

原 著

守田益宗¹・神谷千穂²・那須浩郎³・百原 新⁴：
北海道根釧地方における湿原表層の花粉スペクトル

Yoshimune Morita¹, Chiho Kimiya², Hiroo Nasu³ and Arata Momohara⁴：
Pollen spectra of surface samples from mires in the Konsen District,
eastern Hokkaido, Japan

要 旨 花粉化石による古植生復元のための基礎資料を得る目的で、北海道の6湿原においてミズゴケの moss-polster の花粉組成を周囲の植生と比較した。周辺に森林が未発達なユルリ島湿原と、歯舞湿原、豊里湿原では遠距離飛来花粉の比率が高く、高木花粉の約20%が北海道南部で遠からの飛来花粉であった。ユルリ島湿原に近くアカエゾマツ湿地林に囲まれた落石岬湿原では、高木花粉比率がユルリ島湿原より高かったが、遠距離飛来花粉は前記3湿原と同程度の出現率であった。高木花粉のうち *Picea* の出現率は、湿原近傍のアカエゾマツ林の存在を反映して、平均16%を示した。周辺に森林が発達し、面積の広い霧多布湿原と別寒辺牛湿原では、高木花粉比率は上記の湿原より低く、周囲の森林から多量の高木花粉が供給されているにもかかわらず、さらに多量の草本花粉が広い湿原内から供給されていた。北海道南部で遠からの飛来花粉の比率は他の4湿原よりやや低い値を示した。花粉飛散力が小さいとされる *Larix* 花粉は、付近にカラマツ植林地が存在する別寒辺牛湿原では全地点で検出されたが、付近にカラマツ林のない湿原でも低率ながら9~4割の地点で検出された。以上の結果、非森林域では、森林域よりも遠距離飛来花粉の比率は高く、個々の遠距離飛来高木花粉の出現率は地点間の差が小さくなり、こうした遠距離飛来花粉や高木花粉の地点間のバラツキの解析によって、森林域と非森林域の区別が可能となる。

キーワード：遠距離飛来花粉、現生花粉スペクトル、森林域、非森林域、北海道

Abstract Pollen spectra from *Sphagnum*-polster samples at six mires in the Konsen District, eastern Hokkaido, Japan, are compared. Pollen spectra at the Yururi-toh mire on an unforested island showed high ratios of pollen transported long-distance, with 20% of tree pollen from areas southern than southern Hokkaido. Pollen spectra at the Habomai and the Toyosato mires in an unforested area were quite similar to that of the Yururi-toh mire. The tree pollen ratio at the Cape Ochiishi mire were higher than at the Yururi-toh mire, but long-distance transported pollen occurred similarly as at the above three mires. Here *Picea* pollen occupied 16% of tree pollen, reflecting the existence of surrounding *Picea glehnii* mire forest. The tree pollen ratio at the Kiritappu and the Bekanbeushi mires near large woodland were less than at other mires, because herb pollen is supplied more from within these wide mires than tree pollen from outside. At these two mires pollen from areas southern than southern Hokkaido occurred slightly less than at other mires. Thus, within unforested areas, long-distance transported pollen occur more and percentages of respective tree pollen types vary less between study sites, and estimation of these may allow demarcation between woodlands and meadows.

Key words: long-distance transported pollen, modern pollen spectrum, meadow, Hokkaido, woodland

はじめに

花粉や胞子は、大気中に放出された後、気象や地形など様々な要因により複雑な経路をたどって運搬・堆積する (Birks & Birks, 1980)。また、植物の種類によって花

粉や胞子の生産量や散布力は異なり、堆積物中での保存性も様々である (Traverse, 1988)。そのため、花粉化石群から過去に存在した植生の復元をおこなう花粉分析では、植生と花粉群との関係を明らかにしておくことが重要であり、

¹ 〒700-0005 岡山市理大町1-1 岡山理科大学自然植物園

Botanical Garden, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Okayama 700-0005, Japan

² 〒101-8301 東京都千代田区神田駿河台1-1 明治大学

Meiji University, 1-1 Surugadai, Kanda, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8301, Japan

³ 240-0193 神奈川県三浦郡葉山町湘南国際村 総合研究大学院大学葉山高等研究センター

Hayama Center for Advanced Studies, The Graduate University for Advanced Studies, Shonan Village, Hayama, Kanagawa 240-0193, Japan

⁴ 〒271-8510 千葉県松戸市松戸648 千葉大学園芸学部

Faculty of Horticulture, Chiba University, 648 Matsudo, Matsudo-shi, Chiba 271-8510, Japan

古くから多くの研究報告がある。守田 (2004) でも述べたように、例えば、表層堆積物から得られた花粉スペクトルと周囲の森林植生の構成比との比較 (Tsukada, 1958 など) や、異なる植生下における花粉スペクトルの比較 (五十嵐ほか, 2003 など)、花粉の散布・堆積様式のモデル化 (Sugita, 1994 など) などの研究があり、近年では欧米を中心として数十 km から大陸レベルまでの広域的な花粉群と植生との関係 (Prentice, 1978; Bradshaw & Webb III, 1985 など) が研究されている。これらの研究の中でも、森林が未発達な地域から得られる花粉群では、相当に広範囲から飛来・堆積した高木花粉を多く含むため、花粉出現率の解釈に大きな問題を生ずることが指摘されている。例えば、山岳上部に森林が未発達の場合には、それぞれの森林帯で生産された花粉は容易に森林帯を超えて散布されるので、山岳上部由来の花粉よりも下部の植生帯由来の花粉の方が多く検出される (守田, 1984; 佐々木, 1986 など)。また、森林植被を欠き樹木花粉の生産が少ないツンドラ域の花粉群では、遠距離飛来した *Pinus* が、森林ツンドラや亜寒帯林で得られる花粉群に匹敵するほど高率にみられることが知られている (Aario, 1940 など)。最終氷期最盛期の北海道中～北部の植生について、ツンドラあるいは parkland 的な植生が存在したか否かが、かねてより問題となっているもの (中村, 1973; 五十嵐・熊野, 1981 など)、このような視点に立脚した基礎的研究の蓄積が不十分なためであろう。

上記のように森林の有無そのものが焦点となる場合には、しばしば AP/NAP 比 (Faegri et al., 1989; Traverse, 1988 など)、指標植物の利用 (中村, 1968)、花粉流入量 (pollen influx) の測定 (Davis, 1967 など) などが試みられてきた。しかし、これらの方法には以下のような問題がある。1) AP/NAP 比は、堆積物採取地の植生の花粉生産量・散布力にも影響されるので、その場所由来の非樹木花粉や胞子の多寡によって、森林域であっても低い AP/NAP 比を示したり、非森林域でも高い AP/NAP 比を示すことがしばしば経験され、調査地点数が少ない場合には森林の有無を示す閾値設定が容易ではない (守田, 2004)。2) 一般に、花粉の同定精度は科または属の段階までであり指標植物花粉の選定が難しいことに加え、花粉生産量・散布力の劣るものでは検出できる可能性が低い。3) 花粉流入量の測定は、現在、最も有効と考えられるが、我国の場合には問題が多い。花粉流入量が有効なのは、流入河川などない閉鎖的な湖沼堆積物である。しかし、氷河湖が多くてこれらの堆積物の入手が容易な欧米とは異なり、我国では容積測定などが難しく、堆積速度も不安定な泥炭地堆積物を花粉分析の対象とするのが普通である。また、花粉流入量は、ある地点の時間軸にそった森林量の変化をとらえる

ことは可能でも、地点間の森林量の比較は困難である。これは、分析地点によって堆積盆の大きさや集水域が異なるため、たとえ周辺植生が同じであっても花粉流入量そのものが地点毎に異なるからである。したがって、この問題の解決には、森林域のみならず、非森林域の泥炭地における花粉群が質的・量的にどのように植生を反映しているのかの情報収集が必要不可欠であろう。

近年では、現生の表層花粉と植生や気候との対応関係を、データセットから統計的に抽出し、花粉群に当てはめることで植生型や気候を定量的に復元する試みが行われている (Gotanda et al., 2002; Nakagawa et al., 2003 など)。これらの試みは、他分野への応用も期待されており、今後の一つの方向性を示す研究であろう。また、百分率に基づいた花粉分析結果が利用できるのも、既存の研究成果をそのまま活用できる利点もある。しかし、現時点では、植生帯の規模が小さな場合や森林帯と非森林帯の境界あるいは特定の時代の気候値について、データの扱いやその復元精度などに問題がみられ、その解決には、いっそうのデータ収集とその成果に基づいたデータセットの整理や判別モデルの構築が必要であると言えよう。

本研究の対象地域である、根室・釧路地方の大部分は7月の平均気温が16°Cに達せず、吉良 (1949) の温量指数からみると45°C・月以下となり亜寒帯南限付近の地域である (森林立地懇話会, 1972)。現在より気温が7~8°C低下したと考えられている氷期には、最暖月でも10°Cを下まわることになりツンドラに近い環境であったことも十分に考えられる地域である。しかし、当時の古植生については未解明の部分も多い。筆者らは、目下、本地方の最終氷期以降の植生史解明にむけて調査を継続中であり、花粉分析 (守田, 2001a, b) や大型植物遺体分析と平行して、上記の視点から根室・釧路地方を中心に北海道各地の表層花粉データを収集している。これまでに、根室半島近くに位置し森林植被を欠如したユルリ島湿原から得られた花粉群では、遠距離飛来の高木花粉が全花粉・胞子の約3割を占め、その散布源も極めて広範囲に及んでいて、高木花粉のうち道南部で遠からの飛来花粉は平均2割を占めることがわかっている (守田, 2004)。そこで今回は、周辺の森林植生の規模や遠距離飛来花粉の多寡の視点から、根室・釧路地方に分布する6つの湿原の表層花粉スペクトルの違いとその特徴について報告する。

調査地の概要

根室半島では半島のやや西よりに位置する温根沼付近に、西部では一部にミズナラ *Quercus mongolica* var. *crispula* 林や、ダケカンバ *Betula ermanii* 林、ミヤマハンノキ *Alnus maximowiczii* 林なども認められるが、ひ

ろくはダケカンバやミズナラなどの広葉樹を少し混じえるエゾマツ *Picea jezoensis* var. *jezoensis* やトドマツ *Abies sachalinensis* からなる針葉樹林が分布している。一方、東部では所々にダケカンバや、ケヤマハンノキ *Alnus hirsuta*, ミズナラまたはカシワモドキ *Quercus × angustelepidota* が低木林を形成する以外はひろくミヤコザサ *Sasa nipponica* 草原が展開している。いわゆる根釧台地にはところどころイタヤカエデ *Acer mono* や、ナナカマド *Sorbus commixta*, トドマツをともなったミズナラ主体の広葉樹林やミヤコザサ草原がみられるが多くは牧野として利用されており、このような場所ではカラマツ *Larix kaempferi* や、ポプラ類 *Populus*, ドイツトウヒ *Picea abies* などの防風林がみられる。根釧台地の南東縁にあたる別寒辺牛川～フッポウ川周辺ではトドマツなどの常緑針葉樹やカラマツの植林地が広範囲にひろがっている。海岸部の厚岸から霧多布にかけては、トドマツやエゾマツなどの針葉樹林が多くみられる。これらの針葉樹林中にはダケカンバやミズナラなどが混生していることが多い。

次に調査地点の湿原について述べる。

1. ユルリ島湿原 (Fig. 1, no. 1)

ユルリ島は根室半島から最短約 3 km 沖合の東経 145° 35', 北緯 43° 12' に位置する, 東西・南北ともそれぞれ約 2 km, 周囲約 7.8 km, 面積約 170 ha の無人島である。すでに守田 (2004) で述べたように, 高さ約 20 ~ 30 m の海蝕崖に囲まれた島の内部はほとんど平坦で, いたるところに湿地がみられる。亜高木以上の樹木はほとんどみられず, わずかに高さが 3 ~ 4 m ほどのヤナギ *Salix* 林が島北東部の沢に沿って小林分を形成しており, エゾノコリンゴ *Malus baccata* やカンボク *Viburnum opulus* var. *calvescens* の小群落や, シラカンバ *Betula platyphylla* var. *japonica* やアカエゾマツ *Picea glehnii* などの稚樹が稀にみられるにとどまっている (田中, 1974: 斎藤, 1996)。島中央部には約 50 ha の湿原があり, その中心部には, 主にチャミズゴケ *Sphagnum fuscum* やスギゴケ類 *Polytrichum* からなるハンモック (hummock) が発達する高層湿原域がひろがり, その上にはヒメシヤクナゲ *Andromeda polifolia* や, クロマメノキ *Vaccinium uliginosum* var. *uliginosum*, ツルコケモモ *Vaccinium oxycoccus*, コケモモ *Vaccinium vitis-idaea*, ガンコウ

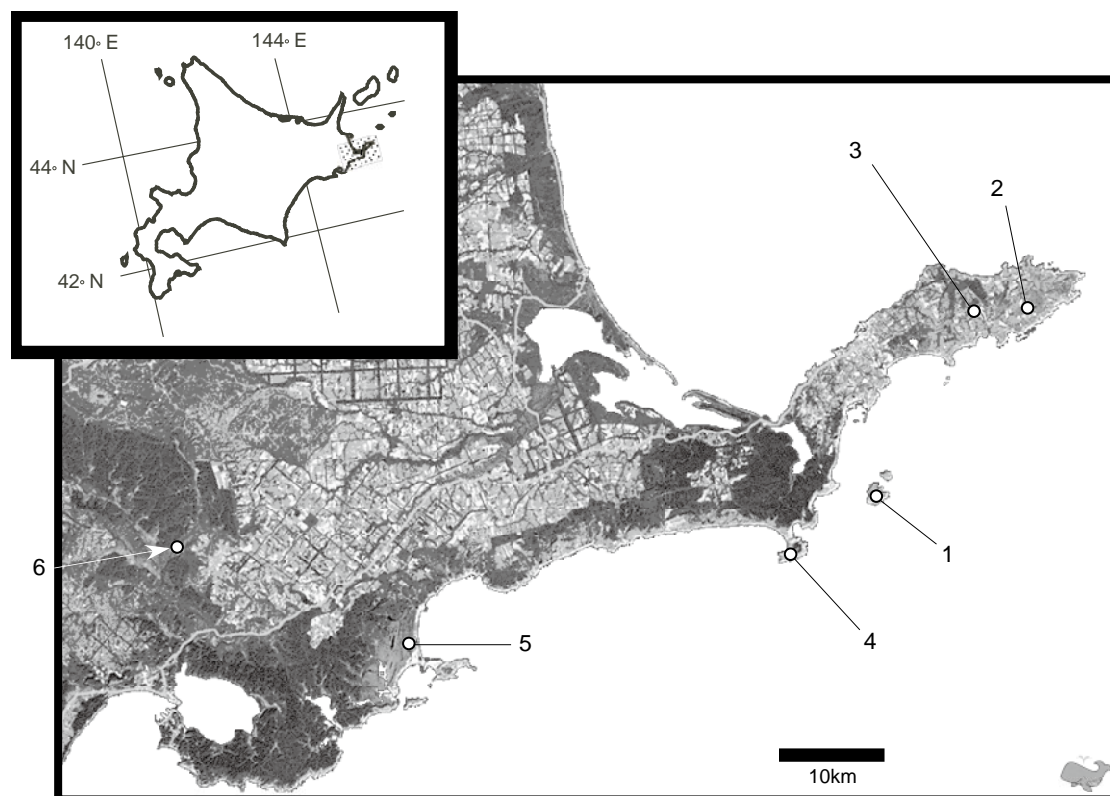


Fig. 1 Map of Hokkaido showing the location of study sites (1:250,000 based on the aerial photograph of ProAtlasX, ver. 2.5, Alps Mapping K.K., Japan). 1: Yururi-toh mire, 2: Habomai mire, 3: Toyosato mire, 4: Cape Ochiishii mire, 5: Kiritappu mire, 6: Bekanbeushi mire. Light and dark colored areas roughly correspond to grassland or arable land and to woodland, respectively.

ラン *Empetrum nigrum* var. *japonicum*, エゾイソツツジ *Ledum palustre* var. *yesoense*, ホロムイイチゴ *Rubus chamaemorus* などの矮小低木類がごく普通に高密度で認められる。また、高層湿原域を取り囲むようにイボミズゴケ *Sphagnum papillosum* や、ワタスゲ *Eriophorum vaginatum*, ホロムイスケ *Carex middendorffii* の優占する湿原が展開し、あちこちに谷地坊主を形成しており、ヌマガヤ *Moliniopsis japonica* もごく普通に認められる。さらにその湿原の周囲には、アキカラマツ *Thalictrum minus* var. *hypoleucum* や、チシマフウロ *Geranium erianthum* f. *erianthum*, ナガボノシロワレモコウ *Sanguisorba tenuifolia* var. *alba*, エゾリンドウ *Gentiana triflora* var. *japonica*, ツリガネニンジン *Adenophora triphylla* var. *japonica*, ミヤマアキノキリンソウ *Solidago virgaurea* subsp. *leiocarpa* など種々の広葉草本を混生するミヤコザサ草原が見渡す限りひろがっている。

2. 齒舞湿原 (Fig. 1, no. 2)

本湿原は根室半島東端の平坦な台地上にひろがる東経 145° 46', 北緯 43° 21' 30" 付近を中心とする東西約 3 km, 南北約 1 km の湿原である。橘ほか (1999) によれば、本湿原は、泥炭が台地の原地形を被う形で堆積したブランケット湿原の形状を呈する。湿原の大部分は高層～中間湿原域であり、小凸部には主としてチャミズゴケからなるハンモック上にコケモモや、ツルコケモモ、ガンコウラン、エゾイソツツジなどの矮小低木類がみられる。平坦部にはイボミズゴケが多く、ヌマガヤや、ワタスゲ、ホロムイスケが優占している。またヤチヤナギ *Myrica gale* var. *tomentosa* が普通に認められる。湿原内の沢筋にはケヤマハンノキやハンノキ *Alnus japonica* の生育がみられる。やや乾燥した場所ではイワノガリヤス *Calamagrostis langsdorffii* やミヤコザサの侵入が進んでいる。湿原周囲にはダケカンバや、ケヤマハンノキ、ミズナラなどの風衝林が点在するほか、牧草地とミヤコザサ草原が分布している。

3. 豊里湿原 (Fig. 1, no. 3)

豊里湿原は、齒舞湿原の西方約 4 km の東経 145° 42', 北緯 43° 21' の台地に位置する面積 10 ha 程度の湿原である。根室半島東部では、かつて湿原がひろく発達していたと考えられるが、本湿原も齒舞湿原同様、牧草地への転換を免れた湿原であろう。湿原植生もほぼ同様であるが、齒舞湿原よりもやや潤潤であり、ヌマガヤや、ワタスゲ、ホロムイスケが目立つものの、ヤチヤナギは少ない。湿原周辺にはやや規模の大きな樹高 5 m 程度のミズナラを主とする風衝林がみられる。

4. 落石岬湿原 (Fig. 1, no. 4)

守田 (2001a, b) では田中 (1975) に従い落石湿原とよんだ湿原であるが、落石付近には 3 つの湿原があり北海道湿原研究グループ (1997) では本湿原を「落石岬湿原」としていることからこの名称に訂正する。

落石岬湿原は根室半島西部の東経 145° 31', 北緯 43° 10' の落石岬にあり、標高約 50 m の平坦な台地上に位置している面積約 60 ha の湿原である。前述のユリ島からは約 7 km 離れている。周囲は樹高 15 m 程の天然生アカエゾマツ林で囲まれている。このアカエゾマツ林は純林をなし、林冠は密で林床にはコケ層が発達し、林縁を中心にミズバショウ *Lysichiton camtschaticense* が群生する。また、やや乾燥した立地ではヤマドリゼンマイ *Osmunda cinnamomea* が多くみられる (田中, 1975; 富士田ほか, 2002; 守田, 2001b)。湿原の多くは高層湿原域であり、ミズゴケ類からなるハンモック上にはコケモモや、ガンコウラン、エゾイソツツジ、ホロムイツツジ *Chamaedaphne calyculata* や、希少種のサカイツツジ *Rhododendron parvifolium* などの矮小低木類がみられる。高層湿原の南西部にはヌマガヤや、ワタスゲ、ホロムイスケが優占し、谷地坊主を形成する中間湿原がひろがっている。ここではヤチヤナギが多くみられる。さらにその外側にはヨシ *Phragmites communis* を主とする低層湿原が展開する。湿原周辺のアカエゾマツ林のさらに外側にはミヤコザサ草原がひろがりチシマフウロや、ツリガネニンジン、ナガボノシロワレモコウなどが混生するが、半島部にいたるとミズナラやダケカンバを伴うトドマツやエゾマツからなる森林や、場所によってはアカエゾマツやケヤマハンノキの多い森林がひろがっている。

5. 霧多布湿原 (Fig. 1, no. 5)

霧多布湿原は、浜中町の琵琶瀬湾に向かう海岸低地にひろがる面積約 3000 ha の湿原である。湿原面の標高は琵琶瀬川上流部では約 8 m であるが、大部分は 3 m 以下であり、大小 30 あまりの細長い沼が海岸線に平行して点在している。湿原中央部の高層湿原域約 800ha が国指定の天然記念物となっている。このような広大な湿原であるため、湿原植生も場所によって様々であり、橘ほか (1997) の植物社会学的調査によれば、ヌマガヤ-チャミズゴケ群落 1 基群集, 3 優占群落, ヌマガヤ-イボミズゴケ群落 4 基群集, ハンノキ-ヌマガヤ群落 2 基群集, ムジナスゲ *Carex lasiocarpa* var. *occultans* -ユガミズゴケ *Sphagnum subsecundum* 群落 1 基群集およびヨシ-イワノガリヤス群落 1 基群集が報告されている。試料調査地点は、湿原の東北方向にあるジュンサイ沼付近に位置しており、その植生はムラサキミズゴケ *Sphagnum magellanicum* や

イボミズゴケのカーペットがひろがり、ヌマガヤや、ワタスゲ、ヤチヤナギを混じえたヌマガヤ群落を展開している。また、滞水するような凹地部分にはヤチスゲやミカツグサ *Rhynchospora alba* もみられる。湿原西方の海岸沿いのびる丘陵部には、ダケカンバやミズナラなどが混生するトドマツやエゾマツなどの針葉樹林が多くみられるが、海岸からはなれるとミズナラが次第に多くなる。また、トドマツなどの常緑針葉樹の植林地もみられる。

6. 別寒辺牛湿原 (Fig. 1, no. 6)

本湿原は厚岸町市街地北方の別寒辺牛川および支流沿いの沖積地に発達する総面積約 8000 ha の広大な湿原である。その大部分は低層湿原であるが、トライベツ川が合流する別寒辺牛川中流域には約 40 ha にわたって高層湿原が発達している。佐藤ほか (2002) の植物社会学的研究によれば、高層湿原にはイソツツジ-チャミズゴケ群落や、イボミズゴケ群落、ホロムイソウ *Scheuchzeria palustris* - ミカツグサ群落、低層湿原にはヤチヤナギ-ムジナスゲ群落や、ヨシ-イワノガリヤス群落、ヤラメスゲ *Carex lyngbyei* 群落のほか、ハンノキ群落、ヌマガヤ群落、ホザキシモツケ *Spiraea salicifolia* 群落、ハルニレ *Ulmus davidiana* var. *japonica* 群落、ケヤマハンノキ群落がみられる。試料採取地点は、この高層湿原域の南方にあたり、付近は中間～低層湿原の植生が優占し、ムラサキミズゴケや、オオミズゴケ *Sphagnum palustre* などのミズゴケ類のほか、イソツツジや、ヌマガヤ、ワタスゲ、ヨシ、イワノガリヤス、ヒメシダ *Thelypteris palustris*、ヤマドリゼンマイなどが認められる。湿原周辺の丘陵にはカラマツやトドマツの植林やミズナラやシラカンバを主とする二次林がみられる。

花粉分析試料と方法

ユルリ島湿原では 20 地点、豊里湿原と齒舞湿原では各 16 地点、落石岬湿原では 29 地点、霧多布湿原と別寒辺牛湿原ではそれぞれ 5 地点の計 91 地点から花粉分析用試料を採取した (附表)。これらの試料には、湿原表層部のカーペットを形成する主にミズゴケ類あるいはスギゴケ類をともなったミズゴケ類からなる moss-polster を選んだ。また、これらは別寒辺牛湿原の試料を除き、いずれもハンモック上のもので、ミズゴケ類が互いに緊密にからみあっているものを選んだ。その理由は、1) moss-polster から得られる情報は、泥炭堆積物にそのまま応用できる可能性が高いうえ、植生改変スピードの速い現在では、泥炭より短期間の花粉を蓄積していると考えられるので考察しやすい。2) 多孔質のミズゴケの場合、水の移動に伴って花粉粒子が移動することも考えられ、小さな粒子ほど影響が大きいと思われるが、それをできるだけ避けるための 2 点である。

分析処理の手順や方法は、守田 (2004) にしたがった。すなわち、試料はチャック付ポリ袋に密閉して持ち帰り、4°C で保存し、乾燥することなくそのまま分析に使用した。花粉・胞子の分離には 50 ml または 100 ml のビーカーを使用し、試料はビーカー容量の約 1 / 3 を目安として、これに 10% KOH 溶液を約 2.5 倍量加え腐植を除去し、80 メッシュの金網で大きな夾雑物を除去後、遠沈管に移し替えた。比重 1.68 の $ZnCl_2$ 溶液で鉍物質と選別後、花粉・胞子化石以外の植物質をアセトリシス処理により除去し、グリセリン・ジェリーに包埋して、検鏡用プレパラートとした。花粉・胞子の同定は主として接眼レンズは 12.5 倍、対物レンズは 20 倍 (NA:0.40), 40 倍 (NA:0.85), 100 倍 (NA:1.25) を使用し、必要に応じて位相差装置 (Ph:DL × 100) を用い、高木花粉 (tree pollen) の総計が 200 粒以上に達するまで続けることを目標とし、その間に出現するすべての花粉・胞子を記録した。検鏡途中で目標数に達した場合でも、プレパラートの全面を観察し終えるまでは同定作業を継続した。なお、これまでの経験から moss-polster では花粉含量が著しく少ないうえ、通常用いる泥炭や粘土などに比べ空隙率も大きく、精度のよい体積測定が難しいため花粉含量の定量は行わなかった。また、重量測定についても、乾燥した moss-polster では測定中にも値が変化するほど吸湿性が著しく、正確な測定が困難なため断念した。

表層花粉の研究では、花粉出現率と植生との対応関係を比較する関係上、花粉・シダ胞子の出現率計算には以下の点を考慮した。1) 湿原内および湿原近辺に生育する植物の花粉・胞子によって、それ以外の花粉・胞子の出現率が歪曲されるのを避ける。2) 1 とは逆に、堆積現場周辺に生育する植物の花粉・胞子の出現率が、遠距離飛来花粉によって影響されるのを避ける。3) 既存の研究との比較を考慮して従来の算出法とできるだけ共通性をもたせる。具体的には以下の方法で出現率を求めた。すなわち、高木花粉では高木花粉総数を基本数として、その他の花粉・シダ胞子は高木花粉を除いた花粉・シダ胞子の合計をそれぞれ基本数として百分率で求めた。ただし、コケ胞子及び藻類遺骸は基本数には含めず、これらの出現率の計算は花粉・シダ胞子の総計を基本数とした (Table 1)。

Table 1 The pollen sum for the calculation of percentages

Pollen	Pollen sum
Tree	Σ tree
Shrub	Σ non-tree + Σ fern
Herb	Σ non-tree + Σ fern
Fern	Σ non-tree + Σ fern
Other palynomorph	Σ tree + Σ non-tree + Σ fern

なお、本報告では、検出された花粉・胞子化石はラテン名で、現植生の構成種は和名で表示した。

各湿原における表層花粉分析の結果

花粉分析をおこなった6つの湿原で検出された花粉・胞子化石は、以下の如くである。

高木花粉 28種類

Pinus subgen. *Diploxylon*, *Pinus* subgen. *Haploxylon*, *Abies*, *Picea*, *Tsuga*, *Larix*, *Cryptomeria*, *Sciadopitys*, *Cupressaceae-Taxaceae*, *Podocarpus*, *Platycarya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Betula*, *Carpinus tschonoskii* type, other *Carpinus-Ostrya*, *Fagus crenata* type, *F. japonica* type, *Quercus* (deciduous type), *Quercus* (evergreen type), *Castanea-Castanopsis*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Celtis-Aphananthe*, *Cercidiphyllum*, *Acer*, *Aesculus*, *Tilia*

低木花粉 17種類

Ephedra, *Salix*, *Myrica*, *Corylus*, *Alnus* sect. *Alnus*, *Alnus* sect. *Alnaster*, *Euptelea*, *Prunus*, *Phellodendron*, *Rhus*, *Ilex*, *Araliaceae*, *Ericaceae*, *Fraxinus*, *Ligustrum*, *Lonicera*, *Viburnum*

草本花粉 52種類

Gramineae, *Cyperaceae*, *Typha*, *Eriocaulon*, *Lilium*, other *Liliaceae*, *Iridaceae*, *Lysichiton*, other *Monocotyledoneae*, *Moraceae*, *Urticaceae*, *Fagopyrum*, *Polygonum*, *Persicaria*, *Rumex*, *Reynoutria*, *Caryophyllaceae*, *Chenopodiaceae-Amaranthaceae*, *Aconitum*, *Coptis*, *Clematis* type, *Ranunculus*, *Thalictrum*, other *Ranunculaceae*, *Brasenia*, *Drosera*, *Macleya*, other *Papaveraceae*, *Cruciferae*, *Agrimonia*, *Sanguisorba*, other *Rosaceae*, *Leguminosae*, *Geranium*, *Impatiens*, *Epilobium*, *Umbelliferae*, *Utricularia*, *Plantago lanceolata*, other *Plantago*, *Menyanthes*, *Gentiana*, *Phlox*, *Cuscuta*, *Labiatae*, *Boraginaceae*, *Patrinia*, *Adenophora*, *Lobelia*, *Artemisia*, other *Carduoideae*, *Cichorioideae*

シダ胞子 8種類

1-lete type FS, 3-lete type FS, *Equisetum*, *Lycopodium serratum* type, other *Lycopodium*, *Osmundaceae*, *Ophioglossaceae*, *Lygodium*

コケ胞子 2種類

Sphagnum, *Anthocerotaceae*

その他のパリノモルフ 1種類

Spirogyra

また、6つの湿原における主要な花粉・胞子の出現率の最高値、最小値、平均値、変動係数を Table 2 に、花粉ダイアグラムを Fig. 2 に示した。Table 2 および Fig. 2 に示した高木花粉のうち、* を付したものは植栽を除けば北海道

道にその母樹の分布がみられないものを、** は北海道南部までに天然分布の限られている樹種を示している。また、*** を付した *Larix* は道内には天然分布はないものの、道内全域にわたってカラマツが大規模に植林されている。以下に、各湿原ごとの表層花粉スペクトルの特徴を記す。なお、ユルリ島湿原の結果は、すでに守田 (2004) に報告済みであるが、本研究の考察上、重要地点であるので再記載した。

1. ユルリ島湿原

花粉・シダ胞子総数に対する高木花粉総数の比率 (高木花粉比率) は、平均 31 (最大 49- 最小 17, 以下同様) % であった。高木花粉では、*Betula* が平均 38 (46-26) % と最優勢であり、次いで *Quercus* (deciduous type) の平均 20 (28-15) %, *Pinus* subgen. *Diploxylon* の平均 10 (14-5) %, *Cryptomeria* の平均 8 (20-4) % の順に多く検出されたが、*Pinus* subgen. *Diploxylon* と *Cryptomeria* では出現率に大きな違いはない。北方系針葉樹を標徴する *Abies* および *Picea* は、それぞれ平均 5 (10-1) % と平均 6 (13-2) % で検出され、両者の出現傾向は類似する。花粉・シダ胞子総数に対する低木花粉総数の比率 (低木花粉比率) および草本花粉の比率 (草本花粉比率) は、平均 11 (37-3) % と平均 52 (71-25) % を示し、両者とも地点間の差が大きかった。低木花粉では *Ericaceae* が比較的多く検出されたが、地点による出現率差は著しく、且つ、全く検出されない地点も 20 地点中 2 地点で認められた。草本花粉では、*Gramineae* と、*Cyperaceae*, *Sanguisorba* が多くを占めたが、これらも地点間の差が大きい。また、地点によっては other *Compositae* がやや多く検出された。風媒花粉とされる *Artemisia* でも平均 4 (12-2) % であった。*Sphagnum* は最大 403%, 最小 1% 以下で、20 地点中 14 地点が 3% 以下と、極端な差が認められた。

2. 歯舞湿原

本湿原の高木花粉比率、低木花粉比率、草本花粉比率は、それぞれ平均 34 (45-14) %, 平均 15 (26-5) %, 平均 44 (66-31) % であった。高木花粉のうち最優勢は *Betula* で平均 37 (49-32) % を示し、次いで *Quercus* (deciduous type) の平均 21 (31-16) %, *Cryptomeria* の平均 10 (20-4) %, *Pinus* subgen. *Diploxylon* の平均 8 (12-3) % の順であった。*Pinus* subgen. *Diploxylon* と *Cryptomeria* の出現率の順位関係はユルリ島湿原と逆となるが、その差は 2% 程度と小さい。*Abies* および *Picea* は、それぞれ平均 5 (8-1) % と平均 5 (10-2) % で検出された。低木花粉では *Myrica* と *Ericaceae* が比較的多くみられたが、地点による出現率差は著しく、後者では全く検出されない地点

Table 2 Maximum, minimum, and average pollen percentages for selected taxa and their relative standard deviation (c.v.) at the Yururi-toh, Habomai, Toyosato, Cape Ochiishi, Kiritappu, and Bekanbeushi mires. Data for the Yururi-toh mire from Morita (2004). * non-native to Hokkaido, ** native to southern Hokkaido and Honshu, *** exotic in Hokkaido (introduced from Honshu).

Taxon	Yururi-toh mire (n = 20)				Habomai mire (n = 16)				Toyosato mire (n = 16)				Cape Ochiishi mire (n = 29)				Kiritappu mire (n = 5)				Bekanbeushi mire (n = 5)			
	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.
<i>Pinus</i> subgen. <i>Diploxylon</i> **	14	5	10	0.3	12	3	8	0.3	10	3	6	0.3	19	3	9	3.5	19	5	12	0.4	13	6	8	0.4
<i>Pinus</i> subgen. <i>Haploxylon</i>	2	<1	1	0.5	2	0	1	0.5	2	<1	1	0.4	2	0	1	0.6	2	1	2	0.3	2	0	1	0.8
<i>Abies</i>	10	1	5	0.5	8	1	5	0.4	14	3	7	0.4	18	1	8	3.5	11	4	7	0.3	12	7	10	0.2
<i>Picea</i>	13	2	6	0.5	10	2	5	0.5	9	2	4	0.5	62	3	16	11.5	9	4	6	0.3	9	5	6	0.2
<i>Larix</i> ***	2	0	1	0.6	1	0	<1	0.9	1	0	<1	1.2	2	0	1	0.5	2	0	<1	1.6	9	2	5	0.4
<i>Cryptomeria</i> *	20	4	8	0.4	20	4	10	0.4	18	7	11	0.3	21	3	10	4.7	8	2	5	0.4	6	3	5	0.2
<i>Pterocarya</i> **	1	0	<1	1.4	1	0	<1	0.6	1	0	<1	1.0	1	0	<1	0.3	<1	0	<1	2.0	<1	0	<1	0.8
<i>Juglans</i>	3	0	1	0.7	2	0	1	0.8	2	0	1	0.6	2	0	1	0.5	1	0	1	0.7	2	0	1	0.6
<i>Betula</i>	46	26	38	0.1	49	32	37	0.1	47	30	38	0.1	44	13	31	6.3	32	28	30	0.0	35	26	29	0.1
<i>Carpinus tschonoskii</i> type*	<1	0	<1	1.7	<1	0	<1	2.6	0	0	0	-	<1	0	0	0.1	0	0	0	-	0	0	0	-
other <i>Carpinus-Ostrya</i>	5	2	3	0.3	8	2	4	0.4	6	1	3	0.4	6	0	3	1.3	7	2	3	0.6	7	1	3	0.5
<i>Fagus crenata</i> type**	2	0	1	0.9	2	0	1	0.7	2	0	1	0.7	2	0	1	0.4	1	0	<1	0.5	1	0	1	1.0
<i>F. japonica</i> type*	<1	0	<1	2.4	<1	0	0	3.9	<1	0	<1	2.6	<1	0	<1	0.2	1	0	<1	2.0	0	0	0	-
<i>Quercus</i> (deciduous type)	28	15	20	0.2	31	16	21	0.2	27	15	22	0.2	23	6	15	4.1	30	25	28	0.1	26	19	23	0.1
<i>Quercus</i> (evergreen type)*	1	0	1	0.8	1	0	<1	1.4	1	0	<1	1.5	1	0	<1	0.3	<1	0	<1	2.0	1	0	<1	1.4
<i>Castanea-Castanopsis</i>	1	0	<1	0.9	1	0	<1	1.3	1	0	<1	1.1	1	0	<1	0.3	1	0	<1	2.0	<1	0	<1	2.0
<i>Ulmus</i>	7	1	4	0.4	6	2	4	0.3	8	2	4	0.4	6	1	3	1.2	6	2	4	0.4	8	4	7	0.2
<i>Zelkova</i> *	1	0	<1	0.7	1	0	1	0.5	1	0	1	0.6	1	0	<1	0.4	1	0	<1	2.0	1	<1	1	0.5
<i>Acer</i>	1	0	<1	2.1	1	0	<1	1.9	<1	0	<1	2.6	1	0	<1	0.2	1	0	<1	1.2	<1	0	<1	0.8
<i>Salix</i>	2	0	<1	0.8	1	0	<1	1.0	1	0	<1	0.8	2	0	1	0.5	<1	<1	<1	0.4	1	<1	<1	0.9
<i>Myrica</i>	<1	0	<1	2.0	27	2	11	0.7	1	0	<1	2.0	91	1	18	21.8	5	1	4	0.4	<1	0	<1	0.8
<i>Corylus</i>	2	0	1	0.6	2	0	1	0.6	2	0	1	0.9	2	0	1	0.6	<1	<1	<1	0.2	<1	0	<1	0.8
<i>Alnus</i> sect. <i>Alnus</i>	6	1	3	0.5	7	1	4	0.4	6	1	3	0.6	18	<1	6	3.9	4	2	3	0.1	2	1	2	0.4
<i>Alnus</i> sect. <i>Alnaster</i>	4	1	2	0.6	3	<1	2	0.5	3	<1	1	0.6	4	<1	2	1.0	1	<1	1	0.4	1	<1	<1	0.9
Ericaceae	51	0	12	1.2	26	0	7	1.2	50	1	15	1.1	54	0	4	10.3	<1	0	<1	0.5	0	0	0	-
<i>Fraxinus</i>	1	0	<1	0.7	2	0	1	0.7	1	0	<1	0.7	3	0	1	0.8	1	<1	<1	0.6	<1	0	<1	0.6
Gramineae	54	5	21	0.7	68	24	42	0.3	57	19	37	0.3	96	2	40	19.7	33	23	28	0.1	14	4	7	0.5
Cyperaceae	73	15	40	0.5	34	4	14	0.6	61	4	23	0.6	49	1	14	9.7	59	41	49	0.1	44	15	28	0.4
<i>Lysichiton</i>	1	0	<1	1.6	1	0	<1	1.9	<1	0	<1	1.4	<1	0	0	0.1	<1	0	<1	0.8	0	0	0	-
<i>Rumex</i>	1	0	<1	1.3	1	0	<1	1.1	24	0	2	3.1	1	0	<1	0.3	1	0	<1	1.1	<1	0	0	1.2
Chenopodiaceae-Amaranthaceae	1	0	<1	0.9	1	0	<1	0.9	1	0	<1	1.2	1	0	<1	0.3	1	<1	<1	0.7	<1	0	0	1.2
<i>Sanguisorba</i>	38	1	8	1.0	11	1	4	0.7	12	<1	2	1.3	14	0	3	3.3	2	<1	1	0.8	2	<1	1	0.6
other Rosaceae	2	0	<1	1.4	1	0	<1	1.0	1	0	<1	0.9	16	0	1	2.8	<1	0	<1	0.9	1	<1	1	0.2
Umbelliferae	3	0	1	1.0	1	0	<1	1.0	1	0	<1	1.5	3	0	<1	0.6	1	<1	<1	1.0	2	<1	1	0.8
<i>Plantago lanceolata</i>	<1	0	0	3.0	0	0	0	-	0	0	0	-	<1	0	0	0.1	<1	0	0	2.0	0	0	0	-
other <i>Plantago</i>	2	0	<1	1.1	1	0	<1	2.7	17	0	1	3.0	1	0	<1	0.2	<1	0	0	2.0	<1	0	<1	0.8
<i>Gentiana</i>	2	0	<1	3.0	0	0	0	-	0	0	0	-	1	0	0	0.2	0	0	0	-	<1	0	<1	0.5
<i>Artemisia</i>	12	2	4	0.6	7	2	4	0.3	5	1	4	0.4	11	<1	4	2.4	4	3	3	0.1	2	1	2	0.3
other Cardioideae	21	<1	3	1.5	7	<1	3	0.7	4	<1	2	0.8	4	0	1	1.0	1	<1	<1	0.2	2	1	1	0.4
Cichorioideae	2	0	<1	1.8	2	0	<1	1.8	2	0	<1	1.1	1	0	<1	0.2	<1	0	0	1.2	0	0	0	-
1-lete type FS	10	<1	2	1.1	6	1	2	0.7	7	<1	3	0.6	10	<1	2	2.1	4	1	3	0.5	70	39	51	0.3
<i>Lycopodium serratum</i> type	1	0	<1	3.4	<1	0	0	2.7	<1	0	0	3.9	<1	0	0	0.0	0	0	0	-	0	0	0	-
other <i>Lycopodium</i>	1	0	<1	1.2	3	0	<1	1.9	8	0	2	1.4	3	0	<1	0.6	0	0	0	-	0	0	0	-
Osmundaceae	1	0	<1	1.1	1	0	<1	0.5	3	0	1	0.7	2	0	<1	0.5	5	2	4	0.3	17	<1	4	1.8
Trees	49	17	31	0.3	45	14	34	0.2	45	19	31	0.2	68	7	42	15.9	24	17	20	0.2	11	4	7	0.4
Shrubs	37	3	11	0.8	26	5	15	0.4	39	3	13	0.9	89	2	19	19.1	8	3	6	0.3	5	2	3	0.4
Herbs	71	25	52	0.2	66	31	44	0.2	74	28	47	0.3	90	4	35	17.2	72	60	65	0.1	50	26	37	0.3
Ferns	8	<1	2	1.0	4	<1	2	0.5	8	1	4	0.6	3	<1	1	0.8	7	4	5	0.2	66	35	50	0.3
Unknown	7	1	4	0.4	8	4	5	0.2	7	3	5	0.3	6	1	3	1.4	4	1	3	0.3	3	1	2	0.4
<i>Sphagnum</i>	403	<1	33	2.8	224	2	49	1.3	140	<1	26	1.4	217	0	10	39.7	12	<1	3	1.4	<1	0	<1	1.3

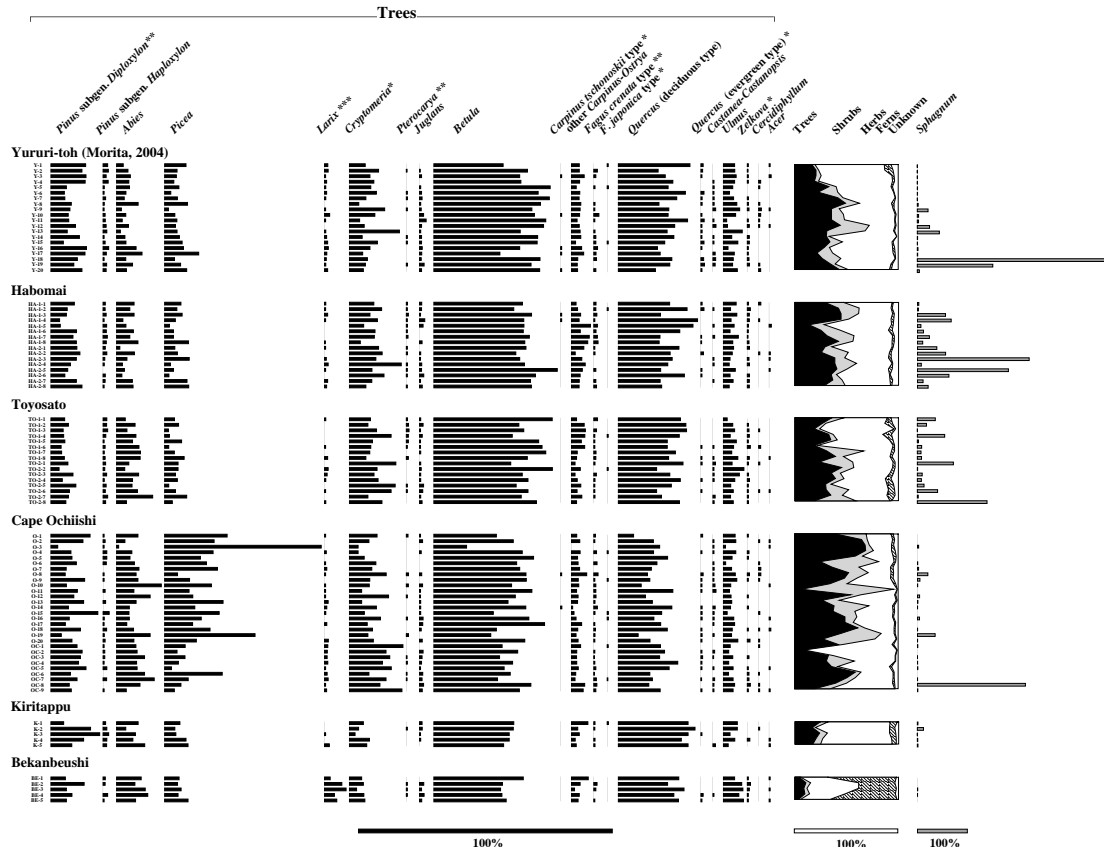


Fig. 2 Pollen diagram of selected taxa from *Sphagnum*-polsters of the Yururi-toh, Habomai, Toyosato, Cape Ochiishi, Kiritappu and Bekanbeushi mires. * non-native to Hokkaido, ** native to southern Hokkaido and Honshu, *** exotic in Hokkaido (introduced from Honshu).

も16地点中に1地点あった。草本花粉ではGramineaeとCyperaceaeが多くを占めたが、やはり地点間の差は大きい。*Sanguisorba*および*Artemisia*は、それぞれ平均4(11-1)%と平均4(7-2)%で検出された。*Sphagnum*の出現率は、最大224%、最小2%であった。なお、1粒だけではあるが、暖帯性のシダである*Lygodium*も産出する。

3. 豊里湿原

高木花粉比率、低木花粉比率、草本花粉比率は、それぞれ平均31(45-19)%、平均13(39-3)%、平均47(74-28)%を示し、ユルリ島湿原や歯舞湿原の出現傾向に類似する。高木花粉では、*Betula*が平均38(47-30)%と最優勢であり、次いで*Quercus*(deciduous type)の平均22(27-15)%、*Cryptomeria*の平均11(18-7)%の順に多い。*Pinus* subgen. *Diploxylon*の出現率は平均6(10-3)%で、*Abies*の平均7(14-3)%より低率であり、6つの湿原では最も低かった。*Picea*は平均4(9-2)%検出された。低木花粉のうち平均15%と多く検出されたEricaceaeは、地点

による出現率の違いは大きく最大50%、最小1%であった。草本花粉ではGramineaeとCyperaceaeが大部分を占めたが、地点によっては*Sanguisorba*の他、牧場に多く生育する*Rumex*や*Plantago*がやや多く検出されることもある。*Sphagnum*は最大140%、最小1%以下で検出され、ここでも極端な出現率の差が認められた。

4. 落石岬湿原

高木花粉比率は、平均42(68-7)%を示し、地点間で大きな差が認められた。高木花粉のうち最も多い*Betula*は平均31(44-13)%を示した。次いで*Picea*の平均16(62-3)%と*Quercus*(deciduous type)の平均15(23-6)%の順であったが、前者は地点間で比較的大きな差がみられた。*Cryptomeria*は平均10(21-3)%、*Pinus* subgen. *Diploxylon*は平均9(19-3)%、*Abies*は平均8(18-1)%の出現であった。*Cryptomeria*と*Pinus* subgen. *Diploxylon*の出現率には大差がなく、*Cryptomeria*と*Abies*の地点間における出現傾向は類似している。低木花

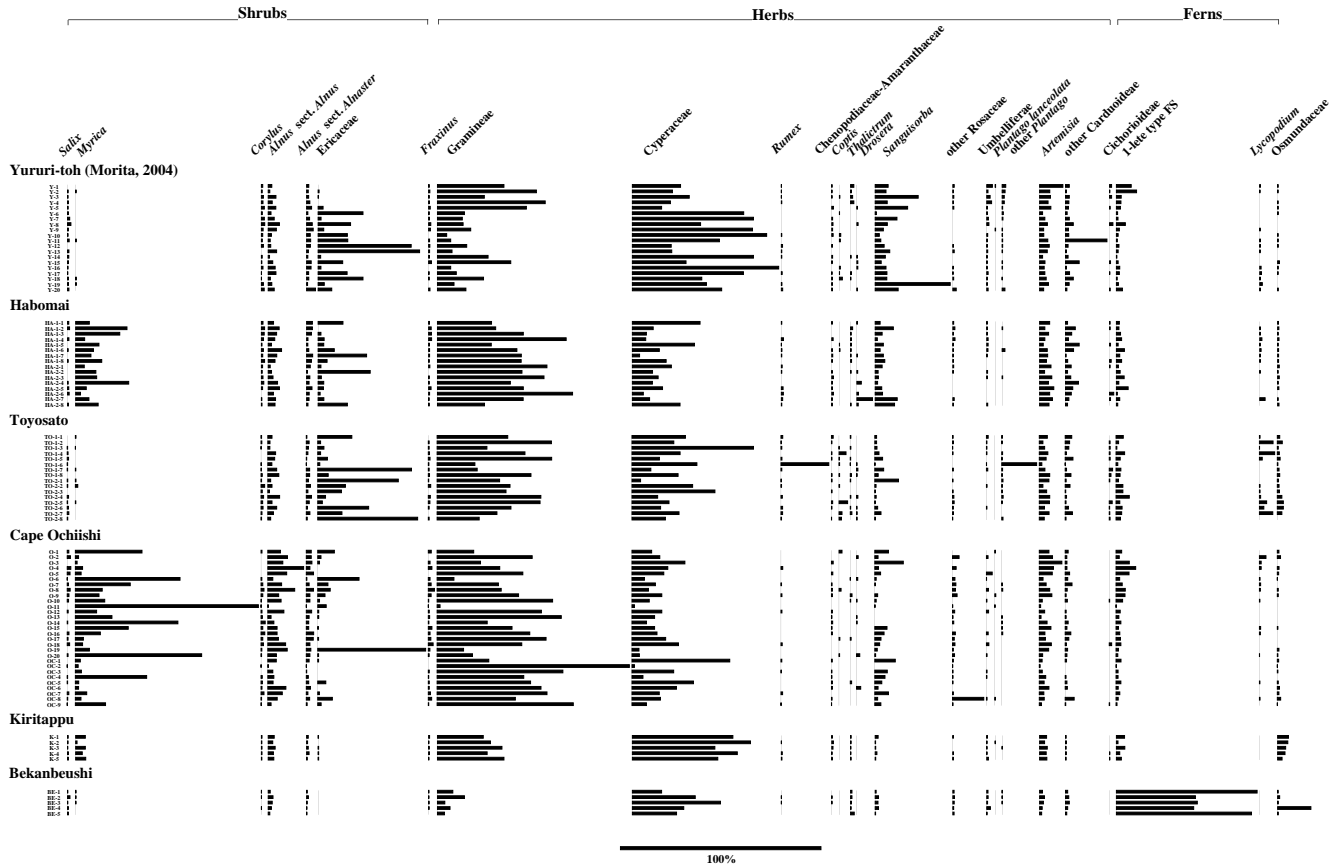


Fig. 2 (continued).

粉比率と草本花粉比率は、平均 19 (89–2) % と平均 35 (90–4) % であり、いずれも地点間の差が極めて大きかった。低木花粉では *Myrica* が特に目立ち、平均 18 (91–1) % を占め、地点間差も著しく大きかった。Ericaceae も地点間差が激しく、54% を示す地点があれば、全く検出されない地点もあった。*Alnus sect. Alnus* は 6 つの湿原中では最も高率で検出され、平均 6 (18–1) % であった。草本花粉では Gramineae が平均 40 (96–2) %, Cyperaceae が平均 14 (49–1) %, *Artemisia* が平均 4 (11–1) %, *Sanguisorba* が平均 3 (14–0) % で検出されたが、Gramineae および Cyperaceae では地点によって特に大きな差が認められた。また、other Rosaceae は 29 地点中 1 地点で 16% 検出されたが、その他の地点では低率であった。*Sphagnum* は他の湿原同様に著しい差が認められ、最大で 217% を示した。

5. 霧多布湿原

高木花粉比率、低木花粉比率、草本花粉比率は、それぞれ平均 20 (24–17) %, 平均 6 (8–3) %, 平均 65 (72–60) % を示し、草本花粉比率が 6 つの湿原中で最も高かった。高木花粉では、*Betula* が平均 30 (32–28) % と最優勢

であるが、*Quercus* (deciduous type) も平均 28 (30–25) % を占め、両者には大差がない。次いで *Pinus* subgen. *Diploxylon* が平均 12 (19–5) %, *Abies* および *Picea* が、それぞれ平均 7 (11–4) % と平均 6 (9–4) % で検出された。*Cryptomeria* は平均 5 (8–2) % を示し、*Ulmus* とほとんど差がない。低木花粉では顕著な出現傾向を示す樹種は認められなかった。草本花粉では、平均 49 (59–41) % を示す Cyperaceae と平均 28 (33–23) % の Gramineae が大部分を占めた。*Sphagnum* は上記 4 湿原に比べ低率であり、平均 3 (12–1) % であった。

6. 別寒辺牛湿原

高木花粉比率は、6 つの湿原の中では最も低率であり、平均 7 (11–4) % であった。高木花粉のうち最大は *Betula* であり、平均 29 (35–26) % を占めるが、6 つの湿原の中では最も低かった。次いで *Quercus* (deciduous type) の平均 23 (26–19) %, *Abies* の平均 10 (12–7) %, *Pinus* subgen. *Diploxylon* の平均 8 (13–6) % の順であった。*Picea* および *Cryptomeria* は、それぞれ平均 6 (9–5) %, 平均 5 (6–3) % であった。本湿原では、他の湿原では低率

な *Larix* が平均 5 (9-2) % 検出された。また、*Ulmus* も平均 7 (8-4) % と他湿原よりはやや高率で認められた。低木花粉比率と草本花粉比率は、それぞれ平均 3 (5-2) % と平均 37 (50-26) % であった。低木花粉には特徴的な出現傾向を示すものではなく、草本花粉では Gramineae の平均 7 (14-4) % と Cyperaceae の平均 28 (44-15) % が主なものである。本湿原ではシダ胞子の占める割合が高く、平均 50 (66-35) % を占め、そのほとんどは 1-lete type FS (単条溝型シダ胞子) のものであった。*Sphagnum* の出現は 2 地点のみであり、いずれも 1%未満の出現であった。

考 察

1. 遠距離飛来花粉

Table 3 には、各湿原について、高木花粉のうち *Pinus* subgen. *Diploxylon* や *Fagus crenata* type など道南部以遠から飛来したとみなせる花粉 (以下、道南部以遠の飛来花粉) の割合と、前記の道南部以遠の飛来花粉の中で *Cryptomeria* や *Zelkova* など北海道には自生せず、北海道以外から飛来したと考えられる花粉 (以下、北海道以外からの飛来花粉) が占める割合、および、*Quercus* (deciduous type)/*Betula*, *Cryptomeria/Betula*, *Cryptomeria/Quercus* (deciduous type) の各比を示した。このうち、*Quercus* (deciduous type)/*Betula* については、*Quercus* (deciduous type) と *Betula* の散布母樹が、ユルリ島を除けば湿原周辺にみられる樹種であることから、湿原ごとの周辺植生由来花粉の出現傾向をみることを狙っており、また、*Quercus* (deciduous type) および *Betula* と *Cryptomeria* との比については、各湿原の遠距離飛来花粉と周辺植生由来花粉の出現傾向をとらえることを意図している。なお、周辺部に北海道には自生しないカラマツの植林が多い別寒辺牛湿原については、*Larix* を除外して再計

算した場合の値も示した。

島内に高木がみられないユルリ島湿原では、高木花粉の全てが島外からの遠距離飛来花粉であることは明らかであるが、道南部以遠の飛来花粉の割合をみると、海岸に近く広大な湿原ながら周囲に森林が多い霧多布湿原やカラマツ植林および二次林の多い別寒辺牛湿原の場合でもユルリ島湿原との著しい差はなく、地域的なバックグラウンドとして平均 15 ~ 20% はこれらの花粉を含んでいることがわかる。

ユルリ島湿原と、歯舞湿原、豊里湿原では、道南部以遠の飛来花粉の割合は、最大 30 ~ 29%、最小 14 ~ 13%、平均 22 ~ 20% と互いに極めて類似しており、北海道以外からの飛来花粉の割合も、最大 78 ~ 63%、最小 50 ~ 32%、平均 64 ~ 53% と、これら 3 湿原では霧多布湿原や *Larix* を除外した別寒辺牛湿原に比べ類似性が高い。さらに、花粉群の内容をみると、*Pinus* subgen. *Diploxylon* は最大 14 ~ 10%、最小 5 ~ 3%、平均 10 ~ 6%、*Cryptomeria* も最大 20 ~ 18%、最小 7 ~ 4%、平均 11 ~ 8% とこれらの花粉比率が高く、*Quercus* (evergreen type) や *Zelkova* が普通に認められる点が共通するほか、*Quercus* (deciduous type)/*Betula*, *Cryptomeria/Betula*, *Cryptomeria/Quercus* (deciduous type) の各比も極めて類似した値を示す。また、それぞれの湿原の高木花粉の平均出現率から求めたユークリッド距離のクロス表でも、他の湿原との距離に比べて 3 湿原の距離は互いに近いので、類似性が高いと判断される (Table 4)。このことから、これら 3 湿原の表層花粉群は、ほぼ同様の花粉の補集傾向を示しているとみてよく、ユルリ島湿原の報告 (守田, 2004) の解釈が、そのまま適用できると考えられる。すなわち、*Cryptomeria* など本州系の花粉を多く含むことから、夏の季節風の影響を強く受けているとみられる。また、

Table 3 Ratios of pollen transported long-distance at the Yururi-toh, Habomai, Toyosato, Cape Ochiishii, Kiritappu, and Bekanbeushi mires. Data for the Yururi-tou mire from Morita (2004).

Ratio	Yururi-toh mire (n = 20)				Habomai mire (n = 16)				Toyosato mire (n = 16)				Cape Ochiishi mire (n = 29)				Kiritappu mire (n = 5)				Bekanbeushi mire (n = 5) (right columns: without <i>Larix</i>)							
	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.	Max	Min	Ave	c.v.
Native taxa of the southern part of Hokkaido and Honshu/TP (%)	29	14	21	0.2	30	13	20	0.2	29	14	22	0.2	34	6	20	0.3	23	13	19	0.2	30	13	20	0.3	24	11	16	0.3
Taxa non-native to Hokkaido/Taxa native to southern Hokkaido and Honshu (%)	74	32	53	0.2	63	46	56	0.2	78	50	64	0.1	70	27	48	0.2	49	13	33	0.5	63	46	56	0.1	50	30	41	0.2
<i>Quercus</i> (deciduous type)/ <i>Betula</i>	1.0	0.4	0.7	0.20	1.0	0.7	0.8	0.26	0.8	0.3	0.6	0.25	1.3	0.2	0.8	0.27	1.0	0.8	0.9	0.07	1.0	0.7	0.8	0.13	1.0	0.7	0.8	0.13
<i>Cryptomeria/Betula</i>	0.6	0.1	0.3	0.33	0.6	0.1	0.3	0.32	0.6	0.2	0.4	0.36	0.8	0.1	0.4	0.37	0.3	0.1	0.2	0.42	0.2	0.1	0.2	0.26	0.2	0.1	0.2	0.25
<i>Cryptomeria/Quercus</i> (deciduous type)	1.0	0.2	0.6	0.35	1.1	0.2	0.6	0.29	1.1	0.3	0.7	0.31	1.8	0.2	1.0	0.38	0.3	0.1	0.2	0.45	0.3	0.1	0.2	0.28	0.3	0.1	0.2	0.28

Table 4 Euclidean distance matrix of study sites computed from average percentages of tree pollen

Mire	Euclidean distance matrix					
Yururi-toh mire	0					
Habomai mire	3.5157	0				
Toyosato mire	5.6877	3.7162	0			
Cape Ochiishi mire	13.8676	13.7379	15.0313	0		
Kiritappu mire	12.3382	11.6168	13.3229	16.7189	0	
Bekanbeushi mire	12.9143	12.1877	12.8876	14.8570	8.7287	0

Quercus (deciduous type)/*Betula* の値が類似することは、これらも周辺植生に由来した花粉よりも遠距離飛来した花粉を多く含んでいると考えた方が合理的であろう。

なお、*Picea* や *Abies* よりもひとまわり大きい *Lygodium* の胞子が歯舞湿原で検出されたことは、重い花粉・胞子でもひとたび上空にまきあげられれば、相当距離を飛来することを物語っている。

周囲がアカエゾマツ湿地林に囲まれ、湿原内にもアカエゾマツの生育をみる落石岬湿原における、道南部以遠の飛来花粉の割合は平均 20% と他の湿原と大差ないが、最大値と最小値の差は 28% におよびバラツキが大きい。これは湿原内外に生育するアカエゾマツ由来の *Picea* の出現率のバラツキに左右された結果である。ただし、北海道以外からの飛来花粉の割合は平均 48 (70–27) % とユルリ島湿原や、歯舞湿原、豊里湿原に近い値を示し、*Pinus* subgen. *Diploxylon* や、*Cryptomeria*, *Quercus* (evergreen type), *Zelkova* などの遠距離飛来花粉の値も同様の出現傾向を示すことから、本湿原も基本的には前記 3 湿原と似たような散布源から由来した花粉を多く含んでいるとみてよい。また、*Cryptomeria*/*Quercus* (deciduous type) がやや高い値を示すのは、飛来する *Quercus* (deciduous type) が前記 3 湿原と比べ少ないことを示しており、前記のように湿原周辺や根室半島基部ではアカエゾマツや、トドマツ、エゾマツからなる森林の分布が多く、ミズナラはこれらに混交する様子を反映した出現傾向といえよう。

霧多布湿原および別寒辺牛湿原では、道南部以遠の飛来花粉および北海道以外からの飛来花粉の割合はそれぞれ最大 23 ~ 24%, 最小 13 ~ 11%, 平均 19 ~ 16%, および最大 49 ~ 50%, 最小 13 ~ 30%, 平均 33 ~ 41% であり、両者とも他の湿原に比べやや小さな値を示す。道南部以遠の飛来花粉の割合については、*Quercus* (deciduous type)/*Betula* の値が、霧多布湿原、別寒辺牛湿原とも他の湿原と同様であるのに対し、*Cryptomeria*/*Betula* と、*Cryptomeria*/*Quercus* (deciduous type) の値は低いことから、湿原周辺の森林からの *Betula* や *Quercus* (deciduous type) などの飛来花粉の影響が大きいと判断される。北海道以外

からの飛来花粉の割合がやや低下する理由については、現時点ではよくわからないが、両湿原の試料数が少ないため値が偏った可能性もある。

Janssen (1981) などによる散布様式のモデルでは、散布源から離れるにしたがい地点間の花粉数の差は小さくなり、Faegri et al. (1989) では少なくとも 3 ~ 4 km 離れるとほぼ一定の値になるとしている。このモデルは基本的に花粉の出現率の差についてもあてはまると考えられるが (米林, 1990), 実際にはかなりのバラツキを示す。すなわち、*Cryptomeria* の最高値と最低値の差は、ユルリ島湿原で 16%, 歯舞湿原で 16%, 豊里湿原で 11%, 落石岬湿原で 18%, 霧多布湿原で 6%, 別寒辺牛湿原で 3% であるが、霧多布湿原と別寒辺牛湿原では、他の湿原よりもともと *Cryptomeria* の出現率が低いという、試料数も少ないので値の差が小さいのは当然だが、変動係数の値では落石岬湿原以外の湿原と大差はない。また、落石岬湿原では湿原内外に由来する高木花粉、とりわけアカエゾマツ花粉の影響によりバラツキが大きくなったといえる。しかし、ユルリ島湿原と、歯舞湿原、豊里湿原では有力な高木散布源が近くに存在しないにもかかわらず、Faegri & Ottestad (1948) による花粉計測時の読取り誤差を考慮しても、平均 10% 程度の出現に対し、バラツキが 10% を超えており、明らかに大きいと言える。同様のことは *Pinus* subgen. *Diploxylon* にもあてはまる。遠距離からの花粉が均等に散布されるとすれば、これらのバラツキの主因は、湿原表面の凹凸の違いによって、季節や年ごとの花粉の集積程度に違いが生ずることによってもたらされたのであり、花粉の散布・堆積直後に降雨などがあった場合に、このようなことが生ずると考えられる (守田, 2004)。百分率で表示される花粉ダイアグラムでは、このような樹種がひとつでもあれば、その影響は計算に関わった全てに及ぶが、水への浮遊力が大きい有翼花粉では、特に影響が大きいであろう。

2. 周辺および湿原植生と花粉出現率

前述のように周囲に森林の乏しいユルリ島湿原や歯舞湿原と、北方にやや規模の大きなミズナラ風衝林をかまえる

豊里湿原の花粉出現率は互いに極めて類似している。しかし、これら湿原の高木花粉スペクトルは、湿原周辺に森林植生が乏しいにもかかわらず高木花粉は平均 31 ~ 34% を占め、湿原周辺の森林植生の様子をありのまま反映していないことは明らかである。とはいうものの、そこに示された花粉スペクトルは、遠距離飛来花粉の影響が大きく、少なくとも北海道南部以遠の花粉を平均約 20% 含んではいないが、周囲にある森林植生の構成をいくらかは反映していることも事実であろう。どの範囲の森林植生かの特定は困難であるが、遠距離飛来花粉の多さや豊里湿原の結果ではミズナラ風衝林の影響が零に等しいことからみても、根室半島という限られた地域ではなく、少なくとも根釧地方、あるいは道東地域全域の森林植生の花粉構成を反映していると見るのが妥当であろう。

これら 3 湿原における低木花粉や草本花粉の占める比率（低木花粉比率、草本花粉比率）は、同一湿原内でも地点間の差が大きいものの、平均的な花粉出現率で見ると、低木花粉比率は 11 ~ 15%、草本花粉比率は 44 ~ 52% を占めている。低木花粉の大部分は、*Myrica* および小粒径の *Ericaceae* であることから、湿原内のヤチヤナギや、ガンコウラン、あるいはコケモモやエゾイソツツジなどのツツジ科矮低木から由来したことは明らかである。

草本花粉も、花粉の散布距離は高木ほどではないと考えられるので、その多くは、湿原内および付近の植生から由来したと考えてよいであろう。Gramineae はヌマガヤや、イワノガリヤス、ミヤコザザ、Cyperaceae はワタスゲや、ホロムイヌゲ、*Sanguisorba* はナガボノシロワレモコウなどが主な散布原であろう。このような森林植被が乏しい地域の花粉群については五十嵐ほか（2003）による研究がある。それによれば、ロシア領極東のアンバルチック（Ambarchik）のツンドラ植生における表層花粉スペクトルの特徴として草本花粉比率が平均 59% と高いことを指摘している。また、Lozhkin et al. (2001) は、ウランゲル（Wrangel）島とチュコト（Chukotka）半島のツンドラで、それぞれ 80 ~ 90%、10 ~ 30% の草本花粉比率を報告している。これらの報告では、相観は類似していても、1) 構成種が異なり、2) 植生の規模が違い、3) 分析地点数が少なく、分析対象とした表層堆積物の性状も異なることから、数値の直接比較は大きな意味をもたないが、地点間の差が大きいことは今回の 3 湿原の分析結果と共通する。既述のように散布源から離れるにしたがい地点間の花粉数差は小さくなると想定されるので、草本花粉比率（逆の見方をすれば高木花粉比率）のバラツキは調査地点付近の植生の花粉生産・堆積量の違いに原因が求められる。すなわち、湿原内やツンドラでは、その地点の微地形や水分条件などにより異なった植生がモザイク的に複雑に配列する。

また、多くの草本や矮小木の花粉散布力は極めて限られるので、これらが原因となって、低木・草本花粉比率のバラツキが生じたといえる。このように、非森林域の花粉群は、相対的に高い低木・草本花粉比率とその地点間差が大きいこと、また、高木花粉の構成比をみると、遠距離飛来花粉が多いことから、湿原間の差が少ないことが特徴といえる。

落石岬湿原では、前述のように高木花粉比率が高く、地点間で大きな差の認められるのが特徴である。*Picea* は湿原内外に生育するアカエゾマツを反映してバラツキの著しい出現を示すほか、*Abies* が上記 3 湿原に比べやや高い出現率を示す。*Abies* の散布母樹はトドマツと考えられるが、トドマツは岬部では僅かなものの、直線距離で約 2.5 km 離れた半島部には針葉樹林中にひろくみられるので、この付近から多くの花粉が由来したと考えるのが自然であろう。*Quercus* (deciduous type) と *Betula* の出現率が比較的低いのは、本湿原付近にはもともと針葉樹が多いことに加え、これら *Picea* と *Abies* の影響により相対的に低く表現された結果と言えよう。以上のことは、森林ツンドラなど分布限界近くに位置する針葉樹林の存在を考える上で重要なヒントとなる。すなわち、森林ツンドラでは、森林植被が少ないので遠距離飛来花粉の影響が相対的に大きいと考えられるが、付近の森林の有無により、その森林構成種の地点間の出現率に大きなバラツキを生ずることになるであろう。非高木花粉のうち、出現率が比較的高く地点間の差が大きい *Alnus sect. Alnus* と、*Myrica*、*Ericaceae*、*Gramineae*、*Cyperaceae* は、既述の理由から湿原あるいはその周辺部の植物から由来したことは明らかである。また、*Myrica* と *Ericaceae* は、他の湿原同様、出現する場合には高い頻度で出現する傾向がある。散布母植物としては上記 3 湿原と同様なものが推定される。*Alnus sect. Alnus* は湿原を取囲むアカエゾマツ林の林縁や半島部の過湿な立地に多くみられるケヤマハンノキからのものであろう。

周辺に広大な森林域をかまえる霧多布湿原や別寒辺牛湿原では、高木花粉比率が高くなると予想されたが、実際には、両者とも高木花粉比率は低率であり、前者では草本花粉比率が、後者ではシダ胞子比率が高い傾向を示す。別寒辺牛湿原の高率のシダ胞子比率は、試料採取地点付近に生育するヒメシダを反映しているが、仮にヒメシダの影響を無視すると、高木花粉比率は平均 14 (19-11) %、低木花粉比率は平均 6 (9-5) %、草本花粉比率は平均 75 (81-67) % となり、霧多布湿原同様、草本花粉比率が高くなり、同様の傾向を示していると見てよいであろう。高木花粉比率が低い原因は、湿原の規模が関係していると思われる。すなわち、高木花粉の内訳をみると、霧多布湿原では *Quercus* (deciduous type) の出現率が全湿原中で最も高く、別寒辺牛湿原では周辺に植林されている *Larix* が多

く認められるほか、*Ulmus* の出現率もやや高い傾向があり、周囲の森林の樹種組成を強く反映している。一方、前述のように遠距離飛来花粉の割合も低いことから、霧多布湿原や別寒辺牛湿原には、周囲の森林から多量の花粉が供給されていることは明らかであろう。にもかかわらず、高木花粉比率が低いのは、高木花粉以上に草本花粉が供給されているためであろう。草本花粉の大部分は Gramineae や Cyperaceae であり、両湿原ではヌマガヤや、イワノガリヤス、ワタスゲ、ホロムイソゲが広範囲にみられるので、両湿原のその広大な面積を考えると、これらの草本の花粉生産量は莫大な量になると想定され、飛来する高木花粉量を圧倒したのであろう。

3. *Larix* 花粉の局地性と広域性

Larix の出現率は、古くより実際の植生より過小に表現されることが知られており、最近の小倉ほか (1999) のバイカル湖北東部の研究では、植被率 50% のダフリアカラマツ *Larix gmelinii* の林床の表層土壌で 1 ~ 5% の花粉出現率を報告している。また、五十嵐ほか (2003) のロシア北東域における森林ツンドラとダフリアカラマツ林床の表層花粉の研究でも、20% 程度の花粉出現率をしめすが、植生を過小に反映すると述べている。このように過小に表現される原因として、*Larix* の花粉生産量や散布力が小さいためといわれており (Erdtman, 1969 など)、花粉の沈降速度も主要樹種中では *Abies* に次いで速いことが知られている (Eisenhut, 1961)。今回の *Larix* の出現率をみると、ユルリ島湿原では 20 地点中 18 地点で検出され (検出率: 90%) 最大 2%、歯舞湿原では 16 地点中 11 地点で検出され (検出率: 69%) 最大 1%、豊里湿原では 16 地点中 8 地点で検出され (検出率: 50%) 最大 1%、落石岬湿原では 29 地点中 22 地点で検出され (検出率: 76%) 最大 2%、霧多布湿原では 5 地点中 2 地点で検出され (検出率: 40%) 最大 2%、別寒辺牛湿原では 5 地点全てで検出され (検出率: 100%) 最大 9% であった。今回検出された *Larix* の大部分は北海道で広範囲に植林されているカラマツから由来したと考えるのが自然である。付近に大規模なカラマツ植林地が展開する別寒辺牛湿原では検出率、最大出現率ともに高いが、霧多布湿原や落石岬湿原のように付近に森林があってもカラマツ植林地が乏しい場合には検出率も低い傾向がみとれる。遠距離飛来花粉の影響が強いユルリ島湿原や、歯舞湿原、豊里湿原、落石岬湿原では、検出率は 50% を超えるが、最大出現率は 2% にとどまっている。以上のことは、採取地点周辺の森林植被が極めて乏しい場合には、飛来花粉の役割が大となるため、出現傾向に局地性が強いと考えられている *Larix* と言えども相当の距離を飛散し、低率ながらも普通に検出されること

を示している。一方、森林植被が多い場合には、他樹種にくらべ生産力・散布力が劣るため、過小に評価されることになる。とくに、森林ツンドラやダフリアカラマツ林域では、混生する他樹種がマツ属や、トウヒ属、カバノキ属など生産力・散布力が高い樹種となるため、著しく過小に評価されることになると考えられる。以上のことから、カラマツ林の存否の判定は、*Larix* の出現率が比較的高い場合には、地点間の出現率のバラツキから容易であるが (守田, 2004)、低率の場合、1 地点のみの分析からは現地性花粉か、遠距離飛来花粉かを区別することは困難であり、多数地点の分析による検出率をもとに行なう必要がある。後者の場合、サンプリングをはじめとする労力の点から花粉分析のみに頼るよりは、葉片や球果などの大型遺体や孔辺細胞遺体 (Clayden et al., 1996 など) の分析結果を併用して考察するのが、現実的と言えよう。

4. 森林域と非森林域との区別は可能か?

ここでは、将来的なデータの比較や利用という観点から、百分率による花粉分析結果から森林域であったか否かを区別する可能性について議論する。

これまで述べてきたように、高木花粉比率は、採取地点周囲の森林植生が乏しい場合には一般に低い値を示すが、一方、付近に森林植生のひろがりがあっても必ずしも高い値を示すとは限らない。森林植生が乏しい場合、遠距離飛来してくる花粉の散布源も広範囲にわたり、はるか遠方に大規模にひろがる樹種の花粉が相当の割合で含まれる。この場合、高木花粉比率は現地で生産される草本花粉によって地点間のバラツキが大きい、高木花粉に占めるそれぞれの樹種の出現率は、遠距離飛来花粉が多いことから、湿原間の差は小さいことが特徴といえる。一方、付近に森林植生がひろがる場合には、採取地点に近いところから由来する非高木花粉の多寡によって高木花粉の占める比率は左右されるが、はるか遠方からの飛来花粉の占める割合は少なくなる。また、森林に近い場所では、その森林構成種の個々の出現率に地点間の大きなバラツキを生ずることになる。湿原規模が大きい場合や採取地点付近にイネ科やカヤツグサ科などが卓越する場合には、高木花粉比率は低い値を示すが、ここでも遠距離飛来花粉の占める割合は少なくなる。なお、イネ科やカヤツグサ科が卓越する場合には、*Myrica* や *Ericaceae* などの低木花粉の比率も低い傾向がある。これらの場合、湿原に生育するイネ科やカヤツグサ科はその現存量もさることながら、他の湿原植物に比べ花粉生産量も多いと考えられ、湿原そのものがそれらの花粉の生産・散布・堆積の中心であるためであろう。

Sugita (1994) と杉田 (1999) は POLLSCAPE とよぶシュミレーションモデルをつかい、堆積盆の大小が花粉群にあ

たえる影響や、仮想的な植生景観と花粉スペクトルの関係を考察している。それによれば、花粉スペクトルが反映する植生の範囲は堆積盆の大きさに応じて異なるが（有効花粉飛来範囲）、有効花粉飛来範囲外からの飛来花粉はその植生景観中での位置に関わらずその割合が一定なることを示し、この有効花粉飛来範囲内では花粉量のバラツキが同範囲内の植生量のバラツキをあらわすとしている。

今回の研究からも、各湿原における高木花粉比率（あるいは非高木花粉比率）とそれらを構成する植物種について、これらの出現率の地域差や地点間差をとらえることができれば、周辺植生の様子も判定可能と言える。つまり、森林域と非森林域との区別には、遠距離飛来花粉と現地生花粉それぞれの出現率の地域差や地点間差を知る必要から、守田（2004）で指摘したように、複数地点の花粉の出現率や消長を相互に比較することはもちろんのこと、隣接地域や隣の植生帯、あるいは、もっと遠方の植生帯の花粉についてもその出現率や消長に注意を払うことが肝要となる。したがって、精度の高い分析結果が必要なことは言うまでも無いが、他地点のこのような分析結果を、誰もが容易に閲覧利用できるようにデータベースの整備が必要であろう。

謝 辞

根室・釧路地方を中心とした北海道調査では、上田圭一、稲生世正、穏明寺智成、中村康則、片岡裕子、山崎友子、本村浩之、林 成多の諸氏に試料採取の協力をいただいた。また、ユルリ島湿原および落石岬湿原の調査では根室市教育委員会の皆様および近藤憲久氏から、霧多布湿原調査では浜中町霧多布湿原センターの富沢日出男氏から多大の情報と便宜をいただいた。記して深く感謝いたします。なお、本研究には平成12年度および13年度の科学研究費補助金（COE形成基礎研究費、課題番号09CE1001、代表者：安田喜憲）を一部使用した。

引用文献

- Aario, L. 1940. Waldgrenzen und subrezente Pollenspektren in Petsamo Lappland. *Annales Academiae Scientiarum Fennicae Ser. A.* 54: 1–120.
- Birks, H. J. B. & Birks, H. 1980. *Quaternary Palaeoecology.* 289 pp. Edward Arnold Ltd., London.
- Bradshaw, R. H. W. & Webb III, T. 1985. Relationships between contemporary pollen and vegetation data from Wisconsin and Michigan, USA. *Ecology* 66: 721–737.
- Clayden, S. L., Cwynar, L. C. & MacDonald, G. M. 1996. Stomate and pollen content of lake surface sediments from across the tree line on the Taimyr Peninsula, Siberia. *Canadian Journal of Botany* 74: 1009–1015.
- Davis, M. B. 1967. Pollen accumulation rates at Rogers lake, Connecticut, during late- and postglacial time. *Review of Palaeobotany and Palynology* 2: 219–230.
- Eisenhut, G. 1961. Untersuchungen über die Morphologie und Ökologie der Pollenkörner heimischer und fremdländischer Waldbäume. *Forstwissenschaftliche Forschungen* 15: 1–68.
- Erdtman, G. 1969. *Handbook of Palynology.* 486 pp. Munksgaard, Copenhagen.
- Faegri, K., Kaland, P. E. & Krzywinski, K. 1989. *Textbook of Pollen Analysis.* 4th ed. 327 pp. John Wiley & Sons, New York.
- Faegri, K. & Ottestad, P. 1948. Statistical problems in pollen analysis. *Universitetet i Bergen årbok 1948, Naturvitensk. rk.* 3, 1–27.
- 富士田裕子・中田 誠・小島 覚. 2002. 落石湿原のアカエゾマツ湿地林の植生と土壤環境. 「北海道の湿原 前田一歩園財団創立20周年記念論文集」(辻井達一・橘ヒサ子編), 107–119. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- Gotanda, K., Nakagawa, T., Tarasov, P., Kitagawa, J., Inoue, Y. & Yasuda, Y. 2002. Biome classification from Japanese pollen data: application to modern-day and Late Quaternary samples. *Quaternary Science Review* 21: 647–657.
- 北海道湿原研究グループ. 1997. 北海道の湿原の変遷と現状の解析—湿原の保護を進めるために—(財団法人自然保護助成基金1994–1995年度研究助成報告書). 財団法人自然保護助成基金, 東京. 249 pp.
- 五十嵐八枝子・岩花 剛・仙頭宣幸・露崎史朗・佐藤利幸. 2003. ロシア北東域における異なる植生型から得られた表層花粉群—古植生復元の基礎資料として—. *第四紀研究* 42: 413–425.
- 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. *第四紀研究* 20: 129–142.
- Janssen, C. R. 1981. On the reconstruction of past vegetation by pollen analysis: A review. *Proceedings of 4th International Palynological Conference, Lucknow (1976–77)* 3: 163–172.
- 吉良龍夫. 1949. 日本の森林帯. 林業解説シリーズ17. 36 pp. 日本林業技術協会, 東京.
- Lozhkin, A. V., Anderson, P. M., Vartanyan, S. L., Brown, T. A., Belaya, B. V. & Kotov, A. N. 2001. Late Quaternary paleoenvironments and modern pollen data from Wrangel Island (Northern Chukotka). *Quaternary Science Reviews* 20: 217–233.
- 守田益宗. 1984. 東北地方の亜高山帯における表層花粉と植生の関係について. *第四紀研究* 23: 197–208.
- 守田益宗. 2001a. ユルリ島における晩氷期以降の植生変遷. *植生史研究* 10: 81–89.
- 守田益宗. 2001b. 根室半島における後期更新世以降の植生変遷. *植生学会誌* 18: 39–44.
- 守田益宗. 2004. 北海道東端ユルリ島における表層堆積物の花粉スペクトル. *植生史研究* 13: 3–12.
- Nakagawa, T., Kitagawa, H., Yasuda, Y., Tarasov, P. E., Nishida, K., Gotanda, K., Sawai, Y. & Yangtze River Civilization Program Members. 2003. Asynchronous climate changes in the North Atlantic and Japan during the Last

- Termination. *Science* **299**: 688–691.
- 中村 純. 1968. 北海道第四紀堆積物の花粉分析学的研究 V. ウルム氷期以降の植生変遷. 高知大学学術研究報告 **17**: 39–51.
- 中村 純. 1973. 花粉化石からみた日本の後期更新世. 第四紀研究 **12**: 29–37.
- 小倉 晃・高原 光・Krivonogov, S. K.・Bezrukova, E. V.・三好教夫・上田圭一・志知幸治・竹原明秀・内山 隆. 1999. バイカル湖北東部における最終氷期以降の植生変遷. 日本花粉学会第 40 回大会講演要旨集, 19.
- Prentice, I. C. 1978. Modern pollen spectra from lake sediments in Finland and Finnmark, north Norway. *Boreas* **7**: 131–153.
- 斎藤新一郎. 1996. ユルリ島およびモユルリ島の地形, 土壌, 植物群落および植物目録 (1972). 根室市博物館開設準備室紀要 **10**: 1–61.
- 佐々木昌子. 1986. 植生の異なる地域に発達する湿原の表層堆積物の花粉組成の比較. 第四紀研究 **25**: 13–19.
- 佐藤雅俊・橘ヒサ子・松原光利・新庄久志. 2002. 別寒辺牛湿原の植生. 財団法人前田一歩園財団創立 20 周年記念論文集「北海道の湿原」, 65–86.
- 森林立地懇話会. 1972. 日本森林立地図および説明書. 19 pp. 森林立地懇話会, 東京.
- Sugita, S. 1994. Pollen representation of vegetation in Quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation. *Journal of Ecology* **82**: 881–897.
- 杉田真哉. 1999. 人間・環境系としての植生の復元と空間スケール—化石花粉はどこから飛んできたのか—. 「ライブラリ相関社会科学 6 歴史と環境」, 89–110. 新世社, 東京.
- 橘ヒサ子・富士田裕子・佐藤雅俊・赤坂 准. 1997. 霧多布湿原の植生. 財団法人自然保護助成基金 1994–1995 年度研究助成報告書, 111–129.
- 橘ヒサ子・佐藤雅俊・新庄久志・松原光利. 1999. 根室半島歯舞湿原の植生とその分布構造. 日本生態学会誌学会第 46 回大会講演要旨集, 113.
- 田中瑞穂. 1974. 根室ユルリ島の植生. 釧路市立郷土博物館々報 No. 226: 3–9.
- 田中瑞穂. 1975. 落石湿原と植物の不連続分布. 釧路市立郷土博物館々報. No. 232: 79–82.
- Traverse, A. 1988. *Palaeopalynology*. 600 pp. Unwin Hyman Ltd., London.
- Tsukada, M. 1958. Untersuchungen über das Verhältnis zwischen dem Pollen-gehalt der Oberflächenproben und der Vegetation des Hochlandes Shiga. *Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City Univ., Ser. D.* **9**: 217–234.
- 米林 伸. 1990. 花粉分析による植生の空間分布の復元. 植生史研究 No. 5: 19–26.

(2006 年 6 月 6 日受理)

Appendix. Location of study sites at the six mires based on the global positioning system (WGS84 datum).

Yururi-toh mire (Morita, 2004)				Cape Ochiishi mire			
Study site	Latitude	Longitude	Collection date	Study site	Latitude	Longitude	Collection date
Y-1	43°12' 48.12"N	145°35' 25.08"E	11-Sep-1999	O-1	43°10' 02.28"N	145°30' 37.32"E	12-Sep-1999
Y-2	43°12' 46.68"N	145°35' 28.20"E	do.	O-2	43°10' 06.90"N	145°30' 39.66"E	do.
Y-3	43°12' 46.38"N	145°35' 39.30"E	do.	O-3	43°10' 07.62"N	145°30' 41.94"E	do.
Y-4	43°12' 45.90"N	145°35' 41.70"E	do.	O-4	43°10' 06.00"N	145°30' 42.30"E	do.
Y-5	43°12' 45.30"N	145°35' 45.06"E	do.	O-5	43°10' 06.30"N	145°30' 42.90"E	do.
Y-6	43°12' 44.46"N	145°35' 46.20"E	do.	O-6	43°10' 06.12"N	145°30' 47.16"E	do.
Y-7	43°12' 43.92"N	145°35' 46.62"E	do.	O-7	43°10' 08.58"N	145°30' 49.98"E	do.
Y-8	43°12' 43.68"N	145°35' 48.48"E	do.	O-8	43°10' 10.32"N	145°30' 50.10"E	do.
Y-9	43°12' 40.86"N	145°35' 49.26"E	do.	O-9	43°10' 11.22"N	145°30' 49.98"E	do.
Y-10	43°12' 41.88"N	145°35' 51.00"E	do.	O-10	43°10' 14.40"N	145°30' 52.20"E	do.
Y-11	43°12' 41.10"N	145°35' 50.52"E	do.	O-11	43°10' 12.24"N	145°30' 48.24"E	do.
Y-12	43°12' 39.24"N	145°35' 51.42"E	do.	O-12	43°10' 12.06"N	145°30' 45.42"E	do.
Y-13	43°12' 38.46"N	145°35' 52.38"E	do.	O-13	43°10' 11.40"N	145°30' 41.40"E	do.
Y-14	43°12' 37.56"N	145°35' 52.32"E	do.	O-14	43°10' 09.96"N	145°30' 42.00"E	do.
Y-15	43°12' 36.84"N	145°35' 50.58"E	do.	O-15	43°10' 09.90"N	145°30' 39.66"E	do.
Y-16	43°12' 35.10"N	145°35' 50.28"E	do.	O-16	43°10' 08.04"N	145°30' 39.60"E	do.
Y-17	43°12' 35.04"N	145°35' 47.88"E	do.	O-17	43°10' 07.56"N	145°30' 39.66"E	do.
Y-18	43°12' 34.68"N	145°35' 45.54"E	do.	O-18	43°10' 05.76"N	145°30' 37.56"E	do.
Y-19	43°12' 34.26"N	145°35' 45.12"E	do.	O-19	43°09' 59.70"N	145°30' 32.76"E	do.
Y-20	43°12' 34.74"N	145°35' 45.24"E	do.	O-20	43°10' 01.02"N	145°30' 32.04"E	do.
Habomai mire				Kiritappu mire			
Study site	Latitude	Longitude	Collection date	Study site	Latitude	Longitude	Collection date
HA-1-1	43°21' 33.36"N	145°45' 29.16"E	31-Aug-2000	OC-1	43°10' 00.00"N	145°30' 31.86"E	26-Sep-2001
HA-1-2	43°21' 33.90"N	145°45' 30.06"E	do.	OC-2	43°09' 59.64"N	145°30' 30.96"E	do.
HA-1-3	43°21' 34.56"N	145°45' 31.08"E	do.	OC-3	43°09' 59.58"N	145°30' 31.44"E	do.
HA-1-4	43°21' 34.68"N	145°45' 32.28"E	do.	OC-4	43°10' 00.06"N	145°30' 27.90"E	do.
HA-1-5	43°21' 35.58"N	145°45' 32.58"E	do.	OC-5	43°09' 58.80"N	145°30' 29.04"E	do.
HA-1-6	43°21' 35.76"N	145°45' 31.32"E	do.	OC-6	43°09' 58.32"N	145°30' 30.54"E	do.
HA-1-7	43°21' 35.28"N	145°45' 29.70"E	do.	OC-7	43°09' 58.14"N	145°30' 32.46"E	do.
HA-1-8	43°21' 34.08"N	145°45' 28.32"E	do.	OC-8	43°09' 58.62"N	145°30' 35.04"E	do.
HA-2-1	43°21' 36.96"N	145°45' 21.72"E	24-Sep-2001	OC-9	43°10' 00.00"N	145°30' 35.22"E	do.
HA-2-2	43°21' 38.46"N	145°45' 23.28"E	do.				
HA-2-3	43°21' 37.86"N	145°45' 22.44"E	do.				
HA-2-4	43°21' 39.06"N	145°45' 24.30"E	do.				
HA-2-5	43°21' 36.54"N	145°45' 24.78"E	do.				
HA-2-6	43°21' 35.46"N	145°45' 27.42"E	do.				
HA-2-7	43°21' 36.06"N	145°45' 27.30"E	do.				
HA-2-8	43°21' 39.24"N	145°45' 27.90"E	do.				
Toyosato mire				Bekanbeushi mire			
Study site	Latitude	Longitude	Collection date	Study site	Latitude	Longitude	Collection date
TO-1-1	43°21' 19.26"N	145°41' 53.34"E	31-Aug-2000	BE-1	43°10' 09.42"N	144°51' 25.62"E	09-Sep-1999
TO-1-2	43°21' 18.78"N	145°41' 54.54"E	do.	BE-2	43°10' 10.56"N	144°51' 25.62"E	do.
TO-1-3	43°21' 19.02"N	145°41' 55.68"E	do.	BE-3	43°10' 10.32"N	144°51' 25.44"E	do.
TO-1-4	43°21' 19.50"N	145°41' 56.88"E	do.	BE-4	43°10' 10.80"N	144°51' 23.40"E	do.
TO-1-5	43°21' 20.58"N	145°41' 57.48"E	do.	BE-5	43°10' 10.26"N	144°51' 22.14"E	do.
TO-1-6	43°21' 21.06"N	145°41' 56.22"E	do.				
TO-1-7	43°21' 20.88"N	145°41' 54.42"E	do.				
TO-1-8	43°21' 20.16"N	145°41' 52.56"E	do.				
TO-2-1	43°21' 20.04"N	145°41' 53.10"E	24-Sep-2001				
TO-2-2	43°21' 21.36"N	145°41' 56.10"E	do.				
TO-2-3	43°21' 21.36"N	145°41' 56.34"E	do.				
TO-2-4	43°21' 20.28"N	145°41' 55.02"E	do.				
TO-2-5	43°21' 19.74"N	145°41' 59.88"E	do.				
TO-2-6	43°21' 20.28"N	145°41' 59.70"E	do.				
TO-2-7	43°21' 19.92"N	145°41' 57.30"E	do.				
TO-2-8	43°21' 21.66"N	145°41' 55.56"E	do.				