

原 著

川村弥生¹・紀藤典夫²：洞爺湖周辺における 最終氷期前期の木材化石群集と森林植生の復元

Yayoi Kawamura¹ and Norio Kito²: Early Last Glacial forest vegetation
reconstructed from fossil wood assemblages around Lake Toya,
southern Hokkaido, Japan

要 旨 北海道の洞爺湖周辺において洞爺火砕流堆積物に覆われる層準および火砕流堆積物内から、最終氷期前期の木材化石群集を見出した。産出した木材化石の属構成をもとに下位からI帯, II帯, III帯の化石帯に区分した。I帯はトウヒ属, カラマツ属, モミ属などからなる。II帯はハンノキ属・ヤナギ属やバラ属, スイカズラ属など落葉広葉樹が多い。III帯はカバノキ属とトウヒ属が産出した。I帯では、亜寒帯針葉樹が卓越しており、湿生地にはヤナギ属, スイカズラ属が生育していたと考えられる。II帯は、湿生地の植生を反映していると考えられる。II帯からはトウヒ属・モミ属・カバノキ属花粉が高い割合で産出し、後背地には亜寒帯針葉樹林が成立していたと考えられる。III帯も同様に亜寒帯針葉樹林が成立していたと考えられる。洞爺テフラ (Toya) の年代およびこれまでの花粉分析による研究結果に基づくと、本研究のI～III帯は、酸素同位体ステージ5d～5cに対比される。本地域の木材化石群集は、これまでに知られる花粉組成と調和的で、花粉分析で検出された分類群が森林の主要構成要素となっていたと考えられる。最終間氷期から最終氷期への気候の変化が北海道の大きな植生の変化をもたらしたのは、北海道が冷温帯落葉広葉樹林と亜寒帯針葉樹林の境界近くに位置していたからであろう。

キーワード：最終氷期前期, 木材化石, 亜寒帯林, 古植生, Toya, 北海道

Abstract Early Last Glacial fossil wood assemblages were found in and below the Toya Pyroclastic Flow Deposits (Tpfl) around Lake Toya (Toya Caldera), Hokkaido. Among the assemblages, three fossil zones were recognized (in an ascending order): Zone I consisting of *Picea*, *Larix* and *Abies*, accompanied with *Salix* and *Lonicera*; Zone II of deciduous trees and shrubs such as *Alnus*, *Salix*, *Rosa*, and *Lonicera*; and Zone III of *Betula* and *Picea*. A boreal coniferous forest mixed with *Salix* and *Lonicera* was reconstructed from Zone I assemblage. Zone II reflected wetland vegetation. A preliminary pollen analysis of Zone II indicated that *Picea*, *Abies*, and *Betula* dominated boreal coniferous forests on adjacent upland of the fossil wood sites. Zone III also indicated boreal coniferous forest. Zone I - III were correlated to Oxygen Isotope Stages 5d - 5c based on the age of Toya Tephra and proposed pollen zones in Hokkaido. A good correlation of wood assemblages with known pollen assemblages indicates that the forest was composed mainly of taxa detected by pollen analyses. Drastic vegetation change from the Last Interglacial to Last Glacial reconstructed in Hokkaido may be attributed to its location near the cool-temperate forest/boreal coniferous forest boundary.

Key words: Early Last Glacial, fossil woods, subboreal forest, paleovegetation, Toya, Hokkaido

はじめに

第四紀の気候変動に伴う植生変遷の研究は数多く知られているが、その多くは最終氷期中期・後期から完新世についてのもので、最終氷期前期以前の植生については未だ不明の点が多い。最終氷期中期や後期は、第四紀の中でも最も寒冷な時期で、特に後期には頻繁に気候変化が起っていたが、最終氷期前期は、最終氷期の中では間氷期に最も近い酸素同位体

比を示し、寒冷化の程度は大きくなかったと推定される。

北海道における最終間氷期から最終氷期前期の植生変遷については、山田ほか (1981), 近藤ほか (1996) によって花粉分析による研究が行われている。これらの研究により、酸素同位体ステージ5eでは、コナラ属, ニレ属およびクルミ属などからなる冷温帯性落葉広葉樹林が成立しており、最終氷期前期にあたる酸素同位体ステージ5d - 5bでは、トウヒ

¹ 〒052-0021 伊達市末永町 57-33 ヴィザージュ末永 2-1

2-1, Visage-Suenaga, 57-33, Suenaga-cho, Date City, Hokkaido, 052-0021 Japan

² 〒040-8567 函館市八幡町 1-2 北海道教育大学函館校地学教室

Institute of Earth Science, Hakodate Campus, Hokkaido University of Education, 1-2, Hachiman-cho, Hakodate, 040-8567 Japan

属, モミ属, カラマツ属, カバノキ属などからなる亜寒帯針葉樹林が形成されていたことが明らかにされている。しかしながら, これまでの研究の多くは花粉分析に基づいており, 木材や種実化石などの大型植物化石に基づく研究はわずかに知られているにすぎない (例えば矢野, 1972; Ooi *et al.*, 1997)。

現地性の木材化石群は, 氾濫堆積物や火砕流堆積物内に取り込まれる以外には保存されることが少ないので, 産出する層準が限られている。したがって, 木材化石だけから植生の時間的な変化をとらえることは一般には難しいが, 同一層準での組成の変化から, 立地条件に対応した植生の空間分布を明らかにすることができる。また, 木材化石は堆積場所の周辺でかつて森林を構成していた樹木分類群の量比を最も近似的に表現しようと考えられている (能城・鈴木, 1987)。

北海道南西部の洞爺湖周辺は, 最終氷期前期に噴出した洞爺火砕流堆積物に広く覆われており, その co-ignimbrite ash である洞爺テフラ (Toya) は, 北日本の地層の広域対比のための重要な指標となっている (町田ほか, 1987)。この洞爺火砕流堆積物の下位層準からは, 比較的連続して豊富に木材化石が産出する。本研究は, この最終氷期前期の木材化石群集から森林植生を復元することを目的とした。

調査地域の地質および木材化石の産状

調査地域は, 洞爺湖の北西約 6 km に位置する真狩村及び豊浦町にまたがる貫気別川^{ぬっきべつ}周辺, 洞爺湖の南方約 10 km に位置する長流川^{おさる}流域, 留寿都村^{るすつ}周辺および黒松内町^{ねっぶ}熱帯である (図 1)。調査地域周辺の基盤岩類は新第三系の火山岩類や堆積岩類から構成されている。これらの新第三系堆積物を第四系が不整合に覆う。第四系は, 砂層・シルト層・泥炭層や火砕流堆積物・火山灰層からなり, しばしば木材化石を産出する。ここでは, 第四系を下位より A 層, 長流川火砕流堆積物 (町田ほか, 1987), B 層, 洞爺火砕流堆積物 I~IV に区分した。

この地域の第四系は, これまで「土場層」(太田, 1956), 「美和層」(土居ほか, 1958) などと呼ばれ“瀬棚統” (長尾・佐々, 1933) に対比されていた。しかし, 筆者らの調査によるとこれらの地層は洞爺火砕流堆積物の一部や長流川火砕流堆積物を包含し, 泥炭〜シルト層, 砂層などを一括していることから, 本論ではこれらの名称は用いない。洞爺火砕流堆積物はこれらの第四系を整合に覆っているが, 新第三系を直接不整合に覆う地域もみられる。また, 洞爺火砕流堆積物は, 粘土・ローム層や洞爺火砕流堆積物の二次堆積物・クッタ第 2 テフラ (Kt2) からなる真狩別層 (長尾・佐々, 1933) に覆われる。

1 A 層

本層は, 新第三系を不整合に覆い, 長流川火砕流堆積物に整合に覆われる。円礫層, シルト〜粘土層, 泥炭層と給源不明の火砕流堆積物および火山灰の互層からなる河川性の堆積物で, 岩相は場所によって著しく異なる。最大層厚は約 20 m である。本層は, 鈴木ほか (1970) の上長和層の下部に相当する。

貫気別川下流域 (図 2) では, 円礫層, シルト〜粘土層, 砂層などからなる河川堆積物が厚く発達しており, 複数の火山灰層を挟む。地点 2 では, 本層は背斜構造をしており, 露頭上流側における地層の走向・傾斜は N37°W, 30°S である。最下部の円礫〜シルト層内から木材化石が産出した。長流川流域では, 最大層厚約 15 m のシルト〜粘土および砂礫層が認められ, 断層によって褶曲している部分もみられる。

得られた木材化石は, 層相と化石の産状から運搬され堆積したものと思われる。採取された木材化石は 29 点で, ほとんどが径数 cm 以下の幹・枝材である。貫気別川地点 2 では 7 点が得られた。地点 3 (オロエンヌキベツ川) では 22 点が得られた。

2 長流川火砕流堆積物 (Osr; 町田ほか, 1987)

本層は, A 層を整合に覆い, B 層に整合に覆われる。主に灰色の粗粒火山灰とよく粉碎された白色の軽石からなり, 層厚は貫気別川流域では約 5 m, 長流川流域では約 3 m である。下部にはベースサージ堆積物 (厚さ約 10 cm) が認められ, しばしば下位層準のシルト層が堆積岩岩脈として貫入する。長流川流域では, 主に礫からなる河川性堆積物中に挟み, 上部はクロスラミナが発達しており二次堆積物となっている可能性がある。また, 層厚約 1 m の降下火山灰と思われる白色の細粒火山灰も認められる地点もある。鉱物組成は, 長石・石英, 単斜輝石・斜方輝石, 白色の岩片および火山ガラス (パミス型) である。本層には多量の未炭化の炭化材および木材化石が含まれる。分布範囲の詳細は明らかではないが, 長流川流域および貫気別川流域に認められる。町田・山縣 (1996) は, 長流川火砕流堆積物直下の砂礫層は, 層位および標高 (15 m) より, 酸素同位体ステージ 5e の段丘堆積物であるとした。

得られた木材化石のほとんどは火砕流によって運搬され堆積したものと思われる。採取された木材化石は 109 点, 炭化材は 17 点で, ほとんどが幹・枝材である。貫気別川の地点 5 では, 86 点の木材化石と 16 点の炭化材を採取した。この地点において本層内に含まれる 104 点の木材化石および炭化材の堆積方向について測定した結果, 50%以上が北西〜南東方向に配列していた (図 3)。木片の卓越方向は岩屑流の流走方向とほぼ一致する (宝田, 1991) ことから, 本層の流走方向は北西〜南東方向であったと考えられる。地点 6 では, 4

点の木材化石が得られた。この中の1点は、根株である。地点7では、ベースサージ堆積物内から9点の木材化石が産出した。地点3ではベースサージ堆積物内から9点の木材化石(うち1点は根株)、火砕流堆積物内から1点の炭化材が得ら

れた。

3 B層

本層は、長流川火砕流堆積物を整合に覆い、後述の洞爺火

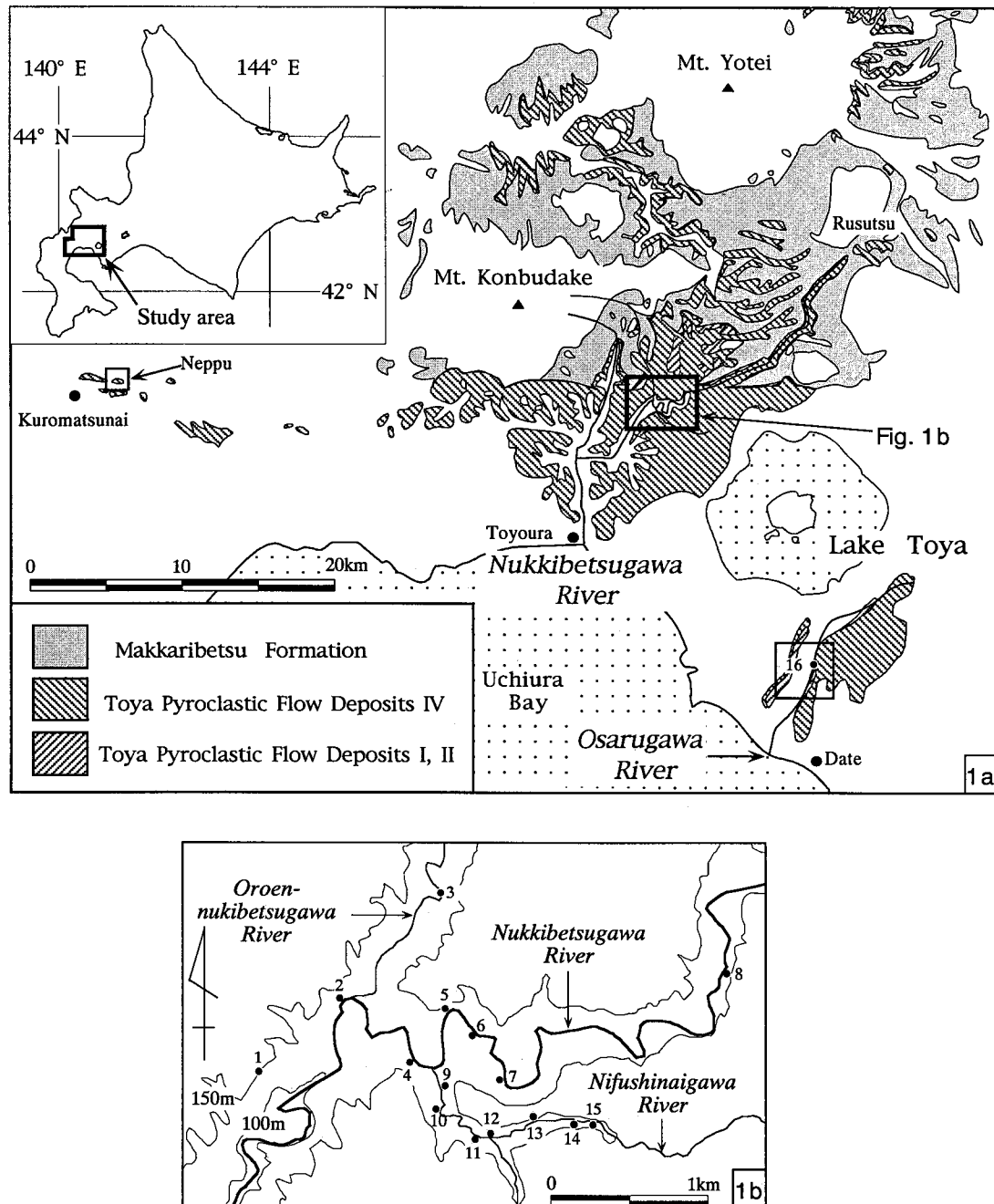


図1 a) 調査地域および洞爺火砕流堆積物の分布範囲(真狩別層の一部は、洞爺火砕流堆積物IVであると思われる)。b) 洞爺湖北西部における調査地域。調査地点の番号は、図2の柱状図の番号に対応する。

Fig. 1 a) Location of sampling sites and distribution of Toya Pyroclastic Flow Deposits (A part of the Makkariibetsu Formation is probably equivalent with Tplf IV). b) Location of sampling sites in the northwestern region of the Toya Lake. Site numbers correspond to columnar sections of Fig. 2.

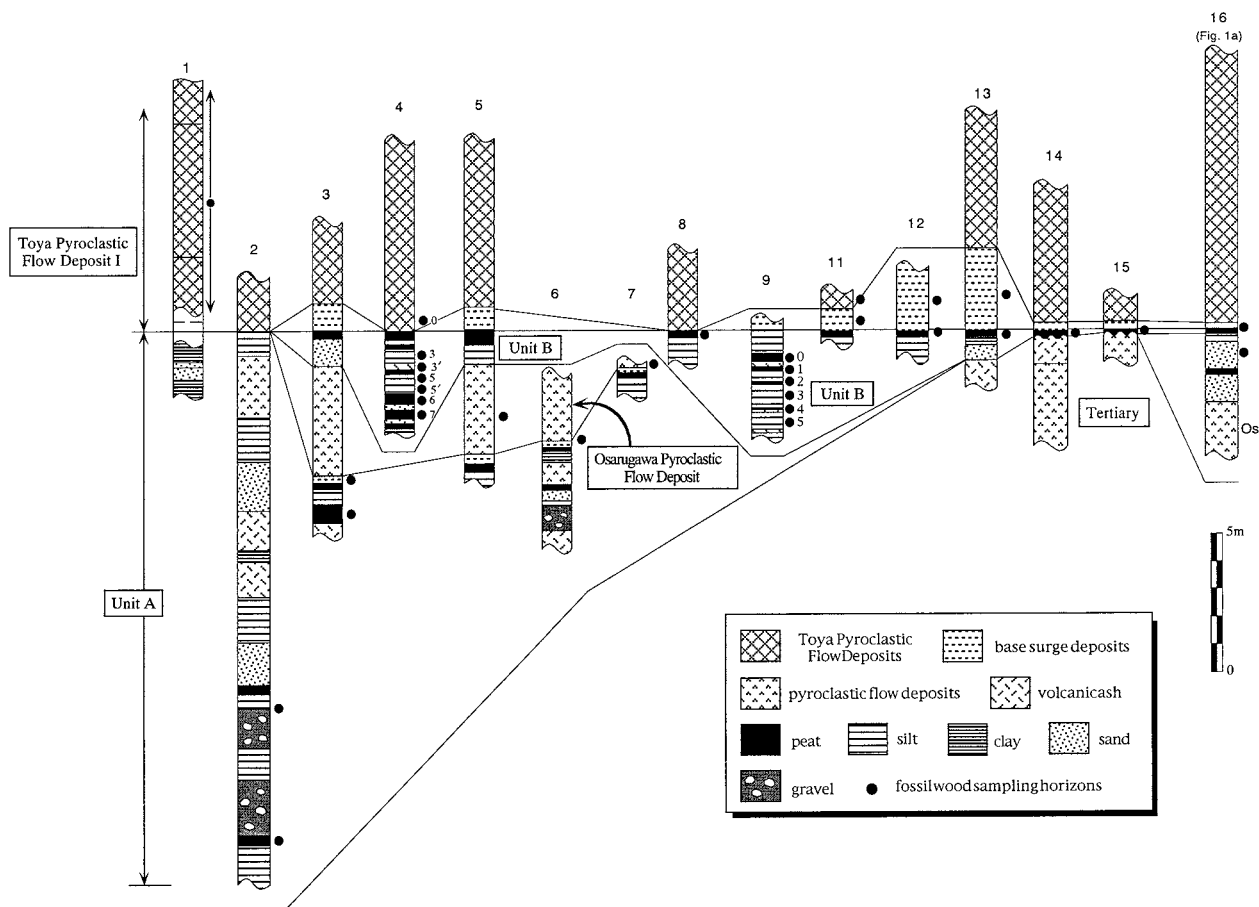


図2 柱状対比図。柱状図の位置は、図1を参照。

Fig. 2 Correlation of columnar sections of sampling localities. See Fig. 1 for site location.

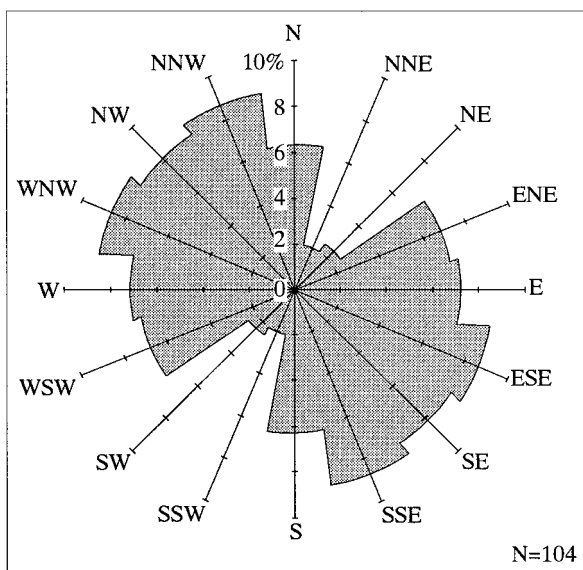


図3 長流川火砕流堆積物（地点5）内から産出した材化石の方向。

Fig. 3 Orientation frequency of fossils wood in Osarugawa Pyroclastic Flow Deposit at Nuk kibetsugawa River site (site 5).

砕流堆積物 I に整合に覆われる。泥炭層、シルト～粘土層および砂層からなり、下位の長流川火砕流堆積物の二次堆積物が認められる部分もある。最大層厚は約 5 m。本層には複数の層準にわたって木材化石が含まれ、上位の洞爺火砕流堆積物 I との境界付近からは比較的多くの木材化石が産出する。

貫気別川流域の地点 4 では、泥炭層とシルト～粘土の互層が約 3 m の厚さで発達している。本地点では正断層による B 層の褶曲が著しい。地点 9 では、泥炭層とシルト～粘土の互層の厚さが約 5 m に達する。上流の地点 14 および 15 では、第三系の火砕流堆積物の上位に、約 5 cm の厚さの黒色腐植土が直接累重する。長流川流域では、このような黒色腐植土層と泥炭層とシルト～粘土の互層があわせて約 3 m の厚さになり、この層の上部から木材化石が産出した。

得られた木材化石は運搬され堆積したものと思われる。採取された木材化石は 115 点、炭化材は 1 点で、ほとんどが幹・枝材である。貫気別川の地点 4 では、35 点の木材化石および 1 点の炭化材を得た。ニフシナイ川の地点 9 では 71 点の木材化石、長流川流域からは 9 点の木材化石が得られた。

4 洞爺火砕流堆積物（Tpfl：池田・勝井，1986）

本層は、B層を整合に覆うが、一部の地域でA層を不整合に覆う火砕流堆積物である。上位には本層の二次堆積物や他のテフラが累重する。池田・勝井（1986）、町田・山縣（1996）にしたがい、下位からTpfl I、Tpfl II、Tpfa、Tpfl III、Tpfl IVに区分した。Tpfl IおよびIIからは103～134 kaのTL年代（高島ほか，1992）が、またTpfl IV（＝熱郭火砕流堆積物）は 0.13 ± 0.03 MaのFT年代（奥村・寒川，1984）が得られている。洞爺テフラ（Toya; Tpfl IVと同層位）は段丘堆積物との層位関係などから最終間氷期最盛期後の海退期（酸素同位体ステージ5d初期）に噴出したとされる（白井ほか，1997）。

貫気別川流域では、下位からベースサージ堆積物、Tpfl IあるいはTpfl IIが認められる。下流域では、ベースサージ堆積物が認められない地点もある。ニフシナイ川流域では、下位からベースサージ堆積物、Tpfl IあるいはTpfl IIが認められる。地点13では、層厚3 mのベースサージ堆積物のラミナが発達する。ニフシナイ川流域のベースサージ堆積物内には木材化石が含まれ、そのすべてがほとんど炭化していない。地点3では、A層、Osr、B層の上位に厚さ1 mのベースサージ堆積物、約3 mのTpfl Iが累重する。

長流川流域では、すべてのユニットが認められる。Tpfl Iが厚さ10 m以上堆積しており、下部にはラミナが発達したベースサージが認められる。下流域では、層厚20 m以上の洞爺火砕流堆積物が堆積するのが認められる。下位より、層厚5 m以上のTpfl IおよびII、層厚約1 mのTpfa、層厚約1 mのLag breccia、層厚10 m以上のTpfl IIIあるいはIVである。

熱郭川流域（Np）では、灰色のシルト層（厚さ20 cm以上）の上位に、層厚10 m以上のTpfl IVが認められる。中～上部には、炭化材が含まれる。

Tpfl I内およびTpfl Iに埋積されたB層最上部から産出した木材化石は84点、炭化材は1点で、ほとんどが幹・枝材である。地点1では、炭化材を1点得た。地点4では、B層とTpfl Iの境界から15点の木材化石が産出する。中には、Tpfl I直下の泥炭層に根を張るものも認められた。地点8では、Tpfl I直下の泥炭層内から1点の木材化石を得た。ニフシナイ川の地点11では、ベースサージ堆積物内から9点、Tpfl I内から2点の木材化石を採取した。地点12では、ベースサージ堆積物内やB層との境界から25点の木材化石が得られた。B層に根を張るものもあり、中には1点の根材を含む。地点13では、ベースサージ堆積物内やB層との境界から11点の木材化石が得られた。地点14では、Tpfl I直下の黒色土層内から4点の木材化石を得た。そのうち1点は根株である。地点15では、Tpfl I直下の泥炭層内から木材化石を1点得た。長流川流域において、Tpfl IとB層との境界から得られた木材化石は6点、ベースサージ堆積物内から得られ

た木材化石は12点である。

熱郭川流域のTpfl IVの中～上部からは7点の炭化材が得られた。すべて幹・枝材である。

4. 調査地点周辺の現植生

調査地域は標高100～150 mで、冷温帯落葉広葉樹と亜寒帯針葉樹が混交する汎針広混交林帯に位置する。低地および台地上の平坦地のほとんどは耕作地として利用されている。台地斜面や山地の自然植生は、主として落葉広葉樹林からなる。洞爺湖北西部ではシラカンバ、ミズナラ、イタヤカエデ、ケヤマハンノキ、オノエヤナギ、ヤマグワなどからなる二次林が広い範囲で認められ、急傾斜地や尾根部にはトドマツが散生する。また、トドマツやカラマツなどの植林地もみられる。洞爺湖南東部では、ミズナラ、トチノキ、ハリギリ、イタヤカエデ、ハウノキ、シラカンバなどからなる二次林が認められる。

研究 方法

採取した木材化石は流水で十分に洗浄した後、三断面（木口・柾目・板目）の切片を剃刀で採取し、ガムクロールで封入してプレパラートを作成し、光学顕微鏡で観察した。また、炭化材は恒温乾燥機で十分に乾燥（約70℃、24時間）させた後、三断面を剃刀で3 mm角前後のブロックとして割り取り、走査電子顕微鏡で観察した。

木材化石群集は試料採取地点周辺の局地的な植生に強く影響されるため、洞爺火砕流堆積物直下の泥炭層（地点9）については、より広域の植生を反映する花粉組成を予想的に分析した。試料はKOH-acetolysis法により処理し、樹木花粉を約200個カウントした。

結 果

1 産出木材化石の記載

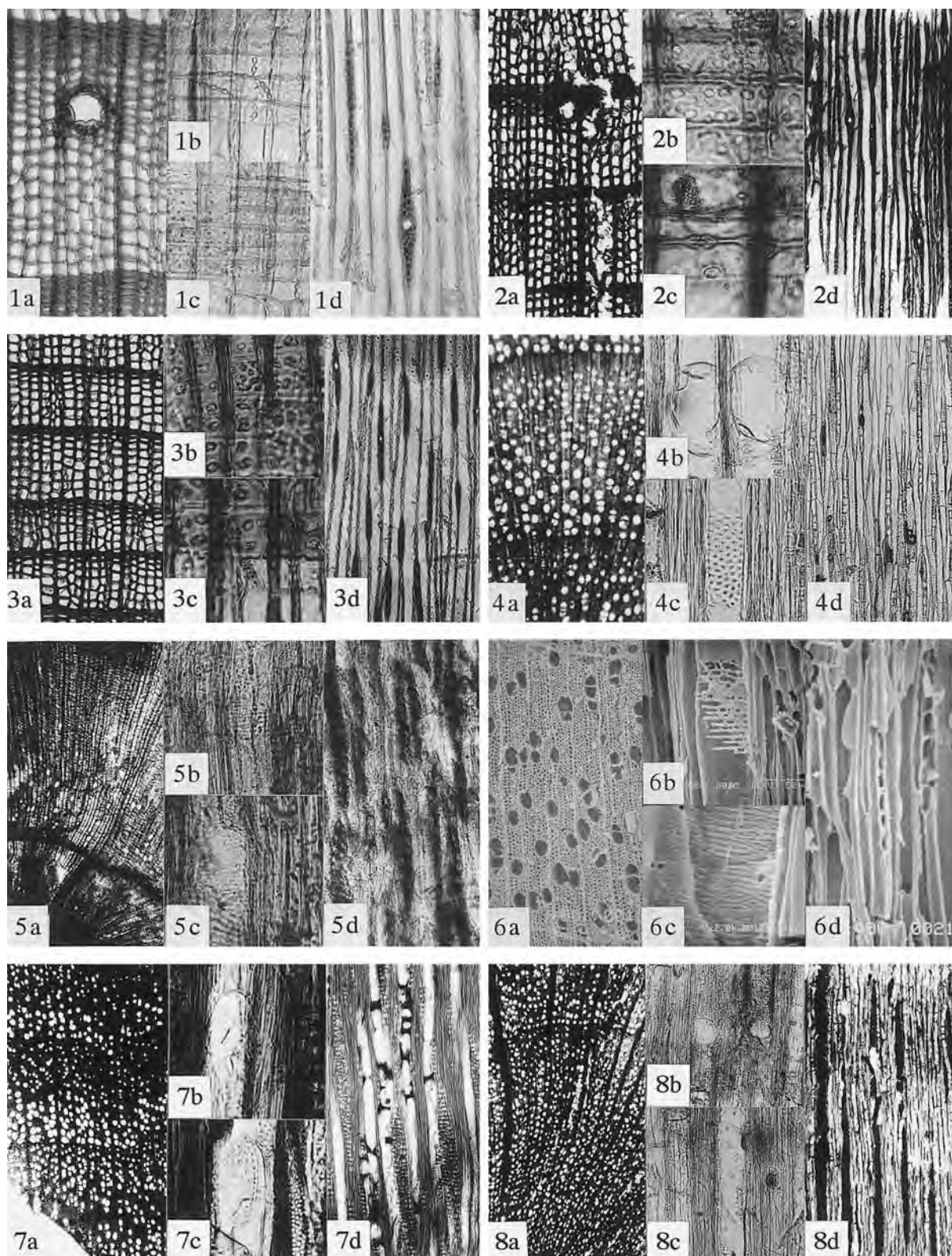
針葉樹3分類群、落葉広葉樹11分類群が得られた。以下に、これらの形態と同定の根拠を記載する。

トウヒ属 *Picea* (図4, 1a～1d)

早材から晩材への移行はゆるやかであり、垂直樹脂道は早材部に分布することが多い。放射仮道管の有縁壁孔対の断面は、壁孔対の先端がやや角張っており孔口は比較的小さい。有縁壁孔対の断面が検出されないものは、早材から晩材への移行がゆるやかであること、仮道管の壁が比較的厚く、径が小さいことよりトウヒ属と同定した。

カラマツ属 *Larix* (図4, 2a～2d)

早材から晩材への移行は比較的急で、垂直樹脂道は晩材部に分布する。早材の仮道管の壁は比較的薄い。有縁壁孔対の断面は、壁孔対の先端が丸みをおび、孔口も比較的大きい。



根材は、樹脂細胞が多く、早～晩材への移行は比較的緩やかである。そのほかは幹・枝材と同じ特徴を持つ。

モミ属 *Abies* (図4, 3a～3d)

垂直および水平樹脂道は認められない。早材から晩材への移行は比較的ゆるやか。分野壁孔はスギ型あるいはヒノキ型。放射仮道管は認められない。根材は、木口の仮道管の壁はやや厚く丸みを帯びている。年輪幅は狭く不明瞭。そのほかは幹・枝材と同じ特徴を持つ。

ヤナギ属 *Salix* (図4, 4a～4d)

小型の道管が分布する散孔材。単穿孔を有し、壁孔は交互状に密在する。放射組織はすべて単列で異性。幹もしくは枝材は、木口の年輪界は波状を示す。

ハンノキ属 *Alnus* (図4, 5a～5d)

得られた11点はすべて根材である。道管は、環孔材のように年輪の最内部に偏る傾向がある。集合放射組織も顕著ではない。道管の穿孔は階段が10～30本の階段状で、壁孔は交互状に密在する。放射組織は集合放射組織のほかはすべて単列。

カバノキ属 *Betula* (図4, 6a～6d)

炭化材のみが得られた。小型の道管が単独あるいは放射方向に複合し、均一に分布する散孔材。道管の穿孔は階段が10数本の階段状で、小型の壁孔が密在する。放射組織は単列または少数列である。

サクラ属 *Prunus* (図4, 7a～7d)

小型の道管が分布する散孔材。単穿孔を有し、壁孔は交互状に密在する。側壁にはらせん肥厚が認められる。放射組織は単～3列で同性あるいは異性。根材は、小型の道管がまばらに分布する。年輪界はやや不明瞭。そのほかは幹・枝材と同じ特徴を持つ。

バラ属 *Rosa* (図4, 8a～8d)

小型の道管が散在する半環孔材。大型の集合放射組織をもつ。道管の穿孔は単穿孔で、側壁には対列壁孔が見られる。小道管にはらせん肥厚が存在する。放射組織は1～7列。幹もしくは枝材は、髓の付近では小型の道管が単独でまばらに分布する散孔材。

キイチゴ属? *Rubus?* (図5, 9a～9d)

木口は1年輪に満たないため、同定不可能。大型の集合放射組織が認められる。道管の側壁には対列壁孔、小道管にはらせん肥厚が存在する。放射組織は異性で1～7列。

トネリコ属 *Fraxinus* (図5, 12a～12d)

直径の大きい道管が年輪界に沿って配列する環孔材。道管の穿孔は単穿孔で、側壁には交互壁孔が見られる。放射組織は同性で1～3列。幅の広い紡錘形である。

ハシドイ属? *Syringa?* (図5, 13a～13d)

木口は保存状態が良くないため、同定不可能。小型の道管が散在する散孔材。道管の穿孔は単穿孔で、側壁には交互

図4 材化石の顕微鏡写真 (1).

1. トウヒ属: a, 木口面, 垂直樹脂道 (×85); b, 柁目面, 放射仮道管有縁壁孔対 (×170); c, 柁目面, トウヒ型分野壁孔 (×160); d, 板目面: 水平樹脂道 (×85). 2. カラマツ属: a, 木口面, 垂直樹脂道 (×15); b, 柁目面, ヒノキ型分野壁孔 (×160); c, 柁目面, 放射仮道管有縁壁孔対 (×200); d, 板目面: 水平樹脂道 (×15). 3. モミ属: a, 木口面, 仮道管 (×80); b, 柁目面, スギ型分野壁孔 (×160); c, 柁目面, じゅず状末端壁 (×200); d, 板目面, 放射柔細胞 (×80). 4. ヤナギ属: a, 木口面, 散孔材 (×15); b, 柁目面, 単穿孔 (×80); c, 柁目面, 導管相互壁孔 (×80); d, 板目面, 異性放射組織 (×40). 5. ハンノキ属 (根材): a, 木口面, 散孔材 (×10); b, 柁目面, 階段穿孔 (×80); c, 柁目面, 交互壁孔 (×100); d, 板目面, 放射柔細胞 (×40). 6. カバノキ属 (炭化材): a, 木口面, 散孔材 (×45); b, 柁目面, 階段穿孔 (×180); c, 柁目面, 導管相互壁孔 (×600); d, 板目面, 放射柔細胞 (×270). 7. サクラ属: a, 木口面, 散孔材 (×10); b, 柁目面, 単穿孔 (×100); c, 柁目面, 交互壁孔 (×100); d, 板目面, 放射柔細胞 (×25). 8. バラ属: a, 木口面, 散孔材 (×10); b, 柁目面, 単穿孔 (×50); c, 柁目面, 交互壁孔 (×50); d, 板目面, 放射柔細胞 (×10). 6a-d (走査電子顕微鏡写真) を除いて, すべて光学顕微鏡写真.

Fig. 4 Photomicrographs of fossil woods (1).

1. *Picea*: a, Cross section (CS) showing an axial resin canal (×85); b, Radial section (RS) showing bordered pit-pairs of ray tracheids (×170); c, RS showing piceoid pits (×160); d, Tangential section (TS) showing a horizontal resin canal. 2. *Larix*: a, CS showing an axial resin canal; b, RS showing cupressoid pits; c, RS showing bordered pit-pairs of ray tracheids; d, TS showing radial resin canals. 3. *Abies*: a, CS (×80); b, RS showing taxodioid pits (×160); c, RS showing nodular ends walls (×200); RS showing ray (×80). 4. *Salix*: a, CS showing diffuse-porous wood (×15); b, RS showing simple perforations of vessels (×80); c, RS showing alternate intervessel pitting (×80); d, TS showing heterocellular rays (×40). 5. *Alnus* root: a, CS showing diffuse-porous wood. (×10); b, RS showing a scalariform perforation of a vessel (×80); c, RS showing alternate pitting of vessel walls (×100); d, TS showing ray (×40). 6. *Betula*: a, CS showing diffuse-porous wood (×45); b, RS showing a scalariform perforation of a vessel. (×180); c, RS showing alternate intervessel pitting (×600); d, TS showing ray (×270). 7. *Prunus*: a, CS showing diffuse-porous wood (×10); b, RS showing a simple perforation of a vessel (×100); c, Radial section showing alternate pitting of vessel walls (×100); d, TS showing ray (×25). 8. *Rosa*: a, CS showing diffuse-porous wood (×10); b, RS showing simple perforations of vessels (×50); c, RS showing alternate pitting of vessel walls (×50); d, TS showing tall ray (×10). All optical photomicrographs, except for fig. 6a-d (SEM photographs).

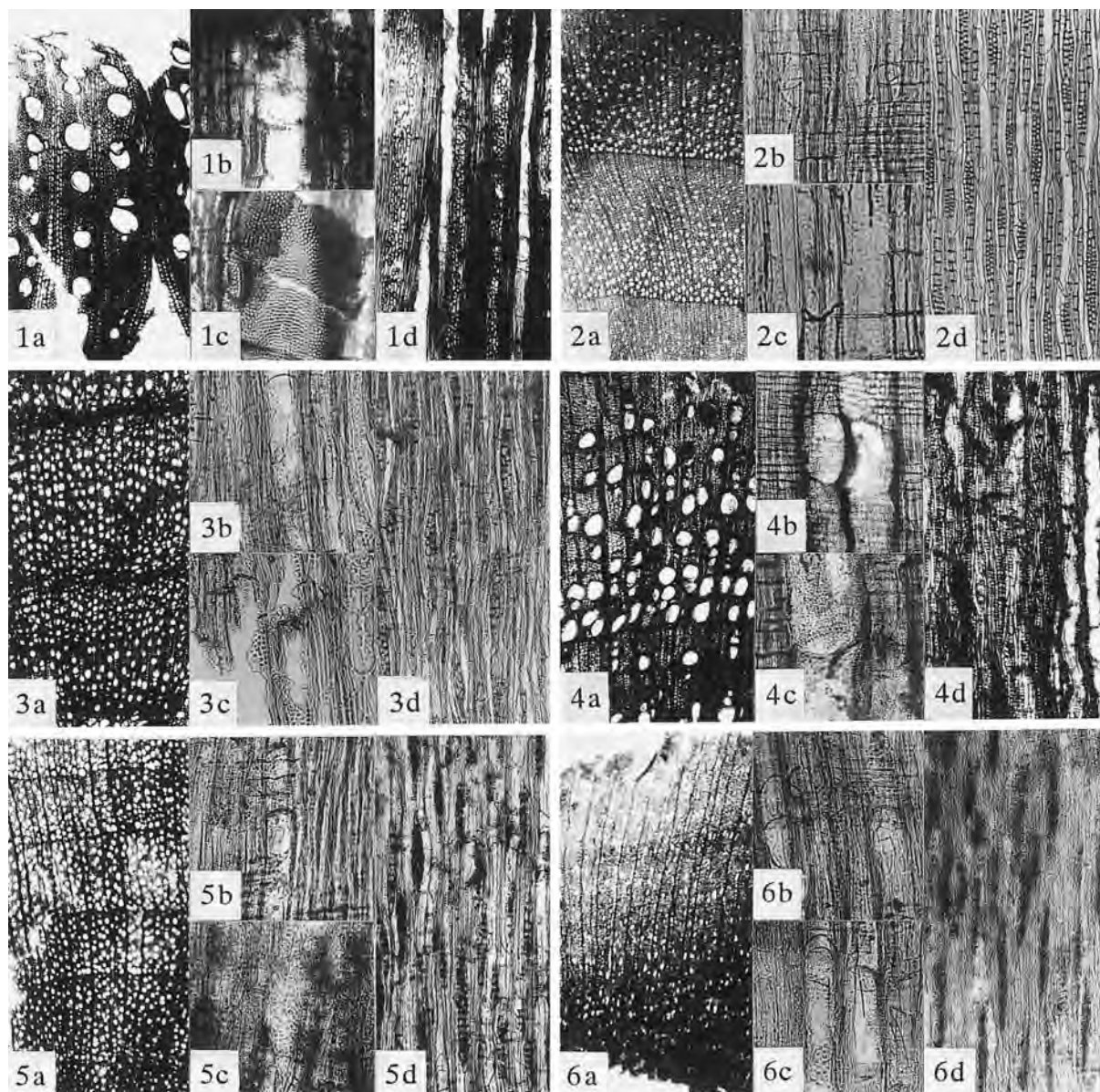


図5 材化石の顕微鏡写真 (2).

1. キイチゴ属? : a, 木口面, 散孔材 ($\times 10$); b, 柎目面, 单穿孔 ($\times 50$); c, 柎目面, 交互壁孔 ($\times 50$). d, 板目面, 放射柔細胞 ($\times 10$). 2. スイカズラ属: a, 木口面, 散孔材 ($\times 10$); b, 柎目面, 单穿孔 ($\times 50$); c, 柎目面, 交互壁孔 ($\times 100$); d, 板目面, 放射柔細胞 ($\times 25$). 3. ニワトコ属: a, 木口面, 散孔材 ($\times 10$); b, 柎目面, 单穿孔 ($\times 50$); c, 柎目面, 交互壁孔 ($\times 50$); d, 板目面, 放射柔細胞 ($\times 25$). 4. トネリコ属: a, 木口面, 環孔材 ($\times 10$); b, 柎目面, 单穿孔 ($\times 25$); c, 柎目面, 交互壁孔 ($\times 50$); d, 板目面, 放射柔細胞 ($\times 10$). 5. ハシドイ属? : a, 木口面, 散孔材 ($\times 10$); b, 柎目面, 单穿孔 ($\times 50$); c, 柎目面, 交互壁孔 ($\times 50$); d, 板目面, 放射柔細胞 ($\times 25$). 6. イボタノキ属? : a, 木口面, 半環孔材 ($\times 10$); b, 柎目面, 单穿孔 ($\times 50$); c, 柎目面, 交互壁孔 ($\times 50$); d, 板目面, 放射柔細胞 ($\times 25$). すべて光学顕微鏡写真.

るいは対列壁孔が見られる。放射組織は同性で1～3列。

イボタノキ属? *Ligustrum?* (図5, 14a～14d)

木口は1年輪に満たなく保存状態が良くないため、同定不可能。やや大きめの道管が年輪界に沿って配列する半環孔材。年輪の境界は細かい波状を示す。道管の穿孔は単穿孔で、側壁には交互あるいは対列壁孔が見られる。放射組織は異性で1～3列。

スイカズラ属 *Lonicera* (図5, 10a～10d)

小型の道管が散在し、大きめの道管が年輪界に沿って配列する半環孔材。道管の穿孔は単穿孔で、側壁には交互あるい

は対列壁孔が見られる。単列放射組織と、2～3列の多列放射組織が混じる。根材は、小型の道管がまばらに分布する。

ニワトコ属? *Sambucus?* (図5, 11a～11d)

小型の道管が分布する散孔材。道管の穿孔は単穿孔で、側壁には交互あるいは対列壁孔が見られる。放射組織は異性で1～4列。

2 木材化石群集帯の区分

木材化石の組成の層位的分布をもとに、下位よりI～III帯の3つの木材化石帯に区分した(図6)。各地点から産出した

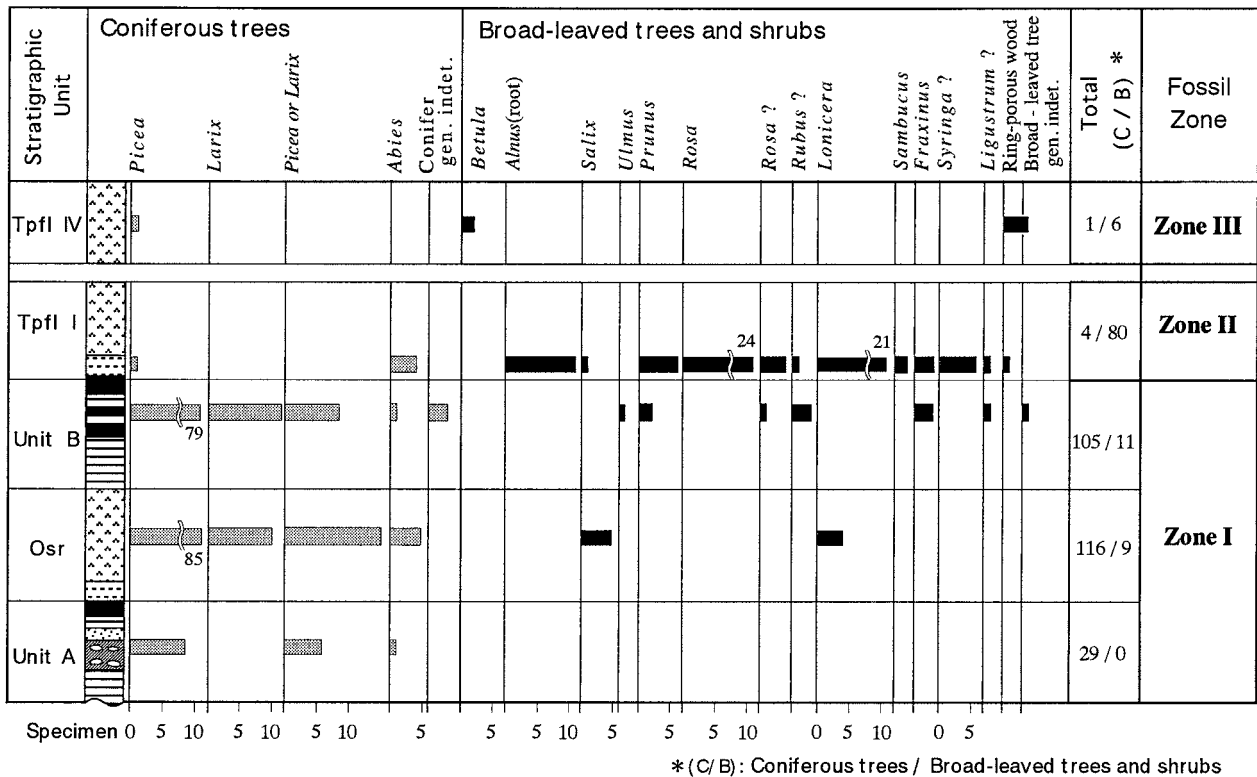


図6 材化石および炭化材の産出数。

Fig. 6 Summary of fossil wood and carbonized wood.

Fig. 5 Photomicrographs of fossil woods (2).

1. *Rubus*?: a, Cross section (CS) showing ring-porous wood ($\times 10$); b, Radial section (RS) showing simple perforations of a vessel ($\times 50$); c, RS showing alternate pitting of a vessel wall ($\times 50$); d, Tangential section (TS) showing tall ray ($\times 10$). 2. *Lonicera*: a, CS showing diffuse-porous wood ($\times 10$); b, RS showing simple perforations of vessels ($\times 50$); c, RS showing alternate pitting of vessel walls ($\times 100$); d, TS showing heterocellular ray ($\times 25$). 3. *Sambucus*: a, CS showing diffuse-porous wood ($\times 10$); b, RS showing simple perforations of vessels ($\times 50$); c, RS showing alternate pitting of vessel walls ($\times 50$); d, TS showing homocellular ray ($\times 25$). 4. *Fraxinus*: a, CS showing ring-porous wood ($\times 10$); b, RS showing simple perforations of vessels ($\times 25$); c, RS showing alternate pitting of vessel walls ($\times 50$); d, TS showing homocellular ray ($\times 10$). 5. *Syringa*?: a, CS showing diffuse-porous wood ($\times 10$); b, RS showing simple perforations of vessels ($\times 50$); c, RS showing alternate pitting of vessel walls ($\times 50$); d, TS showing homocellular ray ($\times 25$). 6. *Ligustrum*?: a, CS showing semi-ring-porous wood ($\times 10$); b, RS showing simple perforations of vessels ($\times 50$); c, RS showing alternate pitting of vessel walls ($\times 50$); d, TS showing homocellular ray ($\times 25$). All optical photomicrographs.

木材化石の一覧表を表 1 に示した。

(1) I 帯

A 層, Osr, B 層内 (最上部を除く) から産出する木材化石群集に相当する。トウヒ属 (1 点の根株を含む) が最も多く, カラマツ属, モミ属を伴う。地点 7 においては, Osr のベースサージ堆積物内からヤナギ属, スイカズラ属が産出した。また, 地点 8 および地点 9 においては, B 層上部から, ニレ属, サクラ属, バラ属?, キイチゴ属?, トネリコ属が産出した。

(2) II 帯

Tpfl I 内および B 層最上部の層準から産出する木材化石群集に相当する。バラ属が最も多く, スイカズラ属, ハンノキ属, ハシドイ属?, サクラ属を伴う。また, ヤナギ属, バラ属?, キイチゴ属?, ニワトコ属, トネリコ属, イボタノキ属? が少数産出した。

(3) III 帯

Tpfl IV 内から産出する炭化材群集である。カバノキ属・トウヒ属あるいはカラマツ属からなり, 散孔材を伴う。

3 花粉組成

Tpfl I 直下 (地点 9) の泥炭層の花粉組成は, トウヒ属が

最も多く (329%), 次いでハンノキ属 (26.7%), カバノキ属 (21.4%), モミ属 (9.0%) で, コナラ属 (2.4%), ニレ属 (1.0%) であった。

考 察

1. 木材化石群から復元される植生

(1) I 帯

I 帯は, A 層の下部および Osr, B 層の層準に相当する。本帯から産出した木材化石は, Osr のベースサージ堆積物直下から産出するトウヒ属の根株 1 点を除いて, 全て異地性である。これらの化石群は Osr の噴出時前後に生育していた森林植生を反映していると考えられる。当時は, トウヒ属が卓越し, カラマツ属, モミ属をわずかに混じえる針葉樹林が成立していたと考えられる。

地点 7 の Osr のベースサージ堆積物に含まれるヤナギ属, スイカズラ属は, このベースサージ堆積物の直下に泥炭層が堆積していることから, 川沿いや湿地周辺に生育していたと考えられる。また, B 層内の複数の層準から木材化石および炭化材が産出する地点 9 においては, ニレ属・トネリコ属が産出する。

表 1 材化石および炭化材の産出数 (材化石/炭化材)

Table 1 Summary of fossil wood and carbonized wood (fossil wood / carbonized wood) obtained from the study area

Locality																												
Nukhibetsugawa River								Nifushinagawa River								Oroen-nukibetsugawa River				Osarugawa River			Neppugawa River					
Loc.	1	2	4	5	6	7	8	Total	Loc.	9	11	12	13	14	15	Total	Loc.	3	Total	Locality	OS	Total	Loc.	NP	Total			
Tpfl IV (flow dep.)																								Betula			/ 2	/ 2
																								Ring-porous wood			/ 4	/ 4
																								Picea or Larix			/ 1	/ 1
																								Total			/ 7	/ 7
Tpfl I (flow dep., Surge dep. & Peat)																												
Picea	/ 1							/ 1	Abies					3		3				Ainus	5	5						
Ainus			6					6	Prunus			5				5				Prunus	1	1						
Salix		1							Rosa		2	15				17				Rosa	1	1						
Rosa		6						6	Rosa ?			4				4				Rubus ?	1	1						
Lonicera		2					1	3	Lonicera		7		11			18				Fraxinus	2	2						
									Sambucus?		2					2				Syringa ?	7	7						
									Fraxinus					1		1				Ligustrum	1	1						
									Ring-porous wood						1	1												
Total			15				1	16 / 1	Total		11	24	11	4	1	51				Total	18	18						
Unit B																												
Picea			28 / 1					28 / 1	Picea		50					50				Prunus	2	2						
Picea or Larix		6						6	Larix		12					12				Rosa ?	1	1						
Conifer gen. indet.		1						1	Picea or Larix		3					3				Rubus ?	3	3						
									Abies		1					1				Fraxinus	2	2						
									Conifer gen. indet		2					2				Ligustrum	1	1						
									Ulmus		1					1												
									Fraxinus		1					1												
									Broad - leaved tree gen. indet.		1					1												
Total			35 / 1					35 / 1	Total		71					71				Total	9	9						
Oer																												
Picea			65 / 7	4				69 / 7									Picea	8 / 1	8 / 1									
Larix			10					10									Picea or Larix	1	1									
Picea or Larix			6 / 9					6 / 9																				
Abies			5					5																				
Salix						5		5																				
Lonicera							4	4																				
Total			86 / 16	4		9		99 / 16	Total								Total	9 / 1	9 / 1									
Unit A																												
Picea		4						4									Picea	18	18									
Picea or Larix		2						2									Picea or Larix	4	4									
Abies (?)		1						1																				
Total		7						7	Total								Total	22	22									
Total		157 / 18							Total		122						Total	31 / 1		Total	27		Total		/ 7			

これらのことから、本帯ではトウヒ属が優占し、カラマツ属、モミ属を伴う亜寒帯針葉樹林が成立し、湿潤地にはヤナギ属やスイカズラ属を伴っていたと考えられる。このような植生は、現在のサハリン南部の針葉樹を主とする植生（春木・松田，1992）に類似していると思われる。また、最終氷期後期の北海道の植生（小野・五十嵐，1991）にも類似している。

(2) II 帯

本帯は Tpf I 内および B 層最上部の層準に相当する。B 層の最上部に根を張って成育していた木材化石は現地性である。また、Tpf I 内およびベースサージ堆積物内から得られたものは運搬され堆積したものであるため、異地性と考えられる。

この層準から得られた木材化石は、ほとんどが広葉樹であり、特にバラ属、スイカズラ属が多く産出した。貫気別川流域では、B 層最上部から、ハンノキ属やヤナギ属、スイカズラ属などが産出する。これらはいずれも細い枝材である。また、ニフシナイ川では、スイカズラ属、バラ属、サクラ属などが産出する。これら 2 地点は非常に近接しており、堆積物はいずれの地点も泥炭である。したがって、これらの地点から産出した木材化石は低湿地およびその周辺の森林を形成していたものと考えられる。長流川流域では、ハシドイ属、トネリコ属、ハンノキ属などが産出する。この地点の堆積物は黒色土からなり、前述した 2 地点よりもやや乾燥した立地の植生を反映していると考えられる。このような植生は、現在のハンノキ・ヤチダモ・ハシドイなどからなる湿生林に類似していたと考えられる。

一方、B 層最上部の花分析の結果は、木材化石の組成と大きく異なり、トウヒ属が最も多く、モミ属・ハンノキ属・カバノキ属などが産出する。木材化石群集が湿生地などの限られた地域の植生を示していると考えられるのに対し、花分析の結果は丘陵地や山地斜面の植生の影響を受けていると考えられる。湿生地の背後には、トウヒ属・モミ属・カバノキ属ならなる亜寒帯針葉樹林が成立していたであろう。わずかに産出するトウヒ属・モミ属の木材化石はこのことを示すものとする。

(3) III 帯

Tpf IV の層準に相当する。本帯ではカバノキ属が多く、トウヒ属あるいはカラマツ属を伴って産出する。しかし、試料を採取できたのは 1 地点のみであり、採取された試料も 7 点と少ないこと、また、これらはすべて火砕流堆積物内から得られており、運搬され堆積したものであることから、本帯の植生を詳細に論じることは難しい。産出化石から判断すると、カバノキ属とトウヒ属あるいはカラマツ属が混交する亜寒帯針葉樹林が成立していたと考えられる。

2. 北海道の他地域との対比

最終間氷期～最終氷期前期における北海道の植生については、各地の花分析や大型植物化石の研究がある（図 7）。このうち、山田ほか（1980）による長万部地域の花分析分帯で、層位関係と年代測定値から最終氷期の堆積物とされている「蔵岱火山堆積物」は、筆者らの観察によれば火砕流堆積物で、構成物の組成（主として石英・斜方輝石からなる）から Tpf IV に対比される。したがって、ここでは山田ほか（1980）の *Betula-Abies-Quercus* 帯を Toya の直下の層準に対比した（図 7）。

本地域の Tpf I に覆われる II 帯は、Toya に基づいて対比すると、Ooi et al. (1997) がカバノキ属とカラマツ属の森林を復元した花粉帯（HBR-VI, TMM-IV, KTN-VI）、山田ほか（1981）の V 帯、近藤ほか（1988）の SH-VII 帯、山田ほか（1980）の *Betula-Abies-Quercus* 帯に対比される。本地域の I 帯は、II 帯に整合して下位に位置することから、最終間氷期（5e）以降 Toya 降灰までの寒冷期に対比される。しかし、各地で細分されている花粉帯のどの層準に対比されるかは明らかではない。

この対比に基づけば、Toya 直下の主要花粉組成や復元された森林は、トウヒ属・モミ属・カラマツ属・カバノキ属からなり地域によって優占する樹種が異なっているが、亜寒帯性針葉樹にカバノキ属を交えた森林が推定される点は共通している（図 7）。本調査地域の II 帯は、前述のように湿生地の局地的植生を反映しているが、後背地に亜寒帯性針葉樹が生育していたと推定され、北海道の他の地域と共通している。I 帯の木材化石群は、灌木類を除けば、主としてトウヒ属・カラマツ属・トドマツ属からなり、これまでに知られる花粉組成と極めて調和的である。したがって、本地点の木材化石の組成からは、花分析で検出されにくい分類群が森林の主要構成要素とはなっていなかったと考えられる。

3. 東北地方との対比

日比野（1991）によれば、東北地方南部では最終間氷期から最終氷期前期には、ツガ属・マツ属・カバノキ属などからなる温帯針葉樹林から、ブナ属・コナラ属・スギ属からなる冷温帯林への変化が認められている。その後、トウヒ属・モミ属などからなる亜寒帯針葉樹林へと大きな植生変化を示し、これは最終氷期の前半（8～9 万年前）に位置づけられている。東北地方北部においても同様に、最終氷期前期（Toya テフラを挟む層準）において、コナラ属・ブナ属・スギ属を主とし、トウヒ属・モミ属をわずかに伴う花粉組成が得られている（白石・竹内，1999）。

東北地方では、このように最終氷期前期にはスギ属を交えた温帯林が支配的であった。しかし、北海道では前述のように冷温帯性広葉樹林から亜寒帯針葉樹林へという植生変遷が

認められ、亜寒帯針葉樹林の南限は長万部町（山田ほか，1980，の分析地点）より南に位置していた。東北地方と北海道におけるこの植生変遷の違いは、北海道が冷温帯林と亜寒帯林の植生の境界付近に位置していたために、わずかな寒冷化に対して植生が著しく変化したものと考えられる。

最終氷期前期には、亜寒帯針葉樹林の分布南限は北海道南部以南に位置し（少なくとも長万部町以南）、いっぽう、スギ属の分布は東北地方北部まで達していた。現在は水平分布上、スギ属の分布北限と亜寒帯性針葉樹の分布南限の間を、両者がほとんど分布しない冷温帯落葉広葉樹林が隔てるが、最終氷期前期にはこの分布が相接近していたことを示唆する。このことは、東北地方南部の花粉分析（日比野，1991）で、最終氷期前期以降のスギ属の減少と同時にトウヒ属・ツガ属の増加が認められることと調和的である。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、北海道林業試験場の柳井清治氏には野外調査に同行していただくとともに多くの御助言をいただいた。東北大学理学部の鈴木三男教授、森林総合研究所の能城修一氏には木材化石の鑑定について御教示いただいた。北海道大学大学院理学研究科附属地震火山観測センターの岡田弘教授、西村裕一氏には調査の際に種々の便宜をはかっていただいた。北大大学院水産学研究科の清水幹博教授

授、伴修平博士（当時）には走査電子顕微鏡使用の便宜を図っていただいた。また、野外調査時には多くの方々にはお世話になった。以上の方々に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- 土居繁雄・松井公平・藤原哲夫. 1958. 5 万分の 1 地質図幅「豊浦」及び説明書. 40 pp. 北海道地下資源調査所, 札幌
- 春木雅寛・松田 彊. 1992. サハリン中・南部における針葉樹林の種構成と構造. 北海道大学農学部演習林研究報告 **49**: 335-362
- 日比野紘一郎・守田益宗・宮城豊彦・八木浩司. 1991. 山形県川樋盆地における 120000 年 B. P. 以降の植生変遷に関する花粉分析的研究. 宮城県農業短期大学学術報告 **39**: 35-49
- 池田稔彦・勝井義雄. 1986. 洞爺カルデラ噴出物の火山地質学的研究. 49 pp. 北海道大学修士論文（手記）.
- 近藤 務・五十嵐八枝子・嵯峨山 積. 1988. 北海道静川台地の中～上部更新統. ～特に最終間氷期中の寒冷期および相対的海水準変化の検討～, 地質学雑誌 **94**: 343-359
- 近藤 務・五十嵐八枝子・吉田充夫・赤松守雄. 1984. 北海道苫小牧市静川ボーリング・コアにみられる第四系. 第四紀研究 **22**: 313-325
- 近藤 務・五十嵐八枝子・吉田充夫・井上俊和・平 信行・山崎正道・岡村 聡・前田寿嗣・嵯峨山積・菅原 誠・国分公貴・安井 賢. 1996. 石狩低地帯最南部地下の第四系. ～特に最終間氷期の相対的海水準変化の検討～. 地質学雑誌 **102**: 312-329
- 町田 洋・新井房夫・宮内崇裕・奥村晃史. 1987. 北日本を広くお

Age (ka)	Haboro-Tomamae (Ooi et al., 1997)	Hiroo (Ooi et al., 1996)	Atsuma-Mukawa (Yamada et al., 1981)	Sizukawa Hills (Kondo et al., 1984, 1988)	This study	Oshamambe (Yamada et al., 1980)
Marker Tephra	Reconstructed vegetation	Main Pollen Assemblage	Main Pollen Assemblage	Main Pollen Assemblage	Wood fossil Zone	Pollen Zone
60	4	HRO- VIII <i>Picea, Larix</i> VII <i>Picea</i> VI <i>Picea, Larix</i>				
80	5a	<i>Betula</i> forest temp. broadleaf forest	V <i>Ulmus</i>			
Aso-4	5b	<i>Larix</i> and <i>Picea</i> forest	IV <i>Picea, Larix</i> III <i>Picea</i> II <i>Picea, Salix</i> I <i>Alnus, Picea</i>			
100	5c	<i>Picea</i> and temperate broadleaf forest		SH- VII <i>Picea, Abies Betula, Larix</i>	Zone III Zone II	<i>Betula-Abies-Quercus</i> <i>Picea-Abies</i> <i>Abies-Picea-Betula</i> <i>Picea-Betula</i>
Toya	5d	<i>Betula</i> and <i>Larix</i> forest <i>Larix</i> forest <i>Picea</i> forest <i>Larix</i> and <i>Betula</i>	V <i>Abies, Picea Betula</i> IV <i>Quercus, Juglans Fagus</i>		Zone I	
Kc-Hb	5e			VI <i>Quercus, Ulmus...</i> V <i>Picea, Larix, Abies</i> IV <i>Quercus, Ulmus, Fagus</i> III <i>Picea, Abies, Betula</i> II <i>Larix, Picea, Betula</i>		
120	6					
140						

OIS: Oxygen isotope stage

図 7 北海道の最終間氷期・最終氷期前期の花粉分帯と対比。

Fig. 7 Correlation of Last Interglacial and early Last Glacial pollen zones in Hokkaido.

- おう洞爺火山灰. 第四紀研究 **26**: 129-145
- 町田 洋・山縣耕太郎. 1996. 有珠山・山麓における洞爺テフラの層序. 第四紀露頭集〜日本のテフラ. 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会: 48-49
- 長尾 巧・佐々保雄. 1933. 北海道南西部の新生代層と最近の地史. 地質学雑誌 **40**: 555-577
- 能城修一・鈴木三男. 1987. 木材遺体群集からなにが分かるか. 植生史研究 No.2: 13-25
- 奥村晃史・寒川 旭. 1984. 洞爺火砕流 (Tpfl) の分布と絶対年代. 火山 第2集 **29**: 338
- 小野有五・五十嵐八枝子. 1991. 北海道の自然史. 219 pp. 北大図書刊行会, 札幌
- Ooi, N., Tsuji, S., Danhara, T., Noshiro, S., Ueda, Y. and Minaki, M. 1997. Vegetation change during the early last Glacial in Haboro and Tomamae, northern Hokkaido, Japan. Review of Palaeobotany and Palynology **97**: 79-95
- Ooi, N., Tsuji, S. and Minaki, M. 1996. Pollen assemblages from early last glacial peat sediments at Hiroo, Hokkaido, Japan. Jpn. J. Histor. Bot. **4**: 5-12
- 太田良平. 1956. 5万分の1地質図幅「虻田」及び説明書. 76 pp. 地質調査所, 川崎.
- 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
- 白石建雄・竹内貞子. 1999. 秋田県男鹿半島における上部更新統層序の再検討. 第四紀研究 **38**: 29-39
- 鈴木 守・松井公平・東 三郎・大場与志男. 1970. 伊達町の地質. 69 pp. 北海道立地下資源調査所, 札幌
- 宝田晋治. 1991. 岩屑流の流動・堆積機構—田代岳火山起源の岩瀬川岩屑流の研究—. 火山第2集 **36**: 11-23
- 高島 勲・山崎哲良・中田英二・湯川公靖. 1992. 北海道洞爺湖周辺の第四紀火砕岩及び火山岩の TL 年代. 岩石鉱物鉱床学会誌 **87**: 197-206
- 山田悟郎. 1992. 苫前段丘堆積物を構成する泥炭層の花粉組成について. 北海道開拓記念館調査報告 No.31: 1-10
- 山田悟郎・三野紀雄・矢野牧夫・瀬川秀良・尾上博章・日下 哉. 1980. 北海道渡島半島の第四系より産出する植物化石 IV. 北海道開拓記念館研究年報 No.8: 37-49.
- 山田悟郎・和田信彦・赤松守雄. 1981. 苫小牧東方地域の中・上部更新統. 一とくに厚真-鶴川付近の丘陵地域—, 地下資源調査所報告 No.52: 31-55
- 矢野牧夫. 1972. 北海道十勝平野における象化石包含層の植物遺体について. 地球科学 **26**: 12-19

(2003 年 6 月 30 日受理)