

原著論文 (Original article)

茨城県常陸台地の第四系更新統下総層群常総層と常総層相当層に含まれる
テフラと常陸台地海岸部の MIS5c 段丘*大井信三¹・西連地信男²・安藤寿男³

(2023年9月8日受理)

**Tephra Intercalated in the Joso Formation of the Shimosa Group
and Its Equivalent and MIS5c Terraces in the Coastal Areas
of the Hitachi Uplands***Shinzo Ooi¹, Nobuo SAIRENJI² and Hisao ANDO³

(Accepted September 8, 2023)

Abstract

The petrographical characteristics of five representative tephra of the Upper Pleistocene Joso Formation of the Shimosa Group and its marine equivalent, the Kashima Formation (new name) distributed in the Hitachi Uplands in Ibaraki Prefecture, are described. In the Kashima and Naka Terraces, five marker tephra, Tt-D, Nk-MaS, On-Pm1, K-Tz, and Aso-4, are recognized, and their stratigraphic horizons are shown on the correlated geologic columnar sections of 18 studied outcrops. This indicates that the upper part of the Kashima Terrace is composed of the Joso Formation of MIS5c stage and its equivalent Kashima Formation, not the Kioroshi Formation of MIS5e. The Kashima Formation is also distributed in the coastal area of the Naka Terrace, which is the northern extension of the Kashima Terrace, suggesting the presence of a marine terrace of MIS5c stage. Geomorphological and geological issues that need to be examined are briefly reviewed based on the established tephrostratigraphy of the Joso and Kashima Formations in the Kashima and Naka Terraces.

Key words: Hitachi Uplands, Ibaraki Prefecture, Joso Formation, Kashima Terrace, Naka Terrace, Shimosa Group, tephra, Upper Pleistocene.

はじめに

茨城県南部・中部に広がる常陸台地（那珂台地、東茨城台地、鹿島台地、行方台地、新治台地、筑波台地、稲敷台地を一括した名称、図 1, 2）は、主に未固結砂層

からなる第四系更新統の下総層群より構成される。その地質や層序については宇野沢ほか（1988）をはじめ多くの研究があり、それらの成果は中里（2008）、大井・横山（2011）、大井ほか（2013a, b）、坂田ほか（2018）などでまとめられている。常陸台地の下総層群は地層が

* 本研究はミュージアムパーク茨城県自然博物館の総合調査の一環として実施された。

¹ 〒300-2667 茨城県つくば市中別府 591-29 (591-29 Nakabeppu, Tsukuba, Ibaraki 300-2667, Japan).

² 東海村立白方小学校 〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方 2009 (Shirakata Elementary School, Tokai, 2009 Shirakata, Tokai, Ibaraki 319-1106, Japan).

³ 茨城大学大学院理工学研究科理学専攻地球環境科学領域 〒310-8512 茨城県水戸市文京 2-1-1 (Department of Earth Science, Faculty of Science, Ibaraki University, 2-1-1 Bunkyo, Mito, Ibaraki 310-8512, Japan).

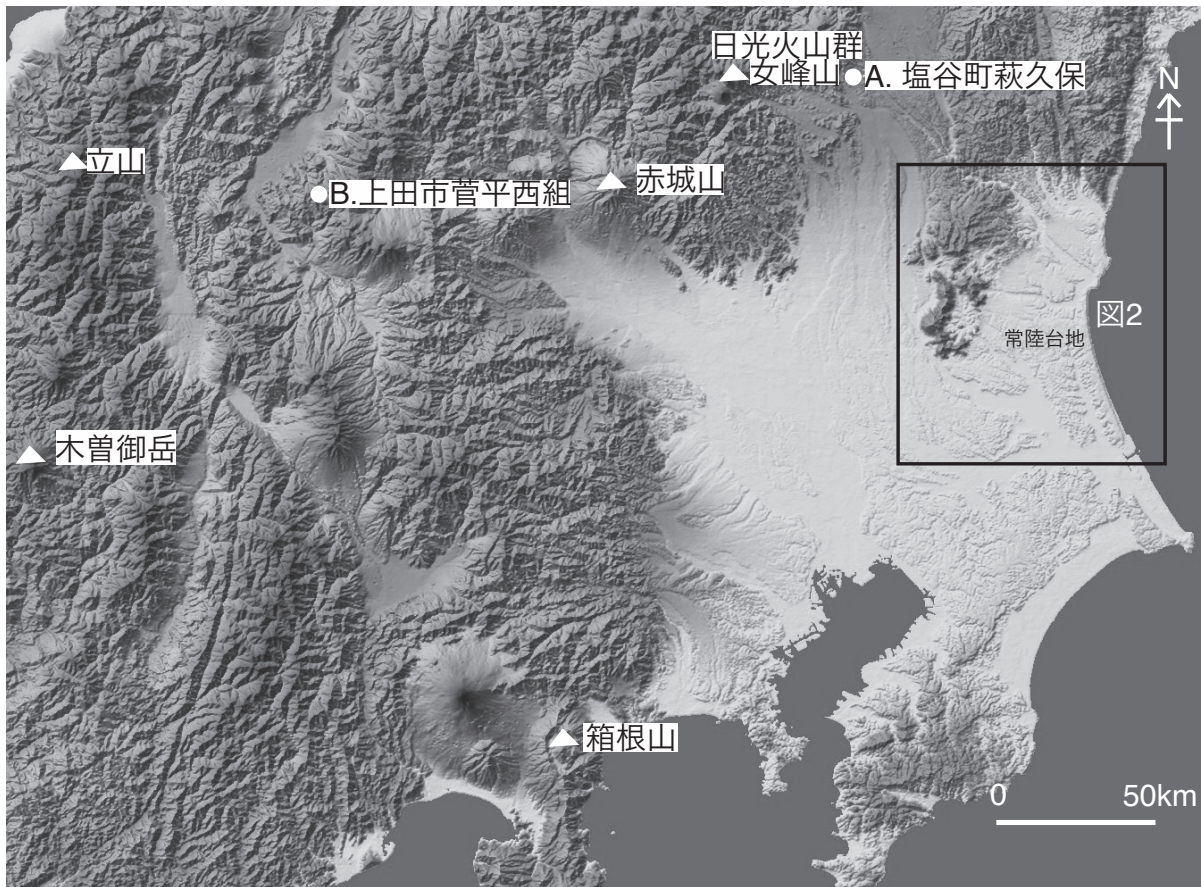


図 1. 中部山岳地域から関東平野における常陸台地の位置. 四角枠は図 2 の範囲. ○はテフラ給源地域の調査露頭. △はテフラの給源火山. 基図は国土地理院の数値地図 250 m メッシュ (標高) を使用.

Fig. 1. Location of the Hitachi Uplands in the Chubu mountainous region to the Kanto Plain. The quadangle shows the range of Fig. 2. ○: Locations of the studied outcrops in the tephra source area. △: Source volcanoes of tephtras. The background topographic map is modified from a Digital Map 250 m Grid (Elevation) published by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI).

ほぼ水平であるため、最終氷期に台地を下刻した河谷や段丘崖に沿った露頭に、下総層群の上部である木下層と、その上位層の常総層が露出する。常陸台地の木下層については、大井・横山 (2011)、大井ほか (2013a, b)、大井ほか (2016) において、その基底侵食面の形状や分布を含めた堆積相や堆積シーケンス対比とテフラの追跡に基づいて、層序と形成史が報告されている。しかし、常総層を含む常陸台地の下総層群上部は含まれるテフラは、北関東の給源火山に由来するものが多く研究が進んでいないため、テフラ層序が十分明らかにされているとは言い難い。

そこで小論では、著者らのこれまでの研究成果に基づき、常陸台地の常総層とその相当層準およびその上位のローム層最下部に挟在する代表的なテフラについて、各露頭での調査結果を報告する。これらのテフラは台地最上部を構成する地層群の対比に重要と判断さ

れるため、今後の研究進展のための基礎資料として岩石学的な記載や含有層準などを記載することにする。そして、構築されたテフラ層序から段丘面と段丘構成層の形成過程を復元する際に、検討が必要な幾つかの地形・地質学的課題について指摘しておきたい。

常総層の層序概説

常総層 (宇野沢ほか, 1988) は、木下層を整合あるいは不整合で覆う、常陸台地を構成する下総層群の最上位層をなす地層で、それまで竜ヶ崎層 (青木・馬場, 1973) と呼ばれていた斜交層理の発達する河川成砂礫層と、後背湿地成の凝灰質粘土層や砂泥互層からなる常総粘土層 (大森ほか, 1972) をあわせたものに相当する (中里, 2008)。常総層からなる段丘面は、含まれるテフラから小原台面 (MIS5c の海成面: 町田・鈴

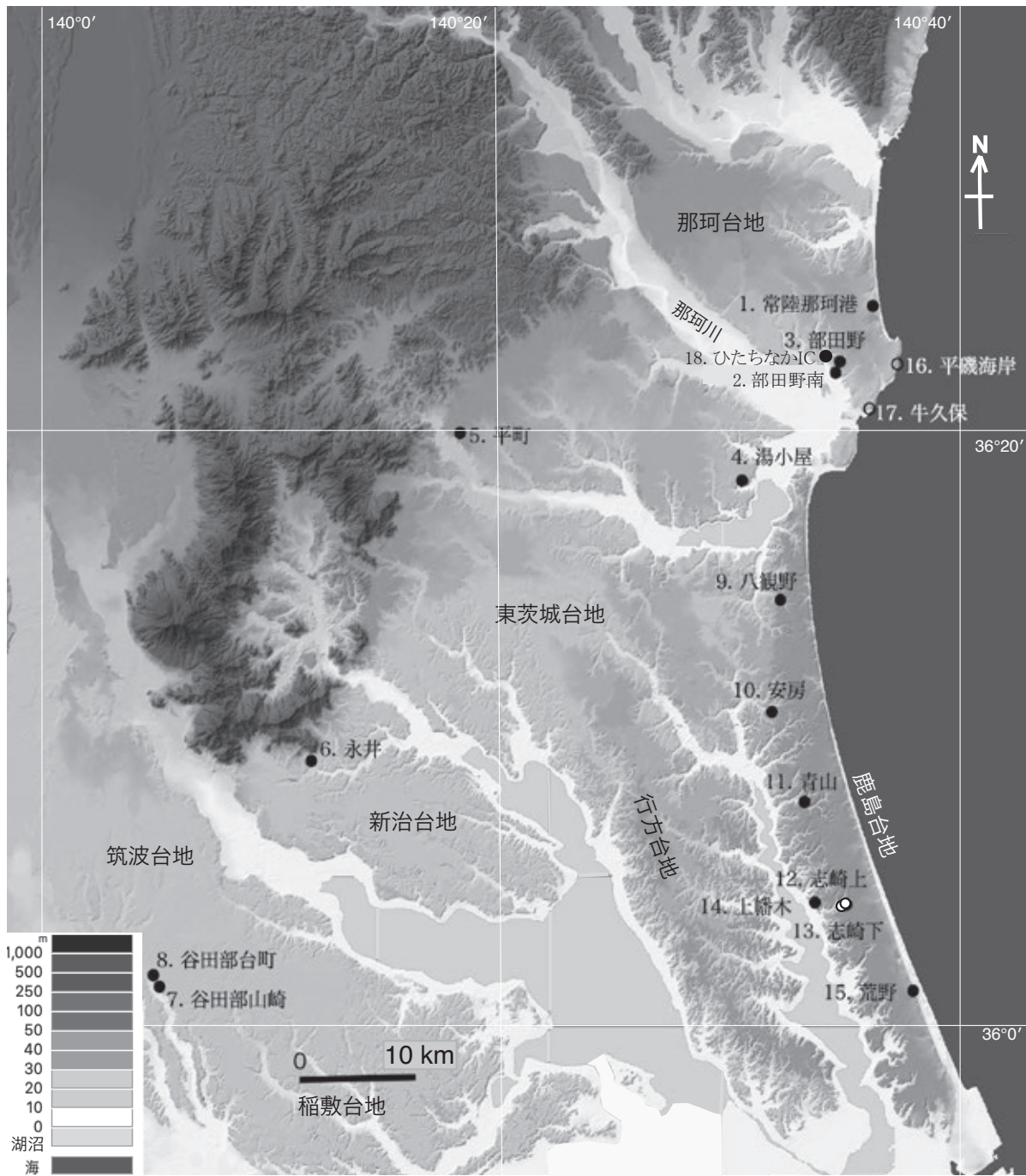


図 2. 常陸台地における調査露頭 (Locs. 1-18) の位置. 基図は国土地理院の数値地図 50 m メッシュ (標高) を使用. 凡例の数字は標高.

Fig. 2. Location of the studied outcrops (Locs. 1-18) in the Hitachi Uplands. The background topographic map is modified from a Digital Map 50 m Grid (Elevation) published by the GSI.

木, 2000) および三崎面 (MIS5a の海成面: 町田・鈴木, 2000) に対比される.

常陸台地における常総層は, 通常は層厚数 m 程度で 5 m を越えることは稀である (図 3). 那珂台地の那珂川沿いでは, 上市面があり, 上市段丘礫層 (齋藤,

1959; 坂本ほか, 1972) とされた河川成の礫層が発達する. 一方, 那珂台地北東部から中央部にも河川成の礫層からなる那珂台地砂礫層 (鈴木, 1989) が発達し, MIS5c の小原台面相当の常総面を構成するとされた. したがって, 那珂川沿いにある上市面はそれより

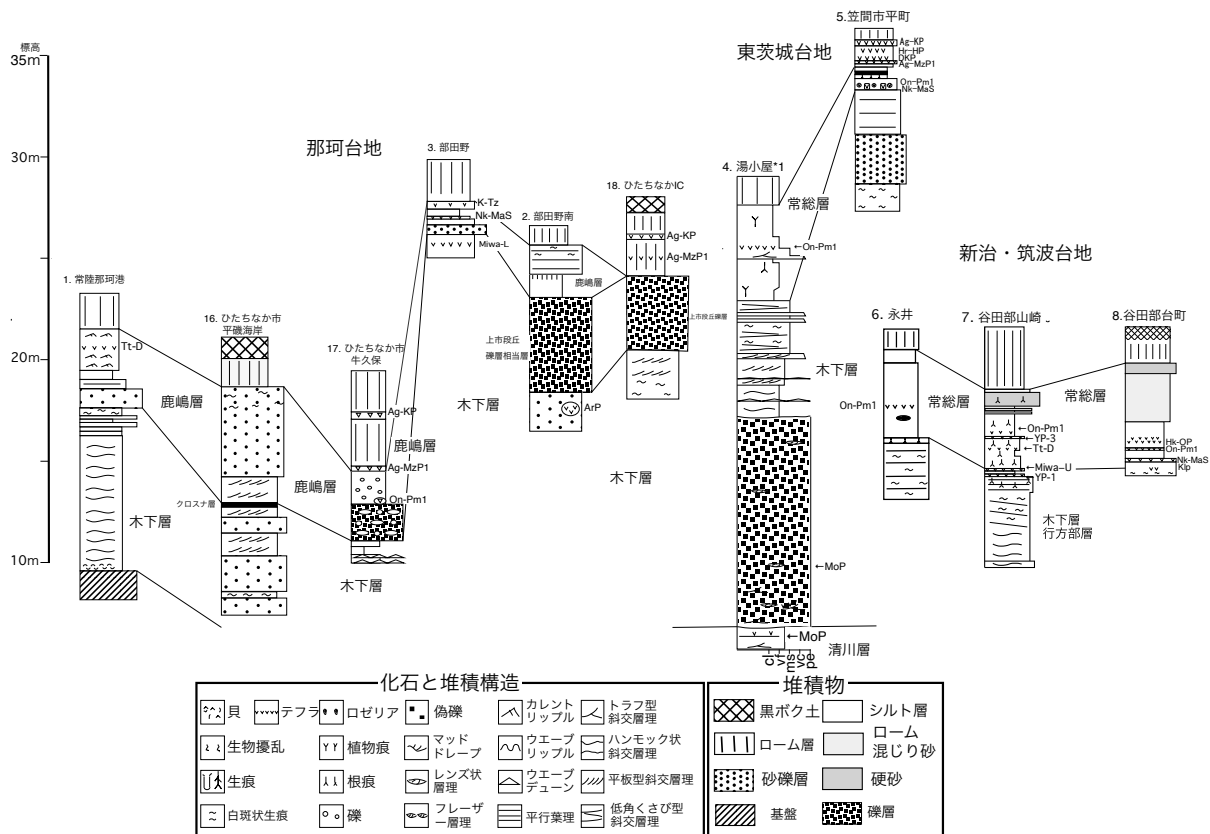


図3. 常陸台地(那珂台地, 東茨城台地, 新治・筑波台地)の下総層群上部の地質柱状対比図。柱状右横の記号はテフラ記号。

*1は大井・横山(2011, 第9図を参照)。粒径区分, c: clay, vf: very fine, ms: medium, cs: coarse, vc: very coarse, pe: pebble。

Fig. 3. Correlated geological columnar sections of the upper Shimosa Group in the Hitachi Terraces (Naka, Higashi-Ibaraki, Niihari-Thukuba Terraces). Letters on the right sides of columns show tephra codes. *1 refers to Ooi and Yokoyama (2011, fig. 9). Grain size class, cl: clay, vf: very fine, ms: medium, cs: coarse, vc: very coarse, pe: pebble.

下位の MIS5a 相当と考えられた(大井ほか, 2013b; 町田・鈴木, 2000)。

部田野南(図3, Loc. 2)で認められる礫層は, ひたちなか IC(図3, Loc.18)で見られるように木下層に重なることから層準的には上市段丘礫層に相当するが, 上位に薄く海成層が重なり上市段丘礫層とは異なるので, 上市段丘礫層相当層と仮称して区別する。那珂台地海岸部には堆積相から海成層とみなされるシルト層および砂礫層(図3, Locs. 1, 16, 17)が分布する。

一方, 鹿島台地の中軸部から海岸部においては, 木下層の上位の常総層に相当する層準に厚さ3-16mの海成砂層が発達する(図4)。層相は海浜から一部内湾相で, 分級のよい外浜-海浜砂層が主体の木下層とは異なり, やや分級が悪く木下層との地層境界も明瞭で識別が可能である。一部では前浜の示相堆積構造とされる白斑状生痕(清家, 2017)も観察でき海浜成層とみなされる。大井ほか(2013b)は, 常総台地の段丘

面区分を再検討し, 鹿島台地および那珂台地海岸部の常総層相当層は, 大半は浅海成層なので, 陸成層の常総層が構成する地形面と区別するために鹿島面と名付け, MIS5c 海成面と位置付けた。それに従い, これ以降は鹿島台地と那珂台地海岸部に見られる常総層相当層準の海成層を, 鹿嶋層と新称を与え(鹿嶋層は北海道の蝦夷層群の層名として使用されているので鹿嶋層を用いる), 地形面としては従来からの鹿島面を用い, 銚田市青山(図4, Loc. 11)を模式地として区別することにする。なお, 常総層と鹿嶋層の上位は Ag-MzP1(赤城水沼第1軽石: 鈴木, 1990a), DKP(大山倉吉軽石: 鈴木, 1990a), Hr-HP(榛名八崎軽石: 鈴木, 1990a), Ag-KP(赤城鹿沼軽石: 鈴木, 1990a)を含む層厚2-3mのローム層に覆われる(図3, Loc. 5)。

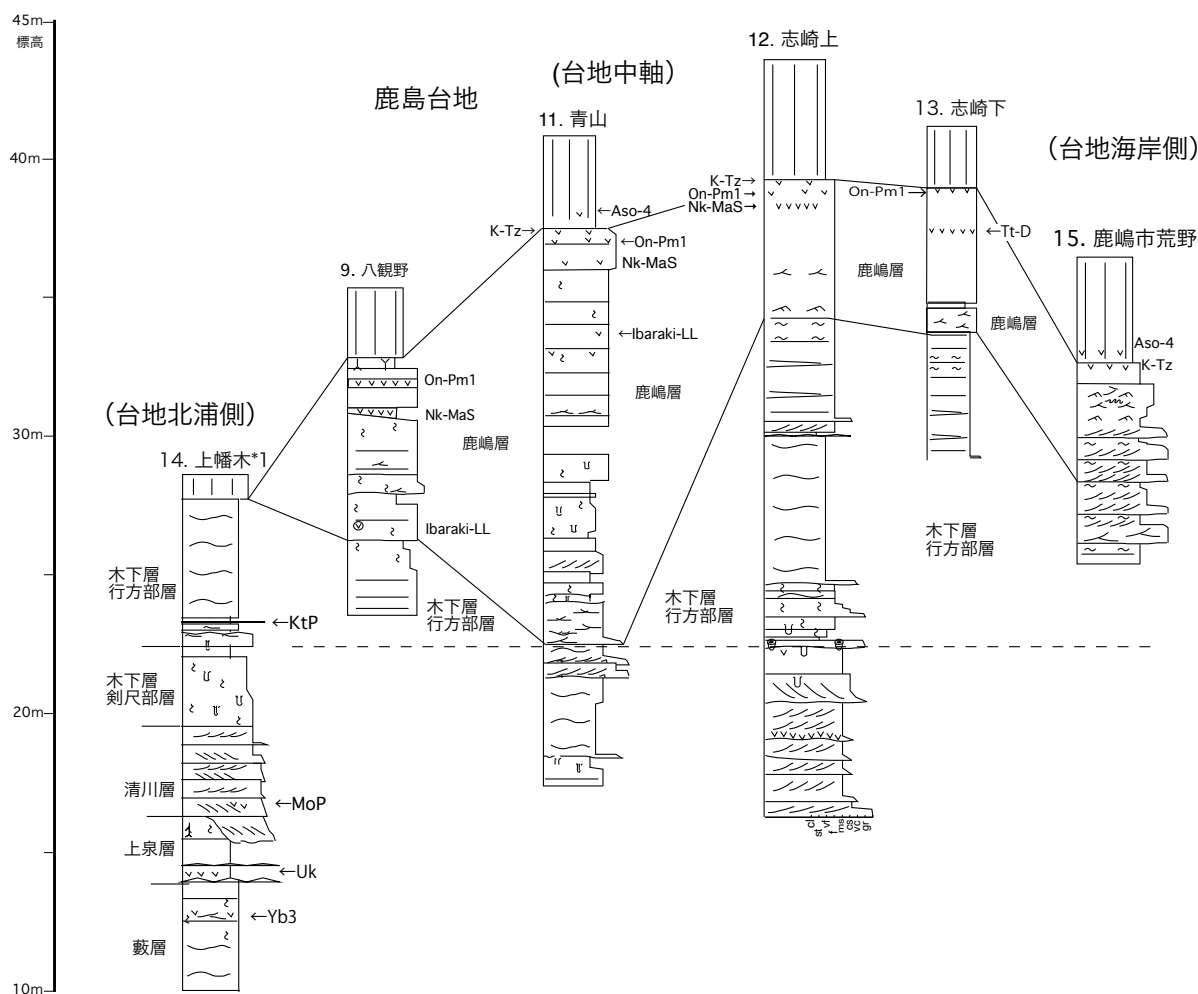


図 4. 鹿島台地の下総層群上部の地質柱状対比図. 柱状図は木下層行方部層基底を基準として並べた. 凡例は図 3 参照. *1 は大井・横山 (2011, 第 11 図) を参照. 粒径区分, c: clay, st: silt, vf: very fine, f: fine, ms: medium, cs: coarse, vc: very coarse, gr: granule.

Fig. 4. Correlated geological columnar sections of the upper Shimosa Group in the Kashima Terrace. Columns are arranged on the base of the Namekata Member, Kioroshi Formation as a base line. Refer to Fig. 3 for the legend. *1 refers to Ooi and Yokoyama (2011, fig. 11). Grain size class, cl: clay, st: silt, vf: very fine, f: fine, ms: medium, cs: coarse, vc: very coarse, gr: granule.

常総層のテフラの先行研究

これまでの先行研究で、常陸台地の常総層に挟在するテフラについて岩石学的な記載がなされたものを略述しておく。

宇野沢ほか (1988) は筑波台地の常総層のテフラについて、下位から YP-1, YP-2, YP-3 の 3 層を認め、YP-1 をその直方輝石の屈折率から南関東の KIP テフラ群 (箱根吉沢下部軽石群: 町田・新井, 1992) に、YP-2 を層位から南関東の KmP テフラ群 (箱根吉沢中部軽石群: 町田・新井, 1992) に近いものと考えた。また YP-3 直上の常総層のシルト層中に角閃石、磁鉄鉱、黒

雲母を含む灰白色細粒テフラを見出し、角閃石の屈折率 $n_2 = 1.6845$ から On-Pm1 (御岳第 1 テフラ: 町田・新井, 1992) に対比した。

鈴木 (1989) はひたちなか市部田野 (図 2, 3, Loc. 3) で段丘構成層最上部にガラス質火山灰を見出し、これを K-Tz (鬼界葛原テフラ: 町田・新井, 1992) と対比した。

茨城地学会 (2007) は水戸市湯小屋 (図 2, 3, Loc. 4) において、常総層中部に黒雲母を含む軽石型火山ガラスを主体としたテフラを見出し、On-Pm1 に対比した。

本研究でのテフラの分析方法

- 1) 那珂台地 (Locs. 1-3, 16-18) と東茨城台地の東部 (Loc. 4) および鹿島台地 (Locs. 9-15) と、常陸台地西部 (Locs. 5-8) の計 18 カ所 (図 2) の常総層と鹿嶋層で、テフラの産状、層位と岩相に関する観察と記載を行った (図 3, 4)。その後、分析用のテフラ試料を採取した。一般に常陸台地のテフラは薄層であることが多いため、露頭での採取の際には、本源物質以外の混在を避けるため、上下・周囲の堆積物が入らないよう留意した。
- 2) テフラ試料は #250 メッシュのふるい上で水洗し、超音波洗浄機で濁りがなくなるまで洗浄した後、50°C に加熱したオープンで乾燥した。次に、#120 メッシュで篩い分けた粒子について薄片を作成し、観察を行った。鉱物組成は鏡下において定性的な岩石記載を行った。火山ガラスの形態については、町田・新井 (2003) の形態分類に従って識別した。
- 3) 斑晶鉱物や火山ガラスの屈折率測定には、温度変化型屈折率測定装置 (MAIOT; 古澤, 1995) を用い、使用する浸液の屈折率を標準ガラスでチェックした上で、30 個以上の粒子を測定した。以下では、火山ガラスの屈折率を n 、直方輝石の最大屈折率を γ 、角閃石の屈折率を n_2 で表し、括弧はモード値を示す。
- 4) 火山ガラスおよび角閃石の主成分化学組成の分析は (株) 古澤地質に外注し、エネルギー分散型 X 線マイクロアナライザー (EDX: HORIBA 製 EMAX ENERGY EX-250) を用いて 1 試料あたり 15 点の分析を行った。分析条件は、加速電圧 15 kV、試料電流 0.3 nA とし、4 μm 四方の範囲をビーム径約 150 nm にて走査させた。ライブタイムは 150 秒とし、元素濃度の補正は ZAF 法を用いた。Fe は全鉄を 2 価とした。ワーキングスタンダードには NIST620 ガラスを用い、測定時毎に標準値をチェックした。測定値は、水分を除いて 100 wt % になるように再計算した上で議論に使用した。
- 5) テフラの対比にあたっては、まず、岩相、鉱物組成、火山ガラスの形態、火山ガラスや斑晶鉱物の屈折率および火山ガラスと角閃石の主成分化学組成の比較を行った。風化や粘土化により屈折率測定や化学分析が行えなかった試料については岩相や鉱物組成に基づいて対比した。

常総層とその相当層準およびローム層下部に挟在するテフラ

1. 立山 D テフラ (Tt-D)

記載: 常陸台地の常総層およびその相当層である鹿嶋層には、後述の On-Pm1 の下位に、角閃石と黒雲母を含み直方輝石の屈折率がやや高い特徴のある、細粒テフラが挟在している。常陸台地の 3 カ所 (図 2, Locs. 13, 7, 1) で見いだされた。

鹿嶋市志崎下 (図 4, Loc. 13) において、鹿嶋層の最上部付近には、On-Pm1 とみなされる角閃石を含む白色テフラがレンズ状に挟在している。そこから 1.8 m 下位の層準には層厚 4 cm の褐色細粒テフラが見出されている。テフラの鉱物組成は直方輝石以外に角閃石、黒雲母を含む。直方輝石の屈折率のモードは $\gamma = 1.710-1.712$ 、角閃石が $n_2 = 1.677-1.686$ (表 1) を示す。

筑波台地ではつくば市谷田部山崎 (図 3, Loc. 7) で、木下層の最上部に YP-1 (宇野沢ほか, 1988; 鈴木, 1989 の Hk-KIP7) と Miwa-U (鈴木, 1989) があるが、その上位の常総層は砂泥互層が 3 回繰り返しており、2 つめの砂層下部に、厚さ 10 cm のレンズ状白色テフラが認められる。このテフラの鉱物組成は直方輝石と角閃石、黒雲母を含み直方輝石の屈折率は $\gamma = 1.709-1.717$ (1.710-1.713)、角閃石は $n_2 = 1.678-1.686$ を示す (表 1)。このテフラの 60 cm 上位には YP-3 と考えられる赤色火山灰が、さらに 10 cm 上位には On-Pm1 と考えられる角閃石を含む白色細粒テフラが挟在する。

那珂台地海岸部のひたちなか市常陸那珂港 (図 3, Loc. 1) で、鹿嶋層とみなされる淘汰の良い灰色砂層中に挟在する層厚 1 cm の褐色細粒テフラがある。両輝石と角閃石、黒雲母を含み、直方輝石の屈折率は $\gamma = 1.709-1.718$ を示す (表 1)。

対比: On-Pm1 の下位で角閃石と黒雲母を含む特徴のあるテフラに Tt-D: (町田・新井, 2003) が知られている。そこでその給源に近い長野県上田市 (図 1, Loc. B: 上田市菅平西組) の層厚 60 cm におよぶ Tt-D (鈴木・早津, 1991) と比較した。本テフラには粘土化によって火山ガラスが含まれていないので、角閃石の主成分化学組成分析を行い、分析結果を Mg# 値を横軸に、酸素数 O = 23 に対する各陽イオン数を縦軸にプロットした (表 2, 図 5)。その結果、どの元素についても志崎下のテフラと Tt-D は類似した組成範囲にあることが示された。Tt-D の屈折率は鈴木 (1990a) によると直

表 1. 下総層群常総層におけるテフラの岩石記載.

Table 1. Petrographic properties of key tephra layers studied in the Joso Formation of the Shimosa Group.

テフラ層	地点	層厚 (cm)	粒径	色調	斑晶鉱物 重鉱物; 軽鉱物	gl: n	屈折率 opx: γ	ho: n_2
NkP	17 ひとちなか市牛久保	20	ms	yl	opx, cpx; +pl, +gl (pm)		1.706-1.714	
Aso-4	15 鹿嶋市荒野	4	fs	or	opx>ho (br); +gl (bw, br)	1.502-1.511 (1.505-1.508)	1.698-1.704	1.687-1.692
K-Tz	15 鹿嶋市荒野	1	fs	fl	opx; + β qt, +gl (bw)	1.495-1.499 (1.497-1.498)	1.700-1.708, 1.710-1.714	
On-Pm1	5 笠間市平町	5	fs	wh	++gl (fb), +pl	1.499-1.503 (1.502)		
"	11 鉾田市青山	15	fs	or	opx>ho>bi; +pl, +gl (fla)	1.501-1.506 (1.501-1.503)		
"	6 土浦市永井	3	fs	wh	(opx, ho, bi); ++gl (fb), +pl	1.501-1.503		1.674-1.681
Nk-MaS	5 笠間市平町	10	cs	wh	opx, cpx; +pl, +gl (pm)	1.500-1.509, 1.520-1.528	1.704-1.719 (1.710)	
"	12 鉾田市志崎上	8	cs	rd	opx, cpx, ol; ++sc, +qt, +pl		1.702-1.710	
Tt-D	1 ひとちなか市常陸那珂港	1	fs	br	mt, opx>cpx, ho, bi; +pl		1.709-1.718	
"	7 つくば市谷田部山崎	15	fs	wh	opx>ho>bi; ++pl		1.709-1.717 (1.710-1.713)	1.678-1.686
"	13 鉾田市志崎下	4	fs	br	opx>ho, cpx, bi, mt; ++pl		1.707-1.714 (1.710-1.712)	1.677-1.686

鉱物色調. br: 褐色, or: 橙色, wh: 白色, yl: 黄色, rd: 赤色; 中央粒径. fs: 細粒砂, ms: 中粒砂, cs: 粗粒砂, (): モード, ++: 量比.

鉱物種. opx: 直方輝石, cpx: 単斜輝石, ho: 角閃石, mt: 磁鉄鉱, bi: 黒雲母, pl: 斜長石, qt: 石英, ol: カンラン石, opq: 不透明鉱物.

gl: 火山ガラス; 火山ガラスの形状. bw: バブル型, pm: 軽石型, fla: フレーク状, fb: 繊維型, sc: スコリア.

Colours (br: brown, or: orange, wh: white, yl: yellow, rd: red), Grain Size class (fs: fine sand, ms: medium sand, cs: coarse sand), (): mode, ++: quantity ratio.

Minerals (opx: orthopyroxene, cpx: clinopyroxene, ho: hornblende, mt: titan magnetite, pl: plagioclase, qt: quartz, ol: olivine, bi: biotite, opq: opaque minerals).

Glass types (gl: glass shards, sc: scoria type glass shards, bw: bubble-wall type glass shards, fla: flake-type glass shard, fb: fiber-type glass shards, pm: pumice-type glass shards).

表 2. Tt-D テフラにおける角閃石の主成分化学組成分析値 (15 点の平均値).

Table 2. Analytical values (average of 15 measured values) of major chemical composition of amphibole in the Tt-D tephra layers.

地点	Loc. B 菅平西組	Loc. 13 志崎下
元素名	Tt-D	Tt-D
SiO ₂	46.30	47.11
TiO ₂	1.69	1.46
Al ₂ O ₃	7.90	7.33
FeO	15.54	16.11
MnO	0.42	0.50
MgO	13.11	13.20
CaO	11.20	11.05
Na ₂ O	1.33	1.24
K ₂ O	0.71	0.60
Total	98.19	98.6
cation (O=23.00)		
地点	Loc. B 菅平西組	Loc. 13 志崎下
Si	6.84	6.93
Al	1.38	1.27
Ti	0.19	0.16
Fe	1.92	1.98
Mn	0.05	0.06
Mg	2.88	2.89
Ca	1.77	1.74
Na	0.38	0.35
K	0.13	0.11
Mg/M+F	60.00	59.37

方輝石は $\gamma = 1.709-1.715$, 角閃石は $n_2 = 1.677-1.684$ を示しており, 志崎下のテフラと類似する. 鉱物組成や, 直方輝石に磁鉄鉱が付着する特徴なども類似していることから, このテフラは Tt-D に対比できる. 青木ほ

か (2008) では Tt-D は鹿島沖海底コア Tephra 15 に対比されており, 酸素同位体層序の MIS5c 上部に位置し, その年代は 99.4 ka とされている.

2. 日光満美穴スコリア (Nk-MaS), On-Pm1

記載: 常陸台地の常総層および鹿嶋層の上部において, 繊維型の火山ガラスを多く含み角閃石を伴う細粒テフラが見いだされる. このようなテフラが模式的に観察できるのは新治台地の土浦市永井 (図 2, 3, Loc. 6) で, 白斑状生痕の見られる木下層の海浜相を覆って厚さ 3.7 m のシルト層が見られる. このシルト層の中部に厚さ 3 cm の細粒なガラス質テフラがでレンズ状に挟在している. 火山ガラスの形状は繊維型で, 鉱物組成は黒雲母と角閃石, 直方輝石を僅かに含む. 火山ガラスの屈折率は $n = 1.501-1.503$ を示し (表 1), 主成分化学組成は FeO と TiO₂ に乏しく Na₂O と K₂O がほぼ等量という特徴を示しており (図 7), On-Pm1 (町田・新井, 2003) とみなされる.

ひとちなか市牛久保 (図 2, Loc. 17) では, 後述する NkP (那珂台地軽石, 貝塚, 1957) の 140 cm 下位の砂層と礫層の間に厚さ 10 cm の白色細粒テフラが見いだされた (図 3, Loc. 17). 火山ガラスは消失しているものの, 黒雲母と微量な角閃石と直方輝石を含む. NkP の下位であるという層準と, 鉱物組成の特徴から On-Pm1 の可能性がある.

このような特徴を示す On-Pm1 の下位数 10 cm 以内に, 粒径 5-10 mm ほどの粗粒で特徴的な軽石がよく見出される (図 3, 4). 後者のテフラは On-Pm1 と近接してペアで見出されることが多く, どちらも単独で確

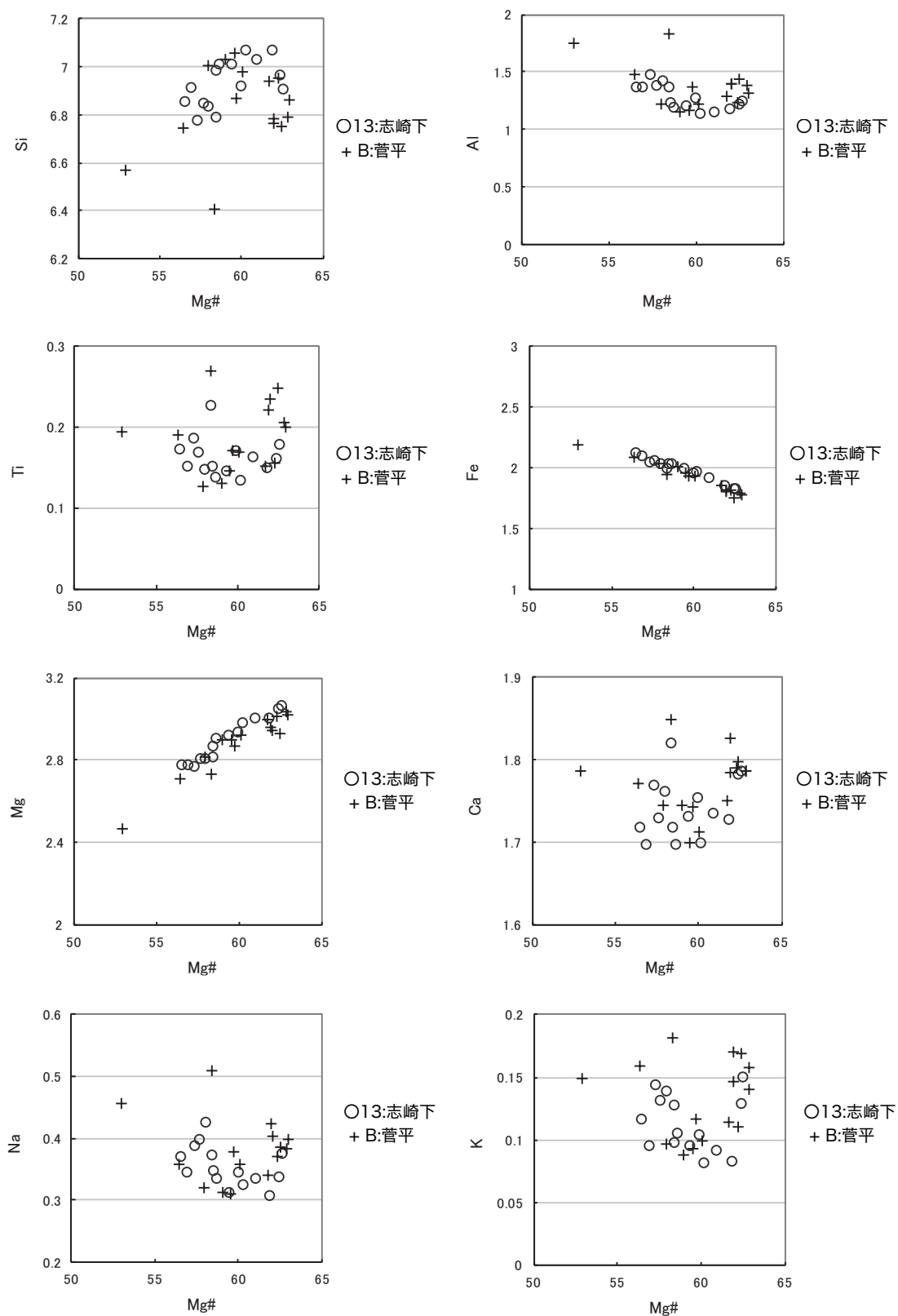


図 5. 鹿嶋市志崎下 (○: Loc. 13) のテフラおよび Tt-D (+: 長野県上田市菅平, Loc. B) の角閃石の主成分化学組成の散布図. 横軸に Mg# をとり, 縦軸に酸素数 O=23 に対する各陽イオン数を示す.

Fig. 5. Major chemical compositions of amphibole in tephra Tt-D at Shizaki-shita (○: Loc. 13, Kashima City) and Nishigumi (+: Loc. B, Sugadaira, Ueda City, Nagano Prefecture) shown on Harker diagrams. The horizontal and vertical axes indicate Mg# and the number of each cation to the oxygen number O=23, respectively.

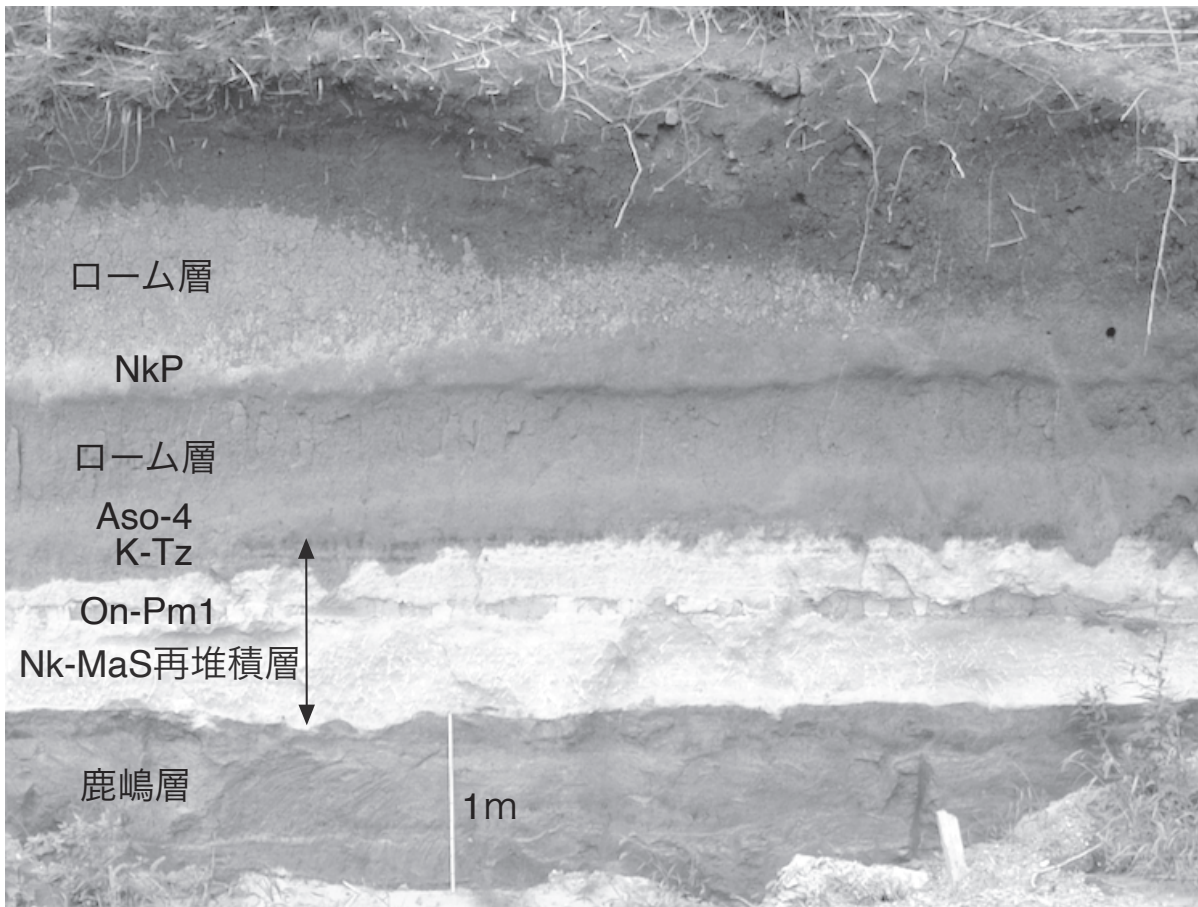


図 6. 銚田市青山 (Loc. 11) の鹿嶋層とローム層に含まれるテフラ。

Fig. 6. Tephra layers in the Kashima Formation and the overlying loam bed at Aoyama (Loc. 11), Hokota City.

認められた場合より確度の高い対比が可能となりうる。そこで両テフラを同じ露頭で確認できた箇所を本節で一緒に記載する。なおこのテフラは、後で述べるように日光満美穴スコリア (Nk-MaS: 鈴木, 1993) と判断した。

銚田市青山 (図 4, 6, Loc. 11) では、ローム層最下部に後述する阿蘇 4 テフラ (Aso-4: 町田・新井, 2003) が挟在し、その下位の鹿嶋層最上部に層厚 70 cm の海浜成の灰白色砂層がある (図 6)。この灰白色砂層最上部には後述する K-Tz が挟在する。この灰白色砂層の中部には層厚 15 cm の灰色～橙色のテフラが挟在している。その下部の橙色の部分には火山ガラスが残存している。その屈折率のモードは $n = 1.501\text{--}1.503$ を示した (表 1)。主成分化学組成では FeO と TiO_2 に乏しく Na_2O と K_2O がほぼ等量であることから On-Pm1 の特徴を示す (表 3, 図 7)。On-Pm1 を含む灰白色砂層は鏡下で観察すると、角が円磨された両輝石が多く含まれる再堆積性の軽石含有層で、浜堤間低地のような堆積

場に大量に降灰した軽石が再堆積した可能性がある。

笠間市平町の、東茨城台地面 (標高 37 m に達する) 構成層が露出する高さ 10 m 程の露頭 (図 3, 8, Loc. 5) では、厚さ 5 m 以上の砂礫層があり、厚さ 3 m ほどのシルト層に覆われる。砂礫層には下位の砂層 (厚さ 2 m) から続いて白斑状生痕が見られ、その上位の分級の良い平行葉理砂層を含めて木下層の海浜相と考えられており (横山ほか, 2001)。上位のシルト層は木下層堆積後に離水した後の浜堤間低地相と考えられている。このシルト層の下部には、径 10 cm ほどの (1) 径数 mm の軽石からなる灰白色軽石層のブロックが含まれ、この軽石層ブロックの上位 10–20 cm には (2) 厚さ 5 cm ほどのレンズ状白色細粒ガラス質テフラも挟在している (図 8)。(2) の火山ガラスの主成分化学組成は FeO と TiO_2 に乏しく Na_2O , K_2O がほぼ等量という On-Pm1 の特徴を示している (図 7)。(1) は白色細粒ガラス質テフラの降灰より前に、浜堤間低地に大量に降灰した軽石の再堆積層と考えられる。軽石層は両輝石と軽石

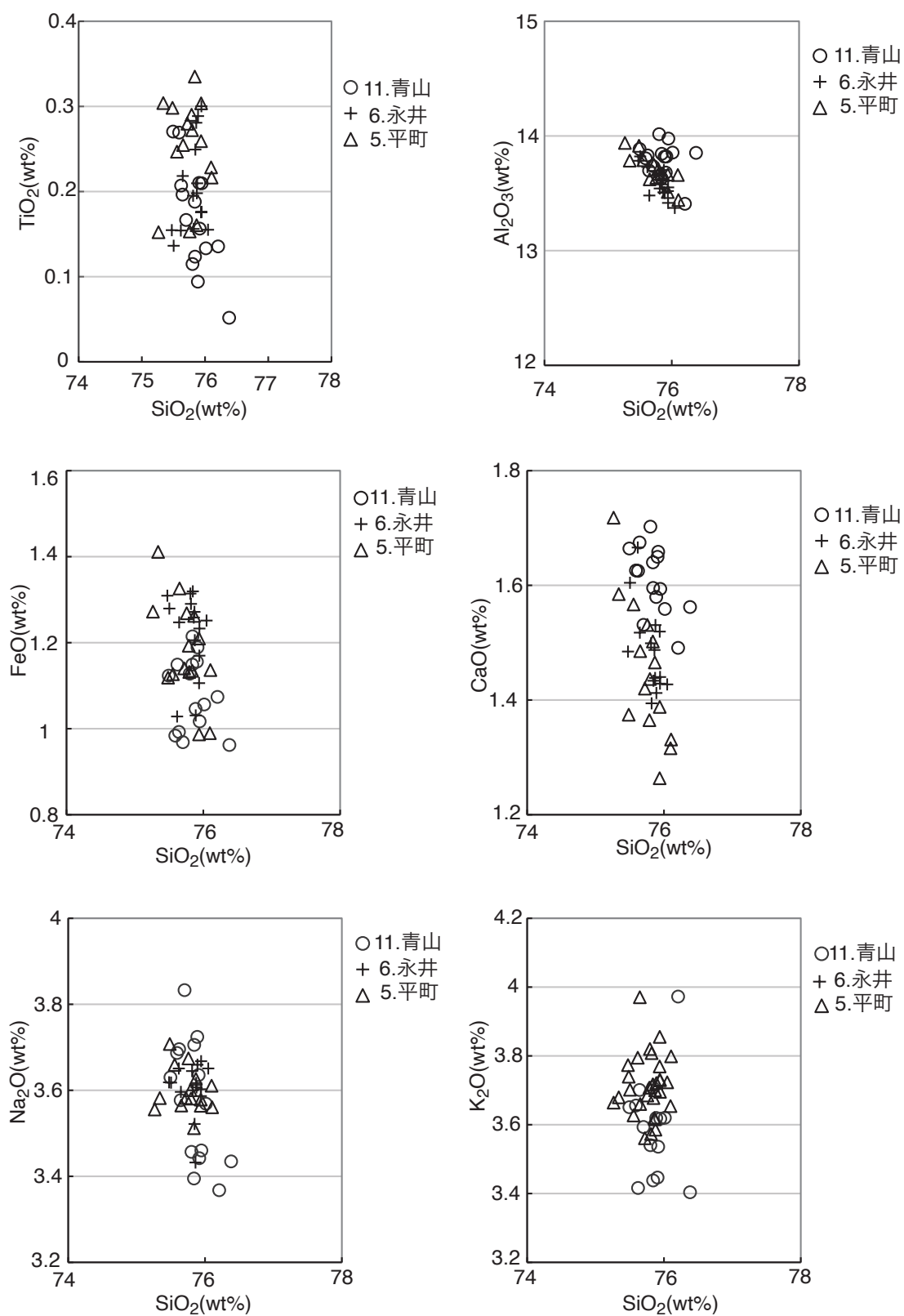


図7. On-Pm1 の火山ガラス主成分化学組成散布図. 青山 (○: 銚田市青山, Loc. 11), 永井 (+: 土浦市永井, Loc. 6), 平町 (△: 笠間市平町, Loc. 5). 横軸に SiO₂ (wt%) をとり, 主要元素 6 種の酸化物 (wt%) を示す.

Fig. 7. Major chemical compositions of glass shards in On-Pm1 tephra from three localities shown on Harker diagrams (○: Loc. 11, Aoyama, Hokota City; +: Loc. 6, Nagai, Tsuchiura City; △: Loc. 5, Tairamachi, Kasama City). The horizontal and vertical axes show SiO₂ (wt%), and oxides (wt%) of six major elements, respectively.

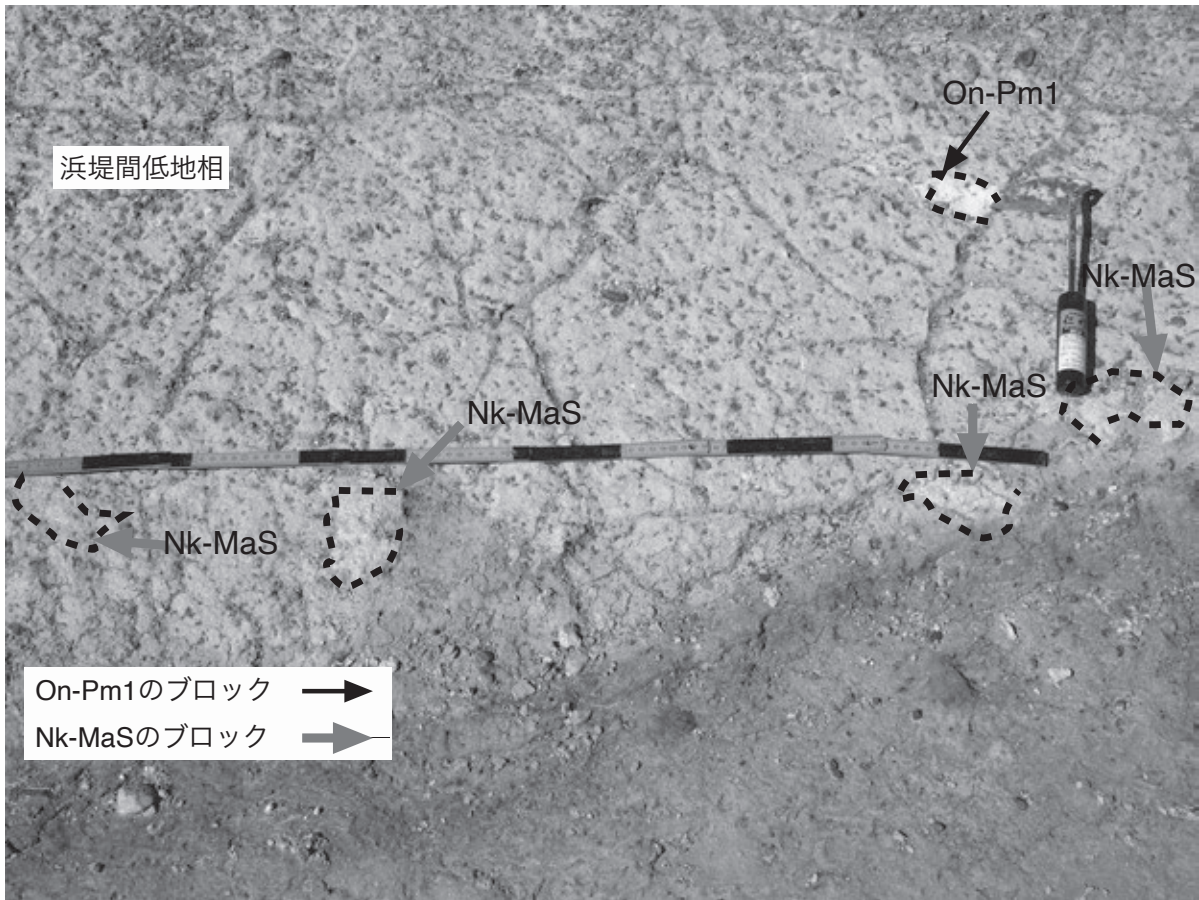


図 8. 笠間市平町 (Loc. 5) の常総層に含まれるテフラ層の産状. On-Pm1, Nk-MaS の再堆積ブロックが散在.

Fig. 8. Tephra layer in the Joso Formation at Tairamachi (Loc. 5), Kasama City. Reworked tephra (On-Pm1, Nk-MaS) blocks are scattered on a bedding plane.

型火山ガラスを含み、軽石型火山ガラスの主成分化学組成が SiO_2 が 67% で、 Al_2O_3 が 15% で、 K_2O が 1.6% を示している。

銚田市志崎上 (図 4, Loc. 12) では、鹿嶋層上部に厚さ 8 cm の赤色をなすテフラが見出され、厚さ 2 cm の下部ユニットは粒径 5 mm ほどの軽石からなり上部ユニットはスコリアからなる。上部ユニットの鉱物組成は両輝石からなりカンラン石も含み、角閃石は含まれない。斜方輝石の屈折率は $\gamma = 1.702\text{--}1.710$ を示す (表 1)。このテフラの 3 cm 上位に厚さ 3 cm の白色細粒テフラがあり、黒雲母と角閃石を含むことから、On-Pm1 と思われる。

このような両輝石からなる粗粒テフラと、その上位にある白色細粒ガラス質テフラ (On-Pm1) の組合せは、銚田市八観野 (図 2, 3, Loc. 9) やつくば市谷田部台町 (図 2, 3, Loc. 8) でも観察される。

また、ひたちなか市部田野 (図 2, Loc. 3) では、鈴木

(1993) により K-Tz が報告されているが、この K-Tz より 25 cm 下位の砂層中に層厚 20 cm で径数 cm の粗粒な白色軽石層が見いだされた (図 3, Loc. 3)。K-Tz の下位という層位から Nk-MaS と考えられる。

対比: On-Pm1 の下位にある粗粒軽石層を Nk-MaS とみなすが、ここではその根拠を述べる。

この軽石層は粗粒で銚田市安房で鹿嶋層に見られる黄色軽石層 (図 2, Loc. 10) の層厚は最大 40 cm におよぶ。調査地域の北部ほど層厚を増すことから、北関東の火山起源と考えられる。層準を考慮すると対比候補として、日光火山群起源の日光満美穴スコリア (Nk-MaS: 鈴木, 1993)、赤城火山起源の赤城水沼第 6 テフラ (Ag-MzP6: 鈴木, 1990a) が挙げられる。

Ag-MzP6 は両輝石以外に角閃石を含むことを特徴とする (鈴木, 1990a) が、志崎上の常総層のテフラでは角閃石が含まれない。むしろスコリアを含むことが特徴である。したがって、スコリアを含む特徴がある

Nk-MaSと比較するため、給源火山に近い栃木県塩谷町萩久保の露頭(図1, Loc. A)で調査を行った。ここではNk-MaSは層厚1 mのテフラで、下部は厚さ60 cmの橙色軽石、上部は30 cmの赤色スコリアからなり、最上部は層厚10 cmの固結した火山砂である。このようなスコリアや赤色火山灰に覆われる岩相層序の特徴は志崎上や安房でも認められる。鉱物組成として両輝石を含み、直方輝石の屈折率は $\gamma = 1.702\text{--}1.706$ (鈴木, 1993)で、志崎上のテフラもこの範囲にある(表1)。

火山ガラスの主成分は、軽石型火山ガラスが残されている笠間市平町試料の分析値と秋山ほか(2019)が示した那須町高久でのNk-MaSテフラの灰色軽石型火山ガラスの主成分の値(SiO_2 : 68.4 wt%, Al_2O_3 : 15.1 wt%, K_2O : 1.6 wt%)と類似する。したがって、このテフラはNk-MaSと対比できる。宇野沢ほか(1988)が報告した筑波台地の常総層に挟在する黄色粗粒軽石YP-3は、On-Pm1の直下に位置することからNk-MaSの可能性がある。

On-Pm1はMIS5c後半以降に降灰し、その年代は鹿島沖海底コアのMIS層序から95.7 kaとされている(青木ほか, 2008)。

3. 鬼界葛原テフラ (K-Tz)

記載と対比: 鹿島台地海岸部の鹿嶋市荒野(図4, Loc. 15)において、白斑状生痕を含む海浜砂層からなる鹿嶋層の上部に厚さ50 cm–1 mの灰白色砂層があり、そ

の最上部(ローム層直下)に厚さ1 cmの薄橙色細粒テフラがある。このテフラはバブル型火山ガラスを含み、その屈折率のモードは $n = 1.497\text{--}1.498$ と低い。また火山ガラスの付着した高温石英を含む(表1)。火山ガラスの主成分化学組成(表3)はアルカリ元素の含有量が比較的高い特徴を持つ(Na_2O : 3.3 wt%, K_2O : 3.4 wt%)。このような特徴は鬼界葛原テフラ(K-Tz: 町田・新井, 2003)と一致するため、荒野の鹿嶋層最上部のテフラはK-Tzに対比される。

同様な特徴を持つ細粒テフラは、銚田市青山(図2, 4, 6, Loc. 11)において、Nk-MaSの再堆積と思われる含軽石灰白色砂層の最上部にも確認でき、K-Tzと判断される。また、先述したように鈴木(1989)は那珂台地南東部の部田野(図2, Loc. 3)の段丘構成層最上部にK-Tzを認めており、この層準は本研究における鹿嶋層最上部に相当する。

K-Tzの年代はMIS5c以後の離水期で、95 kaとされている(町田・新井, 2003)。

4. 阿蘇4テフラ (Aso-4)

記載と対比: 鹿嶋市荒野(図4, Loc. 15)においてK-Tzの30 cm上位のローム層中に、橙色細粒テフラが層厚5–10 cmでレンズ状に断続している。このテフラは褐色の破片状の褐色角閃石を含み、その屈折率は $n_2 = 1.687\text{--}1.692$ と高い。直方輝石は透明度が高く、屈折率は $\gamma = 1.698\text{--}1.704$ と低い。火山ガラスはバブル型が多く

表3. 下総層群常総層における4層の指標テフラの火山ガラスの主成分化学組成分析値。

Table 3. Analytical values of major chemical composition of glass shards in four key tephra layers in the Joso Formation of the Shimosa Group.

テフラ層 地点	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	n
Aso-4	73.03	0.43	14.38	1.54	0.13	0.31	1.15	4.4	4.62	100	15
鹿嶋市荒野 (Loc. 15)	1.66	0.06	0.78	0.14	0.07	0.06	0.09	0.4	0.37		
K-Tz	78.73	0.27	11.78	1.14	0.05	0.19	1.11	3.31	3.4	100	14
鹿嶋市荒野 (Loc. 15)	0.15	0.07	0.12	0.11	0.07	0.04	0.06	0.1	0.06		
On-Pm1	75.81	0.2	13.58	1.22	0.12	0.25	1.49	3.6	3.73	100	15
土浦市永井 (Loc. 6)	0.17	0.05	0.13	0.1	0.06	0.05	0.07	0.06	0.1		
On-Pm1	75.85	0.17	13.79	1.08	0.13	0.2	1.61	3.57	3.59	100	15
銚田市青山 (Loc. 11)	0.23	0.06	0.15	0.08	0.07	0.06	0.06	0.14	0.15		
On-Pm1	75.74	0.25	13.69	1.18	0.1	0.28	1.45	3.6	3.7	100	15
笠間市平町 (Loc. 5)	0.25	0.06	0.13	0.12	0.07	0.04	0.12	0.05	0.07		
Nk-MaS	67.39	0.77	15.26	4.87	0.17	1.54	7.91	3.51	1.59	100	15
笠間市平町 (Loc. 5)	0.52	0.07	0.13	0.24	0.08	0.14	0.19	0.07	0.06		

各分析値の上段は測定値、下段は標準偏差で、100%に正規化した値。

The upper row of each analysis value is the measured value, and the lower row is the standard deviation, which is normalized to 100%.

表 4. 常総層・鹿嶋層におけるテフラの観察地点.

Table 4. Localities of studied tephra of the Joso and Kashima Formations, Shimosa Group.

番号	地点	緯度 (N)	経度 (E)
1	ひたちなか市常陸那珂港	36° 24' 08"	140° 36' 21"
2	ひたちなか市部田野南	36° 21' 55"	140° 34' 44"
3	ひたちなか市部田野	36° 22' 17"	140° 34' 55"
4	水戸市湯小屋	36° 18' 20"	140° 30' 40"
5	笠間市平町	36° 19' 55"	140° 18' 25"
6	土浦市永井	36° 09' 01"	140° 11' 57"
7	つくば市谷田部山崎	36° 01' 31"	140° 05' 21"
8	つくば市谷田部台町	36° 01' 53"	140° 05' 03"
9	鉾田市八観野	36° 14' 22"	140° 32' 20"
10	鉾田市安房	36° 10' 39"	140° 31' 56"
11	鉾田市青山	36° 08' 08"	140° 33' 34"
12	鉾田市志崎上	36° 04' 13"	140° 35' 03"
13	鉾田市志崎下	36° 04' 15"	140° 35' 12"
14	鉾田市上幡木	36° 01' 23"	140° 38' 06"
15	鹿嶋市荒野	36° 04' 14"	140° 33' 50"
16	ひたちなか市平磯海岸	36° 22' 12"	140° 37' 25"
17	ひたちなか市牛久保	36° 20' 43"	140° 36' 12"
18	ひたちなか IC	36° 22' 22"	140° 34' 29"
A	栃木県塩谷町荻久保	36° 47' 53"	139° 51' 57"
B	長野県上田市菅平西組	36° 31' 58"	138° 18' 39"

褐色に色づいており、その屈折率はモードが $n = 1.505\text{--}1.508$ とやや高い (表 1)。火山ガラスの主成分化学組成 (表 3) では Al_2O_3 が 14.4 wt% と高く、アルカリ (Na_2O : 4.4 wt%, K_2O : 4.6 wt%) も高いなどの特徴を示す。このような特徴は Aso-4 の特徴と一致し、本テフラは Aso-4 (町田・新井, 2003) と対比できる。

鹿嶋市青山 (図 4, 6, Loc. 11) においても、K-Tz の 10 cm 上位のローム層最下部中に褐色角閃石を含む層準があり、Aso-4 降灰層準として確認できる。Aso-4 の噴出年代は鹿島沖海底コアの MIS 層序からは MIS5b に降灰し、87.1 ka とされている (青木ほか, 2008)。

常総層とその相当層のテフラ層序から読み取れる常陸台地海岸部の MIS5c 段丘

1. 鹿島台地の段丘面と段丘構成層

鹿島台地の段丘面はこれまで、MIS5e の木下層堆積期の海成段丘面と考えられてきた (小池・町田, 2001) が、大井ほか (2013b) により台地の海岸部から中軸部は MIS5c (小原台期) の海成面とされた。鹿島台地は、MIS5e (下末吉期) に形成されたと考えられる行方台地 (小池・町田, 2001) と較べると、地形的には海岸部から中軸部にかけては平坦であり開析されてい

い。標高は、台地海岸部では 30–35 m ほどであるが、台地中軸部では 40–45 m と高い (大井ほか, 2013b の図 1–3; 図 4)。台地海岸部の鹿嶋市荒野では海浜砂層を覆うローム層最下部に Aso-4 が、鹿嶋層最上部に K-Tz が見いだされた (図 4, Loc. 15)。また、台地中軸部の鉾田市青山では、鹿嶋層上部に Nk-MaS, On-Pm1 が挟在し、鹿嶋層最上部に K-Tz, ローム層最下部に Aso-4 が見いだされた (図 4, Loc. 11)。台地中軸部と海岸部で標高差があっても、鹿嶋層最上部に K-Tz, ローム層最下部に Aso-4 が挟在する層位が変わらないことから、台地面は同じ MIS5c の海成段丘で、台地内の標高差はその後の隆起量の違いによるものと判断できる。

一方、鹿島台地西側の北浦寄りでは、台地の開析が進み標高は 30 m となり、木下層の上位に鹿嶋層は認められない (図 4, Loc. 14)。台地中軸部および海岸部には鹿嶋層が分布し、かつ標高が高いので、より新しい地形の方が標高が高いという地形の逆転が起きている (大井ほか, 2013b)。

坂本 (1975) によれば、「見和層上部層」の基底面の高さは鹿島台地と東茨城台地はほぼ一様で、鹿島台地の地形の高まりは「見和層上部層」の厚さの差によってもたらされたと述べている。しかし、著者らの調査の結果 (大井ほか, 2013a, b) では、鹿島台地における

「見和層上部層」とされたものは、木下層行方部層とその上位の鹿嶋層を合わせたものであることが判明している。したがって、鹿島台地における北浦側と中軸部・海岸側における堆積物の厚さの差は、木下層の上位に存在する鹿嶋層によるもので、その分だけ標高が高くなっているとみなされる。

2. 那珂台地海岸部の段丘面と段丘構成層

鹿島台地の北方延長にあたる那珂台地海岸部の阿字ヶ浦から部田野にかけては、台地の標高が30 mとやや高く、大井ほか(2013b)はMIS5eの海成段丘(常陸台地上位面)としたが、那珂台地海岸部の常陸那珂港から平磯海岸や牛久保の段丘面の標高は20 mと低いため海岸部にMIS5cの鹿島面がわずかに分布していると考えた(大井ほか, 2013bの図1)。そこで那珂台地における鹿島面と構成層(鹿嶋層)の実態を再検討することとした。

鈴木(1989)は、那珂台地南東部のひたちなか市部田野において「見和層上部」にK-Tzを見いだしたことにより、那珂台地は最終間氷期最盛期から8万年前(現在では10万年前)にかけて形成された一続きの海成面とした。しかし、著者らの同地点での調査では、K-Tzは、最上部にMiwa-Lテフラ(直方輝石の屈折率 $\gamma = 1.705\text{--}1.710$; 鈴木, 1989)を挟在する木下層に不整合面で重なる、鹿嶋層(層厚3 m)の最上部(図3, Loc. 3)に見出された。部田野におけるK-Tzは、鹿嶋層の後浜相とみなされる砂層中に5–10 cm径のブロックが幾つも並んで配列するような産状から、海浜域における再堆積性のものであることは確かである。またK-Tzの下位には比較的粗粒な軽石層(Nk-MaS)が見いだされた。

ひたちなかIC(図3, 9, Loc.18)では白斑状生痕が見られる木下層の上位に、径1–5 cmの垂円礫からなる層厚360 cmの礫層があり、NkP(那珂台地軽石, 貝塚, 1957)を含むローム層に覆われることから、上市段丘礫層と思われる。

部田野南(図3, 9, Loc. 2)においては、層序概説で述べたように層厚450 cmの上市段丘礫層相当層とみなした礫層とそれを整合に覆うシルト層と砂層があり、上市段丘礫層相当層の下位にはArP(大井・横山, 2011)と思われる粗粒軽石を含む木下層の砂層がある。シルト層の上位の平行葉理のある砂層は砂鉄質で白斑状生痕が見られ海浜成とみなされる。この海浜成砂層

は部田野(図3, Loc. 3)のK-Tzを挟在する砂層とほぼ同層準であり、K-Tzの層位からMIS5c期に形成された鹿嶋層とみなせる。

那珂台地海岸部ではひたちなか市牛久保(図3, Loc. 17)において、ローム層の最下部に黄色軽石層(NkP; 表1, 直方輝石の屈折率 $\gamma = 1.706\text{--}1.714$)がありAg-MzP1に対比されている(鈴木, 1989)。その下位に厚さ140 cmの後浜砂層、層厚170 cmで径1–10 cmの偏平礫がインプリケーションを示す海浜礫層が分布する。礫層と砂層の間には黒雲母を含む細粒なテフラがありOn-Pm1と判断され、いずれも鹿嶋層と見なされる。なお、鹿嶋層の下位には、ウエーブデューンの発達する木下層の砂礫層がある。

ひたちなか市平磯海岸(図3, 10, Loc. 16)では、道路工事による開削露頭に、ローム層に覆われる層厚10 m以上のトラフ形斜交層理砂礫層および白斑状生痕を含む中粒砂層が露出し、全体としては海浜成相が観察できた。坂本ほか(1972)や鈴木(1989)では木下層(見和層上部層)とされているが、上限から5 m下位に厚さ5 cmのクロスナ層(腐植質土壌)が挟在することが見出された。周辺の地層分布から下半部が木下層で、上半部は鹿嶋層とみなされる。木下層最上部のクロスナ層は、木下層堆積後に陸化した際に堆積し、その後鹿嶋層をもたらした海進があったことを示している。常陸那珂港(図3, Loc. 1)においても、Tt-Dを挟在する鹿嶋層が標高21 mほどのところに分布することを確認できている。

このように那珂台地海岸部および南東部では鹿嶋層が広く分布し、一連のMIS5c期の鹿島面が広がっていることが明らかとなった(図11)。那珂台地南東部における標高30 mの段丘面はK-TzとNk-MaSの挟在により(図3, Loc.3)、海岸部の標高20 mの段丘面はOn-Pm1およびTt-Dの挟在(図3, Loc.1, 17)で判定することができ、標高は異なるが同じ鹿島面とみなせる。標高差の成因については、鹿島台地と同様に鹿島面の離水後の隆起量の違いとみなされ、活撓曲の可能性がある。

一方、那珂台地の那珂川沿いには上市段丘礫層からなる上市段丘面が発達し(ひたちなかIC; 図3, 9, Loc.18)、坂本ほか(1972)、鈴木(1989)、鈴木(1990b)では、部田野付近からひたちなか市牛久保まで続くように描かれているが、那珂川河口付近では上市段丘面の発達が悪い(図11)。部田野南(図3, 9, Loc. 2)では



図 9. ひたちなか市部田野南 (Loc. 2) の上市段丘礫層相当層と鹿嶋層.

Fig. 9. Uwaichi Terrace Gravels (Sakamoto *et al.*, 1972) and Kashima Formation at south Hetano (Loc. 2), Hitachinaka City.

上市段丘礫層相当層が鹿嶋層に覆われることから、上市段丘礫層相当層は MIS5c 以前の MIS5c-5d 期のものと見なすことが自然である。牛久保 (図 3, Loc. 17) では、木下層が海浜礫層の層相を示す鹿嶋層に覆われているので、上市段丘礫層が MIS5c の海進の波浪侵食により失われた可能性が指摘できる。

3. MIS5c 段丘の形成要因

鹿島台地は、鹿島-房総隆起帯 (貝塚, 1974) の北半部として、第四紀の活構造や構成層の堆積過程が注目されてきた (例えば, 増田・中里, 1988; 早川, 2000 など) が、その実態は十分に明らかにされたわけではない (大井ほか, 2013a, b)。最近, 田村ほか (2019), Tamura

et al. (2022), 岡崎ほか (2023) により、鹿島台地の浅海堆積物の OSL (光ルミネッセンス) 年代により陸側が MIS5e, 海側が MIS5a または 5c に対比される複合的な海成段丘とされており、今回記載したテフラによる層序対比と調和的な年代が示されている。また那珂台地でも OSL 年代測定が行われており (林崎ほか, 2023), 「前浜-後浜」のある海成段丘露頭 (本論の木下層) で MIS5e の年代, その上部の「風成砂層」(本論の鹿嶋層に相当) で MIS5c の年代が示され、ここでもテフラ層序対比と調和的である。今回記載した指標テフラの分布層準の追跡結果を踏まえ、鹿島台地中軸部・海岸部および那珂台地南東部・海岸部の MIS5c 期の段丘の形成要因や形成過程を今後さらに検討して



図10. ひたちなか市平磯海岸 (Loc. 16) の木下層と鹿嶋層。木下層最上部に層厚5cmのクロスナ層 (腐植質土壌) が含まれる。
 Fig. 10. Kioroshi and Kashima Formations, Shimosa Group at Hiraiso Beach Cliff (Loc. 16), Hitachinaka City. A black humus soil 5 cm thick is intercalated at the top of the Kioroshi Formation.

いく必要がある。

小論では、西九州の海底遺跡と縄文海進期の海水準をハイドロアイススタシーで論じた横山 (2007) が参考になることを検討課題の1つとして挙げておきたい。氷床の存在しなかった本地域において、MIS5cの海進に伴い海進がおよんだ地域が海水の重みによるハイドロアイススタシーによって海底がいくらか沈降した可能性が高い。その沈降場に砂や泥などが堆積するとさらに沈降する。その後、最終氷期の進行とともに海退によって離水すると、海水の荷重が解放され、海岸線の高度は元に戻ったが、その間に堆積した砂や泥などの堆積物の分、つまり MIS5c 期の鹿嶋層の厚さの分だけ隆起した可能性が指摘できる。MIS5c 期に形成された段丘の標高が MIS5e の段丘より高くなる地形の逆転は、新しく堆積した鹿嶋層の堆積場が隆起に転じることによって生じていることになる。

さらに、鹿島台地の西側に位置する行方台地は、鹿

島台地に先んじた MIS5e 後期の木下層行方部層の隆起 (行方隆起帯) によるものとされており (大井・横山, 2011)、古東京湾のバリアー島 (増田, 1992) の形成はこの時期のものと言える。そのことから MIS5e 期と MIS5c 期の2列の南北性の台地の隆起や段丘形成が生じたこと示している。

まとめ

下総層群最上部の常総層とその相当層に挟在する5層の代表的なテフラを記載し、これらを Tt-D, Nk-MaS, On-Pm1, K-Tz, Aso-4 に対比した。これらのテフラは、鹿島台地に良く保存されており、100-95 ka 付近の層序対比に有効である。これは鹿島台地上部の構成層が従来考えられていた MIS5e (下末吉期) の木下層ではなく、MIS5c (小原台期) の常総層相当層である鹿嶋層のものであることを示している。また鹿島台地の北

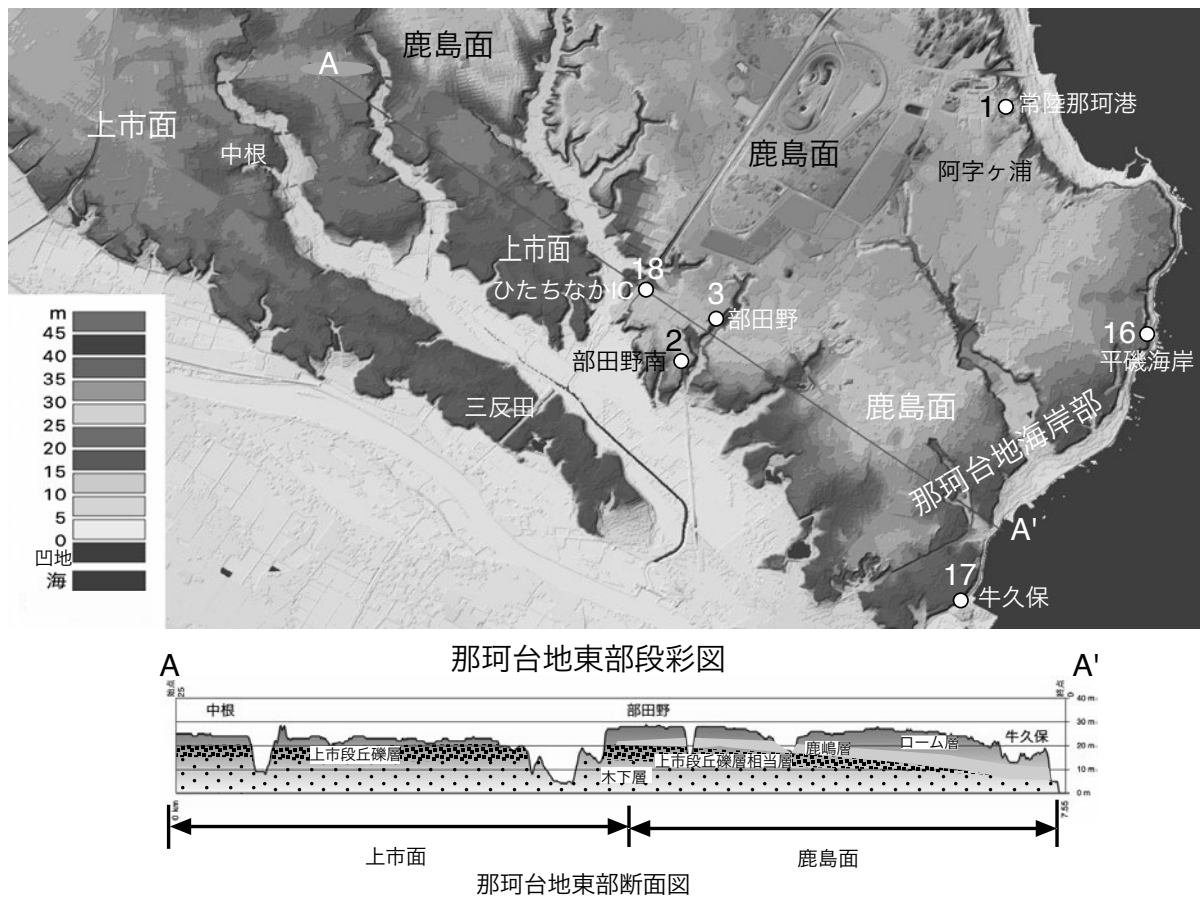


図 11. 那珂台地海岸部段彩図および断面図. 基図は基盤地図情報 5m メッシュ (標高) を使用.

Fig. 11. Colored geomorphological map and cross section of the Naka Terrace using a Digital Map 5 m Grid (Elevation) published by the GSI.

方延長である那珂台海岸部も鹿嶋層が構成する MIS5c 期の海成段丘であることが明らかとなった。

今後は、常総層相当層である鹿嶋層および MIS5c (小原台期) の堆積相の層序のおよび側方変化に加え、テフラ層序による時間面を追跡することで、鹿嶋台地、那珂台地、それに行方台地を含めた常陸台地における MIS5c および MIS5e 段丘形成過程とその構成層の堆積史を的確に復元していくことが可能となろう。

謝 辞

本報告を行うにあたり、ミュージアムパーク茨城県自然博物館には投稿の機会を頂き、加藤太一氏からは、投稿に関して多くの助言を提供いただいた。この研究はミュージアムパーク茨城県自然博物館の総合調査の一環として行われた。

引用文献

- 秋山大地・須貝俊彦・岡崎浩子・中里裕臣・大井信三. 2019. 関東平野猿島・筑波台地に分布する上部更新統下総層群常総層にみられる MIS5c の指標テフラ含有層. 地学雑誌, 128: 905-920.
- 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.
- 青木直昭・馬場勝良. 1973. 関東平野東部下総層群の層序と貝化石群のまとめ. 地質雑, 79: 453-464.
- 古澤 明. 1995. 火山ガラスの屈折率測定および形態分類とその統計的な解析に基づくテフラの識別. 地質学雑誌, 101: 123-133.
- 早川唯弘. 2000. 波状変形を受けた台地. 貝塚平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦 (編). 日本の地形 4 関東・伊豆小笠原. pp. 183-188, 東京大学出版会.
- 林崎 涼・鈴木毅彦・笹森幸祐. 2023. 茨城県那珂台地の MIS 5c-e 海成段丘堆積物の光ルミネッセンス年代測定. 日本地球惑星科学連合 2023 年大会講演要旨, JpGU2023, HQR03-04.

- 茨城地学会. 2007. 関東ローム層. 茨城県自然博物館第4次総合調査報告書, 85-99.
- 貝塚爽平. 1957. 関東平野北東部の洪積台地. 地学雑誌, 66: 217-230.
- 貝塚爽平. 1974. 関東地方の島孤における位置と第四紀地殻変動. 関東地方の地震と地殻変動, pp. 99-118, ラティス.
- 小池一之・町田 洋(編). 2001. 日本の海成段丘アトラス. 122 p., 東京大学出版会.
- 町田 洋・新井房夫. 1992. 火山灰アトラス 日本列島とその周辺. 276 p., 東京大学出版会.
- 町田 洋・新井房夫. 2003. 新編 火山灰アトラス 日本列島とその周辺. 336 p., 東京大学出版会.
- 町田 洋・鈴木毅彦. 2000. 地形地質の編年. 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦(編). 日本の地形4 関東・伊豆小笠原. pp. 22-36, 東京大学出版会.
- 増田富士雄・中里裕臣. 1988. 堆積相からみた鹿島-房総隆起帯の運動像. 月刊地球, 10: 616-623.
- 増田富士雄. 1992. 古東京湾のバリアー島. 地質ニュース, 458: 16-27.
- 中里裕臣. 2008. 常陸台地. 日本地方地質誌3 関東地方, pp. 325-331, 朝倉書店.
- 岡崎浩子・中里裕臣・田村 亨. 2023. 関東平野東部のMIS5cの海浜平野の発達過程. 日本地球惑星科学連合2023年大会講演要旨, HQR03-P05.
- 大井信三・横山芳春. 2011. 常陸台地の第四系下総層群の層序と堆積システムの時空変化. 地質学雑誌, 117, 補遺: 103-120.
- 大井信三・横山芳春・西連地信男・安藤寿男. 2013a. 常陸台地における下総層群木下層のテフラ層序と広域対比. 地質学雑誌, 119: 488-505.
- 大井信三・西連地信男・横山芳春. 2013b. 常陸台地における段丘面区分の再検討. 茨城県自然博物館研究報告, 16: 51-56.
- 大井信三・西連地信男・横山芳春・安藤寿男. 2016. 常陸台地中部における第四系更新統下総層群の層序と堆積相: 行方市平須賀と周辺の露頭での再検討. 茨城県自然博物館研究報告, 19: 7-26.
- 大森昌衛・真野勝友・菊地隆男. 1972. 常陸台地の成田層の形成史-とくに霞ヶ浦・北浦の成因に関連して-. 地質学論集, 7: 145-152.
- 齋藤登志雄. 1959. 水戸・涸沼付近の地質(涸沼の地質的考察, 第2報). 茨城大学文理学部紀要, 自然科学, 10: 135-143.
- 坂本 亨・田中啓策・曾屋龍典・野間泰二・松野久也. 1972. 那珂湊地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 地質調査所.
- 坂本 亨. 1975. 磯浜地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅). 地質調査所.
- 坂田健太郎・納谷友規・本郷美佐緒・中里裕臣・中澤 努. 2018. 茨城県筑波台地に分布する中-上部更新統下総層群の層序の再検討. 地質学雑誌, 124: 331-346.
- 清家弘治. 2017. 剥ぎ取り標本を用いた堆積構造の観察: 海洋生物学および古生物学への応用. 神奈川県立博物館調査研究報告(自然科学), 15: 29-33.
- 鈴木毅彦. 1989. 常磐海岸南部における更新世後期の段丘と埋没谷の形成. 地理学評論, 62: 475-494.
- 鈴木毅彦. 1990a. テフロクロノロジーから見た赤城火山最近20万年間の噴火史. 地学雑誌, 99: 60-75.
- 鈴木毅彦. 1990b. 北関東海岸部に分布するテフラとそれに関する諸知見. 関東平野, 3: 23-32.
- 鈴木毅彦. 1993. 北関東那須野原周辺に分布する指標テフラ層. 地学雑誌, 102: 73-90.
- 鈴木毅彦・早津賢二. 1991. 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: 105-120.
- 田村 亨・岡崎浩子・中里裕臣・納谷友規・中島 礼. 2019. 関東平野東縁にMIS 5a-c海成段丘は存在するか? 日本地球惑星科学連合2019年大会講演要旨, HQR05-04.
- Tamura, T., H. Okazaki, R. Naya, R. Nakashima, H. Nakazato, K. Seike and J. Okuno. 2022. Luminescence chronology for identifying depositional sequences in an uplifted coast since the Middle Pleistocene, eastern Japan. *Frontiers in Earth Science*, 10: 967572.
- 宇野沢 昭・磯部一洋・遠藤秀典・田口雄作・永井 茂・石井武政・相原輝雄・岡 重文. 1988. 筑波研究学園都市及び周辺地域の環境地質図. 特殊地質図, 地質調査所.
- 横山祐典. 2007. 第2章 温暖化と海面上昇-氷床変動・海水準上昇・地殻変動. 町田 洋・小野 昭・岩田修二・日本第四紀学会(編). 地球史が語る近未来の環境, pp. 33-54, 東京大学出版会.
- 横山芳春・安藤寿男・大井信三・山田美隆. 2001. 下総層群"見和層"に認められる2回の相対海水準変動の記録: 茨城県南東部石岡-鉾田地域の例. 堆積学研究, 54: 9-20.

(要 旨)

大井信三・西連地信男・安藤寿男. 茨城県常陸台地の第四系更新統下総層群常総層と常総層相当層に含まれるテフラと常陸台地海岸部の MIS5c 段丘. 茨城県自然博物館研究報告 第 26 号 (2023) pp. 1-19.

茨城県の常陸台地最上部に分布する上部更新統の下総層群常総層とその相当層である海成の鹿嶋層(新称)に挟在する代表的なテフラの岩石学的特徴を記載した。鹿島台地と那珂台地では、Tt-D, Nk-MaS, On-Pm1, K-Tz, Aso-4 の 5 層の指標テフラが確認でき、層序的な位置を 18 地点の地質柱状対比図に示した。これにより、鹿島台地上部の構成層が MIS5e の木下層ではなく、MIS5c の常総層とその相当層の鹿嶋層であることが判明した。また、鹿島台地の北方延長の那珂台地海岸部にも鹿嶋層が分布し、MIS5c 期の海成段丘があることが明らかとなった。そして、構築されたテフラ層序から検討する必要がある地形・地質学的課題について指摘した。

(キーワード): 常陸台地, 茨城県, 常総層, 鹿島台地, 那珂台地, 下総層群, テフラ, 上部更新統.