Res. Rep. Kanagawa prefect. Mus. Nat. Hist. 2021, (16), 161-180.
神奈川博調査研報（自然）2021, (16), 161-180.

神奈川県に分布するテフラ
― 関東ローム層と中期更新世の指標テフラ ―

Tephrostratigraphic Studies on the "Kanto Loam" and the Middle Pleistocene Marker Taphras Distributed in Kanagawa Prefecture

笠間友博 [1)]・西澤文勝 [2)]

Tomohiro KASAMA[1)] & Fumikatsu NISHIZAWA[2)]

Abstract. This paper aims to review tephrostratigraphic studies on the Kanto Loam and the middle Pleistocene widespread tephras to overview the fundamental stratigraphy of them and chronology in Kanagawa Prefecture, including the Southern Kanto. The Kanto Loam distributed around Kanagawa Prefecture is formed mainly by fall-out deposits derived from neighboring Hakone and Fuji volcano. Furthermore, during the past 600,000 years, reflecting distal volcanic activities such as Southern Kyushu caldera region, Central Japan and Northern Kanto, vitric tephra layers originated from these provenances have been intercalated in marine deposits developed in this region. Tephra layers are not only used effectively for wide-area correlation in stratigraphy but also play an important role in the chronology of volcanic eruptions. The fundamental stratigraphy of the Kanto Loam constructed at the Oiso and Tama hills and the widespread correlations of the middle Pleistocene marker tephras have contributed to the development of chronology of the Southern Kanto. Verification and reassessment of previous studies, focusing on stratigraphic relationships, are important to the development of tephrochronology and volcanology in this region. The detailed petrographic datasets, providing by core samples and the few existent outcrops, are more needed for accurate correlations.

Key words: tephrostratigraphy, Kanto Loam, Hakone Volcano, marker tephra, correlation, middle to late Pleistocene, Southern Kanto, Kanagawa Prefecture

1. はじめに

箱根火山を有する神奈川県は、過去40万年間にわたってその火山活動の影響下にあり、中期更新世以降、箱根火山起源の降下火砕物は関東ローム層を構成する地層として厚く堆積してきた。また、箱根火山のカルデラ形成に寄与した数々の火砕噴火の噴出物なかには、箱根火山の山麓のみならず、大磯丘陵以東の横浜地域まで到達する火砕流堆積物として、広く県域に分布するものがある。このような降下火砕物および火砕流堆積物は「テフラ（tephra）」と総称される。テフラは爆発的噴火により火山ガスとともに噴出される火山灰・軽石・スコリアなどの火砕物であり、その噴出量や噴出率、また上空の風向などの要因により、火山周辺から遠隔地まで特定の範囲に運搬され地表に堆積する。テフラは地質学的に短時間のうちに広範囲に降り積もるため、ある地層中に噴出年代の判明しているテフラを認定できれば、地層中への時間目盛りの挿入が可能となる。

神奈川県を含む関東平野の表層を分厚く覆う関東ローム層の下位には、上部鮮新統〜更新統の下総層群・上総層群・三浦層群といったより古い堆積物が存在し、それらの堆積物中にもテフラから構成される地層（以下、テフラ層と呼ぶ）が多数挟在され、岩相上の特徴から各地の地層対比の鍵層として利用されてきた。また、複数の年代学的指標が得られているそれらの堆積盆中の海成層においてテフラ層序を構築し、年代観のクロスチェックが行われることで、精度の高い火山灰層序編年が可能と

[1)] 箱根ジオミュージアム
〒 250-0631 神奈川県足柄下郡箱根町仙石原 1251
Hakone Geo Museum
1251 Sengokubara, Hakone-machi, Kanagawa 250-0631, Japan
笠間友博：kasama@city.hiratsuka.kanagawa.jp

[2)] 神奈川県立生命の星・地球博物館
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History

なる。さらに、テフラはそれ自体が火山噴火の物的証拠であり、その層相・層位・分布・年代を明らかにすることは、その噴火の実態、すなわち噴火様式や噴火推移、噴出量（規模）の復元に寄与する。そのため、噴出源の特定を含むテフラ研究は層序学的意義のほかに火山学的な意義をもち、多くの火山灰層について、その給源地域の火砕堆積物との対比が進められている（例えば , Tmg-R4 テフラ ; 鈴木・中山 , 2007 など）。

神奈川県域に運搬され降下・堆積するテフラは、箱根火山に由来するものだけではない。テフラは風送により、近隣の富士火山や愛鷹火山、また八ヶ岳火山、木曽御岳火山、三瓶火山などのより西方の火山地域から飛来する。また、500 km 以上離れた九州地方・東北地方のカルデラ火山地域からの大規模火砕流噴火に由来する火山灰（co-ignimbrite ash-fall deposits）も、ガラス質細粒火山灰層として神奈川県域に堆積している。神奈川県は日本各地の火山地域からテフラが集積する地域にあり、神奈川県に分布するテフラ層およびそれを挟在する堆積層は南関東の地形編年と地学現象の復元に大きな役割を果たす。本稿では、神奈川県内を模式地とした関東ローム層の各層について、主要な層序学的研究をまとめる。また、県域に分布する中期更新世以降の広域テフラについて概略を示す。

2. 神奈川県域の関東ローム層研究

2-1 関東ローム層について

日本列島の各地には、ローム層と呼ばれる細粒な塊状堆積物が存在する。関東ローム層はその代表的なもので、関東平野の多くを占める台地や丘陵の表面を覆う「赤土（あかつち）」として知られる。この堆積物は風成層であるという点では異論はないが、火山活動と直結した噴火堆積物という主張（例えば鈴木 , 1995）と、火山活動とはむしろ無関係の風塵堆積物とする主張(例えば早川 , 1995)があり、この議論は決着していない。一方、堆積速度が比較的遅く、水流による削剥の影響が少ない風成堆積物中には、降下火砕物の良好な保存が見込まれるため、ローム層はその成因論に関わらず、テフラ層序学的に重要な研究対象である。

神奈川県を含めた南関東に分布する関東ローム層の研究は、段丘地形の新旧関係と対応して進み、下位より多摩ローム層（多摩段丘）、下末吉ローム層（下末吉段丘）、武蔵野ローム層（武蔵野段丘）、立川ローム層（立川段丘）に区分する層序が組み立てられた（関東ローム研究グループ , 1956)。また、狭在するテフラ層の層序学的研究が進行する中で、箱根火山や富士火山起源の多数のテフラが堆積する神奈川県は重要なフィールドされ、多摩ローム層の模式地が川崎市の鴛鴦（おし）沼切通し（以下オシ沼と表記する）に、下末吉ローム層の模式地が横浜市の三ツ池付近に置かれた。その後、関東ローム層中のテフラ層序の解像度が上がるにつれ、調査はより給源火山に近い大磯丘陵について行われるようになった。下末吉ローム層は平塚市の吉沢（きさわ）を模式地として記載された多数のテフラ層を基準に吉沢（きっさわ）ローム層（町田・森山, 1968）という名称が定着するようになり、土沢ローム層（町田・森山, 1968）と呼ばれた多摩ローム層は、1970 年代に細分されて大磯丘陵内に各模式地が設けられた。これらの研究の進展は、自然露頭ではなく、高度経済成長期に盛んにおこなわれた造成工事や土砂採取で出現した人工露頭の恩恵によるところも大きい。このため、人工露頭が極端に減少した現在では、先行研究の検証や新しい知見の取得が難しい状況が続いている。

関東ローム層の層序学的研究は、各地域において細分化されつつも地形面をもとに層序区分を行う手法は引き継がれた。この地形面の考え方には、海進期の水成層の離水面を境に区分する当初からの方法（関東ローム層研究グループ , 1965; 町田ほか , 1974）と､関東ローム層中の不整合（斜交関係）を海退期に形成されたと考え、この不整合面を地形面として区分する方法（上杉 , 1976; 関東第四紀研究会 , 1987）があり、両者でそれぞれ層序区分も異なる。これら地形面を基にした区分では、各ローム層の境界に必ずしも岩相変化や指標テフラが存在するわけではない。したがって、水平に厚く堆積している露頭やボーリングコアでのローム層区分は時として難しい。広く見られる武蔵野ローム層と立川ローム層の境界層準はしばしば問題になるが、それらの判定は判断材料に乏しく、まとめて武蔵野・立川ローム層など、あるいは新期ローム層（鳥羽・成瀬 , 1957）とする場合もある。しかし、これら地形面を基にする関東ローム層の層序区分は、地形発達やその後に発展した海洋酸素同位体ステージ（以下 MIS と表記する）との関係を捉えやすいという利点がある。

2-2 神奈川県域に分布する関東ローム層の層序

本章では、神奈川県内に分布する関東ローム層の概要についてレビューする。形成年代の古い地層から、模式地および模式的分布地における層序区分を示し、地形面との対応、層相、および指標テフラとその岩石学的特徴について記述する。なお、各ローム層の区分や名称に関して、研究者や地域によって異なる見解が存在する場合には、それぞれの区分について引用文献を明記した上で記述した。それらの研究における層序区分の対比関係を表 1 （笠間 , 2008 より抜粋）に示す。なお、本文中の地層名やテフラ記号が異なる場合についても、混乱を避けるため「○○あるいは△△」､「●●（＝▲▲）」と併記した。さらに、同じ著者ないし研究グループの論文内で同一の地層を指して用いられる別の言い回しや名称および記号の関係は「 / 」の記号で区切って併記した。また､層序学的・記載岩石学的に対比の確度が高いもの（例えば、広域テフラや給源火山が明らかにされているテフラ）の表記は、町田・新井（1992, 2003）に従った。

2-2-1 多摩ローム層

多摩ローム層の表記方法は、下位から T-F ～ T-A テフラ累層に分け、テフラ記号を TF、TE、TDl、TDu、TCl、TCu、TB、TAl、TAm、TAu と振る方法（町田ほか , 1974; 町田・新井 , 1980）と、同じく下位から多摩最下部ローム層 / 柄沢（からさわ）ローム層、多摩下部ローム層下部 / 雑色（ぞうしき）ローム層、多摩下部ローム層中部 / 下庭（しもにわ）ローム層、多摩下部ローム層上部 / 藤沢（ふじさわ）ローム層、多摩中部ローム層下部 / 早田（そうだ）ローム層、多摩中部ローム層上部 / 七国峠（ななくにとうげ）ローム層、多摩上部ローム層 / 土屋（つちや）ローム層に分け、テフラ記号を KR、Tll、Tlu、Tm、Tu と振る方法（上杉 , 1976; 関東第四紀研

表 1. 関東ローム層の区分対比表および箱根火山形成史.（笠間 , 2008 より抜粋）

関東ローム研究グループ(1956)	鳥羽・成瀬（1957）	鶴見・大村（1966）	横浜地域 関東第四紀研究会(1974)、関東第四紀研究会(1980)、横浜サブ団研(1983)		大磯丘陵 上杉(1976)、上杉ほか(1983)、関東第四紀研究会(1987)		横浜地域 町田(1971)、町田ほか(1974)		大磯丘陵 町田(1971)、町田ほか(1974)、町田ほか(1980)		箱根火山 町田(1977)	箱根火山 日本地質学会国立公園地質リーフレット編集委員会(2007)	軽石流	MIS (Bassionot et al., 1994; 貝塚ほか, 2000)	年代 町田・新井(2003)
立川ローム層	新期ローム層	立川ローム層および武蔵野ローム層	立川ローム層		新期ローム層	Y	新期ローム層		新期ローム層		中央火口丘	後期中央火口丘		2 3	50ka
武蔵野ローム層			武蔵野ローム層								新期カルデラ期	前期中央火口丘	TP	4 5a~5c	105ka
下末吉ローム層	下末吉ローム層	下末吉ローム層	下末吉ローム層	Sp	吉沢ローム層 中部層 下部層	Kmp Klp	下末吉ローム層 中部層 下部層	KmP KlP	吉沢ローム層 中部層 下部層	KmP KlP	新期外輪山期（YS）			5d ←5e	130ka
多摩ローム層	多摩Ⅱローム層	土橋ローム層	土橋ローム層	Ts	土屋ローム層	Tu	六ッ川ローム層	Mt	多摩A上部	TAu	古期カルデラ期	外輪山形成期 カルデラ形成		6	
					七国峠ローム層(Tmu)				多摩A中部	TAm			TAm-1	←7.1	
									多摩A下部	TAl				←7.3	
		多摩Ⅱローム層	舞岡ローム層	Mi	早田ローム層（Tml）	Tm	舞岡ローム層	Mk	多摩B	TB			TB-13	←7.5	
									多摩C上部	TCu			TCu-1		250ka
			（新沢層）瀬戸ヶ谷層		藤沢ローム層（Tlu）	Tlu	西根ローム層	Ns	多摩C下部	TCl	古期外輪山期（OS）	外輪山形成期 成層火山群		8	290ka
	多摩Ⅰローム層	多摩Ⅰローム層	（西根ローム層）		下庭ローム層(Tlm)	Tll			多摩D上部	TDu					
			山王台ローム層	Sa	雑色ローム層（Tll）	Tll	港南ローム層	Kn	多摩D下部	TDl				9	328ka
									多摩E 鴨沢ローム層	TE				10 ←11	408ka
			平戸ローム層		柄沢ローム層（pTl）	KR			多摩F	TF				12	500ka

究会 , 1987）がある。両者の層序区分とも大磯丘陵の多摩ローム層全体を網羅し、現在も使用されているが、前述の地形面解釈の違いが反映され、前者は水成層を最初に覆うテフラから、後者は不整合を最初に覆うテフラからそれぞれ上位に向かって昇順に数字番号を振る。つまり、海退のピーク → 不整合の形成 → 海進 → 不整合を覆うテフラ層の堆積（上杉ほかのテフラ番号付け）→ 海進 → 海進のピーク → 海退 → 離水面を覆うテフラ層の堆積（町田ほかのテフラ番号付け）という関係になる。ただし、TAm-1 と Tu-1 については同じテフラ層で、番号も同じである。町田ほか（1974）、町田・新井（1980）では、T-F ～ T-A テフラ累層に覆われる海成層等の水成堆積物を T-f ～ T-a 層とした。すなわち T-f 層の離水面を直接覆うテフラ累層が T-F テフラ累層である。一方、上杉（1976）、関東第四紀研究会（1987）は、海成層等の水成堆積物はローム層の同時異相という点を重視し、特に分けてはいない。

なお、ここでは便宜的に町田ほか（1974）、町田・新井（1980）による多摩ローム層の区分（表 1）に従って記述するが、上記 2 つの表記方法とも重要な論文が多数出版されているため、テフラ表記の対応表が必要な場面が多々ある。笠間（2008）や神奈川県立生命の星・地球博物館電子百科関東ローム層（http://nh.kanagawa-museum.jp/sizen/tephra/top_menu.cgi）は、その課題を補う目的で、愛称等も含めた名称、記号を併記しているが、すべては網羅していない。加えて、前述のように、論文で記載された露頭が次々と消失したことも、相互のテフラ対応の確認を難しくしているのが現状である。

i）T-F テフラ累層

第四系の海成層が広く分布する神奈川県において、陸上で形成された関東ローム層の存在は、県内各地の陸化過程の重要な指標となる。これまでの研究によって明らかにされた県内最古の関東ローム層は大磯丘陵と多摩丘陵にあり、ほぼ同じ時期の堆積物とみられている。

大磯丘陵における T-F テフラ累層（町田ほか , 1980）は、多摩最下部ローム層 / 柄沢ローム層（上杉 , 1976; 関東第四紀研究会 , 1987）とも呼ばれ、足柄上郡中井町鴨沢（かもざわ）西方を流れる柄沢の谷で現在も観察可能である。TFV（Tama-F vitric ash）（町田ほか , 1980）（図 1A）あるいはミガキズナ / KR-16（上杉 , 1976）というローカル名で記載された約 45 万年前の広域テフラ、辺川（へがわ）一笠森（かさもり）5 /Hgw-Ks5（Nishizawa & Suzuki, 2019）を含むことは特筆すべきで、MIS 11 の海進堆積物に相当する T-e 層 / 鴨沢層（町田ほか , 1974）あるいは雑色層（関東第四紀研究会 , 1987 の再定義）に直接覆われることも含め、MIS 12 の海退期の堆積物と考えられている（貝塚ほか , 2000）。なお、このローム層の下位には、T-f 層（町田ほか , 1980）あるいは柄沢層（上杉・遠藤 , 1974）と呼ばれる MIS 13 の海進堆積物が存在する（貝塚ほか , 2003）。T-f 層は、横浜市西部地域の屏風ガ浦（びょうぶがうら）層（関東第四紀研究会 , 1974）（論文により「屏風浦層」、「屏風が浦層」、「屏風ケ浦層」という表記があるが、本稿では屏風ガ浦層を用いる）に相当する堆積物である（町田ほか , 1980）。

多摩丘陵では平戸（ひらど）ローム層（府川 , 1975）と呼ばれ、かつて横浜市戸塚区平戸町、信濃町付近で断片的に露出したが、現在は露頭が消失している。平戸ローム層は著しく風化した礫を含む砂礫層を覆う（町田ほか , 1974; 三梨・菊地 , 1982）。この堆積物が屏風ガ浦層である可能性は否定できないが、この礫層からはそれを支持する年代指標となる広域テフラは未発見である。もし屏風ガ浦層であれば、平戸ローム層も MIS 12 の堆積物となる（貝塚ほか , 2000）。MIS 12 は MIS 16 と並んで、更新世中期～後期で最も海水面が低下したとされる時期である（Shackleton, 1987）。大磯丘陵および多摩丘陵に見られる上記のローム層の岩相は、後述の立川ローム層に似てスコリア質であり、塊状で識別可能なテフラ層に乏しいという点で類似した特徴をもつ。

なお、この層準のローム層は、神奈川県に属する多摩丘陵南部においては、最古の地形面である T1 面（羽鳥・寿円 , 1958）上に存在する可能性があるが、その分布は限定的であると考えられる。多摩丘陵で最も古い T1 面は、御殿峠（ごてんとうげ）から平山城址公園、連光寺坂上などから連なり、一部は小田急線新百合ヶ丘駅周辺（川崎市麻生区）などに張り出している。より新しい T2 面（羽鳥・寿円 , 1958）との境界（100 m 崖線とも呼ばれる）は明瞭で、その境界の急斜面を後述の MIS 11 に形成された海食崖とする見方もある（貝塚 , 1992）。T1 面の一部には、御殿峠礫層を覆う多摩Ⅰ（T1）

ローム層が見られるが、羽鳥・寿円（1958）によると、新百合ヶ丘駅周辺の弘法松やその東側（現在の王禅寺見晴らし公園周辺）では、頂部まで基盤が分布しているとしているので、神奈川県内の T1 面に多摩 I ローム層が堆積している可能性は少ないと考えられる。なお、地殻変動の激しい大磯丘陵ではこの層準のローム層と地形面の対応関係は保存されていない。

ローム層の年代について、砕屑物の主要な供給源と考えられる箱根火山の活動開始は、最近では溶岩の年代測定から約 40 万年前とされている（及川・石塚 , 2011）。しかし、町田ほか（1980）は、両輝石型軽石質テフラのニセムラサキおよび下倉田ガラパミ（関東第四紀研究会 , 1974）を箱根火山起源としている。これらは屏風浦 2 / By2（町田ほか , 1980）のローカル名で記載された広域テフラ、小林ー笠森 /Kb-Ks（町田・新井 , 1992）の直上にあり、噴出時期は約 50 万年前の MIS 13（貝塚ほか , 2000）である。これにしたがえば、T-F テフラ累層あるいは多摩最下部ローム層 / 柄沢ローム層に挟在するスコリア層は、箱根火山起源の堆積物と考えられ、箱根火山の活動開始時期は古くなることも考えられる。なお、関東第四紀研究会（1987）は、本ローム層中の角閃石を優位に含むテフラを愛鷹火山起源としている。

ii）T–E テフラ累層

大磯丘陵にける MIS 11（約 41 万年前）の海進堆積物は、中井町鴨沢西方の柄沢の谷周辺に分布する T-e 層 / 鴨沢層（町田ほか , 1974）である（貝塚ほか , 2000）。これは関東第四紀研究会（1987）が再定義した雑色層の下部に相当する。この堆積物は、黒褐色の砂を主体とする基質支持の砂層でテフラの保存は悪い。また、その離水層準付近には生痕化石が見られるが、それより上位に大きな岩相変化はないままローム層に直接覆われる。構成粒子である砂は、箱根火山外輪山が海岸線をつくる湯河原町の吉浜海岸のような黒褐色の砂であり、箱根火山外輪山起源の砕屑物が優先的にもたらされる環境があったことを示唆する。

これに対して、多摩丘陵南部、特に横浜市のいわゆる「戸塚湾」（大塚 , 1937）、秦野・横浜線（町田 , 1973）を中心とする相対的沈降域（以下横浜地域と呼ぶ）の MIS 11 の海進堆積物は、港南層（町田ほか , 1974）あるいは上倉田層（関東第四紀研究会，1974）と呼ばれ、その分布は広い（図 1B）。同地域では溺れ谷を埋める泥質堆積物が発達し、鍵層となるテフラに乏しいため、同じくこの地域に広く分布する下末吉層との区別は難しい。しかし、比較的テフラ層の保存が良い上部層〜離水層準付近の泥層〜泥炭層が露出する場合は、両者のテフラ層序に明瞭な違いがあることから区別は容易である。港南層には細粒スコリアの薄層が 40 枚以上あり（笠間 , 2006）、基底部に黒色火山砂を伴うスコリア質テフラ、宮の谷 V.S.（volcanic sand）（横浜サブ団研グループ , 1983）や、数 cm 下位に白色火山灰層がある白色軽石テフラ、港南 1 /Kn-1（町田ほか , 1974）あるいは山王台 2/Sa-2（関東第四紀研究会 , 1974）といった岩相の特徴を捉えやすいテフラが知られている。しかし、これらは大磯丘陵の柄沢周辺の砂質堆積物中には見いだされておらず、多摩丘陵における地層対比にのみ有効な鍵層である。Kn-1 は、房総半島地蔵堂層中の J3 に対比され、MIS 11 海進最盛期の噴出物とされる（町田 , 2008）。この海進堆積物を直接覆うローム層は、港南ローム層（町田ほか , 1974）あるいは山王台ローム層（関東第四紀研究会 , 1974）と呼ばれる。このローム層は、大磯丘陵においては、町田ほか（1974）の T-E テフラ累層（鴨沢ローム層）と T-Dl テフラ累層を合わせたもの、あるいは関東第四紀研究会（1987）の雑色ローム層に相当する。町田ほか（1974）は、T-e 層の海進の後、T-d 層を堆積させた海進が大磯丘陵にあり、それぞれの離水面の上にのるテフラ群を T-E テフラ累層と T-Dl テフラ累層として分けたが、同論文では横浜地域において T-d 層相当層を確認できていないためローム層が連続して堆積したと解釈したことになる。一方、関東第四紀研究会（1987）は、この間、大磯丘陵も多摩丘陵も明瞭な不整合がローム層に見られず、一連の海進（雑色海進）が続いていると解釈したことになる。この時期の海成層やテフラは、MIS 9 の海進ピーク（MIS 9.3）との対応関係でも重要な意味をもつが、これは T-D テフラ累層で後述する。

T-E テフラ累層の中で最も重要なテフラは、TE-5a（町田・新井 , 2003）あるいは Tll-9（上杉 , 1976）下部と呼ばれる中部〜関東に分布する北アルプス起源の広域テフラである。このテフラの年代については様々な報告があるが、町田・新井（2003）は地球軌道要素年代として約 35 万年前（MIS 10 またはその直前）を示している。その他の箱根火山起源とされるテフラは、スコリア質テフラが中心で、軽石混じりのスコリア質テフラも含む。TE-5（図 1C, 図 2A）の下位に接近して存在する TE-4（＝ Tll-8）は、大磯丘陵でも多摩丘陵でも黄色に風化した軽石層として目立つ（図 1C）。

なお、三浦半島南部に分布する宮田層は、テフラによる対比やテフラの年代測定がなされていなかったが、最近、笠間・塩井（2019）は広域テフラの可能性のある白色ガラス質テフラを海進初期と考えられる堆積物中に見出し、船久保タフ /Fn と命名し、フィッショントラック・U-Pb ダブル年代測定法から約 41 万年前の年代を報告している。笠間・塩井（2019）の記載露頭では、宮田層とされる地層には不整合が 2 つ存在し、Fn はそれらの最上位層に含まれる。これらの不整合と MIS との関係は必ずしも明らかではないが、最下部層を林層（上総層群相当層）とし、不整合の数を多摩丘陵南部横浜地域の相模層群と対応させると、MIS 11 あたりに対比され、測定年代とは矛盾しない。

iii）T–D テフラ累層

町田（2008）は、大磯丘陵で T-Dl テフラ累層に覆われる T-d 層あるいは雑色砂礫層（遠藤・上杉 , 1972）が MIS 9.3 に、T-Du テフラ累層に覆われる T-du 層 / 古怒田砂礫層（町田ほか , 1974）あるいは下庭層（関東第四紀研究会，1980）が MIS 9.1 に、T-Cl テフラ累層に覆われる T-c 層 / 中井層あるいは藤沢砂礫層（遠藤・上杉 , 1972）が MIS 8.5 に対比される可能性を示した。一方、多摩丘陵ではオシ沼砂礫層（羽鳥・寿円，1958）が MIS 9 の海進堆積物とされている（貝塚ほか , 2000）。オシ沼砂礫層は、離水面を覆うローム層とともに生田緑地内で現在も観察できるが、これとは対照的に南部の横浜地域や大磯丘陵では、

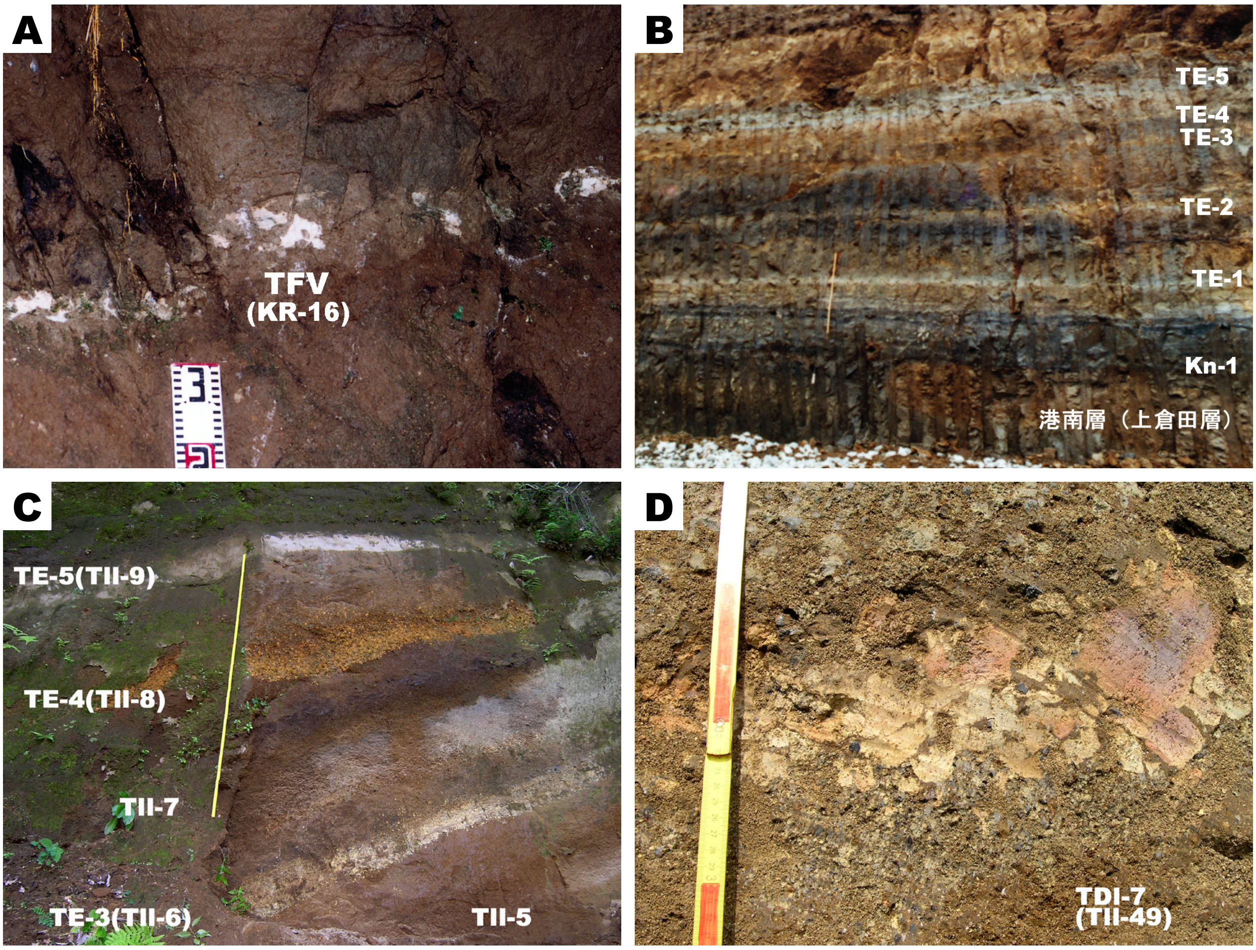

図 1．T-F テフラ累層から T-D テフラ累層にかけてのテフラ層の露頭写真．A: TFV テフラ（足柄上郡中井町鴨沢），B: 港南層と T-E テフラ累層（横浜市戸塚区名瀬町），C: TE-5 テフラ（足柄上郡中井町鴨沢），D: TDl-7 テフラ（足柄上郡中井町雑色）．

もともと露頭が少なく、広域テフラにも恵まれないため課題が多い層準である。露頭出現の機会が大幅に減少している現状では、研究の進展は難しいかもしれない。なお、加久藤火山灰 /Kkt（町田・新井 , 2003）は MIS 9 の噴出物であるが、南関東では見いだせていない（町田 , 2008）。

当初、オシ沼砂礫層は、T2 面を構成する海成層と定義される屏風ガ浦層の縁辺相と考えられた（羽鳥・寿円, 1958）。屏風ガ浦層は、神奈川県（1955）の相模層群の一部に相当する。その後、成瀬（1960）は、T2 面の構成層を長沼層、屏風ガ浦層および多摩ローム層に分けた。高度経済成長期に入ると多くの露頭が出現して研究が進展し、これまで屏風ガ浦層としていた堆積物は、不整合を挟む多数の海進堆積物からなることが明らかになった（関東第四紀研究会 , 1974; 町田ほか , 1974; Kikuchi, 1977 など）。オシ沼砂礫層もその一つと解釈され、大磯丘陵のテフラ層位からオシ沼砂礫層の地域間対比がなされ、町田ほか（1974）は T-c 層 / 西根層に、関東第四紀研究会（1980）は藤沢層に対比した（これらは同じ地層を指す）。しかし、多摩丘陵においてオシ沼砂礫層の直上にあるゴマシオ軽石層（関東ローム研究グループ , 1960）、すなわちゴマシオ第 1 軽石層 /GoP1（皆川・町田 , 1971）が、鶴見川以南では未発見で（町田ほか , 1974）、横浜地域での対比作業は決め手に欠けた。岡ほか（1984）は、東京南西部地域においてゴマシオ第 2 軽石層 /GoP2（皆川・町田 , 1971）の直下の泥炭層中に Tlu-14（＝ TCl-1）テフラを記載したが、下位の GoP1 の層準には箱根起源のテフラを記載していない。このように GoP1 の層準に大磯丘陵に見られる箱根火山起源のテフラが明瞭に存在しないことも対比を難しくしている。なお、GoP1、GoP2 は、それぞれ八ヶ岳起源の Yt-BBP と Yt-BP に対比に対比されている（新井 , 1972; 会田 , 1997）。

大磯丘陵でも GoP1 は未発見である。この層準の広域テフラには、他に根古屋 1 /Ng-1（近藤 , 1985）すなわち高山軽石層 /Tky-Ng1（田村・鈴木 , 2001）があり、これは GoP1 の下位に位置する。大磯丘陵では西部の丹沢川の谷に露出する厚い泥層中にあり、Tzm-125（大磯団研グループ , 1988）と記載された。上杉（1976）では Tll-58 上部ガラス質火山灰にあたる。大磯丘陵における Tky-Ng1 の層位は、T-Du テフラ累層の下部付近であることから、GoP1 はそれより上位の T-Du ～ T-Cl テフラ累層に含まれる可能性が高い。したがって、オシ沼砂礫層相当層は T-du 層～ T-c 層に相当する可能性がある。これは町田ほか（1974）以来推定されている層位で、杉原ほか（1978）は房総半島藪層で TCl-3 の下位に見出し、寒冷な水温であったとしている。吉川（1999）は、Tky-Ng1 の層準が寒冷な時期を示すことから MIS 8.6 の噴出物とした。GoP1、Tky-Ng1 はいずれも寒冷な時期の噴出物のようであるが、横浜地域や大磯丘陵のローム層に見出せていない。

横浜地域で記載されたテフラをみると、T-e 層を覆う港南ローム層は T-E テフラ累層のみではなく、最上位の Kn-7 が TDl-7 に対比されている（町田ほか , 1974）。おな

じく山王台ローム層も最上位は Sa-22 まで記載されており（稲垣ほか, 2000）、こちらも上位のテフラは T-Dl テフラ累層に含まれることは確実である。したがって、T-d 層あるいは雑色層上部に相当する海進堆積物が、横浜地域にはないことになる。著者らの観察でも、中井町雑色の採石場では T-Dl テフラ累層に覆われる厚さ約 50 m以上の T-d 層相当の砂礫層があり（笠間, 2008）、顕著な海進の堆積物である可能性は否定できないが、関東第四紀研究会（1987）では、雑色海進を町田ほか（1974）の T-e 層の海進をピークと考え T-d 層のピークは示していない。この解釈は横浜地域に T-d 層がないことと整合的だが、T-d 層の海進水位が T-e 層に比べて低く、横浜地域は大磯丘陵に比べると隆起運動が顕著ではないため堆積物が確認できなかった可能性は残る。また、T-du 層に相当する海進堆積物も横浜地域では記載されていない。著者の一人、笠間（2006）の横浜地域で行われた 1984 年～ 2006 年の調査でも、T-e 層 / 港南層または上倉田層と T-c 層 / 西根（にしね）層は認められるものの、その間の T-d 層、T-du 層は未発見であった。

T-Dl テフラ累層、T-Du テフラ累層の岩相は、ともにスコリア質テフラを中心に、軽石混じりのスコリア質テフラを含む。また、T-Dl テフラ累層中には赤鬼黒鬼（あかおにくろおに）と愛称される TDl-6（＝ Tll-43）テフラ、赤鬼青鬼（あかおにあおおに）と愛称される TDl-7（＝ Tll-49）テフラといった特徴的な軽石質テフラを挟在する（図 1D）。T-Dl テフラ累層は現在でも中井町鴨沢の中村川右岸に露頭があるが、T-Du テフラ累層を十分に観察できる露頭の見込みは少ない。

iv) T-C テフラ累層

T-C テフラ累層は、T-c 層 / 中井層あるいは藤沢砂礫層を覆うテフラ群である。町田ほか（1974）は、さらに谷地形形成と T-cu 層とした湖成堆積物と推定される地層の存在から、T-C テフラ累層について、T-c 層を覆う T-Cl テフラ亜累層と T-cu 層を覆う T-Cu テフラ亜累層とに分けた。上杉（1976）もこの谷地形に着目し、藤沢ローム層（Tlu）とその上位の早田ローム層（Tm）の境界を置いた。谷地形を斜交関係で最初に覆う上杉（1976）の Tm-1 テフラは町田（1974）の TCl-6 テフラにあたるが、TCl-6 を挟在する T-Cl テフラ亜累層はほぼ上杉（1976）の藤沢ローム層（Tlu）に相当するため、T-Cu テフラ亜累層は早田ローム層下部の下位層準に相当する。

T-Cl テフラ亜累層と T-Cu テフラ亜累層の境界付近の層準は、箱根火山起源のテフラが、スコリア主体から軽石主体に移り変わる境界でもあり、大容量の軽石質テフラが増え、大磯丘陵に達する火砕流堆積物も出現し始める時期である（町田ほか，1974）。これは箱根古期外輪山期と古期カルデラ期の境界で、町田（1977）は TCu-1/Hk-TCu1（＝ Tm-2）テフラ（図 2B, 3B）を箱根火山のカルデラ形成期 / 古期カルデラ期の始まりとした。長井・高橋（2008）の新しい箱根火山形成モデルでは、ステージ 3 / 安山岩質成層火山群・独立単成火山群の形成とステージ 4 / カルデラおよび独立単成火山群形成期の境界に相当するが、同論文ではカルデラ形成期の始まりをより下位の Tlu-25（＝ TCl-4）テフラとしている（図 3A）。

TCu-1 テフラは横浜方面まで達する火砕流堆積物が知られており、著者らも確認している（笠間, 2008）（図 3B）。ただし、横浜地域の火砕流堆積物を伴う TCu-1 テフラについては解釈の違いがあり、横浜サブ団研グループ（1995）が TCu-1 テフラとしたものは、笠間・相原（1990）、笠間（2006）の後述する箱根東京テフラとその火砕流堆積物にあたる。TCu-1 の降下テフラの分布は広く、多摩丘陵のオ

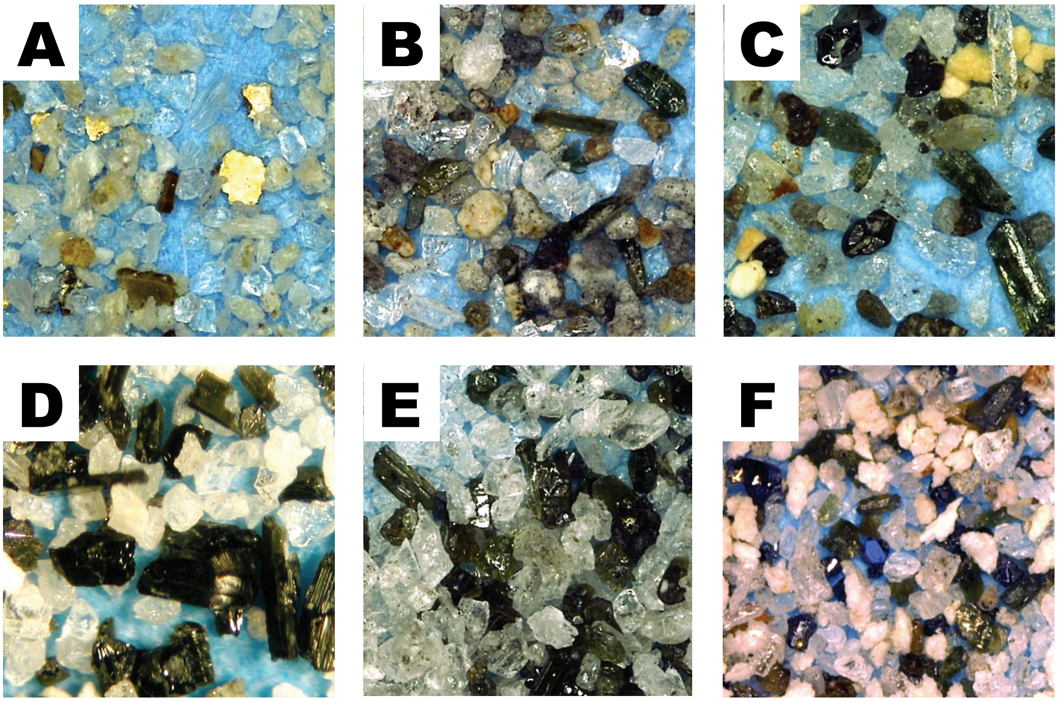

図 2. テフラの構成粒子（写真 A と B は 1 辺が 4 ㎜, C ～ F は 1 辺が 12 ㎜）. A: TE-5 テフラ（神奈川県中井町鴨沢）, B: TCu-1 テフラ（神奈川県秦野市今泉）, C: TB-1 テフラ（神奈川県秦野市今泉）, D: TB-9 テフラ（神奈川県平塚市土屋）, E: KlP-13 テフラ（神奈川県伊勢原市高森）, F: KmP-1 テフラ（神奈川県平塚市万田）.

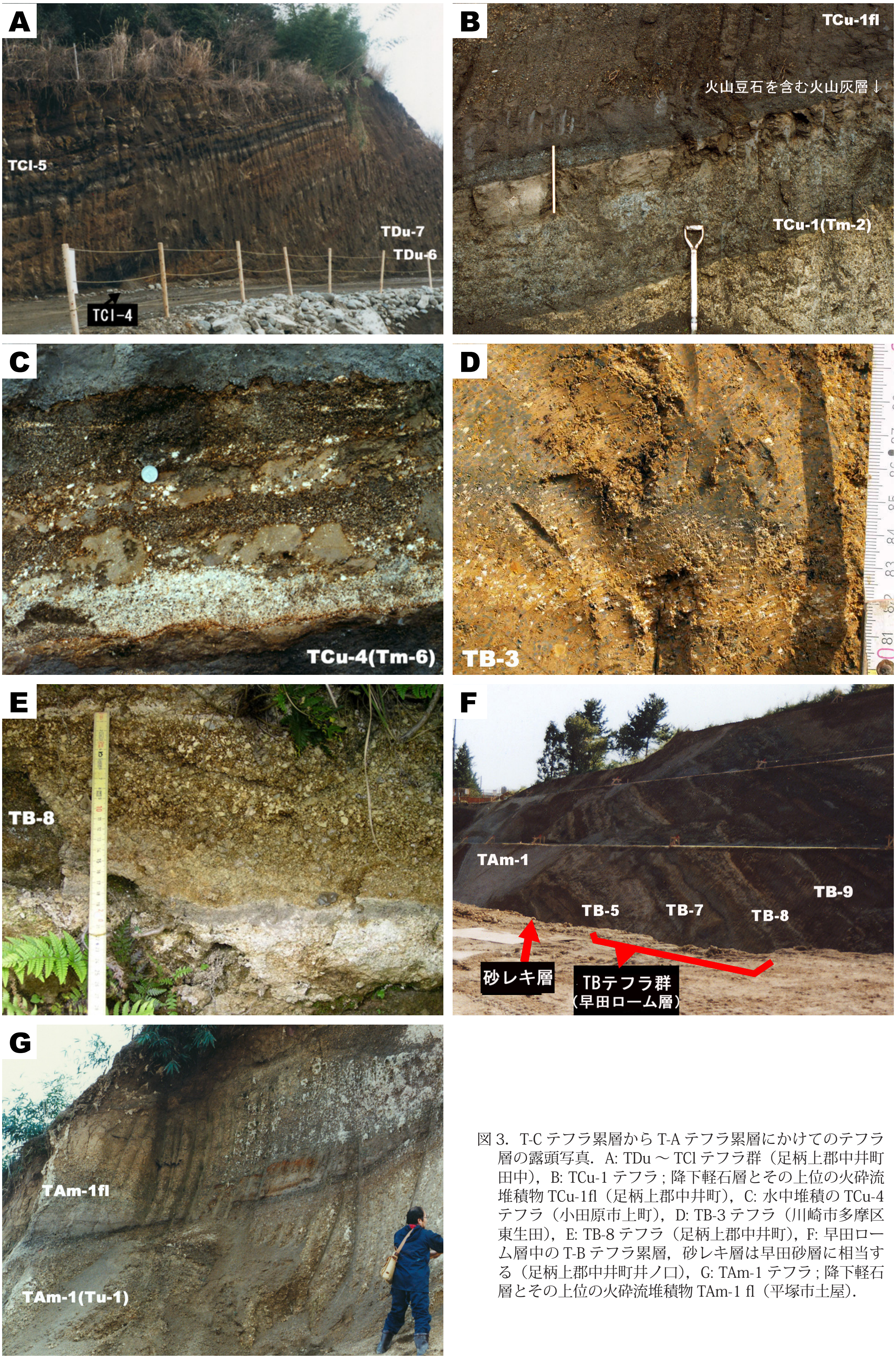

図 3. T-C テフラ累層から T-A テフラ累層にかけてのテフラ層の露頭写真．A: TDu ～ TCl テフラ群（足柄上郡中井町田中），B: TCu-1 テフラ；降下軽石層とその上位の火砕流堆積物 TCu-1fl（足柄上郡中井町），C: 水中堆積の TCu-4 テフラ（小田原市上町），D: TB-3 テフラ（川崎市多摩区東生田），E: TB-8 テフラ（足柄上郡中井町），F: 早田ローム層中の T-B テフラ累層，砂レキ層は早田砂層に相当する（足柄上郡中井町井ノ口），G: TAm-1 テフラ；降下軽石層とその上位の火砕流堆積物 TAm-1 fl（平塚市土屋）．

シ沼切通しで記載されたドーラン（関東ローム研究グループ, 1960）、登戸軽石Ⅰ（鳥羽•寿円, 1958）として知られる。TCu-1 は下総層群上泉層中に挟まれる Km2 テフラ（徳橋・遠藤, 1984）に対比されており（中里・佐藤, 1988）、東京湾岸から利根川南岸にかけての関東平野中央部にまで分布する重要な指標テフラの一つである（例えば、納谷ほか, 2018, 2020 など）。その分布は箱根火山から東北東方向に長く伸びた軸をもつとされ、東京都で掘削された北区中央公園コア中でも、最大粒経 1 cm の灰白色軽石からなる層厚 12 cm のテフラとして確認されている（納谷ほか, 2020）。このテフラの下位には阿蘇 1 /Aso-1 があり、地球軌道要素年代は 25 ～ 27 万年前、MIS 8（町田•新井, 2003）とされる。また、ローカル名でベージュタフと呼ばれた広域テフラ、阿多鳥浜 /Ata-Th テフラ（鈴木•早津, 1991）は、TCu-2（＝ Tm-3）テフラと TCu-3（＝ Tm-5）テフラの間の層準にあり、約 24 万年前、MIS 8 ～ 7.5（町田・新井, 2003）の噴出物とされる。角閃石型テフラの TCu-4（＝ Tm-6）（図 3C）は、後述する T-b 層（MIS 7.5）に挟在する。

T-Cl テフラ亜累層あるいは藤沢ローム層は、横浜地域の西根ローム層に相当する。西根ローム層は、当初関東第四紀研究会（1973, 1974）によって屏風ガ浦層を覆う横浜地域最古のローム層として命名されたものであるが、町田ほか（1974）の再定義で層序は訂正された。T-Cu テフラ亜累層あるいは早田ローム層下部は、横浜地域では舞岡ローム層に相当し、同様に関東第四紀研究会（1973, 1974）によって西根ローム層と山王台ローム層の中間の層位に相当するものとして命名されたが、町田ほか（1974）により層序は再定義された。

T-Cl テフラ累層に覆われる T-c 層の露頭は、現在でも中井町雑色の中村川左岸にあるが、砂礫層は乾燥により保存状況は良くない。横浜地域では、西根層（町田ほか, 1974）あるいは瀬戸ヶ谷層（横浜サブ団研グループ, 1989）に相当し、海成とされるが、分布は極めて限定的である。笠間（2006）は、旭区金が谷で西根層を記載しており、その離水面高度は約 55 m である。

v）T-B テフラ累層

T-B テフラ累層は T-b 層あるいは早田砂層（遠藤・上杉, 1972）を覆うテフラ群である。大磯丘陵では平塚市土屋、秦野市今泉の市木沢、小田原市曽我大沢の菊川支流の谷などで観察可能であるが、多摩丘陵では生田緑地を除いて露頭はほとんどない（図 3D）。この層準は箱根火山のカルデラ形成期に相当し、含まれるテフラのほとんどは軽石質テフラだが、露頭観察で「スコパミ」と称される青灰色、黄褐色の軽石を含むテフラも多くみられる特徴がある。また TB-2（＝ Tm-9）、TB-3（＝ Tm-10）、TB-5（＝ Tm-15）、TB-9（＝ Tm-21）の各テフラは、角閃石型テフラで、箱根火山以外に給源があると考えられている。TB-1（＝ Tm-8）（図 2C）～ TB-3 テフラの層準の角閃石型テフラは、県内北方に向かって枚数が増える傾向があり、厚木市棚沢では下位の白色軽石と上位の青灰色軽石の組み合わせからなるテフラや青灰色軽石のみからなるテフラが少なくとも 7 枚あり、TB-2、TB-3 はそのテフラ群の一部のように見える。角閃石型テフラの給源に関して、町田（2008）は TCu-4、TB-5、TB-9（図 2D）、TAl-1（＝ Tm-39）テフラが先小御岳起源である可能性を示しているが、これら角閃石型テフラの給源火山（分布軸）が箱根火山より北方に位置する可能性は高い。TB-8（＝ Tm-21）はタマゴサンド（遠藤•上杉, 1972）とも呼ばれ、含まれる直方輝石の最大屈折率のモードが極めて高い値を示すことから指標テフラとしての重要性が指摘されていた（町田, 1974）（図 3E）。遠方の火山灰層との対比については、房総半島下総層群中の火山灰層との対比が指摘されてきた（例えば、関東火山灰研究グループ•東京湾地下地質研究会火山灰グループ, 2000; 杉原ほか, 1978; 中里, 2001）。中澤ほか（2003）は大磯丘陵における TB-8、TB-9、TCu-4 と房総半島下総層群川層中の Ky3 および Ky3.5 テフラのそれぞれに含まれる直方輝石と角閃石の屈折率を比較し、TB-8 と Ky3 および TB-9 と Ky3.5 を対比した。TB-8 の降下時期は、Ky3 の下総層群中の層位およびシークエンス層序学的な位置付けから MIS 7.4 ～ 7.3 と推定されている（中里・佐藤, 2001）。

TB-1（＝ Tm-8）テフラは、多摩ローム層の模式地で記載された登戸軽石Ⅱ（鳥羽•寿円, 1958）、ヴァヤリース（関東ローム研究グループ, 1960）であり、箱根外輪山西麓に火砕流を流している可能性が指摘されている（町田ほか, 1974; 小林・小山, 1996）。TB-13（＝ Tm-33）テフラは、大磯丘陵まで達した火砕流堆積物が存在する。

なお、相原ほか（1995）では、Tm-28 付近の層準の火山豆石中に珪藻化石を見いだし、給源の環境を推定している。

大磯丘陵において T-B テフラ累層に覆われる T-b 層あるいは早田砂層（上杉・遠藤, 1972）は、MIS 7.5 の海進堆積物とされ（貝塚ほか, 2000）、現在でも平塚市土屋の砂採取跡地の大露頭で観察可能だが、崩落が進み、海進堆積物中に見られた TCu-4（＝ Tm-6）テフラは埋もれてしまった。露頭上方には T-B テフラ累層があり、これらは大磯丘陵の南上がりの変動の影響受け、全体的に北に傾斜する（図 3F）。

横浜地域の T-b 層は、舞岡ローム層に覆われる舞岡層に相当する。舞岡層は関東第四紀研究会（1973, 1974）によって命名され、町田ほか（1974）の再定義で層位関係が訂正された。ただし、層序の間違いを除くと、横浜地域の舞岡層、舞岡ローム層に含まれるとされるテフラは、町田ほか（1974）と関東第四紀研究会（1974）で同一であり、テフラ記号の表記が Mk-（町田ほか, 1974）、Mi-（関東第四紀研究会, 1974）で異なるのみである。したがって、町田ほか（1974）の舞岡ローム層は T-Cu ～ TAl テフラ亜累層までを含み、T-B テフラ累層とは一致しない。なお、鶴見•大村（1966）が多摩Ⅱ面と下末吉面の境界で見出した土橋面を構成する粘土層（土橋層）は、T-b 層に相当する（町田ほか, 1974）。また、関東第四紀研究会（1970）によって命名された鶴見層も岡ほか（1984）によると T-b 層に相当するとみられる。

iv）T-A テフラ累層

T-A テフラ累層は、T-a 層 / 黒岩層あるいは七国峠砂礫層（遠藤・上杉, 1972）（論文によっては七國峠砂礫層と表記）を覆う T-Al テフラ亜累層あるいは七国峠ローム層と、T-am 層 / 滝ノ前砂礫層を覆う T-A m テフラ亜累層、そして T-au 層 / 沼代砂層を覆う T-Au テフラ亜累層に分か

れる（町田ほか, 1974）。TAm ～ TAu テフラ亜累層は土屋ローム層に相当し、鶴見・大村（1966）の土橋ローム層と同じである。町田（2008）は、T-a 層が MIS 7.3、T-am 層が MIS 7.1、T-au 層が MIS 6.5 に対比される可能性があり、T-a 層は多摩丘陵では長尾層に相当するとしている。関東第四紀研究会（1973）によって命名された戸塚層は T-am 層に相当する（三梨・菊地, 1982）。これらの横浜地域の地層の対比は、多数の特徴あるテフラが大磯丘陵同様に手助けとなり比較的容易であるが、分布は極めて限定的であるため詳細は不明な部分が多い。一方、テフラが認定されず層序学的な手がかりのない、いわゆる保土ヶ谷礫層の帰属問題については、岡ほか（1974）のように戸塚層の基底礫とする考えがある。

T-A テフラ累層も箱根火山のカルデラ形成期のテフラである。TAm-1（＝ Tu-1）、TAm-4（＝ Tu-7）、TAm-5（＝ Tu-8）テフラは、特徴的な厚い 3 枚の軽石質テフラとして知られ、鶴見・大村（1966）は「アラレ」、「ヒョモン」、「ウワバミ」、遠藤・上杉（1972）は α、β、γ と呼んだ。特に TAm-1 テフラは、箱根火山最大級のプリニー式噴火の噴出物とされ（貝塚ほか, 2000）、大磯丘陵に達する火砕流堆積物が存在する（図 3G）。笠間・山下（2005a）によると伊勢原市高森での岩片最大 3 個平均の長径は 64 ㎜であった。また山下・笠間（2009）は、テフラを構成する岩片と箱根火山の溶岩の化学組成の比較から、TAm-1 の噴火口を箱根カルデラ南東部と推定した。なお、TAl-1（＝ Tm-39、TAm-6（＝ Tu-9）、TAu-4（＝ Tu-18）テフラは、角閃石型テフラである。T-A テフラ累層の最上位に位置する TAu-12 あるいは Tu-35/SB-0 テフラ（上杉ほか, 1978）は、いわゆる下末吉海進（MIS 5.5）のピークに噴出したことが知られている（貝塚ほか, 2000）。このテフラの分布軸は南東に伸びているようで、3 m ほどの厚さで真鶴半島を覆う。なお、多摩丘陵の下末吉海進が及ばなかった地域には、ローム層中に黒味が強く風化の進んだクロカゲと愛称されたクラック帯が見られ、これを町田（1971）は下末吉埋没土 /SB と呼んだ。SB は KlP-1 テフラの下位に位置する（町田, 2008）。

関東平野地下への追跡として、TAm-4（=Tu-7, β）と TAm-5（Tu-8, γ）に対比される可能性のあるテフラが、東京都世田谷区桜丘の NU-SKG-1 コアにおける東京礫層相当層の基底にレンズ状の軽石質テフラとして記載されている（植村ほか, 2020）。また、房総半島の下総層群中の火山灰層との対比では、TAu-8、TAu-8.5、TAu-9 が木下層下部の基底に挟在するとされる（Nakazawa *et al.*, 2017）。Nakazawa *et al.*（2017）は大磯丘陵における試料と富里 GS-TM-1 コアおよび印西 GS-IZ-1 コア中のテフラ層から得た試料について火山ガラス主成分化学組成および直方輝石の屈折率を明らかにした。これによると、TM-1-57.15 と TM-1-54.88 テフラが TAu-8 と TAu-8.5 に、IZ-1-42.28 と IZ-1-41.10 テフラが TAu-9、TAu-8.5 にそれぞれ対比される。

2-2-2 吉沢（下末吉）ローム層

吉沢ローム層は、町田・森山（1968）によって、K- Ⅰ、K- Ⅱ、K- Ⅲの 3 部層に分けられ、吉沢 A ～ D などのテフラが記載された。その後、町田（1971）は吉沢ローム層を下部層 /KlP テフラ群、中部層 /KmP テフラ群、上部層と再定義し、テフラ記載を行った。町田・森山（1968）の吉沢 A ～ D はそれぞれ KmP-1、5、6、7 テフラに相当する。また、町田（1971）では、上部層と武蔵野ローム層との境界を武蔵野埋没土 /MB に置き、安針軽石 /Hk-AP の層準付近とした。町田ほか（1977）では HK-AP の直下に境界を置いている。一方、上杉（1976）は KlP テフラ群に Z ～ P"、KmP テフラ群に A ～ H の記号を振った。上杉ほか（1978）では、吉沢最下部ローム層、下部ローム層、中部ローム層、上部ローム層の 4 つに分けた。それによると、吉沢ローム最下部層は吉沢層上部に相当し、下部ローム層、中部ローム層の区分は町田（1971）と同じだが、上部ローム層の解釈は大きく異なり、小原台（おばらだい）埋没土 /OB（町田, 1971）を重視してその上限とし、上位の武蔵野ローム層との境界を OB 層準に置いた。その後、上杉ほか（1983）では、富士火山起源の多数のスコリア質テフラを重視し、武蔵野ローム層、立川ローム層の区分はせず、新期ローム層と一括し、挟在するテフラ層に Y-no. による番号を振るとともに、斜交関係などによって細分した。これは富士黒土層 /FB（町田, 1964）の直下まで続く。なお、富士黒土層は富士山の爆発的活動が弱かった時期に形成れたとみられ（町田, 1964）、日本列島の完新世編年において重要な役割を果たす鬼界アカホヤ /K-Ah テフラ（7.165-7.303 cal ka BP, Smith *et al.*, 2013）が見出されている（町田, 1980）。町田（1964）は FB を境に上位のスコリア層を新期テフラ、下位を古期テフラと呼んだ（図 4A, B）。

Y-1 は御岳第一軽石 /On-Pm1（約 100 ka: 町田・新井, 1992）に相当し、最上位は上本・上杉（1996）では Y-141-3 である。御岳（おんたけ）第一軽石は Kobayashi *et al.*（1968）が記載したテフラで、中部から関東に分布する広域テフラである。南関東において、富士火山起源のプリニアンないしサブプリニアン噴火による玄武岩質テフラ層の連続的な累重は、この On-Pm1 の層準以上であり、テフラからみれば富士火山の火山活動の活発化するは約 10 万年前であるとされる（町田, 2007）。

一方、横浜地域で記載された SP1 ～ SP14（関東第四紀研究会, 1970）およびその下位の SP0（当間, 1974）（=KlP-6）の対比について、町田（1971）は SP1 を KlP-7 に、SP9 を KmP-1 に、SP13 を On-Pm1 に、SP14 を後述の小原台軽石 / Hk-OP（町田，1971）（=Y-58）に対比した。また、横浜地域では三色アイスパミス（Kobayashi *et al.*, 1968）ないし親子パミスと愛称されるテフラが知られていた。これらの愛称は、テフラ保存のあまり良くない横浜東部地域以東で使用され、複数の風化軽石層が織りなす黄色、ピンク色などの発色からつけられたものである。三色アイスパミスは岩相からⅠ～Ⅳに区分され（皆川, 1968）、町田（1971）によると KlP-8 ～ 13 テフラに相当し、単層として見えることもあるが、異なる複数枚の噴火堆積物である（KlP-13; 図 2E）。横浜地域の中でも戸塚周辺などの泥炭層の発達する地域では、各層ごとに識別可能な白色軽石層として保存されている場合が多い。また、親子パミスという愛称で呼ばれていた 2 枚の軽石層は、同じく KmP-6、7 テフラに相当する。KmP テフラ群（KmP-1; 図 2F）は、横浜地域ではこの 2 枚を除くと薄く目立たなくなる。KmP-7 テフラは親に相当し、層厚は横浜地域でも 50 cm を超える場合がある（図 4C）。

KlP ～ KmP テフラ群は、箱根火山の前期中央火口丘形

成期（日本地質学会 , 2007）の噴出物に相当する。町田・新井（2003）は、KlP 〜 KmP テフラ群の噴出時期を 125 ka（MIS 5.5）から 100 ka（御岳第一軽石）としており、約 2.5 万年間に 30 枚ほどの軽石質テフラが噴出したことになる。笠間・山下（2009）は、より給源に近い箱根外輪山東麓の小田原市荻窪で、長井・高橋（2008）の畑宿火砕流堆積物（TAu-12 の下位にある前期中央火口丘噴出物）付近から KlP テフラ群下部までと推定される層準に、細粒火山灰を伴う 20 枚以上のテフラを記載している。このように箱根火山の前期中央火口丘形成期の爆発的噴火活動は、箱根火山形成史の中でも極めて活発であったといえる。一方で、この時期の火砕流堆積物は、箱根カルデラ内に限られて分布し、箱根外輪山山麓部での記載はない。山麓部から大磯丘陵にまで火砕流を流す活動は、その次の前期中央火口丘爆発的噴火期（長井・高橋 , 2008）になる。この時期の火砕流堆積物を伴うテフラには Hk-OP、三浦軽石 /Hk-MP（=Y-73）、東京軽石 /Hk-TP（=Y-76）の 3 つのテフラがある（Hk-MP、Hk-TP は武蔵野・立川ローム層で後述する）。

遠隔地での分布の確認では、東京都世田谷区の下末吉面で掘削された GS-SE-1 および GS-SE-3 コア中において層厚 40 cm の粗粒軽石質テフラとして KlP-7 が確認されているほか（中澤ほか , 2019）、淀橋台の代々木公園コア中でも KlP テフラのいずれかに対比される層厚 10 cm の軽石質テフラが確認されている（中澤ほか , 2020）また、福井県の水月湖コア中でも、年代と火山ガラス化学組成から、おそらく KlP のいずれかに対比されるデイサイトから流紋岩質のテフラ層（SG06-6344）の存在が指摘されている（Albert *et al.*, 2019）。これは箱根火山から遠く西方まで分布した堆積物として、KlP テフラ群を噴出した火山活動の復元に重要な報告である。

Hk-OP は走水団研グループ（1965）が小原台浮石層として横須賀市小原台の海成段丘（小原台面）を覆う小原台中部ローム層中に記載したテフラで、藤沢軽石（関東ローム研究グループ，1965）、クリヨウカン（Kobayashi *et al.*, 1968）、白パミス（町田・森山，1968）など各地で記載された（図 4D）。Hk-OP は、広域テフラである阿蘇 4 /Aso-4 テフラ（85-90 ka; 町田・新井 , 2003）の上位に位置する重要なテフラである。この小原台面は、MIS 5.3 に対比される海成段丘であり、Aso-4 の下位にある On-Pm1 の頃（約 10 万年前）に形成され、離水した（町田 , 1971）。Hk-OP は、MIS 5.1 の海成段丘（三崎面）の海成層などに含まれることから、噴出時期は MIS 5.1 頃の 8 〜 8.5 万年前とされている（町田・新井 , 2003）。また、その火砕流堆積物は箱根火山外輪山山麓や北方の駿河小山に分布する。

MIS 5.1 の海進最盛期の指標テフラは、富士山起源の吉岡軽石 /F-YP（町田ほか , 1975）である（町田 , 2005）。このテフラは Y-69、吉岡ラピリ /YL（上杉 , 1976）とも呼ばれ、角閃石を含み Hk-OP の上位にある。野外における層相は多摩ローム層の TB-2、TE-1 などに類似し、下部は黄白色、上部は青灰色の軽石の組み合わせからなる（図 4E）。吉岡は綾瀬市の地名である。

2-2-3 武蔵野・立川ローム層

ここでは町田（1977）の区分による武蔵野ローム層以上のテフラについて述べる。箱根起源のテフラとして、下位より前述の Hk-AP、Hk-MP、Hk-TP に加え、その上位には箱根三色旗軽石 /Hk-SP と箱根中央火口丘テフラ群 /Hk-CC（町田 , 1971）が知られる。なお、Hk-MP は後に三浦半島では顕著ではないことが明らかになり（町田 , 1971）、三崎台地、宮田台地で見られる 2 枚の軽石質テフラは Hk-TP、Hk-MP の組み合わせではなく、Hk-SP、Hk-TP の組み合わせであることが多い（町田 , 1971; 岡ほか , 1974）。Hk-CC は箱根火山カルデラ内〜外輪山山麓部で見られるやや小規模なテフラ群で、下位に青灰色の火山灰層を伴う Hk-CC1（=Y-85）を除くと、露頭間対比は意外に難しい。これは分布軸の異なる同程度の規模のテフラが多数存在し、方向によってテフラ層序の組み合わせが異なるためである。また、この下位の Hk-SP も同様に地域間対比の難しいテフラである。Hk-SP は噴出時期の近い複数のテフラの集合であるとみられ（笠間・山下 , 2007）、三崎台地などの給源遠方で Hk-SP とされるものは、箱根火山近傍の Hk-SP に見られるユニットのうちのいずれかに相当すると考えられる。富士火山起源では、古くから相模野台地で相模野上位スコリア /S1S（＝ Y-121）、相模野下位スコリア /S2S（＝ Y-103）が知られ（関東ローム研究グループ , 1965）、遠来のテフラとしては、愛鷹山麓で含黒雲母グリース状火山灰（愛鷹ローム団体研究グループ，1969）と記載された三瓶池田 /SI テフラ（=Y-97'）、丹沢山麓で丹沢パミス（町田，1971）と記載された姶良 Tn 火山灰 /AT（=Y-118）（図 4F）、立川ローム上部ガラス質テフラ /UG（町田ほか，1984）と記載された As-YP、鬼界アカホヤ /K-Ah テフラ（7.165-7.303 cal ka BP; Smith *et al.*, 2013）などがある。武蔵野ローム層と立川ローム層の境界について町田（2005）は、SI テフラが武蔵野ローム層の最上部（約 5 万年前）にあたるとしている。なお、笠間・山下（2007）は、Hk-TP と Hk-SP の間に、諏訪原スコリア /SwS を見出し、下部の SwS-a を富士火山起源とし、斑レイ岩片が含まれる上部の SwS-b を箱根火山起源とした。この斑レイ岩は丹沢深成岩と似た組成をもつ（山下ほか , 2007）。

以上のテフラの中で、最も広範囲に分布するテフラは約 6.6 万年前（青木ほか , 2008）に噴出した Hk-TP である。最近でも、東京都の淀橋台の代々木公園コア中に、層厚 25 cm の軽石質テフラとして確認されている（Yo-5.20 テフラ ; 中澤ほか , 2020）。Hk-TP は降下軽石と火砕流堆積物 /Hk-T(pfl)（=Y-77）からなる。Hk-T(pfl) は火山近傍のみならず神奈川県東部まで広く分布しており、横浜市の国道 16 号線保土ヶ谷バイパスの拡幅工事の際にも、新保土ヶ谷インターと横浜町田インターの間の多数の個所で確認されている（笠間 , 2006）。保土ヶ谷バイパスは多摩丘陵の分水嶺を越えた東京湾側にあることから、火砕流は横浜東部、川崎方面にも到達した可能性がある。この Hk-T(pfl) には、淘汰の悪い塊状堆積物に加え、ラミナの発達した成層堆積物が存在する（相模原市地形・地質調査会 , 1986）。この成層堆積物の成因の解釈について、相模原市地形・地質調査会（1986）は、二次堆積物であることを否定し、塊状堆積物の遠方相の可能性を指摘した。一方、笠間・山下（2005b）は、横浜市泉区新橋町と伊勢原市高森で塊状堆積物を覆う同一シーケンスの火砕堆積物を発見し、成層

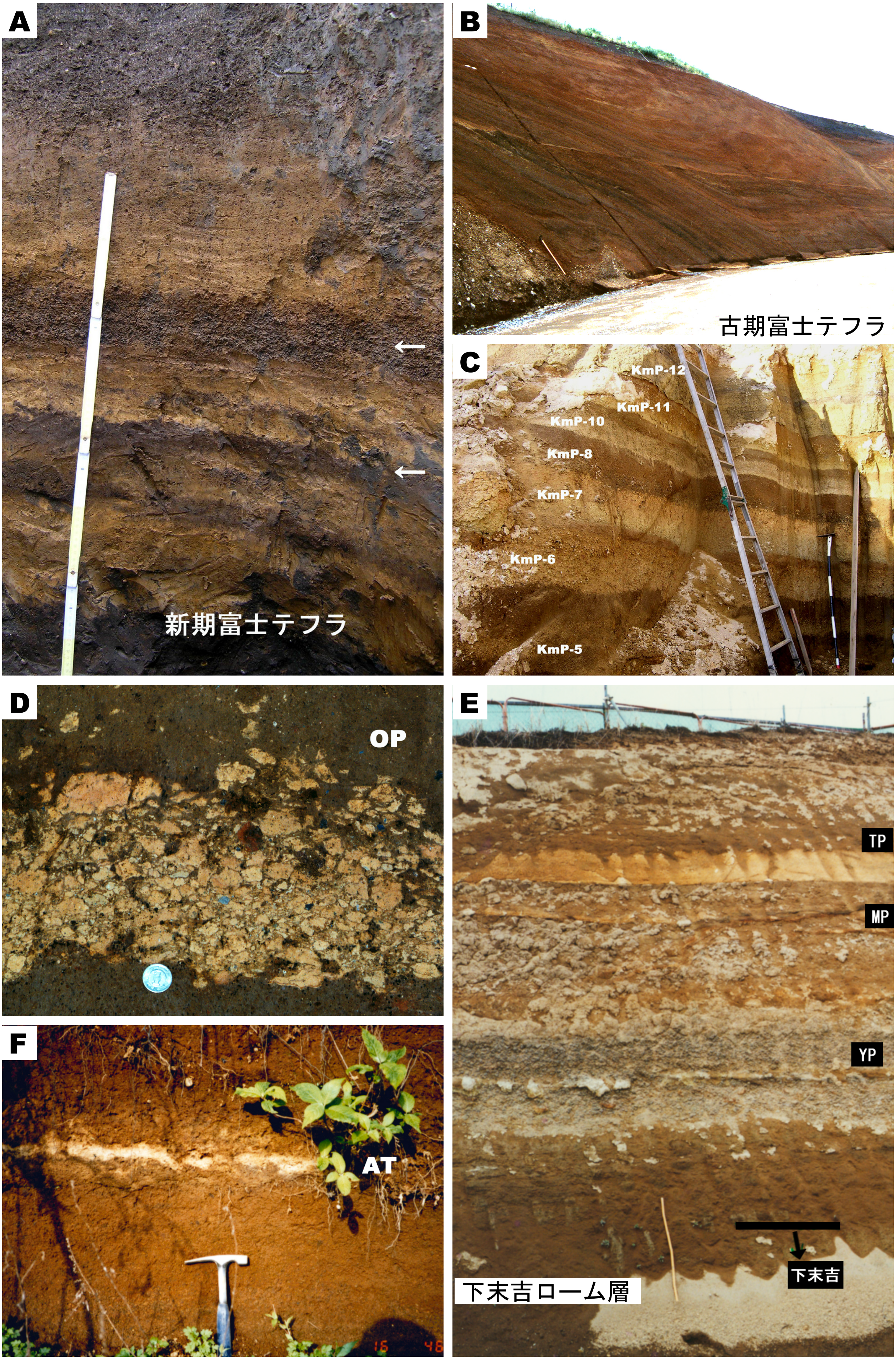

図 4．下末吉ローム層から武蔵野・立川ローム層層準の堆積物の露頭写真．A: 新期富士テフラと下位の富士黒土層（小田原市本町），B: 古期富士テフラ群（足柄上郡山北町），C: KmP テフラ群（伊勢原市高森），D: Hk-OP（綾瀬市吉岡），E: 下末吉ローム層を被覆するテフラ群（横浜市泉区新橋町），F: 姶良 Tn 火山灰（秦野市）．

堆積物がその中にあることを明らかにした。同論文ではこの堆積物を両地名の頭文字から ST と表記され、下位より ST(a) ～ ST(f) に区分される。ST(a) は TP の最上位フォールユニットの軽石と似た灰色やオレンジ色の軽石からなる降下軽石層、ST(b) は３つの降下ユニットから成る降下火山灰層で、ST(a) より幅広く分布した Hk-T(pfl) の co-ignimbrite ash の可能性があるとした。ST(c) ～ ST(f) がラミナの発達した成層堆積物に相当し、ST(e) はスコリア質のユニットである。ST は相模原市地形・地質調査会（1986）の指摘のように大磯丘陵より東側で見られる。Hk-T(pfl) の最上位の一連の堆積物であり、侵食で失われていることが多いが、下位の ST(a)、ST(b) ほど保存は良くなり、鍵層として目立つ。笠間・山下（2005b）は、この一連の成層堆積物を成層軽石流堆積物と呼んだ。成層軽石流堆積物については、解明すべき課題は多いが、ラミナからは箱根火山よりむしろ丹沢山地からの流れを示唆すること、火山ガラス屈折率からは大磯丘陵以西に成層軽石流堆積物のフローユニットに相当する塊状堆積物があることなどから、地形障壁である丹沢山地にブロックされた火砕流の一部の希薄な部分が、伊勢原台地から相模野台地、多摩丘陵方面に溢れ出たものかもしれない。その体積は火砕流堆積物全体の体積より 1 桁小さい約 1.2 ㎦と推定される。

武蔵野・立川ローム層のテフラと MIS との関係は、町田（2005）によると、MIS 5 と MIS 4 の境界（約 7.4 万年前）は Hk-AP の直下、MIS 4 と MIS 3 の境界（5.8 万年前）は Hk-SP 付近、MIS 3 と MIS 2 の境界（2.8 ～ 2.9 万年前）は AT の直上にあたるとされる。

3. 神奈川県域に分布する中期更新世の指標テフラ

現在までのテフラ研究の進展にともない、露頭のデータベースとなる『第四紀露頭集 – 日本のテフラ』（日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会 , 1996）や年代・分析値などの研究データを含むデータベース型の『鍵層集』（千葉県立中央博物館 , 1991）などの学術論文以外の専門性の高い資料が刊行され蓄積されてきた。『新編火山灰アトラス - 日本列島とその周辺 -』は指標テフラの諸特性について網羅的に記した文献として多くの研究に活かされている。鈴木（2012）によると、北関東および東北にかけての過去約 40 万年間の主要なテフラの分布・層位・年代・給源についてはほぼ明らかになったとされる。年代研究については、水月湖における年縞編年が進展し（Smith *et al*., 2013; Mclearn *et al*., 2018; Albert *et al*., 2019 など）、同定・対比の根拠となる記載岩石学的特性の分析手法については、レーザーアブレーション誘導結合プラズマ質量分析法による火山ガラスの主要 - 微量元素組同時分析が発展している（Maruyama *et al*., 2016a, b）。また、特に過去 10 万年間の動向については奥野（2019）により広域テフラと火山層序学的研究の進展としてまとめられている。

テフラの同定・対比には、層序学的手法と記載岩石学的手法をともに適用することが求められる（町田・新井 , 2003; Lowe, 2011; Lowe *et al*., 2017）。前者は、テフラ層の層序関係や岩相および年代などの整合性を確かめるものであり、後者は火山ガラスや構成粒子の物理・化学的な同一性を検討するものである。両者ともに同一の指標を得るための複数の手法があり、確度の高いテフラ対比には複数手法のクロスチェックが必要である。なお、本稿ではテフラ層の認定については触れないが、それらは長橋•片岡（2014）などの一連の解説にもまとめられている。

本章では、中期更新世に噴出した指標テフラについて、その概要を述べる。なお､以下に述べる各テフラ以外にも、日本列島およびその周辺における広範囲に同定・対比が実現した指標テフラは知られるが、本稿ではより広域的に分布し、かつ南関東の編年に特に関係性の高いと思われるものに限った。図 5 に、神奈川県内に分布する中部更新統以降の地層について、指標テフラと地形面との関係とともに示す。

・阿多鳥浜テフラ（Ata-Th）

森ほか（1982）が大磯丘陵西部において、Tm-5（上杉 , 1976）（＝ TCu-3; 町田ほか , 1974）の直下に記載したバブルウォール型火山ガラスの密集体として記載したベージュ火山灰は、鈴木・早津（1991）によりその岩石学的特徴が明らかにされ、南九州の阿多カルデラを起源とする Ata-Th との対比が示された。大磯丘陵における層位は、TCu-3 と TCu-2 の間であり、菊川支流では肉眼観察は難しいが Tm-4 と TCu-2 の間にあることがわかっている（鈴木 , 1996）。

本テフラは、普角閃石とほぼ等量の直方輝石を優先斑晶とする流紋岩質テフラで、単斜輝石、黒雲母、高温型石英を含む（町田・新井 , 2003）。噴出時期は MIS 8 から MIS 7 へ移行する海進時の低海面期（T-b 層 , 早田層 : 町田ほか , 1974）とみられる（町田•新井 , 2003）。フィッション•トラック（FT）年代では 240 ka 前後が得られている（鈴木•早津 , 1991）。対比される給源地域の大規模火砕流堆積物は、南九州の薩摩半島・大隅半島で記載された鳥浜火砕流堆積物（Ui, 1971）である（図 6A）。本テフラの火砕流堆積物としての分布は九州地方においても広く、噴出源の阿多カルデラから 100 km 以上離れた熊本県二見盆地においても、後述する小林笠森テフラおよび加久藤テフラとともに確認されている（西澤・鈴木 , 2016）。日本海や北西太平洋の海洋掘削コア中でも見出され（白井 , 2000; 青木 , 2000,)、極めて広域的に分布する重要な指標テフラである。

・阿蘇 1 テフラ（Aso-1）

阿蘇カルデラの最初の噴出物とされる阿蘇 1 火砕流堆積物（小野ほか , 1977）とその co-ignimbrite ash fall deposits からなる重要な広域テフラとされる（町田・新井 , 2003）。噴出源においては、降下軽石を噴出する噴火からはじまったとされ（小野ほか , 1977）、先駆的に噴出した溶岩流も知られている（田島ほか , 2017）。遠方の火山灰層としては、男鹿半島鮪川層中部の亜炭層中に層厚 10 cm 前後のベージュ色のガラス質火山灰層としてみられる（白井・多田 , 1996）。中九州を除くと本テフラの同定地点は少ないとされるが（町田・新井 , 2003）、房総半島木更津根岸の上泉層では､TCu-1 の下位に見出されている（中里•佐藤 , 2001）。最近、遠藤ほか（2019）は、秦野盆地における掘削コア中の細粒軽石質火山灰層について、本テフラおよび後述の多摩ゴマシオ 1 テフラや加久藤テフラとの対比を検討する必要があるとしている。

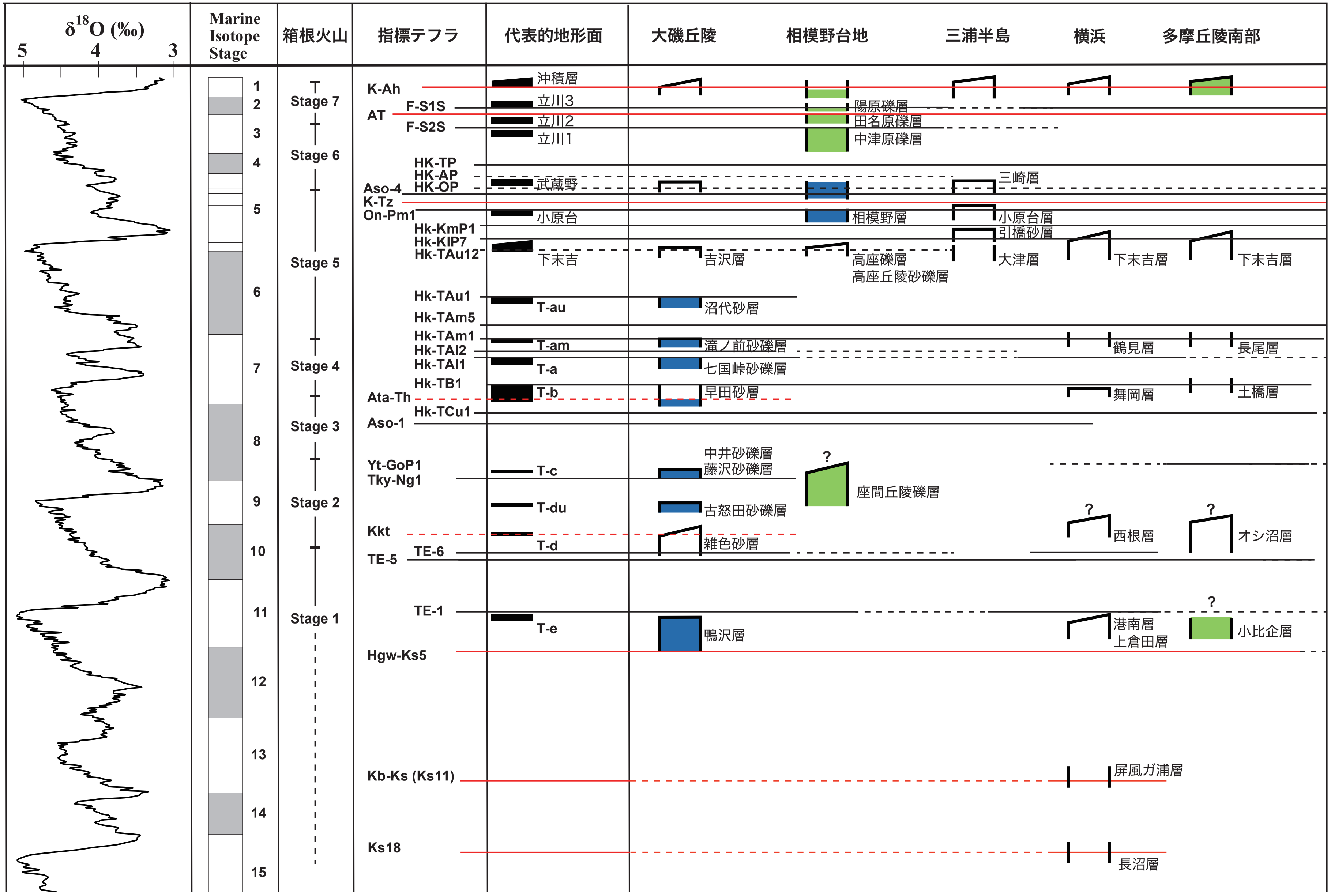

図5．過去60万年間の神奈川県の地形編年と指標テフラ．須貝ほか（2013）を改変（原図は町田，2008）．海洋酸素同位体比曲線およびMISステージ区分はLisiecki & Raymo（2005）による．箱根火山の活動ステージは長井・高橋（2008）による；Stage 1: 初期陸上火山活動期，Stage 2: 成層火山群形成期，Stage 3: 成層火山群・独立単成火山群形成期，Stage 4: カルデラ・独立単成火山群形成期，Stage 5: 前期中央火口丘形成期，Stage 6: 爆発的噴火期，Stage 7: 後期中央火口丘形成期．指標テフラの赤線は南九州起源の広域テフラを指す．

本テフラは、両輝石型で直方輝石および単斜輝石を含む（町田・新井, 2003）。その噴出時期は、日本海海底コアにおいて MIS 8.2 の低海面期（約 255 ka: 白井, 1997）あるいは琵琶湖 BT コアにおいて MIS 8.4（加ほか, 1997）に対比される。また、放射年代値としては、全岩 K-Ar 法により 266 ± 14 ka（松本ほか, 1991）が得られている。

なお、八ヶ岳東麓では本テフラと類似する火山灰層がもう一枚存在するとされ、後述する多摩ゴマシオ 1 テフラとの層位関係に課題が残るとされる（町田・新井, 2003）。

・多摩ゴマシオ 1 テフラ（Yt-GoP1）

本テフラは、ゴマシオ軽石層（関東ローム研究グループ, 1960）やゴマシオ第 1 軽石層（GoP1; 皆川・町田, 1971）と呼ばれる軽石質テフラで、古くから南関東における指標テフラとして知られてきた（図 6B）。多摩丘陵においてオシ沼砂礫層を覆う多摩 II ローム層の最下部に挟在され（羽鳥・寿円, 1958; 岡・宇野沢, 1989; 岡, 1991）、その分布は狭山丘陵、房総半島にも知られている（鈴木ほか, 1998）。房総半島では下総層群藪層中の Yb5 テフラに対比される（杉原ほか, 1978）。

斑晶鉱物としてカミングトン閃石を含み、普通角閃石と少量の黒雲母、石英も含む（町田・新井, 2003）。給源の八ヶ岳火山周辺では BBP に対比され（町田ほか, 1974; 鈴木・早川, 1990）、八ヶ岳東麓では大町 APm テフラ群（APms: 0.33 〜 0.40 Ma; 鈴木・早川, 1990）および加久藤テフラ（町田・新井, 2003）より上位にあるとされる（斎藤, 2000）。噴出時期は、オシ沼砂礫層が堆積した MIS 9 の海退初期の高海面期とみられる（町田・新井, 1992）。FT 年代では、0.36 ± 0.15 Ma（鈴木ほか, 1998）、0.314 Ma（今井ほか, 1991）、0.339（今井ほか, 1993）が得られている。

また、BBP と GoP1 の対比については、前述の Aso-1 を挟んで八ヶ岳東麓と関東地方で層位が斜交するという課題が指摘されている（町田・新井, 2003; 中里, 2020）。

・高山 Ng1 テフラ（Tky-Ng1）

清水市有渡丘陵の根古屋層において Ng-1（近藤, 1985）と呼ばれたガラス質火山灰層は、大磯丘陵・八ヶ岳東麓・和歌山・愛媛などの各地で広域的に同一の地層が認定され、給源を飛騨山脈にもつ約 300 ka の噴出物と推定された（水野・吉川, 1991）。田村・鈴木（2001）は、高山盆地で記載された高山軽石（Tky: 梶田・石原, 1977）と Ng-1 の岩石学的特性の一致から、それらを Tky-Ng1 として広域テフラに認定した。

Tky-Ng1 は、斑晶鉱物に黒雲母、普通角閃石、直方輝石、石英を含む。層位も岩石記載的特性が類似するテフラに APms（下位から A1Pm~A5Pm までの 5 枚が知られる）が存在するが、Tky-Ng1 に含まれる直方輝石と普通角閃石の最大屈折率が APms のそれらより低い値を示すため、両者は異なるテフラと考えられている（町田・新井, 2003）。他の広域テフラとの層位関係では、Kkt より新しく Aso-1 より古いとされる（町田・新井, 2003）。また、類似するテフラとして房総半島藪層中の Yb1 テフラ（千葉県立中央博物館, 1991）が知られる。Yb1 は Kkt の下位に位置する A4Pm に対比されており、MIS 9.3 直前に降下したとされ（鈴木, 2003）、その噴出年代は MIS 10/9.3（337 ka: Lisiecki & Raymo, 2005）と推定される。

・加久藤テフラ（Kkt）

南九州の加久藤カルデラを給源とする大規模火砕流噴火に伴う広域テフラであり、南九州の各地では火砕流堆積物としての分布が知られている。神奈川県域では挟在する地層は知られていないが、その co-ignimbrite ash は中部地方まで達しており、九州と中部日本とを結ぶ中期更新世の指標テフラとして重要性が高い。八ヶ岳東麓ではベージュ色の細粒火山灰層として確認され、厚さは 10 cm に達する（町田, 1996a）。埼玉県松戸市の GS-MD-1 コア中では、火山ガラスの屈折率から Kkt に対比される可能性のあるテフラが Yb1 に混合しつつ、ほぼ同層準に確認されている（納谷ほか, 2017）。

本テフラは直方輝石、単斜輝石を含み、普通角閃石は僅かにしか含まない（町田・新井, 2003）。また、ガラスは白色から透明で着色していることもある（町田・新井, 2003）。噴出年代は 340 〜 330 ka とされ（町田・新井, 2003）、南関東では T-c 〜 T-d 期、すなわち MIS 10 〜 9 の海進期に相当する。近畿地方では、神戸東灘コアにおける大阪層群海成層 Ma10 の直上に位置する。また、琵琶湖高島沖コアにおける BT70（＝ Kkt）の堆積年代は、堆積速度から 0.334 Ma と推定されている（吉川・加, 2001; 長橋ほか, 2004）。

・多摩 TE-5 テフラ（TE-5）および大町 A1Pm テフラ（A1Pm）

TE-5 テフラは、神奈川県中井町鴨沢において黒雲母を含む厚さ 25 cm の細粒火山灰層としてみられ、多摩丘陵では八王子黒雲母黒雲母軽石（HBP）に、また房総半島では下総層群地蔵堂層中の J4 テフラに対比される（町田ほか, 1974）。中部地方から関東地方にかけて広く分布する本テフラは、見かけ上 1 層をなすが、下部の細粒火山灰層（TE-5a）と上部あるいは上位にある粗粒軽石からなる層（TE-5b: J4 up, TE-5 up, HBP up; 斎藤, 2000）が存在し、両者は岩石記載的特性と給源の異なるテフラであることがわかっている（町田・新井, 2003）（図 6C）。

中井町鴨沢や横浜市泉区、戸塚区、保土ケ谷区周辺においては TE-5a と TE-5b は明瞭な境界を示さずに産出するが、秩父盆地の尾田蒔丘陵においては、火山灰土層を挟んで両者が別々の地層として識別されている（町田・新井, 2003）。TE-5a は鈴木・早川（1990）により中部地方の A1Pm に対比されている。TE-5a の噴出年代は、同じく A1Pm に対比される Ty1a テフラの層位が MIS 11 付近にあり（Kameo *et al* 2006, 中澤ほか, 2009）、またその層位が MIS 10/11 境界と MIS 11/12 境界に挟まれることから（鈴木, 2000）380 〜 410 ka と推定される。また、A1Pm を含む APms の給源は飛騨山脈の水鉛谷火道とされる（原山, 1990）。

・辺川 - 笠森 5 テフラ（Hgw-Ks5）

大磯丘陵において TFV テフラとして知られる細粒ガラス質火山灰層（神奈川県足柄上郡中井町鴨沢で層厚約 5 cm）（図 1A）は、房総半島上総層群笠森層中の笠森 5 火山灰（Ks5: 町田ほか, 1980; 徳橋・遠藤, 1984）と対比され

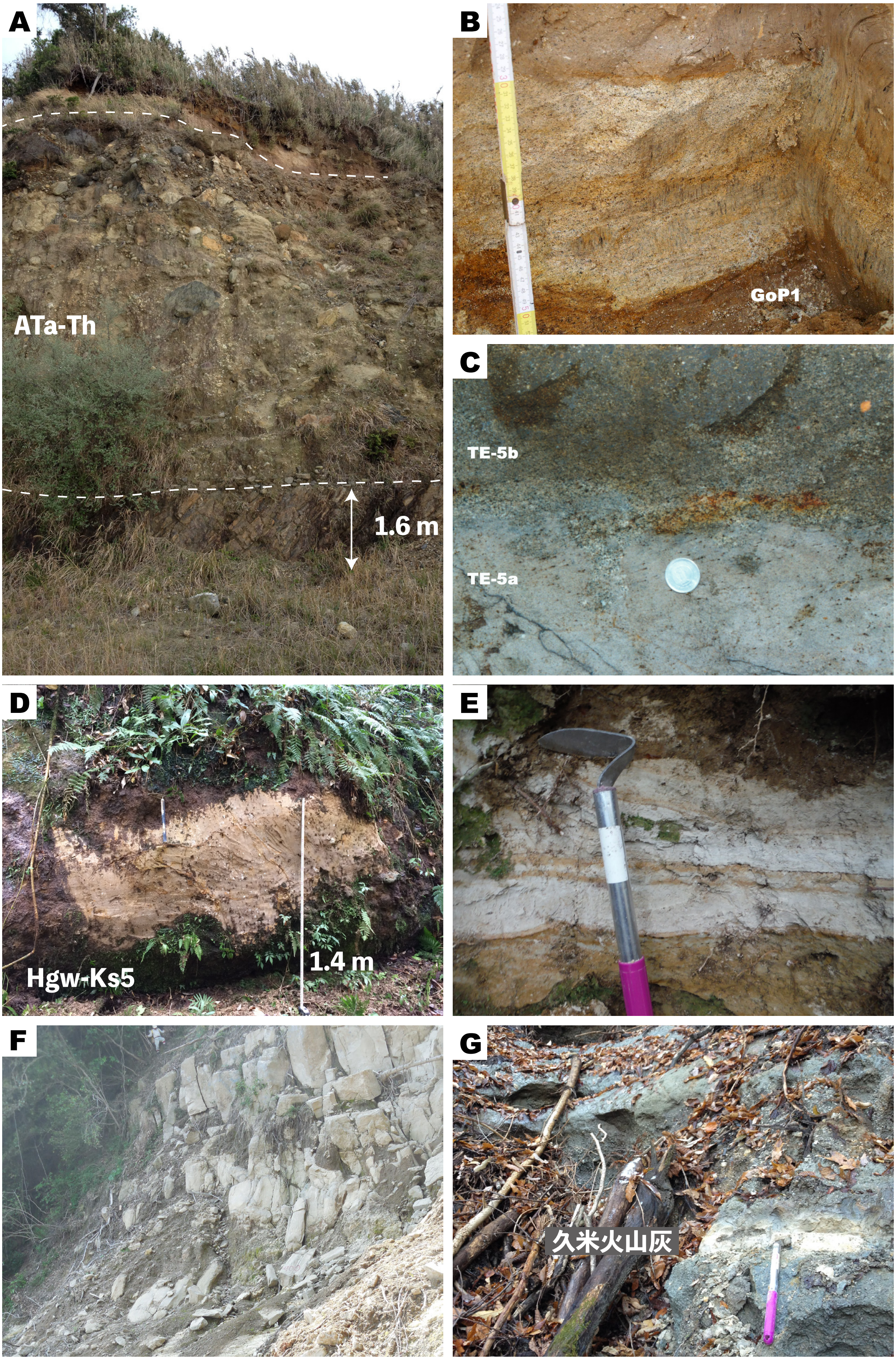

図 6．中期更新世の指標テフラの露頭写真（給源付近の火砕流堆積物も含む）．A: 鳥浜火砕流堆積物（Ata-Th）（鹿児島県肝属郡），B: Yt-GoP1 テフラ（川崎市多摩区東生田），C: 多摩 TE-5 テフラ（戸塚区矢部町），D: 辺川火砕流堆積物（Hgw-Ks5）（鹿児島県加治木町），E: Ks5 火山灰（Hgw-Ks5）（千葉県長生郡長柄町），F: 下門火砕流堆積物（鹿児島県姶良市），G: 久米火山灰（長野県飯田市）．

ていた。Ks5 に対比される降下火山灰は、大阪層群中の港島 I（吉川ほか , 2000）、古琵琶湖層群中の伊香立 II（里口・服部 , 2008）、男鹿半島の鮪川層中の Wkm テフラ（鈴木・藤原 , 1998）および下北半島沖の大陸棚斜面（Matsu'ura *et al*., 2017）などで確認されており、極めて広範囲に分布することが明らかとなっていた。一方、Ks5（400 ～ 450 ka; Machida 1999）は、火山ガラスの化学組成に基づいて、南九州の鹿児島湾北西部に分布する小田火砕流堆積物に対比されていたが、給源地域と遠隔地の堆積物中の層位に矛盾が生じていた。Nishizawa & Suzuki（2019）は、層位学的に矛盾がなく、記載岩石学的特徴が一致する給源の火砕流堆積物として新たに辺川火砕流堆積物を記載し、Ks5 との広域対比から､辺川 – 笠森 5 テフラを認定した（図 6D, E）。

Hgw-Ks5 は、直方輝石、単斜輝石、普通角閃石と少量の高温型石英を含むテフラである（Nishizawa & Suzuki, 2019）。給源は南九州の鹿児島地溝帯（露木 , 1969）のいずれかのカルデラとされるが、判明していない。その噴出年代は、下北半島沖の大陸棚斜面における C9001C コアの深海堆積物中の層位から、MIS 12（434 ～ 458 ka）と推定される（Domitsu *et al*., 2011; Matsu'ura *et al*., 2017）。記載岩石学的に類似する火山灰層としては、関東平野北東部の大古山火山灰（OgA; 中里ほか、2005）、北関東の中之条盆地の日影 7 火山灰（高橋・早川 , 1995）がある。これらは古琵琶湖層群中の BT72 火山灰と対比されており（中里ほか , 2005）、その層位は Hgw-Ks5 より上位で、噴出年代は 349 ka とされている（長橋ほか , 2004）。

・小林笠森テフラ（Kb-Ks）

大阪層群中のサクラ火山灰および古琵琶湖層群中の上仰木火山灰と呼ばれた指標層は、房総半島上総層群中の Ks 11 火山灰に対比され（町田ほか , 1980）、古くから関西地方と関東地方を結ぶ中期更新世の広域テフラとして認知されていた。神奈川県では屏風ガ浦層中に挟在し、屏風浦 2（By2）の名で知られ、その層位は T-F 期に相当する（町田ほか , 1980）。

本テフラは、黒雲母と普通角閃石、直方輝石と単斜輝石を含むデイサイト質テフラである（町田・新井 , 2003）。噴出源は南九州の小林カルデラからとされ、降下軽石の噴出に始まり、大規模火砕流の噴出が起こったことがわかっている（町田 , 1996b）。

Kb-Ks の年代は、MIS 13 ～ MIS 15 まで幾つかの意見があり見解が一致していない（里口・服部，2008）。まず、Kb-Ks の層位について確認すると、Kb-Ks はサクラ火山灰（町田ほか , 1980）として、大阪層群の海成粘土層 Ma7 層直下に産出する（吉川ほか , 2000）。吉川・三田村（1999）は、この Ma7 層を MIS 15.1 と推定した。さらに別の意見として、Ito（1994）は、シークエンス層序学的推定により上総層群笠森層中の Ks11 火山灰層（Kb-Ks）の降下層準を 470 ka（MIS 13 ～ MIS 12）と推定した。加えて、Okuda *et al*.（2006）は銚子コア中の Kh5a 火山灰層を Ks11 火山灰層に対比し、同コアの花粉分析から、本火山灰層の層準を MIS 15 に設定した。一方、中澤ほか（2009）は Kameo *et al*.（2006）の銚子コアから得られた酸素同位体比曲線に基づき、Ks11（Kb-Ks）に対比される Kh5a の層準を MIS 14 のピーク付近であると推定している。また、中里・七山（2013）も、Kameo *et al*.（2006）に従い、Ks11 の年代を 536 ka（Bassinot *et al*., 1994）とした。一方、町田・新井（2003）は、大阪層群中の Kb-Ks の層位を Ma7 層の直下と認めつつ、Kb-Ks の噴出年代を白井（2001）の日本海の海底堆積物コア（ODP794, 797）中の層位と、Bassinot *et al*.（1994）の酸素同位体曲線からよみとれる MIS13 のピークの年代値に基づいて、520 ～ 530 ka（MIS 13.5）と見積もった。

・Ks18 テフラ

Ks18 テフラは、河井（1952）と徳橋・遠藤（1984）によって記載された房総半島の上総層群笠森層中の火山灰層である。町田・新井（2003）は、南九州の樋脇火砕流堆積物や下門火砕流堆積物と Ks18 および伊那盆地の久米層下部に挟在する久米火山灰（菅沼ほか , 2003）などの遠各地の火山灰層を対比し（図 6F, G）、Kb-Ks テフラの下位に位置する広域テフラとして樋脇テフラ（Hwk）を提案した。神奈川県域では、横浜市戸塚区下倉田における田谷貝化石層の下位とされる地層中に見出されているが（町田・新井 , 2003）、町田（2008）では長沼層中に存在するとされる。また、その他の分布は知られていない。

本テフラは、普通角閃石、直方輝石、高温型石英を含む流紋岩質テフラである（町田・新井 , 2003）。その噴出年代について、町田・新井（2003）は、笠森層が少なくとも MIS 16 より上位に位置する MIS 15 の海進期の堆積物であると推定し、給源の火砕流堆積物の放射年代値も総合的に検討した上で年代を見積もっている。それらの放射年代値は、0.58 ± 0.03 ka, 0.57 ± 0.03 ka（K-Ar; 町田・新井 , 2003）や 0.61 ± 0.08 Ma（Zr-FT; 井村ほか , 2001）などがある。また、大阪層群中の層位は、Ma6 層中に Ks18 に対比される BK-173 火山灰層（木谷・加茂 , 2010）が認められている。その Ma6 層の層準は吉川・三田村（1999）によると MIS 15 に相当し、町田・新井（2003）による見積もりに整合する。

4. おわりに

神奈川県域に分布するテフラのうち、40 万年前より古いものについては、それ以降のものに比べてその層位や分布が詳細に明らかになっているものは少ない（例えば舟久保タフや Ks18 など）。それには、噴出源が特定されていないものや、対比される火山灰層の層序関係の矛盾、また記載岩石学的に類似するテフラの存在など、今後検討されるべき多くの課題がある。同様に、より新しい時代に噴出した箱根火山や富士火山のテフラについても、野外観察における層相の類似や記載岩石学的特性の類似から、その同定・対比は容易ではない。関東ローム層中で風化し火山ガラス粒子が消失していることもある箱根火山起源のテフラの場合、同定・対比の主要な根拠の一つである火山ガラス主成分化学組成の比較検討が実施できないという問題もある。これには新鮮な試料の採取が必要であろう。一方で、その解釈に議論がある層準はあるものの、関東ローム層の層序学的研究は古くから蓄積されてきた。房総半島および関東平野地下さらには年代学的研究の先端をゆく水月湖への箱根火山起源テフラの追跡はそれらの成果に立脚している。これらの指標テフラを用いた、より確度の高い編年・

対比には、長い研究史をもつ関東ローム層および南関東の編年学的研究の成果の上に、テフラの諸特性に関するデータセットをこれからさらに充実させていく必要がある。

引用文献

会田信行 , 1997. 強磁性鉱物の熱磁気特性による多摩ローム層ゴマシオ軽石 (GoP1 および GoP2) の対比とその層序学的意義 . 第四紀 , (29): 45-49.

相原延光・猪俣道也・平田大二 , 1995. 大磯丘陵で発見された淡水性珪藻化石を含む箱根火山起源の火山豆石 . 地球科学 , **49**: 183-187.

Albert, P., Smith, V., Suzuki, T., McLean, D., Tomlinson, E., Miyabuchi, Y., Kitaba, I., Mark, D., Moriwaki, H., Suigetsu 2006 Project Members and Nakagawa, T., 2019. Geochemical characterisation of the Late Quaternary widespread Japanese tephrostratigraphic markers and correlations to the Lake Suigetsu sedimentary archive (SG06 core). *Quaternary Geochronology,* **52**: 103-131.

青木かおり・山本浩文・山内守明 , 2000.「みらい」MR98-03 次航海及び MR99-K04 次航海で採取された海底コアの第四紀後期テフラ層序 . 海洋科学技術センター試験研究報告 , **41**: 49-55.

青木かおり・入野智久・大場忠道 , 2008. 鹿島沖海底コア MD01-2421 の後期更新世テフラ層序 . 第四紀研究 , **47**: 391-407.

新井房夫 , 1972. 斜方輝石・角閃石の屈折率におけるテフラの同定－テフロクロノロジーの基礎的研究 . 第四紀研究 , **11**: 254-269.

Bassinot, F.C., Labeyrie, L.D., Vincent, E., Quidelleur, X., Shackleton, N.J., Lancelot, Y., 1994. The astronomical theory of climate and the age of the BrunheseMatuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, **126**: 91-108.

Domitsu H, Uchida J, Ogane K, Dobuchi N, Sato T, Ikehara M, Nishi H, Hasegawa S, Oda M., 2011. Stratigraphic relationships between the last occurrence of Neogloboquadrina inglei and marine isotope stages in the northwest Pacific, D/V Chikyu Expedition 902, Hole C9001C. *Newsletters on Stratigraphy,* **44**(2): 113-122.

遠藤邦彦・上杉 陽 , 1972. 大磯・横浜地域の古期テフラについて . 第四紀研究 , **11**: 15-28.

遠藤邦彦・上杉 陽・鈴木正章・宮原智哉・須貝俊彦・石綿しげ子・堀 伸三郎・杉中佑輔・大里重人・谷 芳生 , 2019. 神奈川県秦野盆地で採取されたオールコアボーリング試料のテフラ層序とその意義（演旨）. 日本第四紀学会講演要旨集 , 49, p.21.

府川宗雄 , 1975. 大磯丘陵西部地域の第四系地質層序ならびに地質構造－ 1974 年度団研の成果 . 関東の四紀 , (2): 2-8.

羽鳥謙三・寿円晋吾 , 1958. 関東盆地西縁の第四紀地史（Ⅰ）. 地質学雑誌 , **64**: 181-194.

走水団研グループ , 1965. 三浦半島小原台付近の第四系 . 地球科学 , **80**: 1-11.

原山 智 , 1990. 上高地地域の地質 . 地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）. 175pp. 地質調査所 .

早川由紀夫 , 1995. 日本に広く分布するローム層の特徴と成因 . 火山 , **40**: 177-190.

今井正彦・谷崎良之・北原明治・猪越幸雄・上條朝宏 , 1991. 多摩ニュータウン火山灰層の ESR による年代測定 . 第 7 回 ESR 応用計測研究発表会講演要旨集（ESR 応用計測）, no. 7, pp.47-48.

今井正彦・谷崎良之・北原明治・猪越幸雄・上條朝宏 , 1993. 多摩ニュータウン火山灰層の ESR による年代測定（II）. 第 9 回 ESR 応用計測研究発表会講演要旨集（ESR 応用計測）, no. 9, pp.36-37.

井村隆介・奥村晃史・須貝俊彦・檀原 徹 , 2001. 南九州火砕流堆積物のフィッション・トラック年代（ポスターセッション）（演旨）. 日本第四紀学会講演要旨集 , 31, pp.118-119.

稲垣 進・西川達男・満岡 孝・安野 信・横浜団体研究会 , 2000. 横浜市泉区の造成工事で出現した露頭について－泉区岡津町領家および泉区岡津町岡津－ . 関東の四紀 , (22): 53-60.

Ito, M. 1994. Compositional variation in depositional sequences of the upper part of the Kazusa Group, a middle Pleistocene forearc basin fill in the Boso Peninsula, Japan. *Sedimentary Geology,* **88**: 219-230.

貝塚爽平 , 1992. 自然景観の読み方 5 平野と海岸を読む . 142pp. 岩波書店 , 東京 .

貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦 , 2000. 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原 . 349pp. 東京大学出版会 , 東京 .

梶田澄雄・石原哲弥 , 1977. 高山市付近の第四系について . 地質学論集 , 日本の第四紀内陸盆地 , **14**: 151-159.

Kameo, K., Okada, M., EL-Masry, M., Hisamitsu, T., Saito, S., Nakazato, H., Ohkouchi, N., Ikehara, M., Yasuda, H., Kitazato, H. and Taira, A., 2006. Age model, physical properties and paleoceanographic implications of the middle Pleistocene core sediments in the Choshi area, central Japan. *Island Arc.* **15**(3): 366-377.

関東第四紀研究会 , 1970. 下末吉台地およびその周辺地域の地質学的諸問題 . 地球科学 , **24**: 151-166.

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**: 102-112.

関東第四紀研究会 , 1974. 横浜付近の第四系に関する諸問題（1）（2）. 地球科学 , **28**: 155-171.

関東第四紀研究会 , 1980. 南関東地域の中部更新統の層序とその特徴 . 第四紀研究 , **19**: 203-216.

関東第四紀研究会 , 1987. 大磯丘陵の層序と構造 . 関東の四紀 , (13): 8-46.

関東ローム研究グループ , 1956. 関東ロームの諸問題 . 地質学雑誌 , **62**: 302-316.

関東ローム研究グループ , 1960. 関東ロームの諸問題Ⅲ . 地球科学 , **46**: 1-18.

関東ローム研究グループ , 1965. 関東ロームその起源と性状 . 378pp. 築地書館 , 東京 .

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.

笠間友博 , 2006. 横浜市西部の海洋酸素同位体ステージ 11 以降のテフラ層序 . 神奈川県博研究報告（自然科学）, (35): 1-31.

笠間友博 , 2008. 大磯丘陵、多摩丘陵に分布する箱根火山起源のテフラ . 神奈川県立博物館調査研究報告 , (13): 111-134.

笠間友博・相原延光 , 1990. 横浜市西部における箱根新期火砕流堆積物の構造 . 神奈川県自然誌資料 , (11): 1-8.

笠間友博・塩井宏幸 , 2019. 三浦半島第四系宮田層中の不整合と挟在する“船久保タフ（Fn）”の Ft, U-Pb, K-Ar 年代 . 神奈川県博研究報告（自然科学）, (48): 1-12.

笠間友博・山下浩之 , 2005a. 伊勢原市の高森丘陵南西部通称「八丈の山」で出現したテフラについて . 神奈川自然誌資料 , (26): 1-8.

笠間友博・山下浩之 , 2005b. 高森丘陵南西部で出現した特徴的な箱根新期軽石流堆積物 [Hk-T(pfl)] について～高森丘陵と多摩丘陵で発見されたスコリアを含む成層堆積物の

共通層序〜．神奈川県立博物館研究報告（自然科学）, (34): 1-16.

笠間友博・山下浩之 , 2007. 神奈川県小田原市久野諏訪原で確認された斑レイ岩質岩片を含む諏訪原スコリア（新称）．神奈川県博物館研究報告（自然科学）, (36): 17-24.

笠間友博・山下浩之 , 2009. 小田原市荻窪の箱根火山起源テフラ新露頭の記載．神奈川自然誌資料 , (30): 1-6.

神奈川県 , 1955. 神奈川県下の天然ガス地下資源．総合計画資料 , No8. 39pp. 神奈川県．

河井興三 , 1952. 茂原ガス田誠奉周辺地域（茂原〜鶴舞地域）の地質及び天然ガス．石油技術協会誌 , **17**(1): 1-21.

Kikuchi, T., 1977. Pleistocene sea level changes and tectonic movements in the Boso Peninsula, Central Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metrop. Univ.,* (12): 77-103.

木谷幹一・加茂祐介 , 2010. 京都盆地南部で掘削された KD-0 コアの海成層層序の再検討．地球科学， **64**(3): 99-109.

小林 淳・小山真人 , 1996. 箱根火山西麓〜南麓地域のテフラ層序と火山噴火史．地学雑誌 , **105**: 431-447.

Kobayashi K., K. Minagawa, M. Machida, H, Shimizu and K. Kitazawa, 1968. The Ontake Pumice-Fall Deposit Pm-1 as Late Pleistocene Time-Maker in Central Japan. *J. Fac. Sci., Shinshu Univ.*, **3**: 171-198.

加 三千宣・吉川周作・井内美郎 , 1997. 琵琶湖湖底堆積物，過去 40 万年間の珪藻化石記録．第四紀研究 , **36**(2): 113-122.

Lisiecki, L.E. and Raymo, M.E., 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic d18O records. *Paleoceanography,* **20** (PA1003). doi:10.1029/2004PA001071.

Lowe, D.J., 2011. Tephrochronology and its application: A review. *Quaternary Geochronology*, **6**(2): 107-153.

Lowe, D. J., Pearce, N. J. G., Jorgensen, M. A., Kuehn, S. C., Tryon, C. A., & Hayward, C. L., 2017. Correlating tephras and cryptotephras using glass compositional analyses and numerical and statistical methods: review and evaluation. *Quaternary Science Reviews*, **175**(C), 1-44. https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2017.08.003

町田洋 , 1964. Tephrochronology による富士火山とその周辺地域の発達史．地学雑誌 , **73**: 293-308, 337-350.

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および層序と年代について－．第四紀研究 , **10**: 1-20.

町田 洋 , 1973. 南関東における第四紀中・後期の編年と海成地形面の変動．地学雑誌 , **82**: 1-24.

町田 洋 , 1977. 火山灰は語る　火山と平野と自然史 . 324pp. 蒼樹書房 , 東京 .

Machida, H., 1999. Quaternary Widespread Tephra Catalog in and around Japan: Recent Progress. *The Quaternary Research*, **38**(3): 194-201.

町田 洋 , 1996a. 八ヶ岳東麓における加久藤テフラと信州の指標テフラ群．日本第四紀学会編 , 第四紀露頭集－日本のテフラ , p. 67.

町田 洋 , 1996b. 宮崎県久木野における小林笠森テフラ－サクラ火山灰のふるさと－ . 日本第四紀学会編 , 第四紀露頭集－日本のテフラ , p.81.

町田 洋 , 2005. 日本旧石器時代の編年：南関東立川ローム層の再検討．旧石器研究 , (1): 7-16.

町田 洋 , 2007. 第四紀テフラからみた富士山の成り立ち -- 研究のあゆみ --. 荒巻重雄・藤井俊嗣・中田節也・宮地直道編 , 富士火山 , pp.29-44. 山梨県環境科学研究所 .

町田 洋 , 2008. 大磯丘陵から下総台地までの第四系．日本地質学会編 , 日本地方地質誌 3 関東地方 , pp. 299–315. 朝倉書店 , 東京 .

町田 洋・新井房夫 , 1992. 火山灰アトラス．276pp. 東京大学出版会 , 東京 .

町田 洋・新井房夫 , 2003. 新編火山灰アトラス．336pp. 東京大学出版会 , 東京 .

町田 洋・森山昭雄 , 1968. 大磯丘陵の Tephrochronology とそれにもとづく富士および箱根火山の活動史．地理学評論 , **41**: 241-257.

町田 洋・新井房夫・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・新井房夫・杉原重夫 , 1980. 南関東と近畿の中部更新統の対比と編年．第四紀研究 , **19**: 233-261.

町田 洋・松島義章・今永 勇 , 1975. 富士山東麓駿河小山付近の第四系－特に古地理の変遷と神縄断層の変動について－．第四紀研究 , **14**: 77-90.

町田 洋・新井房夫・村田明美・袴田和夫 , 1974. 南関東における第四紀中期のテフラの対比とそれに基づく編年．地学雑誌 , **83**: 22-58.

町田 洋・新井房夫・小田静夫・遠藤邦彦・杉原重夫 , 1984. テフラと考古学－考古学研究 と関係するテフラのカタログ－．渡辺直径編 , 古文化財に関する保存科学と人文・自然科学報告書 , pp.865-928.

Maruyama S, Hattori K, Hirata T, Suzuki T, Danhara T., 2016a. Simultaneous determination of 58 major and trace elements in volcanic glass shards from the INTAV sample mount using femtosecond laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry. *GEOCHEMICAL JOURNAL*, **50**(5): 403-422.

Maruyama S, Hattori K, Hirata T, Danhara T., 2016b. A proposed methodology for analyses of wide-ranged elements in volcanic glass shards in widespread Quaternary tephras. *Quaternary International*, **397**: 267-280.

松本哲一・宇都浩三・小野晃司・渡辺一徳 , 1991. 阿蘇火山岩類の K-Ar 年代測定 -- 火山層序との整合性と火砕流試料への適応 --（演旨）．日本火山学会講演予稿集 , p.73.

Matsu'ura T, Kimura J, Chang Q, Komatsubara J., 2017. Using tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy to re-evaluate and improve the Middle Pleistocene age model for marine sequences in northeast Japan (Chikyu C9001C). *Quaternary Geochronology*, **40**: 129-145.

McLean, D., Albert, P., Nakagawa, T., Suzuki, T., Staff, R., Yamada, K., Kitaba, I., Haraguchi., Kitagawa, J., Project Members., Smith, V., 2018. Integrating the Holocene tephrostratigraphy for East Asia using a high-resolution cryptotephra study from Lake Suigetsu (SG14 core), central Japan. *Quaternary Science Reviews*, **183**: 36-58.

三梨 昂・菊地隆男 , 1982. 横浜地域の地質．地域地質研究報告（５万分の１図幅）．105pp. 地質調査所 , 東京 .

皆川紘一 , 1968. 相模川山間部のローム層と第四紀地史Ｉ．第四紀研究 , **7**: 101-108.

皆川紘一・町田瑞男 , 1971. 南関東の多摩ローム層層序．地球科学 , **25**: 164-176.

水野清秀・吉川清志 , 1991. 中期更新世テフラ Ng-1 火山灰の広域性の検討．第四紀研究 , **30**: 435-438.

森 慎一・米沢 宏・関東第四紀研究会 , 1982. 国府津 - 松田断層地域の第四系（その 1）－大磯丘陵西部団研 1981 年度の成果と課題－ . 関東の四紀 , (9): 1-9.

長橋良隆・片岡香子 , 2014. テフラ学（第 1 回）：用語法．第四紀研究 , **53**(2): 103-109.

長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山 高・井内美郎 , 2004. 近畿地方および八ヶ岳山麓における過去 43 万年間の広域テフラの層序と編年－－ EDS 分析による火山ガラス片の

主要成分化学組成－－．第四紀研究 , **43**(1): 15-35.
長井雅史・高橋正樹 , 2008. 箱根火山の地質と形成史．神奈川博調査研究報告（自然科学）, (13): 25-42.
成瀬 洋 , 1960. 相模積成盆地の変遷－南関東上部新生界の地史学的研究 (2). 第四紀研究 , **100**: 243-255.
中里裕臣 , 2020. 上総・下総層群における海水準変動と更新世テフラの層位（演旨）．日本地質学会関東支部シンポジウム　関東のテフラ -- 最近の年代観と供給源 --, 日本地質学会関東支部 , pp.5-8.
中里裕臣 , 2001. 更新統下総層群のテフラに関する諸問題．千葉県中央博自然誌研究報告特別号 , (4): 13-21.
中里裕臣・七山 太 , 2013. 上総層群笠森層のテフラ層序と MIS 年代（演旨）．日本第四紀学会講演要旨集 , 43, pp.76-77.
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**(10): 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**(3): 251-257.
中沢 努・中里裕臣・小松原 琢・塚本 斉 , 2003. 関東地方に分布する中期更新世指標テフラ TB-8 と Ky3 の対比の再検討．地質調査研究報告 , **54**(9-10): 341-350.
中沢 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**(2): 49-63.
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 --．地質調査総合センター速報 , 平成 28 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告 74, pp.39-46.
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，分布形態と地盤震動特性．地質学雑誌 , **125**(5): 367-385.
中澤 努・納谷友規・坂田健太郎・本郷美佐緒・鈴木毅彦・中山俊雄 , 2020. 東京層の模式コアセクション（代々木公園コア）における層序の再検討．地質調査研究報告 , **71**(1): 19-32.
Nakazawa T, Sakata K, Hongo M, 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.
日本地質学会 , 2008. 日本地方地質誌 3 関東地方 , p.299-315. 朝倉書店 , 東京 .
西澤文勝・鈴木毅彦 , 2016. 熊本県南西部，二見砂礫層中に挟在する中期更新世の火砕流堆積物の対比．第四紀研究 , **55**(5): 211-222.
Nishizawa, F. & Suzuki, T., 2019. Characterization and correlation of the Hegawa-Kasamori 5 tephra, a widespread tephra aged c. 450 ka associated with largescale pyroclastic flow from southern Kyushu, SW Japan. *Journal of Quaternary Science,* **35**: 288-303.
及川輝樹・石塚 治 , 2011. 熱海地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）．61pp. 産総研地質調査総合センター , つくば .
岡 重文 , 1974. 南関東の段丘変形についての 2，3 の例－地殻変動の定常性－．垣見俊弘・鈴木尉元編 , 関東地方の地震と地殻変動 , p.147-156. ラティス , 東京 .
岡 重文・菊地隆男・桂島 茂 , 1984. 東京西南部地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 図幅）. 148pp. 地質調査所 .
岡 重文・宇野沢 昭・安藤高明 , 1974. 三浦半島南部の段丘変形．地調月報 , **25**: 1-17.
奥野 充 , 2019. 最近 10 万年間の広域テフラと火山層序に関する年代研究．地質学雑誌 , **125**(1): 41-53.
Okuda, M., Nakazato, H., Miyoshi, N., Nakagawa, T. Okazaki, H., Saito, S. and Taira, A., 2006. MIS11-19 pollen stratigraphy from the 250-m Choshi core, northeast Boso Peninsula, central Japan: Implications for the early/mid-Brunhes (400-780 ka) climate signals. *Island Arc*. **15**(3): 338-354.
小野晃司・松本徰夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和 , 1977. 竹田地域の地質．地域地質研究報告（5 万分の 1 図幅）．145pp. 地質調査所 .
大磯団体研究グループ , 1988. 国府津－松田断層地域の第四系（その 3）．関東の四紀 , (14): 3-22.
大塚弥之助 , 1937. 関東地方南部の地質構造〔横浜一藤沢間〕．震研彙報 , (15): 974-1040.
相模原市地形・地質調査会 , 1986. 相模原の地形・地質調査報告（第 3 報）．96pp. 相模原市教育委員会 , 相模原市 .
斉藤尚人 , 2000. 八ヶ岳東麓と関東平野の中期更新世テフラの対比とその編年．第四紀研究 , **39**(1): 15-23.
里口保文・服部 昇 , 2008. 中部更新統古琵琶湖層群上部と上総層群上部の火山灰層の対比．第四紀研究 , **47**(1):15-27.
Smith, V.C., Smith, V.C., Mark, D.F., Staff, R.A., Blockley, S.P.E., Bronk-Ramsey, C., Bryant, C.L., Nakagawa, T., Han, K.K., Weh, A., Takemura, K., Danhara, T., Suigetsu 2006 Project Members, 2011. Toward establishing precise Ar/Ar chronologies for Late Pleistocene palaeoclimate archives: an example from the Lake Suigetsu (Japan) sedimentary record. *Quaternary Science Reviews*, **30**: 2845–2850.
白井正明 , 2000. 男鹿半島浅海成堆積物と日本海半遠洋成堆積物の第四紀氷河性海水準変動への応答．第四紀 , **32**: 19-27.
白井正明・多田隆治 , 1996. 男鹿半島安田海岸の堆積層分布－地殻上下動の寄与を考える－．日本地質学会第 103 回学術大会講演要旨集 , p.122.
白井正明・多田隆治・藤岡換太郎 , 1997. ODP 日本海試料との対比に基づく男鹿半島安田海岸更新世中－後期テフラの同定と年代．第四紀研究 , **36**(3): 183-196.
菅沼悠介・鈴木毅彦・山崎晴雄・菊地隆男 , 2003. 長野県南部 , 伊那層群のテフラとその対比．第四紀研究 , **42**(5): 321-334.
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ノロジー．地質学雑誌 , **84**: 583-600.
鈴木毅彦 , 1995. いわゆる火山灰土（ローム）の成因に関する一考察．火山 , **40**: 167-176.
鈴木毅彦 , 1996. 南関東大磯丘陵における阿多鳥浜テフラの層位．日本第四紀学会編 , 第四紀露頭集－日本のテフラ , p.67.
鈴木毅彦 , 2000. 埼玉県秩父盆地に分布するテフラとその考古編年上の意義 . 月刊地球 , **22**(10): 687-692.
鈴木毅彦 , 2012. 北関東・東北地方南部のテフロクロノロジー : 現状と展望（2010 年度日本第四紀学会学術賞受賞記念論文）．第四紀研究 , **51**(2): 65-78.
鈴木毅彦 , 2018. テフラ研究に関する国内外における最近の現状と動向－同定法，噴火年代決定，古気候変動研究への応用，分布の広域性，標準試料整備を中心に－．第四紀研究 , **57**(5): 131-142.
鈴木毅彦・藤原 治 , 1998. 房総半島上総層群中の中期更新世ガラス質テフラと東北地方に分布するテフラの対比（演旨）. 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集 , p.196.
鈴木毅彦・中山俊雄 , 2007. 東北日本弧 , 仙岩地熱地域を給源とする 2.0Ma に噴出した大規模火砕流に伴う広域テフラ．火山 , **52**(1): 23-38.
鈴木毅彦・早川由紀夫 , 1990. 中期更新世に噴出した大町 APm テフラ群の層位と年代．第四紀研究 , **29**(2): 105-120.

鈴木毅彦・早津賢二 , 1991. 関東 - 中部地方の第四紀テフラの研究－特に中期更新世テフラの重要性－ . 第四紀研究 , **30**: 361-368.

鈴木毅彦・藤原 治・檀原 徹 , 1998. 関東・中部地方に分布する第四紀テフラのフィッション・トラック年代 . 地学雑誌 , **107**: 348-367.

田村糸子・鈴木毅彦 , 2001. 中期更新世広域テフラ Ng-1 と飛騨地域に分布する高山軽石層との対比 . 第四紀研究 , **40**: 295-305.

千葉県立中央博物館 , 1991. 上総層群下部鍵層集（1990 年版）. 218pp. 千葉県立中央博物館 .

羽鳥謙三・成瀬 洋 , 1957. 関東西部の古期ロームの分布と鉱物組成 . 地学雑誌 , **68**: 432.

当間唯弘 , 1974. 横浜付近の下末吉面の陸化過程 . 第四紀研究 , **13**: 199-215.

上杉 陽 , 1976. 大磯丘陵のテフラ . 関東の四紀 , (3): 28-37.

上杉 陽・遠藤邦彦 , 1974. 大磯丘陵の第四系について . 関東の四紀 , (1): 9-21.

上杉 陽・長崎 正・森 慎一 , 1978. 下末吉埋没土層の時代について . 関東の四紀 , (5): 10-21.

上杉 陽・米澤 宏・千葉達郎・宮地直道・森 慎一 , 1983. テフラからみた関東平野 . アーバンクボタ , (21): 2-17.

Ui, T. 1971. Genesis of magma and structure of magma chamber of several pyroclastic flows in Japan. *Jour Fac Sci Univ Tokyo, Ser II*, **18**: 53-127.

植村杏太・遠藤邦彦・藤根 久・近藤玲介・内藤尚輝・竹村貴人 , 2020. 東京都世田谷区桜丘の NU-SKG-1 コアにおける東京層（世田谷層）のテフラと地質層序 . 日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」, (55): 155-164.

山下浩之・笠間友博 , 2009. 箱根火山起源 TAm-1 テフラの噴火口の推定－火山岩片の化学組成と火山体との比較から－ . 神奈川県立博物館研究報告（自然科学）, (38): 1-9.

山下浩之・笠間友博・川手新一・平田大二 , 2007. 箱根火山起源諏訪原スコリア（SwS）テフラに発見された斑レイ岩質岩片の岩石学的特徴 . 神奈川県博物館研究報告（自然科学）, (36): 25-28.

横浜サブ団研グループ , 1983. 横浜市戸塚町西部における上倉田層および山王台ローム層に関する新知見 . 関東の四紀 , (19): 15-19.

横浜サブ団研グループ , 1989. 横浜市保土ヶ谷区瀬戸ヶ谷の住宅造成工事であらわれた露頭について . 関東の四紀 , (15): 61-64.

横浜サブ団研グループ , 1995. 横浜市泉区の露頭について . 関東の四紀 , (19): 22-24.

吉川周作 , 1999. 高精度年代決定における火山灰の役割 . 月刊地球 , **26**: 201-206.

Shackleton, N. J., 1987. Oxygen isotopes, ice volume and sea level. *Quaternary Science*, **6**: 183-190.

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 地質図幅）. 136pp. 地質調査所 .

吉川周作・加 三千宣 , 2001. 琵琶湖湖底堆積物による過去 40 万年間の高精度火山灰編年（総特集 明日のテフラ研究）, 月刊地球 , **23**(9): 594-599.

吉川周作・三田村宗樹 , 1999. 大阪平野第四系層序と深海底の酸素同位体比層序との対比 . 地質学雑誌 , **105**(5): 332-340.

吉川周作・水野清秀・加藤茂弘・里口保文・宮川ちひろ・衣笠善博・三田村宗樹・中川康一 , 2000. 神戸市東灘 1,700m ボーリングコアの火山灰層序 . 第四紀研究 , **39**(6): 505-520.

田島靖久・星住英夫・松本哲一・廣田明成・小屋口剛博 , 2017. 阿蘇火山，Aso-1 火砕流堆積物に関する新知見と Aso-1 噴火に先駆けて噴出した古閑溶岩 . 火山 , **62**(4): 177-188.

露木利貞 , 1969. 九州地方における温泉の地質学的研究（第 5 報）-- 鹿児島地構内の温泉－特に温泉貯留体について --. 鹿児島大学理学部紀要（地学・生物学）, **2**: 85-101.