

スギおよびヒノキ人工林における雪害に関する研究(II)

— 林木のサイズおよび成立位置が雪圧害に及ぼす影響 —

川上誠一・三浦恒雄・後長正行・森山 勲・寺田和雄・山下多聞

Effects of tree size and growing position on snow pressure damage in a sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) and hinoki (*Chamaecyparis obtusa* Endl.) plantation of the Sambe Forest, Shimane University

Seiichi KAWAKAMI, Tsuneo MIURA, Masayuki GOCHO, Isao MORIYAMA,
Kazuo TERADA and Tamon YAMASHITA

Abstract The prevention of snow damage is an important problem in the field of coniferous plantation forestry under the snowy condition. We have planted sugi or hinoki plantations for 30 years in the Sambe Forest, Shimane University. The Sambe Forest has much snow and low temperature in winter. Some of coniferous plantations were damaged or destroyed by snow cover. Two 8m × 44m belt transects were established in a young sugi and hinoki mixed plantation on a uniform hill slope of the Sambe Forest. One transect is treated with pruning of lower branches, and another is control site. Snow damage was occurred at all positions of slope. High damage rate was observed in the upper position of pruned site. Smaller trees were severely damaged than larger. It is important to increase the growth rate of the individual trees during earlier growth stage to prevent snow damage and to establish commercially valuable plantation.

Key words; snow damage, coniferous plantation, hakama-otoshi pruning, tree size, growing position.

はじめに

拡大造林の進展にともない造林地が奥地化し、また多雪地などの不適地への造林がおこなわれた。多雪地でかつ奥地の造林地の場合、雪害と不十分な手入れのため形質の悪い造林木がまばらに残る典型的な不成績造林地が形成される(山下・高本, 1997)。河原(1994)は、このような不成績造林地では広葉樹を活かす施業を勧めている。赤井ら(1989)、清野(1991)、小谷・矢田(1989)、長谷川(1991)も不成績造林地の取り扱いについて同様の見解を示しているが、不成績造林地に至るプロセスにおける雪害の役割に言及するものはなかった。

林木の雪害は一般に機械的雪害と生理的雪害に分けられ、このうち機械的雪害はさらに荷重の害、沈降の害、移動の害そして雪崩の害に分けられる(荒木, 1995)。佐伯・杉山(1965)が指摘するように中国山地は北陸地

方について荷重害発生の危険が高い地域であり、移動害発生の危険も高いことが予想される。雪圧害発生の要因は雪質、積雪量、積雪深(佐藤, 1980)、微地形(高橋・高橋, 1970)である。中国山地中央部に位置する島根大学三瓶演習林の針葉樹人工林では幼齡林で移動の害つまり雪圧害が、全ての林齢で荷重の害すなわち冠雪害が発生している。このため春先には冠雪被害木の除間伐作業が、また幼齡林では倒伏した個体の雪起し作業が必要である。これらの作業には相当量の人工数を要するため、大学演習林を含め林業現場における作業員の高齢化と減少さらに保育管理の省力化と低コスト化を考慮すれば、針葉樹人工林における雪害の回避軽減が望まれる。

本研究では造林地が不成績林地化する重要な要因である雪害に着目し、雪害の中でも雪圧害の発生を施業を通して予防または軽減する可能性を探る。前報(川上ら, 1997)では袴落し施業が必ずしも雪害予防に有効ではないという結果が得られたが、本報では造林木の個体サイ

ズおよび成立位置が雪害の発生に及ぼす影響を明らかにする。

研究の機会を与えていただいた附属生物資源教育研究センターの新村義昭博士および本稿をまとめるにあたり有益な助言をいただいた森林環境学講座の片桐成夫博士にここに記して感謝申し上げる。

調査地および調査方法

1. 調査地 島根県飯石郡頓原町角井にある島根大学生物資源科学部附属生物資源教育研究センター森林科学部門三瓶演習林獅子谷団地7林班の小班(北緯 35° 9', 東経 132° 40') のスギ(一部ヒノキ)人工林に調査林分を設けた。獅子谷団地の年平均降水量は約 2,300 mm, 年平均気温は約 11°Cである。演習林事務所前庭における過去 30 年の平均積雪深は約 85 cm であった。図 1 に調査期間中の実測積雪深を示す。最寄りの赤名気象観測点の 1995 年 12 月から 1996 年 3 月まで(95-96 年)と 1996 年 12 月から 1997 年 3 月まで(96-97 年)の冬期間の降水をすべて降雪とすれば、降雪量は 95-96 年が 669 mm, 96-97 年が 578 mm で前者の方が多かった。最大積雪深は 96-97 年の方が大きく 90 cm であった。この小班は北向の斜面上にあり、標高 450 m~480 m である。土壌は白亜紀の黒雲母花崗岩等を母岩とする褐色森林土が生成している。斜面上部では適潤性褐色森林土扁乾亜型(B_{D(a)})もしくは乾性褐色森林土(B_B)が、

斜面中部から下部では適潤性褐色森林土(B_b)が出現する。1989年に植栽密度 4000 本/ha でヒキミスギ, サンベスギ, オキノヤマスギの挿し木苗およびヒノキ実生苗(斜面上部)を混植した。植栽後には下刈り, ツル切り, 雪起しなどの初期保育を実施した。

2. 調査方法 幼齡林に実施する重要な施業として「袴落とし」が挙げられる。袴落としの雪害予防への効果は確認できなかった(川上ら, 1997)が幼齡期の成長制御技術として依然重要であることに変わりはない。袴落としとは、地方によっては「裾枝払い」や「泥枝打ち」とよばれる一種の枝打ちで、若齡林木の下層にある枝の打ち落としを指す。袴落としで打ち上げる枝下の高さは林木の状態で異なり、地際から地上 1~2 m 部分のいわゆる「背丈打ち」で通常行われる。

1995 年 10 月に調査林分内に 8 m×44 m のベルトトランセクトを 2 本設定し、一方で袴落としを行い(袴落区)、もう一方は対照区とし放置した。翌 1996 年 1 月の無積雪日に林分構造を把握するため毎木調査を行い胸高直径および立木位置を測定した。袴落とし区および対照区のスギとヒノキそれぞれ 6~7 本の樹高を測定し樹高推定式 1 式~4 式を求めた。この時点で雪害の発生は観察されなかった。1996 年 4 月に第一回の、1997 年 4 月に第二回の雪害調査を行った。雪害を受けたとみなす林木は倒伏したものの根元の曲がったもの折れたもの等である。また雪害率を 5 式とする。

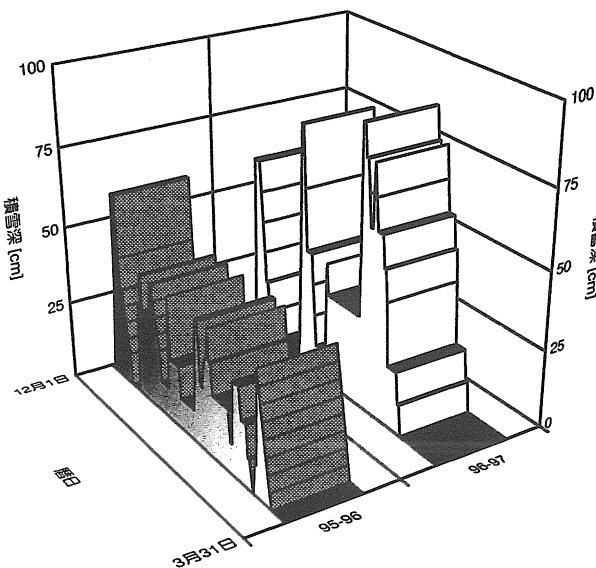


図 1 島根大学三瓶演習林獅子谷団地における調査期間中の日毎の積雪深

$$\text{袴落区ヒノキ } \frac{1}{H} = \frac{1.59}{DBH} + 0.03 \dots\dots\dots 1 \text{ 式}$$

$$\text{対照区ヒノキ } \frac{1}{H} = \frac{2.62}{DBH} - 0.16 \dots\dots\dots 2 \text{ 式}$$

$$\text{袴落区スギ } \frac{1}{H} = \frac{1.87}{DBH} - 0.01 \dots\dots\dots 3 \text{ 式}$$

$$\text{対照区スギ } \frac{1}{H} = \frac{0.65}{DBH} + 0.12 \dots\dots\dots 4 \text{ 式}$$

ここで H は樹高[m], DBH は胸高直径[cm]とする。

$$\text{雪害率} [\%] = \text{雪害本数} \times 100 \times (\text{総本数})^{-1} \dots\dots\dots 5 \text{ 式}$$

結 果

1. 林分の概況 1996 年 1 月時点の林況を表 1 に示す。当初の植栽密度は 4,000 本/ha であったが、調査開始時点では袴落区, 対照区ともに大幅に密度が減少していた。これは調査開始以前に雪害個体など形質不良木を淘汰し

表1 1996年1月時点での林況

	立木密度 [本/ha]	平均DBH [cm]	平均H [m]	胸高BA [m ² /ha]	平均形状比 [φ]
袴落区	2869	4.4	3.1	4.8	75
対照区	2557	4.6	2.7	4.7	59

た結果である。平均胸高直径、胸高断面面積合計には両区間の差異は認められなかったが、平均樹高および平均形状比に有意な差 ($p < .001$) が認められた。個体のサイズがまだ小さい幼齢林では微小な直径および樹高の差異により形状比の大きな差を生じると考えられる。冠雪害には形状比が60に満たない樹木の耐性が高い(渡辺・大関, 1981)とされているが、雪圧害に形状比がどのような影響を及ぼすか明らかになっていない。

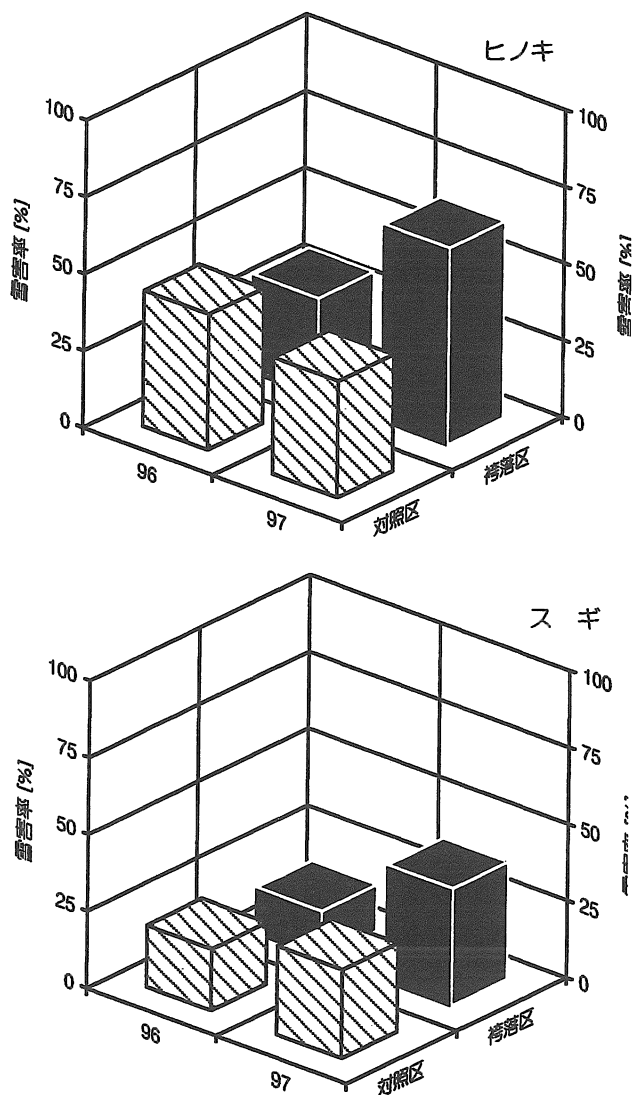


図2 スギおよびヒノキ樹種別の各調査区における雪害率

2. 雪害率 年次ごとの雪害率を図2に示した。スギに較べヒノキの雪害率が高かった。ヒノキの対照区を除き96-97年間に雪害率が増加した。前述のように冬期の降水量は95-96年で多かったが、最大積雪深は96-97年期的の方が大きかった。このことは雪害は最大積雪深が重要

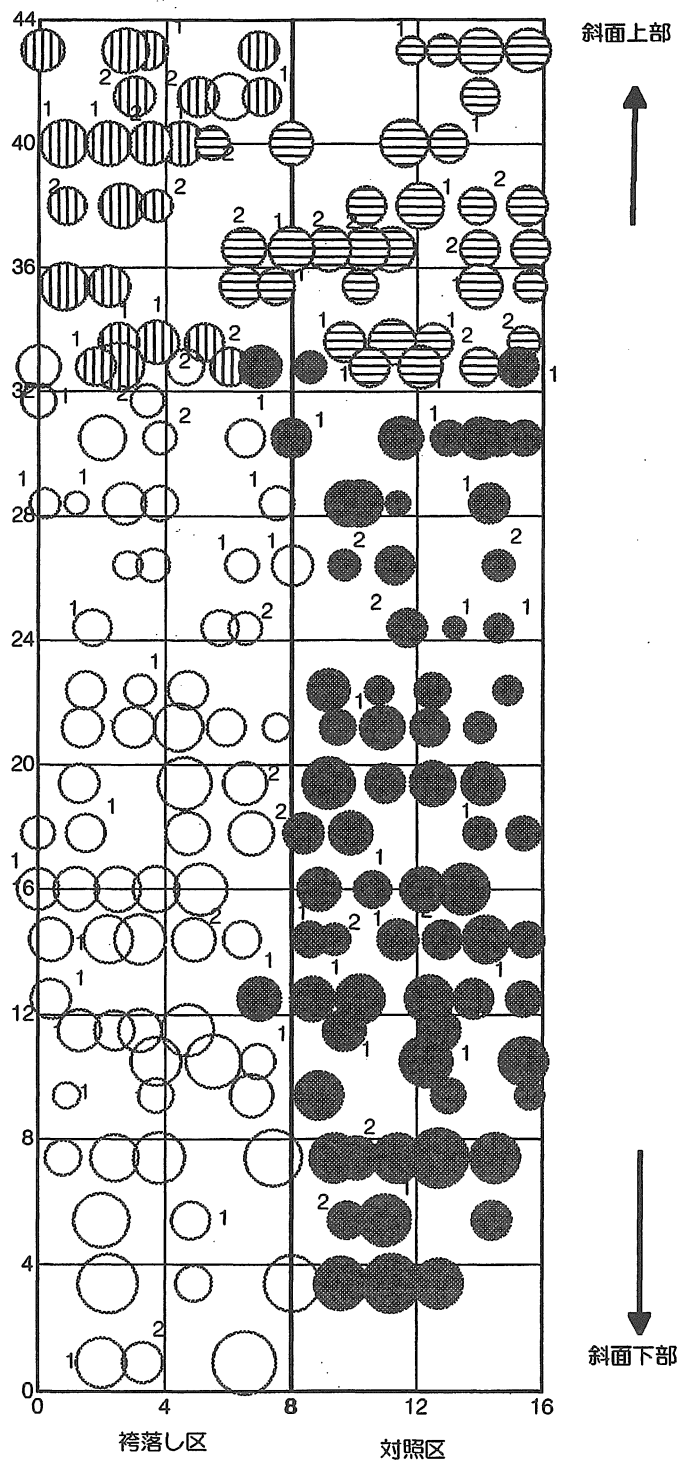


図3 各調査区内の立木位置、胸高直径および雪害被害回数

な要因になっている可能性を示唆するものである。95-96 年間に雪害を受けさらに 96-97 年間に再度雪害を受けた個体数の 95-96 年間に被雪害個体数に対する割合を再発率とする。再発率はスギで袴落区 80%, 対照区 64%, ヒノキで袴落区 100%, 対照区 64%であった。スギとヒノキの両方で袴落区の再発率が高かった。ヒノキは雪害率とともに再発率も高く雪害に弱いことを示している。比較的雪害に強いとされるスギも再発率が高く、折れてしまったものはもちろん一度倒伏したのものには繰り返し雪害を受けやすい傾向が認められた。

3. 雪害の発生位置 立木位置と雪害の発生状況を図3に示す。各円の大きさは立木の直径を示し、円の肩の数字は雪害を受けた回数を示している。造林木は斜面の等高線に沿って植栽されており、斜面上部から斜面下部に向かい平行線状に植栽木が並んでいる。斜面の上部にはヒノキを植栽し、中部および下部にスギを植栽している。袴落区および対照区のどちらも斜面のほぼ全ての位置で雪害が発生している。調査林分の斜距離によって便宜的に斜面を上部 (44 m~30 m), 中部 (30 m~15 m), 下部 (15 m~0 m) の3区分に分け、各区分での雪害率を表2に示した。スギとヒノキを区別しない場合、袴落区と対照区の両方とも斜面上部で雪害率が高い。ヒノキを除外した場合、袴落区では上部が高く、対照区では大きな差は認められなかった。これらから斜面上部でスギ幼齢木に袴落としを実施すると逆に雪害を受ける可能性が高くなることが示唆された。上部から下部の立木密度と雪害率の間には有意な相関はなく、植栽密度ないしはその後の密度管理によって雪害が防除できるとも考えにくいといえる。

4. 個体サイズの影響 個別の樹木のサイズと雪害の関係をみるため、胸高直径 1 cm ごとの階級にわけ頻度分布を作成し、各階級に属する健全木、被害木、枯損木の3要素を示した (図4)。ヒノキ対照区では 95-96 年、96-97 年ともに全階級で雪害が発生した。それに対してヒノキ袴落区では両期とも最大径級の被害がなかった。スギは対照区、袴落区ともにより小さな径級で雪害が観察され、大径級では雪害はまったく観察されなかった。

各調査区の枯損木を含む雪害被害木と健全木の直径を指標にしたサイズ比較を行った (表3)。ヒノキ対照区では被害木と健全木間のサイズの違いが認められなかったが、袴落区で健全木のサイズが有意に大きかった。ヒノキの場合、袴落としをすることによってより大きな個

表2 斜面上の生育位置と雪害率(上部の括弧内はヒノキを含めた値)

袴落区	雪害木 [本]	全立木 [本]	雪害率 [%]	立木密度 [本/ha]
上部	5(19)	8(30)	63(63)	2679
中部	14	37	38	3083
下部	9	23	39	1917

対照区	雪害木 [本]	全立木 [本]	雪害率 [%]	立木密度 [本/ha]
上部	3(21)	9(41)	33(51)	3661
中部	9	26	35	2167
下部	13	34	38	2833

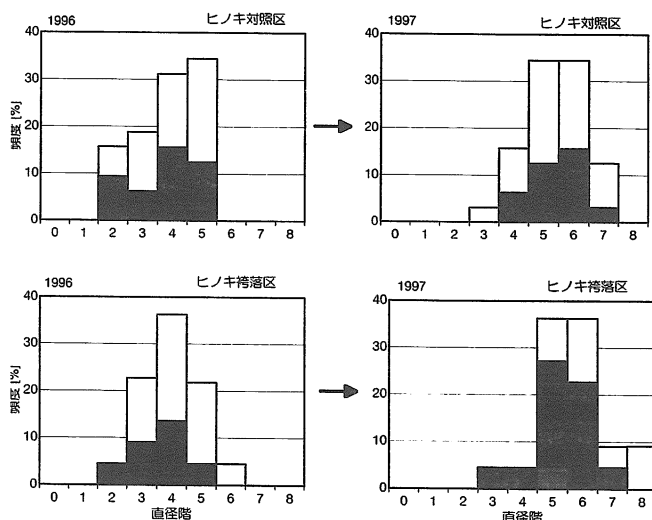


図4a 健全木、被害木および枯損木の直径頻度分布。白抜きは健全木、黒塗は被害木、灰色は枯損木を示す。

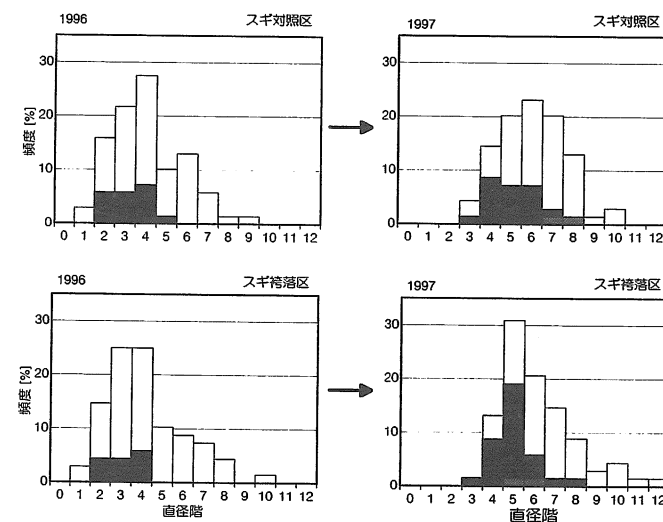


図4b 健全木、被害木および枯損木の直径頻度分布。白抜きは健全木、黒塗は被害木、灰色は枯損木を示す。

表3 各調査区における雪害被害木と健全木の直径比較

ヒノキ	袴落区	雪害木<健全木	P<.05
ヒノキ	対照区	雪害木 健全木	NS
スギ	袴落区	雪害木<健全木	P<.001
スギ	対照区	雪害木<健全木	P<.05

体が雪害から免れる確率が高くなるといえる。スギは袴落区、対照区ともに健全木のサイズが被害木を上回った。スギの場合、袴落としをしなくてもサイズの大きな個体は被害を免れうることがわかった。

小さな個体はより雪害の被害を受けやすく成長が遅れ、さらに次の積雪期に再度雪害を被るという悪循環が生じることが明らかになった。

考 察

雪圧害によって樹木に生じる可視害として荒木(1995)は根抜け(枝葉抜け)害、根曲がり害、幹割れ害、脱葉害の4種の害を挙げている。三瓶演習林の場合、林地の観察から根曲がり害と幹割れ害以外の被害は稀である。根曲がり害は通常枯死には至らないので雪害としない見方もあるが、根曲がりした個体は雪起しの必要がある上、元玉の形質を著しく低質化させ経済的損失が大きい。幹割れ害は一度の降雪で生じるのではなく、根曲がりと雪起しを繰り返した末に根元から折れてしまう断続的積雪の害である。本調査区内にも6本の幹割れ害被害木(枯損木)が観察された。幼齡林の雪圧害は積雪初期の冠雪による樹体の倒伏から始まり(大関ら, 1980)、融雪期まで続く。2~3 齡級のスギ林分であれば融雪後数日で回復角の90%が回復する(渡辺, 1949)が、完全な回復までには一成長期を必要とし、幹の圍伏部が長くなると幹が根へと変化する可能性もある。このためにも雪起しは必要な作業である。雪起しにより根曲がり形成量を半減し、樹高成長を促進できる(栗田・遠田, 1980)。雪起しは樹高が最大積雪深の2.0~2.5倍になるまで継続する(小野寺, 1990)。

このように経済的にも損失をもたらす雪害の防除については、幼齡林の場合土木工事により雪の移動を防止する方法が知られている(若林ら, 1976; 大関ら, 1982)。しかし、大がかりな土木工事を伴う造林事業は多くの場合において経済林造成に不向きである。防災林造成等の目的以外には造林を避けるか施業を通して雪害を予防すべきである。

雪害予防に有効な施業とはどのようなものであろうか。

今回の調査から明らかになったことは、斜面位置によらず、より大きな個体がより雪害に強いということである。つまり、林業的には好ましくない初期成長の早い個体が雪害に強いのである。市場で高い評価を得るのは初期から一貫して成長が制御された年輪幅の均等な材であるが、雪害の起りやすい立地ではそのような材の生産に多大な労力が必要となる。材価の低下は避けられないが、雪害で多くを失うよりはより疎な植栽密度で初期成長を促し確実に成林させる必要がある。

袴落としはスギでは雪害予防に必ずしも有効ではなかったが、ヒノキの場合より大きな個体の雪害予防に有効であった。ヒノキ林の場合も、成長を極端に阻害しては逆効果であり袴落としの適量を見極める必要がある。袴落としに投入すべき労働力は植林地の管理上必要な範囲で分配すべきであろう。

ま と め

雪害の予防はこれまでも多くの研究者や技術者が関わってきたが今だ決定的な解決策は見い出されていない。雪害が予想される立地では必要以上に保育のコストがかかることは必至である。このことを踏まえた上で人工林を造成すべきか否か判断すべきである。植栽後は個体が十分雪圧に耐えうる大きさに適当な時期に到達できるよう保育する必要がある。

引 用 文 献

- 赤井龍男・古野東洲・真鍋逸平・上田晋之助・倉木良人、スギ不成績造林地の混交複層林化した林分の構造と成長。日林論 100, 255-256, 1989。
- 荒木眞之, 森林気象, pp202, 川島書店, 東京, 1995。
- 長谷川幹夫, スギ不成績造林地での下刈り, 除伐が広葉樹の定着に与える影響。日林誌 73 : 375-379, 1991。
- 川上誠一・三浦恒雄・後長正行・森山 勲・寺田和雄, スギ, ヒノキ人工林における雪害に関する研究(I) 袴落としによる雪害への影響調査。中国・四国地区大学附属演習林技術職員研修研究発表集録 2, (印刷中), 1997。
- 河原輝彦, 造林地に更新した広葉樹の育成技術(藤森隆郎・河原輝彦編著「広葉樹林施業」所収)。林業改良普及双書 118, 全国林業改良普及協会, 東京, pp. 150-160, 1994。
- 清野嘉之, 多雪地帯のスギ人工林に混生する広葉樹の実

- 態と取り扱い, 日林論 **102** : 545-546, 1991.
- 小谷二郎・矢田豊, 多雪地帯における不成績造林地の改良に関する研究(Ⅱ) 放置されたスギ造林地の林分構造および広葉樹の生育状況, 日林論 **100** : 257-258, 1989.
- 栗田稔美・遠田 武, 多雪地帯におけるスギ幼齢木の雪起し効果の一事例, 林試東北支場たより **223** : 1-4, 1980.
- 小野寺弘道, 雪と森林, pp. 81, 林業科学技術振興所, 東京, 1980.
- 大関義男・渡辺成雄・佐伯正夫, 若齢広葉樹林の冠雪による倒伏, 雪氷 **42** : 229-233, 1980.
- 大関義男・渡辺成雄・庭野昭一, 杭施工によるスギ雪崩防止林の造成, 雪氷 **44** : 23-26, 1982.
- 佐伯正夫・杉山利治, 林木の冠雪害危険地帯, 林試研報 **172** : 118-137, 1965.
- 佐藤啓祐, 裏日本多雪地帯の積雪環境と森林雪害, 森林立地 **21** : 10-15, 1980.
- 高橋啓二・高橋亀久松, 豪雪地帯におけるスギ人工林の雪圧害と地形, 雪氷 **32** : 30-36, 1970.
- 渡辺成雄, 埋雪倒伏せる杉幼齢木の立直りについて, 雪氷 **11** : 31-32, 1949.
- 渡辺成雄・大関義男, 冠雪害の実験的研究, 森林立地 **23** : 40-44, 1981.
- 若林隆三・吉田 贄・大森俊雄, 北海道大学檜山演習林のナダレ常襲地における森林造成試験, 北大演報 **16** : 49-61, 1976.
- 山下多聞・高本麻衣子, 手入れが困難な場所に造成されたスギおよびヒノキ人工林のその後, 日林論 **108** : (印刷中), 1997.