

耕地風に関する研究

第2報 水田防風垣の風速減殺構造について

金川 修造・尾崎 正美・後藤 道徳

宮崎県農業試験場

KANAGAWA, S., OZAKI, M., and GOTO, M. On Wind blown on Arable Lands.

Pt. II. Mechanisms of reducing wind velocity by shelter-hedges built around paddy fields.

1. ま え が き

筆者等は既に耕地風に関する研究の一部として稲田面の風について測定を行いつつあるが、この結果を理論的に統一して、平坦地水田防風垣の風速減殺効果の表示方法に適用せんと試みている。

幸い筆者等の1人金川は農業技術研究所風洞を利用する機会が与えられたので、風洞実験によつてこの表示方法を検討したところ、かなり満足すべき結果を得たので、今後耕地防風林、防風垣の研究に従事される方々に参考になる点があるのではないかと思ひ、その結果を報告することにした。

なおこの間の理論、実験は同所物理統計部気象科物理第2研究室井上栄一技官、谷信輝技官の御指導並びに今井和彦、棚部淑子両技官の御助力によつて行われたもので、衷心より感謝の意を表するとともに、この機会を与えていただいた農業改良局研究企画官坪井八十二氏、当場長土持綱男氏に対しても併せて謝意を表する次第である。

2. 現地防風垣の風速測定結果について

(1) 防風垣の規模 垣の高さは水田面積から2 m、長さは19.5 mの1列垣を用いた。田圃の畦に8尺毎に1間の杉丸太を地下2尺程に打込んで支柱とし、キ

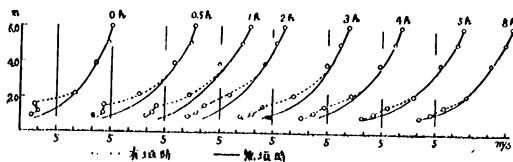
ンチクの枝をたてならべて横竹を2ヶ所わたして腰の支えにした。密閉度は30%程度と思われた。

(2) 地形 防風垣を中心に周囲約20町歩は平坦な水田で、南西方に僅かに小高い丘がある。風速測定時の風上、即ち北々東方向には点々と木立や人家が見える程度である。

(3) 稲の生育状態 風速測定時の稲の状態は既に出穂期後3週間を過ぎていたので、草丈・莖数等には変化のない頃で、草高は平均約90cm程度であつた。

(4) 風速測定の方法 1955年10月3日(台風23号)に実施した。使用した風速計は理工研式小型ロビンソン風速計8ヶで、これらを6mの支柱に地面よりそれぞれ略々対数目盛で等間隔になるよう90, 110, 150, 210, 290, 390, 510, 600 cmの位置に取つけた。測定位置は垣の中央風下に垣高倍数で0(垣の下風直後)0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 8倍の地点で、それぞれ3回行つた。測定時間は毎回300秒とした。

第1図 現地水田防風垣々後の風速垂直分布



第 1 表 稲田面上の風速垂直分布測定成績（9.29.1955）

観測 番号	測 器 の 高 さ								U ₍₂₀₀₎	Z ₀	d	V*	Cs ₍₂₀₀₎
	90	110	150	210	290	390	510	600					
18	m/s 4.6	m/s 5.6	m/s 6.6	m/s 7.9	m/s 8.5	m/s 9.0	m/s 10.0	m/s 10.3	m/s 7.5	cm 4.8	cm 50	cm/s 86.1	0.026
19	4.0	4.8	5.5	7.1	7.5	8.1	9.1	9.4	6.4	14.4	20	102.4	0.051
10	4.0	4.8	5.3	7.0	7.4	7.9	8.8	9.1	6.5	5.4	50	79.5	0.030
20	4.0	4.8	5.5	6.9	7.5	7.9	8.7	8.8	6.5	4.7	50	75.9	0.027
15	3.8	4.5	5.7	6.6	7.1	7.6	8.4	8.8	6.4	5.1	50	75.0	0.028
21	4.0	4.7	5.2	6.7	7.1	7.7	8.6	8.9	6.2	12.6	20	93.4	0.045
22	3.9	4.6	5.3	6.7	7.1	7.6	8.5	8.6	6.3	5.2	50	74.2	0.027
12	3.9	4.7	5.3	6.9	7.2	7.8	8.4	8.7	6.3	5.0	50	74.8	0.028
16	3.6	4.3	5.0	6.2	6.6	7.0	7.9	8.2	5.9	5.2	50	69.9	0.028
24	3.6	4.3	4.9	6.1	6.3	6.7	7.5	7.7	5.7	3.9	50	62.6	0.024
9	3.2	3.9	4.8	5.8	6.2	6.6	7.4	7.8	5.4	6.2	50	68.5	0.032
14	3.2	3.8	4.1	5.7	6.0	6.6	7.2	7.6	5.2	7.2	50	69.5	0.036
1	3.2	3.8	4.6	5.6	5.9	6.3	7.0	7.4	5.3	5.1	50	62.8	0.028
3	3.0	3.5	4.2	5.1	5.4	5.8	6.4	6.8	4.8	5.0	50	56.9	0.028
4	2.9	3.5	4.1	4.9	5.2	5.6	6.3	6.6	4.7	7.8	40	61.9	0.034

(5) 測定結果 各測点での測定成績から代表的な各一つを選び出し、これを第1図に掲げた。

風速減殺効果は色々な方法で従来あらわされているが、ここでは各測点における無垣時の風速垂直分布を想定して $U(z)$ とし $(U(z) - u(z))/U(z) \times 100\%$ で示すことにした。想定した無垣時の風速垂直分布曲線の求め方は9月29日に生育状態の略々相似たこの附近の水田で行った測定結果を用いた。

第1表はその時の測定値並びに計算によつて求めた諸元である。

第1表から V^* と $U_{(600)}$ との関係を実験式から求めると

$$V^* = 7.73 U_{(600)} + 7.2 \text{ (cm/sec)}$$

$$\text{但し } d = 50 \text{ cm, } Z_0 = 5 \text{ cm}$$

上式より9mの高さの風速を基準として仮定曲線を求めた。第1図の太線がこれを示している。

この図から垣高1.5m(3/4h)の面上の風速減殺効果を求めたものが第3図実線である。

次にこの防風垣の抵抗係数 C_D を谷氏の方法によつて計算した。即ち

$$C_D = 2 \int u_z(U_z - u_z) dy/h / (U_{(S)})^2$$

C_D : 垣の抵抗係数, U_z : 無垣時の高さ z の風速

u_z : 有垣時の高さ z の風速, y/h : 垣高倍数

U_S : 基準風速

いま垣高の3倍の測点で計算すると $C_D = 0.27$ とする。

2. 風洞実験について

(1) 実験の方法 実験に用いた風洞は農業技術研究

所風洞で、これをこの実験の目的に適合するように改装したものである。模型防風垣は吸込口より276cmの処に設けた。また垣前に75cm、垣後に110cmの長さの稲の模型を置いた。模型は現地のスケールの1/20とした。即ち模型垣はキンチクの枝を材料として作製したもので、高さ10cm、長さ98cm、キンチクの枝を1cm間隔に合板に差込んだもので、密閉度は30%を超えと思われた。稲田は草高5.3cmで巾90cm、長さは上記の通りである。稲の株間も実物の1/20、即ち0.4寸とした。

風速測定には6組の静圧並びに全圧管を用いた。それぞれ外径3mm、長さ25cmで、両管は1.5cmの間隔に底板より5.5, 6.5, 8, 10, 20, 40cmの高さに1本の支柱に取付けられた。測点の移動は風洞中心線に平行にわたされたレール上にそつて随時出来るようにした。

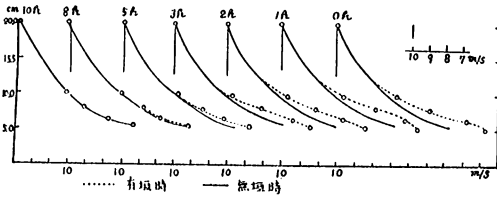
各管の示す圧力は多管式マンメーターにゴム管で連結し、その示す水柱位を読取つた。マンメーターの傾斜は1:4とした。

気流観察のために10cm間隔に垂直に張つた18本の径0.7mmの針金に、底板より略々4cm毎に3.5cmの長さの毛糸を結んだものを用いた。この観察の結果を明かに示すため200W電球3ヶを用いて写真に記録した。

(2) 測定結果 各測点における風速垂直分布の測定結果は第2図の如くで、無垣時の理論曲線との関係についても明かにしておいた。

さてこの実験の目的は現地との比較を行うことが主なねらいであるので、模型と実物との関係を明かにしておかねばならない。まづ無垣時の稲田面上の風速垂

第2図 模型水田防風垣々後の風速垂直分布



直分布を測定した結果、風速垂直分布曲線が対数法則に従うようになるのは稲田の風上前縁から少くとも50 cm 以上離れた処からで、80 cm の処では略底板より20 cm の高さ迄は対数法則に従っているようである。従つて防風垣前方の稲田が75cm の長さをもつていたのでこの模型垣は稲田面上の乱流境界層中に充分入っているものと推定される。(第4図参照)

第4図より10hの測点の測点の風速垂直分布から諸元を求めると次の如くである。

$$d = 5.0 \text{ cm}, \quad Z_0 = 0.33 \text{ cm}$$

$$V_* = 114.8 \text{ cm/sec}, \quad C_S = 0.030$$

但し 風洞風速 $U_0 = 10.6 \text{ m/sec}$ の場合

以上の諸元を現地水田と比較すると、 Z_0, C_S は極めて近似しているが d/h (但し h は草高) は現地在が5/9程度に対し1に近くなつている。従つて V_* もまた大きい。

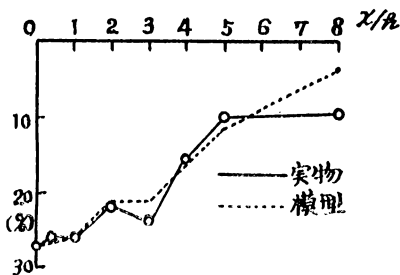
このような諸元の相異は厳密にいつて稲田面上の風の構造に影響を及ぼすので、そこに置かれた防風垣の効果は現地と多少ちがつた結果があらわれることも考えられる。従来の風洞実験における問題点がこのような処に存在している点は、風洞実験の今後の在り方に参考になると考える。

次に模型稲田面上の拡散係数を求めると

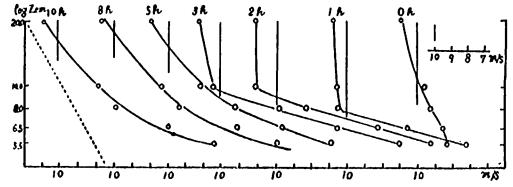
$$K_M = 2.3 \times 10^2 \text{ cm}^2/\text{sec} \quad (\text{但し } Z = 10 \text{ cm})$$

となり現地水田の $K_M = 4.2 \times 10^3 \text{ cm}^2/\text{sec}$ (但し $Z = 20 \text{ cm}$) の約1/20に当る。

第3図 防風垣の風速減殺率



第4図 模型稲田面上の風速垂直分布



以上の如くこの模型稲田面上の境界層での風速垂直分布曲線によつて求められた諸元が自然状態のそれと相似している点は、この実験結果が自然状態のそれと極めて良く一致するものでなかろうかということを示すものである。

次に模型防風垣の抵抗係数について前章谷氏の方法で求めた値と、同氏の行つた実験結果とを比較すると次の如くである。

第2表 横型垣の抵抗係数の比較

垣の種類	密閉度	C_D	備考
キンチク垣	約30%	0.4	垣高の3倍と5倍の平均
トタン板巾10mm 間隔40mm	20	0.4	
トタン板巾10mm 間隔10mm	50	0.9	谷枝官による 20倍の点の 計算の結果
トタン板巾10mm 間隔2.5mm	80	2.1	
トタン板	100	2.4	

谷氏の計算と筆者の計算とでは計算に使つた測点の位置が異なるので絶対値のみでは比較は出来ないが、毛糸による気流の観察並びに写真を比較することにより密閉度20%のトタン板と相似していることがわかる。

谷氏は防風垣の抵抗係数が密閉度に比例するといつては、このように同じ程度の密閉度でも垣の材料によつて異なることは注意せねばならないだろう。

なお、実際模型稲田に設けられた垣の抵抗係数は小さく

$$C_D = 0.24$$

となつている。従つて模型垣も現地のそれとよく相似していると考えてよいであろう。

実物と模型垣の風速減殺率は第3図の如くである。

3.

以上筆者等が試みた防風垣の風速減殺効果の表示方法からどのような関係が導かれるかという

(i) 地面の粗さ Z_0 によつて防風効果が変わること

- (ii) 地面修正量 d の存在する時は垣の防風効果範囲は d の大きさによつて変るであろう。
- (iii) 垣を一樣な流れの中の抵抗物体と考え、その後流内の速度損失量から垣の抵抗係数 C_D が求められるので、 C_D と防風効果との関係が明かにされるであろう
- (i) については谷 (1953) 氏が風洞実験で防風垣の有効範囲は Z_0 に比例することを証明している。従つて防風垣の風速減殺効果の要素的記述としては重要な係数である。
- (ii) についての報告はないが、低位防風垣では重要な意義をもつものと考えられる。即ち垣高 H が低いと稲麦のように d が数 10 cm の大きさでは $(H-d)$ が小さくなる。従つて風速減殺効果の垣高倍数による表示方法を採る場合 d を明示することは必要と思う。
- (iii) については岩崎 (1952) 氏、谷 (1954) 氏等が

防風林や防風垣の色々な型について風洞実験から求めているが、防風垣の構造と風速減殺効果との関係を示す特徴的係数として重要である。

4. む す び

従来の防風林、防風垣の風速減殺効果について要素に関する記載の乏しいことは、その活用が困難な原因であることを佐藤 (1952) 氏が指摘しているが、筆者等はこの要素に関する記載について理論的方法として上述の如き表示方法を試みたが、風洞実験の結果と対照して満足すべき結果が得られた。

今後は農作物の保護という立場からの防風林、防風垣の理論的研究が必要であるが、そのためには農作物と風との相互作用としてあらわれる耕地上の風の性質を明かにしておくことはこの研究の基礎を確立する上に極めて重要なことであることを強調したい。