

原著

池田重人¹・志知幸治¹・岡本 透²・大丸裕武³：
北上山地中央部の亜高山帯域における完新世中期以降の植生変遷

Shigeto Ikeda¹, Koji Shichi¹, Toru Okamoto² and Hiromu Daimaru³:
Vegetation changes since the mid-Holocene in the subalpine area
of the central Kitakami Mountains, northern Japan

要 旨 本州北部太平洋側に位置する北上山地の中央部において、山頂尾根部にのみオオシラビソが生育する青松葉山と、亜高山帯針葉樹林が発達している早池峰山の小田越の2箇所で、オオシラビソ林下の土壌を試料として花粉分析を行い、完新世中期以降の植生変遷を明らかにした。この地域では、完新世中期以降一貫してブナやカンバ類、ナラ類を主体とする落葉広葉樹が優勢であったと考えられた。モミ属の花粉は、両調査地点とも十和田aテフラ降下後の時代になって急増する点で共通していたが、青松葉山ではそれ以前の時代にはほとんど検出されなかったのに対して、小田越では十和田中礫テフラより上位において低率ながら連続して検出された。このことから、小田越では完新世中期にはオオシラビソが周辺に生育していたが、青松葉山では1000年前頃に定着してから現在までに林分を形成したものと推察した。

キーワード：亜高山帯域、オオシラビソ、完新世、北上山地、土壌花粉分析

Abstract We reconstructed the vegetation history since the mid-Holocene in the subalpine area of the central Kitakami Mountains, northern Japan, by pollen analysis using soil samples taken from two *Abies mariesii* forest sites, the Aomatsuba (AMT) site located in a scattered subalpine conifer stand on Mt. Aomatsuba and the Odagoe (ODG) site located in the central part of the developed subalpine conifer zone on Mt. Hayachine. Pollen diagrams show that the vegetation of the montane zone around the study sites were continuously a deciduous broadleaved forest composed mainly of *Fagus*, *Betula*, and *Quercus* subgenus *Lepidobalanus* species after the fall of Towada-Chuseri tephra (To-Cu) erupted in 6000 yBP. *Abies* pollen increased abruptly after the fall of Towada-a tephra (To-a) erupted in AD 915 at both sites. A distinct difference, however, existed between the two sites. At ODG, *Abies* pollen continued to occur in small quantities in layers from To-Cu to To-a, but no *Abies* pollen occurred in these layers at AMT. These results revealed that *A. mariesii* was distributed around ODG until mid-Holocene, whereas *A. mariesii* appeared approximately 1000 years ago around AMT.

Key words: *Abies mariesii*, Holocene, Kitakami Mountains, soil pollen analysis, subalpine area

はじめに

日本における亜高山帯針葉樹の分布とその変遷については、これまでも活発に議論されてきた。とくに、いわゆる「偽高山帯」の成因との関連から、亜高山帯で広い分布域をもつオオシラビソ *Abies mariesii* Masters を中心に多くの研究がなされてきている（四手井, 1952, 1956；梶, 1982；杉田, 1990；Sugita, 1992；守田, 1998 など）。そ

の中で、東北地方については、花粉分析に基づいた亜高山帯の植生史に関する一連の研究（守田, 1984b, 1985, 1987；守田・相沢, 1986）により、オオシラビソが完新世後期に勢力を拡大したことが明らかにされてきた。しかし、これらの研究は奥羽山脈を対象としたもので、北上山地については言及されていない。

奥羽山脈と北上山地では、気候環境や地質条件が大きく

¹ 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1 森林総合研究所立地環境研究領域

Department of Forest Site Environment, Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

² 〒397-0001 長野県木曽郡木曽町福島旭町 5473 森林総合研究所木曽試験地

Kiso Experimental Station, Forestry and Forest Products Research Institute, Asahimachi 5473, Fukushima, Kiso, Nagano 397-0001, Japan

³ 〒305-8687 茨城県つくば市松の里1 森林総合研究所水土保全研究領域

Department of Soil and Water Conservation, Forestry and Forest Products Research Institute, Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687, Japan

異なっている。北上山地の気候は、西に連なる奥羽山脈に比べると年降水量や冬期の積雪量が少なく、北西部では積算寒度が大きく現成の周氷河現象も認められており（澤口, 2005）、本州の中ではとくに寒冷な地域として知られている。地質については、奥羽山脈がおもに第四紀の火山岩から成るのに対して、北上山地は中・古生代の堆積岩と白亜紀の花崗岩が主体となっている（小池, 2005）。このように環境条件が異なるため、奥羽山脈における既往の研究結果から北上山地の植生変遷過程を単純に推定することはできず、やはり北上山地内で得られた試料の分析に基づいて研究を進める必要がある。

北上山地では、最高峰である早池峰山（1917 m）の周辺を除くと標高 1400 m を越える山はみられないものの、広い範囲に 1000 m 以上の山が点在しており、温度条件だけでみると、およそ 1000 ~ 1100 m 以上の標高域が亜高山帯に相当する。しかし、亜高山帯針葉樹林が発達しているのは早池峰山周辺だけであり、ほかには数箇所の山頂尾根部にオオシラビソやコメツガ *Tsuga diversifolia* (Maxim.) Masters の小林分がみられるにすぎず（杉田, 2005）、それ以外の亜高山帯の領域はダケカンバ *Betula ermanii* Cham. の疎林となっていることが多い。こうした植生はどのような過程を経て成立したのだろうか。北上山地の亜高山帯域で植生変遷を研究することにより、これらの植生史の解明に寄与するとともに、奥羽山脈などで認められている完新世のオオシラビソの勢力拡大が、生育環境の異なる場所でも同様に起こったのかどうかが明らかになる。これは、最終氷期以降における亜寒帯（亜高山帯）針葉樹の変遷と環境条件との関係を明らかにするための資料ともなるものである。

これまでに北上山地を対象として行われた古生態学的研究は少なく、研究地域も北西部にやや偏在している。そのうち、山中（1978）は北上山地北西部の外山（蛇塚）において最終氷期に及ぶ試料の花粉分析を行い、その結果から 5 つの花粉帯に区分してこの地域の植生変遷について考察しており、年代測定結果から晩氷期頃と推定される層準でモミ属が優勢であることなどを見出している。しかし、晩氷期と後氷期の境界付近に不整合があることに加えて、後氷期については表層に近い部分の断続的な分析結果が示されているのみである。三浦（1998）は、北上山地におけるそれまでの花粉分析結果をまとめ、針葉樹の優占する森林やブナ *Fagus crenata* Blume の逃避地の存在を推定するとともに、コケスギラン *Selaginella selaginoides* (L.) Link 胞子の出現年代やその立地環境の推定などをもとにして、この地域の最終氷期最盛期から晩氷期の植生について検討している。しかし、その中では後氷期についての分析結果は示されていない。また、埋没土壌の花粉分析と材化石分析

によって過去の植生を推定した研究（西城ほか, 1988；高橋ほか, 2000）は、最終氷期中の一時期の局所的な植生を推定したものである。このほかにも、いくつか花粉分析の結果が報告されているものの、試料の年代が特定されていないため、これらを比較して論じることが難しい。

このように、北上山地の植生史に関する研究が進展せず、最終氷期以降の連続した分析結果が示されていないのは、古環境・古植生の解明に有用な泥炭等の堆積物を有する湿原が少なく、良好な分析試料を得るのが難しいことが原因としてあげられる。また、北上山地では晩氷期以降の温暖・湿潤化による降水量の増大に伴い、土石流や崩壊が頻発したことが地形学的研究から明らかにされており（吉永・小岩, 1996；西城, 1998；檜垣, 2005）、この時代の良好な堆積物試料が得られていないのは、こうした堆積環境の変化も大きな要因であろう。本研究の対象地である山地中央部においても、溪流沿いに形成された小湿地がみられる程度で、亜高山帯針葉樹の生育地付近には花粉分析に適した泥炭湿原は存在しない。花粉分析の試料としては湿原や湖沼の堆積物を用いるのが一般的であるが、土壌を試料とすることも以前から行われており、日本では Miura (1983, 1984), Kawamuro & Torii (1986), Miyake et al. (2000) などの研究がある。こうしたことから、本研究では、亜高山帯の森林内において土壌断面から採取した試料を用いて花粉分析を行うこととした。その結果に基づいて、北上山地における完新世の植生変遷過程を示すとともに、亜高山帯針葉樹の中でもとくにオオシラビソ林の形成過程について検討した。

本論考は池田（2005）を土台として、追加の分析を行い新たな考察を加えて作成したものである。ここでは、最終氷期など寒冷な時代に低標高域にまで生育していたものを亜寒帯針葉樹、後氷期の温暖な時代に高標高域に生育するものは亜高山帯針葉樹の用語を用いることとする。

調査地の概況

北上山地は本州北部太平洋側に位置するなだらかな地形の山なみで、後述する小面積の亜高山帯域を除くと全域が冷温帯の気候下にある。冷温帯域で現在みられる主な植生は以下のとおりである。自然植生のよく残るところでは、ブナ、ウダイカンバ *Betula maximowicziana* Regel 等を主体とする森林が生育している。一方、古くから人為的な影響を強く受けているところも多く、そうした場所では地形など立地環境の違いや人為影響の程度に応じて、シラカンバ *Betula platyphylla* Sukatchev var. *japonica* (Miq.) Hara やコナラ *Quercus serrata* Thunb. ex Murray, ミズナラ *Quercus crispula* Blume などの二次林あるいは草地となっているところが広くみられる（岩田, 1971；大住,

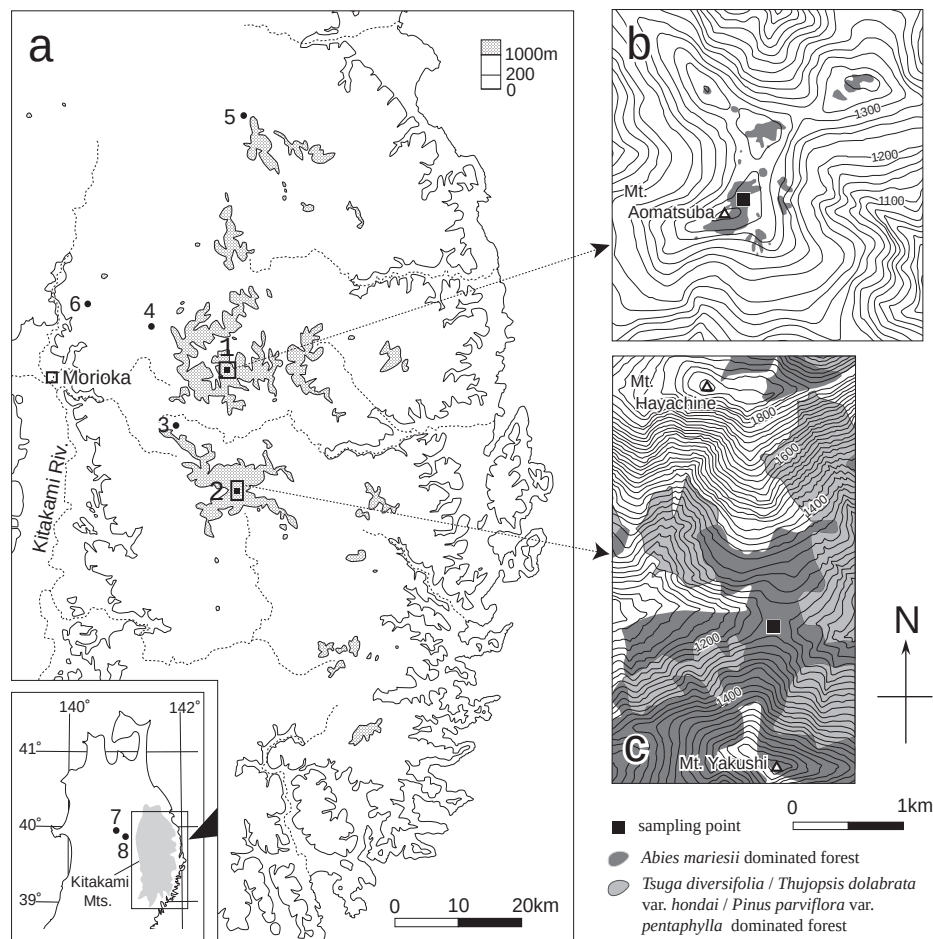


図1 調査地域。— a: 調査地の位置 (1, 2: 本研究, 3–8: 既往研究。3: 区界 (Miura et al., 1992), 4: 蛇塚 (山中, 1978), 5: 平庭 (西城ほか, 1988), 6: 姫神 (高橋ほか, 2000), 7: 八幡平 (守田, 1985), 8: 春子谷地 (山中, 1972; 吉田・吉木, 2008)), b: 青松葉山, c: 小田越。亜高山帯針葉樹を含む植生の分布は空中写真判読 (b) と杉田 (2005) (c) による。
 Fig. 1 Study area. — a: Location of the study sites (1, 2: this study, 3–8: previous studies. 3: Kuzakai (Miura et al., 1992), 4: Hebizuka (Yamanaka, 1978), 5: Hiraniwa (Saijo et al., 1988), 6: Himekami (Takahashi et al., 2000), 7: Hachimantai (Morita, 1985), 8: Haruko-yachi (Yamanaka, 1972; Yoshida & Yoshiki, 2008)), b: Aomatsuba site, c: Odagoe site. Distribution of vegetation including subalpine conifer species is drawn from an aerial photograph (b) and is modified from Sugita (2005)(c).

2003; Osumi et al., 2003)。針葉樹では、アカマツ *Pinus densiflora* Sieb. et Zucc. が全域で広くみられ、キタゴヨウ *Pinus parviflora* Sieb. et Zucc. var. *pentaphylla* (Mayer) Henry は高標高域に分布する。人工林では、標高の高い方にカラマツ *Larix kaempferi* (Lamb.) Carrière の比較的大きな造林地がみられる。スギ *Cryptomeria japonica* (L. fil.) D. Don はおもに河川沿いなどに植栽されているが、大面積の造林地は少ない。

亜高山帯域では、先に述べたように高木性の針葉樹はオオシラビソとコメツガが、広葉樹ではダケカンバが生育している。このほかに、ハイマツ *Pinus pumila* (Pallas) Regel は、早池峰山と薬師岳周辺の山頂尾根部を中心に低

木群落が発達するが、それ以外では山頂付近に生育する山がいくつかみられる程度である。

亜高山帯域に相当する標高 1000 m 以上の山域の中で、面積が大きいのは青松葉山および早池峰山を中心とする二つである (図 1a)。花粉分析試料はそれぞれの山域の中央付近に位置する青松葉山および小田越のオオシラビソ林内で採取した。採取地点の標高は、青松葉山が 1340 m、小田越は 1250 m で、いずれも亜高山帯の下部に相当する。

青松葉山の試料採取地点 (北緯 39° 32' 26", 東経 141° 29' 44") は、山頂から北方に続く平坦な尾根上にある。青松葉山では、山頂に近いならかな尾根部にのみ亜高山帯針葉樹が生育している (図 1b)。その多くはオオシラビソで、

コメツガはまれに見られる程度である。試料採取地点付近はオオシラビソが優占し、これにダケカンバが少数混生している。林内でのオオシラビソの密度はやや疎で林帯の幅も広くはない。尾根に近い山腹部ではダケカンバが多く生育しているが、林冠は閉鎖せず疎林状を呈している。一方、小田越の試料採取地点（北緯 39° 41' 58", 東経 141° 29' 10"）は、早池峰山と薬師岳の鞍部にあり地形はほぼ平坦である。ここは北上山地で最も亜高山帯針葉樹林が発達する地域の中央に位置している。周辺の亜高山帯針葉樹林はオオシラビソおよびコメツガによって構成されているが、試料採取地点付近はオオシラビソが優占し、林冠は閉鎖している（図 1c）。また、両調査地点付近では、林床にチシマザサ *Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata が密生している。

試料および分析方法

前述した 2 地点のオオシラビソ林下において土壌試孔を掘り、土壌断面より試料を採取した（図 2）。

この地域の土壌中には十和田カルデラから噴出した完新世のテフラが挟在していることが多い。とくに約 6000 年前の十和田中振テフラ（To-Cu）（町田・新井，2003）は北上山地のほぼ全域に分布しており（日本第四紀学会，1987），完新世中期の時間指標として有用である。また，AD915 年に噴出したとされる十和田 a テフラ（To-a）（町田・新井，2003）は，薄い層厚の細粒ガラス質火山灰として，堆積条件のよいところで認められる。

青松葉山では，表層より深さ約 27 cm までが腐植に富む黒褐色の A 層で，その下に To-Cu が 7 cm 前後の厚さで堆積していた。その下部には暗褐色の A 層が深さ約 50 cm まで続き，さらに褐色の 2B 層へと漸変していた。また，A 層中の深さ 10 cm 付近には，やや不明瞭ながら To-a が認められた。試料は，断面の表層から深さ 50 cm までの土壌を柱状に採取した。一方，小田越では，表層より深さ 30 cm までが腐植に富む黒色の A 層で，その下には黄褐色～赤褐色の To-Cu が 8 cm 前後の厚さで堆積しており，To-Cu 層より下部は褐色の 2B 層となっていた。A 層と 2B 層はちょうど To-Cu 層を境として明瞭に分かれており，2B 層下部左側は径 30 cm 以上の花崗岩巨礫によって占められていた。A 層中の深さ 12 cm 付近に褐色の To-a がレンズ状に薄く断続してみられた。試料は，この断面の表層より深さ 48 cm までの土壌を柱状に採取した。

採取した柱状試料は，テフラ層の部分を除いて 1～3 cm の厚さに切り分け，それぞれ約 5 cm³ を分析に供した。青松葉山の試料は水酸化カリウム処理および塩化亜鉛（比重 2.0）を用いた比重分離を行い，また小田越の試料は水酸化カリウムおよびフッ化水素酸処理を行い，いずれもア

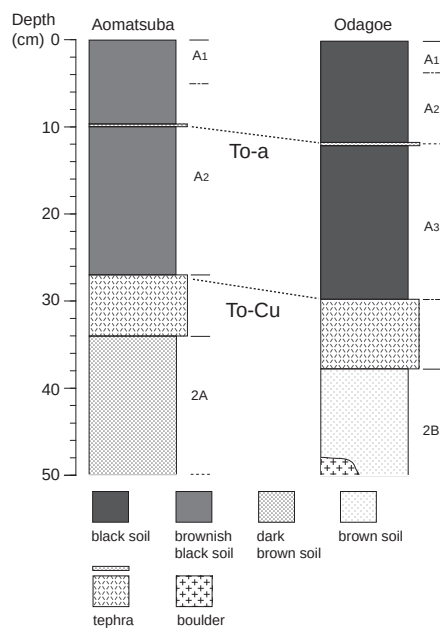


図 2 土壌断面模式図。

Fig. 2 Schematic soil profiles.

セトリシス法による化学処理の後，プレパラートを作成した。以上の化学処理は，松下（1993）に記載されている各処理方法に従った。花粉の観察には光学顕微鏡を用いて 400 倍あるいは 600 倍で検鏡し，高木花粉の数がおおむね 300 個以上，少なくとも 200 個以上を計数した。花粉ダイアグラム作成に際しては，高木花粉の総数を基数とする百分率で表した。また，局地花粉帯の区分は目視によった。

花粉分析結果

以下の記述では，花粉・胞子については学名を用い，植物については和名を用いる。

1. 青松葉山

花粉組成の特徴から，AMT-1，AMT-2，AMT-3 の三つの局地花粉帯に区分した（図 3）。また，AMT-2 は AMT-2a と AMT-2b に細分した。それぞれの花粉帯における特徴と，オオシラビソに対応する *Abies* の出現傾向は以下のとおりであった。

AMT-1 帯

Betula, *Fagus* が優勢で，とくに *Betula* は 40% 前後の出現率を示した。これに *Quercus* subgen. *Lepidobalanus*, *Carpinus*/*Ostrya*, *Juglans*/*Pterocarya* などの落葉広葉樹が伴っていた。*Abies* は下層においてわずかにみられたが，出現率は 1% に満たなかった。その他の針葉樹は，い

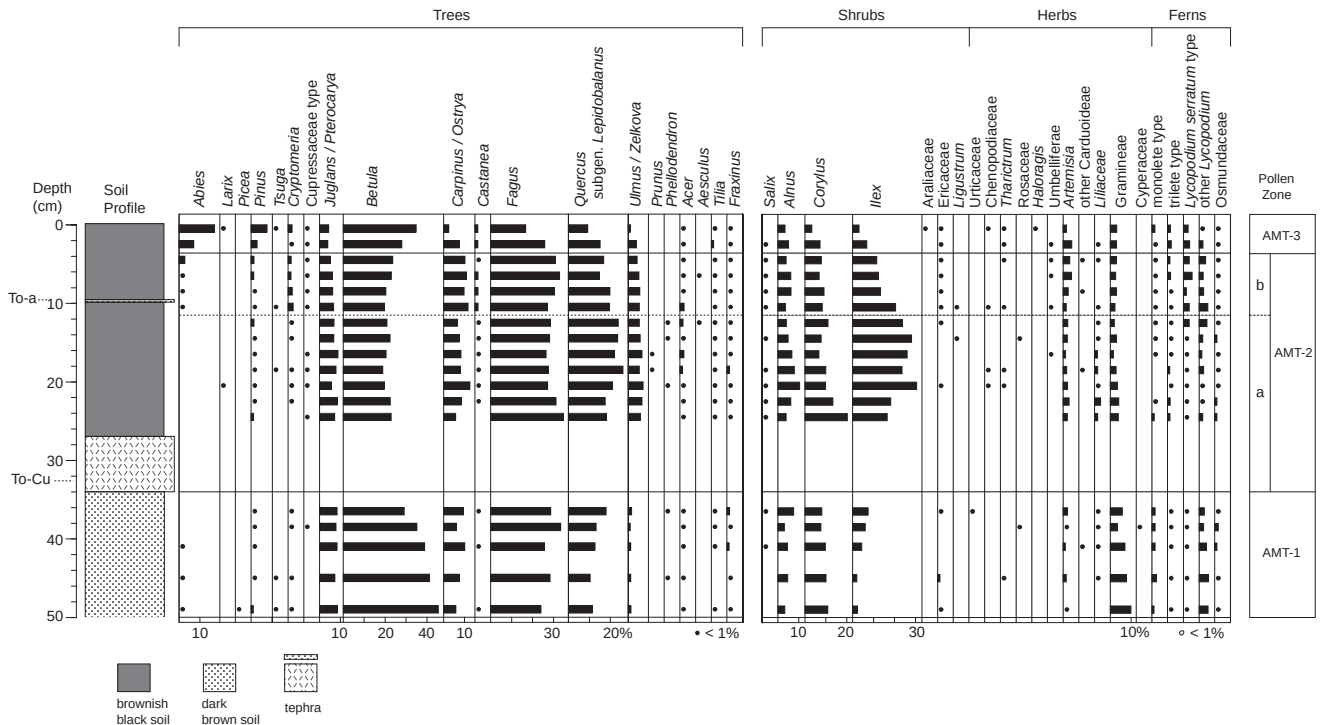


図3 青松葉山の花粉ダイアグラム。
Fig. 3 Pollen diagram of the Aomatsuba site.

いずれも1%以下であった。低木種では、*Alnus*が5%前後、*Corylus*が10%前後で推移した。*Ilex*は下層では低率であったが、To-Cuまで次第に増加した。また草本種では、Gramineaeが下層で10%近い出現率を示してやや多く検出されたが、その他はいずれも低率で断続的に検出されるものがほとんどだった。シダ胞子では、*other Lycopodium*が3%前後を示したが、その他は低率で推移した。

AMT-2 帯

本帯を通じて *Fagus*, *Betula*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が優勢で、それぞれ30%, 25%, 20%程度の出現率で安定して推移した。AMT-1帯に比べると *Betula* は減少し、*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* がやや増加している。随伴する落葉広葉樹類はAMT-1とほぼ同様であったが、そのほかに *Ulmus/Zelkova* が5%程度に増加した。*Abies* は、AMT-2aでは全く検出されなかったが、AMT-2bでは低率ながら連続して出現するようになった。その他の針葉樹では、AMT-2bのTo-a付近の層準で *Cryptomeria* がやや増加していた。低木種では、*Ilex* が急増してTo-a降下頃まで20~30%の出現率を示して優勢となり、その後やや減少した。一方、*Alnus* と *Corylus* の出現率は、To-Cuの直上を除いてAMT-1帯と大きく

変化することなく推移していた。草本種では、Gramineae, *Artemisia*, Liliaceaeが低率ながら連続して検出されたが、その他は断続的にみられるのみであった。シダ胞子では、AMT-2a最上部からAMT-2bにかけて *Lycopodium serratum* type と *other Lycopodium* が3%前後の出現率を示したものの、その他はいずれも低率で推移した。

AMT-3 帯

表層に向けて *Betula* が増加し、*Fagus*, *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* やほかの落葉広葉樹類は減少した。一方、*Abies* は急増して表層では17%の出現率を示した。その他の針葉樹では、*Pinus* が表層で増加した。低木種は減少し、*Alnus*, *Corylus*, *Ilex* の3分類群は表層でいずれも約3%となった。草本種およびシダ胞子については、AMT-2と同様の出現傾向を示し大きな変化はみられなかった。

2. 小田越

花粉組成の特徴から、ODG-1, ODG-2, ODG-3の3つの局地花粉帯に区分した(図4)。小田越の試料についてはTo-Cuより下層でしだいに花粉の保存状態が悪くなっていた。図に示したTo-Cu直下の層準より下部ではさらに

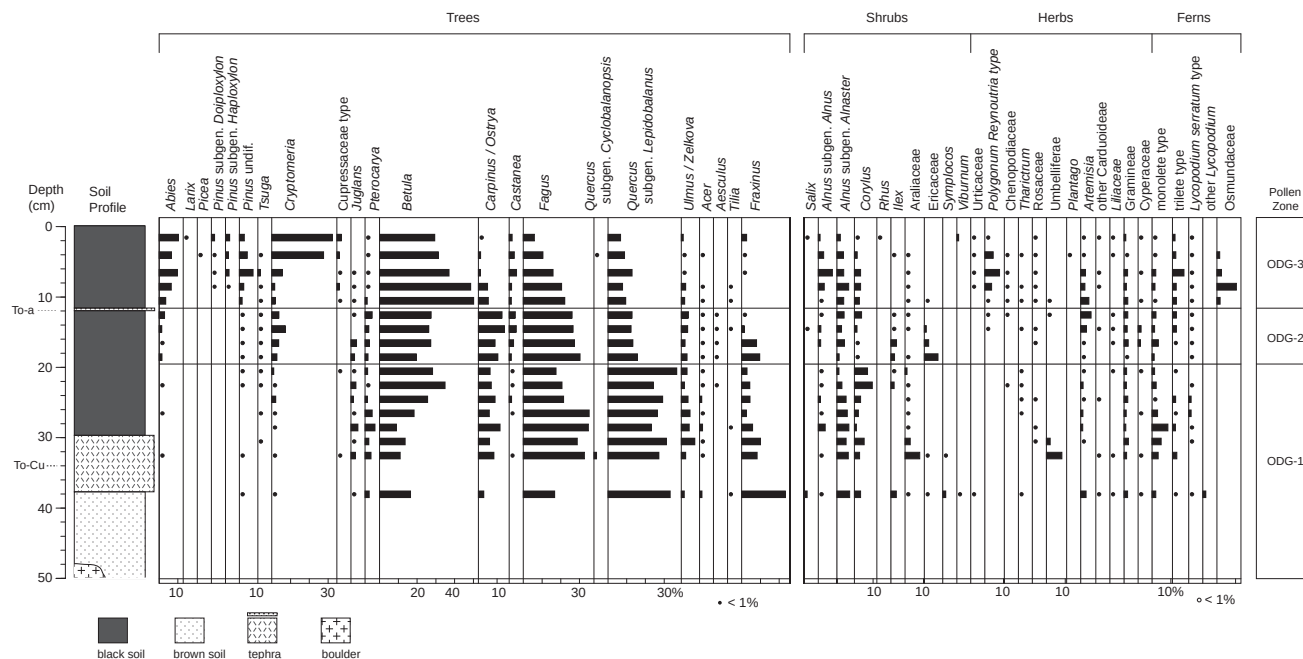


図4 小田越の花粉ダイアグラム。
Fig. 4 Pollen diagram of the Odagoe site.

保存状態が悪くなり花粉の同定が困難であった。それぞれの花粉帯における特徴と *Abies* の出現傾向は以下のとおりであった。

ODG-1 帯

Quercus subgen. *Lepidobalanus* は本帯を通じて 30% 程度の出現率で推移し、*Fagus* は下層で *Betula* は上層で、それぞれ 30% 前後の出現率を示して優勢であった。これらの 3 分類群に加えて、*Juglans*, *Pterocarya*, *Ulmus*/*Zelkova*, *Fraxinus* などが伴い、このうち *Fraxinus* は下層で 10% 以上の出現率を示した。*Abies* は、断続的かつ 1% 未満の出現率で検出されたのみであった。低木種では、*Alnus* subgen. *Alnaster* が下層では 5% 以上で推移し、*Corylus* は上層で 10% 近くを示した。草本種およびシダ胞子では、とくに目立った出現率を示すものではなく、*Gramineae* と *Monolete* 型胞子が連続してみられたが、その他は断続的に低率で検出されるものが多かった。

ODG-2 帯

Quercus subgen. *Lepidobalanus* が減少して 20% 以下となったが、*Fagus* と *Betula* は 30% 程度の出現率で優勢を保っていた。その他の落葉広葉樹類の出現傾向は、ODG-1 帯から大きな変化はみられなかった。*Abies* は連続して検出されるようになり、本帯の最上部では約 3% と

なった。その他の針葉樹では、*Cryptomeria* が To-a の直下付近の層準でやや増加していた。低木種では、*Ericaceae* や *Ilex* が数% 検出される層準がみられたが、一時的なものであった。その他の低木種は、ODG-1 に比べて減少するか大きな変化がなかった。草本種とシダ胞子については、ODG-1 から大きな変化はみられなかった。

ODG-3 帯

表層に向けて *Fagus* が急速に減少し、*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* も 10% 程度にまで減少した。これに対して *Betula* は優勢で、とくに本帯の下部では 50% 近い出現率を示した。その他の広葉樹類の多くは減少した。*Abies* の出現率は次第に増加し、表層では約 10% の出現率となった。また、*Cryptomeria* が表層で急増して 30% 前後の出現率を示したほか、*Pinus* もやや増加した。一方、低木種では大きな変化は認められなかった。草本種とシダ胞子についても大きな変化はなかったが、*Polygonum Reynoutria* type, や *Osmundaceae* では一時的に増加することがあった。

考 察

1. 供試土壌の堆積環境と花粉の保存性

泥炭を試料とする場合、過湿で嫌気的な泥炭地の環境からみて花粉の保存にも良好であることが予想されるのに対

して、土壌ではその生成環境がさまざまであるので、試料採取地点の選定には十分な検討が必要である。この研究では花粉分析の試料として森林下の土壌を用いた。土壌を試料として花粉分析を行う場合の問題点や有効性などについては、以前からさまざまな検討がなされている。

Dimbleby (1957, 1961) は、土壌中における花粉の保存性を検討し、酸性度の強い土壌中ではその分解が抑制され花粉分析をおこなうことは十分可能であるとした。Miura (1985) は、泥炭および土壌中における深さ 20 ~ 30 cm までの花粉の保存性を調べた結果、両試料とも劣化した花粉を各層準から認め、劣化の程度は泥炭中の方がやや小さいもののその差はわずかであるとした。また、Miura (1982, 1987) は、一斉開花したササの花粉を利用して表層土壌中における花粉の鉛直方向の移動・攪乱について検討し、開花後 3 年ではササ花粉はそのほとんどが A₀ 層中の F 層上部にとどまり、その後 3 年の期間を経ても土壌中への移動はわずかであることを明らかにした。三宅・中越 (1998) は、異なる環境下の森林土壌における花粉・胞子の保存状態を調べ、強い酸性の土壌あるいはやや湿性の土壌において良好であることを示した。

以上に示した既往の研究結果は、土壌を試料とする花粉分析が有効であることを示しているが、同じ研究の中で、割れた花粉や花粉粒の表面が劣化したものも認められている。古植生の復元のためには、とくに土壌の水分環境および堆積状態に留意し、還元的な環境で生成され攪乱なく成層した土壌を用いることが重要と考える。

青松葉山と小田越の試料採取地点付近は、ともに傾斜がほとんどない平坦な地形である。両地点とも、試料採取した土壌断面中に To-a と To-Cu の 2 つのテフラが挟まれていたが、両テフラとも乱れなく成層していた。断面観察から、テフラ層以外でも土層の乱れは認められなかったため、層位の攪乱はごく少ない状態で堆積したものと推察した。両地点は、青松葉山がゆるやかな尾根上の平坦地で小田越は峠状の鞍部にあるため、ともに水が停滞しやすい地形条件といえる。このため、土壌はやや湿性で土層中の一部にはそうした還元的環境で生成されやすい鉄の集積が認められた。このような状況からみて、両地点で採取した森林土壌は花粉の保存には比較的良好で、植生復元のための花粉分析試料として用いることは十分可能であると判断した。

2. 北上山地中央部における完新世中期以降の植生変遷

青松葉山および小田越における花粉分析結果をもとに、北上山地中央部の植生変遷について検討する。ここで対象とする期間は、両地点における堆積物の状況からみて、ともに完新世の中期以降現在までである。青松葉山では To-Cu より下位の 5 層準までを分析したが、花粉の組成に

は大きな変化がみられないため、To-Cu が降下堆積した約 6000 年前から大きく遡ることはないものと考えた。

本研究では森林内で採取した試料を用いているため、花粉分析の結果は比較的狭い範囲の植生を反映しやすいと考えられる。したがって、ここに示したダイアグラムは基本的には調査地点周囲の亜高山帯域の植生を表しているが、山地帯域から飛来した花粉もかなりの割合で含まれていると考えられる。それは主に次の理由による。すなわち、両調査地点の周辺では亜高山帯域に比べて山地帯域の面積が広大であり、調査地点から山地帯域までの距離が短いこと、守田 (1984a) の指摘にあるように、山岳上部では下方からの飛来花粉の影響が非常に大きくなると考えられること、分析地点周辺で森林の発達が悪い場合や低木群落である場合はその影響はさらに大きくなること、である。この分析結果だけでは山地帯からの飛来花粉の割合について定量的に論議することはできないが、両地点における花粉組成の変化や周辺地域での分析結果を考慮し、花粉の給源を考えながら分析結果を解釈していく。

両調査地点に共通して認められる高木花粉の出現傾向の特徴としては、全体の期間を通じて *Betula*, *Fagus* および *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* が優勢であることが第一にあげられる。これらの分類群の樹種としては、現在この地域に生育する森林の構成種からみて、*Betula* はダケカンバ、シラカンバ、ウダイカンバを主体とし、*Fagus* は主としてブナ、*Quercus* subgen. *Lepidobalanus* はミズナラおよびコナラがそれぞれ相当するであろう。このうち *Fagus* についてみると、現在、北上山地でブナが優占する森林は奥羽山脈に比べて少ないが、花粉出現率の変化からみて、比較的最近までブナ属樹種がこの地域の主要構成種のひとつであったことは明らかである。現在のブナの分布について、原 (2006a, 2006b) は東日本太平洋側におけるブナの詳細な分布情報を基にして生態地理的な検討を行っており、当地域においてはブナの種としての分布が低標高域から山頂部まで広い範囲にわたることを指摘している。これらの事実から、上述のブナ属花粉が多く検出された時代には現在よりもブナが優勢で、その後何らかの原因で衰退したものであろう。

北上山地では、古くから人による土地利用や攪乱があったことが知られており、自然植生に対して 9・10 世紀頃からは肥料採取のための草刈りが、13・14 世紀頃からは飼料採取のための草刈りが始まり、採草地では火入れが行われていたとされる (岩田, 1971)。大住 (2003) は、北上山地においてこうした人為攪乱の影響が、過去の土地利用の違いを経由して現在の植生を規定することを明らかにしている。また、残雪期間の長さの違いは、火入れの容易さや延焼のしやすさを通じて、ブナ林の残存に間接的に影響

する可能性を指摘している(大住, 2003)。これらのことと、*Fagus*の減少が*Betula*を除く主要落葉広葉樹の減少と同調していることを考えあわせると、*Fagus*が減少した要因としては人為的な影響が大きいと推察される。ブナ属の樹種としてはイヌブナ *Fagus japonica* Maxim. もあるが、検鏡時には区別して計数していないものの *Fagus japonica* type の花粉はほとんどみられなかったことから、*Fagus* の花粉は主としてブナに由来するものと考えられる。もうひとつの特徴は、To-a が降下堆積した AD915 年以降に *Betula* が増加することである。これは、人為的な影響が増大し、とくにシラカンバ二次林の面積が大きくなったためと推察した。小田越では表層で出現率がやや減少しているが、これは *Cryptomeria* の割合が急増したことが影響したため、*Betula* の割合が大きい傾向は変わらない。このように、約 6000 年前以降 1000 年前頃までの時代では、多少の変動はみられるものの、ブナ属やコナラ亜属、カバノキ属などを中心とする落葉広葉樹が継続して優勢であった。

青松葉山と小田越の間は約 18 km の距離で、標高にも大きな違いはないので、気候環境としてはほぼ同等の条件といえる。それでも、両地点における花粉分析の結果にはいくつかの点で明瞭な違いが認められた。その主なものとしては、オオシラビソ林の成立時期、低木の出現率、主要落葉広葉樹や *Cryptomeria* の出現率の変化傾向などがあげられる。これらのうち、オオシラビソの定着とオオシラビソ林の成立については次項で検討することとし、ここではそれ以外の点について考察する。加えて、東北地方に現在分布している亜高山帯樹種の一つであるコメツガについて、花粉の出現状況を検討する。

両地点における最も重要な相違点は低木種の出現率である。小田越では *Corylus* や *Alnus* subgen. *Alnaster* などが連続して検出され、ODG-1 の時代には *Corylus* が最大で 10% 近い割合を示したものの、とくに大きな出現率を示すものはなかった。これに対して、青松葉山では *Ilex* と *Corylus* が継続して高い割合で検出され、とくに *Ilex* は、AMT-2 の時代に 15 ~ 30% の出現率を示した。東北地方の亜高山帯域に生育する *Ilex* の種としては、アカミノイヌツゲ *Ilex sugerokii* Maxim. var. *brevipedunculata* (Maxim.) S. Y. Hu またはハイイヌツゲ *Ilex crenata* Thunb. var. *paludosa* (Nakai) Hara が考えられる。これらはいずれも低木種で花粉の飛散距離は短いと考えられるため、こうして高い割合で連続して検出されたのは、この時代にはどちらかの種あるいは両種が、試料採取地点付近で優占して生育していたことを示している。この結果から、青松葉では長期にわたり低木群落が優勢であったのに対して、小田越では青松葉山に比べると古くから高木種が優占していたと推察した。青松葉山と小田越では、同じ亜高山帯下

部に位置し現在とはともにオオシラビソ林となっているものの、そこに至る過程がかなり異なったものであったといえる。このように、青松葉山では低木種が優勢な期間が長く、そうした時代の高木花粉ダイアグラムには、山地帯からの飛来花粉の影響がより強く表れている。

主要落葉広葉樹では、前述のように *Betula* と *Fagus* および *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* という山地帯で優勢な樹種の花粉が下層から表層まで大きな割合を示したが、出現率の変化傾向は両地点では少し異なっていた。青松葉山ではこれら 3 分類群の出現率の変化の幅は比較的小さく、ゆるやかに変化していたのに対して、小田越では出現率は変動しながら推移し、変化の幅はやや大きかった。これは、青松葉山付近は北上山地の中でも人里から最も遠い位置にあって人為の影響を受けにくかったため、AMT-3 の時代になるまでは周辺の森林は比較的安定していたのに対して、小田越では西麓の集落周辺において人間活動が活発化するとともに、森林伐採や火入れなどによる植生の変化の影響があらわれやすかったものと推察した。また、*Cryptomeria* は、両地点とも低率ながら下層よりほぼ連続して検出され、小田越の表層でとくに多くなっていた。北上山地では天然スギの分布は太平洋沿岸地域にわずかにみられるだけであるため(林, 1960)、これらの *Cryptomeria* 花粉は主に奥羽山脈などからの飛来花粉および集落付近の植栽木や近年造成された人工林に由来しており、表層では人工林由来の花粉が多くを占めていると考えられる。小田越の表層でとくに大きな出現率を示し青松葉山で少なかった原因は、両調査地周辺における造林地や植栽スギからの距離等が影響したものであろう。

東北地方北部においては、オオシラビソ以外の亜高山帯針葉樹林の構成種としてコメツガが分布している。温帯性針葉樹であるツガは福島県下の八溝山地が現在の北限であり(林, 1960)、ここで検出された *Tsuga* はコメツガ由来と考えられる。この研究では両地点とも *Tsuga* の検出割合は非常に小さかった。このうち青松葉山ではコメツガはまれに生育する程度であるため、*Tsuga* がごくわずかしこ検出されなかったのは実態に即しているように見える。これに対して、周辺の亜高山帯域にコメツガが多数生育している小田越においても *Tsuga* の検出割合が小さかったことについては原因が明らかではない。試料採取地点のごく近辺にはコメツガは生育していないので、コメツガ花粉の飛散距離がかなり小さいことを示しているのであろう。今後の古生態学研究の進展のためには、こうした主要な分類群の花粉飛散距離の実態について解明していく必要がある。

3. オオシラビソ林の成立とその年代

東北地方北部に分布するモミ属の樹種としてはオオシラ

ビソ *Abies mariesii* とモミ *Abies firma* がある。これらのうちモミは、岩手県と宮城県の県境付近より南の、とくに太平洋沿岸部の低標高域に生育しており (林, 1960), 北上山地にはほとんど分布していない。このため, 本研究で検出された *Abies* は, 完新世中期以降という時代からみても, オオシラビソ由来と考えるのが妥当である。

Abies は, 青松葉山では To-Cu と To-a の間の年代では検出されなかったのに対して, 小田越では To-Cu が降下した後, 低率ながら比較的すみやかに出現し始めている。しかし, To-a 降下以前の *Abies* の出現率は小さいので, 遠方からの飛来花粉に由来する可能性を検討する必要がある。

ここで, 周辺地域でおこなわれた分析結果における *Abies* の出現率の変化をみてみよう。本調査地の北西方にあたる八幡平 (図 1 の地点 7) の分析結果 (守田, 1985) によると, To-a (論文中では AYP) 降下以前の時代には, ほとんどの地点で *Abies* の出現率は非常に低く, 1% 以上の出現率を示すのは一部の地点に限られた層準である。また, 八幡平と早池峰山の間に位置する岩手山南東麓の春子谷地 (図 1 の地点 8) でも, To-a より下位の完新世の時代では *Abies* は 1% 未満しか検出されていない (山中, 1972; 吉田・吉木, 2008)。このように, 北上山地に最も近いオオシラビソ生育地である八幡平地域は遠方飛来花粉の給源としては影響がいちばん大きいと考えられるが, 周辺地域も含めて To-a 降下以前の完新世の時代に *Abies* が多く検出される例はきわめて少ない。

以上のことから, 小田越において To-Cu 以後に検出されたモミ属花粉の多くは調査地点近辺の個体由来と考えるべきで, オオシラビソは少なくともこの時代には小田越周辺に生育していたものと推察した。ただし, その出現率は低いまま推移していることから, 現在のような亜高山帯針葉樹林の景観ではなく, 落葉広葉樹林中にオオシラビソが点在するようなものだったのかもしれない。一方, 青松葉山では, To-a 直下から To-Cu の下部にあたる深さ 40 cm までの間では *Abies* が全く検出されなかった。この結果だけから全くなかったと言い切ることはできないが, この時代に青松葉山付近ではオオシラビソがほとんど生育していなかったのは確かであろう。これらのことから, 完新世中期以降の時代において, 北上山地のオオシラビソは, 小田越などの早池峰山地域でわずかながら生育していたものが, To-a が降下する少し前から徐々に勢力を伸ばしはじめ, その後急速に勢力を拡大して現在みられる亜高山帯針葉樹林を形成するに至ったものと考えられる。小田越周辺で勢力が拡大したと同時期に青松葉山にも新たな分布域を形成したが, 現在のような林分を形成したのは小田越より遅く, To-a が降下堆積して少し時間を経た後のことと推定される。

北上山地の植生史一まとめと課題

本研究により北上山地の亜高山帯域における植生史の一端が明らかになったが, 不明な点はまだ多い。ここでは, 現段階で考え得る北上山地の植生史について, 植生の変動期として注目すべき最終氷期以降の時代にまで広げながら考え, 今後の課題を記しておくたい。

これまでに北上山地で行われた古生態学的研究のうち, 複数層位の花粉分析結果と年代値が示されて比較可能なものだけを選び, 花粉帯を対比した (図 5)。このうち本研究が亜高山帯域で得た試料を分析したものであるのに対して, 他の 2 地点は標高 700 m 程度の山地帯を対象としており, 調査地の標高域が異なっている。北上山地の植生史を考えるには情報が不足しているが, 周辺地域の結果や大型植物化石等の情報もあわせて考察してみたい。なお, 山中 (1978) による蛇塚の試料については, Late Glacial と

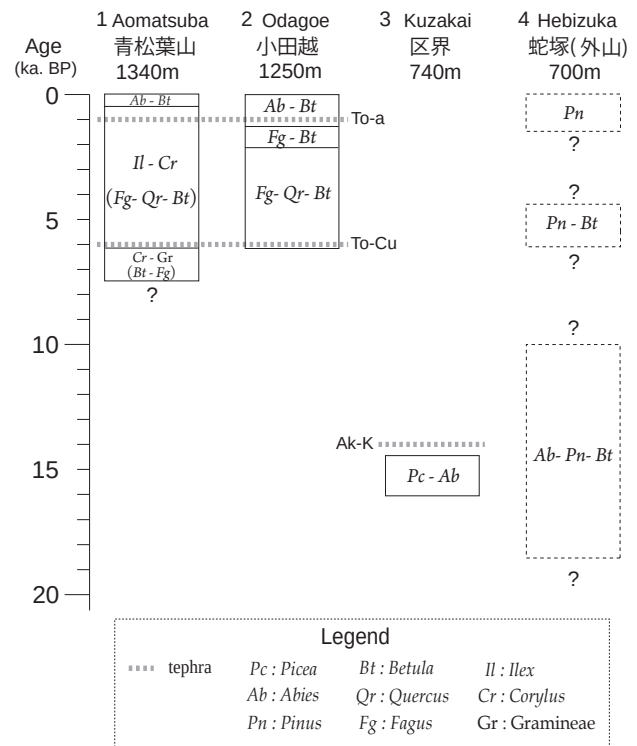


図 5 北上山地中央部における局地花粉帯の対比。地点番号は図 1 を参照 (1, 2: 本研究, 3: Miura et al. (1992), 4: 山中 (1978))。テフラの名称と年代は町田・新井 (2003) による。To-a: 十和田 a, To-Cu: 十和田中楸, Ak-K: 秋田駒小岩井。Fig. 5 Correlation of the local pollen zones in the central Kitakami Mountains. Site numbers correspond to those in Fig. 1 (1, 2: this study, 3: Miura et al. (1992), 4: Yamanaka (1978)). Tephra names and erupted ages follow Machida & Arai (2003). To-a: Towada a, To-Cu: Towada Chuseri, Ak-K: Akitakoma Koiwai.

した層準で $11,900 \pm 155$ yBP という ^{14}C 年代値が示されているものの、最下部の花粉帯の層準では年代が測定されておらず、Full Glacial としている時代区分が正しいかどうかは再検討する必要がある。

日本における最終氷期の植生については相馬・辻 (1987) がそれまでの古生態学的研究の成果をまとめているが、その中で、北上山地の周辺地域を含む東北地方の各地から亜寒帯針葉樹の大型植物化石や花粉化石の報告 (Miki, 1957; Sohma, 1959 など) があることを示している。このほかにも、北上山地の近辺で最終氷期の寒冷期に対応して亜寒帯性の分類群が増加することについては、花粉をはじめ材化石や植物珪酸体に基づく研究がある (Yamanaka, 1973; 寺田ほか, 1994; 佐瀬ほか, 1995 など)。一方、北上山地の中でも最終氷期の試料から亜寒帯針葉樹の花粉が高い割合で検出され (菅原・高橋, 1974; 山中, 1978; Miura et al., 1992), トウヒ属やモミ属, カラマツ属などの亜寒帯針葉樹の材化石もみつまっている (西城ほか, 1988; 高橋ほか, 2000)。したがって、この時代に北上山地でも亜寒帯針葉樹がみられたことは確かであろうが、そうした樹種がどの程度の広がりを持って生育していたかは明らかではない。

澤口 (1992) は、北上山地北西部に近接する北上川上流域においてソリフラクションローブを発見し、最終氷期最寒冷期を中心とした 26,500 yBP 前後から 14,500 ~ 13,000 yBP 頃まで、斜面物質の移動が生じるような周氷河環境にあったと推定している。ソリフラクションローブが見つかった場所が標高 300 m に満たないことを考えると、北上山地の高標高域では同等以上の厳しい気候環境にあったと推定される。これまで、この時代の北上山地は広く亜寒帯針葉樹林が覆っていたと考えられてきたが (塚田, 1984; 安田・成田, 1981 など), 澤口・三浦 (2009) は周氷河環境と森林の共存について疑問を呈している。議論の要点は、化石から復元できる植生の範囲をどうみるかであろう。化石産出地点の多くは湿原や谷筋などの限られた場所であるので、分析結果から推定される植生はそうした場所を反映したものとなりやすく、斜面の植生を復元することは容易ではない。また、既往の分析地点の数や広がりには限られたものであるため、これまでの情報だけでは山地が広く亜寒帯針葉樹林で覆われていたとはいえない。北上山地北西部のように寒冷な地域では、草原的な植生が優勢で亜寒帯針葉樹は湿原等のまわりに生育する程度だったのかもしれない。この場合でも、湿原堆積物の花粉分析の結果をみれば亜寒帯針葉樹花粉の出現率が高くなる可能性がある。こうした点について今後の検討が必要であろう。

最終氷期終了後に植生は大きく変化し、亜寒帯針葉樹は衰退した。北上山地では現在、早池峰山北面に生育する小

面積のアカエゾマツを除いてトウヒ属は分布せず、天然生のカラマツ属は全くみられない。こうした種属のこの地域における絶滅・衰退過程を知るには、最終氷期以降の植生の連続的な変化を明らかにする必要がある。しかし、現在のところ後氷期初頭を含む分析結果は全く報告されておらず、詳細は不明のままである。先にも述べたように、試料となる堆積物を見つけるににくいこと自体が、この時代における変動する周辺環境を物語っているのであろう。このため、今後の研究の進展には、花粉分析だけでなく多方面の研究によってこの時代の植生の変遷過程を明らかにする必要がある。

約 6000 年前以降の時代には、ブナ属、カバノキ属、コナラ属コナラ亜属を主体とする落葉広葉樹林が現在の山地帯域を覆っていたが、その後の人為的影響の程度に応じて構成種が変化してきたものと考えられる。現在の亜高山帯域では、小田越のように落葉広葉樹林中にオオシラビソが点在していたところと、青松葉山のように低木が優占していたところがあった。その後、約 1000 年前頃からオオシラビソが勢力を拡大して現在見られる亜高山帯針葉樹林を形成したと推定される。しかし、北上山地では完新世の植生変遷についての報告がほとんどないので、地域的な広がりも加えたさらなる分析が望まれる。これには今回用いた土壌花粉分析等の手法も有効に活用できるであろう。こうした研究の積み重ねにより、北上山地の植生史を明らかにすることが期待される。

謝 辞

本研究を進めるに際し、岩泉営林署 (当時) の松尾 亨氏には、残雪期に青松葉山のオオシラビソ林を案内していただいた。森林総合研究所の杉田久志、梶本卓也、関剛の各氏には、北上山地や奥羽山脈での現地調査をはじめ、亜高山帯針葉樹の分布や環境変動に対する応答などに関する議論を通じて、さまざまな観点から助言をいただいた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Dimbleby, G. W. 1957. Pollen analysis of terrestrial soils. *New Phytologist* 56: 12–28.
- Dimbleby, G. W. 1961. Soil pollen analysis. *Journal of Soil Science* 12: 1–11.
- 原 正利. 2006a. 東日本太平洋側におけるブナの分布とその下限を規定する要因について. 植生学会誌 23: 1–12.
- 原 正利. 2006b. 東日本太平洋側におけるブナを含む森林群落の生態地理学的特徴. 植生学会誌 23: 137–152.
- 林 弥栄. 1960. 日本産針葉樹の分類と分布. 246 pp. 農林出版, 東京.
- 檜垣大助. 2005. 北上山地の地形発達. 「日本の地形3 東北」(小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦編), 51–55. 東

- 京大学出版会, 東京.
- 池田重人. 2005. 亜高山帯林の変遷—化石が語る植生の歴史—, 「森の生態史」(大住克博・杉田久志・池田重人編), 36–51. 古今書院, 東京.
- 岩田悦行. 1971. 北上山地の二次植生・特に草地植生に関する生態学的研究. 岐阜大学農学部研究報告 No. 30: 288–430.
- 梶 幹男. 1982. 亜高山性針葉樹の生態地理学的研究—オオシラビソの分布パターンと温暖期気候の影響—. 東京大学演習林報告 No. 72: 31–120.
- Kawamuro, K. & Torii, A. 1986. Past vegetation on volcanic ash forest soil I: Pollen analysis of Black soils, Brown forest soils and Podzolic soil in Hakkoda mountain. *Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute* No. 337: 69–89.
- 小池一之. 2005. 東北日本の大地形と地形区分. 「日本の地形 3 東北」(小池一之・田村俊和・鎮西清孝・宮城豊彦編), 20–26. 東京大学出版会, 東京.
- 町田 洋・新井房夫. 2003. 新編火山灰アトラス—日本列島とその周辺. 360 pp. 東京大学出版会, 東京.
- 松下まり子. 1993. 花粉・胞子. 「第四紀試料分析法」(日本第四紀学会編), 228–235. 東京大学出版会, 東京.
- Miki, S. 1957. Pinaceae of Japan, with special reference to its remains. *Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University. Series D, Biology* 8: 221–272.
- Miura, O. 1982. Pollen deposition in humus horizon of soil. *Ecological Review* 20: 63–71.
- Miura, O. 1983. Soil pollen analysis—In the case of a brown forest soil beneath *Fagus crenata* forest—. *Ecological Review* 20: 177–187.
- Miura, O. 1984. Soil pollen analysis—An interpretation of pollen diagrams from the natural and semi natural forest—. *Ecological Review* 20: 247–262.
- Miura, O. 1985. A preliminary investigation into the pollen preservation in peat and soil. *Ecological Review* 20: 309–319.
- Miura, O. 1987. Vertical migration of pollen in soil profiles. *Ecological Review* 21: 125–132.
- 三浦 修. 1998. 北上山地における最終氷期最盛期～晩氷期の植生と環境の復元. 地形 19: 193–208.
- Miura, O., Yamanaka, M., Yonebayashi, C., Higaki, D. & Sugawara, K. 1992. Palynological and paleoecological significance of fossil spore of *Selaginella selaginoides* in the latest Pleistocene from the Tohoku district, Japan. *Ecological Review* 22: 145–157.
- 三宅 尚・中越信和. 1998. 森林土壌に堆積した花粉・胞子の保存状態. 植生史研究 6: 15–30.
- Miyake, N., Nehira, K., Nakagoshi, N. & Hirayama, T. 2000. An investigation of vegetation changes by pollen analysis of forest soils. *The Quaternary Research* 39: 139–150.
- 守田益宗. 1984a. 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. 1984b. 東北地方における亜高山帯の植生史について I. 吾妻山. 日本生態学会誌 34: 347–356.
- 守田益宗. 1985. 東北地方における亜高山帯の植生史について II. 八幡平. 日本生態学会誌 35: 411–420.
- 守田益宗. 1987. 東北地方における亜高山帯の植生史について III. 八甲田山. 日本生態学会誌 37: 107–117.
- 守田益宗. 1998. 亜高山帯針葉樹林の変遷. 「図説日本列島植生史」(安田喜憲・三好教夫編), 179–194. 朝倉書店, 東京.
- 守田益宗・相沢俊二. 1986. 東北地方北部の亜高山帯の植生史に関する花粉分析的研究. 東北地理 38: 24–31.
- 日本第四紀学会 編. 1987. 日本第四紀地図. 東京大学出版会, 東京.
- 大住克博. 2003. 北上山地の広葉樹林の成立における人為攪乱の役割. 植生史研究 11: 53–59.
- Osumi, K., Ikeda, S. & Okamoto, T. 2003. Vegetation patterns and their dependency on site conditions in the pre-industrial landscape of north-eastern Japan. *Ecological Research* 18: 753–765.
- 西城 潔. 1998. 北上山地における最終間氷期以降の地形形成. 地形 19: 209–219.
- 西城 潔・吉永秀一郎・澤口晋一・守田益宗・小岩直人. 1988. 北上山地北部平庭高原で発見された更新世中後期の泥炭層と斜面堆積物. 日本第四紀学会講演要旨集 18: 88–89.
- 佐瀬 隆・井上克弘・張 一飛. 1995. 洞爺火山灰以降の岩手山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.
- 澤口晋一. 1992. 北上川上流域における最終氷期後半の化石周氷河現象—ソリフラクションローブ, 階状土の形成期と古環境—. 季刊地理学 44: 18–28.
- 澤口晋一. 2005. 化石周氷河現象から見た氷期の北上川流域と北上山地. 「日本の地形 3 東北」(小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦編), 55–58. 東京大学出版会, 東京.
- 澤口晋一・三浦英樹. 2009. 化石周氷河現象と氷期の凍土環境の復元. 「デジタルブック最新第四紀学」(日本第四紀学会 50 周年電子出版編集委員会編), CD-ROM. 日本第四紀学会, 東京.
- 四手井綱英. 1952. 奥羽地方の森林帯 (予報). 日本林学会東北支部会誌 2: 2–8.
- 四手井綱英. 1956. 裏日本の亜高山地帯の一部に針葉樹林の欠如する原因についての一つの考え方. 日本林学会誌 38: 356–358.
- Sohma, K. 1959. On woody remains from a Pleistocene peaty lignite at Otai, Aomori Prefecture. *Ecological Review* 15: 67–70.
- 相馬寛吉・辻 誠一郎. 1987. 植生. 「日本第四紀地図解説編」(日本第四紀学会編), 80–86. 東京大学出版会, 東京.
- 菅原 啓・高橋節子. 1974. 遠野盆地の緩斜面と段丘の成因について. 東北地理 26: 11–21.
- 杉田久志. 1990. 後氷期のオオシラビソ林の発達史—分布特性にもとづいて. 植生史研究 No. 6: 31–37.
- Sugita, H. 1992. Ecological geography of the range of the *Abies mariesii* forest in northeast Honshu, Japan, with special reference to the physiographic conditions. *Ecological Research* 7: 119–132.
- 杉田久志. 2005. 亜高山帯針葉樹林の成立要因—早池峰山における樹種の分布とその立地—. 「森の生態史」(大住克博・

- 杉田久志・池田重人編), 20–35. 古今書院, 東京.
- 高橋利彦・佐瀬 隆・細野 衛・奥野 充・中村俊夫. 2000. 北部北上山地から見いだされた最終氷期の材化石. 植生史研究 8: 39–43.
- 寺田和雄・太田貞明・鈴木三男・能城修一・辻 誠一郎. 1994. 十和田火山山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.
- 塚田松雄. 1984. 日本列島における約 2 万年前の植生図. 日本生態学会誌 34: 203–208.
- 山中三男. 1972. 岩手県低地帯湿原の花粉分析的研究 (II) 春子谷地湿原. 日本生態学会誌 22: 170–179.
- Yamanaka, M. 1973. Pollen analytical studies of moors in the lowlands in Iwate prefecture, III. Nagai moor. *Science Reports of the Tohoku University, 4th Series, Biology* 36: 231–239.
- 山中三男. 1978. 東北地方の第四紀堆積物の花粉分析 III. 北上山地, 蛇塚湿原. 「植物生態論集: 吉岡邦二博士追悼」(吉岡邦二博士追悼論文集出版会編), 489–498. 東北植物生態談話会, 仙台.
- 安田喜憲・成田健一. 1981. 日本列島における最終氷期以降の植生図復元への一資料. 地理学評論 54: 369–381.
- 吉田明弘・吉木岳哉. 2008. 岩手山南東麓春子谷地湿原の花粉分析からみた約 13000 年前以降の植生変遷と気候変化. 地理学評論 81: 228–237.
- 吉永秀一郎・小岩直人. 1996. 森林山地における更新世末期から完新世初頭にかけての斜面変化. 地形 17: 285–307. (2011 年 5 月 25 日受理)