

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—

Studies on the Ecological Geography of Subalpine Conifers  
—Distribution pattern of *Abies mariesii* in relation to the  
effect of climate in the postglacial warm period—

梶 幹 男\*

Mikio KAJI\*

目 次	
序 論 .....	32
I 花粉分析の結果から導かれる仮説 .....	33
II 仮説の検証 .....	34
II-1 樹種の選定および方法 .....	34
II-2 分布に関する調査および資料 .....	35
II-3 オオシラビソの分布 .....	49
II-4 山の下限線と分布の下限線 .....	49
III 苗場山における花粉分析と垂直分布 帯の上昇 .....	53
III-1 表層花粉と林分タイプの関係 .....	53
III-2 亜高山帯の3湿原における花粉 分析 .....	60
III-2-1 試料および分析方法 .....	60
III-2-2 分析結果 .....	60
IV 仮説と関連のある生態学的諸問題に ついての再検討 .....	65
IV-1 亜高山帯針葉樹林欠如に関する 諸見解とその問題点 .....	65
IV-2 針葉樹林欠如地域の潜在性樹種 .....	69
IV-3 論議の対象となるべき地域と山 岳 .....	70
IV-4 垂直分布帯の移動と偽高山帯の 成因 .....	72
IV-5 他の針葉樹における山の下限線 と分布の下限線の関係 .....	76
IV-6 暖かさの指数と分布パターンの 関係 .....	78
IV-6-1 資料および方法 .....	78
IV-6-2 45WI面の高さの等値線 .....	79
IV-6-3 45WI面の高さと樹種の分 布パターン .....	82
IV-6-4 45WI面の高さと山地帯・亜 高山帯間の境界 .....	85
V 温度反応と積雪に対する適応性から みたオオシラビソおよびシラベの分 布 .....	94
V-1 自生地におけるオオシラビソと シラベの開芽時期の比較 .....	96
V-1-1 調査地および方法 .....	96
V-1-2 結果および考察 .....	98
V-2 オオシラビソとシラベの分布様 式 .....	101
V-3 積雪深と樹種の分布 .....	103
V-4 地史的観点からの解釈およびま とめ .....	104
VI まとめ .....	106
VII 摘要 .....	107
VIII 謝辞 .....	110
引用文献 .....	111
Summary .....	117

\*東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

## 序 論

日本の植生帯の区分および水平分布等については田中 (1887) 以来多くの林学者、植物地理学者あるいは植物生態学者によって、各分野における基本的な課題として研究論議されてきた (MAYR1890, 本多1912, TAKEDA1913, 中野1942a, b, c, 1943, 吉良1949)。植生の垂直分布についても同じく田中 (1887) 以来各地の山々において多くの研究が行なわれている (HAYATA1911, 今西1931, 1969, 吉岡1938a, b, c, d, 高橋1962)。従って、日本での極相群系の類別およびそれに対応した植生帯の水平および垂直分布は、ほぼその全域にわたって明らかにされている。一方、植生帯を特徴づけている環境要因についても多くの研究があり、特に気候要因、中でも温度因子が日本の植生帯の成り立ちを規制している主要因と考えられてきた (吉良1948, 1949, 高橋1962)。また、各地における群落および種の地理分布ならびに垂直分布に関する研究が盛んになるにつれて、植生や種の分布の地域的差異も明らかにされてきた。その結果、これらの分布を左右する環境要因として、温度以外の要因も取上げられるようになってきた。中でも、日本の気候区分において特徴的な背腹性、すなわち、太平洋側と日本海側の冬期の気候特に積雪量の大きな差が群落や種の分布の違いを決定していると考えられる事例が数多く報告されてきた (鈴木1952, 山崎1959, 薄井1958, 1961, SUZUKI1961, SASAKI1964, 1970, 石沢1969, 1974, 1978)。

上述のように、日本における群落分布やフローラの変異を環境要因との関係で論じる場合、温度条件と積雪量の多少が最も重要な意味をもつものと考えられる。現在の植生分布やフローラを現在の気候条件との対応関係で論じようとする、この立場からの研究は少なくなく、それによって多くの成果が蓄積されてきた。一方、各地で行なわれた花粉分析の結果から、日本の第四紀の気候変動とそれに伴う植生の変遷が明らかにされてきた (NAKAMURA1952, 1967, 塚田1958c, 1966, 1967a, b)。特に晩氷期から現在に至る気候変動が日本の植生分布やフローラの成立に与えた影響は大きかった。そして、現在よりも暖かい時期の存在が日本においても確認されたことは、中村 (1967) が指摘したように、花粉分析でえられた最も大きな成果であると同時に、現在の植生帯の配列およびその成因を論ずるうえで最も重要な知見と考えられる。

欧米においては、現存の植生やフローラと過去の気候変動との関連が植物地理学、植生学あるいは古生態学の分野において取り扱われてきた (HAYEK1926, GOOD1953, BRAUN1950, PENNINGTON1969, BIRKS & BIRKS1980)。

日本では花粉分析を中心とした古生態学の立場からの研究成果は中村 (1967)、塚田 (1974 a, b) 等によってまとめられてきたが、植生学の立場からそれらと過去の気候変動との関連に

ついて論じた研究は極めて少ない。従ってわが国においても植物地理学や植生学の一部として、過去の気候変動が植生分布やフローラの成立に与えた影響を十分に考慮評価する研究方法が確立されるべきであると考えらる。

本研究は上記のような観点から、亜高山帯における代表的樹種の分布様式の差異や成因等に主眼を置き、後氷期の気候変動のうち特に温暖期がどのような形で植生の分布や配列に具体的な影響を与えてきたかを明らかにすることを中心課題とし、更にそれによって得られた結果に基づいて、植生分布と環境要因との関係を扱った既往の研究成果を比較検討し、それらの関係を地史的観点から考察することを目的とした。

## I 花粉分析の結果から導かれる仮説

日本の晩氷期から現在に至る植生の変遷については、主に花粉分析の成果によってかなり明らかにされている。NAKAMURA (1952) は尾瀬ヶ原上田代湿原における花粉分析に基づいて、下層より R I (寒冷時代), R II (温暖時代), R III (減暖時代) の三つの時代と R I—R II の一つの移行時代を区分した。また、塚田 (1967) は志賀高原の局稔湿原、霧ヶ峰の八島ヶ原湿原および燧岳北の御池湿原から得られた試料についての分析結果により、下層から R I, R II, R III a, R III b の四つの時代を区分した。更に塚田 (1966) は野尻湖の堆積物の花粉分析と<sup>14</sup>C による絶対年代の測定結果に基づいて、これらの4時代に R I より古く晩氷期に相当する L を加え、これを日本における標準花粉帯とした。塚田によれば、これらの花粉帯と対応する絶対年代は、L : 15000~10000年 B.P., R I : 10500~9500年 B.P., R II : 9500~4500年 B.P., R III a : 4500~1500年 B.P., R III b : 1500年 B.P.~現在である。しかし、中村 (1967) では (L, R I) : 12000~9000年 B.P., R II : 9000~4000—3000年 B.P., R III a : 3000—4000~1500年 B.P., R III b : 1500年 B.P.~現在となり、両者の間に若干の違いがある。中村 (1967) によれば、氷期および晩氷期に相当する堆積物の花粉分析の結果 (関東ローム研究会・信州ローム研究会 1962, 関東ローム研究グループ 1965, 岡崎・佐藤 1965) は、氷期最盛期の年平均気温が現在よりも 6~9°C 低く、従って垂直分布帯も現在より 1000~1500m 下降していたことを教えるという。晩氷期にも欧米と同じように垂直分布帯は現在より 1000m ほど下降していたであろうと推定されている。次いで、R II 時代には R I 時代に続いて気候は温暖化し、現在より 200~400m 垂直分布帯が上昇した。しかし、R III a 時代には垂直分布帯は再び現在の位置まで下降したらしく、低温化傾向が認められている。R III b 時代は植生に対する人類干渉の影響が著しくなり、自然植生が減少してきた時代に相当する。なお、その後中村 (1972) は R I と R II の境界を 9000 年 B.P. から 8000 年 B.P. に改めている。安田 (1978, 1980) は R II 花粉帯を 6500 年 B.P. を境に R II a, R II b に区分し、R I と R II a の境界を 8500 年 B.P. に置く説を提案している。一方、塚

田 (1980, 1981) は R I 花粉帯を8500年 B.P.を境に R I a と R I b に区分し, R I b と R II の境界を7000年 B.P.に置く説を提案している。

このように花粉帯の区分およびその編年に関して現在修正が加えられつつあるが, 晩氷期から現在に至る気候変動とそれに伴う植生の変遷に関する中村 (1967) の概要から明らかなように, その間の寒→暖→冷の温度的変動をとおして現在の日本列島の植生帯が形成されてきたことについては異論のないものと考えられる。これらの変化のうち最も注目されるのは, 中村 (1967) も指摘しているように, 現在よりも温暖な時期が存在したことであろう。この温暖期は世界的に認められているもので, 北米の Hypsithermal stage, ヨーロッパの Atlantic period に相当し(中村1967), 日本では先に示したように, 現在その絶対年代は8500—7000~4000年 B.P.に置かれている。従って, 後氷期の約3分の1は現在よりも温暖でその垂直分布帯が氷期より約1200~1500m 上昇した時期であったことになる。晩氷期から温暖期に至る間のこのような気候変動は植物の移動に非常に大きな影響を与えたであろうことは疑いない。つまり, この温暖期は現在の種の分布や植生帯の配列の成因を考える上で最も重要な手掛りを与えてくれる時代である。この温暖期の気温の上昇によって, 垂直分布帯の下限は現在より200~400m 程高くなったが (宮井1935, 中村1952, 1967, 塚田1958a, 1967), その後の低温化によって現在の位置まで引き下げられた。従って, 現在の種の分布あるいは植生帯の範囲は現在の気候条件と動的な平衡状態にあるものと考えられる。

筆者は, 上に推定された垂直分布帯の上昇が実在の事象であったとしたら, 山の高さや種の分布や垂直分布帯の配列に関して以下のような仮説が成り立ちうるものと考えた。すなわち, 温暖期における植生帯の上昇の幅がある高さをもつ山岳の植生帯の下限高度を越える大きさであった場合, 換言すれば, その山岳の絶対高度が十分高くなく, 上方に位置する植生帯の下限が山の高さを越える程度の上昇があった場合には, その分布帯は上方へ押し出されてしまうであろう。従って, このような山岳では, 温暖期に続く低温化期の植生帯の下降に際して, 押し出された部分を欠いた植生帯の配列が形成されるであろう。一方, 十分な高さをもつ山岳では上部植生帯を欠くことなく温暖期前の配列がそのまま下降するものと考えられる。

筆者は上記の観点から, 特に各山岳の標高とそこに分布する樹種およびその樹種の分布下限高との関係を地理的にとらえることによって, 現在の樹種の分布様式に内在する温暖期の影響を明らかにすることが可能であると考えた。

## II 仮説の検証

### II-1 樹種の選定および方法

過去の気候変動特に温度条件の変動に伴う植生帯の移動のうち, 温暖期における垂直分布帯

の上昇を問題とするため、研究対象の選定に当っては以下に示す条件をもうけてそれを満たすものとした。

1. 上昇の影響を受けやすい位置にある植生帯を構成する代表的樹種であること。
2. 特に対象となる樹種の分布下限高度が問題となるので、それが人為の影響で著しく変えられていないこと。
3. 分布域が比較的広く、しかもほぼその全域にわたって産地の明らかにされている樹種であること。
4. 温度傾度に忠実に対応した分布をすると考えられる樹種であること。

以上のうち1と2の各条件を十分に満たしうる樹種は亜高山帯および高山帯を代表する樹種であろう。これに該当する樹種として、ここではまず、シラベ、オオシラビソ、トウヒ、コメツガ、ハイマツの5種を選んだ。また、これらはいずれも3の条件を比較的よく満たしている。

次に4の条件に関しては、緯度が高くなれば気温が遞減しそれに応じて樹種の分布下限高度も低下すると考えられるので、便宜上これを判定の目安とした。実際には、緯度と標高の両元によって示される各樹種の分布下限高度の変化傾向(堀川1972, 1976)について検討した。それによると、シラベとトウヒは緯度的に分布範囲が狭く、緯度変化とは無関係にその下限高度がほぼ一定という分布パターンを示す。これに対して、オオシラビソは緯度が高くなるにつれて分布下限高度が低下する分布パターンを示す。コメツガはオオシラビソと同様の分布パターンを示し、その分布範囲も広いが、今西(1937)のいうように山地種的性格の強い樹種であり、地形や土壌などの要因によってその分布が左右される場合が多く、その下限高度が温度傾度に忠実に対応した分布をしているかどうか必ずしも明確でない。ハイマツは分布範囲が広い点で一部の条件を満たしているが、その分布自体が気候的意味における高山帯とは必ずしも一致しない場合が多く、低い山地でも山頂付近の地形や気象などの特殊な条件、すなわち山頂現象によって生育が許されている場合がしばしば見られる。また岩礫地、湿原や硫気孔などの特殊な立地では低標高地における分布も知られている(小泉1926, 吉岡1951, 横内1965)。以上述べた各樹種の分布特性からみてオオシラビソが最も温度傾度に忠実に対応した分布をしている樹種と考えられた。従って本研究では、オオシラビソを中心としこれに他の4種の針葉樹をあわせて、それらの分布と生育する山岳の高さとの関係について検討した。

## II-2 分布に関する調査および資料

日本産針葉樹の分布に関しては林(1951, 1952, 1960)の詳細な報告がある。また林(1960)以後、各地における分布に関する資料もあらたに集積されつつある。筆者は林の資料に加え、その他数多くの文献(高橋1962, 植松1967, 森1968, 1975, 岩手県植物の会1970他)、標本および現地調査によって主にオオシラビソの分布について再検討した。分布に関する現地調査は、

主に1974～'76および1979～'81年にかけて青森県八甲田山，岩木山，岩手県八幡平，岩手山，早池峰山，薬師岳，五葉山，焼石岳，秋田県田代岳，森吉山，太平山，駒ヶ岳，秋田・岩手県境の和賀岳，秋田・山形県境の鳥海山，秋田・岩手・宮城県境の栗駒山，山形県月山，山形・宮城県境の船形山，蔵王山，山形・新潟県境の大朝日岳，飯豊山，山形・福島県境の吾妻山，福島県安達太良山，和尚山，会津朝日岳，丸山岳，高幽山，窓明山，坪入山，三ツ岩岳，燧ヶ岳，新潟県御神楽岳，中ノ岳，兎岳，栃木・福島県境の三本槍岳，大倉山，三倉山，栃木県朝日岳，茶臼岳，南月山，黒尾谷岳，新潟・群馬県境の平ヶ岳，剣ヶ倉山，巻機山，平標山，上ノ間山，新潟・長野県境の苗場山，雨飾山，新潟・群馬・長野県境の白砂山，新潟・富山県境の朝日岳，雪倉岳，群馬県至仏山，武尊山，群馬・長野県境の白根山，浦倉山，四阿山，長野県鳥甲山，茶臼山，燕岳，大天井岳，常念岳，天狗岳，入笠山，長野・山梨県境の硫黄岳，横岳，赤岳等の諸山について行なった。また，杉田久志氏から，新潟県守門岳，灰ノ又山，新潟・群馬県境の丹後山，越後沢山，一ノ倉岳，新潟・福島県境の浅草岳，福島県会津駒ヶ岳，七ヶ岳，福島・栃木県境の男鹿岳，栃木県鹿又岳，日留賀岳，女峰山，太郎山，男体山，長野・群馬県境の御飯山，黒湯山等の諸山についての情報を得た。以上，実際の分布調査は東北から上越にかけて密度濃く行なわれたが，中部山岳地帯の諸山およびその他の地域については主に文献によった。これらの作業から得られた結果は，日本の各山の亜高山帯および高山帯における対象樹種の分布の有無として表一にまとめて示した。遺憾ながら，これらの樹種の分布する領域が広範囲にわたっているため，部分的にはその分布が不確実な部分を多く残しているが，林（1960）の分布資料に多くの産地を追加記入し，また若干の誤りを訂正することができた。

表一 各地の山岳の亜高山帯および高山帯における主要針葉樹の分布

Table 1 Distribution of main coniferous species to subalpine and alpine zones of main mountains in Honshu, Shikoku and Kyushu

Names of mountains	Max.				Location	Td	Av	Am	Pj	Pp
	Altitude (m)	snow depth (cm)	Latitude (N)	Longitude (E)						
Mae-dake	1252	200—250	40°41'	140°52'	Aomori 1—D—4	+		+		+
Tamoawa-dake	1342	200—250	40°40'	140°52'	1—D—4			+		+
Yomogi-mori	1175	50—100	40°01'	141°37'	Hachinohe 2—D—4	+				
Ishikura-dake	1205	200—250	40°38'	140°53'	Hirosaki 1—A—1	+		+		
Akakura-dake	1548	200—250	40°40'	140°53'	1—A—1			+		+
Ido-dake	1550	200—250	40°40'	140°53'	1—A—1			+		+
O-dake	1585	200—250	40°39'	140°53'	1—A—1	+		+		+
Ko-dake	1476	200—250	40°39'	140°54'	1—A—1			+		+
Io-dake	1360	200—250	40°39'	140°53'	1—A—1	+		+		+
Takadao-take	1551	200—250	40°39'	140°55'	1—A—1	+		+		+

Norikura-dake	1450	200—250	40°36'	140°54'	1—A—1		+	+
Kushiga-mine	1517	200—250	40°36'	140°51'	1—A—3	+	+	+
Yoko-dake	1340	200—250	40°37'	140°50'	1—A—3	+	+	+
Komagamine	1416	200—250	40°36'	140°52'	1—A—3		+	+
Minamizawa-dake	1199	200—250	40°41'	140°49'	1—A—3		+	
Iwaki-san	1625	250—300	40°39'	140°18'	3—A—3	+	+	+
Oppu-dake	1083	200—250	40°28'	140°17'	3—B—3	+		
Chausu-yama	822	150—200	40°36'	140°02'	4—A—3	+		+
Shirakami-dake	1232	150—200	40°30'	140°01'	4—A—4	+		+
Mukoshirakami-dake	1243	150—200	40°31'	140°03'	4—A—4			+
Ko-dake	1042	150—200	40°26'	140°12'	4—B—1			+
					Morioka			
Takataki-mori	1160	100—150	39°31'	141°46'	1—C—4	+		
Sakudogamori	1361	100—150	39°42'	141°32'	2—B—4		+	+
Abetate-yama	1219	100—150	39°43'	141°24'	3—B—2		+	+
Aomatsuba-yama	1366	100—150	39°42'	141°29'	3—B—2	+	+	
Hayachine-san	1914	100—150	39°33'	141°30'	3—C—2	+	+	+
Naka-dake	1679	100—150	39°33'	141°28'	3—C—2	+	+	+
Keito-san	1445	100—150	39°33'	141°26'	3—C—2	+	+	+
Shiromori-yama	1339	100—150	39°30'	141°27'	3—C—2	+	+	
Kenashi-mori	1428	100—150	39°33'	141°25'	3—C—2	+	+	+
Yakushi-dake	1645	100—150	39°32'	141°30'	3—C—2	+	+	+
Iwate-san	2041	100—150	39°51'	141°00'	4—A—4	+	+	+
					Akita			
Chausu-dake	1578	150—200	39°57'	140°54'	1—A—1	+	+	+
Appi-dake	1458	150—200	39°58'	140°53'	1—A—1	+	+	
Maemori-yama	1305	100—150	39°58'	140°58'	1—A—1		+	
Omatsukura-yama	1408	100—150	39°51'	140°55'	1—A—2	+	+	+
Mitsuishi-yama	1463	100—150	39°51'	140°54'	1—A—2	+	+	+
Kurokura-yama	1568	100—150	39°51'	140°58'	1—A—2	+	+	+
Ubakura-yama	1517	100—150	39°51'	140°57'	1—A—2			+
Inakura-yama	1408	100—150	39°50'	140°57'	1—A—2	+	+	+
Komokko-yama	1465	150—200	39°52'	140°53'	1—A—2	+	+	+
Nakakura-dake	1373	100—150	39°53'	140°55'	1—A—2	+	+	
Genta-dake	1541	150—200	39°53'	140°54'	1—A—2		+	+
Ofuka-yama	1541	150—200	39°53'	140°53'	1—A—2	+	+	
Yake-yama	1366	200—250	39°58'	140°46'	1—A—3	+	+	+
Mokko-dake	1578	150—200	39°56'	140°51'	1—A—3		+	+
Morobi-dake	1514	150—200	39°55'	140°51'	1—A—3		+	+
Hachimantai	1614	150—200	39°57'	140°51'	1—A—3	+	+	+
Oshiro-mori	1269	150—200	39°51'	140°51'	1—A—4	+	+	+
Kenso-mori	1448	150—200	39°54'	140°52'	1—A—4		+	+
Magarisaki-yama	1334	150—200	39°53'	140°48'	1—A—4	+	+	
Yatsuse-mori	1220	150—200	39°53'	140°50'	1—A—4	+	+	
Takakura-yama	1409	150—200	39°47'	140°54'	1—B—1		+	+
Koshiromori-yama	1156	150—200	39°49'	140°48'	1—B—3	+	+	+
Eboshi-dake	1478	150—200	39°48'	140°51'	1—B—3	+	+	+
Mitsukado-yama	1419	150—200	39°47'	140°52'	1—B—3	+	+	+
Zarumori-yama	1541	150—200	39°47'	140°51'	1—B—3	+	+	+
Yunomori-yama	1472	150—200	39°46'	140°49'	1—B—3	+	+	+
Akitakomagatake	1636	150—200	39°45'	140°48'	1—B—3	+	+	+





Imori-yama	1595	300—350	37°49'	139°56'	1—B—1	+		+	
Onishi-dake	2012	400—450	37°51'	139°41'	2—A—2				+
Kitamata-dake	2025	400—450	37°53'	139°38'	2—A—2				+
Jigami-yama	1850	400—450	37°54'	139°38'	2—A—2	+			+
Nishidainichi-dake	2092	350—400	37°50'	139°39'	2—B—1				+
					Nikko				
Kasshi-zan	1549	50—100	37°11'	139°58'	1—A—1				+ ?
Sanbonyari-dake	1915	50—100	37°09'	139°58'	1—B—1				+
Chausu-dake	1917	0—50	37°07'	139°58'	1—B—1	+			+
Asahi-dake	1903	0—50	37°08'	139°58'	1—B—1	+			+
Kurooya-dake	1583	0—50	37°06'	139°58'	1—B—1	+			
Minamigassan	1776	0—50	37°06'	139°58'	1—B—1	+			+
Shirasasa-yama	1717	0—50	37°06'	139°57'	1—B—1	+			+
Daikura-yama	1827	50—100	37°09'	139°55'	1—B—1	+			+
Mikura-yama	1854	50—100	37°09'	139°54'	1—B—1	+			+
Kanomata-dake	1817	100—150	37°03'	139°48'	1—B—4	+		+	+
Hirugatake	1849	100—150	37°02'	139°48'	1—B—4	+		+	+
Osabi-yama	1908	100—150	37°04'	139°51'	1—B—4	+		+	+
Ojika-dake	1777	100—150	37°05'	139°49'	1—B—4	+		+	+
Nanatsugatake	1638	150—200	37°07'	139°39'	2—B—1	+		+	+
Takahara-yama	1795	0—50	36°54'	139°47'	1—C—4	+			+ ?
Myojingatake	1595	100—150	36°56'	139°36'	2—C—3	+			
Kareki-yama	1755	200—250	37°00'	139°33'	2—C—3	+		+	+
Hikagura-yama	1369	50—100	36°53'	139°32'	2—C—4	+			
Komanago-yama	2323	50—100	36°48'	139°31'	2—D—3	+	+	+	+
Omanago-yama	2375	50—100	36°48'	139°31'	2—D—3	+	+	+	+
Akabina-yama	2010	50—100	36°48'	139°34'	2—D—3	+	+	+	+ ?
Nyoho-san	2464	50—100	36°49'	139°33'	2—D—3	+	+	+	+
Asahi-dake	1624	300—350	37°12'	139°21'	3—A—4	+ ?		+ ?	
Maruyama-dake	1820	300—350	37°10'	139°20'	3—A—4	+		+	+ ?
Madoake-yama	1842	250—300	37°06'	139°23'	3—B—1	+		+	+ ?
Tsuboiri-yama	1774	300—350	37°07'	139°23'	3—B—1	+		+	+ ?
Shiromi-yama	1769	250—300	37°00'	139°27'	3—B—2	+		+	
Aizukomagatake	2132	250—300	37°03'	139°21'	3—B—4	+		+	+
Taishaku-san	2060	250—300	36°58'	139°28'	3—C—1	+	+ ?	+	+
Tashiro-yama	1926	250—300	36°58'	139°29'	3—C—1	+		+	+
Nenagusa-yama	2330	50—100	36°50'	139°24'	3—C—2	+	+	+	+
Kuroiwa-yama	2163	150—200	36°54'	139°24'	3—C—2	+	+	+	+
Akayasu-yama	2061	150—200	36°55'	139°22'	3—C—2	+	+	+	+
Hiuchi-dake	2346	200—250	36°57'	139°17'	3—C—3	+		+	+
Osugi-dake	1921	200—250	37°00'	139°18'	3—C—3	+		+	+
Monomi-yama	2117	100—150	36°52'	139°22'	3—C—4	+	+ ?	+	+
Tsubamesu-yama	2212	100—150	36°51'	139°21'	3—C—4	+	+	+	+
Kinunuma-yama	2141	100—150	36°53'	139°23'	3—C—4	+	+	+	+
Taro-yama	2368	50—100	36°49'	139°49'	3—D—1	+	+	+	+
Nantai-san	2484	50—100	36°46'	139°30'	3—D—1	+	+	+	+
Konsei-zan	2242	50—100	36°49'	139°24'	3—D—1	+	+	+	
Mitsu-dake	1945	50—100	36°48'	139°27'	3—D—1	+	+	?	+
Maeshirane-san	2377	50—100	36°47'	139°24'	3—D—1	+	+	+	+
Shirane-san	2578	50—100	36°47'	139°23'	3—D—1	+	+	+	+
Yusengatake	2333	50—100	36°49'	139°24'	3—D—1	+	+		+

Shyukudobo-san	1968	50—100	36°45'	139°23'	3—D—2	+	+	+	+
Taihei-zan	1960	50—100	36°43'	139°25'	3—D—2	+			
Suzugatake	2388	50—100	36°46'	139°21'	3—D—3	?	?	?	+
Sukai-san	2144	50—100	36°41'	139°20'	3—D—4	+	+	+	+
Koshin-zan	1901	50—100	36°40'	139°22'	3—D—4	+	+		+
Hiragatake	2140	250—300	37°00'	139°11'	4—B—2	+		+	+
Kengakura-yama	1998	250—300	37°00'	139°09'	4—B—2	+		+	+
Hainomata-dake	1852	300—350	37°04'	139°09'	4—B—2	+		+	
Echigokomagatake	2003	350—400	37°07'	139°05'	4—B—3	+			+
Nakano-dake	2085	350—400	37°05'	139°05'	4—B—4	+		+	
Tango-san	1809	300—350	37°03'	139°06'	4—B—4				+
Fujiwara-yama	1750	300—350	37°03'	139°08'	4—B—4			+	
Echigosawa-yama	1861	300—350	37°01'	139°06'	4—B—4			+	+
Ominakami-yama	1840	300—350	37°03'	139°06'	4—B—4			+	+
Keizuru-san	2001	200—250	36°57'	139°13'	4—C—1	+		+	
Oshirasawa-yama	1942	250—300	36°57'	139°11'	4—C—1	?		+	
Shirasawa-yama	1953	250—300	36°59'	139°11'	4—C—1			+	+
Minagasawa-yama	1695	250—300	36°59'	139°08'	4—C—1	+		+	
Kasagatake	2058	50—100	36°46'	139°09'	4—C—2	?		?	?
Shibutsu-san	2228	150—200	36°54'	139°11'	4—C—2	+	+	?	+
Shimotsugawa-yama	1928	300—350	36°59'	139°03'	4—C—3				+
Ozawa-dake	1944	300—350	36°59'	139°03'	4—C—3				+
Hotaka-dake	2158	100—150	36°48'	139°08'	4—D—1	+		+	+
Takada									
Makahata-yama	1962	250—300	36°59'	138°58'	1—C—1	+		+	+
Asahi-dake	1945	250—300	36°53'	138°58'	1—C—2				+
Ichinokura-dake	1974	250—300	36°51'	138°56'	1—C—2			+	+
Tairappyo-yama	1984	300—350	36°49'	138°49'	1—D—3	+		+	+
Oiwa-yama	1947	350—400	36°47'	138°40'	2—C—1	+	+	+	?
Naeba-san	2145	350—400	36°51'	138°42'	2—C—2	+	+	+	+
Torikabuto-yama	2038	350—400	36°50'	138°35'	2—C—4	+	+	+	?
Saburu-yama	2192	250—300	36°46'	138°40'	2—D—1	+	+	+	+
Shirasu-yama	2140	200—250	36°44'	138°42'	2—D—2	+	+	+	+
Iwasuge-yama	2295	150—200	36°44'	138°34'	2—D—4	+	+	+	+
Shiga-yama	2036	100—150	36°42'	138°31'	2—D—4	+	+	+	+
Akaishi-yama	2109	150—200	36°42'	138°33'	2—D—4	+	+	+	+
Yake-yama	2400	300—350	36°55'	138°02'	4—C—3	+		+	
Hiuchi-yama	2462	300—350	36°55'	138°04'	4—C—3	+		+	+
Yakushi-dake	1802	300—350	36°53'	138°02'	4—C—4	+			
Yahachi-yama	1927	300—350	36°53'	138°05'	4—C—4	+		+	
Akakura-yama	1938	250—300	36°48'	138°07'	4—C—4	+		+	
Kurosawa-yama	2212	250—300	36°54'	138°06'	4—C—4	+		+	+
Tenguhara-yama	2197	300—350	36°53'	138°01'	4—C—4	+		+	+
Myoko-san	2466	250—300	36°53'	138°07'	4—C—4	+		+	+
Jizo-yama	2073	200—250	36°50'	138°03'	4—D—3	+		+	
Takatsuma-yama	2353	200—250	36°48'	138°03'	4—D—3	+		+	+
Otozuma-yama	2315	200—250	36°48'	138°03'	4—D—3	+		+	+
Gojizo-yama	1998	200—250	36°47'	138°04'	4—D—3	+		+	+
Kurohime-yama	2053	200—250	36°49'	138°08'	4—D—1	+	+	+	+
Iizuna-yama	1917	100—150	36°44'	138°08'	4—D—2	+			
Togakushi-yama	1911	150—200	36°46'	138°03'	4—D—3	+		+	+

										Toyama			
Amakazari-yama	1963	300—350	36°54'	137°58'	1—C—2	+		+		+			
Kurofu-yama	2070	300—350	36°51'	137°46'	1—C—4	+		+		?			
Shirouma-dake	2933	250—300	36°45'	137°46'	1—D—3	+	+	+	+	+			
Korenge-yama	2769	250—300	36°46'	137°47'	1—D—3	+		+		+			
Yukikura-dake	2611	250—300	36°48'	137°45'	1—D—3	+	+	+	+	+			
Happo-san	2005	200—250	36°42'	137°48'	1—D—4	+		?		+			
Yarigatake	2903	200—250	36°44'	137°46'	1—D—4	+	?	+	?	+			
Daikoku-dake	2405	250—300	36°40'	137°46'	1—D—4	?		?		+			
Nagatoga-yama	2072	250—300	36°51'	137°44'	2—C—2	+		+		+			
Inugatake	1593	250—300	36°54'	137°43'	2—C—2			+					
Asahi-dake	2418	250—300	36°49'	137°44'	2—D—1	+	+	?	+	+			
Shozu-dake	2590	250—300	36°43'	137°43'	2—D—1	+	+	+		+			
Nakase-yama	2075	200—250	36°43'	137°43'	2—D—2	+	+	+		+			
Hyakkan-yama	1970	200—250	36°43'	137°31'	2—D—2	?	+	?	+				
Kaerazu-dake	2054	200—250	36°45'	137°42'	2—D—2	+	+	?					
Sogatake	1855	200—250	36°45'	137°34'	2—D—3			+		+			
Kekachi-yama	2414	300—350	36°42'	137°36'	2—D—4	+	+	+		+			
Nekomata-yama	2305	250—300	36°46'	137°36'	2—D—4	+	+	+					
										Utsunomiya			
Kesamaru-yama	1878	50—100	36°38'	139°20'	3—A—3	+	+	+	+				
Hutago-yama	1556	50—100	36°37'	139°22'	3—A—3	+							
Akagi-san	1828	50—100	36°33'	139°12'	4—A—2	+			+				
										Nagano			
Ryokami-yama	1724	0—50	36°01'	138°51'	1—D—4	+	+		+				
Shirane-san	2106	100—150	36°38'	138°32'	2—A—3	+	+	+	+	+			
Manza-yama	1994	100—150	36°39'	138°31'	2—A—3	+	+	+	+				
Yokote-yama	2305	100—150	36°40'	138°32'	2—A—3	+	+	+	+	+			
Asama-yama	2542	50—100	36°24'	138°32'	2—B—4	+	+	+					
Maekake-yama	2493	50—100	36°24'	138°31'	2—B—4	+	+	+					
Kabutoiwa-yama	1368	0—50	36°12'	138°38'	2—C—2	+							
Arafune-yama	1423	0—50	36°12'	138°39'	2—C—2	+							
Happu-san	1315	0—50	36°17'	138°36'	2—C—3	+							
Suwa-yama	1549	0—50	36°02'	138°44'	2—D—2	+				+			
Ogura-yama	2112	0—50	36°02'	138°37'	2—D—4	+	+	+	+				
Kuroyu-yama	2007	100—150	36°39'	138°29'	3—A—1	+	+	+	+				
Omeshi-dake	2160	100—150	36°38'	138°28'	3—A—1	+	+	+	+				
Azuma-yama	2333	100—150	36°32'	138°27'	3—A—2	+	+	+	+	+			
Urakura-yama	2091	100—150	36°34'	138°26'	3—A—2	+	+	+	+				
Eboshi-dake	2006	50—100	36°26'	138°23'	3—B—1	+	+		+				
Kagonoto-yama	2228	50—100	36°25'	138°27'	3—B—1	+	+	+	+				
Sanpogamine	2040	50—100	36°24'	138°26'	3—B—2	+	+		+				
Kurofu-yama	2405	50—100	36°24'	138°30'	3—B—2	+	+	+	+				
Tateshina-yama	2530	100—150	36°06'	138°18'	3—D—3	+	+	+	+	+			
Neishi-yama	2392	100—150	36°00'	138°22'	3—D—4	+	+	+	+	+			
Inago-dake	2493	100—150	36°02'	138°22'	3—D—4	+	+	+	+	+			
Maru-yama	2330	100—150	36°03'	138°21'	3—D—4	+	+	+	+	+			
Tengu-dake	2646	100—150	36°01'	138°21'	3—D—4	+	+	+	+	+			
Chausu-dake	2232	100—150	36°04'	138°20'	3—D—4	+	+	+	+	+			
Shimagare-yama	2402	100—150	36°05'	138°20'	3—D—4	+	+	+	+	+			
Yoko-dake	2473	100—150	36°05'	138°19'	3—D—4	+	+	+	+	+			
Chausu-yama	2006	100—150	36°12'	138°08'	4—C—2	+	+	+	+				

Monomiishi-yama	1985	100—150	36°14'	138°09'	4—C—2	+	+		+
Takeshi-mine	1973	100—150	36°06'	138°05'	4—C—4	+	+		+
Mitsumine-san	1887	100—150	36°10'	138°08'	4—D—1	+	+		+
Kuruma-yama	1925	100—150	36°06'	138°12'	4—D—1	+	?	+	+
Okuhachibuse-yama	1929	50—100	36°10'	138°04'	4—D—3	+			
					Takayama				
Kashimayarigatake	2890	200—250	36°37'	137°45'	1—A—3	+	+	+	+
Jiigatake	2670	200—250	36°37'	137°45'	1—A—3	+	+	+	+
Kotomi-yama	2009	200—250	36°39'	137°48'	1—A—3	+	+	+	+
Goryu-dake	2814	200—250	36°39'	137°45'	1—A—3	+	+	+	+
Shirasawatengu-dake	2036	150—200	36°34'	137°47'	1—A—4	+	?	?	?
Ariake-yama	2268	100—150	36°23'	137°46'	1—B—4	+	+	+	+
Nabekanmuri-yama	2194	50—100	36°17'	137°47'	1—C—3	+	+	+	+
Kurosawa-yama	2051	50—100	36°14'	137°48'	1—C—4	+	+	+	+
Eboshi-dake	1952	100—150	36°05'	137°48'	1—D—4	+	+		+
Hachimori-yama	2446	100—150	36°05'	137°45'	1—D—4	+	+	+	+
Ushikubi-yama	2527	200—250	36°37'	137°44'	2—A—1	+	+	+	+
Iwakoyazawa-dake	2630	200—250	36°34'	137°43'	2—A—2	+		+	+
Narusawa-dake	2641	250—300	36°34'	137°42'	2—A—2	?	?	?	?
Akazawa-dake	2673	250—300	36°34'	137°41'	2—A—2	?	?	?	?
Harinoki-dake	2821	250—300	36°32'	137°41'	2—A—2	+	+	+	+
Renge-dake	2799	200—250	36°32'	137°43'	2—A—2	+	+	+	+
Hunakubo-dake	2450	250—300	36°31'	137°41'	2—A—2	?	?	?	?
Kitakuzu-dake	2551	200—250	36°31'	137°43'	2—A—2	+	+	+	+
Tsurugi-dake	2998	250—300	36°37'	137°37'	2—A—3	+	+	+	+
Dainichi-dake	2498	250—300	36°36'	137°33'	2—A—3	+		+	+
Betsu-san	2885	300—350	36°36'	137°37'	2—A—3	+	+	+	+
Okudainichi-dake	2606	300—350	36°36'	137°35'	2—A—3	?	?	?	?
Onanji-san	3015	300—350	36°34'	137°37'	2—A—4	+	+	+	+
Washi-dake	2625	300—350	36°32'	137°36'	2—A—4	+	+	+	?
Tobi-dake	2616	300—350	36°32'	137°35'	2—A—4	+	+	+	?
Jodo-san	2872	300—350	36°34'	137°37'	2—A—4	+	+	+	+
Karasawa-dake	2632	200—250	36°27'	137°43'	2—B—1	?	?	?	?
Gaki-dake	2647	200—250	36°26'	137°44'	2—B—1	+	+	+	+
Fudo-dake	2595	300—350	36°30'	137°40'	2—B—1	+	+	+	?
Eboshi-dake	2627	300—350	36°29'	137°39'	2—B—1	+	+	+	+
Mitsu-dake	2845	300—350	36°27'	137°39'	2—B—1	?	?	?	?
Minamizawa-dake	2625	300—350	36°29'	137°39'	2—B—1	+	+	+	+
Noguchigoro-dake	2924	300—350	36°26'	137°38'	2—B—1	+	+	+	+
Minamimasa-dake	2710	250—300	36°25'	137°39'	2—B—2	?	?	?	?
Akaiwa-dake	2769	200—250	36°20'	137°41'	2—B—2	?	?	?	?
Otensho-dake	2922	200—250	36°22'	137°42'	2—B—2	+	+	+	+
Tsubakuro-dake	2763	200—250	36°24'	137°43'	2—B—2	+	+	+	+
Yarigatake	3180	250—300	36°20'	137°40'	2—B—2	+	+	+	+
Io-dake	2554	250—300	36°23'	137°39'	2—B—2	+		?	?
Suisho-dake	2978	300—350	36°25'	137°36'	2—B—3	+	+	+	+
Kitanomata-dake	2661	300—350	36°25'	137°31'	2—B—3	+	+	+	+
Yakushi-dake	2926	300—350	36°28'	137°28'	2—B—3	+	+	+	+
Akaushi-dake	2864	300—350	36°28'	137°36'	2—B—3	+	+	?	?
Washiba-dake	2924	300—350	36°24'	137°37'	2—B—4	+	?	+	?
Mitsumatareng	2841	300—350	36°23'	137°35'	2—B—4	+	+	+	?

Sugoroku-dake	2860	300—350	36°22'	137°35'	2—B—4	+	+	+	?	+
Kurobegoro-dake	2840	300—350	36°23'	137°33'	2—B—4	+	+	+	+	+
Momisawa-dake	2754	300—350	36°22'	137°42'	2—B—4	?	?	?	+	+
Jonen-dake	2857	150—200	36°19'	137°44'	2—C—1	+	+	+	+	+
Chogatake	2664	150—200	36°18'	137°44'	2—C—1	+	+	+	+	+
Otaki-yama	2615	150—200	36°16'	137°45'	2—C—1	+	+	+	+	+
Akazawa-yama	2670	250—300	36°34'	137°41'	2—C—1	?	?	?	?	+
Nagakabe-yama	2565	150—200	36°16'	137°43'	2—C—1	?	?	?	?	+
Minami-dake	3033	250—300	36°19'	137°39'	2—C—1	+	?	+	?	+
Okuhodaka-dake	3190	250—300	36°18'	137°39'	2—C—1	+	+	+	+	+
Maehodaka-dake	3090	200—250	36°17'	137°40'	2—C—1	+	+	+	+	+
Nishihodaka-dake	2909	250—300	36°17'	137°38'	2—C—1	+	+	+	+	+
Kasumizawa-dake	2646	150—200	36°13'	137°39'	2—C—2	?	?	?	?	+
Kotakazawa-yama	2387	100—150	36°12'	137°43'	2—C—2	?	?	?	?	+
Nukedo-dake	2813	200—250	36°19'	137°35'	2—C—3	+	+	+	?	+
Kasagatake	2897	200—250	36°19'	137°33'	2—C—3	+	+	+	+	+
Shakujo-dake	2168	150—200	36°16'	137°33'	2—C—3	+	+	?	?	+
Teraji-yama	1996	250—300	36°25'	137°29'	3—D—1	+	+	+	+	
Kuwasaki-yama	2090	250—300	36°32'	137°29'	3—A—2	?	?	+	?	
Kanazawa										
Kurigatake	1728	300—350	36°11'	136°59'	1—C—2	+				
Sarugabanba-yama	1827	300—350	36°13'	136°56'	1—C—2	+		+		
Mominuka-yama	1744	300—350	36°14'	136°57'	1—C—2			+		
Gozen-dake	1817	300—350	36°12'	136°58'	1—C—2			+		
Orizurugatake	1841	300—350	36°18'	136°48'	1—C—3	+		+		
Ogasa-yama	1822	300—350	36°19'	136°48'	1—C—3	+		+		
Notanishoji-yama	1797	300—350	36°15'	136°51'	1—C—4	+	+	+		
Myoho-zan	1776	300—350	36°13'	136°50'	1—C—4			+		
Hideri-dake	1751	250—300	36°06'	136°54'	1—D—1			+		
Haku-san	2702	350—400	36°09'	136°47'	1—D—3	+	+	+	+	+
Maru-yama	1786	350—400	36°03'	136°48'	1—D—4	+				
Sanno-mine	2120	350—400	36°05'	136°46'	1—D—4	+	+	+		+
Ashikura-yama	1717	350—400	36°02'	136°48'	1—D—4	+				
Tokyo										
Tanzawa-yama	1567	0—50	35°28'	139°01'	4—D—1	+			+	
Hirugatake	1673	0—50	35°29'	139°09'	4—D—1	+			+	
Togatake	1491	0—50	35°27'	139°10'	4—D—1	+	+	?	+	
Hinokiboramaru	1601	0—50	35°29'	139°06'	4—D—3	+				
Tenmoku-san	1576	0—50	35°52'	139°01'	4—A—4	+				
Kofu										
Shiroiwa-yama	1921	0—50	35°53'	138°57'	1—A—2	+	+		+	
Kumotori-yama	2018	0—50	35°51'	138°57'	1—A—2	+	+	+	+	
Obora-yama	2069	0—50	35°50'	138°54'	1—A—2	+	+	+	+	
Hakutai-san	1794	0—50	35°57'	138°48'	1—A—3	+	+	+	+	
Karamatsuo-yama	2109	0—50	35°52'	138°51'	1—A—4	+	+	+	+	
Korei-zan	2112	0—50	35°52'	138°48'	1—A—4	+	+	+		
Hafu-yama	2318	0—50	35°54'	138°46'	1—A—4	+	+	+	+	
Mitsutoge-yama	1786	0—50	35°33'	138°49'	1—C—4	+			+	
Kuro-dake	1793	0—50	35°33'	138°45'	1—C—4	+				
Mikuni-yama	1828	0—50	35°59'	138°43'	2—A—1	+	+	+	+	
O-yama	2290	0—50	35°56'	138°44'	2—A—1	+	+	+	+	
Okusenjo-dake	2409	0—50	35°51'	138°40'	2—A—2	+	+	+	+	

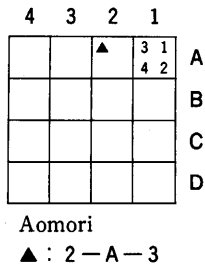
Kokushi-dake	2592	0—50	35°52'	138°41'	2—A—2	+	+	+	+	
Tosaka-yama	2112	0—50	35°53'	138°44'	2—A—2	+	+	+	+	
Asahi-dake	2581	0—50	35°52'	138°39'	2—A—2	+	+	+	+	
Kinpu-san	2595	0—50	35°52'	138°38'	2—A—2	+	+	+	+	+
Kobushi-dake	2483	0—50	35°55'	138°44'	2—A—2	+	+	+	+	+
Yahata-yama	2333	0—50	35°51'	138°37'	2—A—4	+	+	+		
Yokoo-yama	1818	0—50	35°55'	138°31'	2—A—4	+	+	+	?	
Ogawa-yama	2418	0—50	35°45'	138°37'	2—A—4	+	+	+	+	
O-dake	1623	0—50	35°31'	138°39'	2—C—2	+				
Settogatake	1736	0—50	35°32'	138°41'	2—C—2	+				
Fuji-san	3776	50—100	35°22'	138°44'	2—D—2	+	+	+	+	
Aka-dake	2899	100—150	35°58'	138°22'	3—A—1	+	+	+	+	+
Io-dake	2742	100—150	36°00'	138°22'	3—A—1	+	+	+	+	+
Yoko-dake	2830	100—150	35°59'	138°22'	3—A—1	+	+	+	+	+
Gongen-dake	2786	50—100	35°57'	138°22'	3—A—3	+	+	+	+	+
Amigasa-dake	2524	50—100	35°56'	138°21'	3—A—3	+	+	+	+	+
Amida-dake	2807	100—150	35°58'	138°22'	3—A—3	+	+	+	+	+
Nishi-dake	2364	100—150	35°57'	138°20'	3—A—3	+	+	+	+	+
Hinata-yama	1660	0—50	35°48'	138°17'	3—B—3	+				
Tsuji-yama	2585	50—100	35°40'	138°20'	3—B—4	+	+	+	?	+
Taka-mine	2779	100—150	35°42'	138°18'	3—B—4	+	+	+	?	+
Sentoboshi-yama	2139	50—100	35°40'	138°22'	3—B—4	+	+	+		
Hoo-san	2814	100—150	35°42'	138°19'	3—B—4	+	+	+	+	+
Okaramatsu-yama	2555	50—100	35°37'	138°16'	3—C—3	+	+	+	?	+
Kushigata-yama	2052	50—100	35°35'	138°22'	3—C—4	+	+	+	+	
Bettodai-san	2215	50—100	35°31'	138°17'	3—C—4	+	+	+	+	
Okuro-yama	1922	50—100	35°27'	138°18'	3—D—3	+	+	+		
Zarugatake	2629	50—100	35°25'	138°16'	3—D—3	+	+	+	+	+
Shichimen-zan	1982	0—50	35°22'	138°21'	3—D—4	+	+	+	+	
Kamanashi-yama	2177	100—150	35°51'	138°11'	4—A—2	+	+		+	
Nyugasa-yama	1955	50—100	35°54'	138°11'	4—A—2	+	+		+	
Shiraiwa-dake	2267	50—100	35°49'	138°11'	4—B—1	+	+		+	+
Oiwa-yama	2319	50—100	35°48'	138°14'	4—B—1	+	+	+	+	
Amagoi-yama	2037	50—100	35°49'	138°14'	4—B—1	+	+	+	+	
Nokogiri-yama	2607	100—150	35°47'	138°13'	4—B—1	+	+	+	+	+
Komagatake	2966	100—150	35°45'	138°14'	4—B—1	+	+	+	+	+
Kotaro-yama	2725	100—150	35°42'	138°15'	4—B—2	+	+	+	+	+
Senjo-dake	3033	100—150	35°43'	138°11'	4—B—2	+	+	+	+	+
Kita-dake	3192	100—150	35°40'	138°15'	4—B—2	+	+	+	+	+
Inaarakura-dake	2517	100—150	35°41'	138°12'	4—B—2	+	+	+	+	+
Tokura-yama	1681	50—100	35°45'	138°03'	4—B—4	+				
Kitaarakawa-dake	2698	50—100	35°36'	138°12'	4—C—1	+	+	+	+	+
Abearakura-dake	2693	50—100	35°37'	138°12'	4—C—1	+	+	+	+	+
Aino-dake	3189	100—150	35°39'	138°14'	4—C—1	+	+	+	+	+
Notori-dake	3026	100—150	35°37'	138°15'	4—C—1	+	+	+	+	+
Hirokochi-dake	2891	50—100	35°36'	138°14'	4—C—1	+	+	+	+	+
Okago-yama	2767	50—100	35°35'	138°15'	4—C—1	+	+	+	+	+
Komori-dake	2865	50—100	35°33'	138°13'	4—C—2	+	+	+	+	+
Oguro-yama	2421	50—100	35°35'	138°08'	4—C—2	+	+	+	+	
Ogochi-dake	2802	50—100	35°32'	138°09'	4—C—2	+	+	+	+	+
Hondani-yama	2658	50—100	35°34'	138°09'	4—C—2	+	+	+	+	+

Goemon-dake	2670	50—100	35°35'	138°10'	4—C—2	+	+	+	?	+
Shiomi-dake	3047	50—100	35°34'	138°11'	4—C—2	+	+	+	+	+
Sasa-yama	2718	50—100	35°34'	138°15'	4—C—2	+	+	+	+	+
Itaya-dake	2636	50—100	35°31'	138°09'	4—C—2	+	+	+	+	+
Ohikage-yama	2540	50—100	35°31'	138°08'	4—C—2	+	+	+	+	+
Kohikage-yama	2505	50—100	35°31'	138°08'	4—C—2	+	+	+	+	+
Iri-yama	2186	50—100	35°36'	138°07'	4—C—3	+	+	+	?	
Futago-yama	2243	50—100	35°39'	138°06'	4—C—3	+	+	+	+	
Kurokawa-yama	2127	50—100	35°37'	138°06'	4—C—3	+	+	+	?	
Onishi-yama	1741	50—100	35°32'	138°01'	4—C—4	+	+		+	
Toyoguchi-yama	2231	50—100	35°33'	138°07'	4—C—4	+	+	+		
Hijiri-dake	3011	50—100	35°25'	138°08'	4—D—1	+	+	+	+	+
Usagi-dake	2799	50—100	35°26'	138°08'	4—D—1	+	+	+	?	+
Akaishi-dake	3120	50—100	35°28'	138°10'	4—D—1	+	+	+	+	+
Arakawa-dake	3146	50—100	35°30'	138°11'	4—D—1	+	+	+	+	+
Aonagi-yama	2406	50—100	35°22'	138°14'	4—D—2	+	+	+	+	
Chausu-dake	2600	0—50	35°22'	138°09'	4—D—2	+	+	+	?	+
Kamikochi-dake	2803	50—100	35°23'	138°09'	4—D—2	+	+	+	?	+
Nitta-dake	2524	0—50	35°21'	138°08'	4—D—2	+	+	+	?	+
Odaka-yama	2212	50—100	35°27'	138°03'	4—D—3	+	+	+	+	
Maru-yama	2374	50—100	35°28'	138°06'	4—D—3	+	+	?	?	
Tatemata-yama	2366	0—50	35°26'	138°05'	4—D—3	+	+	+	?	
Osawa-dake	2819	50—100	35°27'	138°07'	4—D—3	+	+	+	+	+
Kagamori-yama	2419	0—50	35°21'	138°03'	4—D—4	+	+	+	+	
Iro-dake	2359	0—50	35°22'	138°07'	4—D—4	+	+	+		
Tekari-dake	2591	0—50	35°20'	138°05'	4—D—4	+	+	+	+	+
Iida										
Bozu-dake	1961	100—150	35°56'	137°50'	1—A—3	+	+	+	+	+
Otaki-yama	1738	100—150	35°52'	137°52'	1—A—3	+	+		+	
Odanairi-yama	2375	50—100	35°51'	137°49'	1—A—4	+	+	+		
Kyogatake	2296	100—150	35°55'	137°52'	1—A—4	+	+	+	+	+
Gongen-san	1749	100—150	35°49'	137°53'	1—B—1	+	+			
Misawa-dake	2847	100—150	35°46'	137°48'	1—B—3	+	+	+	?	?
Komagatake	2983	100—150	35°47'	137°48'	1—B—3	+	+	+	+	+
Shogigashira-yama	2736	100—150	35°48'	137°50'	1—B—3	+	+	+	+	+
Chausu-yama	2653	100—150	35°49'	137°49'	1—B—3	+	+	+	?	+
Kosumo-yama	2613	100—150	35°41'	137°48'	1—B—4	+	+	+	?	?
Utsugi-dake	2864	100—150	35°43'	137°49'	1—B—4	+	+	+	+	+
Eboshi-dake	2195	100—150	35°59'	137°50'	1—C—3	+	+	+	+	+
Nenjo-dake	2291	100—150	35°39'	137°49'	1—C—3	+	+	+	+	+
Anpeji-yama	2363	100—150	35°38'	137°47'	1—C—3	+	+	+	+	
Ujinori-yama	1818	50—100	35°28'	137°59'	1—D—1	+	+	?	+	
Kimen-zan	1889	50—100	35°29'	138°00'	1—D—1	+	+	?		
Osasazawa-yama	2031	100—150	35°58'	137°42'	2—A—1	+	+	?	+	
Okusangai-dake	1811	100—150	35°41'	137°31'	2—B—4	+			+	
Surikogi-yama	2169	100—150	35°37'	137°44'	2—C—1	+	+	+	+	+
Ena-san	2190	50—100	35°36'	137°36'	2—D—3	+	+	+	+	
Ontake-san	3063	150—200	35°53'	137°29'	3—A—2	+	+	+	+	+
Mamako-dake	2859	150—200	35°55'	137°29'	3—A—2	+	+	+	+	+
Kohide-yama	1982	100—150	35°47'	137°24'	3—B—1	+	?	?	?	
Idenokoji-yama	1806	100—150	35°42'	137°29'	3—B—2	+	+		+	

Dainichi-dake	1709	250-300	36°00'	136°50'	Gifu 1-A-3	+			
Jumai-yama	1700	0-50	35°15'	138°23'	Shizuoka 3-A-1	+			
Daimugen-san	2329	0-50	35°15'	138°10'	4-A-1	+	+	+	?
Onezawa-yama	2339	0-50	35°17'	138°08'	4-A-1	+	+	+	?
Gacchi-yama	2104	0-50	35°17'	138°03'	4-A-3	+	?	?	+
Ikeguchi-dake	2376	0-50	35°19'	138°03'	4-A-3	+	+	+	+
Nakanoone-yama	2296	0-50	35°18'	138°01'	4-A-3	+	+	?	?
Shinanomata-dake	2332	0-50	35°18'	138°06'	4-A-3	+	+	+	?
Maekurohoshi-dake	1943	0-50	35°11'	138°04'	4-A-4	+	+	?	+
Fudo-dake	2171	0-50	35°14'	138°03'	4-A-4	+	+	?	+
Kurohoshi-dake	2067	0-50	35°12'	138°02'	4-A-4	+	+		+
Tenguishi-yama	1366	0-50	35°08'	138°11'	4-B-1	+			
Ryuma-dake	1501	0-50	35°06'	138°01'	4-B-3	+			+
Sobatsubu-yama	1627	0-50	35°07'	138°02'	4-B-3	+			+
Iwatake-san	1369	0-50	35°05'	138°01'	4-B-4	+			
Shirokura-yama	1852	0-50	35°18'	138°00'	Toyohashi 1-A-1	+	+		+
Tochu-yama	1686	0-50	35°12'	137°58'	1-A-2	+			+
Narayo-yama	1622	0-50	35°14'	137°58'	1-A-2	+			
Kadogeta-yama	1384	0-50	35°10'	137°57'	1-B-1	+			+
Hidegatake	1695	50-100	34°11'	136°06'	Ise 4-C-4	+			+
Bukkyogatake	1915	0-50	34°08'	135°50'	Wakayama 1-C-2	+	+		+
Chosen-dake	1717	0-50	34°11'	135°49'	1-C-2	+	+		+
Bussho-dake	1805	50-100	34°10'	135°50'	1-D-1	+	+		+
Tsurugi-san	1955	0-50	33°51'	134°06'	Tsurugisan 4-A-3	+	+		
Shiraga-yama	1770	0-50	33°48'	134°00'	Kochi 1-B-1	+			
Higashiakaishi-dake	1707	0-50	33°52'	133°23'	3-A-2	+			
Sasagamine	1896	0-50	33°48'	133°12'	4-B-1			+	
Ishizuchi-yama	1981	0-50	33°46'	133°07'	4-B-3	+		+	
Sobo-san	1758	0-50	32°49'	131°21'	Oita 3-D-3	+			

Td: *Tsuga diversifolia*, Av: *Abies veitchii* and *A. veitchii* var. *shikokiana* in Shikoku, Am: *A. mariesii*, Pj: *Picea jezoensis* var. *hondoensis*, Pp: *Pinus pumila*

The location of every mountain is indicated with any of 64 divisions of a 1/200000 scale map in which its summit is included, as shown in the accompanying figure.



次に、この資料によってオオシラビソおよびシラベの分布図を作製した (図-1 a, b)。な



お、この分布図は国土地理院二万五万分の一地形図の図幅内にその枠の中央に点を打って示したものである。

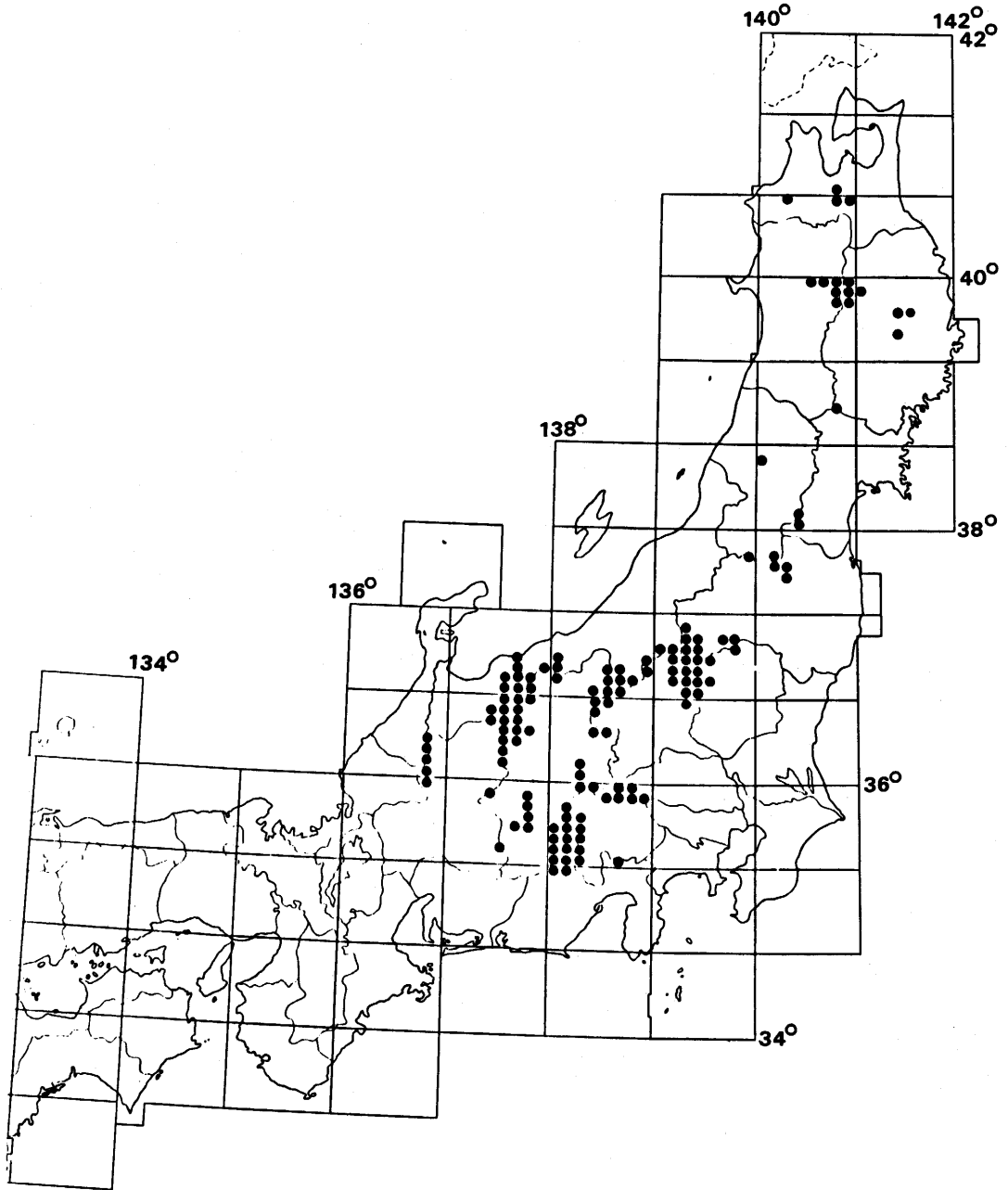


図-1 a オオシラビソの分布図

Fig. 1a Distribution map of *Abies mariesii*

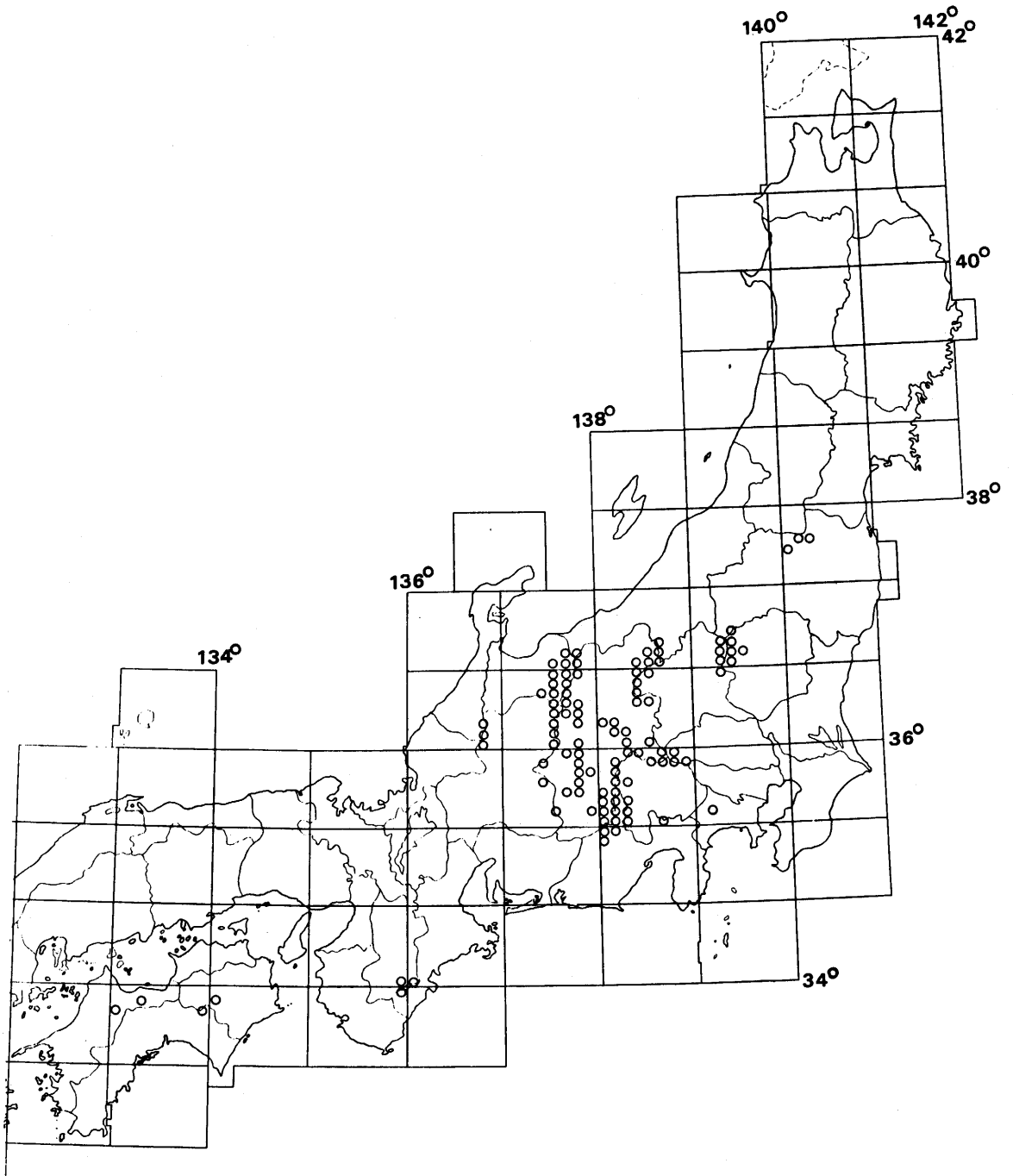


図-1 b シラベの分布図

Fig. 1b Distribution map of *Abies vetchii*

### II-3 オオシラビソの分布

本種の分布はその北限を青森県八甲田山系の前岳(1252m)の北緯40°41'付近, 南限を静岡県大無間山(2326m)の北緯35°15'付近, 東限を岩手県早池峰山系薬師岳(1645m)の北緯39°32', 東経141°30'付近, そして西限を石川県白山山系三ノ峰(1962m)の北緯37°05', 東経136°46'付近にしている(林1960)。また, 日本海側の分布の外縁を成すのは, 1. 青森県岩木山, 2. 秋田県森吉山, 3. 同秋田駒ヶ岳, 4. 岩手県早池峰山, 5. 秋田県栗駒山系の秣岳, 6. 山形県月山, 7. 同蔵王山系熊野岳, 8. 山形・福島県境の飯森山, 9. 福島・栃木県境の男鹿岳, 10. 福島県七ヶ岳, 11. 同坪入山, 12. 同丸山岳, 13. 新潟県荒沢岳, 14. 同越後三山の中ノ岳, 15. 新潟・群馬県境の割引岳, 16. 同平標山, 17. 新潟・長野県境の苗場山, 18. 長野県鳥甲山, 19. 同岩菅山, 20. 新潟・長野県境の火打山, 21. 同雨飾山, 22. 新潟県黒負山, 23. 新潟・富山県境の犬ヶ岳, 24. 富山県僧ヶ岳, 25. 富山・石川県境の大笠山の諸山である(図-2)。従って, 以上の諸山を結んだ線と日本海とによって囲まれる地域にはオオシラビソの分布はまだ確認されていない。なお, 以上の諸山のうちシラベの分布するのは苗場山と鳥甲山だけである。

### II-4 山の下限線と分布の下限線

次に垂直分布についての先の仮説に関連して, どの程度の標高を有する山岳に現在オオシラビソが分布し得ているかを知るため, 実際にオオシラビソが分布する山の標高と緯度との関係を表-1に基づいて図-3に示した。同図において各緯度で最低となる山岳の標高を結んだ線は緯度の上昇に従いなだらかに下降している。以下, この線を“山の下限線”と呼ぶことにする。次に, 現地調査結果および文献に基づいて別個に各地の山岳におけるオオシラビソの分布下限標高と緯度との関係を図にプロットした。分布の下限標高は山によってかなりばらつきがあるが, ほとんどの点が山の下限線よりも下に位置する。また, 山の下限線と同様に, 各緯度最低標高の点を結んだ線はこれとほぼ平行的に低緯度から高緯度に向って下降する(図-4)。ここではこれを山の下限線に対して“分布の下限線”と呼ぶことにする。この線は図-4に併示したブナあるいはウラジロモミの分布上限との比較から明らかなように, 亜高山帯と山地帯の境界を示す線ではない。ここでは便宜上この線を現在の気候条件下で生態的に動的平衡状態にあるオオシラビソの下限線と考えておく。

オオシラビソに関するこれら2種の下限線を比べて最も興味あるのは, 両下限線が300~400mの標高差をもってほぼ平行の関係にあること, また, 結果として, 2種の下限線の間に位置する標高の山岳には, 現在オオシラビソが全く分布していないことの2点である。この事実からまず, 現象的に分布の下限線より高く山の下限線より低い山岳には何故現在オオシラビソの分布がみられないかという当然の疑問が生じてくる。

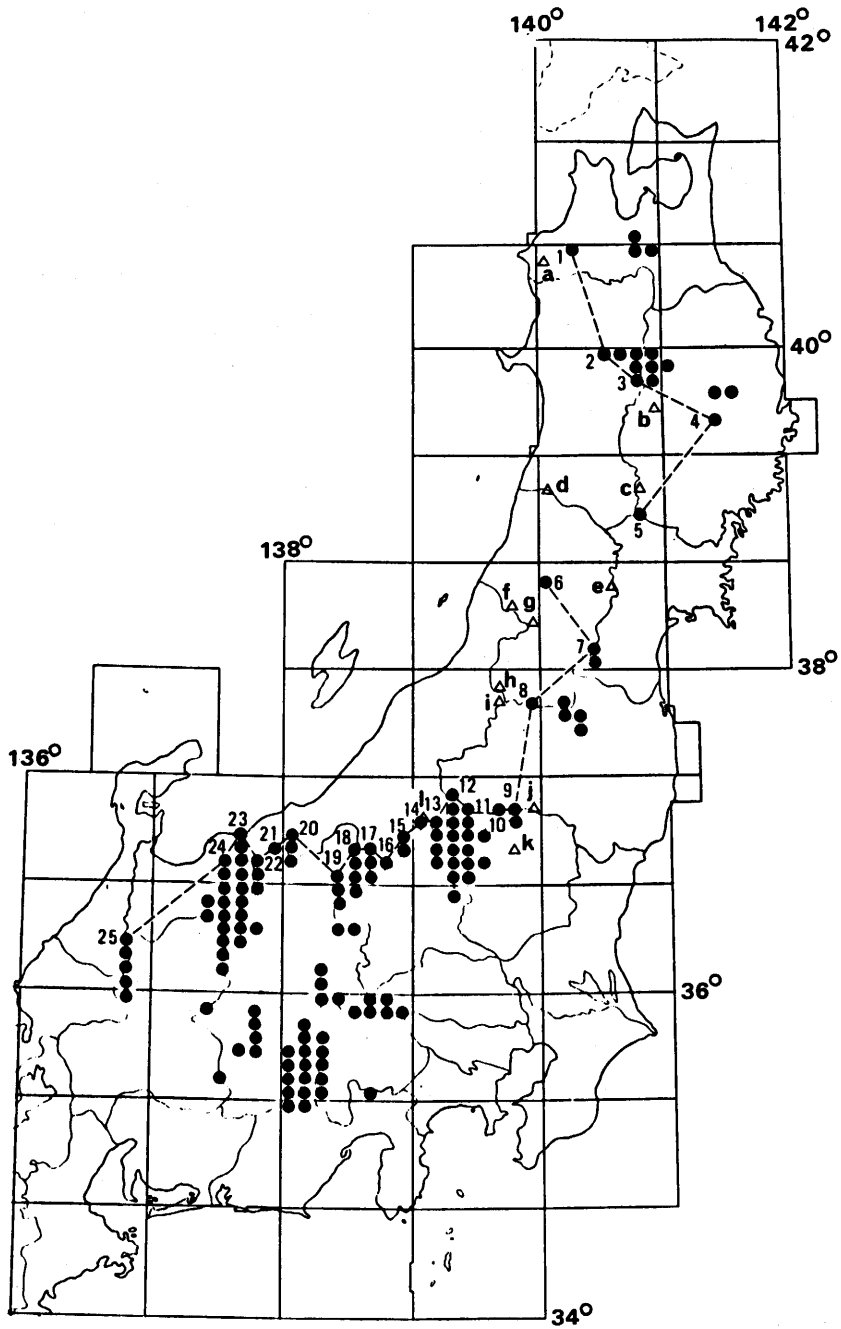


図-2 日本海側においてオオシラビソの分布の外縁をなす山々

Fig. 2 Mountains (1-25) constituting the north-western boundary of the distribution of *Abies mariesii* and the mountains (a-l) where neither *A. mariesii* nor *A. veitchii* is natively found  
 1: Iwaki-san, 2: Moriyoshi-yama, 3: Akitakomagatake, 4: Hayachine-san, 5: Magusa-dake, 6: Gassan, 7: Kumano-dake, 8: Iimori-yama, 9: Ojika-dake, 10: Nanatsugatake, 11: Tsuboiri-yama, 12: Maruyama-dake, 13: Arasawa-dake, 14: Nakano-dake, 15: Warimeki-dake, 16: Tairappyo-yama, 17: Naeba-san, 18: Torikabuto-yama, 19: Iwasuge-yama, 20: Hiuchi-yama, 21: Amakazari-yama, 22: Kurohu-yama, 23: Inugatake, 24: Sogatake, 25: Ogasa-yama, a: Shirakami-dake, b: Waga-dake, c: Yakeishi-dake, d: Chokai-san, e: Funagata-yama, f: Ito-dake, g: Oasahi-dake, h: Jigami-yama, i: Dainichi-dake, j: Daikura-yama, k: Takahara-yama, l: Echigokomagatake.

そこで、筆者はこれら2種の下限線の間ギャップについてその成因を検討したが、およそ300~400mあるこのギャップの幅は、その中に含まれる山々の標高の低さの故の山頂現象によってオオシラビソの分布が制限されたために生じたものとするには大きすぎる点、また、これらの山々が必ずしも積雪の多い地域に位置するとは限らない点(図-7)から、このギャップは地史的な原因すなわち先の仮説に述べた温暖期における垂直分布帯の上昇とそれに伴う低い山地での“追い出し効果”によって生じた現象であろうと推論するに至った。従って、もしこの推論が正しいとすれば、山の下限線は温暖期の各緯度におけるオオシラビソの分布下限高を示唆するものと考えられる。つまり、標高という単なる物理的尺度をもって表わされた山の下限線も、それが気候変動に伴う植物の移動を通して形成されたという地史的観点からすれば、生物学的意味をもった尺度としてとらえられる。要するに、オオシラビソの垂直分布に関するこれら2種の下限線は、連続的な地史的時間軸の上にあつて、同一の生物学的意味を有する相互に比較可能な線として位置づけられる。

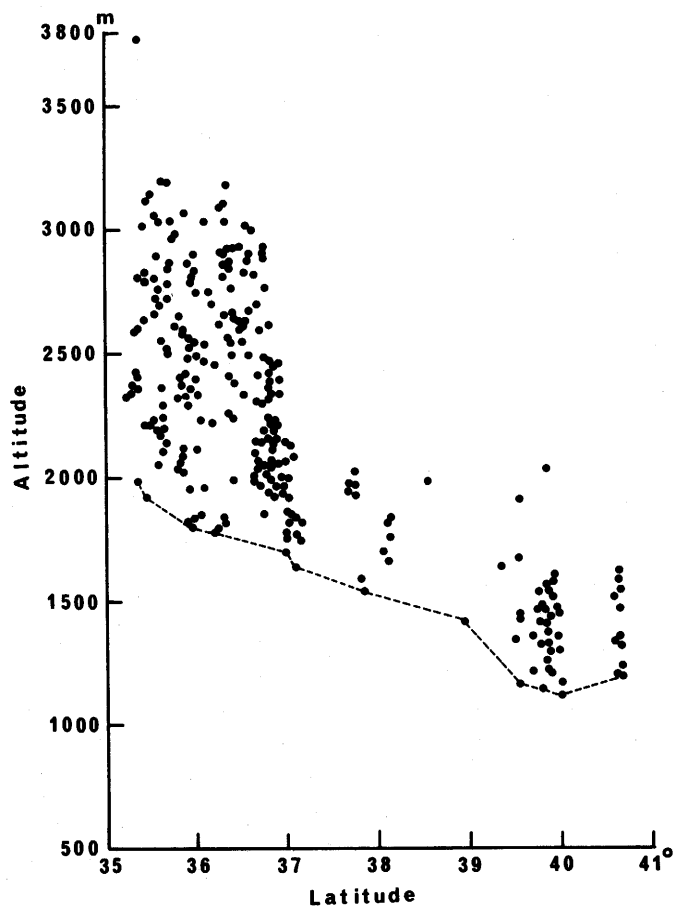
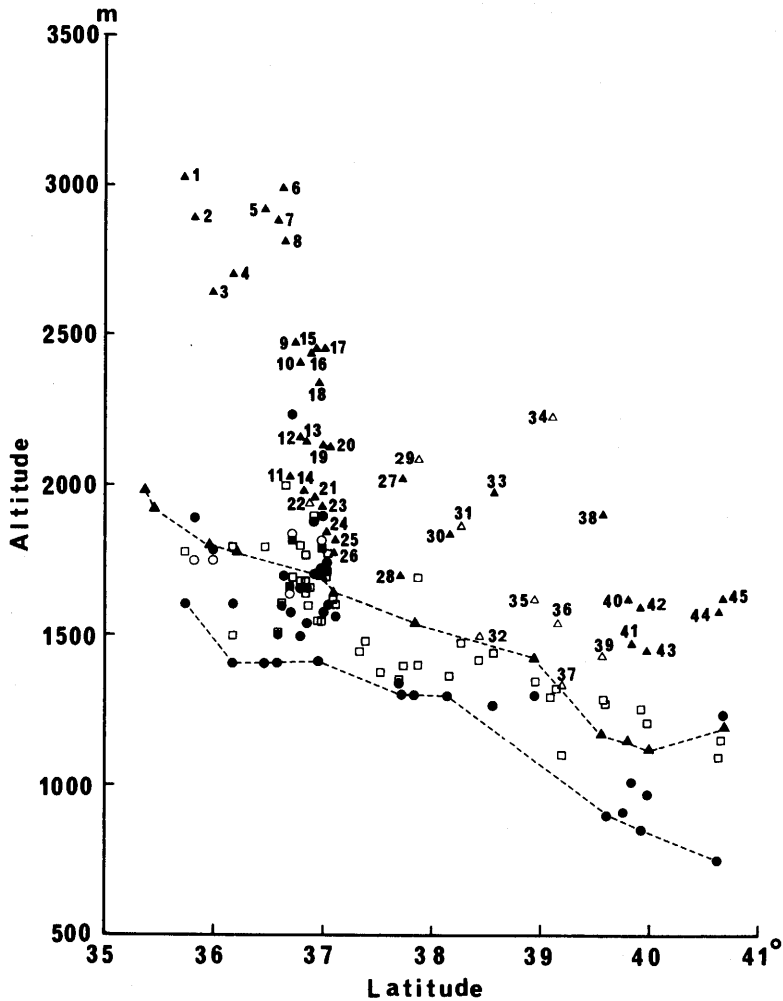


図-3 オオシラビソの分布する山岳の標高と緯度

Fig. 3 Latitude and altitude of mountains to which *Abies mariesii* is indigenous



図一4 オオシラビソの山の下限線と分布の下限線

Fig. 4 Relation between the altitudes and the latitudes of the mountains where *Abies mariesii* is indigenous

Two lines indicate two sorts of lower limits in relation to vertical distribution of *A. mariesii*.

●: Lowest limit of vertical distribution of *A. mariesii* in various mountains, □: Upper limit of *Fagus crenata*, ○: Upper limit of *A. homolepis*, ▲: Mountains to which *A. mariesii* is indigenous, △: Mountains where neither *A. mariesii* nor *A. veitchii* is indigenous. Mountains; 1: Senjo-dake, 2: Aka-dake, 3: Tengu-dake, 4: Hakusan, 5: Yakushi-dake, 6: Tsurugi-dake, 7: Jodo-san, 8: Goryu-dake, 9: Nantai-san, 10: Asahi-dake, 11: Shiga-yama, 12: Hotakayama, 13: Naeba-san, 14: Tairappyo-yama, 15: Myoko-san, 16: Hiuchi-yama, 17: Nyoho-san, 18: Hiuchi-dake, 19: Hiragatake, 20: Aizukomagatake, 21: Amakazari-yama, 22: Asahi-dake, 23: Makihata-yama, 24: Hirugatake, 25: Maruyama-dake, 26: Ojika-dake, 27: Nishiazumasan, 28: Adatara-yama, 29: Iide-san, 30: Zao-san, 31: Oasahi-dake, 32: Funagata-yama, 33: Gassan, 34: Chokai-san, 35: Kurikoma-yama, 36: Yakeishi-dake, 37: Goyo-san, 38: Hayachine-san, 39: Waga-dake, 40: Akitakomagatake, 41: Nyuto-san, 42: Hachimantai, 43: Moriyoshi-yama, 44: Hakkoda-san, 45: Iwaki-san.

### III 花粉分析による垂直分布帯の上昇

ここで、上記の推論をより一層確かなものにするため、温暖期における実際の垂直分布帯の上昇程度を花粉分析の結果に基づいて推定することにする。

これに言及した文献は、この時代が植物の移動や上昇といった問題を論ずる上で極めて重要であるにもかかわらず意外と少ない。僅かに、宮井(1935)が霧島山で300m、中村(1952, 1967)が八甲田山の仙入で200m、芳ヶ平及び尾瀬ヶ原で200~300m、塚田(1958, 1967b)が北アルプスにおいてブナ帯に300~400mの上昇があったと報じているのみである。

ここで使用した基礎データは、1974年7月苗場山において佐々木昌子氏が協力者とともに採取した試料を氏自身が分析して作製したものである。未発表であったので、氏の了解を得て、その一部を修正改変した上で以下に発表させていただく。

#### III-1 表層花粉と林分タイプの関係

苗場山における表層花粉と現存植生との対応関係をみるため、一連の花粉分析調査が行なわれた。

試料は同山北東斜面の和田小屋(1330m)から神楽峰(2030m)の間で10地点、そして南東斜面の山頂から赤湯(1020m)間で4地点、合計17地点(図-5)においてそれぞれ2~3個ずつ採取した。なお、土壌試料はA<sub>0</sub>層から30gを、泥炭試料については表層から深さ2cmまでをそれぞれ採取し、表層花粉の分析試料とした。試料は均一化をはかるため、風乾し、よく混ぜ合わせた後そこから約1gをとり出して植物片や小礫をとり除き、検鏡のための前処理を加えてからアセトリシス法による処理を行なった。花粉粒の分析は、樹木花粉粒の総数が一試料当たり300個以上になるまで行ない、この総数に対する樹木分類群ごとの比、すなわち出現頻度(%)を求めた(表-2)。また、後述の三つの湿原における花粉分析の結果と比較するため、樹木花粉総数から *Alnus* と *Ilex* の花粉数を差引いた残りの数に対する比として計算した値を表-3に示した。表-3には試料採取地点の標高、土壌のタイプ、現生群落の優占種とともに、現存植生との関係を考える上で重要な *Pinus*, *Abies*, *Tsuga*, *Cupressaceae*, *Fagus*, *Quercus* および *Betula* の七つの分類群の花粉出現頻度(%)を示した。

このうち、*Abies* の出現頻度についてみると、地点6および7のオオシラビソ高木林(樹高20~25m)で25%を越す高い値、低木型オオシラビソ林の地点8, 9, 10で20%ないし10%の値、更にコメツガの混じるオオシラビソ高木林の地点15、幹の上部が折れたオオシラビソの個体を多く混じえたコメツガ林の地点4、コメツガ、ネズコの混じるオオシラビソ林の地点5、そして山頂部の低木状のオオシラビソ、ハイマツおよびコメツガが混生する地点11, 12で10%

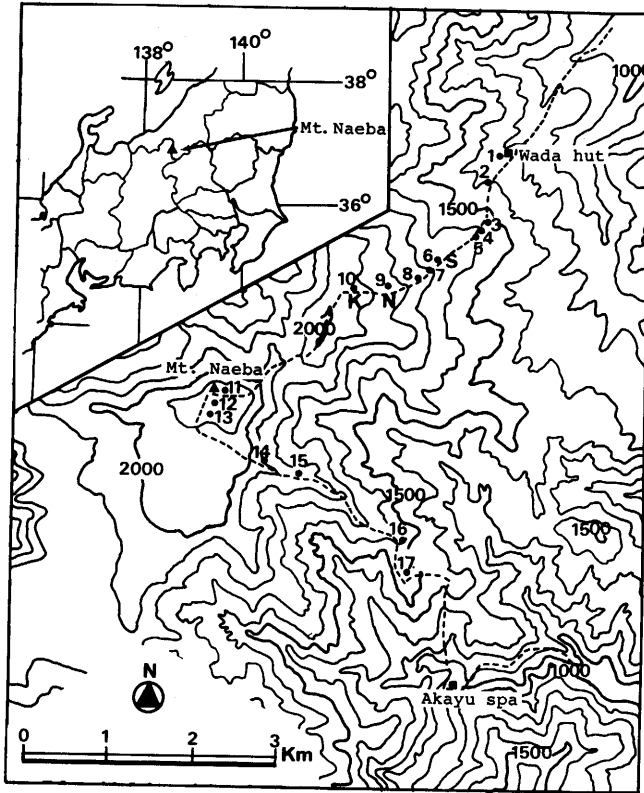


図-5 苗場山における花粉分析試料採取地点

Fig. 5 Map showing the sampling sites for pollen analysis on Mt. Naeba  
The numbers on the sites correspond to those of Table 3.  
S: Shimonoshiba moor, N: Nakanoshiba moor. K: Kaminoshiba moor.

前後の値が、それぞれ得られている。つまり、オオシラビソが現在優占あるいは高率を占める林分が成立している地点では、山頂部の地点13を除き、すべて10%以上の頻度を示すのに対して、オオシラビソが全く混じらないか混じっていても量的に非常に少ない林分の地点では5%以下の値しか示していない。概して *Abies* は個体当りの花粉生産量が少ない樹木であるといわれる (TSUKADA1958b)。HIBINO (1965) が八甲田山で行なった調査も同様の結果を示している。従って、この結果から、*Abies* はその母樹林分から遠い距離まで高い頻度の花粉を飛散させることはないものと考えてよからう。

要するに、苗場山において表層花粉中の *Abies* の出現頻度が10%以上の地点には、*Abies* (実際にはオオシラビソ) が優占するかあるいは他の亜高山性針葉樹と混生する林分が存在するといえる。

冷温帯落葉広葉樹林を代表する *Fagus* の花粉は、現在ブナあるいはブナと他の広葉樹が混生する林分のみられる地点1, 2, 3および17においてはもちろん、いずれも20%以上の高い出



表一 2 苗場山, 和田小屋・赤湯間の種々の地点における表層樹木花粉の出現率 (%)

Table 2 Frequency (%) of pollen of tree taxa from the surface strata at various sites located between Wadagoya and Akayu on Mt. Naeba

Site No. Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<i>Pinus</i>	11.6	6.2	6.4	2.8	12.7	21.7	12.4	10.2	16.7	13.4	32.0	13.1	13.6	19.0	13.8	13.3	5.0
<i>Abies</i>	—	1.4	3.0	8.6	9.6	25.9	36.3	15.4	9.8	13.4	11.3	10.6	3.2	1.4	10.1	9.8	—
<i>Picea</i>	—	—	—	0.1	0.1	—	—	—	0.3	0.3	0.2	2.0	1.3	0.4	2.7	2.6	—
<i>Tsuga</i>	0.6	1.3	1.0	1.8	7.5	15.8	3.4	7.6	3.8	7.5	20.6	10.6	8.2	1.4	9.7	9.4	0.5
Cupressaceae	5.6	8.2	7.0	7.1	11.0	4.2	10.8	7.9	6.9	13.1	5.4	8.3	6.6	11.4	4.0	3.7	1.5
<i>Fagus</i>	42.8	20.2	20.2	8.4	14.9	9.0	9.1	9.6	12.0	9.6	7.4	9.1	14.5	9.1	18.9	18.4	24.5
<i>Quercus</i>	10.5	12.3	12.5	8.9	15.6	4.8	9.0	14.5	13.5	6.9	6.8	9.7	9.8	9.9	13.6	13.1	7.2
<i>Betula</i>	3.7	25.2	22.3	29.3	14.9	9.0	8.6	8.3	13.2	7.8	10.3	20.3	12.6	11.4	10.6	10.3	42.2
<i>Alnus</i>	3.5	5.7	7.2	10.3	5.1	4.8	4.8	8.6	13.8	10.6	3.9	11.1	12.3	23.4	12.2	11.8	6.0
<i>Ilex</i>	0.4	0.1	0.9	0.7	0.7	0.3	—	7.1	1.3	6.5	—	—	1.9	1.5	—	—	1.2
<i>Fraxinus</i>	11.4	4.0	2.9	4.4	0.8	—	0.8	1.0	—	1.9	—	—	—	—	—	—	0.8
<i>Juglans</i>	1.7	1.3	1.1	2.8	1.1	1.4	0.8	1.7	3.8	2.2	0.4	0.9	4.7	0.4	1.8	1.8	0.8
<i>Ulmus</i>	—	0.9	1.3	0.3	0.8	0.3	1.7	1.1	0.9	1.2	—	0.9	6.3	0.9	1.6	1.5	2.3
<i>Acer</i>	3.1	4.9	4.6	4.4	2.8	1.7	2.1	2.0	1.3	1.9	—	—	—	—	—	—	—
<i>Corylus</i>	0.2	4.6	2.6	4.2	—	0.3	—	—	0.9	0.6	0.9	0.5	2.5	0.4	0.2	2.8	6.5
<i>Viburnum</i>	3.3	1.1	2.1	2.1	0.2	—	—	0.7	0.9	0.6	—	2.4	0.6	2.3	0.2	0.2	1.5
Ericaceae	0.6	—	2.3	3.2	1.9	0.8	0.1	4.2	0.6	2.5	0.4	0.5	1.3	2.3	—	—	—
<i>Tilia</i>	—	0.1	—	—	0.2	—	—	—	—	—	—	—	0.6	—	—	—	—
<i>Salix</i>	0.4	1.3	0.2	0.4	—	—	—	0.1	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Carpinus</i>	—	0.1	2.1	0.3	0.1	—	0.1	—	—	—	—	—	—	1.5	0.2	1.3	—
<i>Castanea</i>	—	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Weigera</i>	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Aesculus</i>	0.4	0.2	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Araliaceae	—	0.3	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Sambucus</i>	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Rosaceae	—	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4	—	—	3.3	0.4	—	—

現頻度を示す。しかし、亜高山帯域およびこれと山地帯の移行部にあたる地点15, 16のブナの混じらない林分内でもそれぞれ20%以上の高い値が記録されている。このことは、地点15, 16が位置する南東斜面では、高木としては1620m 以上で連続性を欠くブナが低木型小林分として1770m まで生育分布する(滝口他1975) ことによるものと考えられる。また、ブナ林の上限から遠く離れた山頂部の林分においても *Fagus* の花粉は約8~17%の出現頻度を示している。これはまたブナの花粉生産量がオオシラビソより多く、また飛散距離も長いことによるものであろう。これに対して、北東斜面では1600m を境にブナ帯と亜高山帯とが比較的明瞭に区分でき、ブナの個体も1640m 以上の高度には分布がみられないので、標高およそ1600m 以上の地点で20%を越す値を示すところはない。

以上のことから、*Fagus* の花粉出現頻度だけからその地点がブナ林内かあるいは他の樹種が優占する林分内かの判断は下せないが、20%以上の値をとった場合にはその近くにブナが存在

表-3 苗場山における表層花粉の出現率(%)と群落との関係

Table 3 Frequency (%) of pollen of tree taxa from the surface strata in relation to the community types on Mt. Naeba

Site	Altitude (m)	Sampled soil	Community type							
				<i>Pinus</i>	<i>Abies</i>	<i>Tsuga</i>	<i>Cupressaceae</i>	<i>Fagus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Betula</i>
1	1320	humus	<i>Fagus crenata</i>	12.1	—	0.6	5.8	44.5	10.9	3.9
2	1400	humus	<i>F. crenata</i>	6.6	1.5	1.4	8.7	21.4	13.1	26.8
3	1550	humus	<i>F. crenata-Betula ermanii</i>	7.0	3.3	1.1	7.6	22.0	13.6	24.3
4	1600	humus	<i>Tsuga diversifolia-Abies mariesii</i>	3.1	9.7	2.0	8.0	9.4	10.0	32.9
5	1630	humus	<i>A. mariesii-T. diversifolia-Thuja standishii</i>	13.5	10.2	8.0	11.7	15.8	16.6	15.8
6	1680	peat	<i>A. mariesii-T. diversifolia-T. standishii</i>	22.9	27.3	16.6	4.4	9.5	5.1	9.5
7	1700	humus	<i>A. mariesii</i>	13.0	38.1	3.6	11.3	9.6	9.5	9.0
8	1750	humus	<i>A. mariesii-T. diversifolia</i>	12.1	18.3	9.0	9.4	11.4	17.2	9.8
9	1860	peat	<i>A. mariesii</i>	19.7	11.5	4.5	8.1	14.1	15.9	15.5
10	1960	peat	<i>A. mariesii</i>	16.2	16.2	9.0	15.8	11.6	8.3	9.4
11	2000	peat	<i>A. mariesii-Pinus pumila-T. diversifolia</i>	33.3	11.8	21.4	5.6	7.7	7.1	10.7
12	2000	peat	<i>A. mariesii-P. pumila-T. diversifolia</i>	14.7	11.9	11.9	9.3	10.2	10.9	22.8
13	2000	peat	<i>A. mariesii-P. pumila-T. diversifolia</i>	15.9	3.7	9.6	7.7	16.9	11.4	14.7
14	1900	humus	<i>Alnus maximowiczii-B. ermanii</i>	25.3	1.9	1.9	15.2	12.1	13.2	15.2
15	1860	humus	<i>A. mariesii-T. diversifolia</i>	15.7	11.5	11.0	4.6	21.5	15.5	12.1
16	1600	humus	<i>T. diversifolia-A. mariesii-T. standishii</i>	15.1	11.1	10.7	4.2	20.9	14.9	11.7
17	1550	humus	<i>F. crenata-Aesculus turbinata</i>	5.4	—	0.5	1.6	26.4	7.8	45.5

The pollen frequency of each tree taxon is expressed as  $\{N / [AP - (Alnus + Ilex)]\} \times 100\%$ , where N is the number of pollen grains of the taxon and AP is total number of pollen grains of all woody taxa.

すると考えてよかろう。何%以上をブナ林内存在の目安とするかは難しい問題であるが、少し多目にて25%以上とすれば苗場山におけるその目安として安全であろう。

*Quercus* の花粉には、全調査地点をとおして特に顕著な傾向は認められない。苗場山では、ブナ帯域にミズナラ、亜高山帯域にミヤマナラがみられ、これらの個体群から花粉が飛散したものと考えられる。

*Betula* は花粉生産量も多く、飛散距離も大きいことが知られている (TSUKADA1958b)。苗場山では、山地帯にウダイカンバ、亜高山帯にダケカンバとウラジロカンバがみられる。*Betula* の花粉はブナとダケカンバの混生する林内あるいは周辺にダケカンバの生育が多くみられる地点2, 3, 4および12で20%以上の値を示している。一方、地点17のブナートチノキ林内で45.5%の高い値を示している。地点17周辺にはダケカンバは全く分布しないが、近くの沢沿いにはウダイカンバ林がみられることから、この地点の *Betula* 花粉の多くはこのウダイカンバ林からの飛散によるものと考えられる。今回の調査ではダケカンバ林内の表層花粉の調査が行なわれていないので、花粉の出現頻度からダケカンバ林との関係は論じ得ない。





Taxa	Pinus	Abies	Picea	Tsuga	Cupressaceae	Fagus	Quercus	Betula	Alnus	Ilex	Juglans	Ulmus	Corylus	Carpinus	Fraxinus	Viburnum	Acer	Ericaceae	Aesculus	Tilia	Salix
0-2	13.3	13.3	0.3	7.5	13.0	9.6	6.8	7.7	10.5	6.5	2.2	1.2	0.6	0.9	-	-	1.3	0.6	-	-	0.3
2-4	18.6	14.2	1.6	4.5	6.8	8.1	8.4	6.1	6.8	10.8	2.6	1.8	0.5	-	1.1	0.3	0.3	-	-	-	0.3
4-6	7.9	7.9	1.3	3.3	7.4	5.9	8.5	11.5	13.8	16.1	1.5	2.0	2.0	-	2.2	0.7	-	-	-	-	-
6-8	8.5	7.1	0.9	1.6	8.3	6.7	9.0	12.7	20.2	12.6	1.8	1.8	0.5	-	-	1.1	0.8	0.3	-	-	0.5
8-10	8.0	4.2	0.2	2.5	5.0	7.8	10.8	11.8	20.1	12.3	4.5	1.3	0.5	-	0.3	1.3	0.6	0.3	-	-	-
10-12	9.3	11.1	0.5	7.0	7.8	7.3	11.1	21.6	14.6	0.3	2.8	1.0	1.8	0.6	0.6	1.0	1.6	-	-	-	-
12-14	7.3	16.0	-	9.9	5.2	10.2	9.0	23.8	9.3	-	4.1	0.3	-	0.4	0.7	1.1	1.1	-	-	-	0.4
14-16	8.0	11.2	0.3	8.6	4.8	11.2	8.3	23.0	12.8	0.3	2.9	0.3	1.0	-	0.8	0.5	0.8	0.5	0.3	0.3	0.5
16-18	9.4	17.2	0.5	7.5	8.9	7.5	5.8	17.7	16.9	0.3	2.8	1.1	-	0.6	0.2	0.8	0.8	2.0	0.4	-	-
18-20	3.6	4.2	-	1.4	6.9	12.8	13.1	22.8	22.8	-	5.6	0.6	-	0.3	0.3	0.3	1.4	-	-	-	-
20-22	7.6	6.8	-	1.8	3.4	7.9	15.8	18.5	20.7	0.2	8.8	1.8	0.2	-	0.3	0.5	0.3	1.2	-	-	0.5
22-24	4.7	14.1	-	2.7	5.8	10.8	14.6	20.2	14.1	-	4.4	3.6	1.1	0.4	-	2.1	1.2	1.2	-	-	0.2
24-26	4.6	18.5	-	10.9	7.9	7.3	10.9	15.0	13.1	-	6.0	1.1	0.5	-	0.5	0.3	1.1	0.8	-	-	0.3
26-28	5.9	12.7	0.8	8.8	6.5	6.5	11.9	18.7	14.7	0.3	4.5	1.1	0.3	-	0.9	1.7	0.9	1.7	-	-	0.9
28-30	4.4	12.9	0.3	6.7	5.1	5.9	13.2	20.1	17.3	0.8	5.1	1.0	1.3	0.2	0.6	2.2	2.2	2.8	-	-	0.4
30-32	5.6	11.3	0.5	12.1	8.1	8.9	11.5	15.8	15.8	0.5	4.0	0.5	-	-	0.7	-	1.2	0.3	0.3	-	0.7
32-34	5.9	12.8	0.5	11.5	4.1	10.8	9.7	14.8	15.4	0.5	3.9	2.8	-	0.2	2.4	0.2	2.0	2.2	-	-	2.2
34-36	6.0	6.9	0.4	6.9	2.9	13.1	12.5	17.3	14.7	1.8	5.1	2.7	0.2	0.6	0.4	0.6	1.6	1.8	1.0	0.4	2.7
36-38	3.8	10.6	-	4.4	6.0	12.9	10.0	17.9	14.7	3.1	1.9	1.3	2.2	1.3	0.9	1.3	2.9	2.4	-	0.2	1.8
38-40	2.4	5.1	0.2	1.2	1.5	7.9	16.0	13.8	18.7	11.1	3.2	2.0	1.0	0.2	2.0	1.5	2.0	6.4	0.2	0.2	0.5
40-42	0.8	3.6	0.3	1.7	3.1	9.3	12.1	13.2	30.9	9.3	3.7	1.4	1.4	1.1	1.3	1.9	0.8	10.4	-	1.1	0.6
42-44	2.5	1.2	-	-	1.6	5.3	9.1	10.7	52.7	3.8	4.1	1.9	0.9	-	0.9	1.4	1.1	10.0	-	-	1.7
44-46	0.6	0.9	-	1.7	3.2	12.5	6.4	4.6	59.8	1.1	2.3	1.5	0.9	-	1.0	1.0	1.6	13.2	0.2	0.5	0.2
46-48	0.7	-	-	-	2.6	7.1	7.5	5.2	64.4	2.3	3.4	1.1	0.7	0.4	1.1	0.7	0.9	9.3	-	0.6	0.2
48-50	1.0	0.8	-	1.6	-	17.3	11.4	3.6	49.7	4.4	2.6	1.0	1.6	0.4	2.2	1.3	2.0	6.6	-	0.4	0.9
50-52	1.8	0.5	-	-	1.3	13.8	12.3	3.2	53.8	1.1	4.2	1.8	1.1	1.0	2.4	2.2	0.5	10.2	0.5	0.7	-
52-54	0.4	2.0	-	0.4	1.8	9.7	4.8	1.6	46.0	20.5	5.4	0.8	1.2	1.2	1.4	1.2	1.1	8.7	0.2	1.4	0.7
54-56	1.5	-	-	-	2.0	12.3	9.5	8.7	22.5	28.1	2.2	1.5	1.1	0.8	1.4	1.4	1.0	6.6	-	0.4	0.6
56-58	0.6	2.1	-	-	2.6	15.9	6.6	5.5	7.0	35.5	8.3	0.8	3.6	0.2	0.2	0.7	1.6	6.8	-	0.2	0.9

*Pinus* の花粉は生産量が特に多く、風による飛散距離も大きい。*Pinus* の花粉は上部亜高山帯に位置する山頂部の地点11のハイマツ、オオシラビソ、コメツガの混生する低木林内で30%以上の値を示している。また、ブナ帯域の地点1で10%以上の値を示している。苗場山では *Pinus* の花粉は上部亜高山帯でハイマツ、下部亜高山帯からブナ帯域にかけてはキタゴヨウに由来するものと考えられる。

### III-2 亜高山帯の3湿原における花粉分析

苗場山は大場 (1973)、滝口他 (1975)、丸山 (1976)、紙谷・丸山 (1978) 等の報告からもわかるように、日本海型気候の卓越する地域に位置し、山地帯はブナが、また亜高山帯では、ネズコ、コメツガ、ダケカンバ等の群落もみられるが、オオシラビソがその主体を成している。特に苗場山の北東斜面の和田小屋から神楽峰に至る間は南東斜面よりも山地帯と亜高山帯の境界は明瞭である。また、この間には下ノ芝 (1680m)、中ノ芝 (1860m)、上ノ芝 (1960m) と呼ばれる三つの湿原がある。これらの湿原は現在いずれも亜高山帯域に位置している。従って、これらの標高の異なる三つの湿原の泥炭層中の花粉分布状況を比較することによって、温暖期における垂直分布帯の上昇といった問題をより明確にすることができるものと考えられる。

#### III-2-1 試料および分析方法

上記三つの湿原において、それぞれ下ノ芝78cm、中ノ芝70cm、上ノ芝58cmの底部が砂層に変る深さまで手掘りによって掘り下げて柱状の泥炭試料を採取した。試料は表面から2cmの厚みで連続して切り分けて表層の場合と同じ処理を行ない、花粉分析を行なった。なお、柱状試料には下ノ芝で表層から深さ18~20cmの間、上ノ芝では20~22cmの間に一枚の薄い明瞭な火山灰層の堆積が認められた。中ノ芝では、これとほぼ同時期の火山灰と思われるものが深さ8~12cmの間に泥炭と乱雑に混在していた。

花粉分析の結果は出現樹木花粉の総数によって計算した出現頻度 (%) として樹木分類群ごとに示した (表-4 a, b, c)。

#### III-2-2 分析結果

##### (1) 下ノ芝湿原

下ノ芝湿原はブナ帯の上限より約80m またブナの分布上限より約40m 高い位置にある。湿原の周辺にはコメツガ、ダケカンバ、ウラジロカンバの混じる群落高8~10mのオオシラビソ林とコメツガ、オオシラビソの混じる群落高4mのネズコ低木林がみられる。オオシラビソ林内の低木層のうち1.5~4mの間にはミネカエデが多く、その他ナナカマド、オオカメノキ、ウラジロカンバ等がみられる。また、0.7~1.5mの間ではクマイザサが優占し、アカミノイヌツゲ、ヒメモチ、ウラジロヨウラク等がこれに混じってみられる。

表-4 aによれば、針葉樹の花粉は下層部では低率であるが、表層に向かって増加する傾向

にある。*Pinus* の花粉は深さ 8 cm から表層に向かって急増する。*Abies* の花粉は深さ 62 cm から表層に向かって増加の傾向を示し、深さ 48 cm の層から表層にかけて 15~33% の間を変動する。*Tsuga* は *Abies* と同じく 62 cm の層から表層にかけて増加傾向を示し、58 cm の層から表層にかけて 5~15% の間を変動する。一方、広葉樹の花粉では、*Fagus* は深さ 60 cm 以下の層で 20~30% の高い出現率を示し、深さ 60 cm から表層にかけて 10~20% の間を変動する。*Quercus* では特に顕著な変化は認められず、下層から表層にかけて 5~15% の間を変動する。*Betula* は 62~66 cm の間で 30% 以上の値を示し、その他の層では 15~25% の間を変動するが、全体として特に顕著な変化の傾向は認められない。また、低率ではあるが、*Symplocos* と *Castanea* の花粉が下層に出現し、また、*Fraxinus* の花粉も下層に多く出現する傾向を示している。

## (2) 中ノ芝湿原

中ノ芝湿原はブナ帯の上限より約 260 m、ブナの分布上限より約 220 m 高い位置にある。湿原の周辺は、コメツガーオオシラビソ群落、オオシラビソ群落、ネズコーコメツガ群落がモザイク状にみられる。群落高は 5 m 前後で下ノ芝よりも低い。その他、ベニサラサドウダン、ナナカマド、アズマシャクナゲ、アカミノイヌツゲ、キャラボク、ミネカエデ、オオカメノキなどの低木が混生する。下層はクマイザサが優占する。

表一 4 b によれば、この地点での針葉樹の花粉は下層部で低率であるが、深さ 32 cm から表層に向かって増加の傾向を示す。特に *Pinus* の花粉は深さ 10 cm から表層にかけて急増する。また、下ノ芝と異なり、深さ 52 cm から下層に向かって多少増加傾向がみられる。*Abies* の花粉は深さ 32 cm の層から上へ増加傾向を示し、10~30% の間を変動しながら表層に至っている。*Tsuga* の花粉は深さ 32 cm から急増の傾向を示し、深さ 26 cm において 20% 以上に達するが、それより表層にかけては減少の傾向に変わる。

広葉樹の花粉では、*Fagus* は深さ 50 cm の層で 20% 以上の値をとり、他は 5~15% の間を変動する。*Quercus* の花粉は下層で多少減少の傾向を示すが、全体的には 5~15% の間を変動し、特に大きな変化は認められない。*Betula* の花粉は 40~50 cm の間でその出現率が低下するが、他の層では 10~20% の間を変動する。下ノ芝と異なる点は、*Ilex* の花粉の出現率が下層部で著しく多く、また *Alnus* の花粉が 26~46 cm の間で著しい増加を示していることである。

## (3) 上ノ芝湿原

上ノ芝湿原はブナ帯の上限より約 360 m、ブナの分布上限より約 320 m 上方に位置している。周辺の植生は高さ 4~8 m のオオシラビソが優占し、ネズコはみられず、コメツガ、ダケカンバも量的に非常に少ない。その他、ミネカエデ、アカミノイヌツゲ、ナナカマド、オオカメノキ、ウラジロヨウラク、ベニサラサドウダン、クロマメノキ、ハクサンシャクナゲ、ハナヒリノキ、ハイシキミ等の木本植物がみられる。下層はクマイザサが優占する。また湿原の東側はササ原の発達が顕著で、その中にオオシラビソやミネカエデ、ナナカマド、アカミノイヌツゲ

などからなる低木群落がパッチ状に散生している。

表—4 c によれば、*Pinus* は下ノ芝、中ノ芝と同じ傾向を示し、下層で少なく、表層に向って増加の傾向を示す。*Abies* の花粉は下層で少なく、深さ42cmから増加傾向を示す。深さ38cmから表層にかけて多少変動するが、ほぼ10%以上の値を示している。*Tsuga* は *Abies* と同じような傾向を示し、下層において少なく、深さ38cmから表層にかけて増加の傾向を示す。

*Fagus* の花粉は下層において多少増加傾向が認められるが、全体的には5~17%の間の変動を示している。*Quercus* の花粉は22~42cmの間ではほぼ10%以上の値をとり、この層から表層および下層に向って減少の傾向を示す。*Betula* の花粉は下層および表層付近で減少傾向を示し、その他の層では10~25%の間を変動する。*Ilex* の花粉は最下部層で著しく多く、*Alnus* の花粉は深さ42~54cmの間で著しく増大する。このように *Ilex* と *Alnus* の花粉が著しく多い点は中ノ芝と共通している。

以上の結果から標高の異なる三つの湿原に共通な点は針葉樹の花粉がいずれも下層から上層にかけて増加する傾向にあることである。一方、下層において優勢な花粉は各湿原で必ずしも共通にならず、下ノ芝では *Fagus* および *Betula* が優勢であるが、中ノ芝、上ノ芝では *Alnus*、*Ilex* が著しく優勢である。

*Fagus* と比較して *Betula* は花粉生産量が多く、また飛散距離が長いこと、および現存植生の状態とから判断して、下ノ芝でこの層が堆積した時代に実在した森林ではブナが優占していたものと考えられる。これに対して、中ノ芝、上ノ芝における *Alnus*、*Ilex* の著しい増加は、これら両属の中に、湿原周辺の地下水位の高い立地を好んで生育する樹種、あるいは土壌の流出、崩壊といった立地の局地的変化に伴い遷移の途中相を構成して出現する樹種が含まれるので、それらの一時的な増加によるものと推定される。

苗場山における *Alnus* としては雪崩の影響の強い崩落性の急斜面にヒメヤシャブシが多くみられ、タニウツギーヒメヤシャブシ群落を構成している(大場1973)。その他ヤハズハンノキの群落、また一部にミヤマハンノキの群落もみられる。*Ilex* としては常緑低木のアカミノイヌツゲ、ハイイヌツゲ、ツルツゲ、ヒメモチ等が湿原の周辺あるいはブナ林、オオシラビソ林、コメツガ林の周辺や林床にみられる。しかし、これらの樹種は全て虫媒花で、個体当りの花粉生産量は少ない。従って、*Ilex* の花粉の増加に関しては、湿原の周辺よりむしろ湿原内に当時生育していた樹種に由来したものと考えの方が自然ではなかろうか。上にあげた樹種のうちハイイヌツゲは湿原内に生育し、時には優占することもあるが、現在中ノ芝及び上ノ芝の周辺にはほとんどその生育はみられない。従って、当時湿原の周辺あるいは内部で優占していた樹種の特定は必ずしもできない。

上に見たような変化は温暖期における日本海の高海面上昇とそれに伴う降水量あるいは降雪量の増大に関連があるものと考えられる。ただ温度変化が直接原因して生じた変化とは認め難





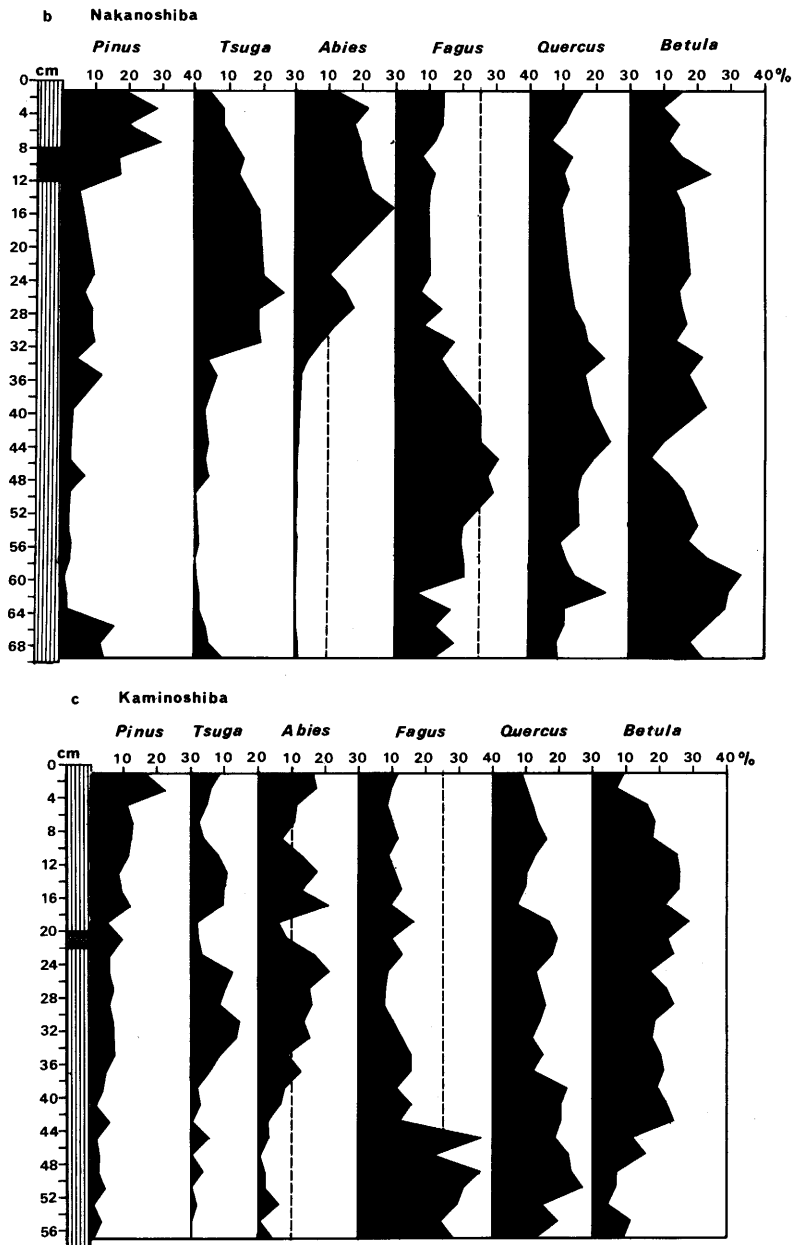


図-6 a~c 下ノ芝, 中ノ芝および上ノ芝各湿原における樹木6属の花粉出現率(%)の変化  
 Fig. 6a~c Pollen diagram of six main tree genera from Shimonoshiba, Nakanoshiba and Kaminoshiba moors on Mt. Naeba.  
 Pollen frequency of each tree genus is expressed by  $\{N / [AP - (Alnus + Ilex)]\} \times 100(\%)$ , where N is the number of pollen grains of a genus, and AP is the total number of pollen grains of arboreal species.

このように下ノ芝, 中ノ芝, 上ノ芝のいずれの地点においても *Fagus* の花粉が25%以上の出

現頻度を示す層が認められ、*Fagus* および *Abies* の出現頻度の相対的な変化から、これらの層が堆積した時には湿原周辺にブナ林が存在していたものと考えられる。しかも、三つの湿原がそれぞれ標高を異にして約300m (1680~1960m) の間にあることから考えて、ブナ林はたまたま局所的に存在したものではなく互いに連続していたものであろう。すなわちブナ帯が少なくとも1960mの上ノ芝近くまでは上昇していたものと推定される。更に、上ノ芝の深さ48~58cmの間の泥炭層の試料について<sup>14</sup>Cによる年代測定を行なったところ、3380±60年 B.P. (TK-143b)の値が得られた。従ってブナ林が存在した時期は約3000年 B.P.以前であると推定される(図-6c)。この時期以後、気候の冷涼化に伴ってブナ帯及び *Abies*, *Tsuga* などの針葉樹の優占する亜高山帯の下降が始まり、ブナ帯は現在の位置まで押し下げられたものであろう。

以上、苗場山の北東斜面では3000年ほど前までブナ帯が現在より上昇しており、その上限は少なくとも360m程現在に比べて高い位置にあったことが推定された。このブナ帯の上昇は気候変動に伴う温度の上昇によるものと考えられる。日本において垂直分布帯が温暖期にどの程度上昇したかについて検討した研究は、先に述べた宮井(1935)、中村(1952, 1967)、塚田(1958a, 1967b)の他にあまり例がないが、これらの研究結果に一致して苗場山においても垂直分布帯の上昇が認められたことは、上に提示した仮説および推論に対する傍証として重要な意味をもつものである。

以上述べてきたところから、オオシラビソの分布様式に関連して認められた2種の下限線のうち、一つは温暖期における垂直分布帯の上昇に際して山の高さが制限要因として働いた結果生じた地理的分布を、他の一つはその後の低温化により垂直分布帯の下降に伴ってオオシラビソの分布下限高度が低下したことによって形成された下限高度の地理的傾度をそれぞれ表わしているものと解釈された。

#### IV 仮説と関連のある生態学的諸問題についての再検討

##### IV-1 亜高山帯針葉樹林欠如に関する諸見解とその問題点

本章では、前章までの論議によって到達しえた点を論拠として、日本の亜高山帯に関する生態学的諸問題のうち、特に古くから注目され、またしばしば論議されてきた、日本海側の山岳が亜高山帯針葉樹林を欠く現象について考察を進める。

東北地方の特に日本海に面した諸山に亜高山帯針葉樹林を欠く現象については、すでに田中(1887)がその“校正大日本植物帯調査報告”において、『越後、東北、陸羽地方に於ては、その地域既に本帯(筆者注：第四帯、現在の亜高山帯に相当する)に達するといえども、その定在なる針葉樹種を欠き、全く濶葉樹のみ茂生せる地あり、即ち、越後にて妙光山(筆者注：現在の妙高山)、大日岳(筆者注：現在の八海山)、駒岳、羽前にて月山(ダケモミ稀にこれあ

り)、羽後の鳥海山、岩代の磐梯山、陸前の船形山、五葉山、陸中の栗駒岳、駒岳、六角牛山、和賀岳等の如きこれなり、その他、岩代の安達太良山、磐城の苅田岳、旭岳、陸奥の磐木山等の如きも稀少なる針葉樹林の僅に該地位の一隅を分領するを認めるに過ぎるのみ』と若干の誤りはあるにしても極めて広範かつ正確な記述を行なっている。また、上記文中に「月山のダケモミ」とあるのは、当時はまだシラベとオオシラビソ、コメツガとツガ、モミとウラジロモミ等の区別が不明確であり、しかも現在月山から知られている *Abies* はオオシラビソに限られる点からみてこれの誤認と思われる。つまり、森 (1962a, b) がはじめて確認したとされている月山のオオシラビソは早く田中によってその存在を知られていたことになる。岩木山と安達太良山に稀に見られるという針葉樹林も、田中自身は第三帯から第四帯にかけて分布する樹種としてツガをあげながら本文中 1 個所もコメツガという和名を記していない事実から推して、*Abies* (田中のいうシラベまたはダケモミ) の林、実際には両山ともオオシラビソ林、を見て書いたものと推定される。しかし、林 (1951, 1960) および東北地方の *Abies* の分布をくわしく調べた森 (1968) のオオシラビソの分布地記録の中には含まれていなかった。そして、そのうちの岩木山中の生育地がようやく近年石川 (1973, 1977) によって確認報告された。現在では津軽岩木スカイライン終点の駐車場わき (標高1238m) に数本見られるにすぎないが、この駐車場ができる以前は数十本がまとまってみられたという情報もある。一方、安達太良山におけるオオシラビソの産地も一般にはほとんど知られておらず、同山には産しないとする報告すらみられる (小野寺1966, 1967, 馬場1978)。同山での生育は火山活動の影響の少ない南西斜面に限られるが、標高1350~1500m の範囲に比較的多くみられる。

いずれにしても、亜高山帯域を有する山岳のうち針葉樹林を欠くものがあることは田中 (1887) の指摘が最初である (高橋1960)。田中 (1887) はその欠如の原因についても若干ふれ、それを地形因子と関連した強風的作用によるものとした。その後、四手井 (1952) は東北地方日本海側の山地の亜高山帯にあたる部分に針葉樹林帯が欠けていることをあらたに指摘し、その原因を太平洋側に比べて日本海側の山地は多雪で夏季の残雪期間が長く、これら針葉樹の生育にとって不適であるためとした。また針葉樹林帯のあるべき標高がしばしばミヤマナラ低木林によって代替されるので、この帯を真の高山帯と区別する意味で「偽高山帯」と呼んだ。四手井 (1956) はその後針葉樹林帯欠如の原因を再検討して、その欠如が冬季の北西風に直交して走る連山にのみみられること、およびこれらの山々が日本の最深積地帯にあることを見出し、風と雪の影響について比較検討した結果、多雪による雪圧をその主因とした。

太田 (1956) は四手井 (1956) の雪圧主因説に対して、北陸、北海道はもちろん、奥羽地方にあって積雪が非常に深いにもかかわらず亜高山帯針葉樹林を有する山岳が少なくないとして、これを否定し、その主要因はむしろ風による破壊作用とそれに伴う乾燥であるとした。その上で、温量や水分の不足のため、そこで矮性化して成立した群落が占めるこの植生帯を、「落葉広

葉樹林型亜高山帯」と呼ぶ方が適当とした。

四手井(1957)は更に、強い雪圧は多雪に帰因し、多雪は強風地帯すなわち真正面から冬の強い季節風を受けるところに発生するのであるから、強風は針葉樹林帯欠如の遠因になりえても直接因とは考えられないとして、積雪深に対して冬の季節風を一次要因とするこの太田(1956)の考えに再反論した。

上記二つの説に対して鈴木・結城(1957)は、これら二つの因子はどちらか一方だけを重視すべきものではなく、冬季季節風が直接あたることによる複合的效果がオオシラビソ林の成立に対して阻害的に働くと考えるのが正しいとした。しかし、その一方で蔵王山において局部的にオオシラビソ林が欠如することに関しては、積雪よりも強風にその原因を求むべきであろうとも述べている。しかも、月山におけるオオシラビソ生育地が冬季季節風の風背側斜面にあることにふれ、またオオシラビソ林帯が越後山脈には欠けるのに奥黒部にみられることの差は季節風に対する能登半島の屏風効果に因ると述べて、暗に強風説を支持した。更に、四手井(1956)の与えた「偽高山帯」という名称に関連して、奥羽地方においては偽高山帯という特別な植生帯をもうけることをせず、亜高山帯が針葉樹林ではなくチシマザサ・オクノカンスゲ群集や湿原のヌマガヤ・イワイチョウ群集あるいはショウジョウスゲ・ヒナザクラ群集などの植物社会で占められているところと表現した方がより適切であるとした(鈴木1963)。森(1962a, b)も出羽丘陵の針葉樹林帯欠如の第一の原因に冬季間の猛烈な季節風を挙げ、強風説に傾いた。また牧田(1978)は、船形連峰の低木林地帯には強風によって樹冠の偏形したキタゴヨウが生育することから、この低木林地帯は日本海側山地の「偽高山帯」とはその成因が異なり強風が関係しているだろうと推論した。1952年に栗駒山域の秣岳にオオシラビソが分布することを確認し、その群落について調査した栗野・栗田(1964)も、秣岳の山頂付近のうち北西斜面には矮生のブナやミヤマナラが生育するのに、その反対側、つまり月山でのその生育地と同様の地形的位置(森1962a, b)にオオシラビソの群落が成立することから、同山彙でも地形及びそれに支えられる気象条件、なかでも風が最も大きなオオシラビソ分布決定要因として働いているものと推論した。

高橋(1960a)は積雪量との関係から植物の分布を少雪型、多雪型および共通型の三つに類型化し、少雪型は直立型、多雪型は匍匐型の各生育型と対応してそれぞれ繁殖様式も異なることを示した。その上で、針葉樹林帯を欠く理由を多雪と雪質の関係で説明した。また、オオシラビソとコマツガは共通型分布に含められ、少雪型分布にはいるシラベやトウヒなどよりやや多雪に耐える性質をもつ可能性もありうるとした。

前に強風説を支持する説明を行なった鈴木(1957, 1963)は、奥黒部地方では風背側にあたる南東斜面にオオシラビソ林を欠き、その反対側に密生していることに注目して、この地域では雪圧による押潰しが針葉樹林の欠如に関与しているとの見解を述べた。

樹種と雪圧害との関係を抄録した酒井（1976）は、日本の亜高山性または亜寒帯性針葉樹はいずれもスギやブナほどの耐雪圧性を持たないとした。そして4 m以上の豪雪地帯では、樹木は雪圧に抗して直立することができず、特に雪圧に弱い樹木は倒伏接地してその影響を最小限とし、折損を避けるような生活型をとると述べた。従って針葉樹林帯欠如の原因も雪との関係で概説した。

石塚（1978）は、月山、栗駒山及び妙高山のオオシラビソ林が風衝面ではなく山体の風背面の寡雪地点を選んで成立していることについて、これらの山地では積雪量の増大と平行して風雪害も増大するので、オオシラビソにとってはその生存のために雪圧害だけでなく風雪害を避けることも必要であろうと考察し、更に針葉樹林帯欠如の原因として、鈴木（1957）の「季節風効果」説を基本的に正しいとしながらも、最も広域的かつ主動的な意味をもつものは積雪の沈降と斜面上の雪層のゆるやかな匍行とに起因する雪圧の害であるとする立場をとった。その上で、積雪のこのような作用に対して、オオシラビソやコメツガなど単幹直立形の針葉樹、多岐多分枝で屈曲形ないし匍匐形をとりうるダケカンバ、そして本来匍匐形のミヤマナラなどのいわゆる偽高山性落葉低木の三者の間には、生育形（樹形）の可塑性という点からみても、抵抗力の差があり、結局このことがこれらの樹種の分布を規定するもっとも基本的な要因になっていると考えた。

以上、針葉樹林帯の欠如の原因に関してなされた多くの論議を紹介してきたが、そこには、現在の気候要因のうち多雪による雪圧害を第一要因と考える立場と強風そのものの生理的機械的作用を第一要因と考える立場の2説の対立がみられた。一方鈴木（1957）のように、これら両要因を合せて「季節風効果」としてとらえる見解もあった。しかし、3説とも、欠如の原因を現在の気候ないし気象条件との関係で説明しようとするものであり、偽高山帯の成因および成立の時期について地史的観点からの論議を行っていない点でいずれも十分とはいえない。筆者は房総半島における植生の研究を行なった際に、現在の植生やフローラの成因を考えるには地史的な観点に立った研究の必要なことを痛感した（梶・小平1975、梶1975）。

その点、YAMANAKA et al. (1973)、石塚（1978）らが、針葉樹林帯欠如の原因および偽高山帯の成因に関して、従前の論議に地史的観点からの検討を加えたことは極めて重要である。YAMANAKA et al. (1973)は月山念仏ヶ原の花粉分析の結果から、現在は偽高山帯をもっている豪雪山地でも、後氷期初頭やそれ以前の寒冷期には亜高山帯針葉樹林やダケカンバ林がより広く分布していたらしいことをつきとめた。そしてこのことから氷期の日本海側山地の降雪が現在よりも少なかったであろうと推定し、更に寒冷期からの移行期におけるその後の気候の温暖化とそれに伴う多雪化に偽高山帯成立の説明の基盤を求めようと試みた。

しかしながら、氷期あるいは晩氷期に現在針葉樹林帯の欠如する地域においても、針葉樹林が一つの植生帯として認められるほど広範囲にわたって存在していたかどうかは、彼らの試み

にもかかわらず必ずしも明らかにされていない。もちろん現在オオシラビソの微小林分が遺存的分布をなしている栗駒山、岩木山及び月山における花粉分析の結果（HIBINO 1967, 1969, YAMANAKA et al. 1973）では、NAKAMURA（1952）のいう R I および R I - R II に相当する変化が認められ、これらの山々ではかつて現在のブナ帯に相当する標高に *Abies* の生育したことが明らかにされている。また、秋田県北部の後期洪積世に属する亜炭層の花粉分析によっても低標高地に *Betula* と並んで *Abies* の優勢であったことが明らかにされている（山崎 1954）。しかし、この調査地は、現在オオシラビソからなる針葉樹林帯の存在が認められている森吉山に近い。これに対して、オオシラビソの分布が全く認められていない山域については、鳥海山に関する YAMANAKA（1969）の報告があるだけであろう。それによると、鳥海山では R I および R I - R II に相当する層に断続的に *Abies* の花粉が認められるが低率で、かつて鳥海山あるいはその周辺地域に針葉樹林が広く存在していたかどうかを判定する資料とはなりえない。また全くオオシラビソの分布を欠く地域の代表的存在である朝日、飯豊の両山系については、花粉分析に関する報告が全くない。

要するに、晩氷期から現在に至る日本海側の特にオオシラビソの分布を欠く地域における植生の変遷については不明確な部分が多い。従ってこの点が明らかにされない限り針葉樹林帯欠如の原因についても十分な説明が与えられないであろう。古生態学における課題の一つであると思われる。

#### IV-2 針葉樹林欠如地域の潜在性樹種

そこで次に、オオシラビソの 2 種の下限線に関する上述の推論を前提としてこの問題に検討を加えてみよう。

まず、現在偽高山帯の占める山域にもし針葉樹林が成立すると仮定した場合、それを代表する樹種は何であろうか。この点に関して鈴木（1952, 1957b）は、ツガ型森林の欠如あるいはオオシラビソ林およびこれに対応するシラベ型の針葉樹林帯の欠如という表現をしたが、先に示したオオシラビソとシラベの水平分布の状態およびそれらの分布量から判断して、それがシラベではなくオオシラビソであることはほとんど疑いを入れない。同じく候補にあげられるのはコメツガであるが、石塚（1978）も指摘しているように、針葉樹林帯を欠く山岳の中には、オオシラビソは分布しないがコメツガはあるというところが少なくない。しかし本種は、太平洋側の山地でこそ亜高山帯下部の主要構成種であるが、東北地方から上越にかけては勢力が弱く分布の連続性を欠き、土壌の浅い尾根部や湿原の周辺などの特殊な立地のみに出現して特定森林帯の主要構成種にはなりえない。従ってここではオオシラビソを主構成樹種とする亜高山帯針葉樹林の欠如ということに問題を限定しても差し支えないであろう。また、ある型の森林あるいは森林帯の欠如といった場合、現象的には、その成立に対して阻害的に働く環境要因の強

度に応じて森林帯、林分あるいは個体の欠如といった段階的減衰として認められるものであろう。それ故、地史的観点を重視するならば、まず第一にその森林帯を構成する主要樹種が当該山域に分布しているか否かを問題とすべきである。そして、いかに微小な林分であろうとも、その山域に古くから存続したことを示す証拠として極めて重要である。以上の観点から、ここでは微小林分あるいは個体としての分布も含めて論議を進める。

太平洋側から日本海側にかけて、森林帯の主要樹種→林分→個体といった分布の段階的な減衰を示す点ではシラベも同じであるが、オオシラビソの場合にはそれが針葉樹林帯の欠如の現象と結びついているという点で注目されてきた。また、針葉樹林帯という一つの顕著な生活型で代表される植生帯が他種の生活型からなる植生帯に置き換えられるという事実は、そこに異なる生態的環境が存在することを示すもので、古くから問題とされてきた Baumgrenze や Waldgrenze (BROCKMAN-JEROSCH 1919, SCHRÖTOR 1926, 今西1935, TAKAHASHI 1944) などと同じくらい重要な意味をもつものと考えられる。

#### IV-3 論議の対象となるべき地域と山岳

田中(1887)以来「当然針葉樹林帯を生ずべき高さにしてそれを欠く」というときの高さとは、どのような高さを指し、どのように決められたものであろうか。この点が論議の最も重要な出発点となるはずであるが、その決め方は著しく経験的で、これをもって針葉樹林帯欠如のような地域的現象からさらに日本の亜高山帯域全般における針葉樹林の成因に至るまでの幅広い問題を論ずるにはいささか論拠が不十分である。

この点に関しては、すでに示したように、オオシラビソの山の高さの下限線をぬきんでる標高をもちながら現在オオシラビソの分布が全く認められていない山岳を問題とすべきであると考え、以下これを第一群の欠オオシラビソ山と称することにする。それに次いで問題となるのは、垂直分布の下限線と山の高さの下限線との間にその山頂標高を有する山岳で、これを第二群の欠オオシラビソ山と称することにする。第二群の山々では、いずれも温暖期の追い出し効果によって現在オオシラビソの分布が制限されていると考えるのが自然である。従って、まずこの2種の下限線によって個々の山岳を類別した上で次に論議を進めるべきであろう。これらの山々の標高と両下限線との関係を図-7に示した。

図-7に示された諸山のうち、従来針葉樹林帯を欠くといわれてきた第一群の山は東北地方の鳥海山、(月山)、朝日岳、飯豊山、和賀岳、焼石岳、栗駒山、船形山と上越の越後三山周辺および谷川岳周辺の諸山である。石塚(1978)によってオオシラビソ林を欠き偽高山帯があると認められた虎毛山、守門岳、浅草岳、末丈ヶ岳、毛猛岳等の諸山は第二群に属する。また従来オオシラビソ林を欠くといわれてきた諸山の多くは、日本海前面あるいは多少内陸に位置するものである。



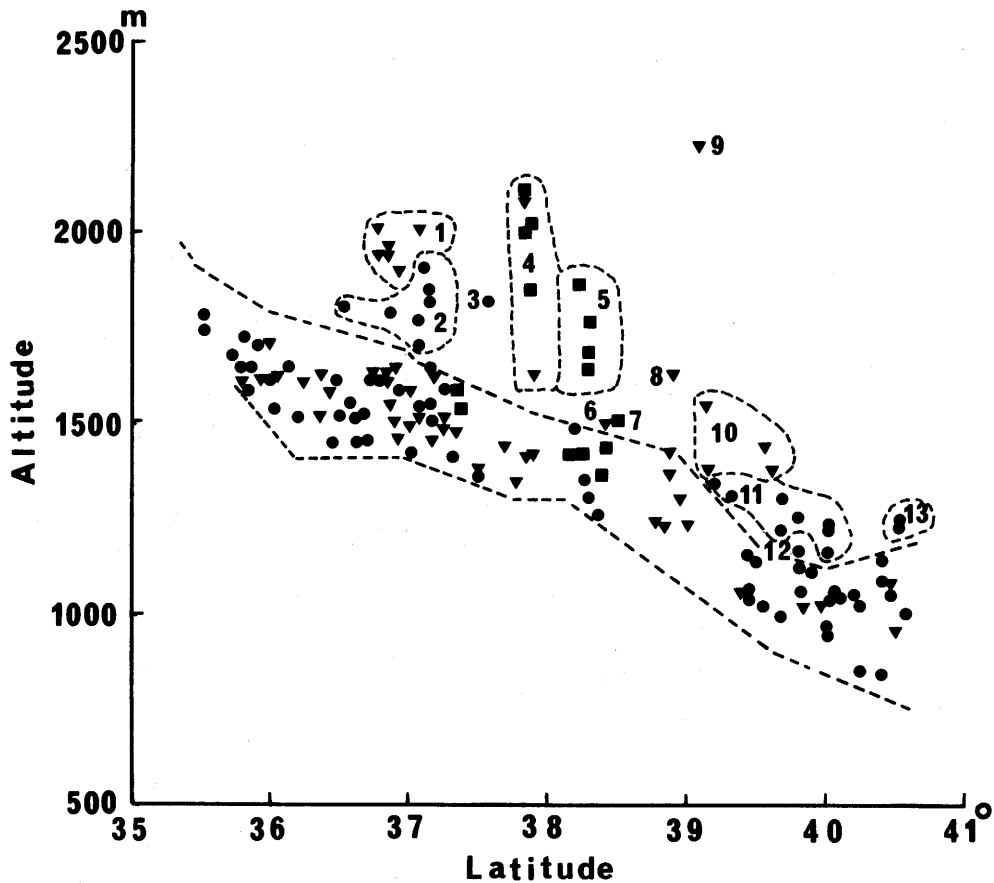


図-7 オオシラビソの分布しない山の標高と2種の下限線ならびに最深積雪深との関係

Fig. 7 Relation between the altitudes of the mountains to which *Ablies mariesii* is not indigenous and the two sorts of lines in relation to its distribution as well as maximum snow depth. These mountains are classified by maximum snow depth as follows;  
 ●: 0—200cm, ▼: 200—400cm, ■: 400—600cm. Mountains; 1: Echigo-sanmyaku (Echigo-komagatake, Tanigawa-dake etc.), 2: Nasu-dake (Sanbonyari-dake, Daikura-yama, Minamigassan etc.), 3: Bandai-san, 4: Iide-sanchi (Iide-san, Kitamata-dake etc.), 5: Asahi-sanchi (Oasahi-dake, Ito-dake, etc.), 6: Funagata-yama, 7: Yudono-san, 8: Kurikoma-yama, 9: Chokai-san, 10: Mahiru-sanchi (Waga-dake, Yakeishi-dake etc.), 11: Kitakami-sanchi (Gaitaka-mori, Inaba-dake etc.), 12: Taihe-zan, 13: Shirakami-sanchi (Shirakami-dake).

ところが、第一群の山には太平洋側に位置する栃木県の高原山および栃木・福島県境の那須山塊の諸山あるいは岩手県北上山地の若干の山も含まれる。これらのうち特に那須岳周辺の諸山は、その地理的位置と茶臼岳のように現在活動中の火山があることによっておそらく論議の対象からはずされてきたものであろう。しかし、同山塊中大峠の西側に位置する大倉山(1885m)と三倉山(1854m)の両山は、火山活動による影響も少なく標高も山の下限線を200m程ぬきんでているのに、オオシラビソもシラベも分布していない。両山におけるブナ帯の上限は

1530~1600mであり、この標高以上はいわゆる偽高山帯を構成する群落によって占められている。その多くは落葉低木群落とササ草原であるが、南斜面の一部には雪田群落の発達が見られ、東斜面にはわずかながらミヤマナラの群落も認められる。なお、この地域のブナ林は裏日本型のヒメアオキブナ群集に分類されている(宮脇地1971)。それにもかかわらず、両山に当たるところの最深積雪深は50~100cm(気象協会1959)であり、日本海側の多雪山地に比べてはるかに少ない。また那須山塊ではブナ帯中にウラジロモミの優占する林分もみられる。これらのことから考えて、同山域はちょうど裏日本型気候と表日本型気候とが相接する移行帯上に位置するということができよう。なお、那須岳周辺にオオシラビソの分布を認めた例(奥山1958)もあるが、その後当地域からは一切確認されていない(生物学御研究所1962, 1972)。

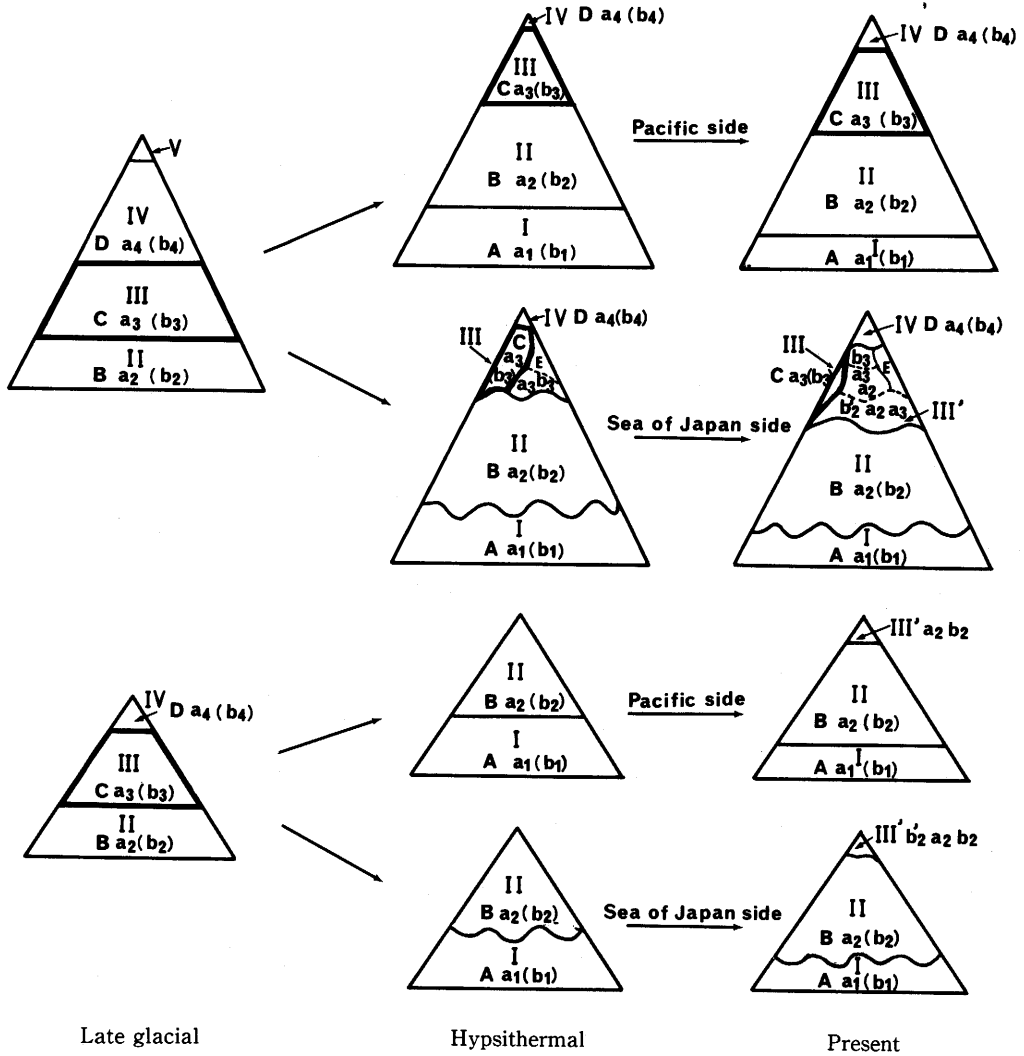
太平洋側寡雪地帯にあってオオシラビソ林を欠く山地の例として大倉山と三倉山について上に述べた。一方、齊藤地(1975)は、秋田県森吉山は日本海側前面に位置し、しかもオオシラビソ林が広域的に分布するというのでこれを例外として扱っている。しかし、これら両山域における相反するような現象は、本問題の解明には現在の気候条件との関連で針葉樹林欠如を説明しようとする上述の多くの議論とは異なる視点が必要であることを示唆し、注目に値する。

#### IV-4 垂直分布帯の移動と偽高山帯の成因

上に述べたことに基づいて、第一および第二各群の山における垂直分布帯の配列を晩氷期→温暖期→現在の順に追ってみると、図-8に示すようになる。なお、各垂直分布帯の占める標高およびその幅は各山の標高、緯度および地域によって異なるが、ここでは中部地方に属する諸山を基準にして、第一群と第二群および太平洋側と日本海側に分けて模式的に示した(図-8)。

図-8には植生帯をそれぞれ丘陵帯(I)、山地帯(II)、亜高山帯(III)、偽高山帯(III')、高山帯(IV)及び氷雪帯(V)の六つに分けて示した。なお、各植生帯を代表する極相優占樹種をA~Dで、その他の極相構成種を $a_1$ ~ $a_4$ でそれぞれ示した。また、個々の植生帯において遷移の途中相を構成する樹種を $(b_1)$ ~ $(b_4)$ で示した。従って、一つの植生帯を代表するような面的な広がりをもった極相林、例えばI帯の暖温帯常緑広葉樹林は、上に示した三つの構成要素の複合すなわちA  $a_1$ ( $b_1$ )といった組合わせ記号で示される。ここで、 $b_1$ を括弧でくくってA  $a_1$ と併示したのは、例えば途中相を構成する種が極相林に生じたギャップ内に成体としてあるいは潜在的に埋土種子として存在することを示すためであるが、更にこれらの種が垂直分布帯の移動の際に偽高山帯の成因に関して重要な役割をはたしたであろうことを考慮したためでもある。従って、図-8では、気候変動による植生帯の移動を、生態的役割の異なる三つの要素の組合わせがそれぞれの帯でどのように変化したか、という形で示した。

まず太平洋側の標高の高い山岳(第一群)では、温暖期に丘陵帯(I帯)があらたに生じて、



図一八 晩氷期から現在に至る間の気候変動に伴う植生帯の垂直的変化

Fig. 8 Change of vertical zonation of vegetation in accordance with the change of climate from the late glacial to the present time

I: Hilly zone, II: Montane zone, III': Pseudo-alpine zone, III: Subalpine zone, VI: Alpine zone, V: Nival zone. Forest vegetation in each zone is represented by the climax forests, which are composed of dominant (expressed as A—D) and subordinate ( $a_1$ — $a_n$ ) and seral forests whose components are expressed as  $(b_1)$ — $(b_n)$ . A  $a_1$  ( $b_1$ ): Warm-temperate evergreen broad-leaved forest, B  $a_2$  ( $b_2$ ): Cool-temperate deciduous broad-leaved forest/cool temperate coniferous forest, C  $a_3$  ( $b_3$ ): Subalpine evergreen coniferous forest, D  $a_4$  ( $b_4$ ): Alpine scrub, E: Snow patch community and other herbaceous communities,  $b'_2$   $a_2$   $a_3$  and  $a_2$   $b_2$ : Pseudo-alpine scrub represented by *Quercus mongolica* var. *undulatifolia*,  $a_2$   $a_3$  and  $a_2$   $b_2$ : Pseudo-alpine scrub represented by *Acer tschonoskii*, *Sorbus commixta*, *Sasa kurilensis*, *S. senanensis*, Ericaceous shrub etc.,  $b_3$ : *Betula ermanii*, *Alnus* spp. etc.

氷雪帯 (V帯) が消失した点を除いては、晩氷期から現在に至るまで植生帯の種類とその配列に変化はない。これに対して低い山々 (第二群) では、晩氷期に存在したであろう亜高山帯 (III

帯)が温暖期における追い出し効果によって消滅し、その脱けた部分を現在山地帯(II帯)の極相構成種( $a_2$ )及び遷移の途中相を構成する樹種( $b_2$ )の低木化したもの( $b_2$ )が占拠している状態をIII'帯の  $a_2b_2$ として示した。

一方、日本海側に位置する第一群の山岳では、温暖期の垂直分布帯の上昇によってまず太平洋側と同様の配列になった。その後引き続いて日本海の高水面が上昇し蒸発量が増加したために多雪化が起り、これが山塊の風上側と風下側との間に積雪深の違い、すなわち環境条件の非対称化を誘起し、それによって植生の intrazonal な分化が介入してきた。また、こうして発生した非対称的な subzones のうち風下側III帯相当域では、該分布帯の上昇の際にブナ林に随伴した樹種のうち、極相構成種の一部( $a_2$ )と途中相を構成するミズナラ( $b_2$ )がその後の冷涼化に伴うブナ林再下降の際にそこに取り残された。そしてこれらの樹種のうち、多雪環境に適応して低木状の生育型をとりえたもののみが生き残った。一方、亜高山帯林において極相を構成する樹種( $a_3$ )やその途中相を構成する低木型樹種( $b_3$ )も上の方から下降してきてこれらと混生した。こうして、本来針葉樹林が占めるべき空間を低木型の生活集団からなるIII'帯すなわち偽高山帯が占めるようになったものと考えられる。

ここではミズナラの低木型、すなわちミヤマナラ、を( $b_2$ )→ $b'_2$ の変化で示し、ミズナラから分化したものとして扱った。

分類学的にミズナラは、アジア大陸北東部に広く分布して日本では本州北部と北海道にまれに産するモンゴリナラ *Quercus mogolica* FISCHER ex TURCZ.の変種とされる(REHDER & WILSON 1916,大井1975,初島1976,北村・村田1979)。一方、ミヤマナラは柳田(1933)によって秋田県太平山から初めて報告され、*Q. keizo-kishimai* YANAGIDAと命名された。KITAMURA & HORIKAWA(1951)はこれを、NAKAI(1915)が濟州島から報告した*Q. mongolica* var. *liaotungensis* f. *undulatifolia* NAKAIおよび同 f. *funnebris* NAKAIに同じとみなし、合わせてモンゴリナラの一変種 *Q. mongolica* var. *undulatifolia* (NAKAI) KITAM. et. HORIK.とした。しかし、大井(1975)や初島(1976)はこの変種を認めていない。

能城(1981)は上越国境の巻機山におけるミズナラとミヤマナラの関係について樹木学的な検討を行なった。まず樹形の違いにより、低標高域を中心に分布する主幹の明瞭な直立型の集団と高標高域を中心に分布する矮生低木型の集団とに分け、それぞれの集団に含まれる個体から採取した葉の形質について種々の計測を行なった。その結果、両集団をあわせた葉形の変異は標高傾度と相関して連続的であったが、最大葉身長および葉裏の毛の密度と樹形との間には密接な対応関係が認められた。すなわち最大葉身長約120mm、毛の密度20本/mm<sup>2</sup>を境に直立型の個体は葉が大きく毛の少ない方に、また矮生型個体が葉が小さく毛の濃い方にそれぞれはっきり区分された。しかもこれらの個体からなる両集団は上記のように標高1128~1160m付近を境に上下にその生育地を異にしている。これら両者のうち、上方の集団がミヤマナラに、そして

下方の集団がミズナラに、それぞれ相当するものとされた。その上で、両集団を、あるいはミヤマナラとミズナラを、形質の差の程度によって、同一種に属する変異段階の二つの taxa として認めるのが適当であろうとした。

以上のようにミヤマナラに関しては分類学者の間でもその位置づけが必ずしも一致していない。能城 (1981) も指摘しているが、ミズナラとミヤマナラを区分した形質が遺伝的に固定しているものかどうかを明確にするためには、移植実験、核型分析あるいは他の山における両者の比較などその前になされるべき仕事が多い。

鈴木・結城 (1957) は、ミヤマナラをミズナラの分布領域の一部を占める単なる地理的変異とみなす説を正しいとしながらも、両者が生態的には別の個体群に隔離されている点に注目した場合別種として取り扱うことも一理あるとしている。

SUZUKI (1954) によって至仏山から報告されたミヤマナラ群集 (仮称) は、ミヤマナラ、ベニサササドウダンなどわずかな種類を除いて、その構成種がミズナラーブナクラスのそれと同じである (大場1967, 1973b)。従って植物社会学的には、ブナ群綱コナラーミズナラ群目ウラジロヨウラクーミヤマナラ群団中の一群集として位置づけられている (宮脇他1978)。月山および鳥海山のミヤマナラ群落につきも組成的にブナ林と共通性が高い点が指適されている (石塚他1972, 1975)。このようなブナ林とミヤマナラ林の組成的共通性は、温暖期におけるブナ帯上昇の名残りを示すものであろう。また、ブナとミヤマナラの垂直的關係が北海道におけるブナとミズナラの水平的關係と相似である点も、ミヤマナラとミズナラの生態的關係を示唆するものとして興味深い。もちろん上にあげた諸点だけでは、ミヤマナラがミズナラから分化したものであるかどうか、また、分化したとしたらその時期がいつ頃であったか、については全く想像の域を出ない。ただ、アオキとヒメアオキ、ユズリハとエゾユズリハ、ヤブツバキとユキツバキ、イヌガヤとハイイヌガヤなど、現在互に変種、亜種あるいは別種として扱われている数対の分類群の分化に対して、太平洋側と日本海側の気候的な違い、特に積雪の多少が重要な働きをしたであろうとは十分考えられることである。また、これらに共通してみられる傾向として興味深いのは、各組の分類群のうち太平洋側に分布の中心をもつのは I 帯すなわち暖温帯常緑広葉樹林の主要構成種であるのに対して、日本海側に分布の中心をもつものは II 帯、すなわちブナ林の主要構成種である、というその生態的な關係である。この關係は、その分布帯はそれぞれ一段上っているが、ミズナラとミヤマナラの間にも全く共通に認められる。

このように、日本海要素と目されるミヤマナラを含む多くの分類群は、気候変動期特に温暖期に、植生帯に伴って北進あるいは上昇し、その後各到達地で気候多雪化による淘汰を受けて適応分化してきたものと推定される。このような点を考慮し、図-8にはミズナラからミヤマナラが分化したものとして示した。

次に日本海側の第二群の山々でも、晩氷期には存在していた III 帯がやはり温暖期における追

い出し効果によって消滅し、その後の寒冷化に伴って、ミヤマナラとⅡ帯およびⅢ帯の構成種が混生した低木群落とからなるⅢ帯が、その脱けた部分すなわち山頂付近を占めるに至ったと考えられる。

以上、晩氷期から現在に至る間の本州中北部の垂直分布帯の変化を、模式的に四つの系列に分けて示した。もちろん、ここにあげた4系列は基本型のみを示したもので、実際には互いに地理的に連続的であり、細かい点でこの類型にあてはまらない山々も少なくないと思われる。特に、日本海側の十分な標高を有しながら針葉樹林帯あるいはオオシラビソの分布を全く欠く諸山については、この欠如の原因に関して未解決の問題が多く、現在の植生帯が果して模式図に示したような変化を経て成立したかどうか、なお検討の余地がある。

#### IV-5 他の針葉樹における山の下限線と分布の下限線の関係

前節までにオオシラビソにおいて認められた2種の下限線間の関係およびそれに関連したいくつかの問題について考察し、またこれら2種の下限線のずれが気候変動によって生じたものと結論づけた。そこでこの結論が正しいとすれば、他の樹種においてもこれと同様の関係が認められるはずである。この点を検証するため、シラベ、トウヒ、コメツガおよびハイマツの4種についてそれぞれ表-1から山の下限線を、また林(1951)の示した各産地における下限高度を参考にして分布の下限線を求めた(図-9 a~d)。なお林(1951)は各樹種の下限高度を100m括約で示しているが、オオシラビソの場合これと各地において具体的に調べた下限高度とほぼ一致する。従って他の樹種についてもこれを用いてほとんど差支えないものと思う。

まずシラベでは、山の下限線はオオシラビソの場合と異なって、緯度の変化に対して一定の傾きを示すのではなく、北緯34°~36°20'の間では緯度に関係なくほぼ一定の値をとり、これより南および北で高くなるという変化を示す。分布の下限線も200~350m程度の標高差をもってこれとほぼ平行的な変化を示している。

トウヒ(オゼトウヒを含む)は福島県丸山岳より北には見られずシラベと分布範囲が多少異なっている。その山の下限線の変化はシラベの場合とほぼ同様の傾向を示す。分布の下限線も200~400m程の標高差をもってこれとほぼ平行的な変化を示している。

コメツガの山の下限線は、33°50'付近から37°20'までの間では多少のずれはあっても、シラベと同じような変化の傾向を示しているのが、37°20'以北ではオオシラビソのそれとほぼ同じ傾きで変化している。分布の下限線は200~600mの標高差をもって前2種と同様に山の下限線とほぼ平行的な関係にある。

次にハイマツの山の下限線は、北緯38°付近から北ではオオシラビソのそれより低い位置にある。これは、第二群に属しながらハイマツの分布する山が少なくないためである。一方、北緯38°以南ではハイマツの山の下限線はオオシラビソのそれより高い位置にあり、その傾きも急で

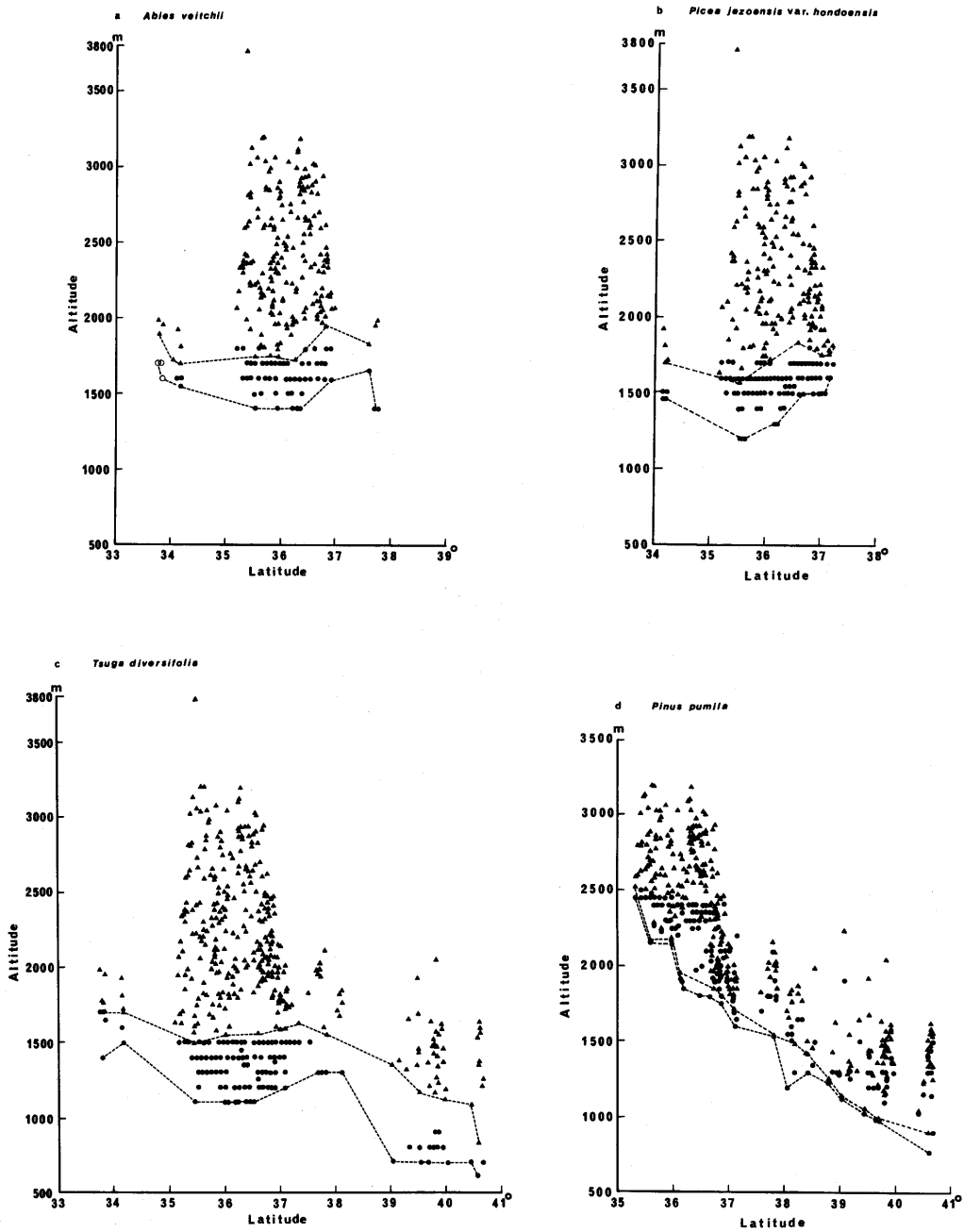


図-9 a~d シラベ, トウヒ, コメツガおよびハイマツの山の下限線と分布の下限線

Fig. 9a~d

Relation between the altitudes and the latitudes of the mountains where each of four conifer species is indigenous

Two lines in each figure are the same as these in Fig. 4.

▲: Mountains to which each of four conifer species is indigenous, ●: Lowest limit of vertical distribution of each of four conifer species in various mountains.

ある。また、ハイマツの場合各山における分布下限高が亜高山性針葉樹の場合と異なり、そのほとんどが山の下限線より上に位置している。更に、東北地方におけると同様に中部地方においても、ハイマツの出現する通常の高さよりも低い標高を有しながらその分布が確認されている山がある(小泉1926, 横内1965)。従って、このような山々を結んだ線が山の下限線を成している。そして、このような低い山においては、ほとんどの場合、ハイマツの分布は山頂付近に限られている。それ故、山の下限線と分布の下限線の間の高差が著しく小さくなっているものと解釈される。

上述の理由によって、ハイマツにおける2種の下限線は亜高山性針葉樹の場合とは異なる傾向を示した。従って、この2種の下限線が亜高山性針葉樹のそれと同一の地史的關係すなわち、温暖期における追い出し効果とその後の下降といった一連の現象を示しているとは考え難い。換言すればハイマツの2種の下限線の間隔が著しく狭いことは、温暖期の垂直分布帯の上昇に際しても山頂付近に遺存的に残り得る機会が多かったことを示唆している。かつて、小泉(1926)は、ハイマツのような遺存的分布をする植物を「遺存寒地植物」、またそのような植物が分布する地帯を「遺存寒地帯」と呼び、そのような地域における植物の分布から日本における氷期の存在およびその時代の垂直分布帯の高度を推定した。従って、ハイマツにおける山の下限線は小泉のいう遺存寒地帯に相当する山岳を結んだ線ということになる。そして、温暖期におけるハイマツの分布の下限線はこれよりも上に位置すべきものと推定されるが、個々の山についてそこにおけるハイマツの分布が遺存であるか否かを判定することは難しい。

このように、オオシラビソにおいて認められた山の下限線と分布の下限線との関係が、同じく亜高山帯を代表する樹種であるシラベ、トウヒ及びコマツガにおいてもほぼ同様に認められたことは、これが共通の原因に基づいた同一種の現象であることを証明し、そしてこれらの針葉樹に限らず、他の多くの樹種にもあてはまるであろうことを示唆している。

#### IV-6 暖かさの指数と分布パターンとの関係

前節では、代表的な亜高山性針葉樹における山の下限線と分布の下限線との関係およびそれから導き出された問題点について述べた。

本節では、これらの線が温度要因特に暖かさの指数(吉良1948)との関係でどのように位置づけられるかを検討する。

まず吉良(1948, 1949)によって山地帯と亜高山帯の境界値とされた暖かさの指数45度(45WI)の線あるいは面が、各緯度および地理的位置において如何なる標高(m)を占めるかを調べてみよう。

##### IV-6-1 資料および方法

45WI面の理論的標高を求めるための資料として、1958年気象庁発行の「全国気温資料」の月



別累年平均値を用いた。この資料から各観測点の標高と月別平均気温を知り、気温減率 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用い、各観測点の45WI面に相当する標高を計算した。なお、気温減率として吉良(1948, 1949)ははじめ $0.55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用いていたが、後に関口(1949)の示した気温減率の全国平均値である $0.61^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用いるようになった(吉良・吉野1967)。表-5には気温減率を $0.01^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ずつ変えた場合の各観測地点の45WI面標高の計算値を示したが、気温減率として $0.55^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用いた場合と $0.61^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用いた場合とで計算された標高の間に90~180mという大きな差が認められる。しかも、気温減率が季節、地方、標高や地形などに影響されることも知られているが(長谷川1974, YOSHINO1975, 北田1977), 吉良(1948)の指摘するように、誤差を生ずる原因はわかっているにもかかわらず簡単に補正することは難しい。そこで暖かきの指数と樹種の分布パターンとの関係をマクロな視点から考えようとする本論では、観測点の資料が多いことでもあるから、林野庁(1965)の「地位指数調査要領」にならって吉良・吉野(1967)のそれに近い気温減率 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ を用いることにした。なお、はじめ吉良(1948, 1949)は温量指数の計算に際して一日数回観測に基づく真の平均気温(あるいは補正值)を用いたが、その後中央气象台発行の気温報告(1931~1952)における日最高最低気温の相加平均による月別累年平均値を用いている。そしてこれによって求められた暖かきの指数は、地方によって異なるが、5WI程前者より高くなることを指摘している(吉良・吉野1967)。

気象庁「全国気温資料」(1958)に載る月別累年平均値も日最高最低気温の相加平均として示されたものである。ここではこの値をそのまま用いたが、用いられる基準および資料によって期待される標高の計算値が異なることは上記のように明らかであり、本研究において筆者の求めた45WI面の高さ、吉良(1948), 斎藤(1977), 石塚(1978)らによって示された値との間に若干のずれがあることを繰返し指摘しておきたい。

#### IV-6-2 45WI面の高さの等値線

上記の方法によって求めた $35^{\circ}\sim 41^{\circ}\text{N}$ 間の各観測点の45WIの高さと緯度との関係を(図-10)に示した。図-10には他に、暖温帯と冷温帯および亜高山帯と高山帯の各境界に対応する85WI面と15WI面(吉良1948)の高さと緯度との関係も併せ示した。図-10から大きな傾向として、85WI, 45WIおよび15WI面のいずれにおいても観測点の所在する緯度と理論的標高との間にほぼ直線的な関係があることがわかる。もちろん同じ緯度にある観測点の間でもかなりのばらつきが認められる。

そこで次に、各観測点の45WI面の高さを地図上に記入して比較検討したところ、日本海側と太平洋側、あるいは海岸部と内陸などの地域の違いによって同一緯度上でその値を異にする傾向のあることがわかった。この研究では、亜高山性針葉樹各種の示す山の下限線および分布の下限線と45WI面の高さとの間に如何なる関係が存在するかを問題としている。従って、そのためにはそれぞれの樹種の分布域内各地点で45WI面が如何なる高さを示すかを、各観測点の緯度

表一 5 種々の気温減率によって推定された45WI面の高さ

Table 5 Altitudes(m) of the 45WI plane presumed from different lapse rates ( $^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ )

Meteorological station				Presumed altitudes of the 45WI plane						
Locality	Alt. (m)	Lat. (N)	Long. (E)	0.55 (m)	0.56 (m)	0.57 (m)	0.58 (m)	0.59 (m)	0.60 (m)	0.61 (m)
Aomori	4	40°49'	140°47'	922	906	890	875	860	846	832
Akita	9	39°43'	140°06'	1167	1146	1126	1107	1088	1070	1053
Morioka	155	39°42'	141°10'	1137	1119	1102	1086	1070	1055	1040
Sendai	38	38°16'	140°54'	1210	1190	1170	1150	1131	1113	1095
Yamagata	151	38°15'	140°21'	1418	1395	1373	1352	1332	1312	1293
Niigata	2	37°55'	139°03'	1496	1469	1444	1419	1395	1371	1349
Fukushima	67	37°45'	140°28'	1491	1466	1441	1418	1395	1373	1351
Toyama	9	36°42'	137°12'	1582	1554	1527	1500	1475	1451	1427
Nagano	418	36°40'	138°12'	1781	1757	1734	1711	1689	1668	1648
Utsunomiya	120	36°33'	139°52'	1575	1549	1524	1499	1476	1453	1431
Kanazawa	27	36°32'	136°39'	1594	1567	1539	1513	1487	1463	1440
Mito	30	36°23'	140°28'	1463	1438	1413	1389	1366	1344	1322
Takasaki	95	36°20'	139°01'	1659	1631	1604	1578	1553	1528	1504
Fukui	10	36°03'	136°14'	1695	1665	1636	1608	1581	1554	1529
Urawa	20	35°51'	139°39'	1696	1666	1637	1609	1582	1556	1530
Tokyo	5	35°41'	139°46'	1693	1663	1634	1606	1578	1552	1527
Kofu	272	35°38'	138°34'	1954	1924	1895	1867	1840	1814	1788
Chiba	27	35°36'	140°08'	1666	1637	1609	1582	1555	1530	1505
Tottori	7	35°31'	134°15'	1777	1745	1715	1685	1657	1629	1603
Matsue	17	35°27'	133°04'	1696	1666	1637	1609	1582	1556	1531
Yokohama	40	35°26'	139°39'	1658	1629	1601	1574	1548	1523	1499
Gifu	13	35°24'	136°46'	1780	1748	1718	1688	1660	1632	1606
Nagoya	52	35°10'	136°58'	1831	1799	1768	1739	1710	1683	1656
Kyoto	42	35°01'	135°55'	1836	1804	1773	1743	1714	1686	1659
Otsu	98	35°00'	135°58'	1798	1768	1738	1710	1683	1656	1631
Shizuoka	15	34°58'	138°24'	1833	1800	1769	1739	1710	1682	1654
Himeji	18	34°51'	134°42'	1794	1762	1731	1702	1673	1646	1619
Tsu	3	34°44'	136°31'	1730	1699	1670	1641	1613	1586	1560
Nara	73	34°40'	135°50'	1882	1850	1819	1789	1759	1731	1704
Okayama	8	34°40'	133°56'	1793	1761	1730	1701	1672	1644	1617
Osaka	7	34°39'	135°32'	1910	1876	1843	1812	1781	1751	1723
Hagi	6	34°25'	131°24'	1754	1723	1693	1664	1636	1609	1583
Hiroshima	29	34°22'	132°26'	1771	1740	1710	1681	1653	1626	1600
Takamatsu	9	34°19'	134°03'	1776	1744	1714	1684	1656	1628	1602
Wakayama	14	34°14'	135°10'	1884	1850	1818	1787	1757	1728	1700
Tokushima	1	34°04'	134°35'	1825	1793	1761	1731	1702	1673	1646
Matsuyama	31	33°50'	132°45'	1831	1799	1768	1738	1709	1681	1654
Kochi	1	33°34'	133°33'	1836	1804	1772	1742	1712	1684	1656

およびその地域性を考慮した形で全体的にとらえる必要がある。

45WI面の高さを地理的に表現する手段としては、最もふつうに等値線あるいは等高線による

方法が用いられる。本研究では、日本列島に適当な大きさのメッシュを掛け、同一網目=区画内に含まれる観測点の値の平均値をもってその区画の代表値とし、更にそれぞれ隣り合う区画間の値の差を求め、比例配分法によって等値線を描く方法を用いた。この場合問題となるのは、メッシュの大きさであるが、これは観測点の総数および配置状況によって決められるべきものである。本州および四国における気象官署ならびに観測所（篤志観測所を含む）の総数は1,486個所になるが、その配置ないし分布は必ずしも一様ではなく、都市周辺に集中し、逆に東北地方の内陸部などでは少ない。これらの諸事情を考慮して検討した結果、メッシュの大きさを緯度 $20'$ ×経度 $30'$ に決め、それぞれの区画内の平均値を求めた（図-11）。なお東北地方については、その観測点の密度が他地域に比べて低いため、他の観測点の値と比べて極端に異なる値をとらない限り、月別平均気温の統計年数が5年の観測点の資料も含めて使用した。また、新潟・福島県境の $37^{\circ}00' \sim 37^{\circ}20'$ 間と新潟・福島・山形県境の $37^{\circ}40' \sim 38^{\circ}00' N$ 間の2個所に観測点の全く存在しない区画が認められたので、隣接する4区画の平均を求め代用した。

上の方法によって求めた区画ごとの平均値から比例配分法により50m高距の等標高線を地図上に画いた（図-12）。図-12から明らかなように、四国の一部を除いてほぼ矛盾のない等標高線が画けたといえる。等標高線は北緯 $38^{\circ}30'$ 以北では日本海側で北に寄り、内陸部から太平洋側にかけて南に下る傾向を示している。また、北緯 $36^{\circ}30' \sim 38^{\circ}30'$ にかけては内陸部で最も北に上がり、太平洋側で最も南に寄る。更に、中部地方の内陸部の甲府盆地付近に高標高域が現われ、ここから日本海側にかけて同心円状ないし放射状に急な傾きで減少する。図-12では、青森県から岩手県北部と宮城県から福島・茨城両県の沿岸部にかけて等標高線の密度が高い地域が認められる。一方、中部地方以西の近畿、中国、四国にかけては、その間隔が広く、ほぼ緯度に平行に変化していることがわかる。

以上、本州および四国における45WI面の高さを示す等標高線は必ずしも緯度と平行に現われず、地域が異なることによって複雑に変化するものであることが明らかになった。特に中部地方に現われた高標高域の中心における値1750mは、それより南の紀伊半島から四国にかけての等標高線のそれと同じである。つまり、この高標高域は緯度的な位置に対応して現われたものとは考え難い。この地域は周囲を富士山、南アルプス、秩父山地など2000~3000m級の山岳にかこまれ、冬は積雪も少なく寒さが厳しいが、標高の割に夏の気温が高い、いわゆる内陸的な気候の顕著な地域である。内陸的な気候の地域における森林限界が、その他の地域特に沿海性気候の地域より高くなる現象は北海道において認められている（林1927）。林はこの現象と、ヨーロッパアルプスの森林限界の上昇をH. LIEZのいわゆるMassenerhebungによって説明したBROCKMAN-JEROSCH (1919)説との関連について考察した。また高橋(1964)は、北海道でハイマツ帯の出現する下限の標高は同一緯度でも概して内陸部で高く、海岸部で低いことを明らかにし、しかもその標高におけるハイマツの生育期間の平均気温が北海道のどこでもほぼ等しい

ことを「任意地点の月別平均気温の推定法」(気象庁統計課1960)を用いて推定した。従ってハイマツ帯の下限高における暖かさの指数も等しいとした。

同じように中部地方における高標高域も内陸的な気候型を反映した温度効果を示しているものと考えられる。

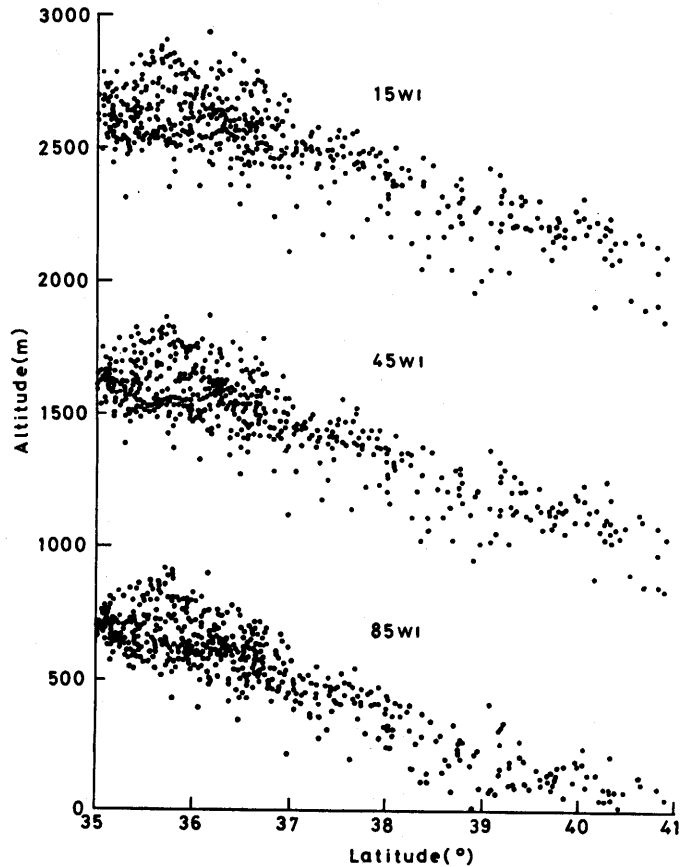


図-10 暖かさの指数15WI, 45WI および85WI 面の高さの緯度分布

Fig. 10 The presumed altitudes of the plane of 15WI, 45WI and 85WI from the top respectively, at various latitudes

#### IV-6-3 45WI 面の高さと樹種の分布パターン

さきに、オオシラビソ、シラベ、トウヒおよびコメツガの間で、山の下限線と分布の下限線のパターンにそれぞれ違いがあることを示した。それぞれの樹種が示すパターンのこのような違いが何に起因して生じたものかを調べるため、それと45WI 面の高さの分布すなわち図-11との関係を検討した。図-12に関連してすでに述べたように、等標高線のパターンは地域によって異なるので、緯度と標高によって示される樹種の分布パターンが温度条件の地理的分布に忠実に対応しているかどうかは必ずしも明らかでない。

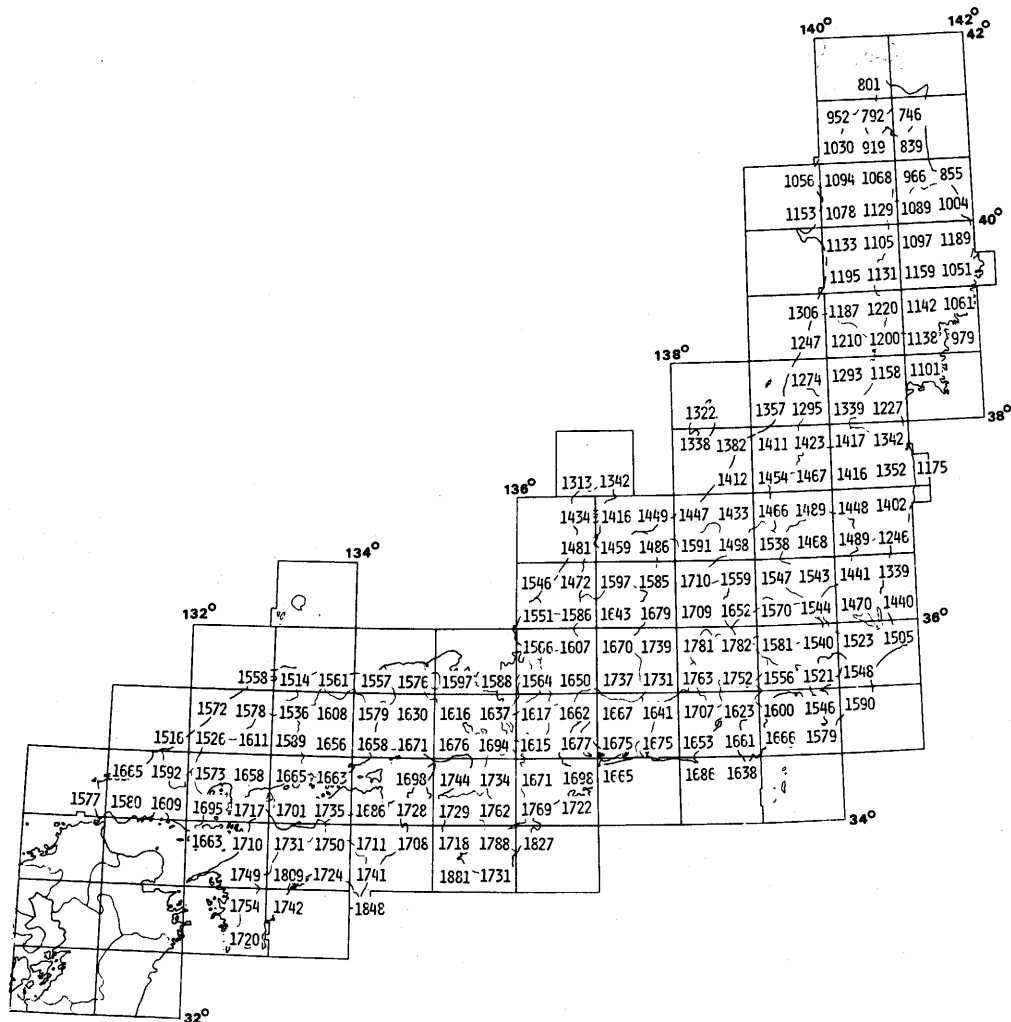


図-11 本州および四国の各地における45WI面の平均標高

Fig. 11 Altitudes(m) of the presumed plane of 45WI in Honshu and Shikoku

Each value on the map indicates the mean altitude of the 45WI plane presumed from the monthly mean temperatures at the meteorological observatories existing in every plot of the mesh 20' lat. x 30' long.

この点を検討するため、図-11に示した区画からそれぞれの樹種が分布する区画だけを選び、その区画内の45WI面の高さとの関係を2種の下限線と比較した(図-13a~d)。

まず、オオシラビソについてみると(図-13a)、45WI面の高さのグラフは、ほぼ山の下限線と分布の下限線との間に収まり、しかもこれらの線とほぼ平行的な関係にある。従ってオオシラビソの2種の下限線の間を生じた領域は、この種が実際に分布する地域の温量条件を反映したものと考えられる。これによって、オオシラビソが温度に忠実に対応した分布をする樹種であるとしたさきの仮定が妥当であったことがわかる。更にこの45WI面の高さは、図-4に示し

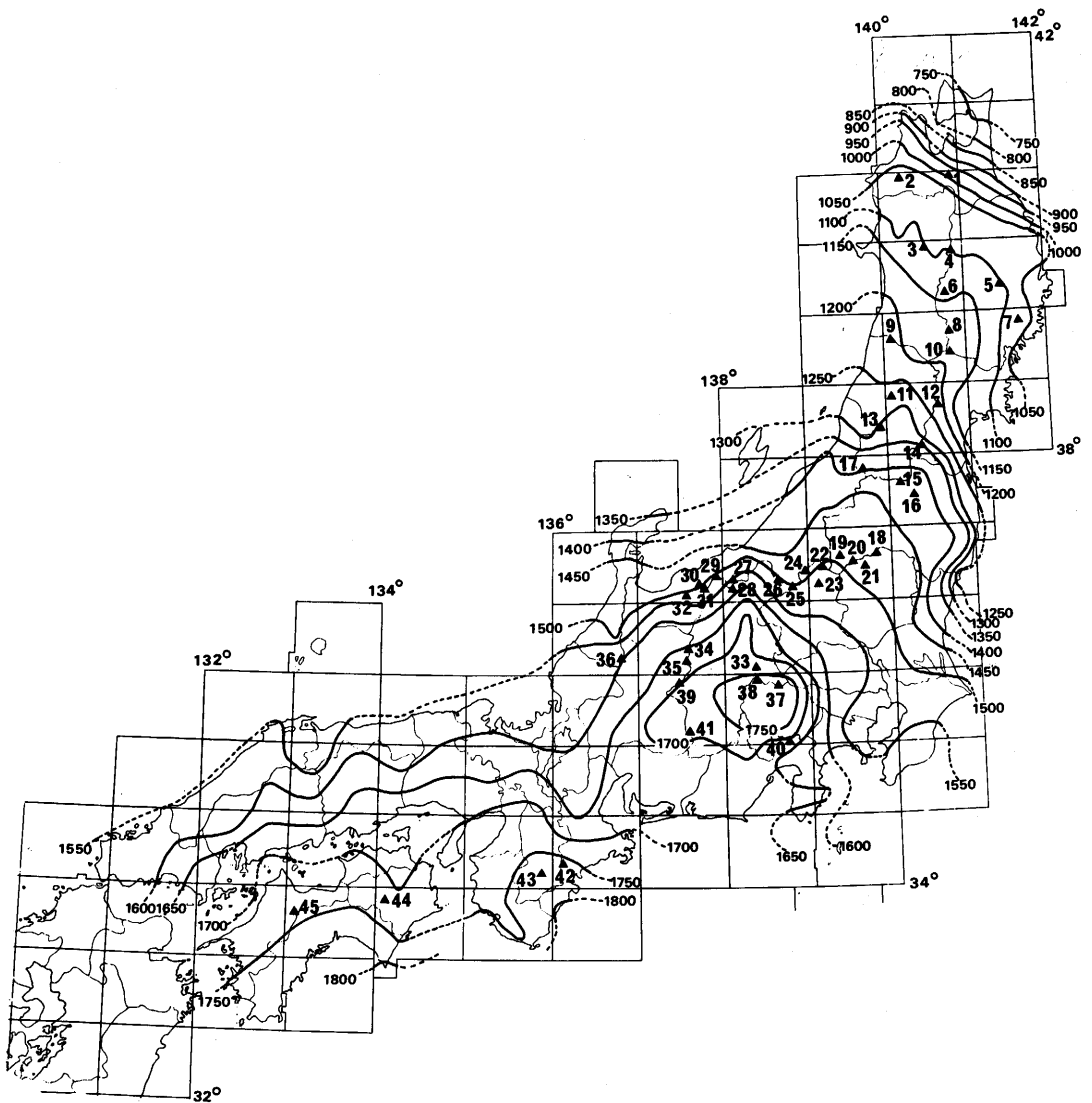


図-12 本州および四国における45WI面の高さの等値線

Fig. 12 Altitudinal isopleths(m) of the 45WI plane in Honshu and Shikoku  
The numbers attached to the mountains correspond to those in Table 7.

たオオシラビソの下限とブナの上限との関係から考えて、亜高山帯・山地帯間の境界とよく対応する。このことは逆に、この45WI自体が、吉良(1949)の45WIとは多少異なる資料および方法によって求められたものであるにもかかわらず、それと全く同じ指標性を有していることを示している。

シラベについてみると(図-13b), 45WI面の高さは北緯33°50′~36°20′の間ではほとんど変化せず一定の値を示し、山の下限線とほぼ一致する。そして、分布の下限線とほぼ平行的な関

係にある。このことは、図一12に示すように、中部地方山梨県西部山地と紀伊半島大峰山系および四国の石槌山や剣山などの諸地域がほぼ同じ標高値を示すことによるものであるが、いずれにしても北緯36°20′以南におけるシラベおよびシコクシラベの垂直分布パターンは温量傾度に対応したものと考えられる。これに対して北緯36°20′以北では45WI面の高さは2種の下限線とは異なる変化を示している。つまり、北緯36°20′以北のシラベの垂直分布には温度以外の要因が関与しているであろうことが示唆される。

トウヒの場合も（図一13c）、45WI面の高さは北緯36°20′以南で2種の下限線の変化とほぼ類似した傾向を示す。しかし、北緯36°20′以北ではシラベの場合と同様にそれとは必ずしも一致しない。

コマツガにおいては（図一13d）、2種の下限線と同じく45WI面の高さもシラベおよびオオシラビソの各主要部を合成したようなパターンを示し、かつ山の下限線とおおよそ一致する。

#### IV-6-4 45WI面の高さと山地帯・亜高山帯間の境界

前節において僅かに触れたが、本節においていまま少し考察を進めて45WI面の高さと山地帯・亜高山帯間の境界高度との関係について明らかにしておきたい。

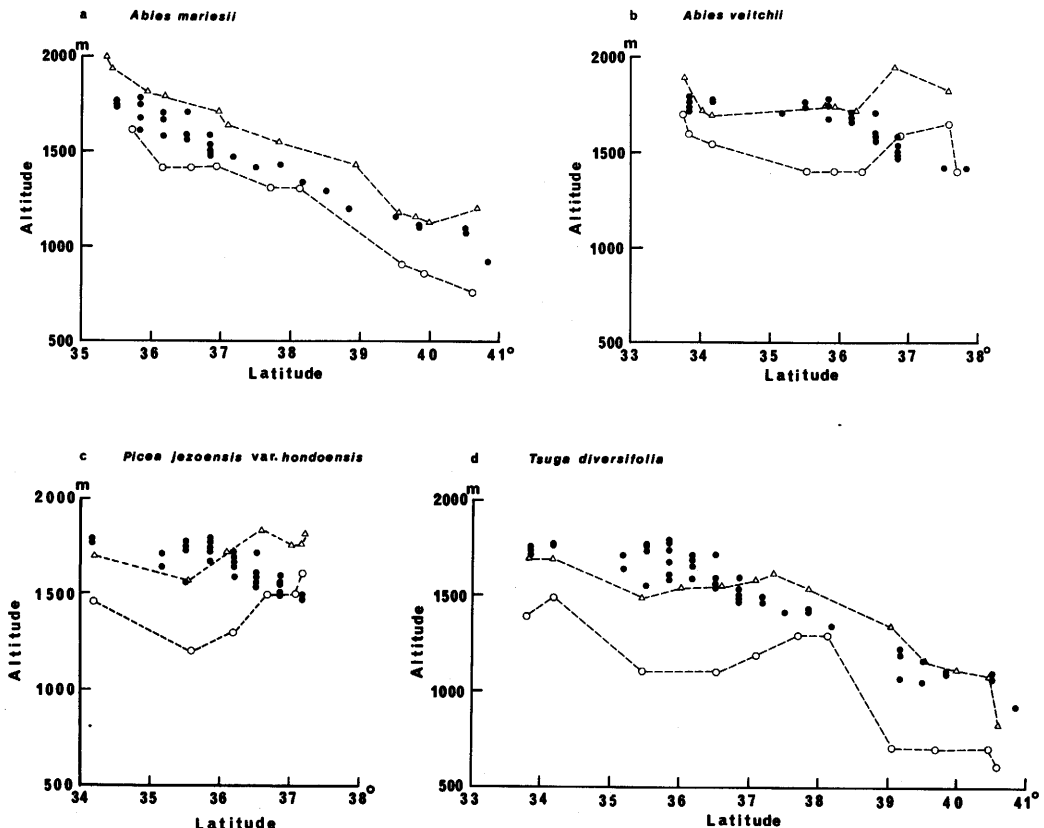
山地帯と亜高山帯の境界高度としては、古くは武田（1926）、中野（1928）らが試みたように、両帯を代表する指標種の垂直分布域が接する付近をもってそれに当てる方法がとられてきた。今西（1937）は日本アルプスにおける垂直分布帯について研究し、表日本型の山岳では、ウラジロモミとシラベの接する分布高度を、また裏日本の山岳ではブナとオオシラビソの接する分布高度をもってそれぞれ山地帯・亜高山帯間の境界と定義した。吉良（1948）は、今西のこの indicator method によって定められた境界高度と暖かさの指数を対比した結果、45WI面の理論的標高の方が、さきに自ら（1945）の提唱した55WIよりも適合性が高いことを明らかにした。これ以来、45WIを山地帯と亜高山帯との境界温度指標とする考えが広く一般に受け入れられ、実際に方々の山地においてその適合の関係がしばしば比較されてきた（斎藤1977、石塚1978）。

しかし、今西（1937）の方法にしても、日本アルプスのような標高2500m以上の山岳においてこそ適合性も高いと考えられるが、東北地方の低い山々では必ずしも今西の方法がそのまま適用されるとは限らない。事実、ブナとオオシラビソの垂直分布範囲が必ずしも接続的な上下関係にはなく、互いに連続的に重なる場合が多く認められる（表一6）。この点については吉良（1959）および吉良・吉野（1967）も、両種が東北地方では標高幅数百mにわたって重複すること、またウラジロモミとシラベ、ウラジロモミとオオシラビソとの組み合わせでは接続というよりむしろ100~200mの重複が常態であるようにみえることを指摘している。また今西（1937）は、コマツガは山地種的性格が強くその分布が地形条件によって左右されることとしばしば遷移の途中相に現われることから、気候的極相を構成する樹種ではないと考え、従って山地帯と

亜高山帯との境界を分かち指標としては不適當な樹種であるとした。しかし、コメツガの優勢な表日本の山岳においてコメツガの優占する分布域を、亜高山帯中のコメツガ帯あるいは亜帯として認める人も多い（武田1941, 前田・島崎1951, 植松1967, 落合1972, 前田他1976）。また、今西（1937）の示したような指標種の接触関係をもたない日本海側の山岳においては、ブナ林が森林限界をなし、低木化したブナが直接ハイマツと接する場所も少なくない（高橋1960b）。

このように、山地帯と亜高山帯とを何によって分かちか必ずしも研究者間で一致していない。その上、植生帯の水平あるいは垂直的区分とそれに対応する気候帯の区分に関して、日本における類型が欧米のそれとはかなり異なる場合のあることが指摘されてきた（鈴木1970, 館脇1971, 沼田1979, 大場1980, 四手井1981）。

このように、亜高山帯の下限およびその範囲に関しては種々の異なった見解がある。それ故



図一13a～d 各樹種の分布する山岳の45WI面の高さと2種の下限線との関係

Fig. 13a～d Relationship between two sorts of lines and the presumed plane of 45WI on the mountains to which each conifer species is indigenous, at various latitudes  
Each dot indicates the mean altitude in a plot shown in Fig. 12.



ここでは、各地の山々(図-12)の亜高山帯の下限が特にそこでの45WI面の高さに対してどのような関係にあるかを比較した。用いた亜高山帯の下限高は、筆者の調査した山々については石塚(1978)の方法によって決定したが、その他の山々については文献に示された標高をそのまま用いた。

また、山地帯と亜高山帯との接続あるいは連絡的關係にある群落のタイプおよび代表樹種を表-7にあわせ示した。表-7によると、亜高山帯の下限高と45WI面の高さは東北地方においては比較的よく一致しているが、上越および中部の山岳では前者の方が多少高くなっている。例えば北アルプス北部において、今西(1937)の示した亜高山帯の下限が吉良(1948)の算出した45WI面の高さよりも高標高に位置することが認められている。この点について吉良は、ブナ(もしくはウラジロモミ)林とオオシラビソ(もしくはシラビソ)林の境は両者の生理的な限界によるものではなくむしろその勢力のつりあいを示す社会的な境であるとする今西(1937)の説を引用したうえで、北アルプスのうちでも表日本の南部に多くかつオオシラビソよりは低標高までおるシラビソが裏日本的な北部では欠けていることが、そこでブナをより高くまでのぼらせる原因になっていると説明した(吉良1948)。同様の説明はここに限らず上越付近の第二線の山々(鈴木1952)についてもあてはまるものと考えられる。また、積雪深の増加に伴ってオオシラビソからなる亜高山帯林も破綻し、ついにはオオシラビソの個体としての生育も制限されるような日本海側多雪山地では、低木化したブナがその欠を埋めているところが多い。これも社会的勢力のバランスのくずれの1例であるが、この場合、今西のindicator methodに従えば結果的には山地帯の上昇として認められることになる。一方、富士山、御岳山、恵那山などのコメツガの勢力が強い山ではウラジロモミあるいはブナとコメツガの分布が重なる付近を亜高山帯の下限とすることもあるが、この場合には、亜高山帯下限高の方が45WI面の高さよりも低くなっている。

このように、山地帯と亜高山帯との境界は基準とする樹種や対象とする地域によって必ずしも一様でない。垂直分布帯を構成する種およびその配列が日本海側と太平洋側とでは異なること、また各指標種の社会的勢力関係が環境要因と対応して変化することを考えると、45WIといった単一の指数によって日本の広い範囲の山地帯と亜高山帯とを分けようとしても、実際にうまく一致しない地域が出てくるのはむしろ当然であろう。しかし、垂直分布帯をマクロな地理学的な対象としてとらえる時、吉良の提案した温量指数は植生帯の境界表示尺度としてはきわめて有効なものである。温量指数は更に、温度要因だけでは説明のできないあらたな生態学的な問題点およびその所在をきわ立たせることができるという意味においても重要なものである。

表一六 各地の山岳における主要樹種の垂直分布の下限および上限

Table 6 Lower and upper limit of vertical distribution of main trees and shrubs in different mountains

Mountain	Alt. (m)	Lat. (N)	Species	Lower limit (m)	Upper limit (m)	Author and/or researcher	
Iwaki-san	1625	40°39'	F.c.	—	1160	KAJI, M. 1979*	
			A.m.	1238	—		
Hakkoda-san	1585	40°39'	F.c.	400	1100	YOSHIOKA, K. (1943)	
			T.d.	700	1200		
			B.e.	700	1550		
			A.m.	750	1575		
			Q.m.u.	920	1250		
			P.p.	900	1580		
Tashiro-dake	1178	40°25'	F.c.	—	1110	KAJI, M. 1981*	
Moriyoshi-yama	1454	39°58'	A.m.	1100—1200	—	MORI, K. (1968)	
Samada ~ Moriyoshi-yama			F.c.	—	1220	KAJI, M. 1979*, 1981*	
			A.m.	1050	1440		
			Q.m.u.	1200	—		
			P.p.	1260	1440		
Moriyoshi-yama ~ Yunotai			F.c.	—	1170		
			A.m.	980	1440		
Hachimantai	1614	39°57'	F.c.	600	1100	YOSHII, Y. & T. OHIZUMI (1954)	
			B.e.	900	1400		
			A.m.	1000	1600		
			P.p.	1200	—		
			A.m.	850	—		MORI, K. (1968)
			A.m.	1100—1200	1400—1500		YOSHIOKA, K. (1970)
			F.c.	—	1260		KAJI, M. 1979*
			A.m.	980	—		
Nyuto-san	1478	39°48'	A.m.	1040	—	MORI, K. (1968)	
Taihei-zan	1171	39°48'	F.c.	—	1160	KAJI, M. 1981*	
			Q.m.u.	1110	1170		
Waga-dake	1440	39°34'	F.c.	(800)	1290	KAJI, M. 1980*	
			Q.m.u.	1040	1330		
			P.p.	1280	1330		
Hayachine-san	1913	39°33'	T.d.	900	1700	MURAI, S. & K. MUNAKATA (1957)	
			A.m.	900	1700		
			P.p.	1300	1900		
			A.m.	1100	1600		MORI, K. (1968)
Odagoe ~ Kawai			F.c.	—	1240	KAJI, M. 1979*	
			A.m.	1030	—		
Odagoe ~ Hayachine-san			F.c.	—	1260		
			A.m.	—	1910		
			T.d.	—	1900		
			P.p.	1400	1910		
			A.m.	1020	1910		
Hayachine-san ~ Kawarabo			A.m.	1020	1910		

			P.p.	1360	1910	
Odagoe ~ Oide			F.c.	—	1280	
			A.m.	1070	—	
Chokai-san	2230	39°06'				
Chokaisanso ~ Chokai-san			F.c.	(640)	1300	KAJI, M. 1975*
			B.e.	1160	1620	
			Q.m.u.	1270	1370	
			P.p.	1360	1880	
Chokai-san ~ Hokotate			F.c.	—	1280	
			B.e.	1160	1470	
			Q.m.u.	1230	1440	
			P.p.	1320	2100	
Goyo-san	1341	39°12'	T.d.h.	650	1340	KAJI, M. 1980*
			F.c.	670	1100	
			T.d.	670	1340	
			B.e.	1230	1340	
			P.p.	1270	1340	
Yakeishi-dake	1548	39°10'				
Geto ~ Yakeishi-dake			F.c.	280	1330	KAJI, M. 1975*
			T.d.	1090	1130	
			Q.m.u.	1110	1545	
			P.p.	1230	1545	
Yakeishi-dake ~ Shitomae			F.c.	380	1180	
			B.e.	1150	—	
Kurikoma-yama	1628	38°57'				
Iwakagami-daira ~ Kurikoma-yama			F.c.	—	1350	KAJI, M. 1975*
			B.e.	1290	—	
			Q.m.u.	1000	1470	
			P.p.	1200 ?	1550	
Kurikoma-yama ~ Nuruyu			F.c.	330	1340	
			Q.m.u.	—	1540	
			B.e.	1050	1550	
Magusa-dake	1424	38°57'	A.m.	1300	1400	AWANO, H. & A. KURITA (1964)
Gassan	1980	38°33'				
Midagahara ~ Gassan			B.e.	1600	—	KAJI, M. 1975*
			Q.m.u.	1100	1400	
			P.p.	1720	1880	
Gassan ~ Hijiori			F.c.	—	1440	
			B.e.	1130	1570	
			Q.m.u.	1120	1620	
			P.p.	1540	1620	
Ichino-dake	1758		A.m.	1370	1600	MORI, K. (1962)
Funagata-yama	1500	38°27'	F.c.	(1070)	1420	KAJI, M. 1975*
			B.e.	1000	1420	
			Q.m.u.	1280	—	
			P.p.	—	1410	
Zao-san	1840	38°08'				

Yamagata side			A.m.	1300	—	MORI, K. (1968)
Miyagi side			A.m.	1000	—	
Kumano-dake			A.m.	1400	—	ISHIZUKA, K. (1971)
Katta-dake	1758	38°07'	F.c.	—	1370	KAJI, M. 1979*
			B.e.	1300	—	
			A.m.	1310	—	
Oasahi-dake	1870	38°15'	F.c.	—	1480	KAJI, M. 1979*
			B.e.	1350	—	
			Q.m.u.	1360	—	
			P.p.	1480	1860	
Nishiazuma-san	2024	37°44'	A.m.	1400—1500	2000	ISHIZUKA, K. (1971)
			A.m.	1300	—	MORI, K. (1968)
Osho-zan	1601	37°36'	F.c.	(880)	1350	KAJI, M. 1980*
			B.e.	1070	1600	
			T.d.	1370	1600	
Adatara-yama	1700	37°37'	A.m.	1340	1500 ?	
Iide-san	2105	37°51'	F.c.	160	1520	KAJI, M. 1975*
			T.d.	1060	1640	
			B.e.	1300	2030	
			Q.m.u.	1520	1630	
			P.p.	1520	2030	
Mikagura-dake	1386	37°31'	F.c.	350	1380	KAJI, M. 1980*
			C.j.	400	1385	
			Q.m.u.	950	1380	
Sumon-dake	1538	37°24'	F.c.	—	1480	SUGITA, H. 1980*
Asakusa-dake	1585	37°20'	F.c.	(590)	1450	SUGITA, H. 1980*
Aizuasahi-dake	1624	37°12'	F.c.	—	1550	KAJI, M. 1976*
Maruyama-dake	1820	37°10'	A.m.	1710	1810	
Koyu-san	1747	37°08'	A.m.	1600	—	
Tsuboiri-yama	1774	37°07'	A.m.	1560	—	
Madoake-yama	1842	37°06'	A.m.	1580	—	
Mitsuiwa-dake	2065	37°05'	F.c.	—	1580	
			B.e.	1580	—	
			A.m.	1580	—	
Sanbonyari-dake	1917	37°09'				
Kitaonsen ~ Sanbonyari-dake						
~ Otoge			F.c.	(1160)	1550	SUGITA, H. & M. KAJI 1981*
				—	1610	
			A.h.	(1160)	1540	
				—	1520	
			T.d.	1560	—	
			P.p.	1610	1917	
Daikura-yama	1885	37°09'				
Otoge ~ Daikura-yama			Q.m.u.	1600	—	
			T.d.	1765	1860	
			P.p.	1760	1880	
Minamigassan	1776	37°06'				

Shirasasa-yama ~ Minamigassan ~ Kurooya-dake		F.c.	—	1605	
		A.h.	—	1730	
		T.d.	(1670)	1775	
		P.p.	1635	1775	
<hr/>					
Oga-dake	1777 37°05'	F.c.	—	1620	SUGITA, H. 1980*
		T.d.	1545	—	
		A.m.	1610	1770	
Kanomata-yama	1817 37°03'	F.c.	—	1720	
Hirugatake	1849 37°02'	F.c.	(690)	1700	
		A.h.	—	1710	
		T.d.	1400	1848	
		A.m.	1745	1800	
		P.p.	1825	1848	
<hr/>					
Aizukomagatake	2132 37°03'	F.c.	—	1775	SUGITA, H. 1980*
		T.d.	—	2060	
		A.m.	1600	2132	
Osugi-dake	1921 37°00'	F.c.	—	1680	SUGITA, H. 1980*
		P.j.	—	1855	
		A.m.	—	1921	
		T.d.	1420	—	KAJI, M. 1979*
		A.m.	1500	—	
Numayama-toge	1790 36°57'	F.c.	—	1550	KAJI, M. 1974*
		A.m.	1410	—	
		T.d.	1200	—	
<hr/>					
Hiragatake	2140 37°00'	F.c.	(800)	1710	KAJI, M. 1975*
		Q.m.u.	1450	1640	
		T.d.	1570	2070	
		B.e.	1600	2070	
		A.m.	1580	2130	
		P.p.	1970	2130	
Hiragatake ~ Fujiwara-yama		F.c.	—	1840	
		A.m.	1750	2050	
		B.e.	1770	2050	
		P.p.	1780	2050	
		Q.m.u.	1840	1990	
		T.d.	1780	1970	
<hr/>					
Nakano-dake	2085 37°05'	F.c.	400	1740	KAJI, M. 1975*
		Q.m.u.	1020	1760	
		B.e.	—	1840	
		A.m.	1900	—	SUGITA, H. 1980*
Echigokomagatake	2003 37°07'	F.c.	—	1550	SUGITA, H. 1980*
		T.d.	1820	—	
Tango-san	1809 37°03'	F.c.	—	1540	
		A.m.	1690	—	
Usagi-dake	1926 37°02'	F.c.	—	1795	
		A.m.	1830	1860	
<hr/>					
Makihata-yama	1962 36°59'	F.c.	(750)	1540	KAJI, M. 1976*
		Q.m.u.	1130	1840	

			A.m.	1720	1920	
			P.p.	1765	1920	
			F.c.	(1200)	1600	NAGASAWA, Y. (1970)
			A.m.	1700	1900	
Naeba-san	2145	36°51'				
Akayu ~ Naeba-san			F.c.	—	1770	KAJI, M. 1974*
			B.e.	1500	2000	
			T.d.	1500	1850	
			A.m.	1640	2110	
Wadagoya ~ Naeba-san			F.c.	(1100)	1640	KAJI, M. 1980*
			A.m.	1550	2110	
			B.e.	1510	1940	
			T.d.	1650	1870	
Tairappyo-yama	1984	36°49'	F.c.	—	1680	KAJI, M. 1980*
			Q.m.u.	1660	—	
			A.m.	1660		
			T.d.	1720		
			B.e.	1390	—	
Hotaka-yama	2158	36°48'				
Asahigoya ~ Okihotaka-yama			F.c.	(1400)	1670	KAJI, M. 1974*
			T.d.	1400	2120	
			B.e.	1390	2150	
			A.m.	1900	2150	
			P.p.	1980	2150	
Okihotaka-yama ~ Uenohara			F.c.	(1650)	1680	
			T.d.	1600	2120	
			B.e.	1600	2150	
			A.m.	1660	2150	
			P.p.	2060	2150	
Mitabara-yama	2446	36°53'	F.c.	900	1600	SAKUMA, E.(1972)
			A.m.	1600	1900	
			B.e.	1900	2200	
Hiuchi-yama	2462	36°55'	F.c.	(1420)	1720	YAMAGISHI, H. & H. MATSUI (1971)
			A.m.	1700	2140	
			P.p.	2200	—	
Amakazari-yama	1963	36°54'	F.c.	—	1900	KAJI, M. 1980*
			Q.m.u.	1580	—	
			B.e.	1560	—	
			T.d.	1560	1710	
			A.m.	1880	1900	
			P.p.	1900	—	
Nyoho-san	2464	36°49'	A.h.	—	1790	SUGITA, H. 1980*
			T.d.	(1535)	2210	
			P.j.	(1635)	2335	
			A.v.	1815	2439	
			A.m.	1900	2410	
Taro-yama	2368	36°49'	A.h.	—	1765	
			T.d.	—	2300	
			P.j.	1635	2300	

			A.v.	1635	2367
			A.m.	1635	2070
Nantai-san	2484	36°46'	F.c.	—	1695
			A.h.	(1360)	1825
			T.d.	1670	2400
			A.v.	1825 ?	2484
			P. j.	1795	2300
			A.m.	2240	2400

F.c. : *Fagus crenata*, B.e. : *Betula ermanii*, Q.m.u. : *Quercus mongolica* var. *undulatifolia*, A.m. : *Abies mariesii*, A.h. : *A. homolepis*, A.v. : *A. veitchii*, P.j. : *Picea jezoensis* var. *hondoensis*, T.d. : *Tsuga diversifolia*, P.p. : *Pinus pumila*, C.j. : *Cryptomeria japonica*, T.d.h. : *Thujaopsis dolabrata* var. *hondae*.

\* unpublished data.

表一七 各地の山岳における亜高山帯の下限高と45WI面推定高の比較

Table 7 Comparison between the actual lower altitudinal limit of the subalpine zone and the presumed altitudinal range of the 45WI plane in various mountains

No. Mountain	Alt. (m)	Author and researcher	Connecting dominant	Lower limit of subalpine zone (m)	Presumed altitudinal range of 45WI (m)
1 Hakkoda-san	1585	YOSHIOKA(1966)	Fc-Am	1000	950—1000
2 Iwaki-san	1625	ISHIKAWA & SAITO(1969)	Fc-Be	900—1100	1050—1100
3 Moriyoshi-yama	1454	KAJI 1979*	Fc-Am	1100—1150	1100—1150
4 Hachimantai	1614	YOSHII & OHIZUMI(1954)	Fc-Am	1000—1100	1050—1100
5 Hayachine-san	1914	KAJI 1979*	Fc-Td, Am	1100—1150	1100—1150
6 Waga-dake	1440	KAJI 1980*	Fc-S	1250—1300	1100—1150
7 Goyo-san	1341	OKUDA(1968)	Qg, Fc-Td, Th	900	1050—1100
8 Yakeishi-dake	1548	KIKUCHI & ISHIZUKA(1966)	Fc-S	1200—1250	1150—1200
9 Chokai-san	2230	ISHIZUKA et al. (1972)	Fc-Qu	1050—1200	1200—1250
10 Kurikoma-yama	1628	YOSHIOKA et al. (1966)	Fc-S	1200—1370	1150—1200
11 Gassan	1980	ISHIZUKA et al. (1975)	Fc-S	1300—1440	1250—1300
12 Funagata-yama	1500	MAKITA & OGAWA(1978)	Fc-S	1280	1200—1250
13 Oasahi-dake	1870	KAJI 1979*	Fc-S	1350	1300—1350
14 Katta-dake	1758	KAJI 1979*	Fc-Am	1300—1370	1300—1350
15 Nishiazuma-san	2024	SAITO(1974, 1976)	Fc-Am	1400	1400—1450
16 Adatarayama	1700	KAJI 1980*	Fc-Am	1350—1400	1400—1450
17 Iide-san	2105	KIKUCHI(1975)	Fc-S	1500	1400
18 Oga-dake	1777	SUGITA 1980*	Fc-Td, Am	1550—1600	1450—1500
19 Mitsuiwa-dake	2065	KAJI 1974*	Fc-Am	1550—1580	1450—1500
20 Hiuchi-dake	2346	KAJI 1974*	Fc-Am	1500—1550	1450—1500
21 Taishaku-san	2060	MIYAWAKI et al. (1967)	Fc-Am	1600	1450—1500
22 Hiragatake	2140	MIYAWAKI et al. (1967, 1968)	Fc-Td, Am	1500—1600	1500—1550
23 Hotaka-yama	2158	KAJI 1974*	Fc-Am	1650	1500—1550
24 Makihata-yama	1962	KAJI 1980*	Fc-Qu, Am	1560	1450—1500
25 Tairappyo-yama	1984	KAJI 1980*	Fc-Am	1650	1500—1550
26 Naeba-san	2145	KAJI 1974*	Fc-Am	1550—1600	1500—1550
27 Kurohime-yama	2053	NAKAYAMA(1968)	Fc-Be	1600—1700	1550—1600
28 Myoko-san	2466	ISHIZUKA et al. (1974)	Fc-Am	1600—1700	1550—1600
29 Amakazari-yama	1963	KAJI 1980*	Fc-S	1500—1550	1500—1550

30 Asahi-dake	2418	YAMAZAKI & NAGAI(1960)	Fc-Am	1600	1500
31 Shirouma-dake	2933	TAKAHASHI et al. (1969)	Fc-Am	1500—1600	1500—1550
32 Sogatake	1855	NAGAI et al. (1979)	Fc-S	1600	1500—1550
33 Tengu-dake	2646	KAJI 1980*	Ah-Td, Av	1700—1750	1700—1750
34 Abo-san	2219	YATOH(1965)	D-Td, Ph, Av	1650—1700	1650—1700
35 Norikura-dake	3026	TSUCHIDA & MIKI(1974)	Ah-Td	1600	1650—1700
36 Haku-san	2702	SUZUKI & FUKUSHIMA(1972)	Fc-Be, Am	1500—1600	1550—1600
37 Kinpu-san	2595	SUZUKI(1977)	Ah-Td	1780—1820	1750—1800
38 Aka-dake	2899	KAJI 1975*	Ah-Td, Av	1750	1750—1800
39 Ontake-san	3063	TAKAHASHI(1943)	Ah-Td	1600	1650—1700
40 Fuji-san	3776	MAEDA et al. (1976)	Fc, Ah-Td	1600	1650—1700
41 Ena-san	2190	OCHIAI(1972)	Fc, Ah-Td	1500	1700—1750
42 Hidegatake	1695	MINAMIKAWA & YATOH(1972)	Ah-Td, Ph	1600	1750—1800
43 Bukkyogatake	1915	YATOH(1962)	Fc, Ah-Ph, Av	1650—1700	1750—1800
44 Tsurugi-san	1955	YAMANAKA(1953)	Ah-Td, As	1700—1800	1700—1750
45 Ishizuchi-yama	1981	YAMANAKA(1959)	Ah-Av	1700	1700—1750

Fc: *Fagus crenata*, Am: *Abies mariesii*, Av: *A. veitchii*, Td: *Tsuga diversifolia*, Th: *Thujaopsis dolabrata* var. *hondae*, Ah: *A. homolepis*, Ph: *Picea jezoensis* var. *hondoensis*, As: *A. veitchii* var. *sikokiana*, Qg: *Quercus mongolica* var. *grosseserrata*, Qu: *Q. mongolica* var. *undulatifolia*, Be: *Betula ermanii*, D: cool temperate deciduous broad-leaved trees, S: pseudo-alpine shrubs. \*: unpublished data.

## V 温度反応と積雪に対する適応性からみたオオシラビソおよびシラベの分布

酒井(1972)は、日本に自生する多くの樹種の耐凍性を最低非凍結温度すなわち耐凍度によって表わし、それと分布との関係を検討して、*Betula*, *Salix* および *Populus* 以外の樹種では、常緑広葉樹でも落葉広葉樹でも、それらの分布の北限が南にある種ほど耐凍度が低いという傾向を見出した。そして旧熱帯第三紀植物群に属する植物の耐凍度は北極第三紀植物群と比較するとかかなり低く、前者に属する植物では分布の南限が北にあるものほど一般にその自生地が北に広がっており、また自生地が北に及んでいるものほど耐凍度も高いという傾向があることを認めた。更に、旧熱帯第三紀植物群に属する植物の耐凍度とそれらの分布北限付近の最低温度とがほぼ同じであることから、これらの植物の分布には冬の寒さが制限要因となっていると主張した。一方、北極第三紀植物群に属する温帯性落葉樹をA, Bの2群に分け、A群に属する樹種は $-30^{\circ}\text{C}$ 以下に冷え込む地域には分布しないが、B群に属する樹種の多くは寒さのより厳しい所にも分布していることを認めた(酒井1975)。更に酒井・倉橋(1975)によれば、大部分の温帯や暖帯性針葉樹においては、亜高山帯や亜寒帯性の針葉樹と比較して、芽、葉、茎などの部位、器官あるいは組織の間の耐凍度の差が比較的少なく、いずれも $-30^{\circ}\text{C}$ 以下の凍結には耐えない。また、温帯や暖帯性針葉樹の大部分が、最寒期にしばしば $-30\sim-35^{\circ}\text{C}$ を記録する北海道中央部では生育できないことも知られている(倉橋他1974)。以上のことを総合すると、これらの樹種の高緯度・高標高方向への分布は、主として冬の寒さによって制限されているもの



と考えてよかろう。

酒井・倉橋 (1975) は更に、本州の山地帯と亜高山帯に生育する *Abies* の各部位の耐凍度を比較した。それによると、ウラジロモミ、シラベおよびオオシラビソでは、芽、葉、茎のうち、葉や茎の耐凍度 $-50\sim-70^{\circ}\text{C}$ に対して芽の耐凍度が明らかに低い。また樹種間では、5年生苗の芽の耐凍度が、ウラジロモミとオオシラビソが $-25^{\circ}\text{C}$ であるのに対しシラベは $-35^{\circ}\text{C}$ という高い耐凍度を示した。また、10年生苗では、ウラジロモミの $-30^{\circ}\text{C}$ に対して、オオシラビソとシラベが $-35^{\circ}\text{C}$ であった。つまり、ウラジロモミとオオシラビソでは、苗齢5年生から10年生にかけて耐凍度の増大が認められるのに、シラベではそれが無い。ここで、ウラジロモミが、オオシラビソおよびシラベと比較して低い耐凍度を示すことは、前者が山地帯を中心に分布する樹種であり、後者が亜高山帯に分布の中心をもつ種である事実から考えても理解できることである。一方、オオシラビソの5年生苗の耐凍度がシラベに比べて低いことは、両者の分布ないし生育地の違いを考える上で重要な示唆を与えてくれるものである。

倉橋他 (1974) は、北海道中央部の東京大学北海道演習林において、本州産 *Abies* 3種、ウラジロモミ、シラベおよびオオシラビソの数産地ずつについて、育苗中および試験植栽地での生長、晩霜害および開芽期等の変異を調べた。それによると、5年生時の苗高および根元径生長の比較では、大きい方からウラジロモミ、シラベ、オオシラビソの順になった。晩霜害の被害率は、オオシラビソが32%、シラベが6%、ウラジロモミが1%であった。そして枯死率は、オオシラビソが26.6%、シラベ7.6%、ウラジロモミが12.3%をそれぞれ示した。因みに同じ3種について高橋他 (1974) が6~8年生苗の生存率を調べたときも、オオシラビソが63%、シラベが90~100%、そしてウラジロモミが90%であった。以上から、北海道においてオオシラビソは、シラベやウラジロモミよりも晩霜害を受け易い樹種であり、枯死率も高いことがわかる。

同演習林山部苗畑における3種の開芽期は、それらの地理分布における緯度ならびに標高の関係と一致して、オオシラビソが最も早く、以下シラベ、ウラジロモミの順に遅くなった。また、開芽の早いオオシラビソには、晩霜害によって芽の開かない個体が苗畑でもまた植栽地でも非常に多いことが観察された。なお、北海道に導入された *Abies* の開芽順序に関しては、シラベとオオシラビソについて千葉 (1961) も同様の結果を報告している。上記のような生長および耐霜性の劣悪さによってオオシラビソは少なくとも北海道中部以北での植栽には適しないものであると考えられる(濱谷他1975)。これに対して、シラベとウラジロモミは、開芽が遅く晩霜害も少なく概ね健全な生育を示している(高橋他1974)。以上の導入植栽試験の結果は、本州産 *Abies* にからんだ導入育種上の問題や樹種のもつ生理的生育限界を考えるうえで多くのことを教えてくれるものである。

しかし、濱谷他 (1975) の試験が行なわれた同演習林山部苗畑(標高230m)について暖かさの指数を計算したところ、本州山地帯なみの69.9WIが得られたが、同じところの寒さの指数

は $-47.3\text{CI}$ という本州山地帯のそれよりかなり低い値を示した。このような温度条件を考えると、本州の自然条件下でも開芽の順序に関して同様の結果が得られるかどうか、この点について究明しておく必要がある。

### V-1 自生地におけるシラベとオオシラビソの開芽時期の比較

上記の諸点を解明するために、まずシラベおよびオオシラビソの自生地における開芽時期の変異について調査を行なった。以下に得られた結果を説明し、つづいて両種の地理的分布および種生態的特性を寒さおよび雪に対する適応という観点から検討する。

#### V-1-1 調査地および方法

調査地には、観察および開芽期の比較に適した場所として、両種の混生する若齢林が比較的広い標高幅にわたって連続してみられる、長野県北八ヶ岳の天狗岳(標高2646m)の西北西斜面を選んだ。そしてそのなかの標高それぞれ1950m, 2050m, 2150m および2420mの5地点(図-14)に調査区を設けた。

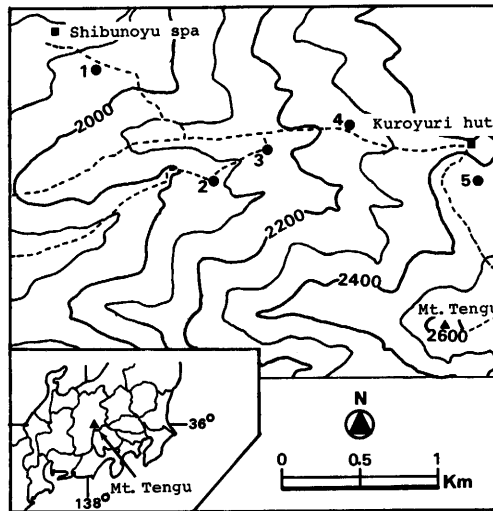


図-14 天狗岳におけるシラベおよびオオシラビソの開芽調査地点

Fig. 14 Map showing the observation sites of bud opening of *Abies veitchii* and *A. mariesii* on Mt. Tengu, Nagano Prefecture  
1: 1950m, 2: 2050m, 3: 2150m, 4: 2250m, 5: 2420m.

各調査区において、生育のよい樹高1.5~2.5mの個体をシラベとオオシラビソそれぞれ30本ずつ選び、1980年5月下旬から7月中旬にかけて5回現地調査を行なって、各個体の開芽を時期的に追跡した。調査時に芽の鱗片がほころび新葉がのぞいているものを開芽した芽とみなした。各個体の芽は、主幹梢端の頂芽と側頂芽および側枝についた芽(頂芽と側頂芽)の3種類

にわけて観察記録した。主幹頂芽はもちろん各個体に1個である。一方、側頂芽数には、シラベで2~8個、オオシラビソで2~6個とばらつきがみられ、各調査区ともその総数は異なり、またオオシラビソよりもシラベの方が平均側頂芽数が多かった(表-8)。各調査区の当初選定の30個体に40個体を加えた70個体について側頂芽数の頻度分布を求めた(図-15)。

主幹の頂芽と側頂芽については、調査区ごとの芽の総数に対して各調査時までには開芽した芽の数の割合、すなわち開芽率(%)を求めて図-16に示した。

表-8 天狗岳の標高の異なる5調査区におけるシラベおよびオオシラビソの主軸側頂芽数

Table 8 Number of terminally lateral buds on the stem axes of 30 young plants of *Abies veitchii* and *A. mariesii* in 5 plots at different altitudes in Mt. Tengu, Nagano Prefecture

Alt. (m)		1950	2050	2150	2250	2420
Av	TB	103	157	141	109	103
	NB	2-5	3-8	3-7	2-5	2-6
	$\bar{n}$	3.4	5.2	4.7	3.6	3.4
Am	TB	84	93	96	70	73
	NB	2-4	1-5	1-5	1-4	2-4
	$\bar{n}$	2.8	3.1	3.2	2.3	2.4

Av: *Abies veitchii*, Am: *A. mariesii*

TB: Total number of lateral buds in the plot.

NB: Range of the number of the buds per individual.

$\bar{n}$ : Average number of the buds per individual.

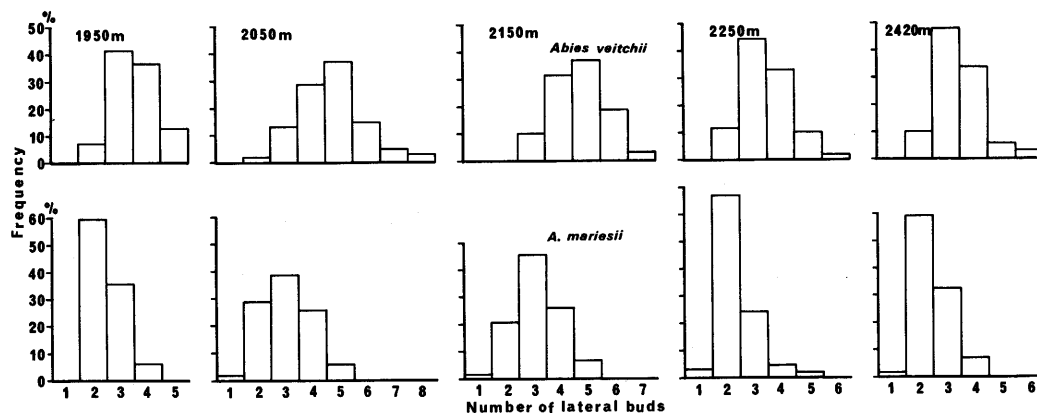


図-15 天狗岳の標高の異なる5調査区におけるシラベとオオシラビソ主軸の側頂芽数の頻度分布(%)

Fig. 15 Frequency (%) distribution of the number of terminally lateral buds on the stem axes of 70 young plants of *Abies veitchii* and *A. mariesii* in 5 plots at different altitudes in Mt. Tengu, Nagano Prefecture

また、側枝の芽の開芽は、個体ごとに芽の全数の何パーセント程が開芽しているかを20%刻みのI~Vの5階級評価で判定して、各階級に属する個体数頻度(%)で示す方法をとった(図-17)。

V-1-2 結果および考察

まず、図-16によって各調査区における側頂芽の開芽状況をみると、6月16日の時点では、いずれの区においてもオオシラビソは全く開芽していないが、シラベには1950m, 2050m およ

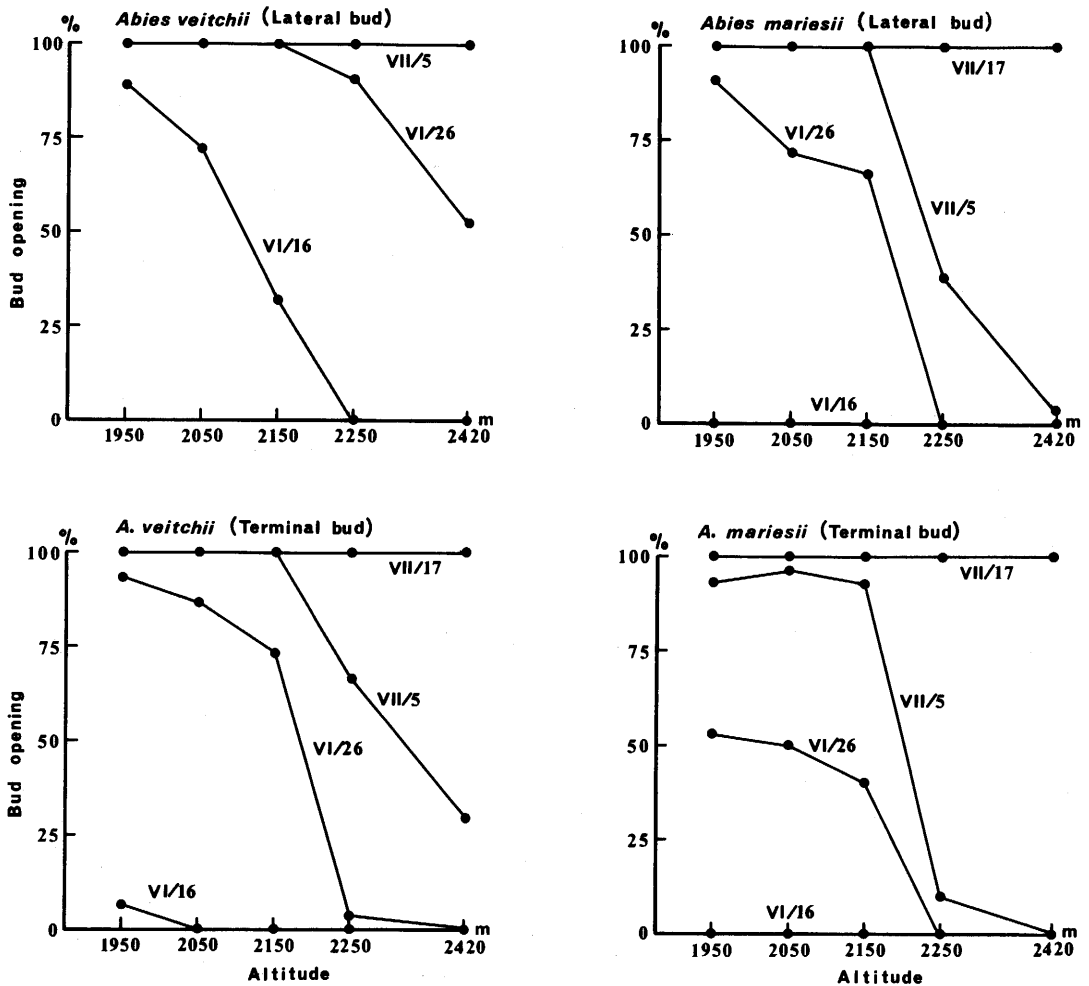


図-16 天狗岳の標高の異なる5調査区における主軸の頂芽および側頂芽の開芽の時期的変化

Fig. 16 Change of the rate of bud opening of *Abies veitchii* and *A. mariesii* at the 5 plots in Mt. Tengu

The rates of bud opening are expressed by the percentage of opened buds to the total number for the terminally lateral buds and by the percentage to those on thirty individuals for the terminal buds, respectively, at each plot.

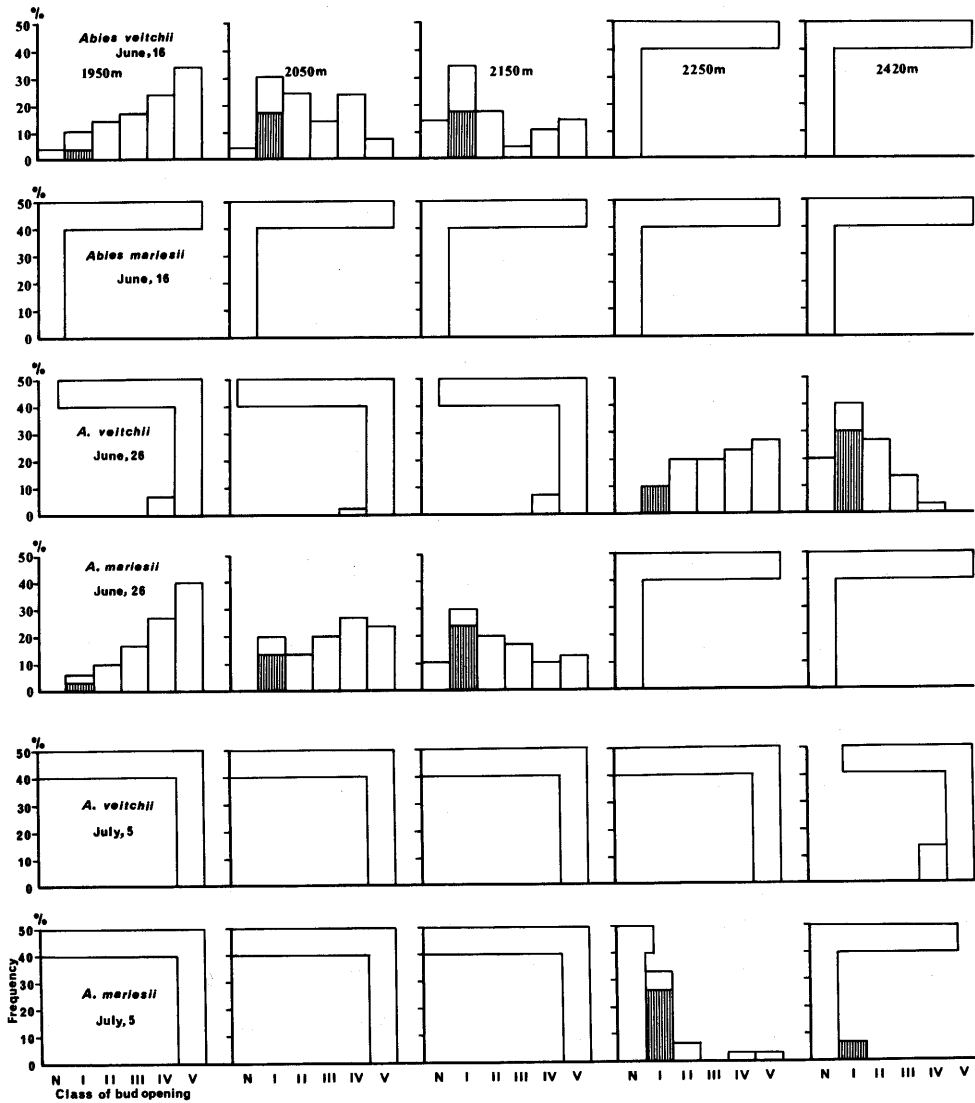


図-17 天狗岳の標高の異なる5調査区におけるシラベおよびオオシラビソの側枝の芽の開芽の時期的変化

Fig. 17 Change of the rate of bud opening on branches of *Abies veitchii* and *A. mariesii* at the 5 plots in Mt. Tengü

The rates of bud opening are expressed by the frequency in each of 6 classes divided by the ranges of percentages of the opened buds to the total number of buds on the branches, as follows; N: 0%, I: less than 20%, hatched: less than 5%, II: 21-40%, III: 41-60%, IV: 61-80%, and V: 81-100%, respectively.

び2150mの3区において開芽が認められた。ただし、シラベの開芽率も調査区の標高が高くなるにつれて減少する傾向を示している。6月26日の時点では、シラベには全ての区にわたって

開芽が認められ、特に1950m、2050m および2150m の3区では全ての側頂芽の開芽が完了しているのに対して、オオシラビソは同標高における6月16日の時点のシラベと同じような開芽率を示している。このことから、オオシラビソの側頂芽の開芽時期はシラベのそれよりも10日程遅いものと考えられる。また、最も開芽の遅い2420m区では、シラベが7月5日までに全ての芽の開芽を終えているのに対して、オオシラビソはこの時点でまだ僅か数%の開芽しか示していない。

一方、頂芽の開芽率についてみると、6月16日の時点でシラベは1950m区において数%の開芽率を示したが、他の区ではまだ全く開芽していなかった。もちろんオオシラビソにはいずれの区においても全く開芽が認められなかった。更に6月26日の時点では、シラベは1950~2250mの範囲でそれぞれ開芽が認められたが、いずれの区においてもオオシラビソの開芽率はシラベのそれよりも著しく低い値を示した。

なお、側頂芽と頂芽の間の比較では、シラベ、オオシラビソともに側頂芽の方が頂芽よりも早く開芽することがわかる。また、いずれの標高においても、両種の間で頂芽の開芽時期の差は側頂芽における差よりも小さい。

次に、図-16および図-17の比較から明らかなように、側枝の芽も、両種ともにまた各標高ともに、主幹の側頂芽と非常によく似た開芽の傾向を示す。また、シラベの6月16日とオオシラビソの6月26日の各標高における頻度分布のパターンがよく似ていることから考えて、側枝の芽の開芽も側頂芽の場合と同じく、10日程シラベの方が早いといえる。

要するに、シラベおよびオオシラビソの3部分の芽はいずれも、各時点で低標高ほど開芽した芽の割合が高い個体が多く、従って全般に同じ頻度分布パターンが少しずつ遅れて漸次高標高域に移っていくという形をとって開芽を進める。

上記の調査はほぼ10日間隔で行なわれたため、各調査区における実際の開芽日は必ずしも正確には知り得ないが、オオシラビソよりシラベの開芽の早いことは上に見た傾向からも明らかである。

オオシラビソよりシラベの開芽が早いという自然生育地におけるこのような観察の結果は、倉橋他(1974)と千葉(1961)の示した北海道における両種の開芽時期の順序とは明らかに異なる。この不一致は何に基因するものであろうか。両種特にオオシラビソの種特性に、何らかの原因を求むべきものと思われるが難しい問題である。ただ一つここで参考になるとと思われるのは他の *Abies* 種と同じく、シラベおよびオオシラビソの開芽も、現在生育する場所の主として温度条件に支配される植物季節現象であろうということである。例えば、倉橋・濱谷(1981)は、東京大学北海道演習林内の種々の標高地点に自生する母樹から採種育苗したトドマツの苗をセットにして、それぞれの標高に再配分植栽する試験を行ない、開芽時期は母樹生育地の標高とはほとんど関係なく植栽地の標高すなわち現生育地での温度条件によって決められるとい

う結果を得た。

ここで視点を変えて、開芽期と晩霜害との関係についてみてみたい。東京大学北海道演習林に導入植栽されている外国産樹種のうち *Abies balsamea* は、開芽がオオシラビソ、シラベおよびウラジロモミより早いにもかかわらず晩霜害をほとんど受けない(倉橋他1969)。このことは、種間の耐霜性の差は開芽期の遅速よりも開芽期におけるそれぞれのもつ耐凍性の違いによって決まるであろうことを示している。一方、北海道における植栽試験でしばしば霜害にかかることを考えると(倉橋他1974)、オオシラビソにとって開芽の遅速はその生育および生存を左右するほど重要な意味をもつものとも考えられる。トドマツ、エゾマツなどの北海道に自生する樹種の冬芽は、厳冬期には $-35^{\circ}\text{C}$ の低温に十分耐えるが、2月下旬頃から耐凍性を減少し、芽が開きはじめる頃に最も弱くなることが知られている。例えば、開芽10日前のトドマツを $-5^{\circ}\text{C}$ に2時間さらすことによって、供試苗木の半数が頂芽に凍害を受ける(武藤1965)。

坂上他(1973)は、長野県朝日岳の標高2150m地点においてオオシラビソ、シラベおよびコマツガの前生稚樹の樹高階別寒害被害本数率を調べた。寒害に対する抵抗性はオオシラビソ、シラベ、コマツガの順に大きくなり、更に樹高が高くなるほど被害本数率が高くなる傾向がみられた。そして調査全個体に対する被害本数率は、オオシラビソが48%、シラベが15%、コマツガが6%であった。

また、林業試験場木曾分場(1972)で冷処理期間と発芽温度とを種々に変えてシラベとオオシラビソの発芽能力を調べたところ、シラベは冷処理期間が10~80日の間のいずれの期間においても、 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で80~90%の高い発芽率を示したのに対して、オオシラビソの発芽率は冷処理10日間、温度 $20^{\circ}\text{C}$ の組合わせの25%が最高であった。また、 $10^{\circ}\text{C}$ 、 $15^{\circ}\text{C}$ の温度では10%以下の発芽率しか示さず、 $25^{\circ}\text{C}$ では、20日間冷処理が最も発芽率が高かったが、それでも17%前後の発芽率しかえられなかった。つまりオオシラビソの場合は、いずれの温度でも全般に発芽率が低く、その発芽温度と冷処理期間の間には明瞭な関係は認められないが、強いて発芽の最適温度を求めればそれは $20^{\circ}\text{C}$ 前後である。このように、両種の発芽に有効な温度幅の間に明らかな差があり、しかも低温域での発芽能力に差を示すことは、開芽現象と同様に、温度条件に対する両種の反応あるいは適応性の違いを説明しうると考えられる。

以上シラベとオオシラビソの耐凍性、晩霜害、寒害および発芽温度などについての比較から、両種のうちではシラベの方が明らかに寒さに対する耐性が高いとみなすことができる。自然条件下においてオオシラビソがシラベよりも開芽が遅いということは、開芽期の晩霜害を少なくするという点で寒さに対するオオシラビソの適応の一つと受けとめてよいのではなかろうか。

#### V-2 オオシラビソとシラベの分布様式

すでに示したように、オオシラビソの地理分布の北限は青森県八甲田山であるが、シラベは福島県吾妻山以北には分布しない。また、垂直分布における両者の関係は、多くの報告にみら

れるように上部にオオシラビソ、下部にシラベがそれぞれ位置しており（今西1939, 高橋1943, 高橋1962, 大沢他1971, 土田・三木1974, 鈴木1977), 特に両種の分布が重なる中部地方の太平洋側の山岳では, それがオオシラビソ亜帯対シラベ亜帯という上・下関係として位置づけられている。しかし, 1976年に筆者が天狗岳で調査した若齢林における両種の個体混生率の垂直的变化によれば, 両種の混生する1800~2600mの標高域内でオオシラビソが優占ないし同等の勢力を占めるのは, 2100m付近から2350mあたりまでで, それより上下の標高域でいずれもシラベが大幅に優占する(図-18)。このように混生本数比の垂直的变化からみる限り両種の位置関係には必ずしも一定の傾向が認められない。また, 志賀高原周辺の山岳では, 下部にオオシラビソ上部にシラベが多いという報告もある(渡辺1977)。

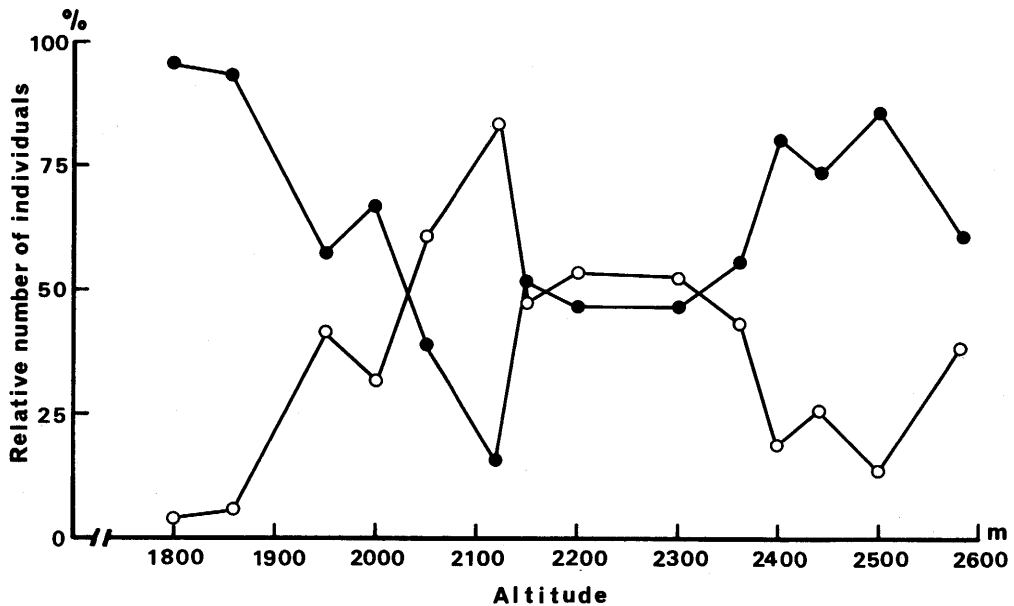


図-18 天狗岳におけるシラベとオオシラビソの個体混生率(%)の垂直的变化

Fig. 18 Relative ratios (%) of individuals of *Abies veitchii* and *A. mariesii* in the same stands at different altitudes of Mt. Tengu

—●—: *A. veitchii*, —○—: *A. mariesii*.

The total numbers of individuals counted in each of the following altitude ranges are 139 at 1790—1800m, 712 at 1800—1860m, 663 at 1910—1950m, 251 at 1950—2000m, 305 at 2000—2050m, 214 at 2050—2120m, 236 at 2120—2150m, 951 at 2150—2200m, 401 at 2200—2300m, 261 at 2300—2360m, 246 at 2360—2400m, 665 at 2400—2440m, 342 at 2440—2500m, 52 at 2500—2580m, respectively.

要するに, 垂直分布における両種の位置関係は, 地域や山の高さによって異なり必ずしも一定しないが, シラベの方がオオシラビソより下部から出現するというのが一般に認められている傾向である。従って, 一般的な傾向として上部にオオシラビソ, 下部にシラベという位置関



係が認められるとすれば、それは水平分布における両種の位置関係と一致するものといえる。しかし、このような水平および垂直分布における上・下の位置関係から想定される両種の寒さに対する耐性は実際に知られた多くの例とは一致しない。従って両種の分布域の相異は寒さに対する適応、すなわち温度要因との関係だけでは十分に説明できない性質のものであると考えられる。

### V-3 積雪深と樹種の分布

上にもみたとおり、オオシラビソとシラベは中部地方から上越の一部を経て東北地方南部に至る間で分布域を共有している。しかし、このような地域の中でも、太平洋側の山地ではシラベの方が多く、日本海側の山地ではオオシラビソの方が多く分布するという違いがある（今西1937, 1939, 高橋1962）。ところで、日本海側と太平洋側における特に山岳の気候の違いは、冬季の季節風に起因する積雪深の差として顕著に表われ、両地域における植生の相異や種のすみ分け現象がこの積雪との関連で説明されることが多い。

そこで筆者は、山地性樹種の分布と積雪深との関係を確かめるため、シラベとオオシラビソのほかコメツガ、トウヒおよびハイマツについて、その分布資料(表-1)と最深積雪深図(気象協会発行1959, 50万分の1)から読みとったそれぞれの分布する山岳における最深積雪深とから、各樹種の自生する山の座数と最深積雪深との関係を求めた(図-19)。ここで利用した積雪深図はこれらの樹種の生育する分布帯の積雪量を正確に示している訳ではないが、ここでは、個々の樹種の分布密度・積雪深間の量的関係を問題とするのではなく、質的な関係の把握を目的としているので、あえてこの方法に拠った。

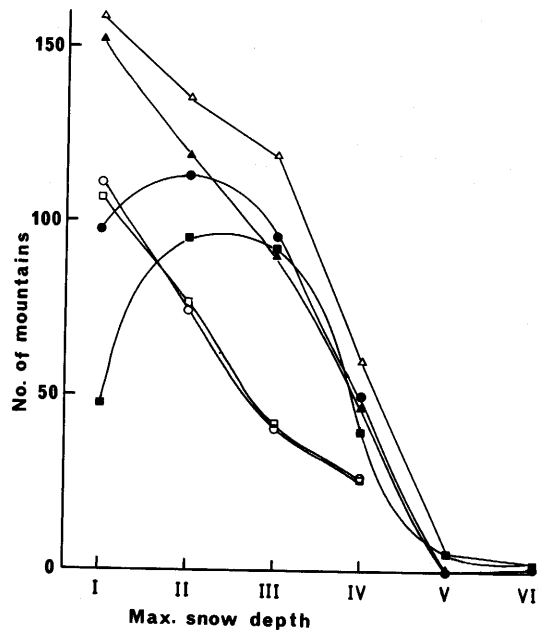
図-19によれば、シラベは最深積雪深0~100cmのところとその自生する山の座数が最も多く、積雪深の増加に伴ってその数を減少させ、最深積雪深400cmを越す地域には全くない。これに対してオオシラビソは、100cm以下の最深積雪深のところでは山の座数がシラベのそれよりも少ないが、最深積雪深100~200cmのところを凌駕してモードを示し、これより積雪深が増加するにつれて座数が減少する、というシラベに似たパターンを示している。しかも、わずかではあるが、最深積雪深500cm以上の地域にも自生する山が認められる。両種のこのようなパターンの相異は東海から北陸にかけての両種の分布量の差(高橋1962)とよく対応し、積雪深の少ない地域ではシラベの方がオオシラビソに比べて自生する山の座数が多い。そしてこの違いは両種の寒さに対する耐性の違いに起因するものと考えられる。一方、積雪深の増加はオオシラビソに対するよりはむしろシラベに対して制限的に働いているようにみられる。要するに、寒さと積雪のそれぞれに対する両種の生育反応は異なっている。従って、両種の分布の相異を論ずる場合、過去の気候変動とそれに伴う植物の移動にあわせて、この点をも考慮する必要がある。

図一19によれば、その他の樹種では、トウヒがシラベとほとんど同じパターンを示しているが、両種の分布域がほとんど重なることから考えれば当然の帰結であろう。ハイマツは最深積雪深が200~300cmより少ないところでオオシラビソよりも自生する山の座数が多いが、全体のパターンはオオシラビソと似た傾向を示す。コメツガは積雪深の増加に伴って自生する山の座数が直線的に減少するというシラベおよびトウヒと相似のパターンを示すが、最深積雪200~300mのところでもハイマツおよびオオシラビソとほぼ同じ座数を保持している。これは、コメツガが本来寡雪地向きの樹種であるが、多雪地域の山岳でも冬季季節風が直接当たる斜面とかあるいは風衝の尾根上など強い風の影響で積雪の少ない立地を選んで生育できることを反映したものである。

#### V-4 地史的観点からの解釈およびまとめ

*Abies* は *Picea* や *Pinus* と同様今日温帯地域を中心に北半球で広く分布しているが、第三紀漸新世から中新世の初めにかけての北半球の寒冷化および第四紀の寒冷気候に適応してさかんに種分化を行なった属で、とくに氷期に一般植物の南退したあとの北方寒冷域に拡大した生態的空白域を占めるように分布を拡げたものといわれている(堀田1974)。そして、日本の中部山岳地帯にみられる亜高山帯林は、このようにして山地づたいに南下した北方針葉樹林が間氷期に山岳高地に残存隔離されたものであろう。

安田(1974)の示した *Picea* の花粉出現率の変化によれば、10000年 B.P.を境に、これ以前は現在 *Picea* が全く分布していない青森県においても高率で出現するが、これ以後は急激な減少を示す。本州における *Picea* の分布はイラモミが栃木県日留賀岳(杉田1980年採集)で、トウヒ



図一19 主要針葉樹5種それぞれの分布する山岳の座数と最深積雪深との関係

Fig. 19 Relationship between the maximum snow depth and the numbers of mountains to which each of five main conifer species is indigenous

Classes of snow depth; I: 0-100cm, II: 100-200cm, III: 200-300cm, IV: 300-400cm, V: 400-500cm, VI: 500-600cm. —○—: *Abies veitchii*, —■—: *A. mariesii*, —▲—: *Tsuga diversifolia*, —□—: *Picea jezoensis* var. *hondoensis*, —●—: *Pinus pumila*, —△—: Number of mountains.

が同鹿又岳，オゼトウヒが福島県丸山岳とされている(林1960)。これより北では岩手県早池峰山のアカエゾマツの遺存林(Ishizuka1961, 石塚1961)と同山におけるエゾマツの分布および三陸町大窪山のアカエゾマツの分布(岩手植物の会1970)を除いては全く知られていない。また，植物遺体の分析からアカエゾマツ，トウヒとも洪積世には東北地方にも広く分布していたことが知られている(Miki1957)。この点 *Abies* は本州で東北地方まで連続的に分布しているため，オオシラビソ以外の *Abies* が現在の北限地よりも北に分布していたかどうか花粉分析の結果だけでは判断できないが，シラベについてみると，先に示した分布パターンおよび積雪深と分布する山の座数との関係等からトウヒと非常に類似した種生態的特性を有する樹種と考えられる。従って現在よりも寒冷でしかも降雪の少なかった氷期には，シラベの分布域は現在よりも北の方および日本海側の地域にまで拡大していたであろう。一方，さきに述べた温暖期における植生帯の北上または上昇の時期には，日本海の海面上昇によって現在よりも多量の冬季降雪があり，降雪の及ぶ範囲も現在より広がっていたに違いない。従って雪に対する適応性の低いシラベは，現在の気候条件下なら分布可能と考えられる吾妻山以北の東北地方太平洋側の山域でもこの温暖期には生育が制限され，ついには分布の北限を吾妻山にまで押し下げられてしまった。これに反して，雪に対して比較的適応性の高いオオシラビソは東北地方の北半部においてもその分布域を失うことなく現在に至っているものと考えられる。

植物の耐寒性と積雪との関係について，スギでは積雪の少ない冷込みの厳しい産地のものほど耐凍性が高いという傾向が認められている(武藤・堀内1974)。また，ササ分類群の耐凍性に関する研究(紺野・酒井1976)によれば，地上部の芽ではスズタケとチシマザサの方がチマキザサよりも耐凍性が高いのに対し，地下部の芽では，積雪下で越冬するチシマザサ，チマキザサの方がミヤコザサ，スズタケよりも耐凍性が低いという。このことから酒井(1976)は，耐凍度の違いは生育地や標高領域の違いを反映し，地下部の芽の耐凍度の違いは多雪か少雪かの地域的相異を示すと考えている。このように，同種間でも積雪の多いところに分布するものほど耐凍性が低いこと，また，異種間でも生態的に同位種と考えられる種間において同様な関係が認められるということは，積雪地での植物の適応進化や群集の分化などの問題を環境要因との関係で考える上で重要な意味をもつものである。本研究の主対象であるオオシラビソとシラベの間にもこれと類似した関係が認められることはきわめて興味深い。

上に述べたところですので明らかなように，積雪の多い地方に分布する樹種には，多量の積雪による保温効果や保護作用によって寒害や乾燥害から守られているため，耐寒性を高めるような淘汰よりも雪圧害などの積雪の機械的作用に対応した生活型への淘汰がより強く働いてきたであろう。モミ属においては，まだ生活型を変えるほどの段階にまで種分化が進んでいないが，シラベとオオシラビソの木部を比べた場合，シラベの方が柔らかくて反撥力も小さく折れ易いので，雪圧などの機械的作用に対してはオオシラビソよりも抵抗性が小さいと考えられる。

以上要するに、シラベは耐凍性を高める方向へ、一方、オオシラビソはある程度の積雪に耐えられるような木部の強度増大の方向に淘汰を受けてきた。その結果として生じた異なる環境要因に対する両者の適応力の差、すなわち種特性の差が、水平および垂直分布におけるすみ分け的關係をもたらしたものと考えられる。

## VI ま と め

本研究は、後氷期温暖期における垂直分布帯の上昇という古生態学的な事象を踏まえて、本州中北部における現在の亜高山帯森林植生ならびにその代表的な構成針葉樹の地理的分布特徴および成因を究明することを中心課題とし、更に、得られた結果と、植生分布と環境要因との關係を扱った既往の研究結果とを比較し、地史的観点からこれに考察を加えることを目的として行なわれた。

つまり本研究は、林学、生態学、植物地理学の各分野に共通して重要な、植生帯の分布およびその地域的差異というマクロな植物生態地理学の問題を、歴史植物地理学 (historical plant geography) あるいは植物分布史学 (epiontology) 的観点すなわち歴史のかつ動的観点から究明することを意図している。

その趣旨に従って、まず亜高山性主要針葉樹の分布に関する2種の下限線 (それぞれ山の下限線および分布の下限線という) の存在を明らかにし、これらの線と暖かさの指数 (45WI) との關係を究明した。またこれら2種の下限線が地史的な影響によって形成された相互に比較可能な線であることを、花粉分析の資料によって傍証することができた。

上に明らかにされたところに基づいて、日本海側多雪山地に亜高山帯針葉樹林を欠き、いわゆる偽高山帯を成立せしめる原因について推定を行なった。更にまた、亜高山帯林の主要優占樹種であるオオシラビソとシラベの生態的特性の差を明らかにして、両種の分布に見られる差異について信頼に足ると思われる説明を与えることができた。

具体的には、まず花粉分析を中心とする古生態学分野の研究によってその存在が確証されている後氷期温暖期に注目して、一つの仮説を立て、これを代表的な亜高山性針葉樹であるオオシラビソの山の下限線の地史的な意義と対比することによってその正しさを検証した。

次に上の方法によって導びき出された推論を根拠として、古くから研究者の間で論議されながら必ずしも一致した見解のなかった日本海側多雪山地に亜高山帯針葉樹林を欠く現象に対して、従来の論議には乏しかった動的歴史的観点からの考察を行なった。

また、亜高山性針葉樹に認められた2種の下限線の示すパターンと温量傾度の示すパターンとの比較を行なった。その結果、シラベとトウヒではその分布の北寄りの部分で温量傾度と異なる分布パターンを示すことが明らかにされた。このことは、シラベおよびトウヒの北側での

分布に対しては温度以外の要因が制限的に働いていることを示唆するものである。

そこで、その要因を積雪に求め、シラベ、オオシラビソ両種の積雪ならびに寒さに対する耐性および適応すなわちその生態的特性の差異について検討した。その結果、両種の水平分布における差異は過去の気候変動の影響特に温暖期における多雪化がシラベの北限付近の分布に対して制限的に働いたことによって生じたものであろうと推論した。

上記によって明らかなように、本研究において過去の気候変動の影響が現在の植物の分布あるいは植生帯の構造に内在することが示されたが、更に植物生態地理学的に著名であった亜高山帯針葉樹林欠如という現象についても地史的観点からの解釈を示しえたものと思う。また、従来わが国においては地質時代を主対象とする古生態学と現生のものを中心とする生態学とが別個の分野として並列的に取り扱われる傾向が強く、両者を結びつける架け橋的な研究はほとんどなされてこなかった。因みに植物地理学は、CAIN (Arealkunde) あるいは GRIESEBACH や RÜBEL (Geobotanik) らによって地域の問題を、その歴史的観点を含み総合的に理解する学問であると規定されていた (沼田1967)。しかし現在ではこれから植物地理学 (狭義)、生態学あるいは古生態学等への分化が進み、従ってある生物地理的現象を総合的あるいは学際的問題として取り扱うという努力がなござりにされる嫌いがある。その意味で本研究は、静的、記載的な植物地理学に対して総合的、成因論的地理学を主張する CAIN の立場を指向したものである。その意義を有するものと思う。

なお、筆者のいう第一群の山岳に属しながらオオシラビソの分布を欠く山岳については、今後各地における花粉分析資料が蓄積され氷期における日本列島の植生分布のより一層広範かつ正確な復原が進むにつれて、明確な解釈が与えられるようになるものと思われる。

## VII 摘 要

日本の森林植生の分類や分布に関する研究は田中 (1887) 以来その成果は多い。しかし、その成立過程や成因—とくにその古生態学的側面—に関してはまだ解明されていない部分が多く、また、それがために外見上明白でありながらなおその成因について意見の分かれる現象も少なくない。一方、花粉分析技術の発達に伴って氷期から現在に至るまでの気候変動とそれに伴う植生の変遷についてかなり細かく追跡できるようになった。中でも後氷期温暖期の存在が日本においても確認されたことの意義は大きい。しかも、この温暖期にわが国の植生帯は現在より 200~400m ほど上昇していたと推定されている。従って、個々の山岳の標高とそこに分布する樹種およびその樹種の分布下限高との関係を正確にとらえることによって、現在の樹種およびそれらによって優占される森林帯の分布様式に内在する温暖期の影響を明らかにすることが可能である、と考えられる。

本研究は、この点に着目して、わが国の、特に中部以北の本州の、亜高山帯林およびその優占樹種の分布にみられる特異にして顕著な現象を解明するために行なわれたものである。

種々予備的な検討を加えた結果この研究の目的特に仮説の検証にはオオシラビソが最も適していると判断されたので、まずその分布を野外、標本及び文献の調査によって詳細に調べた。そして現在同種が分布する山岳の標高と緯度との関係を図示し、各緯度クラスで最も低い山岳の標高を結んで得られた、緯度の上昇に従ってなだらかに下降する、1本の線にオオシラビソの“山の下限線”と名付けた。更に同じ図に各山岳においてオオシラビソが実際に分布する下限標高を記入し、同様に最も低い標高を結んだ線を同種の“分布の下限線”と称した。

オオシラビソに関するこれら2種の下限線は、300~400mの標高差をもってほぼ平行的な関係にある。ここで興味深いのは2種の下限線の間位置する標高の山岳には現在オオシラビソが全く分布していないことである。そこで、次にこのような隔たりを生じた原因について検討した。ところで、(i)300~400mというこの隔たりは、その中に含まれる標高の山々がオオシラビソの分布には低すぎるので、換言すればその分布を制限する山頂現象を原因として、生じたと考えるには大きすぎる。(ii)しかもこれらの山々が必ずしも積雪の多い地域に位置するとは限らない。従って、恐らくこの隔たりは、上述の温暖期における垂直分布帯の上昇とそれに伴う標高の低い山での“追い出し効果”およびその後の寒冷化の時期に特に標高の高い山岳における分布帯の下降、という二つの地史的な現象の複合の結果として生じたものであろうと推論される。しかも、もしこの推論が正しいとすれば、山の下限線は温暖期の各緯度におけるオオシラビソの分布下限高を示唆するはずである。つまりオオシラビソの垂直分布に関するこれら2種の下限線は、連続的な地史的時間軸上にあつて同一の生物学的意味を有する相互に比較可能な線として位置づけられる。

また上記推論に対する傍証として、苗場山での花粉分析の結果を検討し、ここでは3380±60年B.P.にブナ帯が現在より少なくとも350mほど上昇していたと推定した。

更に上の推論を拠り所として、わが国の亜高山帯に特徴的な森林生態学の問題、中でも日本海側の山岳に亜高山帯針葉樹林を欠き、それに相当する標高帯にいわゆる偽高山帯を生ずる現象の解明が試みられた。その際次のことが前提とされた。

(a)偽高山帯については、しばしば「当然針葉樹林帯を生ずる高さでありながらそれを欠く山」という表現がとられるが、その対象樹種が必ずしも明確ではなかった。本研究ではこれを、亜高山性樹種の分布状態から判断して、*Abies*型、中でもオオシラビソからなる森林と特定した。(b)また、高さについての判定の基準も不明確であつたので、ここではオオシラビソの山の下限線より標高の高いグループ(ここでは第一群の山岳という)に属し、しかもオオシラビソの全く分布しない山岳に限定した。従来亜高山帯針葉樹林の欠如は、日本海側前面か多少内陸に位置する多雪地の山岳についてのみ論議されてきたが、調査の結果、寡雪地にもこれら第一群の

山岳の存在が認められた。また上述のように、2種の下限線の間には挟まれる山岳（第二群）は温暖期の追い出し効果によってこのような針葉樹林を欠くようになったものと考えられる。

針葉樹林欠如に関する既往の論議の多くはその原因を現在の気候条件との対応関係のみに求めていた。しかし上記から明らかなように、このような静的視点のみではここで扱っているような問題の解明は達せられない。やはり地史的な変動特に温暖期における気候変化を十分考慮に入れた検討が必要であろう。

そこで本研究では、晩氷期から現在に至る垂直分布帯の変化の過程を模式図に示し、それによって偽高山帯の成因を考察した。その際日本海要素に属する分類群の種分化の問題も含めて考察した。

本研究ではシラベ、トウヒ、コメツガおよびハイマツについても同様に2種の下限線相互の関係を検討した。ハイマツを除く3種については、両者はやはり200m以上の標高差をもってほぼ平行的な関係にあったが、そのパターンがそれぞれ異なっていた。このような違いを生じた原因を究明する目的で、次に2種の下限線と温度要因特に暖かさの指数との対応関係を検討した。

まず吉良によって山地・亜高山両帯の境界値とされている暖かさの指数45WIの面が、本州および四国内の地域において示す標高(m)を計算してその等標高線図を画いた。図によると、この等標高線は必ずしも緯度に平行なものではなく、地域によって相当に変化する。そこでオオシラビソ、シラベ、トウヒおよびコメツガの4種について、それぞれが分布する山岳を包含する地域での45WI面の高さや2種の下限線の高さとの関係を比較した。それによると、オオシラビソとコメツガでは、両者の間にほぼ平行的な関係が認められた。すなわちこの両種の分布は温量傾度に対応するものであると判断された。一方、シラベとトウヒは、北緯36°20'以南では同じく平行的関係を示すが、これ以北では両者の傾向は異なり、温度以外の要因が両種の分布に関与することを示唆している。

更に、各地の山岳における45WI面の高さや山地帯・亜高山帯間の境界高度との実際の対応関係を調べた。それによると、東北地方の北半部においては、二つの高度がほぼ一致する。しかし、南半部から中部地方にかけては、日本海側の多雪山地で45WI面の高度よりも両帯境界高度の方が高いという傾向を示すのに対し、コメツガの優勢な太平洋側の山岳では、その関係が逆転する。このような違いは、温度以外の要因例えば積雪に対する反応が種間で異なること、そしてそのためにそれらの間の相互関係ないし社会的な関係のバランスがくずれること、その原因を求むべきであると考えられた。そこで次にオオシラビソ、シラベ両種の温度反応と積雪に対する適応性の差異について検討した。

耐凍度あるいは晩霜害・寒害抵抗性そして発芽温度などの比較によれば、シラベの方が明らかに耐寒性が高い。また天狗岳の種々の標高における観察によれば、シラベの方がその開芽期

が早い。自然条件下におけるオオシラビソのシラベより遅い開芽は、晩霜害の危険を少なくする性質であると考えられる。

ここで両種の分布を比較すると、垂直分布においては一般にオオシラビソの方が高標高域を占め、また水平分布においてもシラベの北限福島県鳥子平に対して、オオシラビソのそれは青森県前岳であってその間に大きな隔りがある。このような分布の差異は、両種の耐寒性の差から想定されるものとは一致せず、耐寒性のみで分布の差異を説明することは困難である。そこで次に、各樹種が分布する山岳ごとに最深積雪深図（気象協会1959）から最深積雪深を読みとり、これと山の座数との関係を求めて、両種の積雪に対する順応性の違いをみた。それによると、シラベは0～100cmのところとその自生する山の座数が最も多く、積雪深の増加に伴ってその数を減少させて、400cmを越す地域では全くみられない。一方オオシラビソの場合、100cm以下のところでは山の座数がシラベより少ないが100～200cmのところを越してモードを示し、これより積雪深が増加するにつれて座数が減少するという傾向を示した。しかもわずかではあるが最深積雪深500cm以上の山も認められる。従って積雪深の増加はオオシラビソに対してよりもシラベに対して強く制限的に働いているものと考えられる。

上にみたように、低温および積雪に対する両種の反応はかなり異なっている。これらの事実を総合すると、現在よりも寒冷かつ寡雪であった氷期には、トウヒと同様に、シラベの分布はもっと北方および日本海側にまで拡大していたものと想定される。その後現在よりも多雪で降雪範囲も広がったと考えられる温暖期になると、多雪によってこの地方のシラベの生育が制限され、現北限の吾妻山以南にまで押し下げられてしまった。そして再び分布可能となった現在の気候条件下でもまだそれを回復していない。一方、雪に対して比較的順応性の高いオオシラビソは東北地方北半部においてもその分布を失うことなく現在に至っているものと推論される。

## Ⅷ 謝 辞

本研究は東京大学農学部森林植物学講座（故）倉田悟教授の御指導の下に開始されたものである。そして1978年不幸にして同教授の御他界に遭ったが、その後同講座を引き継がれた濱谷稔夫教授の下で論文として完成されることとなった。研究の遂行に当って常に暖かい励ましと御指導を頂き、また論文の作製に当って御校閲と御批判をお願いした両先生に心から御礼を申し上げます。

また、植物生態学に対する筆者の興味を喚起する端緒を与えられ、その後も変らぬ御助言と御教授をいただいている千葉大学理学部沼田真教授および暖かい励ましと有益な御助言をいただいた東京農工大学農学部奥富清教授に対して厚く御礼申し上げます。

なお、佐々木昌子氏は苗場山における花粉分析の、そして岩手大学農学部演習林の杉田久志



教官は本論文研究対象樹種の本州各地の山岳における水平ならびに垂直分布の、それぞれ未発表資料を本論文に借用することを快よく御承諾下さった。両氏に対して特に深甚な感謝の意を表す。また本研究を進める過程でそれぞれ有益な助言および幾多の御協力をお願いした森林植物学教室の伊藤進一郎教官、黒川燎氏、中村俊彦氏、能城修一氏ほかの諸氏に心から御礼申し上げる。

本研究は古生態学、植物地理学および生態学に関する多くの業績に負うところが大きい。ここに、これらの学問分野に寄与されてきた多くの先達に深く敬意を表するとともに、本研究がこれらの関連分野を相互に結びつける架け橋的役割の一端を担うものであることを願う。

### 引用文献

- 栗野 馨・栗田 章. 1964. 秩岳におけるアオモリトドマツの分布について. 日林講, 74: 176—180.
- 馬場 篤. 1978. ふくしまの植物. ふくしま文庫45. 197pp. 不二出版, 福島.
- BIRKS, H.J.B. & BIRKS, H.H. 1980. Quaternary palaeoecology. 289 pp. Edward Arnold Ltd., London.
- BRAUN, E.L. 1950. Deciduous forests of eastern north America. 596pp. Blakiston Co., Philadelphia.
- BROCKMANN—JEROSCH, H. 1919. Baumgrenze und Klimacharakter. 255pp. Rascher, Zürich.
- 千葉 茂. 1961. 導入モミ, トウヒ属の芽出し時期の比較. 北海道の林木育種, 4(1): 18—22.
- 福岡誠行. 1966. 日本海要素の分布様式について. 北陸の植物, 15: 63—80.
- GOOD, R. 1953. The geography of the flowering plants. 452pp. Longmans, Green and Co., London.
- 長谷川力. 1977. 北アルプス槍ヶ岳付近における夏季の気温減率について. 地理学評論, 52: 722—726.
- 濱谷稔夫・倉橋昭夫・佐々木忠兵衛・小笠原繁男. 1975. 北海道演習林樹木園及び見本林における所栽木本植物とその生育状況. 演習林, 19: 14—54.
- 初島住彦. 1976. 日本の樹木. 880pp. 講談社, 東京.
- 林 常夫. 1927. 北海道森林の垂直的限界に関する一考察. 林学会雑誌, 9(7): 24—33.
- 林 弥栄. 1951. 日本産重要樹種の天然分布 1. 林試研報, 48: 1—240.
- . 1952. 同上 2. 同上, 55: 1—251.
- . 1960. 日本産針葉樹の分類と分布. 194pp. 農林出版, 東京.
- HAYATA, B. 1911. The vegetation of Mt. Fuji. 110 pp.
- HAYEK, A. 1926. Allgemeine Pflanzengeographie. 409pp. Gebrüder Borntraeger, Berlin.
- HIBINO, K. 1965. Pollen analyses of humus accumulated beneath the plant communities in Mt. Hakkoda. Ecol. Rev., 16: 189—193.
- . 1967. Pollenanalytical studies of moors in Mt. Kurikoma. Ecol. Rev., 17: 5—9.
- . 1969. Pollenanalytical studies of moors on Mt. Iwaki. Ecol. Rev., 17: 197—201.
- 本多静六. 1912. 改正日本森林帯論(本多造林学前論の3). 400pp. 三浦書店, 東京.
- HORIKAWA, Y. 1972. Atlas of the Japanese flora I. 500pp. Gakken Co., Ltd., Tokyo.
- . 1976. Ibid. II. 501—862pp. Ibid.
- 堀田 満. 1974. 植物の分布と分化. 植物の進化生物学Ⅲ, 414pp. 三省堂, 東京.
- 今西錦司. 1935. 日本北アルプスの森林限界線について. 山岳, 30: 217—264.

- . 1937. 垂直分布の別ち方について, 同上, 31: 269—364.
- . 1939. On the altitudinal regions of the Northern Japanese Alps. Bull. Biogeogr. Soci. Jap., 9: 133—144.
- . 1969. 日本山岳研究, 400pp. 中央公論社, 東京.
- 石川茂雄, 1973. ふるさとの植物. 津軽篇, 226pp. 津軽書房, 弘前.
- . 1977. 青森県の自然, 172pp. 北方新社, 弘前.
- . 斎藤宗勝, 1969. 津軽地方の植物相. 津軽地方学術調査報告, 69—97. 津軽国定公園指定促進協議会.
- 石沢 進, 1969. 飯豊連峰の植物 2, 蒜場山の裏日本要素について, 新潟農林研究, 21: 203—211.
- . 1974. The ecology of *Camellia rusticana* Honda 2, On the leafing of *Camellia rusticana* HONDA (Snow Camellia). Sci. Rep. Niigata Univ., Ser. D. (Biology), 11: 21—27.
- . 1978. ユキツバキの分布と気候. 吉岡邦二博士追悼植物生態論集, 296—308.
- 石塚和雄, 1948. 八甲田山における積雪と植物群落との関係, 特に雪田の植物群落について. 生態学研究, 11: 193—203.
- . 1961a. *Picea* 岩手県早池峰山に産す. 植研雑, 36: 70—72.
- . 1961b. A relict stand of *Picea glehni* Masters on Mt. Hayachine, Iwate Prefecture. Ecol. Rev., 15: 155—162.
- . 1978. 多雪山地亜高山帯の植生 (総合抄録). 吉岡邦二博士追悼植物論集, 404—428.
- . 斎藤員郎・橘ヒサ子, 1975. 月山および葉山の植物「出羽三山 (月山, 羽黒山, 湯殿山)・葉山」, 59—124. 山形県総合学術調査会.
- . 橘ヒサ子・斎藤員郎, 1972. 鳥海山の植生「鳥海山飛鳥」, 52—88. 山形県総合学術調査会.
- . 他, 1974. 自然保護を基調とした上信越高原国立公園とくに妙高山, 苗場山地域の観光開発, 39pp. 東北経済連合会.
- 岩手植物の会, 1970. 岩手県植物誌, 703pp. 岩手植物の会.
- 梶 幹男, 1975. 房総半島におけるモミ林の生態的位置に関する研究. 東大演報, 68: 1—23.
- . 小平哲夫, 1975. 森林群集とその分布. 千葉県森林植生(3). 新版千葉県植物誌, 69—82. 井上書店, 東京.
- 紙谷智彦・丸山幸平, 1978. 苗場山におけるオオシラビソ天然林の構造について (I), 閉鎖林分における階層構造と分布様式について. 新大演報, 11: 37—49.
- 関東ローム・信州ローム研究会, 1962. 花泉層の堆積環境とその地質時代について II. 地球科学, 63: 10—18.
- 関東ローム研究グループ, 1965. 関東ローム—その起源と性状—. 378pp. 築地書館, 東京.
- 菊地政雄・石塚和雄他, 1978. 岩手県夏油, 焼石, 湯田地域の生物相. 日本自然保護協会調査報告第25号, 栗駒自然公園学術調査報告, 99—114.
- KIKUCHI, T. 1975. Vegetation of Mt. Iide. Ecol. Rev., 18: 65—91.
- 吉良龍夫, 1945. 農業地理学の基礎としての東亜の新気候区分.
- . 1948. 雨量指数による垂直的気候のわかちかたについて. 寒地農学, 4: 188—195.
- . 1949. 日本の森林帯 (林業解説シリーズ17). 42pp. 日林協, 東京.
- . 1959. 植物共同体の分析と総合 (沼田真編: 植物生態学 I), 380—429. 古今書院, 東京.
- . 吉野みどり, 1967. 日本産針葉樹の温度分布—中部地方以西について—「自然」(森下正明・吉良龍夫編), 133—161. 中央公論社, 東京.

- 気象庁. 1958. 全国気温資料, 月別累年平均値. 気象庁観測技術資料第10号.
- 気象協会. 1959. 最深積雪深図 (I—IV).
- 北田健二・北田正憲. 1977. 北上山地の高海拔地帯における山地気象. 林試東北支場年報, 18: 104—110.
- KITAMURA, S. & HORIKAWA, T. 1951. On *Quercus* subgen. *Lepidobalanus* of Japan, Korea and North China. Mem. Coll. Sci., Univ. Kyoto, Ser. B. 20: 20—25.
- 北村二郎・村田 源. 1979. 原色日本植物図鑑, 木本編II. 545pp. 保育社, 大阪.
- 小泉秀雄. 1926. 日本アルプス(赤石山系)の遺存寒地帯. 史蹟名勝天然記念物調査報告第六輯, 21—194. 長野県.
- 倉橋昭夫・濱谷稔夫. 1981. トドマツの垂直分布に伴う変異. 東大演報, 71: 101—152.
- . 佐々木忠兵衛・濱谷稔夫. 1969. 導入モミ属の開芽期と耐霜性. 日林北支講18: 128—132.
- . 高橋康夫・濱谷稔夫. 1974. 本州産モミ属3種の導入適応性—北海道演習林における苗の生長—. 東大演報, 66: 239—250.
- 前田禎三・宮川 清・宮崎宣光・寺師健次. 1976. 富士山の亜高山帯の森林植生およびスバルライン沿線の森林破壊とその復元について. 森林生態学論文集—鈴木時夫博士退官記念—, 77—132.
- . 島崎芳雄. 1951. 秩父山岳林植生の研究(第1報), 亜高山帯及び高山帯群落に就て. 東大演報, 39: 171—184.
- 牧田 肇・小川聖次. 1978. 船形連峰のブナ高木林の上限. 東北地理, 30: 182—187.
- 丸山幸平. 1976. 苗場山, 神楽峯北東斜面における天然林の垂直分布について. 新大演報, 9: 1—21.
- MAYR, H. 1890. Monographie der Abietnieen des japanischen Reiches. 101pp. M. Riegersche Universitäts Buchhandlung, München.
- MIKI, S. 1957. Pinaceae of Japan with special reference to its remains. Jour. of the Inst. of Polytechnics, Osaka City Univ. Ser. D. 8: 221—272.
- 南川幸・矢頭献一. 1972. 大杉谷森林植生の植物生態学的研究. 大杉谷・大台が原自然科学調査報告書, 11—47. 三重県自然科学研究会.
- 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.
- 宮脇 昭・伊藤秀三・奥田重俊. 1967. 会津駒ヶ岳, 田代山周辺(福島県)の植生. 会津駒ヶ岳, 田代山, 帝釈山自然公園学術調査報告. 福島県, 15—43. 日本自然保護協会.
- . 大場達之・奥田重俊・中山 洵・藤原一絵. 1968. 越後三山・奥只見周辺の植生(新潟県・福島県)越後三山・奥只見自然公園調査報告, 57—152. 日本自然保護協会.
- . 奥田重俊・望月陸夫編. 1978. 日本植生便覧(北川政夫監). 850pp. 至文堂, 東京.
- 森 邦彦. 1962a. 月山にアオモリトドマツ林出現す. 植研雑, 37: 383—384.
- . 1962b. 出羽丘陵月山にアオモリトドマツ林帯を確認. 日林誌, 44: 320—323.
- . 1968. 東北地方に於けるモミ属の分布と変異. 山形農林学会報, 25: 29—38.
- . 1975. アオモリトドマツの新分布地について. 同上, 32: 43.
- 村井三郎・棟方啓爾. 1957. 亜高山帯林の成長と植生型(第3報, 早池峯北腹地区). 日林東北支会誌, 9: 23—28.
- 武藤 惇・堀内孝雄. 1974. スギ種子産地と寒害抵抗性. 日林誌, 56: 210—215.
- 武藤憲由. 1965. 北海道主要造林樹種の凍害, シンポジウム林木の寒害. 森林立地, VII(1): 7—8.
- NAGAI, S., OHTA, H. & SHOJI, T. 1979. The Vegetation of Mt. Sōgatake, the Japan North Alps. Bull. Toyama Sci. Muse., 1: 45—90.
- 長沢悠子. 1970. 越後巻機山の植物. 新潟県生物研究会誌, 6: 1—8.

- NAKAI, T. 1915. Præcursores Floram. Sylvaticam Koreanam III. Tokyo Bot. Mag., 29 : 54—62.
- NAKAMURA, J. 1952. A comparative study of Japanese pollen records. Res. Rep., Kochi Univ., 1 : 1—20.
- 中村 純. 1967. 花粉分析. 232pp. 古今書院, 東京.
- 他. 1972. 花粉層序学的研究 I. 高知大学学術研究報告, 21 : 87—113.
- 中野治房. 1942a. 本邦森林植物群落の組成. 植雑, 56 : 186—190.
- . 1942b. 本邦中部地方亜高山帯森林群落の組成について. 植物生態学報, 2(1) : 1—25.
- . 1942c. 本邦落葉樹林帯森林群落の組成. 同上, 2(2) : 1—16.
- . 1943. 本邦暖温帯および亜熱帯森林群落の組成. 同上, 3(1) : 1—18.
- 中山 洵. 1968. 黒姫山の植物社会. 長野県植物研究会誌, 1 : 14—23.
- 能城修一. 1981. ミズナラとミヤマナラの樹木学的研究—巻機山における変異—. 東京大学農学部林学科1980年度卒業論文.
- 沼田 真. 1967. 植物地理 (福井英一郎編, 自然地理III) 朝倉地理学講座 6 : 137—162. 朝倉書店, 東京.
- . 1979. 亜寒帯と亜熱帯. 随想「森林」, 2 : 64—66. 土井林学振興会.
- 落合圭次. 1972. 亜高山帯の森林, 中部山岳のアオモリトドマツ群団域. みどり, 24(1) : 36—51.
- 岡崎由夫・佐藤博之. 1965. 秋田県十和田カルデラ付近における上部洪積層の花粉分析と年代. 第四紀研究, 4 : 162—171.
- 大場達之. 1967. ミヤマナラ林 (宮脇昭編植物). 原色現代科学大事典, 3 : 364—367. 学習研究社, 東京.
- . 1973a. 清津川上流域の植生. 清津川ダム計画に関する学術調査報告, 57—126. 日本自然保護協会.
- . 1973b. 日本の亜高山広葉草本—低木群落—. 神奈川県立博物館研究報告, 自然科学, 6 : 60—93.
- . 1980. 亜熱帯のこと. 随想「森林」, 3 : 50—52. 土井林学振興会.
- 大井次三郎. 1975. 日本植物誌, 顕花編, 改訂増補新版. 1582pp. 至文堂, 東京.
- 大沢雅彦・鈴木三男・渡辺隆一・入倉清次・阿部葉子. 1971. 富士山における垂直分布帯の形成過程. 富士山総合学術調査報告書, 374—421. 富士急.
- 太田 哲. 1956. 落葉広葉樹林型亜高山森林植生帯の分布考察. 日林誌, 38 : 482—487.
- . 1957. 主として奥羽地方における亜高山性森林植生帯の分布. 日林東北支会誌, 8 : 57—61.
- 奥田重俊. 1968. 五葉山の高山性および亜高山性植生. 国立科博専報, 1 : 77—83.
- 奥山春季. 1958. 植物採集覚書 (19), 東北地方 (其一). 植研雑, 33 : 24—28.
- ONODERA, H. 1966. The fir (*Abies mariesii*) forests of the Oou mountains. Geogr. reports of Tokyo Metro. Univ., 1 : 163—166.
- 小野寺斉. 1967. 奥羽山地におけるオオシラビソ林の分布について (講演要旨). 東北地理, 19 : 221.
- PENNINGTON, W. 1969. The history of British vegetation. 152pp. The English Univ. Press, London.
- REHDER, A & WILSON, E.H. 1916. Fagaceae. In C.S. SARGENT : Plantae Wilsonianae III. The Arnold Arboretum.
- 林業試験場木曾分場. 1972. 高寒性樹種の育苗ノート. 34pp.
- 斎藤員郎. 1974. 吾妻山の植生に関する生態学的研究III, 亜高山帯針葉樹林の種類と構造. 山形大学紀要 (自然科学), 8 : 453—464.
- . 1977. 東北日本亜高山帯針葉樹林の種類と分布. 同上, 9 : 265—293.
- 林野庁. 1965. 地位指数調査要領 (40林野計, 第239号). 林野庁.
- 坂上幸雄・森 徳典・井上敏雄・石井幸夫. 1973. 亜高山帯針葉樹林の伐採による前生稚樹の枯損原因について—主にオオシラビソ, シラベを中心として—. 亜高山帯および上部ブナ帯の更新に関する研究プロ

- ジェクト研究推進会議資料, 130—169. 林業試験場.
- 酒井 昭. 1972. わが国に自生する常緑および落葉広葉樹の耐凍性. 日林誌, 54 : 333—339.
- . 1975. 日本における常緑及び落葉広葉樹の耐凍度とそれらの分布との関係. 日生態会誌, 25 : 101—111.
- . 1976. 植物の積雪に対する適応. 低温科学, 生物編, 34 : 47—64.
- . 倉橋昭夫. 1975. 日本に自生している針葉樹の耐凍度とそれらの分布との関係. 日生態会誌, 25 : 192—200.
- 佐久間瑛二. 1972. 新潟県妙高山の蘚苔植物(その1) —垂直分布と着生生物—. 新潟県立教育センター研究集録第5集, 理科研究編, 2 : 91—98.
- SASAKI, Y. 1964. Phytosociological studies on Beech forests of southwestern Honshu, Japan. Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B. Div. 2(Bot.), 10 : 1—55.
- . 1970. Versuch zur systematischen und geographischen Gliederung der Japanischen Buchenwaldgesellschaften. Vegetatio, 20 : 214—249.
- SCHROETER, C. 1926. Das Pflanzenleben der Alpen, Eine Schilderung der Hochgebirgsflora. 130pp. Albert Raustein, Zürich.
- 生物学御研究所編. 1962. 那須の植物. 383pp. 三省堂, 東京.
- . 1972. 那須の植物誌, 359pp. 保育社, 大阪.
- 関口 武. 1949. 日本各地の気温減率. 科学, 19 : 517.
- 四手井綱英. 1952. 奥羽地方の森林帯(予報). 日林東北支会誌, 2(2) : 2—8.
- . 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. 日林誌, 38 : 356—358.
- . 1957. 再び奥羽の森林帯について. 日林誌, 39 : 107—109.
- . 1981. ヨーロッパの亜高山帯林. 林業技術, 469 : 22—24.
- SUZUKI, S. 1961. Ecology of the Bambusaceous genera *Sasa* and *Sasamorpha* in the Kanto and Tohoku districts of Japan with special reference to their geographical distribution. Ecol. Rev., 15 : 131—147.
- 鈴木時夫. 1952. 東亜の森林植生. 137pp. 古今書院, 東京.
- . 1954. Forest and bog vegetation within Ozegahara Basin. Sci. Res. Ozegahara Moor, 205—268.
- . 1957. 視野の尺度による植物社会の環境の差異—月山の雪田群集よりかえりみて. 日生態会誌, 6 : 184—189.
- . 1964. 奥黒部地方の高山および亜高山植生の植物社会学的研究. 北アルプスの自然(富山大学学術調査団), 219—254.
- . 1970. 白山の植生分布と垂直植生帯. 白山の自然, 114—156, 石川県.
- . 1972. 日本列島植生の特性と支配的環境要因について. カリーシンポジウム, 107—129.
- . 福島 司. 1972. 白山植生図, 同説明書, 1—6. 白山調査研究委員会, 石川県.
- . 岡本省吾・本多啓七. 1963. 奥黒部の亜高山帯森林植生. 日生態会誌, 13 : 482—487.
- . 結城嘉美. 1957. 月山及び蔵王山の森林植生について. 「月山・朝日山系総合調査報告書1956年」, 259—298. 山形.
- . 大木正夫・金山俊昭. 1956. 月山の植生. 「月山・朝日山系総合調査報告書1955年」, 144—199. 山形.

- 鈴木由告. 1977. 秩父金峰山の植生, 秩父金峰山の垂直分布に関する一考察. 植物と自然, 11(4): 5—11.
- 高橋秀男・中村武久・平林国男. 1969. 白馬・後立山連峰とその東方山麓のフロラ. 神奈川県立博物館研究報告, 1(3): 1—83.
- 高橋啓二. 1960a. 植物分布と積雪. 森林立地, 2(1): 19—24.
- . 1960b. 垂直分布でブナとハイマツが接続する現象. みどり, 12(7): 1—5.
- . 1962. 本州中部森林における垂直分布帯の研究. 林試研報, 142: 1—171.
- 高橋健治. 1943. 木曾御嶽火山植相の研究. 生態学研究, 9: 75—90.
- . 1944. Die Baum- und Waldgrenze im Hida-Gebirge (japanischen Nordalpen), Ein Beitrag zur Baum- und Waldgrenze Ostasiens. Jap. Jour. Bot., 13: 269—343.
- 高橋延清・濱谷稔夫・倉橋昭夫. 1974. 北海道演習林育種樹木園における外来樹種の初期生育状況. 演習林, 18: 29—66.
- 高橋敏男. 1964. 気象からみたハイマツの垂直分布. 林試北海道支場年報, 176—182.
- TAKEDA, H. 1913. The vegetation of Japan.
- 武田久吉. 1941. 高山の植物. 28pp. アルス文化叢書.
- 滝口正三・大沢雅彦・梶幹男・入倉清次・木村陽子. 1975. 苗場山におけるブナ林域の森林植生一群落型の構造とその相互関係一. (奥清津ダム学術調査報告書) 日本自然保護協会調査報告第50号, 71—136.
- 田中 壤. 1887. 校正大日本植物帯調査報告. 176pp.
- 館脇 操. 1971. 北方植物の旅. 343pp. 朝日新聞社, 東京.
- 土田勝義・三木 昇. 1974. 乗鞍岳の森林植生の組成と構造. 長野県植物研究会誌, 5: 57—79.
- TSUKADA, M. 1958a. Pollen analytical studies of postglacial age in Japan II. Northern region of Japan north-Alps. Jour. of the Inst. of Polytechnics. Osaka City Univ. Ser. D, 9: 235—249.
- . 1958b. Untersuchungen über das Verhältnis zwischen dem Pollengehalt der Oberflächenproben und der Vegetation das Hochlandes Shiga. Ibid., 9: 217—233.
- 塚田松雄. 1958c. 花粉分析からみた後氷期の気候変遷. 第四紀研究, 1: 48—58.
- . 1966. Late postglacial absolute pollen diagram in Lake Nojiri. Bot. Mag. Tokyo, 79: 179—184.
- . 1967a. Vegetation and climate around 10000 B.P. in central Japan. Am. J. Sci., 265: 562—585.
- . 1967b. 過去一万二千年間: 日本の植生変遷史 I. 植雑, 80: 323—336.
- . 1974a. 古生態学 I, 生態学講座14. 149pp. 共立出版, 東京.
- . 1974b. 同上II, 同上15. 231pp. 同上.
- . 1980. 杉の歴史: 過去一万五千年間. 科学, 50: 538—546.
- . 1981. 過去一万二千年間—日本の植生変遷史II, 新しい花粉帯. 日生態会誌, 31: 201—215.
- 植松春雄. 1967. 南アルプスの植物. 585pp. 井上書店, 東京.
- 薄井 宏. 1958. 太平洋—日本海気候域境界における森林植生—男体山をのぞく奥日光の山岳森林一. 日林誌, 40: 332—342.
- . 1961. ササ型林床優占種の植物社会学的研究—日本植生研究の造林学への適用一. 宇都宮大農学部学術報告特輯, 11: 1—35.
- 渡辺隆一. 1977. 志賀高原の植物分布 I. モミ属(*Abies*)の分布. 信州大学教育学部志賀自然教育研究施設研究業績, 16: 1—4.
- 山岸秀夫・松井 浩. 1971. 火打山の植物—垂直分布の概略一. 新潟県生物教育研究会誌, 7: 29—32.
- YAMANAKA, M. 1969. Pollen analytical studies of peat moors in Mt. Chokai. Ecol. Rev., 17: 197—201.

- ・SAITO, & ISHIZUKA, K. 1973. Historical and ecological studies of *Abies mariesii* on Mt. Gassan, the Dewa Mountains, north east Japan. Jap. J. Ecol., 23 : 171—185.
- 山中二男. 1953. 四国剣山の植物群落, 特に森林植物群落について. 植物生態会報, 3 : 53—59.
- . 1959. 四国亜高山帯森林植生について. 植維, 72 : 120—125.
- 山崎 敬. 1959. 日本列島の植物分布. 自然科学と博物館, 26 : 1—19.
- . 長井直隆. 1960. 越中朝日岳の植生(1). 植物研究雑誌, 35(1) : 21—32.
- 山崎次男. 1954. 花粉分析による秋田スギの成因に関する考察. 日林講, 63 : 134—137.
- 柳田由蔵. 1933. 森林樹木稚苗図説(43). 林学会雑誌, 15 : 305—312.
- 安田喜憲. 1974. 日本列島における晩氷期以降の植生変遷と人類の居住. 第四紀研究, 13 : 106—134.
- . 1978. 大阪府河内平野における過去一万三千年間の植生変遷と古地理. 同上, 16 : 211—229.
- . 1980. 環境考古学事始. 270pp. 日本放送出版協会, 東京.
- 矢頭献一. 1962. 紀伊半島亜高山林の生態学的研究〔I〕. 三重大学農学部学術報告, 26 : 31—62.
- . 1965. 同上〔IV〕. 同上, 29 : 35—53.
- 横内 斎. 1965. 武石峰のハイマツ調査. 長野林友, 3 : 1—10.
- 吉井義次・大泉 徳. 1954. 八幡平植群の群落的考察. 植物生態学会報, 3 : 271—276.
- YOSHINO, M. 1975. Climate in a small area, An introduction to local meteorology. 549pp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 吉岡邦二. 1938a. 八甲田山の山岳林(第1報), プナ群叢. 生態学研究, 4 : 27—28.
- . 1938b. 同上(第2報), アオモリトドマツ群叢. 同上, 4 : 150—158.
- . 1938c. 同上. 同上, 4 : 227—249.
- . 1938d. 同上. 同上, 4 : 352—364.
- . 1943. 八甲田山に於ける主要樹種の垂直分布. 同上, 9 : 187—198.
- . 1951. 八甲田山における硫気孔植物群落. 生態学会報, 1 : 48—52.
- ・加藤陸奥雄・山本護太郎. 1966. 栗駒山域の生物相. (栗駒自然公園学術調査報告書) 日本自然保護協会調査報告第25号, 33—98.

(1982年5月31日受理)

### Summary

Distribution pattern of subalpine conifers particularly of *Abies mariesii* and the effect of change of postglacial climate on it were studied, in order to interpret a well-known phenomenon, that the subalpine altitudes of mountains are entirely lacking coniferous forests in the regions of heavy snowfall on the Sea of Japan side of the central and northern Honshu, from the historical angle.

It is estimated from the palynological data in Japan that the altitudes of vegetation zones in the postglacial warm period were 200 to 400m higher than those of the present. If vegetation zones had actually moved upward in the warm period, it is hypothetically supposed that the height of each mountain might have played an important role in the persistence of subalpine coniferous forests in case of upward and downward movement of the vegetation zones on it.

In the present study I have tried to verify the above hypothesis by means of analysing the distribution pattern of subalpine conifers. Four representative species of subalpine tree conifers, *Abies mariesii*, *A. veitchii*, *Picea jezoensis* var. *hondoensis* and *Tsuga diversifolia*, and one alpine shrub conifer, *Pinus pumila*, were chosen for the study.

As a first step of the studies, occurrence of each of these five conifers in high mountains located mainly in Honshu and Shikoku were investigated on the basis of field observation, literatures and study of herbarium specimens (Table 1). From the comparison of the data thus obtained, *A. mariesii* was regarded as the most suitable to be used for verification of this hypothesis among them.

On the basis of the data, the height of the summit of every mountain to which *A. mariesii* is indigenous and the lowest altitude of this fir on it were plotted on two dimensional graphs of altitude and latitude. A line obtained by connecting the lowest heights in latitude ranges, hereafter called the lowest line of mountains for *A. mariesii* (abbreviated as LM), is gently declining toward north along the latitude (Fig. 3 and 4). The lowest altitude of this fir in the same mountains likewise gave the lowest line of vertical distribution of *A. mariesii* (LD). As seen in Fig. 4, these two sorts of lines are nearly parallel to each other with distance of altitude of 300 to 400m. Thus a new question will arise, why *A. mariesii* is not indigenous to the mountains whose summit express the heights between both lines.

Two obvious facts that these mountains are not always located in the regions of heavy snowfall and that this distance is too large to interpret the absence of *A. mariesii* in these mountains as the result of the so-called mountain top effect, therefore make me regard as the most important the upward movement of vegetation zones in the warm period, in other words its "pushing out effect". This inference if it is right, may be followed by a new supposition that the present LM nearly corresponds to the highest LD in the warm period. Thus these two lines are regarded as lines of the same biological meanings i. e., as the appearances of a sort of line in two different geological periods.

As another field survey, pollen analyses were carried out for peat samples collected from three moors, Shimonoshiba, Nakanoshiba and Kaminoshiba, which are located in different altitudes of subalpine zone dominated chiefly by *A. mariesii* on the northeastern slope of Mt. Naeba (Fig. 5). Pollen diagram of six main tree genera in these three moors are shown in Fig. 6 a ~ c.

Pollen analyses were also made for surface soil or peat samples collected from eleven different places in Mt. Naeba, in order to examine the relations between the pollen deposits in surface layers and the pollen supply from living plant communities, especially forest stands which are composed of either *Fagus crenata* or *A. mariesii* (Table 3).

The stage dominantly occupied by *Fagus* pollen and accompanied by a little amount of *Abies* and *Tsuga* pollen was commonly recognized in the peat samples from the three moors (Fig. 6 a ~ c). Careful comparison of the occurrence frequency of *Fagus* and *Abies* pollen in the surface samples with that in the moors suggests that the forest stands composed of mainly *Fagus crenata* trees once existed in the surrounding areas of these moors. And it is



supposed that the upper limit of beech forest zone was at least 350m higher than that of the present time on the northeastern slope of Mt. Naeba. The dating of the peat material by  $^{14}\text{C}$  indicates that the predominant stage of *Fagus* pollen at Kaminoshiba corresponding to the layer of it occurred around  $3380 \pm 60$  yrs. B.P. (TK-143b).

It is inferred from these results that the upward movement of vegetation zones in the period of warming of climate occurred in Mt. Naeba as in other high mountains. And they give a support to the above hypothesis as good evidences.

There are two different opinions as to causal environmental factors accounting for the phenomenon that subalpine coniferous forests or forest zone are lost or absent from the mountains in the regions of heavy snowfall on the Sea of Japan side of the central and northern Honshu. One is that as to the effect of pressure brought out by sedimentation and creeping of snowfall, and the other is that with regard to the physio-mechanical effect of strong northwestern wind in winters upon the growth of conifer trees and establishment of conifer forests. But any interpretation has not been given to this phenomenon from the historical view-point.

As a step of such interpretation, in the present study, the mountains in the area concerned were divided into two groups, a group of mountains whose summits were higher than LM (first group) and another of those between LM and LD (second group).

In the warm period *A. mariesii* must have been eradicated from the second group of mountains by the pushing-out effect of the climate becoming warmer. Therefore, finding of the environmental causes of this phenomenon should be focussed on those lacking distribution of *A. mariesii* individuals or stands among the first group of mountains.

According to the results of my own investigation (Fig. 7), such mountains are found not only in the regions of heavy snowfall on the Sea of Japan side but also in such mountain ranges as the Mts. Nasu-dake and Mts. Kitakami-sanchi on the Pacific side where the amount of snowfall is far less than on the Sea of Japan side. It also should be noticed that the pseudoalpine zone occupied characteristically by deciduous scrubs instead of subalpine coniferous forests is found equally in both group of mountains.

These facts suggest that this phenomenon, i. e., lack of subalpine coniferous forests, is not explained only by the geographical differences of the present climatic conditions, rather that the cause of it must be attributed to the effects of postglacial climatic change, particularly rise of temperatures and an increase of snowfall in the warm period. On the basis of this supposition the changes of vertical zonation of vegetation in accordance with the changes of climate from the late glacial to the present time are shown in a schematic figure (Fig. 8).

Parallel relations between LM and LD similar to that in *A. mariesii*, but with distances of more than 200m, were also recognized in *A. veitchii*, *Picea jezoensis* var. *hondoensis* and *Tsuga diversifolia* (Fig. 9 a ~ c). The distribution pattern of these subalpine conifers including *A. mariesii* also support the inference that the upward movement of subalpine vegetation zone occurred in the warm period, though there are recognized some differences among them (Fig. 4 and 9 a ~ c).

Altitudes of a presumptive plane of 45°C month based on Kira's warmth index were calculated from the monthly mean temperatures at 1486 meteorological observatories in Honshu and Shikoku and the altitudes of their locations, by using the lapse rate of 0.6°C per 100m in altitude. Then, the mean altitude of this plane in every block of the mesh 20' lat. x 30' long. was calculated from them. And for each of the conifer species, the mean altitudes in the blocks in which it has localities were compared with the distribution pattern of it (Fig. 13 a ~ d). As to *A. mariesii* and *Tsuga diversifolia* among them, nearly parallel relations were recognized between the mean altitudes and each of the two sorts of lines (Fig. 13 a ~ d). These relations suggest that the temperature is a principal factor governing the distribution of these conifers. In *A. veitchii* and *Picea jezoensis* var. *hondoensis*, on the other hand, similar parallel relations were seen only south of 36°20' N.L. but they were not parallel with each other north of it (Fig. 13 b, c). This suggests that other sorts of climatic factors take the place of temperatures as principals in the northern parts of the distribution areas.

Tolerance or adaptability to cold and snow were compared between *A. mariesii* and *A. veitchii* in order to find the principal factors governing natural distribution of *A. veitchii* in the northern area. On referring to literatures on freezing test, tolerance to cold injury or hardiness to late frost of these two species, it was noticed that the latter was hardier than the former in spite of the natural distribution of this extending further north and in general occupying higher altitudes in subalpine coniferous forest zone. Furthermore, it was obviously ascertained from periodical observations on the terminally lateral buds and lateral buds at various altitudes of Mt. Tengu (Fig. 14), that the bud opening of *A. veitchii* was about ten days earlier than that of *A. mariesii* (Fig. 16 and 17).

And this difference in phenological phenomenon between both species seems to reflect on the difference in their adaptability or tolerance to cold and late frost.

As to each of the five conifer species, then, the frequency of the mountains where it was native was obtained in relation to the classes of maximum snow depth (Fig. 19). Two different types of relations were found in this figure. In one of them the numbers of mountains decrease rapidly with the increase of the maximum snow depth as seen in *A. veitchii*, *P. jezoensis* var. *hondoensis* and *T. diversifolia*, and in the other, in *A. mariesii* and *Pinus pumila*, the graphs have a mode in the class of max. snow depth of 100~200cm.

This difference in the relations suggests that the species of the latter group have higher adaptability or tolerance to the snow than the former, and furthermore that the snow depth plays a role as an inhibiting factor to the natural distribution of *A. veitchii* which belongs to the former. On the other hand, certain amount of snowfall seems to give rather a favourable effect on the growth of seedlings and saplings of *A. mariesii* by protecting them from the exposure to severe cold and strong wind in winters. In addition to the difference in response to cold and snow depth mentioned above, postglacial climatic change, particularly the increase of snowfall itself in the warm period, must have exerted and influence upon the present status of distributions of both species.