.93	11.65	8.237	6.712	5.815	5.007	4.347	0.000
233.4	50.13	24.83	12.95	9.228	7.499	6.139	5.242	0.000	0.000
181.4	57.24	21.50	12.78	9.508	7.476	6.003	0.000	0.000	0.000
227.9	53.08	22.03	13.87	9.771	7.543	0.000	0.000	0.000	0.000
204.8	52.61	25.56	15.34	10.81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180.1	56.55	27.27	17.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
149.5	49.97	27.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
117.1	46.81	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
155.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

測点の標高 (m)

337.25	337.55	338.35	338.90	339.20	339.45	339.75	340.00	340.30	340.90
341.15	341.40	341.25	341.70	341.90	342.20	342.55	343.10	343.45	343.65
344.00	344.20	344.55	344.90	345.50	346.00				

遠電極の位置座標 (m)

-80.0	165.0	307.5
260.0	-115.0	374.0

B-LINE

-1 1 500 1.00 10

31 1.0 0.0
測定深度数と測定深度 (m)

15

1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 6.0 7.0 8.0 9.0 10.0 11.0 12.0 13.0 14.0 15.0
測定値 (Ω)

218.5	106.5	72.38	54.55	36.50	22.43	16.55	14.14	11.86	9.964	8.842	8.079	7.272	6.549	5.716
227.3	127.9	86.17	54.51	30.53	21.88	18.07	14.73	12.00	10.53	9.399	8.372	7.437	6.459	6.011
303.4	152.1	85.13	43.89	28.49	22.93	17.69	14.13	12.11	10.62	9.350	8.158	6.908	6.465	5.832
400.4	159.9	65.25	38.79	29.40	22.45	17.16	14.14	11.71	10.68	9.006	7.482	6.888	6.225	5.567
421.2	108.4	54.85	40.16	28.69	20.62	16.73	14.16	12.04	9.680	8.214	7.497	6.319	5.946	5.488
277.2	98.56	66.06	43.67	28.99	22.45	18.38	14.89	12.02	9.410	8.526	7.365	6.563	5.619	5.467
259.0	142.2	82.13	48.00	34.96	26.62	20.60	15.37	11.56	10.27	8.319	7.606	6.714	6.086	5.707
340.3	164.9	82.06	53.44	38.66	28.32	20.55	14.23	12.41	10.08	8.628	7.611	6.759	6.299	5.637
348.5	138.6	80.31	53.41	37.29	25.87	17.35	14.59	11.50	9.574	8.343	7.227	6.804	6.190	5.724
317.8	145.8	84.48	54.16	35.31	21.83	17.99	13.78	11.13	9.650	8.119	7.451	6.807	6.135	5.756
368.4	154.4	86.65	51.38	28.70	23.31	16.95	13.22	10.96	9.294	8.347	7.487	6.888	6.270	5.888
357.5	146.9	76.73	38.24	29.85	20.96	15.68	12.74	10.39	9.283	8.237	7.502	6.761	6.244	5.826
315.6	126.1	52.38	39.33	26.19	18.86	14.82	11.78	10.28	9.050	8.171	7.384	6.857	6.374	5.855
301.5	83.69	58.13	35.81	24.03	17.98	13.69	11.73	10.12	9.001	8.060	7.515	6.810	6.284	5.926
170.3	101.4	55.49	33.43	23.28	16.61	14.05	12.25	10.15	9.016	8.299	7.465	6.921	6.797	6.020
375.7	146.5	70.15	41.15	24.96	18.98	14.90	12.54	10.89	9.833	8.697	7.896	7.391	6.613	5.975
315.2	128.1	66.75	35.46	24.96	18.34	14.85	12.44	11.17	10.10	8.714	8.022	7.230	6.434	0.000
507.7	201.1	83.92	50.23	31.20	22.77	17.58	15.18	12.58	11.03	10.05	8.760	7.619	0.000	0.000
557.9	182.2	95.72	51.93	34.41	24.73	20.63	16.91	14.93	12.52	10.68	9.082	0.000	0.000	0.000
450.2	196.5	91.21	54.33	36.29	29.07	22.12	18.41	16.06	13.24	10.82	0.000	0.000	0.000	0.000
585.6	199.0	99.82	59.56	45.26	32.73	25.99	22.20	17.76	13.95	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
431.1	167.6	87.76	63.34	43.78	33.80	28.32	22.10	16.76	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
419.2	157.5	102.7	65.86	48.55	39.75	29.88	21.68	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
400.1	198.1	111.2	77.11	61.00	43.89	30.15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
574.6	212.4	132.8	100.0	68.66	44.55	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
435.1	226.3	159.8	103.6	63.39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
551.4	333.3	197.5	110.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
602.4	325.2	168.1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
523.6	239.7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
456.5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

測点の標高 (m)

342.57	342.24	342.27	342.35	342.32	342.14	341.54	341.37	341.30	341.31
341.30	341.33	341.17	340.97	340.77	340.30	340.49	341.13	341.55	341.78
342.10	342.42	342.67	343.10	343.58	343.89	344.42	344.81	345.06	345.27
345.65									

遠電極の位置座標 (m)

-150.0	-90.0	307.5
130.0	245.0	374.0

土質試驗結果

調査件名 広域地下水流動研究における表層水理観測システム
の拡充 試験年月日 平成11年 5月 6日

試 験 者 吉田重樹

試料番号 (深 さ)	99RT-01	32.50(m)~	32.65(m)	99RT-01	33.65(m)~	33.75(m)
ピクノメーター No.	468	24	20	418	46	7
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g	184.165	172.909	171.902	181.886	171.205	174.099
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C	22	22	22	22	22	22
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978	0.9978
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a ¹⁾ g	161.555	156.303	152.475	162.309	150.183	155.094
試料の 炉乾燥質量	容 器 No.	468	24	20	418	46
	(炉乾燥試料+容器)質量 g	89.970	72.201	77.461	88.363	80.079
容 器 質 量 g	容 器 質 量 g	53.998	45.680	46.509	56.938	46.400
	m_s g	35.972	26.521	30.952	31.425	33.679
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³	2.686	2.669	2.680	2.647	2.655	2.654
平 均 値 ρ_s g/cm ³	2.678			2.652		
試料番号 (深 さ)						
ピクノメーター No.						
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g						
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C						
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³						
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a ¹⁾ g						
試料の 炉乾燥質量	容 器 No.					
	(炉乾燥試料+容器)質量 g					
容 器 質 量 g	容 器 質 量 g					
	m_s g					
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³						
平 均 値 ρ_s g/cm ³						
試料番号 (深 さ)						
ピクノメーター No.						
(試料+蒸留水+ピクノメーター)の質量 m_b g						
m_b をはかったときの内容物の温度 T °C						
T °Cにおける蒸留水の密度 $\rho_w(T)$ g/cm ³						
温度 T °Cの蒸留水を満たしたときの (蒸留水+ピクノメーター)質量 m_a ¹⁾ g						
試料の 炉乾燥質量	容 器 No.					
	(炉乾燥試料+容器)質量 g					
容 器 質 量 g	容 器 質 量 g					
	m_s g					
土 粒 子 の 密 度 ρ_s g/cm ³						
平 均 値 ρ_s g/cm ³						

特記事項

1) ピクノメーターの検定結果から求める。

$$\rho_s = \frac{m_s}{m_s + (m_a - m_b)} \rho_w(T)$$

調査件名 広域地下水流動研究における表層水理観測システムの
の拡充

試験年月日 平成11年 5月 6日

試験者 吉田重樹

試料番号(深さ)	99RT-01 32.50(m)~ 32.65(m)			99RT-01 33.65(m)~ 33.75(m)		
容器 No	702	750	736	723	710	749
m_a g	225.50	251.86	218.27	231.65	248.08	234.18
m_b g	203.06	226.15	197.43	208.16	222.47	210.95
m_c g	68.32	73.26	70.54	70.46	70.38	73.85
w %	16.65	16.82	16.42	17.06	16.84	16.94
平均値 w %	16.6			16.9		
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

試料番号(深さ)						
容器 No						
m_a g						
m_b g						
m_c g						
w %						
平均値 w %						
特記事項						

$$w = \frac{m_a - m_b}{m_b - m_c} \times 100$$

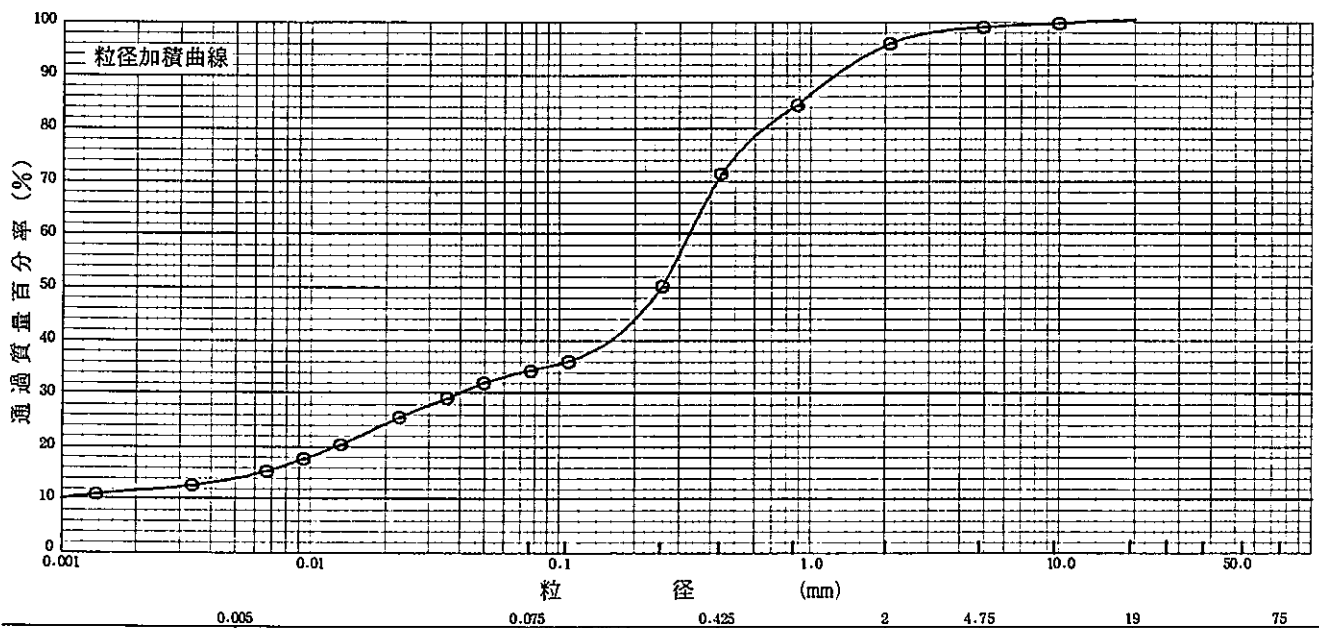
m_a : (試料+容器)質量
 m_b : (炉乾燥試料+容器)質量
 m_c : 容器質量

調査件名 広域地下水流動研究における表層水理観測システムの拡充

試験年月日 平成11年 5月 6日

試験者 吉田重樹

試料番号 (深さ)	99RT-01 32.50(m)~ 32.65(m)				試料番号 (深さ)		99RT-01 32.50(m)~ 32.65(m)	
	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%	粗 礫 分 %			
ふる る い 分 析	75		75		粗 礫 分 %		0	
	53		53		中 礫 分 %		1	
	37.5		37.5		細 礫 分 %		3	
	26.5		26.5		粗 砂 分 %		25	
	19	100.0	19		細 砂 分 %		37	
	9.5	99.3	9.5		シルト分 %		20	
	4.75	98.6	4.75		粘土分 %		14	
	2	95.6	2		2mmふるい通過質量百分率 %		96	
	0.85	84.0	0.85		0.425mmふるい通過質量百分率 %		71	
	0.425	71.1	0.425		0.075mmふるい通過質量百分率 %		34	
沈 降 分 析	0.250	50.0	0.250		最大粒径 mm		19.0	
	0.106	35.9	0.106		60 % 粒径 D_{60} mm		0.321	
	0.075	34.2	0.075		50 % 粒径 D_{50} mm		0.250	
	0.0486	31.9			30 % 粒径 D_{30} mm		0.0989	
	0.0347	29.0			10 % 粒径 D_{10} mm		---	
	0.0222	25.4			均等係数 U_c		---	
	0.0130	20.2			曲率係数 U'_c		---	
	0.00930	17.5			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³		2.678	
	0.00663	15.2			使用した分散剤		ヘキサメタリン酸 ナトリウム	
	0.00334	12.5			溶液濃度, 溶液添加量		飽和溶液 10ml	
0.00137	10.9			記号		-0-		



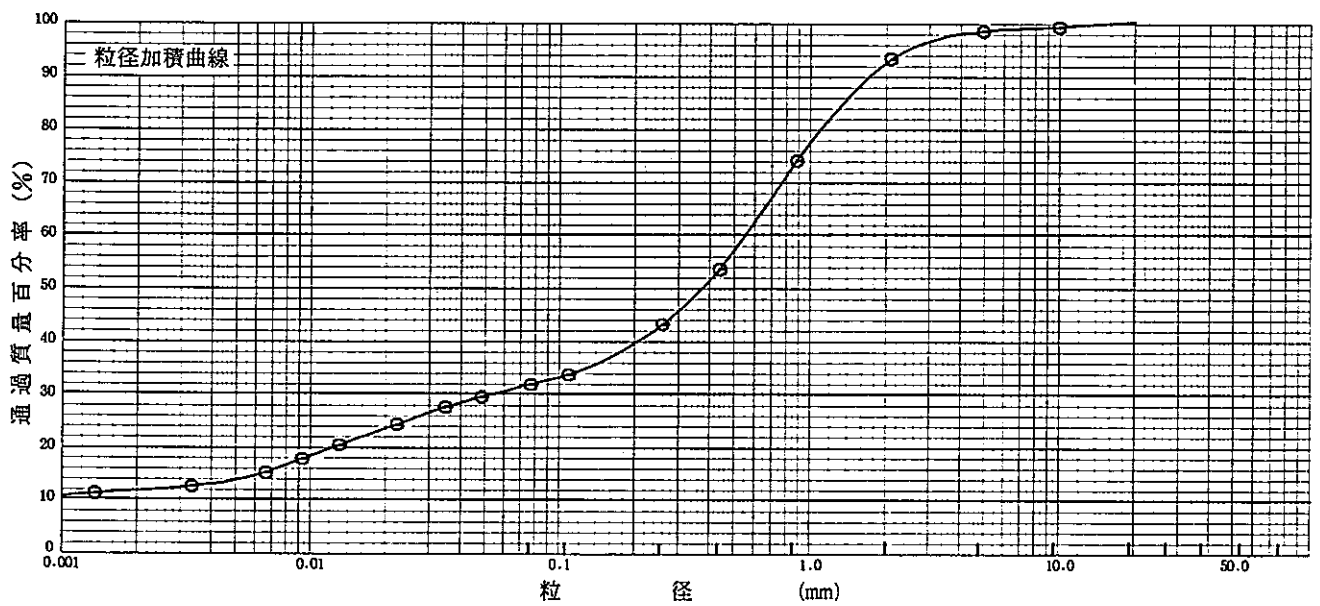
特記事項

調査件名 広域地下水流動研究における表層水理観測システムの
の拡充

試験年月日 平成11年 5月 6日

試験者 吉田重樹

試料番号 (深さ)	99RT-01 33.65(m)~ 33.75(m)		試料番号 (深さ)		99RT-01 33.65(m)~ 33.75(m)	
	粒径 mm	通過質量百分率 %	粒径 mm	通過質量百分率 %	粗 礫 分 率 %	
ふる る い 分 析	75		75		中 礫 分 率 %	0
	53		53		細 礫 分 率 %	2
	37.5		37.5		粗 砂 分 率 %	5
	26.5		26.5		細 砂 分 率 %	39
	19	100.0	19		シルト分率 %	22
	9.5	99.1	9.5		粘土分率 %	18
	4.75	98.3	4.75		2mmふるい通過質量百分率 %	14
	2	93.1	2		0.425mmふるい通過質量百分率 %	93
	0.85	74.0	0.85		0.075mmふるい通過質量百分率 %	54
	0.425	53.6	0.425			32
	0.250	43.2	0.250		最大粒径 mm	19.0
	0.106	33.8	0.106		60% 粒径 D_{60} mm	0.535
	0.075	31.9	0.075		50% 粒径 D_{50} mm	0.361
沈 降 分 析	0.0474	29.6			30% 粒径 D_{30} mm	0.0513
	0.0339	27.6			10% 粒径 D_{10} mm	---
	0.0218	24.4			均等係数 U_c	---
	0.0128	20.5			曲率係数 U'_c	---
	0.00916	17.9			土粒子の密度 ρ_s g/cm ³	2.652
	0.00655	15.3			使用した分散剤	ヘキサメタリン酸 ナトリウム
	0.00331	12.7			溶液濃度, 溶液添加量	飽和溶液 1.0ml
0.00136	11.4			記号	-0-	



0.005	0.075	0.425	2	4.75	19	75
粘 土	シ ル ト	細 砂	粗 砂	細 礫	中 礫	粗 礫

特記事項

測量資料

水準点平均成果表

番 号	種 別	水 準 点 名	標 高 (m)	1 / 5 万 図 名	備 考
1	一等水準点	693	307.9622	美濃加茂	

平成 11年 5月11日

建設省国土地理院

