

第3節 上伊勢第1遺跡の植物珪酸体

株式会社 バレオ・ラボ
鈴木 茂

1. はじめに

イネ科植物は別名珪酸植物とも呼ばれ、根より吸収した珪酸分を葉や茎の細胞内に沈積させることが知られている。こうして形成された植物珪酸体（機動細胞珪酸体や単細胞珪酸体など）については藤原（1976）や藤原・佐々木（1978）など、イネを中心としたイネ科植物の形態分類の研究が進められている。また、土壤中より検出されるイネの機動細胞珪酸体個数から稲作の有無についての検討も行われている（藤原1984）。

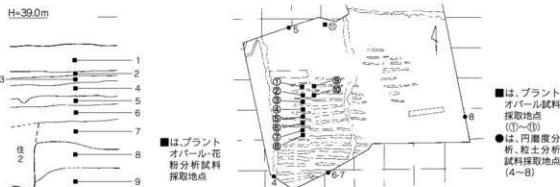
上伊勢第1遺跡の発掘調査では畝状遺構が検出され、この遺構における作物を検討する目的で土壌試料が採取された。また基本土層からもイネ科植生の移り変わりを推定する目的で土壌試料が採取された。以下にはこれらの土壌試料を用いて行った植物珪酸体分析の結果を示し、イネ科植生の変遷および畝状遺構における作物について検討した。

2. 試料と分析方法

分析用試料は基本層序の1層～9層の各層1試料の9点（試料番号は層位番号と同じ）と遺構面（基本層序の6層）より採取された11点の総計20試料である（図1）。

基本層序：試料1（1層）は灰褐色シルト（表土）で、現代まで水田・芝畑・果樹園であった。試料2（2層）はにぶい黄褐色シルト、試料3（3層）は黄褐色シルトで、赤褐色酸化鉄の集積が認められる。試料4（4層）は灰褐色細砂で、出土遺物などから中世～近世と考えられている。試料5（5層）は淡黄灰色細砂（飛砂）、試料6（6層）は淡暗灰褐色シルトで、この6層上面で古代～中世の畝や耕作痕が認められている。また本層は弥生～古代の遺物包含層である。試料7（7層）は黒褐色土（黒ボク）で、時代は弥生～古墳時代と考えられている。試料8（8層）は黄褐色土で、青灰色砂岩の小片が点在している。

遺構面試料：採取された11試料（試料番号①～⑪）はいずれも淡暗灰褐色シルトで、多くの試料で



第1図 基本層序土層・遺構面試料採取地点概略図

細根が認められる。

植物珪酸体分析はこれら20試料について以下のような手順にしたがって行った。

秤量した試料を乾燥後再び秤量する（絶対乾燥重量測定）。別に試料約1g（秤量）をトールピーカーにとり、約0.02gのガラスビーズ（直径約40 μ m）を加える。これに30%の過酸化水素水を約20～30cc加え、脱有機物処理を行う。処理後、水を加え、超音波ホモジナイザーによる試料の分散後、沈降法により10 μ m以下の粒子を除去する。この残渣よりグリセリンを用いて適宜プレパラートを作成し、検鏡した。同定および計数は機動細胞に由来する珪酸体についてガラスビーズが300個に達するまで行った。

3. 分析結果

同定・計数された各植物の機動細胞珪酸体個数とガラスビーズ個数の比率から試料1g当りの各機動細胞珪酸体個数を求め（表3）、それらの分布を図2（基本層序）、図3（遺構面試料）に示した。以下に示す各試料の機動細胞珪酸体個数は試料1g当りの検出個数である。

基本層序：上位4層試料と6層からイネの機動細胞珪酸体が検出された。個数としては、少ない試料4でも約27,000個と非常に多く、また上位2試料からはイネの穎部（粃殻）に形成される珪酸体の一部破片も観察されている。さらに連なったイネ型の単細胞珪酸体が4層試料より産出している。なお遺構面（6層）の一部試料からも穎部珪酸体の破片が少量ながら得られている。

イネ以外ではネザサ節型が最も多く、試料6、7では160,000個に達している。クマザサ属型も下位試料で多く検出されており、試料7では100,000個を越えている。またウシクサ族も下位試料で多い傾向がみられる。キビ族は試料6より上位で観察され、最上部試料1では約20,000個と生産量の少ないキビ族としては比較的高い数値を示している。その他、ヨシ属、シバ属などが検出されている。

遺構面試料：全試料からイネの機動細胞珪酸体が検出されており、少ない試料⑩でも約6,000個を示し、多くの試料で10,000個を越えている。また試料①、③からは穎部珪酸体の破片が若干得られている。

イネ以外ではネザサ節型がやはり最も多く、ほとんどの試料で100,000個を越えている。クマザサ属型も多く、試料⑩では200,000個近くに達している。ウシクサ属も多く、クマザサ属型同様に半数近くの試料で100,000個を越えている。キビ族が全試料から得られ、半数近くの試料で10,000個前後とやや多く観察されている。ヨシ属も全試料で認められ、個数は5,000個前後で、試料⑨では10,000個とやや多く得られている。その他ヨシ属などが若干観察されている。

4. 作物について

上記したように、遺構面の全試料からイネの機動細胞珪酸体が検出された。検出個数の目安として水田址の検証例を示すと、イネの機動細胞珪酸体が試料1g当り5,000個以上という高密度で検出された地点から推定された水田址の分布範囲と、実際の発掘調査とよく対応する結果が得られている（藤原1984）。こうしたことから、稲作の検証としてこの5,000個を目安に、機動細胞珪酸体の産出状態や遺構の状況をふまえて判断されている。これに従うと遺構面試料においては5,000個をはるかに越える個数が得られており、検出個数からは稲作が行われていた可能性は高いと判断される。本遺構は畝状を呈しており、その形状から畑作の可能性も考えられ、そうした地点の稲作とすれば陸稲栽培

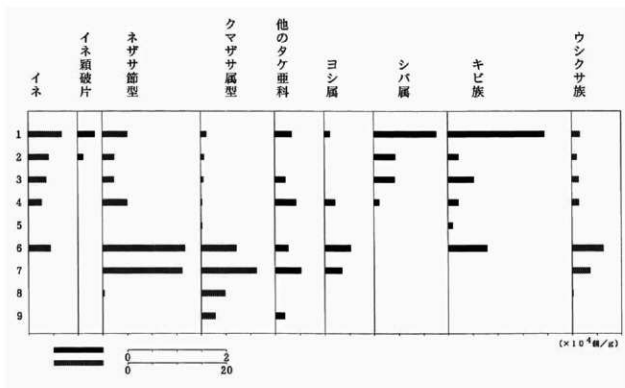
表3 試料1g当たりの機動細胞珪酸体個数

試料番号	イネ (個/g)	イネ 穎破片 (個/g)	ネザサ 節型 (個/g)	クマザサ 型 (個/g)	他の タケ亜科 (個/g)	ヨシ属 (個/g)	シバ属 (個/g)	キビ族 (個/g)	ウシクサ 族 (個/g)	不明 (個/g)
1	67,700	3,400	50,500	11,500	3,400	1,100	12,600	19,500	17,200	10,300
2	41,500	1,100	24,000	6,600	0	0	4,400	2,200	9,800	7,600
3	35,800	0	23,100	5,300	2,100	0	4,200	5,300	13,700	13,700
4	26,700	0	50,200	2,100	4,300	2,100	1,100	2,100	13,900	9,600
5	0	0	0	1,900	0	0	0	1,000	0	1,900
6	44,900	0	167,600	71,300	2,600	5,300	0	7,900	63,400	63,400
7	0	0	161,100	112,600	5,200	3,500	0	0	36,400	46,800
8	0	0	3,500	48,400	0	0	0	0	1,700	15,600
9	0	0	0	27,800	1,900	0	0	0	0	1,900
①	51,900	1,400	113,900	79,300	10,100	4,300	0	10,100	57,700	46,100
②	58,900	0	150,100	113,600	7,000	8,400	0	11,200	50,500	36,500
③	34,000	1,400	165,700	86,900	8,100	2,700	0	8,100	124,900	66,500
④	16,500	0	144,400	79,800	1,400	9,600	0	9,600	86,700	37,100
⑤	25,500	0	97,900	90,800	1,400	4,300	0	7,100	112,100	73,800
⑥	34,200	0	136,900	124,500	2,700	5,500	1,400	8,200	80,700	45,200
⑦	12,000	0	91,800	43,900	0	4,000	0	1,300	54,500	30,600
⑧	16,400	0	123,500	76,900	1,300	2,500	0	3,800	65,500	49,200
⑨	8,600	0	118,900	113,200	2,900	10,000	1,400	2,900	126,100	60,200
⑩	20,500	0	102,300	106,300	1,400	2,700	0	1,400	105,000	65,400
⑪	5,900	0	186,200	199,500	7,400	7,400	0	1,500	128,600	76,900

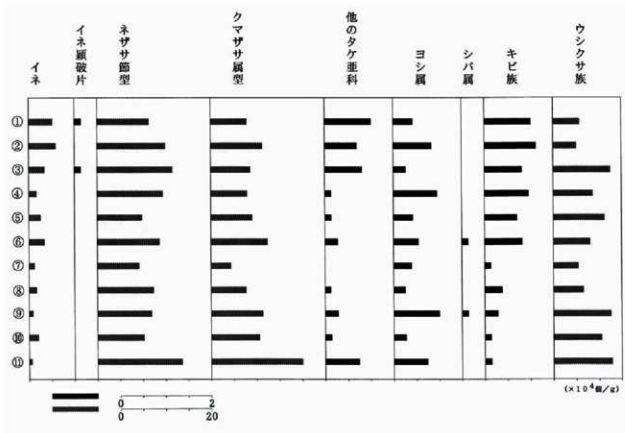
が推察される。またキビ族も半数近い試料で比較的多く検出されており、アワ・ヒエ・キビといったものが栽培されていた可能性も考えられる。しかしながらこれら栽培種とエノコログサやイヌビエなどの雑草類とを区別することは難しい状況であり、現時点では言及できない。また基本層序の6層試料について花粉分析も行われているが、花粉化石は得られていない(第4節参照)。よって上記以外の作物(野菜類など)についても不明である。以上のように畝状遺構においては稲作やキビ族の栽培が畑作として行われていた可能性も考えられるが、これについてはさらに検討が必要であろう。なおキビ族や他の作物の栽培が行われていたとすると肥料などで稲藁が使われることによりイネの機動細胞珪酸体が大量に供給されたことが考えられよう。

5. 遺跡周辺のイネ科植物

ネザサ節型が最も多く、特に下位の試料6、7で多産しており、ケネザサと考えられるネザサ節型のササ類が遺跡周辺の開けた日のあたるところに多く生育していたとみられる。また同層準において同じようなところでの生育が考えられるススキやチガヤなどのウシクサ族も多く検出されており、ケネザサーススキ群集といった草地在遺跡周辺に形成されていたとみられる。時代は弥生時代～中世頃と推察される。



第2図 基本層序試料の機動細胞珪酸体分布図



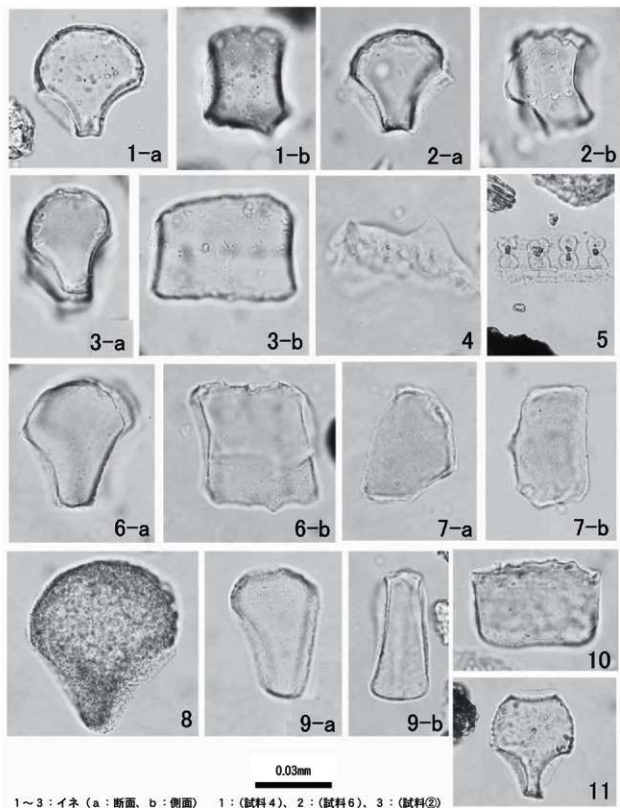
第3図 遺構面試料の機動細胞珪酸体分布図

クマザサ属型も下部試料において多く検出されている。このクマザサ属型のササ類にはチシマザサで代表されるように冷涼な気候下での生育が予想されるササ類とスズダケやミヤコザサといった暖帯上部～温帯に生育するササ類がある。時代から考えると下位層で多いクマザサ属型の一部はこのスズダケやミヤコザサといったササ類と推測される。

6層の遺構面の全試料からヨシ属が検出されている。このヨシ属は池沼や湿地などの水域や、陸域では地下水位の高いところでの生育が考えられる。この6層の時期では稲作（陸稲栽培）が行われるようになった可能性があり、比較的地下水位の高い環境のもとに耕作が行われていたと推測される。5層は砂層が厚く体積していることから6層堆積期に行われていた耕作は一時期中断したものと思われる。その後、中世～近世の4層堆積期に再び稲作が行われるようになったとみられ、現代の水田へと至るといった変遷が推察される。この稲作地（水田）周辺の畦道などにノシバなどのシバ属が生育するようになり、最上部での多産は芝畑の存在を示唆していることも考えられる。またキビ族についてはその形態からアワ、ヒエ、キビといった栽培種によるものか、エノコログサ、スズメノヒエ、タイヌビエなどの雑草類によるものか現時点での分類は難しい状況ではあるが、上位層のキビ族については稲作にともなう雑草類（イヌビエやタイヌビエなど）の可能性が高いと考える。

引用文献

1. 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』15-29p.
2. 藤原宏志, 1984, 「プラント・オパール分析法とその応用 - 先史時代の水田址探査 -」『考古学ジャーナル227』2-7p, 1984.
3. 藤原宏志・佐々木彰, 1978, 「プラント・オパール分析法の基礎的研究(2) - イネ(Oryza)属植物における機動細胞珪酸体の形状 -」『考古学と自然科学11』9-20p.



- 1～3：イネ（a：断面、b：側面） 1：（試料4）、2：（試料6）、3：（試料②）
 4：イネ穎部破片（試料1）
 5：イネ型単細胞珪酸体（試料4） No.4
 6：ネザサ節型（a：断面、b：側面）（試料①）
 7：クマザサ属型（a：断面、b：側面）（試料①）
 8：ヨシ属（a：断面、b：側面）（試料②）
 9：ウシクサ族（a：断面、b：側面）（試料2）
 10：キビ属（側面）（試料①）
 11：シバ属（断面）（試料3）

写真図版2 上伊勢第1遺跡の植物珪酸体 (scale bar : 0.03mm)

第4節 上伊勢第1遺跡の花粉化石群集

株式会社 バレオ・ラボ
新山雅広

1. 試料

花粉化石群集の検討は、基本層序（1層～9層）より採取された合計9試料について行った。各試料の簡単な記載は次のとおりである。1層（試料1）は、表土であり、現代まで水田・芝畑・果樹園であった。試料は、灰褐色シルトで根状の植物遺体を含む。2層（試料2）は、にぶい黄褐色シルトで褐鉄鉱が少し認められる。3層（試料3）は、黄褐色シルトで褐鉄鉱が発達する。4層（試料4）は、灰褐色細砂で時代は中世～近世。5層（試料5）は、飛砂であり、淡黄灰色細砂。6層（試料6）は、弥生時代～古代の遺物包含層であり、上面では古代～中世の畝や耕作痕が認められる。試料は、淡暗灰褐色シルト。7層（試料7）は、黒褐色土で時代は弥生時代～古墳時代。8層（試料8）は、暗褐色土（漸移層）。9層（試料9）は、黄褐色土で不鮮明な褐鉄鉱が認められる。なお、これら9試料は、プラント・オパール分析も行われた。

2. 方法

花粉化石の抽出は、試料約2～4gを10%水酸化カリウム処理（湯煎約15分）による粒子分離、傾斜法による粗粒砂除去、フッ化水素酸処理（約30分）による珪酸塩鉱物などの溶解、アセトリス処理（水酢酸による脱水、濃硫酸1に対して無水酢酸9の混液で湯煎約5分）の順に物理・化学的処理を施すことにより行った。なお、フッ化水素酸処理後、重液分離（臭化亜鉛を比重2.1に調整）による有機物の濃集を行った。プレバラート作成は、残渣を蒸留水で適量に希釈し、十分に攪拌した後マイクロピペットで取り、グリセリンで封入した。検鏡は、プレバラート全面を走査し、その間に出てきた全ての種類について同定・計数した。なお、複数の分類群をハイフンで結んだものは分類群間の区別が困難なものである。

3. 花粉化石群集の記載

全試料で同定された分類群数は、樹木花粉11、草本花粉14、形態分類で示したシダ植物胞子2である。いずれの試料も十分な花粉化石を産出せず、花粉化石分布図として示すことができなかった。以下に、各試料の花粉化石群集を記載する。

1層（試料1）：樹木花粉は、マツ属（不明）、コナラ亜属、クリ属、グミ属が僅かに産出した。草本花粉は、イネ科、アリノトウグサ属がやや目立ち、アブラナ科、キカシグサ属、ヨモギ属、タンポポ亜科などがわずかに産出した。

2層（試料2）：樹木花粉は、ツガ属、マツ属（不明）、ハンノキ属、コナラ亜属、アカガシ亜属、クリ属、ブドウ属、ツツジ科、ハイノキ属がわずかに産出した。草本花粉は、イネ科がやや目立ち、カヤツリグサ科、キカシグサ属、アリノトウグサ属、ヨモギ属、タンポポ亜科などがわずかに産出した。また、シダ植物胞子がやや目立った。

表4 花粉化石産出一覧表

和名	学名	1	2	3	4	5	6	7	8	9
樹木										
ツツギ	<i>Tsuga</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
マツ属 (不明)	<i>Pinus</i> (Unknown)	1	2	-	-	-	-	-	-	-
ハンノキ属	<i>Alnus</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
コナラ属	<i>Quercus</i> subgen. <i>Lepidobalanus</i>	1	2	-	-	-	-	-	-	-
コナラ属	<i>Quercus</i> subgen. <i>Cyclobalanopsis</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-
クリ属	<i>Castanea</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-
シイノキ属	<i>Castanopsis</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
クミクミ属	<i>Vitis</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
ツツジ科	<i>Elaeagnus</i>	1	1	-	-	-	-	-	-	-
ハイノキ属	<i>Eriaceae</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Symplocos</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-
草本										
イネ科	Gramineae	22	19	1	2	-	-	-	-	-
カヤツリグサ科	Cyperaceae	2	5	1	-	-	-	-	-	-
ツユクサ属	<i>Comelina</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-
サナエタデ属	<i>Polygonum</i> sect. <i>Persicaria-Echinocaulon</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-
アカサ科 - ヒユ科	Chenopodiaceae - Amaranthaceae	1	-	-	-	-	-	-	-	-
アブチナ科	Caryophyllaceae	2	-	-	-	-	-	-	-	-
アブチナ科	Cruciferae	5	1	1	-	-	-	-	-	-
キツムシロ属 近松属	cf. <i>Potentilla</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-
キカンシロ属	<i>Rotalia</i>	2	1	-	-	-	-	-	-	-
アリノトウグサ属	<i>Haloragis</i>	10	2	-	-	-	-	-	-	-
ケリ科	Umbelliferae	-	1	-	-	-	-	-	-	-
ヨモギ科属	<i>Artemisia</i>	4	9	1	-	-	-	-	-	-
他のキク属科	other Tubuliflorae	1	1	-	-	-	-	-	-	3
タンポポ科	Liguliflorae	5	4	-	3	-	-	-	-	-
シダ植物										
単葉型胞子	Monolete spore	8	18	3	4	-	-	-	-	-
三葉型胞子	Trilete spore	2	19	2	-	-	-	-	-	-
樹木花粉	Arboreal pollen	4	11	0	0	0	0	1	0	1
草本花粉	Nonarboreal pollen	56	44	4	5	0	0	0	0	4
シダ植物胞子	Spores	10	37	5	4	0	0	0	0	0
花粉・胞子総数	Total Pollen & Spores	70	92	9	9	0	0	1	0	5
不明花粉	Unknown pollen	6	9	0	2	0	0	1	0	0

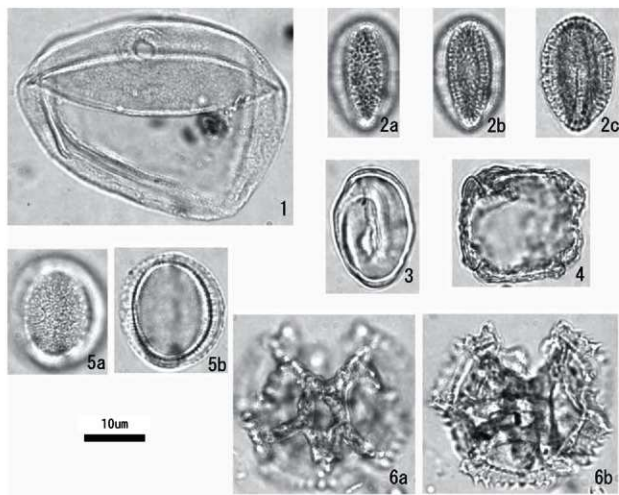
T. - C. はTaxaceae-Cephalotaxaceae-Cupressaceaeを示す

- 3層（試料3）：草本花粉のみで、イネ科、カヤツリグサ科、アブラナ科、ヨモギ属がわずかに産出した。
- 4層（試料4）：草本花粉のみでイネ科、タンポポ亜科がわずかに産出した。また、シダ植物の単条型孢子もわずかに産出した。
- 5層（試料5）：花粉・孢子化石は全く産出しなかった。
- 6層（試料6）：花粉・孢子化石は全く産出しなかった。
- 7層（試料7）：樹木花粉のシノキ属のみがわずかに産出した。
- 8層（試料8）：花粉・孢子化石は全く産出しなかった。
- 9層（試料9）：樹木花粉のアカガシ亜属、草本花粉の他のキク亜科、タンポポ亜科がわずかに産出した。

4. 考察

いずれの試料も十分な花粉化石が産出せず、植生変遷について推定することができなかった。現代まで水田・芝畑・果樹園であった1層（試料1）と2層（試料2）は、他試料に比べると、花粉化石が多く含まれていた。これら2試料の組成を見ると、イネ科がやや目立ち、抽水植物でいわゆる水田雑草のキカシグサ属も産出することから、水田であったことを支持する結果が得られたと言える。また、芝畑であったことを考慮すれば、イネ科は、ススキ、シバといった草地優占種を含む可能性も考えられ、アリノトウグサ属などもそのような人の干渉の強い草地の構成種であったと予想される。果樹園の栽培植物は、花粉組成からは明らかではないが、クリなどを含む可能性が考えられる。また、栽培状況については、産出個数は多くはないが、有用植物を多く含むアブラナ科の栽培の可能性も考えられる。

なお、花粉化石は水成堆積物であれば、良好に保存されるが、土壌のような酸化条件下では、化学的風化により、分解・消失し、更にバクテリアによる蝕害も受ける。検討した試料は、花粉化石の保存状況が悪いことから、少なくとも安定した滞水環境で堆積したものとは考え難く、6層（試料6）、7層（試料7）、8層（試料8）のような黒色土は、土壌の可能性が高いと考えられる。また、5層（試料5）は、砂が非常に卓越しており、花粉化石が流出してしまったと考えられる。



1. イネ科、1層（試料1）、PAL.MN 2133
2. アブラナ科、1層（試料1）、PAL.MN 2134
3. キカシグサ属、2層（試料2）、PAL.MN 2135
4. アリノトウグサ属、1層（試料1）、PAL.MN 2132
5. ヨモギ属、2層（試料2）、PAL.MN 2136
6. タンポポ科、1層（試料1）、PAL.MN 2131

写真図版3 産出した花粉化石

第5節 上伊勢第1遺跡の自然科学分析

パリオ・サーヴェイ株式会社

1. はじめに

琴浦町に所在する上伊勢第1遺跡は、大山北東麓を流れる加勢蛇川下流域左岸の沖積平地に位置する。発掘調査では、古墳時代前期とされる溝跡や古代～中世とされる畝跡などが検出されている。これらの遺構を埋積する覆土は、おおむね暗褐色～黒褐色を呈する火山灰土いわゆる黒ボク土であるが、遺構または層位によって、砂層が認められている。発掘調査所見では、調査区内におけるそれらの砂層の層位および分布が限定的であることから、遺構の評価および遺跡の変遷を考える上で、その由来を明らかにすることが課題となっている。

本報告では、上記の砂層および砂質土壌層について、自然科学の手法を用いることにより、その特性を明らかにし、上伊勢第1遺跡周辺域に分布している海岸砂、砂丘砂および河川砂との比較から、その由来を推定する。

2. 試料

試料は、比較対照試料の海岸砂、海岸砂丘砂、河川砂がそれぞれ1点ずつ（No.1～No.3）、上伊勢第1遺跡の遺構覆土から採取された試料が5点（No.4～5、第5章第1図参照）の合計8点である。以下に各試料について述べる。

- No.1：上伊勢第1遺跡より北西方約4kmの赤崎漁港付近の海岸で採取された海岸砂。
- No.2：上伊勢第1遺跡より西北西方約10kmの北条町中浜遺跡付近の砂丘で採取された砂丘砂。
- No.3：上伊勢第1遺跡より北方約100mの加勢蛇川左岸の宮橋付近より採取された河川砂。
- No.4：古代以降とされる溝跡の溝12を埋める灰白色細砂層。発掘調査所見では、一気に埋まったような堆積状況を示すとされている。
- No.5：古墳時代前期とされる溝跡の溝2の下位であり、下層が弥生時代前期とされている黒ボク土層の上位に堆積する暗灰黄褐色を呈する砂質土壌層。調査区の北西側に薄く分布しており、発掘調査所見では、時期は古墳時代以前とされ、上限は不明とされている。
- No.6：古代～中世とされる畝遺構の畝間を埋積する砂層の上部を構成する淡黄色細砂層。調査区西側に厚く堆積しており、東側へと行くに従い薄くなり、断片的に認められる程度となる。
- No.7：古代～中世とされる畝遺構の畝間を埋積する砂層の下部を構成する淡黄橙色粗砂層。おもに畝の畝間の底の部分で認められている。
- No.8：調査区東壁上部に認められた灰白色を呈する砂層。主に調査区東側で認められており、発掘調査所見では、中世～近世の時期に相当する層位であると想定しているが、近世以降の可能性もあるとしている。

3. 分析方法

砂の特性として、ここでは、砂の粒度分析と砂に含まれる石英粒の円磨度分析を行う。以下に各分

析方法について述べる。

(1) 粒度分析

粒度分析は、公文・立石編（1998）、上杉（1971、1972）を参考にふるい分け法によって、砂粒径については1/4φごとの分布を求めた。分析行程は以下のとおりである。

試料を105℃で2時間乾燥させた後、一定量（約100g）を四分法により分取する。分取した試料を内径200mm、深さ60mmのふるいに入れてふるい分けを行う。ふるいは1/4φの粒度間隔にそろえ-1.00φから4.00φについてふるい分けを行い、重量を測定する。重量計測は下2桁まで読みとり、得られた結果を重量%（wt%）に換算して表示する。

(2) 円磨度分析

円磨度分析は、ふるい分けした極細砂について、偏光顕微鏡下にて石英を識別し、その円磨度を公文・立石編（1998）に掲載されているKrumbein（1941）の円磨度印象図（第4図）に従って判別した。円磨度の分布は、各試料につき石英粒250個における各円磨度の粒数の割合を求める。

また同時に、円磨度測定を行った極細砂径の石英粒における、いわゆるパーカッションマークなどの表面構造について電子顕微鏡による観察を行い、砂の由来に関わる指標の一つとした。表面構造については、Mahaney（2002）による記載を参照し、特に明瞭な構造を写真図版として呈示する。

3. 結果

(1) 粒度分析

粒度分析結果を表5、粒度分布加積曲線を第5～12図に示す。自然堆積物であるNo.1～3までの3者においては、それぞれ明瞭な特徴を示す。すなわち、海岸砂のNo.1は、細粒砂に明瞭な粒度のピークがあり、加積曲線の傾斜も急である。また、粗粒砂以上の粒径は非常に少ない。これに対して、河川砂のNo.3は、細礫が突出する粒度分布であり、砂では粗粒砂に粒度のピークがあるものの不明瞭である。また、加積曲線の傾斜は緩やかである。砂丘砂のNo.2は、両者の中間的な様相といえる。粒度のピークは中粒砂～細粒砂であり、比較的明瞭、加積曲線の傾斜は、No.1よりも緩やかであるが、No.3よりも急である。

調査区内より採取された試料は、No.4を除き、いずれもシルト以下の粒径が突出する。これらのうち、No.5、6、8の3点は、ほぼ同様の傾向を示す。すなわち、粒度のピークは細粒砂～極細粒砂にあるが不明瞭であり、中粒砂以上の粗粒側にも分布が広がっている。したがって、加積曲線の傾斜も比較的緩やかである。一方、No.8は、中粒砂から細粒砂に不明瞭なピークがあり、また、上記3点の試料に比べて粗粒側の分布が多く、さらに細礫の割合も高い。加積曲線の傾斜も緩やかである。No.4は、粒度のピークが中粒砂～細粒砂にあり、比較的明瞭である。ピークより粗粒側にも分布が広がるが、加積曲線の傾斜は、上記4試料に比べるとやや急である。

(2) 円磨度分析

分析結果を表6、円磨度分布のヒストグラムを図13に示す。自然堆積物であるNo.1～3までの3者においては、海岸砂のNo.1と河川砂のNo.3がほぼ同様の傾向を示し、砂丘砂のNo.2のみ異なる傾向を示す。前2者においては、非常に角張った形状（0.1～0.2）がほとんどであり、他の形状は非常に少ない。一方、No.2は、やや角張った形状（0.4）が最も多く、それより角張った形状も円い形状も同程度に分布する。

調査区内より採取された試料は、全てほぼ同様の傾向を示す。すなわち、非常に角張った形状 (0.1 ~ 0.2) がほとんどであり、他の形状は非常に少ない。

石英粒の表面構造では、No.1に radial fractures (放射状の割れ目)、v-shaped percussion cracks (v字形の打撃痕) が認められ、No.2には風成砂の特徴とされる bulbous edge (丸みを帯びた縁) と v-shaped scars (v字形の傷) があばた状の表面を構成している様相が認められ、さらにNo.3には v-shaped fractures (v字形の割れ目) が認められた。

調査区内より採取された試料では、No.4に multiple fractures (複合した割れ目)、No.5に subparallel linear fractures (ほぼ平行線状の割れ目)、No.6に radial fractures が認められ、No.7には v-shaped fractures、No.8には radial fractures および v-shaped percussion cracks が認められた。

4. 考察

比較対照試料3点の中では、石英粒の円磨度により、砂丘砂と他の2点は、明瞭に識別される。そして、この特性により、調査区内で認められた砂層には、砂丘砂に由来する砂層は存在しない可能性が高いといえる。したがって、調査区内の砂層は、海岸砂または河川砂に由来すると考えられる。ここで、粒度分布を比較すると、調査区内の試料の中に、No.1またはNo.3と粒度分布のヒストグラムの広がり方や加積曲線の傾きなどが一致するというものは認められない。これは、調査区内の試料が採取された堆積層は、砂層とはいえ、対照試料に比べると土壌化した堆積物であり、そのために極細粒砂以下の割合が高くなり、対照試料と粒度分布が一致しないと考えられる。この極細粒砂以下の割合を差し引いて考えてみると、傾向としては、細礫が突出し粗粒砂にピークを持つ河川砂よりも、細粒砂にピークのある海岸砂に近いといえる。また、粗粒砂以上の粒径を含むことは、河川砂の混在も示唆される。特に、No.7は、他の4点に比べると河川砂の混在率 (数値的などところは不明である) が高い可能性がある。

なお、砂層中に含まれる石英粒の表面構造については、ある特定の環境を示す表面構造はないとも言われている (公文・立石編2002)。しかし、対照試料とした3点にそれぞれ特徴ある構造が認められ、また調査区内の試料には、海岸砂のNo.1や河川砂のNo.2に認められた構造と類似した構造が認められるなど、その由来を考える際の手がかりにはなり得るといえる。

以上、今回の分析結果からは、調査区内の砂層および砂質土壌は、いずれも海岸砂を主体とし、河川砂の混在したものである可能性があると考えられる。ただし、それは、3点の対照試料から推定した可能性であり、例えば、河川砂でも場所によっては、より細粒な粒度分布を示すものがあり、逆に海岸砂でもより粗粒な粒度分布のものがある可能性は十分に考えられる。したがって、今後、より詳細な由来を求めるとすれば、まず、周辺地域における対照試料 (海岸砂、砂丘砂、河川砂) の分析例を蓄積することが必要と考えられ、また、鉱物組成などさらに砂層を識別する指標を増やして検討することも必要と考えられる。

引用文献

1. 公文富士夫・立石雅昭編、1998、『地学双書29新版砂 屑物の研究法』地学団体研究会、399p.
2. Mahaney, William C.、2002、Atlas of sand grain surface textures and applications, Oxford University Press、237p.

3. 上杉 陽, 1971, 「ふるいを用いた粒度分析法の吟味」『地理学評論41』839-857p.
 4. 上杉 陽, 1972, 「粒径頻度分布からみた風成砂・海成砂の諸特徴」『第四紀研究11』49-60p.

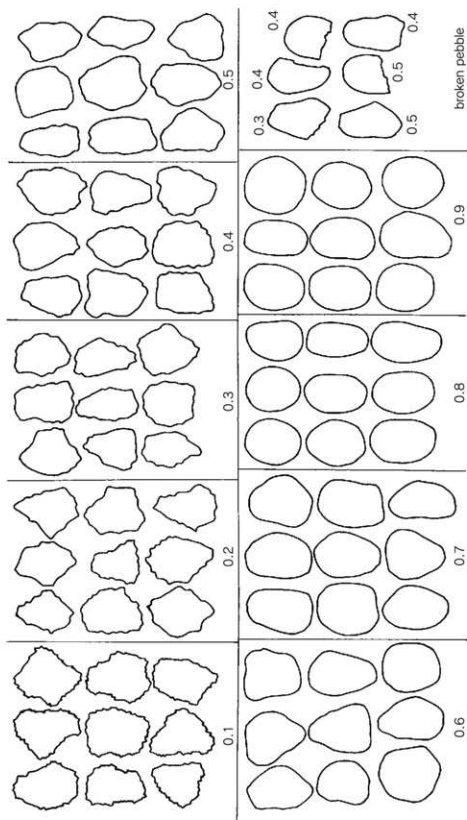
表5 粒度分析結果

試料名	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7	No.8
φ粒度								
-1.00>	0.00%	0.03%	25.37%	0.03%	0.00%	0.18%	1.17%	0.10%
-0.75	0.00%	0.07%	3.11%	0.00%	0.00%	0.04%	0.26%	0.02%
-0.50	0.00%	0.13%	4.89%	0.03%	0.01%	0.14%	0.36%	0.04%
-0.25	0.00%	0.30%	4.80%	0.07%	0.00%	0.10%	0.40%	0.04%
0.00	0.00%	0.70%	5.82%	0.20%	0.02%	0.14%	0.61%	0.06%
0.25	0.00%	1.00%	6.94%	0.37%	0.03%	0.22%	1.07%	0.08%
0.50	0.00%	1.23%	7.81%	0.57%	0.06%	0.28%	1.72%	0.16%
0.75	0.00%	2.40%	7.86%	0.97%	0.09%	0.34%	2.17%	0.24%
1.00	0.07%	3.27%	6.27%	1.80%	0.12%	0.54%	2.97%	0.38%
1.25	0.27%	5.36%	5.57%	3.93%	0.21%	0.76%	3.93%	0.46%
1.50	1.03%	8.93%	4.28%	6.93%	0.33%	1.04%	4.63%	0.68%
1.75	3.00%	13.76%	3.86%	12.43%	0.52%	1.58%	4.94%	1.02%
2.00	9.70%	22.73%	3.96%	14.56%	0.97%	3.59%	7.79%	1.64%
2.25	20.07%	17.66%	2.41%	15.16%	1.14%	4.17%	7.16%	1.82%
2.50	24.17%	10.60%	1.89%	15.86%	1.78%	5.73%	6.58%	2.90%
2.75	23.07%	5.26%	1.27%	8.83%	2.67%	11.28%	7.79%	5.55%
3.00	10.23%	2.70%	0.80%	1.50%	3.01%	8.62%	6.13%	7.67%
3.25	2.77%	1.67%	0.85%	5.83%	6.00%	9.76%	5.59%	11.27%
3.50	4.07%	0.47%	0.45%	4.10%	3.31%	5.37%	5.14%	7.49%
3.75	0.67%	0.30%	0.37%	2.00%	3.87%	6.81%	4.39%	9.21%
4.00	0.13%	0.27%	0.25%	1.63%	3.92%	3.83%	2.49%	5.21%
4.00<	0.77%	1.17%	1.27%	3.20%	71.94%	35.46%	22.73%	43.96%
礫 (gravel) [-1.0φ>]	0.00%	0.03%	25.37%	0.03%	0.00%	0.18%	1.17%	0.10%
極粗粒砂 (verycoarsesand) [-1.0-0.0φ]	0.00%	1.20%	18.53%	0.30%	0.03%	0.42%	1.62%	0.16%
粗粒砂 (coarsesand) [0.0-1.0φ]	0.07%	7.90%	28.88%	3.70%	0.30%	1.38%	7.93%	0.86%
中粒砂 (mediumsand) [1.0-2.0φ]	14.00%	50.78%	17.66%	37.85%	2.03%	6.97%	21.29%	3.80%
細粒砂 (finesand) [2.0-3.0φ]	77.53%	36.22%	6.37%	41.35%	8.60%	29.83%	27.65%	17.94%
極細粒砂 (veryfinesand) [3.0-4.0φ]	7.63%	2.70%	1.92%	13.56%	17.10%	25.77%	17.61%	33.19%
泥 (mud) [4.0φ<]	0.77%	1.17%	1.27%	3.20%	71.94%	35.46%	22.73%	43.96%
平均値 (φ)	2.43	1.86	0.30	2.20	3.82	3.23	2.59	3.49
淘汰度 (sd)	0.45	0.68	1.25	0.78	0.61	0.91	1.25	0.77
歪度 (sk)	0.52	-0.12	0.71	0.36	-2.28	-1.04	-0.54	-1.52

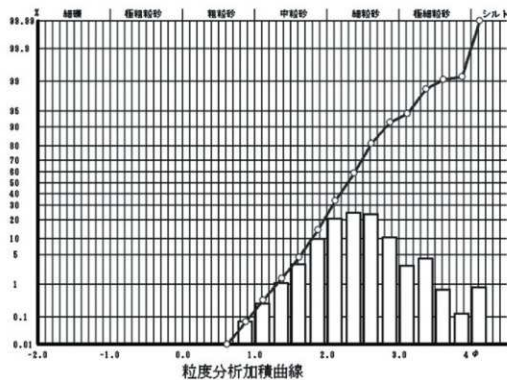
表6 石英の円磨度の頻度分布

試料番号	円磨度									合計
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	
No.1	95	85	38	20	5	4	2	1	0	250
No.2	14	24	43	70	51	25	13	8	2	250
No.3	129	85	24	8	3	1	0	0	0	250
No.4	102	101	34	10	2	1	0	0	0	250
No.5	167	69	10	2	2	0	0	0	0	250
No.6	102	90	33	17	5	2	1	0	0	250
No.7	120	97	25	7	1	0	0	0	0	250
No.8	153	83	11	2	0	1	0	0	0	250

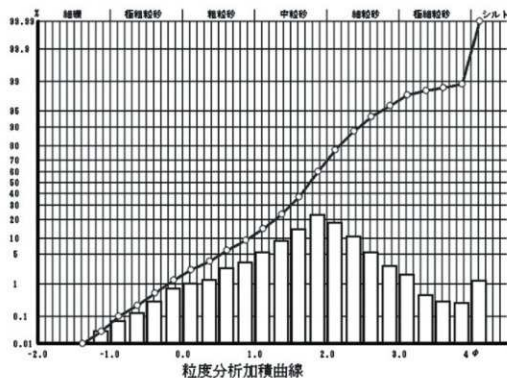
※円磨度の測定には、3φ~4φの極細粒砂を使用した。



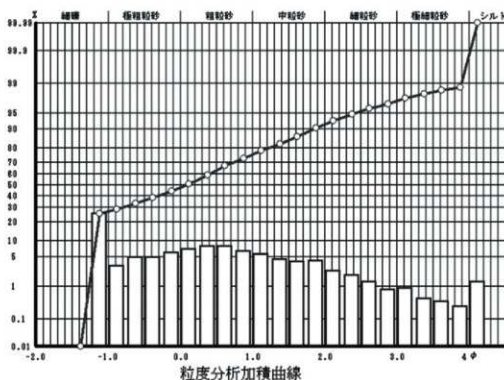
第4図 円磨度印象図Krumbein (1941)



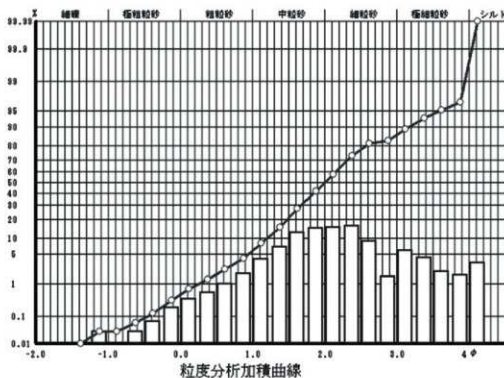
第5図 No. 1 旧赤碓町(海砂)の粒度分布加積曲線



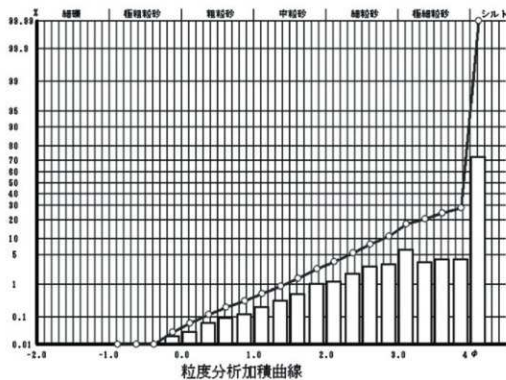
第6図 No. 2 北条町(飛砂)の粒度分布加積曲線



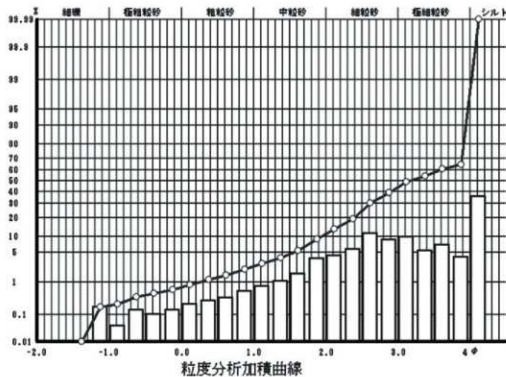
第7図 No.3 加勢蛇川 (川砂) の粒度分布加積曲線



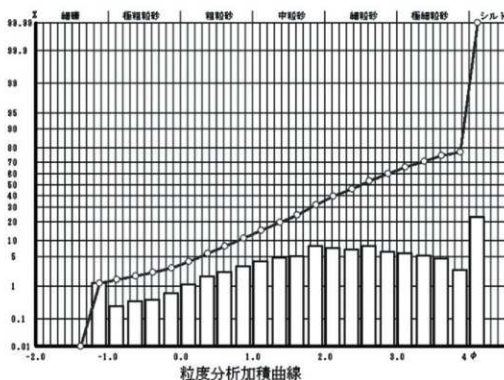
第8図 No.4 溝12埋砂の粒度分布加積曲線



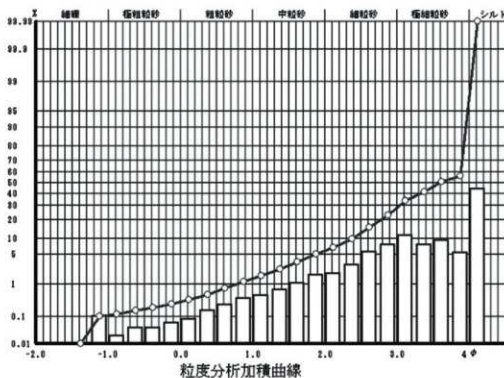
第9図 No. 5 溝2～黒ボク間の砂質土の粒度分布加積曲線



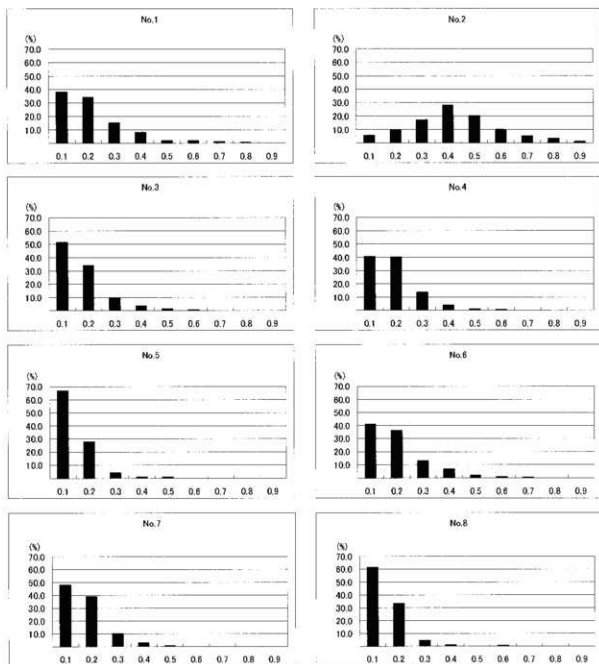
第10図 No. 6 畝間埋砂上層の粒度分布加積曲線



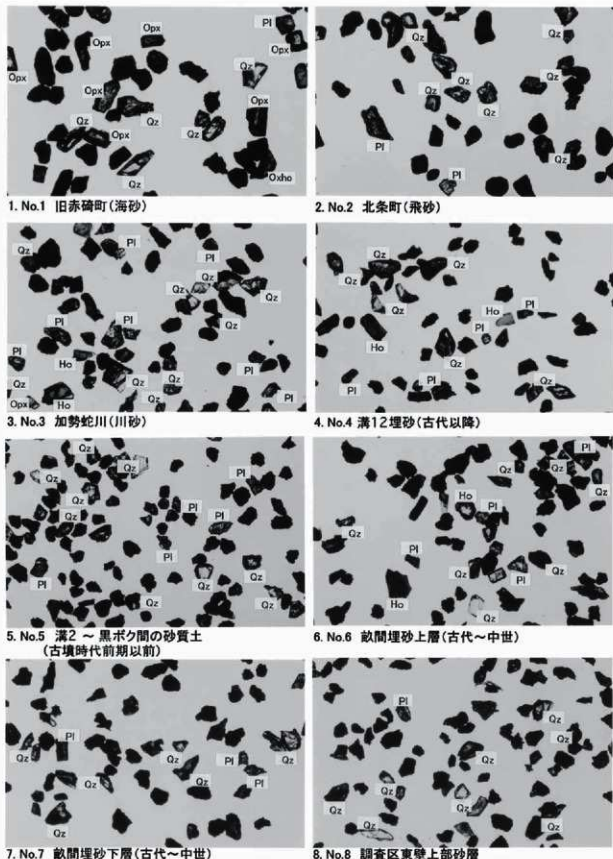
第11図 No. 7 畝間埋砂下層の粒度分布加積曲線



第12図 No. 8 調査区東壁上部砂層の粒度分布加積曲線



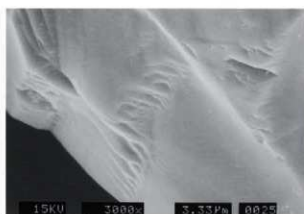
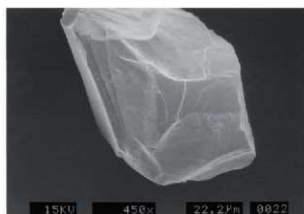
第13図 円磨度のヒストグラム



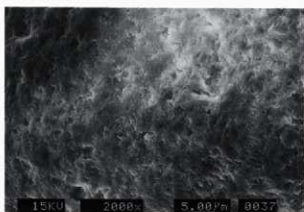
Qz: 石英 Pl: 斜長石 Opx: 斜方輝石 Ho: 角閃石 Oaho: 酸化角閃石 Op: 不透明鉱物
 写真左列は下方ポーラー、写真右列は直交ポーラー下。

0.5mm

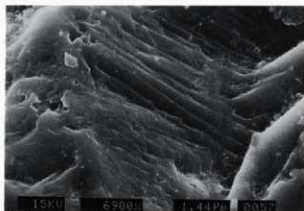
写真図版4 砂分の偏光顕微鏡写真



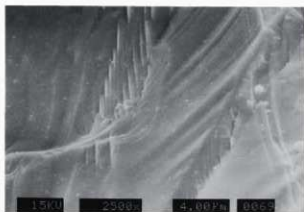
No.1 旧赤碓町(海砂)(radial fractures,v-shaped percussion cracks)



No.2 北条町(飛砂)(bulbous edge,v-shaped scars)

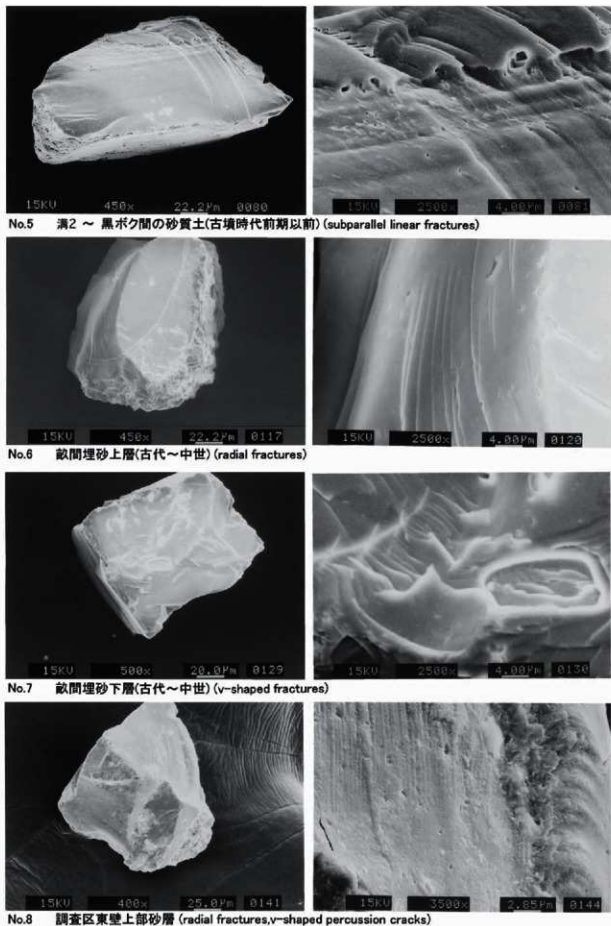


No.3 加勢蛇川(川砂)(v-shaped fractures)



No.4 溝12埋砂(古代以降)(multiple fractures)

写真図版5 石英粒の電子顕微鏡写真①



写真図版 6 石英粒の電子顕微鏡写真②