

伊勢丘陵の最高位段丘構成層・見当山層の古地磁気極性及び花粉組成 Paleomagnetic polarity and pollen assemblage of the Kentoyama Formation, Ise Hills, central Japan.

小松原 琢^{1*}・本郷美佐緒²・佐藤善輝³
KOMATSUBARA Taku^{1*}, HONGO Misao² and SATO Yoshiki³

Abstract: The Kentoyama Formation is fluvial to coastal sediments unconformably overlying on the Plio-Pleistocene Tokai Group and distributes in the summits of the Mid-Ise Hills. This formation is an important indicator of regional tectonic history, which shows the age of initiation of uplifting of the Ise Hills. However, its date is still not clear because of lack of tephra. The authors examined paleomagnetic analysis and pollen analysis, then reconsidered age of the Kentoyama Formation by combination among previous macro-plant fossil studies and our studies. The results are followings. 1) The paleomagnetic polarity is normal. 2) Previous studies reported yielding of macro-plant fossils of *Juglans mandchurica* and *Fagus macrocarpa*. 3) Pollen of *Quercus* are abundant. 4) Coastal *Paliurus nipponicus* and pollen assemblages of warm-temperate evergreen broad-leaved trees shows interglacial era. There fore, we tentatively regard the age of the Kentoyama Formation as interglacial age of the MIS (Marine oxygen Isotope Stage) 29, 19 or 17, however still includes uncertainty.

Keywords: Kentoyama Formation, Ise Hills, Pleistocene, Chibanian, paleomagnetic analysis, pollen analysis.

要 旨

見当山層けんとうやまは、中勢丘陵で東海層群を不整合に覆って丘陵頂部に分布する河成～海岸成の地層である。この地層は伊勢丘陵が隆起し始めた時代を示し、構造発達史解明上重要であるが、テフラを挟有しないため堆積年代が明確にされてこなかった。本調査では古地磁気極性分析と花粉分析を行って、既往の大型植物化石データと併せて見当山層の堆積年代を再検討した。①正の古地磁気極性を示すこと、② *Juglans mandshurica* と *Fagus microcarpa* の大型植物化石を産すること、③ *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉化石を多産すること、④海浜性の *Paliurus nipponicus* の大型植物化石と暖温帯性常緑広葉樹の花粉を産し、間氷期の堆積物であることが示されたこと、から、今の段階ではカラブリアン期後期・ハラミロイベントの間氷期 (MIS 29) ないしチバニアン期前期の間氷期である MIS 19 ないし 17 に対比される可能性が高いと考えられるが、なお検討の余地が残される。

1. はじめに

見当山層 (荒木, 1953 の見当山礫層を木村, 1961 が

見当山累層と改称) は、三重県中部の中勢丘陵 (伊勢丘陵のうち、鈴鹿川くもすと雲出川かわげの間の丘陵) の津市河芸町本城松と津市市街地から旧久居市市街地北方にかけて分布する (第1図)、東海層群を傾斜不整合に覆って堆積する (木村・竹原, 1969) 地層である。これは、①伊勢丘陵東縁で東海層群を傾斜不整合に覆うこと、②10～20 m程度の厚さを持ち丘陵頂部に残存するが、堆積面を構成していないこと、③高位段丘堆積物より高い場所に分布し、より古い地層であること、などの特徴をもつ。このような層位・構造・地形的特徴から、本層は東海層群堆積後の地殻変動開始以降に堆積し、堆積後に中勢丘陵が隆起したことを示す、構造発達史上重要な地層であり、同時に海岸近くの植生を示す大型植物化石が得られていること (西山ほか, 1975) から、高海面期の堆積物として広域対比の上でも重要な鍵となる地層である。

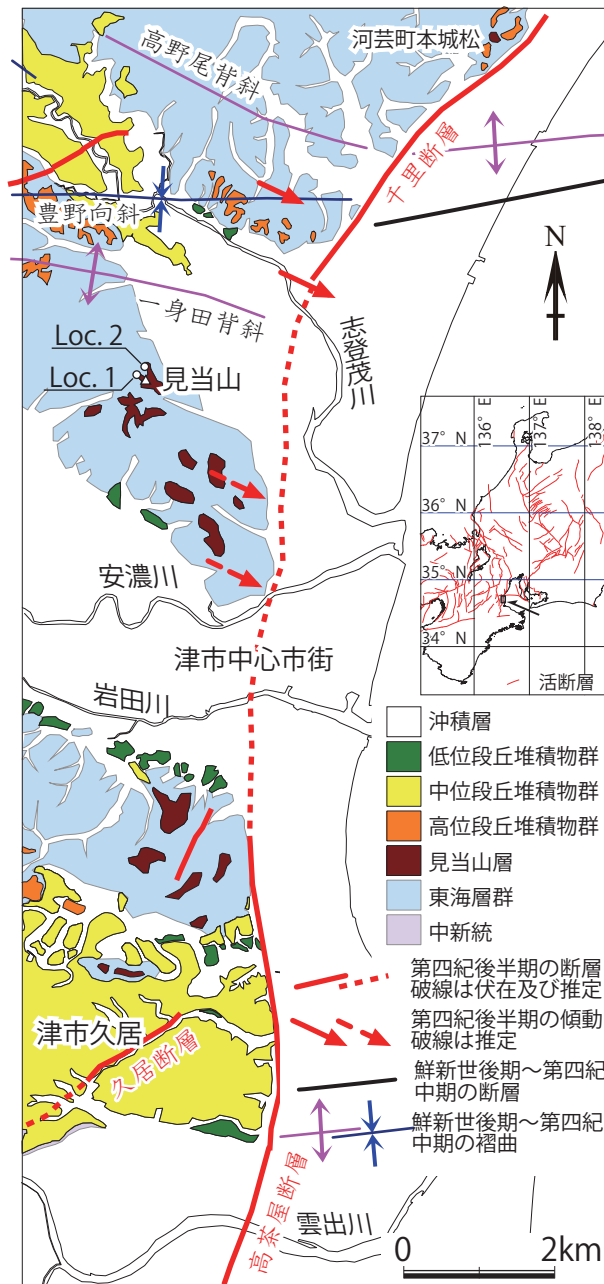
しかし、見当山層からはテフラが見つかっていないため、対比・編年が確定していない。また、既往研究によって *Juglans mandshurica* (オニグルミ) や *Paliurus nipponicus* (コウセキハマナツメ)、*Fagus microcarpa* (ヒメブナ) を含む大型化石や、*Liquidambar* (フウ属) を少量含む花粉化石などの示準化石となりうる植物化石が得られている (西山ほか, 1975) もの、スギ科花

*Corresponding author: KOMATSUBARA, T., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. E-mail: komatsubara-t@aist.go.jp

1 産業技術総合研究所 地質情報基盤センター (AIST, Geoinformation Service Center)

2 有限会社アルプス調査所 (Alps Technical Research Laboratory Co. Ltd.,)

3 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)



第1図 見当山層分布地域の地質図。

Fig. 1 Geological map of the Kentouyama Formation distribution region.

粉の属レベル分類やコナラ属花粉の亜属レベル分類など、近年の花粉層序学の進展に伴って環境や年代の指標としての有効性が認められるようになった分類群（たとえば楡井・本郷，2018）の識別はされていない。さらに、近畿・東海地方には時間間隙なく連続的に堆積したチバニアン期後半期の地層が陸上に露出していないため、大型植物化石層序が確立されにくいという問題も残されている。

一方、本層が分布する丘陵は広範囲に開発しつくされ、地表露頭は極めて限られており、荒木・北村（1971）、木村（1971）、西山ほか（1975）等によって記載された

良好な露頭は現在観察できない。

本研究では、模式地付近に窓状に露出する露頭で古地磁気及び花粉分析試料を採取し、古地磁気極性と花粉組成を分析した。

2. 試料採取地点と分析方法

2.1 試料採取地点

試料採取地点は、津市見当山西斜面の、Loc. 1（北緯 34° 45' 3" 東経 136° 29' 22"：古地磁気試料及び花粉試料①を採取）と Loc. 2（北緯 34° 45' 12" 東経 136° 29'

28": 花粉試料②を採取)の2地点(第1図)である。両地点の柱状図を第2図, Loc. 1の状況を第3図に示す。なお、花粉試料は露頭からの採取となるため現生花粉が混入しないように配慮し、花粉散布期を避けて2月に採取した。

両地点は、荒木・北村(1971)の露頭①(すなわち西山ほか(1975)の柱状図3)の地点の西及び北西に位置する。Loc. 1とLoc. 2は300 m程度離れており、その間に露頭がないため地層の厚さについては若干問題があるが、緩く北東傾斜する(Loc. 1でN62°, W3°E)こと、特徴ある不淘汰で礫まじりの地層(後述のCレイヤー)が下位の細粒層(A及びBレイヤー)を一部削り込んで堆積していることから、第2図に示す層序を想定することができる。すなわち当地の見当山層は下位より、Aレイヤー: 平行～波状葉理が発達し細礫～中礫径のマッドクラストを含む、成層状シルトまじり細粒砂層(この中に挟在する厚さ10 cm程度の白色シルト層より試料①を採取)、Bレイヤー: 弱有機質で暗灰色～灰色の塊状を呈し、不明瞭なモヤモヤした生物擾乱が認められるシルトないし砂質シルト層(試料②を採取)、Cレイヤー: 下位層を一部削って堆積する、レンズ状に基質支持で径10～100 mmの亜円礫を多く含む、砂がちの部分では塊状ないし不明瞭な層状を呈する、不淘汰な礫まじり土ないし砂礫層、Dレイヤー: リップル葉理が発達し、直立植物根及び管状及び不明瞭な生物擾乱が認められる成層砂質シルトないしシルト質砂層、Eレイヤー: 下位層を一部削って堆積する礫支持の、径10～150 mmのクサリ礫を多く含む円礫を主体とし赤褐色の砂を基質とする、成層状の砂礫層、からなる(第2図)。

層相と標高から、これを隣接地点で記録されたと考えられる西山ほか(1975)の柱状図3の地層と対比する。Bレイヤーの弱有機質暗灰色～灰色塊状シルトは、西山ほか(1975)の柱状図3で動物化石を産出したと報告されている泥層に、Cレイヤーの不淘汰な礫まじり土ないし砂礫層は同じ柱状図中の2層の礫層のうちの下のものに、Eレイヤーは上位の礫層に、それぞれ対比されると考えられる。

このうちAレイヤーは平行成層状の砂を主体としてシルトを層状に挟有することや、周囲の東海層群に由来すると考えられるマッドクラストを含むことから、東海層群を下刻した谷を埋めて流下した河川成の堆積物と考えられる。Bレイヤー及びDレイヤーは、生物擾乱やリップル葉理が認められること、比較的淘汰の良い堆積物であることといった特徴から、湿地のようなごく浅い静水ないし弱い流れのある水域で堆積した地層と考えられる。Cレイヤーは礫・基質ともに不淘汰で、基質で支持された礫を含む層をレンズ状に挟有

し、全体として塊状ないし不明瞭な層状を呈するといった特徴から、土石流のような集合運搬作用によってもたらされた堆積物と考えられる。Eレイヤーは成層した礫支持の円礫層からなり、河川性の堆積物と考えられる。このような解釈は、既往研究(西山ほか, 1975; 吉田, 1987, 吉田ほか, 1995)で示されているように、当地付近が海岸に近い河川下流部に位置しており、一連の海進～高海面期を経て海退期の陸成層堆積に至る、海面変動に対応して堆積した地層であること示している。

2.2 古地磁気分析方法

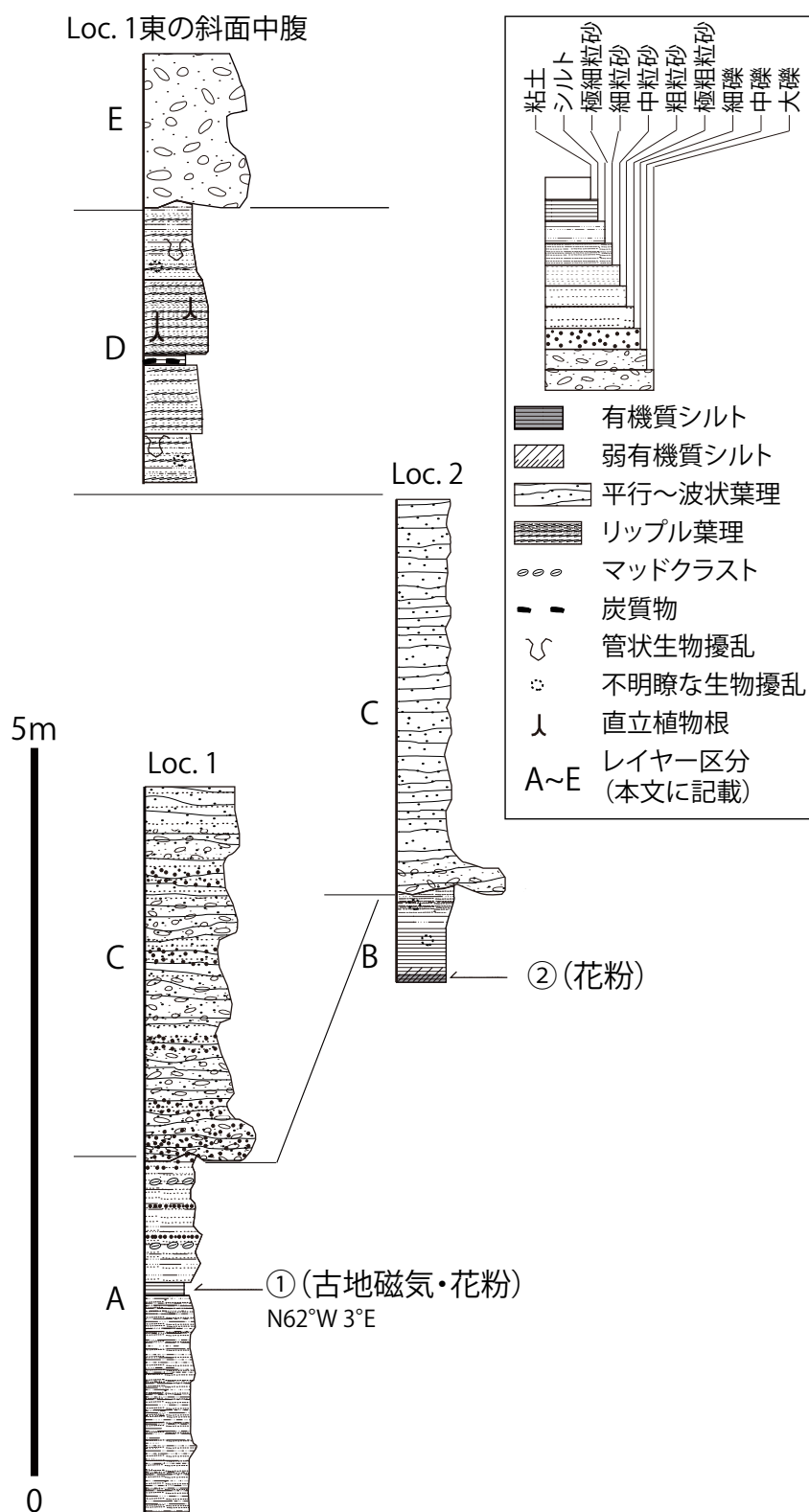
残留磁化分析用の試料は、Loc. 1のAレイヤーに挟まる泥質層から、7 ccのポリカーボネイト製キューブを用いて5試料を採取した。各試料に対して、自然残留磁化(NRM: natural remanent magnetization)の測定及び段階交流消磁(pAFD: progressive alternating field demagnetization)を施した。pAFDはピーク磁場が5～60 mT, 60～80 mTの範囲で、それぞれ5 mT, 10 mT刻み、計14段階で実施した。これら測定には、高知大学海洋コア国際研究所の磁気シールドルーム内に設置されたSRM-760R パススルー型超伝導岩石磁力計(2G Enterprises社製)を用いた。各消磁段階の残留磁化ベクトルは直交面投影図(Zijderveld, 1967)に表した。

2.3 花粉化石分析方法

本調査では、試料をKOH-HF-アセトリシス法によって処理し、分離試料をグリセリンジェリーで封入した後、カバーガラスの周囲をネイルエナメルで封入し、プレパラートを作成した。花粉の形態観察と同定には600倍の生物顕微鏡を用いた。亜属や種レベルでの鑑別点が観察でき、科・属レベル以上の同定が可能な産状の花粉粒については、それぞれを独立した分類群として細分集計した。

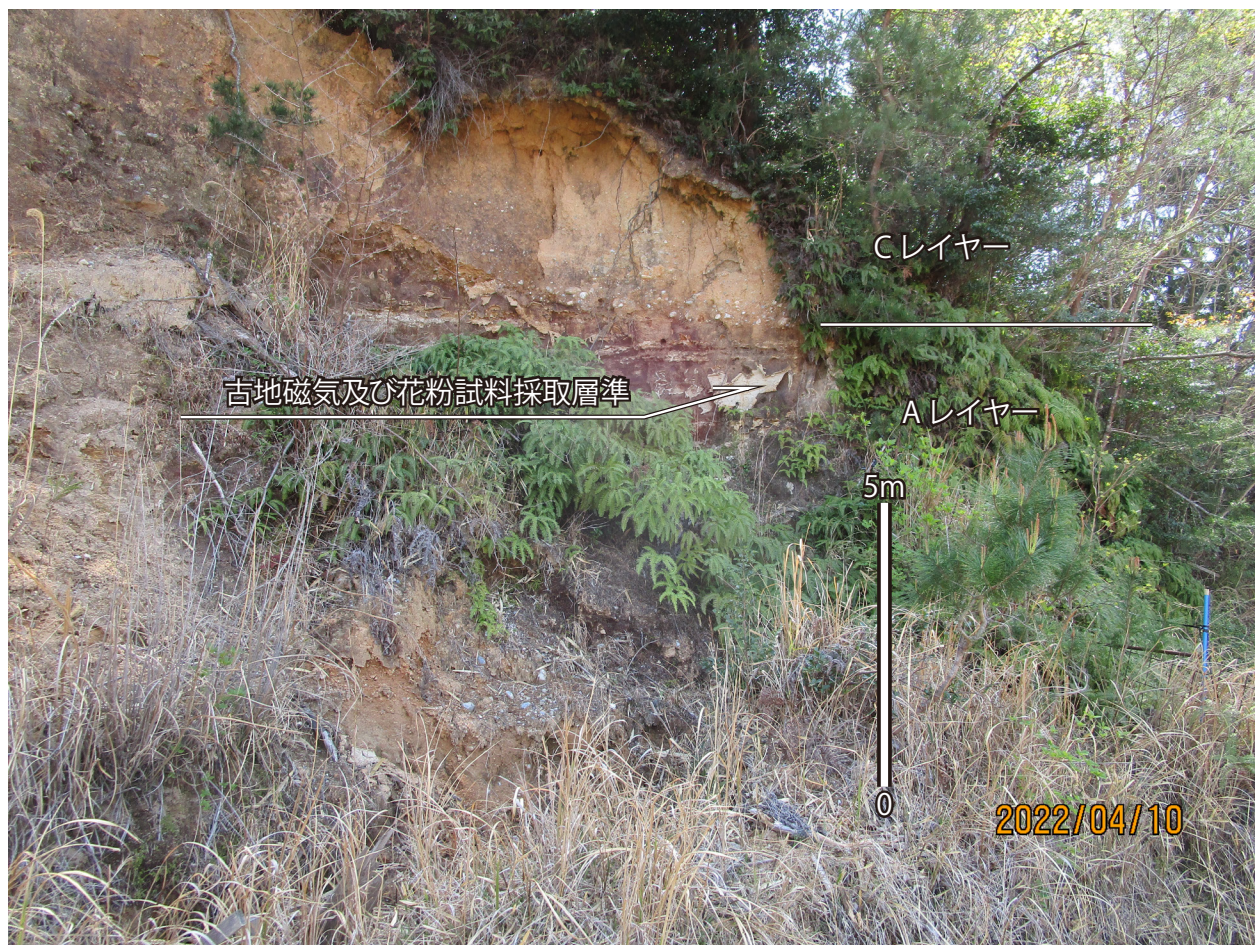
3. 古地磁気 極性

古地磁気測定結果を第1表に示す。古地磁気極性は以下のように判定した。まず、それぞれの試料に対して、直交面投影図上で原点に向かう直線的なベクトル成分(固有磁化成分)の連続する5段階以上の磁化ベクトルに対して主成分分析(PCA: principal component analysis; Kirschvink, 1980)を行い、残留磁化方位(偏角・伏角)と最大角分散(MAD: maximum angular deviation)を算出した。MADが10°以下となる磁化方位を用いて層準平均磁化方位を算出した。その後、その方位と試料採取地点の緯度・経度から、仮想地磁気極(VGP: virtual geomagnetic pole)の緯度・経度を算出し、VGP緯度が



第2図 試料採取地点の柱状図.

Fig. 2 Columnar sections of the Kentoyama Formation of sampling points.



第3図 Loc. 1 の状況。

Fig. 3 Outcrop of Loc. 1.

45° 以上（北緯 45° 以北）の場合は正極性，-45° 以下（南緯 45° 以南）の場合は逆極性，-45° ～ 45°（南緯 45° ～ 北緯 45°）の場合は中間極性とした。なお，地層がほぼ水平であったことから，地層の走向・傾斜に基づく磁化方位の傾動補正は行なっていない。本調査で得られた層準平均磁化方位は，偏角 = 8.2°（時計回りが正），伏角 = 42.9°（下向きが正）である。算出された VGP 緯度は 77.9° であることから，正極性と判断される。

4. 花粉組成

第2表，第4図に同定結果を記した。同定総数は Loc. 1 が 305 粒，Loc. 2 が 439 粒である。

木本植物花粉では2試料とも *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*)（コナラ属コナラ亜属）が多く産出するほか，*Pinus*（マツ属）及び *Q.* (subgen. *Cyclobalanopsis*)（コナラ属アカガシ亜属）が多く産出し，*Cryptomeria*（スギ属），*Carpinus* / *Ostrya*（クマシデ属 / アサダ属）が一定の割合で産出する。上記の *Q.* (subgen. *Cyclobalanopsis*) 以外にも *Mallotus*（アカメガシワ属）や *Ilex*（モ

チノキ属）など暖温帯性常緑広葉樹が含まれる一方，少量ながら *Betula*（カバノキ属）のような冷温帯性落葉広葉樹の花粉も産出する。また，現在の日本列島では自生しない分類群の *Metasequoia*（メタセコイア属），*Pseudolarix*（イヌカラマツ属），*Liquidambar* の花粉も少量含まれる。

なお，露頭②の試料には *Cedrus*（ヒマラヤスギ属）の花粉がごく少量含まれていたが，これは日本列島の第四系からの産出は報告されていない。これについては，露頭近傍でヒマラヤスギが植栽されており表土中の花粉が混入した可能性を否定できない。この点については，今後の課題として本稿では検討しない。

5. 見当山層の堆積年代に関する考察

ここでは，カラブリアン期末以降の花粉層序が確立されている本州南岸の濃尾平野・大阪平野及び関東平野の堆積物と，大型植物化石・花粉化石群集による対比を試み，さらに古地磁気層序も併せて検討する（第5図）。

第1表 Loc. 1 の古地磁気測定結果.

Table 1 Result of paleomagnetic polarity analysis.

Specimen	Decl(°)	Incl(°)	MAD(°)	Anchor	Range of PCA (mT)	Decl_mean	incl_mean	a95	k	R	VGP lati.	VGP long
KY01A	1.9	45.3	5.8	No	20-45							
KY01B	9.8	48.1	5.8	No	20-40							
KY01C	4.3	44.9	8.8	No	25-50	8.2	42.9	9.2	70.7	4.9	77.9	-81.5
KY01D	16.3	48.2	4.8	No	20-45							
KY01E	8.9	27.2	7.9	No	25-55							
Decl	偏角					Decl_mean	平均偏角					
Incl	伏角					Incl_mean	平均伏角					
MAD	最大角分散 (古地磁気成分の安定性の様なもの)					a95	95%信頼円錐角 (平均方位が95%で収まる範囲)					
Anchor	方位計算にサイダーベルト図の原点を用いたか否か					k	集中度パラメーター (データの集中度)					
Range of PCA 方位計算に使用したデータ												

5.1 大型植物化石と古地磁気極性に基づく検討

見当山層から、荒木・北村 (1971) は *Juglans mandchurica* の葉の化石を、西山ほか (1975) は *Paliurus nipponicus* (コウセキハマナツメ) の枝条と果実の化石及び *Fagus microcarpa* (ヒメブナ) の種子化石の産出を報告している。 *Fagus macrocarpa* は材破片に混じって多産し、かつその多くは成熟し種子を内包した状態で産出することから、現地性もしくはそれに近い状態で堆積したと考えられる (西山ほか, 1975)。

大阪層群の大型植物化石研究によると、*J. mandchurica* は大阪層群においてイエローテフラ付近 (百原, 1993) ないし Ma 0 下位 (Momohara, 2016: 百原, 2016) の層準 (吉川・三田村, 1999 の酸素同位体比層序と大阪層群の海成粘土層の対比から Ma 0 は海洋酸素同位体ステージ MIS 35 と考えられている) で *J. megacineria* と入れ替わる形で出現する。

Paliurus nipponicus と *Fagus microcarpa* は現在の日本列島には自生しないが *F. microcarpa* は大阪層群で Ma 8 層 (吉川・三田村, 1999 の編年によると MIS 13) 付近以下の層準で、*P. nipponicus* は Ma 12 層 (吉川・三田村, 1999 によると MIS 5) 以下の層準で見いだされている (Momohara, 2016)。しかし、*F. macrocarpa* は四国の吉野川流域の中位段丘 (最終間氷期) 堆積物から大型化石が見出されているほか (水野ほか, 1993)、関東平野のボーリングコアにおいて MIS 11 まで花粉化石が検出されている (楡井, 2017)。このことを考慮すると、両者は最終間氷期ごろまで生育していた可能性があり、必ずしも高精度の年代指標となる示準化石とは言えない。

また、本調査で検討した見当山層の古地磁気極性は1層準のみから得た試料のものであり、2次磁化の可能性は排除できないなど、なお検討の余地はある。本調査で得た古地磁気極性は正極性を示しており、これを採用するなら、上記の大型植物化石層序と併せてハラミロサブクロンないしブリュンヌクロンに相当すると考えられる。

また、見当山層は高位段丘形成以前の堆積物であることから、MIS 5 よりも古い堆積物であることは確実に

ある。

以上から、見当山層の堆積期は、カラブリアン期後期のハラミロサブクロンないしブリュンヌクロンのうちチバニアン期前半 (MIS 13 以前) の可能性が高いと考えられる。

5.2 花粉化石に基づく見当山層の対比

5.2.1 *Metasequoia*, *Liquidamber* などの花粉化石の産出とその層序の再検討

本調査による見当山層の花粉分析では、従来の研究 (古谷・田井, 1993; 百原, 1993; Momohara, 2016) ではカラブリアン期末以前に消滅したとされるメタセコイア植物群 (市原, 1960) の主要要素である *Metasequoia* の花粉化石が2地点から、同じく *Pseudolarix* と *Liquidamber* の花粉化石が各1地点から検出された。また西山ほか (1975) は8地点中5地点から *Liquidamber* の花粉化石が最大2%を占めて産出することを報告している。

しかし、本郷 (2009) は神戸市東灘の1,700 m ボーリングコアについて、大阪層群の海成粘土層 Ma 2 層から Ma12 層までの堆積物について密な花粉分析を行い、*Metasequoia* や *Liquidamber* について、前者は Ma 7 層と Ma 8 層の間の非海成層 (海洋酸素同位体比ステージ MIS 14: 吉川・三田村, 1999) まで、後者は Ma 9 層直上の非海成層 (MIS 10) まで断続的に産出することを報告している。また、須貝 (2025) では岐阜県海津市の GS-NB-1 コアにおいて「アケボノスギ類近似種」の花粉が熱田層以下の層準から断続的に検出され、特にサクラテフラ (Kb-Ks) 付近の層準 (MIS 13) では一定の割合を占めることを報告している。さらに、楡井・本郷 (2018) は中部日本において *Liquidamber* など「新第三紀型植物群」が第四紀に一方的に減少していったのではなく、中期更新世においても間氷期に相対的に増加していたことを示している。これらを考慮すると、見当山層の花粉分析で *Metasequoia*, *Pseudolarix*, *Liquidamber* が検出されたことは、既に西山ほか (1975) に記されているように、この地層がカラブリアン期以前に堆積したことを示す証拠とみなすことはできず、

第2表 花粉・胞子の産出一覧表.

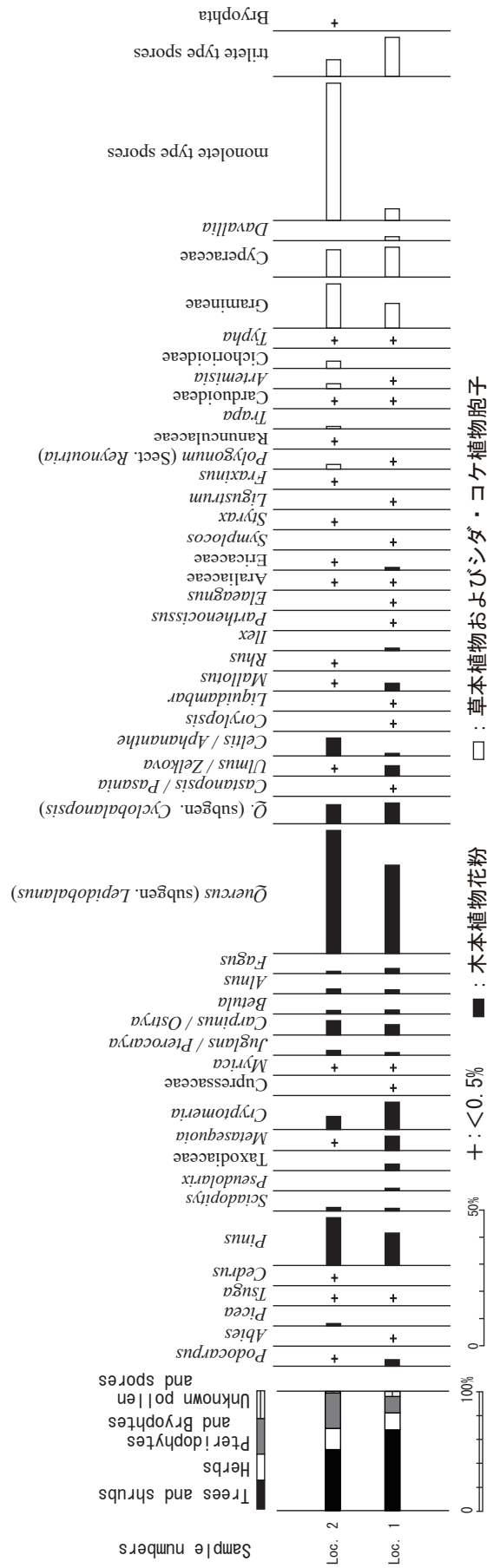
Table 2 List of pollen and spore.

分類コード	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1</
-------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

[illegible]

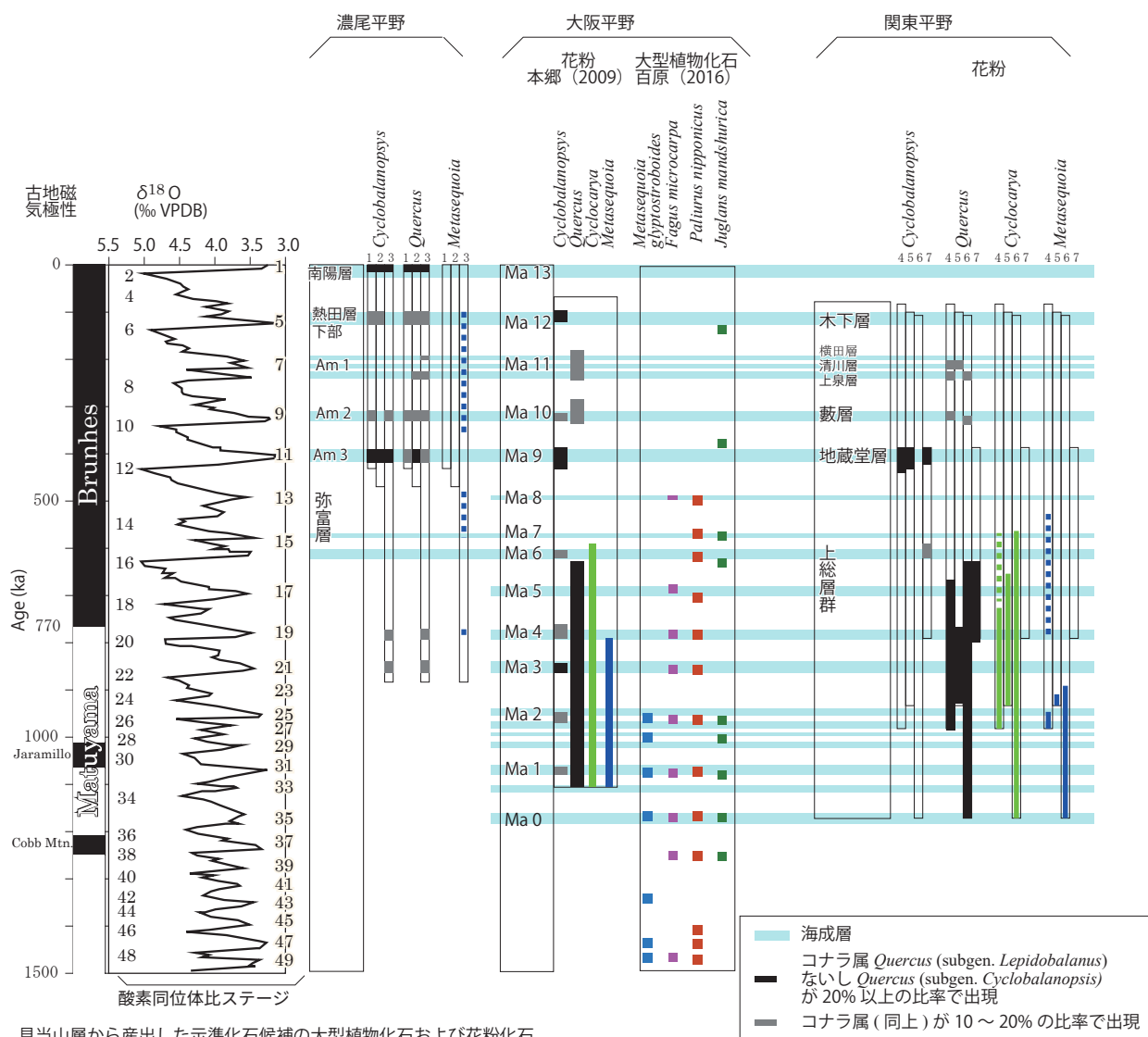
+ : 200粒の計数外で産出 .

分類コード 1: 木本植物(針葉樹類); 2: 木本植物(広葉樹類); 3: 草本植物; 4: シダ植物; 5: コケ植物; 6: 不明花粉・孢子。



第4図 花粉ダイアグラム 分類ごとの産出比率は木本植物花粉総数に対する百分率.

Fig. 4 Pollen diagram Ratio means % in total number of trees and shrubs pollen.



見当山層から産出した示準化石候補の大型植物化石および花粉化石

大型植物化石*: *Juglans mandshurica*, *Paliurus nipponicus*, *Fagus microcarpa*, *Cyclobalanopsis* (*Quercus*)

花粉化石*: *Abies* (a ~ r), *Tsuga* (a ~ r), *Sciadopitys* (r), *Pseudolarix* (r), *Metasequoia* (f ~ r), *Cryptomeria* (c), *Betula* (r), *Fagus* (f ~ r),

Quercus (subgen. *Lepidobalanus*) (a), *Quercus* (subgen. *Cyclobalanopsis*) (c), *Liquidamber* (f ~ r), *Lagerstromia* (r), *Ceratopteris* (r),

花粉化石の分類群名の後ろの () は産出頻度を示す: a>10%, 10%>c>5%, 5%>s>3%, 3%>f>1%, 1%>r

酸素同位体比曲線は Lisiecki and Raymo (2005), 大阪層群の海成粘土層と酸素同位体層序の対比は吉川・三田村 (1999) による

1: 吉野ほか (1980) の佐屋コア, 2: 吉野ほか (1980) の津島コア, 3: 須貝 (2025 の GS-NB-1 コア),

4: 本郷ほか (2011) の菖蒲コア, 5: 本郷・水野 (2009) の深作コア, 6: 楡井・本郷 (2018) の春日部コア, 7: Okuda *et al.* (2006) の銚子コア

* 見当山層の示準化石候補の大型植物化石は, 荒木・北村 (1971), 西山ほか (1975) の記載による

** 見当山層の示準候補の花粉化石は, 西山ほか (1975) と本調査による

第 5 図 本州南岸のカラブリアン期後期以降におけるコナラ属を中心とする花粉化石層序及び古地磁気層序。

Fig.5 Paleomagnetic and pollen stratigraphy mainly based on the *Quercus* pollen since the late Calabrian stage in the southern coast of the Honshu Island.

後述する他の化石からみて本層は大阪層群上部に対比される可能性がある。

5.2.2 コナラ属の花粉化石産出状況に基づく対比

本調査による花粉分析では, *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) に次いで *Pinus*, 及び *Q.* (subgen. *Cyclobalanop-*

sis) が高率で産出したほか, *Carpinus* / *Ostrya* や *Cryptomeria* が一定割合で産出した。このうち, 特に対比・編年上重要なコナラ属 *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) 及び *Q.* (subgen. *Cyclobalanopsis*) の花粉化石に着目して濃尾平野と大阪平野などの層序ボーリングコアで明らかにされた花粉層序と対比する (第 5 図)。

5.2.2.1 濃尾平野のボーリングコアにおけるコナラ属花粉化石の産出状況

濃尾平野中部の GS-NB-1 ボーリングにおける花粉層序（須貝，2025）によると，カラブリアン期末の MIS 21 以降におけるコナラ属（*Quercus* (subgen. *Lepidobalanus* 及び subgen. *Cyclobalanopsis*））花粉化石の産出状況は以下のようにまとめられる。

① *Quercus* (subgen. *Cyclobalanopsis*) の花粉化石は，MIS 11, 1（須貝，2025 の区分では，それぞれ花粉帯 6, 15）で特徴的に優占する一方，MIS 13 と 7（同 5 及び 12～14）ではほとんど検出されない。

② *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉化石は，MIS 21～19（同花粉帯 1, 2）と MIS 9～5（同 8～14）及び MIS 1（同 15）で多産し，MIS 17～13（同 3～5）ではわずかししか産出しない。また，MIS 9 及び 5 の海成層から一定量出現する。

このようなコナラ属花粉化石の産出傾向は，MIS 11 以降の濃尾平野南部（濃尾平野第四系研究グループ，1977；吉野ほか，1980）における花粉組成変化と大局的には似ているが，MIS 9～5 における *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉化石の含有率はコアによる違いが大きい。

5.2.2.2 大阪平野及び関東平野のボーリングコアにおけるコナラ属花粉化石の産出状況

大阪層群の花粉層序に関する研究（田井，1970：Tai, 1973）によると，*Quercus* 花粉は千里山テフラ付近以上の層準から多産し，それ以下の層準では多く産出しない。千里山テフラは，周辺層準の古地磁気測定により，カラブリアン期前半（オールドバイサブクロンとハラミロサブクロンの間）の層準に位置づけられている（Torii *et al.*, 1974）。

大阪平野の神戸市東灘コアの更新統における花粉層序（本郷，2009）を吉川・三田村（1999）による大阪層群の編年に基づいて酸素同位体比ステージに読み替えると，コナラ属花粉の出現傾向を以下に要約することができる。

① *Quercus* (subgen. *Cyclobalanopsis*) の花粉化石は，MIS 21（及び 19），15，11，5（＝本郷，2009 の花粉帯 3（及び 5），9，14，20）で特に多産し，なかでも MIS11 では特徴的に的に優占する。一方，MIS 17，13，7（同 7，12，18）では，海成層であってもごくわずかししか産出しない。

② *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉化石は，MIS 25 下位～17 上位（本郷，2009 の花粉帯 1～8）及び MIS11（同論文の花粉帯 14），MIS 9，7 とその上位（同論文の花粉帯 16 及び 18～19）で多産する一方，MIS 13 とその上・下位（同論文の花粉帯 11～13）では

Quercus (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉化石は非常に少量しか産出しないが，MIS 9，7，1 では，海成層中で一定の比率を占めて産出する。

このような花粉組成の変遷，特に MIS 17 上位の非海成層から MIS 11 下位の非海成層で *Quercus* が相対的に減少していることは，濃尾平野の GS-NB-1 コアの分析結果（須貝，2025）と共通する。

関東平野（春日部コア：関東平野中央部花粉グループ，1994 及び本郷ほか，2011；銚子コア：Okuda *et al.*, 2006；深作コア：本郷，水野，2009；菖蒲コア：本郷ほか，2011）においても，① MIS 11 で *Quercus* (subgen. *Cyclobalanopsis*) が特徴的に優占し，MIS 9，5，1 の間氷期に（地域や量比にばらつきはあるものの）比較的多く産出すること，② *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉はチバニアン期前期以前の層準（MIS 17 と 15 の間より下位）で多産し，MIS 15 から MIS 11 下位までの *Cryptomeria-Fagus* 超帯で少ないこと（楡井・本郷，2018），MIS 9 及び 7 についてはコアごとに *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の占める比率が異なること，などの特徴が認められる。これら関東のコアのうち，上総層群上部の間氷期層準を大きく欠くことなく連続的に保存していると考えられる春日部コアと菖蒲コア及び銚子コアにおいて *Quercus* が一旦減少する層準は，共に MIS 17 上位の非海成層から MIS 11 下位の非海成層に限定される（納谷ほか，2017）。

以上から，大阪平野，関東平野と濃尾平野では，① MIS 11 で *Quercus* (subgen. *Cyclobalanopsis*) の花粉化石が特徴的に優占すること，② *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉化石はカラブリアン期後期からチバニアン期前期（MIS 17 以前）の層準で多産し，チバニアン期中期（MIS 17 ないし 15 から MIS 11 下位まで）の層準で少ないこと，という類似した傾向が認められる。

5.3 見当山層の花粉組成の示す古気候

見当山層からは，少量の *Betula* の花粉とともに，暖温帯性の *Quercus* (subgen. *Cyclobalanopsis*)，*Castanopsis* / *Aphananthe*，*Mallotus*，*Ilex* など暖温帯常緑広葉樹の花粉化石が得られている。

このうち *Betula* は，現在の紀伊山地の高地に自生していること（矢頭，1961）ことから推定されるように，後背地に標高 1,500 m を越える山岳地帯が発達する伊勢平野では，*Betula* の花粉が少量産することが寒冷気候を示す証拠とは言えない。むしろ，多くの暖温帯性植物分類群を含む花粉群集が得られることから，見当山層は温暖期（間氷期）に堆積したと考えた方が合理的であろう。

さらに，見当山層は *Paliurus nipponicus* のような海浜性植物の化石を産すること（西山ほか，1975）から，

文 献

近隣に海浜環境が存在していたことが示唆され、高海水準期の堆積物である可能性が高いと考えられる。これらは、本層が間氷期の堆積物であることを積極的に支持する。

5.4 見当山層の堆積年代の推定

以上述べてきたように、見当山層は、①正の古地磁気極性を示すこと、② *Juglans mandchurica* の葉の化石（カラブリアン期後半に大阪平野周辺に出現）を産すること、③カラブリアン期後期～MIS 19 ないし 17 と、濃尾平野では MIS 11 以降の間氷期層準で概ね 10 %以上の比率で産する *Quercus* (subgen. *Lepidobalanus*) の花粉化石が多産すること、④ *Paliurus nipponicus* の葉の化石と暖温帯性常緑広葉樹 (*Quercus* (subgen. *Cyclobalanopsis*), *Castanopsis* / *Aphananthe*, *Mallotus*, *Ilex* など) の花粉を産することから暖かな高海水準期に堆積したと考えられること、から今の段階では MIS 29, 19 ないし 17 (特に MIS 19) に対比される可能性が高い。見当山層で *Pinus* が *Quercus* に次いで多く産すること、*Carpinus* / *Ostrya* や *Cryptomeria* が一定割合で産出したことは、この対比と矛盾しない。

なお、鈴鹿川以北（北勢丘陵）において東海層群の下位層を傾斜不整合に覆う力尾層（吉田ほか、1991 の力尾累層）は、ハラミロイベントの約 1.02 Ma に降下した（町田・新井、2003）猪牟田ピンクテフラ（宇都・須藤、1985）に対比される養老テフラを挟有する。このことから、層厚（力尾層の厚さは 50 m 以上：吉田ほか、1991）は異なるものの、見当山層と対比される可能性がある。

しかし、本調査で試料を採取した層準は、堆積物の層相から考えて見当山層堆積期の海進最盛期に先立つ時代のものである可能性が高く、海進最盛期の堆積物からはさらに温暖な古気候を示す花粉組成が得られる可能性が否定できない。さらに、大阪層群や濃尾平野の周辺ではチバニアン期後期の堆積物を連続的に欠如なく観察できる露頭がなく、大型植物化石の産出年代を限定することが難しいという問題がある。これらの事情を考慮すると、見当山層が MIS 11 ないし MIS 9 に対比される可能性も否定できない。

今後、他の年代測定・対比手法を用いてさらに検討することが望まれる。

謝辞：産業技術総合研究所地質情報研究部門の羽田裕貴博士には古地磁気を測定していただき、納谷友規博士には層序について多くのご教示をいただいた。厚く感謝申し上げます。

- 荒木慶雄（1953）三重県安濃川流域の新生界．三重大学学芸学部教育研究所研究紀要，**10**，63–68．
- 荒木慶雄・北村治郎（1971）三重県津市周辺の見当山層．竹原平一教授記念論文集 中部地方の鮮新統及び更新統，27–33．
- 古谷正和・田井昭子（1993）大阪層群と段丘堆積層・沖積層の花粉化石．市原 実編「大阪層群」，創元社，247–255．
- 本郷美佐緒（2009）大阪堆積盆地における中部更新統の花粉化石層序と古環境変遷．地質学雑誌，**115**，64–79．
- 本郷美佐緒・水野清秀（2009）埼玉県さいたま市で掘削された深作 A-1 ボーリングコアの花粉化石群集．地質調査研究報告，**60**，559–579．
- 本郷美佐緒・納谷友規・山口正秋・水野清秀（2011）関東平野中央部埼玉県菖蒲町で掘削された 350 m ボーリングコア（GS-SB-1）から産出した花粉化石群集．地質調査所研究報告，**62**，281–318．
- 市原 実（1960）大阪，明石地域の第四紀層に関する諸問題．地球科学，**49**，15–25．
- 関東平野中央部花粉グループ（1994）関東平野中央部ボーリングコアの花粉層序．地団研専報，**42**，154–164．
- 木村一郎（1961）三重県津市南部の見当山累層．地学研究，**12**，42–45．
- 木村一朗（1971）伊勢湾西岸地域の中位段丘．竹原平一教授記念論文集 中部地方の鮮新統及び更新統，1–12．
- 木村一朗・竹原平一（1969）伊勢湾西岸の“高位礫層”の層位．第四紀研究，**8**，73–80．
- Kirschvink, J.L. (1980) The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, **62**, 699–718.
- Lisiecki, L. E. and Raymo, M. E. (2005) A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}O$ records. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, **20**, <https://doi.org/10.1029/2004PA001071>.
- 町田 洋・新井房雄（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．
- 水野清秀・岡田篤正・寒川 旭・清水文健（1993）2.5 万分の 1 中央構造線活断層系（四国地域）ストリップマップ説明書．構造図（8），地質調査所，63p．
- 百原 新（1993）近畿地方とその周辺の大規模植物化石相．市原 実編「大阪層群」，創元社，256–270．
- Momohara, A. (2016) Stages of major floral change in Japan

- based on macrofossil evidence and their connection to climate and geomorphological changes since the Pliocene. *Quaternary International*, **397**, 90–105.
- 百原 新 (2016) 鮮新・更新世の日本列島の地形発達と植生・植物相の変遷. 第四紀研究, **56**, 251–264.
- 納谷友規・本郷美佐緒・植木岳雪・八戸昭一・水野清秀 (2017) 関東平野中央部の地下に分布する鮮新-更新統の層序と構造運動. 地質学雑誌, **123**, 637–652.
- 楡井 尊 (2017) 関東内陸部における中期更新世の古植生及び古気候-約 78 万年前から 12 万年前-. 埼玉県立自然の博物館研究報告, **11**, 1–16.
- 楡井 尊・本郷美佐緒 (2018) 中部日本における前期末～中期更新世の花粉生層序. 第四紀研究, **57**, 143–155.
- 西山好一・松岡数充・西田史朗 (1975) 植物化石からみた見当山累層の再検討. 地球科学, **29**, 117–129.
- 濃尾平野第四系研究グループ (1977) 濃尾平野第四系の層序と微化石分析. 地質学論集, **14**, 161–183.
- Okuda, M., Nakazato, H., Miyoshi, N., Nakagawa, T., Okazaki, H., Saito, S. and Taira, A. (2006) MIS 11-19 pollen stratigraphy from the 250-m Choshi core, northeast Boso Peninsula, central Japan. Implication for the early / mid-Brunhes (400-780 ka) climate signals. *Island Arc*, **15**, 338–354.
- 須貝俊彦 (本報告) 濃尾平野海津市で掘削された 600 m ボーリングコア (GS-NB-1) の過去 90 万年間の地質層序と花粉化石群集-アカガシ亜属の出現率変化と古気候の関係に着目して-. 本報告集.
- 田井昭子 (1970) 千里山丘陵の大阪層群下部の花粉分析-近畿地方の新期新生代層の研究, その 16-. 地球科学, **24**, 171–181.
- Tai, A. (1973) A study on the pollen stratigraphy of the Osaka Group, Pliocene-Pleistocene deposits in the Osaka basin. *Memoirs of the faculty of science, Kyoto University, series of Geol. And Mineral*, **39**, 123–165.
- Torii, M., Yoshikawa, S. and Itihara, M. (1974) Paleomagnetism on the water-laid volcanic ash layers in the Osaka Group, Sennan and Senpoku Hills, Southwestern Japan. *Rock Magnetism and Paleogeophysics*, **2**, 34–37.
- 宇都浩三・須藤 茂 (1985) 豊肥地熱地域の火山岩の K-Ar 年代. 地質調査所報告, no.264, 「豊肥地熱地域における研究」. 67–83.
- 矢頭献一 (1961) 紀伊半島天然林植生の概要. 森林立地, **2**, 60–63.
- 吉田史郎 (1987) 津東部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅) 地質調査所, 72p.
- 吉田史郎・栗本史雄・宮村 学 (1991) 桑名地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 154p.
- 吉田史郎・高橋裕平・西岡芳晴 (1995) 津西部地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅) 地質調査所, 136p.
- 吉川周作・三田村宗樹 (1999) 大阪平野第四系層序と深海底の酸素同位体比層序との対比. 地質学雑誌, **105**, 332–340.
- 吉野道彦・酒井潤一・西村祥子 (1980) 濃尾平野佐屋・津島におけるボーリング・コアの花粉化石. 第四紀研究, **19**, 163–171.
- Zijderveld, J. D. A. (1967) Demagnetization of rocks: analysis of results. In: Collison D. W., Creer K. M., and Runcorn S. K. eds., *Method in Palaeomagnetism*. Elsevier, Amsterdam, 254–286

(受付 : 2024 年 2 月 21 日 ; 受理 : 2025 年 2 月 4 日)