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)¹⁾

——火山灰土の腐植給源植物に関する問題と植物珪酸体を用いた古気候推定——

佐 瀬 隆²⁾・加 藤 芳 朗³⁾

The Study on Phytogenic Particles, especially, on Plant Opals, in Humic Horizons of Present and Buried Volcanic Ash Soils (Part II)

——The Problem on the Origin of Humus in Volcanic Ash Soils and the Assumption of Paleoclimate by Plant Opals——

Takashi SASE²⁾ and Yoshiro KATO³⁾

The amount of plant opals and the constitutions of pollens in humic horizons of present and buried volcanic ash soils distributed in Tohoku, northern Kanto, eastern Tokai and Kyushu districts were investigated.

The results obtained are summarized as follows;

1) It is assumed that the constitutions of plant opals in the humic horizons of volcanic ash soils have an effect on a relationship between the amounts of plant opals(X) and organic carbon contents(Y). In a group having ratios, Panicoid(Pa.)+Festucoid(Fe.) vs. Sasaoid(S.), not less than 0.5, the relationship between X and Y is expressed in the following formula:

$$Y=1.58X+3.92$$

In another group having the ratios less than 0.5, the following formula is obtained:

$$Y=0.63X+3.14$$

This may be explained by the fact that Sasaoid grasses have higher amount of plant opal production per dry matter than other ones.

2) The constitutions of pollens in the humic horizons of volcanic ash soils are characterized by high content of nonarboreal pollens(NAP), which allows an assumption that herbaceous plants were dominant in the vegetation concerned in formation of the humic horizons of volcanic ash soils.

3) A maximum mean annual production of plant opal is shown by the humic horizons of Kirishima volcanic ash(Ks-d) soils which had been formed during a period from 4,600 y. B.P. to 3,700 y. B.P. (¹⁴C dates), possibly a part of the climatic optimum in the post glacial age. This period nearly agrees with that derived from buried humic horizons of volcanic ash soils in Hokkaido (SASE and KONDO, 1974).

I. は じ め に

先報(佐瀬・加藤, 1976)では, 火山灰土腐植層中の植物珪酸体の形態組成から, 珪酸体の給源植物の推定を

試みた。その結果, 植物珪酸体は, イネ科草に関するかぎり, 古植生を推定する有効な手段となりうる事が明らかとなった。現在, 花粉形態によってイネ科草を科または属以下の分類単位でとらえることが難しいことを考

1) 1976 年 2 月 21 日 受付。1975 年度日本第四紀学会一般研究発表会で一部発表。

2) 帯広畜産大学, Obihiro Zootechnical University.

3) 静岡大学農学部, Faculty of Agriculture, Shizuoka University.

えれば、植物珪酸体を用いる方法は、新しい分析方法として十分注目に値するであろう。

本報では、先報の結果をうけて、火山灰土の腐植給源植物につきまず考察したい。この問題は、腐植質火山灰土の生成論ともかかわる課題であるが、本邦の火山灰土腐植層中には多量の植物珪酸体が集積しており、しかもその含量が腐植含量と正の相関をもつことから、イネ科草が主要な腐植給源植物と推定されている(加藤, 1962 佐瀬・近藤, 1974)。本研究では、改めて火山灰土中の腐植含量と植物珪酸体含量の関係を明らかにする。また、火山灰土中の花粉組成を調べ腐植給源植物を解明する手掛かりをえたいと考える。

植物珪酸体を用いて、火山灰土生成期間の古気候を推定する試みは、佐瀬・近藤(1974)が北海道の火山灰土を用いて行っただけである。この研究は、植物珪酸体の生産量が気候のちがいを反映するであろうという仮定に基づいて、生産量の変化から気候変遷を推定しようというものである。まだ一般的に認められた方法でないが、一つの可能な方法として新たに提示したい。

本研究を行うに当り、第I報(佐瀬・加藤, 1976)に記した方々の他に、東京都府中高校の田尻貞治氏、東京学芸大学学生の堀内弘司氏に花粉分析に関してご教示いただいた。記して感謝を表したい。

II. 実験試料および方法

花粉分析に用いた土壌試料は、東北の田子、九州の由布院、長者原、高崎新田、日向庄内で採取した24点である。これらの断面記載、植物珪酸体組成については、すでに第I報(佐瀬・加藤, 1976)で報告した。花粉分析法は、田尻(1969)に準じた。顕微鏡下で、1試料につき約200個の花粉、孢子粒子をかぞえ各花粉、孢子の粒数%を算出した。

第I報に記載した全試料について、その植物珪酸体含量を重液分離法で定量した。方法は佐瀬・近藤(1974)に準じた。まず10—20gの風乾土を H_2O_2 処理で有機物除去し、超音波処理を行う。次に篩と沈定法で100—10 μ 粒径フラクションを分離、乾燥、秤量し全風乾土に対する重量%を求めた。この粒径フラクションから、1g前後を秤量し遠心管にとり比重2.30のトゥーレ液を加え、超音波処理して完全に分散させた。これを2,000 r.p.m., 20分の条件で遠心分離した。重液上部の浮遊物を注意深くスポイトで濾紙に移し、温水で十分洗った後、乾燥、秤量した。重液分離操作は、浮遊物がほと

んどみとめられなくなるまで繰返し行なった。比重2.30以下のフラクションは、ほとんど植物珪酸体からなることが明らかにされているので、上記秤量値を植物珪酸体重量とみなした(Twiss *et al.*, 1969; 佐瀬・近藤, 1974)。

火山灰土腐植層に含まれる、植物珪酸体全重量および植物珪酸体年平均生産量の算出は、その地表露出期間が ^{14}C 年代測定値や考古学資料から推定可能な試料についてのみ行なった。対象となる火山灰・浮土層については現地仮比重を測定した。植物珪酸体全重量の算出は、加藤(1972)の方法に準じた。すなわち、 $P_n = n' \cdot fs \cdot d \cdot \delta \cdot 10(g/cm^2)$ である。ここで、 P_n : 土壌中の珪酸体重量、 n' : 100—10 μ 粒径フラクション中の珪酸体重量、 fs : 全風乾土に対する100—10 μ 粒径フラクションの重量%、 d : 腐植層層厚、 δ : 現地仮比重。植物珪酸体年平均生産量は、 P_n を各々の腐植層の地表露出期間で除すことで算出した。

全採取試料について有機炭素を定量した。方法は、硫酸稀釈熱法(立川, 1966)を用いた。

III. 結果および論議

a. 火山灰土腐植層中の植物珪酸体量と有機炭素量

各腐植層に含まれる植物珪酸体量と有機炭素量の関係を検討した。この両者の相関を検定⁴⁾したところ、全試料を一括して統計処理した場合、有意の相関は認められなかった。そこで供試試料を便宜的に珪酸体組成から2つのグループに区分し、それぞれについて相関を検定してみた。第1のグループは、珪酸体組成がキビ型+ウシノケグサ型/ササ型 ≥ 0.5 を示す試料からなり、第2のグループは、この比が < 0.5 を示す試料からなる。これらの相関は、どちらのグループも5%水準で有意なものと認められた(図1, 2)。これまで火山灰土の腐植層では植物珪酸体量と有機炭素量が正の相関をもつことが多くの調査で知られている(菅野, 1961; 加藤, 1962, 1963, 1970; 愛鷹ローム団研グループ, 1970; 町田, 1971; 佐瀬・近藤, 1974)。今回の結果も条件付きながら、この両者に相関関係があることを示した。

植物珪酸体量と有機炭素含量に正の相関があることは、これらの給源植物がある特定の植物グループに限定されることを示唆している。先報(佐瀬・加藤, 1976)で明らかにした土壌試料の珪酸体組成から判断して、これまでの報告(加藤, 1962; 佐瀬・近藤, 1974)と同様に、火山灰土の主要な腐植給源植物は、イネ科植物と推定しても間違いなからう。

4) 佐瀬・近藤(1974)の報告した値についても併せて検定した。

図 1 植物珪酸体と有機炭素の相関関係，植物珪酸体組成が $\frac{P.+Fe.}{S.} \geq 0.5$ を示す試料について。

A : 北海道 (佐瀬・近藤, 1974), B : 東北, C : 北関東, D : 東部東海, E : 九州, P. : キビ型珪酸体, Fe. : ウシノケグサ型珪酸体, S. : ササ型珪酸体

表 1 ススキ，ササの乾物と珪酸物質の生産量

	測定地点	測定者	測定月	地上部乾重 (g/m ²)	葉部乾重 (g/m ²)	葉中珪酸物質重 (g/m ²)	10-100 μ f.*** 珪酸物質重 (g/m ²)	土壌への10-100 μ f.*** 珪酸物質供給量 (g/m ² ・年)
ス ス キ ¹⁾	川渡	宮城県	8	373	119*	9.5	3.5	3.5
ス ス キ ²⁾	久住	大分県	8	340	105*	8.4	3.1	3.1
ミヤコザサ ¹⁾	—	矢野ら	7	1200+	300	51.0	14.8	7.4
チシマザサ ²⁾	ニセコ	大 島	8	7282	456	77.5	17.0	5.6
ネ ザ サ ¹⁾	—	矢野ら	7	1112	326	55.4	15.0	15.0

* 地上部乾重の約 30% (YAMANE and SATO, 1971 a) として計算, ** ススキについては葉部乾重の 8% (YAMANE and SATO, 1971 a), ササについては 17% (YAMANE and SATO, 1971 b) として計算, *** 表 3 の数値より計算, f: フラクシオン, 1) 嶋田ら (1973), 2) OSHIMA (1961 a, b)

しかし、今回は上記のごとく、2 グループに区分してはじめて、両者に有意の相関が認められた。このような結果は、イネ科草の中でも種類によって珪酸体生産量や乾物生産量に無視できない差異が存在することを暗示している。この点を明らかにするために、本邦の草地の主要な優占種であるススキ、ササ、ネザサについて、地上部の乾物生産量と珪酸物質生産量を算出し、表 1 に示し

た。ススキの乾物生産量は、2 地点の値を平均すると、356 g/m² となる。葉部割合 32% (YAMANE and SATO, 1971) とすると、葉部重は 112 g/m² となる。また、葉中の珪酸含量を 8% (YAMANE and SATO, 1971) とすると、ススキの葉の珪酸物質年生産量は 9 g/m²・年 となる。一方、ササ (ネザサを含む) は、その生活様式が一般のイネ科草と異なり、地上部が多年生であるために

図 2 植物珪酸体と有機炭素の相関関係，植物珪酸体組成が $\frac{P.+Fe.}{S.} < 0.5$ を示す試料について。
記号は，図 1 に同じ。

珪酸物質生産量の算出は少し煩雑である。チシマザサについてみると，4～5月頃，1年葉と2年葉が共存しているが，春から夏にかけて2年葉は枯れ落ちこれと平行して新生葉が生長してくる。このために，全葉重は，四季を通じほぼ一定に保たれる (OSHIMA, 1961 a, b)。したがって，表 2 でチシマザサの葉部乾重が 456 g/m^2 となっているが，実際に土壤に供給されるのは年間当たり 200 g 程度ということになる。ミヤコザサの場合，新生葉は1年越冬するだけで翌春落葉する (嶋田ら，1973)。表 2 のミヤコザサの葉部乾重 (g/m^2) は，越冬葉と新生葉の共存する8月のものなので，この測定値の約 $1/2$ が年間当たり土壤に供給される葉重と考えられる。また，ネザサでは，葉の越冬はなく秋から冬にかけて枯れ落ちる (嶋田ら，1973) ので，表 2 の葉部乾重 (g/m^2) はほぼ年間当たり土壤に供給される葉重とみなしうる。

ところで，本研究で定量に用いた珪酸物質の粒径は， $10-100 \mu$ なので，各植物でこの粒径フラクションが，全珪酸体物質量の何%に相当するかを明らかにしなければ，各植物の $10-100 \mu$ フラクションの珪酸物質供給量を知ることができない。そこで，ネザサ，チシマザサ，

表 2 イネ科植物葉中の珪酸物質の粒径組成 (重量%)

草 種	粒径フラクション	
	$>10 \mu$	$<10 \mu$
ス ス キ*	51.7	48.7
ス ス キ	22.1	77.3
ミヤコザサ*	28.9	71.0
ネ ザ サ	26.8	63.9
チシマザサ	21.6	77.3

* 佐瀬・近藤 (1974)

ススキの葉の珪酸物質の粒径組成を求め，表 2 にしめした。

これらの値を加味すると，表 2 に示した $10-100 \mu$ 粒径の珪酸物質の土壤への供給量が算出できるであろう。

これらの値は，葉部に関してササ (ネザサを含む) がススキより大きな珪酸物質供給力を有していることを示している。このような関係が他の部位においても同様に成り立ち，また植物遺体の分解，腐植化過程が植物種によって大差がないものとすれば，土壤中の腐植量と珪酸

体量（珪酸物質量）の比は、ササ、ネザサが腐植の主要な給源植物である場合には、ススキが給源植物の場合より小さくすると予想される。また、他のイネ科草が、主要な腐植給源植物の場合には、その乾物当りの珪酸含量が5%前後（BEZEAU *et al.*, 1966）とススキとほぼ同じであることから考えて、土壌中の腐植量と珪酸体量の比はススキと似た値になると思われる。

図1, 2において、相関を検定する際に便宜的に区分した2つのグループは、その珪酸体組成から主要な珪酸体給源植物がそれぞれ異なるものと考えられる。第1のグループは、ササ以外のイネ科草が、第2のグループはササが、それぞれ、優勢であると推定される。2つのグループの回帰直線の傾きは、それぞれ1.58, 0.63で第1のグループの方が大きく、上記の予想と、調和的である。

b. 火山灰土腐植層の花粉組成

火山灰土腐植層の花粉分析の結果を表3に示した。供試全試料を通じて、非樹木花粉（NAP）の出現率が著しく高い。NAPは、主に Polypodiaceae, *Concentroryctes*, Gramineae, Compositae, からなる。

通気性のよい一般の火山灰土では、酸素の供給のもとで花粉がすみやかに分解されることが考えられる。実際、各試料の絶対花粉粒数は、泥炭試料に比べて著しく少なく、最も多いもの（No. 33）でも約 3,000 個/g をかぞえるにすぎない。花粉、胞子の酸化分解に対する抵抗性は、スポロポレーニン含量に比例して増大する。シダ胞子のスポロポレーニン含量は特に高く、酸化分解抵抗性は大きいとされている（中村, 1969）。各試料で, Poly-podiaceae の出現率が高いのは、このためと思われる。*Concentroryctes* はある種の淡水性の藻類の胞子とされているものであるが、これがなぜ火山灰土にかなり普遍的に出現するのか不明である。Gramineae, Compositae は、全試料を通じて検出できるが、その出現率は, Poly-podiaceae, *Concentroryctes* より一般に低い。

これらの分析結果から、火山灰土の植生、つまり火山灰土の腐植給源植物は、一応草本と考えても間違いないであろう。これまで火山灰土の花粉分析はあまり例がないが、荒谷（1972）は九重火山起源の火山灰土の花粉分析を行ない、九重火山周辺のススキ草原が火山活動とともに久しい以前から存在していると報告している。また

表 3 火山灰土腐植層中の花粉組成（粒数%）

sample no.	2	3	4	5	6	27	28	29	30	31	33	34	35	36	37	38	65	66	67	74	75	75	76	77
<i>Pinus</i>	+	+				8		+			3	5	+	1							1	1		5
<i>Cryptomeria</i>		1				2	2	1			1	+	1	+	4									
<i>Quercus</i>	2	4	1	2	1	5	5	6	1	3	6	6	2		2		3			4				
<i>Ulmus = Zelkova</i>		1			1			3			3	+			1	4								
<i>Juglans</i>		1			7	2					+	2	+		2									6
<i>Fagus</i>		+																						
<i>Pterocarya</i>															+									
<i>Carpinus</i>															+									
<i>Salix</i>	+	2	+	1	2	2	1	2			1	2	2	9	+					7				
<i>Castanea</i>		1	1		4	+	2	1			+	1	1	2	+					2				
<i>Acer</i>		+												+										
<i>Tilia</i>										2	+		+											
<i>Alnus</i>	+	+			2					+	3	1			1	1								
<i>Betula</i>		+				1					+		+		1									
<i>Ilex</i>								1			+				+					1				
Gramineae	3	17	13	4	56	3	2	2	2	1	11	14	+	8	18	9	8	3	14	3	2	3	2	
Compositae	+	8	1	5	16	8	1	11	1	1	11	18	2	24	7		9	1	12	2	1	7	49	33
<i>Chenopodium</i>					1	+	11						+											5
<i>Plantago</i>					2			+					+	1										1
<i>Thalictrum</i>		+	1										+									1	1	3
<i>Sagittaria</i>			+		1	1	1								13							1	2	
<i>Colocasia</i>					+	+	+																	
<i>Murdannia</i>																					1			
<i>Smilax</i>																					2			
Polypodiaceae	72	30	19	20	4	36	63	62	96	81	11	48	87	55	48	75	31	+	6	35	12	48	3	3
Arugie	2	3	22	27							+				+		2	+		1	3	13	9	17
<i>Concentroryctes</i>	15	8	24	14		20	5	14		9	48		1		2	1	47	95	4	47	69	13	17	21
Other	6	24	19	27	3	12	4			3		5	4		1	10		1	50	11	9	14	17	5
NAP r.	92	66	80	70	80	68	83	89	99	92	81	80	90	88	88	85	97	100	36	89	90	86	83	84

浦部 (1975) は、岩手山麓の埋没火山灰土の花粉分析から、当時の植生としてイネ科草の優占する草原植生を想定している。今回の結果も、NAP が多いことで、これらの結果と一致する。

ところで、上述したように、植物珪酸体の組成から火山灰土の腐植給源植物はイネ科草と推定されたが、花粉組成を見るかぎり Gramineae がきわだって高いとはいえない。Compositae と比較してみても、すべての試料で Gramineae が Compositae より高い出現率を示すわけではない。Gramineae の出現率がこのように予想外に低いのは、ササの生活様式の特殊性が多分に反映された

ためではないかと思われる。すなわち、ササは「主に栄養繁殖し何 10 年かに 1 度一斉開花する」(嶋田ら, 1973) イネ科植物である。したがって、ササの花粉の生産量は他のイネ科草、キク科草等に比較して極端に小さいと思われる。植物珪酸体の研究から、多くの場合、ササは火山灰土植生の主要な構成種と推定されるから、火山灰土の花粉組成と植物珪酸体組成はむしろ調和的といえるのではなからうか。

c. 植物珪酸体年平均生産量とこれを用いた沖積世の気候変化推定の試み

地表露出期間の推定できる腐植層について、植物珪酸

図 3 火山灰土腐植層中の植物珪酸体累年集積量

縦軸は珪酸体集積量、横軸は火山灰の降下年代、A: 田子, B: 長者原-1, C: 高崎新田-1, D: 日向庄内, E: 都城-2, P: キビ型, F: ウシノケグサ型, S: ササ型, Cu: 中 振 浮 土, To-b: 十和田 b 火山灰, To-a: 十和田 a 火山灰, Ks-d: 霧島 d 火山灰, Ku-a: 九重 a 火山灰, Ks-c: 霧島 c 火山灰, Ks-b: 霧島 b 火山灰

表 4 火山灰土腐植層中の植物珪酸体量

sample no.	層 名	d.	δ	n ⁺ ·fs	Pn	Y.	Pr.
——田 子 (東北)——							
1	十和田 a 火山灰	9		0.8			
2)	十和田 b 火山灰	13	0.74	1.0	94	1,000	1.1
3)	十和田 b 火山灰	6	0.91	0.3	17		
4)	中 振 浮 石	20	0.75	0.7	98	2,000	0.6
5)	中 振 浮 石	16	0.76	0.1	17		
6	南 部 浮 石	17	0.57	1.9	181	4,600	0.4
——長 者 原 (九州)——							
33)	九 重 a 火山灰	25	0.33	2.9	120		
34)	九 重 a 火山灰	18	0.37	1.2	54	3,500	0.6
35)	九 重 a 火山灰	15	0.36	0.8	42		
36)	九 重 b 火山灰	22	0.47	2.2	231	1,100	2.8
37)	霧 島 d 火山灰	14	0.44	1.3	78		
38)	九 重 c 火山灰	22	0.44	3.1	301	4,400	0.7
——高 崎 新 田 (九州)——							
64)	霧 島 b 火山灰	38	0.88	1.2	401	820	4.9
65)	霧 島 c 火山灰	42	0.63	3.0	794	2,900	2.7
66)	霧 島 d 火山灰	22	0.55	7.8	949	900	12.0
67)	霧 島 d 火山灰	22	0.51	1.2	135		
68)	霧 島 e 火山灰	28	1.11	1.0	301	900	3.3
——日 向 庄 内 (九州)——							
71)	霧 島 c 火山灰	25	0.40	1.7	167	3,700	0.6
72)	霧 島 c 火山灰	15	0.40	0.8	45		
73)	霧 島 d 火山灰	20	0.45	8.7	784	900	10.4
74)	霧 島 d 火山灰	12	0.38	3.4	153		
75)	霧 島 d 火山灰	18	0.66	2.8	331		
76)	霧 島 f 火山灰	18	0.61	2.9	318	2,400	3.9
77)	霧 島 f 火山灰	22	0.51	2.6	292		
——都 城 (九州)——							
80)	霧 島 c 火山灰	43	0.38	5.6	900		
81)	霧 島 c 火山灰			4.1			
82)	霧 島 d 火山灰	20	0.47	12.0	1162	900	17.7
83)	霧 島 d 火山灰	12	0.58	5.2	357		
84)	霧 島 d 火山灰	13	0.97	1.9	243		
85)	霧 島 f 火山灰	20	0.79	5.9	924	2,400	7.5
86)	霧 島 f 火山灰	15	0.67	3.9	387		
87)	霧 島 f 火山灰	15	0.65	2.7	262		

d.: 層厚, δ : 現地仮比重, n⁺·fs: 植物珪酸体量(%),
Pn: 植物珪酸体重量(g/d·cm²), Y.: 地表露出期間,
Pr.: 植物珪酸体年平均生産量 ($\times 10^{-4}$ g/cm²·y).

体年平均生産量 ($\times 10^{-4}$ g/cm²·y) を算出した結果を表 4, 図 3 に示した. 地表露出期間の推定に用いた火山灰, 軽石層の降下年代は, 表 5 に記した. 用いた ¹⁴C 年代測定値は, 腐植, 腐植酸を用いたものが大部分で, これらの値は, 腐植炭素の平均年令を意味し (加藤, 1972), 火山灰, 軽石の降下年代を直接指示するものではない. そこで, えられた ¹⁴C 年代測定値のうち, 最も古いものを一応降下年代に近いものとして採用した. 例えば, 霧島 d 層の腐植層の ¹⁴C 年代測定値として, 3,950 $\pm$ 90 y. B. P. (田村, 1969) がえられているが, 長者原でこの層の上に累積する九重 b 層の腐植層の ¹⁴C 年代測定値は 4,620 $\pm$ 110 y. B. P. (田村, 1974) とされている.

表 5 主な火山灰, 軽石の降下年代推定値

火山灰, 浮石名	降下年代推定値
十和田 a 火山灰 ¹⁾	1,000 y. B. P. ¹⁾
十和田 b 火山灰 ¹⁾	2,000 y. B. P. ¹⁾
中 振 浮 石 ¹⁾	4,000 y. B. P. ¹⁾
南 部 浮 石 ¹⁾	8,000 y. B. P. ¹⁾
九重 a 層火山灰 ²⁾	3,500 $\pm$ 100 y. B. P. ⁵⁾
九重 b 層火山灰 ²⁾	4,620 $\pm$ 110 y. B. P. ⁴⁾
九重 c 層火山灰 ²⁾	9,060 $\pm$ 100 y. B. P. ⁵⁾
霧島 b 層火山灰 ³⁾	820 $\pm$ 70 y. B. P. ⁴⁾
霧島 c 層火山灰 ³⁾	3,710 $\pm$ 105 y. B. P. ⁴⁾
霧島 d 層火山灰 ³⁾	3,950 $\pm$ 90 y. B. P. ³⁾
霧島 e 層火山灰 ³⁾	5,560 $\pm$ 260 y. B. P. ⁴⁾
霧島 f 層火山灰 ³⁾	7,030 $\pm$ 140 y. B. P. ⁴⁾

1) 大池 (1972), 2) 田村 (1967), 3) 田村 (1969),
4) 田村 (1974), 5) 山田 (1967).

この場合, 霧島 d 層の降下年代としては, 後者の値をとった. ところで, 霧島 d 層は, 田村 (1969) が九州の北, 中部に分布する極ガラス質火山灰アカホヤに対して命名し, 霧島火山起源としたものである. 大隅半島には, これによく外見が類似した幸屋火砕流 (字井・福山, 1972) が分布しているが, 霧島 d 層との関係については, まだ十分対比検討されているとはいいがたい. もしかかりに霧島 d 層と幸屋火砕流が同じものとする, その降下年代は約 6,000 y. B. P. となる. しかし, 本研究では対比の問題にはふれず, 霧島 d 層の下位の霧島 e 層腐植層の ¹⁴C 年代測定値として 5,560 $\pm$ 260 y. B. P. (田村, 1974) が得られているので, 一応, 霧島 d 層の降下年代として前記のとおり約 4,600 y. B. P. としておく. したがって年代の推定値にはかなりの誤差が見込まれるのはやむをえない.

各試料の植物珪酸体年平均生産量 ($\times 10^{-4}$ g/cm²·y) は, 0.4~17.7 の間に分散するが, 各断面での時間にもなう植物珪酸体年平均生産量の変化パターン (図 3) は, 比較的きれいな一致をみせている.

植物珪酸体年平均生産量は, 主に次の 3 つの要因によって規定されるであろう. 第 1 は, 土壤条件である. 土壤の肥沃の程度が植物の生育を左右する. しかし, 今回の試料はすべて火山灰土ということで土壤の理化学的条件は, かなり一定しており主要な変動要因とはならないであろう. 第 2 は, 植生の条件である. 上述したように草種間で珪酸体の生産量にかなりの差異が認められる. 第 3 は, 気候条件 (気温・雨量など) である. イネ科草の乾物生産量と気候の関係について, ミヤコザサ (嶋田

ら, 1973), ススキ (嶋田ら, 1973) は, 現在の気候条件下で西南日本ほど生産量が高いとされている. 冷温型のウシノケグサ亜科を例外として, イネ科草は一般的に気候がより温暖なほど高い生産量を上げることが予想される.

各地で植物珪酸体年平均生産量 ($\times 10^{-4} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{y}$) にかなりのばらつきがあるのは, 主に第 2, 第 3 の要因が支配しているためと考えられる. 例えば, 東北の田子では珪酸体の給源植物は, ササ以外のイネ科草と推定されるので, より南に位置しササが珪酸体給源植物と考えられる九州の高崎新田より生産量が小さいと解釈できる.

一方, 第 I 報で述べたように, 各地域の珪酸体組成, つまり草種組成の時代による変化はさほど顕著でなかったため, 各地域における時代別の植物珪酸体年平均生産量値のちがいは, 前記の第 3 の要因によって主に規定されていると見てよいであろう. そうなると植物珪酸体年平均生産量の変化は, ほぼ直接的に気候変化を指示するものと考えることができる. 例えば, 九州で約 4,600—3,700 y. B.P. に地表露出していたと推定される, 霧島 d 層の腐植層 (高崎新田の no. 66, no. 67, 日向庄内の no. 73, no. 74, 都城の no. 82, no. 83) が示す珪酸体生産量の高頂期は, 一般に考えられている沖積世の温暖期を示す可能性がある. すでに, 北海道の埋没火山灰土を用いて佐瀬・近藤 (1974) は, 約 4,500—2,500 y. B.P. にかけて珪酸体生産量の高頂期を認めている. 今回の値は, この ^{14}C 年代値にきわめて近いものである. しかし, 東北の田子では, 九州でみられたように生産量の変化が顕著ではなく, むしろ 4,000—3,000 y. B.P. の 1,000 年間地表露出したと推定される中振浮石層の腐植層 (表 4, no. 4, 5) の珪酸体年平均生産量が, 上位の十和田 b 火山灰の腐植層 (表 4, no. 2, 3) の生産量より小さい. 田子の断面では, 第 I 報 (佐瀬・加藤, 1976) で述べた腐植層の珪酸体組成から, 全腐植層ともササ以外のイネ科草, なかでもススキ等のキビ亜科植物が珪酸体の主要な給源と考えられる. 珪酸体の給源植物が特定のイネ科植物に限定されると推定できるので, 田子においても, 各腐植層の示す植物珪酸体年平均生産量の変化は気候の変化を反映したものとなるであろう. 東北の田子においても九州, 北海道で見いだされたような気候変化があったはずで, その影響が珪酸体年平均生産量にあらわれないのは, 十和田 b 火山灰の降下年代⁵⁾ が若干新しく推定されているためかもしれない.

これまで, 沖積世の温暖期について塚田 (1974) は各

地の花粉分析結果を総括し, 9,500—4,500, 4,000 y. B.P. とし, 藤 (1966) は, 北陸の泥炭の花粉分析から, 8,000—4,000 y. B.P., 阪口 (1961) は花粉分析, 泥炭の分解度, 泥炭層の厚さから 7,000—3,000 y. B.P. と, それぞれ推定している. また, 8,000—5,000 y. B.P. にかけて汎世界的に高温の時代であったとされている (鈴木, 1974). 植物珪酸体年平均生産量 ($\times 10^{-4} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{y}$) から, 推定される沖積世の温暖期の時期は, 約 4,000—3,000 y. B.P. となり上記推定値より少々新しい. これは, 今回, 温暖期の時期の推定に用いた ^{14}C 年代測定値の多くが土壤腐植を用いたものであることと無関係ではあるまい. というのは, 腐植を用いた ^{14}C 年代測定値は腐植層直下の火山灰層の平均堆積年代より同じかまたはそれより新しくなると考えられるからである (愛鷹ローム研グループ, 1970).

IV. ま と め

(1) 火山灰土腐植層の植物珪酸体含量と, 有機炭素含量には正の相関が認められ, 火山灰土の主要な腐植給源植物はイネ科植物と推定される. しかし, 珪酸体給源植物種のちがいによって両者の相関関係が異なる. すなわち珪酸体組成がキビ型+ウシノケグサ型/ササ型 ≥ 0.5 を示すグループでは, その回帰直線が $Y=1.58X+3.92$ となるのに対し, 上記の比が 0.5 以下を示すグループの回帰直線は, $Y=0.63X+3.14$ となる. これは, ササが他のイネ科草より乾物当りの珪酸体含量が高い事実と一致する.

(2) 腐植層中の花粉組成は, 著しく非樹木花粉 (NAP) に富んでいる. このことは, 火山灰土の主要な腐植給源植物が草本であったことを示している.

(3) 植物珪酸体年平均生産量 ($\times 10^{-4} \text{ g/cm}^2 \cdot \text{y}$) の高頂期が, 4,600—3,700 y. B.P. に地表露出していたと推定される霧島 d 層の腐植層でえられた. この高頂期は後氷期の温暖期に相当すると思われる.

引用文献

- 愛鷹ローム研グループ (1970) 愛鷹ローム上部ローム層中の埋没腐植層の ^{14}C 年代. 地球科学, **24**, 73—75.
荒谷正憲 (1972) くじゅう火山の成層草原土壌および崩積森林土壌の花粉分析. 日本生態学会誌, **22**, 205—212.
BEZEAV, L. M., A. JOHNSTON and S. SMOLIK (1966) Silica and protein content of mixed prairie and fescue grassland vegetation and its relationship to

5) 大池 (1972) によれば, 十和田火山灰の下位の腐植層から縄文晩期の土器が出土している.

- the incidence of silica urolithiasis. *Can. J. Plant Sci.* **46**, 625—631.
- 藤 則雄 (1966) 日本における後氷期の気候変遷. 第四紀研究, **5**, 149—156.
- 菅野一郎 (1961) 日本の主要土壌型の生成分類学的研究 I, 序論および第 1 篇腐植質アロフェン土. 九州農試彙報, **7**, 1—185.
- 加藤芳朗 (1962) 関東ローム層の細砂鉱物組成. 地球科学, **62**, 11—20.
- 加藤芳朗 (1963) 火山灰中の植物珪酸体. 第四紀研究, **3**, 59—61.
- 加藤芳朗 (1970) 火山灰と土壌学 (1) 黒土層の腐植集積過程. テフロクロノロジー総合研究連絡誌, No. 2, 11—13.
- 加藤芳朗 (1972) 火山灰と土壌学 (3) 黒土と生成年代. テフロクロノロジー総合研究連絡誌, No. 2, 10—18.
- 町田 洋 (1971) 南関東のテフロクロノロジー (I). 第四紀研究, **10**, 1—20.
- 中村 純 (1973) 花粉分析. 71—72, 古今書院.
- 大池昭二 (1972) 十和田火山東麓における完新世テフラの編年. 第四紀研究, **11**, 228—235.
- OSHIMA, Y. (1961 a) Ecological studies of *Sasa* communities. I. Productive structure of some of the *Sasa* communities in Japan. *Bot. Mag., Tokyo*, **74**, 199—210.
- OSHIMA, Y. (1961 b) Ecological studies of *Sasa* communities. II. Seasonal variation of productive structure and annual net production *Sasa* communities. *Bot. Mag., Tokyo*, **74**, 280—290.
- 阪口 豊 (1961) 北日本の完新世の気候変化. 地理学評論, **34**, 259—268.
- 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.
- 佐瀬 隆・近藤錬三 (1974) 北海道の埋没火山灰腐植層中の植物珪酸体について. 帯大研報 I, **8**, 465—483.
- 嶋田 饒, 川鍋祐夫, 佳山良正, 伊藤秀三 (1973) 草地の生態学, 1—287, 築地書館.
- 鈴木秀夫 (1974) ヒブシサーマルにおける世界の気候. 第四紀研究, **13**, 99—105.
- 田村昇市 (1967) 九重山周辺における火山灰土の分布と類別, 命名法. 土肥誌, **38**, 443—448.
- 田村昇市 (1969) 霧島山周辺における火山灰土の分布と命名法. 土肥誌, **40**, 1—7.
- 田村昇市 (1974) 九州火山灰の代表断面 (1973 年断面調査より). 帯広畜産大学土壌肥料研究室速報.
- 田尻貞治 (1969) 関東ローム層における花粉分析法の考察. 日本花粉学会誌, no. 4, 8—16.
- 立川 涼 (1966) 土壌および液体試料中の有機物の迅速定量法ならびに糖類に関する二, 三の定量法. 土肥誌, **37**, 28—33.
- Twiss, P. C., SUESS, E. V. and SMITH, R. M. (1969) Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, **33**, 109—115.
- 宇井忠英・福山博之 (1972) 幸屋火砕流堆積物の ^{14}C 年代と南九州諸火山の活動期間. 地質学雑誌, **78**, 631—632.
- 浦部速明 (1975) 岩手山麓の埋没火山灰土壌の花粉分析的研究. ベドロジスト, **19**, 2—12.
- 山田 裕 (1967) 土色に関する研究. 農技研, 化学部土壌 3 科, 昭和 41 年度研究成果, 3—11.
- YAMANE, I. and SATO, K. (1971) Seasonal change of chemical composition in *Miscanthus sinensis*. *Rep. Inst. Agric. Res. Tohoku Univ.*, **22**, 1—36.
- YAMANE, I. and SATO, K. (1971) Seasonal change of chemical composition in *Sasa palmata*. *Rep. Inst. Agric. Res. Tohoku Univ.*, **22**, 37—66.