房総半島に分布する上総層群の広域テフラー特に上総層群下部におけるテフラ層序と新たな対比ー

Widespread tephra of the Kazusa Group distributed in the Boso Peninsula, Chiba Prefecture, Japan: Especially, tephrostratigraphy and tephra correlation of the lower part of the Kazusa Group

Abstract

田村糸子* 水野清秀**
宇都宮正志** 中嶋輝允**
山崎晴雄*

*Itoko Tamura**, *Kiyohide Mizuno***,
*Masayuki Utsunomiya***,
*Terumasa Nakajima*** and
*Haruo Yamazaki**

2017年9月28日受付.

2018年3月1日受理.

* 首都大学東京

Graduate School of Urban Environmental
Sciences, Tokyo Metropolitan University,
Minami-Ohsawa 1-1 Hachioji-shi, Tokyo,
192-0397, Japan

** 産業技術総合研究所地質調査総合センター
Geological Survey of Japan, AIST, Central 7,
Higashi 1-1-1, Tsukuba, 305-8567, Japan

Corresponding author: I. Tamura,
itoko@tmu.ac.jp

The Kazusa Group is widely distributed in the Boso Peninsula and is composed of forearc basin marine sediments with a total thickness of about 3000 m. This group represents the type stratigraphy of the marine Pleistocene of the Japanese Islands and has been extensively investigated in the past. More than 500 tephra layers are intercalated in the Kazusa Group, and a detailed tephra stratigraphy has been established from the lower Kiwada Formation to the upper Kasamori Formation. Correlations of the tephra within the Kazusa Group with many widespread tephra layers have resulted in the construction of a detailed tephrostratigraphic framework for the Pleistocene tephrochronology of the Japanese Islands.

In this study, we compiled the most widespread tephra of the Kazusa Group identified by previous research. More than 20 tephra layers span the period 2.0–0.4 Ma. Our results indicate possible problems regarding the currently accepted tephra stratigraphy of the Kiwada Formation, including the possibility of double-counting and the order reversal of its tephra layers.

We also investigated the less well known tephra of the Katsuura, Namihana, and Ohara Formations of the lower Kazusa Group, resulting in the discovery of new fine glassy tephra layers. Two widespread tephra layers, namely, Fup-KW2 (2.2 Ma) and Bnd2-O1 (2.1 Ma) were identified in the lower Kazusa Group as a result of considering the correlations between new tephra layers and widespread tephra. These new tephra correlations constrain the base of the Kazusa Group to be older than 2.3 Ma.

Keywords: Kazusa Group, Widespread tephra, lower Kazusa Group, Tephrostratigraphy, Tephra correlation

はじめに

房総半島中央部に分布する上総層群は、日本を代表する海成更新統である。上総層群は、地層の欠落がほとんどなく、ほぼ連続的に堆積していることから、古くから地質層序(河井, 1952; 三梨ほか, 1959), 古地磁気層序(新妻, 1976; Okada and Niitsuma, 1989), 浮遊性微化石層序(Oda, 1977; 佐藤ほか, 1988), シーケンス層序(Ito and Katsura, 1992), テフラ層序(里口, 1995)等, 多くの層序学的研究が行われており, 日本の海成更新統の模式層序となっている(Fig. 1)。

爆発的な噴火によってもたらされたテフラ層は、瞬時性と広域性をあわせ持ち、日本各地をつなぐ時間の鍵層として重要である。近年、テフラ中の火山ガラスの化学成分分析など様々な分析手法の適用や各地のテフラ記載データの蓄積により、大阪層群や東海層群、古琵琶湖層群、魚沼層群など日本各地の鮮新–更新統中に、およそ4 Ma~1 Maにかけての多

数の広域テフラの存在が明らかになってきた(Tamura et al., 2008, 2016; Satoguchi and Nagahashi, 2012 など)。上総層群にも、500層を超える多くのテフラ層が挟在されている。また近年、テフラの分析的手法の充実により多くの広域テフラ対比が行われ、上総層群のテフラ層序は、日本列島の更新世テフラ編年上、重要な模式層序となっている。

本論では、最初に、現在までに明らかにされている上総層群のテフラ研究の成果をまとめ、テフラ層序に関していくつかの問題点を指摘する。そして、上総層群上部の笠森層から下部の大原層上部までのおよそ0.4 Ma~2.0 Ma間で、報告されている広域テフラを概観する。

次に、今まで記載が充分でなかった上総層群下部の大原層、^{なみはな}浪花層、勝浦層のテフラ層序についての調査結果を示す。新たに多数のテフラを見出し、これらのテフラのうち広域分布の可能性が高いガラス質のテフラ層を中心に、岩相およびテフラの鉱物組成、火山ガラスの屈折率などの岩石学的特徴の記載、火山ガラスの化学組成分析を行った。また、層

Fig. 1. (1) The present-day tectonic setting of central Japan. (2) Geologic map showing the distribution of the Kazusa Group on the Boso Peninsula. (3) Stratigraphy of the Kazusa Group showing stratigraphic levels of the widespread tephra beds listed in Table 1. The magnetostratigraphy is compiled from Niitsuma (1976) and Tsuji et al. (2005). The ages of the magnetic reversals follow Lisiecki and Raymo (2005) and Saganuma et al. (2015). The calcareous nannofossil biohorizons follow Sato et al. (1988) and Tsuji et al. (2005). F. = Formation.

位と合わせて、既存研究で報告されている他地域のテフラとの広域対比を検討した。そして、広域テフラ対比に基づき、上総層群下部に新たな時間面を挿入した。

以上より、本論では、上総層群下部におけるテフラ層序の再検討および新たなテフラ層の記載と広域テフラ対比を検討し、近年の広域テフラ研究成果を合わせて、日本の第四紀テフラ編年に重要な上総層群のテフラ層序を改めて示す。

なお、上総層群最下部層である黒滝層は下位の安房層群を不整合で覆う(黒滝不整合)。房総半島東部においては、下位より勝浦層、浪花層、大原層および黄和田層の順に露出する。本論では勝浦層から黄和田層までの地層を上総層群下部として扱う。

また、テフラ名称に関して、先行研究において火山灰(層)と記されている場合もあるが、本論では包括的な用語としてテフラ(層)を用い、砂サイズ以下の構成物を示す場合のみ、火山灰の名称を用いる。テフラの粒度については、細粒砂サイズ以下のものを細粒火山灰、中粒砂サイズ以上極粗粒砂サイズまでのものを粗粒火山灰、礫サイズ以上のものは軽石、スコリアなどと呼ぶことにする。また、堆積学的にあるいは地層単位として単層、薄層などを指す場合には火山灰層、テフラ層と層をつけた。なお、テフラ名は、初出以降は記号のみで示すことがある。

房総半島中央部での上総層群のテフラ研究のレビュー

1. 上総層群のテフラ研究の現状と問題点

房総半島の上総層群のテフラについては、戦後、特に天然

ガス資源の調査のために詳細な地質図が作成され、その鍵層として目立ったテフラ層に名前が付された(金原ほか, 1949; 河合ほか, 1950; 品田ほか, 1951; 河合, 1952; 内尾, 1952; 三梨, 1954; 三梨ほか, 1959; 三梨ほか, 1962; 石和田ほか, 1971 など)。テフラ名は、地層名を記号化してそれに上位より番号を付けたものであり、現在でもこの命名法が基本となっている。これらの主要テフラ層については、層相の特徴が記載され、テフラ層の追跡も、主として層相に基づいていたと考えられる。その後、いくつかの地域では5万分の1地質図幅が作成され、それに伴い、より詳しいテフラ層の記載が行われている(徳橋・遠藤, 1984; 中嶋・渡辺, 2005; 七山ほか, 2016)。

町田ほか(1980)は、上総層群上部(笠森層、長南層、柿ノ木台層、国本層)の主要なテフラの鉱物組成、屈折率などの記載岩石学的な特徴を初めて示し、同時に関東地方や近畿地方など周辺地域のテフラとの対比を行った。その後、杉原ほか(1991)は、梅ヶ瀬層の主要なテフラについて、記載岩石学的な特徴を記し、対比を試みている。千葉県教育委員会(1988)や千葉県立中央博物館(1991)は上総層群に挟まるテフラ層の代表的な露頭位置、写真、層相記載を網羅的に行った。里口(1995)は、上総層群中・下部(国本層、梅ヶ瀬層、大田代層、黄和田層と大原層、浪花層の一部)に挟まるテフラ層の粒度、鉱物組成、火山ガラスの屈折率測定などを網羅的に行った。これらの研究により、上総層群の最下部を除いた主要なテフラのカタログがほぼできあがったと考えられる。そのほか、代表的なテフラの火山ガラスの化学組成値は、水

Table 1. A list of the main tephras in the Kazusa Group correlated with the widespread tephras of Japan.

	Local name	Widespread name	Main correlations	Source volcano (area)	Eruption age (Ma) Stratigraphic horizon
Kasamori F.	Ks11 ¹⁾	Kobayashi-Kasamori (Kb-Ks) ²⁾	Kobayashi P.Flow(Miyazaki) ³⁾ , Sakura ⁴⁾ /Sakura-S ⁵⁾ (Osaka), Kh5a(Choshi,Chiba) ⁶⁾⁷⁾	(south Kyushu) ^{2,3)}	MIS13.3 ⁸⁾ , MIS14 ⁹⁾
	Ks18 ¹⁾	Hiwaki (Hwk) ¹⁰⁾	Hiwaki P. Flow(Kagoshima) ¹⁰⁾ , Kh3b(Choshi,Chiba) ⁶⁾⁷⁾	(south Kyushu) ¹⁰⁾	MIS15 ¹¹⁾⁷⁾
	Ks22 ¹⁾	Kaisho-Kamitakara (KMT) ¹²⁾	Kamitakara P. Flow(Takayama,Gifu) ¹³⁾¹⁴⁾ , Kh1c(Choshi,Chiba) ⁶⁾	Kaisho Source Vent, Hida Mountains ¹²⁾	0.58-0.69 ¹²⁾ , 0.62(MIS16.0) ¹⁵⁾
Chonan F.	Ch2 ¹⁾	Seiganji-Toga (Se-Tg) ²⁾	Seiganji(Oita) ³⁾ , Toga(Osaka) ³⁾ , Yk12(Choshi,Chiba) ⁶⁾⁷⁾	(central Kyushu) ²⁾	MIS16 ⁷⁾
Kokumoto F.	Ku1 ¹⁶⁾	Hakkoda-Kokumoto (Hkd-Ku) ¹⁷⁾	Hakkoda 1st-stage P.Flow ¹⁷⁾ , Imakuma I (Osaka) ⁴⁾ , OT21(Oga, Akita) ¹⁷⁾ , Yk9a(Choshi,Chiba) ⁶⁾⁷⁾	Hakkoda Caldera ¹⁷⁾	0.76 ¹⁷⁾ , Lowermost of MIS18 ¹⁸⁾ , Uppermost of MIS19 ⁷⁾⁹⁾
	Byk-E ¹⁹⁾ Ku2.3 ²⁰⁾	Ontake-Byakubi (On-Byk) ²¹⁾	Yukawa 5(Ontake, Nagano) ²¹⁾	Older Ontake Volcano ²¹⁾	Just below Matuyama-Brunhes boundary ²²⁾²³⁾ , 0.77 ²²⁾
	Ku6C ¹⁶⁾	Shishimuta-Azuki (Ss-Az) ¹¹⁾	Imaichi P.Flow(Oita) ²⁴⁾ , Azuki(Osaka) ⁴⁾ , Yk5(Choshi,Chiba) ⁶⁾	Shishimuta Caldera, Oita ²⁴⁾	Lower of MIS21 ²⁵⁾⁹⁾
Umegase F.	U8 ¹⁶⁾	Shirakawa Kachikata-U8 (Sr-Kc-U8) ²⁶⁾	Kachikata P.Flow(Aizu,Fukushima) ²⁷⁾ , Uonuma-Pink(Niigata) ²⁷⁾ , Ob6a(Choshi,Chiba) ²⁸⁾ , Ny4J(Minamiboso, Chiba) ²⁹⁾	Shirakawa, Fukushima ²⁷⁾	0.910-0.922(MIS23-24) ⁹⁾²⁶⁾
Otadai F.	O7 ³⁰⁾	Shishimuta-Pink (Ss-Pnk) ¹¹⁾	Yabakei P.Flow(Oita) ³¹⁾ , Pink(Osaka) ³¹⁾ , Ob5.6(Choshi,Chiba) ²⁸⁾ , Ny7(Minamiboso,Chiba) ²⁹⁾	Shishimuta Caldera, Oita ³¹⁾	Jaramillo Subchron ³¹⁾³²⁾ , MIS30-31 ²⁵⁾ , 1.050-1.056(MIS30-31) ³³⁾
	O18L ³⁴⁾	Joetsu-O18L (JA-O18L) ³⁵⁾	Joetsu/SK030(Niigata) ³⁴⁾³⁶⁾	(north Kanto) ³⁷⁾	1.12 ³⁸⁾
Kiwada F.	Kd8B ³⁹⁾	Shirakawa Ashino-Kd8 (Sr-Asn-Kd8) ²⁶⁾	Ashino P.Flow(Shirakawa,Fukushima) ⁴⁰⁾ , Ob5c(Choshi,Chiba) ⁴⁰⁾ , Jij/Omig(Niigata) ⁴¹⁾	Shirakawa, Fukushima ²⁶⁾	1.219 ⁴²⁾
	Kd16 ⁴³⁾	Hisamoto-Kd16 (HM-Kd16) ⁴²⁾	Hisamoto(Tama,Kanagawa) ⁴²⁾⁴⁴⁾ , Monzen-Pink(Niitsu,Niigata) ⁴⁵⁾ , Ob5a(Choshi,Chiba) ²⁸⁾	(central Kyushu) ⁴⁶⁾	1.343 ⁴²⁾
	Kd18 ⁴³⁾	Shirakawa Akai-Kd18 (Sr-Aki-Kd18) ²⁶⁾	Akai P.Flow(Aizu,Fukushima) ⁴⁰⁾ , TR60/Tugm(Niigata) ⁴¹⁾ , Sengen(Tama,Kanagawa) ⁴²⁾ , Ob5aU3(Choshi,Chiba) ⁴²⁾	Shirakawa, Fukushima ⁴⁰⁾	1.460-1.522 ²⁶⁾
	'Kd21.5' ⁴⁵⁾	Shirakawa-Kumado (Sr-Kmd) ⁴⁷⁾	Kumado P.Flow(Shirakawa,Fukushima) ⁴⁵⁾⁴⁷⁾ , HK50(Sanjo,Niigata) ⁴⁵⁾⁴⁸⁾ , Kanai(Tama,Kanagawa) ⁴⁷⁾	Shirakawa, Fukushima ⁴⁸⁾	1.504-1.542 ²⁶⁾
	Kd24 ⁴³⁾	Shirasawatengu-SK100 (Srt-SK100) ³⁵⁾	SK100(Niigata) ⁴⁹⁾ , Sg1(Yokohama) ⁵⁰⁾ , Ob4c(Choshi,Chiba) ²⁸⁾ , Km2(Oga,Akita) ⁵¹⁾	Shirasawatengu, Hida Mountain ⁵²⁾	1.599 ⁴²⁾ , 1.543(MIS52) ⁵³⁾
	Kd25 ⁴³⁾	Omine-SK110 (Om-SK110) ⁵²⁾	Omine Welded Tuff(Nagano) ⁵²⁾ , Kamihijikata I (Kakegawa, Shizuoka) ⁵⁴⁾ , SK110(Niigata) ⁴⁹⁾ , Sg2(Yokohama) ⁵⁰⁾ , Ob4a(Choshi,Chiba) ²⁸⁾ , O3(Kanazawa) ⁵⁵⁾ , Km3(Oga,Akita) ⁵⁶⁾	Hida Mountains ⁵²⁾	1.65 ⁵²⁾ , 1.61 ⁵⁷⁾ , 1.573(MIS54) ⁵³⁾
	Kd38 ⁵⁸⁾	Ebisutoge-Fukuda (Eb-Fukuda) ⁵²⁾	Chayano Tuff I, II + Ebisutoge P. Deposits(Takayama,Gifu) ⁵²⁾ , Fukuda(Osaka) ⁵⁹⁾ , Tsujimatagawa(Niigata) ⁵⁹⁾ , Sg3(Yokohama) ⁵⁰⁾ , Ob2(Choshi,Chiba) ²⁸⁾ , T6(Himi, Toyama) ⁶⁰⁾ , O2(Kanazawa) ⁵⁵⁾ , HT08B(Minamiboso,Chiba) ⁶¹⁾	Hida Mountains ⁵²⁾	1.75 ⁵⁹⁾ , MIS63 ⁶⁰⁾ , MIS61-62 ⁵³⁾ , MIS60-61 ⁶²⁾
	Kd39 ³⁹⁾	Hotaka-Kd39 (Ho-Kd39) ⁵²⁾	Nyukawa P.Flow(Takayama,Gifu) ⁵²⁾ , Kawakubo(Kakegawa,Shizuoka) ⁵²⁾ , Yazaki(Himi,Toyama) ⁶⁰⁾ , Ob1(Choshi,Chiba) ²⁸⁾ , HT07/YK03(Minamiboso,Chiba) ⁶¹⁾	Hotakadake, Hida Mountains ⁵²⁾	1.76 ⁵²⁾ , MIS63 ⁶⁰⁾
	Kd44 ³⁹⁾	Kd44-Naka (Kd44-Nk) ⁶³⁾	Naka(Shiga) ⁶³⁾ , Kg3(Choshi,Chiba) ⁶³⁾ , Sig(Nishiyama,Niigata) ⁶³⁾	Sengan Geothermal Area ⁶³⁾	Olduvai Subchron ³²⁾⁶⁴⁾ , 1.9 ⁶⁵⁾
Ohara F.	HSC ³⁹⁾	Tamagawa-R4 (Tmg-R4) ¹¹⁾	Kurasawayama Welded Tuff(Akita) ⁶³⁾ , Ysg5(Sagami,Kanagawa) ⁶⁶⁾ , Kg1c(Choshi,Chiba) ⁶³⁾ , Sig(Nishiyama,Niigata) ⁴⁵⁾	Pre-Akitayakeyama Caldera ⁶³⁾	2.0 ⁶³⁾
	KB ⁶⁷⁾	Bando2-O1 (Bnd2-O1) ⁶⁵⁾	Bando2(Mie) ⁵⁵⁾ , O1(Kanazawa) ⁵⁵⁾	(Chubu Mountainous Area) ⁶⁵⁾	2.1 ⁶⁵⁾
Nami-hana F.	MY ⁶⁷⁾	OM1-Oike III (OM1-OK III) ⁶⁸⁾	Ogy(Takayama,Gifu) ⁶⁸⁾ , OM1(Kanazawa) ⁶⁵⁾ , Oike III (Tokamachi,Niigata) ⁶⁸⁾	(Chubu Mountainous Area ?)	2.15 ⁶⁸⁾
Katsu-ura F.	KW2 ⁶⁷⁾	Fup-KW2 ⁶⁷⁾	Fup(Nishiyama,Niigata) ⁶⁷⁾	(Chubu Mountainous Area ?)	2.2 ⁶⁹⁾

References: ¹⁾Kawai(1952), ²⁾Machida and Arai(1992), ³⁾Kikkawa et al.(1991), ⁴⁾Machida et al.(1980), ⁵⁾Yokoyama(1991), ⁶⁾Sato(2002), ⁷⁾Okuda et al.(2006), ⁸⁾Shirai(2001), ⁹⁾Kameo et al.(2006), ¹⁰⁾Machida(1999), ¹¹⁾Machida and Arai(2003), ¹²⁾Suzuki(2000), ¹³⁾Suzuki(1996), ¹⁴⁾Saito et al.(1996), ¹⁵⁾Nakazato(2006), ¹⁶⁾Kawai et al.(1950), ¹⁷⁾Suzuki et al.(2005), ¹⁸⁾Pickering et al.(1999), ¹⁹⁾Kazaoka et al.(2015), ²⁰⁾Nanayama et al.(2016), ²¹⁾Takeshita et al.(2016), ²²⁾Suganuma et al.(2015), ²³⁾Hyodo et al.(2016), ²⁴⁾Kamata et al.(1994), ²⁵⁾Yoshikawa and Mitamura(1999), ²⁶⁾Suzuki et al.(2017), ²⁷⁾Kurokawa et al.(2008), ²⁸⁾Fujioka and Kameo(2004), ²⁹⁾Fujioka and Kotake(2003), ³⁰⁾Ishiwada et al.(1971), ³¹⁾Hayashida et al.(1996), ³²⁾Niitsuma(1976), ³³⁾Tsuji et al.(2005), ³⁴⁾Kobayashi et al.(2003), ³⁵⁾Satoguchi and Nagahashi(2012), ³⁶⁾Kurokawa and Hirata(1986), ³⁷⁾Nakamura and Arai(1998), ³⁸⁾Naya et al.(2013), ³⁹⁾Satoguchi(1995), ⁴⁰⁾Murata and Suzuki(2011), ⁴¹⁾Kurokawa et al.(2002), ⁴²⁾Suzuki and Murata(2011), ⁴³⁾Mitsunashi et al.(1959), ⁴⁴⁾Takano(2002), ⁴⁵⁾Sakai(2002), ⁴⁶⁾Mizuno(2006), ⁴⁷⁾Suzuki and Murata(2008), ⁴⁸⁾Sakai and Kurokawa(2005), ⁴⁹⁾Sakai and Kurokawa(2002a), ⁵⁰⁾Fujioka et al.(2003), ⁵¹⁾Kurokawa et al.(2004), ⁵²⁾Nagahashi et al.(2000), ⁵³⁾Nozaki et al.(2014), ⁵⁴⁾Satoguchi et al.(1996), ⁵⁵⁾Tamura and Yamazaki(2004), ⁵⁶⁾Nagahashi et al.(2002), ⁵⁷⁾Sakai and Kurokawa(2002b), ⁵⁸⁾Satoguchi et al.(2000), ⁵⁹⁾Yoshikawa et al.(1996), ⁶⁰⁾Okubo and Arai(2002), ⁶¹⁾Takahashi et al.(2005), ⁶²⁾Momohara et al.(2017), ⁶³⁾Suzuki and Nakayama(2007), ⁶⁴⁾Maenaka et al.(1977), ⁶⁵⁾Tamura et al.(2008), ⁶⁶⁾Shimogama and Suzuki(2006), ⁶⁷⁾this study, ⁶⁸⁾Tamura and Yamazaki(2010), ⁶⁹⁾Kishi and Miyawaki(1996)

野・納谷(2011), Kimura et al.(2015), 七山ほか(2016)などでとりまとめられている。

テフラの年代測定については, 1980~1990年代に主にフィッシュ・トラック法を用いた測定が多数行われた(徳橋ほか, 1983; 原・楡井, 1990; Kasuya, 1990; 渡辺・檀原, 1996; 鈴木ほか, 1998など)。最近では, U-Pb年代測定も行われている(Suganuma et al., 2015; Ito et al., 2017)。

テフラ層の広域対比は, 町田ほか(1980)以来, 多数行われてきた。その数は60枚以上に及ぶ。これらの広域テフラとその対比は, 町田・新井(2003), Tamura et al.(2008), Satoguchi and Nagahashi(2012)などにまとめられている。

これらの詳細なテフラ層の層序や記載および対比は, 大部分が黄和田層から上位のものに対してであり, 大原層から下位の地層について, 大原層最上部のHSAおよびHSCテフラ(里口, 1995)を除いて網羅的なテフラ調査が行われていない。新妻(1976)は, 大原層から最下部の勝浦層までに挟まるいくつかのテフラ群を, 複数テフラ層の組み合わせとして記載し, 追跡したが, 個々のテフラ層の記載岩石学的な特徴は示していない。その後, 川辺ほか(1981)は, 新妻(1976)がKRと呼んだ複数のテフラ層を詳細に記載し, 鉱物組成などを明らかにしている。一方, 田村・山崎(2009)は, いくつかのテフラ層の化学分析などを行って, 5枚のテフラ層をはじめて広域対比した。また, Tamura and Yamazaki(2010)は, 勝浦層および浪花層中の2枚のテフラ層を, 中部日本に分布する広域テフラに対比し, 最下部の層準が2.2Maよりも古くなることを示した。しかし, 黄和田層から上位のテフラ層序に比べて, まだ十分な精度があるとは言えない。

上総層群では, 鍵層になるテフラ層と古地磁気, 微化石, 酸素同位体比変動, 年代測定などを組み合わせた複合年代層序の検討が進められている。たとえば, Brunhes-Matuyama 磁極帯境界付近に位置する白尾E(Byk-E)テフラ(Kazaoka et al., 2015)を鍵層として, 古地磁気あるいは微化石層序(Okada and Niitsuma, 1989; Hyodo et al., 2016), 酸素同位体比変動(Pickering et al., 1999), 年代測定(Suganuma et al., 2015), 堆積環境(Nishida et al., 2016)などの検討が行われている。また, Jaramillo 正垂磁極帯を含む大田代層に対しては, 辻ほか(2005)により, 同様の古地磁気, 微化石, 酸素同位体比層序, 年代測定などが行われ, 高精度の堆積年代が求められている。一方, 横浜, 銚子, 南房総, 新潟県など他地域の海成層においても, 微化石基準面や酸素同位体ステージなどとテフラ層との層位関係が詳しく調べられつつあり, テフラ対比によってそのテフラの降灰年代・層準を議論することが可能になってきている(Kameo et al., 2006; Nozaki et al., 2014など)。上総層群では, このような高精度な層序あるいは年代学的な検討が基本的には可能であり, 下部から上部まで連続した複合層序を確立することができる地層である。

2. 主な広域テフラ

これまでに広域対比されてきた上総層群中の主要なテフラ20層について, 上位層準からローカルテフラ名と広域テ

フラ名との対応関係を簡単に示す。問題点などのあるテフラ対比については補足説明を行った。各テフラ層の主な地域間の対比, 推定噴出源, 噴出年代あるいは層位(古地磁気磁極帯, 海洋酸素同位体ステージ:MIS)など詳細については, Table 1にまとめた。なお, 紙面の都合上, 上総層群以外のローカルなテフラ名の命名・記載論文, 噴出源近傍に分布する火砕流堆積物などの命名・記載論文は引用を省略した。

(1) Ks11 テフラ(河合, 1952)ー小林笠森テフラ(Kb-Ks: 町田・新井, 1992)

(2) Ks18 テフラ(河合, 1952)ー樋脇^{ひわき}テフラ(Hwk: Machida, 1999, 町田・新井, 2003)

Nishizawa and Suzuki(2013)は火山ガラスの化学組成などに基づくKs18と鹿児島県に分布する樋脇火砕流堆積物は対比できず, 下門火砕流堆積物がKs18と対比できるとしている。

(3) Ks22 テフラ(河合, 1952)ー貝塩上宝^{かいしよ}テフラ(KTM: 鈴木, 2000)

(4) Ch2 テフラ(河合, 1952)ー誓願寺^{せいがんじ}梅テフラ(Se-Tg: 町田・新井, 1992)

(5) Ku1 テフラ(河合ほか, 1950)ー八甲田-国本^{おんたけ}テフラ(Hkd-Ku: Suzuki et al., 2005)

(6) 白尾E(Byk-E)テフラ(Kazaoka et al., 2015)ー御岳-白尾テフラ(On-Byk: Takeshita et al., 2016)。

七山ほか(2016)は, このテフラをKu2.3と呼んでいる。

(7) Ku6C テフラ(河合ほか, 1950)ー猪牟田^{ししむた}アズキテフラ(Ss-Az: 町田・新井, 2003)

(8) U8 テフラ(河合ほか, 1950)ー白河勝方^{からかた}-U8 テフラ(Sr-Kc-U8: Suzuki et al., 2017)

(9) O7 テフラ(石和田ほか, 1971)ー猪牟田ピンクテフラ(Ss-Pnk: 町田・新井, 2003)

(10) O18L テフラ(小林・関東火山灰グループ, 2003)ー上越-O18L テフラ(JA-O18L: Satoguchi and Nagahashi, 2012)

(11) Kd8B テフラ(里口, 1995)ー白河芦野-Kd8 テフラ(Sr-Asn-Kd8: Suzuki et al., 2017)

(12) Kd16 テフラ(三梨ほか, 1959)ー久本-Kd16 テフラ(HM-Kd16: 鈴木・村田, 2011)

水野(2006)は, Kd16がKd10テフラ(石和田ほか, 1971)と同一テフラであると主張している。

(13) Kd18 テフラ(三梨ほか, 1959)ー白河赤井-Kd18 テフラ(Sr-Aki-Kd18: Suzuki et al., 2017)

鈴木・村田(2011)および水野・納谷(2011)は, Kd18とKd13テフラ(石和田ほか, 1971)が同一テフラであると主張している。

(14) "Kd21.5" テフラ(坂井, 2002; 坂井・黒川, 2005)ー白河隈戸テフラ(Sr-Kmd: 鈴木・村田, 2008)

このテフラの近傍にあるKd21テフラが養老川沿い(三梨ほか, 1959)と平沢川沿い(千葉県立中央博物館, 1991)で異なるテフラに対して命名されていると考えられる(鈴木・村田, 2008, 2011)ことから, Kd21.5テフラ前後を含めたテフラの層序とローカルネームについて再考の必要がある。

Fig. 2. Geologic map (1) and geologic column (2) of the lower Kazusa Group on the eastern Boso Peninsula, showing sampling localities (1–21) and stratigraphic levels of the tephra beds examined in this study. The rectangles labeled (a)–(g) depict the borders of the sampling locality maps presented in Open File.

- (15) Kd24 テフラ (三梨ほか, 1959) – 白沢天狗–SK100
テフラ (Srt-SK100 : Satoguchi and Nagahashi, 2012)
(16) Kd25 テフラ (三梨ほか, 1959) – 大峰–SK110 テフラ
(Om-SK110 : 長橋ほか, 2000)
(17) Kd38 テフラ (里口ほか, 2000) – 恵比須峠–福田テフラ
(Eb-Fukuda : 長橋ほか, 2000)
(18) Kd39 テフラ (里口, 1995) – 穂高–Kd39 テフラ (Ho-
Kd39 : 長橋ほか, 2000)
(19) Kd44 テフラ (里口, 1995) – Kd44–中テフラ (Kd44-
Nk : 鈴木・中山, 2007)
(20) HSC テフラ (里口, 1995) – 玉川 R4 テフラ (Tmg-
R4 : 町田・新井, 2003)

大原層・浪花層・勝浦層に挟在する主要テフラ層の記載

1. 火山灰試料の処理, 分析方法

採集したテフラ試料は, 洗浄・常温乾燥後, テフラ対比に必要な, 鉱物構成, 火山ガラスの形態の記載, 火山ガラスの

屈折率測定および主成分・微量成分化学組成分析を行った。なお, 鉱物構成については, テフラ中の火山ガラスや鉱物の割合は, 噴出源からの距離や個々の露頭における保存状態等により変化することが多いので, 定量的測定は行わず定性的記載とした。火山ガラスの形態は岸・宮脇 (1996) の分類によった。火山ガラスの屈折率測定は首都大学東京の温度変化型屈折率測定装置 (RIMS2000 : 京都フィッシュトラック製) および産総研の MAIOT (古澤地質製) を用いた。また, 火山ガラスの化学組成分析は, 主成分については TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3^* (総 Fe を Fe_2O_3 として計算した値), MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , P_2O_5 の 9 成分を, 微量成分については対比に有効とされる Ba, La, Sc, Sr, Y の 5 成分 (吉川, 1990 など) を ICP 発光分析法 (ICP-AES) により行った。火山ガラス片の純化作業は, 重液分離と電磁セパレーター, さらに場合によってはハンドピッキングにより行い, 顕微鏡下にて 98% 以上であることを確認した。測定は三菱マテリアルテクノ (株) および Acts Labo 社に外注依頼

Table 2. A list of the marker tephra in the lower Kazusa Group.

Tephra name	Locality	Color [#]	Thickness (cm)	Heavy mineral*	Glass type**	Refractive index of volcanic glass (n)
Oh3-2	21	wh-gr	10	opx > cpx	str > sb, bw	1.507-1.509, 1.511-1.513
Oh3-1	21	wh-be	2~5	ho > opx > (cpx, bio)	bw, str, sb, fib	1.504-1.507
HSA	21	be-wh	12	ho > opx, (cpx)	bw, sb, fib	(1.498-1.499), 1.502-1.505
HSA	20	wh-be	110	ho, (opx)	bw > str	1.503-1.506
HSC	21	wh-be	5	ho, opx > (cpx)	bw	1.499-1.501
HSC	20	wh	68	opx > ho	bw > str	1.500-1.501
Ooi2	19	wh	12	opx > ho	sb, str	1.509-1.513
Ooi2	18	ye-be	18	opx, ho	sb, fib, str	1.510-1.513
Ooi1	18	wh	1	ho > opx	fib	(1.506-1.509), 1.511-1.512
KB	17	wh	6~7	opx, ho, (cpx, osm)	str, fib, bw	1.501-1.503
OFN3	16	wh	10	opx > ho > cpx	sb	1.503-1.505
OFN2	16	wh-be	5	ho > (opx)	sb, str	1.499-1.501
OFN1	16	wh	6~7	opx, ho	fib, pm	1.506-1.508
MY	15	wh	3~4	ho, opx, (bio, cpx)	str, sb, bw	1.498-1.500
IW2	14	wh-gr	17	cum>ho	fib, spg	1.499-1.502
IW1	13	wh-be	10	opx > cpx, ho	str, sb, fib	1.504-1.506
KH-2	12	pk-wh-be	5	opx > (ho, cpx)	bw, str	1.503-1.505
KH-2	11	wh	8	ho, opx	bw > str	1.503-1.505
KH-1	12	wh	3~4	bio, ho, opx, (cpx)	bw, str	1.499-1.501
KH-1	11	wh	5	bio, ho, opx	bw > str	1.498-1.500
MTB	10	wh-gr	2	opx > cpx, ho, > bi	fib, spg > sb, str,	1.497-1.500
KRu	9	wh-be	20	ho, opx, (cpx)	bw, str	1.499-1.501
KRm	8	wh	40	opx, ho, (cpx)	str, bw	1.499-1.501
KRI	7	wh	35	opx > ho, (cpx)	str, sb, spg	1.500-1.501
TKJ	6	wh-be	5	ho, opx, cpx	str, sb, fib	1.500-1.502
SW3	5	wh	6~8	ho, opx	str, bw	1.498-1.502
SW2	5	wh	2	opx > ho, cpx	str, bw, sb	1.499-1.502
SW1	4	wh	5~10	opx > cpx	str > fib	1.497-1.499
KW2	3	wh	5~6	opx > cpx	str	1.500-1.503
KW1	2	wh-pk	5	opx > ho, (cpx)	bw	1.500-1.502
HM	1	wh	10	opx > (ho, cpx)	str, bw	1.497-1.502

[#] wh : white, gr : grey, be : beige, ye : yellow, pk : pink

* bio : biotite, ho : hornblende, opx : orthopyroxene, cpx : clinopyroxene, cum : cummingtonite, osm : osumilite, () : small amount

** : based on Kish and Miyawaki (1996) bw : bubble wall type, str : straight type, sb : small bubble type, fib : fiber type, spg : sponge type

し、測定毎に地球科学標準試料(JG-1a)の分析も合わせて行い、分析値の再現性を確認した。分析値は毎回、安定しており、過去の分析値との対比に問題はない。なお、いくつかのテフラ層については、火山ガラスの保存状態などの状況から火山ガラスの純化が困難であり、ICP-AES 分析を行えなかった。屈折率測定や化学分析の条件、測定誤差などは、田村・山崎(2004)および田村ほか(2005)を参照されたい。

2. 上総層群下部の地質概説と主要テフラの記載

調査地域の地質図と、黒滝層を除く上総層群下部の総合柱状図を Fig. 2 に示す。上総層群下部の勝浦層、浪花層および大原層は黒滝不整合の直上を覆う黒滝層(主に凝灰質砂岩)と同時異相をなす。これら3層は整合関係にあり、黒滝不

整合との同時異相部を除いて北西へ緩く(数~10 数度)傾斜した同斜構造を呈する。勝浦層の層厚は少なくとも 460 m あり、最下部は勝浦市浜勝浦の八幡岬に露出し、それより下位は海中に没する。本層は主に砂勝ち砂岩泥岩互層と泥勝ち砂岩泥岩互層の繰り返しから構成され、海底地すべり堆積物が複数層準に挟在する。浪花層は層厚約 200 m で、主に泥岩及び砂岩泥岩互層から構成され、最下部に海底地すべり堆積物が挟在する。大原層は最大層厚約 250 m で、砂勝ち砂岩泥岩互層と泥勝ち砂岩泥岩互層の繰り返しから構成され、本層中部に層厚 50 m に達する海底地すべり堆積物が挟在する。房総半島東部の上総層群下部には、多くの正断層が発達することが知られている(小断層解析グループ, 1973 など)。

Table 3. Major- and trace-element composition data of volcanic glass of the marker tephtras in the lower Kazusa Group.

Tephra name	Locality	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ba/La	La/Y	Ba	La	Sc	Sr	Y
Oh3-2	21	0.18	12.65	2.77	0.06	0.14	1.53	3.32	4.00	0.01	21.53	1.00	732	34	10	151	34
Oh3-1	21	0.26	12.43	1.49	0.10	0.34	1.69	3.67	2.48	0.06	39.38	0.46	634	16	8	158	35
HSA	21	0.22	12.84	1.50	0.09	0.28	1.75	3.91	1.72	0.03	36.77	0.35	467	13	6	137	36
HSA	20	0.23	10.74	1.37	0.08	0.27	1.55	3.73	1.72	0.04	40.64	0.33	447	11	5	119	33
HSC	21	0.14	11.77	1.16	0.04	0.11	0.76	3.40	4.06	< 0.01	37.08	0.59	901	24	7	41	41
HSC	20	0.15	10.29	1.09	0.03	0.12	0.73	3.22	3.98	0.01	38.14	0.54	839	22	7	39	41
Ooi2	18	0.24	13.72	2.58	0.08	0.35	2.30	3.61	2.80	0.08	21.52	1.57	609	28	4	260	18
Ooi1	18	0.32	13.80	2.39	0.09	0.64	3.11	3.98	1.33	0.13	33.94	0.43	319	9	6	223	22
KB	17	0.16	12.09	1.47	0.07	0.21	1.40	3.26	3.21	0.05	24.20	1.64	637	26	3	185	16
OFN2	16	0.19	11.89	1.12	0.04	0.2	1.36	3.26	3.41	0.02	26.39	1.75	599	23	3	114	13
MY	15	0.05	11.79	1.12	0.04	<0.01	0.53	3.35	4.07	<0.01	30.75	0.57	615	20	8	51	35
IW1	13	0.20	12.22	2.13	0.09	0.19	1.60	4.13	1.63	0.01	28.07	0.35	407	15	12	124	42
KH-2	12	0.18	11.37	2.25	0.09	0.16	1.52	3.95	1.71	0.03	27.87	0.35	393	14	11	108	40
KH-2	11	0.17	10.75	1.96	0.08	0.08	1.40	4.07	1.64	0.02	26.38	0.31	343	13	9	93	42
KH-1	12	0.08	11.95	1.45	0.04	0.03	0.80	3.71	4.06	< 0.01	19.34	1.27	735	38	7	75	30
KH-1	11	0.07	11.45	1.33	0.04	<0.01	0.72	3.78	3.77	<0.01	18.09	1.06	633	35	6	66	33
MTB	10	0.06	12.01	1.16	0.04	0.04	0.63	3.26	4.11	<0.01	24.63	0.75	591	24	4	54	32
KRu	9	0.06	11.6	1.21	0.05	<0.01	0.56	3.54	4.29	<0.01	18.27	0.91	548	30	7	43	33
KRm	8	0.07	11.75	1.21	0.05	0.01	0.58	3.47	4.11	<0.01	18.90	0.91	567	30	6	47	33
TKJ	6	0.07	11.17	1.31	0.04	<0.01	0.63	3.52	3.91	<0.01	21.61	1.11	670	31	6	48	28
SW3	5	0.07	12.44	1.31	0.05	0.04	0.67	3.55	3.87	0.01	22.77	0.93	592	26	3	58	28
SW2	5	0.08	12.36	1.37	0.05	0.04	0.69	3.79	3.95	0.01	19.21	1.07	557	29	4	51	27
SW1	4	0.06	12.04	1.20	0.04	0.06	0.61	3.51	4.01	< 0.01	21.63	1.42	768	36	3	53	25
KW2	3	0.10	12.65	1.49	0.05	0.09	0.88	3.47	4.14	< 0.01	19.97	1.18	705	35	5	88	30
KW1	2	0.19	12.27	1.13	0.06	0.22	1.02	3.55	3.68	0.03	21.34	1.46	621	29	3	111	20

TiO₂-P₂O₅ in % and Ba-Y in ppm.Fe₂O₃* means total Fe as Fe₂O₃.

そのうち、5 万分の 1 地質図に表現可能なものには北北東–南南西走向と東西走向の正断層がある。このうち北北東–南南西走向の正断層は上総層群上部にも発達する。

上総層群下部の大原層、浪花層、勝浦層には、従来記載されているテフラ層も含めて 26 層以上の細粒ガラス質火山灰からなるテフラ層が挟在される。主なテフラ層の分布図、採取地点、層位 (Fig. 2)、記載岩石学的特徴 (Table 2)、火山ガラスの主成分・微量成分化学組成分析値 (Table 3) を示す。なお、この層準のテフラ層について、新妻 (1976) は、近接する様々なテフラを複数まとめ、組テフラとして上位から HS, TA, TO, SR, KH, KR, SW テフラと記載したが、本論で用いた SR, KH, KR, SW というテフラ名は、新妻 (1976) の組テフラに含まれる細粒ガラス質火山灰からなるテフラ層に相当する。それら以外の結晶質や石質の火山灰層あるいは粗粒の軽石層やスコリア層などについては、本論では触れない。新たに発見したガラス質火山灰層については、模式地の地名 (集落名) を用い、新しい名称とした。以下に大原層、浪花層、勝浦層のテフラ層について、上位より順に層位、岩相、記載岩石学的特徴を述べる。

(1) Oh3-2 テフラ：Oh3-2, 新称：Oh3 (千葉県教育委員会, 1989) を再定義

模式地：いすみ市上布施北西の道路沿い (Loc. 21 : 35° 13' 26.52" N, 140° 19' 50.51" E)

千葉県教育委員会 (1989) で記載された組テフラ Oh3 テフ

ラ中の 2 層の細粒ガラス質火山灰層のうち、上位を Oh3-2, 下位を Oh3-1 とした。Oh3-2 は、大原層上部の泥岩層に挟在する層厚 8 cm の細粒ガラス質火山灰層である。火山ガラスの屈折率が 1.507–1.509, 1.511–1.513 と高く、バイモータルであることや火山ガラスの化学組成で、Fe₂O₃* が 2.8% と有意に高いことが特徴的である。

(2) Oh3-1 テフラ：Oh3-1, 新称：Oh3 (千葉県教育委員会, 1989) を再定義

模式地：上布施北西の道路沿い (Loc. 21)

Oh3-1 は Oh3-2 から泥岩層を挟んで 2 m 下位にあり、層厚 5 cm の細粒ガラス質火山灰層である。

(3) HSA テフラ：新妻 (1976) の HS を里口 (1995) により再定義

模式地：勝浦市勝浦宇宙通信所入口 (Loc. 20 : 35° 12' 20.72" N, 140° 18' 00.42" E)

他の採集地点：上布施北西の道路沿い (Loc. 21)。

HSA は白色細粒ガラス質火山灰層で、模式地では層厚 110 cm であるが、Loc. 21 では、層厚 12 cm で、Oh3-1 から砂岩優勢砂岩泥岩互層を挟んで約 20 m 下位にある。火山ガラスの化学組成で、K₂O が 2% 未満と少ない。

(4) HSC テフラ：新妻 (1976) の HS を里口 (1995) により再定義

模式地：勝浦宇宙通信所入口 (Loc. 20)

他の採集地点：上布施北西の道路沿い (Loc. 21)。

HSCは層厚68 cmでややベージュ味を帯びた白色細粒ガラス質火山灰層である。HSAから砂岩泥岩互層を挟んで約10 m下位にある。またLoc. 21において層厚5 cmである。火山ガラスの化学組成で、Baが800~900 ppmと高い。

(5)大井2テフラ：Ooi2, 新称

模式地：いすみ市大原北東の大井付近(Loc. 18 : 35°14'20.04"N, 140°24'00.20"E)

他の採集地点：勝浦市小羽戸南方の貝掛付近(Loc. 19 : 35°10'29.76"N, 140°15'57.46"E)

Ooi2はHSCから砂岩泥岩互層を挟んで約170 m下位にあり、層厚15 cm前後の白色細粒ガラス質火山灰層である。火山ガラスの屈折率が1.509–1.513と高い。

(6)大井1テフラ：Ooi1, 新称

模式地：いすみ市大原北東の大井付近(Loc. 18)

Ooi1はOoi2から2.5 m下位の大原層下部の泥岩層に挟まれる層厚1 cmの白色細粒ガラス質火山灰層である。火山ガラスの屈折率が1.506–1.509, 1.511–1.512と高い。

(7)小羽戸テフラ：KB, 新称

模式地：勝浦市小羽戸の大正寺橋東(Loc. 17 : 35°11'1.70"N, 140°15'38.10"E)

KBはOoi1から砂岩泥岩互層を挟んで約15 m下位の大原層下部の泥岩層に挟まれる。層厚6–7 cmのやや赤みがかった白色の細粒ガラス質火山灰層である。下部2 cmは細粒砂サイズを主体とし、上部4–5 cmは泥サイズが主体で平行葉理が発達する。最上部は生痕が顕著で上位の泥岩層へ漸移する。斑晶鉱物として微量の大隅石を含むことが大きな特徴である。

(8) (9) (10)大舟谷3, 大舟谷2, 大舟谷1テフラ：OFN3, OFN2, OFN1, 新称

模式地：いすみ市大舟谷海岸の崖(Loc. 16 : 35°13'21.33"N, 140°23'49.25"E)

浪花層下部~中部層準の泥岩層中に挟まれる白色細粒火山灰層で、下位よりOFN1, OFN2, OFN3とした。OFN3はKBから約100~120 m下位にあり、層厚10 cmである。OFN2はOFN3より6.8 m下位にあり、層厚は5 cmである。OFN1はOFN2より2.2 m下位にあり、層厚7 cmである。

(11)松部山田テフラ：MY, 新称

模式地：勝浦市松部山田Y字交差点付近(Loc. 15 : 35°08'43.43"N, 140°17'8.33"E)

MYは、新妻(1976)の数枚からなる組テフラSRの下部にあるガラス質テフラ、Tamura and Yamazaki(2010)のSRテフラに相当する。改めて精査した結果、Tamura and Yamazaki(2010)のSRは、新妻(1976)のSR露頭線よりもさらに下位の層準で、岩和田2テフラ(後述)の直上の海底地すべり堆積物内であることが確認された。したがって、混乱を避けるため、新称とした。MYは浪花層最下部層準の白色細粒ガラス質火山灰層で、火山灰層の堆積構造も乱れている。層厚5~6 cmで、火山ガラスの微量成分比La/Yが0.57と小さいことが大きな特徴である。

(12)岩和田2テフラ：IW2, 新称

模式地：いすみ市岩和田の道路から入った民家の近く(Loc. 14 : 35°10'55.18"N, 140°22'18.25"E)

IW2は、OFN1から泥岩層を挟んで約80 m下位にある。層厚17 cmで、灰白色を呈する。最大径2 mmほどの粗粒ややゴマシオ状の火山灰層であり、ガラスと長石、重鉱物などの結晶がほぼ等量で構成される。重鉱物は特徴的にカミントン閃石が多く、ほかに普通角閃石を含む。

(13)岩和田1テフラ：IW1, 新称

模式地：岩和田の小波月海岸へ下る道の入口(Loc. 13 : 35°10'51.09"N, 140°22'11.82"E)

IW1は、IW2から約25 m下位にある層厚6 cmの白色細粒ガラス質火山灰層で、25 cm下位に層厚4 cmの粗粒のゴマシオ状火山灰層がある。

(14)串浜2テフラ：KH2, KH(新妻, 1976)を再定義

模式地：勝浦市串浜北の道路沿い(Loc. 11 : N35°09'34.84"N, 140°18'7.04"E)

新妻(1976)により記載された組テフラであるKH中の2枚のガラス質火山灰層のうち、上位をKH2, 下位をKH1と再定義する。なお、Tamura and Yamazaki(2010)で記載したKHはKH1に相当する。KH2は層厚8 cmの白色細粒ガラス質火山灰層である。火山ガラスの主成分化学組成で、Fe₂O₃*が2%前後と多く、K₂Oは2%未満と、勝浦層のテフラの中では特徴的な値を示す。岩和田南方の小波月海岸(Loc. 12 : 35°10'45.58"N, 140°22'10.33"E)においても、下位のKH1と2枚セットで見出され、KH2はIW2の約40 m下位である。

(15)串浜1テフラ：KH1, KH(新妻, 1976)を再定義

模式地：串浜北の道路沿い(Loc. 11)

KH1は、KH2から泥岩層を挟んで約2 m下位の勝浦層上部の泥岩層中に挟まる。層厚5 cmの白色細粒ガラス質火山灰層である。

(16)松部テフラ：MTB, 新称

模式地：勝浦市松部北西方、ゴルフ場東の道路沿い(Loc. 10 : 35°9'14.93"N, 140°17'11.07"E)

MTBは松部地区では、泥岩層を主体とし、薄い砂岩層を挟む地層中に挟まれ、KH1より約20 m下位である。層厚約2 cm、灰白色細粒のガラス質火山灰層で、約2.5 m上位に薄いゴマシオ状火山灰層~細粒軽石層が2枚みられる。

(17)KRuテフラ：KRu, 川辺ほか(1981)

採集地：松部北方道路沿い(Loc. 9 : 35°09'07.48"N, 140°17'26.25"E)

模式地(勝浦市春日台：川辺ほか, 1981)のKRuが確認できなかったため、川辺ほか(1981)の記載と合致する松部北方におけるKRuを記述する。KRuはMTBから約80 m下位にあり、層厚30 cmの灰白色細粒ガラス質テフラ層である。

(18)KRmテフラ：KRm, 川辺ほか(1981)

模式地：勝浦市春日台外房線北側(Loc. 8 : 35°09'07.72"N, 140°18'19.67"E)

本露頭で記載したKRmテフラは、層厚40 cmの白色細

Table 4. Refractive index and major- and trace-element composition data of volcanic glass of widespread tephra.

Wide spread tephra	Area	Tephra name	Refractive index of volcanic glass (n)	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ *	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Ba/La	La/Y	Ba	La	Sc	Sr	Y	age
Bnd2-O1	Tokai	Bnd2*	1.502-1.505	0.17	12.27	1.42	0.07	0.23	1.48	3.38	2.96	0.07	27.90	1.50	669	24	2	211	16	2.1Ma*
	Hokuriku	O1*	1.502-1.505	0.16	12.50	1.35	0.07	0.19	1.55	3.32	3.59	0.04	27.90	1.50	586	21	2	212	14	
	Boso	KB	1.501-1.503	0.16	12.09	1.47	0.07	0.21	1.40	3.26	3.21	0.05	24.20	1.64	637	26	3	185	16	
OM1-OKⅢ	N.J.Alps	Ogy*	1.497-1.499	0.05	11.00	1.07	0.04	0.03	0.54	3.22	4.73	<0.01	30.82	0.55	524	17	5	34	31	2.15Ma**
	Niigata	OKⅢ*	1.497-1.500	0.06	10.74	1.07	0.04	0.04	0.58	2.62	5.36	0.01	31.00	0.53	589	19	9	35	36	
	Hokuriku	OM1*	1.498-1.499	0.07	11.72	1.15	0.04	0.04	0.55	2.93	5.29	0.01	31.50	0.56	599	19	8	39	34	
	Boso	MY	1.498-1.500	0.05	11.79	1.12	0.04	<0.01	0.53	3.35	4.07	<0.01	30.75	0.57	615	20	8	51	35	
Obr-Bnd1 GR	N.J.Alps	Obr*	1.498-1.500	0.07	11.94	1.38	0.04	0.02	0.77	4.14	3.92	<0.01	20.97	1.06	692	33	5	73	31	2.2Ma**
	Hokuriku	OL3*	1.499-1.501	0.07	10.39	1.35	0.04	0.11	0.78	3.47	4.59	<0.01	25.81	1.04	674	30	6	72	28	
	Tokai	Bnd1*	1.499-1.501	0.07	11.23	1.39	0.04	0.03	0.73	3.67	3.97	<0.01	19.22	1.07	615	32	5	69	30	
	Boso	KH1*	1.498-1.500	0.07	11.45	1.33	0.04	<0.01	0.72	3.78	3.77	<0.01	18.09	1.06	633	35	6	66	33	
Fup-KW2	Niigata	OKⅡ	—	0.10	11.96	1.40	0.05	0.07	0.82	3.02	4.39	0.01	20.45	1.03	634	31	2	84	30	2.2-2.3Ma
	Niigata	Fup	1.500-1.502	0.10	11.55	1.37	0.03	0.03	0.81	3.35	4.41	0.02	22.60	1.03	677	30	5	91	29	
	Boso	KW2	1.500-1.503	0.10	12.65	1.49	0.05	0.09	0.88	3.47	4.14	<0.01	19.97	1.18	705	35	5	88	30	

*: Tamura et al., 2008.

**: Tamura and Yamazaki, 2010.

TiO₂-P₂O₅ in % and Ba-Y in ppm.Fe₂O₃* means total Fe as Fe₂O₃.

粒ガラス質火山灰層である。KRuから泥岩層を挟んで1.8 m 下位にある。川辺ほか(1981)は、新妻(1976)の鍵テフラ KR を再検討し、大きく KRI, KRm, KRu の3つの部分に分け、Krとした。さらに川辺ほか(1981)では、模式地の KRm の範囲に下位より m0~m4 と5層のテフラがあるとした。これらの各テフラの記載を検討すると、本論で扱う KRm は、川辺ほか(1981)の KRm2 あるいは KRm3 のいずれかに相当すると判断される。

(19) KRI テフラ：KRI, 川辺ほか(1981)

採取地：串浜の北(Loc. 7 : 35°09'20.17"N, 140°17'48.32"E)

川辺ほか(1981)の模式地で確認できなかったため、本露頭の KRI を記載する。泥岩層中に挟在される層厚 35 cm の白色細粒ガラス質火山灰層で、15 cm 上位に層厚 5 cm のスコリア層、その 20 cm 上位にゴマシオ状火山灰層がある。

(20) 武内神社北テフラ：TKJ, 新称

模式地：松部集落の武内神社北方、外房線北側の道路沿い(Loc. 6 : 35°08'58.09"N, 140°17'28.28"E)

TKJ は、田村・山崎(2009)では Kr0 としたものであるが、川辺ほか(1981)が新妻(1976)の KR を再定義した火砕質鍵層 Kr の下位約 30 m にあるため、Kr に含まれないと判断し新称をつけた。層厚 5 cm のベージュ味を帯びた白色細粒ガラス質火山灰層である。

(21) SW3 テフラ：SW3, 新妻(1976)の SW テフラを再定義

模式地：勝浦市沢倉の防火用水向い民家の崖(Loc. 5 : 35°09'3.72"N, 140°19'23.32"E)

新妻(1976)で記載されている層厚 90 cm の組テフラである SW 中の2層の細粒火山灰層を上位より SW3, SW2 とし、その下位に、新たに見出した細粒ガラス質火山灰層を SW1 とした。SW3 は、TKJ から泥岩層を挟んで、約 100 m 下位にあり、層厚 6~8 cm でパッチ状に挟まれる灰白色細粒ガラス質火山灰層である。

(22) SW2 テフラ：SW2 : 新妻(1976)の SW テフラを再

定義

模式地：沢倉の防火用水向い民家の崖(Loc. 5)

SW2 は、新妻(1976)で記載されている SW テフラの最下部にある層厚 2 cm の灰白色細粒ガラス質火山灰層で、SW3 から灰白色の泥岩層を挟んで約 50 cm 下位にある。

(23) SW1 テフラ：SW1, 新称

模式地：沢倉の南、民家の裏手の崖(Loc. 4 : 35°09'03.10"N, 140°19'18.95"E)

SW1 は、SW2 から泥岩層を挟んで数 m 下位にあると推定されるが直接の関係は不明である。層厚 5~10 cm の白色細粒ガラス質火山灰層である。

(24) 川津 2 テフラ：KW2, 新称

模式地：勝浦市川津集落の南西 道路沿い(Loc. 3 : 35°08'28.56"N, 140°19'15.89"E)

KW2 は、SW1 から泥岩層を挟んで約 25 m 下位にある。層厚は 5~6 cm の白色細粒ガラス質火山灰層である。

(25) 川津 1 テフラ：KW1, 新称

模式地：川津集落の南西(Loc. 2 : 35°08'28.56"N, 140°19'23.07"E)

KW1 は、KW2 から泥岩層を挟んで約 13 m 下位の勝浦層最下部層準の泥岩層中に挟在される。層厚 5 cm の白色細粒ガラス質火山灰層である。

(26) 浜勝浦テフラ：HM, 新称

模式地：勝浦市浜勝浦漁港の東、段丘崖の上の道路沿い(Loc. 1 : 35°08'23.39"N, 140°18'52.03"E)

HM は、KW1 から 15 m 下位にあり、現時点で勝浦層の最下部の白色細粒ガラス質火山灰層である。層厚 10 cm で風化が進んでいる。

考 察

1. 大原層、浪花層、勝浦層のテフラ層と広域テフラとの対比

大原層上部の HSC より下位のテフラ層について、田村・山崎(2009)および Tamura and Yamazaki(2010)は、記載岩石学的特徴や火山ガラスの化学組成、層位等を基に、合せて4層の広域テフラ対比を報告した。それらは浪花層、勝

浦層の SR, KH, KR (KRu, KRm, KR0) の各テフラ層であるが、一部、層準の見直しやテフラの名称変更などが生じたことと、新たな分析値を提示するため、改めて本論で述べる。また、本論で新たに記載した上総層群下部層準のテフラ層について、層序学的資料と共に、野外での産状・層位と鉱物組成、火山ガラスの形態や屈折率、火山ガラスの主成分・微量成分化学組成などの記載岩石学的特徴などから、既存研究で報告されている他地域のテフラ層との対比を検討した。その結果、新たに、KB, KW2 の 2 つの火山灰層が、本地域以外に分布しているテフラ層と対比されることが明らかとなった (Table 4, Fig. 3)。以下に、HSC より下位の広域テフラ対比について、その特徴と対比の根拠を、上位のテフラ層より述べる。なお、対比されるテフラ毎の記載岩石学的特徴や ICP 発光分析による火山ガラスの主成分・微量成分化学組成を Table 4 に示す。

1) KB と Bnd2-O1 テフラ (2.1 Ma) との対比 Bnd2-O1 テフラは、中央日本の東海層群 (坂東 2 テフラ: 竹村, 1984), 古琵琶湖層群 (原テフラ: 横山ほか, 1979), 北陸層群 (大桑 O1 テフラ: 田村・山崎, 2004) などで見出された広域テフラ (田村・山崎, 2004) で、斑晶鉱物として微量の大隅石が含まれるという際立った特徴を持つ。層位は各地で、Obr-Bnd1 テフラ群 (約 2.2 Ma: Tamura and Yamazaki, 2010) と Eb-Fukuda テフラ (1.75 Ma: 吉川ほか, 1996) の間である。坂東 2 テフラおよび原テフラは逆帯磁しており (Takemura and Torii, 1978; Hayashida and Yokoyama, 1983), 東海層群の古地磁気層序で Olduvai と Reunion の間の C2r で、噴出年代はおおよそ 2.1 Ma と推定されている (Tamura et al., 2008)。火山ガラスの化学組成では、 Al_2O_3 が 12% 台、 CaO が 1.5%, Sr が 200 ppm 前後という特徴を示す。一方の KB は微量の大隅石が含まれ、その他の記載岩石学的特徴も、Bnd2-O1 テフラと良く一致する。また、KB は、上総層群で Eb-Fukuda と対比されている Kd38 と後述する Obr-Bnd1 テフラ群に対比されている KH1 の間にあり、層位的にも矛盾はない。以上から、KB と Bnd2-O1 は対比される。この対比により、大隅石を特徴的に含む Bnd2-O1 テフラの分布範囲が関東まで拡大されたことになる。

2) MY と OM1-OK III テフラとの対比 MY は火山ガラスの化学組成で、主成分では K_2O が多く (4% 以上), CaO が少なく (1% 未満), ほかに TiO_2 や MgO が少ないなど、中部山岳起源のテフラに共通した特徴を示すが、一方、微量成分では La が 20 ppm, Y が 35 ppm で、 La/Y が 0.57 で小さいという特徴を示す。このような火山ガラスの化学組成の特徴は北陸層群大桑層 (OM1 テフラ) や新潟の魚沼層群 (大池 III テフラ: OK III, 柳沢ほか, 1985), 岐阜県高山地域 (大萱テフラ: Ogy, 田村ほか, 2010) などで見出されている広域テフラ OM1-OK III (Tamura and Yamazaki, 2010) の特徴と良く一致する。また、北陸層群の大桑層において、OM1 は KB と対比された大桑 O1 テフラ (前述) の下位、KH1 等に対比される Obr-Bnd1 テフラ群 (後述) の上部層準にあり、層位的にも矛盾がなく、MY は OM1-OK III テフ

ラに対比される。MY は海底地すべりによる変形を被っているものの、他のテフラとの上下関係は矛盾しない。

3) KH1 および KRu, KRm, TKJ と Obr-Bnd1 テフラ群との対比 岐阜県高山地域に分布する大洞火山灰流堆積物 (Obr: 齊藤ほか, 1984) は大萱層の礫層中に挟在される層厚 10 m に達する火砕流堆積物である (長橋, 1995)。大萱層は Kd39 テフラに対比されている丹生川火砕流堆積物 (長橋ほか, 2000) に覆われる。Obr は、層位と記載岩石学的特徴から、坂東 1 テフラ (東海層群: 竹村, 1984), OL3 テフラ (北陸層群: 田村・山崎, 2004), 西平尾テフラ (掛川層群: 里口ほか, 1996), KH テフラ (本論の KH1; 上総層群) などと対比され、中央日本各地に分布する広域テフラ Obr-Bnd1 テフラ (2.2 Ma) と命名された (Tamura and Yamazaki, 2010)。

その後、田村ほか (2010) は新たに出現した大萱層の連続露頭において、Obr に類似する少なくとも 4 枚の火砕流堆積物と上から 1 枚目と 2 枚目の火砕流堆積物 (Table 4 で Obr としたテフラ) の間に、広域テフラ OM1-OK III (Tamura and Yamazaki, 2010) に対比される細粒ガラス質火山灰層 (Ogy) を見出した。4 枚の火砕流堆積物は、火山ガラスの化学組成などの特徴が極めて類似し、単独で分布する場合は識別が困難である。また北陸、古琵琶湖、掛川層群などの各地の鮮新-更新統においても、Obr に対比された各地のテフラ層に近接する層準に記載岩石学的特徴や化学組成が類似するテフラ層が複数存在しており、大洞火砕流堆積物の噴火が時間間隙をもって複数回発生し、その間に、OM1-OK III テフラの噴火があったことが示された (田村・山崎, 2009, 田村ほか, 2010)。

田村・山崎 (2009) は、層位と記載岩石学的特徴の類似から、KH テフラの下位の KRu, KRm が掛川層群の岩滑テフラ (岩滑 III-V テフラ付近: 里口ほか, 1996) などに、TKJ が掛川層群の坊之谷テフラ (水野ほか, 1987) と、それぞれ対比される可能性を示した。これらの複数のガラス質テフラ層は、Obr-Bnd1 テフラと、火山ガラスの化学組成で CaO (0.6% 前後) や Sr (50 ppm 前後) などに若干違いがあるが、かなり類似している。高山地域において、これらに対比される火砕流堆積物は、現時点で見つかっていない。しかしながら、高山地域の大洞火砕流堆積物の調査は不十分であり、今後の進捗が待たれる。いずれにしろ、本層準には、多数の類似するテフラが密集して存在しており、個々のテフラ対比は今後の課題である。以上から、大洞火砕流に関連する化学組成などが類似したテフラを Obr-Bnd1 テフラ群と呼ぶ。

4) KW2 と Fup テフラとの対比 KW2 は、斑晶鉱物 (直方 (斜方) 輝石, 単斜輝石を含む) や火山ガラスの屈折率 ($n = 1.500\text{--}1.503$), 火山ガラスの化学組成では Fe_2O_3^* が 1.49%, CaO が 0.88%, K_2O が 4.14%, Ba が 705 ppm, La が 35 ppm, Sr が 88 ppm, Y が 30 ppm という記載岩石学的特徴が、新潟県の西山層に挟まる不動滝パミス質テフラ (Fup: 黒川ほか, 1989) や魚沼層群の大池 II テフラ (OK II: 柳沢ほか, 1985) と良く一致する。Fup テフラは、新潟県出雲崎町常楽寺の連続露頭において中永白色ガラス質テフラ群 (Chw: 黒川ほか, 1989) の下位 12 m, 武石パミス質テ

Magneto-startigraphy	Kobiwako	Tokai	Takegawa	Hokuriku	Boso	Niigata

	Hara	Bnd2		O1	KB	
				OM1	MY	OKⅢ
	Kono3	Bnd1	Nishihirao	OL3	KH1	Chw
2.3Ma					KW2	Fup, OKⅡ
				Tanigichi		Tsp, OKⅠ

Fig. 3. A time-space diagram of early Pleistocene marker tephras in central Japan (modified after Tamura et al., 2016).

フラ群 (Tsp: 沢栗・黒川, 1986) の 10 m 上位に位置する西山層中部層準のテフラ層である (黒川ほか, 1999)。Tsp テフラは、北アルプス北部に分布する谷口火砕流堆積物に由来する広域テフラ (Tng-Tsp テフラ: 町田・新井, 2003) で、噴出年代はおよそ 2.3 Ma である (岸・宮脇, 1996 ほか)。また、Tamura et al., (2016) は、房総半島の千倉層群で古地磁気層序と有孔虫の殻の酸素同位体比の複合層序 (岡田ほか, 2012) から MIS 90, 2.33 Ma としており、Tng-Tsp テフラの推定年代、2.3 Ma を支持する。岸・宮脇 (1996) は、常楽寺を含めた複数のセクションにおいて、古地磁気層序と石灰質ナノ化石層序および Tsp テフラ層との間隔から Fup テフラの堆積年代を 2.2 Ma とした。一方、黒川・三浦 (1993) は、Fup テフラと新潟県十日町の魚沼層群に挟まれる OKⅡ テフラが、層位と記載岩石学的特徴の一致から対比されることを明らかにした。魚沼層群において、OKⅡ テフラは MY に対比されている OKⅢ テフラの下位、Tng-Tsp テフラに対比されている大池Ⅰ テフラ (OKⅠ) の上位にある、以上により層位的にも矛盾はなく、KW2 と Fup および OKⅡ は対比される。この対比により、新潟県内で分布が知られていた Fup テフラが関東まで広域に分布することが明らかとなった。この対比に基づき、本広域テフラを Fup-KW2 テフラと呼ぶ。

2. テフラ対比に基づく上総層群下部の堆積年代

上総層群下部の勝浦層、浪花層、大原層の火山灰層と他地域とのテフラとの広域対比図を Fig. 3 に示す。これらのテフラ対比に基づき、各累層の堆積年代を検討する。

KW2 と Fup テフラとの対比から、勝浦層下部におよそ 2.2 Ma という時間面が入る。KW2 より下位に、勝浦層は少なくとも 110 m 以上続いており、房総半島東部における上総層群の堆積年代は、2.3 Ma を遡る可能性が高い。勝浦層上部の KH1 は Obr-Bnd1 テフラ群 (2.2 Ma 前後)、浪花層最下部に挟在する MY は OM1-OKⅢ テフラ (2.1 Ma ~ 2.2 Ma) と対比される。これらの対比から、浪花層下限の堆積年代はおよそ 2.15 Ma と推定される。大原層下部に挟在する KB は Bnd2-O1 テフラ (2.1 Ma) に対比され、大原層上部の HS 層準に Olduvai の下限がある (新妻, 1976; 1.96 Ma: Lisiecki and Raymo, 2005)。したがって、大原層に

はおよそ 2.1 Ma および 2.0 Ma という時間面が挿入される。

上総層群基底の堆積年代については、浮遊性微化石層序 (Oda, 1977; 佐藤ほか, 1988) や古地磁気層序 (新妻, 1976) のデータから検討した約 2.3 Ma (里口, 2006) あるいはシーケンス層序と酸素同位体比曲線との対比に基づく約 2.4 Ma (伊藤, 1997) などがある。本論では、テフラ対比に基づいて、房総半島東部において陸上に露出する勝浦層の最下部の年代が 2.3 Ma を遡ることを示した。

まとめと今後の課題

古くから多くの研究が行われてきた上総層群上部~下部のテフラ層序と広域テフラ対比をまとめ、問題点を指摘した。上総層群には、極めて多くの広域テフラが見出されており、日本の更新統を代表する模式テフラ層序として重要である。

研究記載の少なかった上総層群下部の大原層、浪花層、勝浦層の細粒ガラス質火山灰層を記載し、広域テフラとの対比を検討した。その結果、新たに 2 層の広域テフラ対比ができ、勝浦層下部に 2.2 Ma、大原層下部に 2.1 Ma というテフラによる時間面を挿入した。本論において対比を行わなかったいくつかのガラス質テフラの中にも、周辺地域のテフラと対比できる可能性があるものが含まれている。2 枚の広域テフラ対比をもとに、その上下層準のテフラ層を細かく見直すことによって、今後さらに多くのテフラ対比の検討を進めていく必要がある。

本論文では、主にガラス質のテフラ記載を行い、その名称も集落名などローカルな名前を用いたが、本来であれば、黄和田層から上位のテフラと同様に、地層名と上位からの通し番号でテフラ名をつけたほうが好ましい。本論文で記載しなかったガラス質以外のテフラを含めて、そのテフラ層序と房総半島中央部での連続性を確認し、あらためて正確な層序を報告する予定である。

また、黄和田層のテフラ層序の一部については、地域によって混乱があるため、それらを再整理して正確なテフラ層序を示す必要がある。さらに、大原層から下位の上総層群でも古地磁気、微化石、酸素同位体比変動、年代測定などを組み合わせた複合年代層序の検討を行う必要がある。そうすることによって、他の地域の年代層序にも大きく貢献できるだ

ろう。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、首都大学東京の佐々木リディア特任准教授には、英文 Abstract に関してご指導いただいた。また、千葉大学の伊藤 慎教授には、KR の露頭についてご教示いただいた。2 名の査読者、編集委員の竹下欣宏信州大学准教授には適切なコメントをいただいた。本研究には JSPS 科研費(No.17K18415)の一部を使用した。以上の皆様に深く感謝いたします。

文 献

- 千葉県教育委員会(Education board of Chiba Prefecture), 1988, 地学資料, 上総層群上部鍵層集(*Geological Datum Key Tephra Beds of the Upper Kazusa Group*)*(1987 年版). 145p.
- 千葉県教育委員会(Education board of Chiba Prefecture), 1989, 地学資料, 上総層群下部・安房層群(仮)鍵層集(*Geological Datum Key Tephra Beds of the Lower Kazusa Group and Awa Group*)*(1988 年版). 370p.
- 千葉県立中央博物館(Natural History Museum and Institute, Chiba), 1991, 地学資料, 上総層群下部鍵層集(*Geological Datum Key Tephra Beds of the Lower Kazusa Group*)*(1990 年版). 218p.
- 藤岡導明・亀尾浩司(Fujioka, M. and Kameo, K.), 2004, テフラ鍵層に基づく銚子地域の犬吠層群小浜層と房総半島の上総層群黄和田層, 大田代層および梅ヶ瀬層との対比(Correlation between the Obama Formation of the Inubou Group in the Choshi district and the Kiwada, Otadai and Umegase Formations of the Kazusa Group in the Boso Peninsula, central Japan, based on key tephra layers). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **110**, 480–496.
- 藤岡導明・亀尾浩司・小竹信宏(Fujioka, M., Kameo, K. and Kotake, N.), 2003, テフラ鍵層に基づく横浜地域の大船層・小柴層と房総半島の黄和田層との対比(Correlation based on key tephra layers between the Ofuna-Koshiba Formations in the Yokohama district and Kiwada Formation in the Boso Peninsula, central Japan). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **109**, 166–178.
- 藤岡導明・小竹信宏(Fujioka, M. and Kotake, N.), 2003, テフラ鍵層に基づく房総半島の上総層群大田代層・梅ヶ瀬層と豊房層群加茂層との対比(Correlation based on key tephra layers between the Otadai-Umegase Formations of the Kazusa Group and the Kamo Formation of the Toyofusa group in Boso Peninsula, central Japan). 第四紀研究(*Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyu)*), **42**, 375–387.
- 原 雄・楡井 久(Hara, Y. and Nirei, H.), 1990, 黄和田層下部のフィッショントラック年代(Fission track ages of the lower part of Kiwada Formation). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **96**, 397–400.
- Hayashida, A., Kamata, H. and Danhara, T., 1996, Correlation of widespread tephra deposits based on paleomagnetic directions: Link between a volcanic field and sedimentary sequences on Japan. *Quat. Int.*, **34–36**, 89–98.
- Hayashida, A. and Yokoyama, T., 1983, Paleomagnetic chronology of the Plio-Pleistocene Kobiwako Group to the south-east of Lake Biwa, central Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **89**, 209–221.
- Hyodo, M., Katoh, S., Kitamura, A., Takasaki, K., Matsushita, H., Kitaba, I.,...Okada, M., 2016, High resolution stratigraphy across the early-middle Pleistocene boundary from a core of the Kokumoto Formation at Tabuchi, Chiba Prefecture, Japan. *Quat. Int.*, **397**, 16–26.
- 石和田靖章・三梨 昂・品田芳二郎・牧野登喜男(Ishiwada, Y., Mitsunashi, T., Shinada, Y. and Makino, T.), 1971, 日本油田ガス田図 10「茂原」(*Geological Maps of Oil and Gas Field of Japan*, 10, 'Mobara'). 地質調査所(Geol. Surv. Japan).
- Ito, H., Nanayama, F. and Nakazato, H., 2017, Zircon U–Pb dating using LA-ICP-MS: Quaternary tephra in Boso Peninsula, Japan. *Quat. Geochronol.*, **40**, 12–22.
- 伊藤 慎(Ito, M.), 1997, 上総丘陵の地質(Geology of the Kazusa Hill on Chiba Prefecture). 千葉県自然史(*Natural History of Chiba Prefecture*), **2**, 201–240.
- Ito, M. and Katsura, Y., 1992, Inferred glacio-eustatic control for high-frequency depositional sequences of the Plio-Pleistocene Kazusa Group, a forearc basin fill in Boso Peninsula, Japan. *Sediment. Geol.*, **80**, 67–75.
- 鎌田浩毅・檀原 徹・山下 透・星住英夫・林田 明・竹村恵二(Kamata, H., Danhara, T., Yamashita, T., Hoshizumi, H., Hayashida, A. and Takemura, K.), 1994, 大阪層群アズキ火山灰および上総層群 Ku6C 火山灰と中部九州の今市火砕流堆積物との対比—猪牟田カルデラから噴出した co-ignimbrite ash—(Correlation of the Azuki volcanic ash of the Osaka Group and the Ku6C volcanic ash of the Kazusa Group to the Imaichi pyroclastic-flow deposit in central Kyushu, Japan: A co-ignimbrite ash erupted from Shishimuta caldera). 地 質 雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **100**, 848–866.
- Kameo, K., Okada, M., EL-Masry, M., Hisamitsu, T., Saito, S., Nakazato, H.,...Taira, A., 2006, Age model, physical properties and paleoceanographic implications of the middle Pleistocene core sediments in the Choshi area, central Japan. *Isl. Arc*, **15**, 366–377.
- 金原均二・大山 桂・小野 映・伊田一善・本島公三・石和田靖章.....安國 昇(Kanehara, K., Oyama, K., Ono, A., Ida, K., Motojima, K., Ishiwada, Y.,...Yasukuni, N.), 1949, 千葉県茂原町付近の天然ガス(Natural gas in the vicinity of Mobara, Chiba-ken). 石 技 誌(*Jour. Japan. Assoc. Pet. Technol.*), **14**, 245–274.
- Kasuya, M., 1990, Fission-track ages of tuff layers related to the Pliocene-Pleistocene boundary on the Boso Peninsula, Japan. *Quat. Res.*, **33**, 86–93.
- 川辺鉄哉・大野恵一郎・前田四郎(Kawabe, T., Ohno, K. and Maeda, S.), 1981, 房総勝浦地域における勝浦層と黒滝層との層位学的関係についての一考察(Some considerations on the stratigraphic relationship between the late Cenozoic Katsura and Kurotaki Formations in the Katsura district, Boso Peninsula). 地学雑(*Jour. Geogr. (Chigaku-Zasshi)*), **90**, 1–13.
- 河合興三(Kawai, K.), 1952, 茂原ガス田西方周辺地域(茂原—鶴舞地域)の地質及び天然ガス(On natural gas geology of the western end area of the Mobara gas field, Chiba prefecture). 石技誌(*Jour. Japan. Assoc. Pet. Technol.*), **17**, 1–21.
- 河合興三・内尾高保・上野道文・保月光五郎(Kawai, K., Uchio, T., Ueno, M. and Hozuki, M.), 1950, 千葉県大多喜町付近の天然ガス(Natural gas in the vicinity of Otaki, Chiba-ken). 石技誌(*Jour. Japan. Assoc. Pet. Technol.*), **15**, 151–219.
- Kazaoka, O., Suganuma, Y., Okada, M., Kameo, K., Head, M. J., Yoshida, T.,...Kumai, H., 2015, Stratigraphy of the Kazusa Group, Boso Peninsula and highly-resolved marine sedimentary record from the Lower and Middle Pleistocene of central Japan. *Quat. Int.*, **383**, 116–135.
- 吉川清志(Kikkawa, K.), 1990, ICP 発光分析を用いたテフラの同定法とその応用(Identification of tephra layers by inductively coupled plasma (ICP) emission spectrometry, and their application). 地学雑(*Jour. Geogr. (Chigaku-Zasshi)*), **99**, 743–757.
- 吉川清志・水野清秀・杉山雄一(Kikkawa, K., Mizuno, K. and Sugiyama, Y.), 1991, 関東～九州における前～中期更新世テフラの広域対比(Correlation of widespread tephra in the Early to Middle Pleistocene from the Kanto to Kyushu district)*. 月刊地球(*Chikyū Monthly*), **13**, 228–234.
- Kimura, J., Nagahashi, Y., Satoguchi, Y. and Chang, Q., 2015, Origins of felsic magmas in Japanese subduction zone: Geochemical characterizations of tephra from caldera-form-

- ing eruptions <5 Ma. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **16**, 2147–2174, and Supporting Information.
- 岸 清・宮脇理一郎 (Kishi, K. and Miyawaki, R.), 1996, 新潟県柏崎平野周辺における鮮新世～更新世の褶曲形成史 (Plio-Pleistocene fold development in the Kashiwazaki Plain and vicinity, Niigata Prefecture). *地学雑 (Jour. Geogr. (Chigaku-Zasshi))*, **105**, 88–112.
- 小林雅弘・関東火山灰グループ (Kobayashi, M and Kanto Ash Layers Research Group), 2003, 関東平野中央部の地下および房総半島で新たに発見された前期更新世の含堇青石テフラ (Early Pleistocene cordierite bearing tephra found from drilling cores in central Kanto Plain and Boso Peninsula, central Japan). *地球科学 (Earth Sci. (Chikyū Kagaku))*, **57**, 155–160.
- Kurokawa, K. and Hirata, I., 1986, Grain-size characteristics of the Joetsu Ash (Unit I), a subaqueous ash flow turbidite of early Pleistocene, central Japan. *Mem. Fac. Educ., Niigata Univ., Nat. Sci.*, **28**, 15–24.
- 黒川勝己・丸山悦子・沢栗隆之 (Kurokawa, K., Maruyama, E. and Sawaguri, T.), 1989, 新潟県中央油帯北部における椎谷層・西山層中の水底堆積テフラ (Subaqueous tephra layers in the Shiya and Nishiyama Formations in the northern Chuo Oil Field, Niigata Prefecture, central Japan). *新潟大学教育学部紀要 (自然科学編) (Mem. Fac. Educ., Niigata Univ., Nat. Sci.)*, **30**, 39–64.
- 黒川勝己・三浦光代 (Kurokawa, K. and Miura, M.), 1993, 火山灰鍵層からみた新潟県魚沼丘陵地域の層序とその対比—とくに魚沼層群基底部と菅沼層 (八石油帯) との同時異相関係について— (Tephrostratigraphy and correlation of the Uonuma Hills area, Niigata Prefecture with revelation of the contemporaneous relation between the basal part of the Uonuma Group and the Suganuma Formation). *新潟大学教育学部紀要 (自然科学編) (Mem. Fac. Educ., Niigata Univ., Nat. Sci.)*, **34**, 97–148.
- 黒川勝己・富田裕子・青木豊樹・沢栗隆之・丸山悦子 (Kurokawa, K., Tomita, Y., Aoki, T., Sawaguri, T. and Maruyama, E.), 1999, 新潟県出雲崎町常楽寺ルートにおける西山層の火山灰層—とくに Jjj および Sig 火山灰層の対比について— (Volcanic ash layers in the Nishiyama Formation along the Jorakuji route, Niigata, central Japan with special reference to the correlation of the Jjj and Sig ash layers). *新潟大学教育人間科学部紀要自然科学編 (Mem. Fac. Educ., Hum. Sci., Niigata Univ., Nat. Sci.)*, **1**, 63–101.
- 黒川勝己・坂井一・樋渡晴美・大橋理香・樋口裕也 (Kurokawa, K., Sakai, H., Hiwatari, H., Ohashi, R. and Higuchi, Y.), 2002, 新津丘陵中央部 (五泉市門前)～加茂市東部の平層と皆川層の火山灰層とその対比—とくに房総半島黄和田層中のテフラ鍵層 Kd18 および Kd8 との対比について— (Tephra beds in the Taira and Minagawa Formations in central Niitsu Hill to eastern Kamo area, Niigata Prefecture and their correlation, especially to the Kd18 and Kd8 beds in Boso Peninsula). *新潟大学教育人間科学部紀要自然科学編 (Mem. Fac. Educ., Hum. Sci., Niigata Univ., Nat. Sci.)*, **4**, 65–125.
- 黒川勝己・矢萩春菜・丹 真紀子・長橋良隆 (Kurokawa, K., Yahagi, H., Tan, M. and Nagahashi, Y.), 2004, 男鹿半島北浦層の Km2 テフラ層と新潟地域の SK100 テフラ層の対比 (Correlation of the Km2 tephra bed in the Kitaura Formation in the Oga Peninsula, Akita region to the SK100 tephra bed in the Niigata region, northeast Japan). *地球科学 (Earth Sci. (Chikyū Kagaku))*, **58**, 345–350.
- 黒川勝己・横田憲一・川崎裕子・酒井健志・森川一章・平中宏典 (Kurokawa, K., Yokota, N., Kawasaki, Y., Sakai, T., Morikawa, K. and Hiranaka, H.), 2008, 新潟地域の魚沼ピンクテフラ層の広域対比の検討 (Examination of the widespread correlation of the Uonuma Pink Tephra Bed in the northeast and central Japan). *新潟大学教育人間科学部紀要自然科学編 (Mem. Fac. Educ., Hum. Sci., Niigata Univ., Nat. Sci.)*, **10**, 63–82.
- Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E., 2005, A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, **20**, PA1003, doi : 10.1029/2004PA001071.
- Machida, H., 1999, The stratigraphy, chronology and distribution of distal marker-tephras in and around Japan. *Global Planet. Change*, **21**, 71–94.
- 町田 洋・新井房夫 (Machida, H. and Arai, H.), 1992, 火山灰アトラス [日本列島とその周辺] (*Atlas of Tephra in and Around Japan*), 東京大学出版会 (Tokyo Univ. Press), 276p.
- 町田 洋・新井房夫 (Machida, H. and Arai, H.), 2003, 新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺] (*Atlas of Tephra in and around Japan, Revised Edition*), 東京大学出版会 (Tokyo Univ. Press), 336p.
- 町田 洋・新井房夫・杉原重夫 (Machida, H., Arai, F. and Sugihara, S.), 1980, 南関東と近畿の中部更新統の対比と編年—テフラによる一つの試み— (Tephrochronological study on the middle Pleistocene deposits in the Kanto and Kinki districts, Japan). *第四紀研究 (Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyū))*, **19**, 233–261.
- Maenaka, K., Yokoyama, T. and Ishida, S., 1977, Paleomagnetic stratigraphy and biostratigraphy of the Plio-Pleistocene in the Kinki district, Japan. *Quat. Res.*, **7**, 341–362.
- 三梨 昂 (Mitsunashi, T.), 1954, 房総半島鬼沼山南部の地質—特に岩相の時空的ひろがりについて— (Geology of the southern district of Kinadayama, Boso Peninsula: Notes on the extension of rock facies in time and spaces). *地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan)*, **60**, 461–472.
- 三梨 昂・安国 昇・品田芳二郎 (Mitsunashi, T., Yasukuni, N. and Shinada, Y.), 1959, 千葉県養老川・小櫃川の上総層群の層序 (Stratigraphical section of the Kazusa Group along the shores of the Rivers Yoro and Obitsu). *地調月報 (Bull. Geol. Surv. Japan)*, **10**, 83–98.
- 三梨 昂・矢崎清貴・影山邦夫・島田忠夫・小野 暎・安国 昇……鎌田清吉 (Mitsunashi, T., Yazaki, K., Kageyama, K., Shinada, T., Ono, N., Yasukuni, N., …Kamata, S.), 1962, 日本油田ガス田図 4「富津—大多喜」 (*Geological Maps of the Oil and Gas Field of Japan*, 4, 'Futtsu-Otaki'). *地質調査所 (Geol. Surv. Japan)*.
- 水野清秀 (Mizuno, K.), 2006, 約 1.3Ma に噴出した中部九州起源の広域火山灰層, 数戸—イエロー 1 テフラとその頃のテクトニクスの変化 (Widespread volcanic ash layer, the Shikido-Yellow 1 tephra erupted about 1.3Ma from Kyushu, and tectonic change around that age). *日本地質学会第 113 年学術大会講演要旨 (113th Annu. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.)*, 187.
- 水野清秀・納谷友規 (Mizuno, K. and Naya, T.), 2011, 広域テフラ対比と海成層層準の認定に基づく関東平野中央部のボーリングコアの対比 (Correlation of drilling cores in the central Kanto Plain, based on correlation of widespread tephra and recognition of marine horizons). *平成 22 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 地質調査総合センター速報 (Annu. Rep. Investigation on Geology and Active Faults in the Coastal Zone of Japan (FY2010), GSJ Interim Report)*, **56**, 121–132.
- 水野清秀・杉山雄一・下川浩一 (Mizuno, K., Sugiyama, Y. and Shimokawa, K.), 1987, 静岡県御前崎周辺に分布する新第三系相良層群及び掛川層群下部の火山灰層 (Tephrostratigraphy of the Sagara Group and the lower part of the Kakegawa Group in the Omaezaki area, Shizuoka Prefecture). *地調月報 (Bull. Geol. Surv. Japan)*, **38**, 785–808.
- Momohara, A., Ueki, T. and Saito, T., 2017, Vegetation and climate histories between MIS 63 and 53 in the Early Pleistocene in central Japan based on plant macrofossil evidences. *Quat. Int.*, **455**, 149–165.
- 村田昌則・鈴木毅彦 (Murata, M. and Suzuki, T.), 2011, 銚子地域犬吠層群小浜層中の前期更新世テフラとその対比に基づく白河火砕流堆積物群の層序の再検討 (Re-examination of the stratigraphy of Shirakawa pyroclastic flow deposits using correlation of an early Pleistocene tephra in the Obama Formation of the Inubo Group, Choshi area, central Japan). *第四紀研究 (Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyū))*, **50**, 49–60.
- 長橋良隆 (Nagahashi, Y.), 1995, 岐阜県高山盆地の鮮新世～中期更

- 新世火山碎屑物—層序および記載岩石学的特徴 (Plio-Pleistocene volcaniclastic formation in the Takayama Basin, Gifu prefecture-Stratigraphy and Petrography), 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **49**, 109–124.
- 長橋良隆・片岡香子・吉川周作・佐藤時幸(Nagahashi, Y., Kataoka, K., Yoshikawa, S. and Sato, T.), 2002, 秋田県男鹿半島の北浦層に挟在する Km3 テフラ層と大峰-SK110 テフラとの対比 (Correlation of the Km3 tephra layer from the Kitaura Formation, Oga Peninsula, Akita Prefecture, Japan, with the Om-SK110 tephra). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **108**, 761–764.
- 長橋良隆・里口保文・吉川周作(Nagahashi, Y., Satoguchi, Y. and Yoshikawa, S.), 2000, 本州中央部における鮮新—更新世の火砕流堆積物と広域火山灰層との対比および層位噴出年代 (Correlation and stratigraphic eruption age of the pyroclastic flow deposits and wide spread volcanic ashes intercalated in the Pliocene-Pleistocene strata, central Japan). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **106**, 51–69.
- 中嶋輝允・渡辺真人(Nakajima, T. and Watanabe, M.), 2005, 富津地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅) (*Geology of the Futtsu District. Quadrangle Series, 1: 50,000*), 産総研地質調査総合センター (Geol. Surv. Japan, AIST), 102p.
- 中村正芳・新井房夫(Nakamura, M. and Arai, F.), 1998, 群馬県中央部で発見された前期更新世の含重晶石テフラについて (Early Pleistocene cordierite bearing tephra found from the central Gunma Prefecture, northern Kanto district, Japan). 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **52**, 153–157.
- 中里裕臣(Nakazato, H.), 2006, 犬吠層群における貝塩上宝テフラの層位と年代 (Horizon and age of Kaisho-Kamitakara tephra from the Inubo Group in the northeastern part of Chiba Prefecture, Central Japan). 日本第四紀学会講演要旨集 (*Prog. Abstr., Japan Assoc. Quat. Res.*), **36**, 106–107.
- 七山 太・中里裕臣・大井信三・中島 礼(Nanayama, F., Nakazato, H., Ooi, S. and Nakashima, R.), 2016, 茂原地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅) (*Geology of the Mobara District. Quadrangle Series, 1: 50,000*), 産総研地質調査総合センター (Geol. Surv. Japan, AIST), 101p.
- 納谷友規・平松 力・古澤 明・柳沢幸夫・山口和雄(Naya, T., Hiramatsu, C., Furusawa, A., Yanagisawa, Y. and Yamaguchi, K.), 2013, 関東平野中央部埼玉県大利根町で掘削された 1505m 温泉ボーリングの年代層序 (Chronostratigraphy of 1505 m long hot spring well drilled in the central Kanto Plain, central Japan). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **119**, 375–395.
- 新妻信明(Niitsuma, N.), 1976, 房総半島における古地磁気層位学 (Magnetic stratigraphy in the Boso Peninsula). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **82**, 163–181.
- Nishida, N., Kazaoka, O., Izumi, K., Suganuma, Y., Okada, M., Yoshida, T., ...Nirei, H., 2016, Sedimentary processes and depositional environments of a continuous marine succession across the Lower-Middle Pleistocene boundary: Kukumoto Formation, Kazusa Group, central Japan. *Quat. Int.*, **397**, 3–15.
- Nishizawa, F. and Suzuki, T., 2013, Re-examination of the widespread correlation of Middle Pleistocene tephra in Japan: a co-ignimbrite Ks18 tephra in central Japan and the Shimokado pyroclastic flow deposits, south Kyushu. *Abstr. Inter. Assoc. Volcanol. Chem. Earth's Int. 2013 Scientific Assembly*, 3W_3F-P15.
- Nozaki, A., Majima, R., Kameo, K., Sakai, S., Kouda, A., Kawagata, S., ...Kitazato, H., 2014, Geology and age model of the lower Pleistocene Nojima, Ofuna, and Koshiba Formations of the middle Kazusa Group, a forearc basin-fill sequence on the Miura Peninsula, the Pacific side of central Japan. *Isl. Arc*, **23**, 157–179.
- Oda, M. 1977, Planktonic foraminifera biostratigraphy of the late Cenozoic sedimentary sequence, central Honshu, Japan. *Sci. Rep. Tohoku Univ., 2nd Ser. (Geol)*, **48**, 1–72.
- 大久保 弘・荒井晃作(Ohkubo, H. and Arai, K.), 2002, 富山県, 鮮新—更新統十二町層中部から見いだされた穂高-Kd39 テフラと恵比須峠-福田テフラおよびその層位 (The Hotaka-Kd39 tephra and Ebisutoge-Fukuda tephra from the middle part of the Junicho Formation, Toyama Prefecture, central Japan, and their stratigraphic position). 第四紀研究 (*Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyū)*), **41**, 429–442.
- Okada, M. and Niitsuma, N., 1989, Detailed paleomagnetic records during the Brunhes-Matuyama geomagnetic reversal, and a direct determination of depth lag magnetization in marine sediments. *Phys. Earth Planet. Inter.*, **56**, 133–150.
- 岡田 誠・所 佳美・内田剛行・荒井裕司・斉藤敬二(Okada, M., Tokoro, Y., Uchida, Y., Arai, Y. and Saito, K.), 2012, 房総半島南端千倉層群における鮮新統—更新統境界層準の古地磁気—酸素同位体複合層序 (An integrated stratigraphy around the Plio-Pleistocene boundary interval in the Chikura Group, southernmost part of the Boso Peninsula, central Japan, based on data from paleomagnetic and oxygen isotopic analyses). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **118**, 97–108.
- 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. *Isl. Arc*, **15**, 338–354.
- Pickering, K. T., Souter, C., Oba, T., Taira, A., Schaaf, M. and Platzman, E., 1999, Glacio-eustatic control on deep-marine clastic forearc sedimentation, Pliocene-mid-Pleistocene (c. 1180–600 ka) Kazusa Group, SE Japan. *Jour. Geol. Soc. London*, **156**, 125–136.
- 斉藤尚人・クリスタル・アッシュ (大町 APm, BP) 研究会 (Saito, N. and The “Crystal Ash” Layers Research Group), 1996, 中部日本における中期更新世の指標テフラ (Middle Pleistocene marker tephra in central Japan). 第四紀研究 (*Quat. Res. (Daiyonki-Kenkyū)*), **35**, 339–345.
- 斉藤尚人・塩野敏昭・三谷 豊 (Saito, N., Shiono, T. and Mitani, Y.), 1984, 高山東方の高原火山岩類と第四系について (Takahara volcanic rocks and Quaternary sediments distributed in east side of Takayama city). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **90**, 371–382.
- 坂井 一 (Sakai, H.), 2002, 新潟地域と房総半島の更新世前期テフラ層の広域対比 (Correlation of early Pleistocene tephra beds between Niigata region and Boso Peninsula). 日本地質学会第 113 年学術大会講演要旨 (113th Annu. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.), 245.
- 坂井 一・黒川勝己 (Sakai, H. and Kurokawa, K.), 2002a, 新潟地域の SK110, SK100 火山灰層と房総半島黄和田層の Kd25, Kd24 火山灰層の対比 (Correlation of the Early Pleistocene SK110 and SK100 ash beds in Niigata region to the Kd25 and Kd24 ash beds in Boso Peninsula, central Japan). 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **56**, 217–230.
- 坂井 一・黒川勝己 (Sakai, H. and Kurokawa, K.), 2002b, 新潟県の魚沼層群と平層から発見された 1.7 Ma 頃の津池火山灰単層 (The Tsuiki volcanic ash bed of about 1.7 Ma found from the Unuma Group and the Taira Formation in Niigata Prefecture, central Japan). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **108**, 123–126.
- 坂井 一・黒川勝己 (Sakai, H. and Kurokawa, K.), 2005, 新潟地域の月岡マシオテフラ層および房総半島の Kd18 テフラ層と会津地域の芦野火砕流堆積物との対比 (Correlation of the early Pleistocene Tugm tephra bed in the Niigata region and Kd18 tephra bed in the Boso peninsula to the Ashino Pyroclastic flow deposit in the Aizu region, northeast Japan). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **111**, 561–564.
- 佐藤弘幸 (Sato, H.), 2002, テフラの屈折率による犬吠層群上部と上総層群の対比 (Correlation of upper part of Inubo Group with Kazusa Group based on refractive indices of tephra). 日本第四紀学会講演要旨集 (*Prog. Abstr., Japan Assoc. Quat. Res.*), **32**, 116–117.
- 佐藤時幸・高山俊昭・加藤道雄・工藤哲朗・亀尾浩司 (Sato, T.,

- Takayama, T., Kato, M., Kudo, T. and Kameo, K.), 1988, 日本海側に発達する最上部新生界の石灰質微化石層序, その4: 総括—太平洋側および鮮新統/更新統境界の模式地との対比(Calcareous microfossil biostratigraphy of the uppermost Cenozoic formations distributed in the coast of the Japan Sea—Part.4: conclusion—). 石技誌(*Jour. Japan Assoc. Pet. Technol.*), **53**, 475–491.
- 里口保文(Satoguchi, Y.), 1995, 上総層群中・下部の火山灰層序(Tephrostratigraphy in the lower to middle Kazusa Group in the Boso Peninsula, Japan). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **101**, 767–782.
- 里口保文(Satoguchi, Y.), 2006, 房総半島を年代軸とした鮮新統～下部更新統の広域火山灰層序(Wide area tephrostratigraphy based on stratigraphy of Plio-Pleistocene formations in Boso Peninsula, Japan). 月刊地球(*Chikyū Monthly*), **28**, 49–55.
- Satoguchi, Y. and Nagahashi, Y., 2012, Tephrostratigraphy of the Pliocene to Middle Pleistocene series in Honshu and Kyushu Islands, Japan. *Isl. Arc*, **21**, 149–169.
- 里口保文・渡辺真人・中条武司・片岡香子(Satoguchi, Y., Watanabe, M., Nakajo, T. and Kataoka, K.), 2000, 上総層群下部に挟在するKd38火山灰層—房総半島におけるその対比の再検討—(Kd38 volcanic ash bed intercalated on the lower part of the Kazusa Group in the Boso Peninsula, central Japan: Reexamination for the correlated volcanic ash bed). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **106**, 189–204.
- 里口保文・吉川周作・笹尾英嗣・長橋良隆(Satoguchi, Y., Yoshikawa, S., Sasao, E. and Nagahashi, Y.), 1996, 静岡県の新鮮—更新統掛川層群上部の火山灰層とその広域対比(Volcanic ash layers of the Upper Kakegawa Group in the Shizuoka Prefecture, Japan and the correlation with volcanic ash layers in other areas). 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **50**, 483–500.
- 沢栗美香子・黒川勝己(Sawaguri, M. and Kurokawa, K.), 1986, 水底堆積テフラからみた鮮新—更新世火山活動の変遷—新潟堆積盆小国町地域の例—(Transition of volcanism from Pliocene to Pleistocene viewed from subaqueous tephra layers: an example of the Oguni region, Niigata sedimentary basin, Japan). 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **40**, 177–191.
- 下釜耕太・鈴木毅彦(Shimogama, K. and Suzuki, T.), 2006, 関東平野南西縁中津層群最上部に検出された鮮新世テフラHSCとその意義(Identification of the late Pliocene HSC tephra in the uppermost part of the Nakatsu Group, southwest Kanto Plain, central Japan). 月刊地球(*Chikyū Monthly*), **28**, 56–60.
- 品田芳二郎・牧 真一・高田康秀・大森えい(Shinada, Y., Maki, S., Takada, Y. and Omori, E.), 1951, 千葉県国吉町付近鹹水沃度調査(Investigation of iodine brine waters in the vicinity of Kuniyoshi-machi, Chiba Pref.). 石技誌(*Jour. Japan Assoc. Pet. Technol.*), **16**, 312–326.
- 小断層解析グループ(The Minor Fault Research Group), 1973, 房総半島大多喜付近の小断層系(A minor fault system around the Otaki area, Boso Peninsula, Japan). 地球科学(*Earth Sci. (Chikyū Kagaku)*), **27**, 180–187.
- 白井正明(Shirai, M.), 2001, 日本海東部で見出された更新世中期の広域テフラ(Middle Pleistocene widespread tephra found in the east part of Japan Sea). 月刊地球(*Chikyū Monthly*), **23**, 600–604.
- Suganuma, Y., Okada, M., Horie, K., Kaiden, H., Takehara, M., Senda, R., ... Head, M. J., 2015, Age of Matuyama-Brunhes boundary constrained by U–Pb zircon dating of a widespread tephra. *Geology*, **43**, 491–494.
- 杉原重夫・加藤 哲・新井房夫(Sugihara, S., Kato, S. and Arai, F.), 1991, 上総層群梅ヶ瀬層中の示標テフラの岩石記載的特性と下部更新統の対比・編年の試み(Petrographical characteristics of main tephra in the Umegase Formation, Kazusa Group and correlation among the lower Pleistocene)*. 月刊地球(*Chikyū Monthly*), **13**, 240–248.
- Suzuki, T., 1996, Chemical analysis of volcanic glass by energy dispersive X-ray spectrometry with JEOL JED-2001 and JSM-5200. *Geogr. Rep. Tokyo Metr. Univ.*, **31**, 27–36.
- 鈴木毅彦(Suzuki, T.), 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(Kaisho-Kamitakara tephra erupted from the Hida mountains in the early half of the Middle Pleistocene and its significance for the geomorphic chronology of central Japan). 地理評(*Geogr. Rev. Japan*), **73-A**, 1–25.
- Suzuki, T., Eden, D., Danhara, T. and Fujiwara, O., 2005, Correlation of the Hakkoda-Kokumoto Tephra, a widespread Middle Pleistocene tephra erupted from the Hakkoda Caldera, northeast Japan. *Isl. Arc*, **14**, 666–678.
- 鈴木毅彦・藤原 治・檀原 徹(Suzuki, T., Fujiwara, O. and Danhara, T.), 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(Fission track ages of several Quaternary tephra in Kanto and Chubu regions, central Japan). 地学雑(*Jour. Geogr. (Chigaku-Zasshi)*), **107**, 348–367.
- 鈴木毅彦・村田昌則(Suzuki, T. and Murata, M.), 2008, 東北南部会津地域を給源とする前期更新世に噴出した隈戸火砕流とそれに伴う降下テフラ(An early Pleistocene tephra associated with Kumado pyroclastic flow derived from Aizu area, northeast Japan). 第四紀研究(*Quat. Res. (Daiyonki Kenkyū)*), **47**, 339–348.
- 鈴木毅彦・村田昌則(Suzuki, T. and Murata, M.), 2011, 上総層群黄田層とその相当層に介在するテフラの層序と対比(Stratigraphy and correlation of tephra in the Lower Pleistocene Kiwada Formation and its correlative beds, Kanto, Central Japan). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **117**, 379–397.
- Suzuki, T., Murata, M., Mizuno, K. and Ishihara, T., 2017, Sequence of Early Pleistocene Shirakawa ignimbrites and their identifications in distal areas in Northeast Japan. *Quat. Int.*, **456**, 195–209.
- 鈴木毅彦・中山俊雄(Suzuki, T. and Nakayama, T.), 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(A 2.0Ma widespread tephra associated with a large-scale pyroclastic flow from the Sengan geothermal area, northeast Japan arc). 火山(*Bull. Volcanol. Soc. Japan*), **52**, 23–38.
- 高橋直樹・満岡 孝・加藤 新・横山一己(Takahashi, N., Mitsuoka, T., Katoh, A. and Yokoyama, K.), 2005, 南関東地方における第三紀/第四紀境界付近のテフラ鍵層Kd38の対比(Correlation of the key tephra bed 'Kd38' occurring near the boundary between the Tertiary and Quaternary in the southern part of the Kanto Province, central Japan: Correlation in the Kazusa Group and the Chikura Group, Boso Peninsula). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **111**, 371–388.
- 高野繁昭(Takano, S.), 2002, 南関東における上総層群中のテフラ鍵層の対比(Correlation of tephra key beds from the Lower Pleistocene Kazusa Group, in Southern Kanto). 日本第四紀学会講演要旨集(*Prog. Abstr. Japan Assoc. Quat. Res.*), **32**, 114–115.
- 竹村恵二(Takemura, K.), 1984, 三重県具良野地域の鮮新・更新統東海層群—特に岩相層序と火山灰層序の関係について—(The Pliocene-Pleistocene Tokai Group in Inabe area, Mie Prefecture, central Japan, with special reference to the relationship between lithostratigraphy and tephrostratigraphy). 地質雑(*Jour. Geol. Soc. Japan*), **90**, 799–813.
- Takemura, K. and Torii, M., 1978, Magnetostratigraphy of the Plio-Pleistocene Age Group in the northern part of Mie Prefecture, Japan. *Rock Mag. Paleogeophys.*, **5**, 69–72.
- Takeshita, Y., Matsushita, N., Teradaira, H., Uchiyama, T. and Kumai, H., 2016, A marker tephra bed close to the Lower-Middle Pleistocene boundary: Distribution of the Ontake-Byakubi Tephra bed in central Japan. *Quat. Int.*, **397**, 27–38.
- 田村糸子・山崎晴雄(Tamura, I. and Yamazaki, H.), 2004, 北陸層群のテフロクロノロジー—テフラ層序および広域テフラ層との対比に基づく北陸層群の堆積年代—(Tephrochronological

- study of the Hokuriku Group: The age of the Hokuriku Group by tephra stratigraphy and correlation to the widespread tephra layers). 地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), **110**, 417–436.
- 田村糸子・山崎晴雄 (Tamura, I. and Yamazaki, H.), 2009, 房総半島に分布する浪花層・勝浦層の鮮新世テフラ対比に基づく上総層群下部の堆積年代 (The age of the lower Kazusa Group by the Pliocene tephra correlation in the Namihana and Katsura Formation in the Boso Peninsula). 日本地球惑星科学連合 2009 年大会予稿集 (Japan Geosci. Union Meet. 2009, Abstr.), Q145-001.
- Tamura, I. and Yamazaki, H., 2010, Significance of the remarkable unconformity in the Plio-Pleistocene of the Japanese Islands. *Quat. Int.*, **219**, 45–54.
- Tamura I, Okada, M. and Mizuno, K., 2016, An integrated stratigraphy around the Plio-Pleistocene boundary in the Chikura Group, the Boso Peninsula, central Japan, based on data from paleomagnetic, oxygen isotopic and widespread tephra correlation. *Geogr. Rep. Tokyo Metr. Univ.*, **51**, 41–52.
- 田村糸子・山崎晴雄・水野清秀 (Tamura, I., Yamazaki, H. and Mizuno, K.), 2005, 前期鮮新世 4.1 Ma 頃の広域テフラ, 坂井火山灰層とその相当層 (The Sakai volcanic ash and its correlatives: a 4.1-Ma (Early Pliocene) widespread tephra in Japan). 地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), **111**, 727–736.
- Tamura, I., Yamazaki, H. and Mizuno, K., 2008, Characteristics for the recognition of Pliocene and early Pleistocene marker tephra in central Japan. *Quat. Int.*, **178**, 85–99.
- 田村糸子・山崎晴雄・水野清秀 (Tamura, I., Yamazaki, H. and Mizuno, K.), 2010, 飛騨高山盆地に分布する大規模火砕流堆積物と広域テフラ: 大洞火山灰流堆積物と大萱火山灰層 (The huge pyroclastic flow deposits in the Takayama Basin at the Hida area, and widespread tephra: the Obora AFD and Ogy). 日本地質学会第 117 年学術大会講演要旨 (117th Annu. Meet. Geol. Soc. Japan, Abstr.), 78.
- 徳橋秀一・檀原 徹・遠藤秀典・磯田邦俊・西村 進 (Tokuhashi, S., Danhara, T., Endo, H., Isoda, K. and Nishimura S.), 1983, フィッション・トラック法を用いた若い年代試料測定を試みと問題点—房総半島上総—下総層群中の火山灰層を対象として— (Some experiments and problems on fission-track dating of geologically younger-age samples: with special reference to several volcanic ash layers in Kazusa and Shimosa Groups, Boso Peninsula, central Japan). 地調月報 (*Bull. Geol. Surv. Japan*), **34**, 41–269.
- 徳橋秀一・遠藤秀典 (Tokuhashi, S. and Endo, H.), 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) (*Geology of the Anesaki district. With Geological Sheet Map at 1: 50,000*). 地質調査所 (Geol. Surv. Japan), 136p.
- 辻 隆司・宮田雄一郎・岡田 誠・三田 勲・中川 洋・佐藤由理・中水 勝 (Tsuiji, T., Miyata, Y., Okada, M., Mita, I., Nakagawa, H., Sato, Y. and Nakamizu, M.), 2005, 房総半島に分布する下部更新統上総層群大田代層と梅ヶ瀬層の高精度堆積年代—石油公団研究井 TR-3 コアの酸素同位体比・古地磁気・石灰質ナンノ化石に基づく年代層序— (High-resolution chronology of the lower Pleistocene Otadai and Umegase Formations of the Kazusa Group, Boso Peninsula, central Japan: Chronostratigraphy of the JNOC TR-3 cores based on oxygen isotope, magnetostratigraphy and calcareous nannofossil). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **111**, 1–20.
- 内尾高保 (Uchio, T.), 1952, 千葉県茂原町西方の天然ガス地質 (Geology of natural gas in the western part of Mobara-machi, Chiba Prefecture). 石技誌 (*Jour. Japan. Assoc. Pet. Technol.*), **17**, 22–37.
- 渡辺真人・檀原 徹 (Watanabe, M. and Danhara, T.), 1996, 房総半島上総層群のフィッション・トラック年代 (Fission track ages of volcanic ash layers of the Kazusa Group in the Boso Peninsula, central Japan). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **102**, 545–556.
- 柳沢幸夫・茅原一也・鈴木尉元・植村 武・小玉喜三郎・加藤碩一 (Yanagisawa, Y., Chihara, K., Suzuki, Y., Uemura, T., Kodama, K. and Kato, H.), 1985, 十日町地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅) (*Geology of the Tokamachi district. With Geological Sheet Map at 1: 50,000*). 地質調査所 (Geol. Surv. Japan), 104p.
- 横山卓雄 (Yokoyama, T.), 1991, 近畿地方の第四紀テフラ (Quaternary tephra distributed in the Kinki district)*. 月刊地球 (*Chikyu Monthly*), **13**, 235–239.
- 横山卓雄・松岡長一郎・田村幹夫・雨森 清 (Yokoyama, T., Mat-suoka, C., Tamura, M. and Amemori, K.), 1979, 古琵琶湖層群 (On the Plio-Pleistocene Kobiwako Group). 滋賀県の自然分冊地形地質編 (*Land and Life in Shiga, Separate Volume for Geomorphology and Geology*). 滋賀県自然保護財団 (Foundation of Nature Conservation in Shiga Prefecture), 309–389.
- 吉川周作・三田村宗樹 (Yoshikawa, S. and Mitamura, M.), 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 (Quaternary stratigraphy of the Osaka Plain, central Japan and its correlation with oxygen isotope record from deep sea cores). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **105**, 332–340.
- 吉川周作・里口保文・長橋良隆 (Yoshikawa, S., Satoguchi, Y. and Nagahashi, Y.), 1996, 第三紀・第四紀境界層準の広域火山灰層—福田・辻又川・Kd38 火山灰層— (A widespread volcanic ash bed in the horizon close to the Pliocene-Pleistocene boundary: Fukuda-Tsujimatagawa-Kd38 volcanic ash bed occurring in central Japan). 地質雑 (*Jour. Geol. Soc. Japan*), **102**, 258–270.

* English translation from the original written in Japanese

以下の Figure は、オープンファイルとして学会ホームページ上で公開しています。 <<http://www.geosociety.jp/publication/content0006.html>>

Open File. Sampling locality maps based on the 1:25,000 topographic maps “Onjuku” (a–d), “Kazusa-Ohara” (e), and “Katsuura” (f and g) of the Geographical Survey Institute, Japan.

(本研究での貢献)

田村糸子: 総括, 地質調査, テフラ記載・分析, テフラ対比の検討, 原稿執筆, 編集委員会との対応を担当.

水野清秀: 地質調査, テフラ記載・分析, 広域テフラのまとめ, テフラ対比の検討, 原稿執筆を担当.

宇都宮正志: 地質調査, 地質図作成, 原稿執筆を担当.

中嶋輝允: 地質調査, 層序検討を担当.

山崎晴雄: 地質調査, テフラ分析を担当.

(要 旨)

田村糸子・水野清秀・宇都宮正志・中嶋輝允・山崎晴雄, 2019, 房総半島に分布する上総層群の広域テフラー特に上総層群下部におけるテフラ層序と新たな対比ー. 地質雑, **125**, 23–39. (Tamura, I., Mizuno, K., Utsunomiya, M., Nakajima, T. and Yamazaki, H., 2019, Widespread tephra of the Kazusa Group distributed in the Boso Peninsula, Chiba Prefecture, Japan: Especially, tephrostratigraphy and tephra correlation of the lower part of the Kazusa Group. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **125**, 23–39.)

房総半島に分布する上総層群は、層厚 3000 m に達する下部～中部更新統の前弧海盆堆積物である。古くから多くの層序学的研究が行われ、日本の海成更新統の模式層序である。また 500 層を超える多くのテフラが挟在され、上部の笠森層から下部の黄和田層まで詳細なテフラ層序が確立されている。多数の広域テフラ対比も報告され、日本列島の更新世テフラ編年上、重要である。

本論では、現在までに明らかにされた上総層群の広域テフラをまとめ、約 0.4 Ma～2 Ma 間の 20 層を超える広域テフラを示した。そして黄和田層中のテフラ層序に関して、ダブルカウントや上下逆転などの問題点を指摘した。また報告の少なかった上総層群下部の大原層、浪花層、勝浦層において、新たに多数の細粒ガラス質テフラを記載し広域対比を検討した。その結果、Bnd2-O1 (2.1 Ma)、Fup-KW2 (2.2 Ma) の 2 層の広域テフラを新たに見出した。これらのテフラ対比から、上総層群基底の堆積年代が 2.3 Ma を遡る可能性を示した。

科学論文では、学説の検証可能性を保証することが重要です。そのため、地質学雑誌掲載論文には、重要な証拠となった試料がどこで得られたかを示しているものがあります。言うまでもないことですが、見学や採取を行う場合、各自の責任において地権者や関係官庁への連絡と許可の取得の必要があることにご注意下さい。詳しくは、以下のサイトをご覧ください。

<http://www.geosociety.jp/publication/content0073.html>

一般社団法人日本地質学会