

# 防風効果を考慮した防風林の間伐に関する研究 風洞実験の結果より

鳥田宏行\*・福地稔\*

Studies on thinning in shelterbelt considering the effect of reducing wind speed  
By the result of wind tunnel experiment

Hiroyuki TORITA\* , Minoru FUKUCHI\*

## 要 旨

防風林の間伐に際して、防風効果を左右する要素を調べるため、林帯の模型を用いて風洞実験を行った。林帯の模型には樹木の代わりにブラシ(幅 2.5cm, 高さ 7.5cm, 馬毛)を用い、立木密度、密閉度の違う6つの模型林帯を作製し、それぞれの風速分布特性を調べた。その結果、密閉度が同じならば、立木密度が違って、ほぼ同様な風速分布特性を示し、密閉度が防風効果に大きく影響を及ぼしていることが判明した。また、風速分布特性と密閉度の関係では、密閉度が高すぎると、風下林縁近くでは極端に風が弱まるものの、その後の風速の回復が早く、防風範囲は狭くなった。本実験と過去の研究結果を考え合わせると、広範囲の防風域を確保するには、密閉は、50～70%程度が有効であると推察される。

キーワード：防風林，間伐，立木密度，密閉度

## はじめに

防風林の防風効果を左右する因子には、樹高、林帯幅、樹種、立木密度、林帯の形状、密閉度などが考えられる。しかし、現在行われている間伐方法は、立木密度あるいは材積を指標にしており、防風効果に影響を与える他の因子について十分に考慮されていない。このため間伐により、林帯を構成する樹木の健全さを向上しながら防風効果の維持、あるいは改善を図ろうとすると、具体的な目標と方法を決め難い状況にある。

間伐に際して、防風効果に影響を及ぼす因子を考えてみると、樹高、林帯幅、樹種などは、間伐前後で通常大きく変化することはないと考えられる。しかし、密閉度は、間伐によって大きく変化させることが可能である。風洞実験による防風網の研究において、真木(1982)は、網高の半分の高度(1m高)で50%以上の減風効果範囲を広くするには、目の細かい防風網を用いた場合、密閉度は少なくとも50%以上必要であり、60～65%が適当であるとしている。また、泊(1980)は、種々の異なる防風網の特性について、現地試験と風洞実験の結果から、風下5H(H:網高)の距離で減風率が50%程度になるネットが最適であることを述べており、あまり密閉度が高いと、風速の回復が早くなることを指摘している。一方、Glayne(1955)による密閉度と防風効果についての観測結果によると、密閉度30,50,100%の防風垣

---

\* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forestry Research Institute, Bibai, Hokkaido 079-01

においては、50%のものが最も防風効果が大きいことが示されており、また檜山(1972)は、防風林の密閉度は60%前後が最適であるとしている。以上の結果を踏まえると、最適密閉度は50~70%に収まるものと推察され、いずれにしても密閉度が重要な因子になっている。

そこで、風洞を用いた模型実験により、防風効果に及ぼす立木密度と密閉度の影響を比較調査した。

## 実験方法

### (1) 林帯の模型について

実験には、北海道大学低温科学研究所のゲッチンゲン回流型風洞(実効長8m,断面50×50cm,最高風速40m/s)を用い、風洞床面にパネル用合板を敷いた。林帯の模型には、ブラシ(馬毛,毛幅2.5cm,長さ7.5cm,写真-1)を用いて、密閉度と立木密度を変えた6種類の林帯の模型を作製した(図-1)。立木密度は、パターン1(以後P1と記す)に用いたブラシの本数を100%とした。



写真-1 ブラシを用いた模型林

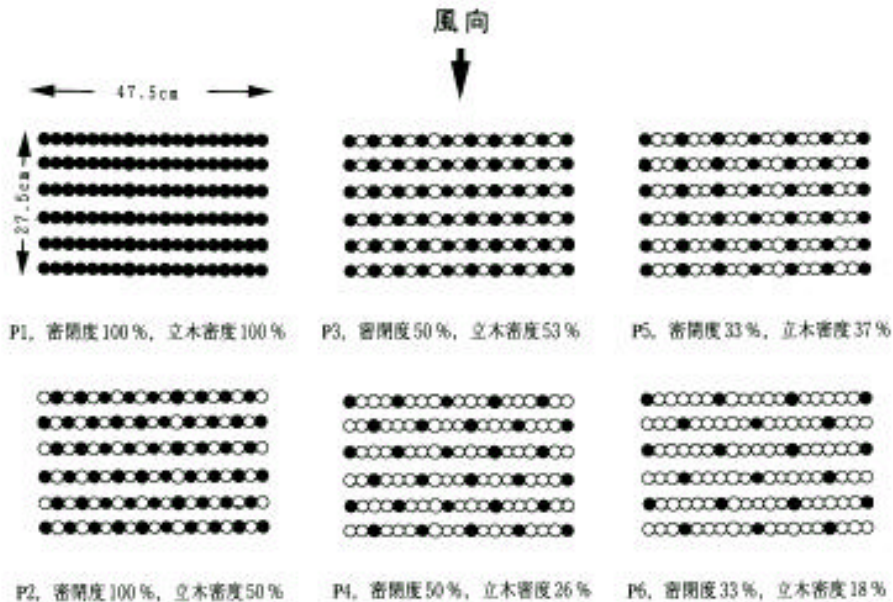


図-1 上から見た模型林帯のブラシ配置図

: ブラシあり                    : ブラシなし

### (2) 相似則について

風洞実験を行う場合、現実の現象と実験の対応は、一般にレイノルズ数  $R = UL / K$  ( $U$ : 平均風速,  $L$ : 代表長さ,  $K$ : 乱流動粘性係数)が一つの指標となっている。しかし、飯塚(1952)は、良好な流線を示すことのない防風林においては、レイノルズ数の影響は極めて少ないと考えた。そこで、レイノルズ数にかわる相似則として、次式の関係式が導かれた(井上 1952, Nemoto 1961)。

$$Z_{0m} / Z_{0n} = L_m / L_n \dots \dots \dots (1)$$

$$U_m / U_n = (L_m / L_n)^{1/3} \dots \dots \dots (2)$$

m: 風洞内

n: 野外

$Z_0$ : 地表面粗度長

L: 代表長さ

U: 平均風速

また、防風垣の風洞実験において、谷(1958)は防風垣の相似則は、風速によらず次式で表現されている。

$$R = 14.4 \log (H / Z_0) \dots\dots\dots (3)$$

H：防風垣の高さ

本実験で対象とした野外（水田）においては、 $Z_0 = 3.5 \text{ cm}$ 、 $H$ （樹高）= 15m、風洞実験においては、 $Z_0 = 0.0033 \text{ cm}$ 、 $H$ （ブラシの高さ）= 7.5cmであった。(3)式によれば、実験と現地のレイノルズ数は、それぞれ  $R_m = 48$ 、 $R_n = 38$  となり、レイノルズ数の厳密な一致は得られなかったが、各林帯の相対的な比較には大きな支障はないものと考えた。

また、今回用いた風洞内の設定風速（高度 25cm）は、2m/s、4m/s であり、(2)式を用いると野外では防風林上空で、それぞれ 12m/s、23m/s の風速に相当する。

### 結果と考察

#### (1) 風速の分布

林帯模型の風上林縁から風上に約 7H の距離から、風下林縁約 18H の距離にわたって、風洞床面より 1cm、3cm、6cm（地表面付近、樹冠、樹木の上層付近に相当）の高さで風速を測定した。図 - 2 ~ 図 - 3 は、風上側（風上はマイナス、風下はプラスの符号で表記する。）約 7H の位置での高さ 1cm の風速  $U_0$  を基準とし、相対風速の分布を示したものである。

P 1 と P 2（図 - 2a、b、図 - 3a、b）は、風下林縁近くに最弱風速がみとめられ、地表に最も近い高さ 1cm での相対風速は、20%程度であった。また、林帯風下では、林縁より急激に風速が回復し、18H では相対風速は 90%以上となった。林帯風上においては、P 1 が - 7H から、P 2 が - 5H から威風しているが、全体としての風速分布特性に顕著な差は生じなかった。

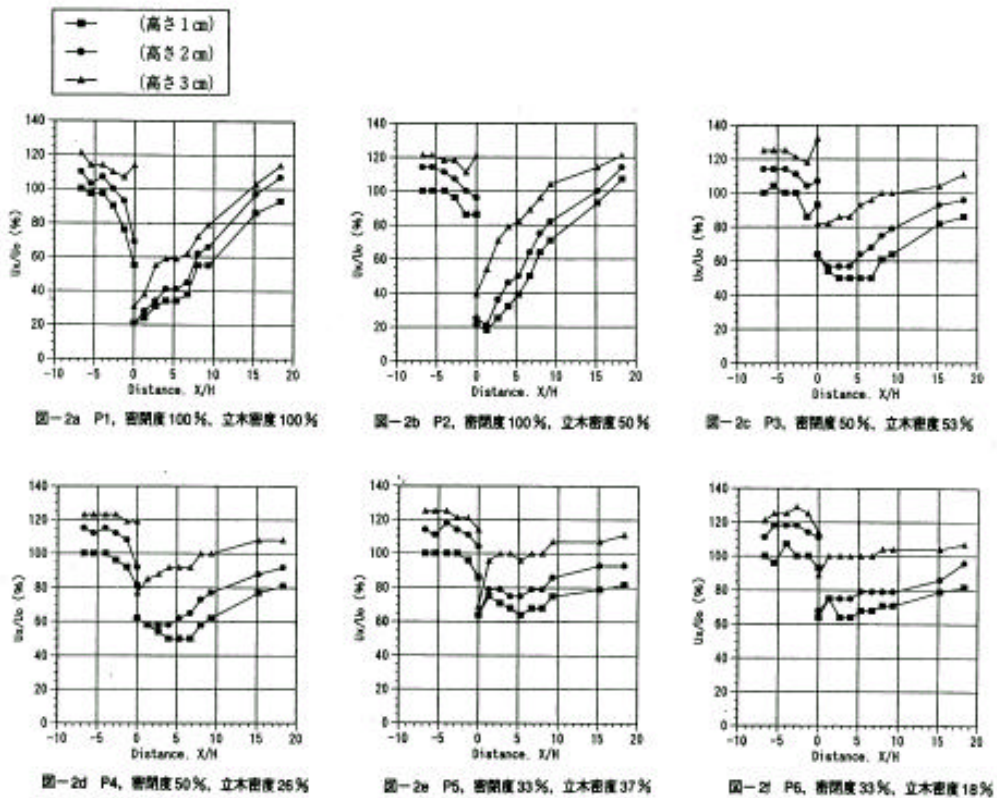


図 - 2 風洞設定風速 4 m/s における相対風速と距離の関係



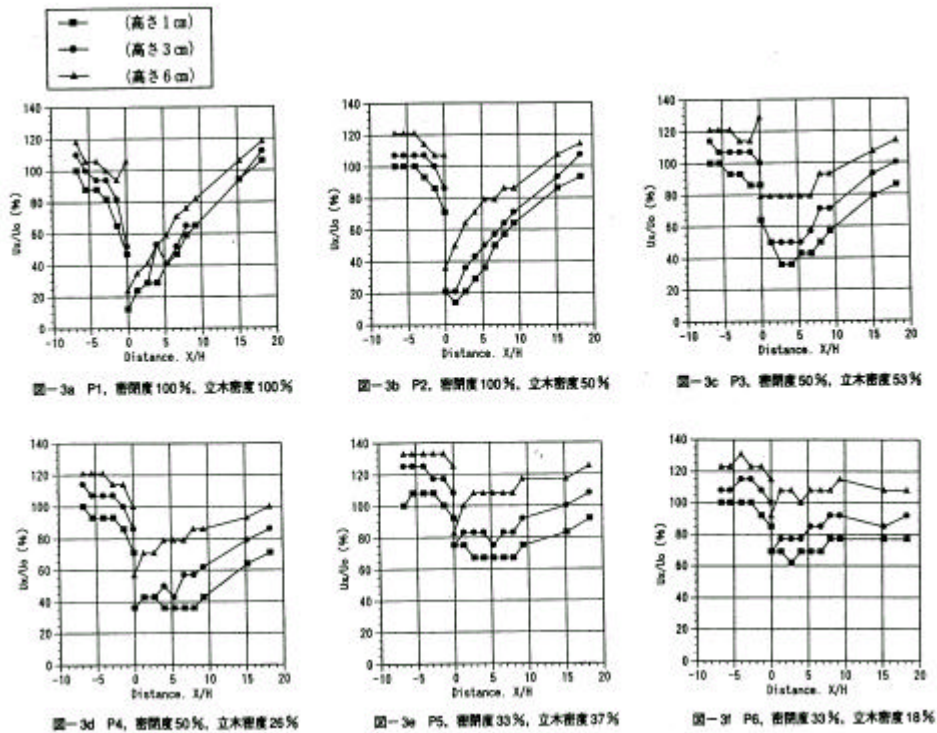


図 - 3 風洞設定風速 2 m/s における相対風速と距離の関係

設定風速 4 m/s のとき、P 3 と P 4 (図 - 2c, d) では、相対風速 50% の最弱域 (高さ 1 cm) が 3H ~ 7H に見られ、P 1, P 2 に比較して風速の回復が緩やかとなった。設定風速が 2 m/s (図 - 3c, d) の場合においては、最弱風速が相対風速で 35% であり、設定風速 4 m/s に比べて大きな減風率となった。

P 5 と P 6 (図 - 2e, f, 図 - 3e, f) では、風速の違いに関わらず、最弱風速は共に約 60 ~ 70% の範囲にあり、風速分布特性も共に類似した結果となった。

また、高さ 3 cm, 6 cm の風速分布特性は、図 - 2, 図 - 3 に示されるように、高さ 1 cm における風速の強弱を反映する結果となっており、密閉度が同じならば類似した風速分布となった。

以上を総合すると、立木密度が変化しても密閉度が変化しない限り、風速分布特性に大きな差は見られず、密閉度が大きく防風効果に影響を与えていることが示唆された。

なお、図 - 3 c と図 - 3 f において林帯風下の風速の回復が遅いのは、測定中に風洞の設定風速自体が減速してしまったためであるが、諸事情により再測は行えなかった。

#### (2) 設定風速の違いと風速分布特性の変化

密閉度 100% (図 - 2a, b, 図 - 3a, b) および密閉度 33% (図 - 2e, f, 図 - 3e, f) の場合においては、設定風速が変化しても、風速分布特性に大きな変化は見られなかった。しかし、密閉度 50% の場合 (図 - 2c, d, 図 - 3c, d), 設定風速が増すと最弱域の相対風速も 15% ほど増した。

野外での観測結果 (Margitta 1991) によると、風速が増すと林帯の通風度も増加し、しかもその現象は、密な林帯よりもある程度風を通す林帯に大きく現れることが報告されている。本実験の結果がその現

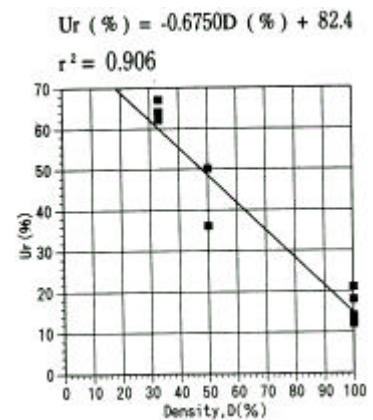


図 - 4 最弱風域の相対風速 ( $U_r$ ) と密度密閉 ( $D$ ) の関係

象を反映したものであるかについては、検討の余地がある。

### (3) 最弱風域の相対風速と密閉度の関係

防風網に関する風洞実験において、最弱風域の相対風速( $U_r$ )は密閉度( $D$ )の増加につれて直線的に減少することが知られており、その関係式は次式で示される(真木 1982)。

$$U_r (\%) = -0.750 D (\%) + 74.4$$

本実験においては風速の変化によって、P3 と P4(密閉度 50%)の  $U_r$  が他に比して大きく変化したものの、次式が示すように、 $D$  の増加につれて  $U_r$  は減少する傾向が示された(図 - 4)。

$$U_r (\%) = -0.675 D (\%) + 82.4$$

$$R^2 = 0.906$$

## まとめ

今回の実験においては、防風効果に強く影響を与える因子として、立木密度よりも密閉度が強く作用していることが示された。また、最弱風域の風速は密閉度( $D$ )の増加にともなって減少するが、 $D$ が高すぎると林帯風下における風速の回復が早くなり、本実験の結果と過去の研究を考え合わせると、 $D$ は50~70%が最適と考えられる。

したがって、過密な内陸防風林が多い現状においては、密閉度50~70%を目標に主風向に列状間伐を行うと効果的であると考えられる。特に構成樹木が細長な形状を呈している場合には、まず主風向に1伐1残の列状間伐を行う。そして、各樹木の葉量回復をまち、葉量が回復した段階で、更に主風向に直交する方向の間伐を加えることで、各樹木をより丈夫に仕立てゆくことが期待できる。保安林の場合は、伐採率に制約があるため、許容範囲の中で間伐を繰り返す必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、北海道大学低温科学研究所寒冷陸域科学部門の西村浩一博士には、多大なる配慮をいただきました。また、同研究所大学院生の杉浦幸之助氏には、実験に際し、ご協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

## 文 献

GLAYNE,R.W. 1995 Some effect of shelter-belts and wind breaks. The Meteorological magazine Sept. 84:999~

飯塚 肇 1952 防風林の幅(厚み)について. 林試研報 56:1-218.

井上栄一 1952 地表風の構造. 農技研報告 A-2:1~93.

櫻山徳治 1972 防風機能健康保全林. 林試研報 239:25~30

真木太一 1982 防風網に関する研究(4) 風洞実験による種々の防風網付近の風速分布特性. 農業気象. 38(2):123~133

MARGITTA,N. 1991 Shelter effects of vegetation belts-results of field measurements. Boundary-Layer Meteorol. 54:363~385

NEMOTO,S. 1961 Similarity between natural wind in atmosphere and model wind in a wind tunnel( )  
Pap. Met. Geophys. 12:30~52

谷 信輝 1958 模型防風垣の風洞実験. 農技研報 A 第6号:1~80

泊 功 1980 防風施設による冷害気象改善に関する研究. 北海道農試研報 127:31~76

## Summary

Wind tunnel experiment was carried out to clarify the effect caused by density and stand density of shelterbelt, six patterns of model forests varied in density and stand density were made of brushes and wind speed were measured in wind tunnel.

Density affected the characteristics of wind profiles more than stand density. The minimum wind speed was measured in 100% of density, but the recovery of the wind speed in leeward was faster than 50% or 33% of density. From this study and previous studies, it was indicated that 50 ~ 70% of density was more effective to protect the wider area from the strong wind.

Therefore, it will be effective to thin the trees parallel to wind direction up to 50 ~ 70% of density in shelterbelt. Especially, in case that the trees constructing shelterbelt are very slender, the first thing to do is to thin the trees parallel to wind direction every other row and to wait the recovery of leaf mass. When leaf mass recovers, the next thing to do is to thin the trees perpendicular to wind direction. It will be expected to make the trees of shelterbelt strong with these processes.

**Key word** : shelterbelt, thinning, stand density, density