

土 木 研 究 所 資 料

第 3 7 4 号

茶白山地すべりに於ける地下水
検 層 試 験 報 告 書

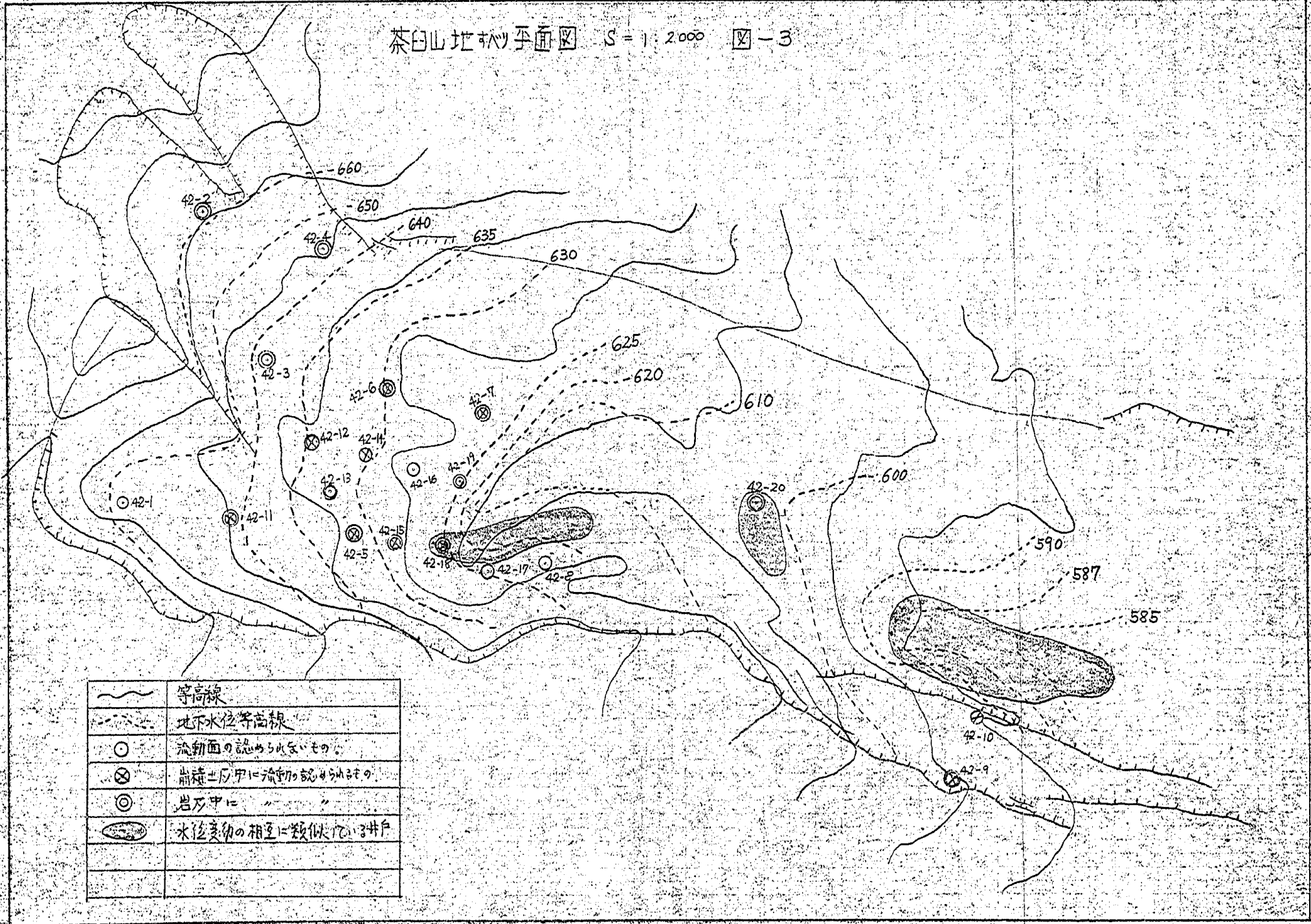
昭和 43 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所

目 次

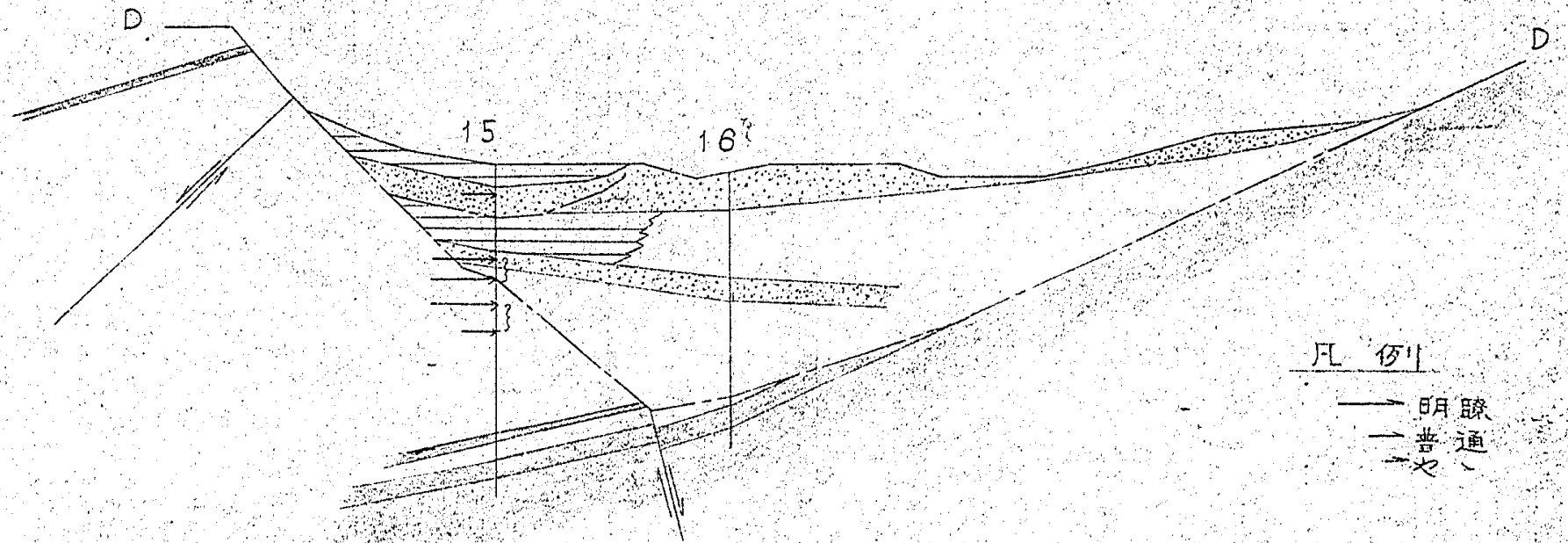
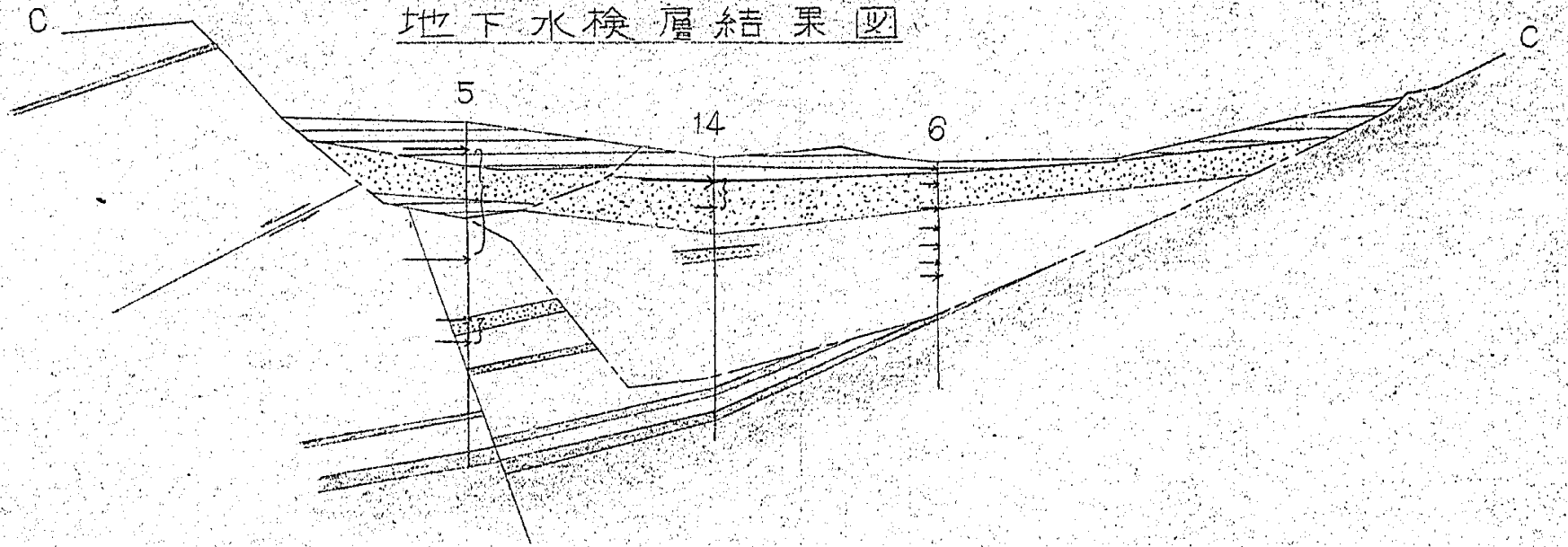
はじめに	1
1 地下水検層試験の原理	1
2 計器の構造	2
2-1 固定電極型の構造	2
2-2 移動電極型の構造	3
2-3 室内実験例	3
3 試験結果	7
3-1 調査地点	7
3-2 地下水検層試験結果	7
4 汲上げ試験	10
4-1 判定	10
4-2 試験結果	11
5 まとめ	16
お び	17

茶臼山地帯断面図 S = 1:2000 図-3



	等高線
	地下水位等高線
	流動面の認めらぬもの
	崩積土層中に流動の認めらぬもの
	岩石中に
	水位変動の相互に類似した井戸

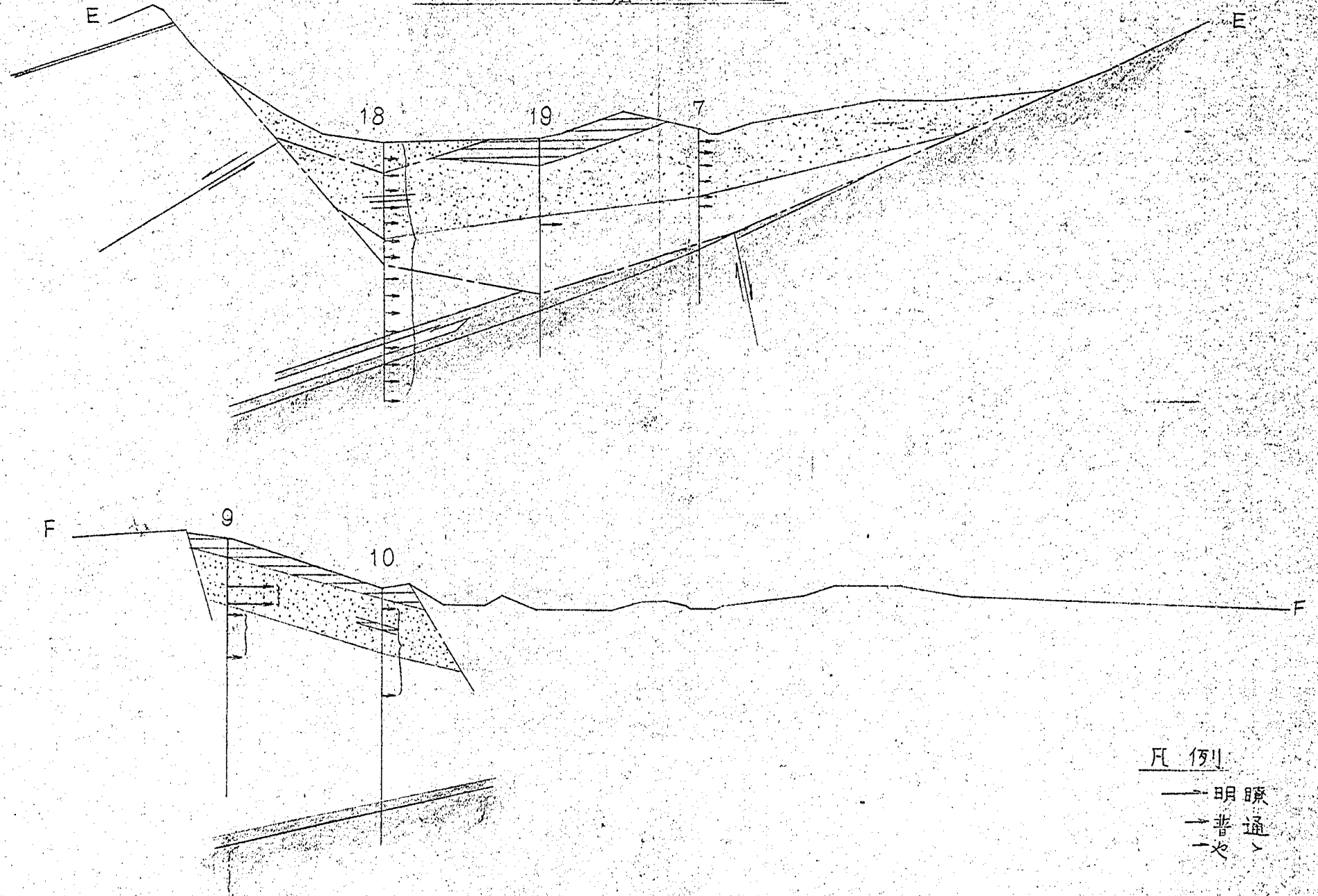
地下水檢層結果圖



凡例

- 明瞭
- 普通
- 之

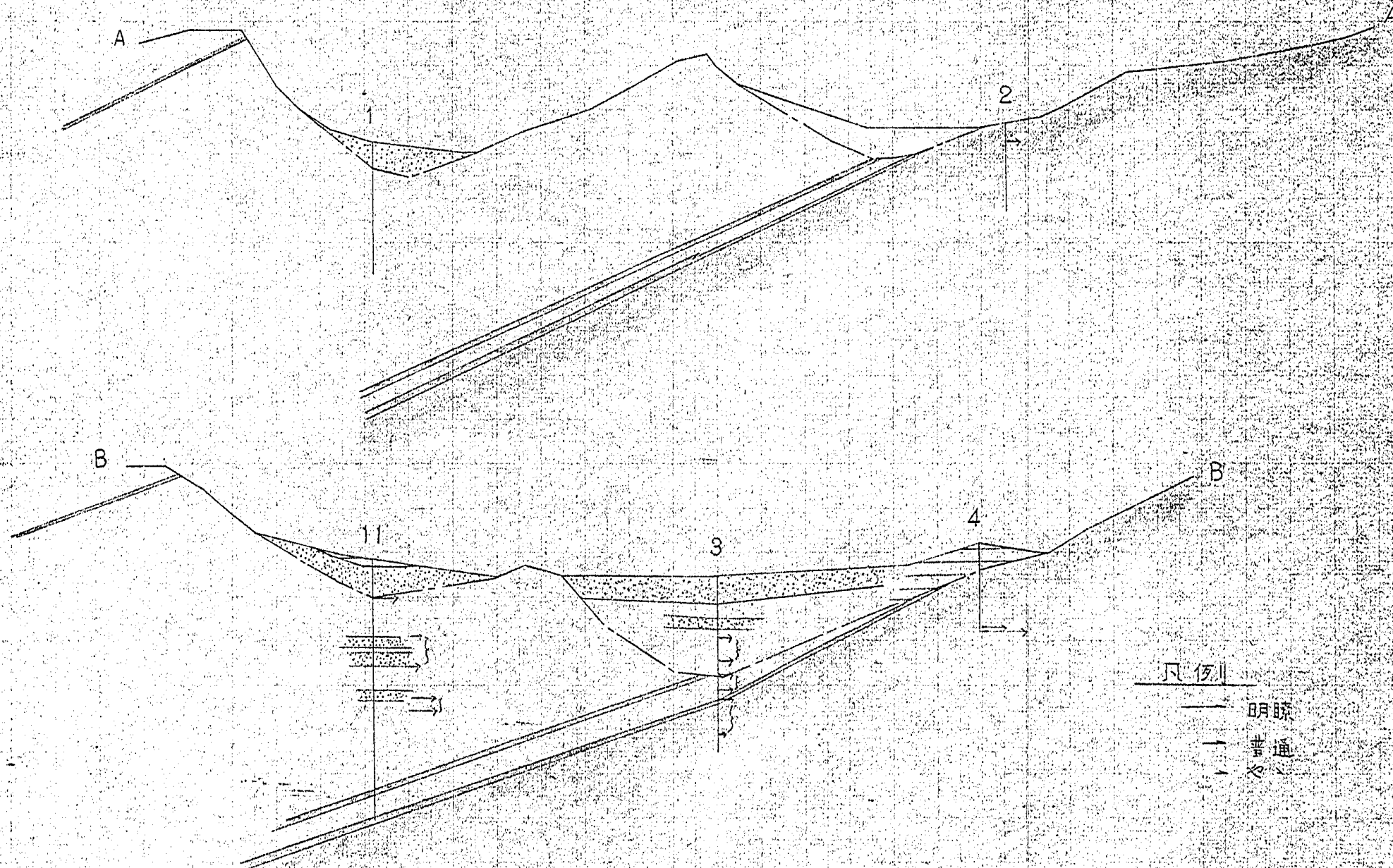
地下水檢層結果圖



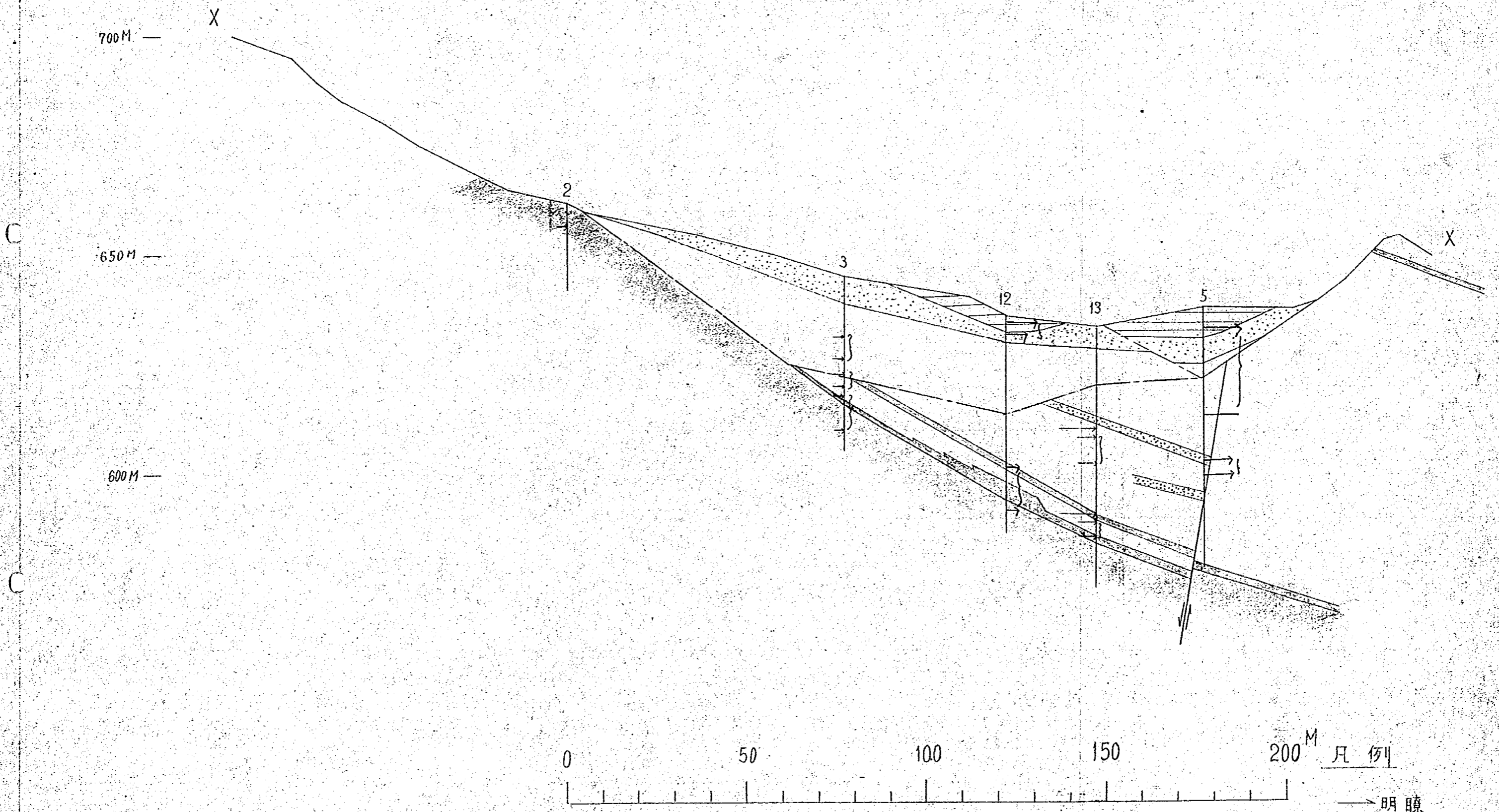
凡例

- 明瞭
- - - 普通
- ~ ~ ~ 不明

地下水探層結果圖



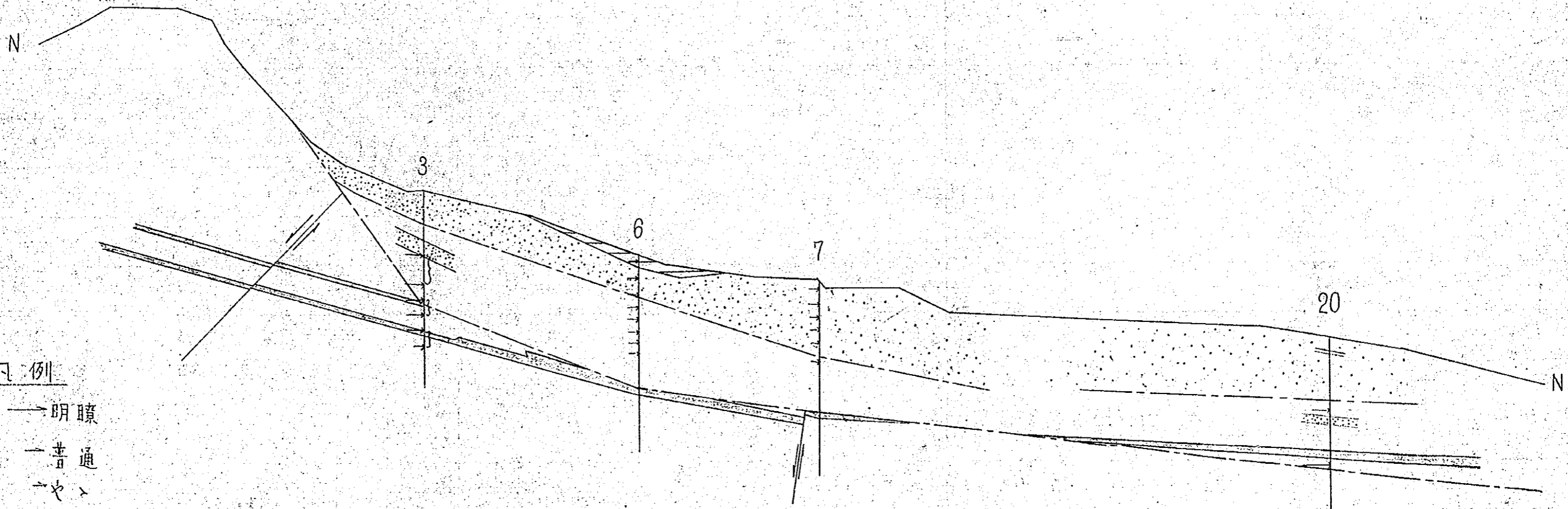
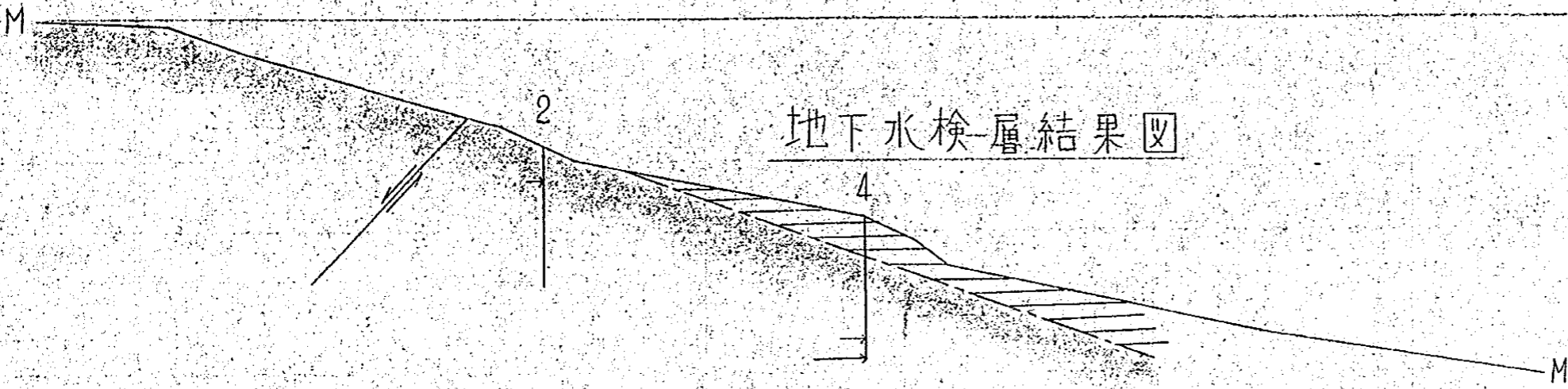
地下水檢層結果圖



0 50 100 150 200^M

凡例
 — 明瞭
 — 普通
 — 之

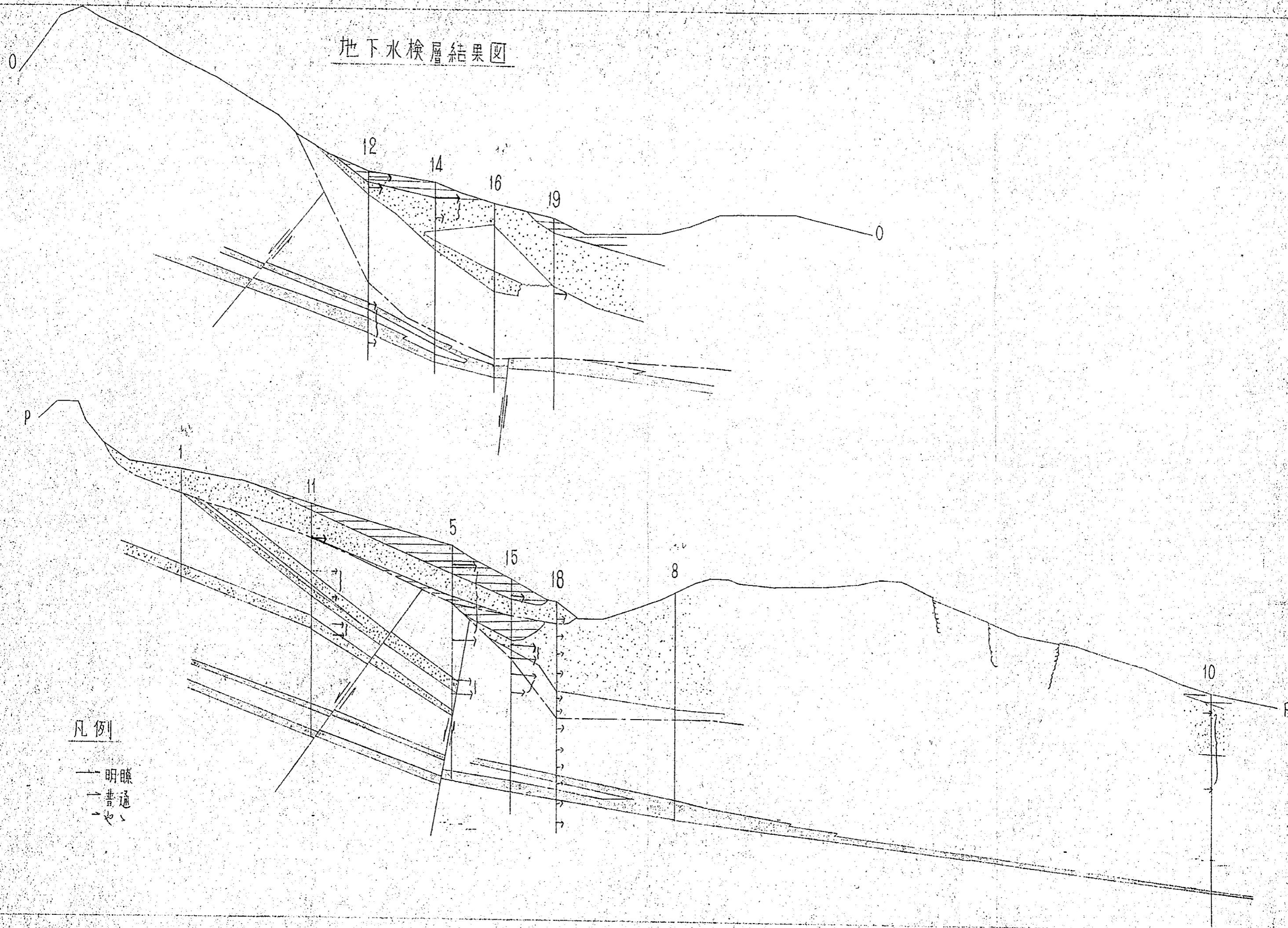
地下水検層結果図



凡例

- 明瞭
- 普通
- < >

地下水検層結果図



凡例

- 明瞭
- - - 普通
- ~ ~ ~ 地

茶臼山地すべりにおける地下水検層試験報告書

新潟試験所

はじめに

近年茶臼山地すべり防止対策は、地すべり発生地帯における排水工事を主体とした計画にもとづいて実施されている。この試験は茶臼山地すべり対策協議会によって決められたボーリング孔を利用して地下水検層試験を行なったもので、上沼附近（地すべり発生地帯）の地下水の流動状況を検討した。

1 地下水検層試験の原理

ボーリング孔を利用して地下水の流動面を検出する試験で、該当ボーリング孔内にNaCl等の電解物質を溶解させ、孔内水の電気抵抗値をあらかじめ $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 程度に下げておく。

この場合ある深度に地下水の流動面があるとすれば、この流動面から流入する、比抵抗値の高い地下水によって、孔内水は置換希釈されて流動面附近の水の比抵抗値だけが著しく変化する。

即ち、孔内水の初期抵抗値（ $t=0$ ）を R_0 とし、流入水（無限時間経過後の孔内水）の比抵抗値を R_∞ とすれば、 t 時間経過後の孔内水の比抵抗値 R_t は(1)式で示される。

$$\begin{aligned}\frac{dR_t}{dt} &= K(R_t - R_\infty) \\ \exp(R_t - R_\infty) &= k t \quad t_0 \\ R_t - R_\infty &= C e^{-k t}\end{aligned}$$

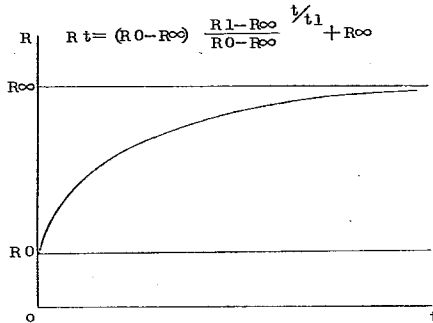
境界条件

$$\begin{aligned}t=0, R_t &= R_0 & \therefore R_0 - R_\infty &= C \\ t=t, R_t &= R_1 & \therefore e^{-k t} &= \frac{R_1 - R_\infty}{R_0 - R_\infty} \\ \therefore R_t &= (R_0 - R_\infty) \left(\frac{R_1 - R_\infty}{R_0 - R_\infty} \right)^{\frac{t}{t_1}} + R_\infty \quad (1)\end{aligned}$$

したがって、比抵抗変化 R_t （あるいは電導度 $= \frac{1}{R_t}$ ）をある時間々隔で測定し、深度一比抵抗変化曲線（電導度変化曲線）を作成し、地下水の流動面及び流動状況を判定する。（図-1参照）

図-1

比抵抗変化曲線図



2 計器の構造

ボーリング孔内の地下水の比抵抗値を測定する方法として、土木研究所が開発した従来方式は固定電極型で、今回の試験では、No.1~No.10までのボーリング孔についてはこの方式を用い、No.11~No.20までのボーリング孔については移動電極型を用いて行った。

2-1 固定電極型の構造

本型式は電極がリード線上に一定間隔で取り付けられたピックアップ部分をボーリング孔内に挿入し、プッシュボタン式の切替器を通して速やかに各深度における電気抵抗値を直視法で読み取るものである。

この方式では、

1°: 測定深度はピックアップが固定されているため正確で、測定値の変化に対しての信頼度が極めて高い。

2°: 電極の固有差がある。(各電極共に電極特性が異なるため、稀釈度と比抵抗の関係が同一にならず、ピークの直接的な比較によって流速の大小を定めることが困難である。)

2-2 移動電極型の構造

本型式は一ケの電極を有するピックアップを機械的に同一速度で降下させボーリング孔中の地下水の電導度を電導計（東亜電波製 3M-CM 型）により増巾し、その値を自記タ線器（東亜電波製 EPR-2T 型）で連続的に測定する方式である。この方式では下記の如き得失がある。

1°: 同一の電極によって測定するため、他との比較が容易である。

2°: 測定位置がづれ易く、微小な値の変化に対して絶対的な有意差と見なし難い。

3°: ピックアップの下降に伴う攪乱とピックアップ表面の付着による影響。

2-3 室内実験例

以上 2-1, 2-2, の両方式にはそれぞれ長所、短所が含まれているが、

a) 方式については、地すべり研究室でその試験結果を発表しているので、それを参照するものとし、2-2 の方式による室内実験の結果を二、三の例にもとずいて紹介する。

今回試験したピックアップの電極特性は、図-2-3-1 に示す如くで、食塩溶解量と電導度の関係は極めて直線的である。したがって、各深度における電導度変化によって孔内に流入する地下水量を比較検討することができる。

室内の模型実験は図-2-3-2 に示すごとき装置によって行なった。

実験例 I: 自然水（流入水）の電導度が低い場合（即ち、溶存電解物質の少ない清洋な地下水の場合）で、流動面が一ケ所、二ケ所の二つのケースについて行なった。

1-a

流動面：1ケ所

流入水の電導度： $26 \frac{\mu\Omega}{cm}$

流入量： $200 \frac{cc}{min}$

1-b

図-2-3-1

電極特性図

食塩濃度 電導度キャリブレーション曲線
 水温 11°C 蒸留水電導度 $0.65 \times 100 \frac{\mu S}{cm}$

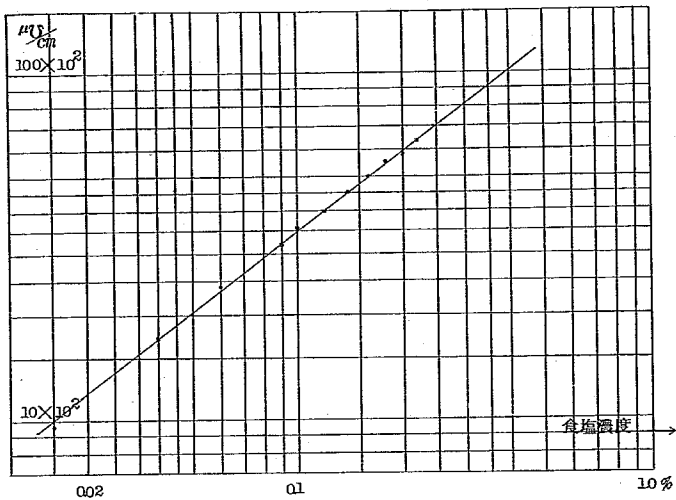
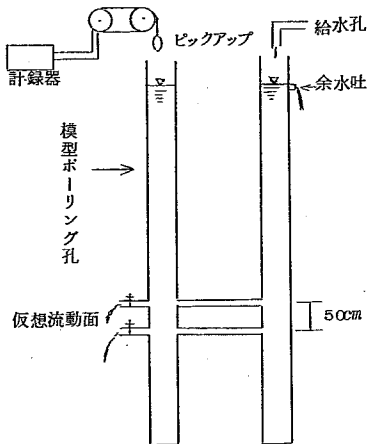


図-2-3-2

実験装置



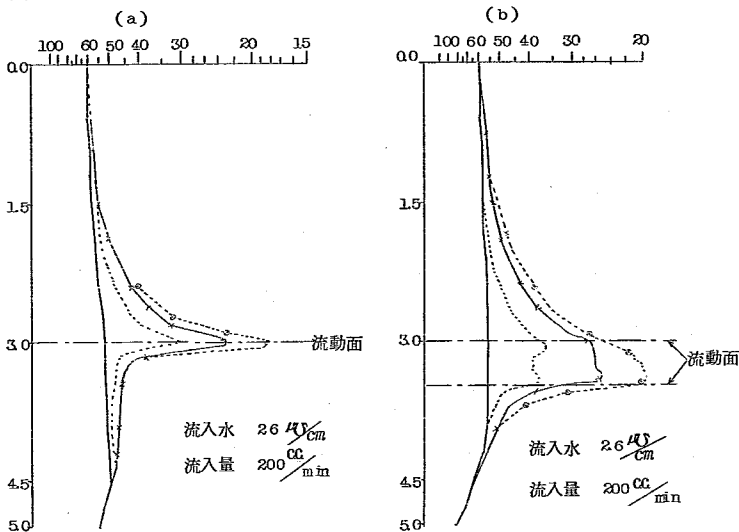
流動面：2ヶ所

流入水の電導度： $2.6 \frac{\mu\text{V}}{\text{cm}}$

流入量： $200 \frac{\text{cc}}{\text{min}}$

これらの実験結果は図-2-3-3 (a), (b) に示すごとくである。

図-2-3-3



- 食塩水投入直後
- - - - - 10min後
- × - - - × 25min後
- - - - - 45min後

これによれば一流動面の場合のピークはかなり鋭く現われるのに比較し、二流動面の場合10分経過後の時点では二つのピークは明瞭に判別されるが45分経過後ではすでに二つのピークの判別が不可能となる。しかし、前者と比較してピークは極端に扁平となる特徴が認められる。

実験Ⅱ：自然水（流入水）の電導度が高い場合（即ち、溶存電解質の多い場合）について流動面が1ヶ所，2ヶ所の二つの場合について行なった。

2-a

流動面：1ヶ所

流入水の電導度： $370 \frac{\mu S}{cm}$

流入量： $100 \frac{CC}{min}$

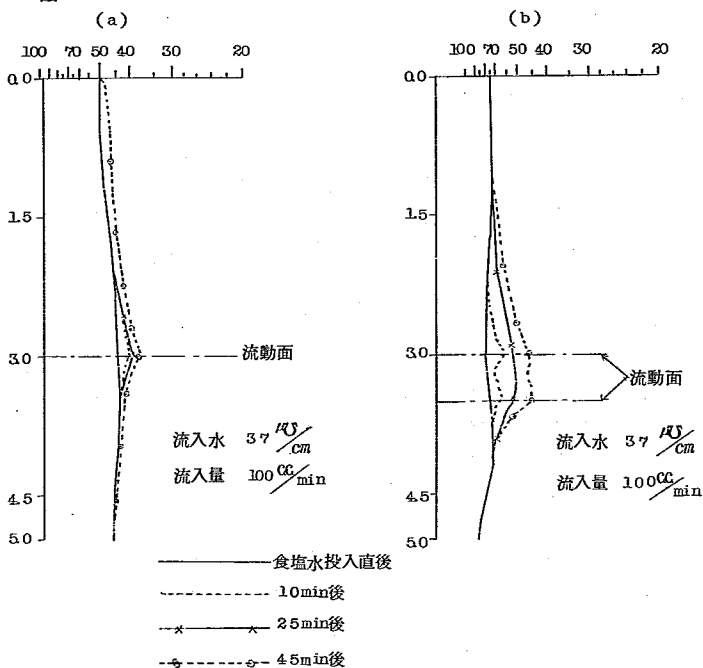
2-b

流動面：2ヶ所

流入水の電導度： $370 \frac{\mu S}{cm}$

流入量： $100 \frac{CC}{min}$

図-2-3-4



二ノ内

これらの実験結果は図-2-3-4(a), (b)に示すごとくである。
これによれば、流入水(自然水)の電導度と孔内水の電導度の間に差が小さい場合には、流量に比較してピークの成長が著しく鈍い。このことは流入水の電導度が高いか、あるいは低いかを流入量を判定するために、大きな問題となることを示している。

さらに二流動面の場合になると、ピークの成長は前と比較して、平坦でかなり広い範囲にわたり変化が認められ判然としないが、流入開始後約10分程度までは比較的ピークが明瞭であることから、実験例Ⅱの場合のごとく、孔内水と流入水の間に電導度の差が少ない場合には、測定開始直後10分間位の電導度変化に留意する必要がある。

3 試験結果

本調査は、上沼のやゝ上部で南北に地すべりを斜めによぎる断層の存在が論議されており、この断層に起因する地下水とともに、この附近での地下水の流動状況を確認するためである。

位置の決定はすべて茶臼山地すべり対策協議会の検討のもとに行なったもので、図-3に示す通りである。位置選定の根拠についての詳細は別報告書を参考にされたい。

3-1 調査地点の地質

調査地点は図-3に示す通りで、今回の調査では20ヶ所について実施した。

No. 2, No. 4: 地すべりの左岸側に位置し、裾花凝灰の露頭地点である。

他の調査孔は全て上部に5~15mの崩積土層を有し、その下部は砂岩、凝灰岩の互層となっている。

3-2 地下水検層試験結果

平均的な地下水の電導度が $10 \frac{\mu\text{V}}{\text{cm}}$ 以下であるのに対して、茶臼山地すべり地内の地下水は全般に高く、 $15 \sim 40 \frac{\mu\text{V}}{\text{cm}}$ で、室内実験の結果からみると、孔内水と流入水との間に大きな電導度の差を得ることは難かしい。したがって、今回の試験では流動面を明確に読み取ることの困難な場合が多

かった。

各孔の試験結果は、図3-2-1～3-2-20に示すごとくである。

- No. 1 : 地下水面7 mで岩層中に位置し、電導度の時間変化が見られず、地下水の流動はほとんどないものと判定しうる。(図-3-2-1参照)
- No. 2 : 地下水面はほぼ地表面と一致し非常に高い。5 m附近に小さいが鋭いピークが認められる。この位置はボーリング柱状図によれば緻密な凝灰岩である等から、小さな亀裂を流れる裂隙水的な地下水流と判定される。しかし、他の部分にはほとんど地下水の流動面はないものと思われる。(図-3-2-2参照)
- No. 3 : 水面は8.5 mで比較的深く、岩層中である。電導度変化は1.5～2.0 m, 2.3～2.7 m, 2.9～3.6 mの区間に認められるが、いずれもピークの明らかでない扁平変化を示している。これらの位置は凝灰岩、伝岩の互層中である。(図-3-2-3参照)
- No. 4 : 水面はほぼ地表面と一致している。1.9 m附近に明らかな電導度変化を示し、しかもピークの立上りがシープである。この位置は凝灰岩層中にあることから、かなり明瞭な裂隙水的な地下水の流動面と判定しうる。(図-3-2-4参照)
- No. 5 : 水面は5 m附近で崩積土層中に位置している。5 m～3.2 mおよび3.5～3.9 mの区間に電導度変化が認められ、しかも時間変化がかなり明瞭である。この位置は、上部では崩積土層中となり、下部では凝灰岩と泥岩の互層中で、この断面ではかなり全層にわたって地下水の流動があるものと判定される。(図-3-2-5参照)
- No. 6 : 水面は2 m附近で崩積土層中である。投入後数時間後では変化がほとんど認められないが、約20時間経過後では2～1.8 m区間に電導度変化が認められる。したがって、この断面での地下水の流動は非常に緩慢なものと判定される。(図-3-2-6参照)
- No. 7 : 水面は4.5 m附近で崩積土層中である。約20 mまでは比抵抗変化がやや認められる。全体にあまり地下水の流動はないものと判定さ

いる。(図-3-2-7 参照)

№ 8 : 全深度にわたって電導度変化はほとんど認められず、この断面では地下水の流動はないものと判定しうる。(図-3-2-8 参照)

№ 9 : 水面は 9.5 m でやゝ深い、崩積土層中に位置している。崩積土層と岩層との境界付近で特に顕著な電導度の変化が認められる他、1.7 ~ 3.0 m 附近の岩層中に変化が認められる。(図-3-2-9 参照)

№ 10 : 水面は 8 m 附近で岩層中である。3.5 m より上部では全面にわたって電導度変化が認められ、裂隙水的な地下水の流動が判定される。
(図-3-2-10 参照)

№ 11 : 水面は 7.5 m で崩積土層中である。電導度変化は 1.2 m、2.0 m、3.5 m、5.0 m 附近にやゝ顕著に認められる。これをボーリング柱状図と対比すれば、1.2 m 附近での変化は崩積土層中での流れと推定されるが、他は岩層中に位置する。(図-3-2-11 参照)

№ 12 : 水面は非常に浅い。電導度変化は 0 ~ 5 m 区間及び 3.5 m より深い区間にやゝ認められるが、地下水の流動はあまり明瞭でない。
(図-3-2-12 参照)

№ 13 : 水面は 4 m 附近で、崩積土層中である。電導度変化は 4 ~ 7 m 区間 2.4 m 附近、4.5 m より下部に認められる。特に岩層中に位置する 2.4 m 附近の変化が最も顕著である。(図-3-2-13 参照)

№ 14 : 水面は 3 m 附近で崩積土層中に位置する。電導度変化は 3 ~ 1.2 m 区間の崩積土層中に認められるが、地下水の流動は顕著でないものと推定される。(図-3-2-13 参照)

№ 15 : 水位は 5 m で崩積土層中である。電導度変化は 5 m 附近、1.6 ~ 2.1 m 区間、2.5 ~ 3.2 m 区間にかなり明瞭な変化が認められ、顕著な地下水の流動が判定される。(図-3-2-15 参照)

№ 16 : 水位は 5 m で崩積土層中である。電導度変化は全深度にわたってあまり明らかでない。したがって、この地点での地下水の流動はほとんどないものと判定される。(図-3-2-17 参照)

№ 17 : 水位は 5 m で崩積土層中である。電導度変化は全深度にわたってあまり明らかでない。したがってこの地点での地下水の流動はほとんどないものと判定される。(図-3-2-17 参照)

№ 18 : 水位は 5 m で崩積土層中である。電導度変化は全面的に認められることから、地下水が全層にわたって地下水の流動があるものと判定される。(図-3-2-18 参照)

№ 19 : 水位は 3 m で崩積土層中である。電導度変化は 20 m 附近に認められるが、全般に変化に乏しい。

№ 20 : 水位は 13 m で深く凝灰岩中に位置している。電導度変化は 26 m 附近の凝灰岩中かなりシャープに認められる。これより下部はボーリング孔破損のため計測不能であった。

4. 汲上げ試験

地下水の涵養状態を調査する方法として揚水試験があるが、地すべり調査に一般に利用されているボーリング孔は深度に比較して口径が小さく、しかも湧水量が小さいため適用しうる公式 (Jacob 公式などがあるが) が少ない。

今回の調査では、水筒で一定時間に一定量の水量を汲上げ、その時の地下水位の変化を普通グラフにプロットし、汲上量-水位変化関係図を作成し、この図から孔内水の性質を判定しようとしたものである。

4-1 判 定

a) 汲上量 (ℓ / min) - 地下水位変化が直線関係 : これは湧水量が地下水位に影響を受けていない場合で、動水勾配に支配されない地下水である。

① 全く湧水のない場合

② 表地附近より一定流入量のある場合

③ 極端に大きな圧力を有する被圧地下水の流入する場合

b) 汲上量 (ℓ / min) - 地下水位変化が凹曲線関係 : これは湧水量が水位低下とともに大きくなることを意味しており、動水勾配に支配された

地下水である。

① darcyの法則を満足する地下水

4-2 試験結果

No. 11, 13, 15, 16, 20, の各ボーリング孔で実施した結果は、
図-4-1, 2, 3, 4, 5, に示すごとくである。

全孔共通して、汲上げ量-水位低下曲線は明らかに凹状を示すことから、各
ボーリング地点共に地下水の貯留が求められる。

しかし、今回の試験は汲上げ装置が試作品であり、汲上げ量が非常に小さい
ため、十分な結果を得ることができなかった。

図-4-1

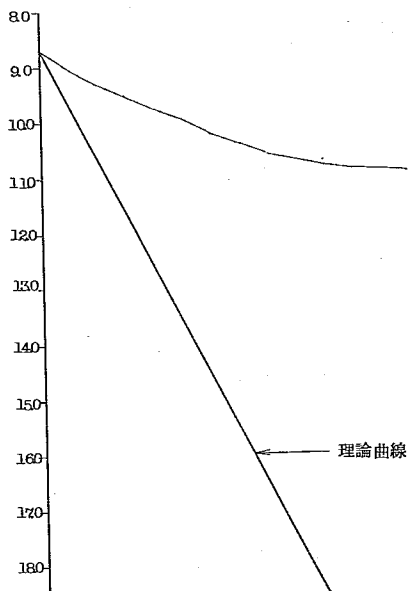


圖-4-2

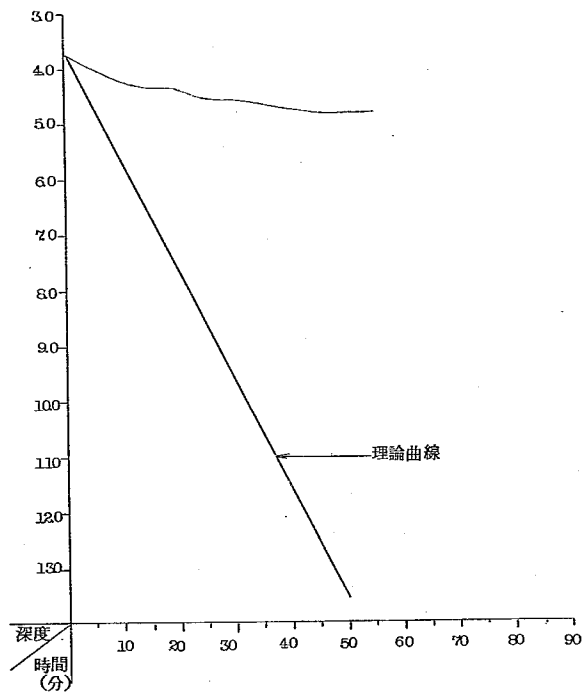


圖-4-3

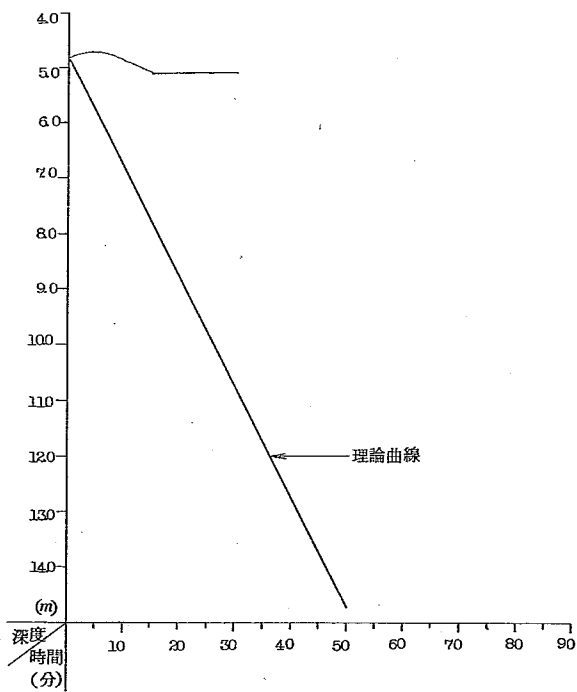


圖-4-4

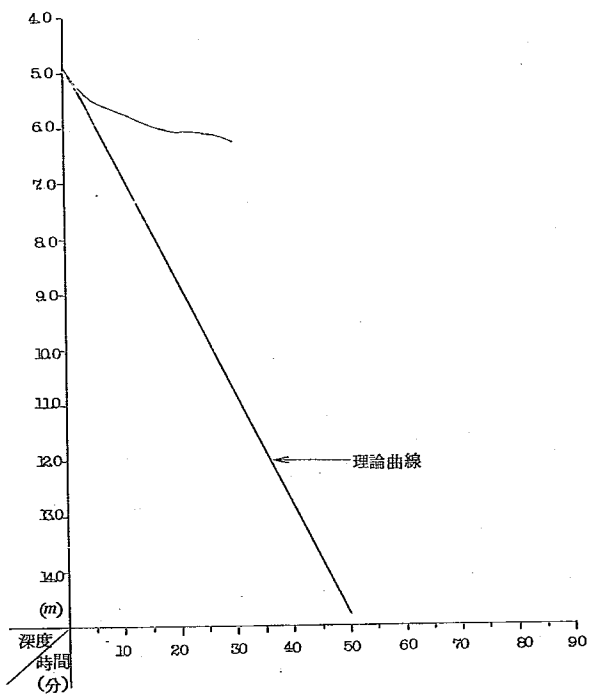
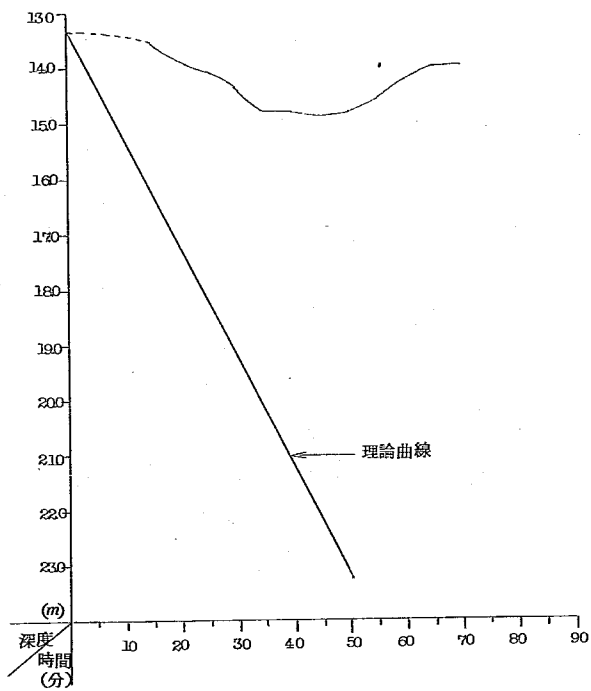


圖-4-5



5 まとめ

茶臼山地すべり地内は、全面的に砂質の崩積土層にかなりの厚さで覆われており、しかも凝灰岩と砂岩の互層の中にも相当密に亀裂のあることが推定され、また、地下水位が全般に浅いことから、一般に地下水は豊富に涵養されているものと推定される。

今回実施した地下水検層試験結果をとりまとめると、地下水の流動状況は三つに大別される。

①：崩積土層中に流動面を有するもの：ボーリングNo 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, がこれに属し、特にNo 5, 9は崩積土層と岩層との境界附近に顕著な地下水流の存在が判定された。

②：岩層中に流動面を有するもの：ボーリングNo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 20がこれに属している。これらの中で、No 2, 4, 11, 13, 15は非常に電導度変化が急激なピークを示すことから、岩層中の亀裂をかなりの流速で流動する裂隙水の地下水の存在が推定される。しかるに他のものは岩層中ではあるが、かなり広範囲にわたって電導度変化が認められることから岩層が全面的に亀裂を有し、その内部を地下水が流動しているものと判定される。

③：ほとんど流動しないもの：ボーリングNo 1, 8, 16, 17がこれに属している。しかし、No 16, 17での汲上げ試験（1, 8は今回実施しなかった）によれば、これらの地点にも地下水の貯留は確認されている。

①, ②, ③を平面図にプロットすると、図-3の如くとなる。又地質断面図に試験結果をオーバーラップさせたが、地下水の流動面の位置に、地質的な特徴を確認する事は出来なかった。

むすび：今回の調査結果は、何処のボーリング地点では地下水の流動が明瞭であるかないか等、その現状の羅列をもって調査結果としたもので、直接今回の調査結果にもとずいて対策工法に触れることは避けた。

また、今回の現場調査にあたっては、長野県砂防課及び篠井建設事務所の御協力に対し深く謝意を表したい。

試験調査担当者

総括	新潟試験所長	高野秀夫
まとめ	研究員	酒井淳行
現場試験		酒井淳行
		近藤政司
		白石一夫
		倉繁巖

图3-2-1

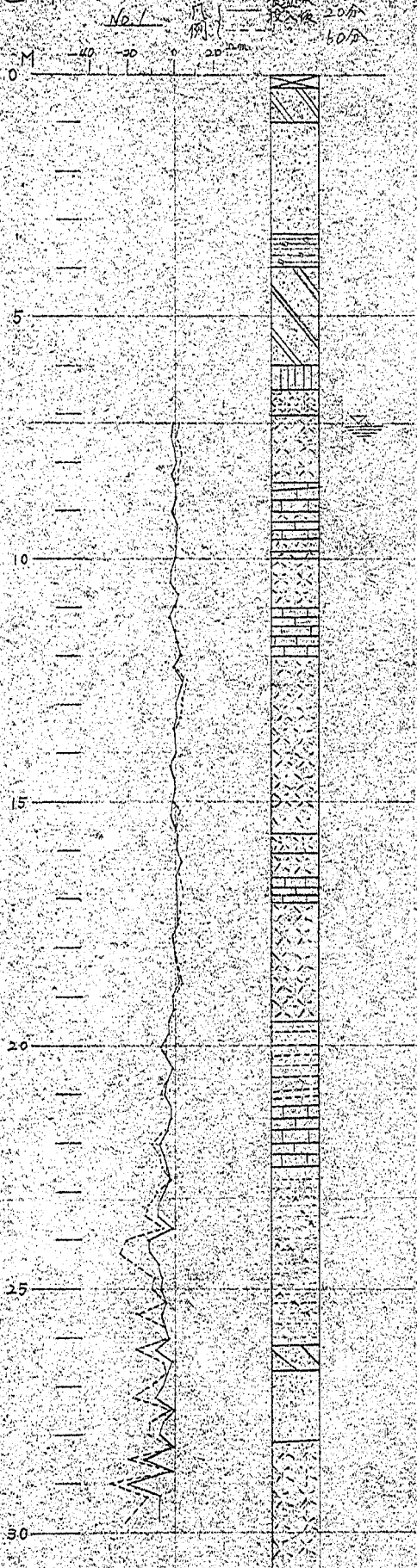


图3-2-2

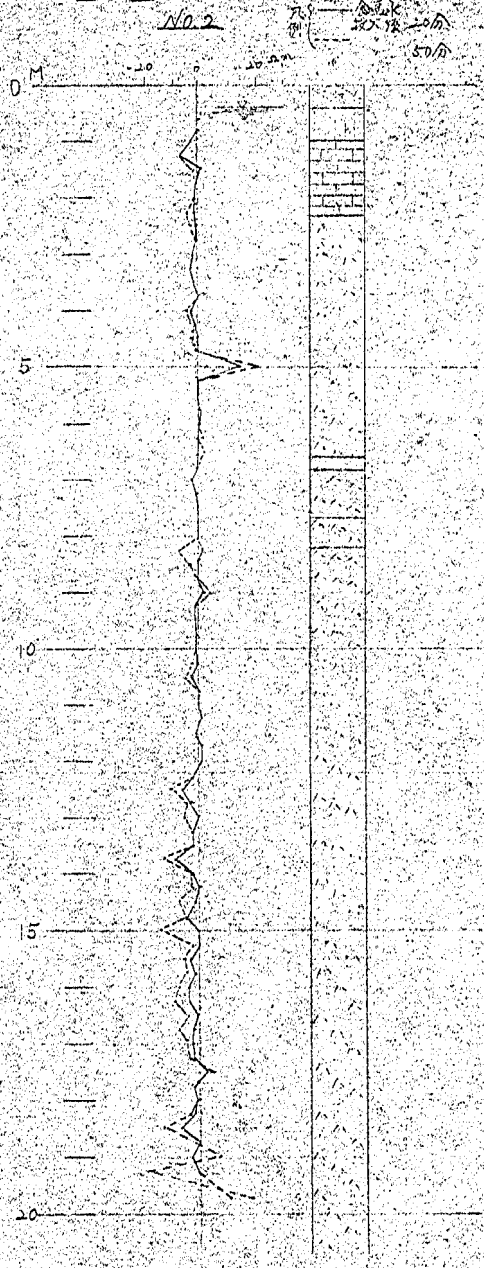


图3-2-3

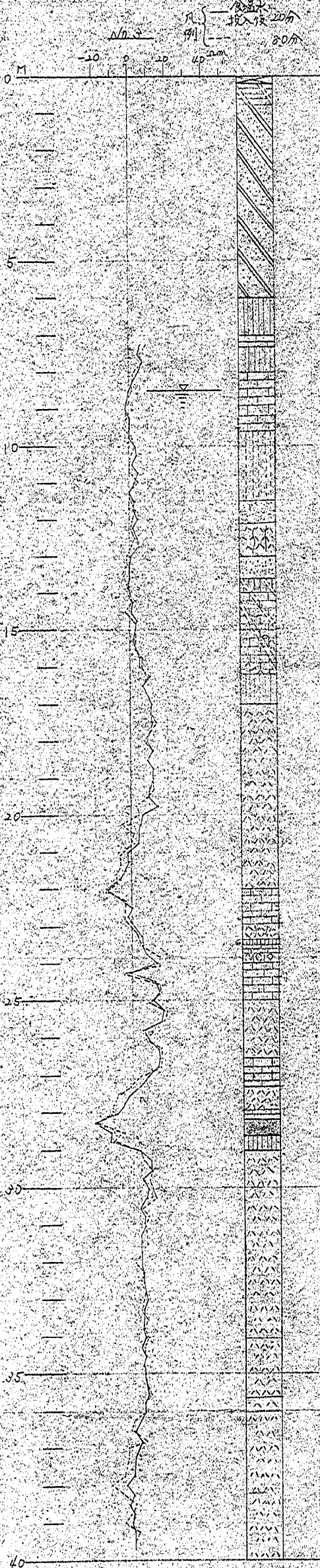


图3-2-4

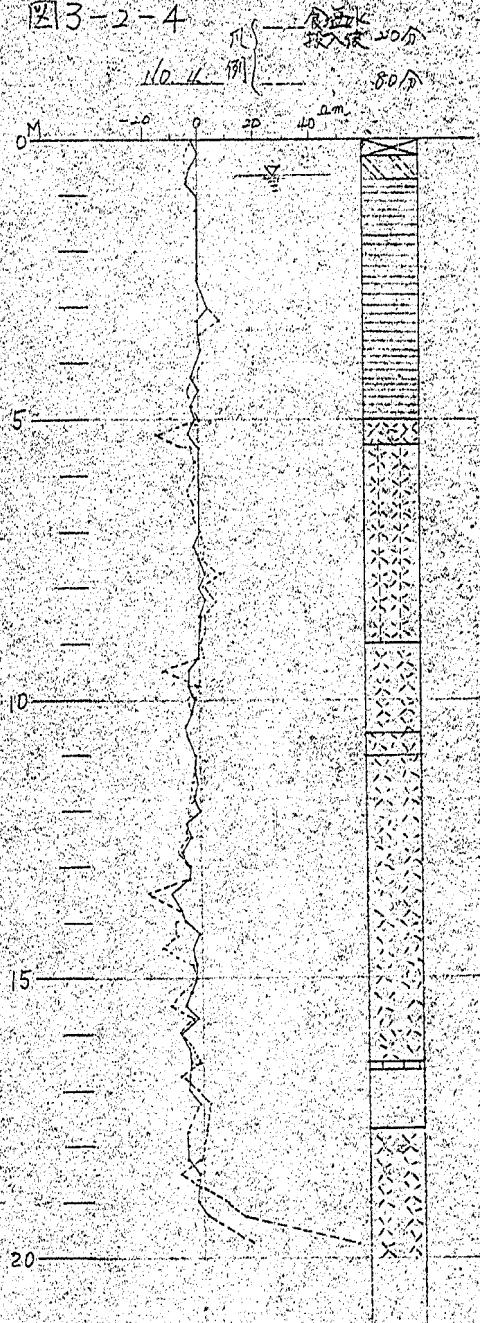


図3-2-5

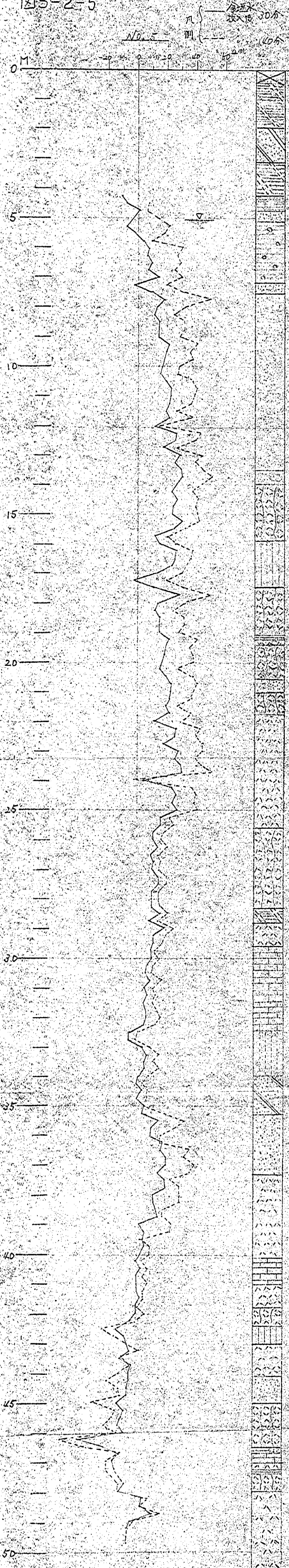


図3-2-6

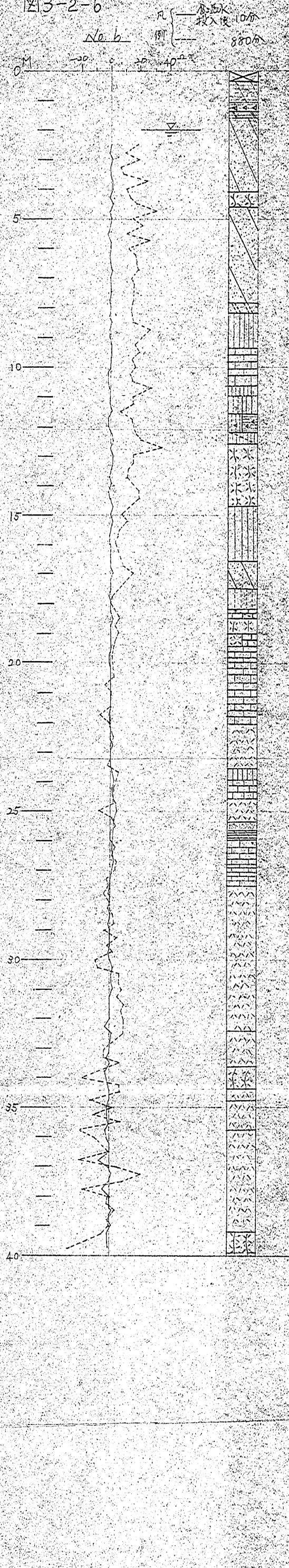


图3-2-9

△D 9 191 总水投入量 60分

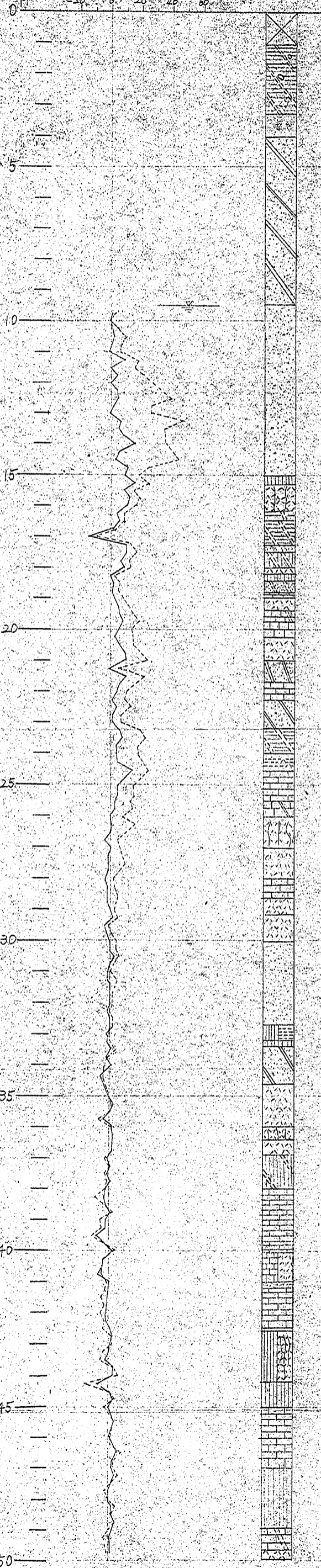
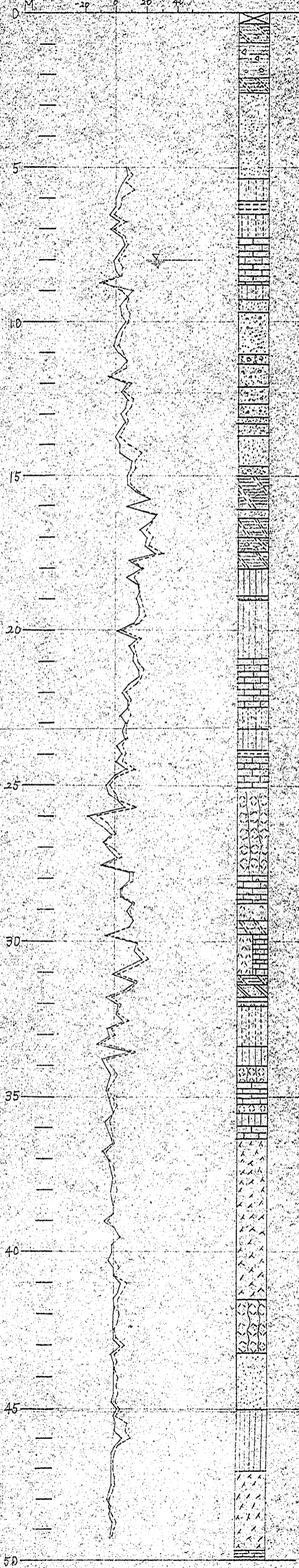


图3-2-10

△D 10 191 总水投入量 20分

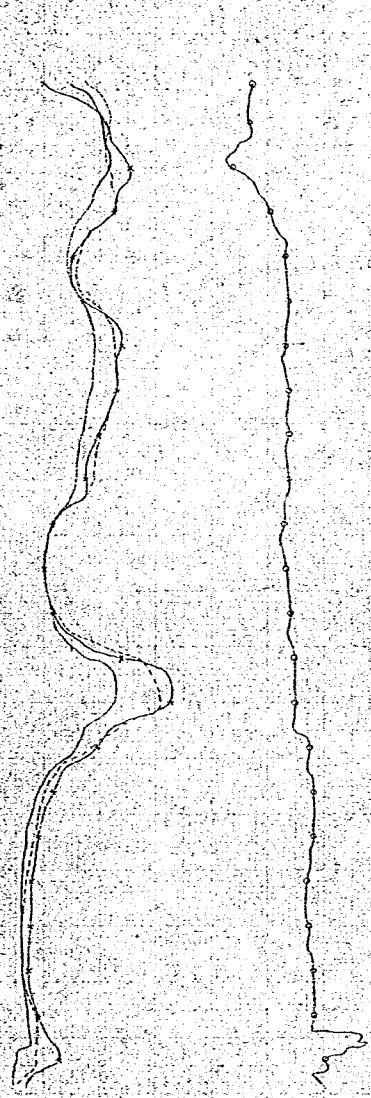


茶臼山地下水検査結果

B-16 11.5 100 70 50 30 20 15 $10 \times 100 \mu^2/cm$

深度 (m)
 5.0
 10.0
 15.0
 20.0
 25.0
 30.0
 35.0
 40.0
 45.0
 50.0

(X) 3-2-11



凡例

- 投入前
- - - 投入後
- - - 30 min 經過後
- - - 60 min 經過後
- - - 90 min 經過後
- [Pattern] 砂
- [Pattern] 砂質粘土
- [Pattern] 凡化砂岩
- [Pattern] 砂粘土互層
- [Pattern] 造井泥り粘土質砂
- [Pattern] 粘土
- [Pattern] 粘土泥り砂
- [Pattern] 泥岩
- [Pattern] 凡化泥岩
- [Pattern] 泥岩煤
- [Pattern] 凝灰岩
- [Pattern] 凡化凝灰岩
- [Pattern] 凝灰岩泥岩互層
- [Pattern] 凝灰岩質砂
- [Pattern] 凡化砂質泥岩
- [Pattern] 凡化凝灰質砂岩
- [Pattern] 垂灰

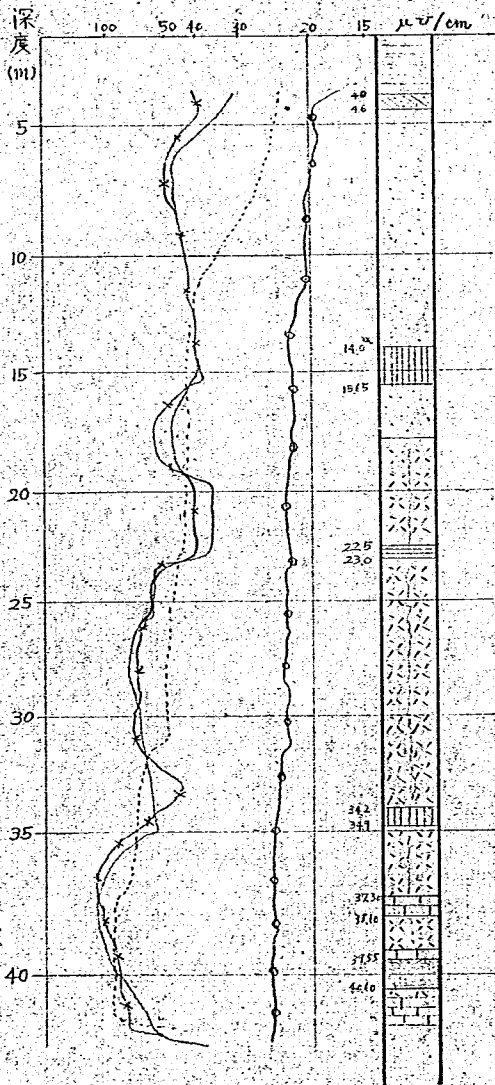
茶臼山地下水水质、地质对比图



ホーリング番号 No. 14

(図 3-2-4)

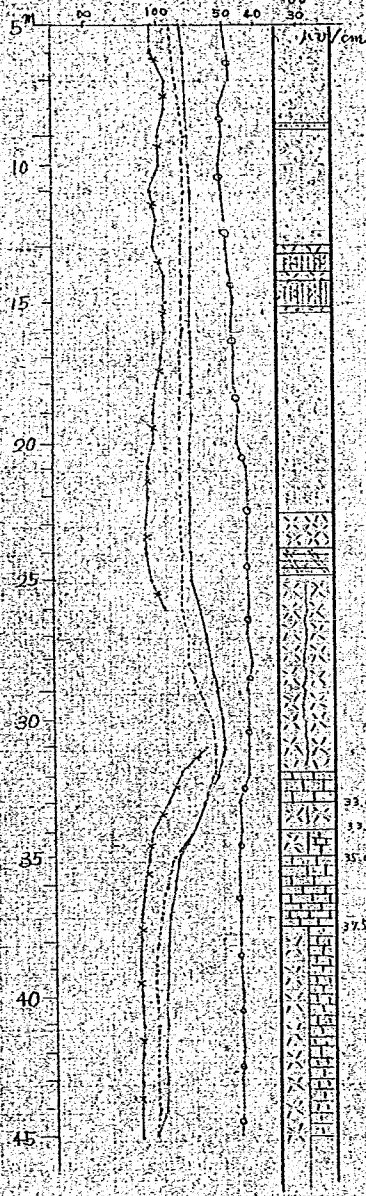
○—○ 投入前
×—× 投入後 16.00
—— 30 mm
- - - 持 16 2000



ホーリング番号 NO.18

3-2-18

○ 投入前
 × 投入直後
 --- 50 mm
 --- 60 mm

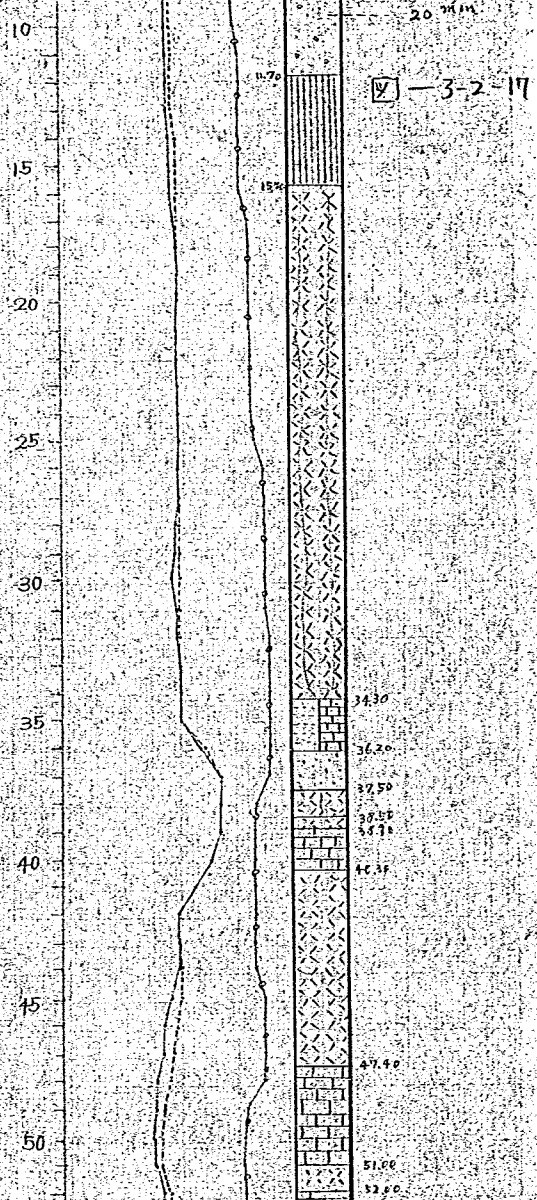


5 m 100 60 50 40 $\frac{1}{100}$ m²

ホーリング番号 NO.17

3-2-17

○ 投入前
 × 投入直後 (1) m²
 --- 20 mm



ホーリング番号 NO. 11
(図 3-2-11)

○—○ 投入前
××× 投入後
--- 30 min
— 60 min

深度

100 50 40 30 20 15

5

10

15

20

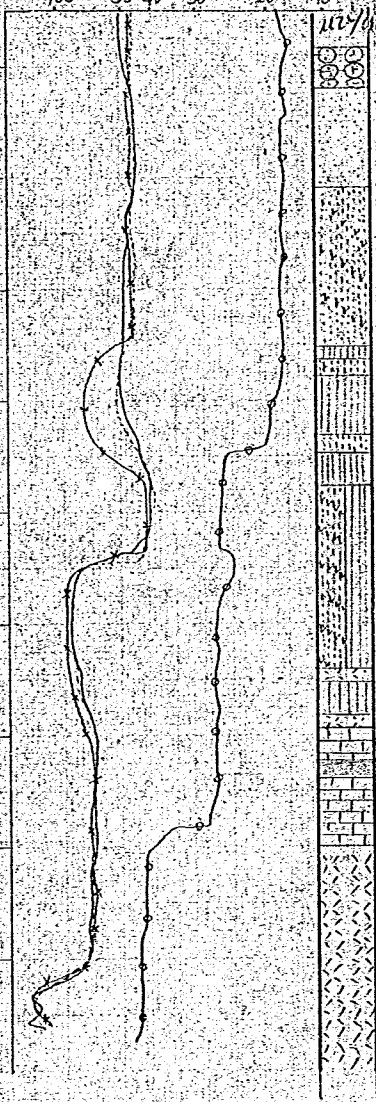
25

30

35

40

45



ホーリング番号 NO. 12
(図 3-2-12)

○—○ 投入前
××× 投入後
--- 30 min
— 60 min

深度

100 50 40 30 20

5

10

15

20

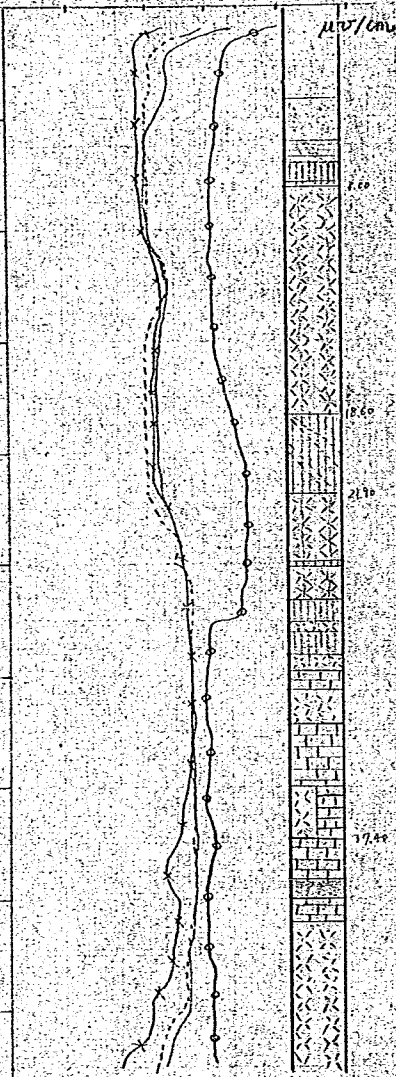
25

30

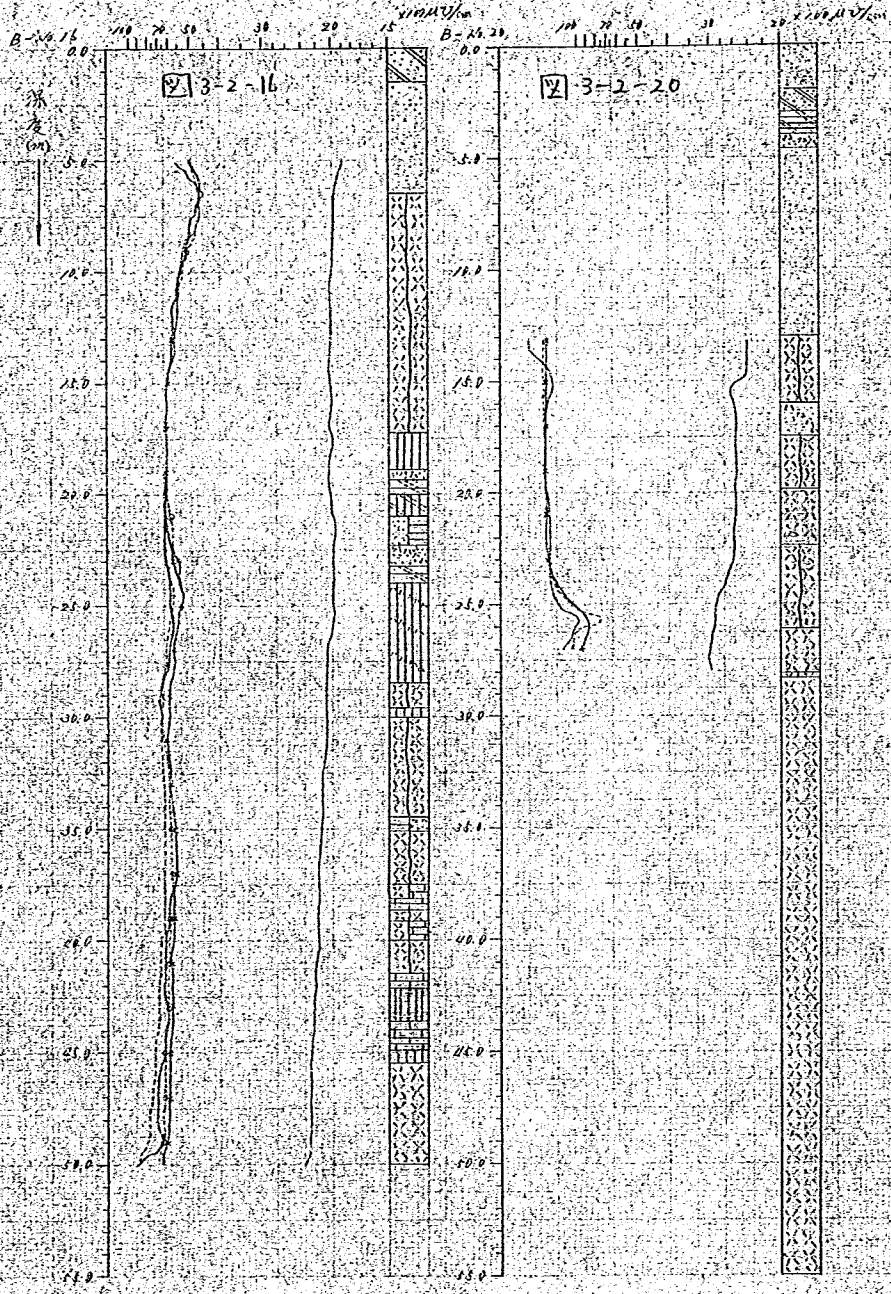
35

40

45



蔡日山地下水族为地质对比图



茶臼山地すべりに於ける地下水検尺試験結果 (参考)

