

松戸市の地下に分布する下総層群の層序 : GS-MD-1 コアの調査概要 Stratigraphy of the Pleistocene Shimosa Group in the Matsudo area: A preliminary report on GS-MD-1 core

納谷友規^{1*}・坂田健太郎¹・中澤 努¹
Tomonori Naya^{1*}, Kentaro Sakata¹ and Tsutomu Nakazawa¹

Abstract: Drilling survey was performed in Matsudo City in order to understand stratigraphy of the middle to upper Pleistocene Shimosa Group beneath this area, and 125 m long GS-MD-1 core was obtained. A number of sedimentary cycles and key tephra layers were distinguished in the core based on detailed sedimentary facies observation. The Shimosa Group shallower than the depth of 125 m in this area can be divided into Jizodo Formation, Yabu Formation, Kamiizumi Formation, Kiyokawa Formation, Kioroshi Formation and Joso Clay from the lower order.

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

要 旨

松戸地域の地下に分布する下総層群の層序を明らかにすることを目的として、松戸市六高台にて掘進長 125 m のボーリング調査 (GS-MD-1) を行った。層相の詳細な観察によって、ボーリングコアには複数の堆積サイクルが累重することが明らかになるとともに、複数の鍵テフラ数を識別することができた。これらの層序学的知見から、本地域の深度 125 m 以浅には下総層群が分布しており、下位より、地蔵堂層、藪層、上泉層、清川層、木下層、常総粘土に区分されることが分かった。

1. はじめに

筆者らは、千葉県北部地域の地下に分布する下総層群の層序を明らかにすることを目的としてボーリングコアの解析を行ってきた。これまでに、東京湾北縁の臨海部に位置する船橋市地域 (GS-FB-1, GS-FB-2, GS-FB-3 コア: 中澤ほか, 2014) 千葉市地域 (GS-CB-1, GS-CB-5 コア: 納谷ほか, 2016) で掘進長 120 m に達するボーリング調査を実施して、詳細な層相の記載とテフラの対比に基づき地下層序を明らかにするとともに、ボーリング孔を使った物理検層を実施して地盤の物理特性を明らかにしてきた (第 1 図)。また、千葉県北部の柏市～流山市地域においても、GS-KW-2 コア (中澤・田辺, 2011) や GS-NY-1 コア (中澤ほか, 2014) などのボーリング調査が実施された (第 1 図)。

一方、千葉県松戸市周辺は、これまでボーリング調査がされてこなかった地域であり地下の層序に関する

情報が不足している。そこでこの地域の下総層群の層序を明らかにすることを目的として、千葉県松戸市において、掘進長 125 m のボーリング調査を新たに実施して、コア観察と物理検層を行った (第 1 図)。本稿では、このボーリング調査で明らかになった松戸市の地下における下総層群の層序の概要について報告する。

2. 地質概説

房総半島には中一上部更新統の下総層群が露出している。徳橋・遠藤 (1984) は姉崎地域の下総層群を下位より地蔵堂層、藪層、上泉層、清川層、横田層、木下層、姉崎層、及び常総粘土に区分した (第 2 図)。下総層群のそれぞれの累層は、海水準変動を反映した一回の海進・海退に対応した堆積サイクルに相当すると考えられており、海洋酸素同位体ステージ (MIS) 12～5.3 の期間に堆積したと考えられている (中里・佐藤, 2001)。このうち、地蔵堂層から木下層の各累層は浅海で堆積した地層を主体とし、しばしば最下部には陸成層がみられる。姉崎層と常総粘土はそれぞれ陸成層である。千葉県北東部の東京湾沿岸地域や野田地域では、房総半島と同様の層序が認められているが最上部を除き大部分は地下に伏在している (中澤・田辺, 2011; 中澤ほか, 2014; 納谷ほか, 2016)。

3. ボーリング調査の概要

今回の解析に使用したボーリングコアは、千葉県松戸市六高台のスポーツ公園敷地内で掘削された。掘削

*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.

ベースマップには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 Locations of the drilling sites.

Base map taken from 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.

地点は台地上の下総上位面(杉原,1970)に位置する(第1図).

GS-MD-1

松戸市六高台(スポーツ公園)

35°47'49.00"N, 139°58'57.47"E

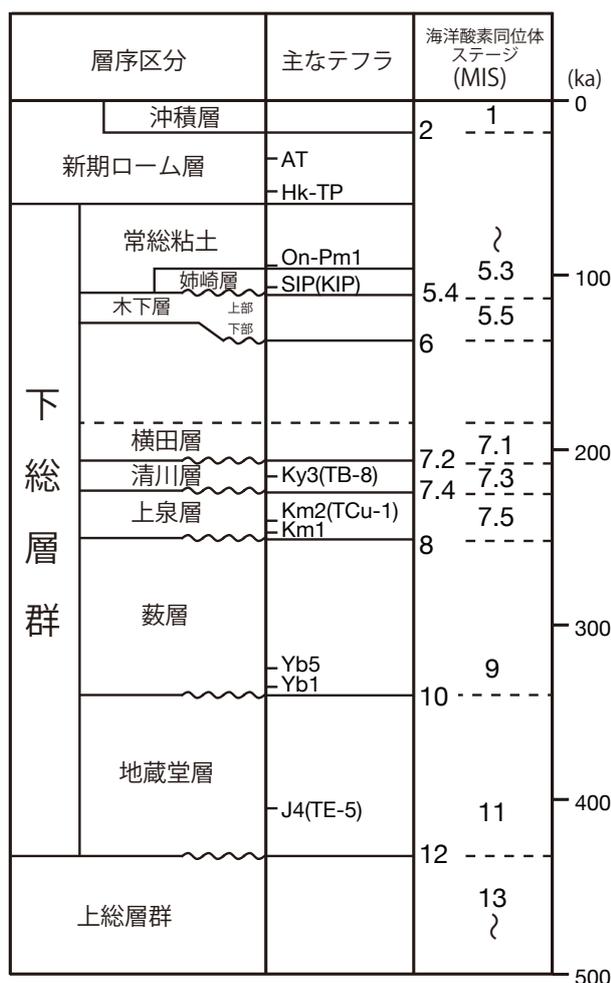
孔口標高:T.P.+28.94 m

掘進長:125.0 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116mm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,半断面の詳細な観察を行った.

ケーシング挿入前及び掘削終了後には,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JGS1122-2012に準拠して行い,孔内水位よりも深い部分については孔内起振受振方式(以下,サスペンション法と呼ぶ)を,孔内水位より浅い部分についてはダウンホール方式を採用した.測定間隔は1mとした.サスペンション法では,測定器に応用地質株式会社製のModel-3360Cを,プローブに同社製のModel-3348A,3385,3387A,3382B,3386A,3302Wを用いた.ダウンホール方式では,探鉱器にサンコーコンサ



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 Stratigraphic summary of the Pleistocene Shimosa Group.
Correlation of each formation with marine oxygen isotopic stages (MIS) is based on Nakazato and Sato (2001).

ルタント株式会社製の DSS-12 を、孔内3成分受振器に
応用地質株式会社製の Model-3033 を用いた。密度及び
キャリパー検層では、観測器に応用地質株式会社製の
Geologger-DSS Model-3420 を、密度・孔内検層プローブ
に、同社製の Model-3471A を、線源ホルダーに同社製
の Model-3940 を用いた。

4. コア記載

GS-MD-1 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図にはコアの柱状図と物性値
を示す。テフラの特徴については第1表にまとめた。

4.1 地藏堂層

深度：125.0 (孔底) ~ 93.02 m

層相：下部、中部、上部に分けられる。下部は、観察
できた範囲では生物擾乱の発達した泥質砂層~砂質泥
層を主体とし、部分的に貝殻片が観察される。中部は
斜交葉理が発達した細粒~中粒砂層からなり、薄い
泥層を挟むことがある。上部は中粒砂~極粗粒砂の
砂層からなりしばしば中礫を含む。白斑状生痕化石
Macaronichnus segregatis が多産する。

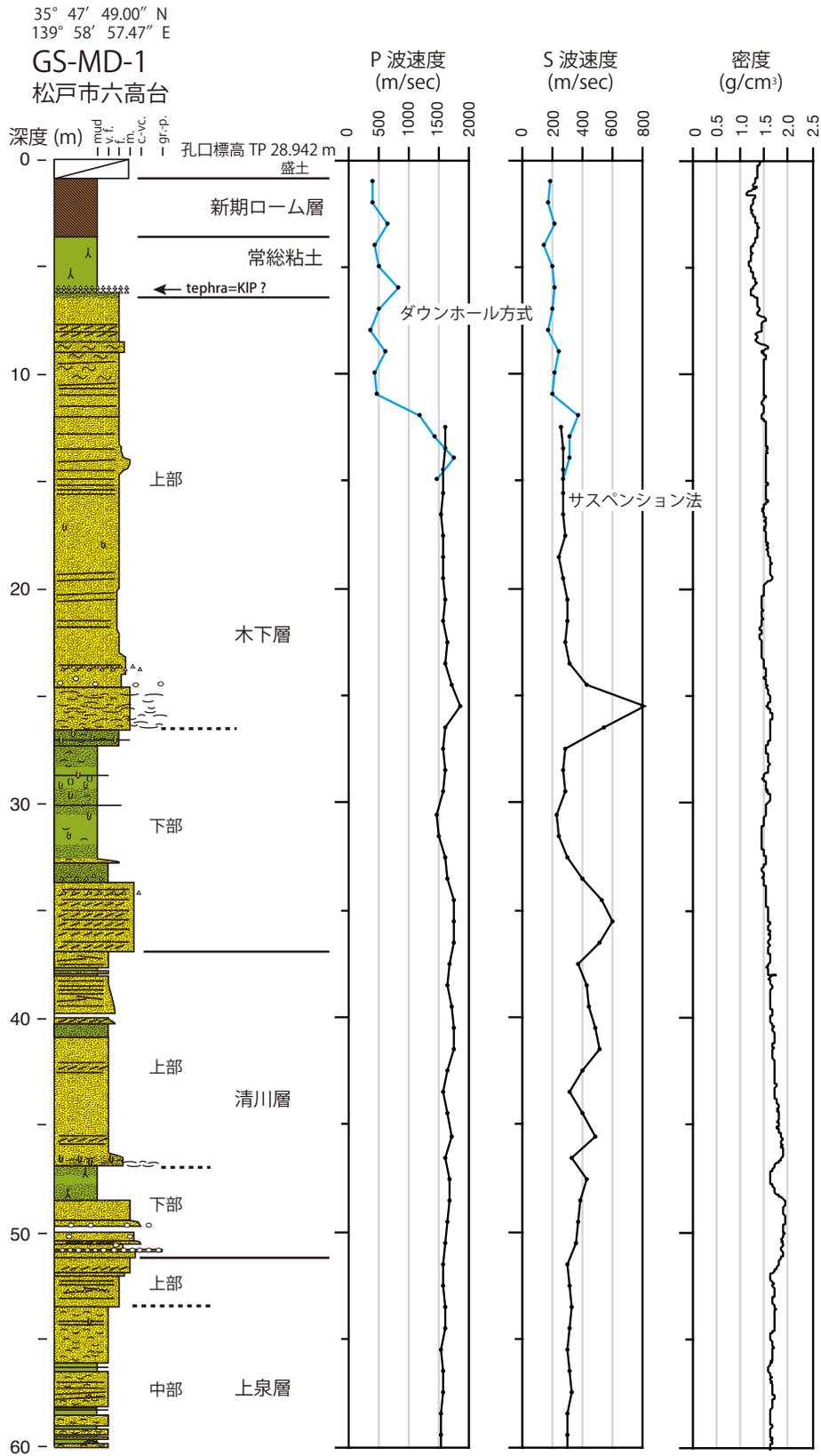
テフラ：本層下部の深度 118.13 ~ 118.15 m には、砂質
泥層に発達した生痕を充填する産状を示す細粒テフラ
が観察される。このテフラは、火山ガラスを主体とし、
重鉱物は黒雲母を多く含むほか、少量の普通角閃石、
斜方輝石、単斜輝石を含む。火山ガラスの屈折率 (n)
は 1.498 を示し、普通角閃石の屈折率 (n₂) は 1.666 ~
1.675 (1.670), 1.692 (括弧内はモード、以下同様) を示
す。黒雲母を多く含むこと、火山ガラスの屈折率、そ
して普通角閃石の屈折率の特徴は、大磯丘陵の中部更
新統に挟まる TE-5 テフラ (町田・新井, 2003) の特徴
と類似する。TE-5 テフラは下総層群地藏堂層の J4 テフ
ラに対比される (徳橋・遠藤, 1984)。なお、TE-5 テ
フラは下位の TE-5a と上位の TE-5b という2枚の異なる
テフラ層からなり、さらに TE-5a と TE-5b では普通
角閃石の屈折率が異なり、前者が 1.686 ~ 1.694 と比較
的高く後者が 1.669 ~ 1.674 と低いことが知られている
(町田・新井, 2003)。今回測定された普通角閃石のうち、
屈折率 1.692 を示すものは TE-5a に、1.666 ~ 1.675
(1.670) を示すものは TE-5b にそれぞれ対応し、このテ
フラ層には両者のテフラが混合していると考えられる。
また、これまで TE-5 に単斜輝石が含まれることは知ら
れていないが、今回観察されたテフラには極少量の単
斜輝石が含まれる。生痕を埋めているという産状から、
この単斜輝石は周囲の砂層から混入した可能性が高い。

物性：P 波速度は 1,600 ~ 1,900 m/sec, S 波速度は 350
~ 620 m/sec, 密度は 1.5 ~ 1.9 g/cm³ 程度の値を示す。
下部の泥質砂層の S 波速度は概ね 350 ~ 450 m/sec の範
囲で変化し、上位ほど値が小さくなる傾向が認められ
た。中部の S 波速度は概ね 350 ~ 400 m/sec を示し変化
は少ないが上方ほどわずかに値が大きくなる傾向があ
る。上部の礫混じり中粒砂~極粗粒砂からなる粗粒部
では、S 波速度は 400 ~ 620 m/sec 程度で比較的高い値
を示し最上部の中粒砂層はやや小さくなり 430 ~ 470
m/sec となる。

4.2 菟層

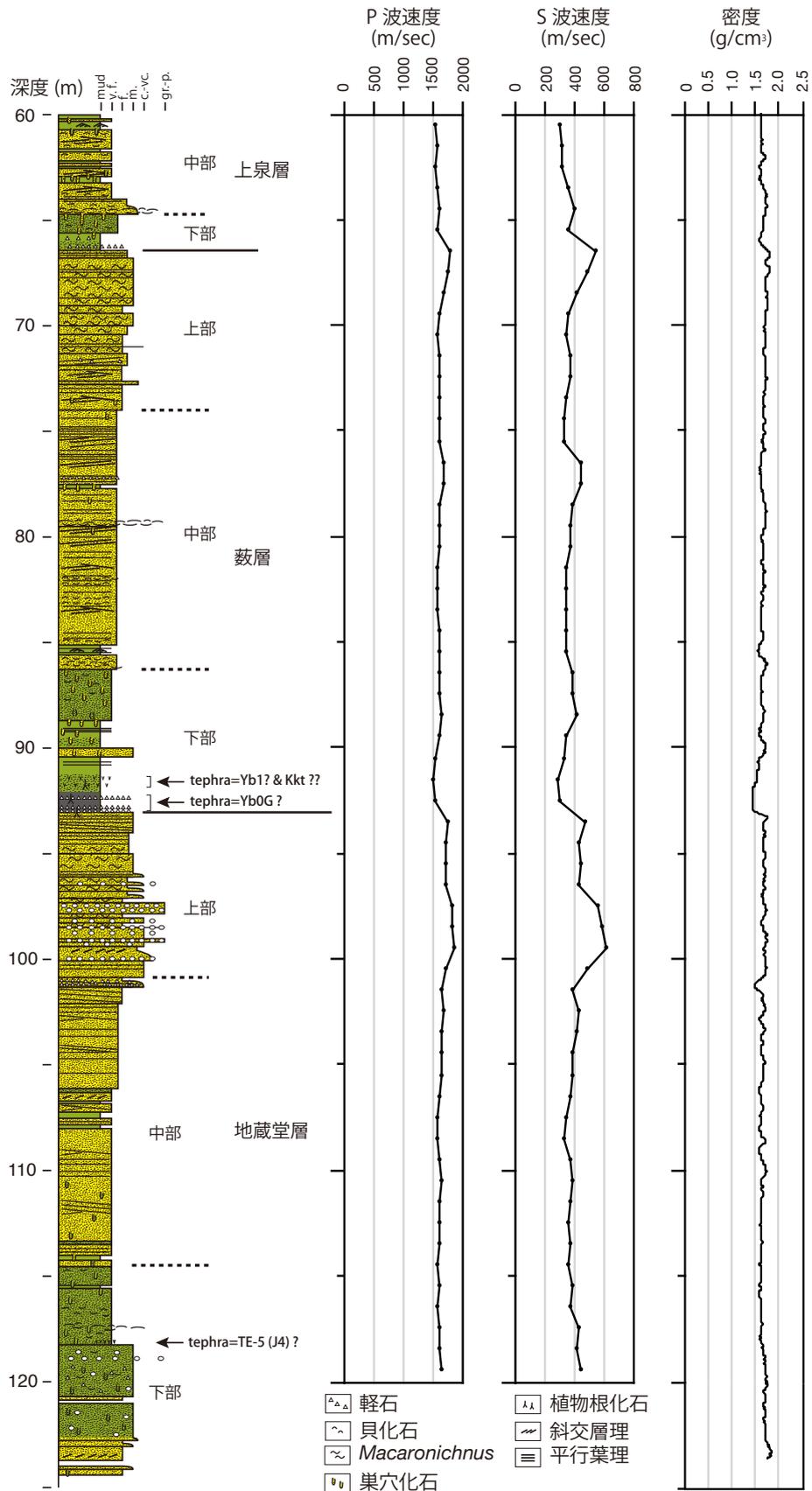
深度：93.02 ~ 66.40 m

層相：下部、中部、上部に分けられる。下部の基底部
は植物根化石を含む有機質泥層~砂質泥層からなり、



第3図 GS-MD-1 (松戸市六高台) コアの層相と検層結果.
Fig.3 Borehole logs of core GS-MD-1.

松戸市の地下に分布する下総層群の層序：GS-MD-1 コアの調査概要



第1表 GS-MD-1 コアに挟在するテフラの記載岩石学的特徴。
Table 1 Petrographic properties of intercalated tephra layers in core GS-MD-1.

深度 (m)	産状	粒径	試料採取深度 (m)	重鉱物その他	屈折率		gl 形状	対比
					opx (γ)	ho (n ₂)		
6.03-6.07	粘土化した黄褐色パミス	数mm?	6.05-6.07	ho > mg / qz	1.706-1.709(1.708)	1.668-1.679(1.672)		KIP?
6.10-6.15	粘土化した灰黄色細粒パミス	vfs	6.12-6.14	opx, cpx, ho, bi > mg / gl	1.710-1.711, 1.716-1.717, 1.727-1.731(1.729)	1.665-1.673, 1.683-1.686, 1.690-1.694	Ca > Ha, Hb > Cb	Ybl ?, Kkt ??
91.30-92.04	火山灰質泥	vfs	91.38-91.40	ho > opx, cum, mg, bi >> cpx / gl	1.702-1.712(1.705, 1.708-1.709)	1.666-1.674(1.670)	Ca, Cb > Hb, Ta	Ybl ?, Kkt ??
92.20-92.30	黄褐色パミス	cs	92.27-92.29	opx, cpx, mg	1.698-1.703(1.705), 1.709			Yb0 Group ?
92.73-92.85	黄褐色パミス	cs-ms	92.78-92.79	opx, cpx, mg	1.701-1.706(1.703)			Yb0 Group ?
	灰色パミス	cs-ms	92.83-92.85	opx, cpx, mg				Yb0 Group ?
118.13-118.15	白色細粒火山灰	vfs	118.13-118.15	bi >> ho, opx, cpx / gl	1.666-1.675(1.670), 1.692	1.498	Hb, Cb > Ta, Tb	TE-5(J4)?

vfs: 極細粒砂サイズ, 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
Ha, Hb, Ca, Cb, Ta, Tb

下位の砂層から漸移する。その上位は、生物擾乱が顕著に認められ貝殻片を含む泥質砂～砂質泥層からなる。中部は、平行葉理及び斜交葉理が発達した分級の良い極細粒～細粒砂を主体とし、下半分には貝殻片が認められる。上部は分級の良い細粒砂～中粒砂からなり、白斑状生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が多産する。

テフラ：本層最下部の有機質泥層には、複数のテフラ層が観察される。基底部の深度 93.02～92.20 m には、少なくとも 2 層（深度 92.73～92.85 m 及び深度 92.20～92.30 m）の粗粒砂～中粒砂サイズの軽石質テフラ層がみられる。これらのテフラ層に含まれる重鉱物は、斜方輝石、単斜輝石、磁鉄鉱を主体とする。このうち下位のテフラ（深度 92.73～92.85 m）の斜方輝石の屈折率は 1.701～1.706 (1.703) 及び 1.698～1.705 (1.703～1.705), 1.709 を示す。また上位のテフラ（深度 92.20～92.30 m）も下位と類似の 1.702～1.712 (1.705, 1.708～1.709) を示す。藪層基底部には複数の軽石層からなるテフラ群である Yb0 グループテフラ (Yb0G テフラ) が知られており、その中には斜方輝石の屈折率モードが 1.704～1.706 付近を示すテフラ層が含まれることが知られている (佐藤, 1993)。今回測定された 2 層の軽石質テフラ層は、斜方輝石の屈折率はややレンジが広いが、Yb0G テフラに対比される可能性がある。

深度 92.04～91.30 m は鉱物が散在する火山灰質泥層からなる。この火山灰質泥層の下部（深度 92.01～92.03 m）と上部（深度 91.38～91.40 m）からそれぞれ試料を分取し、水洗により泥分を除去した結果、この火山灰質泥層には火山ガラスや重鉱物が多く含まれることが確認された。

下部試料では、火山ガラスは、中間型 (Ca 型及び Cb 型) が多く、平板型 (Hb 型) と多孔型 (Ta 型) もみられる。火山ガラスの屈折率 (n) は 1.497～1.498 (1.498), 1.501～1.502 を示す。重鉱物は、普通角閃石を多く含み、次いで斜方輝石、カミングトン閃石、黒雲母を含み、極少量の単斜輝石を含む。普通角閃石の屈折率 (n₂) は 1.666～1.674 (1.670) を示す。

上部試料では、火山ガラスは、中間型 (Ca 型) が最も多く、次いで平板型 (Ha 型及び Hb 型) を多く含む。火山ガラスの屈折率 (n) は 1.498～1.499 (1.498), 1.501～1.502 を示す。重鉱物は、普通角閃石、斜方輝石、単斜輝石、黒雲母を多く含み、磁鉄鉱も観察される。斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.710～1.711, 1.716～1.717, 1.727～1.731 (1.729) と複数のレンジを示すが、1.727～1.731 の高いレンジを含むことが特徴的である。普通角閃石の屈折率 (n₂) は 1.665～1.673, 1.683～1.686, 1.690～1.694 という複数のレンジを示し、1.690～1.694 という高いレンジを含むのが特徴的である。

この火山灰質泥層に含まれる火山ガラスや重鉱物に

は複数のレンジが認められることから、複数のテフラが混在していると考えられる。火山ガラスの屈折率レンジからは、少なくとも2種類のテフラの混在を推測できる。このうち、屈折率が1.498のモードを示す火山ガラスは、普通角閃石と黒雲母を伴い、普通角閃石では1.690～1.694、斜方輝石では1.727～1.731という高い屈折率を示すものが含まれるという特徴から、Yb1テフラ（徳橋・遠藤，1984）に対比される可能性が高い。また、Yb1テフラは中部地方に分布する大町APmテフラ群のA₄Pmテフラに対比される可能性が示されているが（町田・新井，2003）、中部地方ではA₄Pmテフラとその上位に挟まるA₃Pmテフラの間に、南九州を噴出源とする加久藤テフラ（Kktテフラ）が挟まることが知られている（鈴木・早津，1991）。Kktテフラはバブルウォール型の火山ガラスを主体として、1.500～1.502の屈折率を示す（町田・新井，2003）。深度91.30～92.04 mにおいて、やや高めの1.501～1.502の屈折率を示す火山ガラスは、Yb1テフラとほぼ同層準であるという層位を考慮すると、Kktテフラに対比される可能性がある。

物性：本層の物性値は概ね、P波速度は1,500～1,780 m/sec、S波速度は300～550 m/sec、密度は1.4～1.8 g/cm³の範囲で変化する。下部の有機質泥層や泥層ではS波速度は小さい値を示し、300～350 m/secの範囲にはいる。上部の細粒～中粒砂層では、S波速度は350～550 m/secの範囲で上方に向かって高い値を示す傾向が認められる。

4.3 上泉層

深度：66.40～51.14 m

層相：下部、中部、上部に分けられる。下部は巢穴化石を伴う生物擾乱の発達した砂質泥層からなり、下位層上部の砂層とは明瞭な浸食面で接する。巢穴化石にはしばしば貝殻片を含む砂が充填される。中部は貝殻片を含む極細粒砂と泥層の互層からなり、生物擾乱が発達する。上部は、平行葉理及び斜交葉理が発達する細粒～中粒砂からなる。

テフラ：指標となるテフラは観察されない。

物性：本層の物性値は概ね、P波速度は1,550～1,650 m/sec、S波速度は300～400 m/sec、密度は1.6～1.9 g/cm³の範囲で変化する。

4.4 清川層

深度：51.14～36.93 m

層相：下部と上部に分けられる。下部の基底層は最大1 cm程度の礫を含む中粒～粗粒砂層からなり、下位の砂層とは浸食面と考えられる明瞭な層相境界で接する。その上位は植物根痕が観察される砂質泥層からなる。

上部は分級の良い極細粒砂～細粒砂層を主体とする。上部の基底層は貝殻片を多く含むやや泥質な細粒砂～中粒砂層からなる。上部の砂層は上位ほど明瞭な葉理が観察される。

テフラ：指標となるテフラは観察されない。

物性：本層の物性値は概ね、P波速度は1,550～1,750 m/sec、S波速度は300～500 m/sec、密度は1.6～1.9 g/cm³の範囲で変化する。本層のP波速度とS波速度には、ややばらつきがあるが全体として上方に向かって大きくなる傾向が認められる。

4.5 木下層

深度：36.93～6.36 m

層相：本層は層相の違いから下部と上部に分かれる。下部の基底層は斜交葉理が発達した中粒～粗粒砂を主体とし、下位の極細粒砂層とは浸食面と考えられる明瞭な層相境界で接する。その上位には砂質泥層がみられる。下部の上半部は貝殻片を含む生物擾乱の発達した泥層～砂質泥層を主体とし、最上部はやや粗粒となり泥質砂層を主体とする。一方、上部は砂層からなる。上部の基底層は貝殻片を大量に含む中粒砂層からなり、その上位は平行葉理が発達した細粒砂層からなる。最上部付近には白斑状生痕化石 *Macaronichmus segregatus* が観察される。

テフラ：指標となるテフラは観察されない。

物性：下部ではP波速度が1,450～1,800 m/sec、S波速度が250～600 m/sec、密度が1.4～1.7 g/cm³の範囲で変化する。S波速度は、最下部の中粒～粗粒砂層では400～600 m/secと比較的大きい値を示し、その上部の泥層及び泥質砂層では250～300 m/secと比較的小さい値を示す。

上部ではP波速度が1,550～1,900 m/sec、S波速度が250～800 m/sec、密度が1.4～1.7 g/cm³の範囲で変化する。上部の基底層の貝殻片を含む砂層ではS波速度は350～800 m/sec程度と大きな値を示す。地下水面（深度12 m付近）よりも上位でダウンホール方式による測定値は値にばらつきがあり、P波速度が350～1,200 m/sec、S波速度が170～370 m/sec程度の範囲で変化する。密度は1.3～1.6 g/cm³程度であった。本層全体を通してみると、S波速度は上方向かって徐々に小さくなる傾向がある。

4.6 常総粘土及び新期関東ローム層

深度：6.36～3.5 m（常総粘土）、3.5～0.9 m（新期ローム層）

層相：常総粘土は植物根化石が観察される凝灰質粘土からなり、最下部には粘土化した軽石質テフラ層を挟む。下位の砂層からは漸移的に変化する。新期関東ロー

ム層は黒褐色～褐色を呈する火山灰質土からなる。

テフラ：常総粘土の最下部には、粘土化した軽石質テフラ層が数枚観察される。このうち、深度 6.03～6.07 m の粘土化した黄橙色パミスからなるテフラ層には斜方輝石と磁鉄鉱を含み、斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.706～1.709 (1.708) を示す。これは大磯丘陵の KIP テフラ群 (町田, 1971; 新井ほか, 1977) のいずれかに対比されると考えられる。

深度 6.10～6.15 m の粘土化した細粒パミスからなるテフラ層には、普通角閃石と磁鉄鉱を含み、少量の高温型石英を含む。普通角閃石の屈折率 (n_2) は、1.668～1.679 (1.672) を示す。このテフラは KIP テフラ群とほぼ同じ層準であるが、これまでに KIP テフラ群の前後に、普通角閃石を主体として同様の屈折率を示すテフラは知られていないため (町田・新井, 2003), 現段階で対比候補を検討することは困難である。

物性：ダウンホール方式による測定値は、P 波速度が 400～830 m/sec, S 波速度が 150～200 m/sec 程度。密度は概ね 1.1～1.4 g/cm³ 程度。

5. おわりに

今回行った詳細な層相記載により、GS-MD-1 コアには下総層群にみられる典型的な堆積サイクルが複数累重することが明らかになった。さらに、地蔵堂層と蕨層のテフラ層に対比される可能性のあるテフラが見つかったため、下部の 2 つの堆積サイクルは地蔵堂層と蕨層にそれぞれ対比することで、さらにその上位についても周辺の層準と矛盾なく対比することができた。今回地蔵堂層と蕨層に確認された TE-5 (J4) テフラ、Yb1 テフラ、及び Kkt テフラに対比される可能性のあるガラス質テフラについては、今後、火山ガラスの主成分化学組成分析を行うことで対比を確実にしたい。またその対比に基づき、これまでに調査を行ったコアとの対比をすすめ、千葉県北部地域全体の層準と地質構造を明らかにすることが課題である。

謝辞：コア試料の観察作業では地質情報研究部門の國本節子氏、加藤正人氏にご協力いただいた。ボーリング調査にあたっては、松戸市教育委員会スポーツ課に調査用地について多大な便宜を図っていただいた。ボーリング作業は、サンコーコンサルタント株式会社によって実施された。深く感謝いたします。

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示標テフラ層—特性記載とそれに

関連する諸問題—。第四紀研究, **16**, 19-40.

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.

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・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.

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), 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 72p.

納谷友規・坂田健太郎・中澤 努 (2016) 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。平成 27 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.71, 91-99.

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。

佐藤弘幸 (1993) 千葉県成東町—八日市場市周辺に分布する下総層群の層序。千葉中央博自然誌研究報告, **2**, 99-113.

杉原重夫 (1970) 下総台地西部における地形の発達。地理学評論, **43**, 703-718.

鈴木毅彦・早津賢二 (1991) 関東—中部地方の第四紀テフラ研究—とくに中期更新世テフラの重要性—。第四紀研究, **30**, 361-368.

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.

吉川周作 (1976) 大阪層群の火山灰層について。地質学雑誌, **82**, 497-515.