

山中湖湖底堆積物に記録された過去2500年間の環境変遷史 — 花粉の運搬・堆積過程の基礎的研究とその応用 —

小杉正人*・池田光理*・遠藤邦彦*

Environmental history during the last 2500 years recorded in sediments of Lake Yamanaka, based on the fundamental study of transportation and sedimentation of pollen grains

Masato Kosugi*, Mitsuri Ikeda* and Kunihiro Endo*

Abstract : Environmental history during the last 2500 years around Lake Yamanaka in the neighbor region of Fuji volcano, was reconstructed based on paleoecological information as fossil pollen and diatom assemblages, and stratigraphical one as tephra and radio-carbon analyses. The study was progressed by three steps as follows ;

- 1) Transportation and sedimentation patterns on pollen grains were researched in the present environments in and around the lake, by means of comparison in the distribution of pollen grains in surface sediments with that of surrounding vegetation.
- 2) Sequence on sedimentary environments in the lake was reconstructed based on fossil diatom assemblages in the bore-hole core sample obtained from the central part of the lake.
- 3) Vegetational history around the lake was reconstructed based on fossil pollen assemblages from the bore-hole core and datings using tephrochronology and radio-carbon method.

As a result, the history of Lake Yamanaka and the surrounding vegetation during the last 2500 years was evidently clarified as follows ;

- (1) 2500-1850 years BP. when Lake Yamanaka was not formed yet, the swampy land had been expanded in the valley.
- (2) The lava flow, erupted from the Fuji volcano, abruptly dammed up to make Lake Yamanaka at about 1850 years BP.
- (3) Contrary to the dramatic formation of the lake, conifer forest composed of *Cryptomeria* and *Larix*, and temperate broad-leaved deciduous forest composed of *Quercus* subgenus *Lepidobalanus* had kept to be distributed around the lake. The vegetation suggests the climate at the time was not so different from that of the present.
- (4) At about 1000 years BP., the vegetation around the lake changed to be dominant in the temperate broad-leaved deciduous forest mainly composed of *Quercus* subgenus *Lepidobalanus* and decreased in *Cryptomeria*. And the lake level commenced to be lowered. Those suggest that the climate changed relatively drier and warmer at the time.
- (5) At about 300 years BP., *Cryptomeria* conifer forest has been growing up to be dominant again around the lake. The temperature of the lake water was relatively lowered and the lake area was expanded. Those suggest that the climate at the time became wetter and cooler, and that the peculiar climate corresponds to the "Little Ice Age".

* 日本大学文理学部応用地学教室

Department of Earth Sciences, College of Humanities and Sciences, Nihon University : 3-25-40, Sakurajousui, Setagaya-ku, Tokyo, 156 Japan

は じ め に

花粉化石は微小で、かつ保存性が極めて良いため、少量の堆積物から過去の環境についての多くの情報を普遍的に得ることが可能である。このため、ふるくから古植生や古気候などの古環境復元の指標としてよく利用されてきた。しかし、花粉の動態に関する基礎的研究（たとえば Muller, 1959 などの先駆的研究）が進み、植物群ごとに異なる花粉の生産量や運搬・堆積過程の複雑さの実態が次第に明らかにされるようになると、対象とした花粉化石群集がどの範囲の植生を反映し、いかなる運搬・堆積過程を経て最終的に形成されてきたのかといった基礎的な情報の必要性が強く認識されるようになってきた（辻, 1979, 1986; 松下, 1988などの総説を参照）。

花粉化石群集の古生態解析の精度を上げるためには、現在の環境下における植物群ごとに異なる花粉生産量やその運搬・堆積の特性などの動態研究と、過去の環境下での花粉化石群集の形成過程の研究とを関連させながら総合的に行うことが1つの方策であろう。そこで、筆者らは周囲の植生分布調査が進んでおり、湖の形成過程と現在に至る変遷史の検討が比較的容易と考えられる溶岩堰止め湖である山梨県山中湖をとりあげ以下のプロセスで研究を進めた。

- 1) 湖深部・湖岸部、周辺山麓部において表層堆積物中の花粉分析を行い、現植生の分布との比較から、植物群および堆積環境の違いによる花粉の運搬・堆積状況を明らかにする。
- 2) 山中湖湖心部で得られたボーリングコアの珪藻化石群集の分析を行い、湖の堆積環境の変遷過程を復元する。
- 3) 珪藻分析により堆積環境の変遷過程が明らかにされた湖心部ボーリングコアの花分析を行い、花粉の運搬・堆積状況を考慮しながら花粉化石群集の層位変化の意味を検討する。

調査地域の概要および試料、方法

1. 調査地域の概要

富士五湖の1つである山中湖は、富士火山の北東約15 kmに位置し、周囲を富士山、丹沢山、道志山などの山麓斜面に囲まれている。山中湖の面積は6.7km²、水深は最深部で13mの東西に長い湖である。湖面の標高は約983 mあり、富士五湖の中で最も高位置にある。湖水は周辺斜面からの表流水や地下水、河川水によって涵養されている。また、排水河川として桂川があり、現在湖水位の変動は他の4湖に比べ小さい。

山中湖の周囲の植生は、自然植生としては土壌の発達の良い場所にはクリーミズナラ群落が優占し、局所的にイヌブナ、ツガ、コメツガ、ウラジロモミ、ハリモミなどの群落がみられる。二次林としてはアカマツ林が湖の北～西部に発達している。新しい火山灰の被覆の顕著な場所にはカラマツススキ群落が優占している。現在、植林としてカラマツ林が広く覆い、ヤマハンノキ、シラビソの植林もみられる。こうした植生分布から、山中湖周辺はおおむね冷温帯～亜高山帯下部の植生帯に属しているとみなされる。

山中湖をはじめとする富士五湖の形成に新富士火山の活動が深く関わってきたことは、ふるくから多くの研究が重ねられ（田中, 1920, 1921; 石原, 1928; Tsuya, 1968; 田場ほか, 1990; 遠藤ほか, 1992; 小杉ほか, 1992）、もはや疑問の余地はない。このうち、山中湖については珪藻骸泥の沈積によって均質な細粒物が急速に堆積しており、しかも、その堆積物中に新富士火山を給源とする多数のテフラが挟在することから、この湖底堆積物を自然科学的手法によって解析することにより、分解能の高い古環境記録を得ることが可能である。

2. 試 料

① 表層花粉試料

表層花粉試料の採取は、1990年7月に行った。現在の植生を反映する表層堆積物中の花粉分析地点は、花粉の運搬・堆積過程を異にすると考えられる湖深部・湖岸部・周辺山麓部ごとに設定した。すなわち、湖深部（水深

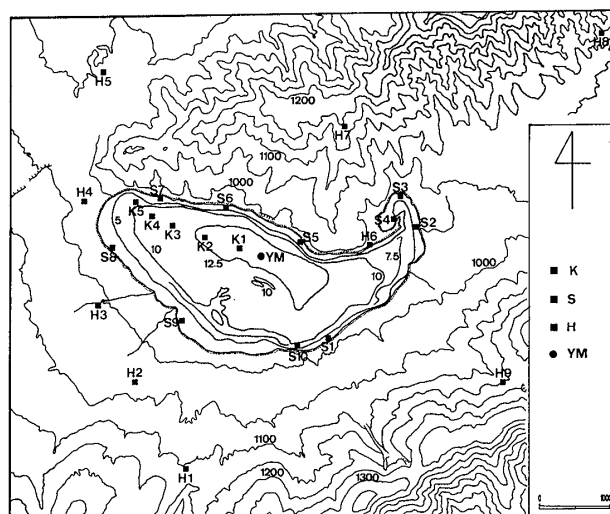


図1 山中湖および周辺域における表層花粉採取地点、ボーリングコア採取地点の位置図
K：湖深部採取地点 S：湖岸部採取地点
H：周辺山麓部採取地点
YM：湖心部ボーリングコア採取地点

9.5~13.0m) では K1~K5 の 5 地点, 湖岸部では S1~S10 の 10 地点, 周辺山麓部 (標高 950~1200m) では H1~H9 の 9 地点において花粉分析を試みた (図 1). 試料は, 湖深部では船上から手製の採泥器により, 湖岸部および周辺山麓部ではスプーンにより堆積物の最表層部数 mm を採取した. 各地点の堆積物は, 湖深部の K1~K5 地点がいずれも有機質シルト, 湖岸部については S1, S3, S6, S7, S8 地点がシルト質砂, S2, S4, S5, S9 地点がシルト混じりの砂礫, 周辺山麓部の H1~H9 地点がいずれも土壌である. なお, S1~S3 地点はカラマツ林内, S4 地点は市街地, S5 地点はハリモミ林内, S6 地点はスギ林内, S7 地点はススキ群落内, S8 地点はクレーミズナラ群落内, S9 地点はニシウツギーノリウツギ群落またはカラマツ林内にそれぞれ位置している.

② ボーリングコア試料 (YM) とその地質層序

花粉および珪藻化石群集の古生態解析を試みた湖底堆積物の採取地点 (YM) は湖の最深部中央にあたる (図 1). 図 2 に, このボーリングコアの地質柱状図を示す. 全長 255cm の堆積物は, 深度 -200cm 付近のテフラ YM-e を境に, この下位が一部土壌化した緑色有機質シルト, 上位が褐色シルト (珪藻骸泥) からなる. この一連の堆積物中には, 上位から YM-a~YM-h の 8 枚の一次珪積テフラが挟在し, このうち最上位の YM-a が富士

宝永火山灰 (Ho: AD. 1707 年降下) に, YM-b~YM-d が富士湯船第 3 スコリア・グループに, YM-e~YM-h が富士湯船第 2 スコリア・グループに, それぞれ対比された (遠藤ほか, 1992). また, ^{14}C 年代が 4 層準で測定され, 下位の緑色有機質シルトから 2470 ± 170 , 2460 ± 170 , 1830 ± 260 , 1830 ± 170 years BP. の値が, 上位の褐色シルトの下部から 1890 ± 170 years BP. の値がそれぞれ得られた (遠藤ほか, 1992). 花粉および珪藻化石群集の検討は 16 の層準について行った.

3. 方法

① 花粉分析

KOH-アセトリシス法により濃集した花粉化石をグリセリン・ゼリーで封入し花粉プレパラートを作成した. 群集の組成は, 400 倍の光学顕微鏡を用いた直線視野法により, 樹木花粉を約 300 個観察, 同定して求めた. 組成の表示は, 樹木花粉を基数にして % で示した.

② 珪藻分析

過酸化水素による有機物の分解・珪藻殻の分離, 遠心洗浄・殻の濃集, マウントメディア (和光純薬製) による封入・プレパラート作成, の順に行った. 群集の組成は, 1000 倍の光学顕微鏡を用いた直線視野法により, 珪藻化石を約 200 個観察・同定して求めた.

山中湖とその周辺域の花粉の運搬・堆積パターン

湖深部, 湖岸部, 周辺山麓部において表層堆積物中の花粉 (以下表層花粉と呼ぶ) とその供給源である母植物の分布の比較から, 花粉の運搬・堆積の状況を検討した.

図 3~15 に, 山中湖周辺における花粉分類群ごとの出現率の分布と, それぞれの花粉に対応する母植物の分布範囲を示す. ここで取り上げた花粉は, 後述の湖底堆積物から化石として出現し山中湖周辺の植生史を復元するうえで重要な構成要素と考えられたものである. また, 母植物の分布範囲は, 環境庁編集の自然環境保全基礎調査 1/5 万現存植生図「山中湖」を基に筆者らの調査の結果を加えて示したものである.

以下, 各表層花粉の分布状況を記述し, 母植物の分布との関係からその運搬・堆積パターンを考察してみた. なお, 全ての地点の花粉群集の組成については表 1 に示す.

① *Abies* (モミ属): 図 3

Abies 花粉の母植物を含む可能性のあるウラジロモミ (*Abies*) - コメツガーハリモミ群落, ウラジロモミ植林は, 山中湖周辺では湖の北西部 1~2 km の場所と, 湖

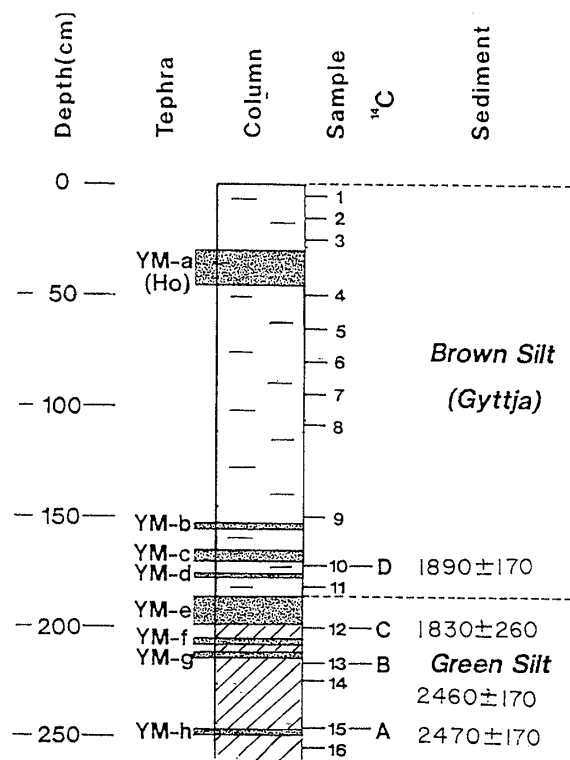


図 2 山中湖最深部ボーリング試料の地質層序 (小杉ほか, 1990)

② *Tsuga* (ツガ属) : 図4

Tsuga 花粉の母植物を含む可能性のあるウラジロモミ-コメツガ (*Tsuga*) -ハリモミ群落, ツガ (*Tsuga*) -コカンスゲ群落は, 山中湖周辺では湖の北西部1~2 kmの場所にまとまって, また北東山麓部に散在的に分布する. この他, 周辺山麓の亜高山帯にはコメツガ, ツガが生息しており, より遠方の花粉の飛来も考えられる.

表層花粉の出現率は, 全地点で2.9%以下と高くはな

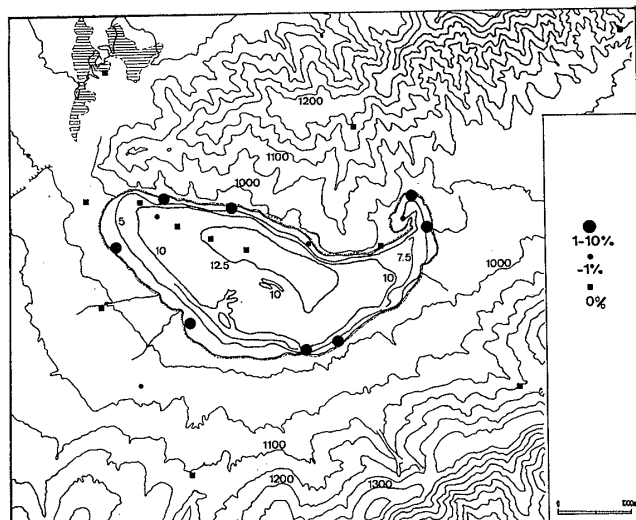


図5 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Picea* (トウヒ属) 花粉の分布
横線部は, *Picea* 花粉の母植物を含む可能性のあるウラジロモミ-コメツガ-ハリモミ (*Picea*) 群落の分布域を示す.

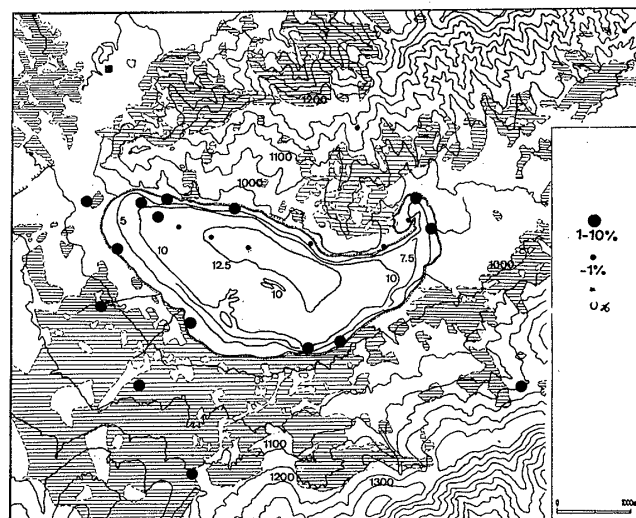


図6 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Larix* (カラマツ属) 花粉の分布
横線部は, *Larix* 花粉の母植物を含む可能性のあるカラマツ植林の分布域を示す.

いが, S8 地点を除く全地点から検出され, この花粉は低率ながら広く均質に分布すると考えられる.

③ *Picea* (トウヒ属) : 図5

Picea 花粉の母植物を含む可能性のあるウラジロモミ-コメツガ-ハリモミ (*Picea*) 群落は, 山中湖周辺では湖の北西部1~2 kmの場所にまとまって分布する.

表層花粉の出現率は, 全地点で3.4%以下と低いが, 細かくみると湖岸部で相対的に高い傾向があり, 湖深部では K4 地点のみ, 山麓部では H2 地点のみでわずかに検出されたに過ぎない(ともに1%以下).

④ *Larix* (カラマツ属) : 図6

Larix 花粉の母植物を含む可能性のあるカラマツ植林は, 山中湖周辺では湖周辺の湖岸平野から周辺山麓に広くまとまって分布する. この他, 周辺山麓一帯にはカラマツが広く生息しており, より遠方の花粉の飛来も考えられる.

表層花粉の出現率は全地点で3.4%以下と低いが, H5 地点を除く全地点から検出され, 広く均質に分布すると考えられる. この花粉の出現率は, 母植物の被度に対して過小評価されているとみなされる.

⑤ *Pinus* (マツ属) : 図7

Pinus 花粉の母植物を含む可能性のあるアカマツ群落または植林は, 山中湖周辺では湖の西2 km, 北西2 kmの場所にまとまって分布するほか, 北や南東の湖岸平野・山麓部に散在する. この他, アカマツは現在二次林として温帯域に広く分布しており, より遠方の花粉の飛来も考えられる.

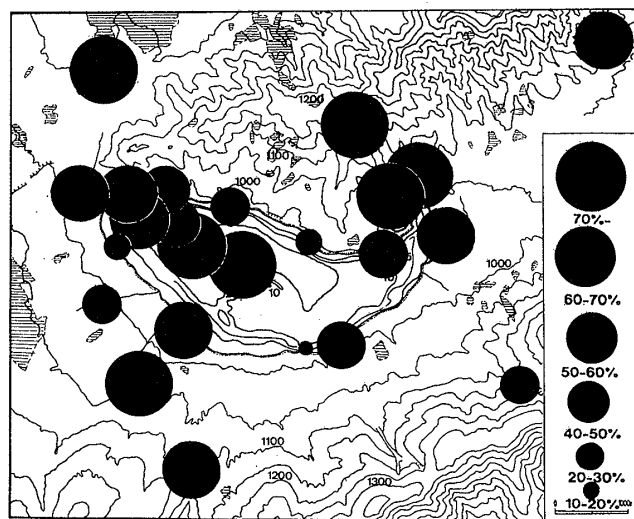


図7 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Pinus* (マツ属) 花粉の分布
横線部は, *Pinus* 花粉の母植物を含む可能性のあるアカマツ群落または植林の分布域を示す.

表層花粉の出現率は、全体で12.8%~74.8%と大きく変動するが、堆積環境による集積傾向はみとめられなかった。また、多くの地点で表層花粉の出現率が50%を越えており、母植物の被度に対し過大評価されている。

⑥ *Cryptomeria* (スギ) : 図8

現生のスギ属の花粉は、すべてスギ (*Cryptomeria japonica*) に由来するとみなされる。スギは山中湖周辺では湖北方の山麓斜面に広く分布する。この他、スギは温帯域に広く分布しており、より遠方の花粉の飛来も考

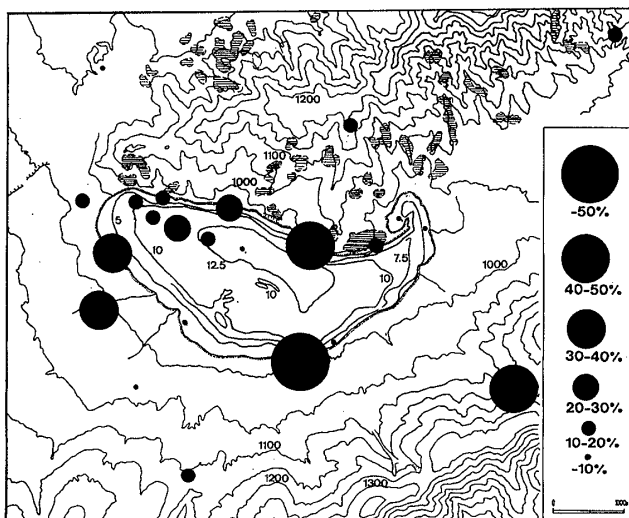


図8 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Cryptomeria* (スギ) 花粉の分布
横線部は、*Cryptomeria* 花粉の母植物を含む可能性のあるスギ群落の分布域を示す。

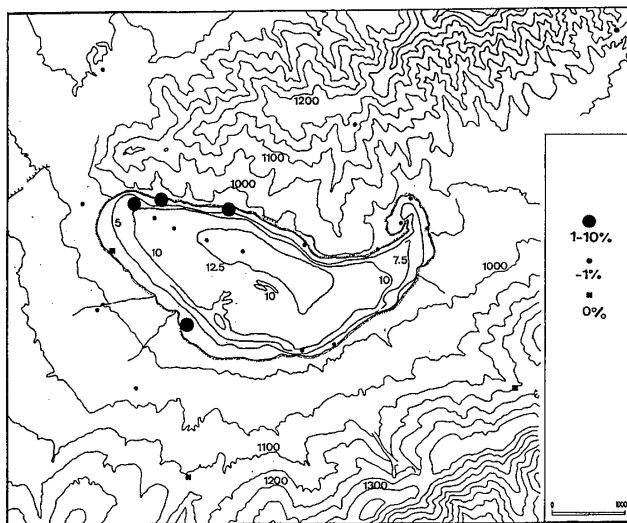


図9 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Betula* (カバノキ属) 花粉の分布
Betula 花粉の母植物は、現在山中湖周辺にはほとんど分布しないが、周辺山麓の亜高山帯下部にシラカンバが、同上部にはダケカンバがそれぞれ生息している。

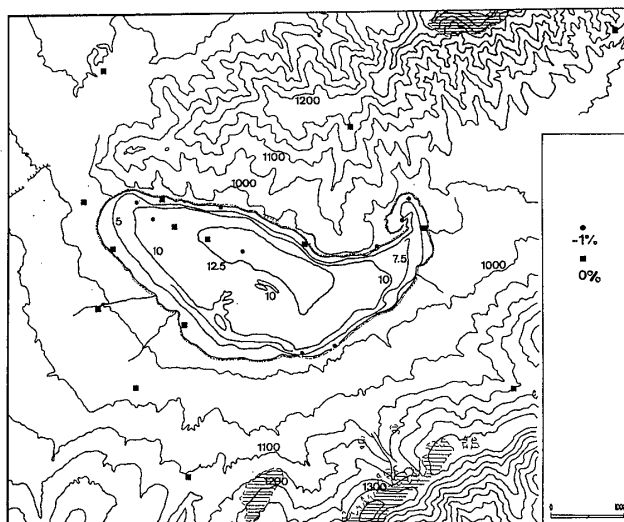


図10 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Fagus* (ブナ属) 花粉の分布
横線部は、*Fagus* 花粉の母植物を含む可能性のあるイヌブナ群落、ヤブコウジブナ群落、オオモミジガサブナ群落の分布域を示す。

えられる。

表層花粉は、全地点から検出され、その出現率は、2.2~70.0%と大きく変動するが、堆積環境による集積傾向はみとめられなかった。表層花粉の出現率は、母植物の被度に対し過大評価される地点が多い。

⑦ *Betula* (カバノキ属) : 図9

Betula 花粉の母植物は、現在山中湖周辺にはほとんど分布しないが、周辺山麓の亜高山帯下部にシラカンバが、同上部にはダケカンバがそれぞれ生息しており、山中湖周辺の表層花粉はこうした場所から飛来したものである可能性が高い。

表層花粉の出現率は、湖岸部の S6 地点 (7.0%), S7 地点 (1.7%), S9 地点 (1.6%), 湖深部の K5 地点 (2.0%) でやや高い傾向がある。全体的には、S8, H1, H9 の3地点を除く全地点において低率ながら広く検出されている。

⑧ *Fagus* (ブナ属) : 図10

Fagus 花粉の母植物を含む可能性のあるイヌブナ群落、ヤブコウジブナ群落、オオモミジガサブナ群落は、山中湖周辺では湖の南方2km、北東3kmの場所にややまとまって分布する。この他、周辺山麓の温帯域にはブナの分布がみられ、より遠方の花粉の飛来も考えられる。

表層花粉の出現率は、全地点で1.0%以下と低い、その出現は湖深部・湖岸部に限られ、山麓部ではほとんど検出されなかった。この表層花粉の出現率は、母植物の被度に対しやや過小評価される傾向がある。

⑨ *Quercus* (コナラ属) : 図11

Quercus 花粉の母植物を含む可能性のあるクリーミズナラ群落は、山中湖周辺ではカラマツ植林に次いで広範囲をおおう。この他、周辺山麓の温帯域にはミズナラやコナラが広く分布しており、より遠方の花粉の飛来も考えられる。

表層花粉の出現率は、全体で0.2~9.2%とさして高くはないが、湖岸部の S1 地点(7.0%), S5 地点(7.7%), S8 地点(9.2%), 湖深部の K1 地点(6.2%), K5 地点(6.7%)において相対的に高率となる傾向がみとめられる。全体的にはこの表層花粉の出現率は、母植物の被度に対しやや過小評価される傾向がある。

⑩ *Ulmus-Zelkoba* (ニレ・ケヤキ属) : 図12

Ulmus-Zelkoba 花粉の母植物は、現在山中湖周辺ではまとまった分布はみられないが、温帯域では普遍的にみられる要素であることから、山中湖周辺を含む広範囲から飛来した可能性が高い。

表層花粉の出現率は、全体で0.6~22.9%とやや変動するが、堆積環境による集積傾向はなく、全ての地点から広く検出された。

⑪ *Gramineae* (イネ科) : 図13

草木の *Gramineae* 花粉の母植物は、山中湖の湖畔をはじめ森林の林床、河川沿い、山麓斜面など広く多様な場所に分布している。

表層花粉の出現率は、全体で0.2~22.9%とやや変動が大きい。このうち、S1 地点(10.4%), S2 地点(10.2%), S3 地点(6.0%), S4 地点(6.6%), S6 地点(5.8%)など湖岸部で相対的に出現率が高い。また、

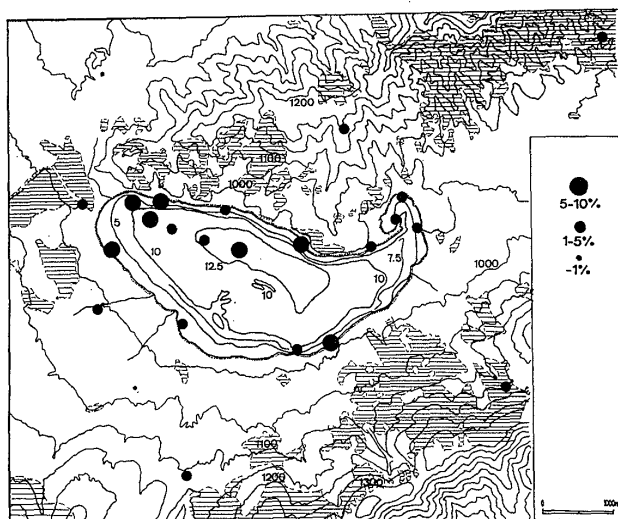


図11 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Quercus* (コナラ属) 花粉の分布

横線部は、*Quercus* 花粉の母植物を含む可能性のあるクリーミズナラ群落の分布域を示す。

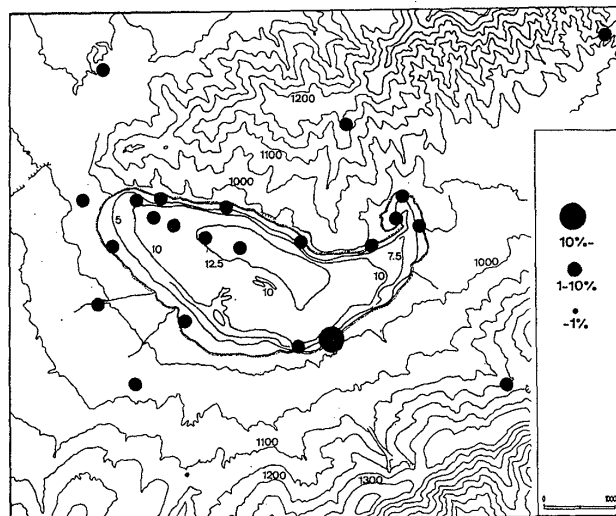


図12 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Ulmus-Zelkoba* (ニレ・ケヤキ属) 花粉の分布
Ulmus-Zelkoba 花粉の母植物は、現在山中湖周辺ではまとまった分布はみられないが、温帯域では普遍的にみられる要素である。

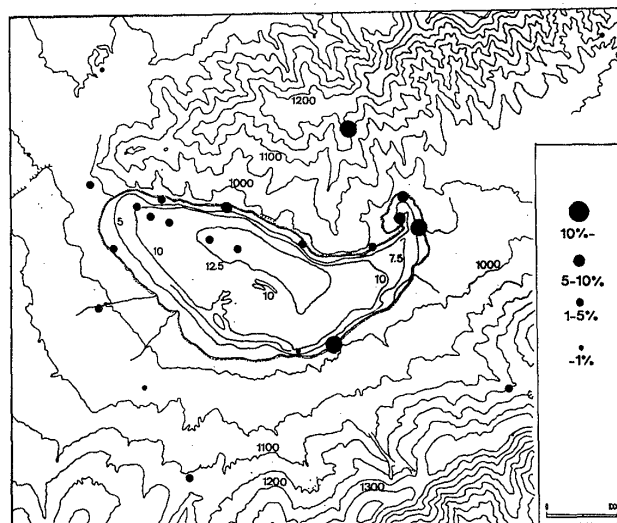


図13 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Gramineae* (イネ科) 花粉の分布

草木の *Gramineae* 花粉の母植物は、山中湖の湖畔をはじめ森林の林床、河川沿い、山麓斜面など広く多様な場所に分布している。

H7 地点(22.9%)など山麓部でも一部高率である。

⑫ *Cyperaceae* (カヤツリグサ科) : 図14

草木の花粉 *Cyperaceae* の母植物は、山中湖の湖畔をはじめ森林の林床、河川沿い、山麓斜面など広く多様な場所に分布している。

表層花粉の出現率は、S3 地点(6.6%), S7 地点(17.1%), S8 地点(6.6%), H9 地点(13.1%)など湖岸部や山麓部において高率であるが、湖深部では低率

になる傾向がみとめられる。

⑬ *Artemisia* (ヨモギ属) : 図15

草木の *Artemisia* 花粉の母植物は、山中湖の湖畔をはじめ森林の林床、河川沿い、山麓斜面など広く多様な場所に分布している。

表層花粉の出現率は、湖岸部や山麓部の一部において高率であるが、湖深部では全て1%以下の低率であった。

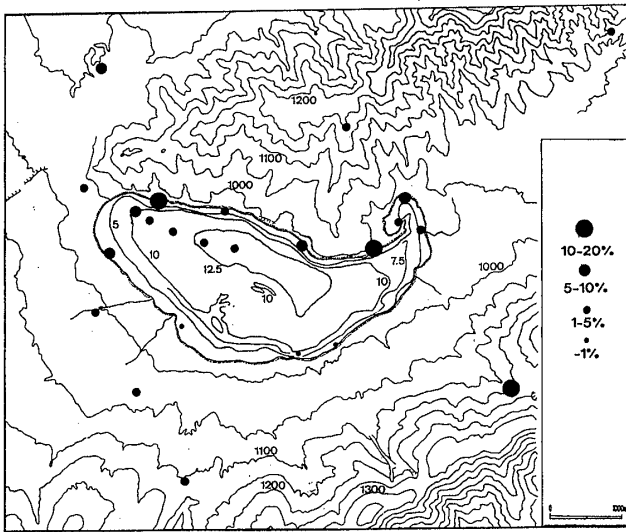


図14 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Cyperaceae* (カヤツリグサ科) 花粉の分布
草木の花粉 *Cyperaceae* の母植物は、山中湖の湖畔をはじめ森林の林床、河川沿い、山麓斜面など広く多様な場所に分布している。

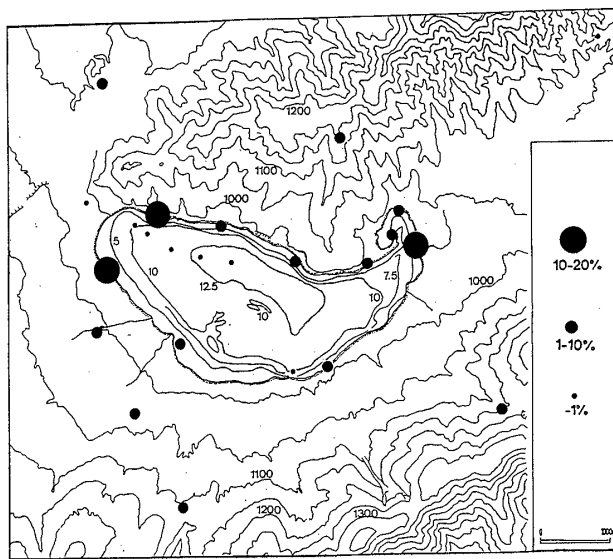


図15 山中湖および周辺域における表層堆積物中の *Artemisia* (ヨモギ属) 花粉の分布
草木の *Artemisia* 花粉の母植物は、山中湖の湖畔をはじめ森林の林床、河川沿い、山麓斜面など広く多様な場所に分布している。

2. 山中湖周辺域における花粉の堆積の類型区分

山中湖周辺域の表層堆積物中の花粉と母植物の分布の比較によってまず指摘されることは、花粉の生産場所である母植物からの距離と表層花粉の出現率との間にはさしたる相関関係がみとめられないことである。表層花粉の出現率は、むしろ湖深部、湖岸部、周辺山麓部といった堆積環境の違いによって差異を生じており、どの環境に花粉の集積・堆積が多いかはそれぞれの花粉の種類によって異なっている。

また、*Pinus*, *Cryptomeria* のように母植物の被度に対して表層花粉の出現率が過大に評価されるもの、*Fagus*, *Quercus*, *Larix* のように過小に評価されるもののあることが指摘される。

そこで、各花粉の地点ごとの出現率に注目して花粉の堆積状況の類型区分を試みた。このような類型区分は、過去に形成された花粉化石群集の古生態解析を試みる際に有益な情報をもたらすと考えられる。

〔山中湖周辺域における花粉の堆積の類型〕

(A) 湖深～湖岸型

Fagus, *Quercus*, (過小評価)

(B) 湖岸型

Picea

(C) 湖岸～山麓型

Gramineae, *Cyperaceae*, *Artemisia*

(D) 広域型

Pinus, *Cryptomeria* (過大評価)

Abies, *Ulmus-Zelkova*, *Tsuga*, *Betula*

Larix (過小評価)

珪藻化石群集からみた山中湖の堆積環境の変遷史

表層花粉および花粉化石(後述)の分析結果を総合的に検討するためには、過去から現在にいたる湖の堆積環境の変遷史を明らかにすることが有効であろう。そこで、湖心部で得られたボーリングコア中の珪藻化石群集の層位分布(小杉ほか, 1992)を再検討した。

図16に、珪藻化石群集の層位分布図を示す。本堆積物の珪藻化石群集は、前述のテフラ YM-e が挟在する層準、すなわち層相が緑色有機質シルトから褐色シルトに変化する層準を境にしてⅠ帯とⅡ帯に大きく分帯される。Ⅱ帯はさらに宝永火山灰(YM-a)を境に、Ⅱa帯とⅡb帯の2亜帯に細分される。

Ⅰ帯は、 ^{14}C およびテフラに基づいて約2500～1850年前と推定される。本帯は、浅い湿原に生活する *Fragilaria* 属が優占し、好流水性の底生珪藻(Benthonic)である *Cymbella* 属, *Gomphonema* 属, *Navicula* 属の高率

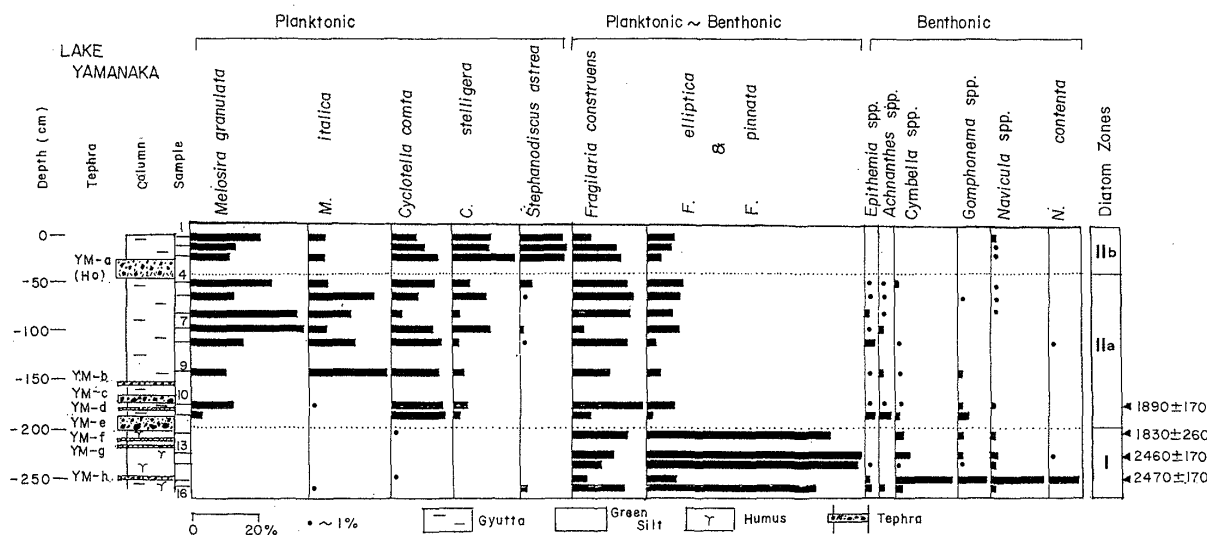


図16 山中湖最深部ボーリング試料の珪藻化石群集の層位分布図（田場ほか，1990を修正）

^{14}C 年代は，遠藤ほか（1992）による。

随伴で特徴づけられる。このことから，この時期は現在のような水深のある山中湖はまだ成立しておらず，谷内には湿原が広がっていたと推定される。また，検討したボーリング試料の最下位の層準（No. 16）のプラントオパール分析結果（小杉ほか，1992）と総合すれば，低所には河川もあり，水辺にはアシカキ，サヤヌカグサ，オギ，ヨシなどの湿性の植物群落が繁茂し，やや小高い所にはエノコログサ属，オオアブラススキ，チガヤ，コブナグサなどの乾性植物群落が繁茂していたと考えられる。

I 帯から II 帯への移行は，1850年前頃に降下した湯船第2スコリア・グループの最末期の YM-e テフラを挟んで完了する。II 帯は，*Melosira* 属，*Cyclotella* 属，*Stephanodiscus* 属など水深のある湖沼に生活する浮遊性珪藻が優占する珪藻化石群集により特徴づけられることから，現在の山中湖は約1850年前に成立したとみなすことができる。このことから，山中湖を堰止めたとされる鷹丸尾溶岩流は，YM-e の降下とほぼ同時に流出した可能性が高い（遠藤，1992）。

また，IIa 亜帯から IIb 亜帯への移行は，西暦1707年の宝永火山灰の降下ごろに完了する。IIa 亜帯は *Melosira granulata* の急増と高率安定，および少量ではあるが底生珪藻群の連続的出現により特徴づけられる。IIb 亜帯は，*Stephanodiscus astrea* の急増と底生珪藻の連続出現の終了により特徴づけられる。IIa 亜帯の特徴種である *Melosira granulata* は，一般に夏季の増殖で知られる浮遊性珪藻であり（たとえば小久保，1960），IIb 亜帯で急増した *Stephanodiscus astrea* は，冷水種としてよく知られた浮遊性珪藻である（Akutsu, 1964）。こう

した IIa 亜帯から IIb 亜帯への群集変化は，湖水温の相対的低下を示唆している。また，IIb 亜帯における底生珪藻のほとんどの種の消滅は，湖岸に生息する底生珪藻の湖心部への供給量の減少と捉えることができ，湖水域の拡大化を示唆している。

花粉化石群集からみた山中湖周辺の植生と気候の変遷史

湖底ボーリング試料の花粉化石群集の検討結果に基づいて，山中湖周辺域における植生変遷史を復元し，これと気候変化とのかわりについて検討したい。

図17に，湖底ボーリング試料から得られた花粉化石群集の層位分布図を示す。群集組成の特徴によって，下位から I ～ III の3帯に分帯される。

I 帯の形成時期は，テフラおよび ^{14}C 年代などの層位情報により，2500～1000年前頃とみなされる。本帯は，スギ（*Cryptomeria*）の高率優占（層準によっては60％を越える）およびコナラ属の随伴によって特徴づけられる。また，本帯からは出現率自体は小さいがカラマツ属（*Larix*）の花粉がほぼ連続して出現する。前述の表層花粉の検討により，スギ花粉の出現率は母植物の被度に対して過大に評価されること，反対にコナラ属やカラマツ属の花粉のそれは過小に評価されることから，本帯の森林植生は，スギが必ずしも優占しておらず現在のようにはカラマツやコナラ属が多く存在するものであったと推定される。

II 帯の形成時期は，層位学的情報により1000～300年前頃と推定される。本帯の花粉化石群集は，相対的に湿潤または冷涼気候を指標するスギの急減と，温帯林の要素であるコナラ属（*Quercus*）およびニレ・ケヤキ属

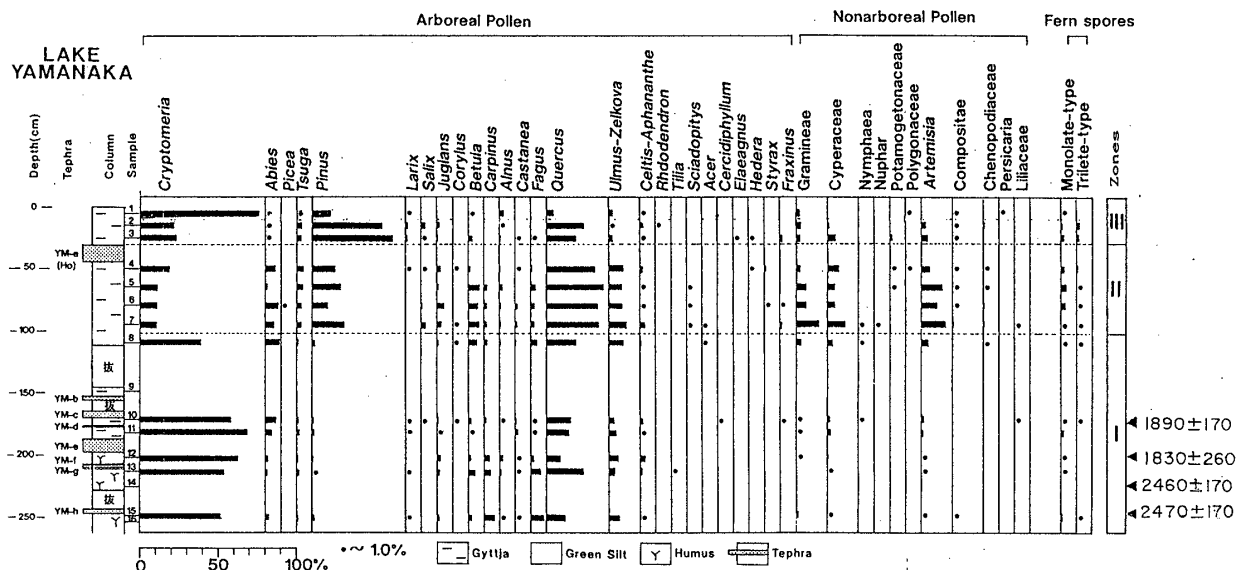


図17 山中湖最深部ボーリング試料の花粉化石群集の層位分布図 (小杉ほか, 1992)

(*Ulmus-Zelkova*) の増加, 中間温帯林の要素をふくむツガ属 (*Tsuga*) の連続的出現により特徴づけられる。こうした花粉化石群集の変化は, 気候の相対的な乾燥・温暖化を示唆している。また, 本帯以降, 二次林とみなされるアカマツをふくむマツ属 (*Pinus*) が増加するが, これは本地域における人間による植生干渉の強化によると考えられる。さらに, 本帯からはイネ科 (*Gramineae*)・カヤツリグサ科 (*Cyperaceae*)・ヨモギ属 (*Artemisia*) などの草本植物の花粉が急増するが, これらは前述の表層花粉の検討により湖岸・山麓部に集積される傾向をもつことから, この時期に湖の縮小化 (湖水位の低下), すなわち湖岸線の相対的接近によって湖岸からの物質供給が増加したためと考えられる。

Ⅲ帯の形成時期は, 宝永火山灰の降下頃 (約300年前) 以降と推定される。Ⅲ帯の花粉化石群集は, マツ属のいっそうの増加とその後の減少, スギ属の増加開始, コナラ属の減少開始, ニレ・ケヤキ属の減少, 草本植物花粉の減少, によって特徴づけられる。スギの増加開始とコナラ属およびニレ・ケヤキ属の減少は, 気候の相対的な湿潤, 冷涼化に対応したものと推定される。また, 草本植物花粉の減少は, 山中湖の拡大化 (湖水位の上昇) を示唆しているが, これは気候の湿潤・冷涼化と調和する。二次林の主要素となるマツ属の変動は, 人間の植生へのかわり方の変化によると考えられる。

気候変動と山中湖の消長のかかわり

以上に述べたように, 現在の環境下における花粉の運搬・堆積過程に関する基礎的研究と, 珪藻および花粉の化石群集の古生態解析に基づいて, 山中湖の過去2500年

間の水域環境の変遷史, および周辺の植生変遷とその気候的背景を検討した。その結果, 山中湖湖底堆積物に残された環境変遷史には, 地域的な現象と同時に, 気候変動という広域的な現象も記録されていた。そこで, 以下に山中湖の消長とそれにまつわる地域的・広域的要因との関係についてのモデルを提示したい。

- ① 山中湖の成立以前の2500~1850年前, 低地には水深の小さい湿原が広がっていた。山中湖は, 1850年頃の新富士火山の活動にともなって流出した鷹丸尾溶岩流によって生じた河川の排水不良が原因で一気に成立したと推定される。山中湖の成立時期をはさむ2500~1000年前の湖の周囲の森林植生は, 現在のようにスギやカラマツ, コナラ亜属が多く存在するものであった。
- ② 1000年前頃, 山中湖周辺の森林は, コナラ属・ニレまたはケヤキ属を主体とする温帯落葉広葉樹林が優占することから, 気候が温暖・乾燥化に向かったと推定される。こうした気候変化によって降水量が減少し湖水位が低下したのであろう。また, 湖水位低下・水域の縮小によって沿岸域から湖心部への運搬物質 (珪藻遺骸や花粉をふくむ) の供給量が増加したのであろう。この気候の乾燥・温暖化は, 9~13世紀頃のいわゆる「中世の温暖期」に対応する。また, この時期以降マツ属が急増するが, これは人間の植生干渉にともなう二次林としてのアカマツ林の拡大の結果であろう。
- ③ 300年前頃, 山中湖周辺の森林では, スギが分布拡大し落葉広葉樹は後退することから, 気候が冷涼・湿潤化したと考えられる。また, 湖水温も冷水性

の珪藻が増加することから低下したと考えられる。
 こうした気候変化によって湖水位が上昇し、沿岸域から湖心部への運搬物質の供給量は減少した。この気候の冷涼・湿潤化は、近世のいわゆる「小氷期」（たとえば三上，1991の総括に詳しい）に対応する。

以上に示した山中湖における過去2500年間の歴史から、「気候の冷涼・湿潤化」→「スギ林の拡大」および「湖の拡大による湖心への物質供給の減少」，「気候の温暖・乾燥化」→「温帯落葉広葉樹林の拡大」および「湖の縮小による湖心への物質供給の増加」，といった規則性が想定される。

なお、小氷期を含むような新しい時期の気候の実態については、近年、古文書や氷河活動の解析、年輪分析などの諸手法によって詳細にされつつあるが、花粉化石などの地質・古生態学的手法によってこれを明らかにした研究はきわめて少ない。これは表層部分の堆積物が一般に薄く、最近の古環境記録の分解能がわるくなるためであろう。本論文で扱った山中湖のように堆積速度が早く連続的な堆積物が得られるような湖沼における微化石群集の解析が進展すれば、こうした地質学的に新しい時期の良好な古環境記録がより充実するものと考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、日本大学文理学部応用地学教室の田場 稔教授、同教室研究生の菱田 量氏（現、株式会社パレオ・ラボ）および江口誠一氏、同教室学生の矢笠登美子氏・森 可奈子氏には現地調査のご協力およびご討論を頂いた。また、東京都立大学理学部地理学教室の清水丈太氏（現、東京都）、明治大学文学部地理学教室の叶内敦子氏には花粉分析法のご教授を賜った。記して謝意を表します。

文 献

- Akutsu, J. (1964) The geology and paleontology of Shiobala and its vicinity, Tochigi prefecture. *Tohoku Univ., Science Rep.*, 2nd ser. (Geol.), 35, p.211-293.
- 遠藤邦彦・宮地直道・中井信之・篠原智子・田場 稔・宮原智哉・小杉正人（1992）山中湖の地形とその成因。日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」，第27号，p.33-36.
- 石原初太郎（1928）富士の地理と地質。古今書院，406p
- 小久保清治（1960）浮遊珪藻類。恒星社厚生閣，330p
- 小杉正人・池田光理・江口誠一（1992）山中湖の形成史－(2) 微化石群集に基づく過去2500年間の環境変遷史－。日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」，第27号，p.37-44
- 三上岳彦（1991）小氷期－気候の数百年変動。科学，61，p.681-688.
- Muller, J. (1959) Palynology of recent Orinoco delta and shell sediments. *Micropaleontology*, 5, p.1-32.
- 田場 稔・小杉正人・遠藤邦彦・宮地直道（1990）山中湖の形成史－(1) 湖底ボーリングによる層序と古環境の概要－。日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」，第25号，p.39-44.
- 田中阿歌麿（1920，1921）富士の五湖。歴史地理，36，p.147-169, 232-238, 285-395；37，204-209, 368-374, 445-455.
- 辻 誠一郎（1979）花粉群集に関する基礎的問題。第四紀研究，17，p.209-212.
- 辻 誠一郎（1986）日本の第四紀植生史研究の諸問題。植生史研究，第1号，p.3-18.
- Tsuya, H. (1968) Geology of Volcano Mt. Fuji explanatory text of geologic map, 1 : 5000.
- 松下まり子（1988）水域における花粉の運搬と堆積。植生史研究，第3号，p.3-11.

(要 旨)

小杉正人・池田光理・遠藤邦彦, 1993: 山中湖湖底堆積物に記録された過去2500年間の環境変遷史—花粉の運搬・堆積過程の基礎的研究とその応用—. 地質学論集, 39, 41-52. (Masato Kosugi, Mitsuri Ikeda and Kunihiro Endo, 1993: Environmental history during the last 2500 years recorded in sediments of Lake Yamanaka, based on the fundamental study of transportation and sedimentation of pollen grains. *Mem. Geol. Soc. Japan*, 39, 41-52)

花粉化石群集の古生態解析の精度を上げるために, 山中湖とその周辺環境における表層花粉の分析と, 山中湖湖底ボーリングコアの花粉および珪藻化石の分析を行った. 表層花粉の分析の結果, 湖深・湖岸型 (*Fagus*, *Quercus*), 湖岸型 (*Picea*), 湖岸・山麓型 (*Gramineae*, *Cyperaceae*, *Artemisia*), 広域型 (*Pinus*, *Cryptomeria*, *Abies*, *Ulmus-Zelkova*, *Tsuga*, *Betula*, *Larix*) などの花粉の堆積の類型が区分された. また, 母植物の被度に対して過大評価 (*Pinus*, *Cryptomeria*), および過小評価 (*Fagus*, *Quercus*, *Larix*) されるものが識別された. ボーリングコアの珪藻分析の結果, 2500~1850年前には湿原が, 1850年前の湖の成立から300年前まではやや低水位の湖が存在し, それ以降に水温の低下と水深の増加があり現在に至ったと推定された. ボーリングコアの花粉分析の結果, 2500~1000年前は花粉の出現率が過大評価されるスギの優占ではなくカラマツやコナラ亜属優占の森林が, 1000~300年前は温帯落葉広葉樹優占の森林 (気候の温暖・乾燥化, 湖水位低下: 「中世の温暖期」) が, 300年前以降はスギ林の拡大 (気候の冷涼・湿潤化, 湖水位上昇: 「小氷期」) が, それぞれ推定された.