



Title	雪の堆積論 II : 落葉樹防風林の防雪効果
Author(s)	小林, 大二; KOBAYASHI, Daiji; 田中, 夕美子 他
Citation	低温科学. 物理篇, 38, 53-61
Issue Date	1980-03-10
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/18390
Type	departmental bulletin paper
File Information	38_p53-61.pdf



雪の堆積論 II*

— 落葉樹防風林の防雪効果 —

小林 大二

(低温科学研究所)

田中 夕美子

(北海道大学農学部演習林)

小林 俊一

(低温科学研究所)

(昭和54年10月受理)

I. ま え が き

この論文では、吹きだまりを作る障害物の中でも、スケールが大きく、通風度の大きい落葉樹防風林をとり上げ、その周辺の堆雪を論じた。

北海道の平野部には、耕地防風林としての落葉樹林帯が多い。夏期にはうっそうとして防風機能を十分に発揮している耕地防風林も、冬期には林帯の向側がよく見える程すけている。このような一見風の吹き抜けそうな落葉樹林帯が、冬期間どの程度の防雪効果を有するものであろうか。常緑樹の防雪林に関する研究^{1)~4)}は多いが、落葉樹林帯の防雪機能に関するデータ(今井篤雄他 1962)は少い。そこで1976~1979年冬期に、石狩平野の海岸より3~10km内陸にある落葉樹の耕地防風林の防雪機能を調査した。

その結果、幅がわずかに5~7mのカラムツの防風林でも、冬期間の全ふぶき量の3割を捕捉し、又、ニレ、ポプラ、ヤマグワ等からなる幅70mの粗林は全ふぶき量を捕捉していること等、落葉樹防風林が冬期間防雪機能を発揮していることがわかった。

又、風速の低下のほとんど認められない防風林帯の風上でも、約50mにわたって吹きだまりを作っていた。従来防雪林を含めて障害物周辺の吹きだまり発生機構については、単に弱風域に吹きだまりが出来るとい程度の説明が多かった。この論文では、防雪林等の通風性のある障害物の風上、風下での吹きだまり発生機構の差異に言及した。

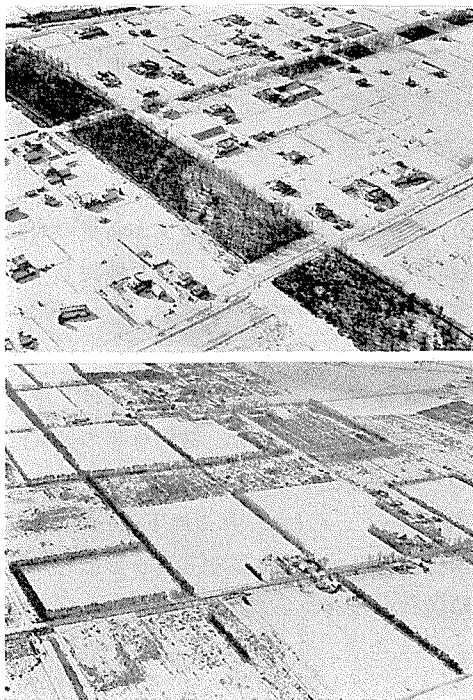
防雪林の機能としては、風上からのふぶきを捕捉することの他に、林帯風下に、ふぶきの発生しない弱風帯を作ることにも含まれる。この第2の機能検証のために航空写真を撮影した所、ふぶき発生の跡を面で捉えることができ、落葉樹防風林の防雪効果図のデータが得られたのであわせて報告する。

* 北海道大学低温科学研究所業績 第2172号

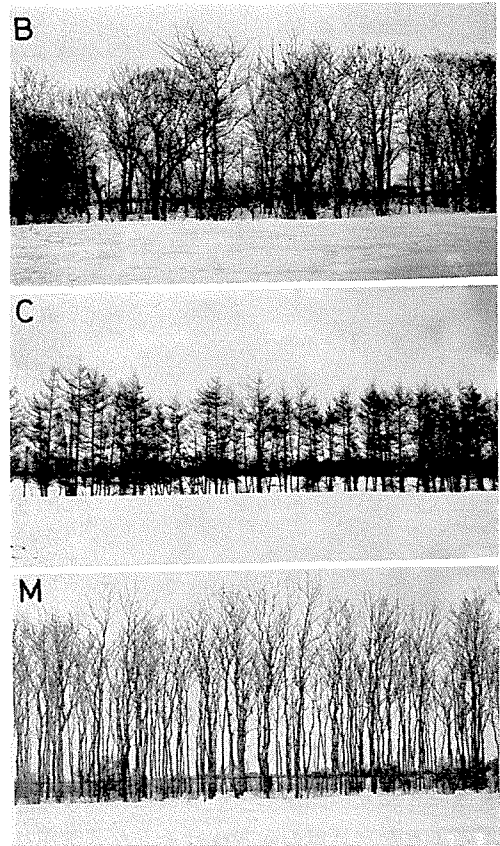
II. 調査防風林の概要

調査した防風林は石狩平野の海岸より3~10 km 入ったふぶき頻発地帯にあり、全て、落葉樹の耕地防風林(第1図)である。冬期には第2図の写真に示す如く、かなりすけてみえる。樹種はハルニレ、ヤチダモ、ポプラ、ハンノキ、ヤマグワ、カラマツ等である。樹高は7~14 m, 林幅は5~70 m である。林帯毎に、樹種、樹高、林幅等をまとめて、第1表に示した。

海岸に近い花畔の防風林は、天然林を耕地防風林として切り残したものであるが、屯田及び篠路地区の防風林は植樹によるものである。篠路地区のカラマツの防風林は100間(180 m)又は150間(270 m)毎の列状又は格子状になっている(第1図)。なお林帯毎の樹冠投影図、樹高階別本数等については、武藤、



第1図 上 花畔耕地防風林 B (林幅 70 m)
下 篠路耕地防風林 (林幅 5~12.5 m)



第2図 防風林 (記号は第1表参照)

第1表 防風林の樹高、林幅、樹種

林の記号	高さ	幅	樹種
花畔 A		37.0 m	ハルニレ 他
〃 B	11.0 m	70 m	ハルニレ ポプラ ヤマグワ ハンノキ
篠路 C	7.3 m	5 m	カラマツ
〃 D	11.1 m	5.5 m	カラマツ ヤチダモ
〃 E	10.1 m	4.0 m	カラマツ
〃 F	8.0 m	7.2 m	カラマツ ヤチダモ
〃 G		5.5 m	カラマツ
〃 H	7~8 m	5.5 m	カラマツ
〃 I		5.5 m	カラマツ
〃 J		12.5 m	カラマツ ヤチダモ
屯田 M	14.1 m	44.0 m	ヤチダモ

長谷川, 安田 (1977)⁵⁾ を参照されたい。

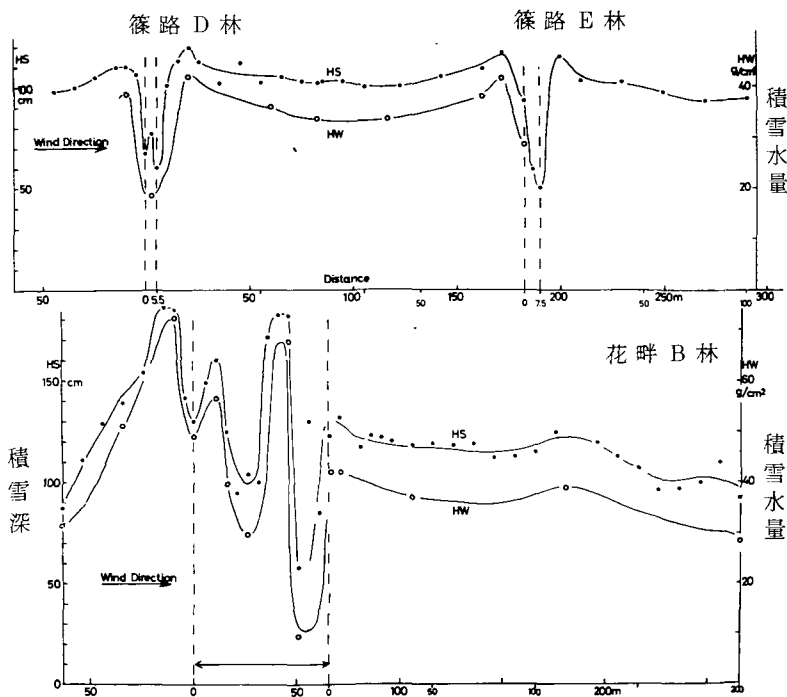
III. 林帯周辺の吹きだまり分布

1977年1月13日から3月1日までの全ふぶき量は推算によると1m幅当たり16tonであった。ふぶき量推算に用いた風速値は、竹内, 石本他(北海道開発局土木試験所)が、石狩大橋近くで、測定したものを借用した。ふぶき量 $Q \text{ g/m}\cdot\text{sec}$ は1mの高さの風速 $V \text{ m/sec}$ より経験式⁶⁾

$$Q = 0.03 V^3 \quad (V \geq 5 \text{ m/sec})$$

によって求めた。しかしながら風速5m/sec以上であっても、降雪を伴わない場合は、降雪後の時間が長くなる程地ふぶきは発生しにくくなるので、一応の目安として、次の条件を満たす時に地ふぶきが発生しているものと認定して、ふぶき量の積算を行った。降雪後3時間以内ならば5m/sec以上の風速の場合、降雪後3~6時間のときは7.5m/sec以上の風速の場合、降雪後6時間以上経過していれば、10m/sec以上の風速の場合に地ふぶきが発生するという一応の基準を設けたわけである。もちろんこの基準は気温によっても異なる。

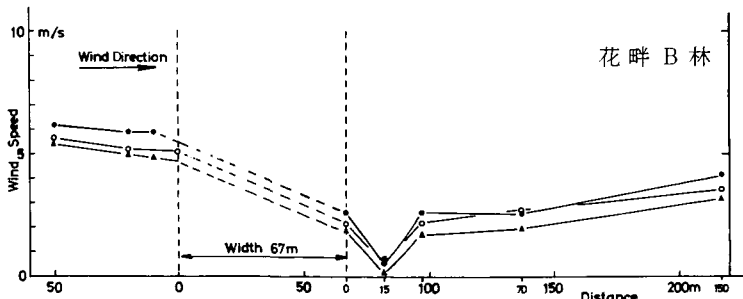
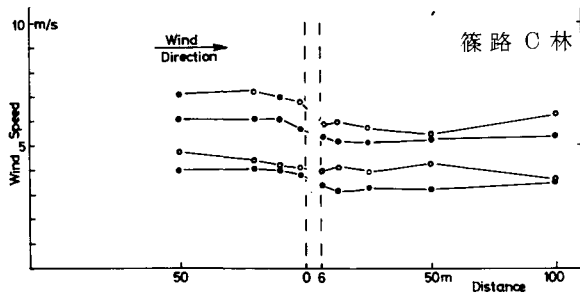
防風林周辺の吹きだまり分布例を第3図に示し、調査した全部の林帯の吹きだまり分布を林の風上、林中、風下に分けて第2表に示した。又林帯周辺の風速分布調査例を第4図に示した。測定した風速の範囲は狭いが、林の通風率の目安になる風速減衰率と林帯との関係を第5図に示した。



第3図 防風林周辺の吹きだまり分布 (1977. 3. 1 調査)

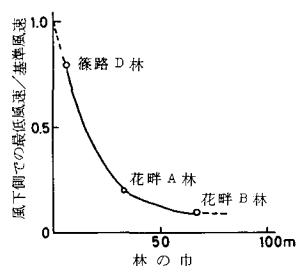
第2表 防風林周辺の吹きだまり量 (1977年3月1日調査)

第1列目の林	風上側 (ton/m)	林中 (ton/m)	風下側 (ton/m)	合計 (ton/m)	列状の2列目の林	風上側 (ton/m)	林中 (ton/m)	風下側 (ton/m)	合計 (ton/m)	列状の3列目の林	風上側 (ton/m)	風下側 (ton/m)	合計 (ton/m)
屯田M林 幅 40 m ヤチダモ	1.0	1.6	0.6	3.2									
花畔B林 幅 70 m ニレ	10.0	5.1	1.3	16.4									
篠路C林 幅 5 m カラマツ	3.3	0	2.9	6.2									
篠路D林 幅 5.5 m カラマツ	1.1	0	4.0	5.1	篠路F林 幅 7.2 m カラマツ ヤチダモ	3.1	0	2.7	5.8				
篠路D林 幅 5.5 m カラマツ	3.6	0	3.5	7.1	篠路E林 幅 4 m カラマツ	1.6	0	1.3	2.9	篠路H林 幅 5.5 m カラマツ	0.8	2.8	3.6
篠路林I 幅 5.5 m カラマツ	2.3	0	2.5	4.8	篠路J林 幅 12.5 m カラマツ ヤチダモ	2.8	0.5	1.8	5.1				
篠路G林 幅 5.5 m カラマツ	格子状 内側 4.2	0	格子状 外側 2.2	6.6									



第4図 防風林周辺の風速分布調査例 (1977.1.18調査)

ニレ、ポプラ、ハンノキ、ヤマグワ等よりなる幅 70 m の花畔 B 林は、粗林ではあるが風速は、大きく減衰し吹きだまり量は 16 ton/m を越えている。ほぼ全ふぶき量を捕捉し、防雪効果を完全に発揮したと言える。吹きだまりの配分は、林の風上に 6 割、林中に 3 割、風下に 1 割である。林の風上では、風速がほとんど減少していないのに、吹きだまりは、林の風上へ 50 m 以上ものび、その量も、全ふぶきだまり量の半分以上を占めている事は、注目し値する。この点は次章で検討する。又、林の風下 120~130 m 位から積雪量が減少しているが、この付近から風速が地ふぶき発生限界を越え、地ふぶきが再発生していることを示す。林の風下の弱風圏については第 5 章で述べる。



第 5 図 防風林の風速減衰率

上記の幅 70 m に及ぶニレ等の林が、ふぶき全量を捕捉していたのに比べて、幅 5~10 m のカラマツの防風林の吹きだまり量は 5~7 ton/m であった。防雪林としては幅が極度に狭く、風速の減衰 (第 4, 5 図) も少いのに、ふぶきの捕捉率は 3~4 割に達していた。吹きだまりの配分は林帯の風上と風下にほぼ等量である。吹きだまり初期の 1 月中旬においては、林の風上に吹きだまりが集中していた。

ヤチダモの林は、幅 40 m に及ぶが、吹きだまり量は、わずかに 3 ton/m であり、防雪効果は幅 5 m のカラマツ林以下であった。ヤチダモ樹林は写真 (第 2 図) で分かるように、下枝がほとんどなく、棒杭を並べた如くすけている。

IV. 吹きだまり発生機構の検討

防雪林、防雪柵、建造物等の障害物周辺の吹きだまり発生のメカニズムは、それ等物体の風上、風下で異なることが多い。又障害物の種類によっても異なる点がある。そこで、暫定的に、吹きだまり発生のメカニズムを次の 5 つに分類し、そのあとで、落葉樹防風林周辺の吹きだまり発生機構の検討をする。

a) 過飽和型吹きだまり：風による飛雪の運搬能力は風速の 3~4 乗に比例する。このため、ふぶきの最中に、風速が少しでも低下すると、ふぶきはすぐに過飽和状態となり、風の運搬能力を越えた飛雪を、吹きだまりとして、置き去りにする。

b) ひっかかり型吹きだまり：障害物の風上側において、障害物のごく近傍で風速がわずかに低下すると、雪面上に、雪粒子の粒径程度 (0.1~1 mm) の薄い段丘状の堆雪層ができる。すると風上から躍動してきた飛雪が、段差の所に次々にひっかって、風上へと薄いふぶきだまり層が延びる。ある程度延びた吹きだまり層の上に又、核となる薄い堆雪段丘面ができる。このくり返して、障害物の風上遠方まで吹きだまりができる。障害物は、吹きだまりの核となる段丘面を形成するだけであり、吹きだまりが吹きだまりを成長させることになる。

c) 雪庇型吹きだまり：山の尾根にできる雪庇を含めて、いわゆる雪庇としての吹きだまり^{7),8)}である。防雪柵の風下の雪丘の頂部が風下へ移動するのはこの型の吹きだまりによることが多い。溝や河川の風上のふちや切土道路の風上法肩、盛土道路の風下の法面等における吹きだまりは雪庇型が多い。

d) 沈積型吹きだまり： 障害物風下の地ふぶき発生限界以下の弱風域に風上からくる飛雪が沈積してできる吹きだまりである。

e) よどみ点吹きだまり： 通風性の無い障害物の風上のよどみ点にできる吹きだまりである。障害物が小さい時には障害物の風下にできることもある。

以上吹きだまりを発生機構において、一応分類したが、実際の吹きだまりの発生は、いくつかの機構の複合によることが多い。

1. 林帯風上の吹きだまり

林帯の風上における吹きだまりは、III章で述べたように、風速の減少がわずかであるにもかかわらず、防雪林の風上の遠方に及び、ふぶきだまり量も多く、全体の5~6割を占める。このような一見吹きだまりのあまり発生しそうな落葉粗林帯の風上における吹きだまりの発生機構は、上述の過飽和型吹きだまり(a型)とひっかかり型吹きだまり(b型)の発生機構が相乗したものであろう。林帯のすぐ風上で、風速がわずかに弱くなった地点に、a型の吹きだまりが生じ、それを障害物として、風上からの飛雪がb型の吹きだまりを作って、吹きだまりが、風上へ延びるといふ現象のくり返して、風上のなだらかな長い雪丘が形成されたのであろう。

2. 林帯風下の吹きだまり

2-1. 林帯が狭い場合： 落葉樹林の場合は、林帯が狭いと、ふぶきは林を通り抜けて、風下にも相当量の吹きだまりができる。この場合は、林の風下にもa型の過飽和型吹きだまりが生じ、その雪丘の頂部風下に、c型の雪底型の吹きだまりが形成されて吹きだまりが風下に延びる形式をとる。防雪柵の風下の吹きだまり⁹⁾発生機構とほぼ同じである。

2-2. 林帯が広い場合： 風下の吹きだまり量は少ないが、主として、d型の弱風圏沈積型の吹きだまり形成となる。

3. 林中の吹きだまり

3-1. 林帯が狭い場合： 雪面近くは、林の枝下を通り抜ける風の収斂強風域となり、吹きだまりを生じない。

3-2. 林帯が広い場合： 落葉粗林の中の吹きだまり機構は複雑で、上記分類のあらゆる型の複合したものになる。吹きだまり量は多い。

V. 航空写真による防雪林影響圏の観測

地ふぶき現象は、元来面的な広がりの上に少しばかりの高さをもつ現象である。地上での人力による観測では、面の測定には、労力の限界がある。空からの写真観測等が地ふぶき現象の理解のために有効である。今回ふぶきの翌日に、カラーの航空写真を撮影した所、地ふぶきの実に興味深い現象とともに、落葉樹防風林の防雪影響圏が鮮明に写った。

航空写真の撮影は1977年2月28日であったが撮影日以前の気象状況は次の通りである。4日前の2月24日に、かなり多量の黄砂が降り、かつ24日から25日にかけて、気温が上昇し、積雪表層が融解し地ふぶきで飛ばされにくい黄土色がかった積雪面ができ上がった。そこに26日から27日にかけて降雪を伴う強い地ふぶきが発生し、10~20mの波長をもつ風紋が一面にできた。2月27日の16時から19時にかけての風速は10~12m/secに達している。黄砂ま

じりの雪面上にできた新雪の風紋は、コントラストがよく、航空写真に鮮明に写った。

落葉樹林帯の風上側に於ては、地ふぶきによる風紋が全般にみられるが、林の風下側では林帯に沿って地ふぶきの発生しない弱風域を示す、風紋のない带状域がみられる(第6図)。各写真から、弱風域を読みとり、林帯幅との関係を第7図に示した。林幅10mで、弱風域は50~60m以下、林幅40mで弱風域80~90m以下、林幅70mで弱風域は100m以下になっている。第6図で弱風圏距離の短い方へちらばっているデータは、樹林密度が薄くなっている林帯のデータである。航空写真上では

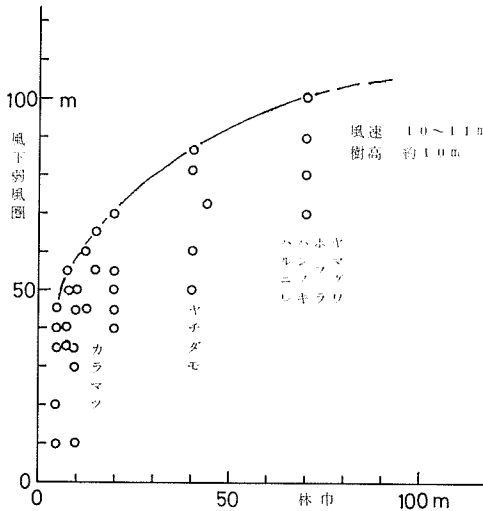


第6図 花畔B林(幅70m)周辺の風紋。主風向はWNW(矢印)。縮尺1万分の1

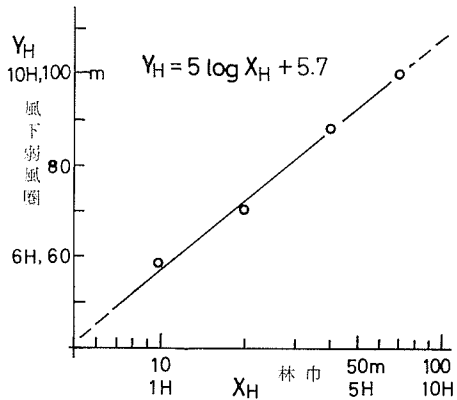
ば標準の樹林密度をもつとみられる林帯の弱風域は、図の実線に近い値になっている。

第7図に示した林帯風下弱風域の上限と林帯幅の関係を、林帯幅の対数をとって、半対数図上に書き直すと第8図に示すように、弱風域は林帯幅の対数に比例することがわかる。樹高をおよそ10mとして、樹高で規格化した林帯幅を X_H 、林の風下弱風圏距離を Y_H とすると、

$$Y_H = 5 \log X_H + 5.7 \quad (\text{但し } 0.5 < X_H < 10)$$



第7図 防風林風下弱風圏と林幅の関係



第8図 防風林風下弱風圏と林幅の関係

となる。林幅を現在の林の70 mより広げても、弱風域は、100 mをあまり出ないことがわかる。上式は、樹種も異なり、風速も10 m/sec前後の場合のデータをもとにしている。しかしながら防風林風下の積雪の減少を示すデータ(第3図)からも、上式が北海道の落葉樹耕地防風林の風下の防雪圏の目安を示すと考えてよからう。

VI. あとがき

樹種や立木密度ごとの検討に欠ける大ざっぱな調査であったが、冬期に風通しの良くなる落葉樹の耕地防風林も予想以上に防雪機能を有することが判明した。このことは、通風度の高い障害物のまわりに発生する吹きだまりそのものが、二次発生的障害物となり、その後の吹きだまり形成に大きく関与するためであろう。

防雪林を含めた障害物周辺の吹きだまり発生機構の解明のためには、マイクロな立場とマクロな立場の両面作戦で、より実証的検討の積み重ねが必要である。雪面に顔をすりつけてふぶきをみつめることとともに、空からの観測も有力な手段とならう。

この調査は日本住宅公団の協力のもとに行なわれた。同札幌開発事務所の所長他、会津光晨、早坂昭博の両氏には特に世話になった。又低温科学研究所の成瀬廉二、油川英明、石川信敬の諸氏の協力のもとに調査を行なった。ここに合わせて謝意を表する。

文 献

- 1) 塩谷正雄・新井秀雄 1954 吹雪防止林の機能. 雪氷, **16**, 28-33.
- 2) 新井秀雄 1954 人工ふぶきによる防雪林の実験的研究. 雪氷, **16**, 1-12.
- 3) 秦野武雄他 1970 防雪植栽に関する研究報告書. 高速道路調査会, pp. 270.
- 4) J. van Eimern, Karshon, R., Razumova, R. A. and Robertson, G. W. 1964 Windbreaks and shelterbelts. *WMO Technical Note* No. 59, pp. 188.
- 5) 武藤憲由他 1977 篠路地区防風・防雪対策調査. 日本住宅公団, pp. 271.
- 6) Kobayashi, D. 1972 Studies of snow transport in low-level drifting snow. *Contrib. Inst. Low Temp. Sci.*, **A24**, pp. 58.
- 7) 小林大二他 1971 天塩地方山地の雪庇調査 II. 低温科学, 物理篇, **29**, 103-114.
- 8) 小林大二 1969 みぞのふちにできる小雪庇. 低温科学, 物理篇, **27**, 405-407.
- 9) 小林大二・木下誠一 1975 ふぶきとふきだまり. 寒冷地における高速道路の雪害と対策の研究(板倉忠三他), 文部省科学研究費自然災害特別研究成果, No. A-50-1, 89-100.

Summary

Many questions have arisen about the snowbreak effect of deciduous shelterbelts, since their permeability to air flow increases greatly in wintertime. In this connection, the degree of wind reduction and the formation of snow-drift around deciduous shelterbelts of different widths were observed in winter of 1976-1977 in Ishikari of Hokkaido Island, Japan. It was found that thin deciduous shelterbelts were effective as follows: elm belts of 70 m in width caught the total amount of drifting snow; even larch belts of only 5 or 7 m width caught 30 or 40% of the total amount.

Aerial photographs of snow waves around shelterblts, which were taken immediately after the occurrence of strong drifting snow, were analyzed and the horizontal ranges of wind reduction by belts (Y_H) were found to be proportional to the logarithms of widths of belts (X_H):

$$Y_H = 5 \log X_H + 5.7,$$

where Y_H and X_H were normalized by the heights of belts.