

短報

佐瀬 隆¹・山縣耕太郎²・細野 衛³・木村 準⁴：
クッタラ火山周辺域に分布する後期更新世テフラ – 土壌累積層の
植物珪酸体記録—ササの地史的動態に注目して—

Takashi Sase¹, Kotaro Yamagata², Mamoru Hosono³ and Jun Kimura⁴：
Phytolith records from the Late Pleistocene tephra-soil sequence
around the Kuttara volcano, southwestern Hokkaido, Japan
—With special reference to the existence of the *Sasa* group (dwarf bamboo)

Abstract We carried out a phytolith analysis of the Late Pleistocene tephra-soil sequence containing burned erect trunks, the so-called “Noboribetu Petrified Forest”, around the Kuttara volcano located in the southwestern part of Hokkaido to assess the existence of the *Sasa* group (dwarf bamboo). *Sasa* phytoliths disappeared from soils directly overlying the Kuttara-5 tephra deposit (Kt-5) in the middle Marine Isotope Stage (MIS) 5a. This suggests that the disappearance of *Sasa* from the floral community around the Kuttara volcano occurred from the late part of MIS 5a. The “Noboribetu Petrified Forest” was embedded in three tephra deposits derived from the Kuttara volcano, Kuttara-1 (Kt-1), Kuttara-3 (Kt-3), and Kuttara-4 (Kt-4), between the later part of MIS 5a and the early part of MIS 3. Thus, the result shows that the “Noboribetu Petrified Forest” was a coniferous forest without *Sasa*.

はじめに

現在、北海道の植生において、北方針葉樹林の林床を含め、ササは主要な要素である。一方、最終氷期の北海道においては、石狩低地帯より北部と東部地域でササの希薄な植生が広がっていたことが推定されている（佐瀬ほか、2011）。たとえば、石狩低地帯南部のテフラ—土壌累積層では、最終間氷期末葉（海洋酸素同位体比ステージ（MIS）5a/5b境界）から完新世（MIS1）初頭まで、ササの希薄化が示されている（佐瀬ほか、2004）。しかし、石狩低地帯より西部や南部地域については、これまで更新世を含め植物珪酸体の記録がほとんどなく、ササの地史的動態は未だに不明な点が多く残されている。

そこで、本研究では、石狩低地帯に近接する、クッタラ火山周辺域の後期更新世に帰属するテフラ—土壌累積層について植物珪酸体分析を行い、北海道南西部におけるササの地史的動態を考察する。このテフラ—土壌累積層には、トウヒ属などの針葉樹種からなる埋没炭化樹幹（いわ

ゆる登別化石林）が、3層準から検出されている（胆振団研、1984、1987、1990）。本研究により、「登別化石林」にササを伴ったかどうかという点についても、手がかりが得られることが期待される。なお、本研究においては、山縣（1994）に従いテフラを記載し、適宜、登別化石林の層位を整理した胆振団研（1990）によるテフラ名を併記する。また、MIS5を最終間氷期、MIS4～2を最終氷期とする。

調査地のテフラ—土壌累積層断面の概況

調査はクッタラ火山の南～東方域に位置する登別市のランポウゲ岬（地点1a, 1b）と登別（地点2）、白老町の萩野（地点3）の3地点で行った（図1）。

地点1は、クッタラカルデラの南東約5.5 kmに位置し、クッタラ火山周辺に分布する模式的なテフラ層序が見られる露頭である（図2）。上位から、支笏第1（Spfa-1）、クッタラ第1（Kt-1）、中島—長流川（Nj-Os）、クッタラ第2（Kt-2）、クッタラ第3（Kt-3）、クッタラ—早来（Kt-Hy）、

¹ 〒028-7302 岩手県八幡平市松尾寄木 1-590-369 北方ファイトリス研究室

Boreal Laboratory for Phytolith Research, 1-590-369 Matsuoyoriki, Hachimantai-shi, 028-7302, Japan

² 〒943-8512 新潟県上越市山屋敷町 1 上越教育大学社会系教育講座

Joetsu University of Education, Division of Social Studies, 1 Yamayashiki-machi, Joetsu-shi, 943-8512, Japan

³ 〒162-0052 東京都新宿区戸山町 1-12-7 東京自然史研究機構

Tokyo Natural History Research Structure, 1-12-7 Toyama-cho, Shinjuku-ku, Tokyo, 162-0052, Japan

⁴ 〒020-8570 岩手県盛岡市内丸 11-1 岩手県盛岡広域振興局農政部農村整備室

Iwate Prefecture Morioka Regional Development Bureau, Rural Development Office, 11-1 Uchimarui, Morioka-shi, 020-8570, Japan

クッタラ第4 (Kt-4), クッタラ第5 (Kt-5), クッタラ第6 (Kt-6) のテフラ層が土壌層を介して累積している (山縣, 1994)。なお, 植被等で覆われていた Kt-1 と Kt-3 の間を除き, Kt-1 以上は地点 1a で, Kt-3 以下は地点 1b でそれぞれ調査した。累積するテフラ層のうち Kt-3 と Kt-4 の最下部ユニット・降下軽石層 (以下 pfa で表記) には, 埋没した直立炭化樹幹や樹幹の抜け穴が多数認められる。このうち, Kt-3 pfa の直立炭化樹幹は, Kt-3 が胆振団研 (1990) のクッタラ f 降下軽石堆積物 (Kt-f) に相当する (山縣, 1994) ので, 胆振団研 (1990) のクッタラ g 降下スコリア堆積物 (Kt-g) と Kt-f を貫いて成立する「登別化石林 (Kt-g 層準)」に対応することが考えられる。なお, 胆振団研 (1990) は, Kt-g と Kt-f を「風化帯を介せず累重する」一連のテフラとしているが, 山縣 (1994) は, それぞれに相当する Kt-Hy と Kt-3 pfa の間には土壌が挟まることから, 異なる噴火の噴出物とした。したがって, 今回の調査では, Kt-Hy に埋没する樹幹を確認できなかったが, 「登別化石林 (Kt-g 層準)」(胆振団研, 1990) は, 土壌生成期間を挟んで生じた 2 回の火山イベントにより噴出したテフラに埋没した化石林を含んでいる可能性がある。次に, Kt-4 pfa の直立炭化樹幹については, Kt-4 pfa が胆振団研 (1990) のクッタラ i 降下軽石堆積物 (Kt-i) に相当する (山縣, 1994) ので, 「登別化石林 (Kt-i 層準)」(胆振団研, 1990) に対応すると考えられる。各テフラに介在する土壌層は, 厚さ 5 ~ 30 cm の灰褐色を帯びたローム質土で, Kt-4 直下には 1 cm ほどの黒泥質薄層が認められる。

地点 2 は, クッタラカルデラの南南西約 4 km に位置する。Kt-1 の火砕流堆積物層 (以下 pfl で表記) b と Kt-2 pfa が, 厚さ 15 cm ほどの灰褐色を帯びたローム質土壌層を介し

て認められる (図 2)。Kt-1 pfl-b には多数の炭化した直立樹幹が埋没している。この埋没樹幹は, Kt-1 pfl-b が胆振団研 (1990) のクッタラ b2 軽石流堆積物 (Kt-b2) に相当する (山縣, 1994) ことから, 「登別化石林 (Kt-b2 層準)」(胆振団研, 1990) に対応すると考えられる (図 2)。

地点 3 は, クッタラカルデラの東北東約 7 km に位置する。Kt-6 pfa と Kt-7 pfl が, 厚さ 20 cm ほどの固結した灰褐色を帯びたローム質土壌層を挟んで累積している。

以上のように, 本研究が対象とする層準は, Kt-2 と Kt-3 の間は抜けるが, Spfa-1 から Kt-7 にわたる。Spfa-1 は, ^{14}C 年代値 (柳田, 1994) や酸素同位体比層序 (青木・新井, 2000) から 42 ~ 44 ka の MIS3 中葉の年代が推定されている (町田・新井, 2003)。さらに, Kt-1 と Kt-3 の ^{14}C 年代値が, それぞれ ca. 41 ka と ca. 50 ka を示す (加藤ほか, 1995)。一方, Kt-7 については, 直接その年代を示す資料は得られていないが, 地点 3 では MIS5a/5b 境界の層位年代が推定される Kt-6 (佐瀬ほか, 2004) の下位に 20 cm ほどの土壌層を挟んで認められることから, MIS5b に入る可能性が高いと考えられる。したがって, 本研究では, 登別化石林の立地土壌を含め, MIS5b から MIS3 中頃にかけて生成した土壌層の植物珪酸体記録を得ることが期待される。

分析試料と方法

植物珪酸体分析の試料は, 各調査地点で各テフラ層に介在する土壌層から 5 ~ 10 cm の間隔で採取した (図 2)。なお, 黒泥質の薄層については別個の試料として採取した。

植物珪酸体分析は, 佐瀬ほか (2008) に準じ, 以下の手順で行った。まず, 各土壌試料から乾土当たり 1 g 前後

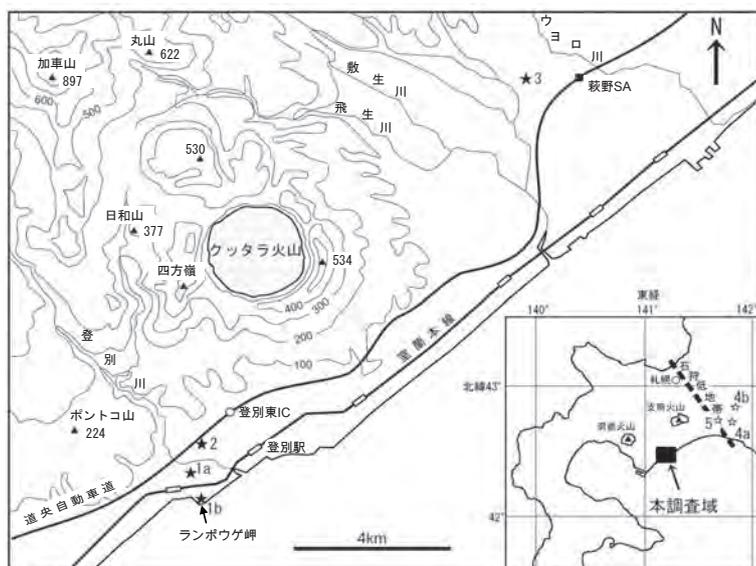


図 1 調査地点の位置。★ 1a・1b: 登別市ランボウゲ岬, ★ 2: 登別市登別, ★ 3: 白老町萩野, ☆ 4a: 安平町源武 (佐瀬ほか, 2004), ☆ 4b: 由仁町川端 (佐瀬ほか, 2004), ☆ 5: 千歳市美々 (勝井, 1958)。

Fig. 1 Location map of study sites.

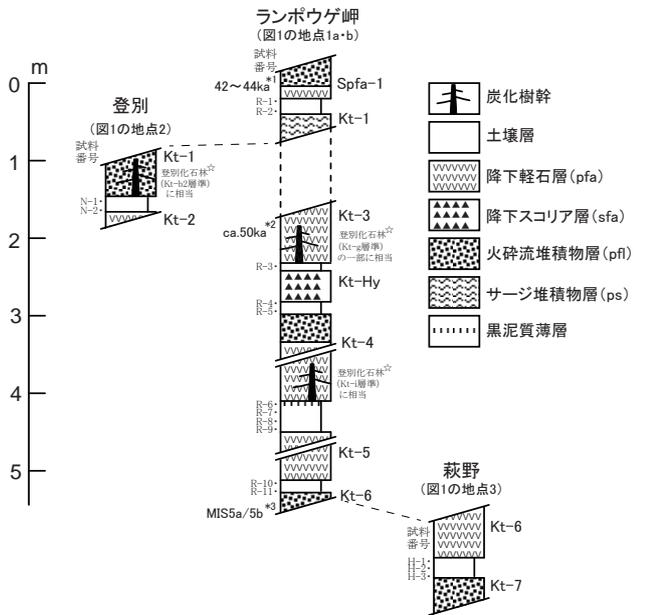


図2 調査地点の柱状図。☆：胆振団体研究会 (1990)。[テフラ記号, テフラ名] Spfa-1: 支笏第1, Kt-1: クッタラ第1, Kt-2: クッタラ第2, Kt-3: クッタラ第3, Kt-Hy: クッタラ-早来, Kt-4: クッタラ第4, Kt-5: クッタラ第5, Kt-6: クッタラ第6, Kt-7: クッタラ第7。*¹: 町田・新井 (2003), *²: 加藤ほか (1995), *³: 佐瀬ほか (2004)

Fig. 2 Columnar sections of the study sites.

を秤量 (秤量値 a) し, 過酸化水素処理により有機物を分解した。次に, 超音波処理による破碎・分散とジチオナイト法による脱鉄処理を適宜行い, 篩と沈底法により 10 ~ 100 μm 画分を分離した。そして, 分離画分を乾燥後, 秤量 (秤量値 b) し, 乾燥試料の一部でプレパラート作成, 検鏡した。

植物珪酸体は, 佐瀬 (2003) に準拠して, イネ科泡状細胞 (機動細胞と同義; 以下, 泡状細胞と表記) 起源 (ファン型), イネ科短細胞起源, 長細胞等起源 (棒状型), イネ科プリッケル細胞起源 (ポイント型), 樹木起源, シダ起源, カヤツリグサ科起源, その他に区分した。このうち, イネ科泡状細胞起源 (ファン型) は, タケ亜科起源と非タケ亜科起源に分け, さらに, タケ亜科起源についてはササ属タイプとメダケ属タイプに細分した。そして, イネ科短細胞起源は, タケ型, ヒゲシバ型, キビ型, ウシノケグサ型に細分した。また, 樹木起源は針葉樹起源と広葉樹起源に区分した。各プレパラートについて, 200 粒以上の植物珪酸体を同定計数し, その総計数を基数に, 各珪酸体群の頻度を算出, 組成図を作成した。なお, その他と, 検出が希であったシダ起源, カヤツリグサ科起源と検出されなかった広葉樹起源については, 組成図に示していない。

植物珪酸体密度は, 近藤 (2000) に準じて, 以下の手順で求めた。プレパラート作成後の 10 ~ 100 μm 画分の全量を秤量し (秤量値 c), 50 ml メスフラスコに移しメスアップ後, 十分にケン濁させ, 速やかにマイクロピペットで 10 μl を採取した。それをスライドガラスに展開し, 乾燥させ, クローム油を封入材としてプレパラート作成した。顕微鏡下でプレパラート中の植物珪酸体全粒子を計数 (計数値 d) し, 次式: $(5000 \times \text{計数値 } d \times \text{秤量値 } a) / (\text{秤量値 } b \times \text{秤量値 } c)$ により珪酸体密度 (乾土 1 g 当たりの植物珪酸体粒数) を算出した。

結 果

各地点の土壌層から得られた植物珪酸体群集組成および植物珪酸体密度を統合して図3に, 検出された代表的な植物珪酸体写真を図4に示す。以下に, 上位の土壌から順に植物珪酸体群集の特徴を記す。

1. Spfa-1 と Kt-1 間の土壌 (地点1: 試料 R-1・2)

イネ科短細胞起源では, ウシノケグサ型 (イチゴツナギ亜科起源) が 8% を越え, タケ型は検出されない。イネ科泡状細胞起源 (ファン型) でも, タケ亜科起源は検出されない。針葉樹起源は, 有縁壁孔痕を有する不規則多面体状の珪酸体を主として, 5% を越える。植物珪酸体密度は, 3 万 ~ 4 万個 /g である。

2. Kt-1 と Kt-2 間の土壌 (地点2: 試料 N-1・2)

イネ科短細胞起源珪酸体では, ウシノケグサ型が 12% を越えて優勢, タケ型は検出されない。イネ科泡状細胞起源珪酸体 (ファン型) においても, タケ亜科起源は 1% 未満で極めて低い。針葉樹起源は, 有縁壁孔痕を有する不規則多面体状の珪酸体を主として 3% ほど検出される。植物珪酸体密度は, 2.9 万 ~ 7.9 万個 /g である。

3. Kt-3 と Kt-Hy 間の土壌 (地点1: 試料 R-3)

イネ科短細胞起源珪酸体では, ウシノケグサ型が 50% を越えて極めて優勢, タケ型は検出されない。イネ科泡状細胞起源珪酸体 (ファン型) においても, タケ亜科起源は検出されない。針葉樹起源珪酸体の検出率は, 1% 未満である。植物珪酸体密度は 26 万個 /g を示す。

4. Kt-Hy と Kt-4 間の土壌 (地点1: 試料 R-4・5)

イネ科短細胞起源珪酸体では, ウシノケグサ型が 30% を越えて極めて優勢, タケ型は 0.5% 以下で極めて低い。イネ科泡状細胞起源珪酸体 (ファン型) においても, タケ亜科起源は 1.5% 以下で極めて低い。針葉樹起源珪酸体の検出率は, 1% 未満である。植物珪酸体密度は 7 万 ~ 14

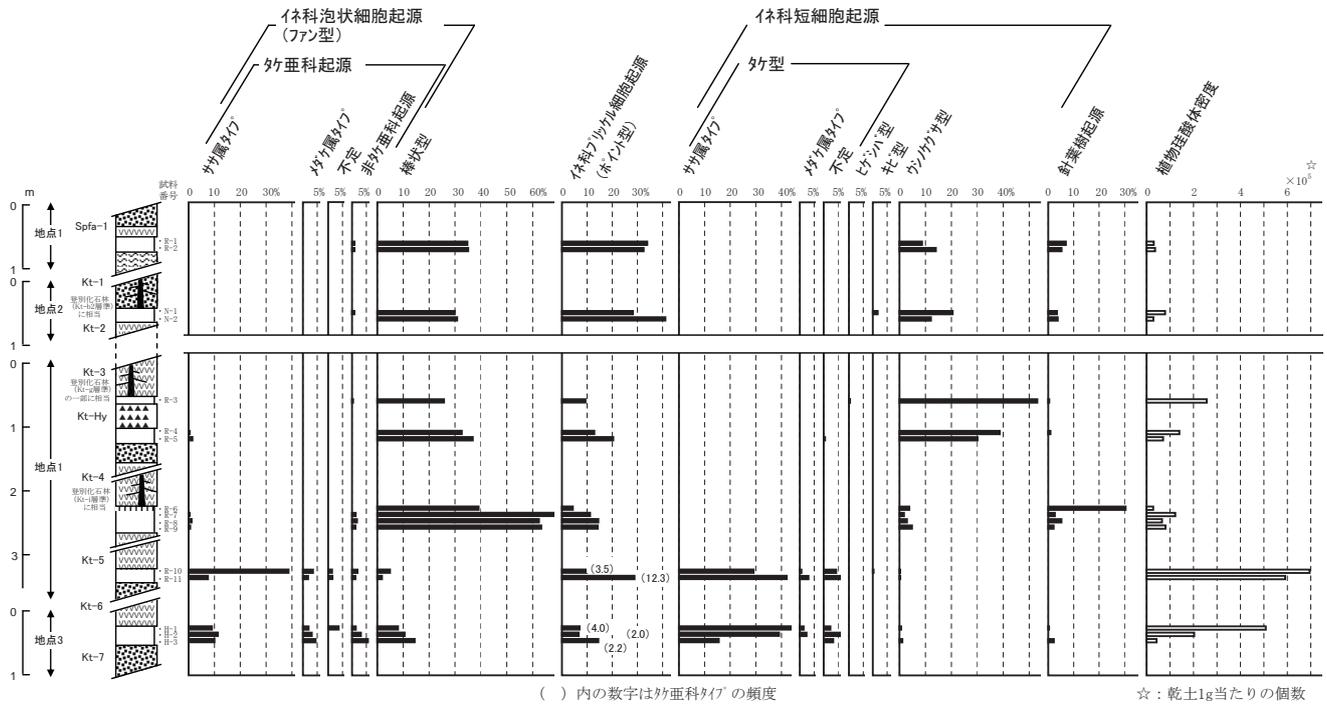


図3 植物珪酸体組成図。ランボウゲ岬 (図1の☆1a・b)、登別 (図1の☆2)、萩野 (図1の☆3) の植物珪酸体記録を統合、テフラ記号と試料番号は図2と同じ。柱状図の凡例は図2を参照。

Fig. 3 Opal phytolith diagram combined records of Cape Ranpouge (☆1a, 1b in Fig. 1), Noboribetu (☆2 in Fig. 1), and Hagi-no (☆3 in Fig. 1) sections.

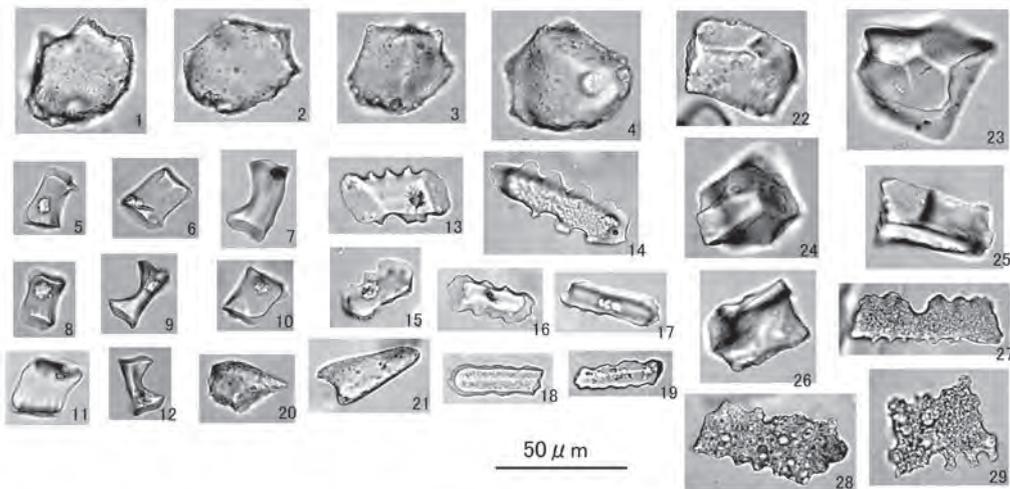


図4 検出された植物珪酸体の写真。1-21: イネ科 [1-4: 泡状細胞起源/ファン型/タケ亜科起源/ササ属タイプ, 5-19: 短細胞起源 (5-12: タケ型/ササ属タイプ, 13-19: ウシノケグサ型), 20・21: プリッケル細胞起源/ポイント型 (20: タケ亜科タイプ)], 22-28: 針葉樹起源 [22-26: 有縁壁孔痕を有する多面体状, 27-29: 波状縁板状]。

Fig. 4 Micrographs of opal phytoliths distinguished in this study.

万个/gを示す。

5. Kt-4 と Kt-5 間の土壌 (地点1: 試料 R-6 ~ 9)

イネ科短細胞起源珪酸体は少ないが、その中でウシノケ

グサ型が優勢、タケ型は検出されない。イネ科泡状細胞起源珪酸体 (ファン型) においても、タケ亜科起源は1.2%以下で極めて低い。針葉樹起源珪酸体は、有縁壁孔痕を有する不規則多面体状の珪酸体を主として、Kt-4 直下 (R-6)

で30%の高い検出率を示す。植物珪酸体密度は2.8万~12万個/gである。

6. Kt-5とKt-6間の土壌 (地点1: 試料R-10・11)

イネ科短細胞起源では、「ササ属タイプ」を主としてタケ型が34%を越え極めて優勢である。イネ科泡状細胞起源珪酸体 (ファン型) においても「ササ属タイプ」を主としてタケ亜科起源が10%を越えて検出される。また、イネ科プリッケル細胞起源 (ポイント型) でもタケ亜科タイプが3.5~12.3% 検出される。針葉樹起源は検出されない。植物珪酸体密度はほぼ60万個/g以上を示す。

7. Kt-6とKt-7間の土壌 (地点3: 試料H-1~3)

イネ科短細胞起源では、「ササ属タイプ」を主として、タケ型が極めて優勢であり、Kt-6直下では50%を越える。イネ科泡状細胞起源珪酸体 (ファン型) においても、「ササ属タイプ」を主としてタケ亜科起源が14%を越えて検出される。また、イネ科プリッケル細胞起源 (ポイント型) でも、タケ亜科タイプが2.2~4.0% 検出される。針葉樹起源は検出されるが、1.1%以下である。植物珪酸体密度は、Kt-6直下で50万個/g以上を示す。

考 察

本研究は、後期更新世における植物珪酸体記録に基づき、クッタラ火山周辺地域のササを中心にした植物相の変遷を明らかにした (図5)。そこで、以下では、本調査地域に隣接する石狩低地帯南部 (佐瀬ほか, 2004) との結果を合わせ、クッタラ火山周辺地域におけるササの地史的動態を明らかにすると共に、「登別化石林」に対応する時期のササ植生について考察する。

1. ササの地史的動態

ササの指標であるタケ亜科起源珪酸体 (イネ科短細胞起源の「タケ型」、イネ科泡状細胞起源「ファン型」のタケ亜科起源、イネ科プリッケル細胞起源「ポイント型」のタケ亜科タイプ) の検出頻度は、Kt-5を境に大きく異なる傾向が認められる。すなわち、Kt-5以前の土壌 (試料R-10・11, H-1~3) では、タケ亜科起源珪酸体が高頻度で検出されるが、Kt-5以降の土壌 (試料R-1~9, N-1・2) では検出が希になり、これに代わってイチゴツナギ亜科起源のイネ科短細胞起源ウシノケグサ型が増加する。このことは、Kt-5以降、ササが極めて希薄で、イチゴツナギ亜科の優勢なイネ科植物相が継続して成立していたことを示唆する。Kt-5の年代は、Kt-6がMIS5a/5bの境界、Kt-4がMIS5a末葉にあたるので (佐瀬ほか, 2004), MIS5aにあたるものと考えられる。よって、本調査地では、MIS5a半ばでササの希薄な植生が成立したといえよう (図5)。

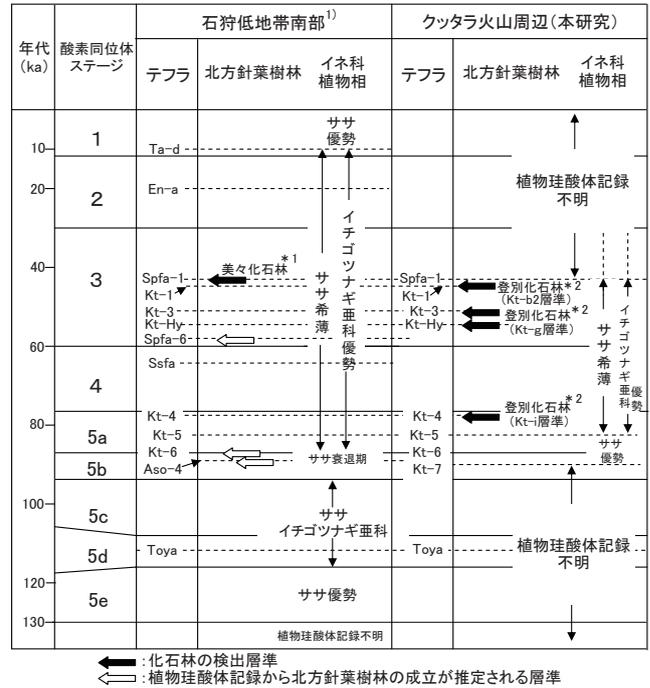


図5 クッタラ火山周辺域と石狩低地帯南部における最終間氷期以降のササを中心にした植物相変遷。*1: 勝井 (1958), *2: 胆振団研 (1990), ¹⁾ 佐瀬ほか (2004), テフラ名 (記号) は本文, および佐瀬ほか (2004), 町田・新井 (2003) を参照。Fig. 5 Existence of grass flora since the last interglacial around the Kuttara volcano and in the southern Ishikari lowland, southern Hokkaido, Japan.

クッタラ火山の東方に近接する石狩低地帯南部 (図1の地点4a・b) では、ササの希薄な植生が、MIS5b/5a境界に位置づけられるKt-6直下から始まっている (佐瀬ほか, 2004) (図5)。本調査地では、石狩低地帯南部の地点より少し遅れるものの、ササの希薄な植生が、最終氷期の開始に先立って成立したことになる。このことから、最終氷期に先立つMIS5aで、石狩低地帯より東部や北部に分布していたササの希薄な植生 (佐瀬ほか, 2011) が、石狩低地帯の西部に隣接するクッタラ火山周辺域まで広がっていたと考えられる。このササの衰退には、「ササの生育を阻む冬期の厳しい寒さのもとでの寡雪な環境」が主要因として関わった可能性が高い (佐瀬ほか, 2011)。したがって、クッタラ火山周辺域も、最終氷期に先立って、このような厳しい気候環境下に移行したことが推察される。

2. 化石林とその立地土壌の植物珪酸体記録との対応

「登別化石林」 (胆振団研, 1990) に対応する直立炭化樹幹を含むテフラ直下の各土壌 (化石林の立地土壌) からは、針葉樹起源珪酸体が検出された (図3)。この針葉樹

起源珪酸体は、「登別化石林」を構成するトウヒ属などの針葉樹(胆振団研, 1990)に由来する可能性が高い。検出される針葉樹起源珪酸体の頻度は、地点2のKt-1直下土壌(試料N-1)で3.4%, 地点1のKt-3直下土壌(試料R-3)で1%未満, Kt-4直下土壌(試料R-6)で30%を示す。前2者の値は、決して高いとはいえないが、現世の針葉樹林下の土壌でも、針葉樹起源珪酸体が、1% (佐瀬, 1986), 3.3~0.1% (Kawano et al., 2007)の低い頻度を示す場合が知られる。針葉樹林が立地する土壌の針葉樹起源珪酸体頻度が必ずしも高くないのは、針葉樹の珪酸体生産量が概して低いことが要因の一つと考えられよう(近藤, 2010)。一方、地点1のKt-4直下土壌層(試料R-6)では、30%の高い頻度で針葉樹起源珪酸体が検出された。この土壌層の植物珪酸体密度が低いことから、イネ科植物に代表される珪酸植物に乏しい林床植生を伴っていたことが推察され、針葉樹起源珪酸体の頻度が相対的に大きくなった可能性が考えられよう。なお、化石林の立地土壌層からは、ササ起源珪酸体がほとんど検出されない。したがって、本調査地の「登別化石林」はササの希薄な北方針葉樹林であったといえる。同様な状況は、クッタラ火山の東方に近接する石狩低地帯南部で、Spfa-1に埋没する「美々化石林」(勝井, 1958)(図1の地点5)を含め、植物珪酸体記録から成立が推定される北方針葉樹林についても推察されている(佐瀬ほか, 2004)(図5)。

おわりに

本研究により、最終氷期に先立つMIS5aで、石狩低地帯より東部や北部に広がっていたササの希薄な植生が、石狩低地帯の西部に隣接するクッタラ火山周辺域においても確認された。また、MIS5aからMIS3にかけて成立した「登別化石林」は、ササを伴わない北方針葉樹林であったことが推察された。

東北地方北部では、MIS2においてササが衰退するものの、最終間氷期初頭のMIS5eから最終氷期半ばのMIS3まで、ササが植生の主要構成要素として認められる(佐瀬ほか, 1995; 佐瀬・細野, 1999)。ササが希薄な植生状況のクッタラ火山周辺域から西方、南方への広がり、また、その開始の時期を知るためには、クッタラ火山周辺域と東北地方北部の間の北海道南西部におけるササの地史的動態を知る必要がある。しかし、この地域のササについての古植物学的な情報は十分に得られていない。そのため、今後、北海道南西部における植物珪酸体分析を進め、ササの地史的動態を明らかにして行くことが重要である。

引用文献

青木かおり・新井房夫, 2000. 三陸沖海底コアKH-943,

- LM-8の後期更新世テフラ層序. 第四紀研究 39: 107-120.
胆振団体研究会, 1984. 「登別化石林」の発見. 地球科学 38: ii-379.
胆振団体研究会, 1987. クッタラ火山の火砕堆積物の¹⁴C年代と2つの層準の化石林. 地球科学 41: 188-193.
胆振団体研究会, 1990. クッタラ火山の火砕堆積物—支笏火山のテフラ層序の検討とテフロクロノロジー—. 地球科学 44: 95-112.
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.
勝井義雄, 1958. 支笏降下軽石堆積物中の化石林について. 地質学雑誌 64: 379-385.
Kawano, T., Takahara, H., Nomura, T., Shibata, H., Uemura, S., Sasaki, N. & Yoshioka, T. 2007. Holocene phytolith record at *Picea glehnii* stands on the Dorokawa mire in northern Hokkaido, Japan. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu)* 46: 413-426.
近藤錬三, 2000. 植物ケイ酸体. 「化石の研究法—採集から最新の解析法まで—」(化石研究会編), 942-947. 共立出版, 東京.
近藤錬三, 2010. プラントオパール図譜: 走査型電子顕微鏡写真による植物ケイ酸体学入門. 387 pp. 北海道大学出版会, 札幌.
町田 洋・新井房夫, 2003. 新編火山灰アトラス. 276 pp. 東京大学出版会, 東京.
佐瀬 隆, 2003. 植物ケイ酸体. 地球環境調査計測事典 第1巻: 陸域編(竹内 均監修), 974-981. フジ・テクノシステム, 東京.
佐瀬 隆, 1986. 十和田火山起源の完新世テフラを母材にする火山灰土壌のプラントオパール分析. ペドロジスト 30: 102-114.
佐瀬 隆・細野 衛, 1999. 青森県八戸市, 天狗岱のテフラ—土壌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. 第四紀研究 38: 353-364.
佐瀬 隆・細野 衛・三浦英樹, 2011. 植物珪酸体群集変動からみた北海道における最終間氷期以降のササの地史的動態—ササを指標とした積雪・温量環境の推定—. 植生史研究 20: 57-70.
佐瀬 隆・細野 衛・高地セリア好美, 2008. 三内丸山遺跡の土壌生成履歴—植生環境, 人の活動および黒ボク土層の関係—. 植生史研究 16: 37-47.
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・山縣耕太郎・細野 衛・木村 準, 2004. 石狩低地帯南部, テフラ—土壌累積層に記録された最終間氷期以降の植物珪酸体群の変遷—特にササ類の地史的動態に注目して—. 第四紀研究 43: 389-400.
山縣耕太郎, 1994. 支笏およびクッタラ火山のテフロクロノロジー. 地学雑誌 103: 268-285.
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.

(2013年4月8日受理)