

茨城県鹿島・行方台地の中・上部更新統で見られる 堆積相と花粉化石群集の関係

岡崎浩子¹・中里裕臣²・田村 亨²・本郷美佐緒³

¹ 深田地質研究所

² 産業技術総合研究所地質調査総合センター

³ 有限会社アルプス調査所

Relationship between sedimentary facies and pollen assemblages
of the Middle-Upper Pleistocene in the eastern part of the Kanto Plain

OKAZAKI Hiroko¹, NAKAZATO Hiroomi², TAMURA Toru², HONGO Misao³

¹ Fukada Geological Institute

² Geological Survey of Japan, AIST

³ Alps Technical Research Laboratory Co., Ltd.

要旨：関東平野東部（鹿島・行方台地）には中・上部更新統の下総層群が広く分布する。下総層群は約10万年周期の氷河性海水準変動の影響を受けて形成され、海水準変動によって堆積した陸成層や浅海成層からは植生変化に伴った花粉化石群集が産出する。本論ではMIS5層準の可能性のある海進期谷埋め堆積物を中心に、堆積相と花粉化石群集の相互関係を考察する。

キーワード：鹿島・行方台地，下総層群，堆積相，花粉化石群集

Abstract: The Middle to Upper Pleistocene Shimosa Group is distributed in the eastern part of the Kanto Plain and was formed under the influence of glacial sea-level fluctuations with a cycle of approximately 100,000 years. The terrestrial and shallow-marine strata deposited by repeated sea-level changes have yielded pollen assemblages associated with vegetation changes. We discuss the relationship between sedimentary facies and pollen fossil assemblages of transgressive valley-fill deposits in the Kashima-Namegata Uplands, eastern Kanto Plain.

Keywords: Kashima-Namegata Uplands, Shimosa Group, sedimentary facies, pollen assemblages

1. はじめに

筆者らは岡崎ほか (2023) において、関東平野東部 (飯岡台地と鹿島・行方台地) で産出する海洋酸素同位体比ステージ (Marine Isotope Stage : MIS) 5 の層準の可能性のある花粉化石群集を、その採取地点およびその周辺地域の堆積相とともに予報として報告したが、本論はその後、鹿島・行方台地において花粉化石群集分析を追加で行った結果を報告するものである。

関東平野地域には約 45 万年から 8 万年前に存在した浅海域 (古東京湾) に堆積した地層が広く分布し、約 10 万年周期の氷河性海水準変動の影響を受けて、浅海成層や陸成層からなる海進・海退相の繰り返しが見られる。地層の堆積環境を推定する手法としては堆積相解析があり、相対的海水準変動とそれに伴う堆積相の変化に基づき、堆積シーケンスと呼ばれる海進・海退相の組み合わせによる地層区分が行われている。また、堆積シーケンスと海洋酸素同位体ステージとの対比が行われている (Murakoshi and Masuda, 1992 など)。

花粉化石群集からは過去の植生が復元され、そこから当時の気候を推定することができる。繰り返される海水準変動で形成された陸成層や浅海成層中からは気候変動に伴った花粉化石群集が産出する。テフラや年代測定で層序の明らかな地層の連続試料の花粉化石群集からは海水温の変動を示す海洋酸素同位体ステージの対比が行われている (五十嵐, 2009 ; 公文ほか, 2009)。花粉化石群集は異地性が大きいことから群集の解析には、堆積域と植生の距離や高低差、花粉の散布形態など堆積環境との関係も重要な要素となっている (山野井, 1994)。

本論は、OSL 年代により層序推定が行われている鹿島台地のボーリング・コアから採取した花

粉化石群集組成を中心に、鹿島・行方台地の 4 地点で行った花粉化石分析の結果を報告するとともに、その堆積相から推定される調査地域の海水準変化と花粉化石群集が示唆する気候変化との関係を検討した。

2. 地質概説

調査地域に広く分布する更新統下総層群は、下位から地蔵堂層、藪層、上泉層、清川層、横田層、木下層、常総層で構成され、それぞれ海洋酸素同位体ステージ MIS 11, 9, 7e, 7c, 7a, 5e, 5c-5a の海水準変動に対応して堆積している (図 1)。

関東平野の台地はいくつかの標高の異なる段丘面に区分され、その最上位の面は MIS 5e 面であり広く分布する。調査したのは関東平野東部にあたる茨城県鹿島・行方台地の下総層群の堆積相とそこから産出した花粉化石群集である。

茨城県霞ヶ浦以東の台地の主体をなす海成段丘面は、従来 MIS 5e に堆積した木下層が構成する下総上位面に一括されてきた (図 1a)。大井ほか (2013) は、鹿島台地中軸より西の北浦側を常陸台地下位面、以東の海岸部を鹿島面と呼んだ。ローム層最下部に K-Tz や Aso-4 に相当するテフラが見いだされることから常陸台地下位面は 5d 初期、鹿島面は MIS 5c の海成段丘面としている。Tamura et al. (2022) は鹿島台地の中軸部で深さ 35 m のボーリングコア (GS-HKT-1) をとり、OSL 年代測定を行い、MIS 7 ~ MIS 5c の年代値を得ている (図 2)。

3. 調査方法

標高は、鹿島・行方台地ではボーリング資料を除く露頭については 1/2500 地形図から基準

茨城県鹿島・行方台地の中・上部更新統で見られる
堆積相と花粉化石群集の関係

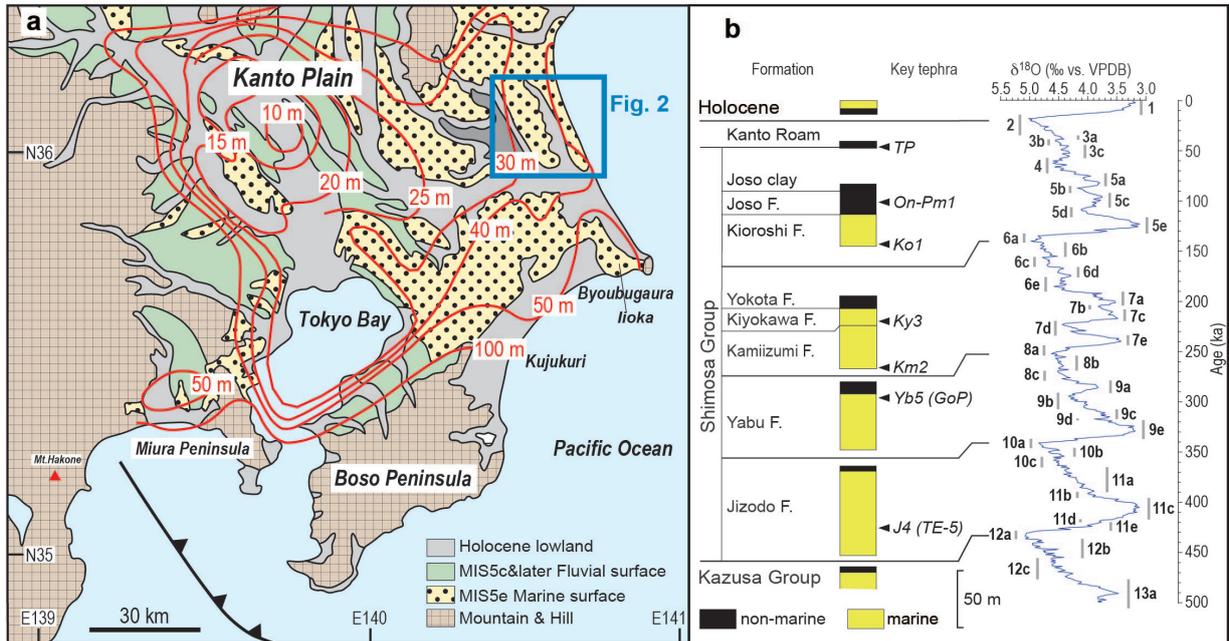


図1 調査地域と層序。(a) 関東平野の地形面分類 (貝塚, 1987 より改変)。(b) 下総層群の年代層序。MIS (Lisiecki and Raymo, 2005; Railsback et al., 2015) との対比は中里・佐藤 (2001) による。岡崎ほか (2023) より改変。

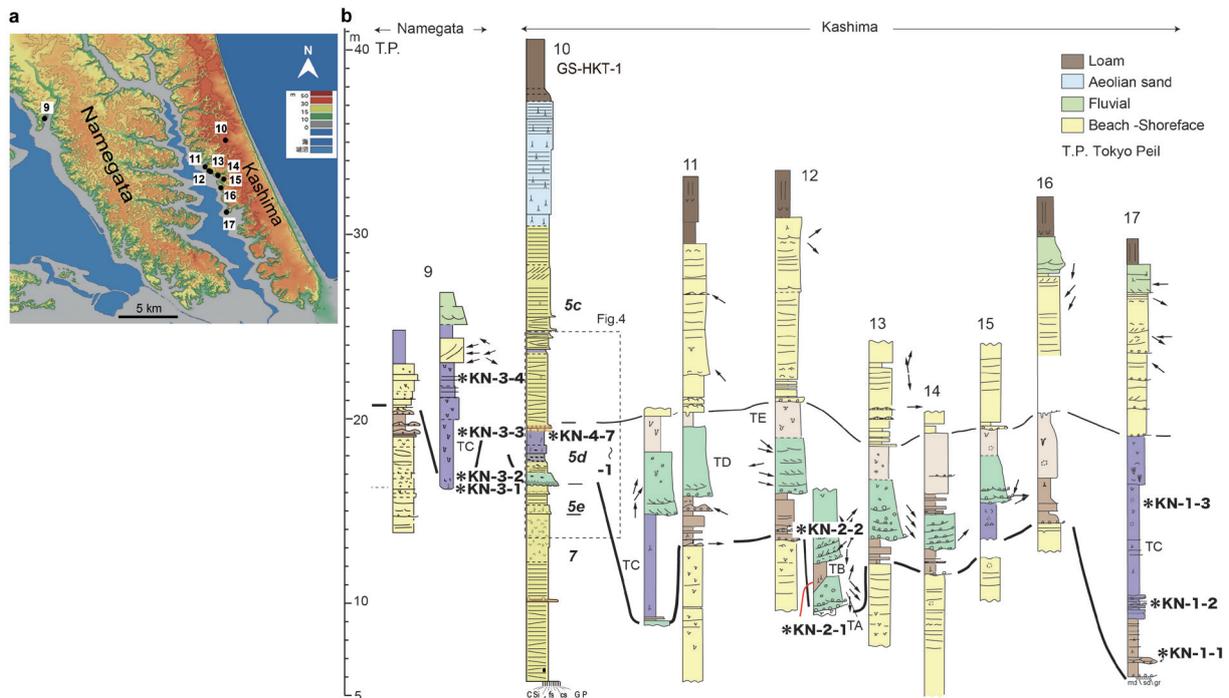


図2 (a) 鹿島・行方台地のデジタル標高モデルと調査地点の位置。●は調査地点の位置を示す (Tamura et al., 2022 を改変)。調査地点番号は岡崎ほか (2023) に準じる。(b) 鹿島・行方台地の地質断面 (岡崎, 1992; Tamura et al., 2022; 岡崎ほか, 2023 より改変)。*は花粉分析試料の採取位置を示す。堆積相 TA ~ TE は岡崎ほか (2023) を参照。

点標高を読み取りハンドレベルにより露頭標高を求めた。その他国土地理院の 5m DEM を用いて段彩図を作製した。

堆積相区分は岩相，粒度，堆積構造，基底面形状，組織，色調，含有化石，古流向などの層相観察に基づいて行い，堆積相解析により堆積環境を推定した。

花粉・孢子化石の分離およびプレパラート作製は，以下の手順で行った。水酸化カリウム処理により試料（約 100g）を泥化・分散させる。1 μ 振動篩で粘土鉱物を分離・除去する。大型時計皿処理により植物質を濃集する。フッ化水素酸処理により珪酸塩鉱物を分解除去する。重液（塩化亜鉛，比重約 1.9）を用いて比重分離し，植物質を濃集する。酢酸処理を行った後，アセトリシス処理（濃硫酸：無水酢酸 = 1：9 の混合液を加え，1 分間湯煎）によりセルロースを分解・除去する。酢酸処理および水洗を行った後，分離試料をグリセリンジェリーで封入する。封入材の乾燥を防ぐため，カバーガラスの周囲をネイルエナメルで密封する。花粉化石の計数は同定された花粉・孢子化石のうち，完全形または破片の場合は半分以上残っていたものを対象とした。木本植物の花粉化石総数が 1 試料につき 200 個を越えるまで計数した。また，この過程で観察される草本植物の花粉化石およびシダ植物の孢子化石も集計した。

ちなみに岡崎ほか（2023）では飯岡台地で 3 地点 6 サンプル，鹿島・行方台地で 4 地点 4 サンプルを報告しているが，本論では鹿島・行方台地で岡崎ほか（2023）の 4 地点から 12 試料を追加採取し，報告するものである。

4. 堆積相と花粉化石群集（図 3，図 4）

本論では岡崎ほか（2023）の鹿島・行方台地の“谷埋め堆積物”の下部の試料に中部，上部もしくは同時異相の試料，また鹿島台地のボーリングコアの試料を追加分析した結果を報告する。

KN-1-1, 1-2, 1-3 (地点 17)

KN-1-1, 1-2, 1-3 サンプルは地点 17 の堆積相 TC（溺れ谷埋積相）から産出し，厚さは約 10m で比較的大規模な谷状の浸食面を持ち，浸食面上には中礫など粗粒堆積物がみられる塊状ないしは泥勝ちな層相である。この下部の KN-1-1 の産出層は，粗粒砂層が塊状で泥層は泥炭質もしくは植物片を含む層相から産出する。KN-1-2 は生物擾乱の激しい泥質砂もしくはレンズ状からフレーザー状層理のみられる泥層から産出する。KN-1-3 は上部の細粒砂層で，この上位にアズマニシキやマガキなど汽水域から湾口部に生息する貝化石の密集帯を含み，ウチムラサキが合弁で認められる層相から産出する。

KN-1-1, 1-2, 1-3 はよく似た花粉化石群集組成を示す。落葉広葉樹の産出率が常緑針葉樹と比較して相対的に高い。主な分類群は，落葉広葉樹の *Alnus*（ハンノキ属）や *Junglans/Pterocarya*（クルミ属/サワグルミ属），*Carpinus/Ostrya*（クマシデ属/アサダ属），*Hemiptelea*（ハリゲヤキ属），*Fraxinus*（トネリコ属）であった。常緑針葉樹の *Cryptomeria*（スギ属）の産出は低率で，常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis*（コナラ属アカガシ亜属）はほとんど産出しない。

KN-2-1, 2-2 (地点 12)

KN-2-1 は地点 12 の堆積相 TB（潮流チャネル埋積相）から産出する。この堆積相は亜角礫の中礫を含む極粗粒から中粒砂からなり，厚さは約 2m で，下部は礫質で顕著な堆積構造は認め

茨城県鹿島・行方台地の中・上部更新統で見られる
堆積相と花粉化石群集の関係

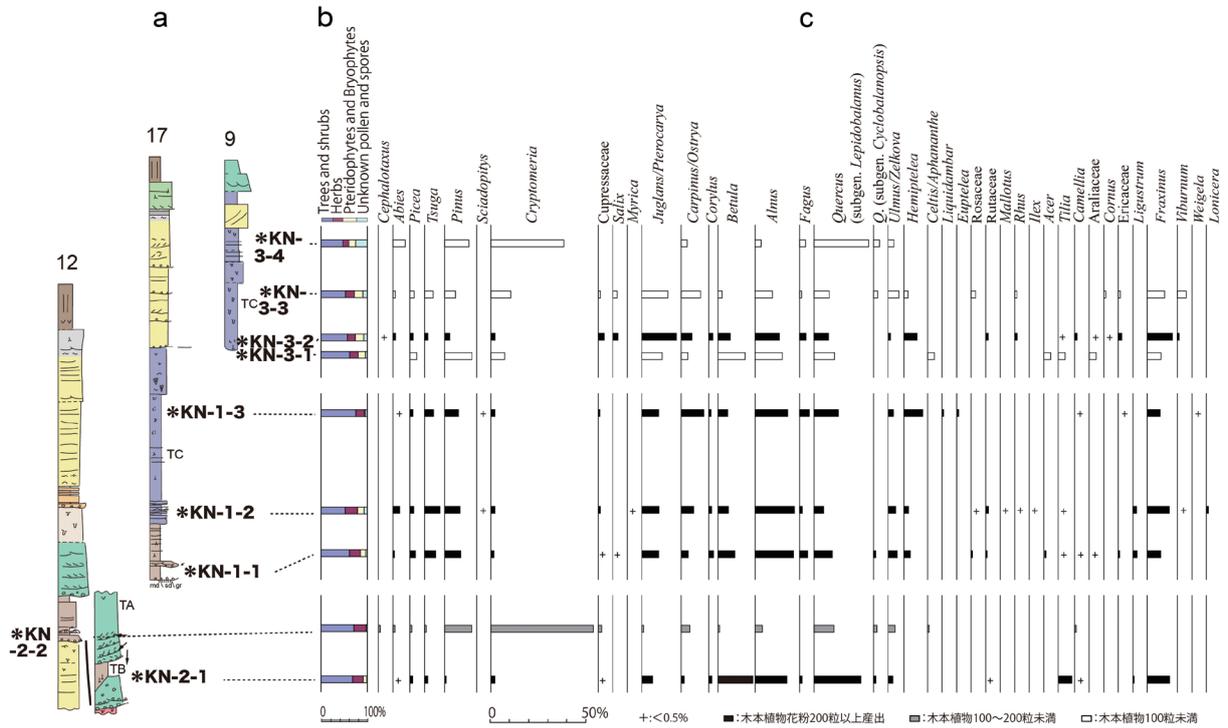


図3 鹿島・行方台地の花粉ダイアグラム。(a) 試料の採取地点柱状図と採取層準,
(b) 花粉組成, (c) 花粉産出率。

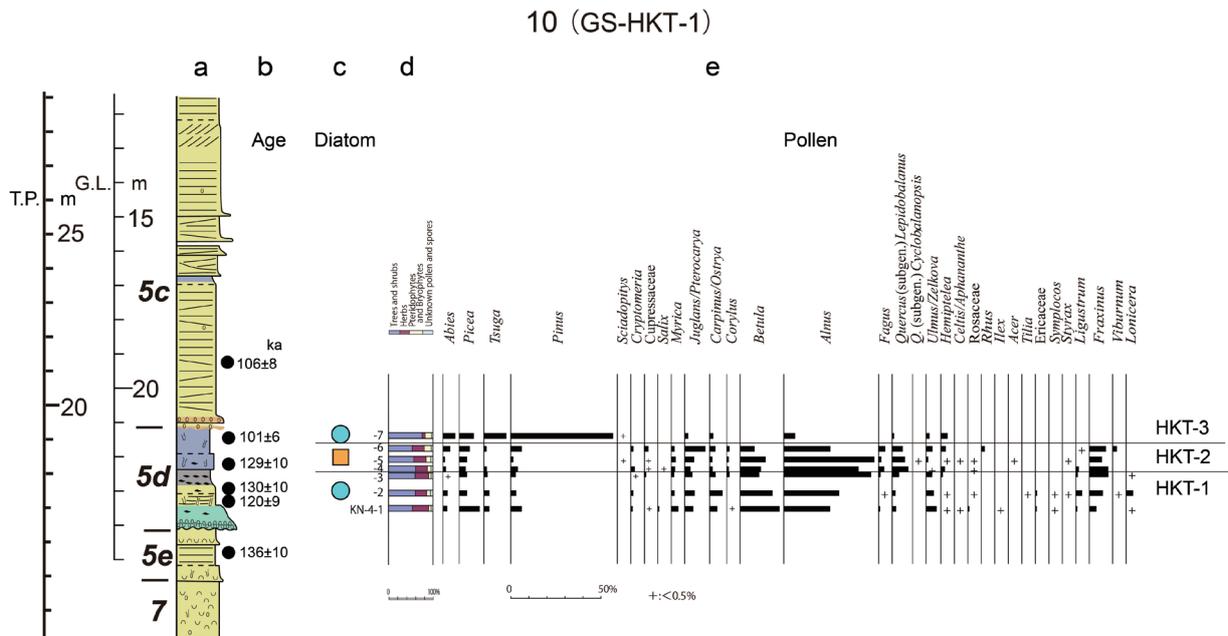


図4 地点10 (GS-HKT-1 コア) の花粉ダイアグラム。柱状図範囲は図2参照。(a) 試料の採取地点
柱状図と採取層準, (b) OSL年代値, (c) 珪藻群集: ○印は淡水生群集, □印は海生群集を示す (Tamura
et al., 2022 Supplementary material をコンパイル), (d) 花粉組成, (e) 花粉産出率。

られないが、上部はより細粒でヘリンボーン構造やマッドドレイプを挟在する平板型斜交層理のセットが厚さ 30–50 cm のフォーセット層理をつくっている。KN-2-1 は、この砂層に不規則な浸食面を持って挟在する厚さは約 2 m で材などの植物片が多く見られる泥炭質な塊状泥層から産出する。泥層からは淡水生の *Cymbella*, *Pinnularia*, *Gomphina* 属などや汽水生の *Diploneis smithii*, *Coscinodiscus lacustris* などの珪藻化石、またハンノキやミズメなどの樹木やヒシ、ヒルムシロ属、ホタルイ等の湿地や水辺にはえる草本木の植物化石を普通に産出する。

KN-2-1 の花粉群集は *Alnus* や *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* (コナラ属コナラ亜属) などの落葉広葉樹が優勢である。 *Cryptomeria* はほとんど産出しない。

KN-2-2 は砂層と泥層の互層からなり砂層には粗粒リップルや斜交層理などが見られる。砂層には貝殻片が、泥層には植物片がしばしば含まれる。潮汐低地相と考えられる。主な分類群は、常緑針葉樹の *Cryptomeria*, *Pinus* (マツ属) が優勢に産出した。落葉広葉樹の *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* や常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* を低率に産出した。

KN-3-1, 3-2, 3-3, 3-4 (地点 9)

堆積相 TC (溺れ谷埋積相) で、顕著な谷状の基底を持つ谷埋め堆積物である。最下部は木片とともにシジミや珪藻化石の海水泥質干潟指標種が優占的に検出される潮汐低地相である。中部から上部は生物擾乱が激しく、珪藻化石は少数だが内湾指標種群が産出する。

最下部の KN-3-1 は *Alnus* や *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* などの温帯落葉広葉樹が優勢である。 *Cryptomeria* の産出は低率である。

下部の KN-3-2 では、落葉広葉樹の産出率

が常緑針葉樹と比較して相対的に高い。主な分類群は、落葉広葉樹の *Juglans/Pterocarya*, *Carpinus/Ostrya*, *Alnus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Hemiptelea*, *Fraxinus* であった。常緑針葉樹の *Cryptomeria* (スギ属) 産出は低率で、常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* はほとんど産出しない。

中部の KN-3-3 については KN-3-2 とほぼ同様の組成であったが、常緑針葉樹の *Cryptomeria* の産出率が増加、常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* の産出という相違が認められた。

一方、上部の KN-3-4 では、常緑針葉樹の *Cryptomeria* および落葉広葉樹の *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が優勢で、常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が低率に産出した。

KN-4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5, 4-6, 4-7 (地点 10 : GS-HKT-1 コア)

Tamura et al. (2022) の GS-HKT-1 コアの泥層からなる Subunit D-2 (湿地相) の、コア深度が下位から KN-4-1 : 23.55–23.52 m, KN-4-2 : 23.10–23.05 m, KN-4-3 : 22.53–22.52 m, KN-4-4 : 22.41–22.35 m, KN-4-5 : 22.10–22.09 m, KN-4-6 : 21.81–21.75 m, KN-4-7 (岡崎ほか, 2023 の KN-4) : 21.41–21.40 m を分析した。

全体としては木本植物花粉の産出率が全ての試料で 50% 以上であった。木本植物花粉の中では落葉広葉樹の産出率が常緑針葉樹と比較して相対的に高い。木本植物花粉の主な分類群は、落葉広葉樹の *Alnus*, *Betula*, *Juglans/Pterocarya*, *Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Fraxinus*, 常緑針葉樹の *Abies* (モミ属), *Picea* (トウヒ属), *Pinus* などであった。また、常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* の稀な産出が認められた。

地点 10 の 7 試料はその分類群の組み合わせよ

り、下位から HKT-1, 2, 3 の 3 帯に区分することができる。同じく産出する珪藻化石群集 (Tamura et al., 2022) についても併記する。

HKT-1 帯 (KN-4-1~4-3; 深度 23.55 ~ 22.52m) : 落葉広葉樹の *Alnus* および *Betula* (カバノキ属) が優勢で, *Juglans/Pterocarya*, *Carpinus/Ostrya*, *Ulmus/Zelkova* (ニレ属/ケヤキ属), *Fraxinus* などの分類群が随伴する。常緑針葉樹の *Picea* は 10%程度産出したが, その他の常緑針葉樹の分類群の産出はわずかである。珪藻化石は深度 23.53 ~ 23.05m) では *Aulacoseira* 属, *Staurosira* 属などほぼ淡水生のみが産出する。

HKT-2 帯 (KN-4-4~4-6; 深度 22.41 ~ 21.75m) : 落葉広葉樹の *Alnus* が極めて優勢で, *Betula*, *Juglans/Pterocarya*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Fraxinus* などの分類群が随伴する。常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* がわずかに認められる。常緑針葉樹の産出は低率である。珪藻化石は深度 22.41 ~ 21.80m では *Paralia sulcata*, *Pseudopodosira kosugii* など汽水生や海生種が卓越する。潮間帯の干潟が推定される。

HKT-3 帯 (KN-4-7; 深度 21.41~21.40m) : 常緑針葉樹の分類群が極めて優勢である。中でも, *Pinus* が最も優勢で, *Abies* (モミ属), *Picea*, *Tsuga* (ツガ属) がこれに次ぐ。一方, 下位の帯で優勢である落葉広葉樹の分類群は低率であった。また, ここでは花粉・孢子化石の他に緑藻類の *Pediastrum* (クンショウモ属) が多量に産出した。珪藻化石は深度 21.71 ~ 21.40m では淡水生 *Staurosira* 属が産出する。

5. 考察

5.1 花粉化石群集から推定される層準

鹿島・行方台地の 4 地点の分析結果を中心に岡崎ほか (2023) による既往分析資料も含め, 地点間の比較検討を行い, 層準や海洋酸素同位体ステージ (MIS) に関して検討した。

地点 17 では 3 試料 KN-1-1, 1-2, 1-3 とともに, 温帯落葉広葉樹の *Alnus* が最も優勢であり, この他に *Juglans/Pterocarya*, *Carpinus/Ostrya*, *Hemiptelea*, *Fraxinus* などの温帯落葉広葉樹の分類群で占められる。一方, 常緑針葉樹の分類群は低率で, 3 試料ともに *Cryptomeria* や *Sciadopitys* (コウヤマキ属) の産出はわずかである。

地点 9 の下部 3 試料 KN-3-1, 3-2, 3-3 は地点 17 と同様の花粉組成が認められた。地点 9 の上部 1 試料 KN-3-4 は, 産出粒数が少なかったので参考データであるが, 温帯常緑針葉樹 *Cryptomeria* と温帯落葉広葉樹 *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が優勢に転じる傾向が把握できた。

つぎに, 地点 12 では, 試料 KN-2-1 では温帯落葉広葉樹の *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* および *Betula* が優勢であるのに対し, 試料 KN-2-2 は, 産出粒数が少なかったが, 温帯常緑針葉樹 *Cryptomeria* や *Pinus* が優勢に産出し, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* の産出率は低率となる。また, 暖温帯常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* が低率に産出する特徴がある。この落葉広葉樹が優勢な組成から針葉樹の *Cryptomeria* が優勢となる産出組み合わせへの変化は, 前述の地点 9 に認められた変化と同じパターンが表れているとみてよいと考えられる。

このような変化はいくつかの既報でも報告されている。坂田ほか (2018) では, 筑波台地の木下層 (MIS 5e) の下部の温帯落葉広葉樹の分

類群が優占し *Cryptomeria* や *Sciadopitys* がわずかであるという産出組み合わせ (P3 zone) の上位に、温帯常緑針葉樹 *Cryptomeria* と温帯落葉広葉樹 *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が優勢に産出する組み合わせ (P4 zone) が現れる。また、鹿島沖 MD01-2141 コアにおける MIS 1 ~ MIS 6 までの層序区間から産出した花粉化石群集 (五十嵐, 2009) と比較すると、*Alnus* や *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* などの温帯落葉広葉樹が相対的に優勢となるのは、MIS 5e の下部のみであり、MIS 5e の上部では *Cryptomeria* が優勢に産出する特徴がある。そして、MIS 5d や MIS 5c 層準では温帯常緑針葉樹 *Cryptomeria* と *Sciadopitys* が優勢に産出する。これらを考慮すると、地点 17 と地点 9, 12 は、これらの層相は海進相であることから MIS 5e の下部と、MIS 5e の下部から上部である可能性が考えられる。

なお、茨城県筑波台地 (坂田ほか, 2018) や千葉県北部 (Nakazawa et al., 2017) で MIS 5e 前期~中期に形成されたと考えられている開析谷システムの泥層では *Hemiptelea* が高率に産出し、後期に形成されたと考えられているバリアー島システムの泥層では *Cryptomeria* が高率に産出する特徴が共通して認められている。これに対し、鹿島・行方台地の 3 地点 9, 17, 12 では *Hemiptelea* の産出は認められるものの、高率ではない。この違いは、MIS 5e の下部の中での層位の違いや *Hemiptelea* の生態等を反映した植生分布 (生育環境) の地域差を表しているのかもしれない。

地点 10 の下部 (HKT-1 帯) は温帯落葉広葉樹の *Alnus* および *Betula* が優勢で、冷温帯落葉広葉樹の *Fagus* (ブナ属)、温帯落葉広葉樹の *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* をわずかに伴う。常緑針葉樹の分類群の産出は低率である。これ

らのことから、森林古植生は冷温帯下部の落葉広葉樹林であったと考えられる。中部の HKT-2 帯は下部の帯と同様の産出組み合わせからなるが、*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* や *Fagus* の産出率が増加すること、暖温帯常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* がわずかに認められることから、HKT-1 帯よりも温暖な気候条件になったと考えられる。上部の HKT-3 帯は下位の帯とは産出組み合わせが大きく異なり、温帯常緑針葉樹の *Pinus* が最も優勢で、*Abies*, *Picea*, *Tsuga* (ツガ属) がこれに次ぐ。落葉広葉樹の分類群は低率である。現在の日本列島には自生していない温帯落葉広葉樹の *Hemiptelea* を伴うことから、森林古植生は中間温帯の温帯針葉樹林 (モミ・ツガ林) ~ 冷温帯下部の針葉樹林であったと考えられる。常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* がほとんど認められないことから、下位の HKT-2 帯と比較して相対的に寒冷になったと考えられる。

HKT-2 帯のこれらの群集は、地点 17 の KN-1-1 や地点 12 の KN-2-1 などに似る。上記の既報から MIS 5e の下部の可能性があげられる。上部の HKT-3 帯は五十嵐 (2009) や大嶋ほか (1997) などから MIS 5d の下部が推定される。MIS 5d は OSL 年代と整合的である。

5.2 堆積シーケンスと花粉化石群集

堆積シーケンスと花粉化石群集の特徴との関係について考察する。

鹿島・行方台地では谷埋め堆積物を中心に試料採取を行った。谷埋め堆積物とはここでは潮汐チャンネルやその埋積相、溺れ谷埋積相、潮流口相、ラグーン相などの堆積物をさすが、これらは堆積シーケンスでは海進期の堆積体の主要な構成要素である。谷埋め堆積物は泥質層からなり堆積速度

が小さいことから海水準変動と古気候変化の関係を推定できる可能性がある。ちなみに地点 10 は陸成層が主体の沼沢地相である。

地点 17 は約 10m の泥層の溺れ谷埋積相からなるがその下部，中部，上部で産出する KN-1-1, 1-2, 1-3 は *Alnus* が優勢でよく似ている。層相は，下部は泥炭質だが上方に向かって生物擾乱が激しくなり，その直上はマガキなどの汽水生貝化石を含む泥質細粒砂層からなる。全体としてエスチュアリー堆積システムであり，直上の砂層は湾口部の可能性がある。地点 9 は地点 17 と同じく生物擾乱の激しい約 7m の泥質谷埋め堆積物で最下部は珪藻群集などから干潟環境を示す。最下部と下部の KN-3-1, 3-2 の花粉群集は地点 17 と同じく *Alnus* や *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* などの温帯落葉広葉樹が優勢であるが，中部の KN-3-3 は常緑針葉樹の *Cryptomeria* の産出率の増加，常緑広葉樹の *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* の産出が認められ，最上部の KN-3-4 は *Cryptomeria* および落葉広葉樹の *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が優勢になる。上方に向かっての *Cryptomeria* の増加は地点 12 の 2 試料でも認められるが，地点 12 は上記 2 地点とは異なり連続した溺れ谷埋積相の泥層ではなく，砂礫層を伴う泥炭質な潮流チャネル埋積相 (KN-2-1) と下位に泥炭質層を挟む砂泥互層の潮汐低地相 (KN-2-2) である。KN-2-1 では同時にハンノキやミズメなどの樹木や湿地，水辺にはえる草本木の植物化石を普通に産出する。河辺林が発達していたと推定される。これらの 3 地点の類似と相違は堆積場と堆積時期の違いで解釈される可能性がある。地点 17 はエスチュアリーの湾口部の層相と考えられる。地点 9 や 12 は，より内陸もしくはエスチュアリー周辺の，潮汐低地や潮流チャネルが発達していた場が考え

られる。地点 17 では厚い泥層中の花粉群集が海水準上昇によっても変化せず（この上位で変化した可能性はあるが），地点 9 や 12 から海水準変動に伴う植生変化が示唆されるのは下記のようにないかと推定される。地点 17 では下部は海水準上昇初期もしくは低海面期から河川や潮流による堆積が行われ，海進上昇期には泥層による埋積がいち早く進んだ。地点 9 や 12 は地点 17 よりも内陸側で海進の遅い時期に堆積が始まり，河辺林が影響する初期の環境から海水準上昇と気候の湿潤化により *Cryptomeria* 優勢の環境に変化したものと推定される。従ってこれらの群集組成の違いは堆積時期と堆積速度の相違が要因でないかと考えている。

群集変化で最も特徴的なのは地点 10 の 7 試料で，厚さ 2m の泥層の中で化石群集の変化が見られる。珪藻化石群集は下部の淡水成の沼沢地から，中部では海水の影響を受けた潮間帯の干潟に，また，上部では淡水成の浅い沼沢地への環境変化が読み取れ，海水準の変動を記録している可能性がある。花粉化石群集は下部の HKT-1 帯と上部の HKT-3 帯が常緑広葉樹の産出が少なく相対的に寒冷で，中部の HKT-2 帯はアカガシ亜属の存在から相対的に温暖である。1 帯と 3 帯の比較では常緑広葉樹の産出がより少なく 3 帯の方が寒冷である。これらの変化をまとめると下部は河川の氾濫原の湿地相で周辺には河辺林があり，古気候は冷涼であった。中部は干潟で下部よりも温暖な気候条件になった。上部は淡水化し古気候は下部よりも寒冷化している。このように花粉群集が示す気候の変化は珪藻群集の示す海水・淡水変化と同調的でこの環境変化は，広い意味での気候変化に伴う海進と海退を示していると言えるかもしれない。地点 10 では，下部・中部と上部では OSL 年代値に不連続性が見られ，上部でやや年代が若

くなる。従って、この間に時間間隙（不整合面）がある可能性もあるが、層相からは顕著な不連続性は見られない。

調査地域のこれらの谷埋め堆積物に共通する花粉群集組成として、下部の *Alnus* の優勢があるが、同時に産出する他の化石群集が示すように堆積場（河辺林）の影響が強い可能性がある。これを除いて考えると、地点 9 や 12 で見られる *Cryptomeria* の増加と、地点 10 の針葉樹林の増加が特徴的である。地点 9 や 12 は MIS 5e もしくは MIS 5c 中の海進期の堆積物と考えられる。地点 10 では下部から中部で海進、上部で明瞭な海退が起こっているとすると MIS 5e から 5d の海退期に小規模な海水準の上昇、または一時的に暖流（？）が流入する古地理変化が起こったか、もしくは、MIS 5d の海退時に MIS 5e の海進の堆積物の上位で剝削が起こった可能性が考えられる。従って鹿島台地・行方台地の中で時期の異なる海進期の谷埋めや沼沢地の埋積物が発達した可能性がある。

岡崎ほか（2023）では、鹿島台地・行方台地の南方に位置する飯岡台地での高海面期堆積体（外浜～前浜堆積システム）中の花粉化石群集を報告した。飯岡台地の香取層の下部外浜相、上部外浜相、沿岸湿地相から採取された群集組成は五十嵐（2009）や大嶋ほか（1997）の MIS 5c、MIS 5a の花粉群集に対比された。ここでは OSL 年代値から MIS 5c の高海面期堆積体と推定された（Okazaki et al., 2022）。これらの花粉化石群集はそれぞれ堆積環境が異なるがよく似た群集組成を示すことから、堆積時の比較的安定した気候が推定され、外浜相から海浜相の砂層も厚いことから調査地域での速い堆積速度や供給量の多さが考えられた。

本論で対象とした鹿島台地・行方台地の谷埋

め堆積物の上位には、ラビンメント面を挟んで、外浜～海浜の堆積相が載る。これらはテフラや OSL 年代から飯岡台地と同様に MIS 5c の高海面期の堆積物と推定される（Tamura et al., 2022）。この下位の谷埋め堆積物や沼沢地の埋積物の花粉化石群集には堆積場の陸域との関係や堆積速度を反映した相違が認められ、また、堆積相や他の微化石群集が示す環境変化との同調が見られた。

6. まとめ

堆積相による花粉化石群集の評価は、環境解析の新たな視点を与えると考える。同時期の同じ堆積相中の花粉化石群集の相違は堆積相の発達場や発達過程の相違を示唆している。

文献

- 五十嵐八枝子（2009）：北西太平洋・鹿島沖コア MD01-2421 の MIS 6 以降の花粉記録：陸域資料との対比。地質学雑誌，**115**，357–366。
- 貝塚爽平（1987）：関東の第四紀地殻変動。地学雑誌，**96**，223–240。
- 公文富士夫・山本正伸・長橋良隆・青池 寛（2009）：最終間氷期の環境変動—日本列島陸域と周辺海域の比較と統合一。地質学雑誌，**115**，301–310。
- Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E. (2005): A Pliocene–Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. *Paleoceanography*, **20**, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- 中里裕臣・佐藤弘幸（2001）：下総層群の年代と“鹿島”隆起帯の運動。第四紀研究，**40**，251–257。
- Nakazawa, T., Sakata, K., Hongo, M. and

- Nakazato, H. (2017): Transition from incised valley to barrier island systems during MIS 5e in the northern Chiba area, Kanto Plain, central Japan. *Quaternary International*, **456**, 85–101.
- Murakoshi, N. and Masuda, F. (1992) : Estuarine, barrier-island to strand-plain sequence and related ravinement surface developed during the last interglacial in the Paleo-Tokyo Bay, Japan. *Sedimentary Geology*, **80** , 167–184.
- 岡崎浩子 (1992) : 下末吉海進に伴う潮流堆積相の発達－茨城県鹿島台地の下総層群木下層－. 千葉中央博自然誌研究報告, **2** (1), 15–23.
- 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.
- 岡崎浩子・中里裕臣・田村 亨・本郷美佐緒 (2023) : 常総台地東部の中・上部更新統下総層群の堆積相とそこに含まれる花粉化石群集の例 (予報). 深田地質研究所年報, **24**, 153–167.
- 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区分の再検討. 茨城県自然博物館研究報告, **16**, 51–56.
- 大嶋秀明・徳永重元・下川浩一・水野清秀・山崎晴雄 (1997) : 長野県諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集とその対比. 第四紀研究, **36** (3), 165–182.
- Railsback, L. B., Gibbard, P. L., Head, M. J., Voarintsoa, N. R. G. and Toucanne, S. (2015): An optimized scheme of lettered marine isotope substages for the last 1.0 million years, and the climatostratigraphic nature of isotope stages and substages. *Quaternary Science Reviews*, **111**, 94–106.
- 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.
- 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 Earth Science*, **10**, doi:10.3389/feart.2022.967572.
- 山野井 徹 (1994) : 花粉学事典. 日本花粉学会, 朝倉書店, 371–373.