

(原著論文)

岡山県蛇ヶ峠湿原周辺における後氷期中期以降の植生変遷

高原 光¹⁾・藤木 利之²⁾・三好 教夫²⁾・西田 史朗³⁾¹⁾ 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1²⁾ 岡山理科大学理学部基礎理学科 〒700 岡山市理大町1-1³⁾ 奈良教育大学教育学部地学教室 〒630 奈良市高畑町

(1997年9月30日 受付, 1997年11月13日 受理)

Vegetation History since the Middle Holocene around Orogatawa Moor,
Okayama Prefecture, JapanHikaru TAKAHARA¹⁾, Toshiyuki FUJIKI²⁾,
Norio MIYOSHI²⁾ and Shiro NISHIDA³⁾¹⁾ *University Forests, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Hangi-cho,
Shimogamo, Sakyo-ku, Kyoto, 606 Japan*²⁾ *Department of Applied Science, Faculty of Science, Okayama University of Science,
1-1 Ridai-cho, Okayama, 700 Japan*³⁾ *Department of Earth Science, Nara University of Education, Takahata-cho, Nara, 630 Japan*

A pollen record of a core from Orogatawa Moor revealed the local vegetation history since the middle Holocene in the central Chugoku Mountains, western Japan. The chronology is based on a tephra layer, the Kikai-Akahoya (6,300 yr B. P.). At ca. 6,000 yr B. P., a cool-temperate deciduous forest composed mainly of *Quercus* (*Lepidobalanus*), *Fagus crenata* and *Carpinus*/*Ostrya* was present around Orogatawa. After 6,000 yr B. P., a warm-temperate evergreen forest of *Quercus* (*Cyclobalanopsis*) trees such as *Q. sessilifolia* and *Q. salicina* was established. The identification of *Cyclobalanopsis* pollen was done by scanning electron microscopy. From 1,000 yr B. P., *Fagus crenata* again increased in forests around Orogatawa. A comparison of pollen records in the Chugoku region indicates low *Cryptomeria japonica* pollen abundance in the central Chugoku region (between ca. 132° E and 134° E) and relatively high abundance in the western (< ca. 132° E) and eastern (< ca. 134° E) regions in the late / middle Holocene. The difference in *C. japonica* among these regions was probably due to a rise in sea level during the Holocene, which prevented the expansion of *C. japonica* to modern central Chugoku region from its refugium on the Oki Islands at the last glacial maximum.

Key words : pollen analysis, *Cyclobalanopsis*, *Cryptomeria japonica*, Holocene, Kikai-Akahoya ash

はじめに

中国地方における植生史に関する研究は、Fig. 1に示したように、多くの地点^(1~18)で行われ、それらの研究成果から、最終氷期以降の植生変遷がかなり明らかにされてきた⁽¹³⁾。特に、西日本の植生変遷においては、丘陵帯の原植生である照葉樹林の変遷は、後氷期における温暖化と植生の移動の関係を明らかにする上で重要である。また、現在、日本海側のブナ帯に広く分布するスギ林については、後氷期に低地から山地まで分布を広げて来たことが、解明されている⁽²⁰⁾。しかし、中国地方中部のようにスギの拡大が認められない地域もあり、その原因は未だ明らかにされていない。

今回、中国地方中部に位置する蛇ヶ川湿原で採取した堆積物の花粉分析を行った結果、後氷期中期以降の植生変遷を明らかにすることができた。この堆積物の花粉分析学的研究は、これまで三好・波田⁽⁸⁾によっ

て報告されているが、今回、コナラ属をアカガシ亜属とコナラ亜属に分けて同定し、さらに走査電子顕微鏡による観察を行った。また、今回採取した堆積物は、広域火山灰である鬼界-アカホヤ火山灰(K-Ah)を介在しているため、他の地点における花粉分析資料との比較も容易となる。以上の観点から、本研究結果は中国地方の植生変遷を解明するため、貴重な資料を提供するものである。

試料採取地の概要

蛇ヶ川湿原(北緯35°19'50", 東経133°38'55")は岡山県真庭郡川上村の中国山地、上蒜山(1,200 m)と皆ヶ山(1,159 m)間の鞍部に形成されている(Fig. 2)。湿原の標高は680 m、面積は0.7 ha⁽²¹⁾である。付近の地質は、第四紀前期更新世に形成された角閃石安山岩溶岩から成る蒜山火山岩類である⁽²²⁾。

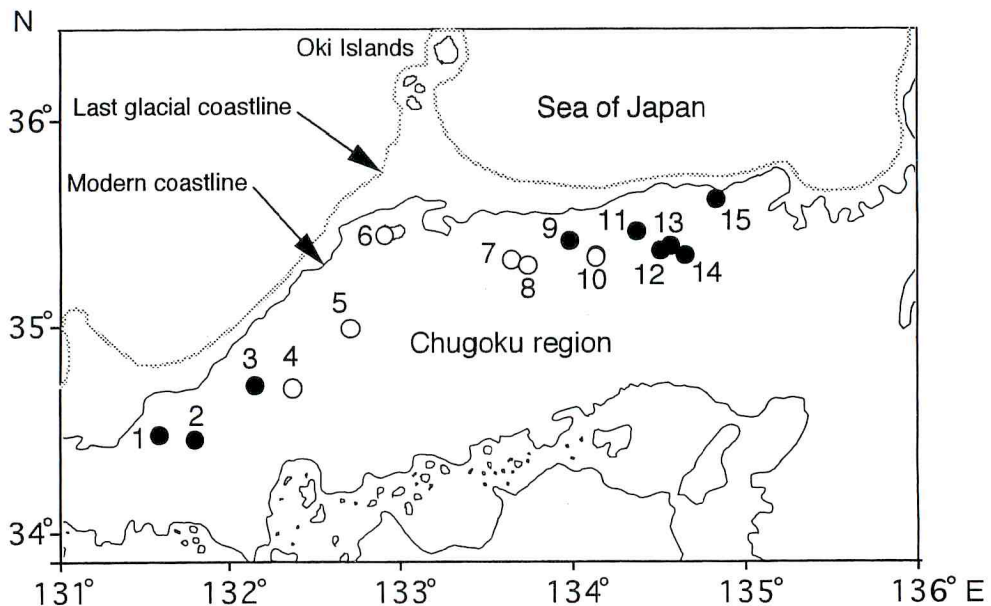


Fig. 1. Map of the Chugoku region, western Japan, showing sites of pollen records and the last glacial coastline⁽¹⁹⁾.

Solid circles show sites with relatively high *Cryptomeria japonica* pollen abundance and open circles show sites with low abundance in the late / middle Holocene.

1 : Ubuka^(1, 2), 2 : Nonbara^(3, 4), 3 : Yawata⁽⁵⁾, 4 : Makura⁽⁶⁾, 5 : Akana (Miyoshi and Takahara, unpublished), 6 : Shinjiko⁽⁷⁾, 7 : Orogatawa⁽⁸⁾ (this paper), 8 : Inubasaritouge⁽⁹⁾, 9 : Sugawara^(10, 11), 10 : Hosoike⁽¹²⁾, 11 : Sugano⁽¹³⁾, 12 : Koseinuma^(14, 15), 13 : Ohnuma⁽¹⁶⁾, 14 : Kabosaka⁽¹⁷⁾, 15 : Kei⁽¹⁸⁾

付近の気象状況は、年降水量 2000 mm 以上、最深積雪深 1 ~ 1.5 m⁽²³⁾、暖かさの指数約 81°C・月（南東約 7 km、標高 440 m に位置する上長田観測所の気象観測値⁽²⁴⁾ から推定）であり、冷温帯下部に位置している。

周辺の植生は、チマキザサの草原、ミズナラ・コナラの二次林、カラマツ、ヒノキの植林地であるが、上蒜山上部にはブナ林が認められる。湿原内はコアナミズゴケ群落、イヌツゲ・テリハノイバラ群落が認められ⁽²¹⁾、アリノトウグサ、ノハナショウブ、クルマユリ、モウセンゴケ、カキランなどの湿地性植物が生育している。

試料と方法

試料採取には、ヒラー型ハンドボーラーを用いて、連続した柱状試料を採取した。採取した堆積物の柱状図を Fig. 3 の左に示した。

表層から深度 264 cm まで堆積物を採取した。堆積物の層相は次のとおりである。深度 264 ~ 206 cm は粘土、206 ~ 193 cm は泥炭質粘土、193 ~ 187 cm は

火山灰、187 ~ 100 cm はシルト質泥炭、100 ~ 10 cm は植物遺体を含む泥炭、10 ~ 0 cm はミズゴケであった。

堆積物から化石花粉を抽出する方法は、Takahara *et al.*⁽²⁵⁾ と同様である。化石花粉の同定は、光学顕微鏡を用いて、400 倍の倍率で行ったが、必要に応じて 1,000 倍の倍率も用いた。また、プレパラートの全面にわたって検鏡を行い、出現した花粉の分類群を記録した。高木花粉が 350 粒以上になるまで計数を行った。Fig. 3 の花粉分布図における各分類群の出現率は、高木花粉総数 (Arboreal pollen sum) に対する百分率で示した。

また、深度 160 cm の試料について、上記の化石花粉抽出後に走査電子顕微鏡 (SEM) によって、アカガシ亜属花粉の表面微細構造の観察を行った。SEM 用試料の調整は次のとおりである。上記方法で抽出された化石花粉をカルノア液で固定後エタノールで脱水し、キシレンに置換した。次に残渣を試料台上で乾燥させ、イオンスパッタリングによって金パラジウム合金を蒸着して、観察した。観察は JSM-890 型高分解能走査電子顕微鏡 (日本電子) を使用し、加速電圧 5 kv で行った。

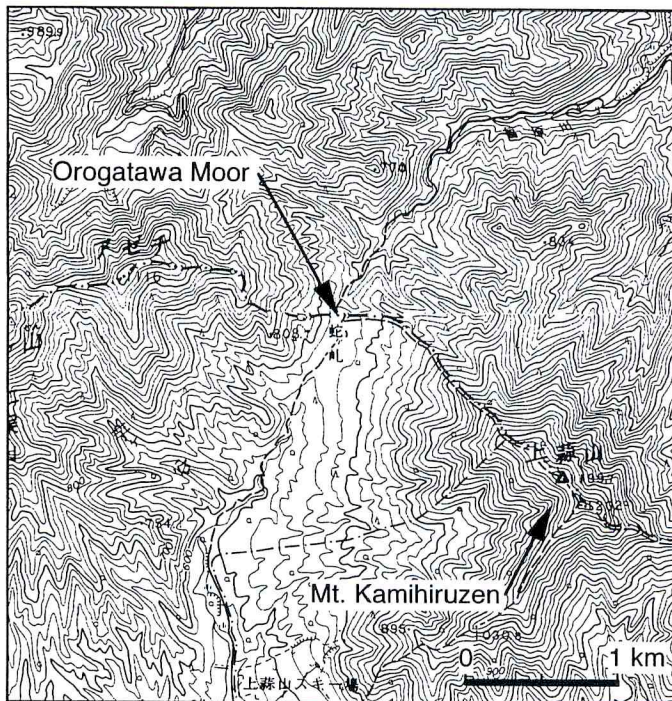


Fig. 2. Map showing the location of Orokatawa Moor, Okayama Prefecture. The map is combined from parts of 1 : 50000 topographical maps of Daisen and Yumoto issued by the Geographical Survey Institute of Japan.

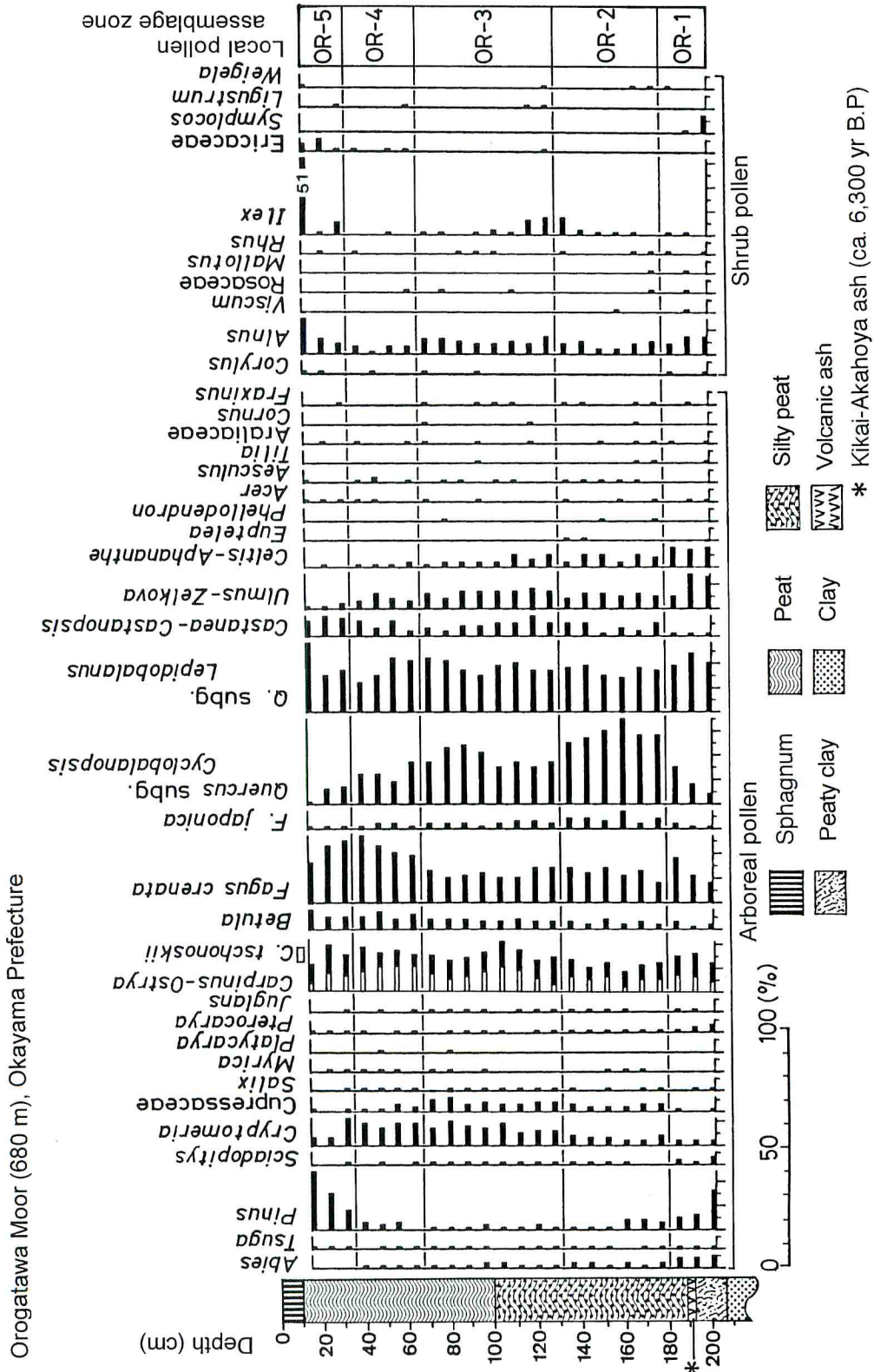


Fig. 3. Percentage pollen diagram obtained from the Orogatawa Moor core. The percentage values for each taxon are based on the sum of arboreal pollen grains in each sample.

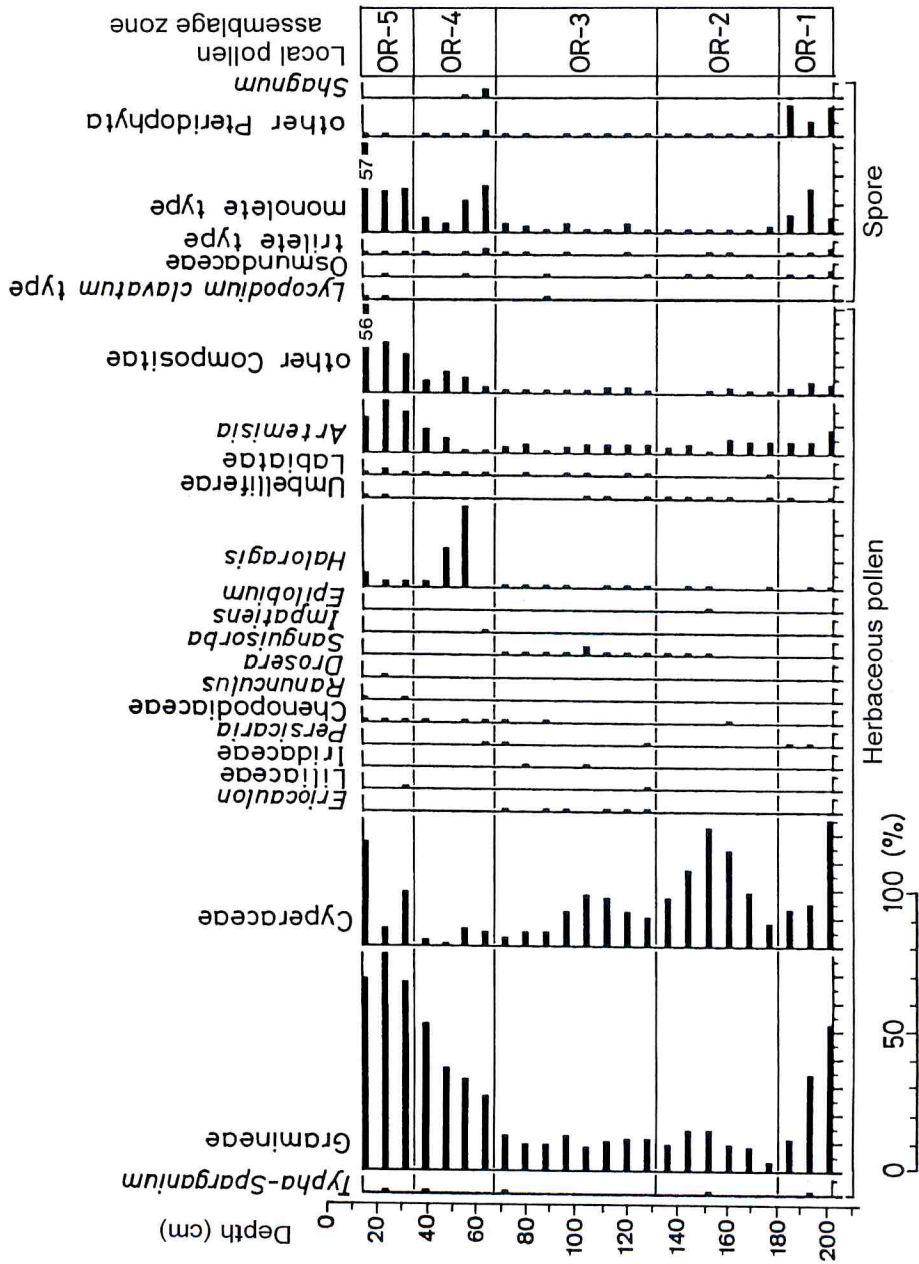


Fig. 3. continue

結 果

蛇ヶ岬湿原堆積物の深度 187～193 cm に認められた火山灰の EDX 分析⁽²⁶⁾の結果, 明らかになった火山ガラスの化学組成 (Table 1) に基づき, この火山灰は約 6,300 年前に降灰した鬼界-アカホヤ火山灰 (K-Ah)^(26, 27) と同定することができた。

蛇ヶ岬湿原堆積物の花粉分析を行った結果, 検出された各花粉, 孢子の消長を Fig. 3 の花粉分布図に示した。この花粉分布図によると, 深度 202～182 cm では *Lepidobalanus*, *Fagus crenata*, *Carpinus-Ostrya* が優勢である。182～134 cm では *Cyclobalanopsis* が最も優勢となり, *Lepidobalanus*, *Fagus crenata*などを伴っている。134～70 cm では *Cyclobalanopsis*, *Lepidobalanus*, *Carpinus-Ostrya*, *Fagus crenata* が優勢で, *Cryptomeria* がやや増加する。70～38 cm では *Fagus crenata* が再び増加し, *Cyclobalanopsis* が減少傾向にある。38～14 cm では *Pinus* が急増している。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, OR-1～5 の花粉帯を認めることができた。

花粉帯の特徴

OR-1 帯 : 深度 202～182 cm では, *Lepidobalanus* が 19～24% の出現率を示し, 最も優勢である。これに *Fagus crenata* が 8～18%, *Carpinus-Ostrya* が 12～16% の出現率で伴っている。また, *Ulmus-Zelkova* (ほとんどが *Zelkova*), *Celtis-Aphananthe* がそれぞれ 5～14%, 8% を, さらに最下層では *Pinus* が 16% を示している。

OR-2 帯 : 深度 182～134 cm では, 前層から増加傾向にあった *Cyclobalanopsis* が 26～36% を示し, 最も優勢である。また, *Lepidobalanus* が 14～19%, *Fagus crenata* が 8～14% を示している。

OR-3 帯 : 深度 134～70 cm では, 前層で最も優勢であった *Cyclobalanopsis* がやや減少し, 15～24% を示す。*Lepidobalanus* と *Fagus crenata* の出現率は OR-2 帯とほぼ同様に, それぞれ, 15～22

%, 10～14% である。また, *Carpinus-Ostrya* が増加し, 13～22% を示している。さらに, *Cryptomeria* が 5～10% まで増加している。

OR-4 帯 : 深度 70～38 cm では, *Fagus crenata* が増加して 19～27% を示し最も優勢である。また, *Lepidobalanus* が 12～22%, *Carpinus-Ostrya* が 15～18%, *Cyclobalanopsis* が 18～9% を示している。*Cryptomeria* は OR-3 帯同様に 7～9% の出現率である。

OR-5 帯 : 深度 38～14 cm では, *Pinus* 花粉が 8～24% に増加した。*Fagus crenata* は 16～25%, *Lepidobalanus* は 16～27%, *Carpinus-Ostrya* は 11～19% を示し, 優勢である。一方, *Cyclobalanopsis* は 8～1% に減少した。また, 草本花粉の出現率が高く, Gramineae は 67～77%, Cyperaceae は 7～37%, *Artemisia* は 12～18%, Compositae は 13～56% を示している。

アカガシ亜属花粉の SEM 観察結果

深度 160 cm において, 20 粒のアカガシ亜属花粉について SEM による観察を行った結果, 花粉表面の隆状突起はカリフラワー型の畝状紋であり, 微刺が鋭刺状のものも多く観察された。この特徴を持つものはウラジログシ, ツクバネガシ, アカガシ, アラカシ⁽²⁹⁾ であるが, 微刺が 0.08 μm 以下で短いツクバネガシ型が 35% と微刺が 0.12 μm 以上で長いウラジログシ型が 15% の割合で認められた (Plate 1)。これら以外については形態的特徴から同定することは困難であった。

考 察

深度 187～193 cm において K-Ah 火山灰が認められたことから, この層準は約 6,300 年前である。また, 三好・波田⁽⁸⁾ の蛇ヶ岬湿原の花粉分析結果と対比すると, OR-3 帯と OR-4 帯の境界は *Fagus*, Gramineae 花粉の急増から約 1,000 年前と推定することができる。

これまで述べた各花粉帯の花粉組成に基づいて, 次

Table 1. Major element composition of volcanic glass shards in the sediment from Orogatawa Moor.

Depth (cm)		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
187-192	Mean	2.20	1.13	10.29	77.08	2.31	2.73	0.41	3.85
	St. dev.	0.41	0.25	0.17	0.32	0.12	0.13	0.04	0.41

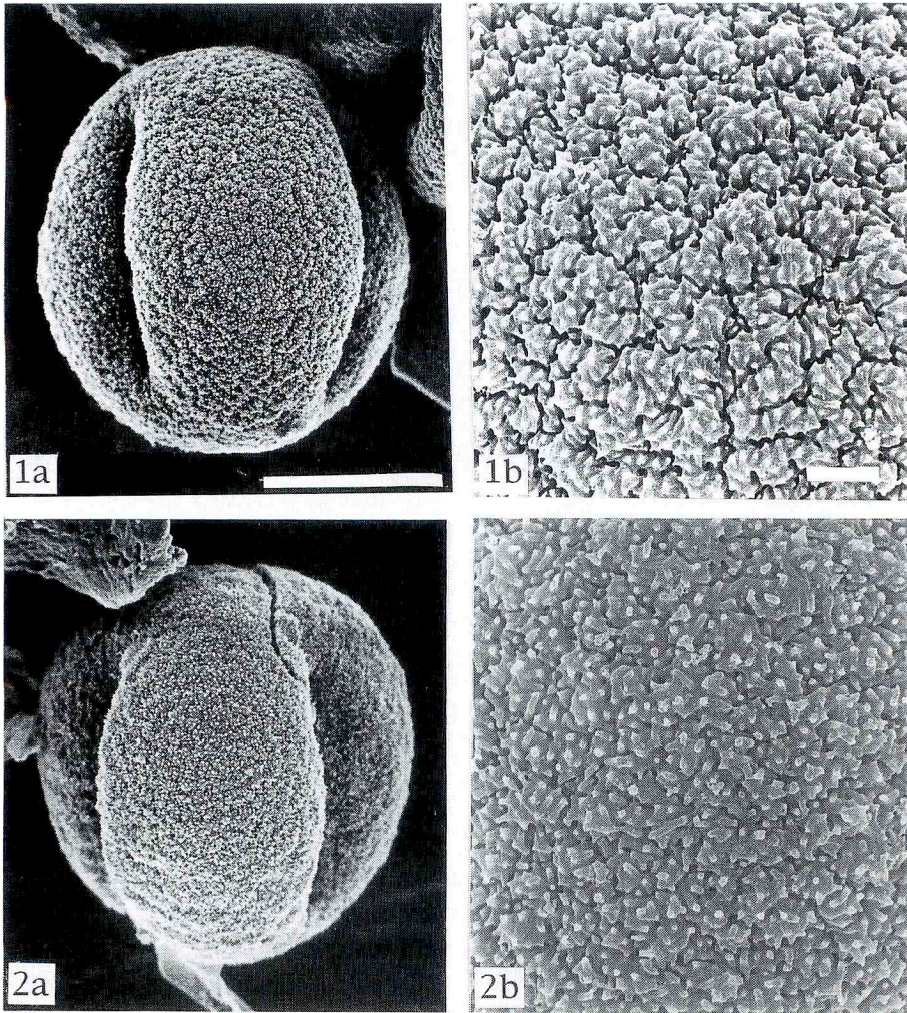


Plate 1. Scanning electron micrographs of fossil pollen from Orogatawa Moor.

a : equatorial view (scale bar equals 10 μ m)

b : fine surface structure (scale bar equals 1 μ m)

1a, 1b : *Quercus sessilifolia* ツクバネガシ (160 cm depth)

2a, 2b : *Quercus salicina* ウラジロガシ (160 cm depth)

に各時代における森林植生について考察する。

OR-1帯の深度は187～192 cmにはK-Ah火山灰層が認められ、OR-1帯の時代は約6,000年前の後氷期中期に相当する。この花粉帯における花粉組成から、約6,000年前に、蛇ヶ川湿原周辺ではコナラ亜属、ブナ、クマシテ属/アサダ属を中心とする冷温帯落葉広葉樹林が形成されていたことが認められる。また、ケヤキ、ムクノキ属、エノキ属などの落葉広葉樹を伴っ

ていた。約6,000年前までは、中国山地の菅原湿原(標高640 m)⁽¹¹⁾や大沼湿原(標高610 m)⁽¹⁶⁾においても冷温帯落葉広葉樹林が形成されていた。

最下層では*Pinus*花粉が高い出現率を示し、草原を形成するGramineae花粉の出現率も高いことから、何らかの原因で森林が荒廃していた可能性がある。

OR-2帯では暖温帯性の常緑広葉樹である*Cyclobalanopsis*の花粉が優勢となったことから、

アカガシ亜属を中心とする照葉樹林が標高 680 m の蛇ヶ川湿原周辺に発達したと考えられる。しかし、*Lepidobalanus* と *Fagus crenata* 花粉の出現率が比較的高いことから、コナラ亜属やブナなどの冷温帯落葉広葉樹林も蛇ヶ川近辺に分布していたであろう。これらのことから、蛇ヶ川湿原周辺は暖温帯上部に位置していたものと考えられる。OR-1 帯に認められる K-Ah 火山灰層から判断して、蛇ヶ川湿原周辺における照葉樹林の発達には約 6,000 年前以降である。中国山地の細池湿原⁽¹²⁾、管原湿原⁽¹¹⁾においても、*Cyclobalanopsis* 花粉の増加は約 6,000 年前以降である。

また、SEM による観察の結果から、この照葉樹林にはツクバネガシ、ウラジロガシなど現在の山地性のアカガシ亜属の樹木を含んでいたと考えられる。

OR-2 帯から OR-3 帯における花粉出現率の変化から、この花粉帯の境界の時代に照葉樹林はやや後退し、クマシデ属などの落葉広葉樹が増加したが、冷温帯林には大きな変化はなかったと考えられる。また、OR-3 帯の時代には多くはないがスギが増加したことを認めることができる。このスギの変遷については後述する。

OR-4 帯では *Fagus crenata* 花粉が増加し、*Cyclobalanopsis* が減少傾向にあることから、蛇ヶ川湿原周辺において、約 1,000 年前に再びブナが増加し、ブナ、コナラ亜属、クマシデ属などを中心とする冷温帯落葉広葉樹林が広がったと考えられる。このことから、蛇ヶ川湿原周辺はほぼ現在と同じ、冷温帯下部の気候下にあったと考えられる。

OR-5 帯における二次林要素の *Pinus* 花粉と草原を形成する Gramineae, *Artemisia* 花粉の増加および照葉樹林要素である *Cyclobalanopsis* 花粉の減少は、低標高地における自然植生である照葉樹林が破壊され、アカマツやコナラ亜属などの二次林や草原が形成されたことを示している。ブナも減少傾向にあるが、照葉樹林ほど破壊されなかったとみることができる。

三好・波田⁽⁸⁾はこの時代における植生に対する人為的影響について、タタラ製鉄の影響を指摘している。この点について、大量の炭素片が集積している赤名湿原の分析結果(三好・高原、未発表)を含めて、今後、検討する予定である。

以上に述べた、各花粉帯の花粉組成から考察された蛇ヶ川湿原周辺における森林変遷をまとめると次のとおりである。

後氷期中期の約 6,000 年前にはコナラ亜属、ブナ、クマシデ属/アサダ属を中心とする冷温帯落葉広葉樹林が形成されていた。約 6,000 年前以降には、アカガシ亜属を中心とする照葉樹林が蛇ヶ川湿原周辺に発達した。約 4,500 年前には、照葉樹林はやや後退し、クマシデ属などの落葉広葉樹が増加した。約 1,000 年前にブナが再び増加し、冷温帯落葉広葉樹林が広がった。後氷期後期末には低標高地では照葉樹林が破壊され、アカマツやコナラ亜属などの二次林や草原に移行した。

中国地方中部における後氷期のスギ

Fig. 1 に示した中国地方における花粉分析地点について、スギの変遷をまとめると次のとおりである。大沼湿原(地点 13)では約 10,000 ~ 9,000 年前にスギが増加を始め、7,000 または 6,000 年前にスギが優勢となった⁽¹⁶⁾。大沼湿原に近い加保坂湿原(地点 14)⁽¹⁷⁾や菅野湿原(地点 11)⁽¹³⁾、丹後半島に近い気比低地(地点 15)⁽¹⁸⁾においては、少なくとも約 8,000 年前以降にはスギが増加していた。管原湿原(地点 9)では 6,000 年前以降にはスギの増加が認められ、約 3,000 年前までコナラ亜属、ブナとともに優勢となり、約 3,000 年前以降はスギが最も優勢となった⁽¹¹⁾。標高 1,470 m の古生沼湿原(地点 12)では約 2,500 年前にスギが増加し始め、約 2,000 年前には優勢となった(高原ほか、未発表)。このように、後氷期の初期から中期以降、中国地方東部の東経 134 度以東の少なくとも標高 600 から 1,500 m の山地でスギの優勢な森林が形成された。また、中国地方西部の東経 132 度付近あるいは以西に位置する宇生賀(地点 1)^(1, 2)、沼原湿原(地点 2)^(3, 4)、八幡湿原(地点 3)⁽⁵⁾においても後氷期中期以降にスギ林の拡大が認められている。

しかし、中国地方中部地域(東経約 132 から 134 度)に位置する枕湿原(地点 4)⁽⁶⁾、蛇ヶ川湿原(地点 7)^(8, 本研究)、犬狹峠湿原(地点 8)⁽⁹⁾、赤名湿原(地点 5)(三好・高原、未発表)、宍道湖(地点 6)⁽⁷⁾では、スギ林の発達が認められない。

このように中国地方中部地域において、スギ林の発達が認められないことの原因を以下に考察する。Tsukada⁽³⁰⁾は、スギの分布地の気候について、年有効降水量 1,000 mm 以上、年有効気温 90 ~ 180°C 月であるとしている。現在の中国地方中部における気候は、これらの気候条件を満たしている。地質的にも他の地域と大きく異なるところは見当たらない。

しかし、過去についてみると、塚田⁽³¹⁾は枕湿原や

蛇ヶ川湿原では全層にわたって、イネ科やヨモギ属が高い出現率を示すことから、スギにとって局地的に不適地であったことを指摘している。中国地方中部全域にわたって、スギが優勢とならないことからこの地域では降水量がスギにとって十分でなかった可能性もある。

また、若狭湾周辺⁽³²⁾や中国地方西部⁽³³⁾では、最終氷期もスギが存在していた。また、中国地方中部地域については、氷期の海面低下のためこの地域の海岸線が隠岐島までおよび (Fig. 1)、現在の沿岸付近や中国地方中部地域は内陸的な乾燥した気候下にあったと考えられる。また、最終氷期に現在の隠岐島付近にスギの逃避地があった可能性が認められている⁽³⁴⁾。

最終氷期の海岸線が、現在と大きく異ならない若狭湾沿岸から中国地方東方や中国地方西部においては、後氷期の気候の温暖化と湿潤化にともなって、スギは分布を拡大していったと考えられる。しかし、中国地方中部地域においては、後氷期の海面上昇によって、隠岐島周辺は水没し、スギが隠岐島付近の逃避地から現在の中国地方中部地域の沿岸付近へ分布を拡大することは困難であった可能性がある。この点については、今後、中国地方中部地域における資料を増やしてさらに検討してゆく予定である。

要 約

中国山地、上蒜山 (1,200 m) と皆ヶ山 (1,159 m) 間の鞍部に形成されている蛇ヶ川湿原 (岡山県真庭郡川上村) から得られた堆積物の花粉分析の結果、後氷期の約 6,000 年前以降の蛇ヶ川湿原周辺における植生変遷を明らかにすることができた。また、この堆積物には K-Ah 火山灰が介在していた。約 6,000 年間の植生変遷は以下のとおりである。

後氷期中期の約 6,000 年前にはコナラ亜属、ブナ、クマシデ属 / アサダ属を中心とする冷温帯落葉広葉樹林が形成されていた。約 6,000 年前以降には、アカガシ亜属を中心とする照葉樹林が蛇ヶ川湿原周辺に発達した。その後、照葉樹林はやや後退し、クマシデ属などの落葉広葉樹が増加した。約 1,000 年前にブナが再び増加し、冷温帯落葉広葉樹林が広がった。後氷期後期末には低標高地では照葉樹林が破壊され、アカマツやコナラ亜属などの二次林に移行した。

また、蛇ヶ川湿原の位置する中国地方中部地域 (東経約 132 から 134 度) で後氷期後期にスギが顕著に増加しない理由について、後氷期の海面上昇によって、最終氷期におけるスギの逃避地であった隠岐島周辺は

水没し、スギが現在の中国地方中部地域の沿岸付近へ分布を拡大することは困難であった可能性を指摘した。

謝 辞

本研究をすすめるに当たり、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、スギ林の変遷について有益なご助言を頂いた千葉経済大学短期大学部内山 隆助教授に感謝いたします。

なお、この研究の一部は文部省科学研究費基盤研究 (C) (課題番号 09660170, 代表 高原 光) によって行われた。

引用文献

- (1) 畑中健一・三好教夫：宇生賀盆地における最終氷期最盛期以降の植生変遷。日生態会誌 30, 239-244 (1980).
- (2) Tsukada, M., S. Sugita and Y. Tsukada: Oldest primitive agriculture and vegetational environments in Japan, *Nature* 322, 632-634 (1986).
- (3) 杉田真哉・塚田松雄：山陰地方・沼原湿原周辺における過去 1.7 万年間の植生変遷史。日生態会誌 33, 225-230 (1983).
- (4) Yasuda, Y.: Prehistoric environment in Japan - Palynological approach-. *Sci. Rep. Tohoku University*, 7th Ser. (Geography) 28, 117-281 (1979).
- (5) 中村 純：八幡湿原の花粉分析学的研究。三段峡と八幡高原総合学術調査研究報告, 153-160, 広島県教育委員会 (1959).
- (6) 三好教夫・波田善夫：中国地方の湿原堆積物の花粉分析学的研究 IV. 枕湿原 (広島県)。日生態会誌 27, 285-290 (1977).
- (7) 大西郁夫：出雲海岸平野下第四紀堆積物の花粉分析。地質学雑誌 83, 603-616 (1977).
- (8) 三好教夫・波田善夫：中国地方の湿原堆積物の花粉分析学的研究 I. 蛇ヶ川湿原。第四紀研究 14, 161-168 (1975).
- (9) 藤木利之・三好教夫：中国地方の湿原堆積物の花粉分析学的研究 V. 犬狹峠湿原 (岡山県)。岡山理科大学自然科学研究所研究報告 20, 77-82 (1994).

- (10) 山崎次男：裏日本泥炭地の花粉分析 I 特にスギ分布の変遷史に関する研究 第1報 鳥取県菅原湿原. 日林誌 25, 65-80 (1943).
- (11) 高原 光・竹岡政治：裏日本におけるスギの天然分布に関する研究 (Ⅲ) - 鳥取県菅原湿原周辺における森林の変遷 - . 91 回日林論, 293-294 (1980).
- (12) Miyoshi, N.: Vegetational history of the Hosoiike Moor in the Chugoku Mountains, western Japan during the Late Pleistocene and Holocene. *Jpn. J. Palynol.* 35, 27-42 (1989).
- (13) 三好教夫：花粉分析学的研究よりみた中国地方の洪積世後期以降の植生変遷. 日本植生誌 中国 (宮脇昭編). 至文堂 pp.82-89, 東京 (1983).
- (14) 三好教夫・波田善夫：中国地方の湿原堆積物の花粉分析学的研究 2. 古生沼 (兵庫県). 日本花粉学会会誌 16, 37-42 (1975).
- (15) 高原 光・竹岡政治：裏日本におけるスギの天然分布に関する研究 (I) - 兵庫県古生沼湿原周辺における森林の変遷 - . 京都府立大演習林報 24, 17-22 (1980).
- (16) Miyoshi, N. and N. Yano: Late Pleistocene and Holocene vegetational history of the Ohnuma Moor in the Chugoku Mountains, western Japan. *Rev. of Palaeobotany and Palynology* 46, 355-376 (1986).
- (17) 三好教夫・矢野悟道・波田善夫：中国地方の湿原堆積物の花粉分析学的研究 3. 加保坂湿原 (兵庫県). 岡山理科大蒜山研究所報 2, 1-10 (1976).
- (18) 前田保夫・中井信之・松本英二・中村俊夫・楠 聡・松島義章・佐藤裕司・松原彰子・熊野茂・黒見充宏・額田雅裕・青木哲哉・古田昇・小橋拓司・松井順太郎・河原典史・山下博樹：完新世における山陰海岸東部気比低地 (兵庫県豊岡市) の古環境. 立命館地理学 1, 1-19 (1989).
- (19) 日本第四紀学会編：日本第四紀地図. 119pp, 東京大学出版, 東京 (1987).
- (20) 高原 光：近畿地方および中国地方東部における最終氷期以降の植生変遷. 京都府立大演習林報 38, 89-112 (1994).
- (21) Hada, Y.: The Vegetation of the Orogatawa Moor, Okayama Prefecture, S. W. Japan. *Bull. Hiruzen Research Inst.* 3, 53-58 (1977).
- (22) 日本の地質「中国地方」編集委員会編：日本の地質 7 中国地方. 290pp, 共立出版, 東京 (1987).
- (23) 森林立地懇話会：日本森林立地図. 19pp + 4 図, 農林出版, 東京 (1972).
- (24) 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, 209pp (1972).
- (25) Takahara, H., H. Yamaguchi, and M. Takeoka: Forest changes since the Late Glacial Period in the Hira Mountains of the Kinki Region, Japan, *J. Jpn. For. Soc.* 71, 223-231 (1989).
- (26) 西田史朗：EDX による火山灰の同定 - 可能性の検討 - . 奈良教育大学紀要 32, 63-70 (1983).
- (27) 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).
- (28) 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).
- (29) 藤木利之・三好教夫：アカガシ亜属 (ブナ科コナラ属) の花粉形態. 日本花粉学会会誌 41, 21-29 (1995).
- (30) Tsukada, M.: Altitudinal and latitudinal migration of *Cryptomeria japonica* for the past 20,000 years in Japan. *Quaternary Research* 26, 135-152 (1986).
- (31) 塚田松雄：スギの歴史：過去一万五千年間. 科学 50, 538-546 (1980).
- (32) Takahara, H. and M. Takeoka: Vegetation history since the last glacial period in the Mikata lowland, the Sea of Japan area, western Japan. *Ecol. Res.* 7, 371-386 (1992).
- (33) 塚田松雄：第四紀後期の植生変遷史. 日本植生誌 東北 (宮脇昭編). 至文堂 93-126 東京 (1987).
- (34) 森岡ゆかり・三好教夫：都万湿原 (島根県隠岐・島後) の花粉分析. 日本花粉学会第27回大会講演要旨, 9 (1986).