

白州町ミニ・グランドキャニオンの自然科学分析

パリノ・サーヴェイ株式会社

はじめに

釜無川は、国界橋から下流にかけて、「ミニ・グランドキャニオン」とよばれる峡谷になっている。この峡谷の基盤を作っているのは、新第三系の火山岩や深成岩類である。これらの地層は、糸魚川-静岡構造線の一部をなす断層群によって切られており、一部に破碎帶がみられる。その上には、第四系の地層が堆積し、いくつかの地形面を作っている。その中でも、白州町上教来石付近には、黒褐色の泥炭層が露出し、所々に立木や流木がみられる。今回は、これらの各層が堆積した当時の古環境を知る目的で、珪藻分析、花粉分析、ならびに樹種同定をそれぞれ行う。

1. 試料採取地点の地質

今回分析を行う地点は国界橋よりも約500m下流の釜無川左岸の露頭である。この露頭は高さ約10mで、砂礫層中に木材の包含層が4層準在する。そこで、各包含層を上位よりI～IV層と命名した。この礫層は、層位関係から教来石砂礫層（信州研究グループ、1969）に相当すると考えられる。本層は、花崗岩を主とする層理の発達が悪い砂礫層で、泥炭質砂層、泥炭層を伴い、泥炭層中からは、多くの植物化石が産出する（信州研究グループ、1969）。本層は、上部南佐久郡群I・IIの間の不整合期に形成されたと考えられており、中部更新統に対比されている（八ヶ岳団体研究グループ、1988）。年代値は、本層の下位にあたる南佐久郡群中部累層III中の火山灰層（O. L.）のフィッショントラック年代値として、25万～27万年前後の値が得られている（八ヶ岳団体研究グループ、1988）。

2. 試料

木材包含層I～IVより各1点ずつ計4点の試料を採取し、珪藻分析・花粉分析用試料とした。また、木材については、今回I～IV層から採取された試料のほか、過去に教来石砂礫層から出土した木材を加え、計9点を同定する。樹種同定用試料の詳細については、樹種同定結果表に併せて記す。

3. 方法

(1) 硅藻分析

試料を湿重で約5g秤量し、過酸化水素水、塩酸の順に化学処理し、試料の泥化と有機物の分解・漂泊を行う。自然沈降法で粘土分、傾斜法で砂分を除去した後、適量計り取りカバーガラス上に滴下し乾燥させる。乾燥後、プリュウラックスで封入する。検鏡は、光学顕微鏡で油浸600倍あるいは1000倍で行い、メカニカルステージで任意の測線に沿って走査し、珪藻殻が半分以上残存するものを対象に、200個体以上同定・計数する（珪藻化石の少ない試料はこの限りではない）。種の同定は、K.Krammer and Lange-Bertalot (1986・1988・1991a・1991b)、K.Krammer (1992)などを用いる。同定結果は、産出種をアルファベット順に並べた一覧表で示す。堆積環境の解析にあたり、塩分濃度に対する適応性から産出種を海水生種、海水～汽水生種、淡水生種に分類し、淡水生種については更に塩分・水素イオン濃度（pH）・流水に対する適応性に基づいて生態区分する。そして、主要な分析群について、主要珪藻化石の層位分布図を作成する。図中の海水

～淡水生種の比率と各種産出率は全体基数、淡水生態の生態性の比率は淡水生種の合計を基数とした相対頻度で産出する。堆積環境の分析に当たっては、安藤（1990）、伊藤・堀内（1991）の環境指標種などを参考とする。

（2）花粉分析

試料約5gについて、水酸化カリウムによる泥化、篩別、重液（臭化亜鉛：比重2.2）による有機物の分離、フッ化水素酸による鉱物質の除去、アセトトリス処理の順に物理・化学的処理を施し、花粉化石を濃集する。残渣をグリセリンで封入してプレパラートを作製し、光学顕微鏡下でプレパラート全面を操作し、出現する全ての種類について同定・計数する。

結果は、木本花粉は木本花粉総数、花本花粉・シダ類胞子は総花粉・胞子数から不明花粉を除いたものを基数とした百分率で出現率を産出し図示する。図表中で複数の種類をハイフンで結んだものは、種類間の区別が困難なものである。

（3）樹種同定

剃刀の刃を用いて、試料の木口（横断面）・柾目（放射断面）・板目（接線断面）の3断面の徒手切片を作製する。切片は、ガム・クロラール（抱水クロラール・アラビアゴム粉末・グリセリン・蒸留水の混合液）で封入し、プレパラートする。プレパラートは、生物顕微鏡で透過光による木材組織の観察を行い、その特徴から種類を同定する。

4. 結 果

（1）珪藻化石

結果を表1、図1に示す。珪藻化石は、I層から少ないながらも産出するが、それ以外の地層は無化石である。I層の完形殻の出現率は約70%と高い。産出種は全て淡水生種から構成され、産出分類群数は5属7種類と少ない。淡水生種の生態性（塩分、水素イオン濃度、流水に対する適応度合い）の特徴は、貧塩不定性で好アルカリ性種の*Rhopalodia nobae-zealandiae*が約70%と優占することである。これに次いで、好アルカリ性種で好止水生性の*Cymbella cistula*が約20%産出する。

（2）花粉化石

結果を表2、図2に示す。花粉化石は、いずれの試料からも産出するが、保存状態はよくない。草本花粉はほとんどみられず、木本花粉が産出する。下位では、モミ属、ツガ属、トウヒ属、マツ属などの針葉樹が多産するが、上位へいくにつれてこれらは少なくなり、ハンノキ属、ブナ属、コナラ属が増加する。

（3）樹種同定

同定結果を表3に示す。III層とIV層から出土した木材化石の中には、保存状態が悪く切片を作製することができなかつた試料が各1点ある。その他の試料は全て針葉樹で、3種類（トウヒ属・モミ属・ヒノキ科）が同定された。解剖学的特徴などを以下に記す。

・トウヒ属 (*Picea sp.*) マツ科

早材部から晩材部への移行はやや急で、晩材部は広い。垂直樹脂道および水平樹脂道が認められる。放射組織は仮道管と柔細胞、エピセリウム細胞よりなり、柔細胞壁は滑らかで、

表3 樹種同定結果

試料名	樹種
I層	針葉樹
II層	モミ属
III層	モミ属
	不明
IV層	モミ属
	不明
白州町役場展示埋没樹	トウヒ属
白州町郷土資料館所蔵品	トウヒ属
小淵沢町郷土資料館所蔵樹根化石	トウヒ属

表 1 珊藻分析結果

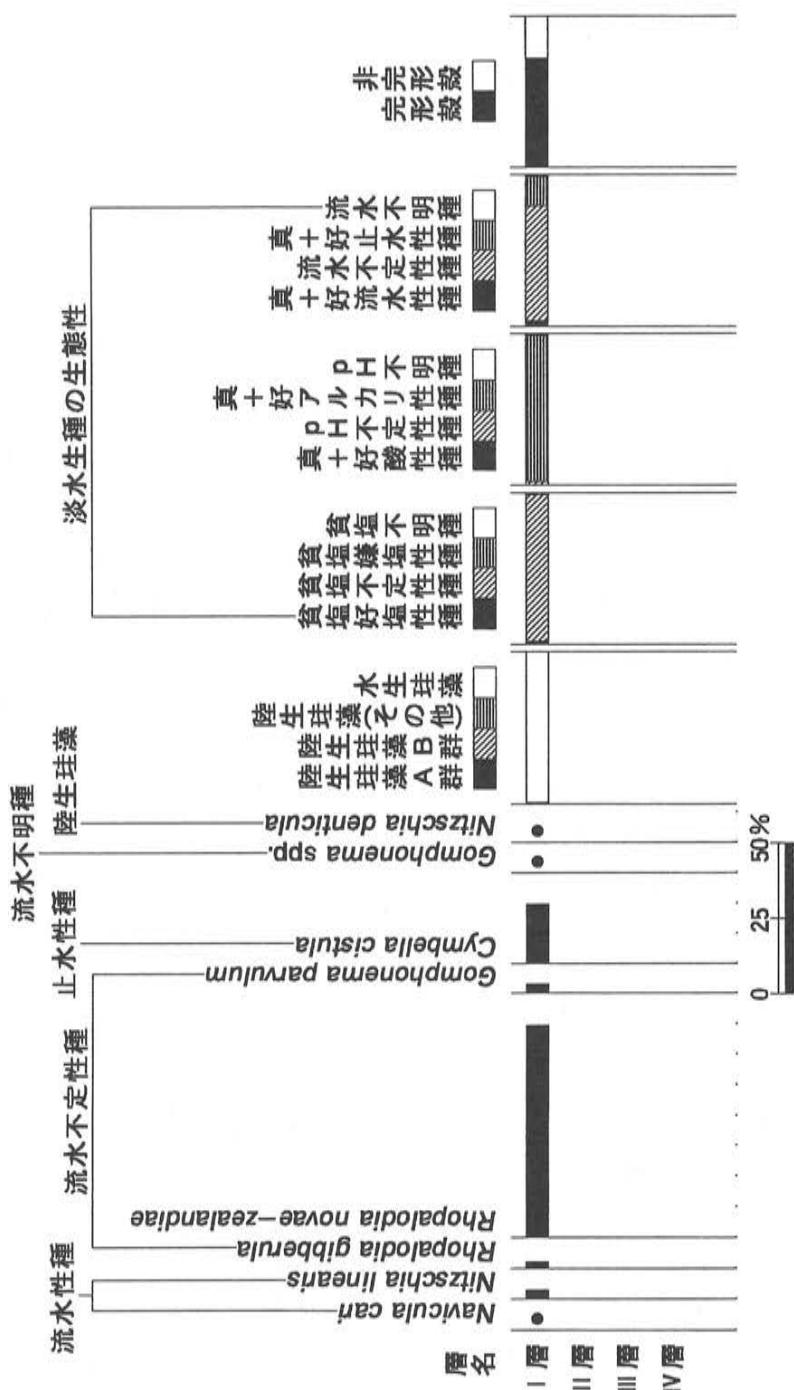
種 類	生 態 性 質			環 境 指 標 種	I 層	II 層	III 層	IV 層
	鹽 分	pH	流 水					
<i>Cymbella cistula</i> (Ehr.) Kirchner	Ogh-ind	al-il	1-ph	O,T U	20	—	—	—
<i>Gomphonema parvulum</i> Kuetzing	Ogh-ind	ind	ind	U	3	—	—	—
<i>Gomphonema</i> spp.	Ogh-unk	unk	unk	U	1	—	—	—
<i>Navicula cari</i> Ehrenberg	Ogh-ind	al-il	r-bi	RA,U U	1	—	—	—
<i>Nitzschia denticula</i> (Kuetz.) Grunow	Ogh-ind	al-bi	ind	U	1	—	—	—
<i>Nitzschia linearis</i> W. Smith	Ogh-ind	al-il	r-ph	U	3	—	—	—
<i>Rhopalodia gibberula</i> (Ehr.) O. Muller	Ogh-hil	al-il	ind	U	2	—	—	—
<i>Rhopalodia novae-zealandiae</i> Hustedt	Ogh-ind	al-il	ind	U	71	—	—	—
海水生種合計					0	0	0	0
海水-汽水生種合計					0	0	0	0
汽水生種合計					0	0	0	0
淡水生種合計					102	0	0	0
珪藻化石総数					102	0	0	0

凡例

- H.R. : 塩分濃度に対する適応性
 pH : 水素イオン濃度に対する適応性
 C.R. : 流水に対する適応性
 Ogh-hil : 貧塩好塩性種
 al-bi : 真アルカリ性種
 al-ph : 好止水性種
 Ogh-ind : 貧塩不定性種
 ind : pH不定性種
 Ogh-unk : 貧塩不明種
 unk : pH不明種
 r-ph : 好流水性種
 r-bi : 真流水性種
 unk : 流水不明種

環境指標種

- O : 沿沢湿地付着生種 (安藤, 1990)
 U : 広適応性種 T : 好清水性種 (以上は Asai, K. & Watanabe, T. 1995)
 RI : 陸生珪藻 (RA : A群, 伊藤・堀内, 1991)



重産出率・完形殻産出率は全体基數、淡水生種の生長性の比率は淡水生種の合計を基數として相対頻度を表した。いずれも化石総数が100箇体以上検出された試料について示す。○は産出率1%未満の種類を示す。

じゅず状末端壁が認められる。分野壁孔はトウヒ型で3科~6個。放射組織は単列、1~20細胞高。

・モミ属 (*Abies sp.*) マツ科

早材部から晩材部への移行は比較的緩やか。放射組織は柔細胞のみで構成され、放射柔細胞の壁は粗く、じゅず状末端壁が認められる。分野壁孔はスギ型で1~4個。放射組織は単列、1~20細胞高。

・針葉樹

早材部から晩材部への移行はやや急で、晩材部の幅は比較的広い。晩材部に限って樹脂細胞が認められる。放射組織は柔細胞のみで構成される。分野壁孔は保存が良好でないために観察できない。放射組織は単列、1~15細胞高。

以上の特徴から、スギ科の可能性があるが、特定には至らなかった。

5. 考 察

珪藻化石が産出したI層は、*Rhopalodia nobae-zealandiae*が優占することを特徴とする。本種は、pH7.0以上のアルカリ性水域に最も良く生育し、川のような流水にも池のような止水にも生育する種である。また比較的多くみられる*Cymbella cistula*は、どちらかといえば止水域に一般的な種で水の流動の少ない池などに良く見られる種である。これらの珪藻化石が生育するような環境は、比較的穏やかな流水~止水のような環境であると推定される。一方、I層の層相は砂礫層であり、大型の木材遺体を含むことから、堆積時の流速は速かったものと推定される。このようなことから、これらの堆積物は二次的にもたらされた可能性が高く、周辺の環境を反映していると考えられる。一方、これよりも下部のII層~IV層では無化石であった。この原因としては、堆積速度が速く、珪藻化石が取り込まれにくかったことなどが考えられるが、はっきりしない。

花粉分析結果をみると、下位から上位にかけて、針葉樹が多い組成から広葉樹が混じる組成へと変化する。針葉樹が減少し、ハンノキやブナ属・コナラ亜属などが増える傾向は、氷期の寒冷期から温暖期への移行期に、しばしばみられる変化である。大阪湾のボーリングでは、更新世の試料が連続して採取されているが、このような変化が何度か繰り返されている(Furutani, 1989)。これより、中期更新世の間に寒暖が繰り返されていたことが示唆され、本結果もそのうち一つに当てはまると考えられる。

なお、これまで行われた教来石砂礫層から検出された植物遺体として、トウヒ属、ホウノキ、ブナなどが報告されている(信州研究グループ, 1969)。また、チョウセンゴヨウの種子や、モミ属の立木も報告されている(八ヶ岳団体研究グループ, 1988)。今回I~IV層で検出された材はモミ属であり、過去に出土した木材の同定結果についてはトウヒ属である。これらは、いずれもこれまでに報告されている種類である。

教来石砂礫層の植物化石は、多きく2つに分けることができる。一つはトウヒ属の材や球果が多産する層であり、もう一つはモミ属の材が多産し、広葉樹花粉を伴う層である。本層に関する植物遺体群集の変遷については、詳細な地質図の作成と、多くの大型植物化石・微化石を対象とした植物化石同定を行う必要がある。現時点で、今回行ったI~IV層の環境変遷や、化石出土地点の標高などから推測すると、トウヒ属やチョウセンゴヨウなどの針葉樹が主な森林から、針葉樹と広葉樹が混交する植生へと変化していることが伺われる。

教来石砂礫層は、上部南佐久層群のIとIIの不整合期に対比されている。上部南佐久累層には、川上湖成層や日野春砂礫層などがあり、多くの植物遺体が産出する(伊藤ほか, 1988)。これらを総括した結果によれば、上部南佐久層群の時期は、冷温帶上部にはほぼ相当する比較的冷涼な気候であったと推定されているが、教来石砂礫層の堆積する不整合期は、標高の低いところから針葉樹の植物遺体が多産することから、特に寒

表2 花粉分析結果

種類	試料番号	I	II	III	IV
木本花粉					
モミ属	6	21	34	9	
ツガ属	9	14	24	44	
カラマツ属	—	1	7	4	
トウヒ属	5	56	123	70	
マツ属	2	31	17	24	
スギ属	—	4	—	—	
イチイ科—イヌガヤ科—ヒノキ科	—	4	—	—	
ヒノキ科	1	—	—	—	
サワグルミ属	3	2	—	1	
クルミ属	6	3	—	—	
ハシバミ属	—	1	—	—	
カバノキ属	7	5	3	2	
ハンノキ属	48	59	7	1	
ブナ属	21	6	1	—	
コナラ属コナラ亜属	21	—	1	—	
ニレ属—ケヤキ属	3	3	—	—	
キハダ属	1	—	—	—	
シナノキ属	4	3	—	3	
ツツジ科	—	1	—	—	
トネリコ属	1	—	—	—	
草本花粉					
イネ科	3	2	—	—	
ヨモギ属	—	2	2	1	
キク亜科	—	—	—	1	
不明花粉	—	1	2	—	
他のシダ類胞子	21	99	26	29	
合計					
木本花粉	138	214	217	158	
草本花粉	3	4	2	2	
不明花粉	0	1	2	0	
シダ類胞子	21	99	26	29	
総計(不明を除く)	162	317	245	189	

草本花粉・シダ類胞子

木本花粉

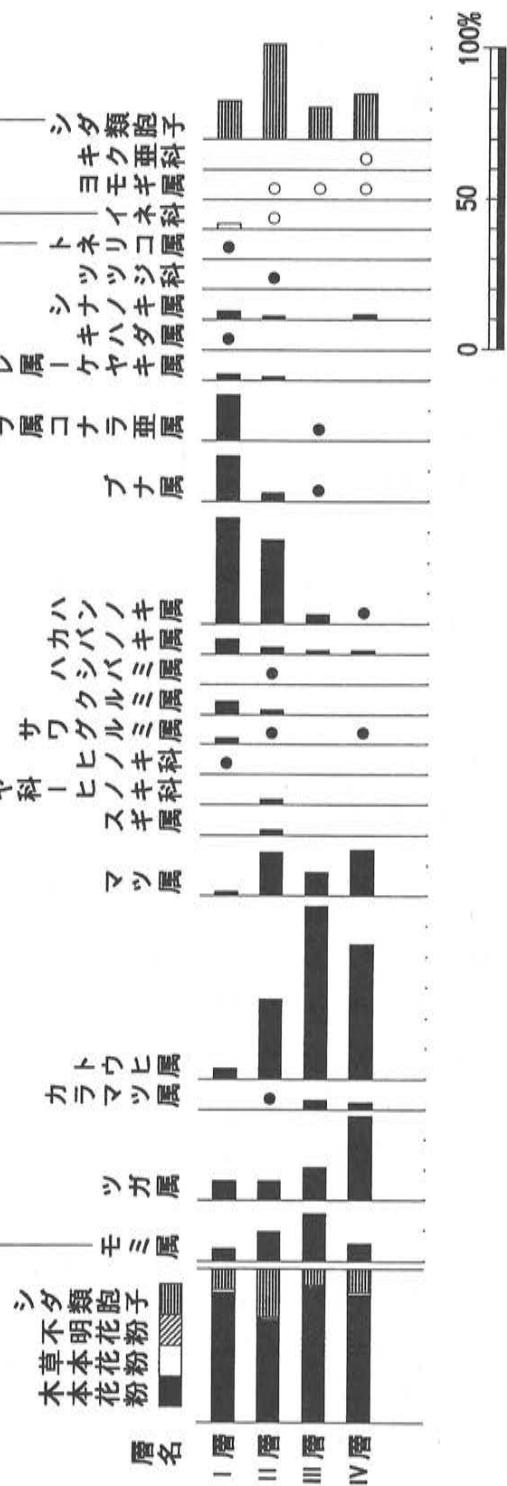


図2 花粉化石組成
出現率は、木本花粉は木本花粉総数、草本花粉・シダ類胞子は総数より不明花粉を除く数を基数として百分率で算出した。なお、●○は1%未満の試料について検出した種類を示す。

冷な気候が推定されている（伊藤ほか, 1988）。

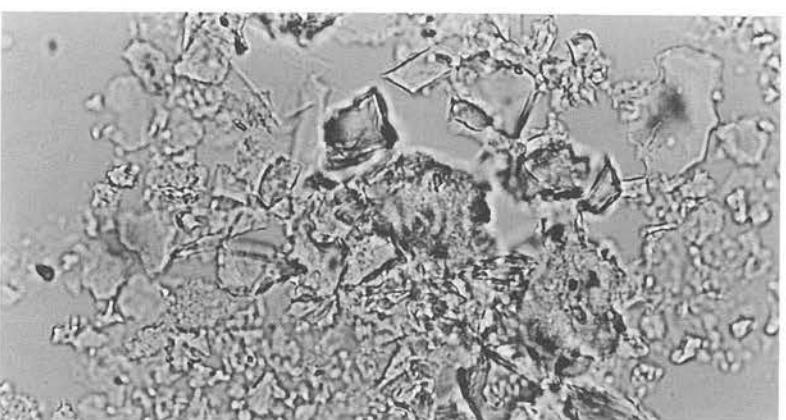
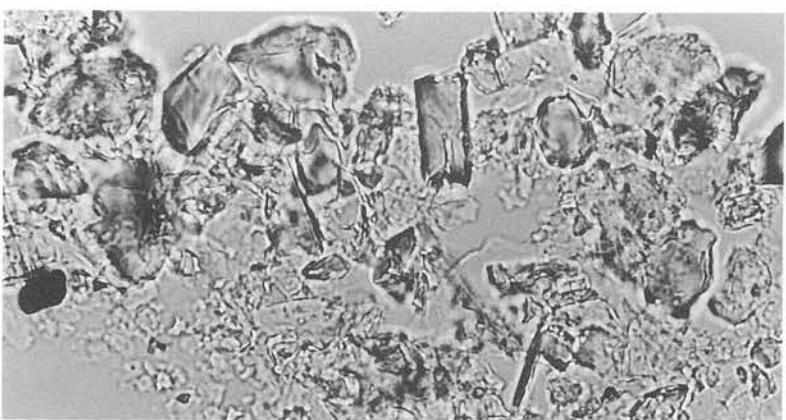
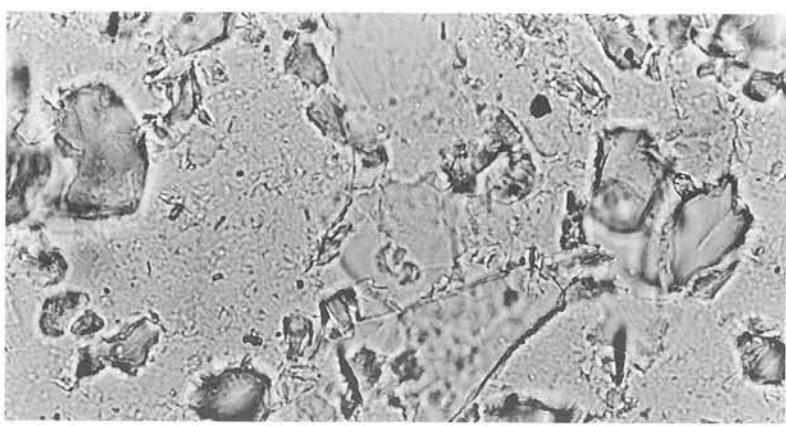
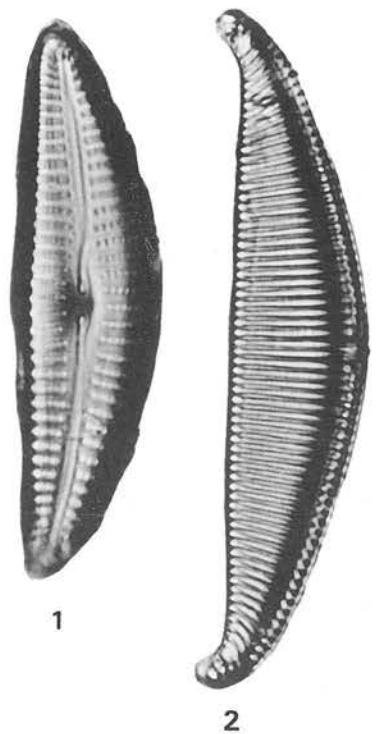
このように、教来石砂礫層は、氷期の寒冷期前後の植生を反映していることになる。この寒冷期については、テフラなどの層位学的な検討結果により、大坂平野に分布する海成粘土層のMa10とMa11との間にあたる寒冷期に相当すると考えられている（熊井, 1994）。

今回、教来石砂礫層から検出された樹木や微化石によって、当時の環境推定を試みた。しかし、詳細な検討を行うには、まず本地域の詳細な地質図の作成を行い、それに基づいた各種植物化石の分析・同定を行っていくことが必要であろう。

〈引用文献〉

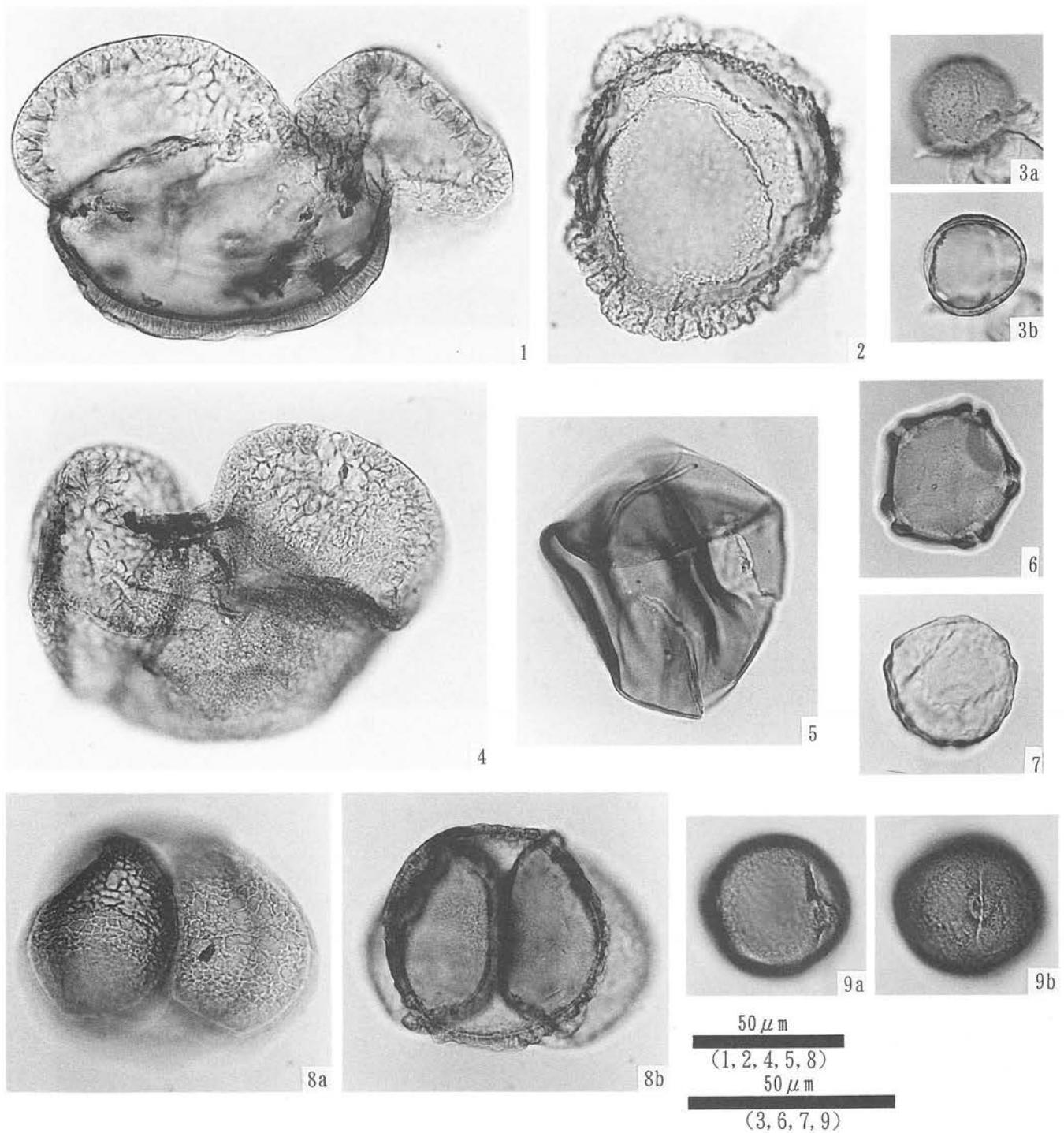
- Asai,K.&,Watanabe,T. (1995) Statistic Classification of Epilithic Diatom Species into Three Ecological Groups relating to Organic Water Pollution (2) Saprophilous and saproxenous taxa. *Diatom*,10, 35-47.
- 安藤一男 (1990) 淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用. *東北地理*, 42, p. 73-88.
- Furutani Masakazu (1989) Stratigraphical Subdivision and Pollen Zonation of the Middle and Upper Pleistocene in the Coastal Area of Osaka Bay, Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University* Vol.32, Art. 4, p. 91-121
- Hustedt,F. (1937-1938) Systematische und ökologische Untersuchungen über die Diatomeen-Flora von Java, Bali und Sumatra Nach dem Material der Deutschen limnologischen Sunda-Expedition. teil I ~ III, Band.15, p. 131-506, Band.16, p. 1-155, 274-394.
- 伊藤徳治・朝田二郎・中島豊志・西尾 順 (1988) 八ヶ岳地域の新鮮統および更新統から産出した植物遺体・花粉化石. *地団研専報*, 34, 191-203.
- 伊藤良永・堀内誠示 (1991) 陸生珪藻の現在に於ける分布と古環境解析への応用. *珪藻学会誌*, 6, p. 23-45.
- Krammer,K.and Lange-Bertalot,H. (1986) Bacillariophyceae, teil 1, Nabiciaceae. Band 2/1 von : Die Suesswasserflora von Mitteleuropa, 876 p. ,Gustav Fischer Verlag.
- Krammer,K.and Lange-Bertalot,H. (1988) Bacillariophyceae, teil 2 ,Epithemiaceae, Baxillariaceae, Suriellaceae. Band 2/2 von : Die Suesswasserflora von Mitteleuropa, 536. ,Gustav Fischer Verlag.
- Krammer,K.and Lange-Bertalot,H. (1991 a) Bacillariophyceae, Teil 3 .Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. Band 2/3 von : Die Suesswasserflora von Mitteleuropa, 230 p. ,Gustav Fischer Verlag.
- Krammer,K.and Lange-Bertalot,H. (1991 b) Bacillariophyceae, Teil 4 .Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu Nabicula (Lineolatae) und Gomphonema. Band 2/4 von : Die Suesswasserflora von Mitteleuropa, 248 p. ,Gustav Fischer Verlag.
- Krammer,K. (1992) PINNULARIA, eine Monographie der europäische taxa. *BIBLIOTHECA DIATOMOLOGICA* BAND 26. p. 1-353. BERLIN · STUTTGART.
- 熊井久男 (1994) 日本各地の鮮新～更新統との対比. *アーバンクボタ*, 33, p. 37-39.
- Lowe,R.L. (1994) Environmental Requirements and pollution Tolerance of Fresh-Water Diatoms. 334 p. In Environmental Monitoring Ser. EPA Report 670/4/74/005. Nat.Environmental Res.Center Office of Res. Develop., U.S. Environ.Protect.Agency,Cincinnati.
- 信州研究グループ (1969) 中部地方山間盆地の第四系. *地団研専報*, 15, p. 217-262.
- 八ヶ岳団体研究グループ (1988) 八ヶ岳山麓の中部更新統. *地団研専報*, p. 53-89.

図版 I 珪藻化石



1. *Cymbella cistula* (Ehr.) Kirchner (I層)
2. *Rhopalodia novae-zealandiae* Hustedt (I層)
3. *Rhopalodia gibellura* (Ehr.) O.Muller (I層)
4. II層の状況写真
5. III層の状況写真
6. VI層の状況写真

図版2 花粉化石



1. モミ属 (IV層)
3. コナラ属コナラ亜属 (I層)
5. カラマツ属 (IV層)
7. ニレ属-ケヤキ属 (I層)
9. ブナ属 (I層)

2. ツガ属 (IV層)
4. トウヒ属 (IV層)
6. ハンノキ属 (I層)
8. マツ属 (IV層)

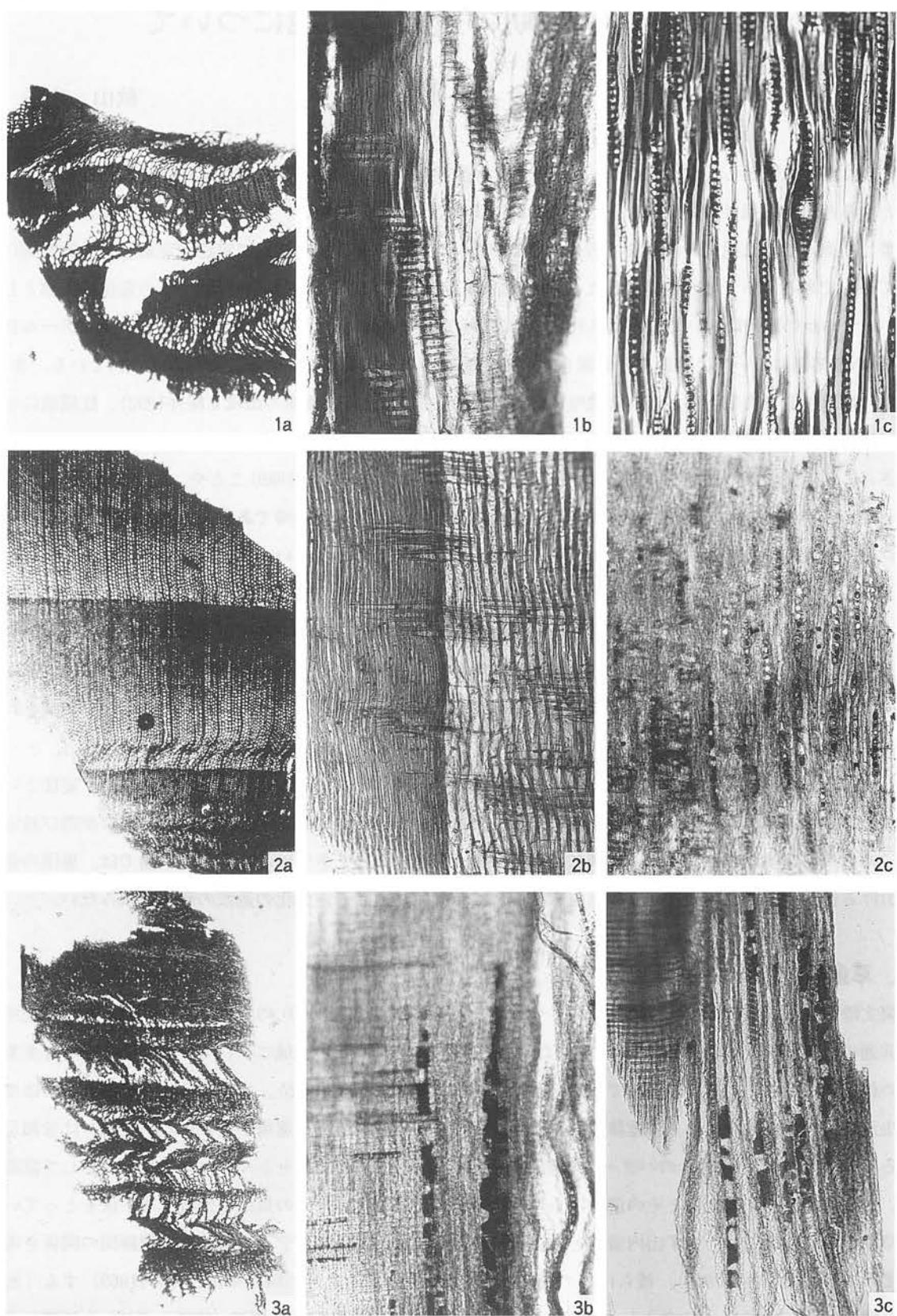
50 μ m

(1, 2, 4, 5, 8)

50 μ m

(3, 6, 7, 9)

図版3 木材化石



1. トウヒ属 (白州町役場展示埋没樹)
2. モミ属 (III層)
3. 針葉樹 (I層)

a : 木口, b : 柱目, c : 板目

— 200 μ m : a
— 200 μ m : b, c