青森県八戸市，天狗岱のテフラ-土壤累積層の 植物珪酸体群集に記録された氷期- 間氷期サイクル

佐 瀬 隆^{*1}・細 野 衛^{*2}

八戸市天狗岱に位置するテフラ-土壤累積層について，最終間氷期以降の土壤層の植物珪酸体分析を行った。その植物珪酸体群集は，氷期-間氷期サイクルに対応する変動を示し，植物珪酸体分析がテフラ-土壤累積層に記録された環境変動を解読する有効な方法になることが確かめられた。最終氷期の土壤層は，イチゴツナギ亜科起源，針葉樹起源の珪酸体が優勢な寒冷な気候を示す珪酸体群集で特徴づけられた。また，最終間氷期の土壤層では，酸素同位体比ステージ($\delta^{18}\text{O}$ stage) 5a, 5b, 5e に対応する珪酸体群集の明瞭な変動がとらえられた。ステージ 5a の土壤層の珪酸体群集は，ササ属起源と広葉樹起源の珪酸体が優勢で，前後の時代より温暖な気候を指示した。ステージ 5b の土壤層では，イチゴツナギ亜科起源と針葉樹起源の珪酸体の頻度が相対的に高く，最終間氷期内の一つの寒冷期を示した。さらに，ステージ 5e の土壤層の珪酸体群集は，メダケ属起源の珪酸体が優勢であり，完新世より温暖な気候が推定された。

キーワード：氷期-間氷期サイクル，テフラ-土壤累積層，植物珪酸体分析，十和田火山テフラ，最終間氷期，最終氷期

I. は じ め に

先に，佐瀬ほか(1995)は岩手火山テフラ分布域のテフラ-土壤累積断面の植物珪酸体分析により，洞爺テフラ(Toya)期以降の古環境の変遷を求め，周氷河現象形成史や広域風成塵の堆積量変化との関係を考察した。そして，Inoue and Sase (1996)，佐瀬ほか(1996)は，この植物珪酸体群集組成の時系列変化が地球規模の環境変化，すなわち氷期-間氷期サイクルに連動していることを指摘し，さらに佐瀬ほか(1996)は，テフラ-土壤累積層の堆積生成環境の解明にはたす植物珪酸体分析の有用性を強調した。

今回は，十和田火山テフラ分布域の青森県八戸市の天狗岱に位置する最終間氷期以降と予想されるテフラ-土壤累積断面について行った植物珪酸体分析の結果を報告する。得られた古環境変化は，岩手火山テフラ分布域の

テフラ-土壤累積層の植物珪酸体分析の結果(佐瀬ほか，1995)と，指標テフラを鍵層としてよく対応することが確かめられた。このことは，古環境解析の一手法として植物珪酸体分析が有効であることを改めて示したといえよう。今日，周氷河地域のレス層に準じて環境変動の記録者としてのテフラ-土壤(いわゆる褐色ローム)累積層が注目されている(吉永，1995；第四紀総合研究会，1996；佐瀬ほか，1996)。植物珪酸体分析は，帯磁率分析(木村ほか，1996など)，微細石英分析(吉永，1995など)，広域風成塵付加量および土壤の理化学性分析(張ほか，1994；Inoue and Sase, 1996)，根成孔隙の垂直分布(佐瀬ほか，1992)などとともに，テフラ-土壤累積層に残された古環境の記録を解明する有用な方法として期待される。

II. 試 料 と 方 法

1998年8月27日受付。1999年5月29日受理。

*1 岩手県立一戸高等学校 〒028-5312 岩手県二戸郡一戸町一戸。

*2 東京自然史研究機構 〒162-0052 新宿区戸山町1-12-7。

1. 調査したテフラ-土壌累積断面

分析試料の採取地は、青森県八戸市天狗岱（北緯 $40^{\circ}33'$ 、東経 $141^{\circ}26'$ ）のテフラ-土壌累積断面である（図 1）。ここでは、海成砂層を覆い約 12 m のテフラ-土壌累積層が堆積する。この累積層は、下位から「天狗岱火山灰層」、「高館火山灰層」、「八戸火山灰層」、「完新世火山灰層」に区分される（大池・中川，1979）（図 2）。

「天狗岱火山灰層」は約 4 m の層厚で、白ベタ（WP）、ヌカミノ（NP）、T-4、マダラ（MP）の各テフラ層とこれらを基底層にして暗赤褐色ローム質の火山灰土層（図 2 の Brown Soil，以下同じ）の累積からなる。その最上部は、クラックがよく発達している。

「高館火山灰層」は約 5 m の層厚で、ザラメ（ZP）、洞爺（Toya）、アオスジ（AP）、オコシ（OP）、レッド（RP）、キビダング（KbP）、ゴウドウ（GP）、ビスケット 1（BP-1）、ビスケット 2（BP-2）の各テフラ層と、これらを基底層にして赤褐色あるいは黄褐色ローム質の火山灰土層の累積からなる。ただし、BP-1、BP-2 の直下および高館火山灰層の最上部の土層は、ミルクチョコレート色の特徴的な層相を呈する（図 2 の Gray Soil）。指標テフラのうち、Toya は酸素同位体比ステージ（ $\delta^{18}\text{O}$ stage，以下ステージと略す）5d に噴火堆積したと考えられ（白井ほか，1997），その年代は 105~110 ka と推定され（町田・新井，1992），最終間氷期の層位・段丘の認定，対比に重要な鍵層となっている（町田ほか，1987）。また、BP-1、BP-2 はインボリューションで著しく乱れ、BP-1 に関連する年代として $>\text{ca. } 33 \text{ ka}$ （Satoh, 1966）

図 1 天狗岱断面の位置

Fig. 1 Location of Tengutai section

図 2 天狗岱断面の柱状図

Fig. 2 Stratigraphic column at Tengutai section

が得られている。さらに、当断面では確認できないが、阿蘇 4 テフラ (Aso-4) は AP のすぐ上に検出されている (町田ほか, 1985)。その年代は、ステージ 5b 終了期の 86~90 ka とされる (大場, 1991)。なお、OP は岩手火山テフラ累層中の川口軽石 (KwP) と同一層である (土井, 1990, 1991)。

「八戸火山灰層」は約 1 m の層厚で、下部の八戸軽石 (HP) とそれを基底層として黄褐色ローム質を呈する火山灰土層からなる。HP の年代として、ca. 14 ka (大池ほか, 1977) が得られている。「完新世火山灰層」は黒色腐植質の層相を呈する土層 (いわゆる黒ボク土層, 図 2 の Black Soil) からなる。その中位には中振軽石 (CuP) が認められ、その年代として ca. 5.4 ka (早川, 1983) が得られている。

分析試料は、天狗岱火山灰層の上部指標層である MP より上位の火山灰土層について、機械的に約 10 cm 間隔で採取したが、特徴的層相の土層については、層厚が 10 cm 以下でも独立して採取した。

2. 植物珪酸体分析の方法

植物珪酸体分析の方法は、佐瀬ほか (1995) に準じている。なお、本研究では 10~100 μm 粒径画分を各土層試料から分離して用い、重液分離操作を行っていない。また、各植物珪酸体 (以下、珪酸体と略記) の検出頻度は、全読み取り総数を基数に算出した。珪酸体の分類では、特にファン I 型 (タケ亜科起源) を Ia 亜型 (ササ属を主要起源とする。図 4 の D-1, E-1, F-1) と Ib 亜型 (メダケ属を主要起源とする。図 4 の G-1, H-1~H-3) に細分している。

植物珪酸体群集 (以下、珪酸体群集と略記) の特徴から、珪酸体給源植物分類群、古気候を推定する方法は、佐瀬ほか (1987) に準拠したが、主たる留意点を以下に列記する。

(1) ウシノケグサ型珪酸体 (寒冷型イネ科植物群であるイチゴツナギ亜科起源) と針葉樹起源珪酸体は基本的に寒冷気候の指標し、これらの珪酸体の検出頻度の増加は気候の寒冷化のシグナルとなる。

(2) キビ型珪酸体、広葉樹起源珪酸体は温暖気候の指標とし、これらの珪酸体の検出頻度の増加は気候の温暖化のシグナルとなる。

(3) タケ亜科起源珪酸体におけるササ属タイプとメダケ属タイプの比は、気候変動の指標とする。すなわち、ササ属タイプの増加は寒冷化、一方メダケ属タイプの増加は温暖化を示すシグナルと考える。

(4) ウシノケグサ型珪酸体が優勢な珪酸体群集におい

て、タケ亜科起源珪酸体の頻度の減少は一層の寒冷化のシグナルになる。

(5) キビ型珪酸体が優勢な珪酸体群集におけるタケ亜科起源珪酸体の減少は、直接的には人為の植生改変による可能性がある。この場合、温暖化が人為を活性化するので、間接的に温暖化を示すと考えられる。

(6) イチゴツナギ亜科は、一般にファン型珪酸体の生産量が低く、棒状型、ポイント型各珪酸体を多産する。したがって、ファン型に比べ著しく棒状型、ポイント型の頻度が高い珪酸体群集は、イチゴツナギ亜科の影響を受けている。

(7) 非タケ亜科は、一般に長形ポイント型珪酸体を短形ポイント型珪酸体より多く生産する。したがって、長形ポイント型の頻度の高い珪酸体群集は、非タケ亜科分類群の影響をより強く受けている。

以上の留意点に基づき温暖期、寒冷期を設定するが、この際、完新世を温暖期 (間氷期) とし基準とする。現在、当地域はブナ、ミズナラなどからなる落葉広葉樹林帯に属し、また、キビ亜科、ササ属が優勢なイネ科植物相が成立する。したがって、キビ亜科起源、ササ属起源、落葉広葉樹起源の珪酸体で特徴づけられる珪酸体群集は温暖期の基準相となる。

III. 結果と考察

1. 植物珪酸体帯の設定

得られた珪酸体群集組成を図 3 に示した。おもにイネ科起源珪酸体の組成に基づき、上位から TG-A~TG-H の 8 植物珪酸体帯 (以下、珪酸体帯と略記) を設定した。各帯で検出されたいくつかの珪酸体の顕微鏡写真を図 4 に示した。

TG-A 帯 (no. 1~no. 9)

非短細胞起源では、非タケ亜科起源ファン型がタケ亜科起源より圧倒的に優勢である。また、短細胞起源では非タケ亜科起源 (キビ型 $\geq$ ウシノケグサ型) がタケ亜科起源より優勢である。なお、シダ植物起源が普遍的に検出される特徴がある。したがって、キビ亜科を主とする非タケ亜科群が優勢なイネ科植物群およびシダ植物群が珪酸体の主要給源と推定される。

TG-B 帯 (no. 10~no. 13)

非短細胞起源では、非タケ亜科起源ファン型とタケ亜科起源が拮抗し、下位に向かって棒状型、ポイント型が増加する。一方、ファン型は減少する。短細胞起源ではタケ型 (I > II) の頻度は TG-A 帯より明らかに大きく、下位へ向かいウシノケグサ型が増加する。したがっ

図 3 天狗谷断面の植物珪酸体組成図
Fig. 3 Vertical change of phytolith composition in relation to phytolith zones at Tengutai section

Zone A

Zone B

Zone C

Zone D

Zone E

Zone F

Zone G

Zone H

図 4 植物珪酸体帯 (A~H) の主要な植物珪酸体

Fig. 4 Micrographs of dominant phytoliths in zones A~H

Zone A : 1~3. Fan shaped II (Non-Bambusoideae), 4. Elongate, 5. Point shaped (long type), 6. Festucoid, 7. Bambusoid I (*Sasa* type), 8~10. Panicoid, 11. Fern

Zone B : 1. Fan shaped Ia (Bambusoideae, *Sasa* type), 2. Fan shaped (Non-Bambusoideae), 3. Point shaped (short type), 4. Point shaped (long type), 5~7. Bambusoid I (*Sasa* type), 8. Panicoid, 9~10. Festucoid

Zone C : 1~2. Elongate, 3~4. Point shaped (long type), 5. Bambusoid I (*Sasa* type), 6~8. Festucoid, 9~12. Tree (Conifer)

Zone D : 1. Fan shaped Ia (Bambusoideae, *Sasa* type), 2. Point shaped (short type), 3. Elongate, 4~5. Festucoid, 6~8. Bambusoid I (*Sasa* type), 9. Tree (Conifer)

Zone E : 1. Fan shaped Ia (Bambusoideae, *Sasa* type), 2. Elongate, 3. Point shaped (short type), 4~6. Bambusoid I (*Sasa* type), 7~8. Tree (Broad leaved)

Zone F : 1. Fan shaped Ia (Bambusoideae, *Sasa* type), 2. Elongate, 3. Point shaped (long type), 4. Point shaped (short type), 5~6. Bambusoid I (*Sasa* type), 7~8. Festucoid, 9. Tree (Conifer)

Zone G : 1. Fan shaped Ib (Bambusoideae, *Pleioblastus* type), 2~3. Point shaped (short type), 4. Elongate, 5~7. Bambusoid I (*Sasa* type), 8~9. Bambusoid II (*Pleioblastus* type), 10~11. Festucoid

Zone H : 1~3. Fan shaped Ib (Bambusoideae, *Pleioblastus* type), 4~5. Elongate, 6. Bambusoid I (*Sasa* type), 7~8. Bambusoid II (*Pleioblastus* type)

て、タケ亜科(ササ属)、イチゴツナギ亜科が珪酸体の主要給源と推定され、下位ほど古イネ科植物相に占めるイチゴツナギ亜科の割合が増加する。

TG-C 帯 (no. 14~no. 19)

非短細胞起源では、棒状型+ポイント型がファン型を圧倒し、ポイント型では長形が卓越する。短細胞起源ではウシノケグサ型が優勢である。タケ型の頻度は低く、またキビ型はほとんど検出されない。また、針葉樹起源が断続的に検出され、その最大頻度は2.1%である。したがって、珪酸体の給源はイチゴツナギ亜科を主とし、それに針葉樹が関わったと推定される。

TG-D 帯 (no. 20~no. 30)

非短細胞起源では、TG-C 帯と同様、棒状型+ポイント型(長形>短形)がきわめて優勢である。短細胞起源ではウシノケグサ型とタケ型($I > II$)が拮抗する。したがって、イチゴツナギ亜科とササ属が珪酸体の主要給源と推定される。

TG-E 帯 (no. 31~no. 39)

非短細胞起源では、ファン型($I > II$)、棒状型、ポイント型(短形>長形)が拮抗する。短細胞起源では、タケ型($I > II$)がきわめて優勢で、ウシノケグサ型>キビ型である。なお、ブレイド状を主とする広葉樹起源が下半部で連続して検出され、最大頻度3.6%を示す。したがって、珪酸体の給源はササ属を主とするが、前半の時代ではモクレン属を含む広葉樹群が関わったと推定される。

TG-F 帯 (no. 40~no. 42)

非短細胞起源では、AP テフラの上位で棒状型+ポイント型(長形>短形)がファン型を圧倒、下位で拮抗する。短細胞起源では、AP テフラの上位でウシノケグサ型が優勢、下部でタケ型($I > II$)が優勢で、ウシノケグサ型>キビ型である。針葉樹起源が連続して検出され、AP テフラ上位で最大頻度1.8%を示すが、広葉樹起源もAP テフラの下位で検出される。したがって、珪酸体の給源として、AP テフラ上位ではイチゴツナギ亜科を主とし、針葉樹が関わる。一方、AP テフラ下位では、タケ亜科(ササ属)、イチゴツナギ亜科を主とし、針葉樹、広葉樹が関わったと推定される。

TG-G 帯 (no. 43~no. 50)

非短細胞起源では、ファン型($II > I$)が優勢、次いで棒状型、ポイント型の順である。短細胞起源では、タケ型(上・中部で $I > II$ 、下部で $II > I$)が優勢である。ウシノケグサ型は連続して検出されるが、キビ型は限られた試料での検出にとどまる。したがって、珪酸体の給源

は、ササ属、メダケ属からなるタケ亜科を主とし、イチゴツナギ亜科を含んでいる。温暖要素のメダケ属と寒冷要素のイチゴツナギ亜科が共存するのが特異である。

TG-H 帯 (no. 51~no. 54)

非短細胞起源では、上位のTG-G 帯と同様にファン型($I > II$)が優勢である。短細胞起源では、タケ型($II \gg I$)が優勢である。したがって、珪酸体の給源はメダケ属を主とする。

2. 寒冷期のシグナル

寒冷気候の指標であるウシノケグサ型珪酸体、針葉樹起源珪酸体が相対的に高い検出頻度を示す3つの珪酸体帯(TG-C 帯, TG-D 帯, TG-F 帯)は、寒冷期に対応するであろう(表1)。

このうちTG-C 帯は、タケ亜科起源珪酸体の頻度が非常に低いことから、最も顕著な寒冷期を示す。この時期には、イチゴツナギ亜科の優勢な寒地草原や亜寒帯針葉樹が成立していたと推定される。この植生の特徴は、ササの存在が希薄であることで、ササを優勢な構成要素とする現在の亜高山帯や北海道北東部の亜寒帯の植生とは異質といえる。ササの現北限がシュミット線、宮部線であることから、TG-C 帯の植生は現在のサハリン中部のシュミット線付近、もしくはその以北の植生に類似していたと想定できる。当帯はHP (ca. 14 ka) とBP-1 (> ca. 33 ka) に挟まれる。Arai *et al.* (1986)によれば、AT (ca. 24 ka)の層準はBP-1 とBP-2の間にある。これらの指標テフラとの層位関係とその年代から、この珪酸体帯は岩手県玉山村好摩新田の岩手火山テフラ層に設定された珪酸体帯Cに対比され、ステージ2のいわゆる最終氷期後半の最寒冷期に対応するであろう。なお、TG-C 帯で想定される植生は、これまでHP 直下の埋没土壌についてなされた珪酸体分析(佐瀬, 1981; 佐瀬ほか, 1993; 細野ほか, 1995a)、花粉分析(大池ほか, 1977)、またHPに覆われる埋没林の材分析(寺田ほか, 1994)の結果と調和的である。

次に、TG-D 帯はTG-C 帯に比べてタケ亜科起源珪酸体の頻度が高い特徴がある。したがって、ササを構成要素として含む植生が成立していたと思われ、その寒冷化の程度はTG-C 帯を上回ることにはなかったであろう。TG-D 帯は、BP-1 とRPの間にある層位的位置と前後の珪酸体帯の古環境の特徴から、ステージ3~4に対応すると思われる。しかし、ステージ3~4への移行を示す珪酸体群集の変化や、ステージ3~4に対応して玉山村好摩新田の岩手火山テフラ層に設定された珪酸体帯E~Hに見られるような珪酸体群集の変動を見いだすこ

表 1 天狗岱断面における最終間氷期以降の酸素同位体比ステージと古気候変化との関係
 Table 1 Relationships between marine oxygen isotope stages and paleoclimate conditions since the Last Interglacial at Tengutai section

Age (ka)	$\delta^{18}\text{O}$ stage	Stratigraphy	Opal Phytolith		
			Zone	Donimant Origin	Climate
Holocene	1	Holocene Volcanic Ash CuP v v v	TG-A	Non-Bambusoideae (Panicoideae) Fern	cool to warm
		Hachinohe Volcanic Ash HP v v v	TG-B	Bambusoideae (<i>Sasa</i>) Pooideae	cold to cool
Last Glacial	2	BP-2 v v v (AT)	TG-C	Pooideae Conifer	cold
	3	BP-1 v v v			
	4	GP v v v KP v v v	TG-D	Pooideae Bambusoideae (<i>Sasa</i>)	cool to cold
	5a	RP v v v OP v v v	TG-E	Bambusoideae (<i>Sasa</i>) Broadleaved	cool
Last Interglacial	5b	(Aso-4) AP v v v	TG-F	Pooideae, Bambusoideae (<i>Sasa</i>) Conifer, Broadleaved	cool to cold
	5c				
	5d	Toya v v v ZP v v v	TG-G	Bambusoideae (<i>Sasa</i> , <i>Pleioblastus</i>) Pooideae	warm to cool
	5e	Tengutai Volcanic Ash MP v v v	TG-H	Bambusoideae (<i>Pleioblastus</i>)	warm

★ Martinson *et al.* (1987)

とはできない。これは、この時代の環境変動が天狗岱における植物珪酸体給源植物相に大きな変化を与えるものではなかったか、あるいはステージ 4、いわゆる最終氷期前半の寒冷期に対応する火山灰土層が欠如しているためと考えられよう。

3 番目の TG-F 帯も、タケ亜科起源珪酸体の頻度は TG-C 帯に比べて高い特徴がある。したがって、ササを構成要素とする植生が推定され、TG-D 帯と同様に寒冷化の程度は TG-C 帯より弱かったであろう。TG-F 帯は AP を挟む火山灰土層に設定され、さらにこの断面では確認できていないが、町田ほか (1985) によれば AP のすぐ上位に Aso-4 の層準がある。このような指標テフラとの層位関係から、この珪酸体帯は、玉山村好摩新田の岩手火山テフラ層で Aso-4 のすぐ下位に設定された寒冷期を示す珪酸体帯 J に対比される。また、Aso-4 はステージ 5b の上部に認められるので、TG-F 帯はステージ 5b に対応するであろう。なお、TG-F 帯は針葉樹起源珪酸体が連続して検出されることで、TG-D 帯とは異なる。このことは、TG-F 帯の時代で亜寒帯針葉樹林が成立しやすい環境であったことを示している可能性がある。この相違が示す古気候学的な意味、たとえば 2

つの珪酸体帯の寒冷化の程度や乾湿の違いについては、さらなる資料の蓄積をまって検討することにした。なお、北海道斜里平野においても Aso-4 直下の褐色ローム層からササ起源を含まずにイチゴツナギ亜科起源がきわめて優勢なイネ科珪酸体と針葉樹起源珪酸体で特徴づけられる珪酸体群集が得られており (細野ほか, 1995b), ステージ 5b の気候や植生を考える上で興味深い。

いくつかの解決しなければならない問題が残されているが、珪酸体群集組成の変動により、前後の時期、あるいは先立つ時期に比べ、明らかに寒冷な時期が検出されたことは間違いない。このような寒冷な時代が植物珪酸体分析によってテフラ-土壌累積層中に検出されたことに大きな意義がある。

3. 温暖期のシグナル

温暖気候の指標となるキビ型珪酸体、メダケ属タイプのタケ型珪酸体、広葉樹起源珪酸体が、単独または相伴って相対的に高い頻度を示す 3 つの珪酸体帯 (TG-A 帯, TG-E 帯, TG-H 帯) は温暖期に対応するであろう (表 1)。

まず、TG-A 帯は、最上部の黒ボク土層に設定された珪酸体帯である。黒ボク土層の中位には CuP (ca. 5.4

ka)があり、また当地域における黒ボク土層生成開始時期はほぼ完新世の開始に一致するので、この珪酸体帯はほぼ完新世(温暖期)に対応すると考えてよい。したがって、Ⅱ章2節に記した約束に従い、この珪酸体帯が当断面で気候変動を考察する時の基準となる。珪酸体群集において、キビ型珪酸体は圧倒的に優勢ではない。しかし、おしなべてウシノケグサ型珪酸体を上回り、また非短細胞起源珪酸体群で非タケ亜科起源ファン型珪酸体の頻度が大いことは、キビ亜科が当珪酸体群集に強く影響を与えていることを示す。これは温暖期の特徴である。なお、タケ亜科起源珪酸体がきわめて劣勢であることがこの珪酸体帯を特徴づけている。これは、単なる気候的制約によるものではなく、人為の影響が考えられる(Sase and Hosono, 1996)。

TG-E帯は、タケ亜科起源珪酸体(ササ属タイプの割合が大い)が優勢で、また広葉樹起源珪酸体が相対的に高い頻度を示す珪酸体群集で特徴づけられる。なお、このような特徴は、佐瀬ほか(1992)によるOPの上下の火山灰土層の珪酸体分析でも捉えられている。温暖気候の指標となるキビ型珪酸体の頻度は、とりわけて高くはなく、またウシノケグサ型より優勢とはいえないが、上下の珪酸体帯に比べ、明らかに温暖な珪酸体群集組成である。OPを挟むこの珪酸体帯は、岩手火山テフラ分布域のテフラ-土壌累積断面で、OPと同一層である川口軽石(KwP)を挟んで設定された珪酸体帯I(佐瀬ほか、1995)にほぼ対比され、ステージ5aに対応するであろう。

最下部のTG-H帯は、メダケ属タイプのタケ亜科起源珪酸体が優勢な珪酸体群集で特徴づけられる。したがって、ネザサなどのメダケ属を主要構成要素とするイネ科植物相が成立し、設定された珪酸体帯の中で最も温暖な気候が推定されるので、現在すなわち完新世より温暖であったと考えられる。最終間氷期段丘を覆いステージ5dに位置づけられるToyaの少し下位にある当珪酸体帯は、最終間氷期の最温暖期のステージ5eに対応する可能性が高い。気候変動史におけるTG-H帯の正確な位置づけは、MP以下の火山灰土層の連続分析の結果を待たなければならないが、最終間氷期のある時期が完新世よりも温暖であったことが植物珪酸体分析で明らかにされた意義は大い。

4. ほかの珪酸体帯の性格

寒冷期、温暖期と関連づけなかった残りの2つの珪酸体帯の性格について、以下に論じる。

TG-B帯は、最上部の黒ボク土層とHPの間の褐色火

山灰土層に設定されたものである。そこでは、下方へ向かい順次ファン型が減少、一方棒状型とポイント型、特に長形タイプ、そしてウシノケグサ型が増加する傾向を示す。このような珪酸体群集の特徴は、寒冷期のTG-C帯から温暖期のTG-A帯への移行期を示すと考えられる。

次にTG-G帯は、Toya下位のZPを介在する層厚50cmの褐色火山灰土層に設定された珪酸体帯である。ここでは、温暖要素のメダケ属と寒冷要素のイチゴツナギ亜科がともに珪酸体の給源として関わる特徴が注目される。同帯がステージ5dにあるToya(白井ほか、1997)とステージ5eに対応すると考えられるTG-H帯に挟まれる層位学的位置にあることから、ステージ5e~5dへの移行期の環境がその珪酸体群集組成に反映されていると思われる。メダケ属とイチゴツナギ亜科を主要な構成要素とする特異な植生が成立していたのであろうか。あるいは、土層生成堆積過程における混合攪乱作用によって、時代の異なる珪酸体の組合せが生まれた可能性も考えられる。なお、ステージ5dにあるToyaを挟む土層に寒冷期を示す珪酸体群集のシグナルを見いだせないが、このことを含め、最終間氷期(ステージ5)、特にステージ5b以前における珪酸体群集の時系列変動を明らかにすることを今後の課題としたい。

IV. お わ り に

本論では、青森県八戸市、天狗岱の最終間氷期以降のテフラ-土壌累積層の植物珪酸体分析の結果から、古植生、古気候変動について論じた。珪酸体給源植物を復元し、寒冷期および温暖期のシグナルを検出した。さらに、そのシグナルの変動は、地球規模の環境変化すなわち氷期-間氷期サイクルに連動している可能性を明らかにした。

謝辞 試料の採取に際して宇津川 徹氏にご協力いただいた。また、Thomas Aquinas Adjadeh氏には、欧文要旨のご校閲をしていただいた。以上の方々に感謝申し上げる。なお、本研究は、^{*}大池昭二氏によるテフラのご教示によるところが大いことを記しておきたい。

引 用 文 献

- Arai, F., Machida, H., Miyauchi, T., Okumura, K., Soda, T. and Yamagata, K. (1986) Catalog for late Quaternary maker-tephras in Japan—Tephtras occurring in Northeast Honshu and Hokkaido—.

- Geogr. Rept. Tokyo Metropol. Univ.*, 21, 223-250.
- 第四紀総合研究会 (1996) 「ロームの堆積作用」 シンポジウム特集号. 第四紀, 28, 37 ページ.
- 土井宣夫 (1990) 岩手火山の火山灰層位学的研究. 223 ページ, 東北大学学位論文.
- 土井宣夫 (1991) 岩手火山, 雪浦降下軽石と生出黒色火山灰の噴出源について. 中川久夫教授退官記念事業会編「中川久夫教授退官記念地質学論文集」: 13-22.
- 早川由紀夫 (1983) 十和田火山中掘テフラ層の分布, 粒度, 年代. 火山, 28, 263-273.
- 細野 衛・佐瀬 隆・青木潔行 (1995a) 八戸浮石層直下の炭化片粒子を含む埋没土壌の植生履歴と腐植. ペドロジスト, 39, 42-49.
- 細野 衛・佐瀬 隆・木村 準 (1995b) 植物珪酸体分析からみた阿蘇 4 火山灰直下の埋没土壌の植生履歴——北海道斜里平野を事例にして——. 第四紀, 27, 17-27.
- Inoue, K. and Sase, T. (1996) Paleoenvironmental history of post-Toya ash tephric deposits and paleosols at Iwate Volcano, Japan, using eolian dust content and phytolith composition. *Quat. Intern.*, 34-36, 127-137.
- 木村純一・岩崎 誠・真鍋健一・吉永秀一郎・鈴木毅彦 (1996) テフリックレスの帯磁率変化とその成因: 古気候変化の記録としての. 第四紀, 28, 15-24.
- 町田 洋・新井房夫・百瀬 貢 (1985) 阿蘇 4 火山灰——分布の広域性と更新世指標層としての意義——. 火山, 30, 49-70.
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史 (1987) 北日本を広くおおむ洞爺火山灰. 第四紀研究, 26, 129-146.
- 町田 洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス (日本列島とその周辺). 276 ページ, 東京大学出版会.
- Martinson, D.G., Pisias, N.G., Hays, J.D., Imbrie, J., Moore, T.M. Jr. and Shackleton, N.J. (1987) Age dating and the orbital theory of the ice ages: Development of a high-resolution 0 to 300,000-year chronostratigraphy. *Quat. Res.*, 27, 1-29.
- 大場忠道 (1991) 酸素同位体比層序からみた阿蘇 4 テフラおよび阿多テフラ. 月刊地球, 13, 224-227.
- 大池昭二・松山 力・竹内貞子 (1977) 八戸浮石層直下の埋没化石林の ^{14}C 年代——日本の第四紀層の ^{14}C 年代 (118)——. 地球科学, 31, 136-137.
- 大池昭二・中川久夫 (1979) 三戸地域広域農業開発基本調査地形並びに表層地質調査報告書. 103 ページ, 東北農政局企画部.
- 佐瀬 隆 (1981) 八戸浮石層直下の埋没土の植物珪酸体 (プラントオパール) 分析. 第四紀研究, 20, 15-20.
- 佐瀬 隆・細野 衛・宇津川 徹・加藤定男・駒村正治 (1987) 武蔵野台地成増における関東ローム層の植物珪酸体分析. 第四紀研究, 26, 1-12.
- 佐瀬 隆・徳永光一・石田智之 (1992) 累積テフラ層における根系状孔隙の垂直分布特性, 起源およびその意義. 第四紀研究, 31, 131-146.
- 佐瀬 隆・細野 衛・青木潔行・木村 準 (1993) 示標テフラによる黒ボク土の生成開始時期の推定と火山灰土壌生成に関する一考察——十和田火山テフラ分布域川向, 赤坂両地区を例にして——. 地球科学, 47, 391-408.
- 佐瀬 隆・井上克弘・張一飛 (1995) 洞爺火山灰以降の岩手火山テフラ層の植物珪酸体群集と古環境. 第四紀研究, 34, 91-100.
- 佐瀬 隆・細野 衛・井上克弘 (1996) 火山灰土, その層相と堆積環境——黒土とローム層の成因, 氷期-間氷期サイクルの記録——. 第四紀, 28, 25-37.
- Sase, T. and Hosono, M. (1996) Vegetation history of Holocene volcanic ash soils in Japan and New Zealand—Relationship between genesis of melanolic volcanic ash soils and human impact—. *Earth Sci. (Chikyu Kagaku)*, 50, 460-482.
- Satoh, H. (1966) Pumice flow deposits of the Towada caldera at the vicinity of Kosaka Town, Akita Prefecture, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, 72, 273-283.
- 白井正明・多田隆治・藤岡換太郎 (1997) ODP 日本海試料との対比に基づく男鹿半島安田海岸更新世中—後期テフラの同定と年代. 第四紀研究, 36, 183-196.
- 寺田和雄・大田卓明・鈴木三男・能代修一・辻 誠一郎 (1994) 十和田火山東麓における八戸テフラ直下の埋没林への年輪年代学の適用. 第四紀研究, 33, 153-164.
- 吉永秀一郎 (1995) 気候変動の指示者としての十勝ローム層の諸性質の変化. 第四紀研究, 34, 345-358.
- 張一飛・井上克弘・佐瀬 隆 (1994) 洞爺火山灰以降に堆積した岩手火山テフラ層中の広域風成塵. 第四紀研究, 33, 131-151.

The Glacial-Interglacial Cycle Recorded in Phytolith Assemblage of Tengutai Tephra-Soil Section near Hachinohe, Northeastern Japan

Takashi Sase*¹ and Mamoru Hosono*²

Phytolith analysis of soils interstratified with tephra in Tengutai section near Hachinohe, northeastern Japan, revealed a record of climate fluctuations since the Last Interglacial. The Holocene soils have phytolith assemblages in which Panicoid dominates over Festucoid, suggesting a warm climate period. In addition, they are characterized by dominant non-Bambusoideae phytoliths, suggesting the existence of a grassland composed of non-Bambusoideae taxa. Such a grassland was thought to be the result of human impact through deforestation. The Last Glacial soils have phytolith assemblages which are characterized by dominant Pooideae, suggesting a cold climate period. In soils between Hachinohe Pumice (HP) and Biscuit-1 Pumice (BP-1), corresponding to $\delta^{18}\text{O}$ stage 2, coniferous phytoliths generally occurred with relatively high frequency, indicating that boreal coniferous forest spread throughout this region. Soils between Biscuit-1 Pumice and Kibidango Pumice (KbP), corresponding to $\delta^{18}\text{O}$ stage 3 to 4, were characterized by relatively high frequency of Bambusoideae phytoliths. The Last Interglacial soils generally have phytolith assemblages characterized by dominant Bambusoideae

phytoliths. In the lowest layers of the soils over Madara Pumice (MP), which correlates to $\delta^{18}\text{O}$ stage 5e, Bambusoideae phytoliths from *Pleioblastus* were dominant. This assemblage indicates a warmer climate condition than the present because *Pleioblastus* is a dominant taxon in warmer climate zones than the study region. In the uppermost layers of the soils, which correlate to $\delta^{18}\text{O}$ stage 5a, Bambusoideae phytoliths from *Sasa* were dominant, indicating a warm to cool climate condition similar to the present. The lower part of these soils, which are interbedded with Okoshi Pumice (OP), had a relatively higher frequency of a broadleaved deciduous tree phytolith such as elliptical multifaceted phytolith from *Magnolia*, suggesting the existence of a broadleaved deciduous forest. The soils interbedded with Aosuji Pumice (AP), which correlate to $\delta^{18}\text{O}$ stage 5b, had assemblages characterized by relatively higher frequency of Pooideae phytoliths, suggesting a cold period in the Last Interglacial. The soils which correlate to $\delta^{18}\text{O}$ stage 5d, probably with an assemblage characterized by a relatively higher frequency of Pooideae phytolith, are yet to be recognized.

*1 Ichinohe Senior High School. Ichinohe-cho, Ninohe-gun, Iwate Prefecture, 028-5312, Japan.

*2 Tokyo Nature History Research Structure. 1-12-7 Toyama, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-0052, Japan.