

本州中部山岳森林限界付近に分布するダケカンバ林の更新

沖津 進
(緑地保全学研究室*)

Regeneration of *Betula ermanii* Forests Growing at the Forest Limit of the High Mountains of Central Japan

Susumu OKITSU
(Laboratory of Nature Conservation)

ABSTRACT

Regeneration was studied for *Betula ermanii* forests growing at the forest limit on three high mountains of central Japan. Distribution of diameter at breast height of *Betula ermanii* shows a clear reverse J shape pattern, suggesting continuous regeneration. *Betula ermanii* at the forest limit makes stable persistent climax forests. This pattern contrasts with the regeneration of *Betula ermanii* within a coniferous forests: it shows discontinuous unstable regeneration followed by the climax conifers. Sprouts from stem base share high proportion among saplings ranging from 20 to 50 percent. Sprouts support a continuous regeneration of *Betula ermanii* in the severe environment at the forest limit: they can easily grow up to adult trees as compared with seedlings from seeds. Persistent stable climax *Betula ermanii* forests in central Japan is compared to the *Betula pubescens* forests at the northern forest limits of the Scandinavia, and they can be considered to be homologies from the viewpoint of continuous regeneration as well as physiognomic similarities.

はじめに

日本の山岳上部では針葉樹林帯から森林限界にかけてダケカンバが普通にみられる。そのうち、針葉樹林帯に分布するダケカンバの更新については、その陽樹的性格から、森林が破壊された跡にいち早く成立し、いずれは針葉樹にとって変わられる、遷移の初期段階に現れる先駆的樹種という比較的単純な見方が支配的であった(14など)。事実、針葉樹林帯中のダケカンバは直径の揃った一斉林を示すことが多い(18など)。しかし、最近では研究が進み、針葉樹林帯中のダケカンバは森林の維持機構をより複雑なものにし、大規模一斉更新以外の更新様式をもたらしめていると共に、シラベ、オオシラビソ共存の場を作り出していることが明らかにされている(10, 12)。いっぽう、北海道山岳のハイマツ帯下部や本州中部山岳の冬季偏西風に対する風下側斜面の森林限界付近では、土地的に安定した立地上にほぼ純林状のダケカンバ林が分布している。こうしたダケカンバ林の実態は、しかしながら、今のところ十分に把握されているとはいえず、更新動態についても明らかにされていない。これらのダ

ケカンバ林が針葉樹林への遷移の途中にあるものか、あるいは永続的な存在であるのかを知ることは、山岳植生帯の成立の検討や、植生景観の維持管理の基礎資料として重要であろう。

沖津(15)は北海道大雪山の森林限界付近に分布するダケカンバ林の更新を調査し、更新が継続する安定林を形成していること、後継樹の確保には萌芽が重要な役割を担っていることを明らかにした。また、沖津・里見(19)は木曽駒ヶ岳森林限界付近のダケカンバ林が北海道のものと同様に安定林を形成していることを報じている。樹形的にみると、風上斜面のダケカンバのほうが風下斜面のものに比べて樹高に対して胸高直径がより大きい(20)。このように、森林限界付近のダケカンバに関しては著者らを中心としてある程度の情報が蓄えられてきてはいるものの、いまだに十分とは言えない。森林限界付近に分布するダケカンバ林についてはより包括的な調査が望まれる。

本報では、本州中部山岳の森林限界付近に分布するダケカンバ林を対象として、その林分構造と維持機構について報告する。

本報をまとめるに当たり、千葉大学園芸学部教授高橋

*現 緑地生態学研究室

啓二博士には原稿を通読していただき、多くの助言を賜った。千葉大学園芸学部の里見至氏および厚沢明宏氏には現地調査で多大な協力を得た。記して感謝する。

調査地と方法

調査対象地として北アルプス西穂高岳、中央アルプス木曽駒ヶ岳、南アルプス鳳凰山の3山岳を選んだ。西穂高岳では西穂山荘から独標に至る南西-北東稜線、木曽駒ヶ岳では頂上から将棋頭山への南西-北東稜線、鳳凰山では薬師岳から観音岳に延びる南東-北西稜線を実際の調査範囲とした。

各稜線の調査範囲において、森林限界付近に分布する純林状のダケカンバ林を調査の対象とした。ダケカンバ林の生育地を冬季の偏西風に対して風上側と風下側に分け、各々に2から4カ所の調査区を設けた。調査区の広がりや地形状況と林分の分布とがほぼ均質でひとまとまりと考えられる範囲とした。そのため、その形や大きさは様々であるが、面積は140—300 m²であった。調査範囲の稜線の西側が風上、東側が風下に当たる。付近に生育している針葉樹の偏形方向からも各調査区が風上側か風下側かを確認した。また、各調査区の傾斜や斜面形はほぼ等しくなるようにした(傾斜は30~40°, 斜面形はやや凸形)。調査地の標高はおおむね揃っており、2500—2700 mの範囲にある。

各調査区に出現する樹高1.5 m以上の高木性樹木個体全てについて、樹種を記録した後に、樹高と胸高直径を調査した。さらに、ダケカンバについては調査区内に出現する全ての稚樹(本報では樹高0.1 mから1.5 mの個体をさす)を対象として、樹高と萌芽由来か種子から

発芽したものかを記録した。稚樹段階では萌芽由来か種子から発芽したものかは容易に判定できる。資料の解析は、各稜線の風上側、風下側の調査区の結果をそれぞれまとめて行った。以後、各稜線の風上側、風下側の調査区をまとめて各山岳の調査地と呼ぶ。調査地は各山岳2カ所ずつ、計6カ所となる。

結果と考察

1. ダケカンバ林の量的特徴と樹種構成

今回調査した森林限界付近のダケカンバ林の幹密度は2200本/haから3500本/ha程度であるが(第1表)、調査地間でのばらつきは少なく比較的類似した値となっている。林分高は10 m前後であったので、この幹密度の値は同じ様な高さの広葉樹の林分と比べるとむしろ小さいと言える。森林限界付近のダケカンバ林は比較的疎林であることがわかる。いっぽう、胸高断面面積合計はより広範囲にわたり、最も小さいのが木曽駒ヶ岳風上側斜面の7.3 m²/ha、最も大きいのが西穂高岳風上側斜面の36.6 m²/haとなっている(第1表)。ただし、幹密度、胸高断面面積合計いずれも北海道の森林限界付近のダケカンバ林の値(15)と大差なく、今回の調査結果は森林限界付近のダケカンバ林の標準的な値を示していると見なせる。

樹種構成を見ると(第1表)、純林状の調査林分を反映していずれもダケカンバが優占し、胸高断面面積割合で少なくとも60%以上となっている。その他の樹種はすべて本州中部山岳の亜高山帯で優占する針葉樹で、ダケカンバ林の分布域が潜在的には亜高山針葉樹林帯域と重なっていることを示唆している。シラベとオオシラビソは全ての調査地でみられ、本州中部山岳の森林限界に分布す

第1表 調査林の幹密度、胸高断面面積合計と樹種別本数および胸高断面面積割合。
樹高1.5 m以上の高木性樹種を対象。

山岳名 斜面方位	鳳凰山		木曽駒ヶ岳				西穂高岳			
	風下	風上	風下	風上	風下	風上	風下	風上	風下	風上
調査面積(m ²)	843	539	694	749	601	370				
幹密度(本/ha)	2310	2230	3516	2267	3538	3135				
胸高断面面積合計 (m ² /ha)	29.9	32.3	8.4	7.3	27.4	36.6				
樹種別割合	N*	B*	N	B	N	B	N	B	N	B
ダケカンバ	91.8	98.8	55.8	61.2	95.4	98.7	72.9	88.6	87.8	97.6
シラベ	5.6	0.5	35.8	10.3	2.5	0.5	8.3	1.0	5.2	1.3
オオシラビソ	0.5	0.1	0.9	0.1	2.1	0.8	18.8	10.4	5.6	1.0
カラマツ	2.1	0.6	4.2	18.4	—	—	—	—	—	—
トウヒ	—	—	3.3	10.0	—	—	—	—	1.4	0.1

* : N, 本数割合 B, 胸高断面面積割合

るダケカンバ林の主要構成種となっている。カラマツとトウヒはわずかに随伴する程度である。なお、表には出ていないが、調査中にコメツガもしばしばみかけた。

針葉樹の量的割合は本数的にも胸高断面積でみてもわずかで、胸高断面積比の方がより少ない。このことは、針葉樹はダケカンバに比べて小径木であることを示す。風下斜面と風上斜面とを比べると、各山岳共通して風上斜面側で針葉樹の量的割合が増加している。

2. 胸高直径分布

樹高 1.5 m 以上の個体について樹種ごとの胸高直径分布をみると(第 2 表)、いずれの山岳でも最大直径はダケカンバが占め、針葉樹は直径が小さい(第 1 表参照)。鳳凰山風上斜面ではカラマツやトウヒも胸高直径 30 cm 以上に達しているが、最大はダケカンバの 47 cm であっ

第 2 表 樹種別胸高直径階別本数割合(樹高 1.5 m 以上の高木性樹種個体を対象)。割合は樹種ごとにパーセントで示す。

胸高直径階(cm)	～5*	5～10	10～15	15～20	20～25	25～30	30～
鳳凰山風下							
ダケカンバ	45.8	22.9	12.8	6.7	3.4	2.8	5.6
シラベ	90.9	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
オオシラビソ	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
カラマツ	50.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0
鳳凰山風上							
ダケカンバ	28.4	20.8	17.9	19.4	7.5	4.5	1.5
シラベ	65.1	23.2	4.7	4.7	2.3	0.0	0.0
オオシラビソ	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
カラマツ	0.0	25.0	0.0	0.0	50.0	0.0	25.0
トウヒ	25.0	0.0	25.0	0.0	0.0	25.0	25.0
木曽駒ヶ岳風下							
ダケカンバ	63.1	26.2	6.4	2.5	1.4	0.0	0.0
シラベ	83.3	16.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
オオシラビソ	80.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
木曽駒ヶ岳風上							
ダケカンバ	41.1	46.8	9.7	2.4	0.0	0.0	0.0
シラベ	92.9	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
オオシラビソ	81.3	12.4	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
西穂高岳風下							
ダケカンバ	40.9	20.5	22.0	14.5	1.6	0.0	0.5
シラベ	63.6	36.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
オオシラビソ	75.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
トウヒ	100	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
西穂高岳風上							
ダケカンバ	17.9	31.6	31.5	8.4	7.4	2.1	1.1
シラベ	54.2	38.1	7.7	0.0	0.0	0.0	0.0
オオシラビソ	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
トウヒ	0.0	50.0	50.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*：樹高 1.5 m 以上の個体を対象

た。ダケカンバの胸高直径は少なくとも 20 cm にまでは達している。直径成長を 100 年で 10 cm 程度と見積ると(大雪山での調査例(15)に基づく)、いずれの調査地でも林齢は少なくとも 200 年程度には達すると推定できる。森林限界付近のダケカンバ林は比較的長期間にわたって安定林として存在していたことがわかる。

針葉樹の胸高直径はおおむね小径木に集中するが、林齢が高く長期間にわたって安定していることを考慮すると、これらはダケカンバ林への侵入途中ではなく、森林限界付近では針葉樹は大径木にまで成育しにくいことを示唆している。カラマツやトウヒは胸高直径が大きい個体も稀にはあるが、本数的に少ないこと(第 1 表)を考え合わせると、ダケカンバ林が将来的に針葉樹林に移り変わることはきわめて考えにくい。

一方、ダケカンバは大部分の調査地で逆 J 型、あるいはそれに近い分布を示している。すなわち、胸高直径 5 cm 以下の小径木の割合が最も高く、サイズが大きくなるにしたがって割合は減少する。しかし、個体は最大径級まで多少なりとも連続して分布している。このため、更新個体の供給はほぼ継続して行われていることがわかる。直径分布の上からもダケカンバ林が継続して存在していることが伺える。

3. ダケカンバ稚樹

ダケカンバの更新をより詳しく把握するために、稚樹の調査を行った(第 3 表)。稚樹密度は 1100 本/ha から 5300 本/ha で 5 倍程度の開きがある。しかし、一般に広葉樹林では稚樹、実生数は ha 当たり数千から数万本にまたがってかなりばらつくので、この値は広葉樹林としてはむしろ比較的揃っているとみなせる。

ダケカンバ個体の中に占める稚樹割合は 27% から 70% にわたり、ばらつきがかなり大きい。いずれの調査地でも胸高直径 5 cm 以下の個体(樹高は 1.5 m 以上)よりも数は多い。稚樹も含めたダケカンバ個体全体としては、表 2 の直径分布がさらに小径木に偏った、極端な逆 J 型の直径分布になることがわかる。後継樹の供給は十分であると言える。

概ね 40% 以上の稚樹は萌芽由来で、ダケカンバ後継樹の確保に萌芽が重要な役割を果たしていることがわかる(第 3 表)。本州中部森林限界付近のダケカンバ林で萌芽が頻繁に発生することは既に報告したが(16)、このことは中国長白山上部に分布するダケカンバでも観察されている(17)。森林限界付近の厳しい環境下では実生からの新たな個体の成立は可能性が低い。また、ダケカンバの種子は風散布性で小さく、なおかつ陽樹性が高いために、発芽・定着の可能性はかなり少ないと考えられる。これ

第3表 ダケカンバ稚樹密度、稚樹割合、萌芽割合と樹高階別本数割合(%)。

山岳名 斜面方位	鳳凰山				木曾駒ヶ岳				西穂高岳			
	風下		風上		風下		風上		風下		風上	
稚樹密度(本/ha)	2717		1338		5373		3951		1147		1621	
稚樹割合(%) *	56.2		51.8		61.5		70.5		27.0		38.7	
萌芽割合(%) **	55.4		51.3		86.5		12.1		58.5		45.0	
樹高階 (cm)	Se***	Sp***	Se	Sp	Se	Sp	Se	Sp	Se	Sp	Se	Sp
~20	65.8	37.7	71.5	40.5	22.0	36.2	78.1	38.9	66.7	10.3	66.6	29.7
20~40	23.6	27.6	5.6	27.0	12.0	22.4	9.6	19.5	10.0	12.8	15.2	14.8
40~60	6.8	15.0	2.9	13.5	18.0	13.9	5.4	16.7	10.0	20.5	3.0	25.9
60~80	2.5	8.7	0.0	2.7	12.0	11.8	3.8	11.1	6.7	23.1	0.0	11.1
80~100	1.0	9.4	20.0	8.2	14.0	7.7	2.3	11.1	3.3	20.5	9.1	14.8
100~	0.3	1.6	0.0	8.1	22.0	8.0	0.8	2.7	3.3	12.8	6.1	3.7

* : 樹高0.1m以上のダケカンバ個体中に占める稚樹(樹高0.1m以上1.5m未満の幹)割合

** : ダケカンバ稚樹の中で萌芽由来の個体割合

*** : Se, 種子由来 Sp, 萌芽由来

にくらべると、萌芽による新たな個体の供給はより確実であろう。なお、萌芽割合は風上斜面よりも風下斜面の方が高い値を示したが、これについては後述する。

樹高分布で代表される生残率を種子由来、萌芽由来に分けて検討すると、萌芽由来のものの方がわずかに生残率が高い傾向があるようだ(第3表)。すなわち、樹高の高い稚樹を見ると萌芽由来の方がある程度割合が高い傾向にある。これは、種子から成育することが環境条件的にかなり厳しいことによるものであろう。萌芽は量的にも質的にも森林限界付近のダケカンバの更新に重要な役割を担っていることがわかる。

4. 森林限界付近におけるダケカンバ林の更新

ダケカンバが陽樹であることを考慮すると、同一立地内では胸高直径と樹齢とは対応していると考えられる。事実、北海道大雪山の森林限界付近でダケカンバの樹齢調査を行った結果では、樹齢と胸高直径との間に高い正の相関関係がみられ(15)、中国長白山の針葉樹林帯上部のダケカンバでも同様の結果が得られている(17)。このため、今回の逆J型胸高直径分布は、そのまま樹齢分布を反映しているものと考えられる。したがって、本州中部山岳の森林限界付近に分布するダケカンバは、各山岳共通して、若齢時には多くの個体が枯死するものの、生き残った個体は継続して林内に存在すること、各樹齢階にわたって個体が見られることがわかる。このことは、後継樹がほぼ継続的に発生しており、特定の時期、例えば気候環境が好適な期間などに集中するものではないことを示している。ダケカンバは陽樹性が高いにもかかわらず後継樹が豊富にあるのは、ダケカンバ林がかなり疎林で(第1表)、林床にもある程度の光が入るためであろう。森林限界付近のダケカンバ林は同所的に継続して更

新する、安定林とみてよい。このため、ひとつの極相林と考えてよいであろう。

通常、森林限界付近では後継樹の成立機会は好適環境期に限られており、連続したサイズ、樹齢分布とはならない。いっぽう、日本のダケカンバ森林限界では後継樹は十分に供給されている。したがって、ダケカンバ林で形成される森林限界の成立要因として、稚樹の定着の制限は作用していないものとみてよい。この点で、通常の森林限界の更新と異なっており、大きな特徴となっている。ダケカンバ森林限界の成因としては、むしろ、冬季の強風や多雪等による高木の生活型への影響(15, 20)が顕著であると言えよう。ダケカンバは、後継樹は確保していて、潜在的な森林成立可能域にありながら、高木への成長を阻まれる形で森林限界が形成されていると見なせる。

いっぽう、針葉樹は分布量がごく少なく、また、大径木にまで育つことは少ない(第1, 2表)。これは通常の森林限界付近の樹木のサイズ分布と共通している。針葉樹にとってはダケカンバ林分布域の環境条件は厳しく、定着の機会そのものがきわめて限られていることがわかる。さらに、高木の生活型への影響はダケカンバと比べてより顕著なので、針葉樹がダケカンバに代わって森林限界付近で針葉樹林帯を形成する可能性は少ないと言える。

亜高山針葉樹林帯ではダケカンバは林冠欠損部(10, 12)や土石流跡地(11)、雪崩跡地(14)などの解放地に侵入し、同齢林を形成することが多い。そこではダケカンバは異所的に不連続な更新を行っている。わが国ではこれまでは、ダケカンバの更新に関してはこのような異所的な更新のみが着目されていた。そして、将来的には針葉樹にとって変わられるものとされてきた。このために

ダケカンバはいわゆる極相構成種とは見なされず、植生帯としてのダケカンバ帯もその存在が必ずしも認められてはいなかった(15を参照)。

しかし、森林限界付近で純林状のカバノキ林が同所的に連続した更新をすることはスカンジナビアの *Betula pubescens* (1, 8, 9, 13, 24, 25, 26, 27)を中心に広く知られており(2, 3, 7, 21)、今回の結果もこれと対応する。森林限界付近で純林を形成するカバノキ林の分布はかなり広く、特に、北東アジアとスカンジナビアで顕著にみられる(4)。こうしたカバノキ林はその地理分布の広がりからみて独立した植生帯として捉えることが適切である。更新動態の面からみても、今回報告したダケカンバ林は連続して更新しており、安定林を形成している。ゆくゆくは針葉樹にとって変わられる存在とはとても言えない。

5. 風上、風下斜面間での違い

既に報告したように(16)、3山岳共通して風上斜面のほうが針葉樹の混入割合が高く(表1)、胸高直径も多少大きい(表2)。林分の量的樹種構成が非対称になっている。森林限界付近のダケカンバ林分布域が潜在的には針葉樹林帯域と重なっていることを考え合わせると、このことは、風上斜面では風下斜面に比べて針葉樹がある程度成育可能なことを示している。針葉樹はダケカンバに比べて樹形的に直立性が高く、また可塑性が少ないので、多雪条件下では雪害を被りやすい(5, 6, 22, 23)ため、より寡雪な風上斜面で量比が増えると考えられる。ただし、風上斜面においても針葉樹が容易に大径木にはならないことは上述(第2表)の通りであり、ダケカンバが大きく優占することからみれば風下斜面と共通している。結局、風上側斜面でも冬季の強風や積雪量の絶対値が大きいこと等から、潜在的な針葉樹林帯域であっても針葉樹が高木にまで成長して針葉樹林帯を形成することは困難であろう。陽樹性の強いダケカンバといえども安定林を形成している以上、それらで代表される植生帯を認めることは差し支えないと言える。

萌芽割合は風上斜面よりも風下斜面の方が高い値を示した。これは、萌芽率が風下斜面の方が高いこと(16)を反映しているものと考えられるが、さらに、多雪斜面でしばしば見られる大型高茎草本(バイケイソウ、シナノキンバイ、ミヤマキンポウゲなど)に被圧されて、種子からの稚樹が定着しにくいこととも関与していよう。

摘 要

本州中部の鳳凰山、木曽駒ヶ岳、西穂高岳において、

森林限界付近で純林を形成するダケカンバ林の高木性樹種を対象として、種類組成、胸高直径階分布および更新動態を調査した。

1. 種類組成は、ダケカンバ以外にはシラベ、オオシラビソ、カラマツ、トウヒなどの亜高山針葉樹林帯の優占種が見られた。このことは、ダケカンバ林の分布域が潜在的には亜高山針葉樹林分布域と重なっていることを示唆する。

2. 樹種別の優占度をみると針葉樹はわずかで、胸高直径もダケカンバと比べて小さかった。このことは、潜在的な分布範囲内ではあっても針葉樹は成育が制限されていることを示す。

3. ダケカンバは逆J型の胸高直径階分布を示し、更新が同所的に継続して安定林を形成していることがわかる。このことは稚樹の調査からも裏付けられ、3山岳ともに十分な稚樹の供給がみられた。このような安定した更新様式は、異所的、不連続な針葉樹林帯内のダケカンバ林と異なっていた。

4. 稚樹の萌芽割合はいずれの調査地でもかなり高く、後継樹の確保に萌芽が大きな役割を果たしていることがわかる。

5. 森林限界付近で安定林を形成するカバノキ林帯はスカンジナビアや北東アジアにも知られており、本州中部山岳のものもこれらと対応すると考えられる。

引用文献

- (1) Böcher, T. W. (1979) : Birch woodlands and tree growth in southern Greenland, *Holarctic Ecology*, 2, 218-221.
- (2) Dolukhanov, A. G. (1978) : The timberline and the subalpine belt in the Caucasus mountains, USSR, *Arct. Alp. Res.*, 10, 409-422.
- (3) Gorchakovskiy, P. L. and S. G. Shiyatov (1978) : The upper forest limit in the mountains of the boreal zone of the USSR, *Arct. Alp. Res.*, 10, 349-363.
- (4) Hämet-Ahti, L. and T. Ahti (1969) : The homologies of the Fennoscandian mountain and coastal birch forests in Eurasia and North America, *Vegetatio*, 19, 208-219.
- (5) 石塚和雄(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生態論集, 吉岡邦二博士追悼植物生態論集編集委員会編), 東北植物生態談話会, 仙台, 404-428.
- (6) 石塚和雄(1981) : 八甲田山におけるアオモリトドマツの雪害樹形(アオモリトドマツ林の生態学的研究), 39-48.
- (7) Кабанов, Н. Е. (1972) : Каменноберезовые леса ботанико-

- географическом и лесоводственном отношениях Наука, Москва, 136 pp.
- (8) Kallio, P., S. Niemi, M. Sulkinoja and T. Valanne (1983) : The fennoscandian birch and its evolution in the marginal forest zone, *Nordicana*, **47**, 101-110.
 - (9) Kauppi, A. (1989) : Sprouting in birches: a morphological and ecophysiological approach, *Acta Universitatis Ouluensis. Series A. scientiae. Rerum Naturalium* **209**.
 - (10) 木村允 (1977) : 亜高山帯の遷移 (群落の遷移とその機構, 沼田眞編著), 朝倉書店, 東京, 21-30.
 - (11) Kimura, W. (1991) : Revegetation process on a subalpine mudflow, *Ecol. Res.*, **6**, 63-77.
 - (12) Kohyama, T. (1984) : Regeneration and coexistence of two *Abies* species dominating subalpine forests in central Japan, *Oecologia*, **62**, 156-161.
 - (13) Kullman, L. (1981) : Some aspects of the ecology of the Scandinavian subalpine birch forest belt, *Wahlenbergia*, **7**, 99-112.
 - (14) 大場達之 (1973) : 日本の亜高山広葉草本一低木群落, 神奈川県立博物館研究報告, **6**, 62-93.
 - (15) 沖津進 (1987) : ダケカンバ帯 (北海道の植生, 伊藤浩司編著), 北海道大学図書刊行会, 札幌, 168-199.
 - (16) 沖津進 (1991) : 本州中部山岳森林限界付近のダケカンバ萌芽株, 千葉大園学報, **44**, 141-146.
 - (17) 沖津進・伊藤浩司・李崇嶠 (1991) : 中国長白山に分布するダケカンバトウシラベ混交林の維持機構, 1990年度日本生態学会関東地区大会講演要旨集, 12.
 - (18) 沖津進・並川寛司・春木雅寛・伊藤浩司 (1982) : エゾマツ優占型森林群落の量的特徴とその成立機構 (環境庁委託十勝川源流部原生自然環境保全地域調査報告書), 日本自然保護協会, 東京, 189-205.
 - (19) 沖津進・里見至 (1987) : 木曽駒ヶ岳濃ヶ池付近のダケカンバ林の動態, 98回日林論, 343-344.
 - (20) 沖津進・里見至 (1989) : 本州中部山岳の森林限界付近に分布するダケカンバの樹高と胸高直径の関係, 植物地理・分類研究, **37**, 149-153.
 - (21) Perala, D. A. and A. A. Alm (1990) : Reproductive ecology of birch: A review, *Forest Ecology and Management*, **32**, 1-38.
 - (22) 四手井綱英 (1954) : 雪圧による林木の被害, 林試研報, **73**, 1-89.
 - (23) 四手井綱英 (1956) : 裏日本の亜高山帯の一部に針葉樹林の欠如する原因についての考え方, 日林誌, **38**, 356-358.
 - (24) Sonesson, M. and J. Hoogesteger (1983) : Recent-tree-line dynamics (*Betula pubescens* Ehrh. ssp. *tortuosa* (Ledeb.) Nyman) in northern Sweden, *Nordicana*, **47**, 47-54.
 - (25) Sonesson, M. and B. Lundberg (1974) : Late Quaternary forest development of the Torneträsk area, North Sweden, *Oikos*, **25**, 121-133.
 - (26) Vaarama, A. and E. Valanne (1973) : On the taxonomy, biology and origin of *Betula tortuosa* Ledeb, *Rep. Kevo Subarctic Res. Stat.*, **10**, 70-84.
 - (27) Verwijst, T. (1988) : Population dynamics of birch (*Betula* spp.) and coexisting tree species in relation to the environment, *Acta Universitatis Upsaliensis, Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science*, **125**, 1-23.