

る。

5.2.2 動水位

水井戸の揚水試験データが少ないので動水位を知ることができるのは10%位であると思われる。一部の井戸についてしらべた結果は表-7のとおりである。

5.3 水質

雨水・地表水に含まれる溶解鉱物質は元来微量なものであり、これが地下に浸透し、流動する過程において酸化還元、溶解あるいはイオン交換などの化学作用を受け、変質し増量して行く。すなわち、地下水の水質は補給源、流動経路により異なると共に流動経路時間も反映していると見て差支えないであろう。

今回の電気探査時には付近の水井戸の電導度を測定して歩いた。また水井戸資料及び地質図説明書から、それらのデータを図面にまとめれば図-10のとおりである。

これらの結果から次のような特長を持っている。

- ① 一般に溶解鉱物成分が多い。650 $\mu\text{v}/\text{cm}$ と少ないものもあるが、1000 $\mu\text{v}/\text{cm}$ 前後を示すのが普通である。これは、本地域の雨量の少ないのを反映しているためであろう。
- ② 集水域の上流は少な目であるが、下流に行くに従って増加してゆく。これは一般の傾向と同一である。
- ③ 付近にはMagadi湖・Amboseli湖などの塩水湖が存在するが、その近くでは急に成分が増大する。これは湖沼の蒸発による塩分増大の影響をうけている。

図-11は今回の調査で収集した資料であるが、ケニア全土の中央部から西部にかけて少な目になっているが、降雨量と相関していることを表わしている。

表-8はKajiado Districtの水井戸の一部の水質成分を示したものである。

全体に溶解鉱物成分が多いが、沸素(F)を除いてWHOの2級飲料水基準に適合している。(日本の水質基準からはTDS, Chloride, Fluoride, Iron, で超えるものが多い。)

表-8 水井戸の水質

Table-8 WATER QUALITY
(expressed in mg/litre)

	C155	C587	C1387	C1391	C1427	C2587	C3520	C3942	C4258	C811	C1390	C1713	C4002	C4004
Turbidity (J T U)	None	-	Slight	NIL	NIL	NIL	-	-	.75	-	NIL	Turbid	-	-
pH	7.1	7.1	7.5	7.1	7.1	7.3	-	7.2	8.2	7.9	7.1	8.7	9.8	8.4
Conductivity (unhos/cm)	-	-	-	-	-	-	-	840	1275	-	-	-	1850	1080
Colour (H U)	clear	-	clear	-	clear	-	-	-	5	-	NIL	Faint	-	<5
T D S 130°C	845	470	678	1240	1147	1890	-	585	-	684	810	1800	1210	730
T D S after ignition	-	-	-	-	-	-	-	375	-	-	-	-	1120	440
Carbonate hardness (CaCO ₃)	380	371	189	422	422	394	-	330	-	-	189	-	2	152
Non-carbonate hardness	36	125	NIL	268	114	95	-	NIL	-	-	-	-	NIL	NIL
Total hardness	16	496	147	690	536	489	192	330	260	142	189	-	2	152
Total alkalinity	386	389	364	422	422	394	-	-	477	387	363	1805	427	460
Bicarbonate	386	389	364	422	422	394	296	515	-	387	363	1005	249	412
Carbonate	-	-	-	-	-	-	-	NIL	-	NIL	NIL	NIL	178	43
Chloride	202	20	85	281	324	251	17	38	173	113	139	228	175	84
Sulphate	Tr	Tr	38	20	20	25	5	35	-	32	20	192	101	43
Nitrate	Tr	Tr	Tr	-	Tr	NIL	1.0	7.5	-	present	-	Tr	NIL	3.8
Nitrite	NIL	Tr	Tr	-	NIL	NIL	-	<0.01	-	Tr	-	NIL	NIL	0.04
Fluoride	2.2	-	3.4	-	2.2	0.9	1.4	1.7	1.9	-	-	3.1	0.6	4.2
Sodium	-	-	-	-	-	-	44	72	-	-	-	-	360	195
Potassium	-	-	-	-	-	-	5	14	-	-	-	-	16	20
Calcium	102	70	50	184	139	133	49	82	-	34	102	-	0.8	32
Magnesium	39	62	5.5	56	46	38	17	30	-	14	37	-	NIL	17
Iron	1.5	-	0.2	1.8	0.3	0.6	0.2	0.2	-	0.07	0.12	0.06	-	NIL
Manganese	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	NIL
Heavy Metals (Pb, Zn, Cu)	-	-	-	-	-	-	-	1.0	-	-	-	-	NIL	NIL
SfO ₂	72	-	47	26	70	60	55	70	-	24	60	13	20	-
O ₂ absorbed	-	-	-	-	-	-	-	0.4	-	Tr	-	-	0.1	-
CO ₂	-	Tr	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-

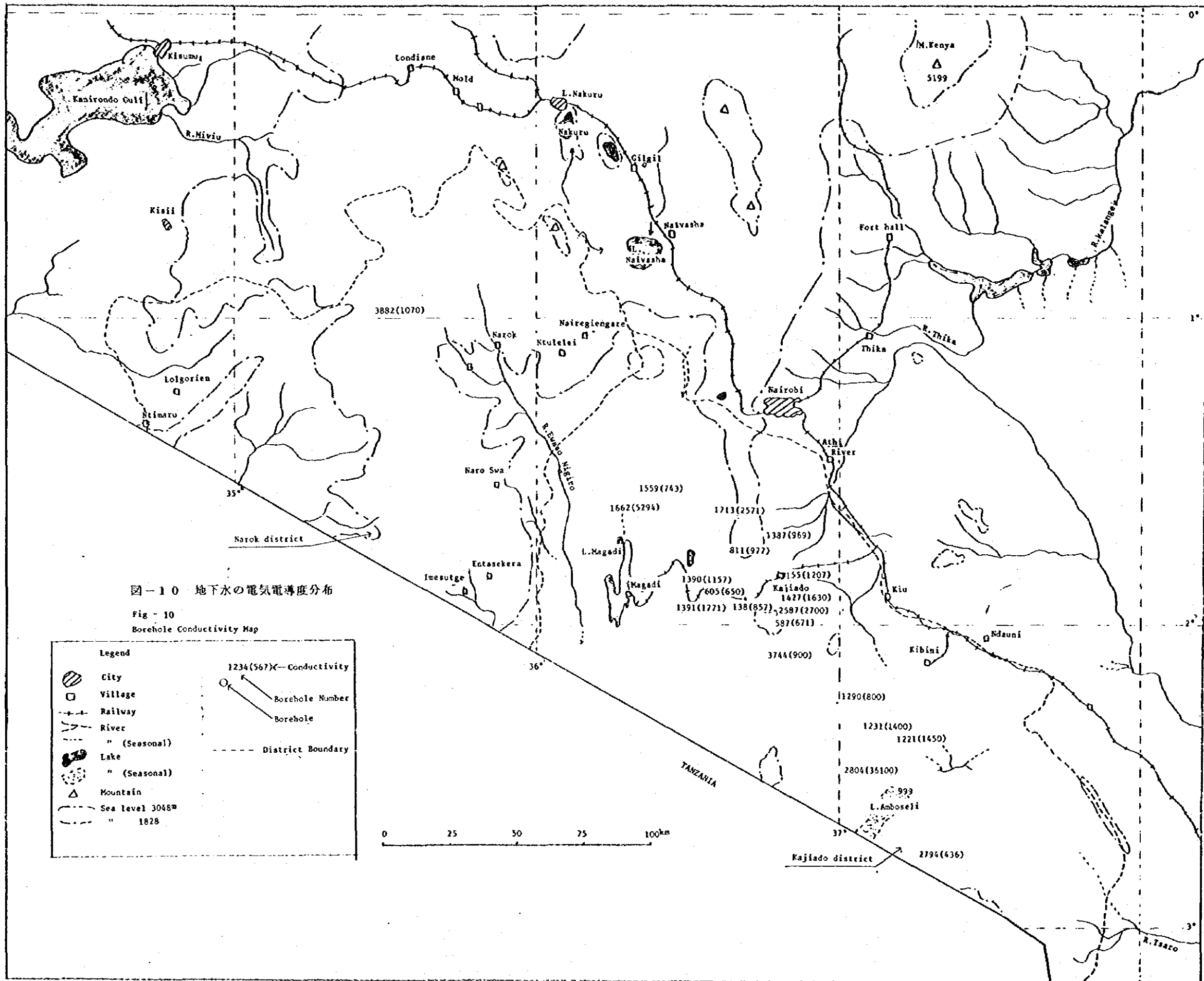
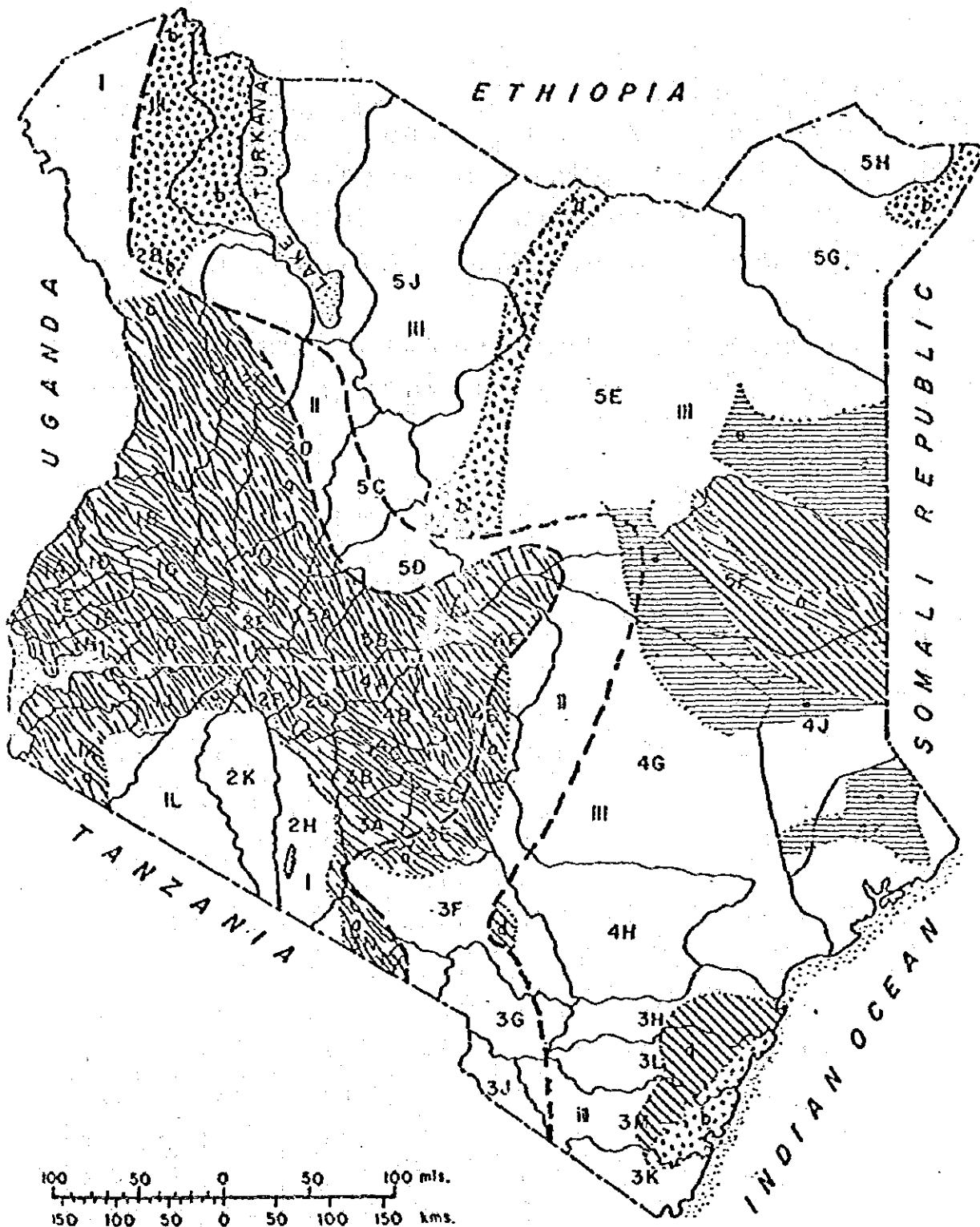


図-10 地下水の電気電導度分布

Fig - 10
Borehole Conductivity Map



TOTAL DISSOLVED SOLIDS

- a = 0 - 1500 mg/l.
- b = 1500 - 3000 "
- d = 5000 - 10000 "
- e = 10000 "

Fig-11 MAJOR PATTERNS OF GROUND WATER CHEMISTRY

5.4 水理定数

帯水層は、それを構成する地層の粒径・粒子構成・固結度などの相違により、透水係数等の水理定数を異にする。透水係数とは、地下の空隙を流れる水の通り易さの度合をあらわし、透水量係数はそれに層厚を乗じ帯水層の大きさをあらわしている。

帯水層の評価は、この帯水層固有の性質である透水性により決まる。

今回の調査地には既存の水井戸が多数存在するが、まだ水理定数を求める所まで至っていない。しかし一部の井戸の動水位データなどから、仮定を入れておよその水理定数を求めることを試みた。

表. 9 水理定数算出表

項目 井戸名	深度 m	地層別	静水位 m	動水位 m	揚水量 m ³ /d	比湧出量 m ³ /d/m	透水量係数 m ³ /d/m	透水係数 cm/sec
C3747	85.9	Base	6.40	80.50	216	2.9	3.5	4.1×10^{-4}
4004	152.5	N.S	6.95	73.76	280	4.2	5.1	5.9×10^{-4}
4022	152.0	"	8.36	27.60	190	9.9	1.21	1.4×10^{-3}
4002	132.5	"	2.51	96.47	112	1.2	1.5	1.7×10^{-4}
3190	135.0	"	39.30	61.00	280	12.9	1.57	1.8×10^{-3}
3997	214.0	"	33.50	37.80	1092	254	310	3.6×10^{-2}
3580	108.5	Base	32.90	33.30	350	875	1068	1.2×10^{-1}
3339	106.0	"	33.80	73.20	192	4.9	6.0	6.9×10^{-4}
3578	152.7	"	41.10	77.40	25	0.7	0.9	1.0×10^{-4}
3579	141.7	"	44.50	118.00	44	0.6	0.7	8.1×10^{-5}
3311	62.0	"	35.00	45.10	271	26.8	32.7	3.8×10^{-3}
3839	100.5	"	40.50	74.70	245	7.2	8.8	1.0×10^{-3}
3688	91.4	"	37.50	87.20	94	1.9	2.3	2.7×10^{-4}
3748	77.4	"	31.00	40.00	278	30.9	37.7	4.4×10^{-3}
2839	27.4	"	8.23	9.50	436	343	418	4.8×10^{-2}
3045	24.4	"	10.66	11.90	242	195	238	2.8×10^{-2}
3757	106.7	"	39.30	99.00	108	1.8	2.2	2.5×10^{-4}
3836	114.3	"	30.40	35.90	262	47.6	58	6.7×10^{-3}
3826	109.7	"	32.00	33.70	262	154	188	2.2×10^{-2}
3816	100.5	"	34.00	35.10	252	229	279	3.2×10^{-2}

項目 井戸名	深度 m	地層別	静水位 m	動水位 m	揚水量 m ³ /d	比湧出量 m ³ /d/m	透水量係数 m ³ /d/m	透水係数 cm/sec
C3532	121.9	Base	45.08	101.20	44	0.8	1.0	1.2×10^{-4}
3835	114.3	"	30.40	99.50	262	3.8	4.6	5.3×10^{-4}
3392	122.0	"	21.30	117.96	12	0.1	0.1	1.2×10^{-5}
3742	89.9	"	28.00	84.00	178	3.2	3.9	4.5×10^{-4}
3743	155.4	"	14.00	147.20	94	0.7	0.9	1.0×10^{-4}
3337	138.0	"	61.80	110.90	119	2.4	2.9	3.4×10^{-4}
3553	91.5	N.S	59.10	62.90	194	51.1	62.3	7.2×10^{-3}

(注) : ① 帯水層厚はデータがないので10mと仮定する。

② 透水量係数は $T = 1.22 Sc$ (Sc : 比湧出量) の実験式より求めた。

③ Base : Basement Rock , N.S : New Sediment Rock

をあらわす。

表9の定数は、仮定を設けて算出したもので、不充分であるが、本地域の地下水を考慮する場合に一つの目安を與えるものである。これらの特長を列記すれば、次のとおりである。

- ① 比湧出量の1桁台が27件中16件(60%)をしめ、水量の少ない零細井戸の多いことを示している。一方で3桁台の良好な井戸が6件もあり、普通の2桁台と共にあとの40%をしめている。
- ② 透水係数は一般に $1 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ を帯水層と難帯水層の区切点にしているが、上例ではその前後をしめすのが、27件中14件(52%)あり、良好な帯水層の少ないことをあらわしている。反面において $1 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 以上の良好な帯水層が6件もある。
- ③ 動水位は一般に深く、7.5mを超えるのが12件も存在している。

図1.2は今回の調査で収集した資料であるが、ケニア全土の揚水量の分布を、およそ知ることができる。本調査地域が $60 \sim 120 \text{ l/m}^2$ の中間の所にあることを示しており一般に降雨量とかなり相関関係にあることをあらわしているように思われる。

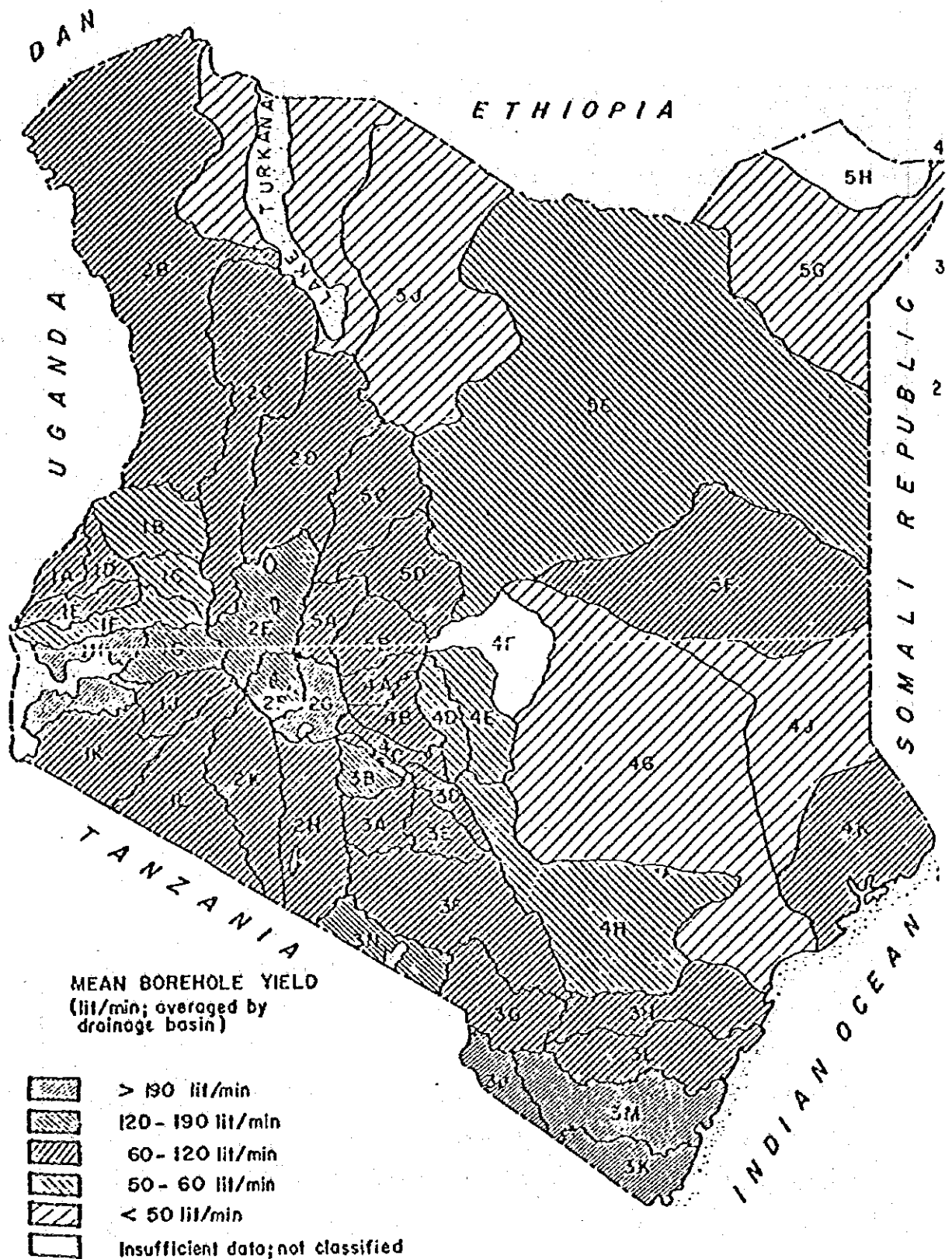


Fig-12 DISTRIBUTION OF MEAN BOREHOLE YIELDS

6. 電気探査調査

6.1 調査の方法

地質を調査するのに最も正確な方法はボーリング調査であるが調査が大がかりであり、費用も大きくなりまた数多く行うという事は困難である。ボーリング前に予め地中の大略の様子を知り得たならば、少数にして有効なボーリングを実施でき、時間的、経済的効果をあげることができる。

電気探査法は地下水探査の1方法として一般的に用いられている方法である。地層中の帯水層と不透水層の比抵抗値にかなりの差があるという普遍的事実と探査の対象の多くが成層構造を有するという理由から、電気探査法の中で最も一般的に使用されているのが、比抵抗法と言われるものであり、土地の比抵抗を測定しこの量を介して地下の様子を推定するものである。地層の比抵抗は一般に次の要素で左右される。

1. 地層の鉱物組成
2. 鉱物の結晶度
3. 地層の構成物質の固結度
4. 地層の間隙率
5. 地層中の水の量と比抵抗値

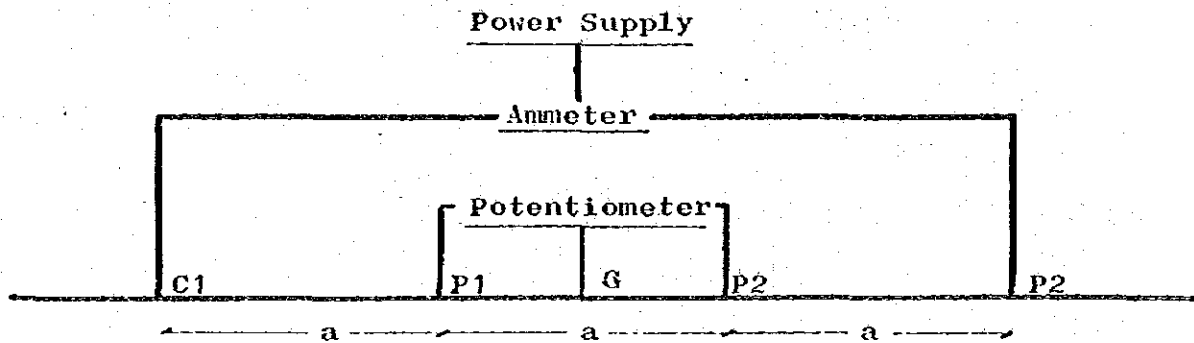
電気探査は横河電気製モデル 3244 と応用地質製 ES-G2 の大、小 2 機の電気探査機を用いて行なった。

電極配置は、次に示す如く Wenner と Schlumberger の 4 電極法を採用した。

1. Wenner's Method (ウエナー法)

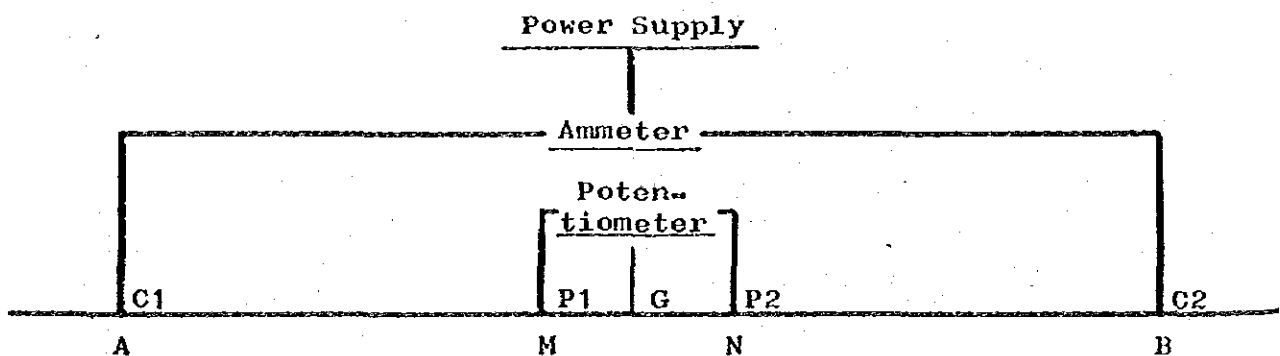
P1, P2 : Potential Electrode

C1, C2 : Current Electrode



$$\text{Apparent Resistivity}(\rho) = 2\pi \times \frac{\text{Potential difference}(V)}{\text{Total current}(I)} \times \text{Electrode spacing}(a)$$

2. Schlumberger's Method (シュランベルジャー法)



$$\text{Apparent Resistivity}(\rho) = K^* \times \frac{V}{I}$$

$$*: K = \frac{\pi}{4} \times \frac{AB^2 - MN^2}{MN}$$

6.2 解析結果

団結していない地層の比抵抗は、その水理地質的性質を反映する。団結していない地層は、第四紀・第三紀層などの新らしい時代の堆積層のほか、風化帯・崖錐堆積物・構造的割目などが含まれる。

それら新らしい地層の比抵抗は、その孔隙率とその中に含まれる水の水質により大きく影響をうける。

層比抵抗と孔隙率の関係については、地層水比抵抗を R_w としたとき、100%水で飽和された地層の比抵抗 R_o は次の経験式で示される。

$$R_o = R_w F \quad \text{ただし} \quad F = \frac{a}{\phi^m}$$

a, m : 定数

図-13 電気探査位置概要図 (a)

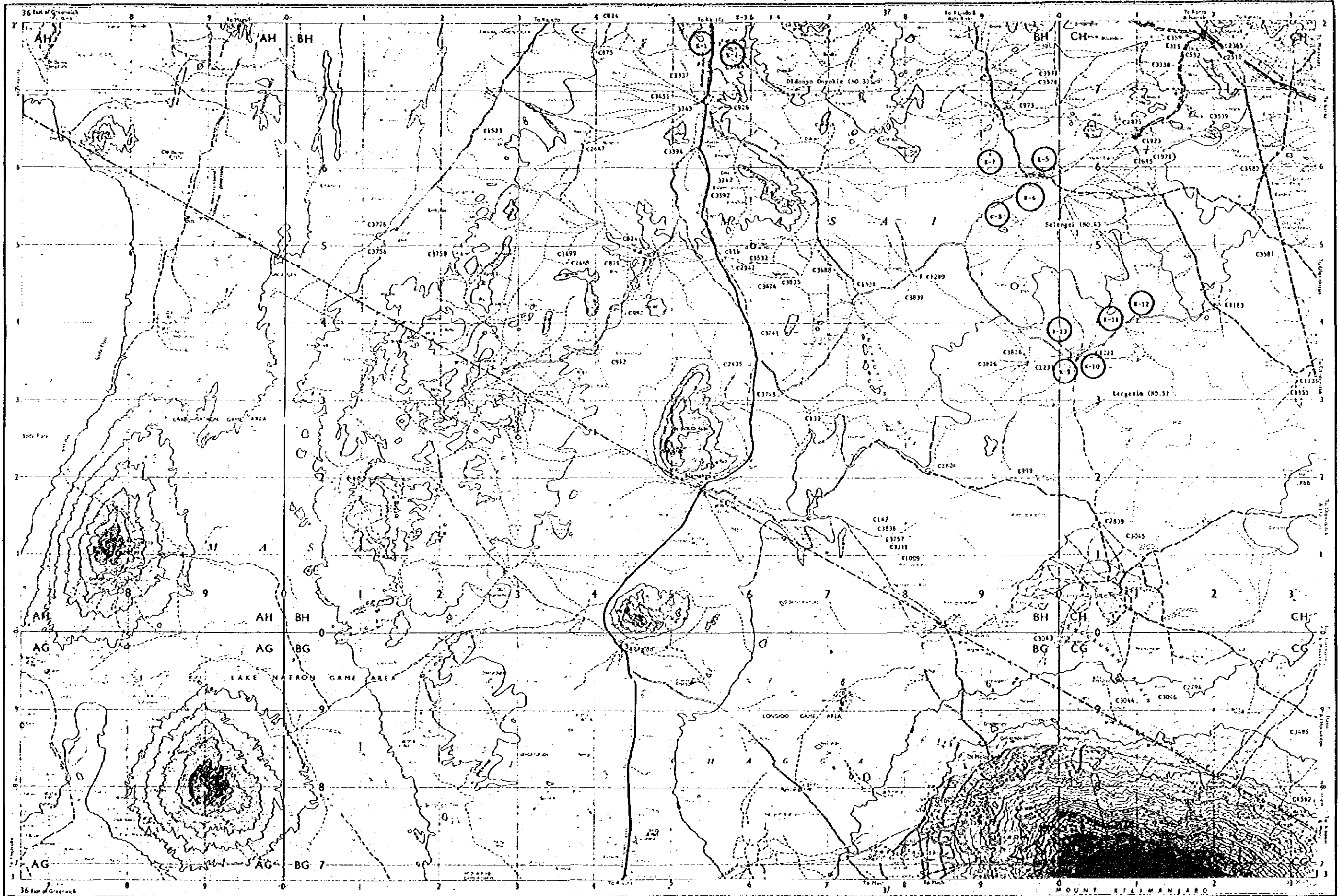
Fig-13 Geoelectrical Survey Sit map (a)

AMBOSELI (Kajiado District)

Series Y503 Sheet SA-37-9 Edition 3-5K

EAST AFRICA 1:250,000

UTH GRID



NAIROBI

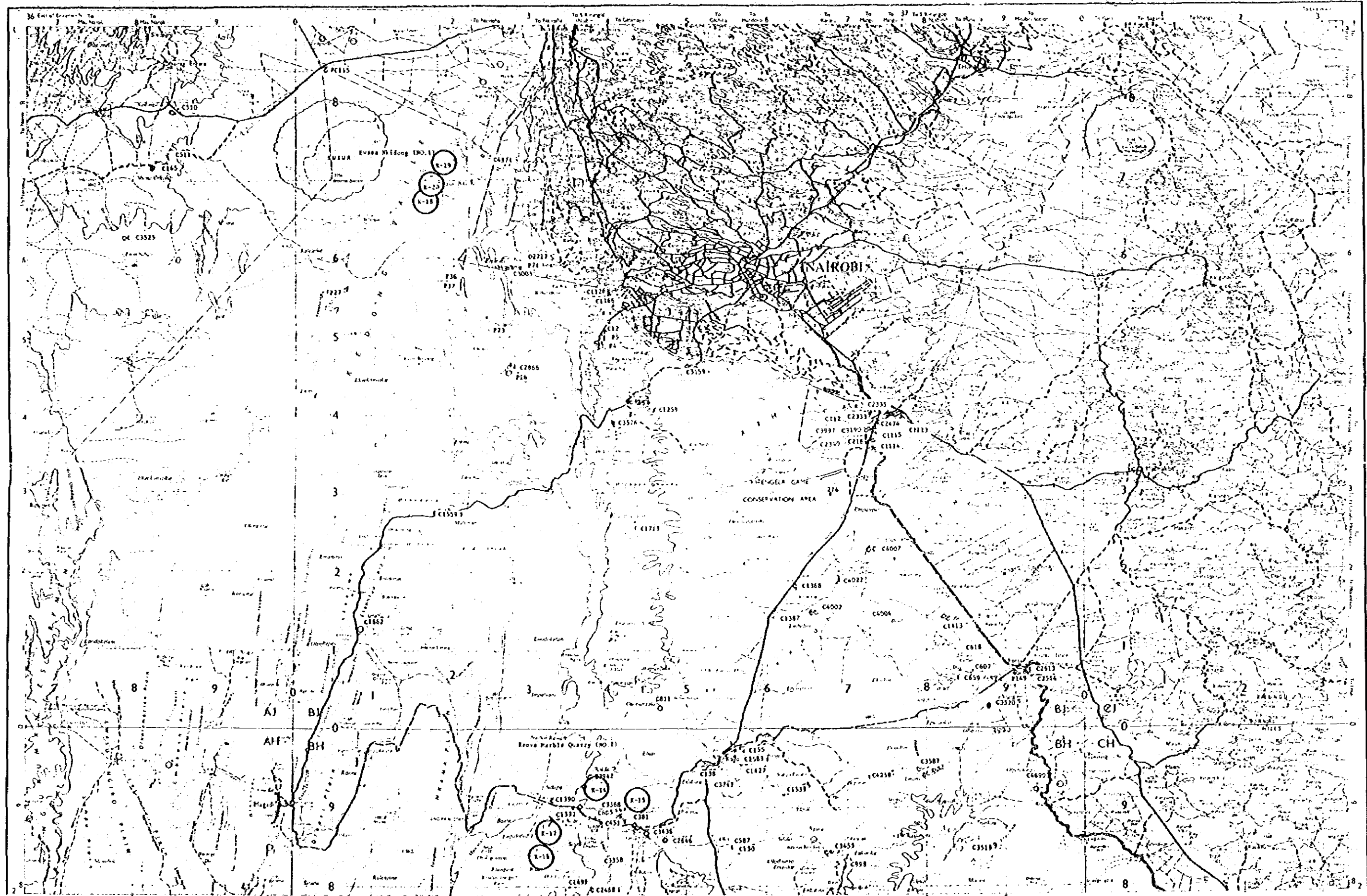


図-13 電気探査位置概要図 (c)

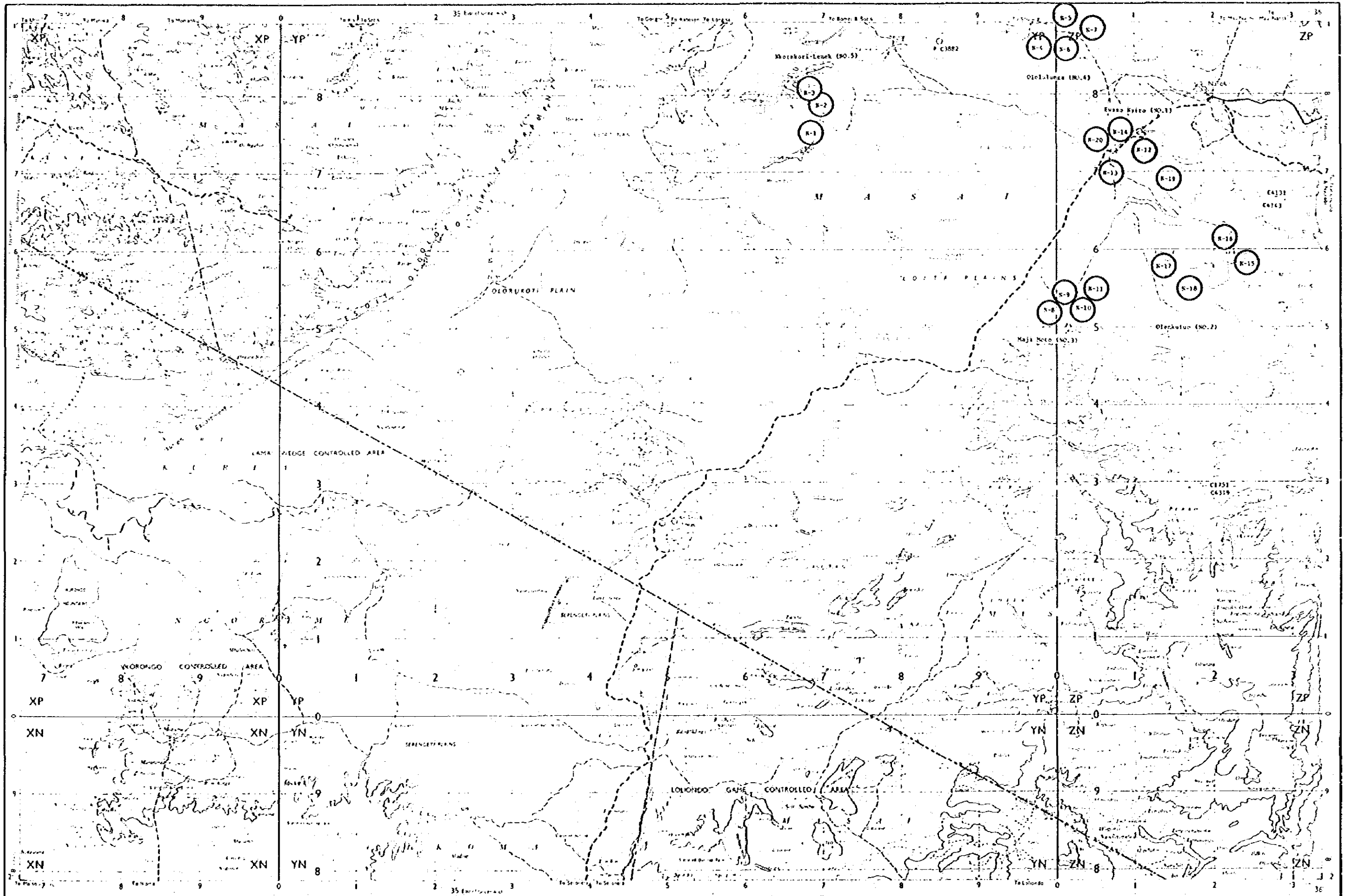
Fig-13 Geoelectrical Survey Site Map (c)

EAST AFRICA 1:250,000

UTM GRID

NAROK

Series Y503 Sheet SA-36-B Edition 45K



ここでFは地層係数といわれるもので、孔隙率 ϕ の関数である。

これらは、地層の比抵抗はその水質に比例し、孔隙率に反比例することを表わしている。含有される水の水質を一定とすれば、粘土は孔隙率が大きいので比抵抗は小さくなり、砂礫層は孔隙率が小さくなり比抵抗は大きくなる。

地下水は砂礫分の多い地層を流動するので、比抵抗の大きい所が帯水層となり、比抵抗の小さい所は難透水層と識別される。

地下水調査の場合、経験的にFが4~6の範囲が帯水層として最適とされている。仮りにそれより低くても、1~10の範囲であれば地下水が存在すると想定されうる。

このほかの固結した岩石では、一般に硬質になれば比抵抗は増大する。

今回、各サイトの電気探査実施のほかに、付近の水井戸または河川のサンプリングによる電導度測定を行った。また近くの水井戸の地質資料収集に徹底し、解析の確率を高めることにつとめた。

各電気探査サイトの解析結果は次のとおりである。

(Kajiado 県)

○ Oldonyo Onyokie (K3 サイト)

付近は Pre-Cambrian の basement Rock 分布地域で、岩質は gneiss (片麻岩)・schist (片岩)より主として構成されている。表層は風化されているため、新鮮な岩石を見ることは少ない。川底にときどき露頭が見られる。露頭に見る岩石はかなり風化されているけれども、その岩質は片岩・石英岩などかなり硬質である。

地下水は風化帯の深い所を流動していると見られる。

近くのポーアホール(C-3744)水の電導度 $900 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($11 \Omega\text{-m}$) により、付近の帯水層として最適の比抵抗は $40\sim 70 \Omega\text{-m}$ と想定される。次いでの可能性は $10\sim 110 \Omega\text{-m}$ の比抵抗を持つ地層に求められる。

これらより各地点の結果を考察すれば、次のとおりである。(図-15 参照)

K-1 地点 深度 19 m まで風化層であり、それ以深は多少風化をうけた硬質岩となる。最適の帯水層はなく、地表面に近い 19 m 以浅に多少の滲透性を持っているが、高い位置にあるため雨期を除いて流動していないと見られる。

K-2 地点 川とポーアホール(C3744)に近い所で行なったものであるが、この地点も最適の帯水層は見当たらない。22~35 m, 15~23 m, 43~64 m に多少透

水性を持った地層が存在すると推定される。

ポーアホールはこれらの層からの地下水をとっていると思われる。

K-3 地点 上流の川のそばで行なったものであるが、2~13 mの浅部に透水性の地層があり伏流水が流動している。それ以深は多少風化を受けた硬質岩となっている。浅部の伏流水以外に大きく期待できないと考えられる。

K-4 地点 川の向い側の平地で実施したものであるが、全般に風化の程度が少なく、34~70 mに多少透水性の地層が存在するも、場所が多少高い位置にあるため乾期には地下水は流動していないと推定される。

これら4地点の結果から良好な地層は見当らなかつたが、それに次ぐものとしてK-2地点がよく、次いでK-3地点と思われる。K-1地点、K-4地点は期待できない。

従って期待できる区域は川から500 m以内の範囲に限られるが、既存のポーアホール(C3744)の結果からも多量の地下水は望めないであろう。

○ Selengei (No.4 サイト)

近くのセレンゲ川(Selengei)の乾し上った川底にはPre-Cambrianのベースが露出している。それらは主として、片岩(Schist)よりなっている。その上部を、川を挟んで東部では第四紀の火山灰で、西部では赤色土壌で広く覆われている。

このサイトから15 Km離れた所のポーアホール(C1290 深度96 m)のデータでは、途中でやや新鮮な岩石を挟むが、0~96 mまで基盤岩(Basement Rock)の多少の風化を受けていること示している。その井戸のサンプルの電導度は $800 \mu\text{S}/\text{cm}$ ($13\Omega\text{-m}$)であった。これより付近の最適の帯水層は比抵抗は $50\sim 80\Omega\text{-m}$ 間にあると推定され、次いで良好と思われるのは $10\sim 130\Omega\text{-m}$ と想定される。これらより各地点の結果を考察すれば次のとおりである(図-16断面図参照)。

K-5 地点 0~15 mまで火山灰層、それ以深はかなり風化された基盤岩を表わしている。比抵抗 $8, 83\Omega\text{-m}$ からみて、かなり良好な帯水層が存在すると推定される。

K-6 地点 20~76 m間に多少風化をうけた地層が存在するが、全体にみて比抵抗大きく帯水層の存在は薄いと推定される。

K-7 地点 2.2~4.4 mと31~50 mに透水性の持った地層が存在すると思われる。しかし深度が浅いので、渇水期には渇れる恐れがある。

K-8 地点 2.2~6.3 mの浅部に多少透水性を持った地層は存在するも、それ以深は風化の度合が少なく、帯水層の期待はうすいと考えられる。

これら4地点の結果から、最適の帯水層は見当らないが、それに次ぐものとしてK-5地点付近が良好と思われる。本サイト付近で水井戸掘削するとすれば、K-5地点に求めるべ

きであろう。

本サイト付近の傾向として Selengei 川の東部に向かう程、若い地層が存在するので良好になると推定される。また西部では K-7 地点からみられるように、更に西方に向かう程平地部の中心に向かい良好になると考えられる。

○ Lengism (K5 サイト)

沖積低地は灰色砂質粘土に覆われ、台地状の少し高台には赤色粘土が発達する。高台には所々に石英岩・片岩の断片が存在する所が多い所から、地下浅部に Pre-Cambrian の basement に達すると予想される。

近くの C-1221 ボーアホールの地質柱状図 (Section of Borehole) によれば、0~25 m 沖積層、それ以深は基盤岩の片麻岩 (Gneiss) が分布するようになる。このボーアホールの水のサンプルの電導度は $1450 \mu\text{U}/\text{cm}$ ($6.9 \Omega\text{-m}$) により、付近の良好と思われる帯水層の比抵抗は $30\sim 40 \Omega\text{-m}$ と予想される。次いで帯水層の可能性は $7\sim 70 \Omega\text{-m}$ の地層に求められると考えられる。

これより各地点の結果を考察すれば、次のとおりである。(図・17 参照)

K-9 地点 C-1221 ボーアホール近くで実施したものであるが、23 m 付近まで沖積層が続き、以深は徐々に比抵抗を増し、基盤岩に相当する。

17~23 m 間に良好と思われる帯水層は存在するが、それ以外は期待できない。従って浅部を流動する伏流水の性質を持っていると考えられる。

K-10 地点 沖積低地で行なったものであるが、全体に比抵抗低く、深部まで風化帯が存在するようである。K-9 地点と同様に浅部 31~42 m 間に良好層が存在するようである。このほかでは、深部がかなり比抵抗が低いので透水性が期待できそうである。

K-11 地点 低地と高台との中間で行なったものであるが、全体に高比抵抗で期待できない。26~52 m 間が $90 \Omega\text{-m}$ と低く、多少の透水性が期待できる程度である。

K-12 地点 低地と高台の境付近で実施したものであるが、非常に綺麗な曲線を描いている。

15~40 m 間に多少良好と思われる帯水層が存在し期待できそうである。これも伏流水的性格を持っていると考えられる。しかし深部は硬質になり、期待できそうもない。

K-13 地点 高台の中腹で実施したものであるが、19~22 m 間に薄層であるが、多少期待できる地層がある。その深部 22~83 m 間に多少透水性があるかも知れない。

これらの結果から、本サイト付近での最良地点 K-10 地点であると思われる。これに次

いでK-12地点が良好と思われ、これらの地点付近で水井戸を掘削し、水量・水質を試験すべきであろう。

○ Kenya Marble Quazzy (No.2サイト)

調査地はKajiadoとMagadiの中間のToroka川に沿った谷部に位置する。その谷の幅は約1Km位で、その表面は平坦な段丘地形を示している。

付近はリフトバレーに近いが、まだPre-CambrianのBasement Rockが分布する地域で、谷部に沿って水井戸が多く掘られている。これらは段丘堆積物やBasement風化層を流動する地下水を揚水しているものと推定された。その一つの水井戸C605の水の電導度は $650\mu\text{U}/\text{cm}$ ($15.4\Omega\text{-m}$)であった。

従って、付近の地層の比抵抗が $62\sim 92\Omega\text{-m}$ あれば、良好な帯水層の可能性をもち、 $15\sim 154\Omega\text{-m}$ の範囲にあれば、それに次ぐものと想定される。これより各地点の結果を検討すれば次のとおりである。(図・18断面図参照)

K-14地点 C650水井戸の近くで測定したものであるが、70mまで段丘堆積物の砂層が発達する。それ以深は基盤岩(Basement Rock)に逢着する。地下水はその境界付近の砂層を流動していると考えられる。

K-15地点 K-14地点より2.5Km上流であるが、段丘堆積物が20m位になり薄くなる。それ以深は硬質の基盤岩に逢着するようで、帯水層の期待は少ない。

K-16地点 谷部を出た所に位置するが、比抵抗から見て粘土層が厚く堆積しているようである。85m以深の風化層に期待がもたれる。

K-17地点 K-16地点と同様の所に位置するが、56m以深まで基盤岩の風化層に逢着するようである。

以上の結果であるが、付近で多数の水井戸が掘られているが、Toroka川から離れた所ではあまり成功していない。水位が深くなることも考えられ、掘削深度を200m以上に深くして試掘すべきであろう。掘削地点は平地部のToroka川に近い所に選定すべきであろう。

○ Ewaso Kidong (No.1サイト)

本サイトはリフトバレー地内Susua火山の山麓に位置し、近くをEwaso Kedong川が流れる。付近は、溶岩流出による起伏のある特長ある地形を呈する。

本サイトから5Km位離れた所で、水井戸C4971の300m掘削したが成功しなかった。近くに水井戸がないので、Ewaso Kedong川の電導度を測定したら、 $250\mu\text{U}/\text{cm}$ ($40\Omega\text{-m}$)であった。

従って本サイト付近の最適の帯水層の比抵抗は $160\sim 240\Omega\text{-m}$ にあり、それに次ぐものとして $40\sim 400\Omega\text{-m}$ にあると想定される。各測定地点の結果は次のとおりである。(図・

19断面図参照)

K-18地点 47 m位までは主として火山砂礫, 47~60 mは熔岩, それ以深はそれらの互層になると推定される。これらは比抵抗値から見て透水性である。地下水の受盤が深いと推定される。

K-19地点 K-18と同様に78 m位までは火山砂礫。78~83 m熔岩, それ以深では凝灰岩・熔岩の互層になると推定される。これらは透水性があり付近の水位を低いものと推定される。

K-20地点 K-18と同様の地質状況を示すものと考えられる。

これらの結果をまとめれば, 付近は透水性の火山噴出物が厚く堆積しており, 雨水は地表面から深くまで滲透し, 地下深部を多量に流動していると推定される。

本地区からMt. Susua北部にかけて水位は低いかも知れないが容量の大きい地下水盆の期待される所である。

K-19地点付近で400 m位の水井戸探掘をすすめたい。

(Narok 県)

○ Nkorokori-Lemek (Ⅴ5 サイト)

付近にはPre-Cambrian の丘陵地が点在し, その間の傾斜のゆるやかな谷間にある。近くで最近水井戸 (C4442) が掘られ, その電導度は $750 \mu\text{U}/\text{cm}$ ($133 \Omega\text{-m}$)であった (資料による)。帯水層は沖積層と風化帯にあるとみられ, その最適の比抵抗は $53\sim 80 \Omega\text{-m}$, それに次ぐものとして $13\sim 130 \Omega\text{-m}$ 間にあると想定される。各地点の結果は次のとおりである。(図. 20断面図参照)

N-1地点 丘陵地山麓にあり, 粘土の硬岩の互層である。

N-2地点 N-1と同じく粘土と硬岩の互層で, 帯水層として適当な地層がないようである。

N-3地点 上部は火山性粘土層に覆われるが, 50 m以深に粗粒の風化帯が発達しているようである。

これらを総合してN-3から Lemek川にかけて良好な帯水層が発達していると推定される。

○ Ololunga (Ⅴ4 サイト)

付近はEwaso Ng'iro 川上流にあり, 北方Mau火山のローム層が厚く堆積している平原にある。下部はPre-Cambrianに達するようになる。15 km離れた所にあり水井戸 (C3882) があり, その電導度は $1070 \mu\text{U}/\text{cm}$ ($9.3 \Omega\text{-m}$)であった (資料による)。よって帯水層としての最適の比抵抗は $37\sim 56 \Omega\text{-m}$, それに次ぐものとして $9\sim 93 \Omega\text{-m}$ にあると想定される。

4地点の解析結果は図・21断面図のとおりであるが、全体に一樣な傾向を示している。即ち上面より20m位ローム質粘土が分布する。その下部60m位までは粗粒風化帯が発達する。そして60m以深に入れば、西方のN-4, N-5地点では硬質になり、東方のN-6, N-7地点では粘土質になっていると考えられる。

帯水層は一樣に60m以浅に発達しているようであるが、特にN-5, N-7地点が良好と思われる。それ以深も多少、透水性を持っているので、150m位掘削で良好な水井戸が得られると推定される。

○ Maji Moto (No.3サイト)

本サイトはLoita丘陵地の北麓にあり、近くに温泉(55~60°C, 約200ℓ/min)が湧出している。これも1km先まで流れて平原に伏設している。丘陵地の一部には、Pre-Cambrianの新鮮な露頭(主として硅岩)がみられる。

温泉の電導度は550 $\mu\text{V}/\text{cm}$ (18.2 $\Omega\text{-m}$)あったので、付近の帯水層の最適の比抵抗は73~109 $\Omega\text{-m}$, それに次ぐものとして18~182 $\Omega\text{-m}$ にあると想定される。

電気探査4地点の解析結果は図・22断面図のとおりであるが、丘陵地に近いN-8地点で下部に高比抵抗がみられるが、それから離れて平原に向かひに従ひ低比抵抗となっている。

帯水層としてはN-8地点でよく発達しているように思われる。この外の3地点はローム質粘土, 風化帯粘土が厚く堆積していて帯水層に適さないように推定される。

○ Ewaso Ngiro (No.1サイト)

Narok西部平原中央に位置し、近くをEwaso Ngiro川(常時流れている)が流れている。地下水を検討する場合の水の電導度は近くに水井戸がないので1000 $\mu\text{V}/\text{cm}$ (10 $\Omega\text{-m}$)と仮定した。(Ewaso Ngiro川の電導度352 $\mu\text{V}/\text{cm}$ を採用することも考慮した。しかし今まで経過から1000 $\mu\text{V}/\text{cm}$ 位を使用するのが妥当と考えられる)。

よって本サイト付近の帯水層の最適の比抵抗は40~60 $\Omega\text{-m}$, それに次ぐものとして10~100 $\Omega\text{-m}$ 間にあると想定した。

解析結果は図・23断面図のとおりであるが、これより上面に一樣にローム質粘土に覆われている。それより下部20~60mにかけてPre-Cambrianの粗粒風化帯が発達し、帯水層を形成していると推定される。更にそれより下部の70m以深になれば全体に硬質になるようであるが、上流のN-14, N-20地点では多少透水性を持つようになり深部帯水層の期待がもたれる。

下流のN-19地点は多少硬め目になり、期待度が低いように思われる。

○ Olenkutuo (No. 2 サイト)

本サイトはリフトバレーに近い所に位置し、今までと違ってかなり起伏の富んだ地形を呈するようになる。

付近の地質も第三紀層が優勢に分布するようになり、帯水層も今までの Pre-Cambrian 地域と違って地層そのものの空隙に胚胎するようになると思われる。

N-17 地点近くでは地下水が自然湧出している。その電導度は $1500 \mu\text{U}/\text{cm}$ ($6.7 \Omega\text{-m}$) であった。従って付近の最遠の帯水層の比抵抗は $27\sim 40 \Omega\text{-m}$ であり、それに次ぐものとして $7\sim 67 \Omega\text{-m}$ 間にあるものと想定される。

電気探査 4 地点の解析結果は図・24 断面図のとおりであるが、全体に比抵抗が高く、帯水層として期待されるものは見当たらない。これらは第三紀の火山噴出岩 (phonolite など) の硬質層と推定される。

若し付近で水井戸を開発するとすれば、第三紀の軟質層を探査により求めるべきである。

7. 結 論

今回、Kajiado-Narok県の水理地質基礎調査のために昭和56年11月20日から昭和57年1月28日にかけての70日間の行程で地理踏査・資料調査・電気探査(カウンターパートのトレーニングも含む)が実施された。これらの結果をまとめると次のとおりである。

- (1) 本地域の降水量はKajiado 511mm/年, Narok 939mm/年を示し, このうち地下水になり得る量を試算すれば, Kajiado 22mm/年(降水量の4.3%), Narok 118mm/年(降水量の12.6%)になり, Kajiado地域の地下水補給の厳しさを物語っている。
- (2) 付近の地質については, 全体に中央部から南部にかけてPre-Cambrian basement ROCKが広く覆い, 地域の約50%にも及ぶ。このあとは, Rift Valleyから北部に発達するTertiaryと全域に分散するQuaternaryの地層よりなっている。
- (3) 地下水はPre-Cambrian地域では風化帯に, 他のTertiaryとquaternaryの若い地層ではその空隙に胚胎し, その粗粒部を流動する。そして平地の地下に地下水盆を形成していると考えられる。
- (4) 地域内に分布する200本に近いBorehole Dataを主にした資料調査から, リフトバレーに沿った地域の静水位は100m位に低くなり, その北部は更に深くなるようである。その他の地域では50m以内の所が多い。

比湧出量の1桁台が60%を占め零細井戸の多いことを示しているが, 他方において3桁台の良井が22%もある。透水係数でも 10^{-4} cm/sec前後を示すのが52%もあり, 比湧出量と同様の傾向を示している。

動水位は一般に低く, 75mを超えるのが44%位もあった。

- (5) 電気探査は10Siteで実施したが, Pre-Cambrian地域で8件あり, そこでの帯水層は凡んど100m以内にあると推定され, 深度の余り深くないことを示している。
他はTertiary地域で, 深くまで透水性を示していると推定されたのが1件と深部まで硬質層の続いているのが1件あった。

- (6) 当初からTertiary, quaternary地層地域は有望であると考えられたが, 今回の概査で特に感じた事の1つは, リフトバレー北部でまだ帯水層に逢着していないことである。地下水盆の受盤も深いようである。深層電気探査と深部調査井掘削によって帯水層が求まると考えられる。
もう1つはNarok東部のRift Valleyに近い所で成功していないことである。これは電気探査の精査によって解決され得ると考えられる。

- (7) 今後本地域で地下水開発するに当たって次のようなことが必須と思われる。

- 電気探査の精査 これによってBorehole siteを決定する。
- 電気検層の実施 まだ実施されていないので是非必要とする。

- (8) 今回は浅層用・深層用の電気探査機2台を供与して, 現場測定と共にカウンターパート6名のトレーニングも実施した。カウンターパートはMinistry of water Developmentの優秀な青年達で呑込みも早く今後彼等だけで出来る段階にあると思われる。

図-14 Oldonyo Onyokie 付近の水理地質断面図
 Fig-14 Oldonyo Onyokie (Kajiado district) site
 Geoelectric-Resistivity Section
 (dimension: $\Omega\text{-m}$)

S { vertical = 1:2000
 horizontal = 1:40000

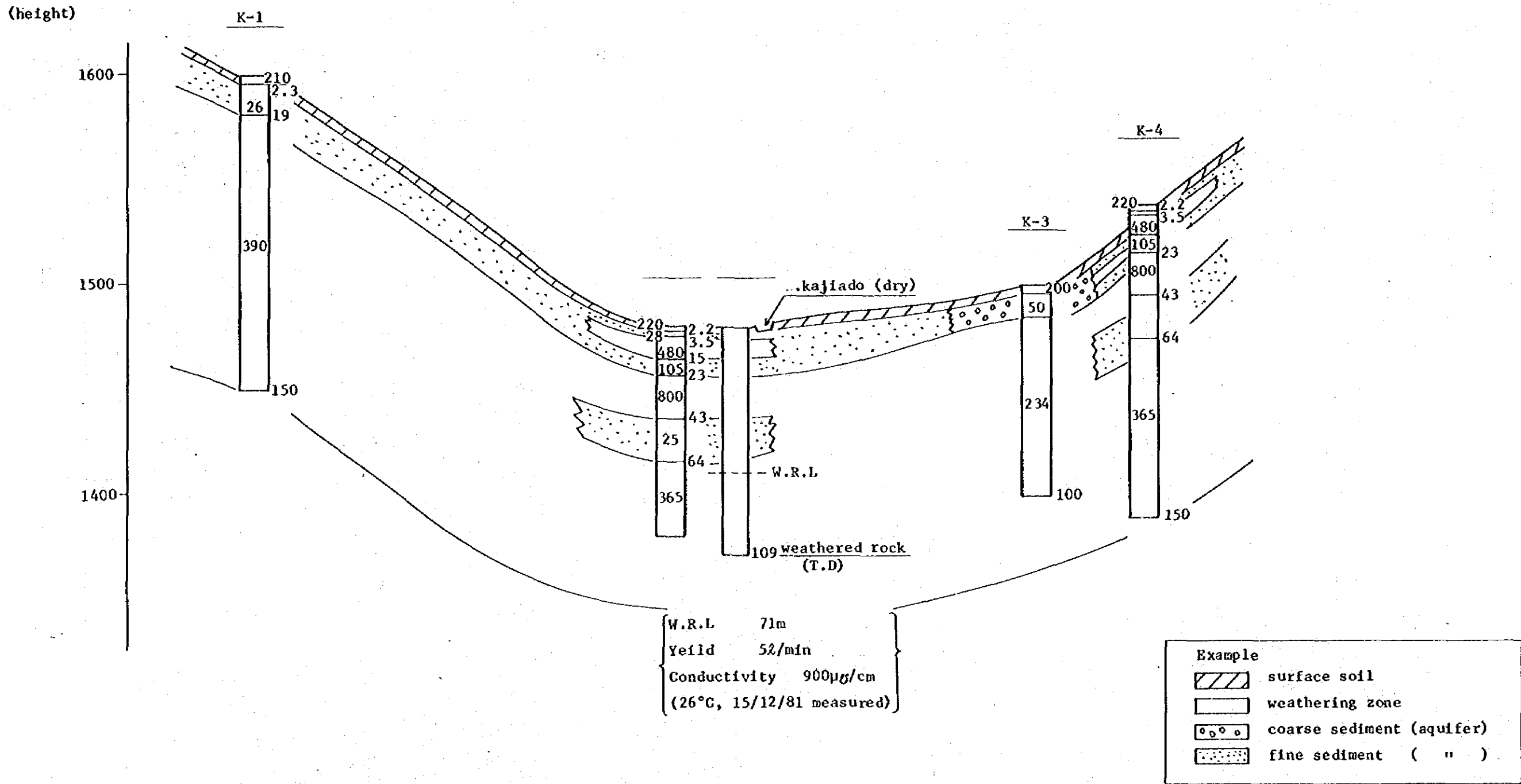


図-15 Selengei 付近の水理地質断面図
 Fig-15 Selengei (Kajado district) site
 Geoelectric-Resistivity Section
 (Dimension: $\Omega\cdot m$)

S { Vertical = 1:1000
 Horizontal = 1:40000

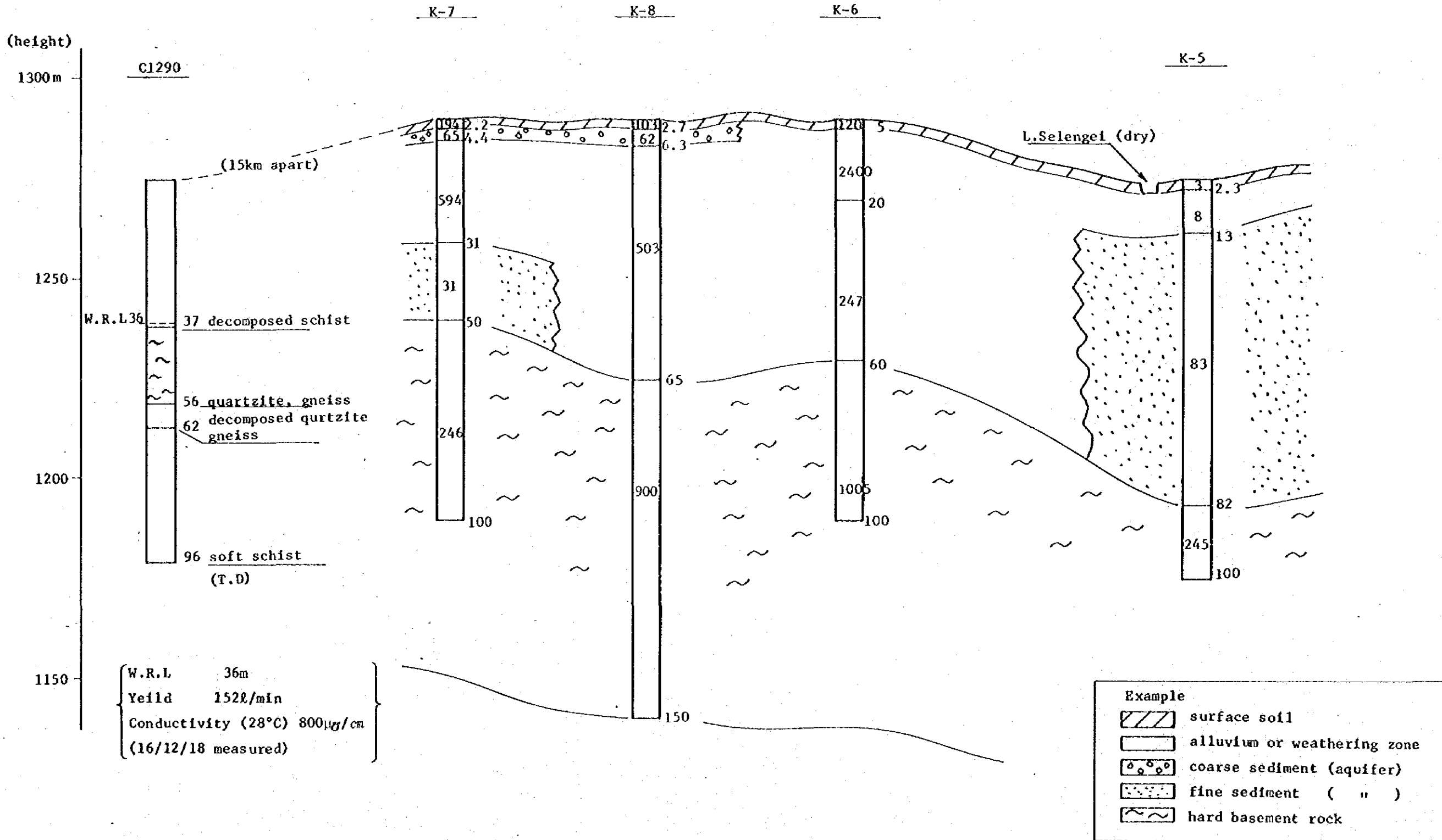
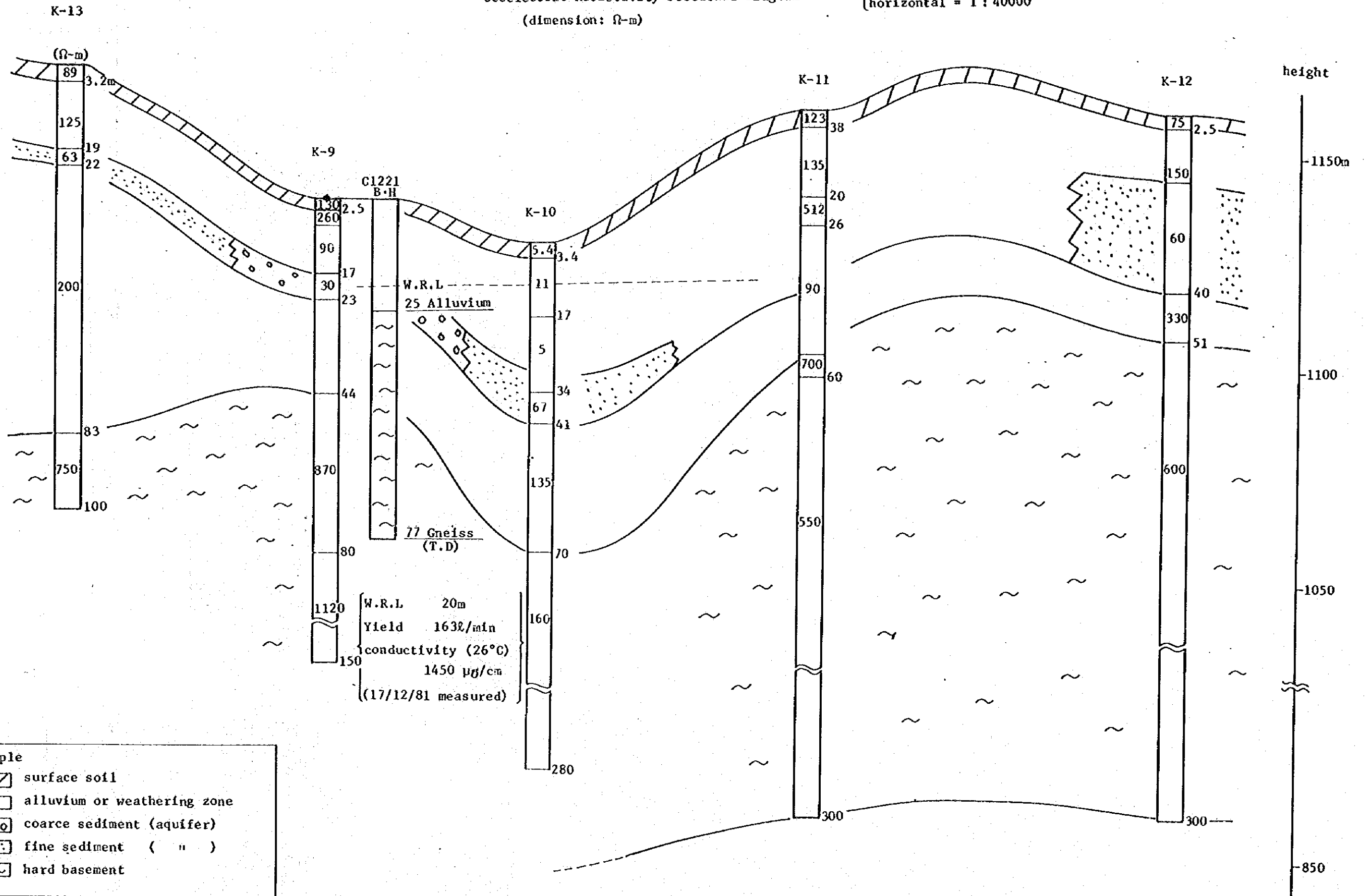


図-16 Lengesim 付近の水理地質断面図
 Fig-16 Lengesim (Kajiado district) site

Goelectric-Resistivity Sectional Diagram
 (dimension: $\Omega\text{-m}$)

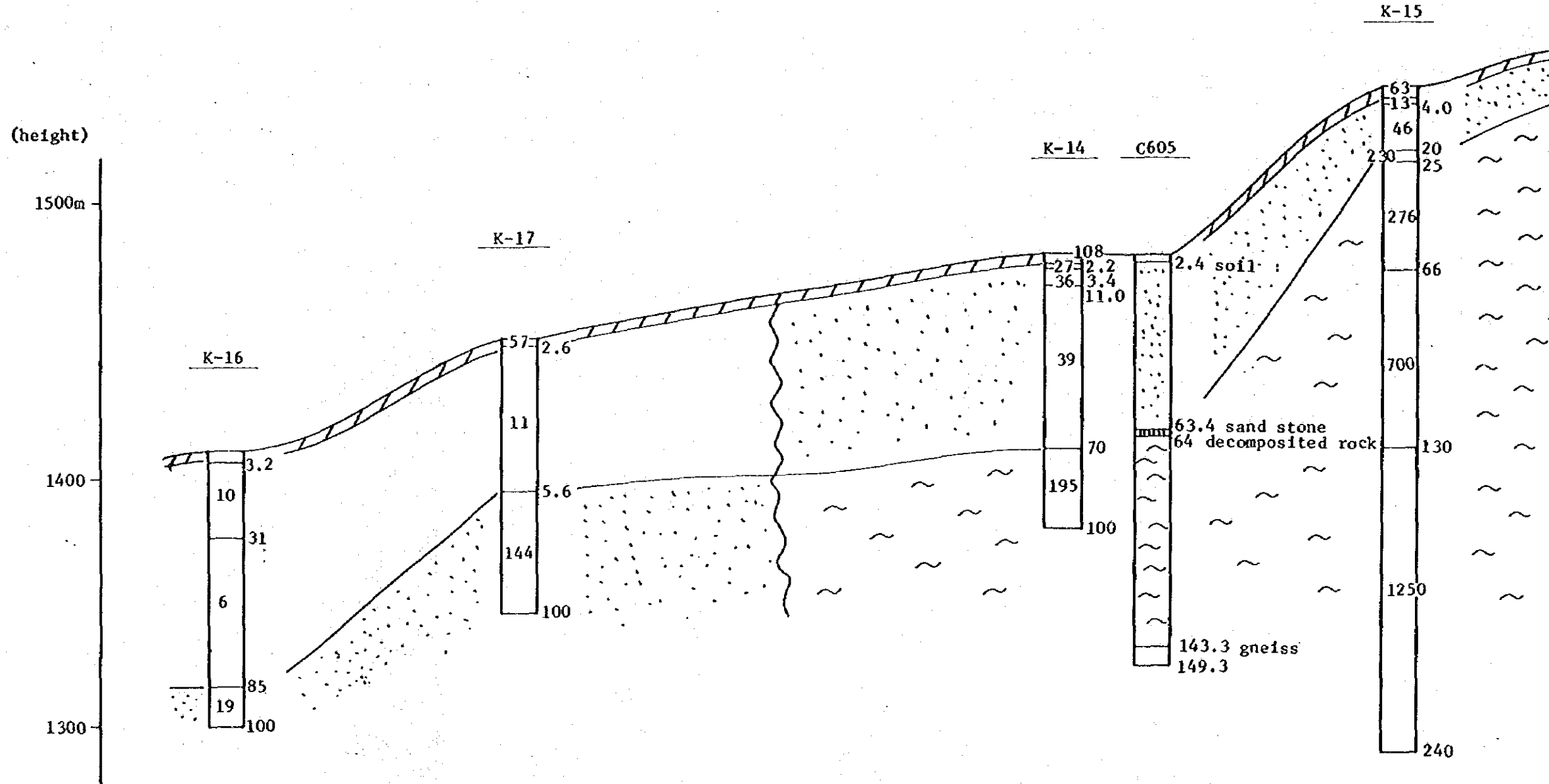
S { vertical = 1:1000
 horizontal = 1:40000



- Example
- surface soil
 - alluvium or weathering zone
 - coarse sediment (aquifer)
 - fine sediment (")
 - hard basement

図-17 K.M.Q. 付近の水理地質断面図
 Fig-17 Kenya Marble Quarry (Kajiado district) site
 Geoelectric-Resistivity Section
 (dimension: Ω -m)

S { vertical = 1 : 2000
 horizontal = 1 : 40000



{ water vest level 1356m
 yield 151ℓ/min
 conductivity (25°C) 650 μ S/cm
 (19/12/81 measured)

Example	
	surface soil
	alluvium
	fine sediment (aquifer)
	hard basement rock

図-18 Ewaso Nkidongi 付近の水理地質断面図
 Fig-18 Ewaso Nkidongi (Kajiado district) site
 Geoelectric-Resistivity Section)
 (dimension: Ω-m)

S { vertical = 1 : 2000
 horizontal = 1 : 4000

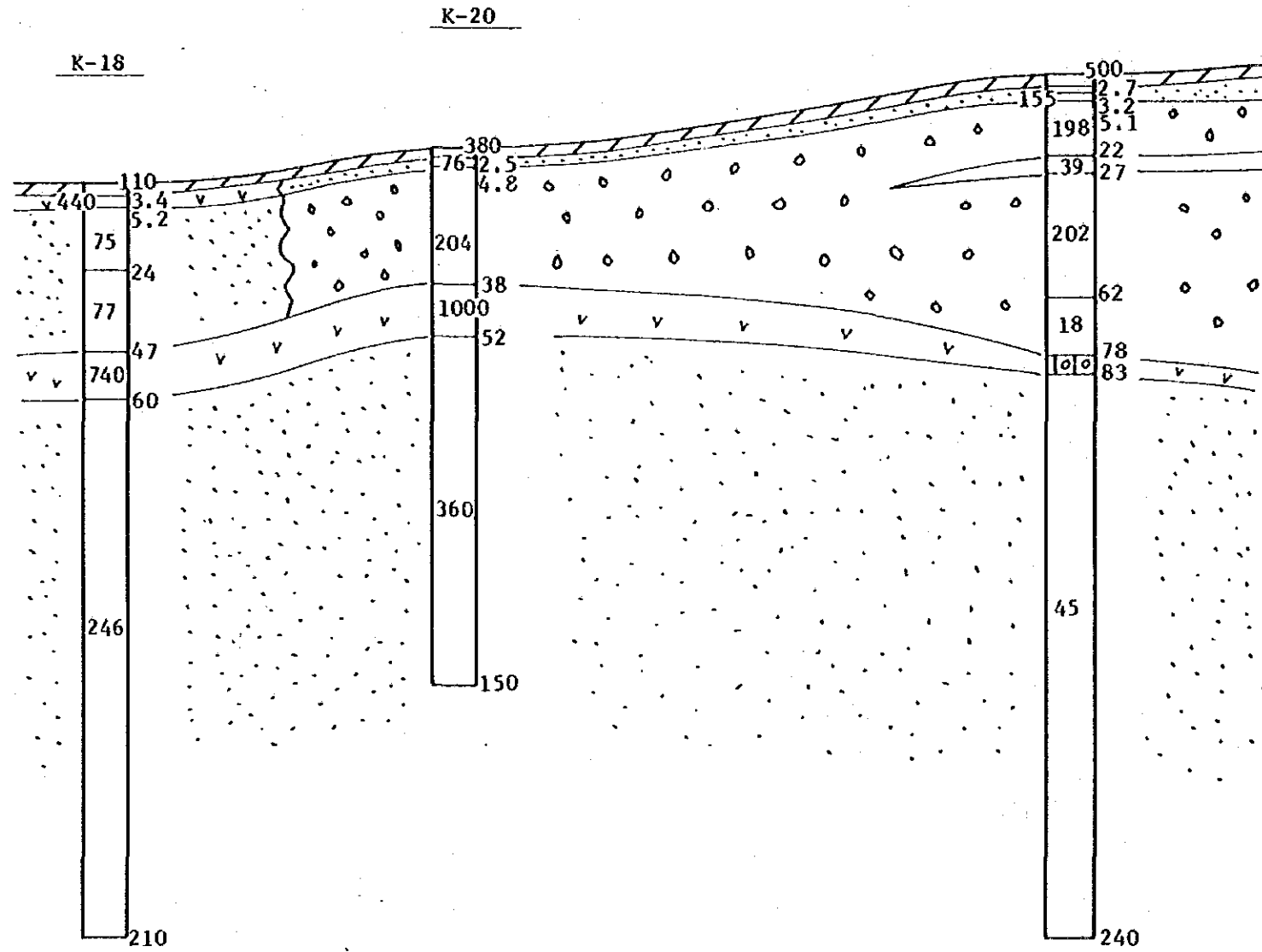
(height)

1500

1400

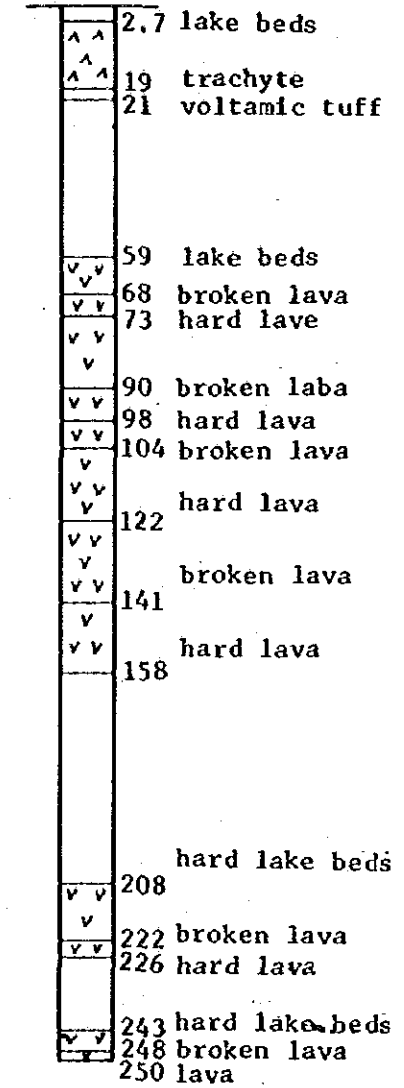
1300

1200



(20km west apart)

G115
 (height 1600m)



(yeild: nil)

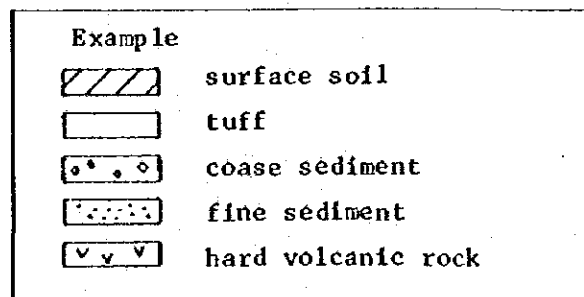


図-19 Nkornkovi-Lemek 付近の水理地質断面図

Fig-19 Nkornkovi-Lemek (Narok district) site

Geoelectric-Resistivity Sectional Diagram
(dimension: $\Omega\text{-m}$)

S { vertical = 1 : 1000
horizontal = 1 : 10000

height

1900m

1850

1800

1750

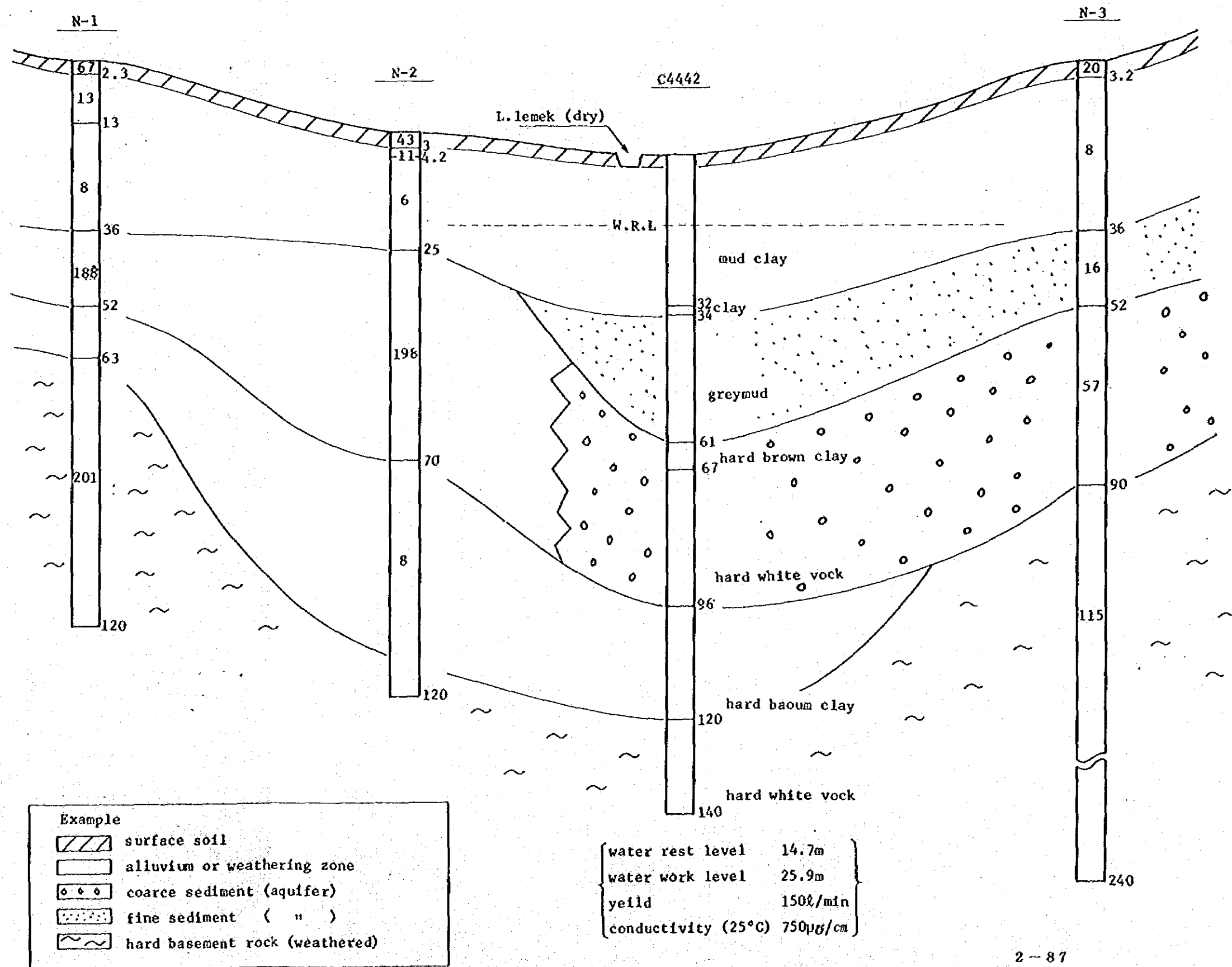


図-20 Ololulunga 付近の水理地質断面図
 Fig-20 Ololulunga (Narok district) site
 Geoelectric-Resistivity Section
 (dimension: $\Omega\text{-m}$)

S { vertical = 1 : 2000
 horizontal = 1 : 15000

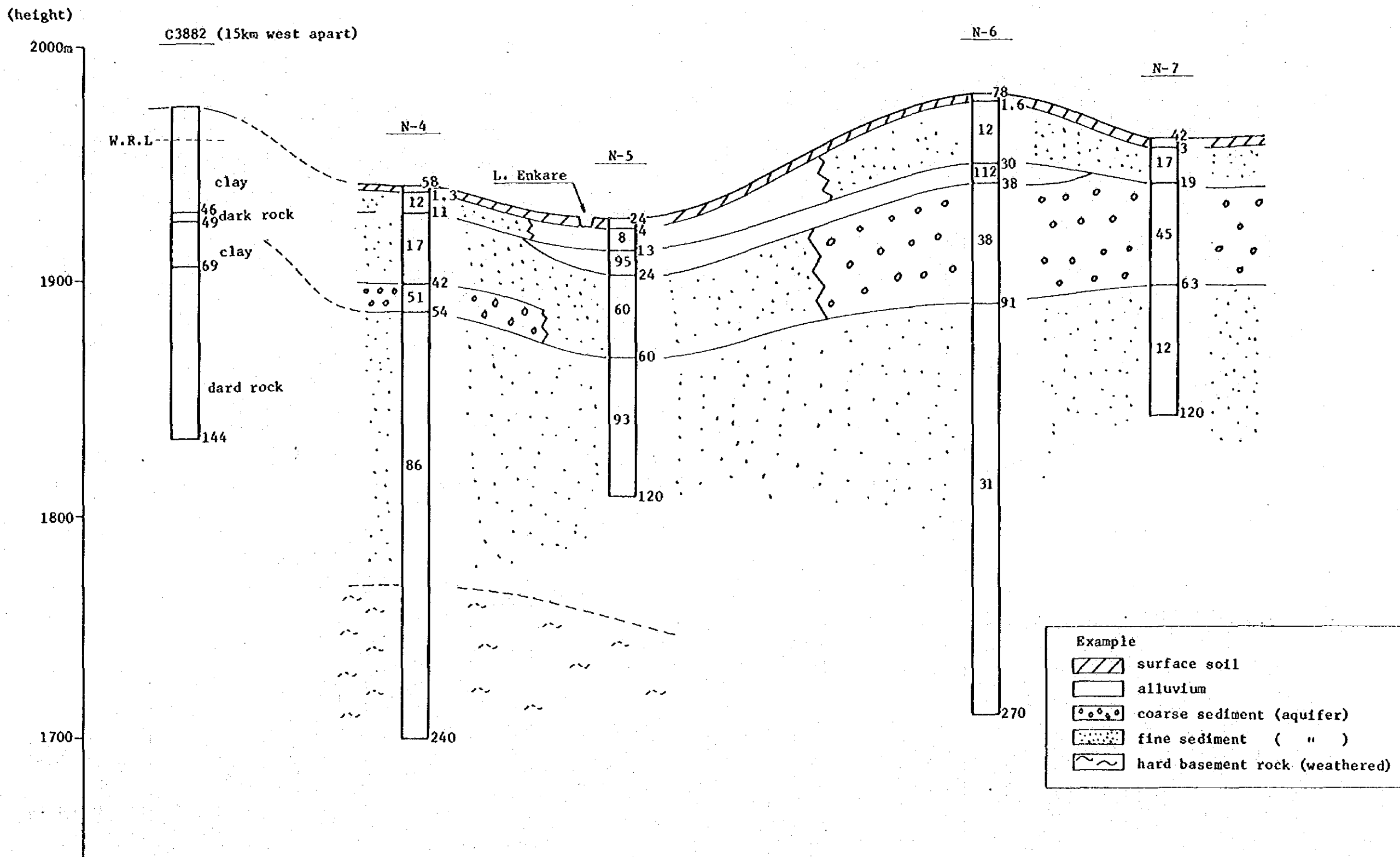


図-21 Maji Moto 付近の水理地質断面図

Fig-21 Maji Moto (Narok district) site

Geoelectric-Resistivity Section

(dimension: $\Omega\text{-m}$)

vertical = 1 : 2000
horizontal = 1 : 15000

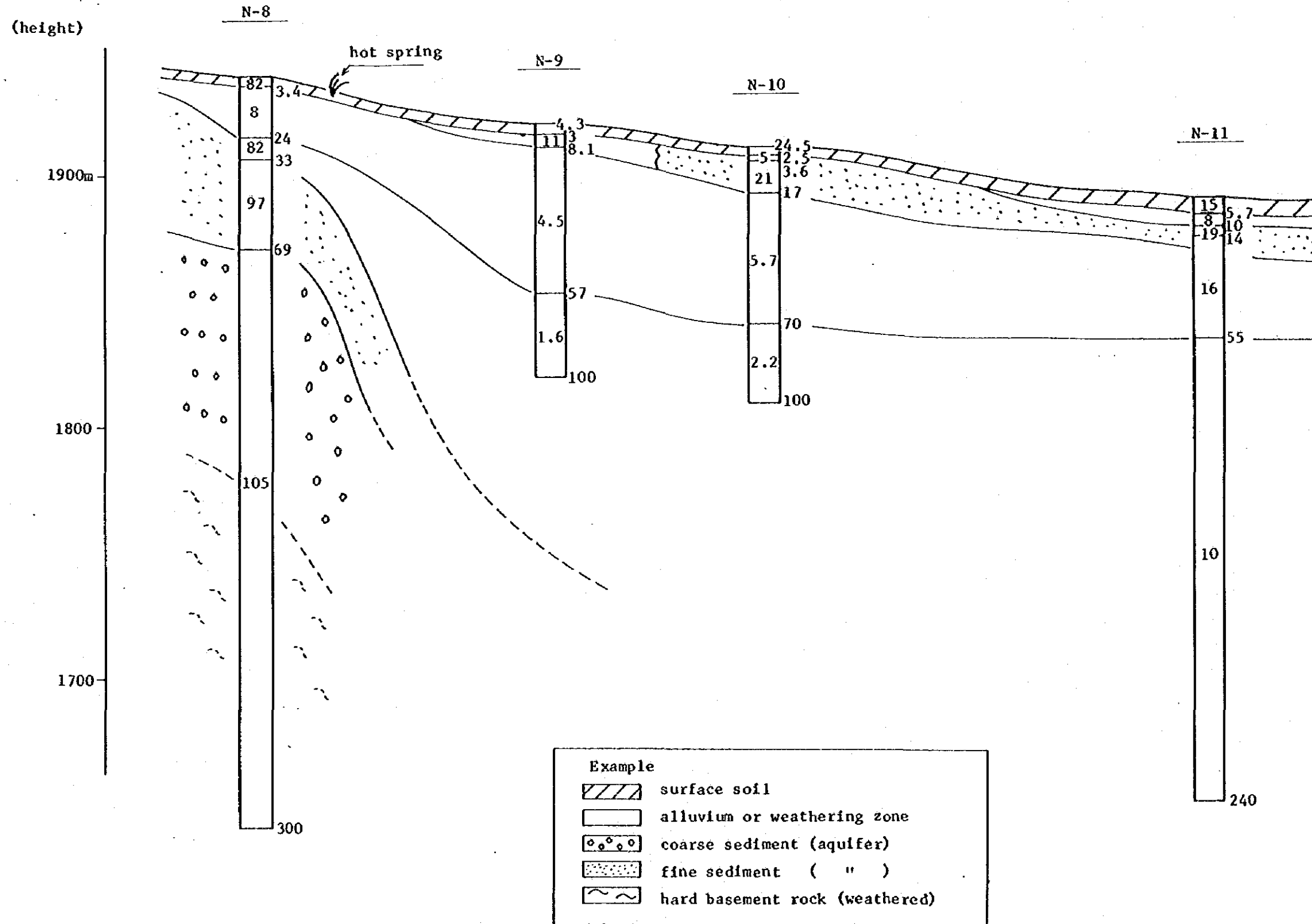


図-22 Olenkuluo 付近の水理地質断面図
 Fig-22 Olenkuluo (Narok district) site
 Geoelectric-Resistivity Section
 (dimension: Ω -m)

S { vertical = 1 : 2000
 horizontal = 1 : 15000

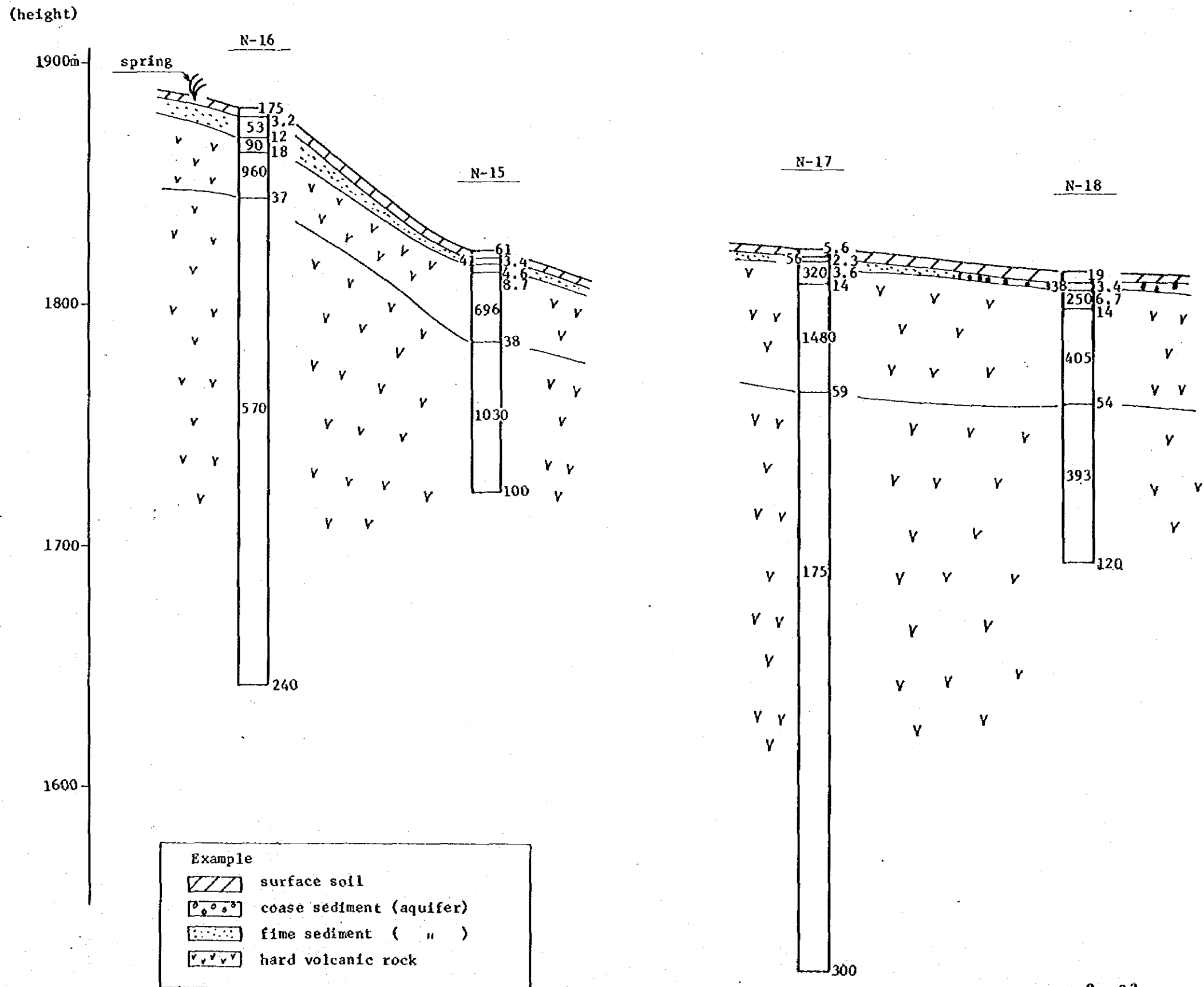
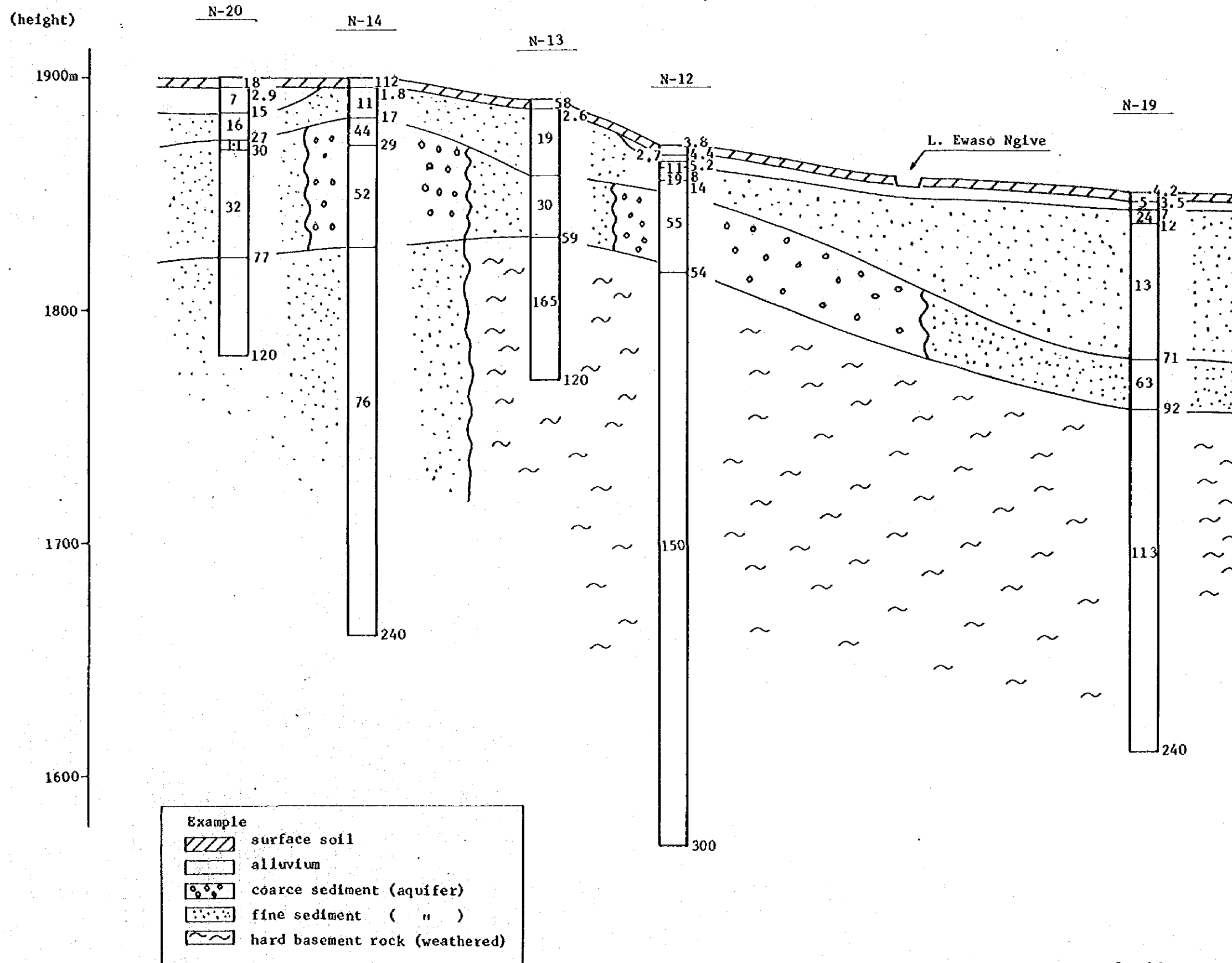


図-23 Ewaso Ngiro 付近の水理地質断面図

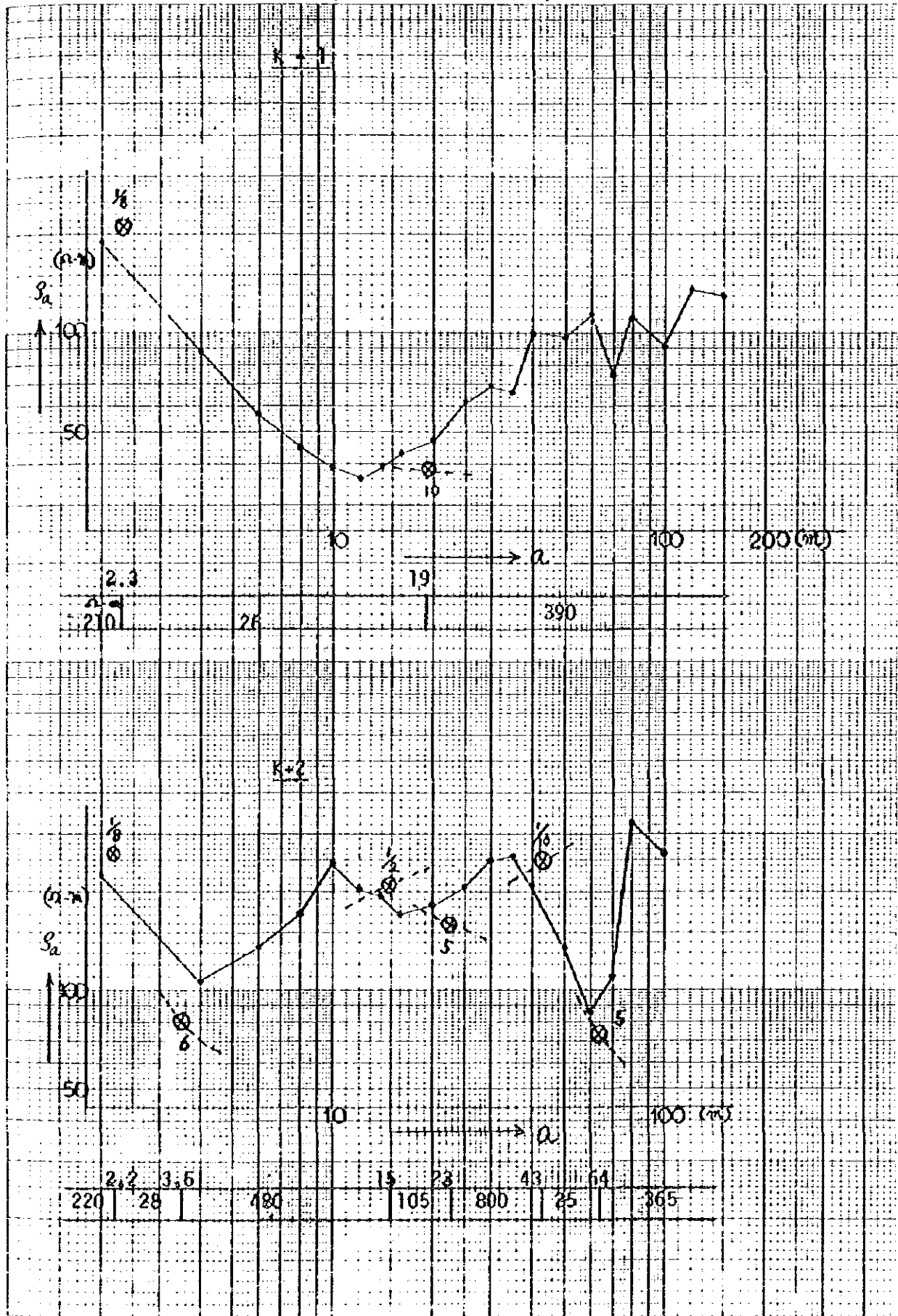
Fig-23 Ewaso Ngiro (Narok district) site

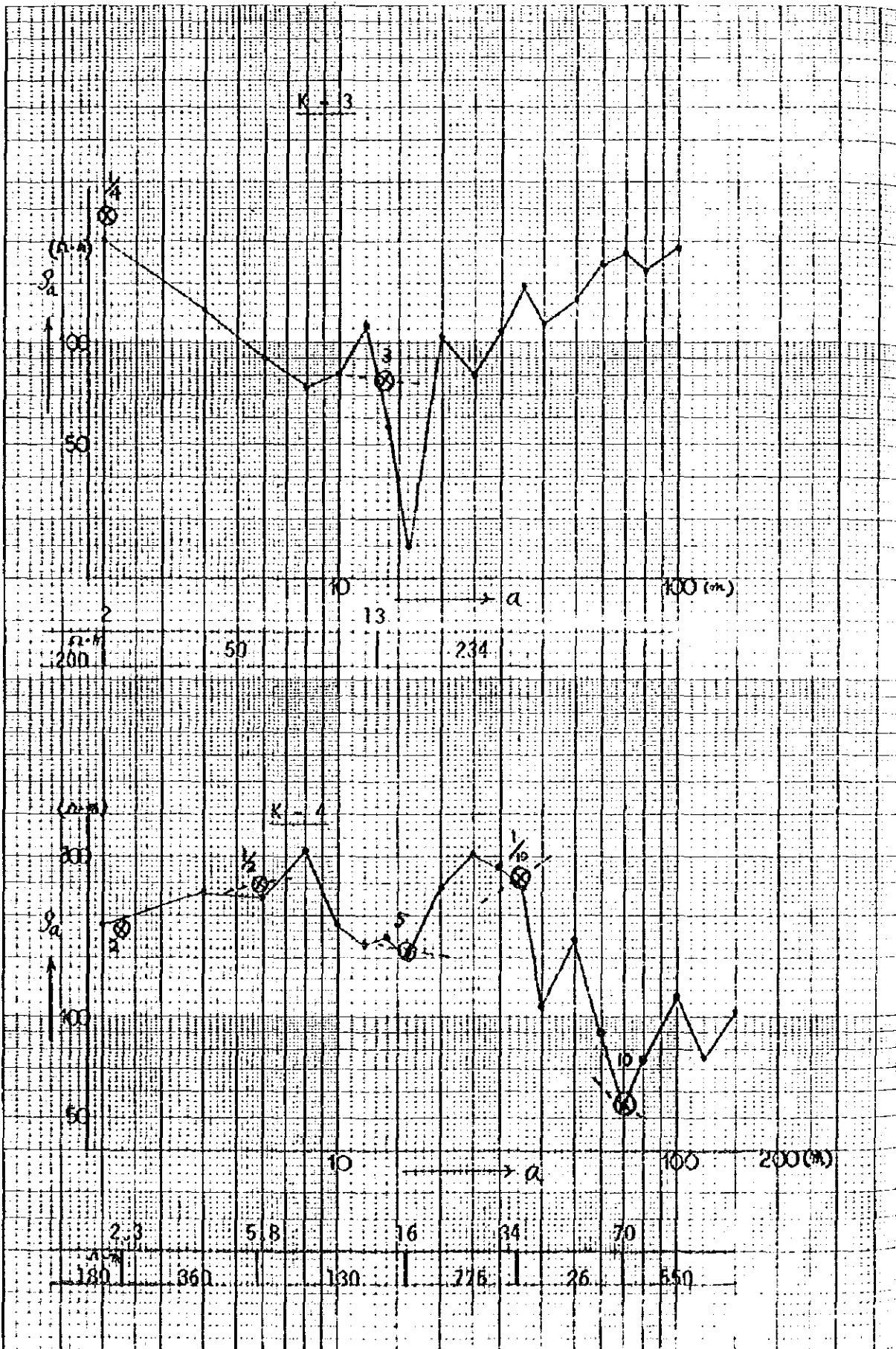
Geoelectric-Resistivity Section
(dimension : $\Omega \cdot m$)

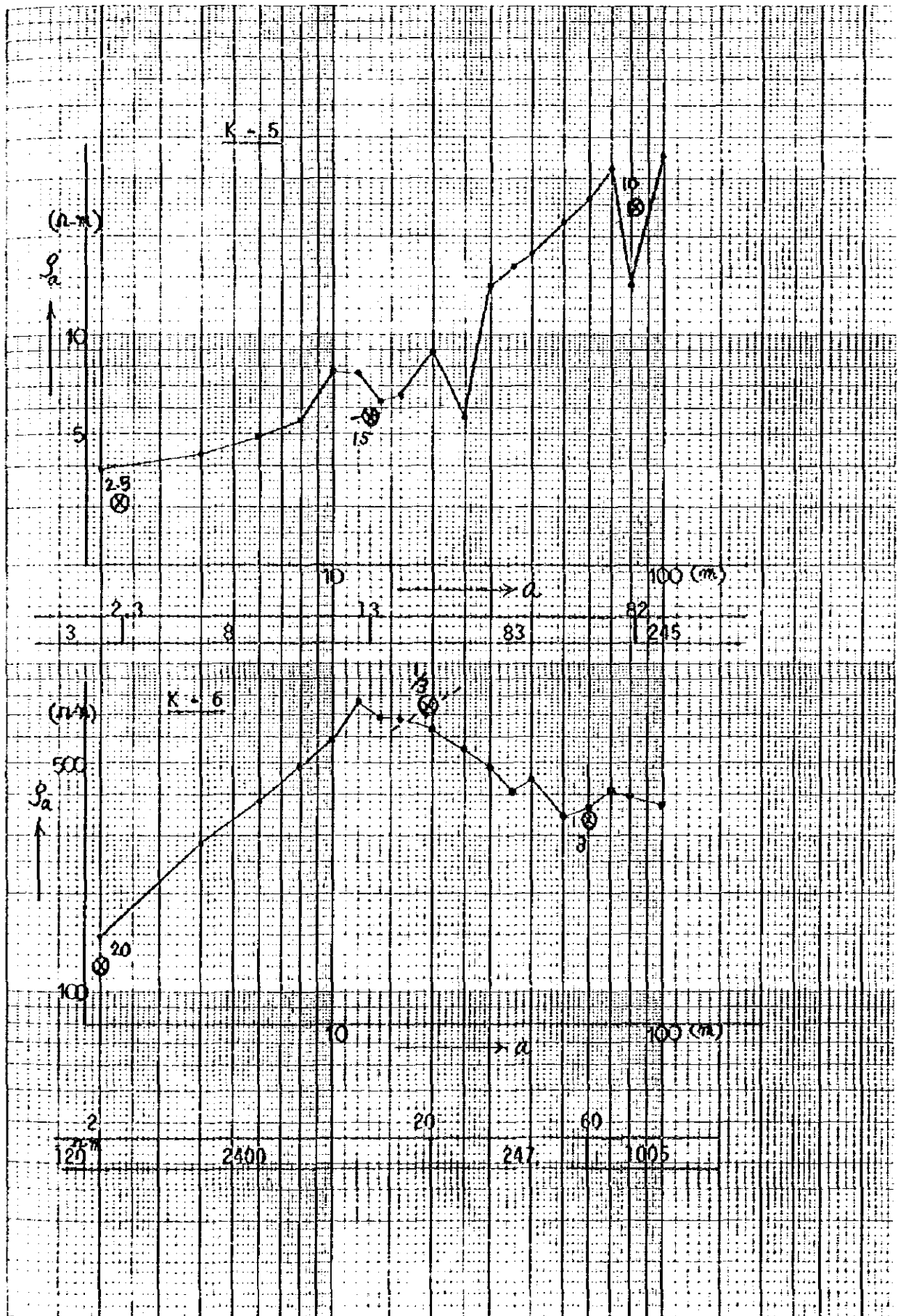
S { vertical = 1 : 2000
horizontal = 1 : 15000

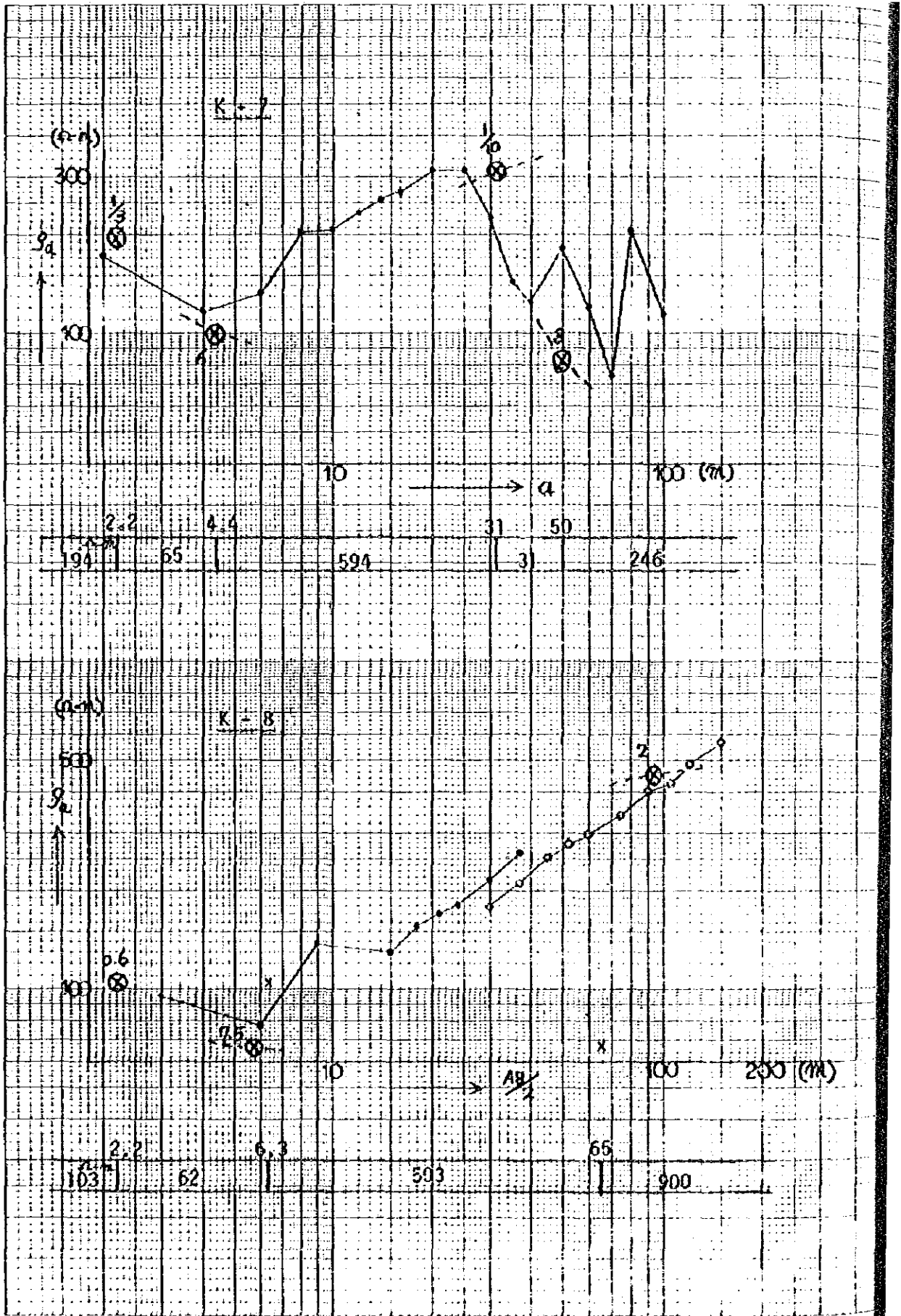


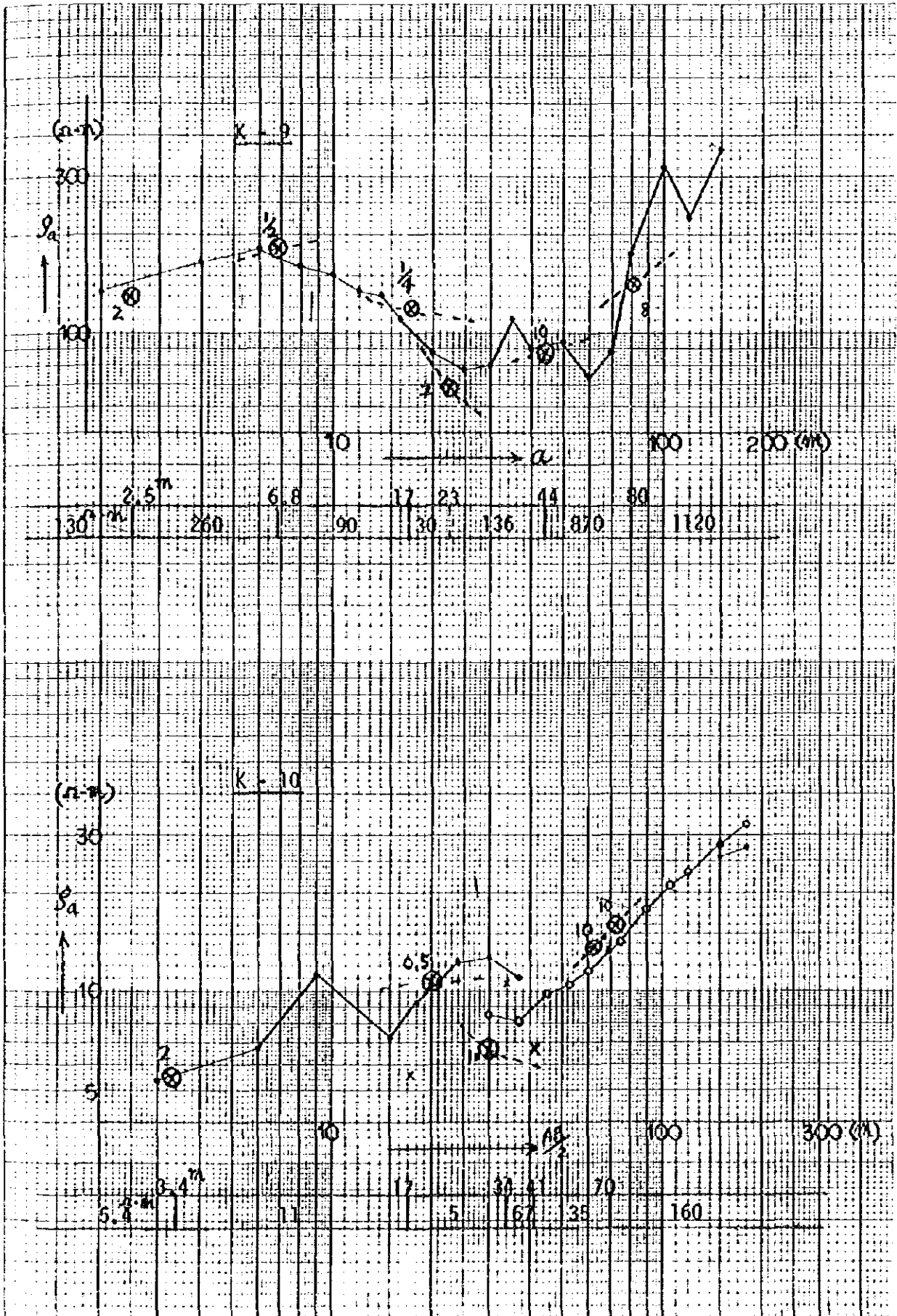
GEOELECTRICAL SURVER CURVE ANALYSIS
(Kajiado district)

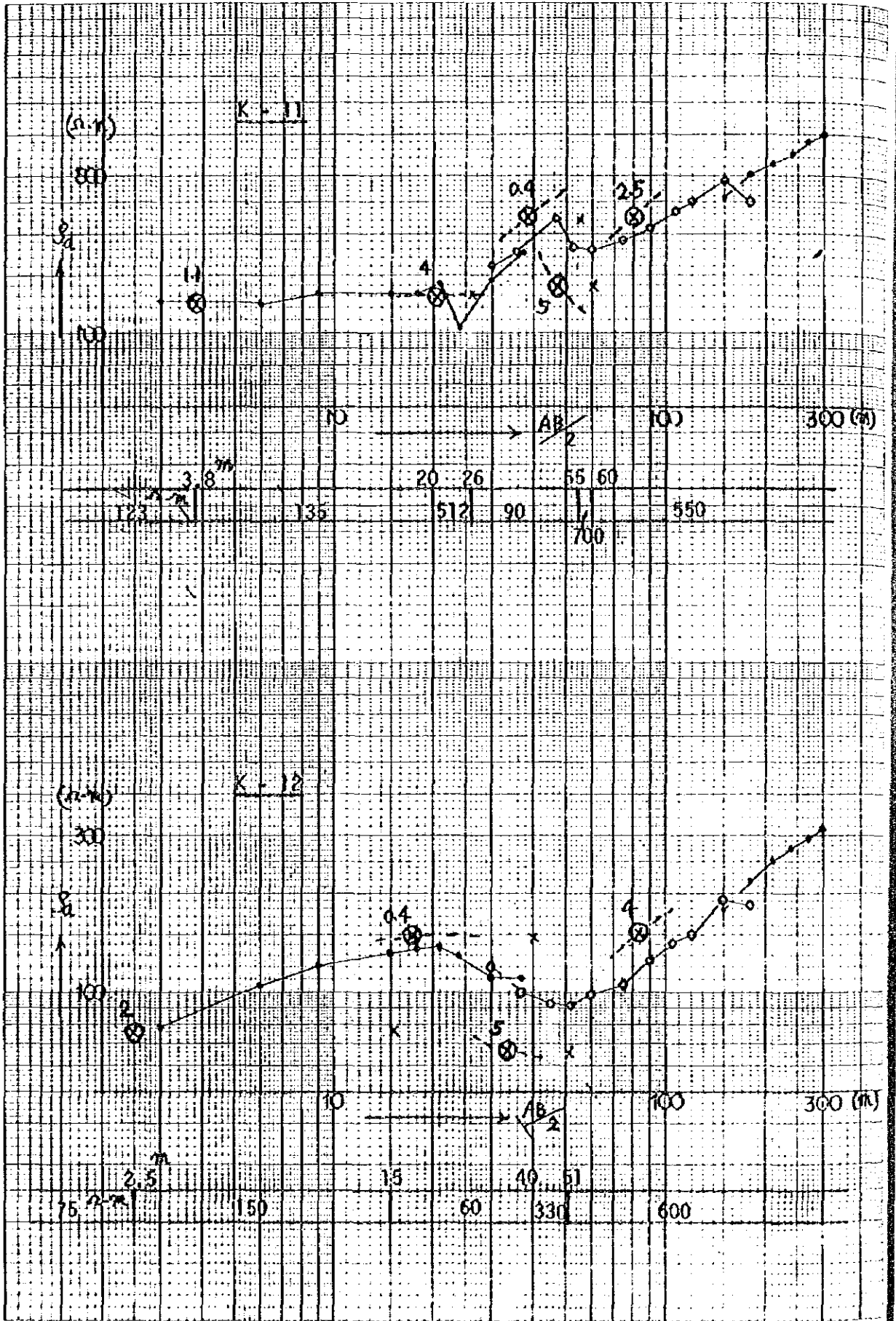


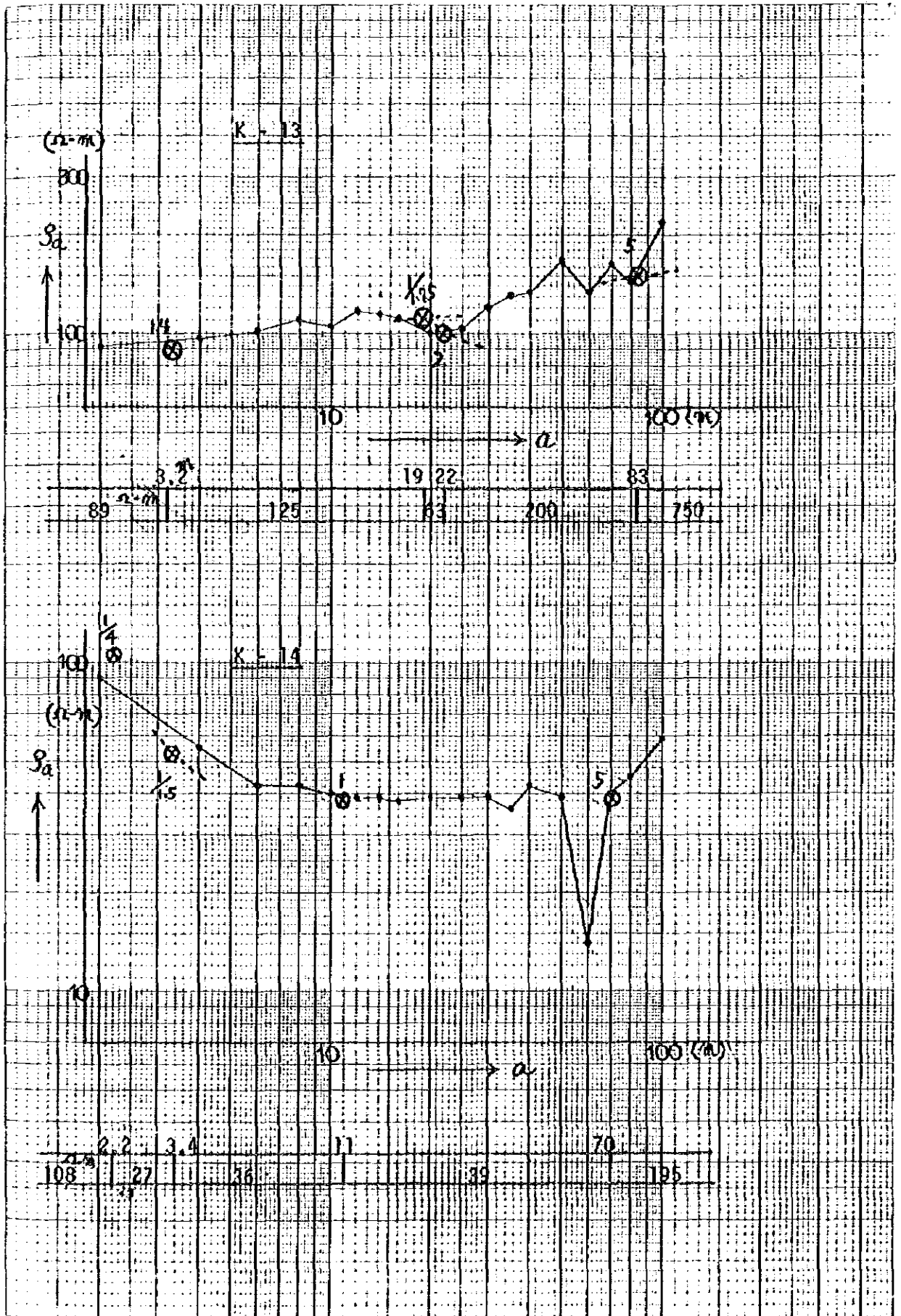


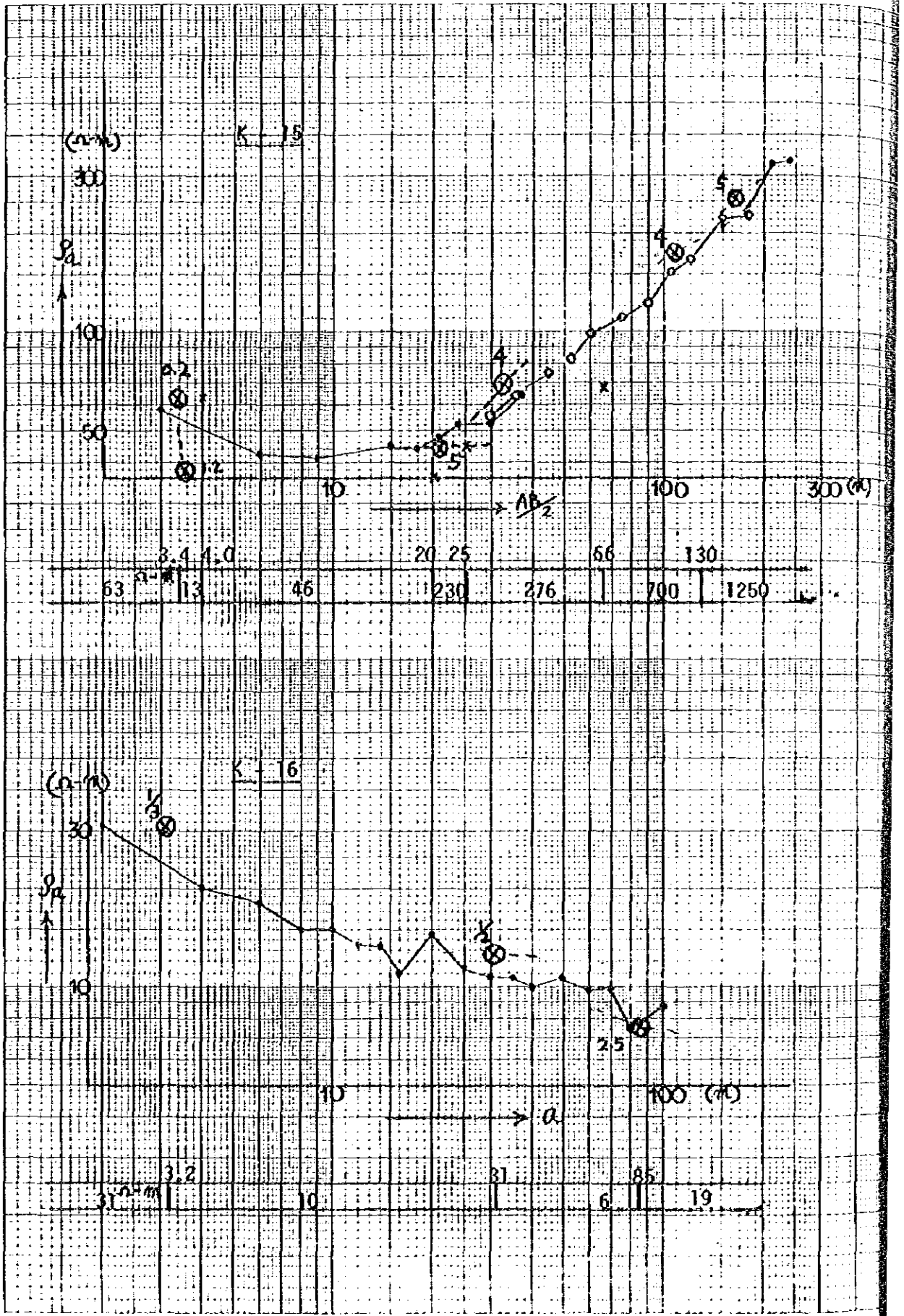


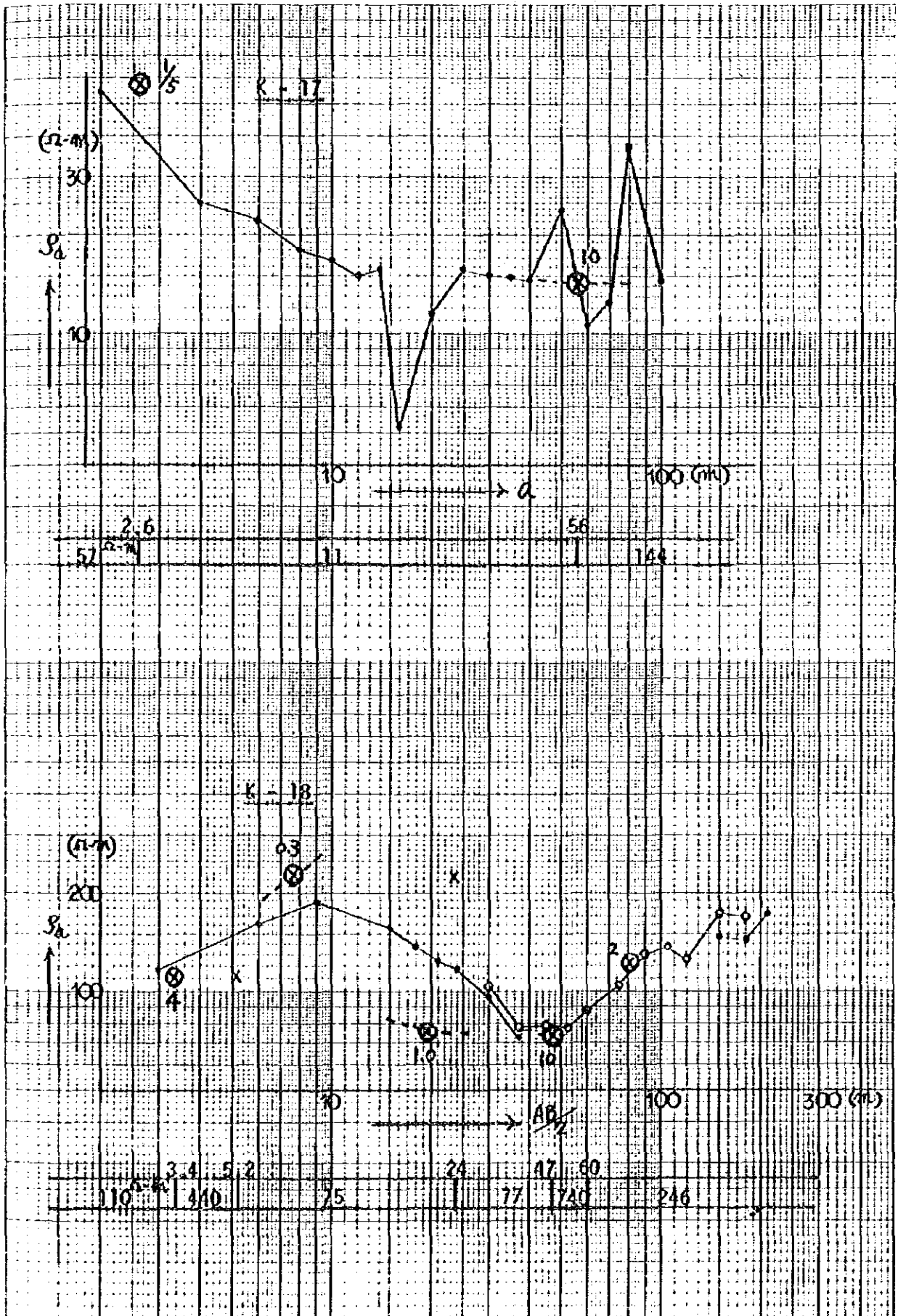


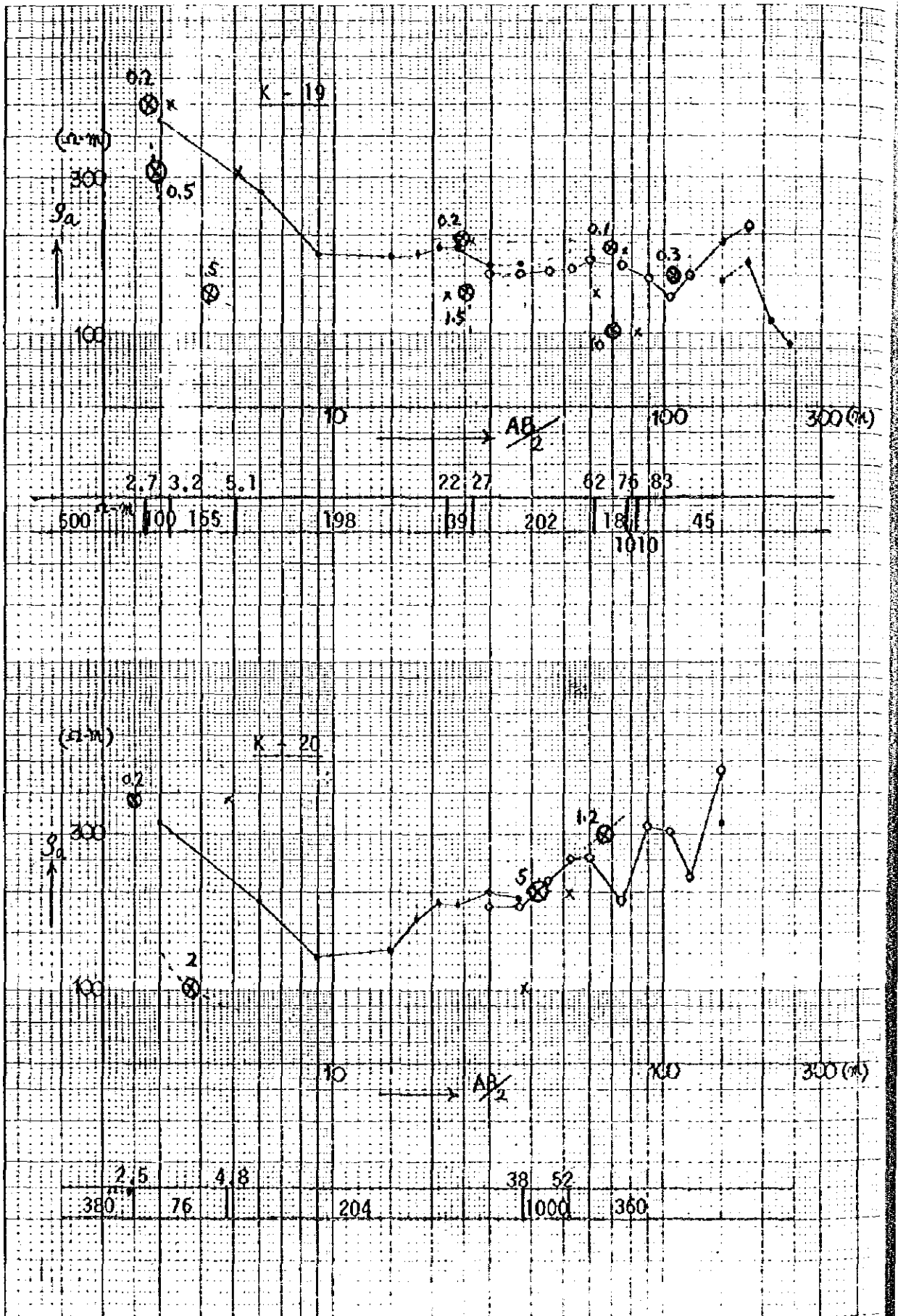












GEOELECTRICAL SURVEY CURVE ANALYSIS

(Narok district)

