

第Ⅲ章 自然科学分析

株式会社 古環境研究所

第1節 自然科学分析の概要

下屋敷第1遺跡の発掘調査では、鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah，約7,300年前）層準の3層から霧島アワオコシテフラ（Kr-Aw）層準とされる10層までの土層が確認された。このうち、霧島小林軽石（Kr-Kb，約1.67万年前）下位の7層では石器が出土しており、その下位の8層～9層でも石器？が出土している。発掘調査における肉眼観察では始良Tn火山灰（AT，約2.9万年前）が認められないことから層序学的な検討が困難であり、8層～9層の堆積時期の把握が検討課題となっていた。ここでは、各層準における堆積当時の植生や環境およびその変遷について情報を収集する目的で、植物珪酸体分析および花粉分析を行った。

試料は、A2区北壁において3層（K-Ah層準）から10層（Kr-Aw層準）までの層準から採取された計20点である。植物珪酸体分析はこのうち4層（試料3）から10層（試料20）までの18点、花粉分析は4層（試料3、5）、5層（試料7、8）、6層（試料10）、6b層（試料12）、7層（試料14）、7b層（試料16）、8層（試料17）、9層（試料18）の10点について分析を行った。試料採取箇所を分析結果の模式柱状図に示す。

なお、テフラ（火山灰）については土層の層相や堆積状況などから判断されたものであり、理化学分析による同定は行われていない。テフラの年代については、奥野（2002）および町田・新井（2003）を参照した。

第2節 植物珪酸体分析

第1項 はじめに

植物珪酸体は、植物の細胞内に珪酸（ SiO_2 ）が蓄積したもので、植物が枯れたあともガラス質の微化石（プラント・オパール）となって土壤中に半永久的に残っている。植物珪酸体分析は、この微化石を遺跡土壌などから検出して同定・定量する方法であり、イネをはじめとするイネ科栽培植物の同定および古植生・古環境の推定などに応用されている（杉山，2000）。

第2項 方法

植物珪酸体の抽出と定量は、ガラスビーズ法（藤原，1976）を用いて、次の手順で行った。

- 1）試料を105℃で24時間乾燥（絶乾）
- 2）試料約1gに対し直径約40 μm のガラスビーズを約0.02g添加（0.1mgの精度で秤量）
- 3）電気炉灰化法（550℃・6時間）による脱有機物処理

- 4) 超音波水中照射 (300W・42KHz・10 分間) による分散
- 5) 沈底法による 20 μ m 以下の微粒子除去
- 6) 封入剤 (オイキット) 中に分散してプレパレート作成
- 7) 検鏡・計数

同定は、400 倍の偏光顕微鏡下で、おもにイネ科植物の機動細胞に由来する植物珪酸体を対象として行った。計数は、ガラスビーズ個数が 400 以上になるまで行った。これはほぼプレパレート 1 枚分の精査に相当する。試料 1 g あたりのガラスビーズ個数に、計数された植物珪酸体とガラスビーズ個数の比率をかけて、試料 1 g 中の植物珪酸体個数を求めた。

また、おもな分類群についてはこの値に試料の仮比重 (1.0 と仮定) と各植物の換算係数 (機動細胞珪酸体 1 個あたりの植物体乾重) をかけて、単位面積で層厚 1 cm あたりの植物体生産量を算出した。これにより、各植物の繁茂状況や植物間の占有割合などを具体的にとらえることができる (杉山, 2000)。タケ亜科については、植物体生産量の推定値から各分類群の比率およびメダケ率 (メダケ属とササ属の比率) を求めた。

第 3 項 分析結果

(1) 分類群

検出された植物珪酸体の分類群は以下のとおりである。これらの分類群について定量を行い、その結果を表 1 および図 1 に示した。主要な分類群について顕微鏡写真を示す。

[イネ科]

ヨシ属、シバ属型、キビ族型、ススキ属型 (おもにススキ属)、ウシクサ族 A (チガヤ属など)、B タイプ

[イネ科ータケ亜科]

メダケ節型 (メダケ属メダケ節・リュウキュウチク節、ヤダケ属)、ネザサ節型 (おもにメダケ属ネザサ節)、チマキザサ節型 (ササ属チマキザサ節・チシマザサ節など)、ミヤコザサ節型 (ササ属ミヤコザサ節など)、未分類等

[イネ科ーその他]

表皮毛起源、棒状珪酸体 (おもに結合組織細胞由来)、未分類等

[樹木]

その他

(2) 植物珪酸体の検出状況

下位の 10 層 (試料 19、20) から 9 層 (試料 18) にかけては、ウシクサ族 A、ネザサ節型、チマキザサ節型、ミヤコザサ節型が検出され、部分的にシバ属、キビ族型、メダケ節型、および樹木 (その他) なども検出されたが、いずれも少量である。8 層 (試料 17) から 7b 層 (試料 16) にかけては、チマキザサ節型、ミヤコザサ節型が増加し、イネ科 B タイプが出現してい

るが、メダケ節型やネザサ節型は見られなくなっている。7層（試料14、15）から5層下部（試料8）にかけては、チマキザサ節型、ミヤコザサ節型が比較的多く検出され、キビ族型、ウシクサ族A、ネザサ節型なども認められた。また、部分的に樹木（その他）が検出され、6b層（試料12）より上位ではススキ属型も認められた。5層上部（試料6、7）から4層（試料3～5）にかけては、ネザサ節型が大幅に増加し、メダケ節型もやや増加しているが、チマキザサ節型やミヤコザサ節型は減少している。おもな分類群の推定生産量によると、8層から5層下部にかけてはおおむねチマキザサ節型、ミヤコザサ節型が優勢であり、4層ではネザサ節型が優勢となっている。メダケ率の値は、下位の10層～9層では41～62%、8層～5層下部では0～4%、5層上部では34～41%、4層では75～88%である。

第4項 植物珪酸体分析から推定される植生と環境

霧島アワオコシテフラ（Kr-Aw）混とされる10層から9層にかけては、メダケ属（メダケ節やネザサ節）、ササ属（チマキザサ節やミヤコザサ節など）などのタケ亜科をはじめ、シバ属、ウシクサ族なども生育するイネ科植生であったと考えられ、遺跡周辺には何らかの樹木が生育していたと推定される。

タケ亜科のうち、メダケ属は温暖、ササ属は寒冷的な気候の指標とされており、メダケ率（両者の推定生産量の比率）の変遷は、地球規模の氷期－間氷期サイクルの変動と一致することが知られている（杉山，2001，2010）。10層から9層にかけては、メダケ率が41～62%と比較的高いことから、比較的温暖的な気候であったと考えられる。このような相対的な温暖期は、テフラ層準との層位関係やその後の植生変遷などから、最終氷期の亜間氷期（酸素同位体ステージ3）の一部に対比されると考えられる。

8層から7b層にかけては、ササ属（チマキザサ節やミヤコザサ節など）が増加し、メダケ属（メダケ節やネザサ節）は見られなくなったと考えられる。霧島小林軽石（Kr-Kb，約1.67万年前）下位の7層から5層下部にかけては、ササ属（チマキザサ節やミヤコザサ節など）をはじめ、キビ族、ウシクサ族（チガヤ属など）、メダケ属（ネザサ節）なども見られるイネ科植生であったと考えられ、6b層より上位ではススキ属も見られたと推定される。8層から5層下部にかけては、メダケ率が0～4%と低いことから、当時は比較的寒冷的な気候であったと考えられる。このような寒冷期は、テフラ層準との層位関係などから、最終氷期の最寒冷期（酸素同位体ステージ2）に対比される。

5層上部から鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah，約7,300年前）下位の4層にかけては、メダケ属（おもにネザサ節）が大幅に増加し、ササ属（チマキザサ節やミヤコザサ節など）は減少したと推定される。このような植生変化は、完新世以降における気候温暖化に対応していると考えられる。また、当時は周辺にキビ族、ススキ属やチガヤ属などが生育し、遺跡周辺には何らかの樹木が分布していたと推定される。

これらのイネ科植物は陽当たりの悪い林床では生育が困難であり、ススキ属やチガヤ属の草原が維持されるためには定期的な刈り取りや火入れ（焼き払い）が必要である（堀田，1991，近藤，

1995)。このことから、当時は何らかの目的で火入れなど人間による植生干渉が行われていた可能性が考えられ、このような植生環境下で土壤中に多量の有機物が供給されて、炭素含量の高い黒色土壌（黒ボク土）が形成されたと推定される（杉山ほか，2002）。また、火入れなど人間による植生干渉が照葉樹林の分布拡大を妨げる一因となった可能性も考えられる。

第3節 花粉分析

第1項 はじめに

花粉分析は、一般に低湿地の堆積物を対象とした比較的広域な植生・環境の復原に応用されており、遺跡調査においては遺構内の堆積物などを対象とした局地的な植生の推定も試みられている。花粉などの有機質遺体は、水成堆積物では保存状況が良好であるが、乾燥的な環境下の堆積物では分解されて残存していない場合もある。

第2項 方法

花粉の分離抽出は、中村（1967）の方法をもとに、以下の手順で行った。

- 1) 試料から 1 cm³ を秤量
- 2) 0.5%リン酸三ナトリウム（12 水）溶液を加えて 15 分間湯煎
- 3) 水洗処理の後、0.5mm の篩で礫などの大きな粒子を取り除き、沈澱法で砂粒を除去
- 4) 25%フッ化水素酸溶液を加えて 30 分放置
- 5) 水洗処理の後、氷酢酸によって脱水し、アセトリシス処理（無水酢酸 9：濃硫酸 1 のエルドマン氏液を加え 1 分間湯煎）を施す
- 6) 再び氷酢酸を加えて水洗処理
- 7) 沈渣に石炭酸フクシンを加えて染色し、グリセリンゼリーで封入してプレパラート作成
- 8) 検鏡・計数

検鏡は、生物顕微鏡によって 300 ～ 1000 倍で行った。花粉の同定は、島倉（1973）および中村（1980）をアトラスとして、所有の現生標本との対比で行った。結果は同定レベルによって、科、亜科、属、亜属、節および種の階級で分類し、複数の分類群にまたがるものはハイフン（－）で結んで示した。

第3項 結果

（1）分類群

検出された分類群は、樹木花粉 4、樹木花粉と草本花粉を含むもの 1、草本花粉 4、シダ植物孢子 2 形態の計 11 である。なお、寄生虫卵は認められなかった。分析結果を表 2 に示し、主要な分類群について顕微鏡写真を示す。花粉数が 100 個以上計数された試料については花粉総数を基数とする花粉ダイアグラムを示しているが、今回は該当が無かった。以下に出現した分類群を記載する。

〔樹木花粉〕

スギ、コナラ属コナラ亜属、コナラ属アカガシ亜属、ノブドウ

〔樹木花粉と草本花粉を含むもの〕

ニワトコ属ーガマズミ属

〔草本花粉〕

イネ科、キンポウゲ属、キク亜科、ヨモギ属

〔シダ植物孢子〕

単条溝孢子、三条溝孢子

(2) 花粉群集の特徴

下位の9層（試料18）～7層（試料14）および6層（試料10）では、花粉およびシダ植物孢子はまったく検出されず、6b層（試料12）と5層下部（試料8）でもほとんど検出されなかった。5層上部（試料7）ではコナラ属コナラ亜属、ニワトコ属ーガマズミ属、イネ科、ヨモギ属、シダ植物孢子、4層（試料3、5）ではスギ、コナラ属コナラ亜属、コナラ属アカガシ亜属、ノブドウ、イネ科、キンポウゲ属、キク亜科、ヨモギ属、シダ植物孢子が検出されたが、いずれも少量である。

第4項 花粉分析から推定される植生と環境

下位の9層から7層にかけては、花粉およびシダ植物孢子はまったく検出されず、霧島小林軽石（Kr-Kb, 約1.67万年前）層準の6b層から5層下部にかけても、ほとんど検出されなかった。花粉が検出されない原因としては、乾燥もしくは乾湿を繰り返す堆積環境下で花粉などの有機質遺体が分解されたことなどが考えられる。

5層上部から鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah, 約7,300年前）直下の4層にかけても、花粉があまり検出されないことから植生や環境の推定は困難であるが、少量ながらイネ科、ヨモギ属、シダ植物などが認められることから、これらの草本類が生育する日当たりの良い比較的乾燥した環境が示唆される。また、5層上部ではナラ類（コナラ属コナラ亜属）、4層では照葉樹のカシ類（コナラ属アカガシ亜属）、ナラ類、スギなどの樹木が見られたと考えられる。

第4節 自然科学分析のまとめ

鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah, 約7,300年前）直下の4層から霧島アワオコシテフラ（Kr-Aw）層準とされる10層までの層準について、植物珪酸体分析および花粉分析を行った。

下位の10層から9層にかけては、メダケ属（メダケ節やネザサ節）、ササ属（チマキザサ節やミヤコザサ節など）などのタケ亜科をはじめ、シバ属、ウシクサ族なども生育するイネ科植生であったと考えられ、遺跡周辺には何らかの樹木が生育していたと推定される。メダケ率は41～62%と比較的高いことから、比較的温暖な気候であり、テフラ層準との層位関係やその

後の植生変遷などから、最終氷期の亜間氷期（酸素同位体ステージ3）の一部に対比される。酸素同位体ステージ3は始良 Tn 火山灰（AT, 約 2.9 万年前）の降灰以前であることから、石器？が出土した9層についてはATよりも下位に位置している可能性が考えられる。

8層から5層下部にかけては、ササ属（チマキザサ節やミヤコザサ節など）をはじめ、キビ族、ウシクサ族なども生育するイネ科植生であったと考えられ、6b層より上位ではススキ属も見られたと推定される。メダケ率は0～4%と低いことから、当時は比較的寒冷な気候であったと推定される。このような寒冷期は、テフラ層準との層位関係などから、最終氷期の最寒冷期（酸素同位体ステージ2）に対比される。

5層上部から鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah, 約 7,300 年前）下位の4層にかけては、メダケ属（おもにネザサ節）が大幅に増加し、ササ属（チマキザサ節やミヤコザサ節など）は減少したと推定される。このような植生変化は、完新世以降における気候温暖化に対応していると考えられる。また、当時の調査区周辺はキビ族、ススキ属やチガヤ属、ヨモギ属、シダ植物などが生育する草原的な環境であり、遺跡周辺にはナラ類、カシ類、スギなどの樹木が生育していたと推定される。

参考文献

奥野 充（2002）南九州に分布する最近約3万年間のテフラの年代学的研究．第四紀研究．

41(4), p. 225-236.

金原正明（1993）花粉分析法による古環境復原．新版古代の日本第10巻古代資料研究の方法，角川書店，
p. 248-262.

近藤錬三（1995）日本における植物珪酸体研究とその応用．近藤祐弘教授退官記念論文集刊行会：p. 31-56.

島倉巳三郎（1973）日本植物の花粉形態．大阪市立自然科学博物館収蔵目録第5集，60p.

杉山真二・藤原宏志（1986）機動細胞珪酸体の形態によるタケ亜科植物の同定－古環境推定の基礎資料として－．
考古学と自然科学，19，p. 69-84.

杉山真二（1999）植物珪酸体分析からみた九州南部の照葉樹林発達史．第四紀研究．38(2)，p. 109-123.

杉山真二（2000）植物珪酸体（プラント・オパール）．考古学と植物学．同成社，p. 189-213.

杉山真二（2001）テフラと植物珪酸体分析．月刊地球，23，p. 645-650.

杉山真二（2009）植物珪酸体と古生態．人と植物の関わりあい④．大地と森の中で－縄文時代の古生態系－．
縄文の考古学Ⅲ．小杉康ほか編．同成社，p. 105-114.

杉山真二（2010）更新世の植生と環境．旧石器時代．講座日本の考古学第1巻．青木書店，p. 156-177.

鈴木貞雄（1996）タケ科植物の概説．日本タケ科植物図鑑．聚海書林，p. 8-27.

中村純（1967）花粉分析．古今書院，p. 82-110.

中村純（1980）日本産花粉の標徴．大阪自然史博物館収蔵目録第13集，91p.

藤原宏志（1976）プラント・オパール分析法の基礎的研究（1）－数種イネ科植物の珪酸体標本と定量分析法－．

考古学と自然科学, 9, p. 15-29.

堀田満 (1991) 日本列島の植物. カラー自然ガイドⅡ, 保育社: p. 68-69.

町田洋・新井房夫 (2003) 新編火山灰アトラスー日本列島とその周辺ー. 東京大学出版会, 336p.

表 4 下屋敷第 1 遺跡における植物珪酸体分析結果

検出密度 (単位: $\times 100$ 個 / g)

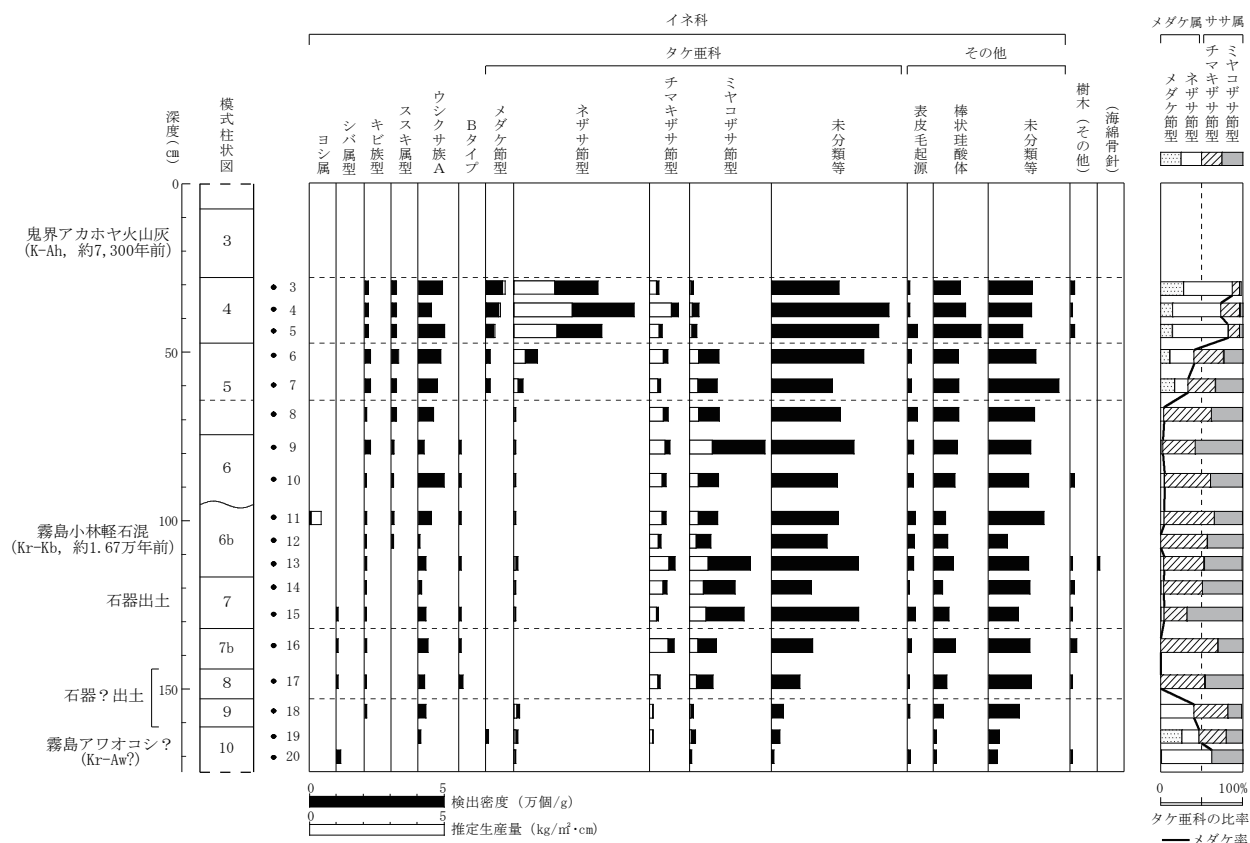
		地点・試料		A 2 区北壁																
分類群	学名			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
イネ科	Gramineae																			
ヨシ属	Phragmites									7										
シバ属型	Zoysia type														7	7	6			15
キビ族型	Panicum type	14	14	14	21	21	7	21	6	7	6	7	6		7	7	6	7		
ススキ属型	Miscanthus type	14	14	14	21	14	14	7	6	7	6									
ウシクサ族A	Andropogoneae A type	90	48	97	83	70	57	21	96	49	6	28	12	27	36	23	28	8		
Bタイプ	B type							7	6	7		7			7	7	12			
タケ亜科	Bambusoideae																			
メダケ節型	Pleioblastus sect. Nipponocalamus	63	48	28	14	14													8	
ネザサ節型	Pleioblastus sect. Nezasa	320	456	334	90	35	7	7	6	7		14	6	7			21	15	8	
チマキザサ節型	Sasa sect. Sasa etc.	35	110	49	70	42	71	78	64	78	44	98	67	34	94	41	14	15		
ミヤコザサ節型	Sasa sect. Crassinodi	14	35	28	111	105	113	284	109	106	81	230	171	206	101	88	14	23	8	
未分類等	Others	250	435	397	341	225	255	306	243	247	205	321	147	323	152	105	42	30	8	
その他のイネ科	Others																			
表皮毛起源	Husk hair origin	7	7	35	14	14	35	21	19	28	25	21	6	27	14	6	7		8	
棒状珪酸体	Rodshaped	97	117	174	90	91	92	85	77	42	50	70	31	55	79	47	35	8	8	
未分類等	Others	160	159	125	174	260	170	156	147	205	68	147	153	110	152	158	112	38	30	
樹木起源	Arboreal																			
その他	Others	14	7	14					13			7	12	7	22	6			8	
(海綿骨針)	Sponge spicules											7								
植物珪酸体総数	Total	1078	1450	1308	1030	893	821	995	793	791	491	949	611	817	672	496	280	144	91	

おもな分類群の推定生産量 (単位: $\text{kg} / \text{m}^2 \cdot \text{cm}$): 試料の仮比重を 1.0 と仮定して算出

ヨシ属	Phragmites															0.45						
ススキ属型	Miscanthus type	0.17	0.17	0.17	0.26	0.17	0.18	0.09	0.08	0.09	0.08											
メダケ節型	Pleioblastus sect. Nipponocalamus	0.73	0.56	0.32	0.16	0.16											0.09					
ネザサ節型	Pleioblastus sect. Nezasa	1.54	2.19	1.60	0.43	0.17	0.03	0.03	0.03	0.03		0.07	0.03	0.03								
チマキザサ節型	Sasa sect. Sasa etc.	0.26	0.83	0.37	0.52	0.32	0.53	0.59	0.48	0.58	0.33	0.73	0.50	0.26	0.70	0.31	0.10	0.11				
ミヤコザサ節型	Sasa sect. Crassinodi	0.04	0.10	0.08	0.33	0.32	0.34	0.85	0.33	0.32	0.24	0.69	0.51	0.62	0.30	0.26	0.04	0.07	0.02			

タケ亜科の比率 (%)

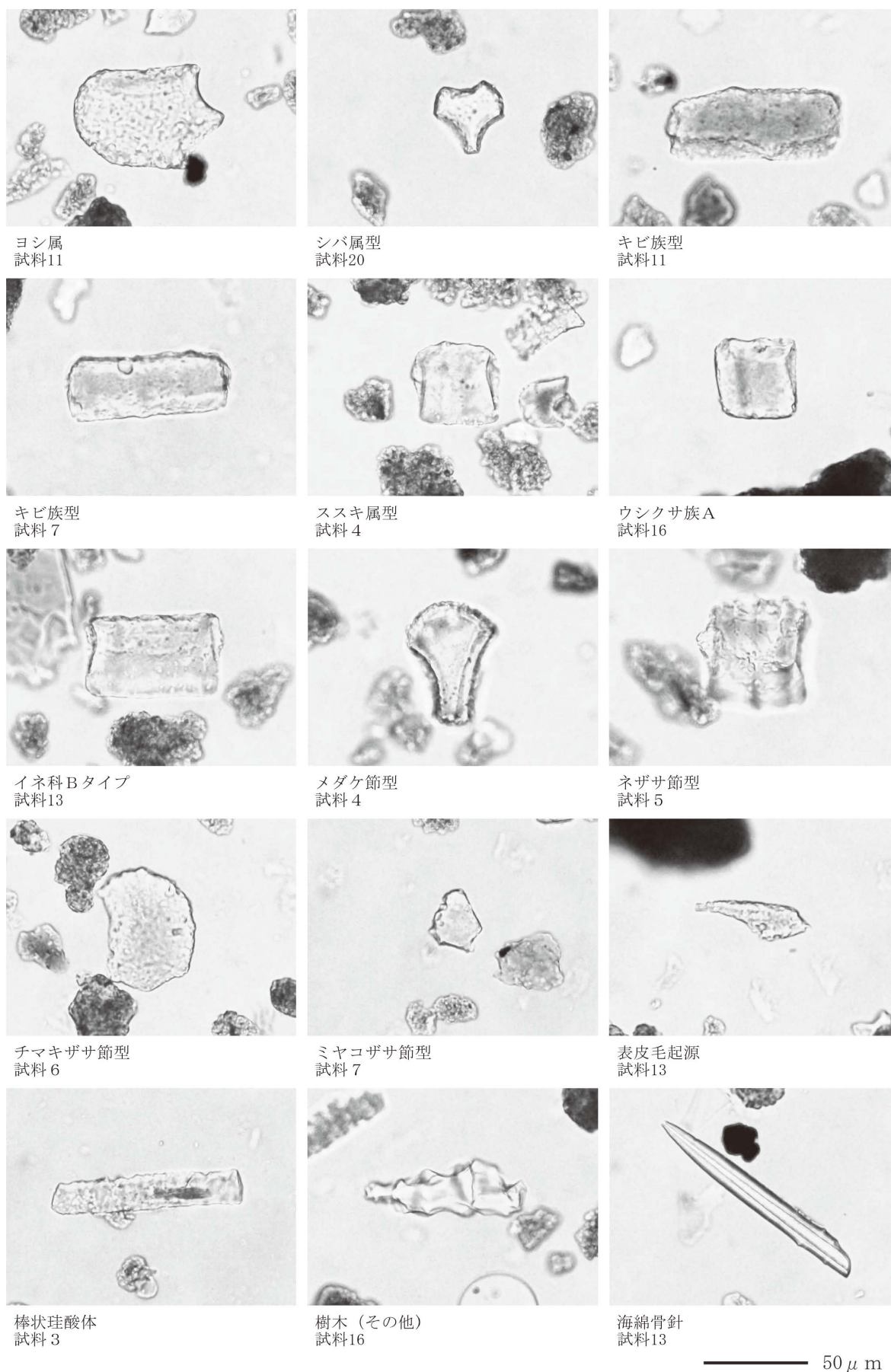
メダケ節型	Pleioblastus sect. Nipponocalamus	28	15	14	11	17												26	
ネザサ節型	Pleioblastus sect. Nezasa	60	59	68	30	17	4	2	4	4		4	3	4			41	21	62
チマキザサ節型	Sasa sect. Sasa etc.	10	23	15	36	33	59	40	57	62	57	49	48	28	70	54	42	33	
ミヤコザサ節型	Sasa sect. Crassinodi	2	3	4	23	33	38	58	39	34	43	46	49	68	30	46	17	20	38
メダケ率	Medake ratio	88	75	81	41	34	4	2	4	4	0	4	3	4	0	0	41	47	62



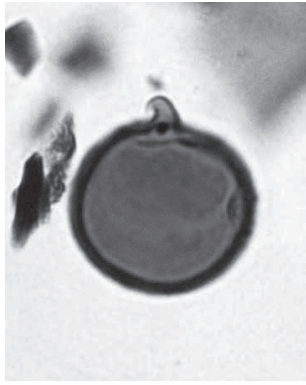
第23図 A2区北壁における植物珪酸体分析結果

表 5 下屋敷第 1 遺跡における花粉分析結果

分類群		A 2 区北壁									
学名	和名	3	5	7	8	10	12	14	16	17	18
Arboreal pollen	樹木花粉										
Cryptomeria japonica	スギ		1								
Quercus subgen. Lepidobalanus	コナラ属コナラ亜属	1		1							
Quercus subgen. Cyclobalanopsis	コナラ属アカガシ亜属	1	1								
Ampelopsis brevipedunculata	ノブドウ		1								
Arboreal・Nonarboreal pollen	樹木・草本花粉										
Sambucus-Viburnum	ニワトコ属-ガマズミ属			1			1				
Nonarboreal pollen	草本花粉										
Gramineae	イネ科	2	1	2							
Ranunculus	キンポウゲ属	1									
Asteroidae	キク亜科		1								
Artemisia	ヨモギ属	1	3	1	1						
Fern spore	シダ植物胞子										
Monolate type spore	単条溝胞子	3	12	5							
Trilate type spore	三条溝胞子	2	6	1							
Arboreal pollen	樹木花粉	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0
Arboreal・Nonarboreal pollen	樹木・草本花粉	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Nonarboreal pollen	草本花粉	4	5	3	1	0	0	0	0	0	0
Total pollen	花粉総数	6	8	5	1	0	1	0	0	0	0
Pollen frequencies of 1cm ³	試料 1cm ³ 中の花粉密度	4.2	7.7	5.6	0.7		0.6				
		× 10	× 10	× 10	× 10		× 10				
Unknown pollen	未同定花粉		3	2							
Fern spore	シダ植物胞子	5	18	6	0	0	0	0	0	0	0
Helminth eggs	寄生虫卵	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Stone cell	石細胞	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Digestion rimeins	明らかな消化残渣	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Charcoal・woods fragments	微細炭化物・微細木片	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(<+)	(<+)	(<+)	(<+)



第24図 下屋敷第1遺跡の植物珪酸体（プラント・オパール）



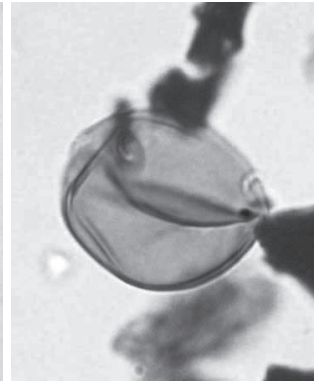
1 スギ (試料5)



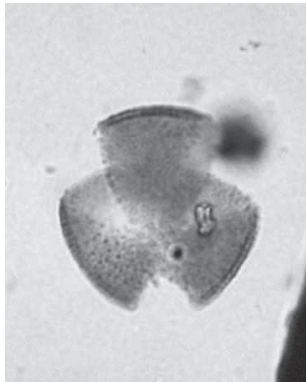
2 コナラ属コナラ亜属 (試料3)



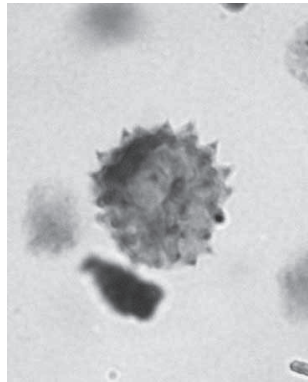
3 ニワトコ属-ガマズミ属 (試料12)



4 イネ科 (試料3)



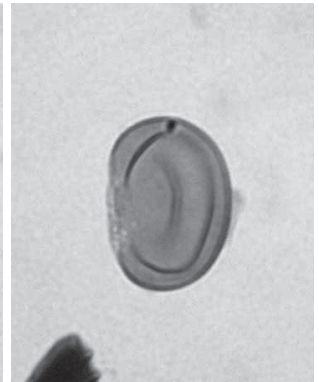
5 キンボウゲ属 (試料3)



6 キク亜科 (試料5)



7 ヨモギ属 (試料3)



8 シダ植物単条溝胞子 (試料3)

— 10 μ m

第25図 下屋敷第1遺跡の花粉・胞子