

(3) 写真地質解析結果

Fig. 3.3 は、空中写真をステレオ・スコープを用いて立体視し、写真地質学的手法により解析したムバンザ・ヌグング市周辺の地質・地形状況である。

前述した通り、数多くの陥没性地形（凹地）の存在が一目瞭然となっている。ここで注目すべきことは、第四紀沖積層（河川堆積物）の分布状況である。この分布域は、地形的に表流水集水域とも言える特徴を示し、一般に湿地や湖沼が多くみられるところであることから、地下水の存在は明らかであり、その涵養量も豊富であろうと考えられる。

しかしながら、この区域は、地形的な低さの故に、雨季における集中的な豪雨によって、相当に水嵩が増す危険性もあるので、恒久的な施設の設置は避けたいところである。

この区域の直ぐ外側を取り巻く先カンブリア系は、比較的平坦である上に、前述の区域よりも幾分小高くなっているため、施設の設置には適していると考えられる。

3.4.3 地下水賦存状況及び水質

(1) 水文地質

本調査地における地下水は、その賦存状況から、次の3者に分類することができる。

- ① 第四紀砂礫層を帯水層とするもの
- ② 第三紀の砂礫層、砂岩層を帯水層とするもの
- ③ 先カンブリア紀の石灰岩層中に発達した裂か、空隙を帯水層とするもの

Fig. 3.4 は、これらの賦存状況を模式的に示したものである。

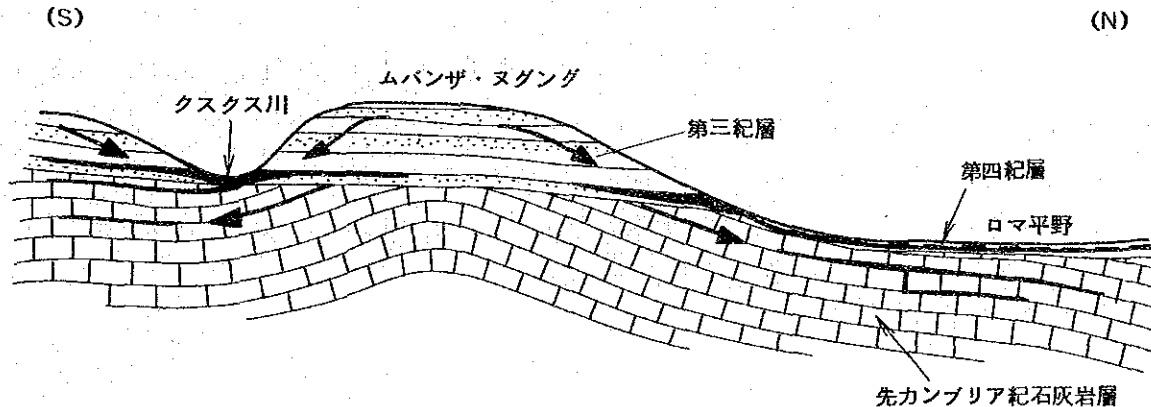


Fig. 3.4 地下水賦存状況模式図

①は、ロマ平野において、浅井戸として使われている地下水である。帯水層は、地質状況からみて、幾層かに分かれていると考えられるが、現在使われている地下水は、付近を流れる河川と水位がほぼ同じであり、地表水の伏流水とみなすこともできる。

水質は、Table 3.1 に示す通り、pH 5.6程度の弱酸性を示すが、硬度は約60ppm (CaCO₃換算)と低く、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素は検出されなかったことから、pH調整

を行えば、飲料水として利用することができる。

②は、クスクス川流域のルバカ井戸にみられるように、水位がたかだか数メートル以内の浅い地下水である。帯水層に相当する地層は主として赤色の砂礫層である。

水質は、①の場合と同様に、pH 5.6~5.8程度の弱酸性を示すが、硬度は約50ppm(Ca CO₃ 換算)、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素は検出されなかった。従って、この地下水も、pH調整を行なうことにより飲料水として利用できる。

本調査地内の既存井戸は、総て①あるいは②のタイプの浅層地下水を利用する浅井戸であり、その水位は10m未満である。

③は、本調査地域の基盤岩である石灰岩層中の裂かもしくは空洞中に存在するとみられる地下水である。ムバンザ・ヌグング市の南西約10kmの地点の谷部には、ムバンザ・ヌグング市一帯に分布する石灰岩類基盤岩と同一層準の石灰岩類が露出しており、その石灰岩の割れ目から川を成す程大量に自然湧出しているクラの泉はその良い例である。REGIDESOの調査によれば、湧出量は約600m³/hである。

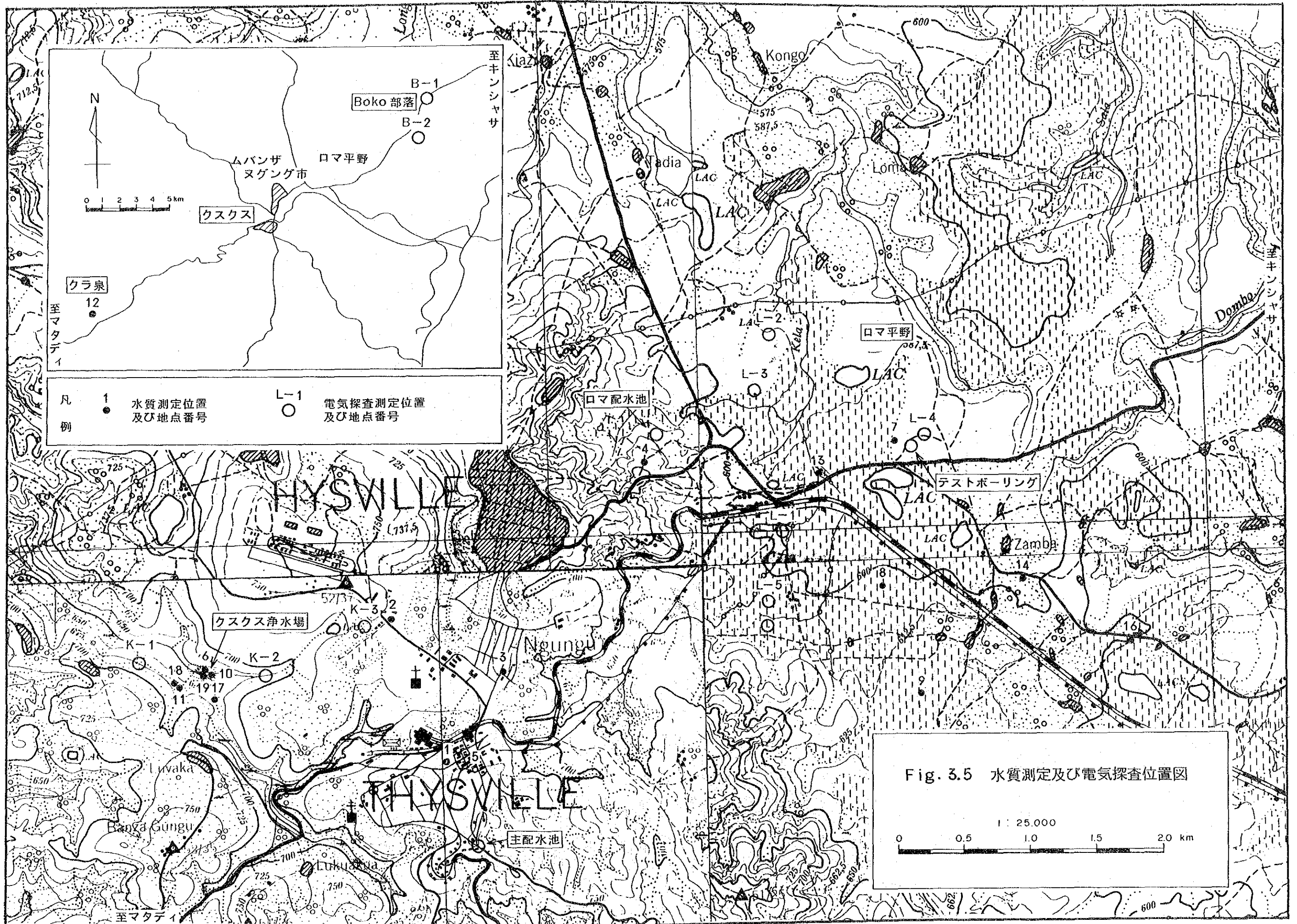
水質は、pH 7.2とほぼ中性を示し、硬度は205ppm(Ca CO₃ 換算)、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素は検出されなかった。

やや白濁してはいるものの、カルシウム成分によると考えられるので、濾過沈殿処理により十分飲用に利用できる、良質の地下水であるといえる。

Table 3.1にも示されている通り、本地域の浅井戸あるいは河川から得られる水の水素イオン濃度(pH)は、例外なく5.4~6.4の範囲の酸性寄りの値を示している。飲料水としては、pH調整さえ施せば全く支障ないわけであるが、その処理に必要な経費や、何らかの理由でpH調整が充分に行なわれなかった場合施設に及ぼす腐食等の悪影響、更には、地上からの人為的汚染の受け易さ等を考慮すると、できる限り深部の地下水を利用することが望ましい。その意味で、本案件に関しては、先カンブリア紀の石灰岩類中に賦存すると考えられる地下水を優先的に捕捉すべきものと考え、それが不可能な場合のみ、その上位に賦存する第四紀層中の地下水を取るものとする。

Table 3.1 水道水，地下水，河川水の水質

地点番号	水源	採取地点	温度(°C)	pH	硬度(ppm)	アンモニア性窒素(ppm)	亜硝酸性窒素(ppm)	記 事
1		REGIDESO 事務所	27	6.2	48	<0.4	<0.05	
2		ヌソナ・ヌクル №42	24	6.0	76	<0.4	<0.05	
3		モブツ通り №9	24	6.0	43	<0.4	<0.05	
4		ム プ ティ №54	25	6.0	50	<0.4	<0.05	
5		ホテル コスモポリット	25	6.6	52	<0.4	<0.05	
6		クスクス浄水場	23	6.4	86	<0.4	<0.05	
7		エコール・コラ井戸	27	5.6	64	<0.4	<0.05	
8		エベヤ駐屯地井戸 (火薬部隊)	24	5.6	72	<0.4	<0.05	
9		エベヤ駐屯地井戸 (揚水場)	23	6.2	60	<0.4	<0.05	
10		クスクス井戸	24	6.0	50	<0.4	<0.05	1 m ³ /h (自然湧出)
11		ルバカ井戸	25	5.6	16	<0.4	<0.05	24 m ³ /h (自然湧出)
12		ク ラ 泉	23	7.2	168	<0.4	<0.05	600 m ³ /h (自然湧出)
13		タ デ ィ 川 (ザンバ橋)	23	5.8	48	<0.4	<0.05	77 m ³ /h
14		コ ラ 川	23	6.3	43	<0.4	<0.05	190 m ³ /h
15		L-2 地点付近川水	23	6.4	82	<0.4	<0.05	190 m ³ /h
16		タ デ ィ Ⅱ 川	23	6.0	80	<0.4	<0.05	170 m ³ /h
17		クスクス川 (取水口上流)	25	6.0	58	<0.4	<0.05	550 m ³ /h 350 m ³ /h
18		ルバカ井戸外側地上水	26	5.9	29	<0.4	<0.05	
19		クスクス浄水場沈澱池	22	5.6	43	<0.4	<0.05	



(2) 電気探査

帯水層の深度及び厚さを推定するために Fig. 3.6 に示すような シュランベルジャー電極配置による比抵抗法電気探査を実施した。測定位置は Fig. 3.5 に示した通り ロマ平野 6 地点、クスクス川流域 3 地点であるが、参考のためにムバンザ・ヌグング市の北東約 10km のところに位置するボコ部落 (BOKO) 付近においても 2ヶ所で測定を行なった。

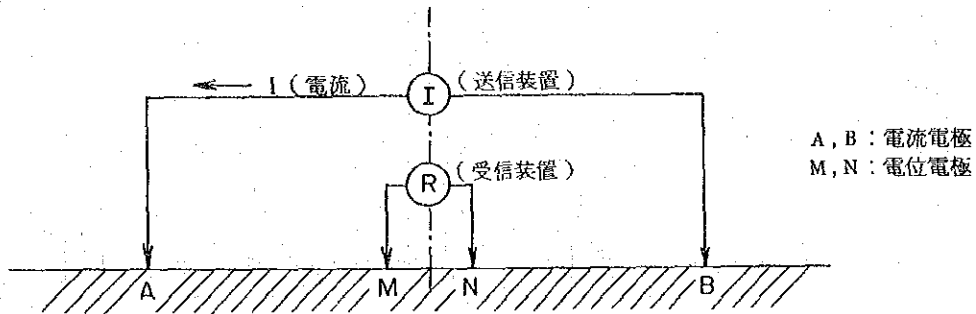


Fig. 3.6 シュランベルジャー電極配置

電気探査は、地面の下の電気的な性質を調べることによって、地下構造を探ろうとするものである。今、電流電極 A と B を通して大地に電流 I (ampere) を流したとき、電位電極 M と N の間に電位差 V (volt) が生じたとすると大地の電気的な抵抗の度合を示す見掛比抵抗 ρ_a は次式で与えられる。

$$\rho_a = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V}{I} \cdot \frac{\overline{AB}^2 - \overline{MN}^2}{\overline{MN}} \quad (\text{ohm} \cdot \text{m})$$

ここで、 \overline{AB} , \overline{MN} はそれぞれ電流電極間の距離 (m) 及び電位電極間の距離 (m) であり、 $\overline{AB} \geq 5 \overline{MN}$ とする。

さて、 \overline{AB} が小さいうちは、電流の大部分は地表付近に集まり、見掛比抵抗には浅い部分の影響のみがあらわれるが、次第に \overline{AB} を増すにつれて深いところへ達する電流の割合が増加し、下の地層の影響があらわれてくる。したがって、逆に、見掛比抵抗 ρ_a と \overline{AB} の関係から、地下構造が推定できることになる。

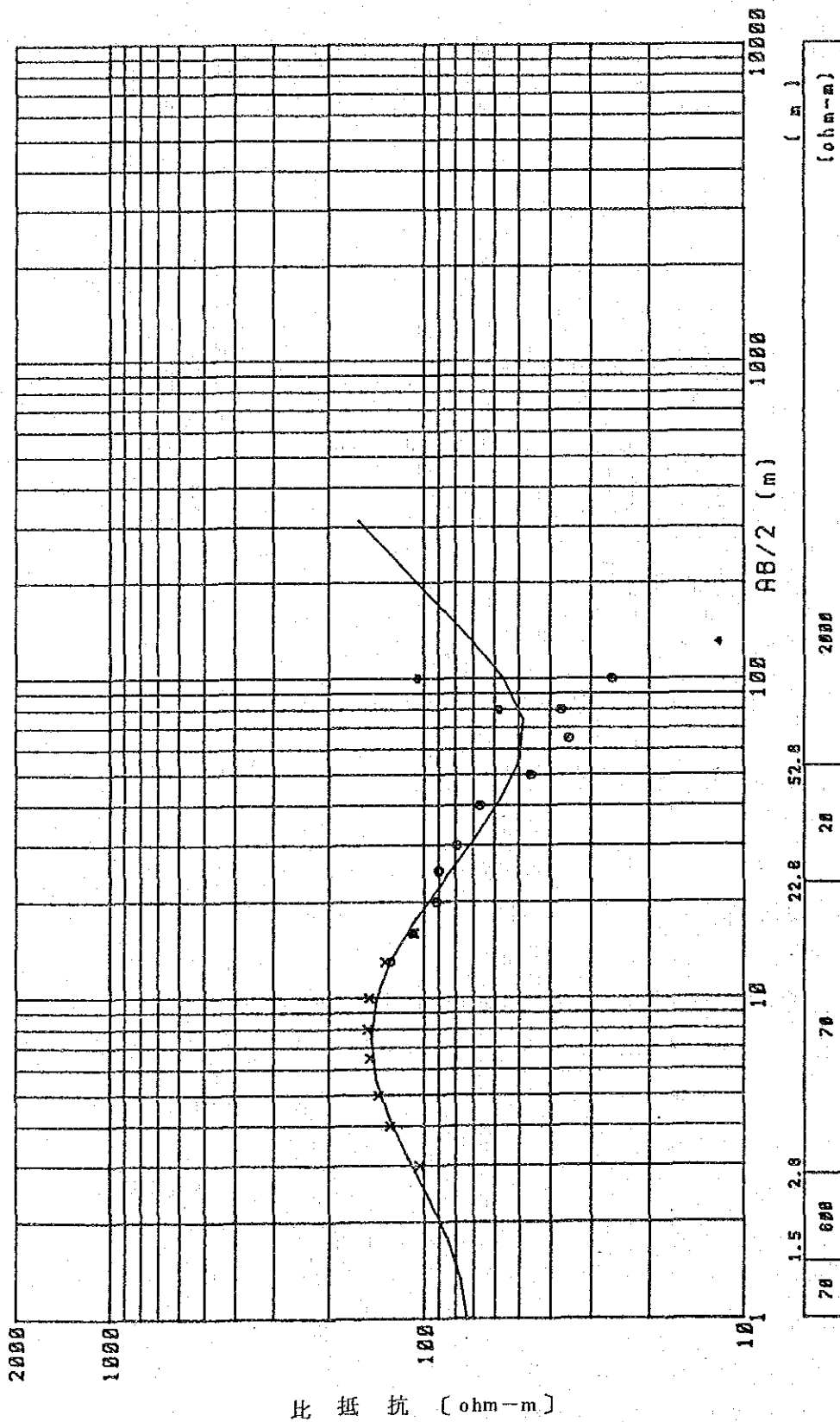
また、帯水層の様に地層の空隙が水で満たされている地層は、水をあまり含まない状態と比較すると比抵抗が著しく小さくなるために、比抵抗の大小によって地層の含水状態の把握が可能となるのである。

今回は、データ解析にあたりパーソナルコンピューターを使用し、リニアフィルター法によるシミュレーションを行ない地下構造を推定した。

Fig. 3.7~Fig. 3.17 は、このようにして得られたシミュレーション解析図を示したものである。

また、Fig. 3.18, Fig. 3.21, Fig. 3.23 は、ロマ平野、クスクス川流域、ボコ部落の各地区ごとに解析結果をまとめた比抵抗柱状図である。

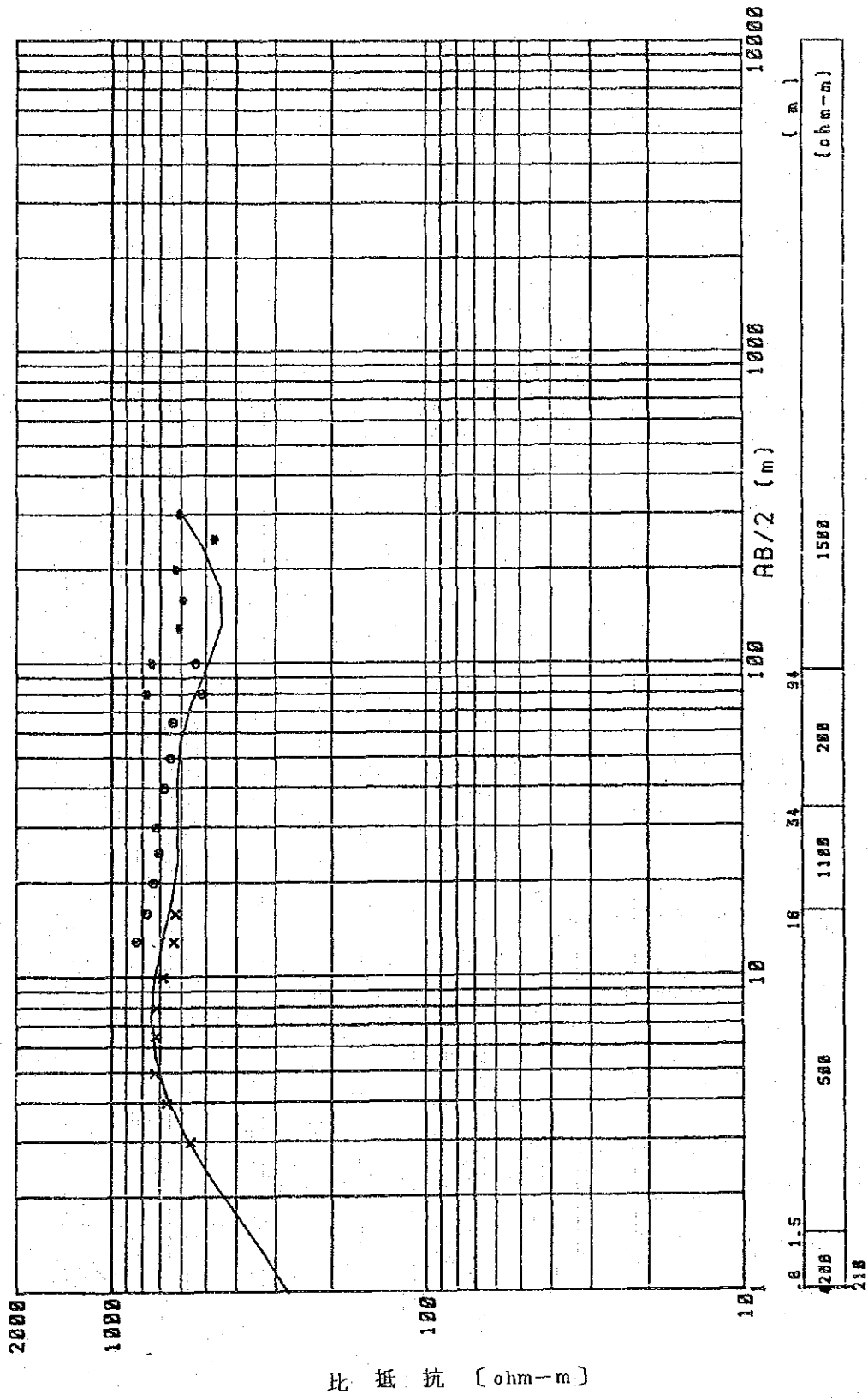
電気探査解析図(1)



C.K.C

Fig. 3.7 L-1 地点垂直探査曲線

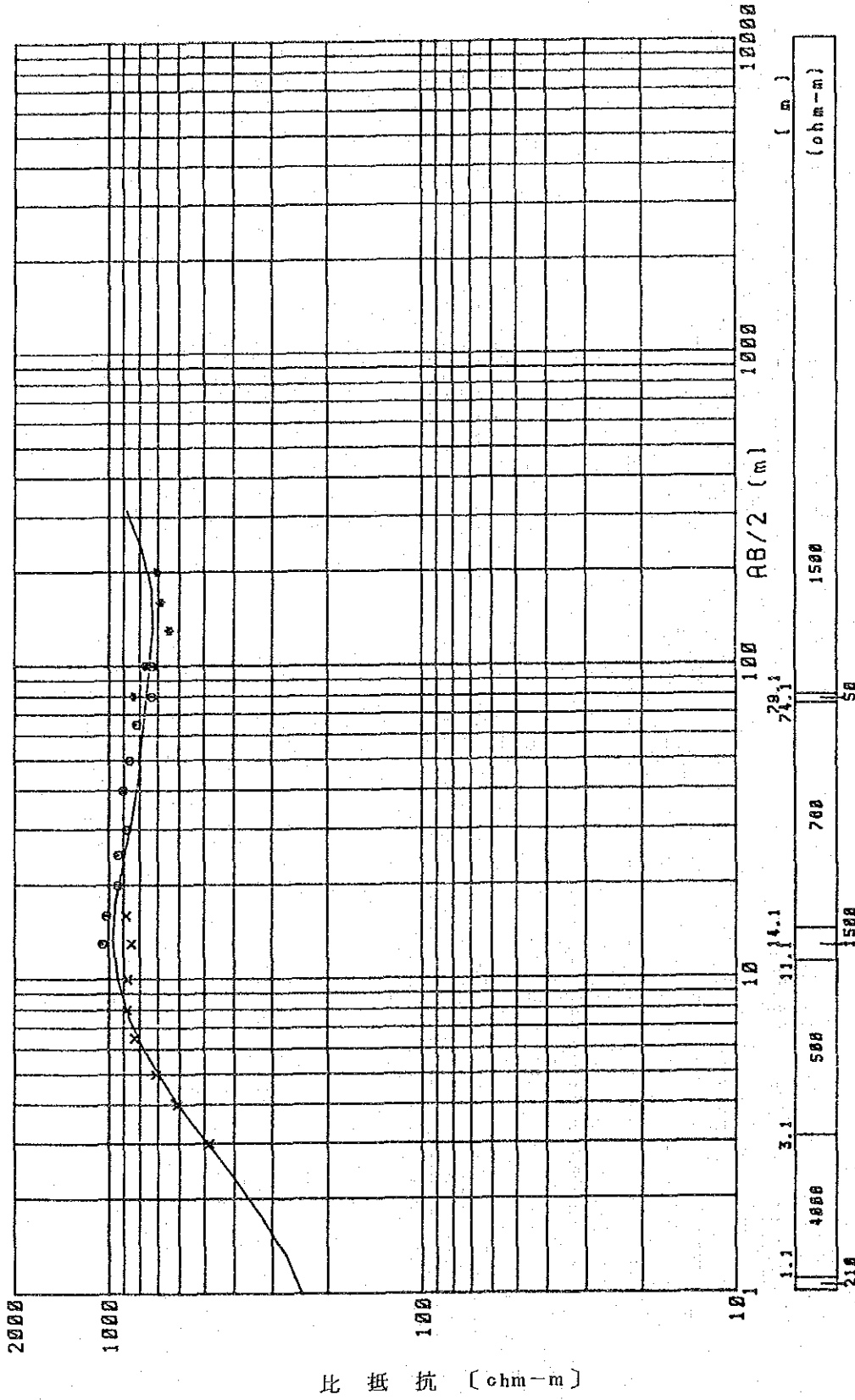
電気探査解析図(2)



C.K.C

Fig. 3.8 L-2 地点垂直探査曲線

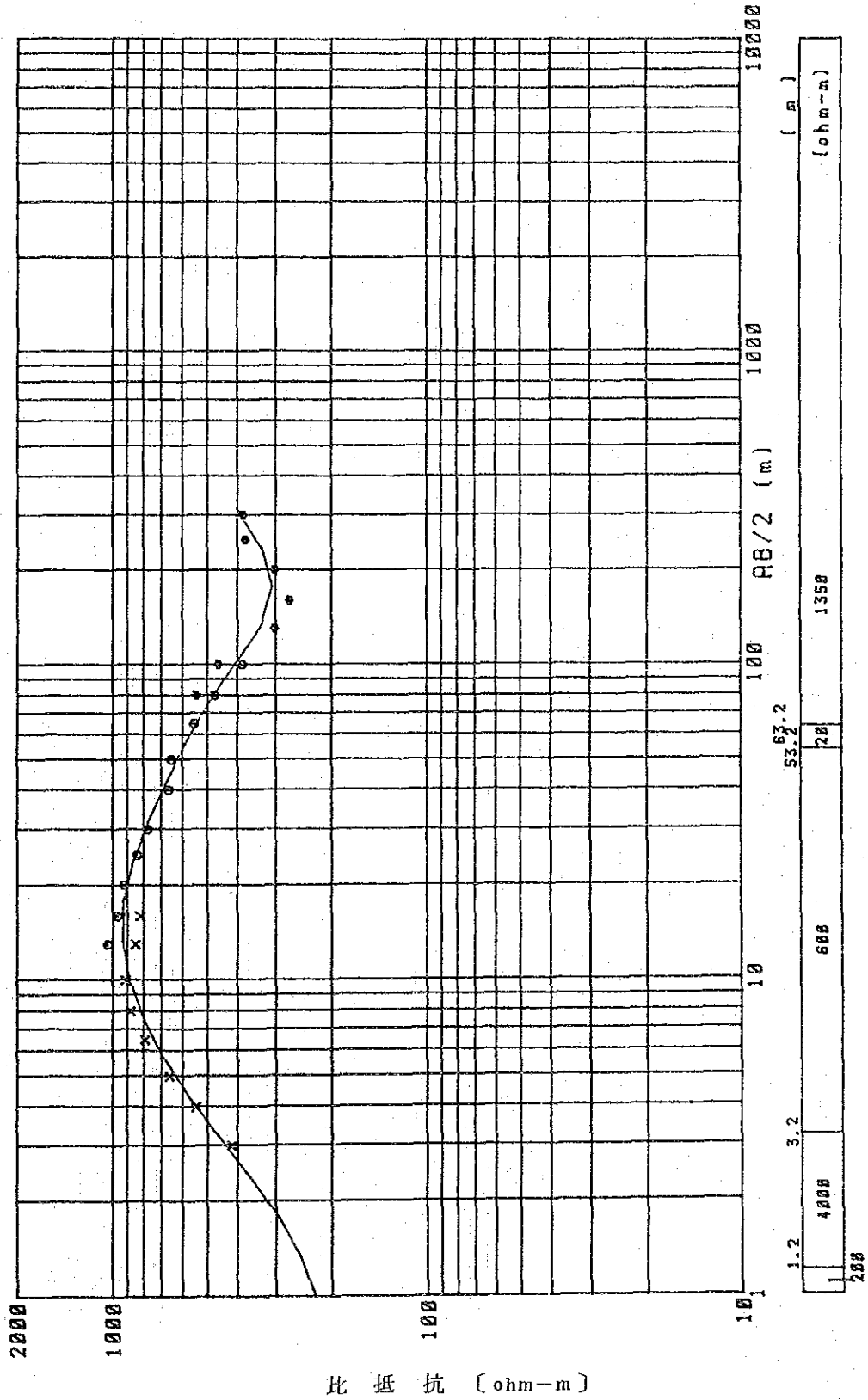
電気探査解析図(3)



C.K.C

Fig. 3.9 L-3 地点垂直探査曲線

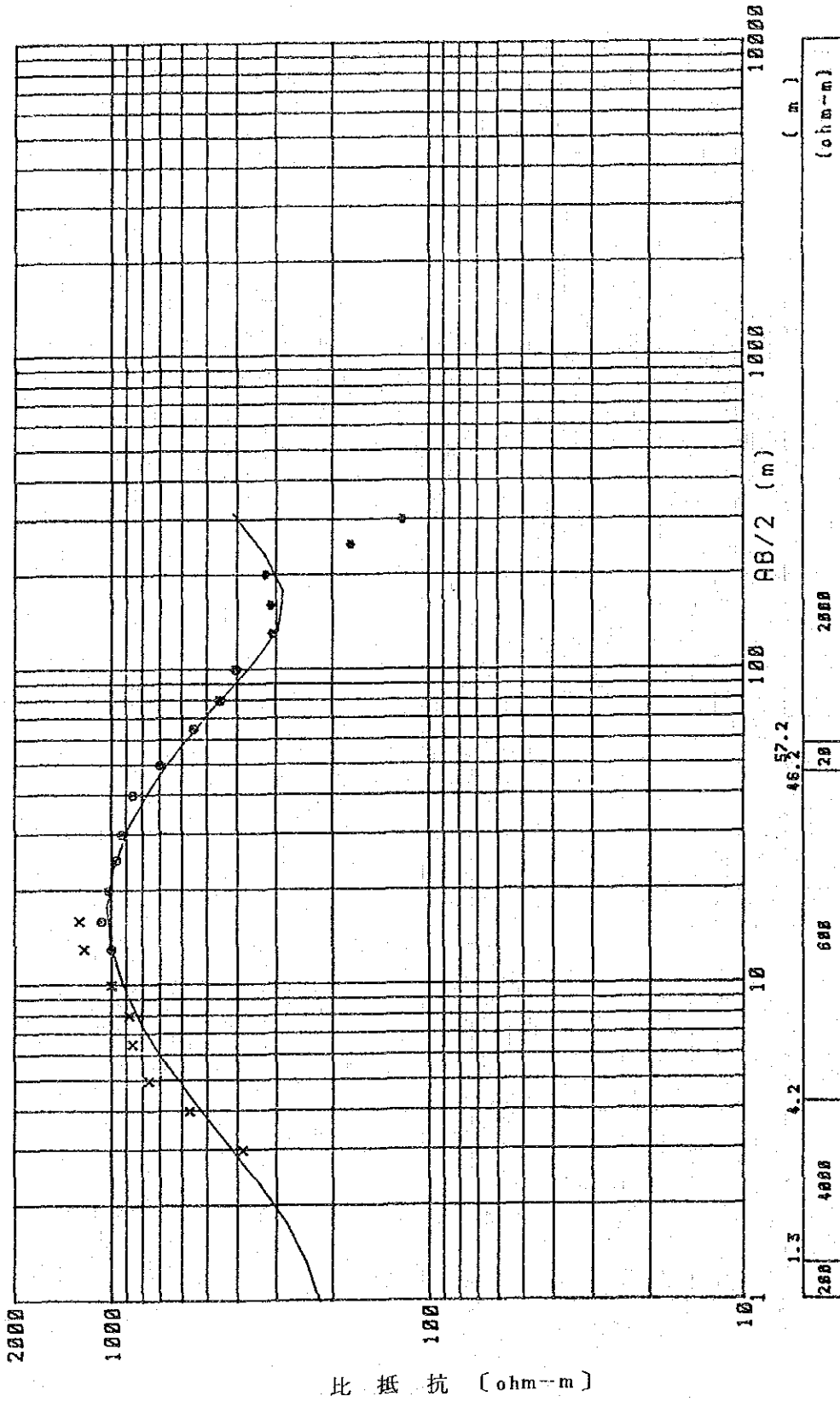
電氣探査解析図(4)



C.K.C

Fig. 3.10 L-4 地点垂直探査曲線

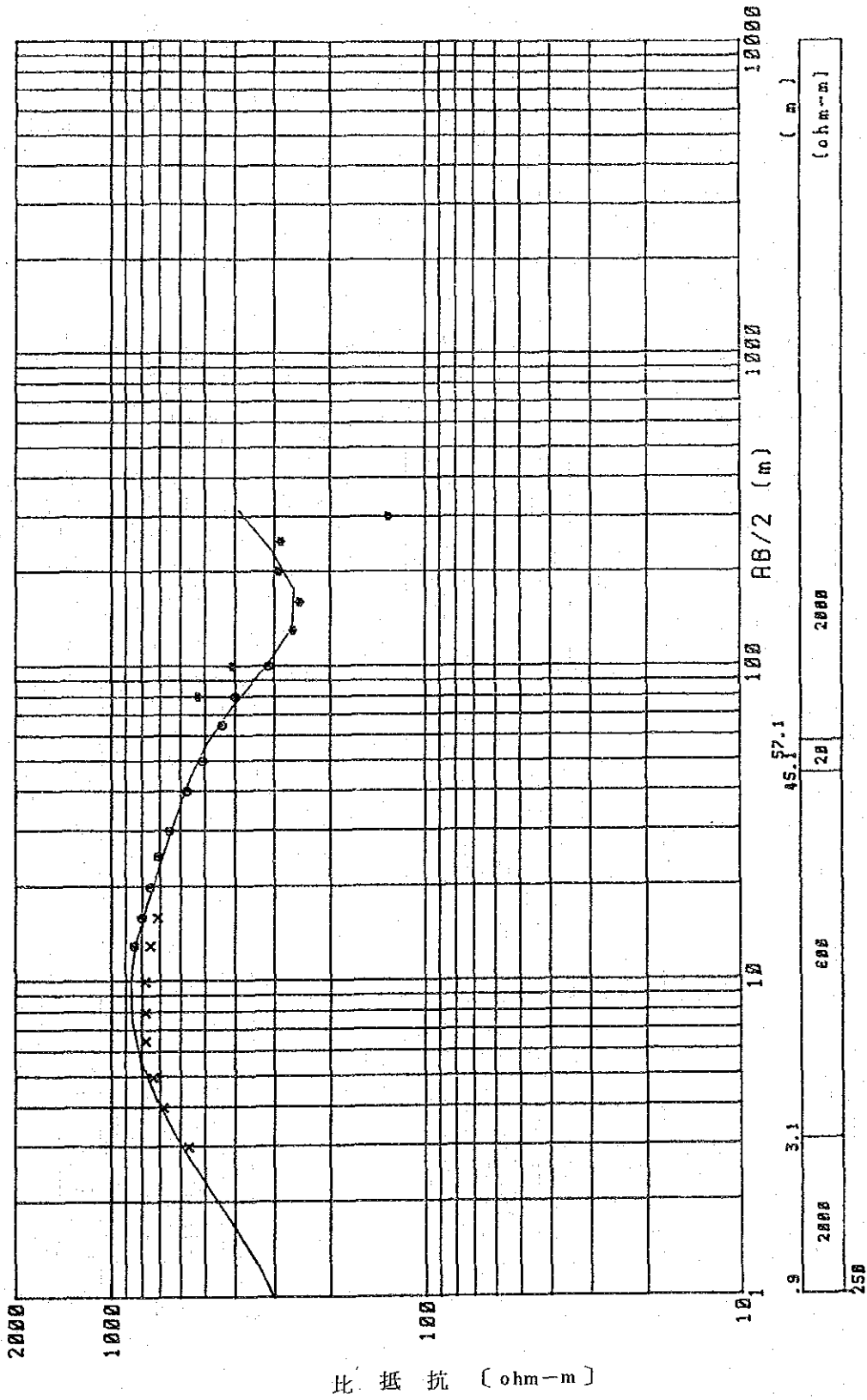
電気探査解析図(5)



G.K.C

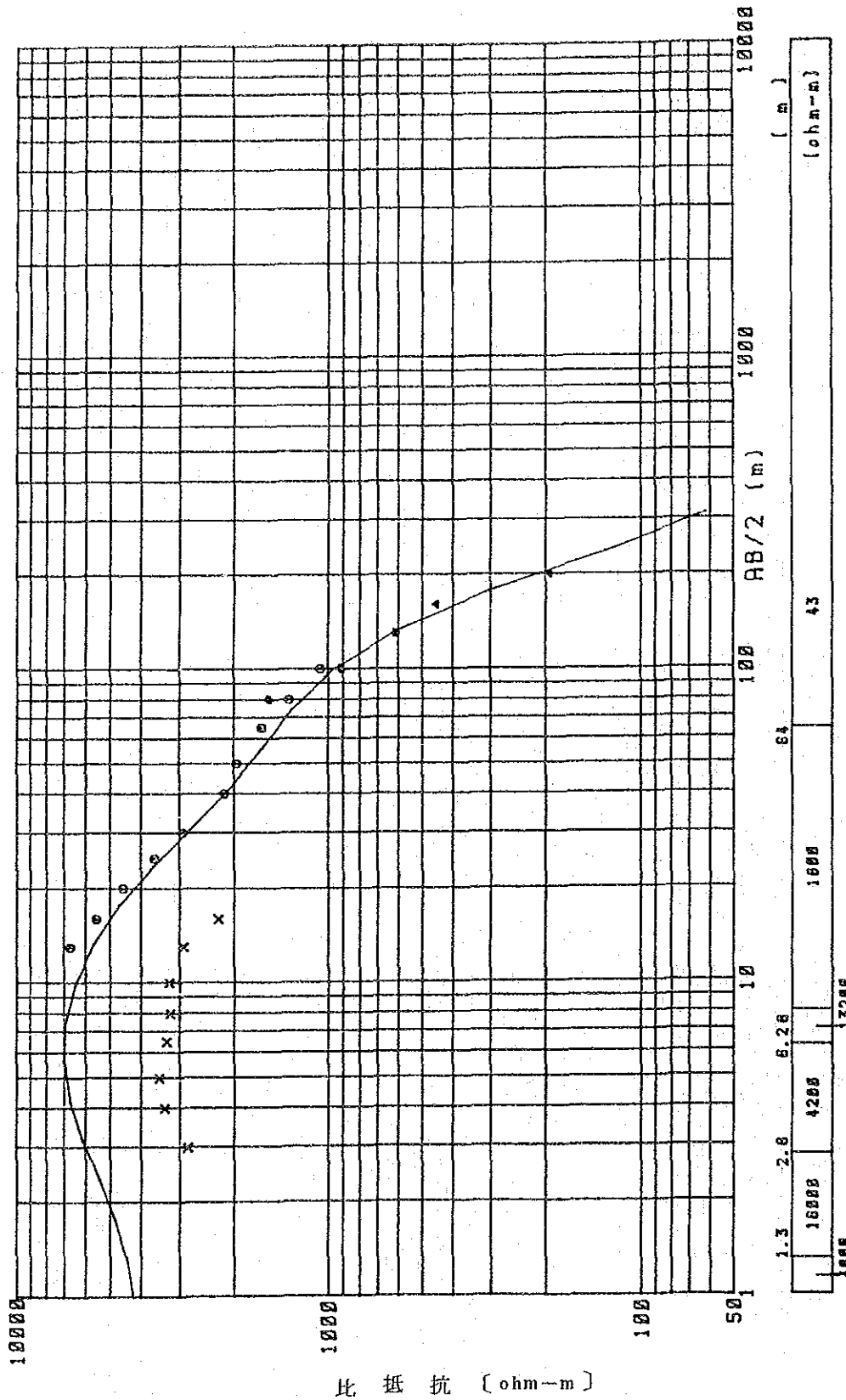
Fig. 3.11 L-5 地点垂直探査曲線

電気探査解析図(6)



C.K.C

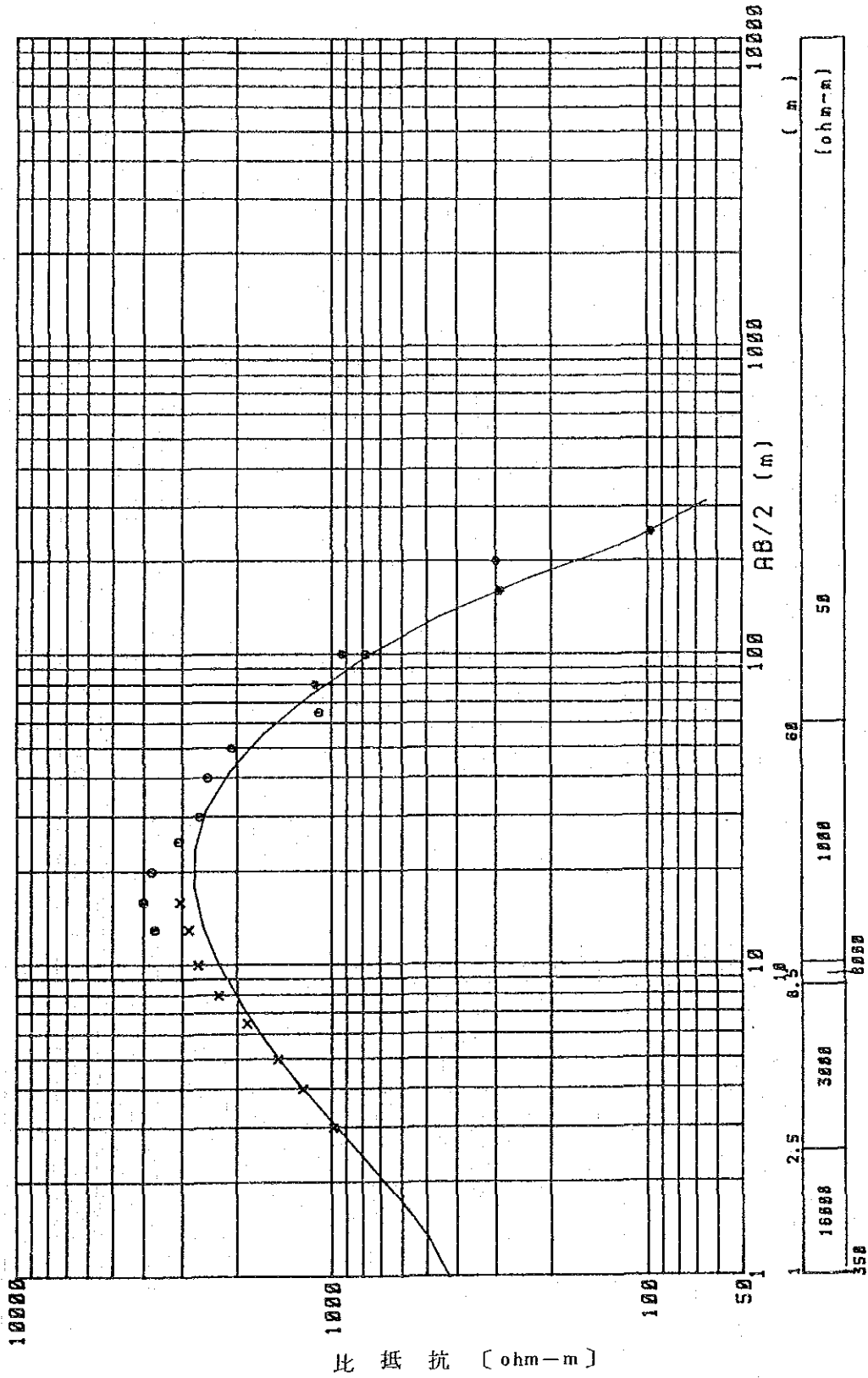
Fig. 3.12 L-6 地点垂直探査曲線



C.K.C

Fig. 3.13 K-1 地点垂直探査曲線

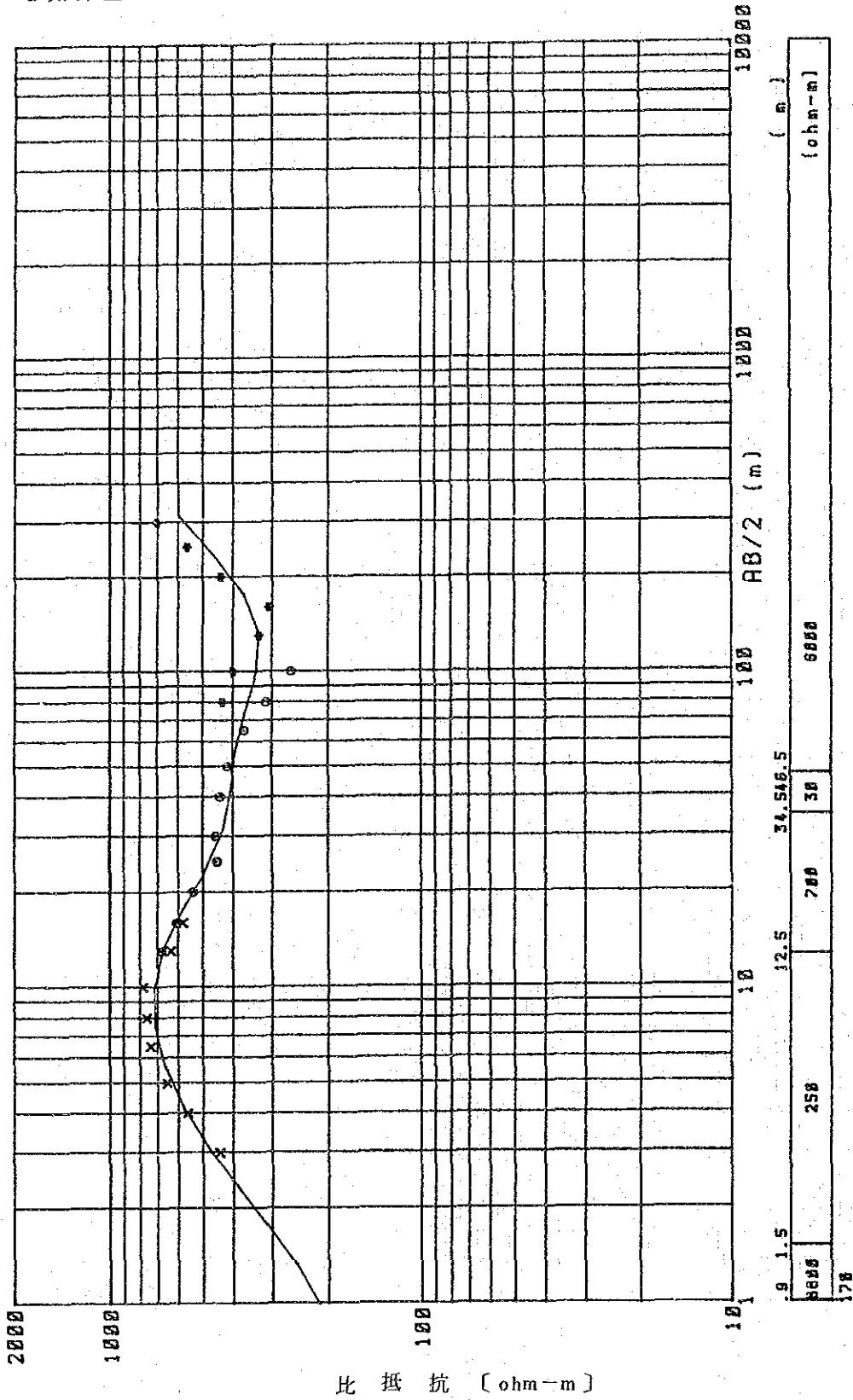
電気探査解析図(8)



C.K.C

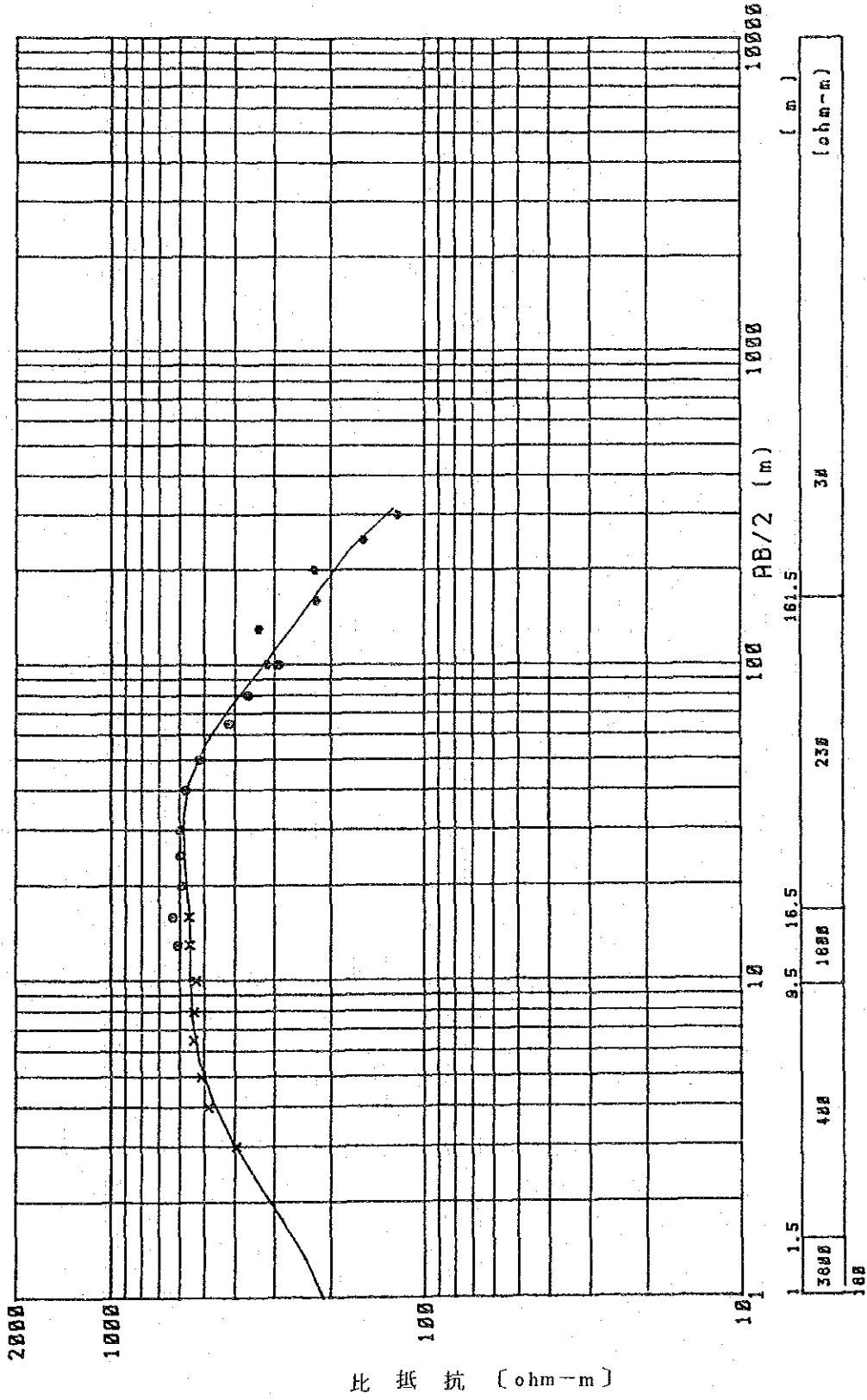
Fig. 3.14 K-2 地点垂直探査曲線

電気探査解析図(9)



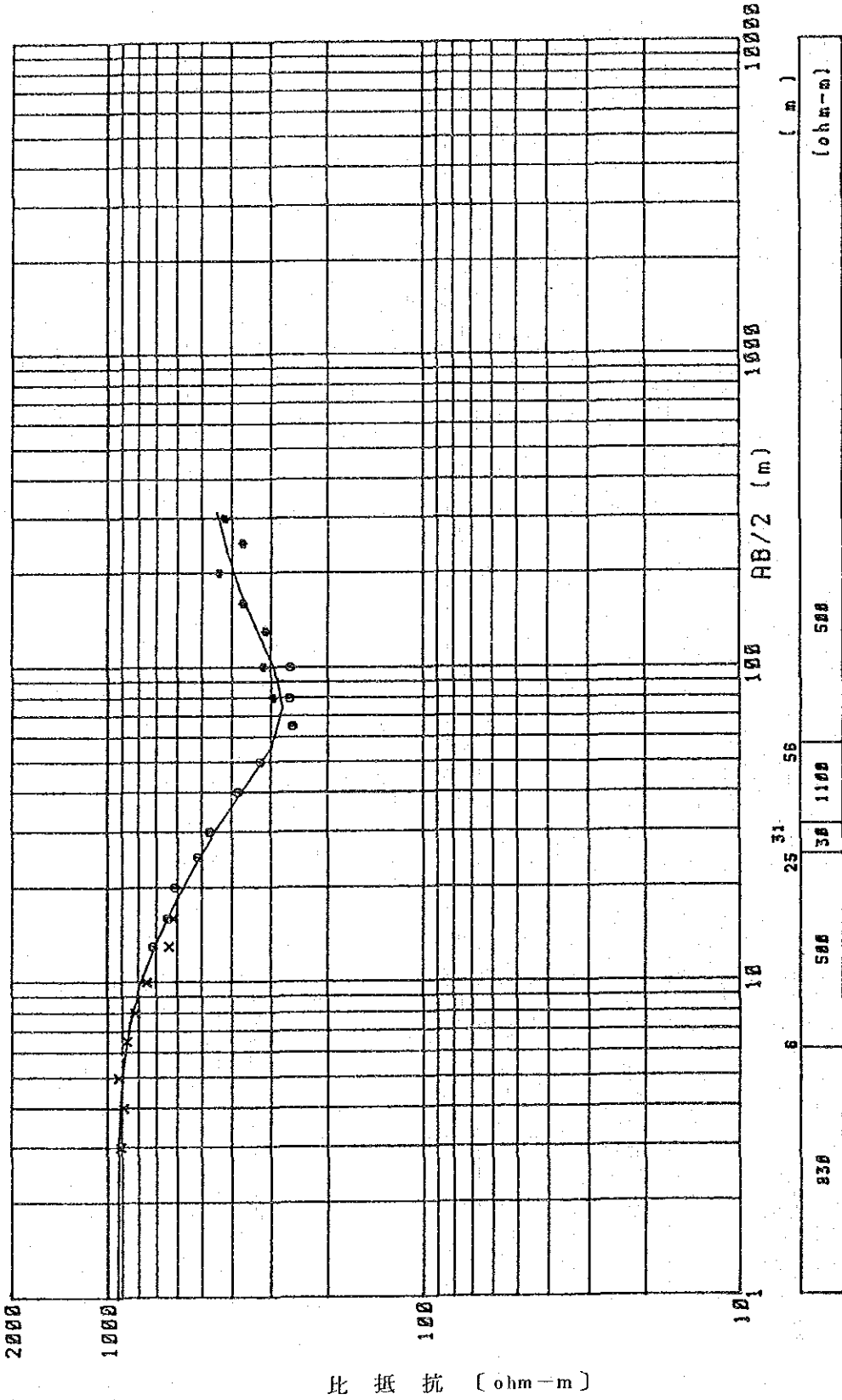
C.K.C

Fig. 3.15 K-3 地点垂直探査曲線



C.K.C

Fig. 3.16 B-1地点垂直探査曲線



C.K.C

Fig. 3.17 B-2 地点垂直探査曲線

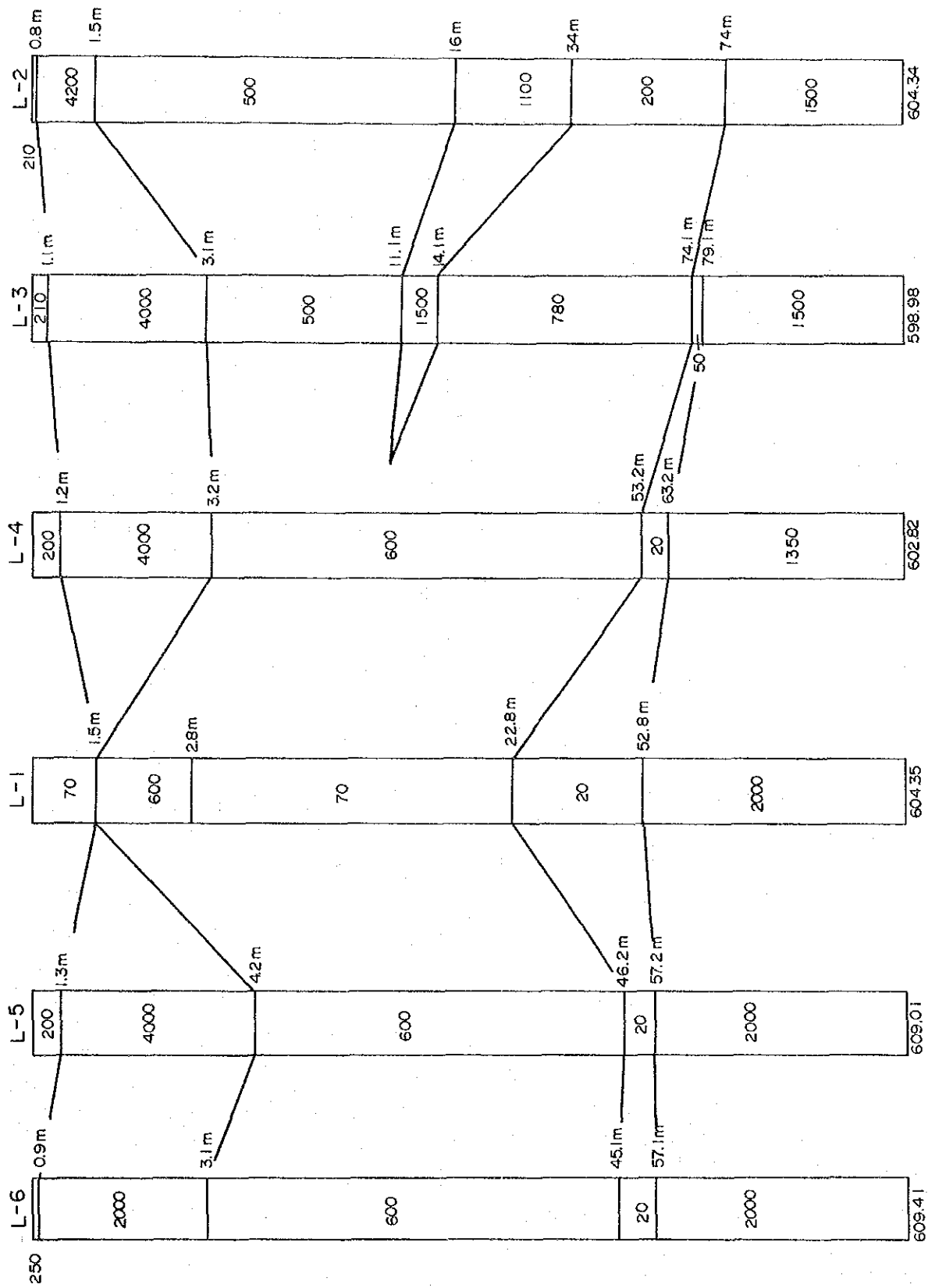


Fig. 3.18 ロマ平野における電気探査解析結果

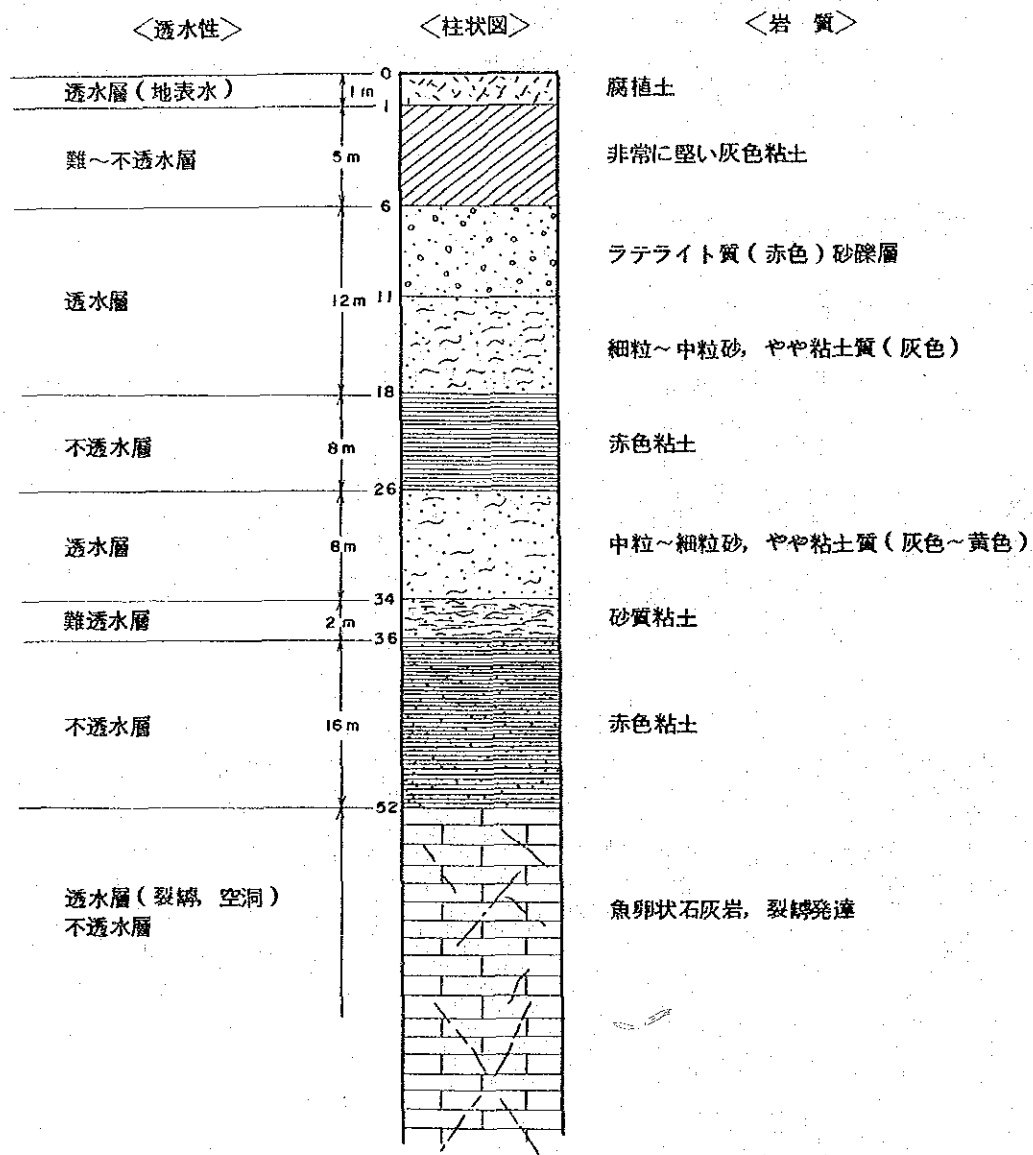


Fig 3.19 エベヤ駐屯地内で掘さくされた試錐結果を基に
推定される地下水賦存状況模式図

(i) ロマ平野

解析の結果、ロマ平野においては、Fig. 3.18 に示される通り、深度52.8m(L-1)から94m(L-2)のあたりに低比抵抗層(20 Ω m)と高比抵抗層(500~2000 Ω m)の境界面が存在し、L-6よりL-2の方向にゆるやかに傾斜している。この高比抵抗層は、本地域の基盤岩を構成する石灰岩層によるものと考えられ、それを被う厚さ約10m前後の低比抵抗層は水で飽和状態にある泥岩層もしくは粘土層であると解釈される。(L-1における低比抵抗層がやや厚くなっているのは、測定地点付近を横断していた軽油輸送管の影響を受けたものとも考えられるので、L-1については参考データとして見ていただきたい。)

この低比抵抗層より上部の中比抵抗層(70~780 Ω m)は、ほぼ地表付近にまで厚く発達しているが、主として水で飽和した透水性の砂礫層から成るものと考えられる。

Fig. 3.19はロマ平野のエベヤ駐屯地付近において、過去にRESIDESOが掘さくした試錐の結果に基づいて、推定した地下水賦存状況を模式的に表したものである。試錐機の能力不足のために、残念ながら深度52mで掘進が中止されてしまったが、中止直前に大量の逸水が生じた模様である。これは、石灰岩中の裂かによるものと考えられている。この試錐が実施された場所は電気探査のL-1地点付近であるが、電気探査結果と試錐結果が良く対応していることがわかる。しかも、電気探査の結果では、中比抵抗帯として大きく捉えられた帯水層賦存領域が、実際には数層から成る帯水層の集まりであるらしいこともこの図から読み取れる。

以上の結果を基に、地下構造を推定すると Fig. 3.20 が得られる。但し、深さ方向の距離は、水平距離に対して約10倍誇張して描いてある。

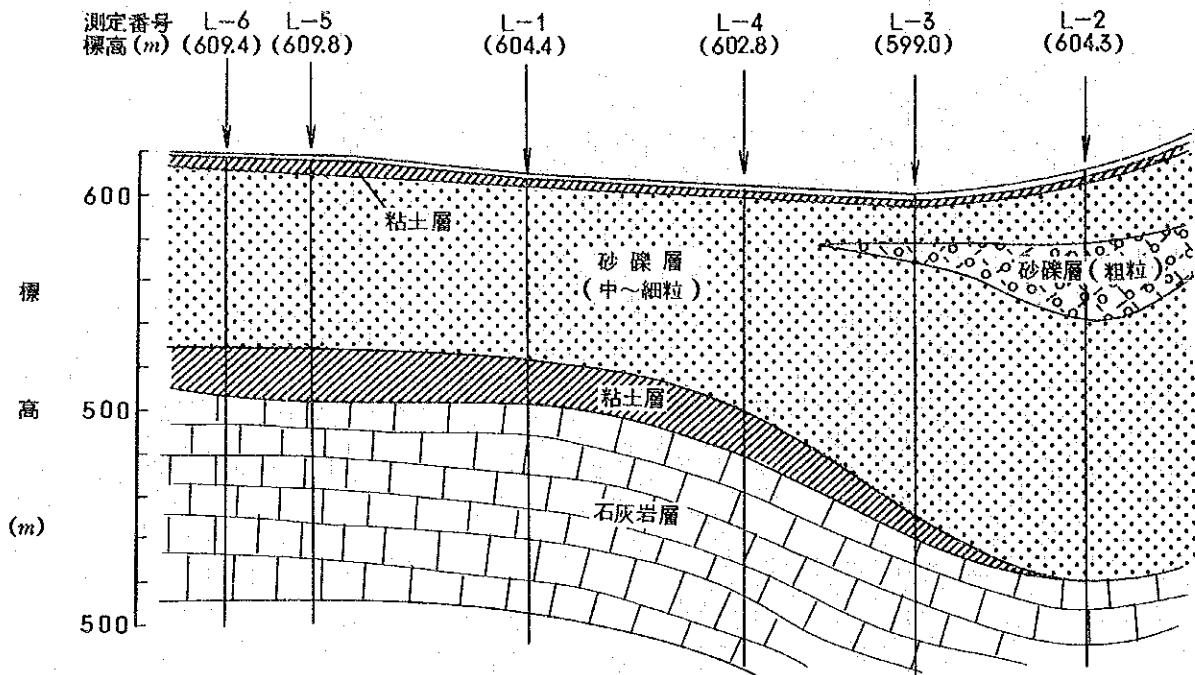


Fig. 3.20 ロマ平野の地下構造推定図

現在のところ、ロマ平野では深度10m前後の浅い透水層に賦存する地下水のみが、浅井戸として利用されているわけであるが、より深部、即ち深度約50m前後のところに存在するとみられる粘土層または泥岩層に至るまでの間に、別の帯水層が存在するものと考えられる。

また、電気探査によっては検出できなかったが、深度約50m以深に存在する石灰岩層中に発達した裂か・空洞を帯水層とする、クラの泉と同様の、地下水層が賦存するものと期待される。

従って、ロマ平野においては、現在利用している浅部地下水（深度0m~10m程度）の地下水の他に準深部地下水（深度10m~50m程度）および深部地下水（深度約50m以深）が存在するものと結論され、今後の水源として開発利用できるものとする。

(ロ) クスクス川流域

Fig. 3.21はクスクス川流域において実施した3地点の電気探査結果をまとめたものである。

これによると、地表付近に3000Ωmを超える高比抵抗層が存在し、K-1地点とK-2地点では、それぞれ深度8m及び10mまで連続している。しかし、K-3地点では深度1.5mまでと非常に浅くなっている。この高比抵抗層は、細粒の砂から成っており、含水率も

かなり低いとみられる。但し、K-1地点の深度2.8~6.2m間と、K-2地点の深度2.5m~8.5m間はその上下の高比抵抗層に挟まれるような形で相対的にやや低めの比抵抗値を示している。これは、現場状況からみて、細粒砂層中に浸透している自由地下水層を表わしているものであろう。

一方、K-1地点の深度64m以深、K-2地点の深度60m以深には43~50Ωmの低比抵抗層が存在している。これは、地下水で飽和状態にある。粘土層もしくは泥岩層から成るものと考えられ、不透水層を形成している可能性がある。これと同一の層準であるかどうか断定はできないが、同様の低比抵抗層がK-3地点の深度34.5m~46.5mのところて捕捉されている。

この低比抵抗層を直接被っている700~1600Ωmの中比抵抗層は恐らく細粒砂もしくは礫岩層中に賦存している地下水層を示すものである可能性がある。

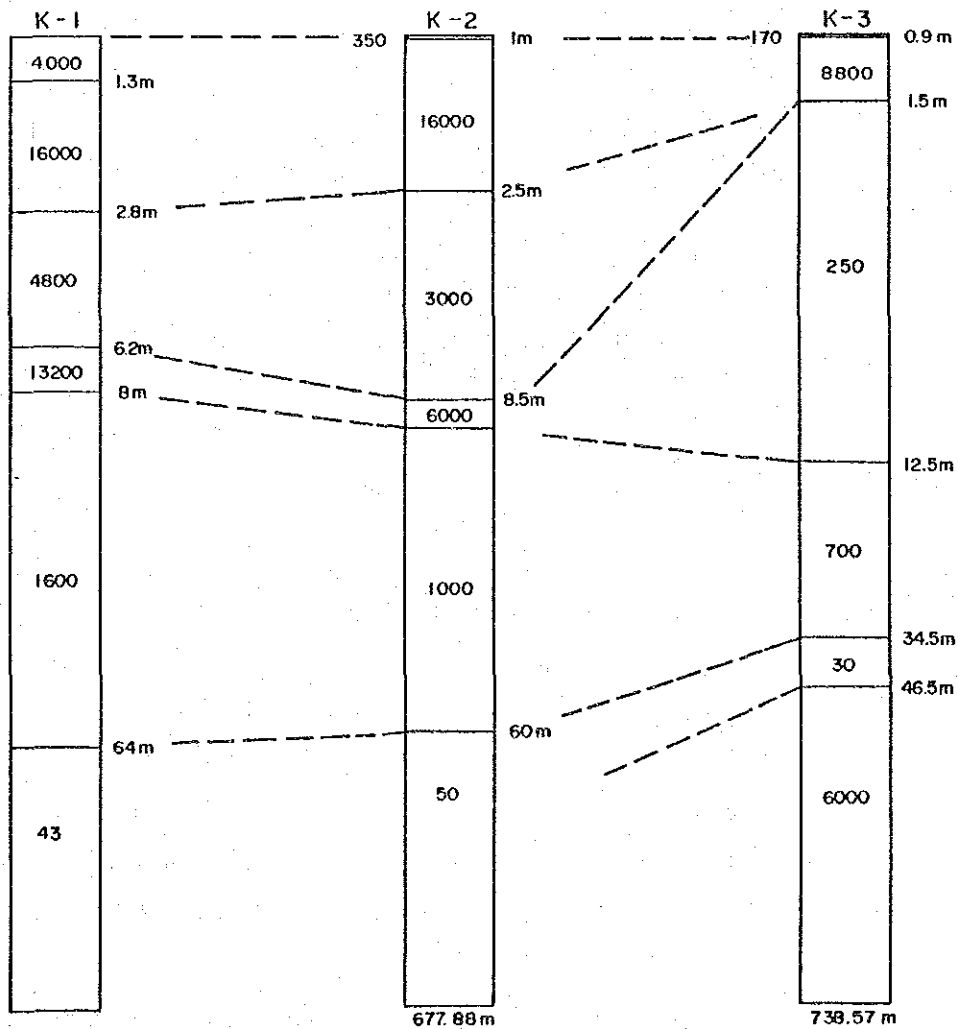


Fig. 3.21 クスクス川流域における電気探査解析結果

以上の結果を基に、クスクス浄水場付近の地下構造を推定すると、Fig. 3.22 が得られる。但し、Fig. 3.22 において深さ方向の距離は、水平距離に対して約20倍誇張して描いてある。

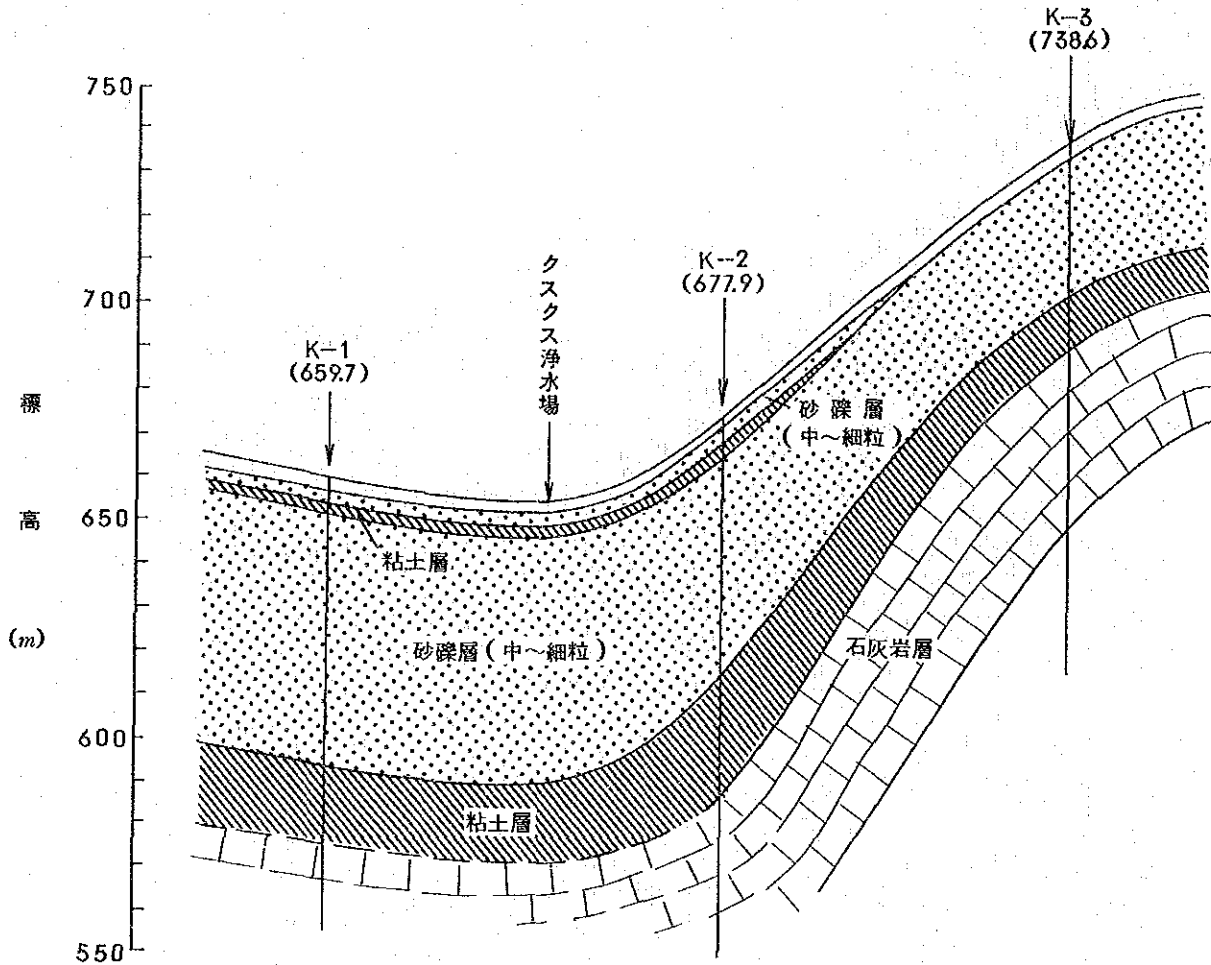


Fig. 3.22 クスクス浄水場付近の地下構造推定図

(c) ボコ部落付近 (Fig. 3.2 参照)

ボコ部落付近は、ムバンザ・ヌグング市付近のロマ平野においては、深度約50m以深に存在する石灰岩層が地表付近に分布しているところであり、従って、石灰岩層中に賦存する地下水層の存在を確認するのに都合が良い場所であると考えられた。そこで、参考のために、Fig. 3.5 に示されるB-1地点、B-2地点の2ヶ所で電気探査を実施した。

Fig. 3.23は、その結果を示したものである。これによると、B-1地点とB-2地点とは、高度の違いがあるので必ずしも共通した比抵抗層だけを捉えてはいないが、ある程度地層の連続性をみることができる。つまり、B-1地点では地表から深度16.5m

まで、B-2 地点では、地上から深度6mまでが概して高比抵抗を示す層であり、それにつづく深度161.5m (B-1地点)あるいは深度25m (B-2地点)までが中比抵抗層となっている。更に、B-1 地点では、161.5m以深、B-2 地点では25~31mのところ30(ohm・m)の低比抵抗層が存在している。B-2 地点では、この低比抵抗層より深部では再び比抵抗が高くなっていることがわかる。

上記の低比抵抗層は地下水で飽和した粘土層もしくは泥岩層であると考えられるので、この層は、恐らく不透水層を形成しているであろう。従って、それを被り中比抵抗層は、帯水層となっている可能性がある。実際に、B-1 地点の現場付近で、約30m程下った谷部に自然湧出泉があり、地元住民に利用されている事実からみて、この中比抵抗層は正しく石灰岩類中の地下水の存在を示すものであって、B-1 地点においては、それが深度160m付近にまで及んでいるものと推定される。

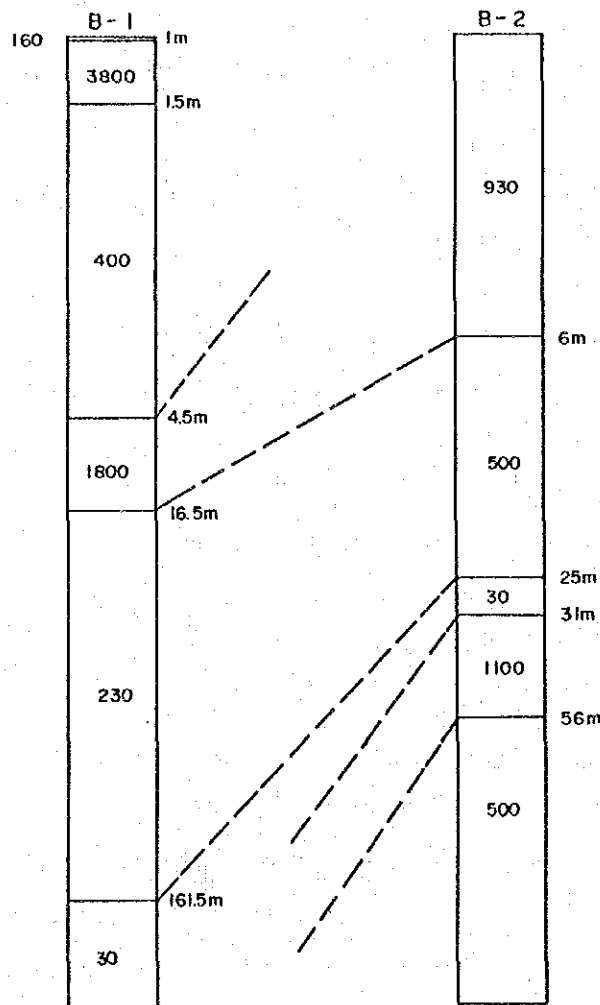


Fig. 3.23 ポコ部落付近における電気探査解析結果

3.5 人口及び人口密度

ザイール共和国国土庁 (l'Administration du Territoire) の統計資料に基づき、1976年から1981年までの6年間にわたるムバンザ・ヌグング市の各市街区別人口推移状況を Table 3.2 に示す。1982年及び1983年の2年間については、各市街区別の人口が明らかでなく信頼性に乏しいので Table 3.2 には掲載しなかったが、ムバンザ・ヌグング市の総人口はそれぞれ 82,784人(1982年)及び 90,591人(1983年)とされている。

Fig. 3.24は、Table 3.2 のデータに基づいて各市街区別人口の推移状況をグラフにしたものであり、Fig. 3.25はムバンザ・ヌグング市の住民をザイール人とアンゴラ人及びその他の外国人に分けて、その人口推移の状況をグラフに示したものである。1982年及び1983年の総人口は、参考のために破線で示している。

Fig. 3.24あるいはFig. 3.25から判る通り、ムバンザ・ヌグング市の人口は、1976年から1978年にかけて減少し、1979年以降再び増加傾向を示している。人口が減少した主な理由は、Fig. 3.25に示されているように、明らかにアンゴラ人の人口が急減したためであり、その数は2年間で4,200人にも達している。これは、1975年9月のアンゴラ独立宣言に対応して、1976年には主としてディゼンゴモカ地区に居住していたアンゴラ人が、次いで翌1977年には、主としてヌグング地区に居住していたアンゴラ人が大量に帰国した結果であると考えられる。この間ザイール人の人口はほとんど変化しておらず、また、その他の外国人の人口は今日に至るまでほぼ一定である。

しかしながら、アンゴラ人の人口は、1979年以降徐々に増加する傾向を示すようになり、ムバンザ・ヌグング市への移住が再び始まっていることを物語っている。即ち、1979年から1981年までの2年間で600人増加している。この移住によるアンゴラ人の人口増加は、今後とも継続するものと考えられる。

これに対してザイール人の人口は、1979年から1980年にかけて一気に4,000人も増加しており、この間の人口増加率は約5.61%と異常に高くなっている。これは他所からムバンザ・ヌグング市へ集まって来るザイール人の移住を反映したものであり、アンゴラ人の移住とあいまってムバンザ・ヌグング市の急激な人口増の直接的な原因となっている。

このように複雑な状況の下にムバンザ・ヌグング市の将来人口を予測することは、非常に困難ではあるが、明らかに一過性の減少を反映していると考えられる1976年と1977年のデータを除外した上で、1978年から1981年までの各市街区別のデータに基づいて最小自乗法により回帰曲線を求め、各市街区別の人口増加率を得た。即ち、ヌグング地区2.76%、レボリューション地区0.94%、ディゼンゴモカ地区2.23%、ロマ地区5.27%、ノキ地区3.52%、ムバンザ・ヌグング市全体では、2.15%という人口増加率を得た。

次にこれらの人口増加率を用いて1982年から2000年までの各市街区別の人口を推定し、各市街区の人口の和をムバンザ・ヌグング市の総人口とした。この結果、ムバンザ・ヌグング

市の人口増加率は、2.36%に修正された。

このようにして求めた1982年から2000年までの各市街区別の人口と、ムバンザ・ヌグング市の総人口の推測値をTable 3.3に示した。

Table 3.2 ムバンザ・ヌグング市の人口推移状況

市街区	国籍別	1976	1977	1978	1979	1980	1981	人口増加率(%)
ヌグング	ザイール人	6,311	6,246	6,317	6,344	7,533	7,004	2.76%(1978-1981)
	アンゴラ人	3,548	3,519	1,627	1,277	1,400	1,450	
	その他外国人	12	12	12	12	12	12	
	計	9,871	9,777	7,956	7,633	8,945	8,466	
レポリューション	ザイール人	34,136	34,390	34,154	34,178	34,379	35,463	0.94%(1978-1981)
	アンゴラ人	419	364	451	390	467	518	
	その他外国人	38	38	38	38	38	38	
	計	34,593	34,792	34,643	34,606	34,884	36,019	
ディゼンゴモカ	ザイール人	14,181	13,992	14,189	14,197	15,382	15,250	2.23%(1978-1981)
	アンゴラ人	4,444	2,461	2,560	2,669	2,447	2,537	
	その他外国人	10	8	10	10	10	10	
	計	18,635	16,461	16,759	16,876	17,839	17,797	
ロマ	ザイール人	8,276	7,946	8,289	8,306	9,612	9,174	5.27%(1978-1981)
	アンゴラ人	526	478	293	416	498	615	
	その他外国人	14	12	14	14	14	14	
	計	8,816	8,436	8,596	8,736	10,124	9,803	
ノキ	ザイール人	3,474	3,120	3,498	3,525	3,630	3,636	3.52%(1978-1981)
	アンゴラ人	585	586	390	485	592	717	
	その他外国人	315	313	315	315	312	312	
	計	4,374	4,019	4,203	4,325	4,534	4,665	
ムバンザ・ヌグング市 合計	ザイール人	66,378	65,694	66,447	66,550	70,536	70,527	2.15%(1978-1981)
	アンゴラ人	9,522	7,408	5,321	5,237	5,404	5,837	
	その他外国人	389	383	389	389	386	386	
	計	76,289	73,485	72,157	72,176	76,326	76,750	

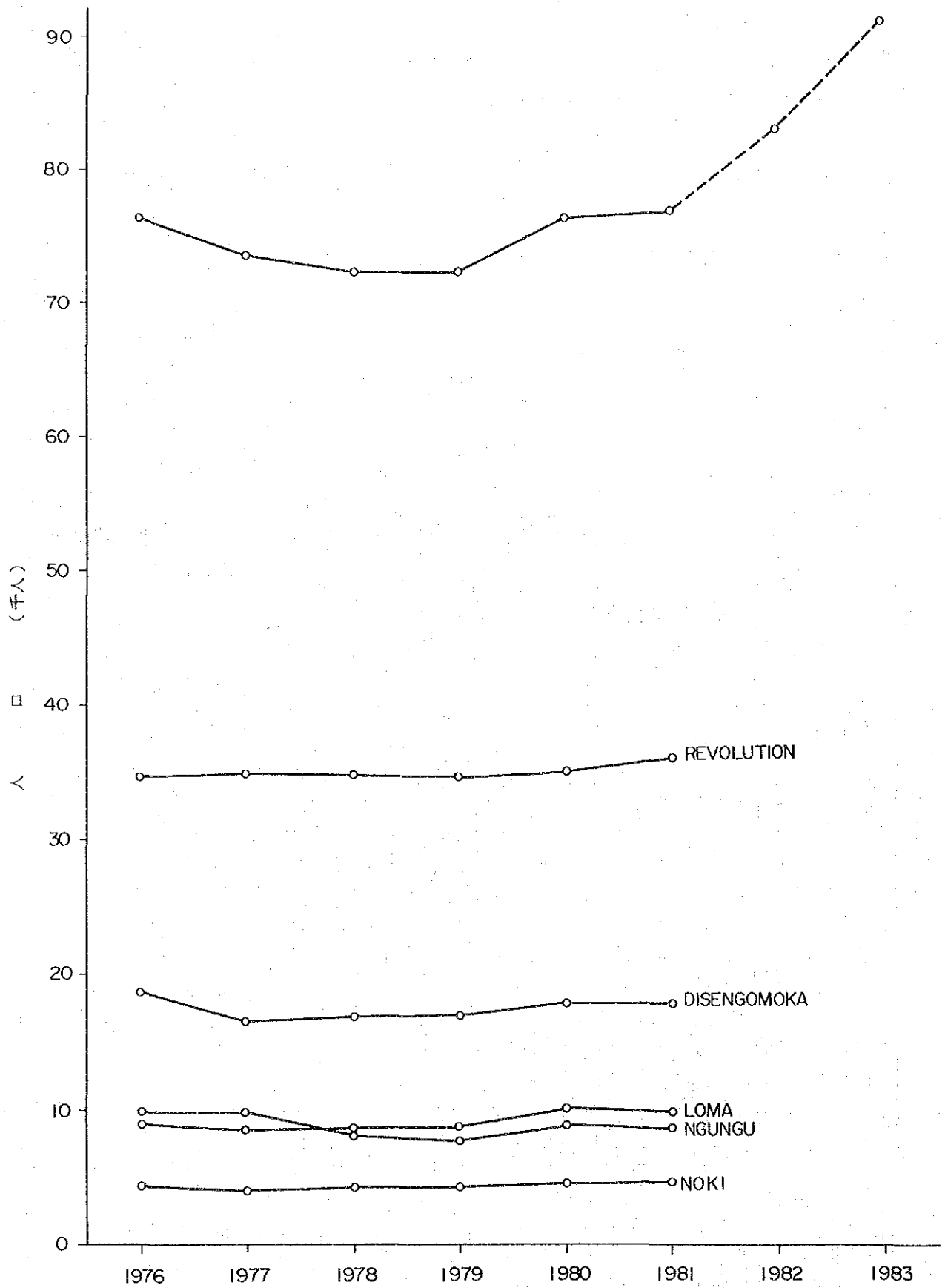


Fig. 3.24 ムバンザ・ヌグング市の市街区別人口推移状況

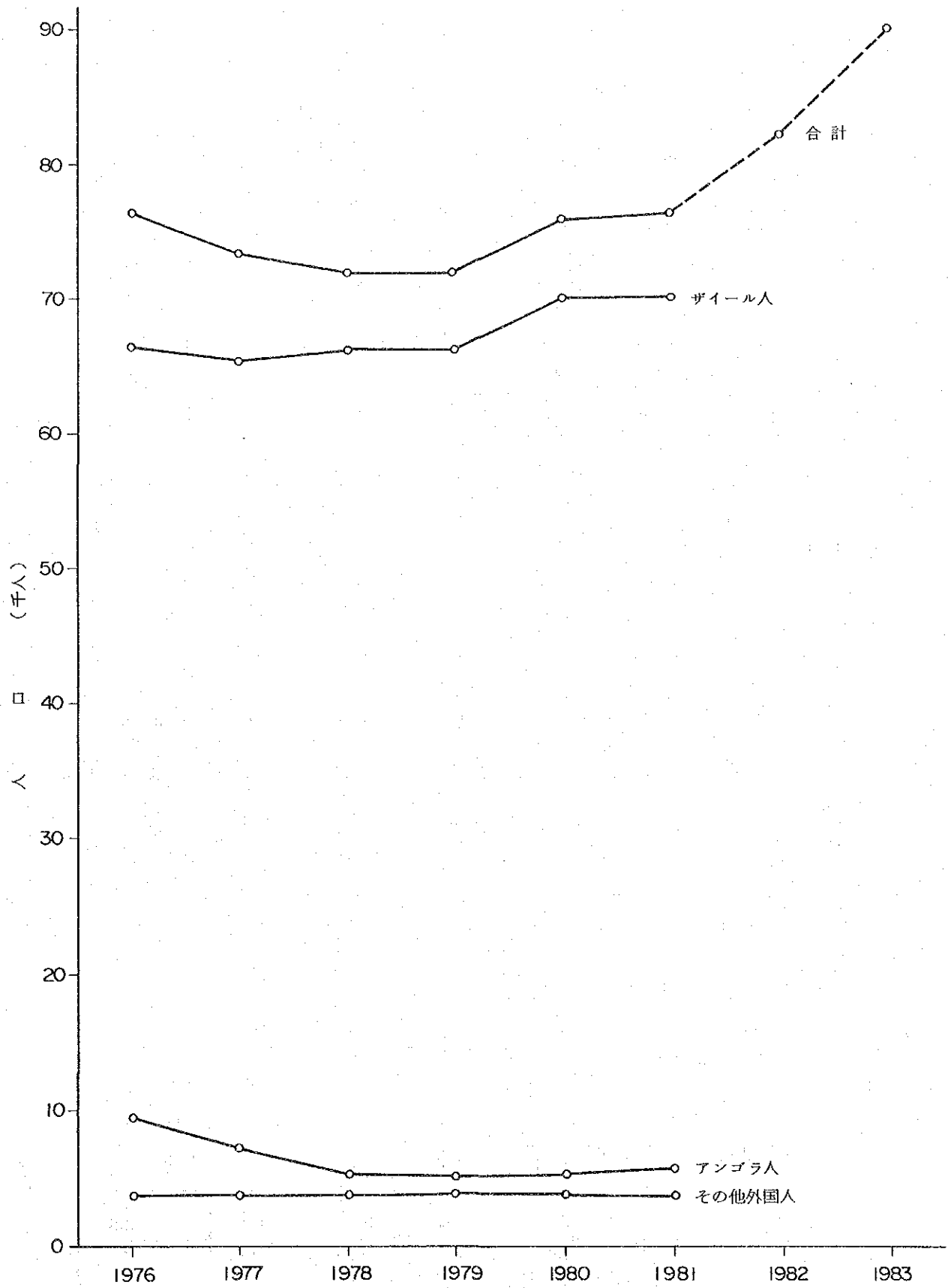


Fig. 3.25 ムバンザ・ヌグング市に居住する外国人の人口推移状況

Table 3.3 ムバンザ・ヌグング市の予測人口(1982年~2000年)

単位(人)

市街区	ヌグング	レボリ ーション	ディゼン ゴモカ	ロ マ	ノ キ	各街区人口 の合計
人口増加率	2.76%	0.94%	2.23%	5.27%	3.52%	2.36%
1981	8,466	36,019	17,797	9,803	4,665	76,750
1982	8,703	36,359	18,198	10,334	4,832	78,426
1983	8,946	36,703	18,069	10,893	5,005	80,156
1984	9,197	37,049	19,028	11,482	5,185	81,941
1985	9,454	37,399	19,458	12,103	5,370	83,784
1986	9,719	37,752	19,896	12,758	5,563	85,688
1987	9,991	38,109	20,345	13,449	5,762	87,656
1988	10,270	38,469	20,804	14,177	5,968	89,688
1989	10,558	38,832	21,273	14,944	6,182	91,789
1990	10,853	39,199	21,753	15,752	6,405	93,961
1991	11,157	39,569	22,243	16,605	6,633	96,207
1992	11,469	39,943	22,745	17,503	6,871	98,531
1993	11,790	40,320	23,258	18,450	7,117	100,935
1994	12,120	40,701	23,782	19,449	7,372	103,424
1995	12,459	41,085	24,318	20,501	7,636	105,999
1996	12,808	41,473	24,867	21,611	7,910	108,669
1997	13,166	41,865	25,428	22,781	8,193	111,433
1998	13,535	42,260	26,001	24,013	8,487	114,296
1999	13,914	42,659	26,587	25,312	8,791	117,263
2000	14,303	42,062	27,187	26,682	8,106	120,340

Table 3.3の予想人口に基づいて、1995年における各市街区別の人口密度を求めると、Table 3.4が得られる。

Table 3.4 1995年における市街区別推定人口密度

市街区	ヌグング	レボリ ーション	ディゼン ゴモカ	ロ マ	ノ キ	ムバンザ・ヌ グング市全体
推定居住人口 (1995年)	人 12,459	人 41,085	人 24,318	人 20,501	人 7,636	人 105,999
市街面積	ha 138	ha 110	ha 64	ha 79	ha 135	ha 526
人口密度	人/ha 90	人/ha 374	人/ha 380	人/ha 260	人/ha 57	人/ha 202

3.6 インフラ状況

(1) 電力

ザイール川下流のインガ (INGA) 水力発電所 (現在出力 128万kW) から首都キンシャサを経てシャバ州 (SHABA) の鉱業地帯へ送られる 700 kV の送電ルートにあっており、9ヶ所の中圧変電所 (6.6kV) を通して電力は比較的安定的に供給されている。総出力は 2,660kW である。一般家庭で使われている電力の電圧は 220V/50Hz であるが、実際には電圧降下が著しく、180~200V となっている。また、雷等による停電も多い。

電力発電能力に関しては、並はずれたポテンシャルをもっているにもかかわらず、電線等の資材不足の理由もあって一般家庭への普及率は依然として低い。

(2) 通信

電話は、設備、資材の不足、回線数の不足などのために一般に普及していない。ムバンザ・ヌグングとキンシャサとの間の連絡には、P.T.T. (郵便・電信・電話局) の設備を利用しなくてはならないが、性能が悪く円滑なコミュニケーションは困難である。従って、高性能な無線機 (トランシーバー) の設置が望まれるところである。

(3) 道路

キンシャサ~ムバンザ・ヌグング~マタディ間の道路は前述した通り、完全に舗装されており申し分ない。

ムバンザ・ヌグング市内の道路は、舗装状態は不完全ではあるが市街区を通行する限りにおいて、普通乗用車でも不都合はない。しかしながら、クスクス浄水場、BAMBA 洞窟への道は車のすれ違いが不可能な程道幅が狭く、路面状態も劣悪であるので、普通乗用車では無理であり、車高の高い四輪駆動車が必要である。また、概して、ぬかるみとなり易い道路が多い。

(4) 下水道

下水道網あるいは末端処理施設は作られておらず、各住居毎に仕切りを設けて地下浸透させている場合がほとんどである。ムバンザ・ヌグング市の下水道網整備計画も今のところ存在しない。

但し、雨水等の排水溝は、ノキ地区のように主要道路に沿って作られている箇所もあるが、全く不完全である。

第4章 計画内容

第4章 計 画 内 容

4.1 目的及び概要

「ムバンザ・ヌグング市飲料水供給整備計画」は、ザイール共和国の公共投資計画に沿う全国水道整備計画の一貫として、REGIDESOにより策定された。それは膨張を続けるムバンザ・ヌグング市の住民に対して、現在及び将来にわたって必要となる生活用水を供給する総合的水道施設の建設を目的としている。

計画は、まず基本となる給水人口の動向と、それに対応する計画給水量の検討から出発し、必要な取水源の選定、適切な容量を有する揚水施設、送水施設、配水池及び給・配水管網の新設に至るまでをその内容とする。同時に27年前に敷設され、今や著しく老朽化し、又容量不足ともなっている市内の既存配水管（第一次、第二次配水管）を新設管と取り替え、未だ使用に耐える大半の既存第三次配水管、給水管を、新設の配水管に接続し直す一連の改修を含む。内容の詳細については、次節4.2以降で述べるが、ここにその要点を記すと以下の通りである。

給水の対象となるムバンザ・ヌグング市の住民は1983年現在で約8万人を越えると推定され、ヌグング地区(362ha)、レボリューション地区(222ha)、ディゼンゴモカ地区(86ha)、ロマ地区(227ha)、ノキ地区(352ha)の市内5地区に居住している。新水道施設計画では、この給水人口の分布と地勢上の理由から、全市を大きく二つの配水区（主配水区、ロマ地区配水区）に分け、それぞれに独立した送水・配水系統を設ける。取水施設は共通とし、最も安定した地下水取水が可能と思われるロマ平野に、必要な数の深井戸を掘削し(REGIDESOの担当工事)、これに充てる。

施設の容量は、調査団が最も妥当な目標年次として採用した1995年における給水人口、給水量によって定める。しかし耐用年限が長く、一旦敷設すると容易に取り替えが許されない給・配水管については2000年の計画給水量を根拠に、その口径を選定する。

この既存施設の改修を含んだ総合的水道施設計画の実施によって、現在のムバンザ・ヌグング市の給水不足と供給不均衡が是正されるばかりでなく、約10年後の将来の同市給水サービスも不安なく行われることになろう。

4.2 計画の方向付け

(1) 目標年次

REGIDESOは、ムバンザ・ヌグング市の水道施設拡充の計画目標年次と計画給水人口を、次の二段階に分けて考えている。

- ・ 1990年 102,841人 (REGIDESO 推計)
- ・ 2000年 144,035人 (" ")

そして、対応する給水施設計画を

- ・ 第一段階 1984年～1986年(3ヶ年)
- ・ 第二段階 1990年～1991年(2ヶ年)

で実施しようとする基本計画を立てている。

しかし、プロジェクトの効果を考える場合、1986年末に完成する施設がそれから僅か4年後に容量的に限界に達するような計画は妥当と言えなく、一方、一気に2000年の目標年次を取ることは、先行投資に過ぎるきらいがある。

調査団は今から約10年先の1995年を目標年次とすることが、施設規模、投資の効果から見て最も適切かつ妥当であると考えられる。いま、1995年と2000年のムバンザ・ヌグング市における計画給水量を、調査団の行った計算で比較してみると、次の通りになる。

- ・ 1995年 人口 105,999人 5,813 m^3 /日
- ・ 2000年 人口 120,340人 6,564 m^3 /日(12.9%増)

前述した様に配管サイズのみを2000年を基準に設計し、給水量及び他のすべての施設を1995年を基準に設計することにより、2000年にいたっても施設のわずかな増強でその時点の需要に応じ得ると考えられる。従って、本基本設計の目標年次としては1995年を採用することとする。

(2) 取水源—地下水の選択

ムバンザ・ヌグング市の新施設用取水源としては、次の3水源が考えられる。

- ・ クスクス川
- ・ クラの泉
- ・ 深井戸

まずクスクス川については、既に3.3において述べた通り、既存水道施設の主要水源として既に使用されているが、現在の3倍以上の取水量を必要とする新施設用としては容量的に不十分であるし、もしこれを採用したとしても、最近の原水の汚染や、降雨時の濁水流入に備えて本格的な浄水設備を設ける必要があり、設備投資、運転コストがかさみ、経済的ではない。

天然に存在するクラの泉を利用する場合は、湧水量が充分(約600 m^3 /h)にあることや、水質に問題がないことなどの優れた長所がある反面、ムバンザ・ヌグング市から約10km以上も離れた谷間に存在しているので、ここで集水して同市に長距離パイプで送水するとなるとクスクス川からの取水以上の設備投資を要することになる。

結局、3.4.3において述べた通り、今回、調査団の探査によってその存在が確認されたロマ平野の豊富な地下水を深井戸によって採取し、使用することが投資コスト、運転コストを最小にし、全季節を通じて安定した施設の操業を可能にする唯一の方法であると考えられる。

調査団とREGIDESOは、この点について意見が一致しており、水源は深井戸による地下

水を採用するものとした。

(3) 取水源のロマ平野への集中

地下水の取水場所をどこに求めるかについては、REGIDESO 側は深井戸をロマ平野とクスクス川の2地域に分け、運転のリスク分散を図ろうとする考え方を持っていたが、今回、調査団は、ロマ平野とクスクス川の両地域で電気探査による地下水帯水層の調査を実施した結果、ロマ平野だけで必要な取水量が十分に得られると判断し、市の中心に近く、平坦な地勢に恵まれ、建設工事も用意であるロマ平野に深井戸を集中させることをREGIDESO 側に提案し、協議した結果その同意を得た。従って本計画はこの方針で設計を進めることとした。

(4) 配水の方式－配水池の設置

既存のムバンザ・ヌグング市の配水方式は、取水処理場に置かれた送水ポンプ圧力をそのまま利用し、直結給水栓まで水を送る簡易方式が主体であり、この方式特有の短所が現れていることは3.3において述べた通りである。

今回の新計画で採用する配水方式については、この現状を踏まえ、REGIDESO と調査団との間で慎重な討議を行った結果、次の様な方針で臨むことが決定された。

－送水ポンプからの送水を一旦、高所に設置する配水池に受け、ここから重力流下で配水管網に配水する方式を採用する。この方式は、水圧コントロールを適切に行うことができるばかりでなく、将来の人口増に伴う給水管網増設に対しても、比較的柔軟に対処できる長所がある。

－地勢上の理由と給水人口分布の実態から、全市を大きく二つの独立配水区に分ける。即ち、低地のみからなる新興住宅地帯「ロマ地区配水区」と、高地・中間標高地帯である「主配水区」に二分する。

それぞれの配水区の中に設けられる配水池の設置場所としては、配水区中で最も標高が高く、かつ行き来が容易な場所が検討され、ロマ地区配水区については、ロマ地区西端の一画に、主配水区については、ノキ地区に設置されている既存貯水タンクに隣接する場所が選定された。

(5) 配水管の工事範囲

給・配水管網の中で、末端部分を構成する第三次配水管（径50mm以下）、及び給水用特殊枝管（止水栓、メーター、給水栓等を含む）は、配水本管とは違い、その取付場所、経路、等が使用者側の細かい条件に応じて決められる性質のものである。

本来、この末端部分の配管まで実施されて初めて、一貫した上水道システムが完成する

のであるから、飲料水供給整備というプロジェクトとしては、末端配管までの工事を行うのが好ましいと考えられる。しかしながら、REGIDESO自身に末端配管工事を行う技術力が充分にある等の理由により、末端配管工事まで行うことは、好ましくない。

従って、本プロジェクトにおける工事の範囲としては、上記の末端配管工事を除く第一次及び第二次給・配水管工事までとする。

(6) 既存配水管の取り扱い

現在、ムバンザ・ヌグング市に設置されている既存の給・配水管は、約27年前に敷設された古い配管であるため、既に老朽化しているが、機能的に問題がない限りは、今後も利用を続けて行くべきであると考えられる。しかし既設管のうち配水管網の根幹となる第一次、第二次配水管（60%以上、REGIDESOの定義）の殆どは、現在の水需要量に対しても径が小さ過ぎることが明らかであり、そのうえ老朽化が甚だしく、また路面に露出する部分も多いため、将来増加が予想される車輛交通によって破損を受ける危険が大きい。従って、このような配水管については大半を新設管と取り替える方針で計画を進める。

しかし第三次配水管（50%以下）及び給水栓を含む特殊技管については、老朽化はしているが、機能的にまだ充分使用可能であり、破損の危険も少なく、万一般損した場合でもその影響は軽微であると考えられるので、出来る限り継続して使用することとし、その大部分を新設の第一次、第二次配管に接続し直す方向で計画を進める。

(7) 小径管及び給水用特殊枝管の供与

前述した通り、末端配管工事に関しては十分な工事遂行能力を有するREGIDESOに委ねることとするが、この末端配管工事の実施がなければ、本プロジェクトの効果が損なわれることになるので、REGIDESO側の速やかなる対処が必要とされる。しかしながら、現実には、REGIDESOは、末端配管工事に必要なだけの材料・部品を持っておらず、当面の材料調達の見込も立っていない。

従って、本プロジェクトの効果を十分に挙げるためには、REGIDESOに対して必要最小限の材料・部品の供与を行うことが是非とも必要であると考えられる。

4.3 基本設計

4.3.1 容量決定の基準

(1) 目標年次

前述した様に1995年を目標年次とする。ただし、配水管の径のみ2000年ベースで決定する。

(2) 給水面積と給水人口

Table 4.1 給水面積と給水人口

地 区	1995年		2000年	
	給水面積	給水人口	給水面積	給水人口
ヌ グ ン グ	(ha) 138	(人) 12,459	(ha) 143	(人) 14,303
レポリューション	110	41,085	133	43,062
ディゼンゴモカ	64	24,318	64	27,187
ロ マ	79	20,501	93	26,682
ノ キ	135	7,636	156	9,106
合 計	526	103,705	589	115,475

(3) 計画給水量

Table 4.2 計 画 給 水 量

地 区	1995年			2000年		
	家庭用	商工業 官公署用	合 計	家庭用	商工業 官公署用	合 計
ヌ グ ン グ	(m^3) 561	(m^3) 165	(m^3) 726	(m^3) 644	(m^3) 185	(m^3) 829
レポリューション	2,034	82	2,116	2,132	93	2,225
ディゼンゴモカ	1,131	82	1,213	1,264	93	1,357
ロ マ	862	165	1,027	1,120	185	1,305
ノ キ	401	330	731	478	370	848
合 計	4,989	824	5,813	5,638	926	6,564

地区別の家庭用の計画給水量は、各種給水栓（専用栓，共用栓，公共栓）の分布と、これに依存する給水人口とに基づいて計算された。地区別の商工業官公署用計画給水量

は、現在における各地区の当該消費量の全体消費量に占める割合を考慮して計算された。
別添資料に計算表を添付する。

(4) 最大給水量

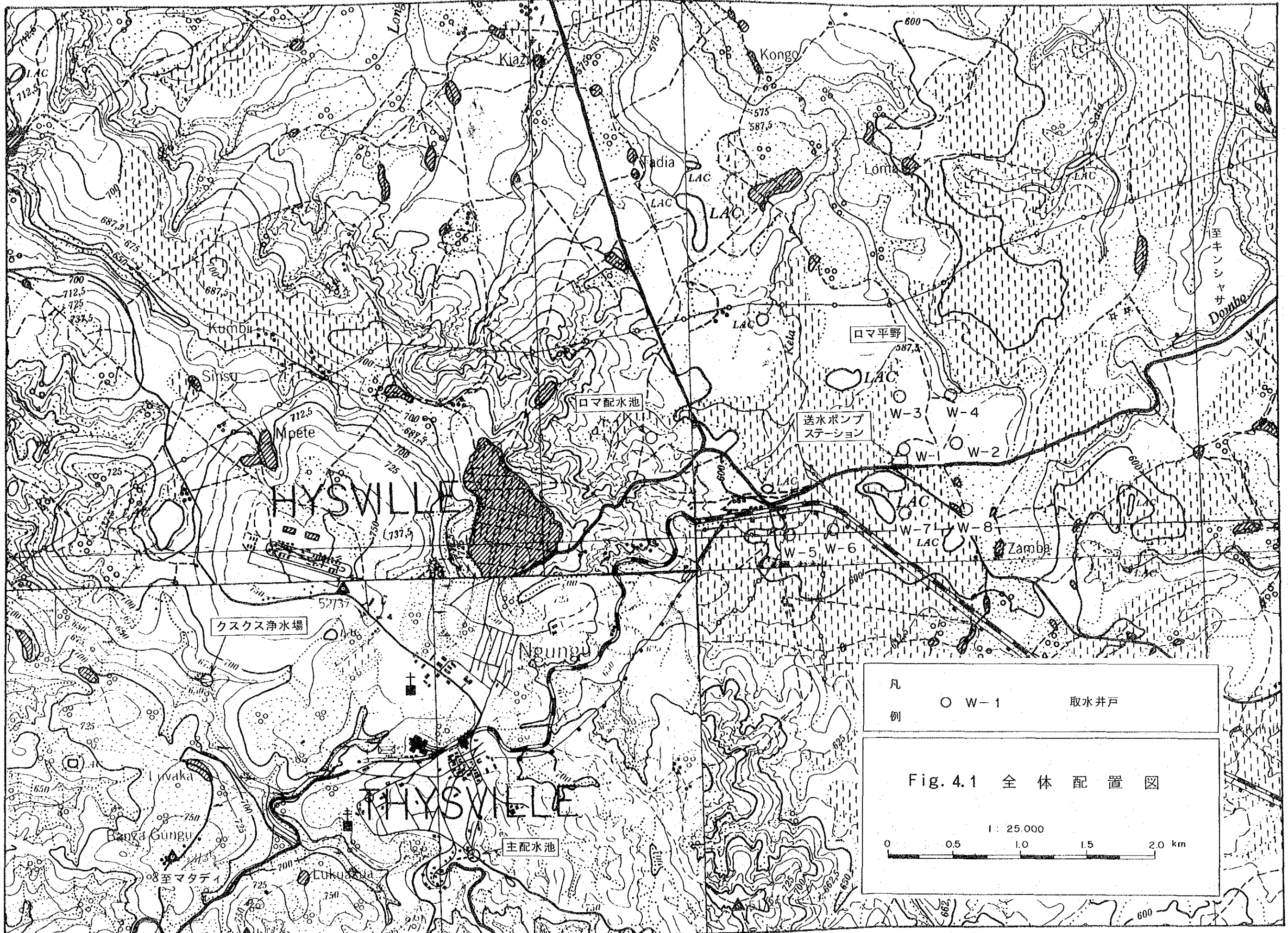
施設の容量を決定する各種最大給水量は、日本及びREGIDESOの標準例を参照して、
下記のように設定した。

1995年 計画給水量 (日平均給水量)	× 1.15 =	1995年 日最大給水量	→	配水池の容量計画
1995年 日最大給水量	× 1.30 =	1995年 取水容量	→	井戸、揚水ポンプ、吐 出管の容量計画
2000年 計画給水量	× 1.15 =	2000年 日最大給水量	→	送水ポンプ送水管のサ イズ決定
2000年 計画給水量 (時間当り)	× 2.0 =	2000年 時間最大給水量	→	配水管のサイズ決定

使用した各係数の根拠は、次の通りである。

- 日最大給水量の算出に使用する 1.15 はザールにおける水使用の季節変動及び週変動をそれぞれ日平均給水量の 10% 及び 2% とし、これにムバンザ・ヌグング市の現在の漏水率 (3%) を加えて得たものである。
- 井戸容量の算出に使用される係数 1.3 は、井戸・深井戸ポンプのメンテナンス、故障修理のために必要とされる予備容量を確保するとともに、集水槽において発生するオーバーフロー分の損失もカバーするための係数である。
- 時間最大給水量の算出に使用した係数 2.0 は、毎日ほぼ 16:00 から 20:00 当たりの時間帯に過度に集中し起こるムバンザ・ヌグング市の水使用の実態を考慮しながら、日本における住宅公団等の基準を参考にして決めた係数であった、配水管本管の径を決定する場合にのみ使用される。

最後に主系統、ロマ地区系統についての各最大給水量の計算結果を Table 4.3 に示す。



凡
例

○ W-1 取水井戸

Fig. 4.1 全体配置図

1 : 25,000

0 0.5 1.0 1.5 2.0 km

Table 4.3 最大給水量

	計画給水量		1995年 日最大 給水量	1995年 取水容量	2000年 日最大 給水量	2000年 時間最大 給水量
	1995年	2000年				
主施設	(m^3 /日) 4,786	(m^3 /日) 5,259	(m^3 /日) 5,504	(m^3 /日) 7,155	(m^3 /日) 6,048	(m^3 /日) 438
ロマ地区 用施設	1,027	1,305	1,181	1,535	1,501	109
合計	5,813	6,564	6,685	8,690	7,549	547

4.3.2 基本計画

(1) 送配水の系統

ムバンザ・ヌグング市の全体の地形、地勢と給水人口の分布を総合的に検討した結果、合理的な送水、配水を行うために送配水施設を主施設とロマ地区施設の2系統に分割することにする。主施設はロマ地区を除くすべての給水区に及ぶ送配水施設で、配水管網については、既に敷設されている使用可能な古い配水管・給水管を取り込んだ上での、新しい配水管網を計画する。

ロマ地区施設は、全く既存配水管網の及んでいないロマ地区用に新たに設けられる。ムバンザ・ヌグング市は、将来ロマ地区の方に膨張してくることが予想され、新施設はこれに備えることにもなる。基本設計図に取水、送水、配水の流れを示すフローシートを添付する。

(2) 全体配置計画

Fig. 4.1 に全体配置図を示す。

－取水、揚水施設

ロマ平野のエベヤ駐屯地に井戸2本からなる取水、揚水施設を設ける。又ロマ・スクールのそばに、井戸6本からなる取水、揚水施設を設ける。

－送水ポンプステーション

8ヶ所の揚水施設から来る井戸水を集水槽に集め、滅菌後、2ヶ所の配水池に送水するポンプステーションをロマ・スクールのそばに設置する。

－配水池

ロマ地区配水用の配水池をロマ地区西端の高所に設置し、主施設の配水池をノキ地区丘陵上の既存貯水タンクに隣接して設置する。

－送水管

新設送水管は、送水ポンプステーションから幹線舗装道路に沿って、それぞれの

配水池まで敷設する。

(3) 揚水施設

揚水施設は深井戸（REGIDESOが掘削）と、そこに設置される深井戸ポンプからなるが、前述した通り、二つの配水区に共通した施設として計画する。必要な井戸の数は、下記の通り計画取水容量と井戸1本当たりの計画揚水量から計算される。

・計画取水容量	8,690 m^3 /日
・井戸一本当たりの計画揚水量	50 m^3 /時
・必要な井戸本数	8本

ここに使用した井戸の計画揚水量を満足させる井戸の湧水量が得られるかどうかは、REGIDESOの行うテストボーリングの揚水試験で確認されるが、現在知りうるクラの泉の湧水状況、電気探査で確認された帯水層の状況から判断して、50 m^3 /時の揚水量は充分にとれるものと判断される。

次に揚水ポンプの基本仕様を示す。

・揚水ポンプ台数	8台
・定格吐出容量	50 m^3 /時
・定格吐出圧力	7 kg/cm^2
静止水位	60 m
揚水による水面効果	5 m
最大摩擦損失水頭	5 m
・定格モーター出力	15 kW (2台) 18.5 kW (6台)

ポンプは、深井戸用水中モーターポンプを使用する。ポンプ吐出口には各々逆止弁と電動バルブを設け、吐出配管は送水ポンプステーションに設置される集水槽に連結する。また、井戸と揚水ポンプを収納する揚水ポンプハウスを設ける。揚水ポンプハウスはレンガ造りとし、ポンプの据付、引抜きに便利をよう天井に開孔部を設ける。ポンプハウスの周囲は、出来るだけ広く用地を取得し、フェンスで囲んで関係者以外の立ち入りを禁止するようにする。

(4) 送水施設

－送水ポンプ

基本となる仕様を下表に示す。

Table 4.4 送水ポンプ仕様

	主 施 設 用	ロマ地区施設用
設計送水量	5,490 m^3 /日	1,180 m^3 /日
ポンプ台数	常用4 } 計6 予備2 }	常用2 } 計3 予備1 }
定格吐出量	58 m^3 /時	25 m^3 /時
定格吐出圧	23 kg/cm^2G	8.9 kg/cm^2G
定格モーター出力	75 KW	18.5 KW

ポンプの台数を選定するに当たっては、故障が生じた場合に、その修理が容易でない環境を考慮して、常時稼働のポンプ台数に対して半数の予備ポンプを置く様に計画してある。この考え方に立つと主施設用のポンプの台数は、

- ・常用4台+予備2台 計6台
- ・常用2台+予備1台 計3台

の二つの場合が考えられる。しかし後者の場合、予備ポンプ一台ではもし故障が2台のポンプに重なって生じた時、半量運転になってしまうこと、更にポンプ容量が大きすぎて水使用の時間的変動に応じて変る配水池の貯水量を常に適正量に保つためのポンプの運転・停止切り換え回数が多くなり、それだけ運転管理が面倒になる、との理由により前者の場合に劣ると考えられるので、前者（常用4台+予備2台）の方式を採用する。

ロマ地区施設用のポンプ計画を

- ・常用2台+予備1台 計3台

としたのは、2台の常用ポンプに同時に故障が起こった場合でも、主送水設備用の送水管から高圧の水をバルブ操作でロマ地区用送水管の中に導入できる仕組みになっているため単数の予備ポンプでも半量運転の危険性がほとんどないためである。ポンプ型式は吸上式で横軸多段ポンプを用い、呼水は小高架水槽を用いて注水する。

ポンプ吸込口には、フット弁を、吐出管には各々逆止弁と手動ゲートバルブとを設け、吐出管は主管に集合させ、ベンチュリー流量計を通して送水する。

送水ポンプの運転は、各々の配水池からの水位情報をトランシーバーにより送受信することにより行う。即ち、各貯水池には現場指示計付水位計を設け、操作員が定期的に水位を監視し、設定値を越えたときに、送水ポンプステーションにその旨連絡する。送水ポンプステーションでは受信した水位情報に応じてポンプの運転台数を決定し運転する。ポンプの保護装置として、集水槽に水位計を設け空運転を防止する。

停電時のウォーターハンマー対策としてフライホイールを取付ける。

一集 水 槽

コンクリート製集水槽を設け、揚水された水を計量堰を通してここに集め滅菌剤を混

和した後、送水ポンプで送り出す。

－送水ポンプステーション

主送水用の送水ポンプ6台とロマ地区送水用送水ポンプ3台、受電盤、電動機盤、ポンプ計装盤を収容する。建物は鉄骨構造とし、壁はレンガ積みとする。床はコンクリートスラブとするがポンプ基礎部のみは、ポンプ運転時の振動を考慮して、スラブより下方に厚くする。床スラブ面にケーブルピット、排水ピットを設け、天井にはポンプのメンテナンス作業に利用できるようにI型鋼によるトロリービームを設置し、手動チェーンブロックを取り付ける。

電源は、6.6kVにて屋外で受電し、変圧器で低圧にした後、屋内の受電盤、各電動機盤に供給する。

－送水管

送水ポンプ室からロマ地区配水池行き(150%)と、主配水池行き(300%)の二本の送水管を独立に設置する。送水管には、各々ベンチュリータイプの計量計を取り付け、送水量を積算できるようにする。管種としては、材料の耐食・耐久性に重点を置きながら、据付費をも含めた総合的なコストを検討した結果、埋設管としてはダクタイル鋳鉄管(内面モルタルライニング、外面タールコーティング)を使用し、地上設置用のポンプ廻りの配管には、内部ライニングを施した鋼管を使用する。鋳鉄管の継手は原則としてはめ込み式のタイトン継手とし、必要な箇所には離脱防止ジョイントを配する。

曲管部はスラスト・ブロックで固定し、高所・低所にそれぞれエアーベントバルブ、ドレンバルブを取り付ける。操作バルブはすべてチャンバーに収納し関係者以外の操作を許さない設計とする。

配管規格はすべてJIS規格とする。

(5) 配水施設：

配水施設は、配水池、配水管網からなる。地形的条件等から全市の配水区を二分することは前述した通りである。

－配水池：

主配水池(2,000 m^3)及びロマ地区配水池(400 m^3)がそれぞれの配水区の中の標高の高い所に設置され、水はここから重力による自然流下で各配水区に分配される。主配水池及びロマ地区配水池は、共に1995年の日最大給水量基準で8時間分の貯水能力を有する。これは水道水の最大消費時間帯でも安定的に給水でき、しかも不測の事故による揚水、送水停止に対してもある程度まで対応できる容量として決定されている。

配水池は、長方形の鉄筋コンクリート製とし、清掃・メンテナンスを考慮して内部を2画に仕切り、内面はエポキシ樹脂防水仕上げとする。液面指示計を取り付けると共

に、オーバー・フローを逃がす排水管を設ける。

－配水管網

標高に基づいてムバンザ・ヌグング市は、高区・中区・低区に3分される。

主配水管網は、高区・中区を主としわずかの低区を含む。新設管に併せ既存配水管網を取り込み一体化した管網となる様、設計されている。一方、ロマ地区用配水管網は全て低区のみを設置され、これまで給水サービスを受けていなかった地区にも十分に給水されるように設計されている。

配水管の主管からの分枝管には、原則として必ず根本にバルブを取り付け、必要ときには分枝管以降を独立に遮断して、メンテナンス、改造等を容易に出来るような設計とする。

配管は、埋設管としての優れた耐久性、耐食性及び現場での接続工事の容易さを考慮して、ダクタイル鋳鉄管を主体に使用するが、ポンプ廻りの地上配管、65ミリ径以下の小径管には、水道用塩化ビニール・ライニング鋼管を使用する。

適用規格はJISとする。

(6) 機器リスト及び建屋・コンクリート槽リスト

最後に「機器一覧表」と建屋・コンクリート槽一覧表を添付する。

Table 4.5 機器一覧表

機器名	機器番号	基数	容量・サイズ
排水ポンプ	P-1 A・B・C・D E・F・G・H	8	50 m ³ /h × 7 kg/cm ² G
主送水ポンプ	P-2 A・B・C・D E・F	6	58 m ³ /h × 23 kg/cm ² G
ロマ地区送水ポンプ	P-3 A・B・C	3	25 m ³ /h × 8.9 kg/cm ² G
P-1用モーター	M-1 A・B・C・D E・F・G・H	8	15 KW
P-2用モーター	M-2 A・B・C・D E・F	6	55 KW
P-3用モーター	M-3 A・B・C	3	18.5 KW
P-1用変圧器	TR-1 A・B・C・D E・F・G・H	8	50KVA
送水ステーション変圧器	TR-2	1	500KVA

Table 4.6 建屋・コンクリート槽一覧表

名 称	番 号	基 数	サ イ ズ
集 水 槽	R-1	1	
ロマ地区配水池	R-2	1	400 m^3
主 配 水 池	R-3	1	2,000 m^3
揚水ポンプハウス	H-1 A・B・C・D E・F・G・H	8	3 m ×3 m
送水ポンプステーション	H-2		7 m ×18.5 m