

東京都江東区有明における地下 110 m の層序 : GS-AA-1 コアの調査概要

Subsurface stratigraphy of the Ariake area, Koto-ku, Tokyo, central Japan:

A preliminary report on 110-m-long GS-AA-1 core

納谷友規^{1*}・小松原純子¹・坂田健太郎¹・中山俊雄²・中澤 努¹
Tomonori Naya^{1*}, Junko Komatsubara¹, Kentaro Sakata¹, Toshio Nakayama²
and Tsutomu Nakazawa¹

Abstract: Drilling survey was performed in Ariake area, Koto-ku, Tokyo in order to understand subsurface stratigraphy in this area, and 110 m long GS-AA-1 core was obtained. Several sedimentary cycles and key tephra layers were distinguished in the core based on detailed sedimentary facies observation. The base of the core is comprised of mudstone of the Pleistocene Kazusa Group. The Pleistocene above the Kazusa Group consists of gravel, sand and mud layers and is subdivided into four sedimentary cycles (Unit A to D). Unit B and C can be correlated with the Jizodo Formation and the Yabu Formation of Shimosa Group, respectively. Most of Holocene sediments are composed of artificially reclaimed sediments, except for the thin Post glacial deposits at the base.

Keywords: Tokyo, drilling survey, subsurface geology, S-wave velocity

要 旨

東京都江東区の地下に分布する更新統及び完新統の層序を明らかにすることを目的として、江東区有明にて掘進長 110 m のボーリング調査 (GS-AA-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、鍵テフラ層を識別することができた。GS-AA-1 コアの更新統は下位より主に泥岩からなる上総層群、その上位は礫層、砂層、泥層からなる A ~ D の堆積ユニットに区分される。このうちユニット B は下総層群の地藏堂層に、ユニット C は藪層に対比される可能性が高い。完新統は基底部に薄い沖積層が重なるが、大部分は人工地層である埋立層と盛土層からなる。

1. はじめに

産業技術総合研究所地質調査総合センターでは、都市域における地質情報整備の一環として、「都市域の地質地盤図」を作成している。現在、東京都区部における地質地盤図の作成に取りかかっており、東京都区部地下に分布する更新統の層序を明らかにするための調査を行っている。2017 年度には東京都江東区有明において、掘進長 110 m に達するボーリング調査を実施し、コアの層相観察と物理検層を行った(第 1 図)。本稿では、

ボーリング調査で明らかになった、江東区有明の地下 110 m の層序の概要について報告する。

2. 地質概説

東京都区部の西部は台地が発達し、武蔵野台地もしくは山の手台地と呼ばれる。東京都区部の東部や南部の荒川、東京湾、多摩川沿いには低地が発達し、それぞれ東京低地や多摩川低地と呼ばれる。

武蔵野台地の表層近くには関東ローム層や段丘礫層が分布し、その下には更新統の東京層が分布する。東京層を関東ローム層が直接覆う場所では、それらの境界付近に KIP テフラ群が認められることから、東京層の上限は MIS5e 後期と考えられるが(中澤ほか, 2019)、東京層の下限年代はよく分かっていない。東京都土木技術研究所(1996)によれば、東京層は房総半島の下総層群に相当するとされる。武蔵野台地では東京層の下位には上総層群が分布する。この地域の上総層群は江戸川層、舎人層、東久留米層、北多摩層に区分される。

低地側では、沖積層の下位に分布する更新統について、複数の研究グループから異なる体系の層序区分が提案されている(第 2 図)。一つは東京都土木技術研究所(1996)によるもので、下総層群に相当する地層を高砂層と区分し、部分的に晴海層が分布するとした。

*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)

2 東京都土木技術支援・人材育成センター (Civil Engineering Support & Training Center of Tokyo Metropolitan Government)



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 V2 (産業技術総合研究所地質調査総合センター編, 2018) を用いた。
凡例の説明: Q31 及び Q3 (緑色), 更新統; H (薄黄色及び水色), 完新統; H2 (ピンク色), 盛り土, 埋立地, 干拓地。

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 Q31 and Q3 (green): Pleistocene, Legend H (light yellow and light blue): Holocene, Legend H2 (pink): reclaimed land.

一方, 東京港地下地質研究会 (2000) は, 東京港地域における東京都土木技術研究所 (1996) の高砂層に相当する地層を, 上位から東京層と江戸川層に区分し, さらにその下位には上総層群に含まれる東雲層^{しのめ}が分布し, 東雲層の下位には泥岩を主体とする上総層群が分布するとした。

このように東京都区部地域の地下に分布する更新統の層序区分や年代についてやや混乱した状況にある。特に, 東京層の層位や年代は不明な点が多く残されている。

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, 東京都江東区有明の東京臨海広域防災公園敷地内で掘削された。掘削地点は東京湾埋立地上に位置する (第 1 図)。

GS-AA-1

東京都江東区有明 (東京臨海広域防災公園内)

35°37'59.4"N, 139°47'42.5"E

孔口標高: T. P. +6.775 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, 半断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 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

江東区有明			房総半島	
東京都土木研究所 (1996)	東京港地下地質研究会 (2000)	本研究	徳橋・遠藤 (1984)	
有楽町層	沖積層	沖積層		
高砂層	東京層	上部層	D	上部
		下部層		下部
	江戸川層	上部層 ^{Ed3}	C	上部
		中部層		中部
		下部層		下部
	江戸川層	東雲層 Sn1	A	上部
			下部	
北多摩層	上総層群	上総層群	木下層 横田層 Ky3 清川層 Km2 上泉層 Yb5(GoP ₁) 藪層 Yb1 TE-5a (J4) 地蔵堂層 Ks22(KMT) 笠森層 Ch1.5 長南層	
			下総層群	
			上総層群	

第 2 図 有明地域の層序概要.
Fig. 2 Stratigraphic summary of the Ariake area.

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 1 m とした。サスペンション法では、振源及び受振器に応用地質株式会社製 Model-3302 を、測定器に応用地質株式会社製の Model-3360-XPJ を用いた。ダウンホール方式では、受振器に応用地質株式会社製の Model-3315 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ジオロガー 3030 (MARK-2) を、密度・キャリパー検層メジャリングモジュールに、同社製の Model-3434 と Model-3143A をそれぞれ用いた。

4. コア記載及び分析

GS-AA-1 コアについて、層相、テフラ、物性の記載を行う。コアの最下部は泥岩を主体とした上総層群からなり、その上位には礫層、砂層、泥層の繰り返しからなる複数の堆積サイクルが累重する。これらの堆積サイクルについて下位から A～E のユニットに区分した。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。火山ガラス及び重鉱物の屈折率測定には、浸液の温度を直接測定して屈折率を求める温度変化型測定装置 MAIOT (古澤, 1995) を使用した。火山ガラスの主成分化学組成は、SiO₂, TiO₂, Al₂O₃, FeO (全鉄を FeO として計算), MnO, MgO, CaO, Na₂O, K₂O の 9 成分について

分析を行った。分析は株式会社古澤地質に依頼し、エネルギー分散型 X 線分析装置 (EDX) EMAX Evolution EX-270 (HORIBA 製) と走査型電子顕微鏡 SU1510 (HITACHI 製) を用いた。沖積層、埋立層、盛土層に含まれる貝殻片について株式会社加速器分析研究所に依頼して放射性炭素年代を測定した。得られた年代値は Reimer *et al.* (2013) のデータセット MARINE13 と校正ソフトウェア CALIB7.0.4 (Stuiver and Reimer, 1993; Stuiver *et al.*, 2015) を使用して暦年校正を行った。

4.1 上総層群

深度：110.0 m (孔底) ～ 86.35 m

層相：暗オリーブ～灰色の泥岩からなる。層厚数 cm 以下の極細粒砂の薄層をしばしば挟む。巢穴化石が認められることもある。貝化石を含む層準が認められる。

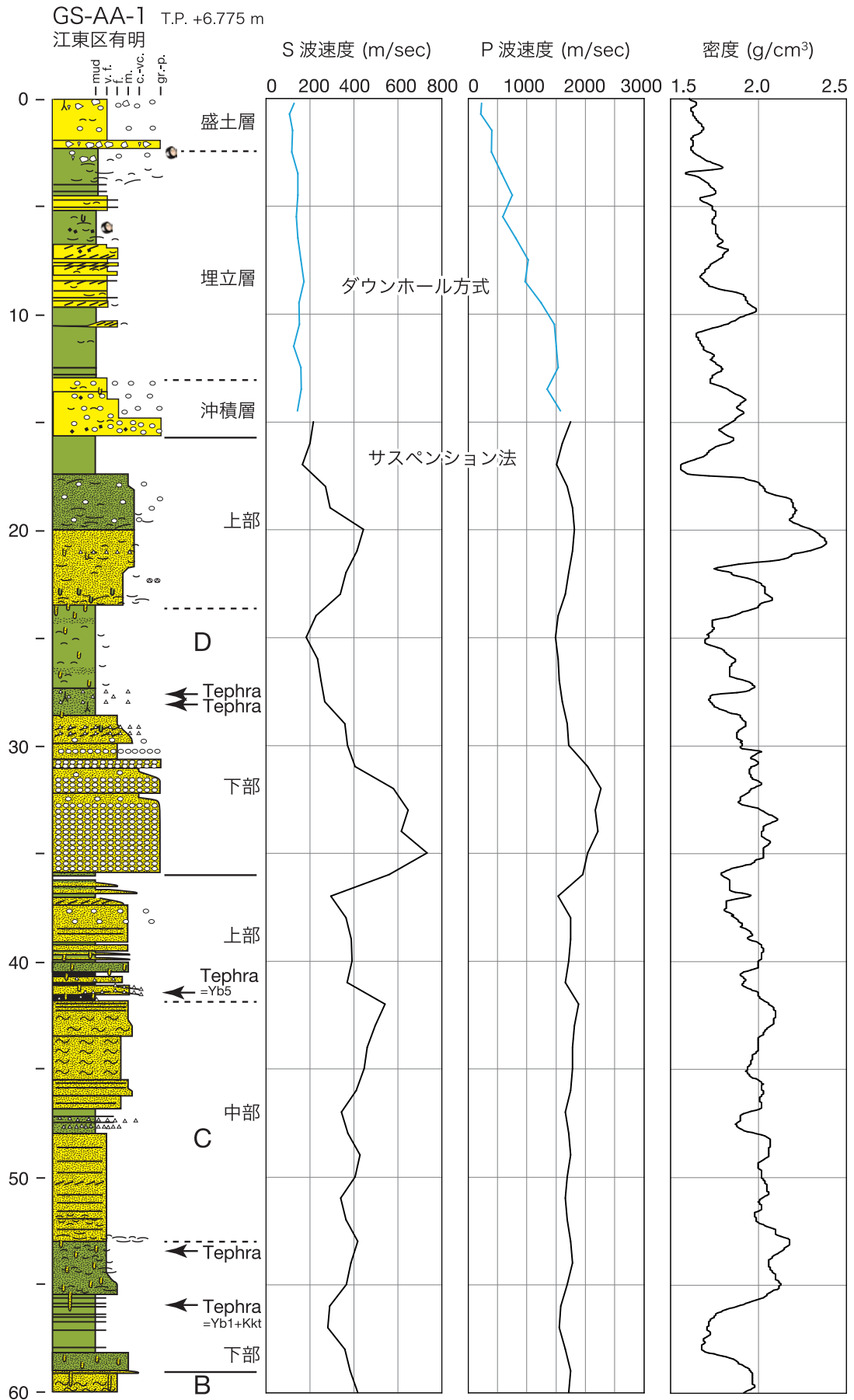
テフラ：テフラ層は確認されない。

物性：S 波速度は 400 m/s ～ 600 m/s, P 波速度は 1,600 m/s ～ 1,800 m/s, 密度は 2.0 g/cm³ 程度の値を示す。

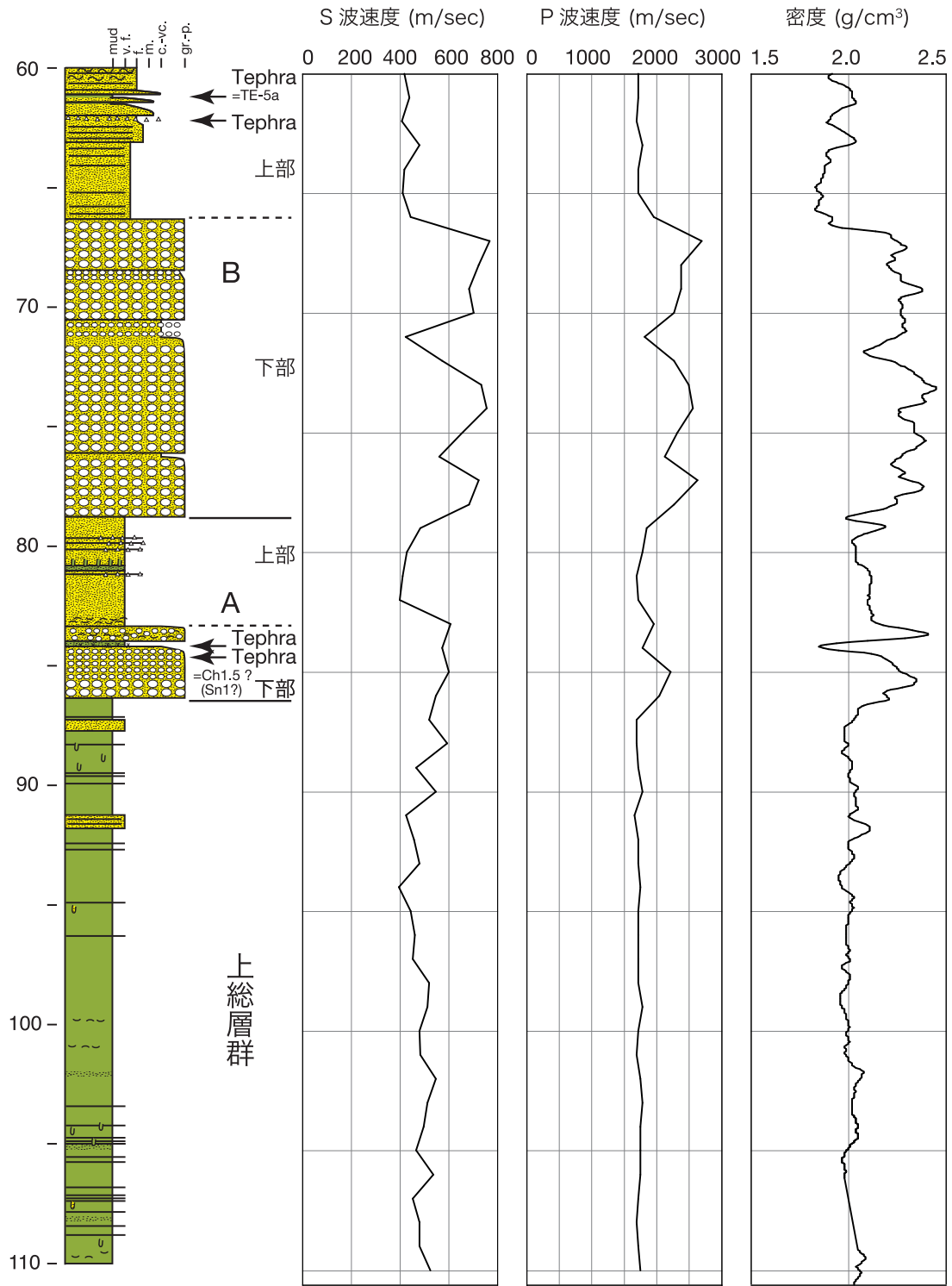
4.2 ユニット A

深度：86.35 m ～ 78.83 m

層相：下部と上部に分けられる。下部は最大径 8 cm 程度の円礫を主体とした礫層からなり、下位の上総層群の泥岩とは明瞭な浸食面で接する。上総層群を起源とする泥岩礫を多く含むのが特徴的である。下部の最上



東京都江東区有明における地下 110 m の層序 : GS-AA-1 コアの調査概要



第 3 図 GS-AA-1 (江東区有明) コアの層相と検層結果.
Fig. 3 Borehole logs of core GS-AA-1.

第1表 GS-AA-1 コアに挟在するテフラ（上）と関連するテフラ（下）の記載岩石学的特徴。

Table 1 Petrographic properties of intercalated tephra layers in core GS-AA-1 (upper) and related tephra layers (lower).

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
27.40-27.42	泥層に散在	ms-cs	27.40-27.42	opx, cpx, ho, mt	opx(γ): 1.695-1.702(1.699)		
28.05-28.07	泥層に散在	ms-cs	28.05-28.07	opx, cpx, ho, mt >> bi, cum	opx(γ): 1.696-1.706 ho(n_2): 1.668-1.674, 1.678-1.681, 1.685-1.691		
41.66-41.67	黄橙色軽石層	2 mm	41.66-41.67	ho > mt > cum >> opx	gl(n): 1.502-1.508(1.502-1.503) ho (n_2): 1.662-1.675(1.666) cum(n_2): 1.656-1.661(1.658)	Ta >> Tb	Yb5 =Ed3
53.68-53.70	泥質砂層中に濃集	vfs	53.68-53.70	opx, cpx, ho, mt, bi	gl(n): 1.499-1.506(1.504)	Ha, Hb, Ca, Cb	
56.44-56.46	火山灰質砂	vfs	56.44-56.46	(ho, mt, bi)	gl(n): 1.498-1.502(1.501-1.502) (平板型), 1.498-1.507(1.498) (中間~多孔型)	Ha, Hb, Ca, Cb, Ta, Tb	Yb1+Kkt+?
61.50-61.52	砂層中に濃集	vfs	61.50-61.52	bi >> ho > (opx, mt)	gl(n): 1.497-1.506(1.498)	Ca, Cb >> Ha, Hb	TE-5+?
62.00-62.08	軽石	cs-ms	62.06-62.08	opx, bi, mt >> ho, cpx	gl(n): 1.497-1.507 opx(γ): 1.703-1.704, 1.714-1.717(1.715), 1.725 ho(n_2): 1.666-1.682(1.670)	Ta > Ca, Cb, Tb	
83.96-84.30	泥質砂層中に散在	vfs	84.20-84.22	ho > bi >> (opx, cpx, mt)	gl(n): 1.495-1.505 ho (n_2): 1.672-1.680(1.674), 1.685-1.688, 1.692	Ha, Hb, Ca, Cb	Sn1(=Ch1.5)???
84.70-84.80	泥質砂層中に散在	fs	84.72-84.74	ho > opx > mt >> cpx, bi	gl(n): 1.494-1.502 opx(γ): 1.701-1.716 ho (n_2): 1.680-1.691(1.684-1.686)	Hb, Ca	Sn1(=Ch1.5)?
テフラ名	場所						参考文献
Yb5	瀬又	ho > mt > cum		gl(n): 1.502-1.508(1.502-1.503), 1.516-1.518 ho (n_2): 1.660-1.673(1.669-1.670) cum(n_2): 1.655-1.661	Ta, Tb	本研究	
Kkt	河頭	opx (ho)		gl(n): 1.500-1.502	H	中島ほか (2008)	
Yb1	瀬又	ho > bi > opx		gl(n): 1.497-1.500(1.498) ho (n_2): 1.691-1.702(1.664)		中里・佐藤 (2008)	
J4 (TE-5)	地藏堂	bi > ho >> opx		gl(n): 1.498-1.501(1.4995)	C > T	中澤ほか (2009)	

vfs: 極細粒砂サイズ, ms: 中粒砂サイズ, cs: 粗粒砂サイズ opx: 直方輝石, cpx: 単斜輝石, ho: 普通角閃石, cum: カミングトン閃石, bi: 黒雲母, mt: 磁鉄鉱, gl: 火山ガラス, Ha, Hb, Ca, Cb, Ta: 吉川 (1976) に基づく火山ガラス形態分類

部は凝灰質な泥質極細粒砂からなる。上部の基底は礫径 1 cm 程度の円礫を主体とし貝殻片を含む礫層からなり、その上位に分級の良い極細粒砂層が重なる。極細粒砂層の基底付近には貝殻片が混じる。

テフラ: 本ユニット下部の凝灰質な泥質極細粒砂層中には、深度 84.70 m ~ 84.80 m と深度 84.20 m ~ 84.40 m に肉眼でも重鉱物が観察できるテフラ散在層が存在する。この層準の試料を水洗により泥分を洗い流した結果、重鉱物が多く含まれ、量は多くないが火山ガラスも含有することが分かった。

深度 84.70 m ~ 84.80 m の泥質砂層には、重鉱物として普通角閃石が多く、次いで直方輝石や磁鉄鉱を多く含み、単斜輝石や黒雲母もわずかながら観察できる。また、量は多くないが火山ガラスが認められる。火山ガラスの屈折率 (n) は 1.494 ~ 1.502, 直方輝石の屈折率 (γ) は 1.701 ~ 1.716, 普通角閃石の屈折率 (n_2) は 1.680 ~ 1.691 (1.684 ~ 1.686; 括弧内数値はモード値を示す; 以下同じ) を示す。

深度 84.20 m ~ 84.40 m では、重鉱物は普通角閃石が多く次いで黒雲母を多く含む。直方輝石と単斜輝石もわずかに含まれ、火山ガラスが含まれることも確認された。火山ガラスの屈折率 (n) は 1.405 ~ 1.505, 普通角閃石の屈折率 (n_2) は 1.672 ~ 1.680, 1.685 ~ 1.688, 1.692 という複数の幅広いレンジを示す。

東京港地下地質研究会火山灰研究グループ (2000) は、東雲層中に角閃石を多く含むテフラ含有層を複数報告している。このうち東雲 1 (Sn1) テフラと呼ばれるテフラは普通角閃石の屈折率 (n_2) が 1.679 ~ 1.683

であることから、房総半島の^{ちようなん}上総層群長南層に挟まる Ch1.5 テフラと対比した (東京港地下地質研究会火山灰グループ, 2000)。中里・七山 (2014) は、房総半島茂原地域の長南層の Ch1 テフラの上部に屈折率 (n_2) が 1.676 ~ 1.690 を示す角閃石を豊富に含む軽石を見だし、これが Ch1.5 テフラに相当する可能性に言及している。GS-AA-1 の深度 84.70 m ~ 84.80 m に含まれる角閃石と火山ガラスの屈折率は、中里・七山 (2014) が報告した Ch1.5 に相当する可能性のある軽石の値と良く一致している。このことから、両者は対比される可能性があり、さらには Sn1 テフラに対比される可能性もある。

深度 84.20 m ~ 84.40 m にもやや高い屈折率を示す角閃石が含まれるが、下位にくらべてレンジにばらつきがあり、また黒雲母をより多く含む特徴がある。この深度の火山ガラスの屈折率レンジはやや広いことや、泥質砂層という層相から複数のテフラが混ざった堆積物である可能性が高い。黒雲母を多く含み、高屈折率の普通角閃石を含む広域テフラとして、上総層群笠森層の Ks22 テフラに対比される貝塩上室 (KMT) テフラが知られている (鈴木, 2000)。今後、火山ガラスの化学分析を行うことで、これらテフラ粒子の起源をさらに詳しく検討する必要がある。

物性: 本層下部及び上部基底の礫層の物性値は概ね, S 波速度は 550 m/s ~ 610 m/s, P 波速度は 1,780 m/s ~ 2,200 m/s, 密度は 2.1 g/cm³ ~ 2.4 g/cm³ の範囲で変化する。上部の砂層の S 波速度は 400 m/s ~ 485 m/s, P 波速度は 1,700 m/s ~ 1,850 m/s, 密度は 2.0 g/cm³ ~ 2.1 g/cm³ の

範囲で変化する。

4.3 ユニット B

深度：78.83 m ～ 59.05 m

層相：下部，上部に分けられる。下部は最大径 10 cm 以上の円礫を含む粗粒円礫層からなる。砂岩，泥岩，チャートに加えて，溶岩や火山礫凝灰岩礫を含むことが特徴的である。上部は分級の良い砂層からなる。深度 66.3 m ～ 63.05 m では極細粒砂からなり平行葉理が観察され，貝殻片を含む層準が認められる。深度 63.05 m 以浅では，細粒～中粒砂を主体とし，最上部では白斑状生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が観察される。

テフラ：深度 62.00 m ～ 62.08 m には中～粗粒砂サイズの白色軽石の密集層が挟まれる。この軽石は多孔型と中間型の火山ガラスを多く含み，重鉱物は直方輝石，黒雲母，磁鉄鉱が多く，普通角閃石と単斜輝石も量比は少ないが含まれる。火山ガラスの屈折率 (n) は 1.497 ～ 1.507，斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.703 ～ 1.704，1.714 ～ 1.717 (1.715)，1.725，普通角閃石の屈折率 (n_2) は 1.666 ～ 1.682 (1.670) を示す。

深度 61.50 m ～ 61.52 m には砂層中にテフラ起源の粒子が多く濃集するのが観察された。この砂層には火山ガラスが多く含まれ，重鉱物は黒雲母が多く普通角閃石も含まれる。火山ガラスは中間型を主体とするが，わずかに平板型も含まれる。火山ガラスの屈折率 (n) は中間型で 1.497 ～ 1.506 (1.498) を示し，平板型は 1.502 ～ 1.506 を示す。火山ガラスの化学組成からは，2つの異なる火山ガラスの混合であることを示す。グループ 1 は， SiO_2 が 77.95 % で TiO_2 が 0.10 %， MgO は 0.09 %， CaO は 0.89 % と低く， K_2O は 5.01 % と高い値を示すのが特徴である。グループ 2 は SiO_2 が 77.85 % とグループ 1 と似ているが， K_2O が 2.11 % と低い。これらのうちグループ 1 の化学組成の特徴は大町 APm テフラ群と類似しており，上位のテフラとの関係から TE-5a テフラ (町田・新井，2003) に対比されると考えられる。火山ガラスの屈折率レンジは，既報の TE-5a のレンジより広いが，これは別の火山灰が混合しているためであろう。中間型ガラスの屈折率のモードは TE-5a の範囲とよく一致している。TE-5 テフラは房総半島の下総層群では地蔵堂層の J4 テフラに対比されている (町田・新井，2003)。

物性：本ユニットの物性値は下部の礫層で概ね，S 波速度が 550 m/s ～ 770 m/s，P 波速度が 2,100 m/s ～ 2,700 m/s，密度は 2.2 g/cm³ ～ 2.4 g/cm³ の範囲で変化する。一方，上部の砂層では，S 波速度が 410 m/s ～ 480 m/s，P 波速度が 1,700 m/s ～ 1,900 m/s，密度は 1.8 g/cm³ ～ 2.0 g/cm³ の範囲で変化する。

4.4 ユニット C

深度：59.05 m ～ 35.90 m

層相：下部，中部，上部に分けられる。下部の基底層は層厚 1 m の中粒～粗粒砂層からなり，下位ユニット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。この砂層は上部ほど巣穴化石が多く観察される。砂層の上位は，層厚数 mm ～ 数 cm の極細粒～中粒砂の薄層を挟むシルト層が漸移的に重なり，その上部は生物擾乱が発達し貝殻片と砂が混ざる淘汰の悪い砂質泥層～泥質砂層となる。中部は上方粗粒化する砂層からなる。中部の基底は貝殻片密集層からなり，その上位は平行葉理と斜交層理が観察される分級の良い極細粒砂からなる。その上には軽石が散在する層厚 1 m のシルト層を挟み，さらに上位は分級の良い細粒～粗粒砂が重なる。この砂層の上部には白斑状生痕化石 *Macaronichnus segregatis* が観察される。上部は，有機質泥層や泥層と中礫が混じる中粒～粗粒砂の互層からなる。有機質泥層には植物化石が含まれる。

テフラ：本ユニット下部の深度 56.44 m ～ 56.46 m には火山ガラスを大量に含む火山灰質砂層が挟まる。重鉱物はほとんど含まれないが，普通角閃石，黒雲母，磁鉄鉱がわずかに観察された。火山ガラスの屈折率 (n) はガラスの形状ごとにやや異なり，平板型では 1.498 ～ 1.502 (1.501 ～ 1.502)，中間型と多孔型では 1.498 ～ 1.507 (1.498) を示す。火山ガラスの化学組成からは，火山ガラスは少なくとも 3つのグループからなることが分かった。グループ 1 は平板型ガラスのみからなり， SiO_2 が 76.72 % とやや低く， K_2O は 4.45 % とやや高い。グループ 2 は中間型と多孔型ガラスからなり， SiO_2 が 77.72 %， K_2O が 5.31 % と高い値を示す。グループ 3 は平板型・中間型・多孔型ガラスを含み， K_2O が 2.75 % と低い値を示す。化学組成の特徴から，グループ 1 は九州を起源とする加久藤 (Kkt) テフラに対比される。また，グループ 2 は大町 APm テフラ群の特徴を示し，房総半島の蓼層に挟まる Yb1 テフラ (中里・佐藤，2008) に対比されると考えられる。Kkt テフラと Yb1 テフラは，千葉県松戸市で掘削された GS-MD-1 コアにおいても，蓼層基底付近の有機質泥層中に散在する火山灰として同層準から検出された (納谷ほか，2017)。

深度 53.68 m ～ 53.70 m の泥質砂層中には火山ガラスが大量に含まれる。火山ガラスは平板型と中間型からなり，屈折率 (n) は 1.499 ～ 1.506 を示す。火山ガラスの化学組成は， TiO_2 が 0.28 %， CaO が 1.93 % とやや高く， K_2O は 2.55 % とやや低いのが特徴である。

深度 41.66 m ～ 41.67 m にはおよそ粒径 2 mm の黄色軽石からなるテフラ層が挟まる。重鉱物は普通角閃石，カミングトン閃石が多く含まれ，直方輝石も認められる。火山ガラスは多孔型からなり，屈折率 (n) は 1.502

第2表 GS-AA-1 コアに挟在するテフラ（上）と関連するテフラ（下）に含まれる火山ガラスの主成分化学組成。
Table 2 Chemical composition of volcanic glass shards within intercalated tephra layers in core GS-AA-1 (upper) and related tephra layers (lower).

Depth (m)	Chemical composition (upper: mean wt %, lower: standard deviation)									Total (original)	Correlation
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O		
41.66–41.67	77.89	0.19	13.00	1.04	0.05	0.31	1.63	4.00	1.88	100.00(91.64)	Yb5
	0.35	0.07	0.18	0.13	0.05	0.04	0.08	0.08	0.08	n=20	
53.68–53.70	77.30	0.28	12.47	1.64	0.09	0.31	1.93	3.43	2.55	100.00(93.13)	
	0.30	0.06	0.14	0.35	0.08	0.15	0.11	0.19	0.13	n=20	
56.44–56.46	76.72	0.20	12.78	1.19	0.04	0.11	0.92	3.60	4.45	100.00(91.66)	Kkt
G1 (平板型)	0.09	0.03	0.07	0.06	0.05	0.01	0.05	0.10	0.11	n=5	
56.44–56.46	77.72	0.14	12.28	0.82	0.07	0.08	0.83	2.77	5.31	100.00(93.88)	Yb1
G2 (中間・多孔型)	0.19	0.08	0.10	0.08	0.07	0.04	0.07	0.09	0.22	n=10	
56.44–56.46	77.27	0.35	11.99	2.21	0.10	0.30	1.88	3.15	2.75	100.00(92.90)	
G3	0.09	0.07	0.13	0.07	0.02	0.05	0.13	0.09	0.17	n=4	
61.50–61.52	77.95	0.10	12.21	0.82	0.07	0.09	0.89	2.86	5.01	100.00(92.62)	TE-5a
G1	0.21	0.08	0.23	0.16	0.07	0.08	0.31	0.48	1.10	n=10	
61.50–61.52	77.85	0.20	12.32	1.60	0.10	0.20	1.70	3.91	2.11	100.00(92.14)	
G2	0.75	0.09	0.40	0.38	0.08	0.10	0.41	0.37	0.56	n=10	
Tephra name /locality											reference
Yb5	77.73	0.21	12.99	1.09	0.04	0.32	1.72	4.02	1.87	100.00 (92.74)	本研究
瀬又	0.73	0.07	0.29	0.20	0.05	0.07	0.13	0.09	0.07	n=20	
Kkt	76.43	0.13	12.95	1.20	0.01	0.19	0.98	3.78	4.31	99.98	中島ほか (2008)
河頭	0.17	0.07	0.07	0.06	0.02	0.06	0.04	0.07	0.06	n=15	
Yb1	77.94	0.11	11.96	0.85	0.06	0.05	0.84	2.96	5.23	100.00	中里・佐藤 (2008)
瀬又	0.18	0.06	0.14	0.08	0.06	0.04	0.05	0.06	0.15	n=15	
J4 (TE-5)	77.87	0.05	12.41	0.84	0.02	0.13	0.83	3.05	4.80	100.00 (94.59)	中澤ほか (2009)
地蔵堂	0.28	0.04	0.07	0.09	0.03	0.06	0.05	0.14	0.25	n=20	

～1.508 (1.502～1.503)を示す。普通角閃石及びカミングトン閃石の屈折率 (n_2) はそれぞれ、1.662～1.675 (1.666) と 1.656～1.661 (1.658)を示す。火山ガラスの化学組成は、MgO が 0.31% とやや高く、K₂O が 1.88% とやや低い特徴を持つ。

カミングトン閃石を多く含むテフラとして下総層群藪層の Yb5 テフラが知られる (町田・新井, 2003)。今回新たに分析した市原市瀬又の藪層の Yb5 テフラの火山ガラスの化学組成の特徴とも良く一致することから (第2表)、本テフラは下総層群藪層の Yb5 テフラに対比される。Yb5 テフラは GoP₁ と呼ばれる軽石層 (町田ほか, 1974; 杉原ほか, 1978) に相当する。東京港地下地質研究会火山灰グループ (2000) は、江戸川層上部層にカミングトン閃石を含む軽石層を見だし、江戸川3 (Ed3) テフラと呼び、強磁性鉱物のキュリー一点温度の特徴から GoP₁ テフラに対比している。GS-AA-1 コアの深度 41.66 m～41.67 m のテフラは、Ed3 テフラに相当すると考えられる。

物性: 本ユニット下部の泥層では概ね、S波速度は 280 m/s～290 m/s、P波速度は 1,560 m/s～1,590 m/s、密度

は 1.7 g/cm³～1.8 g/cm³、泥質砂層では S波速度は 360 m/s～390 m/s、P波速度は 1,660 m/s～1,790 m/s、密度は 1.8 g/cm³～2.1 g/cm³ の範囲で変化する。中部では概ね、S波速度は 400 m/s～540 m/s、P波速度は 1,660 m/s～1,890 m/s、密度は 1.9 g/cm³～3.1 g/cm³ の範囲で変化する。上部では S波速度は 300 m/s～400 m/s、P波速度は 1,530 m/s～1,750 m/s、密度は 1.8 g/cm³～2.0 g/cm³ の範囲で変化する。

4.5 ユニット D

深度: 35.90 m～15.80 m

層相: 本ユニットは下部と上部に分けられる。下部の基底は層厚約 7 m の礫層からなる。この礫層は最大粒径が 4 cm ほどの円～亜円礫を主体とする。下位ユニットとは浸食面と考えられる明瞭な地層境界で接する。礫層の上部はやや砂がちとなり、上位に斜交層理が認められる細粒～粗粒砂層へと移行する。砂層の上位には、細粒な軽石が混じるやや有機質な砂質泥層が重なる。この砂質泥層には植物根痕が認められる。この砂質泥層の上位には巢穴化石を含む貝殻片が混じるシル

第 3 表 GS-AA-1 から得られた放射性炭素年代。

Table 3 Radiocarbon ages from GS-AA-1.

GS-AA-1						
測定番号	試料名	深度 (m)	試料	^{14}C age (1 σ , yBP)	暦年代 (2 σ , cal BP)	median probability
I AAA-180287	GS-AA-1_0720	7.20	貝殻(ヒメカノコアサリ)	3440 \pm 20	3224 - 3379	3312
I AAA-180288	GS-AA-1_0864	8.64	貝殻(ハマグリ類)	980 \pm 20	523 - 627	575
I AAA-180289	GS-AA-1_1153	11.53	貝殻(ホトトギス類)	Modern		
I AAA-180290	GS-AA-1_1334	13.34	貝殻(シオフキ)	780 \pm 20	334 - 349	428
I AAA-180291	GS-AA-1_1510	15.10	貝殻(クチベニデ)	6770 \pm 30	7230 - 7365	7296

ト層が重なる。下位の砂質泥層とは明瞭な境界面で接する。上部基底は貝殻片を含む中粒～粗粒砂層からなり、その上位には貝殻片と 2 m ～ 10 m 程度の円礫を含むやや泥質な中粒～粗粒砂が重なる。最上部は塊状のシルト層からなる。

テフラ：本ユニット下部の深度 28.20 m ～ 27.33 m の砂質泥層には中粒～粗粒砂サイズの軽石やテフラ起源の砕屑物が多く含まれる。深度 28.05 m ～ 28.07 m では、重鉱物としては直方輝石、単斜輝石、普通角閃石、磁鉄鉱に加え量は少ないが黒雲母やカミングトン閃石も含まれる。斜方輝石の屈折率 (γ) は 1.696 ～ 1.706 を示し、普通角閃石の屈折率 (n_2) のレンジは広く 1.668 ～ 1.674, 1.678 ～ 1.681, 1.685 ～ 1.691 を示す。深度 27.40 m ～ 27.42 m では重鉱物として直方輝石、単斜輝石、普通角閃石、磁鉄鉱を含み、直方輝石の屈折率 (γ) は 1.695 ～ 1.702 (1.699) を示す。

物性：下部の礫層と砂層の S 波速度は 360 m/s ～ 740 m/s, P 波速度は 1,700 m/s ～ 2,270 m/s, 密度は 1.8 g/cm³ ～ 2.1 g/cm³ を示す。砂質泥層及び泥層の S 波速度は 190 m/s ～ 270 m/s, P 波速度は 1,490 m/s ～ 1,610 m/s, 密度は 1.7 g/cm³ ～ 2.0 g/cm³ の範囲で変化する。上部の貝殻片が混じる砂層及び泥質砂層においては、S 波速度は 270 m/s ～ 450 m/s, P 波速度は 1,700 m/s ～ 1,820 m/s, 密度は 1.8 g/cm³ ～ 2.4 g/cm³, 泥層では S 波速度は 170 m/s ～ 200 m/s, P 波速度は 1,520 m/s ～ 1,610 m/s, 密度は 1.6 g/cm³ ～ 1.9 g/cm³ の範囲で変化する。

4.6 沖積層、埋立層及び盛土層

深度：15.80 m ～ 0.00 m

層相：礫質な下部 (深度 15.80 m ～ 13.40 m), 砂泥互層からなる中部 (深度 13.40 m ～ 3.42 m), 礫質な上部 (深度 3.42 m ～ 地表) に分けられる。下部は粒径 4.5 cm 以下の礫、貝殻片、極細粒～細粒砂からなり、全体に泥質で上方細粒化する。一部に生痕が見られる。中部は砂分を含まない泥、斜交層理の発達した極細粒～細粒砂、未固結変形の顕著な砂質泥などの互層からなり、全体に貝殻片が散在する。泥は一部有機質で暗色のラミナが発達する。深度 10.58 m ～ 11.00 m にはラミナの発達した細粒砂層が再堆積したブロックとして含まれ

る。深度 6.40 m にはタイヤと思われるゴム片が含まれる。上部は角礫混じりの淘汰が悪い泥～極細粒砂からなり、セラミック製の破片など人工物を含む。

下部は埋没段丘礫層の再堆積物からなる沖積層、中部は浚渫砂による人為的な海域の埋立に伴う埋立層、上部はゴミや碎石による盛土層と考えられる。

年代：深度 15.10 m の貝殻片 (クチベニデ) から 7.3 ka, 深度 13.34 m の貝殻片 (シオフキ) から 0.4 ka, 深度 11.53 m の貝殻片 (ホトトギス類) から modern, 深度 8.64 m の貝殻片 (ハマグリ類) から 0.6 ka, 深度 7.20 m の貝殻片 (ヒメカノコアサリ) から 3.3 ka の放射性炭素年代が得られた (第 3 表)。

物性：サスペンション法で測定された深度 15 m の S 波速度は 217 m/s, P 波速度は 1,754 m/s であった。深度 15 m よりも上の弾性波速度はダウンホール方式で測定されており、この区間の S 波速度は概ね 110 m/s ～ 180 m/s, P 波速度は 230 m/s ～ 1,580 m/s の範囲で変化し、上方で徐々に値が小さくなる傾向がある。密度は 1.6 g/cm³ ～ 1.9 g/cm³ の範囲で変化し、上方に値が小さくなる傾向がある。

5. 各ユニットの層序対比

本報告で区分した GS-AA-1 コアに認められた堆積ユニットと、東京港地下地質研究会 (2000) が示した層序区分との対応を第 2 図に示す。ユニット A は東雲層に、ユニット B は江戸川層下部層に、ユニット C は江戸川層中部層及び上部層に、ユニット D の下部は東京層下部層に、ユニット D の上部は東京層上部層にそれぞれ対比される。

GS-AA-1 コアのユニット B には、房総半島の地蔵堂層に挟在する J4 テフラに対比される TE-5a テフラが挟まるため、ユニット B は下総層群の地蔵堂層に対比される。ユニット C には下総層群の藪層に挟在する Yb1 及び Yb5 テフラが挟まるため、藪層に対比される。ユニット D については、今回確実に対比できるテフラが見つからなかったため下総層群との対比は不明である。関東火山灰グループ・東京港地下地質研究会火山灰グループ (2000) は、東京港地下地質研究会 (2000) に

よる東京層下部（本報告のユニットDの下部に相当する）に挟まる東京1テフラの上部は、直方輝石の屈折率(γ)が1.705～1.725を示し、このテフラをおし沼峠の多摩IIローム層中のドーランテフラ及び下総層群清川層のKy3テフラに対比した。なお、ドーランテフラは中里・佐藤(1988)によれば大磯丘陵のTCu-1テフラに対比され、下総層群上泉層のKm2テフラに対比される。

GS-AA-1コアのユニットD下部の深度28.20 m～27.33 mの凝灰質砂質泥層は、層位としては東京1テフラに相当するが、高屈折率のレンジを示す直方輝石を見いだすことができなかったため、この層準をTCu-1あるいはKy3のいずれかに対比することはできなかった。一方で、深度28.20 m～27.33 mのテフラが既知のどのテフラに対比されるかも現在のところ不明である。

層相の特徴から、ユニットDは谷埋め堆積物である可能性が高い。関東平野にはMIS6の低海水準期に形成された谷をMIS5eの海進によって形成された海成層等が埋積した谷埋め堆積物が各地で確認されている(例えば下総層群木下層の例、Nakazawa *et al.* 2017)。武蔵野台地では、世田谷層と呼ばれる一連の谷埋め堆積物がこの年代に形成されたことが分かってきた(中澤ほか, 2019)。ユニットDもMIS6からMIS5eにかけて形成された谷埋め堆積物である可能性も考えられるが、上記のように現段階ではその年代を積極的に支持するテフラは見つかっていない。

ユニットDの形成年代については、武蔵野台地に分布する東京層との層序対比や地層分布形態の比較、花粉分析などの結果などを合わせて、今後さらに検討する必要がある。

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にご協力いただいた。貝化石は地質情報研究部門の中島 礼氏に鑑定していただいた。ボーリング調査にあたっては、東京都建設局東部公園緑地事務所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、大洋地下調査株式会社によって実施された。深く感謝いたします。

文 献

古澤 明 (1995) 火山ガラスの屈折率測定および形態分類とその統計的な解析に基づくテフラの識別. 地質学雑誌, **101**, 123-133.
 関東火山灰グループ・東京港地下地質研究会火山灰グループ (2000) 多摩IIローム層の鉱物組成とドーランの対比. 地球科学, **54**, 49-54.
 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.
 町田 洋・新井房夫・村田明美・袴田和夫 (1974) 関東における第四紀中期のテフラ対比とそれに基づく編年. 地学雑誌, **83**, 302-338.
 中島 礼・水野清秀・古澤 明 (2008) テフラ対比に基づく中部更新統渥美層群の堆積年代. 地質学雑誌, **114**, 70-79.
 中里裕臣・七山 太 (2014) 茂原地域における上総層群大田代層上部～長南層テフラの層序. 日本地質学会第121年学術大会講演要旨集, 150-150.
 中里裕臣・佐藤弘幸 (2008) 千葉県北東部における下総層群指標テフラYb1. 日本地質学会第115年学術大会講演要旨集, 147-147.
 中澤 努・中里裕臣・大嶋秀明・堀内誠示 (2009) 関東平野中央部における上総-下総層群境界: 越谷GS-KS-1コアでのMIS12層準の特定. 地質学雑誌, **115**, 49-63.
 Nakazawa, T., Sakata, K., Hongo, M. and Nakazato, H. (2017) Transition from incised valley to barrier island systems during MIS 5e in the northern Chiba area, Kanto Plain, central Japan. *Quaternary International*, **456**, 85-101.
 中澤 努・長 郁夫・坂田健太郎・中里裕臣・本郷美佐緒・納谷友規・野々垣 進・中山俊雄 (2019) 東京都世田谷区, 武蔵野台地の地下に分布する世田谷層及び東京層の層序・分布形態と地盤振動特性. 地質学雑誌, **125**, 367-385.
 納谷友規・坂田健太郎・中澤 努 (2017) 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. 平成28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. 74, 39-46.
 Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, M.P., Guilderson, T.P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffman, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaise, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J. (2013) INTCAL13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887.
 産業技術総合研究所地質調査総合センター (編) (2018) 20万分の1日本シームレス地質図V2. データ更新日: 2018年1月10日. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
 杉原重夫・新井房夫・町田 洋 (1978) 房総半島北部の中・上部更新統のテフロクロロジー. 地質学雑誌, **84**, 583-600.

- 鈴木毅彦 (2000) 飛騨山脈貝塩給源火道起源の貝塩上宝テフラを用いた中期更新世前半の地形面編年. 地理学評論, 73A-1, 1-25.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J. (1993) Extended C-14 data-base and revised Calib 3.0 C-14 age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P.J. and Reimer, P.J. (2015) CALIB Radiocarbon Calibration. <http://calib.qub.ac.uk/calib/>, 2019年04月17日確認.
- 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.
- 東京港地下地質研究会 (2000) 東京港地域の地下地質層序. 地団研専報, no. 47, 10-22.
- 東京港地下地質研究会火山灰グループ (2000) 東京港地下のテフラとその対比. 地団研専報, no. 47, 23-30.
- 東京都土木技術研究所 (1996) 東京都 (区部) 大深度地下地盤図—東京都地質図集 6—. 東京都土木技術研究所.
- 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.