

福井県池河内湿原周辺における晩氷期以降の植生変遷

高原 光¹⁾・西田 史朗²⁾・竹村 恵二³⁾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⁾ 奈良教育大学地学教室 〒630 奈良市高畑町³⁾ 京都大学大学院理学研究科地球惑星科学 〒606-01 京都市左京区北白川追分町

(1995年9月30日 受付, 1995年10月31日 受理)

Vegetation history since the late-glacial period around the Ikenokochi Moor, Fukui Prefecture, Japan

Hikaru TAKAHARA¹⁾, Shiro NISHIDA²⁾ and Keiji TAKEMURA³⁾¹⁾ University Forests, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Hangi-cho, Shimogamo, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan²⁾ Department of Earth Sciences, Nara University of Education, Takahata-cho, Nara 630, Japan³⁾ Graduate school of Science, Kyoto University, Oiwake-cho, Kitashirakawa, Sakyo-ku, Kyoto 606-01, Japan

Pollen analysis of a core from the Ikenokochi Moor, western Japan, revealed the local vegetation history since the latter half of the late-glacial period in this area. The chronology is based on two tephra layers, the Kikai-Akahoya (6,300yr B.P.) and the Ulreung-Oki (9,300yr B.P.), and ¹⁴C dates. *Fagus crenata* and deciduous *Quercus* (*Lepidobalanus*) dominated the cool temperate forests with *Carpinus*/*Ostrya* between 12,000 and 10,000yr B.P. *Castanea*, *Celtis*/*Aphananthe* and *Zelkova* trees increased at 10,000, 8,500 and 8,000yr B.P. respectively, when *Fagus crenata* decreased gradually. Around 6,000yr B.P., *F. crenata* forests declined in response to increased temperature in the hypsithermal interval. *Quercus* (*Cyclobalanopsis*) pollen with relatively high percentages between 5,000 and 2,600yr B.P., indicates the development of the warm-temperate evergreen forest. *Cryptomeria japonica* became the most dominant species in the forests at 2,600yr B. P. Secondary forests of *Pinus densiflora*, which reflect human disturbance of the original forests, became wide spread in historic times.

Key words : Pollen analysis, Western Japan, Vegetation history, Late-glacial, Postglacial

はじめに

近年, 近畿地方北部の日本海側地域における植生史

はかなり明らかにされてきた。丹後半島^(1, 2), 三方低地⁽³⁻¹³⁾などの若狭湾沿岸では多くの最終氷期以降の植生史に関する研究がなされている。また, 琵琶湖

の西北から東北に位置する野坂山地においては平池湿原⁽¹⁴⁾で後氷期の約1,000年前以降の、山門湿原⁽¹⁵⁾で最終氷期亜間氷期以降の堆積物の花粉分析結果が報告されている。しかし、これらの研究結果と北陸地方北部や中部地方との植生史の関連を明らかにする資料は極めて少ない。

今回、野坂山地の北部に位置する池河内湿原で採取した堆積物の花粉分析の結果、晩氷期以降の植生変遷を明らかにすることができた。本研究結果は、北陸地域北部と若狭湾沿岸の植生史の関係を解明するために貴重な資料を提供するものである。

試料採取地の概要

池河内湿原は福井県敦賀市池河内（試料採取地点：北緯 35° 39' 02"，東経 136° 08' 06"）に位置し、敦賀市街から東方へ約 5 km の野坂山地の北部にある（Fig. 1）。^{14,15} 笹の川の源流部にあたり、標高 400 ~ 650 m の山地に囲まれた盆地状の地形上に形成されている。湿原の標高は 300 m、面積は約 7 ha である。周囲の地質は、粘板岩、砂岩、チャートから構成される古生界二畳系である⁽¹⁶⁾。

付近の気象状況は、年降水量 2,800 mm、最深積雪深 1 ~ 2 m⁽¹⁷⁾、暖かさの指数約 82°C・月（中の河内観測所の気象観測値から推定）であり、冷温帯と暖温帯の境界付近に位置している。

湿原周辺の山地斜面はクリーミズナラ林、アカマツ林などの二次林によって占められている。湿原内の植生は香室⁽¹⁶⁾によって詳しく報告されている。これによると、ミツガシワ、シロネ、マアザミ、ヤナギトラノオなどの水性植物群落が認められ、オオミズゴケ、ハリミズゴケが広く分布している。また、湿原周辺部から内部にハンノキ林が広がっている。

試料と方法

試料の採取は、湿原中央の湿地性草本群落の優占する地点（Fig. 1）において、ヒラー型ハンドローラーを用いて行い、表層から深度 18.85 m までの堆積物を採取した。

堆積物の層相は、次に示すように、ほとんどが木質泥炭であり、また、2 枚の火山灰層を介在している。

深度 (cm)	層相
1885-1600	木質の植物遺体を多く含む泥炭

1600-1570	有機質粘土
1570-1500	木質の植物遺体を多く含む泥炭
1500-1443	やや粘土質で分解の進んだ泥炭
1443-1441	火山灰
1441-1417	やや粘土質で分解の進んだ泥炭
1417-1406	粘土
1406-1393	やや粘土質で分解の進んだ泥炭
1393-1388	粘土
1388-1370	分解の進んだ泥炭
1370-1340	粘土
1340- 903	木質の植物遺体を多く含む泥炭
903- 900	火山灰
900- 150	木質の植物遺体を多く含む泥炭
150- 0	草本質の泥炭

この柱状試料から 2 cm の厚さで花粉分析用の試料を 39 個採取した。また、深度 410-420 cm、140-150 cm の泥炭を¹⁴C 年代測定用試料として採取した。深度 1443-1441 cm と 903-900 cm の火山灰は明瞭な層をなしていた。これらの試料について、火山ガラスの屈折率測定を温度変化型屈折率測定装置⁽¹⁸⁾によって、化学成分分析をエネルギー分散型マイクロアナライザー（EDX）⁽¹⁹⁾によって行った。

堆積物から化石花粉を抽出する方法は Takahara *et al.*⁽²⁰⁾に従った。光学顕微鏡による検鏡は通常 400 倍の倍率で行い、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、計数は各試料ごとに *Alnus* を除く高木花粉総数が 350 粒以上になるまで行った。各試料における総花粉孢子数では 500 から 1900 粒を計数した。

結 果

年代測定と火山灰

泥炭の¹⁴C 年代測定は液体シンチレーション法によって行われ、測定結果は、深度 410-420 cm の泥炭が 2,770 ± 30 yr B.P. (KSU-1772)、140-150 cm の泥炭が 150 ± 30 yr B.P. (KSU-1773) であった（半減期 5,570 年）。

深度 1443-1441 cm と 903-900 cm の火山灰層の火山ガラスの屈折率（Table 1）と化学組成（Table 2）に基づき、1443-1441 cm の火山灰は蘆陵-隠岐火山灰（U-Oki）、903-900 cm の火山灰は鬼界-アカホヤ火山灰（K-Ah）と同定された。U-Oki は約 9,300 年

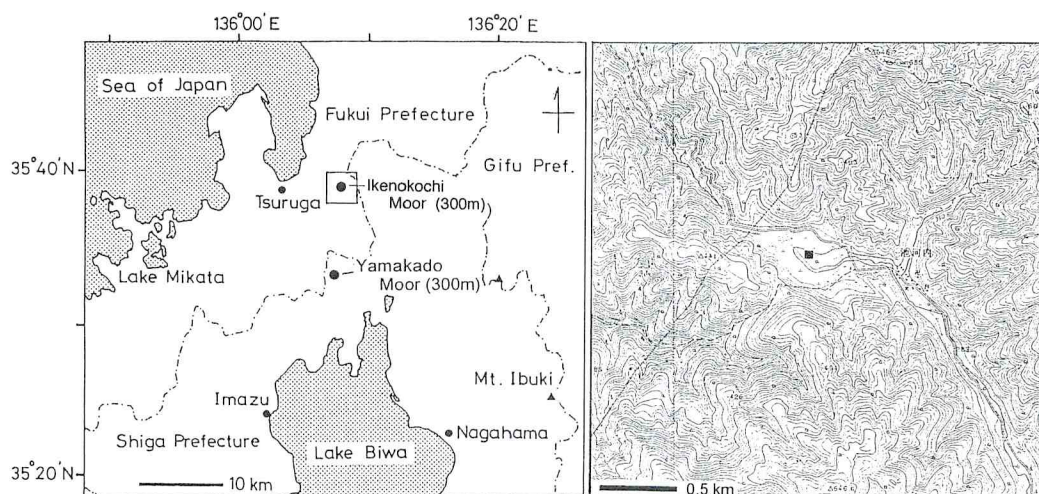


Fig. 1. Location map of the Ikenokochi Moor, Fukui Prefecture, Japan. The right-hand map is combined from parts of 1 : 25000 topographical maps of Nakanokawachi and Tsuruga issued by the Geographical Survey Institute of Japan. Solid square in the right-hand map indicates the coring site studied.

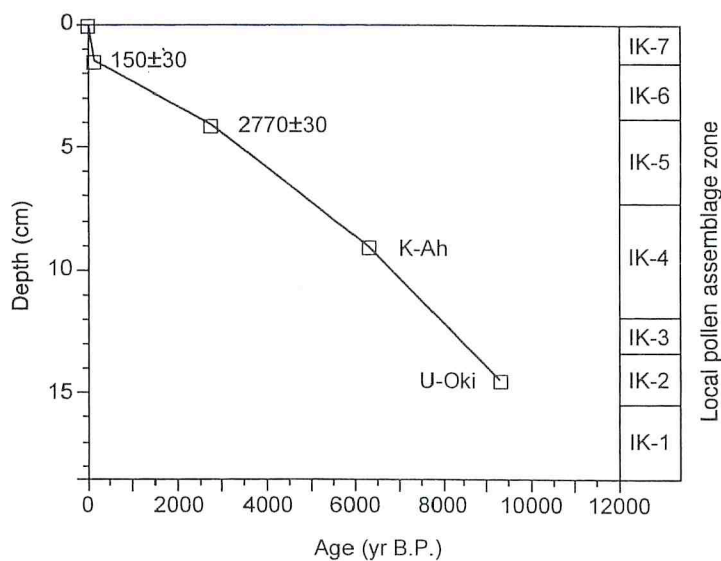


Fig. 2. Age-depth relationship of a core from the Ikenokochi Moor. Local pollen assemblage zones on the right are indicated in Fig.3.

Table 1. Refractive index of volcanic glass shards in the sediments from the Ikenokochi Moor.

Depth (cm)	Minimum	Maximum	Range	Mean	St. dev.
900-903	1.5117	1.5126	0.0009	1.5122	0.0002
1441-1443	1.5192	1.5222	0.0030	1.5211	0.0006

Each result is determined by 30 glass shards analysis.

Table 2. Major element composition of volcanic glass shards in the sediments from the Ikenokochi Moor.

Depth (cm)		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
900-903	Minimum	1.290	0.520	10.510	73.670	2.100	2.150	0.320	3.560
	Maximum	3.200	1.290	11.390	77.760	2.390	3.500	0.530	5.320
	Range	1.910	0.770	0.880	4.090	0.290	1.350	0.210	1.760
	Mean	2.386	0.884	10.933	76.473	2.274	2.635	0.425	3.989
	St. dev.	0.565	0.211	0.217	0.917	0.072	0.337	0.053	0.376
1441-1443	Minimum	2.840	0.420	16.370	64.330	4.580	1.560	0.090	3.770
	Maximum	5.840	1.160	17.780	66.720	5.410	2.800	0.460	5.850
	Range	3.000	0.740	1.410	2.390	0.830	1.240	0.370	2.080
	Mean	4.115	0.799	16.924	65.813	5.003	2.096	0.290	4.964
	St. dev.	0.713	0.222	0.395	0.534	0.254	0.252	0.082	0.451

Each result is determined by 20 glass shards analysis.

前^(21, 22), K-Ah は約 6,300 年前^(22, 23) に堆積したものである。

これらの ¹⁴C 年代測定と火山灰の年代をもとに、深度と年代の関係を Fig. 2 に示した。約 4 m 以下の堆積速度は約 0.16cm/年である。

花粉分析結果

池河内湿原堆積物から検出された各花粉、孢子の消長を Fig. 3 の花粉分布図に示した。なお、各分類群の出現率は *Alnus* を除く高木花粉総数を基数として百分率で算出したものである。また、ハイフンで属名を結んだものは両属の識別が困難であることを示している。Cupressaceae type とした分類群は Taxaceae, Cephalotaxaceae, Cupresaceae のいずれかを含んでいる。

最下層の 18.85~13.2m では *Fagus crenata*, *Lepidobalanus* が、13.2~7.3m では *Fagus crenata*, *Lepidobalanus*, *Celtis-Aphananthe* が、7.3~3.8m では *Cryptomeria*, *Fagus crenata*, *Cyclobalanopsis* が優勢である。3.8~1.3m では *Cryptomeria* が最も優勢となり、1.3m から表層までは *Pinus* と *Cryptomeria* が優勢である。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、次の IK-1~7 の花粉帯を認めることができた。

花粉帯の特徴

IK-1 帯：深度 18.85~15.3m では、*Fagus cre-*

nata が 17~40%, *Lepidobalanus* が 27~37% で最も優勢である。また、*Carpinus-Ostrya* が 9~14%, *Pterocarya* が 4~6%, *Aesculus* が 3~7% の出現率を示している。

IK-2 帯：深度 15.3~13.2m では、*Fagus crenata* が 16~31%, *Lepidobalanus* が 25~31% で最も優勢である。また、*Castanea-Castanopsis* (ほとんど *Castanea* 型) が増加し約 10% を、*Carpinus-Ostrya* が 10~14%, *Pterocarya* が 2~7% の出現率を示している。

IK-3 帯：深度 13.2~11.8m では、*Fagus crenata* が 15~18%, *Lepidobalanus* が 20~27%, *Carpinus-Ostrya* が 10~16%, *Celtis-Aphananthe* が 5~17% を示し、これらの落葉広葉樹花粉が優勢である。また、*Cryptomeria* が 6~9%, *Castanea-Castanopsis* (ほとんど *Castanea* 型) が 7~10% の出現率を示している。

IK-4 帯：深度 11.8~7.3m では、*Fagus crenata* が 5~18%, *Lepidobalanus* が 10~19%, *Ulmus-Zelkova* (ほとんど *Zelkova* 型) が 6~20%, *Celtis-Aphananthe* が 7~16% を示し、これらの落葉広葉樹花粉が優勢である。*Carpinus-Ostrya* は IK-3 帯より減少し 5-10% を、*Cryptomeria* は増減するものの最高で 13% を示している。*Cyclobalanopsis* がこの花粉帯の中部以上で 3~5% で連続的に出現する。

IK-5 帯：深度 7.3~3.8m では、*Cryptomeria* が

8から20%まで増加し、*Fagus crenata*はIK-4帯よりもやや増加し10~20%、*Cyclobalanopsis*は10~20%に急増している。また、*Lepidobalanus*は7~14%、*Ulmus-Zelkova*は減少傾向ながら6~14%を示している。

IK-6帯：深度3.8~1.3mでは、*Cryptomeria*が最も優勢で55~75%の出現率を示している。IK-5帯で優勢であった*Fagus crenata*、*Cyclobalanopsis*は、それぞれ12~5%、8~5%に減少した。また、これまで高率を示していた*Alnus*は47~10%に減少した。ほぼ連続して出現していた草本花粉の*Lysichiton*はIW-5帯の後半以降認められなくなる。

IK-7帯：深度1.3~0mでは、*Pinus*が最高48%まで増加し、*Cryptomeria*は12%まで減少するが、表層で58%まで再び増加する。草本花粉では、Gramineae, Cyperaceaeが増加し、また、低率ながら、*Fagopyrum*も出現する。

低木花粉では、*Alnus*が、IK-1~4帯においてほとんどの層準で100%以上の出現率を示し、IK-5帯以降減少傾向にある。*Ilex*は増減があるものの、IK-1~2帯、IK-5帯で比較的高い出現率を示している。草本花粉では、*Lysichiton*の出現率がIK-1~3帯で高い。

考 察

以上の結果に示した各花粉帯の花粉組成に基づいて、各時代における森林植生について考察する。

IK-1~3帯を通して、*Fagus crenata*、*Lepidobalanus*、*Carpinus-Ostrya*が優勢である。これらの分類群に加え、IK-2帯では*Castanea-Castanopsis*が、IK-3帯では*Celtis-Aphananthe*が増加する。U-Oki火山灰層とK-Ah火山灰層の降灰年代から推定して、IK-1帯は約12,000~10,000年前、IK-2帯は10,000~8,500年前、IK-3帯は8,500~8,000年前に相当する（Fig. 2）。

これらのことから判断して、約12,000年前以降の晩氷期にはブナ、コナラ亜属、クマシデ属/アサダ属などからなる冷温帯性落葉広葉樹林が形成されていた。さらに、後氷期の約10,000年前には、クリが（*Castanea*型が多いことからクリと推定される）、約8,500年前には、エノキ属/ムクノキ属が増加したことが認められる。また、IK-1~3帯の低木と草本の花粉組成から、12,000~8,000年前に、池河内は、ハンノキが繁茂しミズバショウなどの草本が生育する湿

地であったと考えられる。

IK-2帯のU-Oki火山灰降灰後に*Pinus*、*Cryptomeria*、*Fagus japonica*、*Fraxinus*などが一時的に増減する。このことは、U-Oki火山灰の降灰が森林に何らかの影響を及ぼした可能性を示していると考えられる。

IK-2帯からIK-4帯にかけて冷温帯要素の*Fagus crenata*はやや減少傾向にある。さらに、このIK-4帯では暖温帯要素である*Cyclobalanopsis*がやや増加し始め、*Ulmus-Zelkova*、*Celtis-Aphananthe*の花粉が増加する。これらのことから、気候の温暖化が進んだものとみることができる。

IK-4帯は、Fig. 2から推定して、約8,000~5,000年前に相当する。この花粉帯で増加する*Ulmus-Zelkova*花粉は*Zelkova*型がほとんどであったことから、ケヤキが増加したものと考えられる。花粉組成から、この時代、池河内湿原周辺にはブナ、コナラ亜属、ケヤキ、エノキ属/ムクノキ属、クマシデ属/アサダ属などの落葉広葉樹を中心とし、これにスギを伴う森林が形成されていたと考えられる。また、*Fagus crenata*花粉は約6,000年前前後に最も減少している。この時期は、後氷期の高温期（hypsi-thermal interval）にあたるため、池河内周辺のブナ林は気温の上昇のため衰退したと考えられる。

IK-5帯はFig. 2から推定して、約5,000~3,000年前に相当する。このことと、IK-5帯の花粉組成から、約5,000年前に、池河内周辺にアカガシ亜属の優勢な森林が形成されたことが認められる。しかし、*Fagus crenata*花粉の出現率も増加し、*Cyclobalanopsis*とほぼ同じことから、池河内の盆地を取り囲む斜面ではアカガシ亜属の優勢な森林の上部にブナ林が発達したと考えられる。この時代には、アカガシ亜属が優勢となり、ブナ林が再び発達することから、アカガシ亜属が生育できる範囲内での気温低下が示唆される。近畿地方で照葉樹林が最も優勢となったのは5,000~4,000年前であり、高温期の頂点である6,000年前よりも遅れている⁽²¹⁾。また、スギは前時代から引き続き増加傾向にあった。

IK-6帯の花粉組成から、約2,600年前以降にスギの最も優勢な森林が形成されたことは明らかである。*Cryptomeria*が増加するにしたがって*Alnus*は減少している。このことから、これまで過湿な環境にあった盆地が、何らかの原因によって、適潤な立地に変化し、スギが盆地およびその周辺を中心に広がったものと考えられる。このスギの増加については後述する。

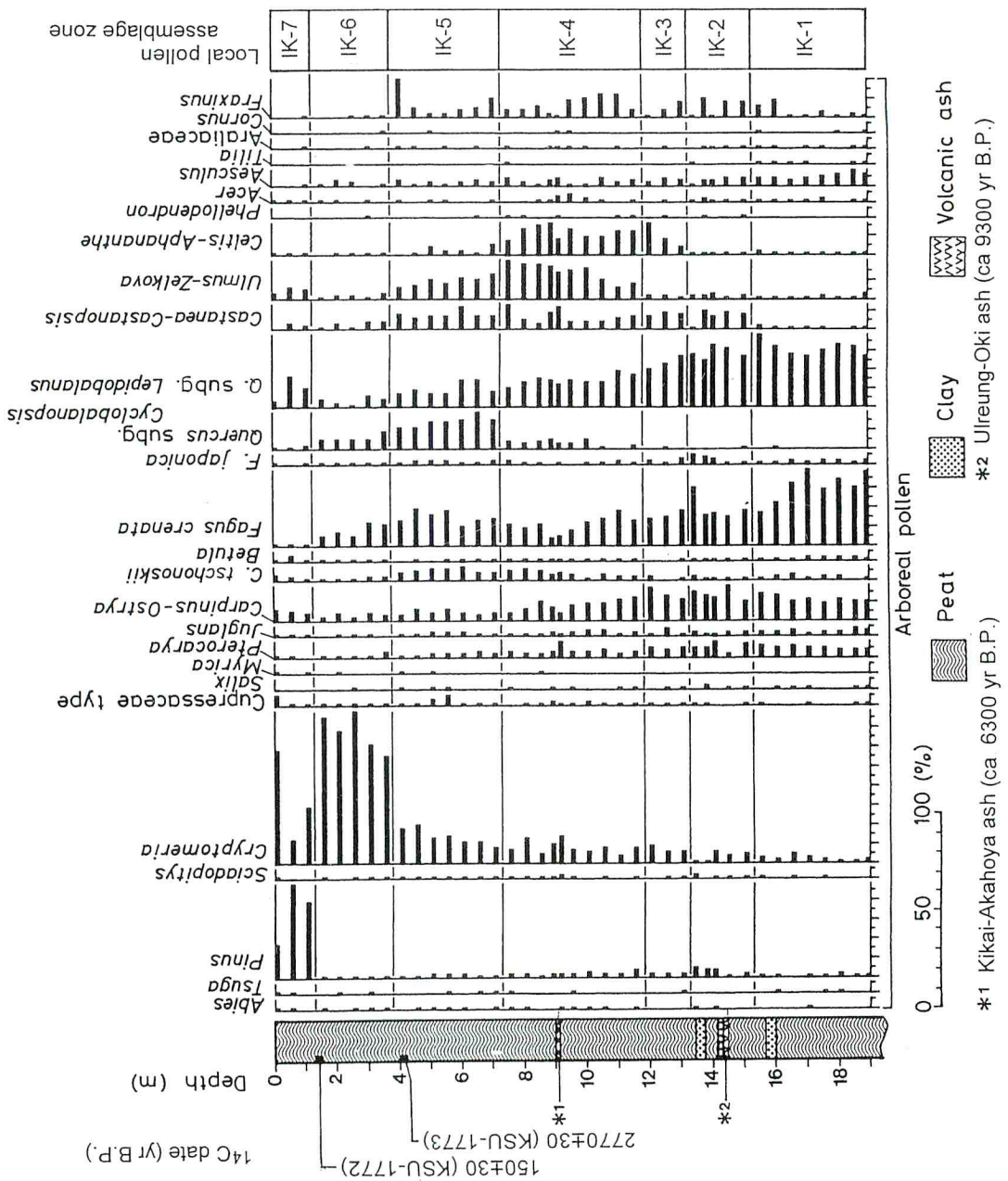
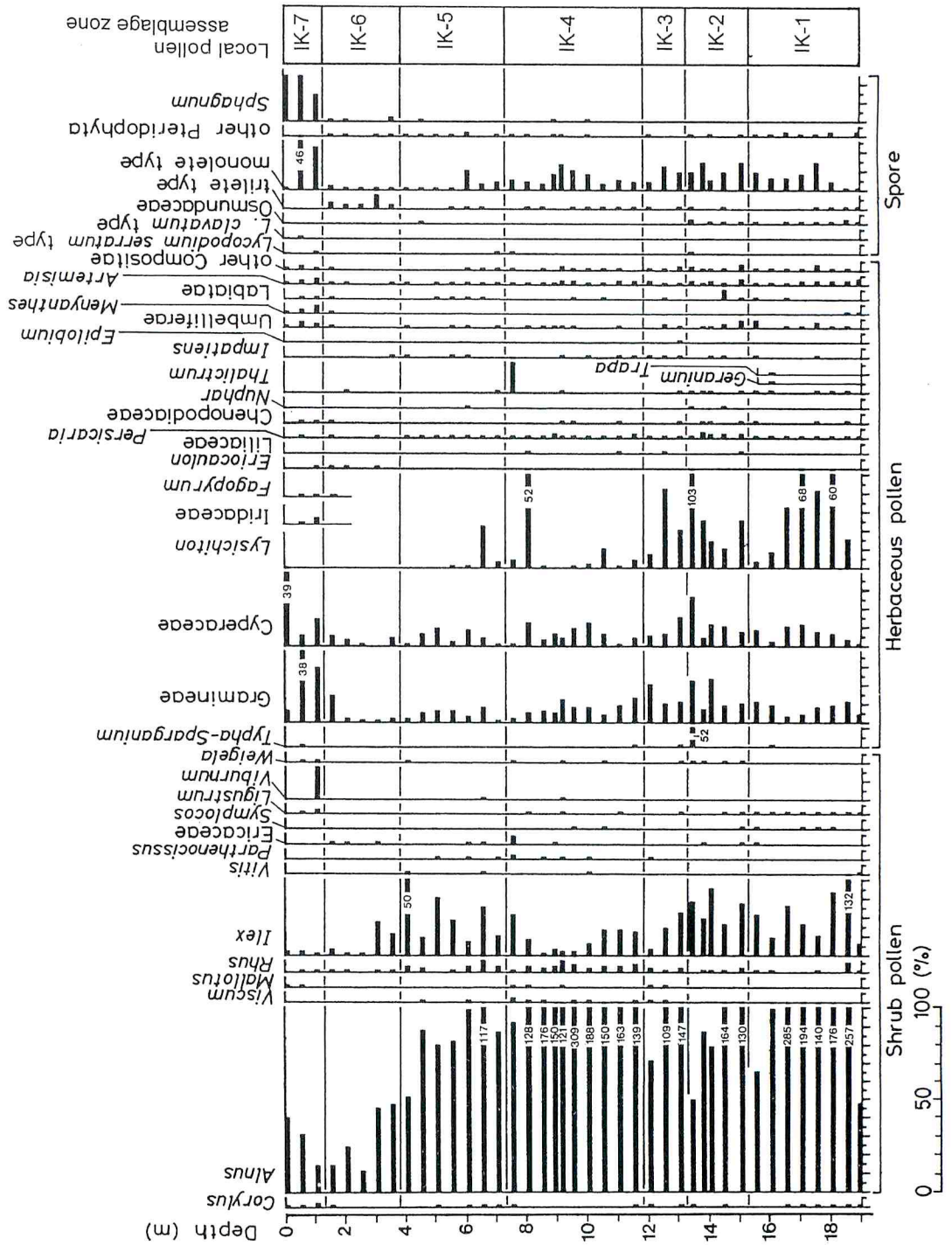


Fig. 3. Percentage pollen diagram of the core from the Ikenokochi Moor. The percentage values for each taxon are based on the sum of arboreal pollen grains except *Alnus* pollen in each sample.



過湿な立地にはハンノキが生育していたであろう。*Fagus crenata* と *Cyclobalanopsis* 花粉の出現率は低下するものの、*Cryptomeria* に次いで高いことから、湿原周辺の斜面にはブナ、アカガシ亜属が前時代と同様に分布していたと考えられる。

後氷期後期には、三方低地でスギ林が広く分布していたことが、埋没林の研究から明らかになっている^(8-10, 12, 13)。また、池河内湿原西方4 km に位置し、標高47mの中池見においても、2,000~2,500年前のスギの埋没木が認められている⁽¹¹⁾。

IK-7帯の花粉組成は、池河内湿原周辺の自然林が破壊され、現在の湿原周辺に分布するようなアカマツ林に移行したことを示している。また、*Fagopyrum* 花粉の出現はソバが栽培され、農耕が行われたことを示している。表層での *Cryptomeria* の増加はスギ人工林の影響である。

野坂山地における後氷期の森林変遷

これまでに述べた池河内湿原の花粉分析結果を、池河内の南方約11kmに位置する山門湿原(標高300m)の結果⁽¹⁵⁾と対比して(Fig. 4)、野坂山地における森林変遷について考察する。池河内湿原の堆積物は晩氷期以降、山門湿原の堆積物は最終氷期亜間氷期以降の森林変遷を示しているが、ここでは、両地点における晩氷期以降の植生変遷を検討する。

池河内湿原周辺では、約12,000年前以降の晩氷期後期には、ブナ、コナラ亜属、クマシデ属/アサダ属などからなる冷温帯性落葉広葉樹林が形成されていた。山門湿原では、約12,000年前から後氷期初期にかけての堆積物が欠けていると考えられ、詳細は明らかでないが、池河内湿原や丹後半島の大フケ湿原の結果⁽²⁾から推定して、ブナなどを中心とする冷温帯性落葉広葉樹林が形成されていたものとみられる。

約10,000年前以降の後氷期初期になると、池河内湿原周辺ではブナがやや減少し、クリが増加する。約8,500年から5,000年前には、池河内湿原周辺ではブナ、コナラ亜属などの冷温帯性落葉広葉樹林とエノキ属/ムクノキ属、ケヤキなどの優勢な暖温帯性の落葉広葉樹林が形成された。また、スギは増加傾向が認められるが、少なかった。山門湿原ではK-Ah降灰以前からスギが優勢で、コナラ亜属やブナ、クリなどを伴う森林が形成され、また、わずかながらエノキ属/ムクノキ属の増加も認められた。

照葉樹林の主要構成要素である *Cyclobalanopsis* の花粉が増加するのは両湿原ともK-Ah降灰層準よ

り上の層準である。野坂山地でのアカガシ亜属の増加開始期は約5,000年前であった。この年代は三方低地^(6, 7)と同様に近畿地方の太平洋側や内陸地域よりも遅れている。

スギに関してみると、池河内湿原において、スギは約5,000年前以降増加傾向にあるが、最も優勢となったのは約2,600年前以降であった。先に述べたように、池河内でのスギの増加原因は、立地的な要因が考えられたが、約3,000年前以降は、西日本の各地でスギが増加する時代でもあり、冷涼で降水量の多い気候が想定されている⁽²⁰⁾。一方、山門湿原周辺では、スギは晩氷期初期から増加し、後氷期中期までに最も優勢となっていた。このように、スギが最も優勢となる年代は池河内湿原では山門湿原よりもかなり遅れている。池河内湿原は山門湿原の北11kmに位置しており、両湿原の地理的な隔たりは小さく、また、両湿原の標高はほぼ同じ300mである。山門湿原周辺の後氷期におけるスギ林の変遷は、若狭湾沿岸の丹後半島⁽²⁾や三方低地^(6, 7)と類似している。ほぼ同じ気候条件下にありながら、スギの最も優勢になる年代が、池河内湿原で後氷期後期まで遅れた理由は、現在のところ明確ではない。この点については、今後さらに当地域の植生変遷に関する資料を集積して検討する必要がある。

池河内湿原、山門湿原とさらに野坂山地の西部に位置する平池湿原でも、堆積物の上部では *Pinus* 花粉が増加している。これは、歴史時代以降、人類による自然林の破壊が顕著になり、アカマツ林が広がったことを示している。このアカマツ林増加の年代は、¹⁴C年代測定によると平池湿原では約700年前、山門湿原周辺では約300年前、池河内湿原周辺では約150年前であった。このように、アカマツ林が増加し始める年代は各地で一致していない。この原因は、年代測定が表層に近い浅い層準でなされているため、湿原上に生育する植物の根などの影響を受けている可能性があると考えられる。この年代については、さらに詳細な検討が必要である。

今後、若狭湾沿岸地域から北陸地方北部にかけての日本海側地域で、照葉樹林やスギ林がどのように変遷したかを解明するために、北陸地方北部における連続した堆積物の花粉分析学的な研究が望まれる。

要 約

福井県敦賀市池河内湿原から得られた18.5mの堆積物の花粉分析の結果、晩氷期以降の池河内湿原周辺

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 および U-OkI 火山灰を介在していた。各花粉帯の花粉組成から考察された池河内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。

約 12,000 年前以降の晩氷期には、ブナ、コナラ亜属、クマシデ属／アサダ属などからなる冷温帯性落葉広葉樹林が形成されていた。後氷期初期の約 10,000

年前にはクリが、約 8,500 年前にはエノキ属／ムクノキ属が、約 8,000 年前にはケヤキが増加した。約 6,000 年前前後には、気温の上昇によってブナ林が衰退した。約 5,000 年前以降にはアカガシ亜属の優勢な森林が形成されたが、その上部にブナ林も再び発達した。さらに、約 2,600 年前にはスギの最も優勢な森林が形成された。歴史時代以降には人間活動の影響によりアカマツ林が広がった。

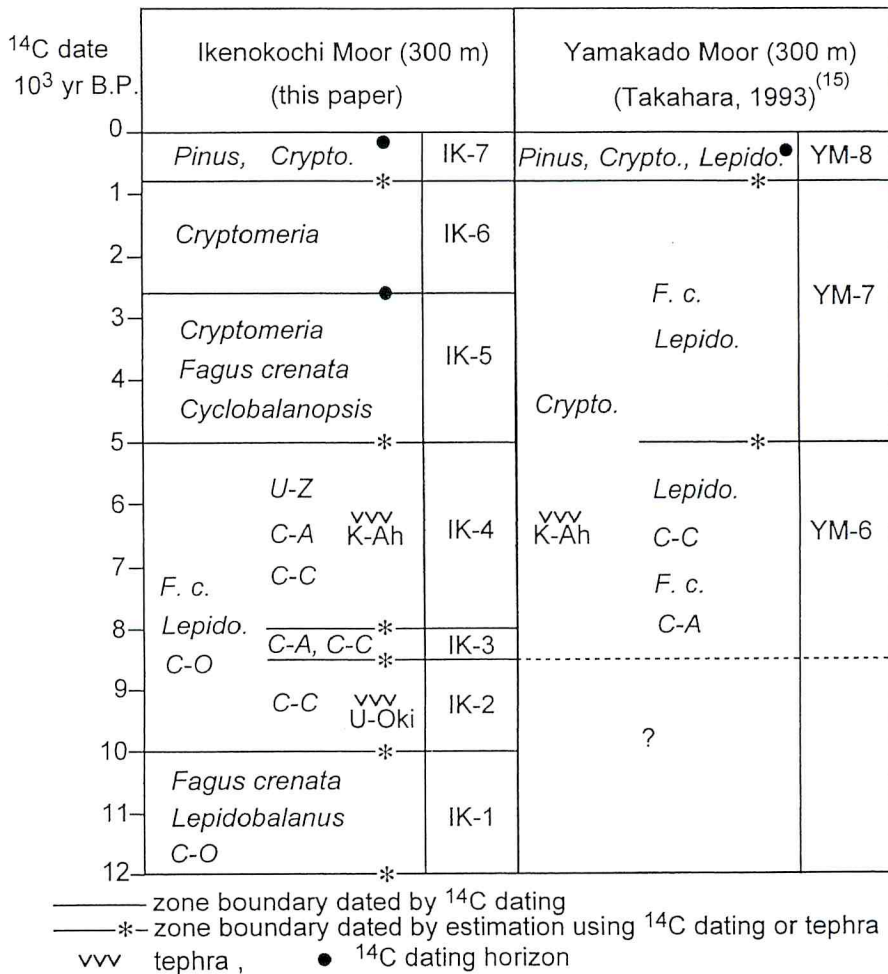


Fig. 4. Correlations between local pollen assemblage zones since the latter half of the late-glacial period in the Nosaka Mountains, against a time scale of radiocarbon dates yr B.P. In each zone, principal fossil pollen taxa are shown. C-A : *Celtis-Aphananthe*; C-O : *Carpinus-Ostrya*; C-C : *Castanea-Castanopsis*; *Crypto.* : *Cryptomeria*; *F.c.* : *Fagus crenata*; *Lepido.* : *Quercus* subgenus *Lepidobalanus*; U-Z : *Ulmus-Zelkova*.

謝 辞

本研究を進めるに当たり、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、試料採取に際してご助力をいただいた京都府立大学農学部造林学研究室の方々に心から感謝いたします。

なお、この研究の一部は文部省科学研究費重点領域研究「文明と環境」（課題番号 04212113, 代表 三好教夫）によって行われた。

引用文献

- (1) 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).
- (2) 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森林変遷に関する花粉分析学的研究。京都府立大学博士論文, 162pp (1991).
- (3) 安田喜憲：花粉分析。鳥浜貝塚研究グループ編, 鳥浜貝塚—縄文前期を主とする低湿地遺跡の調査1—, 176-196, 福井県教育委員会 (1979).
- (4) 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).
- (5) 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).
- (6) Takahara, H. and Takeoka, M.: Postglacial vegetation history around Torihama, Fukui Prefecture, Japan. Ecological Research 7, 79-85 (1992).
- (7) Takahara, H. and Takeoka, M.: Vegetation history since the last glacial period in the Mikata lowland, the Sea of Japan area, western Japan. Ecological Research 7, 371-386 (1992).
- (8) 高原 光・伊藤孝美・竹岡政治：約3,000年前のスギカミキリ被害材と当時の森林環境。日林誌 70, 143-150 (1988).
- (9) 高原 光・竹岡政治：福井県三方郡三方町黒田のスギ埋没林。京都府大演習林報 34, 75-81 (1990).
- (10) 植田弥生・辻誠一郎：福井県三方町牛屋遺跡から出土した弥生時代以降の木材遺体群。植物地理・分類研究 38, 43-50 (1990).
- (11) 植田弥生・辻誠一郎：若狭湾沿岸、敦賀市中池見の埋没林とその放射性炭素年代。植生史研究 2(1), 29-30 (1994).
- (12) 植田弥生・辻誠一郎：三方低地帯北部, 中山のスギ埋没株とその放射性炭素年代。植生史研究 3(1), 33-35 (1995).
- (13) 辻誠一郎・植田弥生・木村勝彦：福井県三方低地帯南部における完新世湿地林の復元と古生態。植生史研究 3(2), 61-70 (1995).
- (14) 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).
- (15) 高原 光：滋賀県山門湿原周辺における最終氷期以降の植生変遷。花粉誌 39, 1-10 (1993).
- (16) 福井県自然環境保全調査研究会：福井県自然環境保全基礎調査報告書。13-28, 福井県 (1976).
- (17) 森林立地懇話会：日本森林立地図。19pp + 4図, 農林出版, 東京 (1972).
- (18) 横山卓雄・壇原 徹・山下 透：温度変化型屈折率測定装置による火山ガラスの屈折率測定。第四紀研究 25, 21-30 (1986).
- (19) 西田史朗：エネルギー分散型 EPMA 法 (EDS)。日本第四紀学会編, 第四紀試料分析法2 研究対象別分析法。東京大学出版会, 189-199 (1992).
- (20) Takahara, H., Yamaguchi, H. and Takeoka, M.: Forest changes since the late glacial period in the Hira Mountains of the Kinki region, Japan. J. Jpn. For. Soc. 71, 223-231 (1989).
- (21) 新井房夫・大場忠道・北里 洋・堀部純男・町田 洋：後期第四紀における日本海の古環境—テフロクロノロジー, 有孔虫群集解析, 酸素同位体比法による—。第四紀研究 20, 209-230 (1981).
- (22) 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).
- (23) 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).
- (24) 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。京都府大演習林報 38, 89-112 (1994).