

近畿地方北部、福知山盆地における 中部更新統・福知山層上部層堆積期の古環境

加藤茂弘¹⁾*・田中義文²⁾・大嶋秀明²⁾・林成多³⁾

Paleoenvironment of the Upper Member of the Middle Pleistocene Fukuchiyama Formation in the Fukuchiyama Basin, Northern Kinki District, Western Japan

Shigehiro KATO¹⁾*, Yoshio TANAKA²⁾, Hideaki OHSHIMA²⁾
and Masakazu HAYASHI³⁾

Abstract

The Middle Pleistocene Fukuchiyama Formation is extensively distributed along the Yura River and its tributaries in the Fukuchiyama Basin, in northern Kinki District, western Japan. The Upper Member of the Fukuchiyama Formation intercalates a volcanic ash bed mainly originated from the Aso-1 tephra layer that erupted between 0.25 and 0.27 Ma. A pollen analytical study was conducted about clayey and peat beds immediately below the ash, with the identification of insect fossils from the peat as *Plateumaris constricticollis* (Jacoby), to reconstruct the paleoenvironment during the deposition of the member. Paleoenvironment at the studied site changed with the upward decrease in fluvial influence, from riverside and lowland *Cryptomeria japonica* and *Alnus* forest into a mosaic landscape of the *Alnus* and *Picea* lowland forest, wet grassland, and marshy vegetation. This vegetation change also indicates the upward cooling before the deposition of the volcanic ash (Aso-1) corresponding to the cold age in the Marine Isotope Stage 8 (MIS8) and suggests the occurrence of the warm period correlative to the MIS 9 within the Upper Member of the Fukuchiyama Formation.

Key words : Middle Pleistocene Fukuchiyama Formation, Pollen analysis, Insect fossils, Paleoenvironment, Marine Isotope Stage, Yura River.

はじめに

京都府北部を流下して若狭湾に注ぐ由良川中流域には数段の河岸段丘面が分布し、第四紀地殻変動やそれと関連した河川争奪・流路変更を示すものとして1960年代初頭から注目されてきた(水山, 1961, 1964; 岡田・高橋, 1969)。これらの河岸段丘面は、高位・中位・低位

の3つの段丘面に大別されている(栗本・牧本, 1990)。高位段丘面は厚さ80m以上の河成・湖沼成堆積物からなる堆積段丘面であり、中位・低位の段丘面は10m未満の砂礫からなる浸食段丘面である(岡田・高橋, 1969)。

これらの河岸段丘面の中で高位段丘面は、由良川中流域の福知山盆地で最も典型的に発達する。高位段丘面を構成する厚い堆積物(高位段丘層)は福知山層と定義さ

¹⁾ 兵庫県立人と自然の博物館 自然・環境評価研究部 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6。Division of Natural History, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, 669-1546 Japan. *E-mail: katochan@hitohaku.jp

²⁾ バリノ・サーヴェイ株式会社 〒375-0011 藤岡市岡之郷戸崎559-3。Palynosurvey Co. Ltd., 559-3 Okano-goh Tozaki, Fujioka, 375-0011 Japan.

³⁾ (財)ホシザキグリーン財団 〒691-0076 鳥根県出雲市園町沖の島1659-5。Hoshizaki Green Foundation, 1569-5 Okino-shima, Sono-cho, Izumo, 691-0076 Japan. * Corresponding author

れ、その堆積年代は約20万年前までの中期更新世であると推定された(福間・藤田, 1986)。一方、岡田・高橋(1969)や植村(1988)は、福知山層堆積期を約12~13万年前の最終間氷期までの中期更新世と考えた。その後、植村(2001)は本層最上部に挟まれる火山灰層を大山奥津軽石(DOP: 岡田, 1996)に対比し、福知山層堆積期を約35~16万年前の約20万年間であると推定した。さらに加藤ほか(2006)は、由良川支流の犀川沿いに分布する高位段丘面を構成し、福知山層に対比された物部層(猪木・黒田, 1965)の上部から阿蘇1テフラ(Aso-1: 町田・新井, 1992)に由来する火山ガラス濃集層(テフラA)を見出し、福知山層堆積期を約27万年前以前から約19万年前までの中期更新世であると考えた。これらの研究から福知山層が中部更新統に属することは確実となったが、福知山層の詳細な堆積年代や大阪地域の大阪層群や高位段丘層との対比には、なおも検討の余地が残されている。

例えば、福間・藤田(1986)は、福知山層を最下部・下部・中部・上部・最上部の5部層に区分し、冷温帯から亜寒帯の気候を示す植物化石が上部層と最下部層から、暖温帯や現在と同程度かやや冷涼な気候を示す植物化石が下部層と中部層から、それぞれ産出することを報告した。そして福知山層堆積期に、赤褐色古土壌が発達

する最上部層中の温暖期を加えた3回の温暖期と、2回の冷涼~寒冷期の存在を推定した。植村(2001)は由良川沿いの高位段丘面より上位に最高位段丘面を認定し、花粉分析に基づき最高位および高位段丘層堆積期を通じて海洋酸素同位体ステージ10(MIS10, 以下同じ), MIS8, MIS6に対比できる3回の寒冷ないし冷涼期と、MIS9に対比できる1回の温暖期が認められるとした。これは、福知山層の最下部層・下部層中の寒冷・温暖な古気候を示す層準の組み合わせが、六甲山地南東麓に分布する大阪層群のラリックス層(Miki, 1941)とアデク層(Miki *et al.*, 1957)の組み合わせに酷似しており、両層準をMIS15~MIS13に対比される(三田村・吉川, 1999)大阪層群Ma6層~Ma8層の層準に対比したいとする福間・藤田(1986)の見解とは異なる。

本研究では、加藤ほか(2006)がAso-1に由来する火山ガラスの濃集層を記載した京都府綾部市小畑町鍛冶屋の露頭(図1のLoc. 1)において、火山ガラス濃集層の上下の泥炭や粘土について花粉分析を行い、泥炭から産出した昆虫化石を分析した。そして、これらの結果からAso-1降灰前後の福知山層上部層堆積期における古環境を推定するとともに、福知山層の堆積年代について検討する。

分析試料

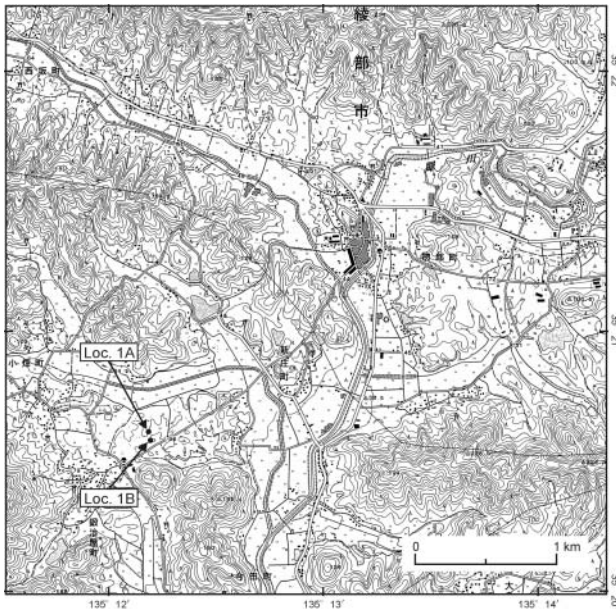


図1 京都府綾部市物部町周辺に分布する福知山層上部層の調査露頭の位置

国土地理院発行2万5千分の1地形図「河守」を使用。

Fig.1 Localities of the studied outcrops of the Upper Member of the Fukuchiyama Formation in and around the Monobe Town, Ayabe City, Kyoto Prefecture.

Using the 1:25,000 scale topographic map "Koumori" published by Geographical Survey Institute of Japan.

花粉化石と昆虫化石の分析試料は、由良川支流、犀川右岸に分布する高位段丘面(標高約65m)上に位置する(図1, Loc. 1)。北へ向かう道路に沿って長さ50m以上にわたりのびる露頭で、交差する道路により北半(Loc. 1A)と南半(Loc. 1B)に分断されている。

露頭北半(Loc. 1A, 図2A)は人工改変され、段丘面が3mほど低下させられて後、盛り土により平坦化されている。ここでは下位より順に、黄灰色砂質粘土(厚さ50cm+)、青灰色粘土(厚さ100~120cm)、植物遺体が散在する暗灰色の泥炭質粘土(厚さ20cm)、黄灰褐色粘土(厚さ10~15cm)、桃灰色火山灰(テフラA, 厚さ10cm)、暗黄灰色シルト質粘土(厚さ110~120cm)、トラフ型斜交層理が発達する褐色の砂礫(厚さ45~60cm)、黄褐色砂質シルト(厚さ50cm)が累重し、最上部は厚さ60cmほどの盛り土である。露頭南半(Loc. 1B, 図2A・2B)では、段丘面(標高約65m)は小支流に解析されて小尾根状となっている。ここでは下位より順に、黒色の木本質泥炭(厚さ30cm+)、暗灰色泥炭(厚さ30cm)、黄白色~桃灰色火山灰(テフラA, 厚さ10cm)、青灰~緑灰色シルト質粘土(厚さ70~80cm)、径1cm未満の亜円礫~亜角礫が散在する灰褐色~黄褐色の粘土質シルト(厚さ150cm)が累重する。最上部は層厚3~5mの黄褐色~褐色の砂礫からなり、クロボク土

に覆われている。いずれの露頭においても、標高60m付近に挟まれるテフラAは、比較的均質な極細粒砂サイズの部分と砂礫が混入する不淘汰な部分からなり、水流の影響下で堆積したとみられる。

花粉分析試料は、Loc. 1AではテフラA上位の粘土から4試料（上位から順にP-1～P-4）、テフラA～泥炭質粘土間の粘土から1試料（P-5）、泥炭質粘土下位の粘土から4試料（上位から順にP-6～P-9）、最下部の砂質シルトから1試料（P-10）を採取した。試料の採取層準は、段丘面から約4.3～7m下位の層準である（図2A）。Loc. 1Bでは、テフラA直下の泥炭から2試料（上位から順にP-a、P-b）、木本質泥炭から1試料（P-c）を採取した。Loc.1Bにおける試料の採取層準は、段丘面から約5～5.5m下位の層準に相当する（図2A）。Loc.1Aの泥炭質粘土は、テフラAとともにLoc.1Bまで連続して追跡でき、その基底はLoc.1Bにおける木本質泥炭の基底に連続している。したがって、試料P-5と試料P-aはほぼ同層準であり、試料P-bおよびP-cは試料P-5～P-6間の層準に相当する。

昆虫化石は、Loc.1BにおけるテフラA下位の木本質泥炭（図2B）から多く産出する。本研究では、現地において肉眼で確認できる昆虫化石とともに木本質泥炭の一部を持ち帰り、研究室内において昆虫化石の検出と同定を行った。

花粉分析

1. 方法

分析試料は、花粉化石の産出が少ないと予想された有機物の少ない粘土、シルト質粘土、砂質シルト（試料P-1～P-10）と、花粉化石の多産が予想された泥炭（試料P-a～P-c）からなるため、それぞれに適した手法で花粉化石を抽出した。

粘土～砂質シルトからの各試料約10gについて、塩酸処理により炭酸塩鉱物を溶解し、遠心分離法により水洗を繰り返して溶解液と塩酸を除去した。次にフッ化水素酸処理により試料中の鉱物質を溶解し、遠心分離法により水洗を繰り返して溶解液とフッ酸を除去した。残渣沈殿物に臭化亜鉛重液（ $ZnBr_2$ ：比重2.2）を加え、遠心分離法により鉱物質と有機物を分離させ、浮上した有機物を濃集した。濃集した有機物残渣を遠心分離法により水

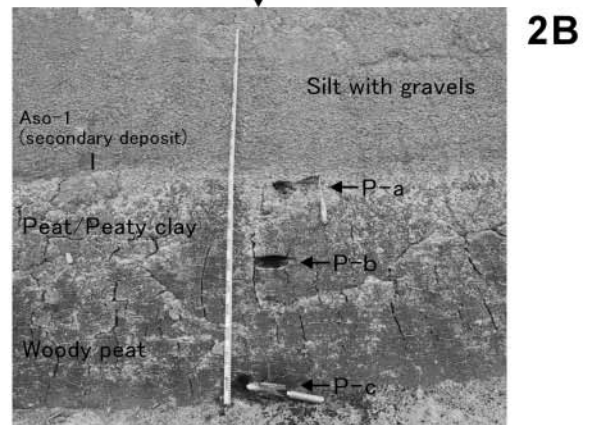
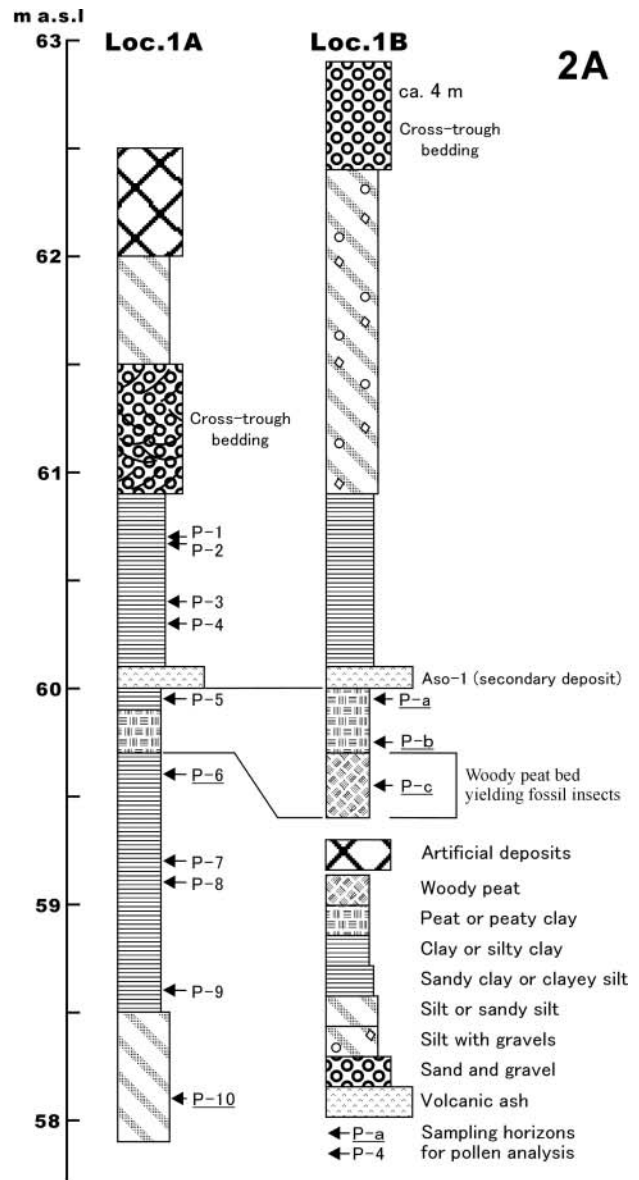


図2 テフラ露頭の地質柱状図（2A）と露頭写真（2B）
露頭の位置は図1を参照。

Fig.2 Geologic columnar sections of the studied outcrops (Fig.2A) and cross views of one of the outcrops (Fig.2B).

For localities of the outcrops see Fig.1.

洗を繰り返して洗浄し、氷酢酸を用いて脱水した後、アセトリシス（濃硫酸：無水酢酸 = 1：9の混合液）処理を行って植物遺体中のセルロースを加水分解した。その後、遠心分離法により氷酢酸に置換し、遠心分離法により水洗を繰り返して酸分を完全に除去した。最後に水酸化カリウム（KOH10%溶液）処理により腐植酸を溶解し、遠心分離法により水洗を繰り返して腐植酸と水酸化カリウムを十分に除去した。泥炭からの各試料約10gについては、水酸化カリウムによる泥化、篩別、臭化亜鉛重液による有機物の分離、フッ化水素酸による鉱物質の除去、アセトリシス処理の順に物理・化学的処理を施し、花粉化石を濃集した。

検鏡用プレパラートは、タッチミキサーでよく攪拌した直後の残渣液を木本花粉の合計が200個体以上になるようにマイクロピペットで適量とり、グリセリンで封入して作成した。検鏡は、生物顕微鏡のプラン・アポクロマト対物レンズを用い、通常400～600倍（必要に応じて1000倍）でプレパラートの2/3から全面を走査し、その間に出現した全ての種類について同定・計数することを原則とした。花粉化石の産出が非常に少ない試料または無化石の試料については、プレパラート全面または複数のプレパラートの全面を走査・観察して花粉化石の同定・計数を行った。

2. 結果

各試料について同定・計数した全ての種類とその数を表1に示す。出現した主要な花粉化石は図版～に示した。また同定・計数の結果（表1）に基づいて、花粉化石群集の分布図を作成した（図3）。各花粉・孢子化石の出現率は、木本花粉が木本花粉の合計個体数を、草本花粉とシダ植物孢子が花粉・孢子の総個体数を、それぞれ基数とした百分率で表した。複数の種類をハイフォン（-）で結んだものは、科・属・節の間の区別が明確でない花粉化石である。

粘土～シルト質の試料中では、保存が悪いながらも花粉化石を多産したのは試料P-6だけであった。残りの試料はほとんど花粉化石がなく、試料P-10で少ないながらも100粒以上の花粉化石を、試料P-1, P-3, P-4, P-9で数粒から数10粒の花化石を、それぞれ産出した。試料P-2, P-5, P-7, P-8は無化石であった。試料P-10は、1回の分析で同定できた木本花粉化石が合計129粒であったため追加分析を行い、合わせて200粒以上の木本花粉化石を同定した。全般的に検出された花粉化石の保存状態も悪く、「普通」と「悪い」または「非常に悪い」が混在した（表1）。以下に、200粒以上の木本花粉化石を同定できた5試料（粘土～シルト質層からのP-6とP-10、泥炭からのP-a～P-c）について、花粉化石群集の特徴を述べ

る。

試料P-10：木本花粉とシダ植物孢子の割合が高い。木本花粉ではハンノキ属が圧倒的に優占し、コウヤマキとマツ属、ツガ属、ツツジ科をわずかに伴う。草本花粉は出現率が低く、キク亜科が優占し、サナエタデ節 - ウナギツカミ節とカラマツソウ属がわずかに検出された。シダ植物孢子では「他のシダ植物孢子」が著しく多い。

試料P-6：木本花粉の割合が圧倒的に高い。木本花粉ではスギ科が優占し、ハンノキ属がこれに次ぎ、コウヤマキ・ツガ属・トウヒ属を伴う。スギ科は、スギ属型とメタセコイア属型の花化石が、ほぼ同じ割合を占める。低率ではあるが、ブナ属、コナラ属コナラ亜属（以後、コナラ亜属）とコナラ属アカガシ亜属（以後、アカガシ亜属）、クリ属 - シイノキ属が出現する。草本花粉は出現率が低く、カヤツリグサ科とイネ科が大半を占めた。シダ植物孢子も低出現率であり、科・属不詳のため「他のシダ植物孢子」として一括した1種類のみである。

試料P-c：木本花粉の割合が高く、木本花粉ではスギ属とハンノキ属が優占し、トウヒ属やトネリコ属などを伴う。草本花粉は、イネ科、カヤツリグサ科、ヨモギ属などが検出されたものの、出現率は低い。

試料P-a, P-b：木本花粉と草本花粉の割合が同程度である。木本花粉ではトウヒ属とハンノキ属の割合が高く、ツガ属、マツ属、ヤマモモ属などが検出された。草本花粉ではカヤツリグサ科の割合が高く、イネ科やキク亜科などを伴う。

昆虫化石

Loc. 1BにおけるテフラA下位の木本質泥炭からは、ミツガシワの種子に伴って、オサムシ科のゴミムシ類、コメツキムシ科、ハムシ科のオオミズクサハムシが産出した。甲虫類の体節片が多く産出したが、その多くはネクイハムシ亜科のものと考えられる。以下に、種まで同定できた次種について記載する。

Plateumaris constricticollis (Jacoby)

オオミズクサハムシ

（図版）

産出部位：前胸背板，左右上翅。

計測値：前胸背板，長さ1.7mm，最大幅1.2mm；上翅，長さ4.1mm，最大幅1.6mm。

記載：前胸背板・上翅共に緑色の金属光沢を帯びる；前胸背板は全体に亜心臟形，前側面隆起と亜基部襟帯は明瞭。中央線は連続するが浅い溝状。背面はやや疎らに荒く点刻される；上翅は全体に縦長で，翅端は丸まる。1

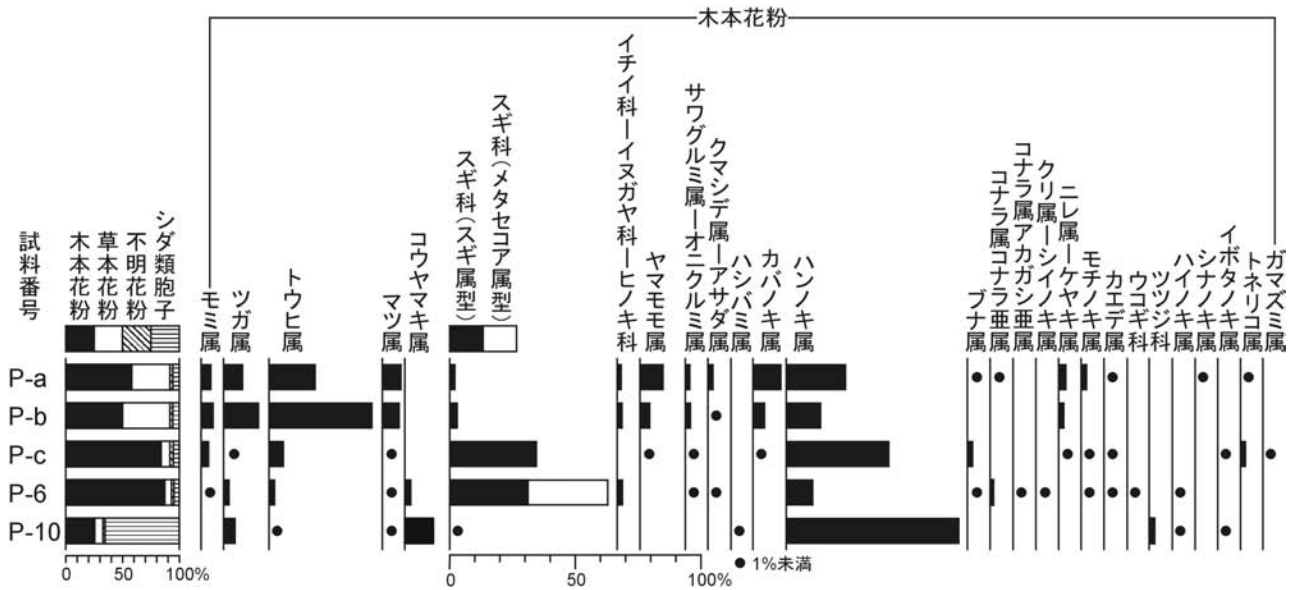


図3 福知山層上部層の花粉化石群集組成
試料の採取層準は図2Aを参照

Fig.3 Results of pollen analysis of the samples from the Upper Member of the Fukuchiyama Formation
Stratigraphic levels of individual samples are shown in Fig. 2A

堆積物の層相や立地から判断して河川の堆積域にあったとみられることから、ハンノキ属の多産は、ハンノキ属などの河畔林が周辺に存在していたという当時の局地的な植生を反映していると考えられる。ハンノキ属以外では、シダ類胞子が多く、針葉樹花粉の産出もめだつ。これらの種類は広葉樹花粉に比べて風化に対して耐性があると考えられている(徳永・山内, 1971など)。また試料P-10は花粉化石の保存が極端に悪く、堆積後に風化等の続成作用により花粉化石の多くが分解・消失したことが推測される。したがって試料P-10では、花粉化石の組成が歪曲している可能性が高いと考えられる。

試料P-6も、Loc.1Bの試料(P-a~P-c)と比較して花粉化石の保存が非常に悪い。花粉化石群集をみると、スギ属が多くハンノキ属を含む点では試料P-cと同様であるが、スギ属以外にメタセコイア属型のスギ科花粉を多く含む点で異なる。近畿地方に分布する大阪層群では、メタセコイアの大型植物化石や花粉化石が産出することが知られている(三木, 1948; 市原, 1960, 1993; 田井, 1966, 1970a, b; Tai, 1973; 那須, 1970; 関西地盤情報活用協議会, 1998; 徳永ほか, 2001)。花粉化石のメタセコイア属を産出する層準は、報文により違いがあるものの、アズキ火山灰層の下位、またはアズキ火山灰層を挟むMa3層よりも下位の大阪層群下部以深とされる(市原, 1993)。田井(1970a, b)によれば、イエロー火山灰層からMa2層上位の淡水層までとされるD帯(上部メタセコイア亜帯)で、スギ科はメタセコイア属-スギ属共存型を示すとされている。

一方、テフラAはAso-1に由来する火山ガラスや斜方輝石を主として構成され、それに加久藤テフラ(Kkt: 町田・新井, 1992)や大山最下部火山灰層のテフラに由来する火山ガラスや重鉱物がわずかに混交している(加藤ほか, 2005)。試料P-6は、このテフラA直下から採取されており、テフラ層序からは中期更新世の堆積物とみなされる。これまでの成果によれば、メタセコイア属は中期更新世以降の堆積物において検出例がない。したがって試料P-6からメタセコイア属型のスギ花粉が産出したとすると、テフラ層序とは矛盾することになる。

メタセコイア属とスギ属の花粉化石は、それぞれ特徴となる形質は持っているものの、中間的なものも存在するため、光学顕微鏡下での厳密な分類は難しい(Sohma, 1985)。電子顕微鏡レベルでの違いも指摘されているが(Sohma, 1985)、今回検出された個体はいずれも保存が悪いため、微細構造は残されていない。また、周辺地域には前期更新世の地層が存在しないことから再堆積の可能性は低く、これまでの成果をみても、福知山層からは第四紀初頭に消滅した大型植物遺体や花粉化石(メタセコイア属、フウ属、ペカンクルミ属、ヌマミズキ属など)が産出していない(岡田・高橋, 1969; 福間・藤田, 1986; 小滝ほか, 2002など)。以上のことから、試料P-6においては、化石の風化や成熟度などによりスギ科の花粉化石がメタセコイア属類似の形態になった可能性があるが、今後も周辺地域での資料の蓄積を行い、その他の可能性も含めて引き続き検討したい。

試料P-cではスギ属とハンノキ属が多産した。ミズバ

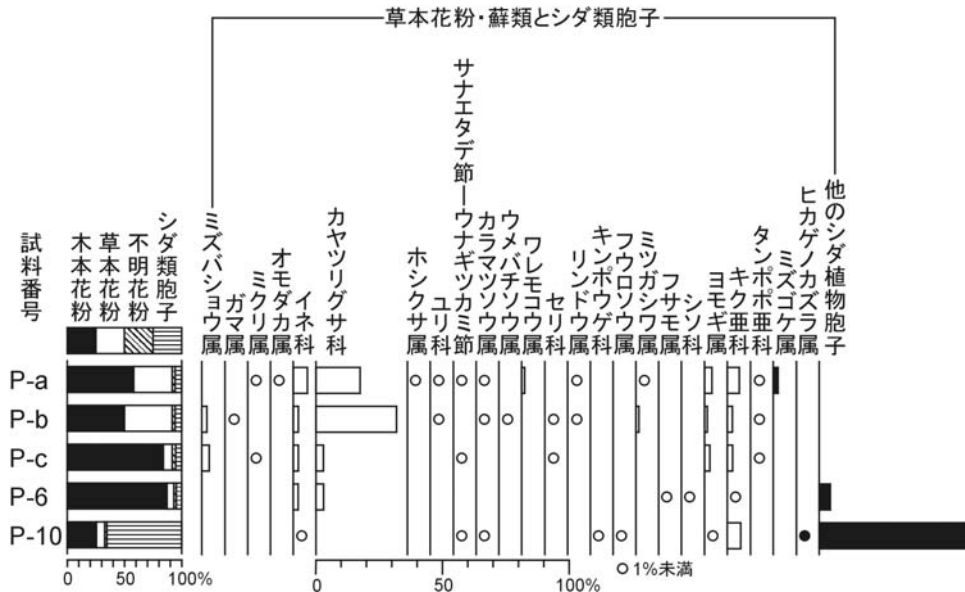


図3 (続き) 福知山層上部層の花粉化石群集組成
試料の採取層準は図2Aを参照。

Fig.3 (continued) Results of pollen analysis of the samples from the Upper Member of the Fukuchiyama Formation.
Stratigraphic levels of individual samples are shown in Fig. 2A.

ショウ属やミクリ属などの水生植物が検出される点や層相から沼沢地的環境が推定され、ハンノキ属やスギ属は湿地林を形成していたと考えられる。ハンノキ属は現在も湿地林として日本各地で見られるが、スギ属は山地に分布することが多い。スギは現在では山間部にその分布が限られているが、かつては低地にスギが多く生育していたと考えられている(鈴木, 2002など)。ミツガシワの種子に伴ってオオミズクサハムシを含むネクイハムシ亜科の昆虫化石が多く産出したことから、木本質泥炭がヨシやスゲなどの湿性植物が繁茂する湿地で堆積したと推定され、さらにイネ科やカヤツリグサ科を主とする草本花粉が少ないことを考慮すると、スギやハンノキからなる湿地林に、ミズバショウ属やミクリ属などの水生植物やミツガシワが繁茂する池沼が点在する環境であったと考えられる。

試料P-b, P-aでは、ミツガシワ属、ミズバショウ属、ミズゴケ属など水生植物の花粉化石が検出される点や層相などから、沼沢地的環境が推定される。カヤツリグサ科を主とする草本類の割合が高く、カヤツリグサ科は湿地を中心に生育していたと考えられる。ハンノキ属の割合も引き続き高く、ハンノキ湿地林も存続していたと考えられる。花粉化石で多産するトウヒ属は、現在の本州では狭い地域に分布するのみであるが、最終氷期最盛期(MIS 2)には日本各地に広く分布していた(野手ほか, 1998)。宮城県の富沢遺跡では最終氷期に形成された泥炭地にトウヒ属バラモミ節の埋没林が検出され、かつてはトウヒ属も低地林を形成していたと考えられている

(吉川, 1995; 鈴木・吉川, 1995など)。これらのことから、当時の調査地点周辺の低地にもトウヒ属が生育していたと考えられる。またヤマモモ属は、ヤチヤナギなど湿地に生育する低木類に由来すると思われる。

以上をまとめると、試料P-10, P-6, P-cの堆積時には、河川の影響を強く受けてスギ属やハンノキ属など木本類を主とする植生が河畔や低地に立地していた。その後、試料P-b, P-aの堆積時には河川の影響が小さくなって沼沢地化し、ハンノキ属やトウヒ属などの低地林と、ミツガシワ属、ミズバショウ属、ガマ属、ミクリ属、ヤチヤナギなどの水生植物やカヤツリグサ科が生育する草本類主体の植生が、モザイク状に分布する景観へと変化した。また当時の森林植生は、スギ属やハンノキ属にかわってトウヒ属が分布を拡大していったと考えられる。このような低地林の景観は、現在に見られる景観とは異なる種類構成である。中期更新世では、古植物が現生種と同一であっても古生態が現在と同じであるとは限らないことが指摘されており(那須, 1991)、本地点の場合も同様な状況であるといえよう。

2. 福知山層の堆積年代

福岡・藤田(1986)は、福知山層の下部層、中部層、最上部層に現在と同程度もしくはより温暖な古気候を示す層準を、最下部層と上部層に現在よりも寒冷ないし冷涼な古気候を示す層準を見出した。そして、アオカズラやハマナツメ属などの暖温帯性樹種の遺体を産出して暖

温帯気候を示す下部層上部の粘土層をアオカズラ層 (Sabia bed) と呼び、その下位にあるトウヒ属、カバノキ属、コナラ亜属等の花粉化石を産出して寒冷な気候を示す最下部層上部との組み合わせを、六甲山地南東麓に分布する大阪層群のアデク層とラリックス層の組み合わせに相当するとみなして、大阪層群のMa6層～Ma8層の層準に対比したいと述べた。

テフラA下位の層準における木本花粉化石群集の変遷をみると、上位でモミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属

(とくに複維管束亜属)などの針葉樹とカバノキ属が増加する。このような種類構成は、現在では冷温帯上部においてみられる植生であることから、テフラA堆積時に向けて気候が冷涼化していった可能性が高い¹⁾。福岡・藤田(1986)によれば、福知山層最上部層は厚さ4～6mであり、赤色の泥質層とその下位の砂礫層からなる。層相や段丘面からの深度に基づく、テフラAの約1m上位からの黄褐色～褐色の砂礫、砂質シルト、礫混じり砂質シルトの互層が福知山層最上部層に相当し、それより下

堆積ユニットと層厚	テフラ層とその対比	テフラ層のFT年代(Ma)	古地磁気層序	古気候			酸素同位体ステージとの対比試案	
				Cold	Cool	Warm	本研究	植村(2001)
福知山層	最上部層 4-6 m — 物部火山灰 (=hpm1 or DOP) —	0.26±0.07 (植村, 2001)	■		▨	—		MIS 6
	上部層 4-8 m — Aso-1(二次堆積) — — FK-1 —	0.4±0.09 (石田, 1986)	■ R	□	□	—	MIS 8 MIS 9? MIS 10	MIS 8
	中部層 7-9 m — FK-2 —		■			■		
	下部層 7-8 m		■			(Sabia bed) ■	MIS 11	MIS 9
	最下部層 >3 m — FK-3 —			N			■	MIS 12

堆積ユニットと層厚:福岡・藤田(1986)に基づく。
 テフラ層とその対比:FK-1～FK-3は福岡・藤田(1986)、物部火山灰とhpm1との対比は小滝ほか(2002)、同層とDOPとの対比は植村(2001)と加藤ほか(2006)、Aso-1は加藤ほか(2006)に基づく。Aso-1とFK-1との層序関係は確立していない。
 古地磁気層序:福岡・藤田(1986)による。Nは正帯磁、Rは逆帯磁。
 古気候:■は福岡・藤田(1986)、▨は植村(2001)、□は本研究による。
 酸素同位体ステージとの対比:MISは酸素同位体ステージを示す。

図4 福知山層のテフラの層序とフィッション・トラック年代、古地磁気層序、および古気候変化に基づく海洋酸素同位体ステージ(MIS)との対比。

Fig.4 Correlation of the depositional ages of the Fukuchiyama Formation with the marine isotope stage (MIS) ages based on the stratigraphy and fission-track dates of tephra layers, magnetostratigraphy, paleoclimatic changes inferred from pollen and macro-plant fossil assemblages.

位のテフラAを含む砂礫・シルト・粘土・泥炭の互層が、福知山層上部層に相当するとみられる。したがって、この冷涼な古気候の層準は、福知山層上部層の上部に挟まれる火山灰(FK-1)の約10m下位に推定された冷涼な古気候の層準(福間・藤田, 1986)より上位に層位すると考えられる。

テフラA下位の地層からは、テフラ起源と推定される斜方輝石や火山ガラスが全く検出されなかった(加藤ほか, 2006)。したがって、Aso-1にKktが混交したテフラAより下位の堆積物は、Aso-1の噴出年代よりも古い可能性が高く、それより上位の堆積物はAso-1の噴出年代よりも新しい。Aso-1は、琵琶湖湖底堆積物のBT-61テフラに対比され(吉川・井内, 1993; 長橋ほか, 2004)、MIS8中の約25~27万年前に噴出したとされている(吉川・井内, 1993; Kuwae *et al.*, 2002; 町田・新井, 2003)。したがって、テフラA直下の泥炭の堆積した冷涼な時代は、MIS8に相当すると考えられる(図6)。また試料P-10から試料P-cの堆積期を経て、試料P-b、P-aの堆積期に向けて次第に冷涼化する傾向は、さらに下位層準の福知山層上部中にMIS9に相当する温暖期が存在することを示唆する。

1つの層準を除いて全て正帯磁を示す古地磁気(図6)から、福知山層堆積期は約78万年前(Cand and Kent, 1995)以降のブリュンヌ正磁極期とされた(福間・藤田, 1986)。福知山層の中部層以下はAso-1より下位層準であり、福知山層下部層のアオカズラ層が示す顕著な温暖期(藤田・福間, 1986)は、約78~27万年前の温暖期のいずれかに相当する。植村(2001)は、この温暖期をMIS9に比定している。一方、アオカズラ層は、暖温帯樹種の植物遺体を特徴的に含み、その下位に寒冷地性植物化石群が存在することから、六甲山地南麓の大阪層群におけるアデク層に酷似している(福間・藤田, 1986)。アデク層は、Ma8層準付近に対比されていた(藤田・笠間, 1982)が、植物遺体群集の組成がMa9層の花粉化石群集組成と酷似することなどから、現在はMa9層準に対比されるとする見方が有力である(古谷, 1991; 三田村・吉川, 1999など)。アオカズラ層の花粉化石群集をみると、アカガシ亜属が優占し、スギ科・ブナ属・マツ属・コウヤマキを伴う(福間・藤田, 1986)。大阪層群のMa9層も、アカガシ亜属が多産し、ゴヨウマツ亜属・コウヤマキ・ブナ属を伴う花粉化石群集を示し(古谷, 1991; 三田村・吉川, 1999など)、両者の花粉化石群集組成は類似している。したがって、アオカズラ層は、MIS11に相当する大阪層群のMa9層準に対比される可能性が高いと考えられる。ただし、内陸に位置する福知山盆地周辺と海成層を中心とする大阪平野周辺では周辺植生や堆積機構が異なるため花粉組成を単純には比較できず、他の温暖期に相当する可能性も残される。

以上のように、テフラA直下の福知山層上部層の寒冷期はMIS8に、下部層の温暖期はMIS11に、最下部層の寒冷期はMIS12に、それぞれ対比される可能性が高いと考えられる(図6)。さらに福知山層上部層において、火山灰FK-1の約10m下位に推定された寒冷期(福間・藤田, 1986)とテフラA直下の寒冷期との間に、MIS9に対比できる温暖期が存在することが示唆された。しかしながら、上部層中のMIS9に比定される温暖期や中部層中のMIS10に比定される寒冷期が判明していないため、古気候の変遷を酸素同位体比ステージと単純に比較すると、福知山層中部層の温暖期をMIS8-9に、下部層の温暖期をMIS9に、最下部層の寒冷期をMIS10に、それぞれ対比すること(植村, 2001)も可能である(図6)。この点を明らかにするために、今後も福知山層のいろいろな層準で花粉分析や大型植物化石の調査を進めるとともに、年代指標層となる広域テフラの発見に努めたい。また、福知山層最下部層ではテフラが全く見出されておらず、大阪層群との対比も明確ではない。最下部層を構成する砂礫層は、福知山盆地以北に分布する斑レイ岩礫を多く含む(岡田・高橋, 1969; 福間・藤田, 1986)。したがって、最下部層の堆積年代は、かつて福知山盆地より上流の由良川流域を流域としていた(岡田・高橋, 1969)加古川下流域に分布する大阪層群や高位段丘層の礫種組成との比較により、今後検討していきたい。

注

1) Aso-1噴出時代がMIS8の寒冷期に対比されていること(Kuwae *et al.*, 2002; 町田・新井, 2003)から、針葉樹が増加する花粉群集組成は層位的にも矛盾はない。しかし中期更新世では、古植物が現生種と同一でも古生態が現在と同じであるとは限らない(那須, 1991)。今回の場合は、後期更新世以降の古生態をあてはめて解釈しているが、現地性が高いと思われる埋没林などの検出により、現在とは異なる植物相が発見される可能性があることを付記しておく。

謝 辞

京都大学理学部の岡田篤正教授(当時)と竹村恵二教授、仏教大学文学部の植村善博教授には、由良川沿いの段丘地形や福知山層に関して、いろいろとご教示頂いた。本研究の一部には、日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B), 課題番号14380034, 代表者: 加藤茂弘)を使用した。以上の方々・機関に厚く感謝します。

要 旨

近畿地方北部の福知山盆地周辺に広く分布する中部更新統・福知山層の上部層には、25～27万年前に噴出した阿蘇1テフラ(Aso-1)に由来する火山灰が挟まれている。本研究では、福知山層上部層の堆積期の古環境を明らかにするため、この火山灰直下の粘土や泥炭の花粉分析を行い、泥炭から産出した昆虫化石の1つをオオミズクサハムシに同定した。火山灰露頭の地点では、福知山層上部層堆積期に、河川の影響が次第に小さくなるとともに、スギやハンノキ属からなる河畔林や低地林が広がる景観から、ハンノキ属やトウヒ属からなる低地林、湿性草原、池沼の混在するモザイク状の景観に移り変わった。このような古植生の変遷は、酸素同位体ステージ8(MIS8)の寒冷期にあたるAso-1堆積期に向かい寒冷化したことを示すとともに、福知山層上部層の堆積期にMIS9に相当する温暖期が存在することを示唆している。

文 献

- Cand, S. C. and Kent, D. V. (1995) Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, 100, 6093-6095.
- 福岡敏夫・藤田和夫(1986)福知山盆地の中部更新統。第四紀研究, 24, 263-281.
- 古谷正和(1991)大阪盆地の更新世中・後期の古気候変動と堆積環境変遷「地球環境と応用地質」, 日本応用地質学会関西支部, 29-40.
- 藤田和夫・笠間太郎(1982)大阪西北部地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 112p.
- 猪木幸男・黒田和男(1965)5万分の1地質図幅「大江山」。地質調査所, 81p.
- 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.
- 市原 実 編(1993)大阪層群。創元社, 340p.
- 関西地盤情報活用協議会地盤研究委員会 編(1998)新関西地盤神戸および阪神間。関西地盤情報活用協議会, 270p.
- 加藤茂弘・山下 透・檀原 徹(2006)近畿地方北部の中部更新統・福知山層のテフラの対比。人と自然, No.15, 35-42.
- 小滝篤夫・古山勝彦・井上陽一(2002)京都北部, 福知山・綾部地域の高位段丘層中の含カミングトン閃石火山灰層と大山最下部火山灰層との対比。地球科学, 56, 35-48.
- 栗本史雄・牧本 博(1990)福知山地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 97p.
- Kuwae, M., Yoshikawa, S. and Inouchi, Y. (2002) A diatom record for the past 400 ka from Lake Biwa in Japan correlates with global paleoclimatic trends. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183, 261-274.
- 町田 洋・新井房夫(1992)火山灰アトラス[日本列島とその周辺]。東京大学出版会, 276p.
- 町田 洋・新井房夫(2003)新編火山灰アトラス[日本列島とその周辺]。東京大学出版会, 336p.
- Miki, S. (1941) Floral remains of the Conifer Age at Manzidani near Nishinomiya, Japan. *Japanese Journal of Botany*, 11, 377-383.
- 三木 茂(1948)鮮新世以来の近畿並に近接地域の遺体フロラについて。鉱物と地質, 9, 105-144.
- Miki, S., Huzita, K. and Kokawa, S. (1957) On the occurrence of many broad-leaved evergreen tree remains in the Pleistocene bed of Uegahara, Nishinomiya City, Japan. *Proceedings of Japan Academy*, 33, 41-46.
- 三田村宗樹・吉川周作(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.
- 水山高幸(1961)造盆地過程の研究 福知山盆地西縁の場合。京都学芸大学紀要, A18, 20-35.
- 水山高幸(1964)造盆地過程の研究 綾部盆地の場合。京都学芸大学紀要, B28, 19-33.
- 長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山 高・井内美郎(2004)近畿地方および八ヶ岳山麓における過去43万年間の広域テフラの層序と編年 EDS分析による火山ガラス片の主要成分組成。第四紀研究, 43, 15-35.
- 那須孝悌(1970)大阪層群上部の花粉化石について 堺港のボーリングコアを試料として。地球科学, 24, 25-34.
- 那須孝悌(1991)ナウマンゾウをめぐる古環境。亀井節夫編著『日本の長鼻類化石』, 築地書館, 170-179.
- 野手啓行・沖津 進・百原 新(1998)日本のトウヒ属バラモミ節樹木の現在の分布と最終氷期以降の分布変遷。植生史研究, 6, 3-14.
- 岡田篤正・高橋健一(1969)由良川の大規模な流路変更。地学雑誌, 78, 19-37.
- 岡田昭明(1996)大山蒜山原軽石(DHP)と大山最下部火山灰hpm2軽石について。島根大学地球資源環境学研究报告, 15, 53-60.
- Sohma, K. (1985) Uncertainty in identification of fossil pollen grains of *Cryptomeria* and *Metasequoia*. *Science Report Tohoku Univ. 4th Ser. (biology)*, 39, 1-12.
- 鈴木三男(2002)日本人と木の文化。八坂書房, 255p.
- 鈴木三男・吉川純子(1995)9-11層及び13層堆積時の森林植生の復元「富沢・泉崎浦・山口遺跡(8)」, 仙台市教育委員会, 68-71.
- 田井昭子(1966)大阪市におけるボーリング(OD-1)コアの花粉分析(その1; その2) 近畿地方の新期新生代層の研究。地球科学, 83, 25-33; 84, 31-38.
- 田井昭子(1970a)大阪府泉佐野市土丸の新生代層から検出される花粉化石について 近畿地方の新期新生代層の研究その15。地球科学, 24, 43-49.
- 田井昭子(1970b)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 Geology & Mineralogy*, 39(2), 123-165.
- 徳永重元・山内輝子(1971)花粉・孢子。化石の研究法。共立出版, 50-70.
- 徳永重元・大嶋秀明・興津昌宏・堀内誠示・衣笠善博・水野清秀(2001)神戸・淡路島深層ボーリングの微化石層序。日本花

粉学会第42回大会講演要旨, p.14 .

植村善博 (1988) 丹波高地西南部, 三峠断層系の断層変位地形と断層運動. 地理学評論, 61A, 453-468 .

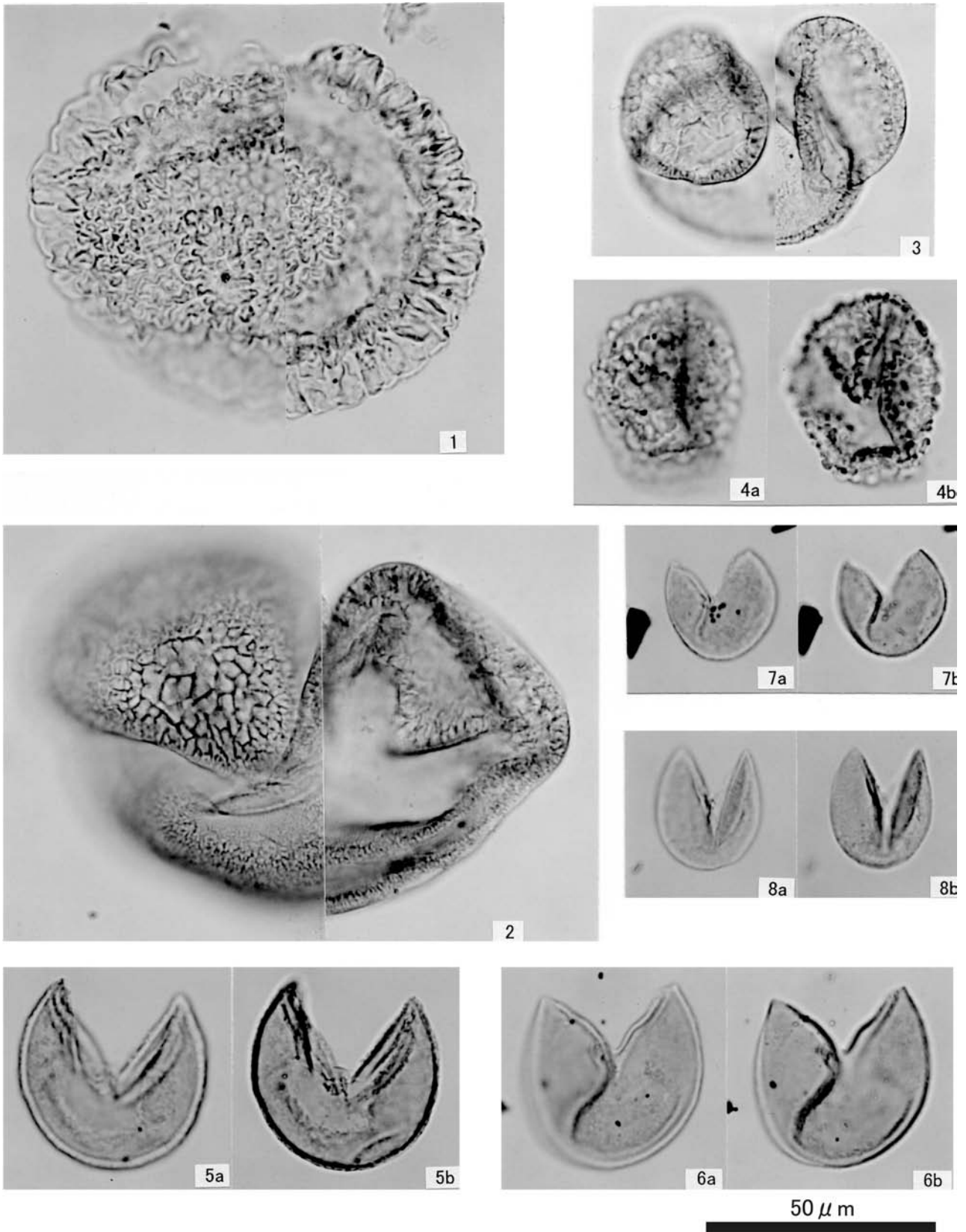
植村善博 (2001) 丹波地域の段丘編年と地殻変動. 植村善博著「比較変動地形論 プレート境界域の地形と第四紀地殻変動」, 古今書院, 112-129 .

吉川純子 (1995) 仙台市富沢遺跡第88次調査で産出した大型植物化石. 富沢・泉崎浦・山口遺跡(8), 仙台市教育委員会, 50-67 .

吉川周作・井口美郎 (1993) 琵琶湖高島沖ボーリング火山灰から見た中期更新世～完新世の噴火活動史. 地球科学, 47, 97-109 .

(2006年5月16日受付)

(2006年10月11日受理)

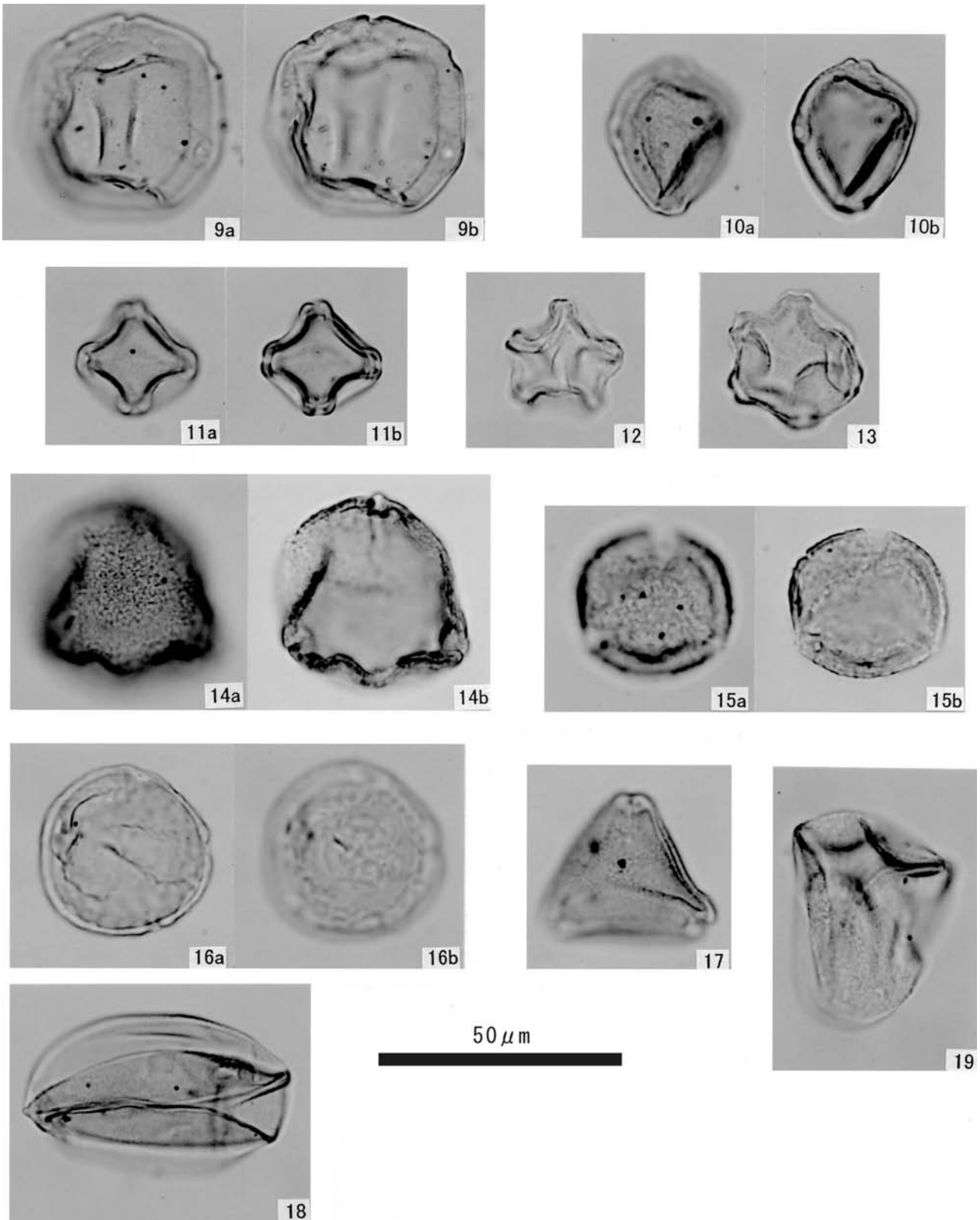


図版 福知山層上部層 (Loc.1Aの試料P-6) から産出した代表的な花粉化石 .

1: ツガ属 2: トウヒ属 3: マツ属 4: コウヤマキ属 5-6: スギ科 (スギ属型) 7-8: スギ科 (メタセコイア属型)

Plate Photographs of the fossil pollens identified from the sample P-6 at Loc.1A of the Upper Member of the Fukuchiyama Formation.

1: *Tsuga* , 2: *Picea* , 3: *Pinus* , 4: *Sciadopitys* , 5-6: Taxodiaceae (*Cryptomeria* type) , 7-8: Taxodiaceae (*Metasequoia* type)



図版 福知山層上部層 (Loc.1Aの試料P-6, P-10) から産出した代表的な花粉化石

12, 13は試料P-10, その他は試料P-6からの花粉化石.

9: クルミ属 10: クマシデ属 - アサダ属 11-13: ハンノキ属 14: ブナ属 15: コナラ亜属 16: ニレ属 - ケヤキ属

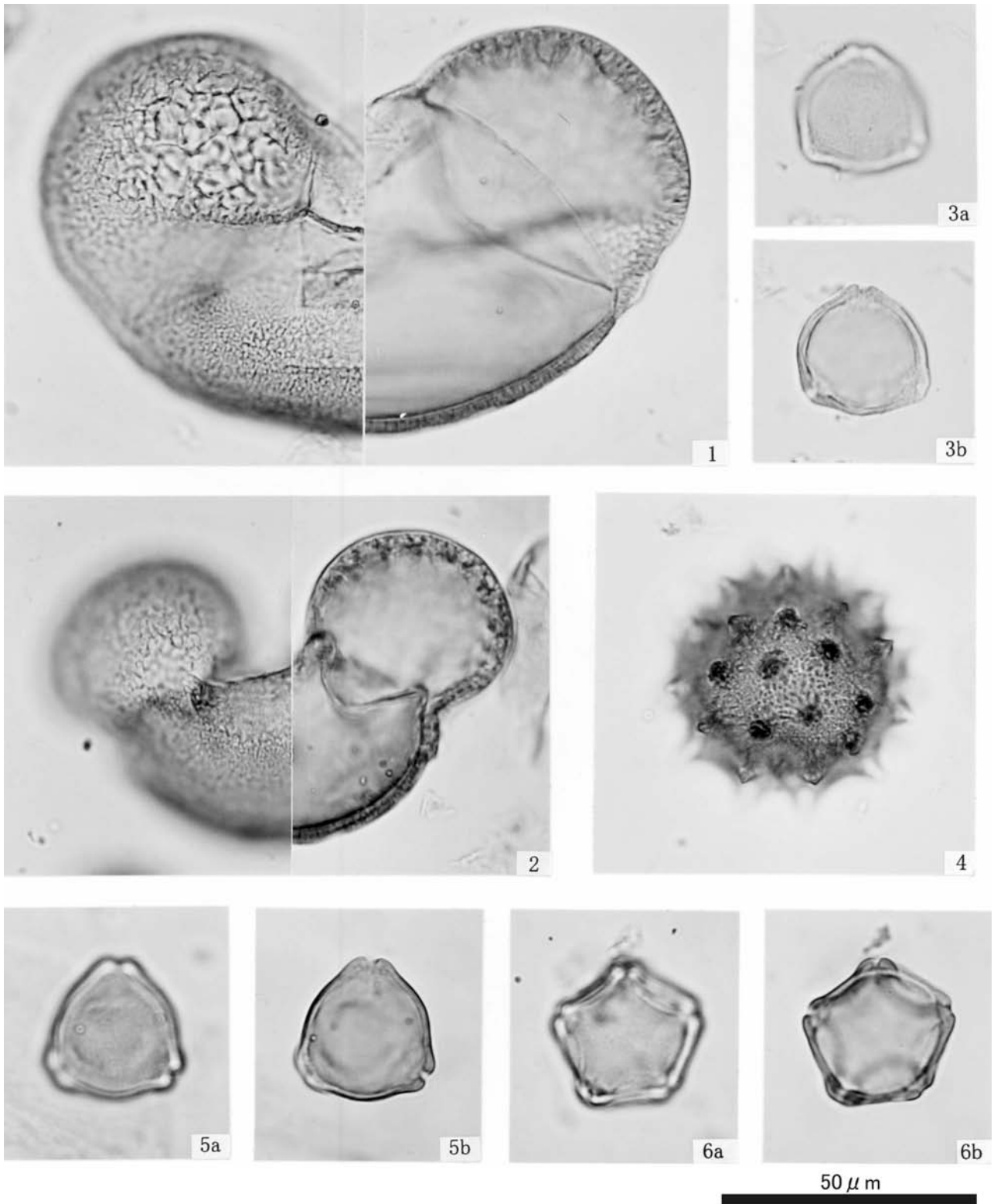
17: ハイノキ属 18: イネ科 19: カヤツリグサ科

Plate Photographs of the fossil pollens identified from the samples P-6 and P-10 at Loc.1A of the Upper Member of the Fukuchiyama Formation.

Photographs of Nos.12 and 13 are fossil pollens from the sample P-10, and others are those from the sample P-6

9: *Juglans*, 10: *Carpinus-Ostrya*, 11-13: *Alnus*, 14: *Fagus*, 15: *Lepidobalanus*, 16: *Ulmus-Zelkova*,

17: *Symplocos*, 18: Gramineae, 19: Cyperaceae

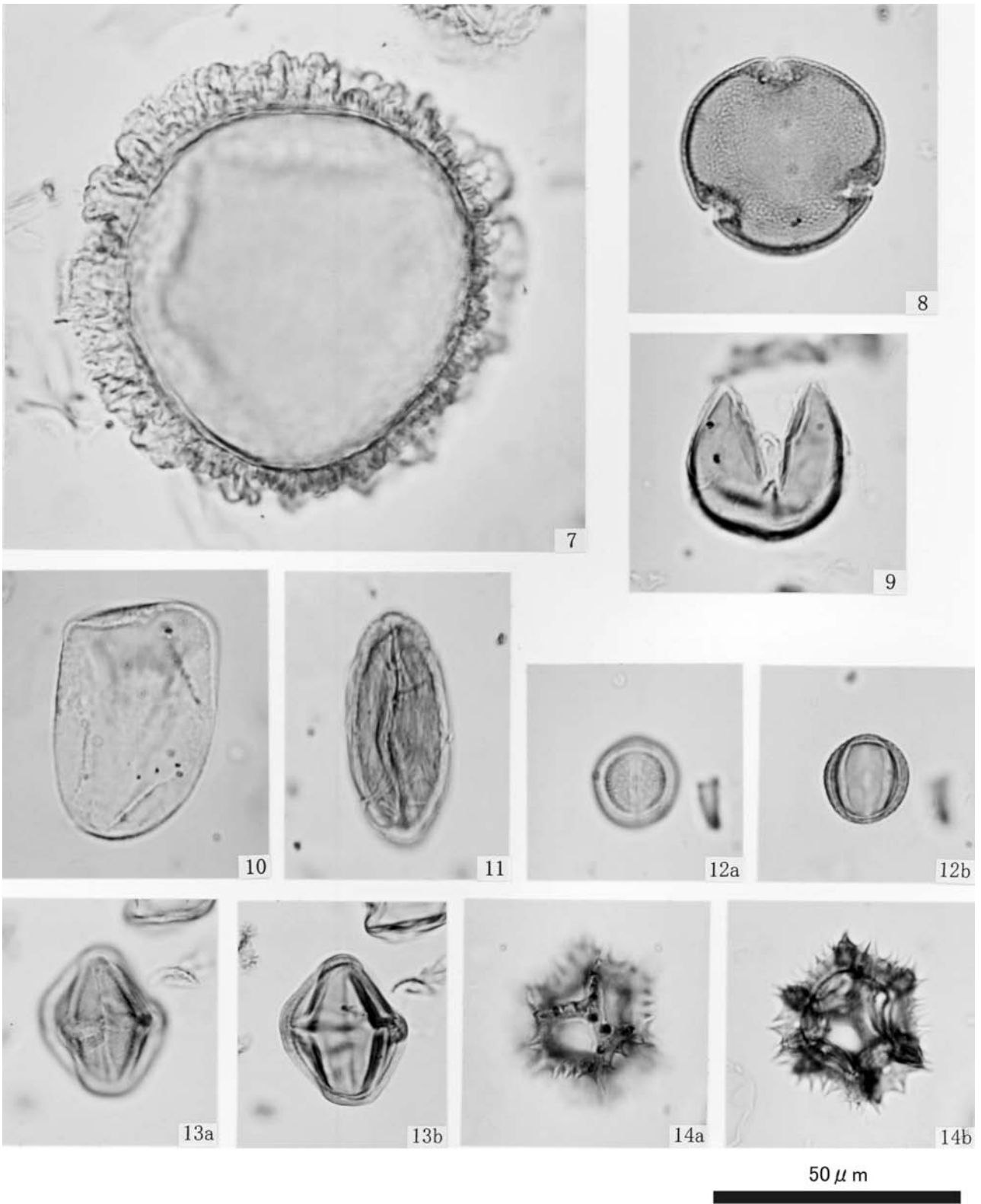


図版 福知山層上部層 (Loc.1Bの試料P-a) から産出した代表的な花粉化石

1: トウヒ属 2: マツ属単維管束亜属 3: ヤマモモ属 4: キク亜科 5: カバノキ属 6: ハンノキ属

Plate Photographs of the fossil pollens identified from the sample P-a at Loc.1B of the Upper Member of the Fukuchiyama Formation.

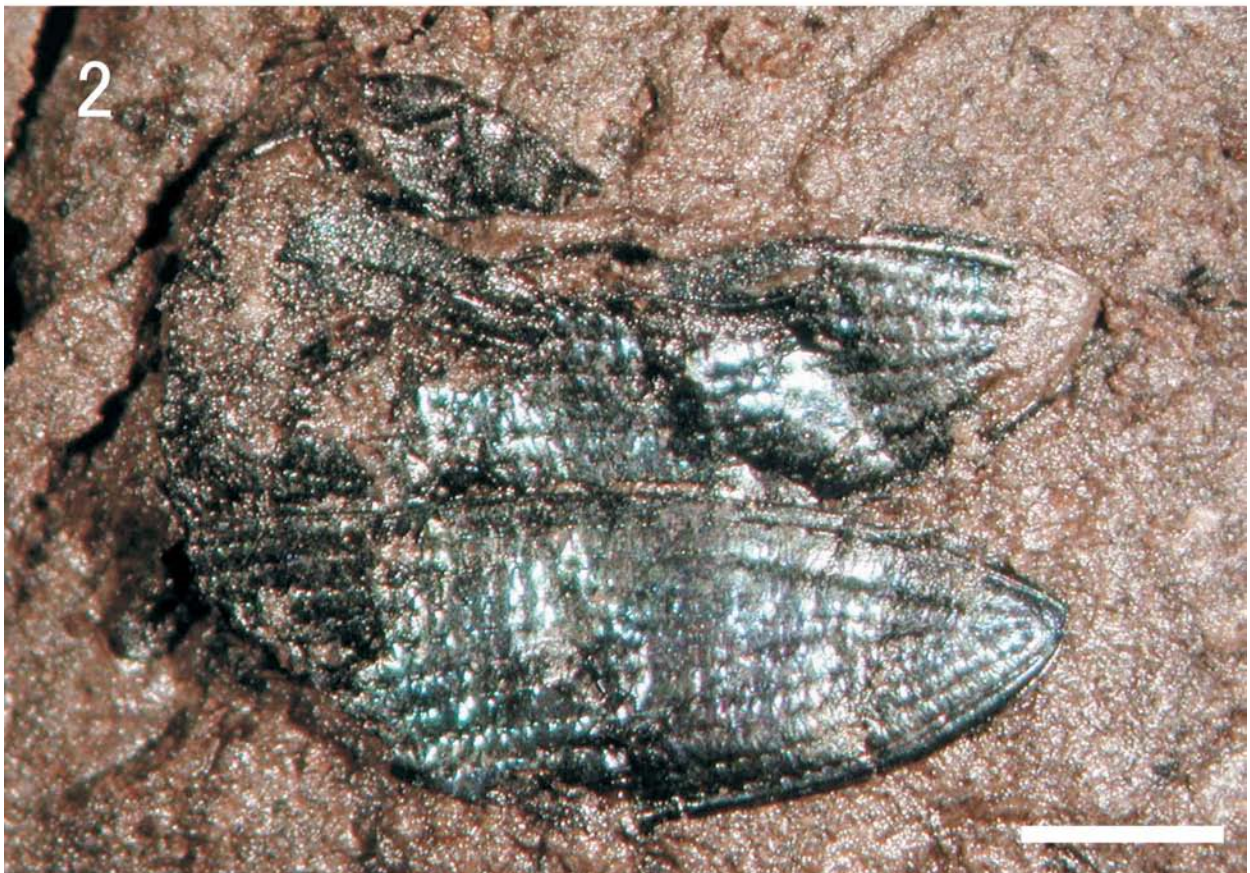
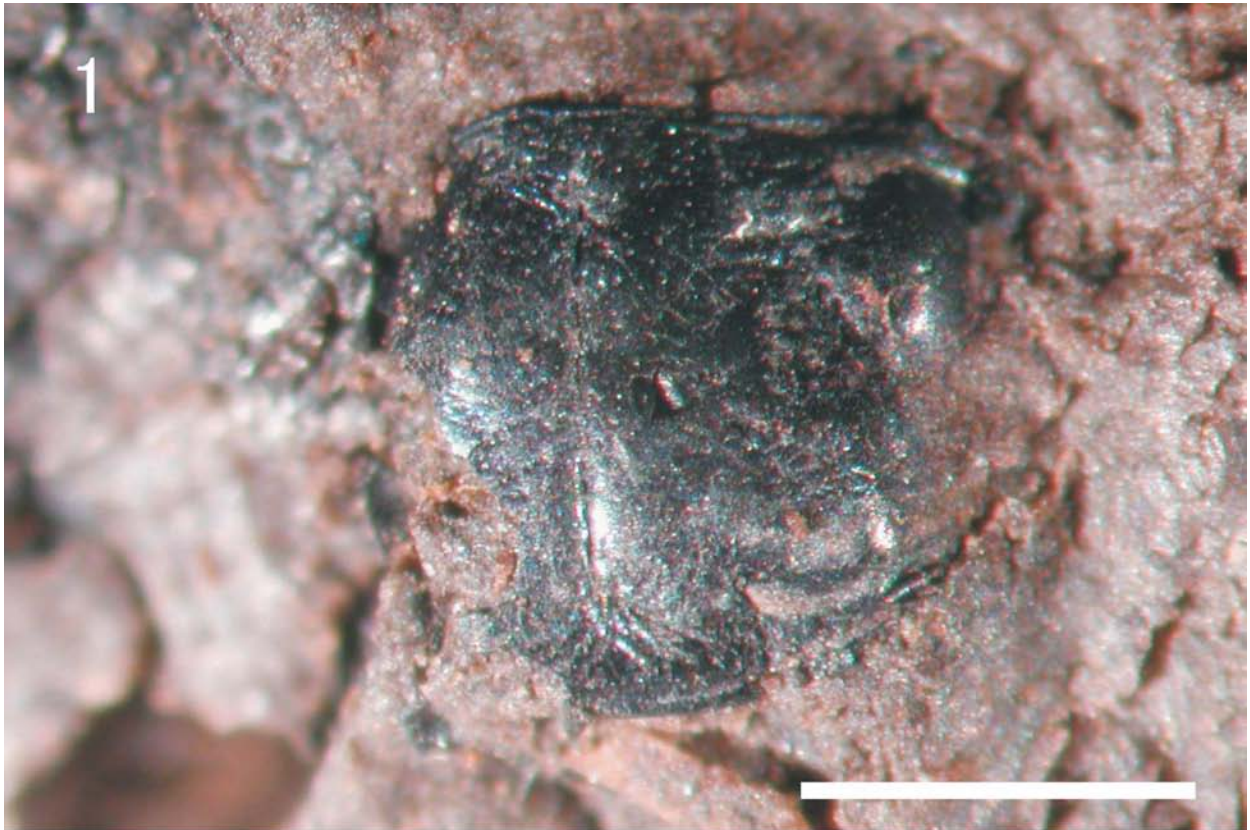
1: *Picea*, 2: *Haploxylon*, 3: *Myrica*, 4: *Carduoideae*, 5: *Betula*, 6: *Alnus*



図版 福知山層上部層 (Loc.1Bの試料P-a) から産出した代表的な花粉化石
 7: ツガ属 8: シナノキ属 9: スギ科 (スギ属型) 10: カヤツリグサ科 11: ミツガシワ属 12: ヨモギ属 13: ワレモコウ属 14: タンポポ亜科

Plate Photographs of the fossil pollens identified from the sample P-a at Loc.1B of the Upper Member of the Fukuchiyama Formation.

7: *Tsuga*, 8: *Tilia*, 9: Taxodiaceae (*Cryptomeria* type), 10: Cyperaceae, 11: *Menyanthes*, 12: *Artemisia*, 13: *Sanguisorba*, 14: Cichorioideae



図版V 福知山層上部層の木本質泥炭層から産出したオオミズクサハムシ *Plateumaris constricticollis* (Jacoby)
1 : 前胸背板, 2 : 左右上翅 . スケールは1mm.

Plate V Fossil insects derived from woody peat layers of the Upper Member of the Fukuchiyama Formation: *Plateumaris constricticollis* (Jacoby)
1 : pronotum, 2 : elytra . Scale : 1 mm.