

原 著

松下まり子¹・百原 新²・兵頭政幸³・佐藤裕司⁴・田中眞吾⁵・
小倉博之⁶：室戸半島大野台の中期更新世間氷期植物化石群

Mariko Matsushita¹, Arata Momohara², Masayuki Hyodo³, Hiroshi Sato⁴, Shingo Tanaka⁵ and Hiroyuki Ogura⁶: Middle Pleistocene interglacial plant fossil assemblages from Ohnodai, Muroto-misaki Peninsula, southwest Japan

要 旨 室戸半島大野台 (134°00'E, 33°26'N, 海拔高度 40–50m) の海成段丘面下堆積物に含まれる花粉および大型植物化石群から、暖温帯に分布するマツ属、モミ、ツガ、トガサワラなどの針葉樹とクマシデ属、ケヤキ、ブナ属、ナラ類などの落葉広葉樹からなる森林が復元された。この堆積物は、イオウを含有することと、ハマゴウなどの海浜植物の化石が産出することから海成とみなされ、段丘面高度分布と古地磁気層序対比から大阪層群のMa5海成粘土層の可能性が考えられた。同地域の完新世堆積物中の花粉群から復元される植生は常緑広葉樹林であったが、この堆積物が堆積した時代には、同じ間氷期でもシイ属、カシ類などの分布拡大がみられなかった。これは、常緑広葉樹林の成立を制限する冬の寒さなどの条件が間氷期によって異なっていたためと考えられる。

キーワード：海成段丘、植物化石群、常緑広葉樹林、中期更新世、室戸半島大野台

Abstract Warm temperate mixed forests consisting of conifers (*Pinus*, *Abies*, *Tsuga*, and *Pseudotsuga*) and deciduous broad-leaved trees (*Carpinus*, *Zelkova*, *Fagus*, and *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*) were reconstructed from fossil pollen and plant macrofossil assemblages in Middle Pleistocene deposits at Ohnodai (134°00'E, 33°26'N, Alt. 40–50m), Muroto-misaki Peninsula, Kochi Prefecture. The sediments including the fossil assemblages were identified as marine sediment, because they contained sulphur and fossil fruits of a seaside plant (*Vitex rotundifolia* L.f.), and were correlated with the Ma5 Marine Clay Layer in the Osaka Group based on topographic and paleomagnetic investigations. At the time of deposition of the fossil assemblages, evergreen broad-leaved trees such as *Castanopsis* and *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis* scarcely flourished in this area, while lucidophyllous forests were widely distributed during the Holocene in this same area. The difference in vegetation between the two interglacial periods suggests difference in climatic conditions, especially winter temperature defining the development of evergreen broad-leaved forests.

Key words: evergreen broad-leaved forest, marine terrace, Middle Pleistocene, Muroto-misaki Peninsula, plant fossil assemblages

はじめに

中部および西南日本の中期更新世以前の植生史研究は、近畿地方（三木，1948；Furutani，1989；Momohara，1994など）や九州地方（Iwauchi，1994）の内陸盆地の堆積物中の植物化石群に基づいて行われてきた。一方、紀伊半島南部

や四国南部、九州南部の太平洋に面した海岸平野とその周辺では、完新世の花粉分析が盛んに行われ、照葉樹林の発達過程などが明らかにされてきた（中村，1965；外山，1982；松下ほか，1988など）。日本列島の植生の時間的空間的分布を明らかにするうえで、沿岸部の古植生と内陸部のそれを比較

¹ 〒 657-8501 神戸市灘区鶴甲 1-2-1 神戸大学大学教育研究センター

Research Institute for Higher Education, Kobe University, Tsurukabuto, Nada-ku, Kobe 657-8501, Japan

² 〒 271-8510 千葉県松戸市松戸 648 千葉大学園芸学部緑地・環境学科

Department of Environmental Science, Faculty of Horticulture, Chiba University, Matsudo 648, Matsudo 271-8510, Japan

³ 〒 657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学内海域機能教育研究センター

Research Center for Inland Seas, Kobe University, Rokkodai, Nada-ku, Kobe 657-8501, Japan

⁴ 〒 669-1546 兵庫県三田市弥生が丘 6 姫路工業大学自然・環境科学研究所

Institute of Natural and Environmental Sciences, Himeji Institute of Technology, Yayoigaoka 6, Sanda 669-1546, Japan

⁵ 〒 662-0823 西宮市神呪町 13-30

Kannou, Nishinomiya 662-0823, Japan

⁶ 〒 558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院理学研究科人類紀自然学研究室

Anthropogene Laboratory, Graduate School of Science, Osaka City University, Sugimoto, Sumiyoshi-ku, Osaka 558-8585, Japan

することは重要であるにもかかわらず、太平洋に面した海岸平野での中期更新世以前の植生史研究の例は少ない。その理由として、地層の時代対比を行ううえで必要な火山灰鍵層があまり分布していないことや、内陸盆地のように連続した地層が分布していないことがあげられる。しかしながら、海成段丘の発達が顕著な高知県南東部の室戸半島周辺では、これまで吉川ほか(1964)や、須鎗ほか(1971)、須鎗・阿古島(1972)、満塩・古川(1988)、田中・大矢(1996)などにより海成段丘の区分や時代対比の研究が行われるとともに、段丘構成層の花粉分析(中村・甲藤, 1953)が行われている。

大野台海成段丘段丘面は高知県安芸郡安田町・田野町に分布する標高約45~70mの海成段丘面で、吉川ほか(1964)によって最終間氷期の高海水準期に形成されたとされている。中村・甲藤(1953)はこの段丘の構成層に挟在する2枚の泥層について花粉分析を行い、マツ属*Pinus*やモミ属*Abies*、ツガ属*Tsuga*、トガサワラ属*Pseudotsuga*といった針葉樹を主とし、これにブナ属*Fagus*やコナラ属コナラ亜属*Quercus* subgen. *Lepidobalanus*などの落葉広葉樹を含む組成を報告した。こうした花粉組成より、中村ほか(1972)はこの地層が寒冷な時期に形成されたと想定し、中村・山中(1992)はMindel氷期の一時期の古植生に対比した。一方、当地域は太平洋に面した海岸平野であるため、最終氷期にも常緑広葉樹が残存していた可能性が指摘されている(前田, 1980; 松下, 1992)。それにもかかわらず、寒冷な気候を示す植生がここに存在していたことは、第四紀の古環境と古植生の地理分布の違いを明らかにするうえで、重要な意味をもつ。そこで、この段丘構成層の形成年代について新たな見地での再検討を行うと共に、花粉化石だけではなく大型植物化石の検討をあわせて行うことで、古植生や植物相をより詳細に復元する必要が生じた。

筆者らは大野台において、中村・甲藤(1953)が分析したと思われる露頭(MO1地点)、および新たに農地整備事業工事によって露出した露頭(MO2, MO3地点)(134°00'E, 33°26'N, 高度40~50m, 図1)において、堆積物の層相観察とイオウ・珪藻分析により、段丘面下に挟在するシルト~粘土層が海成か汽水成か淡水成であるかを判定し、ついでこの堆積物中の花粉および大型植物化石分析を行った。さらに、堆積物の古地磁気特性および地形調査から段丘層の形成年代を検討し、古植生の復元を試みた。

試料と方法

1. 段丘堆積物の編年

段丘堆積物の編年は、大野台周辺に発達する海成段丘地形を、段丘面の高度や発達程度、および段丘構成堆積物の風化の度合いを基準に区分することによって行った。大野台周辺を含む高知県南東部海岸沿いの海成段丘地形と、それらを

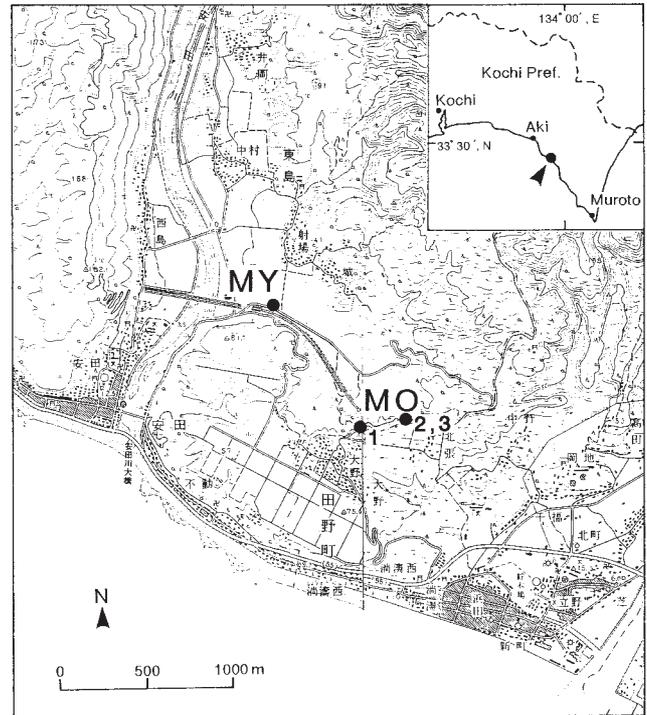


図1 調査地の位置図 国土地理院発行1:25,000「安芸」「奈半利」図幅使用。MO:大野台調査地点, MY:安田川低地ボーリング地点(松下ほか, 1996)。

Fig. 1 Location map of the study sites. The 1:25,000 topographical maps, "Aki" and "Nahari", of the Geographical Survey Institute are used. MO: study sites in Ohnodai, MY: boring point in the Yasuda lowland (Matsushita et al., 1996).

ほぼ直交して開析する河川沿いの河成段丘地形については、田中・大矢(1996)によって調査されているので、今回は、大野台付近の海成・河成の両段丘地形について、1/20,000空中写真の判読と判読結果の1/2500~1/5000国土基本図上への移写、およびそれに基づく現地調査を行った。

段丘面の区分については、段丘面の形成時期をMilankovitch説に基づく海水準変動の海進-海退サイクルに対比させる方法(田中, 1989a, b; 田中・後藤, 1996)に基づいた。すなわち、田中(1989a, b)や田中・後藤(1996)は瀬戸内海東部海岸沿いのいなみの台地南縁で多段の段丘面群を調査し、上・下と緩・急の特性をそれぞれ持つ二つの段丘面がセットとして形成されており、上位の比較的平坦な段丘面は海進時に、それに続く下位の相対的に急傾斜な段丘面は海退時に形成され、後者は多くの場合河成であるとした。さらに、その段丘面群が2.1万年周期で形成され、その中でも相対的により広い段丘面は10万年周期に対応する海進によって形成されたことを明らかにした。大野台周辺には、いなみの台地と同様に多段でかつ海成および河成の段丘群が揃っており、しかも海成段丘面と河成段丘面が連続してT字型に発

達し（T字の現象；東木，1929），海成・河成兩段丘の対比が容易である。そこで，本地域でいなみの台地同様の検証を行うことは，形成年代について必ずしも確証のない本地域の段丘面の対比・編年を行ううえで非常に意義のあることと思われる。したがって今回は，従来小面積で断片的にしか分布しないために無視されてきた段丘面についてもできる限り取り上げて検討することにした。

2. 試料採取地点の層序

試料を採取した3地点（MO1, MO2, MO3）のうち，MO2とMO3地点は約20 mの距離で隣接し，MO1地点はそれらから約225 m西南西に離れた位置にある（図1）。試料は各地点の粘土，シルト，または砂質シルトを含む細粒堆積物から採取した（図2）。MO2, MO3地点の地層はいずれも同一の段丘面の基盤構成層で，MO2地点の細粒堆積物層はMO3地点の細粒堆積物層よりも高い標高に位置するが，水平に連続した一連の地層である。MO1地点周辺には一つ下位の段丘面が分布するが，MO1地点の細粒堆積物層は，MO2, MO3地点の細粒堆積物層に水平に連続する。これら3地点の細粒堆積物は，それぞれ上位10～40 cmがオレンジ色で，それより下位は青灰色である。

MO2地点では，段丘面を構成する標高60 mの地表面から下7.5 mまでが海浜成の細礫～粗砂によって構成され，その下位の地層は中礫～巨礫からなる礫層と砂層の互層となる。標高50.5 mに不整合があり，その下位は砂および礫の互層と，試料を採取したシルト質堆積物から構成される。このシルト質堆積物の層厚は170 cmで，上位よりオレンジ色のシルト層，大型植物化石を含む砂質シルト層，青灰色シルト層から構成される。MO3地点の地層は厚さ150 cmのオレンジおよび青灰色のシルト層からなる。MO1地点では，上位から大礫サイズの礫層，砂層と層厚340 cmの砂質シルト～粘土層によって構成される。この細粒堆積物は，上位より，オレンジ色のシルト層，大型植物化石を含む砂層を挟在する青灰色粘土層，生痕が発達する砂質シルト層，生痕を含むシルト層から構成され，その下面は下位の礫層を削り込む不整合面となる。

段丘面の標高はMO2地点付近では標高60 mであるが，段丘面は起伏があって最高所の標高はさらに10 m高く，標高70 mに達する。したがって，段丘面構成層最上部の海浜成細礫層の厚さは約17 mあると考えられる。

3. 試料分析法

花粉分析試料は，MO1地点から13試料（図7の1～13），MO2地点から17試料（図8の5～80），MO3地点から2試料（図8のL2, L3）を採取した。花粉分析には約3 gの

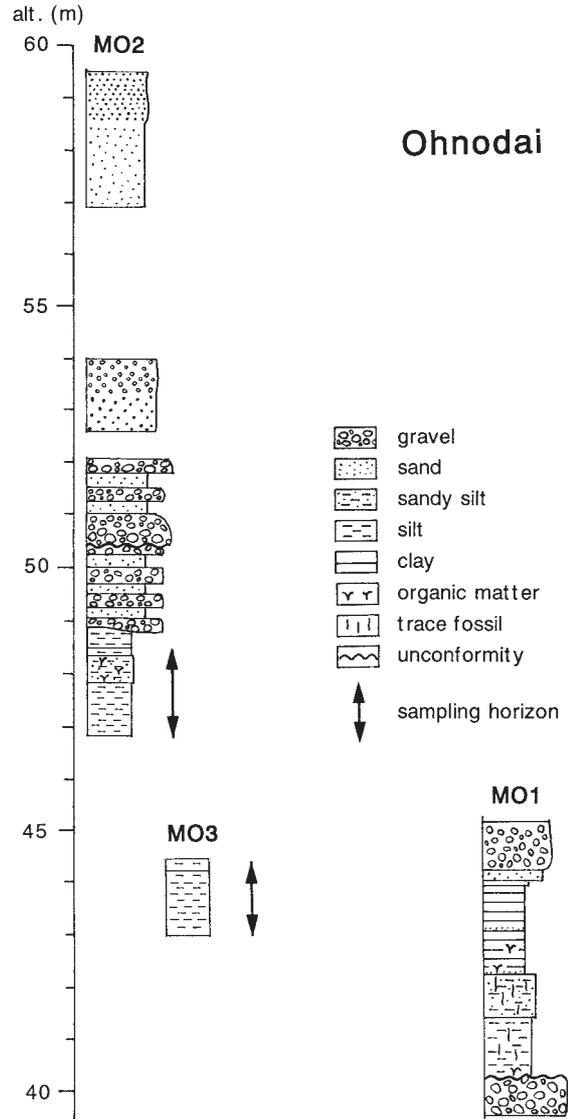


図2 調査地点の地質柱状図。

Fig. 2 Columnar sections of the study sites.

砂質シルト～粘土を用い，次の方法で分離・抽出した。各試料には，5% KOH 処理，フミン酸・コロイド粒子の除去， $ZnCl_2$ 比重分離，HF による鋳物質の除去，アセトリシス処理の順に物理・化学的処理を施した。抽出した花粉・孢子化石はグリセリン中で保存した。花粉・孢子化石の同定はサフランニン染色後，光学顕微鏡で行った。同定された各分類群の出現頻度は樹木花粉総数を基数として計算し，百分率で示した。

大型植物化石試料は，MO1地点の花粉分析試料番号9, 10に相当する層準と，MO2地点の上半部の花粉分析試料番号39～46に相当する層準から採取したが，花粉分析試料はシルト層ないし粘土層から採取したのに対し，大型植物化石試

料はそれらに挟在する砂層から主に採取した。大型植物化石は500 cm³の堆積物を0.5 mm目の篩で水洗篩い分けし、実顕微鏡で観察し、同定することができた個体数を計数した。また、現地においても2 mm目の篩を用いて2000 cm³以上の堆積物を水洗し、化石を拾い出して同定した。針葉樹の葉については、カヤとマツ属複雑管束亜属の葉は先端の個数を、モミとトウヒ属、トガサワラ、ツガの葉は基部の個数をそれぞれ数えた。

イオウおよび珪藻分析試料は、MO1, MO3地点からは花粉分析試料と同層準からそれぞれ13試料と2試料を、MO2地点からは9試料を採取し、佐藤(1995)の方法に基づき分析を行った。本論文での堆積物中のイオウ含有量は1N塩酸可溶画分中のイオウと過酸化水素可溶画分中のイオウの合計量とした。化石珪藻については完全に溶解したと考えられ、今回の分析試料中からはまったく検出されなかった。

古地磁気分析試料は、2~4 cm間隔でポリカーボネイト製キューブカプセルを定方位で直接、シルト・粘土層に押し込んで採取した。MO1地点では88層準、MO2地点では80層準、MO3地点では39層準の試料を採取し、すべての試料について段階交流消磁を行った。NRM(自然残留磁化)の特徴的残留磁化成分は主成分分析法により計算した。また、帯磁率、ARM(非履歴性残留磁化)、IRM(等温残留磁化)、SIRM(飽和残留磁化)も測定した。

表1 大野台とその周辺の段丘面高度と大阪層群海成粘土層堆積期との対比

Table 1 Height of marine terrace surfaces in and around Ohnodai and their correlation with the marine clay layers in the Osaka Group

Terrace surface	Altitude (m)	The Osaka Group (Ma)
O-1	77.5-80	5
O-1.5	74-75	—
O-2	68-71	6
O-3	59-62	7
O-4	51-53.5	8
O-4.5	46	—
O-5	36-38	9
O-6	28-32	10
O-7	22	11
O-7.5	17	—
O-8	10	12

結 果

1. 段丘地形区分

田中・大矢(1996)は室戸岬より安芸市西端までの46 kmにわたる海岸の海成・河成の段丘面を区分し、段丘面の段数は室戸岬付近の標高180 m以下で19段、調査地西端安芸市付近の標高108 m以下で11段におよび、各段丘面間の比高は5~10 m程度でほぼ一定間隔であることを明らかにした。

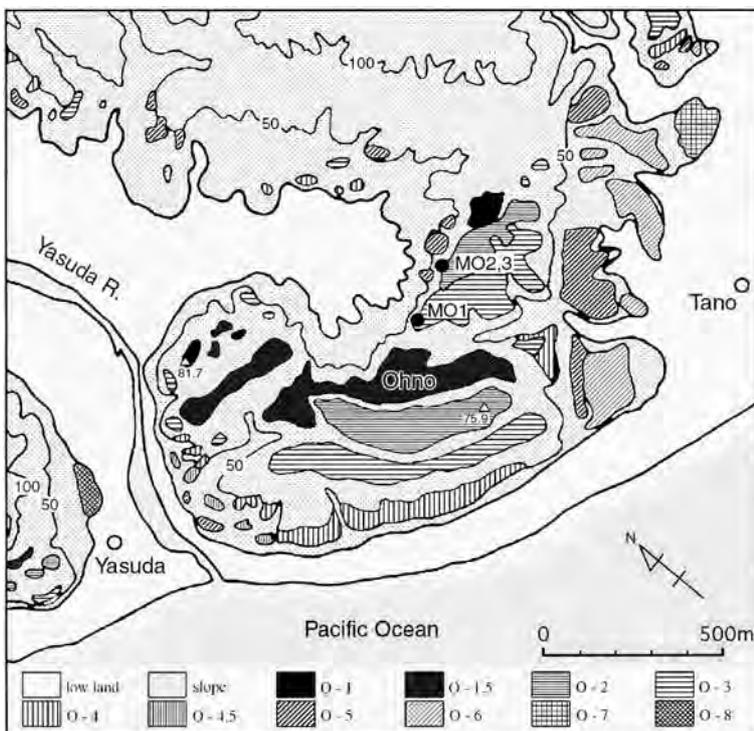


図3 大野台付近の段丘群の平面分布状況。

Fig. 3 Map showing the distribution of terrace surfaces in and around Ohnodai.

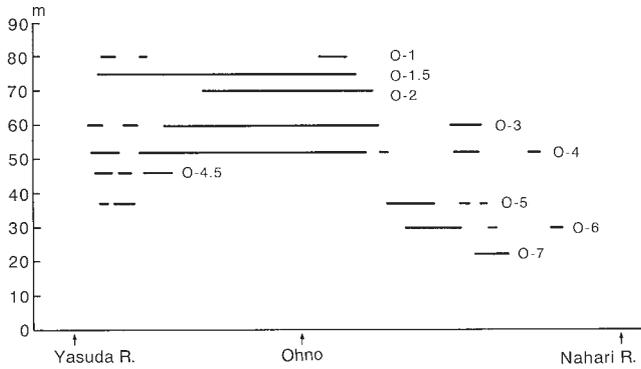


図4 大野台付近の旧汀線高度投影図.
Fig. 4 Projected profiles of uplifted shorelines in and around Ohnodai.

今回、大野台とその周辺を精査した結果、段丘面は汀線高度85 mから10 mまで11段分布し、多くの段丘面間の高度差は10 m間隔になっており、一部は5 m間隔になっていることが明らかになった(図3, 4, 表1)。このうち、10 m間隔の段丘面について高所のものからO-1~O-8面と名付け、中間の高度のものはO-1.5, O-4.5, O-7.5と呼ぶことにする。それらの平面分布(図3)を見ると、O-1面は大野台の北西端と北東端に分かれて分布し、O-1.5面はその南側に広く、O-2, O-3面もさらに南側に分布し、これらが台地の表面を構成している。O-4面は台地南縁に沿って細長く連続的に分布している。O-4.5面は台地西縁安田川沿いに、O-5面は台地西縁と同じく東縁の奈半利川側の両岸に、O-6面は台地東端に、O-7面はO-5面同様、奈半利川両岸に分布している。

ついで大野台の海成段丘と、それとT字の関係で連続する安田川沿いの河成段丘面の高度分布を見ると、O-1, O-1.5の各面は河口から3 km 遡った付近まで見られ(図5), O-2面はさらに上流の5 km近くまで内陸部へ続いていることが分かる(図5)。O-4以下の各面についてはO-1面と同程度まで内陸部に入って分布している。それらの中ではO-5面の連続性が目立っている。これらの段丘面は、一般的に河口付

表2 大野台MO1, MO2, MO3 地点のイオウ含有率
Table 2 Sulphur contents (%) from MO1, MO2, and MO3 in Ohnodai

Sample No.	S (%)	Sample No.	S (%)
MO1-13	0.00	MO2-5	1.22
MO1-12	0.95	MO2-20	0.99
MO1-11	1.37	MO2-39	1.27
MO1-10	1.22	MO2-46	0.81
MO1-9	1.89	MO2-50	2.44
MO1-8	1.66	MO2-55	0.63
MO1-7	0.93	MO2-61	0.62
MO1-6	1.04	MO2-70	0.77
MO1-5	1.19	MO2-80	0.73
MO1-4	0.35	MO3-L2	1.26
MO1-3	0.52	MO3-L3	0.09
MO1-2	0.96		
MO1-1	0.17		

近の高度のまま、上流方向へほぼ水平に続いている。それに対しO-7.5, O-8の両面は現河床断面に平行した勾配をもって続いている。

2. 段丘面下堆積物の検討

a) イオウ・珪藻化石分析結果

MO1, MO2, MO3 地点の堆積物は上下を礫で挟まれた青灰色の粘土~シルトからなっている。この堆積物中のイオウ含有率を調べたところ、MO1地点の最上位の試料13はオレンジ色のシルトで、イオウはまったく含まれていなかった(表2)。MO1地点の最下位の試料1およびMO3地点の最下位の試料L3においてはイオウ含有量は0.3%未満と低く、それ以外の試料では0.3%以上の高い含有量を示した。0.3%以上のイオウ含有量は堆積物が海成または汽水成であることを示すと考えられる(狛, 1992; 佐藤, 1995)。しかし、イオウは嫌氣的な条件下の湖沼堆積物中でもしばしば高い含有量を示すことがある(たとえばSato et al., 1998)。また、本堆積物中から珪藻の化石は検出されず、イオウ含有量が高率

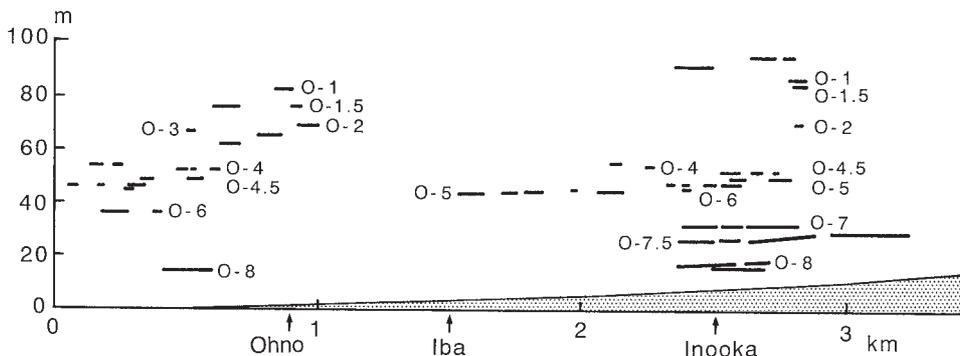


図5 安田川の河床縦断面と段丘面高度.
Fig. 5 Longitudinal profile of the terraces along the Yasuda River.

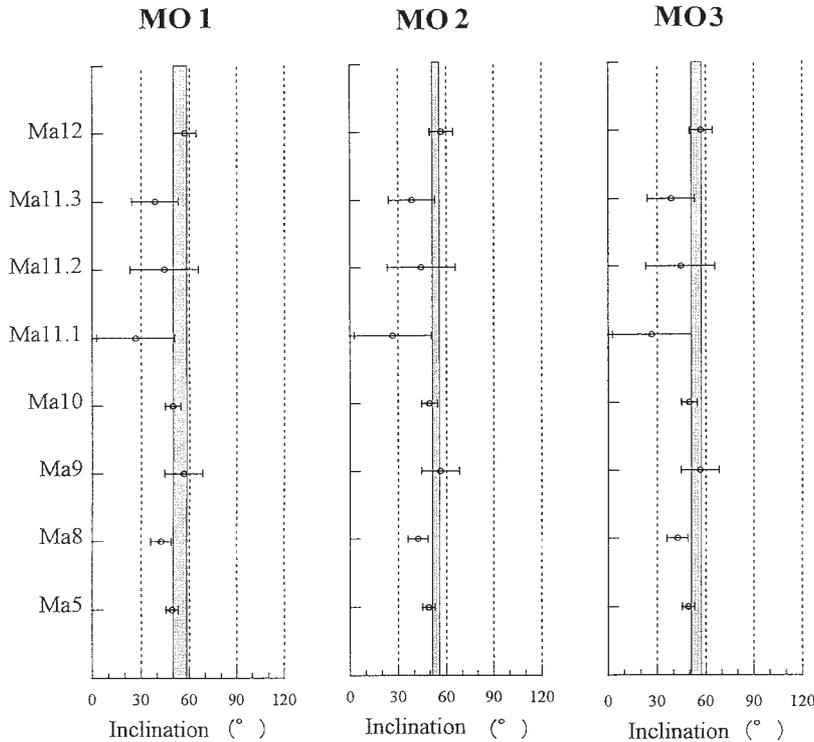


図6 大野台 MO1, MO2, MO3 地点の平均伏角と大阪湾海成層の平均伏角の比較。白丸は大阪湾 1700 m ボーリングコア試料の 8 枚の海成層 (Ma5 から Ma12) のそれぞれの平均伏角, エラーバーはその 95% の信頼限界を表し, 灰色部分は大野台の平均伏角の範囲を表す。

Fig. 6 Comparison of mean magnetic inclinations from Ohnodai with those from marine clay layers in the Osaka Bay. Open symbols with an error bar show mean magnetic inclination values with a 95% confidence limit for each of the eight marine clay layers (Ma5 to Ma12) from the Osaka Bay 1700-m boring core. Mean magnetic inclinations for MO1, MO2, and MO3 in Ohnodai are shown by shaded columns.

であることだけでは海成であると断定することはできない。しかし, MO1地点の下層には多数の生痕が観察され, 海棲動物が生息していたと推定でき, MO1, MO2およびMO3地点の細粒堆積物層は海域または汽水域で形成された可能性が高い。

b) 古地磁気分析結果

得られた古地磁気偏角・伏角の永年変化の特徴を使い, 大阪湾の海成粘土層 (Biswas et al., 1999) のデータとの磁気層序対比を行った。その結果, 大野台の 3 層準の堆積層 (MO1, MO2, MO3 地点) における古地磁気偏角・伏角の変化パターンが, 少なくとも大阪層群の Ma11.1, 11.2, 11.3 の変化パターンと対応する可能性はきわめて低いことがわかった。しかし大阪層群の他の海成粘土層との変化パターンの対比は, 既存のデータの密度に違いがあるため難しい。そこで, 平均伏角による対比を試みた (図 6)。大阪層群中でデータが報告されている Ma5 から Ma12 までの 8 枚の海成粘土層と大野台の 3 枚の堆積層の平均伏角を比較した結果, 対比の可能性が棄却できるのは Ma8 だけであった。また, 平均伏角のばらつきが大きく, その平均値が小さい Ma11.1, 11.2, 11.3 に対比される可能性は低い。したがって平均値の近さからいえば Ma12, 10, 9, 5 のいずれかに対比できる可能性がある。

3. 植物化石分析結果

a) 花粉・胞子化石

同定された花粉化石の分類群数は 60 である。このうち樹木花粉は 40, 非樹木花粉は 18 であった。胞子はいくつかの種類が区別できたがここでは三条溝型 Trilete type と単条溝型 Monolete type の 2 型に区分するにとどめた。以下にこれらの種類を列記する。なお, 二つまたは三つの科または属をハイフンでつないで示したものは, 形態上の区別が困難なものである。

樹木花粉 AP: マツ属 *Pinus*, モミ属 *Abies*, ツガ属 *Tsuga*, トウヒ属 *Picea*, トガサワラ属 *Pseudotsuga*, スギ属 *Cryptomeria*, コウヤマキ属 *Sciadopitys*, イヌガヤ科 - イチイ科 - ヒノキ科 *Cephalotaxaceae-Taxaceae-Cupressaceae*, マキ属 *Podocarpus*, カバノキ属 *Betula*, ハシバミ属 *Corylus*, クマシデ属 *Carpinus*, ハンノキ属 *Alnus*, ヤマモモ属 *Myrica*, オニグルミ属 - サワグルミ属 *Juglans-Pterocarya*, エノキ属 - ムクノキ属 *Celtis-Aphananthe*, ニレ属 - ケヤキ属 *Ulmus-Zelkova*, ハリゲヤキ属 *Hemiptelea*, ブナ属 *Fagus*, コナラ属 コナラ亜属 *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, コナラ属 アカガシ亜属 *Quercus* subgen. *Cyclobalanopsis*, シイ属 *Castanopsis*, クリ属 *Castanea*, シラキ属 *Sapium*, アカメガシワ属 *Mallotus*, キハダ属 *Phellodendron*, ウルシ属 *Rhus*, カエデ属 *Acer*, トチノキ属 *Aesculus*, モチノキ属 *Ilex*, シナノキ属 *Tilia*, グミ科 *Elaeagnaceae*, サルスベリ属 *Lager-*

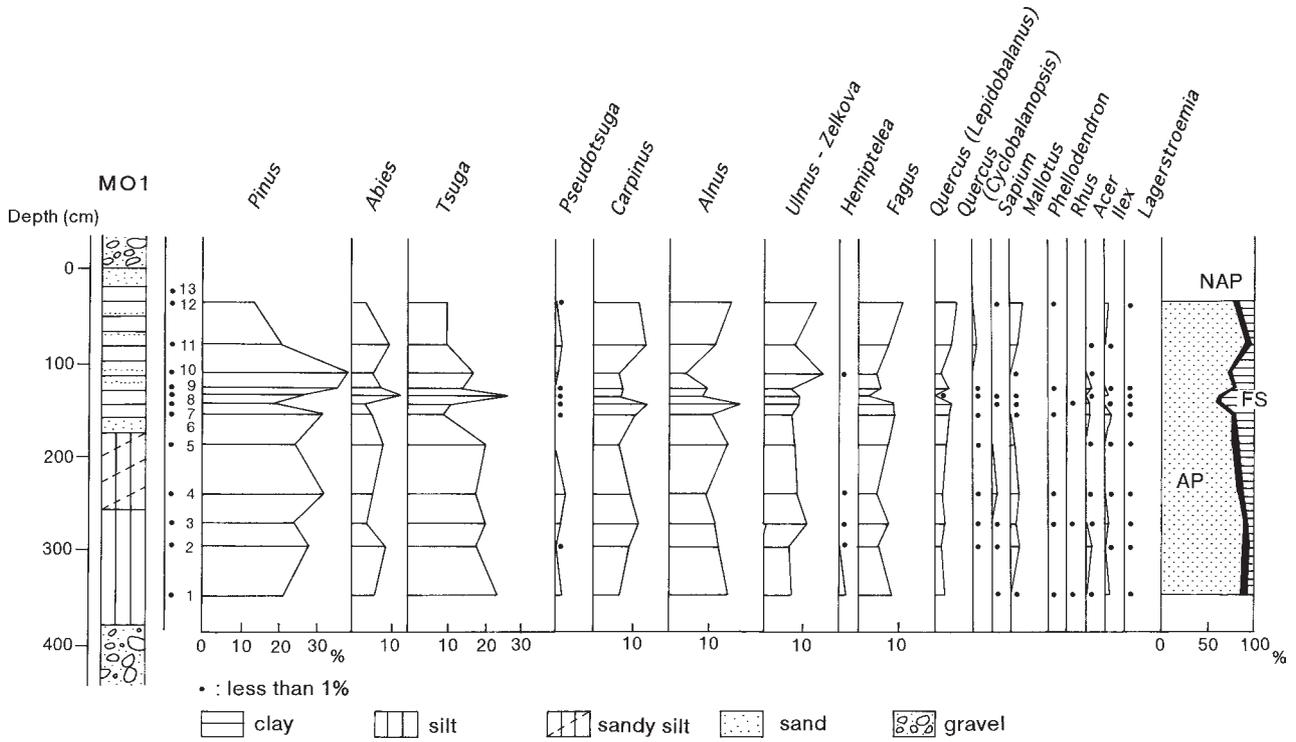


図7 大野台 MO1 地点の花粉ダイアグラム .
Fig. 7 Pollen diagram at MO1 in Ohnodai.

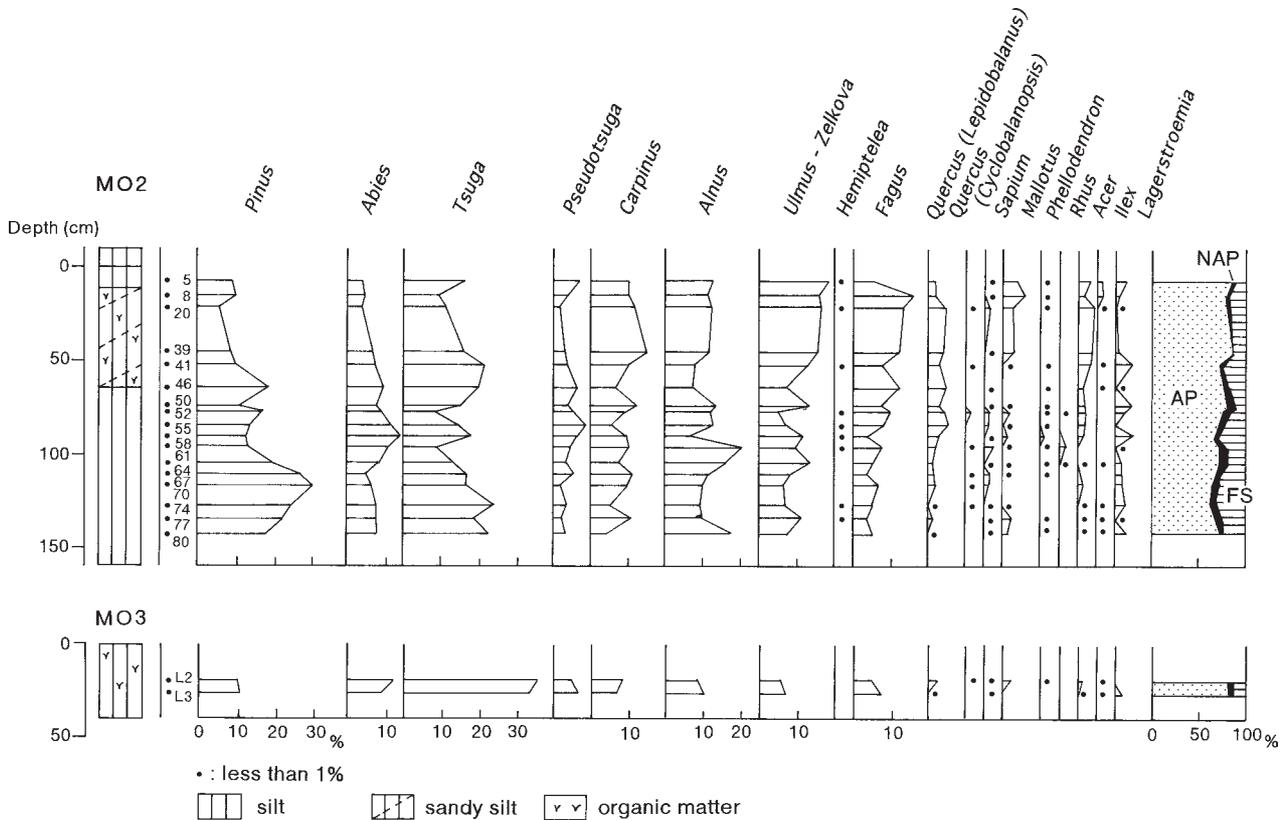


図8 大野台 MO2 , MO3 地点の花粉ダイアグラム .
Fig. 8 Pollen diagram at MO2 and MO3 in Ohnodai.

stroemia, ミズキ属 *Cornus*, ウコギ科 *Araliaceae*, ツツジ科 *Ericaceae*, エゴノキ属 *Styrax*, ハイノキ属 *Symplocos*, トネリコ属 *Fraxinus*, イボタノキ属 *Ligustrum*.

非樹木花粉 NAP: ガマ属 *Typha*, イネ科 *Gramineae*, カヤツリグサ科 *Cyperaceae*, ユリ科 *Liliaceae*, タデ属イタドリ節 *Polygonum* sect. *Reynoutria*, タデ属サナエタデ節 *Polygonum* sect. *Persicaria*, アカザ科 - ヒコ科 *Chenopodiaceae*-*Amaranthaceae*, ナデシコ科 *Caryophyllaceae*, マメ科 *Leguminosae*, ブドウ属 *Vitis*, ツタ属 *Parthenocissus*, ヒシ属 *Trapa*, アリノトウグサ属 *Haloragis*, テイカカズラ属 *Trachelospermum*, スイカズラ属 *Lonicera*, ヨモギ属 *Artemisia*, その他のキク亜科 *Tubiflorae*, タンポポ亜科 *Ligiflorae*.

MO1 地点の最上位のオレンジ色のシルト層 (MO1-13) には, 花粉・胞子はまったく含まれていなかったが, その他の試料中には豊富に含まれ, MO1, MO2, MO3 地点の各層準での花粉・胞子組成に大きな差異は認められなかった (図7, 8). いずれの層準でも樹木花粉が60~90%と高率で, 非樹木花粉が2~9%と低率であった。シダ胞子は6~40%と比率に幅がみられた。樹木花粉では, マツ属 (10~40%), モミ属 (5~15%), ツガ属 (10~35%) の針葉樹とクマシデ属 (5~15%), ハンノキ属 (5~25%), ニレ属 - ケヤキ属 (5~18%), ブナ属 (5~16%), コナラ属コナラ亜属 (1~6%) といった落葉広葉樹花粉が高率で出現した。またトガサワラ属が, MO1 地点では低率であるが連続的に出現し, MO2, MO3 地点では2~9%程度検出された。コナラ属アカガシ亜属, マキ属, モチノキ属などの常緑広葉樹花粉も低率で検出されている。現在日本に分布しないハリゲヤキ属や屋久島以南に分布するサルスベリ属も出現した。

b) 大型植物化石

MO1地点の化石群は木本20分類群, 草本2分類群, MO2地点の化石群は木本48分類群, 草本11分類群から構成される (表3)。MO2地点の化石群はMO1地点の化石群に比べ個数, 種類数ともに多いが, 二つの化石群は種構成が類似する。高木樹種ではモミを含むモミ属, マツ属複維管束亜属, トガサワラを含むトガサワラ属, ツガなどの針葉樹と, ケヤキ, クマシデ属イヌシデ型, アカメガシワ, ミズキ, クマノミズキなどの落葉広葉樹が比較的産出量が多いほか, 花粉化石群に高率で出現するマツ属複維管束亜属, ハンノキ属, ブ

ナ属, コナラ属コナラ亜属のコナラも少量であるが検出される。低木ではヒサカキ属, キイチゴ属, キブシ, ハマゴウ, 草本ではカラムシ属を多く含む。大型植物化石群はすべて暖温帯から冷温帯に分布する植物で, ナンキンハゼ, センダン, ハスノハカズラ, ハマナツメ属といった沿海暖地に分布する植物や海岸沿いに分布するハマゴウを含む。トウヒ属バラモミ節, サワラ, カツラ, ヒメシャラ, キハダ, アオハダ, ハクウンボクは暖温帯上部から冷温帯に分布する植物である。

考 察

1. 大野台段丘堆積物の形成年代

大野台周辺には, 安芸川河口より約3.5 km 上流の天神坊橋の北に, 標高47 mの段丘面O-4.5面が広く発達している。その構成層である砂礫層は風化によって淡い黄赤色を呈し, いなみの台地の日岡段丘面群の礫層と同程度の赤色化を示す。田中 (1992) はいなみの台地の段丘群を高位より順に, 神出, 加古, 日岡, 野口の四つの段丘面群に区分した。佐藤ほか (1999) は同台地の加古川市都台の海成粘土層中に挟在する火山灰 (加古川火山灰) の降下年代を大阪層群海成粘土 Ma11.2層中の甲子園浜火山灰と, 21.5万年前に降下したと推定される琵琶湖高島沖ボーリングコア中のBT51火山灰に対比し, 都台の段丘堆積層は田中 (1992) の日岡段丘面群中の一面に相当するとした。このことから, 大野台周辺に広がる風化した赤色礫層を含む段丘群は20万年前を越す年代のものだと判断される。

大野台周辺では, 海岸部に発達する段丘面 (図4, 表1) と同時期の河成段丘が, 海岸と直交する形で河川沿いに内陸側奥深くまで発達し (図5), 東木 (1929) のいうT字の現象を示す。吉川ほか (1964) は大野台周辺の標高54~94 mに分布する段丘面をM1面と呼び, Riss-Würm 間氷期に形成されたと考えた。O-1~O-3面はこのM1面に相当するが, このように面積が広く, 高度差も大きい段丘地形が, 最近の10万年程度の期間で形成されるとは考えにくい。むしろ, 高知県南東部に分布する10~20 mの平坦面が最終間氷期の古土佐湾海進によって堆積した海成層からなるとした満塩・加賀美 (1992) の考えに従い, O-8面の形成期を最終間氷期の海進期に対比すべきと考える。大野台とその周辺の10 m間隔の段丘面がいなみの台地と同様に10万年周期の海進期に形成されたと考え, その形成年代を大阪層群の海成粘土堆積期に対応させると, 大野台のO-2面 (68~71 m) の

表中の数字は0.5 mm 目の篩で500 cm³の堆積物を水洗して得られた植物部位の個数。+は2 mm 目の篩で2000 cm³以上の堆積物を水洗して得られた化石を示す。

Numbers show the count of each plant part obtained from 500 cm³ sediment washed through a 0.5 mm mesh sieve. Plus (+) indicates fossils detected from more than 2000 cm³ sediment washed through a 2 mm mesh sieve.

表3 大野台MO1, MO2地点の大型植物化石一覧表

Table 3 List of plant macrofossils from MO1 and MO2 in Ohnodai

分類群	Taxa	産出部位	Plant parts	MO1	MO2
高木	arbor				
カヤ	<i>Torreya nucifera</i> (L.) Sieb. et Zucc.	種子	seed		1
		葉	leaf		3
モミ	<i>Abies firma</i> Sieb. et Zucc.	球果鱗片	cone scale		2
モミ属	<i>Abies</i>	枝条	shoot	10	10
		葉	leaf	6	80
トウヒ属バラモミ節	<i>Picea</i> sect. <i>Picea</i>	枝条	shoot		1
		葉	leaf		1
マツ属複雑管束亜属	<i>Pinus</i> subgen. <i>Diploxylon</i>	球果	cone	1	
		短枝	short shoot	1	
		長枝	long shoot	3	1
		葉	leaf	7	2
トガサワラ	<i>Pseudotsuga japonica</i> (Shirasawa) Beissn.	球果	cone		1
トガサワラ属	<i>Pseudotsuga</i>	種子	seed		4
		枝条	shoot		47
		葉	leaf		66
ツガ	<i>Tsuga sieboldii</i> Carr.	球果	cone		4
ツガ属	<i>Tsuga</i>	種子	seed		3
		枝条	shoot	1	8
		葉	leaf		31
サワラ	<i>Chamaecyparis pisifera</i> (Sieb. et Zucc.) Endlicher	種子	seed		2
ヒノキ属	<i>Chamaecyparis</i>	枝条	shoot		1
ハンノキ属	<i>Alnus</i>	果実序	infructescence		1
イヌシデ型	<i>Carpinus tschonoskii</i> Maxim. type	果実	fruit	+	6
ブナ属	<i>Fagus</i>	殻斗	cupule		1
		果実	fruit		1
		殻斗	cupule		3
コナラ	<i>Quercus serrata</i> Thunb.	果実	fruit		10
ケヤキ	<i>Zelkova serrata</i> (Thunb.) Makino	果実	fruit		1
ホオノキ	<i>Magnolia hypoleuca</i> Sieb. et Zucc.	種子	seed	+	1
フサザクラ	<i>Euptelea polyandra</i> Sieb. et Zucc.	種子	seed		2
カツラ	<i>Cercidiphyllum japonicum</i> Sieb. et Zucc.	果実	fruit		1
ヒメシャラ	<i>Stewartia monadelphica</i> Sieb. et Zucc.	果実	fruit		+
サクラ属サクラ節	<i>Prunus</i> sect. <i>Cerasus</i>	核	stone		+
アカメガシワ	<i>Mallotus japonicus</i> (Thunb.) Muell.-Arg.	種子	seed	2	13
ナンキンハゼ	<i>Sapium sebiferum</i> Roxb.	種子	seed	2	2
キハダ	<i>Phellodendron amurense</i> Rupr.	種子	seed	1	2
センダン	<i>Melia azedarach</i> L.	核	stone		1
カエデ属	<i>Acer</i>	果実	fruit		2
アオハダ	<i>Ilex macropoda</i> Miq.	核	stone		1
イイギリ	<i>Idesia polycarpa</i> Maxim.	種子	seed		1
ミズキ	<i>Cornus controversa</i> Hemsley	核	stone	1	3
クマノミズキ	<i>Cornus macrophylla</i> Wall.	核	stone	1	6
リョウブ	<i>Clethra barbinervis</i> Sieb. et Zucc.	種子	seed		1
エゴノキ	<i>Styrax japonicus</i> Sieb. et Zucc.	種子	seed	2	1
ハクウンボク	<i>Styrax obassia</i> Sieb. et Zucc.	種子	seed		1
低木・籐本	shrub, vine				
ヤマグワ	<i>Morus australis</i> Poir.	核	stone		2
マツブサ	<i>Schisandra repanda</i> (Sieb. et Zucc.) Radlk.	種子	seed		1
ハスノハカズラ	<i>Stephania japonica</i> (Thunb.) Miers	核	stone		+
マタタビ属	<i>Actinidia</i>	種子	seed	3	15
ヒサカキ属	<i>Eurya</i>	種子	seed	40	37
マンサク属	<i>Hamamelis</i>	果実	seed		1
キイチゴ属	<i>Rubus</i>	核	stone	2	12
サンショウ属	<i>Zanthoxylum</i>	種子	seed		1
ハマナツメ属	<i>Paliurus</i>	果実	fruit	3	2
クマヤナギ属	<i>Berchemia</i>	核	stone		+
ブドウ属	<i>Vitis</i>	種子	seed	+	+
ノブドウ	<i>Ampelopsis glandulosa</i> (Wall.) Momiyama var. <i>heterophylla</i> (Thunb.) Momiyama	種子	seed		1
キブシ	<i>Stachyurus praecox</i> Sieb. et Zucc.	種子	seed		12
タラノキ	<i>Aralia elata</i> (Miq.) Seemann	核	stone	1	3
ムラサキシキブ属	<i>Callicarpa</i>	核	stone	2	9
クサギ	<i>Clerodendrum trichotomum</i> Thunb.	核	stone		+
ハマゴウ	<i>Vitex rotundifolia</i> L.f.	核	stone	4	13
草本	herb				
クラマゴケ	<i>Selaginella remotifolia</i> Spring	大孢子	macrospore		1
カラムシ属	<i>Boehmeria</i>	果実	fruit	4	6
タケニグサ	<i>Macleaya cordata</i> (Willd.) R.Br.	種子	seed		1
スミレ属	<i>Viola</i>	種子	seed	1	1
キランソウ属	<i>Ajuga</i>	果実	fruit		2
ヒメジソ	<i>Mosla dianthera</i> (Hamilt.) Maxim.	果実	fruit		1
ホトトギス属	<i>Tricyrtis</i>	種子	seed		1
ホタルイ属	<i>Scirpus</i>	果実	fruit		1
スゲ属シバスケ節	<i>Carex</i> sect. <i>Praecocces</i>	果実	fruit		1

形成年代は約70万年前の海進期、すなわち大阪層群の海成粘土 Ma6 層形成期(吉川・三田村, 1999)ということになる。したがって、0-2面段丘構成層下位の不整合面下にある、MO1, MO2, MO3 地点の細粒堆積物の堆積年代は、Ma6 海成粘土層の堆積期より少なくとも一つ以上前の海進期、すなわち Ma5 海成粘土層堆積期あるいはそれ以前ということになる。以上の地形観察と古地磁気分析結果をあわせてみると、分析試料の形成年代は大阪層群 Ma5 海成粘土層堆積期に対比される可能性が高いといえる。

2. 大野台周辺の間氷期の古植生

MO1, MO2, MO3 地点の花粉組成は基本的には同じである。その組成から考えると、周辺にはマツ属複雑管束亜属やモミ、ツガ、トガサワラなどの針葉樹とシデ類やケヤキ、ブナ属、コナラなどの落葉広葉樹を主とした森林が成立し、コナラ属アカガシ亜属やシイ属といった常緑広葉樹や暖温帯を中心に分布するマキ属やサルスベリ属もわずかではあるが生育していた。大型植物化石の種構成も MO1, MO2 地点の両化石群で類似しており、その大部分は、モミ、ツガ、トガサワラを主とする温帯針葉樹林とケヤキやフサザクラ、カツラ、ミズキからなる溪畔林からもたらされたと推定できる。海沿いの低地にはナンキンハゼやアカメガシワ、センダン、ハマナツメ属、海浜植物のハマゴウも分布していた。花粉組成に比べて、大型植物化石ではブナ属が少なく、サルスベリ属が検出されないなどの相違はあるが、両者の組成からみた森林構成は針葉樹と落葉広葉樹を主とするものであった。大野台の花粉・大型植物化石群には、暖温帯に分布する落葉広葉樹種や低木種が含まれているにもかかわらず、高木性の常緑広葉樹種がわずかしきみられず、当時は常緑広葉樹林が周囲に成立していなかったと考えられる。

大野台段丘面下の堆積物は、珪藻が検出されないことから海成であるとは断定できないが、シルト～粘土層の堆積状況から温暖期のものであるといえるであろう。また、大型植物化石群で海岸の砂浜に群生するハマゴウが比較的多いことから海成堆積物とみることができる。この堆積時期は段丘地形の精査および古地磁気分析により、大阪層群の Ma5 海成粘土層の堆積期に対比される可能性が考えられた。火山灰などの時間指標となるものが得られず時代は確定できないが、今回分析した大野台段丘面下堆積物の植物化石組成は間氷期の高海水準期の特徴を持つものといえる。今回得た花粉分析結果は、中村・甲藤(1953)が報告した花粉組成と類似するが、中村・甲藤(1953)ではコナラ属アカガシ亜属やマキ属、サルスベリ属といった暖温帯の要素が報告されていない。中村・甲藤(1953)や中村ほか(1972)は、針葉樹と広葉樹が混交する花粉組成と層序から大野台の段丘堆積物は氷期に堆積したと考えた。しかし、その後の再調査の結果(中村、

未発表)サルスベリ属やコシダ属 *Gleichenia* も含まれ、紀伊半島の熊野や新宮の Riss-Würm 間氷期のものときわめて似た植生を示すとしている(中村, 1973)。

満塩ほか(1970)は高知県西部、四万十川河口近くの中村市平野で礫層の下に海成層を発見し、この層を堆積させた海進を古土佐湾海進と呼称した。この海成層は中筋川流域の宿毛市山田付近まで分布している。中村ほか(1972)は平野・山田両地区でこの海成泥層の花粉分析を行い、冷・暖両温帯に分布する植物が混在する植生であったことを報告している。いずれの地区の花粉組成も、暖地性のマキ属やコナラ属アカガシ亜属、エノキ属、サルスベリ属に、まれにウラジロエノキ属 *Trema* やクチナシ属 *Gardenia*、ヤマモモ属、アカメガシワ属、シイ属が伴い、さらに北温帯性のブナ属やカバノキ属、クマシデ属、ニレ属 - ケヤキ属などの樹種が出現し、マツ属やツガ属などの針葉樹も比較的高率で共存していた。この花粉組成から、中村ほか(1972)は両地点の泥層が Mindel-Riss 間氷期の暖温帯的な環境下の浅い海底に堆積したものとしたが、満塩・加賀美(1992)は平野層を中位段丘構成層に対比し、古土佐湾海進は下末吉海進と同じとした。それは、平野層中の貝化石 *Chama* sp. のアミノ酸年代値が 138,600 yr B.P. 前後になることによる。大野台の植物化石群と平野・山田地区の花粉組成を同一時期のものとして対比することはできないが、間氷期の植生を示すものとして比較検討することができる。

平野・山田地区ではコナラ属アカガシ亜属が比較的高率で検出されるが、完新世堆積物で見られるほど、照葉樹林要素の出現は多くない。大野台の西方を流れる安田川の沖積低地(MY, 図1)の花粉組成はコナラ属アカガシ亜属とシイ属が優占し、マツ属やスギ属といった針葉樹やクマシデ属やコナラ属コナラ亜属などの落葉広葉樹を伴うものであった(松下ほか, 1996)。この堆積物の深度450 cmの¹⁴C年代値は7850 ± 50 yr B.P. (GEO-2262)と測定されており、完新世前半の安田川低地に照葉樹林が分布していたことは明らかである。高知平野(中村, 1965; 山中ほか, 1992)や室戸岬室津川(松下ほか, 1988)の完新世堆積物の花粉化石群でも、同様に照葉樹林要素が卓越する。一方、大野台海成段丘面下堆積物ではコナラ属アカガシ亜属の出現は連続的に見られるものの低率で、針葉樹・落葉広葉樹が主体であった。室戸半島大野台と安田川低地、および西方の平野・山田地区の間氷期の植生を比較すると、太平洋に面した低地では、完新世のようにコナラ属アカガシ亜属やシイ属といった常緑広葉樹が分布を拡大した間氷期と、分布拡大しなかった間氷期があったことがわかる。

こうした太平洋岸の低地に限らず、西南日本の更新世間氷期の花粉・大型植物化石群には、暖温帯から亜熱帯を中心に分布する落葉広葉樹種の化石が多数含まれていても、常緑広

葉樹が共存するものとほとんど共存しないものがある (Momohara, 1997)。大阪層群の間氷期堆積物では、海底ボーリング堆積物の Ma9 海成粘土層の花粉化石群 (Furutani, 1989) や、陸域の Ma8 海成粘土層の大型植物化石群でコナラ属アカガシ亜属が多く出現する。しかし、それ以外の海底ボーリング堆積物中の海成粘土層では、コナラ属アカガシ亜属花粉は比較的低率である (古谷, 1984; Furutani, 1989)。また、陸上に分布する Ma1 海成粘土層から Ma7 海成粘土層までの海成粘土層の大型植物化石群には、シキシマハマナツメやコナンキンハゼ、センダン、ムクロジ、ニワウルシ、ハマゴウといった暖温帯から亜熱帯に分布する植物が普通に含まれるが、高木性の常緑広葉樹はほとんど含まれない (百原, 1993)。九州の植生史資料 (Iwauchi, 1994) を検討しても、花粉化石群でコナラ属アカガシ亜属が多産する層準はかなり限られており、大型植物化石群でも暖温帯～亜熱帯に分布する落葉広葉樹種に常緑広葉樹が伴うとは限らない (Momohara, 1997)。

このように、間氷期によって常緑広葉樹林が分布拡大したりしなかったりすることは、常緑広葉樹の分布を制限する冬の寒さが間氷期によって異なっていたことを意味する (Momohara, 1997)。すなわち、暖温帯常緑広葉樹が分布拡大できるだけ夏期が温暖であっても、日本沿岸を流れる海流の位置や冬の大気高気圧の発達具合などによって冬の気象条件がきびしく、九州や四国の太平洋岸でさえも常緑広葉樹が分布拡大できなかった間氷期が存在したと考えられる。しかしながら、大阪湾周辺や関東南部で常緑広葉樹種があまり産出しない最終間氷期の堆積物でも、琵琶湖湖底ボーリング堆積物のようにコナラ属アカガシ亜属花粉が卓越する (Miyoshi et al., 1999) こともあるので、地形条件や気候条件の地域差によって常緑広葉樹林の分布に差が生じる可能性もある。植物化石群の種構成に基づいた中期更新世の古気候復元では、年平均気温 (Iwauchi, 1994) や暖かさの指数 (Momohara, 1994) と現在の植物の地理分布との関係に基づいて復元がなされてきたが、常緑広葉樹種に着目してその地理分布を検討することで気温年較差の変化を解明し、モンスーン気候の発達過程や海流の分布変化といったより詳細な古環境変化を復元することが可能となるであろう。

謝 辞

本研究は、文部省科学研究費補助金 (一般研究 (B) No. 05452342) の一部を使用して行った。本調査にあたって、安田町役場には、現地でさまざまなご配慮をいただいた。また、神戸大学文学部教授故野村亮太郎氏、奈良女子大学教授相馬秀廣氏、金沢大学理学部教授柏谷健二氏、サンコーコンサルタント株式会社川崎輝雄氏、元神戸大学自然科学研究科河合琢也氏、元神戸大学教育学研究科大矢真也氏には、現地

調査をはじめ、多大なご教示ご協力をいただいた。各氏に深謝いたします。

引用文献

- Biswas, D. K., Hyodo, M., Taniguchi, Y., Kaneko, M., Katoh, S., Sato, H., Kinugasa, Y. & Mizuno, K. 1999. Magnetostratigraphy of Plio-Pleistocene sediments in a 1700-m core from Osaka Bay, southwestern Japan and short geomagnetic events in the middle Matsuyama and early Brunhes chrons. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 148: 233-248.
- 古谷正和. 1984. 花粉化石調査 泉州沖関西国際空港海底地盤の花粉層序. 「関西国際空港地盤地質調査 (中世古幸次郎編)」, 91-116. 災害科学研究所, 大阪.
- Furutani, M. 1989. Stratigraphical subdivision and pollen zonation of the Middle and Upper Pleistocene in the coastal area of Osaka Bay, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University* 32: 53-83.
- Iwauchi, A. 1994. Late Cenozoic vegetational and climatic changes in Kyushu, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 108: 229-281.
- 粕 武. 1992. 堆積岩の化学組成による堆積環境の研究 特に硫黄含有量による識別. *地質調査所月報* 43: 473-548.
- 前田保夫. 1980. 縄文の海と森. 238 pp, 蒼樹書房, 東京.
- 松下まり子. 1992. 日本列島太平洋岸における完新世の照葉樹林発達史. *第四紀研究* 31: 375-387.
- 松下まり子・前田保夫・松本英二・松島義章. 1988. 新宮 (紀伊半島) および室戸岬の完新世植生史 - とくにシイ林の成立について. *日本生態学会誌* 38: 1-8.
- 松下まり子・相馬秀廣・河合琢也. 1996. 安芸郡安田川沖積低地における花粉分析. ミランコヴィッチ理論に基づく海成段丘の検討 室戸岬を例にして. 平成5年 - 平成7年度科学研究費補助金 (一般研究 B) 研究成果報告書 (代表松下まり子), 23-28.
- 三木 茂. 1948. 鮮新世以来の近畿並びに近接地域の遺体フロアに就いて. *鉱物と地質* 9: 105-190.
- 満塩博美・川沢啓三・近藤日出男・西嶋輝之. 1970. 高知県南西部四万十川北岸河口付近の中位段丘. *地質学雑誌* 70: 81-82.
- 満塩大洗・古川博恭. 1988. 四国地方の第四紀層. *地質学論集* No. 30: 145-154.
- 満塩大洗・加賀美英雄. 1992. 四国の第四系. *第四紀研究* 31: 297-311.
- Miyoshi, N. Fujiki, T. & Morita Y. 1999. Palynology of a 250-m core from Lake Biwa: a 430,000-year record of glacial-interglacial vegetation change in Japan. *Review of Palaeobotany and Palynology* 104: 267-283.
- 百原 新. 1993. 近畿地方とその周辺の大型植物化石群. 「大阪層群」(市原 実編), 256-270. 創元社, 大阪.
- Momohara, A. 1994. Floral and paleoenvironmental history from the late Pliocene to middle Pleistocene in and around central Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 108: 281-293.

- Momohara, A. 1997. Cenozoic history of evergreen broad-leaved forest in Japan. *Natural History Research, Special Issue 4*: 141-156.
- 中村 純. 1965. 高知県低地部における晩氷期以降の植生変遷. *第四紀研究 4*: 200-207.
- 中村 純. 1973. 花粉化石からみた日本の後期洪積世. *第四紀研究 12*: 29-37.
- 中村 純・甲藤次郎. 1953. 花粉分析と第4紀(2)室戸半島の海岸段丘堆積物(洪積層)について. *植物生態学会報 3*: 108-110.
- 中村 純・満塩博美・黒田登美雄・吉川 治. 1972. 花粉層序学的研究, その1 高知県の第四系. *高知大学学術研究報告・自然科学 21(5)*: 87-113.
- 中村 純・山中三男. 1992. 南四国における第四紀の植生変遷. *第四紀研究 31*: 389-397.
- 佐藤裕司. 1995. イオウ分別化学抽出と珪藻分析による古環境解析 兵庫県気比低地のコア堆積物を例に. *第四紀研究 34*: 101-106.
- 佐藤裕司・加藤茂弘・井上史章・兵頭政幸. 1999. 兵庫県, 播磨平野東部で発見された酸素同位体ステージ7.3の海進堆積物. *第四紀研究 38*: 401-410.
- Sato, H., Kumano, S., Maeda, Y., Nakamura, T. & Matsuda, I. 1998. The Holocene development of Kushu Lake on Rebun Island in Hokkaido, Japan. *Paleolimnology 20*: 57-69.
- 須鎗和巴・阿古島功・栗岡紀子. 1971. 室戸地域海岸段丘の再検討(第1報). *徳島大学教養部紀要(自然科学) 4*: 19-34, 2 pls.
- 須鎗和巴・阿古島功. 1972. 「段丘礫の赤色風化殻の厚さ」を指標とした室戸・紀伊両半島の海岸段丘面の対比. *徳島大学学芸紀要(社会科学) 20*: 29-41.
- 田中眞吾. 1989a. 加古川市付近の地形と地質. 「加古川市史第1巻」(加古川市史編さん専門委員会編), 1-102.
- 田中眞吾. 1989b. 兵庫県「いなみの」台地の地形区分と日射量変動曲線. *地形 10*: 135-146.
- 田中眞吾. 1992. いなみの台地の地形とミランコヴィッチサイクル. 「地球環境変動とミランコヴィッチ・サイクル」(安成哲三・柏谷健二編), 93-111. 古今書院, 東京.
- 田中眞吾・後藤博弥. 1996. 加古川市の地形・地質. 「加古川市史第4巻」(加古川市史編さん専門委員会編), 1-50.
- 田中眞吾・大矢真也. 1996. 室戸の海成段丘の地形調査. ミランコヴィッチ理論に基づく海成段丘の検討 室戸岬を例にして. 平成5年-平成7年度科学研究費補助金(一般研究B)研究成果報告書(代表松下まり子), 3-15.
- 東木龍七. 1929. 河岸段丘の非対称的配置とその成因 五. *地理学評論 5*: 777-789.
- 外山秀一. 1982. 大淀川下流域における古環境の復原. *立命館文学 No. 446-447*: 190-219.
- 山中三男・伊藤由美子・石川慎吾. 1992. 高知平野の岡豊低湿地完新世堆積物の花粉分析. *日本生態学会誌 42*: 21-30.
- 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.
- 吉川虎雄・貝塚爽平・太田陽子. 1964. 土佐湾北東岸の海岸段丘と地殻変動. *地理学評論 37*: 627-648.

(2001年5月10日受理)

書評: 日本電子顕微鏡学会関東支部編. 2000. 走査電子顕微鏡. xxvi + 447 pp. ISBN 4-320-07148-4. 共立出版, 東京. 本体価格 12,000 円.

本書は, 走査電子顕微鏡についての最新の知識と技法を網羅的に紹介することを目的として編纂されたものである。そのため執筆者は60名以上に及んでおり, 取りあつかわれている材料も多岐に渡っている。

構成は, 第1章 走査電子顕微鏡の原理と構成, 第2章 像の形成, 第3章 走査電子顕微鏡の操作・像表示・記録, 第4章 走査電子顕微鏡の多機能化と関連技術, 第5章 生物学への応用, 第6章 材料科学への応用の6章からなる。すなわち第1章から第4章において走査電子顕微鏡の原理と操作を記述し, 第5章と第6章で観察する対象ごとに固定法やクリーニングなどの技法を紹介している。

第1章から第4章では, 多くの図と観察実例を表示して, 走査電子顕微鏡の基本的な原理と基礎的な操作を, 初心者にも分かるように詳細に解説している。

第5章 生物学への応用では, 最初に「生物試料の基本処理法」と「種々の試料技術」として, 基本的な行程の記述

があり, その後に試料別の技法が紹介される。ここで対象とされているのは, 動物組織と, 培養細胞, 胚・胎仔, 硬組織, 寄生虫, 昆虫, 植物, 真菌, 細菌, ウィルス, 食品, 化石(恐竜の骨細胞の観察)である。植物の項は, 器官・組織表面の一般的観察法と, レプリカSEM法による表面観察法, 花粉の観察法, 植物組織内の観察法に分けられている。またこの章では, 生試料の観察法と, 低加速電圧走査電子顕微鏡法やクライオSEMなどの特殊な観察法も紹介される。

第6章 材料科学への応用では, 一般的な技術解説のあと, 金属材料と, セラミックス, 炭素材料, 半導体材料, 高分子材料, 磁性材料, 複合材料が扱われており, 木材はこの高分子材料の項で扱われている。

本書には, 植物に関する記述はかならずしも多くないが, 人類までも含めた第四紀の環境史を解析するうえでは, 今後, 参考となる技法が見いだせるであろう。

(能城修一)