

総説

守田益宗¹: 最終氷期以降における亜高山帯植生の変遷 - 気候温暖期に森林帯は現在より上昇したか? -

Yoshimune Morita¹: The vegetation history of the subalpine zone in Japan since the Last Glacial period — Were the forest zones higher than they are at present during the Climatic Optimum period? —

要旨 現在の亜高山帯域は、最終氷期最盛期には植被の乏しい環境であった。晩氷期末期になると高山帯下限は、現在の亜高山帯の下限付近に位置していた。本州系の針葉樹林は中部山岳の一部をのぞき衰退し、東北地方南部まで分布していた北方系針葉樹林も姿を消した。後氷期になると、山岳上部に植物が進入・定着し草原的な景観の植生が形成された。北海道ではグイマツをのぞき針葉樹林が継続して存在した。本州では針葉樹林の増加開始時期は地域により異なる。白馬岳 - 苗場山 - 至仏山 - 鬼怒沼山をむすぶ北緯37度付近では約2500~6500年前までの様々な年代以降に、これ以北では約2500~3000年前から、以南では約6500年前あるいは氷期から針葉樹林は増加を開始した。気候温暖期にブナ帯上限が現在よりも上昇していたことは疑わしい。日本海側山地や東北日本において針葉樹林帯を持つ山岳と持たない山岳の植生の違いは、約2500年前以降の針葉樹の増加と森林形成の有無を通して形成された。冬季の積雪や強風を避けることができる適地に生育していた針葉樹が、森林が未発達であった現在の亜高山帯域に侵入・定着した。気候変化の速度に植物の分布・移動が追いつかないことや、地理的な積雪量の多寡あるいは季節風の強弱、山岳部の平坦面の大きさ、土壌の未発達などの個々の山岳の条件や分布していた針葉樹林の規模によりこれらの侵入・定着時期が左右されたとみられる。
キーワード: 亜高山帯, 完新世, 最終氷期, 植生史, 針葉樹林

Abstract Vegetation poor landscape extended in the present subalpine area during the last glacial maximum period. At the end of the late-glacial period, the lower boundary of the alpine zone was located near the current lower boundary of the subalpine zone. Coniferous forests consisting mainly of *Picea jezoensis* var. *hondoensis*, *Picea maximowiczii*, *Abies veitchii*, *Tsuga diversifolia*, and *Pinus koraiensis* declined except for a limited area of Central Japan. Northern boreal coniferous forests consisting of *Picea jezoensis*, *Abies sachalinensis*, and *Larix gmelinii* which extended to the southern Tohoku District disappeared. In the postglacial period, herbs began to invade the upper part of mountains and formed an alpine or subalpine meadow. Northern boreal coniferous forests excluding *Larix gmelinii* continuously existed in Hokkaido during this period. Subalpine coniferous forests began to expand in Honshu at various periods of ca. 2500–6500 yr B.P. along the 37°N line of Mt. Shirouma–Mt. Naeba–Mt. Shibutsu–Mt. Kinunuma, at ca. 2500–3000 yr B.P. in areas north of this line, and at ca. 6500 yr B.P. or earlier in areas south of it. It is doubtful if the upper limit of the *Fagus* zone was higher than the present one during the Climatic Optimum period. The difference in the present subalpine vegetation between the Sea of Japan and the Pacific sides was caused by the unequal rate of invasion by conifers into the subalpine area that lacked developed forests after 2500 yr B.P. Probably the rate of plant migration didn't catch up with that of the climatic change, and the invasion rate of conifers was affected by the size of their relic forests and the conditions of respective mountains, such as the amount of snow fall, the intensity of wind, the size of flat area, and the soil condition.

Key words: coniferous forest, subalpine zone, Holocene, Last Glacial, vegetation history

1. はじめに

中部地方や東北地方の日本海側山地では、亜高山帯に相当する部分に針葉樹林が発達せず、ブナ帯上限より上の部分をミヤマナラ *Quercus crispula* Blume var. *horikawae* H. Ohba やナナカマド *Sorbus commixta* Hedl., ミネカエデ *Acer tschonoskii* Maxim. などの低木林やチシマザサ *Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata 群落な

どが占める山岳が存在する。このような植生は、相観的には高山帯植生に類似するが、群落組成的には通常の高山帯のものとは明らかに異なり亜高山帯針葉樹林と高い共通性があることから、四手井(1952)は偽高山帯と呼び区別している。

こうした太平洋側山地と日本海側山地の亜高山帯植生の違いをもたらした原因については早くから様々な論じられ

¹ 〒700-0005 岡山市理大町1-1 岡山理科大学自然科学研究所

Research Institute of Natural Science, Okayama University of Science, Ridai-cho 1-1, Okayama 700-0005, Japan

ている。現在の気候や地形環境に視点をいた説では、季節風による多量の積雪によってひきおこされる生育温度の低下や、生育期間の短縮を原因とするもの（四手井, 1952）、冬期の季節風の強さに求める説（太田, 1956）、匍匐生活のできない針葉樹には積雪圧が不利に働くとする意見（四手井, 1956）、急峻な地形がアオモリトドマツ *Abies mariesii* Mastersの生育に不利に作用するという見解（小野, 1983）などがある。これに対し、近年では植生史研究の成果に基づき、過去の植物群落の変遷の視点からの説がいくつか唱えられている。石塚（1978）は最終氷期から後氷期始めにかけて、日本海側の平野部から山麓部にかけて針葉樹林が広い領域を占めていたが、その後の温暖・多雪化によってその分布域が狭められ偽高山帯が生じたとした。梶（1982）や杉田（1982）は後氷期の気候温暖期には森林帯が400 mほど上昇したため、亜高山帯針葉樹林が上方に追い出されてしまった山地では、その後の冷涼

化による森林帯の下降にもかかわらず針葉樹林の欠如を生じたとした。また、守田（1983, 1998a）や杉田（1990）、Sugita（1992）は最終氷期から後氷期へと移り変わる時、それまで低地に発達していた亜寒帯針葉樹林は急激な環境変化のため山岳上部に逃避することができず壊滅的に衰退し、山岳上部の空白域を埋めるように新たに進出したのがアオモリトドマツ林であり、埋めきれずに残されているのが偽高山帯であるとした。

さて、これらの植生変遷に基づいた諸説の妥当性を考えるとき、以下の3点が主な問題となろう。

- 1) 現在の針葉樹林は最終氷期の針葉樹林と同じ樹種構成であるのか？
- 2) 後氷期における針葉樹の増減は各地でいつごろ起きたのか？
- 3) 気候温暖期に森林帯は現在より上昇していたか？

これら3点の問題について、守田（1998a）では十分に

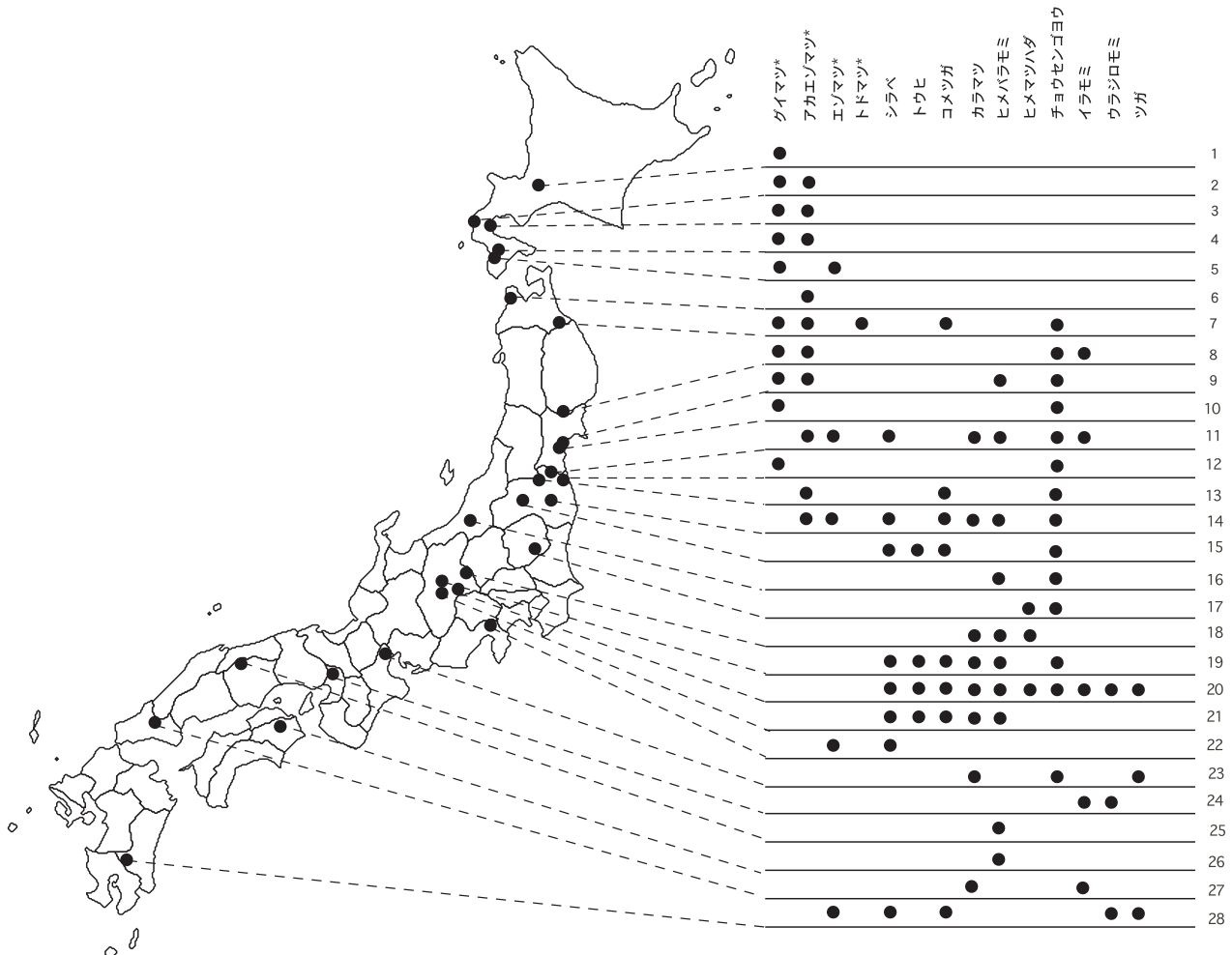


図1 最終氷期における大型植物化石の産出状況。番号は付表1の産出地点に対応、*：北方系要素。

整理して論議できなかったため、本論では、その後新たに報告された日本各地の花粉や大型植物遺体の分析結果とその年代値を加えて整理・検討し、亜高山帯植生の相違の成因について述べることにする。なお、本文中の年代は放射性炭素年代にもとづいている。

2. 最終氷期の針葉樹林の構成樹種

Tsukada (1983a) や相馬・辻 (1987) によってまとめられた花粉地図によれば、最終氷期最盛期には全国的にマツ属、モミ属、トウヒ属などの針葉樹花粉の出現率がたいへん高い。北海道では、カラマツ属を、本州ではツガ属を多く伴い、北日本ではトウヒ属が優勢を示す。さらに北日本ではカバノキ属を、西日本ではコナラ属、ニレ属などの温帯性落葉樹花粉を比較的多く含む傾向がある。一方、第四紀古植物研究グループ (1974) や南木 (1987, 1989), 那須 (1980), 相馬・辻 (1987), 鈴木・亀井 (1969), 鈴木・竹内 (1989), Suzuki (1991), 小西・鈴木 (1997), 沖津・百原 (1997, 1998), 野手ほか (1998, 1999a) などによる大型植物遺体の研究によれば (図1, 付表1), 北海道ではアカエゾマツ *Picea glehnii* (Fr. Schm.) Masters やエゾマツ *Picea jezoensis* (Sieb. et Zucc.) Carr., トドマツ *Abies sachalinensis* (Fr. Schm.) Masters, ギイマツ *Larix gmelinii* (Rupr.) Rupr. が多く、東北地方では前記4種が宮城県付近まで産出するほかチョウセンゴヨウ *Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc. やコメツガ *Tsuga diversifolia* (Maxim.) Masters などを多く産出している。また、東北地方南部、関東地方、中部地方では、現在の本州の亜高山帯針葉樹林の主要構成種であるシラベ *Abies veitchii* Lindl. やトウヒ *Picea jezoensis* var. *hondoensis* (Mayr) Rehd., コメツガなどとチョウセンゴヨウ、および現在は中部山岳の一部に見られるヒメバラモミ *Picea maximowiczii* Regel やイラモミ *Picea bicolor* (Maxim.) Mayr などが多い。近畿地方以西では、トウヒやヒメバラモミ、ヒメマツハダ *Picea shirasawae* Hayashi の近似種、シラベ、コメツガが見られ、ツガ *Tsuga sieboldii* Carr. などの温帯要素を伴うことが多い。なお、いわゆるヒメマツハダ近似種についてはいくつかの見解があり、野手ほか (1998, 1999b) によりそれらの見解がよく整理されているが、いずれにしてもヒメマツハダに似た種はこれらの地域に普通に分布していたようである。

以上のことから、ギイマツを伴う北方系の亜寒帯性針葉樹林は宮城県付近まで南下しており、本州系の樹種からなる亜寒帯性針葉樹林が中部および西日本の山地に分布し、関東地方以西の低標高部の大部分は亜寒帯性と冷温帯性がまじった針葉樹が優勢な林であった様子がうかがえる。ここで注目すべきは、これらの針葉樹林がトウヒ属優勢で

あったことと、アオモリトドマツの確実な産出例がないことである。また、現在は高山帯を代表するハイマツ *Pinus pumila* (Pallas) Regel の産出も1例のみしか知られていない (那須ほか, 1999)。ハイマツは現在でも普通に亜高山・亜寒帯の湿原内やギイマツ林下に生育するので、ギイマツやトウヒ属同様もっと遺体が検出されてよいはずである。これらのことは、最終氷期の針葉樹林の構成が現在とはかなり異質であったことを示しているだけでなく、高山帯植生の様子も違っていた可能性が高いことを示している。氷期と構成が類似するトウヒ属優勢の本州系の針葉樹林は、現在、中部山岳の限られた範囲だけにあり (野手ほか, 1999b), またギイマツを欠いているが、北海道にみられる針葉樹林も氷期の北方系の針葉樹林に類似したものであってよいであろう。

3 後氷期における針葉樹の増減は各地でいつごろ起きたのか?

これまで我国で発表されている亜高山帯の花粉分析結果について (図2, 付表2), その花粉帯を年代によって相互に比較した (図3a ~ f) (年代値については付表3を参照), それぞれの花粉帯は、ある特定の植物が圧倒的に優占する場合にはこれを用い、そうでない場合は特徴的に多く見られる4, 5種類で示した。

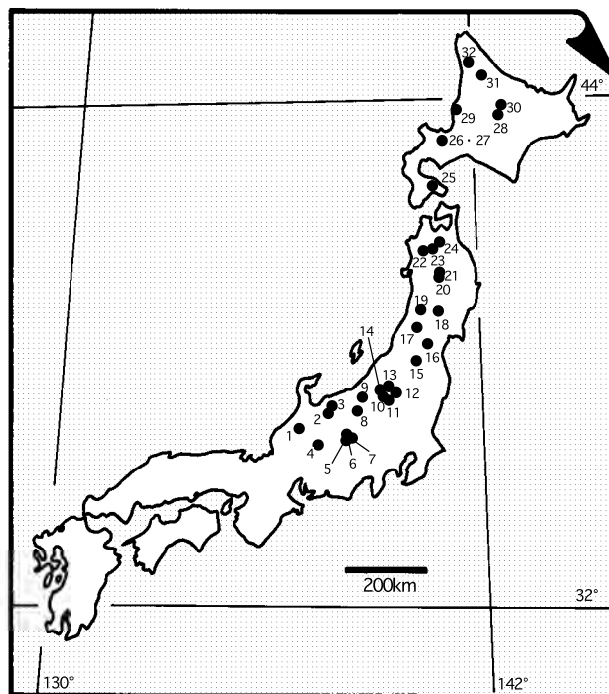


図2 高山帯および亜高山帯の花粉分析結果を示した山岳の位置。番号は付表2の山岳に対応。

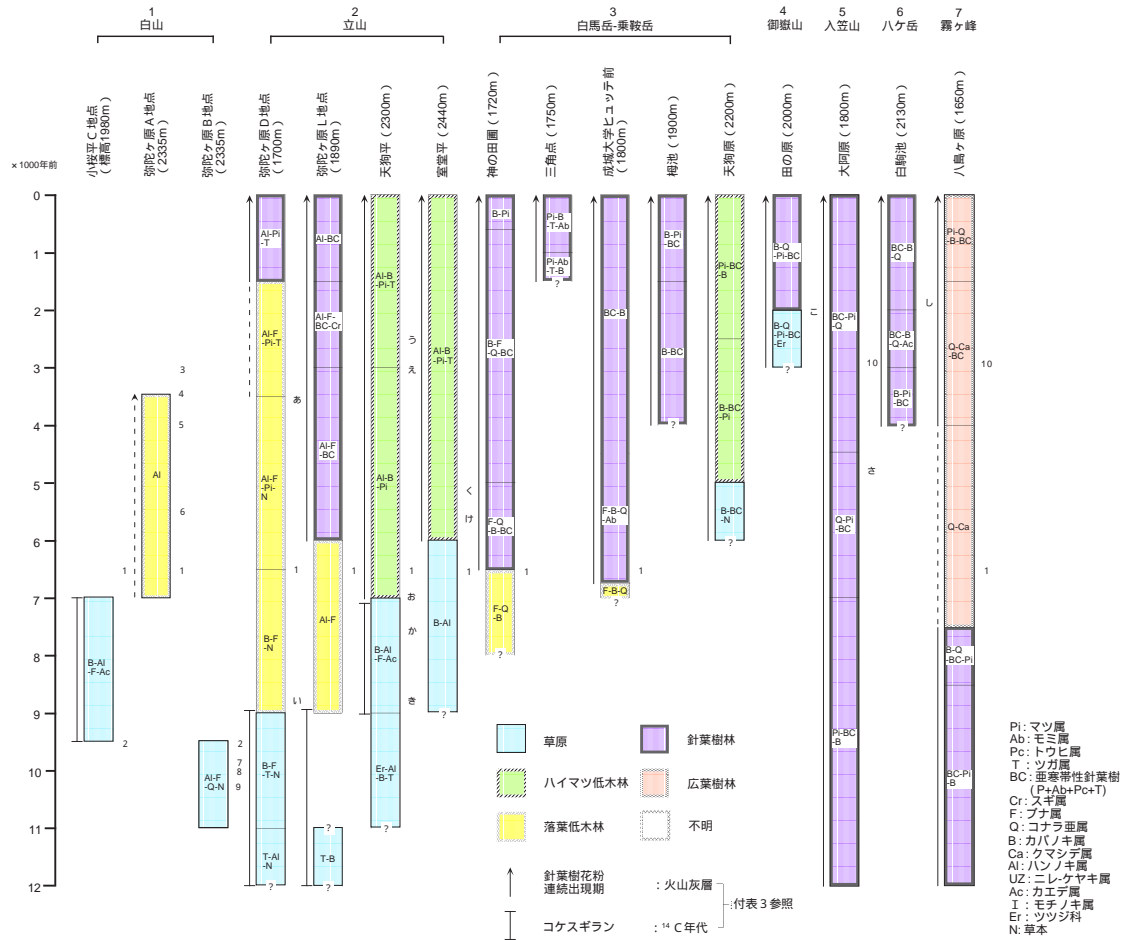


図3a 高山帯および亜高山帯における花粉帯比較とそこから推定される古植生(守田(1998a)に加筆)。調査地点番号は付表2および図2に対応。年代値については付表3を参照。

晩氷期になると、低標高部ではモミ属やトウヒ属、ツガ属の花粉が次第に減少し、中国地方以西では約12,000年前、近畿地方以北でも約10,000～10,500年前にはほとんど見られなくなる(三好, 1998; 畑中ほか, 1998; 高原, 1998)。北海道でも減少傾向が認められるが、針葉樹花粉が明らかに減少するのは後氷期になってからのことである(Yasuda, 1978; Tsukada, 1983b; 小野・五十嵐, 1991など)。現在の高山帯・亜高山帯域の資料で晩氷期まで遡るものは少なく、中部地方の白山と立山、東北地方の八幡平と八甲田山、北海道の横津岳と雨竜沼などで報告されているのみである。堆積物も、泥炭ではなく無機質が多い。これは、一部の山岳上部では湿原形成が始まったが、大部分ははまだ寒冷な環境下にあったため地表が不安定で堆積が継続する状態ではなく、植被も乏しかったことを暗示する。これらの資料に共通するのは、針葉樹またはカバノキ属の花粉が多く検出され、ハンノキ属あるいは草本の花粉を高率で伴い、代表的な好陽性の寒冷地植物であるコケス

ギラン *Selaginella selaginoides* (L.) Link (1951; Hultén, 1968) の孢子(小孢子)を伴うことも稀ではないことである。カバノキ属やハンノキ属、草本の花粉の多産は、ダケカンバ *Betula ermanii* Cham. やミヤマハンノキ *Alnus maximowiczii* Call. の低木および草本を主とする植生の存在を暗示している。また、コケスギランの孢子生産・散布力が相当に低いことに異論がないとすれば、前記山岳の分析地点は高山帯に位置し、森林が未発達でコケスギランが生育可能な寒冷で開放的な環境であったといえ、この場合の針葉樹花粉は下方からの飛来花粉と考えられる。このようにみると、カバノキ属やハンノキ属の花粉もまた飛来花粉の可能性が高く、付近は所々に岩のころがるような草原的景観であって、これらの低木林はもっと下方のおそらく現在の山麓部に広がっていたと考えるのが妥当であろう。更新世末期の八甲田山や八幡平では、高山帯の下限は標高900m付近であったと考えられている(Yamanaka, 1978; 辻ほか, 1983; 守田, 1992)。この

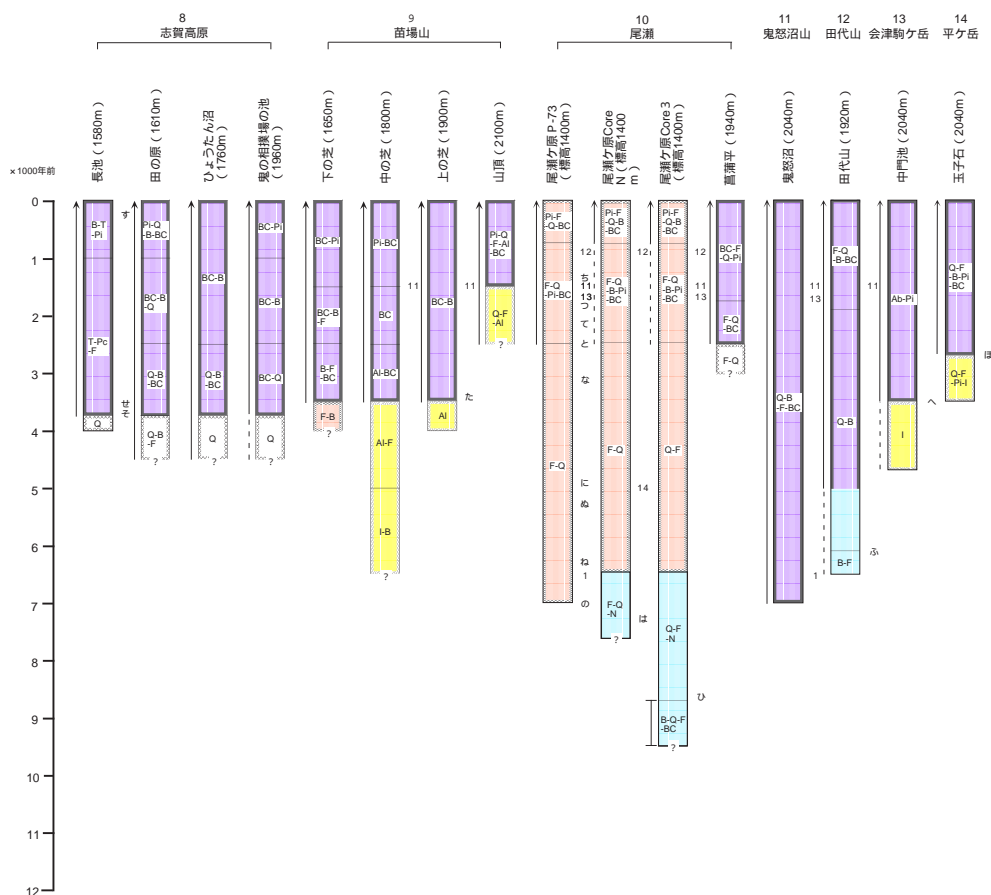


図3b 高山帯および亜高山帯における花粉帯比較とそこから推定される古植生(続き)。

時代のマツ属花粉は、前時代からの継続性から判断してハイマツはまだ少ないと推定されるので、下方に展開していたチョウセンゴヨウから由来したものが大部分であろう。後氷期初頭の約10,000~8500年前になると、中部地方の亜高山帯や北日本の山地帯より上部では、それまでの亜寒帯性の針葉樹が急減し、かわってダケカンバから由来したと考えられるカバノキ属花粉がもっとも優勢となる。本州では、氷期最盛期から続いてきたマツ科の針葉樹林はこの頃ほとんど姿を消し、低標高部の分析結果でも広葉樹が増加することから、この時代は日本列島の植生が大きく変化する時代とされてきた(中村, 1979)。中部地方の亜高山帯や北日本の山地帯より上部の分析結果を見ると、減少したとはいえマツ属花粉が比較的多く検出され、イネ科やカヤツリグサ科などの草本花粉やシダ胞子を高率で伴うことが多い。標高の高い地点では、カエデ属やハンノキ属、ツツジ科などの低木花粉、セリ科やワレモコウ属、フウロソウ属、ヨモギ属、キク亜科などの草本花粉、ヒカゲノカズラ属やコケスギランなどのシダ胞子のうち、いくつかを高率で伴うことも稀ではない。八幡平でも標高の低い春子

谷地湿原付近ではカバノキ属とコナラ属の花粉が多いことから、ダケカンバやミヤマナラの群落が存在する亜高山帯の気候条件下にあったと考えられており、森林帯は現在より約500~700mも降下していたと考えられている(山中, 1972)。一方、標高の高い御在所沼湿原ではダケカンバの純群落に近い植生が存在する亜高山帯上部付近の植生であった(Yamanaka, 1977)。さらに標高の高い栗木ヶ原湿原では、マツ属花粉や、カヤツリグサ科・セリ科をはじめとする草本花粉、コケスギラン胞子が多量に産出し、付近にはまだ前時代と同様な森林限界を越えた植生が広がっていたと推定されているが、山岳部に針葉樹林帯の存在を示唆するような結果は得られていない(守田, 1992)。白山や立山の山岳上部でも森林が乏しく、ダケカンバ主体の低木林やツツジ科矮小低木を多く含む草原の存在が想定されている(辻, 1985; 吉井, 1988; 吉井・折谷, 1987)。同様の結果は、北海道の増毛山地付近でも見られ(守田, 1985a)、北海道の多くの地域では約8000年前頃にグイマツが消滅している(小野・五十嵐, 1991)。各地の山岳部ではこの時代にダケカンバが急増するが、温暖化による森

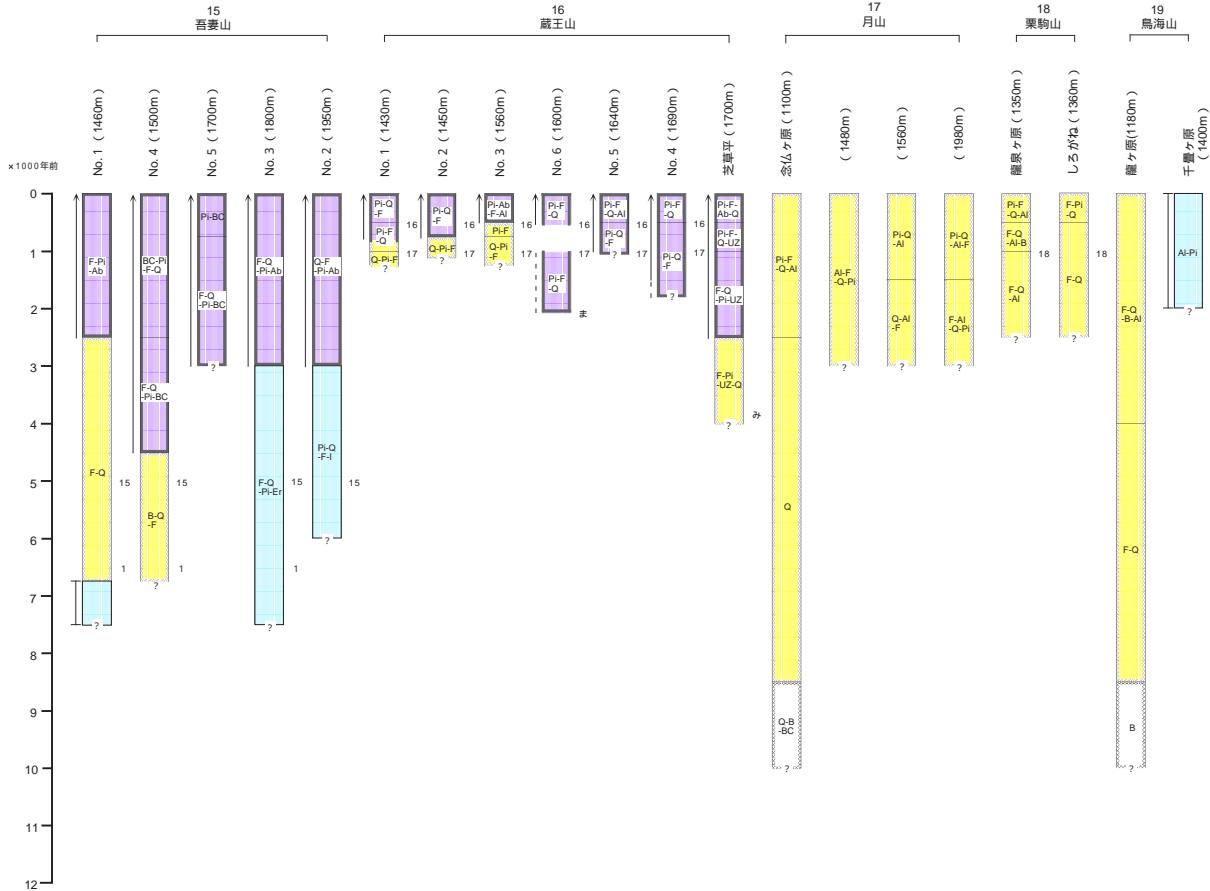


図3c 高山帯および亜高山帯における花粉帯比較とそこから推定される古植生(続き)。

林帯の移動ともなって、低標高部の針葉樹林が衰退して生じた生態的な空白地や森林が未発達な山岳上部の土地へダケカンバがいち早く侵入した結果と考えることができる。また、ときに標高の高い地点に多産するマツ属花粉も、チョウセンゴヨウに由来するのではなく、同様に侵入した先駆植物としてのハイマツから由来したとみるのが妥当であろう。最終氷期のシラベとカラマツの大型植物遺体の産出北限地がそれぞれ現在の両種の分布北限地とほとんどかわらないことをみても、氷期の針葉樹林が北方に逃避することがいかに困難であったかが推察される。また、ヒメバラモミやチョウセンゴヨウなど氷期に広くみられた針葉樹が、現在は限られた山岳にしか見られないことは山岳上部に逃避することも相当に難しかったことを暗示しており、東北地方に存在した北方系の要素からなる針葉樹林はこの時代の終りまでにはほぼ消滅した。これらの針葉樹林の消滅時期に地理的な違いがあったかどうかはよく判らないが、中部地方や北海道では消滅を免れた地域もあったことは、その樹種構成から判断して間違いのないであろう。

以上のように、モミ属やツガ属、トウヒ属といった針葉

樹の花粉は後氷期初期に一旦ほとんど消滅したり激減したが、それがやがてふたたび増加する時期、すなわち亜高山帯針葉樹林形成期には地域差が認められる(図3a~f)。北海道の大雪山系では、すでに約8000年前から針葉樹花粉が連続的に検出されており時間とともに増加する。ここでは、約5000年前まではハイマツから由来したとみられるマツ属花粉も多く検出されている(高橋・五十嵐, 1986; 塚田・中村, 1988)。大蛇ヶ原湿原では約2000年前頃からモミ属とトウヒ属の増加がみられる(Morita, 1984a)。現在、亜高山帯針葉樹林のみられない横津岳や暑寒別岳でも約4000~4500年前頃から針葉樹花粉が増加しており(滝谷・萩原, 1997; 守田, 1985a)、低標高部におけるこれら針葉樹の増加を反映しているとみられる。一方、低標高部の汎針広混交林帯に位置する中富良野・宇文や秩父別、風連などでは、後氷期に連続してモミ属(トドマツ)花粉が高率で出現している(中村, 1968; 五十嵐ほか, 1993など)。本州では、白馬岳・苗場山・至仏山・鬼怒沼山を結ぶ北緯37度付近では約2500~6500年前までの様々な年代より、これ以北では約2500~3000年前から、以南で

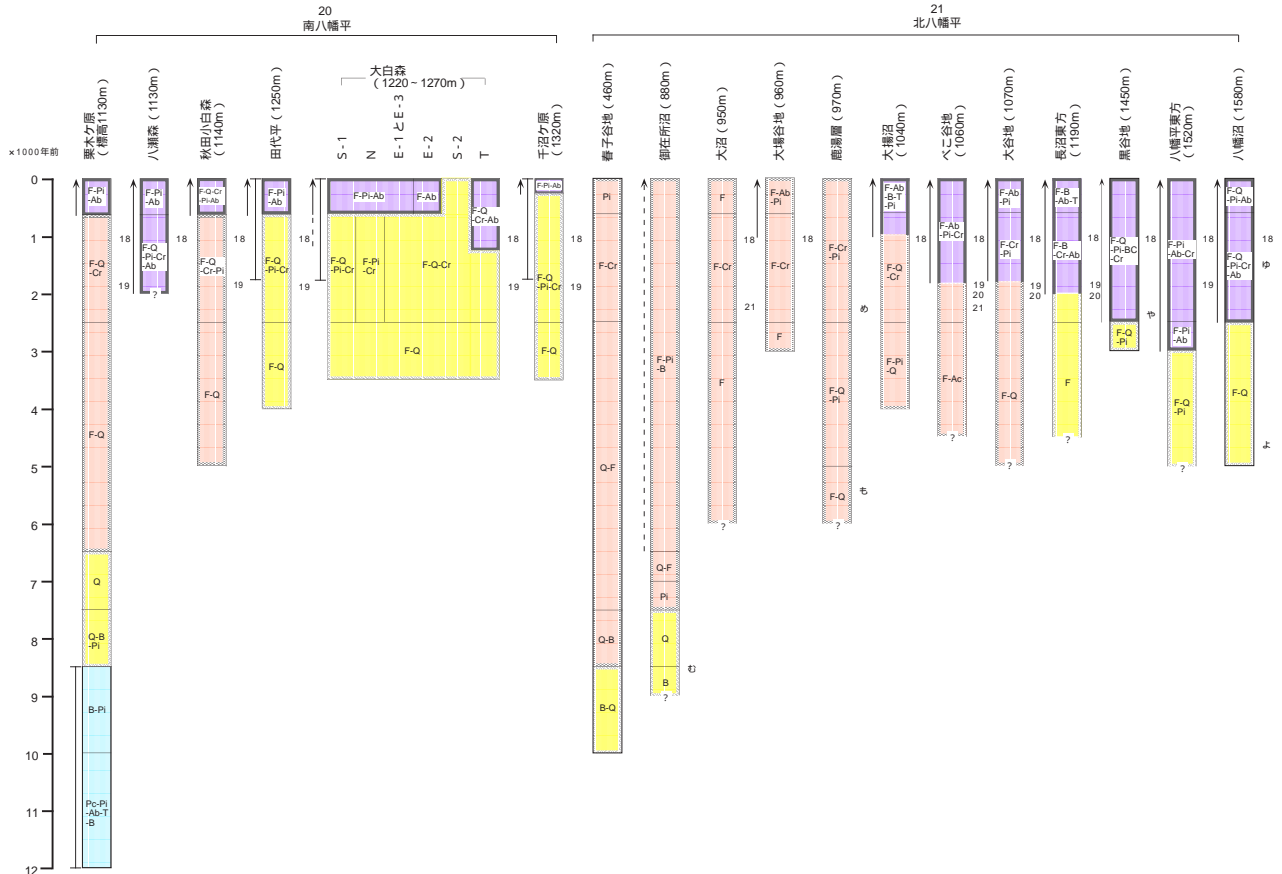


図 3d 高山帯および亜高山帯における花粉帯比較とそこから推定される古植生 (続き)。

は約6500年前あるいは氷期から針葉樹花粉が連続的に出現し、古い時代からゆるやかな増加傾向を示す地点が多い。この北緯37度線の南北における違いは対象とした山岳の地理的偏りによる見かけ上のものと思われるが、針葉樹花粉の増加が遅い山岳には多雪山岳が多いことから裏日本気候の影響も無視できないであろう。また、早くから針葉樹花粉が連続的に出現する地域でも、中部地方では約3500～4000年前、北海道では約2000年前より花粉出現率が急増する傾向がある(辻, 1985; 塚田, 1986; 高橋・五十嵐, 1986など)。このように中部地方や北海道の亜高山帯針葉樹林はさらに発達するが、北八幡平地域や八甲田山では約600年前になって、ようやく針葉樹林帯が形成されるようになった(守田, 1992)。南八幡平地域では、増加開始がさらに遅れたり、認められなかったりするのでも、針葉樹林帯の形成途上にあると言える(守田, 1984b, 1985b, 1987, 1992)。一方、栗駒山や月山、鳥海山、白地山などでは現在に至るまで偽高山帯植生が継続している(Hibino, 1967; Yamanaka, 1969; Yamanaka *et al.*, 1973; 守田・相沢, 1986)。

4. 後氷期の気候温暖期における亜高山帯

宮井(1935)により、我国で最初に花粉分析にもとづいて森林帯が現在より300mほど上昇していたと報告されて以来、後氷期の気候温暖期における森林帯の上昇量にふれた報告は多い(Nakamura, 1952; Tsukada, 1958; 梶, 1982; 三好, 1998など)。これらの報告では、分析地点の下方に生育する植物の花粉が、現在よりも多く検出されることを理由に森林帯が上昇したと判断しており、その多くは数少ない分析地点から、あるいは地域の異なる複数の山岳の比較から導きだされている。とくに、森林帯上昇の根拠とされていた花粉分析結果の多くは、亜高山帯あるいは山岳の上部の地点のものである。

しかし亜高山帯では、亜高山帯以外から由来する遠距離飛来花粉が、針葉樹林の発達する場合でも少なくとも花粉組成の20～30%以上を、発達しない場合には40～50%以上をも占める。後者の場合、1地点だけの花粉組成で亜高山帯であるのか冷温帯であるのか判断するのは不可能に近く、筆者はかねてより山岳部では指標植物花粉の利用や、同一地域内の多数地点の分析結果の比較などが不可欠であ

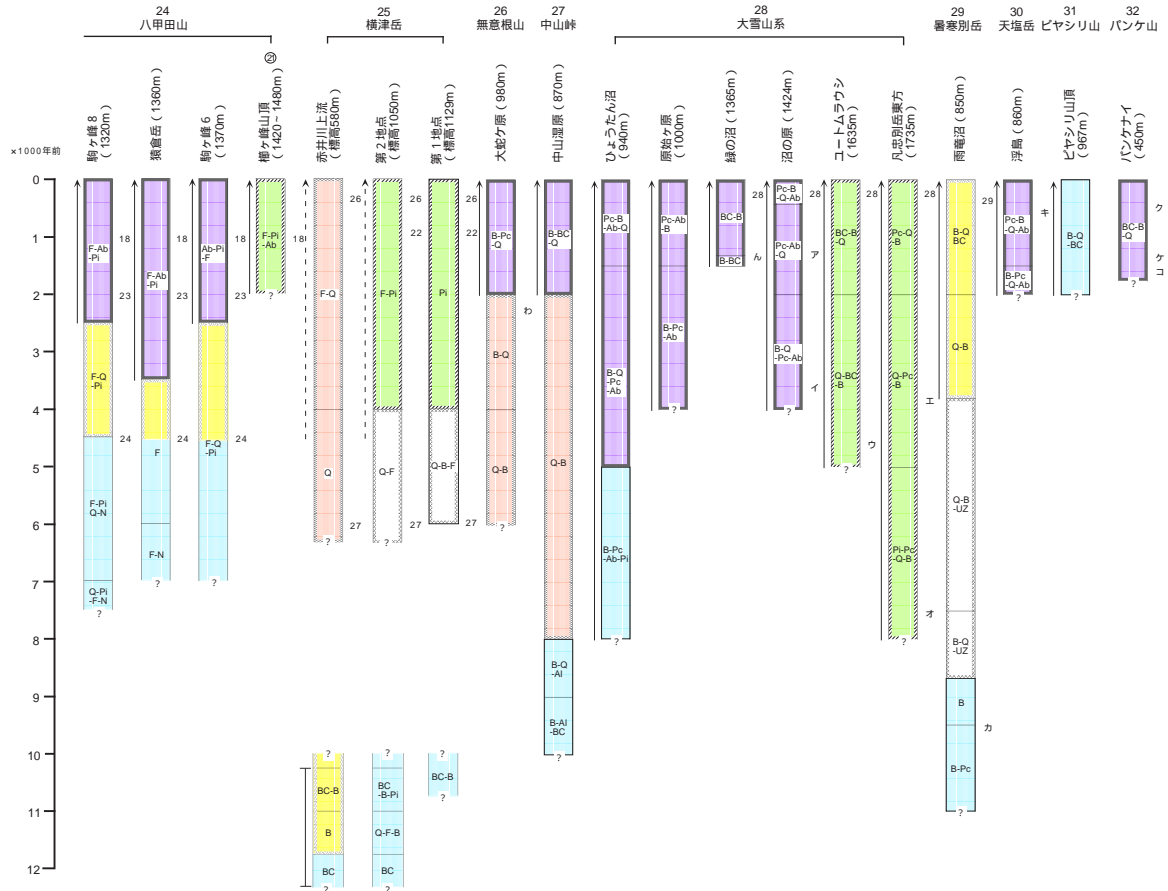


図3f 高山帯および亜高山帯における花粉帯比較とそこから推定される古植生(続き)。

crenata Blumeが現在の分布域まで北上したのはごく最近のことであり (Sakaguchi, 1989; 五十嵐, 1994; 紀藤・瀧本, 1999), 東北地方南部でも約6000 ~ 3000年前の温暖期に暖温带林が現在の分布域よりも北進した様子は見られず (守田・藤木, 1997), 気温の変化と森林帯の移動が必ずしも歩調を合わせていないことは興味深い。八甲田山や八幡平では, 針葉樹花粉が増加する以前にミヤマナラ由来のコナラ属花粉あるいは草本花粉の比率が上昇する地点のうち, 最下位の地点を当時の冷温带林の上限と仮定すると現在とほとんど変わらない (守田, 1985b, 1987)。このようにみると, 気候温暖期に現在より300 ~ 400 mも亜高山帯の上昇があったかどうかは極めて疑わしくなる。仮に上昇があったにしても, ずっと小幅であったと思われる。実際に上昇があったかどうか, あったとしてもどの程度の上昇なのか, 今後の研究に期待したい。

5. 亜高山帯植生の違いの成立過程

以上の3つの視点からこれまでの資料を総合すると, 最終氷期以降の亜高山帯植生の変遷は次のように考えること

ができる。

現在の亜高山帯域が, 最終氷期最盛期には植被の乏しい環境であったことは, これまでの議論や, 小峠ほか (1974), 新井ほか (1981), Tsukada (1983b) などによって推定されている最終氷期における気温低下量からみても間違いないところであろう。晩氷期になっても大部分の山岳では地表がまだ不安定で植物が容易に定着できる状態ではなかったが, 晩氷期末期になると高山帯の下限は, 現在の亜高山帯の下限付近に位置していた。寒冷気候がゆるみはじめると氷期の東北地方や北海道に存在した北方系の針葉樹林は, 北方あるいは山岳上部へ速やかに逃避することができず, 後氷期始めまでにはほぼ消滅したが, 北海道ではグイマツをのぞき消滅を免れた。中部地方から東北地方南部に存在した本州系の針葉樹林も中部山岳の一部をのぞき衰退した。氷期の針葉樹林が現在まで引継がれていることを前提にしている石塚 (1978) や梶 (1982), 杉田 (1982) の考えとは異なり, この時代はトウヒ属が優勢であった。これら針葉樹の移動・定着を妨げた原因は, 気候変化の速度に植物の分布・移動が追いつかないことや, 山岳上部の

土壌の未発達、後氷期になっておこった多雪化などが考えられる。またハイマツ帯は、晩氷期から後氷期初頭にかけての気候変化によりそれまでの針葉樹林が壊滅的な打撃をうけて衰退していく過程で、森林が未発達な土地にいち早く侵入して形成された植生帯とみられる。

約7500~6500年前になると、多くの山岳で湿原の形成が始まり、山地斜面がようやく安定化し、植物が進入・定着した。中部山岳の一部や北海道では針葉樹林が存在したが、いまだ多くの山岳では草原的な景観の植生であった。温暖・多雪化の開始時期と比較して湿原形成の時期はかなり遅れ、山岳によっても植生や湿原形成期に違いが見られる。これは、個々の山岳の条件、たとえば地理的な積雪量の多寡あるいは季節風の強弱、山岳部の平坦面の大きさ、岩石の風化しやすさなどにも左右されたことを暗示している(守田, 1998a)。これ以降、針葉樹が増加する山岳が中部地方を中心にみられるようになるが年代的には様々であり、東北地方ではスギ属が増加する時期と重なる約2500年前以降にモミ属が次第に増加を始める。もちろん、それぞれの山岳では、これ以前にも少量・不連続ではあるが、モミ属やツガ属、トウヒ属などの針葉樹花粉が検出されるので、これらの針葉樹が分布していたことは疑いない。これらの針葉樹花粉の増加開始は、八甲田山や八幡平、吾妻山などに見られるように、必ずしも標高が高い所から始まるのではなく、現在の亜高山帯下部付近で始まることは注目される(守田, 1984b, 1985b, 1987, 1992)。すなわち、梶(1982)や杉田(1982)の考えるように気候変化に伴って森林帯が下降したのではなく、また杉田(1990)のように気候変化に伴ってブナ帯が下降した領域に針葉樹が侵入・拡大したのではない。これらの山岳では、後氷期初頭に消滅をまぬがれて山岳上部に逃避し、冬季の積雪や強風を避けることができる適地に細々と生育していた針葉樹(主にアオモリトドマツやコメツガ)が、第2項で述べたようにいまだ森林が未発達であった現在の亜高山帯域に本格的に侵入し定着したことを暗示している。これらの針葉樹の増加は、気候温暖期以降の気候の冷涼化や夏季の相対的な湿潤化と関係すると思われる。中部地方日本海側や東北地方では、これらの針葉樹が増加するのに前後してスギ属が増加を始めている(梶, 1982; 守田, 1984b, 1985b, 1987, 1998bなど)。我国ではモミ属やツガ属、トウヒ属は比較的降水量が多いところに多いが、スギ *Cryptomeria japonica* (L. fil.) D. Don の自生地はさらに降水量の多い地域であり(林, 1960; 塚田, 1987; Tsukada, 1986)、河田(1940)はさらに1月または2月の降水量が100 mm以上の地域であるとしている。しかし、冬季に降雪が多い場合にはモミ属やツガ属、トウヒ

属などの針葉樹の生育には不利に働き、生活形の異なるミヤマナラなどの落葉低木には有利になると考えられる。また針葉樹の増加開始年代の違いは、土壌や裏日本気候の影響の程度などの個々の山岳の条件や存在した針葉樹林の規模によって左右されたと見られ、その後の針葉樹林の拡大にも、これらの要因が作用したに違いない。東北日本においてみられる針葉樹林帯を持つ山岳と持たない山岳の植生の違いは、直接的には、約2500年前以降の針葉樹の増加と森林形成の有無を通して形成された(守田, 1983, 1987, 1998a)。現在、日本海側山地や東北地方に多いアオモリトドマツを主とする林はこのころになって形成されたものである。一方、栗駒山や月山、鳥海山など、偽高山帯を持つ山岳に分布するアオモリトドマツやコメツガは、冬季の強風、多雪、土壌の未発達などの要因によって後氷期を通じて拡大を妨げられていると言えよう。

以上のように、現在みられる亜高山帯針葉樹林の発達程度や植物相の地域差は、氷期の針葉樹の地理的分布を出発点として、その後の気候変化に伴う針葉樹林の変遷過程が個々の山岳の特性によって相違したことで生じたと言えよう。我国のハイマツ帯は本来の高山帯ではなく亜高山帯の上部を占める植生とする見解があるが(大場, 1967; 館脇, 1971; Kojima, 1979; 沖津, 1987など)、上記の視点から見れば、ハイマツ帯も、また中部や北海道の一部山岳に見られるいわゆるダケカンバ帯も、亜高山帯の針葉樹林が未発達な土地にこれら植物が侵入して形成された植生帯としてとらえられる。しかし、現時点では亜高山帯針葉樹林の場合に比べ、資料が不足しており詳しい変遷過程を描きだすには至っていない。

6. まとめ

最終氷期の針葉樹林はトウヒ属が優勢であり、現在とは構成が異なっていた。グイマツを伴う北方系の亜寒帯性針葉樹林は宮城県付近まで南下しており、本州系の樹種からなる亜寒帯性針葉樹林は中部および西日本の山地に分布していた。関東地方以西の低標高部の大部分は亜寒帯性針葉樹が多く混交する冷温帯性針葉樹林であった。現在の亜高山帯域は、最終氷期最盛期には植被の乏しい環境であったが、晩氷期末期になると高山帯下限は、現在の亜高山帯の下限付近に位置していた。温暖化がはじまると東北地方や北海道に存在した北方系の針葉樹林は、北方あるいは山岳上部へ速やかに逃避する事ができず、後氷期始めまでにはほぼ消滅したが、北海道ではグイマツをのぞき消滅を免れた。中部地方から東北地方南部に存在した本州系の針葉樹林も中部山岳の一部をのぞき衰退した。この結果、氷期と構成が類似する針葉樹林は、現在、中部山岳の限られた範囲と北海道だけにみられるようになった。これら針葉樹の

移動や定着を妨げた原因としては、気候変化の速度に植物の分布や移動が追いつかないことや、山岳上部の土壌の未発達、後氷期になっておこった多雪化などが考えられる。

後氷期になると、山地斜面がようやく安定化するとともに植物が進入・定着し草原的な景観の植生が形成された。北海道では日本海に近い山岳をのぞき針葉樹林が継続して存在したが、本州では針葉樹林の増加開始時期は地域により異なり、白馬岳・苗場山・至仏山・鬼怒沼山を結ぶ北緯37度付近では約6500～2500年前までの様々な年代に、これ以北では約2500～3000年前から、以南では約6500年前あるいは氷期から増加を開始した。気候温暖期にブナ帯上限が現在よりも上昇していたことは疑わしく、後氷期初頭に消滅をまぬがれて山岳上部に逃避し、冬季の積雪や強風を避けることができる適地に細々と生育していた針葉樹が、いまだ森林が未発達であった現在の亜高山帯域に侵入・定着したと判断される。積雪量の多寡あるいは季節風の強弱、山岳部の平坦面の大きさ、岩石の風化のおこりやすさなどの個々の山岳の条件や分布していた針葉樹林の規模によりこれら植物の侵入・定着時期が左右されたとみられる。日本海側山地や東北日本においてみられる針葉樹林帯を持つ山岳と持たない山岳の植生の違いは、約2500年前以降の針葉樹の増加と森林形成を通して形作られ、日本海側山地や東北地方に多いアオモリトドマツを主とする林はこのころになって形成されたものである。

謝 辞

日頃から御意見をいただいている岡山理科大学三好教夫博士、宮城県農業短期大学日比野紘一郎博士、花粉分析の世界に導いていただいた高知大学名誉教授中村 純博士、および、亜高山帯の植生史研究をするきっかけを与えていただいた東北大学名誉教授飯泉 茂博士、岐阜大学菊池多賀夫博士に深く感謝いたします。また、塩田正行氏、故・佐々木昌子氏からは未発表資料の使用を快諾いただいた。東北大学生物学教室の関係者の方々からは試料採取に際して多大のご援助をいただいた。記して感謝いたします。

引 用 文 献

- 赤羽貞幸・1986. 志賀高原長池湿原とカマノ平北ドブ湿原における泥炭層の形成年代と花粉分析. 文部省科学研究費「亜高山帯の気象と自然環境の変遷に関する研究」昭和60年度報告書, 19-29.
- 新井房夫・大場忠道・北里 洋・堀部純雄・町田 洋・1981. 後期第四紀における日本海のご環境 テフロクロノロジー, 有孔虫群集解析, 酸素同位体比法による. 第四紀研究 20: 209-230.
- 第四紀古植物研究グル-ブ・1974. 日本におけるウルム氷期の植生の変遷と気候変動(予報). 第四紀研究 12: 161-

- 175.
- 遠藤邦彦・1985. 白山火山域の火山灰と泥炭層の形成過程. 白山高山帯自然史調査報告書, 11-30. 石川県白山自然保護センター, 石川県.
- 橋屋光孝・1981. 栗駒山泥炭地群の花粉分析学的研究 1. 龍泉ヶ原. 法政大学地理学集報 No. 10: 43-49.
- 畑中健一・1967. 山口県徳佐盆地の花粉分析. 北九州大学教養部紀要 3: 23-34.
- 畑中健一・野井英明・岩内明子・1998. 九州地方の植生史. 「図説日本列島植生史」(安田喜憲・三好教夫編), 151-161. 朝倉書店, 東京.
- 林 弥栄・1960. 日本産針葉樹の分布と分類. 246 pp. 農林出版, 東京.
- Hibino, K. 1967. Pollen analytical studies of moors in Mt. Kurikoma. *Ecological Review* 17: 5-9.
- 蒜山原団体研究グル-ブ・1973. 岡山県北部・蒜山原における泥炭層の年代 日本の第四紀層の¹⁴C年代(87). *地球科学* 27: 210-211.
- 堀 正一・1938. 信州八島ヶ原高層湿原の花粉分析の研究. *日本生物地理学会会報* 8: 133-141.
- 星野フサ・1993. 中山峠の針葉樹. 札幌静修高等学校研究紀要 No. 26: 1-5.
- 星野フサ・伊藤浩司・矢野牧夫・1985. 北海道石狩低地帯における最終氷期末期の古環境. 北海道開拓記念館研究年報 No. 13: 23-30.
- Hultén, E. 1968. *Flora of Alaska and Neighboring Territories*. 1008 pp. Stanford University Press, California.
- 市原 実・木越邦彦・1960. 大阪付近の沖積層・段丘堆積層から産出した木材の絶対年代. *地球科学* No. 52: 18.
- 五十嵐八枝子・1994. 北上するブナ. 北海道の林木育種 No. 37: 1-7.
- 五十嵐八枝子・藤原滉一郎・1984. 北海道北部天塩山地の高地湿原堆積物の花粉分析. 第四紀研究 23: 213-218.
- 五十嵐八枝子・五十嵐恒夫・大丸裕武・山田 治・宮城豊彦・松下勝秀・平松和彦・1993. 北海道の剣淵盆地と富良野盆地における32000年間の植生変遷史. 第四紀研究 32: 89-105.
- 五十嵐八枝子・高橋伸幸・1985. 北海道中央高地, 大雪山における高地湿原の起源とその植生変遷(I). 第四紀研究 24: 99-109.
- 飯田祥子・1973. 八ヶ岳西麓における更新統上部の花粉分析. 第四紀研究 12: 1-10.
- 石塚和雄・1978. 多雪山地亜高山帯の植生(総合抄録). 「吉岡博士追悼植物生態論集」(吉岡邦二博士追悼論文集出版会編), 404-428. 東北植物生態談話会, 仙台.
- Ishizuka, K., Fujiwara, J. & Watanabe, M. 1957. Palynological studies of moors in the deciduous zone in Iwate Prefecture, northeast Japan. *Ecological Review* 14: 217-228.
- 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. 東京大学農学部演習林報告 No. 72: 31-120.
- 叶内敦子・1987. 鬼怒沼湿原堆積物の花粉分析. 第四紀研究 26: 147-153.

- 叶内敦子．1988．福島県吾妻山・亜高山帯湿原の表層花粉の特徴と亜高山帯植生の変遷．*駿台史学* No. 73: 1-17.
- 叶内敦子．1998．関東地方北部山地における後氷期温暖期以降の森林植生の変遷．*駿台史学* No. 105: 19-50.
- 叶内敦子・田原 豊・杉原重夫・小嶋 尚．1988．八島ヶ原湿原堆積物の年代と花粉分析．*日本第四紀学会講演要旨集* No. 18: 156-157.
- 河田 杰．1940．四季を通ずる降水量の配布状況がスギ、ヒノキの分布に及ぼす影響．95 pp．興林会，東京．
- 紀藤典夫・瀧本文生．1999．完新世におけるブナの個体群増加と移動速度 北海道南西部の例．*第四紀研究* 38: 297-311.
- 小崎 尚・野上道男・岩田修二．1974．ひがし北海道の化石周氷河現象とその古気候学的意義．*第四紀研究* 12: 177-191.
- 小林国夫．1965．長野県明科町吐中針葉樹層の¹⁴C年代．*地球科学* No. 81: 44-45.
- Kojima, S. 1979. Biogeoclimatic zones of Hokkaido Islands, Japan. *Journal of the College of Liberal Arts, Toyama University. Natural Science* 12: 97-114.
- 河野通弘．1971．山口県第四系の¹⁴C年代測定の2例．*山口大教育・研究論叢(自然科学)* 20: 33-35.
- 小西彰一・鈴木三男．1997．アカエゾマツの球果形態の変異．*植生史研究* 5: 67-76.
- Miki, S. 1956. Endocarp remains of Alangiaceae, Cornaceae and Nyssaceae in Japan. *Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series D* 7: 275-295.
- Miki, S. 1957. Pinaceae of Japan, with special reference to its remains. *Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series D* 8: 221-272.
- Miki, S. & Kokawa, S. 1962. Late Cenozoic floras of Kyushu, Japan. *Journal of Biology, Osaka City University* 13: 65-86.
- 南木睦彦．1987．最終氷期の植物化石とその進化上の意義．*遺伝* 41(2): 30-35.
- 南木睦彦．1989．日本の中・後期更新世の針葉樹化石と大形植物化石群集の三つの類型．*植生史研究* 4: 19-31.
- 南木睦彦・松葉千年．1985．三重県多度町から産出した約18000年前の大型植物遺体群集．*第四紀研究* 24: 51-55.
- 宮井嘉一郎．1935．霧島山の湿原とその花粉分析．*生態学研究* 1: 295-301.
- 三好教夫．1998．中国・四国地方の植生史．「*図説日本列島植生史*」(安田喜憲・三好教夫編)，138-150．朝倉書店，東京．
- 持田幸良・山中三男．1981．南八甲田山地亜高山帯のスギ群落及びヒノキアスナロ群落．*群落学及び花粉分析学的研究*．「*アオモリトドマツ林の生態学的研究*」，99-108．八甲田山植物実験所，青森．
- 守田益宗．1983．東北地方における亜高山帯の植生史に関する花粉分析的研究．97 pp．「*昭和57年度東北大学博士論文*」，仙台．
- 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.
- Morita, Y. 1984a. Preliminary palynological studies of the moor in the upland in Hokkaido. *Ecological Review* 20: 237-240.
- Morita, Y. 1984b. Palynological studies of some peat moors in the subalpine zone of the Hachimantai Mountains. *Ecological Review* 20: 241-246.
- 守田益宗．1985a．暑寒別岳雨竜沼湿原の花粉分析．*東北地理* 37: 166-172.
- 守田益宗．1985b．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．1985c．蔵王山の亜高山帯における植生変遷．*日本花粉学会会誌* 31: 1-5.
- Morita, Y. 1985. Pollen diagrams of some peat moors in the subalpine zone in the Shinshu District, Japan. *Ecological Review* 20: 301-307.
- 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．1990．栗木ヶ原湿原の花粉分析．「*栗木ヶ原湿原学術調査報告書*」，23-43．岩手県．
- 守田益宗．1992．八幡平地域における過去12000年の植生変遷史．*日本花粉学会会誌* 38: 180-191.
- 守田益宗．1996．大白森湿原の花粉分析．「*大白森湿原学術調査報告書*」，15-37．岩手県．
- 守田益宗．1998a．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)，179-193．朝倉書店，東京．
- 守田益宗．1998b．尾瀬ヶ原湿原堆積物の花粉分析による完新世の植生変遷．「*尾瀬の総合研究*」，49-84．尾瀬総合学術調査団，群馬県．
- 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.
- 守田益宗・藤木利之．1997．東北地方南部における過去50000年の植生変遷史．*日本花粉学会会誌* 43: 75-86.
- 中川久夫・相馬寛吉・石田琢二・小川貞子．1961．仙台付近の第四系および地形(2)．*第四紀研究* 2: 30-39.
- 中川衷三．1969．四国における第四系．*地団研専報* No. 15: 393-410.
- 中村 純．1949．湿原の生物学的研究(1)八甲田山谷地温泉湿原の花粉分析的研究．*生態学研究* 12: 106-108.
- Nakamura, J. 1952. A comparative study of Japanese pollen records. *Research Reports of the Kochi University, Natural Science* 1: 1-20.
- 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．1979．花粉分析からみた日本第四紀の植物相とくにWürm氷期晩期から後氷期への植生移行．*哺乳類科学* 38: 13-20.
- 那須浩郎・百原 新・沖津 進．1999．軽井沢の化石藓類群集から復元した晩氷期の針葉樹林の分布立地．*植生史研究* 7: 71-80.
- 那須孝悌．1980．ウルム氷期最盛期の古植生について．*文部*

- 省科学研究費「ウルム氷期以降の生物地理に関する総合研究」昭和54年度報告書, 55-66.
- 新潟平野団地研究グループ. 1972. 十日町盆地の河岸段丘. 地質学論集 No. 7: 267-283.
- 野手啓行・百原 新・沖津 進. 1999a. 赤石山脈北西部, 巫女淵山のヤツガタケトウヒ・ヒメバラモミ優占林. 植生史研究 6: 37.
- 野手啓行・沖津 進・百原 新. 1998. 日本のトウヒ属バラモミ節樹木の現在の分布と最終氷期以後の分布変遷. 植生史研究 6: 3-13.
- 野手啓行・沖津 進・百原 新. 1999b. ヤツガタケトウヒとヒメバラモミの生育立地. 日本林学会誌 81: 236-244.
- 大場達之. 1967. 高山帯と亜高山帯, 「原色現代科学大事典」3. 植物, 329-420. 学研, 東京.
- 沖津 進. 1987. ハイマツ帯. 「北海道の植生 (伊藤浩司編)」, 129-167. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 沖津 進・百原 新. 1997. 日本列島におけるチョウセンゴヨウ (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) の分布. 千葉大学園芸学部学術報告 51: 137-145.
- 沖津 進・百原 新. 1998. 本州中部亜高山針葉樹林の岩礫地におけるチョウセンゴヨウ (*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.) およびその混交樹種の生育立地. 森林立地 40: 75-81.
- 小野有五. 1983. 多雪山地亜高山帯の地形と森林立地. 森林立地 25: 16-25.
- 小野有五・五十嵐八枝子. 1991. 北海道の自然. 219 pp. 北海道大学図書刊行会, 札幌.
- 太田 哲. 1956. 落葉広葉樹林型亜高山森林植生帯の分布考察. 日本林学会誌 38: 482-487.
- Sakaguchi, Y. 1989. Some pollen records from Hokkaido and Sakhalin. Bulletin of the Department of Geography, University of Tokyo No. 21: 1-17.
- Sakaguchi, Y., Arai, F. & Sohma H. 1982. On deposits of the Ozegahara Basin—A contribution to Late Quaternary evolution of the largest raised bog in Japan and its paleo-environments. "Ozegahara: Scientific Researches of the Highmoor in Central Japan" (Hara, H., Asahina, S., Sakaguchi, Y., Hogetsu, K. & Yamagata, N., eds.), 1-29. Japan Society for the Promotion of Science, Tokyo.
- 阪口 豊・相馬秀広. 1980. 白馬岳周辺における新期泥炭層の堆積開始時期およびその後の斜面物質の移動期. 文部省科学研究費「日本列島の第四紀後半における自然の長期的変動に関する研究」昭和54年度報告書, 56-60.
- 酒井潤一・中島豊志・隅田耕治. 1979. 木曾平沢における後期更新世末の花粉化石および植物遺体. 信州大学理学部紀要 No. 14: 35-46.
- 瀬川秀良. 1972. 噴火湾における長万部段丘礫層の泥炭層の¹⁴C年代. 地質学雑誌 78: 51-52.
- 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帯の欠如する原因についての一つの考えかた. 日本林学会誌 38: 356-358.
- Shioda, M. 1974. Pollen analysis of peat deposits in Kinu bog with a note on the distinction between *Abies* and *Picea* pollen. Japanese Journal of Ecology 24: 26-29. A.H. 1951. *Lycopodium* L. *Selaginella* Spring. CCCP B. 50: 167-199.
- Sohma, K. 1955. Pollendiagramme der Torfablagerungen von Hachimantai im Vergleich mit denen von Hakkoda. Ecological Review 14: 11-17.
- 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」(日本第四紀学会編), 80-86. 東京大学出版会, 東京.
- 杉田久志. 1982. 関東北縁山地亜高山帯の植生地理学的研究. 第29回日本生態学会講演要旨集, 116.
- 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. 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.
- Suzuki, K. 1991. *Picea* cone-fossils from Pleistocene strata of Northeast Japan. Saito Ho-on Kai Museum of Natural History Research Bulletin 59: 1-41.
- 鈴木敬治. 1992. 大型植物化石. 「富沢遺跡 第30次調査報告書第II分冊 旧石器時代編」(仙台市文化財調査報告書160), 244-273. 仙台市教育委員会.
- 鈴木敬治・藤田至則・八島隆一・吉田 義・真鍋健一・箱崎高衛・萩原 茂・周東賢治・角田史雄. 1972. 若松地域の地質. 福島県地質調査報告5万分ノ1図幅「若松」, 61 pp.
- 鈴木敬治・亀井節夫. 1969. 森林の変遷と生物の移動. 科学 39: 19-27.
- Suzuki, K. & Nakagawa, H. 1971. Late Pleistocene flora from the Pacific coast of Fukushima Prefecture, Japan. Science Reports of the Tohoku University, 2nd Series (Geology) 42: 187-198.
- Suzuki, K. & Sohma, K. 1965. The late Pleistocene stratigraphy and palaeobotany of the Koriyama Basin. Science Reports of the Tohoku University, 4th Series (Biology) 31: 217-242.
- 鈴木敬治・竹内貞子. 1989. 中～後期更新世における古植物層 東北地方を中心として. 第四紀研究 28: 303-316.
- 鈴木敬治・竹内貞子・制野敦子. 1982. 猪苗代盆地南部地域における段丘構成層. 福島大学特定研究「猪苗代湖の自然」研究報告 No. 3: 13-20.
- 高原 光. 1998. 近畿地方の植生史. 「図説日本列島植生史」(安田喜憲・三好教夫編), 114-137. 朝倉書店, 東京.
- 高橋伸幸・五十嵐八枝子. 1986. 北海道中央高地・大雪山における高地湿原の起源とその植生変遷 (II). 第四紀研究 25: 113-128.
- 竹岡政治. 1991. 長野県上伊那郡大阿原湿原の花粉分析. 京都府立大学演習林報告 No. 35: 35-40.

- Takeuti, S. & Ozaki, H. 1987. Pollen analysis of the Hanaizumi Formation, Iwate Prefecture, northeast Japan. Saito Ho-on Kai Museum of Natural History Research Bulletin No. 55: 13-20.
- 滝谷美香・萩原法子. 1997. 西南北海道横津岳における最終氷期以降の植生変遷. 第四紀研究 36: 217-234.
- 田高昭二. 1966. 花粉分析からみた八甲田山植物相の変遷について. 青森県生物学会誌 No. 8: 8-14.
- 田高昭二. 1976. 八甲田山における晩氷期以降の林相の垂直分布とその地史の変遷について. 青森県生物学会誌 No. 15: 14-19.
- 館脇 操. 1971. 北方植物の旅. 343 pp. 朝日新聞社, 東京.
- 津田美弥子. 1990. 長野県入笠山大阿原湿原堆積物の花粉分析. 第四紀研究 29: 439-446.
- 辻 誠一郎. 1977. 秋田県玉川温泉地域の沖積世鹿湯層の花分析. 東北地理 29: 162-167.
- 辻 誠一郎. 1985. 白山山岳地帯の植生と環境の変遷史. 「白山高山帯自然史調査報告書」, 31-45. 石川県白山自然保護センター, 石川県.
- Tsuji, S., Minaki, M. & Osawa, S. 1984. Paleobotany and paleoenvironment of the late Pleistocene in the Sagami region, central Japan. The Quaternary Research 22: 279-296.
- 辻 誠一郎・南木睦彦・鈴木三男. 1984. 栃木県南部, 二宮町における立川期の植物遺体群集. 第四紀研究 23: 21-29.
- 辻 誠一郎・宮地直道・吉川昌伸. 1983. 八甲田山における更新世末期以降の火山灰層序と植生変遷. 第四紀研究 21: 301-313.
- 塚田松雄. 1952. 志賀高原地帯の湿原の花分析 I. (1) 田の平湿原. 生態学会報 2: 170-172.
- Tsukada, M. 1957. Pollen analytical studies of postglacial age in Japan. I. Hyotan-ike ponds on Shiga Heights, Nagano Prefecture. Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series D 8: 203-219.
- Tsukada, M. 1958. Pollen analytical studies of postglacial age in Japan. II. Northern region of Japan North-Alps. Journal of the Institute of Polytechnics, Osaka City University, Series D 9: 235-247.
- 塚田松雄. 1967. 過去1万2千年間・日本の植生変遷史 I. 植物学雑誌 80: 323-336.
- Tsukada, M. 1967. Pollen succession, absolute pollen frequency and recurrence surfaces in central Japan. American Journal of Botany 54: 821-831.
- Tsukada, M. 1983a. Vegetation and climate during the Last Glacial Maximum in Japan. Quaternary Research 19: 212-235.
- Tsukada, M. 1983b. Late-Quaternary spruce decline and rise in Japan and Sakhalin. Botanical Magazine Tokyo 96: 127-133.
- 塚田松雄. 1986. 関東地方における第四紀後期の植生史. 「日本植生誌」, 7. 関東 (宮脇 昭編), 78-103. 至文堂, 東京.
- Tsukada, M. 1986. Altitudinal and latitudinal migration of *Cryptomeria japonica* for the past 20,000 years in Japan. Quaternary Research 26: 135-152.
- 塚田松雄. 1987. 第四紀後期の植生変遷史. 「日本植生誌」, 8. 東北 (宮脇 昭編), 93-126. 至文堂, 東京.
- 塚田松雄・中村 純. 1988. 第四紀末の植生史. 「日本植生誌」, 9. 北海道 (宮脇 昭編), 96-130. 至文堂, 東京.
- 宇野沢 昭・坂本 亨. 1972. 長野県, 南軽井沢周辺の最近の地史. 地質学雑誌 78: 498-494.
- 山田悟郎. 1987. 花粉分析. 「ピヤシリ湿原の自然」, 55-61. 名寄自然に親しむ会, 名寄市.
- Yamagata, O. 1957. A palynological study of bogs on Mt. Gassan. Ecological Review 14: 269-272.
- 山中三男. 1963. 南八甲田山二・三湿原の花分析学的研究. 日本生態学会誌 13: 24-251.
- Yamanaka, M. 1963. Ecological studies of the Takadayachi moor in the Hakkoda Mountains. II. Pollen analytical study of the Takadayachi moor. Ecological Review 16: 27-32.
- Yamanaka, M. 1965. Pollen profiles of recent sediments from the Tashiro moor, Hakkoda Mountains. Ecological Review 16: 195-199.
- Yamanaka, M. 1967. Palynological study of peat from Yachi moor in Hakkoda Mountain. Ecological Review 17: 1-4.
- Yamanaka, M. 1968. Palynological studies of some peat moors in the sub-alpine zone of the Hakkoda Mountains. Ecological Review 17: 109-113.
- Yamanaka, M. 1969. Palynological studies of peat moors in Mt. Chokai. Ecological Review 17: 203-208.
- 山中三男. 1972. 岩手県低地帯湿原の花分析的研究. 日本生態学会誌 22: 170-179.
- Yamanaka, M. 1977. Palynological studies of Quaternary sediments in northeast Japan. I. Gozaisho-Numa Moor in the Hachimantai Mountains. Ecological Review 18: 251-262.
- Yamanaka, M. 1978. Vegetational history since the Late Pleistocene in northeast Japan. I. Comparative studies of the pollen diagrams in the Hakkoda Mountains. Ecological Review 19: 1-36.
- 山中三男. 1979. 南八甲田山ソデカ谷地の花分析. 科学研究費補助金昭和53年度研究成果中間報告会要旨集「八甲田山地のアオモリトドマツ林の成立と変遷の生態学・花粉分析学的研究」, 34-35.
- Yamanaka, M. & Hamachiyo, M. 1987. Palynological studies of Quaternary sediments in northeast Japan. VI. Ohnuma Moor in the Hachimantai Mountains. Memoirs of the Faculty of Science, Kochi University, Series D(Biology) 8: 69-74.
- Yamanaka, M. & Mochida, Y. 1983. Palynological study of the Holocene deposits from Ohsenuma moor in the South Hakkoda Mountains. Ecological Review 20: 159-169.
- Yamanaka, M., Saito, K. & Ishizuka, K. 1973. Historical and ecological studies of *Abies mariesii* on Mt. Gassan, the Dewa Mountains, northeast Japan. Japanese

- Journal of Ecology 23: 171-185.
- 山中三男・菅原 啓・石川真吾．1988．南八甲田山の山地帯にみられるアオモリトドマツ林の変遷．日本生態学会誌 38: 147-157.
- 山野井 徹・工藤 享．1985．蔵王芝草平湿原の花粉分析．「蔵王連峰」(山形県総合学術調査会編), 46-57．山形県総合学術調査会, 山形県.
- 矢野牧夫．1970．北海道の第四系より産出した*Larix gmelinii*の遺体について．地質学雑誌 76: 205-214.
- 矢野牧夫．1985．渡島半島の更新統から産出する*Larix*(カラマツ属)の遺体について．北海道開拓記念館研究年報 No. 13: 11-21.
- 矢野牧夫・三野紀雄・山田吾郎・中田幹雄．1978．北海道渡島半島第四系より産出する植物化石II．北海道開拓記念館研究年報 No. 6: 13-24.
- Yasuda, Y. 1978. Prehistoric environment in Japan—Palynological approach—. Science Reports of the Tohoku University, Series 7 (Geography) 28: 117-281.
- 吉田 義・伊藤七郎・鈴木啓治．1969．東北地方南部の阿武隈川流域の第四紀編年と2・3の問題．地団研専報 No. 15: 99-125.
- 吉井亮一．1988．立山, 室堂平における湿原堆積物についての花粉分析．日本花粉学会会誌 34: 43-53.
- 吉井亮一・藤井昭二．1981．立山, 弥陀ヶ原台地における湿原堆積物についての花粉分析．植物地理・分類研究 29: 40-50.
- 吉井亮一・折谷隆志．1987．立山, 天狗平における湿原堆積物についての花粉分析．植物地理・分類研究 35: 127-136.
- (2000年9月27日受理)

付表1 最終氷期における大型植物化石の産出地点

| 番号 | 産出地点名 | 出典 |
|----|------------|-----------------------------------|
| 1 | 北海道札幌郡広島町 | 矢野(1970), 星野ほか(1985) |
| 2 | 北海道北椛山町小川 | 矢野(1985) |
| 3 | 北海道長万部町国縫 | 瀬川(1972) |
| 4 | 北海道厚沢辺町富里 | 矢野ほか(1978) |
| 5 | 北海道江差町東山 | 矢野ほか(1978) |
| 6 | 青森県木造町出来島 | 相馬・辻(1987) |
| 7 | 青森県南郷村大平 | Sohma(1959) |
| 8 | 岩手県花泉町金森 | Miki(1957), Takeuti & Ozaki(1987) |
| 9 | 宮城県仙台市富沢 | 鈴木(1992) |
| 10 | 宮城県仙台市一本杉 | 中川ほか(1961) |
| 11 | 福島県桑折町桑折 | 吉田ほか(1969) |
| 12 | 福島県新地町 | Suzuki & Nakagawa(1971) |
| 13 | 福島県福島市 | 吉田ほか(1969), Suzuki(1991) |
| 14 | 福島県郡山市 | Suzuki & Sohma(1965), 鈴木ほか(1982) |
| 15 | 福島県新鶴村松阪 | 鈴木ほか(1972) |
| 16 | 新潟県十日町市新町 | 新潟平野団体研究グループ(1972) |
| 17 | 栃木県二宮町原分 | 辻ほか(1984) |
| 18 | 長野県軽井沢町 | 宇野沢・坂本(1972) |
| 19 | 長野県明科町 | Miki(1957), 小林(1965) |
| 20 | 長野県茅野市 | 飯田(1973) |
| 21 | 長野県檜川村平沢 | 酒井ほか(1979) |
| 22 | 静岡県御殿場市蓮華寺 | Tsuji <i>et al.</i> (1984) |
| 23 | 三重県多度町 | 南木・松葉(1985) |
| 24 | 大阪府高槻市大蔵寺 | Miki(1956, 1957), 市原・木越(1960) |
| 25 | 徳島県阿波町土柱 | 中川(1969) |
| 26 | 岡山県八束村花園 | 蒜山原団体研究グループ(1973) |
| 27 | 山口県阿東町徳佐 | 畑中(1967), 河野(1971) |
| 28 | 宮崎県えびの市加久藤 | Miki & Kokawa(1962) |

付表2 高山帯および亜高山帯の花粉分析結果一覧

| 番号 | 分析地点 | 地点名 | 標高 (m) | 森林帯 | 出典 |
|----|-----------|-------------|--------|--------|---------------------------------------|
| 1 | 白山 | 小桜平 C 地点 | 1980 | 亜高山帯 | 辻 (1985) |
| | | 弥陀ヶ原 A 地点 | 2335 | 高山帯 | 同上 |
| | | 弥陀ヶ原 B 地点 | 2335 | 同上 | 同上 |
| | | | | | (年代については遠藤 (1985) も参考とした) |
| 2 | 立山 | 弥陀ヶ原 D 地点 | 1700 | 亜高山帯 | 吉井・藤井 (1981) |
| | | 弥陀ヶ原 L 地点 | 1890 | 同上 | 同上 |
| | | 天狗平 | 2300 | 高山帯 | 吉井・折谷 (1987) |
| | | 室堂平 | 2440 | 同上 | 吉井 (1988) |
| 3 | 白馬岳 - 乗鞍岳 | 神の田圃 | 1720 | 亜高山帯 | Tsukada (1958) |
| | | 三角点 | 1750 | 同上 | 同上 |
| | | 成城大学ヒュッテ前 | 1800 | 同上 | 同上 |
| | | 梅池 | 1900 | 同上 | 同上 |
| | | 天狗原 | 2200 | 高山帯下限 | 同上 |
| | | | | | (年代については阪口・相馬 (1980) も参考とした) |
| 4 | 御嶽山 | 田の原 | 2200 | 亜高山帯上限 | Morita (1985) |
| 5 | 入笠山 | 大阿原 | 1800 | 亜高山帯下部 | Morita (1985), 津田 (1990), 竹岡 (1991) |
| 6 | 八ヶ岳 | 白駒池 | 2130 | 亜高山帯 | Morita (1985) |
| 7 | 霧ヶ峰 | 八島ヶ原 | 1650 | 山地帯上限 | 堀 (1938), Tsukada (1967), 叶内ほか (1988) |
| 8 | 志賀高原 | 長池 | 1580 | 亜高山帯下限 | 赤羽 (1986) |
| | | 田の原 | 1610 | 亜高山帯 | Tsukada (1957) |
| | | ひょうたん沼 | 1760 | 同上 | 塚田 (1952) |
| | | 鬼の相撲場の池 | 1960 | 同上 | 塚田 (1967) |
| 9 | 苗場山 | 下の芝 | 1650 | 亜高山帯 | 梶 (1982) |
| | | 中の芝 | 1800 | 同上 | 同上 |
| | | 上の芝 | 1900 | 同上 | 同上 |
| | | 山頂 | 2100 | 同上 | 佐々木 (未発表) |
| 10 | 尾瀬 | 尾瀬ヶ原 P-73 | 1400 | 山地帯上部 | Sakaguchi <i>et al.</i> (1982) |
| | | 尾瀬ヶ原 Core N | 1400 | 山地帯上部 | 守田 (1998b) |
| | | 尾瀬ヶ原 CORE 3 | 1400 | 山地帯上部 | 同上 |
| | | 菖蒲平 | 1940 | 亜高山帯 | 中村 (1949) |
| 11 | 鬼怒沼山 | 鬼怒沼 | 2040 | 亜高山帯 | Shioda (1974), 叶内 (1987) |
| 12 | 田代山 | 田代山 | 1920 | 亜高山帯 | 叶内 (1998) |
| 13 | 会津駒ヶ岳 | 中門池 | 2040 | 亜高山帯 | 叶内 (1998) |
| 14 | 平ヶ岳 | 玉子石 | 2040 | 亜高山帯 | 叶内 (1998) |
| 15 | 吾妻山 | No. 1 | 1460 | 亜高山帯下限 | 守田 (1984b) |
| | | No. 4 (谷地平) | 1500 | 同上 | 守田 (1984b), 叶内 (1988) |
| | | No. 5 | 1700 | 亜高山帯 | 守田 (1984b) |
| | | No. 3 | 1800 | 同上 | 同上 |
| | | No. 2 | 1950 | 同上 | 同上 |
| 16 | 蔵王 | No. 1 | 1430 | 亜高山帯 | 守田 (1985c) |
| | | No. 2 | 1450 | 同上 | 同上 |
| | | No. 3 | 1560 | 同上 | 同上 |
| | | No. 6 | 1600 | 同上 | 同上 |
| | | No. 5 | 1640 | 同上 | 同上 |
| | | No. 4 | 1690 | 同上 | 同上 |
| 17 | 月山 | 芝草平 | 1700 | 同上 | 山野井・工藤 (1985) |
| | | 念仏ヶ原 | 1100 | 山地帯上部 | Yamanaka <i>et al.</i> (1973) |
| | | III | 1480 | 亜高山帯 | Yamagata (1957) |
| | | II | 1560 | 同上 | 同上 |
| 18 | 栗駒山 | I | 1980 | 亜高山帯上限 | 同上 |
| | | 龍泉ヶ原 | 1350 | 亜高山帯 | 橋屋 (1981) |
| | | しろがね | 1360 | 同上 | Hibino (1967) |
| 19 | 鳥海山 | 龍ヶ原 | 1180 | 山地帯上限 | Yamanaka (1969) |
| | | 千畳ヶ原 | 1400 | 亜高山帯 | 同上 |

| | | | | | |
|----------|---------|-----------|--------|---|--------------|
| 20 南八幡平 | 栗木ヶ原 | 1130 | 亜高山帯下限 | 守田 (1990) | |
| | 八瀬森 | 1130 | 同上 | 守田 (1992) | |
| | 秋田小白森 | 1140 | 同上 | 守田 (1985b) | |
| | 田代平 | 1250 | 亜高山帯 | 同上 | |
| | 大白森 | 1220-1270 | 同上 | 守田 (1992) | |
| | 千沼ヶ原 | 1320 | 同上 | 守田 (1985b) | |
| 21 北八幡平 | 春子谷地 | 460 | 山地帯 | Ishizuka <i>et al.</i> (1957), 山中 (1972) | |
| | 御在所沼 | 880 | 同上 | Yamanaka (1977) | |
| | 大沼 | 950 | 同上 | 守田 (1985b), Yamanaka & Hamachiyo (1987) | |
| | 大場谷地 | 960 | 同上 | 守田 (1985b) | |
| | 鹿湯層 | 970 | 同上 | 辻 (1977) | |
| | 大揚沼 | 1040 | 亜高山帯下限 | 守田 (1985b) | |
| | べこ谷地 | 1060 | 同上 | 同上 | |
| | 大谷地 | 1070 | 同上 | 同上 | |
| | 長沼東方 | 1190 | 亜高山帯 | Morita (1984b) | |
| | 黒谷地 | 1450 | 同上 | 同上 | |
| | 八幡平北方 | 1520 | 同上 | 同上 | |
| | 八幡沼 | 1580 | 同上 | Sohma (1955), 守田 (1985b) | |
| | 22 田代岳 | 田代岳 | 1000 | 山地帯上限 | 守田・相沢 (1986) |
| | 23 白地山 | 白地山 | 1000 | 山地帯上限 | 守田・相沢 (1986) |
| 24 八甲田山 | 田代 | 550 | 山地帯 | Yamanaka (1965), 田高 (1976), 辻ほか (1983) | |
| | 谷地 | 780 | 同上 | 中村 (1949), 田高 (1966), Yamanaka (1967), 辻ほか (1983) | |
| | ソデカ谷地 | 860 | 同上 | 山中 (1979), 守田 (1987), 山中ほか (1988) | |
| | 猿倉 | 870 | 山地帯上限 | 守田 (1987) | |
| | 大谷地 | 900 | 同上 | 山中 (1963), Yamanaka (1978) | |
| | 睡蓮沼 | 990 | 亜高山帯下限 | Sohma (1955), 田高 (1966), Yamanaka (1978), 守田 (1987) | |
| | 高田谷地 | 1000-1060 | 亜高山帯 | Yamanaka (1963), 守田 (1987) | |
| | 下毛無 | 1025-1130 | 同上 | Sohma (1955), 田高 (1966), 辻ほか (1983), 守田 (1987) | |
| | 矢櫃谷地 | 1080 | 同上 | Yamanaka (1978), 守田・相沢 (1986) | |
| | 横沼東方 | 1100 | 同上 | 持田・山中 (1981) | |
| | 黄瀬沼 | 1100 | 同上 | 田高 (1966), Yamanaka & Mochida (1983) | |
| | 上毛無 | 1170-1250 | 同上 | 守田 (1987) | |
| | 櫛ヶ峰 | 1200 | 同上 | Yamanaka (1968) | |
| | 黄瀬谷地 | 1240 | 同上 | 山中 (1963), 守田 (1987) | |
| | 横岳 | 1250 | 同上 | Yamanaka (1968) | |
| | 駒ヶ峰北方 | 1280 | 同上 | 守田 (1987) | |
| | 田茂菴 | 1300 | 同上 | Yamanaka (1968) | |
| | 駒ヶ峰8 | 1320 | 同上 | 守田 (1987) | |
| | 猿倉岳 | 1360 | 同上 | 同上 | |
| | 駒ヶ峰6 | 1370 | 同上 | 同上 | |
| 25 横津岳 | ②櫛ヶ峰山頂 | 1420-1480 | 高山帯 | 同上 | |
| | 赤井川上流 | 580 | 山地帯 | 滝谷・萩原 (1997) | |
| | 第2地点 | 1050 | 高山帯 | 同上 | |
| | 第1地点 | 1129 | 高山帯 | 同上 | |
| 26 無意根山 | 大蛇ヶ原 | 980 | 亜高山帯 | Morita (1984a) | |
| 27 中山峠 | 中山湿原 | 870 | 亜高山帯 | 星野 (1993) | |
| 28 大雪山系 | ひょうたん沼 | 940 | 亜高山帯 | 塚田・中村 (1988) | |
| | 原始ヶ原 | 1000 | 同上 | 同上 | |
| | 緑の沼 | 1365 | 亜高山帯上部 | 五十嵐・高橋 (1985) | |
| | 沼の原 | 1424 | 亜高山帯上限 | 同上 | |
| | ユートムラウシ | 1635 | 高山帯 | 高橋・五十嵐 (1986) | |
| | 凡忠別岳東方 | 1735 | 同上 | 同上 | |
| 29 暑寒別岳 | 雨竜沼 | 850 | 亜高山帯 | 守田 (1985a) | |
| 30 天塩岳 | 浮島 | 860 | 亜高山帯 | Morita (1984a) | |
| 31 ピヤシリ山 | ピヤシリ山頂 | 967 | 亜高山帯上限 | 山田 (1987) | |
| 32 パンケ山 | パンケナイ | 450 | 亜高山帯 | 五十嵐・藤原 (1984) | |

付表3 高山帯および亜高山帯の花粉分析結果(図3)における火山灰および ^{14}C 年代測定値

| 火山灰層() | | | ^{14}C 年代測定() | | | |
|---------|-------|-------------|-------------------------|-------------|----|---|
| 番号 | 名称 | 年代(yr B.P.) | 記号 | 年代(yr B.P.) | 記号 | 年代(yr B.P.) |
| 1 | アカホヤ | 約6500 | あ | 3570 ± 120 | ほ | 2730 ± 90 |
| 2 | Hm-4 | 約9500 | い | 8730 ± 220 | ま | 2110 ± 75 |
| 3 | 南竜 | 約3000 | う | 2460 ± 130 | み | 3850 ± 120 |
| 4 | Hm-9 | 約3500 | え | 3030 ± 120 | む | 8780 ± 265 |
| 5 | Hm-8 | 約4000 | お | 6920 ± 150 | め | 2260 ± 110 |
| 6 | Hm-7 | 約5500 | か | 7580 ± 160 | も | 5330 ± 130 |
| 7 | Hm-3 | 約9800 | き | 8730 ± 260 | や | 2380 ± 85 |
| 8 | Hm-2 | 約10000 | く | 5140 ± 130 | ゆ | 1450 ± 80 |
| 9 | Hm-1 | 約10300 | け | 5680 ± 100 | よ | 4650 ± 95 |
| 10 | カワゴ平 | 約2900 | こ | 2090 ± 60 | ら | 2840 ± 110 |
| 11 | 榛名二ツ岳 | 約1400 | さ | 4730 ± 75 | り | 8470 ± 180 |
| 12 | 浅間B | 約850 | し | 1820 ± 75 | る | 11800 ± 240 |
| 13 | 浅間C | 約1600 | す | 205 ± 75 | れ | 12100 ± 190 |
| 14 | 浅間D | 約5000 | せ | 3520 ± 100 | ろ | 6860 ± 230 |
| 15 | 沼沢浮石 | 約5000 | そ | 3710 ± 100 | わ | 2290 ± 60 |
| 16 | 蔵王1 | 約500 | た | 3380 ± 60 | ん | 1310 ± 100 |
| 17 | 蔵王2 | 約1000 | ち | 1350 ± 70 | ア | 1260 ± 100 |
| 18 | 十和田 a | 約1000 | つ | 1790 ± 190 | イ | 3620 \pm $\begin{smallmatrix} 130 \\ 140 \end{smallmatrix}$ |
| 19 | HB-1 | 1800? | て | 2100 ± 90 | ウ | 4620 ± 40 |
| 20 | HB-2 | 2000? | と | 2450 ± 80 | エ | 3800 ± 40 |
| 21 | HB-3 | 2200? | な | 3090 ± 170 | オ | 7540 ± 65 |
| 22 | 白頭山 | 約1000 | に | 4850 ± 110 | カ | 9500 ± 140 |
| 23 | 十和田 b | 約2500 | ぬ | 5230 ± 105 | キ | 545 ± 70 |
| 24 | 中嶺浮石 | 約4500 | ね | 6230 ± 130 | ク | 480 ± 100 |
| 25 | 南部浮石 | 約8600 | の | 7030 ± 130 | ケ | 1320 ± 80 |
| 26 | 駒ヶ岳 d | 約300 | は | 7300 ± 50 | コ | 1530 ± 90 |
| 27 | 駒ヶ岳 g | 約6000 | ひ | 8760 ± 110 | | |
| 28 | 樽前 a | 約200 | ふ | 6128 ± 110 | | |
| 29 | 樽前 b | 約300 | へ | 3490 ± 100 | | |