

十勝平野に分布する後期更新世古土壤の植物珪酸体群集と古環境

近藤 鍊三・筒木 潔

Paleo-environmental inferences from opal phytolith analyses of
Late Pleistocene paleosols, Tokachi Plain

Renzo KONDO and Kiyoshi TSUTSUKI

帯広畜産大学学術研究報告 自然科学 第20巻 1号 (1996年10月) 別冊

Reprinted from

Research Bulletin of Obihiro University, Natural Science,
Vol. 20 No. 1 October (1996)

十勝平野に分布する後期更新世古土壌の植物珪酸体群集と古環境

近藤 錬三・筒木 潔

(受理：1996年5月31日)

Paleo-environmental inferences from opal phytolith analyses of
Late Pleistocene paleosols, Tokachi Plain

Renzo KONDO and Kiyoshi TSUTSUKI

摘 要

十勝平野に分布する後期更新世テフラ堆積物中に挟在する古土壌（または、土壌化したローム層）の植物珪酸体分析を広域的に行い、古土壌生成時の植生環境を現世土壌の植物珪酸体群集と対比しながら検討した。

Ta-d および To-c₂ テフラ直下の埋没 P-1古土壌の植物珪酸体密度は $0.1\sim 41.6\times 10^4$ 個 g^{-1} とかなり幅が認められた。他方、Spfa-1テフラ直上に発達する P-2古土壌の植物珪酸体密度は $0.3\sim 1.9\times 10^4 g^{-1}$ と、P-1古土壌に比べ一段と低い。P-1および P-2以外の後期更新世の古土壌の中で、それらの植物珪酸体密度はナウマン象包含層層($6.3\times 10^4 g^{-1}$)を例外とすると、 $3.3\times 10^4 g^{-1}$ と P-2古土壌よりさらに低い。このように、後期更新世から完新世初葉にかけて十勝平野は、植生全体に占めるイネ科植物相の割合が現世のそれよりかなり低かった。このことは供試土壌の植物珪酸体密度が現世土の10~100分の1程度ときわめて低いこと符合している。

また、供試土壌の腐植含量は泥炭質古土壌を含む2試料を除くと4.2%以下であった。これらの腐植含量と植物珪酸体密度との間には有意な相関関係($r=0.743^{***}$)が認められた。

P-1古土壌は、ウシノケグ型の存在と高頻度のファン型、棒状型珪酸体の存在で特徴づけられ、イチゴツナギ亜科主体のイネ科植物相が推測された。他方、P-2古土壌はファン型珪酸体がP-1古土壌に比べ低い以外はほぼ類似した植物珪酸体群集を示した。P-1古土壌ではファン型/棒状型珪酸体比が0.1以上であるのに対し、P-2古土壌は0.1以下であった。したがって、P-2古土壌生成時はイチゴツナギ亜科がP-1古土壌生成時よりさらに優勢でより寒冷・乾燥な環境であったと推測される。ナウマン象化石包含層の植物珪酸体組成はP-1およびP-2古土壌のそれと異なり、タケ型が優勢な現世に似たイネ科植物相が推定された。同様な植物珪酸体群集はK-6テフラ下位の古土壌において認められた。

キーワード：植物珪酸体、古土壌、後期更新世堆積物、古環境、テフラ

帯広畜産大環境土壌学研究室 〒080 北海道帯広市稲田町

Laboratory of Environmental Soil Science, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Hokkaido, 080, Japan

はじめに

十勝平野には、後期更新世から完新世にかけて多数のテフラが広く分布しており、これらのテフラの層序・分布・起源についてはすでに多くの研究者によって報告されている(山田, 1958; 小野・平川, 1974; 春日井ほか, 1978)。最近、町田・新井(1993)の広域テフラの分布調査や、 ^{14}C 年代測定精度の向上(加藤ほか, 1995)により、上記の分布・起源・年代等に一部修正を加える必要生じてきた。

これらのテフラ堆積物の中には、火山噴火の休止期、あるいは静穏期に生成された黒色腐植層やローム層が多数挟在している。完新世テフラ中の黒色腐植層を生成した当時の植生は、主にササ属、イチゴツナギ亜科イネ科草本であったことが植物珪酸体分析によって明にされている(近藤・佐瀬, 1986; Kondo et al., 1988, 佐瀬・近藤, 1974)。他方、更新世後期の庭庭 a 降下軽石(以下、En-a と略記)、然別 1 降下軽石(Sipfa-1)、支笏降下 1 軽石(Spfa 1)の各テフラおよびそれら以前のテフラ層上位には明瞭な埋没腐植層は確認されていない。この理由として、当時の十勝平野の寒冷気候下では植物生産量も低く、腐植層を形成するには不適當な環境であったことが考えられる。このことを実証した研究は少なく、十勝平野では大江・小坂(1972)、星野・小坂(1978)および五十嵐・熊野(1971, 1981)の花粉分析による報告があるにすぎない。これらの花粉分析は、泥炭質土、あるいは泥炭層を対象試料としており、テフラ層またはローム層からの花粉検出はほとんど行われていない。

本研究は、十勝平野に分布する後期更新世のテフラ堆積物、とくに En-a および Spfa 1 テフラ層直上に発達する埋没古土壤(または、土壤化したローム層)について植物珪酸体分析を広域的に行い、花粉分析で不十分な当時の環境を明らかにする。さらに、上記の古土壤以外にも若干の試料を加え、現世の黒ボク土と対比しながら、寒冷・乾燥気候下に発達した古土壤についても同様に考察する。これらの結果は十勝平野の後期更新世の古環境復元の基礎資料として多くの情報を提示するであろう。

試料および分析法

1. 試料

供試土壌は、図 1 に示した十勝平野の 19 地点から 27 試料を採取した。また、図 2 に十勝平野に分布する中～南部と北東部のテフラ堆積物の模式柱状図を示した。

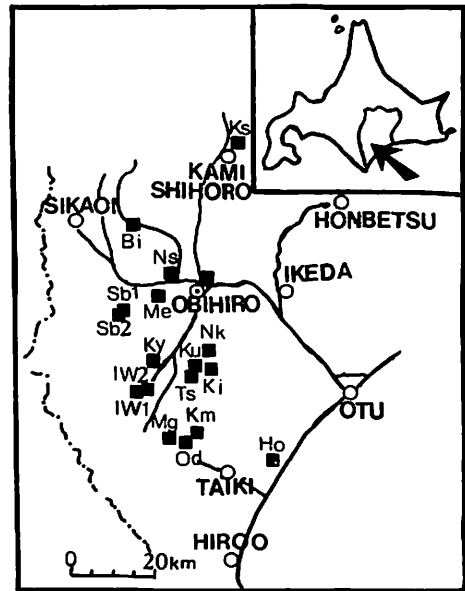


図 1 試料採取地点

Iw: 帯広市岩内, Ki: 帯広市大正町上以平, Ku: 帯広市大正町幸震, Ky: 帯広市清川, Ts: 帯広市大正町, Me: 芽室町, Sb: 芽室町上洪山, Ns: 音更町西士狩, Ot: 音更町, Ak: 幕別町明野, Nk: 幕別町糠内, Km: 更別町上更別, Ho: 忠類村晩成, Od: 大樹町尾田, Mg: 大樹町無願の坂, Bi: 鹿追町美葦, Ks: 上士幌町

供試土壌の中で En-a テフラ直上の亜塊状構造(ボール状ローム層)を伴う古土壤(以下、P-1古土壤と略記)は、地域によってその上層に To-C₂、または Ta-d テフラが堆積し、腐植層を持つ場合と腐植層を欠く二通りがある。試料は両テフラの直下に腐植層が存在する場合はその腐植層から、それ以外はボール状ローム層の最上部 5cm からそれぞれ採取した。他方、En-a テフラ直下の古土壤(以下、P-2古土壤と略記)は、4 地点ともその上部に En-a が堆積してお

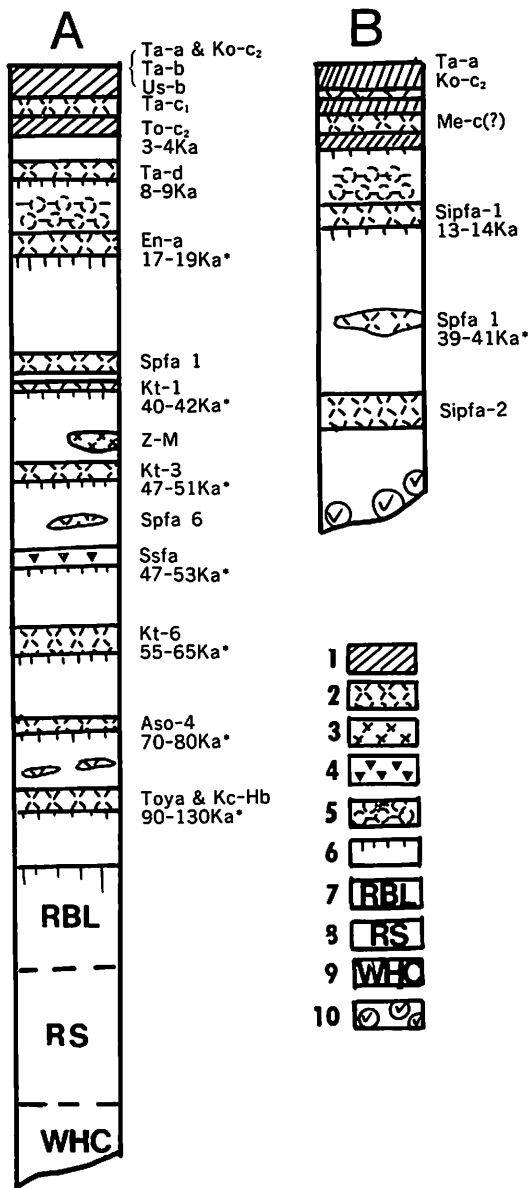


図2 十勝平野のテフラ堆積物および古土壌の模式状図 (春日井ほか, 1978; 一部加筆, 修正)
 A: 中～南部十勝平野, B: 北東部十勝平野,
 1: 腐植, 2: 輝石の多い軽石, 3: 角閃石の多い軽石, 4: スコリア, 5: ボール状ローム, 6: 古土壌 (又は, 土壌化したローム), 7: 赤褐色ローム, 8: 古赤色土, 9: 白粘土, 10: 礫
 *町田・新井(1993), 町田ほか(1994), 加藤ほか(1995), 柳田(1994), 梅津(1987)

り, 明瞭な腐植層を欠いていた。これらの試料以外に十勝平野中～南部からはKt-1およびSsfa テフラ直下のローム層最上部, 北東部からはSipfa-1テフラ直下のローム層最上部からそれぞれ採取した。Ho-1試料は, ナウマン象化石を産出したホロカヤントー層化石骨周辺の古有機質土壌である。

この他に, 年代の不明な若干の試料が採取された。これらはK-6テフラより下位の古土壌(Mg-3), En-a テフラと美蕨礫層上部白粘土との間にある二枚の埋没腐植層(Bi-2, 3), および古赤色土直下の白粘土最上部(IW1-1)からそれぞれ採取した。

なお, 試料は, 明瞭な腐植層を除きテフラ直下のローム層 (または, 古土壌) 最上部5 cmから採取した。

2 分析方法

1). pH(H₂O)および腐植量

pH(H₂O)は, 土壌: 水の比を1: 2にし, 30分間往復振盪した後, ガラス電極法で測定した。腐植含量はチューリン改良法 (丸本ほか, 1978) で全炭素量を測定し, その値に1.72を乗じて求めた。

2). 植物珪酸体分析

土壌から植物珪酸体を分離・調製する方法の概要は以下の通りある。まず, 一定量の風乾細土を脱有機物処理, 脱鉄処理および超音波処理した後, 沈降法と振別法によって10-100 μ m 粒径画分を得る。この画分試料の一定量を遠心管に取り, 重液 (比重2.3) とよく混合した後, マルトー・クイックセパレータで植物珪酸体を分離した。この操作は遠心管に浮上物がなくなるまで繰り返した (ほぼ3回)。浮上物は乾燥ろ紙に移し, 熱水で十分洗浄した後, 秤量管に移し, 110°Cで乾燥, 重量を測定した。この比重2.3以下の画分試料に不純物が混入していない場合はほぼ植物珪酸体とみなされるが, かなり不純物が混入していた。そこで, 比重2.3画分以下の試料の一定量中の植物珪酸体個数 (以下, 植物珪酸体密度と呼ぶ) をグラス・ピース法 (藤原, 1978) によって間接的に求めた。さらに, この値に比重2.3以下の画分量 (%) を乗じて土壌中の植物珪酸体密度とした。

植物珪酸体の形態別組成は, 佐瀬・近藤(1978)の方法にほぼ準じ, 1) イネ科草本起源珪酸体, 2) 樹木起源珪酸体, 3) 未記載 (または, 未分類) 珪酸体に区分した。イネ科草本起源珪酸体は主に葉身表皮細

胞由来の短細胞珪体 (タケ型, キビ型, ウシノケグサ型, ヒゲシバ型, その他) と泡状細胞, 長細胞, プリッケルヘアーに由来する非短細胞珪酸体 (ファン型, 棒状型, ポイント型) に細別した (図版 1, 2 参照)。樹木起源珪酸体は近藤・隅田, 近藤・ピアソン (1878, 1981) の記載法に準じ, 針葉樹型と広葉樹型 (写真図版 2 の 6 はハメ絵パズル状珪酸体, 広葉樹以外にもシダ類で見られる) に区別した。未記載珪酸体の中では, 植物珪酸体の破片, 風化物, イネ科草本起源と同定できるが, 未だ分類されていない珪酸体 (写真図版 2 の 3 と 7 はイネ科葉身の柵状細胞, 細胞間隙由来の珪酸体), カヤツリグサ科起源珪酸体および起源不明の珪酸体 (写真図版 2 の 4 は樹木材部, 5 はカヤツリグサ科の種子表皮細胞由来の珪酸体に類似)。

なお, 植物珪酸体でないが, 比重 2.3 以下の画分試料には珪藻や海綿骨針に由来する生物起源粒子が含まれていた (図版 2 参照)。

結果および考察

1. pH(H₂O), 腐植量および植物珪酸体密度

表 1 は, 供試土壌の pH(H₂O), 腐植量, 比重 2.3 以下の画分粒子量および植物珪酸体密度を示したものである。

pH(H₂O) は大多数の試料で 6.0 前後と弱酸性であったが, Me-1 および Ho-1 試料で 5.2 以下と強酸性であった。植物珪酸体の溶解度は酸性側で極めて低いことが指摘されている (Wilding *et al.*, 1977)。供試土壌の植物珪酸体は全体的に受食を受け, 表面に小円孔が多数観察されることから, これらの風化は現在の pH 条件より, それらの埋積時から現在までの時間的経過が大きく影響していると思われる。

腐植含量は, Ho-1 試料を除き, 0.4~4.7% の範囲にあった。この値は地表面および完新世テフラの腐植層に比べかなり低い。とくに, En-a 以前 (約 19,000 年降灰) の古土壌において 1% 前後, あるいはそれ以下であった。Ho-1 試料の例外的値は, この試料に泥炭が混入していたためである。

植物珪酸体分析による比重 2.3 以下の画分は, 大多数の試料で 1% 以下と極めて低い値であった。この画分には植物珪酸体, 火山ガラスの一部, 珪藻, 海綿骨針のほか不明な英雑物が多数混入していた。

したがって, この画分量は真の植物珪酸体量とみなせない。そこで, 供試土壌の植物珪酸体量を正しく評価するために植物珪酸体密度を測定した。

表 1 供試土壌の pH(H₂O), 腐植含量, 比重 2.3 以下の画分粒子量および植物珪酸体密度

試料	pH(H ₂ O)	腐植量 (%)	<比重 2.3 画分 粒子 (%)	珪酸体密度 ($\times 10^4$ 個 g^{-1})
P-1 古土壌 (To-c ₂ 下位)				
Ts-1	5.6	2.85	0.4	7.0
Bi-1	5.4	4.70	1.5	11.4
Ku-1	6.0	4.12	0.4	1.4
Ky-1	5.7	1.15	0.2	0.6
Me-1	5.2	1.86	0.6	1.2
Nk-1	6.0	3.68	0.6	2.9
P-1 古土壌 (Ta-d 下位)				
Ns-1	5.5	3.22	2.3	41.6
Ot-1	5.9	2.85	2.2	17.6
Sb1-1	5.6	4.69	0.9	19.3
Sb1-2	5.5	4.45	0.9	14.9
Ak-0	5.8	2.08	0.7	2.8
Km-1	5.7	2.47	0.3	0.4
Me-2	5.9	1.27	0.7	1.0
Ks-1	5.9	1.53	0.8	3.3
P-2 古土壌				
Ni-0	5.8	3.34	0.4	1.9
Ak-1	5.7	3.46	3.0	6.5
To-2	5.9	0.47	0.2	0.3
IW1-1	5.7	2.97	0.1	0.8
その他の古土壌				
IW2-1	5.9	1.31	0.5	1.0
IW2-6	5.7	1.17	0.2	0.3
IW1-2	6.1	0.76	0.3	0.2
Od-2	5.7	1.21	0.6	1.0
Bi-2	6.1	1.08	0.3	1.3
Bi-3	5.6	1.02	0.4	2.3
Ho-1	4.9	14.20	1.2	6.3
Mg-3	5.9	0.91	0.2	0.3

P-1 古土壌 (En-a テフラ直上) の植物珪酸体密度は試料によってかなり幅 (0.1~41.6 $\times 10^4$ 個 g^{-1}) が見られる。一般に To-C₂ テフラ直下の試料は Ta-d テフラ直下の試料より植物珪酸体密度が低い傾向にあった。本来, To-C₂ テフラ直下の P-1 古土壌は Ta-d テフラ直下のそれより地表露出期間が長く, それだけ植物遺体の供給, すなわち植物珪酸体密度も多いはずである。それにもかかわらず, 植物珪酸体密度が少ないのは To-C₂ テフラ直下の P-1 古土壌が Ta-d テフラ直下のそれより土壌侵食等を受けやすい環境

下におかれたか、To-C₂テフラ降下前にすでに Ta-d テフラとともに侵食されたかのいずれかであることを暗示している。一方、P-2古土壌 (Spfa1テフラ直上) の植物珪酸体密度は Ak-1試料を例外とすると、 $0.3 \sim 1.9 \times 10^4$ 個 g^{-1} の範囲にある。この値は、前述の P-1古土壌のそれに比べ一段と低い。すなわち、P-2古土壌生成時の植物生産量は P-1古土壌生成時のそれよりさらに低レベルであつたことを示している。

P-1および P-2以外の後期更新世古土壌の中で、これらの植物珪酸体密度は Ho-1試料で 6.3×10^4 個 g^{-1} と大きい値を示した理由はこの試料が泥炭を混入していたことと関係ありそうである。ただし、現世の泥炭土壌に比べ腐植量に対する植物珪酸体が極端に低い。この理由は明かでないが、ナウマン象化石骨周辺の土壌環境 (近堂・近藤, 1978) と何らかの関係、例えばナウマン象化石骨より溶出する石灰により土壌の pH が高まり、植物珪酸体の一部が溶解消失したとも考えられる。

図3は、腐植含量と植物珪酸体密度との関係を示したものである。

この図で明らかのように、腐植含量が高い割には植物珪酸体密度の小さい Ho-1試料とその逆の Ak-1試料を例外とすると、腐植含量と植物珪酸体密度の間には有意な正の相関関係 ($r=0.734^{***}$) が認められた。これらの関係は現世の表層土壌においてこれま

で多くの研究者によって報告 (加藤, 1962; 近藤, 1983; Kondo *et al.*, 1988; 佐瀬・加藤, 1976; 佐瀬・近藤, 1974) されている結果と同じである。ただし、供試土壌の植物珪酸体密度は現世の土壌のそれに比べて腐植含量約3%までの増加率はきわめて低く、その後増加する傾向にある。この理由については定かでないが、後期更新世の寒冷・乾燥気候が卓越した植生の貧弱な環境と何等の関係があるのかも知れない。すなわち、凍結融解、風食などの影響が受けやすい状況の中で植物珪酸体の一部は溶解、消失したり、他の場所から付加されたものもあるであろうし、また腐植も堆積中に分解したり、土壌侵食などで失われたことも考えられる。このような植被の少ない寒冷・乾燥気候下における植物珪酸体の移動・安定性について風送塵との関連から今後検討する必要がある。

2. 植物珪酸体の形態別組成

P-1, P-2およびその他の古土壌の植物珪酸体の形態別組成を表2に示した。なお、参考のために全生物起源粒子に占める珪藻と海綿骨針の割合も載せた。

P-1古土壌の植物珪酸体の形態別組成をみると、大多数の試料はファン型、ポイント型および棒状型の非短細胞珪酸体が60%以上を占め、その中で棒状型、ポイント型の出現頻度が高かった。短細胞珪酸体の中では、ウシノケグサ型珪酸体が多く、とくに Ni-1

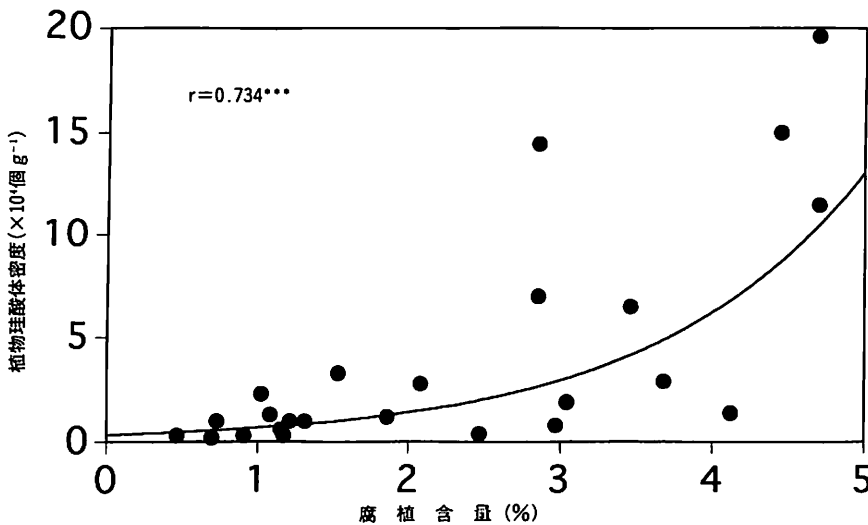


図3 腐植含量と植物珪酸体密度との関係*
* Ho-1およびNs-1試料を除く

表2 供試土壌の植物珪酸体組成および珪藻・海綿骨針(%)

試料	珪酸体 密度× 10 ⁴ 個g ⁻¹	イネ科起源珪酸体 ¹⁾								計	樹木起源 ¹⁾ 珪酸体		未記 ¹⁾ 珪酸体	ファン 型/棒 状型化	海綿 ³⁾ 骨針	珪藻 ³⁾
		短細胞珪酸体				非短細胞珪酸体					針葉樹	広葉樹				
		タケ型	キビ型	ウシノケ グサ型	ヒゲシバ型	その他	ファン型	棒状型	ポイント型							
<i>P-1</i> 古土壌 (To-c ₂ 下位)																
Ts-1	7.0		1	5	tr.	3	6	27	29	71			29	0.22	tr.	tr.
Bi-1	11.4	tr.				3	14	27	14	59	tr.	tr.	40	0.52		
Ku-1	1.4			tr.			19	27	19	68		tr.	32	0.70	tr.	tr.
Ky-1	0.6			tr.		tr.	4	28	34	67		1	32	0.14		
Me-1	1.2	tr.	2	4		5	6	28	29	74		2	24	0.21	tr.	1
Nk-1	2.9	1		3	tr.	1	14	27	26	71	tr.	tr.	28	0.52		tr.
<i>P-1</i> 古土壌 (Ta-d 下位)																
Ns-1	41.6		1	12		2	9	35	17	77	tr.	2	21	0.26		tr.
Ot-1	17.6	tr.	tr.	9		tr.	9	32	24	74		2	24	0.28	tr	2
Sb1-1	19.6		tr.	1		tr.	24	31	12	68	1	2	29	0.77	tr.	tr.
Sb1-2	14.9			tr.	tr.	tr.	18	32	10	60	2	1	37	0.56	tr.	tr.
Ak-0	2.8		tr.	9		2	5	30	26	72	tr.	1	26	0.17	1	1
Km-1	0.4	tr.	tr.	5		4	12	25	27	73		2	25	0.48	tr.	2
Me-2	1.0			8		2	2	22	16	50			50	0.09	tr.	tr.
Ks-1	3.3	tr.	tr.	4		1	2	28	28	63		tr.	37	0.07	tr.	
<i>P-2</i> 古土壌																
Ni-0	1.9			4	tr.	3	11	25	22	66		1	33	0.44		tr.
Ak-1	6.5		2	tr.		1	3	36	30	70	tr.	1	29	0.08	13	8
To-2	0.3	tr.	tr.	4	tr.	4	7	23	21	61	tr.	2	37	0.30		tr.
IW1-1	0.8			2		1	1	37	33	74		tr.	25	0.03		3
その他の土壌 ²⁾																
IW2-1	1.0	tr.	tr.	3	tr.	tr.	tr.	35	27	68	tr.		32	0.03	tr.	tr.
IW2-6	0.3		tr.	5		tr.	2	35	32	75		tr.	25	0.06		tr.
IW-1-2	0.2			10		tr.	tr.	34	24	68		tr.	31	0.03		2
Od-2	1.0			1			2	33	33	69	tr.	tr.	30	0.06	tr.	
Bi-2	1.3		tr.	2	tr.	1	10	21	27	63		tr.	37	0.48	tr.	tr.
Bi-3	2.3	4				tr.	6	34	23	65		tr.	34	0.18		tr.
Ho-1	6.3	6		tr.		tr.	11	30	8	55	2	1	42	0.37	15	3
Mg-3	0.3	2				tr.	10	24	16	52		tr.	47	0.42		tr.

¹⁾10~1 μ m 画分に占める粒数パーセント

²⁾Spfa-1, Kt-1降下以前の古土壌

³⁾全生物起源粒子に占める粒数パーセント

試料において12%と高い値を示した。キビ型、ヒゲシバ型およびタケ型は一部の試料でごくわずかに検出されたにすぎない。未分類のその他の短細胞珪酸体は全ての試料で検出されたが、5%以下であった。樹木起源珪酸体は、針葉樹型、広葉樹型のいずれも2%以下であり、とくに針葉樹型を含む試料は少ない。

P-1古土壌は、ウシノケグサ型珪酸体の存在と、高頻度の棒状、ポイント型珪酸体の存在によって特徴づけられる。このような植物珪酸体の特徴から、その給源植物はイチゴツナギ亜科が主体であったと思

われる。P-1古土壌が生成した後期更新世から完新世初葉にかけてはイチゴツナギ亜科がイネ科草本類の優勢種であり、現在のササ属優占の植生と異質の環境であったことが推測される。このことは、約8,000年以前の十勝地域においてイチゴツナギ亜科が優勢種であったとするこれまでの報告(近藤, 1985; 近藤, 1986; 近藤・佐藤, 1985; 佐瀬・近藤, 1974)と一致する。つぎに、P-2古土壌の植物珪酸体の形態別組成をみると、いずれの試料も棒状、ポイント型珪酸体が圧倒的に多い。ファン型珪酸体はKi-0試料を除き7%以下と前述のP-1古土壌よりさらに低い検

出頻度であった。短細胞珪酸体の中では、ウシノケグサ型がすべての試料で痕跡から4%検出されたが、キビ型、ヒゲシバ型およびタケ型はP-1古土壌と同様に一部の試料で痕跡程度検出されるにすぎなかった。樹木起源珪酸体はMe-3試料を除くと1%以下ときわめて少なく、それらはすべて広葉樹型であった。佐瀬(1981)、佐瀬ほか(1990)によると八戸周辺の後期更新世の古土壌、あるいはローム層には比較的高頻度の針葉樹型(トウヒ属・モミ属)が検出されている。しかし、十勝地域においては針葉樹型があまり検出されない。花粉分析の結果(大江・小坂, 1972)では、エゾマツ、トドマツが少なからず含まれている。もし、これらの樹種が優勢であったなら本調査地域の試料においても八戸周辺で見られたような針葉樹起源珪酸体が多数検出されるはずである。したがって、後期更新世の十勝平野はエゾマツ、トドマツなどの針葉樹が優占する森林植生ではなかったと思われる。また、それらの針葉樹が存在していたとしても疎林であり、植生の大部分はイネ科を含む草原であったと推測される。

なお、P-2古土壌には植物珪酸体以外にも海綿骨針および珪藻とその破片がいずれの試料でも検出された。とくに、AK-1試料で全珪酸体粒子の21%を占めていることは注目に値する。

以上のような植物珪酸体の形態組成の特徴はP-1古土壌と酷似しているが、ファン型珪酸体が少ない点において異なる。このことは、P-1古土壌のファン型/棒状型比が大多数の試料で0.1以上であるのに対して、P-2古土壌のそれは0.1以下の試料が多いことから明かである。イチゴツナギ亜科はファン型の生産量がきわめて少なく、棒状とポイント型珪酸体が多いことが知られている(Kaufman et al., 1985; 近藤, 1995; 佐瀬・近藤, 1974; Parry and Smithson, 1974)。したがって、P-2古土壌が発達した時期は、P-1古土壌のその時期に比べイチゴツナギ亜科イネ科草本類がより優勢で、寒冷・乾燥な環境であったと推測される。

なお、Ak-1試料において多数検出された珪藻および海綿骨針には海産種由来のものも観察されるが、その多くは淡水産種であるので、この地域は当時他の地域に比べ湿った環境であったことが推測される。

約42,000年以前のSpfa 1(または、K-1)および

Ssfa 1テフラ直下に発達する古土壌の植物珪酸体組成もP-2古土壌と同様に全植物珪酸体に占める棒状型、ポイント型植物珪酸体の割合が圧倒的に多い。換言するならばSsfa テフラが降灰した約50,000年前にはすでにイチゴツナギ亜科がイネ科植物相の優勢種であったと推測される。

以上述べてきたP-1およびP-2古土壌の他でHo-1試料はタケ型珪酸体が現世の土壌と類似の頻度で検出された。反面、ウシノケグサ型珪酸体の頻度はきわめて低かった。これは、Ho-1試料のホロカヤント一層(泥炭質古土壌)生成時にササ属がイネ科植物相の優勢種の一つであったことを物語っており、現世と同じか、やや温暖な気候であったと考えられる。花粉分析の結果では、*Juglans* および *Quercus* が多く検出され、現在より温暖な気候であったことが報告(大江・小坂, 1972)されており、本研究の結果と調和的である。また、この層にはブナ、エゴノキの種子が検出(矢野, 1978)されていることから、ブナ林などの林床としてのササ属が周囲に繁茂していたのかも知れない。さらに、*Navicula*, *Pinnularia*, *Cymbella* などの淡水産珪藻や海産珪藻が観察された。海綿骨針の中には明らかに海産種由来のAnatriaeneおよびProtriaeneタイプの破片(Bergquist, 1978)が含まれていた。海産種の珪藻は、十勝団体研究会(1971)も指摘しているように周辺の第3紀堆積物からの混入と思われる。淡水種の珪藻が比較的多く含まれていることは、本堆積層が湿原環境に好適な条件あったことを裏付けている。

また、Bi-3およびMg-3試料においても、ウシノケグサ型珪酸体は全く観察されず、タケ型珪酸体のみがそれぞれ4%、2%検出された。これらの試料の時代は不明であるが、Ssfa テフラ降灰後の更新世にはイチゴツナギ亜科優占の植生が推定されているので、Ssfa テフラ降灰前と推測される。とくに、Mg-3試料採取地の無願の坂ではSsfa テフラ層下位にK-6テフラが存在することから約60,000年以前の最終間氷期の一時期に生成した古土壌の可能性が大きい。

これまで、十勝平野に分布する後期更新世から完新世初葉にかけて生成した埋没古土壌の植物珪酸体分析の結果を検討してきたが、Ssfa1テフラ降灰後の後期更新世にはイネ科植物相における優勢種がノガ

リヤス属などのイチゴツナギ亜科であったと推測される。このような寒冷型イネ科植物であるイチゴツナギ亜科優勢の植生はEn-a テフラ降灰後の完新世初葉まで継続したと考えられる。

花粉分析の結果によると、P-1, P-2 古土壌に対比される泥炭および腐植層では、前者ではグイマツ以外に樹木種は少なく、カヤツリグサ科が大量に検出されており、後者では樹木種が全く検出されず、キク科が大量に検出されている。また、いずれもイネ科がきわめて少ないことが報告(星野・小坂, 1978)されている。

十勝平野における後期更新世のテフラ堆積物および古土壌中の花粉分析の報告例がほとんどないので詳細なことを論ずることができないが、後期更新世から完新世初葉にかけての寒冷期には植生全体に占めるイネ科植物相の割合が現在のそれより低かったことは確かであり、供試土壌中の植物珪酸体密度が現世土壌の10~100分の1程度ときわめて低いことと符合する。

今後は、十勝平野に分布するテフラ堆積物(古土壌, ローム層を含む)の連続試料について植物珪酸体分析を行い、イネ科植物相の詳細な変遷を検討する必要がある。

謝 辞

本研究の一部は文部省科学研究費(昭和62, 63年度一般研究B, 研究課題番号6248000049, 研究代表者近堂祐弘)によった。また、試料の調製および室内実験についてご協力頂いた環境土壌学研究室専攻生岡本公夫氏に厚くお礼申しあげる。

引用文献

- Bergquist, P. H. (1978) Sponges. 268p., Hutchinson of London.
- 藤原宏志 (1978) 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: 15-20
- 町田 洋・新井房夫 (1993) 火山灰アトラス, 日本列島とその周辺。276p. 東京大学出版会
- 町田 洋・奥村晃史・山縣耕太郎 (1994) 北海道(石狩-十勝-道東)のテフロクロノロジー案内書。第3回第四紀学会テフラ研究委員会野外集会, 70p.

- 星野フサ・小坂利幸 (1978) 鮮新世・更新統の花粉分析。十勝団体研究会編「十勝平野」: 275-292, 地団研専報/22, 地学団体研究会
- 五十嵐八枝子・熊野純男 (1971) ホロカヤンツ層の花粉分析による分帯。北海道開拓記念館研究報告, No. 1: 63-70.
- 五十嵐八枝子・熊野純男 (1981) 北海道における最終氷期の植生変遷, 第4紀研究, 20: 129-142.
- 春日井 昭・秋葉 力・近堂祐弘・小坂利幸・松井 愈・松澤逸巳・佐藤博之 (1978) 降下火砕堆積物, 十勝団体研究会編「十勝平野」: 193-214, 地団研専報/22, 地学団体研究会
- 加藤茂弘・山縣耕太郎・奥村晃史 (1995) 支笏・クッタラ両火山起源のテフラに関する加速器質量分析(AMS)法による¹⁴C年代。第四紀研究, 34: 309-313
- 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
- Kaufman, P. B., P. Dayanandan, C. I. Franklin and Y. Tateoka (1985) Structure and function of silica bodies in the epidermal system of grass shoot. *Ann. Bot.*, 55: 489-507
- 近藤鍊三 (1982) Plant opal 分析による黒色腐植層の成因究明に関する研究。昭和56年度科学研究費補助金(一般研究C)研究成果報告書, 32p.
- 近藤鍊三 (1983) 植物珪酸体(プラント・オパール)分析の農学および理学への応用。十勝農学談話会誌, 24: 66-83.
- 近藤鍊三 (1985) 居辺遺跡土壌の植物珪酸体分析。上士幌町教育委員会編「居辺遺跡」: 70-78
- 近藤鍊三・隅田友子 (1978) 樹木葉のケイ酸体に関する研究(第1報) 裸子植物および単子葉被子植物樹木葉のケイ酸体について。土肥誌, 49: 138-144
- 近藤鍊三・ピアソン友子 (1981) 樹木葉のケイ酸体に関する研究(第2報) 双子葉被子植物樹木葉のケイ酸体について。帯広大研報, 12: 217-229
- 近藤鍊三・佐瀬 隆 (1986) 植物珪酸体, その特性と応用。第四紀研究, 25: 31-64
- Kondo R., T. Sase and Y. Kato (1988) Opal phytolith analysis of Andisols with regard to interpretation of paleovegetation. Kinloch, D. I. et al. (eds.), Proceeding 9th International Soil

Classification Workshop, Properties, Classification, and Utilization of Andisols and Paddy soils: 520-534, *Japan Committee for the 9th International Soil Classification Workshop*, Sendai, Japan

- 近藤鍊三・佐藤孝則 (1985) 暁遺跡土壌の植物珪酸分析, 土器胎土の植物珪酸体組成. 帯広市埋蔵文化財調査報告書「帯広・暁遺跡」: 121-132, 帯広教育委員会
- 近祐祐弘・近藤鍊三 (1978) ナウマンゾウ包含層の古土壌学的研究, 十勝団体研究会編「十勝平野」: 396-398, 地団研専報/22, 地学団体研究会
- 丸本卓也哉・進藤晴夫・東 俊雄 (1978) チューリン法による有機態炭素定量における簡易冷却器(水冷管)の効果について. 土肥誌, 49: 250-252.
- 大江フサ・小坂利幸 (1972) 北海道十勝国忠類村におけるナウマン象化石包含層の花分析. 地質学雑誌, 48: 181-188.
- 小野有吾・平川一臣 (1974) 十勝平野西・南部の火山灰層序. 第四紀研究, 13: 35-47
- Parry, D. W. and F. Smithson (1974) Types of opaline silica deposition in the leaves of British grasses. *Ann. Bot.* 28: 169-185
- 佐瀬 隆 (1981) 八戸浮石層直下の埋没土壌の植物珪酸体(プラント・オパール)分析. 第四紀研究, 20: 15-20
- 佐瀬 隆・加藤芳朗 (1976) 現世ならびに埋没火山灰土壌腐植中の植物起源粒子—とくに植物珪酸体に関する研究(第1報)—給源植物の推定に関する研究— . 第四紀研究, 15: 21-34
- 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. 帯畜大研報, 8: 147-183
- 佐瀬 隆・近藤鍊三・井上克弘 (1990) 岩手山麓における最近13,000年間の火山灰土壌の植生環境—分火山灰層の植物珪酸体分析—. ペドロジスト, 34: 15-29
- 十勝団体研究会 (1971) 珪藻化石. 北海道開拓記念館研究報告, No. 1: 24, 北海道開発記念館
- 十勝団体研究会 (1972) 十勝平野の後期更新世の降下軽石堆積物について. 第四紀研究, 11: 219-227.
- 山田 忍 (1958) 火山噴出物の堆積状態から見た沖

積世における北海道火山の火山活動に関する研究. 地団研専報, No. 8, 40p.

- 柳田 誠 (1994) 支笏降下軽石 1 (Spfa 1) の年代資料. 第四紀研究, 33: 205-207.
- 矢野牧夫 (1978) ナウマンゾウ包含層から産出した植物遺体. 十勝団体研究会編「十勝平野」: 389-394, 地団研専報/22, 地学団体研究会
- 梅津 譲 (1987) 恵庭 a 降下軽石及び樽前 d 降下軽石の年代に関する資料. 東北地理, 39: 141-143
- Wilding L. P., N. E. Semecck and L. R. Drees (1977) Silica in soil: Quartz, cristobalite, tridymite, and opal. J. B. Dixon and S. Weed (eds.), *Minerals in Soil Environments*: 471-552, *Soil Sci. Soc. Amer.*, Madison, Wisconsin

summary

Samples of paleosols for analysis were collected over a wide area of the Tokachi Plain. Inferences about the paleoenvironments represented are drawn from comparisons of the opal phytolith assemblages of paleosols with those of present-day soils.

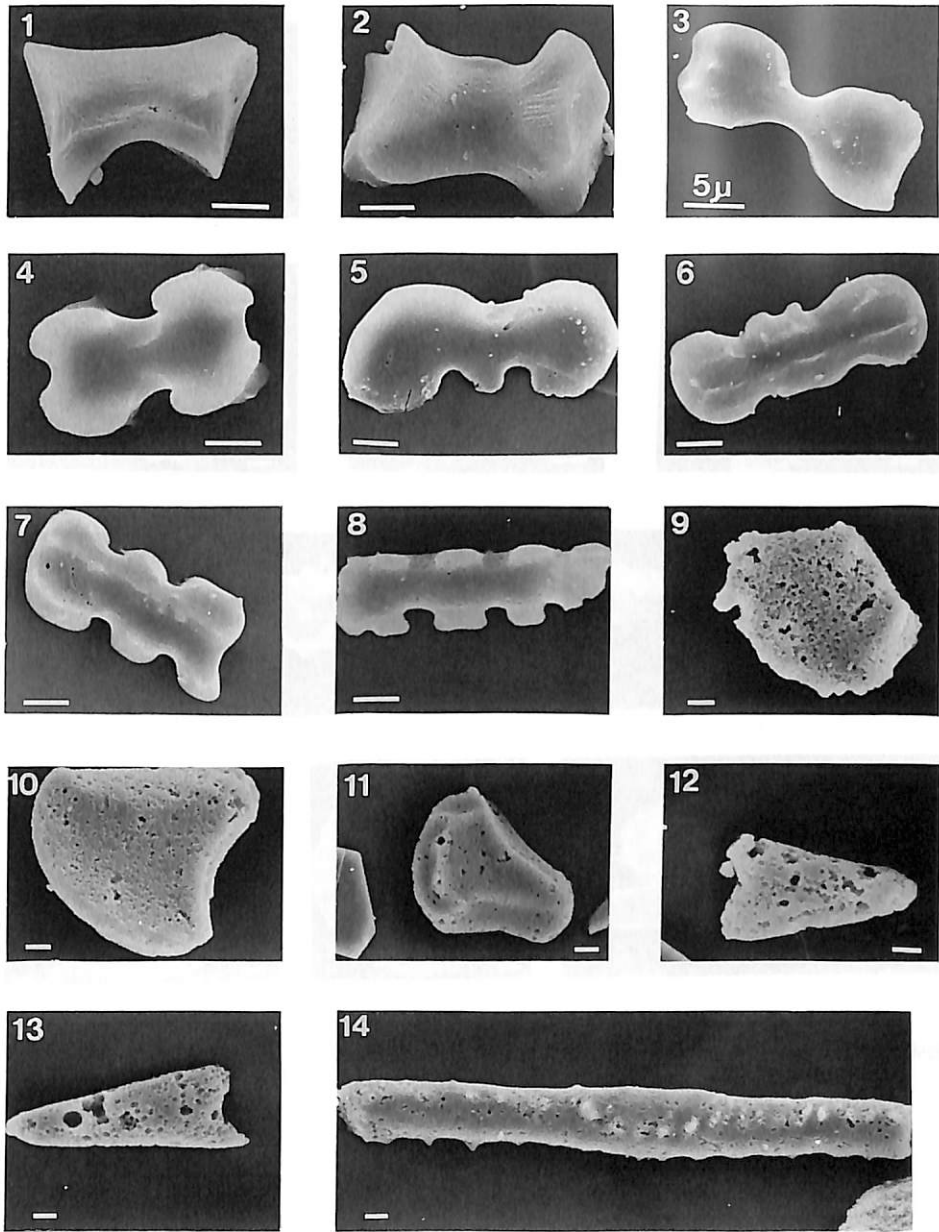
The phytolith density in the P-1 paleosols buried under the Ta-d and/or To-c₂ tephras range from 0.1 to $41.6 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$, whereas those in the P-2 paleosols, which are developed above Spfa 1 tephra, range from 0.3 to $1.9 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$. The phytolith density in the P-2 paleosols is generally lower than in the P-1 paleosols. Samples from other Late Pleistocene paleosols all gave phytolith densities less than $3.3 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$, apart from a sample from the bed containing fossil remains of Naumann's elephant (NE-bed) which gave $6.3 \times 10^4 \text{ g}^{-1}$. These densities are of the order of 1-10% of those occurring in present-day soils and indicate that Gramineae cover, as a proportion of total vegetation cover, was relatively poor during the Late Pleistocene and early Holocene. The humus contents of most paleosol samples are less than 4.2% and a significant positive correlation ($r=0.743^{***}$) is observed

between the humus content and phytolith densities.

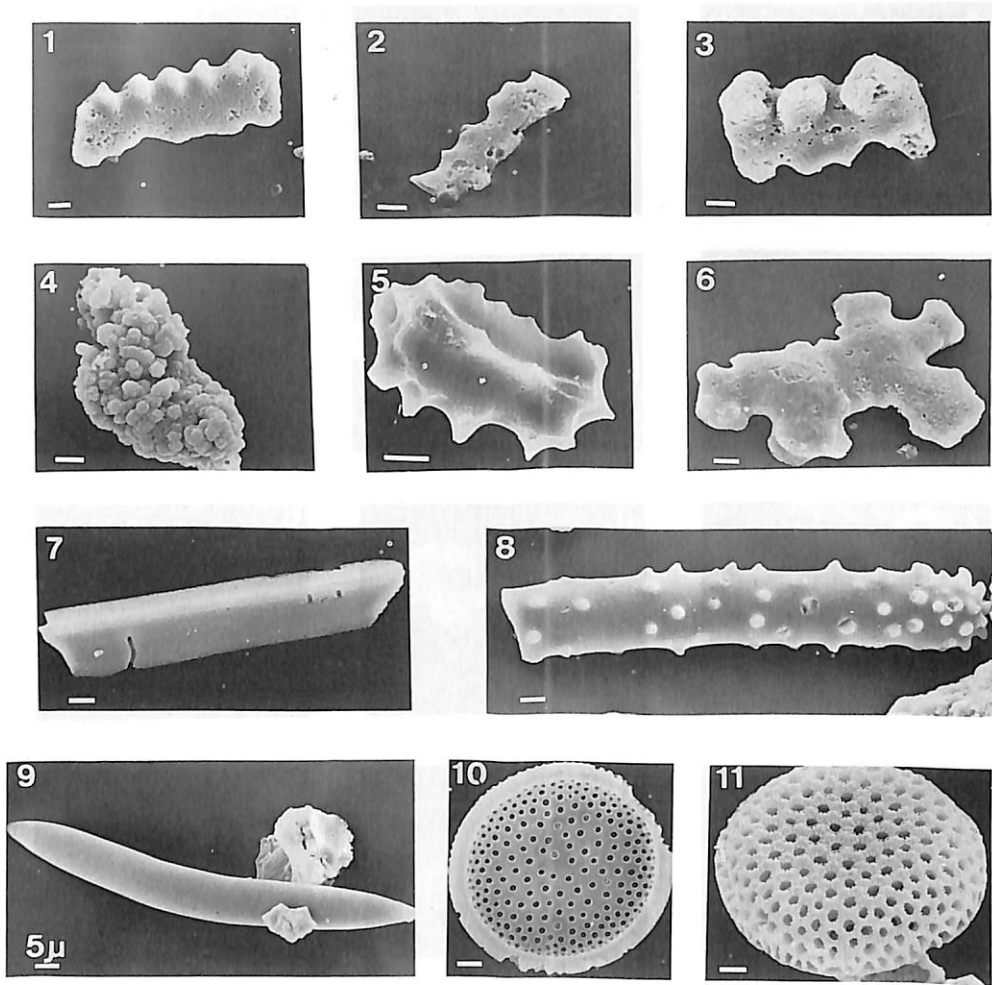
Phytolith assemblages of the P-1 paleosols are characterized by the presence of Festucoid phytoliths, and by a relatively high frequency of Point-shaped and Fan-shaped phytoliths. This indicates that Pooideae (cool type grasses) were dominant among the grass flora. The assemblages of P-2 paleosols are similar to those of the P-1 paleosols except for a lower frequency of Fan-shaped phytoliths. The ratio, Fan-shaped/Elongate phytoliths, in the P-1 paleosols is >0.1 whereas it is <0.1 in P-2 paleosols. Thus, during the time that P-2 paleosols were soil-forming and sustaining vegetation, Pooideae were more abundant in the grass flora than during the time that P-1 paleosols were active. P-2 paleosols appear to have sustained a relatively low vegetation biomass possibly as a result of relatively cold and dry conditions.

The phytolith assemblage of the sample from the NE-bed is clearly different from those of the P-1 and P-2 paleosols: Sasa genera are dominant as in the present-day vegetation of the Tokachi Plain. Similar assemblages are found in some paleosols below the Kt-6 tephra.

Key words : opal phytoliths, Paleosols Late-pleiocene deposits, Paleoenvironment, Tephra



写真図版1 植物珪酸体の走査型電子顕微鏡写真
 タケ型 (短細胞) : 1, 2, キビ型 (短細胞) : 3, 4, ウシノケグサ (短細胞) 型 : 5~8, ファン
 型 (機動細胞) : 9~11, ポイント型 (ブリッケルヘア) : 12, 13, 棒状型 (長細胞) : 14
 Ho1 : 1, 2, 3, 4, 11 Km-1 : 12 Ns-1 : 6, 8, 14 Od-2 : 5 Ot : 7 Ts-1 : 3, 10



写真図版2 植物珪酸体，珪藻および海綿骨針の走査型電子顕微鏡写真
 棒状型（長細胞）：1, 2, 未記載珪酸体：3~7, 海綿骨針：8, 9, 珪藻：10, 11
 Ki-1:1 Km-1:2 Ns-1:6, 7 Ot-1:5 To-1:3 Ts-1:4 Ho-1:8~11