

(原著論文)

愛媛県東宇和郡宇和盆地から得られた最終氷期の化石花粉群

三宅 尚・本多 マチ・石川 慎吾

高知大学理学部自然環境科学科 〒780-8520 高知市曙町 2-5-1
(2002 年 9 月 30 日 受付, 2002 年 12 月 7 日 受理)Fossil pollen assemblages during the last glacial period
in the Uwa Basin, Ehime Prefecture, southwestern Japan

Nao MIYAKE, Machi HONDA and Shingo ISHIKAWA

Department of Natural Environmental Science, Faculty of Science, Kochi University
2-5-1 Akebono-cho, Kochi 780-8520, Japan.

The vegetation history during the last glacial period was reconstructed using fossil pollen assemblages in a core from the Uwa Basin, Ehime Prefecture, Shikoku, southwestern Japan. Based on the pollen frequencies of major taxa, it was possible to divide the deep part of the core (342 to 220 cm in depth) into four local pollen assemblage zones (UWA-I to UWA-IV). Zones UWA-I and UWA-II almost range from the pre-full glacial period (ca. 30 to 40 kyr B.P.). Zones UWA-III and UWA-IV almost corresponded to the full-glacial period. During these periods, temperate coniferous forests around the study site were dominated by *Tsuga sieboldii* and *Abies* along with *Pinus*, *Betula*, *Quercus* subgen. *Quercus*, *Tilia*, *Acer*, and *Fagus*. *Alnus* (probably, *A. japonica*) forests predominated in the basin in zone UWA-I. The forests were replaced partly by wetland herbaceous vegetation consisting mainly of Umbelliferae, *Sanguisorba* and *Polygonum* sect. *Persicaria* in zones UWA-II and UWA-III as the climate became colder and drier. Fossil pollen records (including our data) during the full-glacial period in Shikoku imply that temperate coniferous forests were widely distributed in the lowland areas of Shikoku.

Key Words: fossil pollen, last glacial period, temperate coniferous forest, Uwa Basin

は じ め に

四国地方では、南四国沿岸域を主とした低湿地堆積物の花粉分析的研究が精力的に行われ、後氷期における照葉樹林発達史については明らかにされてきている^(1, 2, 3)。その一方で、連続した地層と、地層の年代を対比する上で有効なテフラの鍵層があまり分布していないため、後期更新世、特に最終氷期を通じて同一地点で連続した化石花粉の変遷記録は現在のところ得られていない。

最終氷期の一時期に相当する堆積物からは、次のような分析結果が得られている。

四国北部の愛媛県大洲市菅田の粘土層では、コナラ属コナラ亜属、ブナ属、モミ属、トウヒ属、マツ属を

主体とし、草本花粉はタデ属サクラタデ節が40%以上と最も高率である⁽⁴⁾。粘土層の¹⁴C年代値は18,020±490 yr B.P.である。伊予三島市平田の粘土層では、ツガ属花粉が40%以上と極めて優勢で、マツ属、モミ属、トウヒ属、ブナ属、コナラ属コナラ亜属などを随伴する⁽⁵⁾。粘土層中の埋木の¹⁴C年代値は14,720±360 yr B.P.である。

四国南部の高知県香美郡野市町の晩氷期のものと推定されている堆積物では、ツガ属とモミ属花粉が最も高率で、マツ属、トウヒ属、コナラ属コナラ亜属、クマシデ属、ブナ属花粉などが随伴する⁽¹⁾。高知市薊野(あそうの)の深度26m泥炭(¹⁴C年代で約1.2万年前)では、スギ属とハンノキ属花粉が最も優勢で、モミ属、ブナ属、マツ属、ツガ属およびサワグルミ属花

粉をとまなう⁽⁶⁾。スギ属花粉の多産は晩氷期におけるスギ林の存在を示唆し、これは試料採取地が谷部末端に位置するという地形的要因に起因すると推定される。室戸岬沖土佐藩の後氷期に堆積した底質の下部には、マツ属、モミ属、トウヒ属、ツガ属、トガサワラ属、コウヤマキ属、ブナ属、カバノキ属、サワグルミ属花粉などを含んだ最終氷期海退期のものと推定されている堆積物がある⁽⁷⁾。

徳島県阿波郡阿波町の阿波ノ土柱下部では、トウヒ属が優占的で、マツ属、モミ属、ツガ属などを随伴し広葉樹花粉は少ない⁽¹⁾。阿波ノ土柱に含まれていた木片の¹⁴C年代値が28,400±1,700 yr B.P.であった⁽⁸⁾ことから、その化石花粉群は最終氷期の植生を反映すると考えられていた。しかし、挟在する火山灰層のフィッシュ・トラック年代から前・中期更新世の堆積層とみなす研究⁽⁹⁾が報告されており、上述の化石花粉群についても年代的に検討の余地がある。

阿波ノ土柱を除く他の地域では、概して、ツガ属、モミ属、トウヒ属、マツ属などを主体とし、ブナ属、コナラ属コナラ亜属などを伴う花粉組成を示す。このように、四国の低地では最終氷期最寒冷期から晩氷期にかけてツガ属、モミ属、トウヒ属、マツ属などの針葉樹を主体とし、ブナ属、コナラ属コナラ亜属などの落葉広葉樹が混生した推移帯から冷温帯下部の温帯針葉樹林が成立していたと推定される。しかしながら、前述したように、最終氷期に対比可能な花粉分析結果は極めて少なくしかも断片的であり、この植生が最終氷期を通してどのように形成されてきたのか、また、晩氷期以降の温暖・湿潤化にともないこの植生がどのように照葉樹林に移行していったのかについては詳しく分かっていない。

本研究では四国南西部の愛媛県東宇和郡宇和盆地で採取した堆積物の花粉分析を行った。その結果、最終氷期最寒冷期を中心とする花粉変遷記録を得たので、それをもとに当地域の植生変遷を報告する。

方 法

調査地

愛媛県東宇和郡宇和町の宇和盆地は、標高400~500mの丘陵地に囲まれた宇和低地の一部に位置している(Fig. 1)。盆地の大部分は現在水田と畑地となっており、盆地の西部に集落が密集している。丘陵地の斜面にはスギ・ヒノキの植林、シイ類の優占する常緑広葉樹二次林、コナラ・クヌギの優勢な落葉広葉樹二次林などが多く、尾根や露岩地にはアカマツ二次林が分布している。

宇和地域気象観測所(北緯33度21分42秒、東経132度30分42秒、標高208m)の気象月報⁽¹⁰⁾による

と、調査地の年平均気温は14.6°C(最暖月、最寒月の平均気温はそれぞれ25.9°C、4.1°C)で、年間降水量は1,943mmである。温量指数⁽¹¹⁾は、WIは117.2、CIは-1.4である。

堆積物コアの採取と花粉分析

宇和盆地のほぼ中央部、JR伊予いわき駅の南方約0.5kmに位置する休耕田(北緯33度22分54秒、東経132度28分44秒、標高215m)において、改良ヒラ型採泥機を用いて花粉分析用の堆積物試料(全長390cm)を採取した(Fig. 1)。

深度5cmの間隔で花粉分析試料を取り出した(合計69試料)。それらの花粉分析試料は約3~5gを、10%KOH処理、40%HFによるケイ酸質成分の除去、径196μmメッシュによるふるい分け、ZnCl₂溶液による比重選別、およびアセトリシス処理⁽¹²⁾の順序にしたがって処理した。抽出した花粉・胞子をグリセリンゼリーにより封入した。各試料ごとに木本花粉が500粒以上に達するまで花粉・胞子を計数した。ハンノキ属は他の木本植物に比較して花粉生産量が多く、他の花粉が過小に表現される恐れがあるので、ハンノキ属を除く木本花粉の総数を基本数として、各花粉・胞子の出現頻度を百分率で表現した。

堆積物試料の年代測定

財九州環境管理協会に依頼して、堆積物の深度241~258cmの層準の泥炭試料について、液体シンチレーション法による¹⁴C年代測定を行った。

結 果

堆積物の層相と年代

堆積物試料の柱状図を、Figs. 2, 3の花粉・胞子変遷図の左端に示し、その層相の概要を以下に述べる。

0~60cm: 暗褐色シルト質粘土(10YR3/4)、深度0~3cmに植物の根と地下茎、未分解の種子と葉を多く含む。

60~93cm: 暗褐色粘土(10YR3/4)。

93~150cm: 暗褐色シルト質粘土(10YR3/4)、細砂・細礫(径3~5mm)を含む。

150~170cm: 暗褐色粘土(10YR3/4)。

170~232cm: 灰褐色粘土(10YR5/2)、有機物含量が少ない。

232~241cm: 黒色泥炭質粘土(10YR3/1)、植物遺体を多く含む。

241~258cm: 黒色泥炭(10YR1.7/1)。

258~333cm: 有機物に富む黒褐色粘土(10YR3/3)。深度300cmに径0.5~1cmの木炭片を含む。

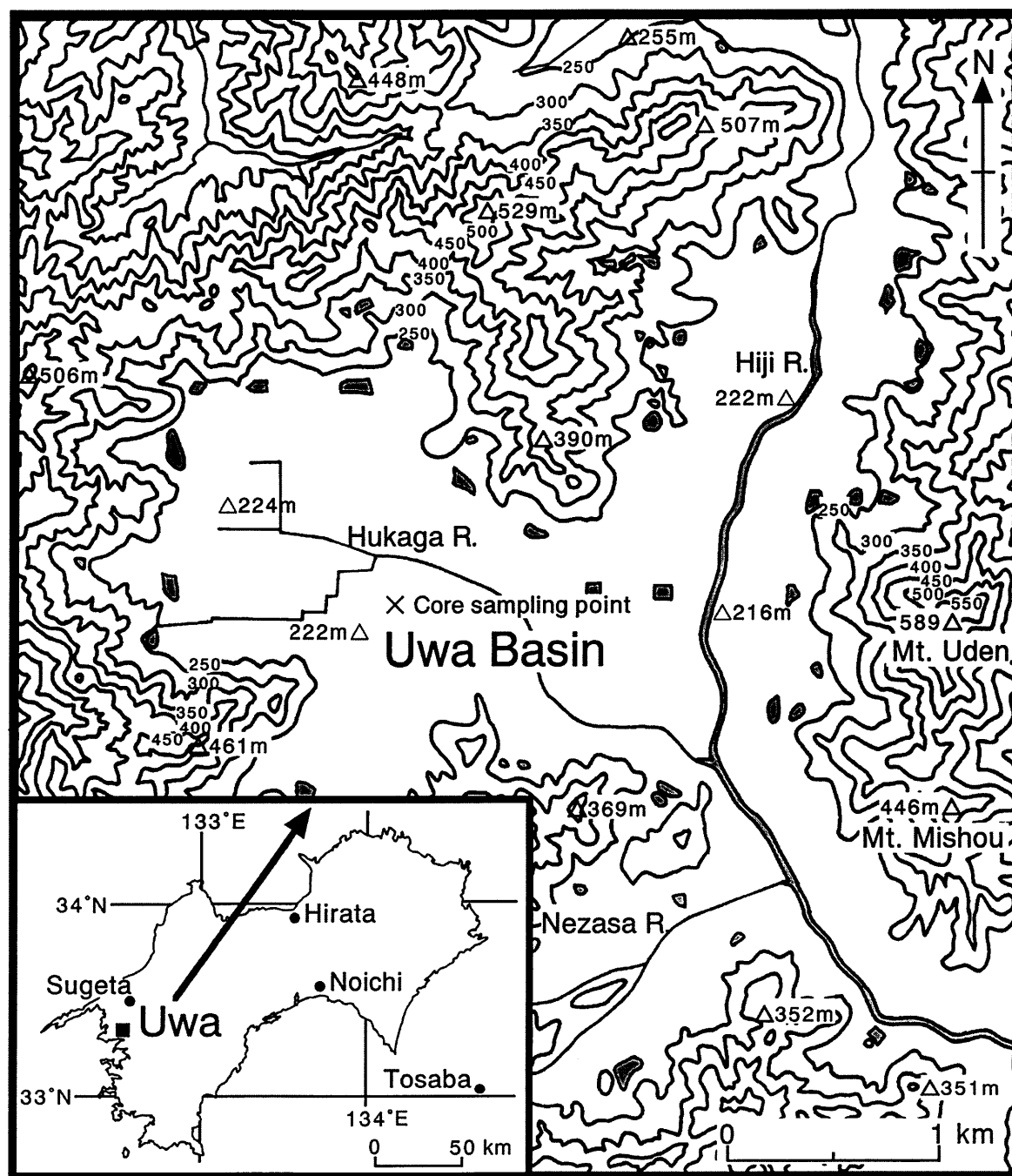


Fig. 1. Topographic map showing the area around the study site and the core sampling point. Solid circles in the index map indicate sites where other researchers collected core samples during the last glacial period for pollen analysis.

333~390cm: 青灰色砂質シルト (2.5Y3/2), 下層部に細砂・細礫 (径約 3mm) を含む。
 なお, 深度 241~258cm の泥炭試料の ^{14}C 年代値は, $23,500 \pm 300$ yr B.P. (KEEA-208) であった。

花粉分析結果

同定された花粉・孢子化石の分類群数は 91 (木本

花粉 45, 草本花粉 38, 孢子 8) である。主要な出現花粉・孢子の花粉変遷図を Figs. 2, 3 に示す。ただし, 深度 40~220cm と 340~390cm の試料では花粉・孢子がほとんど検出されなかった。

主な花粉・孢子の組成と頻度の変動パターンに基づき, UWA-I から UWA-VI 帯の 6 つの局地花粉帯に区分した。

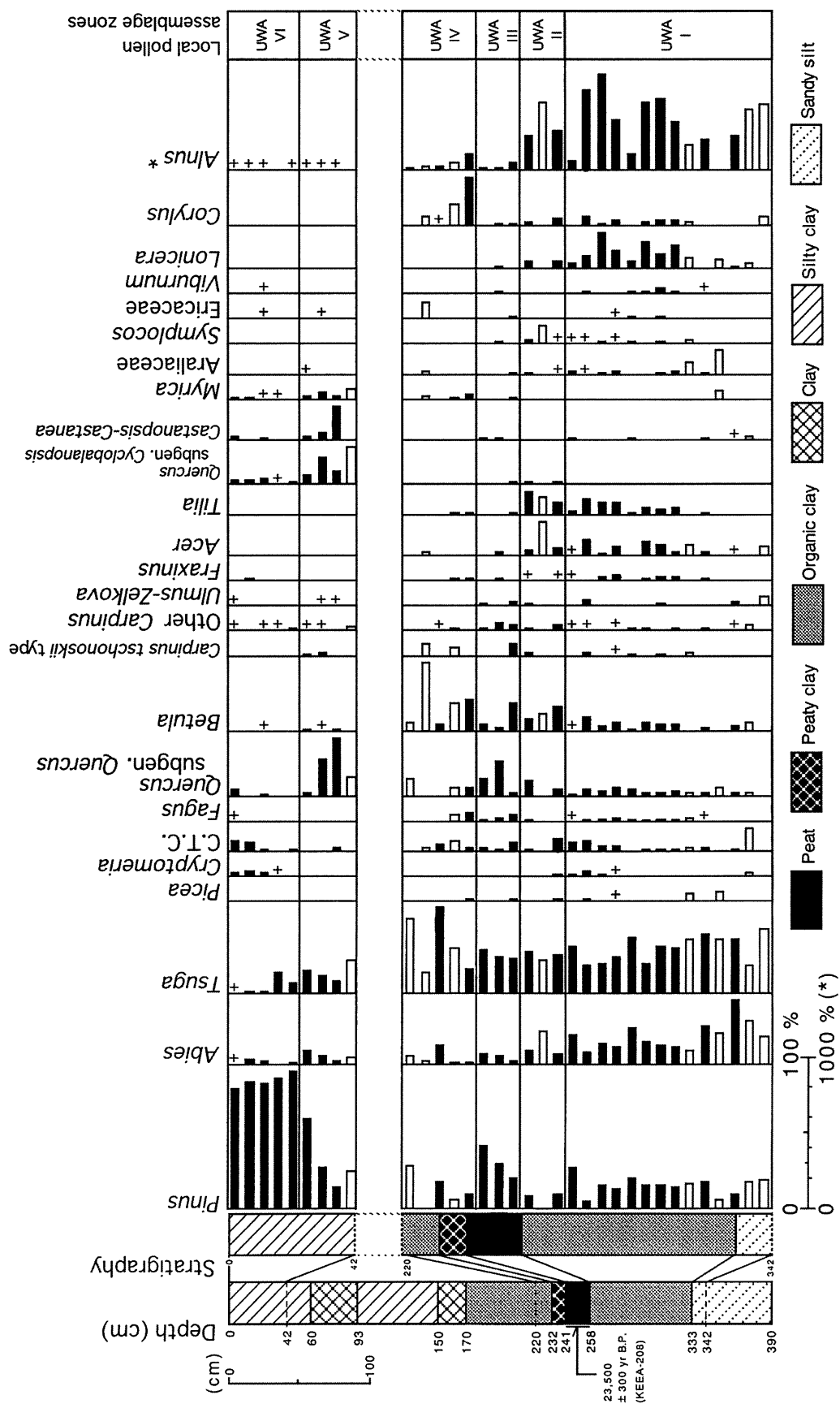


Fig. 2. Arboreal pollen diagram of the core from the Uwa Basin showing pollen frequencies as percentages of total arboreal pollen (excluding *Alnus*). Open bars represent percentage values less than 300 arboreal pollen grains. Lithology of the core is shown schematically on the left side of the pollen diagram. Plus signs indicate less than 1%.

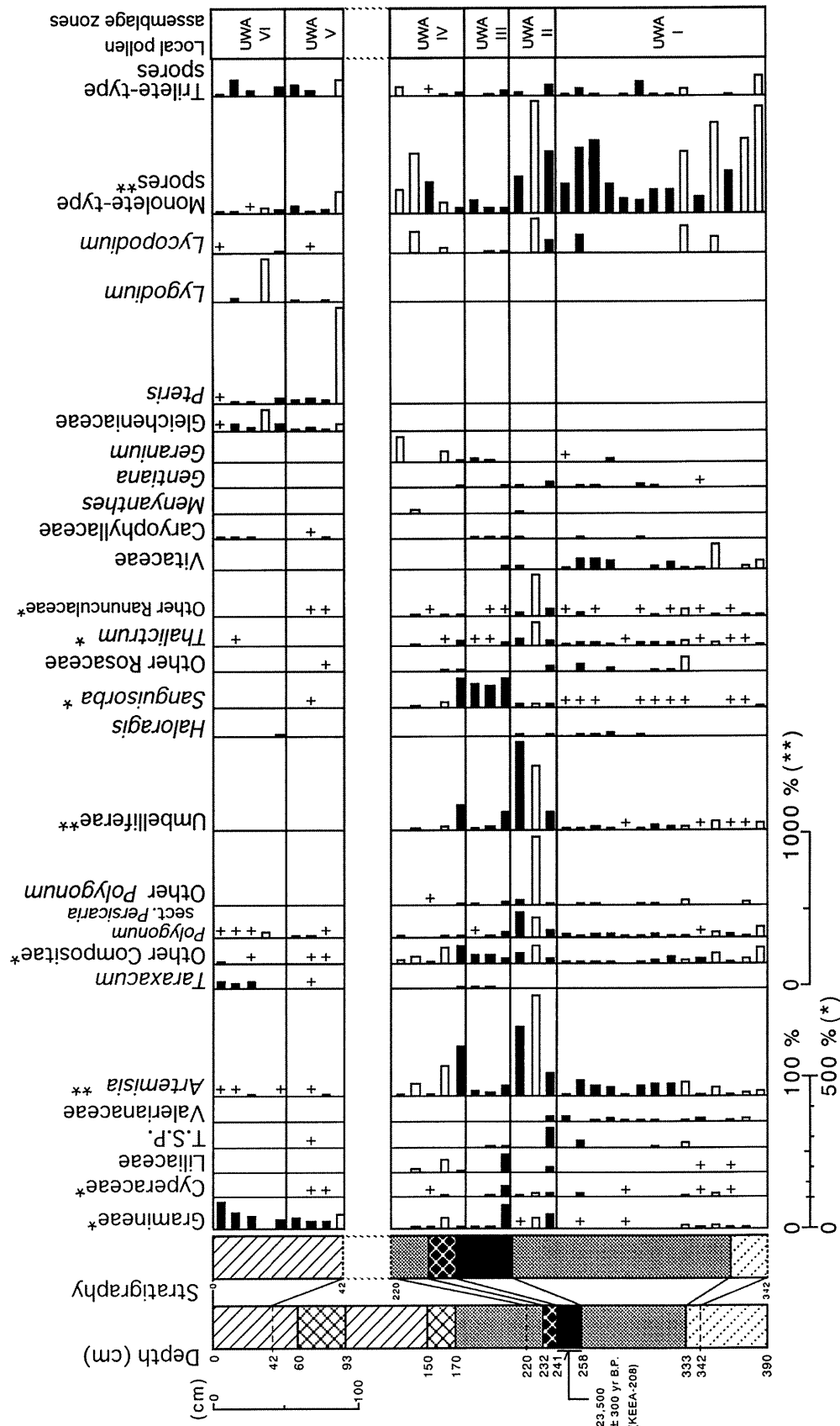


Fig. 3. Herbaceous pollen and spore diagram of the core from the Uwa Basin showing pollen and spore frequencies as percentages of total arboreal pollen (excluding *Alnus*). Open bars represent percentage values less than 300 arboreal pollen grains. Lithology of the core is shown schematically on the left side of the pollen diagram using same symbols for core composition as shown in Fig. 2. T.S.P. indicates *Typha* + *Sparganium* + *Potamogeton*. Plus signs indicate less than 1%.

UWA-I 帯 (深度 340~275cm)

ハンノキ属花粉と、ツガ属、モミ属、マツ属などのマツ科針葉樹花粉の多産によって特徴づけられている。特にハンノキ属花粉は 200%を超える著しい高率を示し、深度 285cm の試料で 632%に達した。ツガ属花粉は marginal fringe を含めた直径と花粉体の直径との比⁽¹³⁾が 1.25 未満の場合がほとんどで、ツガ属花粉と同定される。後述の UWA-II から -V 帯に含まれるものも同様である。低率ではあるが、C.T.C. 型 (ヒノキ科+イチイ科+イヌガヤ科)、カバノキ属およびカエデ属花粉は多くの層準で出現した。スイカズラ属花粉はこの花粉帯の中~上部において 3~23%の比較的高い出現率を示した。シナノキ属とブナ属花粉はこの花粉帯の中~上部において数%ながら連続的に出現した。深度 325cm の層準でヤマモモ属花粉が 1 粒検出された。この花粉は、UWA-IV と -V 帯のヤマモモ属花粉より粒径がやや大きく、花粉孔下部の肥厚が顕著であるため、ヤチヤナギと同定される。後述する UWA-I から -III 帯に含まれるものも同様である。草本花粉は、ヨモギ属が 30~80%の比較的高率で連続的に出現しており、その他キク科、セリ科、カラマツソウ属、タデ属サナエタデ節なども低率ながら連続的に出現した。単条溝型孢子は全層で 80%を超え、深度 340cm では 800%近い高率を示していた。

UWA-II 帯 (深度 270~260cm)

セリ科、ヨモギ属、カラマツソウ属、その他のキンポウゲ科、タデ属サクラタデ節、その他のタデ属などを主とする草本花粉が高率を示すことが特徴的である。特にセリ科とヨモギ属は、出現率が 500%を超える層準も認められた。樹木花粉の組成はマツ属およびスイカズラ属が減少するが、UWA-I 帯上部に類似し、ハンノキ属、ツガ属、カバノキ属、モミ属、シナノキ属、カエデ属などが主要素である。ハンノキ属花粉の出現率は UWA-I 花粉帯上部から UWA-II 帯にかけてしだいに減少し、以降土壌表層まで再び増加することはない。

UWA-III 帯 (深度 255~245cm)

木本花粉はモミ属、シナノキ属およびカエデ属の減少とマツ属およびコナラ属コナラ亜属花粉の増加が、草本花粉・孢子はセリ科、ヨモギ属、タデ属サクラタデ節および単条溝型孢子の急減とワレモコウ属の増加がそれぞれ特徴的である。ワレモコウ属花粉の出現率はこの花粉帯で極めて高率 (160~220%) である。

UWA-IV 帯 (深度 240~225cm)

ツガ属、カバノキ属およびハシバミ属の多産によって特徴づけられている。草本花粉は、UWA-IV 帯で

高率であったワレモコウ属花粉が本花粉帯下部で大きく減少し、ヨモギ属花粉および単条溝型孢子の出現率が増加した。

UWA-V 帯 (深度 40~25cm)

マツ属、コナラ属コナラ亜属およびアカガシ亜属花粉が高率である。ツガ属、モミ属およびヤマモモ属などは低率ながら連続的に出現した。マツ属花粉の出現率は上層に向かって増加するのに対して、コナラ属コナラ亜属およびアカガシ亜属花粉の出現率は減少傾向にあった。イノモトソウ属およびカニクサ属孢子は、この花粉帯とそれに引き続く UWA-VI 帯のみで出現した。

UWA-VI 帯 (深度 20~0cm)

マツ属花粉が 70%以上と極めて優勢であることで特徴づけられる。UWA-V 帯と同様に樹木花粉の種類組成は単純であるが、コナラ属アカガシ亜属、ツガ属、C.T.C. 型花粉などがいずれも低率ながらほぼ全層にわたって出現した。草本花粉・孢子はイネ科花粉が 20~90%と比較的高率で出現し、タンポポ亜科、単条溝型、ウラジロ科、三条溝型孢子などがほぼ全層にわたって低率で出現した。

考 察

最終氷期における宇和盆地周辺の植生変遷

深度 241~258cm の泥炭試料の ¹⁴C 年代値 (23,500 ± 300 yr B.P.) から、UWA-III および -IV 帯が最終氷期最寒冷期に相当することはほぼ確かである。ただし、UWA-IV 帯は晩氷期の一部を含む可能性もある。UWA-I および -II 帯の年代については、堆積物試料の年代測定を行っていないことと、四国では対比可能な最終氷期の花粉分析結果がないため、現段階では不明である。しかし、上述の ¹⁴C 年代をもとに、堆積物に不整合がなく堆積速度が一定と仮定して、最下層部の年代を外挿して求めることができ、約 35,000 yr B.P. となる。このことから、UWA-I および -II 帯は最終氷期最盛期以前 (約 3~4 万年前) の相対的にやや温暖な時期のものと判断した。

UWA-I から -IV 帯を通じた高木性樹種の花粉組成を見ると、一部を除き大きな変動は認められなかった。いずれの花粉帯でもツガ属、マツ属、モミ属を主体とし、カバノキ属、コナラ属コナラ亜属、ブナ属などを随伴する。その一方で、コナラ属アカガシ亜属およびシイ属・クリ属花粉は 2%未満でしかも不連続に出現する。このことから、当地域では全般的にツガ、モミ属、マツ属などのマツ科針葉樹が優勢で、カバノキ属、コナラ属コナラ亜属、ブナ属などの落葉広葉樹を伴う

推移帯上部から冷温帯下部の温帯針葉樹林が周辺の丘陵地に成立していたと考えられる。

UWA-I 帯では、シナノキ属やカエデ属の樹種も谷沿いの湿潤で排水のよい立地を中心に分布していたと考えられる。林縁部などの陽地にはスイカズラ科の低木類やツル植物も生育していたと考えられる。ハンノキ属花粉が多産することから、盆地内の流路や沼沢地の縁辺部、凹地などの過湿地、ならびに丘陵地基部の湧水地にハンノキ林が優占していたと推定される。

UWA-II 帯では、UWA-I 帯と比較して高木性樹種の花粉組成に大きな変動はないが、ハンノキ属花粉の減少とセリ科、ヨモギ属などをはじめとする草本花粉の増加が顕著である。UWA-I 帯から -II 帯における花粉組成の変動は、本花粉帯から始まると推定される寒冷・乾燥化を示唆する。全体として UWA-I 帯とほぼ同様の森林植生が丘陵地を覆っていたと考えられるが、寒冷・乾燥化によって丘陵地の森林の一部が幾分後退したかあるいは不安定となり、先駆性の強いカバノキ属がやや増加し、場所によってはヨモギ属の優勢な草原も一時的に拡大したと考えられる。盆地内のハンノキ林はおそらく地下水位の変動に伴い減少し、セリ科、タデ属サクラタデ節、その他のタデ属、イネ科、ワレモコウ属などを主とする湿生草本群落分布を拡大したと考えられる。同定された草本花粉の散布植物の推定は難しいが、宇和盆地にわずかに残存する湿地や湿地化した休耕田に分布する植生を考慮すると、ヨシの他に、クサヨシ、ミゾソバなどの優占する群落や、セリ、コバナノワレモコウ、サクラタデ、シロバナサクラタデなどが混生する群落が存在したと推察される。

UWA-II 帯から -III 帯におけるマツ属とコナラ属コナラ亜属花粉の増加、シナノキ属、カエデ属およびハンノキ属花粉の減少といった花粉組成の変化は、UWA-III 帯以降、寒冷・乾燥気候が卓越したことを示している。UWA-III 帯では、コナラ亜属コナラ属花粉の増加に加えてブナ属花粉も低率ながら連続的に出現することから、より冷温帯性の強い森林が成立していたと考えられる。先駆性が強く乾燥地にも出現するマツ属が増加した一方で、湿潤な立地を好むシナノキ属とカエデ属は大きく衰退したと考えられる。盆地内ではハンノキ林が著しく衰退し、さらに湿生草本群落の優占種はセリ科などからワレモコウ属に移行したと推定される。

UWA-IV 帯では、UWA-II 帯および -III 帯と同様に、森林の一部がやや不安定であったと推定され、モミ属が減少する一方で、カバノキ属の優占度が増加したと考えられる。林縁部や落葉広葉樹の優占する林の林床には、ハシバミ属も優勢に分布していたと考えられる。盆地内の湿地には、本花粉帯を中心にヤチヤナギも生育していた可能性がある。

UWA-V および -VI 帯は、マツ属花粉の急増とコナラ属アカガシ亜属、シイ属・クリ属などの照葉樹林要素花粉の急減 (Fig. 2) から見て、塚田により区分された後氷期の広域花粉帯^(14, 15)のうち、P3a 帯の一部と P3b 帯に相当すると考えられる。しかし、これら局地花粉帯の年代的な詳細は不明でしかも深度 42~220cm では花粉・胞子化石がほとんど得られなかったため、その植生変遷の議論については差し控える。

四国地方の低地における最終氷期の植生分布

日本列島では、北緯 38 度線以南における最終氷期の低地において、トウヒ属 (ヒメバラモミ、ハリモミを含む)、モミ、ツガおよびマツ属複雑管束亜属が森林の主要な構成樹種であったことが指摘されており^(15, 16, 17)、四国南部の氷期の沿海低地では落葉広葉樹を混生した温帯針葉樹林が、瀬戸内海側の低地 (平田、菅田および宇和盆地を含む) では温帯針葉樹林が分布していたと推定されている。

本研究と四国の他地域での花粉分析結果を合わせると、塚田^(15, 16, 17)が示唆するように、四国の低地では最終氷期最寒冷期を中心としてツガ属、モミ属、トウヒ属、マツ属などの温帯針葉樹が広範囲で優占していたことが裏づけられる。トウヒ属については、その花粉化石とともに、ハリモミとヒメバラモミの大型植物遺体化石が高知県高岡郡窪川町のリス氷期のものと推定された中位の河成段丘から発見されている⁽¹⁸⁾。現在、四国の推移帯から冷温帯に分布するハリモミとともに、最終氷期にはヒメバラモミも分布していた可能性がある。

分析層準が少ないが、瀬戸内海側の平田と菅田ではマツ科針葉樹花粉とともに、ブナ属、コナラ属コナラ亜属などの落葉広葉樹花粉が比較的高率 (5%以上) で出現することから、瀬戸内海側におけるブナ属、コナラ属コナラ亜属をはじめとする落葉広葉樹の空間分布については今後の課題である。

さらに、足摺岬と室戸岬は最終氷期における照葉樹林の逃避地の一つであった可能性もあり⁽¹⁹⁾、両岬付近の沿岸地域を含む最終氷期以降の植生についても今後検討が必要である。

要 約

愛媛県東宇和郡宇和盆地において採取した堆積物 (深度 340~220cm) の花粉分析をもとに、当地域における最終氷期の植生変遷について調べた。主な花粉・胞子の組成と頻度の変動パターンをもとに、花粉・胞子変遷図を 4 つの局地花粉帯 (UWA-I から -IV 帯) に区分した。深度 241~258cm の泥炭の ¹⁴C 年代値が

ら, UWA-III および -IV 帯は最終氷期最寒冷期に相当することはほぼ確かである。UWA-I および -II 帯の年代は現段階では不明であるが, 最寒冷期以前(約 3~4 万年前)のものと推定される。UWA-I から -IV 帯を通じて, 当地域では丘陵地を中心にツガ, モミ属を主体とし, マツ属, カバノキ属, コナラ属コナラ亜属, シナノキ属, カエデ属, ブナ属などを伴う推移帯上部から冷温帯下部の植生が成立していたと考えられる。最寒冷期以前には盆地内ではハンノキ林が優勢であったが, 最寒冷期直前からの寒冷・乾燥化によってその一部はセリ科, ワレモコウ属などを主とする湿性草本群落に移行したと推定される。本研究と四国の他地域での花粉分析結果は, 四国の低地では最終氷期最寒冷期を中心に温帯針葉樹林が広く分布していたことを示唆する。

謝 辞

この研究にあたり, 岡山理科大学自然植物園の守田益宗助教授には一部の化石花粉・胞子の同定をしていただいた。また, 三宅三賀氏をはじめとする高知大学理学部旧生物学科の学生諸氏には堆積物コアの採取にご協力いただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

引 用 文 献

- (1) 中村 純: 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 (1965).
- (2) 松下まり子・前田保夫・松本英二・松島義章: 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. 日生態会誌 38, 1-8 (1988).
- (3) 山中三男・伊藤由美子・石川慎吾: 高知平野の岡豊低湿地完新世堆積物の花粉分析. 日生態会誌 42, 21-30 (1992).
- (4) 高橋 和: 愛媛県新生代層の花粉化石の研究 大洲市菅田の花粉分析. 地学研究 25, 389-394 (1974).
- (5) 高橋 和: 愛媛県新生代層の花粉化石の研究 (IV)——伊予三島市平田の花粉分析——. 地学研究 26, 65-72 (1975).
- (6) 中村 純・山中三男: Ⅲ. 花粉分析学的研究よりみた四国地方の洪積世後期以降の植生変遷. 宮脇昭 編著, 日本植生誌 3. 四国. 至文堂 pp. 76-83 (1982).
- (7) 中村 純・満塩博美・黒田登美雄・吉川 治: 花粉層序学的研究, その I ——高知県の第四系——. 高知大学学術研究報告(自然科学) 21, 87-113 (1972).
- (8) 須槍和己・中川衷三・大戸井義美・久米嘉明・近藤和雄・東名省三・寺戸恒夫・日野雄一郎・細井英夫・山口昭典: 徳島県土柱・鴨島——川島地域の第四系. 徳島大学学芸紀要(自然科学) 15, 13-23 (1965).
- (9) 須槍和己・阿古島 功: 阿讃山地南麓・北麓の鮮新〜更新統. J. Sci. Tokushima Univ. 23, 21-31 (1990).
- (10) 気象庁: 地域気象観測(アメダス) 準平年値表 月別値(降水量・気温・風速). Technical Data Series (58), 243pp (1993).
- (11) Kira, T.: A climatological interpretation of Japanese vegetation zones. In A. Miyawaki and R. Tuxen (eds), Vegetation Science and Environmental Protection. Maruzen pp. 21-30 (1977).
- (12) Faegri, K. & Iversen, J.: Textbook of pollen analysis, 4th edn (revised by K. Faegri, P. E. Kaland and K. Krzywinski). John Wiley & Sons 328pp (1989).
- (13) Takahara, H.: Pollen morphology of the genus *Tsuga* in Japan. Bull. Kyoto Pref. Univ. For. 36, 45-55 (1992).
- (14) 塚田松雄: 3. 関東地方における第四紀後期の植生史. 宮脇昭 編著, 日本植生誌 7. 関東. 至文堂 pp. 78-103 (1986).
- (15) Tsukada, M.: Glacial and Holocene vegetation history (Japan) -20 ky to present. In B. Huntley & T. Webb, III. (eds), Vegetation History. Kluwer Academic Publishers pp. 725-751 (1988).
- (16) Tsukada, M.: Vegetation and climate during the last glacial maximum in Japan. Quat. Res. 19, 212-235 (1983).
- (17) Tsukada, M.: Map of vegetation during the last glacial maximum in Japan. Quat. Res. 23, 369-381 (1985).
- (18) 野田耕一郎: 高知県の第四紀層 特に考古学的遺跡に対する花粉分析(第一報及び第三報). 高知県内地留学研究報告(1962).
- (19) 前田保夫: 縄文の海と森. 蒼樹書房 238pp (1980).