

湖南・宇治周辺の

地質特性と応用地質学的諸問題

—— 昭和51年度 応用地質学会見学会案内書 ——

1976年11月

日本応用地質学会関西支部

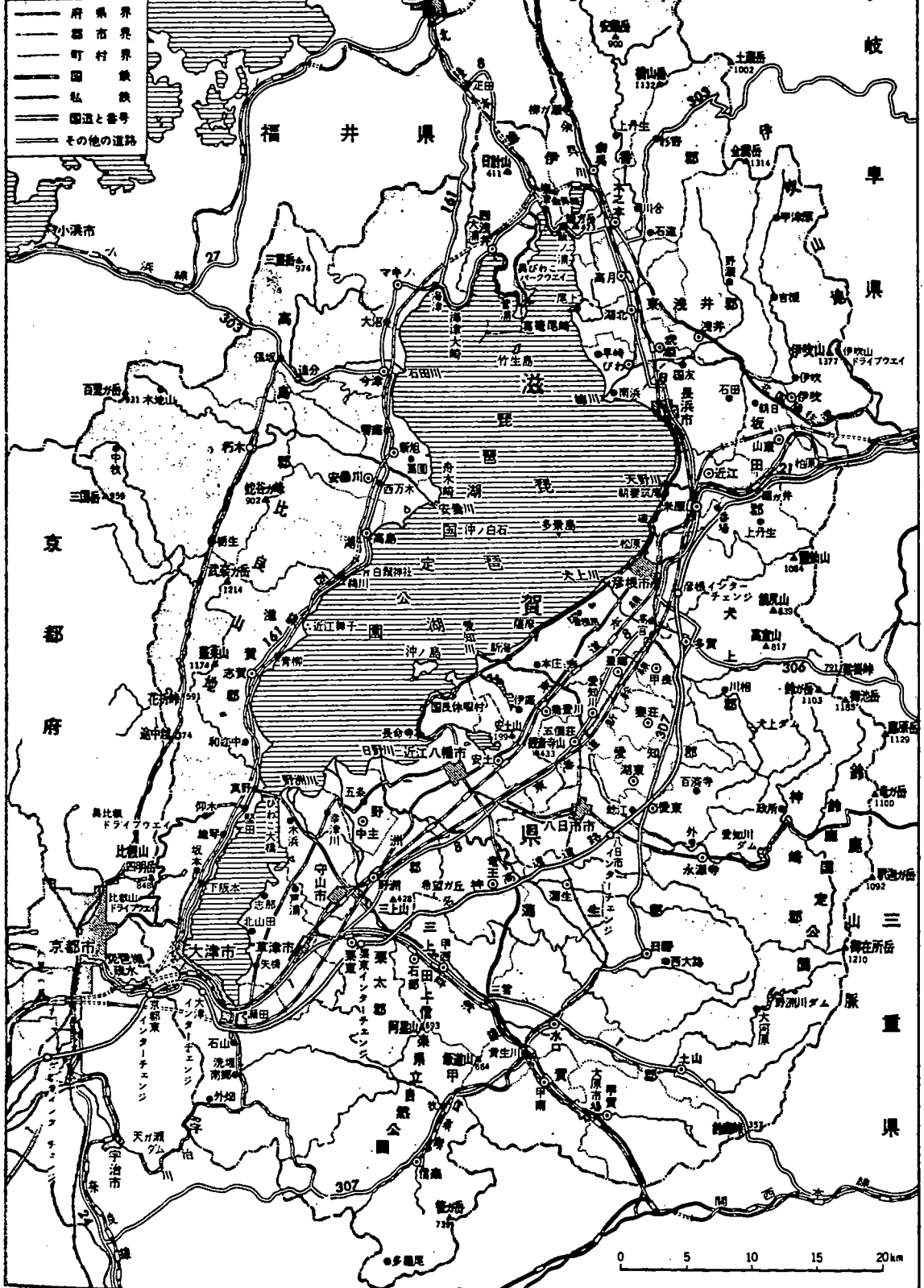
目

次

1. はじめに 奥田節夫
2. 巡検ルートに沿う地質の概要 志岐常正
3. 喜撰山発電所工事誌（抜萃） 関西電力（株）
4. 古生層斜面の落石・崩壊（宇治川・田原川溪岸斜面）
..... 中川 鮮
5. 湖南中部流域下水道浄化センター建設予定地
地盤の工学的特性 田中伊三雄
・ 原 悠
・ 森 田 悠紀雄
6. 琵琶湖南湖矢橋周辺の湖中の土質について 沢井源市
・ 塚田 有一郎
・ 小島 考
7. メタンガス発生地盤におけるシールドの施工と対策
..... 成宮純一
・ 三宅 幹郎
・ 出 茂 夫
・ 土肥 庄一郎
8. 串林地すべり地について 島 通保
・ 竹内 篤雄

近江盆地と琵琶湖

第1図



は じ め に

日本応用地質学会関西支部 支部長 奥 田 節 夫*

今年度の見学会の対象となつた湖南（琵琶湖南部沿岸）と宇治の周辺の地域は、歴史的には非常に古くから、人口の集中や開発的行動が進んできたところであり、とくに最近では、水資源の開発、水環境の保全、各種災害の防止など、地域の開発と保全のあり方について、きびしい問題が提起されつつあるところである。

一方、学術的には大学など研究機関の所在地にも近くまた研究者の関心の高い問題も多く、地質学的な調査研究が、比較的密度高く行われてきた地域でもあつた。

このような地域を対象にして、どのような経過で地質学的な特質が調べられて来たか、またその特質にもとづいてどのような開発または保全の行動または計画が進められて来たかを現場において学習し、またその結果について意見を交換することは当支部として非常に有益なところみであると考えらる。

この見学会を通して、応用地質学的な見地から、身近な国土のあり方についての会員の認識が高まり、将来の計画に対して多少とも参考になるところがあれば見学計画者の一人として望外の幸である。

* 京都大学防災研究所

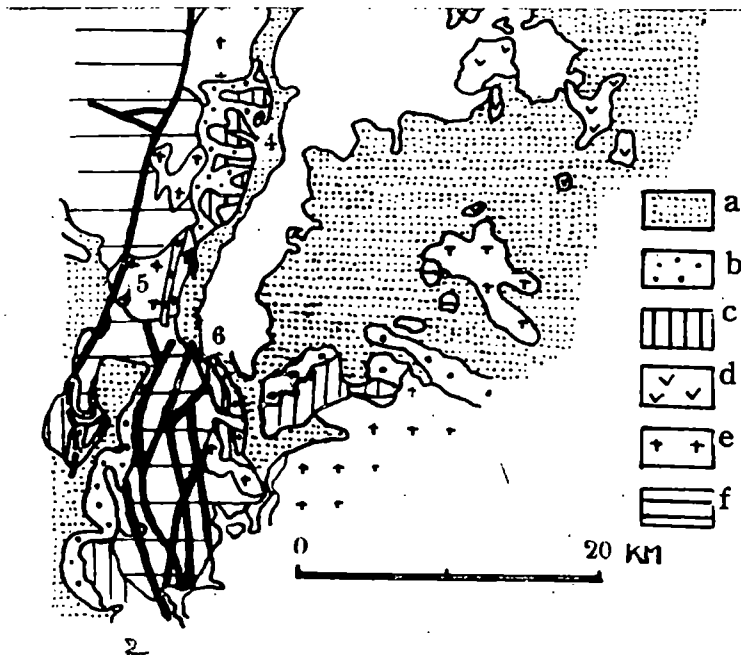
巡検ルートに沿う地質の概要

志岐 常正*

はじめに

今回の巡検ルートは京都府東南部の一角から滋賀県南部にわたり、いわゆる“古生層”、白亜紀の花崗岩類、これ貫く脈岩類、鮮新—更新統琵琶湖層群、および“沖積層”などが分布する地域に属する。これらの他、滋賀県東南部には近年注目されつつある“湖東流紋岩類”が、また同東南部や西南の一角には、中新統の、それぞれ鮎川層群、綴喜層群などがあるが、いずれも巡検ルートからは分布がややはずれている。

以下、ルートに沿う地形・地質を、1) “古生層”の山地を宇治川とその支流が穿入蛇行している地域、2) 琵琶湖南湖東岸の沖積低地、3) 琵琶湖西岸、花崗岩山地山麓にひろがる古琵琶湖層群の丘陵地、に分けて記述してみよう。



第2図 琵琶湖周辺の地質略図 (柴崎達雄、1956より)

4 堅田、5 比叡山、6 大津 a: 沖積層、b: 鮮新—更新統
c: 新第三紀層、d: 石英斑岩、花崗斑岩、e: 花崗岩、石英閃緑岩、
f: “古生層” “古生層”中の断層網に注意

* 京大文学部

宇治川沿いの“古生層”地域

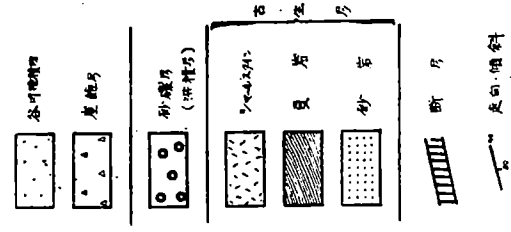
京都府宇治市から、その東、滋賀県との県境にかけて、いわゆる古生層が分布する。現在の宇治川は、この中を深く穿って宇治川ラインの景勝をつくっているが、もとは宇治田原から城陽町への方へ流れていたことは、大阪層群の分布や地形などから明らかである。その後、おそらく30～40万年前頃から、それまで準平原化していた醍醐一笠取の地塊が隆起をはじめ、そのときたまたま北寄りの流路をとっていた宇治川が、そこに固定され下刻を行うに至った。この過程で形成された段丘礫層が、現在の宇治川兩岸の高所に残されている。

いわゆる古生層は、主として頁岩、砂岩よりなり、チャートを含む。宇治川と田原川との合流点付近には、輝緑凝灰岩や輝緑岩（一部にPillow lavaも含まれる）が発達している。走向は一般に西北西－東南東で、南に傾斜しているところが多い。層序や地質構造の詳細は不明である。天ヶ瀬発電所付近では、砂岩層の級化により南が上位であることが確認されているところがあるが、これをもって全体を律することは出来ない。頁岩を主とするところでは、波長数10m?の割れ目しゅう曲が発達しているようである。

地質時代についても確かなことは不明である。たゞ、本地域東南方5～6kmに点散する2～3の石灰岩レンズから、保存不良の*Neoschwagerina*（もしくは*yaheina*）、*Schwagerina* その他の紡錘虫が見出されている（松尾：1943、中島：1960、八尾：1968）。

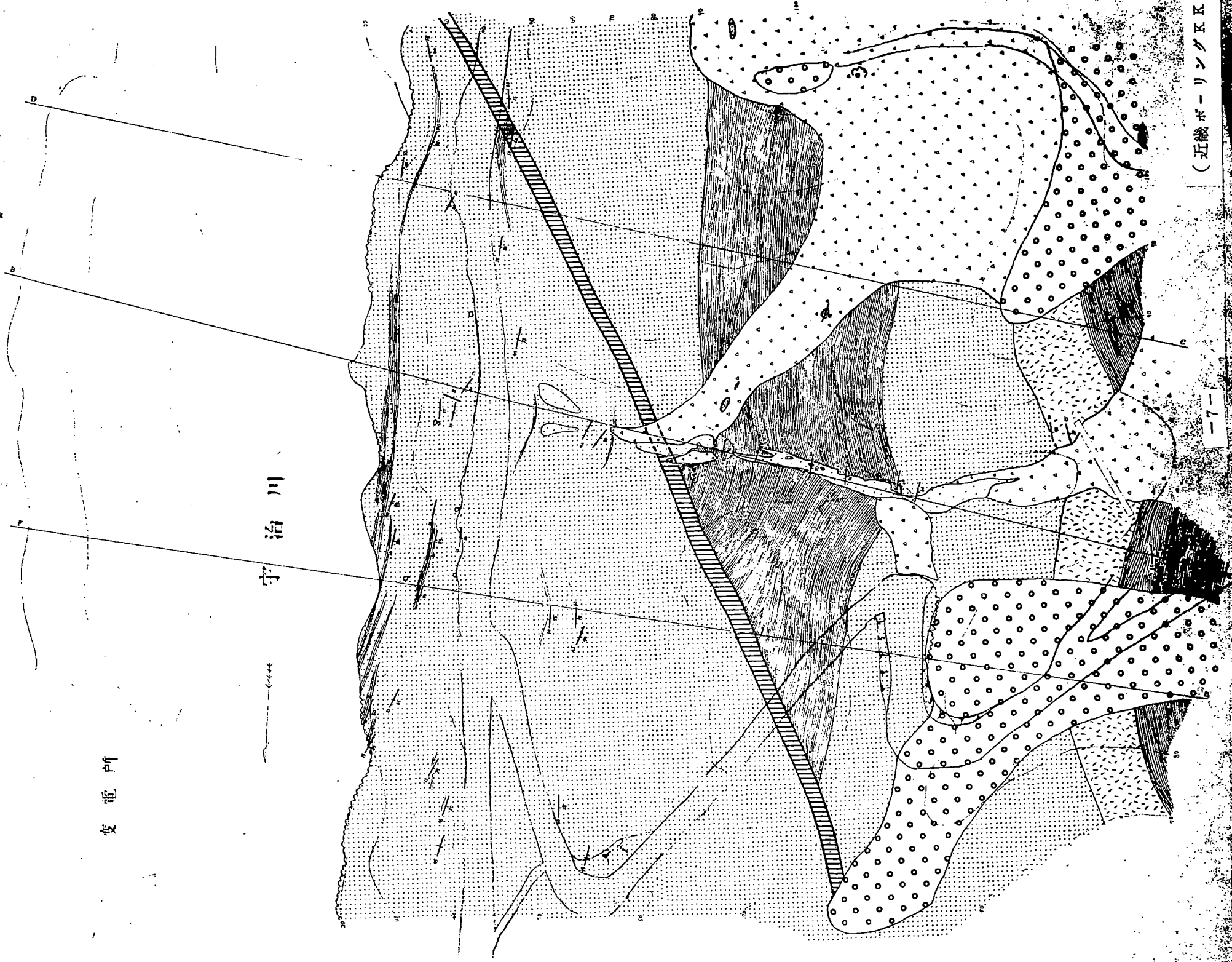
今回の見学地点のものではないが、天ヶ瀬発電所付近左岸と、宇治川－田原川合流点付近との地質図を、それぞれ、近畿ボーリング株式会社と北川修二氏との御厚意により、第3図、第4図に示す。

第3図 天ヶ瀬発電所附近地質図

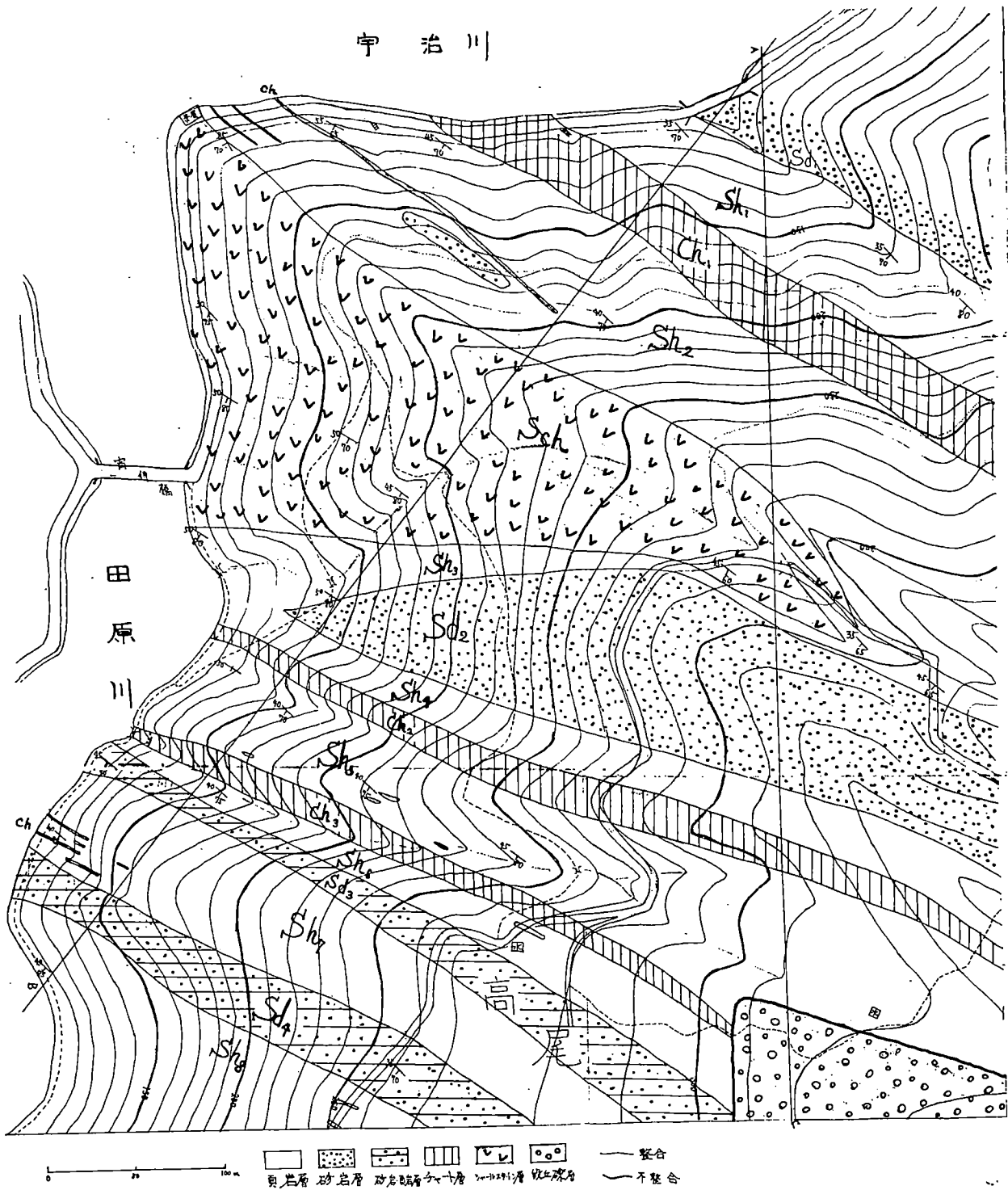


変電所

宇治川



宇治川



第4図 宇治川・田原川合流点附近地質図 (北川修三、1970)

応用地質学的に見た宇治川－田原川沿いの“古生層”の最大の問題は、岩石に節理が多く、非常に崩壊しやすいということであろう。

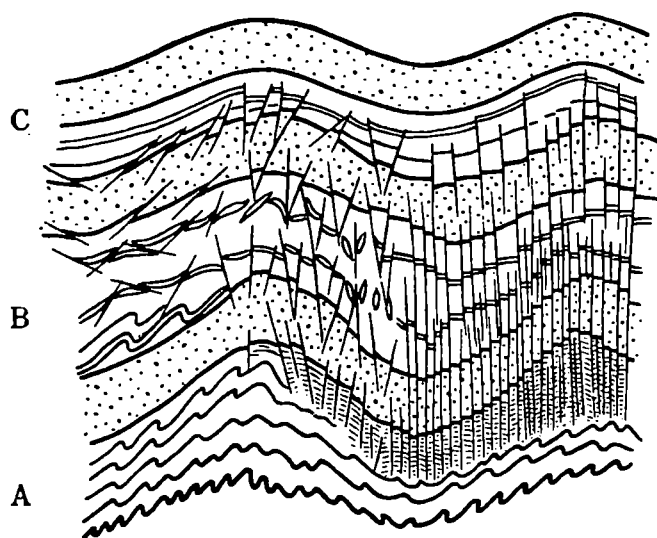
天ヶ瀬ダムと同発電所の建設工事はかなり難工事であったと聞くが、もともとこの川沿いは、県道に落石が多く、とくに天ヶ瀬付近は以前から落石や崖崩れの名所であった。今回の見学コースの Stop. 1 も落石による人身事故の現場である。

しかし、何故にこの地域の“古生層”に崩壊が多いのかということは、必ずしも明らかではない。この地域の“古生層”には、互いに共やかな、東北東－西南西と、西北西－東南東との断層系がある。これらと、ほぼ南北ないし北微東－南微西に入る脈岩系とを結びつけて考えれば、この地域の“古生層”には、ほぼ南北方向に最大主応力軸が存在した頃の断層や節理がかなり多く存在していると言えるだろう。

しかし、現地で直接落石や崩壊の現場をみると、必ずしも、とくに断層のところでのみ落石が多いとか崩壊が多いとかいうことではない。既存の地質図にはあまり詳しいものはないが、地質調査所の古い 1/25 万伏見図幅や、上治（1961）の地質図を参照してみても、必ずしもそれらに断層が引いてあるところで崩壊が起っているわけではない。むしろ、この地域の“古生層”は、全体として節理が多く、落石や崩壊が起りやすいと言えるようである。

筆者はこの原因を、1つには、この地域の“古生層”が、構造層準（tectonic level）における“破断を伴うしゅう曲”の階層（第4図）の下部に相当しており、レンズしゅう曲（lense fold）その他の割れ目しゅう曲が著しいということではないかと考えている。また、他の1因としては、現在道路が走っている位置（高度）が、この地域の隆起前の準平原に関係する古風化作用の風化帯のちょうど下部に当たっているため、落石や崖崩れの因となる開口した亀裂がとくに多いことが挙げられるように思われる。

もし、このような要因を考えることが正しいとすれば、この地域における開発や防災には、それなりの覚悟と準備が必要であることになるだろう。



- A : 流れしゅう曲の階層
 B : 破断を伴うしゅう曲の階層
 C : 曲げしゅう曲の階層

第 5 図 階層構造. (岩生・木村、1973 による)

琵琶湖南湖東岸の沖積低地

琵琶湖の東南岸には、島状に突出した基盤の山の間を野州川、愛知川、犬山川その他の川のデルタが埋積してつくった湖東平野が展開している。島状の山地は、おそらく一連の準平原面が地塊運動によって段化し、そのため低地になった地域のうち、深層風化を受けた花崗岩の部分が選択的に削はくされたため取残された、硬い部分に相当し、“古生層”やいわゆる湖東流紋岩からなっている。したがって、段丘や沖積低地の下の基盤には、地表でみられるよりも花崗岩の分布が広いことも予想される。

今回の巡検のstop 3付近は、湖東平野の主部をはずれた、草津川や葉山川などの沖積地である。これらの川の上流域、すなわち草津市東南方には、古琵琶湖層群や段丘層が分布している。それらの基盤をなすものは、一部“古生層”であり、さらに、南方に広くひろがる田上山（太神山）の花崗岩体の一部が含まれる。

田上山の花崗岩は、種々の鉱物の産出で有名であるだけでなく、近世以来、淀川の治水問題に関連して注目されてきたものであるが、今回の巡検では種々の都合で省略されている。

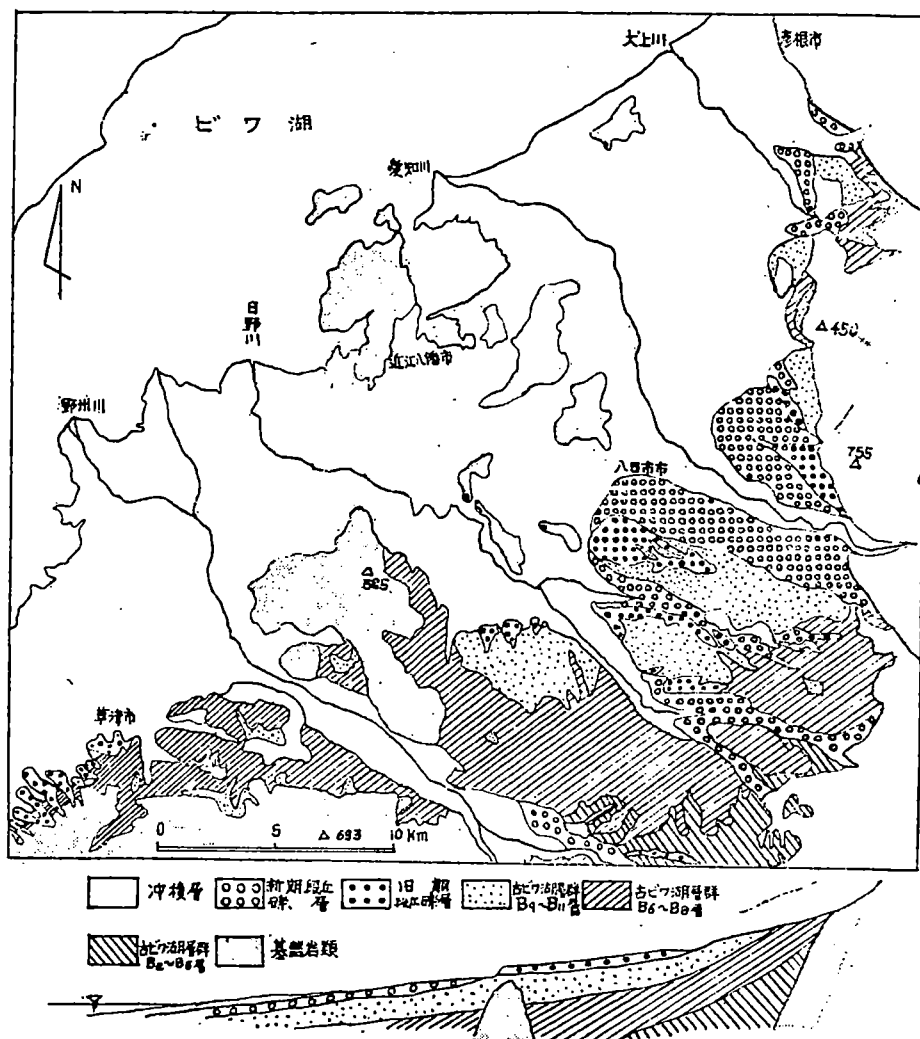
湖南の古琵琶湖層群に関しては多くの研究があるが、これらについても、ここでは詳しく述べる余裕がない。stop 3の位置をふまえて応用地質学的問題に関連を求めるならば、古琵琶湖層群や段丘層の沖積層下での分布や、それをきたした地史に関する資料が問題であろう。このような資料として、市原（1964）、小谷（1971）の、湖底から丘陵にわたる地形面对比断面図を第6図に示す。小谷は、湖底段丘や沈水バー、砂礫堆、湖底谷その他の湖底微地形を区分し、さらに、琵琶湖の発達史や湖底遺跡、魚場立地との関係などについても詳論している。

段丘堆積物形成の時期や縄文時代には琵琶湖が縮少していたことに関しては、多くの人たちの意見の一致がある。琵琶湖周辺の内湖の多くが近年干拓されたが、これに伴って、縄文以来の遺物や遺構が発見されている。大中湖南遺跡は弥生時代初頭の集落遺構を含む。湖水面は、現在、当時よりも少なくとも1.26 m上昇している。

琵琶湖東岸の滞水層や地下水流については、高谷（1964）、高谷・西田（1964）の研究がある。それらによれば、琵琶湖東岸地域で「ドッコイシヨ」

と呼ばれている自噴井の滞水層は沖積層下の新期段丘礫層であり、それは湖底の第Ⅱ湖段をつくるものである。

高谷・西田(1964)は、湖東平野とその周辺を、多数のボーリング資料の検討と地表踏査により調べ、つぎのような層序(第7図参照)をえて、これと地下水流出機構との関係を指摘した。



第7図 琵琶湖東南部の地質

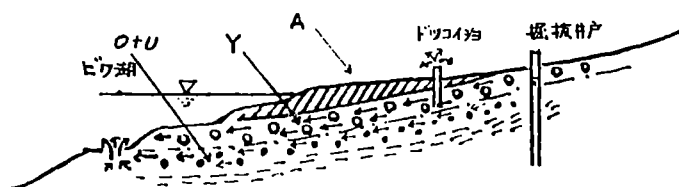
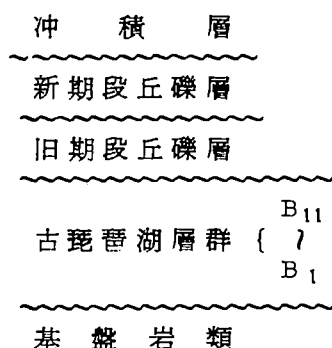
(高谷・西田、1964)

このうち、旧期段丘礫層は、古琵琶湖層群の低い丘陵を被って分布し、一般に沖積層と比高1~3mの段丘崖を境にして分布するものである。これに対して、新期段丘礫層は、河川上流部ではその基底面が河川床より10mを越す比高を持ち、現河川に沿って段丘崖を形成するが、中・下流部では沖積層の下位に没する。

また、この礫層は、沖積層や旧期段丘礫層に比して、圧倒的に堆積物の粒度が大きい。

一方、湖東平野でドッコイシと呼ばれる自噴井は、内陸部で沖積層を欠くところにはみられず、沖積層地帯にのみ分布する。

これらのことから、高谷ら(1964)は、比較的透水性の低い沖積層がキャップロックの役割を果し、透水性のよい新期段丘礫層が巨大な暗渠をかたちづけているものと解釈している。(第8図)



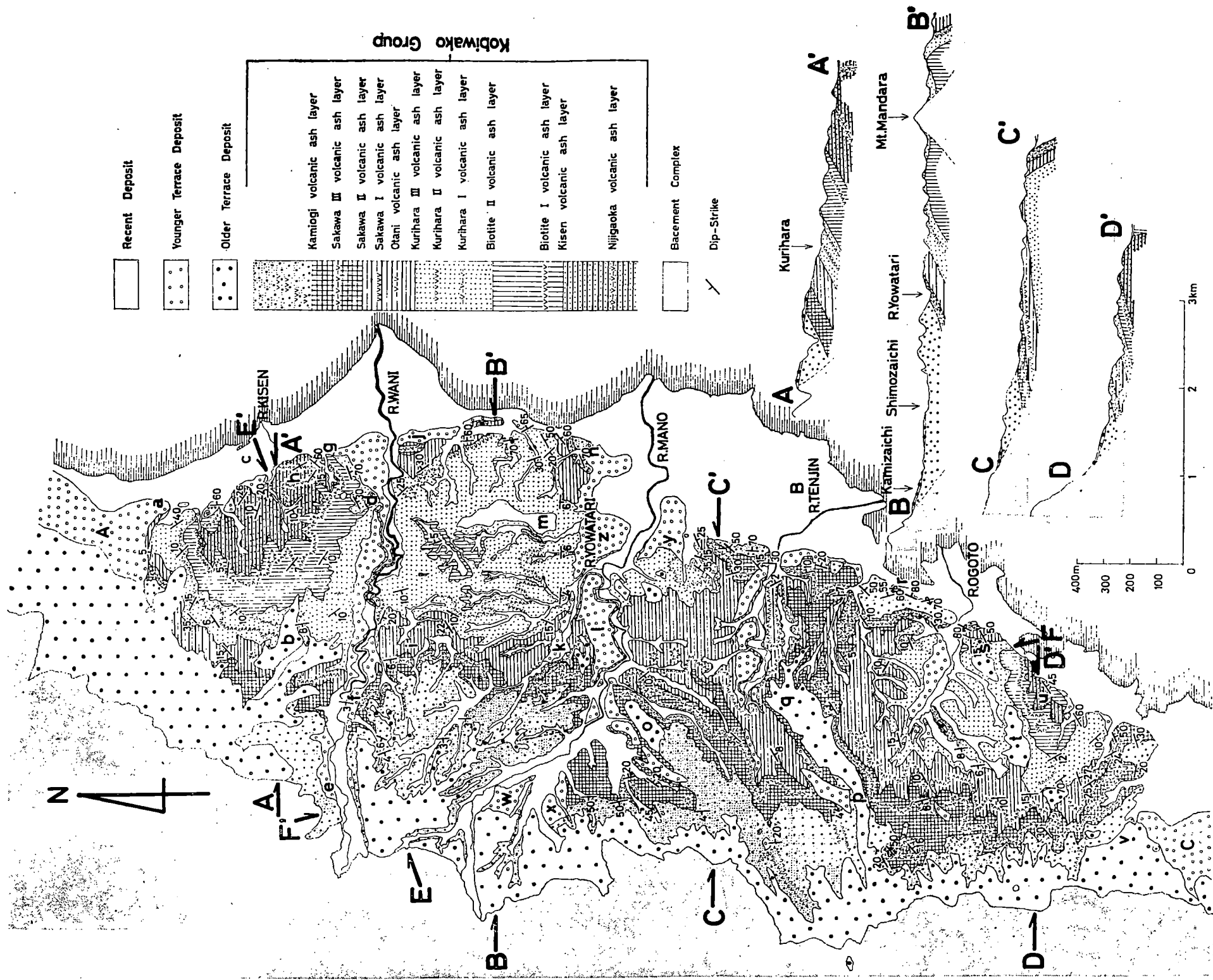
第8図 水理学的模式図

(高谷・西田、1964)

草津付近の沖積地の最も著しい特徴は、天井川の発達である。天井川形成のプロセスやメカニズムに関しては種々の要因が指摘されているが、おそらく沖積平野における土地占居や土木技術の発達、山地の荒廃と不可分の問題であろう。草津付近の天井川の場合も、その発達が、他の地方と同じく、主として近世来になされたものであることは看過できない(水山ほか：1975)。

天井川が存在は、その周辺に破堤による大災害の潜在的危険や、その川に合流する中小河川の排水不良による内水被災の慢性的危険をはらんでいる。市街地を天井川が貫流する草津市の場合、これらの危険対策と、地下水揚水、上・下水道建設その他の都市開発に関連する問題、地盤沈下対策などを、デルタや天井川形成のメカニズムに由来する沖積層の層相分布と関連させて検討することは、応用地質学的に興味ある課題であろう。

沖積層の層序その他の具体的な資料については、本巡検案内中に別に述べられると思うので、ここでは省略する。



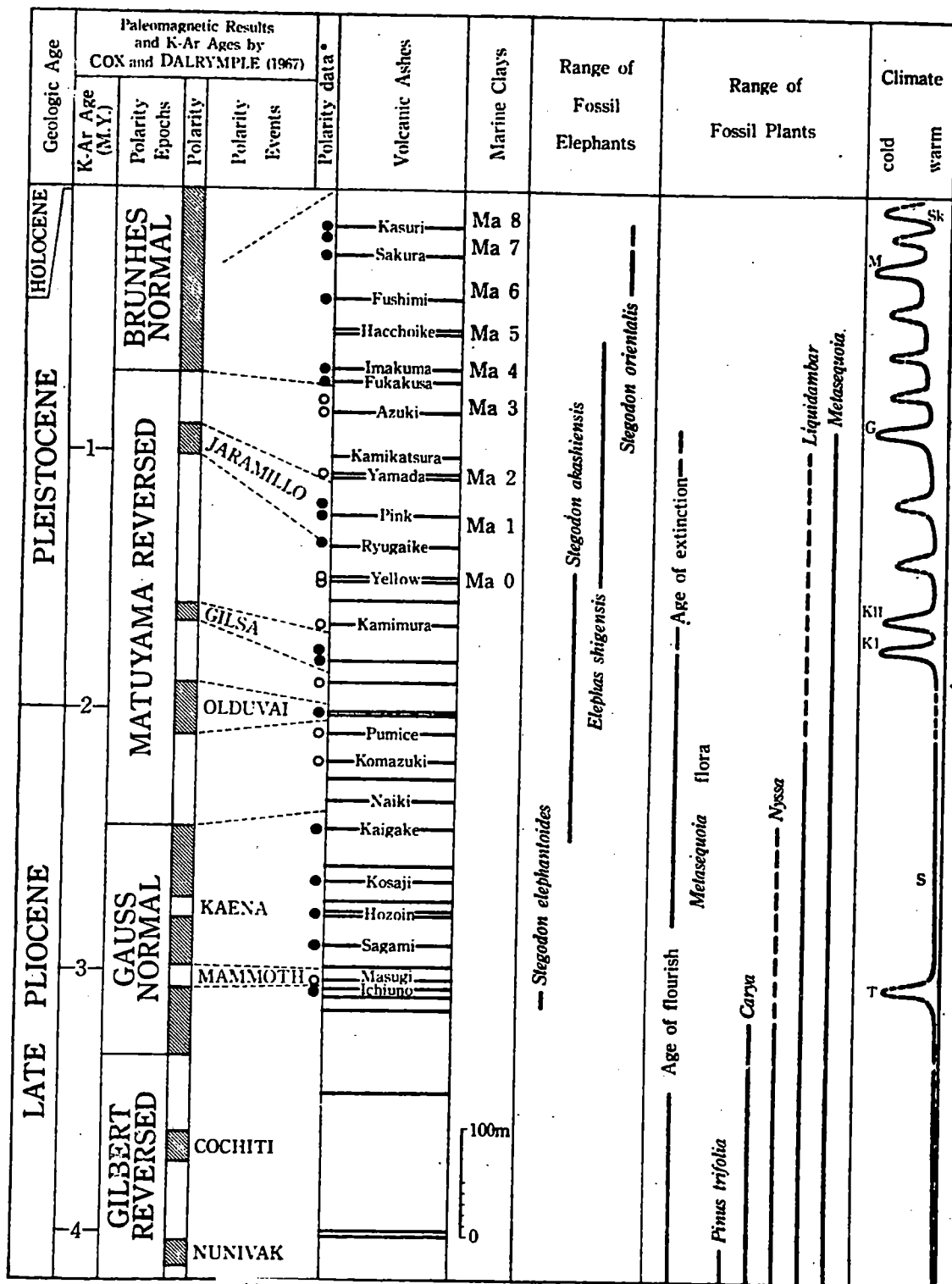
第9図 堅田丘陵の地質図及び断面図 (林隆夫、1974)

a 南郷路, b 栗原, c 北浜, d 国立療養所「比良園」, e 上龍華, f 下龍華, g 高城, h 宅地造成地「紅ヶ丘」, i 龍華大谷, j 小野, k 佐川, l 大野, m 龍華山, n 真野北, o 南庄, p 上仰木, q 下仰木, r 山下, s 雄琴, t 雄琴苗圃, u 雄琴苗圃, v 五軒町, w 下在地, x 向在地, y 谷口, z 普門, A 八屋戸, B 堅田, C 坂本

林 隆 夫 (1974)

第1表 堅田丘陵の古琵琶湖層序比較表

林 隆 夫 (1974)				TAKAYA (1963)				YOKOYAMA (1969), 石田・横山 (1969)			
池 辺 (1933)				TAKAYA (1963)				YOKOYAMA (1969), 石田・横山 (1969)			
部 隆 夫 (1974)				TAKAYA (1963)				YOKOYAMA (1969), 石田・横山 (1969)			
部	層	相	火 山 灰 層	部	member	tuff	facies	部	層	相	火 山 灰 層
山 下 互 層	龍 華 砂 礫 層	砂 (80 目 土)	F E D C = 上仰木 I・I	龍 華 砂 礫 層	B 11	Upper	gravels with few sands and silts (40m+, near the back-land) sands and silts with pebbles (20m+, along the lake-side) sands and silts (intermediate part)	龍 華 砂 礫 層	砂 (80 目 土)		
	砂シルト互層	砂 (80 目 土)	≡ 佐川 I ≡ 佐川 I ≡ 佐川 I ≡ 大谷 ≡ 栗原 I ≡ 栗原 I								
佐川粘土層	粘土卓越層 (40~60 m)	砂粘土互層 (70 m 土)	一バイオタイト I	南 庄 粘 土 層 (15 B +)	B 10	Kamiōgi Sakawa	silts at Kitahama pebbles and gravels at Mu-kaizaji (30 m ±)	南 庄 粘 土 層	粘土 (80 目 土)		一サクラ 一八町池 一Biotite 一アズキ 一山 田 一ピンク
栗原互層	砂粘土卓越層 (35~40 m)	砂粘土互層 (35 m 土)	一バイオタイト I	粘 土 層 (15 B +)	B 9	Oono	silts and sands without any coarse materials (5~20 m)	和 邇 砂 層	砂 (100 B +)		
比良園粘土層	砂粘土卓越層 (30~35 m)	砂粘土互層 (35 m 土)	一バイオタイト I	粘 土 層 (15 B +)	B 8	Ikenowaki	silt- and clay-rich alternation with subordinate sands	和 邇 砂 層	砂 (100 B +)		
高城互層	砂粘土卓越層 (45~50 m)	砂粘土互層 (15 m +)	一紅ヶ丘 I 一紅ヶ丘 I	粘 土 層 (15 B +)							
喜瀬粘土層	砂粘土卓越層 (45~50 m)	砂粘土互層 (15 m +)									
北浜砂層	砂粘土卓越層 (45~50 m)	砂粘土互層 (15 m +)									
紅ヶ丘粘土層	砂粘土卓越層 (45~50 m)	砂粘土互層 (15 m +)									



第 10 図 : 近畿地方の鮮新・更新世古地磁気年

●: 通常磁化, ○: 逆磁化, M: 満洲谷寒冷期 (ミンデル氷期?), G: 五軒家寒冷期 (ギュンツ氷期), K: 茨木寒冷期, T: 寺庄寒冷期, Sk: 新香里園寒期

横山, 1973より

琵琶湖南湖西岸の古琵琶湖層群丘陵地

琵琶湖の南湖西側には、花崗岩類、これを貫く脈岩類、頁岩・砂岩を主とする“古生層” およびホルンフェルスなどからなる比叡山系が走り、その山麓に古琵琶湖層群や段丘からなる堅田丘陵が発達している。またその東側湖岸には、同丘陵を開折して琵琶湖にそぞく雄琴川、大正寺川、天神川などのデルタがみられる。

Stop 4 は、堅田丘陵の一端に位置する地すべり地である。

堅田丘陵の地質については、古くは池辺(1933)の有名な研究があり、その後何度か検討されたが、最近、林(1974)により詳しく再調査された。第7図に、林(1974)による堅田丘陵の地質図を、また第1表に古琵琶湖層群の層序を示す。第1表には、池辺(1933)その他による層序をも、あわせて比較してある。

林(1974)によれば、堅田丘陵の古琵琶湖層群からは、*Metasequoia* 植物群に属する大型植物遺体は産しない。また、竜華砂礫層(第1表参照)からは *Pinus Koraiensis*, *picea bisolor* などの寒冷な気候を示す大型植物遺体を産する。旧象化石 *Stegodon orientalis* の産出層準は上仰木火山灰層であり、*Elephas shigensis* を産したのは栗原互層である。古琵琶湖層群に狭有されている喜撰火山灰層、E火山灰層は、それぞれ、大阪層群のアズキ火山灰層、カスリ火山灰層に対比される。この対比は、大型遺体植物化石、旧象化石の同層群における産出状況に矛盾しない。なお、ISHIDA・他(1969)の古地磁気層準学的研究によっても、堅田丘陵の古琵琶湖層群は、松山逆帯磁期後年から、ブリュンス正帯磁気前年にかけての堆積物(第8図参照)である。これらの検討によって、堅田丘陵の古琵琶湖層群は、湖東や湖南の古琵琶湖層群よりも上位層であると推定されている。

堅田地区の古琵琶湖層群の構造はかなり複雑であり、いくつかのドーム構造や背斜構造、向斜構造がみられる。断層としては、湖岸に沿って沖積層下に埋没していると推定される堅田断層のほか、南庄における推定最大落差10mの南庄断層や、雄琴-小野地域の落差10m以下の断層などがある。(林:1974)

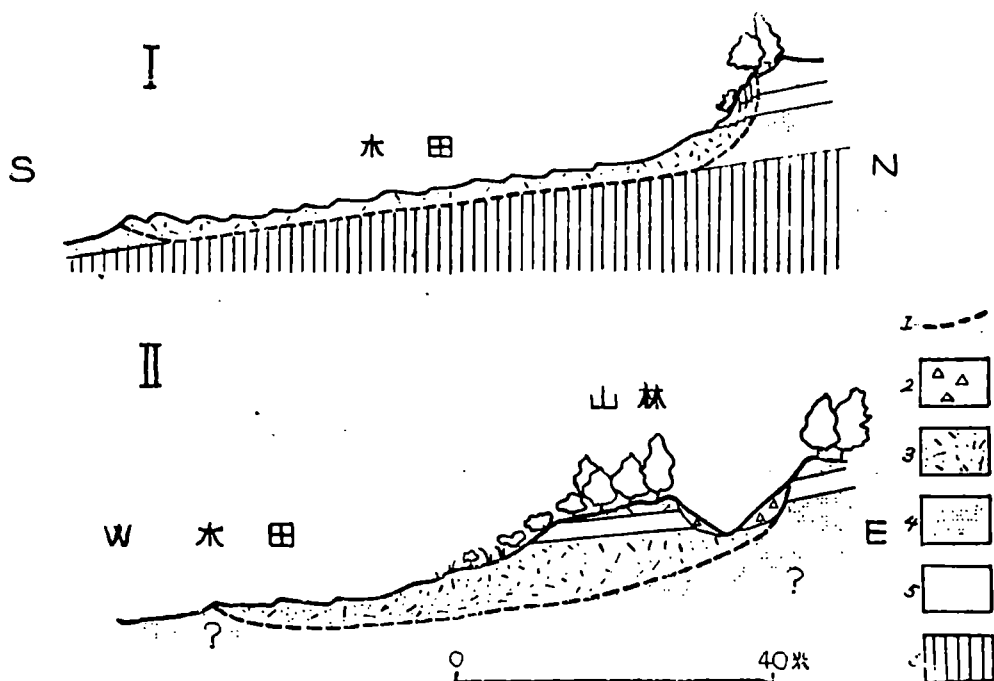
比叡・比良山地の麓や、各河川の流域、丘陵東縁などには、古琵琶湖層群を不整合におおひ、中部更新統ないし上部更新統の段丘堆積層がみられる。段丘堆積層には、新・旧あり、旧期のものは層厚3~10m(局部的には10m以上)、

礫種は“古生層”のチャート、砂岩、頁岩など、および花崗岩類からなる。新期のものは一般に層厚1～3mで、各河川の流域では花崗岩類、チャート、砂岩、頁岩などの円礫を含む砂礫からなる。しかし、扇状地性の段丘堆積層である場合には、“古生層”の角礫のみからなる場合や、花崗岩質の砂礫からなる場合もある(林：1974)。

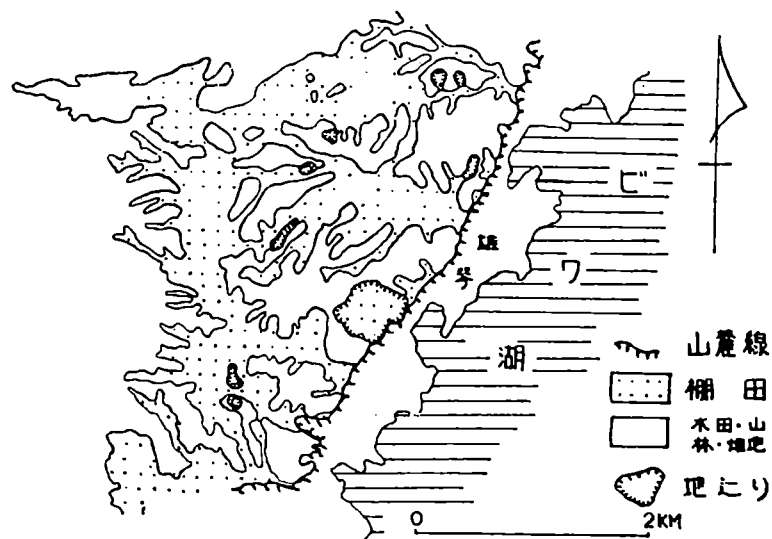
滋賀県下の地すべりについては、20年程前までは、あまり報告がなかったようである。しかし、琵琶湖西岸の堅田丘陵などの丘陵地には棚田が発達し、地すべり地特有の地形が展開している。柴崎(1956)による雄琴町小谷地すべり地の断面図を第9図に示す。柴崎の報告当時の最大の地すべりは、雄琴小学校校庭を含むもので、全面積約7町歩と記されている。この地すべりが今も活動しており、今回の巡検でStop 4とされているものであろう。

柴崎(1956)の報告では、地すべり面は南庄粘土層と“普門砂層”(池辺：1933 当時段丘とされていたもの)との境にあたり、「普門砂層の一部が地すべり粘土化されている」という。この“普門砂層”は、その後の池辺(1960)の見解によれば、古琵琶湖層群に属するものである。あるいは、地すべり面は、林(1974)の佐川粘土層と竜華砂礫層との境に相当するものかも知れない。

地すべりと、前記の古琵琶湖層群のしゅう曲構造や断層との関係は、興味ある検討課題である。しかし、筆者は今これについて何の情報ももっていないので、これにふれることが出来ない。



第11図 地回り断面図 I 彼岸田地回り II 小谷地回り
 1: 地回り面 2: 崖錐 3: 地回り地塊 4: 砂質粘土 (普門砂層) 5: 粘土 (左同層) 6: 粘土 (南庄粘土層)
 紫崎達雄, 1956



第12図 雄琴附近の棚田の分布
 紫崎達雄, 1956

引用文献

- 石田志朗(1976):琵琶湖の古生態学的研究の意義、陸の古生態、共立出版、
P 42-62
- 市原 実(1961):琵琶湖の生いたち。科学の実験, 8, 11-19.
- 岩生周一・木村敏雄(1973):一般地質学。264 P. 朝倉書店。
- 上治寅次郎(1961):京都近傍地質誌。同付図。
- 北川修二(1970):宇治川・田原川合流点付近の古生層。京大卒論(手記)。
- 小谷 昌(1971):琵琶湖の湖底地形およびその環境。琵琶湖国定公園学術
調査報告書。P. 125-176.
- 柴崎達雄(1956):敦賀~大津ひずみ帯。地球科学, 29, P 1-8.
- 高谷好一・西田一彦(1964):ビワ湖東岸の地質と地下水の流出機構につい
て、地球科学, 74, P 33-39.
- 地質調査所(1932):7万5千分の1伏見図幅。
- 中島和一(1960):大和高原領家帯北縁部の地質、地球科学、19,
P 1-19.
- 林 隆夫(1974):堅田丘陵の古琵琶湖層群、地質雑 80巻 P 261-
276.
- 松尾良通(1943):山城国鷲峰山付近の地質。京大卒論。(手記)。
- 水山高幸・池田碩・大橋健(1975):近江盆地、琵琶湖周辺の地形、
267 P. , 建設省近畿地方建設局。
- 八尾 昭(1968):京都府宇治田原町より紡錘虫化石の発見。地質雑、
72巻、P 399-400
- 横山卓雄(1973):琵琶湖の自然史。Nature Study, 13巻 P 26-32

喜 撰 山 発 電 所 工 事 誌^{*}

事 務 ・ 土 木 ・ 建 築 編

1 9 7 0

関 西 電 力 株 式 会 社

* 本文は関西電力（株）の御好意により、上記工事誌よりの抜萃複写を許可されたものである。
** 現地の案内及び説明は、建設部課長 大長昭雄氏 による。

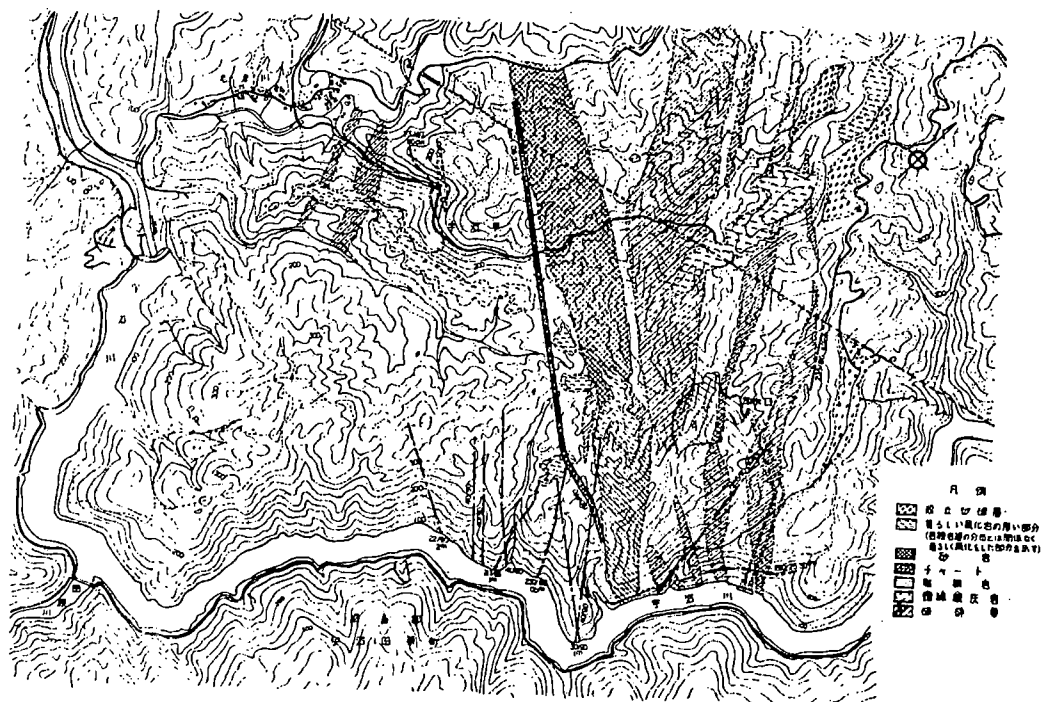
2.4 地 質 調 査

2.4.1 概 要

喜撰山地点は、昭和34年に宇治川右岸の支流池尾川上流に上部ダムを計画し、ダムサイトのボーリングによる地質調査を始めたが、昭和36年8月に隣接した寒谷川の上流に新たにダムサイトを見出し、第1(寒谷川)、第2(池尾川)ダムの併用案で調査に着手した。しかし昭和39年末に第1ダム単独案に計画変更したので、以下上部ダム関係調査については、第1ダムのみについて述べることにした。

ダムサイトおよび水路、発電所地点の地質調査は地表地質踏査、ボーリング、試験横坑、試験たて坑、トレンチ掘り、弾性波探査、岩盤試験などによって調査し、地質の判定は電力中央研究所地質研究室に依頼して行なった。調査の結果によれば、喜撰山地点を構成する岩石は古生代のものと考えられ、図2.4.1に示すとおり粘板岩を主体とし、これに砂岩およびチャートを含み、またごく一部に輝緑凝灰岩を含んでいる。その走向はおおむね $N 60^{\circ} W$ で傾斜は南へ $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ のところが多数。粘板岩は細かい節理が多く岩質もやや軟質である。砂岩は喜撰山の南方に比較的に厚い一枚の層をなしており、建設省天ヶ瀬ダムのコンクリート用骨材原石山はこの層を池尾川の右岸において採取された。その岩質は風化していない部分では比較的堅硬であるが、この層の中に極めて薄い粘板岩を幾枚も挟んでいることが観察された。チャートは一般にレンズ状の分布を示しており

図-2.4.1 地質一般平面図



岩質はきわめて堅硬である。この岩石はほとんど石英質の部分より構成されているので、一般には風化作用に対しても安定ではあるが、その反面これらのうちに一部でも軟質部があるとその部分は差別的に著しい風化作用を受けるので、硬質部のみが露頭として残るためやゝもすればチャートより成る地域は特別に硬岩より構成されているように誤認することがある。当地点のチャートも所々に良好な岩盤の露頭を認めるが、これはチャート中に挟在する粘板岩が差別的侵蝕を受けた結果としてチャートのみが残っているものと解される。この地域に分布する岩石は上述のチャートを除いて一般にかなり風化が進み、とくに蛇松峠付近および2、3の尾根においてはシルト状、もしくは砂状に風化した層がかなり厚いものと推定される。

2.4.2 ダム地点

(1) ダムサイト

ダムサイトに選定された箇所の地形は、寒谷川中流部の最狭窄部で左右岸とも等高線の出入りがはげしく、とくに左岸についてはその上下流とも沢が深く切り込んだやせ尾根をアバットメントとするため、ダム軸の選択の中は非常に限られたものとなっている。地形的にみて、現在のダム中心線は最狭窄部のほぼ中央に位置しており、中央しゃ水壁型ロックフィルダムの中心線としては最も妥当な位置として決定された。このダムの基盤の地質および透水性について、ボーリング、トレンチ掘削、試掘横坑掘削を行なうとともに、試掘横坑内とボーリング孔を利用して透水試験を実施し、この調査結果により、ダム基盤の安定性、基礎処理、基礎掘削の深さ、グラウト規模などを検討することとした。ダムサイトに実施した調査工事は表-2.4.1に示す。

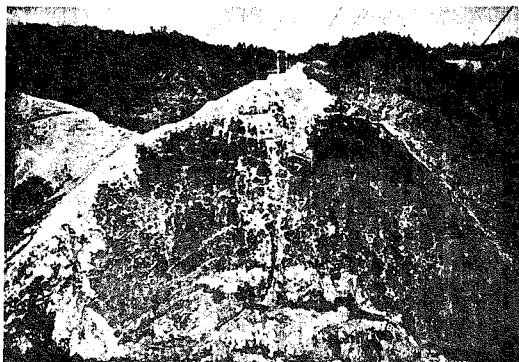
表-2.4.1 ダムサイトの地質調査工事

調査工事名		調査内容	
ボーリング		27孔	E. 1,353.8m
試掘横坑	右岸	6孔	① E.L. 220m, 22.2m (1.2×1.7m)
"	"	"	② E.L. 240m, 36.0m (")
"	"	"	③ E.L. 250m, 53.0m (")
"	"	"	④ E.L. 265m, 43.0m (")
"	"	"	⑤ E.L. 275m, 39.5m (")
"	"	"	⑥ E.L. 285m, 97.3m (")
"	左岸	6孔	① E.L. 220m, 27.0m (")
"	"	"	② E.L. 245m, 32.3m (")
"	"	"	③ E.L. 260m, 22.0m (")
"	"	"	④ E.L. 275m, 220.7m (")
"	"	"	⑤ E.L. 285m, 56.5m (")
"	"	"	⑥ E.L. 290m, 52.3m (")
トレンチ掘り		合計12坑	761.8m
透水試験		右岸	1,500m
		横坑内およびボーリング孔内 106箇所	

(写-2.4.1参照)

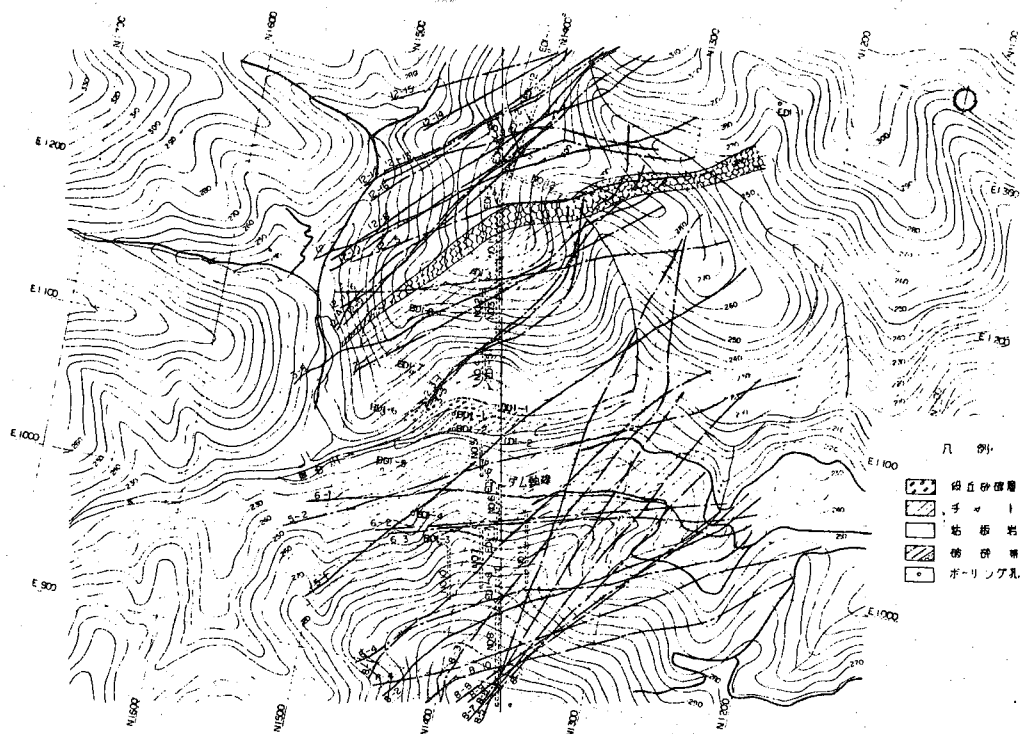
ボーリングおよび試掘横坑による地質調査の結果、ダムサイトの地質は粘板岩およびチャートの古生層より

写-2.4.1 ダム左岸試掘横坑



構成され、E.L.275mより下部は左右両岸とも良質な粘板岩またはチャートでありC_中~C_上級である。E.L.275m以上は風化が著しく進み、割れ目も細かく所々に粘土を夾んでおり、岩質はC_F~D級である。破碎帯は巾50cm以下のものが右岸に15本、左岸に19本発見されたが、これ以外に最も規模の大きい破碎帯は左岸鞍部を横切る形で存在し、試掘横坑とトレンチ掘りで追跡調査を行なった結果、地表において巾約15m、E.L.275mにおいて巾約9m程度になり、E.L.

図 2.4.2 ダムサイト地質平面図

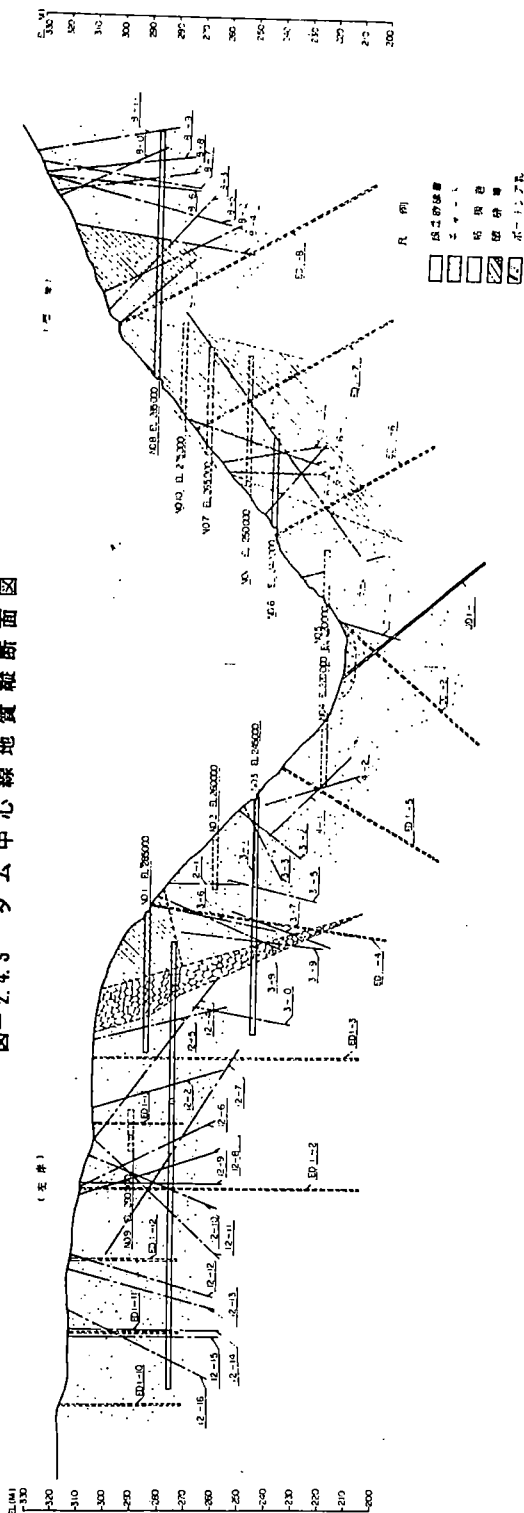


200 m付近ではほぼ消滅していることが判明した。ダムサイトの地質図は図-2.4.2、図2.4.3に示すとおりである。

ダムの左岸取付部は、図-2.4.2に示すように比較的尾根が薄く、計画満水位E.L. 296.000 m に対して稜線の標高がE.L. 300 ~ 320 m であってその勾配も極めて緩やかである。この部分の岩盤は上記の破砕帯を除いて規模の大きな破砕帯もなく比較的良質な岩盤ではあるが、尾根の厚さが何分とも薄いため、この部分の透水性が問題となるので、試験横坑を利用して、比較的透水性の大きいと思われる部分と付近の透水性の状態を代表していると見られる個所を選定して透水試験を実施した。またダム上流右岸の蛇松峠も鞍部の厚さが薄いので、同様に透水性の試験を実施した。

透水試験は、選定した各試験箇所において、手掘りによって地山を露出させたいえ、さらに直径40 cm、深さ70 cm程度の試験孔を垂直に掘削し、掘削に際しては試験孔周辺の地山の状態を変えないよう留意した。透水試験は、図-2.4.4、図2.4.5に示すとおり各試験孔において坑内湧水のない所では定水位注入法、湧水のある所ではバッカー使用による定水位注入法およびオーガー孔法によって行なった。透水試験の結果によると、左岸は右岸に比べてその透水性は一般に小さく、E.L. 245.000 m 以上ではおおむね $10^{-4} \sim 10^{-5}$ のオーダーであり、E.L. 245.000 m 以下ではおおむね 10^{-3} のオーダーであった。E.L. 245.000 m 以下に露出する粘板岩は岩質自体は堅硬であるが、大きな割れ目が比較的多かったので試験孔よりの透水はほとんどこのような明らかな割れ目を透るものであることが試験中に肉眼でも確認できる状態であった。このため 10^{-3} という

図-2.4.3 ダム中心線地質縦断面図



大きな透水係数値となったものと考えられ、E.L.245.000 m 以上の風化の著しい部分と同じように岩盤全体が脆弱化し、透水性もっている状態とは異なっているものと思われる。

右岸のE.L.245.000 m 以上は、試掘坑々口より25~30 m付近までの間の透水性はとくに大きく $10^{-2} \sim 10^{-3}$ のオーダーであり、E.L.245.000 m 以下では $10^{-3} \sim 10^{-4}$ のオーダーであった。また、左岸鞍部についてE.L.275 mの試掘横坑で試験した結果は 10^{-4} のオーダーであった。各試掘横坑で測定した透水係数値の分布は図-2.4.6に示す。

以上の地質と透水係数の測定結果より、ダムコア部の掘削深さについては、電研では地表から水平方向で30 mの掘削が必要という意見であったが、実際の施工においては左岸で10 m、右岸で15 mの深さにとどめている。

(2) 原石山(A地区)

ダムのコア材料およびブロック材料の採取候補地として、計画当初はダム地点周辺にA~F地区の6箇所を選定したが、最終的にダムサイト下流右岸のA地区に原石山をしほり、地表踏査、ボーリング、トレンチ掘り、弾性波探査、試掘たて坑、試掘横坑などにより地質と埋蔵量について調査した。(写-2.4.2参照)原石山は厚さ200~300 mの古生層の砂岩を採取の対象とし、そのうち地表近くの風化の進んでいる部分をコア材料に、その下の堅岩の部分ブロック材料に使用するものとした。原石山で行なった調査工事は表-2.4.2に示すとおりである。

写-2.4.2 原石山(A地区)
ボーリング状況

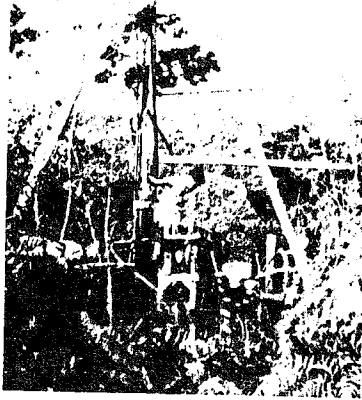


表-2.4.2 原石山の調査工事

調査工事名	調査内容	
ボーリング	49孔	1,393.5 m
弾性波探査	20測線	7,900 m
試掘横坑	7坑	374.2 m
“ ため坑	9坑	34.0 m
トレンチ掘り	6,006 m (巾0.5~5 m)	

原石山の調査に当り、コア材とロック材料としてそれぞれ適当な岩石を選ぶため、電研において岩盤の風化状態を表2.4.3に示すとおり分類した。

原石山の砂岩帯は、地表踏査とトレンチ掘りによるとE.L. 200~E.L.310 mの範囲では巾350~150 mであり、境界部は砂岩と粘板岩の互層となっている。コア材とロック材の大

まかな採取境界はほぼE.L.

275 m以上がコア材に、E.L.

275 m以下がロック材として

適当であることが判明し、試掘

横坑の掘削結果によると、坑口

から20~40 mの間はⅢ種程

度の岩質で、それより深部はⅣ

種、Ⅴ種であることが確認され

表-2.4.3 原石山における岩盤の分類

等級	特 徴	備 考
Ⅰ	完全に風化し、砂状、粘土状となる。	コア材として適当
Ⅱ	かなり風化し、手で容易に割れる。	“
Ⅲ	“ ハンマーの軽打で割れる。	コア材に一部適当
Ⅳ	比較的硬い。(ダムの基礎岩盤C中級)	ロック材として適当
Ⅴ	風化していない。	“

た。また量的には堤体積2,380,000 m³のうちコア材370,000 m³、ロックおよびフィルタ材2,010,000 m³は十分採取可能であることが確認できた。原石山の地質平面図および代表的な地質断面図はそれぞれ図-2.4.7、図-2.4.8に示すとおりである。

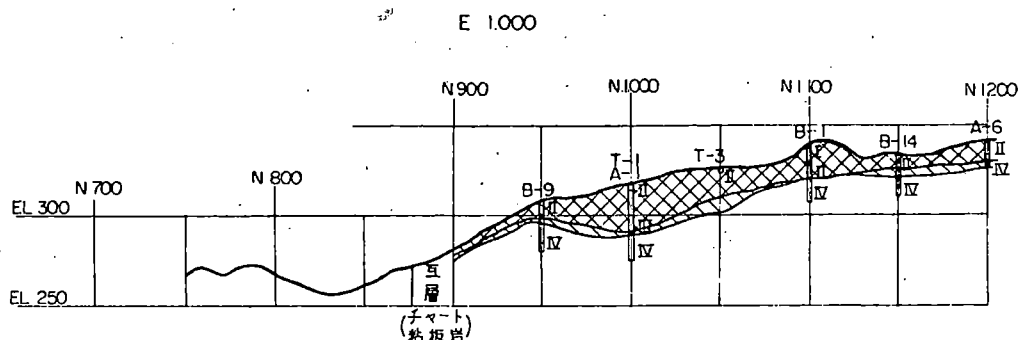
2.4.3 発電所地点

地下発電所はその掘削空洞の大きさが約巾25 m×奥行60 m×高さ49 mの空洞に達し、加えて地下発電所周辺には放水路サージタンク、水圧管路、放水路、ケーブルため坑などが近接して設けられるため、地下発電所の位置選定についてはとくに慎重を期し、主として試掘横坑によって地質調査を行なった。発電所地点で実施した地質調査工事は表-2.4.4に示すとおりである。

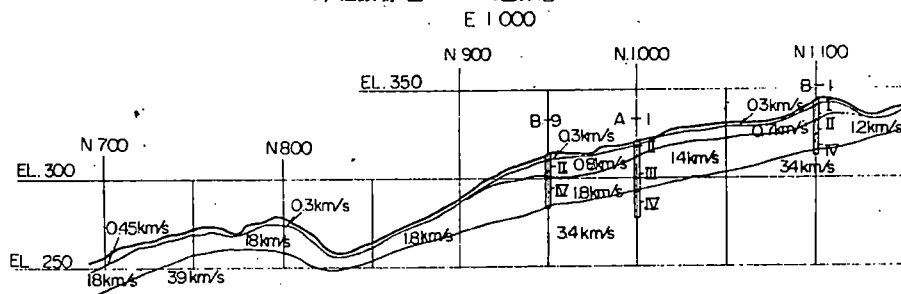
图-2.4.7 原石山地質平面图



図-2.4.8 原石山地質断面図(ボーリング、たて坑掘削による地質)



(弾性波探査による速度層)



発電所地点の地質は、粘板岩、砂質粘板岩、チャートの古生層の堆積岩類で構成され、岩質はC中～C上級と認められるところが多い。試掘横坑でT.D 225～270 mの間には粘土を含む顕著な破碎帯があり、転圧現象も見られている。破碎帯だけでなく、地層の一般的な走向もまた本坑にはほぼ平行であり、したがって本坑だけで地質構造の良好な場所を見出すという調査目的が十分達

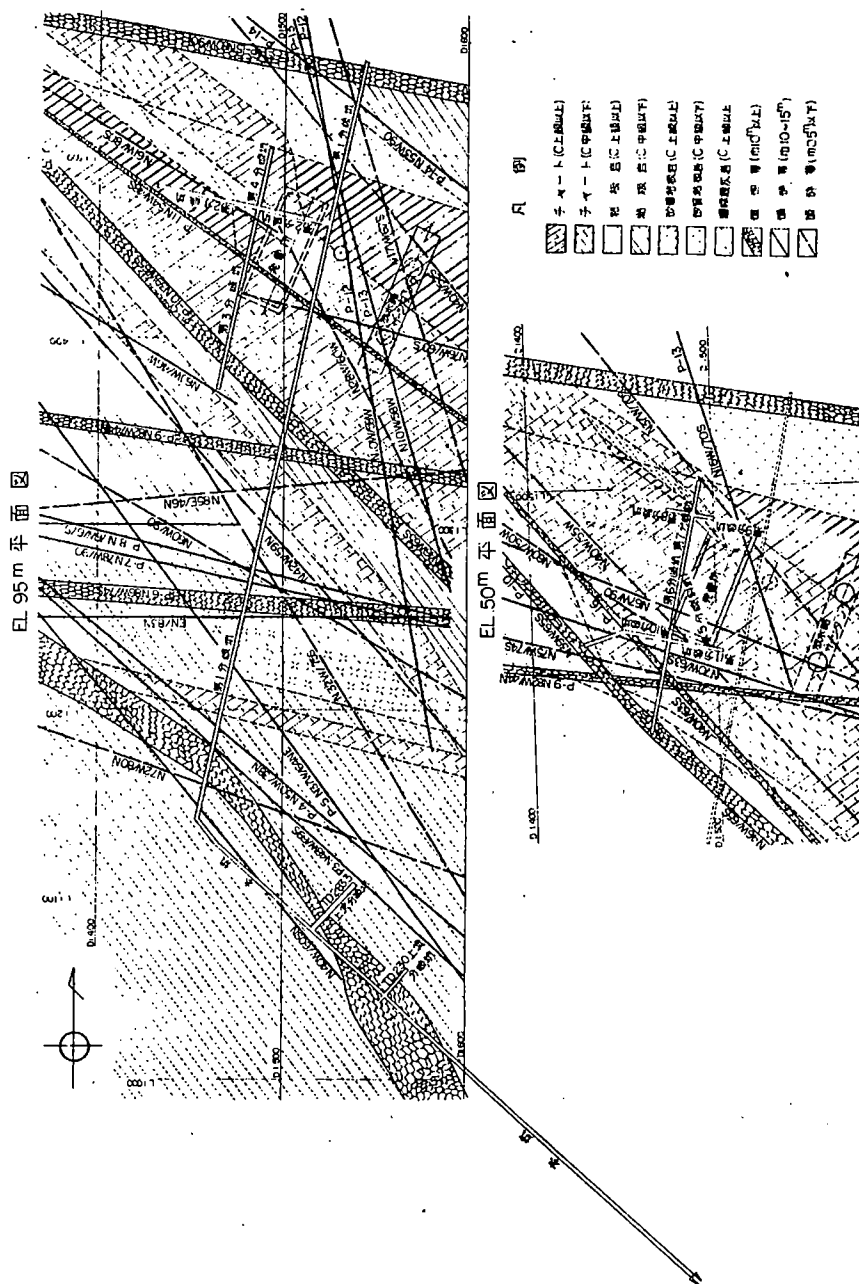
表-2.4.4 発電所地点の調査工事

調査工事名	調査内容
試掘横坑	E.L. 9.2 m 387.2 m
"	" 上流分岐坑 419 m
"	" 山側分岐坑 96.3 m
"	" 枝坑 14.3 m
"	" 斜坑 94.9 m
	E.L. 5.0 m 257.5 m
	計 1,397.9 m

成できないので、上流分岐坑を掘進した。この分岐坑は破碎帯および地層にはほぼ直角に選定され、これによって発電所地点に適当な位置が大局的に決定し得る良好な地質構造が得られた。この試掘によって、図-2.4.9に示すP-9, P-10, P-15の3本の主要な破碎帯が発見されたので、発電所位置の決定に当っては、C上～B級岩盤で上記の主要破碎帯の範囲をさけるよう考慮し、さらに山側分岐坑と枝坑を掘進し詳細に調査した。また水車中心付近の地質も確認して後、発電所位置を決定するものとし、上流分岐坑からの斜坑とE.L. 5.0 m盤に横坑を掘削した。その結果図-2.4.9に示す発電所位置にもってくることが、地質構造上最も適当と考えられた。この位置では発電所はC上級と認められる良質なチャートの中に入り、建家の東北すみ砂質粘板岩の中に入ることになるが、この岩盤もC上級であり、発電所の掘削にとくに問題がないと判断した。また、P-9, P-10, P-11の破碎帯はE.L. 5.0 m盤にも現われることが判明したが、この3本はいず

れも建家予定箇所より外側に分布しており影響がないと考えられた。

図-2.4.9 地下発電所地点 地質平面図

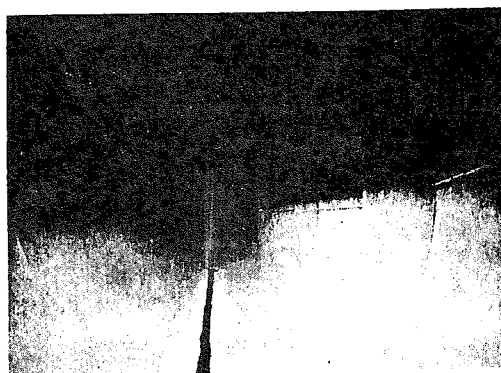


4.4 水 圧 鉄 管

4.4.1 ま え が き

水圧鉄管を埋設鉄管とした場合、内圧の一部を地山に負担させる内張鉄管とするか否かは、地山の弾性係数や塑性変形係数等の物理的性質、また弾性係数を増加させるためのコンソリデーショングラウトの効果、さらにトンネルブラスチングによる地山のゆるみ等によって決定される。そこで、それらをは握するために水圧鉄管埋設地点でジャッキ試験、水室試験、内張鉄管そう入後の水圧試験を行ない、内圧分担するか否かを決定すると同時に、地山の物性をは握した。(写-4.4.1参照)

写-4.4.1 埋設水圧鉄管



4.4.2 地質と地山かぶり厚さ

(1) 地 質

水圧鉄管トンネルの地質は古生代のものと考えられ、E.L 120.000 mより上部はやゝ風化した粘板岩と砂質粘板岩を主体とし、E.L 120.000 mより下部は堅硬な砂質粘板岩とチャートより構成され、1号トンネル内圧分担箇所はチャートである。また、岩質はとくに大きな破砕帯もなく電研判定でB~D級であり、1号トンネルのE.L 120.000 mより上部はC級、E.L 120.000 mより下部はB級である。

(2) 地山のかぶり厚さ

水圧の一部を地山に負担させるにはどの程度の地山かぶり厚さを必要とするかはなかなか難問で決定的要素も少ない。コンクリート圧力トンネルでは、一般にトンネル内に全水頭が作用しても上方に持ち上らないような地山のかぶり厚さが計画され、地山のかぶり厚さがそれより小さいときは、通常全水圧を受持つよう鉄筋コンクリート、または内張鉄管が設計されている。一方、本項のような埋設内張鉄管が適用されている地点のかぶり厚さの実例は設計水頭の0.5程度の範囲にある。もちろん、この程度のかぶり厚ささえあれば地山の力学的性質はどうあってもよいというのではなく、すなわち堅固なる岩盤を必要とし、少なくとも力学的抵抗要素が長期にわたり変化し続けるものであってはならないし、また、構造設計上はそのような可能性を残すようなものであってはならない。

4.4.3 設 計 概 要

(1) 試験結果の概要

a 弾性係数、塑性変形量について

弾性係数：コンソリデーショングラウトを行なわない場合	18,000 kg/cm ²
コンソリデーショングラウトを行なった場合	21,000 kg/cm ²

塑性変形係数：コンソリデーショングラウトを行なわない場合	1.0
コンソリデーショングラウトを行なった場合	0.4

b 内張鉄管応力

内張鉄管応力は理論式で計算した値とよく一致し、従来の内圧分担理論が十分使用できることがわかった。

c コンソリデーショングラウトの効果について

コンソリデーショングラウトは地山の弾性係数の改善においてその効果が著しいことがわかった。

(2) 設計値の決定

上記の結果、岩盤に内圧を分担させるものとし、分担箇所は岩質のよい1号鉄管下部40m区間とした。なお、水室試験を行なった箇所の岩質はC上級であるのにたいし鉄管内圧分担区間はB級であり、その弾性係数を比較すると、B級はC上級の3倍の値を有しているが、安全をみて内圧分担区間の弾性係数は $20,000 \text{ kg/cm}^2$ 、塑性変形係数は0.5を採用することに決定した。

4.4.4 強度設計

(1) 設計要項

a 設計条件

型 式	全溶接鋼管トンネル内コンクリート埋設型式		
内 径	5.9～4.5～3.4 m		
断 面 形	円 形		
延 長	1号	355.446 m	
	2号	342.127 m	
流 量	発電時最大	124 m ³ /sec	
	揚水時最大	110 m ³ /sec	
設 計 内 圧	最大静水圧(水車中心)	257 m	
	最大水撃圧(水車中心)	98 m	
	最大設計内圧(水車中心)	350 m	
設 計 外 圧	埋設部：拘束変形座屈にたいし鉄管中心線から喜撰山ダム満水位(E.L296.000 m)までの水頭		
	：自由変形座屈にたいして、てん充コンクリート圧、またはグラウト圧3 kg/cm ² を作用させる。		

温度変化	25℃
鋼板のポアソン比	0.3
鉄管の弾性係数	$2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$
鉄管の線膨張係数	$1.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$
地山のポアソン比	0.2
コンクリートの弾性係数	$2.1 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$

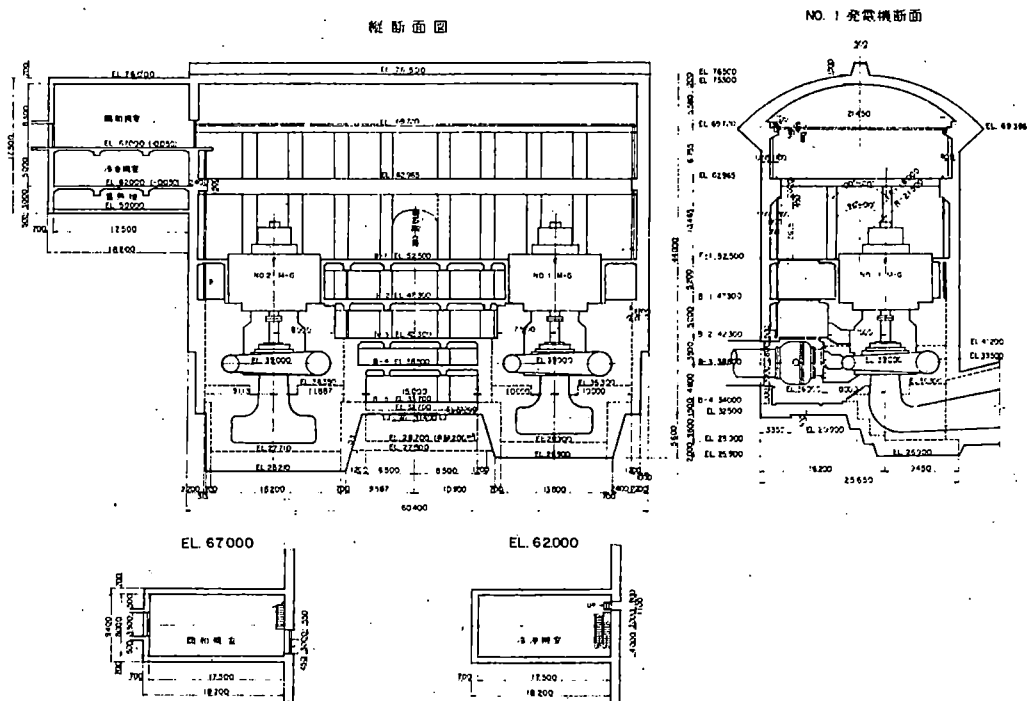
4.5 発 電 所

4.5.1 設 計 概 要

揚水発電所の地下空洞は、一般の水力発電所にくらべて空洞断面が大きくなるので、地下発電所の設計に当たっては、地下空洞の地質を十分調査するとともに、空洞掘削により生じるであろう地圧と変形について十分に検討し、空洞の形状と周辺のコンクリートライニングを決定しなければならない。

喜撰山発電所は上部調整池取水口下流約300m（水平距離）に位置し、これより約650mの放水路で天ヶ瀬貯水池に連絡している。発電所の地山かぶり（アーチクラウン）で約250m、掘削寸法は幅25.6m×高さ5.1m×長さ60.4mで、巾と高さが非常に大きい我国でも屈指の大型空洞である。（図-4.5.1参照）

図-4.5.1 地下発電所構造図



従来、地下発電所の設計にあたってはある仮定した荷重にたいして設計を行なっているが、これは実際の構造物に作用する荷重とは関連づけられず、構造物の安全性を判断しえないのが現状である。そこで当発電所の設計にあたっては、光弾性模型実験、有限要素法による解析、空洞掘削中の地山の変形測定等により理論的、実験的に検討し、地下発電所の経済的設計に役立たせるとともに、施工中における安全管理と完成後の保安維

持管理に努めた。

4.5.2 発電所周辺の地質

発電所空洞付近の岩盤は古生層の堆積岩で、岩石の種類はチャート、砂質粘板岩および粘板岩からなり、その走向はおおむね $N 60^{\circ} W$ で発電所中心線とほぼ直交し、傾斜は $S 60^{\circ} \sim 80^{\circ}$ である。空洞の鉄管路側の大半と、ドラフトトンネル側の下流半分を占めるチャートは、岩質がきわめて堅硬であり、ドラフト側の上流半分は、上部が砂質粘板岩、下部が粘板岩で E.L 50 m 以下において幅 30~80 cm 程の断層が、つま壁よりドラフト天ばに向かって走っている。上記の砂質粘板岩はかなり堅岩であるが、粘板岩は細かい節理が多く岩質も軟弱である。(図 - 4.5.2 ~ 図 - 4.5.4 参照) また、地山の異方向性に大きく影響する岩体に発達する発電

図 - 4.5.2 発電所付近地質図 (1)

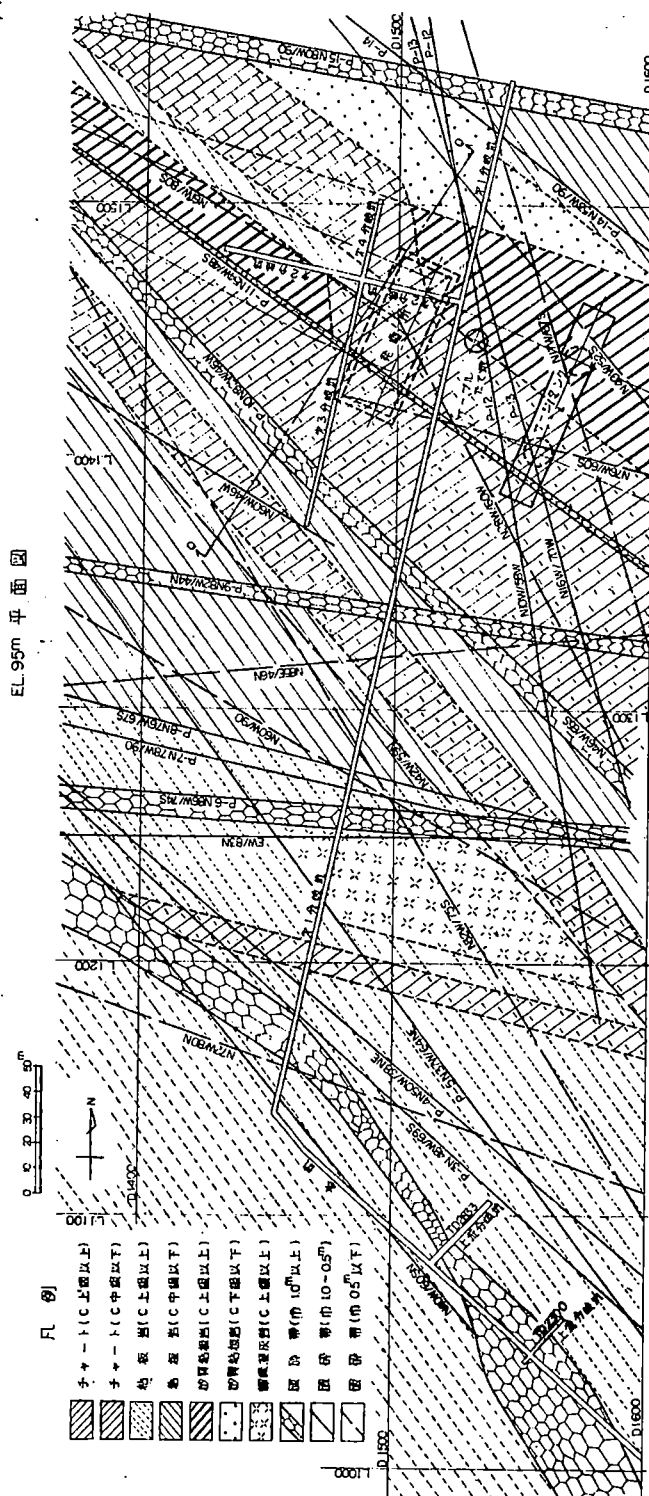


図-4.5.3 発電所付近地質図(2)

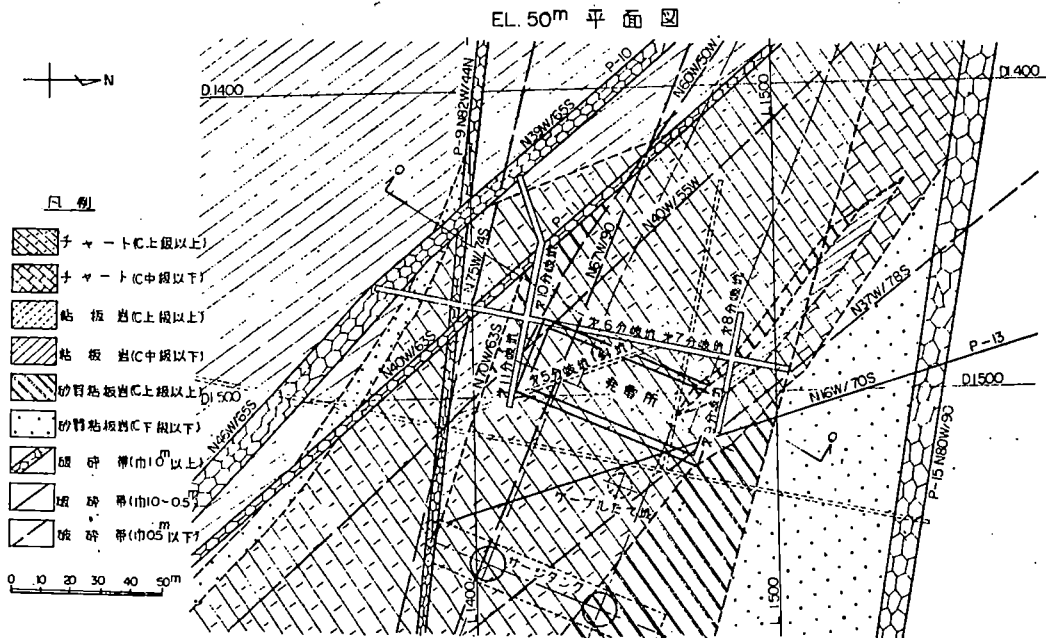
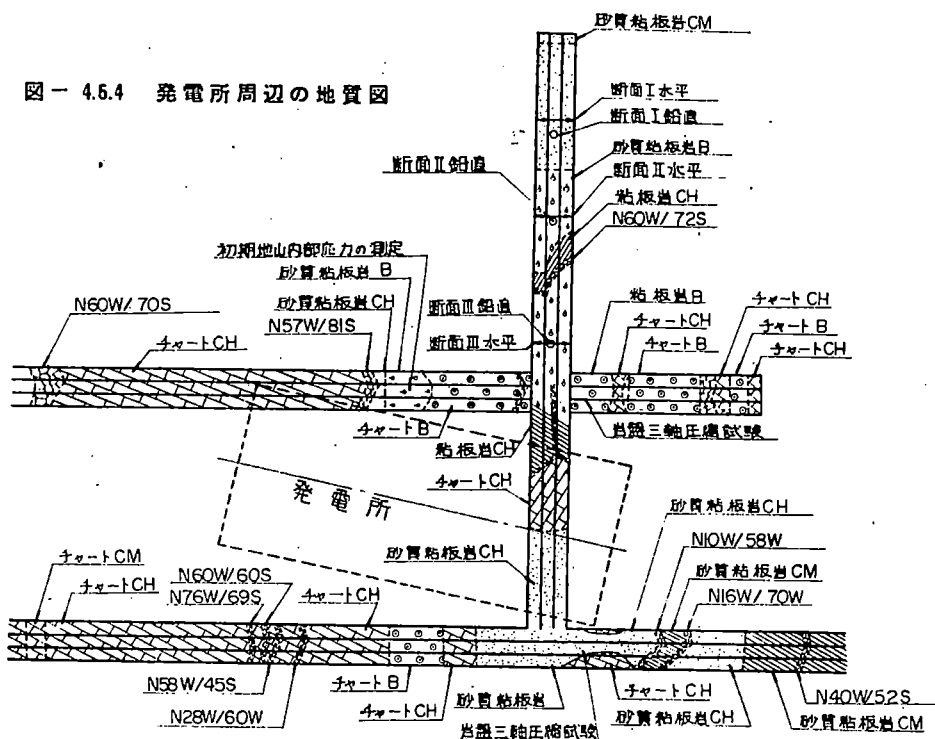


図-4.5.4 発電所周辺の地質図



所付近の節理，層理の方向は，試験横坑内で1mおきに測定した結果をウルフネットに投影すると，図-4.5.5，図-4.5.6に示すように層理N44°W/75°SW，節理はN58°/84°NE，N34°E/76°SEの方向が卓越している。

図 - 4.5.5 節理面のウルフネット

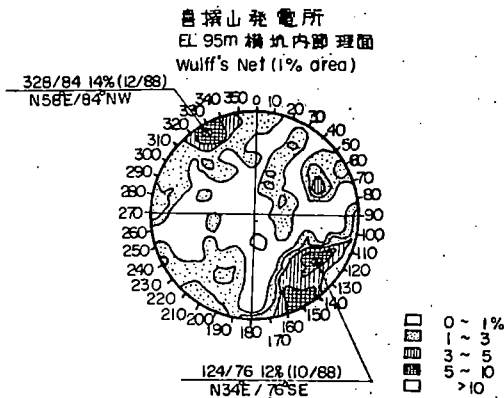
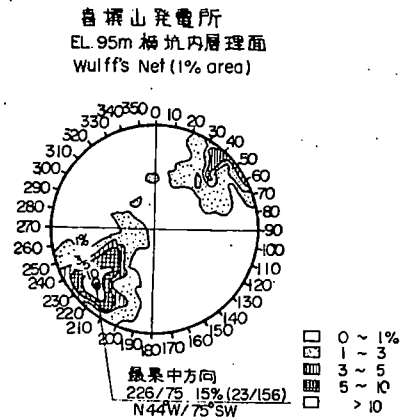


図 - 4.5.6 層理面のウルフネット



4.5.3 位置の選定

地下発電所の地質構造については、まず E.L. 95 m 横坑によって調査が行なわれ、その結果、地質構造上適当と考えられる発電所の位置がほぼ選定されたが地質構造上特に考慮された点はずきの 2 点である。

① この付近に分布する岩石の種類はチャート、砂質粘板岩、粘板岩など古生層の堆積岩類であるが、いずれの岩石の場合でも C 上級または B 級と認められる良質な岩盤の分布範囲内に発電所位置を選定すること。

② この付近に分布する P-9、P-10、P-15 の 3 本の主要な破砕帯の影響範囲をさけること。

しかし、この付近の地質構造が複雑であるところから、水車中心と予定されている E.L. 39 m 付近の地質状態を確認したうえで発電所位置を選定することとなり、その調査のため E.L. 95 m 横坑から斜坑とこの斜坑から分岐する E.L. 50 m 横坑が掘削された。この調査により、E.L. 50 m 付近において岩質の特に悪い箇所と新たな大きい破砕帯は発見されず図 - 4.5.2 に示す位置に発電所をもてくることが地質構造上もっとも適当であると考えられた。しかし、この位置では発電所の大部分は C 上級と認められる良質なチャート層の中に入り、東北の隅部が砂質粘板岩の中にはいることとなるが、この砂質粘板岩の岩質も C 上級と認められるので、岩質については発電所の掘削にさいし特に問題はないと結論された。

4.5.4 アーチの設計

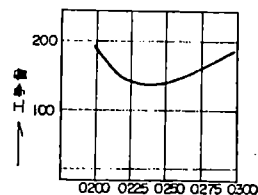
(1) 形状の決定

a 経済的なアーチ形状

地下発電所のアーチについては、ライズが高くなるとコンクリート量は減少するが、掘削量が増加するので必ずしも経済的な設計とはならない。したがって経済的なアーチ形状は荷重の大きさ、方向によってかわり、一定しないが、一例として等分布荷重が半径方向に働く場合は、図 - 4.5.7 に示すように $f/l = 0.28$ 付近が経済的となった。

図-4.5.7 ライズスパン比と工事費の関係

(等分布 20 t/m 半径方向荷重 $\sigma_a = 50 \text{ kg}$ の場合)



第 7 章 施 工

7.1 ダ ム

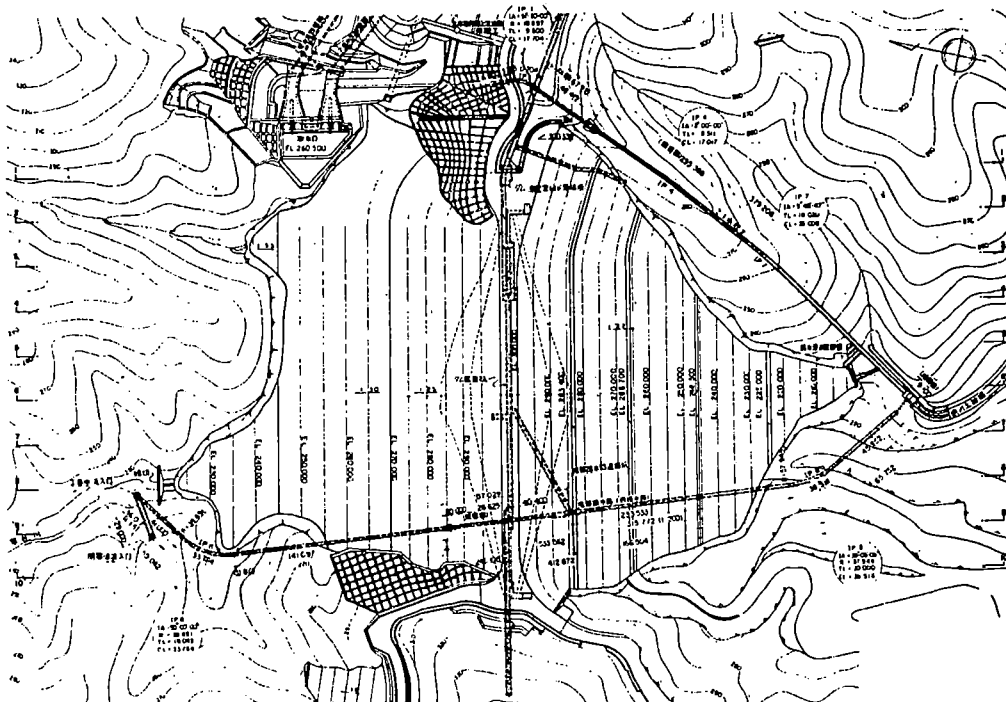
7.1.1 工 事 概 要

当ダムは、関西電力として最初に手がけたロックフィルダムであるので、施工管理の基本的な考え方としては堅実を主旨とし、いわゆるオーソドックスな方針で施工管理に当たった。

このため、結果的にみて経済性に若干疑問の余地を残す面もあったが、初歩的な経験を十分に体得する意味から有意義であったと考える。ダム平面図、ダム断面図はそれぞれ図-7.1.1、7.1.2に示すとおりであるが、当ダムの施工面での特徴としては、

① ダムのコア基礎部および地山部に監査廊を設けて、基礎処理の万全を期した。すなわち、グラウト工事は監査廊上部のコアのかぶり高が20m以上になってから施工を開始したので、コアの盛立て工程に追われることなく、十分に時間をかけて、慎重に施工することができた。

図 - 7.1.1 ダム 平面 図



② コアの転圧には、タイヤローラーを主力として使用し、シープスフートルーラーは高含水時に補助的に使用した。

③ コアの密度および含水比の測定には、R.I 測定器打込型の（ラジオアイソトープ）を使用した。

④ 上流ロックは貯水池水位の急激な上昇下降の影響を直接受けるため、透水性確保のため下流ロックよりも良質で大きいものを使用した。

⑤ 経済性の観点から発電所、トンネル等の掘削ずりを流用材として活用した。

⑥ 原石山は岩盤の節理が多かったため、大きなリブラップ材が不足したので、下流のり面は張石とした。

⑦ 一つの実山から、コアからロックに至る全材料を採取した。

ダム工事は昭和42年1月より着工準備に入り、42年8月17日工事認可と同時に本格的に着手し、44年3月7日ダム天端の整形を終って全盛立てを完了した。ダム工事の実績工程、工事数量、および主要な工事経過はそれぞれ表7.1.1～3に示すとおりである。

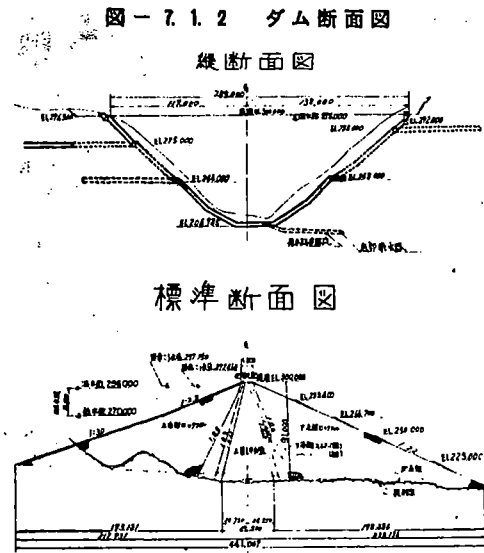
表-7.1.1 ダムおよび関連工事実績工程表

工号	年月	42												43												44												45						摘要																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
取水口	地盤処理	2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		

7.1.2 掘 削

(1) 掘削深さの決定

コア部の掘削深さについては、下部では岩盤等級がおおむねC級、上部ではC0級に達することを標準とし、



第 8 章 計 測

8.1 喜撰山ダム

8.1.1 ま え が き

フィルダムの地震時の挙動についての幾多の研究成果によると、フィルダムにも共振現象があることや、減衰度についても大きくはないことなどが報じられている。したがって、その耐震面については設計上十分な検討が必要であり、この分野の研究者や技術者の関心が高まりつつある。

一般に構造物の応力状態や安定状態は、構造物の動的特性によって左右され、これを実情にそくした設計法として確立するためには、数値解析や材料の動力学的な物性についての研究以外に、動的挙動の実態を適格には握ることが不可欠である。

よって喜撰山ダムに対して系統立った計測網を配置し、ダムの築造過程を通じての応力と変位の関係などから、静的な安定状態の推移や材料の物性の変化をとらえ、ついで完成後の貯水および急激な水位変動の影響と、地震時の動的挙動の実態をそれぞれ適確には握ることを目的として、昭和42年6月27日喜撰山ダム計測委員会が東大・生研、電研、関電の関係者によって組織された。次来今日までの3ケ年間、計測器の仕様の検討および試作検定を始めとしてその実施が推進され、さらには得られた資料についての検討がなされてきた。

以下に、その計測設備の概要と主として昭和45年3月末までに得られた計測資料について記述する。

8.1.2 計 測 設 備

(1) 計 測 の 目 的

喜撰山ダムの保安上の要求と、この種のダムの設計法を将来実情にそくした内容にするために必要な静的、動的挙動の実態を、適確には握ることをその目的とする。前者については、静的計測がその対象であり、水位急降下時における上流面の力学的な安定性と、浸透水に対するダムおよび基盤の水理的な安定性の照査が当面の課題である。これらの点についての検討方法は、4.1設計の項に詳述してある。後者については、静的、動的計測がその対象であり、後述する理由から両者は無縁ではなく、双方相まってはじめてその目的が達成される。

一般に構造物の動的特性は固有周期、減衰定数、振動モードの三要素によって決まり、これらは構造物の形状、寸法、構成材料の種類と状態、境界条件などによって支配される。フィルダムの場合には、築堤中のみならず築造後も経時的にかなりの沈下と水平変位が認められ、その結果、構成材料の間ゲキ比、含水比、応力状態などが漸次変化する。したがって、動的な挙動は静的な応力状態や安定状態と無関係に規定しうるものではなく、この意味で静的計測は動的計測と密接に結び付く。

構造物が地震荷重のような動的荷重を受けた時に示す挙動は、上述の構造物固有の動的特性と動荷重の性質

によって決まり、これらの計測は、構造物の動的挙動の実態を把握するのに不可欠な事項となる。また、さらにフィルダムの場合には、地震荷重を受けた時に動的な間げき水圧や土圧が誘発されると、構造物の安定性を左右する要因ともなるので、その実態も調べておく必要がある。

喜撰山ダムにおける計測網は、すべて上述したような見地から企画され設置されている。

(2) 計測設備概要

表-8.1.1、図-8.1.1に計測設備の一覧表と計測器の配置図を示す。

表-8.1.1 計測設備一覧表

種 類		成分数又は測点数			摘 要
		設置数	故障数	稼働数	
間げき 水圧計	差動トランス式	31	8	23	内任意の13成分動的兼用
	平衡弁式	17	7	10	
土圧計	差動トランス式	24	10	14	内任意の14成分動的兼用
	平衡弁式	39	22	17	
地震計	表面型加速度計	13	0	13	
	埋設型加速度計	19	1	8	
	表面型変位計	5	0	5	
	埋設型変位計	3	0	3	
相 対 沈 下 計		8	0	8	
相 対 変 位 計		7	0	7	
外 部 変 計 用 測 点		38	0	38	
遠 隔 自 記 水 位 計		1	0	1	
漏 水 量		3	0	3	ダム蛇松峠切堤、まる尾谷
地 下 水 位		45	0	45	ダムサイト、上部池、池ノ尾、下部池間 蛇松峠

間げき水圧計については、通常の場合に比べて上流ロック部に多数個のピックアップを配置し、6時間に26mにおよぶ水位急降下時における上流のり面の安定性をロック部の残留間げき水圧を通じて照査することと、地震時における堤体内の動間げき水圧をとらえることを目的としているのがその特長といえよう。したがって、静圧の連続記録および動圧を記録する必要から、差動トランス式のピックアップを主体にし、その約半数の測点には、比較のために後述するような静的計測専用の平衡弁式間げき水圧計を併設した。

土圧計については、ロック部を含めた全域に対して配置し、間げき水圧計と同様に静的計測以外に動的計測をその目的としているのが特長といえる。これらの土圧計は、1箇所に対して8成分とし、間げき水圧計とは逆に静的専用の平衡弁式を主体に選び、その約1/3の測点には比較のためと動圧を記録するために、差動トランス式を併設した。

上述のように差動トランス式間げき水圧計、土圧計は、静圧以外に動圧をとらえる必要があるため、その仕

様については十分に検討された。その結果、 $0.5 \sim 20$ cps の範囲に対する動的検定によると、その周波数特性はフラットで位相差は認められなかった。

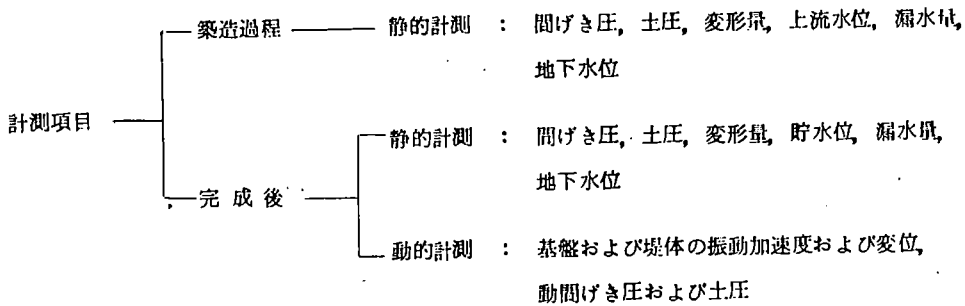
地震計については、図-8.1.1に示すように基盤および堤体の全域に対して加速度計、変位計を配置し、基盤に伝わる地震波の性質と堤体の動的挙動を観測する。この観測記録より基盤を加味した構造物の地震時特性が求められ、このような記録は、その他の計測記録と相まって動的耐震設計法の確立に役立つことになる。

相対沈下計は、図-8.1.1に示すA-A、B-B断面の各4箇所に設置し、それぞれ約10m置きに埋設した堤体内の測点と表面との相対沈下を計測する。

相対変位計は、図-8.1.1に示すようにE.L. 245.000mの上流ロック部に3成分、E.L. 275.000mの上流、下流ロック部にそれぞれ2成分、計7成分を配置し、E.L. 245.000mではその標高の上流ロック部の上下流端間、上流端から2/3の間、1/3の間の水平相対変位を、E.L. 275.000mでは上下流ロック部のそれぞれ上下流端間および上下流端から1/2の間の水平相対変位を計測する。

上述の相対沈下、相対変位は、外部変形の測定結果と結び付けることによって、絶対沈下、変位に直すことができるのはいうまでもない。

これら一連の計測設備による計測項目は、すでに築造過程におけるものと完成後におけるものとに大別され、さらに後者は下記のように静的計測と動的計測とに区分される。



静的計測の度数としては、上述の築造過程におけるものはすでに2回/月の割合で実施され、完成後のものは当面表-8.1.2に示す計画にしたがって現在実施中である。また、動的計測については、測定室が完成した昭和44年6月末から計測態勢に入り、当面は年に10回程度遭遇しうであろう数gal程度の地震を対象にしてスターター感度を設定してある。

a. 差動トランス式間げき水圧計, 土圧計, 相対変位計, 漏水量測定用遠隔自記水位計

差動トランス式計測器は、測定しようとする機械量の変化をそれに比例した電圧の変化に変換するもので、出力電圧が高いため他の電氣的影響を受けることが少なく、長時間にわたって安定であること、温度の影響を受けないことなどがその特長とされている。

表-9.1.3、図-8.1.2~6に各計器の仕様、構造を示す。各計器は、測定量に応じて伝達機構がそれぞれ異なっている。図-8.1.2に示す間げき水圧計では、動圧を記録することに対処して、受圧板のヒズミを最小限に止めるようにしてあるために、フィルターを通して受圧板に作用した水圧を一たん封入されている油に伝達した後、垂を拡大して取り出す方式を採用している。また土圧計では、とくにロック材の平均粒径が数10cmであることに對処して、図-8.1.3に示すような95cm角の受圧板を用い、間げき水圧計と同様に土圧を油圧

表一8.1.2 静的計測計画表

期 間	貯 水 位 (m)	計 測					回 数		
		間げき圧	土 圧	相対変位	相対沈下	外部変形	地下水位1)	貯 水 位	漏水量2)
44. 4.1~44.10.24	E.L. 230→250	2~3 回/月					1 回/日	1 回/日	対象及対象3)
44.10.25~44.11.23	250→270	差動トランス式のみ連続					1回/3~5日	E.L.268cm以下 1 回/日	ダム 1 回/時
		差動トランス式のみ連続又は1~数回/日 他は水位毎に1~2回					1回/3~5日	E.L.268cm以上 1 回/時	蛇松及び まる尾谷 1 回/日
44.11.24~45. 1.27	270→296	差動トランス式のみ連続					1回/1~3日	1回/10,20 or 30cm	ダム 1 回/時
		差動トランス式のみ連続又は1~数回/日 他は水位毎に1~2回					1回/1~3日	1 回/時	蛇松及び まる尾谷 1 回/日
45. 1.28~45.5中旬		2 回/月					3 回/月	1 回/時	" "
45.5中旬~45.7中旬	270→296	4 4.1.1.1 6~4 5.1.2.7の間と同じ (安定性の照査)							
45.7中旬以降		2 回/月					2 回/月	1 回/時	ダム1回/時 蛇松及び まる尾谷 1 回/日
		水位昇降時 および 水位一定時					水位昇降時 および 水位一定時	水位昇降時 および 水位一定時	水位昇降時 および 水位一定時

1) ダム・サイト37本、上部池・池ノ尾・下部池間5本、蛇松峠3本 計45本

2) ダム、蛇松峠切堤、まる尾谷

3) 気象：天候、気圧、気温、相対湿度、風向、雨量 水象：使用水量、注入量、水温等

* 喜撰山発電所に設置された2台の発電機で最初に設置されたものを1号機、後に設置されたものを2号機と呼称する。

古生層斜面の落石・崩壊

(宇治川・田原川溪岸斜面)

中 川 鮮*

- 1 は じ め に
 - 2 落石・崩壊の発生状況
 - 3 斜面の地形・地質
 - 4 落石・崩壊機構の推測
 - 5 お わ り に
- 参 考 文 献

1 は じ め に

びわ湖より流出する湖水が、瀬田川を下り、滋賀県・京都府の境界にさしかかるあたりから河岸は急峻な様相を呈しはじめる。図-1にみられるように曾束(そつか)より天ヶ瀬までの約12kmの間が特に急斜面によつて溪岸が形成されている。一部天ヶ瀬ダム地点より上流約3kmで合流する左支川田原川ぞいにも、合流地点より約2kmほどの間は兩岸ともに急斜面となつている。曾束より下流を宇治川と呼び、宇治川ラインと称して景勝地となつている。宇治川および田原川の一部には、その左岸側に京都府道があり、斜面の切取り、支谷には橋をかけてつくられている。トンネルはつくられていないので、宇治川・田原川の曲流部では、道路も屈曲しており、全体としてはきわめてカーブの多い状況である。行楽地であるとともに京都府南部と大津市、草津市を結んでいるために交通量もかなり多い。斜面の落石・崩壊が、交通量の増加と相いまつて、災害を大きくしている傾向がみられるが、その典型的な事例として、この地区に発生した落石・崩壊事故を紹介する。

2 落石・崩壊の発生状況

昭和48年4月22日午後2時50分頃、京都府道和東・宇治線の宵待橋南方約870m地点において、西側斜面(田原川左岸)から大きさ約90×70×30cmおよび80×50×20cmの岩塊2個が転落し、そのうちの1個(前者)が折

* 京都大学防災研究所

りから斜面下の府道を北へ走行していた軽自動車の後部屋根上に落下し、乗車中の児童1名が死亡、他4名が負傷するという事故が発生した。運転者（負傷せず）によれば、負傷者の救出中にも斜面から小石や砂が時に落ちてきて危険な状態であつたという。3時30分頃現場に到着した警察官の報告によれば、到着した時点には路上に上記の岩塊2個を含む多くの小岩片が散乱しており、山腹（目測高さ30m）からはなお小量の土砂・岩片が落下しつづつあつた。そしてさらに、事故見分中も小規模の落石・土砂崩れがつづき、午後4時10分頃にかけて、コンクリート壁をモルタル吹付部の境附近、高さ目測30mの山地肌部分から直径2mの岩塊を含む大規模な崖崩れが3～4回連続的に発生、推定約50 m^3 の岩石・土砂が幅目測15mにわたつて道路上に堆積した。最初の落石より約1時間50分にわたつて、間けつ的に落石崩壊が続いたことがわかる。

当時の天候は晴であつたが、4月21日14時から4月22日9時にかけて最大時雨量7mm、総雨量60mmの降雨があつた。

3 斜面の地形・地質

崩壊箇所は田原川左岸に切取りを行なつて建設された道路沿い斜面で、この地点で田原川は比高約170mの岬状の峰をゆるく迂回している。道路に面した斜面の平均勾配は50～60°である（N30°W、50～60°N）。2の地点は地質的には秩父古生層の分布する地帯にあり、斜面を構成する岩石は主として節理の発達した砂岩であるが、しばしば鏡肌の発達した粘板岩の薄層が挟まれている。砂岩（粘板岩も）層面はN20～60°W、20～60°Sで斜面に対して受け盤となつているが、この他にN20～40°E、70～90°SおよびN40～70°Nの2群の節理が卓越している。このうち後者と斜面との挟角は21°程度にすぎないので、不連続面のボタン全体としては、斜面に沿うすべりに関しあまり安定なものとはいえない。

崩壊後、斜面上部の古い滑落崖（約5m）に沿つて約25cmの新しいずれが認められた。旧滑落崖の内側には転石に富む崩壊堆積物が多くたまつており、樹木の丈も外側のものにくらべて全体に低いようであつた。すべり土塊と地山との間にまたがつて生育するつるくさは土塊のすべりに伴つて、強い引張り状態となつていた。

4 落石・崩壊機構の推測

上記した調査結果と、斜面に施工された防護工の状況を検討しつぎのことが推測される。

1) この斜面は以前から不安定であり、これまでも度々崩壊ないしすべりをくり返してきたものである。すべり土塊上の樹木の成長が悪いこと、つるくさの張りもこれと関係があるものと思われる。

2) 今回の落石・崩壊は上述の斜面全体としての急なすべりによりひきおこされたと考えられる。崩壊個所がすべり土塊の内部または境界に当たっていることから推測される。(図-2参照)。

3) 落石・崩壊の原因となつたすべりは前夜の降雨によりひきおこされたものと考えられる。

4) 斜面は転石が多く、表層は不安定な崩土により形成されているので、降雨、振動などにより、落石・崩壊が発生しやすい条件下にあるといえる。

5 お わ り に

ここに記述した昭和48年4月22日の落石・崩壊発生規模のものは、宇治川・田原川沿いには、しばしば発生しているものであるが、最近は危険個所における防止対策工事もかなり実施されており、今回の巡検によつてその状況が詳しく見学できると思われる。

参 考 文 献

1) 小林芳正・中川鮮(1973):ある古生層急斜面における落石・崩壊、

第10回災害科学シンポジウム論文集、P283-284。

KOBAYASHI, Y., NAKAGAWA, A. (1974): Creep and Failure of a Palaeozoic-Rock Slope, Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Vol. 24, Sept., 1974

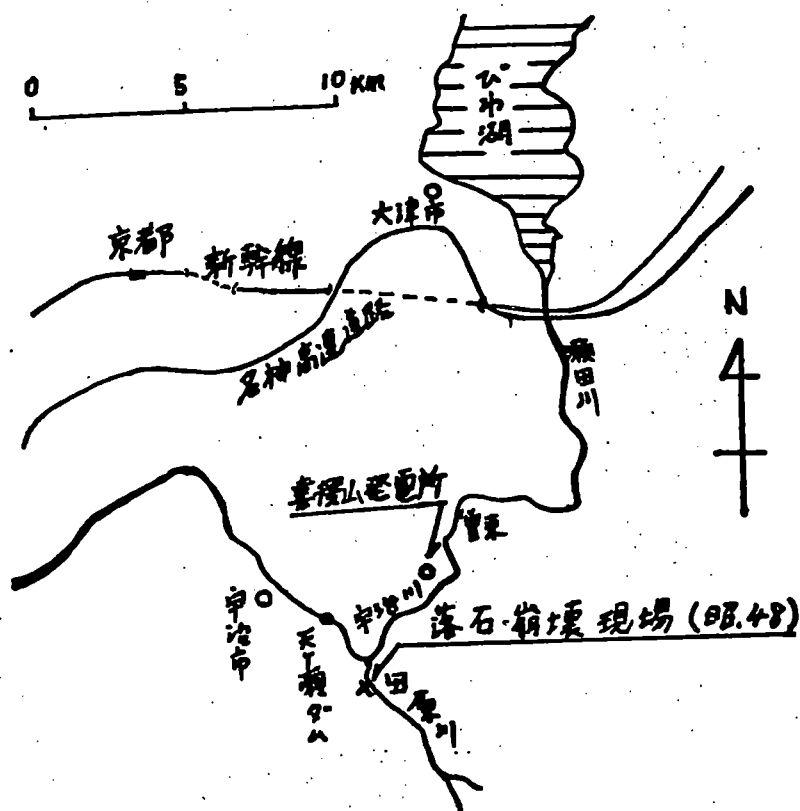


図 - 1 落石・崩壊現場位置

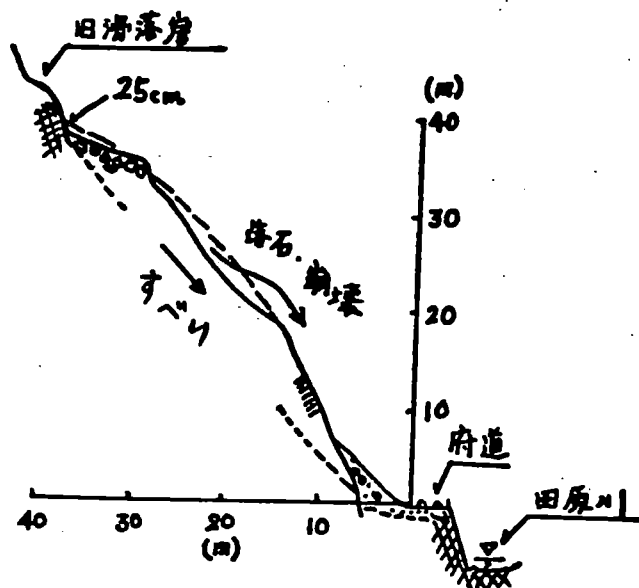


図 - 2 落石・崩壊地点模式断面

湖南中部流域下水道浄化センター建設予定地地盤の工学的特性

田中伊三雄^{*} 篠原 悠^{*} 森田悠紀雄^{**}

1. はじめに

滋賀県では流域下水道建設工事の一環として、草津市矢橋町沖合の琵琶湖湖上に人工島（およそ 1.2 Km × 0.8 Km、周囲延長 3.4 Km）埋立工事を行い、ここに浄化センターを建設する計画である。

地盤調査に関しては、昭和 47 年度に第 1 次調査（20 ケ所）を実施して地盤構成の概要をつかみ、その後、工事の進捗に並行して数回にわたり詳査ボーリングを行つている。すでに実施した調査ケ所は図 - 1 に示す通りであり、約 160 ケ所に及んでいる。

このように調査を多く実施している理由は、琵琶湖周辺の平地部では極く一般的特徴ではあるが、地層の平面的連続性が乏しく、数十米離れると地層構成がほとんど異つているためであり（図 - 1 参照）、護岸工事でのクイ打止め深度決定等には、多くの調査データが不可欠となつている。

2. 人工島建設計画敷地の地層構成

琵琶湖周辺地盤の発達地史については多くの専門的研究報告があり、またここで実施している調査が工学的特性を調べることを目的とした浅い調査（せいぜい 40 m 以浅）であるため、この点に関する言及は略すが、おおむね当地地盤の 50 m 以浅は B O 1 ~ 5 万年頃に発達したと言われている低位段丘レキ層（洪積世末期 ~ 沖積世初期の堆積層）の上位に工学的安定性の乏しい軟弱地層が堆積する地層構成である。深度分布に関しては、均質地層が数米以上の厚い層厚を有して堆積することはまれであり、粘土 ~ 砂 ~ 砂レキの薄層互層状堆積状態にあることが特徴的である。

図 - 1 は地層断面図の一例であり、ここでは地層構成を 6 層〔上部砂質土層（A s）および上部粘性土層（A c）、腐植土層（A p）、下部砂 ~ 粘性土互層

^{*} 滋賀県土木部下水道建設課

^{**} 基礎地盤コンサルタンツ株式会社

(Asc)、洪積砂質土層(Ds)、洪積粘性土層(Dc)に層区分しており、沖積層と洪積層の層境界については不明瞭ではあるが、便宜的に測定N値が大きくなる砂レキ層(……低位段丘層であろう……)以深を洪積層として取扱っている。

人工島建設予定敷地の地層構成に関する総括的傾向は、下記の点を指摘出来る。

- ①表層部5～15mは工学的安定性の比較的乏しい地層である。(ただし、いわゆる極軟弱地盤と呼べる地層($q_u < 0.4 \text{ MPa}$)は最表層部0.5～2.0m程度のみである。)
- ②狼川河口に近い南端部のみは表層部2～5mが砂レキ層である。これは瀬田川改修工事の際に運搬投下された土砂であると言われている。
- ③深度3～5m附近に堆積する腐植土層は、高含水比($W_n = 100 \sim 400\%$)で高圧縮性の地層であり、敷地全域に連続して堆積している。
- ④洪積層(段丘性砂レキ層)の分布深度は極めて凹凸の激しい状態にあるが、一般的には陸地寄りほど浅い傾向にある。
- ⑤腐植土および上部粘性土層の分布は敷地中央部が薄く、周辺部が厚い傾向にある。このため、埋立により生ずる圧密沈下は中央が少なく、周辺部で多くなることが予想される。

3. 各層の土性

人工島内部(護岸線を除く)で実施した土質調査から得られた土質試験結果特性値は表-1であり、以下に前述した層区分別に土性の特徵に説明を加える。

3-1 上部砂質土層 (As)

層厚1～2m程度にて堆積する砂～砂レキ層である。測定N値は15以下が多く、ルースな締り状態にあると判断される。砂は中～粗粒砂が主体を占め、砂レキはレキ径 $\phi = 2 \sim 10 \text{ mm}$ の細レキが多い。色調は暗青灰～青灰色であり、一部には腐植物あるいはシルト分を混入しているところがある。

3-2 上部粘性土層 (Ac)

湖底部には層厚0.5～1.0mにてシルト質粘土層の堆積するところがあり、測定N値は自沈で極軟弱底質土層をなしている。ただし同層は陸地よりではあまり

見られず、湖中央の西寄りほどやや厚くなる傾向にある。

深度 1 m 以深に堆積する粘性土層は $N = 1 \sim 3$ が多く、一軸圧縮強さは $qu = 0.4 \sim 0.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ とやや大きく、層厚は 2 m 程度のところが多い。色調は青灰色であり、細粒砂を混入している。

3-3 腐植土層 (AP)

敷地全域にわたって層厚 1 ~ 3 m を有して堆積する腐植物混り粘性土層であり、色調は暗褐色を呈する。土粒子平均比重は $G_s = 2.1 \sim 2.3$ と小さく、自然含水比は $W_n = 100 \sim 400\%$ と多い。また一軸圧縮強さは $qu = 0.6 \sim 1.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ であり、割合大きい。

埋立を実施した場合の圧密沈下は大半が本層にて生ずるものであり、これが厚く堆積する護岸周辺部では発生沈下量が多くなると予想される。

ここで自然含水比は繊維質の分解度合によつて大きくばらついており、繊維質を多く残すところは圧縮性も高く、圧縮性は自然含水比の大小と明瞭な相関性が認められ、自然含水比の測定から圧密沈下量の予測が可能となつている。

なお本層中には全域にわたって層厚 10 cm 程度の薄層火山灰質砂質土層の一枚挟在していることが確認されている。この砂質土層は堆積年代決定のキーベッドとなり得る地層であろうと考える。

3-4 下部砂～粘性土層 (Asc)

深度 5 ~ 15 m の間は洪積砂質土層を覆う地層であり、粘性土と砂質土層の薄層互層である。それぞれの地層は平面的連続性に乏しく、互層として区分しており、場所によつては粘性土の優位するところがあり、逆に砂質土層の優位するところもある。

測定 N 値は $N_c = 4 \sim 10$ ($qu = 1.5 \sim 1.7 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)、 $N_s = 10 \sim 20$ であり、粘性土と砂質土層で工学的安定性に大きい差はないようである。色調は全般的に青灰色を呈する。

なお粒度構成は、粘性土層は粘土およびシルトが 2 分しており、砂質土層は粒度配合の悪い細～中粒砂にて構成されている。

3-5 洪積砂質土層 (Ds)

深度 10 ~ 15 m より以深 (TP + 70 ~ 75 m 以深) はおおむね $N > 50$ の大きい N 値を示す砂レキ層が主体をなし、これに硬い粘性土層 (D_c) が挟在する。

色調は青灰～暗青灰色を呈し、上位層のA8C層と大差ない色調である。堆積深度は前述したように激しく凹凸を呈するが、全般的に湖中央寄りほど深くなる傾向にある。

粒度構成は現場観察ではレキ混り砂～砂レキに区分され、マトリックスは上位では細～中粒砂であり、下位にいくにしたがつて中～粗粒砂が優勢となる。また、粘土シルト分をほとんど混入していないことが特徴的である。このために基礎グイを本層まで打込んだ場合に、測定N値が50以上と大きいグイ先端部地盤の圧力球根形成はあまり期待出来ず、大きい先端支持力を期待出来ない地層である。(H型鋼グイの実載荷試験でもこの現象は確認済。)

なお混入レキは $\phi = 5 \sim 20$ mmの亜角レキ～円レキが主体をなし、最大径で50 mm程度である。

3-6 洪積粘性土層 (Dc)

Ds層に挟在して層厚1～5 m (最大10 m)を有して何枚も堆積しており、色調は青灰～暗青灰色でDs層と同じである。測定N値は $N_c = 6 \sim 15$ と大きく、一軸圧縮強さも $q_u = 2.2 \sim 3.4$ kg/cm²と大きい値である。

本層も平面的連続性もあまり良好ではないが、南北方向に比べれば東西方向がより連続性は高いようである。

4. 護岸試験盛土工事結果

人工島の締切り護岸は多くの利点を有する組グイ式鋼矢板護岸形式(図-2)を採用しているが、本工法は最近開発された工法であつてまだ施工例が少なく、不明な点もある。

このため当地においては、

- Ⅰ) 単グイ(H型鋼グイ)の鉛直および引抜載荷試験
- Ⅱ) 組グイ水平引張試験
- Ⅲ) 護岸盛土試験

の3段階にわたつて試験工事を実施しており、護岸の安全性確認、設計法の解明等を終つている。

ここでは最終段階にて総まとめとして昭和49年7月～50年11月にかけて実施した護岸盛土試験の目的と結果の要点について説明する。試験工事は地盤条

件の悪いところ2ヶ所を選定して、外護岸および内護岸の各1ヶ所で実施している。

4-1 試験の目的

- ①鋼矢板および直グイ、斜グイ、腹起し各部材に発生する応力度測定。
- ②護岸の変形挙動と各部材荷重分担機構。
- ③盛土施工による基礎地盤の圧密沈下観測と土性変化測定。
- ④湖底面極軟弱層の側方流動。
- ⑤施工性。

4-2 試験結果

- ①計画盛土高の琵琶湖基準水位+1.0mの盛土を実施しても護岸頭部変位は3~5cm程度と少なく、琵琶湖水位が-2.0mまで低下する時、あるいは地震時土圧を想定して+4.0mまで嵩上げ盛土としても頭部変位は6cm以内におさまリ、十分安全である。
- ②背後盛土荷重は図-3模式図に示すように斜グイに大きく作用し、鋼矢板にはあまり作用していない。このため鋼矢板発生曲げ応力は極めて小さく、逆に斜グイに大きい曲げ応力が発生している。この現象は基礎地盤が圧密沈下を生じているためであり、この点を考慮した骨組構造計算(バネ支承計算)を行えば、実測現象を説明出来る。
さらに同計算法によつて人工島全周について構造計算を実施した結果、安全性が確認出来ている。
- ③腹起し部材には、組グイの⁽¹⁾非対象構造モデルから生ずる弱軸方向曲げモーメントが大きく作用するため、補強が必要である。(補強工事完了。)
- ④背後盛土の放置時間効果による安定性増大は護岸構造物の安定性増大に大きく関与しており、急速な施工を避けて除々に施工することが好ましく、また、護岸は時間経過に伴つて安定性は増大する。
- ⑤背後盛土材は出来得る限り良質の砂質土を使用することが望しい。
- ⑥局所的な高盛土施工を実施すると、湖底面表層部1~2mは側方流動を生ずる。
- ⑦圧密沈下は3ヶ月間の短期間でほぼ終了し(計算上は1年以上)、計算上は無視しているサイドジームが排水層として有効に作用しているためと考える。なお発生沈下量は計画盛土高に対して $S = 40 \sim 60 \text{ cm}$ であり、計算値とほぼ一

致する。(試験ヶ所は地盤の悪い計算沈下量の多いヶ所であり、人工島内部の多くは $S = 20 \sim 30 \text{ cm}$ 程度である。)

- ⑧実測出来た圧密進行に伴う粘性土層の粘着力増加率は $m = 0.16 \sim 0.21$ であり、腐植土層では $m = 0.29$ である。

図-2. 組ワイ式鋼矢板護岸

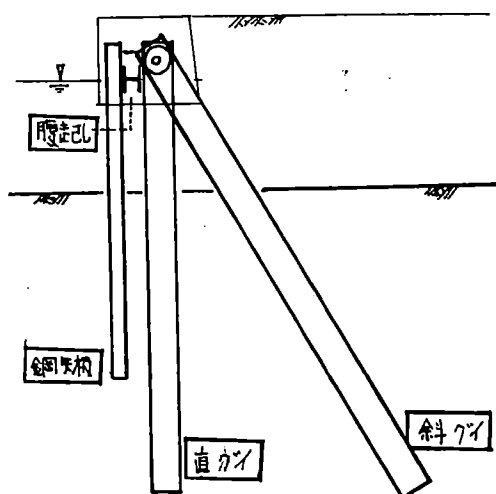
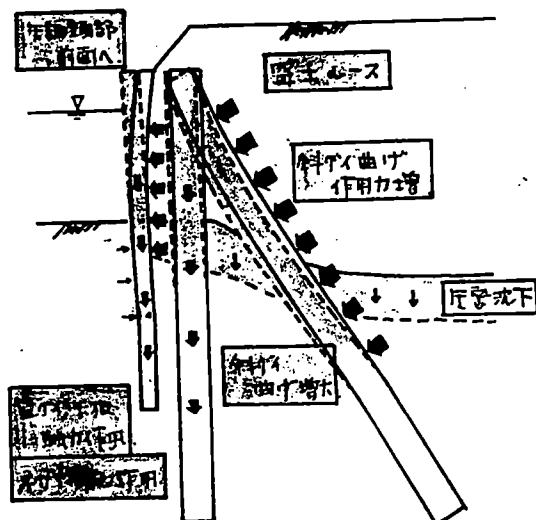


図-3. 盛土による地盤と護岸の移動

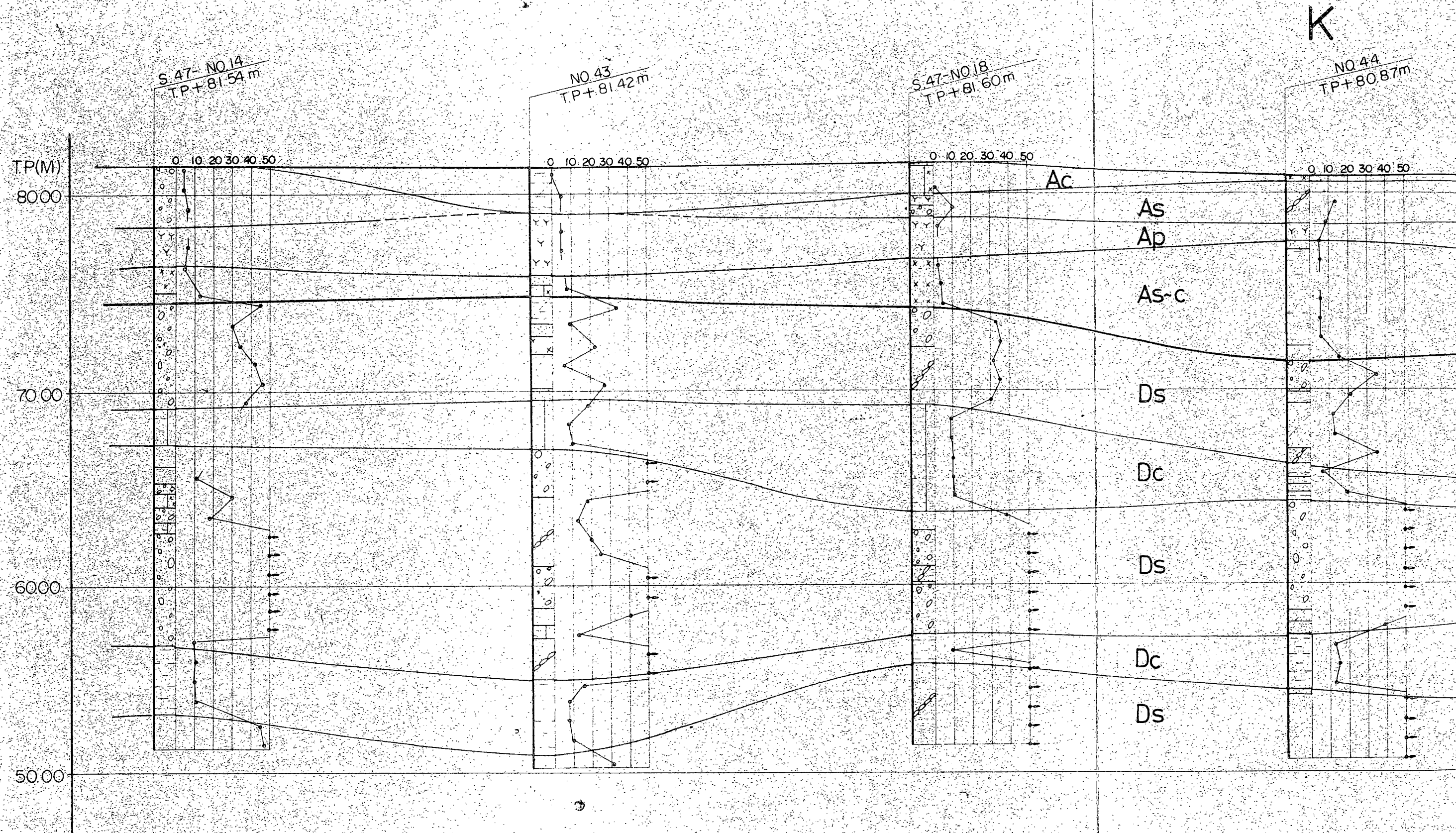


(参 考 文 献)

- (1) 駒田敬一・岡山義一：組グイの非対称構造が及ぼす影響について、第10回土質工学研究発表会論文集、昭和50年6月

表一.1 層別持性値一覽表

[illegible][illegible]

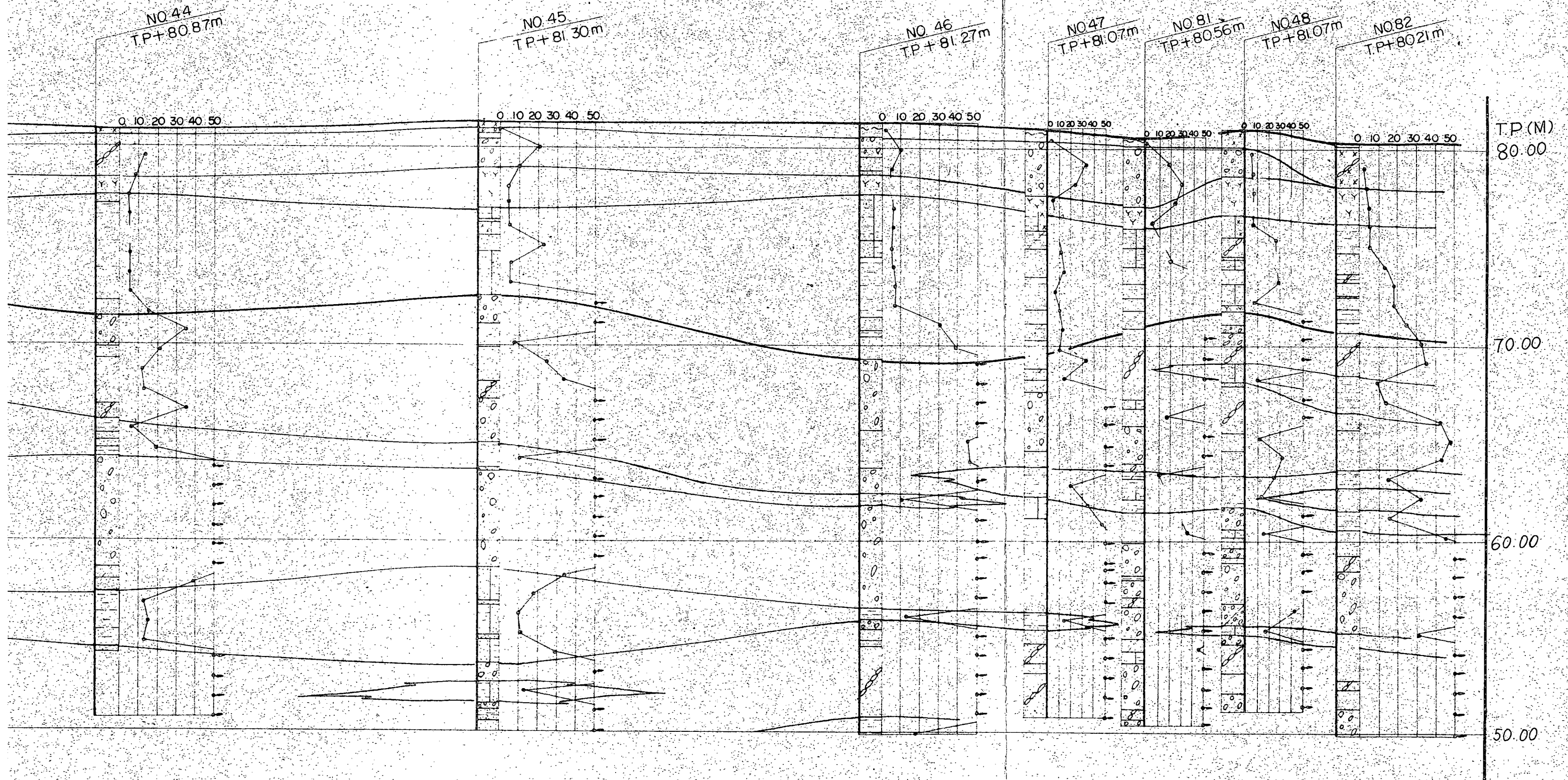


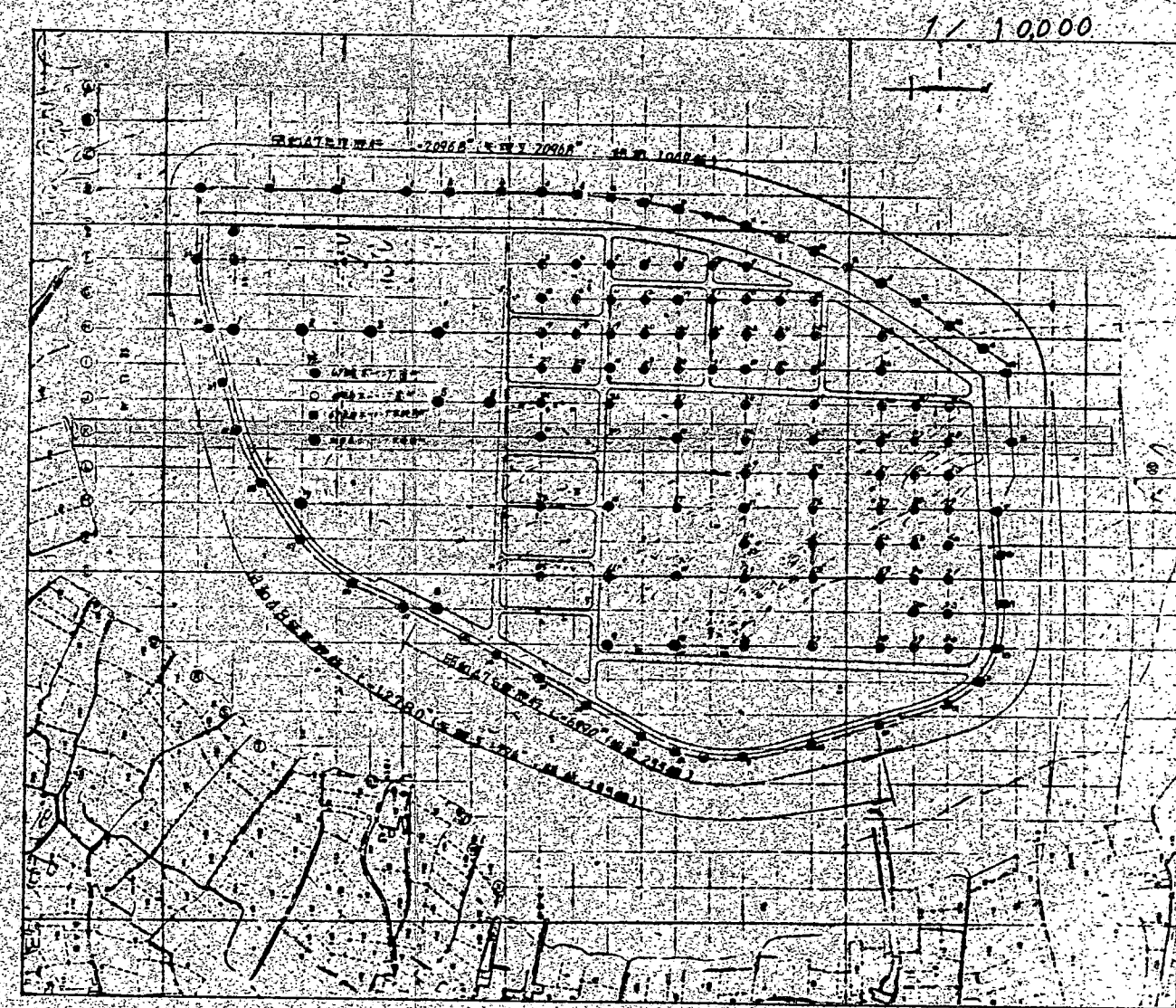
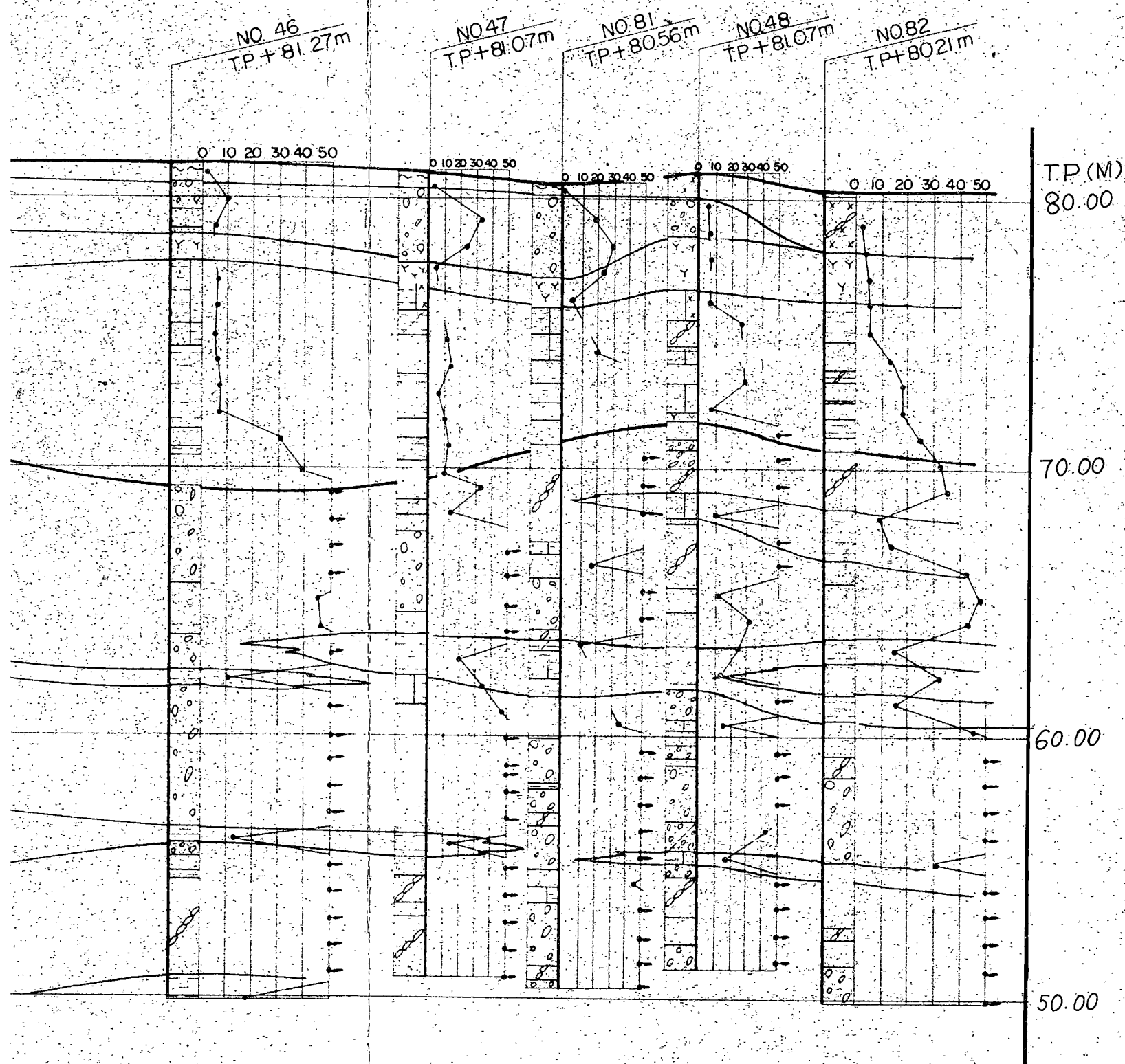


地層断面図

縮尺 縦 1/200 横 1/1,000

K





凡 例

Ac	シルト質粘性土	Ds	洪積砂質土
As	シルト質砂質土	Dc	洪積粘性土
Ap	腐植土		
As~c	シルト質砂質土と粘性土の互層		

琵琶湖南湖矢橋周辺の湖中の土質について

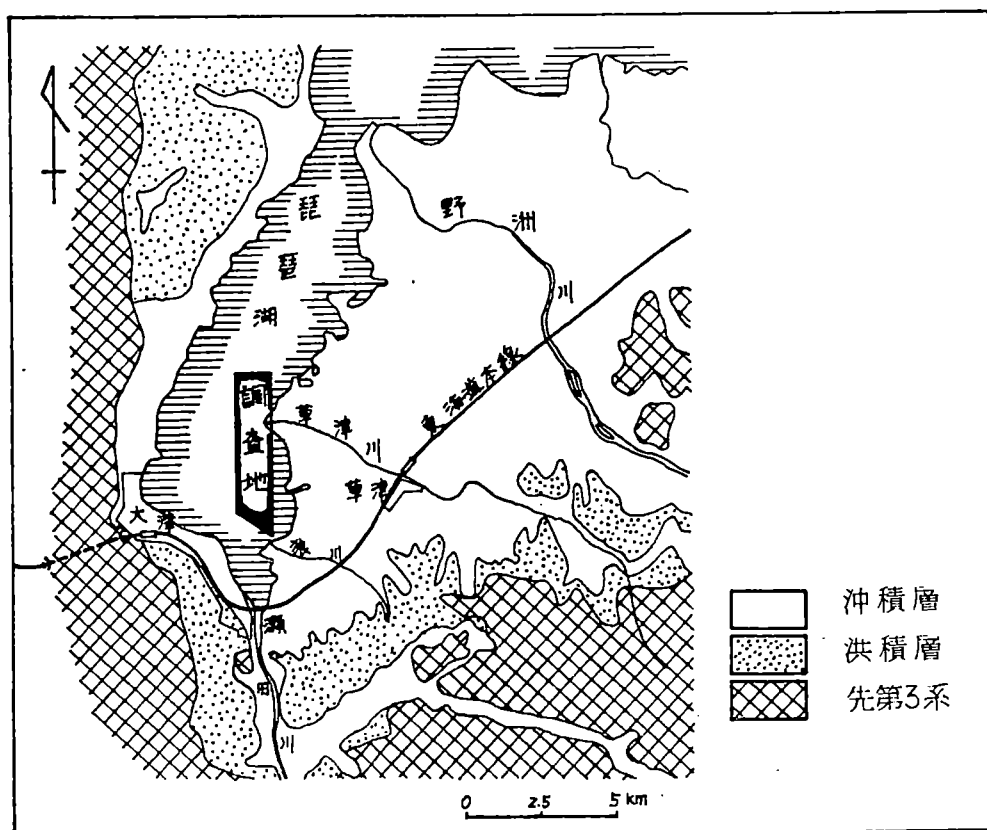
沢井源市* 塚田有一郎** 小島 考***

1. はじめに

この調査は、滋賀県土木部下水道建設課が計画し、中央開発㈱（昭50.7～昭50.9）と川崎地質㈱（昭51.2～昭51.3）がボーリング。土質試験。その他の調査を行なったものである。調査位置は図1に示すように、琵琶湖南湖の東岸に河口を持つ草津川から狼川にかけての湖中である。

本稿では調査の結果明らかとなつた現世層（沖積層）の土質構成とその分布について紹介するものである。

2. 調査地周辺の地理的環境



* 滋賀県土木部下水道建設課 図1 調査地周辺の地質概要図

** 中央開発株式会社

*** 川崎地質株式会社

調査地区の東岸は、琵琶湖の東岸に広がる近江盆地の南部に位置する湖南平野となっており、湖に流入する主な河川は草津川とその南の狼川である。

両河川に挟まれて伯母川と北川の小河川がある。

草津川は、その北の野洲川と共に比較的顕著な三角洲が発達し、伯母川と狼川においても小規模な三角洲がみられる。

この三角洲の規模の相違は、河川の長さと同流の相違によるものであり、草津川は総延長約 15 km で源流が花崗岩の分布する山地であるのに対し、伯母川と狼川は総延長が 4 ～ 5 km と短かく、かつ源流は洪積丘陵地である（図 1 参照）。

湖南平野における琵琶湖岸三角洲については織田武雄ほか（1953）の研究があり、これによると中世までの野洲川三角洲の湖岸線は、現河口から約 3 km 上流にあり、中世以降から現在に近い位置まで拡大していつた事が指摘されている。

この要因として源流の花崗岩地帯での森林濫伐に伴う土砂流出量の増大があげられている。

更に明治 27 年の瀬田川洗堰の完成により湖面水位が 0.5 m 低下し、これにより三角洲の成長速度が加速され現在に至っている事が指摘されている。

3. 調査地区の土質構成

ボーリング結果より土質推定立体断面図（図・6-1.2）を作成した。この図からもあきらかな様に、当調査地域には、表土・粘性土・腐植土・砂・砂礫層が推積しているが、この内腐植土が多いのが特徴である。

また砂礫層は、草津川・狼川附近に堆積していた。

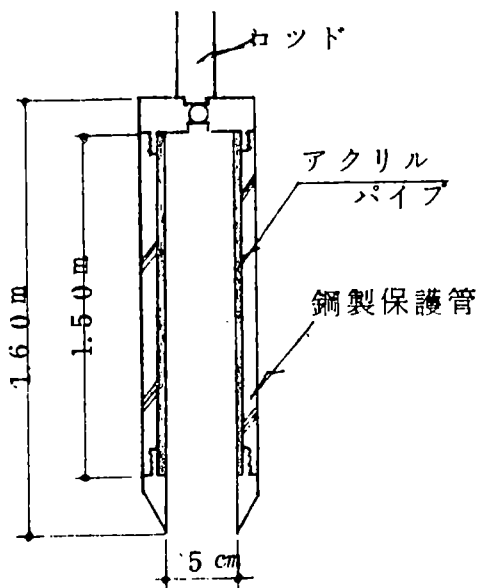
以下各層について、述べ、また粒度分析結果については、図・3-1.2 に図示した。

① 表 土

表層附近に堆積するヘドロ。表層シルトが主体を占めている。色調は黒灰～暗灰色を呈し、非常に軟かい。

なお表層シルトは標準貫入試験時におけるロッド自沈を基準にして決定した。

また、表層附近の状態を、直接肉眼で観察するため、（図・2）の装置を製作し、準備した。

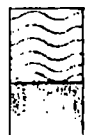
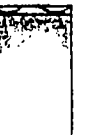


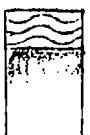
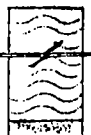
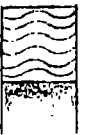
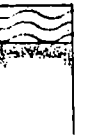
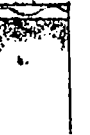
まず、透明アクリルパイプ（ $L = 1.50\text{ m}$ ）を用意し、それを特別に製作した鋼製保護管にセットをする。

そして、湖底まで静かに降し、自重による沈下の後に撃力を加えて $G_L - 1.50\text{ m}$ 附近まで挿入し、引き上げ、観察及び記録を行ない、試料を得た。

この結果によつて得られたヘドロ層厚を（表・1）に記載する。

ヘドロ厚一覧表

地点	29	30	31	32	33	34	35
ヘドロ厚							
	3 cm	4 cm	10 cm	6 cm	2 cm	1 cm	8 cm

地点	36	37	38	39	40	41	42
ヘドロ厚							
	5 cm	7 cm	20 cm	10 cm	5 cm	2 cm	3 cm

<参 考>

繁沢和夫によれば、琵琶湖湖底泥土の代表的なものの、構成鉱物

は、

- a) 非粘土鉱物……石英・長石・黒雲母が存在し、石英が特に多く、長石及び黒雲母は少ない。
- b) 粘土鉱物……モンモリヨン石及びカオリナイトが存在し、ヘロイサイトの存在も考えられるが、イライトの存在については明らかでない。

物理試験結果より粒度分布は粘土が20～90%、シルトが10～80%から成り、比重(G_s) = 2.60～2.75 g/cm³。自然含水比(W_o) = 90～150%であるが、ヘドロは浮遊状態で採取したので W_o = 500～1400%と大きな値を示している。

㊤ 粘性土

色調は暗灰色を呈し、N値は0～3回と、軟かい粘性土である。

粒度分布は粘土及びシルト分が80%以上を占めているが、砂分が40%程度の所も一部存在している。 W_o = 25～85% また湿潤単位体積重量(γ_t)は、おおよそ1.61 g/cm³であり、 G_s = 2.6～2.67である。

一部において、 G_s = 2.56 g/cm³とやや低い値もあるが、これは腐植土が少量混入していたためと思われる。

㊦ 腐植土

色調は暗褐色を呈し、N値は0～4回と軟かい。

粒度分布は、粘土が30～50%、シルトが50～60%から成り、 W_o = 100～380%、 γ_t = 1.20 g/cm³、 G_s = 2.0～2.3 g/cm³である。

㊧ 砂

色調は暗灰色を呈し、N値は4～20回の中粒砂(ϕ 0.2～0.3%)が主体のゆるい～中位な層である。なおN値がばらついているのは、粘土～シルト分及び礫分の含有量の違いによるものと思われる。(粘土及びシルト分の含有量が20～30%、礫分の含有量が20～30%の所が存在している) W_o = 14～28%、 γ_t = 1.83 g/cm³、 G_s = 2.6～2.65 g/cm³である。

⑤ 砂 礫

色調は暗灰色を呈し、Nは10～23回とゆるい～中位な層である。

粒度分布は、砂分が10～45%、礫分が85～50%から成り、粘土及びシルト分は少量（約5%程度）混入している。土粒子的には礫径が1～10%の砂及び礫が60%と多く混入している。また最大礫径は25%である。

4. ま と め

今回の調査において、草津川及び狼川河口附近に、厚く砂礫層が堆積しているのが特徴的である（図・4参照）。

湖底冲積層の各土層（粘性土、砂質土、腐植土、ヘドロ）の割合を試算してみた。但し、矢橋町附近（ボーリング地点No.36附近）において、おおよそ湖底から約10mまでの深さの範囲とする。

（表・2） 各土層の体積比

粘 性 土	35.2 %
砂 質 土	60.9 %
腐 植 土	3.2 %
ヘ ド ロ	0.7 %

また上記の範囲の各土層を混合した場合の土粒子の構成を計算すると、下表のごとくになる。

砂及び礫分は57.8%となり、三角座標分類によると砂質ロームとなる。

（表・3） 各土粒子の構成比（混合試料）

コロイド（0.001mm以下）	12.2 %
粘 土（0.001～0.005mm）	3.6 %
シルト（0.005～0.074mm）	26.4 %
細 砂（0.074～0.42mm）	35.7 %
粗 砂（0.42～2.0mm）	16.1 %
礫（2.0mm以下）	6.0 %

* 重量割合

< 参 考 文 献 >

- 織 田 武 雄 ほか (1 9 5 3) : 湖東平野南部の総合調査。
地理学評論 Vol 2 6 . No 6
- 井 関 弘太郎 (1 9 7 2) : 現代地理学シリーズ、三角洲
朝倉書店
- 繁 沢 和 夫 (1 9 5 7) : 琵琶湖湖底泥の研究
滋賀大紀要第 6 号

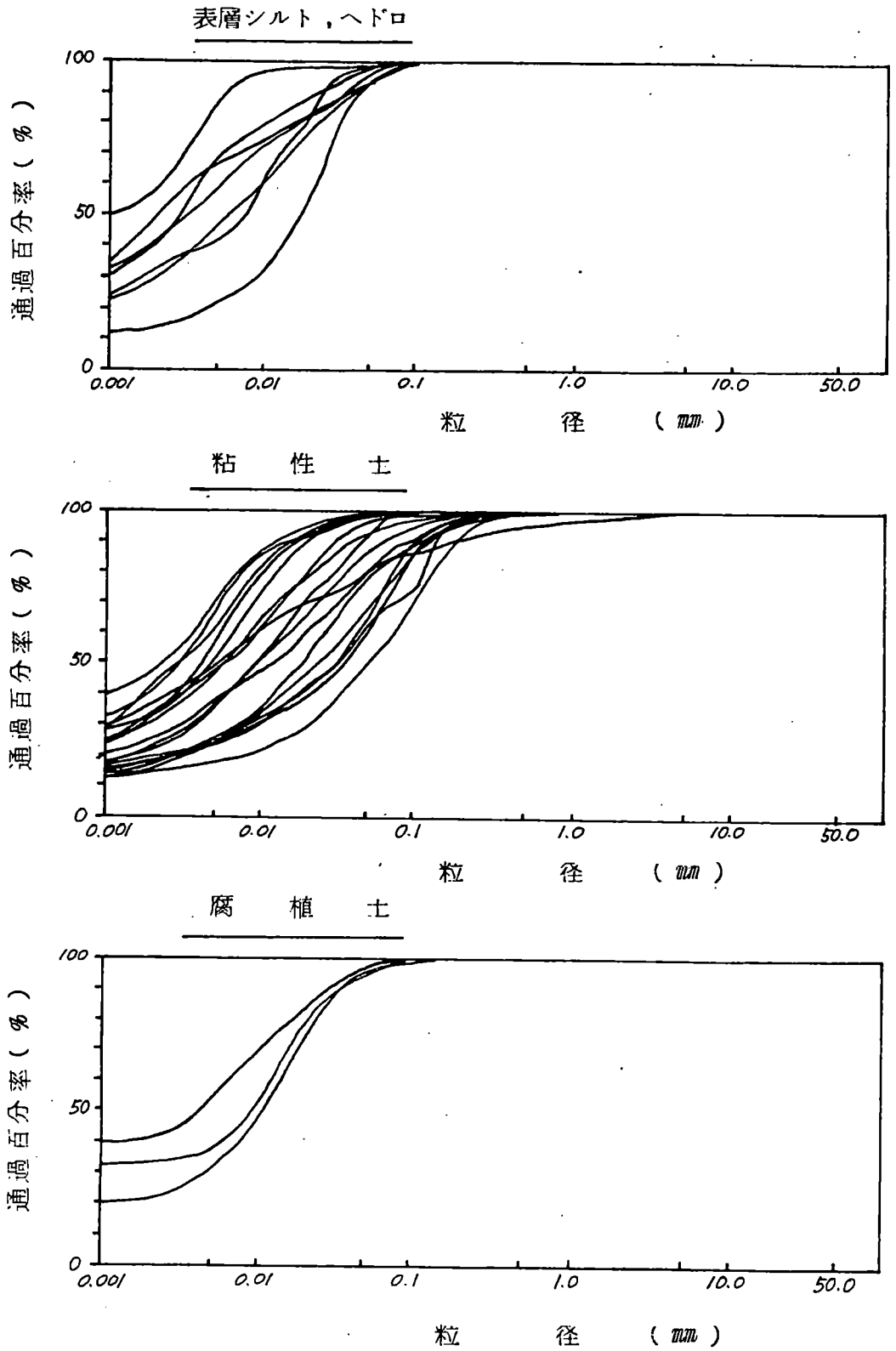
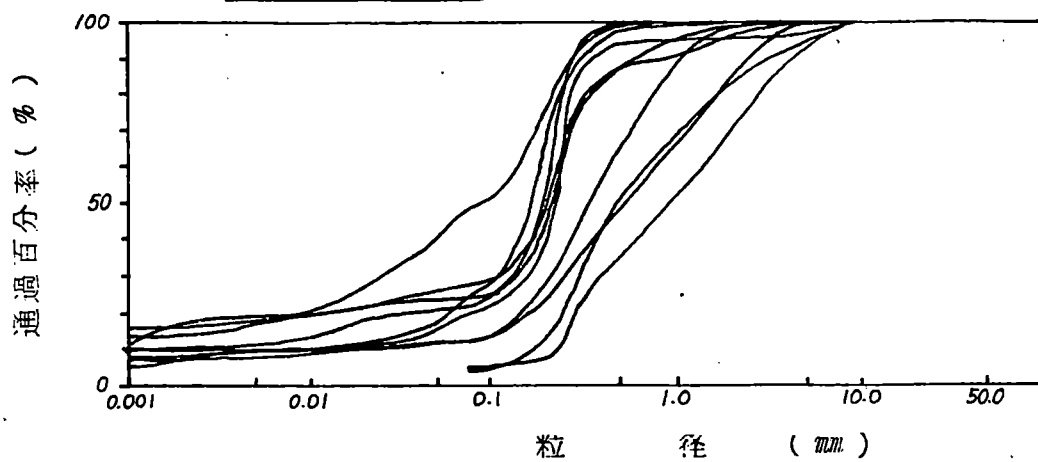


図 3 - 1 粒 度 分 布 曲 線

砂，砂質土



砂 礫

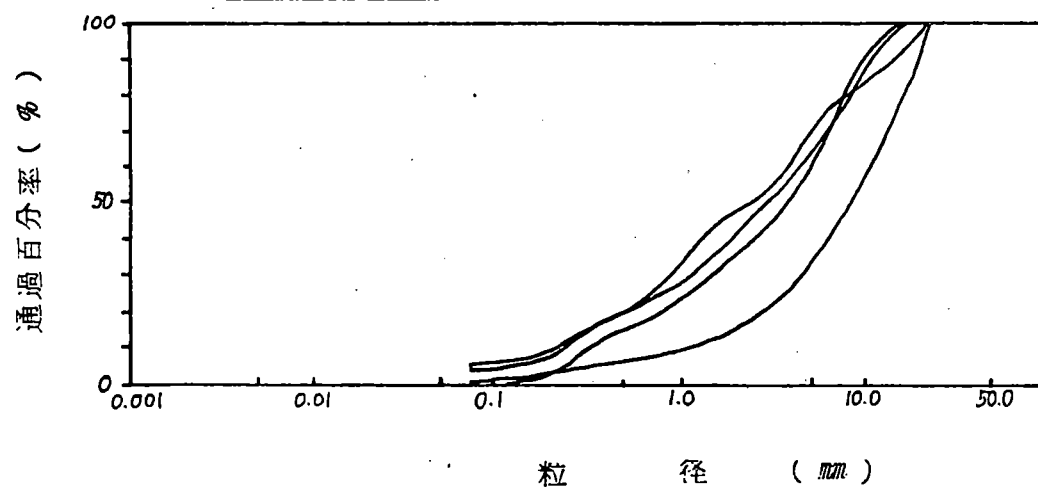


圖 3 - 2 粒 度 分 布 曲 線

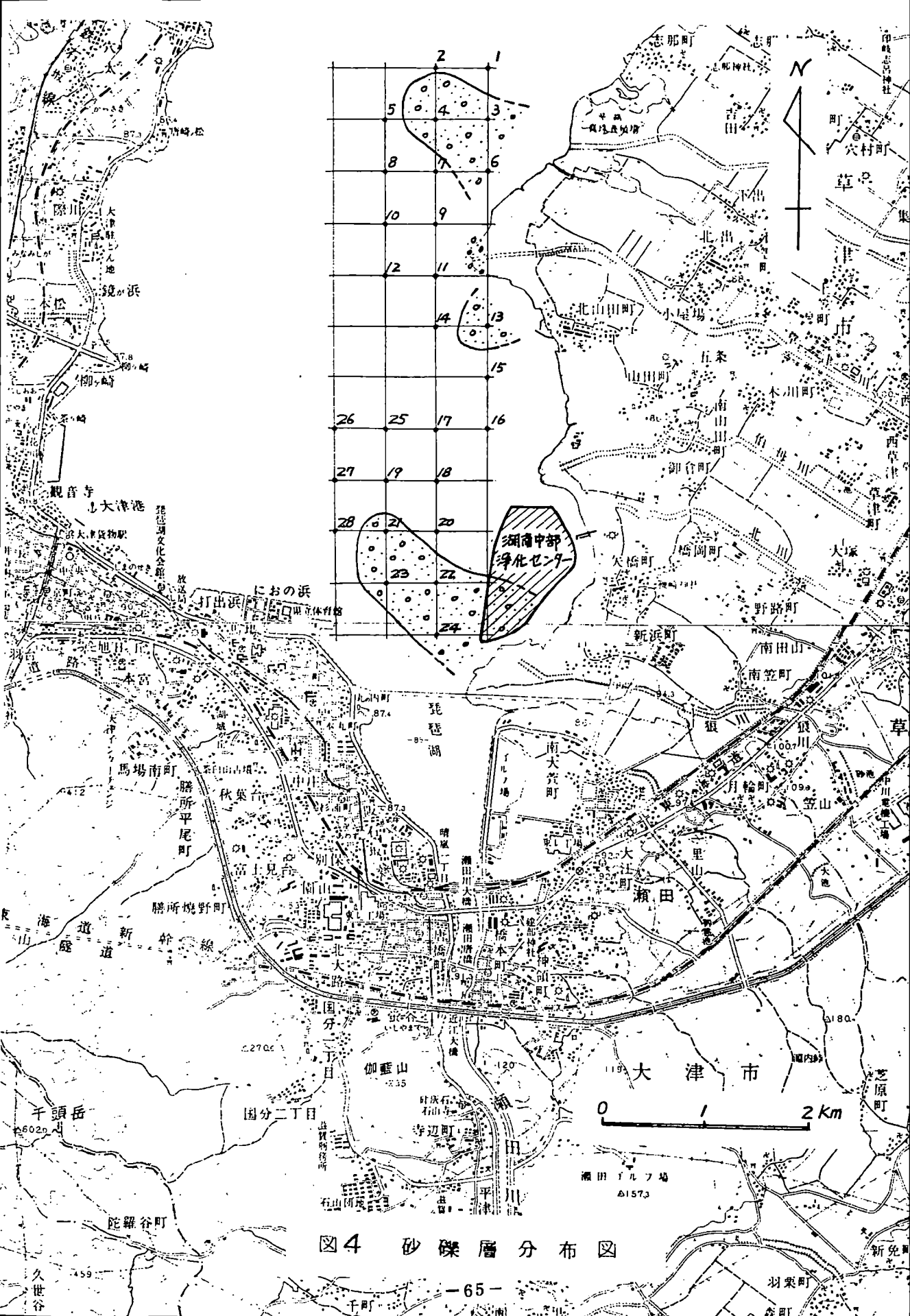
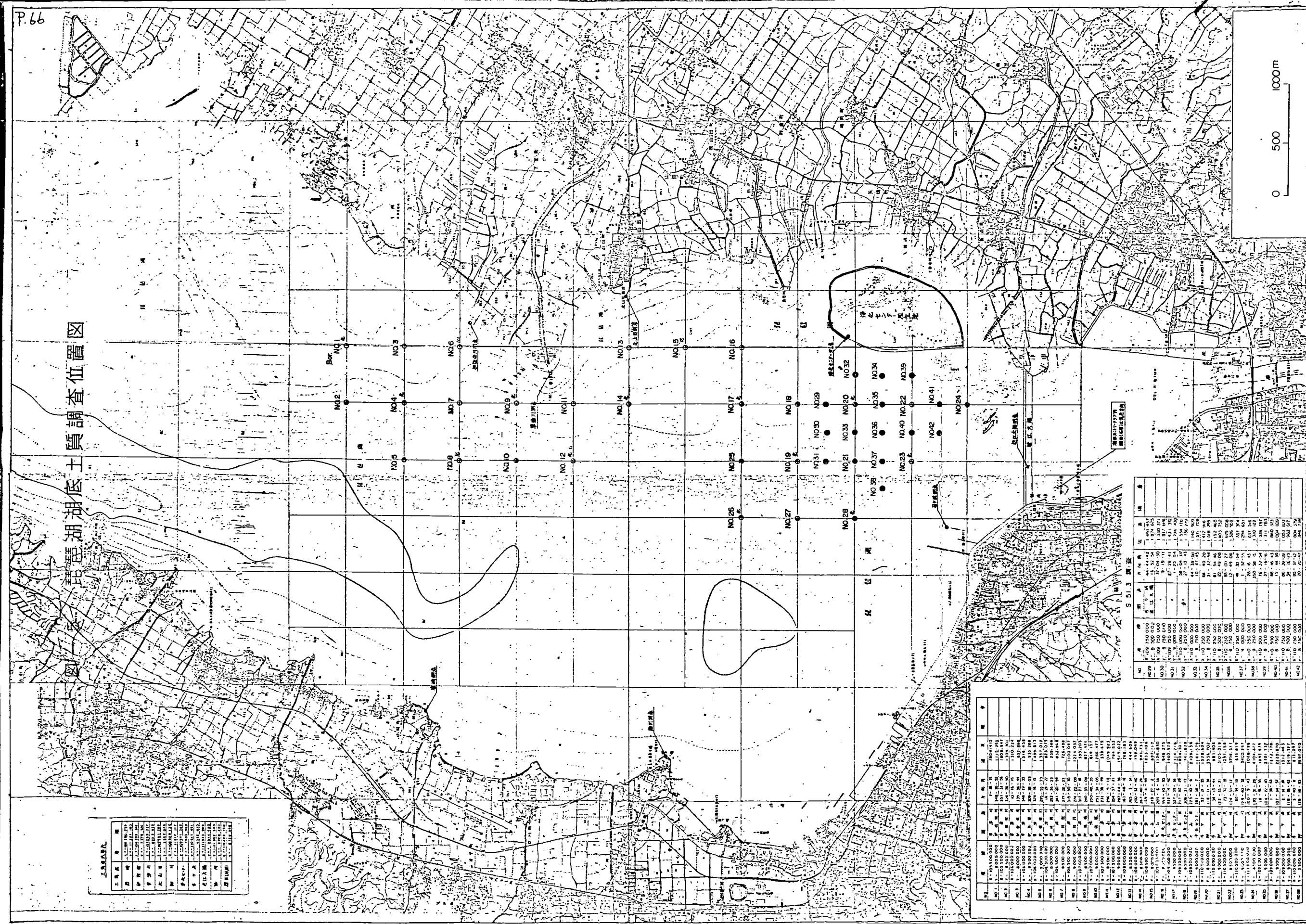
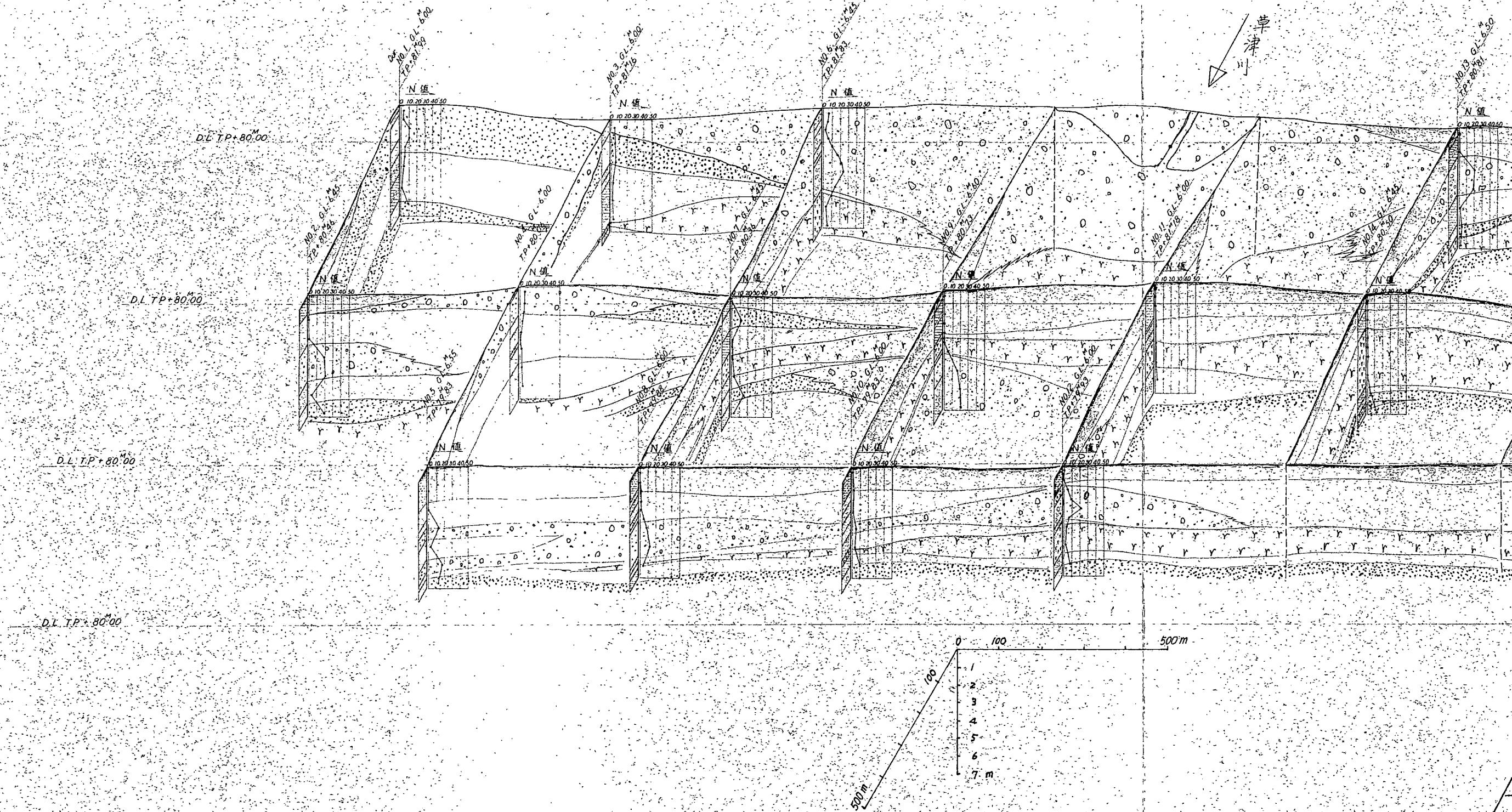
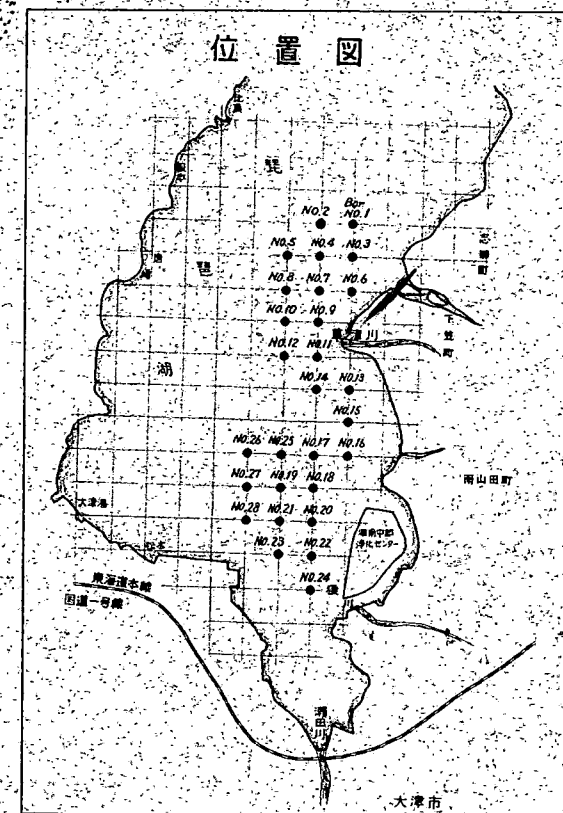
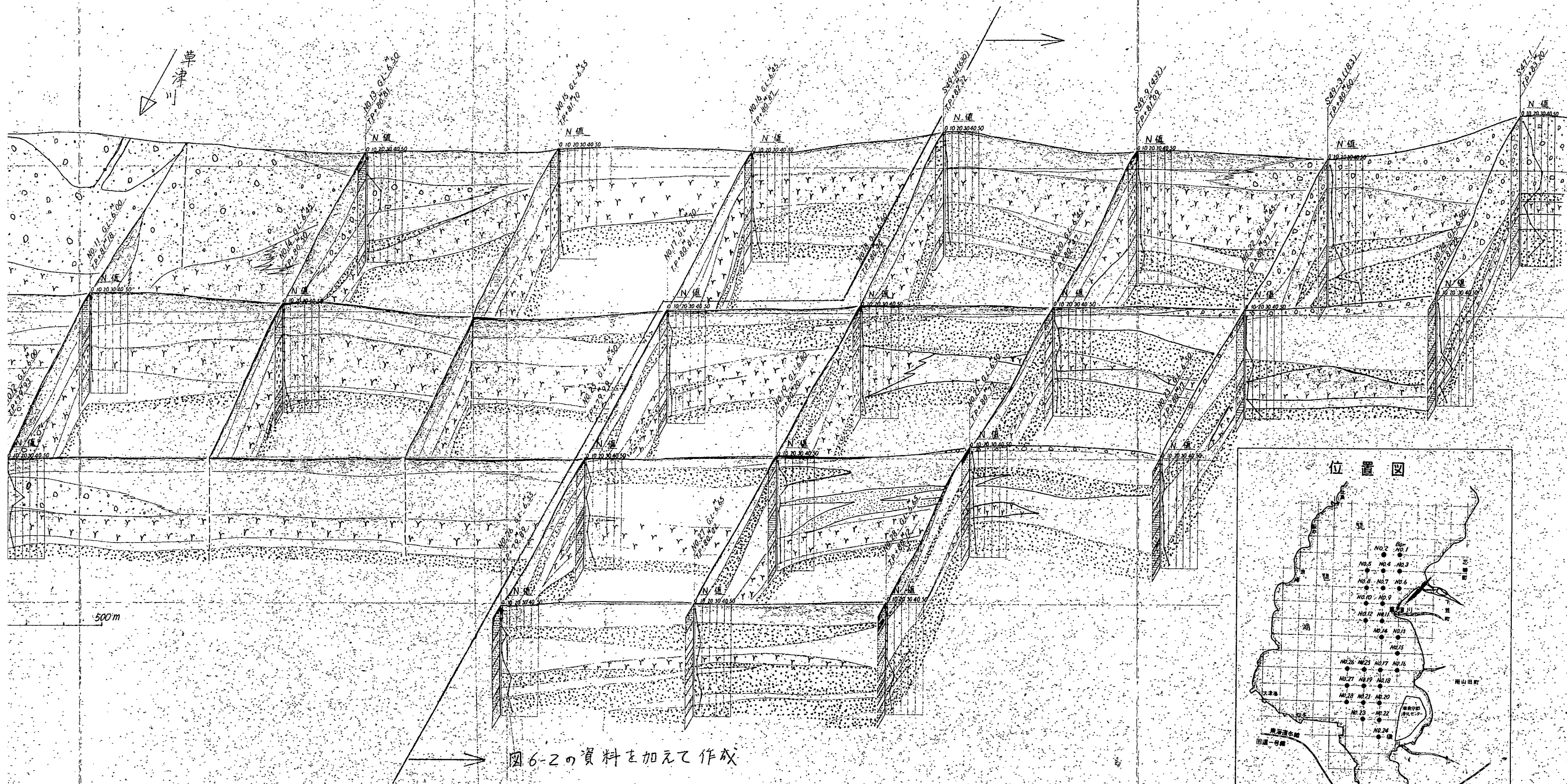
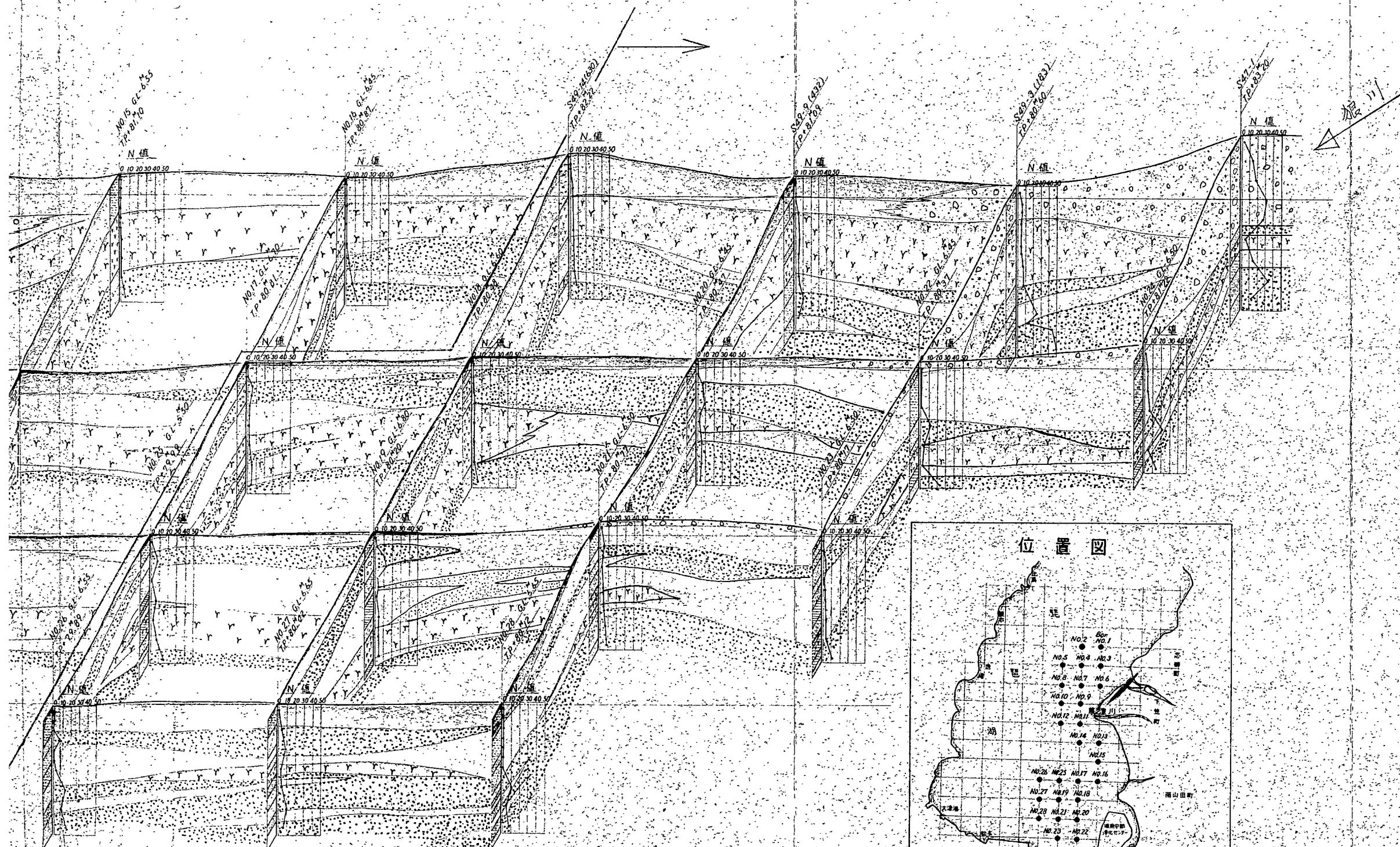


図4 砂礫層分布図

[illegible][illegible][illegible]



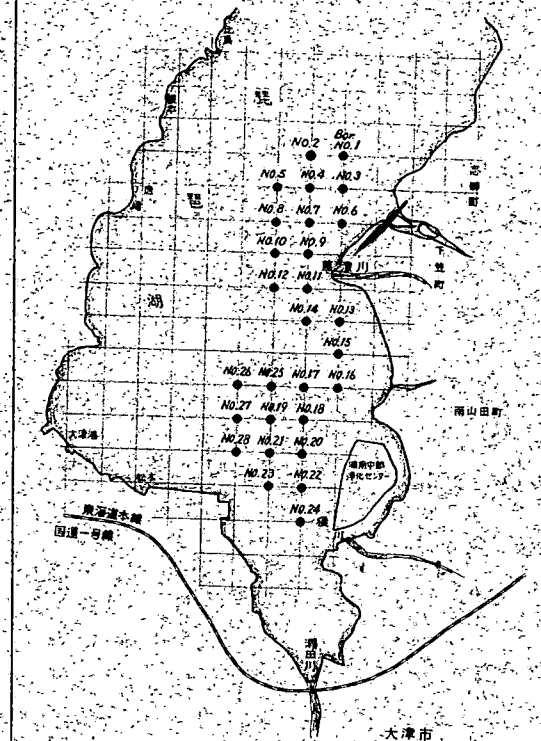




凡 例

土質名	記 号	事 実
表 土		ヘドロ、表層シルト主体。色調は黒灰～暗灰色。 N値はロッド自洗である。 粘土20～40%、シルト10～80%、Gs 2.60～2.75 g/cm ³ 、 Wo 90～150%。
粘 性 土		シルト、粘土主体。色調は暗灰色。 N=0～3、粘土～シルト>80%。砂が少量 混入する。Wo 25～85%、Gs 2.60～2.67 g/cm ³ 。 腐植土 部分的に少量混入。
腐 植 土		色調 暗茶色 N=0～4、Wo 100～380%。 Gs 2.0～2.3 g/cm ³ 、粘土20～50%、シルト50～60%。
砂		色調 暗灰色、中粒砂(0.2～0.3mm)主体。 N=4～20、砂 80%、部分的に粘土～ シルト20～30%、シルト20～30%、含有している。 Wo 14～28%、Gs 2.6～2.65 g/cm ³ 。
砂レキ		色調 暗灰色 N=10～23。 砂10～45%、シルト50～85%、粘土シルト5%の内 φ<1mmの砂<1%60%混入。 φmax=25mm。

位 置 図



⇒ 図6-2の資料を加えて作成

図6-1 土質推定立体断面図

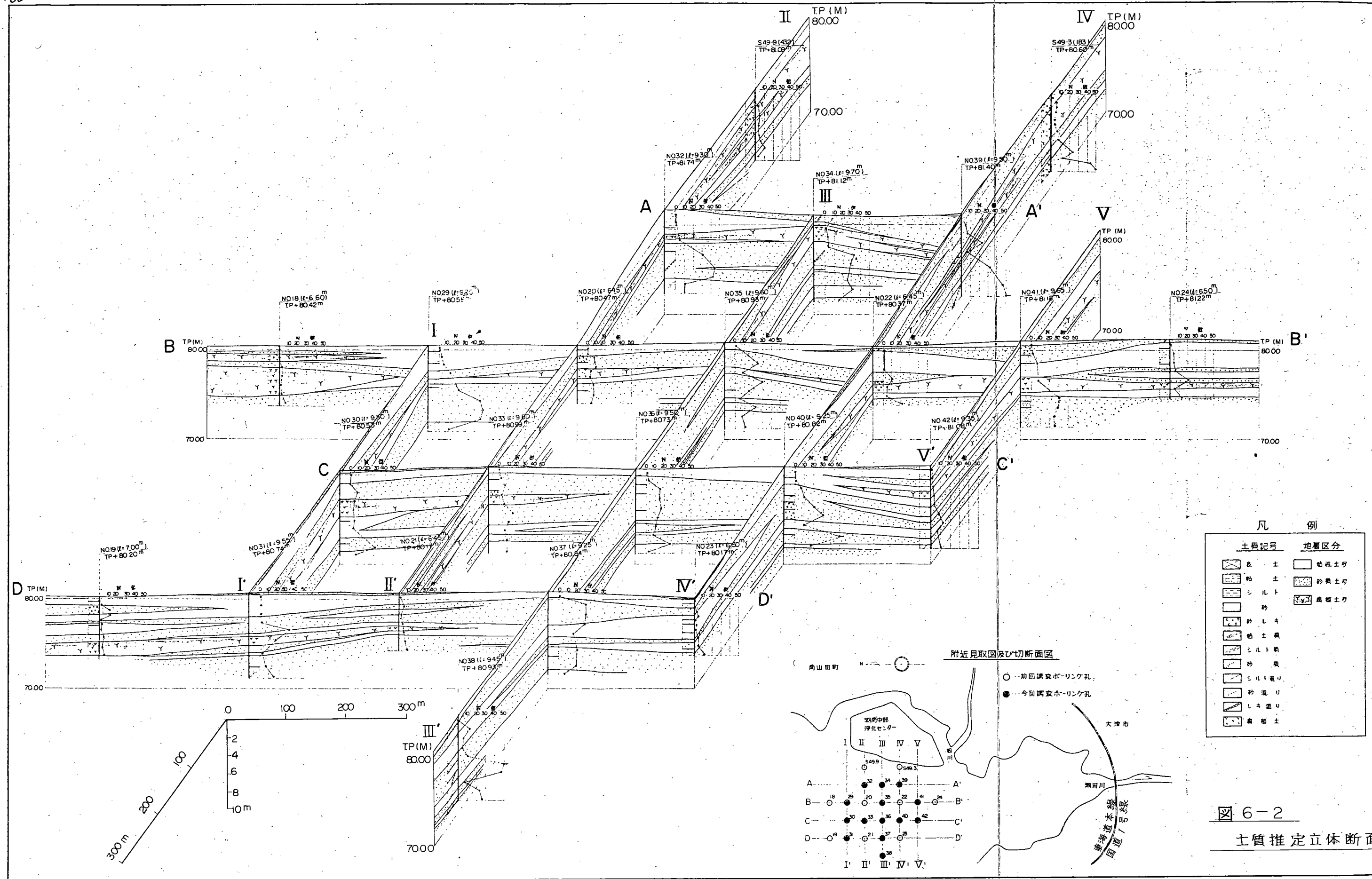
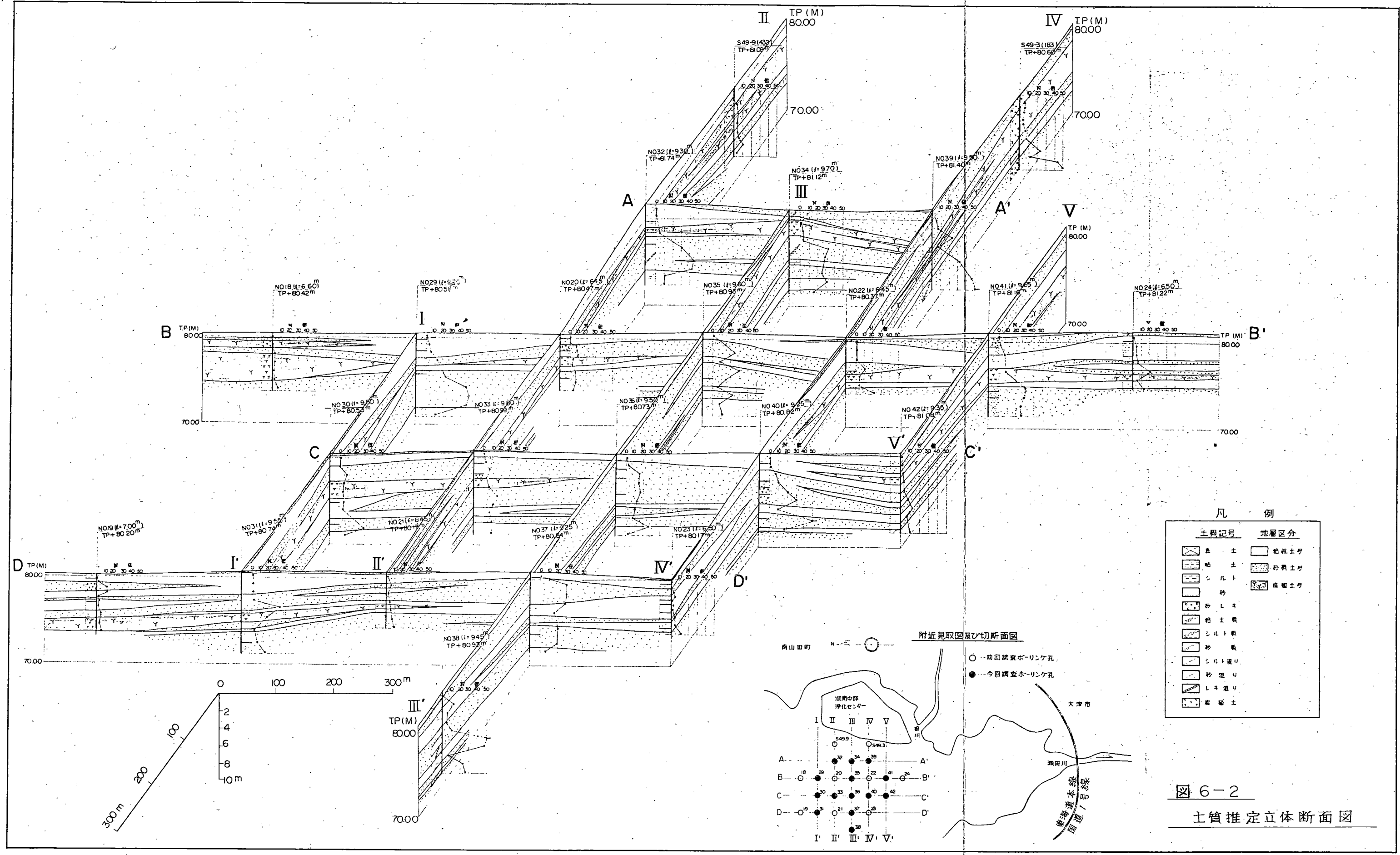


図 6-2
土質推定立体断面



メタンガス発生地盤におけるシールドの施工と対策

成 官 純 一* 三 宅 幹 郎** 出 茂 夫** 土 肥 庄 一 郎***

は じ め に

本工事は琵琶湖総合開発の一環として計画したもので湖南中部流域下水道建設事業のうち、湖南幹線川原第1工区として滋賀県草津市上笠町～川原町約1kmをシールド工法により径3,600mmの下水道管を築造するものである。

シールド掘削に先立ち、チェックのための地質調査の途中削孔中のボーリング孔よりメタンガスが噴出した。ここで改めて全工区に亘り調査したところ後述するが広範囲に亘り、高濃度のメタンガスが確認された。これは歴史的な観点からみると当地区においてメタンガスの発生が多く地区内に於て掘抜井によりガス会社の営業実績があった事などを併せると当然の事である。(官庁の行った土質調査時は発見されなかった)。

シールド掘削に伴ない、メタンガスが発生する事は必至であると考え万全の対策をもち工事に臨む必要がある。当工区の地層は粘土・シルト・砂・砂礫それに腐植土が複雑に入りこんでおり、地下水位も高く、又、民家のすぐ横を通過する等、シールド工事にも非常に困難のともなうものであるが、特にメタンガス対策として当現場がとったことについて述べる。

〔1〕 事 前 調 査

(1) メタン発生状況

シールド掘進に先立ち、地質調査を目的として工区全長にわたり調査ボーリングを計画S49.9より発進坑側より作業を開始。第10番目のボーリングに入った時GL-70m附近まで削孔の結果沈水と同時に噴出した。この状態が長く続きボーリングロッドに火を近づけた所、着火燃焼した。後にこのガスを採取し分析の結果メタンガスと判明した。

* 滋賀県土木部下水道建設課

** 滋賀県湖南中部下水道事務所

** 同 上

*** 佐藤工業株式会社大阪支店

(2) メタンガス調査

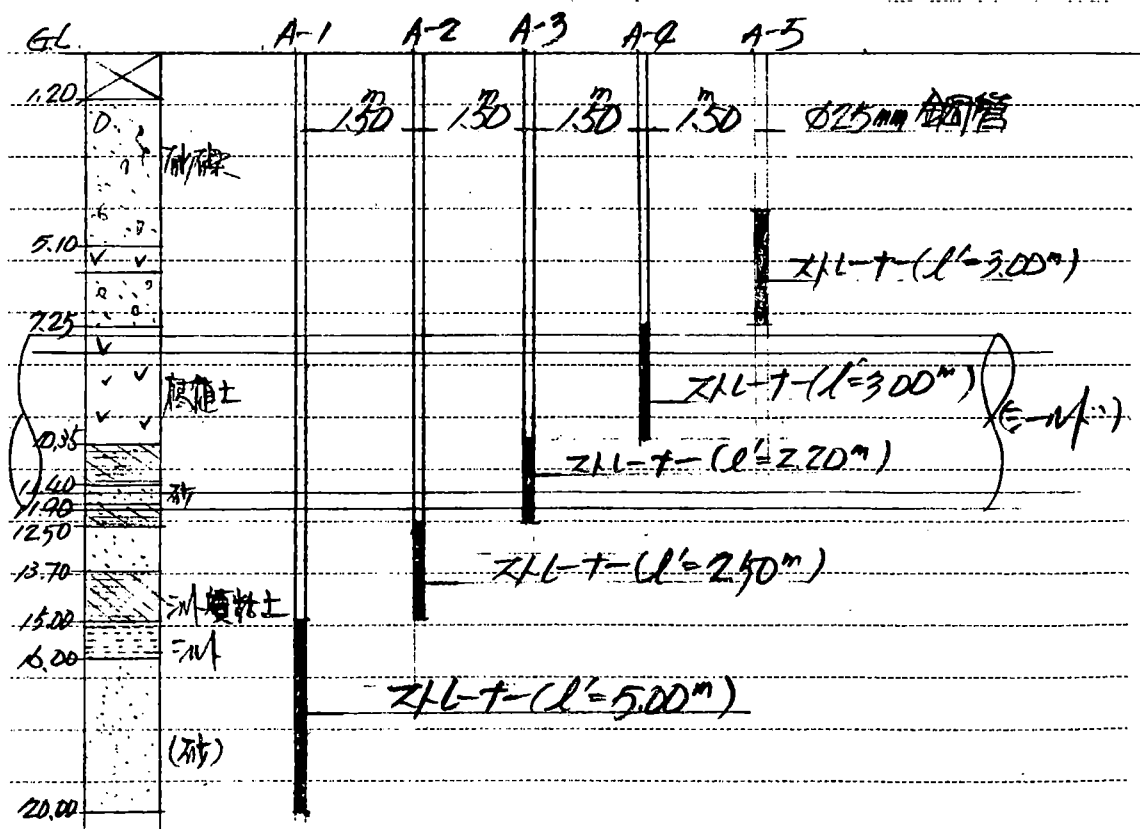
前述したメタンガス発生にともない工区全線にわたるメタンガスを主にした調査が必要となり下記要領で調査を続行した。

㊤ 調 査 目 的

- 工区全長に亘るガス分布状態
- 濃度の測定
- ガスの圧力及び流量（全体量の把握）
- ガス試料の採取・分析

㊦ 測定孔設置ボーリング

測定孔として $\phi 50$ 鋼管、 $l = 12.00$ m、GL-3 m以下としてストレーナーを切り、観測を実施したが、なお、それ以上の分布を調査する必要もあり特に土質調査時メタンガス検出された付近において、メタンガス検出のための層別観測孔を5本設置した。



この調査により判明した事は次のとおりである。

- (イ) 可燃性ガスはメタンガスであり、観測孔よりの調査結果よりA-3が特に多くA-1, 2, 4, 5は 極少であった事からして腐植土層そのものではなく、砂層の地下水に満たされている層であり、地下水に溶存されているメタンと解すべきと考えるべきであるし、ビールの栓を抜いた時と同様、大気圧に相当影響するものとする。(但し、発生源はメタンガスの性質からして腐植土であるとする)。
- (ロ) 当工区は、草津川河口の三角地帯に位置しており古来よりメタンガス発生の徴候があった(後述)。
- (ハ) 観測孔A-3は日によって泥水とともに噴出し濃度50%を示す(酸欠状態)時もある。
- (ニ) メタンは完全に地下水に溶け込んでいるから、湧水対策の必要性がある。

〔2〕琵琶湖岸のガス田について

古くから琵琶湖周辺の各地には天然ガスの徴候が知られていた。その多くは深度20～30m間の灌漑用水または飲料用水を得るための掘抜井戸にみられ、水とともにガスが自噴したので、簡単な採集装置によるガスの家庭的な利用はかなり以前から行なわれていた。

ガス徴候のみられるのは沖積層中であって、第四紀層は砂・礫・粘土などよりなり、知られた層の厚さは最大400m、沖積層の堆積基盤は湖成の鮮新洪積層である古琵琶湖層、古生層、花崗岩およびその他火成岩類である。主要ガス層は沖積層中の砂礫層であって、その深度は30～100m間にある。

又琵琶湖岸土層調査報告書(近畿地方建設局琵琶湖工事事務所調査委託)の作成にあたり、湖岸周辺地盤を調査された京都大学教授赤井浩一博士によれば、沖積層(1万年前)と洪積層(100万年前)との間に土質工学上キー(鍵)と呼ばれる腐食土層があり、この層はメタンを含んでいるとのことである。しかしその量は鉾山、炭坑等にある量とは比較にならないだろうとのことである。(図-1)

ガス徴候の分布はほとんど湖岸一帯にわたるが、その顕著なのは湖西の今津町、堅田町、湖南の大津市、草津市、守山市、湖東の近江八幡市、彦根市、米原町などであって、その地理的分布をみると湖岸および湖岸に沿う湾入部、あるいはそ

の陸化部、また旧流入河川の三角地帯などにあたる地域にある。(図-2)

草津川河口の旧三角地帯に位置する栗太郡山田村、常盤村、笠縫村地区では昭和14年にかなり計画的に企業化され、近江天然ガス、および琵琶湖天然ガス^がは当地区にあって、掘削されたガス井(灌漑用兼用)は約200本に及び詳細は不明である。

天然ガスは会社所有のガス井のほか灌漑用、飲料用掘抜井にみられる。1坑井あたりの産ガス量は3~20^{m³}/日で、ガス水比1:5である。 CH_4 (メタン)は平均80%で7800 cal/^{m³}である。坑井深度は35~180 mで、含ガス層は30 m、45 m、125 m附近に3層推定されるが、これより以深にも含ガス層が予想される。

粘土は黒色で粘着性強く、一部有機物に富む。礫は珪岩を主とし、また1~2 mの泥炭が2枚挟有されている。

なお今津町地区では硝子加工用燃料として、滋賀天然ガス^がが山田村について開発し、小規模に稼行され、現在もガス井4本で40^{m³}/日(推定)のガスを生産し、体温計を作っている。

掘削されたガス井は10数本で、坑井深度30~50 m間に数層の含ガス層があり、含ガス層は層厚1~15 mの砂で薄い粘土層が介在する。1坑井のガス自噴量は4.2^{m³}/日である。

以上のような事柄により、当現場での施工にあたっても当然メタンの発生が予想されるものであるが含ガス層は腐食土層そのものではなく、地下水に溶けた形でその下の砂礫層に含まれているものと考えられる。

(以上、三井鉱山顧問 瀬戸郁夫氏提供「天然ガス」「日本鉱産誌」及び同氏の見解による。)

[3] メタンガスの性質

1. 一般性質

メタンガスは沼気ともいい、炭坑では爆発ガスと呼ばれている。石炭は、太古の植物が地下深部で自然の炭化作用を受けて出来たものであるが、この炭化作用の進行中に、植物中の水素と炭素が化合して、メタンガスになる。

メタンガスは沼地や下水溜の中などで、有機物が腐敗した時にも発生する。

図-1 琵琶湖岸地層図 (中主地区)

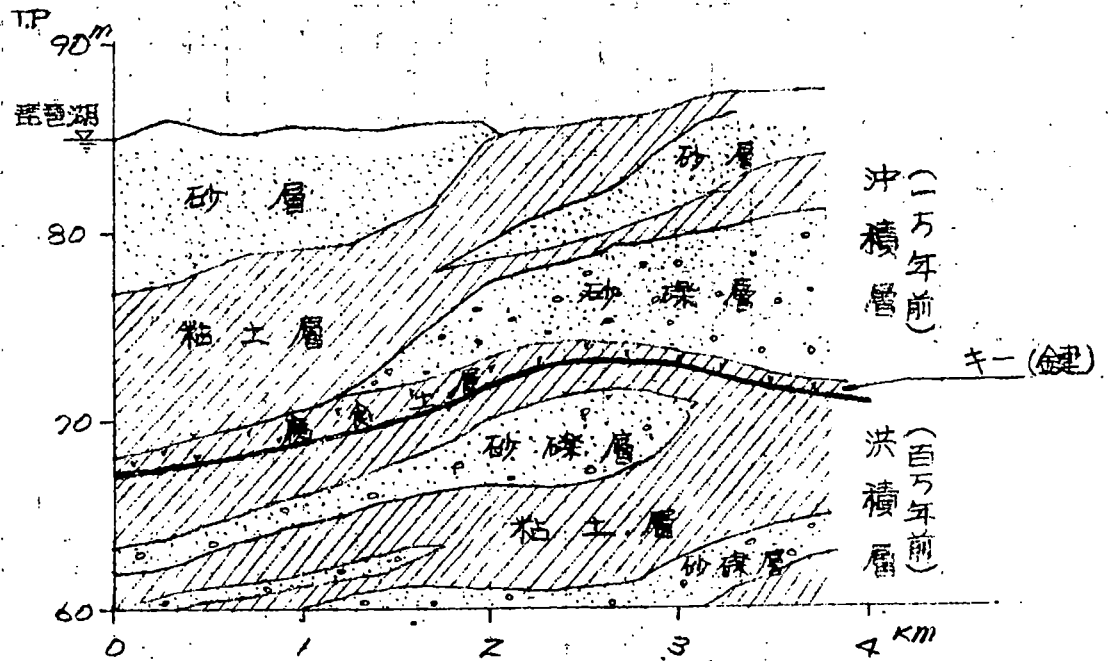
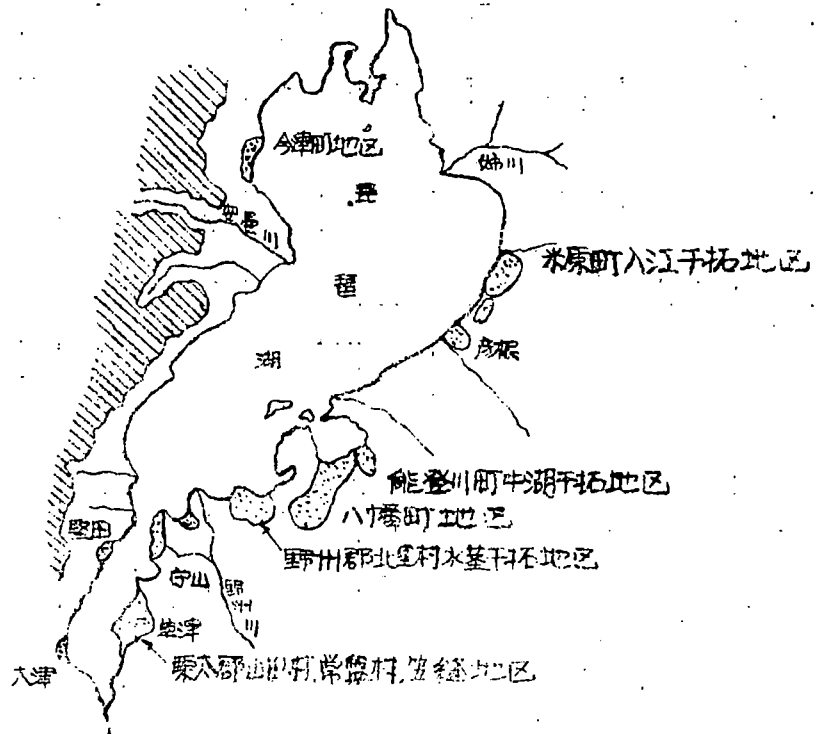


図-2 琵琶湖周辺の天然ガス徴候分布図

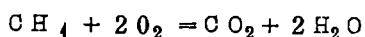


メタンは無色、無味、無臭で比重は 0.558 である。気体の拡散性によって空気と混入しても純粋な空気よりも軽いから高い所に停滞する。メタンの拡散速度はあまり速いものではなく、無風状態の場合、完全に空気と混合するためにはメタンが空気の上側にある時は数時間から数日、下側の時でも数分から数十分の時間を要する。

2. メタンの爆発性

(i) 爆発限界

空気中にメタンが 4.8 ~ 14.5% あれば爆発現象をおこす。最も爆発力が強いのは 9.46% の場合である。このときの反応はつぎのようになる。



4.8% 以下の時は爆発は起らないが、火源があればこれに触れたメタンは燃焼する。また 14.5% 以上の場合にも爆発は起らずに燃焼するが、実際には気体の拡散性によって空気との接触面には必ず 14.5% 以下の爆発しやすい箇所があり従って、この箇所に火がつけば爆発する。

爆発の際の炎の温度は、メタン 9.5% の時約 2650℃ で、14% または 5% のとき約 1500℃ である。

(ii) 爆発限界の推移

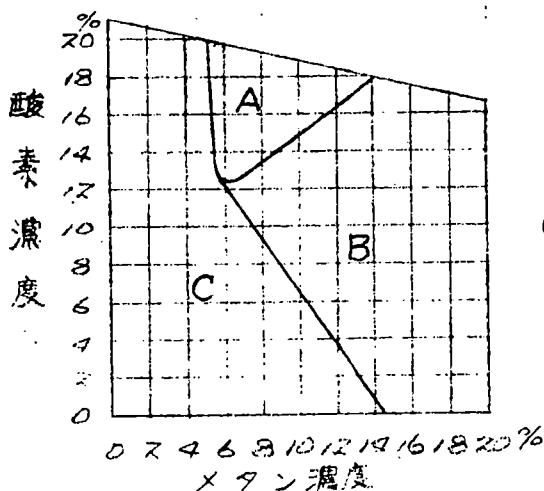
空気中の酸素、窒素の組成が変わったり、また炭酸ガスなどの混入があつたりすれば上述の爆発限界は変わる。

波止、山田両博士は実験によって次のような結論を得た。

炭酸ガスについては、波止氏は 24.5%、山田氏は 22.8% になれば、メタンの濃度如何にかかわらず爆発は起きない。

窒素に対しては、山田氏は 81.69% になれば、どんな場合にも爆発は起きないとし、波止氏は空気中の窒素の他に 35.5% の窒素が加われば、すなわち $(79 + 35.5) / 135.5 = 84.5\%$ になれば爆発は起らないとしている。

酸素量との関係における爆発限界は下図のようである。



(Bureau of Mines, U.S.A.)

- A : いつでも爆発する範囲
 B : そのままでは爆発しないが空気が入れば爆発する。
 C : もし空気が入っても爆発しない。

3. 着火温度

(i) メタンの引火点は含有率によって異なる。

(テキソン教授)

メタン %	2.0	3.4	6.5	7.6	8.1	9.5	11.1	14.7
引火点 ℃	810	665	512	510	514	525	539	565

(ii) 熱源によって引火温度は著しく異なる。炎、電気の火花等は上表の如く低い温度で着火するが、加熱線ではかなり高い温度に達しなければ着火しない。波止博士の実験によれば、メタン9.5%のとき、加熱線による引火温度は1.020～1.600℃となっている。

電氣的火花は着火しやすく、電気発火器や信号線等によるほとんど目に見えないような小さな火花でも着火する。坑内迷走電流による火花、静電気による火花等も極めて危険である。

金属と金属、金属と岩石等の衝撃による火花も比較的容易にメタンに着火する。

(iii) 熱源とメタンの含有率によって点火に要する時間が異なる。これを“点火”

という。

4. 大気圧の影響

気圧が急に下る時は、地中からのガス流出量が急に増加する。ガス体の容積は圧力に逆比例して増減するから、今760 mm Hgであって、急に730 mm Hg (973 mb)の低気圧が襲来した時は、地中のガス容積は $760/730=1.04$ となり、この増加した4%の分が地層の間隙から押し出されて来る。(酸欠空気の場合も同様である。)

メタンは又水溶性であり、温度が低いほど、又圧力が高いほど多量に水に溶けこむ。従って、気圧降下時には水中から余分のメタンが遊離されて出てくる。

以上の現象は、いずれも気圧の降りつつある時、および下ってから少時の間に起るものであるから、保安係員は大気圧の変動に充分注意し、気圧の降下が認められた時には一層警戒を厳重にすべきである。

5. メタンと人体

メタン自体は毒性を持っていないので、ある程度これを含んだ空気中でも呼吸には大して差支えない。しかし濃厚なメタンの中では酸素の不足により、何の前兆もなく倒れて窒息する。

6. 物理化学的性質

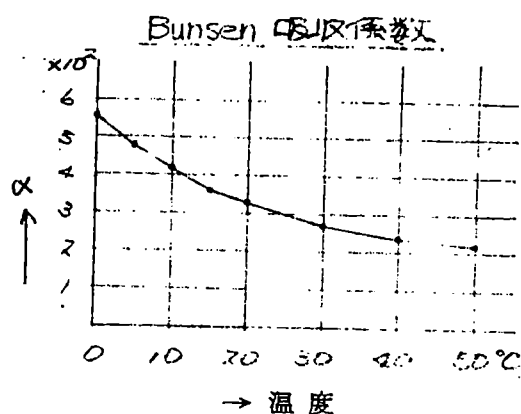
(i) 無色、無臭、無味

(ii) 分子式その他

名 称	分子式	分子量	0℃ 760 mmHg 1molの容積 m^3/kg	1 m^3 の重量 kg	0℃ 760 mmHg 空気1に対する比重
メタン	CH_4	16.03	22.36	0.7168	0.5545 (0.55~0.559)

(iii) 水に対する溶解度

温度 °C	メ タ ン	
	$\alpha \times 10^2$	$q \times 10^3$
0	5.563	3.959
5	4.805	3.410
10	4.177	2.955
15	3.690	2.599
20	3.308	2.319
30	2.762	1.904
40	2.369	1.586
50	2.134	1.359



α : Bunsen (ブンゼン) 吸収係数
 分圧 760 mmHg のとき溶媒 1 に溶解する気体の体積
 q : 全圧 760 mmHg のとき溶剤 100 g によるガスの吸収量 g

7 参 考 図 書

- 鉱山、炭鉱保安実用便覧

京都大学教授工学博士 伊木正二編 産業図書

- 鉱山保安教本 第 7 巻 防爆

通商産業省公害保安局編 技術書院

- 炭坑読本 第 4 巻 第 2 2 集 坑内ガスとガス抜き法

兵庫信一郎著 技術書院

- 通 気 学

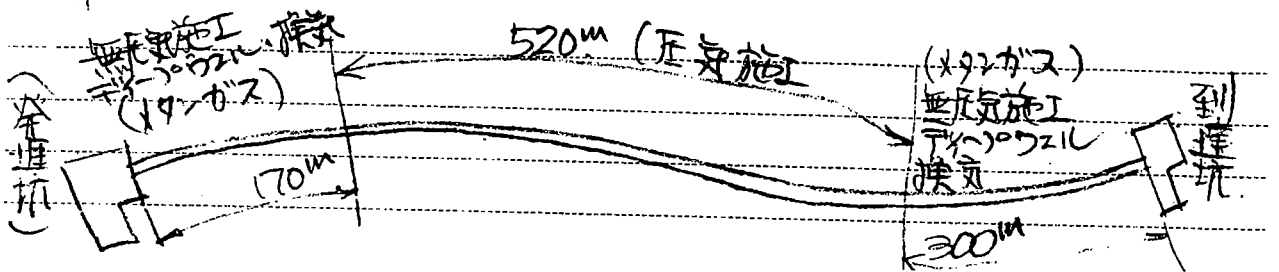
京都大学教授工学博士 平松良雄著 内田老鶴圃新社

[4] 対 策 工 法

メタンガス調査の結果、その発生している場所は発進坑より約 170 m 間と終点側の 300 m 間であることが判明。特に終点側では濃度が高く、中には常に 30% を超え、時には激しく噴出する観測孔もあるため特に注意を要した。又、当現場でのメタンは、地下水に溶解した形で存在しているのも特徴である。(ガス状で土中に存在するのもあると思われる。)

対策に当り坑内作業員に対する安全は勿論のこと、特に附近の住民の方々への

安全性を重視し工法決定を為した。当初設計は全工区圧気工法で施工し、一部補助として薬液注入を行う^{もの}であった。しかし事前調査における細測の結果、エアブロー量も相当見込まれ範囲も相当あるため、エアブローによるメタンガスの噴出、酸欠空気の噴出の恐れを未然に防ぐため民家近接区間である前期延長分について圧気工法は不可判断し実施に移した。故にメタンガス発生している区間は無圧気施工とし補助としてディーブウェル、薬液注入の併用工法としたのである。



抗内に発生するメタンに対しては換気設備を設けてガス濃度を危険範囲以下にする他、バッテリーロコやスイッチ類等抗内の使用機器は全て防爆型とする。又ガスの発生状態は早く確実に知る事が安全施工の絶対条件であるから検知体制の確立に努めガス検地専門員を設置し検定した（自動ガス警報器設置も含む）。

[5] 換 気 設 備

○（労働安全衛生規則第261条）

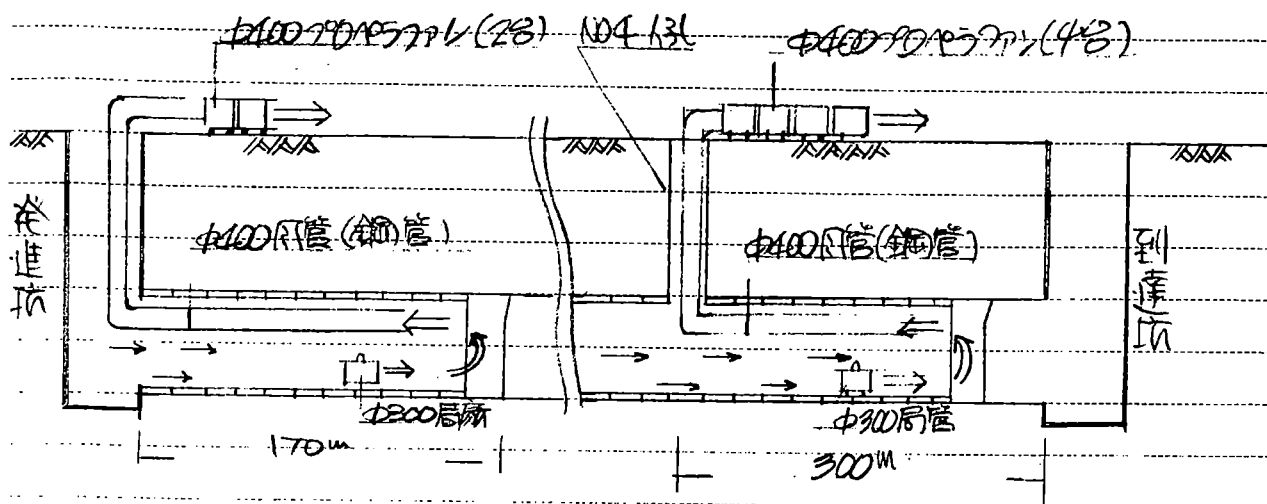
可燃性ガスが発生して爆発又は火災が生ずる恐れのある場所ではこれを防止するため通風、換気等の措置を講じなければならない。

○（労働安全衛生規則第322条）

ガス濃度は爆発下限界の30%以内でなければならない。

これらの外に石炭鉱山保安規則においても抗内気流中のメタン濃度は1.5%以下としなければならないとされており、これに見合う通風量の換気設備を設けねばならないことが指示されている（87条、88条、90条）設備概要は次図のとおりである。

排気式では風管前面での吸込影響範囲が少ない上、シールド機や後続台車の関係で吸込口を切羽まで近づけられない関係上発生量の多いと思われる切羽付



換気設備概要図(無圧気区間)

近において換気が不十分になりがちであるが、目的がメタンガスの拡散という意味もあるため切羽附近の攪乱を主目的にするため風量は少なくても良いの利点が生ずる。

一方全般的にみて砂層や砂礫層もあるため又地下水も多くあるため予想以上のメタンガス噴出に備えて圧気区間に於ても換気設備を同等のものによりロック室を狭みブローアによる送気を加え調整バルブにより排気調整をして換気をした。

⑥ バルブの調整は通常は閉じてあり、発生にともない開く仕組とした。

(ブローアとの空気供給量を考慮する必要あり)

[6] ディーブウェル工について

メタンガス調査を検討した結果、当現場でのメタンは地下水に溶けこんだ形で存在していると判断された。(このことは後日ディープウェルの揚水量管理のためのノッチタンク上部をビニールで被い、空間のメタン濃度を測定したところ、5分程で6%以上の濃度を示したことで確認)。

無圧気区間におけるディープウェルの目的は第1義的には地下水位低下に対し

抗内の湧水を少なく安全な作業性を作ることにあるが、他方溶存メタンの吸上げという副産物としての有効な手段として利用出来た。これは実際問題として作業現場において停電やポンプ故障時においてディーブが作動しない時に当然の事ながら湧水が多くなり、溶存メタンのガス濃度が上昇してきた事実が認められている。

⑥ ディーブウエル施工に伴い地盤沈下は起こったわけではありますが、デープウエルの沈下と地質についての考察については11日より約3ヶ月程の間に取り絡めたいと考える。

[7] 考 察

④ 防爆機器について

- (1) 通常の機器に比較し型、重量が増す。
- (2) 高価である。
- (3) 機器据付面で、又歩掛り面でも多くなる。

⑤ 換気について

- (1) 抗内でのメタン観測に於ては断気直後の湧水が多い時に検知されており、これもファンが回りはじめれば数時間でメタンは検知されなかった。
- (2) 風管の延長にともなう漏風による風量の減少。

⑥ ディーブウエルについて

- (1) 土質条件や地下水状況を十分に調査すること。
- (2) 附近民家の事前調査を十分にすること。

[8] 最 後 に

メタンが発生する地域でのシールド工事については、まずメタンが発生すると思われるヶ所で対策を立てるにあたって最大のポイントはメタンの濃度そのものではなく(地区により歴史的考察も含める)メタンがあるかないかという事であると考える。メタンが多少でも検知されれば、必ずどこかで100%のメタンが発生する可能性があり、それが多量の空気で希釈されたために低濃度になったと解すべきである。従って対策の程度を下げる事は事に当り非常に危険であると考ええる。

坑内ガス検知記録表 (昭和50年 5月)

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	無圧気時 主扇風量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
1	% %		%	%	mb	m	%	
2								
3								
4								
5								
6								巻道式
7								鉄矢板切斷
8								
9	0 21	切羽			1004.0	0 (切羽)0		掘進開始
10	0 21	.			999.2	36 0		
11	0 21	.			1002.2	90 0		切羽の一部でメタン0.1%検知
12	0 21	.			1007.0	144 0		
13	0 21	.			1007.0	198 0		
14	0 21	.			1002.0	252 0		
15	0 21	.			1001.5	306 0		
16	0 21	.	120.6		998.0	333 0		
17	0 21	.	120.6		998.0	405 0		
18	0 21	.	120.6		1005.0	425 0		
19	0 21	.	113.0		991.0	425 0		
20	0 21	.	113.0		997.0	425 0		
21	0 21	.	128.1		1003.6	425 0		
22	0 21	.	120.0		1004.5	452 0		
23	0 21	.	113.0		1008.0	544 0		
24	0 21	.	113.0		1010.0	616 0		
25	0 21	.	113.0		1005.5	630 0		
26	0 21	.	113.0		1003.0	666 0		ロッツ設置のための掘進停止
27	0 21	.	113.0		1003.0	↑		
28	0.1 20.5	.	0		1001.5	停	0.1	ロッツ設置のための掘進停止
29	0 21	.	60.3		999.5		0.1	
30	0 21	.	60.3		999.5	止	0.1	
31	0 21	.	71.6		1001.0		0.1	

坑内ガス検知記録表 (昭和50年 6月)

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	無圧気時 主扇風量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
1	0 21	切羽	101.7		1002.0mb	666	0.1	
2	0 21	.	101.7		1005.3		0.1	
3	0 21	.	86.9		1005.2		0.1	
4	0.25 21	.	86.9		1004.5		0.2	マイクセルNo.4.7を15:00停止、17:00に切羽は掘進でメタン0.2%を検知
5	0.1 21	.	90.4		995.4		0.2	切羽は掘進でメタン0.2%を検知
6	0 21	.	86.9		994.0	停	0.2	
7	0 21	.	94.2		995.0		0.2	
8	0 21	.	98.0		996.0		0.2	
9	0 21	.	90.4		992.7		0.2	
10	0 21	.	90.4		995.9	止	0.2	
11	0 21	.	86.9		997.8		0.2	
12	0 21	.	82.9		999.8		0.2	
13	0 21	.	86.9		1000.9		0.2	
14	0 21	.	82.9		1002.0		0.2	
15	0 21	.	82.9		1004.0		0.2	
16	0 21	.	82.9		1005.0		0.2	
17	0 21	.	82.9		1004.0	72.0	0.3	掘進再開
18	0 21	.	82.9		1004.0	79.2	0.1	
19	0 21	.	82.9		1005.0	86.4	0.2	
20	0 21	.	82.9		1006.0	82.9	0.4	
21	0 21	.	82.9		1003.5	98.1	1.5	
22	0 21	.	82.9		996.0	98.1	1.5	
23	0 21	.	82.9		990.5	108.9	1.0	
24	0 21	.	82.9		990.5	108.9	1.1	
25	0 21	.	82.9		991.8	117.0	0.5	
26	0 21	.	90.4		994.0	126.0	0.1	ファンを2台に増設、連動
27	0 21	.	86.9		996.0	135.0	0.1	
28	0 21	.	82.9		993.4	144.9	0.1	
29	0 21	.	82.9		998.0	144.9	0.1	
30	0 21	.	82.9		997.6	153.0	0.1	
31								

坑内ガス検知記録表 (昭和50年 7月)

No. 3

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	無圧気時 主扇風量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	距離延長	坑内湯水	備	考
1	0 21	切羽	82.9		1003.5	162.0	0.2		
2	0 21	.	82.9		1003.5	170.1	0.1		
3	0 21	.	82.9		1001.2	171.0	1.5		
4	0 21	.	82.9		992.5	↑	1.5		切羽1留部メタン0.5%検知
5	0 21	.	82.9		995.0		1.5		切羽1留部メタン1.0%検知
6	0 21	.	83.9		996.0	↑	1.5		
7	0 21	.	82.9		995.0	↑	1.5		
8	0 21	.		0.5 40	997.8	↑	1.5		ファン停止、圧気開始
9	0 21	.		0.4 40	1002.5	↑	1.5		
10	0 21	.		0.65 90	1001.0		1.0		
11	0 21	.		0.7 85	998.0		1.0		
12	0 21	.		0.7 76	996.5		1.0		
13	0 21	.		0.7 65	998.0		1.0		
14	0 21	.		0.65 75	1003.0	180.9	1.0		
15	0 21	.		0.55 110	1003.2	189.0	0.2		
16	0 21	.		0.55 110	1002.5	198.0	0.1		
17	0 21	.		0.65 155	1002.7	208.8	0.1		7留部-25留部
18	0 21	.		0.65 163	1004.5	219.6	0.2		
19	0 21	.		0.65 165	1003.1	230.4	0.1		
20	0 21	.		0.65 140	1002.5	230.4	0.1		
21	0 21	.		0.7 145	998.1	235.8	0.1		
22	0 21	.		0.67 154	998.0	246.6	0.1		
23	0 21	.		0.64 175	998.5	257.4	0.1		
24	0 21	.		0.65 177	998.0	268.2	0.1		
25	0 21	.		0.71 125	1000.0	279.0	0.1		
26	0 21	.		0.72 90	999.0	279.0	0.1		
27	0 21	.		0.71 100	1000.1	279.0	0.1		
28	0 21	.		0.73 110	1001.8	289.8	0.1		
29	0 21	.		0.65 140	1003.0	300.6	0.1		
30	0 21	.		0.72 160	1002.9	311.4	0.1		
31	0 21	.		0.61 155	1004.0	322.2	0.1		

坑内ガス検知記録表 (昭和50年 8月)

No. 4

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	無圧気時 主扇風量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	距離延長	坑内湯水	備	考
1	0 21	切羽		0.67 160	1006.0	333.0	0.1		
2	0 21	.		0.55 175	1008.5	343.0	0.1		
3	0 21	.		0.6 170	1003.0	343.8	0.1		
4	0 21	.		0.56 160	1001.5	354.6	0.1		
5	0 21	.		0.65 160	1004.0	362.7	0.1		
6	0 21	.		0.56 165	1001.0	366.3	0.1		
7	0 21	.		0.58 170	997.0	371.7	0.2		
8	0 21	.		0.64 195	1000.0	375.3	0.2		
9	0 21	.		0.57 197	1009.0	378.0	0.2		
10	0 20.7	.	49.0		1007.0	↑	9		切羽のため湯水停止 100%用としてメタン0%検知
11	0.1 20.5	.	49.0		1005.0		9		
12	0.1 20.5	.	52.8		1000.0		9		
13	0 20.5	.	52.8		1009.0		7		
14	0 20.2	.	52.8		1003.0		7		
15	0.1 20.6	.	49.0		1009.0		7		
16	0 21	.	49.0		998.2		7-8		2ヶ所圧気再開
17	0.1 21	.		0.5 174	997.5		3.0		
18	0 21	.		0.5 174	1001.0		3.0		
19	0 20.5	.		0.5 174	1002.5		3.0		
20	0 21	.		0.51 170	1000.0		3.0		
21	0 21	.		0.51 165	995.0		3.0		
22	0 21	.		0.53 166	993.8		3.0		
23	0 21	.		0.6 140	992.0		3.0		
24	0.1 21	.		0.59 143	1004.0		3.0		
25	0.1 20.5	.	56.5		1011.0		6-7		
26	0 21	.		0.5 105	1008.0		6-7		
27	0.1 21	.		0.6 106	1005.0		3.0		
28	0 21	.		0.58 120	1005.0	381.6	3.0		
29	0 21	.		0.52 176	1006.0	387.9	3.0		
30	0 21	.		0.58 168	1007.5	388.8	3.0		
31	0 21	.		0.57 178	1007.0	388.8	3.0		

坑内ガス検知記録表 (昭和50年 9月)

No. 5

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	無圧気時 主扇風量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
1	0 % 21 %	切羽	0.68	181	1009.0	388	3.0	
2	0 21	.	0.6	154	1007.0	↑	3.0	
3	0 21	.	0.6	161	1006.0	↑	3.0	
4	0 21	.	0.6	123	1006.0	↑	3.0	
5	0 21	.	0.6	92	1005.0	↑	3.0	
6	0 21	.	0.6	84	1006.1	↑	3.0	
7	0 21	.	0.6	85	1005.5	↑	3.0	
8	0 21	.	0.55	76	999.0	↑	3.0	
9	0 21	.	0.63	85	998.0	↑	3.0	
10	0 21	.	0.62	80	1001.0	↑	3.0	
11	0 21	.	0.62	89	1002.7	止	3.0	
12	0 21	.	0.56	185	1005.4	↑	3.0	
13	0 21	.	0.54	145	1005.0	↑	2.8	
14	0 21	.	0.6	178	1005.5	↑	2.5	
15	0 21	.	0.6	182	1007.0	↑	3.0	
16	0 21	.	0.58	178	1005.5	↑	3.0	
17	0 21	.	0.59	178	1008.1	391.5	3.0	
18	0 21	.	0.6	180	1008.1	397.8	3.0	
19	0 21	.	0.6	182	1007.5	406.8	3.0	
20	0 21	.	0.6	184	1009.0	414.0	3.0	
21	0 21	.	0.58	182	1003.6	424.0	3.0	
22	0 21	.	0.55	182	1008.0	424.0	3.0	
23	0 21	.	0.57	182	1002.0	432.0	3.5	
24	0 21	.	0.56	182	1005.0	435.6	3.5	
25	0 21	.	0.6	222	1003.0	439.2	3.5	
26	0 21	.	0.52	188	1004.0	441.0	3.5	
27	0 21	.	0.53	184	1005.0	↑	3.5	
28	0 21	.	0.52	184	1004.0	↑	3.5	
29	0 21	.	0.52	178	1003.0	↑	3.5	
30	0 21	.	0.51	180	1009.0	止	3.5	
31								

坑内ガス検知記録表 (昭和50年10月)

No. 6

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	無圧気時 主扇風量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
1	0 % 21 %	切羽	0.51	181	1008.0	441.0	3.5	掘進作業の圧力検出停止
2	0 21	.	0.52	181	1004.5	↑	3.0	
3	0 21	.	0.54	179	999.5	↑	3.0	
4	0 21	.	0.53	178	998.5	↑	2.5	
5	0 21	.	0.50	178	999.0	↑	3.0	
6	0 21	.	0.50	178	1006.0	↑	3.0	
7	0 21	.	0.41	96	995.0	↑	3.5	
8	0 21	.	0.50	150	1006.0	↑	2.5	
9	0 21	.	0.50	150	1006.0	↑	2.5	
10	0 21	.	0.57	147	1001.4	↑	3.0	
11	0 21	.	0.57	149	1003.3	↑	3.5	
12	0 21	.	0.57	150	1006.0	↑	3.0	
13	0 21	.	0.57	150	1009.4	↑	3.0	
14	0 21	.	0.56	143	1010.5	↑	3.0	
15	0 21	.	0.57	140	1017.1	止	4.0	
16	0 21	.	0.57	138	1017.1	↑	3.0	
17	0 21	.	0.58	137	1004.5	↑	3.0	
18	0 21	.	0.57	130	1011.0	↑	3.0	
19	0 21	.	0.57	140	1006.5	↑	3.0	
20	0 21	.	0.58	124	1008.5	↑	2.8	
21	0 21	.	0.57	122	1014.0	↑	3.0	
22	0 21	.	0.53	122	1018.9	↑	3.0	
23	0 21	.	0.57	122	1018.0	↑	3.0	
24	0 21	.	0.57	115	1012.0	↑	3.0	
25	0 21	.	0.57	108	1010.0	↑	2.8	
26	0 21	.	0.57	110	1012.0	↑	3.0	
27	0 21	.	0.58	112	1013.0	↑	2.5	
28	0 21	.	0.49	98	1012.5	↑	2.5	
29	0 21	.	0.51	86	1006.0	↑	2.2	
30	0 21	.	0.50	86	1011.5	↑	2.2	
31	0 21	.	0.50	90	1015.0	↓	2.2	

坑内ガス検知記録表 (昭和50年11月)

No. _____

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知場所	無圧気時 主風流量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
1	0 % 21 %	切羽		0.5 % 90 %	1017.0 ^{mb}	441.0 ^m	2.2 ^m	
2	0 21	.		0.5 95	1018.0		2.2	
3	0 21	.		0.5 90	1017.5		2.2	
4	0 21	.		0.52 96	1018.5		2.2	
5	0 21	.		0.51 97	1018.9		2.2	
6	0 21	.		0.51 96	1015.0		2.2	
7	0 21	.		0.54 95	999.0		2.2	
8	0 21	.		0.56 96	1008.0		2.2	
9	0 21	.		0.56 90	1015.0		2.2	
10	0 21	.		0.52 80	1018.9		2.2	
11	0 21	.		0.61 82	1014.4	442.8	2.2	掘進再開
12	0 21	.		0.6 156	1018.4	446.4	2.5	
13	0 21	.		0.6 168	1012.1	450.0	2.5	
14	0 21	.		0.6 166	1013.5	453.6	2.5	
15	0 21	.		0.6 165	1003.5	457.2	2.5	
16	0 21	.		0.6 165	1001.0	457.2	2.5	
17	0 21	.		0.6 163	1016.0	463.5	2.5	
18	0 21	.		0.6 172	1017.8	472.5	2.2	
19	0 21	.		0.6 175	1005.9	481.5	2.5	
20	0 21	.		0.59 176	1009.0	490.5	2.5	
21	0 21	.		0.6 176	1013.5	497.7	2.5	
22	0 21	.		0.62 184	1011.8	502.2	2.5	
23	0 21	.		0.6 184	1004.2	502.2	2.5	
24	0 21	.		0.6 184	1008.0	502.2	2.5	
25	0 21	.		0.62 176	1016.2	502.2	2.5	
26	0 21	.		0.7 166	1017.9	511.2	2.5	
27	0 21	.		0.7 169	1010.8	520.2	2.5	
28	0 21	.		0.68 168	1007.0	527.4	2.5	
29	0 21	.		0.66 176	1007.8	529.2	2.5	
30	0 21	.		0.62 180	1009.5	529.2	2.5	
31								

坑内ガス検知記録表 (昭和50年12月)

No. _____

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知場所	無圧気時 主風流量	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
1	0 % 21 %	切羽		0.6 % 184 %	1014.9 ^{mb}	536.4 ^m	2.5 ^m	
2	0 21	.		0.6 188	1015.5	537.3	2.5	
3	0 21	.		0.59 192	1016.9	537.3	2.5	
4	0 21	.		0.62 182	1017.0	537.3	2.5	
5	0 21	.		0.61 176	1004.0	545.4	2.5	
6	0 21	.		0.62 186	1011.0	552.6	2.5	
7	0 21	.		0.63 182	1004.6	559.8	2.5	
8	0 21	.		0.63 176	1009.0	568.8	2.5	
9	0 21	.		0.63 178	1006.0	577.8	2.5	
10	0 21	.		0.63 184	1012.0	586.8	2.5	
11	0 21	.		0.63 181	1009.0	594.0	2.5	
12	0 21	.		0.62 181	1007.5	601.2	2.5	
13	0 21	.		0.63 180	1012.0	610.2	2.5	
14	0 21	.		0.62 178	1013.0	614.7	2.5	
15	0 21	.		0.68 176	1011.0	623.7	2.5	
16	0 21	.		0.66 176	1008.0	630.0	2.5	
17	0 21	.		0.67 176	1015.0	634.5	2.5	
18	0 21	.		0.65 176	1018.4	645.3	2.5	
19	0 21	.		0.64 176	1020.5	656.1	2.5	
20	0 21	.		0.64 176	1016.0	666.9	2.5	
21	0 21	.		0.67 175	1005.0	666.9	2.5	
22	0 21	.		0.68 170	999.8	677.7	1.5	切羽でメタン検知
23	0.2 21	.		0.61 150	1006.2	682.5	1.5	
24	0 21	.		0.6 135	1012.0	697.5	1.0	
25	0 21	.		0.61 130	1013.0	706.5	1.0	
26	0 21	.		0.6 119	1014.0	715.5	1.0	
27	0 21	.		0.6 113	1012.0	715.5	1.0	
28	0 21	.		0.6 110	1014.5	715.5	1.0	
29	0 21	.		0.6 115	1006.0	715.5	1.0	
30	0 21	.		0.6 117	1002.0	715.5	1.0	
31	0 21	.		0.62 110	1012.0	715.5	1.0	

坑内ガス検知記録表 (昭和51年 1月)

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	検圧気時 主風扇	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進距離	坑内湧水	備 考
1	0 % 21 %	切羽		0.6 % 110 %	1014.0 mb	715.5 m	1.0 m	
2	0 21	・		0.6 110	1006.0	715.5	1.0	
3	0 21	・		0.6 113	1012.0	715.5	1.0	
4	0 21	・		0.6 112	1013.0	715.5	1.0	
5	0 21	・		0.6 138	1006.0	715.5	0.5	
6	0 21	・		0.6 108	1005.0	715.5	0.3	
7	0 21	・		0.6 113	1006.0	715.5	0.4	
8	0 21	・		0.6 120	1013.0	720.0	1.5	
9	0 21	・		0.62 117	1004.0	724.5	0.5	
10	0.1 21	・		0.62 115	1007.5	729.0	0.5	
11	0.1 21	・		0.62 120	1004.7	729.0	0.5	
12	0.5 21	・	79.13		1011.0	729.0	10.0	湧水増大、坑内全長にわたリメタン検知
13	0.25 21	・	79.13		1013.0	729.0	10.0	NDAより検知、以後毎日検知
14	0.25 21	・	75.36		1007.8	729.0	10.0	ウエル止間
15	0 21	・	82.9		1011.3	729.0	10.0	
16	0 21	・	82.9		1015.5	729.0	10.0	
17	0 21	・	79.13		1008.5	729.0	10.0	
18	0 21	・	82.9		1004.0	729.0	10.0	
19	0.1 21	・	82.9		1007.0	734.4	7.0	掘進再開
20	0.1 21	・	86.9		1008.0	743.4	7.0	540°~70°間メタン検知
21	0.05 21	・	86.9		1009.0	752.4	5.0	
22	0 21	・	86.9		1009.5	761.2	5.0	
23	0.1 21	・	82.9		1009.6	770.4	4.0	
24	0.05 21	・	82.9		1016.5	779.4	3.0	
25	0 21	・	113.0		1016.0	779.4	3.0	ファン2台
26	0.05 21	・	113.0		1012.0	788.4	3.0	
27	0 21	・	109.3		1010.8	794.4	3.0	
28	0 21	・	113.0		1019.0	803.7	3.0	
29	0 21	・	113.0		1015.5	812.7	3.0	
30	0.1 21	・	109.3		1011.0	817.2	3.0	
31	0.1 21	・	105.5		1011.0	817.2	3.0	

坑内ガス検知記録表 (昭和51年 2月)

日	ガス濃度 メタン 酸素	検知ヶ所	検圧気時 主風扇	圧気時 圧気圧 空気消費量	大気圧	掘進距離	坑内湧水	備 考
1	0 % 21 %	切羽	105.5		1010.0 mb	826.2 m	3.0 m	
2	0 21	・	98.0		1004.5	826.2	3.0	
3	0 21	・	98.0		1006.2	835.2	3.0	
4	0.1 21	・	98.0		1007.5	842.0	3.0	
5	0.2 21	・	90.4		998.0	843.0	3.0	
6	0.1 21	・	94.2		1002.5	847.0	3.0	
7	0 21	・	90.4		1014.0	848.5	3.0	
8	0 21	・	98.0		1014.0	↑	3.0	
9	0 21	・	94.2		1015.0	↑	3.0	
10	0 21	・	94.2		1011.0	停	3.0	1.5%メタン1.5%検知
11	0 21	・	94.2		1012.0	↑	3.0	1.0%
12	0 21	・	90.4		1021.5	↑	3.0	
13	0 21	・	94.2		1021.3	↑	3.0	
14	0 21	・	94.2		1016.0	止	2.0	
15	0 21	・	94.2		1013.5	↑	3.0	
16	0 21	・	94.2		1007.0	↓	5.0	
17	0.2 21	・	94.2		1011.5	853.5	3.0	
18	0 21	・	90.4		1006.7	858.5	3.0	
19	0.1 21	・	90.4		1011.1	863.5	3.0	
20	0.1 21	・	82.9		1019.0	868.5	3.0	
21	0 21	・	90.4		1017.5	873.5	3.0	
22	0 21	・	90.4		1006.0	873.5	3.0	
23	0 21	・	82.9		1001.0	878.5	3.0	
24	0.05 21	・	82.9		1006.0	880.0	3.5	
25	0.1 21	・	82.9		1011.5	881.5	3.5	
26	0 21	・	79.1		1015.5	884.0	3.5	
27	0.1 21	・	82.9		1021.0	889.0	3.2	
28	0.2 21	・	79.1		1003.7	893.5	3.2	
29	0 21	・	98.0		992.0	897.5	3.5	ファン3台
30								
31								

坑内ガス検知記録表 (昭和51年 3月)

No. _____

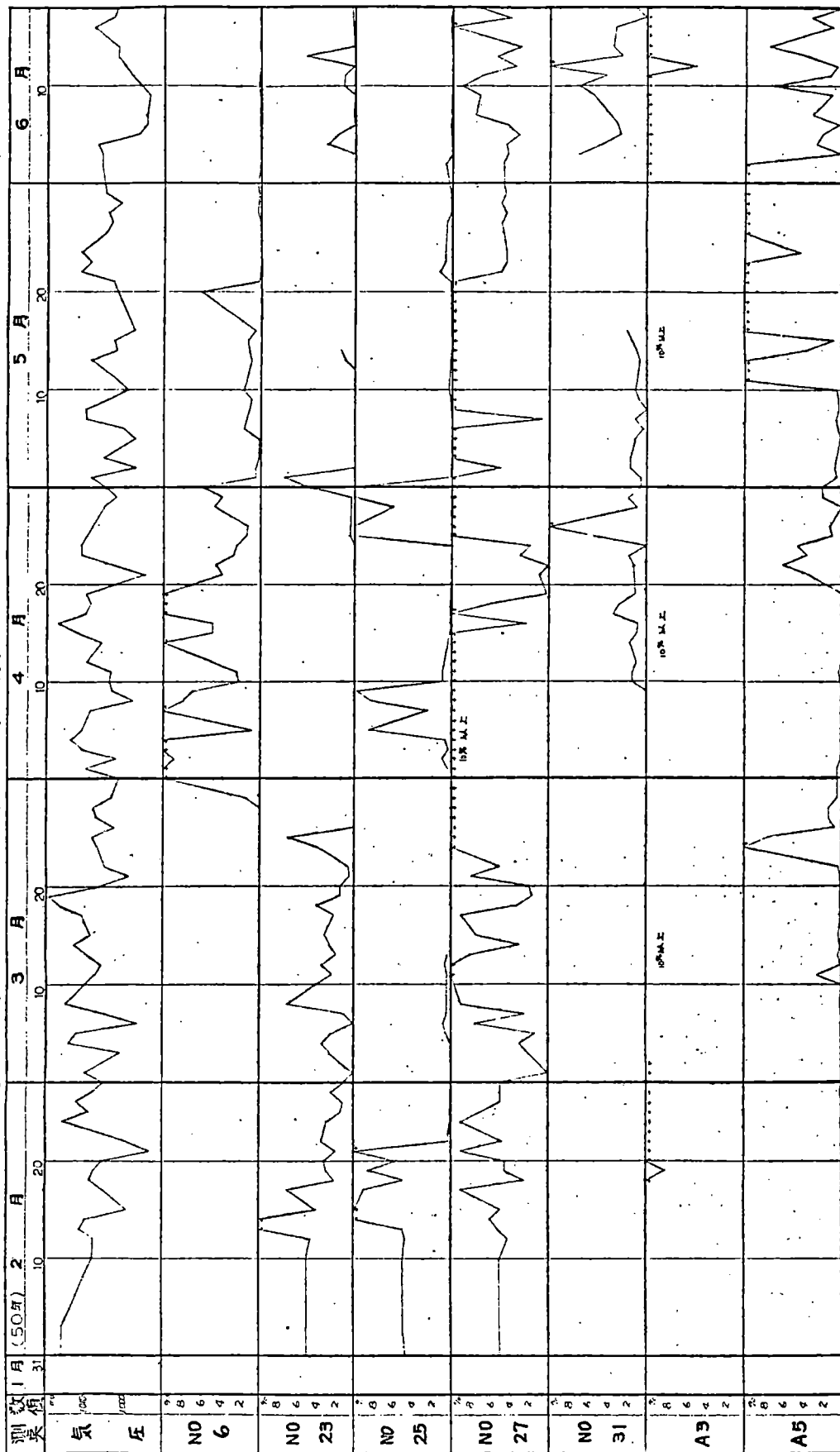
日	ガス濃度		検知ヶ所	無圧気時		圧気時		大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
	メタン	酸素		主扇風量	圧気圧	空気消費量					
1	0	21	切羽	880				1005.5 ^{mb}	903.5 ^m	3.0%	
2	0	21	.	880				1010.0	908.0	3.5	
3	0.2	21	.	829				1006.0	913.0	3.5	
4	0.1	21	.	84.2				1011.8	917.0	3.2	
5	0	21	.	90.4				1016.5	921.0	3.0	
6	0	21	.	80.4				1015.0	925.2	3.0	
7	0	21	.	90.4				1009.0	930.6	3.1	
8	0.2	21	.	82.9				1006.5	930.6	3.1	
9	0	21	.	86.9				1006.8	936.2	3.1	
10	0	21	.	86.9				1004.0	941.8	3.1	
11	0.1	21	.	82.9				1006.0	946.5	3.2	
12	0.2	21	.	82.9				997.0	950.5	3.2	
13	0.1	21	.	82.9				1009.0	951.4	3.2	
14	0	21	.	82.9				1016.0	951.4	3.2	
15	0	21	.	79.1				1010.0	954.5	3.1	
16	0	21	.	82.9				1013.0	957.8	3.1	
17	0.1	21	.	79.1				1003.5	962.9	3.1	
18	0.1	21	.	79.1				1002.0	969.5	3.1	
19	0.1	21	.	79.1				1002.5	975.7	3.1	
20	0	21	.	86.9				1008.0	982.9	3.0	
21	0	21	.	86.9				1012.0	989.3	3.0	一次搬入到達
22	0	21	.	82.9				1012.5		3.0	
23	0	21	.	82.9				1010.0		3.0	
24	0	21	.	79.1				1013.0		3.0	
25	0	21	.	79.1				1021.0		3.0	
26	0	21	.	79.1				1019.5		3.0	
27	0	21	.	79.1				999.0		3.0	
28	0	21	.	82.9				1013.7		3.0	
29	0	21	.	82.9				1012.5		3.0	
30	0	21	.	82.9				999.0		3.0	
31	0	21	.	82.9				1009.0		3.0	普通式

坑内ガス検知記録表 (昭和51年 4月)

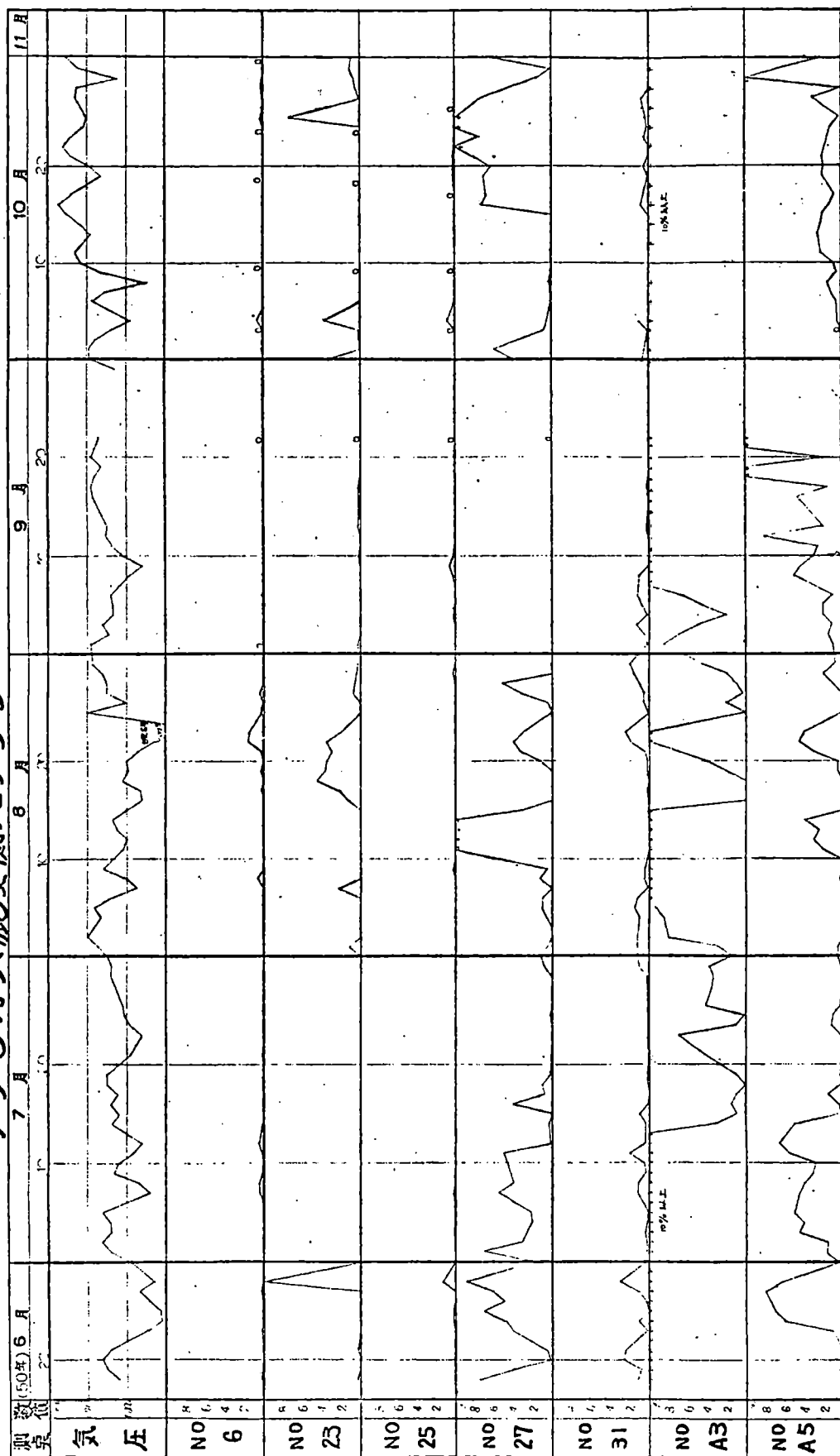
No. _____

日	ガス濃度		検知ヶ所	無圧気時		圧気時		大気圧	掘進延長	坑内湧水	備 考
	メタン	酸素		主扇風量	圧気圧	空気消費量					
1	0	21.0%						1016 ^{mb}		3.0%	掘通、坑内止水工
2	0	21						1014		.	主扇撤去
3	0	21						1015		.	
4	0	21						1013		.	
5	0	21						1010		.	
6	0	21						1011		.	
7	0.1	21	600					1008		.	
8	0.1	21	600					1013		.	
9	0	21						1013		.	
10	0	21						1016		.	
11	0	21						1015		.	
12	0.15	21	600					1014		.	
13	0.1	21	600					1010		.	
14	0.1	21	600					997		.	
15	0	21						1001		.	
16	0	21						1003		.	
17	0	21						1005		.	
18	0	21						1010		.	
19	0	21						1011		.	
20	0	21						1011		.	
21	0	21						1005		.	
22	0	21						1008		.	
23	0	21						1006		.	
24	0	21						1007		.	
25	0	21						1010		.	
26	0	21						1005		.	
27	0	21						1007		.	
28	0	21						1009		.	
29	0	21						1003		.	
30	0	21						1001		.	

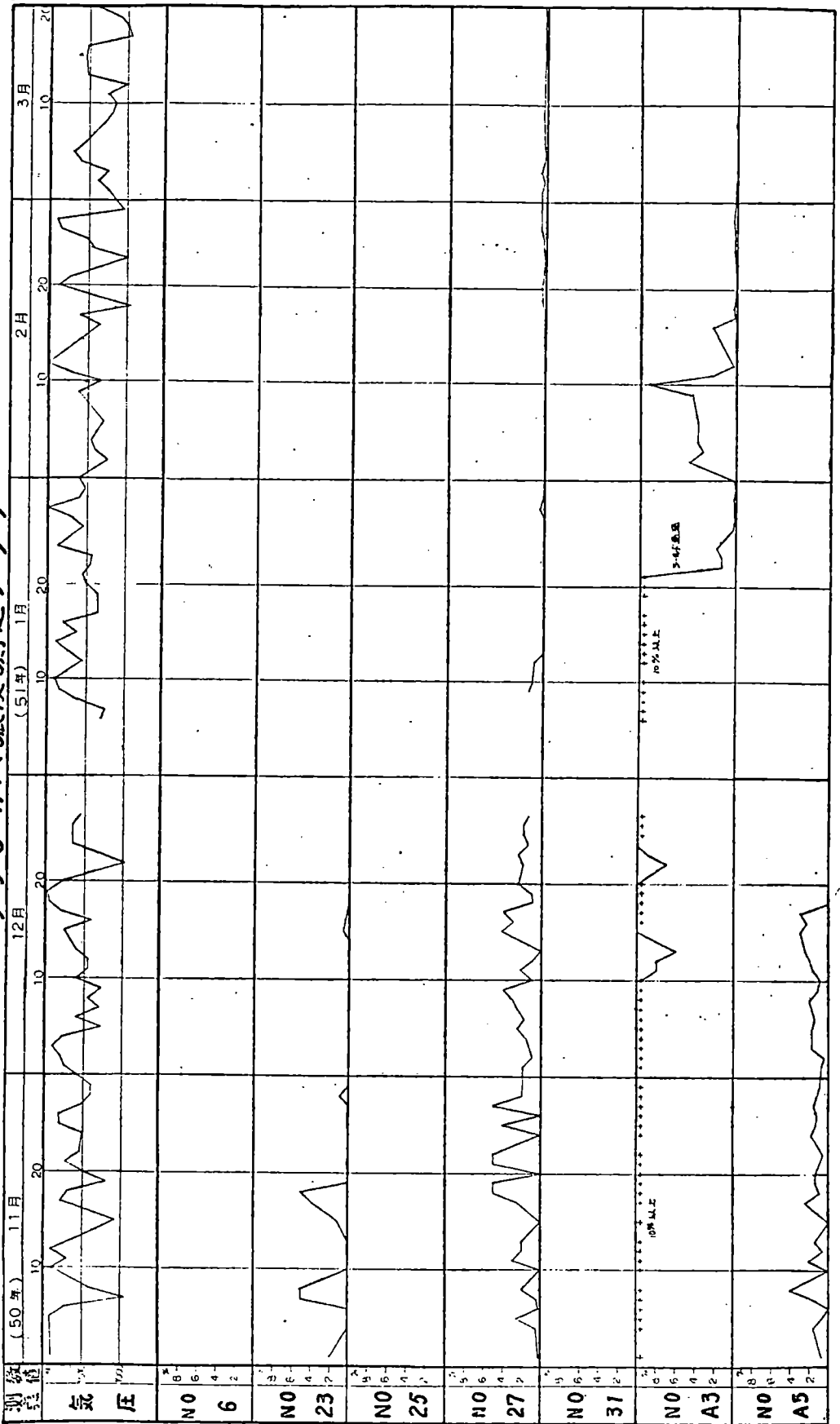
メタンガス濃度測定結果グラフ



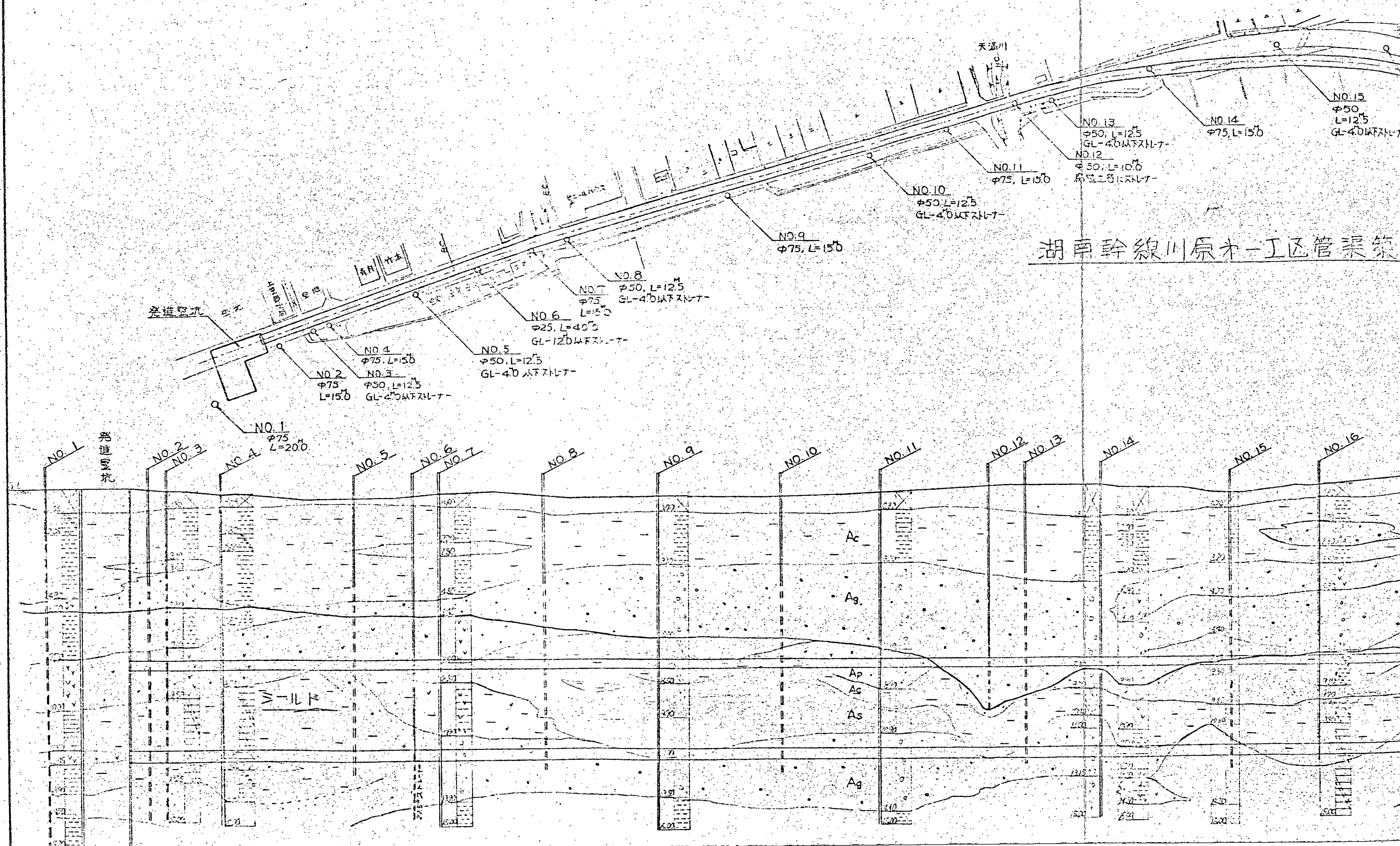
メタンガス濃度測定グラフ



メタンガス濃度測定グラフ



メタンガス測定孔位置図

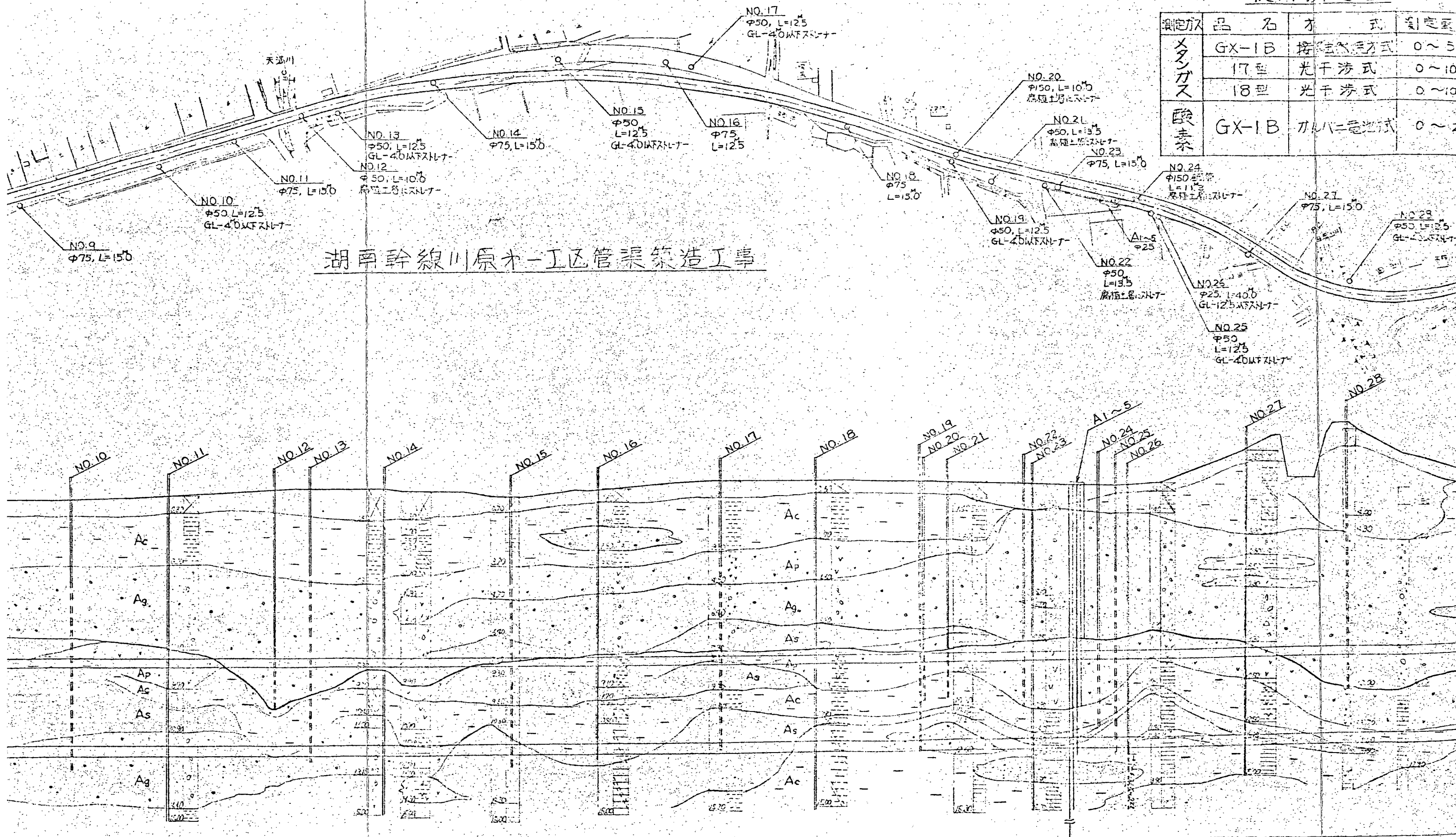


湖南幹線川原オ-工区渠築

メタンガス測定孔位置図 (H = 1/1000 V = 1/100)

使用測定器

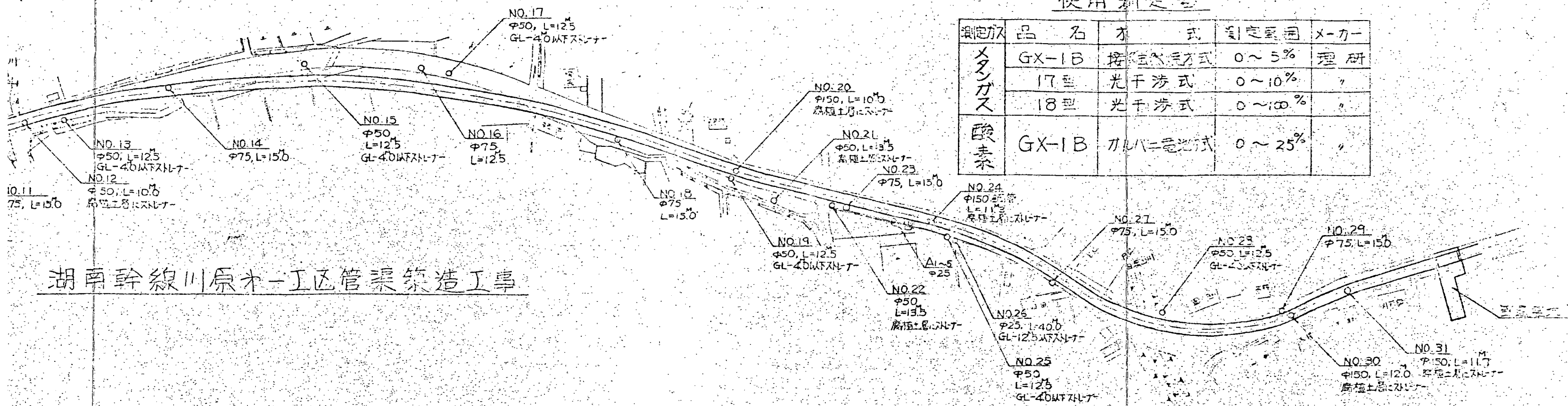
測定ガス	品名	方式	測定範囲
メタンガス	GX-1B	接触式	0~5
	17型	光干涉式	0~10
	18型	光干涉式	0~10
酸素	GX-1B	カルバニ電極式	0~2



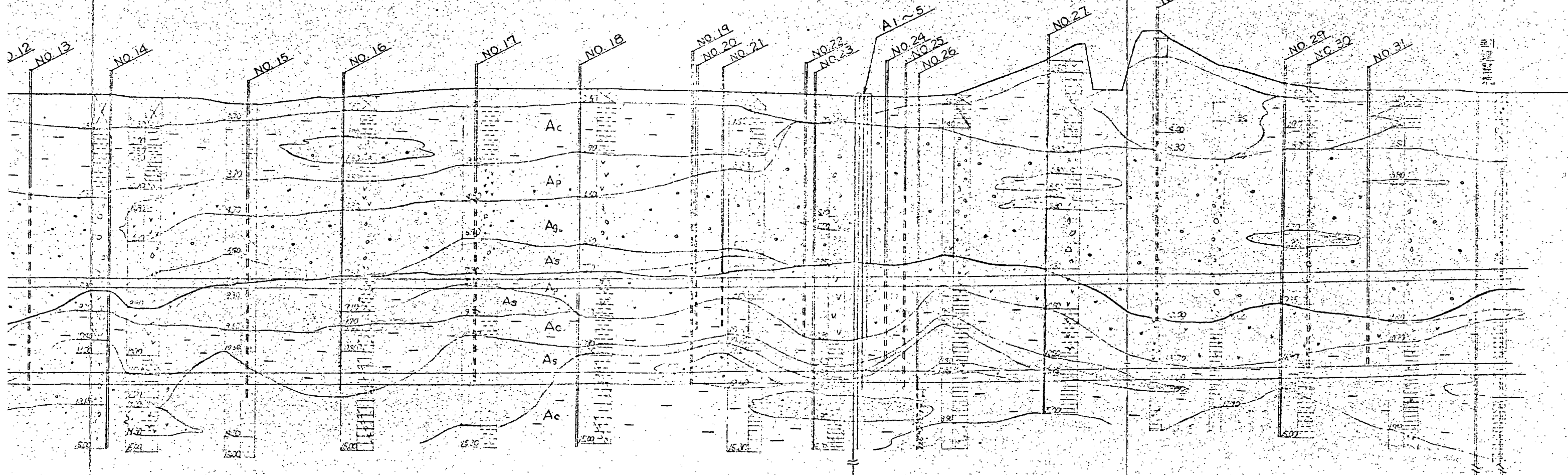
測定孔位置図 (H = 1/1000 V = 1/100)

使用測定器

測定器	品名	方式	測定範囲	メーカー
メタガス	GX-1B	接合式	0~5%	理研
	17型	光干涉式	0~10%	"
	18型	光干涉式	0~100%	"
酸素	GX-1B	カルバニ電極式	0~25%	"

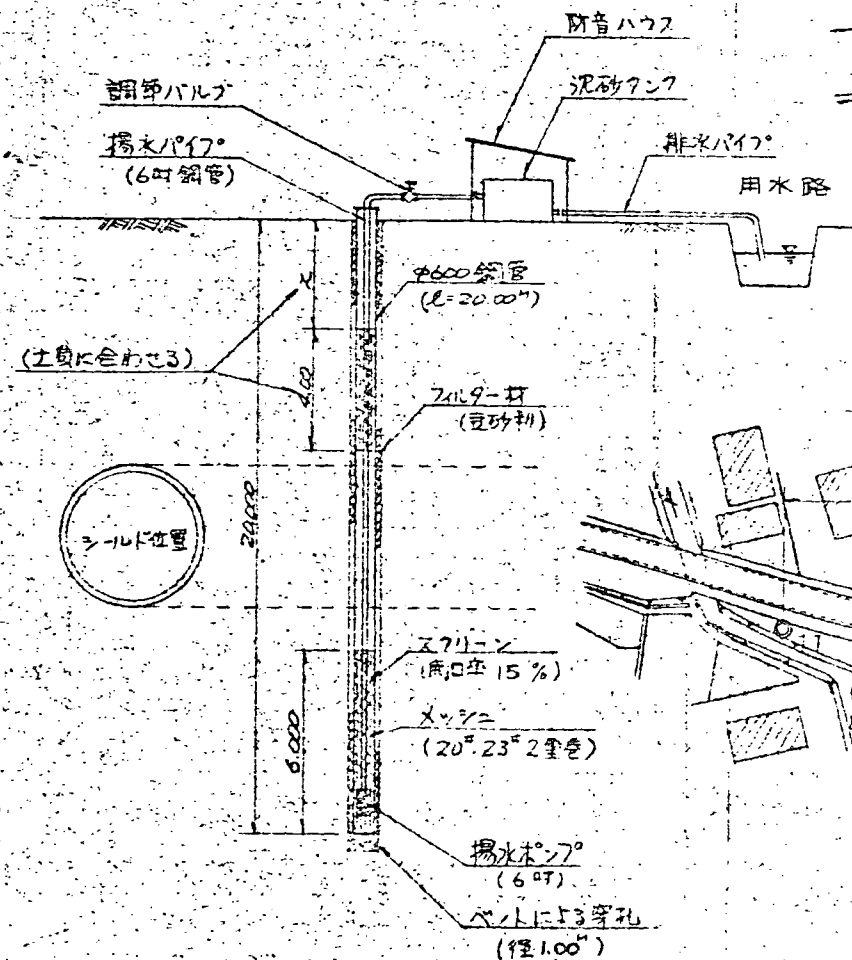


湖南幹線川原一工区管渠築造工事

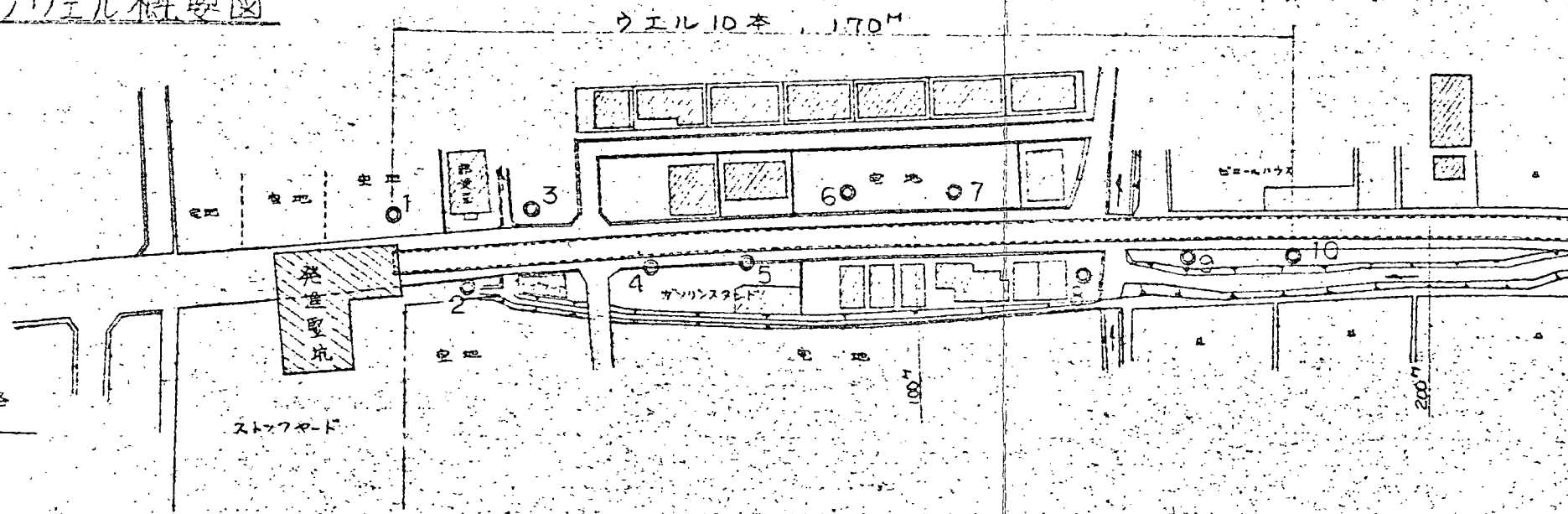


デープウェル概要図

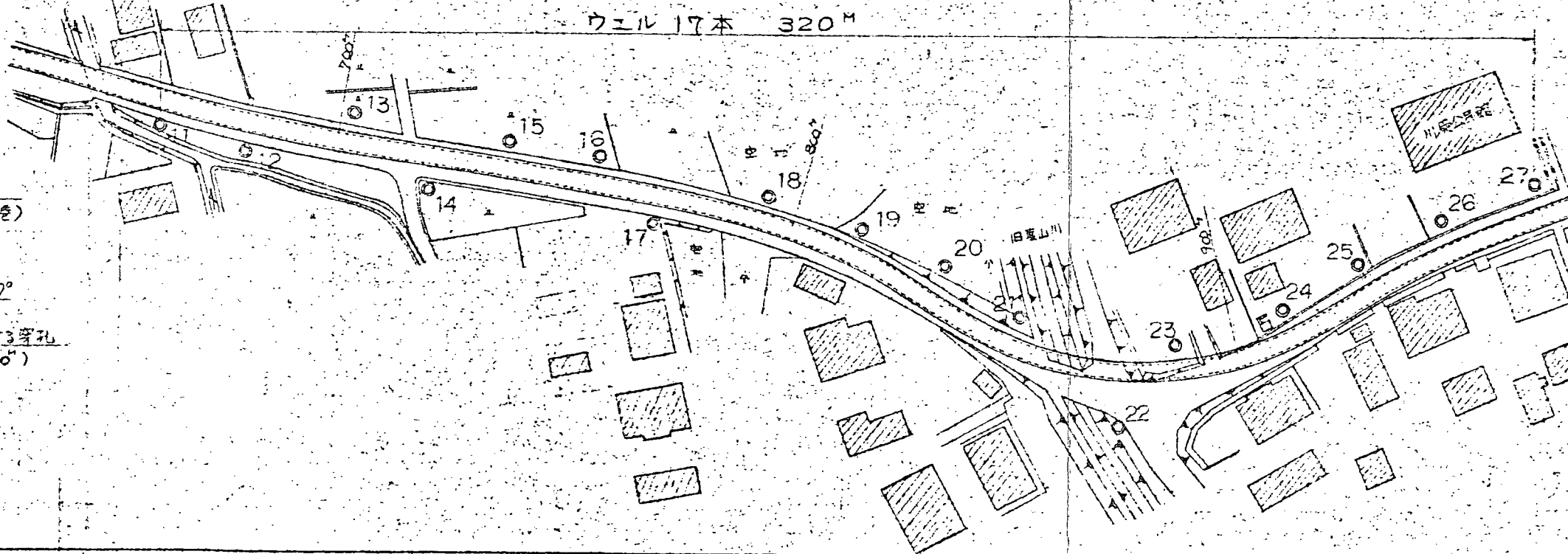
デープウェル一般図
(S=1/200)



発進坑側ウエル位置平面図 S=1/1000



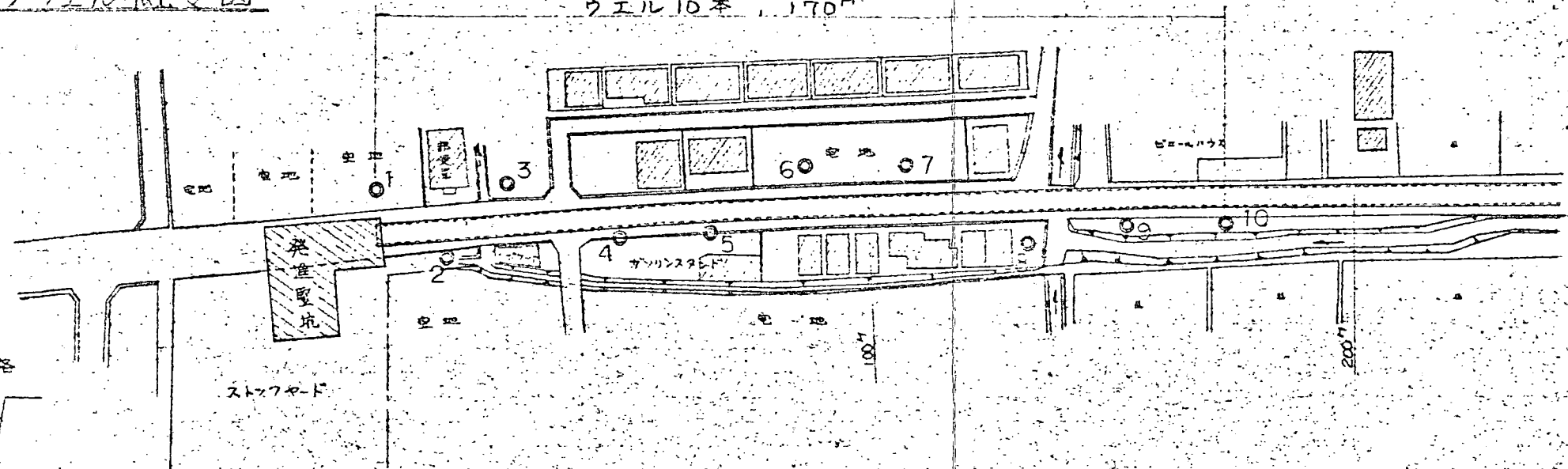
到達坑側ウエル位置平面図 S=1/1000



発達坑側ウエル位置平面図

S = 1/1000

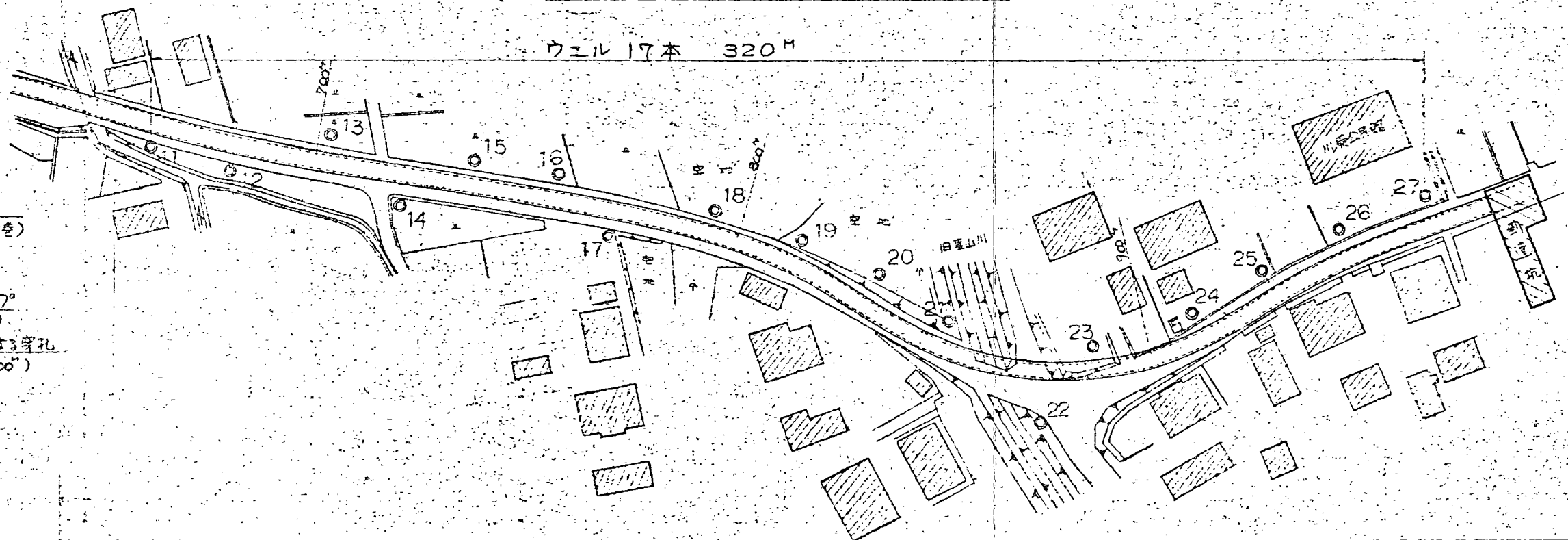
ウエル 10 本 170 M



到達坑側ウエル位置平面図

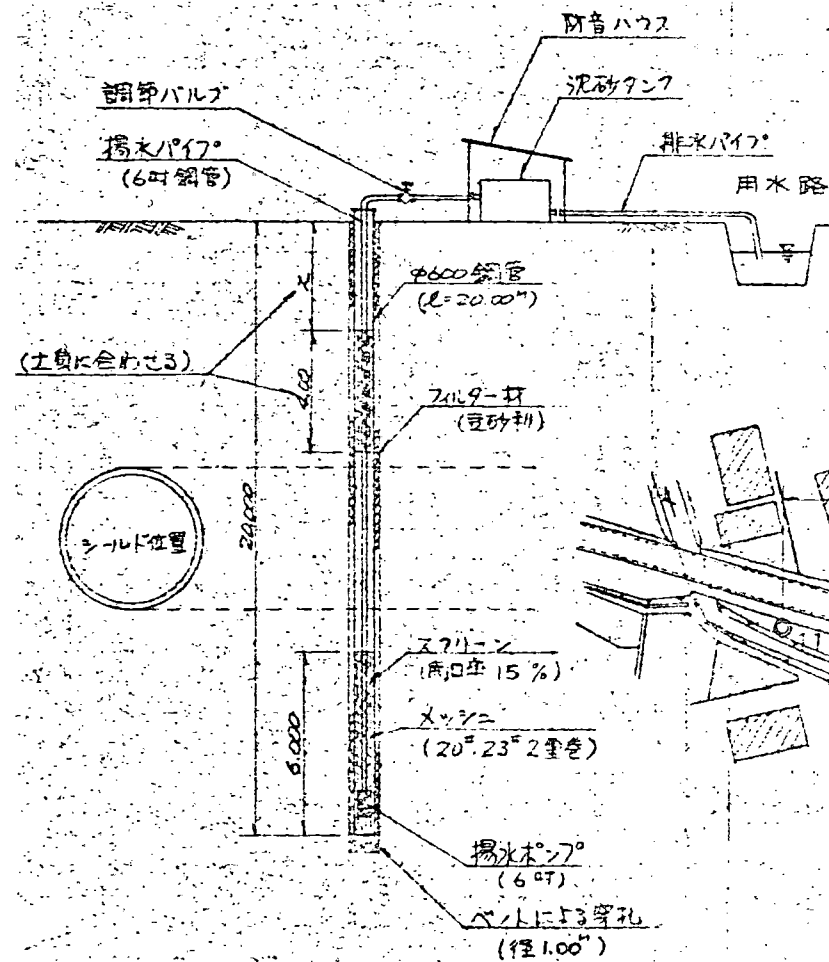
S = 1/1000

ウエル 17 本 320 M



ディープウェル一般図

(S = 1/200)



串林地すべり地について

島 通保*・竹内篤雄*

1. 雄琴周辺の地質・地形概要と地すべり

比叡山地の東山麓に位置する滋賀丘陵は地質的には新第三紀鮮新世—第四紀洪積世に属する古琵琶湖層とその上に堆積した扇状堆積層とにより構成されている。地形的には東西1～5km、南北約14km、標高は120～170mの範囲に広く分布している。この丘陵は湖岸段丘から丘陵に移行する地形形成過程にあり、段丘に無数の小谷が刻みこまれている。この丘陵に雄琴地区と上仰木地区の二つの地すべり防止指定地がある。(図-1)筆者等はこれらの地区内にある18ヶ所の地すべり地で調査を実施した。その調査結果を総合すると、当地域の地すべり地の多くは地形的には段丘に刻みこまれた小谷の谷頭付近に位置し、湖岸段丘から丘陵へ移行する地形形成過程の一端を担っているようであり、地質的には古琵琶湖層に属する南庄粘土層下部の固結シルトあるいは粘土層を基盤とし、その上に載る南庄粘土層上部の軟弱な地層あるいは扇状堆積物が地すべりを起こしているようである。すべり面までの厚さは一般に薄く2～5mのものが多く、ついで5～10mとなっている。地すべりの規模は小さく長さ100m前後、巾50m前後のものが最も多い。移動形態は多くのものは崩壊性地すべりといわれるものに分類され、集中豪雨時にその活動が目立つ。平常時にごく緩慢にクリープしているものもある。

2. 串林地すべり地について

崩壊性地すべり地の平常時の移動機構・防止対策・予知等に関する知識を得る目的で今日まで調査した地すべり地の中から串村地すべり地を選定し、当地において発生直後から今日まで長期間にわたり諸種の調査を実施してきている(図-2)。

当地すべり地は1967年6月22日に急激に発生したものであり、その発生状況は一般に知られている地すべり発生状況とはかなり異なったものであった。

* 京都大学防災研究所

つまり1967年4月中旬の長雨以来雨らしい雨もなく6月に入り、琵琶湖の水位も日々低下し6月22日には-35cmという異常枯水になっていた。このような状況で地すべりは発生した。地すべり発生の数日前から当地域の南部で宅地造成のための地ならしが行なわれており、地すべり発生当時約3000㎡の土砂が地すべり上部南側に盛土されていた。地すべり地の北側市道沿いに埋設されていた大津市の上水道は6月18・19日にその使用量が急激に増大していたことが認められており、地すべり発生と同時に水道管は切断された。後日実施された諸性の調査結果から判断すると当地すべり地は図-3に示すように古琵琶湖層を基盤としその上に谷床堆積物が載っていた。この堆積物は砂を含むシルト質の粘土を主としており、その厚さは3~8mで標準貫入試験によるN値は1~5と非常に軟弱な地層である。一方下部の基盤は所々に砂層を挟む固結シルト層を主とする地層でN値は20以上の値を示す場合が多かった。この谷床には1m深地温探査によって南北に二つの地下水脈の存在が推定されており、この中の南側のものが盛土により圧搾され、その背後に地下水が貯留され軟弱な地層をより一層弱いものとすると同時に、さらにこの盛土が谷頭に近かったため、地すべり上部に重りを載せた形となり上記二項が競合して土塊は下方へ移動を開始したものと推定された。さらにこの移動に伴って北側に埋設されていた水道管にヒビが入り、土塊内に多量の水が供給されることになり、一気に地すべり活動を起こしたものと推測された。この地すべりの規模は長さ180m、巾約50mですべり面の深さは3~8mとなっている。

3. 調 査 目 的

当地すべり地における長期観測の目的は大きく分類して次の三つある。

①一たび急激に活動した地すべり地のその後の動き、つまり安定するまであるいは再活動するまでの土塊の変動の様子を詳細に記録し、地すべり予知・防止対策・移動機構に関する知識を得る。この目的のために1967年7月1日~68年3月、1971年7月~現在まで長期間継続観測を行なっている。

②①を行ないつつ地すべり地における移動機構解明に役立ち得る資料を得るための観測体系の模索および各種計測器の改良ならびに新計測器の開発を並行して行なう。現在まで観測網の充実および計器の改良と新計測器として長径自記式傾

斜計・簡易長径傾斜計・地中変形測定器の開発を行なっている。

③岩石・土壌の風化はそこに存在する水と強い関係があることが知られている。この点から地すべり地の地下水を定期的に採水し、その溶存化学成分を分析することにより土塊変動に関する何等かの情報が得られるものと期待される。そこで土塊変動と水質変動との関係を明らかにすることを目的として定期的(7~14日)に地下水を採水し分析している。

4. 観測体系

地表面および地中内部の土塊変動状況をできるだけ正確に把握するために図-2に示すような観測体系を一つの例として取った。

現在設置されている計器は次の如くである。

自記式伸縮計	14台
傾斜計：従来のもの	12成分
長径のもの	3成分
自記長径	1台
地中内部歪計	1本
(以前は12本埋設されていた)	
自記蒸発計	1台
自記水位計	3台
自記雨量計	1台
地中変形測定器	月1回各孔
地下水採取 浅層(1~2m)	2ヶ所
中層(5m)	1ヶ所
深層(10m)	1ヶ所

5. これまでの移動経過

移動経過の詳細については別刷1、2および参考文献に記されている。概略的には地すべり発生直後から約1カ月間はかなりの変動が認められたが、その後はごく緩慢なクリープ運動が継続しており今日でも完全に止ったといえる状況にはない。一度活動した土塊は安全係数1.0の極限状態にあるようであり全活動土塊

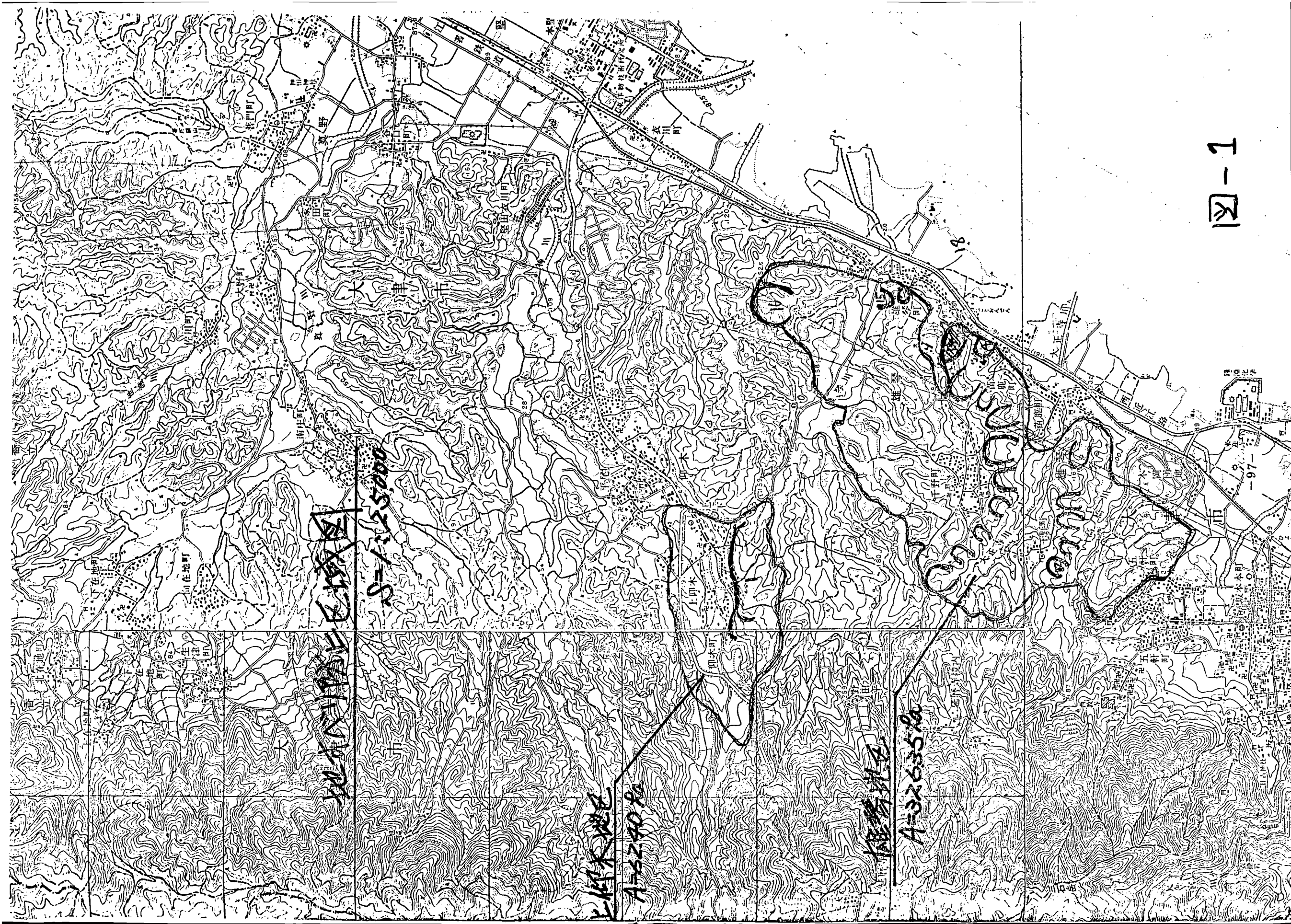
の1%にあたる重量を地すべり上部に載せたために土塊変動が活発になった例がある(別刷2)。現在の移動型態はいわゆる鮎状土塊型であると推測される。図-4に1971年7月から1976年6月までの主測線における月間歪量と同降水量とを示した。これを見ても緩慢にクリープしている様子の一端を知ることができると思う。この5年間に歪量が 23.38×10^{-4} 、実長で40cmの縮みとなっており、年間の歪量を見ても徐々に減少しているとは言えないようである。降雨との関係はあまりはっきりとしたものは見られないが一応1カ月くらいの時間差である程度有意ある関係が認められるという結果がでている。同地の地下水位は常時-10~-30cmで降雨の影響は殆んど受けない。地中内部の動きは地中変形測定器による計測結果によれば明瞭なすべり面があるのではなくすべり帯のようなものが存在することを示している。

6. 防 止 工 事

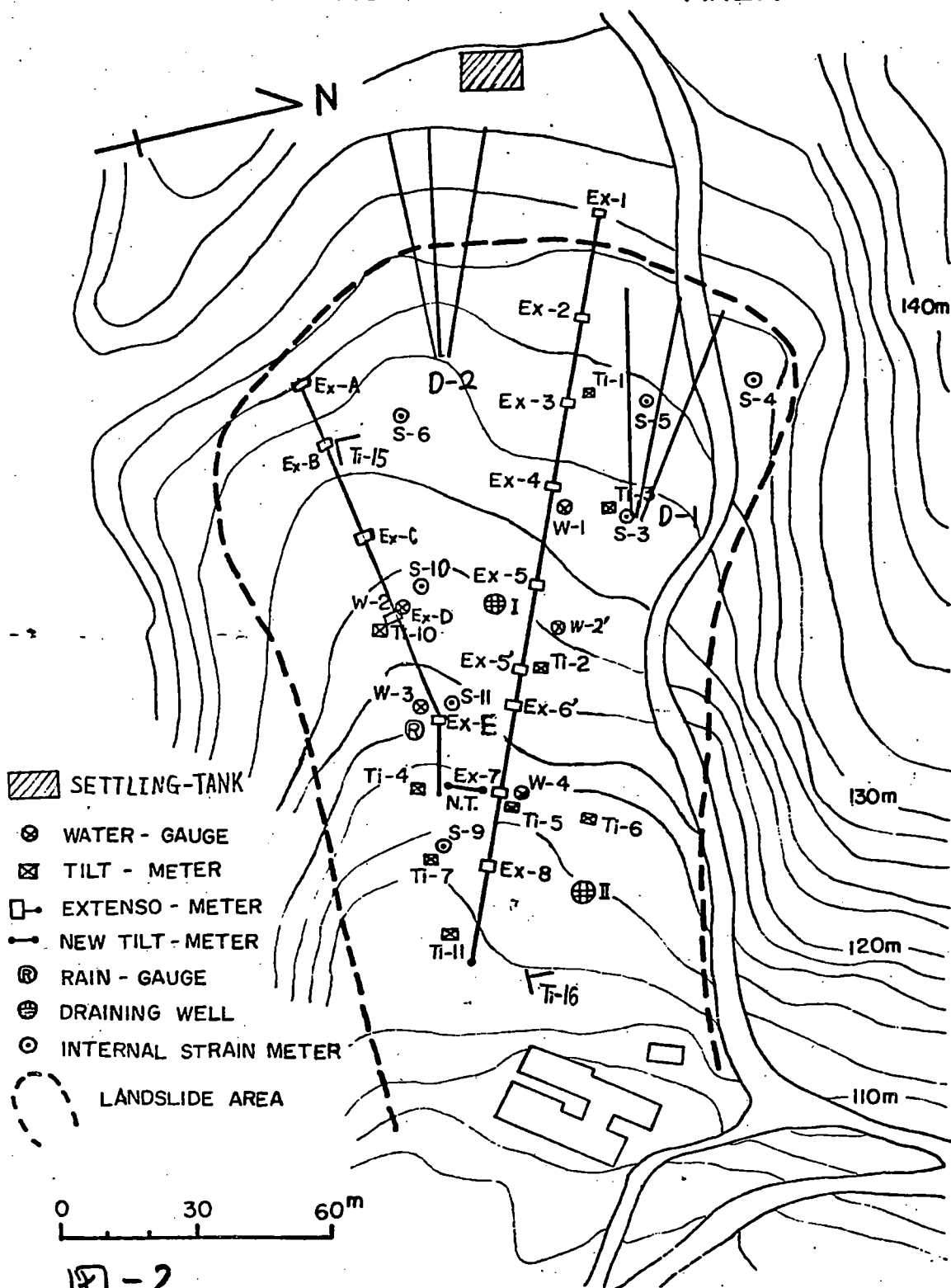
当地すべり地の防止工事は当初の調査結果に基づいて主として地下水排除に重点が置かれ、集水井2基と浅層地下水を排除するために横孔排水試錐3本一組で2ヶ所施工された。地すべり発生後当地の上部と下部においてある程度の規模を有する建築工事がなされたが、いずれの場合も構築物の重量をすべり面下で支えるような構造にされており、さらに安全を期するために20~25m長の鋼管杭が構築物の地すべり側前面あるいは、構築物の下に施工されている。現在の所上・下いずれの建築物にも異常は認められていない。

参 考 文 献

1. 山口真一・高田雄次・竹内篤雄：串林地すべり地について、京大防災研年報第12号B、1969・3、PP. 24-45
2. 山口真一・高田雄次・竹内篤雄・中川 鮮：電気探査による地すべり防止工事の効果判定について、京大防災研年報第13号A、1970・3、PP. 463-477.
3. 防災研究協会：雄琴地区地すべり調査報告書、1968、1969、1970
4. 島 通保・竹内篤雄：串林地すべり地における土地ひずみについて、京大防災研年報第15号B、1972、PP. 209-218.
5. 島通保・竹内篤雄：地中内部歪の測定方法について、地すべり、Vol 10. No 2, 1973, pp. 6-17.
6. 竹内篤雄：地すべり用自記式水管傾斜計の試作について、第9回災害科学総合シンポジウム講演論文集、1972. 10, pp. 131-134.
7. 林 隆夫：堅田丘陵の古琵琶湖層群、地質学雑誌、第80巻第6号、1974. 6, pp. 261-276.



KUSHIBAYASHI LANDSLIDE AREA



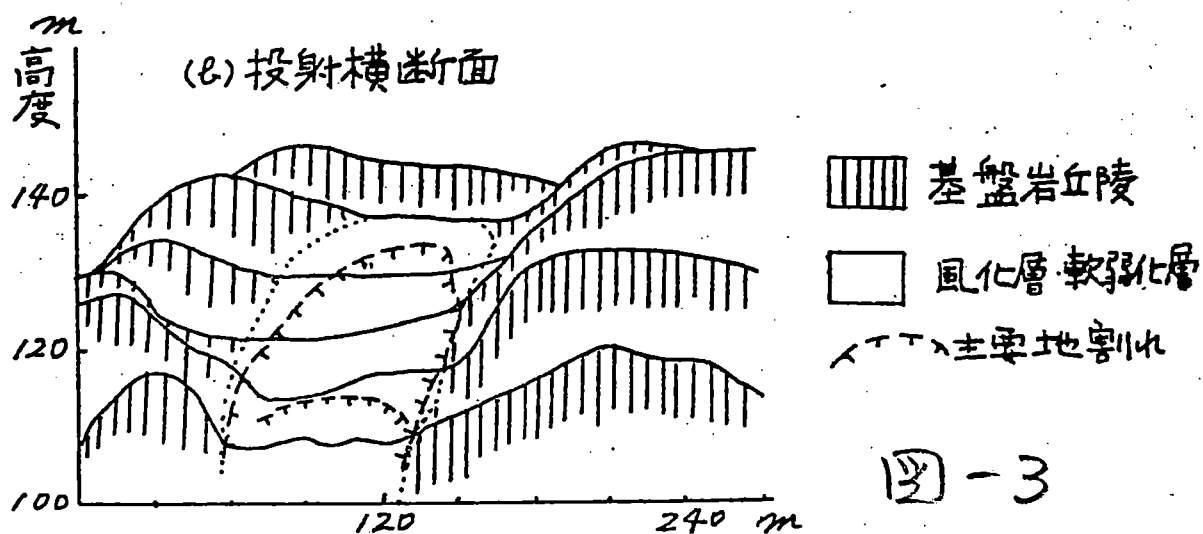
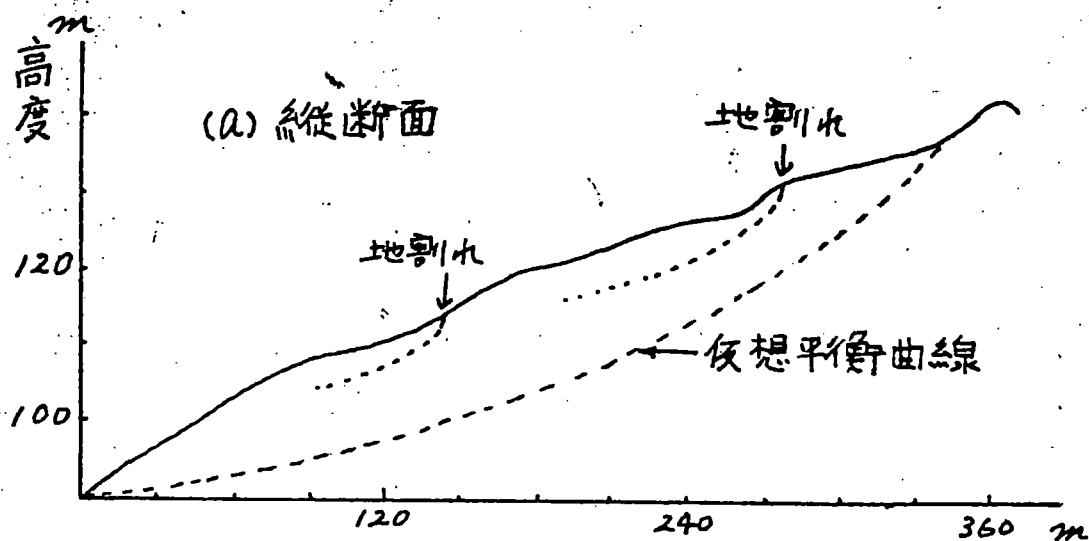


圖-3

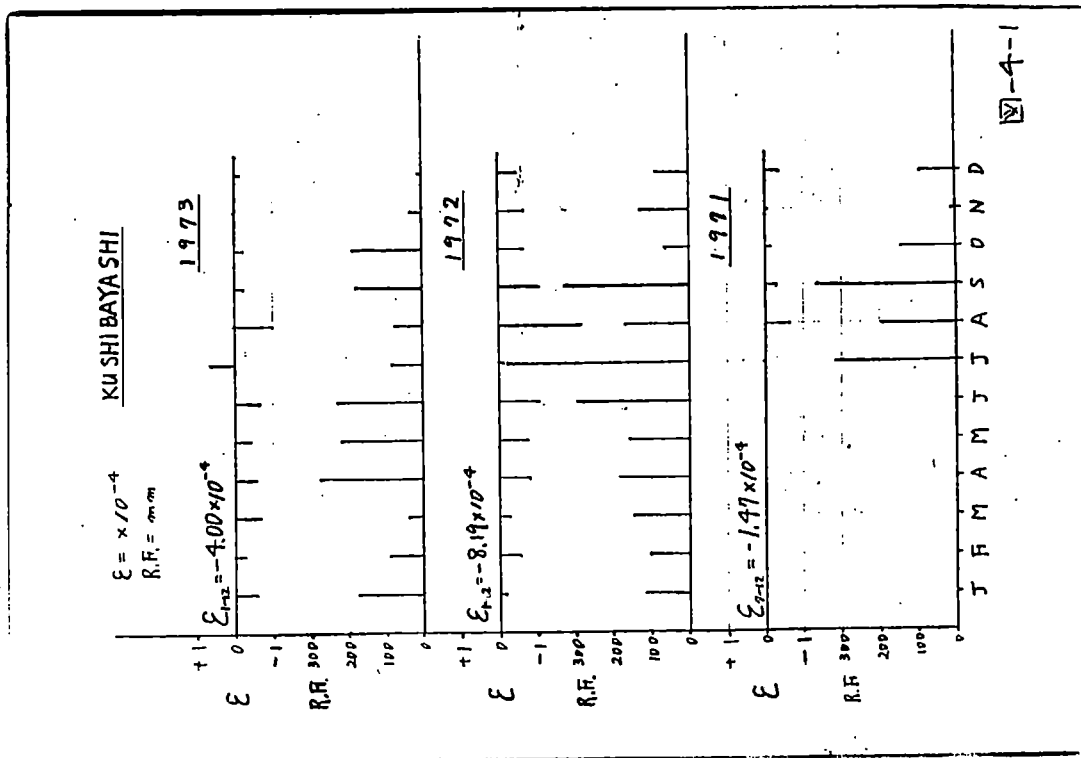


図-4-1

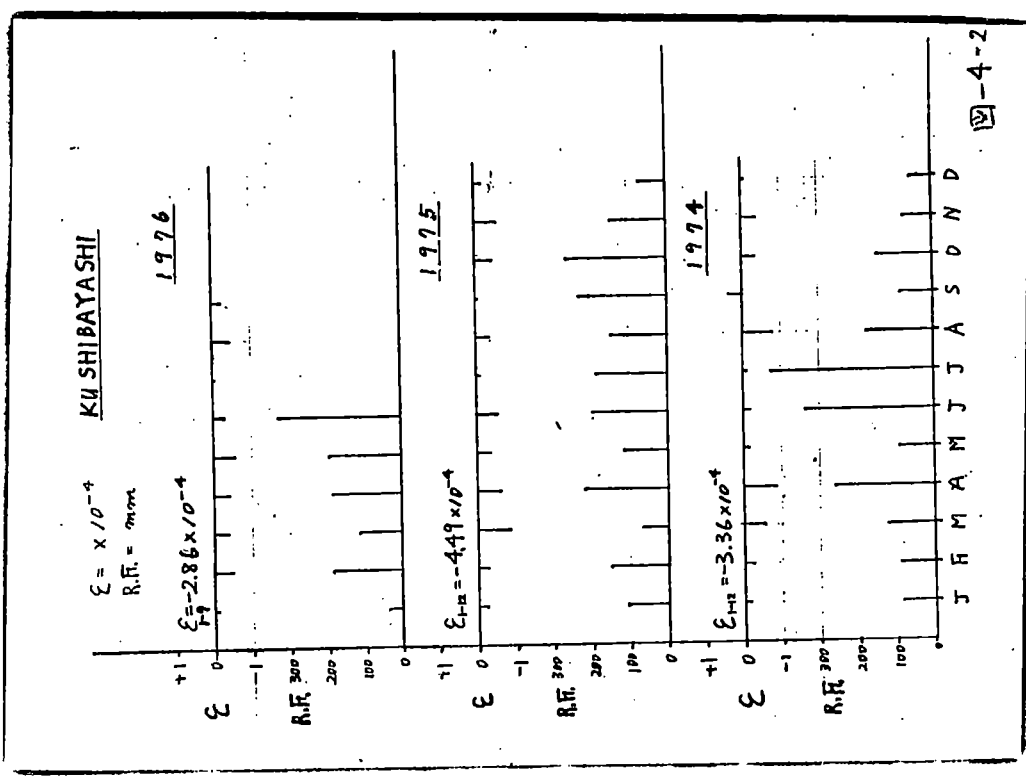


図-4-2

昭和51年11月6日発行

編輯兼 大阪市住吉区杉本町459
発行者 大阪市立大学理学部地学教室内
日本応用地質学会関西支部
企画委員会
