

府中地殻活動観測井の作井と坑井地質

鈴木宏芳* ・高橋 博**

国立防災科学技術センター

Construction and Geology of the Fuchu Deep Borehole Observatory

By

Hiroshi Suzuki and Hiroshi Takahashi

National Research Center for Disaster Prevention

Abstract

The National Research Center for Disaster Prevention has prepelled the construction of the deep borehole observatory network around the metropolitan area. The third one, the Fuchu Deep Borehole Observatory, 2783m in depth, was completed in Fuchu City, Tokyo in June 1979. Observations of crustal activities have been carried out since April 1980.

In this report, the authers describe the outline of construction and geological condition of the Fuchu Deep Borehole Observatory.

The geological sequence of the borehole is summarized as follows:

Depth(m)	Formation	Lithology	Correlated Formation	Geological time
0-14	A	Sand and gravel.	Alluvium	Holocene
14-1061	B	Sand, gravel, sandy silt and silt.	Kazusa Group	Pleistocene
1061-1494	C	Sand, gravel and silt.	Kazusa Group	Pliocene
1494-2022	D	Sand, gravel and silt.	Miura Group	Mio-Pliocene
2022-2783	E	Sandstone, shale, chart and green rocks.	Chichibu System ?	Pre-Tertiary

Furthermore, many geological and geophysical date were obtained by geophysical loggings and core tests. These data are listed and illustrated in this report.

* 第2 研究部, ** 所長

1. 作井計画

1.1 作井位置

深層観測井網は首都圏の地震予知研究を目的として、地表では観測することのできない微小地震などの地殻活動を、高感度で観測するためのものである(高橋, 1982)。すでに第1番目の岩槻井(高橋ら, 1983), 第2番目の下総井(鈴木ら, 1983)が完成しており, 府中井は前記2井と共に都心部を北面からかこむ観測網を形成する。岩槻井は東京の北側, 下総井は北東側に位置しているので, 3番目の観測井は東京の南方か西方となる。既存2井の配置から見て, 東京直下の地震活動を観測するには西側が良いと判断された。東京の西側は, 南へ行くほど基盤深度が深くなるのが, 重力分布から推定され, 調布-府中近辺より南へ行くのは困難と考えられた。工場が多く, 宅地下の著しく進んでいるこの地域で, 深層井の作業に必要とする面積とその作業環境を確保できるような土地(高橋ら, 1983)を入手することは非常に困難な事であった。国や周辺自治体等, 関係機関との協議の結果, ようやく入手できたのが府中市内の多摩川の旧河川敷であり, 東京の中心から約25kmの位置にある。なお, 岩槻井の後, 下総井から先に着手したのは, 東京の西部は基盤深度が全く不明であった

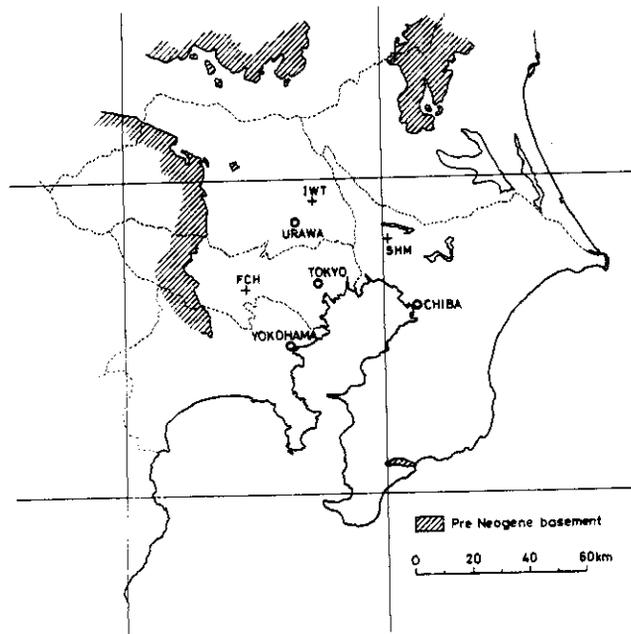


図1 観測井位置図

Fig.1 Location of the observatory.

ことと、土地取得の著しい困難さからである。図1に観測井の位置を示す。

また、府中井の緯度、経度、標高は次のとおりである。

緯度 35度39分02.4秒
 経度 139度28分25.1秒
 標高 44.71m

この地域の地形区分は図2に示すように、多摩川の沖積低地を挟んで、南側は多摩丘陵、北側は武蔵野台地になっており、府中井の西約20kmには関東山地が追っている。観測井の

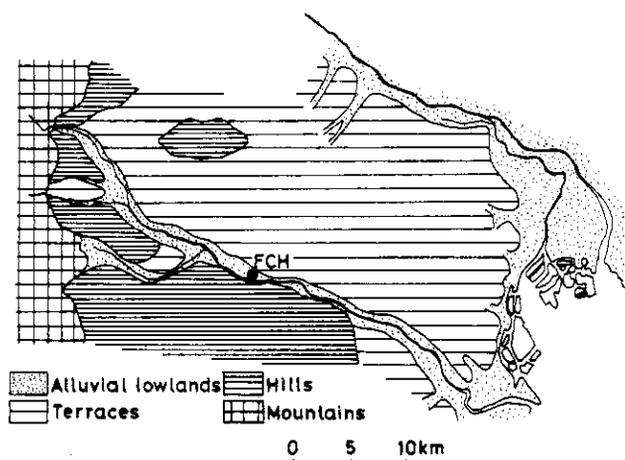


図2 地形区分

Fig. 2 Topography of the surrounding area of the observatory.

環境としては、約1km以内に国鉄武蔵野線、同南武線、京王線、中央高速道等が通っており、岩槻井、下総井に比べると周辺のノイズレベルは高い。

1.2 地質状況の推定

東京の西部から神奈川県にかけての平野地域は、計画当時、基盤の深度や地質構造を推定できるような資料はほとんどなく、わずかに昭和30年代に行われた粗い密度の重力探査があるだけであった。この重力探査をもとに推定した先新第三系の深度分布(垣見ら、1973)によると、横浜市北部、川崎市、東京都東部では4000m以上の深度があり、府中市付近でも3000m以上の深度が推定されていた。観測井の掘削には正確な地質状況の把握が不可欠であり、特に基盤深度は観測井作井の基礎となるものである。岩槻井の作井(高橋ら、1983)で述べたように、地中温度などの条件から、関東平野中央部では深度4000m程度が観測井の深度限界であり、地温上昇率がより高いと推定される関東平野西部や南部では、作井深度限界がより浅くなると推定された。このような理由で、正確な基盤深度の調査を行うことが作

井に先立って必要となり、1974年に精密重力探査、1975年に測線長約40km、爆発点3点の屈折波探査を行った。これらの結果は笠原(1976 a, b)、笠原ら(1976)によってその概略が報告されている。図3に重力および屈折波探査の実施地域および測線、図4に得られた重力異常図、図5に屈折波探査の速度断面を示す。図5によれば、基盤と考えられる5.5km/secおよび4.4~4.6 km/sec層が北西側から南東側へ深くなって行くことがわかる。4.4~4.6 km/sec層が先新第三系とすれば、府中付近では深度約2000mに先新第三系が存在することになる。この深度は垣見ら(1973)の推定値に比べて約1000mも浅くなっている。またブーゲー異常図からは山地と平野部の境界付近を南北に走る東下りの断層状の構造線の存在が推定され、これは八王子構造線の一部であると考えられる。基盤の種類は中生界の小仏層群または秩父帯のいずれかに属するものと考えられた。また基盤より上部の地層についても屈折波速度断面からそれぞれ推定した。推定された地質状況は下記のとおりである。

	地層名	層厚(m)	分布深度(m)
第1層	沖積層	20	0 ~ 20
第2層	上総層群	580	20 ~ 600
第3層	三浦層群	1100	600 ~ 1700

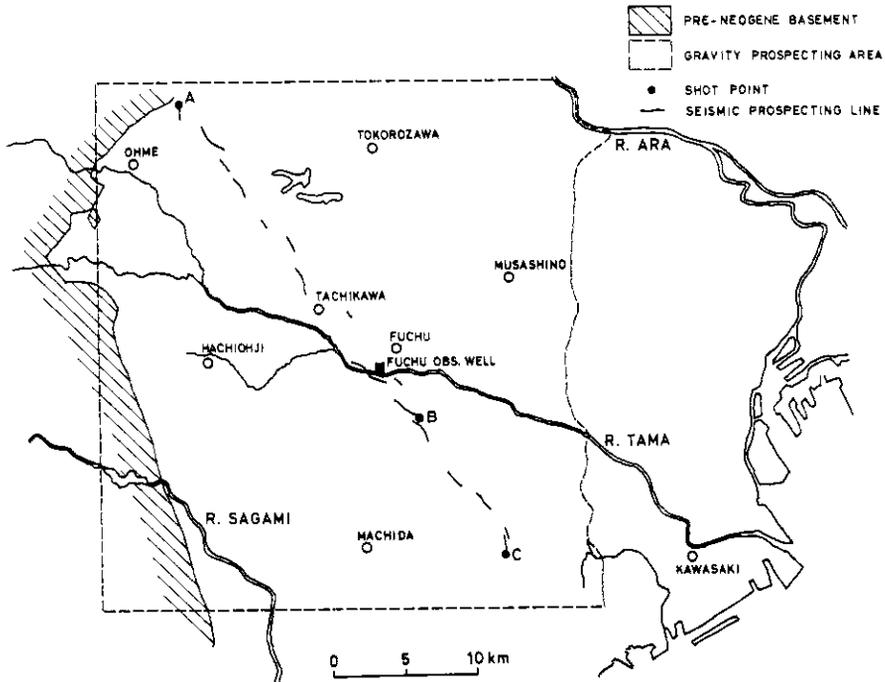


図3 重力および屈折波探査位置図

Fig. 3 Location map of gravity and refraction prospecting.

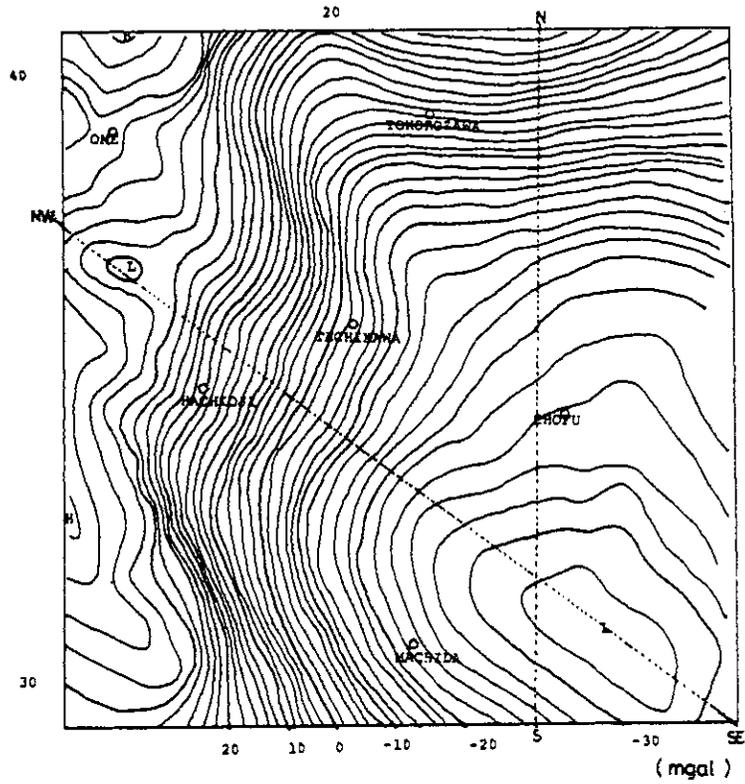


図4 プーゲー異常図(笠原, 1976bによる)
 Fig. 4 Bouguer anomalies (after Kasahara, 1976 b).

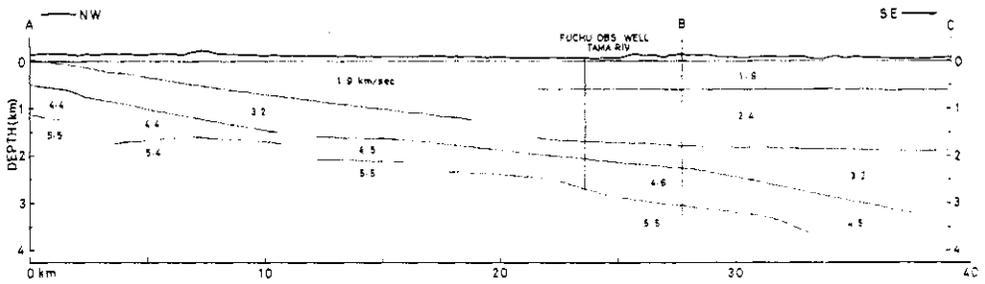


図5 速度構造図
 Fig. 5 Velocity structure (after Kasahara *et al.*, 1976).

第4層	先三浦中新統	300	1700 ~ 2000
第5層	基盤岩類		2000 ~

1.3 掘削およびケーシング計画

深層観測井は第1番目の岩槻井以来、種々の改良が加えられて、下総井で一応の完成を見た(鈴木ら, 1983)。府中井は構造は下総井と同一であるが、地質状況に応じて作井深度やケーシングプログラムを変えている。また下総井では地質条件によって坑心傾斜が増大し、予定深度までの掘削が困難になった経験から、事前に坑心傾斜に対する対策を十分にとることとした。1.2の推定地質をもとに掘削およびケーシング計画を次のように定めた。

(1) 掘削計画

基盤深度は約2000mと推定されたので、観測装置の設置深度は2750mとし、掘削は2780mまで行うこととした。以下に掘削坑径と深度を示す。

深 度(m)	掘削坑径
0 ~ 25	660.4 mm (26 インチ)
25 ~ 500	444.5 (17 ½)
500 ~ 2100	311.2 (12 ¼)
2100 ~ 2780	215.9 (8 ½)

(2) ケーシング計画

ケーシング計画は下総井で開発された2段ケーシング方式(鈴木ら, 1983)で、最下部に沈殿管を設けた。以下にケーシングプログラムを示す。

管種	外径	内径	使用長	設置深度
20インチ	508.0 mm	485.8 mm	25 m	0 m ~ 25 m
13 ¾	339.7	485.8	500	0 ~ 500
9 ¾	244.5	226.7	2100	0 ~ 2100
7	177.8	159.4	840	1900 ~ 2740
7 非磁性管	179.4	154.5	10	2740 ~ 2750
7 沈殿管	177.8	159.4	9	2750 ~ 2759
7 フロート	177.8	159.4	20	2759 ~ 2779
カラー付管				

9 ¾インチ管と7インチ管は200mの重複で段構造となっている。

1.4 実施体制その他

実施体制は岩槻井、下総井と同様な体制で行い(高橋ら, 1983)、公害対策としては、府中井が前2井よりも市街地に近いことから、より厳しい対策を取った。すなわち、廃泥はすべて処理業者によって搬出処理し、騒音は作業場周辺を2重の防音壁でとりかこみ軽減に努めた。また、府中井の周辺には水道源として用いている地下水採水井が多数あることから、そ

表1 主要掘削装置
Table 1 List of drilling machines.

装置名	型式
ドローワークス	T-100, 動力ダイハツ 600HP×2台
檣	43.3mカンチレバーマスト
泥水ポンプ	H-850, 動力ダイハツ 840HP×2台
"	H-850, 動力ダイハツ 750HP×2台
ロータリーマシン	C-275
クラウンブロック	48インチ×6W×380T
フックブロック	48インチ×5W×300T
ウォータースイベル	N-815
ウォークライン	32mmシール型 6×S(19)1 WRC
ウェイトインジケータ	W-350
ケリー	5¼インチ×4角×12m
ブローアウトプリベンター	ハイドリル 12 - 3000
ドリルパイプ	5インチSGDP
ドリルカラー	9½インチDC, 8インチDC, 7インチDC, 6½インチDC
貯泥タンク	20KL×2基
給水タンク	20KL×2基
燃料タンク	20KL×2基
サクショントank	50KL×2基
シェーカータンク	20KL×1基

れらに対する汚染などの悪影響を与えないよう、逸泥には十分の対策を講じた。

2. 作井工事

2.1 掘削機械

掘削に用いた主な装置を表1に示す。T-100型ドローワークスは油井用としてユニット化された掘削機で、深度3500mまでの掘削能力を持っている。

2.2 掘削作業の概要

掘削作業は若干の変更はあるものの、ほぼ予定の計画どおりに行われた。掘削開始は1979年2月16日で、まず26インチで深度34mまで掘削し、20インチコンダクターパイプを深度32mまで挿入し、セメンティングした。次に12¼インチで深度503mまで掘削し、電気検

層を行った後、17 1/2インチに拡掘し、13 3/8インチケーシングを深度500.2 mまで挿入、セメンチングし、20 kg/cm²の加圧テストでセメンチング状況を確認した。引続いて深度503 m以深を12 1/4インチで掘進したが、深度2022 mで基盤岩に達して岩質が硬くなったため、掘進速度は大幅に低下した。深度2103 mまで掘削して、音波、地層密度、インダクション、デップの各検層を行った後、9 5/8インチケーシングパイプを深度2100 mまで挿入してセメンチングを行い、70 kg/cm²の加圧およびセメントボンド検層によってセメンチング状態が完全であることを確認した。深度2103 m以下は8 1/2インチで掘進し、深度2783 mで掘止めし、音波、地層密度、インダクション、デップの各検層を行った後、7インチケーシングパイプを深度1892.2 mから2781.8 mの間に挿入し、セメントをチュービングによって圧入してセメンチングを行い、セメントボンド検層によってセメンチング状態を調べた後、観測装置と同じ外径と長さのダミーゲージを用いて、坑内の通過状況の確認と、デップメーターを用いた坑曲り測定を行い、最後にケーシングスクレーパー、ケーシングクリーナーによって坑内の清掃を行い、防錆剤(レスコール)を添加した清水によって坑内水をおきかえて工事を終了した。所要掘削工事日数は92日であった。なお、本観測井から約45 m離れた位置に深度214 mの副観測井を掘削した。ドリリングチャートを図6に示す。

2.3 掘削泥水

掘削泥水に関しては、前述したように周辺に地下水採水井が多数あることから、浅い部分の掘削時には、逸泥による地下水汚染を起ささないことを一番の目標として、泥水の管理を行った。このため、調泥剤はすべて無毒、無臭、無害なものを用いた。深度500 mまでの掘削では、ベントナイト泥水に増粘剤(スーパーアスベスト)を添加し、低比重の維持と粘性の調整を行いながら掘進した。深度2100 mまでは、深度の増加によって回転トルクが増加するので、潤滑剤(テルクリーン)を併用した。また、脱水量は5 cc以下を目標に、CMC、ベントナイトで調整した。またソリッドコントロールは、デシルターの使用と、シェルシェーカーのスクリーンを40メッシュに細かくして行った。基盤岩に入ると坑径の拡大が見られたので、その対策としてテルポリマーとソルテックスを併用した。テルポリマーはその被膜効果により坑壁の保護とカッタリングの分散を防止するものであり、ソルテックスは地層中のマイクロフィッシャーを充填して坑壁を保護し、崩壊を防止する機能を持っている。このような対策により、トラブルもなく掘進を進めることができた。

2.4 坑心傾斜測定

観測井内に設置される観測装置の傾斜調整能力から、観測井の坑心傾斜限界は3.0度以内と規制されている。ボーリング坑は一度坑心傾斜が生じると、その修正には多大の努力が必要で、またその過程で坑内事故を引起す危険もあるため、始めから坑心傾斜を生じないような掘進を行う事が重要である。また地層の性質によっては特定の方向に傾斜を生ずる場合があり(例 下絵井)、地質の状態を確認しながら掘進する必要がある。府中井では、坑心傾斜

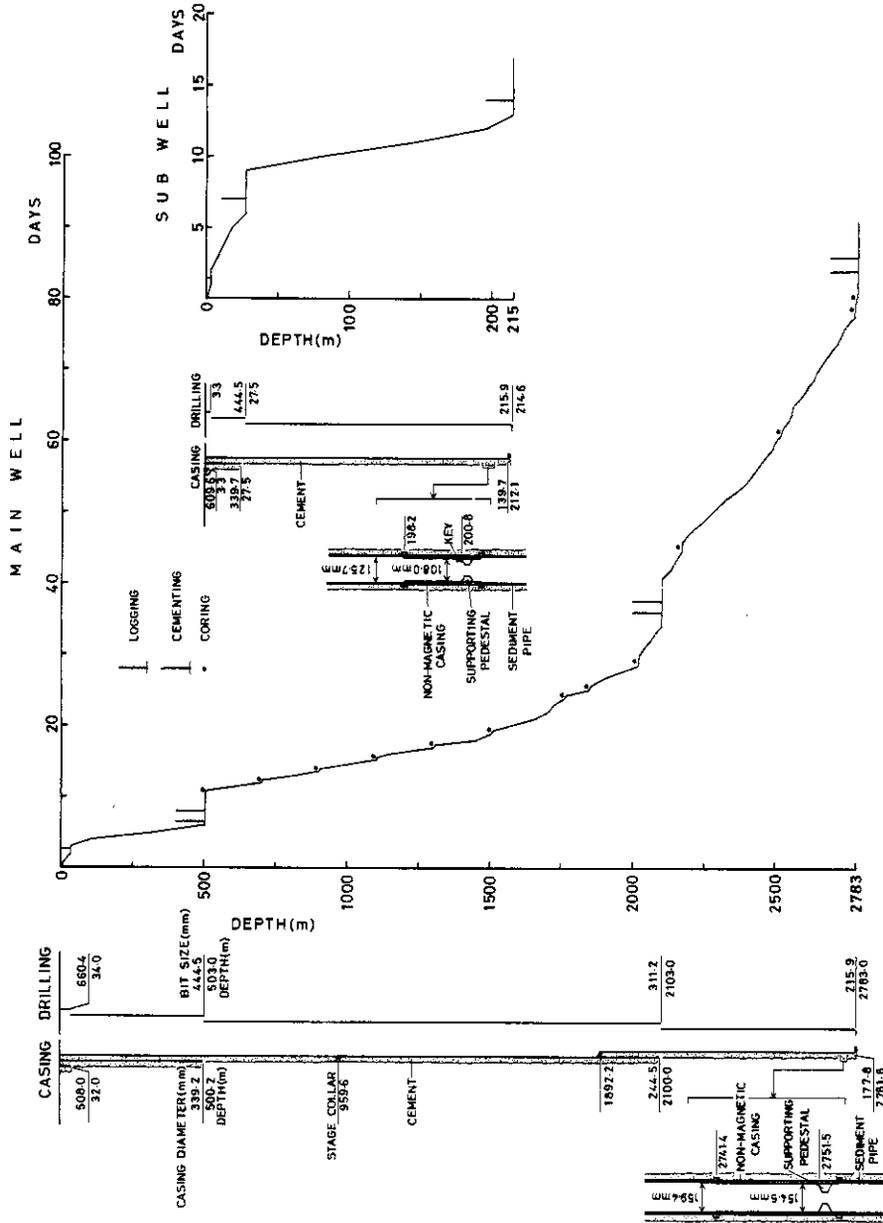


図 6 掘削記録および観測井の構造

Fig. 6 Drilling chart and structure of the observation well.

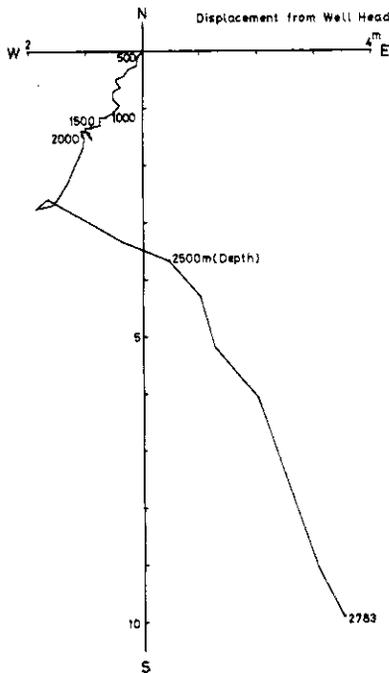


図7 坑心位置図
Fig.7 Displacement of the observation well.

は約50m毎にあらかじめ検定を行ったイーストマン式傾斜測定器によって測定しながら掘進し、坑心傾斜が増加したら直ちにビット編成の変更やビット荷重の軽減によって減角に努めた。結果は基盤岩中で多少坑心傾斜が増加したものの、2.0度以内にすることができた(図9)。イーストマン測定器による各深度での坑口からの変位は図7に示すとおりで、坑底の変位は坑口から南南東に10.5mと小さなものであった。

2.5 非磁性ケーシング

観測装置が設置される箇所に挿入される非磁性ケーシングは、その中で観測装置がしっかりとガタつきがなく収納されるためには、その内面の仕上げや偏心の精度は観測装置の精度に合わせて作製されなければならない。また、その中で地磁気の方角を用いて観測装置の方角を測定するので、帯磁の強度も地磁気よりも小さくなければならない。そのため、作製には材料の入手段階から十分な注意が必要である。材料はステンレス合金(SUS 304)の棒材を用い3分割で作製した。その構造、寸法、検査方法はすべて下総井(鈴木ら、1983)と同様である。

完成品の検査結果は次のとおりである。

偏 心	0.3 mm 以下
帯 磁 強 度	0.3 ガウス 以下
内 面 仕 上 げ	10 S 以下

表2 コア採取記録
Table 2 List of cores.

コア番号	コア掘り深度(m)	掘進長(m)	採取長(m)	採取率(%)	岩 質
1	508.00 ~ 513.00	5.00	5.00	100.0	砂質シルトに火山灰の挟み
2	702.00 ~ 707.30	5.30	5.30	100.0	シルト
3	903.00 ~ 908.00	5.00	4.20	84.0	砂質シルト・極細粒砂
4	1104.00 ~ 1109.00	5.00	5.00	100.0	砂質シルト・シルト・砂
5	1306.00 ~ 1311.00	5.00	5.00	100.0	シルト・シルト質泥
6	1508.00 ~ 1513.00	5.00	4.69	93.8	シルト質泥岩・砂質シルト岩
7	1764.30 ~ 1769.30	5.00	5.00	100.0	極細粒砂岩・砂質シルト岩
8	1847.00 ~ 1852.00	5.00	4.47	89.4	極細粒～細粒砂岩
9-1	2020.00 ~ 2020.30	0.30	0.20	66.7	礫岩
9-2	2020.30 ~ 2024.30	4.00	2.00	50.0	砂岩・礫岩・黒色頁岩
10-1	2170.30 ~ 2172.30	2.00	1.40	70.0	黒色頁岩
10-2	2172.30 ~ 2173.30	1.00	0.25	25.0	黒色頁岩
11	2519.00 ~ 2524.20	5.20	5.20	100.0	砂岩・頁岩互層
12	2774.00 ~ 2777.00	3.00	2.50	83.3	砂岩・黒色頁岩
13	2780.00 ~ 2781.50	1.50	0.70	46.7	砂岩・頁岩互層

耐 圧 水圧180 kg/cm², 15 分間異常なし

なお、本井に併設された、深度214mの副観測井の非磁性ケーシングも、ステンレス合金で作製され、検査結果は以下の通りである。

偏 心 0.05 mm以下

帯 磁 強 度 0.15 ガウス以下

耐 圧 水圧40 kg/cm², 20 分間異常なし

2.6 コアおよびカッティング採取

コア採取は13箇所で行った。表2にコア採取状況を示す。予定採取長は3mであり、採取が3mに満たない場合は再度採取することになっていたが、基盤より上部では採取率も良く一度で3m以上を採取できた。しかし、基盤岩中では採取率が悪く、No 11を除いて目標どおりの採取をすることができなかった。採取されたコアは使用目的に応じてパラフィンあるいはビニール袋に封じて、金属カンに入れて保管した。カッティングは10m毎に採取し、保管箱に格納した。コアおよびカッティング試験の結果は後に述べる。

2.7 セメンチング

深層観測井は微小地震や地殻傾斜を高感度で観測するためのものであり、そのためには観測井が地層と強固に一体化され、また、地層中の地下水などが観測井内に流入しないようにする必要がある。観測井自体も一度作井されれば半永久的に長期間にわたって用いられるものであり、故障などが生じて、簡単に修理することは不可能である。そのため、観測井は

全長にわたってセメンチングし、地層への密着とケーシングの保護を行うこととした。府中井のように砂がちの地層が多い場合は、セメントミルクの逸流が生じやすい。また本井では後に示すように、基盤岩にクラックや破砕帯が多くて坑径変化が著しく、圧入するセメントミルクの量や配合が大きな問題となる。以下に各ケーシングのセメンチング状況の概要を示す。

(1) 20 インチケーシング

掘削深度	34 m	
泥水比重	1.12	
セメンチング方法	ステンガー挿入式フルホールセメンチング	
フロートシュー深度	31.96 m	
セメントスラリー	普通ポルトランドセメント	6000 kg
	塩化カルシウム (2%)	125 kg
	スラリー比重	1.75
	スラリー量	5440 ℓ

セメンチング結果：坑口までセメントスラリーの上昇が確認できなかったので、ケーシング管外よりチュービングを挿入して、セメントと砂利を充填した。

(2) 13 ⅜ インチケーシング

掘削深度	503 m	
泥水比重	1.17	
セメンチング方法	二栓式フルホールセメンチング	
フロートシュー深度	500.23 m	
セメントスラリー	普通ポルトランドセメント	57900 kg
	スラリー比重	1.80
	スラリー量	49600 ℓ

セメンチング結果：坑口までセメントスラリーの上昇が確認できなかったので、20インチケーシングと13 ⅜ インチケーシングの間にチュービングを挿入して、セメントを充填した。

(3) 9 ⅝ インチケーシング

掘削深度	2103 m
泥水比重	1.17
セメンチング方法	二栓式フルホールセメンチング
フロートシュー深度	2100 m
フロートカラー深度	2081.32 m
ステージカラー深度	959.58 m
セントラライザー	30 箇所

先 行 水	清水 3000 ℓ	
セメントスラリー		
第 1 段	フライアッシュ B 種	50900 kg
	HR-4 (遅硬化剤) 0.3 %	160 kg
	ベントナイト (比重低下用) 0.5 %	250 kg
	スラリー比重	1.70
	スラリー量	48300 ℓ
第 2 段	フライアッシュ B 種	38800 kg
	スラリー比重	1.75
	スラリー量	34200 ℓ

セメンチング結果

管内テスト	959.58 m で 70 kg/cm ² 20 分間加圧で異常なし
	2090.1 m で 70 kg/cm ² 20 分間加圧で異常なし
管外テスト	2107.0 m で 15 kg/cm ² 20 分間加圧で異常なし

セメントボンド測定結果：セメント頭部深度 500 m

処 置：13 ⅜ インチケーシングと 9 ⅝ インチケーシング間にチュービングを挿入してセメントを充填した。

(4) 7 インチケーシングセメンチング

7 インチケーシングは、観測装置が設置されるケーシングであり、観測装置設置台座があるため、下総井で開発されたチュービングによるセメンチング方法をとった。7 インチケーシングのセメンチングを実施するためには、次のような点に留意しなければならない。

i 7 インチケーシングと 9 ⅝ インチケーシングは段構造になっているので、両者のすき間からセメントが管内に逆流したり、あるいはセメントが少なすぎて、7 インチケーシングと 9 ⅝ インチケーシングの重複部にまでセメントが行き渡らないことがないように、圧入量の計算は厳密に行う必要がある。

ii 高温高圧下であるため、油井用のクラス G セメントを用い、さらにケーシングと坑壁の密着を良くするため、膨張性添加剤(ジブカル)を加える。

iii 先行液によって泥壁の除去を行って、坑壁とセメントの接着を良くする。

iv セメントの強度は地層の強度になるべく近づける。

v シックニングタイムはなるべく長くなるようにする。

上記のような条件の下に、岩槻井、下総井の結果を参考にして、室内実験を数回行ってセメントの配合比を決定した。セメンチング実施状況は次のとおりである。

掘 削 深 度	2783 m
泥 水 比 重	1.14

フロートカラー	2774.19 m	
シーリングライナー	2767.83 m	
非磁性ケーシング	2741.40 ~ 2751.76 m	
ケーシング頭部深度	1892.17 m	
セントラライザー	20 個使用	
先行水	5%ボンダー液	3000 ℓ
セメントスラリー	クラスGセメント	41300 kg
	HR-4(遅硬剤) 0.3%	125 kg
	マイテ-100(分散剤) 0.6%	250 kg
	ジプカル3.6%	1500 kg
	スラリー比重	1.90
	スラリー量*	32500 ℓ

セメンチング結果：セメントボンド検層により、深度1950 mまでセメンチング完全なことを確認(図8)。

なお、セメントの室内試験結果は表3のとおりである。

2.8 坑内洗浄

セメンチング終了後、7インチケーシングおよび9インチケーシング内をケーシングスクレーパーによって浚渫し、清水で洗浄した後、ケーシングクリーナー(ワイヤブラシ)によ

表3 セメントの試験結果
Table 3 Results of cement test.

用いたセメントスラリー クラスG+ジプカル3%, 比重1.85

一軸圧縮強度(kg/cm ²)		線膨張率(%)	
8時間後	—	1日後	1.45
16時間後	108	2日後	1.64
1日後	172	3日後	1.78
3日後	180	5日後	1.92
7日後	224	7日後	1.93
15日後	250	15日後	1.94
28日後	261	28日後	1.96

*スラリー量はキャリパー検層の結果より計算した。

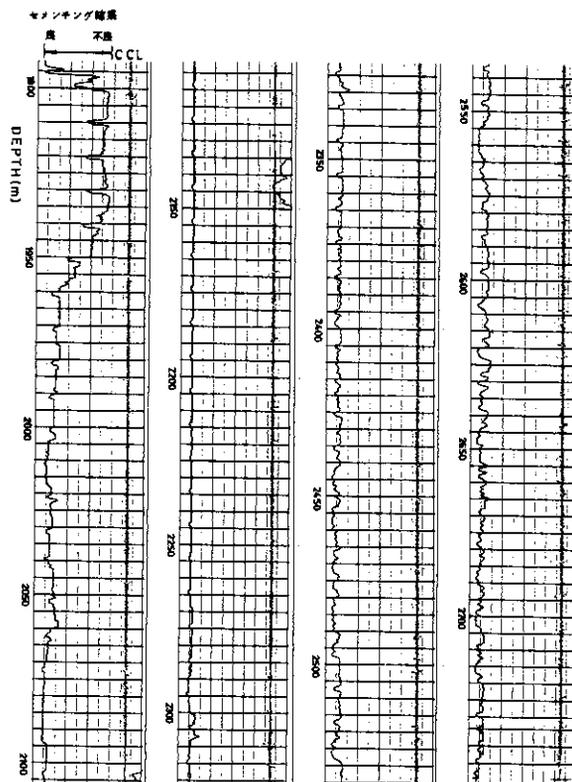


図8 セメントボンド検層図

Fig.8 Cement bond logging chart.

ってさらにケーシング内壁を浚渫し、清水を坑内に循環させて洗浄した。その後、観測装置と同径(140mm)で、長さ7mのゲージを坑内に降下して通り試験を行い、坑底深度の確認を行った。その後再びチュービングを坑底まで降し、清水で坑内を洗浄した後、鉄管防錆剤(日東化学製レスコールWT)0.5%添加の清水で坑内水をおきかえた。

2.9 観測井の構造

完成した観測井の構造を図6に示す。

2.10 副観測井

本観測井から45m離れた位置に、深度214.6mの副観測井を作井した。構造を図6に示す。副観測井の構造は下総井(鈴木ら, 1983)と同じであり、ケーシングはすべてセメンティングされている。坑曲りは0度10秒以内であった。

3. 坑井地質

3.1 地質柱状図

図9に示す地質柱状図は、カッティング中の各岩石の比率による百分率柱状図である。カッティングはコアと異なり、掘削中に地層の破碎、攪拌や掘削泥水による一部成分の洗い流しなどを受けるため、カッティングの観察だけでは本来の地質状況を正確に表わすことが不可能で、物理検層結果(特に電気検層)やコアの観察結果などを加えて、総合的に岩相の判断や層序区分を行った。

3.2 岩相層序

地質柱状図および物理検層結果から、本井の地質は上位からA, B, C, D, Eの5層に大別される。なお、ここで示すB, C, D, E層は層群または亜層群に相当し、それ以下の細分されたものは累層に相当する。以下に示す深度はすべて地表を0mとした時の深度である。

(1) A 層 (深度0m～14m)

表土を除き、礫および砂よりなる。

(2) B 層 (深度14m～1061m)

上部からB₁層～B₄層に細分される。上部と下部は砂～砂礫がち、中間部はシルト～砂質シルトがちである。

i B₁ 層 (深度14m～85m)

上部は主に砂、下部は主に砂と礫の互層よりなる。深度70m以深には浮石を多く含む。深度30m～60mには貝化石を多量に含み、60m以下にも少量含んでいる。植物化石(木質物)も深度60m以下で見られる。礫種は砂岩、スレート、チャートが多い。

ii B₂ 層 (深度85m～205m)

上部は凝灰質砂および砂質シルトを主とし、多量の浮石と少量の礫を含む。下部は砂および砂質シルトを主とし、礫層を挟み、浮石を含む。全層で貝化石が見られ、植物化石も多く見られる。

iii B₃ 層 (深度205m～383m)

暗灰色シルト(上部)および暗緑灰色砂質シルト(下部)よりなり、粘土質の薄層を挟む。少量の浮石が含まれ、深度230m付近には少量の細礫がある。深度240m以下で貝化石、290m以下で植物化石が見られる。

iv B₄ 層 (深度383m～645m)

暗緑灰色砂質シルト、シルトを主とし、火山灰および少量の浮石を含む。また主に砂岩、粘板岩よりなる中、細礫を含む。深度450m～560mには貝化石が見られる。

v B₅ 層 (深度 645 m ~ 753 m)

暗緑灰色砂質シルト, シルトよりなり, 少量の貝化石が見られる.

vi B₆ 層 (深度 753 m ~ 909 m)

暗緑灰色砂質シルトおよび細粒砂の互層よりなり, 粗砂を挟む. 貝化石片が普通に見られ, 少量の炭質物もある.

vii B₇ 層 (深度 909 m ~ 981 m)

暗緑灰色砂質シルトよりなり, 下部には細砂, 細礫を含む. 火山灰は全層で見られる. 貝化石は上部で普通に見られる. また植物化石も多いが, 特に深度 950m ~ 970 m には多量に見られ, 一時的に陸化した可能性も考えられる.

viii B₈ 層 (深度 981 m ~ 1061 m)

礫, 粗粒砂および砂質シルトを主とする. 礫は 2 ~ 10 mm の円~垂円~角礫で, チャート, 砂岩, スレートが多い. 貝化石が多く見られる.

(3) C 層 (深度 1061 m ~ 1494 m)

上部から C₁ ~ C₃ 層に細分される. 上部および下部が砂, 礫勝ちで, 中部はシルトを主とする. B 層との関係は不整合と思われるが明瞭ではない.

i C₁ 層 (深度 1061 m ~ 1208 m)

灰色粗~細粒砂, 砂質シルトおよび細~中礫を主とし, 火山灰, 浮石およびスコリヤを挟む. 全層に貝化石片が見られ, また, 下部には炭質物が多い.

ii C₂ 層 (深度 1208 m ~ 1391 m)

主に黄緑色シルトよりなり, 砂層を挟む. 全層に少量のスコリヤが見られ, 上部にはわずかの礫も含まれる. また, 下部には少量の炭質物が含まれる.

iii C₃ 層 (深度 1391 m ~ 1494 m)

灰色中~細粒凝灰質砂および淡黄緑灰色シルトを主とし, 下部には中~細礫を含む. 礫種はチャート, スレートが多い. 中~下部には植物化石(炭質物)が見られる.

(4) D 層 (深度 1494 m ~ 2022 m)

上位より D₁ ~ D₄ 層に細分される. 本層は主に砂岩, 礫岩およびシルト岩よりなる. C 層との関係は不整合である.

i D₁ 層 (深度 1494 m ~ 1585 m)

主に黄緑灰色シルト岩よりなり, 火山灰および中~細礫を挟む. 最下部には中~細粒砂岩がある. 全層に貝化石片が見られるほか, 少量の炭質物も見られる.

ii D₂ 層 (深度 1585 m ~ 1754 m)

主に砂礫およびシルト岩よりなり, 凝灰質砂岩を挟む. 礫は円~角の細~中礫で, 礫種はチャート, スレート, 砂岩が多い. 少量の貝化石片が見られる.

iii D₃ 層 (深度 1754 m ~ 1858 m)

暗灰色砂質シルト岩～細粒砂岩よりなり、少量の細礫を挟む。全層で貝化石片が見られ、少量の炭質物もある。

iv D₄ 層 (深度 1858 m ~ 2022 m)

2～20mm程度の礫を主とし、砂岩、シルト岩および凝灰岩を挟む。礫は円～角礫で、礫種は砂岩が大半で、次いでチャートが多い。最下部のコアは、少量の中～細礫および貝化石を含んだ礫岩である。これは他の部分とは非常に異った特徴を示しており、地層中の礫岩(基底礫岩)を貫通した可能性が強い。

(5) E 層 (深度 2022 m ~ 2783 m)

本層は本観測井における基盤層であり、上位からE₁～E₃層に細分される。灰黒色砂岩および黒色頁岩を主とし、暗緑色の緑色岩類(輝緑凝灰岩)およびチャートを含む。層全体に破碎化が著しく、一部粘土化している部分もある。上位層との関係は不整合である。

i E₁ 層 (深度 2022 m ~ 2175 m)

灰黒色頁岩を主とするが、深度 2090 m ~ 2160 m 間には暗緑色の緑色岩類を多く含む。層全体に破碎化が著しいが、特に深度 2140 m ~ 2170 m 間は粘土化帯となっている。方解石脈が多く見られる。

ii E₂ 層 (深度 2175 m ~ 2510 m)

灰色の砂岩と灰黒色の頁岩を主とするが、暗緑色の緑色岩類および灰赤色～褐色のチャートも多く見られる。層全体に破碎化が著しく、特に頁岩部は粘土化が進んでいる。

iii E₃ 層 (深度 2510 m ~ 2783 m)

灰黒色砂岩と黒色頁岩よりなり、砂岩の比率が大きい。深度 2519 m ~ 2524 m のコアの観察では、厚さ 50 ~ 100 cm の細粒砂岩と厚さ 10 ~ 20 cm の頁岩が互層をなしている。全体に破碎化が著しく、鏡肌面が多く見られる。頁岩の部分は非常にもろくなっており、崩れやすい。方解石脈が多く、黄鉄鉱も見られる。

4. 物理 検 層

4.1 検層項目

本井において、次に示すような検層が実施された。このうち、セメントボンド検層を除いて、結果を図9に示す。

検層項目	実施深度 (m)
電気検層(ノルマル, SP)	31.0 ~ 503.0
インダクション検層*	500.0 ~ 2777.0

注 * : ノルマル, SP も同時に行った。

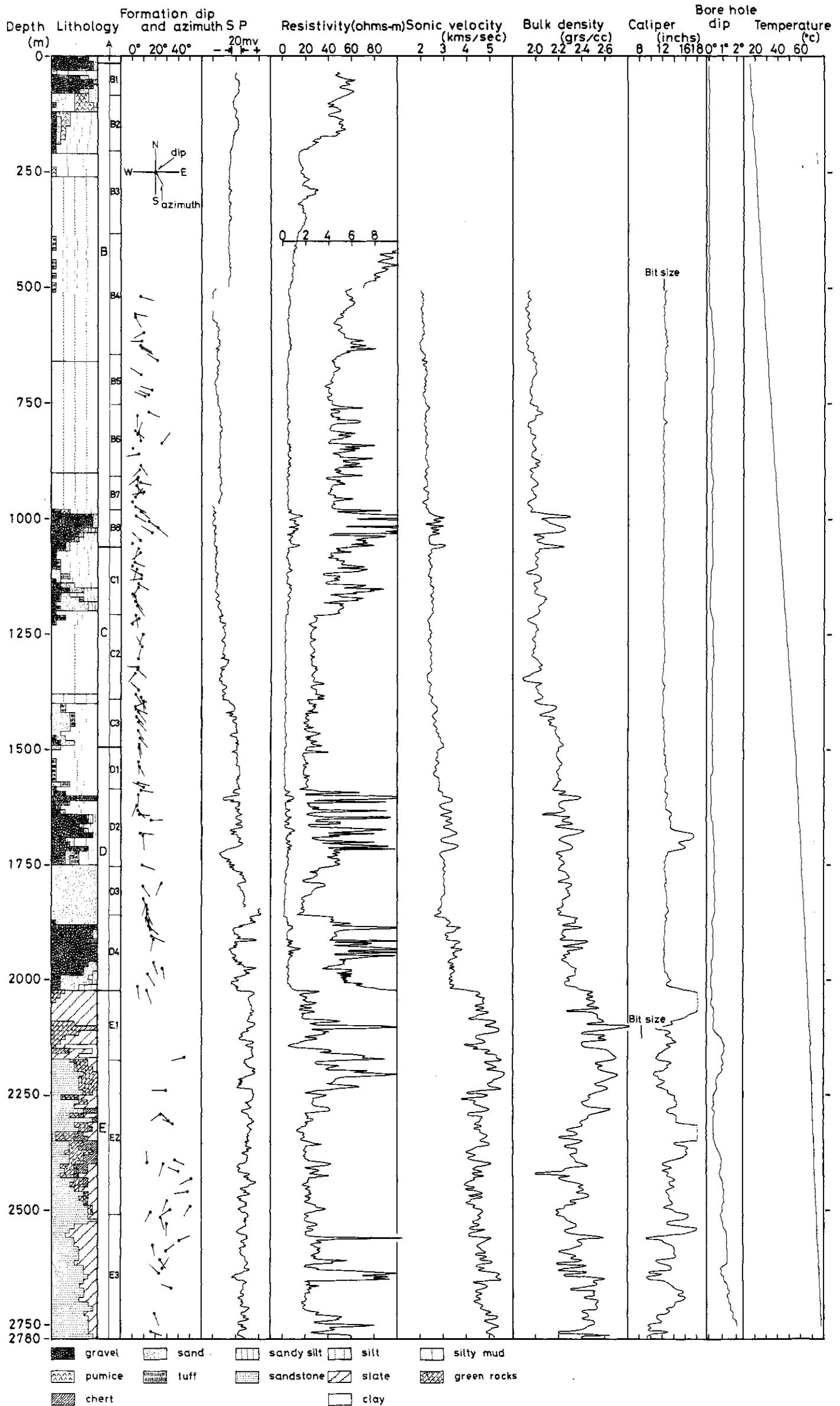


図9 総合柱状図
Fig.9 Geological column and results of loggings.

音波検層(BHC)	500.0 ~ 2778.0
密度検層($\rho - \rho$)	500.0 ~ 2776.5
地層傾斜検層(dip)	503.5 ~ 2781.0
温度地層**	0.0 ~ 2751.0
キャリパー検層***	500.0 ~ 2778.0
坑心傾斜検層****	0.0 ~ 2751.5
セメントボンド検層	0.0 ~ 2749.0

なお、深度500 m以浅では、地質状況の調査に役立つのは電気検層のみである。これは付近の水井戸への悪影響をさけるために、ケーシング挿入を急いだためである。

4.2 電気検層

図9に示した比抵抗曲線は、電極間隔16インチ(40cm)のショートノルマルの測定結果である。20 Ω -m以上の高比抵抗値を示すのは、B層上部(B₁~B₃)と基盤層(E層)のみであり、他はすべて20 Ω -m以下である。天水の侵入によると考えられる影響は、深度500 m程度まで認められる。比抵抗値はB層よりもC、D層で低い値を示すが、これは後に示すように、間隙水中のCl⁻濃度の分布に一致している。E層の比抵抗変化を見ると、全体に20 Ω -m以上の高比抵抗を示し、かつ比抵抗値の変化が著しいが、これはE層が著しく破砕化しており、クラックの多いことや、粘土化している箇所のあることによると考えられる。

4.3 地層傾斜検層

地層傾斜検層(dip)は、深度503.5 mから下で行われた。B層~D層は概して傾斜が小さく、方位もばらつきが大きい。各層毎に卓越した方位が見られる。図10は各層毎の方位および傾斜角の頻度分布を調べたものである。方位の分布を見ると、まずB層では卓越する方位は一定せず、E~S方向、W方向、N方向の3つに分けられる。その中でB₄層はE~ES方向、B₅層はW方向、B₆層はN方向、B₇層はE~S方向、B₈層はSE方向が多い。C層では全体にE~ES~S~SW方向とW方向が多く、N方向は少ない。細かく見ると、C₁層はSE~SWおよびW方向、C₂層はばらつきが大きい。C₃層はE~SE方向で、方位の一致は良い。D層ではほとんどの測定値がE~S方向の間にあり、方位のそろいは良い。B、C層の傾斜角はほとんどが12°以内である。D層の傾斜角はB、C層よりも若干大きい。E層に関しては、ここで示される方位、傾斜とも地層本来のものでなく、クラックを見ている可能性がある。方向、傾斜ともばらつきが非常に大きく、特定の方向を示すようには見えない。

注 ** : 坑内作業終了から216日後に行った。

*** : 音波、密度検層時に同時に行った。

**** : ケーシング挿入後に行った。

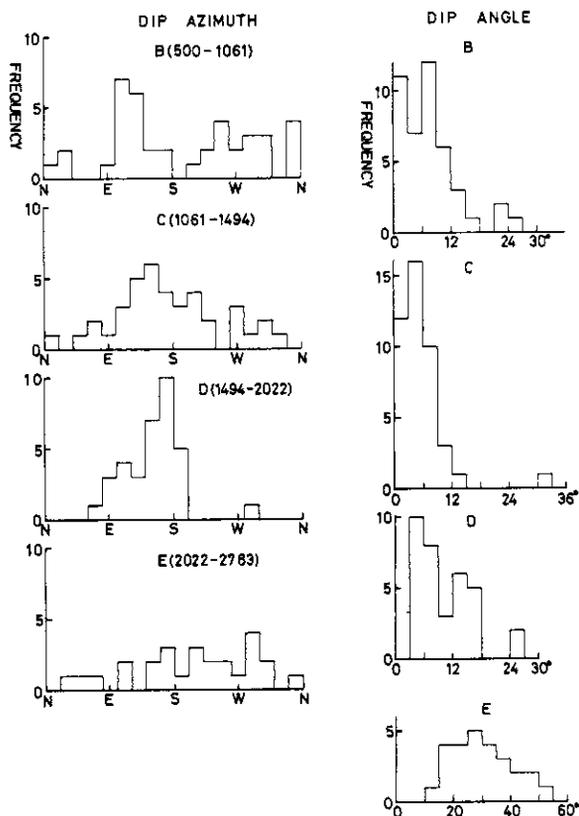


図10 地層傾斜検層結果
Fig.10 Dip azimuth and dip angle.

4.4 音波検層

音波検層(BHC)は深度500mから下で行われた。音波速度はB層で2.0~3.0 km/sec, C層で2.3~3.1 km/sec, D層で2.6~3.8 km/sec, E層では3.8~5.6 km/secである。D層までの部分について、礫や砂の部分を除いて、シルト質~泥質の部分だけの測定値を図11に示す。図11では各層毎の速度の変化がより明瞭に見られる。B, C層では深度に応じて速度が増加しているように見える。B, C層の深さによる速度の増加は次の式によって表すことができる。

$$V = 0.44 Z + 1860$$

ただし、V = 音波速度 (m/sec), Z = 深度 (m)

D層は泥質の部分が少なく、深度1750m以下の層もむしろ砂層であり、他の層との比較は適当ではないかも知れないが、C層とD層の間には明らかな不連続があり、不整合関係の

存在をうかがわせる。E層は3.8~5.6 km/secとかなり変動が大きく、クラックや破碎帯の発達によって音波速度が変化しているものと推定される。

4.5 密度検層

密度検層で得られた地層密度は、砂礫部を除いて、B、C層で1.9~2.1 g/cm³、D層で2.2~2.3 g/cm³、E層では2.2~2.7 g/cm³である。図11には砂や礫の部分を除いて、シルト~泥質の箇所だけの測定値を示す。B、C層では深度の増加につれて密度もやや大きくなっているように見えるが、音波速度ほど顕著な変化はない。D層はC層とは明らかに不連続であり、不整合の存在が推定される。E層は音波速度同様変化が大きい。

4.6 坑径検層

坑径検層結果は、D₂層で坑径が拡大しているのが認められ、固結度の低い砂礫層であることがわかる。E層は全体的に坑径がビット径よりもかなり拡大しており、クラック等の多いことが推定される。

4.7 坑心傾斜検層

D層までは坑心傾斜はほとんどないが、E層になってからわずかに傾斜が出ている。一般

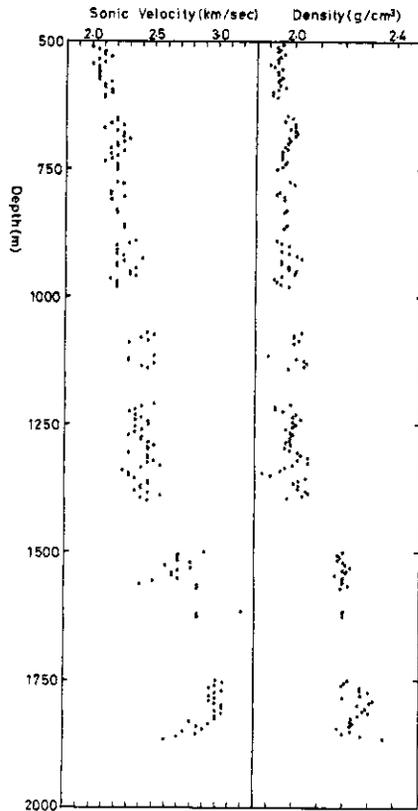


図11 泥質部における音波および密度検層結果
Fig.11 Sonic velocities and bulk densities for pelitic strata.

に坑心傾斜は地層面に垂直な方向に向かうとされている。E層に入ってから傾斜方向はほぼESEで一定しており、これはE層の傾斜方向に関係するものと考えられる。

4.8 温度検層

温度検層は、坑内作業が終了してから7か月以上経過してから行われており、坑内温度は完全に地中温度と平衡状態になっていると考えられる。測定は清水で満たされている坑井中に、白金抵抗線温度計を周囲温度となじませながら、ゆっくりと降下させて行った。測定結果は坑口で15°C、坑底で77.8°Cであった。観測装置の中に組込まれて坑底で連続観測している温度計は一定して77.9°Cを示しており、温度検層による最高温度と一致している。温度検層結果を拡大して示したのが図12である。同図によれば、地温の変化は一様ではなく、地温勾配が数ヶ所で変化しているように見える。表4は地温の変化を直線で近似した時の、各区間における地温勾配を示す。表4における地温勾配の変化している深度の中で、深度400mがB₃とB₄、1100mがB₈とC₁、1400mがC₂とC₃、1600mがD₁とD₂、1870mがD₃とD₄、2030mがD₄とE₁の境界付近と一致している。

地温勾配は、主に地層の熱伝導率に伴って変化すると考えられ、地温勾配の変曲点付近では同時に音波速度や地層密度等の物性も変化している。

深度70mと150m付近では地温が大きく低下している。これらの深度では砂礫層となっており、電気検層の比抵抗値も大きくなっていることより、地表水が地層中に浸透して流動しているために、地下温度が低下しているであろう。

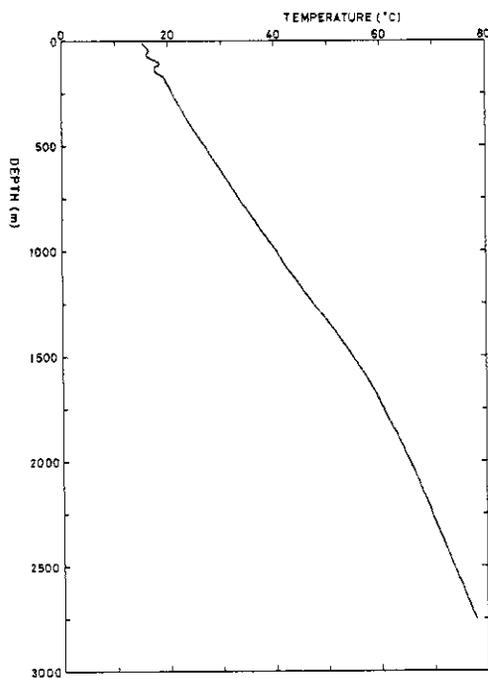


図12 温度検層図
Fig.12 Temperature logging.

表4 地温勾配
Table 4 Geothermal gradient.

深 度 (m)	地温勾配 (°C/100 m)
0 ~ 400	2.25
400 ~ 500	3.05
500 ~ 1100	2.65
1100 ~ 1400	3.05
1400 ~ 1600	2.66
1600 ~ 1870	2.08
1870 ~ 2030	1.85
2030 ~ 2750	1.60
0 ~ 2750	2.28

4.9 P波・S波検層

山水ら(1981)によって、ウェルシューテング法により、P波およびS波速度の測定が行われた。図13に彼らの求めたP波およびS波走時を示す。同図によれば、P波速度は深度500m~1300m間で2.14 km/sec、深度1500m~2000m間で3.24 km/sec、深度2200m以深では4.76 km/secとなっており、音波検層の結果と良く一致している。

5. コア試験

5.1 試験項目

採取されたコアについて、各種のコア試験を実施した。同一岩種で比較するため、コアの採取はできるだけ泥質部を選んで行った。採取されたコアのうち、コア試験に用いるものは採取後の変化をさけるため、試験項目に応じて、採取後直ちにパラフィンで密封してブリキカンに収納するか、またはガラスビンに封入して試験に供した。実施した試験項目と試料採取深度を表5に示す。

5.2 顕微鏡観察およびX線分析

各コアについて薄片を作製し、偏光顕微鏡による観察を行うと共に、X線分析によって構成鉱物の同定を行った。また、Na1~Na9については、試料を水ひし、エチレングリコール処理、塩酸処理および熱処理を行い、粘土鉱物の同定をした。分析結果を表6および表7に示す。

5.3 化学分析

基盤岩の3試料については化学分析を行った。結果を表8に示す。比較的多量に見られる Ig. lossは黒色の粉末状であり、石墨と考えられる。

表5 分析項目一覧表
Table 5 List of core tests.

コア番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	分析・測定者
コア採取深度(m)	508.00 / 513.00	702.00 / 707.30	903.00 / 908.00	1104.00 / 1109.00	1306.00 / 1311.00	1508.00 / 1513.00	1764.30 / 1769.30	1847.00 / 1852.00	2020.00 / 2024.30	2170.30 / 2173.30	2519.00 / 2524.20	2774.00 / 2777.00	2780.00 / 2781.50	
岩質	砂質シルト トに火山 灰の夾み	シルト	砂質シルト 極細粒砂	砂質シルト シルト 砂	シルト シルト質泥	シルト質 泥 砂質シルト ト岩	極細粒砂 岩 砂質シルト ト岩	極細粒～ 細粒砂岩	砂 岩 砂 岩 黒色頁岩	黒色頁岩	砂 頁岩互層	砂 黒色頁岩	砂 頁岩互層	岩 砂 頁岩互層
鉱物組成分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	玉野測量設計 院 技術研究所
化学分析									○		○	○		"
自然比重測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	石油資源開発 院 技術研究所
含水率測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	"
間げき水分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	"
コアガス分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	"
有機物分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	"
圧密試験	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	明星大学
圧縮強度測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	地質計測院
弾性波速度測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	玉野測量設計 院 技術研究所
熱伝導度測定	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	地質計測院
花粉粒子分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	パリ/サハース 院
有孔虫分析	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	石油資源開発 院 技術研究所

注) ○:測定・分析を行ったもの

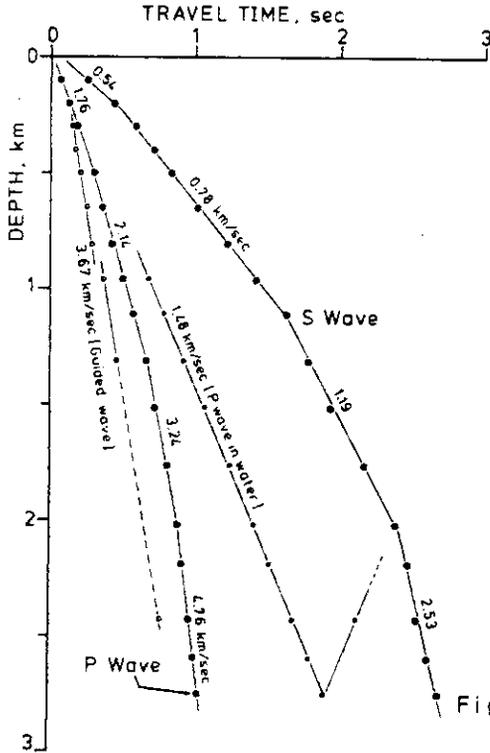


図 13 P波・S波走時(山水ら, 1981による)
 Fig. 13 Velocity structure of P and S waves (after Yamamizu *et al.*, 1981).

表 6 X線分析結果(1)
 Table 6 Result of X-ray analysis (1).

コア番号	深 度 (m)	石 英	斜長石	雲母類	角閃石	輝 石	方解石	石 墨	石コウ	その他
1	508.62 ~ 508.88	+++	++	?	+	-	-	-	-	
2	702.20 ~ 702.40	+++	++	-	+	-	-	-	-	
3	903.15 ~ 903.35	+++	++	-	+	-	+	-	-	貝化石
4	1104.23 ~ 1104.43	+++	++	?	-	-	-	-	-	
5	1306.30 ~ 1306.50	+++	++	?	+	-	+	-	-	
6	1508.00 ~ 1508.20	+++	++	-	+	-	-	-	-	
7	1767.30 ~ 1767.51	+++	+++	?	+	-	-	-	-	
8	1847.26 ~ 1847.46	+++	+++	?	+	-	-	-	-	
9	2020.42 ~ 2020.62	+++	++	-	+	-	+	-	-	貝化石
10	2022.20 ~ 2022.30	+++	++	+	?	-	+	-	-	緑泥石
11	2520.32 ~ 2520.58	+++	++	+	-	-	+	-	-	
12	2775.00 ~ 2775.16	+++	++	?	?	-	+	-	-	

注) +++多い ++普通 +ある ?不明 -ない

表7 X線分析結果(2)
Table 7 Result of X-ray analysis (2).

コア番号	深 度 (m)	モンモリロナイト	クローライト	バーミキュライト	ハロイサイト	イライト	バイロフィライト	カオリナイト	混合層
1	508.62 ~ 508.88	-	+	+	-	+	-	+	-
2	702.20 ~ 702.40	-	?	+	-	+	-	+	-
3	903.15 ~ 903.35	-	-	+	-	+	-	+	-
4	1104.23 ~ 1104.43	-	-	++	-	+	-	+	-
5	1306.30 ~ 1306.50	-	-	+	-	+	-	+	-
6	1508.00 ~ 1508.20	-	-	+	-	+	-	+	-
7	1767.30 ~ 1767.51	-	-	++	-	++	-	++	-
8	1847.26 ~ 1847.46	-	-	+++	-	+++	-	++	-
9	2020.42 ~ 2020.62	-	-	+	-	+	-	+	-

注) +++多い ++普通 +ある ?不明 -ない

5.4 自然密度測定

測定は容量法によった。測定結果を表9および図14に示す。D層までの測定値は、1.89g

試料番号	9	11	12
採取深度(m)	2022.20 ~ 2022.30	2520.32 ~ 2520.58	2775.00 ~ 2775.16
岩質	頁岩	頁岩	砂岩
SiO ₂	60.10	57.78	65.88
Al ₂ O ₃	17.72	20.02	13.94
TiO ₂	0.57	0.44	0.32
FeO	5.76	3.42	2.35
Fe ₂ O ₃	0.00	0.46	0.74
MnO	0.06	0.03	0.07
MgO	3.31	2.36	1.39
CaO	2.24	1.56	4.93
Na ₂ O	2.34	2.28	3.80
K ₂ O	2.59	4.70	1.65
H ₂ O(-)	0.52	0.42	0.22
ig. loss	3.96	6.14	4.14
合 計	99.17	99.61	99.43

表8 化学分析結果
Table 8 Chemical composition of cores.

g/cm^3 から 2.36 g/cm^3 を示し、深さに応じて増加している。C層とD層との間で階段状の変化が見られる。E層は $2.48 \text{ g/cm}^3 \sim 2.75 \text{ g/cm}^3$ と他の層よりも密度が著しく大きくなっている。密度検層結果と比較すると、D層までの測定値は、両測定ともほぼ一致している。しかし、E層ではコアの測定値の方が検層結果より大きい。これはE層が全体に破碎作用を受けてクラックなどが多いために、密度検層では bulk density が小さくなるが、コアではクラックのない部分を選んで測定しているために、検層値よりも大きくなるものであろう。

5.5 含水率測定

含水率の測定は、湿度 40 %、温度 60°C の状態で 48 時間保ち、その前後の重量差から求める方法(地質調査所法、本島・永田(1973)、以下GS法と略す)と、温度 105°C で 24 時間

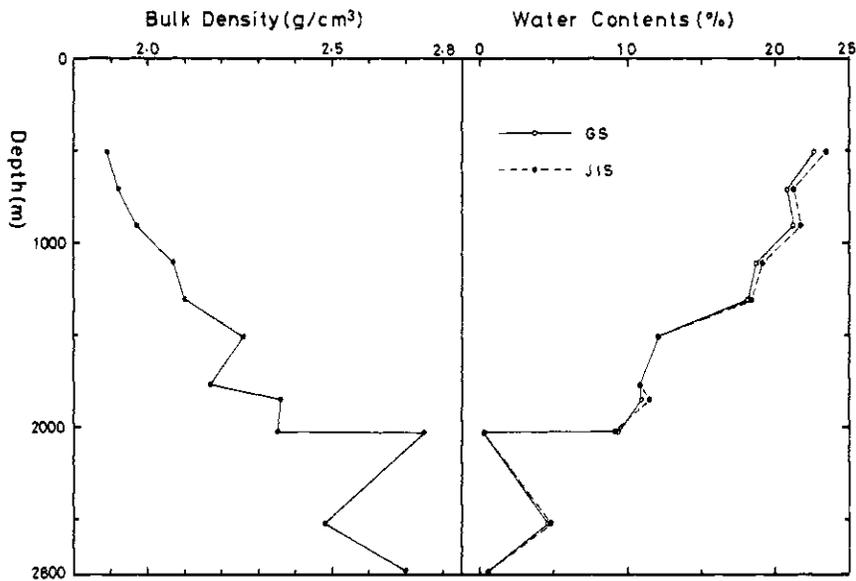


図 14 密度および含水率

Fig. 14 Bulk density and water content.

保ち、その前後の重量差から求める方法(JIS法)の2種について行った。これは試料中に含水粘土鉱物を含んでいる場合、JIS法では鉱物中の層間水まで蒸発させてしまって不合理であるので、そのようなことを生じさせないGS法を併用したものである。結果を表9および図14に示す。JIS法とGS法の測定値を比較すると、Na9を除き、いずれもJIS法の方がGS法よりも大きい。しかし、その差は最大のものがNa1の0.61%であり、小さなものである。これは6.2で示したように、試料中にモンモリロナイトを含んでいないことから当然である。Na9はJIS法よりもGS法の方が大きな値を示すが、これは測定方法から

表9 間隙水分析結果
Table 9 Result of core water analysis.

試料 番号	試料採取深度 (m)	岩質	間隙水分析結果 (mg/ℓ)											含水率(wt%)		
			希釈率	pH	Cl ⁻	Br ⁻	I ⁻	HCO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	自然密度 (g/cm ³)	GS*	JIS**
1	508.62~508.88	砂質 シルト	9.62	9.2	136	2.7	Tr	2590	100	1620	254	365	101	1.89	22.71	23.32
2	702.20~702.40	シルト	10.19	9.4	151	2.8	Tr	2760	94	2670	276	302	98	1.92	20.94	21.18
3	903.15~903.35	砂質 シルト	10.19	9.3	144	Tr	2750	82	1620	261	508	91	1.97	21.22	21.68	
4	1104.23~1104.43	砂質 シルト	11.76	9.5	325	Tr	2160	46	1620	354	654	106	2.07	18.70	19.09	
5	1306.30~1306.50	シルト	11.64	9.6	3290	9.5	2.7	3680	68	4030	384	726	141	2.10	18.11	18.44
6	1508.00~1508.20	シルト 岩	17.08	9.2	8780	26.0	9.2	628	43	5600	78	124	16	2.26	12.03	12.04
7	1767.30~1767.51	砂質シルト 岩	19.65	8.6	6680	9.2	6.1	1590	28	5540	82	170	13	2.17	10.80	10.88
8	1847.26~1847.46	細粒砂 岩	18.82	9.9	7680	22.0	7.0	670	38	6590	173	723	60	2.36	10.97	11.32
9	2020.42~2020.62	礫岩	21.93	9.9	794	3.9	Tr	807	17	2300	70	261	24	2.35	9.43	9.16
10	2022.20~2022.30	頁岩												2.75	0.31	0.33
11	2520.32~2520.58	頁岩												2.48	4.61	4.78
12	2775.00~2775.16	砂岩												2.70	0.56	0.56

(注) *GS:地質調査所法(温度60℃,湿度40%で脱水させるもの)

**JIS:JIS法(温度105℃で脱水させるもの)

は考えにくいことであり、測定誤差と考えられる。

GS法の測定値をもとに、深度による含水率の変化を見ると、深くなるにつれて含水率が減少する傾向であるが、C層とD層およびD層とE層の間で、含水率が階段状に変化していることが明瞭である。見かけ速度と含水率との間には明らかな逆相関がある。

5.6 間隙水分析

コアの中心部から削り取った試料100gに対して蒸留水200mlを加え、磁性乳鉢で泥状とし、回転数4000rpmで30分間遠心分離した上澄み液について分析を行った。pHについては読取値そのものを、その他の成分については下に示す希釈率によって、間隙水の値として求めた。分析結果を表9および図15に示す。

$$\text{希釈率} = 1 + \frac{\text{加水量 (ml)} \times \text{見かけ比重}}{\text{試料の重量 (g)} \times \text{容積含水比 (\%)} \times 0.01}$$

容積含水比の計算には、GS法で求めた含水率を用いている。

pHは8.6~9.9と大きな値を示すが、地層によって相違があり、B層では9.2~9.4、C層は9.5~9.6、D層では8.6~9.9とばらつきが大きい。Cl⁻はNa3までは150mg/ℓ程度の小さな値であるが、Na4から大きくなり、D層ではNa9を除いて6000~8000mg/ℓという大きな値を示す。Br⁻、I⁻はCl⁻と同じような傾向を示す。HCO₃⁻はNa5を除くと下位層ほど測定値の平均が小さい。NH₄⁺も下位層ほど平均値が小さい。Na⁺はNa9を除くと、下位層ほど大きな値となる。K⁺はC層>B層>D層となり、Na⁺とは異った変化を示す。Ca²⁺、Mg²⁺もほぼK⁺と相似した変化である。表10にはBr⁻/Cl⁻、I⁻/Cl⁻およびCa²⁺/Mg²⁺を示す。図16には、各成分の測定値が不連続的に大きく変化する深度を模式的に示す。各成分によって変化する深度は異っているが、深度1500m前後で変化しているものが多い。これらの変化は地層の堆積後の堆積環境や時間経過に関連するものであり、変化している深度はそれらの条件が大きく変化した部分と考えられる。

5.7 コアガス分析

コアの中心から削り取った250gの試料を、水を満たしたビンの中で分解し、水中に溶解したガスをCO₂ガスで水中から追い出して分析に供した。分析はガスクロマトグラムによった。試料1kg中のガス量の計算には次式を用いた。

$$\text{CH (ml/kg)} = \frac{\text{ガス量} \times 1000}{\text{試料重量 (1 - 含水率)}} \times \frac{\text{各成分 (\%)}}{100}$$

含水率の値は表9のGS法による測定値を用いた。分析結果を表11に示す。

コアガスの大半はN₂であり、次いで、CH₄、Arが多い。H₂、C₂H₆は微量である。He、C₄H₁₀は検出されない。CH₄はNa5を除くと0.28~6.28ml/kgであるが、Na5のみは17.38ml/kgと大きな値を示す。図17には間隙水中のCl⁻とCH₄の関係を示すが、両者の間には特に関連があるようには見えない。むしろHCO₃⁻、K⁺、Mg²⁺等と関連した変化

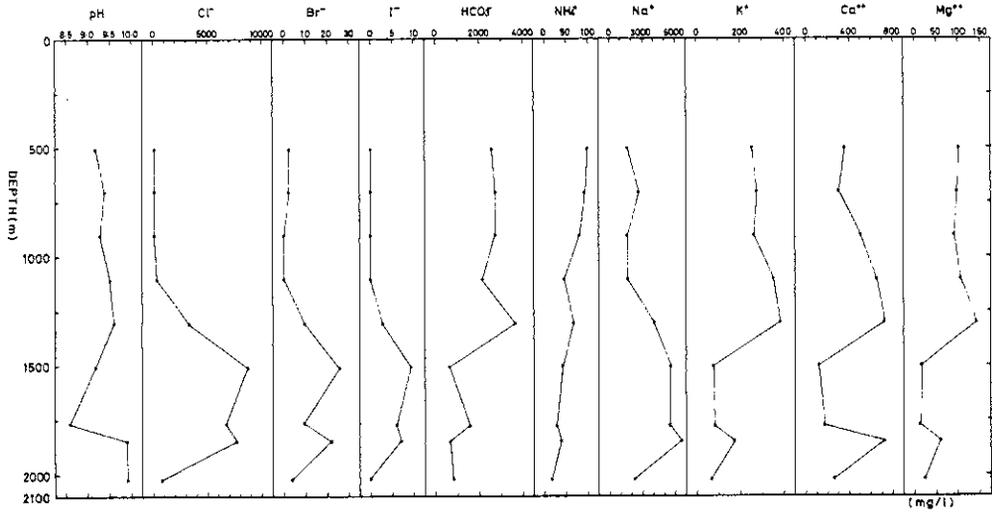


図 15 間隙水分析結果

Fig.15 Results of pore water analysis.

試料番号	Br ⁻ /Cl ⁻ (×10 ³)	I ⁻ /Cl ⁻ (×10 ⁴)	Ca ²⁺ /Mg ²⁺
1	19.8	-	3.61
2	18.5	-	3.08
3	-	-	5.58
4	-	-	6.17
5	2.9	8.2	5.15
6	3.0	10.4	7.75
7	1.4	9.1	13.08
8	2.9	9.1	12.06
9	4.9	-	10.88

表 10 Br⁻/Cl⁻, I⁻/Cl⁻ および Ca²⁺/Mg²⁺

Table.10 Br⁻/Cl⁻, I⁻/Cl⁻ and Ca²⁺/Mg²⁺

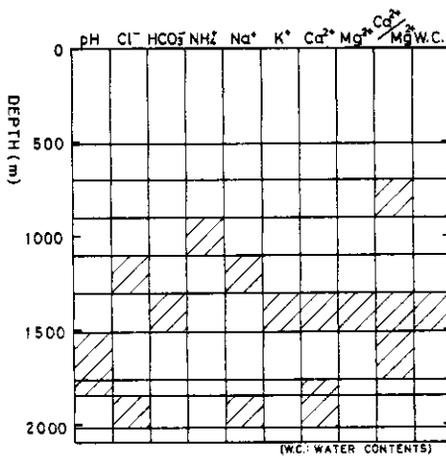


図 16 分析値の変換点

Fig.16 Changing depths of chemical contents in pore water.

表 11 コアガス分析結果
Table 11 Result of core gas analysis.

試料番号	深 度 (m)	He (%)	H ₂ (%)	Ar (%)	N ₂ (%)	CH ₄ (%)	C ₂ H ₆ (%)	i-C ₄ H ₁₀ (%)	n-C ₄ H ₁₀ (%)
1	512.46 ~ 512.50	0.000	0.017	1.538	97.467	0.971 (0.28)	0.007 (0.0020)	0.000	0.000
2	706.38 ~ 706.45	0.000	0.026	1.735	94.092	4.143 (3.91)	0.004 (0.0038)	0.000	0.000
3	903.79 ~ 903.90	0.000	0.013	2.143	91.724	6.114 (6.28)	0.006 (0.0062)	0.000	0.000
4	1107.20 ~ 1107.26	0.000	0.009	2.542	94.415	3.029 (3.23)	0.005 (0.0053)	0.000	0.000
5	1307.00 ~ 1307.05	0.000	0.008	1.851	82.875	15.257 (17.38)	0.009 (0.0103)	0.000	0.000
6	1508.76 ~ 1508.84	0.000	0.005	1.900	90.115	7.971 (2.40)	0.009 (0.0035)	0.000	0.000
7	1767.51 ~ 1767.61	0.000	0.007	1.494	92.600	5.886 (3.02)	0.013 (0.0067)	0.000	0.000
8	1847.95 ~ 1848.11	0.000	0.011	1.670	90.926	7.371 (3.71)	0.022 (0.0111)	0.000	0.000
9	2021.03 ~ 2021.09	0.000	0.008	1.966	96.659	1.357 (0.56)	0.010 (0.0004)	0.000	0.000

() 内は mℓ/kg

を示している。図18はコアガス中の各ガスの容積比(%)を示したものである。H₂およびC₂H₆は微量のため図示しない。Arの比率はどの試料でもほとんど一定である。

5.8 有機物分析

分析は表12に示すフローシートに従って行った。石油化度は炭化水素の炭素量と有機炭素量の比で表わされ、次式によって計算される。

$$\text{石油化度} = \frac{\text{炭化水素の炭素量}}{\text{有機炭素量}} = \frac{\text{抽出性有機物}(\%) \times \frac{\text{HyE}}{100} \times 0.86}{\text{有機炭素}(\%)}$$

$$\text{HyE}(\%) = (\text{P} + \text{Cp}) + \text{Ar}$$

分析結果は表13および図19に示す。

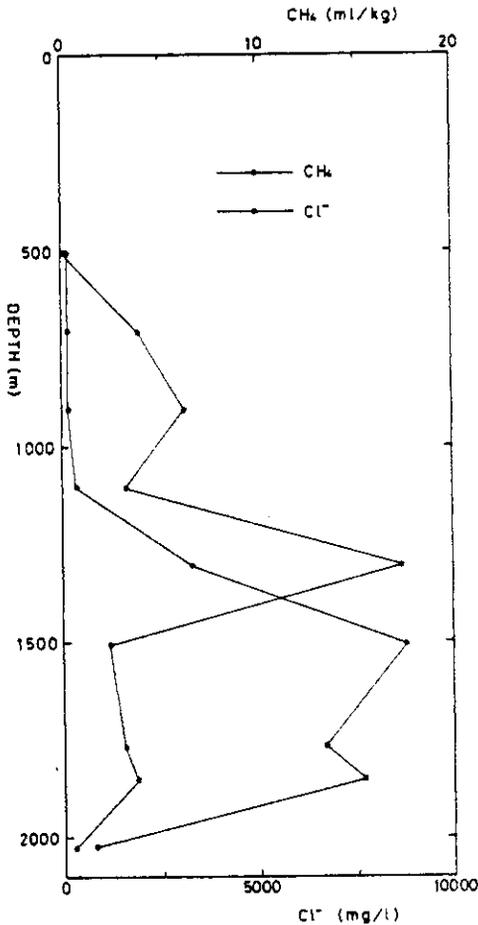


図17 CH₄とCl⁻の関係
Fig.17 Relation between CH₄ and Cl⁻.

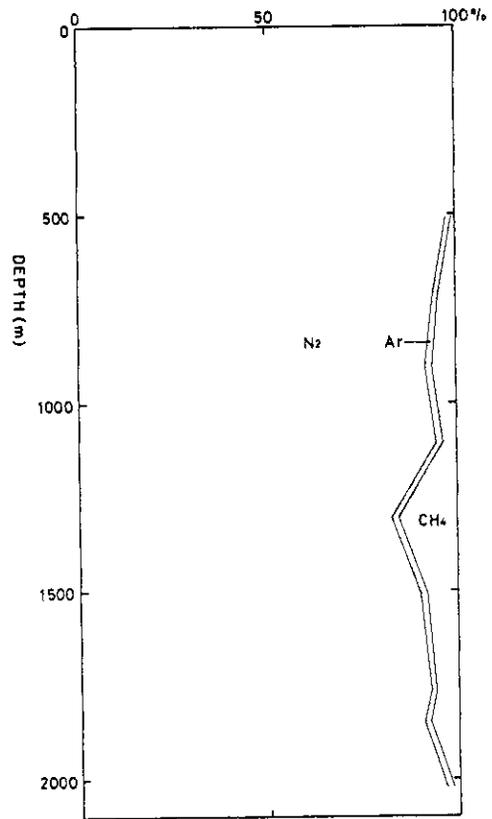
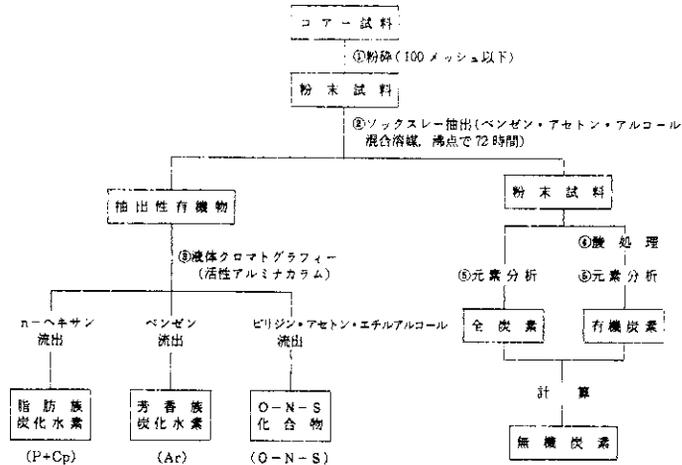


図18 各ガスの容積比
Fig.18 Volume ratio of gases in cores.

表 12 有機物分析方法
Table 12 Method for organic matter analysis.



抽出性有機物、有機炭素量ともB、C層よりもD層の方が少ない傾向である。また、抽出性有機物、有機炭素量の関係は、Na.6を除くと同一の変化を示している。Na.6は有機炭素量は大きい、抽出性有機物の量はそれほどではない。抽出性有機物中の各成分の組成はあまり変化がないが、深いものほどHyEが多くなる傾向がある。また、抽出性有機物中のRes分は深いほど少なくなるように見える。

5.9 圧密試験

試験に用いた試験機は、三連式大型高圧密度試験機で、載荷装置は二重レバー方式(レバー比100:1)である。供試体はパラフィンで密封されたコアの中心部を注意深く整形して直径30mm、高さ20mmの円筒型にしたものである。時間沈下曲線の解析は \sqrt{t} 法によった。圧密降伏応力 P_y はキャサグランデ法により求めた。また、含水比、比重はJIS法によって得た。試験結果を表14に示す。また、 P_y と採取深度の関係をSHMの結果(鈴木ら、1983)と共に図20に示す。 P_y は深度に応じて増加しているが、Na.5とNa.6の間(C層とD層の間)で不連続が見られる。福田ら(1976)は、 P_y の変化によって不整合を推定できる事を示している。Na.5とNa.6間の不連続も不整合によるものと考えられる。含水比、間隙比、間隙率にも、Na.5とNa.6の間で明らかな不連続がある。SHMと比較すると、同一深度ではFCHの方が P_y が大きく、圧密がより進んでいることを示している。

5.10 圧縮強度測定

測定結果を表15および図21に示す。

表 13 有機物分析結果
Table 13 Result of organic matter analysis.

試料番号 および 深度 (m)	抽出有機物 量 (%)	抽出有機物の組成 (%)						HyR (ppm)			炭素 (%)			塩酸可溶 性成分 (%)	石油化度
		P+Cp	Ar	O-N-S comp	Res	HyE	計	P+Cp	Ar	計	全	無機	有機		
1 508.83 ~ 509.08	0.051	10.4	5.6	20.0	64.0	16.0	81	53	28	81	0.071	0.026	0.045	5.33	0.1559
2 702.60 ~ 702.80	0.041	10.4	5.6	19.2	64.8	16.0	66	43	23	66	0.070	0.037	0.032	7.30	0.1710
3 905.90 ~ 906.14	0.053	10.9	10.0	18.6	60.5	20.9	110	57	53	110	0.115	0.065	0.049	9.89	0.1944
4 1107.59 ~ 1107.82	0.034	9.5	11.2	18.1	61.2	20.7	72	33	39	72	0.060	0.025	0.035	6.70	0.1729
5 1307.80 ~ 1308.00	0.049	10.9	8.2	19.0	61.9	19.1	94	54	40	94	0.087	0.047	0.040	7.12	0.2012
6 1510.08 ~ 1510.28	0.040	10.9	7.2	20.3	61.6	18.1	72	43	29	72	0.091	0.032	0.059	6.56	0.1055
7 1767.88 ~ 1768.12	0.023	8.9	11.6	18.9	60.6	20.5	46	20	26	46	0.033	0.001	0.032	3.91	0.1267
8 1848.40 ~ 1848.60	0.028	12.0	12.0	24.1	51.9	24.0	64	32	32	64	0.050	0.005	0.045	5.18	0.1284
9 2021.97 ~ 2022.03	0.018	13.8	6.4	20.4	59.4	20.2	37	25	12	37	0.095	0.088	0.007	7.31	0.4467

P ... パラフィン C P ... シクロパラフィン Ar ... 芳香族 O-N-S comp ... 酸素, 窒素, 酸素, いおう化合物

HyE ... 炭化水素 (%) HyR ... 炭化水素 (ppm) Res ... 残さ

$$\text{石油化度} = \frac{\text{抽出有機物量}(\%) \times \text{HyE}(\%) \times 10^{-2} \times 0.86}{\text{有機炭素}(\%)}$$

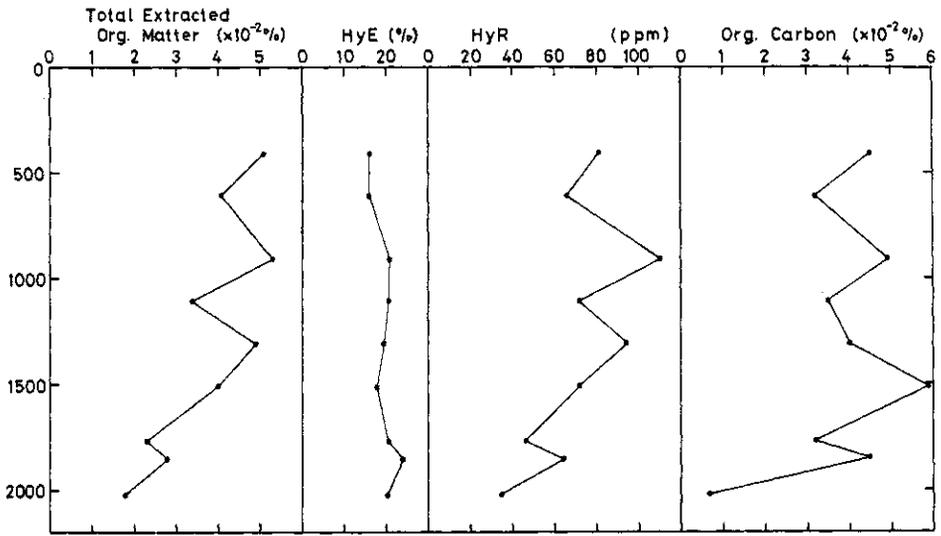


図 19 有機物分析結果

Fig. 19 Result of organic matter analysis.

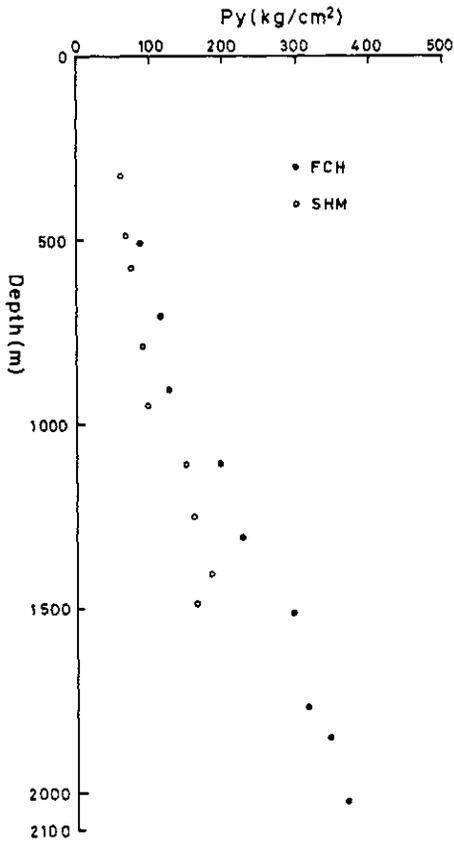


図 20 圧密試験結果

Fig. 20 Result of consolidation test.

表 14 圧密試験結果
Table 14 Result of consolidation test.

試料番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
深 度 (m)	509.08 509.23	703.00 703.20	905.42 905.57	1104.85 1105.00	1306.70 1306.80	1510.28 1510.50	1768.12 1768.30	1849.75 1849.90	2021.30 2021.45
岩 質	砂質シルト	シルト	砂質シルト	砂質シルト	シルト	シルト岩	砂質シルト岩	極細粒砂岩	礫 岩
試 料 の 状 態	土粒子の比重 G_s	2.699	2.681	2.684	2.700	2.690	2.692	2.690	2.700
	含 水 比 w (%)	31.3	27.9	25.4	24.8	22.4	14.4	13.3	11.5
	湿 潤 密 度 γ_t (g/cm ³)	1.820	1.886	1.874	1.972	1.969	2.150	2.186	2.211
	間 隙 比 e	0.947	0.819	0.796	0.709	0.672	0.461	0.408	0.379
	間 隙 率 n (%)	48.6	45.0	44.3	41.5	40.2	31.6	29.0	27.5
	飽 和 度 S_r (%)	89.2	91.3	85.7	94.5	89.7	91.5	95.1	94.5
	圧密降伏力 P_y (kg/cm ²)	88	115	132	197	225	295	315	345
圧 密 試 験	圧 縮 指 数 C_c	0.628	0.530	0.555	0.488	0.517	0.293	0.253	0.255
	透 水 係 数 K (cm/min)	6.15×10^{-8}	4.91×10^{-8}	2.47×10^{-8}	2.41×10^{-8}	1.08×10^{-8}	7.23×10^{-9}	1.66×10^{-8}	3.06×10^{-9}

一般に見られるような、深度に応じて圧縮強度が増加する傾向は、B層、C層では見られるが、D層ではかえってC層よりも小さくなってしまふ。これはD層の試料が一部を除いて砂を含んだ固結の弱いものであることによると考えられる。No 9の試料はよく固結した礫岩

試料番号	深 度 (m)	岩 質	一軸圧縮強度(kg/cm ²)
1	509.23~509.40	砂質シルト	81.4
2	703.20~703.35	シルト	83.2
3	905.57~905.73	砂質シルト	100.0
4	1106.45~1106.58	シルト	112.0
5	1307.05~1307.20	シルト	182.0
6	1510.50~1510.65	シルト岩	105.0
7	1768.79~1768.92	砂質シルト岩	74.0
8	1849.57~1849.75	極細粒砂岩	119.0
9	2021.45~2021.60	礫 岩	309.0
12	2775.16~2775.29	砂 岩	107.0

表 15 一軸圧縮強度
Table 15 Uniaxial compressive strength.

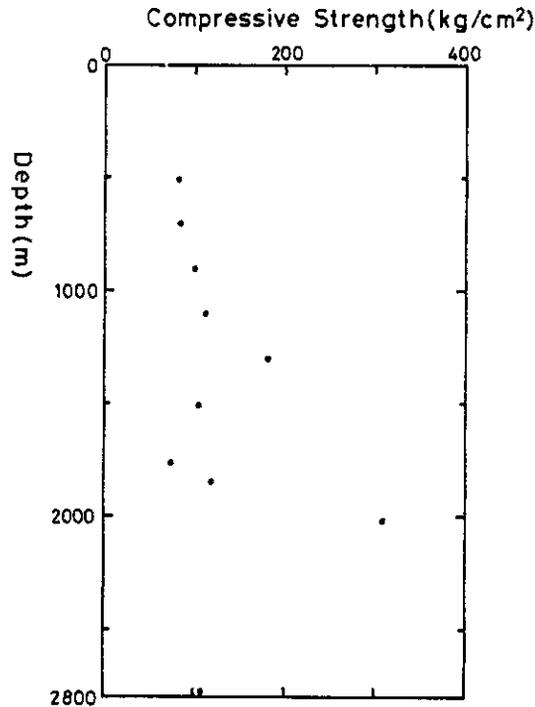


図 21 一軸圧縮強度
Fig. 21 Uniaxial compressive strength.

であり、圧縮強度も大きい。基盤岩であるNa 12の圧縮強度が小さいのは、試料自体にクラックを多数含んでいることによる。

5.11 弾性波伝播速度測定

供試体はコアを直方体に整形したもので、上下(Z)方向とそれに直交する水平2方向(X, Y)の3方向について、自然、湿潤および乾燥の3状態で測定を行った。自然状態は採取しすぐにパラフィンでシールして保存したものを、開封後直ちに成形して測定したものである。湿潤は自然状態の測定後、水槽の中で約1週間水浸したものである。また、乾燥状態は湿潤測定後の試料を1日室内に放置後、約105℃の乾燥炉で約72時間乾燥したものである。なお、この際多量のクラックの発生が見られ、Na 10の試料は一部が破壊した。測定器は応用地質調査事務所製ソニックビューアー、モデル5210である。発受信用振動子の固有周期は、

P 波 用	33 k Hz
S 波 用	57 k Hz

である。

測定されたP波、S波速度と、別に求めた密度により求められたヤング率、剛性率およびポアソン比を表16に示す。またP波、S波速度を図22に示す。なお、ヤング率、剛性率、ポアソン比は自然状態における3方向の速度の平均値から求めた。

方向による速度のちがいを比較すると、多くの例ではXとYはあまり差がないが、ZはX、Yに比較してやや異った値を示すことが多い。これは地層を形成する粒子の排列に方向性が

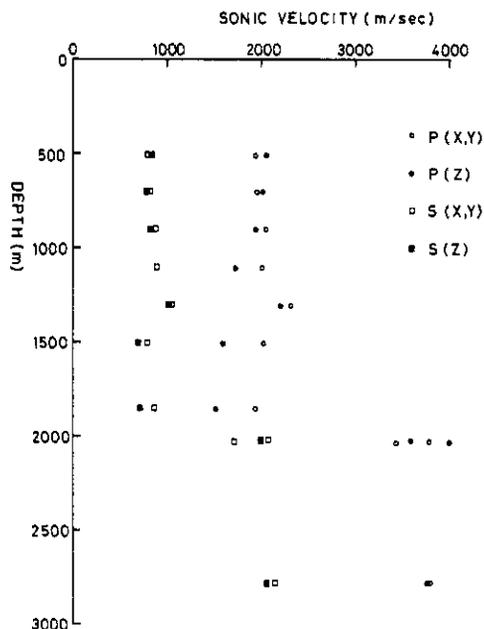


図22 弾性波速度
Fig. 22 P and S wave velocities.

表 16 強性波速度測定結果
Table 16 P and S wave velocities of cores.

試料番号	深度(m)	岩質	測定状態	P・S	弾性波速度 (m/sec)			ポアソン比	ヤング率	剛性率	備考
					X	Y	Z				
1	508.62	砂質シルト	自然	P	1940	1960	2050	0.400	32.70	11.68	
	508.88		S	810	790	830	810				
2	702.20	シルト	湿潤	P	2010	1960	2050				
	702.40		S	810	790	820	807				
3	903.15	砂質シルト	自然	P	1970	1970	2020	0.399	35.70	12.76	
	903.35		S	830	820	790	813				
4	1104.23	砂質シルト	湿潤	P	1940	1970	1990				
	1104.43		S	860	870	890	873				
5	1306.30	シルト	自然	P	1970	2040	1730	0.362	42.93	15.76	乾燥状態において、X、Y面にクラックが見られた。
	1306.50		S	860	920	890	890				
6	1508.00	シルト岩	湿潤	P	2040	2050	1990				
	1508.20		S	870	900	820	863				
7	1767.30	極細粒砂岩	自然	P	1970	2040	1730	0.362	40.25	14.51	
	1767.51		S	860	920	890	867				
8	1847.26	砂質シルト岩	湿潤	P	2040	2180	2160				
	1847.46		S	860	870	890	873				
9	2020.42	礫岩	自然	P	1920	1930	1520	0.370	40.03	14.61	
	2020.62		S	930	930	760	873				
10	2022.20	頁岩	湿潤	P	2040	2100	1410				
	2022.30		S	1510	1350	1200	1353				
11	2520.32	頁岩	自然	P	1020	1020	910	0.324	52.22	19.72	乾燥状態において、X、Y面にクラックが見られた。
	2520.58		S	—	—	—	—				
12	2775.00	砂岩	湿潤	P	2140	2050	1420				
	2775.16		S	930	930	760	873				

あり、水平と上下方向とで異方性があるためと考えられる。X、Y方向の測定値の方がZ方向よりも大きな例の方が多い。図22では、測定値をX、Yの平均とZとに分けて示している。次に測定状態によるちがいは、自然状態と湿潤状態とはあまり差がない。これは採取された試料が、もともと十分に水を含んでいるものであるため当然である。乾燥状態では、他の状態と比較して、P波速度は小さくなるものが多く、S波速度は逆に大きくなるものが多い。試料を乾燥すると、クラックの発生を見る試料もあり、このような変化も測定値に影響していると考えられる。No.7の測定値は非常に小さな値を示すが、この理由として、もともと固結度の低い試料が、整形時の機械的な振動などによってますます脆弱化して、測定値が低くなったと考えられる。また、No.11は、岩石全体が破砕作用を受けて変質が著しく、整形不能のため、測定できなかった。

測定値は各層でそれぞれ異った特徴を示しており、自然状態での測定値と比較すると、B層(No.1~3)では、P波の平均が2000m/sec程度、S波が810~867m/secで、Z方向とX、Y方向の差もほとんどない。C層(No.4,5)の試料は、P波速度が1900~2300m/secで、Z方向よりX、Y方向が100m/secほど大きい。S波は890~1040m/secで、ZとX、Y方向との差はP波と違ってほとんどない。D層(No.6~9)は、No.7を除くと3方向の平均でP波が1790~3590m/secとなり、No.9は基盤と同程度の速度である。D層もX、YとZ方向の速度差は大きく、No.6,8ではX、Y方向がZ方向よりも400m/secも大きい。S波はP波ほどではないが、やはりX、YがZより大きい。E層(No.10,12)はP波が平均で3700m/sec、S波が1855~2110m/secである。音波検層の結果(図9)と自然状態におけるP波速度を比較すると、いずれの場合でも検層データの方がコア測定値よりも大きい。この理由として、掘削時や整形時の機械的な衝撃によるクラック等の発生によるコア試料の速度の低下、あるいは原位置測定の方が封圧がかかっているために速度が大きくなるなどのことが考えられるが、はっきりしたことはわからない。

5.12 熱伝導率測定

熱伝導率の測定は、弾性波速度を測定したものと同一位置の試料を用いて行った。測定は同一試料で3回繰返し、その平均を取った。表17に測定結果を示す。表17には同時に温度検層で得られた地温勾配(表4)を用いて、地殻熱流量も求めた。図23には同一深度で測定した密度と同時に示す。図でわかるように、密度と熱伝導率は類似した変化を示す。地殻熱流量は0.85~1.42 HFU*とややバラつくが、平均は1.15 HFUとなる。

5.13 花粉孢子分析

分析方法は次のとおりである。まず乾燥し、粉碎した試料から20gを秤量し、HFとHClで処理し、ケイ酸塩、炭酸塩鉱物を溶解させて水洗する。次に重液で有機物を分離し、浮上

注 * 1HFU = 1×10^{-6} cal/sec·cm²

表 17 熱伝導率測定結果

Table 17 Heat conductivity.

試料 番号	採取深度 (m)	岩 質	熱伝導率測定値 $\times 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot ^\circ\text{C}$				地温勾配 $^\circ\text{C}/100\text{m}$	地殻熱流量 $\times 10^{-6} \text{ cal/sec} \cdot \text{cm}^2$
			1	2	3	平均		
1	508.62~508.88	砂質シルト	3.33	3.41	3.30	3.35	2.65	0.89
4	1104.23~1104.43	砂質シルト	3.65	3.72	3.54	3.64	3.05	1.11
5	1306.30~1306.50	シルト	3.76	3.66	3.82	3.75	3.05	1.14
8	1847.26~1847.46	砂質シルト岩	4.12	3.88	4.20	4.07	2.08	0.85
9	2020.42~2020.62	礫 岩	7.87	7.52	7.68	7.69	1.85	1.42
10	2022.20~2022.30	頁 岩	6.63	7.56	7.22	7.14	1.85	1.32
12	2775.00~2775.16	砂 岩	7.91	8.68	8.28	8.29	1.60	1.33
								平均 1.15

*表4参照

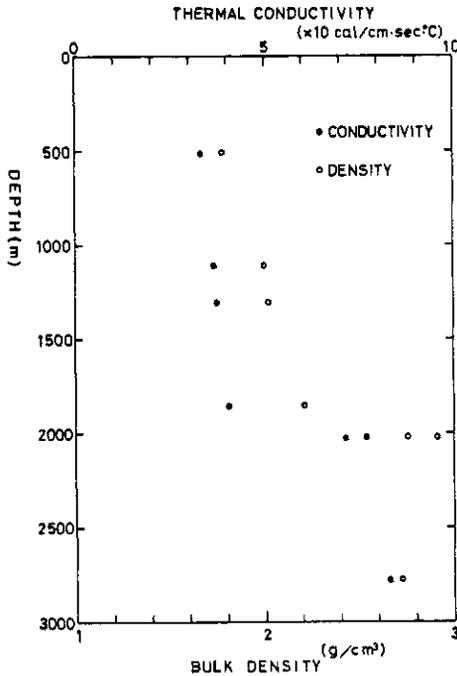


図 23 熱伝導度
Fig. 23 Heat conductivity.

物を採取する。採取したものをアセトリシスとKOHで処理し水洗ののち、グリセリンゼリーで封入して顕微鏡で鑑定する。表18に分析した試料と、検出された花粉、孢子化石数を示す。No. 7, No. 9にはほとんど検出されなかった。表19には分析結果を百分率で示す。また図24には主な花粉化石の産出頻度を示す。以下に各試料毎の分析結果の特徴を述べる。検出された花粉化石の和名は表20のとおりである。

表 18 花粉分析試料および検出された化石数
 Table 18 Samples for pollen analysis and number of detected pollens.

試料番号	採取深度 (m)	岩 質	花粉・孢子化石数 (N/g)
1	509.60 ~ 509.70	砂質シルト	1.3×10^4
2	707.00 ~ 707.10	シルト	6.3×10^3
3	906.30 ~ 906.40	砂質シルト	1.3×10^4
4	1107.10 ~ 1107.20	シルト	7.7×10^3
5	1307.40 ~ 1307.50	シルト	9.0×10^3
6	1511.25 ~ 1511.35	シルト岩	9.5×10^3
7	1768.92 ~ 1769.06	砂質シルト岩	—
8	1848.26 ~ 1848.32	細粒砂岩	5.1×10^3
9	2021.09 ~ 2021.14	礫 岩	—

No. 1

この試料には針葉樹花粉が全体の44.3%検出され、非常に多い。主な花粉として、*Pinus*が17.0%、*Taxodiaceae*が11.8%、*Tsuga sieboldii*が5.9%、*Picea*が5.2%検出された。その他は*Abies*等がある。広葉樹花粉は30.4%で、主なものとして*Alnus*が12.8%、次いで*Zelcova*, *Pterocary*, *Corylus*, *Lepidobalanus*, *Ulmus*, *Carpinus*, *Elaeagnus*, *Betula*などがある。草本花粉は13.1%で、*Gramineae*が4.8%、*Carduoudeae*が2.4%、*Cyperaceae*が2.1%、*Cichorioideae*が1.0%、*Thalictrum*が1.0%である。羊歯類孢子は11.1%である。

推定される古植生は、針葉樹と落葉広葉樹からなる針広混交林である。古気候は寒冷要素を示す*Picea*, *Abies*, *Betula*, *Colylus*などから冷温帯に相当すると考えられる。

No. 2

針葉樹花粉が25.8%を占め、うち*Pinus*が12.4%、その他*Taxodiaceae*, *Tsuga sieboldii*, *Picea*等が検出された。広葉樹花粉は38.8%検出され、主な花粉として*Alnus*が13.4%、*Corylus*が6.7%、*Zelcova*が3.3%、*Lepidobalanus*が2.9%、*Ulmus*が2.4%検出された。また*Liquidambar*が若干ながら発見された。草本花粉は*Gramineae*が8.6%、*Cyperceae*が4.8%である。羊歯類孢子は15.3%検出された。

古植生は針広混交林が推定される。古気候としては、*Picea*, *Abies*, *Betula*, *Corylus*, *Epi-lobium*などから現在よりも冷涼な冷温帯と推定される。

No. 3

この試料からは針葉樹花粉が52.9%と非常に多く検出された。主な花粉は*Taxodiaceae*が43.0%と大半を占め、次いで*Tsuga sieboldii*, *Pinus*, *T.C.T.*がある。

表 19 花粉分析結果
Table 19 Result of Pollen analysis.

Pollen and Spores	Sample No. and Depth (m)	509.60	509.70	707.00	707.10	906.30	906.40	1107.10	1107.20	1307.40	1307.50	1511.25	1511.35	1708.72	1708.86	1848.26	1848.32	2021.09	2021.14
		1	2	3	4	5	6	7	8	9									
Ginkgo												0.5							
Abies		3.1	0.5	0.4	1.7						2.5	1	0.9						
Picea		5.2	1.4	0.4	3.1	1.9					0.5		1.7						
Pinus		17.0	12.4	2.9	8.4	12.3	6.4	1	7.7	1									
Larix, Pseudotsuga		0.7			0.3						0.5								
Tsuga sieboldii		5.9	2.9	3.7	2.8	5.2	5.9	2	7.7										
Taxodiaceae		11.8	7.7	43.0	9.4	20.0	27.7	2	23.1										
Metasequoia, Sequoia					0.3			1.0	1	0.9									
Sciadopitys		0.3	0.5																
T.C.T.		0.3	0.5	2.5	0.3	1.9	2.5		0.9										
Cedrus					0.3														
E-AP-1 (N)		128	54	128	77	64	94	7	50	1									
(%)		44.3	25.8	52.9	26.8	41.3	46.5		42.7										
Carya				0.4	0.3			0.5	0.9										
Juglans				0.4		0.6		1	0.9										
Pterocarya		2.4	1.4	0.8	0.7	1.3	2.0	2	6.0										
Salix				0.7															
Alnus		12.8	13.4	9.5	17.4	11.6	11.4	2	5.1										
Betula		1.0	1.9	0.4		0.6													
Carpinus		1.4	1.9	0.8	0.3				1.7										
Corylus		2.4	6.7	1.7	3.1	4.5	2.0		2.6										
Castanea		0.3	1.0			0.6		1											
Fagus		0.3	0.5		1.4	1.9	0.5		0.9										
Cyclobalanopsis				0.4	0.3	1.3	5.9												
Lepidobalanus		2.4	2.9	1.2	0.3	1.3	1.0												
Celtis		0.7	1.4		0.3	1.9	1.0	1	1.7										
Ulmus		2.4	2.4		0.3	1.9	2.5	2	2.6										
Zelkova		3.1	3.3	0.4	0.3	1.9	2.5		2.6										
Hamamelis			0.5																
Liquidambar			0.5			0.6	1.0	2	3.4										
Sapium							0.5												
Acer					0.3														
Tilia			0.5						1.7										
Elseagnus		1.0		0.4			1.5												
Symplocos									0.9										
Fraxinus			0.5																
E-AP-2 (N)		88	81	40	75	47	21	11	36	0									
(%)		30.4	28.8	16.5	26.1	30.3	31.2		30.8										
E AP (N)		216	135	168	152	111	155	18	86	1									
(%)		74.7	64.6	69.4	53.0	71.6	76.7		73.5										

府中地殻活動観測井の作井と坑井地質 - 鈴木・高橋(博)

Pollen and Spores	Sample No. and Depth (m)	509.60	509.70	707.00	707.10	906.30	906.40	1107.10	1107.20	1307.40	1307.50	1511.35	1511.55	1768.72	1769.06	1848.26	1848.32	2031.09	2031.14
		1	2	3	4	5	6	7	8	9									
Persicaria			1.4	0.8	6.3	1.3													
Polygonum											0.5								
Chenopodiaceae								0.3											
Epilobium			0.5																
Umbelliferae		0.3					0.3												
Carduoideae		2.4	0.5				2.1												
Artemisia		0.7			0.4		2.8			0.6									
Cichorioideae		1.0	1.0	0.4															
Gramineae		4.8	8.6	2.5	2.4	3.9	2.0									2.6			
Typha		0.3	0.5																
Cyperaceae		2.1	4.8	2.5	0.7					0.5									
Nuphar		0.3																	
Thalictrum		1.0																	
Σ NAP (N)		38	36	16	43	9	6	0	3	0									
(%)		13.1	17.2	6.6	15.0	3.8	3.0		2.6										
Monocolpate pollen				0.4		1.3													
Tricolpate pollen				0.4	0.3	0.6													
Tricolporate pollen		1.0	1.0	0.8	1.0	1.3	4.0	1	4.3										
Inaperturate pollen					0.3	0.6								4					
Σ FP (N)		3	2	4	5	6	8	5	5	0									
(%)		1.0	1.0	1.7	1.7	3.9	4.0		4.3										
Lycopodiaceae		0.3																	
Osmundaceae						0.3		0.5	2										
Polypodiaceae		1.7	1.4	1.7		3.9	1.0		1.7										
Monolete spore		8.3	15.3	14.9	27.9	14.2	13.7	3	17.1										
Trilete spore		0.7	0.5	5.8	2.1	0.6	1.0		0.9										
Σ FS (N)		32	36	54	87	29	33	5	23	0									
(%)		11.1	17.2	22.3	30.3	12.7	16.3		17.7										
Σ Pollen & Spores (N)		289	209	242	387	155	202	28	117	1									
Hystichosphaeridium		2	1		3		1												
Micrhystridium			3																

表 20 検出された花粉化石の名称
Table 20 Japanese name of pollens.

AP-1 (針葉樹花粉)

Abies (モミ属), *Picea* (トウヒ属), *Pinus* (マツ属), *Tsuga sieboldii* (ツガ),
Taxodiaceae (スギ科), *Metasequoia* or *Sequoia* (メタセコイア属またはセコイア
属), T.C.T (Taxaceae イチイ科, Cupressaceae ヒノキ科, Taxodiaceae スギ科),
etc.

AP-2 (広葉樹花粉)

Carya (ペカン属), *Juglans* (クルミ属), *Pterocarya* (サワグルミ属), *Alnus* (ハン
ノキ属), *Betula* (シラカンバ属), *Carpinus* (クマシデ属), *Corylus* (ハシバミ属),
Castanea (クリ属), *Fagus* (ブナ属), *Cyclobalanopsis* (アカガシ亜属), *Lepidob-
alanus* (コナラ亜属), *Celtis* (エノキ属), *Ulmus* (ニレ属), *Zelkova* (ケヤキ属),
Liquidambar (フウ属), *Tilia* (シナノキ属), *Elaeagnus* (グミ属), etc.

NAP (草本花粉)

Persicaria (サナエタデ属), *Epilobium* (ヤナギラン属), Umbelliferae (セリ科),
Carduoideae (キク亜科), *Artemisia* (ヨモギ属), Cichorioideae (タンポポ亜科),
Graminene (イネ科), *Typha* (ガマ属), Cyperaceae (スゲ科), *Nuphar* (コウホネ属)
Thalictrum (カラマツソウ属), etc.

FP (形態分類花粉)

Monocolpate pollen (単溝型花粉), Tricolpate pollen (三溝型花粉), Tricolporate
pollen (三溝孔型花粉), Inaperturate pollen (無口型花粉)。

FS (羊歯類孢子)

Osmundacene (ゼンマイ科), Polypodiaceae (ウラボシ科), Monolete spore (単条
溝型孢子), Trilete spore (三条溝型孢子), etc.

その他の微化石

Hystrichosphaeridium (海水生微化石)

Micrhystridium (海水生微化石)

広葉樹花粉は16.5%で、*Alnus*が9.5%、その他*Corylus*、*Lepidobalanus*が検出された。また*Carya*が少量見られた。草本花粉は6.6%で少ない。羊歯類胞子はMonolete sporeが14.9%、Trilete spore 5.8%等である。

古植生はTaxodiaceaeを優占種とする針葉樹に広葉樹を交えた森林が推定される。古気候は温帯湿潤と推定される。

No 4

針葉樹花粉が全体の26.8%検出され、主なものとしてTaxodiaceaeが9.4%、*Pinus* 8.4%、*Picea* 3.1%、*Tsuga sieboldii* 2.8%、*Abies* 1.7%である。広葉樹花粉は26.1%で、*Alnus* 17.4%が目立つ。*Carya*も少量検出される。草本花粉は*Persicaria* 6.3%の他に、*Artemisia*、Gramineae、Carduoideaeが見られる。羊歯類胞子は30.3%と多い。

古植生は針葉樹および落葉広葉樹であり、古気候は現在よりも冷涼と考えられる。

No 5

針葉樹が41.3%と多く、主なものはTaxodiaceae 20.0%、*Pinus* 12.3%、*Tsuga sieboldii* 5.2%である。広葉樹は30.3%で、主なものは*Alnus* 11.6%、*Corylus* 4.5%、その他*Fagus*、*Celtis*、*Ulmus*、*Zelcova*、*Liquidambar*である。草本花粉は5.8%と少ない。羊歯類胞子は18.7%である。

古植生は針広混交林が推定される。また古気候は温帯に相当する。

No 6

針葉樹花粉が46.5%と多く、主にTaxodiaceae 27.7%、*Tsuga sieboldii* 5.9%、*Pinus* 5.4%、*Abies* 2.5%、T.C.T. 2.5%である。広葉樹花粉は30.2%で、主に*Alnus* 11.4%、*Cyclobalanopsis* 5.9%、*Ulmus* 2.5%、他に*Pterocarya*、*Corylus*、*Elaeagnus*、*Lepidobalanus*、*Celtis*、*Liquidambar*、*Carya*が検出された。草本花粉は3.0%と少い。羊歯類胞子は16.3%である。

古植生はTaxodiaceaeを主とする針葉樹に広葉樹が混っている。古気候は現在よりも温暖な暖温帯と推定される。

No 7

本試料には化石が少なく、特徴の推定はできない。

No 8

針葉樹花粉は42.7%と多く、主にTaxodiaceae 23.1%、*Pinus* 7.7%、*Tsuga sieboldii* 7.7%、その他*Metasequoia* or *Sequoia*がある。広葉樹花粉は30.8%で、*Pterocarya* 6.0%、*Alnus* 5.1%、*Liquidambar* 3.4%、*Corylus* 2.6%、*Ulmus* 2.6%、*Zelcova* 2.6%などである。羊歯類胞子はMonolete sporeが17.1%検出された。

古植生はTaxodiaceaeを主体として、針葉樹と広葉樹が良好に生育していたと推定される。古気候は暖帯に相当する。

No. 9

本試料には、花粉化石が1個体しか検出されなかった。

5.14 有孔虫分析

有孔虫分析はコア9個のほか、カッティング17個について行った。試料は乾燥重量100gを秤量し、ナフサ法によって試料を泥化させ、120メッシュの水洗残渣から、浮遊性有孔虫、底生有孔虫を各々無作為に200個体(200個体未満の場合は全個体)ピックアップして同定を行った。試料の深度および検出された有孔虫の個体数を表21および図25に示す。分析結果はコアとカッティングに分けて表22に示す。図26には主な浮遊性種の産出頻度を、また図27には主な底生種の産出頻度を示す。

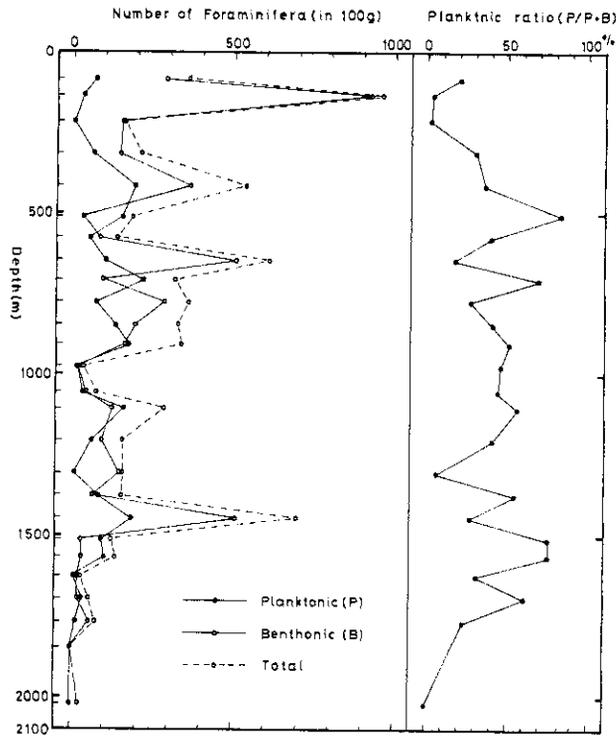


図 25 有孔虫の検出個数

Fig. 25 Number of foraminifera.

表 21 有孔虫分析試料と検出された化石数

Table 21 Samples for foraminifera analysis and number of detected foraminifera.

試料番号	採取深度 (m)	コア・カッテングの別	岩	質	100 g 中の有孔虫数			浮遊性種の比率 (%)
					浮遊性種	底生種	合計	
1	80~90	カ ッ テ ン グ	砂	・ 浮 石	72	288	360	20.0
2	130~140	カ ッ テ ン グ	砂・砂質シルト	・ 浮 石	32	928	960	3.4
3	210~220	カ ッ テ ン グ	シ	ル ト	4	152	156	2.6
4	310~320	カ ッ テ ン グ	砂 質	シ ル ト	64	147	211	30.3
5	410~420	カ ッ テ ン グ	砂 質	シ ル ト	193	346	539	35.8
6	509.7~509.8	コ	砂 質	シ ル ト	154	31	185	83.2
7	570~580	カ ッ テ ン グ	砂 質	シ ル ト	55	84	139	39.6
8	640~650	カ ッ テ ン グ	砂 質	シ ル ト	103	508	611	16.9
9	707.1~707.2	コ	シ	ル	220	98	318	69.2
10	770~780	カ ッ テ ン グ	砂 質	シ ル ト	77	282	359	27.3
11	840~850	カ ッ テ ン グ	砂 質	シ ル ト	132	195	327	40.4
12	906.4~906.5	コ	砂 質	シ ル ト	172	166	338	50.9
13	970~980	カ ッ テ ン グ	砂 質	シ ル ト	17	20	37	45.9
14	1050~1060	カ ッ テ ン グ	砂・礫	・ 砂質シルト	35	44	79	44.3
15	1107.0~1107.1	コ	シ	ル	161	125	286	56.3
16	1200~1210	カ ッ テ ン グ	シ	ル	64	93	157	40.8
17	1307.5~1307.6	コ	シ	ル	10	148	158	6.3
18	1370~1380	カ ッ テ ン グ	シ	ル	83	68	151	55.0
19	1440~1450	カ ッ テ ン グ	砂	・ シ ル ト	188	510	698	26.9
20	1511.35~1511.45	コ	シ	ル ト	94	30	124	75.8
21	1560~1570	カ ッ テ ン グ	シ	ル ト	104	33	137	75.9
22	1620~1630	カ ッ テ ン グ	シ	ル ト	9	20	29	31.0
23	1690~1700	カ ッ テ ン グ	砂・礫	・ シ ル ト	33	21	54	61.1
24	1769.06~1769.14	コ	砂 質	シ ル ト	17	57	74	23.0
25	1848.32~1848.40	コ	細 粒	砂	0	0	0	-
26	2021.14~2021.19	コ	砂	岩	0	26	26	0

表 22.1 有孔虫分析結果(コア)
Table 22.1 Number of foraminifera in cores.

FAUNA	DEPTH(M)																		
		509.70	509.80	707.70	707.70	906.50	906.50	1107.00	1107.00	1307.60	1307.60	1511.45	1511.45	1749.14	1749.14	1944.40	1944.40	2021.19	2021.19
Molluscan fragments																			
Radiolaria																			
TRIZO																			
Echinoides spine																			
Sulphides matter																			
Ostracoda																			
Green minerals																			
PLANKTONIC FORAMINIFERA																			
Globorotalia truncatulinoides d'Orbigny																			
G. unguolata Bermudez																			
G. tumida (Brady)																			
Sphaeroidinellopsis sp.																			
Globigerinoides ruber (d'Orbigny)																			
Globorotalia scitula scitula (Brady)																			
Sphaeroidinellopsis dehiscens (Parker & Jones)																			
Pulleniatina praecursor Banner & Blow (sinistral)																			
Globorotalia inflata inflata (d'Orbigny)																			
G. tosaensis Takayanagi & Saito																			
Globigerina pachyderma (Ehrenberg) dextral																			
G. pachyderma (Ehrenberg) sinistral																			
G. falconensis Blow																			
G. bulloides d'Orbigny																			
G. woodi Jenkins																			
G. foliata Holli																			
G. quinqueloba Natland																			
Globigerinita glutinata (Egger)																			
Globorotalia humerosa Takayanagi & Saito																			
Globigerinita uvula (Ehrenberg)																			
Globoquadrina cf. kagaensis Maiya, Saito & Sato																			
Globigerinita iota Parker																			
Globoquadrina asanoi Maiya, Saito & Sato																			
Globigerina sp. ind.																			
Globorotalia sp. (younger form ?)																			
G. conomiozea Kennett																			
TOTAL OF PLANKTONIC FORAMINIFERA																			

表 22.1 (つづき)

FAUNA	DEPTH (M)	503.70	503.80	707.20	707.30	906.50	906.60	1107.00	1107.10	1307.60	1511.45	1769.06	1769.14	1968.37	1968.40	2021.14	2021.19	
BENTHONIC FORAMINIFERA																		
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny										12	20	30	2	16				
<i>Cassidulina cf. norcrossi</i> Cushman										2	1							
<i>Cibicides kamadae</i> Asano										6	15	20	14					
<i>Florilus japonica</i> (Asano)										2	7	5	70					7
<i>Globocassidulina subglobosa</i> (Brady)										4	1	2						2
<i>Lagena sulcata mucicata</i> Cushman & McCull	bdh									4								
<i>Stilostomella lepidula</i> (Schwager)										1		1						
<i>Ammonia cf. beccarii</i> (Linnaeus)										1								
<i>A. takanahensis</i> (Ishizaki)										1	1							
<i>Bolivina seminuda</i> Cushman										3	1							
<i>Bulimina cf. aculeata</i> d'Orbigny										30	30	60						
<i>Buccella frigida</i> Cushman										2	1	29	5					2
<i>Sigmilopsis schlunbergi</i> (Silvestri)										4	4	3						
<i>Siphonogenerina raphanus</i> (Parker & Jones)										1	4							
<i>Plectofrondicularia cf. micranica</i> Cushman										1								
<i>Hydrina akitaensis</i> Asano										8	17	13	30					1
<i>Planularia tricarlinella</i> (Reuss)										1								
<i>Cibicides pseudoungerianus</i> (Cushman)										3	2							
<i>Lagena striata</i> (Cushman)										1	2							
<i>Anomalina balthica</i> (Schwager)										1	1	2	7					
<i>Lenticulina lucida</i> (Cushman)										2								3
<i>Cibicides</i> sp.										4								
<i>Dentalina</i> sp.										1								
<i>Bulimina cf. inflata</i> Seguenza										1								
<i>Colina globosa</i> (Montagu)										1								
<i>Plectofrondicularia cf. interrupta</i> (Karrer)										6	1	3						
<i>Buliminella elegantissima</i> (d'Orbigny)										1	6							7
<i>Cassidulina yabei</i> Asano & Nakamura										3								
<i>Stilostomella kettienziensis</i> (Ishizaki)											6							
<i>Melonis nicobarensis</i> (Cushman)											17							
<i>Stilostomella ginomikadoi</i> (Ishizaki)											7							
<i>Bulimina striata</i> d'Orbigny											1							
<i>Fissurina marginata</i> (Montagu)											2							
<i>Sphaeroidina austriaca</i> d'Orbigny											1	1						
<i>Bolivinita quadrilatera</i> (Schwager)											2							
<i>Melonis pompilioides</i> (Fichtel & Moll)											1							
<i>Bolivina robusta</i> Brady											2							
<i>Bullenia quinqueloba</i> Reuss											1							
<i>Ammonia</i> sp.											2							
<i>Plectofrondicularia</i> sp.											1							
<i>Bullenia apertula</i> Cushman											2							
<i>Trochammina cf. nobensis</i> Asano																		2
<i>Martinottiella communis</i> (d'Orbigny)																		4
<i>Praeglobobulimina pupoides</i> (d'Orbigny)																		4
<i>Hanzawaia nipponica</i> Asano																		3
<i>Dentalina pauperata</i> d'Orbigny											1							
<i>Stilostomella aff. hayasakai</i> (Ishizaki)											1							
<i>Haplophragmoides</i> sp.											1							
<i>Quinqueloculina seminula</i> (Linnaeus)											2							
<i>Trifarina kokozuraensis</i> (Asano)											1							
<i>Pseudononion tredicum</i> Asano																		146
<i>Globocassidulina depressa</i> (Asano & Nakamura)																		2
<i>Elphidium crispum</i> (Linne)																		4
<i>Buccella</i> sp.																		16
TOTAL OF BENTHONIC FORAMINIFERA																		
											37	98	67	14	14	20	57	0.76

表 22.2 有孔虫分析結果(カッティング)

Table 22.2 Number of foraminifera in cuttings.

FAUNA	DEPTH(M)																		
		80-130	130-140	140-220	210-220	310-320	410-420	570-580	640-650	770-780	810-820	970-980	1050-1060	1200-1210	1370-1380	1440-1450	1540-1550	1620-1630	1690-1700
Radiolaria																			
Diatom																			
Shell fragment																			
Echinoidea																			
Pumice																			
Ostracoda																			
PLANKTONIC FORAMINIFERA																			
<i>Globigerina pachyderma</i> (Ehrenberg) (D)																			
G. <i>bulloides</i> d'Orbigny																			
G. <i>quinqueloba</i> Natland																			
G. <i>falconensis</i> Blow																			
G. <i>foliata</i> Bolli																			
G. <i>rubescens</i> Hofker																			
G. <i>woodi</i> Jenkins																			
G. <i>parahulloides</i> Blow																			
G. <i>decoraperta</i> Takayanagi & Saito																			
G. sp. indet.																			
<i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)																			
<i>Globigerinoides ruber</i> (d'Orbigny)																			
G. <i>tenellus</i> Parker																			
G. <i>trilobus</i> (Reuss)																			
G. <i>immaturus</i> LeRoy																			
G. <i>obliquus</i> Bolli																			
G. <i>conglobatus</i> (Brady)																			
G. <i>sacculifer</i> (Brady)																			
G. sp. indet.																			
<i>Globoquadrina dutertrei</i> (d'Orbigny)																			
G. cf. <i>asanoi</i> Maiya, Saito & Sato																			
G. <i>asanoi</i> Maiya, Saito & Sato																			
G. <i>kagaensis</i> Maiya, Saito & Sato																			
<i>Globorotalia inflata</i> (d'Orbigny)																			
G. <i>praeflata</i> Maiya, Saito & Sato																			
G. <i>orientalis</i> Maiya, Saito & Sato																			
G. <i>tosaensis</i> Takayanagi & Saito																			
G. <i>truncatulinoides</i> (d'Orbigny)																			
G. <i>crassula</i> Cushman & R.E. Stewart																			
G. <i>scitula</i> (Brady)																			
G. <i>hirsuta</i> (d'Orbigny)																			
G. <i>crassafornia</i> Galloway & Wissler																			
G. <i>cultrata menardii</i> (Parker, Jones & Brady) (S)																			
G. " (n)																			
G. <i>cultrata exilis</i> Blow																			
G. <i>tumida</i> (Brady)																			
G. <i>miacea annoides</i> Walters																			
G. <i>continua</i> Blow																			
G. cf. <i>continua</i> Blow																			
G. cf. <i>acostaensis</i> Blow																			
<i>Ellemtina obliquicollata</i> (Parker & Jones) (D)																			
P. " (S)																			
<i>Sphaeroidinella aethiaca</i> (Parker & Jones)																			
<i>Orbulina suturalis</i> Brönnimann																			
O. <i>universa</i> d'Orbigny																			
BENTHONIC FORAMINIFERA																			
<i>Pseudonion japonicum</i> Asano																			
<i>Quinqueloculina vulgaris</i> d'Orbigny																			
<i>Ammonia beccarii</i> (Linnaeus)																			
A. <i>japonica</i> (Hada)																			
<i>Pseudorotalia galmardii</i> (d'Orbigny)																			
<i>Florilus menbukiensis</i> (Otsuka)																			
<i>Cribronion clavatum</i> (Cushman)																			
<i>Cibicides pseudoungarianus</i> (Cushman)																			
<i>Bulimina marginata</i> d'Orbigny																			
<i>Elphidium crispum</i> (Linnaeus)																			
E. sp. indet.																			
<i>Astrononion</i> sp.																			
<i>Baggina totomiensis</i> Nakiyama																			
<i>Elphidium advenum</i> (Cushman)																			
<i>Oridorsalis umbonatus</i> (Reuss)																			
<i>Lagena sulcata spicata</i> Cushman & McCulloch																			
<i>Ammonicyona sagamiensis</i> (Asano)																			
<i>Ammonia takanabensis</i> (Tshizaki)																			
A. <i>ketienziensis</i> angulata (Kuwano)																			
A. sp. indet.																			
<i>Bulimina aculeata</i> d'Orbigny																			

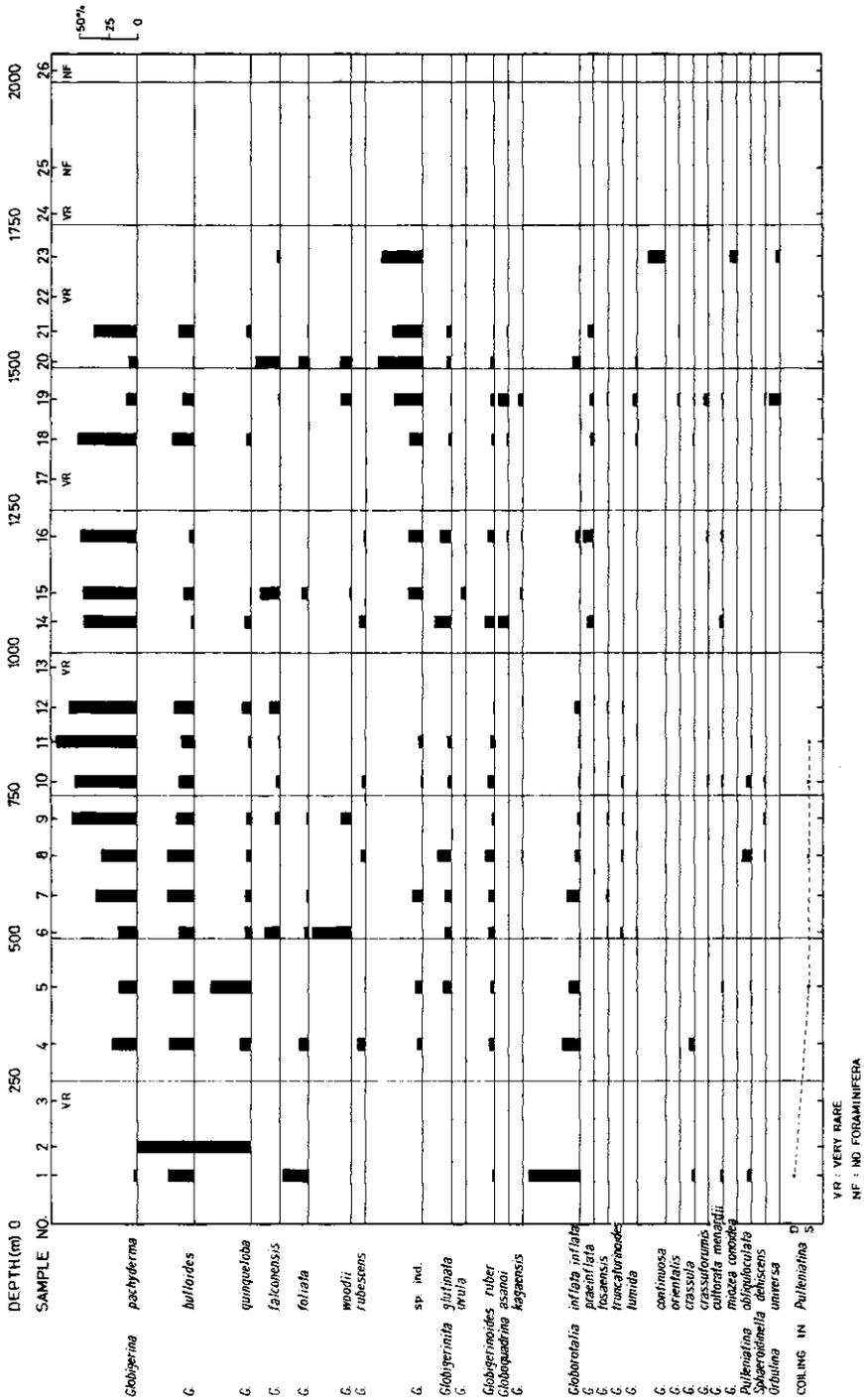


図 26 主な浮遊性有孔虫の比率
Fig. 26 Distribution of major planktonic foraminifera.

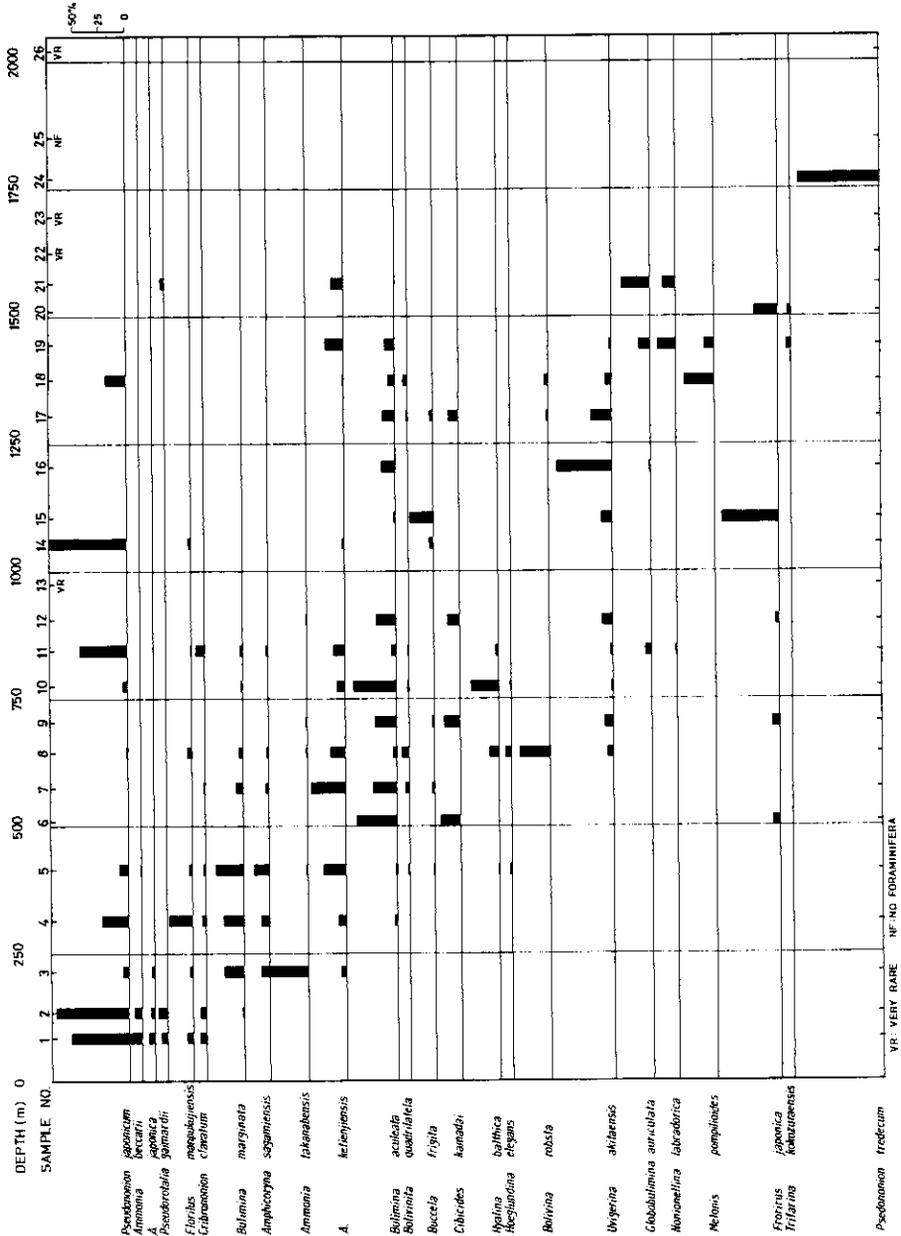


図 27 主な底生有孔虫の比率
 Fig. 27 Distribution of major benthic foraminifera.

6. 考 察

6.1. 検層およびコア試験結果の検討

6.1.1 電気検層

電気検層結果から堆積環境の推定を行う。B層からD層までの電気検層結果を見ると、各層とも基底部で高比抵抗を示し、また、低比抵抗で変化の少ない部分と、やや高比抵抗で変化の大きい部分が交互に現れる。各層ごとに分類すると次のようになる。

B層	低比抵抗部	B ₃ , B ₅ , B ₇
	高比抵抗部	B ₁ , B ₂ , B ₄ , B ₆ , B ₈
C層	低比抵抗部	C ₂
	高比抵抗部	C ₁ , C ₃
D層	低比抵抗部	D ₁ , D ₃
	高比抵抗部	D ₂ , D ₄

上のような関係は、岩相柱状図と比較すると、高比抵抗部は粗粒、低比抵抗部は細粒な堆積物で構成されており、堆積環境の変化を示すものである。海成層では一般に粗粒な堆積物は浅海性、細粒な堆積物はより深い環境の堆積物であり、電気検層結果から当時の堆積環境の変化が推定される。粗粒→細粒の変化を1回の堆積サイクルとすれば、B層では3回、C層では1回、D層では2回の堆積サイクルが存在する。また、上部層ほど堆積環境の変化が速くなっていることがわかる。

6.1.2 地層傾斜

図10に見られるように、各層毎に優勢な傾斜方位が見られる。D層は南方向が非常に多く、ほとんどのものが東～南方位となり、他の方位は非常に少ない。C層はD層に比較して方位のバラツキが大きい、やはり南～東方向が多い。B層は南～東方位も多いが、その他の方位も目立つ。特にB₅層は西方向が卓越する。全体の傾向としては、下位の地層ほど南～東方向が多く、上位ほどその他の方向が多くかつバラツキが大きくなる。地表付近の地層の傾斜方向は、現在の関東平野の堆積状況を反映して、東京湾北部方向(府中から見て北東方向)に向いていることが知られている(新藤, 1969, 遠藤, 1978)。深度500mより上部のデータがないので、本井では上部については不明であるが、B₄層以下の地層は明らかに地表に近い部分とは傾斜方向が相違しており、堆積盆の状況が現在とは異っていたことが推定される。特にB₅層では、現在とはほぼ逆方向の西北西向きに地層が傾斜しており、FCHの西北西側で沈降が大きかったと考えられる。また、C層、D層の堆積期には、堆積盆の中心は神奈川県東部付近にあったものと推定される。このような傾向は屈折波探査の結果や、重力のブーゲー異常図からも推定される。

6.1.3 音波速度

本井における基盤層のP波速度は4~5 km/secであり、関東平野中央部における基盤のP波速度(5.5 km/sec, 多田, 1982, 鈴木ら, 1983)に比較して明らかに小さい。屈折波探査(図5)でも、基盤層上部は4.6 km/secであり、その下に5.5 km/sec層が分布している。E層は地層全体が強い破碎作用を受けていることも速度低下の一因であると考えられる。

その他の層のP波速度は、D層が約3 km/sec、C層が約2.4 km/sec、B層は約2 km/secである。これらのP波速度を他の坑井(IWT, SHM)と比較すると、IWTではP波速度3 km/sec層はD, E, F層であり、いずれも鮮~中新統に属するものである。また、SHMにおけるD層(P波速度2.5 km/sec)は鮮新統とされており(鈴木, 1983)、FCHのD層は鮮新統以下に属するものと考えられる。FCHのC層の2.4 km/secはSHMのD層よりやや小さい。同様にFCHのB層は、IWTのB, C層、SHMのC層と同程度の速度であり、同時代の地層(上総層群, 鮮新~更新統)に対比されるものと考えられる。

FCHにおける音波検層結果と、屈折波探査による速度構造(図5)を比較すると、多少の深度の相違はあるものの良く一致しており、図5の速度構造が正しいことを示している。

6.1.4 密度検層

密度検層(図11)によると、深度1500 m付近を境にして、密度が大きく変化している。この深度はC層とD層の境界にあたり、C層とD層の境は不整合であると推定される。B層とC層の境界は、泥質部だけの比較で見るとかぎり大きな不連続は見当らず、著しい不整合があるとは考えにくい。

他の坑井の結果と比較すると、D層の密度はIWTのD, E層の密度とほぼ同一であり、またSHMのD層よりもやや大きい。またFCHのB, C層はSHMのC層よりもやや小さく、B層と同程度であり、音波検層で得られた結果(6.1.3)を支持するものである。

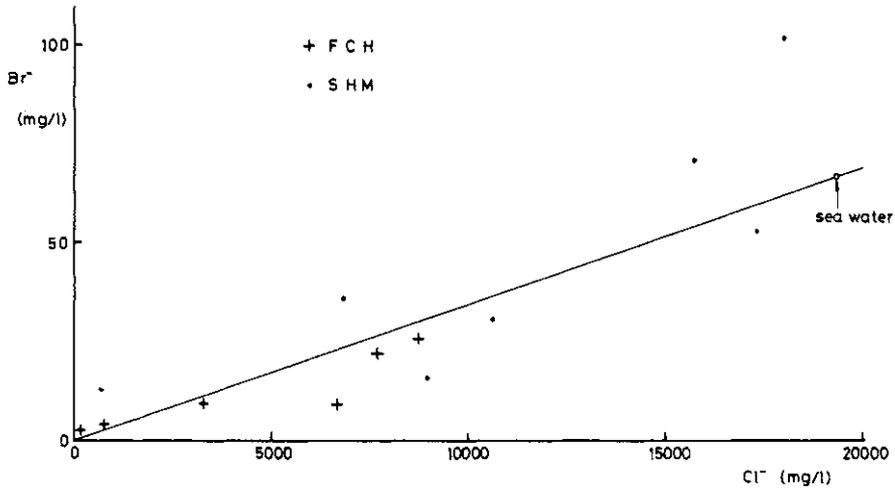
6.1.5 温度検層

FCHで得られた平均地温勾配(地表温度を15°Cとする)は、2.28°C/100 mであり、IWTの2.01°C/100 m, SHMの2.08°C/100 mと比較すると明らかに大きい。また、基盤岩とその上部に分けて比較すると、FCHでは基盤岩で1.67°C/100 m, 上部層で2.52°C/100 mであり、SHMでは基盤岩で1.51°C/100 m, 上部では2.33°C/100 mといずれもFCHの方が大きい(IWTは中間の測定値に疑問があるので用いない)。

地殻熱流量(平均)は、FCHで1.15 HFUとなり、IWTの0.56 HFU, SHMの0.75 HFUと比較して明らかに大きな値を示す。このように関東平野では、中央部よりも縁辺部で地殻熱流量が大きくなる傾向がある。このことについては別に稿を改めて報告する予定である。

6.1.6 間隙水分析

関東平野に分布する天然ガス坑井のガス付随水の分析結果(磯村, 1967, 河井・福田, 1973)およびIWT, SHM, 平間(田中ら, 1978), GS川崎井(福田ら, 1976)における間隙水の

図 28 Cl^- と Br^- の関係Fig. 28 Relation between Cl^- and Br^- .

分析結果とFCHの結果を比較する。

Cl^- はNa 4(深度1104 m)までは極めて小さな値しか示さず、SHM、南関東地域や東京湾周辺の同深度の Cl^- 濃度に比較して著しく少ない。本井の地層は海成層と考えられるので、本来は海水と同程度の Cl^- 濃度(19 g/l)を有していたはずであり、現在のように小さな値になったのは堆積後の天水の浸透による影響と考えられ、FCH周辺が関東平野の他の地域に比較して天水の侵入深度が大ききことを示している。隣接するGS川崎や平間の値と比較しても、同一深度ではFCHの Cl^- 濃度ははるかに小さく、天水の浸透が著しい。 Br^- は Cl^- と密接な関連を有しており、図28に示すように、Na 7を除いて Cl^- 濃度と一定の関係を保っている。しかし、関東平野の他の坑井に比較すると Br^- の濃集は少ない。 I^- は南関東ガス田地域では著しく濃集することが知られており、福田(1979)はヨウ素一塩素比($\text{I}^-/\text{Cl}^- \times 10^3$)をとって論じている。同様のことをFCHについて行くと0.92(平均)となる。またSHMでも0.91でFCHとはほぼ同じである。これらの値は関東平野のガス付随水の値に比較してはるかに小さなものである。次に HCO_3^- については、SHMやガス付随水の濃度と比較してもNa 5から上部の試料は著しく大きな値を示す。 HCO_3^- はその大部分が有機物の酸化・分解によるものとされている(須藤, 1967)。また浅所では O_2 を含んだ天水の浸入によって HCO_3^- の生成が促進される。FCHでは有機物の酸化・分解が他より進んでいるか、または天水の浸入が著しいと考えられる。 Na^+ はNa 5より上部の試料で Cl^- 濃度よりも著しく大きな濃度を示すが、これは地層中の Na の溶出によるものと考えられる。 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ は地層の堆積年代が古くなるほど大きくなることが福田(1979)によって示されている。FCHにおいても、図29に示すように深部ほど $\text{Ca}^{2+}/$

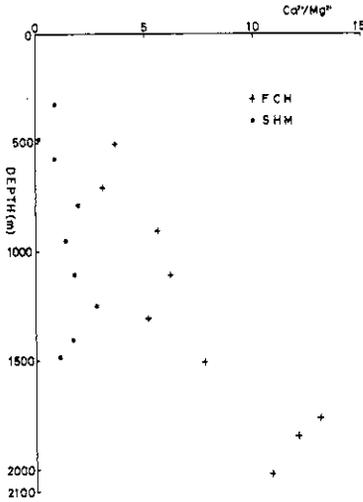


図 29 Ca²⁺/Mg²⁺
Fig. 29 Ca²⁺/Mg²⁺ ratio.

Mg²⁺が大きくなる傾向が見られる。また、Ca²⁺/Mg²⁺の値は、ガス付随水やSHMの間隙水と比較すると著しく大きいことが特徴である。Ca²⁺/Mg²⁺はC層とD層の間で大きく異なっており、不整合の存在が推定される。

6.1.7 コアガスおよび有機物分析

SHMのコアガス分析結果と比較すると、Na 5 (深度1307 m)を除いてCH₄量は一般に少ない。これはSHMに比較してFCHの岩相が砂がちであり、ガスの発生源となるような有機物に乏しいことが一因ではないかと考えられる。有機物分析(表13)でも、SHMに比べてFCHは小さな値を示している。Na 5は泥～シルト層であり、有機物が比較的多い。

6.1.8 圧密試験結果

圧密試験結果をSHMの結果と比較すると、同一深度ではFCHの方がSHMよりも圧密降伏応力が大きく、FCHの方が圧密が進んでいることがわかる。同様なことは間隙率の深度による変化にも見られる。圧密降伏応力、間隙率とも地層の埋没深度、堆積後の経過時間、岩質などによって変化するものであり、単純な比較はあまり意味がないが、同一深度、同一岩種でFCHの方がSHMよりも大きな圧密降伏応力、小さな間隙率を持つことは、FCHの方がSHMよりも堆積後の経過時間が長い、またはFCHで現在の埋没深度以上になったことがあることを示す。層別の比較をすると、間隙率ではFCHのB層とSHMのC層はほぼ同じであり、同一の堆積年代のものと考えられる。またSHMのD層の間隙率はFCHのC層とD層の中間の値をもつ。井波(1981)は、房総半島の土総層群の泥質岩において、間隙率を40～45%程度としており、FCHのB層はほぼ同じ値である。遠藤ら(1978)によれば、立川市内の深井戸における泥質岩(土総層群に相当)の間隙率は40～50%であり、FCHのB層の間隙率と一致する。C層とD層の境界は明らかに不連続であり、不整合であることが明瞭である。B

層とC層の境界では明らかな差はなく、不整合があっても大きなものではないと考えられる。

6.1.9 花粉分析

花粉分析結果から温度環境を推定すると表23のようになる。No.6以下の試料からは *Meta-sequoia*, *Carya*, *Liquidambar* 等の花粉がよく出現する。これらの花粉は従来第三紀の特徴を示すものとされていたが、近年は第四紀層の中から多く見出されており、必ずしも第三紀を示すものとはいえない(徳永ら, 1977, 那須, 1980, 大西, 1969)。武蔵野台地のボーリングでは、これらの花粉は上総層群の上部でも多く見出されているが(遠藤ら, 1975, 川島ら, 1978)、本井ではこれらの花粉は深度1500mより上部ではほとんど見られない。

6.1.10 有孔虫による地層の対比および堆積環境の推定

(1) 有孔虫数の変化

検出された有孔虫の個数から、堆積環境の変化を推定する。検出された個数は、SHMに比較して少なく(特に浮遊性種)、SHMに比べてより内湾性の環境であったことがわかる。しかし、IWTに比較すると浮遊性種は多く、IWTよりは外洋性の特徴がある。層別の変化を見ると、浮遊性種はB層の中～下部、C層の上部、下部およびD層の上部でやや多く検出される。B層の上部およびD層の中～下部では非常に少いかまたは検出されない。一方底生種はB層上部および中部、C層下部で多く、D層では少い。生息環境を示す1指数である全有孔虫中の浮遊性種の割合(planktonic ratio)は、D層上部からB層中部にかけては、一部を除いて比較的高い値を示し、やや外洋性の環境であったことを示している。これに対して、D層中・下部およびB層上部は内湾性であったと思われる。

(2) 浮遊性種による地層の対比

浮遊性有孔虫の産出状況から、地層の堆積年代の推定および周辺地域の地層との対比を行

表 23 花粉分析結果のまとめ
Table 23 Summary of pollen analysis.

試料番号	層 準	温 度 環 境
1	B	冷 温 帯
2	B	冷 温 帯
3	B	温 帯
4	C	冷 温 帯
5	C	温 帯
6	D	暖 温 帯
7	D	-
8	D	暖 帯
9	D	-

う。

試料Na 1, 2は、時代の鍵となる種が検出されない。Na 1で *Pulleniatina* が右巻を示すことを重視すれば、Blow (1969)の N23~N22となる。Na 3は検出個体数が少く決定できない。Na 4は時代を同定できる種は産出しない。Na 5も示準となるべき化石が少く、決定できない。左巻を示す *Pulleniatina* も見られるが、ただ1個だけであり、時代を決定する材料とはならない。Na 6は *Grt. truncaturinoides*, *Grt. tosaensis*, *Grt. tumida*, *Gds. ruber*等が産出することより、Oda (1977)の *Grt. truncaturinoides* Zone, N22と対比される。Na 7~Na12にもNa 6と同様の群集が検出されており、N22に対比される。Na 8および10には比較的多くの *Pulleniatina* が含まれており、それらはすべて左巻を示す。Oda (1977)によれば、房総半島では *Grt. truncaturinoides* Zoneの下部で、*Pulleniatina* が左巻になるとされているので、Na 8~Na 10は *Grt. truncaturinoides* Zone下部に対比される。Na13は化石数が少なく、また、特徴的な種もないため対比できない。Na 14は化石数が少ないが、*Gqa. asanoi*の産出が見られる。Maiya *et al.* (1976)によれば、*Gqa. asanoi*の消滅層準はOlduvai eventの基底であるとされている。また土(1983)によれば、房総半島における *Gqa. asanoi*の消滅はN22の基底とされていることより、Na14はN22~21に対比される。Na15は示準種が少ないが、*Gqa. kagaensis*の産出が見られる。Maiya *et al.* (1976)は、*Gqa. kagaensis*はMatsuyama逆磁極期のJaramillo eventとOlduvai eventの中間で消滅すると述べている。このことよりNa15はOlduvai event以下(N21)に対比されると考えてよい。Na16もNa14, 15と同様の産出を示すことからN21であろう。Na17は化石数が少ないため不明である。Na18および19は *Gqa. asanoi*, *Gqa. kagaensis*を産し、*Grt. tosaensis*も見られる。前述のように、*Gqa. asanoi*の消滅はOlduvai eventの基底であり、*Gqa. kagaensis*はJaramillo eventとOlduvai eventの中間で消滅する。また、*Grt. tosaensis*の出現は、房総半島ではN21であり(Oda, 1977)、Na18, 19はN21に対比されることが確実である。Na20は *Grt. tumida*と *Grt. inflata inflata*の出現で特徴づけられる。Oda (1977)によれば、*Grt. inflata inflata*は房総半島では *Grt. tosaensis* Zone (N21)で出現している。また、*Grt. tumida*はN19で出現している。Tsuchi and Ibaraki (1981)によれば、掛川地域では *Grt. inflata*はN19から出現している。これらの点より、Na20はN19~N21と考えることができる。Na21は時代決定の鍵種が少ないが、*Gqa. asanoi*が1個検出されている。*Gqa. asanoi*は前述のようにN22の基底で消滅しており、また土(1983)によれば、掛川地域ではN21の基底で出現している。これらのことから、Na21はN21に対比可能であるが、化石数がわずか1個では確実なことはいえない。Na22も検出される化石数が非常に少ないので確実なことはいえないが、*Gqa. asanoi*が1個検出されているので、そのことを重視すればNa21と同じ理由でN21に対比される可能性がある。Na23は *Grt. miozea conoidea*の検出が特徴的である。Oda (1977)によれば、*Grt. miozea conoidea*は、房総半島においてはOdaの *Pul. primalis*/*Gna. nepenthes* Zoneから *Grt. miozea conoidea* Zoneにおいて検出され、それは

BlowのN20~N17に対比される。No24は化石が少ないが、*Grt. conomiozea*がわずかに1個検出されており、それを重視すればOda(1977)により、N17~N20に対比される可能性がある。No25およびNo26は浮遊性種は検出されず、年代の対比はできない。浮遊性有孔虫の分析から得られた結果を表24に示す。

(3) 底生有孔虫による堆積環境の推定

FCHにおける底生有孔虫の産出状況から、Ishiwada(1964)、石和田ら(1962)、菊地(1964)・樋口(1964)等のデータを参照して堆積環境の推定を試みる。

No1は*Pseudononion japonicum*, *Ammonia japonica*, *Pseudorotalia gaimardii*の多産で特徴づけられるように、浅海性種が多産し、浮遊性種は少ないながら見られることから、外洋水の影響のある湾口部もしくは内湾の浅海堆積環境であろう。No2,3は上記の他に*Bulimina marginata*, *Ammonia takanabensis*を多産し、浮遊性種もあまり含まないことから、内湾性浅海環境である。No4,5は*Pseudononion japonicum*, *Bulimina marginata*, *Ammonia ketienjiensis*が多産し、浮遊性種の数も多くなっていることから、陸棚上の浅海堆積層が考えられる。No6,7は*Bulimina aculeata*が多産し、*Globocassidulina subglobosa*, *Bolivinita quadrilata*等が見られ、浮遊性種の割合も高いことから、陸棚斜面上の(上部)半深海~外浅海堆積層と推定される。No8は上記の種以外に、*Bolivina robusta*, *Hyalina balthica*, *Uvigerina akitaensis*等が見られ、半深海相と考えられる。No9も*Bulimina aculeata*, *Uvigerina akitaensis*等の産出から半深海相であるが、No8よりもより深い環境と思われる。No10は*Bulimina aculeata*の多産が特徴であり、半深海相であろう。No11は*Pseudononion japonicum*の産出が多く、*Bulimina aculeata*等の深海種は減少しており、浅海へと環境が変化したと考えられる。No12は*Bulimina aculeata*, *Uvigerina akitaensis*の産出により、再び半深海相となる。No13,14

試料番号	所属する層準	Blow's Nzone	地質年代	備考
No 1, 2	B ₁ , B ₂	N 23 ~ N 22	Pleistocene	
No 3, 4, 5	B ₃ , B ₄			不明
No 6 ~ 12	B	N 22	Pleistocene	
No 13	B ₇			不明
No 14	B ₈	N 22 ~ N 21	Pleisto~Pliocene	
No 15, 16	C ₁	N 21	Pliocene	
No 17	C			不明
No 18, 19	C ₂ , C ₃	N 21	Pliocene	
No 20~22	D ₁ , D ₂	N 21 ?	"	
No 23, 24	D	N 20 ~ N 17	Pliocene ~ late Miocene	
No 25, 26	D ₃ , D ₄			不明

表 24 浮遊性有孔虫による対比
Table 24 Correlation by planktonic foraminifera.

は化石数が少ないが、*Pseudononion japonicum*の比率が大きく、かつ浮遊性種も少ないことにより浅海性の堆積環境と考えられる。No.15は*Uvigerina akitaensis*等もあるが、*Florilus japonica*, *Buccela frigida*などの内浅海性種が優勢であり、浅海環境である。No.16,17は*Bulimina aculoata*, *Uvigerina akitaensis*等の産出が多く、中～下部陸棚斜面上の半深海相と考えられる。No.17は浮遊性種の数が減じていることより、海流の影響の少ない環境が考えられる。No.18,19は*Melonis pompilioides*, *Bulimina aculeata*, *Uvigerina akitaensis*等が多産し、半深海層である。これらに*Pseudononion japonicum*, *Ammonia ketienjensis*等の浅海種が混入するのは、一度浅海に堆積した堆積物が二次的に半深海に流入堆積したものであろう。No.20は浮遊性種の方が底生種よりはるかに多く、外洋性の環境と考えられる。浅海性の*Florilus japonica*, *Hanzawaia nipponica*等と、半深海種の*Martionottiella communis*, *Praeglobobulimina pupoides*, *Trifarina kokozuraensis*等の混合群集からなり、上部半深海の堆積環境と考えられる。また、本試料には酸素溶存量の少ない堆積環境に多いといわれている硫化物が多量に見られる。No.21は*Globobulimina auriculata*等が見られ、また浮遊性種の比率も大きく、No.20と同様な環境と考えられる。No.22,23は底生種の個数は少ないが、その大半は*Globobulimina auriculata*であり、半深海堆積層であろう。浮遊性種が少なく、あまり外洋性の影響のない環境と考えられる。No.24は浮遊性種が少なく、浅海性の*Pseudononion tredecum*が多量し、外洋の影響の少ない浅海環境であろう。No.25は全く有孔虫化石を産しない。No.26は

試料番号	所属する層	堆積環境	備考
1	B ₁ , B ₂	浅海	外洋水の影響あり
2, 3	B ₂ , B ₃	内湾性浅海	
4, 5	B ₃ , B ₄	陸棚上浅海	
6, 7	B ₄	上部半深海～外浅海	
8	B ₅	半深海	
9	B ₅	半深海	No.8より深い
10	B ₆	半深海	
11	B ₆	外洋性浅海	
12	B ₆	半深海	
13, 14	B ₇ , B ₈	内湾性浅海	
15	C ₁	浅海	
16, 17	C ₁ , C ₂	半深海	
18, 19	C ₂ , C ₃	半深海	浅海相の混入
20, 21	D ₁	上部半深海	硫化物あり
22, 23	D ₂	半深海	外洋の影響少ない
24	D ₃	内湾性浅海	
25	D ₃		化石なし
26	D ₄	内湾性浅海	

表 25 堆積環境
Table 25 Sedimentary environment.

浮遊性種がなく、浅海性の *Elphidium crispum*, *Buccella frigida*, *Buccella* sp. などを産することから、内浅海の堆積環境が考えられる。底生有孔虫による堆積環境のまとめを表25に示す。

6.2 基盤岩の特徴

深度2022m以下のE層は本井における基盤岩をなくしている。岩相層序で示したように、本層は灰黒色砂岩、黒色頁岩を主とし、緑色岩類(輝緑凝灰岩)およびチャートを伴う。本層の砂岩や頁岩は破砕作用を強く受けているが、千枚岩化するほどの変化はなく、砂岩に片理も生じていない。本井の西側山地に分布する先第三系の地層としては、秩父系(広義の)、小仏層群等の古生層、中生層がある(図30)。E層がこれらのうちのどれに対比されるかは難しい問題であり、簡単には判断できない。しかし、地表における小仏層群中の泥質岩はE層に比べると千枚岩化が明瞭であり、E層の砂岩中の構成物も、小仏層群とは異った特徴を示す。そのため、ここでは一応E層は秩父系に対比されるものとしておく。本層の層序学的な解明、対比は関東地域の地質構造の研究上、重要な課題である。

6.3 地層の対比

本井の地層と、周辺に分布している地層との対比を試みる。基盤岩はすでに6.2で示したように、秩父系(広義の)に対比される可能性がある。ここでは基盤岩より上部の地層の対比を

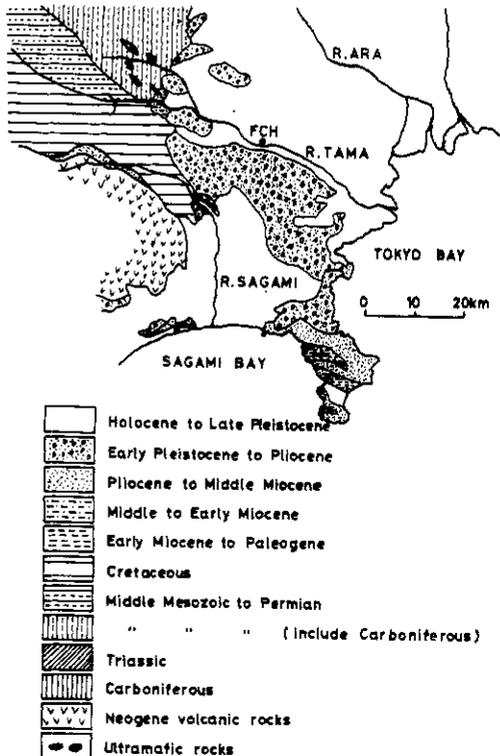


図30 関東地方南西部の地質(地質調査所, 1982による)

Fig. 30 Geology of south-west part of the Kanto plain (after Geological Survey of Japan, 1982).

行う。FCH周辺で本井の地層と対比される可能性のある地層(新第三系～更新統)が露出しているのは、図30に示すように、五日市周辺、草花丘陵、狭山丘陵、加住丘陵、多摩丘陵、横浜南部、三浦半島等であり、これらの地球の地質については多くの研究がなされている(菅野・新井, 1964, 福田・高野, 1951, 関東第四紀研究会, 1970, 1973, 寿円, 1966, 徳永ら, 1949, 増田, 1971, 森, 1969, 新藤, 1969, 遠藤, 1978, 赤嶺ら, 1956, 青木, 1964, 生越, 1967, 1968, 羽鳥・寿円, 1958, 伊田ら, 1961, 河井, 1961, 三梨ら, 1968, 三梨・矢崎, 1958, 1968, 矢崎・三梨, 1962, 三梨ら, 1979, 三梨・菊地, 1982, 小玉ら, 1980, 岡ら, 1979, その他多数)。表26には、いままでに発表されている三浦半島、房総半島、多摩丘陵および五日市地域の新生界の層序区分の一例を示す。三浦半島においては、下位から葉山層群、三浦層群、上総層群および相模層群と、古第三紀～更新世の地層が分布する。また、多摩丘陵には上総層群に対比される地層が分布する(注:三浦層群、上総層群の名称の用い方は各研究者によって異っている、本論文では三梨ら(1979)の用いた定義に従って用いることとする)。五日市町周辺では中新世の五日市町層群(菅野・新井, 1964)が分布する。これらの地層とFCHの対比をすると、まず、A層は多摩川の河川堆積物による沖積層である。B層およびC層は、前述のように、岩相の変化はあるものの、途中に大きな不整合は存在せず、一連の地層と考えられる。FCHから多摩川をへだてた対岸の多摩丘陵には、前述のように上総層群に対比される南多摩層群が分布する。FCHのB層が南多摩層群に対比されるのは確実である。多摩丘陵西部の南多摩層群は、基盤の小仏層群を直接アバットしており、増田(1971)によれば、下位から大矢部層、平山砂層、連光寺層、稲城砂層に区分される。1回のサイクルは、下位から厚い砂層、砂礫層、泥層となる。増田の記載によれば、B₁層は連光寺層に対比されるものと思われる。同様にB₂層は平山砂層および大矢部層に対比されることが、岩相の特徴から推定される。大矢部層は三梨ら(1979)によれば、房総半島における上総層群の梅ヶ瀬層に対比されている。B₃層以下は多摩丘陵の地表では見出されないものである。しかし、B₃層以下もB₂層から連続的に続いており、上総層群に対比されることはまちがいない。有孔虫分析による年代の推定でも、B層は大部分がBlow(1969)のN23～N22 Zoneに入り、上総層群に対比される年代を示す。B層の基底が模式地の上総層群のどの層準に対比されるかは、資料が不足のため確定的ではない。しかし、有孔虫分析の結果等から考えると、上総層群中～下部の大原層付近に対比されるものと思われる。三浦半島～横浜南部の上総層群と比較すると、B層の基底は大船泥岩層付近に対比されると考えられる。C層については、近傍に類似した地層がないため、対比は困難であるが、前述のように、B層とC層との間の不整合はあったとしてもごく小さなものであると考えられ、C層も上総層群に対比されるものと考えてよい。浮遊性有孔虫による年代の推定でも、C層はBlowのN21 Zone(Pliocene)に属すると考えられ、上総層群に対比することは不自然ではない。三浦半島においては、上総層群の下部層として、大船層の下に野島層、浦郷層が分布しており、C層は年代的には野島層～浦

表 26 地 層 層 序
Table 26 Correlation of stratigraphy.

地質年代	五日市周辺	多摩丘陵	横浜南部～三浦半島	房総半島中部
更新世後期	留原層	相模層群	相模層群	下総層群
更新世前期	五日市砂礫層	南多摩層	浜互層	笠森層 万田野砂礫層
			中里砂質泥層	上 長南層 柿ノ木台層
			小柴砂岩層	総 國本層 梅ヶ瀬層
鮮新世後期			大船泥岩層	大田代層 黄和田層
			野島～浦郷層	大原層 浪花層
				勝浦層 黒滝層
			池子火砕層 三浦層群	安野互層 清澄砂岩層
鮮新世前期	五日市町層群		逗子泥岩層	天津泥岩層
			三崎互層	木ノ根黒色層 佐久間互層
中新世中期				
中新世前期			葉山層群	保田層群
古第三紀				嶺岡層群
中・古生代	中・古生代層	中・古生代層		

三梨ら(1979), 菅野・新井(1984)に修正・加筆した。

郷層に対比されるものと考えられる。

次にD層であるが、前述のようにC層との間には不整合が存在することが、種々のデータから推定されている。関東平野南西部およびその周辺の上総層群より下位の新第三系としては、三浦半島に分布する三浦層群～葉山層群と、五日市町周辺の五日市町層群がある(表26)。浮遊性有孔虫によるD層の年代の推定では、深度1769mまでの試料は、BlowのN 21?～N 17 Zoneに対比されるものと考えられる。これは鮮新世～後期中新世に相当する。深度1848mの試料からは、生成年代を推定できるような化石は検出されていないが、コアやカッテン

グの固結度などから、深度1769mの試料と一連の地層であり、同時代のものと推定される。D₄層(深度1858m以下)は、その構成物がほとんど礫であるため、年代の推定は困難である。しかし、カッティングの状況や掘進速度から推定すると、D₄層もD₃層と固結の程度は同等であり、D₃層と大きな生成年代の差があるとは考えられない。深度2020m以下のコアはよく団結した礫岩である。これは上位のコアやカッティングに比較してはるかに固結が進んでおり、同じ年代のものとは考えにくい。この部分はD層の基底にあっており、この礫岩はより古い年代の地層から供給された基底礫岩の巨礫を採取したものではないかと推定される。以上のような点から、D層はBlowのN21?~N17に対比される地層と考えられる。これは鮮新世~後期中新世に相当する。五日市町層群は中期中新世、葉山層群は古第三紀~前期中新世の地層とされており、D層よりも古い。三浦層群は前期鮮新世~中期中新世の地層とされており、D層の堆積年代とも一致する。以上のことより、D層は年代的には三浦層群に対比されるものである。以上の結果をまとめると次のようになる。

地層名	深度(m)	地質年代	対比される地層
A	0~14	完新世	沖積層
B	14~1061	前期更新世	上総層群

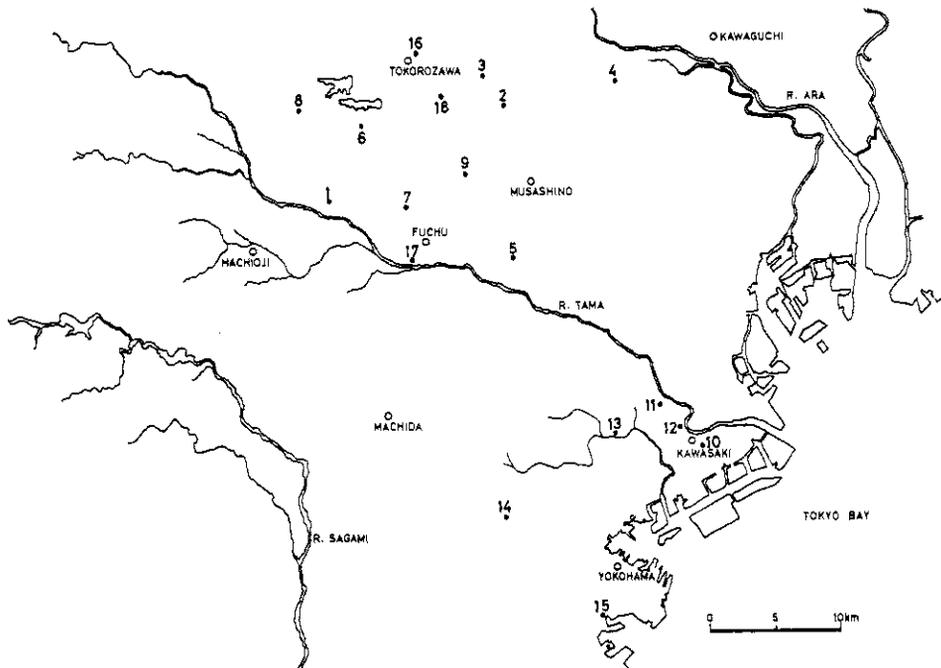


図31 坑井位置図

Fig. 31 Location of deep wells.

C	1061～1494	後 期 鮮 新 世	上総層群
D	1494～2022	前期鮮新世～後期中新世	三浦層群
E	2022～2783	先 第 三 紀	秩 父 系

6.4 第三紀と第四紀の境界

関東地方における第三紀と第四紀の境界は、上総層群下部の大原層付近にあるとされている(新妻, 1976)。これはBlowのN ZoneではN22とN21の境界付近にあたる。このことより、FCHにおいては、第三紀と第四紀の境界は、B層とC層の境界付近になるものと推定される。

6.5 関東平野南西部の地質構造

府中井周辺に分布する深井戸のデータおよび地表の地質から、関東平野南西部の地質構造の考察を行う。府中井の周辺の武蔵野台地、横浜～川崎周辺には、地盤沈下、水位の観測や、天然ガス調査用として掘削され、その地質状況が報告されている深井戸(深度500m以上)が約20本ある。これらの深井戸は、一本を除いて先第三系の基盤にまでは達していない。しかし、地下の地質状況を調べるために、これらのデータは不可欠のものである。表27にそれら坑井の一覧表を示し、図31にはそれらの位置を示す。

6.5.1 基盤深度分布

本地域において、先新第三系の基盤岩にまで達している坑井は、FCHを除くと武蔵村山の坑井のみである。前述のように、FCHの地下地質は屈折波探査の速度構造(図5)と良い一致を示している。武蔵村山井はちょうど図5の測線上に位置しており、屈折波速度断面と比較することができる。それによれば、武蔵村山井付近では、第1層の1.9km/secの下に、3.2km/secの第2層が深度約800mから分布しており、掘さくによる深度661m以下の先新第三紀層がこの速度層に当るものと考えられる。ただし、FCHでは3.2km/sec層は先上総新第三系(三浦層群)に相当しており、地域によって基盤層の速度が異なると考えられる(別の解析によれば、武蔵村山井付近では、深度約500m以下で、1.9km/sec層の下に3.9km/sec層が出るという結果も出ている)。このように、この地域の基盤深度は、従来考えられていたよりもはるかに浅いことが明らかになった。武蔵村山井の基盤の地質は、川島ら(1980)によれば、粘板岩、珪質の細粒砂岩、チャートからなり、クラックの発達が顕著で、激しい破碎を受けているとされている。これらの特徴はFCHの基盤層の特徴と類似したものであり、FCHと一続きの地層との推定も可能である。屈折波探査とFCH、武蔵村山井の坑井データから推定される基盤の特徴は、西側の関東山地から東京湾方向に向かって深まって行くような構造が考えられ、このような結果は他の物理探査(伊藤ら, 1976, 嶋ら, 1978)でも同様である。図32に物理探査および坑井データから得られた推定基盤深度分布を示す。東京北東部と横浜付近に、基盤の低まりの存在が推定される。

次にこの地域を通っていると推定される、秩父帯と四万十帯(小仏層群)の境界の位置であるが、前述したように、FCHと武蔵村山井の基盤は同種の地質と推定され、地質的特徴から

表27 坑井一覽表
Table 27 List of deep boring wells.

番号	坑井名	所在所	地	深 度 (m)	標 高 (m)	参 考 文 献
1	立 川	立川市富士見町		1003.3	74.5	遠 藤 ら (1978)
2	東 久 留 米	東久留米市神宝町		1008.4	39.7	川 島 ・ 遠 藤 (1972)
3	清 瀬	清瀬市中清戸		806.4	44.0	遠 藤 ら (1975)
4	赤 塚	板橋区赤塚		603.4	35.0	川 島 ・ 遠 藤 (1972)
5	調 布	調布市調布ヶ丘		503.4	33.6	遠 藤 ら (1975)
6	東 大 和	東大和市奈良橋		702.6	97.3	川 島 ・ 川 合 (1977)
7	府 中	府中市武蔵台		706.0	70.3	遠 藤 ら (1981)
8	武 蔵 村 山	武蔵村山市三ツ木		703.4	124.4	川 島 ・ 川 合 (1980)
9	小 金 井	小金井市桜町		705.5	71.5	川 島 ・ 川 合 (1979)
10	G S 川 崎	川崎市川崎区富士見公園		1016.0	2.5	福 田 ら (1976)
11	平 間	川崎市中原区上平間		609.0	10.0	田 中 ら (1978)
12	川 崎 R-2	川崎市幸区河原町		503.0	5.0	神 奈 川 県 (1955)
13	網 島 R-1	横浜市港北区南綱島		701.6	5.0	神 奈 川 県 (1955)
14	保 土 ヶ 谷 R-2	横浜市保土ヶ谷区		2095.0	41.7	菊 地 (1962)
15	磯 子 R-4	横浜市磯子区		1410.0	3.0	菊 地 (1962)
16	所 沢	所沢市航空記念公園内		457.3	74.0	中 村 (私信)
17	F C H	府中市南町		2783.0	44.7	本 文
18	東 村 山	東村山市久米川		706.3	63.6	川 島 ・ 川 合 (1983)

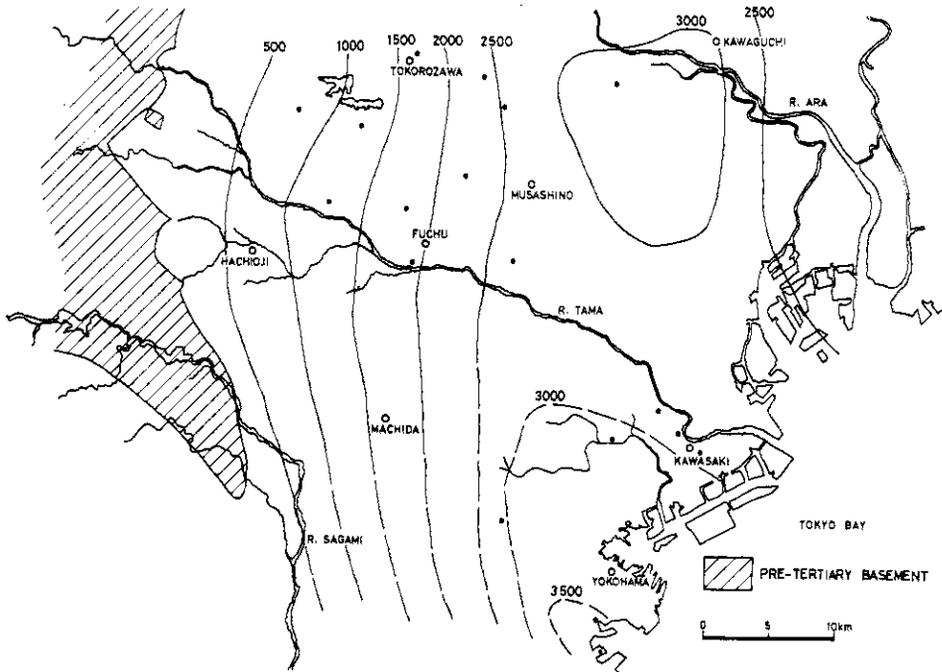


図 32 基盤深度分布図
Fig. 32 Depths of the basement.

秩父帯に属する可能性が大きい。したがって、境界はFCHの南側を通ることになる。FCHの基盤が著しく破碎されていることにより、FCHの近傍を構造線または断層が通っていると推定され、これが両者の境界の可能性もあるが、活断層である立川断層の延長もFCH付近を通るとされており(松田ら, 1977), 立川断層の運動によって破碎されたとも考えられる。

6.5.2 中期新第三系の分布

この地域で中期新第三系とされているのは、東京都西部の五日市町周辺に分布する五日市町層群(菅野・新井, 1968)である。菅野らによれば、五日市町層群は秩父系、三畳系、ジュラ系、白亜系の基盤と断層または不整合で接しており、上部は鮮新統および洪積統によって不整合に覆われている。五日市町層群と類似の岩石が見出されているのは、東京都の立川井で、遠藤ら(1978)によれば、立川井の970.9m以深は緑～緑灰の粗粒砂岩からなり、部分的に綠色および黒色の頁岩の薄層をはさむ。粗粒砂岩中には粘板岩の角礫を含むという。遠藤らは断定はしていないが、五日市町層群との類似を認めており、五日市町層群である可能性は大きい。このような岩石は他の坑井では見出されていない。立川井は五日市町層群の地表の分布域の東側に当り、五日市町層群と上位層との境界は東側へ向って傾斜しており、立川井付近に五日市町層群が現れるのはおかしくはない。しかし、立川井から約7km南西に離れ

たFCHでは本層は見られず、基盤の上により新しい地層が直接のっている。また、立川井の北側の武蔵村山井でも、基盤層の上に乗るのは、上総層群と考えられる粘土混りの砂礫層である。このように本層の地下での分布は非常にせまい範囲であると考えられる。図33には、本層の分布状況を、五日市町付近からFCHを結ぶ断面で示す。

6.5.3 三浦層群相当層

関東平野で上総層群の下位に分布する地層は、後期中新世～前期鮮新世の三浦層群相当層であることが多い。本報文で言及している地域の坑井の中で、三浦層群が明らかに分布している坑井は、FCH、GS川崎井、保土ヶ谷井、磯子井の4井である。立川井の深度866m以下の淡水堆積層(遠藤ら、1978)については、年代を推定できるようなデータは述べられていないので、はっきりした事はわからないが、上位層は上総層群であることが明らかであり、かつ上位層との間の不整合はかなり大きなものと推定され、また、密度検層、音波速度検層で得られた結果を見るかぎり、上総層群よりも圧密が進んでいると考えられ、三浦層群と同じ年代の堆積物と考えても不都合はないと思われる。そのため、ここではこの層を、三浦層群と同時異相としてとりあつかう。図30に示すように、本層は三浦半島では地表に露出している。横浜付近では上限深度は約1000m、川崎で約700mであり、FCHに向って深くなっている。層厚は保土ヶ谷井では1000m以上であるが、FCHでは500m程度になり、立川井では100mとなり、かつ他の坑井と異って淡水堆積層になる。堆積物の性質も、横浜、川崎では細粒な堆積物が多いが、FCHでは砂や礫が多い。このことから、堆積環境は横浜、川崎が堆積盆の中心に近く、FCHは堆積盆の縁辺部に位置していたものであろう。また海進は立川井にまでは及ばなかったと考えられる。石井(1962)によれば、中新世後期には南東側に開いた海が現在の関東平野の奥まで侵入しており、三浦半島や房総半島の南部は一部陸化していた可能性もあるとされている。このような状況は図33に示す三浦層群の発達状況に良く一致する。FCHの三浦層群上限が横浜、川崎地域よりも深くなっているのは、本層堆積後の沈降運動に関連するものである。このことについては後に述べる。

6.5.4 上総層群

上総層群は関東平野の地表および地下に広く分布する地層で、一部地域を除いて海成層である(河井、1961)。本調査地域では、上総層群は多摩丘陵や横浜地域では地表に露出(図30)しているが、その他の地域では上位層に覆われている。本地域でも深度1000m以下の坑井は、その多くが上総層群の中で終っており、本層の層厚の厚いことを示している。本地域で確認された最も厚い層厚はFCHの約1500mであり、横浜地域で約1000m、川崎地域で約700mの層厚を有している。FCHから西では関東山地に近づくにつれて薄くなり、立川井で約850m、武蔵村山井で約630m等となっている。その他の武蔵野台地上の坑井は、上総層群を貫いていないので層厚の確認はできないが、1000m以上の厚さを持っているものと考えられる。

上総層群の各坑井間の対比は、岩相と電気検層図のみでは困難が多いが、有孔虫分析、物

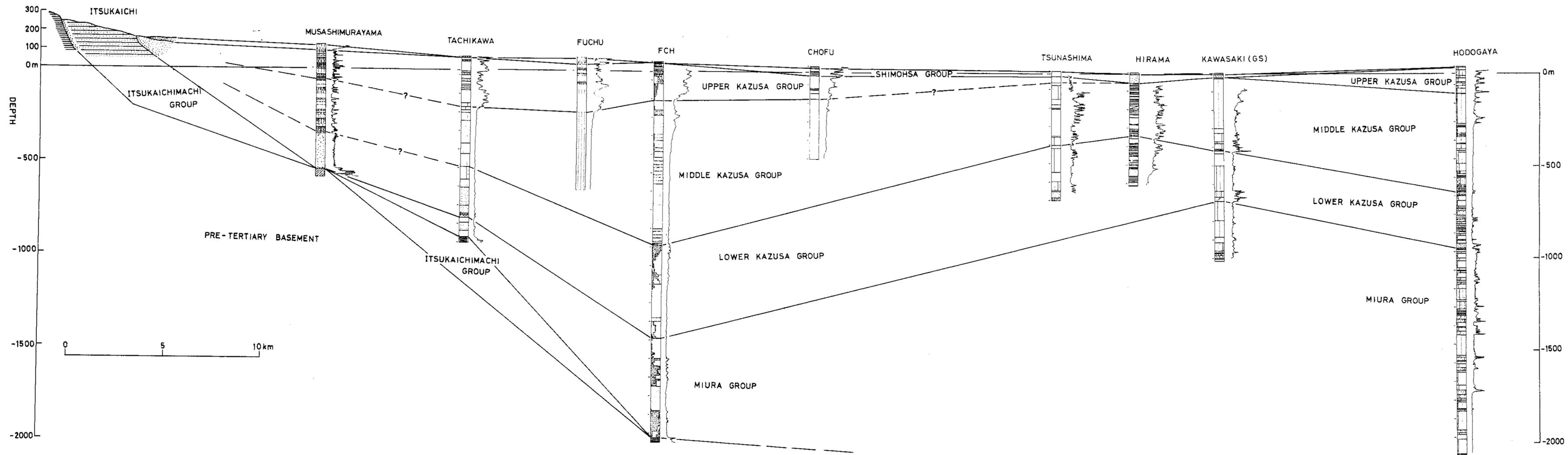


图 33 地質断面图(1)
Fig. 33 Geological section (I).

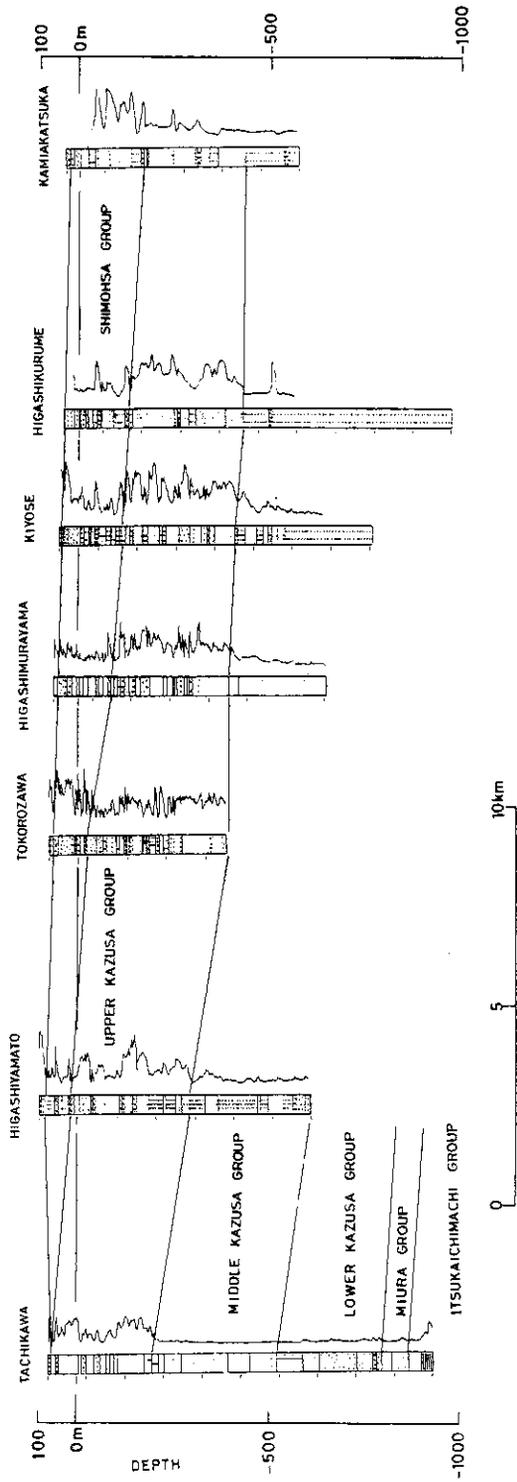


図 34 地質断面図(2)

Fig. 34 Geological section (2).

理検層結果等も加えて対比を行った(図33, 34, 35)。ここでは上総層群を上部, 中部, 下部に分けて対比した。これらの区分はそれぞれ上部が房総半島の模式地における梅ヶ瀬層以上, 中部が大田代層から大原層, 下部が浪花層以下に相当する。また中部と下部の境界は, 第三紀と第四紀の境界付近に相当することになる。

まず下部層の分布であるが, 下部層が見られるのは, 調査地域の南東部に位置する横浜, 川崎地区とFCH, 立川の坑井である。図33に示すように, 川崎や横浜の北部(綱島)では下部層が浅くなっており, FCHでは深くなっていると同時に層厚も大きくなっている。FCHにおける傾斜検層結果では, 下部層は東~南方向への傾斜を示しているものが多く, 下部層の堆積期にはFCHの東~南側に堆積の中心があったと推定される。下部層の岩相は上, 中部層に比較してやや砂礫がちであり, 浅海性の堆積物が多い。下部層の上限深度が地域によって異っている主な原因は, 堆積後の地盤運動(沈降または隆起)の地域的な差によると考えられる。福田(1977)によると, GS川崎井では, 深度157mにある不整合は約1000mの削剝量に相当するとされており, 現在川崎地域で上総層下部層の上限深度が浅いのは, 堆積後の隆起によると考えられる。同じ時期にFCHでは大きな不整合はなく, FCH地域では川崎地域のような隆起はなかったと考えられる。上総層群中部層は, FCHで厚くなっており, 引続いて沈降が進んでいたが, 川崎地域では前述のような地層の削剝があり, この時期の後半には沈降から隆

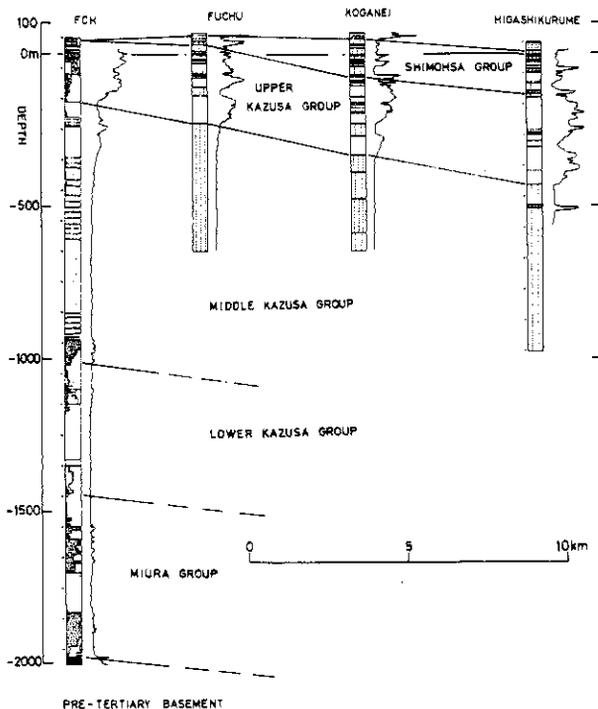


図35 地質断面図(3)

Fig. 35 Geological section (3).

起に転じたと考えられる。武蔵野台地地域の坑井については、中部層を貫いているものがないことから本層の発達状況は良くわからないが、FCHと同程度以上の層厚を持っていると推定される。FCHの地層傾斜検層で、中部層は下部層の南～東方向に変わって、北～西方向の地層傾斜が多くなっており、堆積盆の中心が南～東側から北～西側に移動したと推定されることも、本層の発達が武蔵野台地地域で厚いと考えられる根拠である。中部層の岩相はいずれの地域でも上、下部層に比較して細粒であり、この時期に堆積環境が深くなったことを示している。

上総層群上部になると、横浜～川崎地域では上部層の発達はあまり見られないのに対して、武蔵野台地上の各坑井は層厚が厚くなっている。府中(都)、清瀬、東久留米、上赤塚、小金井等はいずれも250～300mの層厚を有しており、岩相も砂質の類似した特徴を示している。

6.5.5 上総層群以後の地層

上総層群の堆積後、この地域には後期更新統の下総層群(東京層群)から沖積層までの各層が堆積した。その分布は、武蔵野台地では西部から東北部へ向うほど厚くなって行く。多摩丘陵での分布はわずかである。横浜、川崎地域では東京湾岸部にのみ分布する。このように、この時代には東京東北部が堆積の中心となり、上総層群時代の堆積の中心とは異っている。

6.5.6 地質構造のまとめ

上に示したような各層の発達状況から、本地域の地質構造と堆積環境の変化を推定する。まず基盤の形状であるが、この地域における基盤は、北側が秩父系、南側が多分四万十系(小仏層)であり、両者の境は多摩川より南側になると考えられるが、その状況は明らかではない。基盤の深度は東北東部に3000m程度の低部があり、横浜付近に最深部が推定されるが、その深度は推定の域を出ない。基盤の上にくる年代的に最も古い地層は、五日市町付近に露出している中新世中期といわれる五日市町層群であり、この層は五日市町付近から多摩川ぞいに立川付近まで分布していると推定される。当時はFCH付近は陸域であった。次に中新世後期～鮮新世前期になると、横浜～川崎地域を中心として、三浦層群の堆積が広い範囲で行なわれた。その時にFCHは堆積盆の縁辺部であり、また立川付近は陸域であったと推定される。この時期の堆積盆の中心は横浜～川崎地域にあったと考えられ、重力探査による大きな負の異常がこの付近に存在することは、当時の堆積盆の存在を示していると考えられる。鮮新世後期～更新世前期の上総層群の堆積期になると、海進は陸地の奥まで進行し、この地域のほとんど全部が海域になった。堆積の中心は三浦層群の時代よりも北部に移動した。このような傾向は上総層中、上部になるほど顕著になり、上部には堆積の中心は東京東部地域に移動したと考えられる。このように上総層群の堆積の中心が移動する現象は房総半島でも知られており、房総半島では東から西の東京湾奥部に移動したとされている。その後、下総層群以降の時代になって、この地域は西部から徐々に海退が進んで現在に至っている。

7. 坑井地質のまとめ

府中井の掘削により、以下のような地質層序が得られた。

(1) 府中井の層序は、上位から沖積層、上総層群相当層、三浦層群相当層および基盤よりなる。

(2) 基盤(E層)は深度2022m以下に分布し、主に頁岩、砂岩よりなり、緑色岩類(輝緑凝灰岩)およびチャートを含む。秩父系に対比される。

(3) 三浦層群相当層(D層)は深度1494m～2022mに分布し、主に砂岩、礫岩およびシルト岩よりなり、下位層とは不整合で接する。

(4) 上総層群相当層(BおよびC層)は深度14m～1494mに分布する。

C層は深度1061m～1494mに分布し、主に上部、下部は砂、礫、中部はシルトよりなる。下位層とは不整合で接する。

B層は深度14m～1061mに分布し、上部および下部は砂、礫、中部はシルトよりなる。C層との関係は不整合と思われる。

(5) 最上部(A層)は深度0m～14mに分布し、多摩川の堆積物よりなる沖積層である。

(6) 府中井における第三紀と第四紀の境界は、B層とC層の境界付近になる。

(7) 府中井の掘削に伴って実施された物理検層およびコア試験により、多くの地質データを得ることができた。これらデータは本文中に示されている。

8. 謝 辞

本研究を進めるに当たり、萩原尊禮東大名誉教授には、終始御指導とお励しを賜った。掘削計画の作成や地質状況の解析に関しては、工業技術院地質調査所福田理博士に本研究の計画当初から常に御指導、御援助をいただいた。また、作井と地質に関しては、石和田靖章石油公団理事(当事)の御指導をいただいた。府中井においても岩機、下総井に引きつづき、所内は担当研究部門が管理部門と協力して必要な事に当たったが、その完成は、作井及び設置作業、捲上装置の製作を担当した帝国石油を始め、観測装置を製作した明石製作所および東京芝浦電気、信号ケーブルを製作した日本大洋海底電線等関係各社の一致協力した作業の進め方に負う所が大きい。関係された各社社員の各位に厚く感謝する。府中井の用地取得は、建設省関東地方建設局京浜工事事務所、大蔵省関東財務局及び同立川出張所、府中市、興建産業、千代田ブロックの多大の御理解と御努力によって可能となった。また現地作業の実施に当たっても、これら各機関と共に、東京都、府中保健所、府中消防所、周辺自治会の御協力、御支援を得た。関係された各位に厚く感謝する。

本報告をまとめるに当たり、防災センター第2研究部笠原敬司氏および第3研究部田中耕平

氏の御教示を得た。記して感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 赤嶺秀雄ら(1956):三浦半島の三浦層群について, 地球科学, 30, 1-8.
- 2) 青木直昭(1964):房総・三浦両半島の鮮新世-更新世の地層の対比, 石油技術協会誌, 29, 100-105.
- 3) Blow, W.H.(1969): Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy, Proc. 1st international conf. plankto. microfossils, Geneva, 1967, No 1, 197-422.
- 4) 遠藤 毅(1978):東京都付近の地下に分布する第四系の層序と地質構造, 地質学雑, 84, 505-520.
- 5) 遠藤 毅・川島真一・川合将文(1975):東京の第四系, 東京都土木技術研究所年報, 昭49, 101-137.
- 6) 遠藤 毅・川島真一・川合将文(1978):立川市付近の地下地質, 東京都土木技術研究所年報, 昭53, 367-377.
- 7) 遠藤 毅・小笠原弘信・川島真一・川合将文(1981):北多摩地区南部の水文地質構造と地盤沈下, 東京都土木技術研究所年報, 昭56, 165-180.
- 8) 福田 理・高野 貞(1951):東京都青梅町東北方阿須山丘陵の地質, 地質学雑, 57, 459-471.
- 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坑井編①), 地質ニュース, 259, 1-14.
- 10) 福田 理・永田松三・垣見俊弘(1976):川崎地区水位水質観測井について(その2坑井編②), 地質ニュース, 260, 1-9.
- 11) 福田 理(1977):川崎地区水位・水質観測井にみられる圧密現象について, 石油技術協会誌, 42, 153-158.
- 12) 福田 理(1979):共水性ガスとその鉱床(その3), 地質ニュース, 299, 6-17.
- 13) 羽鳥謙三・寿丹晋吾(1958):関東盆地西縁の第四系地史(1), (2), 地質学雑, 64, 181-194, 232-249.
- 14) 樋口 雄(1964):千葉県ガス田地域における微化石層位学的研究, 東北大学理学部地質古生物教室邦文報告, 61, 1-48.
- 15) 伊田一善・石和田靖章・品田芳二郎(1961):日本油田ガス田図2, 横浜, 地質調査所.
- 16) 井波和夫(1981):房総半島における泥岩の物性について, 石油技術協会誌, 46, 149-158.
- 17) 石井基裕(1962):関東平野の基盤, 石油技術協会誌, 27, 615-640.
- 18) 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, 27, 68-77.
- 19) Ishiwada, Y.(1964): Benthonic foraminifera off the Pacific coast of Japan referred to biostratigraphy of the Kazusa Group, Rep. Geol. Surv. Japan, 205, 1-45.
- 20) 磯村泰治(1967):九十九里ガス田村随水の研究-主としてハロゲン類の分布について-, 岩鉱, 58, 188-200.

- 21) 伊藤公介ら(1976):川崎地区における地震波速度変化の観測,昭和51年度地震学会講演予稿集, No 1, 52.
- 22) 寿円晋吾(1966):多摩川流域における武蔵野台地南部の地質, (1), (2), 地学雑誌, 75, 185-199, 266-281.
- 23) 垣見俊弘・衣笠善博・木村政昭(編集)(1973):後期新生代地質構造図, 東京, 地質調査所.
- 24) 神奈川県(1955):神奈川県下の天然ガス地下資源, 神奈川県.
- 25) 菅野三郎・新井重三(1964):五日市盆地の第三系について, 秩父自然科学博物館研究報告, 12, 1-15.
- 26) 関東第四紀研究会(1970):南関東の下部更新統-多摩丘陵の三浦層群について-, 第四紀研究, 9, 93-100.
- 27) 関東第四紀研究会(1973):南関東の第四紀堆積盆地, 地球科学, 27, 102-111.
- 28) 笠原敬司(1976a):東京西部地区基盤調査について(1), 昭和51年度地震学会講演予稿集, No 1, 54.
- 29) 笠原敬司(1976b):東京西部地区基盤調査について, 国立防災科学技術センター昭和51年度研究発表会講演要旨, 34-37.
- 30) 笠原敬司・鈴木宏芳・高橋 博(1976):東京西部地区基盤調査について(2), 昭和51年度地震学会講演予稿集, No 2, 139.
- 31) 河井興三(1961):南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究, 石油技術協会誌, 26, 212-266.
- 32) 河井興三・福田 理(1973):日本地方鉱床誌, 関東地方, 朝倉書店, 352-409.
- 33) 川島真一・遠藤 毅(1972):武蔵野台地北部の深層地質について, 東京都土木技術研究所年報, 昭47, 101-115.
- 34) 川島真一・川合将文(1977):東京都東大和市における層序試錐結果について, 東京都土木技術研究所年報, 昭52, 393-407.
- 35) 川島真一・川合将文(1979):小金井市における層序試錐結果について, 東京都土木技術研究所年報, 昭54, 221-231.
- 36) 川島真一・川合将文(1980):武蔵村山市付近の地下地質, 東京都土木技術研究所年報, 昭55, 225-234.
- 37) 川島真一・川合将文(1983):東村山市における層序試錐結果と北多摩地区北部の帯水層の分布形態, 東京都土木技術研究所年報, 昭58, 177-188.
- 38) 菊池良樹(1962):横浜市保土ヶ谷地区の地下微化石層序, 石油技術協会誌, 27, 192-197.
- 39) 菊池良樹(1964):南関東の第三系および第四系の微化石層位学的研究, 東北大学理学部地質古生物学教室邦文報告, 59, 1-36.
- 40) 小玉喜三郎・岡 重文・三梨 昂(1979):1:50000地質図 三崎, 同説明書, 地質調査所.
- 41) Maiya, S., Saito, T. and Sato, T.(1976):Late Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy of northwest Pacific sedimentary sequence, Selected papers in Honor of Prof. Kiyoshi Asano, New York, Micropaleont. Press, 395-422.
- 42) 増田富士雄(1971):多摩丘陵の地質について, 地質学雑誌, 77, 153-164.

- 43) 松田博幸・羽田野誠一・星埜由尚(1977): 関東平野とその周辺の活断層と主要な構造性線状地形について, 地学雑誌, **86**, 92 - 109.
- 44) 三梨 昂・矢崎清貫(1958): 火砕鍵層による房総・三浦半島の新生代層の対比(1), 石油技術協会誌, **23**, 16 - 22.
- 45) 三梨 昂・矢崎清貫(1968): 日本油田ガス田図 6, 三浦半島, 地質調査所.
- 46) 三梨 昂ら(1976, 1979): 特殊地質図(20), 東京湾とその周辺地域の地質, 同説明書, 地質調査所.
- 47) 三梨 昂・垣見俊弘・鈴木尉元・小玉喜三郎・山内靖喜(1968): 房総・三浦両半島の地質構造と堆積構造, 地質見学案内書, 地質学会.
- 48) 三梨 昂・菊地隆男(1982): 1: 50000 地質図 横浜, 同説明書, 地質調査所.
- 49) 森 和雄(1969): 武蔵野台地および多摩丘陵北部の地下地質構造-とくにさく井検層記録による研究-, 地質調査所報告, **233**, 1 - 13.
- 50) 那須孝悌(1980): 植物相から見た日本の中期更新世, 第四紀研究, **19**, 217 - 224.
- 51) 新妻信明(1976): 房総半島における古地磁気層序学, 地質学雑誌, **82**, 163 - 181.
- 52) Oda, M(1977): Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Late Cenozoic sedimentary sequence, Central Japan, *Tohoku Univ. Sci. Rep., 2nd Ser.(Geol.)*, No.1, 1 - 72.
- 53) 生越 忠(1967, 1968): 軟体動物化石による房総・三浦両半島の新生代層の対比とそれに関連する諸問題, その1, その2, 石油技術協会誌, **36**, 323 - 328, **37**, 1 - 10.
- 54) 岡 重文・島津光夫・宇野沢昭・柱島 茂・垣見俊弘(1979): 1: 50000 地質図藤沢, 同説明書, 地質調査所.
- 55) 大西郁夫(1969): 房総半島・上総層群の花粉フロラ, 地球科学, **23**, 236 - 242.
- 56) 嶋 悦三・柳沢馬住・工藤一嘉・吉井敏尅・瀬尾和大・黒羽公明(1978): 東京の基盤構造 その3, 地震研究所彙報, **53**, 305 - 318.
- 57) 新藤静夫(1969): 武蔵野台地の地下地質, 地学雑誌, **78**, 449 - 470.
- 58) 須藤能光(1967): 日本における油田・ガス田塩水の地球化学的研究, 石油技術協会誌, **32**, 286 - 296.
- 59) 鈴木宏芳・池田隆司・御子柴正・木下繁夫・佐藤春夫・高橋 博(1981): 関東・東海地域における孔井検層資料集, 防災科学技術研究資料, **65**, 1 - 162.
- 60) 鈴木宏芳・高橋 博・福田 理(1983): 下総深層地殻活動観測井の作井と坑井地質, 国立防災科学技術センター研究速報, **48**, 1 - 61.
- 61) 多田 堯(1982): 関東平野の基盤構造と重力異常(I), 地震, **35**, 607 - 617.
- 62) 高橋 博(1982): 深層観測によって明らかにされた関東地方の微小地震活動の特性について, 国立防災科学技術センター研究報告, **28**, 1 - 104.
- 63) 高橋 博・福田 理・鈴木宏芳・田中耕平(1983): 岩槻深層地殻活動観測井の作井と坑井地質, 国立防災科学センター研究速報, **47**, 1 - 113.
- 64) 田中耕平・高橋 博・鈴木宏芳・寺島美南子(1978): 川崎微小地震観測井の坑井地質, 国立防災科学技術センター研究速報, **28**, 1 - 73.

- 65) 徳永重元・郷原保真・桑野幸夫(1949):多摩丘陵の地質, 資源科学研究所彙報, **14**, 43 - 60.
- 66) 徳永重元・大島秀明・伊藤良永(1977):花粉層序学の現状と問題点, 地学雑誌, **86**, 73 - 79.
- 67) 土 隆一(1983):我が国の新第三系の生層序・年代層序, 石油技術協会誌, **48**, 35 - 48.
- 68) Tsuchi, R. and Ibaraki, M.(1981):Kakegawa Area, In Tsuchi, R., ed., Neogene of Japan, 37 - 41.
- 69) 山水史生・高橋 博・後藤典俊・太田 裕(1981):やや深い構造のS波速度(Ⅲ)-府中2750m観測井における測定とまとめ-, 地震, **34**, 465 - 480.
- 70) 矢崎清貫・三梨 昂(1962):日本油田ガス田図3 横須賀, 地質調査所.

(1984年10月25日 原稿受理)