

—挨拶— 20周年を迎えるに当たって

—動向—

総括

考古学研究室

地質調査室

土壌研究室

ロシア科学アカデミー I・S・ジュシチホフスカヤ博士訪問記

—研究報告—

(総説) 花粉分析の歴史と現状

イギリス西南部、Cornwell 地方、Falmouth 付近の
Carnmenellis 花崗岩の岩相について

埼玉県北部 (岩殿丘陵) に分布する中新統の石灰質
ナンノ化石層序 (Vol. 2 続報)

諏訪湖湖底堆積物の花粉化石群集と古環境変遷およ
びその対比 (GS400、63B ボーリングコアの花粉分析)

大峰沼の形成から将来に至る総合研究 1

—浮島の成因と環境変遷—

大峰沼の形成から将来に至る総合研究 2

—沼域ならびに植生の調査と将来予測—

群馬県高崎市・寺尾中台遺跡から出土した炭化材の
樹種

近世江戸遺跡から出土した焼塩壺

(資料) 南関東地方を中心としたイネ属由来植物遺
体の出現傾向

—技術報告—

湛水条件下における土壌のガス発生挙動について
放射性炭素年代測定技術の導入にあたって

取締役社長 日野政晴

徳永 重元

成田英吉・成田伸哉

堀内誠示・柳沢幸夫・栗原行人

大嶋秀明

田中義文・堀内誠示・中根秀二・辻本裕也

田中義文・堀内誠示・中根秀二・辻本裕也

高橋 敦・橋本真紀夫・田村 孝

矢作健二・植木真吾・橋本真紀夫・斎藤紀行

馬場健司・金井慎司・田中義文

小畑 勝・熊木和弘

矢作健二・小畑 勝・辻本崇夫



1998.4

PALYNOSURVEY CO., LTD

大峰沼の形成から将来に至る総合研究 1

—浮島の成因と環境変遷—

田中義文¹⁾・堀内誠示²⁾・中根秀二³⁾・辻本裕也¹⁾

要旨

大峰沼の形成から将来に至るまでを総合的に調査した。第1報では、大峰沼の浮島の成因とその変遷について調査するため、浮島のボーリングを中心とする調査を実施した部分について述べる。ボーリングの結果、大峰沼の底には約13,000年前以降の堆積物が存在し、泥炭層は約6,000年前から堆積していることが明らかとなった。周辺の森林植生は、約13,000年前の針葉樹から落葉樹への急激な植生変化や、「弥生の小海退」時の温帯針葉樹林の増加、近世以降のマツ林の増加などが明らかとなり、既存の結果とも調和的であった。また、浮島は、約6000年前に成立した泥炭地が元になっていると考えられ、「弥生の小海退」時には冠水したことが明らかになった。現在に近い状態になったのは近代に入ってからであり、堰を作って人為的に水位を上げたためである可能性が高い。したがって、浮島の成因は、本来高層湿原であった泥炭地の水位を人為的にあげたため、水位とともに泥炭地も上昇して浮島状になったと結論づけられる。

はじめに

大峰沼は、群馬県月夜野町・新治村・水上町の3町村にまたがる大峰山(1,254m)南斜面中腹の標高1,000mに位置する(図1)。沼の浮島及び湿原植物が、昭和27年11月11日に群馬県の天然記念物に指定されてから40年以上を経た。その間、希少な湿原植物の保護のために大峰沼は群馬県の環境保全地域にも指定された(昭和52年3月25日)。この貴重な自然を維持・管理するため、現在までの環境変遷について検討することになり、月夜野町教育委員会から「大峰山の浮島および湿原植物の自然科学調査業務」が委託された。本報告は、その際の研究成果をまとめたものである。

大峰沼に関する調査は、昭和20年代の堀正一らによるものが最初である。浮島の植生調査ならびにボーリングによる調査によって、沼には最深部で約9mの泥炭層が堆積し、その形成時期は花粉分析の結果から約10,000年前であることが明らかにされた(Hori, 1957)。その後の浮島の地史に関する調査は、叶内ほか(1988)による成果がある。これによれば、ボーリング試料から、浅間火山や榛名山を給源とするテフラが検出されたほか、深度約6.5mに位置する泥炭層の放射性炭素同位体年代測定結果として、約3,550年前という値が得られている。一方、現存植生の調査は、群馬県(1977)、群馬県高等学校教育研究会生物部会(1987)などの調査のほか、東京農業大学第一高等学校生物部(1989)による調査例もある。これらの成果をまとめ

ると、大峰山の植生は、大峰沼近くまではスギ・カラマツの植林が進んでいるが、上部は落葉広葉樹林を残す。また、大峰山は太平洋側の植生と日本海側の植生が接する地域であり、両者の植物相がみられる場所でもある。大峰沼ならびに浮島の植生は、堀正一らが行った昭和20年代の成果と近年行われた群馬県や東京農業大学第一高等学校生物部の成果とは、大きな差がみられない。水面のほとんどがジュンサイ・ヒツジグサ・ヒルムシロなどの浮葉植物に覆われ、水中には、エビモヤフサモ・タヌキモなどの沈水植物が生育している。湿原には浮島があるが、そのうち巨大なものは径約200mほどもある。浮島は典型的な高層湿原で、イボミズゴケをはじめモウセンゴケ・ワタスゲ・ツルコケモモがみられる。また水際にはミツガシワなどが生育する群落がある。

このように、これまでに大峰沼についての調査報告例はいくつかあるが、過去から現在の環境変遷を多面的に系統立てて検討した研究はなかった。そこで、浮島および沼の底泥ボーリング調査、ボーリング試料の微化石、テフラ、堆積物の化学的特性、沼周辺の地質・地形・土壌の調査、沼の水質調査、沼ならびに浮島の植生調査を実施した。これらの成果に基づき、沼(浮島)の成立から現在に至るまでの自然環境変遷、さらには沼の将来的な自然環境について検討をした。このように、今回の研究は多岐にわたるため、浮島の成因と環境変遷に関する研究、現在の沼およびその周辺の

1) 調査研究部考古学研究室 2) 同地質調査室 3) 同土壌学研究室

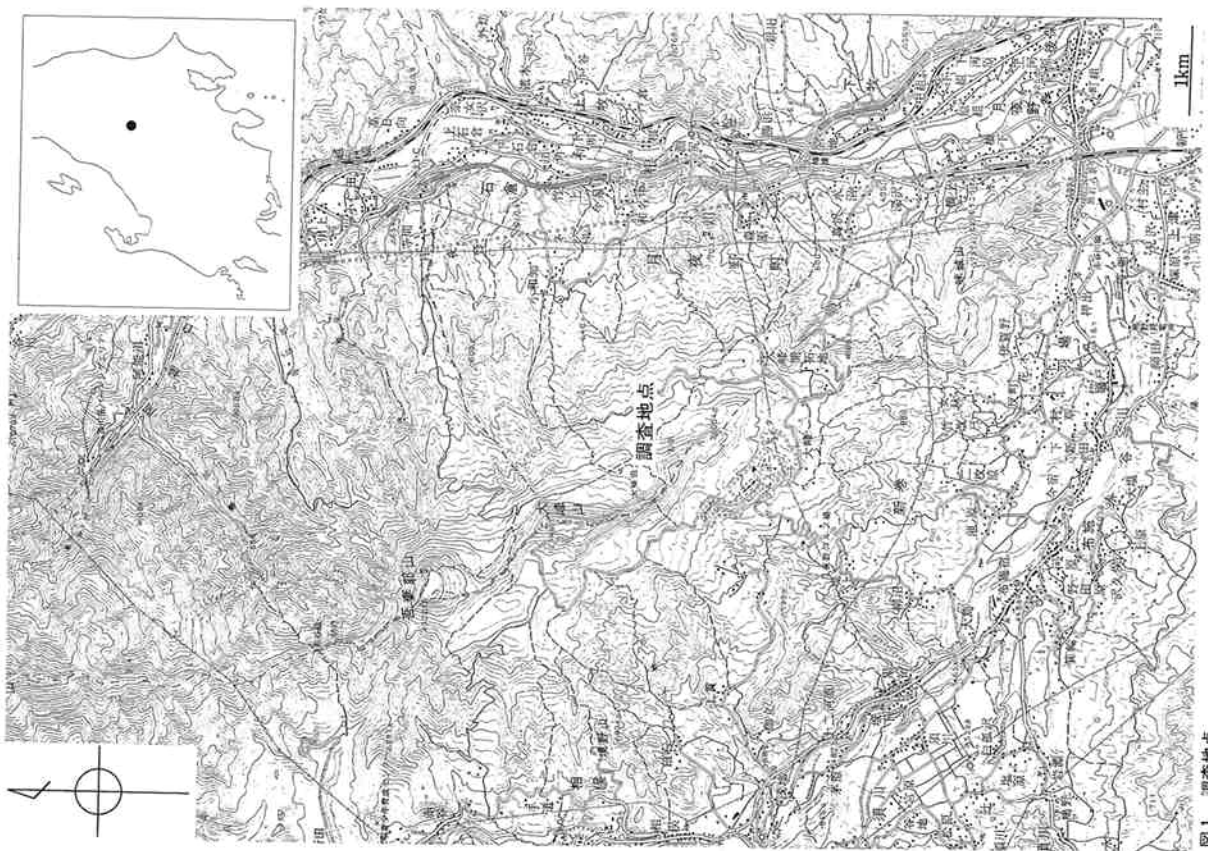


图1 調査地点

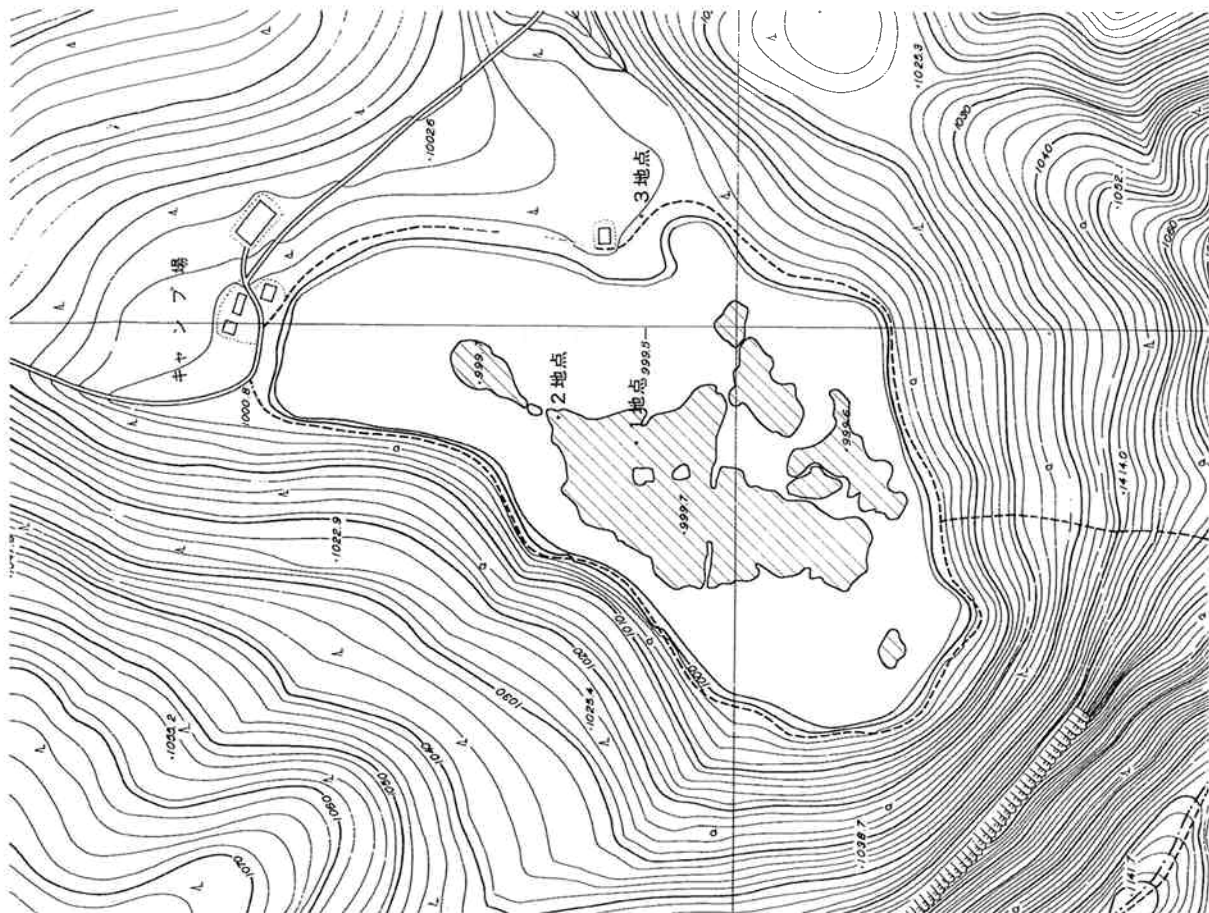
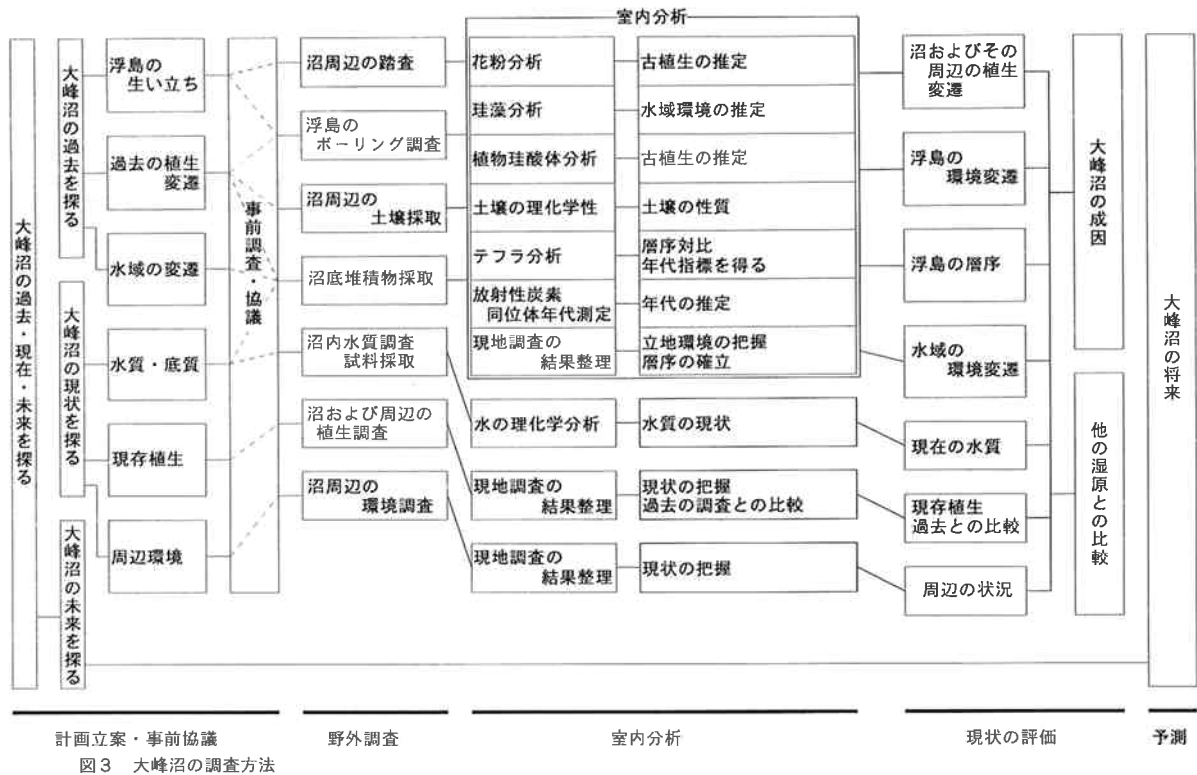


图2 調査地点



環境に関する調査、これらの結果に基づく将来予測、と大きくテーマを分けて報告することにした。本稿では、浮島の成因と環境変遷をまとめた。

なお、この調査をまとめるにあたり、月夜野町教育委員会には、調査に関する便宜を図っていただいた。特に、渋谷教育長と三宅氏には、多大な御尽力を賜った。この場をかりて御礼申し上げます。

1. 調査手順

今回行った調査方法とその手順を図3にまとめた。具体的な分析方法については、各調査の成果とともに記してある。

2. 各調査の成果

2-1. 浮島と沼周辺の層序

湿原など軟弱な泥炭層では、トレンチを掘って断面を観察するのは困難であり、トレンチ調査によって周囲の景観や環境を破壊する恐れがある。そのため、今回は試錐調査によって泥炭層の層序を知り、かつ各分析用の試料を採取する。試錐調査地点は、これらの基礎資料をもとに、最も泥炭層が厚く堆積しているとみられる浮島の中央部を中心に2地点を設定した(図2)。なお、ボーリングに際しては、トーマス型サンプ

ラーを使用した。ボーリング試料の柱状図を、図4に示す。

なお、層序を考える上で、テフラは重要な意味をもつ。テフラは火山が爆発的噴火の際に地表に噴出された碎屑物の総称である。この中でも降下テフラは、広範囲に分布するものも多く、また各噴火毎に本質物質(軽石・スコリア・鉱物など)の特徴が異なるので、地層の対比を行うための鍵層として重要である。このようなテフラのうち、特に広範囲に分布し、本質物質の特徴が明瞭で、かつ歴史的あるいは自然科学的に年代がわかっているものを指標テフラと呼ぶことがある。今回は、試錐試料中から指標テフラを探し、地点間の対比や堆積物の時代性についての検討を行う。

1) 方法

採取されたボーリング試料は、室内にて層相観察を行い柱状図を作成する。その際、テフラが認められる場合には、それを採取し同定を行う。つづいて、分析に必要な試料を採取する。テフラは、層序対比を行う上で重要な指標となるが、今回用いたサンプラーは、特定深度の層をかき取る構造になっているので、薄いテフラ層は拡散してしまい肉眼で観察するのは難しい。そこで、全ての試料から約1/4を採取し、粘土・シルト分を洗い流してその砂分を観察することによって、肉

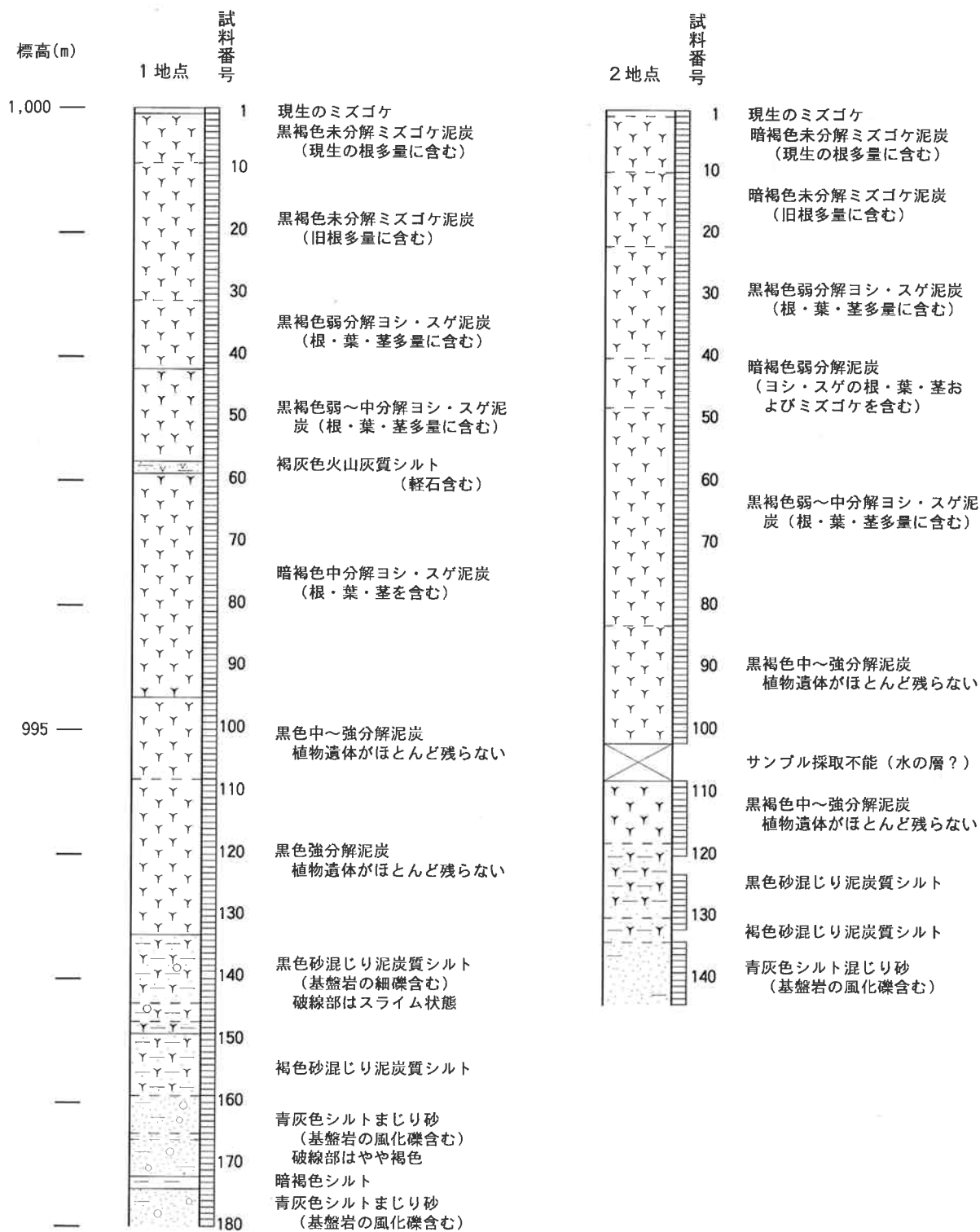


図4 1・2地点の柱状図と試料採取層位

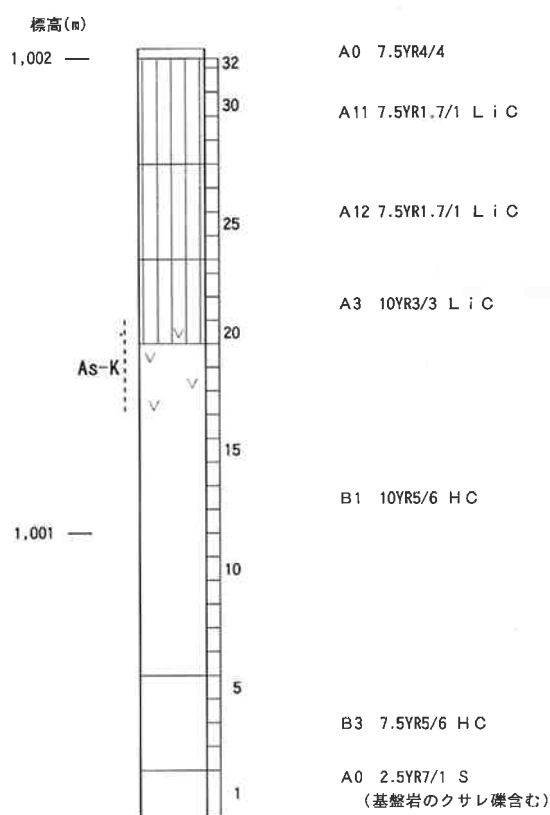


図5 3地点の柱状図と試料採取層位

眼では認められなかったテフラを検出し、降灰層準を検討する。また、泥炭層の放射性炭素年代測定を行い、指標テフラの情報とともに堆積物の時間指標を得る。

一方、沼からの水の出口付近には堰がもうけられているが、その脇には土を多量に採取した後があり、断面が露出していた。そこで、この断面を利用した風成層の調査も行った(図5)。

2) 結果および考察

調査の結果、1地点では約9m、2地点では約7mの試料が得られた(図4)。1地点は深度6.6m、8.0mで大きな層相の変化がみられる。8mよりも深い部分は主として青灰色の砂礫層からなるが、8.6m付近に薄いシルト層を挟在する。6.6m～8.0mは、砂混じりの泥炭質シルトよりなる。6.6mよりも上位は、無機質が少ない草本質な泥炭層であり、下位ほど分解が進む。2.9m付近に褐灰色の軽石質テフラがみられる。2地点の層相も基本的には1地点と同様で6.8mよりも下位では青灰色の砂礫、5.9～6.8mは泥炭質シルト、5.9mよりも上位は草本質泥炭層からなる。その反面、1地点

でみられたテフラ層は肉眼では確認されなかったほか、5.3m前後は水分が多く試料を採取できない層準があるなどの違いもみられる。

沼周辺に分布する風成層の調査地点は、3地点と命名した(図3)。土壌は約1.5mの層厚があり、それより下位は基盤の礫層である。表層より60cmまでが黒色土で、それより下位は褐色土である。黒色土と褐色土の境界付近には、軽石が散在する(図5)。

今回肉眼あるいは洗い出された試料について観察した結果、次のようなテフラが確認された。以下にその種類と推定される降灰層準について記す。また、図5・6の柱状図中に降灰層準を示す。なお、テフラの名称、略語、給源火山、噴出年代については、町田・新井(1991)によった。

・浅間草津テフラ (As-K)

産状： 風化の進んだ黄白色軽石と、軽石型火山ガラスが多量に含まれる。

降灰層準： 1 地点の深度8m付近
2 地点の深度6.7m付近
3 地点の深度試料番号0.7m付近

給源・噴出年代： 浅間山約1.3～1.4万年前

・榛名二ツ岳伊香保テフラ (Hr-FP)

産状： 白色～灰白色の発泡の悪い軽石を含む。軽石中に角閃石・斜方輝石を包有する。

降灰層準： 1 地点の深度3m付近
2 地点の深度2.5m付近

給源・噴出年代： 二ツ岳6世紀中葉

・浅間Bテフラ (As-B)

産状： 灰色～淡褐色のスポンジ状によく発泡した軽石を含む。重鉱物は両輝石が多い。

降灰層準： 1 地点の深度1.9m付近
2 地点の深度1.7m付近

給源・噴出年代： 浅間山 A. D. 1108年

・浅間Aテフラ ((As-A)

産状： 白灰色～白色のスポンジ状によく発泡した軽石を多く含む。重鉱物は両輝石が多い。

降灰層準： 1 地点の深度40cm付近
2 地点の深度30cm付近

給源・噴出年代： 浅間山 A. D. 1783年

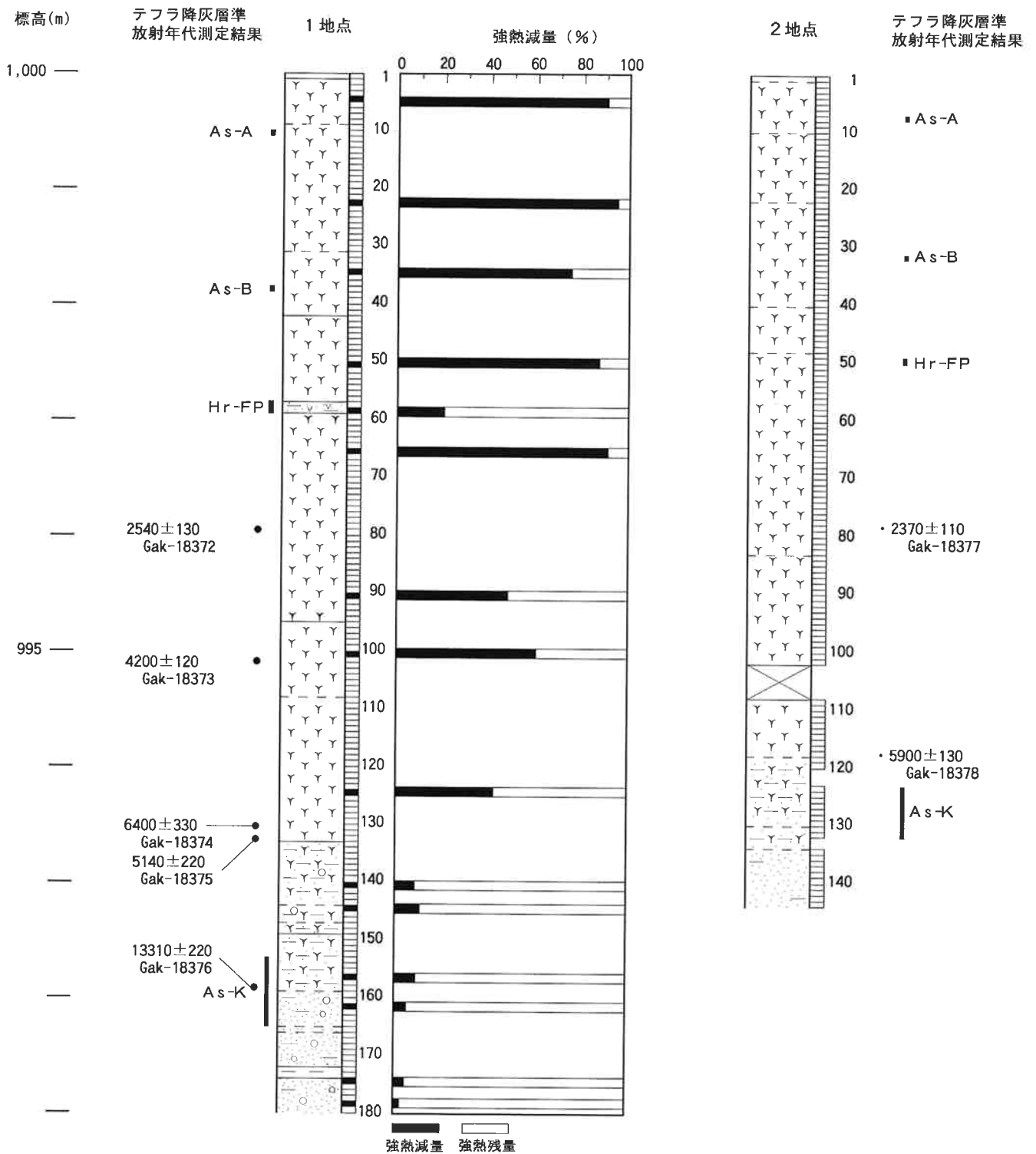


図6 1・2地点の層序と腐植含量

なお、放射性炭素年代測定を学習院大学木越研究室に依頼して行い、図6に示す結果が得られている。これらのテフラ分析、放射性炭素年代測定の結果や、以下に展開する生層序の結果を考慮して、総合考察の項で浮島の層序についてまとめる。

一方3地点の露頭観察では、0~42cm深の約40cm層厚が黒色層(A1層)、42~60cm深の約20cm層厚が漸移層(AB層またはA3層)、60cm深付近に指標テフラであるAs-Kが認められ、60~130cm深はB層が発達する。このB層がいわゆるローム層であり、本調査地点の土壌は「黒ボク土」に分類される。しかし、130cm以深では土色の赤味が極端に強くなり、さらには150cm以深に基盤とみられる溶結凝灰岩の腐った状態の土層、いわゆる「腐れ礫」を含む土層が確認される。

2-2. 珪藻化石

珪藻は、一般に水中に繁茂し、種毎に細かな棲み分けを行っている。しかし、陸生珪藻(小杉, 1986)と呼ばれる苔、土壌表層、木の幹の表面などに付着生育するものもある。すなわち珪藻は、光の届く所であれば高等植物以上に生育範囲は広いと言ってもよい。そこで、各種類が様々な環境で棲み分けを行っていることに着目し、大峰沼内の浮島から得られた試錐試料について分析を行うことによって、堆積環境の変遷を明らかにする。

1) 方法

分析方法は、湿重約2gについて、過酸化水素水と塩酸により試料の泥化と有機物の分解・漂白を行う。分散剤を加えた後、蒸留水を満たし放置する。その後、上澄み液中に浮遊した粘土分を除去したうえで、珪藻殻の濃縮を行う。この操作を4~5回繰り返す。次に、L字形管分離で砂質分の除去を行い、検鏡し易い濃度に希釈し、カバーガラス上に滴下して乾燥させる。乾燥した試料上に封入剤のプレパラートを滴下し、スライドガラスに貼り付け、永久プレパラートを作製する。

検鏡は、油浸600倍または1000倍で行い、珪藻殻が半分以上残存するものを対象に同定を行う。なお、同定については、Krammer & Lange-Bertalot (1986~1991)、Hustedt (1930-1966)などを参考にする。珪藻の各生態性(塩分・pH・流水)に対する適応性の詳細については、まとめて表1に示した。

2) 結果

結果は、図7に示した。珪藻分析を行った21試料は、大半の試料から多くの珪藻化石が認められた。

産出した珪藻化石群集は、層位により異なるものの珪藻の3適応性(塩分・pH・流水)についてみれば、以下のような特徴が全体の傾向として捉えられる。

まず、塩分濃度(水中の塩類濃度)は、貧塩-不定性種が最も多く25~90%を占めている。それに次いで卓越するのが貧塩-嫌塩性種であり、10~80%程度の割合で産出している。貧塩-嫌塩性種は、中位の試料番号77から上位で特に優占し、そのため上位では相対的に貧塩-不定性種が低率になる傾向が認められる。

また、pHに対する適応性は、これも試料番号90と77の間を境にして、上位では好酸性種(真酸性種も含む)が特に多く65~90%程度の産出率を示すが、下位では15~45%程度である。ただし、試料番号90~114の3試料は好酸性種の産出率が著しく低くだけでなく、好アルカリ性種(真アルカリ性種も含む)の割合が80%前後と高い傾向にある。試料番号130から下位は、好酸性種が40%前後であるのに対してpH不定性種が20~65%、好アルカリ性種が約10~45%の割合で産出しており、ややばらついた傾向が認められる。

一方、流水に対する適応性は、全体に好止水性種(真止水性種も含む)が高率に産出する傾向にあり、10~87%の産出率を示している。好止水性種に次いで産出率が高いのは、流水不定性種であるが、下位でやや高率な層準もあるものの10~40%程度である。

以上が、塩分・pH・流水に対する適応性の傾向であるが、種についてみると次のような種が卓越した産出傾向を示す。

種の産出率は、層位によっても異なる傾向が認められるが、下位の試料番号179~130では、好止水性種の*Cymbella gracilis*、*Aulacoseira italica*、*Aulacoseira distans*、*Tabellaria fenestrata*、流水不明種の*Eunotia exigua*、*Navicula pseudosilicura* fo. *olympica*等が卓越するものの比較的ばらついた組成である。試料番号114~100では、好止水性種の*Fragilaria construens* var. *venter*が、高率に産出しており、下位よりも単調な群集組成である。試料番号90~45では、*Aulacoseira italica*、*Aulacoseira distans*、*Frustulia rhomboides* var. *saxonica*、*Tabellaria fenestrata*等の好止水性種であり、この層準も群集としては単調な組成を示してい

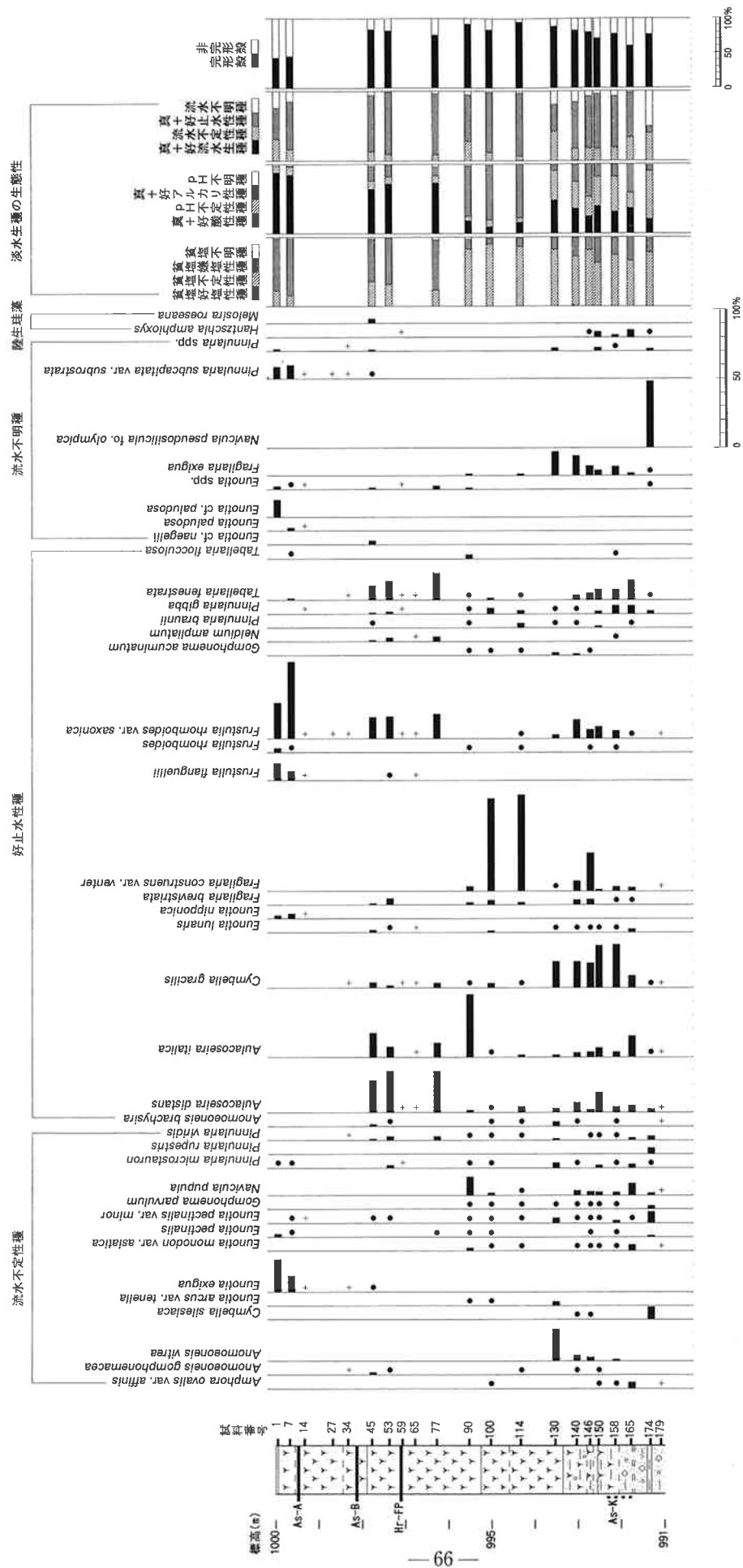


図7 1 地点の珪藻化石層位分布図
 各種産出率・完形級産出率は全体基数、淡水生種の生態性の比率は淡水生種の合計を基数として百分率で算出した。いずれも100個体以上検出された試料について示す。なお、●は1%未満、+は1%未満、+は100個体未満の試料について検出した種類を示す。

る。試料番号34~14では、産出率が低くダイヤグラムには割合を表示していないが、多産しているのは *Eunotia exigua*、*Frustulia rhomboides* var. *saxonica*、*Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata* である。さらに最上位の試料番号7および1では、流水不定性種の *Eunotia exigua*、好止水性種の *Frustulia flanguellii*、*Frustulia rhomboides* var. *saxonica*、*Eunotia paludosa*、*Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata* 等が卓越した産出傾向を示す。

3) 考察

珪藻化石群集の組成および各種の産出率の変化から7つの珪藻化石帯（下位よりD-I : D-VII帯）を設定した。

以下に各帯の珪藻化石群集の特徴とそれらから推定される古環境について述べる。

・D-I帯（試料番号179）

本帯からは、珪藻化石の産出量が少ないため、堆積環境を推定し難い。

・D-II帯（試料番号174）

本帯で優占する種は、*Navicula pseudosilicura* fo. *olympica* であり、そのほか、*Eunotia* 属および *Pinnularia* 属が認められる。このうち、*Navicula pseudosilicura* fo. *olympica* は、高山地帯で稀産するといわれており（Hustedt, 1930）、比較的希な種である。これまで我が国で記載報告された例をみても、近似種が山間部の湿地等で検出されている例があるにすぎない。したがって、本帯だけから当時の環境を推測することは難しく、随伴する種類の生態性から推測することになる。随伴する種類は、*Cymbella silesiaca*、*Eunotia pectinalis* var. *minor*、*Gomphonema parvulum*、*Pinnularia viridis*、*Pinnularia rupestris* および *Aulacoseira distans* であるが、*A. distans* を除く種は沼沢地から湿地の環境に生育する種群である（Hustedt, 1930 ; 安藤, 1990 : etc.）。一方、*Aulacoseira distans* は、*tychoplankton*（臨時性浮遊生物）であり、通常は湖沼の底や湖岸付近において水中の基物に付着生育する種であるが時として浮遊生活することもある種とされる（Van Landingham, 1970）。上記の種群の生育環境を総合的に解釈すると、基本的には沼沢地から湿地の環境であったと考えられるが、浮遊性種も含まれることから部分的あるいは一時期に池沼化した可能性が高い。

・D-III帯（試料番号165~130）

認められた珪藻化石群集は、好止水性種を主体とした群集であり、特に卓越した種類としては、*Aulacoseira italica*、*Aulacoseira distans*、*Cymbella gracilis*、*Fragilaria construens* var. *venter*、*Frustulia rhomboides* var. *saxonica*、*Tabellaria fenestrata*、*Fragilaria exigua* である。*Aulacoseira italica* は、好止水性種の中でも、栄養に富む湖、池等に見られる（Van Landingham, 1970）。一方 *A. distans* は、臨時性浮遊性種であり、水中を浮遊することもあるが通常は湖沼の底や湖岸付近において水中の基物に付着生育する種とされる（Van Landingham, 1970）。さらに、酸性水域の指標種とされるほか（Round, 1961）、山地の湖沼に認められ冷水型の種であるとの報告もある（Hustedt, 1930 ; Foged, 1957 ; 1964）。また、*Frustulia rhomboides* var. *saxonica* は、泥炭質の池沼のような酸性水域を好んで生育することが知られているだけでなく、低温種ともされ奥利根地域等から報告されている（中島他, 1978 : 1979）。本種は、ミズゴケ泥炭の中から一般的に見いだされる種である。また、*Tabellaria fenestrata* は、低地の止水域には一般的に認められる種であるが、水質はやや酸性に傾いた水域に生育する機会が多い。さらに、*Fragilaria exigua* は、流水あるいは pH に対しては、不明な点も多い種であるが、水中の塩類濃度が高まった水域に認められとされる（Krammer and Langé-Bertalot, 1991）。一方、全体の群集組成としては、産出した種類数も多い傾向にあり、ややばらついている。

これらの特徴から、本帯の堆積時の環境は、基本的に湿地であったものと推定される。このことは、本試錐を行った浮島の生成がこの時期に始まったことを示している。また、浮遊性種の産出から考えて、若干、湖沼の影響も受けたものと思われる。これは、試料採取位置が浮島の縁辺部であることから、湖沼水が浸透してきたことによるものかもしれない。一方、本帯の群集は、産出した属数・種数共に多い。しかし、産出種群がばらつき、一定の傾向が認められにくい。このことは幾分周辺からの流れ込みの影響が強いか、あるいは環境の変化が著しかったためと思われる。

・D-IV帯（試料番号114・100）

本帯は、好止水性種の *Fragilaria construens* var. *venter* が多産することで特徴付けられる。本種は、一

般に貧栄養の水域に広く分布する (Patrick and Reimer, 1975) とされる。また、Krammer and Lange-Bertalot (1990) によれば、やや貧栄養な水域で、フミン酸濃度の低下した水域 (湿原などで腐植を生成するような水域) に認められるとされる。

一方、低率であるが、*Melosira americana* が認められた。本種は、貧栄養で弱酸性の水をたたえる池沼または湖沼に認められることが多く、武蔵野台地の三宝寺池 (小林・山下, 1969) などからの報告がある。

したがって、この時期は貧栄養の湿地あるいは湿原のような環境であったものと推定される。また、本帯には、下位層準に認められた、浮遊性種が極めて少ないことを考慮すると、周辺の水の影響は少なかったと考えられ、離水した場所が多くなったことが推定される。

・ D-V 帯 (試料番号90~45)

本帯の主要構成種は、*Aulacoseira italica*、*Aulacoseira distans*、*Frustulia rhomboides* var. *saxonica*、*Tabellaria fenestrata* である。この主要種の組

成は、前述のIII帯と同様であるが、D-III帯と異なるのは、群集組成が貧弱であり、上述した優占種が90%以上を占めるといってもよい。

優占種の中でも特に際立った産出率を示すものが *Aulacoseira italica* および *Aulacoseira distans* である。これらの種は、D-III帯で述べたように、池沼に認められるもので、特に後者は浮遊生活も行うことから、ある程度の水深を有する池沼あるいは湖沼に生育する種群である。また、これらに付随して卓越して産出しているのが、*Frustulia rhomboides* var. *saxonica*、*Tabellaria fenestrata* である。

したがって、以上のような種群から推定される環境は、下位層準よりも水の影響が強く、本帯の場合は浮島として水上に顔を出した部分は少なく、むしろ冠水した状態にあった可能性が高い。

また、D-III帯と比較して、群集組成が単調なことから考えて、周辺からの流れ込の影響も少なく比較的静穏な環境であったものと思われる。

・ D-VI帯 (試料番号34~14)

表1 珪藻の生態性

塩分濃度に対する区分		塩分濃度に対する適応性		生育環境 (例)
海水生種:	強塩生種 (Polyhalobous)	塩分濃度40.0‰~‰以上に出現するもの		低緯度熱帯海域、塩水湖など
	真塩生種 (Euhalobous)	海産性種、塩分濃度40.0~30.0‰~‰に出現するもの		一般海域 (ex 大陸棚及び大陸棚に深の海域)
汽水生種:	中塩生種 (Mesohalobous)	塩分濃度30.0~0.5‰~‰に出現するもの	強中塩生強 (α -Mesohalobous)	河口・内湾・沿岸・塩水湖・潟など
			弱中塩生強 (β -Mesohalobous)	
淡水生種: 貧塩生種 (Oligohalobous)		塩分濃度0.5‰~‰以下に出現するもの		一般陸水域 (ex 湖沼・池・沼・河川・沼沢地・泉)
塩分・pH・流水に対する区分		塩分・pH・流水に対する適応性		
塩分に対する適応性	貧塩-好塩性種 (Halophilous)	少量の塩分がある方がよく生育するもの		高塩類域 (塩水遡上域・温泉・耕作土壌)
	貧塩-不定性種 (Indifferent)	少量の塩分があってもこれによく耐えることができるもの		一般陸水域 (湖沼・池・沼・河川・沼沢地など)
	貧塩-嫌塩性種 (Halophobous)	少量の塩分にも耐えることができないもの		湿原・湿地・沼沢地
	広域塩性種 (Euryhalinus)	低濃度から高濃度まで広い範囲の塩分濃度に適応して出現するもの		一般淡水~汽水域
pHに対する適応性	真酸性種 (Acidobiontic)	pH7.0以下に出現、特にpH5.5以下の酸性水域で最もよく生育するもの		湿原・湿地・火口湖 (酸性水域)
	好酸性種 (Acidophilous)	pH7.0付近に出現、pH7.0以下の水域で最もよく生育するもの		湿原・湿地・沼沢地
	pH-不定性種 (Indifferent)	pH7.0付近の中性水域で最もよく生育するもの		一般陸水域 (ex 湖沼・池沼・河川)
	好アルカリ性種 (Alkaliphilous)	pH7.0付近に出現、pH7.0以上の水域で最もよく生育するもの		
	真アルカリ性種 (Alkalibiontic)	pH8.5以上のアルカリ性水域で最もよく生育するもの		アルカリ性水域
流水に対する適応性	真止水性種 (Limnobiontic)	止水域にのみ出現するもの		流水の少ない湖沼・池沼
	好止水性種 (Limnophilous)	止水域に特徴的であるが、流水にも出現するもの		湖沼・池沼・流れの穏やかな川
	流水不定性種 (Indifferent)	止水域にも流水域にも普通に出現するもの		河川・川・池沼・湖沼
	好流水性種 (Rheophilous)	流水域に特徴的であるが、止水域にも出現するもの		河川・川・小川・上流域
	真流水性種 (Rheobiontic)	流水域にのみ出現するもの		河川・川・流れの速い川・漂流・上流域
陸生珪藻	好気性種 (Aerophilous)	好気的環境 (Aerial habitats) 水域以外の常に大気に曝された特殊な環境に生育する珪藻の一群で多少の湿り気と光さえあれば、土壌表層中のコケの表面に生育可能特に、土壌中に生育する陸生珪藻を土壌珪藻という		<ul style="list-style-type: none"> ・土壌表層中や土壌に生えたコケに付着 ・木の根元や幹に生えたコケに付着 ・濡れた岩の表面やそれに生えたコケに付着 ・滝の飛沫で湿ったコケや石垣・岩上のコケに付着 ・洞窟入口や内部の照明の当たった所に生えたコケに付着

註 塩分に対する区分はLowe (1974)、pHと流水に対する区分はHustedt (1937-38) による。

本帯からは、珪藻化石の産出量が少なく、堆積環境を推定することは難しい。しかし、少ないながら認められた種は、上位のVII帯に近似している。

・D-VII帯（試料番号7・1）

本帯は、本試錐の最上位層であり、ほぼ表層部で現在の環境を示している層準である。群集組成としては、極めて好酸性種が高率に認められ、主要種は下位でも優占的に産出した *Frustulia rhomboides* var. *saxonica* が最優占種で、それに付随して *Eunotia exigua*、*Eunotiopaludosa*、*Frustulia flanguellii* および *Pinnularia subcapitata* var. *subrostrata* が産出している。

上記の種群の中で *Eunotia exigua* および *Eunotia paludosa* は、沼沢地の中でも一段高い場所のミズゴケの下やカワゴケあるいはハイゴケ等に付着生育する種群とされ (Krammer & Lange-Bertalot, 1991)、また、前者は弱酸性水域に特徴的に認められ、pH 2～3の強酸性水域にも生育することが知られている。

以上の種群の特徴から、池沼のような酸性水域の中でも冠水することのない幾分高い場所でミズゴケ等が生育したような環境が推定される。また、小林・山下 (1969) の中にも述べられているように、Kolbe (1932)、Hustedt (1939)、Patric (1948) などに見られるような、一般に腐植質に富む有機酸性水域には、*Eunotia*、*Frustulia*、*Pinnularia* 属の種類が多いことを特徴としてあげることができるが、大峰沼もその典型といえよう。これは現在の浮島の表層部の環境と調和的である。

2-3. 花粉化石

花粉は顕花植物の雄性の生殖細胞で、虫や風などを媒介として受精を行う。そのため一時期に大量に生産されるが、受精に使われるのはほんの一部にすぎず、大部分は地上に落下し内容物は失われる。しかし、花粉は丈夫な外膜をもっているため、雨や風にながされて池などにたまり、数万年以上たっても地中に保存される。そこで、地中にたまった花粉化石が周囲の植生を反映していることに着目し、大峰沼内の浮島から得られた試錐試料について分析を行なって、古植生の変遷を明かにする。

1) 方法

試料を湿重で2g秤量し、水酸化カリウム処理による試料の泥化ならびに腐植酸の溶解、フッ化水素処理による試料の泥化、アセトリシス処理（無水酢酸：濃

硫酸=9:1）によるセルロースの分解の順に行い、堆積物中から花粉化石を濃集する。なお、無機質が多い試料については、重液分離（臭化亜鉛、比重2.2）を行い有機物を濃集させた。

処理後の残渣の一部についてグリセリンで封入してプレパラートを作成し、その中に出現した種類について、同定・計数をおこなった。

2) 結果

結果を図8・9に示す。分析を行った1地点・2地点ともほぼ同様な出現傾向を示す。

砂礫層中からは両地点とも花粉化石が検出されないが、1地点にある砂礫層に挟まれたシルト層（試料番号174）からは産出する。花粉化石組成は大部分がモミ属・ツガ属・トウヒ属・マツ属単維管束亜属といった針葉樹からなり、他の種類はほとんど検出されない。泥炭質シルト層より上位では、両地点ともすべての試料中から花粉化石が検出され、出現傾向もほぼ同一である。1地点の試料番号158～100、2地点の試料番号132～95について、木本花粉はブナ属とコナラ亜属が多く、下部でニレ属・ケヤキ属が増加する。また草本花粉は、イネ科とジュンサイ属が多い。1地点の試料番号90～34、2地点の試料番号80～35について、木本花粉は下位と同様にブナ属とコナラ亜属が多いが、モミ属・ツガ属などの針葉樹が増加することが異なる。また上部ではハンノキ属が増加する。一方草本花粉は種類数、個体数ともに少なく、イネ科やヨモギ属がやや多く検出されるにすぎない。1地点の試料番号27～1、2地点の試料番号15～1について、木本花粉はマツが急増し、やや遅れてスギの増加がみられる。草本花粉は下位よりも個体数が増加し、イネ科・カヤツリグサ科・ヨモギ属がやや多く検出される。

3) 考察

泥炭層の花分析は、Hori (1957, 1958) による研究がある。この調査結果によれば、浮島中心付近の泥炭層の厚さは約9mであり、約10,000年前から連続した堆積物が存在しているとされる。さらに泥炭層の花分析の結果から花粉化石群集を7つに分帯し、それぞれについて以下のような古植生・古気候を推定している。

650～860cm	ブナとニレの時代	冷涼な時期
520～650cm	ブナとナラの時代	温暖化が進んだ時期

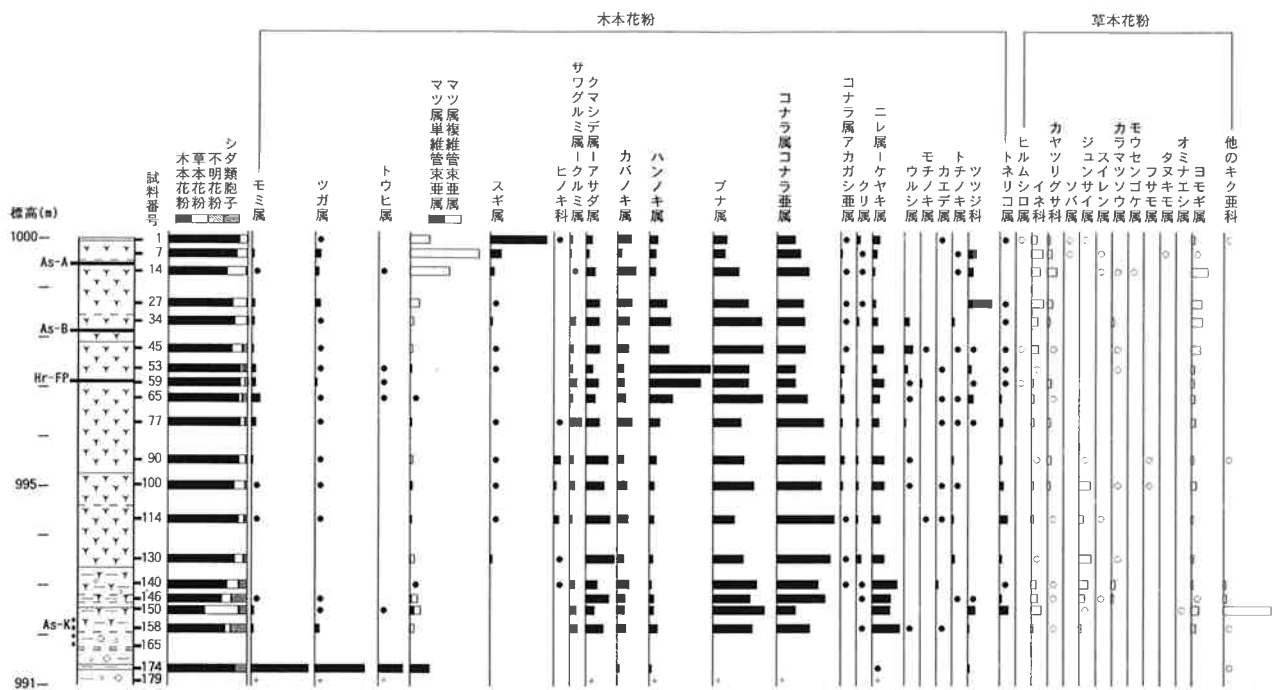


図8 1地点の花化石層位分布図
出現率は、木本花粉は木本花粉総数、草本花粉・シダ類胞子は総数より不明花粉を除く数を基数として百分率で算出した。なお、●○は1%未満、+は木本花粉100個体未満の試料について検出した種類を示す。

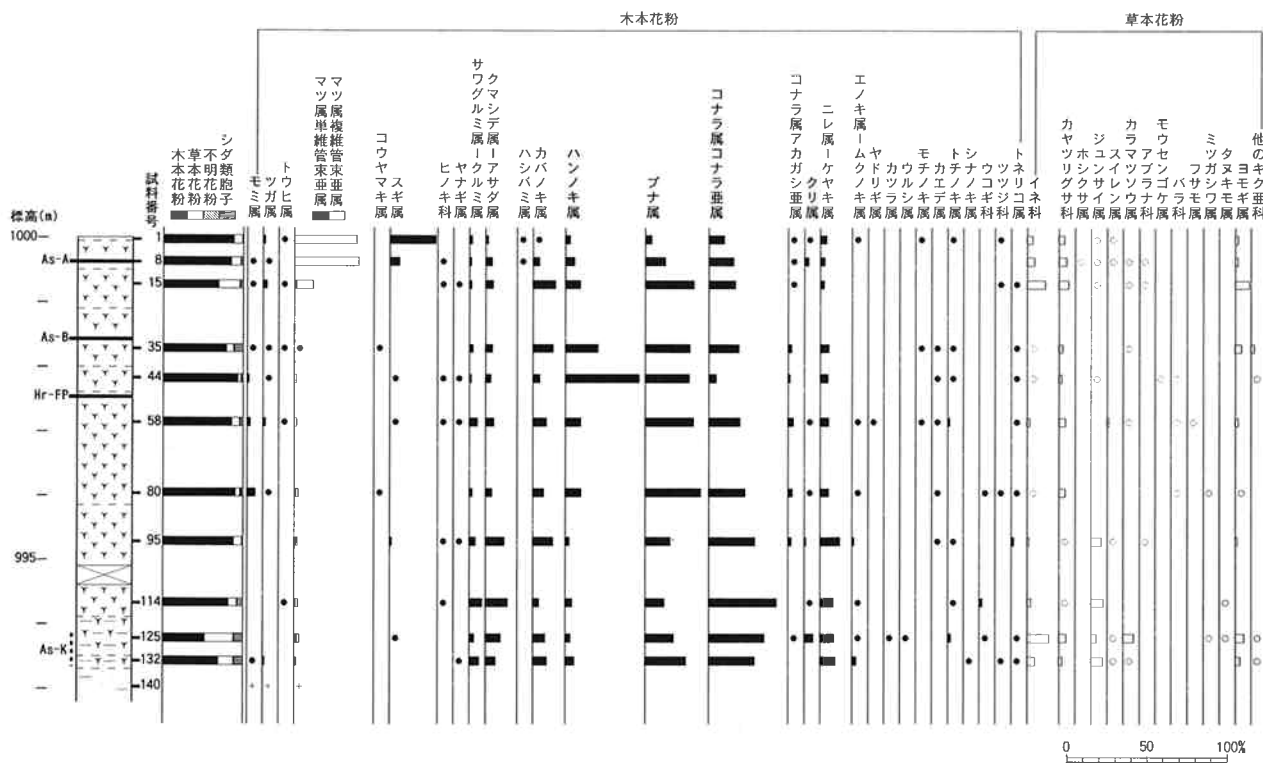


図9 2地点の花化石層位分布図
出現率は、木本花粉は木本花粉総数、草本花粉・シダ類胞子は総数より不明花粉を除く数を基数として百分率で算出した。なお、●○は1%未満、+は木本花粉100個体未満の試料について検出した種類を示す。

370~520cm	下部ブナの時代	やや冷涼な時期
290~370cm	モミの時代	冷涼化が進んだ時期
220~290cm	ハンノキの時代	やや冷涼な時期
120~220cm	上部ブナの時代	やや冷涼な時期
0~120cm	マツの時代	やや温暖な時期

そこで、上記の結果を考慮し、今回得られた花粉化石群集をもとに、当時の古植生変遷を検討する目的で、局地花粉化石群集帯を設定した。以下に各帯の特徴と推定される古植生について記す。

・ P-I 帯

1 地点の試料番号174がそれにあたる。また花粉化石の量は少ないが、その出現傾向からして、下部の砂礫層は全て本帯に含まれると考えられる。草本花粉化石がほとんど見られず、亜高山帯針葉樹林要素が卓越するのが特徴である。このような組成は最終氷期の堆積物に特徴的で、尾瀬沼(Sakaguchi, 1978; 塚田, 1986)や井戸湿原・古峰原湿原(田中ほか, 1992)など北関東地域の湿原でも同様な組成が報告されている。また北関東平野部でも、前橋泥炭層(辻ほか, 1985)や二宮千足遺跡(パリノ・サーヴェイ株式会社, 1992)などで報告されている。このような組成から推定される周囲の古植生は、トウヒ属・モミ属・ツガ属・マツ属単維管束亜属など針葉樹が卓越する植生になっていたと推測される。なおP-I帯は、Hori (1957)の結果では認められない。

・ P-II 帯

1 地点の試料番号158~100、2 地点の試料番号132~95がそれにあたる。木本花粉はブナ属とコナラ亜属が多いのが特徴である。P-II帯では、下部の砂質シルト層と上部の泥炭層とで、ニレ属-ケヤキ属やクマシデアサガ属などの出現率が異なり、かつ泥炭層より上位ではアカガシ亜属が連続して検出されるようになる。そこで、下部(1 地点の試料番号158~140、2 地点の試料番号132~95)をP-II a 亜帯、上部(1 地点の試料番号130~100、2 地点の試料番号114~95)をP-II b 亜帯とする。Hori (1957)との対比関係は、P-II a 亜帯がブナとニレの時代、P-II b 亜帯がブナとナラの時代と下部ブナの時代に相当するとみられる。北関東地方の冷温帯に位置する湿原の花粉分析結果をみると、尾瀬沼(Hori, 1958; 塚田, 1986:

Sakaguchi, 1978)、井戸湿原や古峰原湿原(田中ほか, 1992)、日光戦場ヶ原(内山, 1991)、野反池・覚満淵(Hori, 1957)など後氷期以降の堆積物において、大峰沼と同様なブナ属・ナラ類からなる組成がみられる。したがって、P-II帯の頃の森林植生はブナ属・ナラ類が卓越する冷温帯落葉広葉樹林が広がっていたものと推測される。

一方、草本類をみると、P-II帯ではジュンサイ属の花粉化石が特徴的に現れる。ジュンサイは、貧栄養の湖沼を好むことから考えると、現在のような湿原がこの頃からできあがっていたものと考えられる。

・ P-III 帯

1 地点の試料番号90~34、2 地点の試料番号80~35がそれにあたる。優占種は、P-II帯と変化はないが、モミ属・ツガ属などの温帯性針葉樹林要素が増加する。また上部ではハンノキ属が増加する。そこで、下部(1 地点の試料番号90~77、2 地点の試料番号80~58)をP-III a 亜帯、上部(1 地点の試料番号65~34、2 地点の試料番号44~35)をP-III b 亜帯とする。Hori (1957)との対比関係は、P-III a 亜帯がモミの時代、P-III b 亜帯がハンノキの時代と上部ブナの時代に相当するとみられる。P-III帯にみられるような温帯針葉樹の増加は、関東平野の縁辺部を中心にいくつかの報告がある(楡井, 1990、田中ほか, 1993など)。これは、関東地方の山地部を中心として、中間温帯林が分布拡大したことを示している。このような傾向は、年代測定の方法や試料数などにより年代は若干異なるものの、先に述べた湿原の中にも同様な傾向がみられる地点が多いことから裏付けられる。なお、P-III b 帯ではハンノキ属が増える。ハンノキ属は水辺などの湿地に生える種類が多いため、花粉化石では局地的な植生を反映している場合が多い。したがってこの時期には、沼周辺においてハンノキが生育するような湿地が存在していたものと推測される。

・ P-IV 帯

1 地点の試料番号27~1、2 地点の試料番号15~1に相当する。マツ属複維管束亜属とスギ属増加するのが特徴であるが、マツの増加がスギの増加よりも先行する。したがって、マツの増加開始時期以降(1地点の試料番号27、2 地点の試料番号15)をP-IV a 亜帯、スギの増加開始時期(1地点の試料番号14~1、2 地点の試料番号8~1)以降をP-IV b 亜帯とする。この

ような花粉化石群集になった背景としては植生に対する人為的な影響が強くなったことが予想され、マツの二次林やマツ・スギの植林が増加したと考えられる。なお、Hori (1957) との対比は、マツの時代に相当する。

2-4. 植物珪酸体分析

植物の細胞は主に有機物よりなるが、ときに珪酸質の細胞組織を作るものがあり、これを植物珪酸体とよぶ。植物珪酸体を作る植物は多種にわたるが、特にイネ科は多量の珪酸分を吸収し、主に葉身の特定の細胞に蓄積され、植物珪酸体がつくられる。これら植物珪酸体は、地中に長く残留することができ、かつ種類毎に特徴のある形態を有するものも多い。そこで、地中にたまったイネ科由来の植物珪酸体が周囲の植生を反映していることに着目し、大峰沼内の浮島から得られた試錐試料について分析を行なって、他の分析成果とともに古環境変遷を明かにする。

1) 方法

試料約2gについて、過酸化水素水と塩酸による有機物と鉄分の除去、超音波処理による試料の分散、沈降法による粘土分の除去、ポリタングステン酸ナトリウム(比重2.5)による重液分離を順に行い、植物珪酸体を分離・濃集する。検鏡し易い濃度に希釈した後、カバーガラスに滴下し、乾燥させる。これを、プレウラックスで封入してプレパラートを作製する。なお、堆積物中における植物珪酸体の個数を求めるため、試料の乾重、粒径が $250\mu\text{m}$ より大きい粒子の重量、分析終了後の残渣を希釈した容量、観察時に使用した容量をそれぞれ測定した。

2) 結果

1地点の植物珪酸体分析結果を図10に、3地点の結果を図11に示す。植物珪酸体は全層準の試料から検出されるが、1g当たりの含有量は各層単位で大きく変化する。全体的には、1地点の含有量は3地点よりも少ない傾向にある。保存状態は、1地点の試料番号140と125の間を境として変化しており、下位では溶触痕が認められるものが多いが、上位では良好である。

・1地点

植物珪酸体群集はほぼ単層単位で変化している。試料番号158では、クマザサ属が卓越し、その他のタケ亜科、キビ族、ヨシ属、ススキ属などを伴う。

試料番号146・140でも同様な種類が検出されるものの含有量は減少する。特にクマザサ属、ヨシ属は著しく減少する。

試料番号125・100では含有量が増加し、その中ではヨシ属が著しく増加する。ただし、本層位では下位層位に比較して種類数は減少する。

試料番号90・65では含有量が極めて少なくなり、種類数も少なくなる。

試料番号50以浅では含有量が増加する。その中ではヨシ属の増加が顕著である。

なお、試料番号90以深では、海綿骨針がわずかに認められる。

・3地点

黒色土と褐色土の部分で境にして、組成が2分される。試料番号4~18は、クマザサ属を含むタケ亜科が多産する。試料番号20~31では、クマザサ属を含むタケ亜科が減少する。ススキ属が増加するほか、ヨシ属、キビ族が検出される。

3) 考察

1地点の植物珪酸体群集の層位的変化より、5つの植物珪酸体群集帯(PO1-I~V帯)が設定される。また、3地点では、2つの植物珪酸体群集帯(PO2-I・II帯)にわかれる。各帯の特徴および当時の植生・古環境について考察する。

<1地点>

・PO1-I帯(試料番号158)

As-K層準に相当する本帯はクマザサ属が卓越することが特徴である。本層準の堆積物には、周囲からの流れ込みと判断される風化した凝灰岩が含まれることから、植物珪酸体群集にも堆積物と同時に取り込まれた異地性のものが含まれていることを考慮する必要がある。テフラの層位から、3地点のPO3-I帯の上部と時代的には同じであると考えられることから、クマザサ属やタケ亜科の植物珪酸体は、沼の周辺から流れ込んだものであると考えられる。クマザサ属は、現在では主に暖温帯上部~冷温帯に分布の中心があり、ブナなどの冷温帯林の林床に生育する機会が多い。このことは、先述した花粉化石群集でもブナ属やナラ類からなる森林が推定されており調和的な結果といえる。また、水湿地生のヨシ属が検出されており、ヨシが生育する場所も存在したことが推定される。

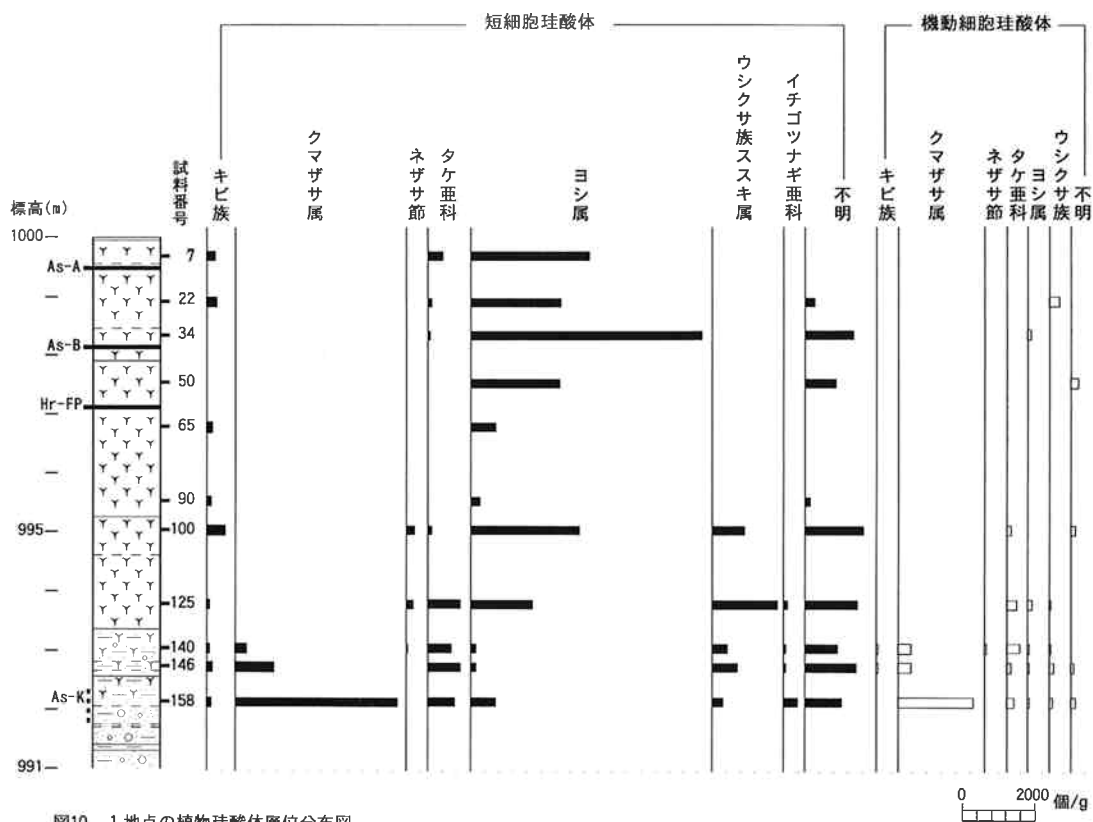


図10 1地点の植物珪酸体層位分布図
1gあたりの個数に換算して、グラフ化する。

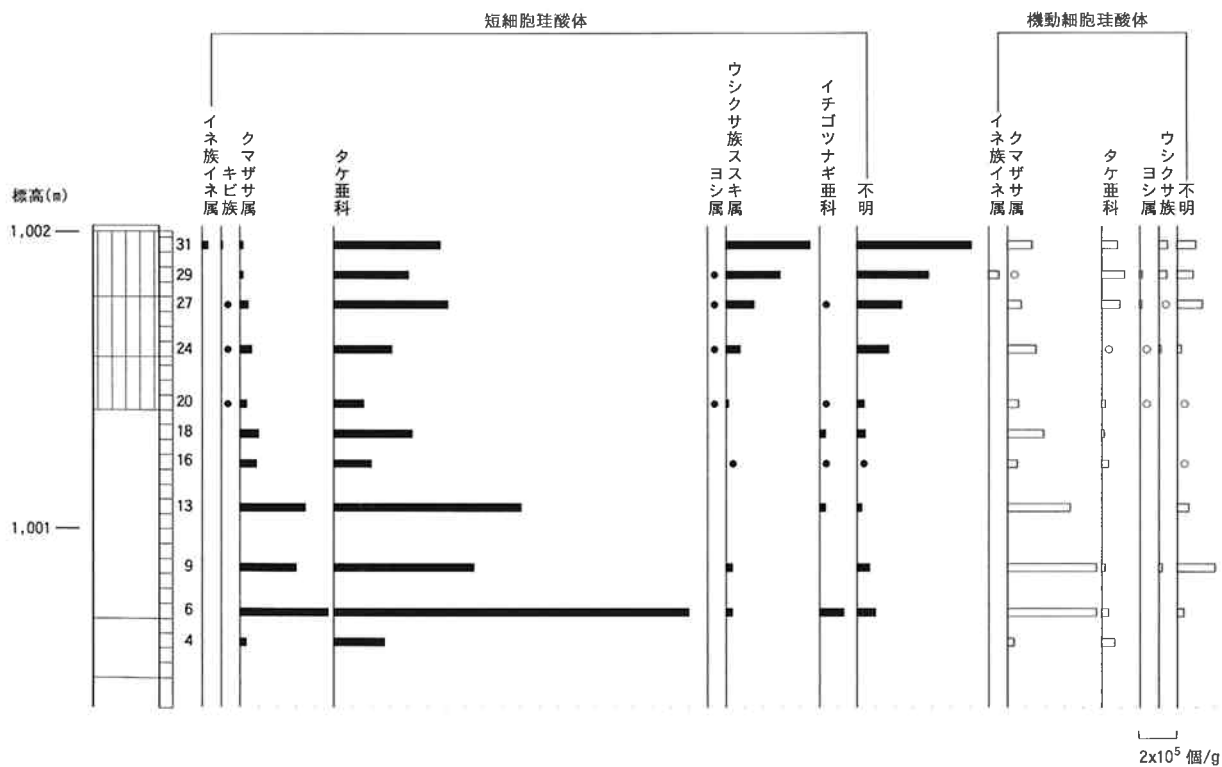


図11 3地点の植物珪酸体層位分布図
1gあたりの個体数に換算してグラフ化する。なお、●○は、1gあたり1万個以下の検出を示す。

・PO1-II帯 (試料番号146・140)

本帯では、卓越していたクマザサ属が減少しており、何らかの環境変化が起こったことが推定される。原因の一つとして、堆積物の層相が泥炭質な堆積物へと変化することから、湿地化にともない流れ込みの影響が弱くなったことが考えられる。

・PO1-III帯 (試料番号125・100)

本帯はヨシ属とススキ属が増加することが特徴である。これとは逆にI・II帯で多産していたクマザサ属は全く検出されなくなる。このような変化は、層相変化とも調和的であり、調査地点が泥炭の集積する安定した水湿地に変化し、周囲からの流れ込みの影響も弱まり、より局所的な植生の影響を強く反映するようになったことを示している。一方、ススキ属やタケ亜科といった乾燥した場所に生育する種類も認められる。この層準は、3地点のPO3-II帯の下部と同時期のものと考えられることから、周辺に生育していたものが流れ込んだものと推定される。珪藻化石の結果ではこの時期一部離水した環境が想定されていることから、その際生じたやや乾いた場所にこれらが生育していたと考えられる。以上のことから、調査地点近辺にはヨシ属が繁茂する水湿地の環境が拡がり、その周囲にはタケ亜科・ススキ属が生育する開けた場所が存在していたと推定される。

・PO1-IV帯 (試料番号90・65)

本帯では堆積物1g当たりの植物珪酸体量が減少する。この原因としては、1.泥炭層の堆積速度が速くなり取り込まれる植物珪酸体量が減少した、2.地下水位の上昇などによりヨシ属などのイネ科植物が生育できなくなった、3.植物珪酸体が堆積後に分解消失した、などの可能性が考えられる。ただし、この時期の堆積環境は、冠水するような状況が推定されていることから、2や3の可能性が高いと判断される。

・PO1-V帯 (試料番号50~7)

本帯はヨシ属が増加し卓越することが特徴である。その年代は、テフラ層序より6世紀以降から現在までと考えられる。このことから、6世紀以降の調査地点近辺にはヨシ属の繁茂するような場所が拡がったことが推定される。このように、現在に近い景観ができあがったのは、6世紀頃であると考えられる。

<3地点>

・PO3-I帯 (試料番号4~18)

クマザサ属を含むタケ亜科が多いのが特徴である。

前橋市の前橋泥炭層には、これとほぼ同時期の堆積物が認められるが、その結果をみると、As-YPの下位ではクマザサ属が多く見られる(杉山、1992)。町田・新井(1992)によれば、As-YPは噴出年代がAs-Kと近似することから、前橋泥炭層と大峰沼では同様な変化がみとめられる。宮城県高森遺跡では、クマザサ属とネザサ節との割合が、酸素同位体比による寒暖の傾向と調和的であり、これらの量比は気候変化に起因しているといわれている(杉山・早田、1996)。これらのことから、当時の大峰沼周辺は、クマザサ属などのタケ亜科が生育していたものとみられる。森林植生で亜高山帯性針葉樹林が卓越することと調和的であり、林床や開けた場所などに生育していたと推測される。

・PO3-II帯 (試料番号31~20)

クマザサ属などのタケ亜科は、下位と比べて減少するものの、比較的多く検出されており、これらが引き続き周囲に生育していたものと推測される。下位と大きく異なるのは、ヨシ属とススキ属の産出である。ヨシ属の出現は、大峰沼の形成期と重なっていることから、沼の成立にともなうものと考えられる。

一方ススキ属は、開けた場所を好むことから、森林が少ない開けた場所が増加したと推測される。黒ボク土の形成には、ススキなどのイネ科草本類が関与しているといわれており、火入れによって、草原が維持されていたと考えられている(松井・近藤、1992)。このことから、ススキ属の増加は、人為的な影響も示唆され、火入れなども行われていた可能性がある。

2-5. 強熱減量

乾燥した試料を強熱することによって有機物の他に結晶水や化合水及び硫化物や炭酸塩の分解等によって起こる減量と、一部の金属元素が酸化されて起こる増量とがあり、これら増減の最終結果が強熱減量である。ただし、本調査試料のように高有機質土(黒泥あるいは泥炭)の場合には含まれている無機物分が少ないため、強熱減量 \approx 有機物量、強熱残量 \approx 無機物量とみることができる。また、測定が比較的簡便であることから、有機物のおおよその量を知るには便利である。そこで、今回堆積物の有機物量を調べるために、この方法を用いた。

1) 方法

測定方法は、「改訂版 底質調査方法とその解説」(環境庁水質保全局水質管理課、1990) に準拠して行った。まず、湿試料を磁器製るつばに必要量はかり取り、110℃で2時間乾燥させた。放冷後、その重量を測定し(1mgまで)、600±25℃の電気炉で2時間強熱した。放冷後、再び重量を測定し(1mgまで)、乾燥試料あたりの強熱減量を求めた。

2) 結果

強熱減量の測定は、1地点を対象とした。その結果は図6に示すとおりである。

試料番号180~160(深度9.0~8.0m)の堆積物は、層相観察からもわかるようにテフラ(As-K)などの無機物を主体にしており、試料番号179・175・162では強熱減量も5%以下の低い値を示す。試料番号159~134(深度8.0~6.7m)の堆積物は、無機物を主体に泥炭が混じる。試料番号157・145・141では10%前後の値を示し、深度8.0m以深の堆積物より強熱減量はやや多い。試料番号133~60(深度6.7~3.0m)の堆積物は泥炭が主体である。しかし、強熱減量は試料番号125・101・91で40~60%、試料番号66で90%以上の著しく高い値を示し、両者に差異が認められる。試料番号59・58(深度3.0~2.9m)の堆積物は、Hr-FPを主体にしており、試料番号59では20%の値を示す。試料番号57~2(深度2.9~0.1m)の堆積物は泥炭が主体であり、強熱減量も試料番号51・35・23・5では75~90%以上の著しく高い値を示す。

以上の結果、本調査地点は有機物と無機物量の供給に大きな変化があったことが推測される。すなわち、深度9.0~6.7mの堆積時には有機物よりも無機物の供給が著しく多かったが、深度6.7~3.0mの堆積時には無機物と有機物の供給がほぼ同じとなり、さらにはHr-FP降灰時までは有機物の供給が著しく多くなった。テフラの降灰により有機物の供給は一時寸断したが、深度2.9~0.1mの堆積時には再び有機物の供給が著しく多くなった。有機物と無機物量の変化は有機物の給源である植生と密接な関係があり、今回の植物珪酸体分析結果の植生変遷は強熱減量の変化と調和的である。

3. 総合考察

1) 層序

ここでは、年代測定やテフラ分析、および微化石に

よる生層序をもとに、堆積物の層序について検討する。

1地点の試料番号167より下位、2地点の試料番号135よりも下位は主として砂礫よりなる。微化石の量も少ないことから、堆積速度が早く、沼内に急速に土砂が流入していた時期であると考えられる。しかし、1地点では珪藻分析の結果沼沢地から湿地の環境を示すシルト層が挟在しており、堆積が穏やかな時期もあったと推測される。その時代は、テフラ分析や花粉分析の結果から、約1.3~1.4万年前以前の最終氷期末にあたる。

1地点の試料番号165~134、2地点の132~119までは砂礫~泥炭質砂混じりシルトである。この層準が、大峰沼のはじまりを示すと考えられる。花粉分析処理後の有機物残渣を観察すると木本質の碎屑物が大部分であり、また、周辺の凝灰岩に由来する砂分も多いことから、周囲からの流れ込みも多かったと推測される。その時代はAs-Kを挟在することや、年代測定結果から、約1.3万年前にあたると考えられる。なお、1地点の試料番号174と165の間は、微化石の組成が異なる。辻ほか(1985)にもみられるように、最終氷期末期から後氷期への植生変化は急激に起こっていることから、今回の組成の急変は、急激な植生変化によるものと推定される。また、植生の急変する時期は、前橋泥炭層ではAs-YPの直上で起こっているのに対し、本地点ではほぼ同時期に噴出したAs-Kの直下で起こっている。しかし、かき込み式のサンプラーのため、テフラ層の乱れなどの影響もあることから、細かな対比は難しい。

1地点の試料番号133より上位、2地点の131より上位では、有機物量が50%を越える泥炭層が堆積する。この時期になると、周囲からの砂分等無機物の供給が少なくなり、現在の状況に近い状態になったものと推測される。さらに、ヨシ属の植物珪酸体量が増加することや、水生植物の花粉化石が多くみられるようになることから、沼内に植物が繁茂するようになったことも、有機物量の増加につながっていると考えられる。

泥炭層の基底の年代は、年代測定結果から約6,000年前であると考えられる。Hori(1957)は、花粉化石群集を気候変化と対比させることにより、泥炭層の基底を「縄文海進」の温暖期としているが、これは今回推定された時代と一致する。さらに花粉分析の結果では泥炭層の基底付近からカシ類の花粉が検出されるようになるが、Hori(1957)の指摘と一致する。これらの

ことから、1地点の試料番号133付近、2地点の試料番号118付近の年代値は縄文海進最盛期前後の約6,000年前といえる。P-III帯では温帯針葉樹林要素が増加する。これはいわゆる「弥生の小海退」と呼ばれる寒冷期に相当する。その始まりは約3,500~4,000年前であると考えられている(田中ほか、1993など)。今回の年代測定結果をみても、2地点の結果が時代的に新しく出ているが、1地点については、ほぼ調和的である。したがって、1地点の試料番号90、2地点の試料番号80付近は約3,500~4,000年前の堆積物であるといえる。これより上位については、両地点から3つの指標テフラが検出されており、重要な時間指標となる。先にも述べたように、Hr-FPは6世紀中葉、As-Bは1108年、As-Aは1783年に相当するから、有史以降の堆積物については、細かい時間指標が得られていることになる。

2) 大峰沼の発達過程

ここでは、上記の時間指標に基づいて、大峰沼の発達過程について考察する。大峰沼は凝灰岩の作った平坦面上の凹地に存在する。そのため周囲からいくつかの谷が集まっている。谷の出口は一つで、V字型に切れ込んだ谷が北東方向に開いている。最終氷期末期にあたる1万数千年前にはまだ現在のよう沼は存在せず、周辺から多量の土砂が運ばれ埋まっていく状態にあったと推測される。当時の周辺植生から推定する気候は、現在の亜高山帯より上位に相当する寒冷な気候であったと考えられることから、植物相も貧弱で谷部に泥炭層が形成されなかったと推測される。

北関東地方では、約13,000年前を境にして急激な植生変化が起こり、針葉樹を中心とした氷期の植生から現在の植生帯に近い状態へと変化したと考えられているが(辻ほか、1985; パリノ・サーヴェイ株式会社、1992など)、大峰沼の誕生はちょうどそのころである。おそらく、温暖化に伴う周辺植生の発達によって谷斜面が安定化し湿地化したものと思われる。当時の大峰沼は、砂礫の供給は少なくなったものの、堆積物中に無機物も多く、タケ・ササ類など周辺植生に由来する植物珪酸体が多量にみられ、また花粉分析の残渣中に微細な材片が多いことから、周囲からの流れ込みの影響もかなりうけていたと推測される。当時の環境は、基本的には湿地~沼沢地のような状態であったが、浮遊性の珪藻化石や浮葉植物の花粉化石がみられることから、池塘などある程度水深をもった場所も存在して

いたと推測される。

約6,000年前になると、厚い泥炭層が堆積するようになる。堆積物中の無機物の供給が減少し、また植物珪酸体がほとんどヨシ属のみからなる局地的な組成を示すことから、閉鎖的な水域に変化したと考えられる。したがって、大峰沼はこのころから湧水によって湿原が涵養されていたものと推測される。大峰沼の付近は地層の境界付近にあたることから水が湧きやすい状況ではあるが、泥炭が発達する背景には叶内(1991)が指摘するように気候の湿润化も関与していたと思われる。珪藻や花粉分析の結果からすれば基本的には湿地のような環境下であるが、池塘などある程度水深をもった場所も存在していたと推測される。また層相観察や花粉・植物珪酸体の結果をみると、当時は低層~中間湿原のような状態で、泥炭の母材はヨシやスゲなどであると推測される。これらのことから、大峰沼が安定した湿原になったのは約6,000年前であることが考えられる。

約4,000年前になると、ヨシやスゲからなる低層~中間湿原のような状況は維持されていたと考えられるが、一方で珪藻化石の結果から水位の上昇が示唆されている。この時期は、いわゆる「弥生の小海退」と呼ばれる気候の冷涼化・多雨化が起こった時期であることから、降水量の増加が大峰沼の水位の上昇の原因の一つになったと考えられる。これによって、湿原の分布域が広がり、周囲ではハンノキなど湿地林が形成されるようになったと推測される。

約1,000年前以降になると、泥炭の母材がミズゴケに変化し、花粉分析の結果でもミズゴケ属孢子の出現率の高い層準がみられる。また、珪藻化石の結果からも現在の環境に近い結果が得られていることから、現在の浮島上に見られるような高層湿原になったのは、約1,000年前であろうと推定される。

このように、大峰沼の原型は約13,000年前に誕生し、現在のよう湧水涵養型の湿原になったのはおよそ6,000年前であると考えられる。微化石分析の結果からすれば、この当時から沼全体が湖沼になったことはほとんどなく、約1,000年前まで常に低層~中間湿原のような状況であったと推測される。これまで考えられていた大峰沼の成因としては、地滑りで谷がせき止められて湖となり、しだいに埋め立てられて沼となった(月夜野町、1954)という説がある。また、沼の中央部に

泥炭が形成されて発達し、それにつれて周辺部には水がたまった(堀、1961)という考えもある。もし、前者の説が正しいならば、沼の形成初期の段階で、珪藻化石などで湖沼を指標する群集組成を示すはずであるが、今回の結果ではそれが認められない。このような状況から考えると、大峰沼の成因は後者にあるように谷底中央部の小規模な湿原が湧水等によって涵養され、しだいに周辺に拡大していったものと考えられる。湿原はその発生から陸化型と沼沢化型の2つに分類されるが(坂口、1974)、大峰沼は沼沢化型に分類されると推定される。

次に、大峰沼の周囲にある水域の成因についてふれておきたい。大峰沼は周辺部に泥炭層が発達しておらず、これが他の山地湿原と景観を異にしている。詳しくは第2報で述べるが、沼内の水深ならびに底質を調査した結果をみると、沼の南東～東側の水深が50cm以下の地点では軟泥が厚く堆積する。一方、それよりも浅い場所では、砂質な堆積物である。特に浮島の南東側は軟泥中に Hr-FP 以降の堆積物が得られていることから、少なくとも千数百年前以降は水域であったと考えられる。また、浮島の東側には特に深い場所が見られ湧水地の可能性が高い。このことから、かつての水域は、池の東～南東部の狭い範囲に池塘状に発達していたと考えられる。

おそらく大峰沼が現在のようない景観になった最大の理由は、人為的なものである可能性が高い。その根拠はつぎのようなことである。これまで明らかとなってきた浮島の発達過程からすれば、大峰沼は池沼が埋まることによって発達してきたのではなく、沼沢地的環境下で徐々に発達してきたことがあげられる。したがって、浮島の発達過程においては、水位は現在よりも低かったものと推定される。さらに、浮島にはいくつかの長い亀裂があるが、この割れ目は聞き取り調査による湧水地点(次報で水質調査を行った2地点にあたる)から放射状にのびている。このことから、これらの割れ目はかつて湧水が流れる小溝であったと思われる。これが水深が上昇することによって、埋没したものと推定される。詳しくは次報で述べるが、浮島の底質の分布範囲をみると、浮島の周囲で発達が悪い。とくに試料採取時の水位で50cmを下回るような場所では薄く、テフラもはっきりしない。一方、浮島の脇の水深が深いところでは、Hr-FP テフラも検出され、少な

くとも古墳時代以前から水域であったことが示唆される。水深の浅い場所の底質試料では As-A 軽石が散在する程度であるから、水域になったのは近世以降であるといえる。このような事実から、水位上昇は近世以降に急に起こった可能性がある。聞き取りによれば、大峰沼に堰を設けた時期は何回かあり、現在の水門の前に構築されていた堰は大正時代に作られたものだとされている。堰は何度か決壊しているが、その際には、周囲の水はほとんどなくなり、浮島まで歩いてわたれるようになるということであった。さらに、大峰沼は古くから農業用水として利用されていたといわれている。このことから、おそらく近代に入って堰をもうけ、水位を上げたために現在のようない景観になったと考えられる。それまでは規模も小さく湿原も現在の浮島周辺に限られていたのではないかと推測される。水位が上昇する際に、泥炭は軽いため増水に伴って浮き上がる性質がある。したがって、近代に入って、人工的に水位を上げた際に、当時高層湿原となっていた場所が浮き上がり、現在のようない景観になったと推測される。底泥の泥炭は南東側の水深50cm以深の地点にのみに発達する点や、1994年の秋は湧水で普段より約50cm以下に水位が下がっていたことからすると、堰をもうけたことにより1m以上の水位上昇があったと考えられる。

3) 周辺の植生変遷

最終氷期末期(約1万数千年年前)の周囲の森林植生は亜高山帯針葉樹に覆われていたものと推測される。このような組成は北関東に位置する湿原でも同様に見られ、尾瀬沼(Sakaguchi、1978;塚田、1986)や井戸湿原・古峰原湿原(田中ほか、1992)などで報告されている。また北関東の平野部でも、前橋泥炭層(辻ほか、1985)や二宮千足遺跡(パリノ・サーヴェイ株式会社、1992)などで針葉樹が卓越する古植生が推定されている。特に本地点では、クマザサ属の植物珪酸体が多産する。クマザサ属は、亜高山帯の森林では、疎林で林床が明るい場所や、樹木が生育しない開けた空間を中心に生育する。このことから、当時の周囲の森林景観は、ササ類が生育する疎林の部分や開けた空間が存在していたと考えられる。

約1.3万年前になると北関東地方では、最終氷期末期の急激な植生変化が現れる。前橋台地～赤城山南面では浅間板鼻黄色軽石(町田・新井、1991)降下以前にはマツ科針葉樹を主体とする植生であったが、その後

層相	時代性	沼の環境	周辺植生
As-A	A.D.1783	人為的な行為(堰の建設)?により水位が上昇し、現在の景観に近い状態になる。	人為的な植生干渉により、マツやスギが増加する。またスギが生育するような裸地が拡大する。
As-B	A.D.1108	現在の浮島部分が高層湿原化し、浮島上は現在と同じような景観になる。しかし、回りの水域は現在ほぼ広くなく、浮島の南東側を中心に分布していたとみられる。	ナラ類やブナなどからなる森林に覆われていたと考えられる。ススキが多く傾向があり、周辺に裸地が増加(人間の干渉?)した可能性がある。
Hr-FP	6世紀中葉	湿原域が拡大し、浮島部分も冠水するような環境下になる。周囲にはヨシやハンノキなどの湿性植物が生育する。涌水の増加がその原因として考えられるが、この時期は全国的に冷涼・多雨になったと考えられていることから、降水量の増加が原因か?	ナラ類やブナなどからなる森林に覆われており、林床はササで覆われていたと考えられる。沼周辺部にはハンノキ湿地が存在したと推測される。低地部でのモミ・ツガの増加が示唆される(中間温帯林の拡大?)。
	約4000年前	周囲からの流れ込みがほとんどなくなり、涌水で涵養される湿原になる。ヨシやスゲなどが生育する湿地であるが、涌水の場所には池塘などが存在し、抽水植物・浮葉植物なども生育していたと考えられる。	ナラ類やブナなどからなる森林に覆われており、林床はササで覆われていたと考えられる。平野部?でのカシ類の分布拡大がはじまる。
	約6000年前	谷内が湿地化し、沼状の水域もできたが、周囲からの流れ込みも依然多く見られる。	ナラ類やブナなどからなる森林に覆われており、林床はササで覆われていたと考えられる。
As-K	1.3~1.4万年前	湿原は存在せず、谷内に周囲から土砂が流れ込んでいる状況。腐植を含んだシルトをはさむことから、一時的に池沼・沼沢地化した可能性もある。	モミ属・ツガ属・トウヒ属からなる疎林で、ササの林分も多かったと推測される。

図12 大峰沼の環境変遷

急速に温暖化しナラ類が卓越する冷温帯林に変わったとされている(田中ほか、1980;辻ほか、1985;パリノ・サーヴェイ株式会社、1992)。この傾向は尾瀬ヶ原でもみられ、約1.3万年前を境にして、亜高山帯針葉樹林からブナ・ナラ類を主体とする冷温帯林へと変化したとされている(塚田、1986)。今回の調査地点でも、As-YPとほぼ同時期のテフラであるAs-K 降灰以降、尾瀬沼などと同様にブナ属・ナラ類が卓越しており、沼の周囲には約1.3万年前以降冷温帯落葉広葉樹が広がっていたと推測される。ブナ林を代表する冷温帯落葉樹林の特徴として、林床にチマキザサやチシマザサなどクマザサ属が生育するが多い。今回の植物珪酸体分析では多量のクマザサ属が検出されており、これらは林床に生育していたものに由来すると考えられる。また、ニレ属・ケヤキ属・クマシデ属・トチノキ属・カエデ属など渓谷林を作る花粉化石も多く検出されている。これらは当時周囲の渓谷などに生育していたものに由来すると考えられる。

後氷期に入ると温暖化が進みいわゆる「縄文海進」といわれる温暖期になる。この時期、北関東の南部地域では、ナラ類に混じってカシ類が出現するようにな

る(パリノ・サーヴェイ株式会社、1990、パリノ・サーヴェイ株式会社、1992)。関東地方でカシ類が分布する時期については、花粉分析の結果から約8,000年前といわれている(塚田、1986)。大峰沼でも泥炭質シルトから泥炭層に変化するあたりから暖温帯の森林に特徴的に産出するカシ類の花粉化石が連続して検出されるようになり、上記と同様な傾向が伺われる。なお、大峰沼では、この時期にニレ属・ケヤキ属やクマシデ属・アサダ属といった花粉化石の減少がみられる。これについては、この時期堆積環境が変化することから、渓谷からの碎屑物がなくなったため、花粉化石群集が反映する範囲がより局地化したのが原因とみられる。なお、後氷期以降、周辺の平坦面では黒色土が発達し、ススキ属の植物珪酸帯が増加傾向を示す。ススキなどのイネ科草本類は、黒ボク土の形成に関与しているといわれており、人為的な火入れによって、草原が維持されていたと考えられている(松井・近藤、1992)。このことから、ススキ属の増加は、人為的な影響も示唆され、周辺部で伐採や火入れなど、開けた空間が作られていた可能性がある。

約4,000年~1,000年前にかけて、モミ属・ツガ属な

ど中間温帯林を構成する花粉化石が微増する。花粉分析の結果などから、大峰沼周辺の植生は、ブナやナラ類などを主とする冷温帯林が成立し、溪谷では、ニレ属・ケヤキ属・クマシデ属・トチノキ属・カエデ属などの溪谷林によって構成されていたとみられ、約1.3万年以降大きな変化はみられない。モミ属やツガ属は風媒花であり、花粉の生産量や飛散能力も高いことから、この変化はより標高の低い地域において、中間温帯林が発達したことを示している。温帯針葉樹の増加については、関東平野の縁辺部を中心にいくつかの報告がある(パリノ・サーヴェイ株式会社、1985：楡井、1990：田中ほか、1993：増淵・上西、1996)。この時期は、日本では一般的に「弥生の小海退」とよばれ、この時期の植生変化は気候変動(多雨・冷涼化)によって、引き起こされたといわれている(那須、1989)。南関東の低地では、この時期の変化はカシ類とスギの増加という形で現れている(辻ほか、1983：パリノ・サーヴェイ、1988、1989、1992：辻・橋屋、1987：辻ほか、1987：辻、1988：田中ほか、1993など)。なお、大峰沼周辺では、約1,500年前を境にしてハンノキの増加がみられる。この傾向は、今回分析を行った1・2地点のほかHori(1957)でも報告されていることから、この変化は大峰沼周辺の比較的広範囲で起こったものと推測される。珪藻分析の所見では、この時期には大峰沼の水位の増加があったと考えられていることから、水位上昇により周辺が湿地化しハンノキが生育したものと考えられる。

約1,000年前以降の花粉化石群集は、マツ属とスギ属が高率に出現することが特徴である。マツは中世頃、スギは近世頃から増加を開始し、やがて高率となる。これは、マツ(おそらくアカマツであろう)やスギが、周辺の森林を構成する主要な要素となったためと推測される。この理由は、人類が植生に干渉した結果、アカマツの二次林や植林が増加したためであると指摘している(辻ほか、1986)。このことから、足尾山地周辺でも人類による植生干渉が進んできたものと思われる。関東地方におけるマツ属の花粉化石の増加は、As-Bの層準から増加をはじめ、As-Aの層準から急増するとされており(辻ほか、1986)、今回の結果もそれに近い。なお、近世における全国的なスギ属の花粉化石の増加について塚田(1980)は、有用材であるスギの保護および植林が原因であると指摘している。今回の分析結

果から見れば、周辺の森林でも近世から現在に至るまでこのような保護や植林が行われていたものと思われる。

おわりに

大峰沼の過去から将来については、第2報でまとめる。ここでは、関東地方の北部に分布する他の山地湿原との比較について延べ、むすびとしたい。

北関東北部には、尾瀬沼をはじめとする多くの山地湿原があり、多くの研究が行われている。これらの湿原は溶岩などの火山噴出物による緩斜面や凹地に分布しているものが多い。このような形態の湿原は、地表面が地下水などの影響で湿地化するもので、沼沢化型の湿原とよばれている(坂口、1974)。大峰沼の周辺に分布する三峰大沼などの湿原も、大峰沼と同様第三紀の火山噴出物からなる緩斜面に分布しており、沼沢化型の湿原であることがわかる。

叶内(1991)は、尾瀬ヶ原・鬼怒沼・田代湿原などの湿原がほぼ6,000年前から形成されることに着目し、関東北部に分布する湿原の形成には、気候の湿潤化が関係していることを指摘している。井戸湿原(田中ほか、1992)や田代湿原(田中ほか、投稿中)なども花粉分析などの結果から、ほぼ同時期から泥炭層の堆積が始まっており、この傾向は、北関東の山間部の沼沢地型湿原にほぼ共通にみられる傾向であるといえる。

湿原の堆積速度については湿原の立地環境によってかなり異なる。各湿原でのテフラの深度を比較してみると、As-A テフラは、大峰沼浮島で50cm、尾瀬ヶ原で20cm(Sakaguchi et al., 1982)、井戸湿原で10cm(田中ほか、1991)、田代湿原で15cm(田中ほか、投稿中)の深度で検出される。As-B テフラは、大峰沼浮島で190cm、尾瀬ヶ原で60cm(Sakaguchi et al. 1982)、井戸湿原で20cm(田中ほか、1992)、古峰原湿原で100cm(田中ほか、1992)、田代湿原で30cm(田中ほか、投稿中)の深度で検出される。Hr-FP テフラは、大峰沼浮島で290cm、尾瀬ヶ原で90cm(Sakaguchi et al. 1982)、井戸湿原で50cm(田中ほか、1992)田代湿原と鬼怒沼では70cm(叶内、1991)、戦場ヶ原では350cm(叶内、1991)、土呂部湿原では280cm(田中ほか、1996)である。

Hr-FPをもとに比較した場合、大峰沼は最も堆積速度が遅い井戸湿原と比較すると、約5倍の堆積速度を

もっていることになる。これらは立地環境の違いが影響している。田代湿原・井戸湿原・鬼怒沼などはいずれも山頂部の平坦面に立地するため、周囲から碎屑物の流れ込むことがほとんどない。また標高も高いため、植物生産量も多くなく、堆積速度は遅い。尾瀬ヶ原のような、後背湿地に立地する湿原では、河川の流入があるので、無機物の供給も多く、これらの湿原より堆積堆積速度は早くなる。古峰原湿原と大峰沼は、山の中腹に位置するため、斜面から植物遺体や無機物が流入しやすい環境にある。また、標高が低いため植物の生産量は高く、周囲は落葉樹林に覆われているため有機物の流入も多い。このような状況であるから堆積速度はさらに早くなる。戦場ヶ原は、男体山の活動により多くの碎屑物がもたらされるほか、湿原につながる斜面も植生が貧弱で不安定なため碎屑物の流入はかなり多く、関東北部の湿原のなかでは最も早い堆積速度を示している。大峰沼の特徴である大規模な浮葉植物群落と浮島の形成には、人為的な影響が大きく関わってきたことが伺われる。本来、近隣の三峰大沼（月夜野町）や小池沼湿原（新治村）など冷温帯に分布する湿原と近似する景観であったと考えられる。これらの湿原では、大峰沼と同様ミツガシワやジュンサイなどの植物がみられるが（群馬県高等学校教育研究生物部会）、いずれも小規模である。本来大峰沼も上記のような景観であったと思われるが、豊富な湧水量やせき止めによる人為的な水位の上昇が現在のような景観を作るのに大きく関与していると考えられる。

引用文献

- 安藤一男（1990）淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用。東北地理，42，p.73-88.
- Foged, N.(1957) Diatoms from Rennell Island. The Natural History of Rennell Islands, British Solomon Islands. Copenhagen. vol.3, p.7-97.
- Foged, N.(1964) Freshwater Diatoms from Spitsbergen. Toromso Museums Skrifter vol.11. pp.204.
- 群馬県（1977）大峰山・大峰沼と湿原・古沼地域。良好な自然環境を有する地域学術調査報告書(III), p.1-32, 群馬県企画部環境保全課。
- 群馬県高等学校教育研究会生物部会（1987）群馬県植物誌（改訂版），604 P., 群馬県。
- Hori Shoichi (1957) Pollen Analytical Studies on

- Bogs of Central Japan, with Special References to the Climatic Changes in the Alluvial Age. Japanese Journal of Botany, 16, p.102-127.
- Hori Shoichi (1958) Ekologiaj studoj pri la plantunuigoj en la torfokampoj de Meza japanujo, Science Report of Gunma University, 7 (2), p.1-41.
- 堀 正一（1961）湿原の形成過程について。地球科学，55，p.17-22.
- Hustedt, F.(1930) Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. unter Berücksichtigung der ubrigen Lander Europas Sowie der angrenzenden Meeresgebiete. in Dr. Rabenhorsts Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz, vol.7, Leipzig, Part 1, 920p
- Hustedt, F.(1937-1938) Systematische und ökologische Untersuchungen mit die Diatomeen Flora von Java, Bali und Sumatra. I ~ III. Arch. Hydrobiol. Suppl., 15, p.131-809, p.1-155, 274-349.
- Hustedt, F.(1939) Systematische und Ökologische Untersuchungen über die Diatomeenflora von Java, Bali und Sumatra, II, Die Diatomeenflora der untersuchten Gewassertypen. Arch. f. Hydrobiol., Suppl. vol.16, p.1-155.
- Hustedt, F.(1959) Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. unter Berücksichtigung der ubrigen Lander Europas Sowie der angrenzenden Meeresgebiete. in Dr. Rabenhorsts Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz, vol.7, Leipzig, Part 2, 845p
- Hustedt, F.(1961-1966) Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz. unter Berücksichtigung der ubrigen Lander Europas Sowie der angrenzenden Meeresgebiete. in Dr. Rabenhorsts Kryptogamen Flora von Deutschland, Oesterreichs und der Schweiz, vol.7, Leipzig, Part 3, 816p.
- 環境庁水質保全局水質管理課（1990）「改訂版 底質調査方法とその解説」，175 P., 日本環境測定分析協会。
- 叶内敦子・杉原重夫・小疇 尚（1988）長野県八島ヶ原湿原と群馬県大峰沼湿原堆積物の層序と花粉分析。日本地理学会予稿集，35，p.250-251.
- 叶内敦子（1991）山地湿原の発達史と古環境。植生史

- 研究, 7, p.15-23.
- 小林 弘・山下不二子 (1969) 三宝池のケイソウ・陸水学雑誌, 30 (3), 98-107.
- Kolbe, R. W.(1932) Grundlinien einer allgemeinen Okologie der Diatomeen, *Ergeb., Biol.*, 8, p.221-348.
- Krammer, K., and H. Lange-Bertalot.(1986) Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa*, 2 (1): p.1-876.
- Krammer, K., and H. Lange-Bertalot.(1988) Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa* 2 (2): p.1-596.
- Krammer, K., and H. Lange-Bertalot.(1990) Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa* 2 (3): p.1-596.
- Krammer, K., and H. Lange-Bertalot.(1991) Bacillariophyceae, *Susswasser flora von Mitteleuropa* 2 (4): p.1-596.
- Lowe, R. L.(1974) Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. In *Environmental Monitoring Ser. EPA-670/4-74-005. Nat. Environmental Res. Center office of Res. Develop., U. S. Environ. Protect. Agency. Cincinnati.* p.1-344.
- 町田 洋・新井房夫 (1991) 火山灰アトラス, 276 p., 東京大学出版会.
- 松井 健 近藤鳴雄 (1992) 土の地理学—世界の土・日本の土—, 122 p., 朝倉書店.
- 増淵 和夫・上西登志子 (1996) 多摩丘陵における縄文時代晩期以降の古植生とモミーツガ林, *川崎市青少年科学館紀要*, 7, p. 1-12.
- 那須孝悌 (1989) 活動の舞台: 概論. 「弥生文化の研究 1 弥生人とその環境」, 永井昌文・那須孝悌・金関 恕・佐原 真編, p. 119-130, 雄山閣.
- 中島啓治・田中宏之・吉田武雄・服部幸雄(1978) 奥利根地域の珪藻類, *群馬県奥利根地域学術調査報告書* (III), p. 146-165.
- 中島啓治・田中宏之・吉田武雄 (1979) 奥利根地域の珪藻類, *続群馬県奥利根地域学術調査報告書*, 一巻 機山・小沢岳地域学術調査報告書一, p. 122-146.
- 楡井 尊 (1990) 花粉化石が語る昔の森林, 「鶴ヶ島町史自然編 I 鶴ヶ島の地質」, p. 34-46.
- Patrick, R.(1948) Factors effecting the distribution of diatoms. *Bot. Rev.*, 14 (8), p.473-524.
- Patrick, R. and Reimer, C. W.(1975) The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. 2, Part 1. 213p. *Monographs of Acad. Nat. Sci. Philadelphia* 13.
- パリノ・サーヴェイ株式会社 (1985) 微化石・植物遺体等の同定及び火山灰の検出年代測定報告, 「大久保条里遺跡発掘調査報告書」, p.23-39, 浦和市教育委員会.
- パリノ・サーヴェイ株式会社 (1988) 浜野川遺跡群の確認調査にともなう花粉分析報告, 「千葉 市浜野川遺跡群 (低湿地における遺跡確認調査)」, p.122-131, 財団法人千葉県文化財センター.
- パリノ・サーヴェイ株式会社 (1989) 千葉市浜野川神門遺跡の堆積物に関する諸分析, 「千葉市浜野川神門遺跡 (低湿地貝塚の発掘調査)」, p.88-127, 財団法人千葉県文化財センター.
- パリノ・サーヴェイ株式会社 (1990) 落合遺跡の自然科学的分析, 「三本木遺跡・落合遺跡 一市道東291号線道路新設改良事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書一」, p.35-43, 群馬県安中市教育委員会・群馬県安中市建設部
- パリノ・サーヴェイ株式会社 (1992) 二之宮千足遺跡の古環境解析, 「(助)群馬県埋蔵文化財調査事業団調査報告第125集 二宮千足遺跡 一般国道17号(上武道路) 改築工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書 (自然科学分析編)」, p.61-111. 建設省・群馬県教育委員会・(助)群馬県埋蔵文化財調査事業団
- Round, F. E.(1961) The diatom of a core from Esthwait Water. *The phytologist*, 60 (1), p.43-59.
- 坂口 豊 (1974) 泥炭地の地学, 329 p., 東京大学出版会.
- Sakaguchi Yutaka (1978) Climatic Changes in Central Japan since 38,400y. B. P. -Viewed from Palynological Study on Ozegahara Deposits. *Bull. Dept. Geogr. Univ. Tokyo*, 10, p.1-10.
- Sakaguchi, Y., Arai F. & Souma, H.(1982) On Deposits of the Ozegahara basin -a contribution to late Quaternary evolution of the largest raised bog in Japan and its paleo- environments." *Ozegahara:Scientific Researches of the Highmoor cen-*

- tral Japan”, p.1-29.
- 杉山真二 (1991) 前橋泥炭層の植物珪酸体群集. 植生史研究, 1(2), p.71-72.
- 杉山真二・早田 勉 (1996) 植物珪酸体分析による遺跡周辺の高環境推定 (第3報) —宮城県高森遺跡周辺における約50万年間の気候変動—. 日本文化財科学会第13回大会研究発表要旨集, p.68-69.
- 田中宏之・中島孝守・磯田喜義・山岸勝治 (1980) 群馬県高崎市南部、群馬の森の地質と材・花粉・珪藻化石. 群馬県立歴史博物館紀要, 1, p.69-110.
- 田中義文・伊藤良永・大嶋秀明・橋本真紀夫 (1992) 栃木県南部の古植生変遷 I —一足尾山地の植生史—. 栃木県立博物館研究報告書, 10, p.59-100.
- 田中義文・伊藤良永・大嶋秀明・橋本真紀夫 (1993) 栃木県南部の古植生変遷 II —一足尾山地の植生史—. 栃木県立博物館研究報告書, 11, p.73-119.
- 田中義文・堀内誠示・矢作健二・橋本真紀夫 (1996) 栃木県栗山地域の古植生変遷. 栃木県立博物館研究報告書, 14, p.1-36.
- 東京農業大学第一高等学校生物部 (1989) 大峰沼湿原の生態とその保護について. 22 p.
- 塚田松雄 (1980) 杉の歴史: 過去一万五千年間, 科学, 50, p.583-546.
- 塚田松雄 (1986) 関東地方における第四紀後期の植生史. 「日本植生誌 関東」, 宮脇 昭編, p.78-103, 至文堂.
- 月夜野町 (1954) 大峰, 67 p.
- 辻 誠一郎・南木陸彦・小池裕子 (1983) 縄文時代以降の植生変化と農耕—村田川流域を例として—, 第四紀研究, 22 p. 251-266.
- 辻 誠一郎・吉川 昌伸・吉川純子・能代修一 (1985) 前橋台地における更新世末期から完新世初期の植物化石群集と植生. 第四紀研究, 23, p.263-269.
- 辻 誠一郎・南木陸彦・小杉正人 (1986) 「茂林寺沼及び低地湿原調査報告書 第2集 館林の池沼群と環境の変遷史」, p.1-110, 館林市教育委員会.
- 辻 誠一郎・橋屋光孝 (1987) 東京都中里遺跡の縄文時代以降の花粉学. 「中里遺跡 2—遺跡と古環境2—」, p.185-251, 東北新幹線中里遺跡調査会.
- 辻 誠一郎・橋屋光孝・鈴木 茂 (1987) 川口市赤山陣屋遺跡の花粉化石群集. 「赤山 一般国道298号(東京外かく環状道路)新設工事に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書古環境編」, 埼玉県・川口市遺跡調査会, p.105-130.
- 辻 誠一郎 (1988) 袋低地遺跡の縄文時代以降の花粉化石群集. 「袋低地遺跡 —自然科学編1—」, p.337-365, 東北新幹線赤羽地区遺跡調査会・東日本旅客鉄道株式会社.
- 内山 隆 (1991) 日光戦場ヶ原湿原の花粉分析学的研究. 千葉経済短期大学初等教育科研究紀要, 14, p.3-18.
- Van Landingham (1970) Origin of an early non-Marine Diatomaceae Deposit in Broad water County, Montana, U. S. A. Diatomaceae II Nova Hedwigia Heft 31, p.449-473 .