

(鉛直成分)で表し、線分の大きさは流速の大きさに比例する。

雨期の第4層平面図でみると、堆積場周辺(A地区)及びその北側の段丘堆積物分布域周辺(B地区)は、マヒストラル川に向かう北西方向の地下水の流れが認められ、この流れがマヒストラル川では下流に向かう南西方向に変わる。乾期の第4層平面図にも、堆積場周辺やマヒストラル川沿い同様な方向の流れが認められるが、流速は雨期に較べて小さい。

流速の断面では、堆積場予定地周辺(A地区)やその北側の段丘堆積物分布域周辺(B地区)の表層には下向きの小さな流速を有している。深層では水平方向でB地区からA地区に向かう流れが認められる。乾期には流れの向きに変化はないが、特に表層での下向きの流速が減少している。

#### (4) シミュレーション結果(堆積場建設後)

現状での堆積場予定地周辺では地下水が存在し、かつ地下水はマヒストラル川に向かって流れているので、新設堆積場や排水の設計には、このシミュレーションで得られた地下の水理特性に有効に利用することができる。

堆積場は4-6項で述べた形態とし、揚水ボーリング、表流水沈澱池など関連施設概要は(1)の堆積場モデルで述べたとおりである。

堆積場の設置を想定したシミュレーションによる地下水飽和図を第5-4-14図に示す。雨期(150日目)には揚水ボーリング地点(P1, P2)の第4層の飽和度が周辺より高くなり、周辺から地下水が集まっていることがわかる。乾期(360日目)にはさらに上層にも、周辺より相対的に飽和度の高い部分があり、周辺からの集水状態が明瞭となる。

堆積場設置後の地下水流速図を第5-4-15図に示す。断面はX軸(北西方向)に平行なY7断面で示している。堆積場下(D)の第6層までの浅所では、下向きの地下水の流れが認められ、第7・8層では揚水ボーリングに向かう流れに変わる。揚水ボーリング地点では、地下水の流れが上向きに転じる。一方、第9・10層の地下水の流れにまでは影響は認められない。乾期と雨期の地下水の流れを比較すると、雨期の方が降水量の影響で、堆積場下の浅所での下向きの流れが大きくなっているが、いずれの時期にも、堆積場排水が効率的に揚水ボーリングにより回収される。また、今後堆積場の建設にともない、この下向きの地下水流の発生のために、水みちが形成されより深層へと汚染水が浸透することが懸念される。これを防ぐため堆積場内に揚水井を設けたり、予備の深層ボーリングを揚水井近傍に設けるなどの予防策も必要性和考えられる。

## 5-5 土壌

### 5-5-1 土壌分析結果

新エルココ堆積場地域土壌採取位置図を第5-5-1図に示す。堆積場予定地を中心に7箇所から土壌(B層)試料を採取した。堆積場建設予定地はCS-A1, CS-A2, CS-A3付近である。土壌試料は、採取地点地域の一般的な特徴を反映するような表土を採取した。これらの化学分析値を第5-5-1表に示す。また第5-5-1表には比較のためRose, A. T.ら(1979)による平均的な土壌化学成分の値を基準として記載した。各測定元素別の水平分布を第5-5-1図に示す。

#### ① Cu

最高値はCS-1の34ppm, 最低値はCS-A1の5ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は18ppmでバックグラウンドとしてあげた値15ppmと変わらないと言える。河川付近のCS-1, CS-2, CS-3では30ppm前後の値を示す。

#### ② Pb

最高値はCS-1の130ppm, 最低値はCS-A1の22ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は54ppmでバックグラウンドとしてあげた値17ppmと比較すると約3倍程度である。

#### ③ Zn

最高値はCS-3の190ppm, 最低値はCS-A1の17ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は76ppmでバックグラウンドとしてあげた値36ppmと比較すると約2倍程度である。

#### ④ Fe

最高値はCS-2の5.4wt.%, 最低値はCS-A1の0.8wt.%であった。堆積場建設予定地一帯の平均値は2.9wt.%でバックグラウンドとしてあげた値2.2wt.%と変わらないと言える。

#### ⑤ Cd

最高値はCS-A3の4.9ppm, 最低値はCS-A1の0.8ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は2.7ppmでバックグラウンドとしてあげた値0.5ppmと比較すると約5倍程度である。

⑥ S b

最高値はCS-1の81ppm,最低値はCS-A1の18ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は54ppmでバックグラウンドとしてあげた値2ppmと比較すると約21倍程度である。

⑦ C r

最高値はCS-2の33ppm,最低値はCS-A1の6ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は20ppmでバックグラウンドとしてあげた値43ppmと比較すると、0.5倍程度と少なくなっている。

⑧ A s

最高値はCS-A3の110ppm,最低値はCS-A1の4ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は44ppmでバックグラウンドとしてあげた値8ppmと比較すると約5倍程度である。

⑨ H g

最高値はCS-3の0.28ppm,最低値はCS-1の0.06ppmであった。堆積場建設予定地一帯の平均値は0.16ppmでバックグラウンドとしてあげた値0.06ppmと比較すると約2倍程度である。

### 5 - 5 - 2 土壌解析結果

新エルココ堆積場建設予定地一帯の土壌中の重金属元素濃度は、Sb以外の元素については、一般的な土壌と比較して、大差無いと言える。河川沿いの試料中で一部の元素において高濃度が認められるが、これは河川による侵食作用とそれに伴う特定鉱物の堆積、または河川水と河川堆積物の境界面における化学変化による特定元素の移動と再沈澱によるものと思われる。

Sbの平均値は54ppmでバックグラウンドとしてあげた値2ppmと比較すると約21倍となるが、この地域の特徴として挙げられる。

## 5-6 堆積場モデル

前回報告書（プログレスレポート）に記した堆積場モデルをさらに詳細に検討するため、現地調査を実施した。

実施した調査内容は、次のとおりである。

- (1) 堆積場基礎地盤のボーリング調査
- (2) 基礎地盤の土質調査
- (3) 水位観測（浸潤水位の測定）
- (4) 平面測量 水準測量
- (5) 気象データ収集

### 5-6-1 調査結果

#### (1) 基礎地盤のボーリング調査

ボーリング調査は第5-6-1図に示すように、乾期にB-4, B-5, B-6孔で実施し、雨期には乾期より約100m西側へ移した場所に、堆積場横断方向にB-11孔・B-12孔を掘削した。その結果、基礎地盤の地質状況は乾期・雨期調査ともにほぼ同じような断面を呈しており、基盤上に5m~10m程度の河成堆積物さらにその上に4m~7m程度の崖錐堆積物が堆積している。上層部（崖錐堆積物）の地質は主に砂礫で、N値はB-11孔で平均50回以上、B-12孔で平均40回と非常に良く締まっている。下層部（河成堆積物）の地質は概ね礫層である。

#### (2) サンプルングおよび室内土質試験

① B-11孔、B-12孔にて二重管式サンプラーにより、堆積場基礎地盤の不攪乱試料を採取し、室内土質試験を実施した。サンプルング数量を第5-6-1表に示す。

② 室内土質試験の項目は、エルボテヤパラルと同じ8項目について実施した。

③ 室内土質試験結果を第5-6-2表に示す。

④ 堆積場基礎地盤における室内土質試験結果の概略を述べる。

##### i) 比重試験

土粒子の比重は、2.59から2.66で平均2.62である。堆積層の砂で2.70程度であるのでほぼ平均的な粒子であるといえる。

ii) 含水比（ $W$ ）と湿潤密度（ $\rho_t$ ）の平均値を示すと、第5-6-1表のとおりであ

る。

前記値より、計算により  $\rho_d$  を求めると、 $\rho_d = 1.61$  となる。沖積層の砂質土における一般的な値が湿潤密度  $\rho_t = 1.6 \sim 2.0$ 、乾燥密度  $1.2 \sim 1.8$ 、含水比  $10 \sim 30$  となっている。従って、実測値をこれらの値に当てはめてみると、乾燥密度が比較的高い値となり、良く締まっている状態である。これは、貫入試験の結果ともほぼ一致する。

### iii) 粒度試験

粒径加積曲線を第5-6-2図に示す。粒度分布は  $0.005\text{mm} \sim 10.0\text{mm}$  程度の範囲に分布していて、シルト～中礫の混合土砂である。50%粒径は概ね細砂～粗砂となっている。

粒度分布の良否を均等係数 ( $U_c$ ) と曲率係数 ( $U'_c$ ) の関係から判断すると

$$U_c = 32 > 10$$

$$U'_c = 0.5 < 1$$

の範囲に属し、あまり良い粒度分布ではないことを示す。

### iv) 液性限界、塑性限界試験

5 試料のうち、2 試料については、塑性限界試験の結果、N.P (None Plastic) となった。この試料は、第5-6-2図からみても、シルト分が少ない事がわかる。他の3資料について、各値の平均値を示す。

・ 液性限界 (L.L)	33.3 %
・ 塑性限界 (P.L)	19.2 %
・ 自然含水比 (W)	20.4 %
・ 塑性指数 (Ip)	14.1 %
・ コンシステンシー指数 (Ic)	0.91

上記値と経験値を比較してみると、沖積層のシルトの場合、塑性指数 ( $I_p$ )  $10 \sim 30$ 、コンシステンシー指数  $1 \sim 2$  程度である。従って、一般的な沖積層シルトよりはやや不安定な土質であることがわかる。

### v) 透水試験

透水係数の平均値は、 $3.93 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$  である。

## (3) 基礎地盤のまとめ

以上の調査結果より、基礎地盤としての適否を考察する。かん止堤の基礎地盤

の条件として、次の事項がある。

- ① 所要の支持力を有すること
- ② 滑動に対して安全であること
- ③ ゆう水がないこと

上記③のゆう水は、現地調査によりない事が確認されている。②の滑動の検討は、後述する「安定解析」の項に記す。①の地盤支持力について概略判断すると、かん止堤の上載荷重は最大値付近で  $18\text{t/m}^2$  である。これを基礎地盤で受けた場合の地盤の支持力をN値から推定すると、 $30\text{t/m}^2$  となり、地盤の支持力の方が上載荷重よりも大きい値を示す。従って、所要の支持力を有している。

#### 5-6-2 新堆積場モデル

新堆積場のモデルは、すでに前回報告書にて提案したが、今回は斜面の安定性も考慮して再検討した結果、第5-6-3図に示す断面とした。

新堆積場モデルの設計概要を次に記す。

##### (1) 法面勾配

- |            |     |            |
|------------|-----|------------|
| ・スターティングダム | 上流側 | $i=50\%$   |
|            | 下流側 | $i=43.5\%$ |
| ・かん止堤下流側   |     | $i=40.0\%$ |

##### (2) 法面保護（粉塵防止、法面洗掘防止）

- ・覆土、植生

##### (3) 排水施設

- ・場外排水工 ; 山腹水路
- ・場内排水工 ; 斜樋管
- ・浸透地下排水工 ; 集水暗渠

##### (4) 堆積場堤体高

- ・平均高さ  $H=25\text{m}$
- ・スターティングダム  $H=11\text{m}$

##### (5) 堆積容量

- ・約  $30\text{万 m}^3$

## 5-7 調査結果要約

調査地域の基盤は先第三紀の礫堆積岩類であり、地域内をマヒストラル川が屈曲しながら、北から南へ縦断している。地下水の流れも、ほぼマヒストラル川に沿っていると推定される。堆積場予定地に最も近い川岸に掘削した観測孔B-2からは、深度105m付近で被圧自噴水に到達した。この地下水は、将来選鉱場が新設された場合の用水源として活用でき、水量もほぼ確保できる見通しである。

この地域ならびに周辺には、現在のところ鉱山活動が行われていないので、表流水、地下水、土壤中に含まれている重金属濃度は、エルボテ・パラル両地域に比較すると低い水準にある。シアニオンは全く検出されていない。

表流水ではCd、Hg、Cr<sup>6+</sup>は検出されず、他の重金属元素のなかではPb（C-R6地点）、As（C-R5地点）が、それぞれ一か所で基準上限値を上回る値が見いだされている。これらはこの地域が広く鉱化作用を受けているための影響を考えられる。

地下水の水質については、全般的に表流水より重金属の含有が高く、調査対象9成分のうち、Cr<sup>6+</sup>を除きすべての元素が含まれている。なかでもPbは、異常に高い値がC-B3地点で検出されているほか、ほとんどの地点で基準値を上回っている。AsもC-B1、C-B7で基準値を上回っているが、この二点は調査で確認された断層に近く、前述のC-R5地点もまた断層の存在が推定されていることから、Asが断層に沿って濃縮している可能性もある。

Asは土壤中にも相当程度濃縮しているので、農地としての利用にも問題はある。

これら金属による汚染は、当地域の鉱化作用による自然汚染と判断される。従って現状では発生源対策を講ずることは実際には不可能であるが、将来、選鉱場からの廃滓堆積場を設けたときには、排水による環境汚染に十分考慮しなければならない。今回の調査結果は自然汚染の実測値いわばバックグラウンドと見なされるものであり、将来、鉱山活動が行われたのちに再度調査を行って、比較検討することに重要な意義があろう。

新堆積場建設予定地の基礎地盤としての適否については、土質試験結果から検討を行い、かん止堤地盤に適しているとの結論を得た。これに基づいて、公害発生のおそれのない堆積場を経済性も加味して立案・設計し、モデル堆積場として提案した。

## 5-8 鉱害防止対策

乾期、雨期を通じた調査の結果、他の鉱山の堆積場（エルボテ、パラル）では鉱害防止上の対策として、次の点に着目する必要がある。

- (1) 崩壊防止対策（法面安定性の向上）

(2) 水質汚染対策(排水システムの確立)

(3) 粉塵対策(粉塵発生の防止)

新エルココ堆積場モデルの設計においては、上記対策を盛り込んだ内容とした。次に、第5-6-3図に示したモデル断面における検討事項の詳細について説明する。

#### 5-8-1 新堆積場の安定性の検定

第5-6-3図に示した断面が、崩壊に対して安定であるかどうかについての検討をする。

新堆積場の安定度は、安全率 $\geq 1.2$ となることを目標とした。安定計算の方法は、他の堆積場と同じ基準や計算式を使用する。

##### (1) 安定解析断面

安定解析に用いるためにモデル化した断面を、第5-8-1図に示す。基盤線は、B-11孔、B-12孔のデータにより推定した。また、浸潤線は、平行やエルボテ堆積場での調査結果を参考にしながら推定した。

##### (2) 土質定数

堆積場の安定計算に必要な土質定数を次のようにした。ただし、 $G_s$ は比重、 $w$ は自然含水比、 $\rho_t$ は湿潤密度、 $\rho_d$ は乾燥密度、 $e$ は間隙比、 $S_r$ は飽和度、 $\rho_{sat}$ は飽和密度、 $\phi$ はせん断抵抗力、 $c$ は粘着力を表す。

① 堆積物-1、堆積物-2はエルココの試験データがないため、平行におけるデータを採用した。

##### ② 表土 (Zone-③)

表土は、堆積場かん止堤の基礎掘削土砂を使用することとする。土質試験により、土質定数は次のとおりとする。

$$G_s = 2.62 \quad w = 16.8 \% \quad \rho_t = 1.443 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_d = \rho_t / (1 + \frac{w}{100}) = 1.443 / (1 + \frac{16.8}{100}) = 1.235 \text{ g/cm}^3$$

$$e = (G_s / \rho_d) - 1 = (2.62 / 1.235) - 1 = 1.121$$

$$\begin{aligned} \rho_{sat} &= \rho_d + (1 - \rho_d / G_s) \\ &= 1.235 + (1 - 1.235 / 2.62) \end{aligned}$$



$$= 1.801 \text{ g/cm}^3$$

せん断強さは、下記の値とする。

$$\text{せん断抵抗角} \quad \phi = 33.0^\circ$$

$$\text{粘着力} \quad C = 5.0 \text{ tf/m}^2$$

### ③ 礫土 (Zone-④)

礫土は、試験値がないため、パラル、エルボテと同じ値とした。

### ④ 基礎地盤 (Zone-⑤)

基礎地盤は、表土と同じ値を採用した。

## (3) その他の条件

地震時水平震度、及び円弧の増分 ( $\Delta R$ ) は他の堆積場と同様、 $K_h = 0.15$   $\Delta R = 1.0\text{m}$  とした。

## (4) 計算結果

第5-8-1図に示した解析モデルの計算結果は、第5-8-1表のとおりである。

なお、常時における安定計算結果の詳細、及び各距離での最小安全率となる円弧 (あるいはすべり面が一番深い位置となる円弧) を第5-8-2図、第5-8-3図に、地震時 ( $K_h = 0.15$ ) の計算結果の詳細及び円弧を第5-8-4図、第5-8-5図に示す。

以上の結果から、最小安全率が目標の1.2以上を満足しており、第5-8-1図に示したモデル断面の安定性は「問題ない」と判断出来る。

## 5-8-2 排水対策

堆積場を經由する水が河川や地下水に流出し、水質を汚染することを防止するためには、第一に雨水を有害成分を含む堆積場と直接接触しないようにすること、第二に汚染水を回収することである。堆積場の法面を汚染されていない土砂で覆土した場合、法面に降った雨水や場外水等は汚染水とはならないので、そのまま河川に放流するか、リサイクル水として使用する。また、堆積場の上面に降った雨水やスライムの上澄水は汚染水となるので、堆積場外に流出、あるいは浸透しないように斜樋管や盲暗渠にて集排水し、流末処理してから河川に放流するカリサイクル水として使用する。汚染水と非汚染水の排水フローを第5-8-6図に示す。

また、第5-8-7図に排水工平面図を示す。

### (1) 排水能力の決定

場内水、場外水の排水能力は、100年確率降水量によって決定する。

#### ① 日確率降水量

エルココに近いコンコルディア地区における観測記録を、雨量の多い順番に並べると、第5-8-2表のようになる。これを、第5-8-8図のように対数確率紙にプロットして100年確率降水量( $R_{2.4}$ )を求めると

$$R_{2.4} = 115\text{mmとなる。}$$

#### ② 集水面積

各排水工の排水能力を決定するための集水面積は次のとおりである。

$$A_1 = 0.129\text{km}^2 \quad (\text{堆積場南側斜面})$$

$$A_2 = 0.018\text{km}^2 \quad (\text{堆積場湛水面})$$

#### ③ 流達時間

$$\begin{aligned} T_1 &= 1.67 \times 10^{-3} (350/\sqrt{0.25})^{0.7} \\ &= 0.16\text{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 1.67 \times 10^{-3} (70/\sqrt{0.02})^{0.7} \\ &= 0.13\text{h} \end{aligned}$$

#### ④ 最大平均雨量強度

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{115}{24} \left( \frac{24}{0.16} \right)^{2/3} \\ &= 135\text{mm/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{115}{24} \left( \frac{24}{0.13} \right)^{2/3} \\ &= 155\text{mm/h} \end{aligned}$$

#### ⑤ 計画洪水流量の算定

##### i) $A_1$ 域 (堆積場南側斜面)

$$\begin{aligned} Q_{P1} &= 1/3.6 \times 0.8 \times 135 \times 0.129 \\ &= 3.87\text{m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

ii) A<sub>2</sub>域 (堆積場湛水面)

$$Q_{P2} = \text{最大洪水流量}(Q_{P4}) + \text{廃滓上澄水量}(Q_{P6})$$

$$Q_{P4} = 1/3.6 \times 1.0 \times 155 \times 0.018 \times 1/5 \\ = 0.155 \text{ m}^3/\text{sec}$$

廃滓上澄水量(Q<sub>P6</sub>)

$$5.200 \text{ m}^3/\text{month} = 0.002 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$Q_{P2} = Q_{P4} + Q_{P6} = 0.155 + 0.002 = 0.157 \text{ m}^3/\text{sec}$$

## (2) 排水工断面の決定

計画洪水量より、各排水工の断面を計算すると、次のようになる。

### ① 場外排水工 (山腹水路)

山腹水路断面を第5-8-9図(A)のように仮定する。

$$Q = \frac{1}{0.015} \times 1.17 \times 0.38^{2/3} \times 0.02^{1/2} \\ = 5.79 \text{ m}^3/\text{sec} > Q_{P1} = 3.87 \text{ m}^3/\text{sec} \dots\dots\dots 0. K$$

従って、第5-8-9図(A)の断面に決定する。

### ② 場内排水工 (斜樋管)

断面を第5-8-9図(B)のように仮定すると

$$Q = \frac{1}{0.015} \times 0.225 \times 0.160^{2/3} \times 0.05^{1/2} \\ = 0.99 \text{ m}^3/\text{sec} > 0.157 \text{ m}^3/\text{sec}$$

従って、第5-8-9図(B)の断面に決定する。

## 5-8-3 粉塵対策

エルボテ堆積場やパラル堆積場では、乾期に水分を失った砂の粒子やシルト分が、粉塵の発生源となっていた。この対策として、第5-6-3図のように、法面の表層部に表土を覆土し、さらに植生する事によって防止する。さらに、雨期には雨水による法面浸食の防止も期待出来る。

#### 5-8-4 地下水汚染防止対策

水理調査によれば、マヒストラル川沿い及び堆積場予定地の旧河川沿いには、断裂系が発達したり、透水性のよい段丘堆積物が分布し、地下水が浅所に比較的豊富に認められることが判明した。

堆積場を新設した場合、排水による地下水の汚染を防止するには、排水対策の5-8-2項では、有害成分を含む堆積物を雨水と直接接触させなかったり、排水が地下に浸透しない土木的な方法を提案した。一方、5-4-3項で解析した水理調査に基づく地下水流動シミュレーションによれば、排水を積極的に地下に浸透させ、地下水と混合し、これを堆積場付近のボーリングから揚水してリサイクルする方法も、地下水を汚染することなく、かつ堆積場下の地下水も有効利用できるため、地下水汚染対策の第2案として提案する。この水理学的汚染対策では、排水工として特に大がかりな工事は必要でなく、第5-4-9図に示すように、地下に浸透した排水は、ボーリングにより揚水し、溢流した排水は堆積場周辺のトレンチと沈澱池で回収し、ともに廃洋用水としてリサイクル使用することができる。なお、生活用水はマヒストラル川のボーリングB-2孔のものを120m<sup>3</sup>/day揚水量で利用する。

また、今後より大量の生活用水が必要となった場合には、今回と同様な方法でマヒストラル川沿いに揚水可能地点を捜しボーリングを行うことで、より大量の汚染されていない地下水を得ることができる。

5-8-5 新堆積場建設費及び工事工程

新堆積場のモデルは従来からメキシコで実施している内盛方式を採用している。従って、廃さいの堆積にかかる費用は通常の操業とし、工事の算定に含まない。

(1) 工事工程

工事工程は次表のようになる。

工 種	数 量	5 month		10 month
		2 month		
基礎掘削工	20,000 m <sup>3</sup>			
スターティングダム盛土工	65,000 m <sup>3</sup>	4 month		
砕石フィルター工	3,000 m <sup>3</sup>		0.6 month	
場内排水工	900 m	5 month		
場外排水工	510 m	3 month		
底設暗渠工	730 m	0.6 month		

(2) 工事費

メキシコの建設事情を調査した結果、工事費の概算な次表のようになる。

工 事 名	数 量	単価(\$us)	金額(\$us)
① 崩壊・粉塵防止対策			
基礎掘削工	20,000 m <sup>3</sup>	2.6	52,000
スターティングダム盛土工	65,000 m <sup>3</sup>	5.6	364,000
(小 計)			(416,000)
② 排水対策			
場内排水工	900 m	140.0	126,000
場外排水工	510 m	186.7	95,000
底設暗渠工	730 m	100.0	73,000
(小 計)			(294,000)
合 計			710,000

(3) 工事仕様

前述した工事工程および工事費を算定するための主要工程の工事仕様は次表の通りである。

工 程	機 種	作業能力 (1日当り)	セット 台数
① 基礎掘削工			
砂質土掘削・積込	バックホー 1.0m <sup>3</sup> 級	68 m <sup>3</sup> /h	1
砂質土運搬	ダンプトラック 11t積	33 "	2
土砂敷均し	ブルドーザー 11t級	68	1
② スターティングダム 盛土工			
土取場岩盤掘削	リッパ付ブルドーザー 32t級	53 m <sup>3</sup> /h	1
破碎岩積込	バックホー 1.0m <sup>3</sup> 級	51 "	1
破碎岩運搬	ダンプトラック 11t積	27 "	2
敷均し転圧	ブルドーザー 21t級	64 "	1

註) 1. 基礎掘削工における運搬距離は500mとした。

2. スターティングダム盛土工における運搬距離は300mとした。

3. 稼働率時間・稼働日数はそれぞれ7hours/day, 25day/monthとした。



Fig. 5-1-1 Hydrologic and Meteorologic Map

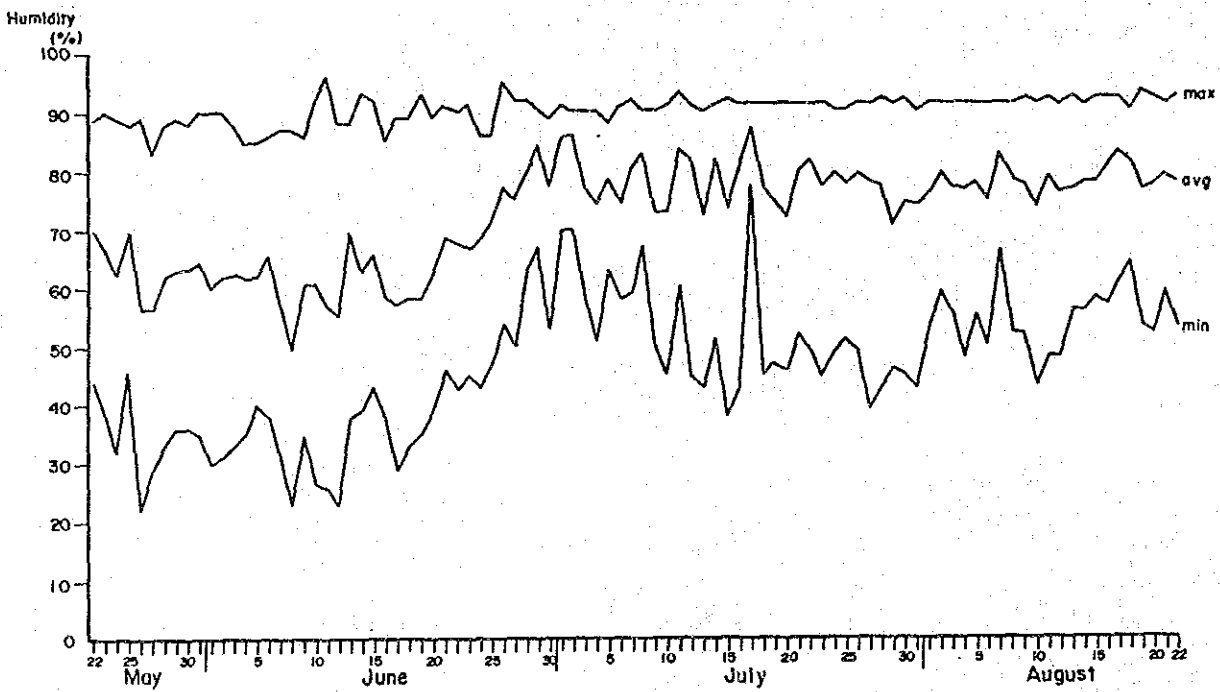
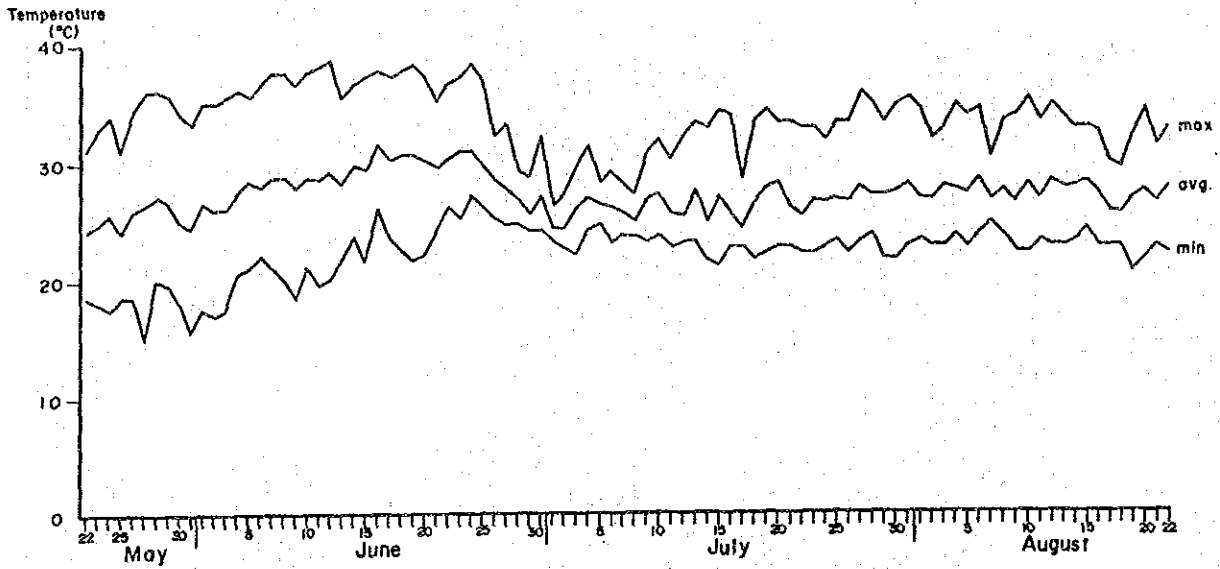


Fig. 5-1-2 Temperature-Humidity Variation Diagram



Geological Age		Symbol	Explanation
Recent		Qt	Talus deposits
		Qr1	River deposits
		Qr2	Recent terrace deposits
Pleistocene		P11	Pleistocene lower terrace deposits
			Pleistocene middle terrace deposits
			Pleistocene upper terrace deposits
Tertiary			Altered acidic rocks
			Toba pyroclastic rocks
			Extrusive rocks : andesite
			Intrusive rocks : porphyrite
			Intrusive rocks : dacite
Pre-Tertiary			Slate/partly intercalated with sandstone
			Fault



Fig. 5-2-1 Geological Plane Map (New El Coco)

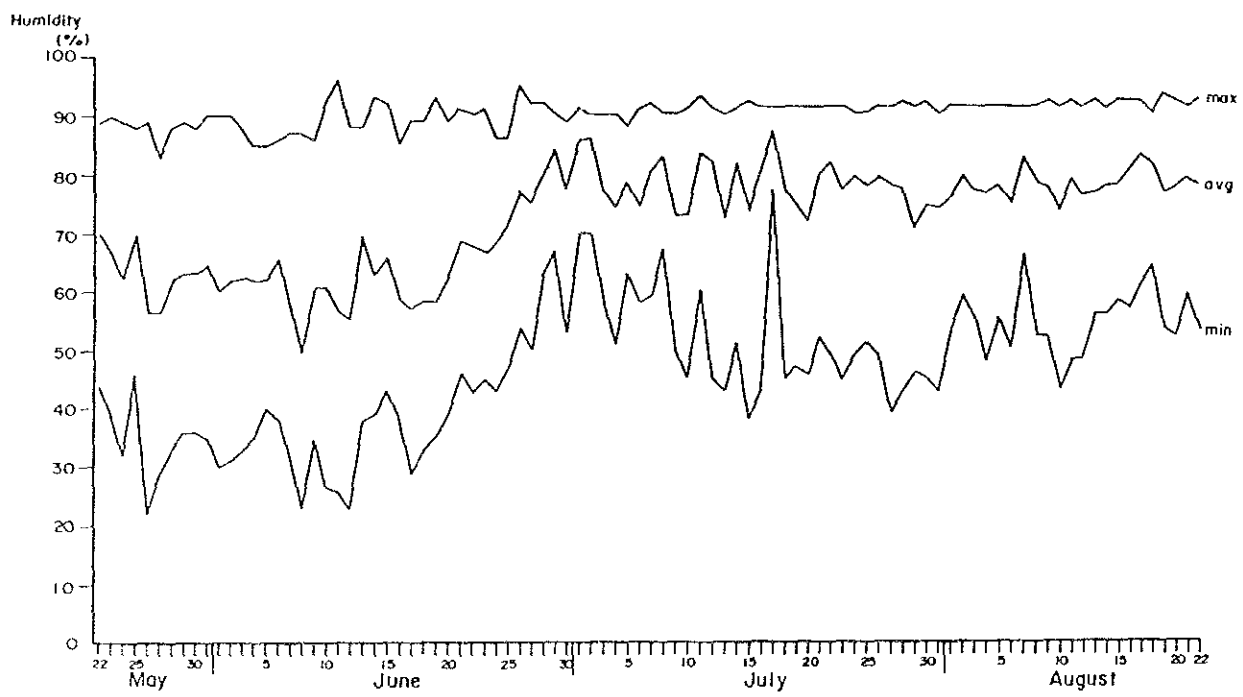
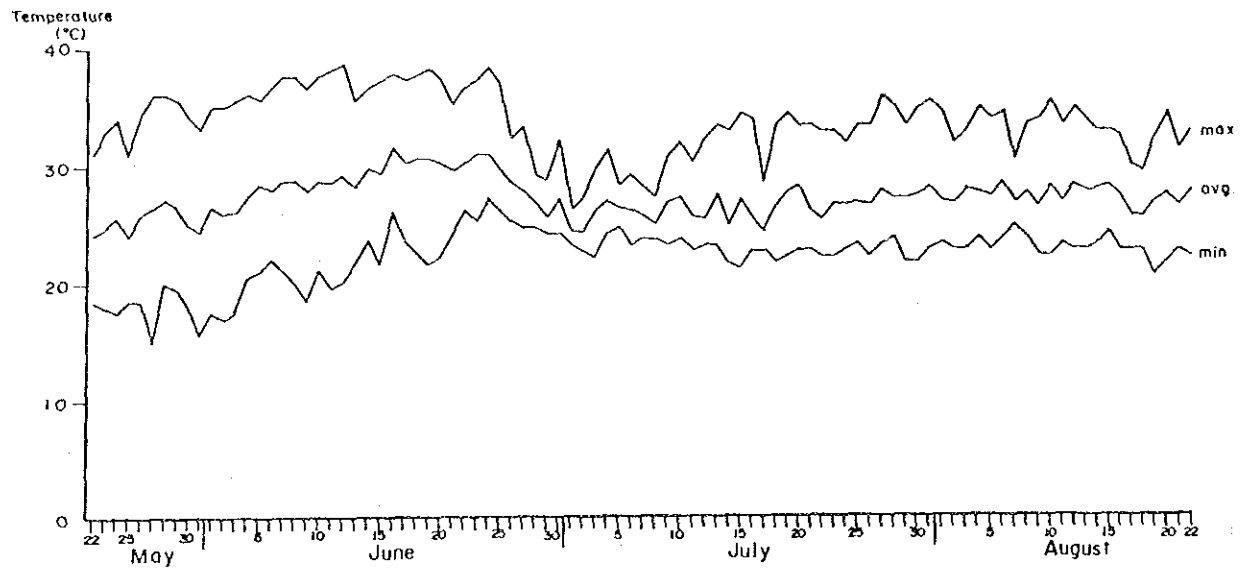


Fig. 5-1-2 Temperature-Humidity Variation Diagram

Geological Age	Symbol	Explanation
Recent	Qt	Talus deposits
	Qr1	River deposits
	Qr2	Recent terrace deposits
Pleistocene	Pt1	Pleistocene lower terrace deposits
	Pt2	Pleistocene middle terrace deposits
	Pt3	Pleistocene upper terrace deposits
Tertiary	Ta	Altered acidic rocks
	Tb	Toba pyroclastic rocks
	To	Extrusive rocks : andesite
	Ti	Intrusive rocks : porphyrate
	Td	Intrusive rocks : dacite
Quaternary		Statopartly intercalated with sandstone
		Fault

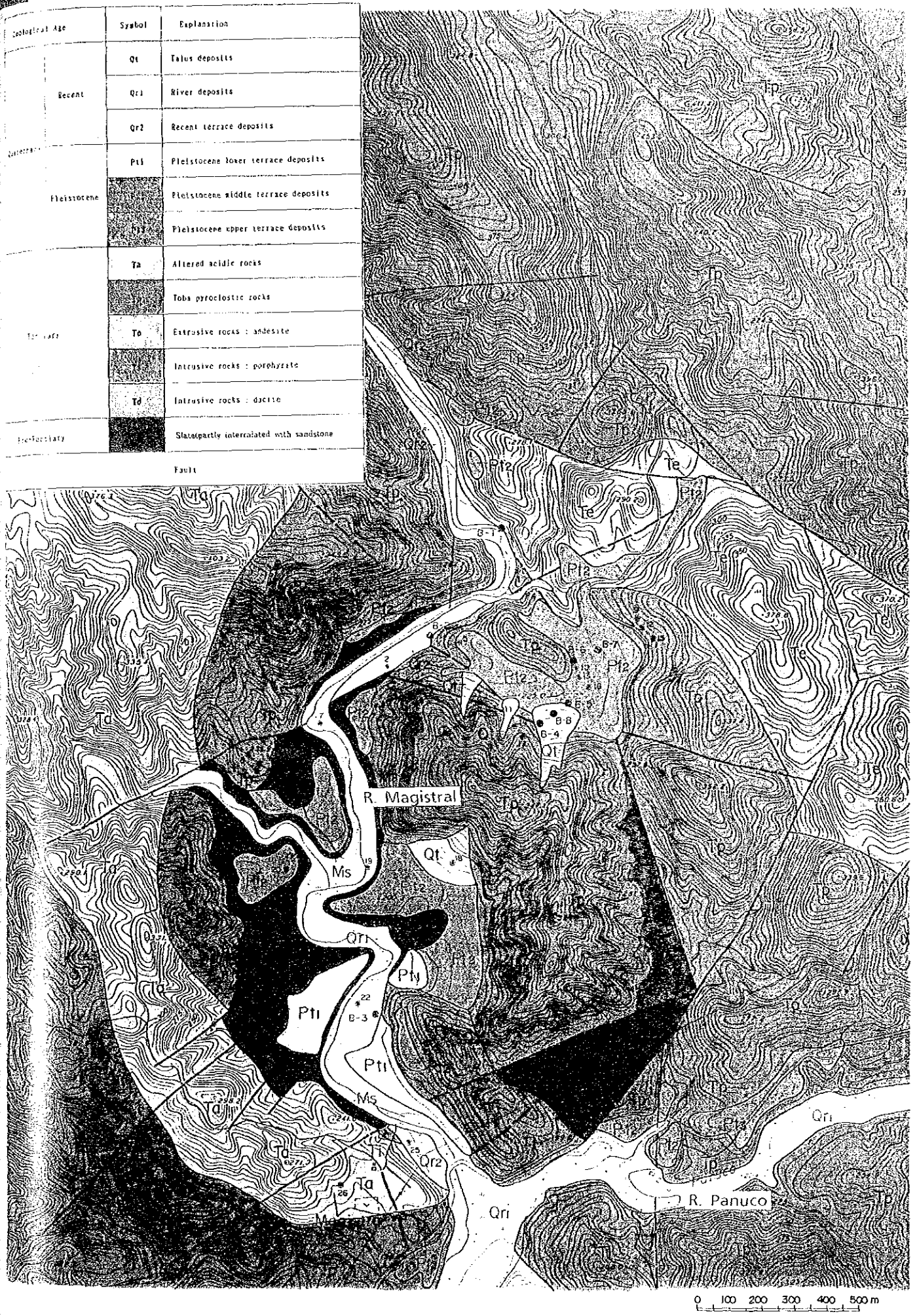


Fig. 5-2-1 Geological Plane Map (New El Coco)



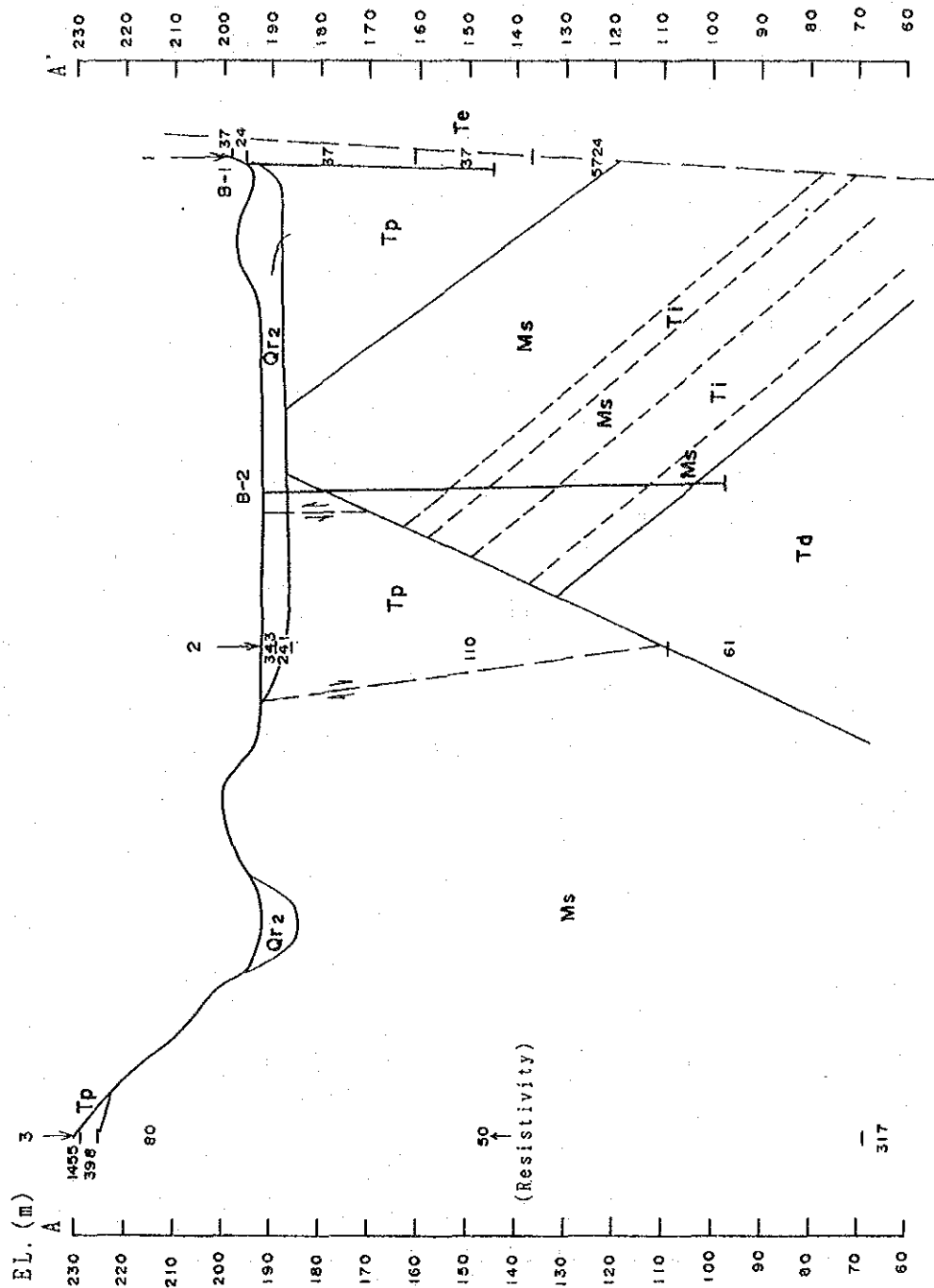


Fig. 5-2-2 Geological Cross Section (New El Coco) (1)

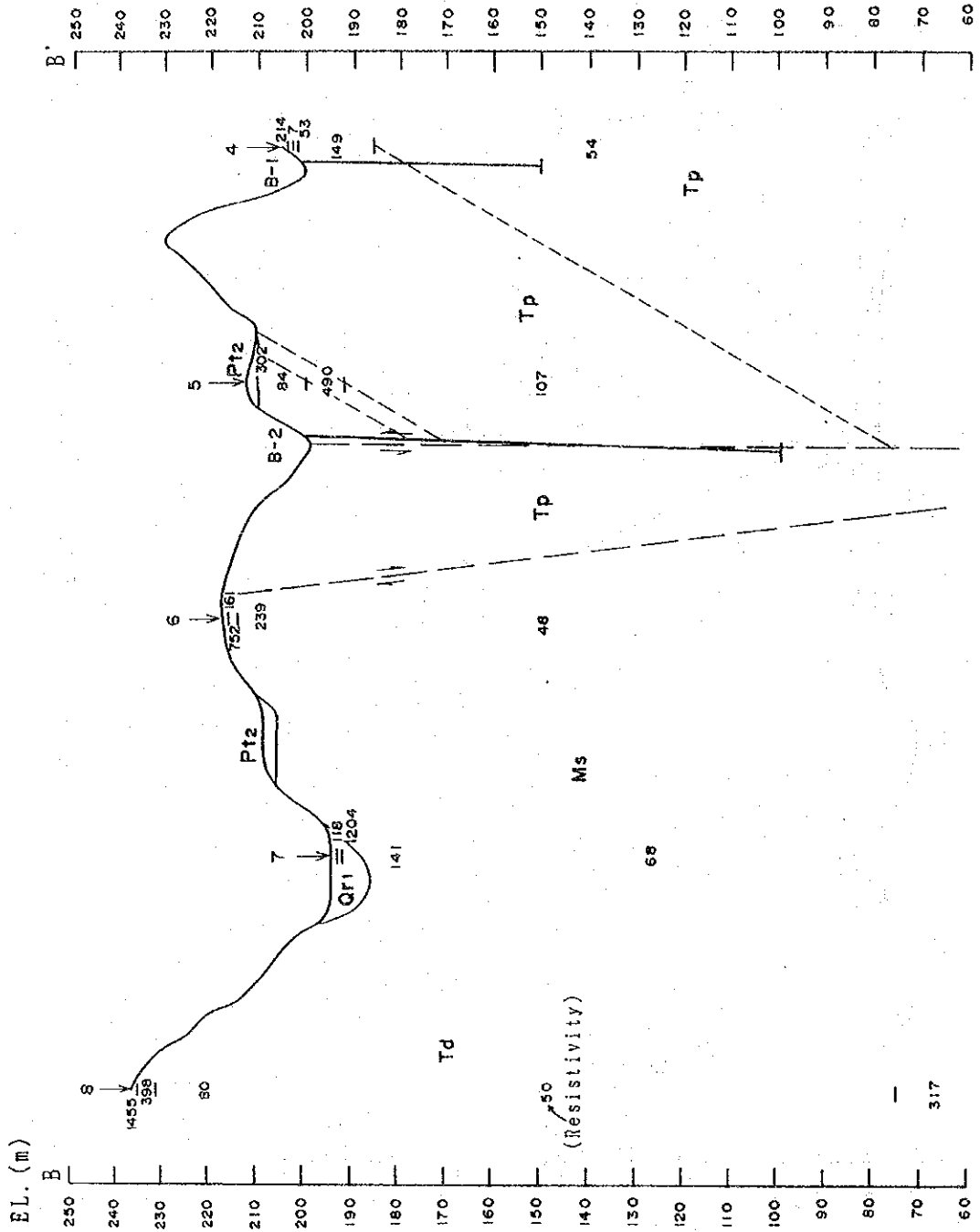


Fig. 5-2-2 Geological Cross Section (New El Coco) (2)

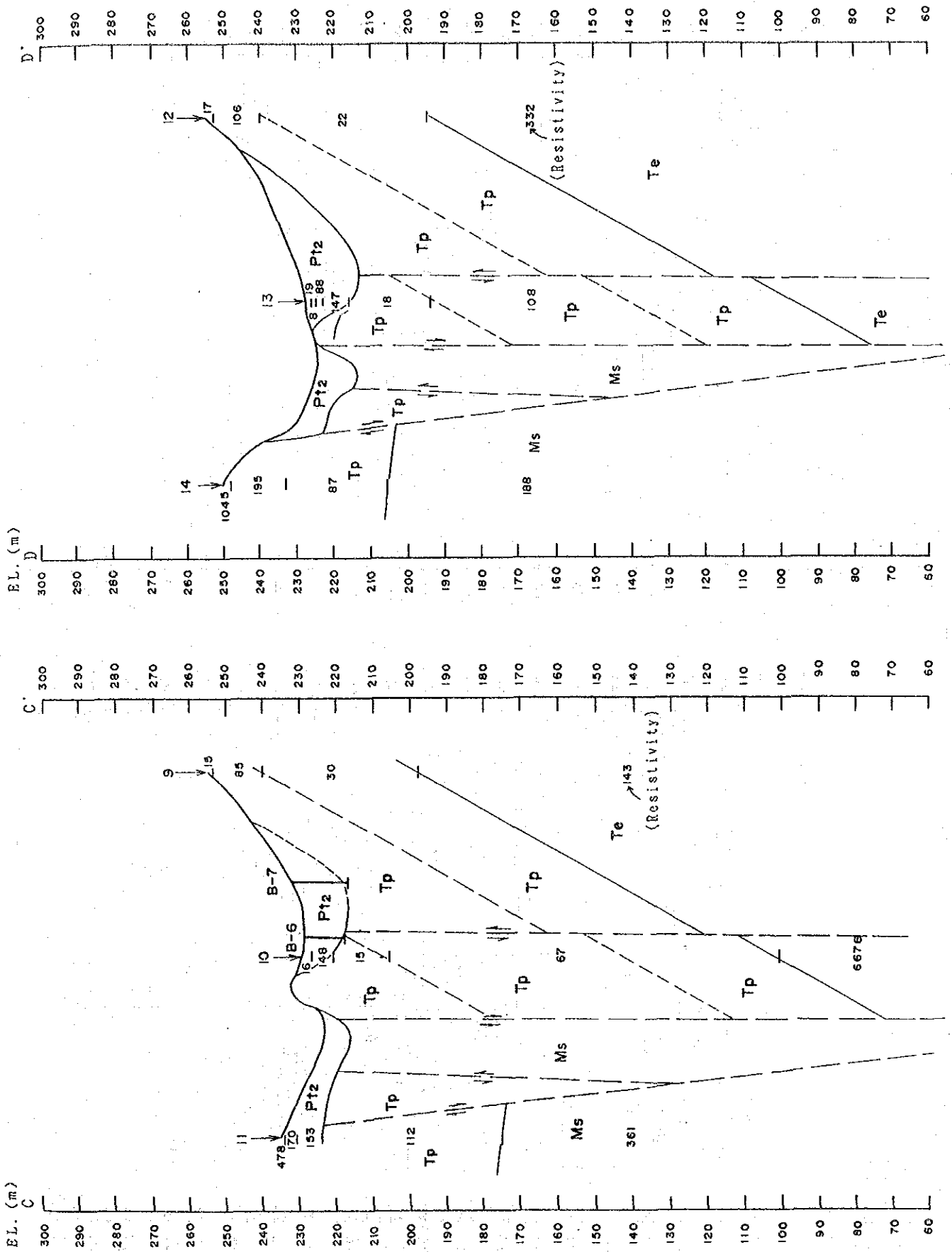


Fig. 5-2-2 Geological Cross Section (New El Coco) (3)

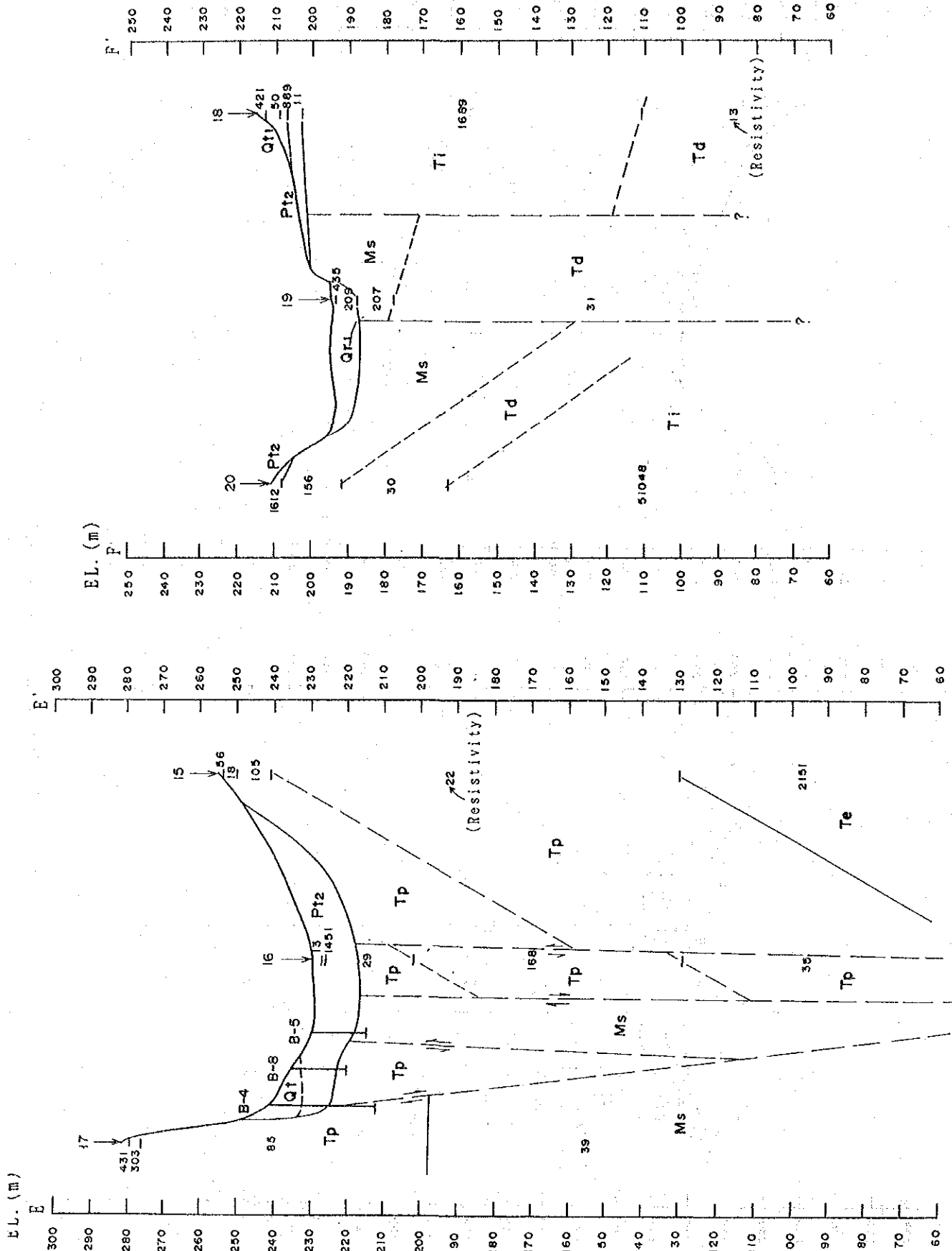


Fig. 5-2-2 Geological Cross Section (New El Coco) (4)



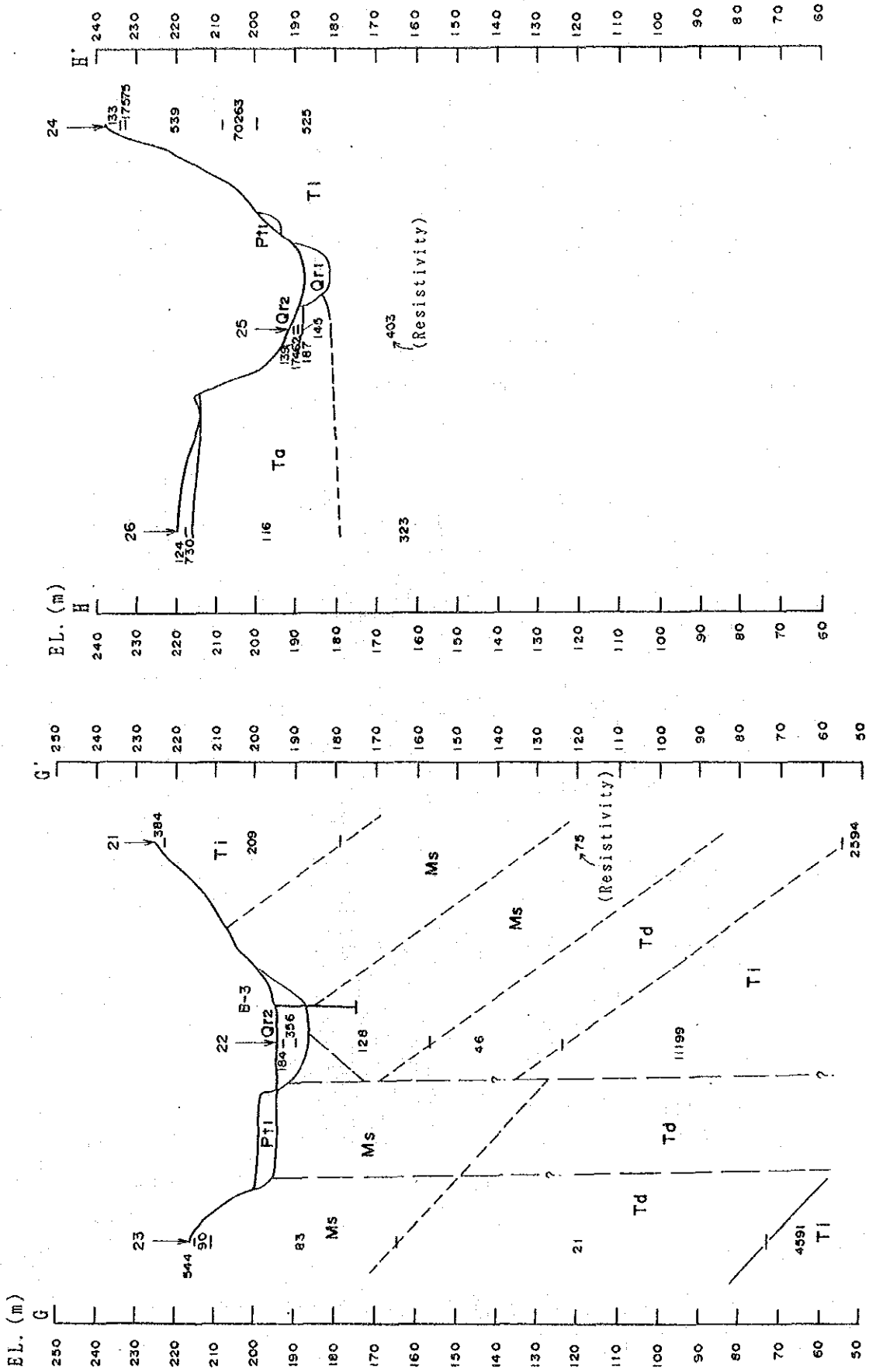


Fig. 5-2-2 Geological Cross Section (New El Coco) (5)



(3) New El Coco


Geological Age		Symbol	Explanation
Quaternary	Recent	Qt	Talus deposits
		Qr1	River deposits
		Qr2	Recent terrace deposits
	Pleistocene	Pt1	Pleistocene lower terrace deposits
			Pleistocene middle terrace deposits
			Pleistocene upper terrace deposits
Tertiary		T <sub>2</sub>	Altered acidic rocks
			Toba pyroclastic rocks
			Extrusive rocks ; andesite
			Intrusive rocks ; porphyrite
			Intrusive rocks ; dacite
Pre-Tertiary		Slate(partly intercalated with sandstone)	
			Fault

Fig. 5-2-3 Geologic Column (New El Coco)

(3) New El Coco


Geological Age		Symbol	Explanation
Quaternary	Recent	Qt	Talus deposits
		Qr1	River deposits
		Qr2	Recent terrace deposits
	Pleistocene	Pt1	Pleistocene lower terrace deposits
		Pt2	Pleistocene middle terrace deposits
		Pt3	Pleistocene upper terrace deposits
Tertiary	Ta	Altered acidic rocks	
	Tp	Toba pyroclastic rocks	
	Te	Extrusive rocks ; andesite	
	Ti	Intrusive rocks ; porphyrite	
	Td	Intrusive rocks ; dacite	
Pre-Tertiary		Slate(partly intercalated with sandstone)	
			Fault

Fig. 5-2-3 Geologic Column (New El Coco)



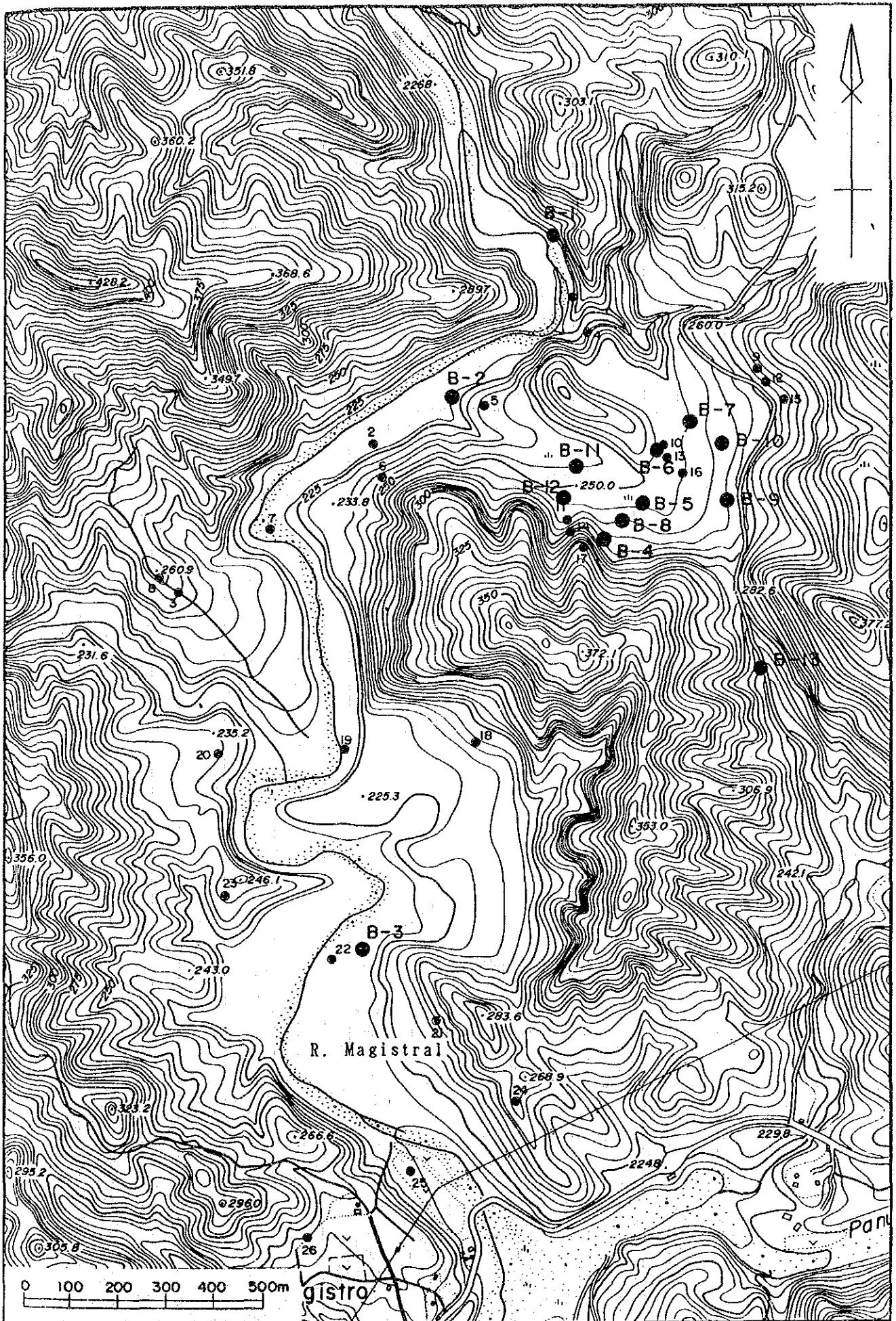


Fig. 5-2-4 Location Map of Boring Site

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm <sup>3</sup> /sec)		Water Level Lost Circulation						
					<20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2mm - 5cm	2 mm A	Dry Season	Rainy Season							
0.00		Surface soil	silty sand	This layer consists of dark reddish brown, unconsolidated, poorly sorted and silty sand with gravel. The gravel is composed of subangular dacite and andesite, which is less than 3cms in size.														
2.40		Recent terrace deposits	gravel	The gravel consists of rounded or subrounded fragments of dacite, pumice, andesite and granodiorite, which is 5cms in the mean diameter and 32cms at the largest size. The matrix is composed of light yellowish gray, poorly sorted and medium to coarse-grained sand.														
8.25		Toba pyroclastic rocks	andesite	The andesite is purplish gray, porphyritic and altered. A numerous of irregular joints have occurred by tension, and calcite veins have developed along them. Partly, few shear joints are present. 8.55m: shear joint; dip angle 66°.														
10.65			tuff	This tuff is purplish gray and coarse-grained. Graded bedding has weakly developed. This layer contains angular gravels of andesite, ranging in size 1 to 2cms, and gravels has general tendency to become much more toward the bottom in this layer.														
12.00																		

Fig. 5-2-5 Boring Log (1)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2mm - 5cm	>2 mm	Dry Season	Rainy Season	
12.00	[Symbol]		tuff	This is the same rock above mentioned.					0.51			
										0.40 (8/20) 0.51 (8/6) 0.40 (8/26)		
13.60	[Symbol]	Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	The tuff breccia is purplish gray and andesitic.					0.69			
14.40m				Grayish white sandy tuff which is 1.5 to 4cms in thickness.							0.40 2.05 0.40	
14.80m				Bedding; dip angle 55°, grayish white sandy tuff which is 3cms in thickness.								
									0.57		0.40 2.76 1.22	
									1.11		0.40 3.00 1.11	
									1.22		0.40 2.88 1.22	
									0.40		0.40 2.88 0.87	
									0.69		0.40 3.00 1.11	
									0.51		0.40 0.95 0.75	
20.00									0.51		0.40 1.58 0.40	
									0.40		0.40 0.40 0.30	
									0.40		0.40 0.40 0.40	
24.00	[Symbol]			23.00m Shear joints; dip angle 65° and 85°. Striation & slickenside have occurred on joint surface, and calcite veins have developed along joint.					0.40		0.40 0.40 0.30	

Fig. 5-2-5 Boring Log (2)





Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					>20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5cm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
36.00	△ △			This is the same rock above mentioned.						0.40		
	△											
	△ △									0.40		(8/20)
	△									0.40		(8/6)
	△ △									0.40		(7/26)
	△											
	△ △			37.90~40.00m Many shear joints have developed densely. This part is fault zone.						0.40		
	△											
	△ △									0.40		
39.00	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.40		
40.00	△			The tuff breccia is generally grayish white and consists of subangular or subrounded gravels of andesite and tuff, ranging in size 0.2 to 3cms. Especially, gravels of green tuff is characteristic. This layer has undergone alteration as a whole.						0.40		
	△ △											
	△											
	△ △									0.63		
	△									1.11		
	△ △									0.51		
	△											
	△ △									0.99		
	△											
	△ △									0.63		
	△									0.40		
	△ △									0.51		
	△											
	△ △									0.87		
	△									0.99		
	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.40		
45.00	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.40		
	△											
	△ △									0.45		
	△											
	△ △									0.40		
	△									0.51		
	△ △									0.40		
48.00	△ △									0.40		

Fig. 5-2-5 Boring Log (4)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					<20cm	10-20cm	5-10cm	2mm ~5cm	>2mm	Dry Season	Rainy Season		
48.00	△ △	Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	This is the same rock above mentioned.						0.40		(8/6)	
	△			48.50m Shear joint; dip angle 30° and 80°.									
	△ △										0.40		
	△												
	△ △												
50.00	△			49.85~50.00m This part is dark purplish gray and andesitic.									

Fig. 5-2-5 Boring Log (5)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20cm	10-20cm	5-10cm	2mm-5mm	>2mm	Dry Season	Rainy Season	
0.00		Surface soil	silty sand	This layer consists of light grayish brown, unconsolidated, poorly sorted and silty sand with gravel. The gravel is composed mainly of rounded andesite which is 1 to 3cms in diameter.							0.75 0.40 0.40 0.40	(3/15) pH 8.87
1.40		Recent terrace deposits	gravel	The gravel chiefly consists of rounded, subrounded or subangular fragments of andesite and tuff breccia which is 2 to 3cms in the mean diameter and 80cms at the largest size. The matrix is the same of upper layer.						0.40	0.40 0.40 0.40	(7/25) (8/5) (8/7) (8/20)
3.20			gravelly sand	The gravel consists of rounded fragments of andesite and granodiorite, ranging in size 3 to 5cms. The matrix is well sorted and very coarse-grained sand.								
3.80			sand	The sand is moderately well sorted and medium to coarse-grained, as a whole. 5.00~5.10 m: The lowest part is accompanied with many gravels of andesite and tuff which is 2 to 5cms in diameter.						0.51	0.40 0.40 0.40	
5.10			Toba pyroclastic rocks	tuff	The tuff is pale greenish gray and altered. This layer has undergone chloritization, silicification and mineralization, so that chlorite, quartz and pyrite have occurred along the joint. 5.40m Shear joint; dip angle 60°. Striation has developed. 5.70~7.70m This part is light gray. 7.20m Shear joint; dip angle 45°. Striation has developed. 7.30m Shear joint; dip angle 60°. Striation has developed.						0.75	0.40 0.40 0.51
7.70		Filling sediments	sand	The sand is light gray, unconsolidated, well sorted and medium-grained, and it derived from recent fluvatile deposits.						0.63	0.40 0.40 0.40	
8.20		Toba pyroclastics	tuff	This is the same rock above mentioned.								
8.40		Fault	fault breccia	The breccia is black and fragile. The fragment has formed like a blade. Striation and slickenside have occurred on the surface of fragments. (shear joint; dip angle 30°)								
8.70		Filling sediments	sand	The sand is light gray, unconsolidated, well sorted and fine-grained, and it derived from recent fluvatile deposits.								
10.00		Fault	fault breccia	This is the same fault breccia above mentioned. (shear joint; dip angle 60°)						0.40	0.40 0.40 0.40	
10.30		Toba pyroclastic rocks	tuff	The tuff is white and coarse-grained, and characteristically includes quartz grains. This layer has undergone silicification and mineralization, so that the texture is not clear and pyrite occurs as small cubes in tuff. 11.00m Shear joint; dip angle 35°.								
12.00										0.40	0.40 0.40 0.40	

Fig. 5-2-5 Boring Log (6)

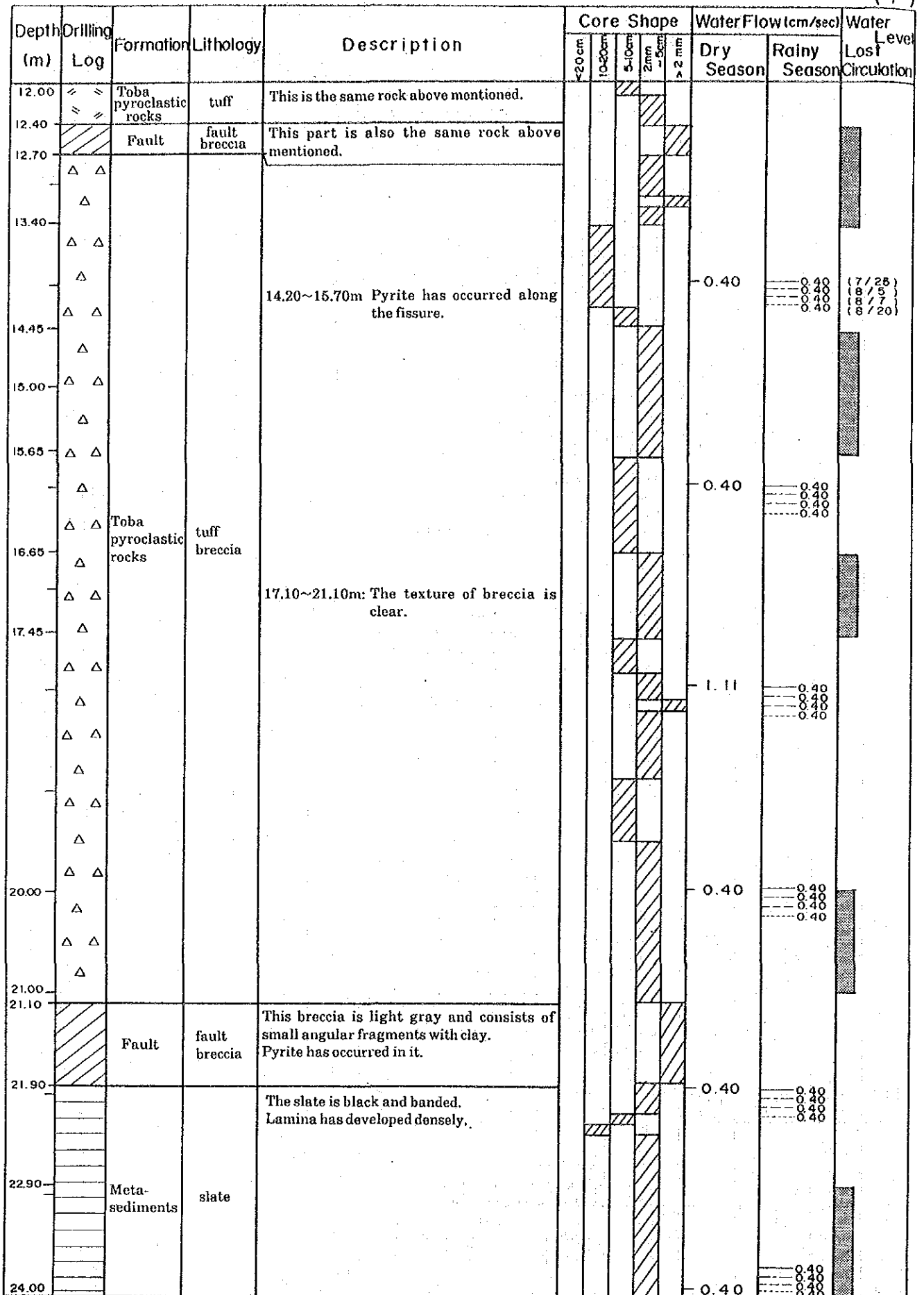


Fig. 5-2-5 Boring Log (7)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<30cm	10-20cm	5-10cm	2mm-5mm	>2mm	Dry Season	Rainy Season	
24.00			slate	This is the same rock above mentioned.								
25.30			sandstone	This is composed of light gray and medium-grained sandstone. This layer is loose.								
25.60			slate	The slate is grayish white and altered. This layer has undergone chloritization and mineralization, so that chlorite and pyrite have occurred in it. And also, a numerous of shear joints developed in this layer.					0.40	0.40	( 7 / 25 )	
25.70				25.90m Lamina; dip angle 25°. 26.70m Shear joint; dip angle 65°. Slickenside developed on the joint surface.					0.40	0.40	( 8 / 5 )	
			slate	28.80~29.00m Shear joints; dip angle 40° and 50°.					0.40	0.40	( 8 / 7 )	
									0.40	0.40	( 8 / 20 )	
29.80		Meta-sediments	sandstone	The sandstone is light gray, well sorted and fine-grained. This layer is loose, because of the matrix has been washed away by underground water flow.					0.40	0.40		
31.20			slate	This part is gray.					0.75	0.40		
					34.00~35.20m This part is intercalated with some thin beds of sandstone.					0.63	0.40	
36.00	L L	Intrusive rocks	porphyrite	The porphyrite is gray and white-spotted. This rock is characterized by abundant megaphenocrysts of feldspar ranging up to 1cm in diameter. Pyrite has occurred in it.					0.40	0.40		

Fig. 5-2-5 Boring Log (8)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					<20cm	10-20cm	5-10cm	2mm-5cm	2mm	Dry Season	Rainy Season		
36.00	L L	Intrusive rocks	porphyrite	This is the same rock above mentioned.						1.82	0.40 0.40 0.40	(7/25) (8/5) (8/7)	
38.10	L L								0.40	0.40 0.40 0.40	(8/20)		
38.80	L L								1.11	0.40 0.40 0.40			
40.10	L L								0.51	0.40 0.40 0.51			
41.50	L L								4.60	4.48 4.54 4.54 6.43			
42.35	L					42.20m joint; dip angle 55°.					4.30	0.40 4.42 4.18 7.38	
43.40	L L			Meta-sediments	slate	42.35~43.40m This part is gray and has undergone mineralization. Veins of calcite and pyrite have occurred like as reticulation, and partly, galena has accompanied pyrite.					5.01	4.42 0.40 0.40 5.84	
43.30m	L L					Shear joint; dip angle 35°. Joint surface is black.					1.82	4.66 4.97 0.40 6.79	
44.30m	L L					Lamina; dip angle 40°.					0.51	4.48 0.40 0.40	
44.35m	L L					Shear joint; dip angle 40°. Pyrite has occurred along the joint which has striation.					4.95	4.66 4.95 4.72 5.84	
44.55	L L								0.45	0.45 0.51 0.40			
45.55	L L								5.42	1.05 5.42 5.60 5.72			
48.00	L L												

Fig. 5-2-5 Boring Log (9)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm ~5cm	2mm A	Dry Season	Rainy Season		
48.00		Meta-sediments	slate	This is the same rock above mentioned.									
48.20m				Lamina; dip angle 30°. Shear joint; dip angle 25°. Striation has developed on this surface.						3.41	4.89 0.40 5.72 7.85	(7/25) (8/5) (8/7) (8/20)	
49.75											5.01	4.00 0.40 5.37	
											5.07	4.54 4.69 4.54 7.14	
											5.13	0.40 4.89 4.77 7.50	
52.55				52.70m Lamina; dip angle 50°. Shear joint; dip angle 60°. Striation has occurred on this surface with pyrite skin.						1.05	0.40 4.66 4.54 5.48		
											0.40	0.40 4.77 0.40 4.77	
						54.90m Lamina; dip angle 45°.					0.45	0.40 4.18 0.40 1.46	
						56.10m Lamina; dip angle 45°. Shear joint; dip angle 35°.					2.94	0.69 5.01 0.51 5.25	
56.30	L L	Intrusive rocks	porphyrite	This porphyrite is dark greenish gray and is characterized by megaphenocrysts of feldspar.						0.99	0.45 4.30 0.40 1.22		
	L L					56.30~61.40m. Megaphenocrysts of feldspar are only a few in this part.					4.95	0.51 4.42 0.40 6.37	
	L L											0.40 0.40 0.40 5.13	
	L L												
	L L												
	L L												
	L L												
	L L												
59.60	L L												
60.00	L L												

Fig. 5-2-5 Boring Log (10)



Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					20cm	10-20cm	5-10cm	2-5cm	1-2cm	Dry Season	Rainy Season	
96.90		Intrusive acidic rocks	dacite	This is the same rock above mentioned.								
105.00												

Fig. 5-2-5 Boring Log (11)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm ~ 5cm	2 mm A	Dry Season	Rainy Season	
84.00	[Drilling Log Diagram]			This is the same rock above mentioned. 84.70m Foliation; dip angle 70°.	[Core Shape Diagram]							
87.50				86.40~105.00m Core shape is smaller than upper part.								
96.00				95.00~105.00m Core shape looks like sand or clay.								
		Intrusive acidic rocks	dacite									

Fig. 5-2-5 Boring Log (12)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5cm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
60.00	L L			This is the same rock above mentioned.								
	L											
	L L											
	L											
	L L											
	L											
	L L											
	L											
	L L			62.80m Joint; dip angle 55°.								
	L L			63.20m Shear joint; dip angle 55°. Striation has occurred on this surface.								
	L											
	L L			64.30m Foliation; dip angle 45°.								
	L											
65.00	L L											
	L	Intrusive rocks	porphyrite									
	L L											
	L											
	L L											
	L											
	L L											
	L											
	L L											
	L											
	L L			68.40m Foliation; dip angle 55°.								
	L L			68.60m Joint; dip angle 60°.								
	L											
	L L											
	L											
	L L											
	L											
	L L			70.90m Shear joint; dip angle 35°. Striation and calcite vein has occurred.								
	L											
	L L											
	L											
72.00	L L			72.00m Shear joint; dip angle 5°. Striation and calcite vein has occurred.								

Fig. 5-2-5 Boring Log (13)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation		
					<30cm	10-30cm	5-10cm	2mm-5cm	2mm A	Dry Season	Rainy Season			
72.00	L L	Intrusive rocks	porphyrite	This part is dark gray and hard, and also it's characterized by very few megaphenocrysts of feldspar, like as diabase.										
73.00	L L													
74.00	L L													
74.50	L L													
74.00		Meta-sediments	slate	The slate is gray and a numerous of joints has occurred along the lamina.										
74.50				74.00~74.50m This part has undergone mineralization. Quartz veins have occurred with pyrite.										
				76.10m Shear joint; dip angle 45°. Striation has occurred on this surface.										
				76.80m Joint, dip angle 90°.										
				78.10m Lamina; dip angle 50°.										
79.70				79.70~82.90m This part is mineralized zone. Quartz veins have occurred with pyrite.										
80.00														
82.90		Intrusive acidic rocks	dacite	The dacite is grayish white to white and altered. And also it's characterized by abundant phenocrysts of quartz ranging in size 2 to 3mms.										
84.00														

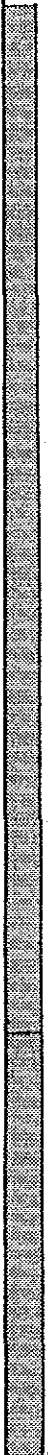


Fig. 5-2-5 Boring Log (14)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5cm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
0.00		Surface soil	gravelly silt	The gravel mainly consists of rounded andesite and tuff breccia fragments. The matrix is composed of light grayish brown sandy silt.								
1.10			sandy silt	This layer consists of dark brown sandy silt.								
2.35		Recent terrace deposits	gravelly silt	This layer is composed chiefly of light gray to light yellowish gray silt which contains gravels of slate ranging in size 0.2 to 1cm.								2.35 m ▽ (3/16) pH 8.71
4.00			gravelly sand	The gravel mainly consists of rounded slate and andesite fragments ranging in size 0.3 to 5cms. The matrix is the same of upper layer.								
4.90			gravel	The gravel chiefly consists of rounded slate and sandstone fragments ranging 2 to 3cms in the mean diameter and 7cms at the largest size.								0.40 (8/20)
										0.40	0.40 (8/6)	
										0.40	0.40 (7/25)	
										0.40	0.40	
8.40		Meta-sediments	slate	The slate is black, and it's accompanied with calcite veins and pyrite cubes.								0.40
10.10			sandstone	This rock is gray, hard and medium-grained. there is lamina in it, and pyrite has occurred along the joint.								
		Fault	fault breccia	This is black and slaty, and contains pyrite as cubes. Striation and slickenside have developed on the surface of fragments.								0.40
		Meta-sediments	sandstone	This rock is gray and fine-grained.								0.40

Fig. 5-2-5 Boring Log (15)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation		
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5cm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season			
12.00	[Dotted pattern]	Meta-sediments	sandstone	This is the same rock above mentioned.							0.40	(7/25)		
13.00~20.00m				This part contains lots of pyrite cubes.						0.40	0.40	(8/6)	(8/20)	
14.50m				Joints; dip angle 85° and 90°. Pyrite skin has covered on the surface of joints.							0.40	0.40		
18.40~19.00m				This part contains abundant gravels of slate ranging 0.1 to 0.2cm in diameter.								0.40	0.40	
18.80m				Lamina; dip angle 10°.								0.40	0.40	
19.00~20.00m				This part has strongly undergone alteration								0.40	0.51	
20.00														

Fig. 5-2-5 Boring Log (16)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm-5mm	>2 mm	Dry Season	Rainy Season		
0.00	o o o o o o o o o o	Surface soil	sand and gravel	<p>This gravel mainly consists of grayish white, angular or subangular acidic tuff which is 2 to 4cms in the mean diameter and strongly weathered.</p> <p>The matrix is composed of pale yellowish brown, unconsolidated and poorly sorted sand with silt.</p> <p>This layer is derived from talus deposits.</p>									
2.30	o o o o o o o o o o			Talus deposits	sandy silt	<p>The gravel chiefly consists of grayish white, angular or subangular, and weathered acidic tuff which is less than 2cms in diameter.</p> <p>The matrix is composed of brown, very poorly sorted and silt-rich sand, and weakly consolidated.</p>							
3.80	o o o o o o o o o o	<p>The gravel mainly consists of grayish white, angular or subangular, and weathered acidic tuff which is less than 3cms in diameter.</p> <p>The matrix is made up of light gray and weakly consolidated silt which is contained with poorly sorted sandy element.</p>											
7.10	o o o o o o o o o o	sand and gravel	<p>The gravel chiefly consists of grayish white, angular or subangular, and weathered dacitic tuff which is less than 4cms in diameter.</p> <p>The matrix is the almost same elements of upper bed.</p>										
9.70	o o o o o o o o o o		Pleistocene middle terrace deposits	sandy clay	<p>This layer is composed of dark grayish brown sandy clay with gravel.</p> <p>The gravel consists of rounded or subrounded dacite and andesite which is 0.5 to 2cms in the mean diameter and 8cms at the largest size.</p>								
12.00	o o o o o o o o o o										0.40	0.40	10.32m ▽ (3/15) pH 7.45  (7/24)

Fig. 5-2-5 Boring Log (17)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation				
					<20cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5cm	>2mm	Dry Season	Rainy Season					
12.00			sandy clay	This is the same layer above mentioned.							0.40 0.40	(8/3) (8/19)				
12.60		Pleistocene middle terrace deposits	gravel	The gravel mainly consists of rounded dacitic and andesitic rocks which is 3 to 4cms in the mean diameter and 23cms at the largest size. The matrix is composed of dark brown, silty and fine-grained sand.							0.40	0.51 0.63 0.40	(7/24)			
													0.40	0.40 1.11		
							15.80~17.75m This layer is characterized by subround or subangular gravels of light gray to pale reddish gray dacitic tuff.							0.40	0.40 0.40	
														0.40	0.40 2.88	
17.75		Tobe pyroclastic rocks	tuff breccia	The tuff breccia is andesitic and contain abundantly angular fragments of andesite and slate which is 0.5 to 1cm in diameter.							0.40	0.40 2.76				
					17.75~23.00m This layer has undergone hydrothermal alteration and pyrite occurs as cubes.									0.40	0.40	
														0.40	0.40 4.06	
													0.40	0.40		
													0.40	0.40 3.12		
													0.40	0.51		
													0.40	0.40 0.40		
													0.40	0.40		
24.00				23.00~24.20m A numerous of calcite veins occur in the dark greenish gray andesitic tuff breccia.							0.40	0.40 0.40				

Fig. 5-2-5 Boring Log (18)



Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					4-20 cm	10-30 cm	5-10 cm	2mm - 5cm	2 mm	Dry Season	Rainy Season		
24.00	△ △	Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	This is the same layer above mentioned.							0.40	(8/5)	
	△			24.20~25.50m This part shows grayish white by alteration.							0.40	(8/19)	
	△ △										0.40	(7/24)	
	△										0.40		
	△ △					25.50~29.50m A lot of calcite veins have occurred in greenish gray andesitic tuff breccia.						0.40	
	△											0.40	
	△ △					26.50~29.50m This part includes many angular gravels of andesite and many pyroxene grains more than upper part.						0.40	
	△											0.40	
	△ △					27.50m Shear joint; dip angle 40°. Striation has developed on the joint surface.						0.40	
	△											0.40	
	△ △			27.60m Shear joint; dip angle 45°. Striation has developed.						0.40			
	△									0.40			
	△ △			28.00~29.50m Shear joint; dip angles 45° and 80°. Striation and slickenside have occurred on the joint surface.						0.40			
	△									0.40			
	△ △			29.50~30.00m This part is composed of black fault breccia which is less than 5cms in diameter and sandy element. Striation and slickenside have occurred.						0.40			
29.50	△	Fault	fault breccia										
30.00	△												

Fig. 5-2-5 Boring Log (19)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					4-20 cm	10-30 cm	5-10 cm	2 mm	2-5 cm	2 mm A	Dry Season		Rainy Season
0.00	Surface soil		gravelly sand	The gravel mainly consists of angular or subangular acidic tuff and andesitic tuff breccia which is 0.2 to 1cm in diameter.  The matrix is composed of pale purplish gray coarse to very coarse-grained sand.									
2.70					Pleistocene middle terrace deposits	gravel	The gravel chiefly consists of rounded or subrounded acidic tuff, tuff breccia, andesite, dacite and granodiorite which is 15 to 20cms in the mean diameter and 48cms at the largest size. The matrix is the almost same elements of upper bed.						
9.50	sand	This layer is composed of loose medium to coarse-grained sand.											
10.00			gravel	This part is the almost same gravel of upper part.									
12.00													

4.47 m

▽

(3/15)  
pH 8.64

0.40 (7/24)  
0.40 (7/30)  
0.40 (8/5)  
0.40 (8/19)

0.51

0.51  
0.51  
0.40  
0.40

1.28

0.63  
1.11  
0.40  
0.51

1.16

1.22  
0.87  
0.40  
0.51

0.69

1.11  
0.87  
0.40  
0.40

0.57

1.22

0.78  
0.40  
0.40  
0.40

0.40

Fig. 5-2-5 Boring Log (20)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2mm ~ 5mm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
12.00	0 0	Meta-sediments	gravel	This is the same layer above mentioned.								
12.20			slate	The slate is black. The lamina and joints have developed in it. Dip angle of lamina is about 5°.  13.50m Joint; dip angle 65°, straight. 13.80m Joint; dip angle 45°, straight. Striation and slickenside have occurred on the joint surface.						0.40	(7/24)	
									0.40	(7/30)		
									0.40	(8/5)		
									0.40	(8/19)		
									0.40			
									0.75			
									0.40			
									0.40			
14.30									0.87			
									0.40			

Fig. 5-2-5 Boring Log (21)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation		
					<20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2 mm ~ 5 cm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season			
0.00		Surface soil	silty sand	This layer consists of dark reddish brown, silty and very fine-grained sand with gravel. The gravel is composed of angular or sub-angular acidic tuff and andesitic tuff breccia which is 0.3 to 1cm in the mean diameter and 5cms at the largest size.										
1.25			gravelly sand	The gravel consists of subangular or subrounded acidic tuff and andesitic tuff breccia which is 0.2 to 0.3cm in the mean diameter. The matrix is composed of pale yellowish gray, silty coarse-grained sand.										
2.45			Pleistocene middle terrace deposits	gravel	The gravel chiefly consists of rounded or subrounded acidic tuff and andesitic tuff breccia which is 2 to 3cms in diameter and 10cms at the largest size. The matrix is composed of pale greenish gray medium-grained sand.									
9.70		Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	The tuff breccia is characterized by angular fragments of pale green tuff, which is 0.2 to 1cm in diameter. dip angle of bedding; 30°~50° Many joints have developed irregularly at intervals of 2 to 5cms in this bed. Joint surface is covered with dark reddish brown limonite skin. dip angle of joint; 30°, 40° and 65°										
10.00														
12.00														

Fig. 5-2-5 Boring Log (22)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation				
					< 20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5mm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season					
0.00		Surface soil	silty sand	This layer consists of dark reddish brown, silty and very fine-grained sand with gravel. The gravel is composed of rounded tuff which is 1 to 2cm in diameter.												
0.75			sandy silt	This layer consists of pale greenish gray to light gray sandy silt with gravel. The gravel is mainly composed of pale yellow, rounded and fragile tuff which is 0.2 to 0.3cm in the mean diameter.												
			silty sand	This layer consists of pale greenish gray, silty and very fine-grained sand with gravel. The gravel is composed of rounded tuff which is 0.2 to 0.4cms in the mean diameter.												
3.00		Pleistocene middle terrace deposits	gravel	The gravel consists of rounded or subrounded tuff (welded tuff), andesite, granodiolite and slate which is 3 to 5cm in the mean diameter and 27cms at the largest size.  The matrix is the almost same element of upper bed.												
12.00																

7.14m  
 (3/15)  
 pH 7.94  
 (8/6)  
 (7/25)  
 (8/19)

Fig. 5-2-5 Boring Log (23)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					4-20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2 mm - 5 cm	2 mm	Dry Season	Rainy Season	
12.00	○ ○ ○ ○ ○ ○	Pleistocene middle terrace deposits	gravel	This is the same layer above mentioned.								
13.00	△ △ △ △ △	Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	The tuff breccia is reddish brown and andesitic.								
14.00	△											

Fig. 5-2-5 Boring Log (24)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation			
					>20cm	10-20cm	5-10cm	2mm-5mm	2mm-A	Dry Season	Rainy Season				
0.00		Talus deposits	gravelly sand	<p>The gravel consists of angular or subangular acidic rocks.</p> <p>The matrix is composed of pale yellowish brown, unconsolidated and silty sand.</p>											
3.00					sandy clay	<p>This layer consists of dark gray sandy clay with gravel.</p> <p>The gravel is composed chiefly of rounded or subrounded dacite and andesite, which is 0.5 to 1cm in the mean diameter and 3cms at the largest size.</p>									
4.80		Pleistocene middle terrace deposits	<p>The gravel consists of rounded or subrounded dacite, andesite and granodiolite which is 3 to 4cms in the mean diameter and 195cms at the largest size.</p> <p>The matrix is composed of yellowish brown, poorly sorted and silty sand.</p>												
7.20~9.15m			gravel	<p>This part is only white to pale pink dacite boulder.</p>							0.40	0.40	0.4		
12.00										0.40	0.40	0.4			
											0.75	0.40	0.4		
												0.63	0.40	0.4	
													0.99	0.40	0.4
															1.22

Fig. 5-2-5 Boring Log (25)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation	
					20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2 mm	2 mm	Dry Season	Rainy Season		
12.00	○ ○	Pleistocene middle terrace deposits	gravel	This is the same layer above mentioned.									
12.60	△ △		Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	The tuff breccia is dark greenish gray, andesitic and hard. A numerous of joints have developed in the bed and pyrite has occurred as cubes along joint surface.								
	△ △	13.90m Shear joint; dip angle 40°. Striation have occurred on the joint surface.											
	△ △	14.40m Shear joint; dip angle 40°											
14.50	△												

——— 0.87 (7/24)  
 - - - 0.40 (8/5)  
 - - - 0.4 (8/19)

Fig. 5-2-5 Boring Log (26)



Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation					
					4-20 cm	10-20 cm	5-10 cm	2 mm	2 mm	Dry Season	Rainy Season						
0.00	[Stippled pattern]	Surface soil	sandy silt	This layer consists of gray and sandy silt. It's accompanied with many roots of plant and charcoal fragments.													
0.30		Talus deposits	sandy silt	This layer is composed of pale brown, poorly sorted and sandy silt with gravel. The gravel mainly consists of pale brown, angular or subangular tuff which is 1 to 5cms in the mean diameter and strongly weathered.													
6.50	[Small circles]	Pleistocene middle terrace deposits	sand and gravel	The gravel chiefly consists of subangular or subrounded tuff and welded tuff which is 3cms at the largest size. The matrix is made up of pale purplish brown and crayey sand.									0.40 (8/6)				
														0.40 (8/5)			
7.50	[Triangles]	Toba pyroclastic rocks	lapilli tuff	The lapilli tuff is acidic and contain abundantly angular fragments of tuff breccia, welded tuff and andesite which is 0.1 to 10cms in diameter, and partly, some calcite veins has occurred in it.									0.40				
																0.40	
																	0.40
																	0.40
																	0.40
																	0.40
																	0.40
																	0.40
																	0.40
																	0.40
																	0.40
																	0.40

Fig. 5-2-5 Boring Log (27)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape						Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation		
					5-10cm	10-20cm	2-10cm	2mm	5mm	2cm	Dry Season	Rainy Season			
12.00	△	Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	This is the same rock above mentioned. 12.40m Bedding; dip angle 40°.									0.40 (8/5)		
	△ △													0.40 (8/6)	
	△													0.40 (8/19)	
	△ △					13.30m Calcite vein.									0.40
	△	Fault	fault breccia	This breccia consists of small angular fragments of tuff breccia. Slickenside have occurred on the surface of fragments.									0.40		
	△ △	Toba pyroclastic rocks	tuff breccia										0.40		
	△														
	△ △														
	△														
	△ △														
	△														
	△ △					16.50m Calcite vein.									
	△														
	△ △					17.40m Bedding; dip angle 48°.									
	△														
	△ △														
	△														
	△ △														
	△														
	△ △			19.70m Shear joint; dip angle 64°. Striation and slickenside have occurred on the joint surface with clay skin which is 0.2~1mm in thickness.											
20.00	△														
20.20															

Fig. 5-2-5 Boring Log (28)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					1-20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5mm	2 mm	Dry Season	Rainy Season	
0.20		Surface soil	sandy silt	This layer consists of gray and sandy silt. It's accompanied with charcoal fragments.								
		Talus deposits	sandy silt	This sediments is composed of pale reddish brown, poorly sorted and sandy silt with gravel. The gravel mainly consists of subangular or subrounded tuff and welded tuff which is 0.2 to 2cms in diameter.								
3.60												
		Pleistocene middle terrace deposits	gravel	The gravel consists of subangular or subrounded welded tuff, dacite, andesite and chart which is 3 to 4cms in mean diameter and 34cms at the largest size. The gravel of welded tuff is only in upper part. The matrix is made up of pale brown, well sorted and fine grained sand.								
											0.40	
											0.40 (8/5)	
											0.40 (8/6)	
											0.40 (8/21)	
											0.40	
											0.40	
10.20											0.40 (8/5)	
		Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	The tuff breccia is dark gray to dark reddish brown and andesite. It contain angular or subangular fragments of altered andesite which is more than 0.3cms in diameter. Many tensional joints have developed at intervals of 2 to 3cms in this layer. Calcite veins have filled up these joints.							0.40	
											0.40	
11.70				11.70m Joint; dip angle 48°.							0.40	

Fig. 5-2-5 Boring Log (29)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation		
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2cm - 5cm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season			
	△	Toba pyroclastic rocks	tuff breccia	This is the same rock above mentioned.							0.40	(8/21)		
	△ △											0.40		
	△											0.40		
	△ △													
	△													
	△ △													
	△													
	△ △					14.20m Joint; dip angle 42°.								
	△					14.40m Calcite vein has developed more than 1cm in thickness.								
15.00	△ △													

Fig. 5-2-5 Boring Log (30)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-30cm	5-10cm	2mm -5mm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
				(Standard penetration was performed in this part.)								
4.30		Pleistocene middle terrace deposits	gravel	The gravel consists of rounded or subrounded tuff, tuff breccia, andesite and granodiolite which is 1 to 3cms in the mean diameter and 50cms at the largest size.								
10.50												

Fig. 5-2-5 Boring Log (31)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 35mm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
				(Standard penetration was performed in this part.)								
10.30		Pleistocene middle terrace deposits	gravel	The gravel consists of rounded or subrounded welded tuff, dacite and andesite which is 2 to 3cms in the mean diameter and 11cms at the largest size.								

Fig. 5-2-5 Boring Log (32)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5cm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
12.40	○ ○ ○                               	Pleistocene middle terrace deposits	gravel	This is the same layer above mentioned.								
14.60		Intrusive acidic rocks	dacite	The dacite is white and altered. It's characterized by phenocrysts of quartz ranging in 1 to 2mms. Partly, pyrite has occurred in this layer.								

Fig. 5-2-5 Boring Log (33)

Depth (m)	Drilling Log	Formation	Lithology	Description	Core Shape					Water Flow (cm/sec)		Water Level Lost Circulation
					<20 cm	10-20cm	5-10cm	2mm - 5mm	> 2 mm	Dry Season	Rainy Season	
		Surface soil	gravelly sand	This layer consists of dark yellowish brown and sandy silt with gravel. The gravel is composed of angular and weathered tuff which is 0.2 to 1cm in the mean diameter.								
1.60 1.80 2.10		River deposits	gravel	The gravel mainly consists of rounded or subrounded tuff breccia, andesite and sandstone which is 1 to 2cms in the mean diameter and 5cms at the largest size.  1.60~1.80m The matrix is yellowish gray and very fine grained sand. 1.80~2.10m The matrix is reddish brown clay. 2.10~10.00m The matrix is gray, well sorted and fine grained sand.								
											0.40 (8/19)	
											0.40	
											0.40	
											0.40	
											0.40	
											0.40	
10.00												

Fig. 5-2-5 Boring Log (34)



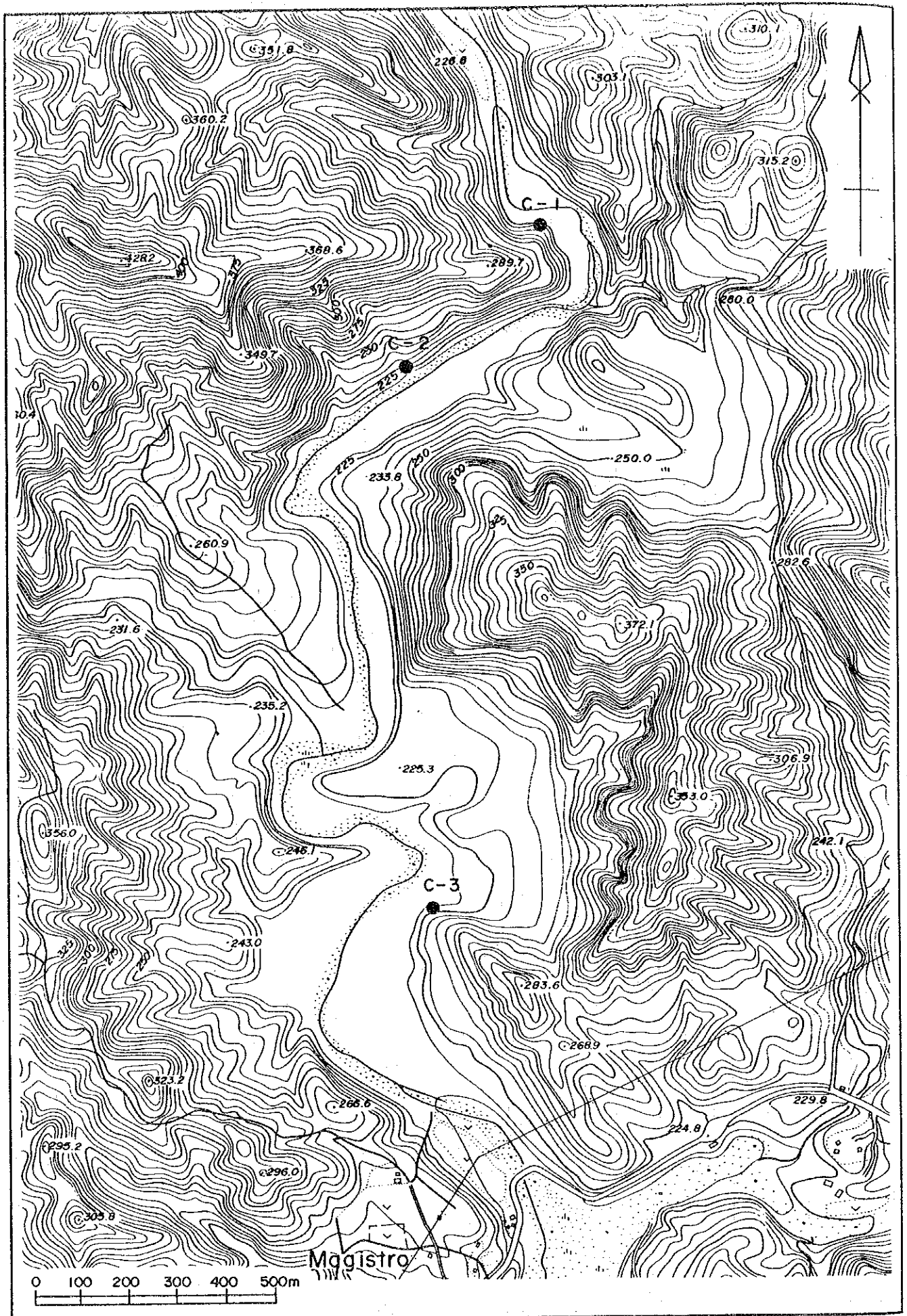


Fig. 5-2-6 Location Map of Fuissure Measuring Site

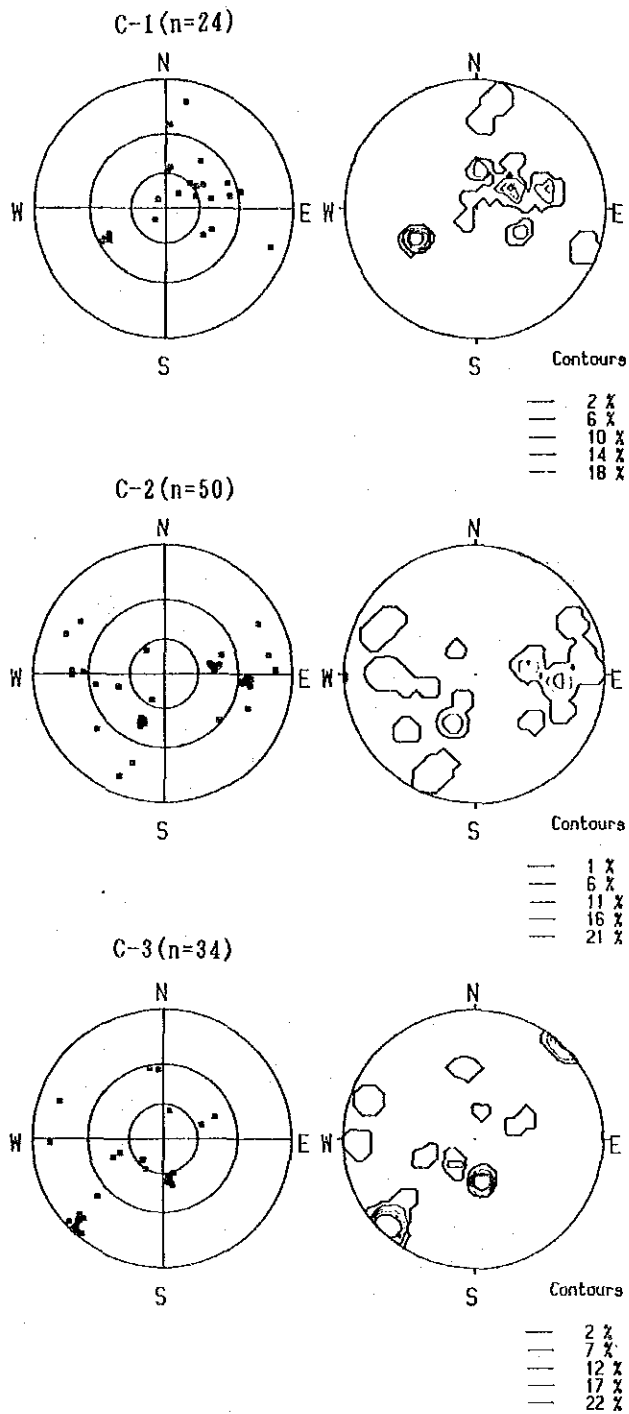


Fig. 5-2-7 Wulff's Net of Fissure Direction

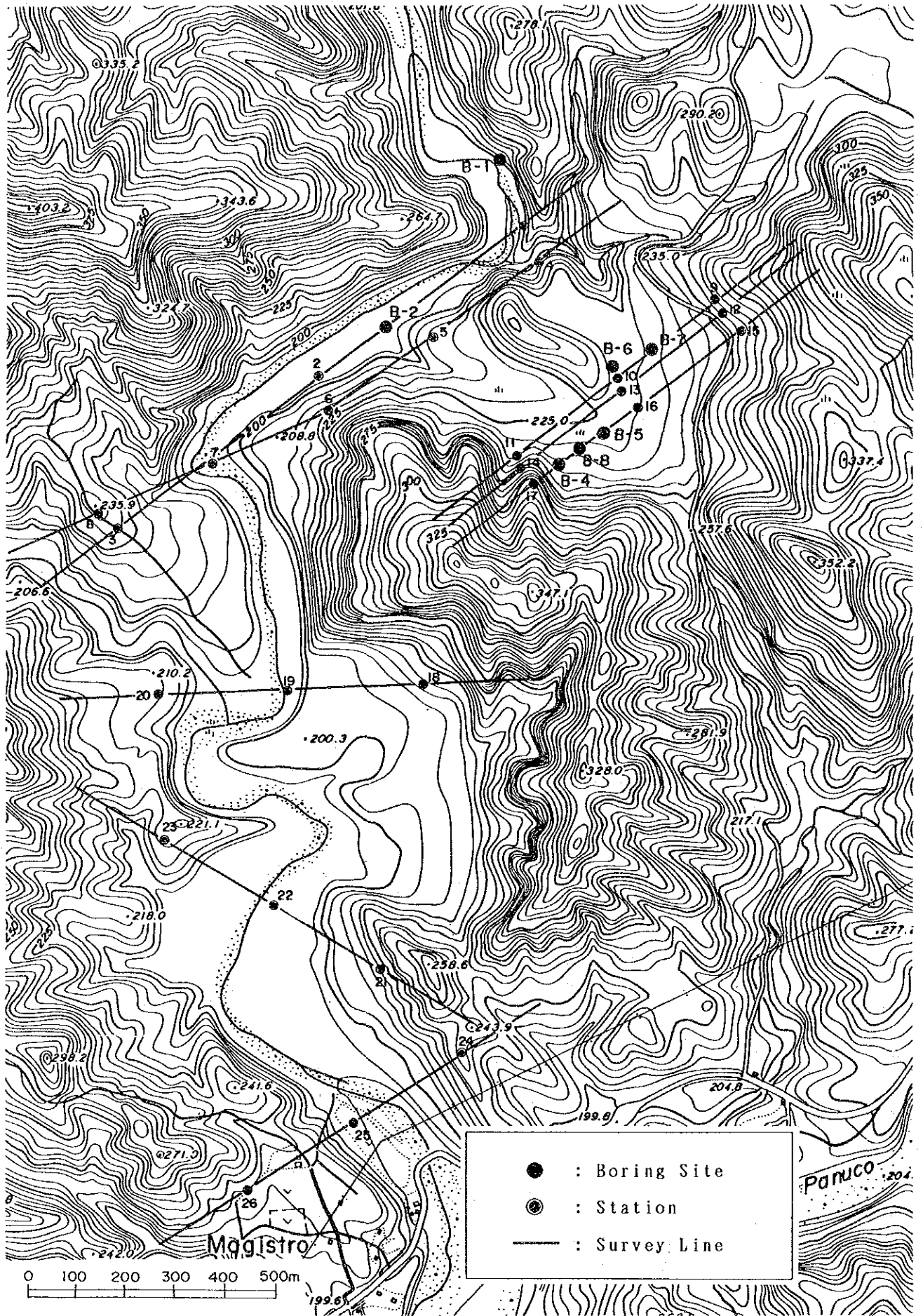


Fig. 5-3-1 Location Map of Electrical Prospecting Station (New El Coco)

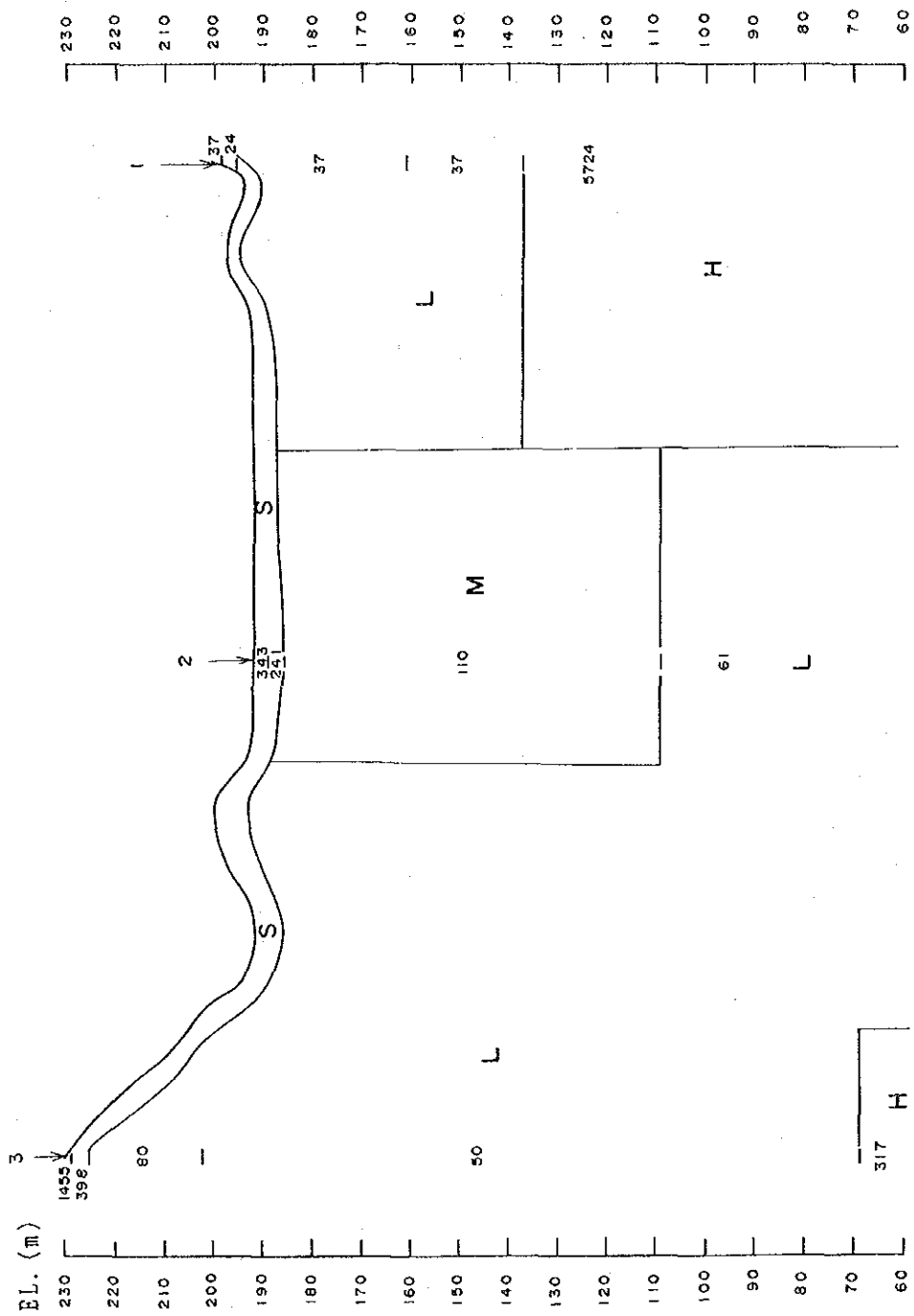


Fig. 5-3-2 Resistivity Cross Section (1)

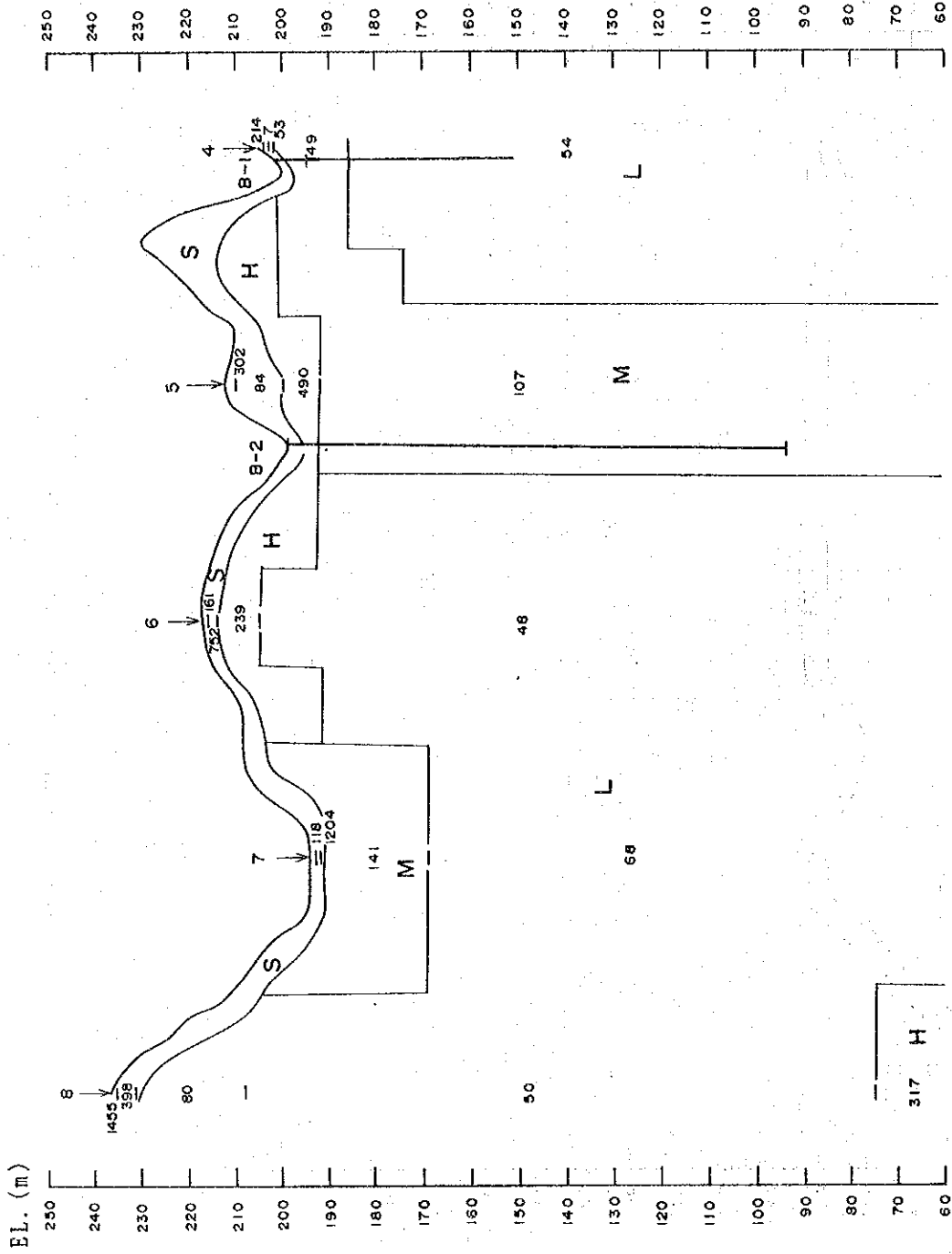


Fig. 5-3-2 Resistivity Cross Section (2)

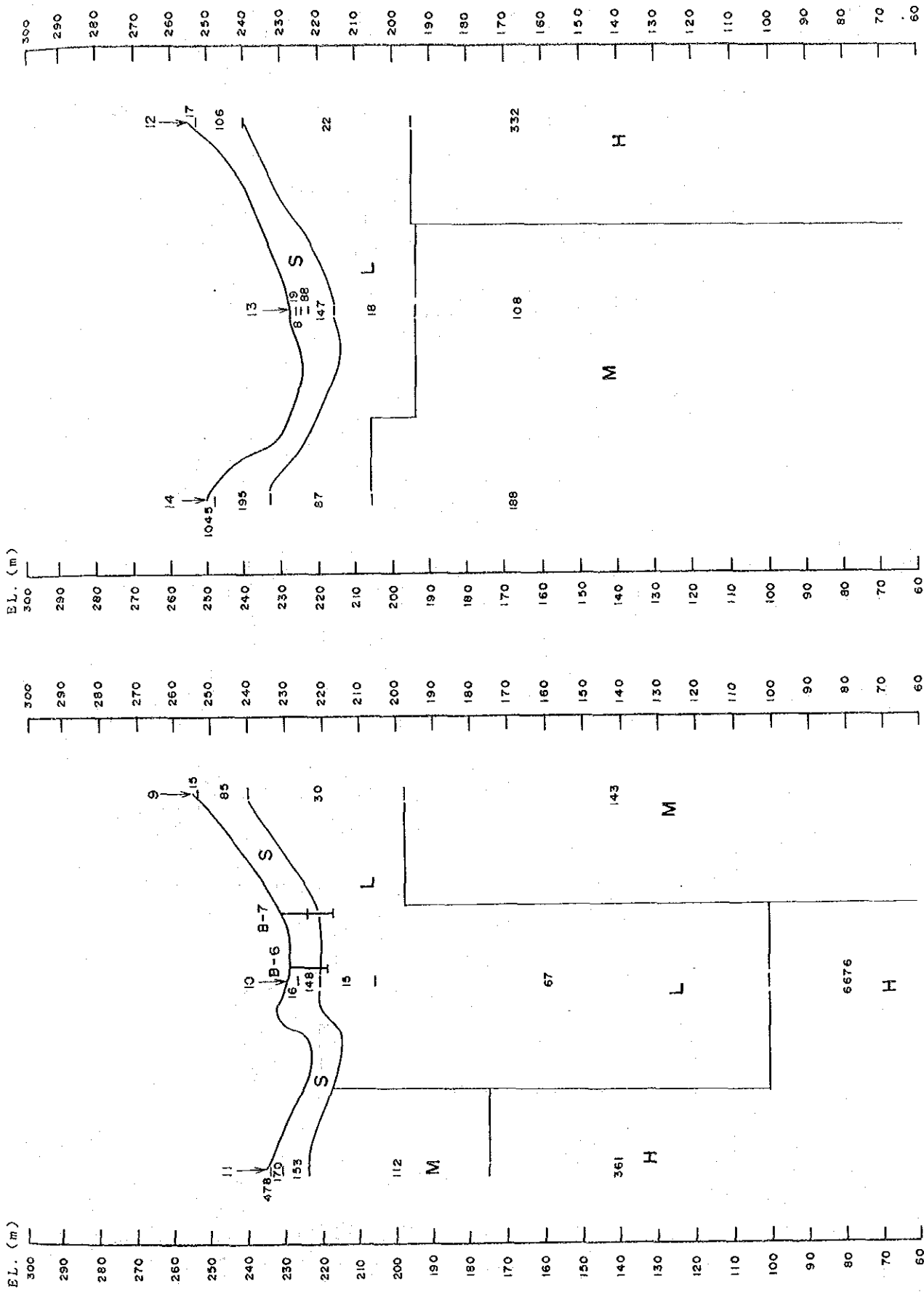


Fig. 5-3-2 Resistivity Cross Section (3)

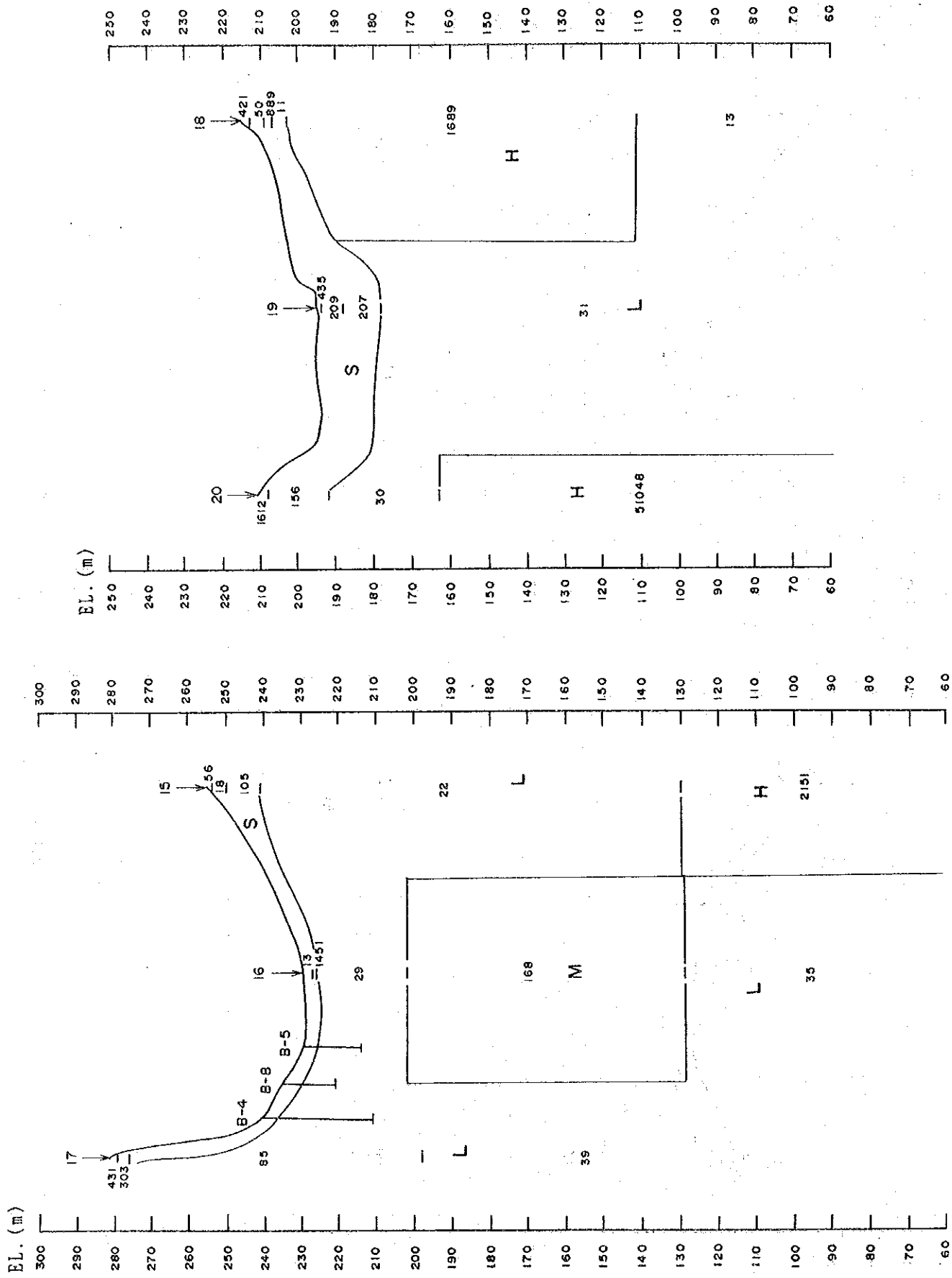


Fig. 5-3-2 Resistivity Cross Section (4)

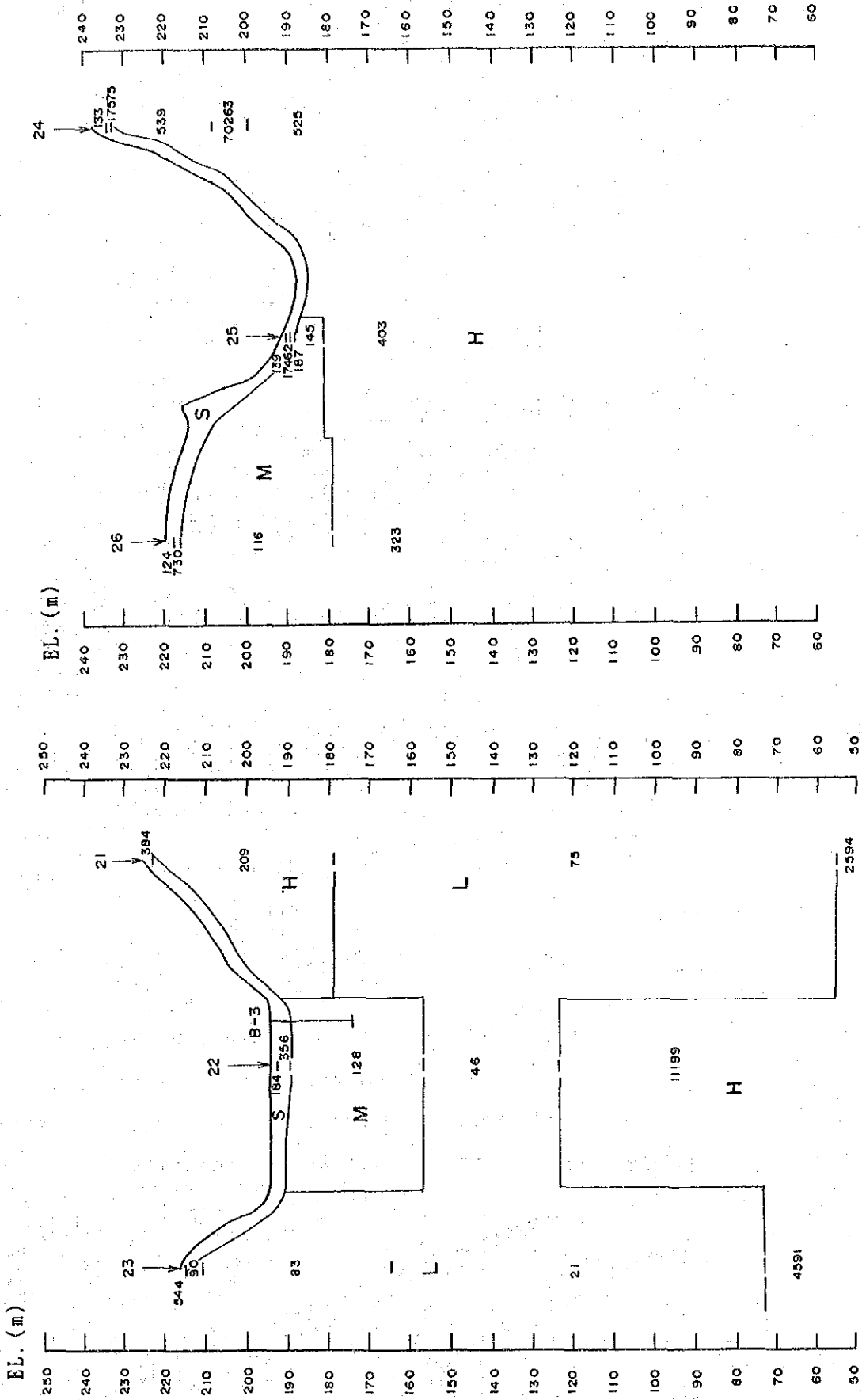


Fig. 5-3-2 Resistivity Cross Section (5)



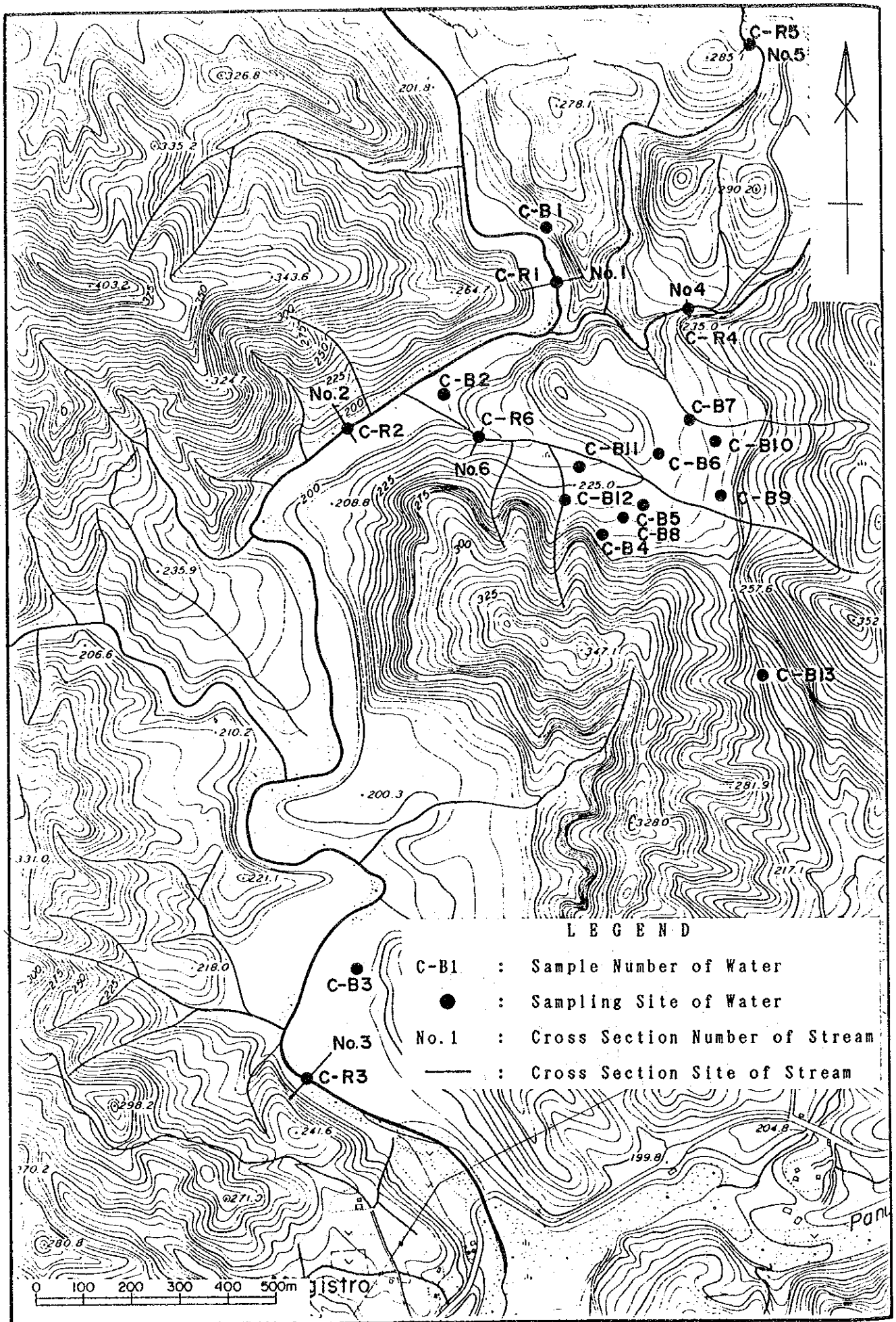


Fig. 5-4-1 Location Map of Flow Rate Measurement and Chemical Analysis of Water