

東茨城台地に分布する更新統の新層序と MIS5-7 海面変化との関係： 地下地質とテフラ対比による茨城層，見和層，夏海層，笠神層の再定義

山元孝広

Takahiro Yamamoto, Revised stratigraphy for the Pleistocene system beneath the Higashi-Ibaraki plateau, NE Japan, and its relationship to the sea-level change in MIS 5-7: redefinition of the Ibaraki, Miwa, Natsumi and Kasagami Formations based on subsurface geology and correlation of tephra layers.

Abstract: The Pleistocene strata beneath the Higashi-Ibaraki plateau were formed under the influence of glacioeustasy. They consist mainly of muddy estuarine deposits filling an incised valley and overlying shoreface sandy deposits, and were called as the “Miwa Formation” by previous studies. However, the “Miwa Formation” includes several glacioeustasy cycles and should be divided into new stratigraphic divisions. In this paper, I have examined lithofacies data of 46 boreholes along the Kasumigaura-Dosui tunnel and 19 ones along the Kita-Kanto and Higashi-Mito Highways, and recognize 6 incised-valley systems within the Pleistocene strata. Furthermore, I have measured the major element compositions of 9 tephra samples from outcrops of the Pleistocene strata and detected the 95-ka Kikai-Tozuhara, 0.13-Ma Akagi-Mizunuma 8, 0.22-Ma Iiji-Moka and 0.24-Ma Ata-Toihama tephtras. As the result, I have redefined the Ibaraki, Miwa, Natsumi and Kasagami Formations, in descending order. These formations were deposited in Marine Isotope Stage 5c, 5e, 7a-c, and 7e, respectively.

Keywords: Higashi-Ibaraki plateau, Pleistocene, Ibaraki Formation, Miwa Formation, Natsumi Formation, Kasagami Formation.

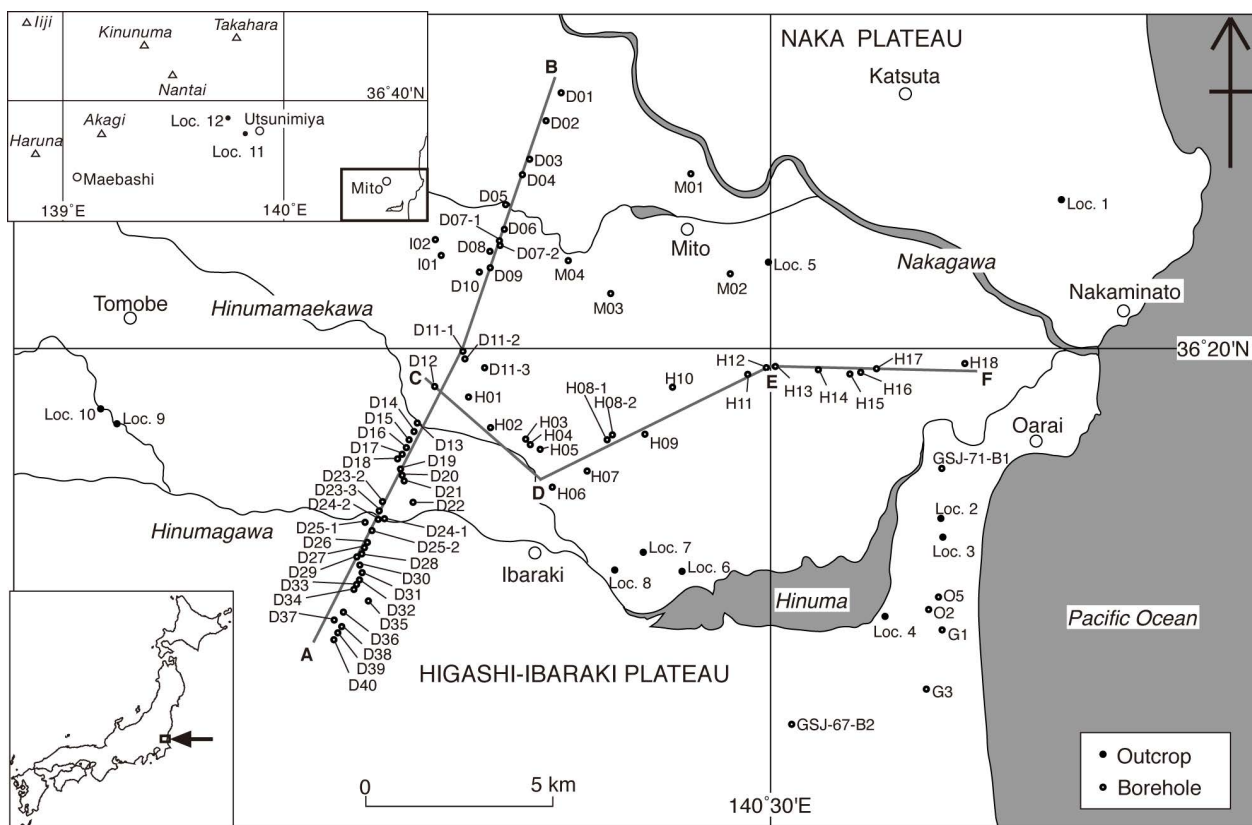
要 旨

東茨城台地を構成する更新統は、汎世界的な氷河性海面変化により形成された地層である。すなわち、この更新統は下刻した谷地形を埋める泥質のエスチュアリー堆積物とこれを覆う砂質の外浜堆積物から主に構成され、既存研究により“見和層”と呼ばれていた。しかし、“見和層”には複数回の氷河性海面変化が含まれるので、これを再区分して新しい地層名を設定する必要がある。本報告では公表されている霞ヶ浦導水トンネル沿い46ボーリング孔と北関東・東水戸自動車道沿い19ボーリング孔の岩相資料を検討し、東茨城台地更新統中に新たに6つの埋没河谷のあることを確認した。さらに、更新統の露頭から採取した9試料中の火山ガラスの主成分化学組成分析を行い、鬼界葛原テフラ(9.5万年前)、赤城水沼8テフラ(13万年前)、飯土真岡テフラ(22万年前)、阿多鳥浜テフラ(24万年前)を検出している。これらの検討の結果、新たに上位から茨城層、見和層、夏海層、笠神層からなる更新統の層序を定義した。これらの地層

の堆積時期は、それぞれ海洋酸素同位体比層序の5c, 5e, 7a-c, 7eに相当する。

1. はじめに

関東平野は日本最大の平野であり、約300万年前以降の上総・下総層群が厚く堆積する沈降性の堆積盆であるとともに、日本の首都機能が位置する地政学的に最も重要な地域でもある。その成り立ちやそこで進行中の地殻変動を理解するためには、関東平野及びその周辺丘陵構成層の層序・年代の詳細を明らかにすることが、当然ながら求められよう。このような背景から、特に南関東地域ではテフラ層序を中心とした編年が古くから進められ高精度な層序が確立されている(例えば貝塚, 1958; 町田ほか, 1974)。一方、北関東では南関東に比べ地殻変動量が少ないため地形的に識別される指標面の数が少なく、その編年は最終間氷期の堆積物がつくる地形面(貝塚, 1957; 小池; 1961; 坂本, 1972; 鈴木, 1989)にまでしか及んでいないのが現状であった。また、北関東の



第1図 掘削孔と露頭の位置図。A-B線とC-D-E-F線は第3・4図の断面の位置を示す。

Fig.1 Index map of boreholes and outcrops. A-B and C-D-E-F lines show the positions of cross sections in figures 3 and 4.

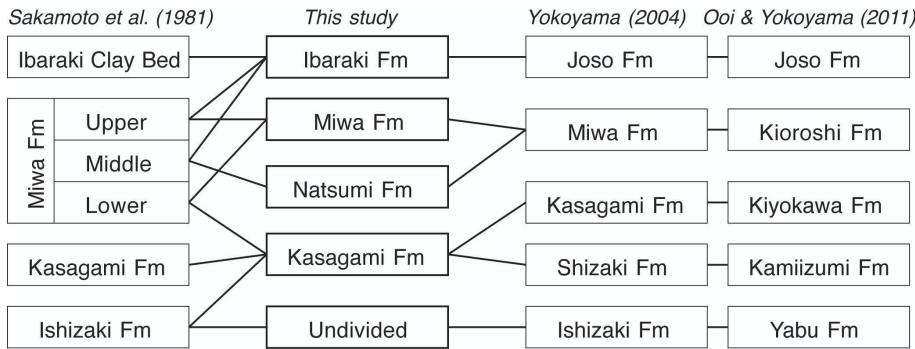
台地を構成する下総層群自体も、模式地のある房総半島のもの(例えば徳橋・遠藤, 1984)に比べ層厚が薄く、地域毎の岩相変化が大きいため、統一的な層序自体が確定しているわけではない。このような背景から、産総研では近年になり北関東地域第四系の再編年を中心とした調査研究を進めてきている(山元, 2006a; 2006b; 2007; 2012; 吉川ほか, 2010)。本論ではその一連の研究のなかから、東茨城台地を構成する更新統の新層序について報告する。

東茨城台地は茨城県中部地域にある海拔30m前後の平坦な台地であり(Fig. 1), MIS 5の下末吉海進で形成された下総層群の最上部である更新統見和層からなるとされ、更に見和層は下部・中部・上部に細分されていた(坂本, 1972; 1975)。しかし、山元(2007)は坂本の見和層中部がMIS7c-7aの海面上昇期に形成されたものであることを明らかにし、従来の見和層が複数回の氷期・間氷期サイクルを含むことから、見和層全体の層序を再検討する必要があることを指摘している。本報告では、まず東茨城台地の多数のボーリング資料に記載された岩相の水平分布から、海面低下で形成された不整合面(シーケンス境界)を識別し、これをもとに地層の区分を行う。次に、各地層に含まれるテフラの対比をもとに編年を行う。た

だし、対象とする第四系は浅海～河成の堆積物であるため、含まれるテフラのほとんどは二次堆積した混合物となっており、このことに留意した解析が必要となる。これらの検討の結果、東茨城台地を構成する更新統を、下位から笠神層、夏海層、見和層、茨城層(Fig. 2)に再区分し、編年を行った。更に、得られた結果から、東茨城台地の隆起沈降についての考察を行った。

2. これまでの研究

東茨城台地や那珂台地を構成する更新統を“見和層”と最初に呼んだのは、貝塚(1957)や斉藤(1959)である。その後、5万分の1地質図幅作成を中心とした坂本(1972; 1975)や坂本ほか(1967; 1969; 1972; 1981)の一連の調査の結果、“見和層”の詳細な岩相や層序が明らかにされている。坂本らが明らかにした重要な点は、“見和層”が埋没河谷に堆積した海面上昇期の泥質の下部と、ほぼ平坦な波曲面の上に堆積した間氷期最盛期の砂質の上部から構成されることである。そして最終的に、下位から“石崎層”、“笠神層”、“見和層”、“茨城粘土層”からなる更新統の層序が設定された(Fig. 2; 坂本ほか, 1981)。これに続く鈴木(1989)は東茨城・那珂台地の“見和層”から重



第2図 東茨城台地を構成する更新統の改訂層序. 比較のため旧層序との対応関係を示す.

Fig.2 Revised Pleistocene stratigraphy beneath the Higashi-Ibaraki plateau. Previous stratigraphic schemes are shown for comparison.

要な指標テフラである鬼界葛原テフラ (K-Tz), 赤城水沼8テフラ (Ag-MzP8), 箱根吉沢下部7テフラ (Hk-KIP7), 真岡テフラ (本報の飯士真岡テフラ: Ij-MO) を見出し, “見和層”の編年に重要な役割を果たしている。ただし, Ij-MOの降下年代については約22万年前のMIS 7と判断されたため(山元, 2007), “見和層”の再区分が必要となっている。

1990年代になると茨城県南部から千葉県北部の下総層群の堆積学的研究が盛んになり(例えば岡崎・増田, 1992), “見和層”についてもその堆積相が検討されるようになってきた(松本・牧野, 2000; 横山ほか, 2001; 2002)。特に横山(2004)は東茨城台地を含む常陸台地全体の第四系の堆積相解析を行い, 坂本(1975)や坂本ほか(1981)の層序に修正を加えている(Fig. 2)。横山(2004)や大井・横山(2011)が行った広範囲の地層の対比の根拠には, 彼らによって定義された多くのテフラ層の存在がある。しかし, 彼らのテフラ層の多くは, 高エネルギー環境であったはずの外浜～海浜堆積物中の細粒火山性碎屑層であり, これが同一時間面として意味を持つ一次堆積物であるのかどうかの検討がまず必要であろう。また, 鈴木(1989)や山元(2007)が, “見和層中部”に確認したIj-MOの降下層準が, “見和層中部”に不整合に覆われる“笠神層”にあるとする横山(2004)や大井・横山(2011)の記載も入念に再検討する必要がある。本報の結果は, 横山(2004)や大井・横山(2011)のテフラ対比の多くを支持せず, 彼らの層序(Fig. 2)とは大きく異なる。

3. 東茨城台地の地下地質

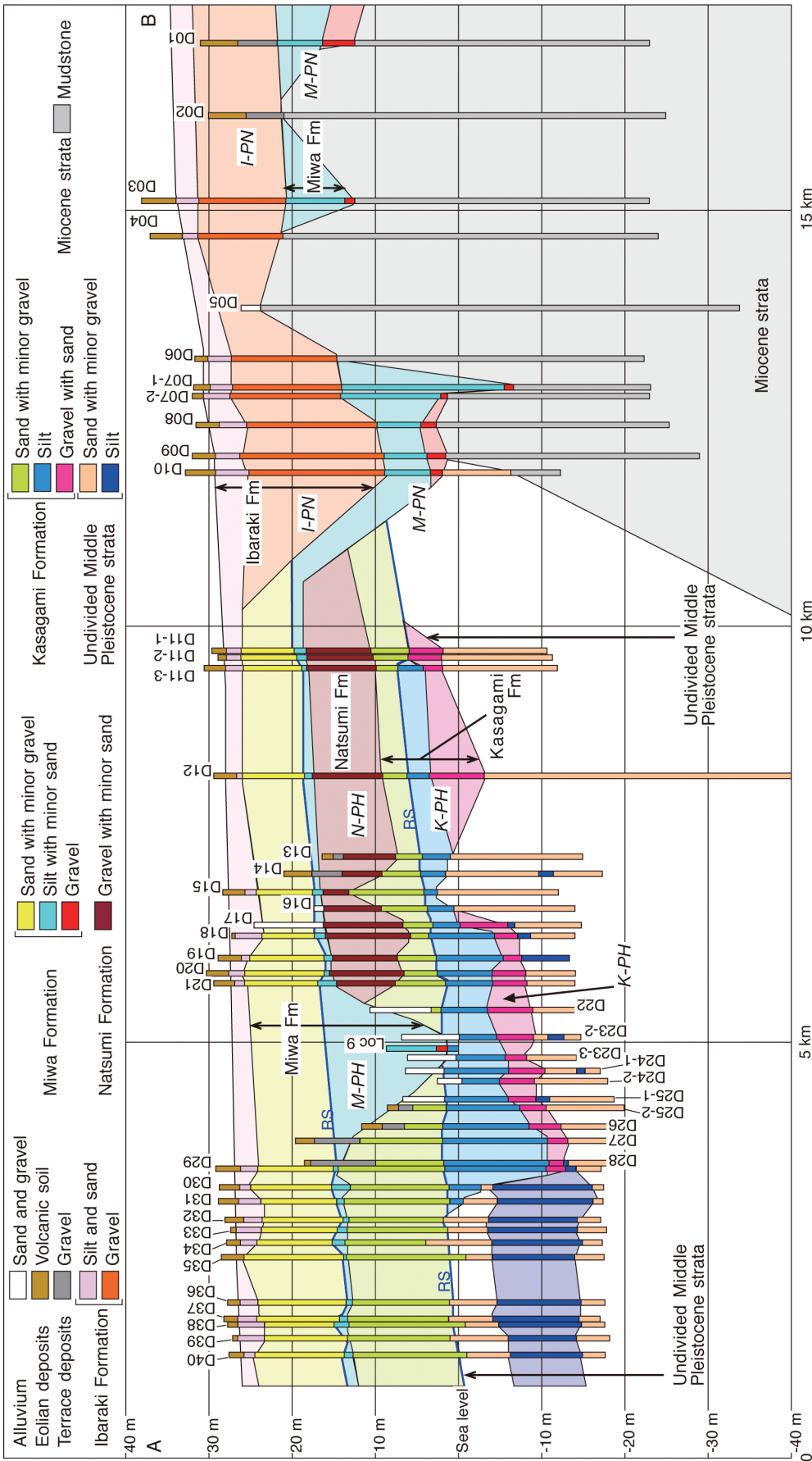
東茨城台地沿岸部, 涸沼の東～東南には地質調査所の試錐(GSJ-71-B1, GSJ-67-B2)や日本原子力研究開発機構大洗研究開発センター建設時の調査孔, 大洗町の水道井など多くの深井戸があり, それら資料は5万の1地質図幅「磯浜」に収録されている(坂本, 1975)。その後も, 東茨城台地では北関東自動車道・東水戸道路建設や霞ヶ浦導水建設をはじめとする多数のボーリング調査が実施されており(Fig. 1), その柱状図は国土交通省や茨城県土

木部の提供のもと独立行政法人防災科学技術研究所の統合化地下構造データベース (<http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/indexagreement.html>) からダウンロード閲覧することが出来る(Table. A1)。A-B断面(Fig. 3)は国土交通省の霞ヶ浦導水調査ボーリング柱状図を, C-D-E-F断面(Fig. 4)は北関東自動車道・東水戸道路路沿いに周辺も含めた調査ボーリング柱状図を投影したものである。もとの柱状図では礫, 砂, 泥, ローム層のような簡単な岩相記載しかないものの, ほぼ水平に広がるこれらの岩相を追跡するといくつかの層準に, 坂本ほか(1967; 1969)が指摘したような埋没河谷と判断される不整合が那珂川沿いや涸沼川沿いに見出される(Fig. 5)。本報告では, これらの不整合と露頭で観察される地層境界との層位関係から, 以下に記述する地質断面における累層区分を行った。

3.1 茨城層

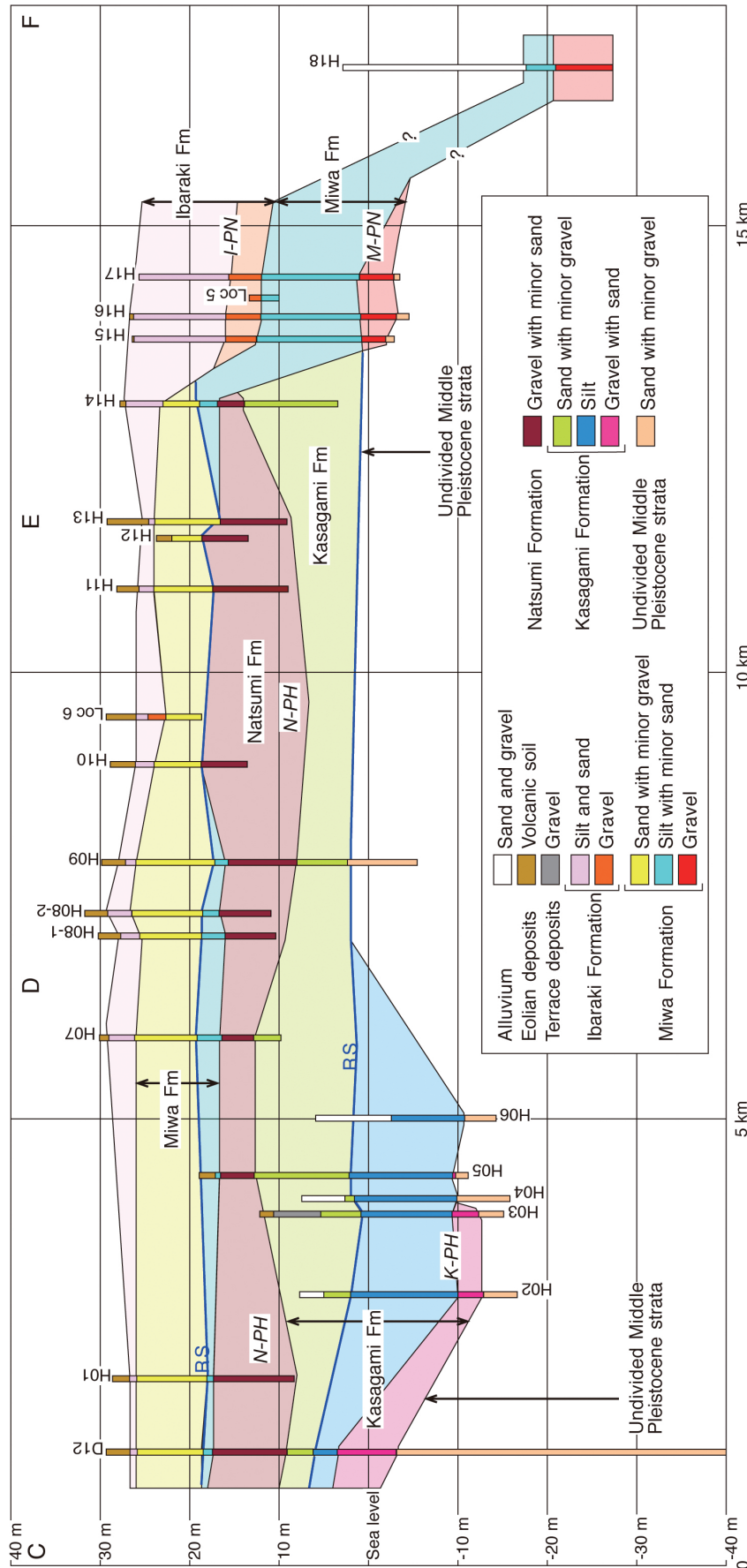
地層名 坂本(1975), 坂本ほか(1972; 1981)の“茨城粘土層”を再定義して用いる。横山(2004)が“茨城粘土層”と直下の砂・礫層を合わせて常総層と呼んだものと同じ地層であるが, 常総層の模式地は茨城県南部にあり, かつ模式地のもは古鬼怒川流系の堆積物からなる(小玉ほか, 1981)。本層は常総層と同時代の地層であるものの, 古那珂川水系の堆積場の異なるものであることから茨城層と呼ぶ。模式地は茨城県東茨城郡茨城町上石崎の砂利取り場(Loc. 6)である。

分布形態 東茨城台地表層をつくる土壌化した褐色の風成火山灰土(ローム層)の直下にある層厚1～2m前後の灰白～青灰色の塊状で砂混じりのシルト層を主体とし, 東茨城台地の全域に薄く広がっている。上面の標高はA-B断面の南端で26m程度であったものが北に向かって高度を上げ, 北端のD03では34mとなる(Fig. 3)。一方, C-D-E-F断面では標高27m前後で高度の変化は認められない(Fig. 4)。ただし, 大洗町夏海(Loc. 2)周辺では, 上面の標高は32m前後まで上昇する。本層是那珂川の南において砂層を伴い層厚が大きくなり, 下部に厚い礫層を伴うようになる(D03, D04, D06, D07-1, D07-2, D08, D09,



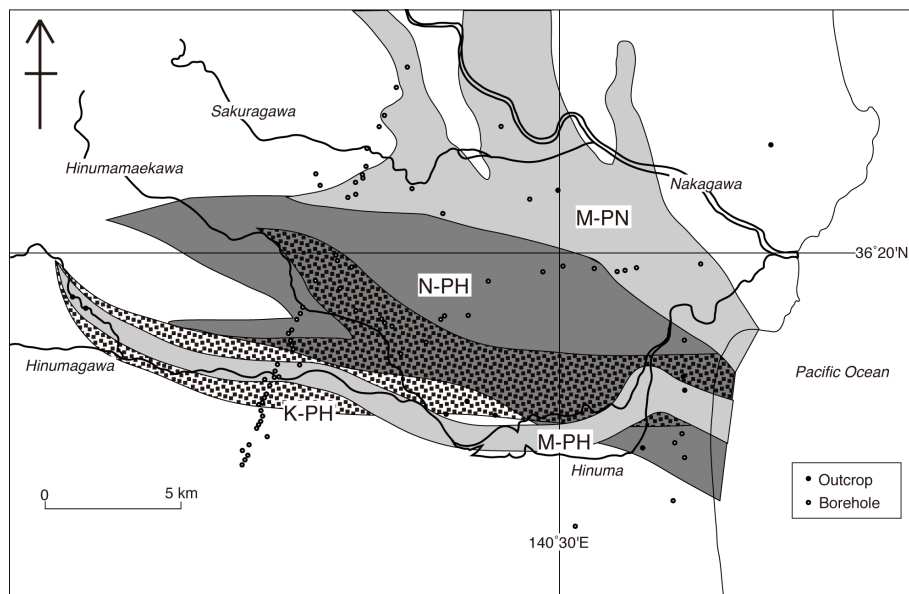
第3図 A-B線に沿う地質断面図。掘削孔の位置は第1図、名称は表A1を参照のこと。青太線はラビメント面(RS)。I-PN = 茨城古那珂川; M-PN = 見和古那珂川; N-PH = 夏海古瀬沼川; K-PH = 笠神古瀬沼川。

Fig.3 Geological cross section along the A-B line. See Figure 1 for the location and Table A1 for the name of boreholes. Blue solid lines are ravinement surfaces (RS). I-PN = Ibaraki paleo-Nakagawa; M-PN = Miwa paleo-Nakagawa; N-PH = Miwa paleo-Hinumagawa; K-PH = Kasagami paleo-Hinumagawa.



第4図 C-D-E-F線に沿う地質断面図。掘削孔の位置は第1図、名称は表A1を参照のこと。青太線はラビメント面 (RS)。I-PN = 茨城古那珂川; M-PN = 見和古那珂川; N-PH = 夏海古瀬沼川; K-PH = 笠神古瀬沼川。

Fig.4 Geological cross section along the C-D-E-F line. See Figure 1 for the location and Table A1 for the name of boreholes. Blue solid lines are ravinement surfaces (RS). I-PN = Ibaraki paleo-Nakagawa; M-PN = Miwa paleo-Nakagawa; N-PH = Natsumi paleo-Hinumagawa; K-PH = Kasagami paleo-Hinumagawa.



第5図 古河川チャネルの分布。M-PN = 見和古那珂川; M-PH = 見和古瀬沼川; N-PH = 夏海古瀬沼川; K-PH = 笠神古瀬沼川。

Fig.5 Distribution of paleo-river channels. M-PN = Miwa paleo-Nakagawa; M-PH = Miwa paleo-Hinumagawa; N-PH = Natsumi paleo-Hinumagawa; K-PH = Kasagami paleo-Hinumagawa.

D10, H15, H16, H17). この礫層の下面は、下位の見和層を最大で20 m程度削り込んでおり、この埋没河谷を茨城古那珂川 (I-PN) と呼ぶ。

堆積相 “茨城粘土層”と呼ばれた堆積物は、植物片や根痕を多産する淘汰の悪いシルトからなり、上部にはクラックが発達している。上方細粒化が顕著で、シルトの下位にはトラフ型斜交層理を持つ砂や礫層を伴っている。トラフ型斜交層理の多くは海側に傾斜し東への古流向を示すものの、東茨城台地の東部ではLoc. 1やLoc. 6のように陸側傾斜のトラフ型斜交層理を伴う中粒砂が伴われ、潮流影響下で形成されたヘリンボーン斜交層理をなしている。また、このような砂層には潮間帯に特徴的な白斑状生痕化石 (*Macaronichnus segregatis*) も場所によっては確認できる。一方、E-F断面 (Fig. 4) で見られる I-PNを埋積した茨城層下部の厚い礫層の露頭はLoc. 5で観察でき (Fig. 6)、塊状で岩片支持の中礫からなり、礫の長軸が流れ方向に直交するインプリケーションが発達する。インプリケーションの示す古流向は東ないしは南東である。Loc. 5の礫層は坂本 (1975) では“見和層中部”とされていたものの、礫層の下には後述する再堆積したAg-MzP8 (MT101) を挟む見和層、上には“茨城粘土層”が直接重なるので、本報の夏海層 (後述) に相当する“見和層中部”ではなく、茨城層に再区分すべきことは確実である。Fig. 4では、このLoc. 5の露頭柱状図をE-F断面に投影している。

堆積環境 I-PNを埋積した礫層の岩相は、これが典型的な網状河川堆積物 (例えばMiall, 1978) であることを示しており、その位置から当時の那珂川本流の流路沿いに形

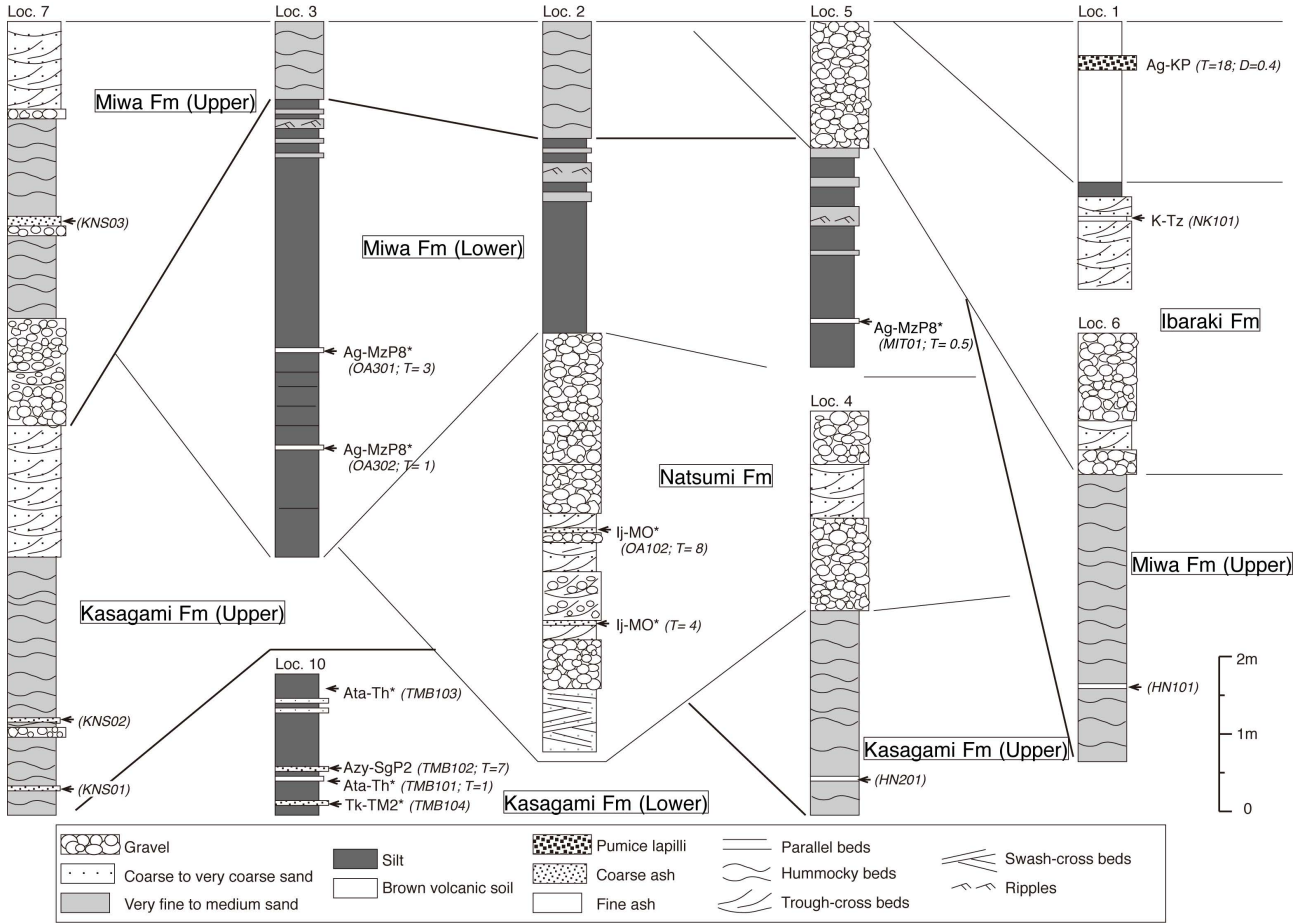
成されたものと考えられる。また、I-PNの外側に広がるオーバーク部の泥質堆積物卓越相は、横山 (2004) の指摘するように、その産状から陸成の後背湿地堆積物と判断される。一方で、台地の東部ではヘリンボーン斜交層理を持つ潮流堆積物が挟まれることから、この後背湿地は海に面しており河川流路を通じて上げ潮の影響があったことが示唆される。

3.2 見和層

地層名 齊藤 (1959)、坂本 (1972; 1975)、坂本ほか (1967; 1969; 1972; 1981) の“見和層”のうち、上部と一部を除いた下部を合わせて見和層と再定義する。従来の“見和層中部”の大部分は本報の夏海層、“見和層下部”の一部は本報の笠神層に再編される。元々の模式地は茨城県水戸市見和の周辺であるが、都市化が進んだため露頭として観察することは出来なくなっている。そのため茨城県東茨城郡大洗町の神山から夏海へと至る町道沿いの崖 (Loc. 2; Fig. 7) を新たな模式地とする。この地点では下位の夏海層から上位の茨城層までの地層が連続して観察できる。

分布形態 本層は、茨城層の下位にあり、後述する夏海層・笠神層を削り込んだ埋没河谷に堆積した泥質の下部と、これをほぼ平坦に覆う砂質の上部からなる。厚い泥質の堆積物は那珂川の南のD01, D03, D04, D07-1, D07-2, D08, D09, D10, H15, H16, H17やLoc. 5に認められ、その基底には礫層がある。また、瀬沼川沿いのLoc. 3 (Fig. 6)やLoc. 9 (Fig. 8)にも厚い泥質堆積物の露頭がある。ここでは前者を見和古那珂川 (M-PN)、後者を見和古瀬沼川 (M-PH) と呼ぶ (Fig. 5)。那珂川以北の

東茨城台地に分布する更新統の新層序と MIS5-7 海面変化との関係 (山元)



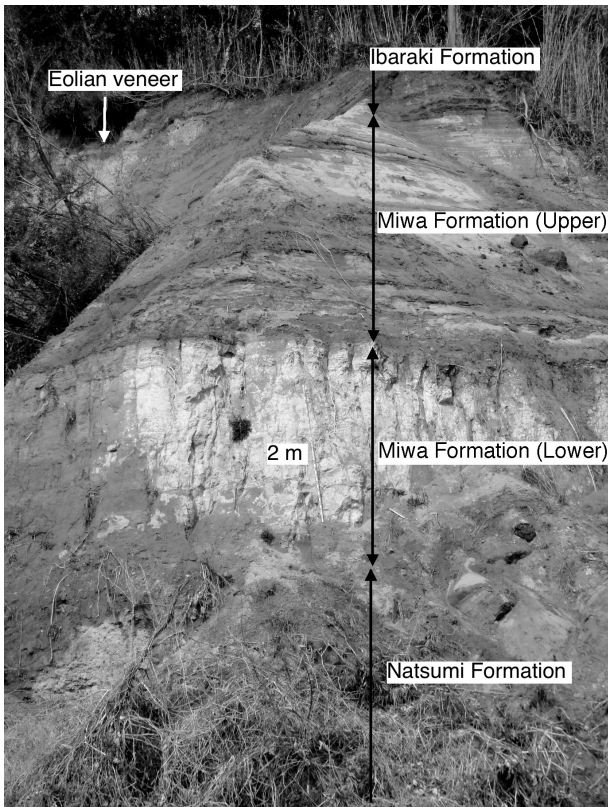
第6図 東茨城台地の更新統柱状図。テフラ層の名称は第1表、構成物の特徴は第2表参照のこと。太線はラビメント面。TMB101, KNS01等は第2表の試料番号。* =再堆積したテフラ。T = テフラ層の厚さで、単位はcm。D = テフラの平均最大粒径で、単位はcm。Loc. 7・10は、大井・横山(2011)のStop 3・1に対応する。

Fig. 6 Stratigraphic columns of Pleistocene strata in the Higashi-Ibaraki plateau. See Tables 1 and 2 for the tephra names and its compositions. Solid lines are ravinement surfaces. TMB101, KNS01, etc. are the sample number in Table 2. * = resedimented tephra. T = thickness of the tephra unit in centimeters. D = averaged maximum diameter of grains of the tephra unit in centimeters. Locs. 7 and 10 are corresponding to Stops 3 and 1 in Ooi and Yokoyama (2011), respectively.

M-PNの形態は、坂本ほか(1972)に従っている。本層下部と上部の境界の標高は、A-B断面の南端で13~14 m程度であったものが北に向かって高度を上げ、D11-1では約19 mとなる(Fig. 3)。一方、C-D-E-F断面では標高17~19 m前後で高度の変化は認められない(Fig. 4)。このボーリングで確認された下部・上部境界の標高は、坂本(1975)や坂本ほか(1981)が露頭で計測した“見和層上部”下面の標高分布と全く矛盾しない。この下部・上部境界の標高は、沿岸部の大洗町内(Loc. 2)で13~14 mまで低下し、反対に山沿いの笠間町内(Loc. 9)では25 m程度まで上昇する。このような高度の差は既に松本・牧野(2000)も指摘しており、上部の基底面はラビメント面であり

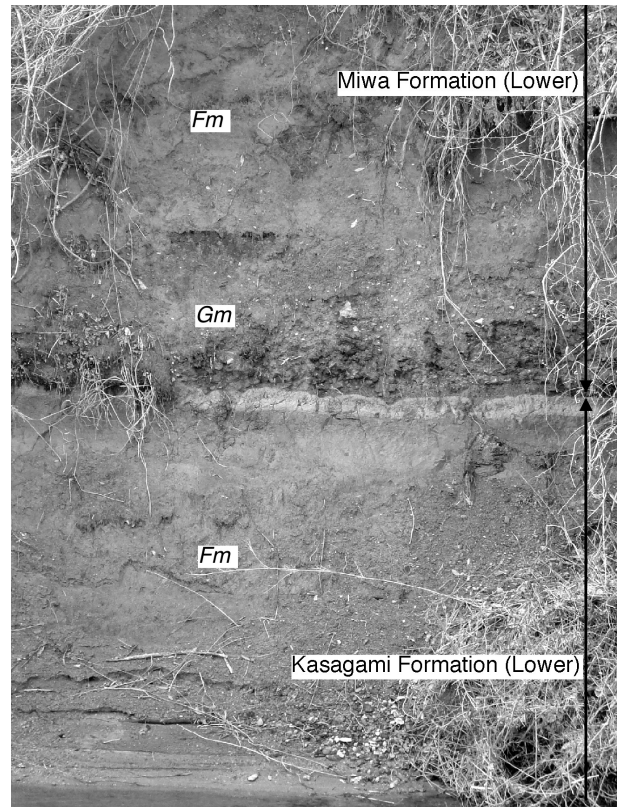
海進が東から西へ向かった結果と解釈されている。

堆積相 Loc. 3やLoc. 5に露出する本層下部は、生物擾乱を受けた塊状のシルトおよびシルト質極細粒砂層を主体とし、上部に平行層理やウェーブリップルを持つ細粒~中粒砂を伴っている(Fig. 6)。本層上部の基底面は平坦な侵食面となっており(坂本ほか, 1969)、偽礫を含む淘汰の悪い基質支持の塊状細礫~中礫層が重なっている。さらにその上位にはハンモック状型斜交層理を持つ細粒砂層、さらに上位にトラフ型や平板斜交層理を持つ細粒~中粒砂層が累重して、層厚10 m前後の側方へ良く岩相の連続する地層をつくる。



第7図 大洗町に露出する夏海・見和・茨城層(Loc. 2). この露頭は、夏海・見和層の模式露頭である。スケールは2m.

Fig.7 Outcrop of the Natsumi, Miwa and Ibaraki Formations in Oarai Town (Loc. 2). This outcrop is the type locality for the Natsumi and Miwa Formations. Scale is 2 m.



第8図 涸沼川沿いに露出する見和・笠神層のエスチュアリー相(Loc. 9). Fm = 塊状のシルト; Gm = 塊状で岩片支持の礫. 露頭の高さは約7m.

Fig.8 Outcrop of the estuary facies of the Miwa and Kasagami Formations along the Hinumagawa River (Loc. 9). Fm = massive silt; Gm = massive, clast-supported gravel. The height of the outcrop is about 7 m.

堆積環境 M-PNやM-PHの谷状地形を埋積する本層の下部は、横山(2004)の指摘するように、その岩相からエスチュアリーや潮汐低地の堆積物と判断される。また、ラベンメント面を覆う本層上部は、横山ほか(2001)や横山(2004)が既に指摘したように、海進ラグ堆積物とこれを覆う下部外浜～上部外浜の堆積物で、海進期後期とこれに続く高海水準期に形成されたものである。

3.3 夏海層

地層名 新称。涸沼周辺に分布する坂本(1972; 1975)の“見和層中部”に相当する。模式地は、見和層と同じ茨城県東茨城郡大洗町の神山から夏海へと至る町道沿いの崖(Loc. 2; Fig. 7)である。

分布形態 見和層の下位に位置し、笠神層を削り込む埋没河谷に堆積した礫の卓越する地層で、A-B断面のD11-1～D20の範囲の標高6～18mの間に層厚7～10mで位置し、北に向かって分布が高くなる(Fig. 3)。一方、C-D-E-F断

面ではD12～H14までの広い範囲で標高8～16mに連続し、高さの変化はない(Fig. 4)。また、涸沼の東では神山試錐(GSJ-71-B1)から原研1号井G1の範囲に本層の礫層の存在が確認されている(坂本, 1975)。神山試錐では礫層の下位に淘汰の良い砂層があり、これが標高-10mまで連続し、さらにその下位には砂礫層が標高-18.6mまで続くことから、ここまですべてを“見和層中部”と坂本(1975)は考えている。しかし、どこまでが本報の夏海層とすべきなのかは、コアを直接観察できていないので、判断することができない。また、坂本(1972; 1975)はこの涸沼東岸で確認されたこの埋没河谷が北西～北北西に延長され水戸付近から現那珂川に沿うものと考えていた。しかし、前述のように水戸周辺の礫層は上位の茨城層のもので、坂本(1972; 1975)の解釈は成り立たない。A-B断面・C-D-E-F断面からは埋没河谷は涸沼川に沿ってその北側に延びていたことは確実であるので、これを夏海古涸沼川(N-PH)と呼ぶ(Fig. 5)。

堆積相 模式地 (Loc. 2) に露出する本層の堆積相については (Fig. 6), 既に山元 (2007) が記載している. すなわち, 露頭基底部には成層した淘汰の良い石英に富んだ中粒～粗粒砂があり, 陸側傾斜の低角斜交層理・平行層理のくさび形セットの重なりを主とし, 間に古流向が海向きの小型リップルを伴っている. さらにその上位には, 海側傾斜のトラフ型斜交層理を持つ礫混じりの粗粒砂層と, 古流向が海向きのインブリケーションが発達する塊状中礫～大礫層が重なっている.

堆積環境 本層がN-PHの谷状地形を埋積することを重視すると, 露頭基底部の低角斜交層理・平行層理のくさび形セットは, 砂嘴プラットフォーム (spit platform; Kumar and Sanders, 1974; Moslow and Tye, 1985) のような上げ潮で形成された潮流口内の浅瀬を構成していたものと判断される (山元, 2007). これに重なるトラフ型斜交層理を持つ礫混じりの粗粒砂層や塊状礫層は典型的な網状河川流路堆積物 (Miall, 1978) で, 潮汐流の影響は認められない. この岩相の変化は, 海面上昇率よりも堆積物供給率が大きくなったため, 河口の位置が海側へと移動したことを意味するのであろう.

3.4 笠神層

地層名 坂本ほか (1981) の“笠神層”に, 潤沼川沿いに分布する彼らの“見和層下部”の一部を加えたものを笠神層と呼ぶ. 坂本ほか (1981) も指摘するように, 坂本 (1975) がかつて石崎層として1/5万地質図幅「磯浜」に示した地層のうち, 少なくとも最上部 (例えば旭村試錐 GJSJ-67-B2) は本層に再区分されるべきである. 坂本ほか (1981) は本層の模式地として茨城県東茨城郡茨城町笠神の茨城町青年共同宿泊研究所うらの露頭 (Loc. 8) を示したが, これは既に消失している. 代替の模式地としてはその北東の茨城町笠神剣尺の砂利取り場跡 (Loc. 7; Fig. 5) を指定する.

分布形態 本層は, 見和層・夏海層の下位にあり, 見和層と同様に, 下位層を削り込んだ埋没河谷に堆積した泥質の下部と, これをほぼ平坦に覆う砂質の上部からなる. 厚い泥質の堆積物はA-B断面のD11-3～D31の範囲と (Fig. 3), C-D-E-F断面のD12～H06の範囲に認められ, その基底には礫層がある. この厚い泥質堆積物が満たす埋没河谷を笠神古潤沼川 (K-PH) と呼ぶ (Fig. 5). 本層下部と上部の境界の標高は, A-B断面のD31で約1mであったものが北に向かって高度を上げ, D11-3では約7mとなる (Fig. 3). C-D-E-F断面でも境界の標高はD12の約6mから東に向かって1m前後まで高度が下がっている (Fig. 4). 潤沼北西岸の模式地 (Loc. 7) 周辺では標高10m前後に本層上部の砂層が分布するので, 断面の地層が坂本ほか (1981) の笠神層であることは問題ない.

堆積相 ボーリングで確認されたK-PHの谷状地形を埋積する本層下部の泥質堆積物は, A-B断面やC-D-E-F断面の近傍では地表に露出しないものの, 更に上流に位置するLoc. 9 (Fig. 8) やLoc. 10の潤沼川河床で観察することができる. Loc. 9の露頭は坂本ほか (1981) の地点 60の柱状図と同じもので, ここでは最下部に腐植混じりで淘汰の悪いシルト層があり, その上に厚さ2m弱の砂礫層を挟んで, 内湾生の貝化石 [種名は坂本ほか (1981) の第5表を参照のこと] を産する生物擾乱を受けた塊状シルト層が重なっている (Fig. 8). 坂本ほか (1981) は上下両層を“見和層下部”としたが, 本報では下位のシルト層を笠神層下部, 砂礫層よりも上位を見和層下部と解釈している. A-B断面においてM-PHの下限が笠神層下部まで削り込むのは, このLoc. 9での層序関係を投影したものである (Fig. 3). 模式地 (Loc. 7) の本層上部は, 見和層上部と同様な, ハンモック状型斜交層理を持つ細粒砂層とこれに重なるトラフ型斜交層理を持つ中粒砂層からなる. この露頭は, 大井・横山 (2011) のStop 3の笠神層の露頭と同じものであり, その堆積相解釈にも違いはない.

堆積環境 K-PHの谷状地形を埋積する泥質の本層下部は, その堆積相からエスチュアリー堆積物と判断される. また, 砂質の本層上部は, 横山 (2004) が既に指摘したように, 下部外浜～上部外浜の堆積物である.

3.5 未区分更新統

坂本ほか (1981) は, 見和層・笠神層よりも下位にある下総群層構成層を, “石崎層”と総称している. しかしながら, この地層は地表へほとんど露出せず, 坂本ほか (1981) も認めるように, 層序関係の不明な複数の地層をまとめて“石崎層”と呼んでいるに過ぎない. そのため, 本報では笠神層よりも下位の更新統を区分することはしない. それでもD28～D40の標高-4～-6 m以深に泥質堆積物で満たされた埋没河谷が存在するなど (Fig. 3), 今後の研究が進めば更なる層序区分は十分可能である. そのためには, コア試料の新たな編年が求められる.

4. テフラの対比

東茨城台地のテフラの対比する上で参照とすべきものは, 鈴木 (1989) も主張するように, 卓越風の風上側に位置する北関東の火山群近傍のテフラ層序である. Fig. 9はその代表で, 栃木県鹿沼市の鹿沼・上欠段丘における被覆風成堆積物の露頭柱状図を示している (山元, 2007; 吉川ほか, 2010). 褐色の火山灰土中には赤城火山由来の多数の降下テフラ層のほか, 日光火山群, 飯士火山や鬼怒沼火山由来の降下テフラ層が認められる. テフラの名称と命名はTable. 1に, テフラの構成物の特徴はTable 2に示している. これらのうち, 対比の上で重要

第1表 テフラ一覧. *Cpx* = 単斜輝石; *Cum* = カミングトン閃石; *Hb* = 普通角閃石; *Opx* = 斜方輝石.

Table.1 List of tephra units in this study. *Cpx* = clinopyroxene; *Cum* = cummingtonite; *Hb* = hornblende; *Opx* = orthopyroxene.

Tephra	Name		Age	Rock type	Reference
Ag-KP	Akagi-Kanuma	赤城鹿沼	44 ka	Hb Opx dacite	Akutsu (1955)
Ag-NM1	Akagi-Namekawa 1	赤城行川1	ca 51 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ag-NM2	Akagi-Namekawa 2	赤城行川2	ca 52 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ag-MzP1	Akagi-Mizunuma 1	赤城水沼1	56-59 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ag-MzP2	Akagi-Mizunuma 2	赤城水沼2	ca 60 ka	Hb Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ag-MzP5	Akagi-Mizunuma 5	赤城水沼5	ca 90 ka	Hb-bear Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
K-Tz	Kikai-Tozuhara	鬼界葛原	ca 95 ka	Opx Cpx rhyolite	Machida & Arai (2003)
Ag-MzP6	Akagi-Mizunuma 6	赤城水沼6	ca 0.10 Ma	Hb Opx dacite	Suzuki (1990)
Nk-MA	Nikko-Mamiana	日光満美穴	ca 0.10 Ma	Opx Cpx andesite	Akutsu (1957)
Ag-MzP7	Akagi-Mizunuma 7	赤城水沼7	ca 0.12 Ma	Hb Opx dacite	Suzuki (1990)
Ag-MzP8	Akagi-Mizunuma 8	赤城水沼8	ca 0.13 Ma	Hb-bear Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ag-MzP9-10	Akagi-Mizunuma 9-10	赤城水沼9-10	ca 0.13 Ma	Hb-bear Opx Cpx dacite	Suzuki (1990)
Ij-MO	Iiji-Moka	飯土真岡	ca 0.22 Ma	Cum-bear Opx Hb dacite	Yamamoto (2007)
Kn-KD	Kinunuma-Kurodahara	鬼怒沼黒田原	ca 0.23 Ma	Opx Hb dacite	Suzuki (1993); Yamamoto (1999)
Azy-SgP2	Azumaya-Sigadaira 2	四阿菅平2	ca 0.24 Ma	Bt Cum Hb dacite	Suzuki & Hayakawa (1990)
Ata-Th	Ata-Toihama	阿多鳥浜	ca 0.24 Ma	Opx Hb rhyolite	Machida & Arai (2003)
Tk-TM02	Takahara-Tomuroyama2	高原戸室山2	ca 0.24 Ma	Opx Hb dacite	Yamamoto (1999)

なものは赤城水沼8テフラ (Ag-MzP8), 赤城水沼9-10テフラ (Ag-MzP9-10), 飯土真岡テフラ (Ij-MO)である。本報では、テフラ対比のために、火山ガラスや斑晶鉱物の屈折率測定を温度変化型測定装置(MAIOT)で測定したほか、火山ガラスの主成分化学組成をエネルギー分散型X線マイクロアナライザー (EDX)で測定している。測定は、どちらも(株)古澤地質に依頼した。分析結果は付録2に示している。

4.1 茨城層中のテフラ

1) 鬼界葛原テフラ (K-Tz)

ひたちなか市部田野(Loc. 1)の本層最上部を構成する海側傾斜のトラフ型斜交層理を持つ砂層中に、細粒火山灰の団塊が径2cm以下の偽礫として再活動面に沿って配列している(Fig. 6)。この露頭とテフラは、鈴木(1989)が記載したものと全く同じものである。鈴木(1989)は、このテフラが低屈折率の気泡壁型火山ガラス片に富み、石英斑晶を含むこと、火山ガラスの全岩化学組成の特性から、約9.5万年前に鬼界カルデラから噴出したK-Tz(町田・新井, 2003)に対比している。本報でも同露頭のNK101を分析し、火山ガラスの屈折率(*n*)が1.497~1.500であること、石英斑晶を含むことを確認した(Table. 2)。細粒火山灰団塊自体の純度は高く、異質粒子はほとんど混入していない。テフラは団塊として再活動面にあることから、流れの停滞期にK-Tzが水域に堆積しマッドレイプとして層をなしていたものが、潮流によって斜層理

を形成する際に侵食され偽礫となったものとみられる。

4.2 見和層中のテフラ

1) 再堆積した赤城水沼8テフラ (Ag-MzP8*)

Loc. 3とLoc.5の見和層下部の泥質堆積物中には、軽石型火山ガラス片に斜方輝石・単斜輝石を含んだ細粒砂の薄層が挟まれている(Fig. 6)。Loc. 3では120cm離れた複数層準(OA301とOA302)に現れ、間のシルト層にも火山ガラスを含むシルトの薄層が平行層理をなしている。Loc. 5の薄層(MIT01)は、生物擾乱を受け側方へはあまり連続しない。OA301とOA302は層準が異なるものの、構成物の特徴は極めて類似しており、火山ガラスの屈折率(*n*)は1.505~1.507と1.496~1.502とバイモーダルで、斜方輝石の屈折率の分布範囲もかなり広い(Table. 2)。従って、両者は伴に再堆積した混合テフラであり、後背地から繰り返しエスチュアリーに流入したとみられる。MIT01も含めた火山ガラスの主成分化学組成(Tables A2, A3 & A4)の分布をみると、混合の特徴はより顕著である。3試料とも含まれる火山ガラスのうち半分強は同じ比較的狭い範囲に集中するものの、残りの火山ガラスの組成は広い範囲に分散してしまう(Fig. 10-1)。比較のため、Fig. 10-1には鈴木(1989)により見和層から記載されているAg-MzP8とAg-MzP9-10について、鹿沼段丘の試料(KN101とKN102; Fig. 9)の分析値(山元, 2013)も示している。Ag-MzP8の火山ガラスはSiO₂量が77.0~78.5 wt%で、CaOが若干低く、K₂Oが若干高い傾向があ

第2表 テフラの特徴

Cpx = 単斜輝石; Cum = カミングトン閃石; Hb = 普通角閃石; Opx = 斜方輝石; Qz = 石英; [] = 微量成分;
* = 再堆積したテフラ. A = 本研究; B = 吉川ほか (2010). 露頭の位置は, 第1図と第3表を参照のこと.
テフラ試料の層位は, 第6・9図を参照のこと.

Table. 2 Characteristics of tephra units. Cpx = clinopyroxene; Cum = cummingtonite; Hb = hornblende; Opx = orthopyroxene; Qz = quartz; [] = minor component; * = reseedimented tephra. A = this study; B = Yoshikawa et al. (2010). See Figure 1 and Table A3 for outcrop localities. Stratigraphic positions of samples are shown in Figures 6 and 9.

Unit	Sample	Loc.	Mineral composition	Refractive index mode				Ref.
				Glass (n)	Opx (γ)	Hb (n2)	Cum (n2)	
K-Tz	NK101	1	Qz	1.497-1.500 (100%)				A
(not tephra)	KNS03	7	Opx, Cpx > Hb; Qz	1.497-1.503 (70%) 1.504-1.506 (20%)	1.697-1.703 (30%) 1.711-1.715 (30%) 1.716-1.719 (30%)	1.669-1.688 (100%)		A
Ag-MzP8	UT115	11	Opx > Cpx, [Hb]	1.505-1.507 (80%)	1.707-1.711 (90%)	[1.682-1.690 (60%)] [1.673-1.674 (10%)]		B
Ag-MzP8	KN102	12	Opx > Cpx, [Hb]; [Qz]	1.508-1.511 (80%)	1.708-1.711 (90%)	[1.679-1.690 (90%)]		B
Ag-MzP8*	OA301	3	Opx > Cpx	1.504-1.507 (40%) 1.495-1.502 (50%)	1.707-1.712 (40%) 1.696-1.701 (20%) 1.718-1.720 (20%)			A
Ag-MzP8*	OA302	3	Opx > Cpx	1.505-1.511 (40%) 1.496-1.504 (50%)	1.706-1.708 (20%) 1.711-1.716 (30%) 1.698-1.704 (20%)			A
Ag-MzP9-10	UT116	11	Opx > Cpx, [Hb]	1.500-1.504 (90%)	1.706-1.709 (80%)	[1.674-1.683 (80%)]		B
Ag-MzP9-10	KN101	12	Opx > Cpx, [Hb]; [Qz]	1.500-1.507 (80%)	1.707-1.709 (90%)	[1.672-1.688 (90%)]		B
(not tephra)	KNS01	7	Hb.; Qz	1.497-1.504 (90%)		1.669-1.689 (100%)		A

第3表 露頭位置一覧

Table. 3 List of outcrops.

No.		Latitude	Longitude
1	茨城県ひたちなか市部田野	36.37135	140.58262
2	茨城県東茨城郡大洗町神山町	36.29674	140.54638
3	茨城県東茨城郡大洗町神山町	36.29156	140.54760
4	茨城県東茨城郡大洗町松川第一	36.26921	140.52866
5	茨城県水戸市酒門町善重寺	36.35726	140.49538
6	茨城県東茨城郡茨城町上石崎東永寺	36.28067	140.47077
7	茨城県東茨城郡茨城町上石崎剣尺	36.28762	140.45897
8	茨城県東茨城郡茨城町笠神	36.28599	140.44811
9	茨城県笠間市大古山	36.31786	140.30288
10	茨城県笠間市大古山	36.32163	140.29670
11	栃木県宇都宮市上欠	36.54779	139.83152
12	栃木県鹿沼市宮脇	36.60955	139.73396

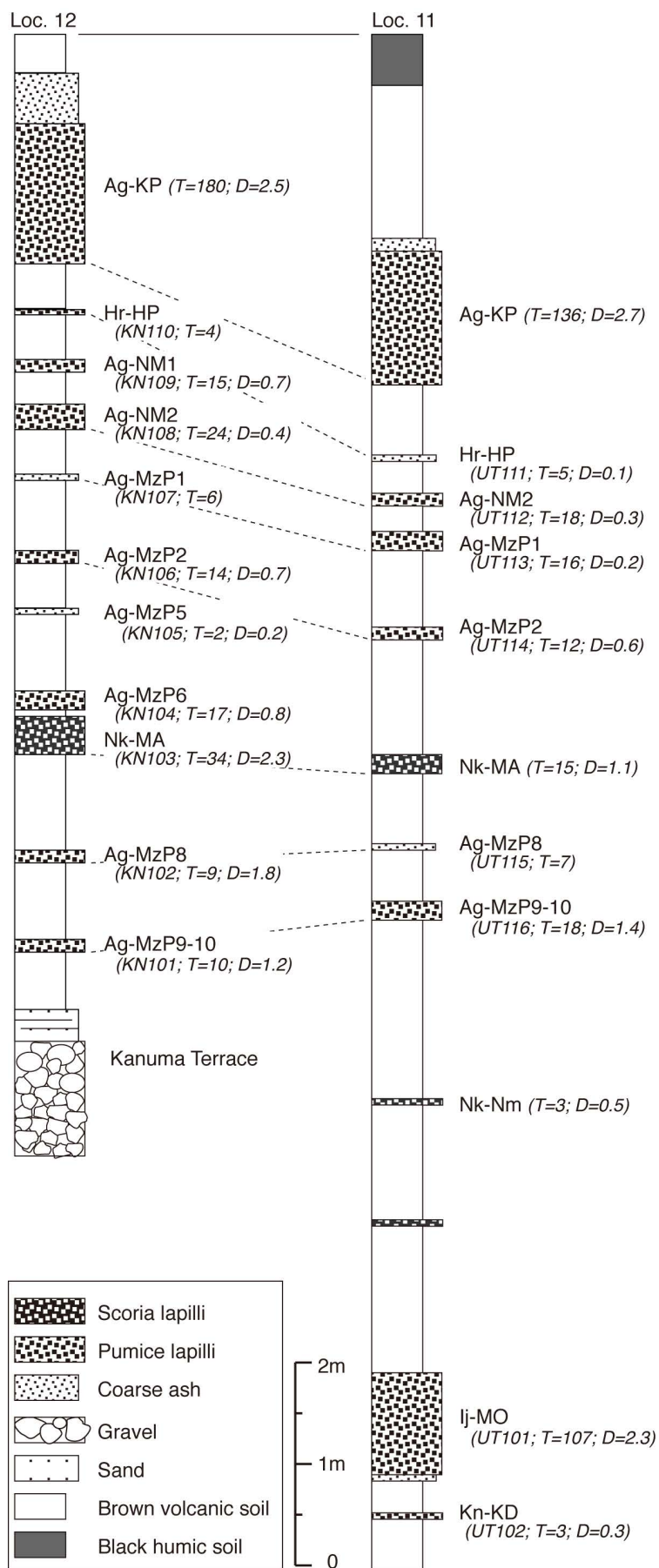
るものの, OA301・OA302・MIT101の火山ガラス組成中部との対応がよい. 一方, Ag-MzP9-10の火山ガラスはSiO₂量が75.0~77.0 wt%とAg-MzP8とは系統的にずれており, OA301・OA302・MIT101の火山ガラス組成とは一致しない. 以上の特徴から, OA301・OA302・MIT101をAg-MzP8の再堆積物と判断する.

2) 試料KNS03

茨城町笠神剣尺のLoc. 7は, 大井・横山(2011)のStop3と同じ露頭で, 彼らは見和層基底の海進ラグの礫層を覆うハンモック状斜交層理を持つ砂層から荒谷軽石を記載している. その記載した層準(KNS03)には中粒~極粗粒砂サイズの円磨された軽石粒子や斜方輝石・単斜輝石・普通角閃石が濃集している(Fig. 6). しかし, この試料の火山ガラスの屈折率(n)は1.497~1.506に分散し, 斜方輝石の屈折率もまとまりがない(Table. 2). さらに火山ガラスの化学組成(Table. A5)も, 全く特定の範囲に集中することがなく(Fig. 10-2), KNS03をテフラと認定することは出来ない.

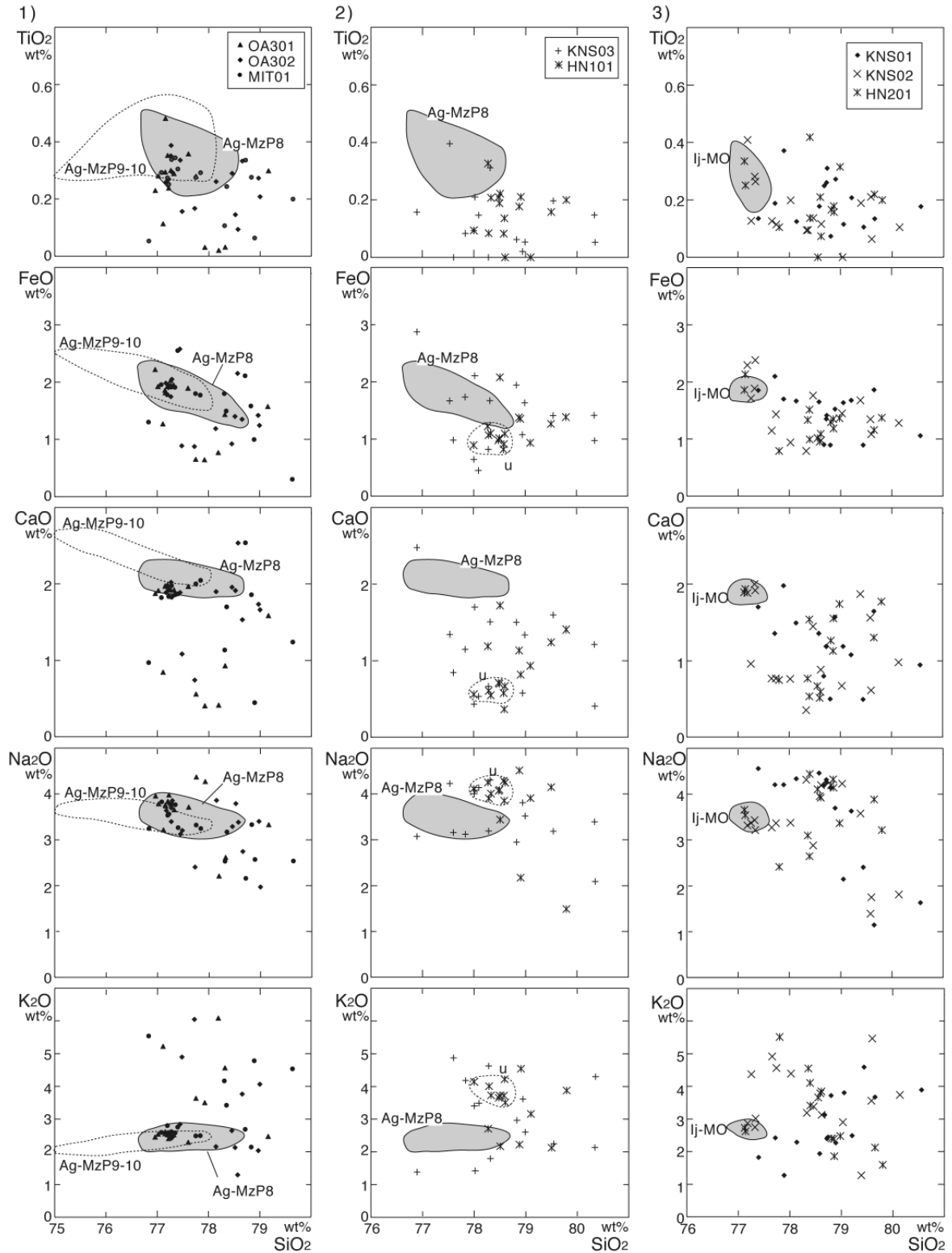
3) 試料HN101

茨城県東茨城郡茨城町上石崎のLoc. 6では見和層上部のハンモック状斜交層理を持つ砂層中に黒雲母片の目立つ火山砕屑物の多い厚さ1cm弱の薄層(HN101)が確認できる(Fig. 6). 黒雲母・普通角閃石のほか斜方輝石や斜長石・石英などの多様な結晶片に富み, 僅かに火山ガラス片を含んでいる. このような構成物の特徴から, 周辺の見和層上部で横山(2004)が記載した貝谷軽石に相当する可能性がある. HN101の火山ガラス片の化学組成



第9図 内陸宇都宮地域における風成被覆堆積物の層序。テフラ層の名称は第1表を参照のこと。Kn101, Kn102, UT101, UT102, UT115やUT116は第2表の試料番号。他のテフラ層の特徴は、吉川ほか(2010)に示されている。T = テフラ層の厚さで、単位はcm。D = テフラの平均最大粒径で、単位はcm。Loc. 11・12は、吉川ほか(2010)のLoc. 9・4に対応する。

Fig. 9 Stratigraphic columns of eolian veneer deposits in the inland Utsunomiya region. See Table. 1 for the tephra names. Kn101, Kn102, UT101, UT102, UT115, and UT116 are the sample number in Table 2. Characteristics of other sample are shown in Yosikawa *et al.* (2010). T = thickness of the tephra unit in centimeters. D = averaged maximum diameter of grains of the tephra unit in centimeters. Locs. 11 and 12 are corresponding to Locs. 9 and 4 in Yosikawa *et al.* (2010).



第10図 見和層(1・2)と笠神層(3)中の火山ガラスの主成分化学組成. 赤城水沼8テフラ (*Ag-MzP8*), 赤城水沼9-10テフラ (*Ag-MzP9-10*), 飯土真岡テフラ (*Ij-MO*)の組成範囲は山元(2013)による. サンプルの層序は第6図を参照のこと.

Fig. 10 Major element variations of volcanic glass shards from the Miwa Formation (1 and 2) and Kasagami Formation (3). Data fields for the Akagi-Mizunuma 8 tephra (*Ak-MzP8*), Akagi-Mizunuma 9-10 tephra (*Ak-MzP9-10*), and Iiji-Moka tephra (*Ij-MO*) are taken from Yamamoto (2013). See figure 6 for sample stratigraphy.

(Table. A6)は、約半分の粒子が特定の範囲(Fig. 10-2のu)に集まるので、何らかのテフラを母材とすることは確実である。しかし、残りの火山ガラスの組成は広く分散するので、再堆積した混合テフラであることは確実である。また、波浪時に特に濃集しやすい黒雲母や普通角閃石のようなフレーク状の鉱物が、はたしてu組成のテフラの本質物であるのかどうかは判断することは出来ない。

4.3 夏海層中のテフラ

1) 再堆積した飯土真岡テフラ(Ij-MO*)

山元(2007)が既に記載したように、Loc. 2の模式地の夏海層には、再堆積したIj-MOが複数層準に挟まれている(Fig. 6)。このうちのOA102は層厚8 cmの平行層理を持った細粒火山砕屑物で、火山ガラス片、普通角閃石、斜方輝石、石英の結晶片が含まれている。構成物の屈折率を検討した山元(2007)は、これがIj-MO以外にも直下のKn-KDや全く別のテフラ由来の少なくとも3つの混合物であることを示している。更に、山元(2013)はこのことを再確認するために、OA102とIj-MO給源近傍相の越後湯沢火砕流堆積物(Yz-PF)、Kn-KD給源近傍相のヒナタオソロシノ滝火砕流堆積物(Or-PF)の火山ガラスの主成分分析を行い、OA102がIj-MOを含む3つのテフラの混合物であるとする山元(2007)の記載の正しさを裏付けている。

4.4 笠神層中のテフラ

1) 四阿菅平2テフラ(Azy-SgP2)

大石(2009)は、笠間町大古山の涸沼川沿い(Loc. 10)の笠神層下部の泥質堆積物中に本テフラがあることを記載している(本報のTMB102; Fig. 6)。これは横山(2004)の「大古山軽石」と同じもので、大石(2009)は四阿火山近傍のAzy-SgP2との屈折率による構成物の比較から、両者が同一のテフラであることを明らかにしている。横山(2004)は全く別のテフラ堆積物[山元(2013)の涸沼川テフラ]にも「大古山」の固有名称を用いているが、このような重複使用は地層命名指針に反しており、「大古山」の固有名称を地層名として用いるべきではない。Loc. 10のAzy-SgP2(TMB102)は、再堆積を示唆するような堆積構造を持つことなく層厚7 cmの明瞭な単層として塊状のシルト層中に挟まれていること、火山ガラスの純度が高いこと(山元, 2013)から、降下火砕物として一次堆積したものと判断されよう。

2) 再堆積した阿多鳥浜テフラ(Ata-Th*)

横山(2004)は、Loc. 10においてAzy-SgP2の直下に約24万年前のAta-Th対比される火山灰があることを指摘している(本報のTMB101; Fig. 6)。この火山灰は暗灰色のシルト層中に厚さ1 cm弱の白色細粒砂のレンズとして挟まれ、側方への連続性は悪い。TMB101には、鏡下では、

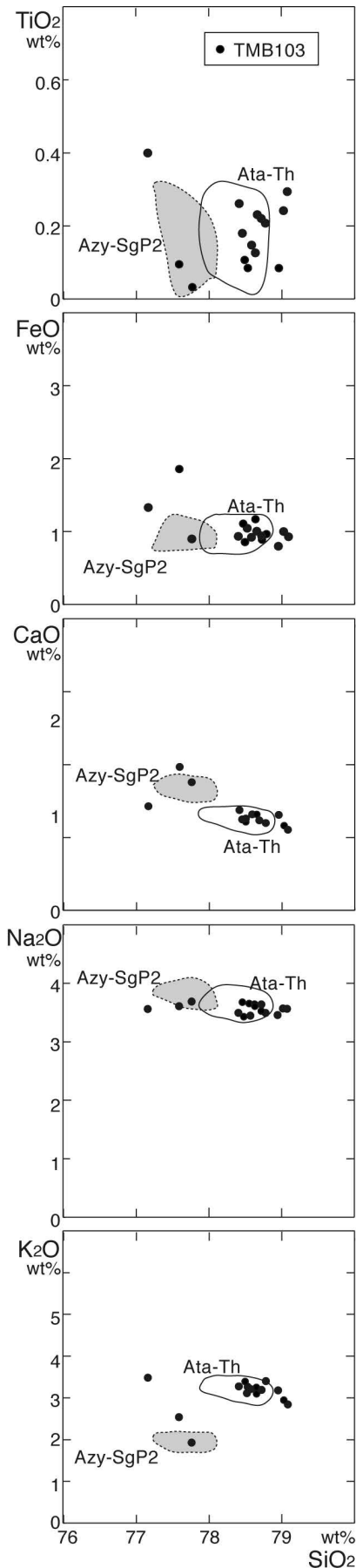
低屈折率($n=1.499\sim 1.502$)の気泡壁型火山ガラス以外に、高屈折率($n=1.518\sim 1.523$)の軽石型火山ガラスも含まれている(Table. 2)。その特徴は、火山ガラスの主成分化学組成でも認められ、気泡壁型火山ガラスのSiO₂量は77.9~78.8 wt%で、給源近傍の鳥浜火砕流堆積物中の軽石(試料Ata-Th)と良く一致するのに対し、高屈折率火山ガラスのSiO₂量は72.0~73.6 wt%と全く異なっている(山元, 2013)。このような結果から、TMB101は再堆積したAta-Thと判断される。ただし、TMB101直下の高原戸室山2テフラ(Tk-TM2)を含む再堆積した混合テフラ(TMB104)にはAta-Th由来の火山ガラスは全く含まれていないので(山元, 2013)、TMB101はAta-Thの降下層準にかなり近いものと見られる。

3) 試料TMB103

Loc. 10の露頭は、大井・横山(2011)のStop1と全く同じ露頭である。大井・横山(2011)はこの露頭最上部の塊状シルト層から、横山(2004)の貝谷軽石の産出を記載し(本報のTMB103; Fig. 6)、これが見和層の指標テフラであることから、Azy-SgP2やAta-Thを含む下位の塊状シルト層との間にシーケンス境界が存在すると主張している。TMB103は明瞭な単層として火砕物があるわけではなく、シルト中に中粒~粗粒砂サイズの軽石片や普通角閃石、黒雲母、斜方輝石、石英などの鉱物片が雑多に含まれ、鏡下では気泡壁型火山ガラスも多く含まれている。主成分化学組成(Table. A7)でみると、TMB103の気泡壁型火山ガラスのほとんどはAta-Thと一致し、軽石片の一部はAzy-SgP2と一致し、それ以外の組成の火山ガラスも混合している(Fig. 11)。従って、TMB103の火山砕屑物混じりのシルトは、露頭下部のものと構成物に違いはなく、両者の間にシーケンス境界が存在するとは考えられない。

4) 試料KNS01・KNS02

笠神層模式地のLoc. 7は、大井・横山(2011)のStop3と同じ露頭で、彼らは笠神層上部のハンモック状斜交層理を持つ砂層から真岡軽石を記載している。その層準(KNS02)には細粒~中粒砂サイズの普通角閃石、斜方輝石、石英が濃集し、鏡下では火山ガラス片も確認でき、同様な細粒火砕物は下位の層準(KNS01)にも存在する(Fig. 6)。しかしながら、その火山ガラスや斜方輝石・普通角閃石の屈折率の範囲は、山元(2007)が示したIj-MOの範囲よりも遙かに広く(Table. 2)、これがIj-MOの一次的な降下火砕物であるとはみなせない。KNS01とKNS02の火山ガラスを主成分組成(Tables A8 & A9)と比較しても、広い範囲に分散し(Fig. 10-3)、何らかの特定の母材テフラの存在を指摘することもできない。数粒の火山ガラスがIj-MOの組成範囲に落ちてはいるが、これを意味のあるものとはみなせないであろう。従って、KNS01とKNS02はテフラとは認定できない。



第11図 笠神層中の火山ガラスの主成分化学組成. 阿多鳥浜テフラ (*Ata-Th*), 四阿菅平2テフラ (*Azy-SgP2*)の組成範囲は山元(2013)による. サンプルの層序は第6図を参照のこと.

Fig. 11 Major element variations of volcanic glass shards from the Kasagami Formation, Data fields for the Ata-Toihama tephra (*Ata-Th*), and Azumaya-Sugadaira 2 tephra (*Azy-SgP2*) are taken from Yamamoto (2013). See figure 6 for sample stratigraphy.

5) 試料HN201

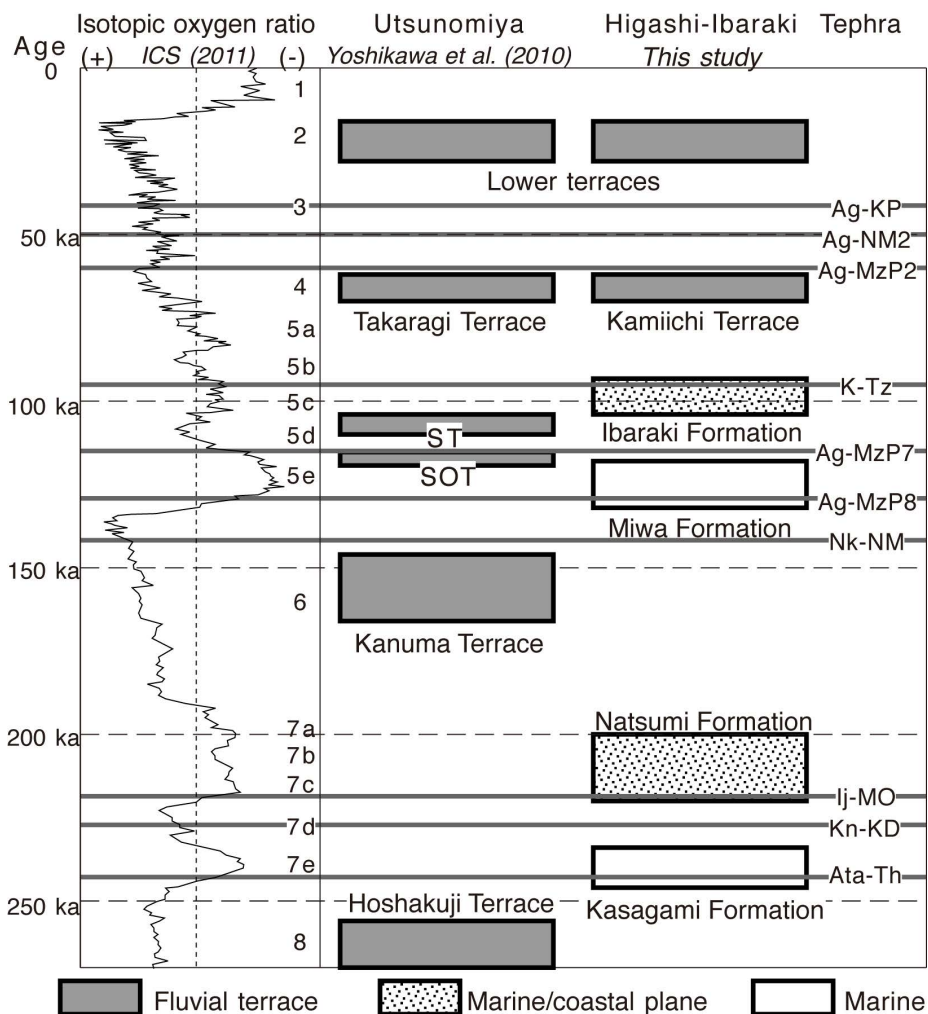
大洗町成田のLoc. 4の笠神層上部は(Fig. 6), 坂本(1975)の地質図では“石崎層”と区別されているが, 坂本ほか(1981)の区分に従えば笠神層とすべきものである. ここでもハンモック状斜交層理を持つ笠神層の砂層中に, 細粒~中粒砂サイズの普通角閃石, 斜方輝石, 石英や火山ガラス片を含む平行層理の発達した火山性碎屑物(HN201)が挟まれている. ただし, KNS01・KNS02と同様に, HN201の火山ガラスの主成分組成(Table. A10)は広い範囲に分散している(Fig. 10-3). 従って, HN201についてもこれをテフラと認定することはできない.

5. 議論

5.1 東茨城台地更新統の編年

茨城層は約9.5万年前のK-Tzをその最上部に挟むことから, 鈴木(1989)や横山(2004)の主張通りMIS 5cの高海面期に形成されたもので(Fig. 12), MIS5dに形成された谷地形を埋積した海岸平野や河口の堆積物からなる. 20万分の1地質図水戸(吉岡ほか, 2001)では, 東茨城・那珂台地の表層部は見和層を示すtm1に区分され, tm2の常総層が分布する茨城県南部の稲敷台地とは別の扱いになっている. しかしながら, 本報の結果はこの対比が間違っていることを示しており, 東茨城・那珂台地もtm2へと区分し直さなければならない. 東茨城・那珂台地は稲敷台地よりも標高が高いものの, この差は離水時期の違いを示すのではなく, 次章で記述するように台地の傾動運動の結果と考えられる.

見和層の形成時期は, 坂本(1972), 鈴木(1989), 横山(2004)の主張通り, MIS5eの高海面期で(Fig. 12), MIS 6に形成された谷地形を埋積したエスチュアリーとこれを覆う外浜・海浜などの堆積物からなる. 鈴木(1989)や横山(2004)は見和層上部の砂層中からAg-MzP8(彼らのMiwa-U)の産出を記載していたが, 本報で, 見和層へのAg-MzP8碎屑物の供給は, すでに下部のエスチュアリー相堆積時期から始まることを明らかにした. このことは, 東茨城台地と赤城火山の間にある後背地に積もったAg-MzP8から, 繰り返し碎屑物が供給されたことを示しており, Miwa-Uが見和層内の同一時間面を示す鍵層に



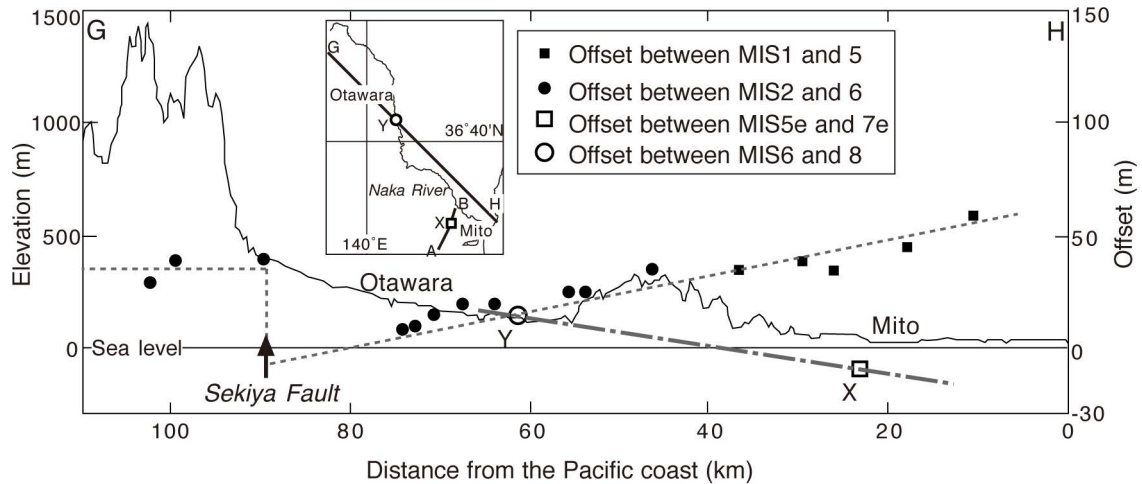
第12図 内陸宇都宮地域と東茨城台地の更新統の層序関係。酸素同位体比曲線の数字は海洋酸素同位体ステージの番号(ISC, 2011)。灰色の太線は、テフラ層の層位を示す。ST=白沢段丘; SOT=下野大沢段丘

Fig. 12 Stratigraphic relationship between the Pleistocene strata in the inland Utsunomiya region and the Higashi-Ibaraki plateau. Numerals in isotopic oxygen ratio curves are Marine Isotope Stages (ISC, 2011). Gray solid lines mean the stratigraphic positions for the tephra layers. ST = Shirasawa Terrace; SOT = Shimotuke-Osawa Terrace.

はなり得ないことを意味している。Ag-MzP8の噴火時期は、海面変化曲線との関係から、約13万年前とみなせよう(Fig. 12)。同様のことは、新潟平野の沖積層中の再堆積した沼沢沼沢湖テフラを検討した上部ほか(2011)も指摘している。上部らによると、洪水イベントで新潟平野に運搬された同テフラは、デルタを形成しながら海に向かって前進しており、同テフラの産出層準は時間軸と全く斜交することに注意を促している。また、横山(2004)や大井・横山(2011)は、外浜・海浜堆積物に含まれる火山砕屑物薄層を対比の根拠に、見和層を部層単位にまで細分している。しかし、彼らの指標テフラは、そもそも

本報の結果が示しように一次堆積したテフラではありえないものが多い。

夏海層は、再堆積した約22万年前のIj-MOがあることから、山元(2007)が主張したように、MIS7dに形成された谷地形を埋積したMIS 7c-7aの河川・潮流口の堆積物からなる(Fig. 12)。また、笠神層は約24万年前のAta-ThやAzy-SgP2を挟むことから、MIS 8に形成された谷地形を埋積したMIS 7eのエスチュアリーとこれを覆う外浜・海浜などの堆積物からなる(Fig. 12)。横山(2004)や大井・横山(2011)が主張したような、本層からのIj-MOの産出は確認できなかった。



第13図 那珂川に沿う地形断面と指標地形面のオフセット量。幡谷(2006)に、XとYを加筆。

Fig. 13 Topographic section and offsets among marker surfaces along the Naka River. Modified from Hataya (2006). X and Y are new data by this study.

北関東内陸部(吉川ほか, 2010)と本報の海岸部の対応関係は、テフラ層序をもとにFig. 12のようにまとめられる。海岸部では高海面期に海成層や海岸平野の地層が形成されるのに対して、内陸部では低海面期に段丘を形成する河川堆積物の地層が形成される。すなわち茨城層・見和層間の不整合時には、内陸の宇都宮周辺でMIS 5e-5d境界付近に噴出したAg-MzP7を伴う下野大沢段丘堆積物や約10万年前のNk-Maに覆われる白沢段丘堆積物が形成されている(吉川ほか, 2010; 山元, 2012)。また、見和層・夏海層間の不整合時には、内陸で鹿沼段丘堆積物やその相当層、笠神層基底の不整合形成時には、内陸で宝積寺段丘やその相当層が形成されている(山元, 2006a; 2006b; 2007; 吉川ほか, 2010)。海面低下期に形成されたこれらの内陸部の段丘は、典型的な気候段丘とみなせよう(山元, 2006b)。

5.2 東茨城台地の地殻変動

A-B断面の走向は、これが古瀬沼川や古那珂川とほぼ直交することから(Fig. 5)、笠神層～茨城層形成時の初生的な地形傾斜方向と直交し、各地層は断面方向にほぼ水平であったと見ることが出来る。しかしながら各地層面、特に笠神層下部・上部境界と見和層下部・上部境界のラビンメント面や茨城層上面の後背湿地堆積面は、A-B断面において明らかに南へ傾斜し(傾きは0.4~0.6 m/1 km)、かつ3面の平行性は良い。従って、A-B断面の地層の傾斜は、茨城層形成後の傾動運動の結果と考えられよう。広域的なMIS 5e旧汀線高度の分布を検討した小池・町田(2001)は、宮城・福島・茨城県の太平洋岸において、仙台平野の南からその高度が徐々に大きくなり福

島県の阿武隈山地の東縁で60 m前後まで上昇した後、茨城県内を徐々に低下していき、関東平野中央部に向かって極小になる、長さ250 kmに及ぶ曲動運動の存在を指摘している。小池・町田(2001)の指摘する曲動運動の傾きは、A-B断面の地層の傾斜とほぼ同じであり、本報で指摘した東茨城台地の傾動はより大きな地殻変動の一部をなすものと判断できよう。

幡谷(2006)は、那珂川沿いに海岸部から内陸へ向う、MIS 5e以降の隆起沈降量分布をMIS 1-5とMIS 2-6間の地形面オフセットから求めている(Fig. 13)。これによるとMIS 5e以降の隆起量は海岸部で最も大きく、内陸に向かって単純に減少する傾向が顕著である。一方、本報で明らかにした東茨城台地の地下地質構造からは、MIS 5eよりも古い時代の変動量も検討することが可能である。すなわち、氷期・間氷期変動において(Fig. 12)、ほぼ同じ海面位置の同じ成因の地形面を比べれば、そのオフセットを隆起沈降量と近似することが出来よう。ただし、地層の厚密の効果やMIS毎の海面変化量の違い等のかかりの誤差を無視しての仮定ではある。東茨城台地ではMIS 5eとMIS 7eのラビンメント面(見和層と笠神層の上部・下部境界)の比高(X)が計測でき、那珂川中流部においても山元(2006a)が示したMIS 6とMIS 8の河成段丘(th1及びth2)の離水河床面比高(Y)が計測できる。Fig. 13には、これらのデータを追加している。少なくとも24万年~12万年前の間のオフセットの傾向はMIS 5e以降と反対で、海岸部が沈降している。このことは東茨城台地で隆起が顕著になるのは茨城層堆積後の約9万年前以降であり、それ以前とはセンスの異なる地殻変動が太平洋岸で新たに始まったことを意味していよう。

6. まとめ

関東北部の更新統下総層群の従来の層序には、地層の区分や年代について改訂するべき問題が含まれていた。そこで本報では、茨城県中央部の東茨城台地で掘削されたボーリング資料の検討と地層中のテフラの対比によって、上位から茨城層、見和層、夏海層、笠神層からなる層序を新たに定義した。各累層は氷期の海面低下によって形成された谷地形を埋積しており、茨城層はMIS 5cに形成された海岸平野や河川・潮流口の堆積物、見和層はMIS 5eに形成されたエスチュアリー・外浜・海浜などの堆積物、夏海層はMIS 7c-7aに形成された河川・潮流口の堆積物、笠神層はMIS 7eに形成されたエスチュアリー・外浜・海浜などの堆積物からなる。東茨城台地は、宮城県・福島県・茨城県の太平洋岸に見られる隆起運動により南に傾動しているが、地層のオフセット量からは、少なくとも東茨城台地においては約9万年前以降に隆起が始まったものと解釈される。

文 献

- 阿久津 純 (1955) 宇都宮周辺の関東火山灰層と河成段丘。宇都宮大学学芸学部研究論集, no.4, 33-46.
- 阿久津 純 (1957) 宇都宮付近の関東ローム(火山灰)層。地球科学, **33**, 1-11.
- 防災科学技術研究所 (2006) 統合化地下構造データベース。http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/indexagreement.html (2012年6月20日参照)
- 幡谷 竜太 (2006) 河成段丘を用いた第四紀後期の隆起量評価手法の検討(3)ー過去10万年間の隆起量分布により明らかにされる内陸部の地殻運動ー, 電力中央研究所報告, no.N05017, 21p.
- International Commission on Stratigraphy, 2011, *Regional chronostratigraphical correlation table for the last 270,000 years Europe north of the Mediterranean*. http://www.stratigraphy.org/upload/Quaternary_last270ka.pdf (2012年10月10日参照)
- 貝塚 爽平 (1957) 関東平野北東部の洪積台地。地学雑, **66**, 217-230.
- 貝塚 爽平 (1958) 関東平野の地形発達史。地理評, **31**, 59-85.
- 小玉 喜三郎・堀口 万吉・鈴木 尉元・三 梨 昂 (1981) 更新世後期における関東平野の地塊状造盆運動。地質学論集, no.20, 113-128.
- 小池 一之 (1961) 那珂川流域の地形発達。地理評, **34**, 498-513.
- 小池 一之・町田 洋 (2001) 日本列島の地殻変動特性。小池 一之・町田 洋編, 日本の海成段丘アトラス。東大出版会, 97-105.
- Kumar, N. and Sanders, J.E., 1974, Inlet sequence: a vertical succession of sedimentary structures and textures created by the lateral migration of tidal inlets. *Sedimentology*, **21**, 491-532.
- 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]。東大出版会, 336p.
- 町田 洋・新井 房夫・村田 明美・袴田 和夫 (1974) 南関東における第四紀中期のテフラの対比とそれに基づく編年。地学雑, **83**, 302-338.
- 松本 現・牧野 康彦 (2000) 潤沼周辺に分布する上部更新統見和層の堆積相。茨城県自然博物館研究報告, no.3, 1-16.
- Miall, A.D. (1978) Lithofacies types and vertical profiles models in braided river deposits: a summary. In Miall, A.D., ed., *Fluvial Sedimentology*. *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, no.5, 597-604.
- Moslow, T.F. and Tye, R.S., 1985, Recognition and Characterization of Holocene tidal inlet sequences. *Marine Geology*, **63**, 129-151.
- 日本地質学会 (2001) 地層命名指針。http://www.geosociety.jp/name/category0001.html (2013年7月1日参照)
- 岡崎 浩子・増田 富士雄 (1992) 古東京湾地域の堆積システム。地質雑, **98**, 235-258.
- 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。地質雑, **117**, 補遺, 103-120.
- 大石 雅之 (2009) 四阿火山を起源とする噴出物の岩石記載的特徴とテフラ分布。地学雑, **118**, 1237-1246.
- 斉藤 登志雄 (1959) 水戸・潤沼地域の地質(潤沼の地学的考察, 第2報)。茨城大文理学部紀要 (自然科学), no.10, 135-143.
- 坂本 亨 (1972) 茨城県大洗付近の第四系ーとくに見和層堆積期の海進(下末吉海進)の進行過程についてー。地調月報, **23**, 511-517.
- 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)。地質調査所, 55p.
- 坂本 亨・伊藤 吉助・阿久津 純 (1967) 茨城県那珂台地に伏在する旧河谷とその埋積層の珪藻化石。地調月報, **18**, 787-792.
- 坂本 亨・岡 重文・伊藤 吉助・後藤 進 (1969) 茨城県那珂台地の見和層とその基底のかたち。地調月報, **20**, 685-696.
- 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)。地質調査所, 94p.
- 坂本 亨・相沢 輝雄・野間 泰二 (1981) 石岡地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図)。地質調査所, 50p.
- 鈴木 毅彦 (1989) 常磐海岸南部における更新世後期の段丘

(受 付 : 2013 年 4 月 15 日 ; 受 理 : 2013 年 8 月 21 日)

- と埋没谷の形成. 地理評, **62**(A), 475-494.
- 鈴木毅彦 (1990) 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, **99**, 60-75.
- 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, **102**, 73-90.
- 鈴木毅彦・早川由紀夫 (1990) 中期更新世に噴出した大町 APm テフラ群の層位と年代. 第四紀研究, **29**, 105-120.
- 徳橋秀一・遠藤秀典 (1984) 姉崎地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図). 地質調査所, 136p.
- ト部厚志・藤本裕介・片岡香子 (2011) 越後平野の沖積層形成における火山性洪水イベントの影響. 地質雑, **117**, 483-494.
- 山元孝広 (1999) 福島-栃木地域に分布する 30-10 万年前のプリニー式降下火砕物: 沼沢・燧ヶ岳・鬼怒沼・砂子原火山を給源とするテフラ群の層序. 地調月報, **50**, 743-767.
- 山元孝広 (2006a) 1/20 万「白河」図幅地域の第四紀火山: 層序及び放射年代値に関する新知見. 地調研報, **57**, 17-28.
- 山元孝広 (2006b) 宇都宮市宝積寺段丘を貫く UT05 コアの層序記載と鬼怒川の堆積侵食履歴. 地調研報, **57**, 217-228.
- 山元孝広 (2007) テフラ層序からみた新潟県中期更新世飯土火山の形成史: 関東北部での飯土真岡テフラと MIS7 海面変動の関係. 地調研報, **58**, 117-132.
- 山元孝広 (2012) 福島-栃木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. 地調研報, **63**, 35-91.
- 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. 地調研報, **64**, 251-304.
- 横山芳春 (2004) 茨城県における更新統下総層群の層序と堆積史. 早稲田大学大学院理工学研究科, 博士論文, 122p.
- 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, no.54, 9-20.
- 横山芳春・大井信三・中里裕臣・安藤寿男 (2002) バリアー島に規制された堆積相と地形形成: 茨城県東茨城台地西縁地域における下総層群"見和層"を例に. 堆積学研究, no.55, 17-28.
- 吉川敏之・山元孝広・中江 訓 (2010) 宇都宮地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図). 産総研地質調査総合センター, 79p.
- 吉岡敏和・滝沢文教・高橋雅紀・宮崎一博・坂野靖行・柳沢幸夫・高橋 浩・久保和也・関 陽児・駒澤正夫・広島俊男 (2001) 20 万分の 1 地質図幅 「水戸」 (第 2 版). 地質調査所.

付録1：ボーリング資料一覧

統合化地下構造データベース (<http://www.geo-stn.bosai.go.jp/jps/indexagreement.html>) から用いたボーリング資料の一覧をTable. A1に示す。

第A1表 掘削孔一覧。データは統合化地下構造データベースによる。

Table. A1 List of boreholes. Data from the Integrated Geophysical and Geological Information Database.

コア名	緯度	経度	孔口標高 (m)	総掘削長 (m)	工事名
D01	36.23514	140.25561	30.99	54.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その20
D02	36.23294	140.25441	29.99	55.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その20
D03	36.22574	140.25261	37.99	61.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その20
D04	36.22434	140.25201	36.99	61.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その20
D05	36.22194	140.25045	26.10	60.00	霞ヶ浦導水工事桜川機場基礎地質調査その1
D06	36.21584	140.24598	31.66	54.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その17
D07-1	36.21477	140.24554	31.78	55.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その19
D07-2	36.21427	140.24541	31.98	55.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その18
D08	36.21364	140.24451	31.51	57.00	霞ヶ浦導水工事水戸地区基礎地質調査その13
D09	36.21238	140.24504	31.93	61.00	霞ヶ浦導水工事水戸立坑外1ヶ所基礎地質調査
D10	36.21187	140.24341	32.81	45.15	霞ヶ浦導水工事第一導水路基礎地質調査
D11-1	36.20100	140.24248	29.54	40.25	霞ヶ浦導水工事大山地先観測井戸設置業務
D11-2	36.20073	140.24270	28.90	40.31	霞ヶ浦導水工事大山地先観測井戸設置業務
D11-3	36.19584	140.24393	30.52	42.42	霞ヶ浦導水工事平成7年度地下水位観測所等設置業務その2
D12	36.19293	140.23501	29.35	80.35	霞ヶ浦導水工事平成8年度石岡第一立坑基礎地質調査
D13	36.19014	140.23334	16.36	31.33	霞ヶ浦導水工事水戸立坑外1ヶ所基礎地質調査
D14	36.18551	140.23305	20.94	38.30	霞ヶ浦導水工事内原地区基礎地質調査その3
D15	36.18485	140.23258	28.30	40.40	霞ヶ浦導水工事内原地区基礎地質調査その3
D16	36.18425	140.23221	17.38	31.45	霞ヶ浦導水工事渡里地区基礎地質調査外1ヶ所
D17	36.18375	140.23182	24.54	39.32	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その6
D18	36.18326	140.23152	27.19	41.26	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その6
D19	36.18235	140.23151	28.82	42.27	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その7
D20	36.18185	140.23161	30.25	44.39	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その7
D21	36.18115	140.23181	29.38	43.41	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その8
D22	36.17565	140.23256	10.59	24.73	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その8
D23-2	36.17555	140.22581	6.73	21.45	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その9
D23-3	36.17495	140.22541	6.10	20.32	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その9
D24-1	36.17425	140.22564	6.30	23.42	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その10
D24-2	36.17408	140.22539	2.46	20.44	霞ヶ浦導水工事恋瀧川及び沼沼川基礎地質調査
D25-1	36.17379	140.22366	6.60	25.39	霞ヶ浦導水工事第2機場及び沼沼川基礎地質調査
D25-2	36.17306	140.22466	8.48	28.45	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その11
D26	36.17245	140.22427	11.52	29.45	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その11
D27	36.17196	140.22397	19.52	37.42	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その11
D28	36.17129	140.22359	18.46	36.40	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その11
D29	36.17107	140.22311	29.11	46.29	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その2
D30	36.17035	140.22301	28.73	46.23	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その12
D31	36.16564	140.22291	28.81	46.25	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その12
D32	36.16503	140.22251	28.03	45.20	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その13
D33	36.16449	140.22216	27.35	45.23	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その13
D34	36.16372	140.22171	27.81	45.20	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その13
D35	36.16265	140.22406	28.48	46.09	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その14
D36	36.16195	140.22081	27.68	45.25	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その15
D37	36.16145	140.22031	28.09	45.24	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その15
D38	36.16083	140.22100	27.70	45.30	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その16
D39	36.16049	140.22053	27.09	45.30	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その16
D40	36.15593	140.22011	27.52	45.28	霞ヶ浦導水工事茨城地区基礎地質調査その16
H01	36.19239	140.24283	28.66	20.33	茨城県桜の郷アパート建設工事第2期地質調査委託
H02	36.18590	140.24489	7.66	24.39	08国補緊道第08-03-528-057号
H03	36.18487	140.25280	12.12	27.37	09国補緊道第09-03-528-055号
H04	36.18440	140.25310	7.43	23.40	08国補緊道第08-03-528-0-054号
H05	36.18431	140.25407	18.92	30.16	08国補緊道第08-03-528-057号
H06	36.18050	140.25508	5.88	20.26	国道6号茨城町バイパス地質調査
H07	36.18240	140.26295	30.09	20.35	13国補委託第13号
H08-1	36.18578	140.27000	30.30	19.98	茨城東IC歩道橋詳細設計業務委託
H08-2	36.19019	140.27076	31.80	21.00	茨城東IC歩道橋詳細設計業務委託
H09	36.19025	140.27300	29.90	35.44	工業技術センター清酒製造第07-12-301-0-057号
H10	36.19376	140.27565	28.95	15.45	水戸土木事務所建設機械課新築工事
H11	36.19485	140.29211	28.16	19.20	東水戸道路大場地区地質調査
H12	36.19554	140.29442	23.76	10.32	東水戸バイパス地質調査(その2)
H13	36.19575	140.29580	29.31	20.25	東水戸道路大場地区地質調査
H14	36.19520	140.30529	27.81	24.45	東水戸道路地質調査(9)
H15	36.19506	140.31130	26.46	29.37	東水戸道路地質調査(その1)
H16	36.19505	140.31221	26.76	31.35	東水戸道路大場地区地質調査
H17	36.19565	140.31406	25.73	29.33	東水戸道路大場地区地質調査
H18	36.19597	140.33161	2.78	30.24	東水戸道路地質調査(9)
I01	36.35841	140.39911	32.60	38.20	茨城町地区基礎調査
I02	36.36298	140.39787	32.44	29.00	茨城町地区基礎調査
M01	36.38278	140.46988	5.93	49.39	4国補道改第61-61号
M02	36.35409	140.48499	26.10	20.00	横宿アパート地質調査委託
M03	36.34718	140.46800	29.83	20.21	県立緑岡高校体育館改修
M04	36.35807	140.43761	15.48	23.37	準用河川狭間川(仮称)常磐橋詳細委託調査

付録2：火山ガラス主成分化学分析結果

以下のテフラについては、エネルギー分散型X線マイクロアナライザー (EDX)を用いた火山ガラスの主成分分析を行っている。分析は、(株)古澤地質に依頼した。EDX測定では、4 μm四方の範囲を約150 nmのビーム径にて走査させている。結果をTable. A2～A10に示している。

第A2表 OA301中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table. A2 Major element contents of volcanic glass shards in OA301 by EDX measurements. Ave. = average; S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.			
SiO ₂	74.66	74.63	77.01	75.34	73.48	74.86	74.63	74.95	74.16	73.84	74.62	73.62	74.88	75.15	73.70	SiO ₂	74.64	0.87		
TiO ₂	0.29	0.11	0.29	0.02	0.28	0.03	0.34	0.28	0.27	0.34	0.23	0.22	0.03	0.27	0.46	TiO ₂	0.23	0.13		
Al ₂ O ₃	11.53	11.71	11.00	11.77	11.46	11.46	11.57	11.65	11.59	11.30	11.59	11.45	12.49	12.28	11.46	Al ₂ O ₃	11.62	0.36		
FeO	1.96	1.23	1.53	0.74	1.77	1.37	1.86	1.89	1.85	1.80	1.88	2.12	0.62	0.63	1.73	FeO	1.53	0.50		
MnO	0.01	0.12	0.12	0.03	0.12	0.11	0.04	0.07	0.23	0.00	0.13	0.12	0.13	0.01	0.06	MnO	0.09	0.06		
MgO	0.22	0.00	0.15	0.06	0.24	0.00	0.17	0.25	0.27	0.29	0.15	0.22	0.09	0.04	0.17	MgO	0.15	0.10		
CaO	1.85	0.82	1.54	0.40	1.88	0.89	1.92	1.86	1.84	1.87	1.87	1.79	0.39	0.54	1.88	CaO	1.42	0.62		
Na ₂ O	3.65	3.11	3.24	2.13	3.58	2.50	3.71	3.54	3.64	3.53	3.84	3.78	4.10	4.22	3.57	Na ₂ O	3.48	0.55		
K ₂ O	2.46	5.05	2.40	5.86	2.43	4.36	2.43	2.44	2.44	2.18	2.32	2.34	3.36	3.51	2.49	K ₂ O	3.07	1.14		
Total	96.63	96.78	97.28	96.35	95.24	95.58	96.67	96.93	96.29	95.15	96.63	95.66	96.09	96.65	95.52		96.23			
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	Ave(*)	S.D.	
SiO ₂	77.26	77.11	79.16	78.19	77.15	78.32	77.20	77.32	77.02	77.60	77.22	76.96	77.93	77.75	77.16	SiO ₂	77.56	0.62	77.21	0.19
TiO ₂	0.30	0.11	0.30	0.02	0.29	0.03	0.35	0.29	0.28	0.36	0.24	0.23	0.03	0.28	0.48	TiO ₂	0.24	0.13	0.31	0.08
Al ₂ O ₃	11.93	12.10	11.31	12.22	12.03	11.99	11.97	12.02	12.04	11.88	11.99	11.97	13.00	12.71	12.00	Al ₂ O ₃	12.08	0.37	11.98	0.05
FeO	2.03	1.27	1.57	0.77	1.86	1.43	1.92	1.95	1.92	1.89	1.95	2.22	0.65	0.65	1.81	FeO	1.59	0.52	1.95	0.12
MnO	0.01	0.12	0.12	0.03	0.13	0.12	0.04	0.07	0.24	0.00	0.13	0.13	0.14	0.01	0.06	MnO	0.09	0.07	0.09	0.07
MgO	0.23	0.00	0.15	0.06	0.25	0.00	0.18	0.26	0.28	0.30	0.16	0.23	0.09	0.04	0.18	MgO	0.16	0.10	0.23	0.05
CaO	1.91	0.85	1.58	0.42	1.97	0.93	1.99	1.92	1.91	1.97	1.94	1.87	0.41	0.56	1.97	CaO	1.48	0.64	1.94	0.04
Na ₂ O	3.78	3.21	3.33	2.21	3.76	2.62	3.84	3.65	3.78	3.71	3.97	3.95	4.27	4.37	3.74	Na ₂ O	3.61	0.57	3.80	0.11
K ₂ O	2.55	5.22	2.47	6.08	2.55	4.56	2.51	2.52	2.53	2.29	2.40	2.45	3.50	3.63	2.61	K ₂ O	3.19	1.18	2.49	0.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	
	*				*		*	*	*	*	*	*	*	*	*					Ag-MzP8

第A3表 OA302中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table. A3 Major element contents of volcanic glass shards in OA302 by EDX measurements. Ave. = average; S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.			
SiO ₂	75.26	74.68	73.96	74.32	75.67	74.98	75.35	75.66	74.44	74.94	76.18	74.50	75.93	73.60	73.96	SiO ₂	74.90	0.78		
TiO ₂	0.26	0.26	0.32	0.15	0.14	0.25	0.09	0.32	0.16	0.34	0.20	0.25	0.28	0.28	0.37	TiO ₂	0.24	0.08		
Al ₂ O ₃	11.37	11.62	11.01	11.79	11.41	11.52	10.99	10.92	11.33	11.75	11.13	11.65	11.74	11.41	11.73	Al ₂ O ₃	11.42	0.30		
FeO	1.35	1.84	2.46	0.85	1.35	1.14	2.06	1.30	0.84	1.88	1.20	1.91	0.89	1.95	1.67	FeO	1.51	0.49		
MnO	0.00	0.00	0.09	0.01	0.05	0.24	0.13	0.01	0.12	0.08	0.01	0.10	0.14	0.07	0.12	MnO	0.08	0.07		
MgO	0.23	0.31	0.17	0.00	0.21	0.23	0.37	0.25	0.08	0.24	0.29	0.32	0.17	0.20	0.21	MgO	0.22	0.09		
CaO	1.65	1.86	1.80	1.04	1.84	1.82	2.43	1.47	0.71	1.77	1.60	1.82	1.89	1.74	1.93	CaO	1.69	0.40		
Na ₂ O	3.24	3.67	2.98	3.07	3.65	3.70	3.24	2.64	2.30	3.58	1.90	3.51	3.18	3.67	3.25	Na ₂ O	3.17	0.54		
K ₂ O	1.94	2.47	2.71	4.69	2.05	2.07	1.24	3.62	5.79	2.41	3.92	2.48	2.56	2.31	2.48	K ₂ O	2.85	1.18		
Total	95.30	96.71	95.50	95.92	96.37	95.95	95.90	96.19	95.77	96.99	96.43	96.54	96.78	95.23	95.72		96.09			
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	Ave(*)	S.D.	
SiO ₂	78.97	77.22	77.45	77.48	78.52	78.14	78.57	78.66	77.73	77.27	79.00	77.17	78.46	77.29	77.27	SiO ₂	77.95	0.69	77.24	0.05
TiO ₂	0.27	0.27	0.34	0.16	0.15	0.26	0.09	0.33	0.17	0.35	0.21	0.26	0.29	0.29	0.39	TiO ₂	0.25	0.08	0.31	0.05
Al ₂ O ₃	11.93	12.02	11.53	12.29	11.84	12.01	11.46	11.35	11.83	12.11	11.54	12.07	12.13	11.98	12.25	Al ₂ O ₃	11.89	0.29	12.09	0.11
FeO	1.42	1.90	2.58	0.89	1.40	1.19	2.15	1.35	0.88	1.94	1.24	1.98	0.92	2.05	1.74	FeO	1.57	0.52	1.92	0.11
MnO	0.00	0.00	0.09	0.01	0.05	0.25	0.14	0.01	0.13	0.08	0.01	0.10	0.14	0.07	0.13	MnO	0.08	0.07	0.08	0.05
MgO	0.24	0.32	0.18	0.00	0.22	0.24	0.39	0.26	0.08	0.25	0.30	0.33	0.18	0.21	0.22	MgO	0.23	0.10	0.27	0.06
CaO	1.73	1.92	1.88	1.08	1.91	1.90	2.53	1.53	0.74	1.82	1.66	1.89	1.95	1.83	2.02	CaO	1.76	0.41	1.90	0.08
Na ₂ O	3.40	3.79	3.12	3.20	3.79	3.86	3.38	2.74	2.40	3.69	1.97	3.64	3.29	3.85	3.40	Na ₂ O	3.30	0.56	3.67	0.18
K ₂ O	2.04	2.55	2.84	4.89	2.13	2.16	1.29	3.76	6.05	2.48	4.07	2.57	2.65	2.43	2.59	K ₂ O	2.97	1.23	2.52	0.07
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	
	*								*	*	*	*	*	*	*					Ag-MzP8

第A4表 MIT01中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table A4 Major element contents of volcanic glass shards in MIT01 by EDX measurements. Ave. = average; S.D. = standard deviation.

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.			
SiO ₂	73.43	73.97	72.76	73.69	73.56	73.80	73.75	75.77	74.68	74.23	75.12	73.77	74.37	74.35	73.22	SiO ₂	74.03	0.76		
TiO ₂	0.26	0.23	0.05	0.10	0.26	0.24	0.28	0.19	0.28	0.33	0.32	0.29	0.26	0.06	0.32	TiO ₂	0.23	0.09		
Al ₂ O ₃	11.52	10.78	11.43	11.05	11.35	11.71	11.64	10.96	11.54	11.44	10.61	11.01	11.01	11.44	11.24	Al ₂ O ₃	11.25	0.33		
FeO	1.69	1.41	1.23	1.69	1.70	1.85	1.87	0.29	1.70	1.83	2.01	2.43	1.49	0.94	1.81	FeO	1.60	0.50		
MnO	0.03	0.01	0.00	0.17	0.02	0.22	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.06	0.05	0.03	MnO	0.05	0.07		
MgO	0.31	0.19	0.00	0.03	0.34	0.13	0.18	0.03	0.28	0.26	0.33	0.29	0.24	0.06	0.21	MgO	0.19	0.12		
CaO	1.86	1.60	0.92	1.07	1.89	1.75	1.74	1.18	1.96	1.78	2.42	1.78	1.75	0.42	1.87	CaO	1.60	0.50		
Na ₂ O	3.36	2.99	3.07	2.38	3.14	3.40	3.66	2.41	3.11	3.61	2.06	3.11	3.14	2.42	3.58	Na ₂ O	3.03	0.50		
K ₂ O	2.66	3.23	5.24	3.92	2.35	2.47	2.48	4.31	2.39	2.47	2.56	2.62	2.02	4.50	2.47	K ₂ O	3.05	0.97		
Total	95.12	94.41	94.70	94.10	94.61	95.57	95.68	95.14	95.94	95.97	95.43	95.31	94.34	94.24	94.75		95.02			
point No.																Ave.	S.D.	Ave.(*)	S.D.	
SiO ₂	77.20	78.35	76.83	78.31	77.75	77.22	77.08	79.64	77.84	77.35	78.72	77.40	78.83	78.89	77.28	SiO ₂	77.91	0.83	77.39	0.27
TiO ₂	0.27	0.24	0.05	0.11	0.27	0.25	0.29	0.20	0.29	0.34	0.34	0.30	0.28	0.06	0.34	TiO ₂	0.24	0.10	0.30	0.03
Al ₂ O ₃	12.11	11.42	12.07	11.74	12.00	12.25	12.17	11.52	12.03	11.92	11.12	11.55	11.67	12.14	11.86	Al ₂ O ₃	11.84	0.33	11.99	0.22
FeO	1.78	1.49	1.30	1.80	1.80	1.94	1.95	0.30	1.77	1.91	2.11	2.55	1.58	1.00	1.91	FeO	1.68	0.52	1.95	0.25
MnO	0.03	0.01	0.00	0.18	0.02	0.23	0.08	0.00	0.00	0.02	0.00	0.01	0.06	0.05	0.03	MnO	0.05	0.07	0.05	0.08
MgO	0.33	0.20	0.00	0.03	0.36	0.14	0.19	0.03	0.29	0.27	0.35	0.30	0.25	0.06	0.22	MgO	0.20	0.12	0.26	0.07
CaO	1.96	1.69	0.97	1.14	2.00	1.83	1.82	1.24	2.04	1.85	2.54	1.87	1.85	0.45	1.97	CaO	1.68	0.52	1.92	0.08
Na ₂ O	3.53	3.17	3.24	2.53	3.32	3.56	3.83	2.53	3.24	3.76	2.16	3.26	3.33	2.57	3.78	Na ₂ O	3.19	0.51	3.53	0.24
K ₂ O	2.80	3.42	5.53	4.17	2.48	2.58	2.59	4.53	2.49	2.57	2.68	2.75	2.14	4.78	2.61	K ₂ O	3.21	1.03	2.61	0.11
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	

第A5表 KNS03中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table A5 Major element contents of volcanic glass shards in KNS03 by EDX measurements. Ave. = average; S.D. = standard deviation.

KNS03																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	75.01	74.51	74.58	74.77	75.54	76.27	75.62	75.27	73.35	76.87	77.06	75.54	76.32	75.12	76.48	SiO ₂	75.49	1.00
TiO ₂	0.05	0.38	0.20	0.14	0.30	0.14	0.09	0.00	0.15	0.19	0.05	0.00	0.06	0.08	0.02	TiO ₂	0.12	0.11
Al ₂ O ₃	11.05	11.68	11.64	12.32	11.43	10.63	12.69	12.07	12.24	11.18	11.25	11.95	11.08	11.21	11.57	Al ₂ O ₃	11.60	0.56
FeO	1.55	1.60	2.01	0.43	1.61	1.34	0.62	0.95	2.74	1.36	0.93	0.79	1.88	1.67	1.04	FeO	1.37	0.60
MnO	0.15	0.29	0.14	0.20	0.06	0.03	0.23	0.10	0.12	0.07	0.08	0.00	0.19	0.28	0.00	MnO	0.13	0.09
MgO	0.07	0.14	0.14	0.08	0.19	0.13	0.09	0.00	0.18	0.18	0.02	0.04	0.12	0.00	0.02	MgO	0.09	0.07
CaO	1.27	1.29	1.62	0.51	1.45	1.15	0.42	0.82	2.36	1.54	0.39	0.64	1.45	1.11	0.56	CaO	1.11	0.55
Na ₂ O	3.34	4.06	3.90	3.96	4.15	3.22	3.88	3.06	2.93	3.08	2.00	3.08	2.85	3.01	3.69	Na ₂ O	3.35	0.59
K ₂ O	2.47	2.15	1.36	3.34	1.73	2.02	3.30	4.72	1.32	2.17	4.12	4.46	2.87	4.03	3.50	K ₂ O	2.90	1.12
Total	94.96	96.10	95.59	95.75	96.46	94.93	96.94	96.99	95.39	96.64	95.90	96.50	96.82	96.51	96.88		96.16	
point No.																Ave.	S.D.	
SiO ₂	78.99	77.53	78.02	78.09	78.31	80.34	78.01	77.61	76.89	79.54	80.35	78.28	78.83	77.84	78.94	SiO ₂	78.51	1.00
TiO ₂	0.05	0.40	0.21	0.15	0.31	0.15	0.09	0.00	0.16	0.20	0.05	0.00	0.06	0.08	0.02	TiO ₂	0.13	0.11
Al ₂ O ₃	11.64	12.15	12.18	12.87	11.85	11.20	13.09	12.44	12.83	11.57	11.73	12.38	11.44	11.62	11.94	Al ₂ O ₃	12.06	0.57
FeO	1.63	1.66	2.10	0.45	1.67	1.41	0.64	0.98	2.87	1.41	0.97	0.82	1.94	1.73	1.07	FeO	1.42	0.63
MnO	0.16	0.30	0.15	0.21	0.06	0.03	0.24	0.10	0.13	0.07	0.08	0.00	0.20	0.29	0.00	MnO	0.13	0.10
MgO	0.07	0.15	0.15	0.08	0.20	0.14	0.09	0.00	0.19	0.19	0.02	0.04	0.12	0.00	0.02	MgO	0.10	0.07
CaO	1.34	1.34	1.69	0.53	1.50	1.21	0.43	0.85	2.47	1.59	0.41	0.66	1.50	1.15	0.58	CaO	1.15	0.58
Na ₂ O	3.52	4.22	4.08	4.14	4.30	3.39	4.00	3.15	3.07	3.19	2.09	3.19	2.94	3.12	3.81	Na ₂ O	3.48	0.61
K ₂ O	2.60	2.24	1.42	3.49	1.79	2.13	3.40	4.87	1.38	2.25	4.30	4.62	2.96	4.18	3.61	K ₂ O	3.02	1.15
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

東茨城台地に分布する更新統の新層序と MIS5-7 海面変化との関係 (山元)

第A6表 HN101中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table. A6 Major element contents of volcanic glass shards in HN101 by EDX measurements.
Ave. = average; S.D. = standard deviation.

HN101																Ave.	S.D.	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
SiO ₂	75.09	76.14	76.07	74.89	74.23	75.71	75.23	75.55	75.24	74.47	75.70	74.84	74.41	75.07	74.47	SiO ₂	75.14	0.60
TiO ₂	0.13	0.19	0.08	0.20	0.00	0.20	0.20	0.15	0.09	0.00	0.17	0.08	0.31	0.18	0.21	TiO ₂	0.15	0.08
Al ₂ O ₃	11.39	10.89	11.50	11.15	11.10	11.49	11.36	10.87	11.68	11.17	11.03	11.46	11.30	11.16	11.01	Al ₂ O ₃	11.24	0.24
FeO	0.87	1.32	0.79	0.93	1.03	1.06	1.29	1.20	0.86	0.88	1.32	1.02	1.16	0.97	1.97	FeO	1.11	0.29
MnO	0.00	0.26	0.04	0.14	0.00	0.16	0.08	0.00	0.09	0.03	0.04	0.00	0.02	0.09	0.14	MnO	0.07	0.08
MgO	0.01	0.16	0.02	0.08	0.13	0.04	0.00	0.12	0.00	0.07	0.16	0.06	0.13	0.03	0.11	MgO	0.07	0.06
CaO	0.35	1.34	0.56	0.68	0.63	0.53	0.78	1.18	0.54	0.88	1.09	0.58	1.13	0.67	1.63	CaO	0.84	0.36
Na ₂ O	3.68	1.42	4.15	3.88	4.01	3.87	2.07	3.94	3.97	3.68	4.33	3.73	4.04	3.91	3.26	Na ₂ O	3.60	0.80
K ₂ O	4.03	3.70	3.60	3.48	3.31	3.60	4.33	2.02	3.99	2.97	2.13	3.83	2.57	3.56	2.06	K ₂ O	3.28	0.75
Total	95.55	95.42	96.81	95.43	94.44	96.66	95.34	95.03	96.46	94.15	95.97	95.60	95.07	95.64	94.86		95.50	

point No.																Ave.	S.D.	Ave.*	S.D.	
SiO ₂	78.59	79.79	78.58	78.48	78.60	78.33	78.91	79.50	78.00	79.10	78.88	78.28	78.27	78.49	78.51	SiO ₂	78.69	0.48	78.49	0.30
TiO ₂	0.14	0.20	0.08	0.21	0.00	0.21	0.21	0.16	0.09	0.00	0.18	0.08	0.33	0.19	0.22	TiO ₂	0.15	0.09	0.11	0.08
Al ₂ O ₃	11.92	11.41	11.88	11.68	11.75	11.89	11.92	11.44	12.11	11.86	11.49	11.99	11.89	11.67	11.61	Al ₂ O ₃	11.77	0.21	11.86	0.14
FeO	0.91	1.38	0.82	0.97	1.09	1.10	1.35	1.26	0.89	0.93	1.38	1.07	1.22	1.01	2.08	FeO	1.16	0.31	0.98	0.10
MnO	0.00	0.27	0.04	0.15	0.00	0.17	0.08	0.00	0.09	0.03	0.04	0.00	0.02	0.09	0.15	MnO	0.08	0.08	0.06	0.06
MgO	0.01	0.17	0.02	0.08	0.14	0.04	0.00	0.13	0.00	0.07	0.17	0.06	0.14	0.03	0.12	MgO	0.08	0.06	0.05	0.04
CaO	0.37	1.40	0.58	0.71	0.67	0.55	0.82	1.24	0.56	0.93	1.14	0.61	1.19	0.70	1.72	CaO	0.88	0.38	0.63	0.15
Na ₂ O	3.85	1.49	4.29	4.07	4.25	4.00	2.17	4.15	4.12	3.91	4.51	3.90	4.25	4.09	3.44	Na ₂ O	3.76	0.83	4.05	0.15
K ₂ O	4.22	3.88	3.72	3.65	3.50	3.72	4.54	2.13	4.14	3.15	2.22	4.01	2.70	3.72	2.17	K ₂ O	3.43	0.78	3.76	0.33
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	

第A7表 TMB103中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table. A7 Major element contents of volcanic glass shards in TMB103 by EDX measurements
Ave. = average; S.D. = standard deviation.

TMB103																Ave.	S.D.	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
SiO ₂	75.34	75.32	74.83	75.10	75.21	74.71	74.90	74.84	75.47	74.72	73.95	73.92	75.54	74.99	74.51	SiO ₂	74.89	0.49
TiO ₂	0.20	0.14	0.21	0.25	0.12	0.17	0.22	0.08	0.28	0.10	0.03	0.38	0.23	0.08	0.09	TiO ₂	0.17	0.09
Al ₂ O ₃	11.31	11.61	11.24	11.60	11.45	11.33	11.29	11.38	11.53	11.65	12.73	11.76	11.47	11.63	11.61	Al ₂ O ₃	11.57	0.36
FeO	0.92	0.88	0.85	0.89	1.11	1.05	0.95	0.76	0.89	0.82	0.85	1.27	0.95	1.00	1.78	FeO	1.00	0.25
MnO	0.01	0.10	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.17	0.08	0.00	0.04	0.02	MnO	0.05	0.06
MgO	0.12	0.15	0.19	0.16	0.09	0.19	0.14	0.19	0.08	0.17	0.36	0.28	0.08	0.09	0.24	MgO	0.17	0.08
CaO	1.15	1.23	1.15	1.32	1.26	1.18	1.20	1.24	1.06	1.16	1.67	1.36	1.11	1.21	1.89	CaO	1.28	0.22
Na ₂ O	3.34	3.30	3.35	3.34	3.44	3.49	3.47	3.28	3.40	3.27	3.51	3.41	3.41	3.48	3.46	Na ₂ O	3.40	0.08
K ₂ O	3.25	3.12	3.06	3.12	2.96	3.10	3.05	3.02	2.72	3.22	1.83	3.34	2.80	2.97	2.43	K ₂ O	2.93	0.38
Total	95.64	95.85	95.06	95.78	95.64	95.22	95.22	94.79	95.43	95.19	95.10	95.80	95.59	95.49	96.03		95.46	

point No.																Ave.	S.D.	Ave.*	S.D.	
SiO ₂	78.77	78.58	78.72	78.41	78.64	78.46	78.66	78.95	79.08	78.50	77.76	77.16	79.03	78.53	77.59	SiO ₂	78.46	0.54	78.53	0.47
TiO ₂	0.21	0.15	0.22	0.26	0.13	0.18	0.23	0.08	0.29	0.11	0.03	0.40	0.24	0.08	0.09	TiO ₂	0.18	0.10	0.19	0.09
Al ₂ O ₃	11.83	12.11	11.82	12.11	11.97	11.90	11.86	12.01	12.08	12.24	13.39	12.28	12.00	12.18	12.09	Al ₂ O ₃	12.12	0.38	12.02	0.16
FeO	0.96	0.92	0.89	0.93	1.16	1.10	1.00	0.80	0.93	0.86	0.89	1.33	0.99	1.05	1.85	FeO	1.04	0.26	1.00	0.14
MnO	0.01	0.10	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.18	0.08	0.00	0.04	0.02	MnO	0.05	0.07	0.04	0.06
MgO	0.13	0.16	0.20	0.17	0.09	0.20	0.15	0.20	0.08	0.18	0.38	0.29	0.08	0.09	0.25	MgO	0.18	0.08	0.16	0.06
CaO	1.20	1.28	1.21	1.38	1.32	1.24	1.26	1.31	1.11	1.22	1.76	1.42	1.16	1.27	1.97	CaO	1.34	0.23	1.27	0.07
Na ₂ O	3.49	3.44	3.52	3.49	3.60	3.67	3.64	3.46	3.56	3.44	3.69	3.56	3.57	3.64	3.60	Na ₂ O	3.56	0.08	3.54	0.08
K ₂ O	3.40	3.26	3.22	3.26	3.09	3.26	3.20	3.19	2.85	3.38	1.92	3.49	2.93	3.11	2.53	K ₂ O	3.07	0.40	3.23	0.15
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00		100.00	

第A8表 KNS01中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table. A8 Major element contents of volcanic glass shards in KNS01 by EDX measurements. Ave. = average; S.D. = standard deviation.

KNS01																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	75.87	75.55	75.67	75.86	75.25	75.62	77.10	76.43	75.90	75.63	77.65	76.26	74.70	74.47	75.55	SiO ₂	75.83	0.81
TiO ₂	0.07	0.12	0.10	0.24	0.17	0.25	0.13	0.20	0.11	0.36	0.17	0.30	0.13	0.18	0.26	TiO ₂	0.19	0.08
Al ₂ O ₃	11.32	11.37	11.47	11.47	10.98	11.17	11.23	11.23	11.41	11.77	11.20	11.15	11.87	11.34	11.00	Al ₂ O ₃	11.33	0.25
FeO	0.86	1.61	0.85	0.87	1.58	1.30	1.80	1.62	1.57	1.65	1.02	1.37	1.79	2.01	1.46	FeO	1.42	0.37
MnO	0.10	0.17	0.00	0.05	0.13	0.02	0.26	0.05	0.07	0.15	0.05	0.05	0.04	0.13	0.06	MnO	0.09	0.07
MgO	0.01	0.03	0.03	0.11	0.23	0.12	0.02	0.02	0.10	0.31	0.07	0.11	0.19	0.04	0.22	MgO	0.11	0.09
CaO	0.48	1.44	0.47	0.77	1.30	1.14	1.59	1.04	1.14	1.92	0.91	1.15	1.64	1.30	1.50	CaO	1.19	0.41
Na ₂ O	3.99	4.19	2.29	4.04	4.27	4.14	1.11	3.50	2.06	4.08	1.57	4.12	4.40	4.03	3.54	Na ₂ O	3.42	1.09
K ₂ O	3.58	2.21	4.37	3.01	1.85	2.30	3.55	2.40	3.65	1.23	3.75	2.35	1.76	2.32	2.17	K ₂ O	2.70	0.89
Total	96.28	96.69	95.25	96.42	95.76	96.06	96.79	96.49	96.01	97.10	96.39	96.86	96.52	95.82	95.76	Total	96.28	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	78.80	78.14	79.44	78.68	78.58	78.72	79.66	79.21	79.05	77.89	80.56	78.73	77.39	77.72	78.90	SiO ₂	78.76	0.80
TiO ₂	0.07	0.12	0.10	0.25	0.18	0.26	0.13	0.21	0.11	0.37	0.18	0.31	0.13	0.19	0.27	TiO ₂	0.19	0.08
Al ₂ O ₃	11.76	11.76	12.04	11.90	11.47	11.63	11.60	11.64	11.88	12.12	11.62	11.51	12.30	11.83	11.49	Al ₂ O ₃	11.77	0.24
FeO	0.89	1.67	0.89	0.90	1.65	1.35	1.86	1.68	1.64	1.70	1.06	1.41	1.85	2.10	1.52	FeO	1.48	0.38
MnO	0.10	0.18	0.00	0.05	0.14	0.02	0.27	0.05	0.07	0.15	0.05	0.05	0.04	0.14	0.06	MnO	0.09	0.07
MgO	0.01	0.03	0.03	0.11	0.24	0.12	0.02	0.02	0.10	0.32	0.07	0.11	0.20	0.04	0.23	MgO	0.11	0.10
CaO	0.50	1.49	0.49	0.80	1.36	1.19	1.64	1.08	1.19	1.98	0.94	1.19	1.70	1.36	1.57	CaO	1.23	0.43
Na ₂ O	4.14	4.33	2.40	4.19	4.46	4.31	1.15	3.63	2.15	4.20	1.63	4.25	4.56	4.21	3.70	Na ₂ O	3.55	1.13
K ₂ O	3.72	2.29	4.59	3.12	1.93	2.39	3.67	2.49	3.80	1.27	3.89	2.43	1.82	2.42	2.27	K ₂ O	2.81	0.94
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Total	100.00	

第A9表 KNS02中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table. A9 Major element contents of volcanic glass shards in KNS02 by EDX measurements. Ave. = average; S.D. = standard deviation.

KNS02																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	74.88	74.81	75.66	75.50	74.73	75.69	75.20	74.79	73.78	74.34	75.34	77.03	73.40	73.19	73.86	SiO ₂	74.81	1.01
TiO ₂	0.13	0.11	0.20	0.06	0.19	0.18	0.09	0.11	0.39	0.27	0.00	0.10	0.25	0.12	0.12	TiO ₂	0.15	0.10
Al ₂ O ₃	11.29	11.51	11.53	10.63	11.45	11.26	12.21	11.32	11.26	11.56	11.12	11.49	11.08	11.38	11.52	Al ₂ O ₃	11.37	0.33
FeO	1.68	1.38	1.28	1.03	0.90	1.60	0.76	0.93	2.19	1.81	1.38	1.23	2.26	1.62	1.09	FeO	1.41	0.45
MnO	0.10	0.00	0.09	0.16	0.21	0.00	0.20	0.04	0.12	0.08	0.03	0.00	0.00	0.17	0.01	MnO	0.08	0.08
MgO	0.00	0.05	0.13	0.05	0.14	0.21	0.00	0.14	0.14	0.22	0.03	0.00	0.19	0.02	0.00	MgO	0.09	0.08
CaO	1.38	0.74	1.48	0.58	0.73	1.78	0.34	0.84	1.80	1.92	0.64	0.94	1.82	0.91	0.73	CaO	1.11	0.53
Na ₂ O	2.75	3.24	1.32	1.66	3.23	3.41	4.14	3.99	3.17	3.30	4.03	1.74	3.05	3.19	3.11	Na ₂ O	3.02	0.85
K ₂ O	3.22	4.39	3.38	5.18	4.20	1.21	3.06	2.97	2.74	2.64	2.76	3.59	2.86	4.14	4.67	K ₂ O	3.40	0.99
Total	95.43	96.23	95.07	94.85	95.78	95.34	96.00	95.13	95.59	96.14	95.33	96.12	94.91	94.74	95.11	Total	95.45	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	78.47	77.74	79.58	79.60	78.02	79.39	78.33	78.62	77.18	77.32	79.03	80.14	77.34	77.25	77.66	SiO ₂	78.38	0.98
TiO ₂	0.14	0.11	0.21	0.06	0.20	0.19	0.09	0.12	0.41	0.28	0.00	0.10	0.26	0.13	0.13	TiO ₂	0.16	0.10
Al ₂ O ₃	11.83	11.96	12.13	11.21	11.95	11.81	12.72	11.90	11.78	12.02	11.66	11.95	11.67	12.01	12.11	Al ₂ O ₃	11.92	0.32
FeO	1.76	1.43	1.35	1.09	0.94	1.68	0.79	0.98	2.29	1.88	1.45	1.28	2.38	1.71	1.15	FeO	1.48	0.47
MnO	0.10	0.00	0.09	0.17	0.22	0.00	0.21	0.04	0.13	0.08	0.03	0.00	0.00	0.18	0.01	MnO	0.08	0.08
MgO	0.00	0.05	0.14	0.05	0.15	0.22	0.00	0.15	0.15	0.23	0.03	0.00	0.20	0.02	0.00	MgO	0.09	0.09
CaO	1.45	0.77	1.56	0.61	0.76	1.87	0.35	0.88	1.88	2.00	0.67	0.98	1.92	0.96	0.77	CaO	1.16	0.56
Na ₂ O	2.88	3.37	1.39	1.75	3.37	3.58	4.31	4.19	3.32	3.43	4.23	1.81	3.21	3.37	3.27	Na ₂ O	3.17	0.89
K ₂ O	3.37	4.56	3.56	5.46	4.39	1.27	3.19	3.12	2.87	2.75	2.90	3.73	3.01	4.37	4.91	K ₂ O	3.56	1.05
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	Total	100.00	

東茨城台地に分布する更新統の新層序と MIS5-7 海面変化との関係 (山元)

第A10表 HN201中の火山ガラスのEDXによる主成分分析結果 Ave. = 平均; S.D. = 標準偏差

Table. A10 Major element contents of volcanic glass shards in HN201 by EDX measurements. Ave. = average; S.D. = standard deviation.

HN201																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	76.34	73.86	75.38	74.63	76.12	74.86	73.87	74.90	76.26	75.30	75.04	75.38	75.07	75.76	75.16	SiO ₂	75.20	0.75
TiO ₂	0.21	0.32	0.30	0.09	0.16	0.10	0.24	0.13	0.19	0.15	0.00	0.17	0.40	0.07	0.20	TiO ₂	0.18	0.10
Al ₂ O ₃	11.05	11.60	10.92	11.07	11.08	12.02	11.52	11.38	11.30	11.46	11.38	11.13	10.69	11.41	11.30	Al ₂ O ₃	11.29	0.32
FeO	1.11	1.78	1.30	1.27	1.25	0.76	2.04	0.95	1.31	1.13	0.97	1.29	1.45	1.05	0.91	FeO	1.24	0.33
MnO	0.02	0.05	0.07	0.16	0.22	0.09	0.08	0.11	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	MnO	0.06	0.06
MgO	0.11	0.24	0.24	0.01	0.16	0.05	0.26	0.06	0.22	0.18	0.09	0.13	0.22	0.02	0.08	MgO	0.14	0.09
CaO	1.25	1.81	1.66	0.73	1.22	0.72	1.85	0.51	1.69	1.48	0.64	1.08	1.47	0.57	0.49	CaO	1.14	0.50
Na ₂ O	3.72	3.50	3.21	2.95	4.05	2.32	3.39	4.24	3.07	3.95	3.92	4.13	2.53	3.78	3.78	Na ₂ O	3.50	0.58
K ₂ O	2.03	2.61	2.36	4.33	2.32	5.30	2.51	3.26	1.52	1.77	3.49	2.28	3.93	3.70	3.62	K ₂ O	3.00	1.05
Total	95.84	95.77	95.44	95.24	96.58	96.22	95.76	95.54	95.56	95.48	95.53	95.59	95.76	96.37	95.63		95.75	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Ave.	S.D.	
SiO ₂	79.65	77.12	78.98	78.36	78.82	77.80	77.14	78.40	79.80	78.86	78.55	78.86	78.39	78.61	78.59	SiO ₂	78.53	0.75
TiO ₂	0.22	0.33	0.31	0.09	0.17	0.10	0.25	0.14	0.20	0.16	0.00	0.18	0.42	0.07	0.21	TiO ₂	0.19	0.11
Al ₂ O ₃	11.53	12.11	11.44	11.62	11.47	12.49	12.03	11.91	11.83	12.00	11.91	11.64	11.16	11.84	11.82	Al ₂ O ₃	11.79	0.32
FeO	1.16	1.86	1.36	1.33	1.29	0.79	2.13	0.99	1.37	1.18	1.02	1.35	1.51	1.09	0.95	FeO	1.29	0.35
MnO	0.02	0.05	0.07	0.17	0.23	0.09	0.08	0.12	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09	MnO	0.07	0.07
MgO	0.11	0.25	0.25	0.01	0.17	0.05	0.27	0.06	0.23	0.19	0.09	0.14	0.23	0.02	0.08	MgO	0.14	0.09
CaO	1.30	1.89	1.74	0.77	1.26	0.75	1.93	0.53	1.77	1.55	0.67	1.13	1.54	0.59	0.51	CaO	1.20	0.52
Na ₂ O	3.88	3.65	3.36	3.10	4.19	2.41	3.54	4.44	3.21	4.14	4.10	4.32	2.64	3.92	3.95	Na ₂ O	3.66	0.61
K ₂ O	2.12	2.73	2.47	4.55	2.40	5.51	2.62	3.41	1.59	1.85	3.65	2.39	4.10	3.84	3.79	K ₂ O	3.13	1.10
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

