防風垣前後の風に関する研究(8)*

林帯の幅及び遮蔽度と防風機能

田中貞雄・佐野 洋・谷沢恒夫・柿沼 計

(関東東山農業試験場 栽培第二部)

Studies on the wind in front and back of the shelter-hedges. (8)

Width of wood belts, and the covering degree and reductive function of wind velocity

S. TANAKA, Y. SANO, T. TANIZAWA & K. KAKINUMA

(Kanto-tōsan Agricultural Experiment Station, Second Agronomy Section)

1. 緒 言

耕地に余裕の少ない場合、防風林帯の巾はなるべく狭くしたいが、林帯の巾と防風機能とは如何なる関係にあるだろうか。

内陸の風蝕地では耕地区劃は細分化され、各農家の所有地は分散している場合が多い。従つて防風垣の樹帯に巾をもたせることは困難である。防風垣の樹帯を単列にして遮蔽度を高めた場合と樹列を増した場合の防風機能はどんな関係にあるだろうか。

吾々の研究はこれらの関係を知り林帯の巾を最小限にし防風機能を充分に発揮しうる林帯の構造に関する知識を得んとするものである。

2. 試 験 方 法

(1) 風洞実験

高さ 7cm, 遮蔽度 25~30 模型垣を用い、1 列から

8 列迄について実験を行つた。又別に遮蔽度 85~90 及 60~65 の 1 列垣についても実験を行つた。測定位置は各列間及風下 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 垣高倍 (X/H X …垣からの距離, H …垣の高さ), 高さは各水平位置共 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20cm 高, 乱れ, 床面の状態は前報告(7報)の如くであつた。

(2) 耕地実験

高さ 1m, 遮蔽度 65~70 松枝垣を用い 1 列から 6 列迄について実験を行つた。試験地は 23 町歩の畑地で略平坦であり風上の赤松防風林からは 27 樹高倍の風下に位置してその影響は殆んど消滅しているとみられる。測定の高さ位置は風上 5, 3, 1, 0, 各樹列間, 風下 0, 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25 垣高倍, 垂直分布は各水平位置で 30, 50, 80, 100, 120, 150, 180, 200, 220, 250, 300, 350, 400cm 高であつた。

第 1 表 最大風速及回復速度(風洞実験)

Tabl 1. Maximum wind velocity and its restorable degree (wind tunnel investigation)

items 項目 列 数 row number	最大風速高度 vertical place of the maximum wind velocity	最大風速率 maximum wind velocity ratio A	最大風速水平位置 horizontal place of the maximum wind velocity	25 X/H における最大風速 maximum velocity ratio at 25 X/H B	回復速度 restorable degree A-B
	cm	%	X/H	%	%
遮 蒸 度 covering degree 1 (25~30)	10	110	風 下 0	107	8
" 2	10	111	" 0	107	4
" 3	12	113	" 1	106	7
" 4	12	115	" 1	106	9
" 5	12	119	" 1	106	13
" 6	12	120	" 1	105	15
" 7	14	121	" 1	105	16
" 8	14	122	" 1	105	17
" (85~90) 1	10	114	" 1	104	10
" (60~65) 1	10	112	" 0	106	6

X …垣からの水平距離 (horizontal distance from hedge) H …垣高 (hedges height)
spacing interval of the rows……4cm, hedges height……7cm.

* 昭和 31 年 4 月 5 日

第1図 防風垣前後の風速ベクトル A. 7cm 高檜枝垣 (遮蔽度 25~30)

Fig 1. Vector of the wind velocity in front and back of the shelter-hedge
A. model shelter-hedge were made from cypress boughs. height, 7cm.
covering degree 25~30

B. 1m 高松枝垣（遮蔽度 60~70）

B. Model shelterbelt were made from pine boughs. height, 100cm. covering degree. 60~70

- 最大風速ベクトル maximum wind vector in all station.
 ——— 各測点風速ベクトル maximum wind vector at the each station.
 --- 各測点中最大風速ベクトル wind vector at the each station.
 U'... 風洞内の垣前後の風速 velocity in tunnel with shelter-belt in position. $\frac{U'}{U} \times 100$
 U... " 垣のない場合の風速 velocity at corresponding point in a clear tunnel.
 V'... 耕地の垣前後の風速 velocity with shelter-belt in position. $\frac{V'}{V} \times 100$
 V... 1m 高の基準風速 standard wind velocity, measured height, 100cm.

3. 試験結果

風速測定の結果は従来、減風効果を折線で示したり、等風速点を結ぶ流線で表したりする方法が行はれて来たが、これらは実験結果の考察を助けるための一つの手段であり、風の動きをみるには不便であつた。

筆者等は風の動きを考慮して第1図に示すように風速のベクトルを採用した。これは多分に推定的の面が多いが、発煙筒による垣前後の煙の動きや前報（第3報）の反対風の調査等を考慮して作図した。

風洞実験の結果は第1表及第1図（A）に示した如くである。風速比は

$$\frac{U'}{U} \times 100 \quad U' \cdots \text{垣を設置した場合の各測点の風速} \\ U \cdots \text{垣のない場合の各測点の風速}$$

で示してある。これによると垣列数が増加するに従つて最大風速高度が上昇している。即ち1列で最大風速高度は10cm高であるが、8列では14cm高に上昇している。又垣列数が増加するに従い最大風速比が増加し最大風速の水平位置は垣より風下に離れる傾向が認められる。

各垣の風速回復速度をみるため各垣の最大風速率より25垣高倍における最大風速率を差引いたものを求めてみた。これによると1列垣においては3%の回復であるが垣列数が増すにつれて回復率は大きく、8列では17%となつている。

垣列数（樹帯の巾）と遮蔽度の関係をみるため、遮蔽度85~90と60~65の1列垣の風速分布の調査を行つ

第2表 最大風速及回復速度 (耕地実験)

Table 2. Maximum wind velocity and its restorable degree (plowed land experiment)

項目 items 列数 row number	最大風速域* maximum wind velocity arer	最大風速高度 vertical place of the maxi- mum wind velocity	最大風速率A maximum wind velocity ratio	最大風速水平位置 horizontal place of the maximum wind velocity	最大風速と同高の 25 X/H の風速比 B velocity ratio of 25 X/H at the same height per vertical place of the maxi- mum wind velocity	回復速度 (A-B) restorable degree
	cm	cm	%	X/H	%	%
遮蔽度 covering degree (25~30)						
1	150~200	180	112	風下 leeward 0	102	10
2	150~230	180	117	" 0	106	11
3	150~230	180	130	風上より 2~3 垣列間 in between 2nd row and 3rd row	107	13
4	150~250	200	121	" 3~4 垣列間 3rd and 4th row	107	14
5	150~280	200	123	" 4~5 垣列間 4th and 5th row	106	17
6	150~280	200	123	" 5~6 垣列間 5th and 6th row	107	16

* arer of larger velocity ratio at the same height per 5 X/H of windward and 20 X/H of leeward * 風上 5 倍及風下 20 倍に較べ同高で風速比の大きい調査位置

た。これによると前者は最大風速率 114% で遮蔽度 25~30 の 3 列垣と 4 列垣の間であり後者は 2 列垣と 3 列垣の間であるが風速の回復速度は前者は 10% で 4 列垣より稍早く後者は略 3 列垣に近い。このことより遮蔽度の小さい垣、例えば遮蔽度 30 の垣が 3 列ある場合、これらを互に密着させ、遮蔽度を一応 90 としたものと 1 列で遮蔽度 90 の垣とでは前後の風速減少率が類似しているようにみられる。勿論、列間の間隔、間隙の構造、位置等で変化し乱れの強さも異なるが一応の目安と出来そうである。この点については更に詳しい実験を今後実施するつもりである。

耕地における人工松枝垣による実験の結果は第 1 図 B 及第 2 表に示してある。

風上 5 X/H 及風下 20 X/H と同じ測定高で風速比がそれらより大きい区域を最大風速域とすると最大風速域は 150~280 cm 間となり垣列が増すに従い最大風速域の範囲は上部に拡がっている。又最大風速高度は垣列の増加と共に上昇し風洞実験の結果と一致する。最大風速率は垣列の増すに従い増加し、1 列垣では 112% であるが 6 列垣では 123% になっている。最大風速の水平位置は風洞とは異なり略一定で、風下 0 X/H か最も風下の列間上となっている。

風速の回復速度は風洞の場合と同様、垣列が増加するに従い大きくなっている。樹列間における風の動きは乱渦の発生、枝条との摩擦、圧力勾配等複雑に係る論

じ難いが、風速比の減少、煙の動き等より推定して第 2 図に示すように作図した。

A は風洞内の模型垣、B は耕地における人工垣である。A においては風上 1 X/H において 90% の風速比が 6 列の模型垣を通過すると 27% に減少している。B では同様に 1 X/H で 71% の風速比が 6 列の松枝垣を通過すると 10% に減少している。各垣を通過する毎に減少する風速比の割合は風下にゆくに従い両者共小さくなっている。A の減少率は 3 列目迄大きく、B では 4 列目迄大きくくなっている。これより、垣列による減風効果は 3~4 列目迄が大きく、それより列数を増しても風下垣附近の風速比の減少は余り期待出来ないことがわかる。

A, B における 1~2 垣列間及 5~6 垣列間の垂直断面における風速のベクトルをみると垣上では A は 12~14 cm 高附近に最大風速域を示し B では上部にゆくに従い風速は大きくなっている。これは両者の風の差異に基づくものである。樹列間では A, B 共 1~2 列間より 5~6 列間が地面に接近するに従い急激に風速比が減少している。これは垣列数がまずに従い風速比が低下するためである。

C は遮蔽度の異なる 1 列垣の場合で、風速のベクトルは遮蔽度の大きい (2) が (1) に比較して垣高以下で急激に減少していると共に垣上においては最大風速率が大きくなっている。

第2図 樹列間の風の動き

Fig 2. Movement of the wind in the spacing of hedge-rows.

4. 考 察

風洞実験と耕地実験の結果はかなりよく一致している。即ち垣の列数が増加するに従い最大風速位置は上昇すると共に最大風速比率も上昇する。垣列が増加するに従い垣直後の風速減少比は小さくなるが、風下における風速比の回復速度は早まる。これは乱れに関係していることは前報告（第5報）に述べた如くである。

列間における風速比の減少は風の一部が垣前で上昇し

て垣上を吹送する風に加はることは煙の流れより明であるが又一部は枝条との摩擦により消費されるものと思はれる。これら垣間における風の量的な動きについては今後更に測器の改良によつて漸次明にされてゆくだろう。

樹帯の巾（列数）と防風機能との関係は 3~4 列位が適当でそれ以上樹列を増しても余り効果は期待出来ないように考えられる。岩崎の実験結果も略これと一致している。更に今後遮蔽度の大小と樹列数と防風機能との関係は究明されてゆかねばならない。

樹帯の巾と遮蔽との関係を見ると、遮蔽度の小さい垣の列数を増した場合と遮蔽度の大きい 1 列垣を比較すると 1 列垣の方が風下垣附近の風速比の減少は大きい、風下 $10 X/H$ 附近より風速の回復が早まり、防風機能は著しく減少する。風蝕防止を目的とした防風垣の場合、垣による風蝕防止機能を風速を 50% 減少する範囲とすれば、略垣高の 8~11 倍であり、この見地よりすれば樹列数を増した垣でなくても、遮蔽度の大きい 1 列垣で充分間に合う。しかもこれは既耕地にも容易に導入され易い。ただその場合、樹種の選定に充分の考慮が払われなければならない。

5. 結 語

耕地に余裕のない場合、防風林帯の巾はなるべく狭くしたいが、実験の結果より 3~4 列が最も経済的と思はれる。内陸の風蝕地では防風垣の設置が多く、樹帯に巾をもたせることは困難な場合が多いが、風蝕防止としては遮蔽度を大きくすれば 1 列垣で間に合うように考察される。遮蔽度は反対風による風下垣附近の飛土堆積を考慮すれば 75~80 程が適当と思はれる。従つて樹種としては枝条が根際より密生する常緑樹が適当であろう。

文 献

- M. Iwazaki, (1952): The hydro dynamical investigation of the thickness of windbreaks. 九大応用力学研究所
飯塚 肇 (1952): 防風林の厚みについて, 林試研究報告第 56 号
田中・谷沢・小寺 (1954): 防風垣前後の反対風, (3 報) 農業気象 9 巻 2 号
田中・柿沼・谷沢・佐野 (1956): 林帯の型式と防風機能, (7 報) 農業気象 12 巻 1 号
田中・谷沢・佐野・柿沼 (1955): 防風垣の高さと効果範囲, 農業気象 11 巻 3 号

Résumé

It is desirable that the width of wood belts is narrow in a small farm land. But it is not clear what is the relation between the width of the wood belt and its reductive effect of wind velocity, and when we expect to prevent wind erosion in the inland, what is the relation between the number of belts in the shelter-hedges and the reductive effect of wind erosion. In order to find out

these, the following researches have been made.

In the wind tunnel experiment we used hedges of 1 to 8 belts made of Japanese cypress twigs 7cm. high and 25 to 30 covering degree and investigated $U'/U \times 100$ the wind velocity ratio between in front of and behind the hedges. (U' : for the wind velocity when there are hedges. U : for that when there is none.)

In the experiment in a cultivated field, we used hedges with 1 to 6 belts made of pine twigs, a meter high and 65 to 70 covering degree and investigated $V'/V \times 100$ the wind velocity ratio. (V' : for the wind velocity at each station. V : for the standard wind velocity at a meter above the ground.)

The results of these experiments are as follows.

1. In both experiments, the wind velocity ratio just behind the hedges decreases with increasing of the number of belts, but at the distance of 15 times the height of the hedge (X/H) the recovery of wind velocity ratio begins to grow quicker.

2. In both experiments, the more the belts of hedges, the higher gets the point of the maximum wind velocity, and the bigger the wind velocity ratio.

In proportion as the number of belts increases, the point of the maximum wind velocity gets farther to the leeward of hedges in the wind tunnel experiment, but in the outdoor experiment, it was almost fixed (constant).

3. As to the relation between the number of belts and the covering degree, when a three-belted hedge with 25 to 30 covering degree and a single one with 80 to 90 covering degree are compared with each other, the maximum wind velocity ratio is bigger, but the recovery of wind velocity ratio on the lee is quicker in the latter.

4. As to the relation between the width (the number of belts) of the wood belts and the reductive effect of wind velocity, the wind velocity ratio remarkably decreases with increasing of the number of belts, but even if the number increases further, it does not decrease so much. And so, it seems that no bigger reductive effect of wind velocity can be expected.

5. The results of the wind tunnel experiment and that in the cultivated field are fairly in accord with each other.

6. As to the relation between the width of the wood belts and the covering degree, a single hedge with big covering degree rather than with small covering degree and with belts increased in number, gets quicker recovery of wind velocity ratio at the distance of 10 times the height of the hedge and farther on the lee, though the decrease of wind velocity ratio is big about the hedge on the lee. But in order to prevent wind erosion, a single hedge with big covering will satisfactorily serve the purpose, the preventive function of the hedge being around to 12 times the height of the hedge on the lee.

抄 録

晴れた夜の裸地上の気温分布

The temperature profile above bare soil on clear nights. J. V. LAKE. Quart. J. Roy. Met. Soc., 82, no. 352 (1956), 187-197.

平坦で広い裸地（ローム質，面積 13 エーカー）で地面にごく近い気層の温度が測定され，興味ある結果が得られている。測定に主として使用されているのは直径 0.025 cm のビード状サーミスター温度計で，それを地表面からそれぞれ 0.25, 1.3, 6.4, 8.9, 138 cm の高さに移動させて気温の高度分布を求めている。この装置に対する輻射の影響や測定する操作については細心な注意がはらわれていて今後このような測定を行なうとする場合には大いに参考になるものと思われる。

晴れた夜間で気温が氷点下となつている状態が数日間連続して測定されているが，最も温度の低下するのは地

表面ではなくて，地面から少々はなれた所（4~15 cm の高さ）に表われる。

この現象には気層自身の輻射による冷却が重要であると考えられるが，これについての過去の多くの研究が紹介されている。

気温の測定に当つては 5 sec 毎に 13 回のよみとりを行つて 1 分間の平均値を出し，変動量をも求めている。変動量が気温傾度に密接な関係のあることは知られているが，この測定でも，地面に接近して傾度の大きい所では変動が大きく，地面から少々離れた最低気温を示す高さでは傾度が最も小さくて温度の変動も最小であることが示された。

凍霜害対策，夜間冷却機構等に興味を持つ研究者には一読の価値のあるものと思う。（井上栄一）