

## 電氣探査によって明らかにされた諏訪湖南盆地の浅層地下地質

故 金 井 孝 夫\*

An Interpretation on the Subsurface Geologic Structure by  
Electric Prospecting in Southern Suwa Basin

† Takao KANAI

## Abstract

The writer practised electric prospecting researches aiming at the subsurface layer as deep as -50 m, in order to account for the subsurface geology of shallower grounds in Suwa Basin. The analytical result corresponds well with the columnar section of boring works and can be available to appreciate subsurface geology in the basin. He divides the layer for convenience into 4 sub-strata, i.e. "A (1, 2, 3)", "B", "C" and "D". The "A" sub-stratum is made of the softest soil and is apt to have deposited thickly along the NE border of the basin in connection with faulting. The uppermost ground rich in bearing power for a construction base is reduced to the "B" sub-stratum, which is composed mainly of fine sand and is latent below the earth surface, that is -35 m deep near the lake side and -5 m deep at the SE end of the plain (Shimomurai district). It seems that rapid accumulation has happened, because the soft ground of a shallower layer consists of peat bog or humus soil which has not yet been carbonated enough to be safe against subsidence. Hereafter it may be necessary to watch the level undulation of underground water and also to administer an adequate treatment of the uppermost stiff grounds ("B" substratum) in times of constructing cases.

## 1. 緒 言

労働力・用水・気候に恵まれた長野県諏訪湖周辺は、すでに軽・精密諸工業の要素に満ちた工業地域であり、経済の発展に伴い近代都市として発展して、現在“松本・諏訪新産業都市”に指定されている。

近代的な諸工場の建設にとっては、工業用水の確保・入出荷の輸送施設と並んで、とくにその用地の地質地盤の状態（例えば支持地盤層が地表下何mの所にあるか）自身が、最も重要な条件の一つとなっている。

しかるに諏訪湖南盆地においては、今まで、おもに天然ガスならびに温泉など資源開発を目的とした調査が行なわれたに過ぎず、そのためほとんど深度50m以深の地質の解明がおもな対象であった。したがって浅層地質および地盤構造は、あまり明確にされていない現状であって、構造物建設において最も主要な支持地盤の深度、地質構造が一体どのようになっているかは、今までのところ甚だ不明確であった。

そこで諏訪地域において、地盤的に最も軟弱と見られ

る湖南地区を中心として、深度50mまでの電氣探査を実施し、既存の地質地耐力・ボーリング資料等を加えて、湖南盆地の浅層地下地質の解明を試みた。

## 2. 地形・地質の概要

諏訪盆地は標高760mの高所であって、2, 3の報文でいわれているように、当盆地は、地質構造的にフォッサマグナの一部にあたる一つの地溝帯を占め、両側の山地から断層で遮断され、落込んで出現した低地である。また八ヶ岳火山の活動以前には、現在よりもはるかに広大な面積を占めていたものであり、水系も現在とは逆方向をとり、鉢伏山の渓谷より南流し、遠く甲府盆地におよんでいた。その後の八ヶ岳の激しい活動により、噴出物がしだいに累積し、ついに中央本線の富士見駅付近に新分水嶺ができ、水流は南進をはばまれたため、中央の凹所に集まり、諏訪湖を形成した。さらに水位が高められるにつれて、ついに赤石山脈の北端に当たる釜無山脈の一隅を破り、天竜川の源となつて、現在におよんでいるといわれている。

盆地の周辺山地を構成する岩石は、湖北地域では角閃片岩・粘板岩・変質輝緑岩・花崗閃緑岩・輝石玢岩・石

\* 元応用地質部。昭和46年11月11日殉職。この報告は故金井孝夫の遺稿を尾原信彦が整理したものである。

英斑岩・角閃石輝石玢岩および安山岩・複輝石安山岩質火山碎屑岩が記載され、また湖南地域では、凝灰岩・凝灰角礫岩・石英閃緑岩・複輝石安山岩質火山碎屑岩が報ぜられ、どちらかといえば中～塩基性岩類にまさり、それらが河流で運搬されて沖積平野を形成しているので、電探(比抵抗値)の解析に際し、留意しておく要があるう。

諏訪盆地は、総面積約 50 km<sup>2</sup> であり、その中で湖水の占める面積は約 14.5 km<sup>2</sup>、北西の湖北平野が約 10 km<sup>2</sup>、南東の湖南平野が約 26 km<sup>2</sup> である。

湖北平野はそのほぼ中央を横河川、その東半を砥川がそれぞれ南流して、諏訪湖に注いでおり、これらの河川の集水面積は大略 140 km<sup>2</sup> である。横河川と砥川とは礫・砂および粘土を運搬して、比較的粗粒堆積物からなる明瞭な扇状地形を形成し、湖中にはわずかに小さな三角州を突出させている。扇状地形の勾配はおおよそ水平距離 2,000 m につき 40 m (1/50) である。

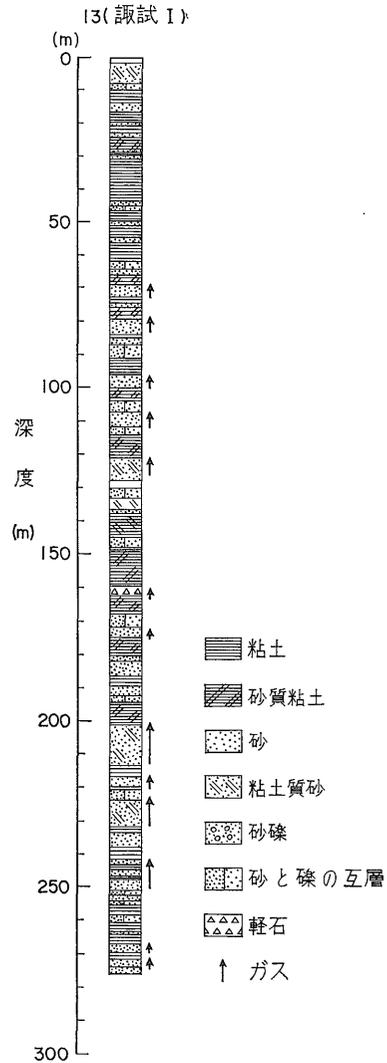
湖南平野はそのほぼ中央を宮川、その東側を上川が、北西方向に流れて諏訪湖に達し、その集水面積は約 400 km<sup>2</sup> である。宮川・上川の両河川とも、山地より盆地に入ると、河川勾配を急減するため、平野部は扇状地帯に乏しく、おもに自然堤防とその背後の後背湿地帯と三角州によって特徴づけられている。

このように、湖北・湖南の両盆地を比べると、それぞれ地形・堆積状態が著しく異なっており、その原因には、両盆地の受水量の差が影響し、さらに沖積平野を作る営力の差に発展して、地形・地質を支配するに至ったと考えられる。

湖南盆地の適確な地下地質は不明であるが、湖岸に面した文出北方における深度 275 m のボーリング柱状図(第 1 図)によると、主として泥質砂・粘土・砂・砂質粘土および軽石など微細な碎屑物の互層から構成されている。この湖南盆地における第四紀層の厚さは、湖岸の中央地帯で最も厚く、おおよそ地表下 450 m と推定されている。なおこれらボーリングコアに含まれる珪藻の分析結果によると、大部分が淡水種であり、しかも現棲種である(野口, 1960)。また上記の地質柱状図によると、深度 160 m 前後の所に層厚 3 m 位の軽石層がある。この軽石層は、松本、伊那谷を通じて見られる小坂田ローム(小林, 1962)(洪積世)の軽石層といわれており、盆地の堆積は比較的短期間の内に行なわれたものと推定される。

### 3. 電気探査による湖南盆地の浅層地下構造

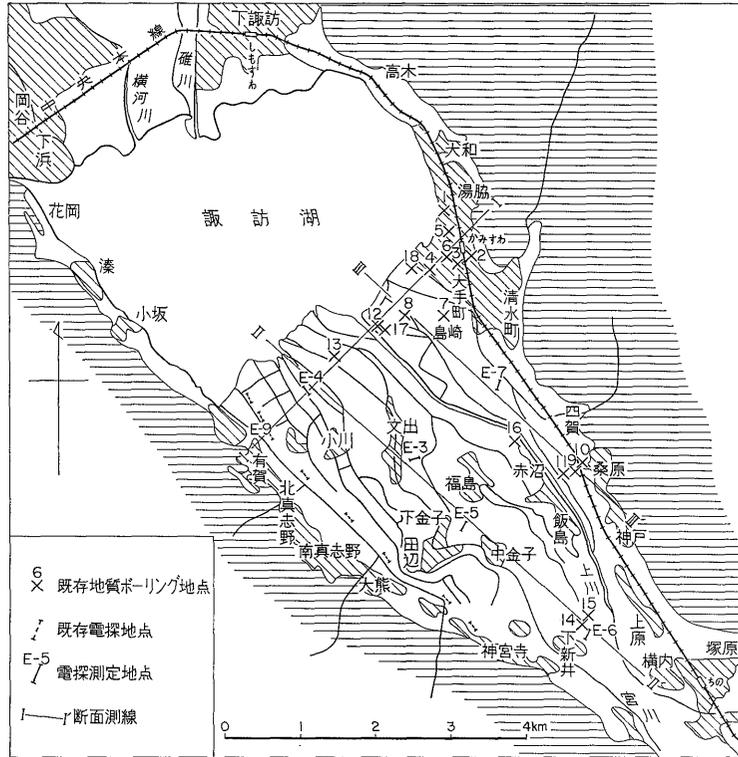
諏訪湖南地区浅層部の軟弱な地質については、上諏訪



第 1 図 諏訪湖南地区 No. 13 (試試 1) 地質柱状図

市街地(とくに湖岸地帯)の建築構造物の基礎工事に際して行なわれた地耐力・地質ボーリングの点的調査成果が知られているにすぎず、現在のところ湖南盆地の浅層部の地質は、不明であるとされている。

軟弱地盤地質を調べる簡易な方法として、スウェーデン式サウンディングがあげられるが、深度は最大限 15 m 内外止まりで、途中に一部固い所があると、そこで貫入が阻止され、より深い所の地下地質を知る上には、不適當である。あえて比較的浅部の地下探査(基礎地盤調査)に対して有効な電気探査を、茅野市下新井地点から鴨池川河口豊田地点にかけ、湖南盆地を縦断する北西方向に 5 地点(第 2 図)実施した。



第2図 諏訪湖南地区電気探査地点位置図

### 3.1 調査方法

電気探査は Wenner 法による垂直探査を実施した。探査深度は最深50mとし、電極間隔は、地層判別を細かくしようとした関係上、

測定深度	10mまで	電極間隔	0.5mおき
" "	10~30m間	" "	1.0mおき
" "	30~50m間	" "	2.0mおき

に電極間隔を順次拡大し、垂直方向の見掛け比抵抗を測定した。測定器は横河電機大地比抵抗測定器、3244型である。電源方式はトランジスター低周波インバーターを使用している。

測定した見掛け比抵抗値は次式から求めた、

$$\rho = 2\pi aR \dots\dots\dots(1)$$

ここで

- $\rho$ : 大地の見掛け比抵抗値 ( $\Omega\text{-m}$ )
- $\pi$ : 円周率
- $a$ : 電極間隔 (m)
- $R$ : 抵抗値 ( $\Omega$ )

### 3.2 解析方法

電気探査の解析は、既存の地質柱状図を参考に、標準

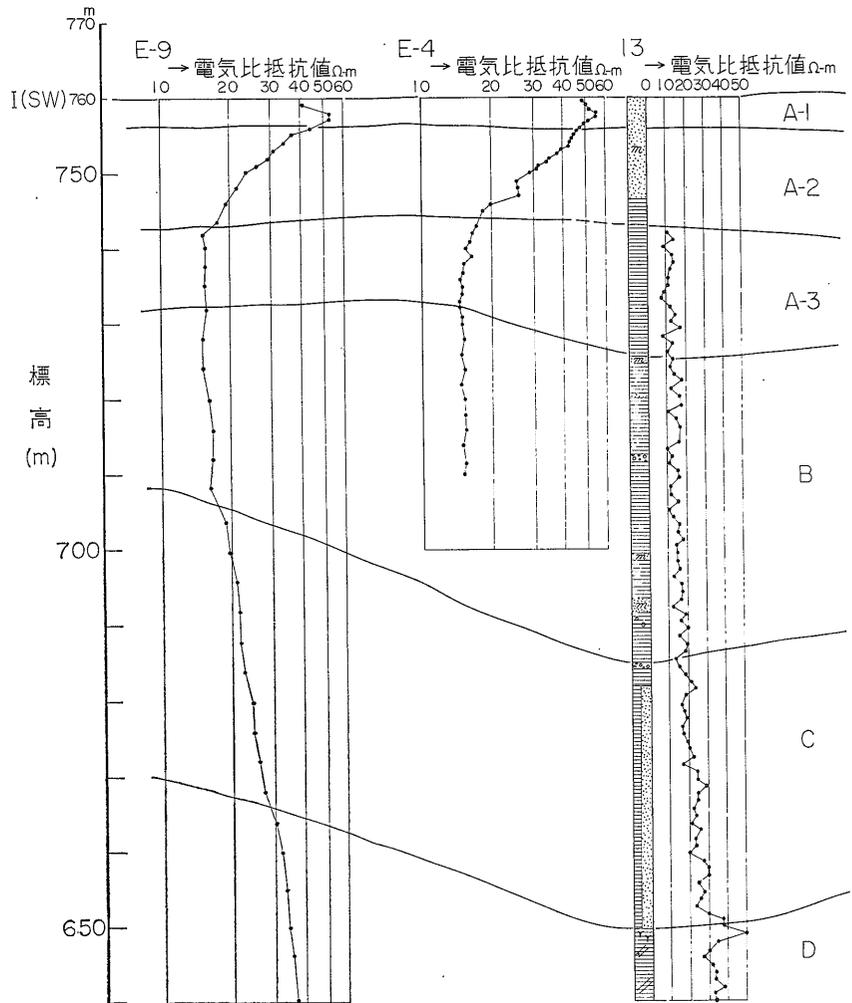
曲線法および直視法を用いたが、ここではとくに直視法を重視して解析を行なった。

一般に電気探査法では、地質界面の深度は、通常の電気探査理論によって解釈した結果が、必ずしも実在の地質界面に一致しない場合が意外に多いことが指摘されている。それに引換え、直視法による解析は、 $\rho-a$  曲線の変曲点で示される電氣的地質界面が、実在の地質界面と比較的高い精度をもって一致するケースが多いといわれている。

以上に基づき、ここではこの直視法を用いて湖南盆地における浅層地下地質の解析を実施した。すなわち各測定地点における  $\rho-a$  曲線を片対数グラフにプロットし、各断面ごとに図示した(第3図~第5図)。この  $\rho-a$  曲線に引かれた切線の交点がこの地質界面を示すものと解釈したわけであるが、既存の地質柱状図から予測される地質界面と、かなり良く一致している。

### 3.3 湖南盆地の浅層地下構造

既存の地質ボーリング、天然ガス井戸、用水井戸、標準貫入試験値および電気探査を総合し、湖岸に沿った南西-北東断面 (I-I' 断面) および北西-南東断面 (II-II',



第3図 諏訪湖南地区

III-III' 断面) の3断面 (第3図~第5図) を描き、湖南盆地における深度50mまでの成層状態の解析を試みた。

当湖南平野の地表下50mまでの地層を大きく区分すると、表層部より A-1, A-2, A-3, B, C, D の6地層に区分される。

各地層の特徴をあげると

**A-1層**：シルト・腐植物を主体とした超軟弱地層をなしている。

**A-2層**：腐植物を含むシルト・砂層からなる互層で、軟弱な地層をなしている。

**A-3層**：腐植物を含むシルト・粘土・細砂の互層であるが、全般的に細砂質のものが多くなり、やや締った

地層をなしている。

**B層**：細砂・シルト層の互層をなし、地盤の非常に締った地層をなす所が多くなり、当湖南地区の構造物に対する支持地盤層をなす。

**D層**：砂礫層を含む砂質層が主体となり、B地層より地盤強度は高いと予想される。

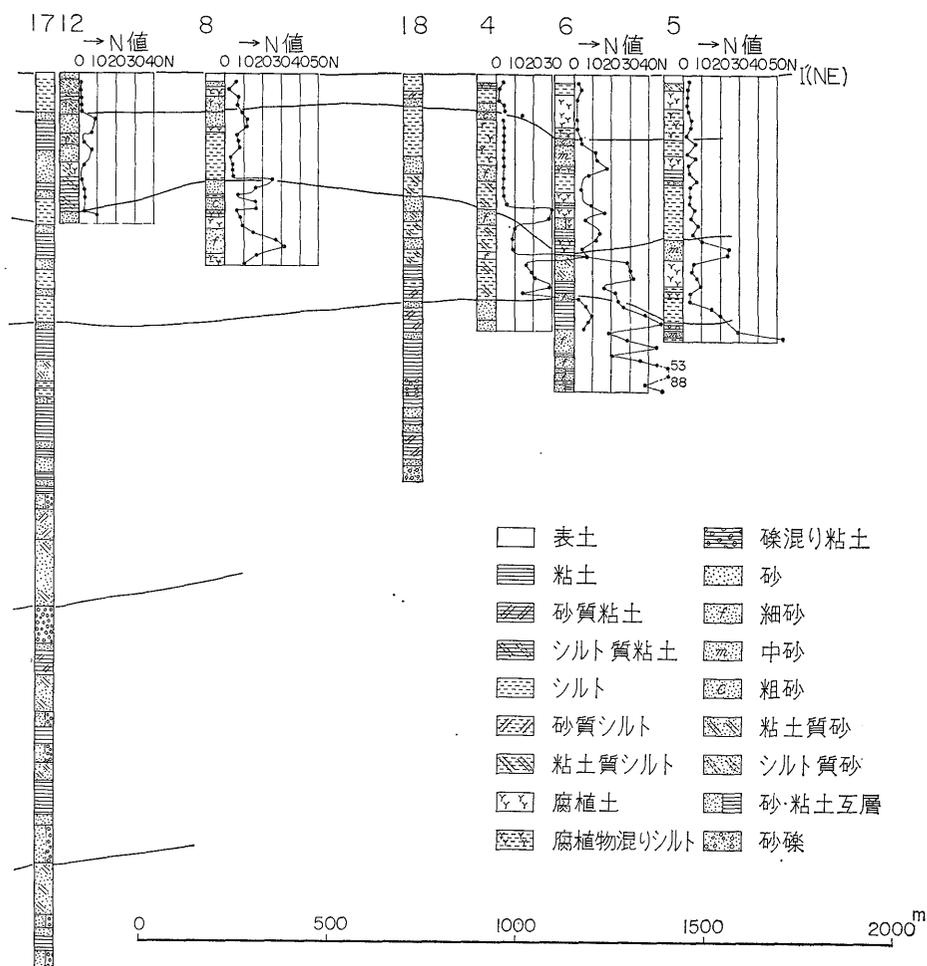
以上の各地層の層厚、地耐力 (N値)、解析地層比抵抗値を示せば第1表の通りである。

以上のような地層区分において、これらの地層がどのような分布 (垂直、水平) 状態を示しているか、各断面について見ることにする。

**I-I' 断面 (第3図)**

当断面は諏訪湖岸に面した南西-北東断面であり、地

電気探査によって明らかにされた諏訪湖南盆地の浅層地下地質 (金井孝夫)



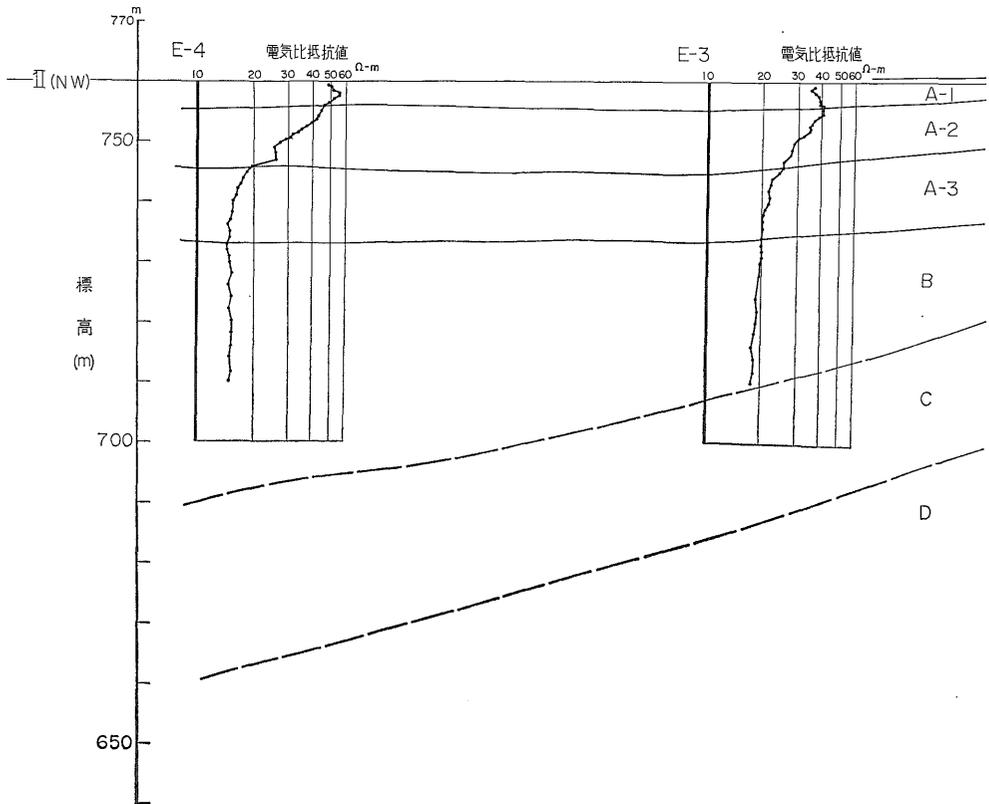
I-I' (SW-NE) 断面図

第1表 諏訪湖南盆地の地層別諸性質一覧表

地層区分	地質	層厚 (m)	標準貫入試験値N値	解析比抵抗値平均値 (Ω-m)
A-1	シルト, 腐植土	3~9	0~4	40 (24~68)
A-2	シルト, 砂, 腐植物入	9~15	2~11	29 (22~32)
A-3	細砂, 粘土, シルト, 腐植物入	6~20	3~50	15 (10~15)
B	細砂, 粘土	10~40	20~75	26 (17~31)
C	細砂, 粘土	18~40	30以上?	41 (35~47)
D	細砂, 礫, 粘土	50以上?	30以上?	

質ボーリング柱状図が比較的揃っている。腐植物を含んだ軟弱地層A-1, A-2層は、北東端の上諏訪町湖岸に近づくにつれ、厚さを増し、No. 6地点では層厚は28mにもおよんでいる。A-3層の層厚は上位の軟弱地層(A-1層およびA-2層)の層厚とは、位置的に逆の

関係にある。そして地盤強度も層厚が薄くなるほど、軟弱化する傾向をもっている。例えば上位軟弱地層が厚く堆積するNo. 6地点では、層厚6mと薄く、またNo. 5地点では、地盤強度がN=2~9と軟弱層をなしている。B層は、当地域における建造物等の第1支持層とみ



第4図 諏訪湖南地区

られる地層で、当断面では層厚25~40mをなし、盆地の中央部No. 13を中心に厚層をなしている。C層・D層は北東部の箇所がボーリング深度不足のため不明であるが、B層と同じように盆地中央部で厚層をなしていると推定される。

**II-II' 断面 (第4図)**

湖南盆地のほぼ中央部を北西-南東に縦断する断面である。扇状地に面した下新井(E-6)地点では、A-3およびB地層が見当らず、砂質礫層を主としたC層の上に、A-2層が直接覆っていると思われる。なお扇状地部以外の湖南盆地主部における地層の成層状況は、I

地層	上限面傾斜度合
A-1	1/1,000 (地表面傾斜)
A-2	1/400
A-3	1/360
B	1/250
C	1/70
D	1/57

I-I'断面に示したように全体として北西の諏訪湖に向かってゆるやかに傾斜し、その傾斜の度合は、下層ほど大きくなる傾向にある。これら各地層の傾斜をその上限面についてみると表ようになる。

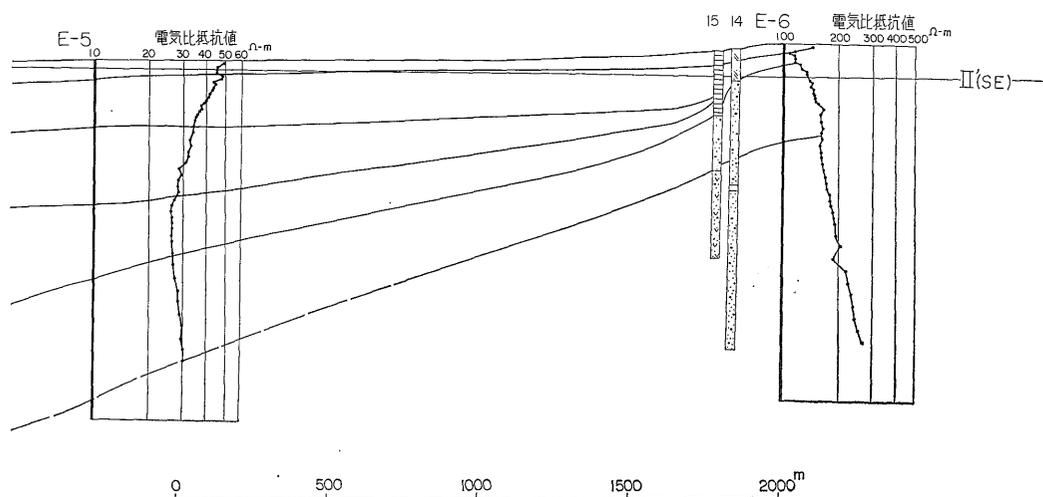
したがって砂礫を主体としたD層の上限面は、北東端の下新井地点で地表下16mの所に存在しているが、湖岸では地表下100mの以深にある。

**III-III' 断面 (第5図)**

湖南盆地の東端に沿った北西-南東断面である。A-2、A-3層は、ほぼ地表面に水平に横たわっている。B層以下の地層は、II-II'断面とほぼ同様な傾斜度(B層：上限面傾斜度 1/220, C層：1/90, D層：1/57)をなしている。ただA-1層は湖岸(層厚約5m)より離れるに従い、少しづつ厚さを増す傾向を持つが、底なし沼といわれている四賀付近(L-9)にくると、超軟弱地盤が10mも厚く堆積し、そこは他の原因による特例的な場所と考えなければ、説明することがむづかしい。

**3.4 湖南盆地における構造物の支持地盤**

いま仮に上述の地質・地盤地耐力断面図から判定する



II-II'(NW-SE) 断面図

ならば、当湖南盆地における建築構造物の第1支持地盤層と思われる地層は、ここでいうB地層であり、このB地層上限面到達深度曲線（地表面から）を描くと、第6図のようになる。なおこの図は、いいかえると軟弱地層の分布をあらわしていることにもなる。

この図によると、等深度曲線の凹地は、上川河川と、北東側の山麓にはさまれた地区、すなわち島崎・赤沼・飯島などの部落付近に見られる。これらの地区は、上川河川の蛇行跡を軟弱土で覆ったものと思われる。なおこれらの地区は、伏在する断層線に沿った所でもあり、地質構造にも関係があるのかも知れない。深度30mの等深度曲線は、旧上川（飯島から中央本線に沿い、大手町を経て諏訪湖に注いでいたと見られる）に沿い、湖岸より約2.5 km 入込み、俗にいわれている“底なし沼”へと続いている。

湖南盆地内の支持地盤到達深度分布は、南東端の扇状地帯、下新井・横内部落付近で地表下約5 m、盆地の中心自然堤地帯、小川・文出・赤沼部落付近で地表下約27 m、諏訪湖岸三角州地帯で地表下35 mと深くなってい

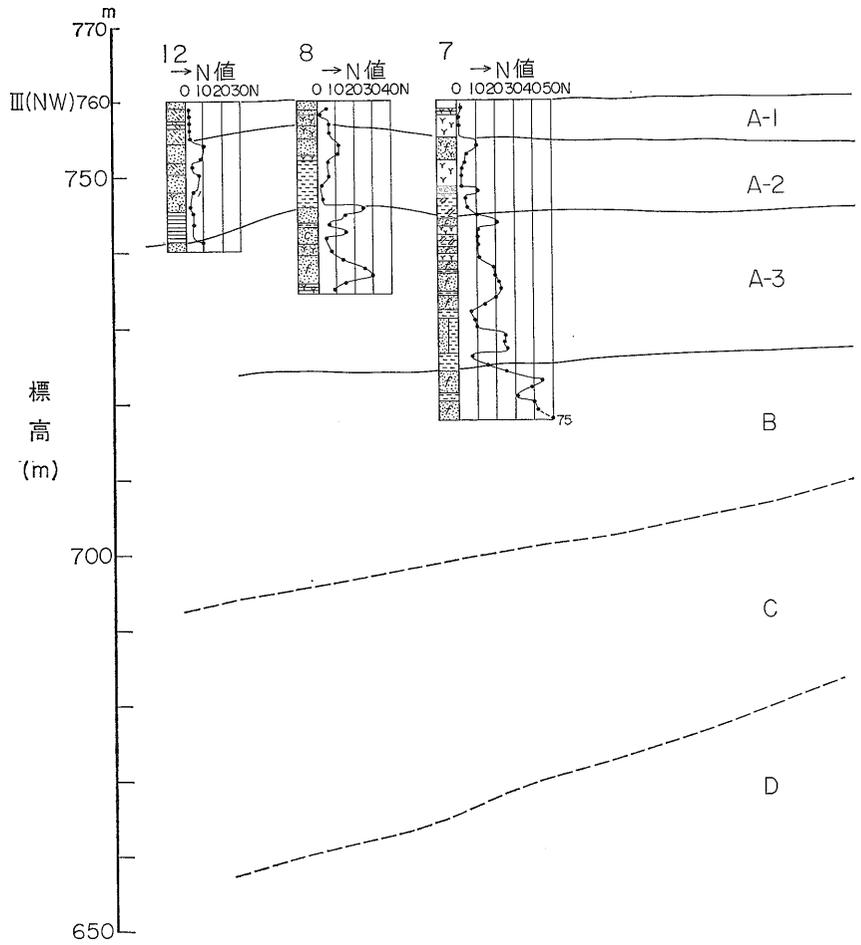
る。

軟弱層および超軟弱層が厚く堆積している湖岸地帯は、地盤変動（地盤沈下）を起す要素を多分に持っており、とくに沈下量は、軟弱地層の厚さに比例して起ることが予想される。したがって、当地帯で建造物あるいは、造成地等を施工する場合には、これらの点に充分考慮に入れて計画することが望まれる。

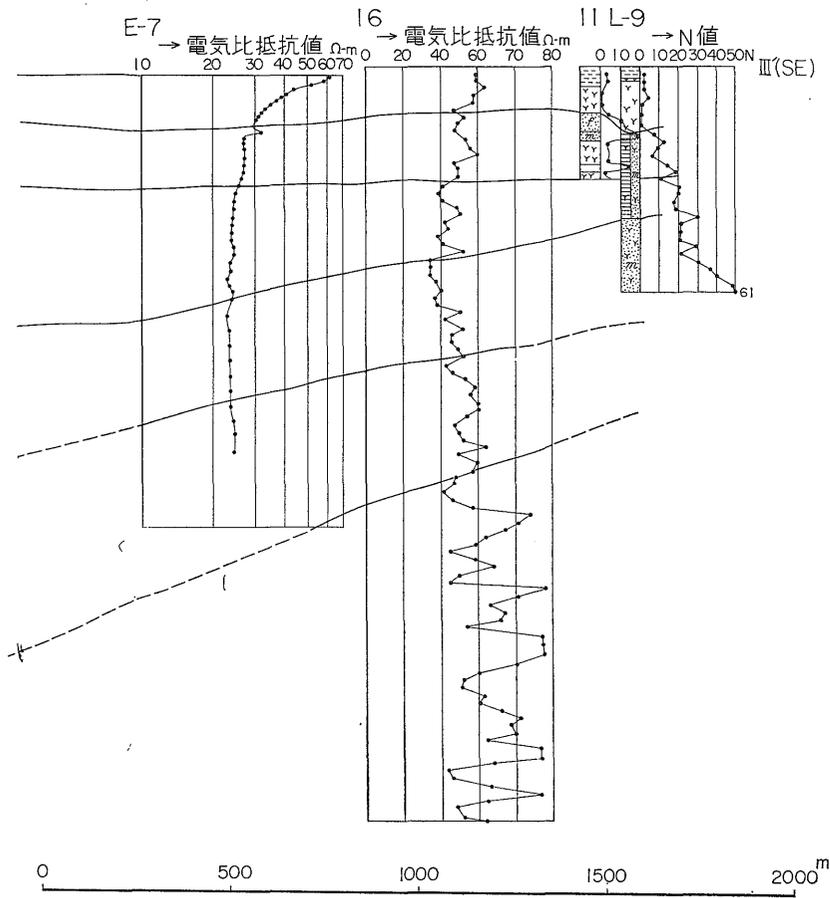
#### 4. まとめ

湖南盆地の浅層地下地質を明らかにするために、深度50m以内を対象に電気探査を実施した。その解析結果と既存のボーリング資料による地質柱状図とは、よく一致しており、浅層地質の解析に際し大いに効果がある。

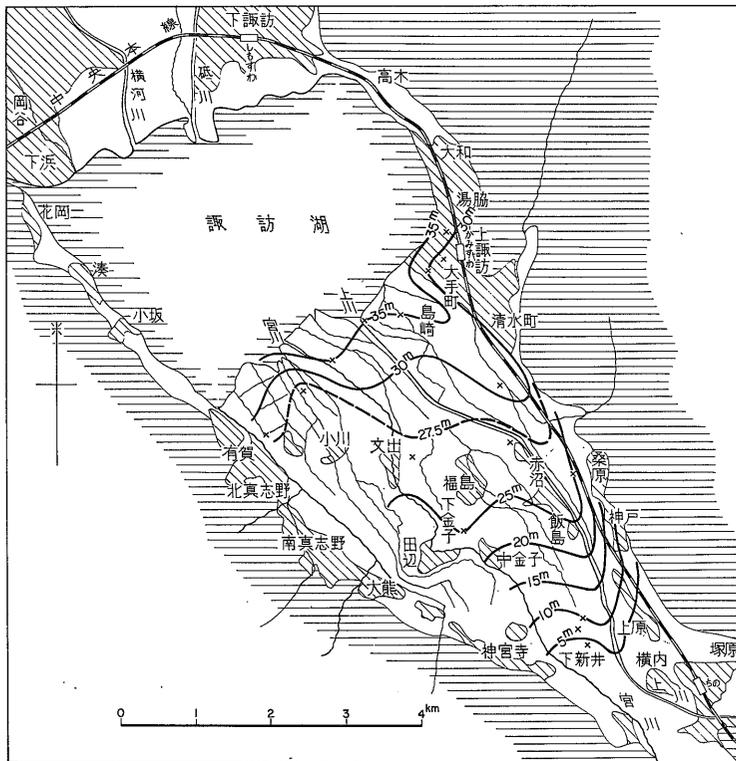
電探の結果、地層を便宜的にA（1, 2, 3）, B, C, D, と大きく4つに区分した。このうちA層は超軟弱および軟弱地層であるし、盆地の北東端（上川河川沿い付近）に沿って、厚く堆積する傾向がみられ、伏在する断層構造にも関係があるのではないかと見られる。当湖南盆地の構造物基礎の第1支持地盤は、ここでいうB層



第 5 図 諏訪湖南地区



III-III'(NW-SE) 断面図



第6図 諏訪湖南盆地における支持地盤への到達深度図

(細砂・粘土を主体とした地層)であり、扇状地の下新井付近で地表下約5m、湖畔で地表下約35mに分布していることが判明した。

湖南盆地の堆積は、急速に行なわれたものと思われ、とくに浅層部の軟弱地層は、おもに腐植物の堆積によるものが多く、かつ炭化が進んでいない。したがって地盤沈下の要素を多く含んだ地層によって、盆地の浅層部が形成されている関係から、今後地下水の採取ならびに構造物の基礎地盤の取扱いに充分考慮する必要がある。

#### 参考文献

- 市川 渡 (1954) : 諏訪湖堆積物中の化石珪藻について。石油技術協会誌, vol. 19, no. 5, p. 14-21.
- 加来一郎 (1953) : 諏訪市上諏訪R-1号坑井内電気探査報告。地質調査所月報, vol. 4, no. 9, p. 49-51.

小林国夫 (1962) : 第四紀 (上) [地学双書]。地学団体研究会, p. 135-144.

牧 真一・比留川 貴 (1962) : 諏訪湖天然ガス田 (湖南地区) ガス付随水中の有機物について。地質調査所月報, vol. 13, no. 4, p. 11-20.

本島公司・石和田靖章・牧野登喜男 (1952) : 諏訪湖天然ガス鉱床予察速報。地質調査所月報, vol. 3, no. 12, p. 50-55.

———・牧野登喜男・牧 真一 (1955) : 長野県諏訪湖北岸天然ガス調査報告書。地質調査所月報, vol. 6, no. 5, p. 51-60.

長野県企画部 (昭和43年) : 八ヶ岳山麓、諏訪地域の地下水調査報告書。

野口喜三男 (1960) : 諏訪地方の温泉の化学的研究。温泉科学, vol. 11, no. 1, p. 1-11.