

千葉市の地下に分布する下総層群の層序： GS-CB-1 及び GS-CB-5 コアの調査概要

Stratigraphy of the Pleistocene Shimosa Group in the Chiba area: A preliminary report on GS-CB-1 and GS-CB-5 boreholes

納谷友規^{1*}・坂田健太郎¹・中澤 努¹

Tomonori Naya^{1*}, Kentaro Sakata¹ and Tsutomu Nakazawa¹

Abstract: Two drilling surveys were performed in Chiba City, Inage (GS-CB-1) and Mihama (GS-CB-5), with the aim of understanding stratigraphy of the middle to upper Pleistocene Shimosa Group beneath Chiba area, the northern part of Chiba Prefecture, central Japan. A number of sedimentary cycles and key tephra layers were recognized in the cores. The Shimosa Group shallower than the depth of 120m in this area can be divided into Yabu Formation, Kamiizumi Formation, Kiyokawa Formation, Yokota Formation, Kioyoshi Formation and Joso Clay. Altitude distribution of key tephra and each formation between the cores suggests a geological structure which is inclined towards the Tokyo Bay in this area.

Keywords: Shimosa Group, Chiba, drilling survey, subsurface geology, S-wave velocity

要旨

千葉地域の地下に分布する中-上部更新統下総層群の層序を明らかにするために、千葉市稲毛区 (GS-CB-1) と千葉市美浜区 (GS-CB-5) でボーリング調査を行った。ボーリングコアからは複数の堆積サイクルと鍵テフラ層を識別することができた。今回得られた層序学的知見に基づくと、本地域の地下 120 m 以浅の更新統は下位より、藪層、上泉層、清川層、横田層、木下層、常総粘土に区分される。コアにおける各累層の標高分布から、本地域には東京湾に向かって傾斜する地質構造が伏在することが推測される。

1. はじめに

関東地方には、浅海成から陸成の中-上部更新統の下総層群が広く分布する。下総層群は、模式地の房総半島においては地表に露出しており、それよりも内陸部に位置する関東平野中央部では最上部を除きほとんどの部分が地下に伏在している。下総層群

の層序は、露頭観察に基づき明らかにされ、姉崎地域が模式地とされている (徳橋・遠藤, 1984)。さらに近年では、千葉県北部から埼玉県東部の地下に分布する下総層群についてもボーリングコアの詳細な解析に基づき、房総半島の下総層群との高精度な層序対比がすすめられている (中澤・中里, 2005; 中澤・田辺, 2011; 納谷・安原, 2014 など)。東京湾北縁に位置する千葉県千葉市の沿岸部は、関東平野中央部と同様に、下総層群の大部分が地下に伏在している。従来からこの地域には、東京湾に向かって深く傾斜する地質構造が推定されてきた (菊地, 1980; 鈴木ほか, 1995)。しかし、これまでボーリングコアを詳細に検討した例は少なく、層序について知見が乏しかったため、層序と地質構造については不明な点が多い。本研究では、千葉県千葉市の沿岸部において掘進長 110 m と 120 m のオールコアボーリングを 2 カ所で実施しコア観察を行った (第 1 図)。本稿では、2 本のコア観察で明らかになった下総層群の層序の概要について報告する。

* Correspondence

¹ 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)



第 1 図 ボーリング調査地点.

基図には 20 万分の 1 日本シームレス地質図（詳細版）（産業技術総合研究所地質調査総合センター編，2015）を用いた。凡例の説明：22 及び 23（緑色），更新統；6 及び 7（薄黄色），更新統～完新統；10（水色），完新統，1（白色），埋立地

Fig.1 Location of the drilling sites.

Base map is after Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000), Geological Survey of Japan, AIST (2015).

Legend 22 and 23 (green): Pleistocene, Legend 6 and 7 (light yellow): Pleistocene to Holocene, Legend 10 (light blue): Holocene, Legend 1 (white): reclaimed land.

2. 地質概説

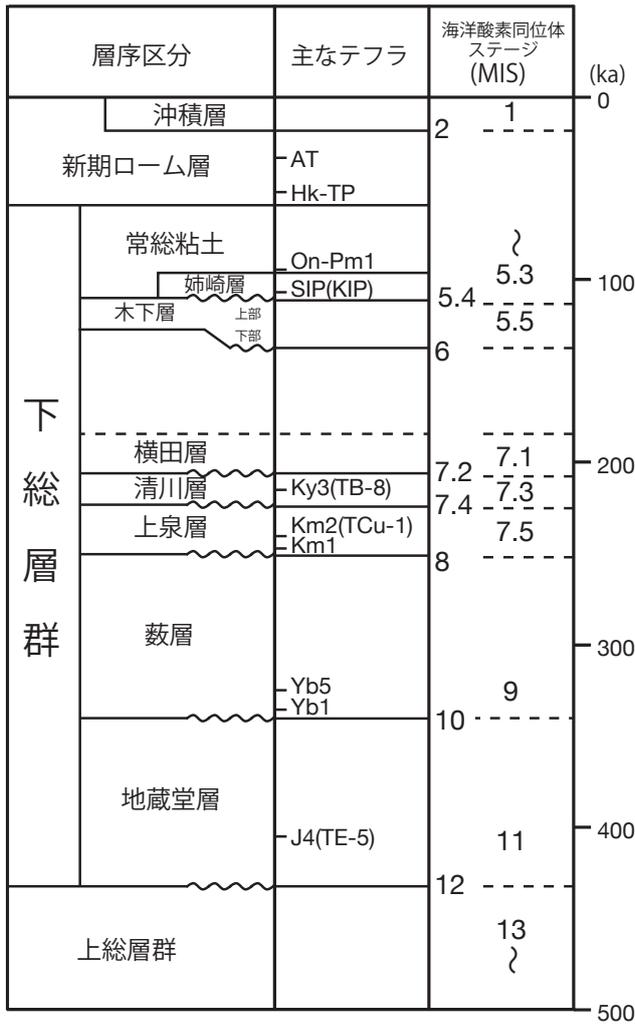
房総半島に分布する中～上部更新統下総層群は下位より地蔵堂層，藪層，上泉層，清川層，横田層，木下層，姉崎層，および常総粘土に区分される（徳橋・遠藤，1984）（第 2 図）。それぞれの累層は，海水準変動を反映した 1 回の海進・海退に対応した堆積サイクルに相当するとされる。下総層群の堆積年代は海洋酸素同位体ステージ（MIS）12～5.3 とされる（中里・佐藤，2001）。このうち，地蔵堂層から木下層は浅海成層を主体とし，しばしば最下部に陸成層を伴う。姉崎層と常総粘土はそれぞれ陸成層から構成される。

3. ボーリングコアの概要

今回の解析に使用したボーリングコアは，千葉県千葉市稲毛区の千葉県総合スポーツセンター敷地内と美浜区アクアリンクちば敷地内で掘削された。千葉県総合スポーツセンターは台地上の下総上位面に位置し，アクアリンクちばは沿岸の埋め立て地上に位置する。掘削地点の詳細は以下の通りである。

GS-CB-1 コア

千葉市稲毛区（千葉県総合スポーツセンター）
35° 38' 35.48" N, 140° 7' 2.97" E



第2図 更新統下総層群の層序概要
海洋酸素同位体比ステージと下総層群の対比は中里・佐藤(2001)に基づく
Fig.2 A stratigraphic summary of the Pleistocene Shimosa Group.
Correlation of Marine oxygen Isotopic Stages (MIS) and each formation is based on Nakazato and Sato (2001).

孔口標高：T.P.+27.37 m

掘進長：120.0 m

GS-CB-5 コア

千葉市美浜区新港（アクアリンクちば）

35° 36′ 35.48″ N, 140° 4′ 17.10″ E

孔口標高：T.P.+4.30 m

掘進長：110.0 m

コア試料の掘削と採取には、内管に VU75 規格の塩化ビニール管を挿入した 116 mm 径のトリプルチューブサンプラーを用いた。採取したコア試料は実験室にてワイヤーまたは岩石カッター付きコアカッターを用いて半割し、半割面の詳細な観察を行った。

掘削終了後には、掘削孔を用いて PS 検層（弾性波速度検層）、密度及びキャリパー（孔径）検層を行った。PS 検層は、地盤工学会基準（案）JGS1122 に準拠し、孔内水位より深い部分についてはサスペンション法を、孔内水位より浅い部分についてはダウンホール法を採用した。測定間隔は 1 m とした。サスペンション法には、応用地質株式会社製の MODEL-3302, MODEL-3331 (PS LOG 170) を用い、ダウンホール法では、孔内受振器に同社製の MODEL-3315 を用いた。密度及びキャリパー検層には、応用地質株式会社製のジオロガー 3030 (MARK-2) システムを用いた。

4. コア記載

GS-CB-1 及び GS-CB-5 コアの下総層群について、層相、テフラ、物性の記載を行う。第3図には、GS-SB-5 コアの柱状図と物性値を示す。GS-CB-1 の柱状図及び物性値については中澤ほか(2014)に掲載されているので、ここでは省略した。また、GS-CB-5 の深度 19.35 m 以浅には沖積層が観察されるが、この部分については本報告書の別稿（宮地ほか, 2016）にて報告されている。テフラの特徴については、第1表にまとめた。

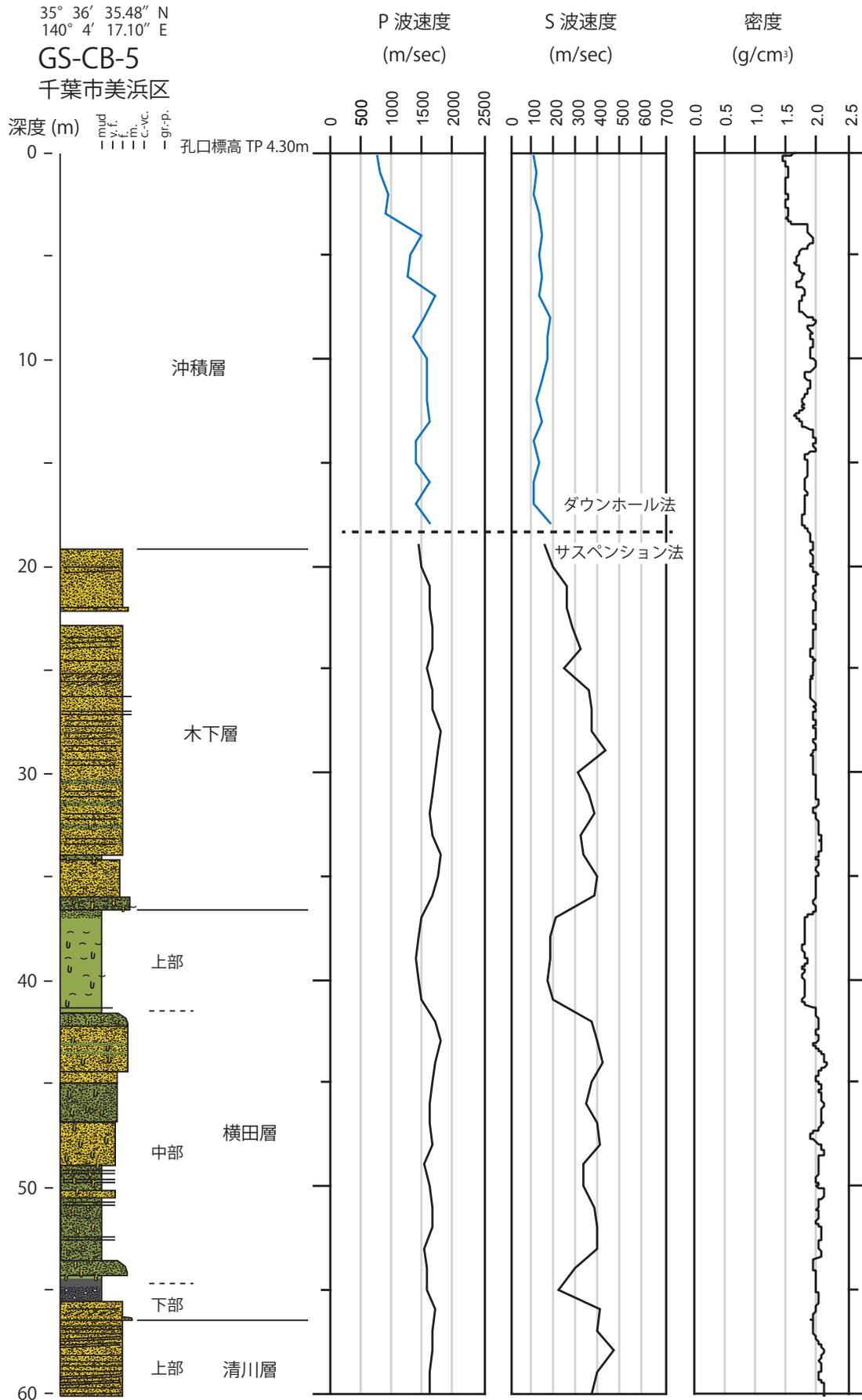
4.1 菽層

GS-CB-1：深度 120（孔底）～ 100.87 m

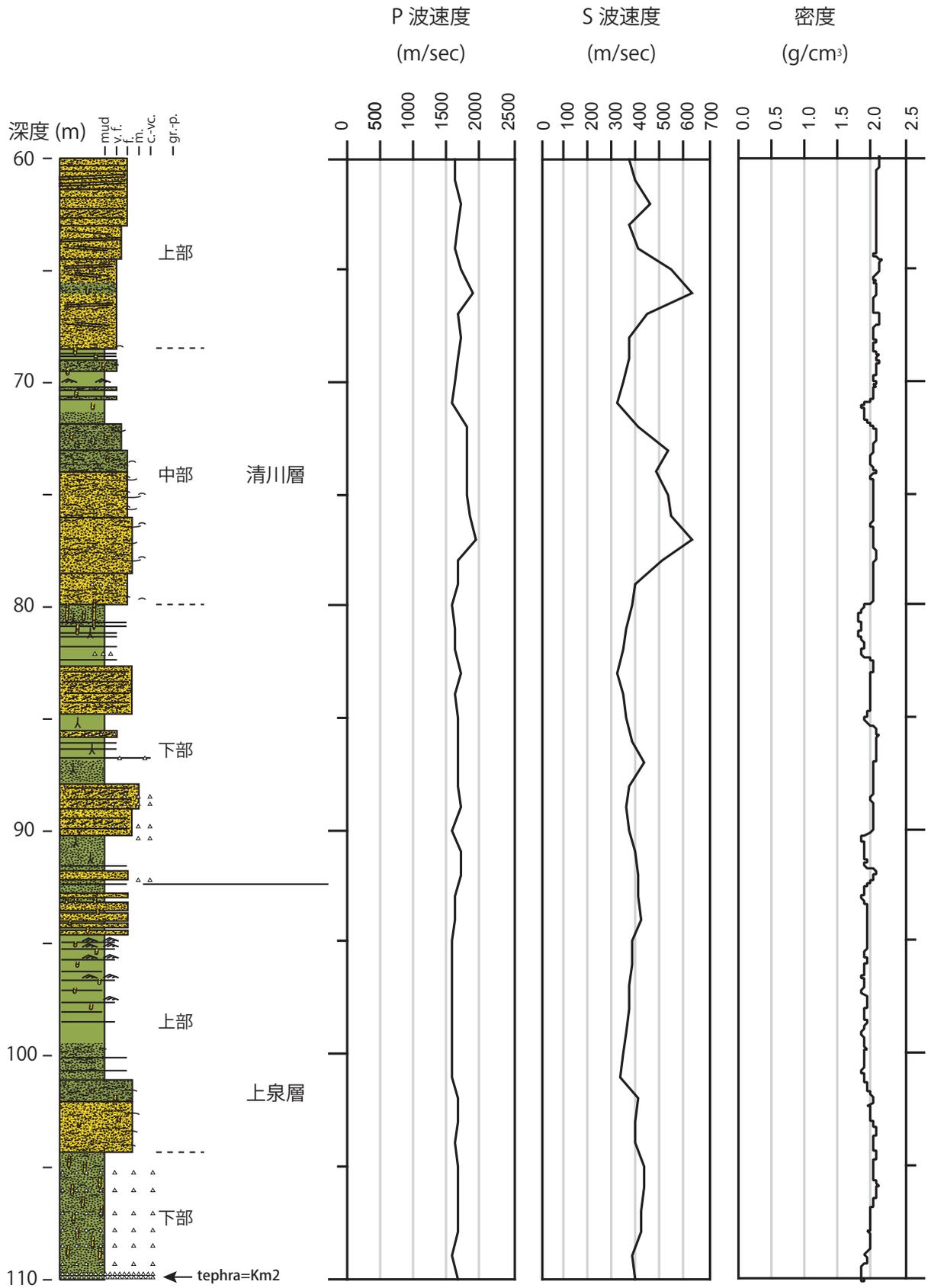
GS-CB-5：-

層相：今回検討したコアでは GS-CB-1 コアの最下部に 10 m 程度が観察された。観察された範囲の下部は貝殻片を含み生物擾乱を受けた泥層からなり、その上位は貝殻片を含む極細粒砂層、さらに上位は平行葉理が発達した細粒砂層に移行し、最上部には白斑状生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が多産する。

テフラ：深度 115.07 ～ 115.08 m には細粒砂サイズの軽石からなる層厚約 1 cm のテフラ層を挟在する。重鉱物は普通角閃石、磁鉄鉱、カミングトン閃石を含む。普通角閃石の屈折率 (n_2) は、1.664 ～ 1.672 を示し、カミングトン閃石の屈折率 (n_2) は、1.656 ～ 1.662 (1.658) (括弧内はモード、以下同様) を示す。軽石の火山ガラスの屈折率は 1.500 ～ 1.503 (1.501) である。重鉱物組成と角閃石、カミングトン閃石、火山ガラスの屈折率の特徴は、菽層に挟在する Yb5 テフラのそれにほぼ一致し（町田・新井, 2003）、本テ



第 3 図 GS-CB-5 (千葉市美浜区) コアの層相と検層結果.
Fig.3 Sedimentary facies and borehole logs of GS-CB-5 core.



第 1 表 GS-CB-1, GS-CB-5 コアに挟むテフラの記載岩石学的特徴.
Table 1 Petrologic characteristics of intercalated tephra layers in GS-CB-1 and GS-CB-5 cores.

コア	深度 (m)	産状	粒径	試料採取深度 (m)	重鉱物その他	屈折率			g形状	対比	
						opx (γ)	ho (h _z)	cum (h _c)			
GS-CB-1	115.07-115.08	白色バミミス	fs	115.07-115.08	ho > mg > cum / gl opx > mg, cpx	1.715-1.722 (1.719)	1.664-1.672	1.500-1.503 (1.501)		Yb5	
GS-CB-1	93.55-94.01	白色～灰色バミミス < 10mm		93.94-93.97 93.84-93.87 93.77-93.80 93.65-93.68	opx > mg >> cpx opx > mg >> cpx opx > mg >> cpx opx > mg >> cpx	1.714-1.721 (1.718-1.719)	1.667-1.669, 1.675, 1.682-1.691, 1.698	1.499-1.502 (1.500-1.501)	多孔>>平板	On-Pml?; K-Tz?	
						1.711-1.721 (1.719-1.720)					1.680-1.696
						1.714-1.721 (1.717-1.718)					
GS-CB-1	9.01-9.12	白色バミミス・スユリア	f-ms	9.08-9.09	opx, cpx, mg	1.704-1.707 (1.706), 1.711-1.714				KIP	
GS-CB-1	8.78-8.88	白色バミミス・ゴマシオ	fs	8.85-8.87 8.79-8.82	opx > cpx, mg opx, cpx, mg	1.706-1.712 (1.708)	1.677-1.692 (1.682-1.683)	1.498-1.502	多孔	On-Pml?; K-Tz?	
						1.707-1.712 (1.708-1.711)					
GS-CB-1	8.65-8.76	粘土化した黄色バミミス < 4mm		8.73-8.75 8.67-8.68	opx, cpx opx, cpx	1.705-1.711 (1.707)	1.667-1.669, 1.675, 1.682-1.691, 1.698	1.499-1.502 (1.500-1.501)	多孔>>平板	On-Pml?; K-Tz?	
						1.699-1.701, 1.706-1.709 (1.707-1.708)					
GS-CB-1	6.50-6.72	粘土化した黄色バミミス < 数mm?		6.64-6.65 6.59-6.61 6.53-6.55	ho, mg > opx (風化) / qz, ひる石 ho > opx (風化), mg / qz ho > opx (風化), mg >> cum? / qz	1.706-1.712 (1.709)	1.677-1.692 (1.682-1.683)	1.498-1.501 (1.499-1.500)	多孔>平板	On-Pml?; K-Tz?	
						1.706-1.715					
						1.707-1.714 (1.709)					
GS-CB-5	109.80-110.00	白色～灰色バミミス < 15mm		109.97-109.99 109.88-109.90	opx, cpx, mt opx, cpx, mt	1.713-1.724 (1.706, 1.720-1.722)	1.714-1.724 (1.718)			Km2	
						1.714-1.724 (1.718)					

fs: 細粒砂サイズ, ms: 中粒砂サイズ, opx: 斜方輝石, cpx: 単斜輝石, ho: 普通角閃石, cum: カミングトン閃石, mg: 磁鉄鉱, qz: 石英, gl: 火山ガラス

フラは Yb5 テフラに対比される。

物性：P 波速度は 1,600 ～ 1,700 m/sec, S 波速度は 380 ～ 420 m/sec, 密度は 1.7 ～ 1.8 g/cm³ 程度であり, それぞれ大きな変化はない。

4.2 上泉層

GS-CB-1：深度 100.87 ～ 79.70 m

GS-CB-5：深度 110.00 (孔底) ～ 92.70 m

層相：最下部は植物根化石を含む泥層を主体とする。その上部は貝殻片を含み生物擾乱の発達した泥層～砂質泥層が観察され, 下位の泥層との境界付近には, 後述する軽石質テフラ (Km2 テフラに対比される) を挟む。上部の基底は貝殻片が密集した砂層からなり, その上位は貝殻片を含み生物擾乱が発達した泥層～砂質泥層からなり薄い砂層を挟む。

テフラ：本層の下部には 1 ～ 15 mm 径の白～灰色軽石からなるテフラ層が挟む。GS-CB-1 コアでは深度 94.01 ～ 93.55 m で層厚 46 cm, GS-CB-5 コアでは深度 109.80 m ～ボーリング孔底に認められ, 層厚は 20 cm 以上であるが正確な層厚は不明である。重鉱物は斜方輝石, 単斜輝石, 磁鉄鉱を含む。斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.711 ～ 1.722 (1.717 ～ 1.719) である。テフラの層相, 鉱物組成, 斜方輝石の屈折率の特徴は, 上泉層の Km2 テフラのそれにほぼ一致しており (中里・佐藤, 1988), 本テフラは Km2 テフラに対比される。GS-CB-5 コアの最下部の試料は, 少し高い斜方輝石の屈折率 (γ) 1.713 ～ 1.724 (1.706, 1.720 ～ 1.722) を示す。

物性：P 波速度は 1,500 ～ 1,700 m/sec, S 波速度は 300 ～ 470 m/sec, 密度は 1.8 ～ 2.1 g/cm³ 程度である。

4.3 清川層

GS-CB-1：深度 79.70 ～ (49.90) 44.20 m

GS-CB-5：深度 92.70 ～ 56.45 m

層相：本層の下部は, 植物根化石を含む泥層と斜交層理が発達した砂層の互層からなる。中部は両コア間で層相の違いがみられる。すなわち GS-CB-1 コアでは, 貝殻片を含む斜交層理を呈する細粒砂層からなるのに対し, GS-CB-5 コアでは, 貝殻片を大量に含む細粒砂層の上位に貝殻片を含み生物擾乱が認められる砂質泥層～泥層からなる。上部は, 貝殻片を含む砂層とその上位に斜交層理と平行葉理が発達する分級の良い砂層

からなる。

物性：P 波速度は 1,500 ～ 2,200 m/sec, S 波速度は 310 ～ 1,000 m/sec, 密度は 1.8 ～ 2.2 g/cm³ 程度である。本層中の貝殻密集層では, S 波速度は 600 ～ 1,000 m/sec と高い値を示す。

4.4 横田層

GS-CB-1：深度 44.20 ～ 33.03 m

GS-CB-5：深度 56.45 ～ 36.67 m

層相：本層の層相はコアによって違いが見られる。GS-CB-1 コアでは平行葉理が発達し生物擾乱が見られる細粒砂からなるのに対し, GS-CB-5 コアでは, 下部は有機質泥からなり, 中部は貝殻片を含み生物擾乱が認められる泥層, 砂質泥層, 砂層からなり, 上部は貝殻片を含む泥層からなる。

物性：P 波速度は 1,400 ～ 1,700 m/sec, S 波速度は 170 ～ 500 m/sec, 密度は 1.6 ～ 2.2 g/cm³ 程度である。GS-CB-5 コアの本層下部と上部の泥層では, S 波速度は 170 ～ 220 m/sec と低い値を示す。

4.5 木下層

GS-CB-1：深度 33.03 ～ 9.25 m

GS-CB-5：深度 36.67 ～ 19.35 m

層相：本層は, 分級の良い中粒～細粒砂からなり, 下部では貝殻片が多産する。GS-CB-1 コアでは, 最上部に白斑状生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が多産する。

物性：P 波速度は 1,500 ～ 1,800 m/sec, S 波速度は 160 ～ 540 m/sec, 密度は 1.7 ～ 2.1 g/cm³ 程度である。S 波速度が 200 m/sec を下回る低い値を示すのは, GS-CB-5 コアの本層最上部, 沖積層との境界付近である。

4.6 常総粘土及び新期ローム層

GS-CB-1: 深度 9.25 ～ 4.33 m (常総粘土), 4.33 ～ 0.33 m (新規ローム層)

GS-CB-5 :-

層相：木下層の上位には, 植物根化石が観察される有機質粘土や凝灰質粘土～泥質砂からなる常総粘土と, 褐色～暗褐色を呈する火山灰質土からなる新期関東ローム層が分布する。常総粘土には複数の軽石質テフラ層が挟まる。

テフラ：本層の最下部付近の有機質粘土の中には 3 層

の軽石質テフラが挟まる。深度 9.01 ～ 9.12 m には, 細粒砂サイズの粘土化した白色パミスとスコリアからなるテフラ層を挟在する。重鉱物は斜方輝石, 単斜輝石, 磁鉄鉱を含む。斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.704 ～ 1.707 (1.706), 1.711 ～ 1.714 である。深度 8.78 ～ 8.88 m には, 細粒砂サイズの白色パミスと重鉱物を多く含み, ゴマシオ状の層相を呈するテフラ層を挟在する。重鉱物は斜方輝石, 単斜輝石, 磁鉄鉱を含む。斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.706 ～ 1.712 (1.708) あるいは 1.707 ～ 1.712 (1.708 ～ 1.711) を示す。深度 8.65 ～ 8.76 m には, 最大径 4 mm 程度の粘土化した黄色パミスからなるテフラ層を挟在する。重鉱物は斜方輝石と単斜輝石を含む。斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.705 ～ 1.711 (1.707), 1.699 ～ 1.701, 1.706 ～ 1.709 (1.707 ～ 1.708) を示す。これら 3 つのテフラに含まれる斜方輝石の屈折率の範囲は 1.699 ～ 1.714 であり, 大磯丘陵の KIP テフラ群 (町田, 1971; 新井ほか, 1977) に対比される可能性が高い。

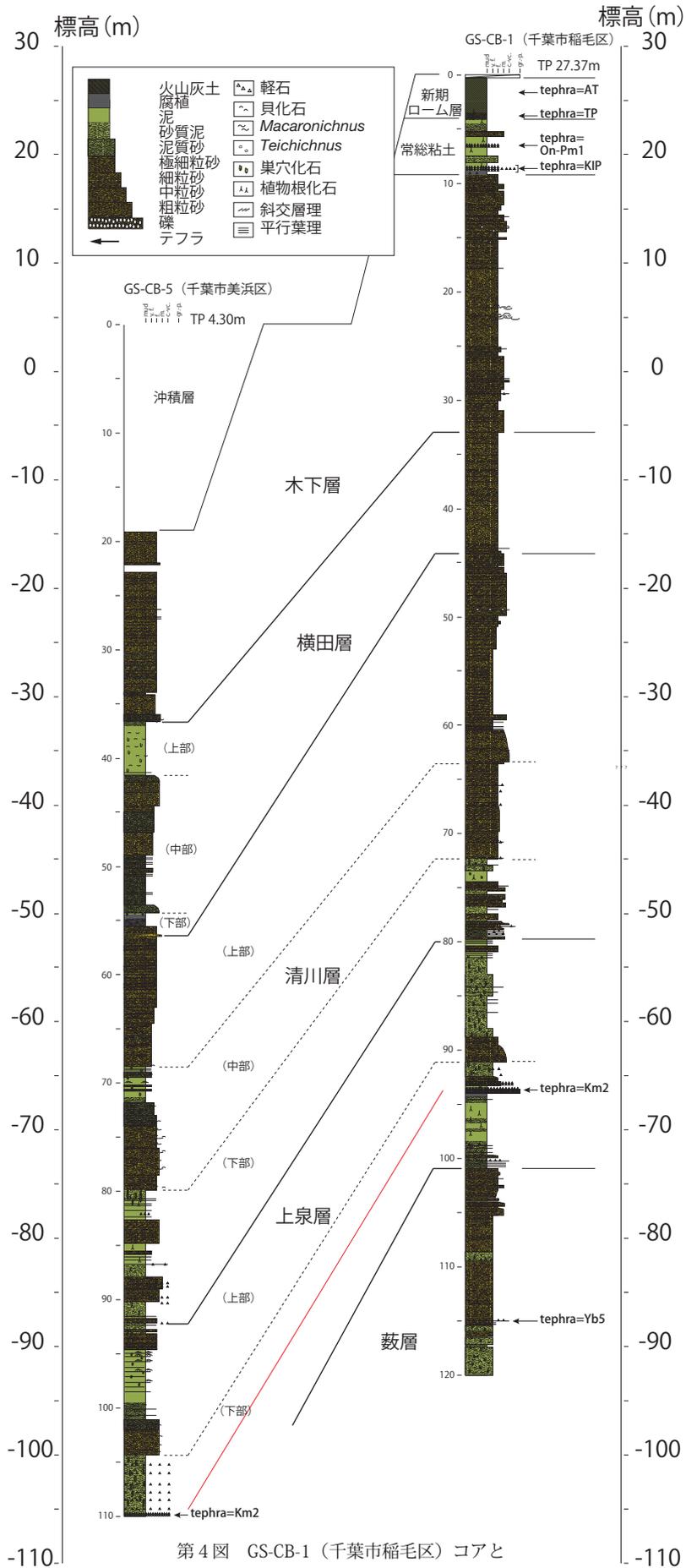
深度 6.50 ～ 6.72 m には, 最大径数 mm 程度の粘土化した黄色パミスからなるテフラ層を挟在する。重鉱物は, 普通角閃石, 風化した斜方輝石, 磁鉄鉱を含み, その他鉱物としては石英を多く含み, 火山ガラスをわずかに含む。普通角閃石の屈折率 (n_2) は 1.667 ～ 1.669, 1.675, 1.682 ～ 1.691, 1.698 や 1.680 ～ 1.696 や 1.677 ～ 1.692 (1.682 ～ 1.683) を示し, 斜方輝石の屈折率 (γ) は, 1.706 ～ 1.712 (1.709), 1.706 ～ 1.715, 1.707 ～ 1.714 (1.709) を示す。重鉱物の特徴から, 普通角閃石の部分は御岳第一テフラ (On-P m1) (町田・新井, 2003) に対比される可能性が高い。ただし, 本テフラには石英とわずかに火山ガラスを含む。火山ガラスの屈折率は, 1.498 ～ 1.502 (1.499 ～ 1.501) 示し, On-P m1 の値より低い値を示すので, 鬼界-葛原テフラ (K-Tz) を含む可能性がある。

物性：P 波速度は 970 ～ 1600 m/sec, S 波速度は 100 ～ 290 m/sec, 密度は 1.4 ～ 1.7 g/cm³ 程度である。

5. 考察

両コアの層序対比

前述したように, 下総層群の各累層は 1 回の海進-海退に対応した堆積サイクルから構成される。多く



第 4 図 GS-CB-1 (千葉市稲毛区) コアと GS-CB-5 (千葉市美浜区) コアの対比。
Fig.4 Correlation of GS-CB-1 and GS-CB-5 cores.

の場合、堆積サイクルは、陸成層の泥層および砂層からなる下部、海成層の砂質泥層あるいは泥質砂層からなる中部、分級の良い砂層からなり最上部にしばしば白斑状生痕化石 *Macaronichnus segregatis* を伴う上部から構成される。それぞれの堆積サイクルを構成する層相は類似しているため、層相のみでは識別することが困難である。そこで、各累層に挟まる指標テフラが、下総層群の各累層を模式地と対比するための重要な鍵となる。今回検討したコアからは、藪層の Yb5 テフラと上泉層の Km2 テフラに対比されるテフラが確認された。これらテフラ鍵層に基づくと、GS-CB-1 コアの最下部は藪層に、その上位のサイクルは上泉層に、さらに、GS-CB-5 コアの最下部のサイクルも上泉層にそれぞれ確実に対比される。この上位には層序の指標となるテフラは見出されていないが、堆積サイクルに従って、下位より清川層、横田層、木下層にそれぞれ対比することができた。

GS-CB-1 と GS-CB-5 コア間における各累層の分布深度は、GS-CB-1 に比べ GS-CB-5 において各累層が低い標高に分布する（第 4 図）。例えば、上泉層の Km2 テフラの層準は、GS-CB-1 コアでは、標高 -66.64 ~ -66.18 m（深度 94.01 ~ 93.55 m）に分布するのに対して、GS-CB-5 コアでは、標高 -105.5 ~ -115.7 m（深度 109.80 ~ 120.0 m）に分布し、その標高差は 40 m 以上である。このことは、台地に位置する GS-CB-1 と低地に位置する GS-CB-5 の間に、低地側に向かって標高が低くなる地質構造が伏在することを示唆する。

今後は、周辺のコアの対比を進めることで、その層序対比に基づいてより広範囲の地質構造を明らかになることが課題となる。特に、上泉層よりも上位では指標となるテフラが見つからないことに加え、横田層については陸上の模式地においてもその分布と層序に関する情報が不足しており、今後十分な検討が必要であろう。その際は、花粉化石群集など他の層序指標も合わせて検討することで、より確実な対比を行うことが期待される。

文献

- 新井房夫・町田 洋・杉原重夫（1977）南関東における後期更新世の指標テフラ層。第四紀研究，16，19-40.
- 菊地隆男（1980）古東京湾。アーバンクボタ，no. 18，16-21.
- 町田 洋（1971）南関東のテフロクロノロジー（I）—下末吉期以降のテフラの起源及び層序年代について—。第四紀研究，10，1-20.
- 町田 洋・新井房夫（2003）新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺。東京大学出版会，東京，336p.
- 宮地良典・小松原純子・中島 礼（2016）千葉県北西部の沖積層基準ボーリング調査（平成 27 年度掘削試料とその対比）。産業技術総合研究所地質調査総合センター速報，本報告書。
- 中里裕臣・佐藤弘幸（1988）下総層群上泉層中の Km2 テフラ。地質学雑誌，94，793-796.
- 中里裕臣・佐藤弘幸（2001）下総層群の年代と“鹿島”隆起帯の運動。第四紀研究，40，251-257.
- 中澤 努・中里裕臣（2005）関東平野中央部に分布する更新統下総層群の堆積サイクルとテフロクロノロジー。地質学雑誌，111，87-93.
- 中澤 努・田辺 晋（2011）野田地域の地質。地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），産総研地質調査総合センター，72p.
- 中澤 努・長 郁夫・納谷友規・小松原純子・宮地良典（2014）首都圏の基準ボーリング調査及び常時微動測定。産業技術総合研究所地質調査総合センター速報，no.66，207-228.
- 納谷友規・安原正也（2014）鴻巣地域の地質。地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），産総研地質調査総合センター，82p
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター（編）（2015）20 万分の 1 日本シームレス地質図 2015 年 5 月 29 日版。産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 鈴木尉元・小玉喜三郎・三梨 昂・岡 重文・ト部厚志・遠藤 毅・堀口万吉・江藤哲人・菊地隆男・山内靖喜・中島輝允・徳橋秀一・楡井 久・原雄・中山俊雄・那須紀幸・加賀美英雄・木村政昭・本座栄一（1995）東京湾とその周辺地域の地質（第 2 版）説明書。特殊地質図（20），地質調査所，109p.
- 徳橋秀一・遠藤秀典（1984）姉崎地域の地質。地域地質研究報告（5 万分の 1 図幅）。地質調査所，135p.