

植物珪酸体：土の中の化石

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-07-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 加藤, 芳朗 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025631

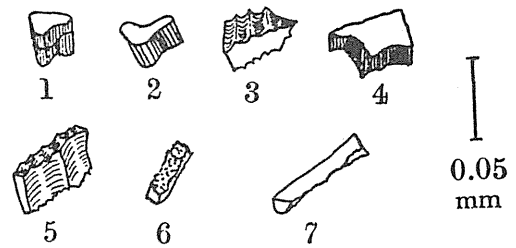
植物珪酸体 —土の中の化石—

加藤 芳 朗*

1. はじめに

土の中の化石というと、地中動物の骨とか生痕などを連想する向きもあろうかと思うが、日本のような酸性土壌では、石灰質の遺物は、貝塚のように大量に埋没しない限り溶けてしまう。ここでこれから話題とするのは、純然たる無機物、しかも、シリカに富んだ粒子のことである。筆者はこれを植物珪酸体と呼ぶが、他に、植物蛋白石、プラントオパール、シリカボディー、フィトリスなどの呼称もある。以下では「珪酸体」と略称することにする。

筆者がこの粒子の存在に気付いたのは 1955 年以前である。静岡県西端の新所原周辺の土壌の中から砂(0.2 - 0.02 mm) を分離し、顕微鏡観察をしたときである。そのときのスケッチは図 1 のごとくである。蛋白石であることはわかったが、まさか、植物起源の粒子であるとは夢にも思わず、そのままにしておいた。同じ頃、九州農業試験場の菅野一郎氏の研究室でもそれに気づき、それを火山涙と称して、火山起源と考¹⁾えた。筆者もこれに影響されて、きわめて図 1 珪酸質なマグマに由来する火山ガラスの 1 種として発表²⁾した。今から見ると汗顔の至りである。文献によると前世紀にすでにドイツやロシヤで発見されていたとのことであるが、今世紀では英国の Smithson の研究が Nature 誌に 1956 年に発表されて以来、³⁾急に各国からの発表が相次ぐことになった。筆者も実はこれによって開眼したのである。^{4,5)}その時の無念さ、恥かしさは今でも覚えている。この苦い思い出を振り出しに、現在まではそぼそと研究を続けているので、以下、主に国内の研究成果を中心に紹介したいと思う。なお、植物や土壌の中の珪酸体の分離法は文末に掲載してある。



2. 植物葉中の珪酸体

珪酸体は蒸散を活発に行う葉にもっとも多く見られる。茎や根には、少なくとも、土の中に長く残存するようなタイプの珪酸体は少ない。また、イネ科草本以外の植物にも珪酸体は検出されるが、まだ充分な研究が進んでいない。これらの理由から、以下、イネ科草本の葉の中の珪酸体を中心とする。

(1) 珪酸体の形態 筆者の観察例を示せば、図 2、表 1 のごとくである。形はきわめて個性的で、細胞を充てんしたものである。大型と小型の珪酸体の 2 種がある。

大型珪酸体は、棒状、ファン状(食パン状)、ポイント状(かぎ状)、その他の形態に分かれる。筆者の見るところでは、ヨシのファン状珪酸体がその特異な形態によって、タケ亜科のファン状珪酸体がやや角ばっている点で他の種類のものとは区別できるのを除くと、いずれも植物の種類による差違が不明瞭である。ただし、宮崎大の藤原氏はファン状粒子の形態から、イネ科植物の若干の種を同定できると報じている。⁶⁾後述のように、形態の相対的比率は植物分類グループと対応する(図 9、表 4)。なお、形態のうちでその他とした中には、最近、帯広畜大の近藤氏によって研究が始められた樹木の葉中の珪酸体がある。少量ながら、土壌の中でもしばしば見かけるものである。一つ注目されるのは、

* 静岡大学農学部

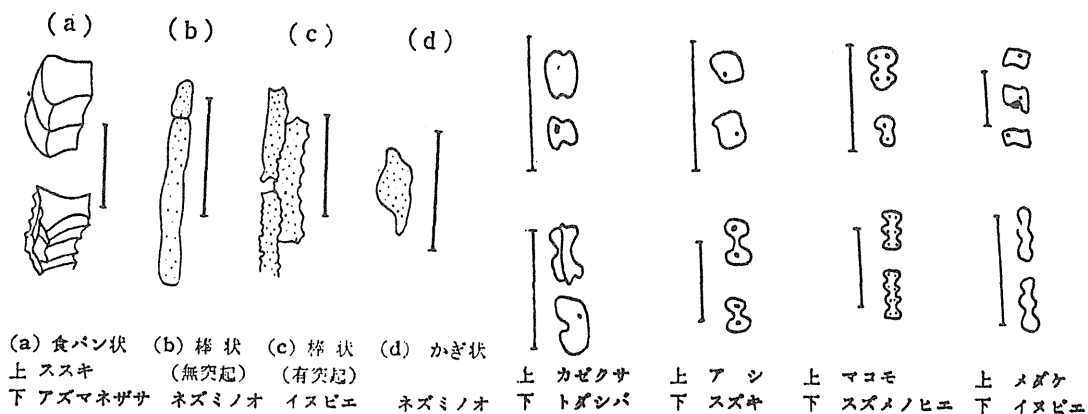


図2 イネ科植物葉中の大型(左)、小型(右)珪酸体。スケールは50 μ

Y字形またはトの字形に枝わかれたしたタイプが九州以南の土の中で知られていたが、それがイスノキに由来することがわかったことである。^{7,8)} (図6の20)

小型珪酸体はずっと変化に富み、内外の研究者によって種類との対比が進められている。佐瀬らは、Twissらの形態分類を⁹⁾発展させ、イネ科の亜科を指示する4つのタイプ、キビ型、ササ型、ウシノケグサ型、ヒゲシバ型を設けた¹⁰⁾ (図3)。さらに、ササ型ではタケ亜科のうちササ属のものはメダケ属のものよりサイズが大きいこともわかった¹¹⁾ (図4)。

表1. イネ科植物の種類と葉中の珪酸体の型との関係⁵⁾

植物	珪酸体	食パン状	棒状	かぎ状	まゆ状
アズマネザサ	a	t			d
メダケ	a	t			d
スカボ	r	t			d
マコモ	a	t			d
アシ	?				d
オヒシバ	a				d
ネズミノオ		n	h		d
カゼクサ	r	n	h		d
シバ	r				d
エノコログサ	r	t			d
トダシバ	r	t			d
チカラシバ	r	n			d
イヌビエ		t			d
タイヌビエ	r	t			d
スズメノヒユ	r	t			d
チガヤ	r				d
ススキ	r	t			d
ジュズダマ	a	t			d

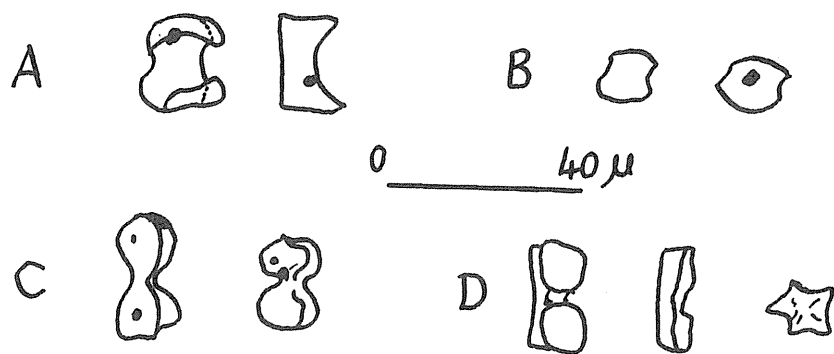


図3 小型珪酸体の2, 3の例¹⁰⁾
 A ササ型 B ヒゲシバ型 C キビ型
 D ウシノケグサ型

a: 食パン状、やや角ばるもの
 r: 食パン状、丸味をおびるもの
 t: 棒状、突起あるもの
 n: 棒状、突起のないもの
 h: かぎ状
 d: まゆ状 (小型珪酸体)
 空欄はその型がないか未発見のもの

(2) 珪酸体の性質

光学性 偏光顕微鏡

下で無色、等方性、

屈折率は 1.44 ~

1.47 ときわめて低く、⁵⁾ その独特な形とともに鑑定はやさしい。

X線回折 4 Å 前後にきわめて巾広い回折（非晶質シリカの特色）を示す（図 5）。これを加熱ないし、アルカリ処理すると、上記の回折が強まり、クリストバライトの 4.0 Å 線が出現する。

化学組成 植物灰分の化学分析値は表 2 のごとくである。いずれも SiO₂ が圧倒的に多い。

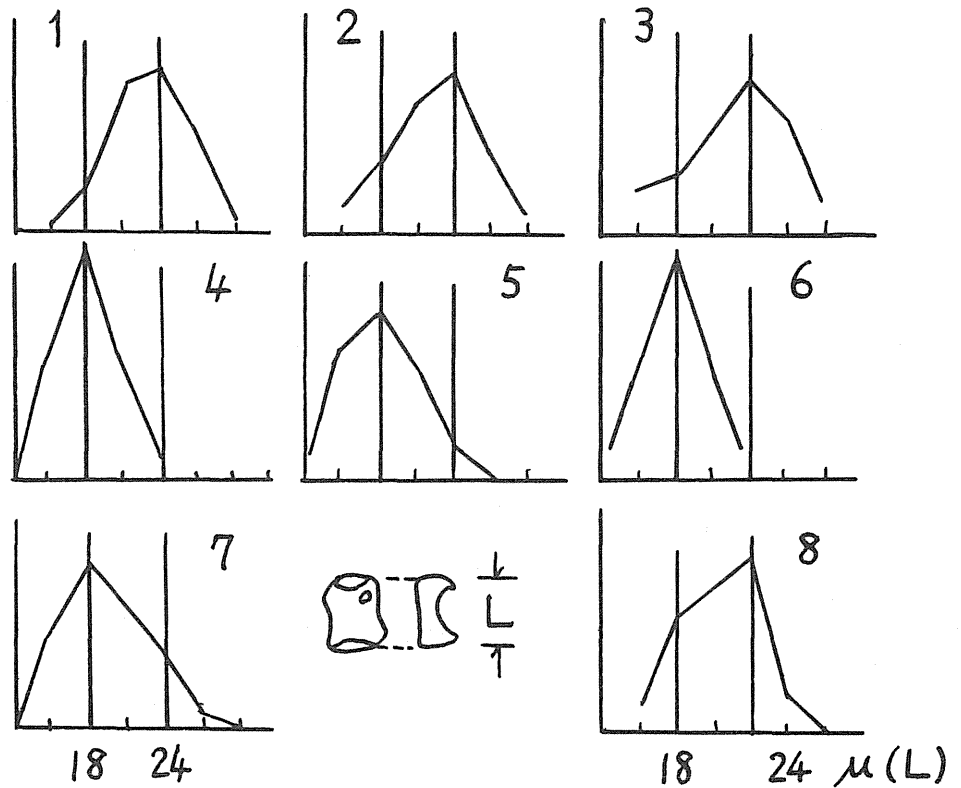


図 4 ササ型珪酸体の大きさ (L) の頻度分布曲線¹¹⁾

ササ属 1.ミヤコザサ, 2.クマイザサ, 3.チンマザサ, メダケ属 4.ゴキダケ, 5.ネザサ, 6.アズマネザサ, 土壌 7.九州, 8.北海道

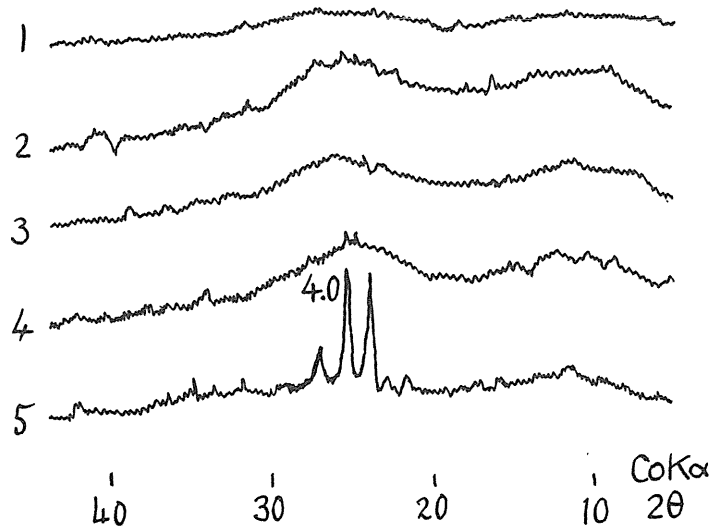


図 5 珪酸体の X 線回折図¹²⁾

1.ササ, 2.同 800 °C 10 時間加熱, 3.埋没黒ボク土
4.同, 900 °C 12 時間加熱, 5.同炭酸ソーダ熔融 (1:1)

赤外吸収 Si-Oの吸収が強く現われる¹²⁾。

以上のことから、珪酸体が非晶質のシリカを主体としていることがわかる。

3. 土壌中の珪酸体

(1) 形態その他の特徴 図6に大型珪酸体に属するものの一部を示したが、形態、光学性とも植物体内のものによく似ている。図5、表2のごとく、X線回折や化学組成もよく似ており、土壌中の粒子が植物起源であることはほとんど疑う余地がない。

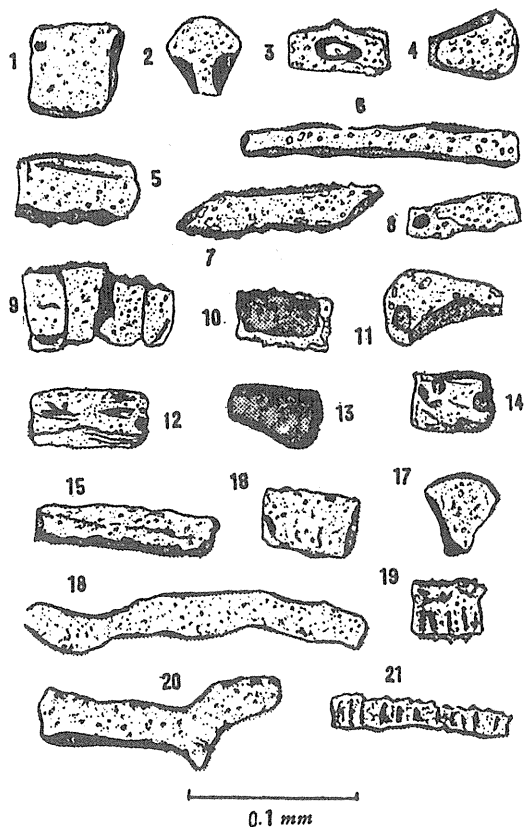


図6 黒ボク土壌中の大型珪酸体¹⁾

黒ボク土壌は、富士山麓、日本平、牧の原、磐田原などにもある黒色味の強い土壌で、世界でも最も腐植含量が多い土壌の一つであるが、この給源植生として草本が重要な役割を果たしたことが推定される。現在、森林になっているところでも、同様である。実に、最大15%以上もの珪酸体が含まれる場合がある。(図7)

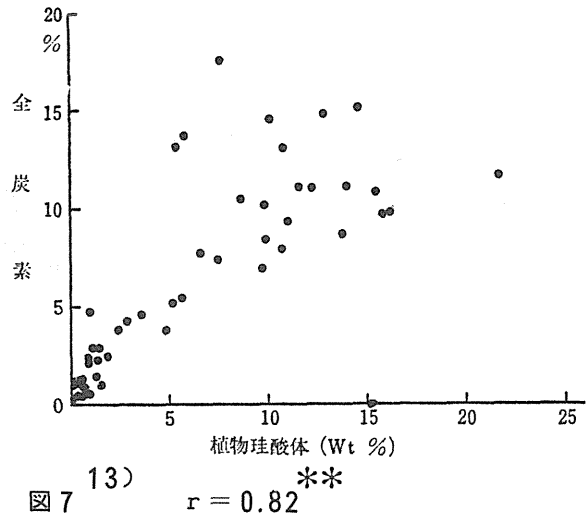
表2 土壌および葉中の珪酸体の化学組成¹²⁾

	鹿屋土壌		ササ	ススキ
	0-20	20-50 cm		
SiO ₂	87.30	89.27	87.22	86.09
Al ₂ O ₃	0.86	0.42	0.05	0.02
Fe ₂ O ₃	0.94	0.54	0.20	0.56
TiO	tr.	tr.	tr.	tr.
MnO	tr.	tr.	tr.	tr.
MgO	1.72	0.61	0.51	0.51
CaO	1.54	1.41	1.55	1.40
Na ₂ O	0.75	0.77	0.50	0.50
K ₂ O	0.85	0.62	0.90	0.90
P ₂ O ₅	tr.	tr.	tr.	tr.
H ₂ O(-)	1.06	1.81	4.64	5.32
H ₂ O(+)	4.26	4.74	3.94	3.88
Total	99.28	100.19	99.51	99.18

(2) 珪酸体と土壌有機物含量 土壌はいくつかの土層(ふつうA, B, C層を基本とした名前と呼ばれる)からなる。このうちA層は暗〜黒色を呈し、地表植物の落葉枝や根とか地中生生物群の遺体・代謝産物が分解合成されてできた複雑な有機高分子(腐植)を多く含む。もし、イネ科草本植生が生育し、有機物を供給したとすれば、腐植の含有量に応じて、珪酸体が土壌、とくにA層に含まれるはずである。そこで両者の含量を黒ボク土壌と呼ばれる黒色土について比較してみた。

図7がそうで、両者の間にはきれいな直線的相関があり、上の推定が裏付けられたこととなる。

珪酸体と腐植含量との関係を利用すると、火山灰、レス、風成砂の累積性断面内での埋没土（かつて堆積が中断し、その当時の地表に植物が生え、土壌ができた名残）を検出するのに役立つばかりでなく、その当時の地表の植物の種類構成にも暗示が与えられる。図8はローム層断面の1例で、暗色帯、クラック帯が埋没土であることが、珪酸体と全炭素（腐植）含量の変化曲線から読みとれる。図7



4. 珪酸体からの草本植生種類の推定—示相化石的役割—

珪酸体の形態とイネ科植物の分類グループとの間に一定の関係のあること（2.で既述）を利用して、土壌や堆積物その他の中に含まれる珪酸体から当時の地表に生えていた草木植生の推定が可能である。

(1) 黒ボク土壌（黒土）中の珪酸体 図9は日本各地の火山灰起源黒ボク土壌（埋没土も含む）の小型および大型珪酸体の組成を地域別に示したものである。北海道では、ササ型、ウシノケグサ型が多く、また、ファン、棒、ポイント型がきわめて低いのが特徴である。九州・東海では、全体にササ型とキビ型が多く、ポイント型は少ない。ヒゲシバ型は全体にきわめて少ない。この傾向は、表3のような日本の草地植生分布とよく一致する。試料の黒ボク土壌は6000年前以降のものが多く、この期間から現在まで、ほぼ類似の草地植生が続いたと推定される。ただし、東北、北関東での珪酸体組成でスキの属するキビ型がそれほど多くないのは、同型珪酸体の風化抵抗性が低いためと思われる¹¹⁾。このほか、ウシノケグサ型とポイント型との間に類似の出現傾向のあることがうかがわれた。典型的なステップ（ウシノケグサ亜科草本が多い）下のチェルノジョーム中の珪酸体組成（図9）でも同様である。

各地域ごとにササ型珪酸体の大きさを計測して頻度グラフをつくると、北海道ではササ属の特色である24μに極大が現われ、九州の多く試料ではメダケ属特有の18μに極大が出た（図4）。これは表3でのササ草地の優先種の出現傾向と一致する（ネザサ、アズマネザサはメダケ属）。ただし、九州や東北の試料では、大きさの極大が中間にくるものもある。

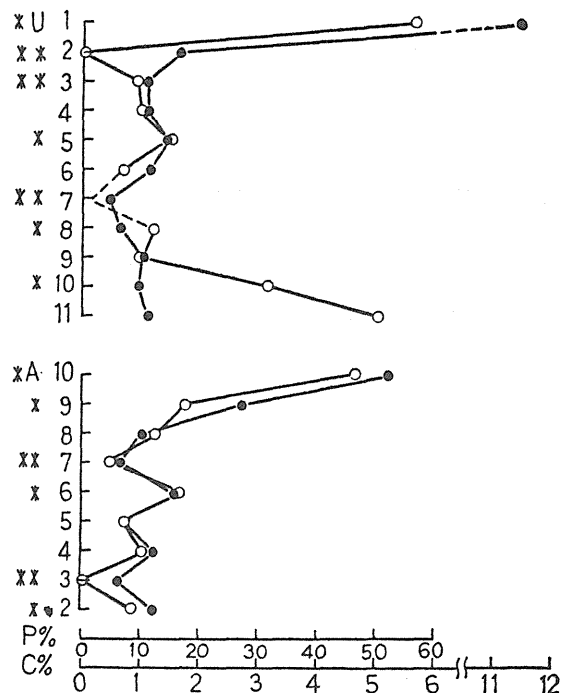
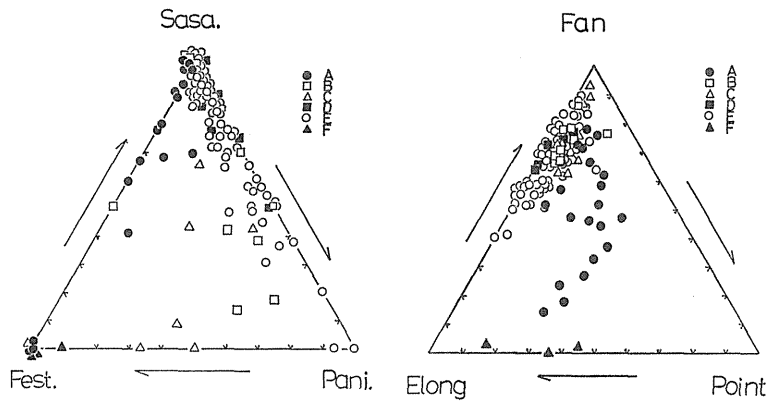


図8 ローム層断面における植物珪酸体と炭素との量的関係

タテ軸は試料No, ヨコ軸はP: 植物珪酸体(白丸)とC: 炭素(黒丸)の百分率。U: 宇都宮, A: 赤城, *: 暗色帯またはクラック帯。**: 軽石層



11)
 図9 日本各地域における黒ボク土壌断面における珪酸体の組成
 A. 北海道, B. 東北, C. 北関東, D. 東部東海, E. 九州, F. チェルノジョーム
 Fest. ウシノゲサ型, Pani. キビ型, Elong 棒状

15)
 表3 主要草地型の分布

草地植生帯	A 帯	B 帯	C 帯
採 草	サ サ 型	ス ス キ 型	ススキ型 ススキネザサ型 ススキアズマネザサ型
放 牧	ナガハグサ型	シ バ 型	シバ型 ネザサ型 シバーネザサーギョウギシバ型
	亜寒帯	冷温帯・日本海側	暖温帯
	北海道主部	東北, 信越, 北陸, 山陰, 北九州	関東, 東南海, 九州, 瀬戸内, 琉球

(2) 泥炭土黒泥土中の珪酸体 この土壌もきわめて腐植含量の高い部類に属するが、低湿地で、ヨシ、マコモなどの水棲植物（イネ科草木）の分解遺体を主体として構成されるので、これらに由来する珪酸体は、黒ボク土壌など排水のよい小高いところの土壌のそれとは違ったものが出るに違いない。水棲植物体中の珪酸体の実態はまだほとんど知られていない。筆者らは、まず、黒ボク土壌（磐田原、有度山麓、富士山麓）と低位泥炭、黒泥土（磐田今之浦、浮島ヶ原）との珪酸体組成の比較を試みた（表4）。後者は前者と比べて、ヨシの大型珪酸体を含む、ファン型と棒型との比、ササ型対ヒゲシバ型との比が低い（棒型、ヒゲシバ型珪酸体の多い）ことが特色である。ヒゲシバ型珪酸体はヨシの葉中に見出されるものと同じで、アイスクリームのカップ状の形をしている。棒状珪酸体の起源植物は不明である。また、後者には珪藻が含まれるのも特徴である。

(3) 泥質堆積物中の珪酸体 表4 黒ボク土壌, 泥炭・黒泥土, 黒色粘土の珪酸体組成

安倍川沖積層や草薙泥層中の黒色粘土に含まれる珪酸体の分析結果も表4に併記したが、これらは泥炭・黒泥土と全く同じ特色を持ち、淡水の湿地に堆積したことが推定される。珪藻の同定は行っていない。

	ファン型/棒型	ササ型/ヒゲシバ型	ヨシ*	珪藻*	試料数
黒ボク土壌	2.1	5.2	0	0	4
同, 二次堆積	1.4	1.6	0.2	1.5	2
泥炭土	0.4	0.2	0.7	3.8	2
黒泥土	0.7	0.6	1.1	1.5	2
沖積黒色粘土**	0.2	0.1	2.1	1.0	1
草薙泥層黒色粘土	0.3	0.2	0.2	1.0	1

(4) 焼土中の珪酸体 考古

学的遺跡の中にてでくる焼土

や灰は手近かにある植物を燃料としたと推定されるので、その中に含まれる珪酸体を調べることによって、遺跡周辺の草本植生についての示唆が与えられるに違いない。表5は愛鷹山麓の元野遺跡(縄文早期後葉, 黒ボク土壌中より

出土)の焼土とその直下の黒ボク土層の珪酸体の分析結果である。ササ型が圧倒的に多くキビ型がこれに次いでいる。しかも各試料とも構成にほとんど変化がない。このことから、住居跡

* 粒数% ** 安倍川平地

表5 元野遺跡の焼土の珪酸体分析¹⁶⁾

	珪酸体重量%	小型珪酸体の構成比			
		ササ型	キビ型	ウシノケクザ型	ヒゲシバ型
E7-A 焼土	5.9	7	2	-	1
E7-B 同直下黒土	2.4	7	2.5	-	0.5
E7-C 下位黒土	1.3	7	2	1	-

形成以前も形成時も自然草本の構成はササを主体としていたことがわかる。キビ型に属する野草ではススキ, チガヤが考えられる。このような草本構成は中部日本以南の黒ボク土壌の珪酸体から得られた結果と同様である(4.(1)参照)。これに対し、清水市天王山遺跡8層から出土した灰はヨシ, 棒状珪酸体に富み、むしろ湿地植物を燃料としたと推定される。同遺跡は有度山東麓の小扇状地上に立地し、前面には、折戸湾沿いの砂州背後に当る低湿地が展開していたと想定されるので好都合である。

5. 珪酸体の年代学

(1) 草本による珪酸体の年生産量の推定 重量法 生産量を重量で表現する方式である。このためには、地上部乾物重、葉部対地上部の重量割合、葉中の珪酸物質重量、同10~100μ部分重量(いずれも単位面積当たり)、および落葉の時期を知る必要がある。10~100μの大きさは、土壌中の珪酸体の抽出可能なサイズに由来する。表6は既住のデータから算出した値(pw)である。ススキよりもササの方が2~4倍程度生産量が高いのが注目

される。この値は単一種の草野での資料であるので可能な最大生産量を示すものと思われる。そこで、見方を換えて、黒ボク土壌中に蓄積されている珪酸体量から逆に推定してみた。年代資料のある火山灰起源黒ボク断面を選び後述の(4)式により算出した結果

植物名・調査地	調査月	生産量g/m ² ・年 ¹⁷⁾
ススキ, 宮城川渡	8	3.5
ススキ, 大分久住	8	3.1
ミヤコザサ	7	7.4
チシマザサ 北海道, ニセコ	8	5.6
ネザサ	7	15.0

は表7の通りである。全体として表6の値よりも小さいのは、1つは珪酸体をあまり残さない植物をまじえていることと小珪酸体の溶解のためであろう。九州が最大なのは、気温が高いこととササ型珪酸体が多いことによるであろう。東北が最小で、北海道南部で再び増加するのも、前者がススキ、後者がササ型の植生帯に属するためであろう。(4, (1))。北海道でも十勝地域では¹⁰⁾ $1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{y}$ 前後で再び小さくなる。

表7 黒ボク土壤中の珪酸体量から推定した草本の年珪酸体生産量(10-100 μ) * (4)式より計算

地 点	珪酸体量* mg/cm^2	経過年数 y	年平均珪酸体生産量 $\text{g/m}^2 \cdot \text{y}$
駒ヶ岳大岩, 北海道	670	3000	2.4
田子, 青森	407	7600	0.54
富士田貫湖, 静岡	2870	8000	3.6
九重・長者原, 大分	826	9000	0.92
高崎新田, 宮崎	2580	5520	4.7
日向庄内, 宮崎	2090	7000	3.0
都城, 宮崎	3335	3300	10.0

個体数 重量法は分析操作が複雑なので、

土壌では砂中の大型珪酸体の数で相対比率を表わす方式が行なわれている。草本の生産量もこれに合わせて個体生産数を推定できるようにしたものである。草本による大型珪酸体の年間生産個体数を pn とすると、

$$pn = n \cdot A \cdot G \text{ (個/cm}^2 \cdot \text{年)} \dots \dots \dots (1)$$

n は草本地上灰分中の珪酸体個数(個/mg)、一定量の灰分を顕微鏡で観察して求める。Aは草本(乾物)中の灰分量(mg/g)、草本を焼灼して求める。Gは草本地上部の年生産量(乾物、 $\text{g/cm}^2 \cdot \text{年}$)。磐田市で、ススキ、チガヤ、ササを選んで、予備的に上記の諸元の推定を試みたところ、第1近似として、 $n=2350$, $A=35$, $G=0.1$ を得た。これから次式を得る。

$$pn = 8.23 \times 10^3 \text{ 個/cm}^2 \cdot \text{年} \dots \dots \dots (2)$$

n , Aは変動が少ない。例えば、筆者の結果では、Aはススキ3個体で、それぞれ36.8, 31.6, 35.1である。また、 n もかなり一定している。これに対し、Gは立地条件、気候によってかなりの変動が予想される。

年間生産個体数(pn)から年間生産重量(pw')への換算 pw' は $pn \times w$ ($\text{mg/cm}^2 \cdot \text{年}$)で表わされる。 w は大型珪酸体1個の重量で、珪酸体の比重を2.1。容積を0.03mm立方と見積もると、 $w = 5.61 \times 10^{-5} \text{ mg}$ となる。従って $pw' = 0.46 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{年}$ (3)となる。この値は表6, 7と比べて妥当な値である(10-100 μ の粒径では大型珪酸体の占める重量比が圧倒的に大きい)。

(2) 土壌中の珪酸体の蓄積年数の算出 土壌中に含まれる珪酸体含量がわかれば、上記の草本による珪酸体の年生産量で除して蓄積年数が求められる。これは¹⁴ C年代などと違って、正味の土壌年令に当る。

土壌中の珪酸体含量の推定 珪酸体(10-100 μ , 比重<2.3)の重量%は文末の〔附〕の分離法の項を参照されたい。重量%(w')がわかれば、次式で土壌中の珪酸体含有重量(pw)も求められる。

$$pw = w' \cdot s \cdot d \cdot \delta \times 0.1 \text{ (mg/cm}^2 \text{)} \dots \dots \dots (4)$$

s は10-100 μ 部の重量%、 d は土層の厚さ、 δ は土壌の仮比重である。

より簡便な方法として細砂部(0.2-0.02mm)中の大型珪酸体の粒数%(n')がわかれば、次式で簡易珪酸体含有量(pw')が得られる。ただし、 fs は細砂部の重量%である。

$$Pw' = n' \cdot \alpha \cdot fs \cdot d \cdot \delta \times 0.1 \text{ (mg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (5)$$

α は n' を細砂に対する重量%に換算する係数。筆者の測定では0.55である。 δ は火山灰起源黒ボク土やローム層では0.5ぐらいのことが多いのでこれを採用すると、つぎのとおりである。

$$Pw = n' \cdot fs \cdot d \times 0.0275 \text{ (mg/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (6)$$

大型珪酸体の総個数量(Pn)は次式による。

$$Pn = n'' \cdot fs \cdot d \cdot \delta \times 10 \text{ (個/cm}^2\text{)} \dots\dots\dots (7)$$

ただし、 n'' は細砂中の珪酸体個数 (個/mg)。上記の諸元のうち、 s , fs , d はそれぞれ、粒度分析、断面調査でかなり正確に抑えることができる。 w' , n' , n'' も分析の手数をいとわなければ、かなりの精度が期待される。 α は経験的数値であり、土壌によって値の変動が予想される。 δ も同様であるが一定容積の試料を多数採集して、105-110℃乾燥重量を測定すればかなりの精度が高まる。

蓄積年数の推定 Pn/pn , Pw/pw , Pw'/pw' はそれぞれ珪酸体の蓄積年数 (Tn , Tw , Tw') を与える。これらすべてについて検討は済んでいないが、最後の場合で、式(3), (6)の値を代入したとき

$$Tw' = Pw'/pw' = n' \cdot fs \cdot d \times 0.060 \text{ (年)} \dots\dots\dots (8)$$

東京西部、赤城南麓、宇都宮東郊、愛鷹南麓の黒ボク層、ローム層で、式(8)によって土層ごとの蓄積年数を求めた結果と、すでに知られている考古学的遺物や¹⁴C年代資料とを比べると、①最上部の黒土層では、得られた年数がやや小さい値となるが、予想された値に近い。②ローム層ではいちじるしく低い年数を示す(100年のケタ)。③軽石・スコリア層ではローム層よりさらに低い値(10年のケタ)である。④凹地に存在する黒ボク土は平坦地のものに比べかなり大きな値をとる。①, ③の場合はよいとして、その他の場合について、偏差の生じた原因を考えると、②はおそらくGが過大に見積もられたためである。④は、凹地のような盛夏でも水分の十分にあるところでは、草本の生育が旺盛なため、Gを過小評価した点もあるが、ほかに、他からの流れこみ、つまり、現地生成以外の珪酸体が含まれているためであろう。

(3) **珪酸体の風化度** アロフェンを生成するようなロームの断面、例えば立川ロームから武蔵ローム上部あたりでは、脱珪酸作用を伴った風化が主流なので、珪酸体も溶解するに違いない。こういう予想のもとに大型珪酸体を顕微鏡で観察すると、古い時代のものほど、表面に円孔が多くなり、側面のなめらかだった輪廓がゴツゴツしてくる。新鮮なものから、その程度を7段階に分けて、顕微鏡で1個ずつ、風化程度を判定し、総数200-300個について加重平均法によって、風化度の平均値を得る。これを、年代資料の割にととのっている愛鷹山麓断面で試みた結果が図10である。年代との相関係数はきわめて高いが、判定に主観が入りやすい点があるので、ごく概略の年代判定としては役に立ちそうである。現在、他の断面について検討中である。

(4) **珪酸体の結晶化** 非晶質シリカが地質年代尺度で結晶化することはすでに指摘されている¹⁸⁾。珪酸体もその仲間であるからこれが適用されないだろうか。筆者も、時に弱い復屈折を示す珪酸体を観察することがある。また、図5で、植物から湿式灰化した珪酸体より土壌中のものの方が4Å付近のごく巾広い反射の高さ対巾の比が強まり、結晶化がやや進んだことが暗示される。加熱とか熱水処理、炭酸ソーダ熔融などで結晶化を促進して、初期の結晶化の微小な差を拡大してみせるような手段が見つかれば、有力な年代判定尺度となるであろう。

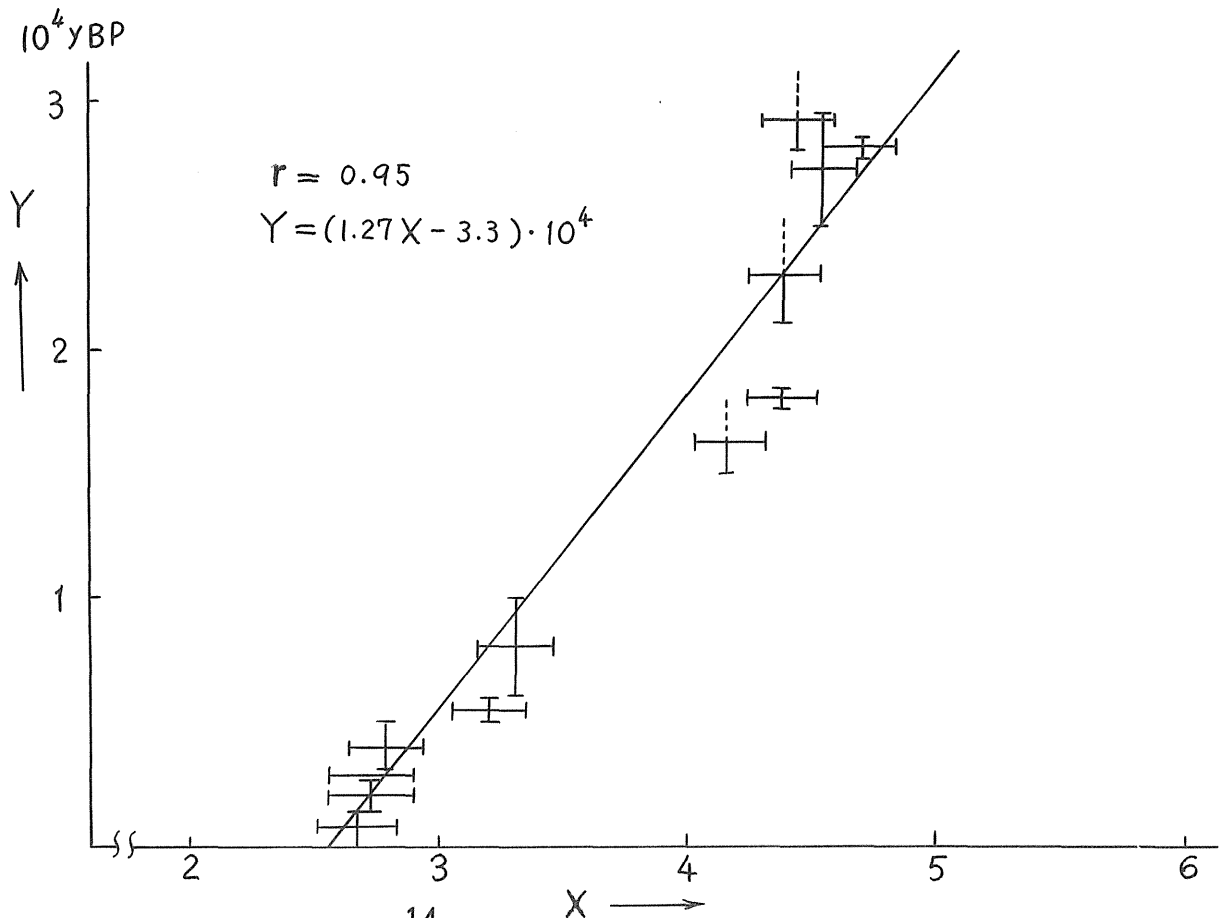


図10 珪酸体の風化度(X)と¹⁴C年代(Y)との関係
愛鷹ローム上部ローム層埋没黒ボク土

6. 土の珪酸体から草本乾物重の推算

これは過去の草本の生産総量を知る上で便利な方法である。原理的には、5.(1)と逆の演算で、地上部乾物重を求めることになる。これを利用して焼土に使用した草本燃料の量を推算した例をのべる(16)。

4.(4)で述べた元野遺跡の焼土中には5.9%の珪酸体が含まれる(表5)。これはもともと黒土だとすると、直下の黒土の珪酸体量平均1.9%との差が燃料として用いられた草本に由来したことになる。焼土の総重量(風乾)Sと草本中の珪酸体含量p(乾草中)とから、燃料草本重量G(乾草重)を次式から求められる。

$$G(kg) = (0.059 - 0.019) \times S(kg) / p$$

表6の値から逆算すると、pは0.008(平均)、また、5.(1)のGとpw'とからpは0.0046となる。Sは焼土の拡がり、風乾土見かけ比重から130kgとなる。これらを上式に代入すると、G=650kgないし1,100kgである。草本以外に樹木も燃料として用いたであろうし、発掘担当者の推論によれば、この焼土は、かまど跡などの永続的なものではなく、灰を得る目的で一時的に燃焼したとのことであるので、この程度の少量の乾草重でも矛盾はない。

【附】 植物珪酸体の分離法

(1) 植物葉中の珪酸体の分離 湿式法 水洗し乾燥した植物葉をハサミで細かく切り混酸(硫酸：硝酸：過塩素酸=1：10：4)と1：5の割でケルダールフラスコまたは時計皿でフタをしたビーカー

に入れ、アスベスト金網の上でガスバーナーで加熱する。分解が完全になると残渣は白くなる。このとき、刺戟性ガスが発生するのでドラフトを使うか屋外でやる。残渣は水で洗い、ろ過して風乾し秤量する。

乾式法 上と同様にした植物葉を磁性ルツボに入れ、始めは低温で加熱、後に焔を強めてルツボの底が少し赤くなる程度に加熱し（フタをずらせて空気の流入をよくする）、白色になるまで続ける。冷却後秤量する。

灰化した残渣はなるべく乱さないようにしてスライドガラス上へのせ、岩石薄片作製と同様にカナダバルサム（またはレークサイドセメント）を用いて封ずる。

(2) 土壌中の珪酸体の分離 a. 有機物分解 まず、土壌は日かげで風乾し、ゴム栓で軽く粉碎し、2 mmの篩を通過した風乾細土10 gをコニカル(トール)ビーカー(500 ml)にとり、時計皿でフタをする。つぎに6% H₂O₂ 50 mlを加え、湯煎器上で加熱する。はじめ活発だった発泡がおさまる頃にH₂O₂原液(30-35%)をスポイトで滴下する。土の黒味がとれるまで続ける(黒味のない明るい色の土はこの処理を省略する)。

b. 音波処理 ビーカーのフタをとって、湯煎器にのせたまま、水分を蒸発させ、水面が土とすれすれになるまでにする。音波処理容器に土を流しこみ(土:水を1:5以内とする)、10分間、10キロヘルツ(キロサイクル)、出力100~300 W(ワット)で音波処理し、土粒子をほぐす。終了後再びもとのビーカーにもどす(なるべく少量の水で)。

c. 脱鉄処理 ビーカーに1 Nクエン酸ソーダ80 ml、1 N炭酸水素ソーダ(重曹)20 mlを加え、時計皿でフタをして湯煎器上で加熱、温度計を攪拌棒代りに入れておき、80~85℃になったら、ハイドロサルファイト粉末1 gを加え、最初のはげしく、後は時々攪拌して15分間上記の温度を保つ。土の色から褐色味がとれ、白、灰または青緑となったらいが、まだ褐色味が残っていたら、またこの項の最初からくり返す。

d. 振とう 装置の関係で音波処理ができなかった場合は、脱鉄処理後のビーカーの上ずみ(多少濁っていてもよい)を捨て、1 l容の広口瓶(三角フラスコ)に入れ、ゴム栓をして、往復振とう器で1~2時間振とうする。

e. 沈定法 振とうした場合は再びビーカーに内容物を流しこみ、ビーカーの底の土の表面から正確に10 cm上のところまで水道水を加えかくはんする。表8の水温と放置時間との関係によって一定時間静置する。できれば水槽に入れて水道水を出し続け、水温の変化を防ぐ方がよい。放置後、ゴム管に水をみだしサイフォン代りとして、上の濁り水を吸い上げる。底の土を舞い上げないように注意する。これをくり返して、透明な上澄液になるようにする。底に沈んだ粒子は10 μ以上の粒径のものである。

表8 10 μ粒子の10 cm沈降所要時間(球形粒子)

水温℃	15	16	17	18	19	20
時間	29'12"	28'27"	27'43"	27'02"	26'22"	25'44"
水温	21	22	23	24	25	
時間	25'06"	24'30"	23'55"	23'21"	22'49"	

f. 水中篩別 0.1 mm(100 μ)に相当するメッシュの篩を、水を張った洗面器に入れ、ビーカーの底の粒子をその中に流しこむ。水の中でゆっくりゆがせて篩別をする。篩を上げ、水槽の上澄みの濁りが沈んだら、上ずみを捨て、沈澱物(10-100 μ

の粒子)を大型蒸発皿に移す。しばらく静置、すんだ上ずみを捨て、小蒸発皿へ移す。再び篩を水中に浸して篩別をくり返し、篩から粒子が出なくなるまでやる(通常3回ぐらい)。小蒸発皿中の沈澱物の上ずみ水を捨て、湯煎器にかけて乾燥、秤量する。

g. 重液分離 乾いた10-100 μ 粒子を全部、下にゴム管をはめ、ピンチコックでとめ、重液(比重2.3)を入れたロートまたは重液を入れた50ml遠沈管に移し、よく攪拌して静置、または遠心機にかける(3000回転で10分間)。浮上してきた粒子の中に珪酸体が含まれる。ロートの場合はピンチコックを注意して開き、沈澱粒子を重液とともに流下させ、乾燥口紙を用いて口過する。ついで、浮上粒子も重液とともに別の乾燥口紙上に移し口過する。ロート壁に残った浮上物も重液で口紙上に流しこむ。口液は再び使用できる。ただし、使用回数がふえると少しずつ濃縮して比重が大きくなるのでチェックする必要がある。環境保全上、また経費節約上、洗液も回収再生して使用する。遠沈管の場合はスポイドで浮上物を吸い上げて口紙上に移す。重液を足して再び攪拌、遠心分離を行う。これを浮上物が肉眼で認められなくなるまでくり返す。口紙上の試料は洗液(後述)できれいにし、乾燥、秤量する。これによって、浮上粒子の土壌中の重量%が求まる。筆者の経験では、浮上物の大部分は珪酸体であるが、ときには約10%前後までの火山ガラス片やケイ藻が混入する。古い時代のローム(立川ローム下部以下)では、正体不明の夾雑物が50%以上もあり、現在、対策を考慮中である。

重液としてはプロモフォルム(比重2.9)またはツーレが適当であろう。前者はアルコール、後者は水を用いて希釈、先滌する(ただし後者の洗滌は熱水を使うと能率が高い)。ツーレ液は赤色沃化水銀(HgI_2):沃化カリ(KI):水を7:6:2の重量比で蒸発皿に入れ、湯煎器上で濃縮する。落とした石英(水晶)片が勢いよく浮き上がれば約3の比重である。洗液の回収再生は、プロモフォルム洗液の場合は、500mlの分液ロートに大量の水とともに入れてよくふりまぜると、アルコールは水の中に溶出し、プロモフォルムだけが底に沈んで分離する。上澄みを新しい水と交替し再びふりまぜる。数回やればほぼ純粋なプロモフォルムとなる。ツーレ液の洗滌は大きな蒸発皿に入れ、湯煎器で濃縮すればよい。中に入れておいた水晶(石英粒)が浮かべば比重は約2.7である。比重の測定には比重瓶を使う程度でよい。重液はいずれも毒性があるので手にふれぬよう注意すること、ガラス器具は茶色のものが望ましい。

h. スライドガラスへのマウント (1)に準じて行う。

i. 簡便法 定性的でよいならば、fの終わった後、沈澱物を直接スライドガラスへマウントしてもよい。この場合は、珪酸体以外の鉱物が多数混入する。

この小論を草するに当り、当研究室の清水千賀子、佐野裕子両氏の実験協力、佐瀬隆、鈴木秀一、堺井茂雄各氏の未発表資料からの引用(それぞれ、表7の一部、表4、図10)に関して上記諸氏に謝意を表したい。

引用文献

(土肥誌：日本土壤肥科学雑誌)

- 1) 菅野一郎・有村玄洋(1955)：日本火山灰土に関する研究(第10報)。土肥誌，**26**，41-46。
- 2) 加藤芳朗・松井 健(1957)：静岡県新所原附近の洪積土壌の研究(第3報)。静大農研究報告，
7号，77-88。
- 3) Smithson, F.(1956)：Plant opal in soil. *Nature*, **178**, 107.
- 4) 加藤芳朗(1958)：「黒ボク」土壌中のプラントオパールについて，ペドロジスト，**2**，73-77。
- 5) 加藤芳朗(1960)：「黒ボク」土壌中の植物起源粒子について(予報)。土肥誌，**30**，549-552。
- 6) 藤原宏志(1976)：プラントオパール分析法の基礎的研究(1)。考古学と自然科学，9号(1976)，
15-29。
- 7) 近藤鍊三(1974)：Opal phytoliths - 植物珪酸体の形態的特徴とイネ科植物分類グループとの
関連。ペドロジスト，**18**，2-10
- 8) 近藤鍊三(1976)：樹木起源の珪酸体について。ペドロジスト，**20**，176-190。
- 9) Twiss, P. C. et al.(1969)：Morphological classification of grass phytoliths. *Soil
Sci. Soc. Amer., Proc.*，**33**，109-115。
- 10) 佐瀬 隆・近藤鍊三(1974)：北海道の埋没火山灰土腐植層中の植物珪酸体について。帯広畜大研
究報告，I，**8**，465-483。
- 11) 佐瀬 隆・加藤芳朗(1976)：現世ならびに埋没火山灰土腐植層中の植物起源粒子-とくに植物珪
酸体-に関する研究(第I報)。第四紀研究，**15**，21-33。
- 12) 有村玄洋・菅野一郎(1965)：植物蛋白石について(予報)。九州農試彙報，**11**，97-109。
- 13) 加藤芳朗(1970)：東海地方の「黒ボク」土壌の分布・断面形態・母材についての考察。土肥誌，
41，89-94。
- 14) 加藤芳朗(1965)：軽鉱物。「関東ローム-その起源と性状-」，224，築地書館。
- 15) 嶋田 饒ほか(1972)：草地の生態学。36，築地書館
- 16) 加藤芳朗(1975)：元野遺跡発掘調査報告書。48-49，沼津市教委。
- 17) 佐瀬 隆・加藤芳朗(1976)：現世ならびに埋没火山灰土腐植層中の植物起源粒子-とくに植物珪
酸体-に関する研究(第II報)。第四紀研究，**15**，66-74。
- 18) 水谷伸治郎(1976)：ケイ酸鉱物とケイ質堆積物。科学，**46**，420-428。