

## 【論文】

# 茨城県南部，鹿島台地における DKP テフラおよび MIS 4 面の認定

中里裕臣<sup>1</sup>・岡崎浩子<sup>2</sup>・田村 亨<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所

<sup>2</sup> 深田地質研究所

## Identification of DKP tephra and MIS 4 Surface in the Kashima Upland, southern Ibaraki Prefecture

NAKAZATO Hiroomi<sup>1</sup>, OKAZAKI Hiroko<sup>2</sup>, TAMURA Toru<sup>1</sup>

<sup>1</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

<sup>2</sup>Fukada Geological Institute

要旨：茨城県南部の鹿島台地において，MIS 5c 面構成層を侵食する河成層を見いだした．この河成層を覆う関東ローム層の基底部のテフラを検討し，広域テフラ DKP と対比されることで，この河成面が MIS 4 面に相当することを明らかにした．DKP が覆う MIS 4 面はこれまで茨城県下では久慈川上流で確認されているが，鹿島台地では新たな報告となる．MIS 5c 面と MIS 4 面の比高は 1～2m と小さく，これは調査地が MIS 5c 面の尾根に近く，集水域も狭いことから河川の下刻が進まなかったためと考えられる．

キーワード：大山倉吉テフラ，後期更新世，MIS 4，鹿島台地，地形区分

Abstract: In the Kashima Upland of southern Ibaraki Prefecture, fluvial deposits eroding the MIS 5c surface stratum were discovered. Examination of the tephra at the base of the Kanto loam layer overlying these fluvial deposits showed that it correlates with the widespread tephra DKP and that this fluvial surface corresponds to the MIS 4 surface. While the MIS 4 surface covered by DKP has previously been confirmed in the upper Kuji River region in Ibaraki Prefecture, this is the first report of this topographic surface on the Kashima Upland. The relative elevation difference between the MIS 5c and MIS 4 surfaces is small, only a few meters. This is likely because the study site was close to the ridge of the MIS 5c surface and the catchment area was narrow, preventing significant river deepening.

Keywords: Daisen-Kurayoshi tephra, Late Pleistocene, MIS 4, Kashima Upland, landform division

### 1. はじめに

地域の地形発達史を復元するうえで地形区分は重要であり，地形面の形成時期を特定するためには離水層準の認定とその年代を求めることが必要である．関東平野の更新統からなる台地では，離水後に風成の火山灰土である関東ローム層に覆

われるため，関東ローム層＝地形面被覆層の基底付近のテフラに基づき形成年代が検討されてきた．本報文では茨城県南部の鹿島台地において関東ローム層の基底付近で新たに認められたテフラについて報告し，その意義について考察する．

鹿島台地は茨城県南部で鹿島灘と北浦の間に位置する長さ約 42 km，最大幅約 6 km の狭長な

台地で、北部では西側の東茨城台地に接する。地表面の標高は尾根状の中軸部で 40～45 m の範囲で高く、周辺に向かって 30 m 以下まで低くなっている（図 1）。北部では小丘状の高まりが点在し、最高標高は 50 m に達する。鹿島台地の標高は内陸側の東茨城台地や行方台地などに対して高く、貝塚（1987）などにより関東造盆地運動の東縁部の高まりと考えられた。早川（2000）は台地中軸部で標高 40 m 前後の上位台地 A（MIS 5e の海成面）と標高 30～35 m の上位台地 B（MIS 5c の海成面）に区分した。これに対し、大井ほか（2013）は鹿島台地中軸部より東側について、地形面標高に依らず離水層準に広域テフラ K-Tz（95 ka：町田・新井，2003）などの MIS 5c 期のテフラが認められることから、一括して MIS 5c に形成された鹿島面に区分し、地形面の標高差はその後の構造運動によるものとした。そして鹿島面構成層を海成の鹿嶋層とした（大井ほか，2023）。Tamura et al.（2023）は鹿島台地中軸部で掘削されたボーリングコア試料について OSL 年代測定を行い、関東ローム層直下の地形面構成層からは MIS 5c の年代値を得ている。

## 2. 調査方法

標高分布については国土地理院の基盤地図情報の航空レーザ測量 5 m メッシュ標高モデルを用いて国土地理院の基盤地図情報ビューワにより段彩図を図化すると共に、鹿嶋市発行の 1/2,500 都市計画図を参照した。テフラについては露頭においてできる限り堆積物を除去した試料を採取し、椀かけおよび超音波洗浄により粘土分を除去し、50℃以下で乾燥した後、実体顕微鏡下でマフィック鉱物組成および火山ガラスの形態（吉川，1976）を定性的に区分した。直方輝石、普通角

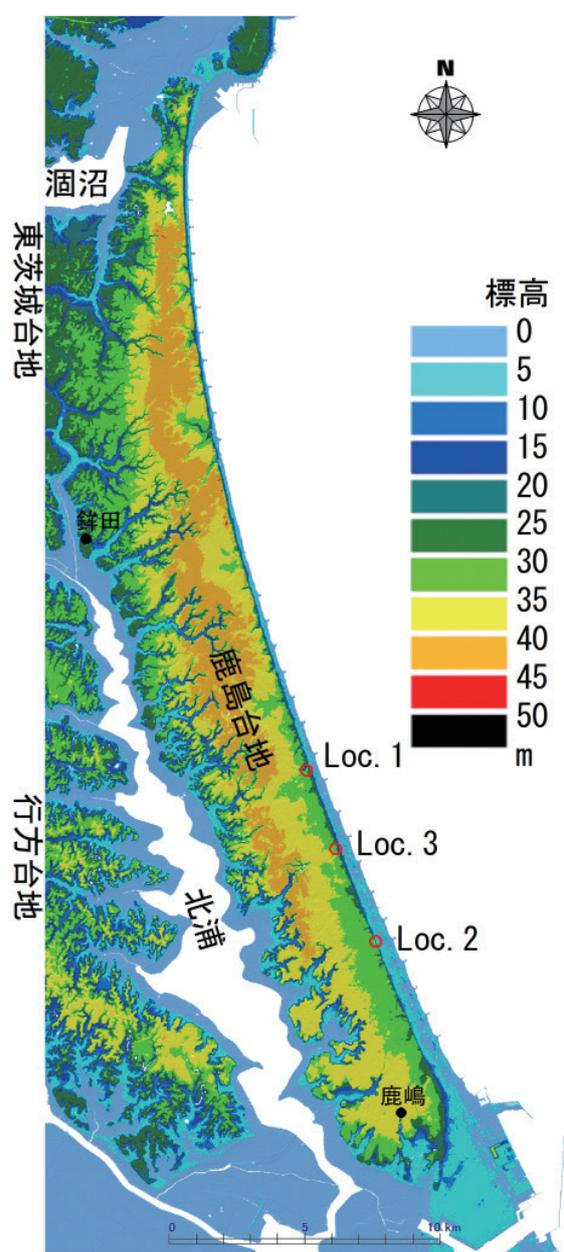


図 1 鹿島台地標高分布図および調査露頭位置図

閃石、火山ガラスについては温度変化型屈折率測定装置 MAIOT（古澤，1995）により 1 試料につき 30 点以上の屈折率を測定した。普通角閃石および火山ガラスについては株式会社古澤地質に依頼し、細井・古澤（2023）に示された分析条件により EDX による主成分化学組成分析を行った。

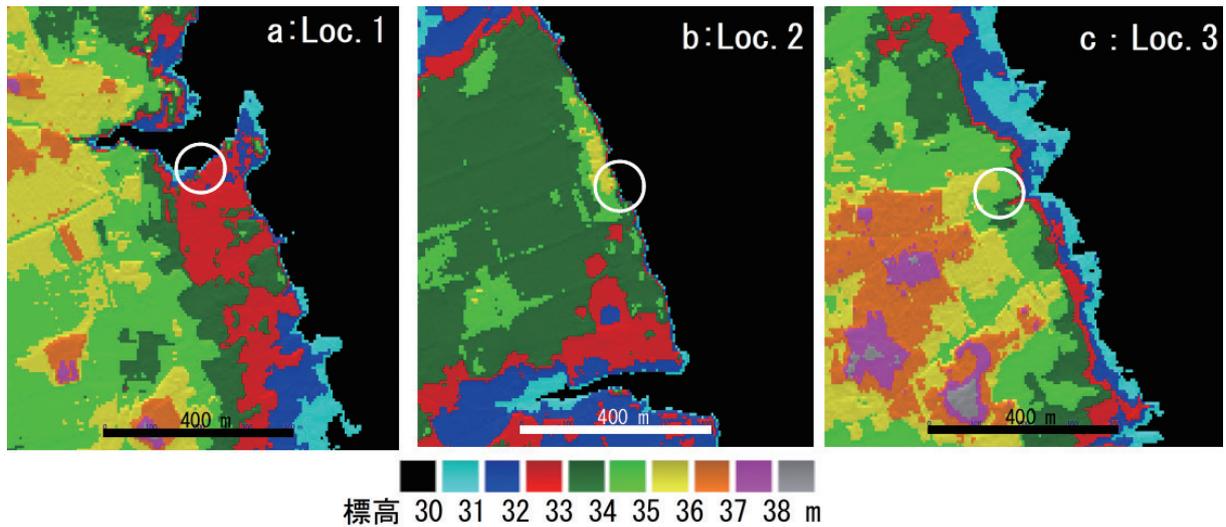


図2 露頭毎の詳細標高分布図（白丸は露頭位置）

### 3. 露頭記載とテフラ

#### 3.1 鹿嶋市大小志崎露頭 (Loc. 1)

大小志崎露頭は鹿島灘に面する鹿嶋市北端部にあり，台地面の地表面標高は31～33 mで，大井ほか（2013）の鹿島面の範囲に位置する（図2a）．地理院地図，数値標高データおよび鹿嶋市都市計画図では台地地形が確認できるが，その後の土砂採取により地形は大きく変化している（図3）．ここでは，下位の貝化石層を挟み，生痕および生物擾乱が認められる細粒砂層に，上位の斜交層理を示す細～中礫を含む粗粒砂層が凹凸を持つ侵食面で重なる．この粗粒砂層は大井ほか（2023）の鹿嶋層に相当し，その最上部には潮間帯を示す白斑状の *Macalonicnus* 生痕が認められる．そしてこの地層を削って最大層厚 65 cm のローム質砂礫層が重なり，さらに関東ローム層，中粒砂層が重なる．最上部の中粒砂層の砂は円磨度が高く，台地上に吹き上げられた風成砂層と考えられる（図4）．

関東ローム層の基底には露頭中の①，②の2箇所ではオレンジ色の最大層厚 3 cm のテフラ

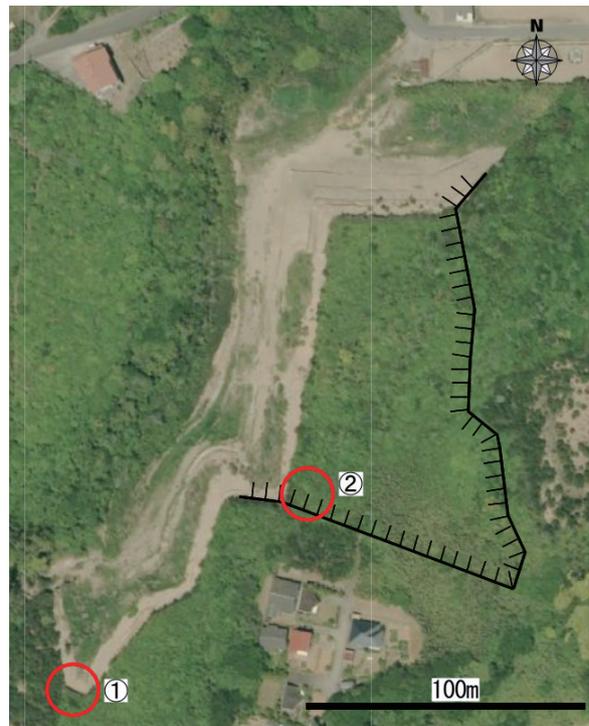


図3 Loc. 1の露頭状況とテフラ確認地点（地理院地図の空中写真に加筆．崖記号で示す露頭範囲はドローン空撮により確認した）．

層がパッチ状に挟まれるのが認められた（図3，4，5）．関東ローム層中に目視で確認できるテフラは本テフラのみである．なお，②の地点では土砂採取後の整地により露頭が消失した．両地点におけるテフラ層は粘土化により火

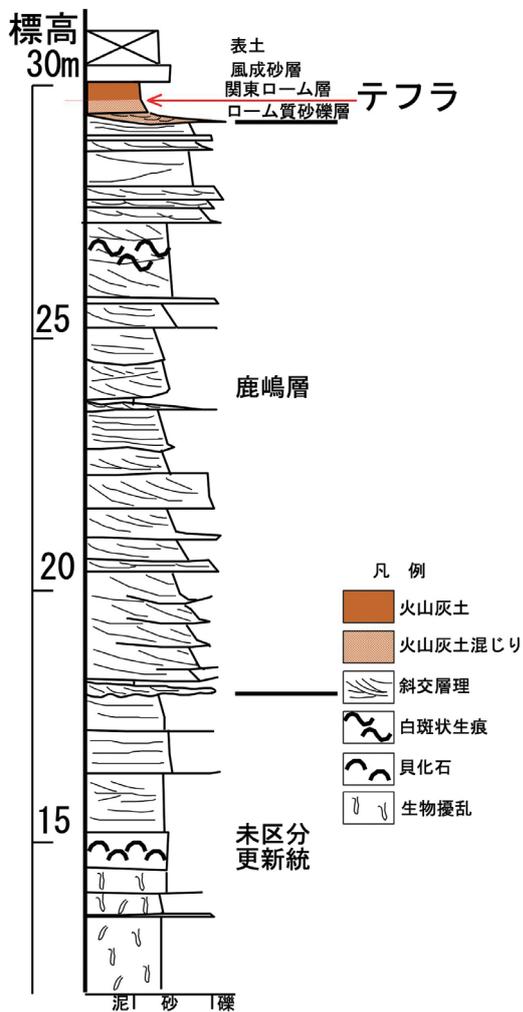


図4 Loc. 1の地質柱状図

山ガラスは認められないが、マフィック鉱物として自形を示す普通角閃石と直方輝石が豊富に認められた。特に直方輝石には(100)面の劈開が発達した扁平な晶癖が特徴的に認められた。普通角閃石と直方輝石の屈折率はそれぞれ  $n_2=1.675 \sim 1.682$ ,  $\gamma = 1.699 \sim 1.707$  の範囲にある(表1)。

### 3.2 鹿嶋市荒野露頭 (Loc. 2) および鹿嶋市荒井露頭 (Loc. 3)

Loc. 1の南南東約7kmの荒野露頭 (Loc. 2)は、大井ほか(2023)により鹿嶋層の最上部に広域

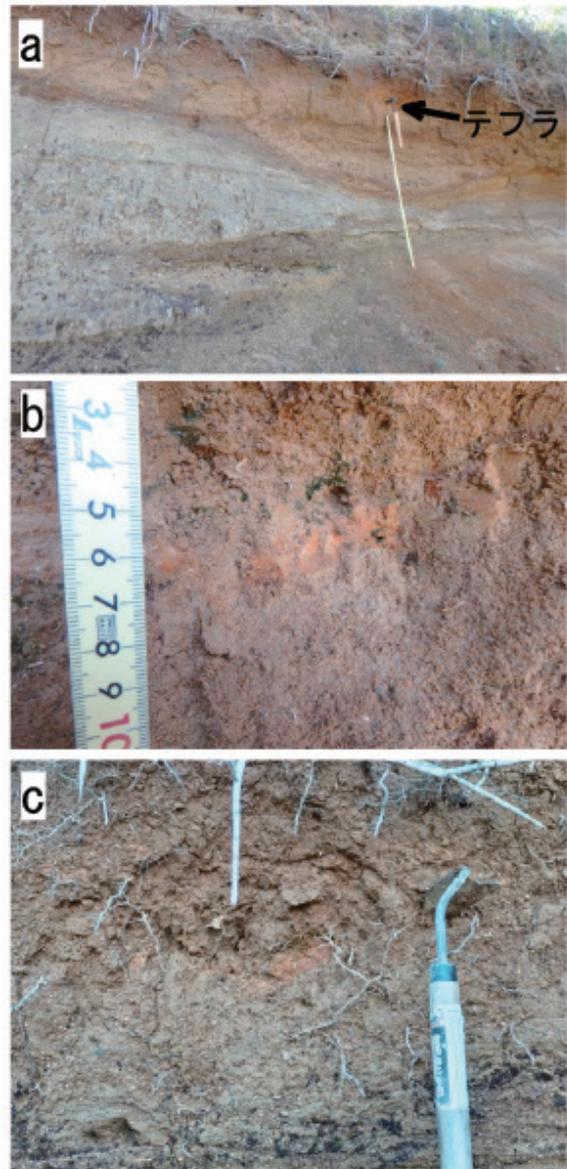


図5 Loc.1露頭写真 a:Loc.1 ①地点(折尺は1m), b:Loc.1 ①のテフラ, c:Loc.1 ②のテフラ

テフラ K-Tz が記載され、鹿島面を MIS 5c 面とする根拠となった露頭の1つである。今回の調査でも K-Tz を確認できた。K-Tz は鹿嶋層最上部の層厚 20 cm のローム質砂層を覆う関東ローム層基底に最大層厚 3 cm のパッチ状に挟在する黄色細粒テフラ層で、平板型火山ガラスに富み、特徴的に高温石英を含む(図6a)。火山ガラスの屈折率は  $n=1.497 \sim 1.500$  (1.499) (括弧内はモー

表 1 テフラの岩石記載的性質  
(比較テフラの火山ガラス形態は町田・新井 (2003) による)

地点/テフラ名	マフィック 鉱物組成	火山ガラ ス形態	火山ガラス屈折率 $n$	直方輝石(opx)屈折率 $\gamma$	普通角閃石(ho)屈折率 $n_2$	その他特徴, 文献
調査 テ フラ	Loc.1①	ho>opx	—	1.700-1.707(1.703-1.704)	1.675-1.682(1.678-1.679)	opx(100)面
	Loc.1②	ho>opx	—	1.699-1.706(1.702-1.704)	1.675-1.682(1.678-1.680)	opx(100)面
	Loc.2	—	Ha>Hb 1.497-1.500(1.498)			$\beta$ qt
	Loc.3	—	Ha>Hb 1.496-1.500(1.498)			$\beta$ qt
	Loc.4	ho>opx	Ta	1.700-1.710(1.702-1.704)	1.675-1.683	opx(100)面, SG=DKP
比較 テ フラ	Ag-KP(鹿沼市)	ho,opx,(cpx)	pm 1.504-1.508	1.707-1.710(1.709)	1.671-1.678(1.673-1.675)	町田・新井(2003)
	DKP(関金町)	ho,opx,(bi)	pm 1.508-1.514	1.702-1.708(1.704)	1.673-1.680(1.678)	opx(100)面, 町田・新井(2003)
	NkP(ひたちなか市)	opx,cpx		1.706-1.714		大井ほか(2023)
	Hk-TP(小田原市)	opx>cpx,(ol)	pm 1.512-1.517(1.513-1.515)	上部1.703-1.708 中部1.706-1.711 下部1.708-1.713		町田・新井(2003)
	On-Ng(奈川村)	opx,ho,(cpx)	pm 1.503-1.508	1.715-1.720(1.717)	1.680-1.687	町田・新井(2003)
	Aso-4(鹿嶋市)	opx>ho	bw 1.502-1.511(1.505-1.508)	1.698-1.704	1.687-1.692	大井ほか(2023)
	K-Tz(鹿嶋市)	opx	bw 1.495-1.499(1.497-1.498)	1.700-1.708,1.710-1.714		$\beta$ qt, 大井ほか(2023)
On-Pm1(小山町)	ho,bi,(opx)	pm 1.501-1.503		1.679-1.685(1.683)	町田・新井(2003)	

表 2 普通角閃石および火山ガラスの主成分化学組成  
(火山ガラスについては水を除いて計が 100% になるように正規化した)

試料/地点・文献	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Total/N
ho	45.04	1.70	9.50	12.35	0.29	14.71	10.77	1.80	0.32	96.49
Loc.1①	1.16	0.33	1.09	0.48	0.13	0.42	0.23	0.23	0.03	15
ho	45.99	1.43	8.44	12.68	0.37	14.90	10.68	1.63	0.29	96.41
Loc.4	1.40	0.39	1.03	0.50	0.10	0.45	0.13	0.26	0.05	15
glass	78.55	0.26	11.85	1.12	0.05	0.19	1.10	3.50	3.38	100.00
Loc.2	0.15	0.04	0.08	0.11	0.04	0.03	0.05	0.06	0.07	15
glass_K-Tz	78.73	0.27	11.78	1.14	0.05	0.19	1.11	3.31	3.40	100.00
大井ほか(2023)	0.15	0.07	0.12	0.11	0.07	0.04	0.06	0.10	0.06	14

ドを示す), 主成分化学組成は SiO<sub>2</sub> に富む珪長質  
で, 大井ほか (2023) と同じ結果が得られた (表 1,  
2). 本露頭背後の台地の地形面標高は 34 ~ 35 m  
であり, Loc. 1 の 31 ~ 33 m に対し 1 ~ 2 m 高  
いものの, 比高は小さい (図 2b).

Loc. 1 の 3.2 km 南南東の鹿嶋市荒井露頭 (Loc.  
3) においても関東ローム層基底に平板型ガラス  
に富む黄白色ガラス質テフラが, 最大層厚 1 cm  
のパッチ状に認められた (図 6b). 平板型火山ガ  
ラスの屈折率  $n=1.496 \sim 1.500$  (1.498) で, 高  
温石英を含むことから K-Tz に対比できる (表 1).  
ここでも露頭背後の台地の地形面標高は 34 ~ 35  
m である (図 2c).

#### 4 考察

Loc. 1 で関東ローム層基底に挟在するテフラ  
について, 鈴木 (1989, 1990a), 大井ほか (2023)  
などによって茨城県南部で報告された MIS 5c  
以降のテフラから対比候補を探索すると, 普  
通角閃石に次いで直方輝石に富むマフィック  
鉱物組成とこれらの屈折率および直方輝石の  
晶癖の類似から, 大山起源の大山倉吉テフラ  
(DKP: 町田・新井, 1979, 2003; 古澤・梅田,  
2002) が対比候補となる (表 1). この対比を  
確認するため, 長野県長野市信更町高野の高  
野層 (Loc. 4, 図 8) で DKP に対比されてい  
る SG (木村, 1987; 長橋ほか, 2007, 2016)

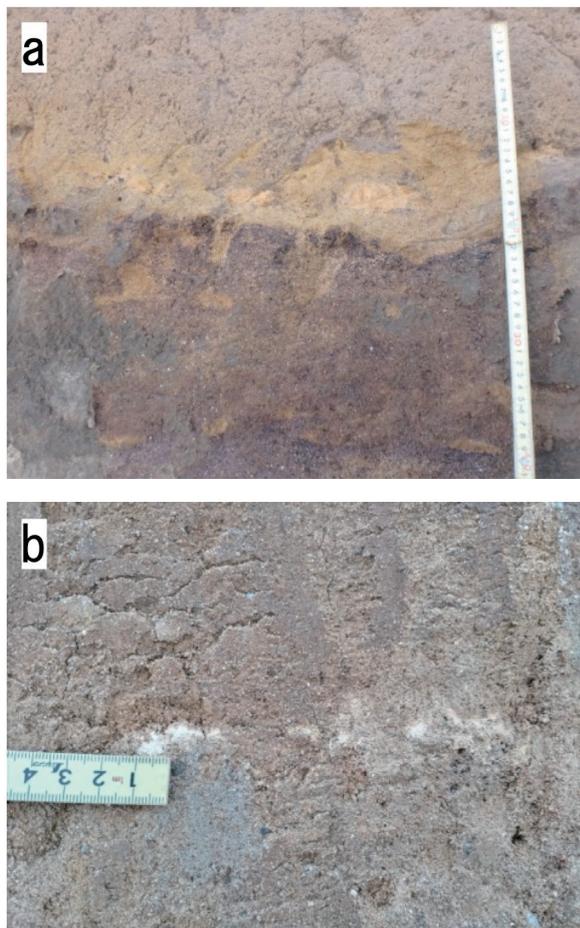


図6 Locs. 2, 3 露頭写真 a: Loc. 2 の K-Tz, b: Loc. 3 の K-Tz

を参照試料として普通角閃石の主成分組成を比較した。その結果、両者の分析値は各成分で  $1\sigma$  の範囲で重複することから、大小志崎露頭における関東ローム層基底のテフラは DKP と対比できる (表 2, 図 7)。なお、DKP の普通角閃石の屈折率および主成分化学組成は、大山麓で下位の大山関金テフラ (DSP) と類似するが (長橋ほか, 2007), ここでは噴出規模と分布の広域性から DKP と大小志崎露頭のテフラを対比する。

DKP は鈴木 (1989, 1996), 竹本 (1991), 茨城県地学会 (2001, 2007), 細井・古澤 (2023) などによりすでに茨城県下で報告されており, 鈴木ほか (2016) は鹿島沖の MD01-2141 コア

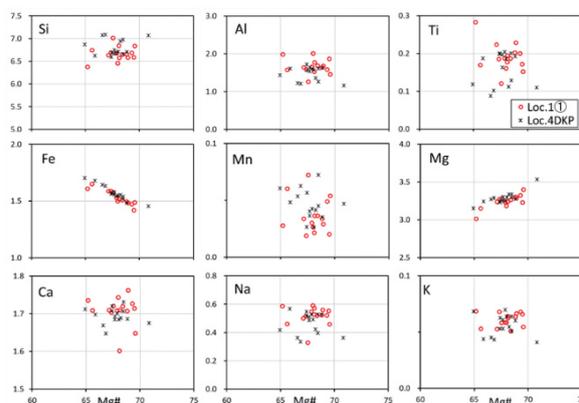


図7 普通角閃石の主成分化学組成図 (Mg# 値 (Mg/(Mg+Fe)) を横軸に, 酸素数 0=23 に対する各陽イオン数を縦軸にとり散布図として示す)



図8 調査地点と DKP の分布範囲との関係 (破線は町田・新井 (2003) による DKP の分布範囲)

において DKP の可能性の高いテフラを報告した (図 8)。Loc. 1 の大小志崎露頭は竹本 (1991) および町田・新井 (2003) に示された DKP の分布範囲の南限よりもわずかに南に位置し, DKP の分布範囲として妥当であると考えられる (図 8)。

Loc. 1 において, 関東ローム層が覆うローム質砂礫層は鹿嶋層最上部を削って堆積しており, Locs. 2, 3 にみられる鹿島面より後に形成された河成面を構成する (図 4, 5a)。この地形面の離水年代は DKP の年代である  $59,570 \pm 2,739$  SG06\_2012 yr BP (長橋ほか, 2016)  $\sim 60.08 \pm 5.68$  ka (鈴木ほか, 2016) 付近の MIS 4 と考えられる。河成面としては, 細井・古澤 (2023) が久慈川上流の茨城県大子町で

報告した DKP に被覆される河成面と同時期となる．細井・古澤 (2023) はこの河成面を坂本・宇野沢 (1976) による久慈川中流域の Ag-KP (ca. 44 ka) に覆われない第 V 段丘と，那珂台地軽石 (NkP : 貝塚, 1957) に覆われる第 IV 段丘の間の面として位置づけた．NkP は鈴木 (1989, 1990b) により DKP の下位とされ，宇都宮地域の Ag-MzP1 に対比されたが，その後，山元 (2013) により Ag-MzP2 (ca. 60 ka) に対比されたテフラである．鹿島台地の北側の那珂川下流域では，早川・勝村 (1982) により NkP に覆われる M<sub>3</sub> 面と，そのすぐ低位に Ag-KP に覆われる L<sub>1</sub> 面の分布が示されており，久慈川上流域と同様に MIS 4 面の形成時期はこれらの間に相当する．

武蔵野ローム層の指標テフラである Hk-TP (66 ka : 青木ほか, 2008) は，DKP の直下の層位である (竹本, 1991 ; 鈴木, 1996)．このため，鹿島台地の MIS 4 面は利根川以南の下総台地や武蔵野台地において Hk-TP 以上もしくははより上位の武蔵野ローム層に覆われ，MIS 4 面と考えられている大堀川段丘面 (中澤・田辺, 2011)，中台面 (杉原ほか, 1972)，M3 面 (遠藤ほか, 2019) などに相当する．下総台地や武蔵野台地では一般に MIS 5c 面と MIS 4 面の比高が大きく区分が容易である．これに対し，鹿島台地では MIS 5c 面の尾根からの距離と集水面積が小さいことから河川の下刻が進まないために MIS 5c 面と MIS 4 面との比高が小さく，地表面標高のみでは MIS 4 面の識別が難しいと考えられる．

鹿島台地の北浦側とその西側の行方台地および東茨城台地には，MIS 5c の鹿島台地中軸部より標高が低い形成年代は MIS 5d 初期と古い常陸台地下位面 (大井ほか, 2013) が

分布し，鹿島台地の南方の銚子半島では地表面標高 25 ~ 30 m の台地面があり，MIS 5a の海成面とされている (杉原, 2008 ; Okazaki et al., 2022)．これらの海成面にも鹿島台地のように MIS 4 面が付随する可能性があり，その分布や標高が最終間氷期以降の関東構造盆地東縁部の発達史の解明に資することが期待される．

## 5. まとめ

茨城県南部の鹿島台地において，関東ローム層基底に約 6 万年前に噴出した広域テフラ DKP を認定し，この降灰時期に形成された MIS 4 面があることを明らかにした．調査地点の周辺には，関東ローム層基底に約 9.5 万年前に噴出した K-Tz が挟在することから MIS 5c 面とされる地形面が分布するが，両者の比高は 1 ~ 2 m 程度であり，地表面標高のみによるこれらの地形面区分は難しい．今後，鹿島台地およびその周辺地域の地形面について離水層準の認定とその年代に関する知見をさらに蓄積し，関東構造盆地東縁部の地形発達史の解明を進める必要がある．

## 謝辞

株式会社平山様には大小志崎露頭における調査の許可をいただいた．ここに感謝の意を表します．

## 文献

青木かおり・入野智久・大場忠通 (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.
- 遠藤邦彦・千葉達朗・杉中祐輔・須貝俊彦・鈴木毅彦・上杉陽・石綿しげ子・中山俊雄・舟津太郎・大里重人・鈴木正章・野口真利江・佐藤明夫・近藤玲介・堀伸三郎 (2019): 武蔵野台地の新たな地形区分. 第四紀研究, **58**, 353-375.
- 古澤明 (1995): 火山ガラスの屈折率測定・形態分類とその統計的な解析. 地質学雑誌, **101**, 123-133.
- 古澤明・梅田浩司 (2002): 新时期大山テフラ DNP, DSP, DKP の岩石記載的特徴の再検討. 第四紀研究, **41**, 123-129.
- 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 (1987): 関東の第四紀地殻変動. 地学雑誌, **96**, 223-240.
- 木村純一 (1987): 長野県聖山北麓の更新統一中部から上部更新統一. 地質学雑誌, **93**, 245-257.
- 早川唯弘 (2000): 波状変形を受けた台地. 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, 東京大学出版会, 183-188.
- 早川唯弘・勝村登 (1982): 那珂川下流域における河成段丘および沖積低地の地形発達. 茨城大学教育学部紀要, **31**, 2-22.
- 細井淳・古澤明 (2023): 茨城県北部, 久慈川流域の段丘堆積物から発見された大山倉吉テフラ. 地質調査研究報告, **74**, 167-178.
- 茨城地学会 (2001): 関東ローム層. 茨城県自然博物館第2次総合調査報告書, 87-102.
- 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.
- 町田洋・新井房夫 (1979): 大山倉吉軽石層一分布の広域性と第四紀編年上の意義. 地学雑誌, **88**, 33-50.
- 町田洋・新井房夫 (2003): 新編 火山灰アトラス 日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 336p.
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・田原敬治・公文富士夫 (2007): 長野県, 高野層ボーリングコア (YKN-2004) に挟在する広域テフラ層の層序と編年. 第四紀研究, **46**, 305-325.
- 長橋良隆・深谷桃子・木村純一・常青・佐川拓也・中川毅・池原研・KR15-10乗船研究者一同・SG06プロジェクトメンバー一同 (2016): 大山倉吉テフラと山陰1テフラの層序と年代: 若狭湾沖堆積物コアと水月湖SG06コアによる検討. 日本地質学会第123年学術大会講演要旨, 154.
- 中澤努・田辺晋 (2011): 野田地域の地質. 地域地質研究報告 (5万分の1地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 72 p.
- Okazaki, H., Nara, M., Nakazato, H., Furusawa, A., Ito, K. and Tamura, T. (2022): Coastal progradation associated with sea-level oscillations in the later phase of the Last Interglacial period, central Japan. *Quaternary Science Reviews*, **285**, 107507.
- 大井信三・西連地信男・横山芳春・安藤寿男 (2013): 常陸台地における段丘面群の再検討. 茨城県自然博物館研究報告, **16**, 51-56.
- 大井信三・西連地信男・安藤寿男 (2023): 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, **26**, 1-19.
- 坂本亨・宇野沢昭 (1976): 茨城県瓜連丘陵の第四系と久慈川・那珂川の河谷発達史. 地調月

- 報, **23**, 511-517.
- 杉原重夫 (2008) : 4.3.2 下総台地, b. 段丘. 日本地方地質誌 3 関東地方, 朝倉書店, 322-325.
- 杉原重夫・高原勇夫・細野 衛 (1972) : 武蔵野台地における関東ローム層と地形面区分についての諸問題. 第四紀研究, **11**, 29-39.
- 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) : 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 (1990 b) : テフロクロノロジーからみた赤城火山最近 20 万年間の噴火史. 地学雑誌, **99**, 60-75.
- 鈴木毅彦 (1996) : 関東地方における大山倉吉テフラの層位—箱根東京テフラ直上に位置する大山倉吉テフラ—. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編, 第四紀露頭集—日本のテフラ, 日本第四紀学会, 32-32.
- 鈴木毅彦・青木かおり・丸山 正・斎藤 勝 (2016) : 後期更新世広域テフラ, 大山倉吉テフラの噴出年代 : 太平洋鹿島沖 MD01-2421 コアをもちいた再検討. 日本地球惑星科学連合 2016 年大会, HQR15-05.
- 竹本弘幸 (1991) 大山倉吉軽石層とこれにまつわる諸問題. 駒沢地理, **27**, 131-150
- Tamura, T., Okazaki, H., Naya, T., Nakashima, R., Nakazato, H., Seike, K. and Okuno, J. (2022): Luminescence chronology for identifying depositional sequences in an uplifted coast since the Middle Pleistocene, eastern Japan. *Frontiers in Earth Science*, **10**, doi: 10.3389/feart.2022.967572.
- 山元孝広 (2013) : 栃木—茨城地域における過去約 30 万年間のテフラの再記載と定量化. 地質調査研報, **64**, 251-304.
- 吉川周作 (1976) : 大阪層群の火山灰層について. 地質学雑誌, **82**, 497-515.