

滋賀県山門湿原周辺における最終氷期以降の植生変遷

高 原 光

京都府立大学農学部附属演習林

〒606 京都市左京区下鴨半木町

(1993年1月27日受理)

Vegetation History since the Last Glacial Period around the Yamakado Moor, Shiga Prefecture, Western Japan

Hikaru TAKAHARA

University Forests, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto 606, Japan

Fossil pollen from a core taken from the Yamakado Moor (alt. 300m), 5 km north of Lake Biwa, Shiga Prefecture, revealed the history of the surrounding vegetation since the last interstade ($>30,000$ yr BP). The two key tephra layers, the Kikai-Akahoya (6,300 yr BP) and Aira-Tn (21,000–22,000 yr BP), were used for dating of the sediment. During the last interstade, *Cryptomeria japonica*, *Tsuga* (*T. sieboldii* was abundant), *Pinus*, *Fagus crenata* and deciduous *Quercus* (*Lepidobalanus*) dominated the forests. This area was covered by the boreal forest, consisted of *Abies*, *Tsuga* (*T. diversifolia*), *Picea*, *Pinus* (*Haploxylon*) and *Betula* in the full-glacial and the early late-glacial periods. There was no clear increase of *F. crenata* characteristic of the later late-glacial and early postglacial in this region, suggesting that there was a hiatus in the core. Since the mid-postglacial, *Cryptomeria japonica* has been the most dominant species in the forests. Evergreen *Quercus* (*Cyclobalanopsis*) pollen began to increase just after 6,300 yr BP (the Kikai-Akahoya ash layer), later than its increase at the Pacific Ocean and the inland areas. *Pinus* (*Diploxylon*) pollen dominated the pollen spectra at the end of postglacial period, indicating the human influence on the forests.

Key words: Pollen analysis, Western Japan, Vegetation history, Last glacial,

は じ め に

筆者は、これまで近畿地方および中国地方の堆積物

に花粉分析法を適用し、最終氷期以降の森林変遷を明らかにしてきた。近畿地方の日本海側地域では三方低地^(1~5)、丹後半島^(6, 7)などで最終氷期以降の植生変

遷についての報告がなされてきた。今回、研究対象とした琵琶湖の西北から東北に位置する野坂山地では、後氷期の約1,000年前以降の堆積物が採取された平地湿原⁽⁸⁾における報告があるが、最終氷期以降の森林変遷は未だ明らかにされていない。この地域は、日本海沿岸と琵琶湖周辺との間に位置し、近畿地方における植生変遷を解明する上で重要な地点である。

今回、琵琶湖の北方約5 kmに位置する山門湿原から採取した堆積物の花粉分析を行った結果、最終氷期亜間氷期以降の植生変遷を明らかにすることができた。近年、最終氷期亜間氷期における植生が明らかにされつつあるが、未だ、資料が少なく、本研究結果はこの時期の植生変遷を解明する上で貴重な資料を提供するものである。

試料採取地の概要

野坂山地南部の琵琶湖北方約5 kmに位置する山門湿原（滋賀県伊香郡西浅井町山門、北緯 $35^{\circ} 33' 30''$ ，東経 $136^{\circ} 07' 30''$ ）において堆積物を採取した（Fig. 1）。この湿原は、北から琵琶湖へ注ぐ大浦川源流部に形成されており、湿原の周辺は標高約350～500 mの尾根に囲まれている。湿原の標高は約300 m，面積は約2 ha，周囲の地質は花崗岩である。

付近の気象状況^(9, 10)は年降水量約2,300 mm，最深積雪深1～2 m，暖かさの指数約 $97^{\circ}\text{C}\cdot\text{月}$ （木之元観測所の気象観測値⁽¹¹⁾から推定）であり，暖温帯上部に位置する。

湿原南方には牧草地が広がり，周辺部の斜面は，ア

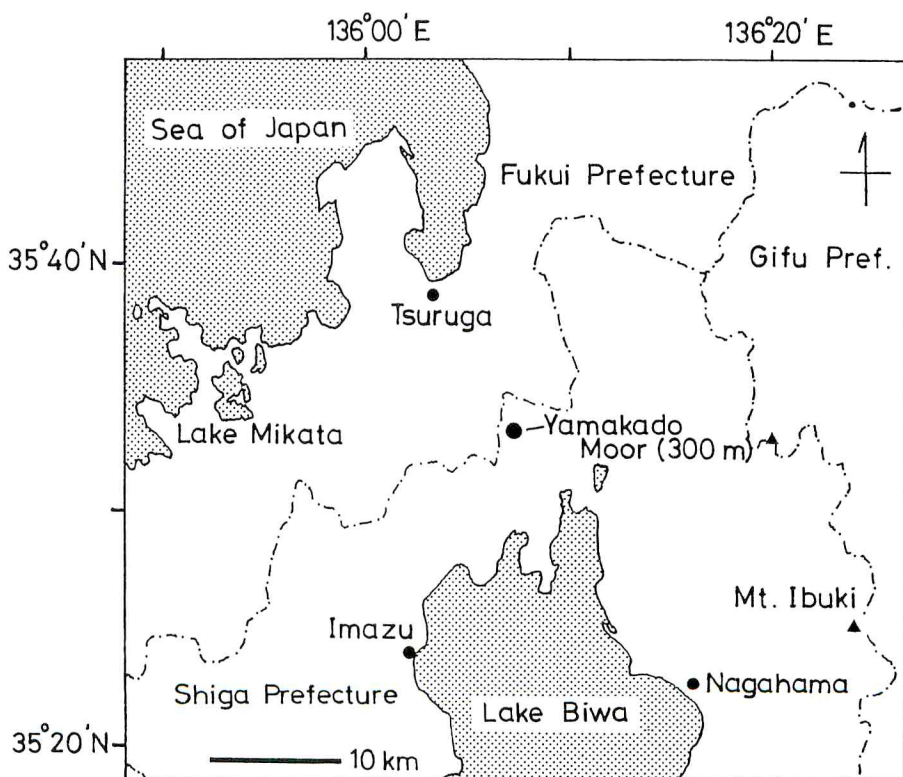


Fig. 1. Location map of the Yamakado Moor, Shiga Prefecture, Japan.

カマツ、コナラなどの二次林である。湿原内にはミツガシワの群落が広く分布している。

試料と方法

試料の採取は、湿原の南部においてヒラー型ハンドボーラーを用いて行い、表層から深度768cmまでの堆積物を採取することができた。堆積物は Fig. 2 に示したように、泥炭、粘土、粘土質泥炭から成っており、深度665cm以下は粘土と砂であった。また、3層の火山灰層を認めることができた。深度665cm以上の柱状試料から2cmの厚さで花粉分析用の試料を39個採取した。堆積物から化石花粉を抽出する方法は Takahara *et al.*⁽¹²⁾ に示したとおりである。また、走査電子顕微鏡観察のために、化石花粉を分離濃縮した試料をカルノア液（エチルアルコール、氷酢酸を3:1で混合した液）で固定し、これに金のイオンコーティングを行った。

光学顕微鏡による検鏡は400倍の倍率で行ったが、必要に応じて1000倍の倍率も用いた。化石花粉の検鏡は、プレパラートの全面にわたって行い、出現した花粉の分類群を記録した。また、計数は高木花粉総数が350粒以上になるまで行った。また、*Tsuga* 花粉は、花粉粒を統計的に計測すれば、ツガ (*T. sieboldii*) とコメツガ (*T. diversifolia*) の識別が可能である。すなわち、現生のツガとコメツガ花粉の marginal fringe を含む直径 (A) と本体の直径 (B) の比 A/B はグリーンセリンジェリー中で1年間保存後には、前者では1.25以下、後者では1.20以上になる傾向にある⁽¹³⁾。現生花粉と同様の方法で *Tsuga* 花粉の A/B 比を *Tsuga* の出現率の高い8試料についてそれぞれ50粒ずつ測定した。

結 果

年代測定と火山灰

深度65~75cmから採取した泥炭の¹⁴C年代測定値は320±45 yr BP (KSU-1777) であった。

深度596~606cmおよび470~474cmの火山灰は火山ガラスの屈折率および化学組成から始良 Tn 火山灰 (AT) と同定された。前者は層厚が10cmあり、下位に位置することから、AT の本体と認められる。後者は AT の二次堆積と考えられるが今後さらに検討する必要がある。AT の降灰年代は21,000~22,000 yr BP とされている^(14, 15) が、約25,000 yr BP⁽¹⁶⁾、

約26,000 yr BP⁽¹⁷⁾ の値も示されている。ここでは、AT の年代として21,000 yr BP を用いて議論する。

また、深度255~286cmの層準で泥炭中に火山ガラスが認められた。この火山ガラスは上記と同様の方法によって鬼界-アカホヤ火山灰 (K-Ah) と同定された。深度270~286cmにおいて特に火山ガラスの含有率が高かった。したがって、この深度が K-Ah の降灰層準であると考えられる。K-Ah の降灰年代は約6,300yr BP である^(15, 18)。

花粉分析結果

山門湿原堆積物の花粉分析を行った結果、検出された各花粉、胞子の変遷を Fig. 2 の花粉分布図に示した。また、*Tsuga* 花粉の出現率の高い深度6.65~3.10mにおける、*Tsuga* 花粉の A/B 比の度数分布を Fig. 3 に示した。

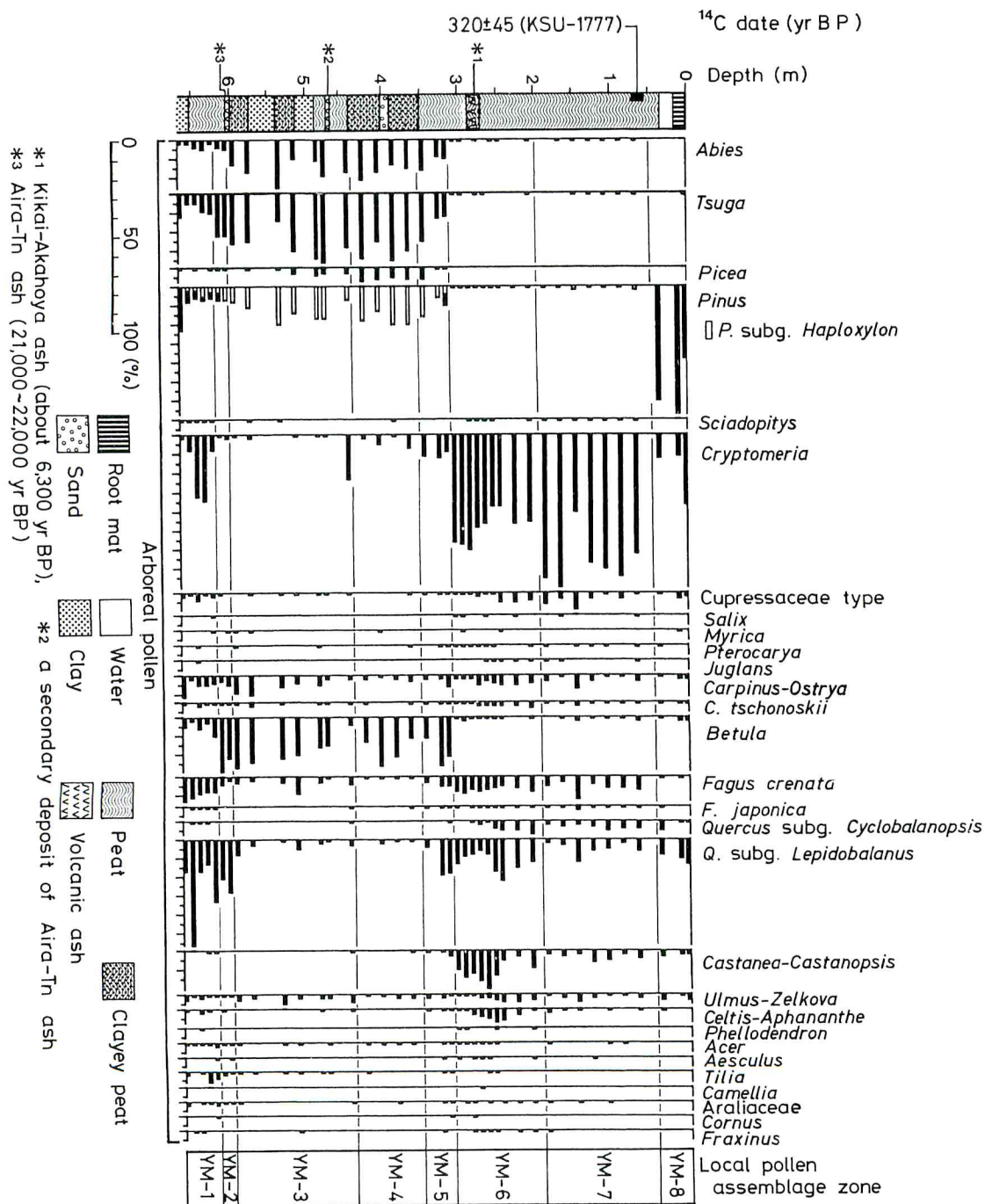
Fig. 2 の花粉分布図によると、最下層の6.65~6.2mでは *Cryptomeria*, *Lepidobalanus*, *Fagus crenata* の花粉が、6.2~3.1mでは *Abies*, *Tsuga*, *Picea*, *Pinus* (*Haploxyylon*) のマツ科針葉樹と *Betula* が、3.1~2.5mでは *Cryptomeria*, *Castanea-Castanopsis* が、2.5~0.5mでは *Cryptomeria* が、0.5m以上では *Pinus* がそれぞれ優勢であった。以上の優勢な樹木花粉とこれに伴う樹木花粉の消長に基づき、次の YM-1~8 の地域花粉帯を認めることができた。

地域花粉帯の特徴

YM-1 帯：深度6.65~6.2mでは、*Cryptomeria* は最下層を除き約10~35%、*Lepidobalanus* は14~57%、*Fagus crenata* は約10%を示す。また、*Tsuga*, *Pinus* も5~10%の出現率を示している。*Tsuga* 花粉の A/B の度数分布は、*T. sieboldii* 側に分布の中心があった (Fig. 3)。

YM-2 帯：深度6.2mから AT 火山灰の降灰面の6.0mまでは、マツ科の中でも *Tsuga* が優勢となり、これに *Abies*, *Pinus* (*Haploxyylon*) を伴っている。また、広葉樹花粉では *Betula* と *Lepidobalanus* がそれぞれ20~30%を示している。Fig. 3 によると、YM-2~5 帯まで、*Tsuga* 花粉は *T. diversifolia* 型の花粉が多い傾向にあるが、YM-4 帯上部からYM-5 帯では *T. sieboldii* 型も増加する。

YM-3 帯：深度6.0~4.4mでは、*Tsuga* に加え *Pinus* (*Haploxyylon*)、*Abies* の花粉が増加する。



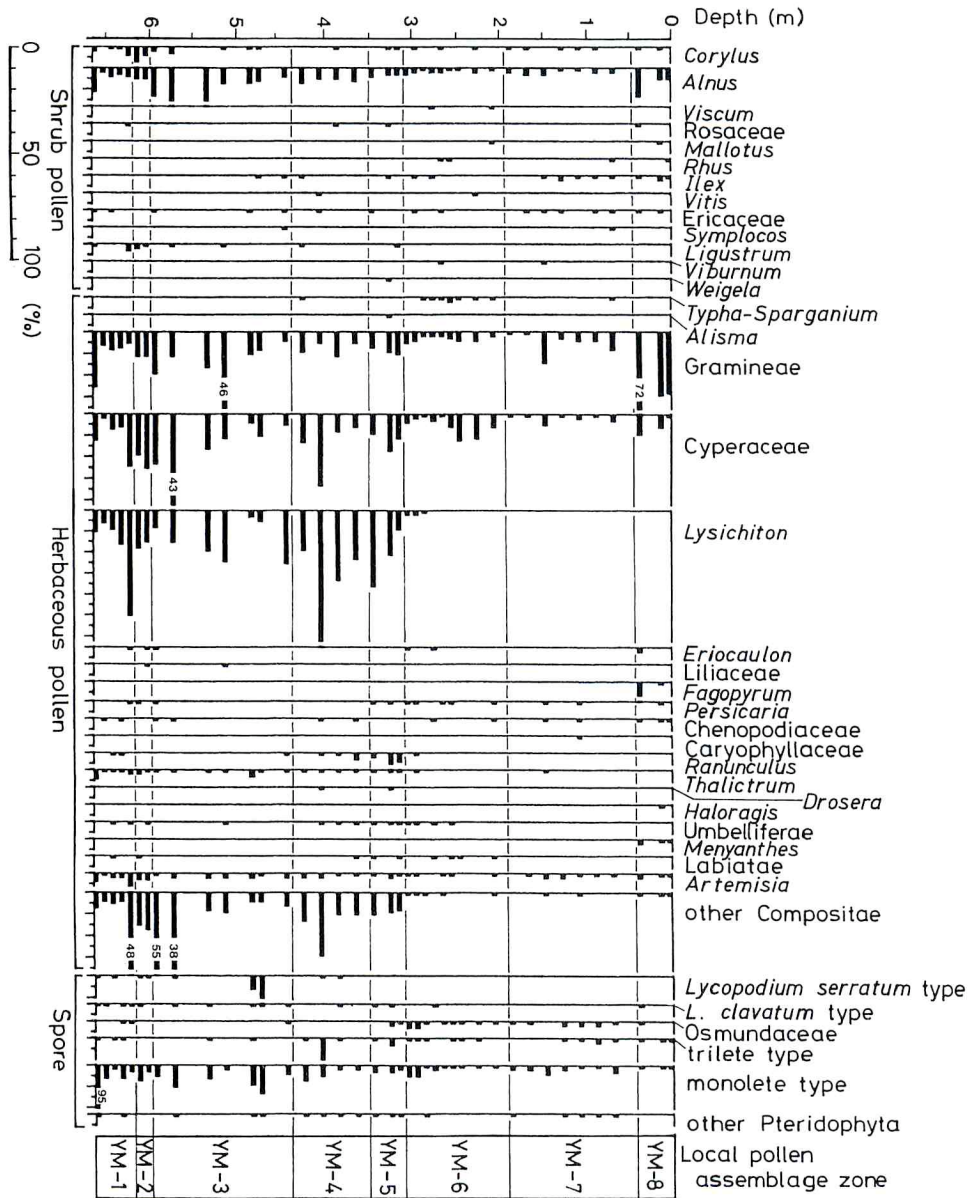


Fig. 2. Pollen diagram of the core from the Yamakado Moor. The percent values of each taxon are based on the sum of arboreal pollen grains in each sample.

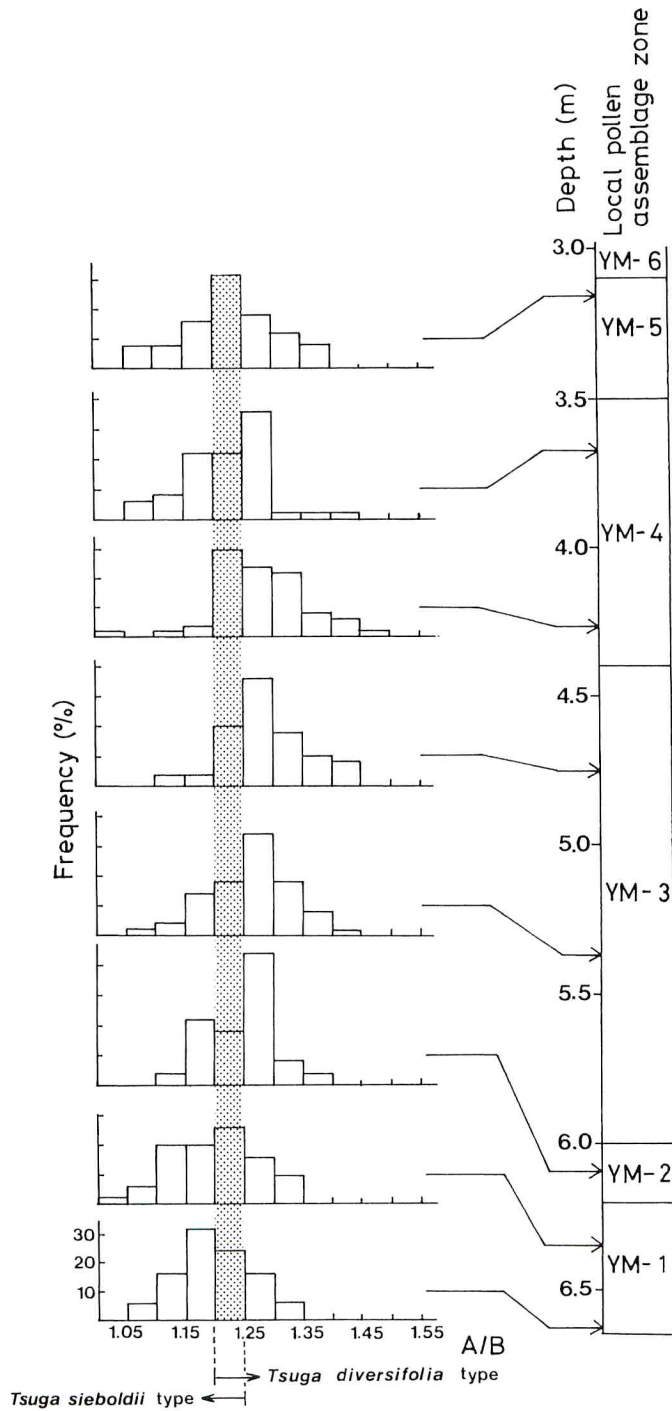


Fig. 3. The frequency distribution of the A/B ratio of fossil *Tsuga* pollen in layers where Pinaceae pollen was abundant. (A, the diameter including marginal fringe ; B, the diameter of the pollen body⁽¹³⁾)

これらのマツ科針葉樹花粉の出現率は約50～75%, *Betula* は15～25%を占めている。また, *Lepidobalanus* は約1～5%に減少する。

YM-4帯: 深度4.4～3.5mでは, これまで低率であった *Picea* が6～7%に増加し安定した出現率を示す。マツ科針葉樹は60～80%, *Betula* は10～25%の出現率である。*Betula* を除く落葉広葉樹花粉の出現率はほとんどの層で1%以下の低率であった。また, *Cryptomeria* は3～7%を示している。

YM-5帯: 深度3.5～3.1mでは, マツ科針葉樹が減少傾向にあり, *Betula* は約25%まで増加する。また, 上層へ向かって *Fagus crenata*, *Lepidobalanus*, *Carpinus-Ostrya* などの落葉広葉樹と *Cryptomeria* の花粉が増加している。

YM-6帯: 深度3.1～2.0mでは, *Cryptomeria* が37～60%を示し, 最も優勢である。また, *Lepidobalanus* が7～22%, *Castanea-Castanopsis* が3～20%, *Fagus crenata* が5～9%を示している。また, この *Castanea-Castanopsis* 花粉は走査電子顕微鏡観察によると *Castanea crenata* であった (Fig. 4)。この花粉帯の中部から *Celtis-Apha-*

nanthe の花粉が最高で7%を示し増加している。また, K-Ah 火山灰直上の層準から *Cyclobalanopsis* が7%まで増加している。

YM-7帯: 深度2.0～0.5mでは, *Cryptomeria* は増減するものの40～80%を示し最も優勢である。また, *Cupressaceae* type が2～9%, *Fagus crenata* が3～13%, *Lepidobalanus* が3～12%を示している。YM-6帯の後半から増加していた *Cyclobalanopsis* は, この花粉帯では2～5%に減少している。

YM-8帯: 深度0.5～0mでは, *Pinus* 花粉が67～38%に急増し, *Cryptomeria* は11～36%に減少している。

非高木花粉についてみると, YM-1帯からYM-5帯では *Gramineae*, *Cyperaceae*, *Lysichiton*, *Compositae* の出現率が比較的高い。YM-6帯およびYM-7帯では非高木花粉の出現率は低い。YM-8帯では, 再び *Gramineae* が増加する。また, この花粉帯で初めて *Fagopyrum*, *Menyanthes* が出現する。



Fig. 4. Scanning electron micrographs of *Castanea crenata* fossil pollen from the Yamakado Moor, (296-298 cm depth).

考 察

以上の結果に示した各地域花粉帯の花粉組成に基づいて、各花粉帯に対応する時代における植生について考察する。

YM-1帯は、AT 火山灰層よりも下位に位置しており、また、*Cryptomeria* の出現率が高い。これらの点を山門湿原の約20km西方に位置する三方低地の三方湖の花粉分析結果^(1, 2)と対比すると YM-1帯は最終氷期亜間氷期(約30,000年前以前)に相当する。YM-1帯の花粉組成から、山門湿原周辺ではスギ、ツガ、マツ属、ブナ、コナラ亜属を中心とする冷温帯林が形成されていたと考えられる。三方低地の岩屋においてもこの最終氷期亜間氷期にスギが最も優勢でツガ、ブナ、コナラ亜属を伴う森林が認められている⁽⁵⁾。

マツ科針葉樹と *Betula* 花粉の出現率が高い YM-2～5帯の花粉組成を三方低地の花粉分析結果^(1, 2, 5)と対比すると、YM-2～5帯は最終氷期亜氷期の30,000～12,000年前に相当すると考えられる。

YM-2帯の花粉組成から AT の降灰した21,000年前までは、コメツガを中心とするマツ科の亜寒帯性針葉樹とカバノキ属、コナラ亜属の落葉広葉樹の優勢な森林が存在していたと考えられる。このような森林構成から、野坂山地の標高300m付近は冷温帯上部から亜寒帯下部に位置していたと考えられる。

AT 火山灰の上位に位置し、*Abies*, *Tsuga*, *Pinus* のマツ科針葉樹が優勢となる YM-3帯の花粉組成は、AT 火山灰の降灰後、冷温帯性落葉広葉樹林が後退し、モミ属、コメツガ、マツ属(単維管束亜属)のマツ科を中心とする亜寒帯性針葉樹林が発達したことを示している。

YM-4帯では、*Picea* が増加し、落葉広葉樹花粉は低率になることから、前時代から優勢であったモミ属、ツガ属、マツ属に加えてトウヒ属が森林を構成し、亜寒帯性針葉樹林が最も発達したことが認められる。落葉広葉樹は前時代よりさらに衰退した。このようなトウヒ属の増加する年代は三方低地の岩屋⁽⁵⁾や丹後半島の大フケ湿原(未発表)でも認められており、これらの資料と対比するとその年代は約18,000～16,000/15,000年前に相当する。この年代は、最終氷期最盛期に対比でき、マツ科を中心とする亜寒帯性針葉樹林が最も発達したことから、最も寒冷な気候に支配されたものとみられる。

YM-4から5帯への花粉組成の変化は、これまで

安定して優勢であったマツ科針葉樹林が減少し始め、不安定になり、コナラ亜属、ブナをはじめとする落葉広葉樹やスギが増加し始めたことを示している。三方低地^(1, 2, 5)と対比すると、この時代は晩氷期初期に相当し、このような森林植生の変化は、約12,000年前まで続いていた。ブナなどの落葉広葉樹やスギの増加は、晩氷期における気候の温暖化と湿潤化によるものであると考えられる。

YM-1～5帯において草本花粉の *Lysichiton* が比較的高率であることは、最終氷期にはミズバショウ属が湿原内に生育していたことを示している。

丹後半島の大フケ湿原(未発表)や三方低地⁽⁵⁾ではマツ科針葉樹の衰退後の約12,000から約8,000年前までブナを中心とする冷温帯性落葉広葉樹林の発達が認められる。これらのことから、この山門湿原堆積物の柱状試料には約12,000～8,000年前の堆積物が欠如していると考えられる。このことと YM-6帯の K-Ah火山灰層から判断して、YM-6帯の時代は後氷期中期に相当する。

YM-6帯の花粉組成から、後氷期中期には、スギが最も優勢で、コナラ亜属、クリを伴う森林が認められる。さらに、ブナも近辺に存在していたと考えられる。照葉樹林の主要構成要素である *Cyclobalanopsis* の花粉が K-Ah 降灰層準よりも上層で、低率ながら増加したことから、山門湿原周辺では約6,300年前以降に暖温帯性のアカガシ亜属が分布を広げたものとみられる。三方低地^(4, 5)でも同じ年代にアカガシ亜属が増加する。この年代は近畿地方の内陸部や太平洋側地域よりも遅れている^(4, 5)。

三方低地では8,000/7,000～約5,000年前にエノキ属またはムクノキ属、ニレ属またはケヤキ属によって構成される森林が河川周辺などで形成された⁽⁵⁾。山門湿原においてもほぼ同じ年代に *Celtis-Aphananthe* 花粉の出現率が比較的高く、エノキ属やムクノキ属の樹木が増加したことが認められる。

Cryptomeria が最も優勢となる YM-7帯の花粉組成は、後氷期後期にスギの最も優勢な森林が形成されたことを示している。また、*Fagus crenata* 花粉の出現率が比較的高いことからブナも山門湿原周辺の山地に存在していたと考えられる。

以上のようにスギは、山門湿原周辺において晩氷期から増加し始め、後氷期には最も優勢となる。このスギの変遷は三方低地^(1, 2, 5)や丹後半島(未発表)などの若狭湾沿岸地域と同様である。また、近畿地方の日本海側地域では、後氷期中期から後期にかけて、低

地から山地までスギの優勢な森林が広く認められている⁽⁵⁾。

YM-8 帯の堆積物は水層を挟んでおり、また、上層はミツガシワの根茎層である。このことから、この花粉帯において認められる花粉はほとんど現生の森林に由来する花粉である。この花粉組成に認められる *Pinus*, *Lepidobalanus* は、人類の活動の影響を受けて成立したアカマツ、コナラの二次林に、また、*Cryptomeria* 花粉はスギ人工林に由来するものである。Gramineae 花粉の増加は、森林の減少によるイネ科草本の増加やイネ栽培を示していると考えられる。また、ミツガシワに由来すると考えられる *Menyanthes* 花粉が YM-8 帯で初めて認められた。現在、暖温帯に分布するミツガシワは最終氷期の relict と考えられる。しかし、本分析結果からは、山門湿原に現在認められるミツガシワの群落が最終氷期から連続して存在していたという証拠は認められなかった。この点については今後、大形植物遺体の研究を含めさらに詳細な研究が必要である。

要 約

琵琶湖北方約 5 km の滋賀県西浅井町山門に位置する山門湿原（標高約 300 m）から採取した堆積物の花粉分析を行った。検出された花粉の消長および火山灰の層準によって、山門湿原周辺における最終氷期亜間氷期以降の植生変遷を明らかにすることができた。最終氷期の堆積物についてはツガおよびコメツガ花粉の識別を統計的にを行い、より詳細な植生復元を行った。その結果は次のとおりである。最終氷期亜間氷期（約 30,000 年前以前）にはスギが優勢で、ツガ、マツ属、ブナ、コナラ亜属を中心とする冷温帯林が形成されていた。最終氷期亜氷期の約 30,000～12,000 年前にはモミ属、コメツガ、トウヒ属、マツ属などのマツ科針葉樹とカバノキ属の優勢な亜寒帯性針葉樹林が形成された。晩氷期後期から後氷期初期の堆積物は認められなかった。後氷期中期から後期にかけて、スギが最も優勢になった。アカガシ亜属が増加する年代は約 6,300 年前以降であり、近畿地方の内陸部や太平洋側地域よりも遅れていた。後氷期の現在に近い時代には、人類の活動の影響を受けてアカマツの優勢な森林が広がった。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、終始ご指導いただいた京

都府立大学竹岡政治名誉教授に厚くお礼申し上げます。また、奈良教育大学教育学部西田史朗教授および京都大学理学部附属地球物理学研究施設竹村恵二博士には火山灰の同定をしていただいた。University of Minnesota の杉田真哉博士には貴重なご意見をいただいた。さらに、京都府立大学農学部造林研究室の方々には試料採取に際してご助力をいただいた。以上の方々に心から感謝いたします。

引 用 文 献

- (1) 安田喜憲：福井県三方湖の泥土の花粉分析的研究—最終氷期以降の日本海の乾・湿の変動を中心として—。第四紀研究 21, 255-271 (1982)。
- (2) 安田喜憲：環日本海文化の変遷—花粉分析の視点から—。国立民族学博物館研究報告 9, 761-798 (1984)。
- (3) 安田喜憲：花粉分析。「鳥浜貝塚—縄文前期を主とする低湿地遺跡の調査 1—」(鳥浜貝塚研究グループ編), 176-196, 福井県教育委員会 (1979)。
- (4) Takahara H. and Takeoka, M. : Post-glacial vegetation history around Torihama, Fukui Prefecture, Japan. *Ecol. Res.* 7, 79-85 (1992)。
- (5) Takahara, H. and Takeoka, M. : Vegetation history since the last glacial period in the Mikata lowland, the Sea of Japan area, Western Japan. *Ecol. Res.* 7, 371-386 (1992)。
- (6) 杉山雄一・佃 栄吉・徳永重元：京都府丹後半島地域の更新世後期から完新生の堆積物とその花粉分析。地質調査所月報 37, 571-600 (1986)。
- (7) 高原 光・竹岡政治：丹後半島乗原周辺における森林変遷 —特にスギ林の変遷について—。日林誌 69, 215-220 (1987)。
- (8) 山口浩司・高原 光・竹岡政治：約 1,000 年前以降の琵琶湖北西部低山地における森林変遷。京都府大演習林報 33, 1-6 (1989)。
- (9) 内田秀雄：気候(滋賀県総説Ⅲ 自然)。「日本地誌 第13巻 近畿地方総論 三重県・滋賀県・奈良県」(青野壽郎・尾留川正平編), pp. 419-423, 二宮書店, 東京 (1976)。
- (10) 水越允治：気候(近畿地方総論Ⅲ 自然)。「日本地誌 第13巻 近畿地方総論 三重県・滋賀県・奈良県」(青野壽郎・尾留川正平編), pp. 40-59,

- 二宮書店, 東京 (1976).
- (11) 気象庁: 全国気温・降水量月別平年値表 観測所観測 (1941-1970). 気象庁観測技術資料第36号, 209 pp (1972).
- (12) Takahara, H., Yamaguchi, H. and Takeoka, M.: Forest Changes since the Late Glacial Period in the Hiara Mountains of the Kinki Region, Japan. *J. Jpn. For. Soc.* 71, 223-231 (1989).
- (13) 高原 光: 日本産ツガ属の花粉形態. 京都府大演習林報 36, 45-55 (1992).
- (14) 町田 洋・新井房夫: 広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義—. 科学 46, 339-347 (1976).
- (15) 町田 洋・新井房夫: 広域テフラと考古学. 第四紀研究 22, 133-148 (1983).
- (16) 松本英二・前田保夫・竹村恵二・西田史朗: 始良 Tn 火山灰 (AT) の ^{14}C 年代. 第四紀研究 26, 79-83 (1987).
- (17) 加藤道雄: 堆積物 —KH-79-3, C-3 コアの解析を中心にして—. 月刊地球 6, 520-522 (1984).
- (18) 町田 洋・新井房夫: 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰. 第四紀研究 17, 143-163 (1978).
-