

川崎微小地震観測井の坑井地質

田中耕平*・高橋 博**・鈴木宏芳**・寺島美南子***

Geology of the Kawasaki Micro-earthquake Observation Well

By

Kohei Tanaka, Hiroshi Takahashi, Hiroyoshi Suzuki

National Reserch Center for Disaster Prevention

and

Minako Terashima

Geological Survey of Japan

Abstract

The Kawasaki micro-earthquake observation well was drilled in order to know the real reason for crustal upheaval phenomena around the lower reaches of the Tamagawa River(Kawasaki area) by the National Reserch Center for Disaster Prevention. The data of this well offered information not only about earthquakes, but also about the underground geology in the area. About the latter the following investigations were carried out: (1)geological column; (2)geophysical loggings; (3)core tests. The geological column was obtained by all coring by the wire-line method. Geophysical loggings were carried out in this well by electrical, density and sonic methods. In core tests, various methods were used: X-ray diffraction; microscopic observation; pollen; foraminifera; specific gravity; water content; interstitial water; velocity; core gas; and organic matter analyses. According to these examinations, several results were obtained. The geology of the well was composed of Alluvium and Kazusa group. The latter was divided into 10 parts and had four cycles of lithofacies to the well bottom(609m). The unconformity at about 108m depth was expected in accordance with the electrical well logging, the geological column and the deta of Geological Survey's well. By planktonic foraminiferal biostratigraphy, the Kazusa group in the well was correlated with the formations from Otadai to Ohara on the Boso peninsula. The result of the pollen analysis showed that the climate changed from warm to cool at about 350m depth. From this result, and the planktonic foraminifera, the boundary of Tertiary and Quaternary systems was supposed to be at the same depth, but if the appearance of *Liquidambar* and *Nyssa* are regarded as important, it could be also considered to exist at about 500m depth. The result of organic matter analysis indicated an accurate difference, between 275 and 344m depth, in the total contents of amino sugar. By comparison with the data from deep wells in Kawasaki area, an anticline was recognized.

* 国立防災科学技術センター第3研究部

** 同第2研究部

*** 工業技術院地質調査所

1. ま え が き

川崎微小地震観測井は、多摩川下流域で発生した地盤隆起現象と地震発生との関連を探究する観測の一環として、国立防災科学技術センターにより計画・作井された。本井の目的は、変動域の直下ないしはその近傍で発生する微小地震を地中で精度よく観測するとともに、本地域の地下地質の解明に資料を供することである。観測井は1975年9月に完成し、同年10月より観測を開始しており、地震予知連絡会などに観測結果（防災センター、1976a, b）は報告されているが、当センターからも佐藤ほか6名（1977）により別に報告されている。

本報告は観測井の工事に当り収集した知見をまとめたものである。その際に行われた測定ならびに試験は次のようなものである。

1) 地質柱状図作成（岩層、層序記載）、2) 物理検層（電気検層、速度検層、密度検層）、3) コア試験（X線分析、顕微鏡観察、花粉分析、有孔虫分析、見掛け比重および含水率測定、間隙水の水質分析、弾性波速度測定、熱伝導率測定、コアガス分析、有機物分析）。

本報告では、これらの結果について述べるとともに、近在する深井戸のデータを総合して、この地域の地層の地質年代と対比について考察した。

2. 川崎市東部の地盤隆起

1974年12月、多摩川下流域における地盤の異常隆起現象が地震予知連絡会会長によって発表された。この隆起現象は国土地理院によって定期的に行われている水準測量の結果明らかになったもので、1971年以来、川崎市を中心とした半径数kmの地域が、大きい所で年に1cm以上の速度で隆起しているとするものである。その詳細を川崎・横浜両市の実施した水準測量をもとに示したのが図1である。この隆起現象が地震に結びつく前兆現象であるか、または地下水揚水量減少の影響によって生じたものであるか、その原因を速やかに解明するため、関係諸機関によって

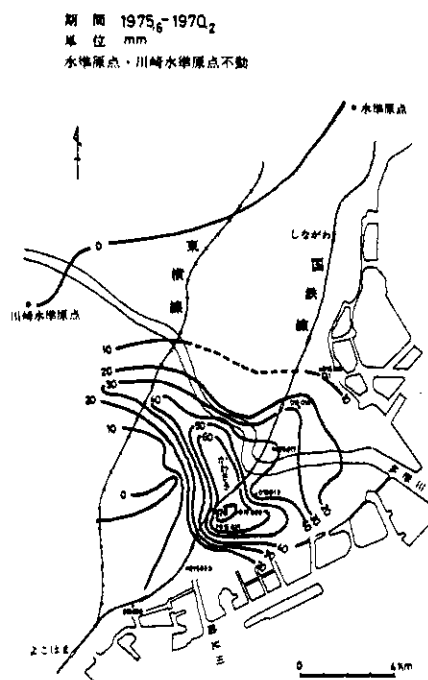


図1 川崎市東部の隆起量図（最近5カ年間）
（国土地理院 1976）

Fig.1 Map showing land upheaval in the eastern area of Kawasaki City.
(Geographical Survey Institute 1976)

種々の観測が実施された。それらの結果をとりまとめて、昭和51年5月に下記のような見解が地震予知連絡会から発表された。

多摩川下流域の異状隆起に関する調査結果について

昭和49年末、地震予知連絡会は多摩川下流域の地盤が異常隆起していることを報告した。従来、地震前に地盤の異常隆起が観測された例もあり、この隆起が地震に結びつく現象であるとするれば、何等かの異常が現われると思われる諸項目について関係諸機関によって観測調査が行れた。

現在までの観測結果によると、1.地震活動、2.地震波速度、3.地下水のラドン含有量、4.地殻水平歪等について、いずれも異常が観測されていない。地震予知に関する我々の知見から判断すると、多摩川下流域の隆起が地震の発生に結びつく公算はかなり小さいと言える。

しかし、地盤隆起そのものは依然として継続しており、その原因は地下水の状態に関連があると推定されるが、確かなことは不明である。日本の大都市はほとんどが平野部に位置しているので、この種の地盤異常隆起の原因を究明することは、日本の地震予知の推進に極めて大切であり、今後とも諸種の観測は継続する必要がある。

昭和51年5月25日

地震予知研究推進連絡会議議長 久良知 章 悟 殿

地震予知連絡会会長

萩原 尊 礼

ところで、異常隆起は1977年現在なお続いており、従来は多摩川の旧河道にあたる場所のみ著しく隆起していたのに対し、この1年間はその傾向が消えて、さらに広い地域が全体的に隆起し、最大のところでは2cm /年も隆起した。

上記見解のあと、連続観測が今日（1977年8月）なお行われているのは、当センターの本観測井による微小地震観測と地質調査所による新第三紀層地下水のラドン濃度などについての観測である。

3. 川崎市東部の地形と地質

川崎市東部を中心とする地域の地形は、多摩川及び鶴見川による沖積低地と更新世後期の下末吉および武蔵野の段丘に二分される。

観測井は沖積低地にあり、埋没立川段丘と古多摩川の河床の境界付近に当る（図2）。

松田（1973）によれば、川崎を中心とする多摩川の河口域の沖積低地では、上総層群上の堆積物はそれぞれ不整合関係にある3層に大別でき、沖積層、東京層Ⅰ（洪積世）、東京層Ⅱ（洪積世）と命名されている。沖積層はさらに6層に細分され、上位より、最上部陸成層、上部砂層、上部泥層、中間砂層、下部砂泥層および基底礫層と呼ばれている。

多摩川の河口域より上流にある観測井付近では、沖積層は全体的に薄くなる点を除けば、多摩川河口域と大差はないが、洪積層の様相はあまり明確ではない。すなわち、川崎市計画局（1965）によれば、ほぼこの地域全域にわたり、保土ヶ谷礫層の存在が示されている。この礫層を大塚（1937）は下末吉層（洪積世）の下位に位置し、古相模川の分流によっ

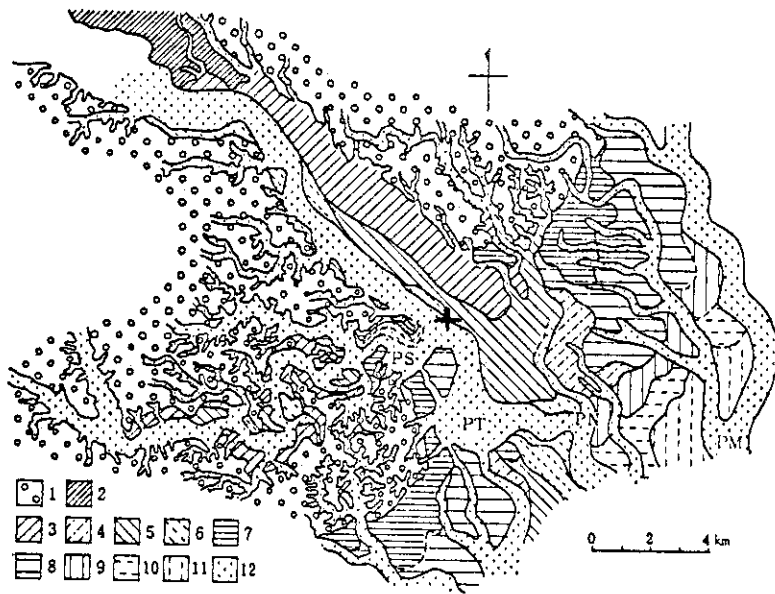


図2 川崎市東部の埋没地形図(松田1973) Fig. 2 Map showing buried landforms in the eastern area of Kawasaki City.(Matsuda 1973)

非埋没地形	1: 立川段丘より古い丘陵と段丘	2: 立川段丘
埋没地形	埋没段丘と三角州性平野	3: 埋没立川段丘Ⅰ
	4: 立川段丘Ⅰに対比される埋没三角州性平野	5: 埋没立川段丘Ⅱ
	6: 埋没立川段丘Ⅱより低い段丘	7: Higher upper
埋没海岸段丘	7: 高位段丘上位面	8: Lower upper
	8: 高位段丘下位面	9: Middle
	9: 中位段丘面	10: Higher lower
	10: 下位段丘上位面	11: Lower Buried valleys
	11: 下位段丘面(埋積谷)	12: Paleo Rivers
	12: 古河川	RT: 古多摩川
		RS: 古鶴見川
		PM: 古目黒川
		+: 堀削地点

PT: paleo Tama River, PS: paleo Tsurumi River, PM: paleo Meguro River, +: well.

て生じた堆積物と考えたが、最近では下末吉層の縁辺相と考えた方がよいという意見もある(関東ローム研究グループ, 1964; 太田ほか2名, 1970)。これらの資料から、観測井付近には洪積層が存在すると考えられる。

地質調査所(1975)によれば、川崎市東部の“基盤”は鮮新世から更新世初期にわたる海成堆積岩からなる上総層群である。本層群はシルトないし砂・シルト互層からなる。その分布は本地域の地下に全面的に広がるが、地表では鶴見地域の下末吉段丘地域にしか見られない。上総層群は全体として北方へゆるやか(数度以内)に傾いている。日吉以南の川崎-鶴見付近では、東西走向傾斜60~80°で、南落ち、落差が5~15mの正断層が多いが、なかには落差40m以上のものもみられる(図3)。かって、川崎付近にゆるやかな背斜構造が推定されていた

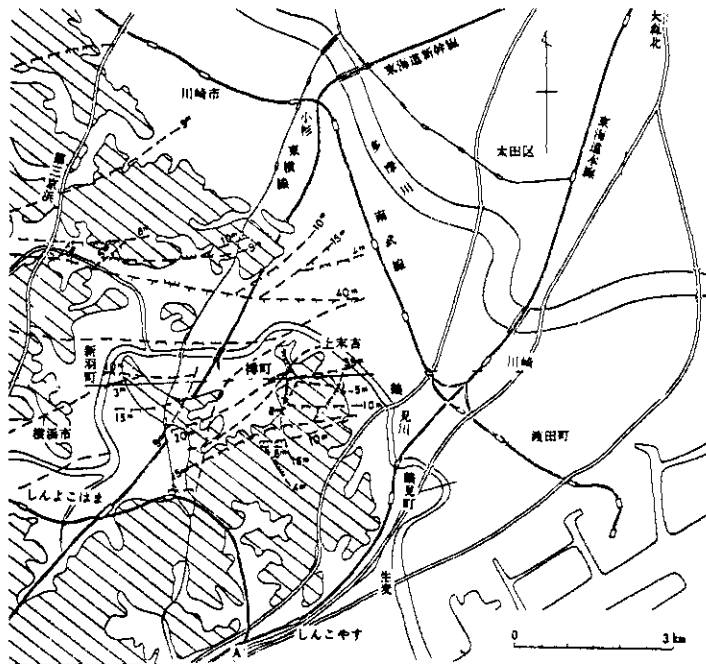


図 3 川崎市周辺の地質図 (地質調査所 1975)

川崎付近の地形と上総層群を切る断層。斜線域：下末吉段丘面、白地：沖積面、太い破線は断層(神奈川1955)で、カギは落下側、数値は落差(単位m)を表わす。

Fig. 3 Geological map (Geological Survey of Japan 1975)

Map showing the Shimosueyoshi terrace plans (hatched) alluvial plane (blanc), and normal faults (thick broken lines) in the Kazusa Group. Hachures are on the downthrown side. Numerals represent vertical displacement (unit: meter).

(徳永ほか2名, 1949)のは、上記のように北傾斜の上総層群が南落ちの多数の断層によって切られ、同じ層準が繰り返して現れるため、大きくみると、背斜構造と同様の構造を示しているためである。

川崎を中心とする多摩川河口域は川崎ガス田と呼ばれ、天然ガスの採取や探鉱のための深井戸資料がある。これらによれば、川崎市東部の地下600~700mまでは上総層群のシルトおよび砂・シルト互層からなり、その下は上総層群基底の礫層(数10~100m?)を挟んで、三浦層群が存在すると推定されている。

4. 坑井地質

4.1 地質柱状図

本観測井では、ワイヤーライン工法によるコア掘りが実施されたので、採取されたコアについては100分の1の縮尺でスケッチを行い、地質柱状図を作成した。地質柱状図には岩質、含まれる化石（貝殻片、木片、葉片）、岩石片、軽石片の多少、割れ目の状況、固結の程度、コア実収率などが記載されている（図4、巻末に一括掲載）。

4.2 岩相層序

本観測井の地質は、深度1.5m迄の表土および深度3.6m迄の沖積層に属すると思われる未固結砂礫層を除けば、主として固結のやや進んだ砂、砂質シルトよりなり、まれに礫や火山灰の薄層を挟む。

地質試・資料および電気検層記録から本観測井には、上位からK₁、K₂、K₃、K₄、K₅、およびK₆、の岩相層序の大区分が認められ、さらに、K₁とK₆を除く各層は、それぞれ上部層および下部層に分けられる。

区 分	深度 (m)	主な岩質	層厚 (m)
A	1.5 ~ 3.6	砂礫 (沖積層?)	3.45
K ₁	3.6 ~ 10.8	シルト質・砂質	8.1
K ₂ 上部層 (K ₂ - u)	10.8 ~ 14.2	シルト質	2.5
K ₂ 下部層 (K ₂ - l)	14.2 ~ 22.9	砂質	8.7
K ₃ 上部層 (K ₃ - u)	22.9 ~ 27.6	シルト質	4.7
K ₃ 下部層 (K ₃ - l)	27.6 ~ 35.7	砂・シルト互層	8.4
K ₄ 上部層 (K ₄ - u)	35.7 ~ 37.9	シルト質	1.9
K ₄ 下部層 (K ₄ - l)	37.9 ~ 45.0	砂質	7.1
K ₅ 上部層 (K ₅ - u)	45.0 ~ 47.3	シルト質	2.3
K ₅ 下部層 (K ₅ - l)	47.3 ~ 59.3	砂質	12.0
K ₆	59.3 ~ 60.9	シルト質	1.6

ここで採用した岩相層序区分は、それぞれの下位の砂質層が卓越する部分から、上位のシルト質層が卓越する部分へ移行する堆積サイクルが、認められることに基づくものである。

i) A層 (1.5 ~ 3.6 m)

本層はいわゆる沖積層で、礫まじりの砂よりなる。この砂礫層は未固結で、一部は洪積層の可能性も考えられるが、スライムだけのボーリング試料では判別できなかった。

ii) K_1 層 (36~108m)

本層は深度約79mまではシルト質であるが、それより下位は青灰色の砂が優勢で、105~108m付近に礫が認められる。これは他の坑井データとの比較により基底礫層と考えられる。また、97m付近および99m付近に、厚さそれぞれ20cm および7cm 程度の灰白色火山灰薄層が挟まれる。砂および礫の固結度はやや低く、軟弱である。上部には貝化石の破片や木片がしばしば認められる。

iii) K_2-u 部層 (108~142m)

本部層にはシルトが卓越し、細粒砂の薄層をわずかに挟む。下底部に近い140m付近に、ごく薄い白色細粒火山灰層が認められる。

iv) K_2-l 部層 (142~229m)

本部層は青灰色の細粒砂の卓越する地層であるが、しばしば互層状に砂質シルトを挟み、上部の145m、161mおよび178m付近に、白色細粒火山灰薄層を挟む。砂やシルト中での軽石片の含有は、他の地層に比べて、著しく少ない。

v) K_3-u 部層 (229~276m)

本部層には暗青灰色の砂質シルトが卓越し、わずかに細粒砂が挟まれる。243mおよび258m付近に厚さ20cm 程度の白色細粒火山灰が存在し、また全般的に軽石片の含有が顕著である。

vi) K_3-l 部層 (276~357m)

本部層は細粒砂と砂質シルトの互層を主とし、下底に近い352m付近に厚さ10cm 程度の白色細粒火山灰薄層を挟む。300~330mの間ではコアは岩片状に破碎され、とくに304~310m間はコアの採取が不可能であった。この付近に断層が通る可能性がある。

vii) K_4-u 部層 (357~379m)

本部層にはシルトを含む泥が卓越し、砂の挟みはごく少ない。軽石片の含有は著しいが、火山灰層は認められない。

viii) K_4-l 部層 (379~450m)

本部層は細粒砂の卓越する地層であるが、419~430mの間には、ややまとまったシルト~泥が認められる。その下位は砂・シルトの互層となる。中間の401~413mの間に白色細粒火山灰の薄層が4層認められる。全般的に植物片の含有が著しい。

ix) K_5-u 部層 (450~473m)

本部層にはシルトないし泥が卓越し、砂の挟みはごく少なく、軽石片の含有も比較的少ない。

x) K_5-l 部層 (473~593m)

本部層は、510m付近までは砂と砂質シルトが互層状に現われるが、それより下位は細~中粒砂が極めて優勢となる。下底部の砂は概して粗粒であり、592m付近には径1~4cm の円礫を含む礫の薄層(厚さ30cm)が認められる。

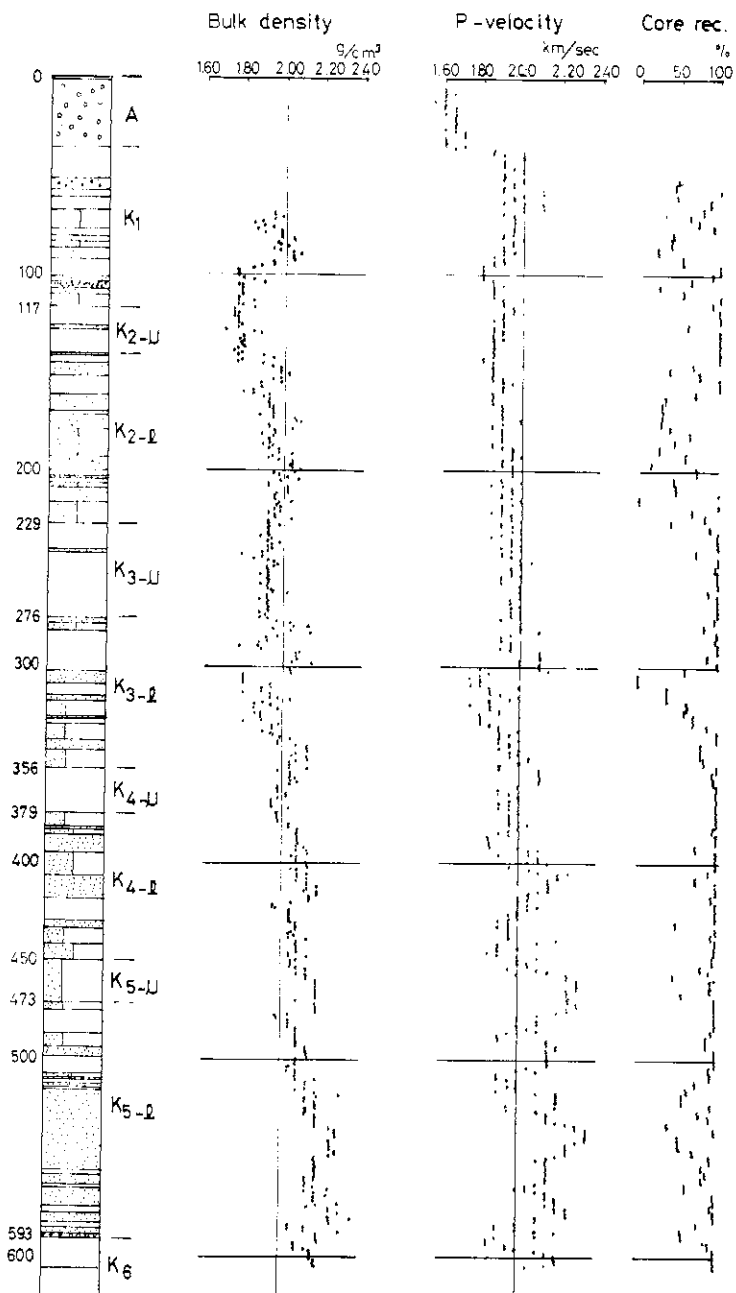


図 5 川崎微小地震観測井の物理検層図

川崎微小地震の坑井地質—田中ほか

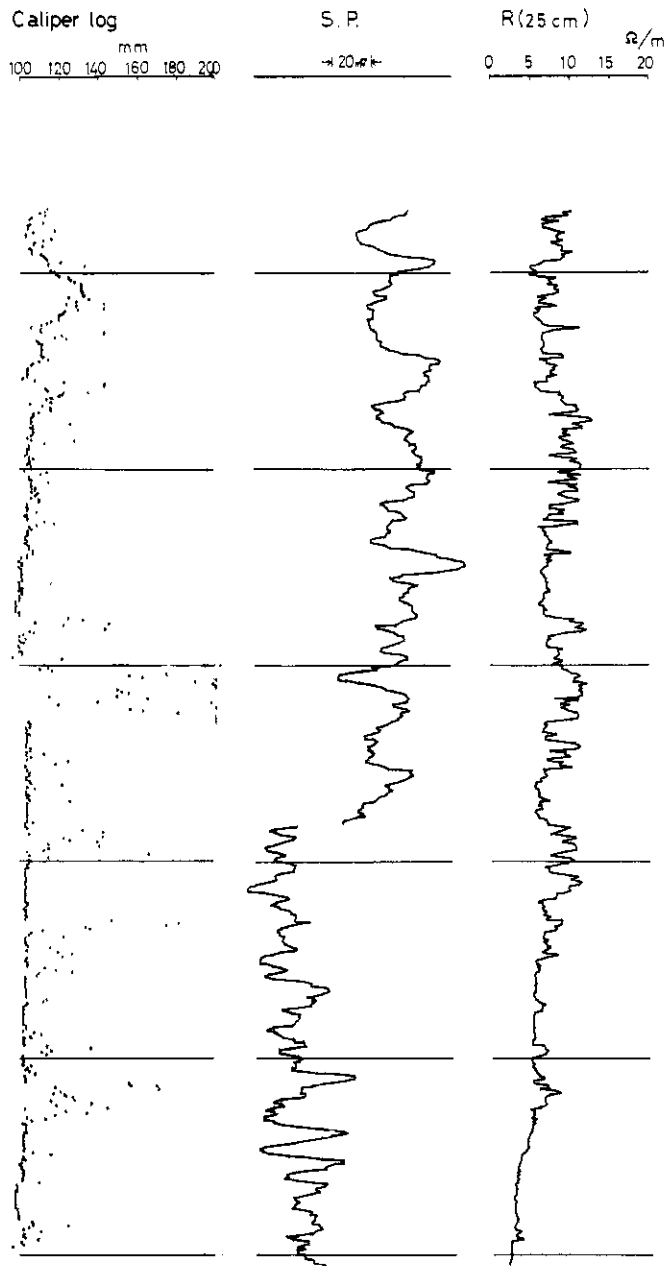


Fig. 5 Geophysical loggings of the deep well at the Kawasaki seismic station

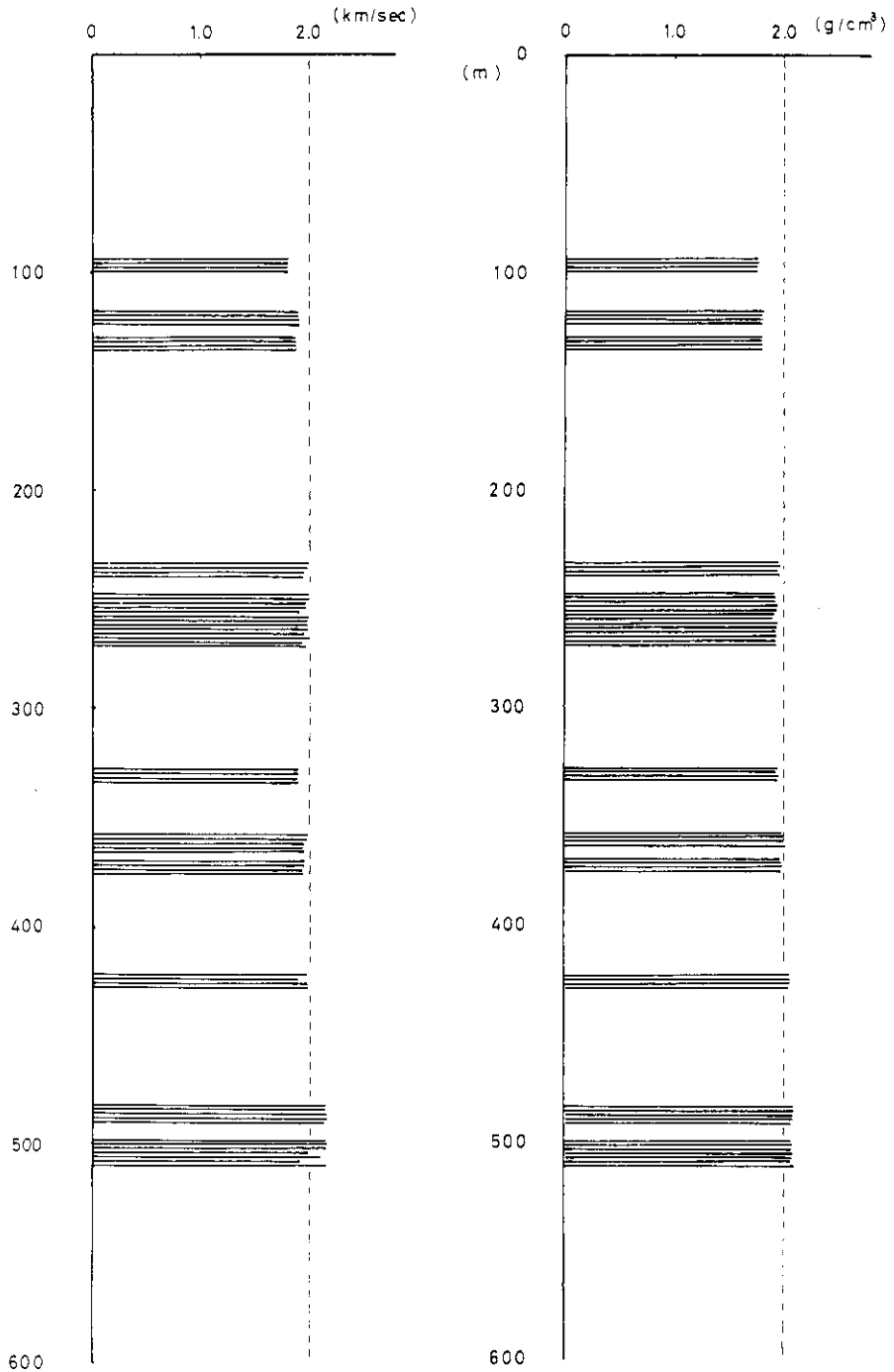


図 6 泥質層の密度と速度の深度分布

Fig. 6 Bulk density and P-velocity in silt of the deep well at the Kawasaki seismological station.

xi) K₆層(593~609m)

本層は606m付近まではシルトが卓越するが、それより下位では坑底まで砂とシルトの互層となる。

5. 物理検層

この章では、本観測井で行われた検層のうち、電気検層、音波検層および密度検層について述べる。測定は住鉱コンサルタント株式会社によって、桑野電機株式会社製WS-101型を使用して行われた。

5.1 電気検層

比抵抗において、本観測井の測定値は、全体として2~13Ω/mを示し、大きく5カ所の高比抵抗部が存在する。それぞれの相対的な高比抵抗部は地質柱状図のK₁、K₂-l、K₃-l、K₄-lおよびK₅-l層に相当し、岩質的には砂質部にあたる。K₂-u、K₃-u、K₄-uおよびK₅-u層相当部は相対的に低い比抵抗値を示し、シルト質であることと対応している。また、頁岩基線は深度200m以深において次第に左に寄っており、掘止め深度(609m)まで天水が侵入していることを示している。後で触れるコア試験によるCl⁻の垂直分布をみると、深度500mまでは500ppm前後であり、600mにおいて4,696ppmと急増しているから、深度700~800m付近で海水に近いCl⁻濃度を示すようになると推定される。

比抵抗曲線と自然電位曲線の動きをあわせてみると、深度およそ250mを境としてそれより浅部においては、両曲線がほぼ並行に、またそれより深部においてはほぼ反対に動いているが、これは上記のような地層中のCl⁻濃度の分布によって説明できる。

5.2 音波検層

本観測井で検出された地層の音波速度は1.6~2.3km/secの値を示す。特に300mを境として、上半部と下半部で傾向が変わり、下半部においてその値にバラツキが大きい。

A層では1.60~1.65km/secを示し、K層(1.8~2.3km/sec)との間に、あきらかに有意の差を示す。またK層の中のシルト質の部分のみとり出して比較したのが図6である。K₁、K₂-u、K₃-u、K₄-u層相当部では平均1.80、1.90、1.95、1.95~2.00km/secとなり、K₅-u層相当部では平均2.10km/secを示す。特に108mの不整合を境として、速くなる傾向が認められるが、これは不整合の存在を裏付けるものであろう。

音波検層も次に示す密度検層と共に、将来、多くの井戸で行われれば、不整合の検出や地層の対比、岩質の推定に役立つであろう。

5.3 密度 γ - γ 検層

本観測井で検出された地層の密度は $1.7 \sim 2.3 \text{ g/cm}^3$ の値を示す。音波検層と同様にシルト質の部分で比較してみると、図6のようになり K_1 、 K_2-u 、 K_3-u 、 K_3-l 、中のシルト挟み、 K_4-u 、 K_4-l 中のシルト挟み K_5-l 上部のシルトにおいて、それぞれ 1.75 、 1.80 、 1.90 、 1.95 、 1.975 、 2.05 、 2.10 g/cm^3 を示す。

6. コア試験

得られたボーリングコアを利用して種々のコア試験を行った。試験深度は50m以深75mごとで、試料採取位置が砂層の場合はそれに近いシルト層をとった(表1)。試料採取はパイロット・ボーリング孔のコアについて行い、破碎されている部分を除いて採取した。各試料とも採取後直ちにブリキ罐に収納して封ロウで密封し、試験直前まで保存した。なお、一部の試験を依頼した機関は次の通りである。

見掛け比重および含水率	住鉱コンサルタント株式会社
弾性波速度測定	〃
有孔虫分析	石油資源開発株式会社
間隙水の水质分析	〃
コアガス分析	〃
花粉分析	日本肥料株式会社
熱伝導率	関東学院大学(伊藤氏)

6.1 顕微鏡観察

コアの中央部から薄片を作成し、偏光顕微鏡による観察を実施した。

検鏡に供した試料はA-8が中粒砂であるのを除けば、すべてシルト質である。また、い

表 1 コア試験項目および試料採取深度一覧表

Table 1 List of tests and samples.

試験項目	1 (50m)	2 (125m)	3 (200m)	4 (275m)	5 (350m)	6 (425m)	7 (500m)	8 (575m)	9 (600m)
A. X線分析-顕微鏡観察	5990~ 6020	12630~ 12660	20070~ 20100	27540~ 27570	35285~ 35315	42630~ 42660	50200~ 50230	57670~ 57700	60050~ 60060
B. 花粉・有孔虫分析	6220~ 6250	12690~ 12720	20100~ 20130	28000~ 28030	35315~ 35345	42660~ 42690	50230~ 50260	57700~ 57730	60060~ 60090
C. みかけ比重・含水率測定	5900~ 5930	12540~ 12570	20700~ 20730	27910~ 27940	34970~ 35000	42540~ 42570	50070~ 50105	57540~ 57570	60090~ 60120
D. 間隙水分析	6250~ 6280	12960~ 12990	20500~ 20530	28180~ 28210	35365~ 35395	42690~ 42720	50285~ 50315	57730~ 57760	60180~ 60210
E. 弾性波速度測定	5930~ 5960	12570~ 12600	20730~ 20760	27940~ 27970	35000~ 35030	42570~ 42600	50105~ 50135	57570~ 57600	60120~ 60150
F. 熱伝導率測定	6280~ 6310	12990~ 13020	20670~ 20700	28210~ 28240	35425~ 35455	42720~ 42750	50315~ 50345	57760~ 57790	60210~ 60240
G. コアガス分析	6310~ 6340	13020~ 13050	20530~ 20560	28310~ 28340	35470~ 35500	42750~ 42780	50360~ 50390	57790~ 57820	60240~ 60270

ずれも火山ガラス、安山岩などの火山岩片、石英、長石、有色鉱物、不透明鉱物などの鉱物片、粘土鉱物および微化石などから構成されている。これらの構成物質の量比の概略を表2に示した。

i) 観察結果

(イ) A-1 (60.05m)

分級があまりよくないシルトで、粒子の最大径は0.2mm程度に達するものがあるが、多くは0.06mm以下である。円磨度は大きなものほどよくない傾向がある。褐色ないしは帯緑褐色を呈する超微細粘土が、膠結物質として広い範囲を占めている。大きな粒子は石英、長石よりなり、たまに角閃石がみられる。岩石片は少なく、まれに火山ガラス(径0.3mm程度)を認める。有孔虫と思われる微化石もある。

(ロ) A-2 (126.45m)

A-1に比べて、分級度はよく、粒子径が0.1mmを越えるものはほとんど見当たらない。円磨度はそれほどよくないが、一般に鉱物粒子の数が少なく、膠結物質の粘土が占める割合が多い。X線では認められない角閃石が認められるが、量は少ない。また、長石の量もA-1に比べて少なく、火山ガラスが認められる。微化石の量が割と多く、有孔虫以外のものもあるようである。

(ハ) A-3 (200.85m)

全体としてはA-1に近いタイプのシルトであるが、粒子の最大径はA-3の方が小さくて0.1mm程度である。円磨度、構成鉱物等はA-1と似ているが、微化石の含有量はA-1に比べていくらか多い。

(ニ) A-4 (277.55m)

A-1、A-3に近いタイプで、平均粒径が0.05mm程度のシルトである。A-1やA-3と比べて長石の含有量が多い。安山岩や火山ガラスの破片がたまにみられる。有色

表 2 顕微鏡観察一覧表
Table 2 Date of microscopic observation.

番号	深度m	岩質	岩石片			鉱物片			微化石	粘土鉱物	
			軽石	ガラス	安山岩	石英	長石	有色物			不透明物
A-1	60.05	砂質シルト質	少い	少い	少い	非常に多い	多い	少い	やや多い	少い	多い
A-2	126.45	シルト質	少い	少い	-	多い	多い	少い	少い	やや多い	多い
A-3	200.85	シルト質	少い	少い	-	多い	多い	少い	少い	少い	多い
A-4	275.55	シルト質	少い	少い	少い	多い	多い	少い	少い	少い	多い
A-5	353.00	シルト質	少い	少い	-	多い	多い	少い	少い	少い	多い
A-6	426.45	シルト質	少い	少い	少い	多い	多い	少い	少い	少い	多い
A-7	502.15	シルト質	少い	少い	少い	多い	多い	少い	少い	少い	多い
A-8	576.85	砂質	少い	-	多い	多い	非常に多い	少い	少い	-	非常に少い
A-9	600.45	シルト質	やや多い	やや多い	-	多い	多い	少い	少い	非常に少い	やや多い

鉱物としては、雲母や角閃石が認められる。

(ホ) A-5 (353.00m)

構成鉱物の粒径が小さくなり、今までの試料中では、A-2に近いタイプである。ただA-2と比べた時、粘土分はA-5の方がすくない。長石がかなり認められた。

(ヘ) A-6 (426.45m)

粘土に富む部分と鉱物粒子に富む部分が縞状をしていて、全体として見れば、9個の試料の中で、もっとも粘土分が多いシルトである。鉱物粒子に富む部分の鉱物の粒径は大きなもので0.2mmほどである。鉱物粒子は主に石英からなり、角閃石や輝石(?)から成る有色鉱物がかかなり目につく。不透明鉱物が比較的多い。

(ト) A-7 (502.15m)

A-3によく似ているが、粘土分がやや少なく、有色鉱物の割合がやや高いシルトである。鉱物粒子では石英、長石ともよく認められる。

(チ) A-8 (576.85m)

0.5mm前後の粒径よりなる中粒砂で、円磨度はよく鉱物片と岩石片の間を粘土が膠結しているが、その量は少ない。鉱物粒子は石英、長石、角閃石、雲母および輝石から成る。岩石片には安山岩が多い。長石にはアルバイト双晶や累帯構造がみられ、微斜長石も存在している。

(リ) A-9 (600.45m)

火山ガラスを多く含む細粒のシルトで、粘土分はA-1からA-7に比較すると少ない。石英、長石の細片が多い。

6.2 X線分析

i) 測定方法 顕微鏡観察に供した9個のコア試料について、粉末X線回折法により、組成鉱物の同定を行った。各試料とも、約30cmのコア長の全長にわたって、コア軸に平行なストリット状サンプリングを行い、風乾し、めのう乳鉢で微粉碎した。このように調整した試料をそのまま試験に供するとともに、水ひ物やエチレングリコール処理および塩酸処理も行った(表3)。測定条件は、銅の対陰極で30KV、10mAの電圧、電流でスリット系は $1^{\circ}-1^{\circ}-0.3\text{mm}$ である。

ii) 測定結果

(イ) A-1 (59.90m~60.20m)

主成分鉱物としては石英と長石が圧倒的である。セリサイト、緑泥石、方解石の含有量もかなり高く、水ひ物のデータからは、セリサイトと緑泥石が強調された。水ひ物のエチレングリコール処理により、モンモリロナイトの存在が認められた。1:1の塩酸中で約1時間の煮沸処理をしたところ、方解石の回折ピークと、緑泥石による7.15Åと3.55Åの回折ピークは完全に消滅し、カオリン鉱物は混在していないことが確認された。また、角閃石や黄鉄鉱も微量成分として認められた。

(ロ) A-2 (126.30m~126.60m)

A-1に比べて主成分の石英の量はかわらないが、長石の含有量はやや少ない。それ以外のセリサイト、緑泥石、方解石の量はA-1と大きな変化はない。水ひ物のエチレングリコール処理の結果、セリサイトと比較してモンモリロナイトの含有量が多いことが判明したが、長石の量がすくないことと相関があると思われる。A-1で角閃石と同定した回折ピークはみられないが、黄鉄鉱の回折ピークはA-1より多少大きくなっている。

(ハ) A-3 (200.70m~201.00m)

主成分、副成分ともA-1に近いが、角閃石の回折ピークは認められない。

(ニ) A-4 (275.40m~275.70m)

石英に比して、長石の含有量が多い。水ひ物の測定結果は、緑泥石、セリサイトが強調されており、水ひ物のエチレングリコール処理の結果、モンモリロナイトが認められた。方解石、角閃石および黄鉄鉱もある。

(ホ) A-5 (352.85m~353.15m)

長石の含有量が割合少なく、水ひ物のエチレングリコール処理の結果、セリサイトと比較してモンモリロナイトが多いことが判明した。その他の成分は他の試料と比較してあまり大きな変化はないが、A-2同様、角閃石と同定した回折ピークは見当らない。

(ヘ) A-6 (426.30m~426.60m)

A-5より長石の含有量は低く、石英の回折ピークが目立つ。角閃石の回折ピークはやはり見当らず、水ひ物のエチレングリコール処理の結果ではセリサイトに比較してモンモリロナイトの含有量が多い。緑泥石、セリサイトに関しては他の試料と大きな変化はない。

(ト) A-7 (502.00m~502.30m)

A-1によく似た回折ピークを示す。長石の含有量も比較的多くて、水ひ物のエチレング

表 3 X線分析表

Table 3 Date of X-ray diffraction analysis.

番号	深度 m	岩質	石英	長石	セリサイト	緑泥石	モンモリロナイト	方解石	角閃石	黄鉄鉱
A-1	5990~6020	砂質 ~シルト質	◎	○	○	○	●	○	●	●
A-2	12630~12660	シルト質	○	○	○	○	○	○	—	●
A-3	20070~20100	シルト質	○	○	○	○	●	○	—	●
A-4	27540~27570	シルト質	○	○	○	○	●	○	●	●
A-5	35285~35315	シルト質	○	○	○	○	○	●	—	●
A-6	42630~42660	シルト質	○	○	○	○	○	○	—	—
A-7	50200~50230	シルト質	○	○	●	○	●	○	—	●
A-8	57670~57700	砂質	○	○	●	○	●	—	●	—
A-9	60030~60060	シルト質	○	○	○	○	●	—	●	—

[注] ◎:極めて多い。 ○:多い。 ●:少ない。 —:認められず。

リコール処理の結果、モンモリロナイトも認められた。

(チ) A-8 (576.70m~577.00m)

長石の量が多くなり、角閃石の回折ピークも明瞭に認められる。岩質が砂質のためセリサイトは少ない。しかしながら、水ひ物のエチレングリコール処理の結果、モンモリロナイトも認められる。方解石が認められないのが1つの特長である。

(リ) A-9 (600.30m~600.60m)

A-8同様、方解石が認められないのが一つの特長であるが、他の鉱物に関してはA-1との間に大きな変化はみられず、角閃石のピークも認められた。

6.3 花粉分析

花粉分析に用いた9試料は上述のごとくシルト質のものを極力選んだため、花粉や孢子化石は比較的良好に検出され、予期通りの結果が得られた。

i) 試料 試料については、分析に供した試料の試料番号、深度、岩質、重液浮上物の多少、花粉孢子の多少等を表4に示した。

ii) 分析方法 試料は割合やわらかであったので、第四紀から第三紀の試料に一般的に用いられている方法で分析した。

分析工程は図7に示した通りである。まずコアを粉碎し、約20gを秤量し、フッ化水素、塩酸で珪酸および炭酸塩鉱物を溶かす。次に重液で有機物を浮上させる。この有機物を採取して、水酢酸、アセトリス液、水酸化カリウム液で処理し、最後に充分水洗してからプレパラートに封入した。化石花粉孢子の鑑定は200倍で概査を行い、400~1000倍で判定した。

iii) 分析結果 各試料ともに比較的良好に花粉・孢子化石が検出された。その結果を表5及び図8に示す。また花粉孢子化石群の産出状況を図9に示す。

表 4 花粉分析試料表

Table 4 Samples of pollen analysis.

番号	深度 m	岩 質	重液浮上物の多少	
			花粉、孢子化石	その他
B-1	6220~6250	青灰色シルト岩	少い	多い
B-2	12690~12720	灰色凝灰質シルト岩	少い	普通
B-3	20100~20130	灰色細粒砂岩	少い	多い
B-4	28000~28030	青灰色砂質シルト岩	多い	多い
B-5	35315~35345	青灰色泥岩	普通	多い
B-6	42660~42690	青灰色泥岩	普通	多い
B-7	5023 ~50260	青灰シルト岩	普通	多い
B-8	57200~57230	粗粒砂岩	少い	少い
B-9	60060~60090	青灰色泥岩	普通	多い

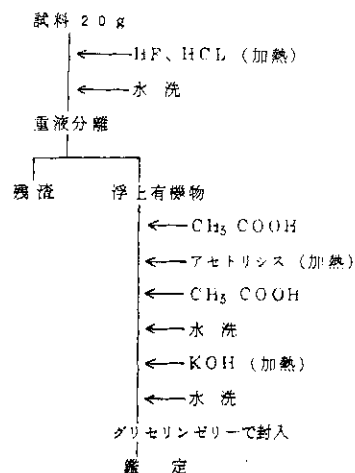


図 7 花粉分析工程図

Fig. 7 Process of pollen analysis

表 5 花粉分析一覽表

Table 5 Data of pollen analysis (1)

POLLEN ZONE										
Genus Name	Sample NO. & Depth (m)	5	17	26	41	57	69	81	93	102
		62.2-62.5	126.9-127.2	201.0-201.3	280.0-280.30	353.15-353.45	426.60-426.90	502.30-502.60	577.0-577.30	600.60-600.90
Abies		2.5	3.2	4.9	4.4	10.6	6.3	4.1	1.7	2.3
Picea		2.6	1.3	4.9	1.1	2.2	2.1	4.9	0.6	1.4
Pinus		15.6	45.9	12.5	3.0	2.1	12.2	1.1	1.2	6.4
Pseudotsuga			1.2	3.0	3.0	1.1	4.2	2.0	1.7	
Tsuga sieboldii		6.2	0.6	1.7	2.8	2.7	28.5	2.9	4.5	9.2
T. diversifolia		15.8	1.7	3.2	1.3	3.3	10.5	8.1	3.4	3.2
Taxodiaceae		2.3	10.2	9.7	21.0	1.7	3.5	4.5	4.9	3.7
Sequoia-Metasequoia					2.2					
Sciadopitys									1.7	
Podocarpus		1.1	1.6	0.8			0.7	0.4	0.6	0.5
Ephedra							0.7			
Keteleeria		0.6			0.4	1.7	0.7	0.7		
Glyptostrobus					1.1					
Σ AP-1 %		32.7	75.7	73.8	42.2	74.4	20.3	61.9	34.1	32.6
Σ AP-1 N		157	111	93	68	124	62	127	61	71
Juglans									0.6	
Myrica									1.7	
Carya								0.4		
Pterocarya			0.6	0.8	0.6					
Saix				0.3				0.4	0.6	
Alnus 4 2U			3.2	2.4	9.5			1.6	5.1	6.0
A. 5 2U				4.4		1.1	1.4	1.6	0.5	5.1
A. 6 2U						0.6			1.1	0.5
Retula			0.6		0.7					0.9
Carpinus				0.8				0.4	1.1	0.9
Corylus				2.4	2.6			2.0	1.7	6.4
Castanea-Castanopsis			0.6	0.8						1.5
Fagus		1.1	1.9	1.6	7.4	2.8		5.7	2.8	2.3
Quercus ever-green			1.9		1.1		0.7	0.4	1.7	3.7
Q. deciduous		0.6	4.5		2.7			1.6	3.4	3.2
Celtis									0.6	
Ulmus			3.8		3.7		0.7		0.6	1.4
Zelkova		0.6	2.5	0.8	3.0		0.7	1.6	1.7	0.9
Magnoliaceae					0.4					
Liquidambar								0.4	1.1	0.5
Rhus									0.6	
Ilex					0.4			0.4		
Tilia			0.6		2.4					0.9
Elaeagnus								0.8		
Nyssa									1.1	
Ericaceae									0.5	
Styrax?									1.1	
Buxus				2.8						
Coriaria?									10.6	
Σ AP-2 %		2.3	2.4	1.5	3.4	1.5	3.5	1.5	3.0	3.0
Σ AP-2 N		4	32	17	14	8	5	23	18	10
Σ (AP-1+AP-2) %		35.0	78.1	75.3	45.6	75.9	23.8	73.4	37.1	35.6
Σ (AP-1+AP-2) N		161	143	110	82	132	67	150	89	81
Persicaria				1.6		1.7		0.4	0.6	
Chenopodiaceae							0.7	0.4		
Compositae Carduoidae				0.8		1.7		0.4	1.7	0.9
C. Artemisia						0.6				0.5
C. Cichorioideae								0.4		0.5
Gramineae				1.6				0.4	2.3	3.7
Cyperaceae									0.6	
Σ NAP %				4.0		3.9		1.7	2.0	1.0
Σ NAP N		0	0	5	0	7	1	5	18	12
P1										0.5
P3					2.4		0.7			1.8
C1									1.7	
C3		0.6	1.1	0.8	2.2	1.1	0.7	1.2	1.1	2.3
C3P3		0.6	0.6	0.8	1.1		0.7	0.4	2.8	1.4
Inap.			0.6		3.3	1.7	2.1	1.2	3.4	5.0
Peripolate							0.7			
Σ IDP %		1.1	3.2	1.6	7.0	2.8	4.9	2.8	3.9	11.0
Σ IDP N		2	5	2	19	5	7	7	16	24
Σ (AP-1+AP-2+NAP+IDP) %		36.1	81.3	80.9	52.6	80.5	28.4	78.0	41.1	46.6
Σ (AP-1+AP-2+NAP+IDP) N		163	148	117	95	139	74	152	105	105
Lycopodiaceae						1.1		0.4	0.6	
Polyodiaceae				0.6	1.5	10.6	1.4	1.7	2.3	0.9
Osmundaceae		1.1			0.4	0.6				
Monolete Spore		1.2	2.5	1.8	3.3		3.5		0.6	1.5
Trilete Spore		0.6	3.2	2.8	2.2	2.2	0.7	1.6	0.6	1.4
Σ FS %		2.9	5.7	2.1	7.4	4.5	2.6	2.9	3.9	2.8
Σ FS N		14	9	9	20	26	8	14	16	11
Σ (Pollen+Spore) %		100	100	100	100	100	100	100	100	100
Σ (Pollen+Spore) N		177	157	146	171	180	143	174	175	118
Hystichos haeridium				2						

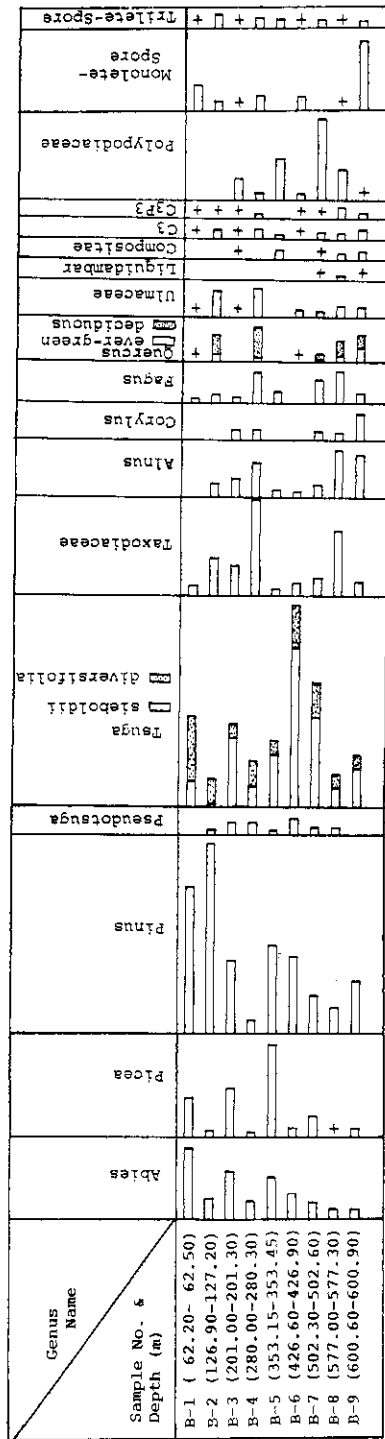


図 8 川崎微小地震観測井の花粉ダイアグラム

Fig. 8 Pollen diagram of the deep well at the Kawasaki seismological station

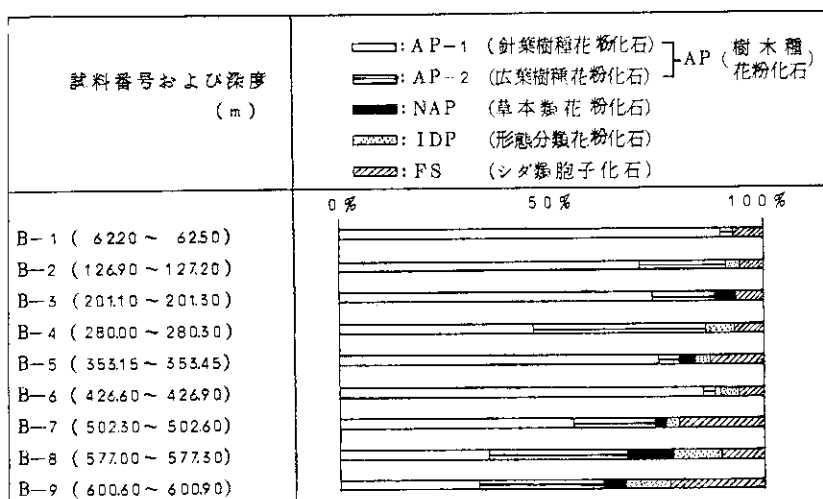


図9 川崎微小地震観測井の花粉末子産出割合図
 Fig. 9 Percentage diagram of pollen and spore from the deep well at the Kawasaki seismological station.

図9をみてわかるように、どの試料も樹木種花粉化石が非常に多く検出されており、草本類、シダ類、等については比較的少なかった。樹木種花粉化石の中では、針葉樹が広葉樹より多く検出されている。

次に各試料の花粉末学的特徴を記する。

(イ) B-1 (62.20m ~ 62.50m)

針葉樹花粉が非常に多く検出され、約89%を占める。その中で、*Pinus* (マツ属)が最も多く約36%、次に *Tsuga* (ツガ属)が22%、*Abies* (モミ属)約18%、*Picea* (トウヒ属)約10%の順になっている。したがって、亜寒帯性の環境が示されているといえよう。

(ロ) B-2 (126.90m ~ 127.20m)

この試料もB-1とほぼ同様であるが、*Abies*、*Picea*、*Tsuga*等が減少し *Pinus*、*Taxodiaceae* (スギ科)が増加し、さらに広葉樹の *Alnus* (ハンノキ属) *Quercus* (コナラ属)等が増加し、B-1よりやや温帯な環境がうかがえる。

(ハ) B-3 (201.00m ~ 201.30m)

針葉樹花粉の産出は前の試料と変わらないが、内容は、*Pinus*が大きく減少し、*Abies*、*Picea*、*Tsuga*等が10~20%づつ出現する。

古環境は *Tsuga sieboldii* が多いことと *Taxodiaceae* が B-2 と大差ないことから、B-2 とほぼ同じか、やや冷涼であったと思われる。

(ニ) B-4 (280.00m~280.30m)

針葉樹は、*Pinus*、*Abies*、*Picea* 等が減少し、*Taxodiaceae* が急増する。広葉樹は、*Alnus*、*Fagus* (ブナ属)、*Quercus*、*Ulmus* (ニレ属) 等 8% 前後出現する。したがって、古環境は温暖性の気候が示される。

(ホ) B-5 (353.15m~353.45m)

針葉樹花粉が再度増加し、広葉樹花粉、草本類等が減少する。針葉樹花粉の内容は、*Abies*、*Picea*、*Pinus*、*Tsuga* 等が増加し、*Taxodiaceae* が急減する。したがって、亜寒帯性の古環境が推定される。

(ヘ) B-6 (426.60m~426.90m)

相変わらず針葉樹花粉が多く出現するが、*Abies*、*Picea* が減少し、それらに代って *Tsuga* が急増し、*Taxodiaceae* も少し増加する。

多く出現する *Tsuga* の大部分が *Tsuga sieboldii* なので温帯性の環境がうかがえる。

(ト) B-7 (502.30m~502.60m)

針葉樹花粉の出現率が少々低下するが、全体の半分以上を占める。*Abies*、*Pinus*、*Tsuga* 等が減少し、*Taxodiaceae* がわずかに増加する。広葉樹花粉は、約 18% と出現率が增加する。また、*Liquidambar* (フウ属) が出現する。かなり暖かな環境であったといえよう。

(チ) B-8 (577.00m~577.30m)

Abies、*Picea*、*Pinus*、*Tsuga* 等の針葉樹花粉が激減するが、*Taxodiaceae* は増加する。広葉樹花粉の出現率が高くなり *Alnus*、*Fagus*、*Quercus* 等の他、温暖性の *Liquidambar*、*Nyssa* (ニッサ属) が出現し、温帯~暖帯の気候を示している。

(リ) B-9 (600.60m~600.90m)

針葉樹花粉は、*Pinus*、*Tsuga* が増加し、*Taxodiaceae* が減少する。広葉樹は大きな変化がなく、花粉構成から前の B-8 と同じ環境と思われる。

上に述べた花粉構成の特徴から、622.0m~600.90m までの間を上部と下部の花粉帯に分けることができる。

(a) 上部花粉帯

B-1 から B-4 (62~280m) までがこれに属する。この花粉帯では、*Abies*、*Picea*、*Pinus*、*Tsuga*、*Taxodiaceae* 等の針葉樹花粉が大半を占めている。そして B-4 から B-1 に向って、*Abies*、*Picea*、*Tsuga* 等の亜寒帯性気候を示す花粉

が減少し、温帯性のTaxodiaceaeの花粉が増加している。従って古気候の変化をたどると、温帯から亜寒帯に移行していることが推定される。

(b) 下部花粉帯

B-5からB-9(353~601m)までがこれに属する。この花粉帯もAbies, Picea, Pinus, Tsuga, Taxodiaceae等の針葉樹花粉が高い出現率を示しているが、深くなるにつれてAlnus, Quercus等の広葉樹花粉が多く出現するようになる。また、広葉樹花粉の中で暖帯性のLiquidambar, Nyssaが出現することが大きな特徴といえよう。従って、古気候の変化をたどると、下部花粉帯では、下から上へ暖帯から亜寒帯に移行していることが推定できる。

このように、300m前後に花粉化石に急激な変化がみられ、これら花粉化石の変遷から、古気候の変遷をたどると表6のようになる。すなわち最深部から最浅部までに、暖帯→亜寒帯→温帯(冷温)→温帯→亜寒帯とかわる。この変遷の中で注目すべきところは、下部花粉帯の暖帯である。この暖帯の主な花粉化石は、前にも述べたように、Taxodiaceae, Tsuga, Alnus, Quercusであるが、その他に重要なものとして、Liquidambar, Nyssaの出現があげられる。この2属の花粉は、暖帯性の気候を示すと同時に、日本に於ける第三紀の地層の中から産出する花粉である。

表 6 花粉帯と古環境の変遷

Table 6 Change of pollen zones and paleo-climate.

試料番号および深度(m)	花粉帯	主要花粉化石	古気候	古気候の変化
B-1 (6220~6250)	A	Abies, Picea	亜寒帯	寒 温 暖
B-2 (12690~12720)		Pinus, Tsuga		
B-3 (20100~20130)		Taxodiaceae, Quercus,	温 帯	
B-4 (28000~28030)		Tsuga, Alnus, Fagus		
B-5 (35315~35345)	B	Abies, Picea	亜寒帯	
B-6 (42660~42690)		Pinus, Tsuga	暖 帯	
B-7 (50230~50260)		Taxodiaceae, Tsuga,		
B-8 (57700~57730)		Alnus, Quercus,		
B-9 (60060~60090)		Nyssa, Liquidambar,		

6.4 有孔虫分析

i) 試料 花粉分析と同一の9試料について有孔虫分析を実施した。分析に供した試料の試料番号、採取深度、岩質、有孔虫の多少などを表7に示す。

ii) 分析方法 試料は100グラムを秤量し、無水硫酸ナトリウム法により泥化し、120メッシュの水洗残査について、浮遊性有孔虫と底生有孔虫を無作為にそれぞれ200個体(200個体未満の試料は全個体)ピックアップして鑑定を行った。

iii) 分析結果 すべての試料において浮遊性有孔虫ならびに底生有孔虫が認められたので(表8)、浮遊性種による地層の対比と、底生種による堆積環境の解析を行った。

表 7 有孔虫分析一覧表 (1) (石油資源開発(株)技術研究所の鑑定による.)
 Table 7 Date of foraminifera analysis (1)

番号	深 度 (m)	岩 質	有 孔 虫 数 *		
			浮遊性種	底 生 種	合 計
B-1	6220 ~ 6250	青灰色シルト岩	1736	456	2192
B-2	12690 ~ 12720	灰色凝灰質シルト岩	170	213	383
B-3	20100 ~ 20130	灰色細粒砂岩	488	1096	1584
B-4	28000 ~ 28030	青灰色砂質シルト岩	224	224	448
B-5	35315 ~ 35345	青灰色泥岩	264	180	444
B-6	42660 ~ 42690	青灰色泥岩	200	334	534
B-7	50230 ~ 50260	青灰色シルト岩	440	344	784
B-8	57700 ~ 57730	粗粒砂岩	053	171	224
B-9	60060 ~ 60090	青灰色泥岩	120	155	275

* 1グラム中、120メッシュ以下

(イ) 浮遊性有孔虫

(a) B-1 (6220m~6250m)

Globigerina pachyderma が多産し, *Globigerina bulloides*, *Globorotalia inflata inflata*, *Globigerina quinqueloba* がかなり産出する.

(b) B-2 (12690m~12720m)

Globigerina pachyderma は1個体も見出されず, *Globorotalia inflata* グループが激増し, *Globigerina bulloides* は多産する. *Globigerina quinqueloba* は激減する.

(c) B-3 (20100m~20130m)

Globorotalia inflata グループはB-2とほとんど変わらないが, *Globigerina pachyderma*, *Globigerina bulloides* がかなり産出し, *Globigerinoides ruber*, *Globorotalia quinqueloba* がやや多めに産する. *Globorotalia tosaensis* は, 分析した試料の中では, この試料からだけ見出された.

(d) B-4 (28000m~28030m)

Globigerina pachyderma が多産し, *Globorotalia inflata* グループはかなり減少し, *Globigerinita glutinata* がかなり産出する. 他には *Globigerina bulloides*, *Globigerina quinqueloba* の産出が目立つ.

(e) B-5 (35315m~35345m)

Globorotalia inflata グループは増加し, *Globigerina pachyderma* がやや減少する. *Globigerina quinqueloba*, *Globigerinita glutinata* がやや多く産する.

(f) B-6 (42660m~42690m)

Globigerina pachyderma は増加し, *Globorotalia inflata* グループの減少がみられる. *Globorotalia obesa* が急増し, *Globigerina bulloides*, *Globigerina quinqueloba*, *Globigerinita glutinata* が目立つ.

(g) B-7 (502.30m~502.60m)

Globigerina pachyderma はB-7と数において大きくはかわらないが, *Globorotalia inflata* グループは1個体も見出されない。 *Globigerinita glutinata* は急増し, *Globigerina quinqueloba* や *Globigerina woodi* が目立つ。

(h) B-8 (577.00m~577.30m)

全体の個体数がすくなく, *Globigerina pachyderma* や *Globorotalia inflata* グループもすくない。

(i) B-9 (600.60m~600.90m)

Globigerina pachyderma はやや増加し, *Globorotalia inflata* グループもやや増加する。

以上の結果を総合すると, 9試料とも, *Globorotalia inflata* で代表される温暖種の増減, *Globigerina pachyderma* で代表される寒冷種の増減に相関があり, これを他の深井戸との対比の目安とした。

また, *Globorotalia inflata* の産出状態から, 堆積時の古水温が推定される。すなわち, *Globorotalia inflata* の卓越するところ (temperate), *Globorotalia inflata* が比較的多産するところ (subarctic), *Globorotalia inflata* が産出しないところ (arctic) に着目して区分すると, 下位層準の試料より, B-9 (600.60~600.90m) と B-8 (577.00~577.30m) のところは, subarctic, B-7 (502.30~502.60m) のところは arctic, B-6 (426.60~426.90m), B-5 (353.15~353.45m), B-4 (280.00~280.30m) の個所は subarctic, B-3 (201.00~201.30m) と B-2 (126.90~127.20m) の個所は temperate, B-1 (62.20~62.50m) の個所は subarctic の古水温を示す。

(ロ) 底生有孔虫

底生有孔虫に関しては一括して述べる。今回の試料では, B-8 (577.00~577.30m, 粗粒砂層) にのみ浅海種の *Pseudononion japonicum* が卓越する個所が認められた以外は, すべて *Bulimina nipponica*, *Bulimina aculeata* などの *Bulimina* グループが卓越し, 62.20~62.50m から 600.60~600.90m までのすべての試料が, *Bulimina nipponica* - *Bulimina aculeata* 帯に相当すると考えられた。ただし, 堆積環境については, B-9 のところは深く, B-8 に浅海相, B-7 は深海相, B-6 は深海-浅海混合相, B-5 および B-4 は深海相, B-3 は深海-浅海混合相, B-2 および B-1 は深海相といったリズムが認められた。また, このリズムが浮遊性有孔虫の組成の変化とも相関する。すなわち, 浮遊性種として, *Globorotalia inflata inflata* を伴わないところでは, 底生種は深海相 (海進相) を示し, *Globorotalia inflata inflata* が卓越している temperata などところでは, 底生種は混合フォーナ (海退相) として認められた

6.5 見掛け比重および含水率

i) 測定方法 測定に当っては、まず、開封後ただちに自然含水状態における試験片の空中および水中重量を測定し、さらに80°Cの乾燥炉内で約24時間乾燥させた乾燥状態における空中重量を測定した。ここで温度60°C、湿度40%の状態では48時間乾燥する方法(本島・永田, 1963)をとらなかったのは、地質調査所の川崎地区水位水質観測井における上総層群の泥質層に、一般にモンモリロナイトがきわめて少ないことが知られていた(福田ほか2名, 1976a)からである。これらの測定値をもとに、次の式から自然含水状態および乾燥状態における見掛け比重および、自然含水状態における含水率を求めた。

表 9 見掛け比重及び含水率測定一覧表

Table 9 Data of specific gravity and water content tests.

番号	深度 (m)	岩質	みかけ比重		含水率 (%)	番号	深度 (m)	岩質	みかけ比重		含水率 (%)
			自然状態	乾燥状態					自然状態	乾燥状態	
C-1 1	5900~ 5930	シルト質 砂岩	1.83	1.34	49	C-6 1	42540~ 42570	砂質 シルト岩	1.91	1.46	45
			1.83	1.34	48				1.86	1.37	48
			1.83	1.35	49				1.90	1.44	46
			(1.83)	(1.34)	(49)				(1.89)	(1.42)	(46)
C-2 1	12540~ 12570	砂質 シルト岩	1.86	1.38	48	C-7 1	50070~ 50105	砂質 シルト岩	1.93	1.48	45
			1.88	1.40	48				1.91	1.45	45
			1.90	1.44	46				1.91	1.47	45
			(1.88)	(1.41)	(47)				(1.92)	(1.47)	(45)
C-3 1	20700~ 20730	砂岩	1.85	1.36	50	C-8 1	57540~ 57570	砂質 シルト岩	1.84	1.41	43
			1.87	1.39	48				2.01	1.59	42
			1.86	1.38	48				2.01	1.60	41
			(1.86)	(1.38)	(49)				(1.95)	(1.53)	(42)
C-4 1	27910~ 27940	砂質 シルト岩	1.99	1.56	43	C-9 1	60090~ 60120	シルト岩	1.94	1.54	40
			1.98	1.54	44				1.95	1.55	40
			1.97	1.52	45				1.91	1.52	40
			(1.98)	(1.54)	(45)				(1.93)	(1.54)	(40)
C-5 1	34970~ 35000	砂質 シルト岩	1.89	1.41	48						
			1.87	1.39	48						
			1.88	1.41	47						
			(1.88)	(1.40)	(48)	平均					

自然含水状態の比重： $\gamma_n = W_{na} / (W_{na} - W_{nw})$

乾燥状態の比重： $\gamma_d = W_{da} / (W_{na} - W_{nw})$

含水率： $W = (W_{na} - W_{da}) / (W_{na} - W_{nw}) \times 100$

ここに

W_{na} = 自然含水状態における空中重量 (g)

W_{nw} = 自然含水状態における水中重量 (g)

W_{da} = 乾燥状態における空中重量 (g)

ii) 測定結果 各測定とも3回ずつ同一測定を行ない、それぞれ平均値を求めた。得られた結果を表9に示す。自然状態におけるみかけ比重は、密度検層で検出した密度値とほぼ等しい1.83～1.98の値を示し、乾燥状態では当然、1.34～1.54と低い値を示した。含水率は40～49%で、最深部の2試料が低い値を示している。

6.6 間隙水の水質分析

9個のコア試料について、間隙水の水質分析を行った。分析成分はpH、 Cl^- および NH_4^+ の3成分である。

i) 前処理 各コア試料の中心部100gをローラミル瓶に取り、純水150mlを加え、約5時間泥漿化した後、遠心分離器(8,000rpm)で分離し、上澄液を分析に供した。

ii) 分析法 pHはpHメーターにより、また Cl^- はモア法により分析した。 NH_4^+ は、空気蒸留法により抽出水から NH_4^+ を抽出した後、ネスラー試薬を用いて比色法により定量した。

iii) 分析結果 結果は表10、図10に示した通りである。

(イ) pH 最浅部の試料のD-1(62.50～62.80m)が8よりわずかに低い値を示したほかは、8.23～8.73のほぼ一定した値を示した。

(ロ) Cl^- 最浅部でやや高く、中間部で低くなり、深部で再び高くなる傾向が認められた。とくに最深部のD-8(577.30～577.60m)とD-9(601.80～602.10m)とは、4,000ppmを越える高い値を示し、その上位のD-7(502.85～503.15m)で浅のものとの間で顕著な相違を示している。作井時における泥水中の Cl^- の濃度にも同様の傾向が認められた。しかしながら、他の井戸のデータと比較した場合、物理検層のところで述べたごとく全体として低い値を示している。

(ハ) NH_4^+ 75.5～100.8ppmの値が得られた。深度、岩質、その他の化学成分などとの相関は明瞭でないが、強いていえば深度と共に増加気味といえよう。

表 10 間隙水の水質分析表

Table. 10 Data of interstitial water analysis.

番号	深度 m	PH	Cl ⁻ ppm	NH ₄ ⁺ ppm	抽出水相	コア比重	含水率%	稀釈率
D-1	6250 ~ 6280	7.98	1296	75.6	淡黄褐色	1.862	48.46	6.76
D-2	12960 ~ 12990	8.73	636	75.6	"	1.827	50.75	6.40
D-3	20500 ~ 20530	8.58	411	83.0	"	1.866	48.26	6.80
D-4	28180 ~ 28210	8.61	406	84.8	"	1.853	48.55	6.73
D-5	35365 ~ 35395	8.53	503	89.4	"	1.900	46.82	7.09
D-6	42690 ~ 42720	8.43	489	86.8	"	1.888	48.06	6.89
D-7	50285 ~ 50315	8.60	798	88.4	"	1.916	46.02	7.25
D-8	57750 ~ 57760	8.54	4120	100.8	"	1.996	42.75	8.00
D-9	60180 ~ 60210	8.23	4696	88.6	"	1.984	41.29	8.21

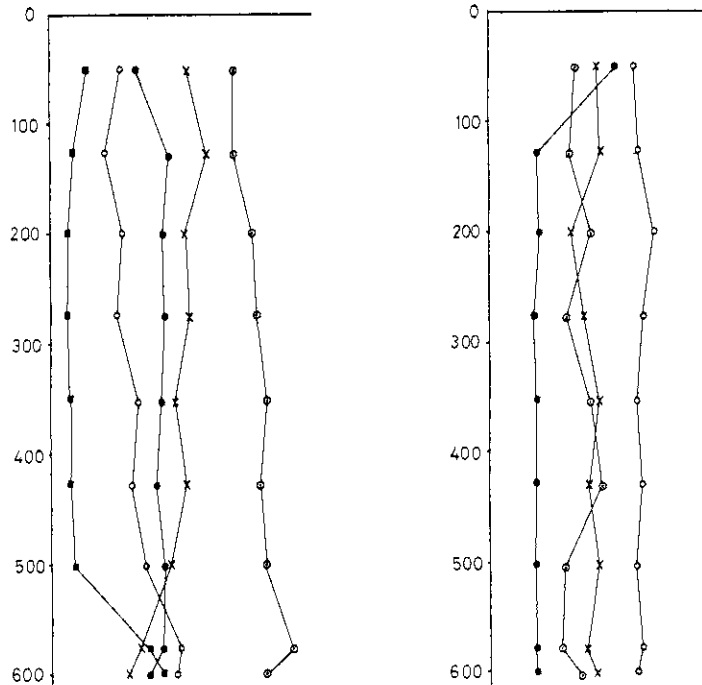
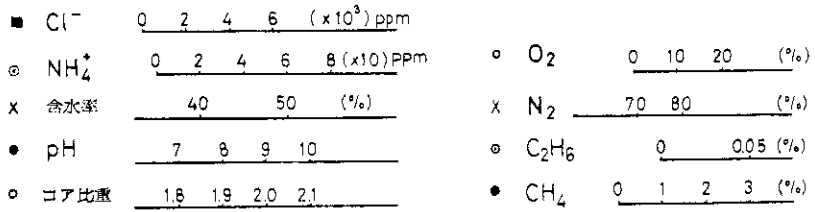


図 10 川崎微小地震観測井の間隙水分析とコアガス分析一覽図
 Fig. 10 Interstitial water and core gas analyses of the deep well at the Kawasaki seismological station.

6.7 弾性波速度

i) 測定法 みかけ比重や含水率の測定の場合と同様に、自然含水および乾燥状態において、開発電子測器研究所製の超音波速度測定器を用いて、弾性波が試験片を透過する時間を測定し、次の式により弾性波速度を求めた。

$$V = l / t$$

ここに、

V : 弾性波速度 (km/sec)

l : 試験片の長さ (mm)

t : 弾性波が透過するに要した時間 (μ sec)

表 1 1 弾性波測定一覧表
Fig. 1 1 Data of velocity test.

番号	P波速度 (km/sec)		S波速度 (km/sec)		番号	P波速度 (km/cm)		S波速度 (km/sec)	
	自然状態	乾燥状態	自然状態	乾燥状態		自然状態	乾燥状態	自然状態	乾燥状態
E-1 (5930 ~ 5960 m, シルト質砂岩)					E-6 (425.70 ~ 426.00 m, 砂質シルト岩)				
1	1.81	1.35	0.62	0.88	1	2.07	1.64	0.66	0.78
2	1.82	1.39	0.64	0.88	2	1.93	1.58	0.71	0.76
3	1.78	1.32	0.62	0.83	3	2.02	1.59	0.69	0.80
(平均)	(1.80)	(1.35)	(0.63)	(0.86)	(平均)	(2.01)	(1.60)	(0.69)	(0.78)
E-2 (125.70 ~ 126.00 m, 砂質シルト岩)					E-7 (501.05 ~ 501.35 m, 砂質シルト岩)				
1	1.81	1.37	0.60	0.83	1	2.08	1.31	0.68	0.88
2	1.79	1.34	0.61	0.85	2	1.99	1.35	0.73	0.82
3	1.88	1.42	0.57	0.89	3	1.89	1.38	0.68	0.80
(平均)	(1.83)	(1.38)	(0.59)	(0.86)	(平均)	(1.99)	(1.35)	(0.70)	(0.83)
E-3 (207.30 ~ 207.60 m, 砂岩)					E-8 (575.70 ~ 576.00 m, 砂質シルト岩)				
1	1.82	1.36	0.62	0.82	1	1.54	1.03	0.55	0.64
2	1.88	1.39	0.59	0.92	2	1.71	0.95	0.58	0.69
3	1.87	1.43	0.64	0.89	3	1.19	1.15	0.50	0.69
(平均)	(1.86)	(1.39)	(0.62)	(0.88)	(平均)	(1.48)	(1.04)	(0.54)	(0.67)
E-4 (279.40 ~ 279.70 m, 砂岩)					E-9 (601.20 ~ 601.50 m, シルト岩)				
1	1.76	1.25	0.62	0.65	1	2.35	1.88	0.99	1.11
2	1.80	1.16	0.52	0.51	2	2.16	1.84	0.79	0.94
3	1.79	1.21	0.60	0.61	3	2.13	1.80	0.80	0.90
(平均)	(1.78)	(1.21)	(0.58)	(0.59)	(平均)	(2.21)	(1.83)	(0.86)	(0.98)
E-5 (350.00 ~ 350.30 m, 砂質シルト岩)									
1	1.93	1.54	0.82	0.75					
2	1.97	1.58	0.71	0.81					
3	1.95	1.54	0.70	0.80					
(平均)	(1.95)	(1.55)	(0.74)	(0.79)					

ii) 測定結果 各試料とも、自然含水状態および乾燥状態において、P波およびS波速度を3回ずつ測定し、それぞれの平均を求めた。これらの結果を表11に示す。P波速度は、自然状態で1.8~2.2 km/sec、乾燥状態ではこれより小さく1.2~1.6 km/secの値を示した。自然状態におけるP波速度は、音波検層によって検出した速度値とほぼ一致している。一方、S波速度は自然状態で0.6~0.7 km/sec、乾燥状態では0.7~0.9 km/secを示した。

6.8 熱伝導率

i) 試料調整 ろうで密封し保存したコア試料を、開封後ただちに縦半割りにし、その面を準精密仕上げの研磨を行い平滑化した上で測定に供した。

このような自然含水状態における試料のほかに、100°Cで約6時間乾燥させた試料に

表 12 熱伝導率測定一覧表

Table 12 Data of thermal conductivity test.

番号	深度 m	砂 質	熱伝導率 $\times 10^{-3}$ cal/cm sec $^{\circ}$ C	
			自然状態	乾燥状態
F-1	6280~6310	砂質シルト岩	3.45 \pm 0.02	1.33 \pm 0.01
F-2	12990~13020	砂質シルト岩	3.23 \pm 0.04	1.22 \pm 0.01
F-3	20670~20700	砂質シルト岩	2.91 \pm 0.07	1.18 \pm 0.01
F-4	28210~28240	砂質シルト岩	3.27 \pm 0.03	1.16 \pm 0.04
F-5	35425~35455	砂質シルト岩	3.31 \pm 0.07	1.20 \pm 0.01
F-6	42720~42750	砂質シルト岩	2.96 \pm 0.03	1.19 \pm 0.00
F-7	50315~50345	砂質シルト岩	3.40 \pm 0.04	1.60 \pm 0.01
F-8	57760~57790	砂質シルト岩	2.78 \pm 0.15	1.00 \pm 0.02
F-9	60210~60240	シルト岩	3.44 \pm 0.05	1.76 \pm 0.02

表 13 コアガス分析表

Table 13 Data of core gas analysis.

番号	深度 m	抽出ガス量 (ml/kg)	AIR%	(O ₂)	(N ₂)	CH ₄ %	C ₂ H ₆ %	C ₃ +%
G-1	6310~6340	25	98.095	(18.451)	(79.644)	1.896	0.008	0.000
G-2	13020~13050	225	99.952	(198.15)	(80.137)	0.047	0.001	0.000
G-3	20530~20560	18	99.901	(23.372)	(76.524)	0.070	0.029	0.000
G-4	28310~28340	27.5	99.991	(21.901)	(78.090)	0.009	0.000	0.000
G-5	35470~35500	18	99.958	(20.004)	(79.934)	0.032	0.030	0.000
G-6	42750~42780	18	99.927	(21.139)	(78.787)	0.020	0.044	0.000
G-7	50360~50390	20	99.973	(20.234)	(79.738)	0.025	0.003	0.000
G-8	57790~57820	20	99.983	(21.709)	(78.275)	0.016	0.001	0.000
G-9	60240~60270	20	99.954	(20.530)	(79.424)	0.022	0.024	0.000

についても、同様な方法で試験片を作成し、試験に供した。

ii) 測定法 熱伝導率の測定は、熱線法のBox Probe法を用いて実施した。測定器はQTM迅速熱伝導率計(昭和電工KK製)No.1008を使用した。

測定は試料面上の異なる3~5点で行い、その平均値をもって、その試料の代表値とみなした。なお、測定した熱伝導率は35~45°Cでの値である。

iii) 測定結果 各試料についての自然状態および乾燥状態における熱伝導率を表12に示す。熱伝導率は、自然状態において 3×10^{-3} cal/cm·sec°Cの値を示し、乾燥状態では $1 \sim 2 \times 10^{-3}$ cal/cm·sec°Cの値を示した。

6.9 コアガス分析

9個のコア試料について、含有されているガスの分析を実施した。

i) コアガスの抽出法 SK-63型コアガス追い出し器により、コア中のガスを抽出し、分析に供した。追い出し装置の原理は、加熱、減圧によりコアに含まれるガスを脱ガスし、CO₂をキャリアーとして集める方法である。

ii) 分析法 ガスクロマトグラフ法により、次の条件で分析を実施した。

使用機器	島津4APT型ガスクロマトグラフ
検出器	T. C. D. (熱伝導型検出器)
キャリアーガス	He
カラム	第1分離管 モレキュラーシーブス 13×3m 第2分離管 20% BMFE, 10m
カラム温度	40°C
積分器	島津ITG 4A型

なお、各成分の定量は積分器による各ピーク面積にメスナーの係数を乗じて補正し、ピーク面積比によって計算した。

iii) 分析結果 表13と図10に示す。O₂とN₂の間には逆の相関があり、C₂H₆はO₂と似た傾向を示す。CH₄に関しては63mのものを除けばほとんど変化はない。

6.10 有機物分析

15個のコア試料について分析した。以下にこの分析結果についてのべる。(表14, 図11)

i) 試料の調製

コア試料の新鮮な部分を風乾後、メノウの乳鉢ですりつぶし、100メッシュ以下の粉末にする。さらに70°Cで4時間乾燥する。

depth (m)	68.2	78.5	101.5	144.8	144.8	220	253	275	344	375.2	417	461.5	461.5	529.7	529.7
amino acid 1				-1	-2							-1	-2	-1	-2
Lys+Orn. (ロシノリン酸)	15.9	15.8	14.8	18.7	20.4	12.2	12.9	15.9	15.9	13.9	14.6	19.7	15.8	17.4	14.9
His (ヒスチジン)	3.0	+	4.5	+	1.7	1.4	1.5	2.0	2.0	1.8	1.9	2.2	1.5	3.0	0.4
Arg (アルギニン)	+	+	4.6	-	3.0	4.0	-	5.6	1.4	3.3	1.5	+	1.8	-	1.9
Asp (アスパラギン酸)	+	1.9	4.6	+	0.4	-	3.7	+	1.0	1.6	0.8	2.3	0.6	4.2	0.7
Glu (グルタミン酸)	1.9	1.3	4.2	2.9	1.2	-	7.8	+	2.5	4.1	2.4	4.9	0.6	9.1	3.1
Tar (タロニン)	2.6	2.3	3.9	4.5	3.1	3.5	2.5	2.5	3.1	3.1	2.9	3.0	4.4	3.3	3.2
Ser (セリン)	3.6	2.8	3.9	5.1	2.3	3.7	3.2	3.7	4.2	2.7	4.8	3.3	2.6	4.7	2.9
Pro (プロリン)	+	-	7.6	5.7	8.1	3.4	7.0	9.0	6.1	6.4	5.2	7.0	9.2	4.9	6.4
Gly (グリシン)	14.7	15.9	11.6	14.2	12.3	12.7	6.2	9.5	8.1	10.3	12.0	10.2	7.7	11.6	11.2
Ala (アラニン)	7.1	9.4	8.7	12.2	12.4	11.4	10.9	9.5	10.4	9.3	11.9	9.6	10.2	9.1	9.0
Val (バリン)	10.1	14.1	8.0	9.2	12.1	8.3	19.8	5.1	11.4	10.2	6.1	7.4	10.9	6.2	6.0
Ileu (イソロイシン)	6.1	6.3	5.6	5.0	5.8	5.4	5.1	5.6	5.3	3.3	4.4	5.0	5.6	3.5	5.5
Leu (ロイシン)	9.1	10.4	7.7	6.8	8.0	7.1	7.9	8.9	9.3	7.0	8.5	11.6	15.3	9.4	13.3
Cys (システイン)	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Met (メチオニン)	-	+	-	0.9	0.3	0.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tyr (チロシン)	+	+	2.6	0.7	+	1.4	1.4	+	3.3	3.5	2.3	1.3	1.0	1.6	1.5
Phe (フェニルアラニン)	4.2	5.3	5.7	3.2	0.7	4.7	5.1	5.2	4.4	5.8	5.1	4.1	6.4	4.3	5.5
β-Ala (β-アラニン)	5.9	+	-	-	-	5.2	-	-	+	5.2	8.9	5.0	2.8	3.7	5.2
γ-A.B.A. (γ-アミノ酪氨酸)	6.5	14.7	6.6	10.5	7.5	10.1	4.6	17.6	10.8	7.9	6.0	2.8	3.3	3.0	6.5
Allo. (アロイシン)	-	+	+	0.3	0.6	0.8	0.4	+	0.6	0.6	0.7	0.5	0.9	1.0	0.8
Total (am. g)	0.198	0.134	0.168	0.379	0.409	0.232	0.157	0.148	0.155	0.162	0.135	0.077	0.315	0.161	0.270
cg./g	21.4	14.6	19.3	41.3	45.4	25.4	18.3	16.8	17.9	18.4	14.7	8.95	36.5	18.4	29.7
amino sugar (g/g)															
Glc-NH ₂ (グルコサミン)	28.2	10.4	12.1	26.3	43.0	21.8	13.4	17.5	8.3	6.8	5.7	3.0	2.7	6.2	4.1
Gal-NH ₂ (ガラクトサミン)	7.4	3.7	1.4	5.2	17.3	4.3	1.5	+	1.0	0.6	0.6	+	0.8	+	1.0
Total	35.6	14.1	13.5	31.5	60.3	26.1	14.9	17.5	9.3	7.4	6.3	3.0	3.5	6.2	5.1
Allo. iso (アロイシン)	-	-	-	0.062	0.101	0.157	0.087	-	0.107	0.171	0.162	0.102	0.155	0.284	0.148
amino sugar	1.66	0.966	0.699	0.763	1.33	1.03	0.814	1.04	0.520	0.402	0.429	0.334	0.096	0.337	0.172
amino acid															
Total Org.C (%)	0.81	0.47	0.75	1.41	6.33	1.44	1.24	1.06	1.29	1.76	1.16	1.14	10.78	0.95	4.83

表 1 4 有機物分析表

Table 1 4 Data of organic matter analysis.

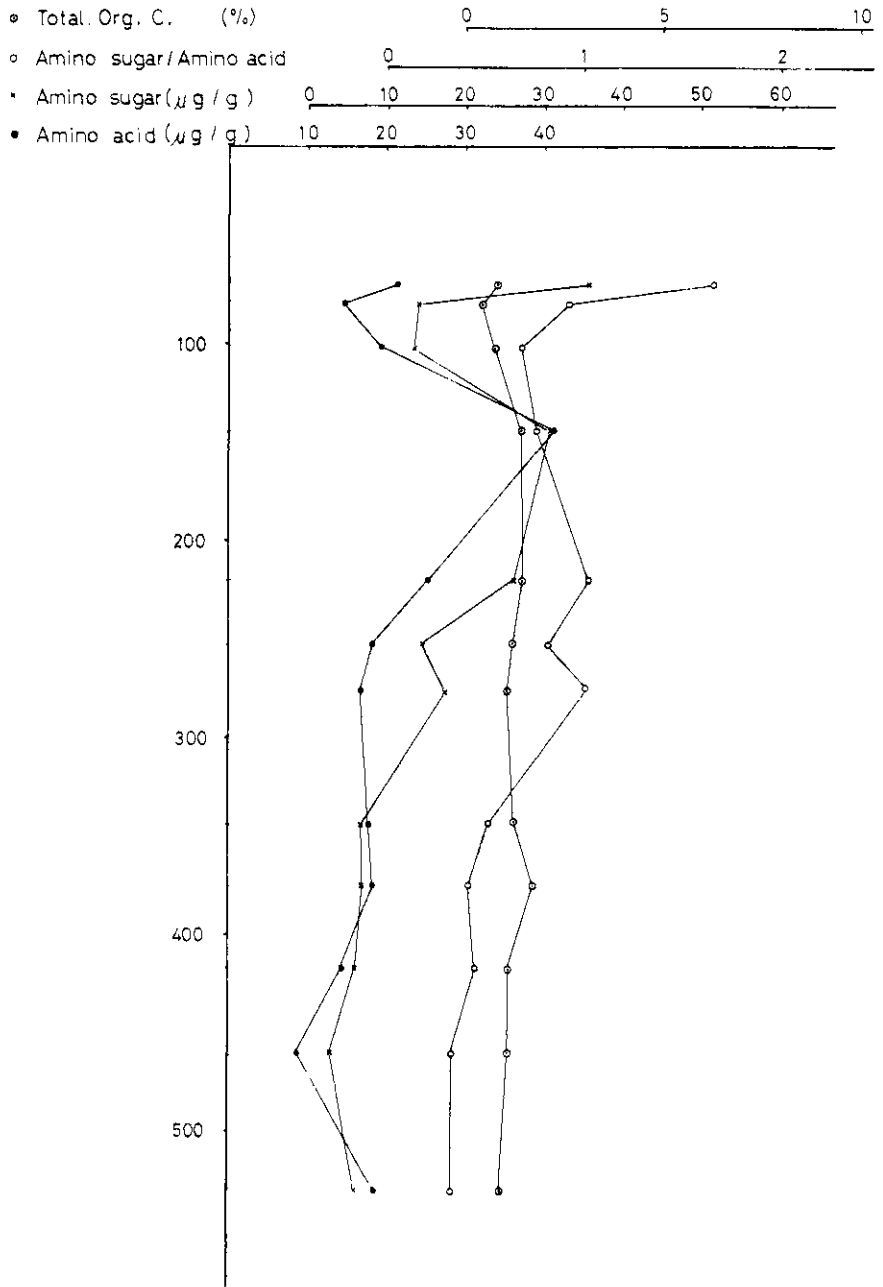


図 11 川崎微小地震観測井の有機物分析一覽
 Table 11 Organic matter analysis of the deep well at the Kawasaki seismological station.

ii) 分析法

(イ) 有機炭素

粉末試料を秤りとり、1 N塩酸を加えて炭酸塩を溶解する。あらかじめ秤量したガラスフィルターでろ過し、沈殿物と水溶液とを分離する。ガラスフィルター上の泥を十分水洗したのち、100°Cで4時間乾燥後秤量する。この無機の炭酸塩を除いた試料について、柳本CHNコーダーMT500S型で有機炭素を定量する。

(ロ) アミノ酸とアミノ糖

粉末試料3~10gを30~50mlのアンプルにはかりとり、約5倍量の6N塩酸を加える。アンプルを封管し、105°Cで24時間加水分解する。遠心分離によって、泥質物と加水分解液とに分離する。加水分解液をロータリーエバポレーターで減圧濃縮し、塩酸を除去する。加水分解液を強酸性陽イオン交換樹脂に通して脱塩を行う。さらに、2Nアンモニア水でアミノ酸を溶出し、溶出液をロータリーエバポレーターで濃縮して、アンモニアを除去する。このようにして得られたアミノ酸とアミノ糖を含む試料を1/100NHC₁に溶かし、日本電子JLC5AH型アミノ酸アナライザーにより、アミノ酸とアミノ糖の定量を行う。塩基性のアミノ酸は15cm×0.8φのショートカラムをもちい、pH5.28のクエン酸ナトリウム溶出液、カラム温度65°Cにより分離する。中酸性のアミノ酸とアミノ糖は70cm×0.8φのロングカラムをもちい、クエン酸緩衝液をpH3.25からpH4.25へ、さらにpH4.80へ、カラム温度を45°Cから65°Cへと漸次切り換えることによって分離を行う。

iii) 分析結果

(イ) 有機炭素

有機炭素含有量は、泥質岩中においては0.47~1.76%の間に分布していて、垂直分布に規則性はみられない。腐植を多く含む部分（例；試料144.8-2, 461.5-2, 529.7-2）において、特に有機炭素含有量が多く、4.83~10.78%の値を示している。

(ロ) アミノ酸

総アミノ酸含有量

総アミノ酸含有量は0.077~0.379μM(モル)/g(8.95~45.4μg/g)の間に分布している。コアの上部(深度68.2~101.5m)において低い値を示し、深度144.8mで一度高い値を示すが、それ以下は下部へ行くに従って、徐々に減少する傾向を示している。シルトの部分よりも腐植質の部分にアミノ酸が多く含まれている。

アミノ酸組成

表14にはアミノ酸組成をグラムパーセントで示してある。一般に、多く検出されるアミノ酸は、リジン+オルニチン、グリシン、アラニン、バリン、ロイシン、γ-アミノ酪酸などである。各種アミノ酸のグラムパーセントの深度分布に規則性はみられない。

塩基性のアミノ酸のリジン+オルニチンの占める割合は、一般に、現世の泥質堆積物中のそれらに比べ、増加している。これは非たんぱく質構成アミノ酸のオルニチンが増加したためと思われる。ヒスチジン、アルギニンの占める割合も減少している。

酸性アミノ酸のアスパラギン酸とグルタミン酸の占める割合は、それぞれ、0～4.6%と0～9.1%の間にあり、著しいばらつきを示している。また、一般に現世の堆積物中のそれらに比べ、非常に減少している。

非たんぱく質構成アミノ酸の β -アラニンと γ -アミノ酪酸は、それぞれ0～8.9%、2.8～17.6%の間の値を示し、非常にばらついていて、垂直分布に規則性はみられない。 γ -アミノ酪酸は現世の表層堆積物に比べ、特に大きな値を示している。これらのアミノ酸は、微生物の活動によって作られ、埋没深度が深くなるに従って増加する傾向が知られている。

D-アロイソロイシン

D-アロイソロイシンの占める割合は、0～1.0%の間に分布し、D-アロイソロイシン/L-イソロイシン比は、0～0.284の間の値を示し、かなりのばらつきを示している。D-アロイソロイシンは、L-イソロイシンのジアステレオマーで続成作用によって、L-イソロイシンから変化する。従って、古い岩石中からは、D-アロイソロイシンの方が多く検出されるはずである。しかし、4試料からは、D-アロイソロイシンが検出されなかった。この原因については、現世の汚染と粘土鉱物による吸着が考えられる。L-イソロイシンは、粘土鉱物に吸着されて安定化する(Jackson, 1971)ことが知られており、かなり古い岩石中でも、イソロイシンのラセミ化が進行しない場合が考えられる。

(ハ) アミノ糖

総アミノ糖含有量は、3.0～160.3 $\mu\text{g/g}$ の間に、アミノ糖/アミノ酸比は0.096～1.66の間の値を示し、著しくばらついている。しかし、平均してアミノ酸に比べアミノ糖含有量は非常に高い値を示している。

7. 考 察

7.1 川崎微小地震観測井の測定データの相関

今までに得られた川崎微小地震観測井(以下HMRと略称する)の種々の測定データを考察してみる。

i) 構成鉱物

顕微鏡観察とX線分析の結果はよく似た傾向を示した。構成物はすべてシルトと砂で、A-2(126.30m～126.60m)、A-5(352.85m～353.15m)とA-6(426.30m～426.60m)の3試料は鏡下でもX線回折分析でも、長石、角閃石が比較的少なく、石英、粘土分に富むことが示されている。また残りの試料は、これらとは逆に長石、角閃石が

比較的多く、石英・粘土分が少ない。この結果は井戸の深度との間には関係は見出されないが、堆積サイクルとの間には関係があり、1・2の例外を除けば、堆積サイクルの上部（シルト質）にあたる部分に、粘土分が多い試料が分布し、下部（砂質）にあたる部分に長石・角閃石が多い試料が分布する。また底生有孔虫との比較により、粘土分が多い試料は深海堆積相、長石・角閃石が多い試料は浅海から浅—深海堆積相と考えることができる。このため海が深くなるほど、堆積物の粒径は細かくなり、粘土分が増加する傾向がある。

ii) 温度、水温、水深

有孔虫分析においては、総個体数で深度60、200、500m付近にピークがあり、とくに60mと200mのピークが大きい。底生有孔虫では深度201mと502mで *Bulimina aculeata*、深度62、280、353、427で *Bulimina nipponica* のような深海性の群集が優勢で、深度201、427、577mでは *Pseudononion japonicum* のような浅海種が優勢である（図13）。浮遊性有孔虫では温暖種の *Globorotalia inflata group* と寒冷種の *Globigerina pachyderma* の増減には明らかに逆の相関が認められ、62、280、427、502、577、601mでは寒冷種の *Globigerina pachyderma* が優勢である（図14）。以上の結果から底生有孔虫において深海種が優勢な深度では、浮遊性有孔虫の寒冷種が多くなる傾向がある。これは底生有孔虫ばかりでなく、浮遊性有孔虫も海の深さの影響を受けている可能性を示す。花粉分析ではHRMは、*Abies*、*Pices*、*Tsuga*、*Taxodiaceae* 等の針葉樹花粉によって特長づけられる上部花粉帯（62～280m）と暖帯性の *Liquidambar*、*Nyssa* の出現によって特長づけられる下部花粉帯（353～600m）に分けられるが、花粉分析と有孔虫分析の結果はあまりよく一致していない。特に浮遊性有孔虫のうち、温暖種である *Globorotalia inflata* 種は、HRMの浅い方で増加する傾向があるが、花粉分析の結果はHRMの浅部では冷涼化を示しており、逆の関係となる。

iii) 地層の境界と種々の観測データ

地層の境界としては36m（A層とK層の境界）、108m（不整合による境界）、229m（第1と第2の堆積サイクルの境界）、350m（後述する第三系と第四系の境界）、450m（第2と第3の堆積サイクルの境界）、593m（第3と第4の堆積サイクルの境界）があげられる。

36mの境界と比較できるデータは、図5の速度検層の結果しかないが、その測定値には明らかに有意の差を認めることができる。108mの境界では、密度検層や速度検層に差が認められる他に、間隙水分析におけるpH値とコアガス分析の CH_4 の含有量に差がある。これらは不整合を境として上下の地層の性質の違いの反映であろう。229mの境界においては、密度検層や速度検層にわずかな差が見出される以外は差は認められない。後の検討によって

想定される350mの第三系と第四系の境においても、見掛け比重や、間隙水、弾性波、熱伝導、コアガス分析において差は見出しえない。450mの境界においては、速度、密度の各検層の結果、含水率、比重、 Cl^- の含有量等に差が見出されるが、その傾向は593mの境界付近でより顕著となる。

7.2 地層の対比

今までの結果を近傍の深井度の結果と比較しながら総合的に検討し、2・3の問題点について考える。

i) 有孔虫分析による地層の対比

HRMの近傍において最近掘削された深井戸としては、地質調査所によって掘られた川崎地区水位・水質観測井（以下にGS井と略称する）があげられる。後者は前者（HRM）の南東4.5kmのところの位置している。この両井の有孔虫分析・花粉分析の結果を比べてみる。

(イ) 総個体数

残渣から検出された有孔虫数の深度分布を示したのが図12である。このグラフから、両観測井ともよく似たパターンを示していることがわかる。とくに深度100、200、500m付近にピークのある点はよく似ており、このことは両井の地層が多少の上下はあるが、ほぼ同深度で連続している可能性を示唆している。

(ロ) 底生有孔虫

前にあげた総個体数による対比の特徴をさらに細かく検討するため、底生有孔虫の深度分布を図13に示す。両井の有孔虫とも*Bulimina aculeata* および*Bulimina nipponica* のような深海性化石有孔虫群集が優勢で、*Pseudonion* のような浅海性種は深い方で産出が認められる。HRMにおける深度426mの*Pseudonion japonicum*、深度502mの*Bulimina aculeata* の増加をのぞけば、*Bulimina nipponica*、*Bulimina aculeata* の出現の傾向はよく似ている。

また、底生有孔虫については房総半島の模式地において、石和田ほか2名（1962）の研究により、上総層群の化石有孔虫の優勢種と地層の対比の研究がまとめられているので、HRMの結果をそれと比較してみる。HRM下部の深度600～502m付近の*Bulimina aculeata*の産出は、石和田ら（1962）の大原層における同種の優勢部に対比される。それに引き続く深度426m、353m、280mの*Bulimina nipponica*の産出は、石和田ら（1962）の黄和田層の同種の優勢部に匹敵すると思われる。さらにその上の大田代層においては*Bolivina spissa robusta*が優勢種であるが、HRMにおいてはこの種は深度62mの試料から、1個体が見出されている。この結果、HRMのK層と上総層群の模式層序との対比では、K層は大原層から大田代層の一部に対比できる。この結果を、GS井（福田ほか、1976；1976b）と比較してみると、底生種においても、HRMとGS井はよい一致を示している（図13）。その結果として次のような関係がみられる。

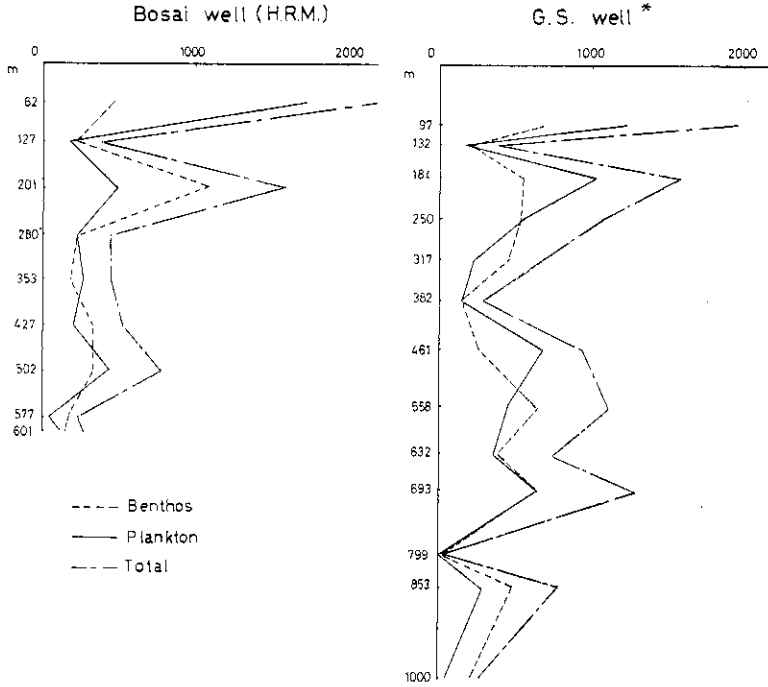


図 12 化石有孔虫の総個体数による対比図
 Fig. 12 Correlation diagram of total number of foraminifera.

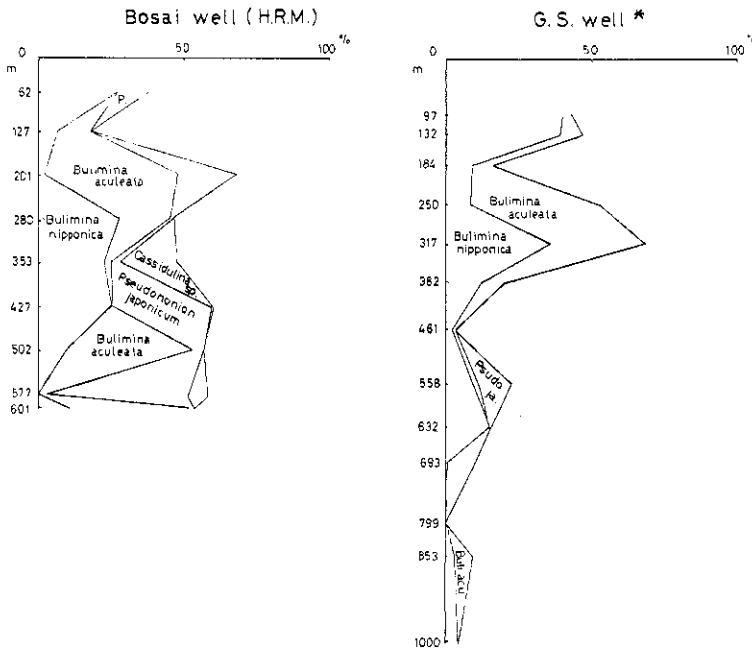


図 13 底生有孔虫による対比図
 Fig. 13 Correlation diagram of benthic foraminifera.

模式層序	H R M	G S 井
大田代～ 黄和田層	K ₁ ～ K ₄ -1 ₁	C ₁ ～ C ₆ -5 *
大 原～ (野々塚層)	K ₄ -1 ₂ K ₅ ～	C ₇ ～ C ₈ -2

*福田ほか(1976)ではC₆-3となっているが、GS井のC₆-3とC₆-5の間には有孔虫分析結果はないため、この境をC₆-5とすることも可能である。

(ハ) 浮遊性有孔虫

図14にHRMとGS井の浮遊性有孔虫群集の深度分布を示す。これによれば、やはり全体的な増減傾向はよく似ており、HRMでは深度126m付近で古水温が一番高い所があり、それ以深でも、以浅でも、古水温は低下したと考えられる。GS井においても深度184m付近で古水温が高く、それ以深では漸次低下の傾向がある。

ii) 花粉分析による地層の対比

有孔虫分析と同様にHRMの花粉分析とGS井のそれを比較すると以下のごとくである。HRMは前述したごとく、二つの花粉帯に分けられるが、GS井では下に示すごとく、3つの花粉帯に分けられる。

H R M		G S 井	
花 粉 帯	古気候	花 粉 帯	古気候
上部花粉帯 (62～280m)	冷涼	A花粉帯 (96～315m)	冷涼
下部花粉帯 (353～600m)	温暖	B花粉帯 (381～632m)	温暖
		C花粉帯 (695～1001m)	冷涼

HRMの上部花粉帯は *Abies*, *Picea*, *Pinus*, *Tsuga*, *Taxodiaceae* 等の針葉樹花粉が大半を示めるが、GS井のA-花粉帯でも同様であり、特にGS井の方は *Tsuga* の割合が高いことで特徴づけられる。またGS井のB-花粉帯は *Abies*, *Picea* および *Tsuga* が急減し、*Pinus* が急増する。また *Carya* が一定した産出を示すところから、本帯は第三系に入ると考えられている。同様にHRMの下部-花粉帯においても *Liquidambar*, *Nyssa* の出現があげられる。これは前述したごとく、日本における第三紀の地層の中から主に産出する種であり、暖帯性気候を示す。以上のことから両井の花粉帯を比較すると、HRMの上部花粉帯は、ほぼGS井のA-花粉帯に匹敵し、HRMの下部花粉帯はGS井のB-花粉帯に一致する。

iii) 第三系と第四系の境界

第三系と第四系の境界はBlow(1969)による浮遊性有孔虫の分帯のうちN21とN22の両帯の境界に相当する。この境界付近ではいくつかの浮遊性有孔虫の出現・消滅が認められる。HRMにおいては、浮遊性有孔虫の *Globigerina decoraperta* は353m以深に出現し、*Globorotalia*

川崎微小地震の坑井地質—田中ほか

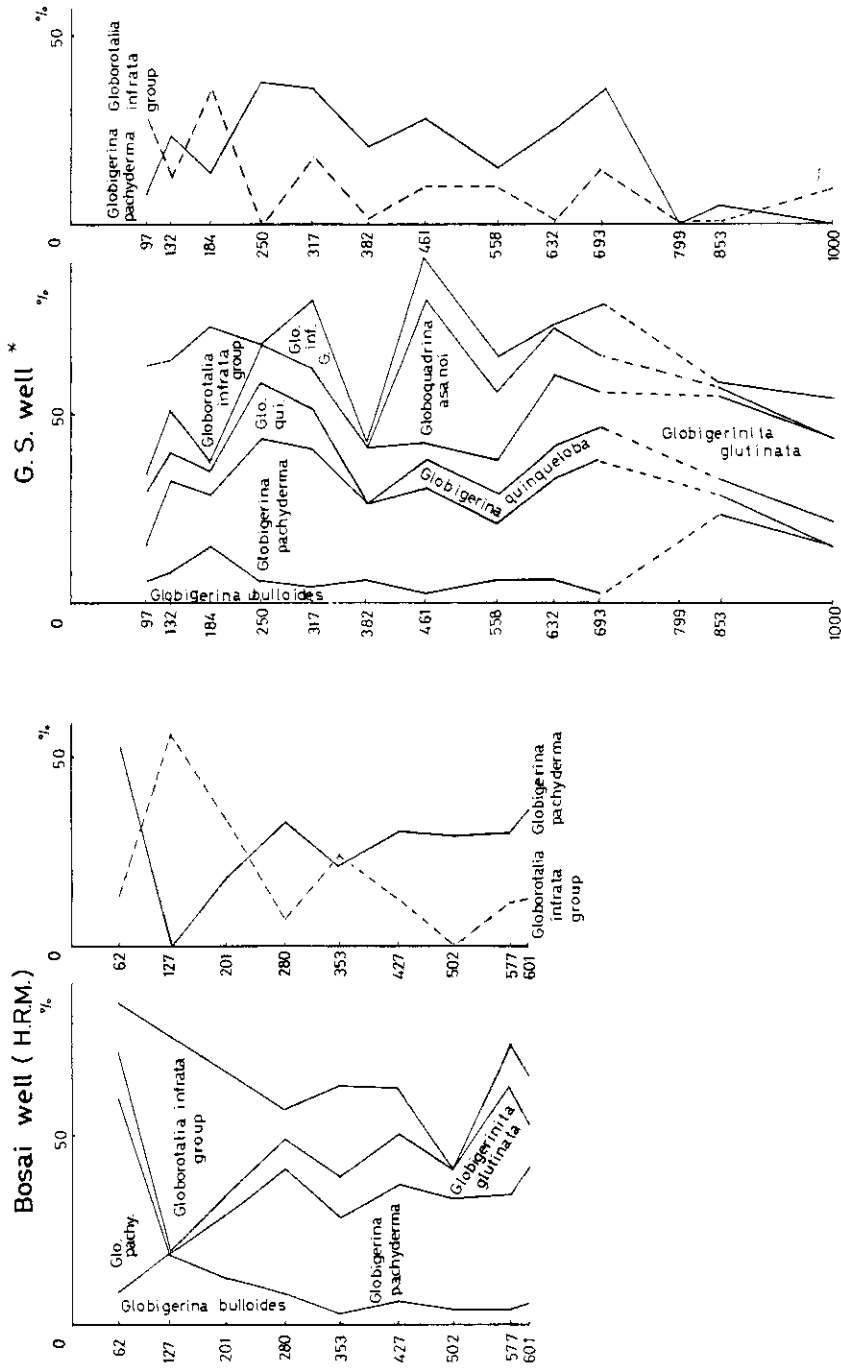


図 14 浮遊性有孔虫による対比図 (*図12, 13, 14は工業技術院地質調査所に提出された川崎地区地下水水位, 水質観測井報告書の一部, 石油資源開発(株)技術研究所の鑑定による。)

Fig. 14 Correlation diagram of planctonic foraminifera

truncatulinoides は深度 280 m にのみ産出する。これは HRM の深度 280 m と 353 m の間で、第三系と第四系の境界が存在することを示している。GS 井では *Globigerina decoraperta* は 317 m 以浅では認められず、*Globorotalia truncatulinoides* は 184 m 以深では認められない。これにより、GS 井では深度 184 m ~ 317 m の間に、第三系と第四系の境界があると考えられるが、HRM とはその境界の範囲がオーバーラップしている。

次に花粉分析について考察してみる。HRM では、*Liquidambar*, *Nyssa* が 502 m 以深に出現する。このことから HRM では第三系と第四系の境界は深度 502 m 以浅にある。GS 井においては *Carya* の安定した出現という点から、境界は 381 m 付近にあると考えられている。しかしこのような個々の種類による比較では、その境界を定めることが困難なため、花粉帯による比較の方がよい。前述したごとく、花粉帯の比較では HRM の下部花粉帯 (353 ~ 600 m) は GS 井の B-花粉帯 (381 ~ 632 m) によい一致を示していること、ならびに産出する花粉の種類等から、HRM の下部花粉帯と GS 井の B-花粉帯は第三紀に属すると考えられ、花粉から見た気候変化から類推して、HRM の下部花粉帯と上部花粉帯の境界を第三系と第四系の境と考える。

この結果 HRM においては、350 m 付近に第三系と第四系の境があると考えられる。

なお、模式地の上総層群の中の第三系と第四系の境界は、浮遊性有孔虫およびナンノプランクトンの化石、ならびに古地磁気から、大原層の上部の中にあるとされている (福田, 1976; 新妻, 1976; 尾田, 1975; 高山, 1973) が、これについては異論もある。

海成及び非海成の表泥中に含まれる総アミノ酸含有量は堆積環境によってまちまちであるが、数百 μg ~ 数千 μg (例; 中海 (寺島・大嶋, 1972) 4508 ~ 6412 $\mu\text{g}/\text{g}$ カリフォルニア沖の experimental moehole (Rittenberg *et al.*, 1963) 355.2 $\mu\text{g}/\text{g}$, British Columbia の Saanich Inlet (Brown *et al.*, 1972) 519.8 ~ 6532.4 ppm) の間に分布している。これらの値に比べると、HRM 中の総アミノ酸含有量は、約 1/10 ~ 1/1000 に減少している。

泥質岩中の総アミノ酸含有量は、地質時代が古くなるに従って、急激に減少することが知られている。鮮新世の泥質岩中のアミノ酸含有量についての報告は非常に少ない。市原・市原 (1968) が大阪地区のボーリングコア試料について、0.001 ~ 0.002%, 房総半島の上総層群の 4 試料 (市原・三梨, 1969) について、18 ~ 35 $\mu\text{g}/\text{g}$ のアミノ酸含有量を報告している。これらの値に比べると、HRM のアミノ酸含有量は、ほぼ同程度の残存量を示しているとみられる。

また、アミノ糖の分析例はほとんどないが、宍道湖の中海の第四紀堆積物中においては、アミノ糖含有量は 41.3 ~ 56.5 $\mu\text{g}/\text{g}$ を示し、アミノ糖/アミノ酸比は 0.088 ~ 0.546 である。(寺島・大嶋, 1972) その他の分析例を調べても、アミノ糖/アミノ酸比が 1

をこえる例は見当たらない。

Kemp *et al.* (1973) はオンタリオ湖の堆積物中のアミノ糖含有量を調べ、アミノ糖の方がアミノ酸よりも保存されやすいと述べている。HRMの場合は、表に示されるように、アミノ糖/アミノ酸比は不規則に変化しているけれども、深部に行くに従って低下する傾向を示している。

深度275m以浅と344m以深の間に、総アミノ糖含有量においてギャップが認められるが、この深度は、有孔虫ならびに花粉分析から求めた第三紀と第四紀の境界とよく一致する。

これはアミノ酸よりもアミノ糖の方が保存がよいため、地層の対比の指標としては、アミノ糖の比較が有効である可能性を示唆する。

iv) 岩質による地層の対比

次に電気検層の比抵抗曲線と地質柱状図の地層の記載によりGS井の地層と岩相順序の対比を行うと下記のごとくなる。

H R M		G S 井													
A	(0~ 36m)	A	(0~ 30m)												
.....	(不整合).....	(不整合).....												
.....	(欠如).....														
K ₁	(36~108m)	1	<table border="0"> <tr><td>C₁</td><td>(30~ 85m)</td></tr> <tr><td>C₂</td><td>(85~157m)</td></tr> </table>	C ₁	(30~ 85m)	C ₂	(85~157m)								
C ₁	(30~ 85m)														
C ₂	(85~157m)														
.....	(不整合).....	(不整合).....												
1	<table border="0"> <tr><td>K₁, K_{2-u}</td><td>(108~142m)</td></tr> <tr><td>K_{2-l}</td><td>(142~229m)</td></tr> </table>	K ₁ , K _{2-u}	(108~142m)	K _{2-l}	(142~229m)	2	<table border="0"> <tr><td>C₃</td><td>(157~191m)</td></tr> <tr><td>C₃, C₄</td><td>(191~271m)</td></tr> </table>	C ₃	(157~191m)	C ₃ , C ₄	(191~271m)				
K ₁ , K _{2-u}	(108~142m)														
K _{2-l}	(142~229m)														
C ₃	(157~191m)														
C ₃ , C ₄	(191~271m)														
2	<table border="0"> <tr><td>K_{3-u}</td><td>(229~276m)</td></tr> <tr><td>K_{3-l}, K_{4-u}</td><td>(276~379m)</td></tr> <tr><td>K_{4-l}</td><td>(379~450m)</td></tr> </table>	K _{3-u}	(229~276m)	K _{3-l} , K _{4-u}	(276~379m)	K _{4-l}	(379~450m)	3	<table border="0"> <tr><td>C₅, C₆₋₁</td><td>(271~337m)</td></tr> <tr><td>C₆₋₂, C₆₋₃</td><td>(337~401m)</td></tr> <tr><td>C₆₋₄, C₆₋₅, C₇</td><td>(401~460m)</td></tr> </table>	C ₅ , C ₆₋₁	(271~337m)	C ₆₋₂ , C ₆₋₃	(337~401m)	C ₆₋₄ , C ₆₋₅ , C ₇	(401~460m)
K _{3-u}	(229~276m)														
K _{3-l} , K _{4-u}	(276~379m)														
K _{4-l}	(379~450m)														
C ₅ , C ₆₋₁	(271~337m)														
C ₆₋₂ , C ₆₋₃	(337~401m)														
C ₆₋₄ , C ₆₋₅ , C ₇	(401~460m)														
3	<table border="0"> <tr><td>K_{5-u}</td><td>(450~473m)</td></tr> <tr><td>K_{5-l}</td><td>(473~593m)</td></tr> <tr><td>K₆</td><td>(593~609m)</td></tr> </table>	K _{5-u}	(450~473m)	K _{5-l}	(473~593m)	K ₆	(593~609m)		C ₇ (460~)						
K _{5-u}	(450~473m)														
K _{5-l}	(473~593m)														
K ₆	(593~609m)														

この二つの坑井の地質を巨視的に比較すると、GS井には450m付近までに3回のシルトから砂にかわる堆積サイクルが認められるのに対し、HRMでは同深度付近までに、見かけ上2回の堆積サイクルしか認められない。有孔虫分析や花粉分析の結果から判断すれば、第三紀末から第四紀にわたるほぼ同時代の地層を対比しているはずであるから、岩質によるサイクルが一致しないことの解釈としては、HRMの位置では、GS井の

A層とC₁層の間に存在する不整合が大きくなり、GS井のC₁層に相当する地層は、HRMでは欠如したと考えられる。

7.3 観測井付近の地下地質構造

隣接地区において実施されている地質調査所の水位水質観測井（GS井）の坑井地質、およびかつて神奈川県（1955）が実施した天然ガス地下資源調査結果との対比を、電気検層記録によっておこなった。その結果を図15（位置図）と図16に示す。

石井（1962）、地質調査所（1964）、印部ほか2名（1972）等の重力図によれば、東京湾を東西に横切って伸びる著しい負の重力異常帯があり、その中でも、とくに横浜市緑区と千葉の市原付近に負の重力異常帯の中心がある。川崎のある多摩川河口付近は、両方の負の中心の鞍部にあたる。この負の異常帯は、多田（1976）によれば、厚い堆積層に起因すると言われているので、図16に見られる上総層群の南北方向の軸をもつ背斜構造は重力のデータとよい一致を示している。だが、ボーリングデータからだけでは、断層の存在は判らないので、南北性の断層の集合の結果、背斜構造のように見える可能性もないわけではない。事実、関東南部における南北性の断層に関してはいくつかの文献がある（たとえば小玉（1974））。しかし、この問題を検討するためには、今後、さらにデータを集積する必要がある。

8. ま と め

国立防災科学技術センターが掘削した川崎微小地震観測井（HRM）により、以下に示すような地下地質の資料が得られた。

- 1) 本観測井の地層は沖積層と上総層群よりなる。
- 2) 上総層群はシルトと砂よりなり、大きく三つの堆積サイクルに分けられる。
- 3) 近傍の井戸の電気検層の測定結果等と比較して、深度108m付近に不整合を推定した。
- 4) 本地域の上総層群は、有孔虫分析の結果より、房総半島の模式層序における大田代層から大原層に対比される。
- 5) 花粉分析の結果は、350m付近を境に2大別され、それより深部は温暖な気候を示し、それより浅部は冷涼であったことを示している。
- 6) 第三系と第四系の境は深度350m付近にあると考えられるが、*Liquidambar*、*Nyssa* の産出を重視すれば、深度500m付近という可能性も考えられる。
- 7) 有機物分析の結果は、アミノ糖の総含有量において、275m以浅と344m以深の間に有意の差が認められた。

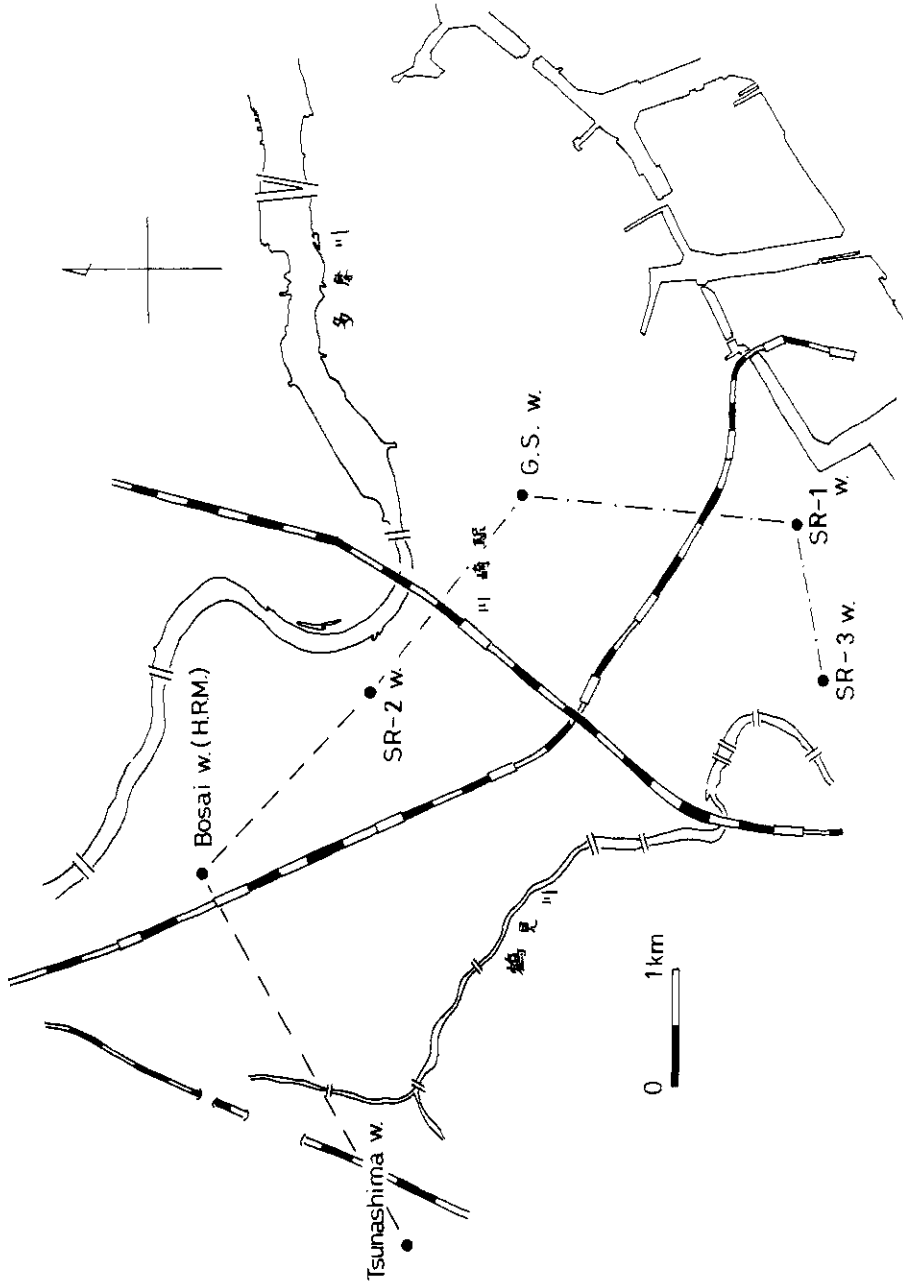


図 1 5 川崎市の深井戸位置図
Fig. 1 5 Location map of deep well in Kawasaki City.

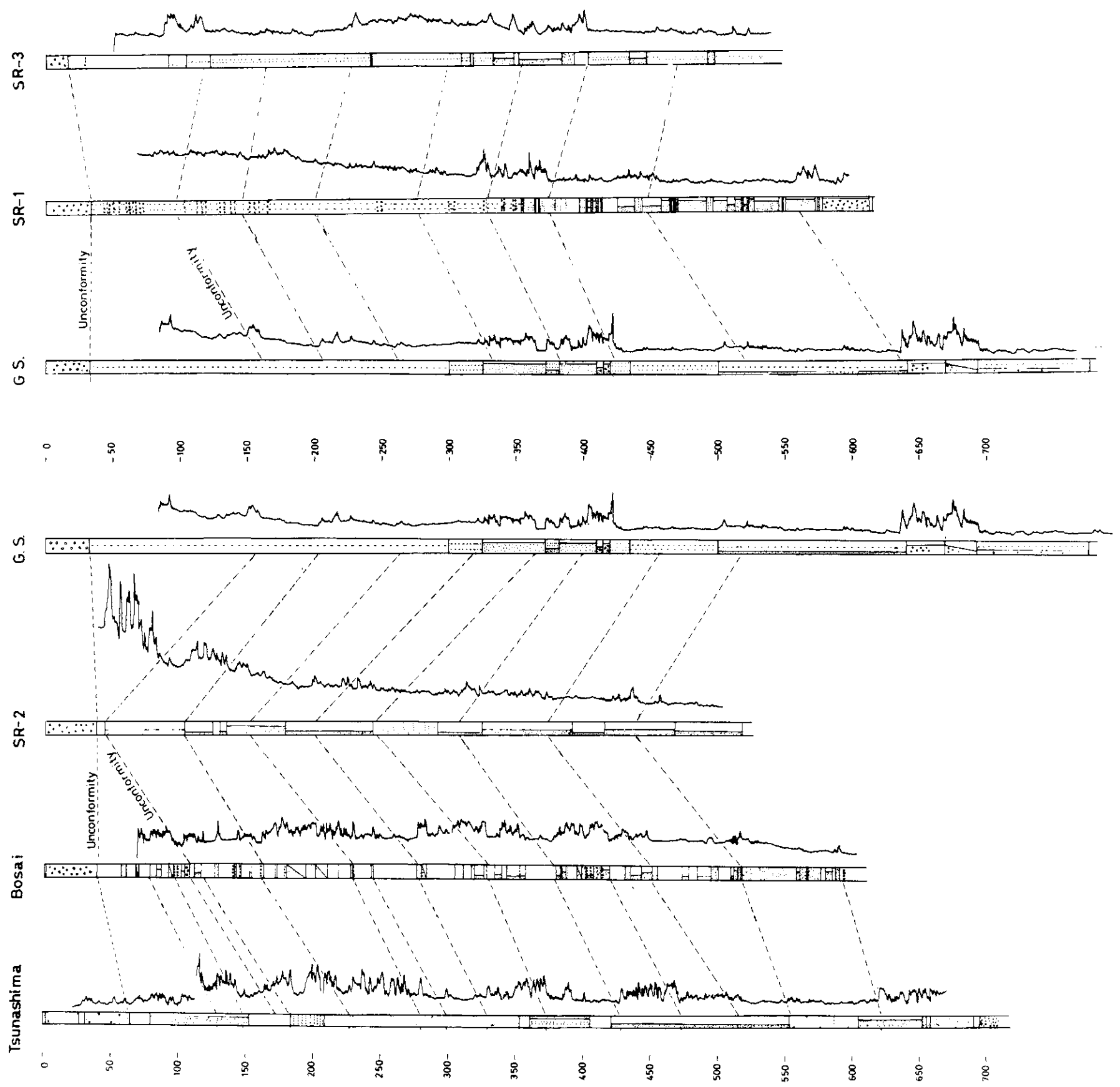


図 16 川崎市の深井戸の電気検層一覽図
 Fig 16 Correlation of electrical lagging of the deep wells
 in Kawasaki City

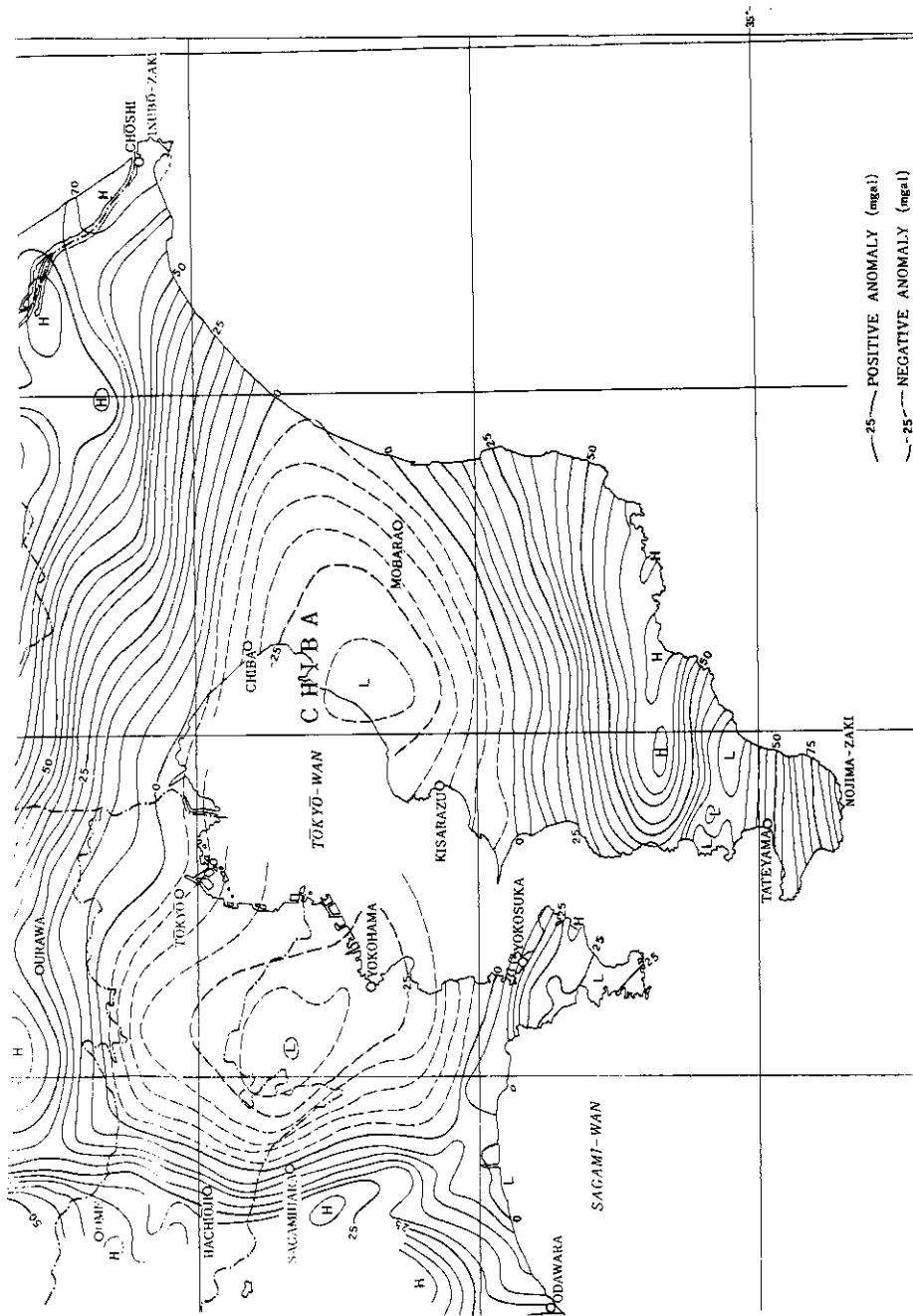


図 17 関東地方重力図 (地質調査所 1964)

Fig. 17 Bouguer anomaly in the Kanto district.
(Geological Survey of Japan 1964)

9. 謝 辞

この報告をまとめるにあたって、工業技術院地質調査所福田理石油課長ならびに国立防災科学技術センター第3研究部地表変動防災研究室大八木規夫室長に校閲していただいたことを感謝する。

10. 引用文献

- 1) Aizenshtat, Z., Baedeker, M. J., and Kaplan, I. R. (1973): Distribution and diagenesis of organic compounds in Joides sediment from Gulf of Mexico and western Atlantic. *Geochim., Cosmochim., Acta.* vol. 37 p. 1881-1898,
- 2) Blow W. H. (1969): Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy. *Proc. 1st. Int. Conf. Plankt Microfossils Vol. 1*, p. 199-421
- 3) Brown, F. S., Baedeker, M. J., Nissenbaum A., and Kaplan, I. R. (1972): Early diagenesis in a reducing fjord Saanich Inlet, British Columbia-III, changes in organic constituents of sediment. *Geochim., Cosmochim., Acta.*, vol. 36, P. 1185-1293
- 4) 防災センター(1975, 1976a, b) 川崎における微小地震観測, 地震予知連絡会会報, Vol. 14 p. 20-25, Vol. 15 p. 42-45, Vol. 16 p. 50-55
- 5) 地質調査所(1964): Bouguer Anomalies in the Kantō and Hokuriku Districts. 地質調査所.
- 6) 地質調査所(1975): 川崎市東部の地質と地質構造. 地震予知連絡会報, Vol. 13, p. 39-42
- 7) 地質調査所(1976a) 多摩川下流域における地下水位と水質の変化, 地震予知連絡会会報, Vol. 15 p. 57-64.
- 8) 地質調査所(1976b): 川崎付近における地震波速度変化の観測, 地震予知連絡会会報, Vol. 16 p. 60-64
- 9) 福田 理・垣見俊弘・河内英幸・高木慎一郎・田中信一(1976): 川崎地区水位水質観測井について(その1). 地質ニュース, No 259 p. 1-14
- 10) 福田 理・永田松三・垣見俊弘(1976a): 川崎地区水位水質観測井について(その2),

- (その3)．地質ニュース，No 260 p. 1-9, No 261 p. 21-35.
- 11) 福田 理 (1976) 水溶型ヨウ素—ガス鉱床について，天然ガスVol. 19, No 9 p. 14-27
 - 12) 市原優子・市原 実 (1968)：大阪層群の泥質堆積物に含よれているアミノ酸，地質雑，Vol. 74, p. 233-238,
 - 13) 市原優子・三梨 昂 (1969)：房総半島の新生代に含まれているアミノ酸，地質雑，Vol. 75, p. 241-245.
 - 14) 印部英一・井内 登・大野重保 (1962)：関東中部地域天文重力水準試験測定結果，日本測地学会第38回講演要旨16.
 - 15) 石井基裕 (1962)：関東平野の基盤，石油技術協会誌，27, p. 615-640
 - 16) 石和田靖章・樋口 雄・菊地良樹 (1962)：南関東ガス田の微化石層序，石油技術協会誌，Vol. 27, 3号 p. 68-77.
 - 17) Jackson, T. A. (1971)：Preferential polymerization and absorption of L-optical isomers amino acids relative to D-optical isomers on Kaolinite templates. *Chem. Geol.* Vol. 7, p. 295-306
 - 18) 神奈川県 (1955)：神奈川県下の天然瓦斯地下資源（とくに第2章，川崎市を中心とする地域），神奈川県.
 - 19) 関東第四紀研究会 (1970)：下末吉台地およびその周辺地域の地質学的諸問題，地球科学，p. 151-166
 - 20) 関東ローム研究グループ (1964)：関東ローム，築地書館，
 - 21) 川崎市計画局 (1965)：川崎市地質図集，川崎市，254p.
 - 22) Kemp, A. L. W. and Mudrochova, A (1973)：The distribution and nature of amino acids and other nitrogen-containing compounds in Lake Ontario surface sediments. *Geochim., Cosmochim., Acta.* Vol. 37, p. 2191-2206
 - 23) 気象庁 地震活動検測センター (1975a, b)：多摩川下流域の地震活動について(1), (2), 地震予知連絡会会報，Vol. 13, p. 43-46 Vol. 14, p17-19
 - 24) 小玉喜三郎 (1974)：断層の発達と地殻の変形 — 南関東の南北性断層の発達機構，「関東地方の地震と地殻変動」，p. 71-86
 - 25) 国土地理院 (1975, 1976a, b, 1976)：多摩川下流域での地殻変動，地震予知連絡会会報，Vol. 13 p. 34-35 Vol. 14. p. 13-16, Vol. 15 p. 37-40, Vol. 16 p. 56-59
松田磐余 (1973)：多摩川低地の沖積層と埋没地形，地理学評論，Vol. 46, No 5

- p. 339-356.
- 27) 本島公司・永田松三(1963): 海成泥質岩の含水率とその炭化水素鉱床の地球化学との関連. 石油技術協会誌, Vol. 38, No 5, p. 268-281.
 - 28) 新妻新明(1976): 房総半島における古地磁気層位学, 地質学雑誌, Vol. 82, No 3 p. 163-181
 - 29) 尾田太良(1975): 浮遊性有孔虫化石からみた房総半島上部新生界の古地磁気記録の時代的解決. 地質学雑誌, Vol. 81, No 10, p. 645-647.
 - 30) 太田陽子・当間唯弘・須磨重光(1970): 横浜市付近の下末層基底面の地形, 地理学評論, Vol. 43, No 11, p. 647-661.
 - 31) 大塚弥之助(1937): 関東地方南部の地質構造(横浜~藤沢間). 震研彙報, No 15 p. 974-1040.
 - 32) 佐藤春夫・浜田和郎(1975): 多摩川下流域の地盤隆起と微小地震観測(その1) 国立防災科学技術センター研究速報, 第20号,
 - 33) 佐藤春夫・浜田和郎・高橋 博・山水史生・石田瑞穂・塚原弘昭・笠原敬司(1977): 多摩川下流域の地盤隆起と微小地震観測(その2). 国立防災科学技術センター研究速報, 第26号,
 - 34) 多田亮(1976): 関東平野の地下構造について. 地震, 第29巻, p. 47-53.
 - 35) 高山俊明(1973): 本邦新生界最上部における石灰質ナンノプランクトン化石の分布について. 地質学論集, No 8, p. 45-63.
 - 36) 寺島美南子・大嶋和雄(1972): 宍道湖, 地中海の第四紀堆積物中のアミノ酸・アミノ糖について. 地質雑, Vol 78, p. 289-300.
 - 37) 徳永重元・郷原保真・桑野幸夫(1949): 多摩丘陵の地質. 資源研彙報, No 14, p. 43-60.
 - 38) Rittenberg, S. C., K. O. Emery, J. Hulsenmann, E. T. Degens, R. C. Fay, J. H. Reuter, J. R. Graey, S. H. Richardson, and E. E. Bray (1963): Biogeochemistry of Sediments in experimental Mohole. *Jour., Sed., Petr.*, Vol. 33, p. 140-172.
 - 39) 脇田 宏(1975): 多摩川下流域にみられる地盤隆起現象の地球化学的研究. 地震予知連絡会会報, Vol. 14, p. 32-39.
 - 40) 脇田 宏(1976): 多摩川下流域における地下水の最近の地球化学的变化. 地震予知連絡会会報, Vol. 15, p. 49-59

(1978年5月30日原稿受理)

川崎微小地震の坑井地質—田中ほか

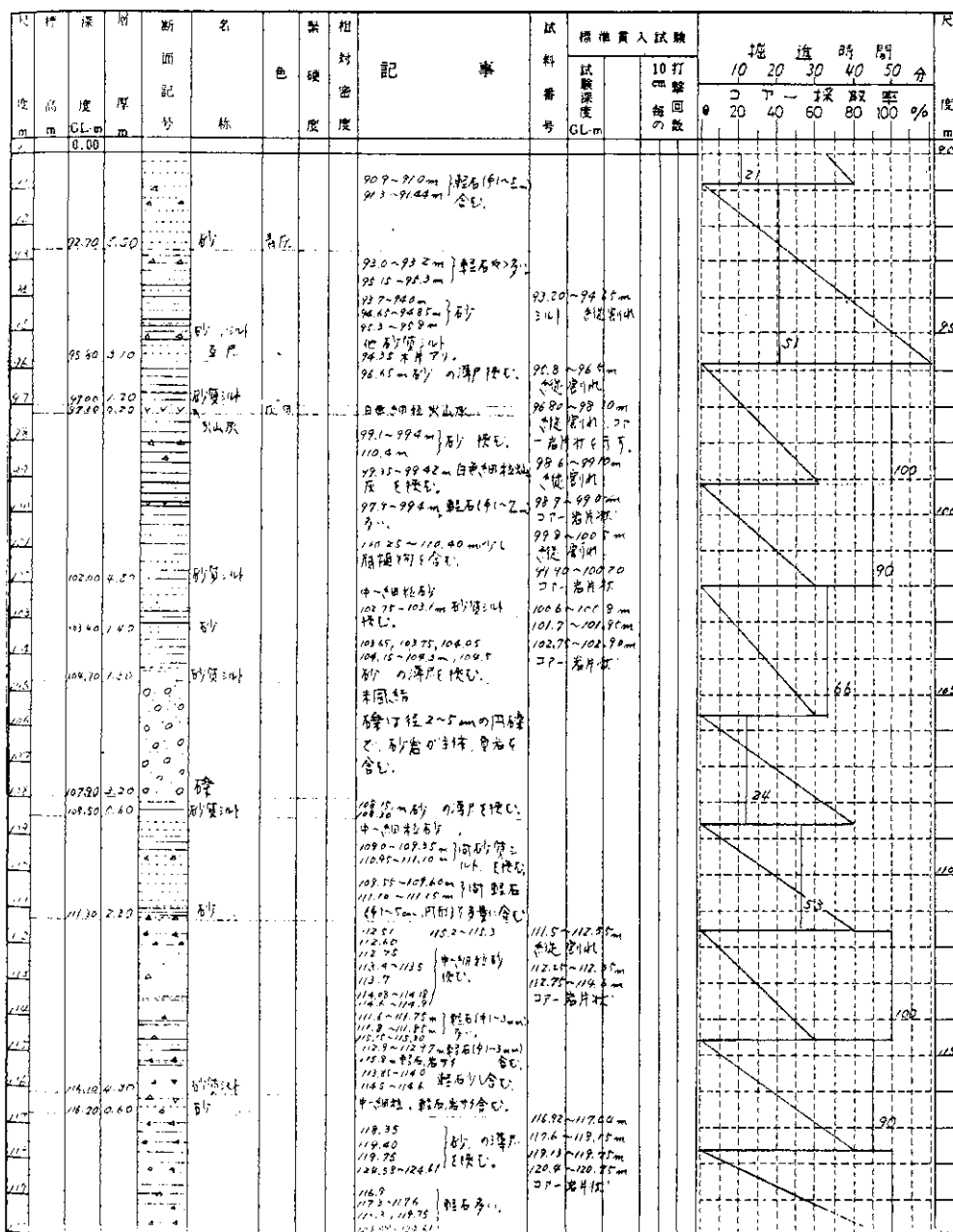


図 4-1 川崎微小地震観測井の地質柱状図(1)

Fig. 4-1 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismological station.

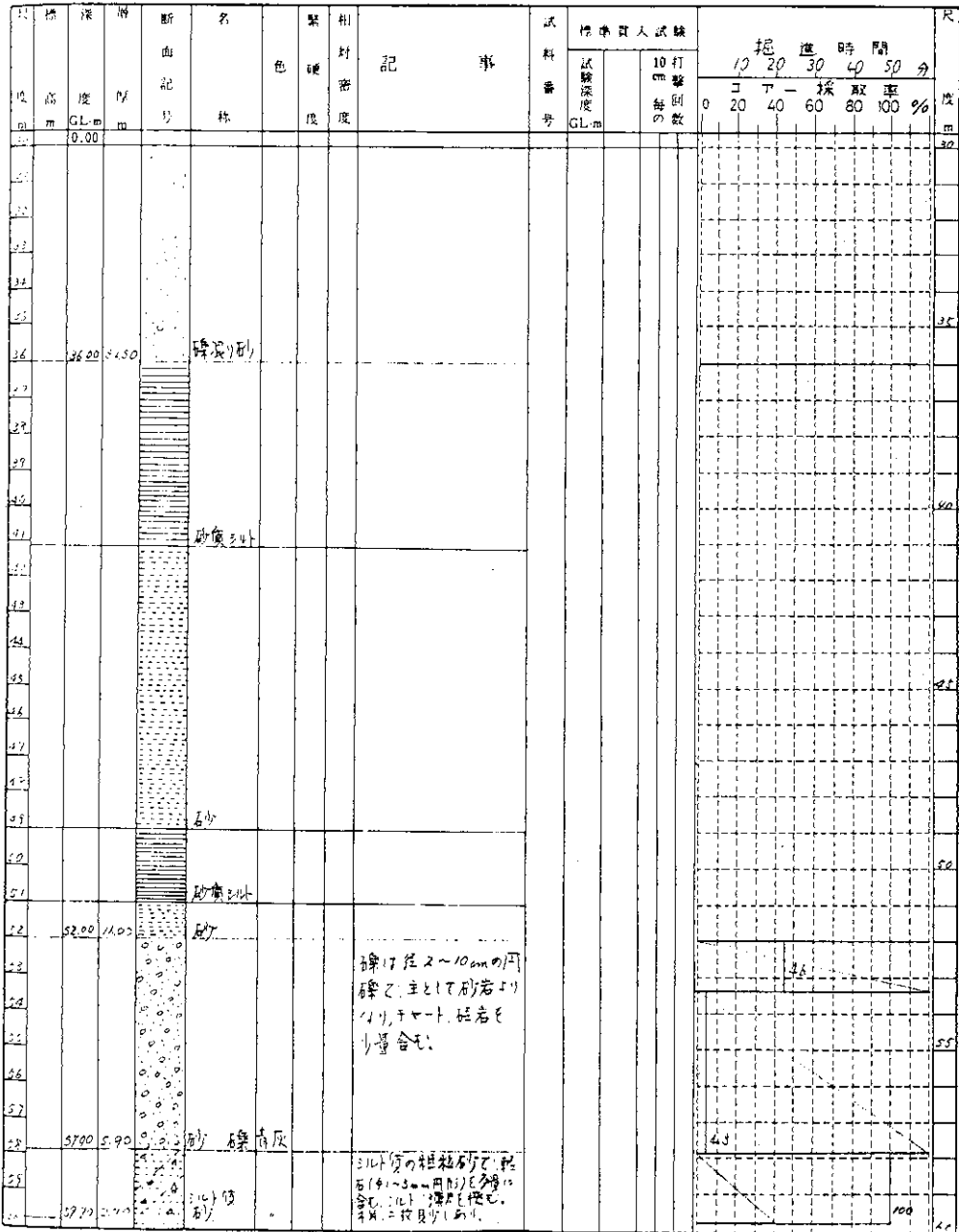


図 4-2 川崎微小地震観測井の地質柱状図(2)

Fig.4-2 Geological column of the observation well
at the Kawasaki seismological station.

川崎微小地震の坑井地質一田中ほか

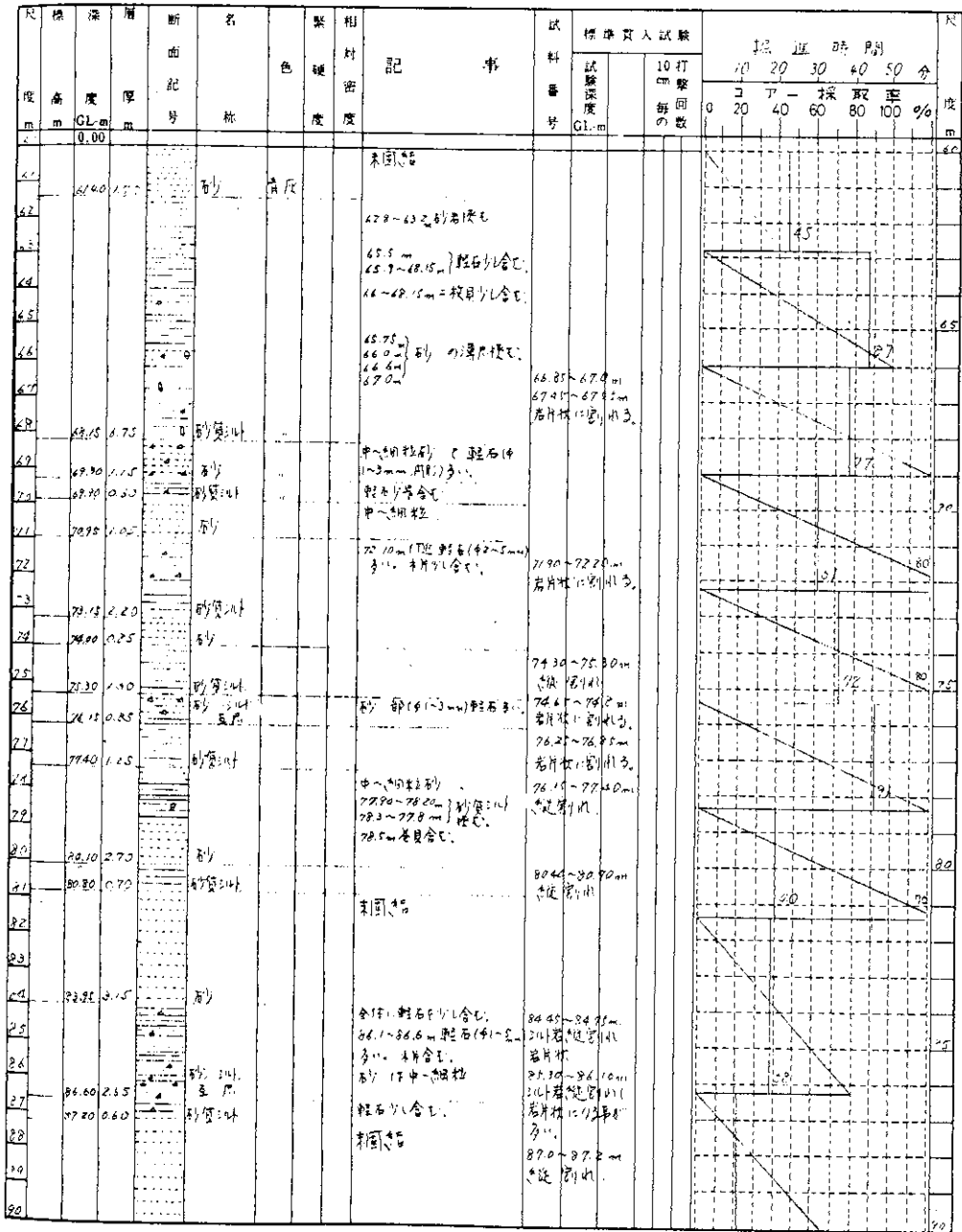


図 4-3 川崎微小地震観測井の地質柱状図(3)

Fig. 4-3 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismic station.

川崎微小地震観測の坑井地質一田中ほか

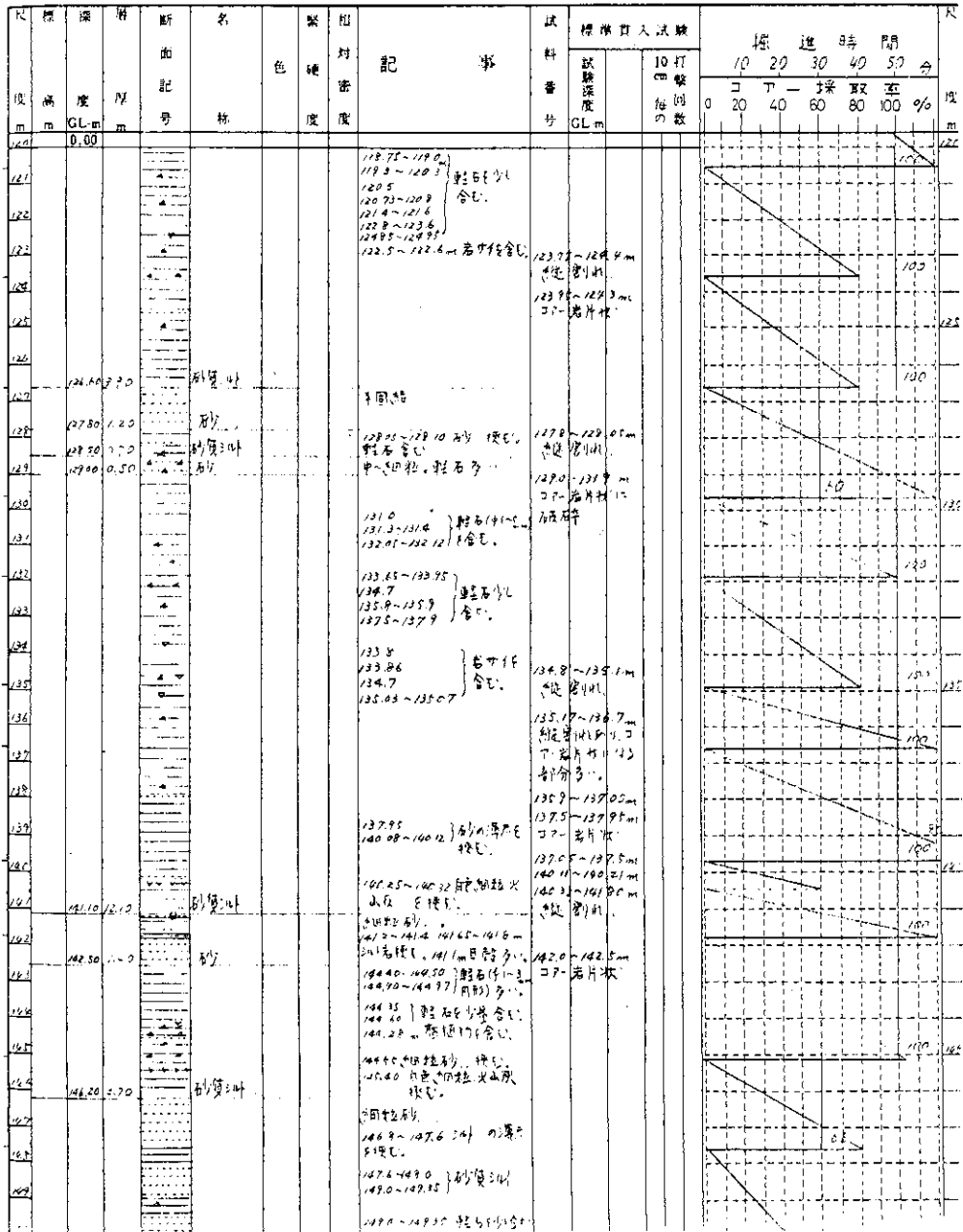


図 4-5 川崎微小地震観測井の地質柱状図(5)

Fig. 4-5 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismicological station.

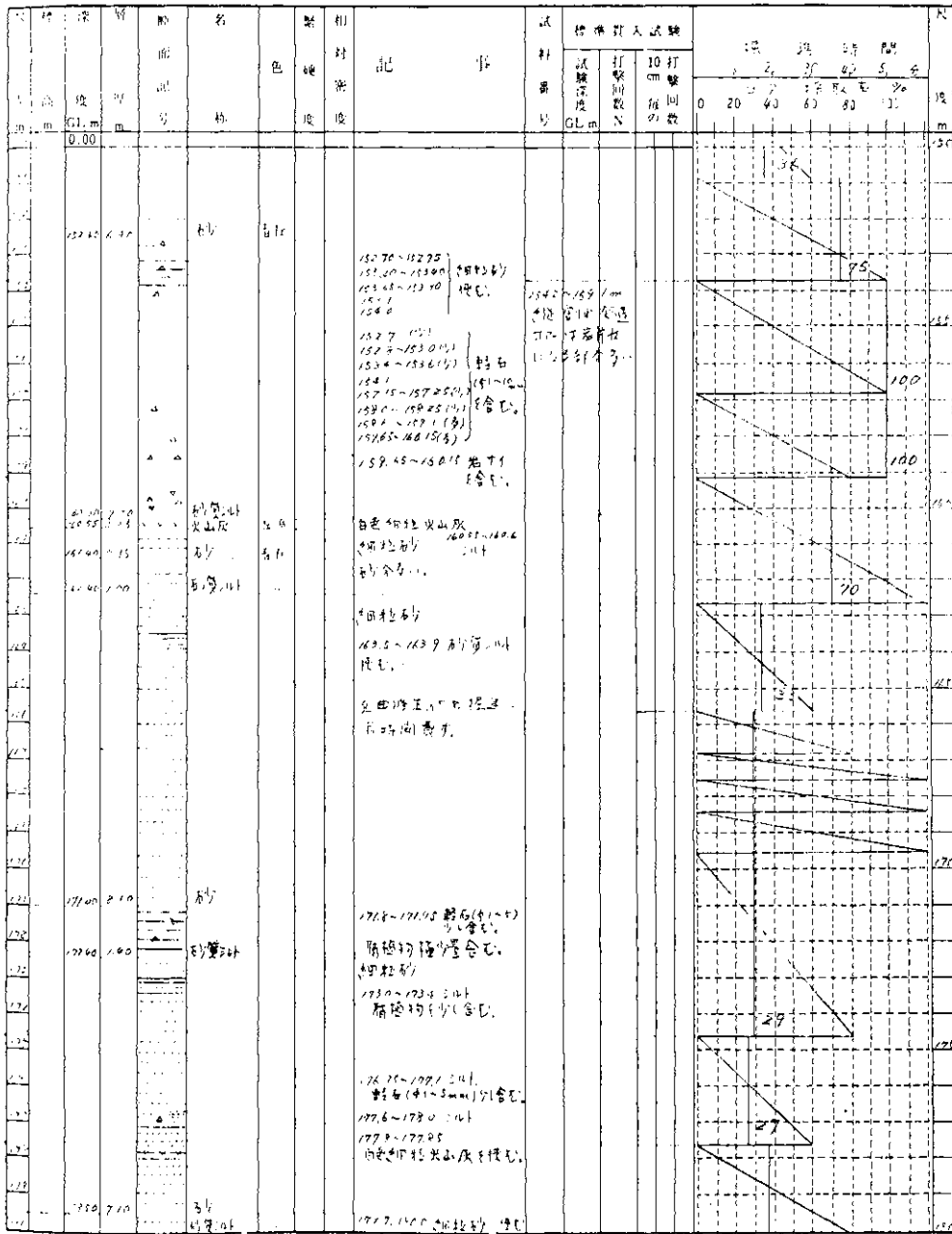


図 4-6 川崎微小地震観測井の地質柱状図(6)

Fig. 4-6 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismic station.

川崎微小地震の坑井地質一田中ほか

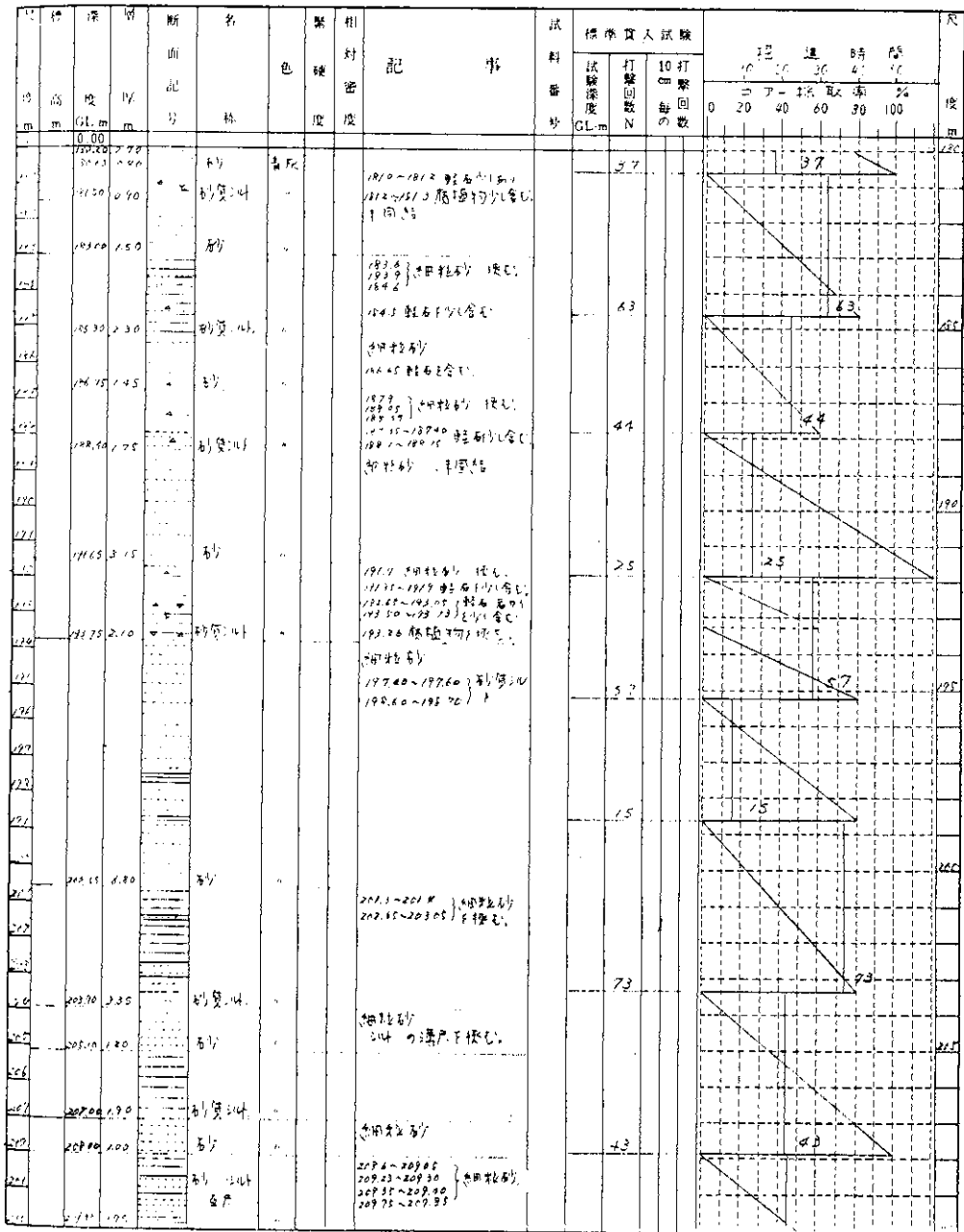


図 4-7 川崎微小地震観測井の地質柱状図(7)

Fig.4-7 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismological station.

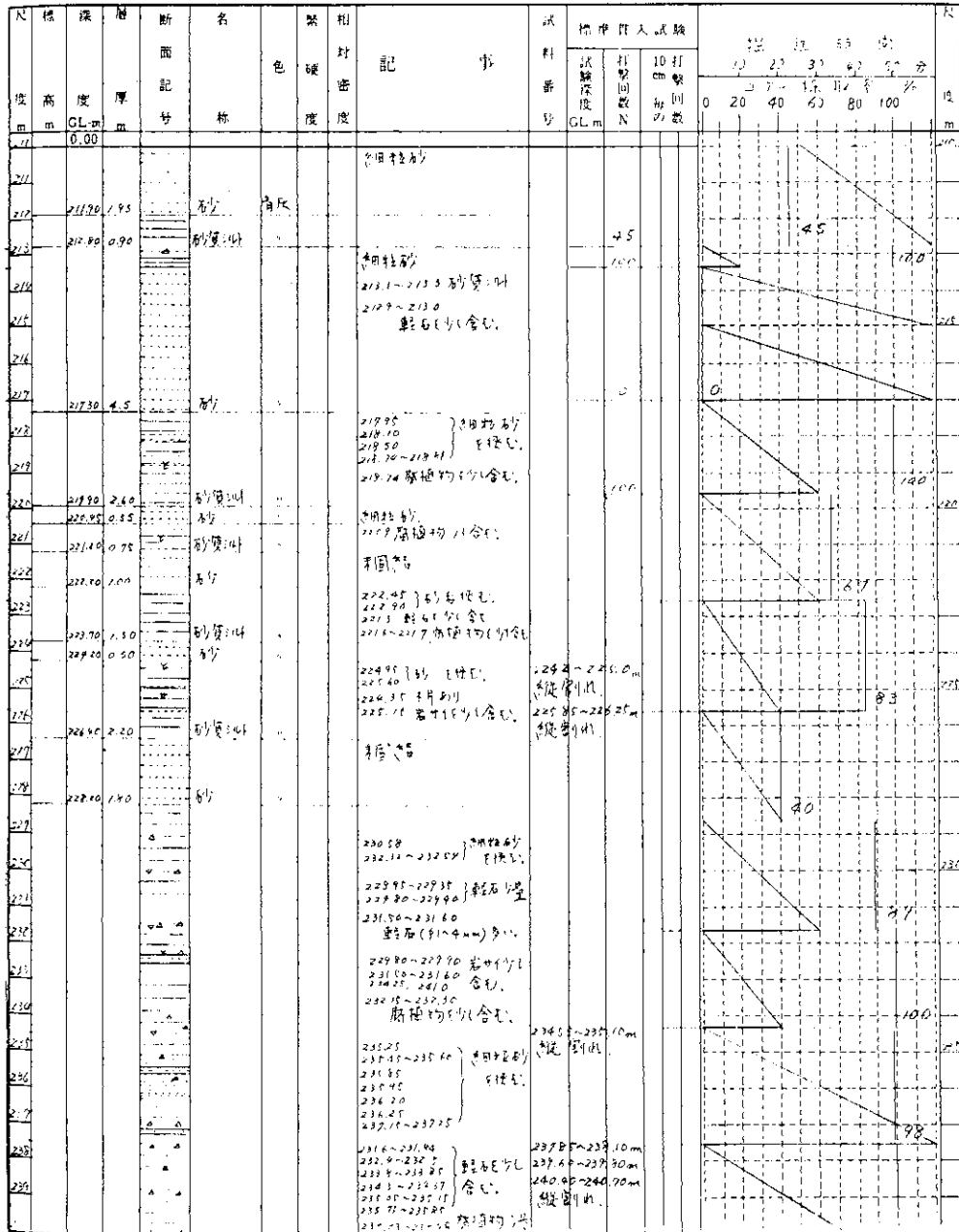
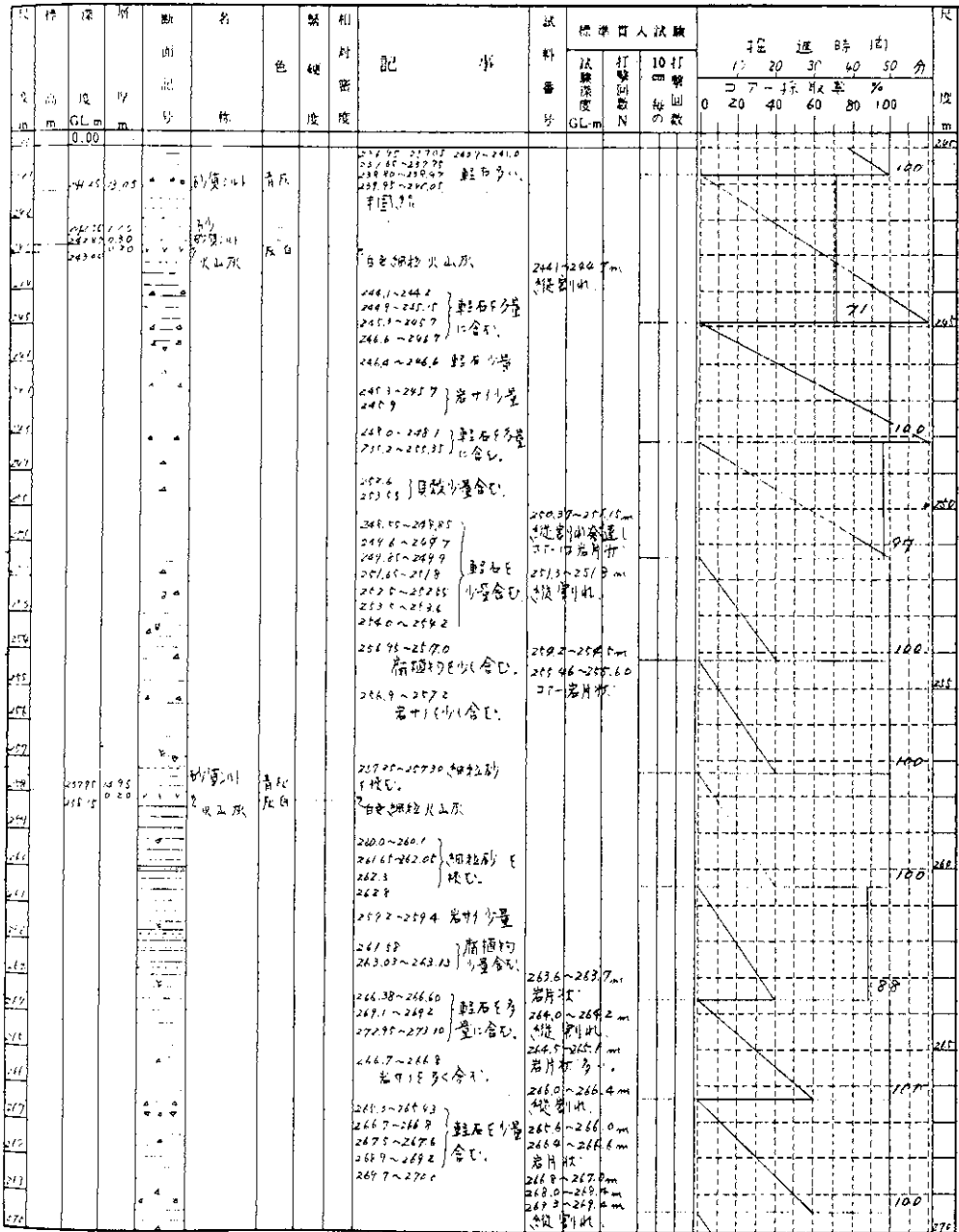


図 4-8 川崎微小地震観測井の地質柱状図(8)

Fig. 4-8 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismicological station.

川崎微小地震の坑井地質一田中ほか



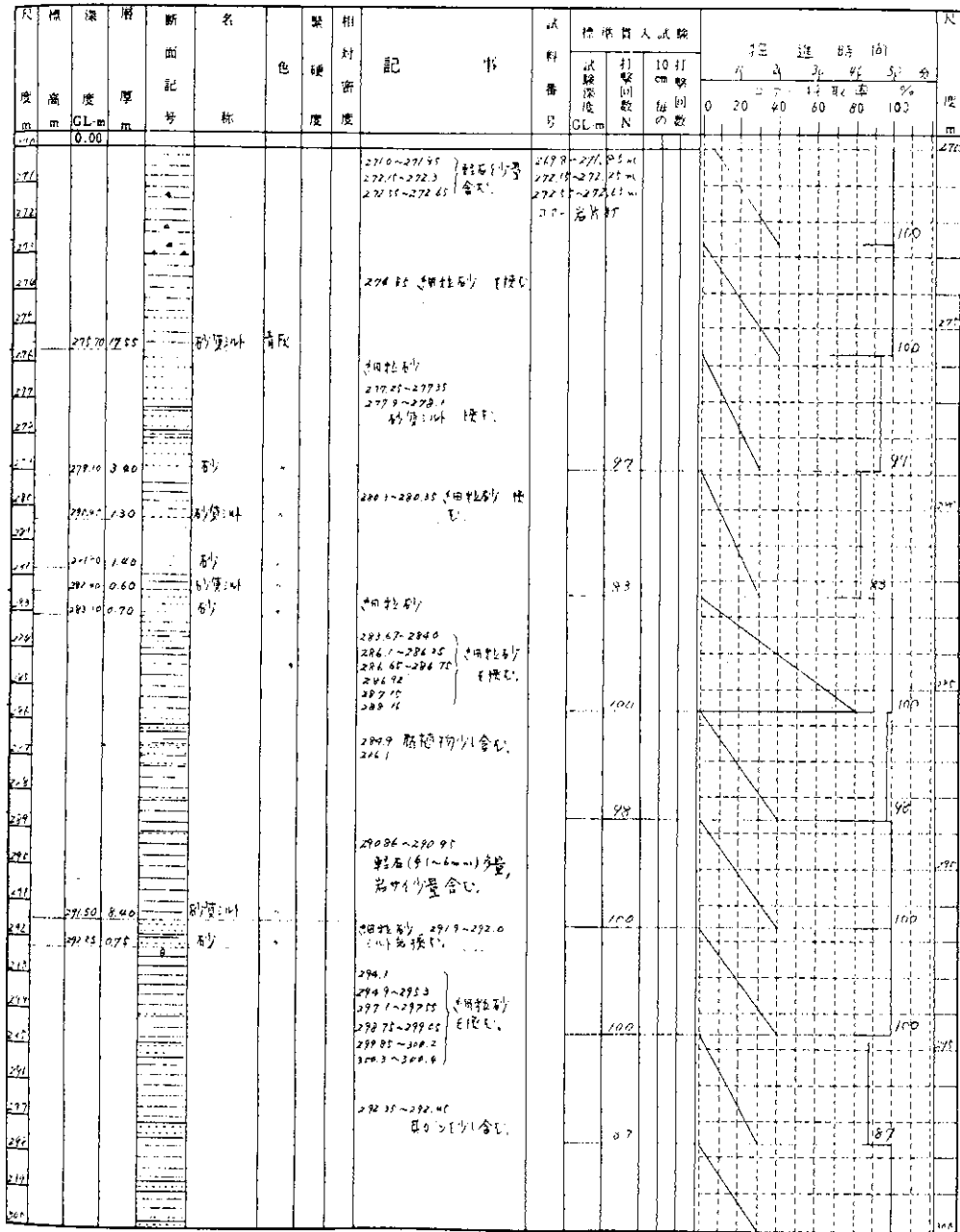


図 4-10 川崎微小地震観測井の地質柱状図(10)

Fig.4-10 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismicological station.

川崎微小地震の坑井地質—田中ほか

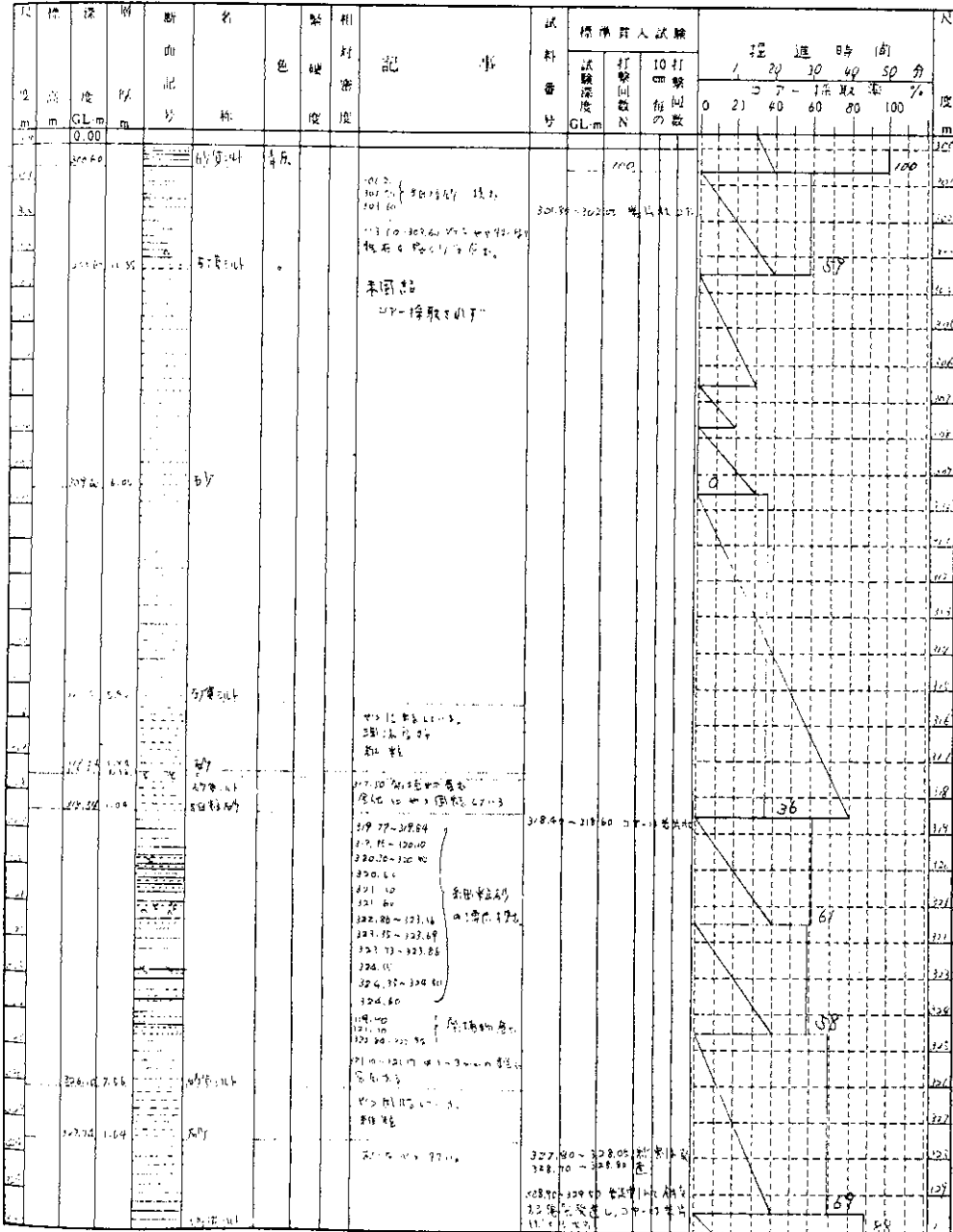


図 4-11 川崎微小地震観測井の地質柱状図 (11)

Fig.4-11 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismic station.

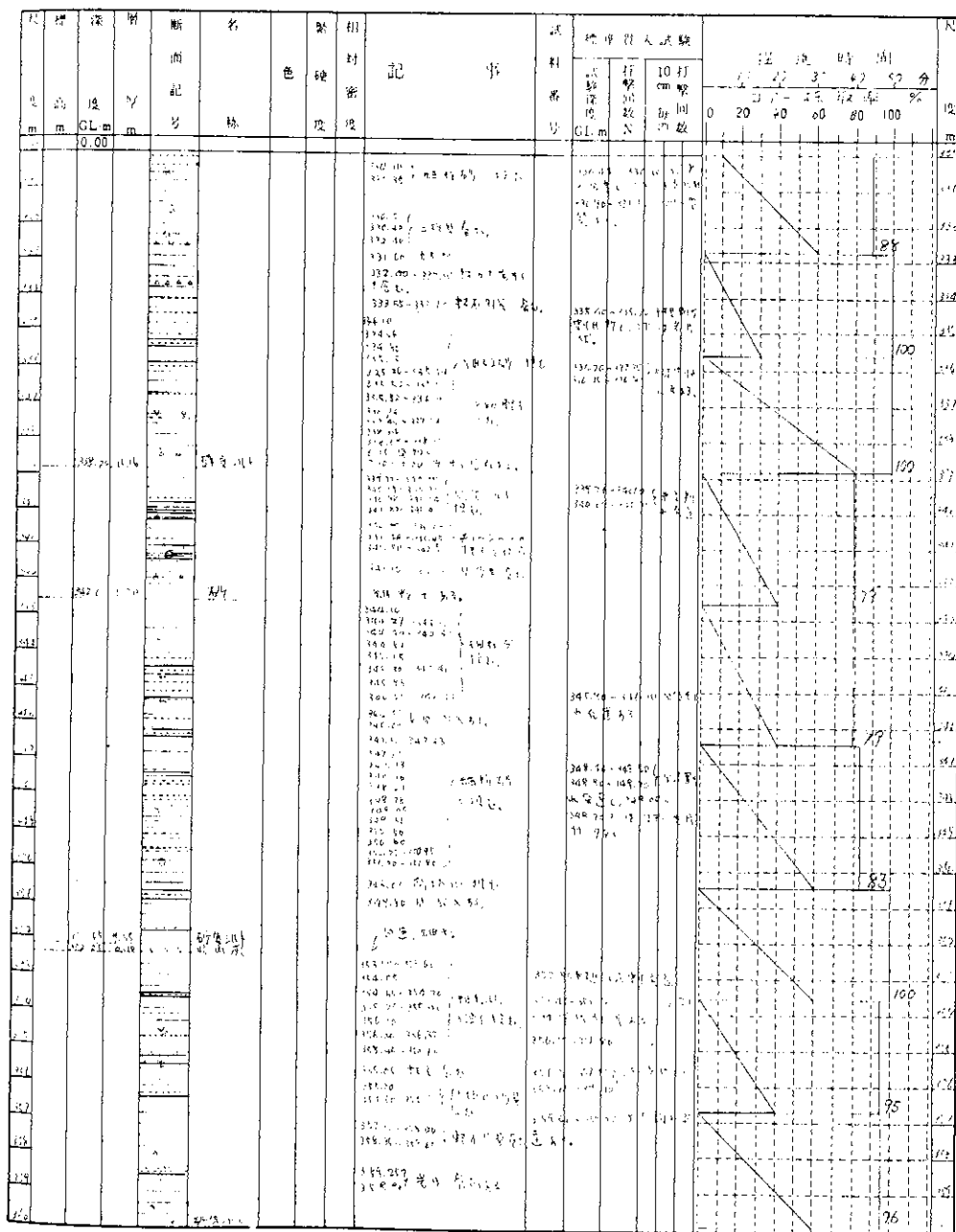


図 4-12 川崎微小地震観測井の地質柱状図 (12)

Fig. 4-12 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismological station.

川崎微小地震の坑井地質一田中ほか

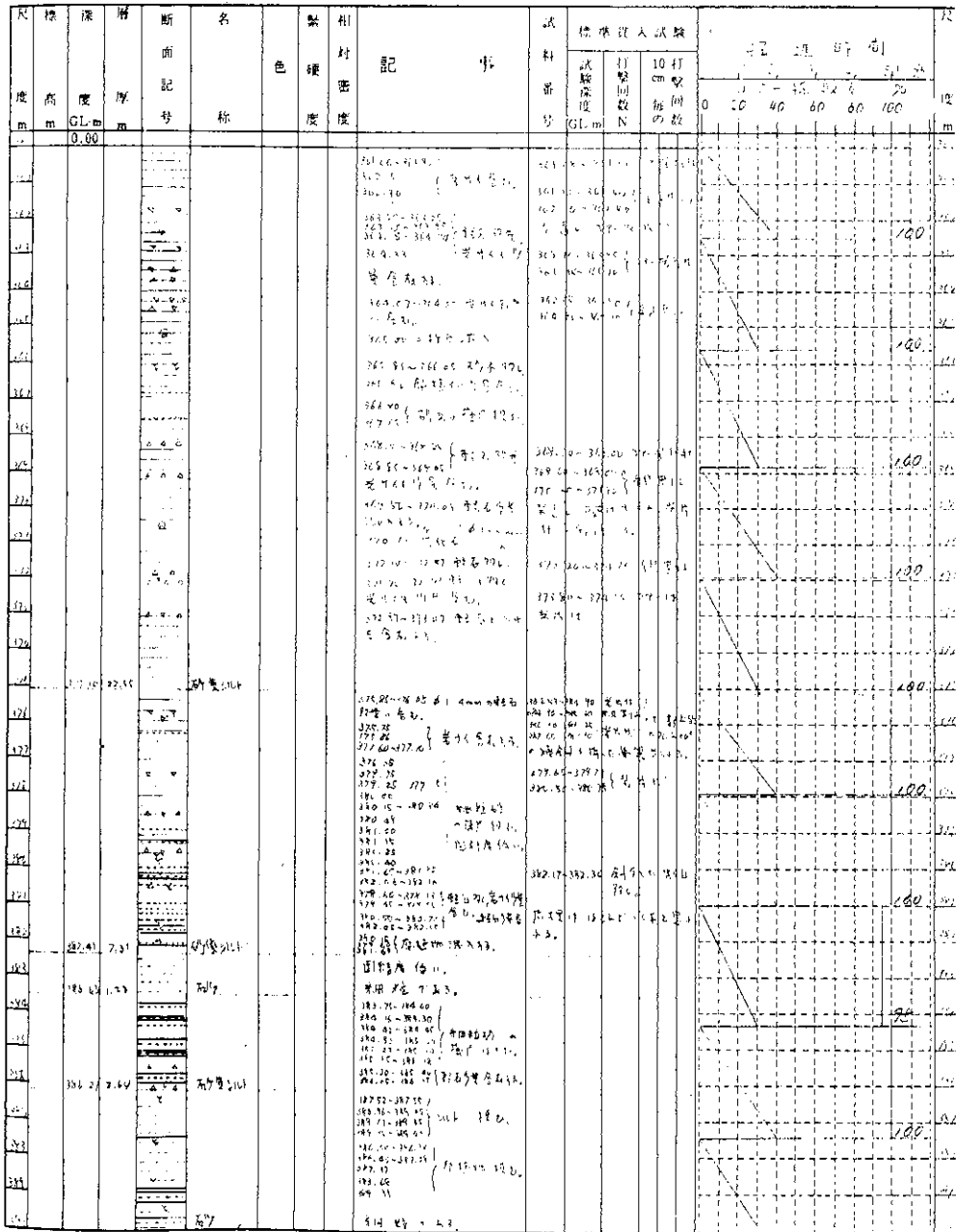


図 4-13 川崎微小地震観測井の地質柱状図(13)

Fig. 4-13 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismic station.

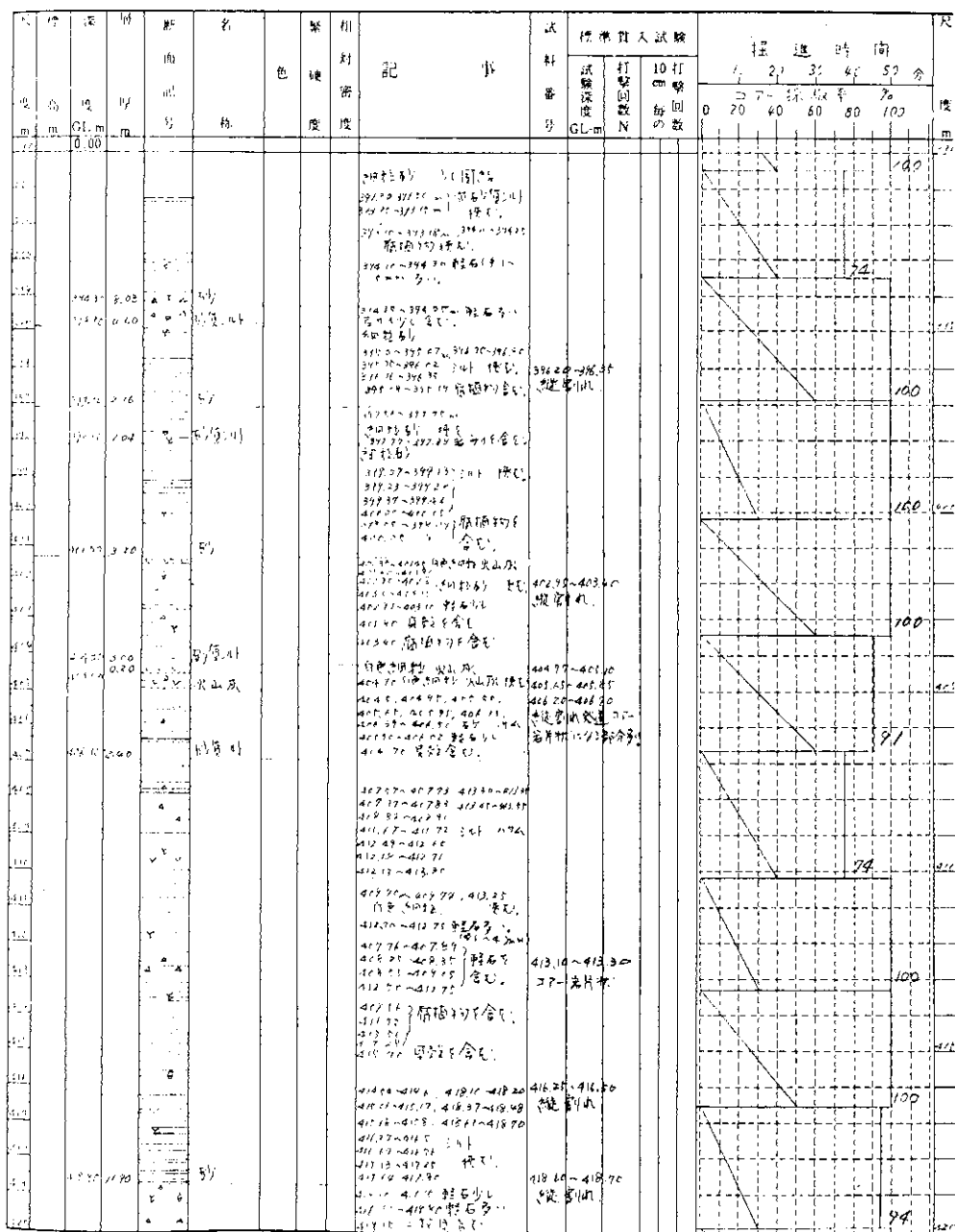


図 4-14 川崎微小地震観測井の地質柱状図(14)

Fig. 4-14 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismological station.

川崎微小地震の坑井地質一田中ほか

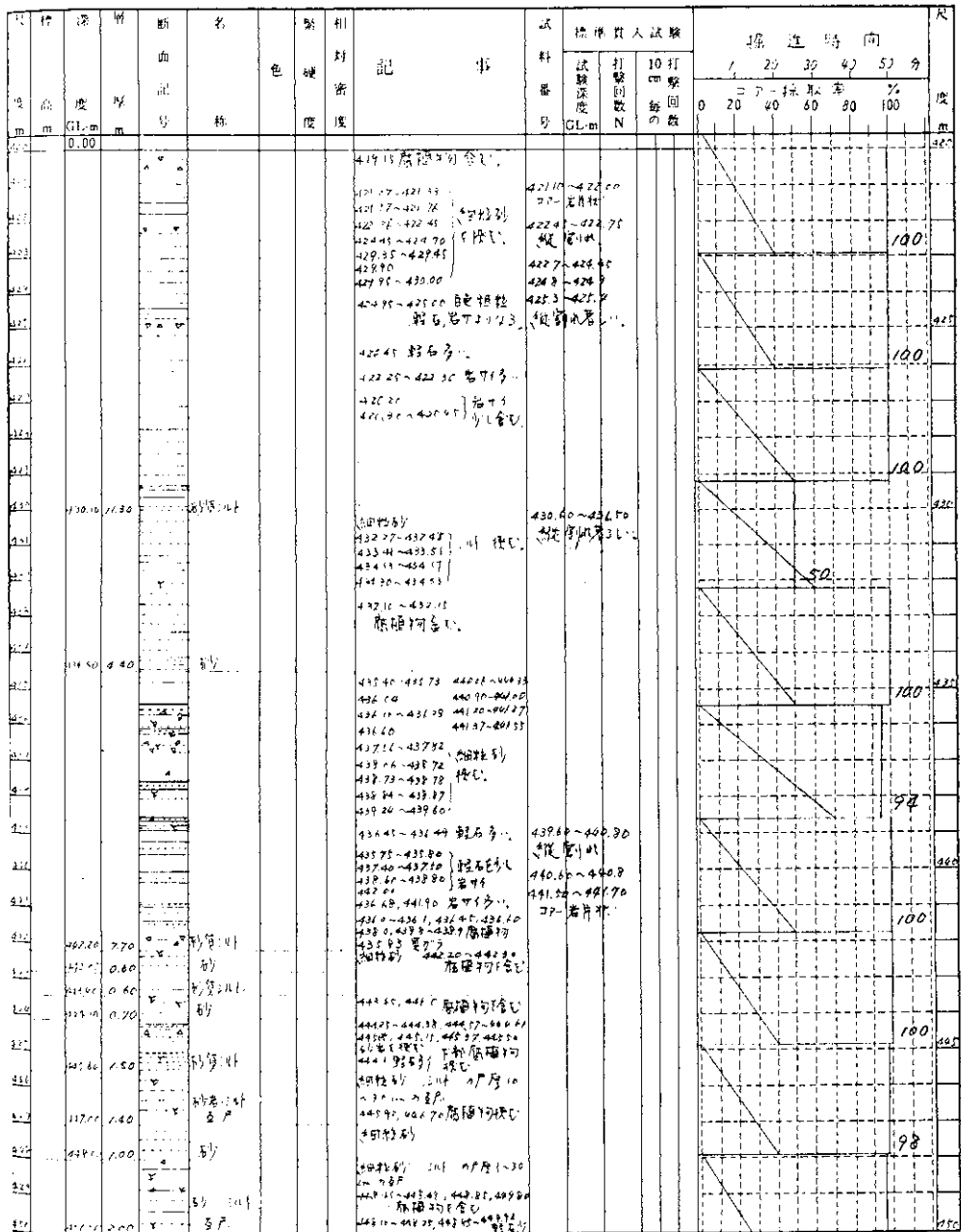


図 4-15 川崎微小地震観測井の地質柱状図(15)
 Fig. 4-15 Geological column of the observation well
 at the Kawasaki seismicological station.

川崎微小地震の坑井地質—田中ほか

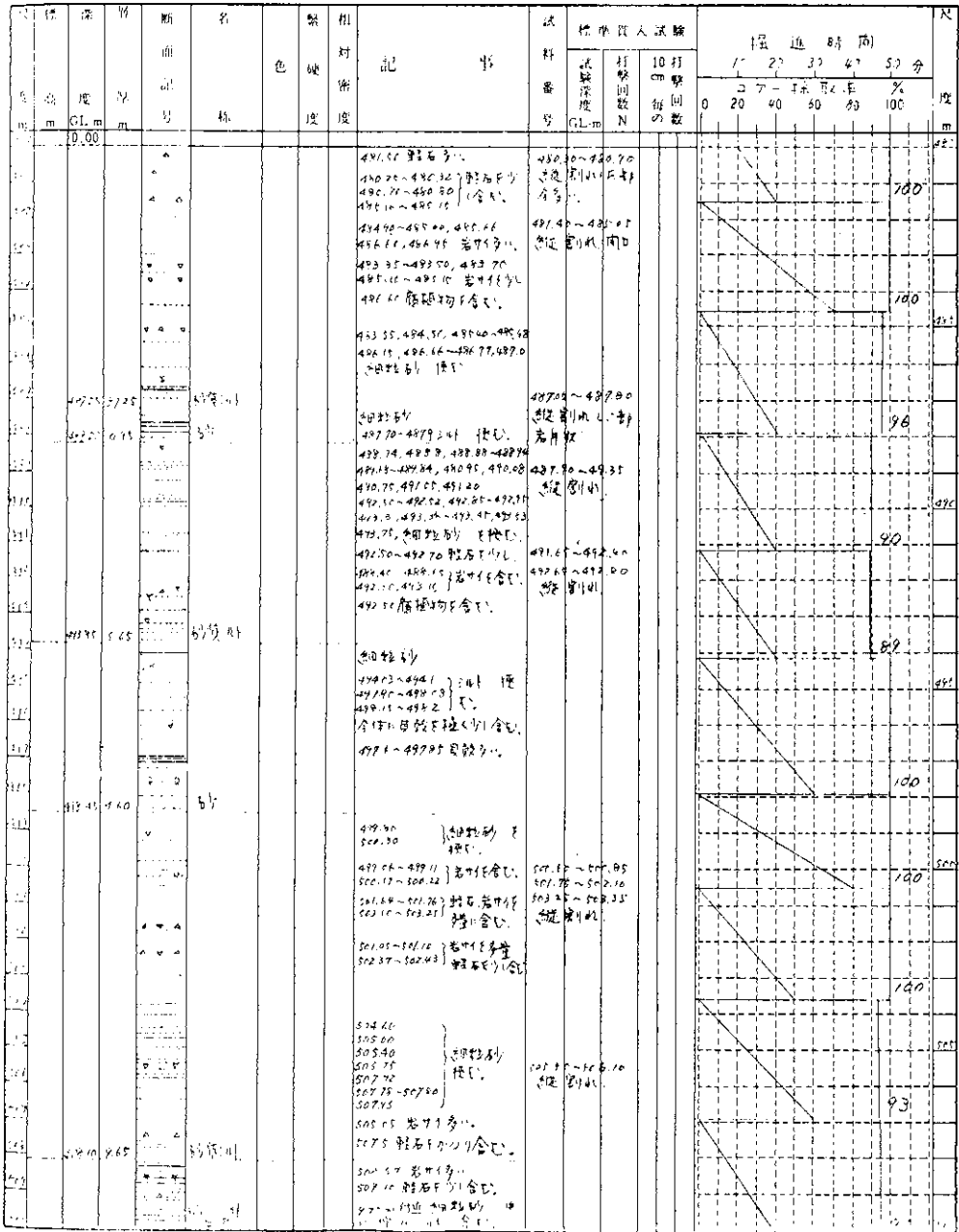


図 4-17 川崎微小地震観測井の地質柱状図 (17)

Fig. 4-17 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismological station.

川崎微小地震の坑井地質-田中ほか

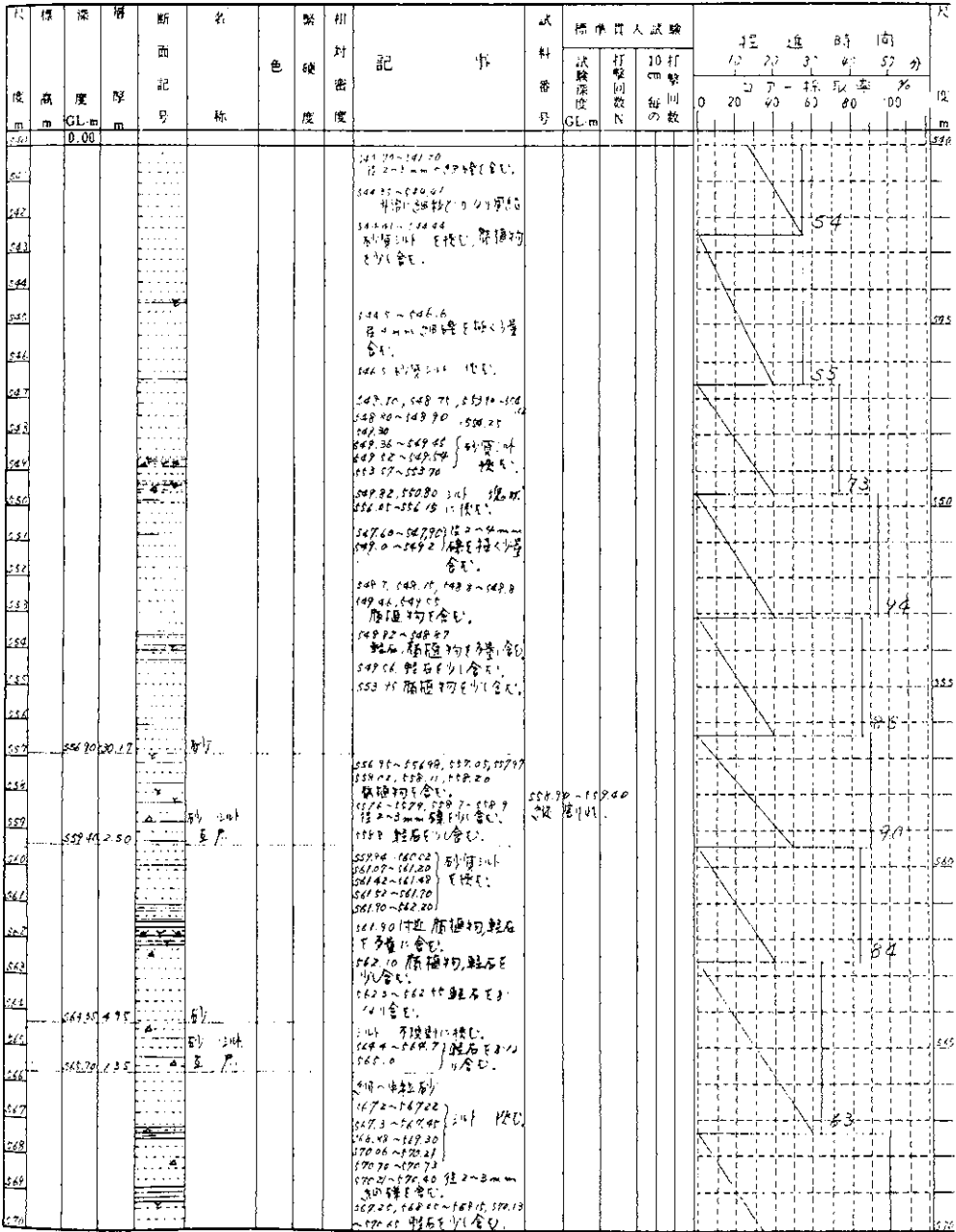


図 4-19 川崎微小地震観測井の地質柱状図 (19)
Fig. 4-19 Geological column of the observation well
at the Kawasaki seismological station.

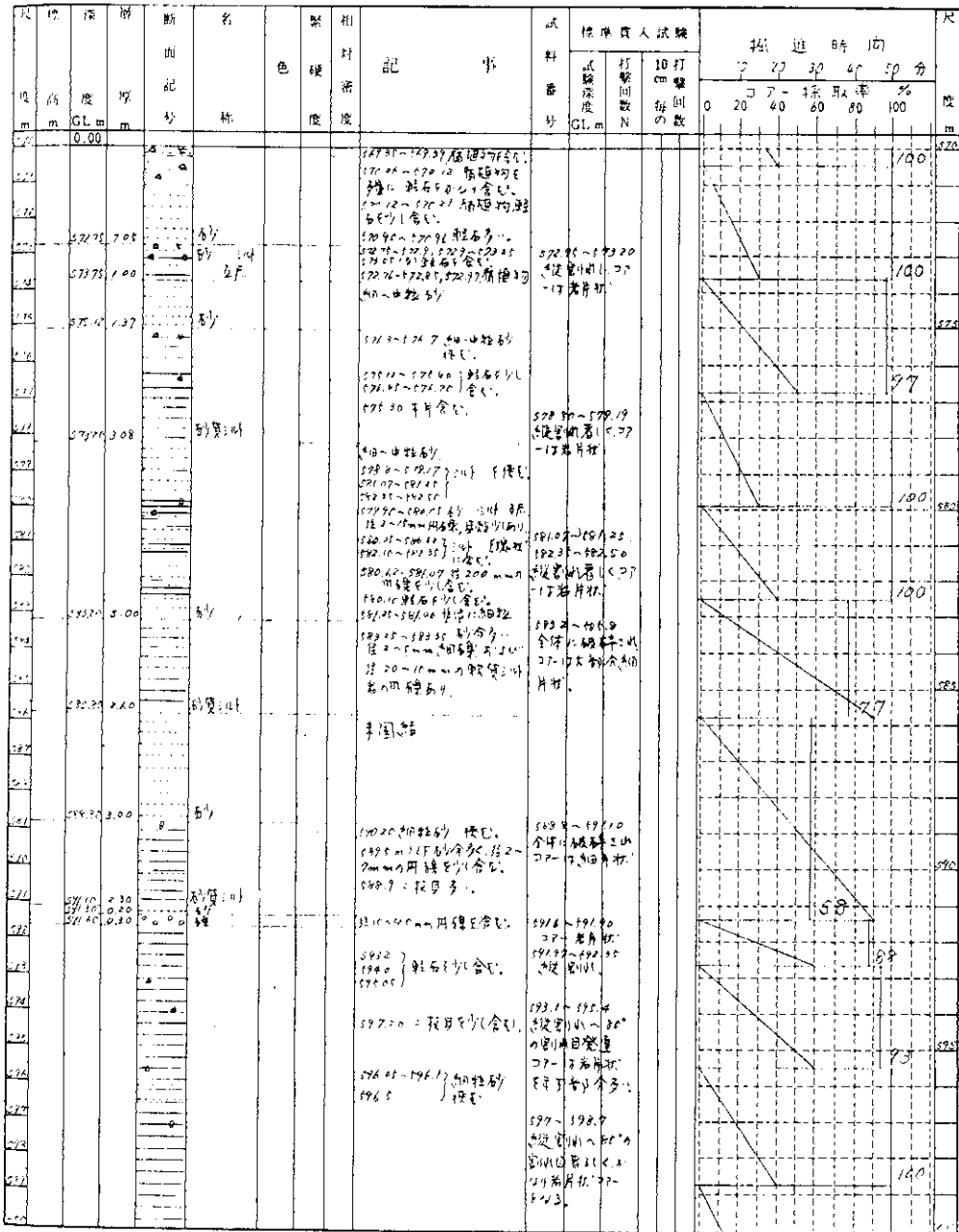


図 4-20 川崎微小地震観測井の地質柱状図(20)

Fig. 4-20 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismological station.

川崎微小地震の坑井地質一田中ほか

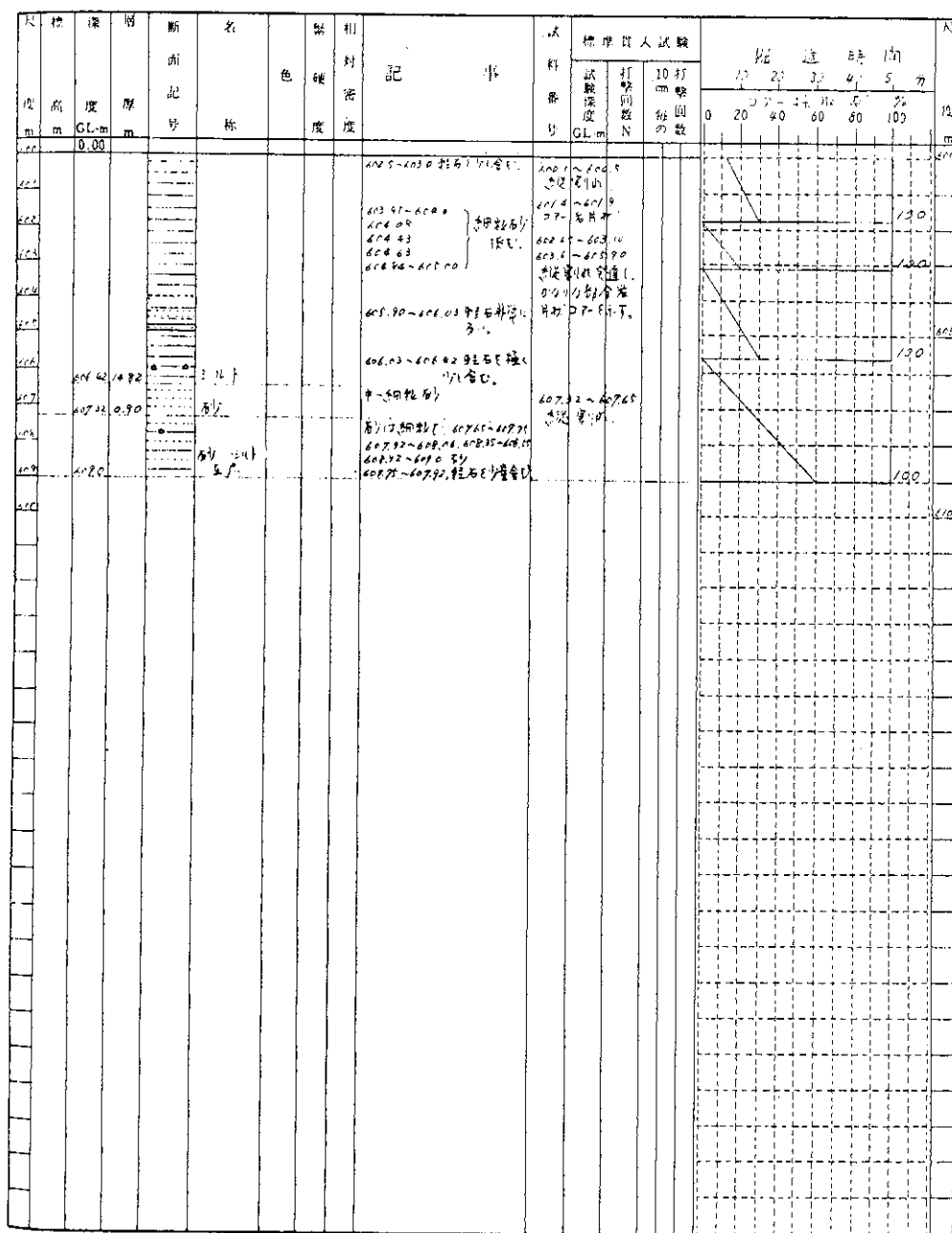


図 4-21 川崎微小地震観測井の地質柱状図 (21)

Fig. 4-21 Geological column of the observation well at the Kawasaki seismological station.