

防風林の幅 (厚み) に就いて

飯 塚 肇

Hajime IIZUKA : On the Width of Windbreak.

目 次

緒 言.....	1
I 防風林の機能算定の基礎.....	1
§ 1. 風に対する抵抗体としての樹幹及び枝条の縦断面積に就いて.....	1
§ 2. 樹幹, 枝条及び葉の対風抵抗に就いて.....	7
§ 3. 防風林密度の目測に就いて.....	9
II 防風林研究上必要な基礎事項の研究.....	13
§ 4. 防風林内の風の運動に就いて.....	14
§ 5. 防風林林縁の風速比.....	22
§ 6. 防風林の密度, 遮風度及び対風抵抗に就いて.....	26
§ 7. 単木風下の風速の変化.....	29
(1) くろまつ単木 (雛形樹) 風下の風速	29
(2) あかまつ単木 (雛形樹) 風下の風速 (金子村).....	32
(3) 考 察	35
§ 8. 樹幹周囲の風速の変化.....	36
(1) ひのき樹幹周囲の風速の変化	36
(2) 二木 (樹幹) 間を通過する風速の変化	40
(a) 白河に於ける観測	40
(b) 林業試験場内に於ける観測	42
§ 9. 樹列防風林の効果に就いて.....	46
§ 10. 海岸飛砂防止林の解析.....	49
(1) 現 状	49
(2) 風の水平並に垂直分布	51
III 内陸防風林の幅 (厚み) に就いて.....	56
§ 11. 防風林の幅 (厚み) の最低限界に関する一資料 (金子村に於ける 雛形防風林による観測)	56
(1) 観測の目的と方法	56
(2) 観測の結果	56
(3) 考 察	61

Ⅳ 海岸防風林の幅（厚み）に就いて.....	69
§ 12. 防風林林内の風速比の変化から考察せられる海岸防風林の基準幅 （基準の厚み）に就いて.....	69
（１） 供試防風林及び林内風速比の測定値	69
（２） 林内風速の測定高	75
（３） 考 察	75
§ 13. 林帯の対風抵抗値（F）と胸高直径合計（ Σd ）との関係に就いて.....	81
§ 14. 林帯の遮風度と胸高直径合計の關係に就いて.....	81
Ⅴ 風洞模型実験.....	82
§ 15. 風洞模型実験の野外への適用に就いて.....	82
§ 16. 実験の方法及び模型.....	83
（１） 風 洞	83
（２） 模型及び座標軸	83
（３） 測定器具及び測定方法	86
§ 17. 模型林と金網及び板に使用せる台上の風速比の垂直変化と修正風速比....	86
§ 18. 模型林内及び林縁の風速比の変化.....	90
§ 19. 模型林と金網及び板との風下効果の比較.....	93
（１） 模型林と金網との風下の風の運動の比較	93
（２） 風下の効果（風下に於ける風速の減退）の比較	129
§ 20. 樹冠のかけの大きさ.....	137
（１） 樹冠のかけの長さ	137
（２） 樹冠のかけの幅	140
§ 21. 模型林及び金網風下に於ける地表（台面）近くの風速.....	146
（１） 垂直高 2 cm の風速減退度.....	146
（２） 垂直高 5 cm の風速減退度.....	149
（３） 総 括	152
§ 22. 風洞実験に於ける林形別模型林風下の風速減少効果の比較 （毛糸による觀察）.....	154
Ⅵ 結 論.....	193
摘 要	
引用並に参考文献	
Abstract—On the Width of Windbreak.	

緒 言

防風林は古くから保安林として存置せられ、更に近年に至つては各方面に於て防風林に関するすぐれた研究がなされつゝあるにもかかわらず、その機能構成因子の複雑さと分析の困難さによつて、現象の測定以前に明らかにせられたものなく、防風林取扱上最も必要とせられる幅(厚み)の算定に就いては、久しくその解決を要望せられるのみで未だ何等の結論に到達していない。

本研究は防風林として要求せられる幅(厚み)の算定に関する研究を主として、既存の防風林及び雛形防風林に就いての測定、解析並に風洞模型実験の結果からこれを明らかにせんとし、又これに附随して防風林内の風の運動その他に就いての考究を行い、更に従来防風林乃至雛形防風林観測上留意すべき 1~2 の問題に就いて考察を行つたものであるが、今後更に精細な研究によつて本研究結果の補正されんことを期待し、且本研究を防風林研究上の一礎石たらしめ得れば幸と考えるものである。

尙本研究に當つては、次に記す方々に多大の御指導乃至御助力を頂いた。ここに深く謝意を表するものである。

農学博士中村賢太郎氏、農学博士吉田正男氏、農学博士荻原貞夫氏

工学博士河田三治氏、広岡貫一氏

農林省林業試験場長農学博士長谷川孝三氏、玉手三稗寿氏

佐藤正氏、樫山徳治氏、高橋宏治氏、北村嘉一氏、牧村翠氏、村上与助氏、高橋亀久松氏
笹沼たつ氏、熊谷鉄之助氏、原良治氏、関川慶一郎氏、坂貞雄氏、井之場昭子氏

I 防風林の機能算定の基礎

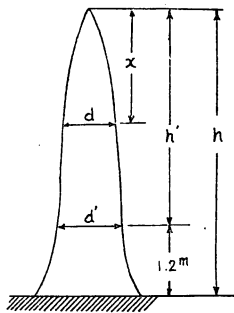
従来防風林の機能を考究する場合、単に防風林の形態と風下の効果の比較がなされるのみで、このような方法では極めて多くの資料を求めなくては、防風林の機能を解析して目的とせられる所要の防風林の幅(厚み)の算定方法の決定に到達し難く、防風林の数も限られ、且一防風林の測定にさえ極めて多くの人と時間と経費を必要とし、更に測定に當つては他に尙多く制約を受くるこの種の研究に於ては、このようなことは不可能事に属するものである。従つてこの限られた資料によつてなるべく速かにこの目的を達成せんがためには、このような方法によらず一応防風林そのものの対風構成を解析し得る如き方法を試みなくてはならない。このような考え方からその解析の一法として、次に述べるような樹幹、枝条及び葉の対風抵抗及び林帯の遮風度に就いて考察をすゝめることとしたのである。

§ 1. 風に対する抵抗力としての樹幹及び枝条の縦断面積に就いて

一般に知られるように、幹曲線式を $y = px^r$ とした場合にも、常数のとり方によつて幹曲線

式の与える値は非常に異つて来るもので、正確な値を得るためには個体全部に就いて実測する外はないが、それが出来難い場合には却つて大掴みな胸高形数による方が過不足を平均して誤差も少いものと考えられ、更に特に防風林の如き成長緩慢な疎林では形数は一般林よりもやや大きくすべきものと考えて、こゝでは一般的に針葉樹樹幹の体積の胸高形数として 0.58 を、又広葉樹樹幹の胸高形数として 0.46 を用いることとした。

上述の胸高形数は樹幹体積の計算に用いられるものであるが、樹幹を遮風体として考える時にはその最大縦断面積を用いなければならない。従つて体積に用いられる胸高形数 f は最大縦断面積に用いられる胸高形数 f' に變つて来なくてはならない。



一般に d を頂点から x なる点の直径とすると縦断面積は

$$A = \int_0^h d \cdot dx$$

体積は

$$V = \int_0^h \frac{\pi}{4} d^2 \cdot dx$$

今 $d = d' \left(\frac{x}{h'} \right)^n$ と仮定すると、

$$A = \frac{d'}{h'^n} \int_0^h x^n \cdot dx = \frac{d'}{h' \cdot (n+1)} h^{n+1} = d' h \frac{1}{n+1} \left(\frac{h}{h'} \right)^n$$

$$\therefore f' = \frac{1}{n+1} \left(\frac{h}{h'} \right)$$

$$V = \frac{\pi}{4} d'^2 \frac{1}{h'^{2n}} \int_0^h x^{2n} \cdot dx = \frac{\pi}{4} \frac{d'^2 h}{(2n+1)} \left(\frac{h}{h'} \right)^{2n}$$

$$\therefore f = \frac{1}{2n+1} \left(\frac{h}{h'} \right)^{2n}$$

$$\therefore f'/f = \frac{2n+1}{n+1} \left/ \left(\frac{h}{h'} \right)^n \right.$$

$h' = h - 1.2$ であるから

$$(2n+1) f = \left(\frac{h}{h'} \right)^{2n} = \left(\frac{h}{h-1.2} \right)^{2n}$$

$$\left(\frac{h}{h-1.2} \right)^{2n} = \frac{1}{\left(1 - \frac{1.2}{h} \right)^{2n}} = 1 + 2n \frac{1.2}{h}$$

$$\therefore n = \frac{1-f}{2 \left(f - \frac{1.2}{h} \right)}$$

$$\text{尚} \quad \frac{2n+1}{n+1} = \frac{\frac{1-f}{f - \frac{1.2}{h}} + 1}{\frac{1-f}{2 \left(f - \frac{1.2}{h} \right)} + 1} = \frac{2-2f+2f-2\frac{1.2}{h}}{1-f+2f-2\frac{1.2}{h}} = \frac{2-2.4/h}{1+f-2.4/h}$$

$$\begin{aligned}
 \therefore f'/f &= \frac{2(1-1.2/h)}{1+f-2.4/h} \left(1 - \frac{1.2}{h} \right)^{\frac{1-f}{2(f-1.2/h)}} \\
 &= \frac{2}{1+f-2.4/h} \left\{ 1 - \frac{1.2}{h} \left(1 + \frac{1-f}{2(f-1.2/h)} \right) \right\} \\
 &= \frac{2}{1+f-2.4/h} \left\{ 1 - \frac{1.2}{h} \frac{1+f-2.4/h}{2(f-1.2/h)} \right\} \\
 &= \frac{2}{1+f-2.4/h} - \frac{1.2}{h} \frac{1}{f-1.2/h}
 \end{aligned}$$

従つて f'/f の値は h 及び f によつて変化し、例えば、

$$1.2/h=0.1, \quad f=0.3 : f'/f=1.31$$

$$" \quad f=0.4 : f'/f=1.34$$

$$" \quad f=0.5 : f'/f=1.29$$

$$1.2/h=0.125, \quad f=0.3 : f'/f=1.19$$

$$" \quad f=0.4 : f'/f=1.29$$

$$" \quad f=0.5 : f'/f=1.27$$

のようであるが、概略の値として $f'/f=1.3$ とする。従つて最大縦断面積の胸高形数として、針葉樹は $f'=0.58 \times 1.3=7.5$ を、広葉樹は $f'=0.46 \times 1.3=0.6$ を用いることとした。

次に樹幹に対する枝条比であるが、著者が海岸防風林に就いて測定した結果は次の通りである。

第1表 くろまつ海岸防風林の枝条比(下北半島吹越第2国有海岸防風林)

No.	全 長 m	樹 令	重 量 kg			重 量 比 %	
			幹	枝	葉	枝/幹	葉/枝葉
1	13.5	37	207.70	26.88	14.28	12.94	34.69
2	10.6	38	86.17	13.40	6.66	15.55	33.20
3	5.2	38	57.22	11.70	4.30	20.45	26.88

第2表 くろまつ海岸防風林の枝条比(浜中)

No.	全 長 m	樹 令	重 量 kg			重 量 比 %	
			幹	枝	葉	枝/幹	葉/枝葉
1	12.7	40	186.23	33.56	27.38	18.02	44.93
2	11.0	26	72.98	7.88	7.50	17.98	48.76

上の二表の算術平均値を求めると、

$$\text{枝重/幹重} \times 100 = 16.99\%$$

$$\text{葉重/枝葉重} \times 100 = 41.47\%$$

となる。

山本和藏氏は**あかまつ**の枝条量に就いて、

$$A = 126.6 \times \frac{10}{12} S \left(\frac{H-h}{H} \right)^{1.9749}$$

A: 枝条量 (貫) 但し着葉生枝

S: 幹材積 (石)

H: 樹高

h: 枝下長

なる実験式を与えている。

朽木種畜牧場の防風林に就いて**あかまつ**上木の大きさをみると、

第3表 朽木種畜牧場防風林に於ける**あかまつ**上木の大きさ

種 別	林 縁			林 内	平 均
	1	2	3		
樹 高 m	10	10	11	13	11
枝 下 高 m	7	7	8	10	8
胸高直径 m	19	22	27	25	23.25
幹 材 積					0.235m³=0.86 石

山本氏の実験式によつて針葉を含む枝条量を計算すると $A=24.7 \text{ kg}$ となり、これに前述の**くろまつ**の葉重/枝葉重 $\times 100=41.47 \%$ を準用すれば 24.7 kg 中枝条重は 58.53% の 14.5 kg を占めていることになる。

又山本氏は**あかまつ**の材重を測つて 950 kg/m^3 を得ているから幹材積 0.235 m^3 の重さは 223.3 kg であり、従つてこの場合の**あかまつ**の樹幹に対する枝条比は重量比で、

$$14.5/223.3 \times 100 = 6.49 \%$$

である。尙これは海岸**くろまつ**防風林の 16.99% に対してはるかに小さい値である。吉田氏の測定による**すぎ**の 30 年生、樹高 10.7 m で緑葉を含む容積比が 18.2% 、同じく樹高 9.2 m で 32.3% で、緑葉を枝条容積の約 $1/2$ と考えれば、ほぼ海岸**くろまつ**防風林のそれに近い値を持つことになる。これ等は一に林の状態によるものであろうが、以上から推してこゝでは海岸の**くろまつ**、内陸の**ひのき**、**すぎ**の枝条比を 17% 、朽木種畜牧場の防風林の**あかまつ**は特殊な例として 6.5% として計算することにした。尙こゝでは樹幹でも枝条でも材重と容積の間に直線的な関係があるものと仮定して枝条比は単に重量比に限らず、容積でも縦断面積でも同様に適用し得るものとしたのである。又佐多氏は枝条率を $B\% = Le^{\beta/D}$ (e = 自然対数の底, L, β = 常数, D = 胸高直径) により計算して、胸高直径 $9.9 \sim 26.2 \text{ cm}$ の**あかまつ**と**からまつ**を比較し、枝条量は**からまつ** / **あかまつ** $= 0.35 \sim 0.45$ としている。これを平均 0.39 とすると海岸の**からまつ**の枝条比はこれを準用すれば $17 \% \times 0.39 = 6.6 \%$ となるわけであるが、著者

が下北半島横浜の営林署苗圃で胸高直径 11cm の **からまつ** に就いて樹幹に対する枝条 (落葉) の重量比を測定したもので、

枝条 (落葉) 重量 = 25,125 kg

樹幹重量 = 29,625 kg

尙伐採高は地上 0.3m であるから材の比重を 0.95 としてこの重量 0.4 kg を加えると樹幹重量は約 30,000 kg となる。

で重量比は 83.8 % であり、甚だ大きい値を示すので更に実際に風を観測した **からまつ** 防風林で樹冠の状態が全林帯の標準を示すと考えられるものに就いて測定した結果では、

樹高 = 11m

胸高直径 = 16 cm

枝条重量 (落葉) = 29.8 kg

樹幹重量 = 81 kg

尙伐採高は地上 0.3m でこの伐り残しの重量を加えると 89.3 kg となる。

で樹幹に対する枝条の重量比は 33.3 % となり、一面生長に伴つて又一面強風に直面するところでは枝条比は甚だ小さいものになることがわかつたのである。従つて **からまつ** の枝条比はこの後者の結果を用いて大略 33 % として計算するものとした。次に広葉樹の枝条比に就いては、吉田氏の千葉東大演習林に於ける **あらかし** (28 年生、樹高 7.9 m) の容積比 27.5 %, **あをだも** (34 年生、樹高 7.5 m) の容積比 40.83 % から、概略の値として 35 % を用いることとした。尙これ等の比率は容積比又は重量比で考えられたものであるが、これはそのまゝ断面積の場合に転用して差支えない。何となれば、直径 R の円柱体に於てその体積は $\pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 h$ であり、縦断面積 (垂直投影面積とす) は Rh であるから、これが x なる比率で変化する場合

$$\pi \left(\frac{R}{2}\right)^3 h : x \pi \left(\frac{R}{2}\right)^2 h = Rh : x Rh \text{ なる等式が成立すればよいからである。}$$

§ 2. 樹幹、枝条及び葉の対風抵抗に就いて

樹幹、枝条及び針葉は何れも風に対して円柱体に近似する抵抗をなすものと考えることが出来る。この抵抗によつて風下に渦流を生じ風を分散せしめて風速を減ずることは「§ 8 樹幹周囲の風速の変化」で述べる通りである。

防風林を一つの風に対向する壁と考えて樹幹、枝条及び葉の断面積が風向に対して空間正面を塞ぐ割合で直ちに防風機能を推測することは適當でないが、これ等の断面積を単位直径の円柱体の断面積の和とし、従つて単位直径の円柱体の風に対する抵抗の和がこれ等の断面積の風に対する抵抗と考えれば、防風林がその厚み (こゝでは幅と同義とする) に於て有する空間遮風度を大略その防風林の防風機能に置き換えて考える事が可能であらう。

勿論防風林はその目的とするところに従つて要求せられる形は異なるもので、一様に論ずるこ

とは出来ない。従つてこゝでは特殊な形で要求せられるものは除いて、従来一般に知られていたような形の防風林に就いて考えるものとして、密度の大きい防風林、極端な例では板塀では風下近距離の風速の減退は大きいとその効果は遠くへ及ばず、これに反し樹幹部に或る程度の吹き透しの生ずる防風林では風下近距離の風速の減退は小さいがその効果は長く後方に持続する、というように防風林は遮風度の大小のみで比較せられることも適當でなく、防風林としての形から総合的に考えらるべきものではあるが、極端な場合を除いて考えれば、遮風度の大小によつて求められる抵抗の大小に応じてその林帯の防風機能の概略を推定し得るものゝようである。

従来野外に於て円柱体の抵抗を測定した例がないので、風洞で小径の円筒に就いて求められたものに、直径の大小及び表面の粗度は無視してたゞR数（二つの物体の対応する部分の長さ、速度を夫々 $l_1, l_2; u_{01}, u_{02}$ とすると $\frac{\rho_1 l_1 u_{01}}{\mu_1} = \frac{\rho_2 l_2 u_{02}}{\mu_2} = \text{Reynolds number}$

ρ = 空氣の密度

μ = 空氣の粘性係数

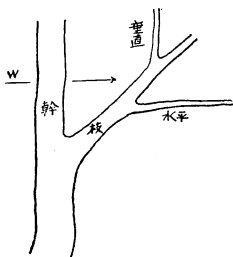
風洞の風は分子粘性係数

大氣の風は渦動粘性係数

なる關係を得、この關係が満たされれば二つの流れは力學的相似になる）のみを基とし、又地表附近ではR数は地上高Zに比例するものとして、樹幹の何れの部分も、葉もすべて防風林の高さの μ により計算されるものとして、抵抗係数 C_x を求めて $f = C_x \frac{1}{2} \rho v^2 S$ (G. Stokes, f = 風の全圧力, v = 風速, ρ = 空氣の密度, S = 物体の風に対向する面積) から防風林の概略の防風機能を算定するものとし、次にこの C_x に就いて考えてみたい。

樹幹の抵抗は前述のように直径の大小や表面の粗度は無視して、一樣に円柱の抵抗と見做し、枝条はその風による振動及び風向に対する傾斜によつて、水平と垂直の両端の間に多くの傾斜

Fig. 1



を現出するものであるから概略の平均値として 45° をとり、それだけ抵抗を減ずるものと簡単に考えて、円柱の抵抗係数に $\cos 45^\circ = 0.87$ を乗じてその抵抗係数とした。次に樹葉の抵抗であるが、まつのような長い針葉では枝条に較べて更にその振動は激しく且表面が平滑であるためにその抵抗は更に枝条よりも小さくなるものと考え、それを風向に対する傾斜の減少即ち針葉の長さの減少に振り替えて円柱の抵抗係数に $\cos 75^\circ = 0.26$ を乗じたものをその

抵抗係数とした。然し乍らすぎ葉の場合はこれと異なり、表面は同様に平滑であるが振動は枝条と同様でまつ葉よりもむしろ抵抗は大きいものと考えて $\cos 60^\circ = 0.5$ を用い、又ひのきのような鱗状葉は針葉として考えるよりも寧ろ広葉として考えるのが適當で、これは広葉に準じて取扱うべきものとする。広葉は一般に針葉よりも風向に対する傾斜は小さく風による振動も大きいので葉面の粗糙、平滑を均して風向に対して 10° 程度の傾斜を持つものと考え、又こ

の場合には葉は風向に平行な位置にあるものを基本形として考えているから、抵抗係数としては平板に沿って風の流れる場合の抵抗即ち摩擦抵抗係数を用いるものとし、従つて断面積の修正値としては $\cos^{-1} 10^\circ = 1/0.98$ を用いるものとした。尙針葉も広葉も共に、特に針葉は密生するものであるから、風向に対し葉相互の重なり及び樹幹枝条との重なりによる抵抗の減少又は消滅を考えなくてはならない。然し乍ら実際にこの重なるの割合を求めることは難しい。別項の金子村に於ける雛形防風林の観測では、針葉をことごとく除いた4列除葉林の風下特に樹冠のかけに於ける効果の大きさは、ほぼ2列林と3列林の中間にあることが示されているが、樹幹及び枝条及び針葉の断面積はこの場合既知のものとし、針葉の重なりのみを未知のものとして考えると、前述のように林帯の抵抗と防風林風下の効果がこの場合直線的な関係にあるものとして、

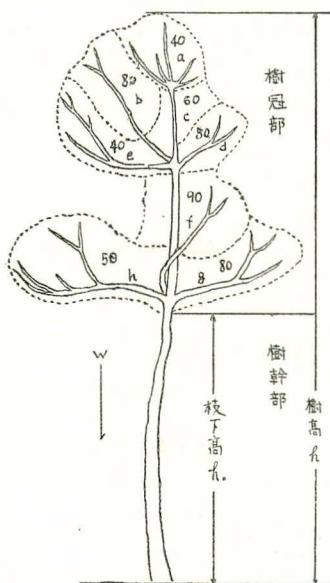
$$4 \text{ 列除葉林の抵抗} = \frac{3 \text{ 列林の抵抗} + 2 \text{ 列林の抵抗}}{2}$$

と見做される。従つてこの関係が成立するように重なるの割合を考えればよいのであつて、第35表に示される計算の結果は、針葉相互及び全葉と樹幹、枝条との重なりにより針葉の縦断面積(合計)はその実縦断面積の $0.7/20$ であるべきで、重なるの割合は $19.3/20$ と考えるのが適當であることを示している。

§ 3. 防風林密度の目測に就いて

防風林の遮風度を考える場合に二つの考え方がある。即ち風に対する樹幹及び枝葉の抵抗を基にして考える場合と、単に空間を占める樹幹及び枝条面積からそれによつて空間の塞がれる

Fig. 2
目測による樹冠の通風の算定



割合を考える場合とである。後者に於ては流体力学的な考慮は払われず、防風林の防風機能を考える場合には不適當な考え方の方であるが、防風林の疎密が実際に防風機能に大きく影響するものである以上、これも一つの要素として取上げられてよいものである。又風に対する樹幹及び枝葉の抵抗を考える場合には計算上甚だしい煩雜が附帶するので、簡単に林帯の防風能力をみるためには後者を用いる方が都合がよく、日常行われる方法である。然し乍ら目測による空間と遮蔽との割合即ち遮蔽度(=遮風度)は視覚に頼るのみでは定量的な価値が極めて少い。只樹幹に就いては直径の測定によつて一応その大きさを求め得るが、樹冠に就いてはそのような尺度がない。そこに定量的な要素を含ませるために樹冠に影響せられる風の変化を取入れなくてはならない。このためにロビンソン風速計を用いて実

際に樹冠の風下の風速を測定し、標準風速との比即ち風速比を求めて樹冠の通風度とし、 $100 - (\text{通風度}) = (\text{遮風度})$ としてこれと目測による遮風度との関聯値を求め、目測による遮風度が実際の風速計で測定した遮風度とどんな関係にあるかを知り、両者の相関線から目測による遮風度を実際の樹冠のそれに修正しようと考えた。尙目測に就いては個人差が考えられる（たゞ樹冠の隙間の目測であるからそれ程の差を生ずる筈もないが）のでわたくしの行つた目測標準を fig.2 に示して置いて、次に樹冠の目測による遮風度とロビンソンによるそれとの関聯値を求めるために行つた観測（鶴岡海岸）の結果を掲げる。

第 4 表 樹冠の通風度の観測値

No.	樹冠風下の風速 v m/s				標準風速 v_0 m/s				通風度 %	
	1	2	3	M	1	2	3	M	v/v_0	目測値
1	3.42	2.92	3.90	3.41	6.58	4.89	5.45	5.64	60.46	80
2	2.50	2.98	3.80	3.09	4.80	5.61	7.42	5.94	52.02	60
3	3.60	4.00	3.20	3.60	5.76	10.50	6.88	7.72	46.63	60
4	4.20	4.24	3.40	3.95	6.68	6.24	6.40	6.46	61.15	40
5	3.82	2.86	3.80	3.49	7.10	5.58	6.88	6.52	53.53	60
6	2.58	2.92	4.40	3.30	4.58	5.90	8.16	6.21	53.14	80
7	4.18	4.10	5.08	4.45	5.47	5.86	7.08	6.14	72.48	90
8	3.52	3.26	3.96	3.58	4.65	4.86	4.93	4.81	74.43	80
9	3.85	4.15	5.66	4.55	5.93	4.85	7.90	6.23	73.03	80
10	4.15	2.31	3.18	3.55	7.02	7.63	5.62	6.76	52.51	30
11	2.82	2.50	3.08	2.80	6.31	5.65	6.97	6.31	44.37	20
12	3.13	1.65	1.77	2.18	7.81	6.02	5.61	6.48	33.64	50
13	2.63	2.37	2.70	2.57	7.58	6.82	7.04	7.15	35.94	30
14	1.52	1.60	1.58	1.57	6.51	7.46	5.44	6.47	24.27	20
15	1.18	1.41	1.51	1.37	5.69	5.96	6.26	5.98	22.91	10

備考： v は 5 分間の平均値

上表を括約して、

(第 4 表 附の (1))

目測による通風度	10	20	30	40	50	60	80	90
ロビンソンによる通風度	22.9	34.3	44.2	61.2	33.6	50.7	65.3	72.5

$100 - (\text{通風度}) = (\text{遮風度})$

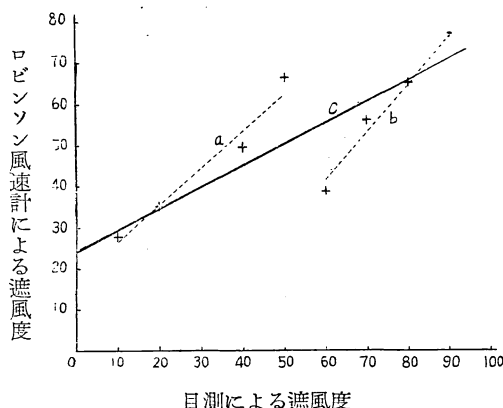
(第 4 表 附の (2))

目測による遮風度	90	80	70	60	50	40	20	10
ロビンソンによる遮風度	77.1	65.7	55.8	38.8	66.4	49.3	34.7	27.5

これを図示すると fig. 3 の通りで、これから最小自乗法によつて相関線を引き、

Fig. 3

樹冠のロビンソン風速計による遮風度と
目測による遮風度との関係



$y=0.52x+24.62$ なる直線式が得られた。尙 fig. 3 に於て a, b なる別個の二つの線を考えるのが正しいようであるが、目測はこのように 50 % と 60 % の間に境を設けて別個に考えたものではなく、一貫した観測値であるから 50 % 及び 60 % の大きいふれは目測の精度の小さいことを示すものとして一応一つの直線で標示すべきものと考えて c なる相関線を求めたのである。

尙目測による樹冠の通風度の算定は次のようにして行つた。即ち先ず鬱閉の密

でどの部分をとつてみても前方を透かして見られないものを通風度零とし、全く葉のないものを 100 とした。実際には 100 の部分に於ても枝条の存在によつて 100 よりは幾分小さい値になるのであるが又それが fig. 3 に現われる目測の大きいふれの--因とも考えられるのであるが、便宜上主対象を葉に置くものとしてこれは特別には考えに入れなかったことにした。こうして 0 と 100 との間を更に 10 等分してそれぞれの通風度を求めたのである。このようにして求められた樹冠の各位置の通風度は fig. 2 に示されるようなもので、図で点線に囲まれた部分が一通風度の領域でありその値は数字で示されているもので、アルハベツトはその面積である。目測に当つてはこのような見取図を画いて後で図上で面積を計算する。面積は m^2 単位で表わすものと標準地の正面幅を 10 m とすれば、この樹冠の有する絶対遮風量 (遮風度 100 に換算した面積) は、

$$\frac{(100-40)}{100} \alpha_a + \frac{(100-80)}{100} \alpha_b + \frac{(100-60)}{100} \alpha_c + \dots = S_i (m^2)$$

α = fig. 3 に示される相関線から求めた補正係数

であり、これを樹冠部面積 (垂直正面) で除したもの

$$S_i / (h - h_0) \times 10 = S_p$$

但し単位の防風林長さを 10 m とする

がこの樹冠が示す遮風度である。

尙標準地の厚さは正面幅と同様にとつてあるからその中にある各々の樹冠は相互に重なり合うもので、この重なりに就いては各々の通風度の相乗積の 1/100 を用いる。例えば A 樹冠の通風度 70 の一部と B 樹冠の 80 の一部とが重なり合い、重なるの面積が x である場合には x の通風度は $70 \times 80 / 100 = 56$ として別に計算される。

樹幹部に就いては、重なり合つた部分を除いた樹幹の縦断面積合計 (fig. 5 参照) を正面幅 10 m の樹幹部面積 ($10 \times h$) で除した値を遮風度とする。但し樹幹部に上木の枝葉又は下木の樹冠がある場合には前の樹冠部の計算と同様な計算を行つてこれを附加する。

Fig. 4

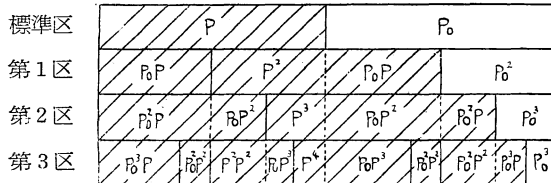
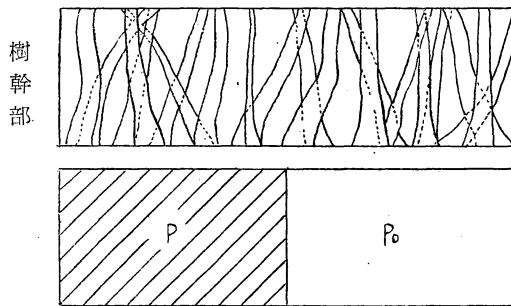


Fig. 5



以上は標準地の遮風度を求めたもので、これから防風林帯としての遮風度を求める場合にはこれに

$$\frac{\text{防風林の幅(風向の)}}{\text{標準地の幅(風向の)}} = n$$
を乗すればよいわけであるが、fig. 4 及び fig. 5 に示されるように遮風部が夫々の林区 (防風林の横断面に於て標準地の繰返しを考へる場合その一つ一つを林区と名付けて置く) で次々に隣り合つて出現するものではなく、互に重なり合ひ又は相離れて存在することも考へなくてはならない。後者の場合は単に標準地の値の n 倍でよいが、前者に於ては互に重なり合つた面積は除かれなければならない。何と

なれば遮風面積は遮風度 100 のものとして計算せられてゐるからである。然し乍らこの場合その重なり方がどうであるかは実例による外はないが、一つ一つの防風林帯に就いてその横断面全部に亘つて測定を行うことは容易なことではない。防風林は造林せられたもののみでなく天然更新によつたものもあり、又造林地であつても年数を経過すれば立木の分布も生長も部分的に異なつて来ている。従つてこれを実測によらず計算に乘せようとするのが既に無理な話のようであるが、林帯の風上と風下でひどく状態の異なつてゐるものに就いては 2~3 の標準地をとるといふようにして、この重なり割合が一定であるという仮定を置いて考へるものとして、今前述の fig. 2 を参照し、例を標準区の樹幹部にとつて考へると、空間面積が樹幹部の中で幾%, 重なり樹幹縦断面積が幾%, 2 回の重なりを持つものが幾%, 3 回の重なりを持つものが幾% というように計算して、これを夫々 $P_0, P_1, P_2, \dots, P_m$ とすると、 $P_0 + P_1 + \dots + P_m = 1$ であり、これを n 回繰返す場合重なり割合は、

$$(P_0 + P_1 + \dots + P_m) (P_0' + P_1' + \dots + P_m') (P_0'' + P_1'' + \dots + P_m'') \dots$$

であり、この割合を一定と考へると、

$$(P_0 + P_1 + \dots + P_m)^n$$

なる多項式が適用せられる。然し乍ら P_1 でも P_2 でも、遮風度に於て 100 なる値を持つことは同じであるから、この場合 $m=1$ としてよい。従つて多項式 $(P_0 + P_1 + \dots + P_m)^n$ は

$$(P_0 + P_1)^n$$

なる二項式に変えられる。

そこで今前述の fig. 2 により, P_0 を空間比, P を遮風面積比とすれば, 二項式 $(P_0 + P_1)^n$ の各項中 P を有するものゝ遮風度は 100 であるから, 各林区に就いて P_0 のみの項を考えればよい。即ち各林区に於ける通風面の出現の割合は P_0^n であり, 空間が風に対して殆ど全部塞がれるのは $P_0^n \rightarrow 0$ のときである。

尙実際は P_0^n がほぼ 0 に近ずいた場合の n を標準地の幅(風向の) $= l$ に対する倍数とし, nl を防風林帯の空間が殆ど樹幹及び樹冠で塞がれた場合の幅(風向の)と考えようとするものである。然し乍ら防風林は樹幹部に於ける或る程度の風の吹き透しを必要とするものであるから, 樹幹部は 0 に近づく迄塞がれる必要はないが, 樹冠部は「防風林の機能判定の一方法としての風下の乱れの強さと風速比の相関に就いて」で述べるように出来るだけ対風面積が大きく且密である方がよい。

さて, 以上によつて林帯の防風林として必要な幅を一応計算し得るものであり, 且樹冠の目測による遮蔽度は既に述べたように樹冠風脊の風速の測定結果との相関を求めることによりそのまゝ樹冠の防風能力を示す数値に改められているのであるが, 樹幹の遮蔽度は実測による空間比であつて, 従つてこれは樹幹の防風能力を直ちに表わすものではない。然し乍ら, 樹幹の防風能力と遮蔽度は直線関係にある(林帯乃至林木の風に対する抵抗を考える場合……金子村, 雛形防風林による観測例……に樹幹部の対風抵抗は防風林正面に対する樹幹部の遮蔽度を基とするものであるが, この抵抗によつて或る限度内の林帯の防風能力を示し得るものであるという考え方からすれば, この限度内では樹幹の防風能力と遮蔽度は直線関係にあると考えてよい)ものとの仮定を設ければ, 樹幹による防風林正面の遮蔽度を林帯の防風能力を示すものとして考え得るであらう。

尙樹幹部に樹冠の一部が含まれている場合には, これ等は前述の方法ではその防風能力の表現を異にするため同一のものとして取扱うことが出来ないから, この場合には樹冠の遮蔽度は目測値を用いて, 精度の差はあるが樹幹の遮蔽度と同一に考え得るようにすべきである。

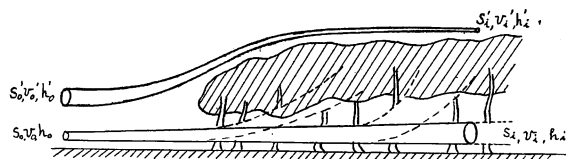
II 防風林研究上必要な基礎事項の考究

防風林を研究するに当つては, 先ず防風林林内及び林縁に於ける風の運動, 樹冠及び樹幹の風速減殺機能を解析して夫々の防風上の本質を探知して防風林の機能解明上の基礎となすべきであり, 本考究に於てはその探究に努めると共に, 更に 1~2 の実際防風林に就いての観測結果を附加して機能解明上の参考とした。

§ 4. 防風林内の風の運動に就いて

防風林内の風の運動を考えるに当つて先ず風上から防風林内に流入する風として樹幹に妨げられない形の流線を考え、これ等が定常状態にあるものとしてこれ等の流線によつて囲まれた極めて細い流管に就いて考察を進める。

Fig. 6



この流管の垂直断面積の中、林の遙か前方にあつて林の影響を受けないものを S_0 、林内の一点に於けるものを S_i とする。防風林で考える程度の風速では空気は非圧縮性と考え

てよいから、 S_0, S_i に於ける風速を夫々 v_0, v_i とすると連続の式は空気密度 $\rho = \text{const.}$ *の下に、

* 空気の密度 ρ は気温に応じて変化するものである。

防風林内の気温の変化を浜中のくろまつ海岸防風林第 1 号林内で測つた結果は次の通りである。

観測は昭和 25 年 2 月 20 日 8 時 30 分に行つたもので、この時林内には僅かに積雪がみられていた。

第 5 表 防風林内の気温の変化

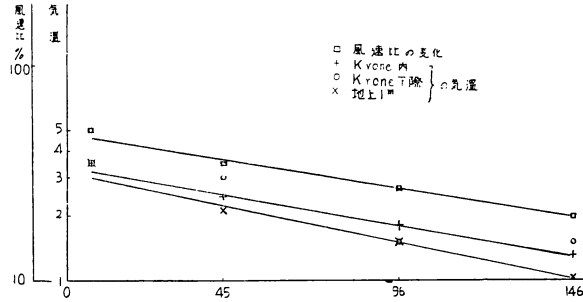
垂直部位 水平部位	気 温 C°		
	樹 冠 内	樹冠下際	地上 1 m
風 上 林 縁	3.5	3.5	3.5
林 央 45m	2.5	3.0	2.1
" 96m	1.8	1.5	1.5
風 下 林 縁	1.3	1.5	1.0

防風林の幅は 146 m

上表から fig. 7 が得られ、これによると樹冠内温度の変化は風下に向つて指数法則に従つて変化し、樹冠下際の気温も風下に向つて同様な変化をするが、後者では各測点のふれが大きい（この変化は $y = -1.04 e^{-0.0054x}$ で示される）。地上 1 m の気温も亦同様である（ $y = -1.04 e^{-0.054x}$ ）が、前二者よりも傾斜はやゝ急である。林内の地上 1 m の風速比の変化もこの場合は同様である（ $y = 4.84 e^{-0.061x}$ ）が、地上 1 m の気温の変化と較べてこれよりも傾斜が緩である。即ち風速の減少率よりも気温は更に高率の降下を示している。然し乍ら一方気温の垂直変化をみると一定の傾向を持つた変化はなく、殊

に風上林縁では全く変化はみられない。只この場合、塩谷正雄氏の研究によれば、冬期

Fig. 7 防風林内の気温の変化
(浜中海岸防風林第1号林内)



午前中の地表附近(地上15m迄)の気温の垂直分布は上方に向つて僅に遞減することが認められ、今これを林内の気温の垂直分布考察上の基準として用いるものとする、風上林縁でも林の影響によつて気温の垂直分布は

裸地と異なり、樹冠下際及び樹冠内では幾分上昇していることが判る。即ち、これ等は林内の気温の変化は主として風速により影響されるものであることを示すと共に樹幹部及び樹冠部を通じて風の垂直混合が林内で盛んに行われていることを示すものであり、又地表に近い地上1mの気温の変化がより顯著であるのは、このように風速と気温が順相関を示す場合に、冬期曇天の林内では風速が落ちると地表の低温に影響せられて気温の降下する割合が多くなるためであろう。次に気温による ρ の変化は $\rho = \frac{0.0012932}{1 + 0.00367\theta} \cdot \frac{P}{760} (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ に従えば、 $2 \sim 2.5^\circ\text{C}$ で 1×10^{-5} 程度で ρ の値の1/100以下であるからこの計算では $\rho = \text{const.}$ と見做して差支えないと考える。

註: P による ρ の変化は 15°C で 1×10^{-6} 以下で更に小さい。

$$V_0 S_0 = V_i S_i \dots\dots\dots (1)$$

となる。

こゝでは実際に林内樹幹部では樹冠のかげ及び樹幹の抵抗によつて風速が低下するから、 $S_i > S_0$ でなくてはならない。この流管は下方は地面により押えられているから、その断面積の増加は結果として S_i の中心の上昇を来すことになる。今簡単に考えて行くために、流管の断面は円形が保存されているものと仮定し、 S_0 、 S_i の半径を夫々 r_0 、 r_i とすると、 S_i の中心の上昇は(1)式から

$$r_i - r_0 = (\sqrt{v_0/v_i} - 1) r_0 \dots\dots\dots (2)$$

となる。

林内の風速は各流線共に同じ比率で連続的に減少するものとするれば、この流管の上昇効果はその始めの S_0 の高さが増すにつれて積算され、始めの S_0 の高さが h_0 の流管では $(\sqrt{v_0/v_i} - 1) h_0$ だけ上昇し、始めに地面から遠い流管程その上昇の傾斜は大きいことになる。この考えが成立つものとするれば、林の幅が十分に厚く $v_i = 1/100 v_0$ になる点での上昇は $9 h_0$ となり、

若し $h_0=1\text{ m}$ であれば、上昇値は 9 m となつて流管は当然樹冠部に入ることになる。樹冠部内のような複雑な状態の中へ流管が進入する場合の様相は、簡単な模型的な考察の対象とすることは困難であるが、便宜上この場合も流線は上昇して来た経路をそのまま連続的に進むものと考えてその進路に就いて考察を進める。

よく知られているようにベルヌイの定理は流れの中に渦を含む場合にも適用されるもので、又短い時間内の流れの模様を考える時には風の流れも一応定常流と見做し空気の粘性を無視して、林内で上昇する流管にこの定理を適用してみることにする。

今、空気密度 $\rho=\text{const.}$, S_0 及び S_i に於ける圧力を夫々 P_0, P_i とし、 S_i の高さを h_i として $\rho=123\times 10^{-5}(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$,

重力加速度 $g=980(\text{cm}\cdot\text{sec}^{-2})$ とすると、

ベルヌイの式は

$$P_i=P_0+615\times 10^{-6}(v_0^2-v_i^2)+12054\times 10^{-4}(h_0-h_i)\dots\dots\dots(3)$$

となる。こゝで $P_0=760\text{ mm}\cdot\text{Hg}$ (1 気圧), $v_0=8\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$, $v_i=1/100\ v_0$, $h_0=1\text{ m}$, $h_i=10\text{ m}$ と採ると

$$P_i=759.48(\text{mm}\cdot\text{Hg})\dots\dots\dots(4)$$

となり、樹冠層内の S_i に於ける圧力の降下は $0.5\text{ m}\cdot\text{m Hg}$ である。

次に林の風上側から林に近づく風の流線を想定すると、その中で始めに地表面から或る高さ以上にあるものは、林の影響によつて林内に入ることなく上昇し、樹冠部の上縁に接して進み乍ら林を越すものと考えることが出来る。この限界となる高さは林の構成その他の因子によつて当然変るべきものであるが、今この高さを h_0' とし林の風上側の h_0' の高さから上昇して樹冠部の上縁に沿うて林を越す極めて細い流管を考える。この流管にも林内に入る流管の場合の諸条件が同じく成立するものとしてベルヌイの定理を適用してみる。

h_0' に於て風速と圧力を夫々 v_0', P_0' とし、樹冠部の上に上昇した時の高さを h_i' , その場所での風速及び圧力を夫々 v_i', P_i' とする。林の樹冠部の上縁は平均樹高 H の高さを持つ平面状であると仮定する（実際には凹凸が多く小渦流がその表面に多く形成されるのであるが、その上方の滑らかな流線を考えるものとして）と、 h_i' はほぼ樹高に等しいものと考えてよい。 v_0' と v_i' との関係は地表附近の風速の垂直分布（例：河田三治氏の風速垂直分布式

$$\bar{u}(z)=\frac{64.5\bar{u}_1(1-0.81\log_{10}\bar{u}_1+0.27\log_{10}Z)}{1-0.53\log_{10}\bar{u}_1})$$

で知られるように $v_i'>v_0'$ である。更に乱れのない様な流れの中にその軸が流れに垂直となるように円とうを置くと、その軸を含み流れに垂直な平面と円とう外縁との交わりの線上の風速は、始めの流れの速度を v とするとき $2v$ となることが理論的に知られている。実際の防風林に就いてこの理論をそのまま適用し得るかどうかは疑問であるが、この場合にも上の v_i' が防風林のない場合の風速の垂直分布によつて示される同じ高さの風速よりも大きくなるであら

うことが考えられる。但しその値を直ちに求めることは困難であるから一応 v_i' の値として考えられる最小値として河田氏の風速垂直分布式による値を採ることとする。防風林の平均樹高 $H=15\text{ m}$ とし、 h_0' を仮りに 5 m と採ることになると、 $h_i' \approx H=15\text{ m}$ であり、(4) の P_i の値を導いた場合の $h_0=1\text{ m}$ に於ける風速 $v_0=8^{-1}$ に対して河田氏の風速垂直分布式から $v_0'=9.85^{-1}$ 、 $v_i'=11.13^{-1}$ が得られる。

高さによる圧力の変化は、温度 $t=\text{const.}$ としてボイルの法則から計算すると、 $t=15^\circ\text{C}$ 、 $h_0=1\text{ m}$ 、 $h_0'=5\text{ m}$ 、 $P_0=760\text{ mm}\cdot\text{Hg}$ の場合に $P_0'=759.64\text{ mm}\cdot\text{Hg}$ となる。

以上の考察によつて $h_0'=5\text{ m}$ 、 $h_i'=15\text{ m}$ として得られた値 $v_0'=9.85\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ 、 $v_i'=11.13\text{ m}\cdot\text{sec}^{-1}$ 、及び $P_0'=759.64\text{ mm}\cdot\text{Hg}$ を用いて (3) 式から P_i' を求めると

$$P_i'=758.61\text{ (mm}\cdot\text{Hg)} \dots\dots\dots (5)$$

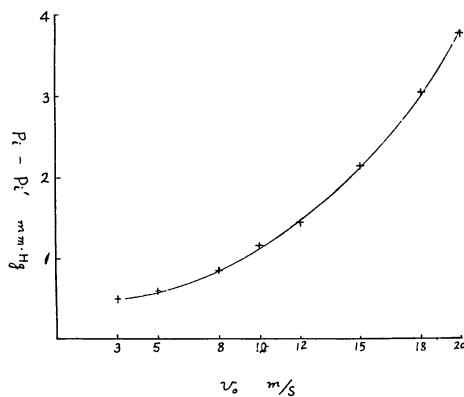
となつて、圧力の降下はほぼ $1\text{ mm}\cdot\text{Hg}$ である。 h_0' の値として $H=15\text{ m}$ に対し 5 m を採ることの適否は別として一応これで考えてゆくと P_i' の値は樹冠部上縁を通る流管内の圧力として考えられる最大値を表わすものであり、これと (4) の樹冠部内の流管断面の圧力 P_i を比較してみると、その差は僅か $1\text{ mm}\cdot\text{Hg}$ の程度であるが、 P_i' の値が上述の通りその最大値と考えられることから P_i と P_i' との間には一般に

$$P_i > P_i' \dots\dots\dots (6)$$

なる関係が成立する。即ちこれは防風林の樹冠部の圧力が樹冠部上縁の圧力よりも大きいことを示すものである。

尚 $v_i=1/100\ v_0$ の条件の下に前に述べたところと同じ計算を v_0 の種々の値に対して行い、風上側の高さ 1 m の風速 v_0 と樹冠層内外の流管断面の圧力差 P_i-P_i' との関係を描くと fig. 8 のようになる。

Fig. 8



図にみる通り v_0 の増加と共に P_i-P_i' 式が急激に増加することは明らかであり又 (6) 式が一般的に成立することも認められる。

さて以上の考察が複雑な防風林の実際に適用出来るかどうかであるが、実際の林内の風の運動はこのような状態にあるものであることは P. 6, P. 7, P. 8, P. 9 に示される焚煙筒による防風林内の風の運動の実験からも亦次の雛形林による観測からも明らかに推測し得るところである。

§ 4 の (1). 防風林内及び樹冠上の風速 (雛形林による観測——酒田)

昭和26年2月酒田海岸で異なる構成の雛形林c, c₁, d₁, e, e₁ (fig. 9 参照, 図中黒点のある部分は樹冠部, 空白の部分は樹幹部を示し, 又一区劃は一本の雛形樹で示している。植付は樹間 1m の正三角法によつた) によつて防風林の林内風上と風下及び林内に於ける風速の垂直変化を測定して林内の風速と樹冠上の風速との比較を行つたものである。

第6表 防風林内及び樹冠上方の風速 (雛形林による観測——酒田)

(1)

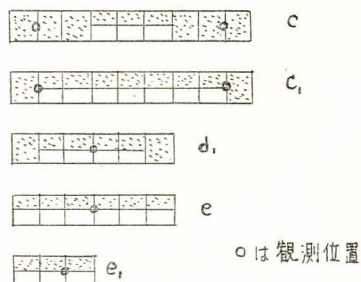
位置 垂直高m	C						C ₁					
	v ₀ m/s	v _a m/s	v _a /v ₀ %	v ₀ m/s	v _b m/s	v _b /v ₀ %	v ₀ m/s	v _a m/s	v _a /v ₀ %	v ₀ m/s	v _b m/s	v _b /v ₀ %
0.2	5.64	4.21	0.75	6.80	2.48	0.36	4.70	3.61	0.77	4.05	2.48	0.61
	6.23	4.81	0.77	7.02	2.48	0.35	4.78	3.55	0.74	4.05	2.20	0.54
	6.23	4.40	0.71	6.67	2.39	0.36	3.68	2.48	0.67	4.55	2.48	0.55
	6.65	5.27	0.61	7.46	6.09	0.73				2.66	1.94	0.73
	7.46	5.75	0.77	6.66	6.22	0.78						
	6.66	4.85	0.73	5.21	6.31	0.76						
	5.21	4.66	0.89									
	M=0.74			M=0.56			M=0.73			M=0.61		
0.5	6.25	4.79	0.77	7.79	4.24	0.54	5.33	3.25	0.61	4.47	2.01	0.45
	6.98	5.44	0.78	8.01	4.38	0.55	5.50	2.43	0.62	4.47	2.05	0.46
	6.69	5.15	0.77	7.63	4.10	0.55	4.01	2.14	0.53	5.04	2.60	0.52
	8.45	5.27	0.62	9.70	5.22	0.54				2.88	1.15	0.40
	7.56	5.31	0.69	9.19	5.40	0.59						
	5.88	3.65	0.62	9.32	5.45	0.58						
1.0	M=0.71			M=0.56			M=0.59			M=0.46		
	6.65	3.28	0.49	8.71	1.58	0.18	6.19	4.25	0.69	4.33	0.84	0.19
	7.89	4.72	0.60	8.71	1.52	0.17	6.31	4.02	0.64	5.42	0.80	0.15
	9.11	8.40	0.93	10.69	2.69	0.25	4.89	2.77	0.57	5.91	0.65	0.11
	8.51	7.25	0.85	10.29	2.59	0.25				3.79	0.65	0.17
1.5	M=0.72			M=0.21			M=0.63			M=0.16		
	7.34	6.00	0.82	9.32	4.79	0.51						
	8.16	6.62	0.81	9.20	5.73	0.62						
	7.71	6.62	0.86	8.82	4.29	0.49						
	9.61	8.68	0.90	11.10	3.65	0.33	6.30	5.82	0.92	5.50	2.05	0.37
	9.91	7.91	0.80	10.89	3.18	0.29	6.60	5.73	0.88	5.50	2.15	0.39
	8.90	7.15	0.80	11.10	3.21	0.29	4.82	4.39	0.92	6.16	2.28	0.28
	7.11	5.91	0.83							3.48	1.54	0.44
2.0	M=0.83			M=0.42			M=0.90			M=0.37		
	7.32	7.03	0.96	9.15	7.49	0.82	6.60	5.96	0.90	5.66	3.97	0.70
	8.20	7.90	0.96	9.15	7.92	0.87	6.60	5.81	0.88	5.66	3.72	0.66
	7.78	7.72	0.99	8.71	6.78	0.78	5.01	4.22	0.84	6.31	4.19	0.66
	9.71	9.58	0.99	11.48	8.52	0.74				3.82	2.50	0.65
	9.94	9.76	0.98	11.10	8.04	0.72						
	9.00	8.94	0.99	11.25	8.99	0.80						
	7.19	7.04	0.98									
	M=0.98			M=0.79			M=0.87			M=0.67		
3.0	7.98	6.96	0.87	10.01	10.18	1.02	7.08	6.47	0.91	5.98	5.81	0.97
	8.84	7.80	0.88	10.01	10.50	1.05	7.00	6.35	0.91	5.98	5.67	0.95
	8.49	7.75	0.91	9.42	9.69	1.03	5.24	4.73	0.90	6.49	6.42	0.99
	10.39	9.43	0.91	12.45	12.64	1.02				4.05	3.76	0.93
	11.05	9.85	0.89	12.39	12.11	0.98						
	10.18	8.76	0.86	12.30	11.91	0.97						
	8.02	7.26	0.91									
	M=0.89			M=1.01			M=0.91			M=0.96		

(2)		林型								
位置 垂直高m	位 置	D ₁			E			E ₁		
		v ₀ m/s	v m/s	v/v ₀ %	v ₀ m/s	v m/s	v/v ₀ %	v ₀ m/s	v m/s	v/v ₀ %
0.2		8.80	7.29	0.83	3.93	3.80	0.95	8.01	6.13	0.77
		8.44	7.39	0.88	3.10	3.27	1.05	7.24	5.68	0.78
		7.74	5.99	0.77	3.38	3.30	0.99	7.01	5.23	0.75
					3.01	2.75	0.91			
					9.18	7.99	0.87			
					8.72	8.75	1.00			
					7.02	7.03	1.00			
					5.42	5.86	1.03			
		M=0.83			M=0.98			M=0.77		
		9.78	10.00	1.02	4.39	3.66	0.83	9.19	7.79	0.85
0.5		9.32	9.54	1.02	3.61	2.69	0.75	8.37	6.86	0.82
		7.93	8.75	1.10	3.70	3.03	0.82	8.01	6.42	0.80
					3.18	2.50	0.79			
					10.59	9.79	0.92			
					9.99	5.75	0.58			
					7.87	3.17	0.40			
					5.28	2.63	0.50			
		M=1.05			M=0.70			M=0.82		
		10.98	4.21	0.38	5.16	2.27	0.44	10.14	8.08	0.80
		10.35	3.99	0.39	4.41	1.66	0.38	9.32	7.11	0.76
1.0		9.60	3.41	0.36	4.41	1.85	0.42	8.99	7.02	0.78
					3.92	1.42	0.36			
					5.62	8.71	1.55			
					10.56	7.99	0.76			
					8.71	5.79	0.67			
					6.51	4.40	0.68			
		M=0.38			M=0.66			M=0.78		
		11.31	8.76	0.77	5.19	2.85	0.55	10.65	10.59	0.99
		10.65	7.72	0.72	4.45	2.81	0.63	9.78	9.22	0.94
		9.78	6.62	0.68	4.52	2.40	0.53	9.32	8.71	0.93
1.5					3.85	2.31	0.61			
					12.13	9.97	0.82			
					11.40	8.95	0.79			
					9.04	7.91	0.88			
					7.19	5.41	0.75			
		M=0.72			M=0.70			M=0.95		
		11.82	11.89	1.01	5.37	4.46	0.83	10.82	10.65	0.99
		11.19	11.25	1.01	4.50	3.91	0.87	9.94	9.98	1.00
		10.15	10.54	1.04	4.29	3.81	0.89	9.50	9.49	1.00
					4.05	3.31	0.81			
2.0					12.23	9.40	0.77			
					11.82	6.81	0.58			
					9.21	7.09	0.77			
					7.78	6.87	0.83			
		M=1.02			M=0.80			M=1.00		
		12.39	13.00	1.05	5.60	5.31	0.95	11.49	11.38	0.99
		11.79	12.40	1.05	4.71	4.30	0.91	10.75	10.78	1.00
		10.75	11.42	1.06	4.71	4.58	0.97	10.09	9.80	0.97
					4.29	3.80	0.89			
					12.96	12.83	0.99			
3.0					12.51	12.74	1.01			
					9.88	9.84	1.00			
					8.49	8.46	1.00			
		M=1.05			M=0.97			M=0.99		

備考: v₀=標準風速v_a=林内風上の風速v_b=林内風下の風速

v = 林内中央部の風速

Fig. 9



供試雛形林の風に対する抵抗

(P. 1～5 参照)

(3)

林 型	耐 風 面 積 m^2				対 風 抵 抗 値 $kg \cdot m \cdot s^{-2}$		
	樹 幹 部	樹 冠 部			樹 幹 部	樹 冠 部	計
		幹, 枝条	針 葉	計			
c	0.124995	0.643255	2.896560	3.589815	9.1946	260.3888	269.5834
c ₁	0.291655	0.445595	2.423520	2.869115	21.4541	211.0521	232.5062
d _i	0.166660	0.329840	1.694520	2.023560	12.2595	148.8531	161.1126
e	0.249990	0.231510	1.458000	1.689510	18.3893	124.2804	142.6697
e ₁	0.124995	0.115755	0.729000	0.844755	9.1947	62.1402	71.3349

備考：雛形樹

平均樹高=1.5 m

枝下高

長樹冠=0 m

短樹冠=0.5 m

平均中央直径 $\delta = 5$ cm

1 本当り針葉本数

長樹冠 133,800 本

短樹冠 90,000 本

針葉の大きさ

直径=0.06 cm

長さ=9.0 cm

耐風面積=縦断面積 (三角形植, 10m 正面 1 列 10 本の平均)

枝条比

長樹冠=17%

短樹冠= 7%

$$f' = \frac{\delta}{d} \cdot 0.707 = 1.178 \text{ とす}$$

抵抗係数 $C_w = 1.2$ 地表の凹凸を $0.2m = Z_1$ とするPaeschke によれば粗度を示す量 $Z_0 = \frac{1}{7.35} Z_1$ であるから $Z_0 = 0.027 m$

Paeschke により

$$\bar{u}(Z) = u_* 5.75 \log \frac{(Z - Z_1)}{Z_0}$$

$$\bar{u}(Z) = 10 \text{ m/s}$$

$$Z = 1.5 \text{ m}$$

$$\therefore Z - Z_1 = 1.3 \text{ m}$$

 u_* = 摩擦速度

同じく Paeschke により

$$A = u_* 0.4 \rho (h - h_1) = 4.8 \times 10^{-2} = K$$

$$h = 1.5 \text{ m}$$

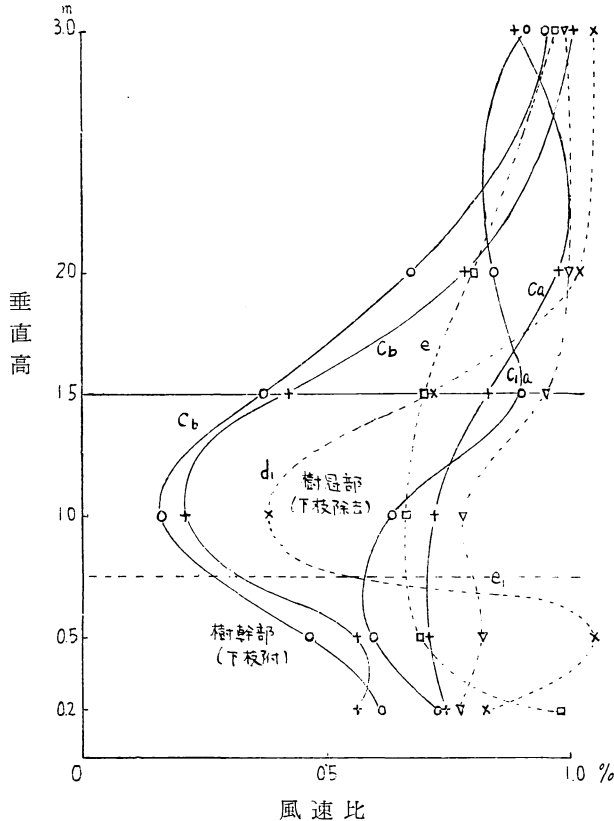
$$h_1 = Z_1$$

$$R = LV/K = 3.13 \times 10^2$$

備考：R 数と抵抗を求める場合はすべて附図 (1), (2), (3) によつた。

第6表及び fig. 9 の(2)をみると、これ等の雛形林では何れも風の吹き透しが強いが、たゞ c 及び c_1 林型の林内風下ではやゝ風速が減少し、他の何れとも一線を劃している

Fig. 9 の(2) 防風林内及び樹冠上方の風速
(雛形林による観測—酒田)



る。即ちこれはこのような強い風の吹く場合には樹冠部でも樹幹部でも雛形樹8列程度の重なりによつて始めてみるべき効果が生ずるものであることを示し、又 c_{1a} , c_a では風上の重なりは1列であるが、林帯の厚みによる林内圧力の増大によつて樹幹部の風速が、風上の重なりの多い d_1 や e よりも却つて減じているのがみられるが、然し乍ら樹冠部は樹冠上層の風速に引かれて、却つて樹幹部よりも速くなっている。 d_1 は樹冠部では、 c_{1b} , c_b と他の4者との中間の値を示しているが、樹幹部では最も風速が大きく地上0.5mでは標準風速よりも却つて大である。このことは他にもその原因を求め得るものとは考えるが、一面

樹幹部を吹き抜ける風に対して樹冠の「かげ」の影響が及ばないことを示すもので、従つて風上3列では風速阻止の充分な効果は認め難いと云える。

尙 c 及び c_1 に就いて林内風上と林内風下の風速の垂直分布を比較すると、何れも林内前の方が樹冠内から樹冠上に至る分布曲線は緩く樹冠内と樹冠上方との風速差の小さいことを示し、林内風下ではこれに対して樹冠内から樹冠上に至る分布曲線は急で、樹冠内と樹冠上方との風速差の大きいことを示している。

即ち、林内で上昇して樹冠部内に入つた風の流れは、樹冠部内とその上縁との圧力差のために樹冠部を通過してその上縁に沿つて流れる気流中に混入して行き、結果としては防風林の上を越す風の流れによる樹冠部内の風の吸引という現象を生ずるもので、風上から樹幹部に進入した風の一部分は樹冠層を通過して林の風下側に流れ出るもので、このような風の分散によつても防風林風下の風速は大いに低減されるものであるがその基盤となるものは樹冠部の風に対する抵抗(「§ 7. 単木風下の風速の変化」参照)であり、次に樹冠の存在である。尙樹冠の風

下に与える影響即ち単木並びに林帯樹冠の**かげ**に就いては夫々 § 7. 及び風洞実験の項で述べて置いた。

§ 5. 防風林林縁の風速比

供試防風林は福島県西白河郡西郷村福島種畜牧場及び栃木県那須郡狩野村福島種畜牧場那須分場の牧草栽培地に設けられたもので、その林帯構成は第 7 表の通りである。

第 7 表 福島及び栃木種畜牧場に於ける供試防風林の林帯構成

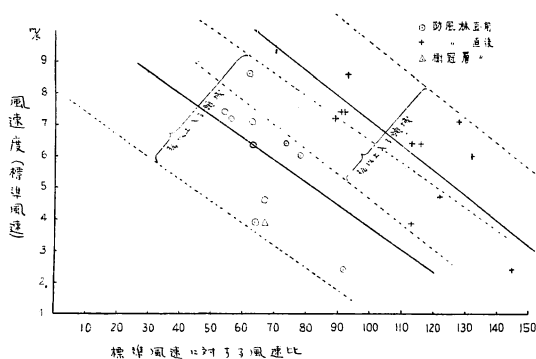
防風林名	$\bar{h}$ m	$\bar{h}_0$ m	$\bar{D}$ m	$\bar{d}$ cm	N	林帯の幅 L m	樹 種	摘 要
福島第 1 区	9.92	3.48	1.50	12.20	12	8	す ぎ	
	11.70	3.45	1.00	15.30	10		からまつ (着 葉)	
(〃 第 2 区	10.00	2.08	1.70	18.50	16	3	すぎ)	
(栃木第 1 区	14.23	7.53	2.10	24.76	13	27	あかまつ	各値は上下の平均値 下木(落葉広葉樹) N=46, $\bar{h}=2.7$ m $\bar{d}=3.0$ cm
〃 第 2 区	12.08	8.33	2.00	26.16	21	29	あかまつ	各値は上木の平均値 下木はひのき N=20, $\bar{h}=3.1$ m, $\bar{d}=5.0$ cm 落葉広葉樹 N=20, $\bar{h}=3.8$ m, $\bar{d}=5.3$ cm

備考： $\bar{h}$ = 平均樹高
 $\bar{h}_0$ = 平均枝下高
 $\bar{D}$ = 平均樹冠底面直径
 $\bar{d}$ = 平均胸高直径
N = 本数

栃木第 2 区のひのき下木の $\bar{D}$ は 1.0 m である。

これ等の防風林に就いて林縁の風速比を昭和 25 年 3 月 15 日～18 日に亘つて観測した結果は第 8 表～第 10 表に示される。

Fig. 10 (福島第 1 区)



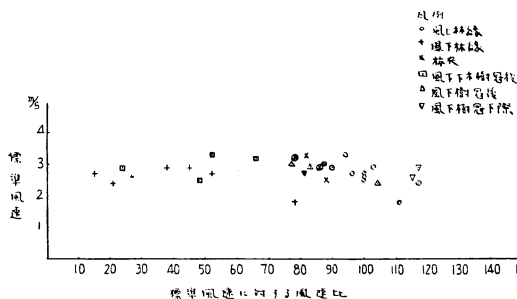
さてこれ等の防風林即ち福島第 1 区及び栃木第 2 区に就いて林縁の風速の変化をみると、前者では fig. 10 に後者では fig. 11 に示されるような傾向が現われて来るのである。

fig. 10では防風林前、林後、及び樹冠層後共に 1.5 m/s の場合に風向は防風林に平行に近く傾角は 20°～30°で、この傾角の特に小さかつた標準風速 1.5 m/s の場合(他の場合は何れも 45°～70°)の観測値は異常なものとして切捨てるが適當と考える。

第8表 防風林に接する前後の風速(福島第1区)

測 点	風速 (v. cm/s), 風速比 (r.%), 風向 (d)									備 考
	1			2			3			
	v	r	d	v	r	d	v	r	d	
風上 75 m	2.4		NW	1.5		N	3.9		NW-W	
風上 林 縁	2.2	92	NNW-NNE -NNW	0.8	53	WSW-S- NNE-N	2.5	64	W-NW	
風下 林 縁	3.2	145	NNW	0.6	40	NW	4.4	113	NNW	
風下 樹冠後				0.4	27		2.6	67		
	4			5			6			使用計器は風向風速計(ピラム)で、測点高は地上1 mである。但し風下樹冠後はピラムを枝に吊下げて使用した(その時の風向に面して吊下げた)。測点高は地上11 mである。表の風速は300秒間の平均である。
風上 75m	4.6		NW	6.0		NW	7.1		NW	
風上 林 縁	3.1	67	WNW	4.7	78	WNW	4.5	63	WNW	
風下 林 縁	5.6	122	WNW	7.9	132	NW-WNW	9.0	127	WNW	
風下 樹冠後										
	7			8			9			
風上 75m	6.4		WNW	6.4			7.2			
風上 林 縁	4.7	73	NW	4.0	63		4.0	56		
風下 林 縁	6.8	106	NW	7.2	113	WNW	6.4	89		
風下 樹冠後										
	10			11			12			
風上 75m	7.4			8.6			7.4			
風上 林 縁	3.8	51	NW	5.3	62	WNW	4.0	54	NW-WNW	
風下 林 縁	6.8	92	WNW	8.0	93	WNW	6.7	91	WNW	
風下 樹冠後										

Fig. 11 (栃木第2区)



熊谷鉄之助氏は狩野村旧三島牧場の防風林で、風向による風下の風速比の変化を調査し、防風林に対する風向の傾角が 67.5° 及び 90° の場合は風下に於て同様な風速比の変化を示すが、傾角 45° の場合はこれと異なり、後者は前者よりも風下 1h の風速比は約12%小さいが、3h で

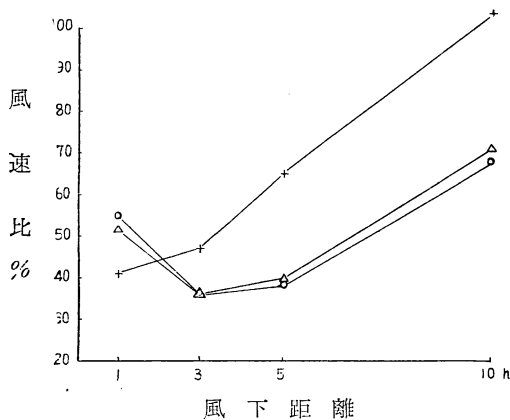
は逆に 11 %大となり、10h では約 35 %大きくなっている。即ち風向の傾角が小になるとそ

第9表 防風林風下の風速 (福島第1区)

測 点	風速 (v. m/s), 風速比 (r. %), 風向 (d)									備 考
	1			2			3			
	v	r	d	v	r	d	v	r	d	
風下林縁	7.0		WNW	6.9		W	5.8		WNW	100 秒間の平均風速。風速比は風下林縁の風速を 100 とした場合の%である。
1 h	5.7	81.5		4.6	66.5		3.9	67.5		
3 h	4.0	57.0		4.1	59.5		3.4	58.5		
	風速比平均		4			5			風速比平均	
			v	r	d	v	r	d		
1 h	71.8									
3 h	58.3	3.8	WNW	2.2		WNW				
5 h		2.6	40.0 NW	1.9	50.5	NW			45.3	
10 h		2.9	44.6	2.0	53.0				48.8	
	6			7			風速比平均			
	v	r	d	v	r	d				
10 h	3.8			3.1						
15 h	3.9	51.1	NW	4.4	69.1	NW		60.1		
20 h	4.6	59.0	NW	5.0	78.9	NW		69.0		

Fig. 12. 風向による風下の風速比の変化

凡例 + 防風林に対する風向の傾角 45°
 △ " " 67.5°
 ○ " " 90°

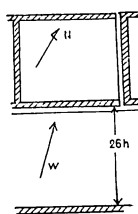


れだけ防風林を厚く感ずることになるようである。(fig. 12 参照)

さて図 (fig. 10) でみられるように測点がたいへん散在しているので、その傾向をみるために回帰直線を画くと、防風林後では $y = -0.079(x - 113) + 6.1$ (y = 標準風速, x = 風速比) となり、観測個数の 3/4 以上が入る領域は二直線 $y = -0.079(x - 113) + 6.1 \pm 2.4$ に挟まれた部分になる。(尚この場合風速比と標準風速との間に相関があるかないかを確かめるために x^2 検定を行うと、20%

の危険率で両者の間には相関ありとせられる) 同様に防風林前方では回帰直線は $y = -0.07(x - 66.8) + 6.1$ となり、観測個数の 3/4 以上が入る領域は二直線 $y = -0.07(x - 66.8) + 6.1$

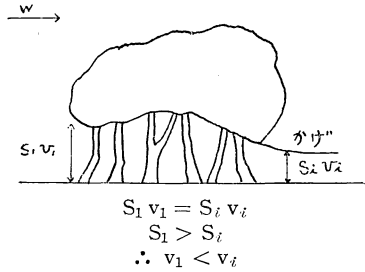
第 10 表 防風林に接する前後の風速 (朽木第 2 区)

風速 (v. m/s), 風速比 (r. %), 風向 (d)											備 考
測 点	1			2			3				
	v	r	d	v	r	d	v	r	d		
風 上 15 h	1.8		S	2.6		SSW	2.7		S	300 秒間平均風速 	
風 上 林 縁	2.0	111	SSE	2.6	100	SSW	2.6	96	S		
風 下 林 縁	1.4	78	ESE	0.7	27		1.4	52			
風下樹冠下際	2.8	156		3.0	115						
	4			5			6				
	v	r	d	v	r	d	v	r	d		
風 上 15 h	3.0		SSW	2.9		S	2.4		SSW		
風 上 林 縁	2.6	87	S	2.6	90	S	2.8	117	SW-S		
風 下 林 縁	0.8	27		1.3	45		0.5	21			
風下樹冠後	2.3	77		2.4	83		2.5	104			
	7			8			9				
	v	r	d	v	r	d	v	r	d		
風 上 15 h	2.7		SSW	2.9		S	3.2		S		
風 上 林 縁	2.7	100	SSW-SW	3.0	103	SSE-S-SSW	2.5	78	S		
林 央							2.5	78	S		
風 下 林 縁	0.4	15	SSE	1.1	38						
風下樹冠下際	2.2	81		3.4	117						
風下下木樹冠後							2.1	66			
	10			11			12				
	v	r	d	v	r	d	v	r	d		
風 上 15 h	2.5		SSW	2.9		SSW	3.3		SSW		
風 上 林 縁	2.5	100	SSW	2.5	86	WSW	3.1	94	SSW		
林 央	2.2	88	S	2.5	86	S	2.7	82	S		
風下下木樹冠後	1.2	48		0.7	24		1.7	52			

±2.68 で挟まれた部分になる。(この場合にも同様に 20 %の危険率で風速比と標準風速の間には相関ありとせられる) この直線で示される傾向は両者共にほぼ同様で、標準風速の増加と共に風速比は減少することを示し、防風林の効果は風速の大きい場合により多く現われるものであることを示している。又一般に林後は林前よりもはるかに大きい風速比を示して居り(林前の夫れはだいたい 60~70 %, 林後の夫れはだいたい 90~130 %), 樹冠後は唯一つの測

点しかないが、この防風林ではほぼ林前と同じような値を持つものゝようである。これ等の関

Fig. 13

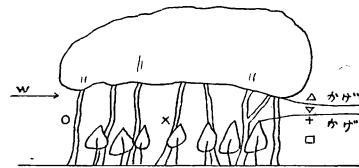


係は防風林の林形に応じて変化するもので一定ではないが、上述の状態は比較的樹幹部の吹抜けの強い薄い防風林に現われるもので他の因子を無視して簡単に考えると Fig. 13 のような関係が考えられる。

次に朽木第 2 区では即ち fig. 11 では樹幹部の吹抜けの極めて少ない型が現われている。即ち、次のような順序に風速比が大きくなる傾向が見られる。この測

	風 速 比 %	記 号
林 後 (樹 幹 部)	(ほゞ) 10~50	+
下 木 樹 冠 後	(") 20~70	□
林 中 (樹 幹 部)	(") 75~90	×
樹 冠 後 (下 部)	(") 70~115	△
林 前 (樹 幹 部)	(") 75~120	○
樹 冠 下 際 後	(") 80~160	▽

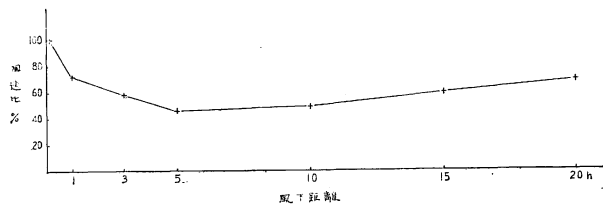
Fig. 14



点位置は Fig. 14 に示される通りであるが、この林帯では下木の防風効果が非常によく出て居つて、下木の樹冠による樹幹部の風速阻止効果は大きく、この程度の幅のあかまつの疎林でも下木の導入によつて防風林の機能を或る程度増大し得るものであることがわかる。(P. 9 (1), (2), (3) 参照)

尙防風林直後の加速された風速は更に風下では如何に変化するかをみるために福島第 1 区に就いて風下 20 h 迄の観測を行つたのであるが、fig. 15 に示されるように直後の風速を 100

Fig. 15. 風下林縁と風下各 h の風速比の比較 (福島第 1 区)



として 5h 迄は漸次減速し、5 h 附近で減速の極大を示し以後漸次風速を増している。この過程は一般に防風林の効果として我々の熟知するところであり、林形によつてこの傾向も全体と

しての減速の大きさも変つて来るものである。

§ 6. 防風林の密度、遮風度及び対風抵抗値に就いて

第 13 表に示される防風林に就いて林帯の単位密度を計算したものが第 11 表である。

備考に記されたように単位密度 (1) は防風林の正面幅 10 m の林帯に於ける胸高直径合計 (下木を含む) を林帯の幅で割つたもので、幅 1 m 中に含まれる胸高直径量である。又単位密度 (2) は同じく幅 1 m の林帯の対風抵抗値である。表でみると単位密度 (1) 及び (2) は

第 11 表 福島及び栃木種畜牧場に於ける供試防風林の単位密度

防 風 林 名	単位密度 (1)	同 (2)	Σd	L
	cm	kg・m・s ⁻²	cm	m
福 島 第 1 区	37.5	86.8	300.1	8
同 第 2 区	98.7	135.3	296.1	3
栃 木 第 1 区	17.0	25.5	459.9	27
同 第 2 区	26.1	48.1	755.4	29

備考 単位密度(1) $= N\bar{d}/L$ (下木を含む)同 (2) $= F/L$

P. 10 の (1), (2), (3), P. 11 の (1), (2), (3),

P. 12 及び P. 13 参照

共に同一傾向を示し福島第2区に最も大で栃木第1区に最も小であるが、林帯の幅L及び林帯の胸高直径合計 Σd はこれと異なり、栃木第2区が最大でLは福島第2区が Σd は福島第1区が最小である。

一方これ等4林帯の林前、林後の風速比は次表に示される通りである。表中風速比は何れも全測定値(但し福島第1区の標準風速 1.5 m/s の場合の測定値を除く)の Mean である。

第 12 表 福島及び栃木種畜牧場に於ける供試防風林の林前、林後の風速比

防 風 林 名	風 速 比 の 平 均 %				備 考
	林 前	林 後	(林後/林前)	樹冠後	
福 島 第 1 区	66	111	(1.68)	67	平均風向の防風林に対する傾角は約 70° 標準風速 2.4~8.6 m/s
同 第 2 区	124	57	(0.46)	22	" 約 50° " 1.8~3.3 m/s
栃 木 第 1 区	94	39	(0.42)	88	" 約 70° 1.8~3.3 m/s
同 第 2 区	80	51	(0.64)	—	" 約 65° 1.6~3.4 m/s

備考 (1) 林前は防風林の樹幹部風上林縁、林後は樹幹部風下林縁、樹冠後は風下樹冠林縁

(2) 福島第2区は風上及び風下林縁に高さ 1.2m の土手があつて、その上にビラムをたてゝ測定したので測定高はそれだけ高く、且つこの林は枝下高が低いのでこの位置の風速比は正常な値とは云えないかもしれない。

前項に述べたように風下の風速比変化に対しては林後の風速比を基準となし得るものであり、従つて 林後の風速比/林前の風速比 $= l_0/w_0$ 及び樹冠後の風速比もこれと関連あるものと考えて、fig. 16 にこれ等と林帯の構成との関係を図示してみると、 l_0/w_0 と林帯の対風抵抗値及び胸高直径合計は福島第1区を不正常的結果と考えて除けばほぼ直線関係が窺われ、後二者の増大によつて前者も僅かに増加しているが、これは後二者の増大によつて林前の風速比が小さくなるためと解釈せられる。このことは密度(1)及び密度(2)の増加によつて林前の風速比が減少する傾向にある(但し福島第2区を除く)ことからもうなずけることであろう。又樹冠後の風速比は密度(2)と直線関係がみられ前者の増大によつて後者は減少している。

第 13 表 福島及び栃木種畜牧場に於ける供試防風林の
林帯の遮風度と風に対する抵抗

防風林名	林 帯 の 遮 風 度					林帯の対風抵抗値 kg. m. s ⁻²			備 考
	樹 冠 部		樹 幹 部		林帯の 遮風度	樹冠部	樹幹部	計	
	遮風度	林帯正面の 面積 m ²	遮風度	林帯正面の 面積 m ²					
福島第1区	0.330	80	0.340	60	0.334	344.0	349.6	693.6	
同 第2区	0.340	90	0.430	30	0.368	304.6	102.0	406.6	
栃木第1区	0.342	85	0.247	40	0.312	265.5	459.5	725.0	
同 第2区	0.427	70	0.342	60	0.388	306.1	1090.1	1396.1	

(1) 樹冠容積は針葉樹は πd^2 を底面とする円錐体と見做し, (2) に示される単位容積の葉の縦断面面積合計に容積比を乗じてその樹冠の葉の縦断面面積合計とした。広葉樹は枝条のみである。

(2)	葉の縦断面面積	葉数/30 cm ³	葉の縦断面面積/30cm ³	摘 要
ま つ	0.540	3,300	1,320	
す ぎ	0.049	77,500	3,308	
ひ の き	0.0375	105,300	3,949	

- 葉数の測定に於けるまつはひめこまつを用いたので葉の長さがあかまつ葉より幾分短い嫌いがあつたが、まつ葉の長さは同じ樹種でも環境により、又同一枝でも部分によつて著しく異なるものであり、尙長さと同時に単位容積内の本数も縦断面面積合計に影響するもので、このような諸条件を考えて、これ等の平均された状態と考えられるものに就いて測定したもので、他のまつの樹冠に適用して差支えないと考える。
- 上表は各 3 ケ所の平均である、
- 葉の縦断面面積はくろまつ葉 250 本についての平均値であり、すぎは 30 本、ひのきは 30 枚の平均値である。ひのき葉の縦断面面積は鱗片 1 枚に就いての値である。

(3) 枝条比はあかまつ 6.5 %, ひのき 17 %, からまつ 33 %, 広葉樹 35 %とした。

(4) 縦断面面積胸高形数は針葉樹 0.75, 広葉樹 0.60 とした。

(5) 抵抗の計算に於て抵抗係数 $C_x=1.25$

R 数算出の基礎

樹高=13 m

風速=8 m/s

地表の凹凸=0.5 m

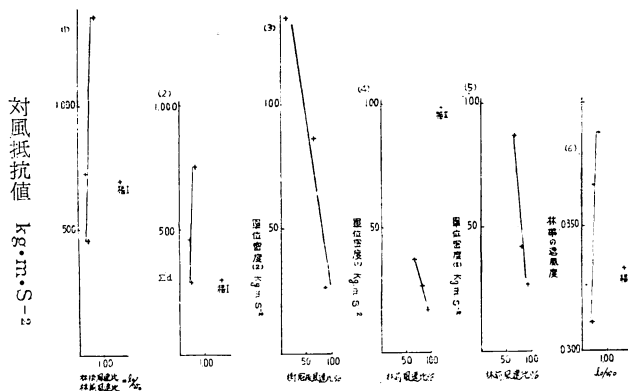
$K=4.8 \times 10^{-1}$

$R=LV/K=2.2 \times 10^2$

林帯の遮風度は別項に示されるように林帯の対風抵抗値と直線関係を有するものであるが、これ等の防風林にあつても対風抵抗値と同様に福島第 1 区を除いては l_0/w_0 との間に直線関係がみられ (fig. 16 参照), 遮風度の増大によつて l_0/w_0 は増加する傾向がみられる。

「海岸飛砂防止林の解析」に述べてあるように l_0/w_0 はこの場合主として樹幹部の風の吹き透しを示すものであつて全林の対風抵抗乃至 Σd が増加するとこれも増加するということは即

Fig. 16 防風林機能構成因子と林縁風速比との関係



ち林前の風速比が小さくなることであり、従つて樹幹部の風の吹抜けの絶対量は少なくなるものであることを示している。

一般に防風林の機能を考える場合には、これを風下の効果の大小と効果距離の長短との両面から考えるべきであつて、こゝで得られた結果から云えば風下の効果を大きくする（即ち風速

比を小さくする）ためには林帯の単位対風抵抗値を大にすべきであり、又風下の効果距離を長くするためには林帯の全林対風抵抗値乃至 Σd を小さくしなくてはならない。この二つは相反する性質のものであるが、防風林経営に当つてはその目的に応じて、この組合せを適当に考えて行かなくてはならないと考える。

§ 7. 単木風下の風速の変化（樹冠のかげと樹幹部風下の風速の状態）

(1). くらまつ単木（雛形樹）風下の風速

浜中海岸で1本のくらまつ雛形樹についてその風下の風速の変化を観測した結果が次表及び fig. 10 及び fig. 11 である。

この観測時の標準風速は地上 1m で 2~3 m/s であり、金子村のひのき単木の風下の風速の変化を測定した場所のそれよりもやゝ強かつたものと考えられる。（後述するように金子村の場合、標準測定位置の風速が風下の風速変化測定位置の風速より強かつたものと考えれば後者の風速は 1.5~2 m/s となる）

さて観測に現われた樹冠のかげは fig. 18 に示されるように、樹冠の風下で樹冠に接してその長さの中央附近に風速比 40 % 程度の極めて小なる最低風速部を生じ、それ以後はかげの幅を増しつゝも同時に急速に風速比を増し（樹冠の風下 0.8m 附近では風速比は 70 %、幅は中央部をとるものとして 0.44m 即ち樹冠の長さの 55 %、風下 1.2m 附近では 90 %、0.73m 即ち樹冠の長さの 90 %）、風下 1.6m では既に影響は認められず、樹冠のかげの長さは風下 1.6m 即ちこの場合樹冠の長さの 2 倍に過ぎないものであるが、只 3.6m 附近に極めて僅かに風速の低下するポケットを生じている。又樹冠の上縁の風下では風速は却つて加速せられ、樹冠の影響を受ける領域の限界線はほぼ拋物線状に風下に向つて下降している。

樹幹部風下では、風速は樹幹の影響によつて 10% 程度減ぜられるものと仮定すると（§8. 樹幹前後の風速の変化参照）、風速比 100 % の線では既に風速は標準よりも加速せられたものと

Fig. 17 くろまつ単木風下の風速観測位置図 (浜中)

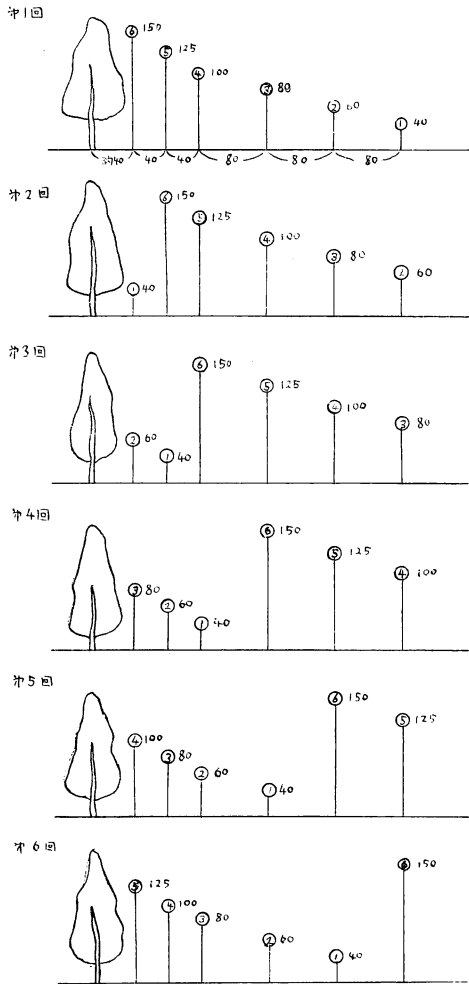
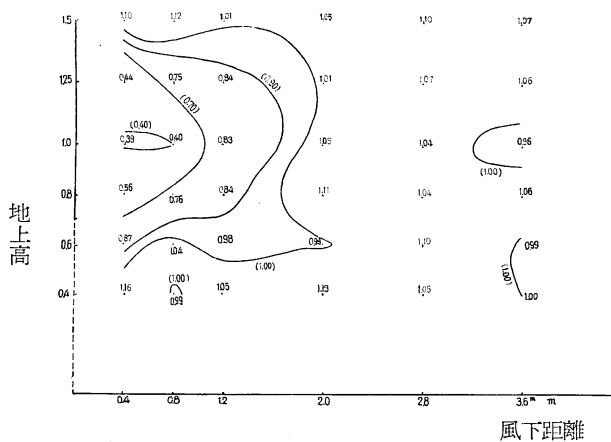
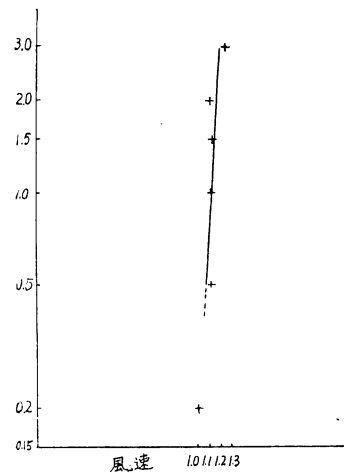


Fig. 18 くろまつ単木風下の風速比



なり、全体として樹幹部風下には樹冠の**かげ**は現われていないことになるが、只風下 0.4 m に樹冠の下際に接して僅かに又 0.8 m と 3.6 m に極めて僅かに風速の減退したポケットを生じている。尙樹幹部風下で最も風速の加速せられる位置はその高さの約 1/2 即ち地上 0.4m 附近のようで、風下 0.4 m では 26 %、1.2 m では 15 % 程度の風速の増加を示している（前述のように風下 1.2m 辺り迄は樹幹の影響による風速の減少を 10 % 程度と仮定して、これを夫々の風速比に加えると）が、2 m 以後は漸減して 3.6 m では何れの影響もみられない。

Fig. 19 浜中海岸裸地の風速比垂直分布



	D=0.4m		" 0.8 m		" 1.2 m		" 2.0 m		" 2.8 m		" 3.6 m		標 準 風 速 v_0 m/s							
	v m/s	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀								
I	H=1.50m		" 1.25m		" 1.00m		" 0.80m		" 0.60m		" 0.40m		H=1.20m	" 0.40m	" 0.60m	" 0.80m	" 1.00m	" 1.25m	" 1.50m	
1	1.90	0.99	1.40	0.74	1.50	0.81	1.90	1.04	1.80	1.01	1.80	1.06	1.88	1.69	1.78	1.82	1.86	1.90	1.92	
2	2.50	1.20	1.50	0.76	1.70	0.85	2.30	1.18	2.30	1.19	1.70	0.93	2.04	1.83	1.93	1.96	2.00	2.05	2.03	
平均		1.10		0.75		0.83		1.11		1.10		1.00								
II	H=0.40m		" 1.50m		" 1.25m		" 1.00m		" 0.80m		" 0.60m		H=1.20m	" 0.40m	" 0.60m	" 0.80m	" 1.00m	" 1.25m	" 1.50m	
1	1.80	1.30	2.10	1.25	1.60	0.96	1.90	1.16	1.80	1.12	1.60	1.04	1.65	1.48	1.56	1.60	1.63	1.66	1.68	
2	2.30	1.02	2.50	0.98	1.80	0.71	2.30	0.94	2.30	0.95	2.20	0.93	2.50	2.25	2.38	2.42	2.45	2.53	2.55	
平均		1.16		1.12		0.84		1.05		1.04		0.99								
III	H=0.60m		" 0.40m		" 1.50m		" 1.25m		" 1.00m		" 0.80m		H=1.20m	" 0.40m	" 0.60m	" 0.80m	" 1.00m	" 1.25m	" 1.50m	
1	2.00	0.81	2.40	0.95	2.50	0.94	2.60	0.98	2.60	1.01	2.40	1.02	2.62	2.35	2.49	2.54	2.56	2.65	2.67	
2	2.20	0.86	2.60	0.99	2.80	1.02	2.80	1.02	2.70	1.02	2.50	1.03	2.70	2.43	2.56	2.61	2.65	2.73	2.75	
3	2.60	0.95	2.90	1.04	3.10	1.06	3.00	1.04	3.10	1.02	2.90	1.12	2.88	2.60	2.74	2.80	2.83	2.90	2.94	
平均		0.87		0.99		1.01		1.01		1.04		1.06								
IV	H=0.80m		" 0.60m		" 0.40m		" 1.50m		" 1.25m		" 1.00m		H=1.20m	" 0.40m	" 0.60m	" 0.80m	" 1.00m	" 1.25m	" 1.50m	
1	1.80	0.57			2.80	0.96	3.20	0.97	3.30	1.01	3.00	0.94	3.26	2.93	3.10	3.16	3.20	3.29	3.32	
2	1.40	0.55	2.60	1.04	2.70	1.13	3.00	1.12	3.00	1.13	2.50	0.97	2.64	2.38	2.50	2.55	2.58	2.65	2.69	
平均		0.56		1.04		1.05		1.05		1.07		0.96								
V	H=1.00m		" 0.80m		" 0.60m		" 0.40m		" 1.50m		" 1.25m		H=1.20m	" 0.40m	" 0.60m	" 0.80m	" 1.00m	" 1.25m	" 1.50m	
1	1.50	0.47	2.30	0.73	2.70	0.87	3.00	1.02	3.30	0.99	3.20	0.97	3.27	2.95	3.10	3.17	3.20	3.30	3.34	
2			1.70	0.80	2.20	1.03	2.30	1.17	2.50	1.12	2.30	1.04	2.18	1.96	2.07	2.12	2.14	2.20	2.22	
3	0.60	0.30	1.50	0.75	2.00	1.03	2.20	1.20	2.50	1.20	2.40	1.16	2.05	1.84	1.95	1.99	2.00	2.07	2.09	
平均		0.39		0.76		0.98		1.13		1.10		1.06								

fig. 19 は次表によつて画いたものである。

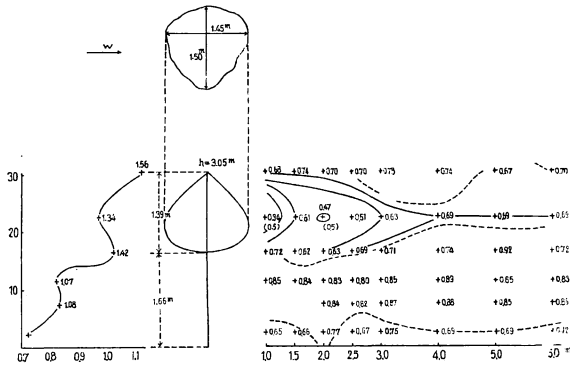
地上高 m	v (ロビンソン) m/s	v ₀ (ピラム) m/s	v/v ₀
0.2	8.94	7.03	1.24
0.5	8.00		1.13
1.0	8.27		1.17
1.5	7.87		1.12
2.0	8.21		1.13
3.0	7.20		1.02

v/v_0 : 各垂直高の v をそれに対応する v_0 で除して風速比とした。

(2) あかまつ単木 (雛形樹) 風下の風速 (金子村)

金子村であかまつ単木 (樹高 3.0m) に就いて観測した結果が次表及び fig. 20, fig. 21 に示されるものである。

Fig. 20 あかまつ単木風下の風速比



これ等の表及び図でみるとわかるように、この観測では 1 及び 2 共に樹冠の上縁部の風下の風速比が非常に小さい値を示している。浜中の例でみられるように、この風速比は標準よりも大きくなるのが普通であるが、この場合には標準風速の観測位置がたまたま風下の風速測定位置よりも風速の大きい所であつたため

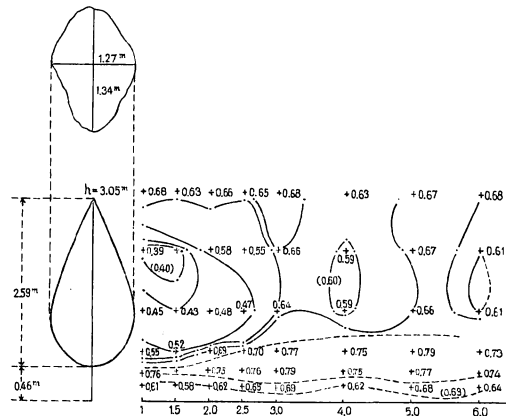
かと考えられるが、仮に今 70 % を樹冠の影響のない場合の標準風速に対する風速比として考えると、fig. 20 (No. 1) では樹冠上縁部の風下では風速はやゝ加速せられた部分を生じており、樹冠の**かけ**の限界線は風下 3.75m 迄は図の点線で示されるような下降曲線を示しているが、4.75m ではこの線は樹冠上縁線以上に出て極めて不規則な形をしている。

一般に樹冠の**かけ**は浜中のそれに似た形を生じているが、やゝこれと異なりその濃度は薄く (風下 2m 附近で 90%), その長さはやゝ長く (風下 3.75m 迄でこの場合樹冠長の 2.7 倍である) 且 4.1 倍迄は線状の**かけ**を引き、浜中の場合よりも細長く (風下 2m 附近の幅は 1.08m, 即ち樹冠の長さの 78 %), 濃度の薄い弱い**かけ**になつている。

次に樹冠下際の風速の加速される領域は極めて広く、殆ど樹幹部全域に亘り (図中点線で示される部分), 樹幹部に於ては樹冠の**かけ**は風下 1.7m 附近に僅かに現われているのみである。尙樹幹部で風速比の最も大きい部分は中央より僅かに上方即ち地上高 1m 附近で、風下 2m 附近迄は 13 % 程度、それ以後 6m 附近迄は 7 % 程度の風速の増加を標準風速に対して示している。(風下 2m の風速比の標準風速に対する増大率は樹幹部中央附近で 0.83~0.84 であるから $1 - \frac{(0.83 \sim 0.84) + 0.10}{0.70} \approx 0.13$ となる。風下 6m の場合も同様に計算される)。

fig. 14 (No. 2) では、樹冠の密度が大きいために樹冠上縁部の風速は (1) と異なり加速せら

Fig. 21 あかまつ単木風下の風速比



計器高 風速		0.25m		0.75m		1.15m		1.65m		2.25m		3.05m		標準 v ₀	備 考
		v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀		
測点	風下 1.0m	1.40	0.66			2.00	0.95	2.17	1.03	0.97	0.46	2.15	1.02	2.11	供試あかまつ枝下高 1.66m, 樹高3m。 標準は小型ロビンソン風速計により、測点高は地上1mである。 風下各点の風速は小型ロビンソン風速計で垂直6点同時測定とした。 () 内は風速比の垂直分布から地上高0.25mを1とした場合の比数で各垂直高の風速比を除いて風速比に対する高さの影響を消した値である。 風速比の垂直分布は「§10の1. ひのき樹幹周囲の風速の変化」に記されたものと同じである。
		1.35	0.73			1.77	0.96	2.01	1.09	0.81	0.44	2.06	1.11	1.85	
		0.90	0.57			1.32	0.83	1.55	0.98	0.92	0.58	1.65	1.04	1.59	
			0.65				0.91		1.03				1.06		
						(0.85)		(0.73)				(0.68)			
"	1.5m	0.70	0.50			1.00	0.71	1.11	0.79	0.87	0.62	1.33	0.94	1.41	風速計により、測点高は地上1mである。 風下各点の風速は小型ロビンソン風速計で垂直6点同時測定とした。 () 内は風速比の垂直分布から地上高0.25mを1とした場合の比数で各垂直高の風速比を除いて風速比に対する高さの影響を消した値である。 風速比の垂直分布は「§10の1. ひのき樹幹周囲の風速の変化」に記されたものと同じである。
		1.11	0.55			1.77	0.88	1.91	0.95	1.55	0.77	1.94	0.97	2.01	
		1.23	0.93			1.41	1.07			1.45	1.10	2.06	1.56	1.32	
			0.66				0.89		0.87		0.83		1.16		
						(0.84)		(0.62)		(0.61)		(0.74)			
"	2.0m			1.46	0.92	1.38	0.87	1.51	0.94	0.97	0.61	1.70	1.07	1.59	風速計で垂直6点同時測定とした。 () 内は風速比の垂直分布から地上高0.25mを1とした場合の比数で各垂直高の風速比を除いて風速比に対する高さの影響を消した値である。 風速比の垂直分布は「§10の1. ひのき樹幹周囲の風速の変化」に記されたものと同じである。
				1.43	0.90	1.38	0.87	1.38	0.86	0.97	0.61	1.77	1.11	1.59	
		1.23	0.77	1.43	0.90			1.38	0.86	1.05	0.66	1.71	1.08	1.59	
			0.77		0.91		0.87		0.90		0.63		1.09		
						(0.84)		(0.83)		(0.63)		(0.47)		(0.70)	
"	2.5m	1.40	0.63	1.92	0.87	1.95	0.88	2.21	1.03	2.00	0.91	2.34	1.06	2.21	風速計で垂直6点同時測定とした。 () 内は風速比の垂直分布から地上高0.25mを1とした場合の比数で各垂直高の風速比を除いて風速比に対する高さの影響を消した値である。 風速比の垂直分布は「§10の1. ひのき樹幹周囲の風速の変化」に記されたものと同じである。
		1.30	0.70	1.74	0.94	1.67	0.90	1.93	1.07	1.55	0.84	2.16	1.17	1.85	
		1.07	0.67	1.30	0.82	1.20	0.76	1.38	0.87	1.01	0.64	1.64	1.03	1.59	
			0.67		0.83		0.85		0.98		0.79		1.09		
						(0.82)		(0.80)		(0.69)		(0.59)		(0.70)	
"	3.0m	1.11	0.66	1.60	0.95	1.53	0.94	1.70	1.01	1.50	0.89	2.16	1.29	1.68	風速計で垂直6点同時測定とした。 () 内は風速比の垂直分布から地上高0.25mを1とした場合の比数で各垂直高の風速比を除いて風速比に対する高さの影響を消した値である。 風速比の垂直分布は「§10の1. ひのき樹幹周囲の風速の変化」に記されたものと同じである。
		1.35	0.80	1.55	0.92	1.52	0.90	1.75	1.04	1.40	0.83	1.94	1.16	1.68	
		1.30	0.77	1.60	0.95	1.52	0.90	1.65	0.93	1.35	0.80	2.06	1.23	1.68	
			0.75		0.94		0.92		1.01		0.84		1.22		
						(0.87)		(0.85)		(0.71)		(0.63)		(0.78)	
"	4.0m	1.35	0.67	1.83	0.91	1.80	0.90	2.07	1.03	1.95	0.97	2.35			

第 17 表 あかまつ単木の風下の風速 II

測 点	計器高 風速		0.25m		0.75m		1.15m		1.65m		2.25m		3.05m		標準 v ₀	備 考
	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀		
風下 1.0m	1.44	0.63	1.83	0.86	1.32	0.57	1.51	0.66	1.13	0.49	2.39	1.04	2.03	供試あかま つ枝下高 0.46m, 樹 高 3 m		
	0.90	0.54	1.32	0.77	1.00	0.60	1.07	0.64	0.81	0.48	1.81	1.08	1.68			
	1.11	0.66	1.46	0.87	1.00	0.60	1.07	0.64	0.97	0.58	1.81	1.08	1.68			
		0.61		0.82		0.59		0.64		0.52		1.06				
" 1.5m	0.90	0.54	1.28	0.76	0.91	0.54	1.02	0.61	0.72	0.43	1.55	0.92	1.68			
	0.90	0.51	1.37	0.77	1.04	0.58	1.21	0.68	1.05	0.59	1.87	1.05	1.78			
			1.10	0.83	0.77	0.58	0.77	0.58	0.64	0.49	1.26	0.95	1.32			
			1.00	0.76	0.68	0.52	0.77	0.58	0.64	0.49	1.33	1.00	1.32			
" 2.0m		0.53		0.78		0.56		0.61		0.50		0.98				
				(0.72)		(0.52)		(0.43)		(0.37)		(0.63)				
	1.07	0.53	1.50	0.75	1.28	0.64	1.32	0.66	1.45	0.72	1.91	0.95	2.01			
	1.30	0.65	1.65	0.82	1.59	0.79	1.38	0.69	1.60	0.80	2.11	1.05	2.01			
" 2.5m	1.58	0.69	1.99	0.87	1.81	0.79	1.60	0.70	1.87	0.81	2.39	1.04	2.01			
		0.62		0.81		0.74		0.68		0.78		1.02	2.30			
				(0.75)		(0.69)		(0.48)		(0.58)		(0.66)				
	1.44	0.56	1.83	0.72	1.66	0.65	1.55	0.61	1.74	0.68			2.56			
" 3.0m	1.44	0.68	1.83	0.87	1.71	0.81	1.51	0.72	1.60	0.76	2.16	1.02	2.11			
	1.40	0.70	1.70	0.85	1.59	0.79	1.38	0.69	1.60	0.80	2.02	1.00	2.01			
		0.65		0.81		0.75		0.67		0.74		1.01				
				(0.75)		(0.70)		(0.47)		(0.54)		(0.65)				
" 4.0m	1.58	0.69	1.92	0.83	1.85	0.80	2.13	0.93	2.04	0.89	2.47	1.07	2.30			
	1.62	0.68	2.06	0.86	2.00	0.83	2.30	0.96	2.21	0.92	2.60	1.08	2.40			
	1.90	0.70	2.35	0.86	2.25	0.82	2.30	0.84	2.31	0.84	2.91	1.07	2.73			
		0.69		0.85		0.82		0.91		0.88		1.07				
" 5.0m				(0.79)		(0.77)		(0.64)		(0.66)		(0.68)				
	1.71	0.68	2.11	0.84	2.02	0.81	2.09	0.84	1.92	0.77	2.48	0.99	2.51			
	1.52	0.56	2.16	0.79	2.15	0.79	2.30	0.84	2.21	0.81	2.71	0.99	2.73			
		0.62		0.81		0.80		0.84		0.79		0.99				
" 6.0m				(0.75)		(0.75)		(0.59)		(0.59)		(0.63)				
	2.00	0.73	2.35	0.86	2.29	0.84	2.51	0.92	2.41	0.88	2.81	1.03	2.73			
	1.62	0.64	2.06	0.81	2.05	0.80	2.34	0.91	2.26	0.89	2.68	1.05				
	1.52	0.66	1.87	0.81	1.90	0.83	2.26	0.98	2.09	0.91	2.42	1.05	2.30			
" 7.0m		0.68		0.83		0.82		0.94		0.89		1.04				
				(0.77)		(0.77)		(0.66)		(0.67)		(0.67)				
	1.65	0.60	2.16	0.79	2.15	0.79	2.26	0.83	2.18	0.80	2.71	0.99	2.73			
	1.58	0.72	1.98	0.90	1.95	0.89	2.26	1.03	2.05	0.93	2.26	1.03	2.21			
" 8.0m	1.17	0.60	1.36	0.70	1.28	0.66	1.46	0.75	1.40	0.72	1.87	0.96	1.95			
		0.64		0.80		0.78		0.87		0.82		0.99				
				(0.74)		(0.73)		(0.61)		(0.61)		(0.63)				

第 18 表 標準観測 (空観測)

計器高 風速 測点	0.25m		0.75m		1.15m		1.65m		2.25m		3.05m		標準 v_0	備 考
	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0		
風下 6.0m	1.85	0.70	2.26	0.85	2.24	0.85	2.70	1.02	2.68	1.01	3.00	1.13	2.65	fig.30 参照
	1.71	0.74	1.83	0.80	1.76	0.77	2.26	0.98	2.12	0.92	2.50	1.09	2.30	
	2.00	0.73	2.35	0.86	2.38	0.87	2.87	1.05	2.64	0.97	3.03	1.13	2.73	
		0.72		0.83		0.82		1.02		0.97		1.12		

れず標準風速に対し 90~97 %の風速比を示している。又樹冠の**かげ**は浜中に似て更に長く、樹冠直後の樹冠の中央よりやや上方に 50 %及び 60 %の低風速帯を生じ、更に風下 1.7m (樹冠長の 0.65 倍) 附近迄は 75 % (幅 1.55m, 樹冠の長さの 60 %)、風下 3.2m (樹冠長の約 1.2 倍) 附近迄は 90 % (幅 2.2m, 樹冠の長さの 85 %) の**かげ**を生じ、尙風下 4.1m (樹冠の長さの 1.6 倍) の樹冠中央附近に 84 %のポケットを、風下 5.1m (樹冠の長さの 2 倍) に於ては同位置に 87 %のポケットを生じ、その他は 95 %程度の風速比で一帯の風速減少領域即ち樹冠の**かげ**を形成している。

樹冠下際の風速の加速される範囲は図に点線で示される部分であり、又風下 1.5m の 0.53 を樹幹部の最低の風速と考えると 10 %程度の風速減退領域が鎖線で示されるように生じている。尙風速の加速される程度は風下 2m 迄は 12 %程度、それ以後 6m 迄は 5~10 %程度で漸減の傾向にある。

(3) 考察

浜中及び金子村 (前述のようにこの考察には仮定が設けられているので大体の傾向が示されるに過ぎないが) の観測結果を総合すると、

- 単木の樹冠の**かげ**は枝下高の低いもの程樹幹部に顕著に現われ、その大いさは 10 %以下のものである。尙これは風速に著しく影響されて風速の大きい場合には然らざる場合に較べて樹幹部に現われる樹冠の**かげ**は少なくなるようである。
- 樹冠下際の樹幹部に於ける風速の加速は枝下の長いもの程広域に (時に樹幹部一帯に) 現われ、その位置は一定しないが一般に枝下高の 1/2 以上、樹冠の下際迄に現われる傾向を有し、時に風下に距たるにつれて樹冠部に入るものもある。又風速が大きい場合には、小さい場合に較べて風下近くの加速率が高いようであるが、これは樹冠の**かげ**の影響を受けることが多いから判然としない。
- 樹冠上縁部風下では風速減少の限界線は一般に風下に向つて下降 (或る場合には拋物線状に) するものであるが、樹冠の状態によつて一様ではない。
- 樹冠風下の風速の減少は、樹冠に近く且樹冠の長さの中央部附近に最も大きく現われ (減少率 40~60 %程度)、垂直、水平の方向に遠ざかるにつれて急激に減少するが、樹冠の長さの 2 倍附近迄 (減少率 10 %程度) は明瞭に現われる。即ち樹冠の長さの長いもの

程その風下に於ける**かげ**の長さが長くなる傾向がある。然し乍らこれは又樹冠の密度と風速に影響され、密度の高いもの及び風速の小さい場合程長く現われるようである。

§ 8. 樹幹周囲の風速の変化

防風林の風速抑制機能はいろいろの要素から成立つものであるが、その一つに樹幹の風に対する抵抗がある。葉を除去した**まつ**の防風林帯でも相当高い防風機能を示すもので（金子村に於ける籬形防風林の観測結果参照）、風路の遮蔽ということとは別に、抵抗による風の分散即ち樹幹の風に対する抵抗によつて樹幹背面にカールマン渦を生ぜしめて、風を水平、垂直の方向に拡散せしめ、従つて風速を減退せしめる効果は防風林研究上看過出来ない問題である。

防風林の施業を考える場合に、密植された小径木の林がよいか、疎植でも大径木の林がよいかは、防風林に関しては常に疑問とせられるところであるが、このような問題に対する示唆とし且防風林の解析に対し一步を進めるためにこの観測考究を行つたものである。

（1）ひのき樹幹周囲の風速の変化

樹幹の直径の大小によつて風脊の風速の減少率がどのように変化するものであるかを知るためにこの観測を行つた。

観測を行つた2本のひのき孤立木Ⅰ及びⅡの枝下高は夫々1.66 m及び0.46 mで、樹冠の影響は観測点には現われなかつたものとする。（§ 7の（2）、「**あかまつ**単木風下の風速」参照）両樹の樹皮の粗さは同様であり、Ⅰは胸高直径31.4 cm、Ⅱは22.0 cmでⅠの約70%である。

時間の都合でこゝでは空観測をなし得なかつたので他の樹木の影響のない場所の風の垂直分布を、樹冠のかげを測定した場所のものに求めて（観測樹附近には**あかまつ**稚樹林及び孤立した**ひのき**の大径木があつて、空濶地の風速垂直分布とは幾分異なるものと考えられるが他に資料がないので）、地上1 mの標準風速から地上1.05 m及び3.05 mの標準風速を計算してこれから地上1.0 mの値に直された風速比 v/v_0 を求めた。観測値が少なく且風向の変動が頻繁であつたために第15表にみられるように同じ点でも値が大きく開いて居り、このような偏差を消す意味で樹幹の両側に対線の位置にあるもの即ち1と4、2と3、6と10、7と9は夫々これを合せてその平均をとつたのではあるが、平均値に対する信頼性は極めて少ない。従つてこの結果から樹幹周囲の風速分布を量的に求めることは無理で概略の傾向を観察し得るに過ぎない。尚8及び5は1ヶ所のみ観測値である。又前述のように観測場所は**あかまつ**稚樹林に囲まれた空濶地で、標準風速を観測した場所（**あかまつ**稚樹林の外側）よりも風速が一般に小さい筈であり、この観測で示された最大風速比の93%以上ではなかつたと想像せられ、従つて風速比の100%に充たない量もそれがごとく樹幹による影響とは云えない。

第 19 表 ひのき樹幹周囲の風速 I

地上高 m		1.05		3.05		標準風速 v_0 m/s			備 考
測 点	風 速	v	v/v_0	v	v/v_0	地	上	高 m	
	m/s	%	m/s	%	1.00	1.05	3.05		
1	1.50	1.01	2.38	1.32	1.46	1.43	1.81	標準はピラ ムにより測 点高は地上 1mである。 樹幹周囲の 風速の測定 は小型ロビ ンソン風速 計により、 風速計は支 持棒に対し 横位置で使 用した。 標準風速で 地上1mの 風速から地 上 1.05 m の風速を求 めるために は地上1m の風速に 1.01を乗じ 3.05mでは 1.24を乗じ た。	
	1.13	0.84	1.81	1.10	1.33	1.34	1.65		
	1.22	0.61	1.85	0.76	1.98	2.00	2.45		
		0.62		1.06					
2	1.25	0.57	2.38	0.89	2.16	2.19	2.68		
	1.10	0.78	1.70	1.06	1.39	1.40	1.60		
	1.22	0.86	1.51	0.86	1.41	1.42	1.75		
		0.74		0.97					
3	1.69	1.11	1.72	0.93	1.50	1.52	1.86		
	1.65	1.09	1.78	0.96	1.50	1.52	1.86		
	1.12	0.58	1.85	0.79	1.90	1.92	2.35		
	1.55	0.65	1.51	0.52	2.36	2.40	2.93		
	0.86		0.80						
4	1.60	0.73	2.00	0.75	2.16	2.18	2.68		
	1.65	0.66	2.47	0.80	2.48	2.50	3.08		
	1.71	0.68	2.81	0.91	2.49	2.51	3.09		
	3.12	1.02	3.65	0.97	3.04	3.06	3.76		
			0.86						
5	2.50	1.09	2.95	0.79	2.36	2.39	3.76		
	2.50	0.91	3.32	0.98	2.73	2.76	3.38		
		1.00		0.85					
6	2.18	0.68	3.04	0.78	3.16	3.19	3.92		
	1.90	0.75	2.42	0.78	2.50	2.53	3.10		
		0.72		0.78					
7	1.85	0.88	2.25	0.87	2.08	2.11	2.58		
	2.09	0.95	2.21	0.82	2.19	2.21	2.71		
	1.78	0.83	1.87	0.71	2.14	2.14	2.63		
		0.89		0.80					
8	1.71	0.77	2.50	0.91	2.21	2.23	2.76		
	2.05	0.72	2.95	0.84	2.82	2.85	3.50		
	2.31	0.77	3.45	0.93	2.99	3.01	3.70		
		0.75		0.89					
9	1.55	0.67	2.71	0.96	2.29	2.31	2.84		
	1.90	0.76	2.69	0.88	2.46	2.49	3.05		
	1.45	0.68	1.99	0.77	2.10	2.12	2.60		
		0.70		0.87					
10	1.40	1.00	2.15	1.25	1.39	1.40	1.72		
	1.50	0.74	2.63	0.81	2.01	2.03	2.50		
		0.81		0.97					

第 20 表 ひのき樹幹周囲の風速 II

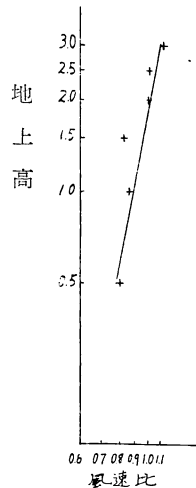
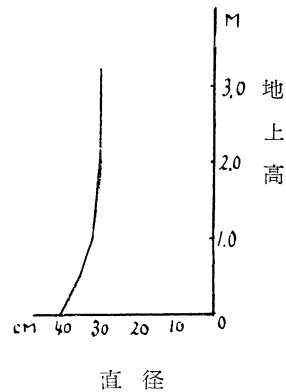
測 点	地上高 m		1.05		3.05		標 準 風 速 v_0 m/s		備 考
	v m/s	v/v_0 %	v m/s	v/v_0 %	地 上 高 m				
					1.00	1.05	3.05		
1	1.77	0.70	2.63	0.84	2.53	2.55	3.14		
	1.71	0.87	2.42	0.93	1.94	1.96	2.40		
	1.55	0.96	2.30	1.42	1.62	1.64	2.01		
		0.84		1.06					
2	1.94	0.95	2.90	1.09	2.14	2.16	2.65		
	2.21	0.78	3.20	0.92	2.80	2.83	3.47		
	1.55	0.75	2.50	0.99	2.05	2.07	2.54		
		0.83		1.00					
3	2.12	0.82	2.71	0.86	2.55	2.58	3.16		
	1.85	0.81	2.21	0.78	2.27	2.29	2.81		
		0.82		0.82					
4	1.81	0.77	2.95	1.02	2.34	2.36	2.90		
	1.78	0.74	2.68	0.90	2.40	2.42	2.97		
	1.71	0.82	2.42	0.95	2.06	2.08	2.56		
		0.78		0.95					
5	2.18	1.04	2.90	1.13	2.07	2.09	2.57		
	1.81	0.74	2.50	0.83	2.43	2.45	3.01		
	2.12	0.77	2.85	0.85	2.71	2.74	3.36		
		0.85		0.94					
6	2.21	0.91	3.00	1.01	2.40	2.42	2.97		
	2.12	0.68	2.85	0.75	3.07	3.10	3.80		
	2.31	0.96	2.32	0.81	2.39	2.40	2.96		
		0.85		0.86					
7	1.90	0.67	2.69	0.78	2.79	2.82	3.45		
	1.81	0.74	3.04	1.01	2.44	2.46	3.01		
		0.71		0.92					
8	2.40	0.89	3.08	0.92	2.67	2.70	3.30		
	2.31	0.78	2.85	0.78	2.92	2.95	3.62		
		0.83		0.85					
9	2.12	0.96	3.12	1.15	2.19	2.21	2.70		
	1.95	0.73	2.63	0.77	2.74	2.77	3.40		
		0.85		0.96					
10	1.95	0.83	2.63	0.97	2.19	2.21	2.70		
	1.55	0.70	2.42	0.90	2.19	2.21	2.70		
		0.79		0.94					

備考 前述のように地上 1.05 m と地上 3.05 m との風速を同じく胸高直径の大きい樹幹の影響と見做して平均することの可否に就いては, fig. 23 に示すように, この場所のひのき樹に就いて実測した結果では,

地上高m	直径 cm
1.05	32.0
胸 高	31.5
3.05	30.0

で胸高直径に対し 1.6~5.8 %の偏差を持つに過ぎないので、これを無視して様な胸高直径の大きいさの円柱体として考えることとした。

Fig. 22 金子村裸地の風速比垂直分布

Fig. 23
ひのき樹幹縦断面図

又同じく前述の、上表で地上 1.00 の風速を地上 1.05 m 及び 3.05 m の風速に改めるために用いたこの土地の風速の垂直分布は、fig. 22 「金子村裸地の風速の垂直分布」に示される通りである。地表の粗度を無視すれば地表近くの風速の垂直分布は対数法則に従うことは各地の観測（内陸では河田三治氏の帯広に於ける観測、海岸では飯塚外の下北半島横浜に於ける観測）で知られているが、金子村に於ける裸地の風速の垂直分布は地上 1.5m の風速が非常に不規則な値を示した。浜中海岸裸地の風速の垂直分布（fig. 19、0.5m 以下は海岸地平面の粗度の影響によつて対数法則に従わないものとして除外し、0.5m 以上の点をつないだものである）をみても、この 1.5m の値を計算に入れることは大変不都合のように考えられるし又これを入れるとこの垂直分布は対数法則に従わないものになるので、一応この 1.5m の値は異常なものとして除外し、その他の点をつないでみるとこの図のようにほぼ対数法則に従うものが得られる。これをこの土地の地上 3m 附近迄の風速の垂直分布として考えると、

地上 1.05 m の風速/地上 1 m の風速 = 1.01

地上 3.05 m の風速/地上 1 m の風速 = 1.24

となる。(図上計算)

第 19 表の結果を図示したものが fig. 24 であり、第 20 表の夫れが fig. 25 であるが、I. では樹幹の風下直後及び風下側方 50cm 迄は同様に風速の減限を示し、風向に対し樹幹の側方 20 cm 迄はこれより僅かに風速が大きく、側方 50cm では更に風速を増し、側方 1 m では殆んど風速の減退がみられない。II. では樹幹の風下直後で最も風速を減じ、その側方ではこれよりも減少率少なく、風向に対し樹幹の側方 20cm では更に幾分風速を増し、同じく 50cm では更に風速の減退率は小さく、1 m ではこれと同率になつている。これで見ると樹幹の風に対す

Fig. 24 ひのき樹幹周囲の風速 I

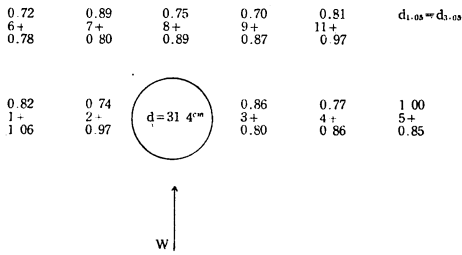
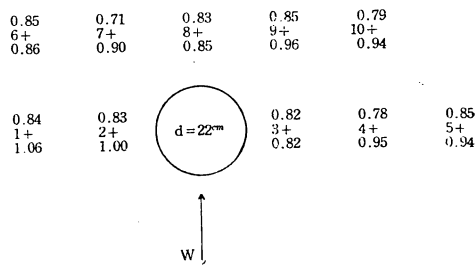


Fig. 25 ひのき樹幹周囲の風速 II



る抵抗によつてその背面に生ずるカールマン渦による風の拡散に伴つてそれに接する大気の混合が速に行われ、単に樹幹風脊のみでなくそれに接する側方でも同様な風速の減退をみるものゝようであるが、1本の樹幹に就いてはその減退率は大きいものではない。又風向に対し樹幹の側方でも樹幹の影響を受けて僅かに風速の減退を生ずるがそれに樹幹風脊に較べてより近い部分に限られるものゝようである。浜中の海岸防風林の解析結果からもわかるように直径の大きい樹幹は小さいものよりも風速を減退させる機能が大きいものと考えられるが、この観測の結果からみても樹幹胸高直径の約 10cm の差によつて風速の減退率に 2~4 % の差を生じて居り更に樹幹直径の大きいもの程風速減退の範囲が広い傾向を示している。

(2) 二木（樹幹）間を通過する風速の変化

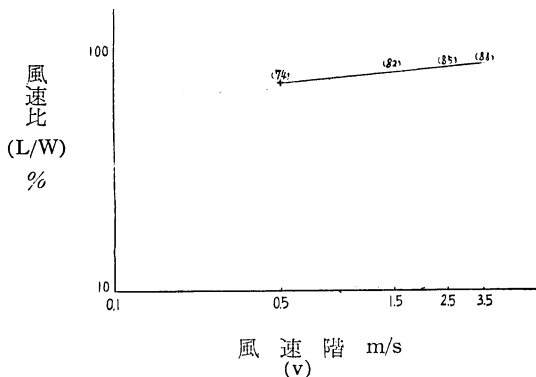
a). 白河に於ける観測

孤立木の樹幹周囲の風速の変化は前述の通りであるが、こゝで更に 50cm を距てゝ植えられた二木の樹幹部を通過する風速の変化に就いて考えてみたい。観測は地上 1 m 及び 1.2 m であるから樹冠のかげの影響は考慮されない。

21 表で全体の平均として $L/W = 0.80$ 、即ち並立する樹幹の側面（風向に対し）に於て樹幹に影響されて減退する風速は 20 % 以上 34 % 以下という数字が得られたのであるが、風速によつてこれが如何に変るかをみると、

22 表の範囲で風速と L/W の相関の有無を χ^2 検定により求めると、 $P\{\chi^2 \geq \chi_0^2\} < 0.1$ とな

Fig. 26 二木間を通過する風速の変化

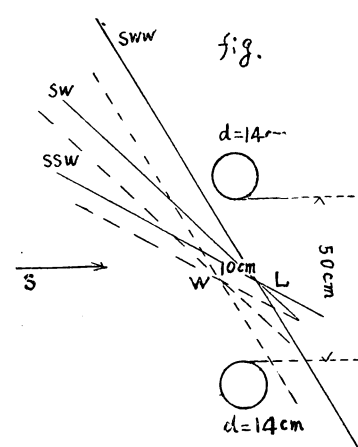


り 10% の危険率で両者の相関が認められ、又両者の関係は対数直線式

$\log L/W = 0.09 \log V + 1.892$ (fig. 27) で現わされる。

22 表によつて風速 4 m/s 以下の場合には、風速の増加に伴つて L/W は増大することが認められ、このことは風速の小さい時程樹幹の風速減退効果の大きいことを示すものである。比較

第 21 表 二木(樹幹)間を通過する風速の変化(白河)

標準		W		L		備考
風速 m/s	風向	風速 m/s	風速比 %	風速 m/s	風速比 %	
0.4	S	0.3	75	0.2	49	風速は5分間の平均(ピラム使用) 測点高 W=1.0 m L=1.2 m * L の値は河田氏の平均風速と地上高との 関係式 $\bar{u}(z) = 5.75 u_* \log \frac{z-42.7}{z_0}$ によつて地上1mの値に換算する代りに風速比に0.97を乗じて1mの値の風速比を求めた。
0.5	SSW	0.5	100	0.4	78	
0.5	"	0.3	60	0.2	39	
0.5	"	0.4	80	0.3	58	
0.5	"	0.3	60	0.2	38	
0.6	"	0.4	67	0.3	46	
0.6	"	0.6	100	0.4	65	
0.6	"	0.5	84	0.3	49	
0.6	"	0.5	83	0.3	49	
0.7	SW	0.5	72	0.4	78	
0.9	S	0.7	78	0.5	54	Fig. 27 
0.9	SW	0.8	89	0.8	86	
1.1	S	0.9	82	0.8	71	
1.1	SSW	0.9	82	0.7	63	
1.2	SW	1.1	92	0.9	73	
1.2	SSW	0.9	75	0.8	65	
1.2	"	1.2	100	1.0	80	
2.7	"	2.3	85	2.0	72	
2.8	"	2.1	75	1.7	59	
2.9	"	2.5	86	2.2	79	
3.0	"	2.3	77	2.1	68	ピラムでは1m/s以下の風速の測定は難しいから、表の平均風速は5分間に現われたほぼ1m/s以上の風に就いて観測し、ピラムにかゝらない風は0として、その間の風程を300で割つて平均値を求めたものである。
3.2	"	2.8	88	2.6	79	
3.3	"	3.0	91	2.7	80	
3.4	"	3.1	91	2.8	80	
3.5	"	2.3	66	2.2	61	
3.8	"	3.1	82	2.8	72	
計		=2120		=1693		
N=26						
M		=81		=66		
L/W=C.80						

第 22 表 風速と L/W との関係

標準		風速比 %		L/W	備考
風速 m/s	観測回数	W	L *		
1 以下	12	79	58	0.74	* L は第 19 表のものと同じである。
1 ~ 2	5	85	70	0.82	
2 ~ 3	3	82	70	0.85	
3 ~ 4	6	83	73	0.88	

的風速の大きい時に L/W が大きくなるのは吹抜けの風が多くなるためと考えられる。尙観測に際しては風向の変動がみられたが、風向別の回数及び L/W をみると、

第 23 表 風向と L/W との関係

風 向	観測回数	風 速 比 %		L/W	備 考
		W	L		
S	3	78	58	0.75	
SSW	20	82	64	0.78	
SW	3	84	79	0.94	

上表の範囲で風向と L/W の相関の有無を χ^2 検定により求めると $P\{x^2 \geq x_0^2\} < 0.01$ となり 1% の危険率で両者の相関が認められる。23 表に於て S と SSW ではそれ程の相違はみられないが、SW のように風向に対して二木を結ぶ軸との角度が小さくなると L/W は急に増加する。このことは S 及び SSW では風が二木間を吹き抜けるために W 及び L 点に対する樹幹の抵抗の影響が少なく現われ、SSW ではそれが大きく現われるためである。然し乍らこの観測では S と SW が全観測数の 88 % を占めているので風向に就いては殆ど考慮の要もないと考ええる。

b). 林業試験場内に於ける観測

第 24 表の (I) 二木 (樹幹部) 間を通過する風速の変化 (目黒)

観測点	風速 v m/s	v/v_0 %	標準風速 v_0 m/s	摘 要
前 1.0 m	4.47	133	3.64	観測点は風向に対し二木を結ぶ線を中心として前後の別。 観測点高は地上 1 m。 樹冠のかげの影響はなかつたものとする。 何れも広葉樹。 胸高直径 (d) = 12cm 二木間の距離 (s) = 20cm 風向 SW
" 1.0 "	3.50	133	2.63	
" 0.3 "	2.58	136	1.90	
" 0.3 "	3.92	126	3.10	
後 0.3 "	3.34	123	2.72	
" 0.3 "	4.39	127	3.45	
" 1.0 "	1.93	118	1.63	
" 1.0 "	2.73	122	2.24	
前 1.0 m	3.05	112	2.73	d=6cm, 11cm S=28cm 風向 SSW
" 0.3 "	3.49	110	3.17	
後 0.3 "	1.97	108	1.82	
" 1.0 "	2.15	102	2.11	
前 1.0 m	5.40	146	3.70	d=18cm, 23cm s=40cm 風向 SW
" 0.3 "	4.79	145	3.31	
後 0.3 "	5.69	143	3.96	
" 1.0 "	4.17	131	3.18	

観測点	風速 v m/s	v/v_0 %	標準風速 v_0 m/s	摘 要
前 1.0 m	3.50	132	2.65	s=150cm d=80cm 風向 SW
" 1.0 "	3.13	131	2.39	
" 0.3 "	4.10	115	3.55	
後 0.3 "	3.92	123	3.17	
" 1.0 "	2.96	128	2.31	
前 1.0 "	2.90	133	2.18	d=22cm 風向 SWW
" 0.3 "	4.22	128	3.30	
後 0.3 "	4.81	113	4.25	
" 1.0 "	4.12	112	3.66	
前 1.0 "	3.13	142	2.21	d=48cm 風向 SW
" 0.3 "	3.52	120	2.92	
後 1.0 "	2.71	108	2.51	
前 1.0 "	3.84	118	3.26	d=11cm 風向 SW
後 0.3 "	3.80	115	3.29	
" 1.0 "	2.80	112	2.50	
前 1.0 "	4.90	207	2.38	d=28cm, 32cm s=250cm 風向 SW
" 0.3 "	3.03	202	1.50	
後 0.3 "	3.40	198	1.80	
" 1.0 "	3.57	170	2.10	

上表は林業試験場苗圃に隣接する広葉樹林内で測定したもので、孤立する二木間を通過する風速の変化ではなく、森林内に於ける任意の二木間を通過する風速の変化である。本観測では二木間を通過する風速は前後共に殆んど全部標準風速より大きく現われているが、これは丁度その位置が風速の加速される部分であつたとも考えられるし、又標準風速は少し離れた場所で測つたために他の苗圃施設の影響を受けて風速が落ちていたためとも考えられるのであつて、おそらくこの二つに基因するものであろう。

第 24 表の (2) 二木 (樹幹部) 間を通過する風速の変化 (目黒)

測定位置 s m	v/v_0 %				$r_{0.3}$	$r_{1.0}$
	前 1.0m	前 0.3m	後 0.3m	後 1.0m		
0.20	133	131	125	122	0.95	0.93
0.28	112	110	108	108	0.93	0.96
0.40	146	145	143	131	0.99	0.90
1.50	123	121	117	115	0.97	0.94
2.50	207	202	198	170	0.98	0.82

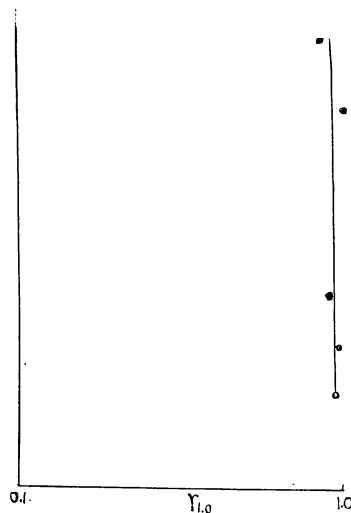
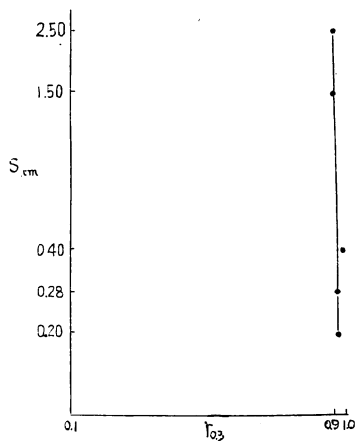
備考 $r_{0.3} = \frac{\text{後 0.3m の風速比}}{\text{前 0.3m の風速比}}$

$r_{1.0} = \frac{\text{後 1.0 m の風速比}}{\text{前 1.0 m の風速比}}$

上表で前 0.3m と後 0.3m を比較すると、樹間が広くなるに従つて $r_{0.3}$ は僅かに増加している (fig. 28 直線式は $\log s = 59.07 \log r_{0.3} + 0.88$ で示される) が殆ど差異なく、前 1.0m と後 1.0m ではこれとは逆に樹間が広くなるに従つて $r_{1.0}$ は僅かに減少する (fig. 29. 直線

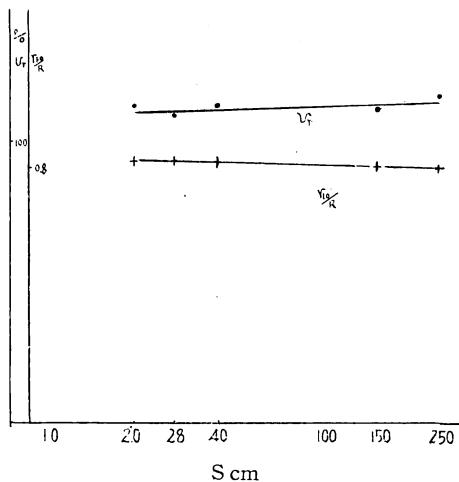
Fig. 29 二木間を通過する風速の変化

Fig. 28 二木間を通過する風速の変化



式は $\log s = -37.25 \log r_{1.0} - 1.79$ で示される) 傾向がみられるがこれ亦殆んど差異なく、従つてこの程度の樹間距離の差異によつては前後の風速比 (r_i) に殆ど変化はないと 考えてよいが、僅少の差を求めて考えると後 0.3m では樹間の狭い程樹幹の抵抗による風速減少の影響が多く現われ、後 1.0m では逆に樹間の広い程この影響が多く現われるようにみえる。然し乍ら以上の比較には直径差が考えられていないので、二木の平均直径を一定にするために二木の平均胸高直径 30 cm を基準直径として考えると次表及び fig. 30 (直線式は $\log r_{1.0}/R = -0.014 \log s - 0.055$ で示される) が得られ、同様な結果が示される。

Fig. 30 二木間を通過する風速の変化

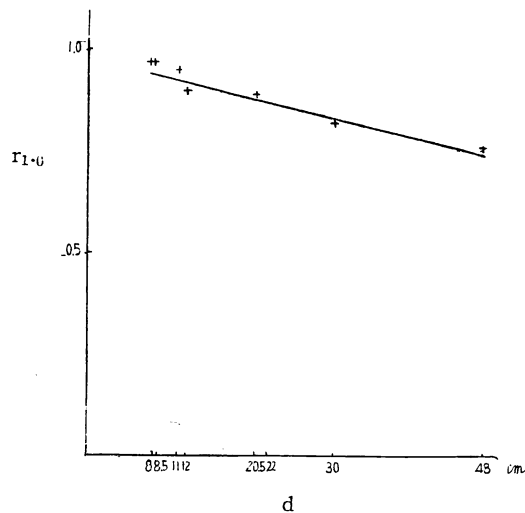


第 24 表の (3) 二木 (樹幹部) 間を通過する風速の変化 (目黒)

S	m	R	$r_{1.0}$	$r_{1.0}/R$	備	考
0.20		1.10	0.93	0.85		
0.28		1.13	0.96	0.85		
0.40		1.08	0.90	0.83		
1.50		1.05	0.94	0.83		
2.50		1.00	0.82	0.82		

備考 fig. 31 から $d=30\text{cm}$ の場合の r を 1 とし各直径のこれに対する比率を求めて R とすると $r_{1.0}/R$ は直径差を消された 後1.0mの風速比/前1.0mの風速比 である。

Fig. 31 二木間を通過する風速の変化



実測によるこの結果は一応受け入れるべきものとして、更に $S=0.2\text{m}$ を標準にとつて後1.0 mの風速比が122%である場合の前1.0mの風速比 v_r をみると、

第 24 表の (4) 二木 (樹幹部) 間を通過する風速の変化 (目黒)

s	m	v_r	%	v/v_0 (後1.0m)	%	
0.20		133		122		s 及び d が同一であれば r は変らないものと仮定する
0.28		125		"		
0.40		136		"		
1.50		131		"		
2.50		148		"		

上表を図示したものが fig. 30 の (2) で、樹幹距離の増大につれて前1.0mの比較風速比が増している。このことから樹間距離が大となれば $r_{1.0}$ が増加するということは後1.0mの樹幹の抵抗による風速の減少率が大きくなるということではなく、樹間距離が増せば抵抗の減少によつて前1.0mの比較風速比が増加するということ、このことは又樹間距離の大小による後1.0mの風速比の増減は殆どないということを示すもので、この根拠として v_r と $r_{1.0}/R$

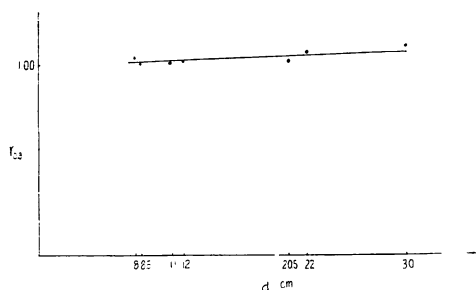
との間の相関を x^2 検定すると、 $P\{x^2 \geq x_0^2\} < 0.20$ 即ち 20 %の危険率で両者の相関が考えられることになる。

第 24 表の (5) 二木 (樹幹部) 間を通過する風速の変化 (目黒)

d cm	$r_{0.3}$	$r_{1.0}$	備 考
8.0	1.07	0.97	2 本の直径の互に異なるものはその平均。 d=12cm に於ける $r_{1.0}$ は 2 例の平均。
8.5	1.02	0.97	
11.0	1.02	0.95	
12.0	1.04	0.90	
20.5	1.02	0.89	
22.0	1.14	0.84	
30.0	1.22	0.82	
48.0	—	0.76	

上表によつて d と r の関係を考えると、 $r_{0.3}$ では fig. 32 のようにほぼ指数による直線式 $r_{0.3} = 0.995 e^{0.0044d}$ で示される変化がみられ、d の増大に伴つて $r_{0.3}$ も増加するが、その割合

fig. 32. 二木間を通過する風速の変化



は僅少である。 $r_{1.0}$ では fig. 31 のようにほぼ直線式 $r = 0.0049 d + 0.973$ で示される変化がみられ、d の増大に伴つて $r_{1.0}$ も増大し、しかもその割合は比較的大で直径 10cm の増大によつて $r_{1.0}$ はほぼ 0.05 の増加を示している。

以上によつて考察すると、防風林帯の樹幹部に於ける風速の減退は樹間距離に影響

されることは極めて少なく、主として樹幹直径の大小によつて影響されるもので、以上の諸観測で得られた結合を総合すれば、樹幹の風に対する抵抗によつて林帯の樹幹部で 1 列の樹幹によつて減退される風速は平均してほぼ 10 %程度であり又胸高直径 10cm の増大によつて 1 列の樹幹風下に於ける風速の減退率は 3~5 %増加するものゝようである。尙風向 (二木を結ぶ線に対する) と樹幹風下の風速の減退とは密接な関係を有し、二木を結ぶ線と風向との挟角が小さい程樹幹風下の風速減退率は大きくなるものである。

§ 9. 樹列防風林の効果に就いて

島根県簸川郡荒木村にある八通山林は、最大海拔高 24m、延長 1,300m、巾約 130m に達する砂丘上に造林せられたくろまつ防風林である。荒木村地方は日本海に面した広漠たる砂地で、往昔は此処に神戸川が流入して一面の不毛の地であつたのであるが、古志村の人大堀七兵衛はこの地の開拓を志し、先づ神戸川の流路を変更して現在のものとし、又汀線に近く高さ 20m、巾約 100m、の前砂丘を築設して此処にくろまつの造林を行つた。これを港原防風林とい

う。港原防風林と八通山林との距離は約 560m で、港原防風林によつて冬期の強い西北の季節風から保護されたこの砂地は、現在耕地として多くの収穫を挙げている。

さて、この港原防風林及び八通山林に就いて、その前後の風速を測定したのであるが、風速は港原防風林頂⁽¹⁾、その風下 1.2 h⁽²⁾、4.6 h⁽³⁾、9 h⁽⁴⁾ (つじの松風上 1.2 h、この耕地の中間に往時参勤交替に用いた道路があつて、その一侧にやゝ疎に植えられた一列の松並木があり、これをつじの松という。樹令約 240 年前後で、概ね樹高 9m に剪定してある)、9.6 h⁽⁵⁾ (つじの松風下 1 h)、21.6 h⁽⁶⁾ (八通山林風上 1 h)、八通山林中央⁽⁷⁾、同林内最高部⁽⁸⁾の各点で観測し、各点共に測点は地上 1 m とした。観測には小型ロビンソン風力計を用い、標準風速は港原防風林前 42 m (汀線から 52 m) の位置で観測した。尙当地方の冬期の強風には雨雪を伴うことが多く、観測当日も降雨に悩まされ、そのため幾分各地点の風速の観測値に誤差を生じ易い傾があつたが、観測に当つてはなるべくその危険を避けるように注意した。又港原防風林風下から八通山林風上にかけて、地面は 0.8° の平均勾配で上昇しているが、これは風速曲線から考えて平坦地と見做して差支えないと考える。

備考 各 h の肩に記してある (1) … (8) は第 25 表の測点を示す。

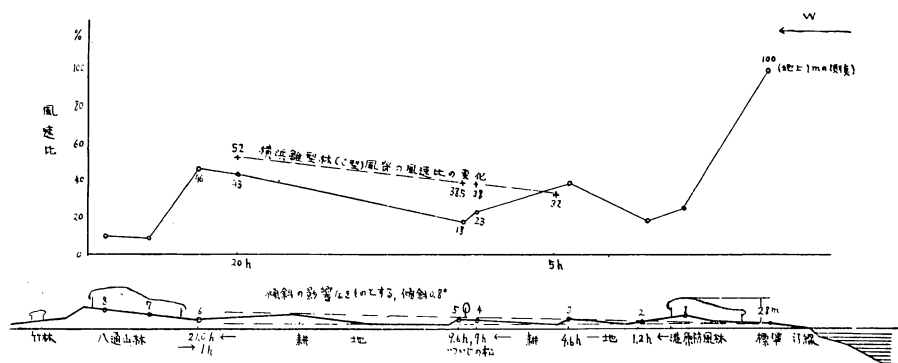
第 25 表 港原防風林及び樹列防風林 (つじの松) 前後の風速

測点	回数	風速 v (m/s)	標準風速 v_0 (m/s)	v/v_0 (%)	v/v_0 平均値 (%)	v/v_0 補正值 (%)
1	1	2.0	4.1	49	50.0	25.7
	2	4.6	9.3	51		
2	1	2.0	9.8	20	17.5	
	2	1.5	10.0	15		
3	1	3.2	7.3	45	39.5	
	2	2.9	8.5	34		
4	1	1.6	9.6	17	23.0	
	2	2.2	7.5	29		
5	1	—	—	—	18.0	
	2	1.8	10.1	18		
6	1	3.6	5.8	62	45.5	
	2	2.9	10.0	29		
7	1	2.7	10.0	26	15.5	8.8
	2	1.8	19.5	9		
8	1	1.0	4.6	22	21.5	9.9
	2	2.3	11.2	21		

備考 測点 1, 7, 8 は夫々地上高を有するので、これ等は河田氏の風速の垂直分布式 $\bar{u}(z) = 5.75u_* \log \frac{z-42.7}{z_0}$ ($\bar{u}$ = 平均風速, u_* = 摩擦速度, z_0 = 粗度を示す量, z = 高さ) によつて地上 1 m の風速に訂正した。これが補正值として掲げてあるものである。

上表を図示すると fig. 33 のようである。これで見ると、猛烈に吹きつける西北風は先づ港

Fig. 33 ころまつ樹列防風林の防風効果 (ついで松原)



原防風林で約 1/2 の風速に減じ、その風下 1.2h はで 17.5 %, 4.6 h では 39.5 % (砂丘の高さと樹高とを加えたものを防風林高即ち h とした。砂丘の上に成立しているこの防風林は平坦地に成立する防風林と異り、高さの下方から 3/4 附近に疎開した部分を生ずるので、その影響が 4.6h の点に現われて、この位置の風速が異常に大きくなっているのではないかと考える) となつてゐる。これに対し 9h では再び 23 % に落ちてゐるが、これは砂丘上に成林した特異な防風林の形態によつて 5h 附近に現われた吹抜けの影響も、9h では既に消えて普通の効果的な防風林の形で風速の変化が現われているのであつて、この点が一般の防風林と非常に異なる点で、一般防風林では風下 5h 附近に防風林の効果が顕著に現われて非常に穏やかな地帯になるのである。尙この 9h ではついで松の風上の影響が加わつて、そのために更に幾分風速が落ちてゐるものと思われる。9.6h ではついで松の影響が顕著に現われて、風速は更に 5% 落ちて 18 % になつてゐる。ついで松は前述のように道路の一侧にやゝ疎に植えられた一列の老令の松並木であり且両側の耕地への庇陰の関係を考へて約 9m の高さに剪頭せられて居り、従つて充分な樹冠を有しないのであるが、やゝ大径の樹幹によつてかなりの風速が減殺せられてゐると考えられる。下北半島横浜海岸で行つた雛形防風林 (C 型) による観測結果では、風下 5h の風速は標準風速の 32 % であり、20h では 52 % であつた。港原防風林風下でも 9h 附近では既に一般防風林の風下の風速比変化に近づいたものと仮定して、この C 型林風下の風速比変化との比較をすると、C 型林では 9h の風速比が 38 %, 9.6h のそれが 38.5 % であるのに対し、ついで松の前後では 9h の風速比が 23 %, 9.6h のそれが 18 % であるから、この二つの防風林の風下の風速比の変化が風下 9h 附近で既に同様であるという仮定の下に於ては、ついで松なる樹列防風林の存在によつて、その風上 1h で 15 %, 風下 1h で 20.5 % の風速が減殺せられたと考へてよいし、又少くともこの二例の各々の 9h と 9.6h の風速比差の差即ち $(23-18)-(38-38.5)=5.5\%$ 以上の風速の減殺がついで松の影響として考へられてよいわけである。

§ 10. 海岸飛砂防止林の解析

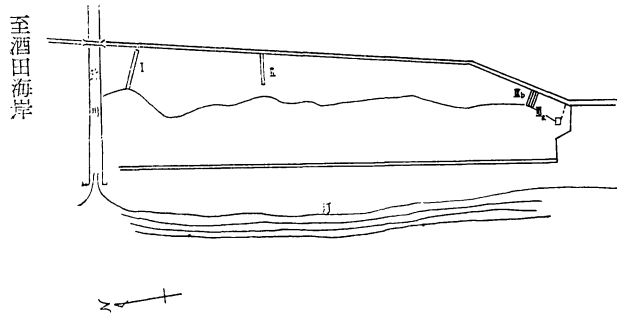
海岸飛砂防止林は単に防風のみを目的とする場合と異なり砂による林帯の破壊に対する防止を考えなくてはならないものであつて、この観点から林帯の機能を解析する必要がある、防風林の一変形として山形県浜中の国有海岸飛砂防止林に就いて行つた林内の風の運動と飛砂防止林としての機能の關係に就いての一つの考え方を述べてみたい。

1) 現状

昭和 25 年 2 月山形県鶴岡営林署管内浜中国有海岸飛砂防止林に就いて、秋田営林局の応援を得て、同海岸林の構成と林内の風の運動を測定した。

調査箇所は fig. 34 の通りで、この中Ⅰ及びⅡは安定した林相を呈しているが、Ⅲは不安定

Fig. 34 浜中海岸飛砂防止位置図



な状態にあり、殊にⅢは多量の飛砂を林背に送り風上林縁は漸次後退しつゝあつて、現状に至つた原因は前面の砂丘の不整正にあると考えられるが、それは暫らく問わず、現在林幅(厚み)と密度の不足によつてこの状態がいよいよ加速されつゝあ

Fig. 35 Ⅰ防風林内の風速分布 (浜中海岸防風林第1号)

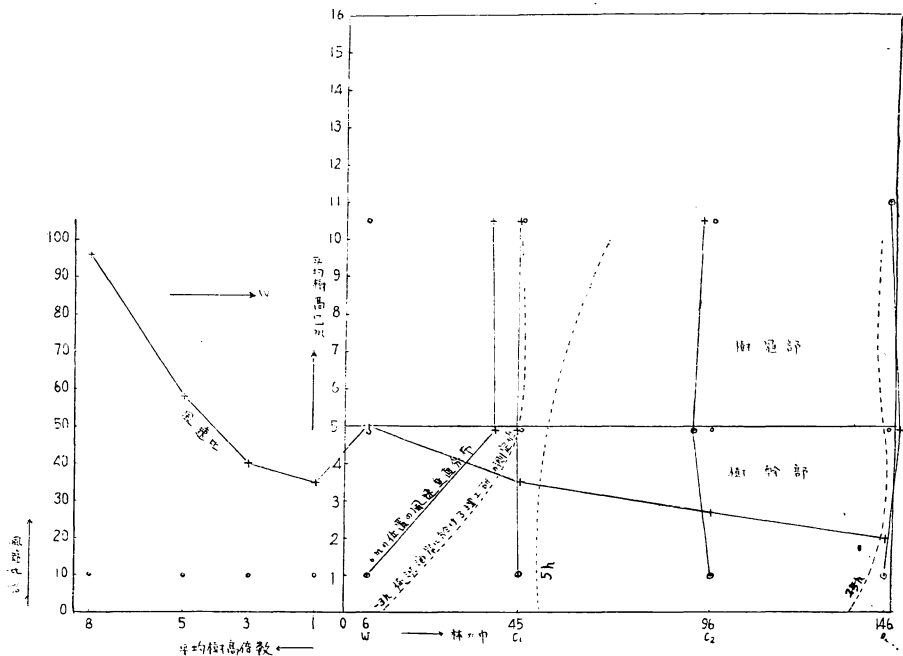


Fig. 36 防風林内の風速分布 (浜中海岸防風林第II号)

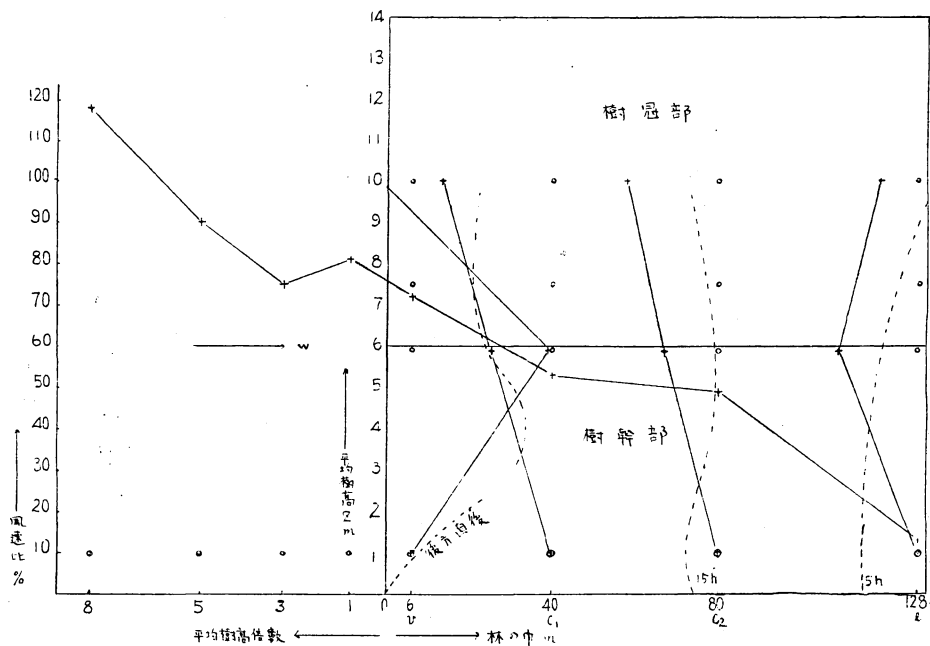


Fig. 37 防風林内の風速分布 (浜中海岸防風林第III号(a))

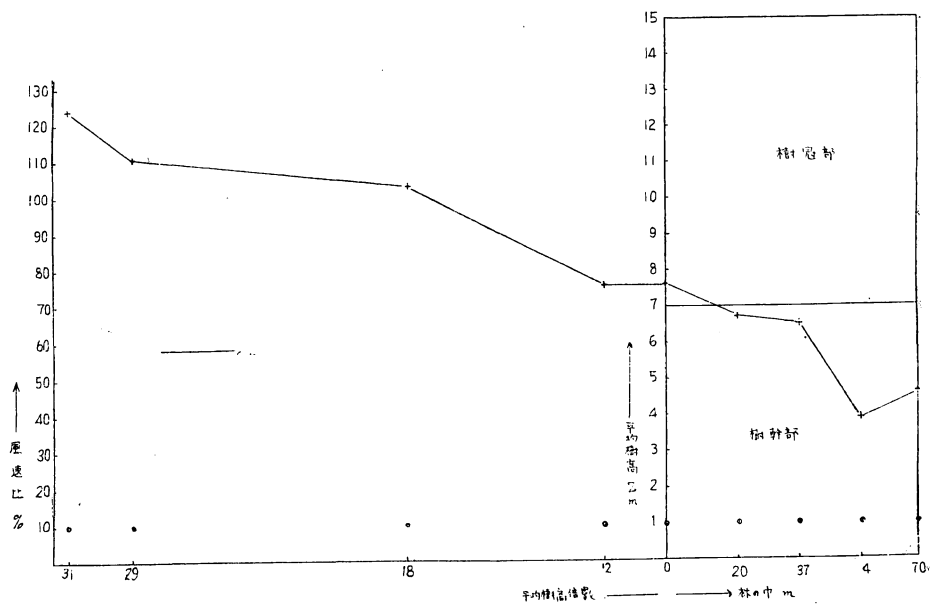
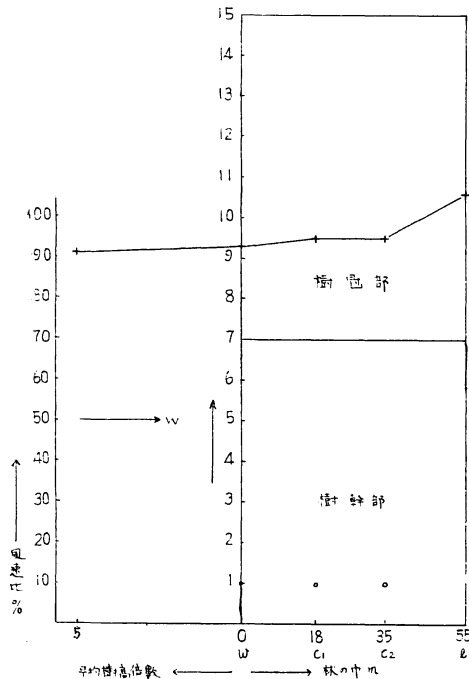


Fig. 38 防風林内の風速分布
(浜中海岸防風林第Ⅲ号(b))



ることを指摘し、その理由を明らかにしたいと考える。

2) 風の水平並に垂直分布

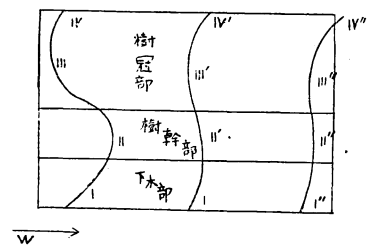
地上1mの風の水平分布を考える場合に二つの見方がある。その一つは防風林入口の風速比であり、他は防風林入口と出口の風速比の比数である。前者は林帯の遮風効果を示すものであり、後者は主として樹冠のかげと樹幹の影響を示すものと考えられる。

さて各々の林帯の林内の風速分布をみると飛砂防止林Ⅰ、Ⅱ及びⅢa共に汀線から林の後縁に向つて風速が遞減しているが、Ⅲbのみは林前5hの風速に較べて、林の後縁に至るに従つて風速が増大している。

(fig. 35, fig. 36, fig. 37, fig. 38参照)

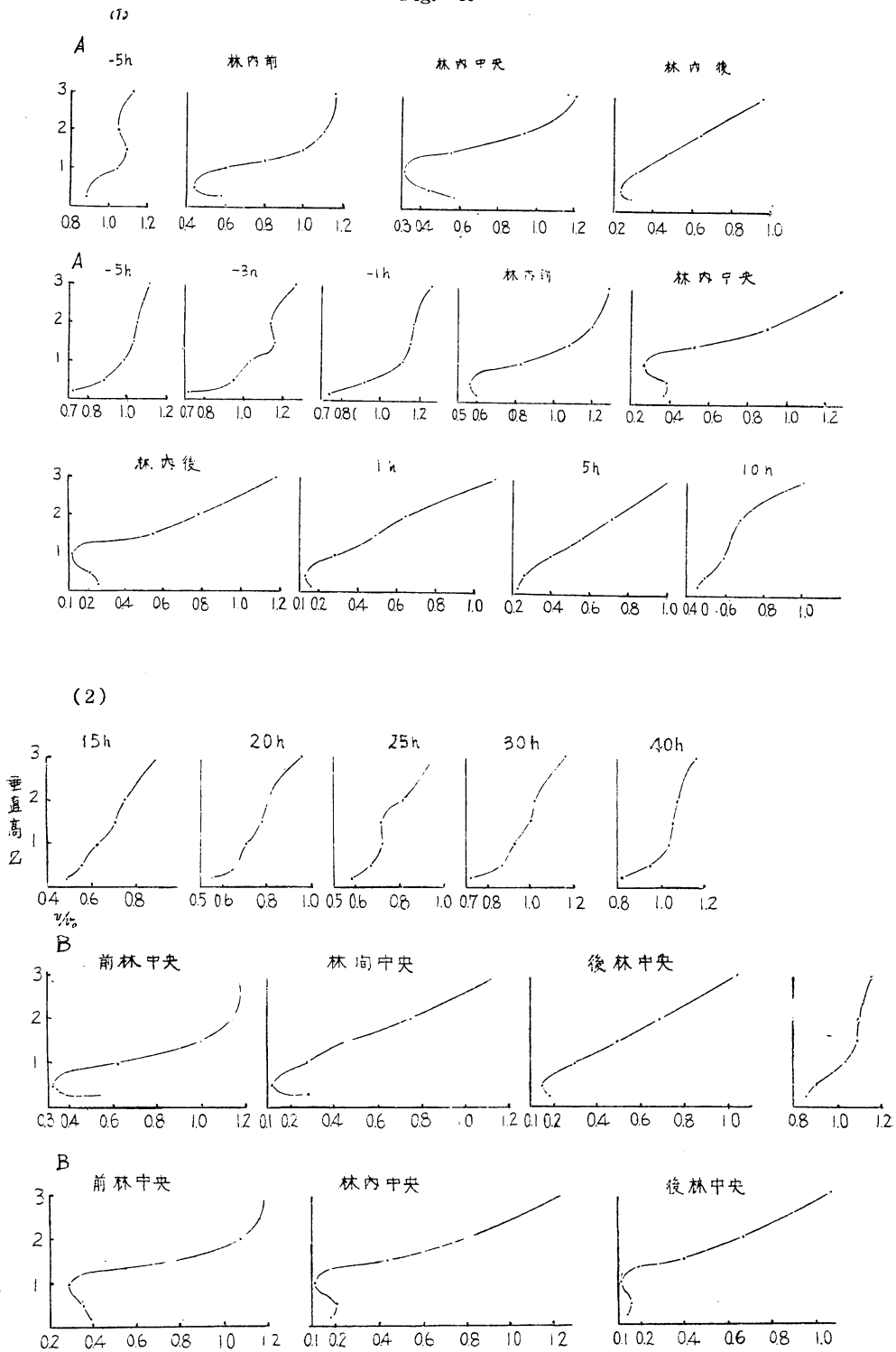
防風林内の風速の垂直分布は樹幹と樹冠の影響の程度を示す形を持つものであるから従つて防風林風下には似た形のものになるものと推察せられる。即ち風上林内では図に示すように、Ⅱは吹込みの風速によつて風速比は大であり、Ⅰは下木と樹幹の影響で風速比はやゝ小さく、樹冠の影響を受けるⅢは最も小でⅣは「§ 4, 防風林内の風の運動に就いて」で述べたように樹冠上の風に吸引せられて風速比はやゝ大となる。充分に厚い林では林央に至ると樹幹部の吹込み、吹抜けの風も著しく衰えて来て、風速の垂直分布は図のようにほぼ平均せられた形になり、獨りⅣ'は吸引の影響によつて更にやゝ風速を増し、風下林縁ではこの傾向は更に強くなるべきであろう。

Fig. 39

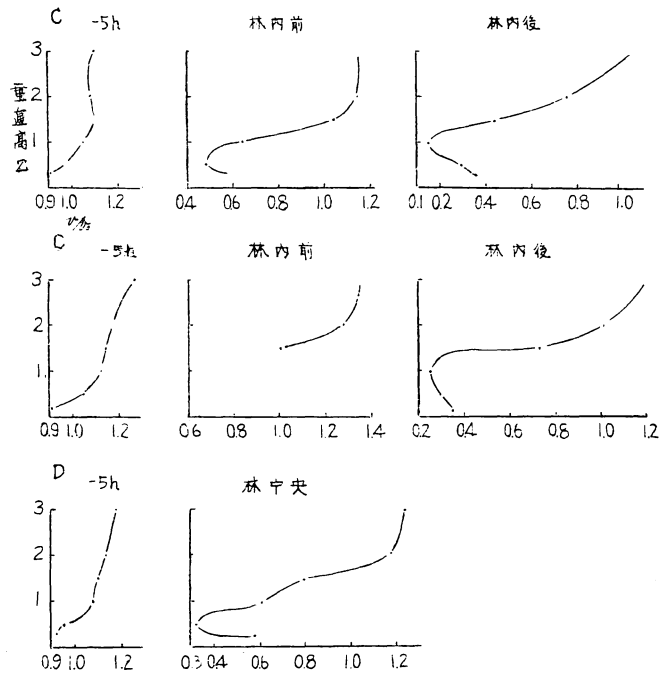


樹高1.5mの雛形林a, b, c, d及びe型に就いて風上、林内、風下の風速比の垂直分布を測定したものがfig. 40であるが、これでもこの傾向は充分に窺われ、殊にやゝ幅の厚いa型ではよくこの傾向が現われている。只下木が存在せず又枝下が非常に短いので地上附近の風速比が最も大きくなつてゐるのは実際の防風林と異なるところである。又風下5h附近は一般に渦領域となるため地表附近の風速が最も減退するところであるが、雛形林では林の幅(厚み)が極めて小さいために林内ではこのような現象はみられない。然し乍ら幅の充分に厚い実際の

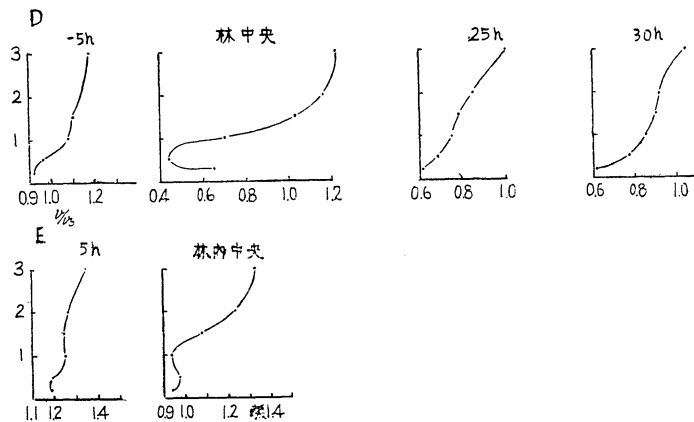
Fig. 40



(3)



(4)



防風林ではこのような風下の形が林内に現われることは期待し得るところである。

このような考え方で林内の風速比の垂直分布をとつてみるとⅠでは風上林縁に於ける風の垂直分布は fig. 33 に示すように、下北半島横浜海岸で河田氏測定の一3 h の夫れに似ており、林中央に於けるものは同じく 5 h に、風下林縁に於けるものは同じく 25 h の夫れに似ている。この林帯は第 26 表に示すように林帯の幅が厚く、本数も多く Σd (胸高直径合計) も大で従つて林帯としての遮風機能は大きく、防風林入口の風速比は極めて小さく、既に林央でⅡの林内風下の風速比垂直分布の形をとつてゐるが、風下林内風速比垂直分布は再び防風林の影響の

第 26 表 浜中海岸飛砂防止林の林帯構成

林帯	林帯の幅 (厚み) m	正面幅10mの林 帯の Σd cm	同 じ く N (本数)	同 じ く $\bar{d}$ cm	樹 冠 の 密 度 %			備 考
I	148	2,240	160	14	地上 5 m 迄	5~11m	11~16m	
					178	166	12	
II	130	1,806	86	21	地上 6 m 迄	6~10m	10~14m	
					103	188	70	
IIIa	70	1,054	62	17	地上 7 m 迄	7~12m	12~15m	
					51	94	6	
IIIb	55	1,016	87	11.6				樹冠は測定し得なかつた

(P. 24 の (1), (2), (3), P. 25 の (1), (2), (3), P. 26 の (1), (2), (3) 参照)

少ない形を示し、又地上 1 m の風速の水平分布は林内風上から風下に向つて下降しつつも l/w (風下林内風速比/風上林内風速比) は 0.40 に過ぎず、従つてそこに林帯の後退に対する幾分の危険を胎むものと考えられる。このような林帯では (更新を考えない場合の) 林帯の幅 (厚み) はむしろ現在以下であつても、「§ 8. 樹幹前後の風速の変化」で述べたように $\bar{d}$ をより大ならしめて樹幹の対風抵抗を増すと共に第 31 表によつてもわかるように (即ち II は I より N 及び Σd は小さいが、樹冠の対風抵抗値は却つて大きい)、 $\bar{d}$ の増加による樹冠量の増加、従つて樹冠の対風抵抗の増加を計るべきであらうと考える。然し乍ら、こゝに注意すべきは同一林帯又は Σd の差の少ない林帯間では $\bar{d}$ の増大による林分の対風効果の増大を期し又は林帯相互の対風効果の大小を比較し得るものとしても、第 26 表 I 及び III a の比較で明かなように Σd に著しい開きがある場合には、 $\bar{d}$ の大小による比較はなし難く、且 $\bar{d}$ の増加により林帯の対風機能を飛躍的に増大せしめることは困難と考えられる。

II では fig. 36 に示すように、林帯としての遮風作用は I より小であるが、風上林縁に於ける風の垂直分布は、河田氏測定 of 横浜海岸の風下林縁直後の夫れに似て居り、林央は 15h、風下林縁は 5h の夫れに似ている。即ちこの林帯は林内の地上 1m の風速の水平分布 ($l/w=0.18$) からみてもわかるように、下木の存在と $\bar{d}$ の大なることによつて林帯殊に樹幹部の風の阻止効果はかなり大きく、砂の侵入に対しては比較的安定した状態にあると考えられる。

III a では fig. 37 に示すように、林帯の遮風作用も極めて小さく且林内の風の水平分布は、風下林縁に於て上昇している ($l/w=0.69$)。即ちこの林帯では風の阻止効果は充分でなく、極めて不安定な状態にあるものと云える。

III b では fig. 38 に示すように、林内の風の水平分布は風下に向つて漸増している ($l/w=1.14$)。この状態に於ては飛砂による林分の破壊は急速に進行する。

次に各林帯の構成に就いて補足すると、第 26 表にみられるように、林帯の幅 (厚み) は I

が最大で、Ⅱはこれに近く、Ⅲでは砂による侵蝕のためⅠの1/2以下になつている。海岸に於ける飛砂防止のためにはある限度以上林帯の幅を必要とすることがこれによつてもわかるのである。

次に樹冠配置が問題であるが、ⅠはⅡより下木が多いために地上5m迄の樹冠密度が大きくなつているが、第2層及び第3層はⅡよりも却つて貧弱である。又Ⅲに至つては各層共にⅠ及びⅡよりはるかに低位にある。このことから、「下木乃至下方枝葉の存在も、風速の減退に効果を持つものではあるが、風速の減退はそれよりも寧ろ正常な樹冠の整い方により大きい関連があるもののようである」と云える。

樹幹の胸高直径に就いては既に述べた通りであるが、更に顕著な事例として指摘したいのはⅢaは $\bar{d}=17\text{ cm}$ でⅠの14 cmよりも大であるが、 Σd はⅢaはⅠの1/2以下で又Ⅲbは Σd も $\bar{d}$ も共に極めて小さく、従つて樹冠の対風抵抗も極めて小さいものであり(Ⅲa)、又あろう(Ⅲb)ことである。

第27表 林内外の風速及び風速比

I

測 点	樹 冠 中 央		樹 冠 下 際		地 上 1 m		標準風速 m/s
	風速 m/s	風速比%	風速 m/s	風速比%	風速 m/s	風速比%	
林 内 l	1.8	20	2.1	23	1.8	20	8.8
" C2	2.4	24	2.3	22	2.7	27	9.8
" C1	3.0	30	3.0	34	3.1	35	8.7
" w	6.9	69	7.0	84	4.2	50	8.3
-h 1					3.1	35	8.7
" 3					4.6	40	11.3
" 5					3.6	58	6.2
" 8					8.0	96	8.3

標準風速は自記大型ロビンソン 10 分間の平均

地上1mはビラム、樹冠中央、下際共に小型ロビンソンを用いた

II

測 点	樹 冠 中 央		樹 冠 下 際		地 上 1 m		標準風速 m/s
	風速 m/s	風速比%	風速 m/s	風速比%	風速 m/s	風速比%	
林 内 l	2.0	22	2.8	32	1.2	13	8.7
" C2	2.0	27	2.7	36	3.6	49	7.3
" C1	2.1	26	3.1	38	4.3	53	8.0
" w	5.6	24	9.2	105	6.3	72	8.7
-h 1					5.9	81	6.2
" 3					6.3	75	8.3
" 5					6.0	90	6.6
" 8					10.1	118	8.5

IIIa				IIIb			
測 点	地 上	1 m	標準風速 m/s	測 点	地 上	1 m	標準風速 m/s
	風速 m/s	風速比%			風速 m/s	風速比%	
70	3.18	46	6.88	林 内 l	7.38	69.6	10.6
54	2.83	39	7.35	" C2	4.98	51.4	9.5
37	5.61	65	8.64	" C1	5.99	63.1	9.5
20	6.06	67	9.08	" w	6.22	66.9	9.3
0	6.35	76	8.40	— h 5	10.88	119.6	9.1
— h 1.2	6.70	76	8.91				
18	8.70	104	8.38				
29	10.59	111	9.47				
31	10.11	124	8.13				

標準風速は汀線，自記大型ロビンソン

地上 1 m はピラム，100 秒間宛 2 回の観測

Ⅲ．内陸防風林の幅（厚み）に就いて

内陸に於ては海岸と異なり，吹き寄せる風はその経路に於ける障碍物に影響せられてその乱れを増し（風の乱れの強さは汀線では 0.10 の order であり，内陸では 0.20 の order と考えられる），風速を低下（防風林の対象とせられる風速は海岸を 20 m/s とすれば内陸は 12m/s 程度と考えて大過はない）しているものであるから，内陸と海岸では防風林として要求せられる林帯の構成に著しい距たりがあり，従つて両者は各々別個のものとして考究せらるべきもので，単に防風林なる名称の下に一括せらるべきものではないと考える。

§ 11. 防風林の幅（厚み）の最低限界に関する一資料

（金子村に於ける雛形防風林による観測）

1) 観測の目的と方法

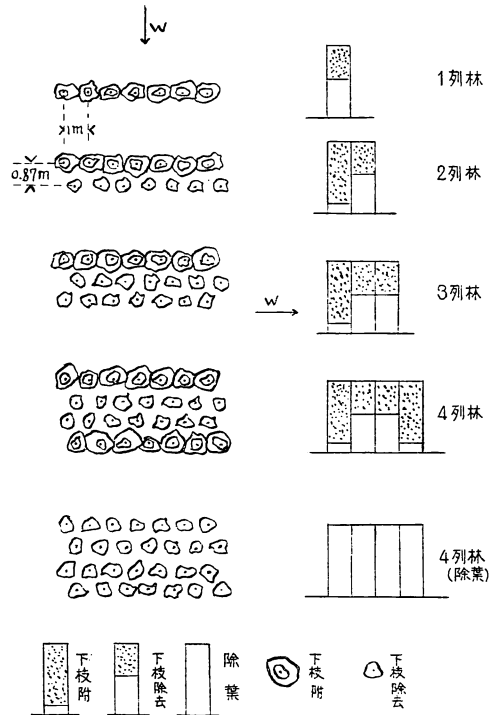
一般に防風林といつても，それが要求せられる場所の主風の強弱によつて，防風林として要求せられる林帯の幅（厚み）は著しく異つて来るものである。

内陸に於て，従つて日本海岸のように甚だしい強風のない場所で防風林として要求せられる林帯の幅（厚み）の最低限界を求めるために，昭和 26 年 1 月埼玉県金子村で雛形防風林を用いて観測を行つた。観測に用いた雛形防風林は 5 種であり，fig. 41 に示される通りである。雛形林の地上高は 3.05m で下枝附樹の樹冠長は 2.59m，下枝除去樹の樹冠長は 1.39m であつた。

2) 観測の結果

観測の結果は次表の通りである。

Fig. 41 雛形防風林の林形 (金子村)



第 28 表 雛形防風林の風に対する抵抗 (金子村)

林 型	耐 風 面 積 m^2				対 風 抵 抗 値 $kg \cdot m \cdot s^{-2}$		
	樹 幹 部	樹 冠 部		計	樹 幹 部	樹 冠 部	計
		幹・枝条	針 葉				
1 列 林	0.144	0.975	0.924	1.899	2.64	35.41	38.05
2 "	0.662	1.479	1.362	2.641	12.18	52.16	64.34
3 "	1.181	1.984	1.800	3.764	21.72	69.48	91.20
4 "	1.324	2.958	2.724	5.682	24.37	104.32	128.68
4 列除葉林	1.324	2.958	—	2.958	24.37	54.16	78.53

備考 雛形樹

平均樹高=3 m

枝下高

長樹冠=0.46m

短樹冠=1.66m

平均胸高直径=5.0 cm

1 本当り針葉本数

長樹冠=187,610 本

短樹冠=89,566 本

針葉の大きさ (242 本の平均)

直径=0.06 cm

長さ=9.0 cm

耐風面積＝縦断面積

(三角形植, 10m正面 1列 10本の計算)

枝条比は重量比を基として次のようにした

長樹冠＝17%

短樹冠＝7%

 $f'=0.75$ 抵抗係数 $C_x=1.2$

R 数算出の基礎

樹高＝3 m

風速＝5.00 m/s

地表の凹凸＝0.5 m

 $K=2.5 \times 10^{-2}$ $R=LV/K=6.0 \times 10^2$

第 29 表の (1) 1 列林前後の風速 (金子村) I

測点 風速	0.65 m		1.05 m		1.55 m		2.05 m		2.55 m		3.05 m		標準 v_0	備 考
	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀		
3 h	0.98	0.49	1.60	0.80	1.47	0.73	2.00	0.99	1.90	0.94	2.29	1.14	2.01	標準は－6 h, 地上高 1 m に於ける小型ロビンソン風速計による観測である。防風林前後の風速は小型ロビンソン風速計による垂直 6 点同時測定である。
	1.30	0.65	1.38	0.69	1.32	0.66	1.79	0.89	1.60	0.80	1.98	0.98	2.01	
	1.58	0.89	1.74	0.98	1.71	0.96	2.04	1.15	1.74	0.98	1.98	1.11	1.78	
5 h		0.67		0.82		0.78		1.01		0.91		1.08		
	2.31	0.93	2.65	1.07	2.57	1.04	3.01	1.21	2.68	1.08	2.50	1.01	2.48	
	1.85	0.84	2.06	0.93	2.00	0.91	2.45	1.11	2.09	0.95	2.39	1.08	2.21	
10 h	1.65	0.82	2.06	1.03	2.05	1.02	2.48	1.23	2.21	1.10	2.55	1.27	2.01	
		0.86				0.99		1.19				1.12		
	1.85	0.84	2.06	0.93	2.05	0.93	2.30	1.04	2.00	0.91	2.32	1.01	2.21	
	2.31	0.90	2.68	1.05	2.52	0.98	2.73	1.07	2.50	0.98	2.72	1.06	2.56	
	2.27	0.92	2.59	1.05	2.57	1.04	2.82	1.14	2.50	1.01	2.81	1.13	2.48	
		0.88		1.01		0.98		1.08		0.86		1.07		

第 29 表の (2) 1 列林前後の風速 (金子村) II

測点 風速	0.65 m		1.05 m		1.55 m		2.05 m		2.55 m		3.05 m		標準 v_0	備 考
	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀		
－5 h	1.11	0.70	1.51	0.95	1.41	0.94	1.74	1.09	1.55	0.98	1.94	1.22	1.59	使用風速計はすべて使用前後に於て、小型風洞を用いて各種風速に於ける 100 秒間の廻転数を検定しこれによつて補正を加えた。
	1.23	0.69	1.55	0.87	1.41	0.79	1.80	1.01	1.59	0.89	1.94	1.09	1.78	
	1.58	0.79	1.93	0.96	1.90	0.95	2.25	1.12	2.00	1.00	2.43	1.21	2.01	
－1 h		0.73		0.93		0.89		1.03		0.95		1.17		
	1.52	0.76	1.89	0.94	1.80	0.90	2.04	1.02	1.76	0.88	2.11	1.05	2.01	
	1.46	0.82	1.89	1.06	1.77	0.99	2.04	1.15	1.76	0.98	2.11	1.19	1.78	
1 h	1.65	0.89	2.02	1.09	1.95	1.05	2.21	1.20	1.90	1.03	2.29	1.24	1.85	
		0.82		1.03		0.98		1.12		0.96		1.16		
	1.07	0.71	0.91	0.61	0.91	0.61	1.47	0.98	1.22	0.81	1.87	1.25	1.50	
3 h	1.58	0.75	1.29	0.61	1.32	0.63	1.82	0.86	1.68	0.80	2.32	1.10	2.11	
	1.44	0.74	1.25	0.64	1.14	0.53	1.82	0.93	1.68	0.86	2.25	1.15	1.95	
		0.73		0.62		0.59		0.93		0.82		1.17		
	1.11	0.62	1.41	0.79	1.32	0.74	1.70	0.95	1.51	0.85	1.87	1.05	1.78	
	1.40	0.83	1.65	0.98	1.52	0.90	1.84	1.10	1.55	0.92	1.87	1.11	1.68	
	1.44	0.91	1.70	1.07	1.66	1.04	1.98	1.25	1.63	1.03	1.99	1.25	1.59	
	1.07	0.64	1.20	0.71	1.04	0.62	1.33	0.79	1.19	0.71	1.69	1.01	1.68	
	1.23	0.77	1.33	0.84	1.23	0.77	1.60	1.01	1.45	0.91	1.91	1.20	1.59	
	1.26	0.71	1.37	0.77	1.19	0.67	1.47	0.83	1.41	0.79	1.87	1.05	1.78	
		0.75		0.86		0.79		0.99		0.87		1.11		

第 30 表 2 列林前後の風速 (金子村)

測 點	風速	計器高		0.65 m		1.05 m		1.55 m		2.05 m		2.55 m		3.05 m		標準 v ₀	備	考
		v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀			
— 5 h		2.78	0.95	2.97	1.02	3.07	1.05	3.27	1.12	3.03	1.04	3.45	1.19	2.91				
		2.21	0.86	2.73	1.06	2.73	1.07	2.98	1.16	2.68	1.05	3.04	1.19	2.56				
		2.97		3.11		3.25		3.51		3.25		3.59						
		2.73	0.97	2.97	1.06	2.96	1.05	3.27	1.16	3.03	1.08	3.38	1.20	2.81				
			0.93		1.05		1.06		1.15		1.06		1.19					
— 1 h		2.55	0.93	2.87	1.05	2.91	1.07	3.10	1.14	2.82	1.03	3.20	1.17	2.73				
		2.82	0.97	3.20	1.10	2.20	0.76	3.48	1.10	3.25	1.12	3.45	1.19	2.91				
		2.60	0.89	2.92	1.00	2.91	1.00	3.15	1.08	2.90	1.00	3.20	1.10	2.91				
			0.93		1.05		0.94		1.13		1.05		1.15					
1 h		2.45	0.83	2.21	0.71	1.95	0.63	2.39	0.77	2.40	0.77	3.32	1.07	3.10				
		2.17	0.70	2.35	0.76	2.00	0.65	2.48	0.80	2.40	0.77	3.28	1.06	3.10				
		2.08	0.61	2.45	0.71	2.10	0.61	2.44	0.71	2.40	0.70	3.32	0.97	3.44				
			0.70		0.73		0.63		0.76		0.75		1.03					
3 h		2.54	0.77	2.55	0.78	2.34	0.72	2.65	0.81	2.58	0.79	3.16	0.97	3.27				
		3.20	0.91	3.47	0.99	3.39	0.96	3.65	1.04	3.53	1.00	3.98	1.13	3.27				
		3.25	0.95	3.51	1.02	3.42	0.99	3.60	1.05	3.40	0.99	3.85	1.12	3.52				
			0.88		0.93		0.89		0.96		0.93		1.07	3.44				
5 h		2.41	0.76	2.64	0.83	2.58	0.81	3.01	0.94	2.94	0.92	3.32	1.04	3.19				
		3.57	0.90	3.95	0.99	3.96	1.00	4.27	1.07	4.12	1.04	4.45	1.12	3.98				
		2.64		2.87		2.82		3.27		3.07		3.45						
		2.21	0.89	2.50	1.01	2.44	0.98	2.79	1.13	2.50	1.01	2.81	1.13	2.48				
			0.85		0.94		0.93		1.05		1.00		1.10					
10 h		2.45	0.72	2.74	0.86	2.58	0.81	2.79	0.87	2.54	0.80	2.81	0.88	3.19				
		2.86	0.92	3.15	1.02	3.15	1.02	3.38	1.09	3.07	0.99	3.38	1.09	1.10				
		2.45	0.96	2.78	1.09	2.82	1.10	3.10	1.21	2.82	1.10	3.11	1.21	2.56				
			0.88		1.00		0.98		1.06		0.96		1.06					

第 31 表 3 列林前後の風速 (金子村) I

測 點	測點高 風速		0.65 m		1.05 m		1.55 m		2.05 m		2.55 m		3.05 m		標準 v ₀	備 考
	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀				
— 5 h	0.65	0.66	0.85	0.87	0.77	0.79	1.02	1.04	0.78	0.80	1.08	1.12	0.98			
	1.17	0.83	1.28	0.91	1.14	0.81	1.46	1.04	1.10	0.78	1.38	0.98	1.41			
	1.07	0.88	1.22	1.00	1.04	0.85	1.32	1.08	1.01	0.83	1.30	1.07	1.22			
	1.01	0.83	1.10	0.90	0.96	0.79	1.30	1.07	1.01	0.83	1.38	1.13	1.22			
		0.80		0.92		0.81		1.06		0.81		1.07				
— 1 h	0.80	0.70	1.01	0.88	0.81	0.70	1.07	0.93	0.91	0.79	1.17	1.02	1.15			
	0.85	0.60	1.15	0.82	1.00	0.71	1.30	0.92	1.10	0.78	1.38	0.98	1.41			
	1.07	0.88	1.18	0.97	1.10	0.90	1.38	1.13	1.10	0.90	1.28	1.05	1.22			
		0.72		0.89		0.77		0.99		0.82		1.02				

第 32 表 3 列林前後の風速 (金子村) II

測 點	計器高		0.65m		1.05m		1.55m		2.05m		2.55m		3.05m		標準 v ₀	備 考
	風速		v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀		
一 5 h	2.21	0.86	2.60	1.02	2.57	1.00	2.82	1.10	2.62	1.02	3.00	1.17	2.56			
	2.45	0.92	2.74	1.03	2.77	1.05	3.01	1.14	2.72	1.03	3.13	1.18	2.65			
	2.54	0.93	2.78	1.01	2.77	1.02	3.05	1.12	2.77	1.02	3.08	1.13	2.73			
		0.91		1.02		1.02		1.12		1.02		1.16				

- 1 h	2.27	0.86	2.60	0.98	2.44	0.92	2.88	1.09	2.54	0.96	2.75	1.04	2.65
	2.37	0.93	2.78	1.09	2.67	1.03	3.01	1.18	2.58	1.01	2.90	1.13	2.56
	2.69	0.93	3.01	1.03	2.91	1.00	3.30	1.13	2.90	1.00	3.18	1.09	2.91
		0.90		1.03		0.98		1.13		0.99		1.09	
1 h	2.00	0.83	1.83	0.76	1.41	0.59	1.39	0.58	1.10	0.46	1.90	0.79	2.40
	2.41	0.75	2.25	0.70	1.90	0.59	1.60	0.50	1.26	0.39	2.39	0.75	3.20
	2.50	0.73	2.41	0.70	1.90	0.55	1.79	0.52	1.65	0.48	2.68	0.78	3.43
		0.77		0.72		0.58		0.53		0.43		0.77	
3 h	2.04	0.75	2.11	0.77	1.86	0.68	2.04	0.75	2.03	0.74	2.68	0.98	2.73
	1.95	0.74	1.97	0.74	1.71	0.65	2.04	0.77	1.94	0.73	2.55	0.96	2.65
	1.95	0.76	2.11	0.82	2.00	0.78	2.21	0.86	2.03	0.79	2.50	0.98	2.56
		0.75		0.78		0.70		0.79		0.76		0.97	
5 h	2.37	0.72	2.53	0.77	2.47	0.76	2.73	0.84	2.72	0.83	3.20	0.98	3.27
	2.17	0.88	2.35	0.95	2.25	0.91	2.45	0.99	2.31	0.93	2.71	1.09	2.48
	2.08	0.69	2.65	0.88	2.67	0.89	3.05	1.02	3.00	1.00	3.45	1.15	3.00
		0.76		0.87		0.85		0.95		0.92		1.07	
10 h			2.02	0.96	2.00	0.95	2.26	1.07	1.65	0.78	2.26	1.07	2.11
	2.27	0.95	2.50	1.04	2.47	1.03	2.70	1.13	2.36	0.98	2.62	1.09	2.40
	2.04	0.82	2.25	0.91	2.20	0.89	2.51	1.01	2.21	0.89	2.55	1.03	2.43
	1.52	1.25	1.80	1.48	1.71	1.40	2.01	1.65	1.69	1.39	2.01	1.65	1.22
	1.40	0.83	1.55	0.92	1.41	0.84	1.79	1.07	1.40	0.83	1.72	1.02	1.68
		0.96		1.05		1.02		1.18		0.98		1.17	

第 33 表 4 列林前後の風速 (金子村) I

測点	測点高 風速 0.65m		1.05m		1.55m		2.05m		2.55m		3.05m		標準 v ₀	備 考
	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀	v	v/v ₀		
- 5 h			1.00 1.67	0.89 0.89	0.81 0.68	0.72 0.72	1.06 0.95	0.94 0.94	0.81 0.65	0.72 0.72	1.08 1.05	0.96 0.96	1.13	
- 1 h	0.98 0.85 0.69	0.74 0.64 0.69	1.20 1.10 0.91	0.91 0.83 0.81	1.04 0.91 0.71	0.79 0.69 0.63	1.37 1.18 1.06	1.04 0.89 0.94	1.10 0.81 0.77	0.83 0.61 0.68	2.42 2.30 1.16	1.83 1.74 1.03	1.32 1.32 1.13	
1 h	1.17 0.85 0.65 1.35 0.62	0.66 0.60 0.49 0.73 0.62	0.91 0.62 0.45 1.05	0.51 0.44 0.34 0.57 0.46	0.62 0.43 0.25 0.77 0.31	0.35 0.31 0.19 0.42 0.31	0.69 0.55 0.51	0.39 0.39 0.39	0.60 0.37 0.47 0.60 0.32	0.34 0.26 0.36 0.32 0.32	2.32 1.03 1.05 2.30 1.03	1.30 0.77 0.80 1.24 1.03	1.78 1.41 1.32 1.85	
3 h	0.85 1.07 0.80	0.51 0.60 0.57 0.56	0.91 1.10 0.81	0.54 0.62 0.58 0.58	0.58 0.62 0.62 0.38	0.35 0.35 0.44 0.38	0.72 0.99 0.90 0.54	0.43 0.56 0.64 0.54	0.65 0.91 0.69 0.46	0.39 0.51 0.49 0.46	2.30 1.60 2.30 1.30	1.37 0.90 1.60 1.30	1.68 1.78 1.41	
5 h	0.60 0.75 0.60	0.38 0.47 0.40 0.41	0.81 1.10 1.00	0.51 0.70 0.67 0.62	0.71 0.91 0.81	0.45 0.57 0.54 0.52	0.86 1.18 1.15 0.68	0.54 0.74 0.77 0.68	0.69 1.00 0.86 0.57	0.43 0.69 0.86 0.57	1.12 2.42 2.30 0.92	0.70 0.52 1.53 0.92	1.59 1.59 1.50	
10 h	1.71 1.26 1.52	0.85 0.60 0.80 0.74	2.02 2.65 1.75	1.01 1.26 0.90 1.05	1.95 1.52 1.71 0.86	0.97 0.72 0.88 0.86	2.34 1.92 2.04 1.04	1.16 0.91 1.05 1.04	2.04 1.69 1.78 0.91	1.02 0.80 0.91 0.91	2.38 2.06 2.06 1.06	1.18 0.98 1.03 1.06	2.01 2.11 1.95	

第 34 表 4 列林前後の風速 (金子村) II

測 点	計器高 風速 0.65m		1.05m		1.55m		2.05m		2.55m		3.05m		標準 v_0	備 考
	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0	v	v/v_0		
- 1 h	1.52	0.72	1.83	0.87	1.77	0.84	1.98	0.94	1.68	0.80	1.99	0.94	2.11	除葉
			1.75	0.95	1.71	0.92	1.91		1.63	0.88	1.94	1.05	1.85	
			1.61	0.96	1.62	0.96	1.91	1.14	1.55	0.92	1.87	1.11	1.63	
		0.72		0.92		0.91		1.04		0.87		1.03		
1 h	1.26	0.75	1.42	0.85	1.32	0.79	1.55	0.92	1.25	0.74	1.60	0.95	1.63	
			0.85		0.71		0.95		0.69		0.95			
	1.35	0.73	1.55	0.84	1.52	0.82	1.84	1.00	1.59	0.86	2.02	1.09	1.85	
	1.17	0.70	1.42	0.85	1.32	0.79	1.65	0.98	1.35	0.80	1.81	1.03	1.63	
3 h														
			0.91		0.77		1.03		0.73		1.05			
	0.85	0.64	1.05	0.80	0.96	0.73	1.20	0.91	0.91	0.69	1.20	0.91	1.32	
	0.98		1.15		1.10		1.39		1.10		1.33			
5 h			1.10		0.86		1.10		0.87		1.03			
	0.90		1.37	0.91	1.04	0.69	1.39	0.92	1.10	0.73	1.37	0.91	1.50	
		0.64		0.85		0.71		0.91		0.71		0.91		

3) 考察

第 29 表～第 30 表から fig. 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56 及び 57 が得られる。

さて fig. 42～46 及び fig. 52～57 をみると、「§ 7 の (2) あかまつ単木風下の風速」で示されたと同様に、地上高 0.65m, 1.05m 及び 1.55m では 1, 2, 3, 4 (除葉) 列林共に殆んど樹冠の影響はみられず、1.55m で 0.5h 附近に僅かに樹冠の**かげ**が出ている程度であるが、

Fig. 42 1 列雛形林風速比水平分布図

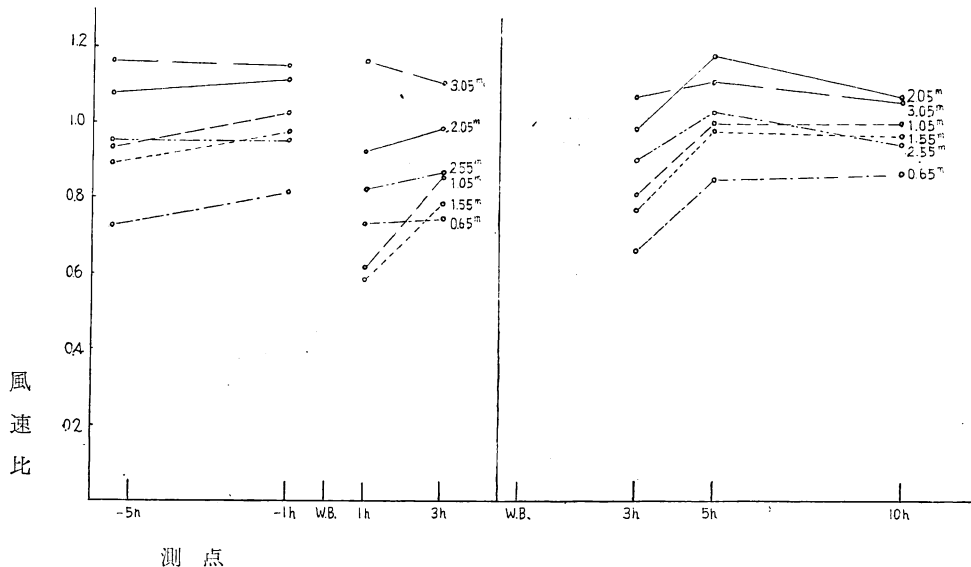


Fig. 43 2列雛形林風速比水平分布图

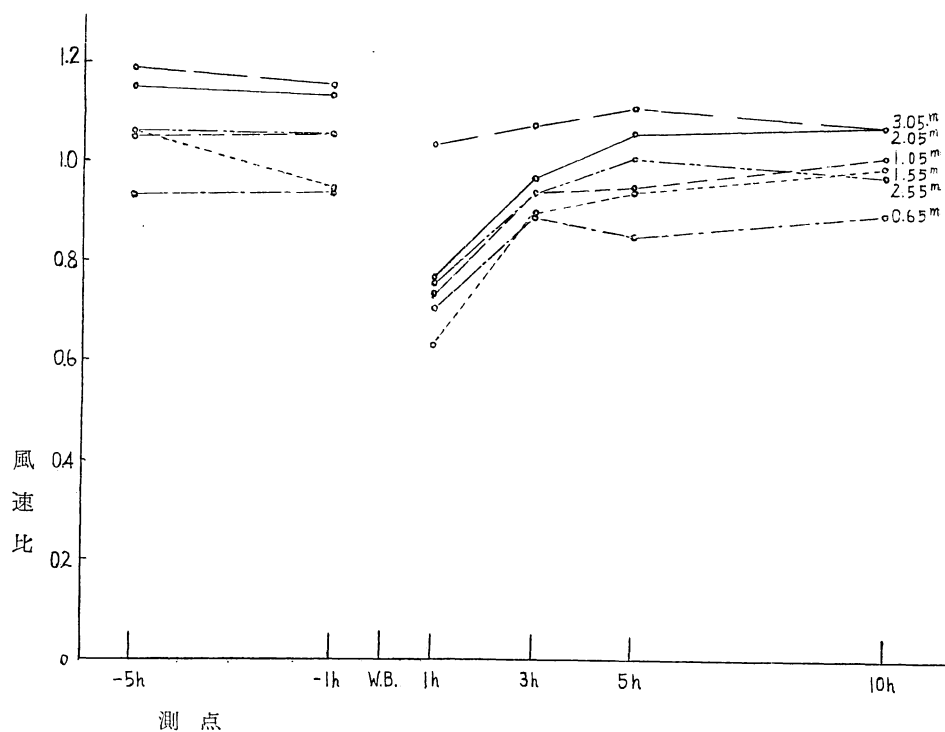


Fig. 44 3列雛形林風速比水平分布图

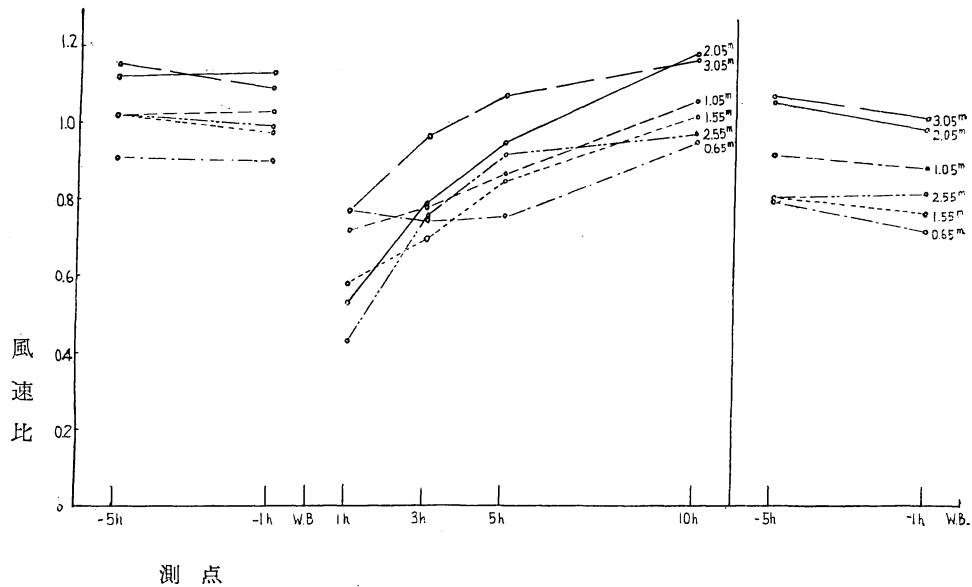


Fig. 45 4列雛形林風速比水平分布図

Fig. 46 4列(除葉)雛形林風速比水平分布図

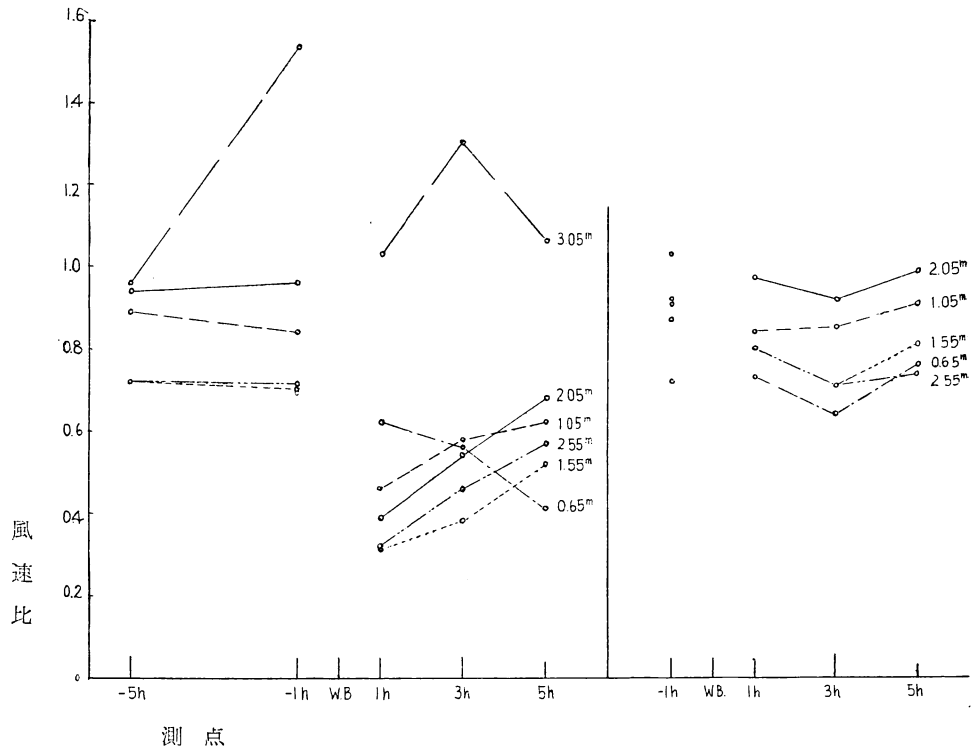


Fig. 47 1列雛形林風速比垂直分布図

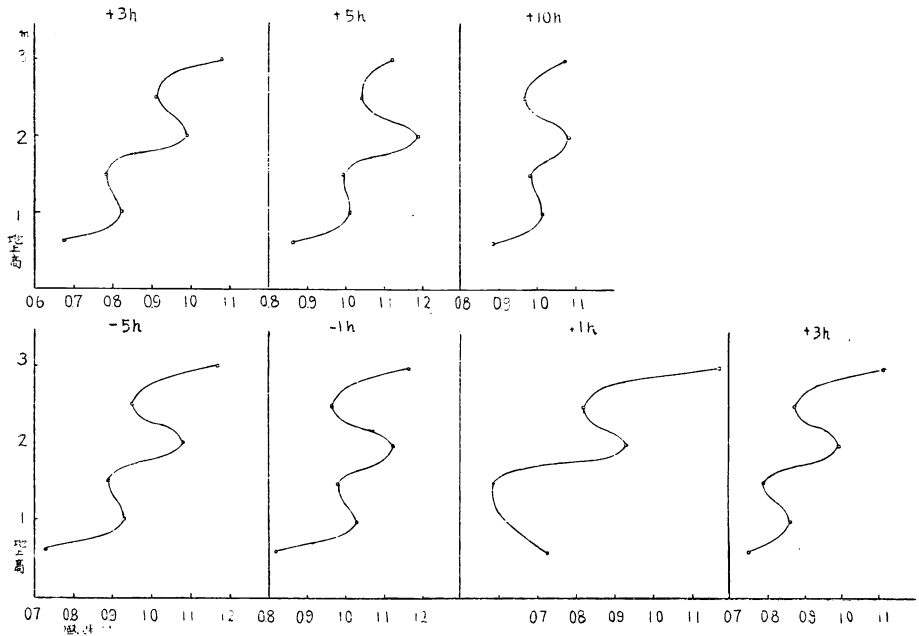


Fig. 48 2 列雛形林風速比垂直分布圖

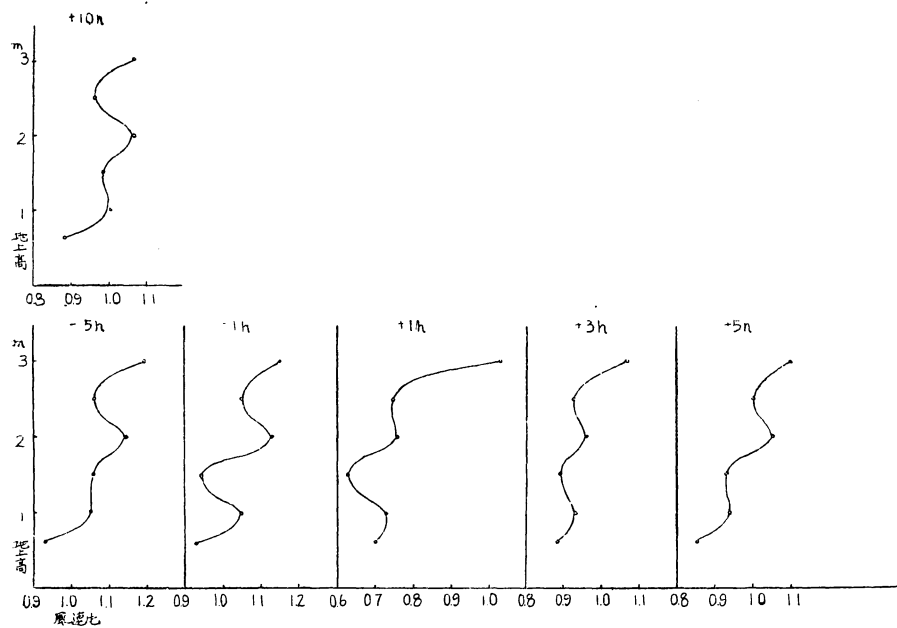


Fig. 49 3 列雛形林風速比垂直分布圖

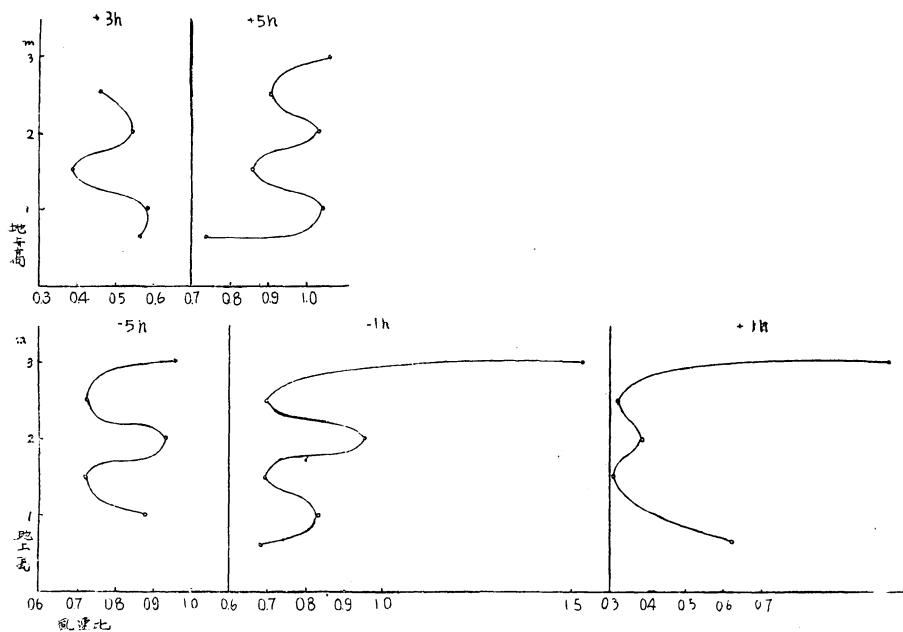


Fig. 50 4列雛形林風速比垂直分布図

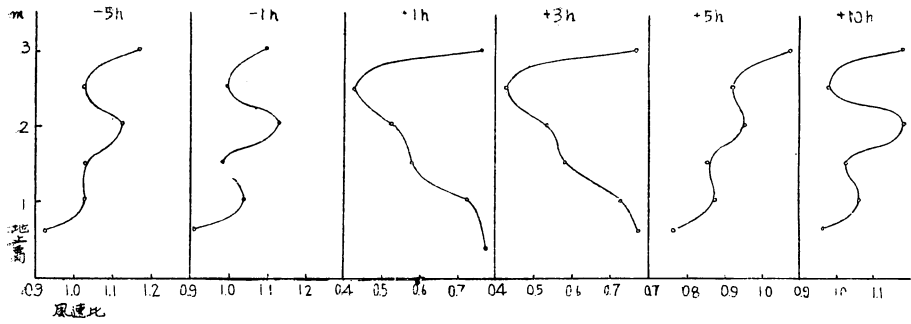
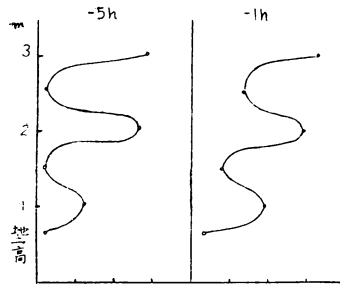


Fig. 51 4列雛形林 (除葉) 風速比垂直分布図

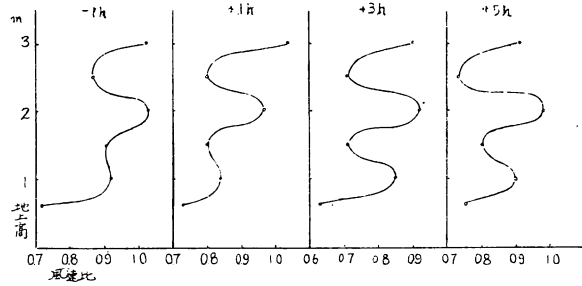


Fig. 52 地上高 0.65m の比較

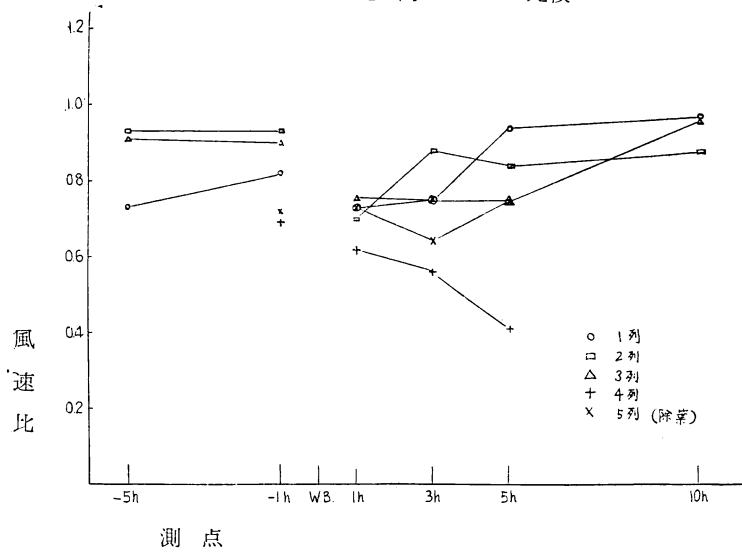


Fig. 53 地上高 1.05m の比較

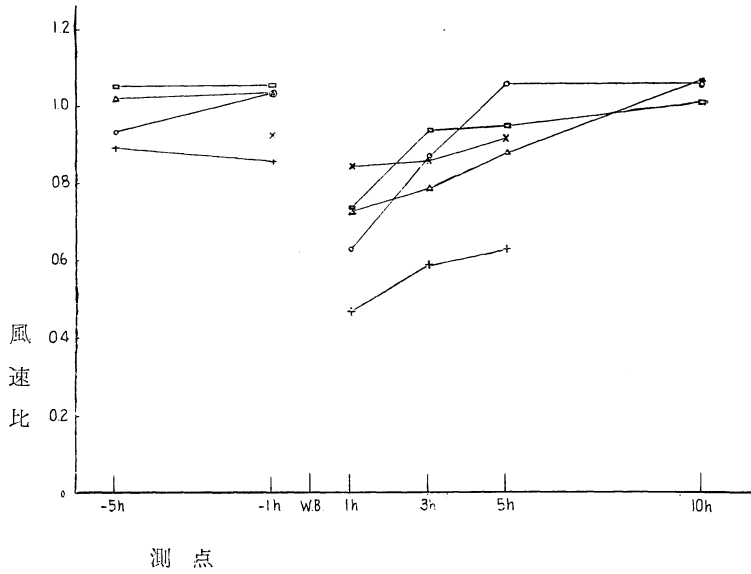
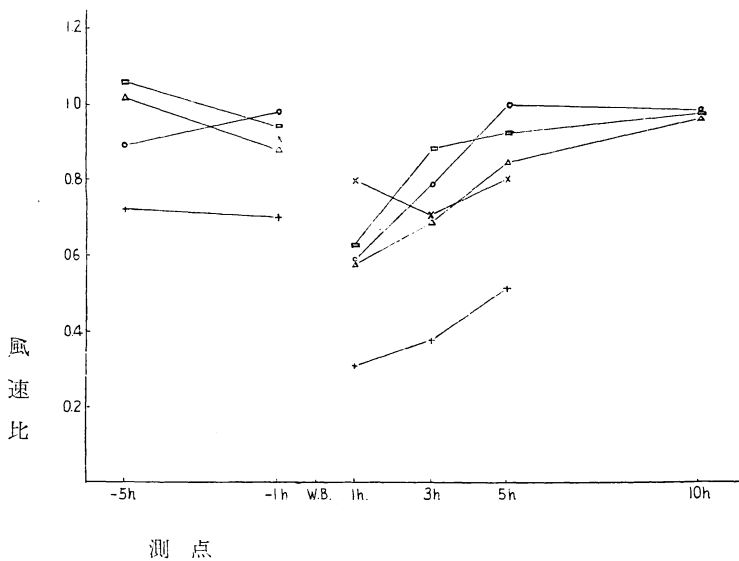


Fig. 54 地上高 1.55m の比較



4 列林（単に 4 列林と記したものは 4 列有葉林である）のみは他の 4 者と離れて特に風下で顕著な風速の減退が現われている。即ち、この程度の風速（2～3m/s 前後）でも、長樹冠木 1 列林とか長樹冠木が 1 列しか入っていない 2, 3 列林や長樹冠木は 2 列入っているが針葉を除いた 4 列除林では、風上風下に於て地表に近い部分即ち短樹冠木の樹幹部に相当する地上高の範囲では認むべき防風効果が見られず、従つてこの場合有効防風林としての限界は 4 列林と他の 4 者との間にあると推察せられる。

Fig. 55 地上高 2.05 m の比較

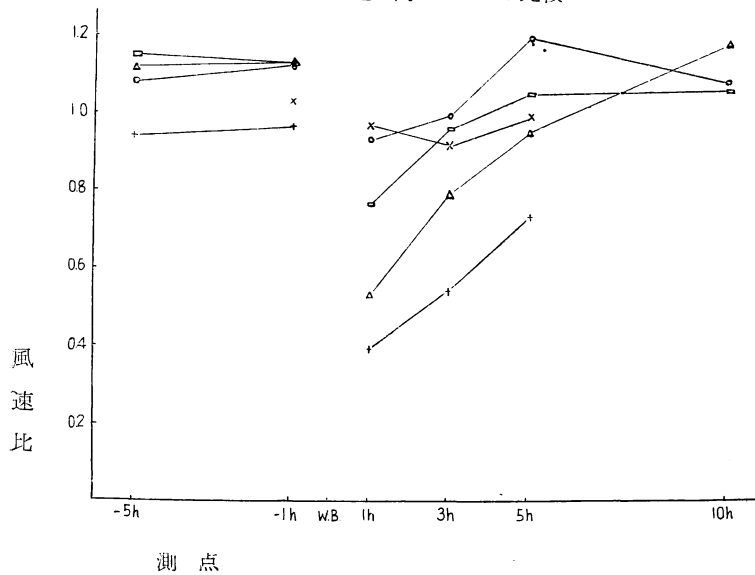
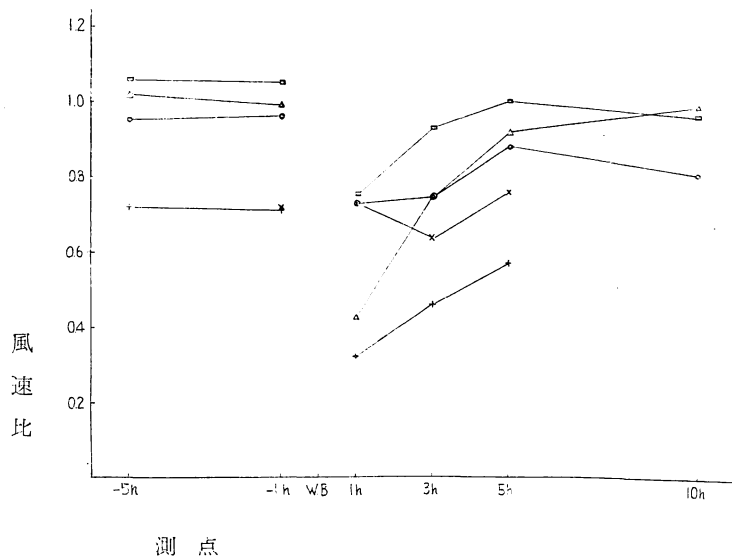


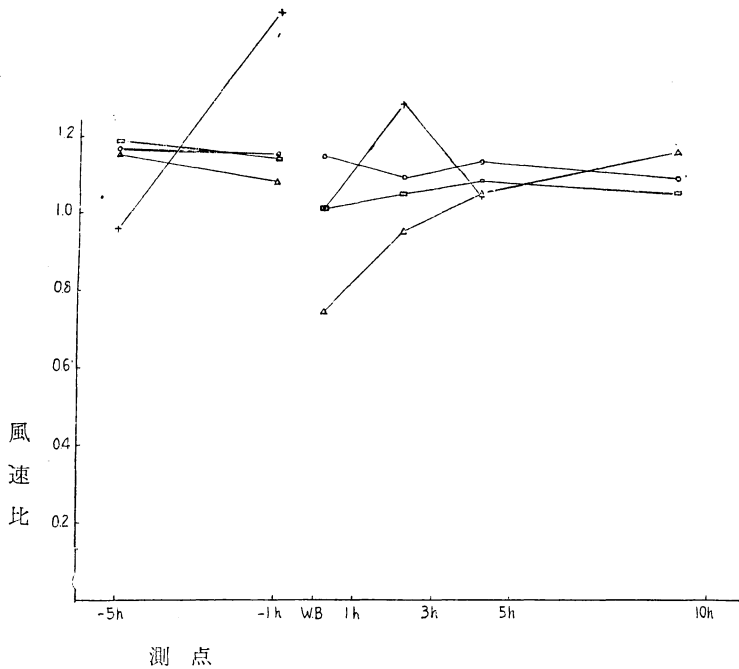
Fig. 56 地上高 2.55 m の比較



次に4列林の有葉と除葉とを比較するとこの両者は、5h 附近ではかなり接近した効果状態にあり、又この位置では後者は3列林よりも寧ろ大なる遮風効果を持つものゝようである。これは樹冠の**かげ**の影響の少ない地表に近い部分では風向に於て樹幹断面積合計の大なるもの程防風効果が大きいことを表わすもので当然のことである。

地上高 2.05m, 2.55m は全く樹冠の**かげ**に入るものであるが、樹冠量の最も多い4列林はこの部分でも同様に他の4者と劃然とわけられる防風林風上風下の効果を現わしている。なお

Fig. 57 地上高 3.05m の比較



4 列除葉林は地上高 2.55m では 4 列林に極めて接近した値を示し、特に -1h では殆んど同値であるが、このことから前例と共に樹冠の**かけ**の中心を距たると共に針葉の影響よりも寧ろ幹枝の影響が強く出て来ることがわかる。

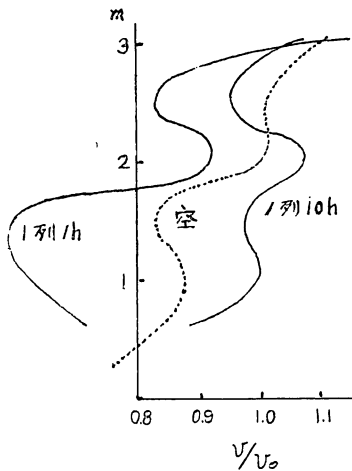
地上高 3.05m 即ち樹冠の上縁の線では何れの林形でもその風下の風速比の変化は錯走してその間に著しい差異は認められず、且何れに於ても殆んど風速は減退せず却つて増加される傾向が現われている。

fig. 47~fig. 51 は雛形林前後の風速比の垂直分布を画いたものであるが、前述のように地上高 3.05m では既に防風林のかけはみられず、 v/v_0 も各形を通じて

v/v_0	出現数
0.75	1
0.95	5
1.05	14
1.15	9
1.35	1
1.55	1

で mode の 1.05 は空観測の 1.12 にほど近い数値であるから、これを概略の基準点として比較を行うと 1 列では図 (fig. 58) のように 10h で既に防風効果なく、1h ではやゝ効果が認められ特に地上 1.5m 附近に著しく現われている。このようにしてみると 5h, -1h 及び -5h では全く効果なく、3h では地上 1m 以下では殆んど効果が認められないが、地上 1m

Fig. 58



と2mの間及び地上2.5m附近に幾分の効果が認められ、結局1列林で効果の現われているのは3h迄でそれも充分なものではない。

2列林では3hで1mから上にやゝ明瞭に効果が現われて居り、1hでは全垂直高に亘つて顯著に現われているが、5h及び10hでは樹冠のかげも極めて薄く、-1h及び-5hでは全く効果はみられない。即ち2列林も1列林と同じく防風効果のみられるのは3h迄である。

3列林では10hで2.5mから上に僅少の効果がみられ、5hでは1mから上に特に1~2mの間にやゝ明瞭な効果がみられ、1h及び3hでは1mから上に特に2~3mの間に顯著な効果が現われている。又-1h及び-5hでは効果の現われる場合にも殆ど現われない場合もあつてその傾向は明瞭でない。

4列林では5hで1.5m及び2.5m附近に、又3h及び1hでは全垂直高に亘つて風速の減退がみられ、又-1h及び-5hでも顯著に効果が現われ、風上風下共に大体に於て一般の防風林にみられる効果が生じている。

4列除葉林では、-1h, 1h, 3h, 5h共に全垂直高に亘つて風速の減退がみられるが、1h及び3h、特に地上高2~3mの間ではその大いさは3列林よりもはるかに小さい。

以上を通じてみると、供試5林型中で4列林は特に風下の効果が他とかけ離れて大きく、従つてこれだけでみると、4列林と他の4者との間に一応内陸防風林としての境界線を引き得るようであるが、風下効果も4列林では5h迄しか測定せられておらず、又風速も甚だ小さいものであつたので、これだけでは4列林が内陸防風林として正常な値を有するものであるかどうかはわからない。尚幹及び枝条の防風効果もかなり大きく、針葉を全く有しない4列除葉林でも、3列林よりも後方の地表に近い部分では効果が大きく現われる場合があるが、林に近い樹冠の風下ではその効果の大いさは3列林に及ばない。このことから樹冠部に於ける風に対する抵抗に関しては4列除葉林は3列林と2列林の間にあると考えられる。(P.19~P.23 参照)

Ⅳ. 海岸防風林の幅(厚み)に就いて

§ 12. 防風林林内の風速比の変化から考察せられる 海岸防風林の基準幅(基準の厚み)に就いて

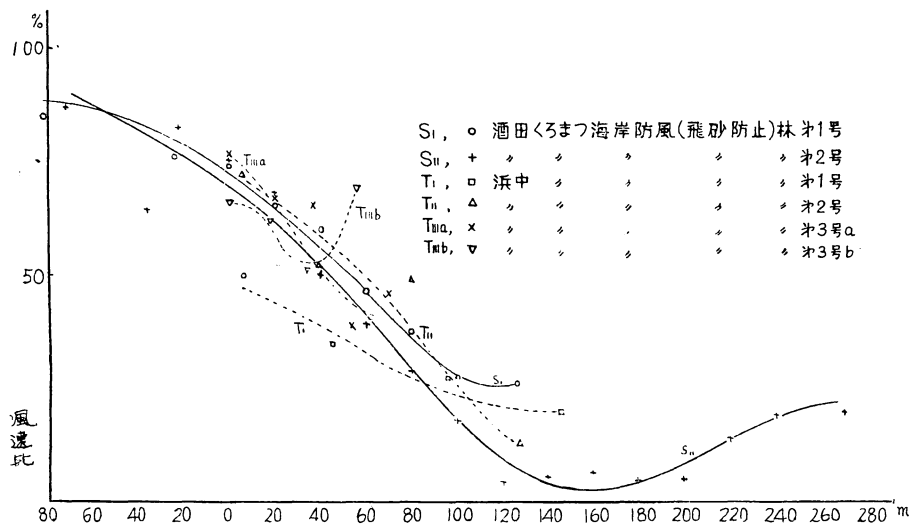
(1) 供試防風林及び林内風速比の測定値

供試防風林は第35表に示される15例中、福島第1区、同第2区、栃木第1区、同第2区を

第35表 林帯の構成, 遮風度及び

防 風 林 名	樹 種	林 帯 の 構 成							
		h m	h_{mean} m	h_0 m	D m	d cm	$\sum d =$ Nd cm	N	L m
横浜海岸防風林 I (吹越第2国宥防風林)	くろまつ	12.18	13.50	5.08	1.4	7.57	1491	197	99
同 II (")	"	12.98	13.50	5.09	1.5	8.06	1709	212	104
福 島 第 1 区	からまつ(落葉), すぎ	9.92 11.70	14.00	3.48 3.45	1.5 1.0	12.20 15.30	300	12 10	8
同 第 2 区	すぎ	10.00	13.00	2.08	1.7	18.50	296	16	3
柄 木 第 1 区	上木あかまつ, 下木落葉 広葉樹 N=46, h=2.7m d=3.0cm	12.50	12.50	7.53	2.1	24.76	460	13	27
同 第 2 区	上木あかまつ, 下木ひの き N=20, h=3.1m, d=5.0cm, 落葉広葉樹 N=20, h=3.8m, d=5.3cm	12.08	13.00	8.33	2.0	26.16	755	21	29
浜中海岸防風林 I	くろまつ	8.50	16.00	5.00	1.5	14.00	2212	158	148
同 II	"	9.00	14.00	4.70	2.0	21.00	2764	84	130
同 III(a)	"	7.60	15.00	4.20	1.9	17.00	1054	62	70
小牛沼海岸防風林	"	8.22	14.00	3.50	2.5	16.45	9280	564	380
北釜海岸防風林	"	6.33	15.00	2.40	3.0	13.60	7616	560	340
横浜からまつ防風林	からまつ (落葉)	12.00	12.00	5.00	2.5	14.30	1073	75	47
八幡境内林(横浜)	かしわ, せん其の他 (落葉)	14.00	14.00	4.00	5.0	22.00	2332	106	170
酒田海岸防風林 I	くろまつ	8.06	13.00	3.65	2.7	12.27	2245	183	125
同 II	"	6.16	13.00	2.44	2.1	7.96	5070	637	270

Fig. 59 防風林林内の風速比の変化

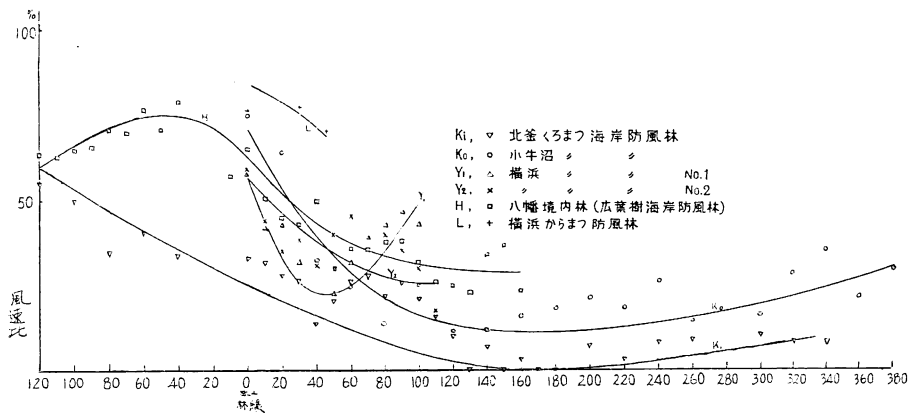


対 風 抵 抗 総 括 表

(対風抵抗値の測定に就いては第 18 表備考参照のこと)

林 帯 の 遮 風 度			林帯の対風抵抗値 $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$			摘 要
樹 冠 部	樹 幹 部	林 帯	樹 冠 部	樹 幹 部	林 帯	
0.8370	0.9421	0.8766	1840	1234	3124	林帯の構成中, 上の数字はすぎ, 下の数字はからまつ
0.9868	0.9424	0.9700	2163	1474	3637	
0.3200	0.3500	0.3275	344	350	694	
0.3300	0.4600	0.3645	304	102	406	
0.3350	0.5880	0.3774	95	594	689	凡 例
						$\bar{h}$ = 平均樹高
						$\bar{h}_{max}$ = 最大樹高
0.4770	0.3110	0.3700	306	1090	1396	$\bar{h}_0$ = 平均枝下高
						$\bar{D}$ = 平均樹冠底面直径
0.6590	0.8500	0.7418	944	1817	2761	$\bar{d}$ = 平均胸高直径
0.7460	0.6620	0.7299	1158	1353	2511	$\sum d = Nd$ = 胸高直径合計
0.5580	0.3990	0.5039	567	728	1295	L = 林帯の幅
0.9174	0.9933	0.9364	5124	6113	11237	$N = 10\text{m}$ (正面幅) $\times$ L 平面内の本数
0.9998	0.9529	0.9910	4860	3362	8222	
0.9286	0.8650	0.7167	556	903	1459	
—	—	—	2942	1675	4617	
0.7800	0.9475	0.8270	3472	1427	4899	
0.9447	0.9940	0.9539	5807	2358	8165	

Fig. 60 防風林林内の風速比の変化



除く 11 例と浜中海岸防風林Ⅲ(b)との 12 例で、それ等の林帯の構成、遮風度、対風抵抗値は第 35 表及び第 26 表に示される通りである。尙その林分構成の状態は P. 14(1), (2), (3), P. 15 (1), (2), (3), (4), (5), P. 16 (1), (2), (3), P. 17, P. 18, P. 24 (1), (2), (3), P. 25(1), (2), (3), P. 26(1), (2), (3)参照。

図中樹冠に記された数字は樹冠の通風度（1－通風度＝遮風度）を示すものである。又各々の林内（数個のものは林前も）の風速比の測定値は、第 32 表、第 36 表～第 41 表と fig. 59 及び fig. 60 に示されている。

第 36 表 酒田海岸くろまつ防風林の林内（外）の風速比の変化

I 号林帯

測 点	標準風速 v_0	各測点の風速 v	v/v_0	風 向	時 刻	備 考
—10 h	13.03 m/s	11.32 m/s	0.850	WN	15h 50m	測点は地上 1 m
— 5 "	"	11.95	0.898	"	"	
— 3 "	"	10.10	0.759	"	"	
林 縁	"	9.85	0.741	"	"	
20 m	12.30	7.92	0.644	"	15.58	
40 "	"	7.12	0.579	"	"	
60 "	"	5.75	0.469	W	"	
80 "	"	4.70	0.382	"	"	
100 "	12.00	3.27	0.273	"	16.06	
127 "	"	3.16	0.263	"	"	

II 号林帯

測 点	標準風速 v_0	各測点の風速 v	v/v_0	風 向	時 刻	備 考
—10 h	10.80 m/s	9.40 m/s	0.870	WNW	16h 25m	
— 5 "	"	7.00	0.648	"	"	
— 3 "	10.30	8.90	0.824	"	"	
林 縁	"	8.05	0.745	"	"	
20 m	12.10	8.00	0.661	"	16h 35m	
40 "	"	5.90	0.488	"	"	
60 "	"	4.70	0.388	"	"	
80 "	"	3.55	0.293	"	"	
100 "	13.80	2.36	0.171		16h 45m	
120 "	"	0.60	0.043		"	
140 "	"	0.77	0.056		"	
160 "	"	0.95	0.069		"	
180 "	14.20	0.67	0.047		16h 55m	
200 "	"	0.73	0.051		"	
220 "	"	1.97	0.139	NNW	"	
240 "	"	2.80	0.197	"	"	
270 "	15.38	3.00	0.195	"	17h 02m	

第 37 表 八幡境内林(広葉樹海岸防風林)林内の風速比の変化

測 点	測点風速 v m/s	標準風速 v_0 m/s	風 速 比 v/v_0 %	摘 要
10 m	4.2	7.8	53.82	
20	4.1	7.8	52.56	
30	5.0	7.7	64.94	
40	5.1	7.7	66.23	
50	5.4	7.6	71.05	
60	5.3	7.6	69.73	
70	6.3	8.2	76.82	
80	5.8	8.2	70.73	
90	5.9	7.5	78.66	
100	5.1	7.5	68.00	
110	6.9	7.5	92.00	
120	4.3	7.5	57.33	
130	5.2	8.0	65.00	
140	4.1	8.0	51.25	
150	3.4	7.5	45.33	
160	3.2	7.5	42.66	
170	3.9	7.6	51.31	
180	2.3	7.6	30.25	
190	2.6	7.3	35.47	
200	2.6	7.3	35.47	
210	2.9	7.6	38.15	
220	2.9	7.6	38.15	
230	2.6	8.1	32.09	
240	2.0	8.1	24.69	
250	2.0	8.1	24.69	
260	1.9	8.1	23.33	
270	2.3	8.2	28.04	
280	2.8	8.2	34.14	
290	2.9	7.9	36.70	
300	1.9	7.9	24.05	

備考 測定方法は1分毎読取3分間観測とし、測定高は地上1.3mとした。
 測定距離は標準測定点から10m毎に測点を定めて林の後縁で終つた。
 標準風速の測定は汀線から90mの距離にある水田防風堤(高さ1m)の上で行つた。
 測定年月日 昭和26年3月24日

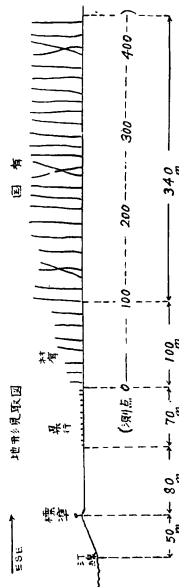
第 38 表 小半沼くろまつ海岸防風林林内の風速比の変化

測 点	測点風速 v m/s	標準風速 v_0 m/s	風 速 比 v/v_0 %	摘 要
風上林縁	5.7	7.6	75.00	
20m	4.9	7.6	64.47	
40	2.2	6.6	33.33	
60	1.7	6.6	25.75	
80	1.0	6.9	14.49	
100	1.7	6.9	24.63	
120	1.0	8.2	12.19	
140	1.0	8.2	12.19	
160	1.1	6.7	16.41	
180	1.2	6.7	17.91	
200	1.4	6.8	20.58	
220	1.2	6.8	17.94	
240	1.7	6.5	26.15	
260	0.9	6.5	13.84	
280	1.3	5.7	22.80	
300	0.9	5.7	15.78	
320	1.7	6.0	28.33	
340	2.1	6.0	35.00	
360	1.1	5.2	21.15	
380	1.5	5.2	28.84	

備考 測定方法は1分毎読取3分間観測とし、測定高は地上1.3mとした。
 測定距離は林縁より20m毎に測定した。
 標準風速の測定は林縁より200m内陸部にある水田で行つた。
 測定年月日 昭和26年3月30日

第 39 表 北釜くろまつ海岸防風林林内の風速比の変化

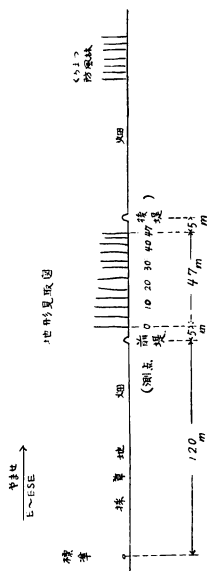
測点 m	測点風速 v m/s	標準風速 v ₀ m/s	風速比 v/v ₀ %	摘	要
—100	3.3	6.6	50.00		
— 80	2.3	6.6	43.84		
— 60	2.8	6.8	41.17		
— 40	2.3	6.8	33.82		
— 20	2.7	6.4	42.18		
風上林縁	2.1	6.4	32.81		
10	1.9	6.0	31.66		
20	1.7	6.0	28.33		
30	1.7	6.4	26.56		
40	0.9	6.4	14.06		
50	1.3	6.3	20.63		
60	1.7	6.3	26.98		
70	1.6	5.8	27.58		
80	1.3	5.8	22.41		
90	1.5	5.8	25.86		
100	1.2	5.8	20.68		
110	0.9	5.8	15.51		
120	0.6	5.8	10.34		
130	0.0	5.7	—		
140	0.4	5.7	7.01		
150	0.0	5.9	—		
160	0.2	5.9	3.38		
170	0.0	5.7	—		
180	0.0	5.7	—		
200	0.4	5.9	6.77		
220	0.2	5.9	3.38		
240	0.4	5.3	7.54		
260	0.5	5.3	9.43		
280	0.0	5.3	—		
300	0.6	5.3	11.32		
320	0.5	6.3	7.93		
340	0.5	6.3	7.93		



備考 測定方法は1分毎観取, 3分間観測とし, 測定高は地上1.3mとした。
 測定距離は果有と村有の境を0とし林内を10m (又は20m) 毎に測定した。
 標準風速の測定は汀線より50m内陸にある砂丘上で行った。
 測定年月日 昭和26年3月24日

第 40 表 横浜からまつ防風林林内の風速比の変化

測点	測点風速 v m/s	標準風速 v ₀ m/s	風速比 v/v ₀ %	摘	要
土手	7.7	7.9	97.46		
風上林縁	6.0	7.9	75.94		
10m	6.6	7.8	84.61		
20	6.5	7.8	83.33		
30	6.3	8.2	76.82		
40	5.6	8.2	68.29		
47	6.8	8.5	80.00		
土手	5.6	8.5	65.88		



備考 測定方法は1分毎観取3分間観測とし, 測定高は地上1.3mとした。
 測定距離は前林縁より林内10m毎に測定し後林縁にて終った。
 標準風速の測定は前林より120m前方の採草地内で行った。土手の高さは1mで林縁迄の距離は5mである。
 測定年月日 昭和26年3月26日

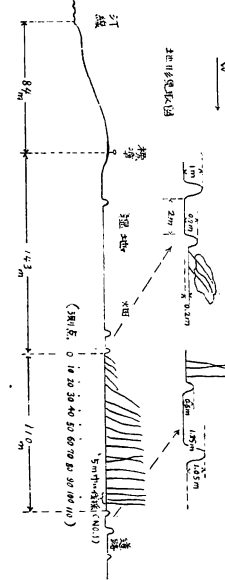
第 41 表 横浜くろまつ海岸防風林林内の風速比の変化

(No. 1)

測 点	測点風速 v m/s	標準風速 v ₀ m/s	風 速 比 v/v ₀ %
土 手	4.7	8.1	58.02
10m	3.4	8.1	41.97
20	3.5	8.2	42.68
30	2.7	8.2	32.92
40	1.9	8.8	23.17
50	1.9	8.8	23.17
60	2.7	8.5	31.76
70	2.3	8.5	38.82
80	3.8	8.8	43.18
90	4.1	8.8	46.59
100	3.8	8.8	43.18

(No. 2)

測 点	測点風速 v m/s	標準風速 v ₀ m/s	風 速 比 v/v ₀ %
土 手	5.3	9.0	58.88
10m	3.9	9.0	43.33
20	3.3	9.3	35.48
30	3.6	9.3	38.70
40	3.1	9.6	32.29
50	3.8	9.6	39.58
60	3.9	8.7	44.82
70	3.8	8.7	43.67
80	3.1	9.2	33.69
90	3.2	9.2	34.78
100	2.9	9.8	29.59
110	1.8	9.8	18.36



備考 測定方法は1分毎観取, 3分間観測とし, 測定高は地上1.3mとした。

測定距離は林の前縁より林内へ10m毎に測点を定めて林の後縁で終つた。

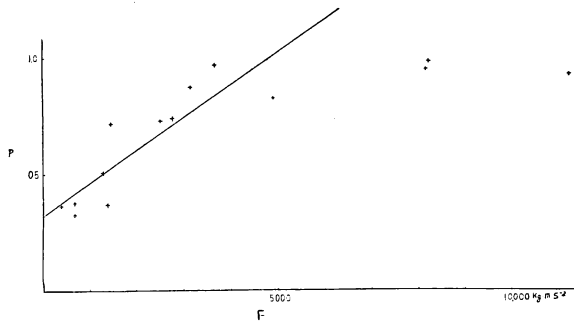
標準風速の測定は汀線より84m内陸にある砂丘上で行つた。

測定年月日 昭和26年3月24日

(2) 林内風速の測定高

防風林内風下樹幹部の風速比は防風林の形によつて変つて来るもので, 又「§ 5. 防風林林縁の風速比」で述べたように, 樹幹部に於ける垂直位置によつても風速は著しく異なるものであり, 下木の状態によつてはこの関係は更に異なるものとなる。林内の風速比の測定は測定高を一定にする必要上各林分に就いて同一条件を与えることは困難であるが, 上述の関係も考慮して測定高は林分の状態により1~1.3mとした。

Fig. 61 林帯の対風抵抗値(F)と遮風度(P)との関係



(3) 考察

fig. 61に示されるように, 防風林林帯の遮蔽度Pと対風抵抗値Fとの間には一定の関係が存在し, この関係は $P = 0.000143 F + 0.320$, $F < 5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ で表わされる。

尙この関係は風速により著し

く異なることは均一な模型林で行つた測定誤差の比較的少ないと考えられる風洞実験の結果から明らかで、 $F/P = \tan \alpha$ とするとき、 α と v の関係は直線式 $\alpha = 3.6v - 15$ で示され、風速が大となれば P に対する F の値は風速の小さい場合よりも飛躍的に大きくなる（第 48 表及び fig. 62 (1), (2) 参照）。野外に於てもこの傾向を有し、幅狭く疎なる林帯では甚だしい風の吹抜けがみられるのに対し、限度以上の幅を持つ防風林では風速の強い場合に却つて防風林の効果が增大する。又このように風速によつて α が異なるために fig. 61 に示される各防風林の P と F の関係値も散在して密に線に沿わないことになるのであらうと考える。

Fig. 62(1) 模型林の遮蔽度(P)と対風抵抗値(F)
(風速別)

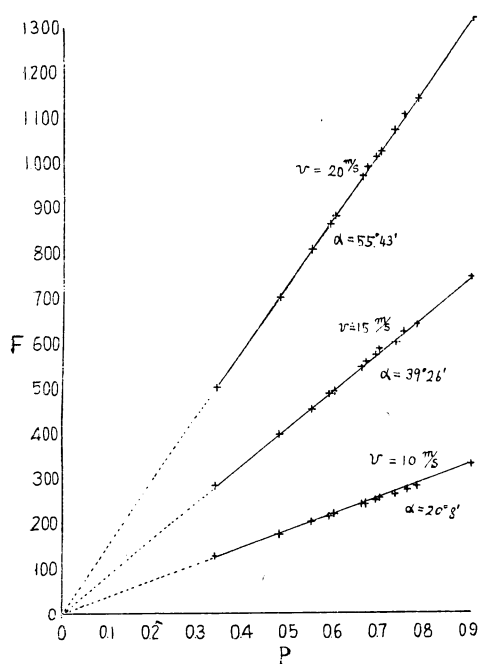
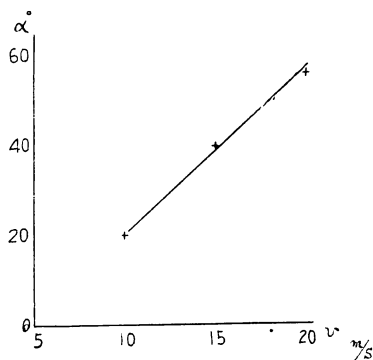


Fig. 62(2) α と v の関係



さて前述の直線式 $P = 0.000143F + 0.320$ は概ね $F < 5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ の場合であつて、 $F > 5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ では P は 1 を超えてこの計算にはあてはまらない。又実際に小牛沼、北釜、酒田第Ⅱ号各防風林の如く、 $5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 以上の F 値を有するものでは、上式に示される一定の関係は見出し難い。そこで P と F との間に上式のような一定の関係があるという前提の下に於ては、概ね $F > 5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ の林帯は基準以上の幅（厚み）を持つものではなかろうかと考えられる。何となれば $P \approx 1$ ($P \rightarrow 1$) のときは林帯のみかけの遮風度は最大値をとるものであるからこれ以上の遮風度は必要とせられず、従つて $P \approx 1$ に相当する $F \approx 5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ 以上の林帯の対風抵抗値も基準の値としては過大と考えられるからである。小牛沼、北釜及び酒田第Ⅱ号各海岸防風林の林内に於ける地上 1~1.3m の風速比の変化からみても同様なことが考えられ、これ等の林帯では風速比の最小点は何れも林央に近く現われて居つて (fig.

59 及び fig. 60 参照), 再び風下林縁に向つて上昇しているが, このような林内風速比の変化は, 風下林縁に於ける林分の形態が後述のように樹幹部位置に於ける風の吸引を惹起せしめるような形態にあるため, 風下林縁の加速を考えない場合には, 林央附近に現われた風速比の最小点(北釜の最小点の値が 0 に近いことからみても, 各々の防風林に現われた最小点がその防風林の風速減退機能の限界を示すものと考える……後述)は, ほぼ同様な風速比で風下林縁に至るものと考えられ, 従つてこの林内風速の最小点は林帯に於ける測定時の標準風速に対する機能の飽和点を示すもので, この点以下の林帯の厚みは基準量を超えるものであることを示している。尚こゝで特に基準という語を用いたのは, 防風林としては林分の更新とか病虫害その他の被害による破壊等を考えて基準幅(基準の厚み)に更にこれ等に対する必要量を附加しなくてはならないから, 実際に必要とされる幅は更に大きくなるべきであるからである。

こゝで論ずる基準幅は正確には測定時の標準風速に就いて云えることであつて, これと状態の異なる場合, 例えば著しく大きい風速を対象とするような場合には, 風下の風速を幾何に減少せしむべきかの必要により幾分異つて来るものと考えられるが, 一面風速の大きい場合には同時にこのような厚い防風林ではその風下の効果も大きくなる筈(前述及び § 22 及び § 19 総括 3)であるから, 風速の増大と効果の増大と相殺して, 風下の効果にそれ程の差は出て来ないものと考えられる。又一方防風林の形態に就いては, これ等の供試防風林の形態は従来の経験乃至研究に基いて取扱われて来たもので, 各々特異の林形を持ち防風林としての形態の変化も多く, これ等の総合せられた結果を示すものであるが, 理想的には下木の配置その他に於て考慮すべき余地を存するものと考えられる。

さて前述のように小牛沼, 北釜, 酒田第Ⅱ号各海岸防風林では, 又更に八幡境内林に於ても, 林内に於ける風速比の最小点は風上林縁から 160m 附近に現われているのであつて, この 160m なる幅は与えられた構成を有する一つの防風林の機能を十分に發揮するに必要な最小の幅であると同時に, 防風林帯としての単位を考えた場合には必要限度に達する最大の幅であると云える。従つて与えられた状態に於て林内風速比を最小ならしめる点, その林帯のその時の基準の幅の限界点を示すものと考えれば, この 4 林帯では基準の幅は何れも 160m であるが, この林内風速比の最小点は, 或は各防風林の全幅の影響によつてこの位置に現われたものであるかも知れず, 仮に各防風林の幅が 160m であつた場合に果して同様な林内風速比の変化がみられるか否かは疑問である。そこで第 35 表から $F=5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ に相当する各防風林の林幅を計算すると,

北釜海岸防風林	231m
小牛沼海岸防風林	260m
酒田海岸防風林第Ⅱ号	165m
八幡境内林	184m

で、各防風林間には相当な開きを生ずる。これは林帯の構成が各々異なるものであるから当然のことであるが、これは一面複雑な構成を有する林帯の防風機能はこのように機械的に計算せられた F 値に密に適合するものではなく、F 値は一応の目安を示すに過ぎないものであることを示すと共に、又一面に於ては林帯の基準の幅も各々の防風林を通じて一定のものではなく、林分の構成状態に応じて或る程度の幅を持つものであることを示している。又 $F \approx 5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ は $P \approx 1$ に対するもので、一方防風林帯の密度は $P \approx 1$ ならしむべきものではなく、別項に述べたように、風下の効果距離を大きくするためには、或る程度林内樹幹部を吹抜ける風を必要とするものであるから、林帯の F 値を考えると、これは林帯の基準の厚みは $F < 5,000 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ であるべきであるという一つの目標を与えるに過ぎない。従つて前述の 4 林帯に於ては何れも 160m の林幅を以て林内風速比の最小点を示している現実を認め、概ねこれを基準としてこれに林分の構成状態に応ずる修正を加えて海岸に於ける防風林帯の基準幅（基準の厚み）とすべきであると考え。今各海岸防風林の幅 1 m（正面幅 10m × 幅 1 m）当りの F 値を求めると、

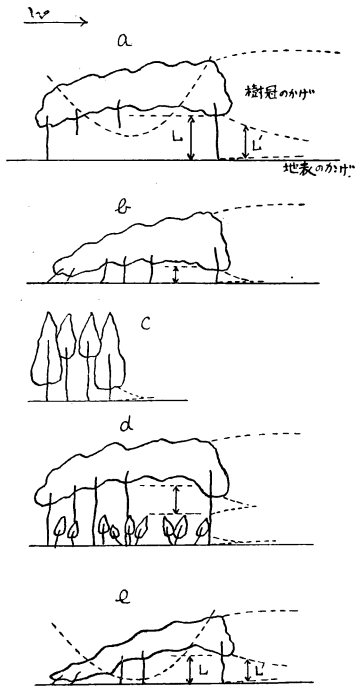
横浜くろまつ海岸防風林 I	31.6 $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$	
II	35.0	"
浜中海岸防風林 I	18.6	"
II	19.3	"
III (a)	18.5	"
小半沼海岸防風林	29.6	"
北釜海岸防風林	24.2	"
横浜からまつ防風林	31.0	"
八幡境内林	26.7	"
酒田海岸防風林 I	39.2	"
II	30.2	"

であり、その Mean は $30.4 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}/\text{m}$ となる。然るに同様に林内風速比の最小点を 160m の距離に有する前記 4 林帯の 1 m 当り F 値は $24.2 \sim 30.2 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ であるから、1 m 当り F 値の Mean に対するこの程度の開きは林帯の基準の幅に殆ど影響しないと考えられる。然し乍ら、浜中海岸防風林の如く、1 m 当り F 値の著しく小なるものにあつては幾分の修正が必要と考えられるのである。

さてこのように海岸防風林の基準幅を一応 160m と考えた場合に、供試防風林中約半数、特に浜中海岸防風林第 III 号 a 及び b、横浜からまつ防風林、横浜くろまつ海岸防風林第 1 号の如きは海岸防風林としては基準幅よりも著しく狭い極めて不十分な状態にあることがわかる。尚浜中海岸防風林第 III 号 a 及び b、横浜くろまつ海岸防風林第 I 号では、林内風速比の最小点は

極めて短距離で現われているが、これは防風林としては特異な状態で林形によつては風下林縁

Fig. 63



の樹幹部に於ける吸引が強く行われる場合に、不自然に風下林縁樹幹部の風速が加速せられて、測定高が丁度この位置にある場合にはその風速比が特に大きくなるために、林内風速比の最小点がこのような幅の狭い防風林でも林内に現われることになるのである。図中a及びbはこの例で、「§5. 防風林林縁の風速比」中でも述べたように、風下に於て樹冠のかけ及び地表の凹凸によつて生ずる地表のかけの部分では風速が小さく、従つて L' の部分の風速は大きくなり、 L' の風速に引きずられて L の部分の風も加速せられる。浜中海岸防風林第Ⅲ号bは図のaに属するもので、横浜くろまつ海岸防風林第Ⅰ号は風下林縁を5m幅だけ伐採したために図のe型になつたものである。勿論林内の風速がこのような状態になるのは海岸防風林として防風上からも飛砂防止上からも好ましくない状態であり、防風林の取扱上留意すべきことであると考える。

註記

- (1) fig. 59 及び fig. 60 の供試 12 林帯の林内風速比曲線を見ると、各々の曲線の占める風速比の位置が異つてゐる。これは風速測定時の標準風速の強弱、林内外の地形、防風林の密度等によつて生じた差であつて、例えば他の条件を無視して測定時の標準風速のみに就いてみても、小牛沼海岸防風林と北釜海岸防風林とを比較すると、前者の場合は後者の場合よりも測定時の標準風速の平均はやゝ大で（前者 6.62 m/s, 後者 6.00 m/s）、林内風速比曲線はやゝ大なる風速比位置にあり、又同様に酒田海岸防風林第Ⅰ号と同第Ⅱ号を比較すると、測定時の標準風速の平均は前者 12.82 m/s, 後者は 12.64 m/s で、後者がやゝ小で林内風速比曲線は後者がやゝ小なる風速比位置にあるのがみられる。このように林形のみならず測定時の標準風速によつても林内風速比曲線の占める相対的位置は異なるものであるから、従つてこの曲線の相対的位置を防風林の幅の算定基礎とすることは困難である。
- (2) 北釜海岸防風林は林帯の F は小牛沼海岸防風林よりも小であるが、 P は却つて大きい。これはくろまつ樹冠の葉量は第 13 表備考の如く樹冠の底面積を基とし樹冠を円錐体と見做して計算せられてゐるが、 P は目測による空間遮蔽度を基とするものであるためにこのような喰ひ違いを生じて来る場合も考えられるのである。然し乍ら、 P も F も共に一応の傾向を求めるための手段であるからこの程度で差支えないと考える。

尙防風林林帯の防風能力を算定する場合に、その風下に於ける風速の減退度を風速別に測定することは、現存の防風林に就いてはその煩をいとわなければ可能なことであるが、未存の計画に属するものとか又は拡張乃至縮減せんとするものに就いてはなされ得ないことであつて、このような場合にはその立地条件に応ずる成林後の林分の状態を想定してその状態に於ける林帯の防風力を示す基礎を持たなくてはならない。この基礎としては量的に林帯自体の防風力を

示すものが必要で、前述の林帯の遮風度乃至対風抵抗値がこれに当るものであるが、これ等は
その算出が甚だ煩わしく且両者共にその測定の困難さに伴つて正確な結果を期し難いために、
何れも一応の傾向を示す域に止まるものであるから、これとは別個に、これ等と密接な関係を
有し且容易に確実に測定可能なものによつてこれを求め得るようにしなくてはならない。こゝ
に § 13 で述べるように林帯の防風能力を示すものとしては Σd (胸高直径合計) が考えられ
る。又前述のように P と F とは一定の関係を有し、多くの仮定の上に立つ F を実測を主とする
 P に置き換え得るものであり、更に後述の如く F と Σd は密接な関係を持つものであるから、
林帯の防風能力は P 又は F によらないでも、簡単に Σd によつてその概略を推定し得る筈で
ある。今海岸防風林の基準幅を 160m と考えた場合の小牛沼、北釜、酒田第Ⅱ号各海岸防風林
及び八幡境内林各林帯の Σd (但し正面幅 10m 当り) を第 35 表から計算すると、

第 42 表

防 風 林	$160\Sigma d/L$ (cm)	$\bar{d}$ (cm)	$\bar{h}_0$ (m)
小牛沼海岸防風林	3,907	16.45	3.5
北釜 "	3,584	13.60	2.4
酒田第Ⅱ号 "	3,004	7.96	2.1
八 幡 境 内 林	2,254	22.00	4.0

となり、酒田海岸防風林第Ⅱ号の $160\Sigma d/L$ は小牛沼海岸防風林のそれよりも約 900 cm 小
さいが、一方林形の同じような小牛沼、北釜両海岸防風林は比較的近い $160\Sigma d/L$ を示している。
又くろまつ海岸防風林は何れも林分状態の著しい相違にもかゝらず、 $160\Sigma d/L$ は 3×10^3 cm
で示されるが、広葉樹の八幡境内林は 2,254 cm で著しい開きをみせている。然し乍らこれ等
は何れも 160m を基準の幅と考え得る林帯であるから、その差の生因は一に林分の状態にある
と考えなくてはならない。このことは上表にも示されていることで、上表によればくろまつ海
岸防風林では $\bar{d}$ 及び $\bar{h}_0$ の小さくなるに従つて、即ち枝下高が低く且小径木の密に存立するも
の程 Σd が小さくて同じ防風能力を現わす傾向があることがわかる。只酒田海岸防風林第Ⅱ号
は現在は成熟期に達しない様なくろまつ小径木の密生した林帯で、小牛沼、北釜両海岸防風
林の如くくろまつの老木が疎立し、部分的に或は下木が密生し或は甚だしく疎開した林相を呈
する林帯とは全く異なる状態にあるが、将来に於ては両者の状態に近づくものと考えられるし、
又小牛沼海岸防風林は、林相が部分的に特に著しく不同であり、且正常な成林の状態と考える
よりは寧ろ更新中の林分と考えるべき状態であつて、従つて一応北釜海岸防風林のみを標準の
状態に近いものと考えて、一般にくろまつ海岸林では $160\Sigma d/L = 3,500$ cm を基準値とし、更
に林分の状態又は施業の改善による林帯の対風密度の増大等に応じて幾分この値を増減し、こ
れに基いて林帯の基準幅を決定すべきであらうと考える。尙八幡境内林の如く落葉広葉樹の大
径木が疎立する間に極めて小径の下木が密生する林帯では $160\Sigma d/L$ は 2,200 cm 程度を基準

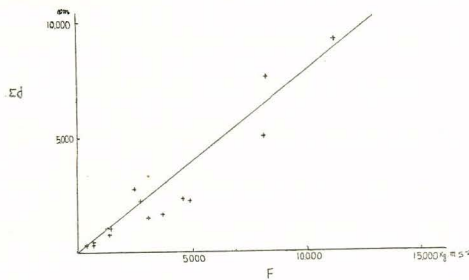
の値と考えるべきであろう。

§ 13. 林帯の対風抵抗値 (F) と胸高直径合計 (Σd) との関係に就いて

別項では防風林風下の風速減退に胸高直径 (d) の大小が少なからず影響するものであることを述べたのであるが、林帯の風下では樹幹の影響は樹冠の影響と融け合つてこれを区別することは難しい。林帯の風下に於ける風速減退効果は樹冠と樹幹の効果の総和であるが、同様な防風林では d が大きくなる程樹冠も充実した大きいものになることは我々の常に観察するところであつて、従つて d が大きくなれば樹冠の防風効果もそれに伴つて大きくなることが考えられるから、「§ 8. 樹幹周囲の風速の変化」で述べたように d の増大による風速の減退効果と相俟つて 風下に対する防風林の効果は然らざるものに較べてはるかに大きいものになる。

このように d の大小によつて林帯の防風機能は著しく異なるものになつて来るのであるが、それでは d によつて林帯の防風機能の概略を推定し得るかどうかという点、尙その外にこれに関連する因子があるから簡単には断定されない。然し乍ら今林帯の防風機能に深い関連を持つものとして林帯の対風抵抗値 F を考えると、 F と d との間にどのような関係があるかを知れば、 d が林帯の防風機能にどの程度の関連を有するかをほぼ推察し得るものとする。このような

Fig. 64 林帯の対風抵抗値 (F) と
胸高直径合計 (Σd) との関係



考え方で F と d との関連を求める fig. 64 に示されるように、両者の間にはほぼ直線式 $\Sigma d = 0.794 F - 33.87$ で示される関係が存在し、 d の増加に伴つて F も増大するものであることがわかる。ここに d としては、下木も含む樹幹胸高直径合計 Σd をとつたのであるが、これは「§ 10. 海岸飛砂防止の解析」で述べたように、 d の大小が林帯の防風機能に影響するのは Σd

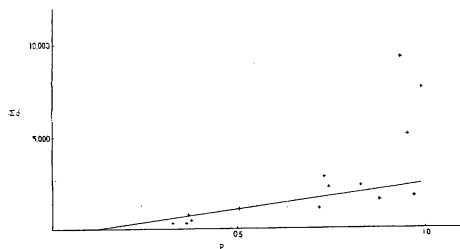
に大差のない場合に限られるようで、 Σd が大きく開けば d の大小の影響は消されるものと考えたからである。

さてこの関係は第 35 表に示される 15 例に就いて求めたものであるが、これによつて我々は「 F によつて林帯の概略の防風能力が示される」という仮定の下に、 Σd によつても亦林帯の概略の防風能力が示されることを知るものである。

§ 14. 林帯の遮風度と胸高直径合計の関係に就いて

「§ 13. 林帯の対風抵抗値と胸高直径合計の関係に就いて」で述べたと同様な考え方で、更に P と Σd との関係を求めると、fig. 65 に示されるように Σd の極めて大きい小牛沼海岸防風林、北釜海岸防風林、酒田海岸防風林第Ⅱ号及び八幡境内林を除いて（「§ 3. 防風林密度の

Fig. 65 林帯の遮風度(P)と胸高直径合計との関係



対風抵抗値と胸高直径合計との関係に就いて」とに述べられたことからわかるように、単位の正面幅 (10m) の林帯に於ては $\Sigma d > 3,600$ cm の場合にのみ P と Σd との関係を論ずることが可能である。) もなお両者の間に直線関係を求めることは困難であつて、強いて両者の関係を一傾向として求めると $\Sigma d = 2812,284 P - 434,494$ となり、 Σd の増加に伴つて P も増大するが、この関係は Σd と F との如く密接でない。

V 風洞模型実験

実際防風林の観測は勿論のことであるが、雛形防風林を用いて観測する場合にも各種の制約多く、又人と時間と経費の面からも容易にこれを行ない難い実状である。この場合模型による風洞実験で実際に適用し得る結果が得られれば、すべての面で比較的自由に且欲するまゝの試験を行ない得ることとなり、防風林課題の究明を速かにし得られるものとする。然し乍ら、風洞実験の結果を野外に適用することに就いては、常に Reynold's 数の問題を伴ひ、これに対しては後述の如く多くの試みがなされたのであるが、本実験は中村氏と同様な見解の下に、実用上は Reynold's 数を考慮する要なきものとし、実験の結果を概ね野外に適用し得るものと考えてなされたものである。

§ 15. 風洞実験結果の野外への適用に就いて

井上栄一氏は風洞実験に渦動粘性係数を使つた 'Reynold's 数を取り入れることによつて流れの相似を予期し得ると考え、岩崎松之助氏は風洞実験と野外実験との結果が似通つてゐるものに就いて風洞実験の分子動粘性係数に渦粘性が加わつて Reynold's 数が減つたためであらうと述べ、三位、門田両氏は風洞実験に用いた樹枝を野外の防風林樹枝の縮小模型と考えて野外の渦動粘性係数を風洞に適用することによつて Reynold's 数を合せ、風洞実験の結果を実際に適用せんとした。

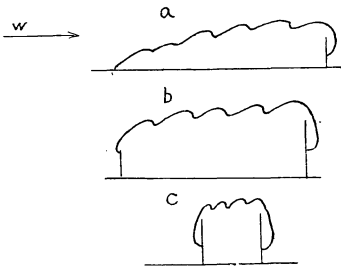
一方中村賢次郎氏は貯炭場上屋に作用する風圧の研究で、流線形でないものに就いては実用上 Reynold's 数を考慮する必要なしと考えて風洞実験の結果を自然風を受ける実物に適用し

目測に就いて」で述べたように、林帯の P は 1 に近づくが 1 にはならないから、 Σd が著しく増大してもその附近に於ける P の値は極めて僅かに増加するのみで、従つて P と Σd 又は P と F の間に一定の関係がみられるのは Σd が著しく大きくない場合即ち「§ 12. 防風林林内の風速比の変化から考察せられる海岸防風林の基準幅 (基準の厚み) に就いて」と「§ 13. 林帯の

得るものとした。

このように風洞実験の結果を野外に適用するために風洞実験の場合と野外の場合との Reynold's 数の一致が常に問題にされ論議されているのであるが、反面 Reynold's 数を合せなければならないということを実証した実験は見当らない。勿論防風林が良好な流線形であれば

Fig. 66



Reynold's 数が影響することはあり得るが、図にみられるように流線形に近い a でも決して良好な流線形とは云われず、このような良好な流線形を示すことのない防風林では Reynold's 数の影響は極めて少ないと考える。従つて今回の風洞実験ではこのように根拠の薄い Reynold's を考える煩を省いて、それよりも寧ろ実験精度をあげるような方法を選んだものであつて、この結果から実際の防風林の傾向を十分に現わし得るものとする。

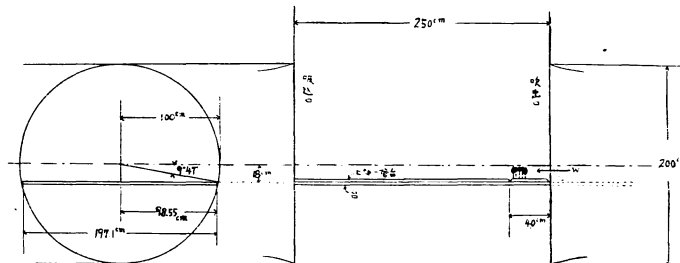
尙この実験に用いた模型林は前述のように針金と金網で作つたもので、生立木の枝葉のような弾力性乃至柔軟性を持たず、又幹、枝の表面の粗さも異なるから、単に遮風度のみから計算された模型林帯の対風抵抗は、野外のそれとは正確には比較し難いが、概略の傾向はこれによつて充分窺えるものとする。

§ 16. 実験の方法及び模型

(1) 風 洞

本実験に使用した風洞は理工学研究所のゲツチンゲン型 2 m 風洞で、測定部の長さは 2.5 m、整流器の風下約 0.3 m の所から風洞の中心線より 0.17 m 下方に風軸に平行にマホガニーの厚板をその部分の風洞の内径の幅で水平に張り渡して地表面に相当するものを作つてあり、この板の前縁から吹出口迄の長さは 2.2 m、板の全長は約 4.7 m である。(fig. 67 参照)

Fig. 67 風洞模型実験図



(2) 模型及び座標軸

模型は fig. 68 に示されるように、針金で長さ 18 cm の樹木模型を作り、これを厚さ 3 cm

樹冠部

$$\frac{20.225 \times (1 - 0.23) + 2.4}{25.2} = 0.713$$

樹幹部 (枝下)

$$\frac{3.6}{37.8} = 0.096$$

長樹冠模型 1 本に就いての遮風度は

樹冠部

$$\frac{37.25 \times 0.77 + 3.6}{37.8} = 0.854$$

樹幹部

$$\frac{2.4}{25.2} = 0.097$$

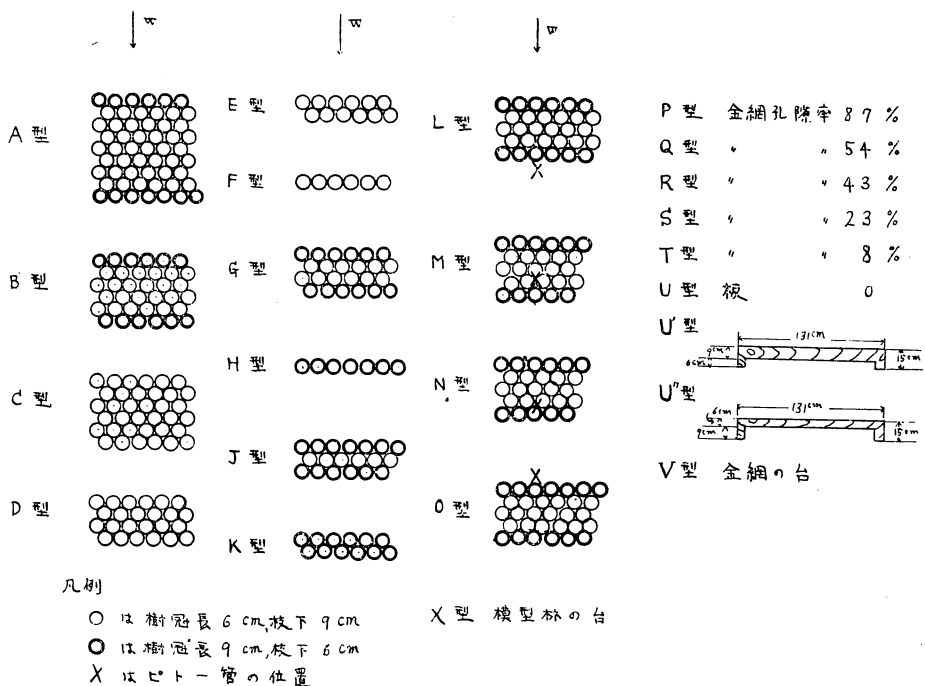
又短樹冠模型と長樹冠模型と重なる場合、重ならない長樹冠の下部に就いてはその遮風度は次のように計算される。

$$\frac{11.25 \times 0.77 + 1.2}{12} = 0.822$$

尙両樹冠の重なる部分に就いてはほぼ同率と見做した。

次に厚みを持つた樹冠模型に対して厚みを持たない金網及び板では風下の影響がどう違つて来るかをみるために次のように異なる網目の金網及び異なる形の板で同時に実験を行つた。(fig. 70 参照)

Fig. 70 風洞実験模型林形



模型台は、模型林では上面の大いさは縦（風軸に直角な方向）126 cm、横 40 cm、厚さ 3 cm で、底面は縦 131 cm、横 45 cm、模型樹を挿し込む孔は心間距離 4.2 cm とし模型林は三角形植とした。尙風による渦流の発生を少なくするために側面は約 50° の傾斜を持たせた。金網及び板では上面の大いさは縦 131 cm、横 20 cm、厚さ及び底面に至る傾斜は模型林の場合と同様である。金網及び板はこの台の上面に風下林縁から 5 cm の位置に穿たれた溝に嵌められ、更に両端を張り綱で支えるようにした。台の厚さは 3 cm でかなり厚いので側面を傾斜させてあるとはいっても風下に大きく影響することが考えられ又樹高もそれだけ高くなることになるのでこれを避けるためにその風下部分に台に接して前述のマホガニー台上に、更に厚さ 3 cm の板を張つて模型台の上面が地表面にあたるようにした。

上述のように風軸方向の模型台の幅は、模型林台で 45 cm、金網及び板の台で 25 cm であるから、前者では模型台の後端から吸込口迄の間隔は 205 cm となつて 13 h は吸込口の前方 10 cm の位置となり、後者ではその間隔は 225 cm であるから 13 h は吸込口の前方 30 cm の位置にあり、風下の影響の測定は 13 h 迄なし得たに過ぎないのであるが、毛糸写真では 13 h は光線の関係で良好な結果は得られなかつた。

座標軸は模型林及び金網、板共にその風下後縁で模型台の中心を原点として、風軸の方向に x 軸を、鉛直の方向に z 軸をとつた。

（3）測定器具及び測定方法

梯形ピトー静圧管（内径 3 mm、外径 4 mm、長さ 175 mm の管を 10 mm 間隔で平行に 2 本並べ、長い方を静圧管、短い方を総圧管としたもの 13 組で、各組の高さは $Z=2, 6, 10, 13, 18, 22, 26, 30, 36, 40, 50, 60, 70$ cm）を多管式マノメーター（水を使用）に接続しその水頭をライカでフィルムに撮影記録した。又各測点の静圧は大気圧に等しくないものと考えてピトー静圧管を各測点に入れて静圧の垂直分布を求め、総圧の垂直分布をピトー総圧管で測つてその差を速度圧の垂直分布として風速分布を求めた。基準風速は吹出口附近の風洞壁に設けた直径 9 mm のプラントル型標準静圧管の圧力差をゲツチンゲン型マノメーター（アルコール使用）により 5/100 mm の精度で読みとつた。従つて基準風速の誤差は 20 m/s のとき 0.02 m/s 以下、15 m/s のとき 0.03 m/s 以下、10 m/s のとき 0.03 m/s 以下である。

§ 17. 模型林と金網及び板に使用せる台上の風速比の垂直変化と修正風速比

風洞風速を V 、測定風速を v として v/V を風速比とし、台上の標準風速比を v_0/V とする。

台上の風速比の垂直変化は風下距離 3, 7 及び 13 h のみに就いて図示してみた。（fig. 71 ~ fig. 77 参照）

×型（模型林台）でも V 型（金網台）でも同様に台面の摩擦抵抗がみられ、台面上 10 cm 迄は特にそれが顕著に現われ、台面に近づく程大きい。又 V 型、 $u=15$ m/s では 60 cm 迄これ

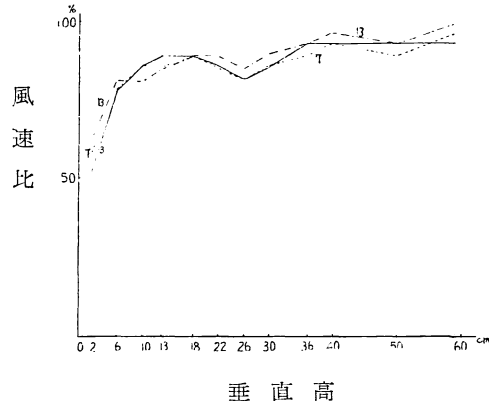
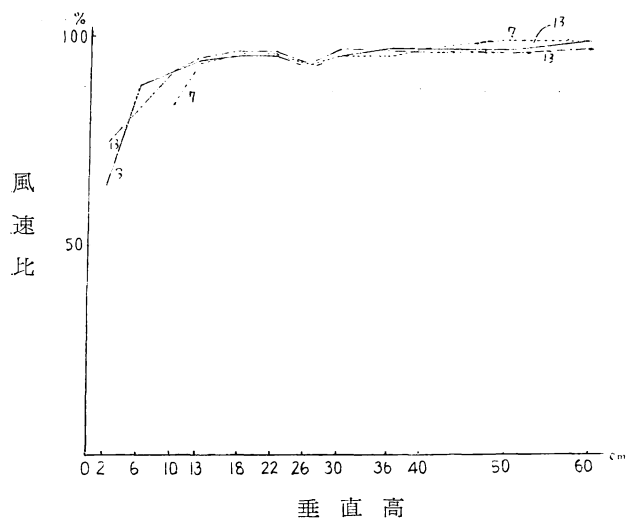
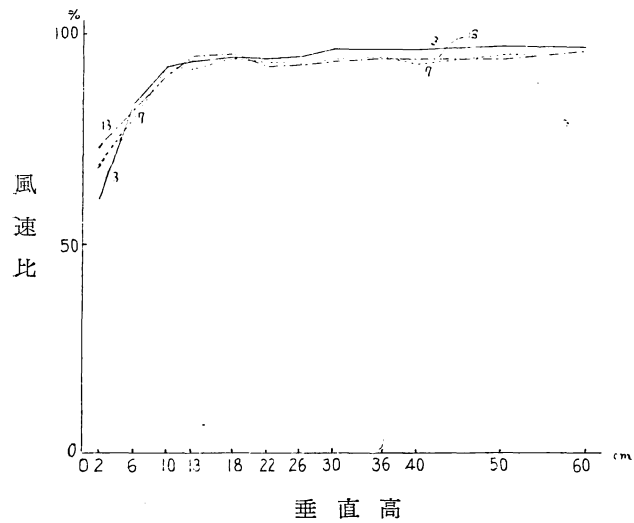
Fig. 71 模型林風下位置の標準風速比垂直分布(X型) $u=10$ m/sFig. 72 模型林風下位置の標準風速比垂直分布(X型) $u=15$ m/sFig. 73 模型林風下位置の標準風速比垂直分布(X型) $u=20$ m/s

Fig. 74 金網風下位置の標準風速比垂直分布 (V型) $u=15$ m/s

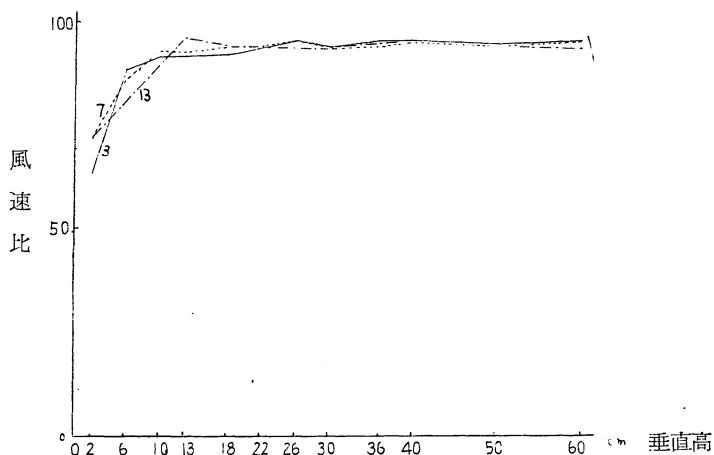


Fig. 75 金網風下位置の標準風速比垂直分布 (V型) $u=20$ m/s

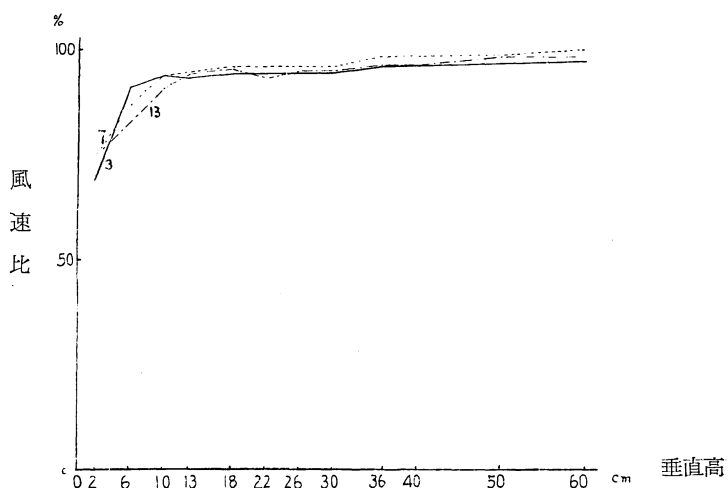


Fig. 76 模型林風下の風速比の変化 (標準) 垂直高 2 cm, 10cm

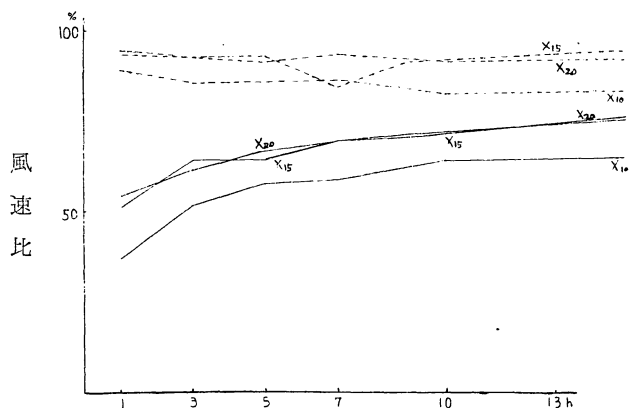
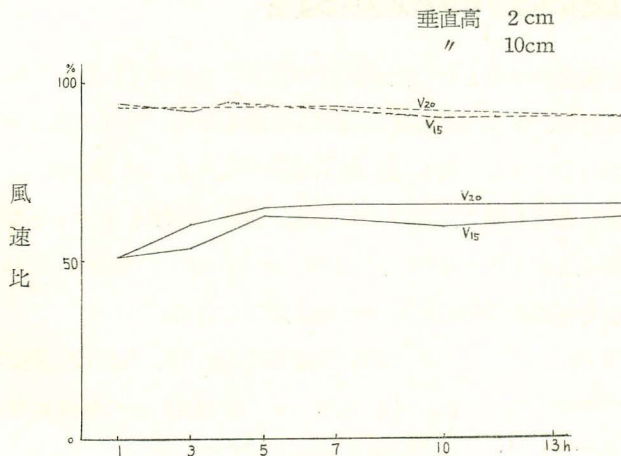


Fig. 77 金網風下の風速比の変化(標準)



が現われている。

3 h では 7 及び 13 h に比して特に 2 cm の摩擦抵抗が大きく現われているがその他は大差はない。

又垂直高 2 cm と 10 cm を較べると V 型, X 型共に 2 cm の場合は林の位置に近づく程摩擦抵抗が大であり, 10 cm の場合には逆の現象がみられる。又 X 型の 2 cm では $u =$

15 m/s, $u = 20$ m/s は同様な値を示すが, $u = 10$ m/s では各 h 共に前二者に比して摩擦抵抗が大きく現われている。尚 V 型では 2 cm で $u = 15$ m/s は $u = 20$ m/s より一般に僅かに摩擦抵抗が大きく現われているのがみられる。

このように台により垂直位置により風下距離により標準の値が異なるものであるから, 従つて模型林乃至金網及び板相互の比較を行うために, これ等の風下垂直各位置の風速比を更に同位置の標準風速比で除した修正風速比 $v/V_0/V$ を用いることとした。

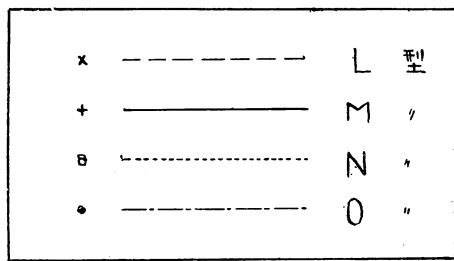
第 43 表 模型林及び金網の遮風度及び対風抵抗値

種 別	遮 風 度			対風抵抗値 $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$			備 考
	樹冠部	樹幹部	林 帯	$u = 10$ m/s	$u = 15$ m/s	$u = 20$ m/s	
A 型	0.9897	0.6008	0.9006	0.33124	0.74226	1.32496	風洞実験に於ける $K = 1 \sim 10 \text{ cm}^2/\text{s}$ とし, 風速 $10 \sim 20$ m/s の時 R 数は $10^4 \sim 10^5$ の order であり, 従つて $C_x = 10$ と考へて $F = C_x \cdot 1/2 \rho v^2 s$ から模型林及び金網抵抗を求めた。 こゝでいう遮風度は樹冠及び樹幹各部垂直正面に於ける遮風面積比の意味である。
B "	0.9890	0.4578	0.7765	0.28560	0.64259	1.14239	
C "	0.9994	0.4578	0.6744	0.24804	0.55810	0.99218	
D "	0.9932	0.3351	0.5983	0.22005	0.49512	0.88022	
E "	0.9176	0.1846	0.4765	0.17526	0.39433	0.70103	
F "	0.7130	0.0970	0.3434	0.12630	0.28418	0.50521	
G "	0.9848	0.3351	0.7250	0.26666	0.59997	1.06662	
H "	0.8540	0.0970	0.5512	0.20273	0.45615	0.81093	
J "	0.9727	0.2637	0.6897	0.25367	0.57076	1.01469	
K "	0.9786	0.1846	0.6610	0.24312	0.54701	0.97246	
L=M=N=O "	0.9881	0.3996	0.7527	0.27684	0.62290	1.10737	
P "	0.1300	0.1300	0.1300	1.59778	3.59502	6.39114	
Q "	0.4600	0.4600	0.4600	5.65370	12.72082	22.61480	
R "	0.5700	0.5700	0.5700	7.00555	15.76248	28.02219	
S "	0.7700	0.7700	0.7700	9.46380	21.29355	37.85520	
T "	0.9200	0.9200	0.9200	11.30740	25.44165	45.22959	
U "	1.0000	1.0000	1.0000	12.29065	27.65396	49.16260	
U' "	0.6370	0.6370	0.6370	7.82914	17.61557	31.31653	
U'' "	0.4550	0.4550	0.4550	5.59225	12.58255	22.36898	

§ 18. 模型林内及び林縁の風速比の変化

この観測は林内及び林縁に於ける風速の分布を知るために行つたものであつて、fig. 70に示されるように模型林は両縁を長樹冠模型、中3列を短樹冠模型としたもので、今回の風洞実験に用いた模型林中林帯の厚みは大きい方である。尙L型は風下林縁の風速を、M型は林央、N型は林内風下近く、O型は風上林縁の風速を測つたものであるが、樹冠の**かげ**を生ずるところでは風速が著しく減退して測定不能の点が少なくなかつた（殊に $u=20$ m/s の場合）。然し乍ら後述の如くそのようなところでも充分にその傾向は察知せられたのである。

Fig. 78 風速比の垂直変化凡例



さて測定の結果は fig. 78, fig. 79, fig. 80

に示されるが、 $u=15$ m/s, $u=20$ m/s 共にほぼ同様な傾向を示している。

何れも修正風速比でないから、台面の影響で台面近くの風速比は著しく小さくなつてゐる。又長樹冠の下際に当たるところは樹幹部の風の吹抜け及び風下林縁の吸引によつて最も

風速が大きい。樹冠の**かげ**は一般に樹冠上方に強く現われ、樹冠の**かげ**の中心はL、N及びO型では樹冠上方に、M型では樹冠部にあり、その影響は前者では樹冠上方にはほぼ短樹冠長だけ延び、下方はL型ではほぼ長樹冠下際に、N型ではほぼ短樹冠下際に及び、後者では下方は短樹冠下際に止り、この状態は酒田海岸に於ける雛形林によるもの（fig. 9の(2)）とは著しく異なるものである。只林央（M型）に於ては樹冠の**かげ**は他の三者より低く現われているが、風下林縁に於けるものと同様に風速比の減退は少ない。

以上を通じて考えられることは、この程度の樹冠でも相当の対風抵抗を有するもので、その内部及び周囲、特に樹冠上方に多くの渦流を生じて風速を減退させるものゝようである。樹冠の影響が林縁風下よりも寧ろ風上に強く現われているのも渦流及び吹抜けによる模型林の特徴であろう。又台面の如き比較的平滑な表面でもかなり大きい摩擦抵抗を示すことも注目すべきことである。

Fig. 79 林内及び林縁風速比の垂直変化

$u=15$ m/s

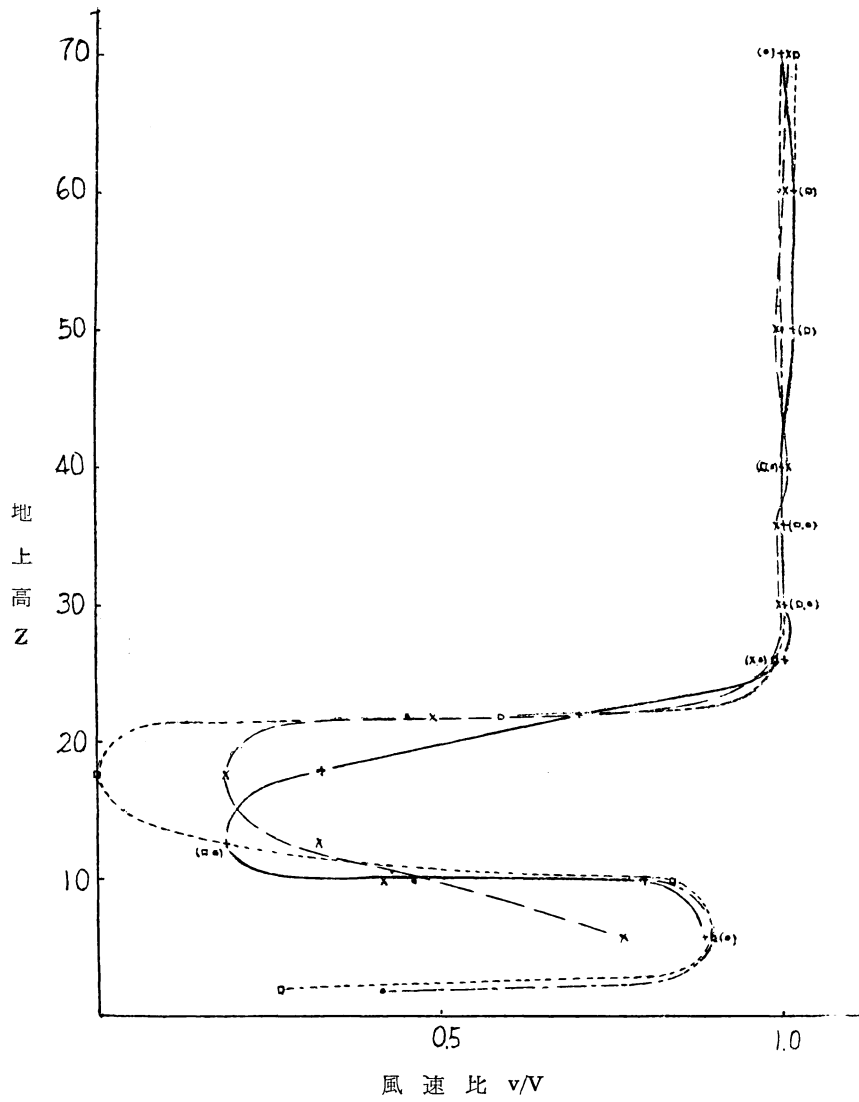
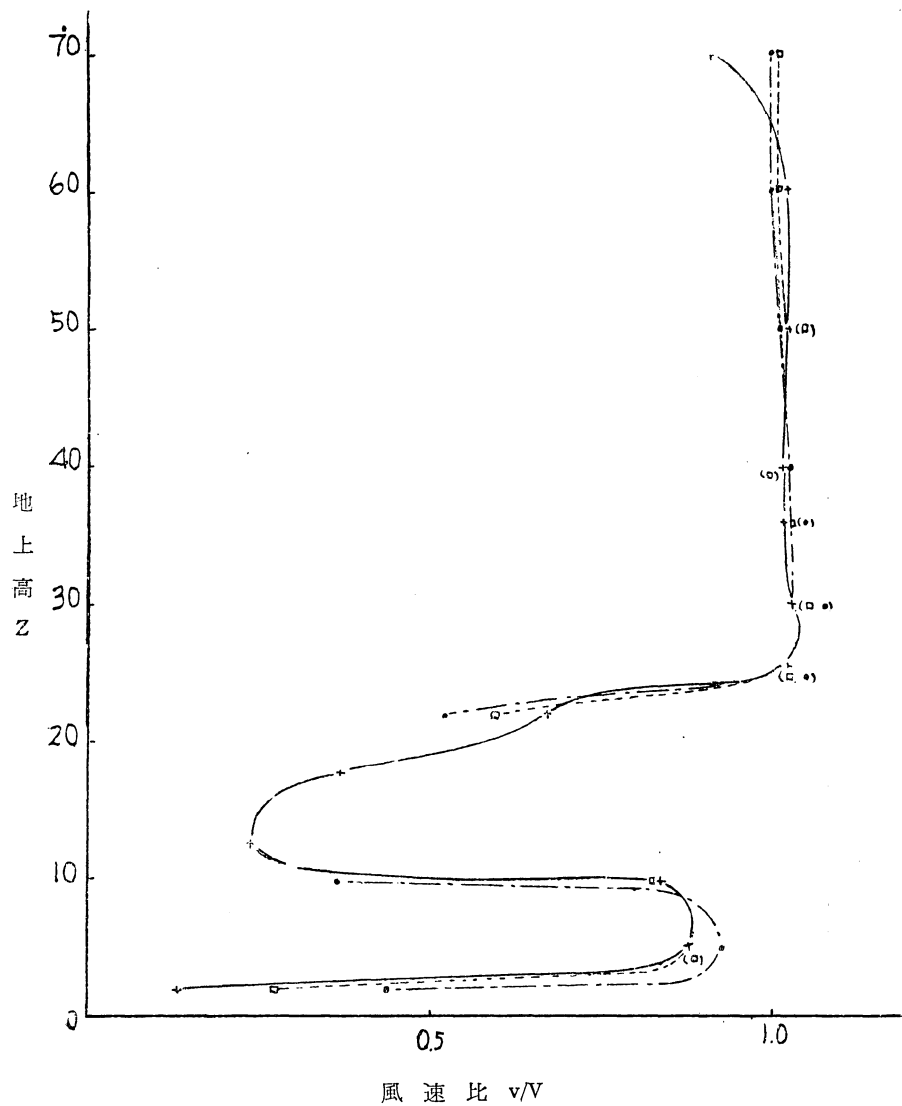


Fig. 80 林内及び林縁風速比の垂直変化

$u=20\text{ m/s}$

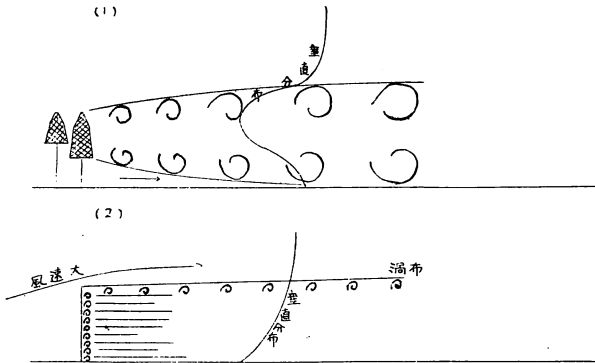


§ 19. 模型林と金網及び板との風下効果の比較

(1) 模型林と金網との風下の風の運動の比較

模型林風下では樹冠の**かげ**を生じ、図の(1)のように樹冠の両端を基点として拋物線状に拡

Fig. 81



がる渦領域乃至乱流領域が考えられ、この領域の拡がりとは地表の**かげ**（但し地表の**かげ**を生ずるのは凹凸のある地上であつて、台面上では殆ど凹凸がないからこの**かげ**を生じない）の合するところで樹幹部の吹透しの影響は消える。尙樹冠の**かげ**の強さは樹冠の密度により風速により異なるものであり、

又林帯の状態により風速によつて樹幹部を吹抜ける風の強さも当然異つて来るもので、従つてこの接合点は一定ではない。

以上のように樹冠の**かげ**、樹幹部の風の吹透し及び地表の影響（地表の**かげ**及び摩擦抵抗、但し台面上では摩擦抵抗のみと考えてよい）によつて模型林風下の風速比の垂直分布は図の(1)に示されるようになる。

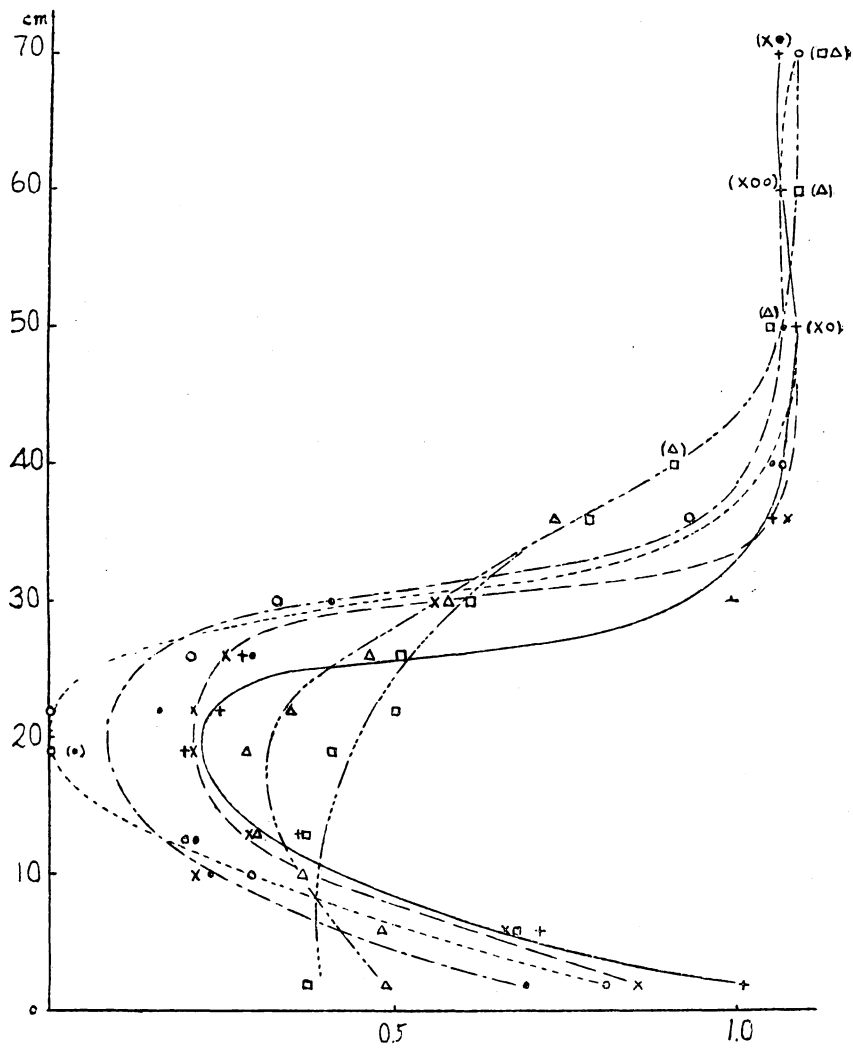
金網風下では模型林風下と異り金網の上縁風下に僅に上方に向う線状の渦布(vorted sheet)を生じてこの領域内の風速は小となり、その上方の風速は大きい。又金網の風下直後に金網の目に応ずる多くの小渦流を生ずるがこれは直ちに吹抜けの風に消されて一様な流れとなり、風下の風速は金網の抵抗によつて低減される。尙金網風下の風速の垂直分布は模型林と異り**かげ**を持たないために一様な形をとるが、台面の摩擦抵抗によつて図の(2)のように下方が金網に向つて傾斜した形になる。(fig. 82~fig. 117 参照)

Fig. 82 風下風速比垂直分布凡例

凡 例		
1% 風速比	+	—————
3% 風速比	x	-----
5% 風速比	o	-----
7% 風速比	•	-----
10% 風速比	△	-----
13% 風速比	□	-----

Fig. 83 風下風速比垂直分布図

A 型 $u=15$ m/s



A 型 $u=20 \text{ m/s}$ -

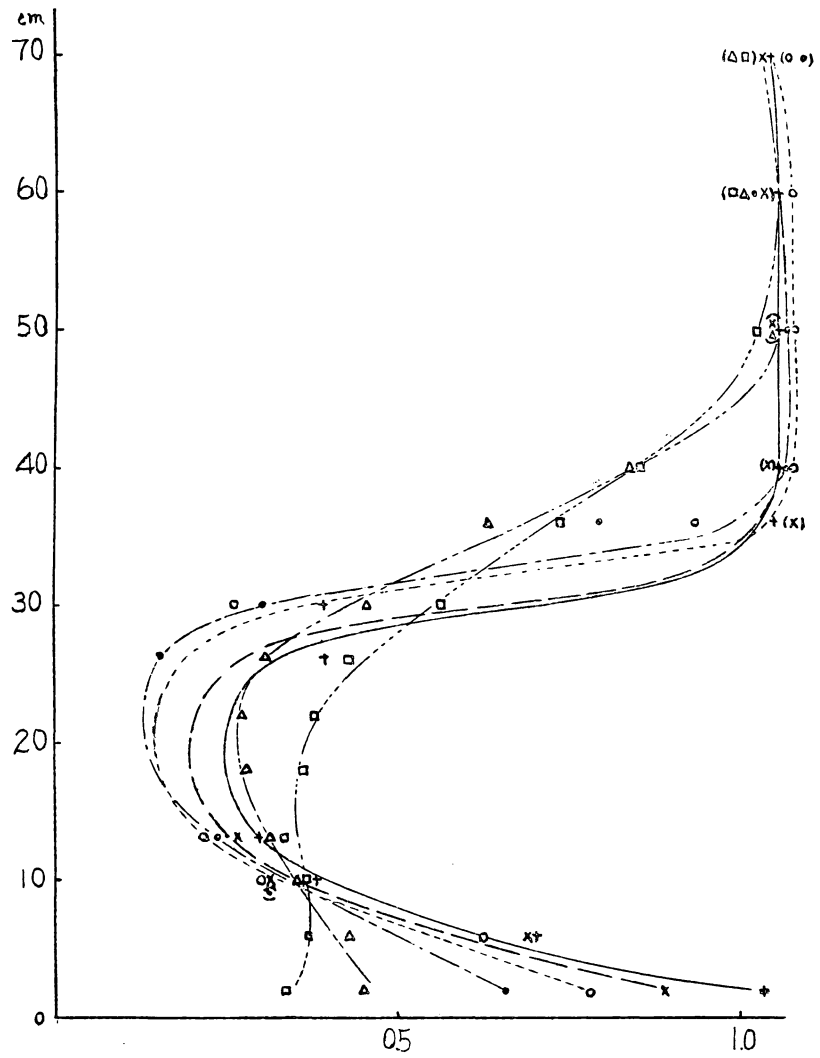


Fig. 85 風下風速比垂直分布図

B 型 $u=15$ m/s

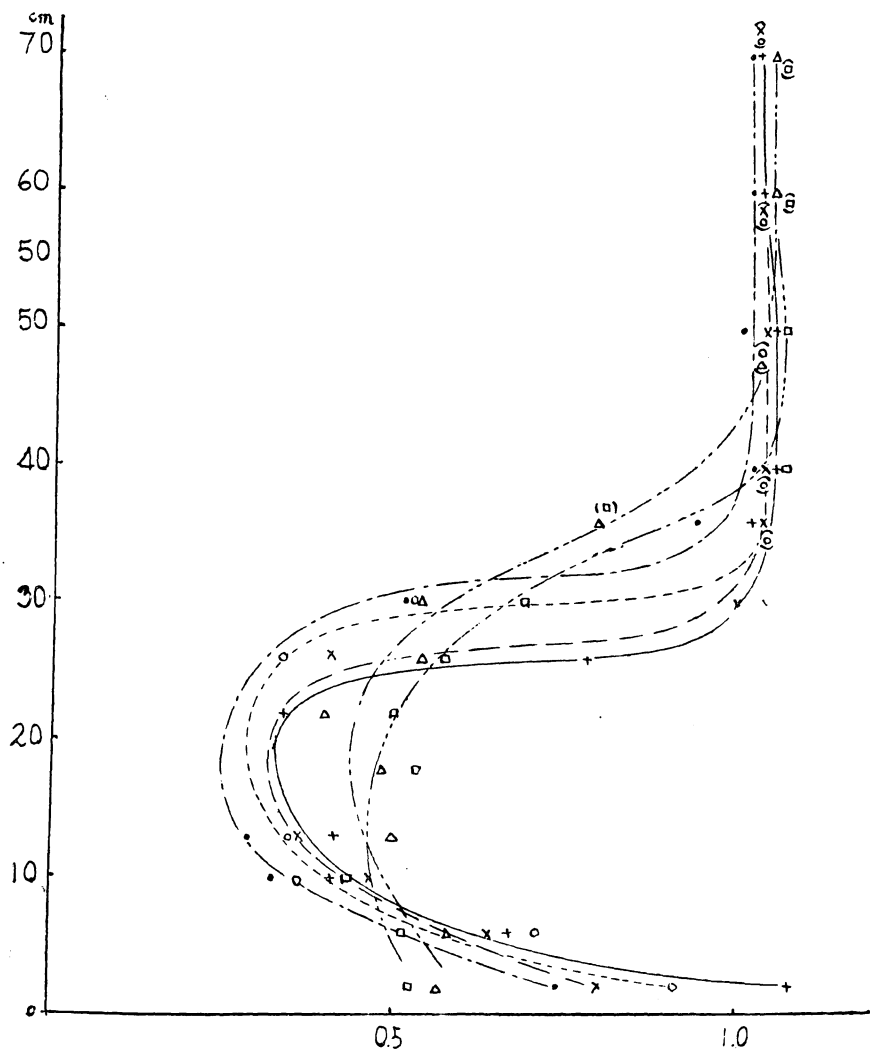


Fig. 86 風下風速比垂直分布図

B型 $u=20$ m/s

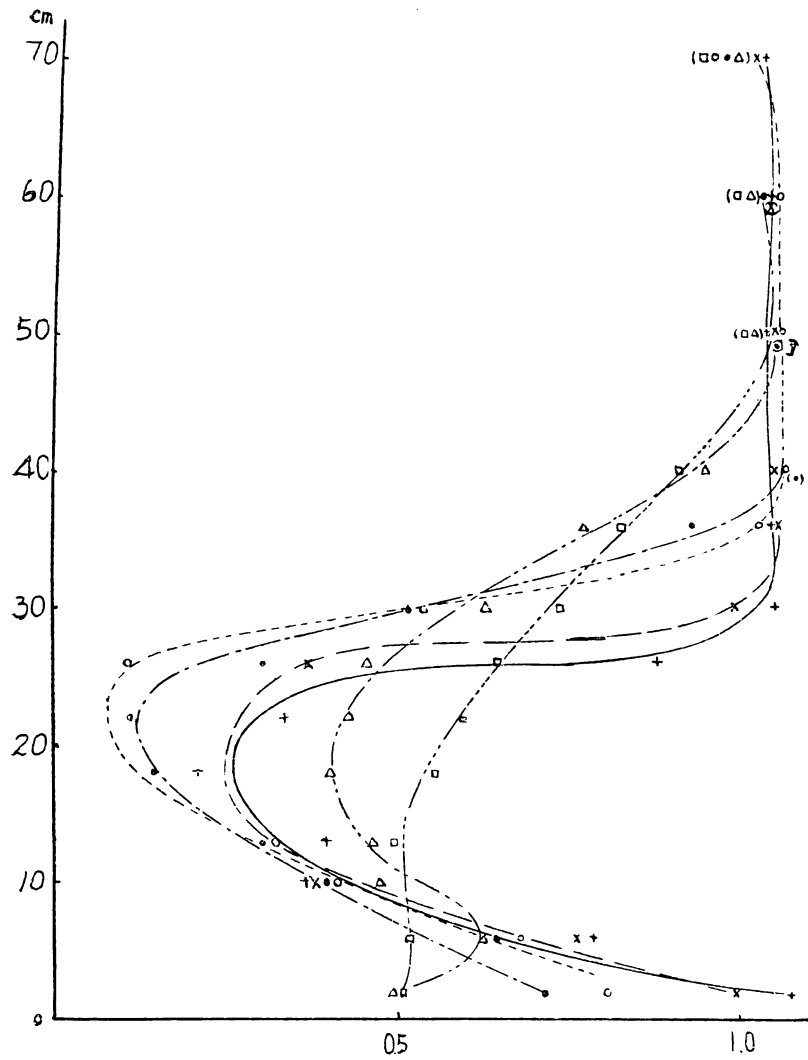


Fig. 87 風下風速比垂直分布図

C 型 $u=10$ m/s

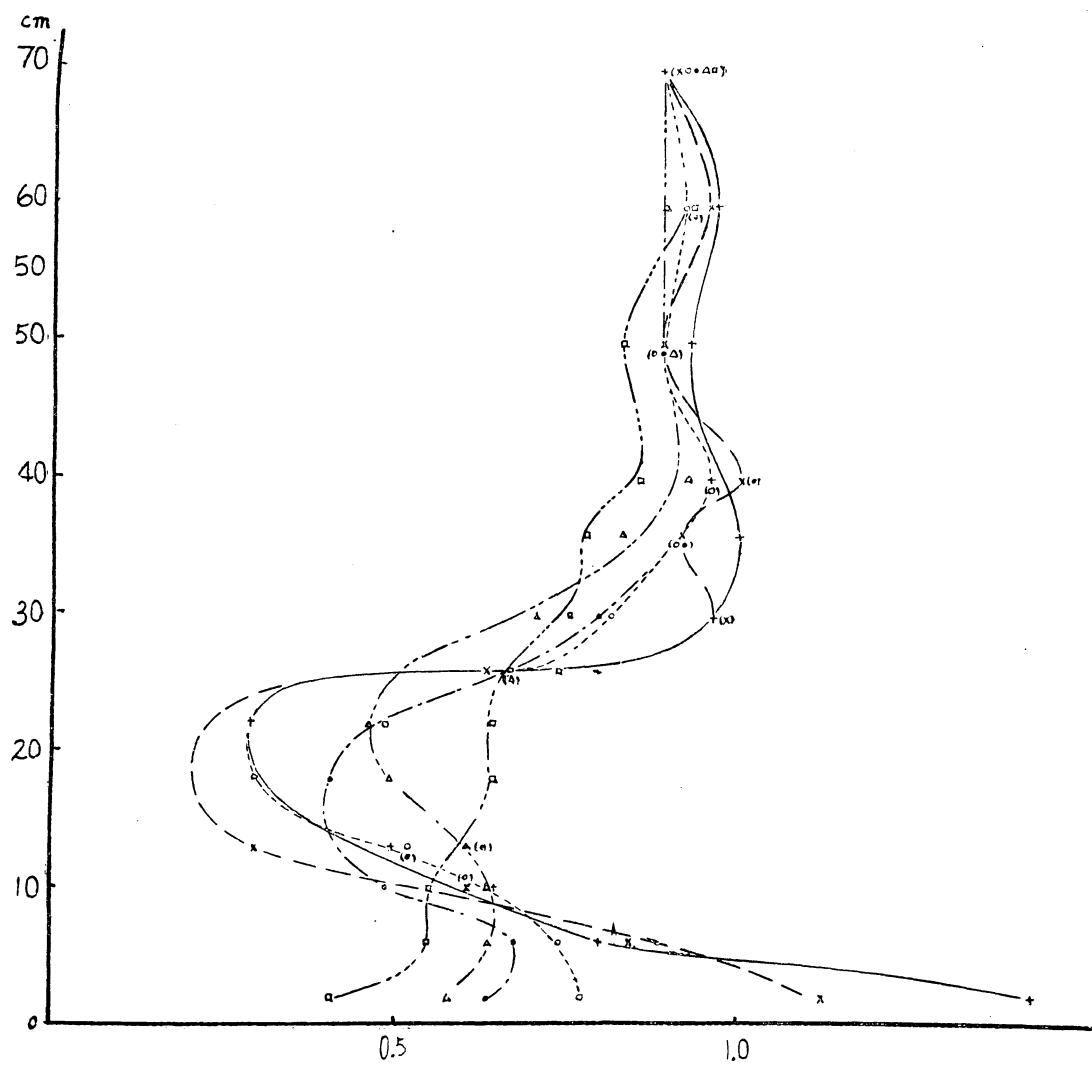


Fig. 88 風下風速比垂直分布図

C型 $u=15$ m/s

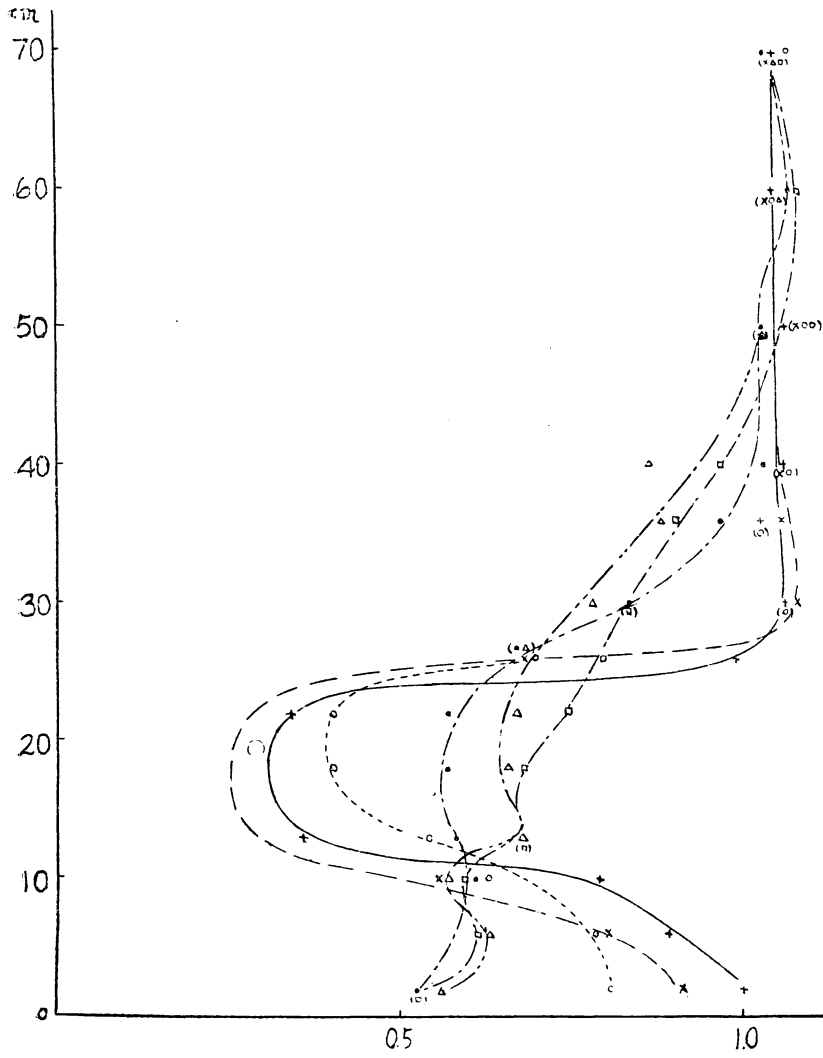


Fig. 89 風下風速比垂直分布図

C 型 $u=20$ m/s

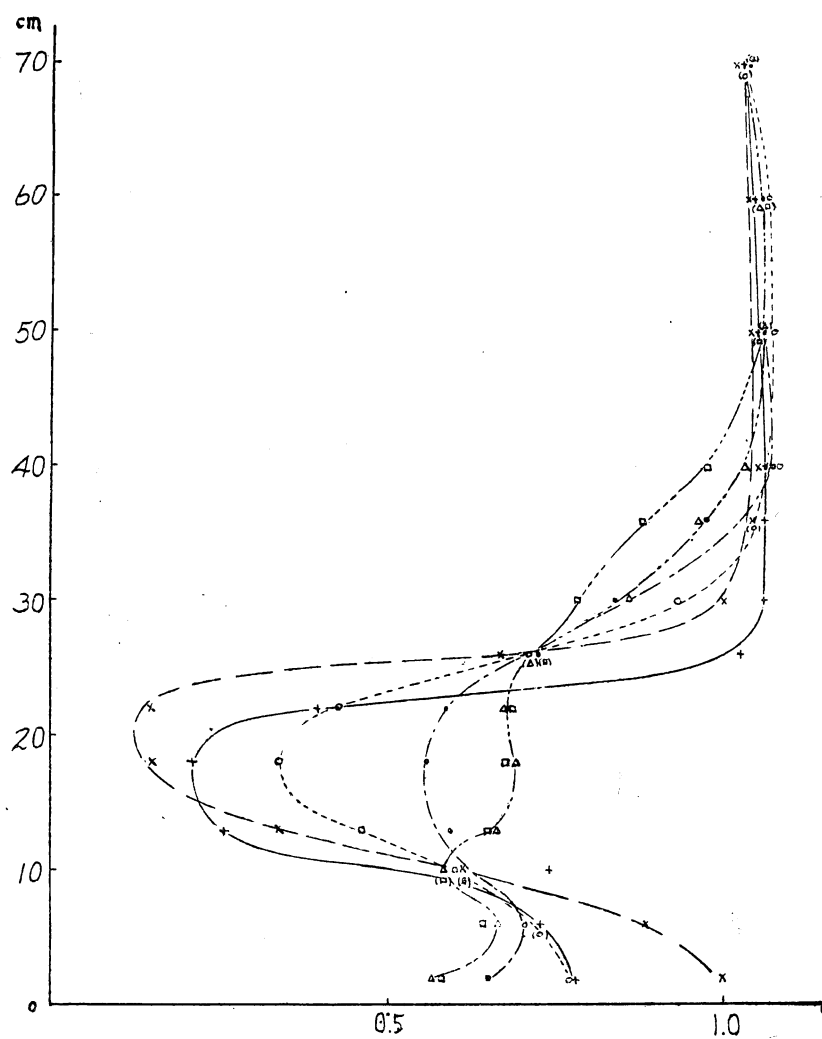


Fig. 90 風下風速比垂直分布図

D 型 $u=15$ m/s

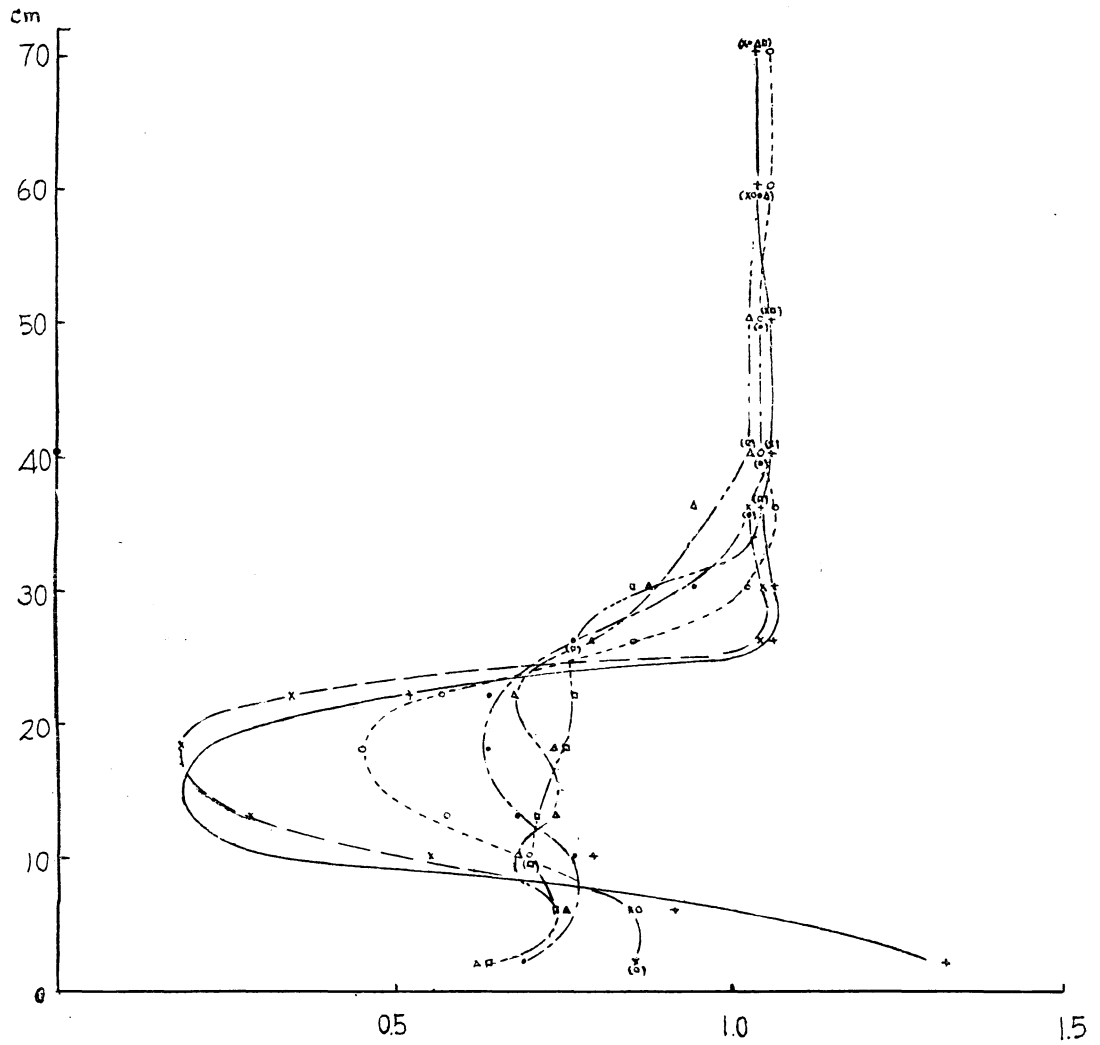


Fig. 91 風下風速比垂直分布図

D 型 $u=20$ m/s

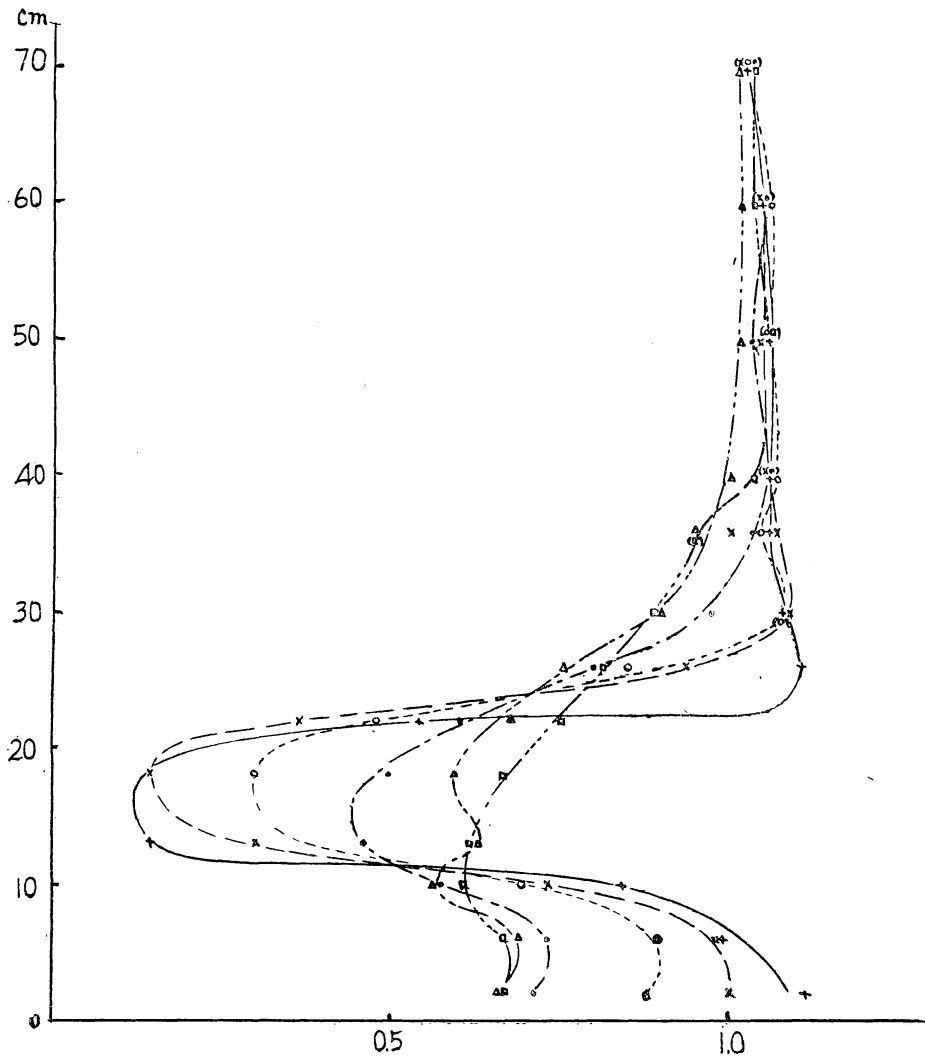


Fig. 92 風下風速比垂直分布図

E 型 $u=15$ m/s

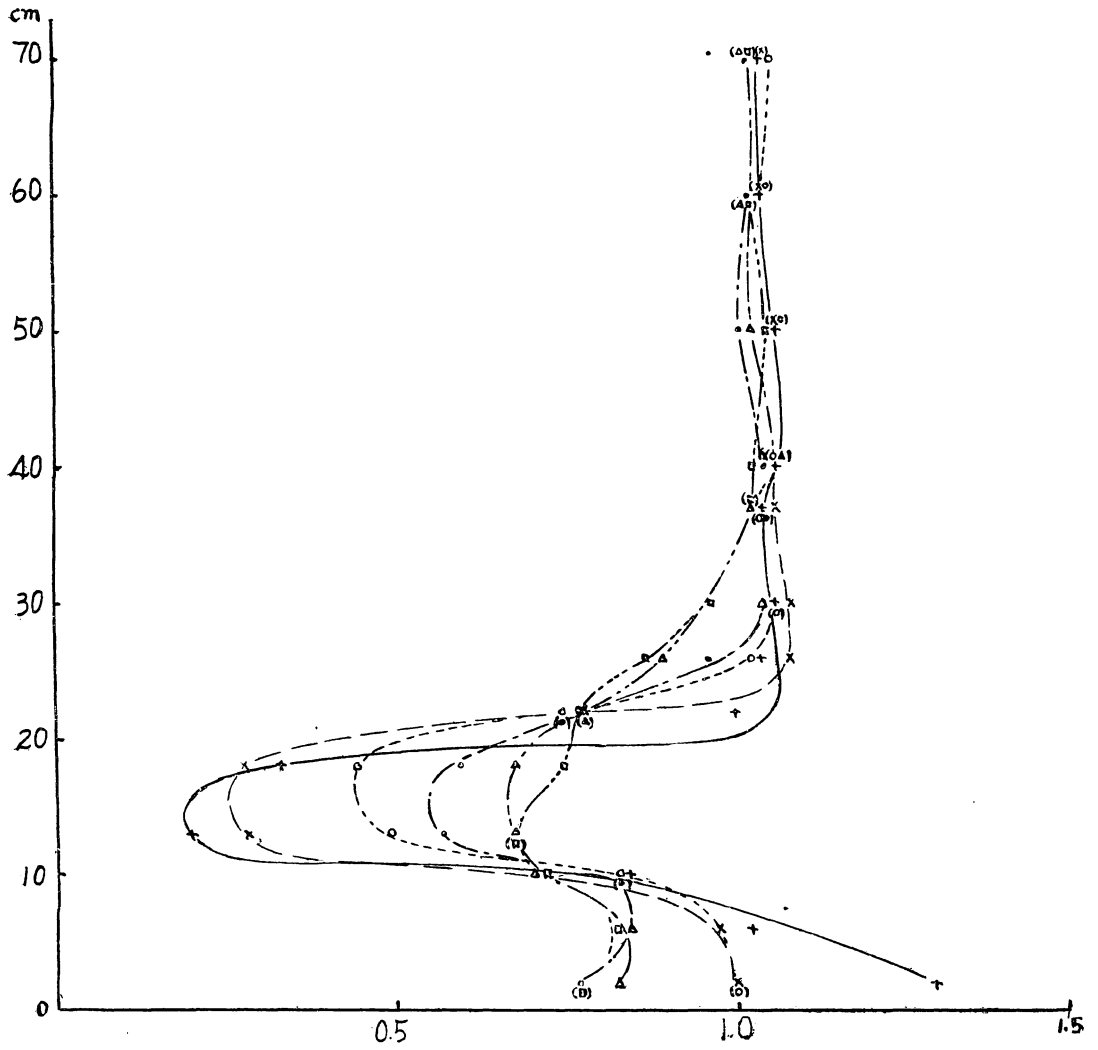


Fig. 93 風下風速比垂直分布図

E 型 $u=20$ m/s

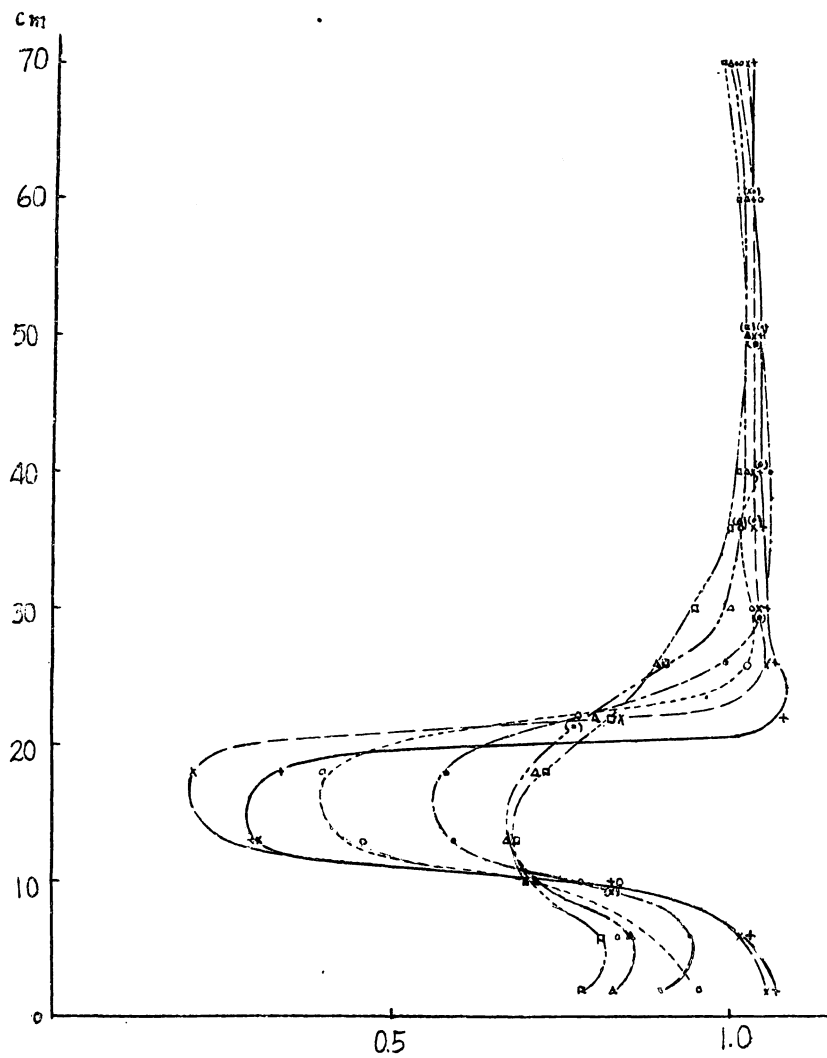


Fig. 94 風下風速比垂直分布図

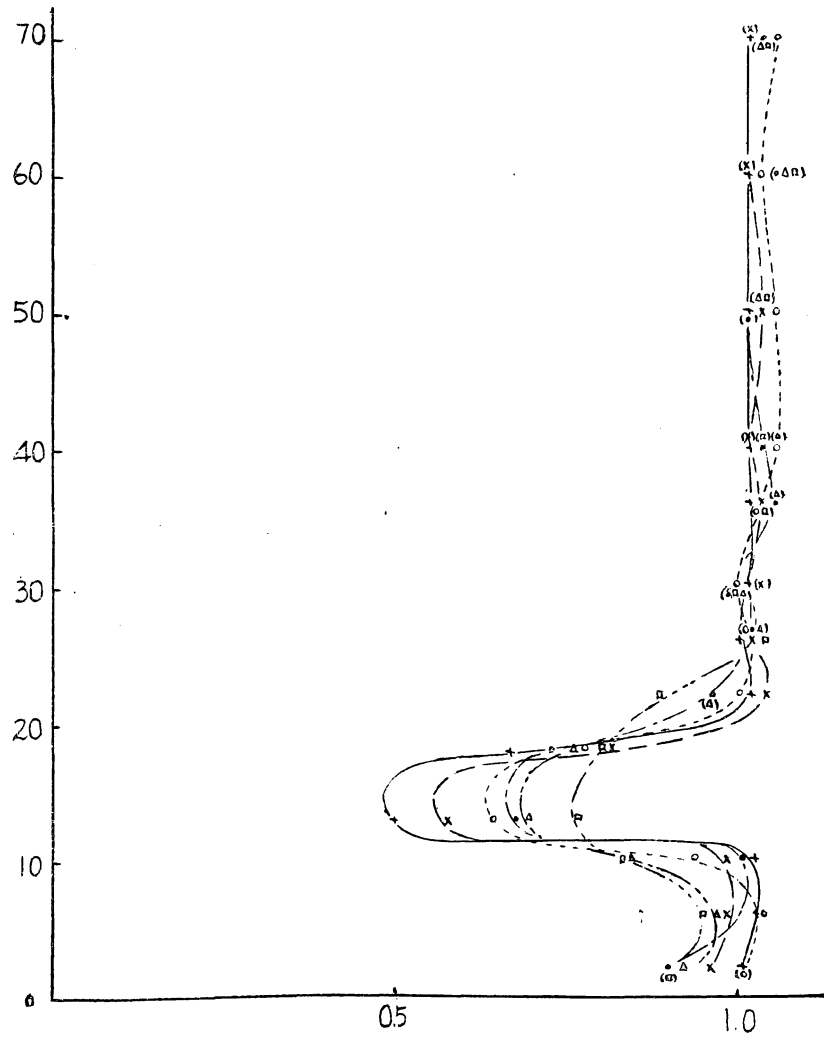
F 型 $u=15$ m/s

Fig. 95 風下風速比垂直分布図

F 型 $u=20$ m/s

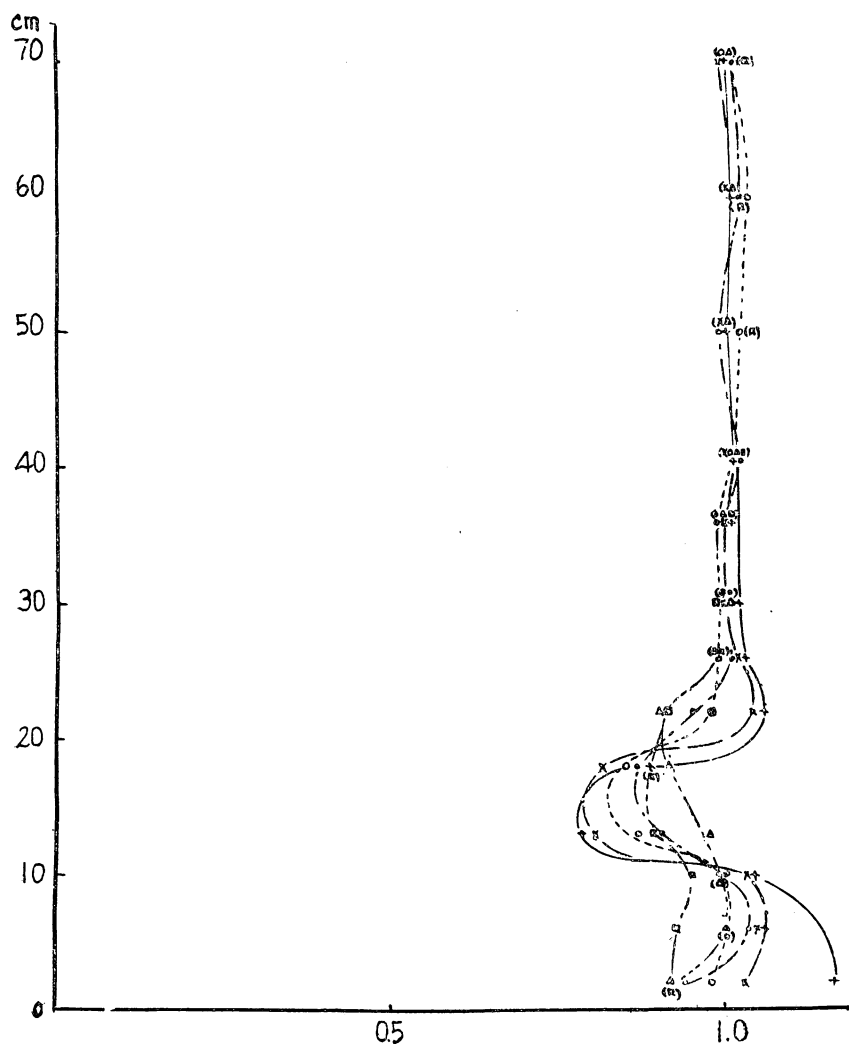


Fig. 96 風下風速比垂直分布図
G 型 $u=15$ m/s

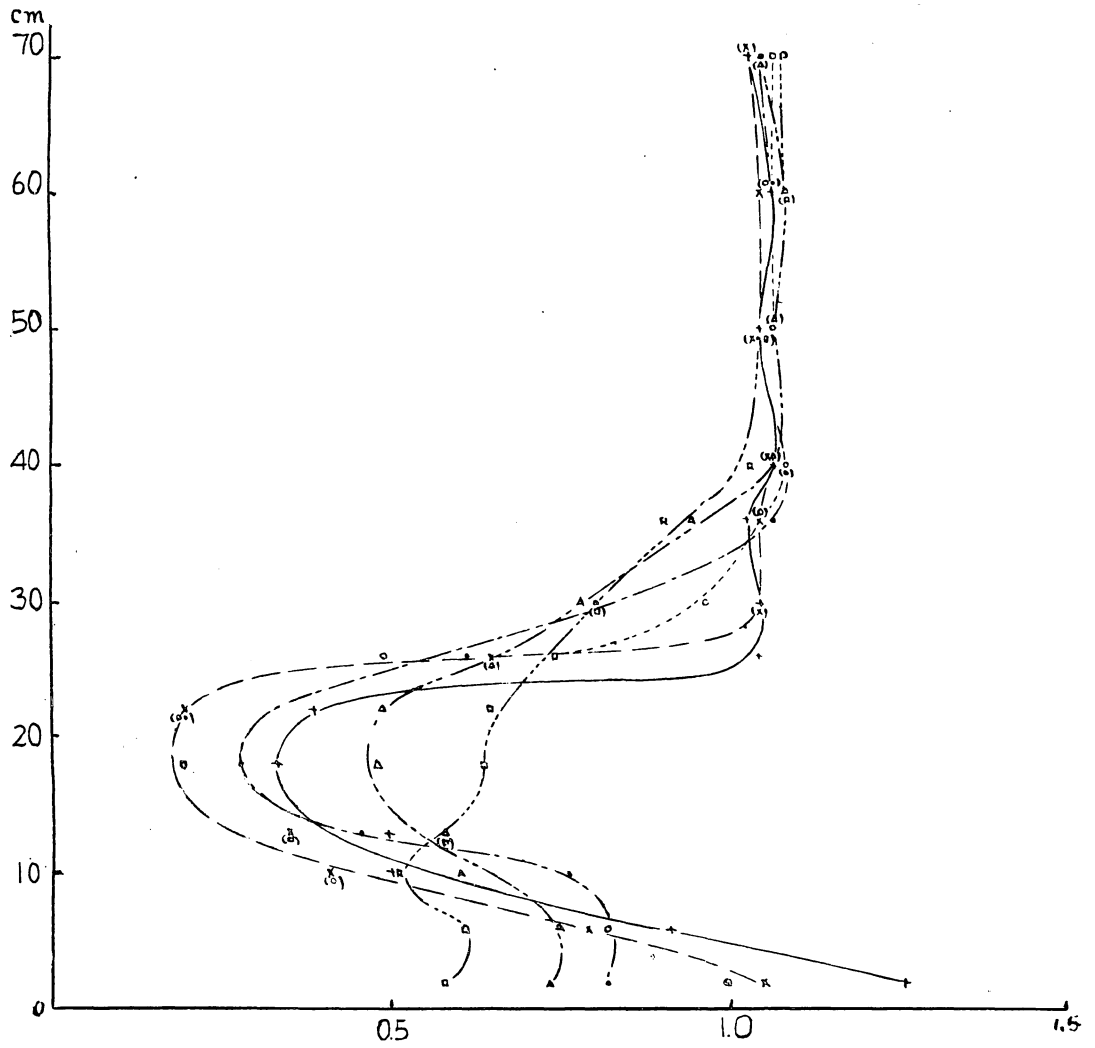


Fig. 97 風下風速比垂直分布図

G 型 $u=20$ m/s

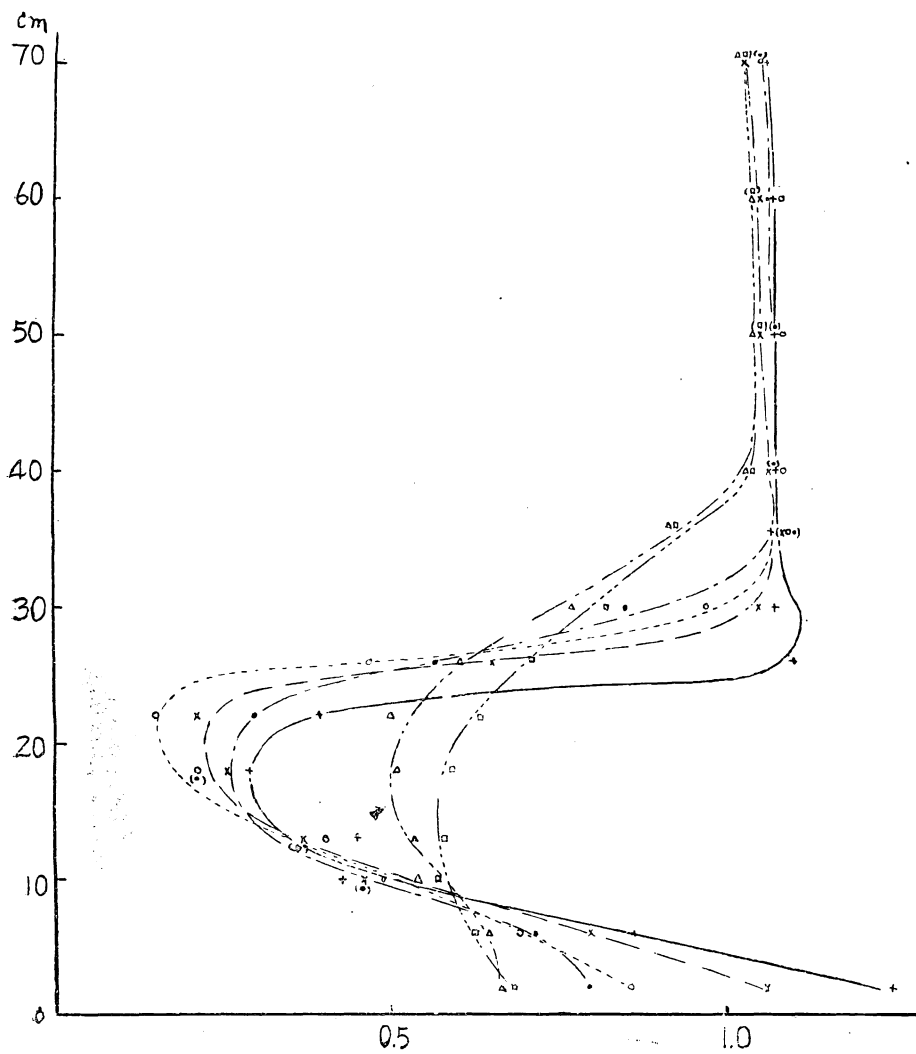


Fig. 98 風下風速比垂直分布図

H 型 $u=15$ m/s

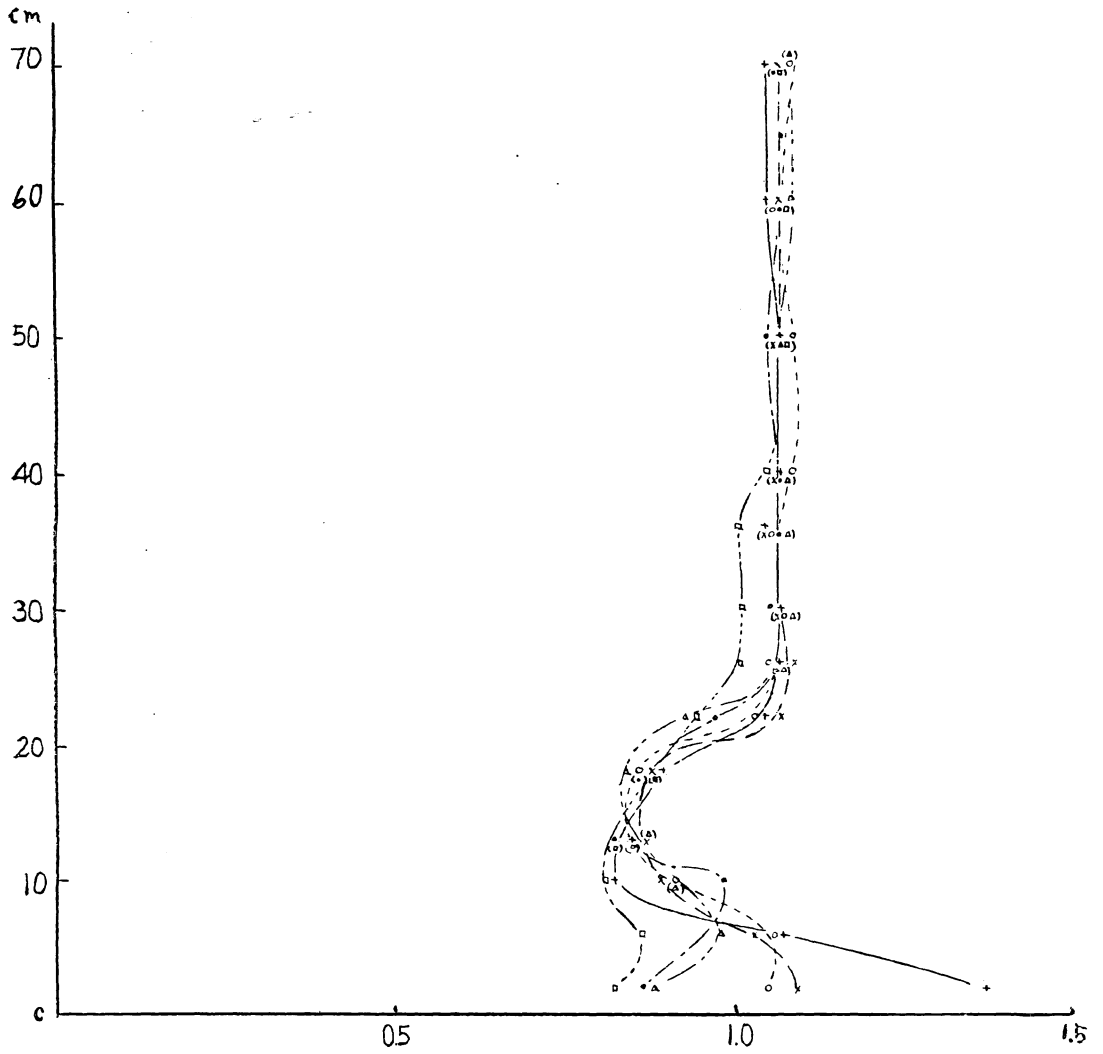


Fig. 99 風下風速比垂直分布圖

H 型 $u=20$ m/s

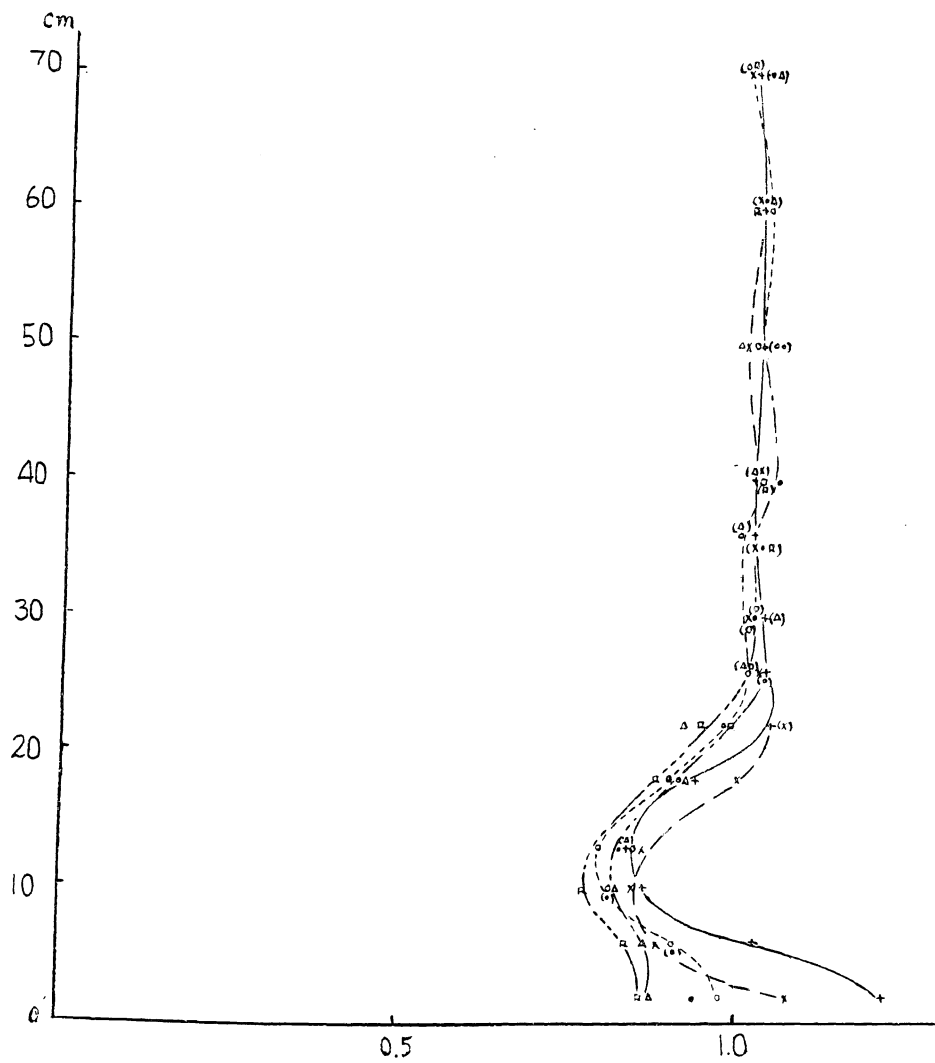


Fig. 100 風下風速比垂直分布図

J 型 $u=15 \text{ m/s}$

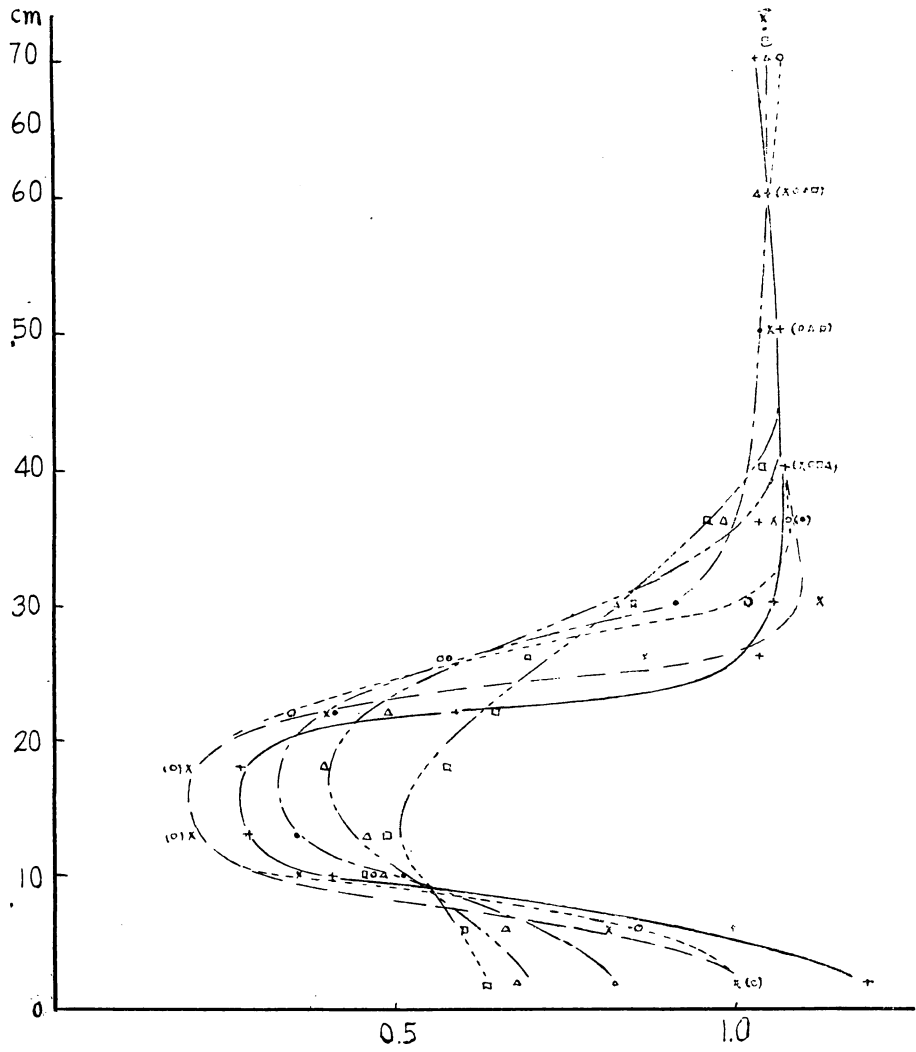


Fig. 101 風下風速比垂直分布図

J 型 $u=20$ m/s

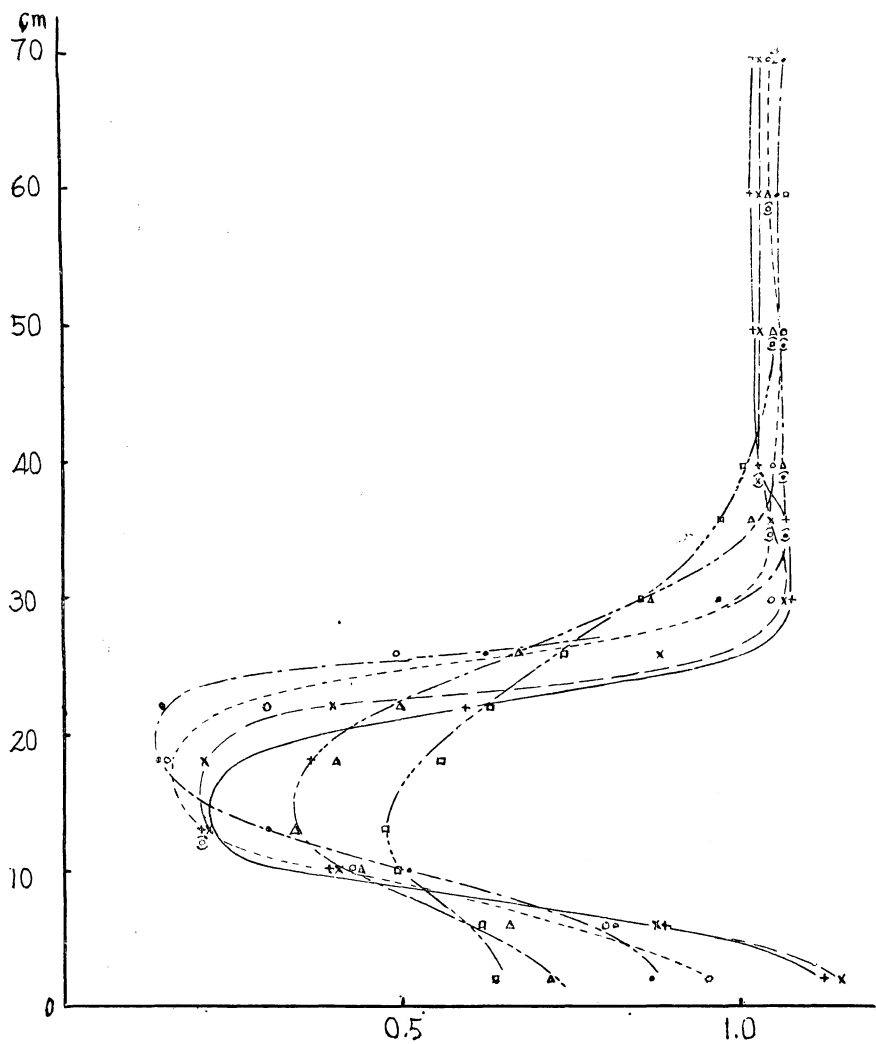


Fig. 102 風下風速比垂直分布図

K 型 $u=15$ m/s

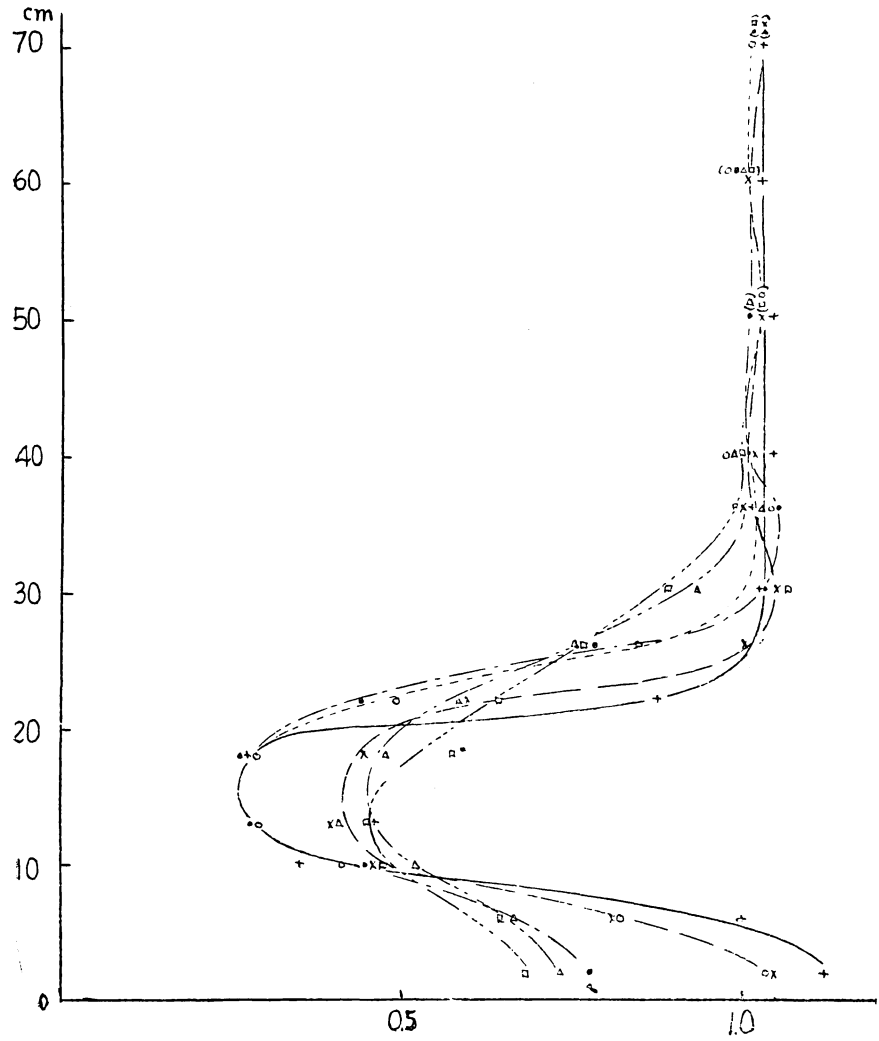


Fig. 103 風下風速比垂直分布図

K 型 $u=20$ m/s

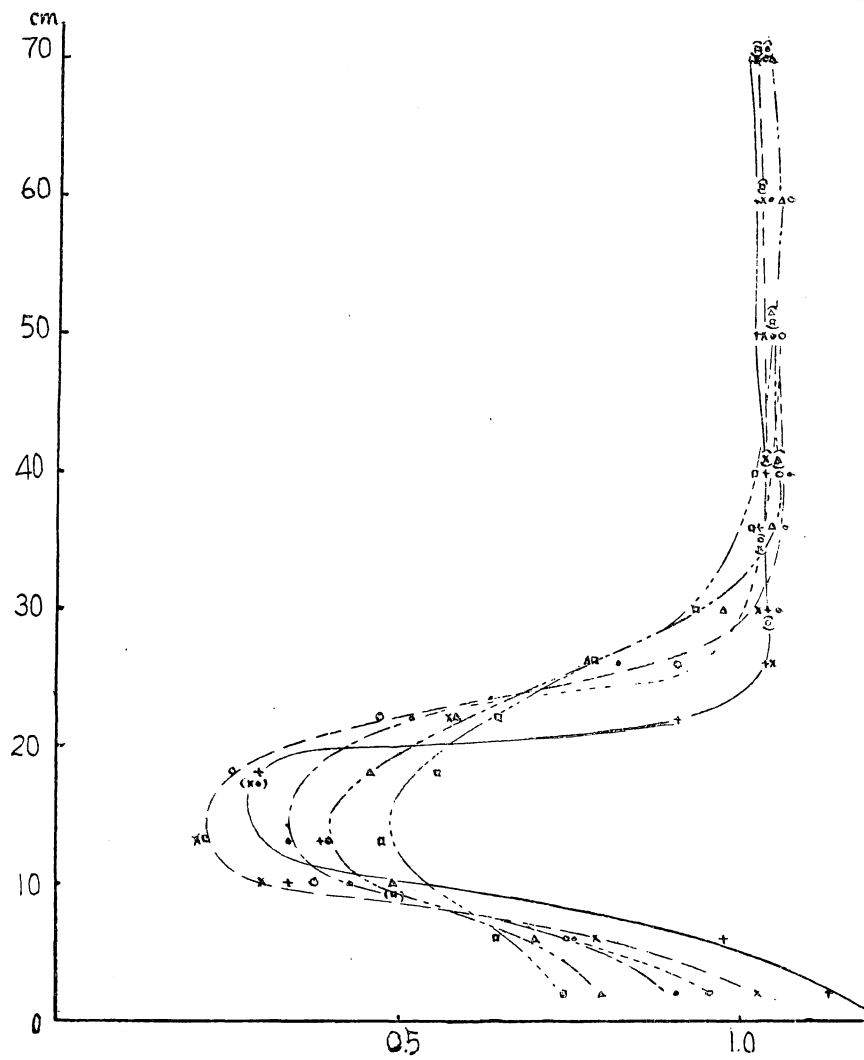


Fig. 104 風下風速比垂直分布図

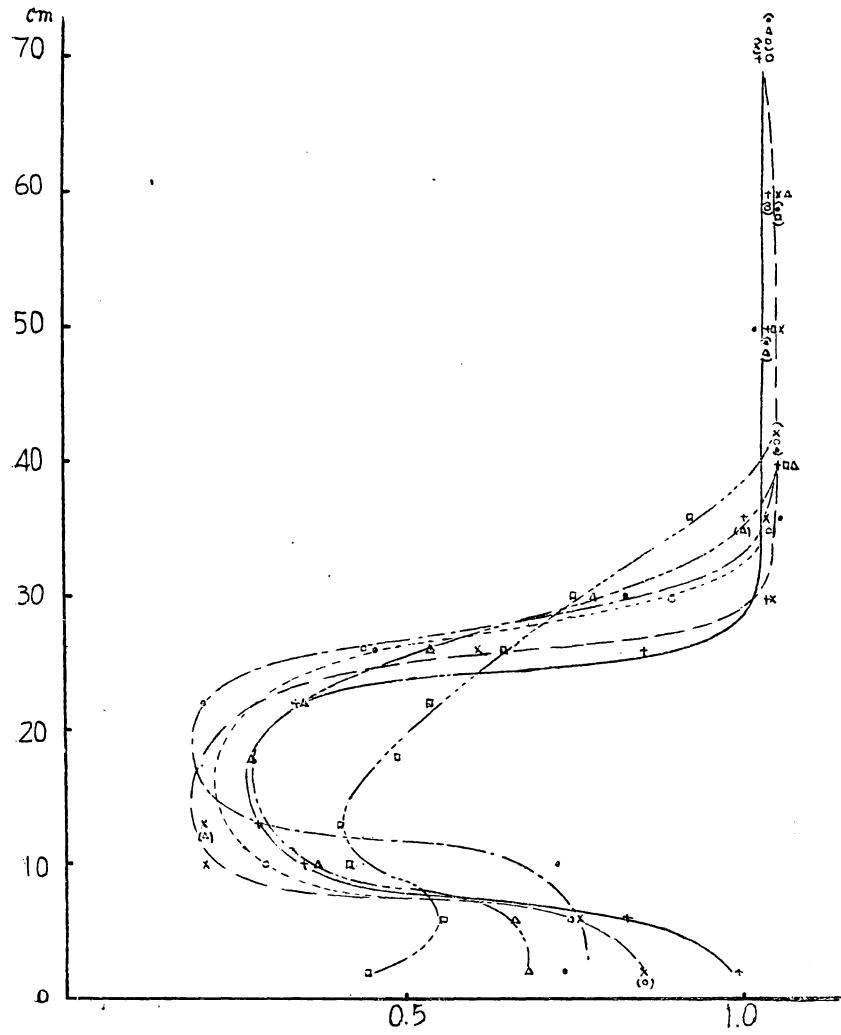
L 型 $u=15$ m/s

Fig. 105 風下風速比垂直分布図

P 型 $u=15$ m/s

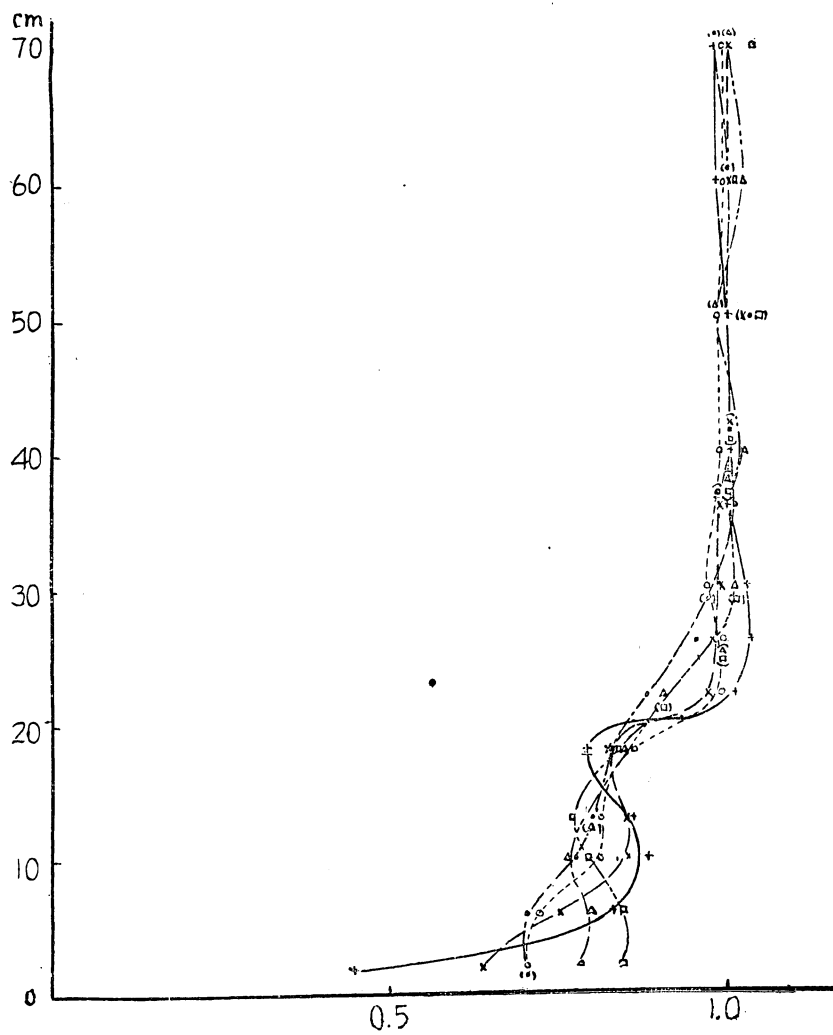


Fig. 106 風下風速比垂直分布図

P₁型 $u=20$ m/s

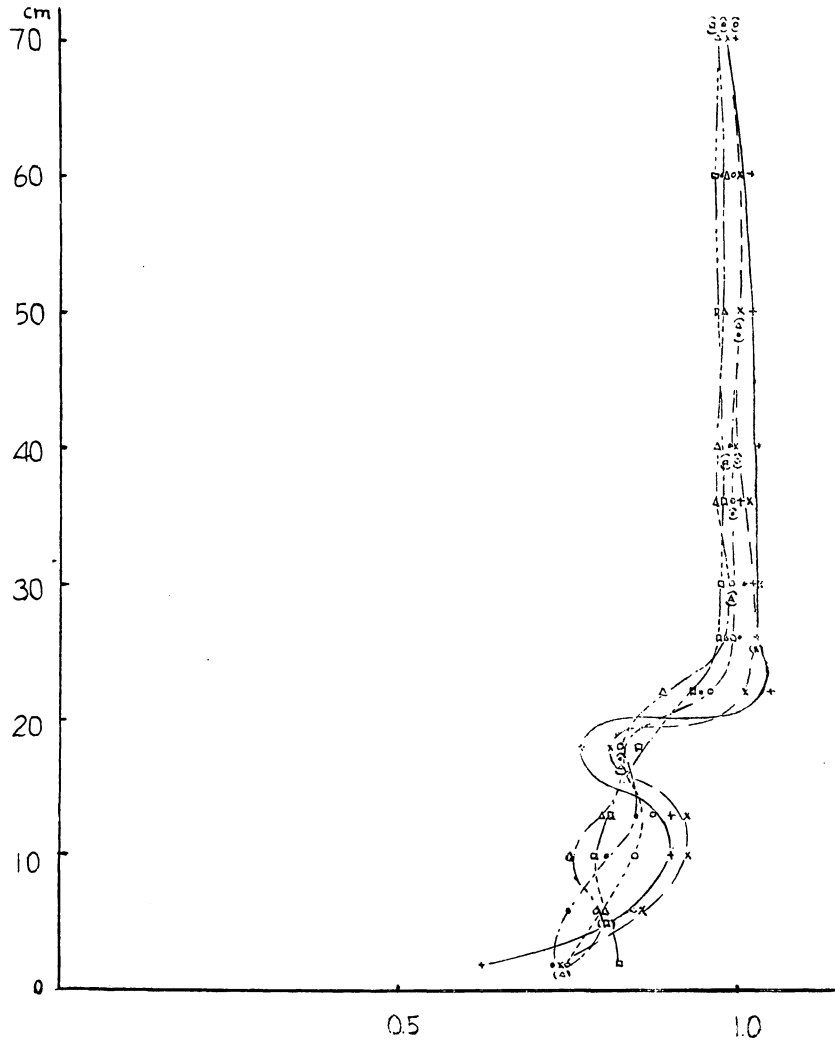


Fig. 107 風下風速比垂直分布図

Q 型 $u=15$ m/s

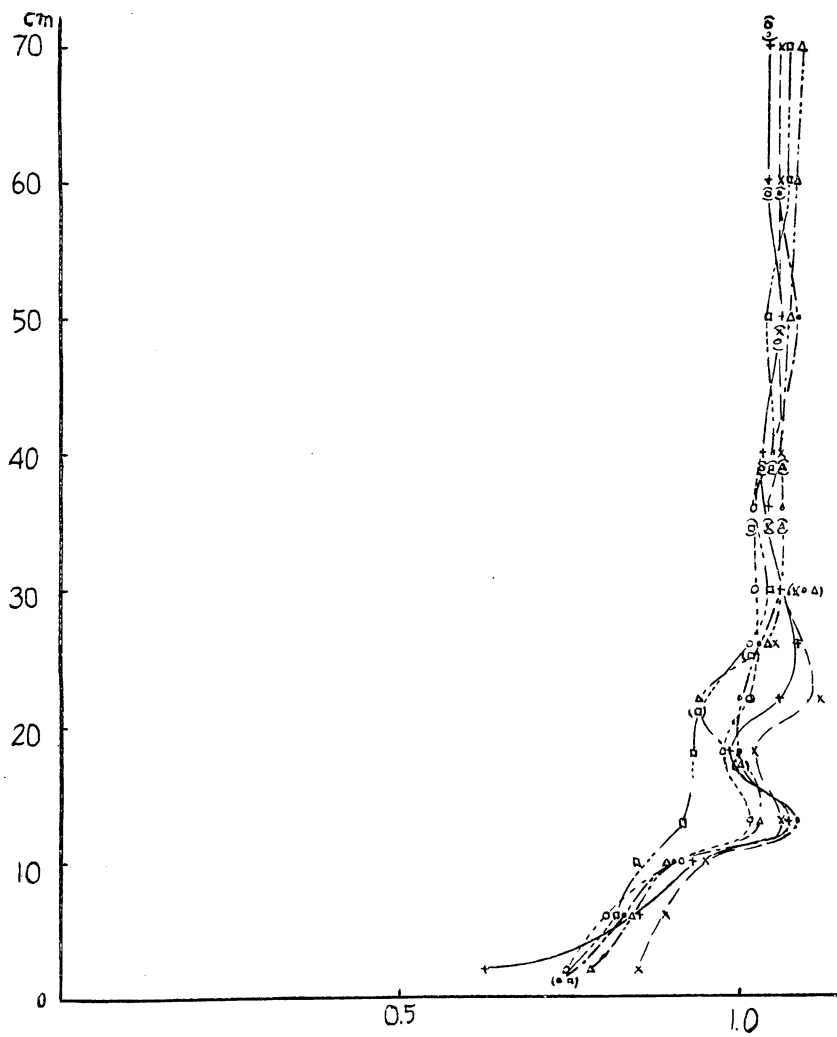


Fig. 108 風下風速比垂直分布図

Q 型 $u=20 \text{ m/s}$

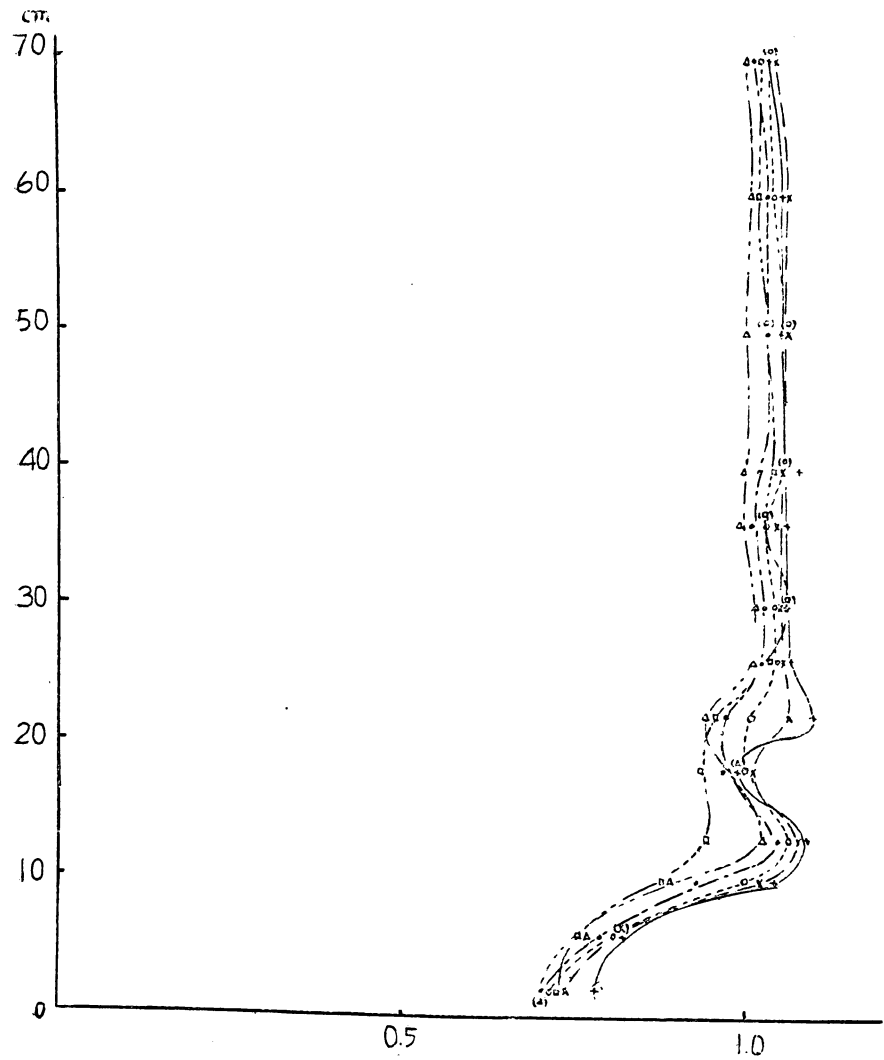


Fig. 109 風下風速比垂直分布図

R 型 $u=15\text{ m/s}$

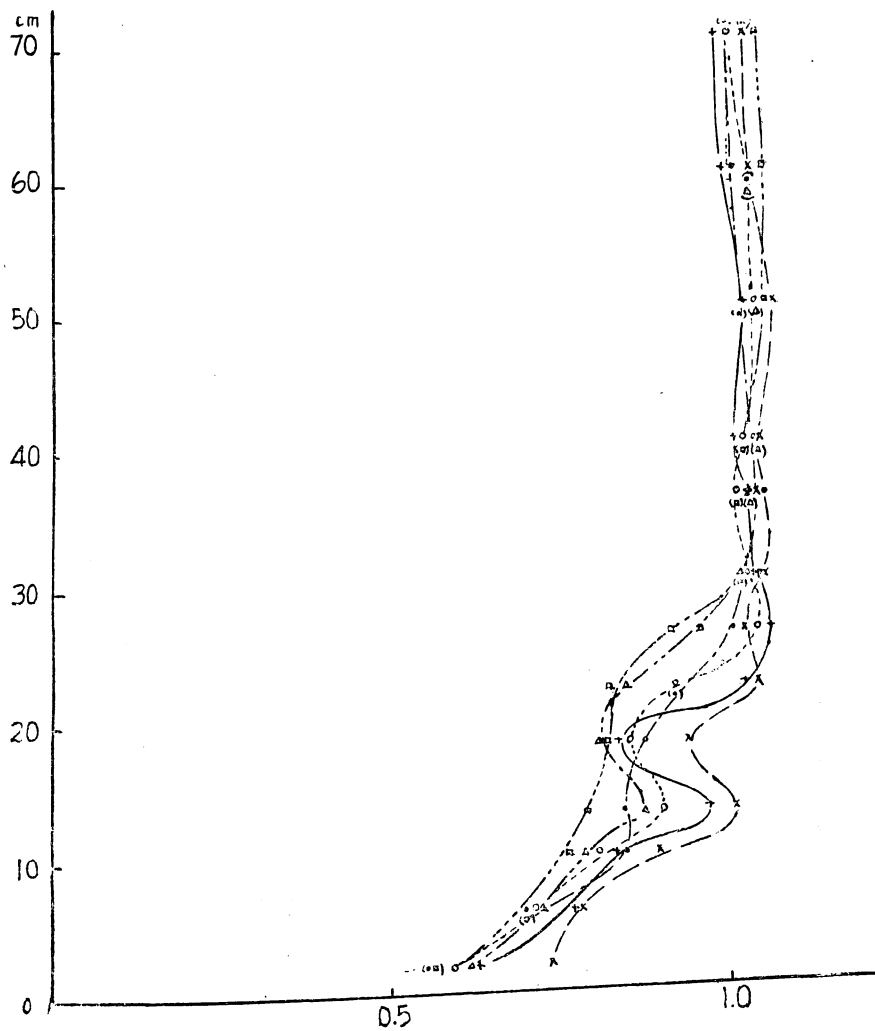


Fig. 110 風下風速比垂直分布図

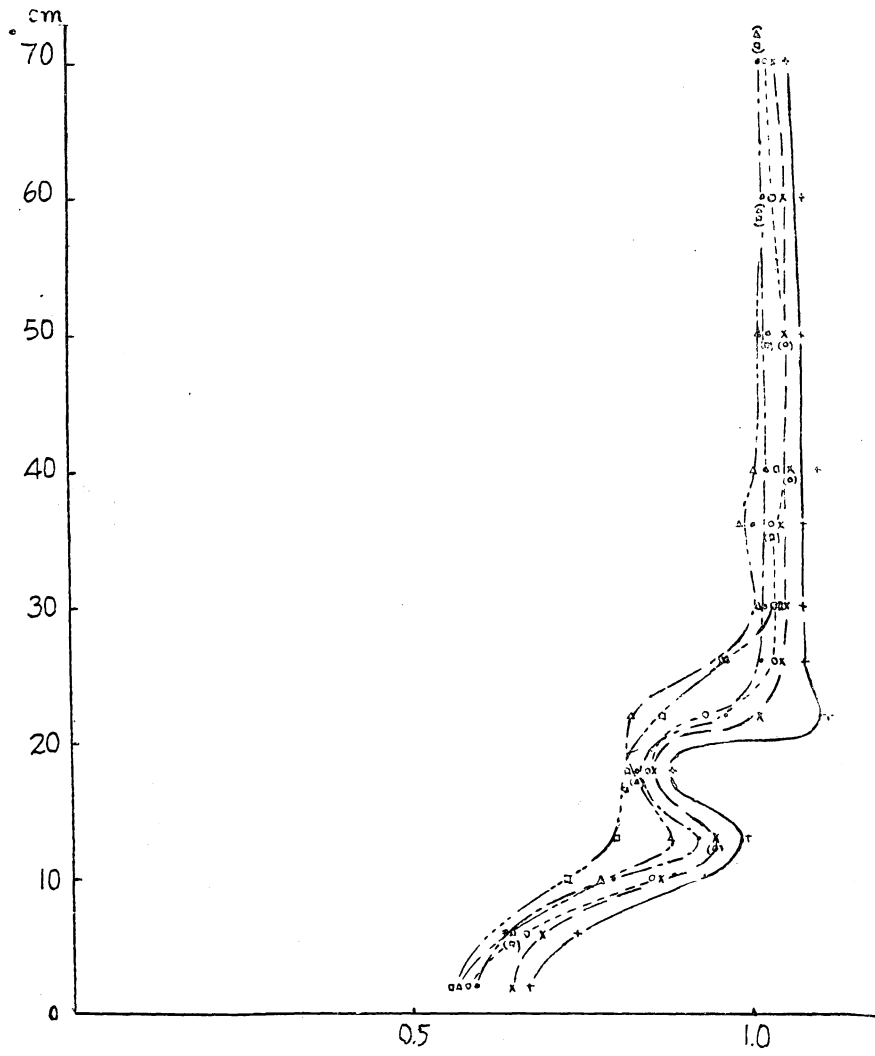
R型 $u=20$ m/s

Fig. 111 風下風速比垂直分布図

S 型 $u=15 \text{ m/s}$

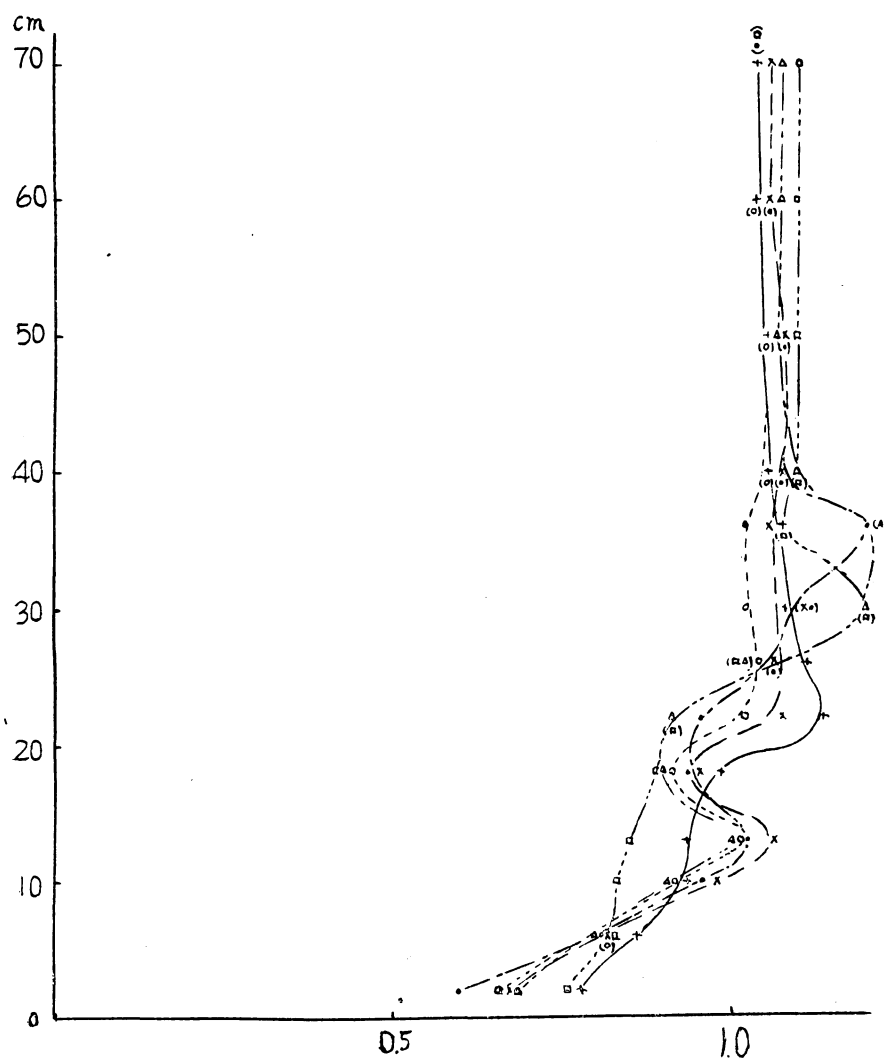


Fig. 112 風下風速比垂直分布図

S 型 $u=20$ m/s

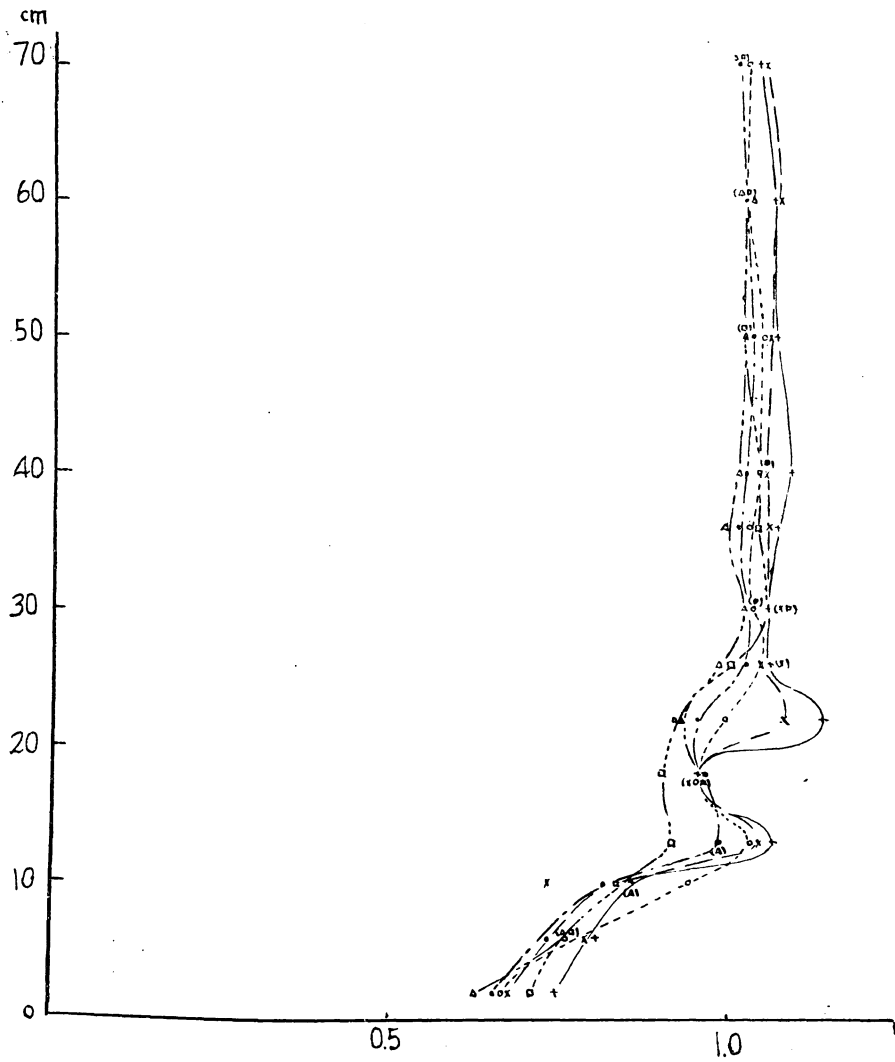


Fig. 113 風下風速比垂直分布図

T 型 $u=15$ m/s

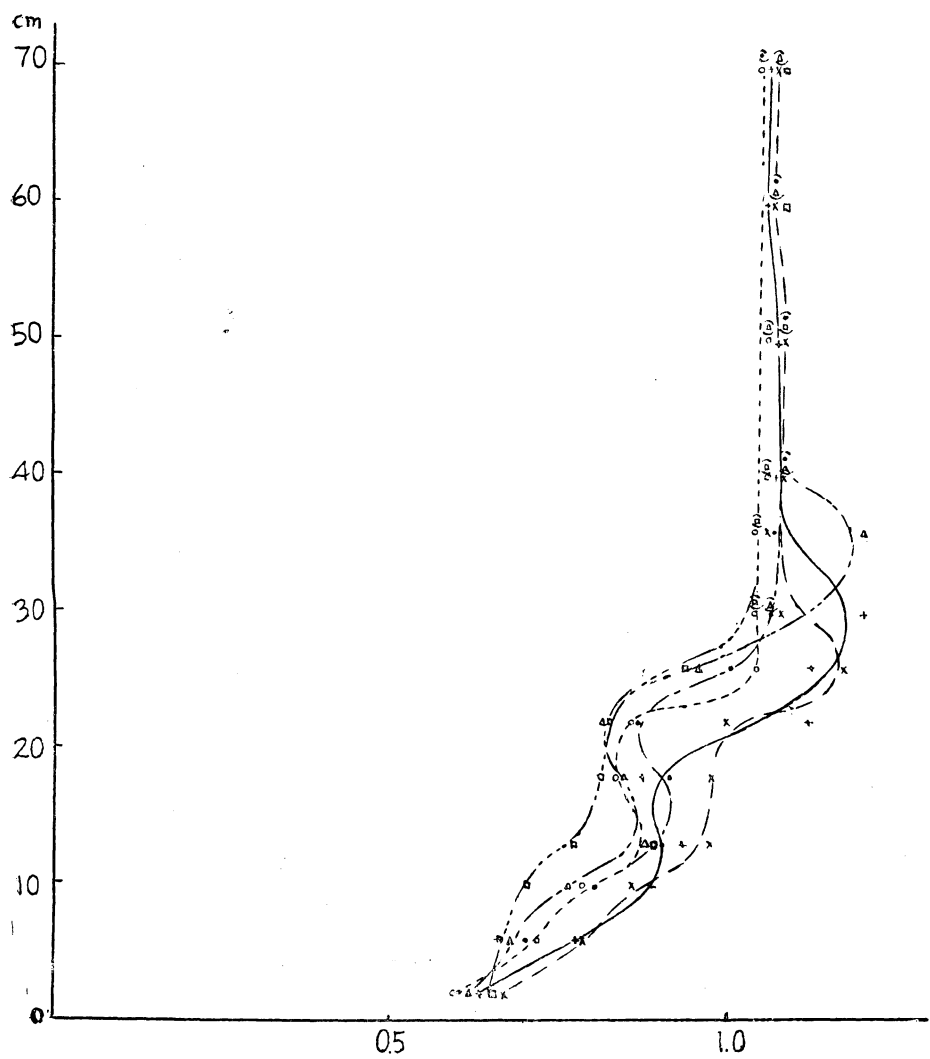


Fig. 114 風下風速比垂直分布図

T 型 $u=20$ m/s

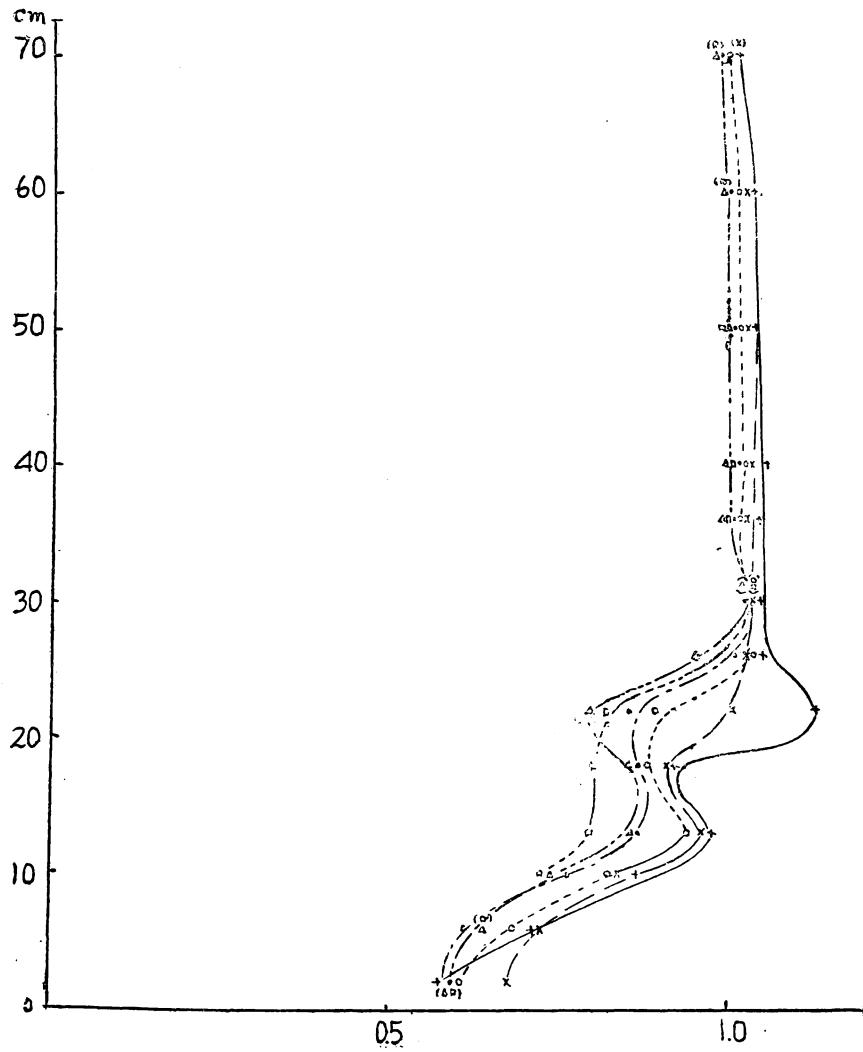


Fig. 115 風下風速比垂直分布図

U 型 $u=15$ m/s

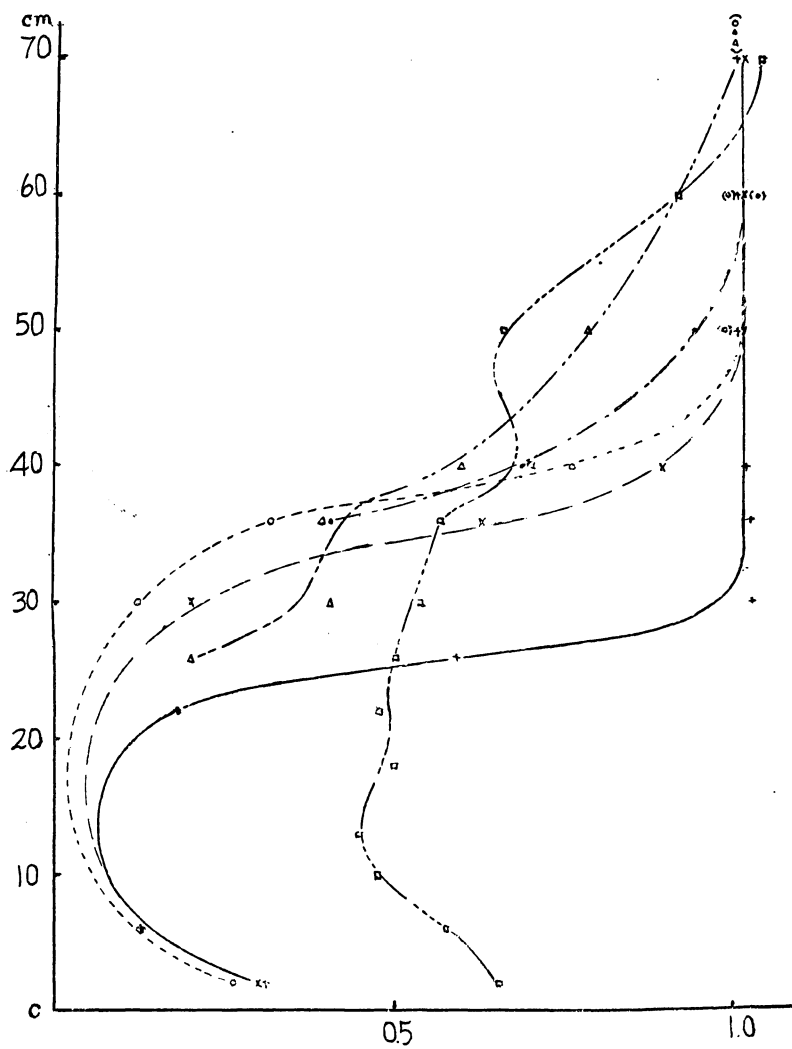


Fig. 116 風下風速比垂直分布図

U'型 $u=15$ m/s

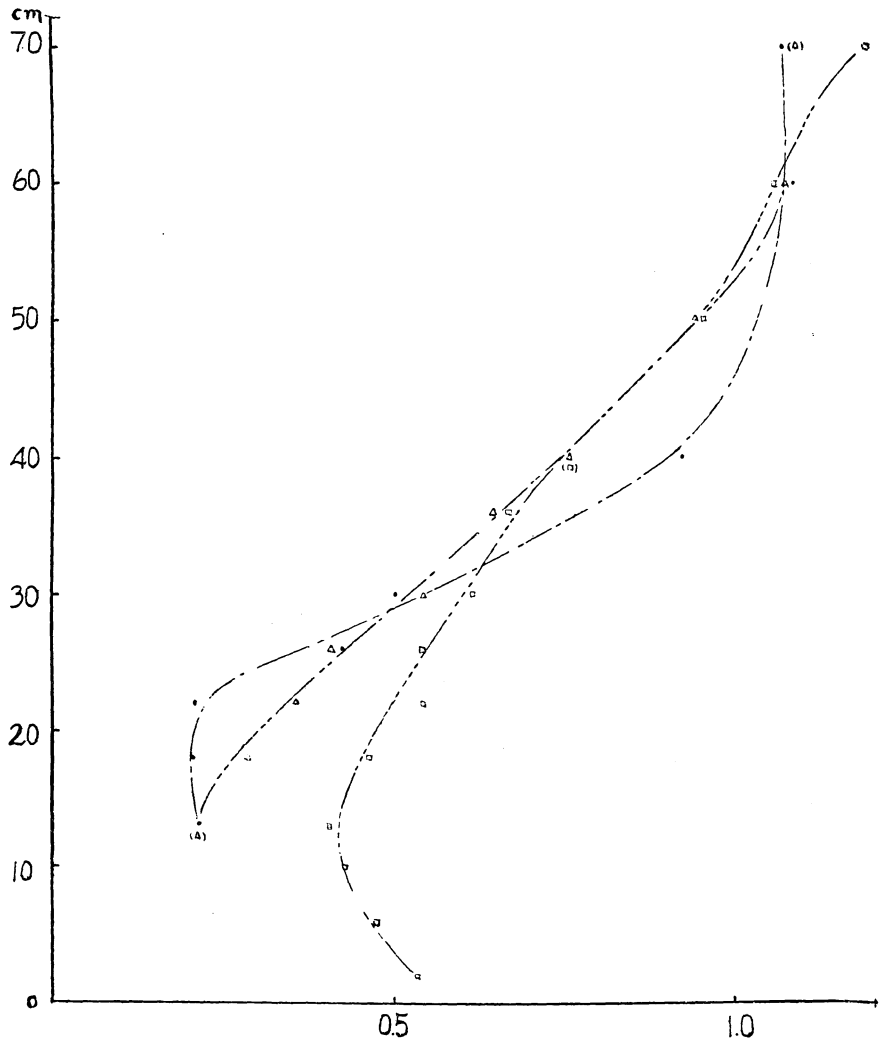
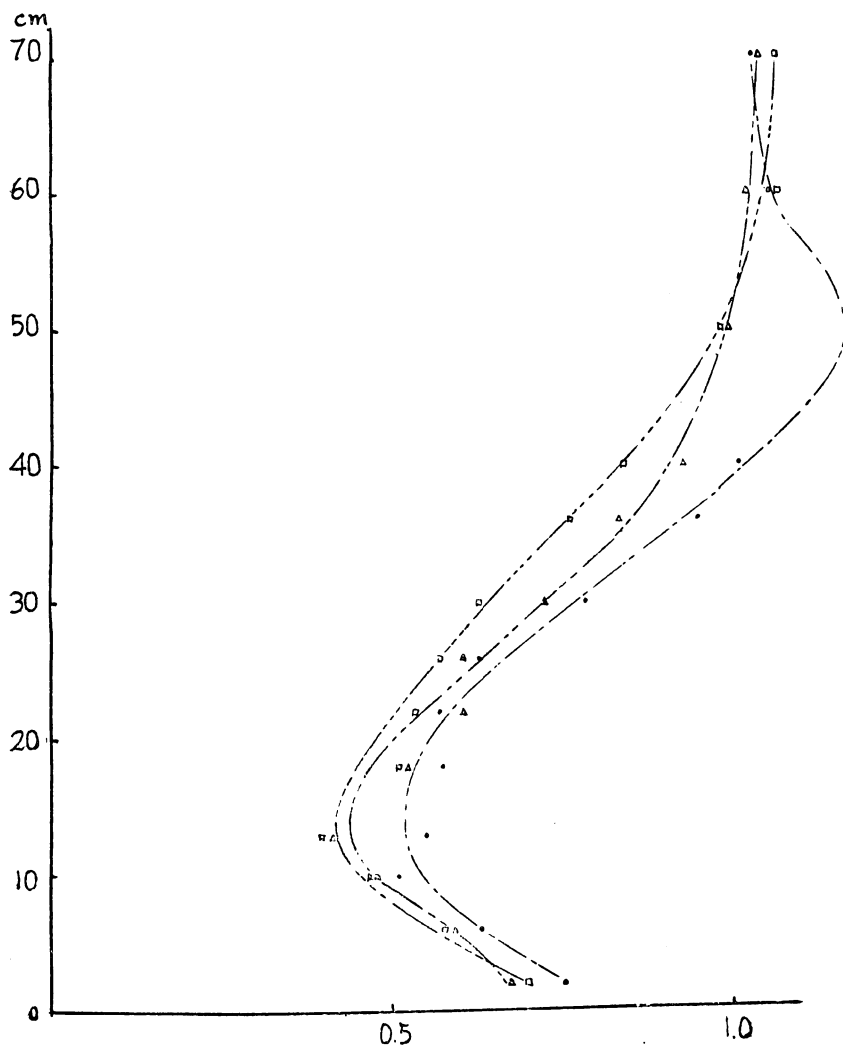


Fig. 117 風下風速比垂直分布図

U''型 $u=15$ m/s



(2) 風下の効果(風下に於ける風速の減退)の比較

(1) で述べたように風下の風の運動は模型林と金網では全く異なるもので、金網の風下ではいわゆる樹冠の**かげ**を生じないが、このような相違は林としての厚みを有するか否かにより生ずるものと考えて、次の比較考察を行つた。尚比較考察を行うに当つては比較の基準として模型林帯の遮蔽度を考えた。

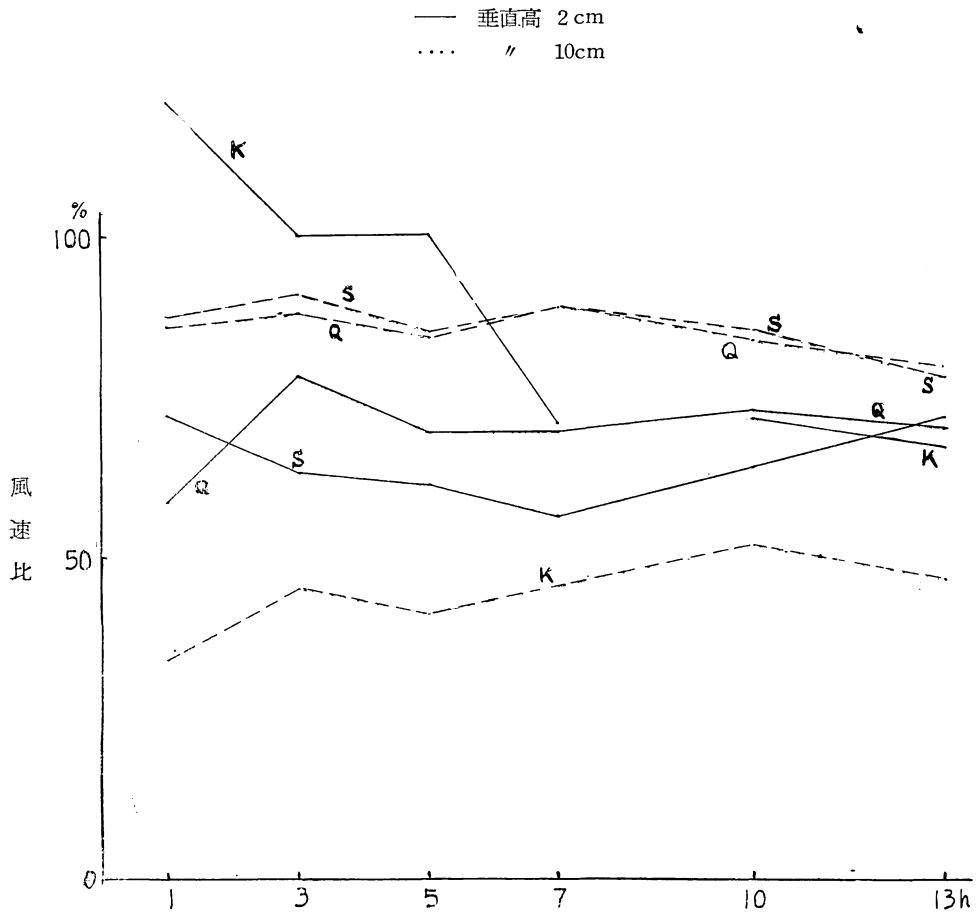
(a) K, Q 及び S 型の比較

第 44 表

林 型	遮 風 度		
	樹 冠 部	樹 幹 部	林 帯
K	0.9786	0.1846	0.6610
Q	0.4600	0.4600	0.4600
S	0.7700	0.7700	0.7700

$u=15 \text{ m/s}$ の場合

Fig. 118 模型林と金網の比較 (風速 15 m/s)



垂直高 2 cm では三者共にほぼ同様な風速減退度を示している。只 10 h 附近迄は S 型は樹幹部に相当する部分の密度が大きいため吹透し少なく、他の二者に比して風下の効果が大きく現われて居り、又 K 型はその樹幹部の遮風度が極めて小さいために 7 h 附近迄は殆ど効果が現われていない。これ等の結果は樹幹部の密度即ち遮蔽度の大小は風下近距離に於ける地表近くの効果に影響することが少くないものであることを示している。又以上から或る程度の林帯の平均遮風度の差は 13 h 附近の効果には殆ど影響しないと考えることが出来る。

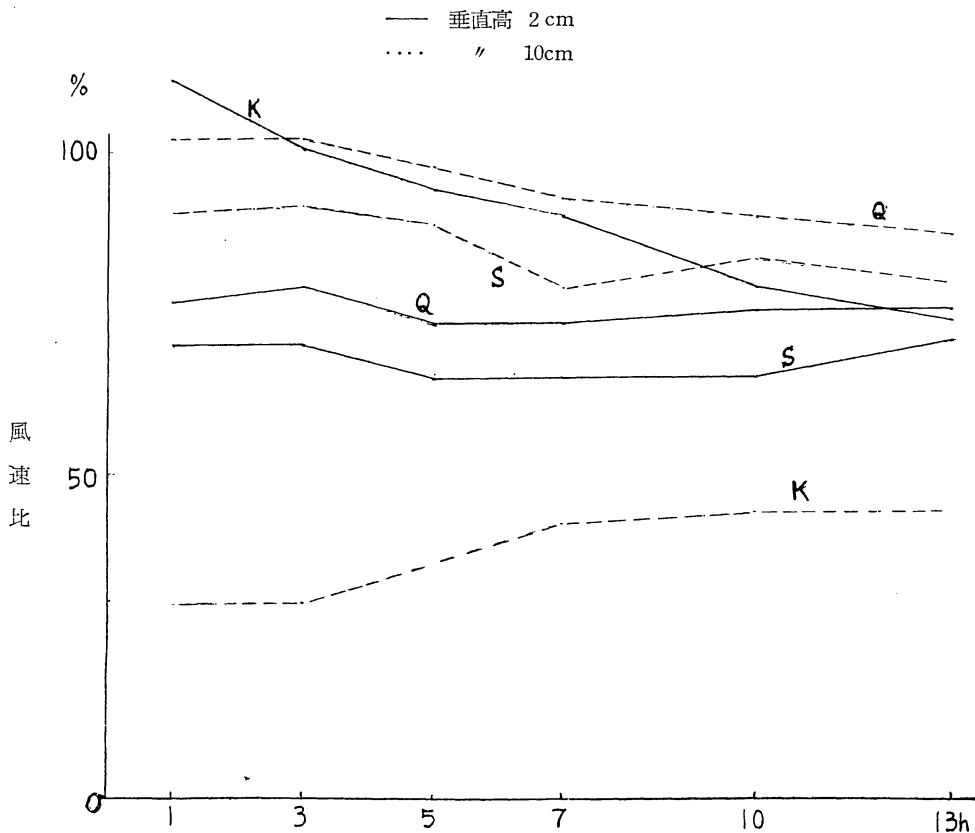
垂直高 10 cm では S 及び Q 型はほぼ同様な効果を示すが、K 型ではこれよりはるかに大きい効果が現われている。これは樹冠部の密度の大きいことゝ林帯の厚みを有すること即ち樹冠のかけの影響によるものであろう。

$u=20\text{ m/s}$ の場合

垂直高 10 cm では $u=15\text{ m/s}$ の場合と異り、樹冠遮風度の大きい K, S, Q 型の順に効果が大きく現われているが樹冠部の遮風度の大きい且厚みのある K 型に特にその増大度の大きいのがみられる。

垂直高 2 cm の傾向は $u=15\text{ m/s}$ の場合とほぼ同様である。(fig. 118 及び fig. 119 参照)

Fig. 119 模型林と金網の比較 (風速 20 m/s)



(b) E, F 及び Q 型の比較

第 45 表

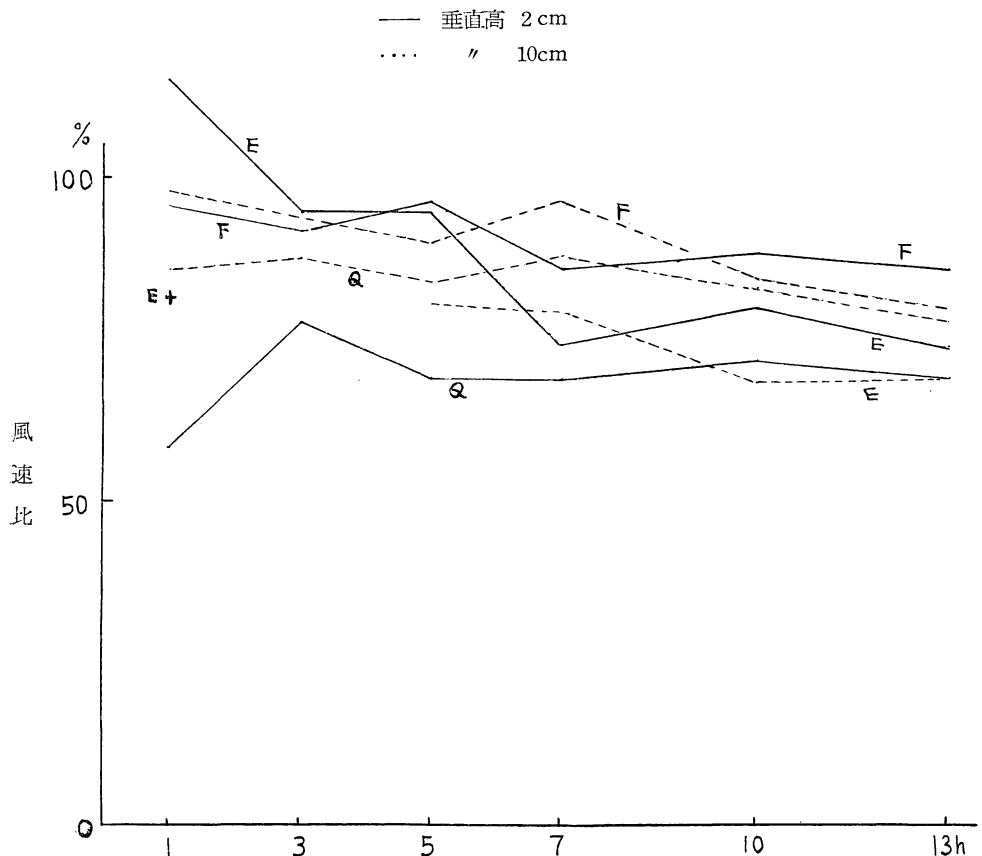
林 型	遮 風 度		
	樹 冠 部	樹 幹 部	林 帯
E	0.9176	0.1846	0.4765
F	0.7130	0.0970	0.3434
Q	0.4600	0.4600	0.4600

$u=15\text{ m/s}$ の場合

E 及び Q 型は林帯の平均の遮風度はほぼ同様であるが、垂直高 10 cm では樹冠部の遮風度の大きい樹冠の **かげ** を有する E 型の方が風下効果が大きく現われて居り、垂直高 2 cm では逆に樹幹部密度の大きい Q 型の方が風下効果が大きく現われている。F 型は垂直高 10 cm, 2 cm 共にその風下効果は他の二者より小である。即ち、これで見ると地表(台面)近くの風下効果には樹冠部よりもむしろ樹幹部の状態の方がより大きく影響するものと考えられる。

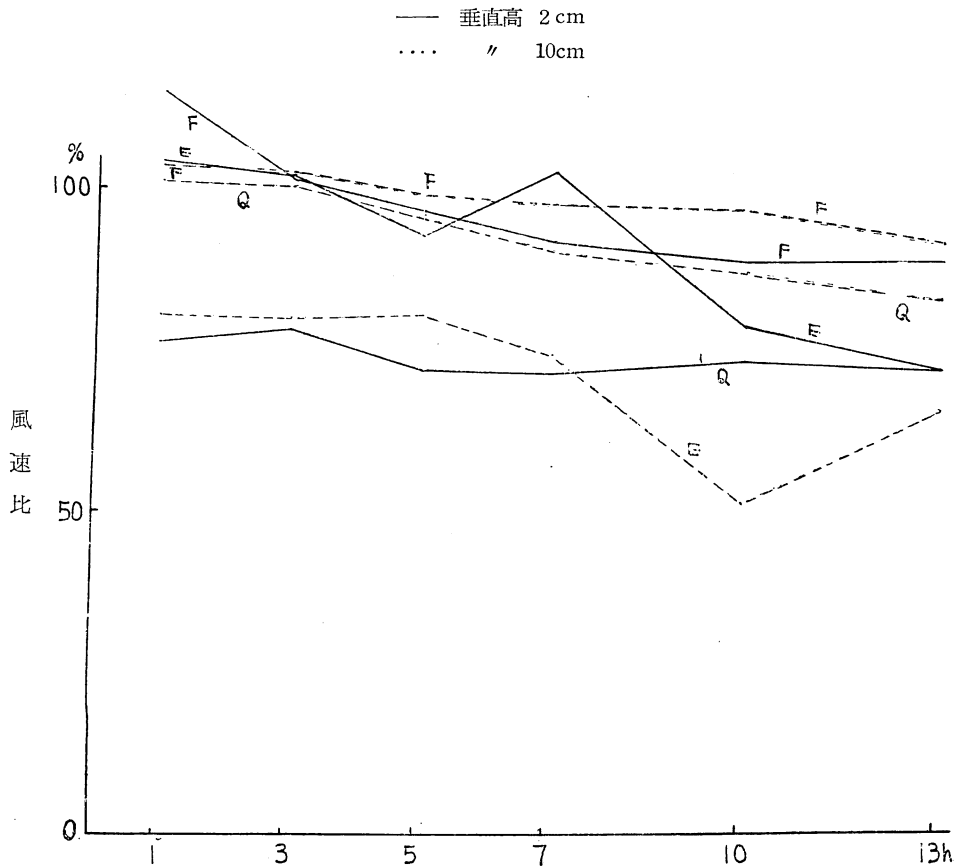
$u=20\text{ m/s}$ の場合

Fig. 120 模型林と金網との比較 (15 m/s)



ほぼ $u=15 \text{ m/s}$ の場合と同様であるが、Q 及び E 型の風下効果は 13 h で同じくなっている。即ち風速が大きい時に樹幹部の影響の差が現われるのは 10 h 附近迄の風下近距離に止まり、それ以後では殆ど影響がみられないようである。(fig. 120 及び fig. 121 参照)

Fig. 121 模型林と金網との比較 (20 m/s)



(c) A, D, J, K, U' 及び U'' の比較

第 46 表

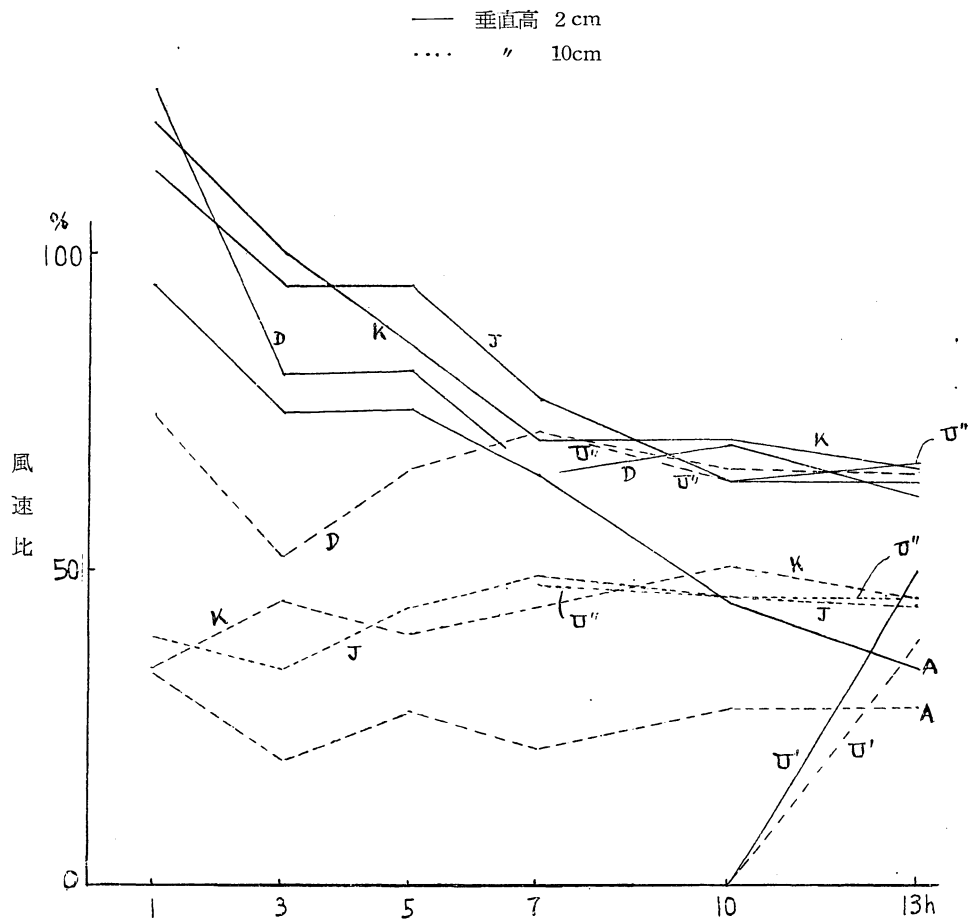
林 型	遮 風 度		
	樹 冠 部	樹 幹 部	林 帯
A	0.9897	0.6008	0.9006
D	0.9932	0.3351	0.5983
J	0.9727	0.2637	0.6897
K	0.9786	0.1846	0.6610
U'	0.6370	0.6370	0.6370
U''	0.4550	0.4550	0.4550

D, J 及び K 型共に垂直高 2 cm の効果はほぼ同様であるが、この三者の遮風度を比較する

と上表のように樹冠部は D, K, J の順に大きく、樹幹部は D, J, K の順に又林帯の平均では J, K, D の順に大きく、従つて樹冠部遮風度も樹幹部遮風度も亦林帯の平均の遮風度も、夫々ほぼ同様に風下効果に影響するものと考えられる。只 D 型のみ垂直高 10 cm の効果が特に小さいが、これは短樹冠のためと考えるべきで、これからみると林縁木の樹冠はなるべく長い方が効果的であると云える。又上述のようなことが云えるとなると、A 型と K 型を比較して最も差の大きい樹幹部の遮風度がこの両者の風下効果の大きいちがいの有力な一因であると考えられる。

又 U' は板の下方に 6 cm 高、幅 119 cm の隙間を設け、U'' は同じく 9 cm 高、幅 119 cm の隙間を設けたものであるが、この両者を比較すると垂直高 2 cm, 10 cm 共に著しい差を生じて居り、U' 型の方がはるかに効果的であることがわかる。尙 U'' 型の風下効果はほぼ K 及び J 型と同様で、前者は後者に較べて樹幹部遮風度は勿論、平均遮風度もはるかに小さいが、この損失は樹冠部遮風度のはるかに大きいこと即ち樹冠のかけの強い影響によつて補われているものと考えられる。(fig. 122 参照)

Fig. 122 模型林・金網及び板の比較



(d) A, E, T 及び U 型の比較

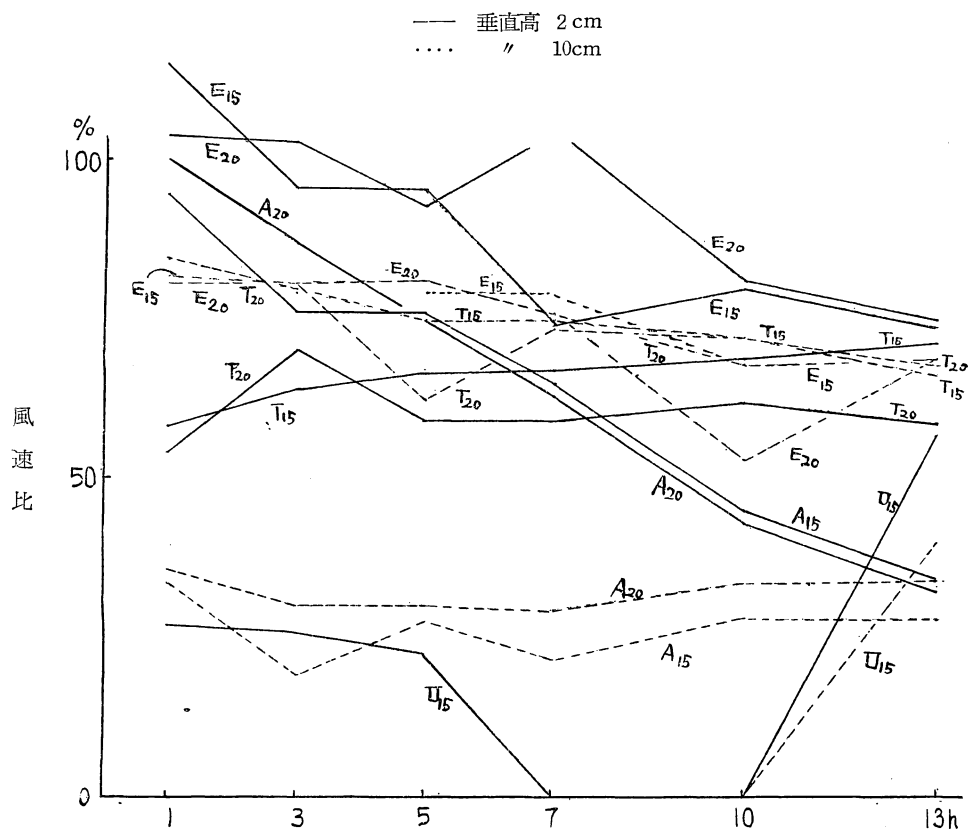
第 47 表

林 型	遮 風 度		
	樹 冠 部	樹 幹 部	林 帯
A	0.9897	0.6008	0.9006
E	0.9176	0.1846	0.4765
T	0.9200	0.9200	0.9200
U	1.0000	1.0000	1.0000

A 型と T 型を較べてみると、平均遮風度は T 型が大であるが、風下効果は A 型が大きいことから、平均遮風度は幾分小さくても林の厚みを有するもの乃至樹冠の**かけ**を有するものは然らざるものよりもはるかに風下の効果が大きいことがわかる。

次に A, T 及び U 型を較べてみると、林帯の遮風度が 1 なる板は 10 h 迄殊に 7~10 h の効果は非常に大きいが、効果はそれ以後に及ばず、13 h では既に A 型よりも小さくなっている。これは樹幹部の風の吹抜けと樹冠の**かけ**を有しないためである。又 A のように樹冠の遮風度が、或は T 型のように林帯の平均遮風度が 1 に近ずいても、完全な遮風体である板とは非常に性質の異つたものであることがわかる。

Fig. 123 模型林・金網及び板の比較



更に樹冠部の遮風度のほぼ同様な E 型と T 型ではその厚さのちがいにもかかわらず樹冠部の高さの風下効果はほぼ同様であるが、樹幹部の遮風度の大きい T 型はそれの小さい E 型よりも当然地表(台面)近くの効果は大きく現われて来ている。然し乍ら A 型も亦 T 型より樹幹部の密度及び林帯の平均遮風度が小であるにもかかわらず T 型よりも風下効果ははるかに大きく垂直高 2 cm では 13 h に至るも尙その効果を増大している。このことはおそらく樹冠部の遮風度及び林帯の厚みのより大なることによるものと考えられる。(fig. 123 参照)

(e) A 型と C 型の比較

第 48 表

林 型	遮 風 度		
	樹 冠 部	樹 幹 部	林 帯
A	0.9897	0.6008	0.9006
C	0.9994	0.4578	0.6744

垂直高 10 cm 即ち樹冠の高さでは遮風度の大きい A 型では風速のより大きい場合に効果はやゝより小さく現われているが、遮風度の小さい C 型ではその差は認められない。垂直高 2 cm 即ち地表(台面)近くでは、A 型では逆に風速のより大きい場合に風下効果もやゝより大きく現われ、C 型では風速の小さい程効果が大きくなる傾向がみられる。(fig. 124 及び fig. 125 参照)

Fig. 124 風速による風下効果の差(垂直高 10 cm)

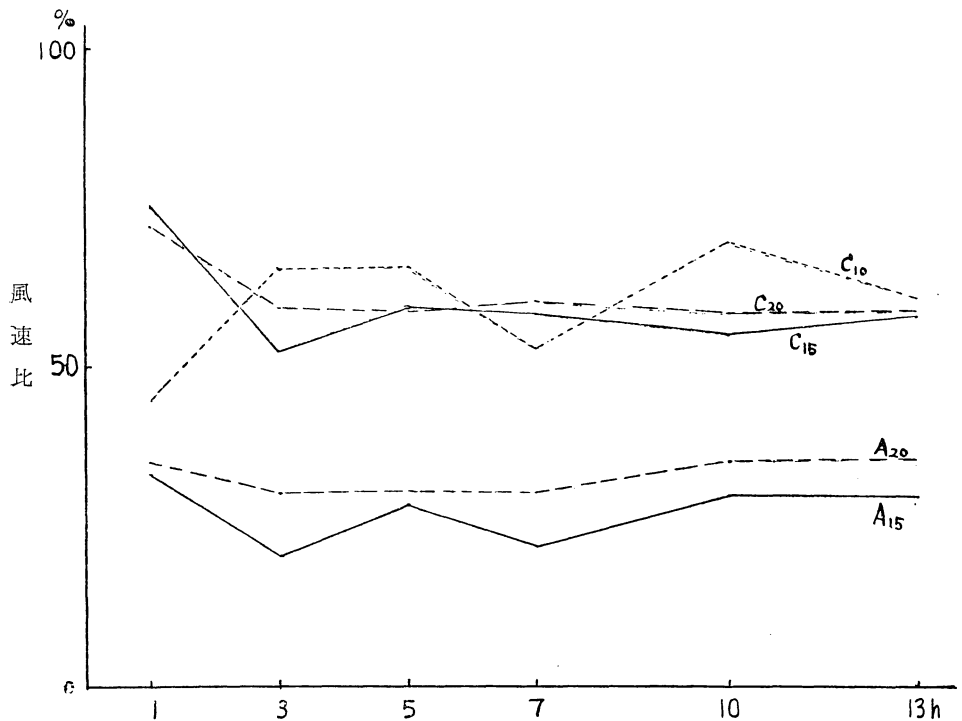
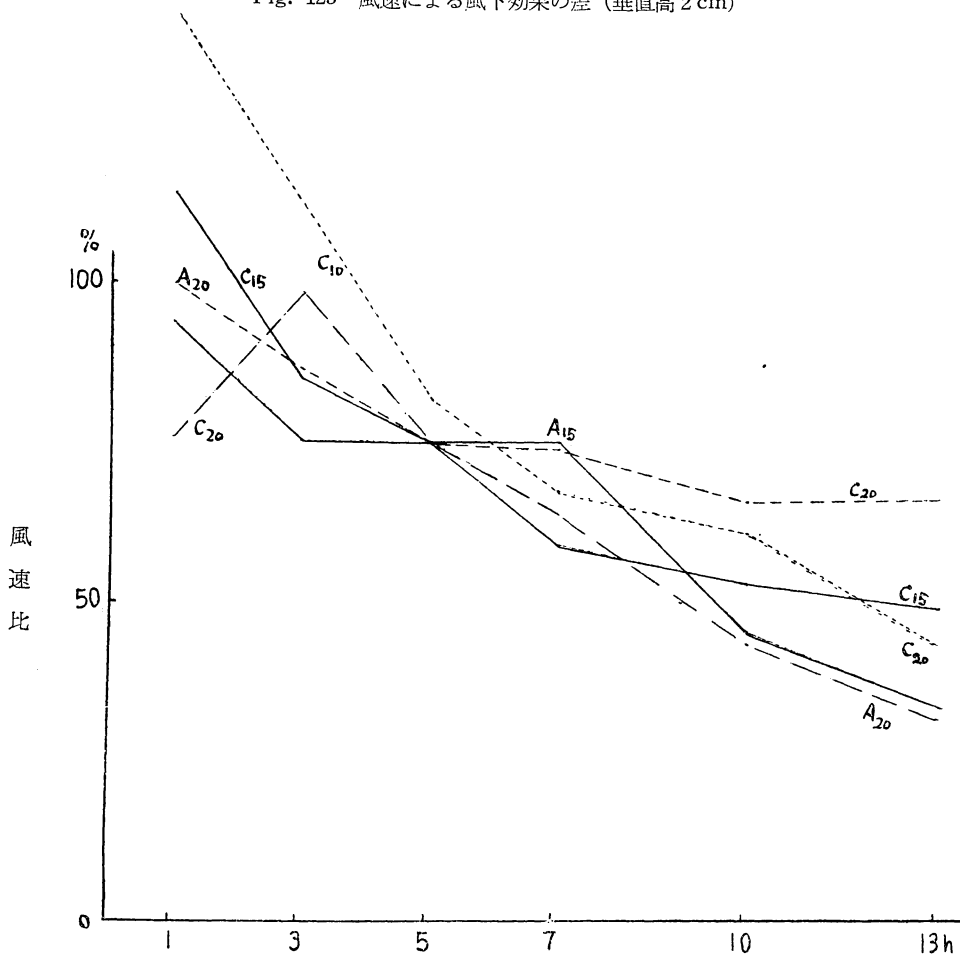


Fig. 125 風速による風下効果の差 (垂直高 2 cm)



以上でみると或る程度の厚み乃至遮風度を持つ防風林では風速の大きい時に却つて防風林としての効果は強く現われる（何となれば我々の対象とする防風林の効果は地表近く即ち樹高の1/5~1/10位の垂直高の範囲に就いて考えられるものであるからである）が、防風林としての限度以下の厚み乃至遮風度の防風林ではこの関係が逆になる傾向が窺われる。

さて以上は夫々比較に適するものに就いて各別に比較考究を行つたものであるが、これを総括すると概ね次のような傾向が認められる。

1. 樹幹部の遮風度の大小は風下近距離に於ける地表（模型台面）近くの（風速減退）効果に影響することが少くない。
2. 或る程度の林帯の平均遮風度の差は 13 h 附近の効果には殆ど影響しない。尙樹幹部の影響がみられるのは概ね 10 h 附近迄である。
3. 林帯の平均遮風度は幾分小さくても林の厚みを有するもの乃至樹冠のかげを有するものは然らざるものよりはるかに風下の効果大きい。又樹冠部の高さでは、風速の強い場合

程樹冠部の遮風度が大きく且林帯の厚みを持つ模型林では然らざる金網よりも風下の効果はより大きく現われる。又或る程度の林帯の厚み乃至遮風度を持つ防風林では、風速の大きい場合に却つて防風林としての効果は強く現われるが、防風林としての限度以下の林帯の厚み乃至遮風度の防風林ではこの関係は逆になる傾向がある。

4. 地表(台面)近くの風下効果に対しては樹冠部よりも寧ろ樹幹部の状態の方がより大きく影響する。

5. 樹冠部遮風度も、樹幹部遮風度も、林帯の平均遮風度も定性的には何れも夫々の形に於て風下効果に影響するものである。

6. 風下の効果を大ならしめるためには、林縁木の樹冠はなるべく長く、枝下を短かくする方がよい。

§ 20. 樹冠のかげの大きさ

(1) 樹冠のかげの長さ (fig. 126~fig. 128 参照)

樹冠のかげの長さはかげの強さである。

$u=20\text{ m/s}$ の場合

H型を除いては一般に風下 h を増すに伴つて樹冠のかげの長さ l は減少している。 l の大きさは必ずしも樹冠部乃至林帯の遮風度又は林帯の対風抵抗値とは一致しないが、 $7h$ 以後に於

Fig. 126 樹冠の「かげ」の長さ

$u=10\text{ m/s}$

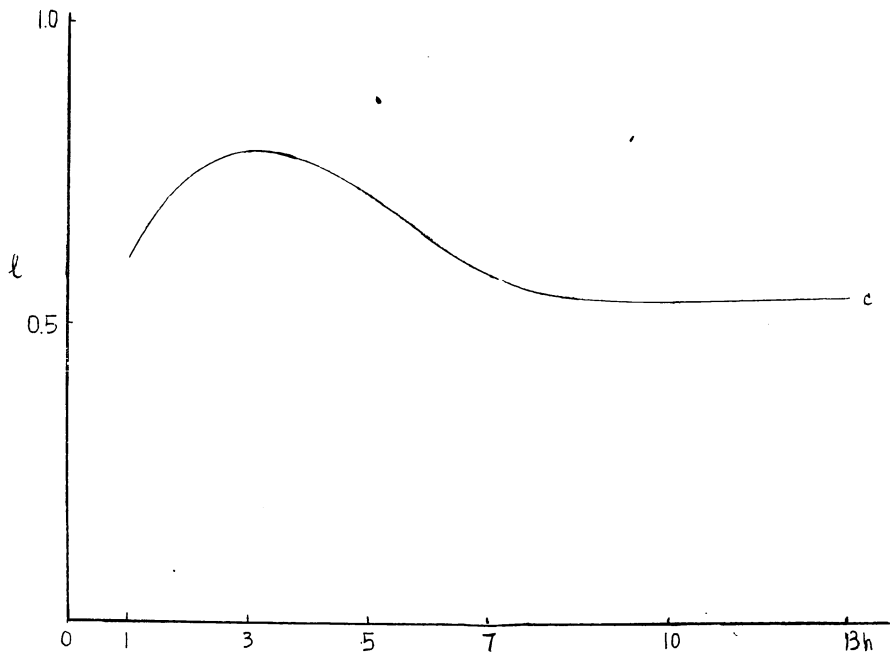


Fig. 127 樹冠の「かげ」の長さ

$u=15 \text{ m/s}$

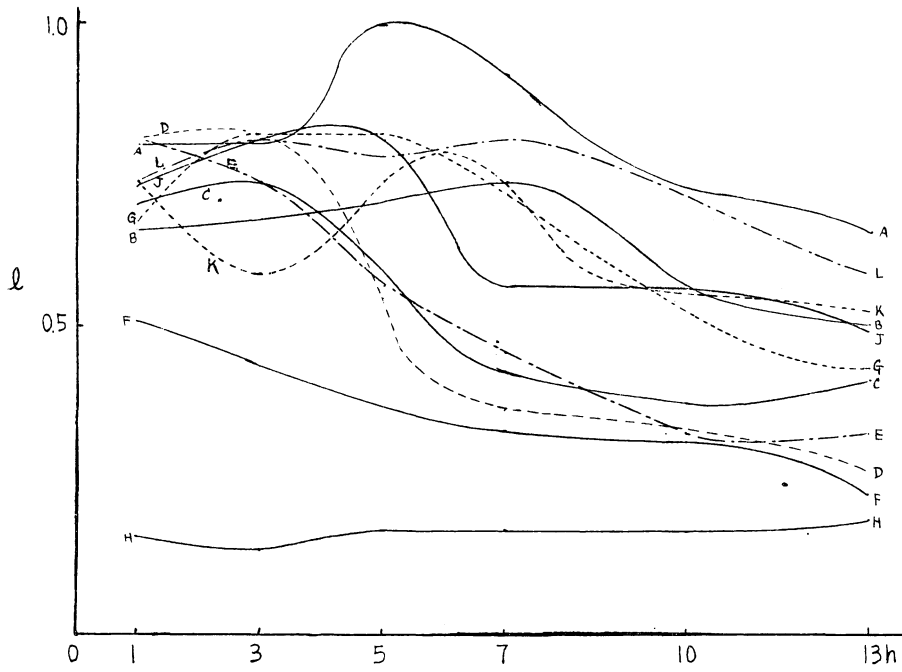
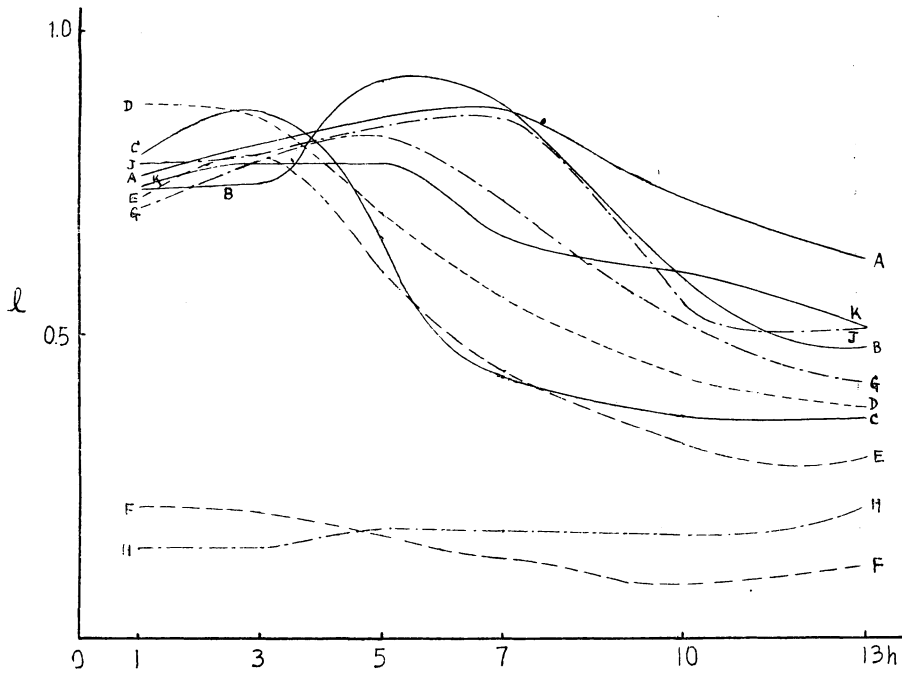


Fig. 128 樹冠の「かげ」の長さ

$u=20 \text{ m/s}$

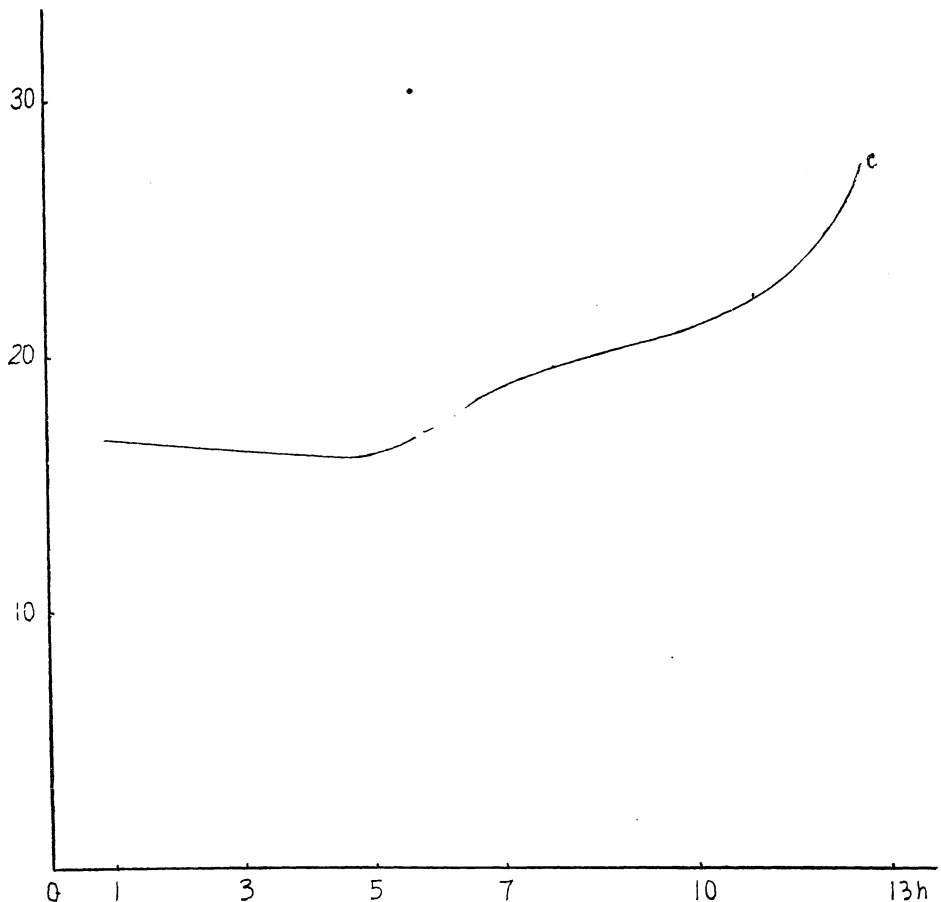


て A 型のみは特に大きく、F 型及び H 型は特に小さい。又短樹冠 2 列の E 型の対風抵抗値は長樹冠 1 列の H 型の夫れより小さいが、 l は逆にこれよりもはるかに大きく、防風林の風下の効果(風速の減退)を増すためには林帯の幅が或る程度必要であることを示している。尙林帯の対風抵抗値が $1,000 \text{ (kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2})$ 以上の B, G, J 及び K 型ではほぼ同様な l の変化を示し、抵抗値 $1,000 \text{ (kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2})$ 以下の D, C 及び E 型では更にこれよりも小さい値でほぼ同様な l の変化を示している。

$u=15 \text{ m/s}$ の場合

$u=15 \text{ m/s}$ では $u=20 \text{ m/s}$ の場合に較べて D, J 及び K 型の如く l が小さくなつたものもあり、又 H 型の如く同様なものもあり、逆に A, B, G, C 及び F 型の如く大きくなつてゐるものもあつて一定の傾向を示していない。たゞ $u=10 \text{ m/s}$ では、C 型の l は $u=15 \text{ m/s}$ の場合よりも更にはるかに大きく、C 型のみに関しては風速の減少に伴つて風下の樹冠の l が増大する傾向が認められる。

Fig. 129 樹冠の「かげ」の幅
 $u=10 \text{ m/s}$



(2) 樹冠のかげの幅 (fig. 129 及び fig. 131 参照)

樹冠のかげの幅はかげの深さである。

$u=20$ m/s の場合

樹冠のかげの長さの場合とは逆に一般に風下 h を増すに従つて樹冠のかげの幅 w は増大している。これは樹冠を離れるに従つて l は減少するが、樹冠のかげの影響する垂直領域は増大することを示すもので、樹冠のかげは樹冠の風下にほぼ拋物線状に拡がり、或る限度迄は l と w はこのような傾向で変化するものである。

尚林帯の対風抵抗値の大きい A 型及び B 型では w は特に大きく且風下に至る w の変化曲線の傾斜度も強く、明瞭に他の模型林と区別せられる。又林帯の対風抵抗値の小さい E, F 及び H 型では w は特に小さく、前者との中間に存在する C, D, G, J 及び K 型と明瞭に区別せられる。又樹冠のかげの長さの場合と同様に、長樹冠 1 列林の H 型よりも林帯の対風抵抗値の小さい E 型は、短樹冠ではあるが 2 列林であるために 5 h 以後の w は H 型よりも却つて大きく

Fig. 130 樹冠の「かげ」の幅
 $u=15$ m/s

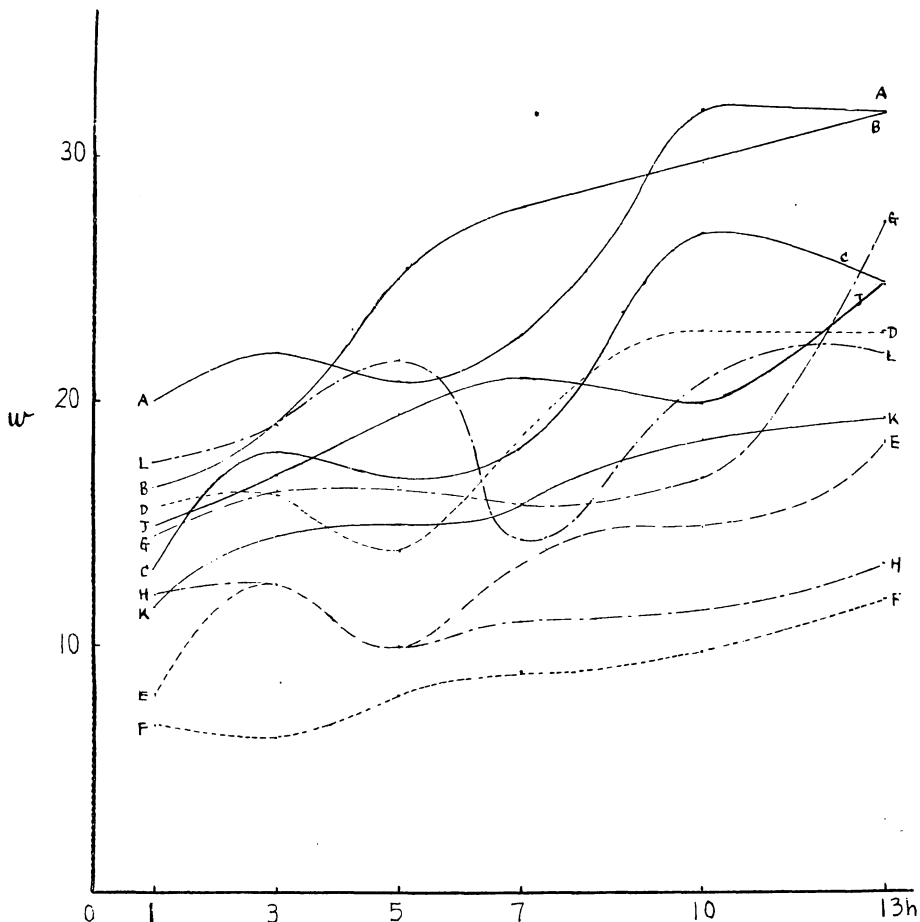
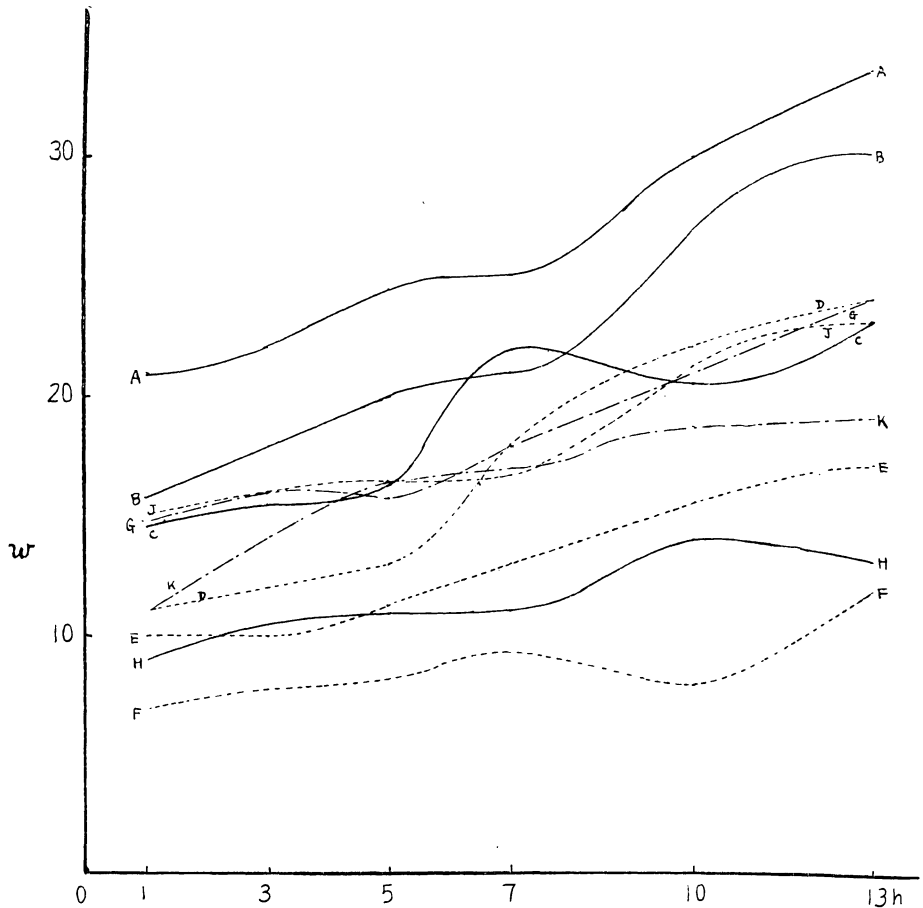


Fig. 131 樹冠の「かげ」の幅

 $u=20 \text{ m/s}$ 

現われて居り、又短樹冠1列林のF型の w は著しく小さく風下に於ける風速減退効果の極めて小さいことを示している。

$u=15 \text{ m/s}$ の場合

全体の傾向は $u=20 \text{ m/s}$ の場合と同様であるが、一般に各型共に変動が多く、又B型の w は極めて大きく従つてA, B両型の間には殆ど差異が見られない。尚林帯の対風抵抗値の大きいL型の w は比較的低位にあり、このようなことから考えると、風速が比較的小さい場合には林形乃至林帯の対風抵抗値の僅少の差は結果としては殆んど現われて来ないものゝようである。又このことから逆論してE型とF型の風下に及ぼす効果の差は小さくないものであると云える。

$u=10 \text{ m/s}$ はC型のみであるが、C型では風速による風下効果(但し w)の差は殆んどみられない。

(1) 及び (2) を併せて考察すれば、

1. 一般に風下距離を増すに従つて l は減少し、 w は増大する。即ち樹冠の風下では樹冠を離れるに伴つて樹冠の **かげ** は淡くなるが、その影響領域は拡大される。

2. 防風林の風下に於ける風速の減退度を大きくするためには或る程度林帯の幅 (厚み) を必要とする。

3. C 型の結果からみると、防風林の風下に於て標準風速の大小によつて変化するのは l であり、 w は標準風速の大小によつて影響されることは殆んどない。 l は標準風速の減少に伴つて増大する傾向があり、このことは「§ 19. 模型林と金網及び板との風下効果の比較」に於ける考察の 3 に述べたところと一致する。

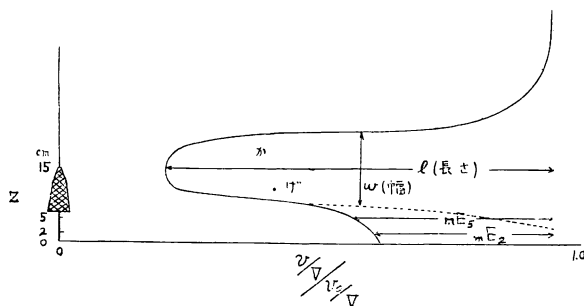
4. 効果的な防風林としての限界は供試模型林の範囲では、A 型及び B 型とその他の諸型との間に存するものゝようであり、これは毛糸を用いての観測の結果と一致する。

備考

(1) 本項に述べた樹冠の風下に生ずるかげの大きさ及び別項に述べる地表 (台面) 近くの風速の減退度の測定の方法は次図に示される通りである。

(2) 模型林の遮風度及び対風抵抗値は「§ 19. 模型林と金網及び板との風下効果の比較」に記されている。(第 48 表)

Fig. 132 かげの大きさ及び風速減退度の測定



第 49 表 樹冠の**かげ**の長さ及び幅

A. type

$u = 15 \text{ m/s}$

風下距離	樹冠の かげ の長さ	樹冠の かげ の幅	備 考
1 h	0.80	20.00	かげの長さは最大風速減退度を、かげの幅はかげの垂直最大幅 (cm) を示す
3 "	0.80	22.00	
5 "	1.00	20.90	
7 "	0.92	22.70	
10 "	0.73	32.00	
13 "	0.66	32.00	

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.76	21.00
3 "	0.81	22.00
5 "	0.86	24.50
7 "	0.87	25.00
10 "	0.72	30.00
13 "	0.62	33.50

B. type

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.67	16.50
3 "	0.68	19.00
5 "	0.71	25.00
7 "	0.74	28.00
10 "	0.57	30.00
13 "	0.51	32.00

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.74	15.80
3 "	0.75	18.00
5 "	0.92	20.00
7 "	0.88	21.00
10 "	0.59	27.00
13 "	0.48	30.00

C. type

u=10 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.60	17.00
3 "	0.79	16.50
5 "	0.72	16.00
7 "	0.59	18.00
10 "	0.54	20.00
13 "	0.44	26.00

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.70	13.20
3 "	0.74	18.00
5 "	0.60	17.00
7 "	0.43	18.00
10 "	0.38	27.00
13 "	0.42	25.00

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.72	10.00
3 "	0.79	10.00
5 "	0.60	11.44
7 "	0.44	13.00
10 "	0.32	15.50
13 "	0.30	17.00

D. type

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.81	15.70
3 "	0.82	16.30
5 "	0.55	14.00
7 "	0.37	18.50
10 "	0.34	23.00
13 "	0.27	23.00

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.88	11.00
3 "	0.86	12.00
5 "	0.70	13.00
7 "	0.56	18.00
10 "	0.43	22.00
13 "	0.38	24.00

E. type

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.81	8.00
3 "	0.74	12.50
5 "	0.57	10.00
7 "	0.46	13.50
10 "	0.33	15.00
13 "	0.33	18.50

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.72	10.00
3 "	0.79	10.00
5 "	0.60	11.40
7 "	0.44	13.00
10 "	0.32	15.50
13 "	0.30	17.00

F. type

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.51	6.80
3 "	0.44	6.30
5 "	0.37	8.00
7 "	0.34	9.00
10 "	0.32	9.90
13 "	0.23	12.00

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.22	7.00
3 "	0.21	7.80
5 "	0.17	8.20
7 "	0.13	9.30
10 "	0.09	7.90
13 "	0.12	11.80

G. type

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.67	14.52
3 "	0.82	16.50
5 "	0.82	16.75
7 "	0.72	16.00
10 "	0.53	17.00
13 "	0.44	27.50

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.71	14.80
3 "	0.78	16.00
5 "	0.83	15.80
7 "	0.72	18.00
10 "	0.51	21.00
13 "	0.42	24.00

H. type

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.16	12.00
3 "	0.14	12.60
5 "	0.17	10.00
7 "	0.17	11.00
10 "	0.17	11.50
13 "	0.19	13.50

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.15	9.00
3 "	0.15	10.50
5 "	0.18	11.00
7 "	0.18	11.00
10 "	0.17	14.00
13 "	0.22	13.00

J. type

u=15 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.73	15.00
3 "	0.81	17.00
5 "	0.81	19.50
7 "	0.57	21.00
10 "	0.59	20.00
13 "	0.50	25.00

u=20 m/s

風下距離	樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1 h	0.78	15.00
3 "	0.79	16.00
5 "	0.84	16.50
7 "	0.86	16.80
10 "	0.55	21.30
13 "	0.51	23.00

K. type

u=15 m/s

風下距離		樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1	h	0.74	11.60
3	"	0.59	14.50
5	"	0.74	15.00
7	"	0.74	16.00
10	"	0.56	18.50
13	"	0.53	19.50

u=20 m/s

風下距離		樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1	h	0.73	11.00
3	"	0.78	14.00
5	"	0.78	16.55
7	"	0.66	17.00
10	"	0.60	18.80
13	"	0.51	19.00

L. type

u=15 m/s

風下距離		樹冠のかげの長さ	樹冠のかげの幅
1	h	0.74	17.50
3	"	0.81	19.10
5	"	0.78	21.80
7	"	0.81	14.50
10	"	0.72	21.00
13	"	0.59	22.00

§ 21. 模型林及び金網風下に於ける地表（台面）近くの風速

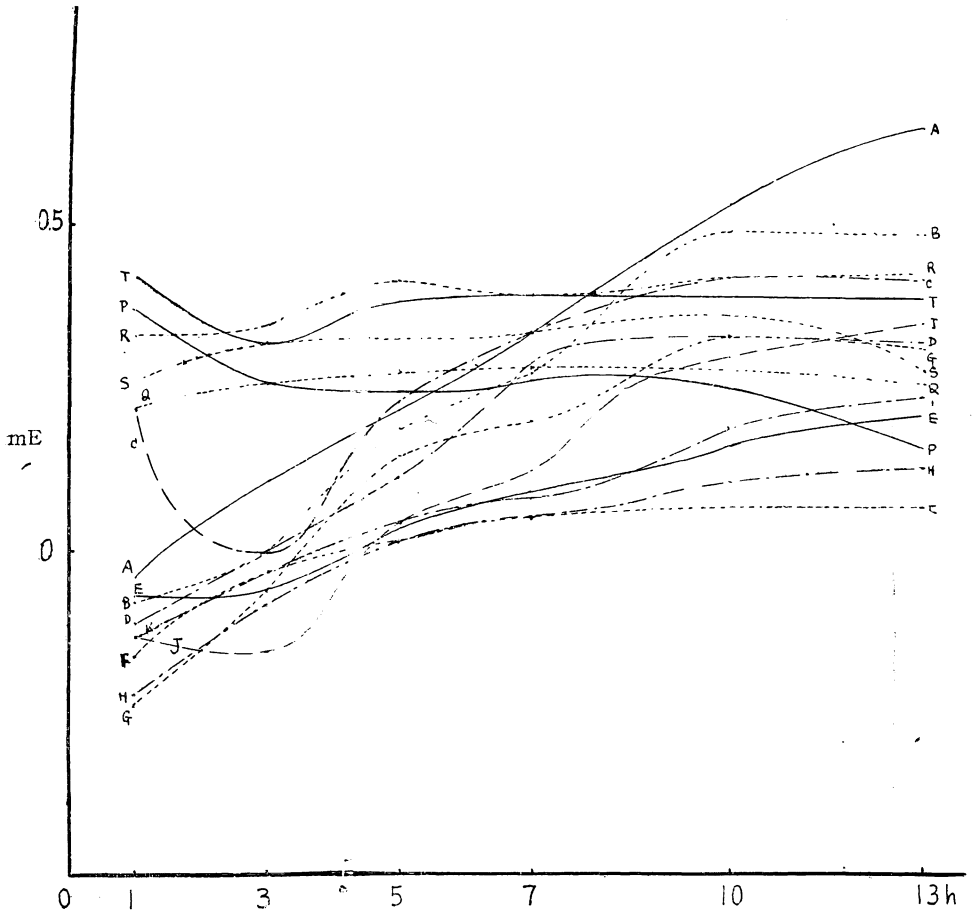
(1) 垂直高 2 cm の風速減退度 (fig. 133~fig. 135 参照)

防風林の風下の効果を考える場合には、防風林を必要とする対象が地表附近にあることが多いために、主として地表附近即ち樹幹部の範囲が問題になつて来る。防風林風下に於ける樹冠のかげの強さや大いさの測定も一面この樹幹部の風速に影響するものと考えてなされるもので、これは防風林の主効果の一つを表わすものと考えてよい。模型林に於ては長樹冠の枝下高 6 cm であるから、樹幹部の範囲もこれに合せて一応垂直高 6 cm 迄とし、更に樹冠下際の風速の加速される部分を避けて垂直高 2 cm と 5 cm の二ヶ所の風速減退度 mE（垂直高 2 cm のものを mE₂、5 cm のものを mE₅ とした）を図上で計算して比較することとした。尙金網では樹幹部と樹冠部の区別はないが、これも比較のため同一垂直高の mE を求めて比較した。

u=20 m/s

模型林では A 型を除いては 1 h から 4 h 附近迄の風速比は 1.0 より大即ち標準風速よりも大きい風速が現われている。これは樹幹が表面の平滑な針金であるために抵抗が小さく又林の幅が狭いために樹幹部の風の吹抜けが強く、且樹冠のかげの影響によつてこの附近の風速が加速せられるためである。A 型では樹幹部の抵抗も多く従つて樹幹部の風の吹抜けが幾分妨げられ

Fig. 133 垂直高 2 cm の風速減退度

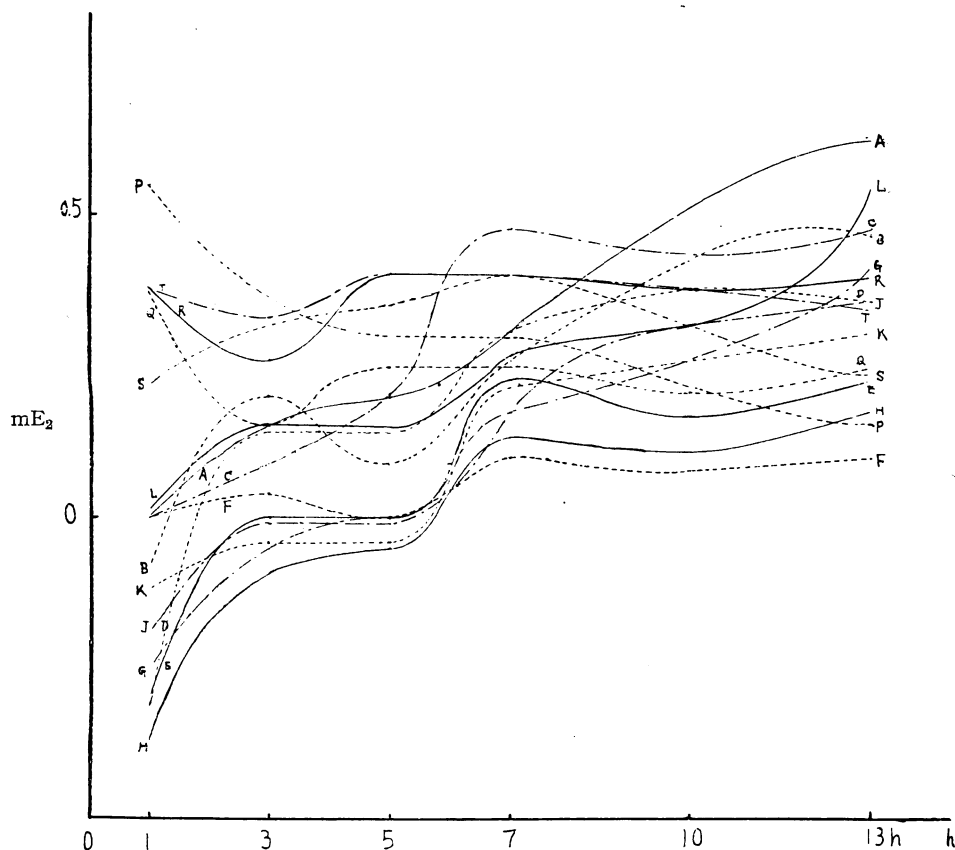
 $u=20 \text{ m/s}$ 

るのと樹冠のかけの影響が大きく下方に及ぶために、僅かに1h附近で1.0より大きくなるのがみられるのみで、以後は13h迄急激に mE_2 を増している。尚B型は幾分A型に近い変化を示し、C型は8h迄はむしろB型よりも mE_2 が大きい、B型の如く林縁に長樹冠木を有しないためにそれ以後の mE_2 は小さくなっている。一般に模型林では列数の少ないもの程、又列数は同じでも長樹冠木を有しないもの程風下の mE_2 は小さく、その傾向は概ね8h以後に現われていて、8h以後13h迄 mE_2 はほぼ同様である。

金網では模型林と異り樹幹部の吹抜けがないために風速の減退は金網の直後から現われていて、その強さは13h迄同様である。一般に遮蔽度の大きいもの程 mE_2 が大きい、R型のみはこの傾向によらず、むしろT型よりも大きい減退度を示している。これからみると金網ではこの垂直高では減退度の大小による風下効果の差は殆どみられないとも考えられる。たゞP型のみは8h以後 mE_2 は急激に減少し、効果の風下遠くに及ばないことを示している。

Fig. 134 垂直高 2 cm の風速減退度

$u=15 \text{ m/s}$



模型林と金網を比較すると、前述のように樹冠を有する前者とこれを有しない後者では風下の mE_2 曲線は著しく異り、林帯の対風抵抗は比較せられ得ないが、林帯の遮蔽度同様な A 型と T 型、B 型と S 型を比較すると、共に樹冠を有する前者は 8 h 以後に於て後者よりはるかに大きい mE_2 を示し、それ以前に於ては樹幹部の吹抜けによつて、後者よりも mE_2 は著しく小さくなつてゐる。

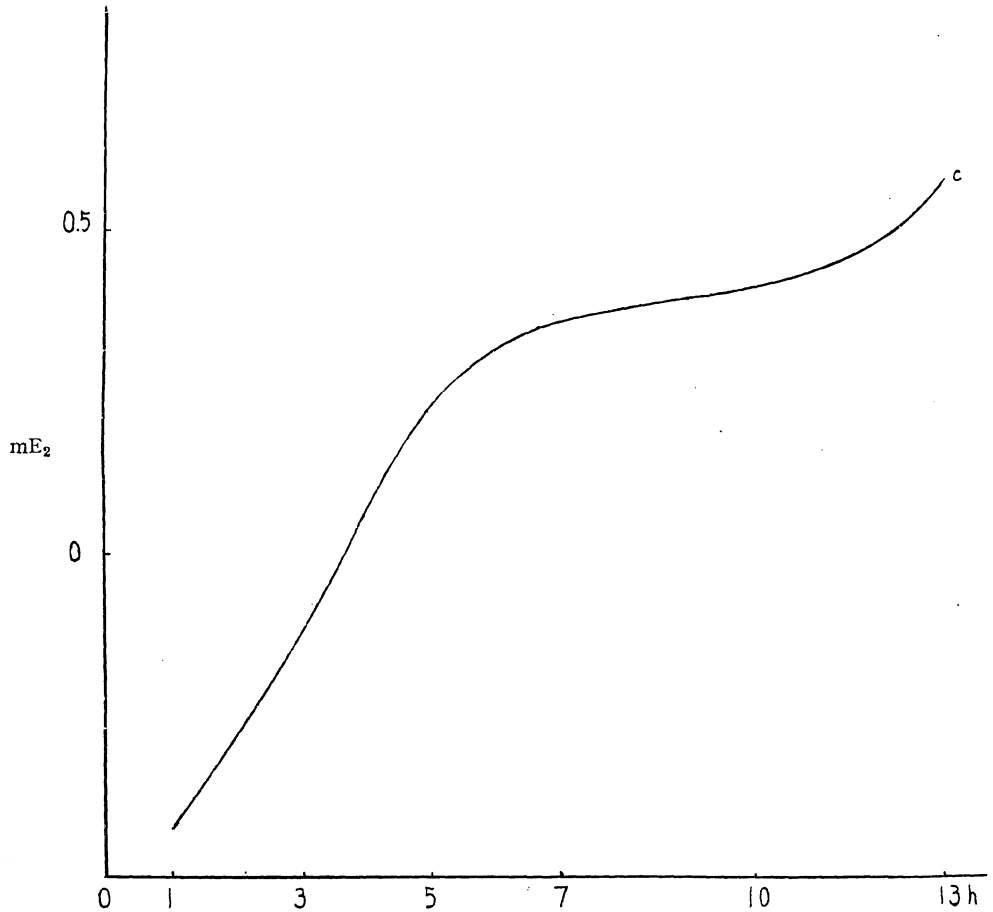
$u=15 \text{ m/s}$

一般に模型林も金網も $u=20 \text{ m/s}$ の場合と同様な傾向を持つものであるが、林帯の厚みの大きい A 型、B 型等ではこれよりも mE_2 は僅かに少なく、或る限度以上の厚みを有する林帯では風速の増加と共にその風下の mE_2 を増加する傾向を示し、又特に A 型のみは 8 h 以後に於て他と離れて大きい mE_2 を示すものゝようである。

$u=10 \text{ m/s}$

模型林 C 型のみであるが、 $u=15 \text{ m/s}$ 、 $u=20 \text{ m/s}$ と比較して一定の傾向が現われていない。

Fig. 135 垂直高 2 cm の風速減退度

 $u=10 \text{ m/s}$ 

(2) 垂直高 5 cm の風速減退度 (fig. 136~fig. 137 参照)

 $u=20 \text{ m/s}$

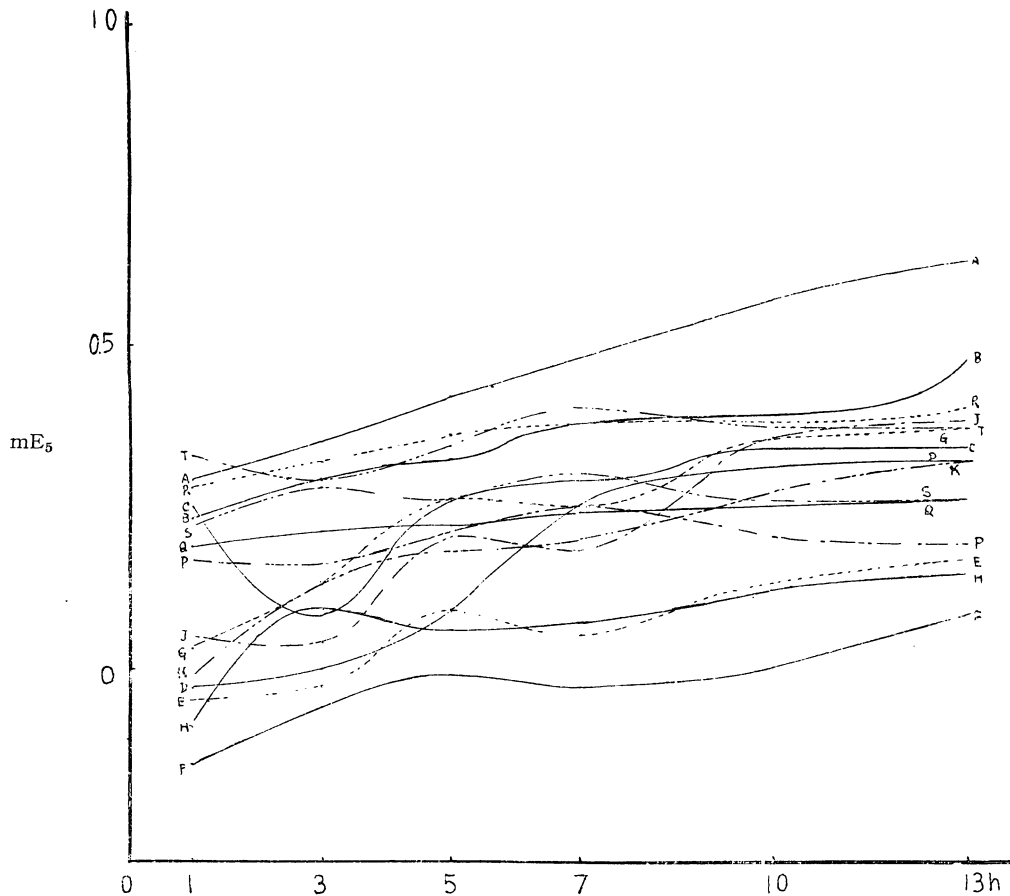
F, H, E, D 各型の如き列数の少ない又は短樹冠のみのものでは, 林帯附近 (概ね 3 h 迄) では 2 cm の場合と同様に mE_5 は 1.0 より小さくなっている。殊に短樹冠 1 列の F 型では 10 h 迄 mE_5 は負の値をとっている。

又一般に 2 cm の場合に較べて風下林帯附近の mE_5 は大きい, 13 h 附近のそれは同様であるために mE_5 曲線の上昇は緩かになっている。このように 5 cm では 2 cm よりも風下林帯附近の mE_5 が大きいのは風洞実験では野外と異り, 地表の凹凸の**かげ**がないために台面に近い所程吹抜けの風速が大きいためと考えられ, これは模型実験の特異な現象と考えるべきであろう。

模型林中 A 型のみは特に風下 mE_5 が大で且 13 h に至る mE_5 曲線の上昇は急である。こ

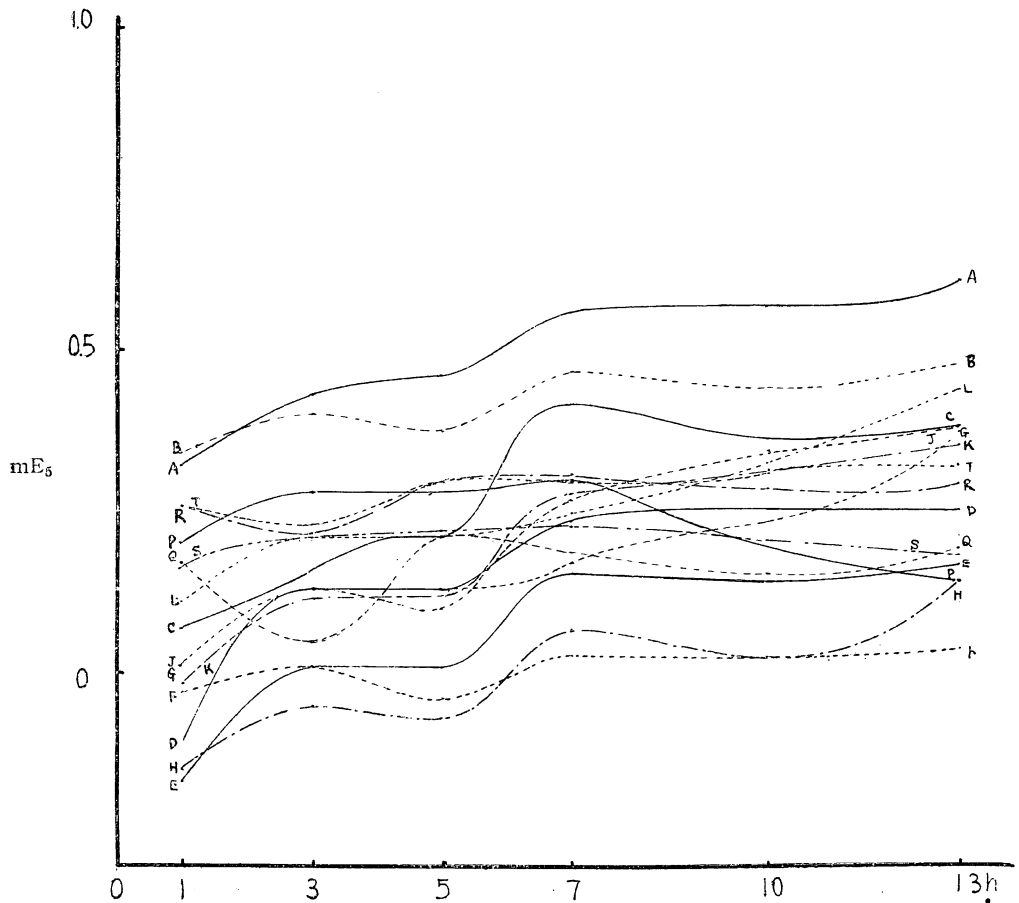
Fig. 136 垂直高 5 cm の風速減退度

$u=20 \text{ m/s}$



のことは A 型では樹冠部の密度が大であるために樹冠のかげの影響が後方に至る程特に強く現われることを示している。又 B 型と J 型を較べると、前者は 6 列林であり、後者はその 1/2 の 3 列林で従つて P, F 共に前者が大であるにも拘らずほぼ同様な mE_5 曲線を描いている。一方この中間の値を持つ G 型は、 mE_5 曲線は両者の中間になく、両者よりも小さい値を示しているが、後方に向う mE_5 曲線の傾斜はその樹冠のかげの影響によつて両者よりも急である。これで見ると A 型附近を境とする或る限度以下では、この垂直高に於ては林型の差が僅少である場合風下の風速減退効果は殆ど同様であることがわかる。尙長樹冠を有しない C 型、D 型及び長樹冠 2 列の K 型は、同様な mE_5 曲線を描いているが、その中 P 及び F の僅かに大きい C 型は他の二者よりも僅かに mE_5 が大である。次に一団の傾向を示すものは E, H, F 型で、H 型は 1 列林ではあるが長樹冠であるために林帯の F は E 型よりも大きい mE_5 はこれと同様で、又短樹冠 1 列の F 型は林帯の F も mE_5 も共に最も小である。即ち 1 列林は 2 列林に比し林帯の P 及び F は大きくても風下の風速減退効果は小さく、防風林としては或る程度林帯の

Fig. 137 垂直高 5 cm の風速減退度

 $u=15 \text{ m/s}$ 

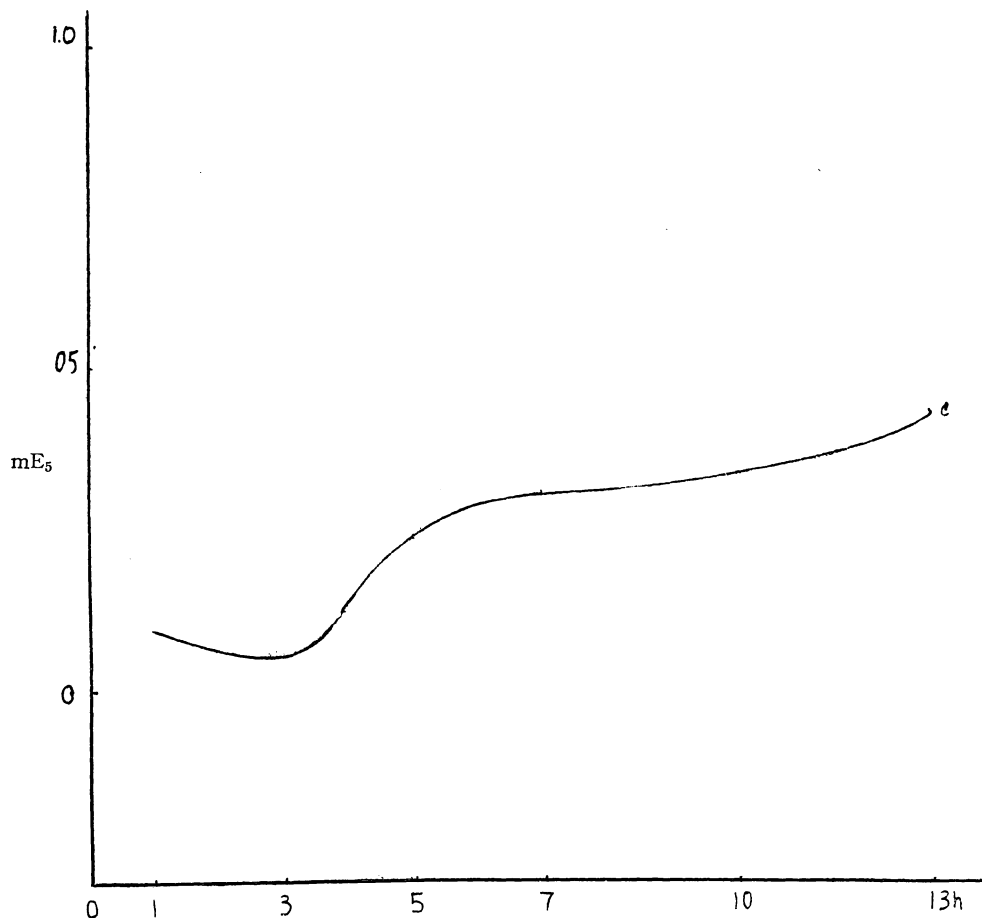
幅が必要であることを示している。

垂直 2 cm, 5 cm 共に C 型林は著しく特異な mE 曲線を示している。即ち 1 h では mE が特に大きく 3 h に向つて下降し、以後は他型と同様な変化をしている。即ち C 型は列数は B 型と同じであるが短樹冠のみであるために樹冠に近く風速の加速せられる高さが異なるためにこのような特異な形を示しているものと考えられる。

金網 P, Q, R, S, T 各型を比較すると、2 cm の場分と同じくこれ等の間には一定の関係を見出し難く、一般に金網は林帯の P 及び F が模型林に較べて大きい場合でも、樹冠のかげを有しないために mE_5 曲線は後方に向つて殆ど上昇していない。

$u=15 \text{ m/s}$ では、1 h と 3 h の mE_5 はほぼ $u=20 \text{ m/s}$ と同様であるが、3~10 h ではこれよりやや大なる mE_5 を示している。尚 $u=15 \text{ m/s}$, C 型では $u=20 \text{ m/s}$, $u=15 \text{ m/s}$ の場合に比しその何れよりも風下各 h の mE_5 は大きく現われているが、前述のように垂直高 2 cm の場合にはこの傾向が認められず、又前述のように 5 cm では 2 cm と異なる mE 曲線を描いて

Fig. 138 垂直高 5 cm の風速減退度

 $u=10 \text{ m/s}$ 

いるが、C型では更に 13 h で 5 cm は 2 cm よりも mE の小さい特異な形をなすために、前述の風速の変化に応ずる mE の変化を一定の傾向と考えることは困難である。又 $u=15 \text{ m/s}$ でも金網 P, Q, R, S, T 各型の風下の mE_5 の間には一定の関係は見出し難いが、T 型のみは僅かに効果が大きく現われている。

(3) 総括

1. 一般に模型林では列数の少ないもの程、又列数は同じであつても長樹冠木を有しないものは風下の mE は小さく、その傾向は樹冠のかげの強く影響する 8 h 以後に現われている。尚この傾向は垂直高 2 cm 及び 5 cm 共に同様である。

2. 模型林 2 cm では A 型を除いては 1 h から 4 h 迄の風速比は 1.0 より大即ち標準風速よりも大きく、 mE 曲線は後方に向つて急傾斜で上昇しているが、5 cm では一般に林帯風下附近の mE が 2 cm の場合よりも大きいためにこの傾斜は緩かである。これは野外と異つ

て地表の凹凸のかけを生じないためであり、特異な現象である。

3. 金網では模型と異り、樹幹部の吹抜けがなく且樹冠のかけを有しないために mE 曲線は同じ強さで後方に伸びている。又遮風度の特に小さい P 型のみは mE は 8 h 以後後方向つて急激に下降し、効果の風下遠くに及ばないことを示している。

4. 模型林は金網に較べて、樹幹部の吹抜けにより 8 h 以前の mE は小さく 8 h 以後の夫れは樹冠のかけによつて後者よりも大きくなつている。

5. 或る限度以上の厚みを有する林帯では風速の増加と共にその風下の mE を増加する防風林として正常と考えられる傾向が認められ、且その限界は A 型 (乃至 B 型) 附近にある。

第 50 表 垂直高 2 cm の風速減退度

風速		20 m/s					
h	型	1	3	5	7	10	13
A		-0.04	0.11	0.22	0.34	0.54	0.66
B		-0.08	0	0.19	0.28	0.50	0.50
C		0.22	0	0.23	0.34	0.43	0.43
D		-0.11	0	0.12	0.29	0.34	0.33
E		-0.07	-0.06	0.04	0.10	0.17	0.22
F		-0.16	-0.03	0.02	0.06	0.08	0.08
G		-0.24	-0.06	0.15	0.21	0.34	0.32
H		-0.22	-0.08	0.02	0.06	0.12	0.14
J		-0.13	-0.15	0.05	0.13	0.28	0.36
K		-0.13	-0.05	0.05	0.09	0.20	0.25
P		0.37	0.26	0.25	0.27	0.26	0.17
Q		0.22	0.26	0.28	0.29	0.29	0.27
R		0.33	0.35	0.42	0.40	0.43	0.44
S		0.26	0.32	0.33	0.34	0.37	0.29
T		0.42	0.32	0.39	0.40	0.40	0.40

風速		15 m/s					
h	型	1	3	5	7	10	13
A		0	0.15	0.20	0.31	0.52	0.63
B		-0.08	0.20	0.09	0.26	0.43	0.47
C		0	0.09	0.20	0.48	0.44	0.48
D		-0.31	0.14	0.14	0.31	0.38	0.36
E		-0.30	0	0	0.23	0.17	0.23
F		0	0.04	0	0.10	0.08	0.10
G		-0.25	-0.05	0	0.18	0.27	0.42
H		-0.37	-0.09	-0.05	0.14	0.12	0.18
J		-0.19	-0.01	-0.01	0.18	0.32	0.36
K		-0.12	-0.04	-0.04	0.22	0.26	0.31
L		0.01	0.15	0.15	0.27	0.32	0.55
P		0.55	0.36	0.30	0.30	0.22	0.16
Q		0.37	0.15	0.25	0.25	0.21	0.25
R		0.37	0.26	0.40	0.40	0.38	0.24
S		0.22	0.32	0.35	0.40	0.32	0.35
T		0.37	0.33	0.40	0.40	0.38	0.35
U		0.70	0.70	0.73			0.35
U'							0.47
U''					0.25	0.32	0.30

風速		10 m/s					
h	型	1	3	5	7	10	13
C		-0.43	-0.12	0.22	0.36	0.42	0.59

第 51 表 風下に於ける垂直高 5 cm の風速減退度

(1)

風速 h 型	20 m/s					
	1	3	5	7	10	13
A	0.29	0.35	0.42	0.48	0.57	0.63
B	0.23	0.29	0.32	0.38	0.39	0.48
C	0.25	0.08	0.26	0.29	0.34	0.34
D	-0.03	0	0.09	0.25	0.31	0.32
E	-0.05	-0.03	0.09	0.05	0.13	0.17
F	-0.15	-0.06	-0.01	-0.03	0	0.08
G	0.03	0.13	0.26	0.25	0.35	0.37
H	-0.09	0.09	0.06	0.07	0.25	0.15
J	0.05	0.04	0.20	0.18	0.07	0.38
K	-0.01	0.13	0.18	0.20	0.18	0.32
P	0.17	0.16	0.21	0.25	0.20	0.19
Q	0.19	0.21	0.22	0.24	0.25	0.26
R	0.28	0.32	0.36	0.38	0.38	0.40
S	0.22	0.28	0.26	0.26	0.26	0.26
T	0.33	0.29	0.34	0.37	0.37	0.37

(2)

風速 h 型	15 m/s					
	1	3	5	7	10	13
A	0.32	0.43	0.46	0.56	0.57	0.62
B	0.34	0.40	0.38	0.47	0.45	0.49
C	0.07	0.16	0.21	0.42	0.37	0.39
D	-0.11	0.13	0.13	0.24	0.26	0.26
E	-0.17	0.01	0.01	0.16	0.15	0.18
F	-0.03	0.01	-0.04	0.03	0.03	0.05
G	0	0.13	0.13	0.17	0.24	0.38
H	-0.15	-0.05	-0.07	0.07	0.03	0.15
J	0	0.13	0.10	0.27	0.35	0.39
K	-0.02	0.12	0.12	0.28	0.32	0.36
L	0.11	0.21	0.21	0.25	0.33	0.45
P	0.20	0.28	0.28	0.30	0.20	0.15
Q	0.17	0.12	0.21	0.19	0.16	0.20
R	0.26	0.22	0.30	0.31	0.29	0.30
S	0.16	0.21	0.22	0.23	0.21	0.19
T	0.26	0.23	0.30	0.30	0.32	0.33
U	0.83	0.83	0.84			0.40
U'						0.52
U''				0.33	0.38	0.39

(3)

風速 h 型	10 m/s					
	1	3	5	7	10	13
C	0.10	0.05	0.24	0.30	0.36	0.46

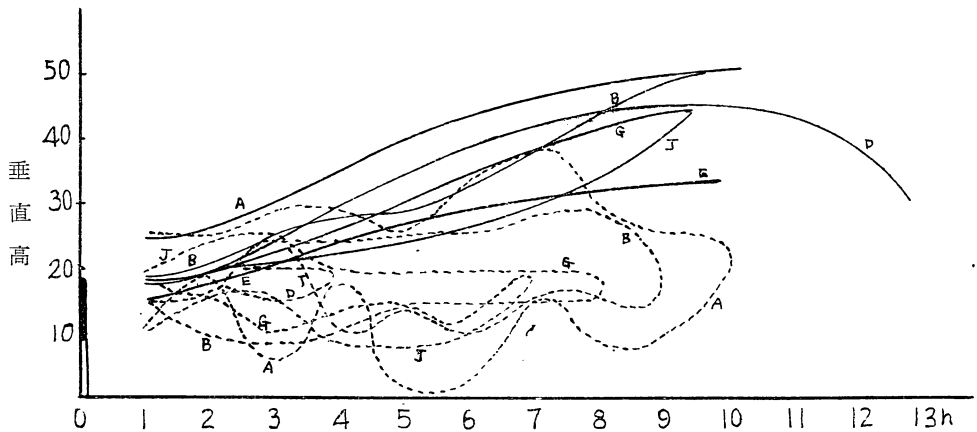
§ 22. 風洞実験に於ける林形別模形林風下の風速減少効果の比較

(毛糸による観察)

風洞実験に於て模形林風下 1h, 2h, 3h, 4h, 5h, 6h, 7h, 8h, 9h, 10h, 13h の各位置に床に垂直に小径の針金を渡し、これに白色の毛糸を床面から夫々 1.4 cm, 5.6 cm,

9.7 cm, 15.2 cm, 19.4 cm, 25.0 cm, 29.0 cm, 33.2 cm, 38.7 cm, 42.8 cm, 47.0 cm, 51.0 cm の高さに張りつけて、その捩れ具合から模型林風下に於ける乱流領域と渦領域を観察した。(fig. 139 及び P. 27 参照)

Fig. 139 模型林風下に於ける渦領域と乱流領域
(Eは渦領域なし)



乱流領域は殆ど 10 h 迄しか観察出来なかつたのではつきりしたことは判らないが、A 型及び B 型は尚後方に延び得る状態と考えてよい。J 型もやゝこれに近く、D 型及び G 型はほぼ 13 h 止りで、E 型は更に短い距離に終るようである。尚何れの林型に於てもその領域は樹冠の風下で拋物線を描いて変化している。

渦領域は主として樹冠の風下に生じ、その領域は A 型に最大で後方に長く 10 h 迄延び、これに次いで B 型が大きく 9 h 迄延び、J 型及び G 型では樹冠部の風下近く乃至その上方に水平に細長い形で存在し、前者では 7 h、後者では 8 h 迄で、D 型は更に短かく 4 h に終つて且樹冠部上層風下に接して極めて小さい領域を占めるに止まり、E 型に至つては最早渦領域は存在しない。これは林の厚みの不足によつて風の吹透しが強いためと考えられる。写真でみられる通り、台のみの X 型、下枝附 1 列の H 型、下枝除去 1 列の F 型共に渦領域を見ず、E 型もこれ等と同様である。尚渦領域が樹幹部に亘り床面近く迄抵がつているのは A 型の 5~6 h 附近のみで、これは林の厚さが充分で樹幹部の吹抜けの風が弱いためにこの辺りで逆流に押されて既に吹抜けの風は消滅していることを示すものである。

以上でみると防風林としてその風下の風速の減少率及び効果距離の 2 点からほぼ正常な効果を期待し得るのは A 型及び B 型のみで、D 型及び E 型では防風林としての効果を期待し得ない。又 G 型と J 型はこの中間の状態を示し、幾分の効果は期待し得られるが充分なものではない。これから考えると、この風洞実験の状態に於て模型林の厚みの限界は B 型附近にあるものと考えられる。

第 52 表 模 型 林

A-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	7.43	0.496	1.008	7.43	0.496	0.805	7.43	0.496	0.805
6	9.32	0.621	0.713	8.43	0.562	0.661	7.94	0.529	0.672
10	4.87	0.324	0.355	2.81	0.187	0.210	3.97	0.264	0.296
13	4.87	0.324	0.355	3.97	0.264	0.289	2.81	0.187	0.205
18	2.81	0.187	0.194	2.81	0.187	0.201	0.00	0.000	0.000
22	3.44	0.229	0.242	2.81	0.187	0.201	0.00	0.000	0.000
26	3.97	0.264	0.278	2.81	0.187	0.205	2.81	0.187	0.201
30	14.05	0.936	0.988	7.75	0.516	0.556	4.53	0.302	0.325
36	15.15	1.010	1.048	15.15	1.015	1.071	13.16	0.877	0.926
40	15.40	1.026	1.083	15.40	1.026	1.083	15.10	1.006	1.062
50	15.40	1.026	1.083	15.40	1.026	1.083	15.40	1.026	1.083
60	15.40	1.026	1.064	15.40	1.026	1.064	15.40	1.026	1.064
70	15.40	1.026	1.064	15.40	1.026	1.064	15.40	1.026	1.083

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	11.23	0.561	1.041	10.88	0.544	0.896	10.18	0.509	0.779
6	12.10	0.605	0.705	11.45	0.572	0.694	10.18	0.509	0.627
10	6.88	0.344	0.372	5.66	0.283	0.309	5.66	0.283	0.313
13	5.66	0.283	0.302	4.87	0.243	0.263	3.97	0.198	0.217
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	7.42	0.371	0.395	3.97	0.193	0.212	—	—	—
30	19.65	0.982	0.391	10.50	0.525	0.549	4.87	0.243	0.257
36	20.05	1.002	1.049	20.05	1.002	1.049	17.76	0.888	0.929
40	20.25	1.012	1.059	20.25	1.012	1.059	20.25	1.012	1.082
50	20.45	1.022	1.059	20.45	1.022	1.059	20.45	1.022	1.081
60	20.45	1.022	1.059	20.45	1.022	1.059	20.45	1.022	1.081
70	20.45	1.022	1.048	20.45	1.022	1.037	20.45	1.022	1.048

風 下 の 風 速 比

風速= v m/s, 風速比= v/V (V =風洞風速), 標準観測の風速= v_0 修正風速比 (=床面の摩擦抵抗の影響を消した風速比) = $v/V / v_0/V$

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V / v_0/V$	風 速	風速比	$v/V / v_0/V$	風 速	風速比	$v/V / v_0/V$
7.43	0.496	0.691	4.87	0.324	0.483	3.97	0.264	0.367
7.95	0.530	—	5.66	0.377	0.478	4.87	0.324	0.400
2.81	0.187	0.231	3.97	0.264	0.363	3.97	0.264	0.296
2.81	0.187	0.205	3.97	0.264	0.289	4.87	0.324	0.355
0.00	0.000	0.000	3.97	0.264	0.278	5.66	0.377	0.406
2.17	0.144	0.155	4.87	0.324	0.349	6.88	0.458	0.503
3.97	0.264	0.289	6.28	0.418	0.458	6.88	0.458	0.503
5.62	0.374	0.403	7.94	0.530	0.571	8.42	0.561	0.604
—	—	—	10.18	0.678	0.730	10.88	0.725	0.781
14.85	0.990	1.045	12.55	0.836	0.901	12.55	0.836	0.901
15.40	1.026	1.064	14.85	0.990	1.045	14.60	0.973	1.048
15.40	1.026	1.064	15.40	1.026	1.083	15.40	1.026	1.083
15.40	1.026	1.064	15.40	1.026	1.083	15.40	1.026	1.083

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V / v_0/V$	風 速	風速比	$v/V / v_0/V$	風 速	風速比	$v/V / v_0/V$
8.98	0.449	0.658	6.28	0.314	0.451	4.87	0.243	0.336
8.98	0.449	0.570	6.88	0.344	0.437	6.02	0.301	0.370
5.66	0.283	0.310	6.28	0.314	0.352	6.28	0.314	0.352
4.87	0.243	0.233	5.66	0.283	0.313	6.28	0.314	0.335
—	—	—	5.33	0.266	0.291	6.88	0.344	0.364
—	—	—	5.02	0.251	0.271	6.88	0.344	0.376
2.81	0.140	0.151	5.66	0.283	0.305	7.94	0.397	0.429
5.66	0.283	0.302	8.42	0.421	0.455	10.50	0.525	0.561
14.85	0.742	0.793	13.16	0.658	0.696	13.75	0.687	0.734
19.85	0.992	1.072	17.07	0.853	0.834	15.90	0.795	0.849
20.25	1.012	1.071	20.25	1.012	1.059	19.45	0.972	1.029
20.25	1.012	1.059	20.25	1.012	1.059	20.05	1.002	1.049
20.25	1.012	1.048	20.25	1.012	1.048	20.05	1.002	1.038

B-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	7.94	0.529	1.075	8.98	0.498	0.808	8.42	0.561	0.911
6	10.50	0.600	0.689	9.72	0.548	0.644	8.42	0.561	0.711
10	5.66	0.377	0.414	6.28	0.418	0.469	4.87	0.324	0.364
13	5.66	0.377	0.414	4.87	0.324	0.355	4.87	0.324	0.355
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	4.87	0.324	0.342	—	—	—	—	—	—
26	11.23	0.748	0.789	5.66	0.377	0.414	4.87	0.324	0.349
30	14.85	0.990	1.045	14.04	0.936	1.008	8.98	0.498	0.536
36	14.85	0.990	1.027	14.85	0.990	1.045	14.85	0.990	1.045
40	15.10	1.006	1.062	14.85	0.990	1.045	14.85	0.990	1.045
50	15.10	1.006	1.062	14.85	0.990	1.045	14.85	0.990	1.045
60	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043
70	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	11.60	0.580	1.076	11.92	0.596	0.982	10.50	0.525	0.804
6	13.42	0.671	0.782	12.55	0.627	0.761	10.88	0.544	0.680
10	6.88	0.344	0.372	6.88	0.344	0.377	7.42	0.371	0.411
13	7.42	0.371	0.397	—	—	—	5.66	0.233	0.320
18	3.97	0.198	0.212	—	—	—	—	—	—
22	6.28	0.314	0.336	—	—	—	—	—	—
26	16.39	0.819	0.873	6.88	0.344	0.368	2.81	0.140	0.110
30	19.85	0.992	1.049	18.84	0.942	0.986	10.18	0.509	0.538
36	19.85	0.992	1.039	20.25	1.012	1.059	19.65	0.982	1.028
40	20.05	1.002	1.049	20.25	1.012	1.059	19.85	0.992	1.061
50	20.05	1.002	1.038	20.25	1.012	1.049	20.05	1.002	1.060
60	20.25	1.012	1.048	20.25	1.012	1.049	20.05	1.002	1.060
70	20.25	1.012	1.038	20.25	1.012	1.027	20.05	1.002	1.027

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
7.94	0.529	0.736	5.66	0.377	0.562	5.66	0.377	0.525
8.42	0.561	—	6.88	0.458	0.581	6.28	0.418	0.516
3.97	0.264	0.326	6.28	0.418	0.480	5.66	0.377	0.423
3.97	0.264	0.289	6.88	0.458	0.503	5.66	0.377	0.414
—	—	—	6.88	0.458	0.483	7.42	0.496	0.534
—	—	—	5.66	0.377	0.406	6.88	0.458	0.503
5.66	0.377	0.414	7.42	0.496	0.544	7.94	0.529	0.581
7.42	0.496	0.534	8.98	0.498	0.536	9.72	0.648	0.698
13.16	0.877	0.945	11.23	0.748	0.806	11.23	0.748	0.806
14.60	0.973	1.027	13.45	0.896	0.965	12.87	0.991	1.068
14.60	0.973	1.009	14.85	0.990	1.045	14.85	0.990	1.067
14.85	0.990	1.027	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062
14.85	0.990	1.027	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
9.72	0.486	0.713	6.88	0.344	0.494	7.42	0.371	0.513
10.18	0.509	0.647	8.98	0.499	0.634	8.42	0.421	0.518
7.42	0.371	0.406	8.42	0.421	0.472	7.94	0.397	0.445
5.66	0.283	0.310	8.42	0.421	0.466	9.32	0.466	0.498
2.81	0.140	0.149	7.42	0.371	0.406	10.50	0.525	0.555
2.17	0.108	0.117	7.94	0.397	0.429	10.88	0.544	0.596
5.66	0.283	0.306	8.42	0.421	0.455	11.92	0.596	0.644
9.72	0.486	0.519	11.60	0.580	0.627	13.75	0.687	0.735
17.30	0.865	0.925	14.60	0.730	0.772	15.40	0.770	0.823
19.65	0.982	1.062	17.76	0.888	0.949	17.07	0.853	0.912
19.85	0.992	1.049	19.85	0.992	1.039	19.45	0.972	1.028
19.85	0.992	1.039	19.85	0.992	1.039	19.85	0.992	1.039
19.85	0.992	1.028	19.85	0.992	1.028	19.85	0.992	1.028

C-Type

V=10 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	v/V/v ₀ /V	風速	風速比	v/V/v ₀ /V	風速	風速比	v/V/v ₀ /V
2	5.66	0.566	1.429	6.28	0.628	1.123	4.87	0.487	0.778
6	7.42	0.742	0.800	7.10	0.710	0.846	6.88	0.688	0.742
10	6.28	0.628	0.648	5.66	0.566	0.610	5.66	0.566	0.610
13	4.87	0.487	0.502	2.81	0.281	0.300	4.87	0.487	0.525
18	—	—	—	0.00	0.000	—	2.81	0.281	0.303
22	2.81	0.281	0.300	0.00	0.000	—	0.00	0.000	—
26	7.42	0.742	0.800	5.66	0.566	0.639	6.28	0.628	0.677
30	8.98	0.898	0.969	8.98	0.898	0.969	7.94	0.794	0.819
36	9.32	0.932	1.005	9.32	0.932	0.924	9.32	0.932	0.924
40	9.72	0.972	0.963	10.18	1.018	1.008	9.72	0.972	0.963
50	8.98	0.898	0.927	8.98	0.898	0.890	8.98	0.898	0.890
60	10.18	1.018	0.972	9.72	0.972	0.963	9.72	0.972	0.928
70	9.32	0.932	0.890	9.32	0.932	0.890	9.32	0.932	0.890

V=15 m/sec

2	8.98	0.498	1.012	8.42	0.561	0.911	7.42	0.496	0.805
6	11.00	0.733	0.888	10.18	0.678	0.798	9.32	0.621	0.788
10	10.88	0.725	0.796	7.42	0.496	0.557	8.42	0.561	0.630
13	4.87	0.324	0.355	3.97	0.264	0.290	7.42	0.496	0.544
18	0.00	0.000	—	0.00	0.000	—	5.66	0.377	0.406
22	4.87	0.324	0.342	0.00	0.000	—	5.66	0.377	0.406
26	14.04	0.936	0.988	9.32	0.621	0.682	9.72	0.648	0.698
30	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.084	12.87	0.991	1.068
36	14.85	0.990	1.027	15.10	1.006	1.062	14.60	0.973	1.027
40	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062
50	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062
60	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043	15.40	1.026	1.043
70	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.062

V=20 m/sec

2	8.42	0.421	0.781	12.25	0.612	1.008	10.18	0.509	0.779
6	12.55	0.627	0.731	14.60	0.730	0.886	11.92	0.596	0.734
10	13.75	0.687	0.743	11.23	0.561	0.614	10.88	0.544	0.602
13	4.87	0.243	0.260	6.23	0.314	0.339	8.42	0.421	0.461
18	3.97	0.198	0.212	2.81	0.140	0.149	6.28	0.314	0.339
22	7.42	0.371	0.397	2.81	0.140	0.151	7.94	0.397	0.429
26	19.25	0.962	1.025	12.55	0.627	0.670	13.45	0.672	0.711
30	20.05	1.002	1.060	20.05	1.002	1.049	17.55	0.877	0.928
36	20.25	1.012	1.059	19.85	0.992	1.039	19.85	0.992	1.039
40	20.25	1.012	1.059	20.05	1.002	1.049	20.25	1.012	1.082
50	20.25	1.012	1.048	20.25	1.012	1.038	20.25	1.012	1.071
60	20.25	1.012	1.048	20.25	1.012	1.038	20.25	1.012	1.071
70	20.25	1.012	1.038	20.25	1.012	1.027	20.25	1.012	1.038

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
3.97	0.397	0.634	3.97	0.397	0.579	2.81	0.281	0.410
5.66	0.566	0.674	5.66	0.566	0.639	4.87	0.487	0.550
4.53	0.453	0.489	5.66	0.566	0.639	4.87	0.487	0.550
4.87	0.487	0.525	5.66	0.566	0.610	5.66	0.566	0.610
3.97	0.397	0.410	4.87	0.487	0.502	6.28	0.628	0.648
4.53	0.453	0.489	4.53	0.453	0.467	6.28	0.628	0.648
6.28	0.628	0.709	6.28	0.628	0.677	6.88	0.688	0.742
7.42	0.742	0.800	6.88	0.688	0.710	7.42	0.742	0.766
8.98	0.898	0.927	8.42	0.842	0.834	7.94	0.794	0.787
10.18	1.018	1.008	9.72	0.972	0.928	8.98	0.898	0.858
8.98	0.898	0.927	8.98	0.898	0.890	8.42	0.842	0.834
9.72	0.972	0.928	9.72	0.972	0.897	10.18	1.018	0.939
9.32	0.932	0.890	9.32	0.932	0.890	9.32	0.932	0.890

5.66	0.377	0.525	5.66	0.377	0.562	5.66	0.377	0.525
7.94	0.529	—	7.42	0.496	0.629	7.42	0.496	0.612
7.42	0.496	0.612	7.42	0.496	0.570	7.94	0.529	0.594
7.94	0.529	0.581	9.32	0.621	0.682	9.32	0.621	0.682
7.94	0.529	0.570	9.32	0.621	0.656	9.48	0.632	0.681
7.94	0.529	0.570	9.32	0.621	0.669	10.18	0.678	0.744
9.32	0.621	0.682	9.32	0.621	0.682	10.88	0.725	0.796
11.60	0.773	0.833	10.88	0.725	0.781	11.60	0.773	0.833
13.45	0.896	0.965	12.25	0.816	0.879	12.55	0.836	0.901
14.60	0.973	1.027	14.05	0.936	0.862	13.45	0.896	0.965
14.85	0.990	1.027	14.60	0.973	1.027	14.85	0.990	1.066
15.10	1.006	1.062	14.85	0.990	1.045	15.40	1.026	1.083
14.85	0.990	1.027	14.85	0.990	1.045	14.85	0.990	1.045

8.98	0.449	0.658	7.94	0.397	0.570	8.42	0.421	0.582
11.23	0.561	0.713	10.50	0.525	0.667	10.50	0.525	0.646
11.23	0.561	0.614	10.50	0.525	0.588	10.50	0.525	0.588
10.88	0.544	0.596	11.92	0.596	0.660	12.25	0.612	0.654
10.50	0.525	0.561	12.55	0.627	0.687	12.87	0.643	0.680
10.88	0.544	0.588	12.55	0.627	0.678	12.55	0.627	0.687
13.45	0.672	0.726	13.16	0.658	0.711	13.45	0.672	0.726
15.63	0.781	0.835	15.90	0.795	0.859	14.60	0.730	0.781
18.20	0.910	0.973	18.20	0.910	0.963	16.39	0.819	0.876
19.85	0.997	1.078	19.25	0.962	1.029	18.20	0.910	0.973
20.05	1.002	1.060	20.25	1.012	1.059	19.85	0.992	1.050
20.25	1.012	1.059	20.25	1.012	1.059	20.25	1.012	1.059
20.25	1.012	1.048	—	—	—	20.25	1.012	1.048

D-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	9.72	0.648	1.317	7.94	0.529	0.859	7.94	0.529	0.859
6	11.92	0.794	0.913	10.88	0.725	0.853	10.18	0.678	0.860
10	10.88	0.725	0.796	7.42	0.496	0.557	9.32	0.621	0.698
13	2.81	0.187	0.205	3.97	0.264	0.290	7.94	0.529	0.581
18	0.00	0.000	—	2.81	0.187	0.201	6.28	0.418	0.450
22	8.98	0.498	0.526	4.87	0.324	0.349	7.94	0.529	0.570
26	15.10	1.006	1.062	14.30	0.953	1.046	11.92	0.794	0.855
30	15.10	1.006	1.062	14.60	0.973	1.048	14.30	0.953	1.027
36	15.10	1.006	1.043	14.60	0.973	1.027	14.85	0.990	1.045
40	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062	14.85	0.990	1.045
50	15.10	1.006	1.062	15.10	1.006	1.062	14.85	0.990	1.045
60	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043
70	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.043	15.10	1.006	1.062

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	12.20	0.610	1.132	12.20	0.610	1.005	11.54	0.577	0.883
6	17.02	0.851	0.992	16.31	0.815	0.989	14.54	0.727	0.895
10	15.57	0.778	0.841	13.42	0.671	0.735	12.51	0.625	0.692
13	2.80	0.140	0.149	5.59	0.279	0.301	0.00	0.000	—
18	0.00	0.000	—	2.80	0.140	0.149	5.59	0.279	0.301
22	10.09	0.504	0.539	6.85	0.342	0.369	8.85	0.442	0.478
26	20.75	1.037	1.105	17.50	0.875	0.936	16.07	0.803	0.849
30	20.37	1.018	1.077	20.75	1.037	1.086	20.37	1.018	1.077
36	20.18	1.009	1.056	20.37	1.018	1.066	19.98	0.999	1.046
40	20.18	1.009	1.056	20.18	1.009	1.056	19.98	0.999	1.068
50	20.37	1.018	1.055	20.18	1.009	1.045	19.98	0.999	1.057
60	20.18	1.009	1.045	20.18	1.009	1.045	19.98	0.999	1.057
70	19.98	0.999	1.024	20.18	1.009	1.024	19.98	0.999	1.024

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
7.42	0.496	0.691	6.28	0.418	0.624	6.88	0.458	0.638
8.98	0.598	—	8.98	0.598	0.758	8.98	0.598	0.738
9.32	0.621	0.766	8.98	0.598	0.687	9.32	0.621	0.698
9.32	0.621	0.682	10.18	0.678	0.744	9.72	0.648	0.711
8.98	0.598	0.644	10.50	0.700	0.739	10.50	0.700	0.754
8.98	0.598	0.644	9.72	0.648	0.677	10.50	0.700	0.768
10.50	0.700	0.768	10.88	0.725	0.796	10.50	0.700	0.768
13.16	0.877	0.945	12.25	0.816	0.879	11.92	0.794	0.855
14.30	0.953	1.027	13.16	0.877	0.945	12.87	0.991	1.068
14.85	0.990	1.045	14.30	0.953	1.027	14.30	0.953	1.027
15.10	1.006	1.043	14.60	0.973	1.027	14.85	0.990	1.067
15.10	1.006	1.043	14.85	0.990	1.045	15.10	1.006	1.062
15.10	1.006	1.043	14.85	0.990	1.045	14.85	0.990	1.045

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
9.69	0.484	0.710	9.27	0.463	0.665	9.69	0.484	0.669
11.54	0.577	0.733	10.84	0.542	0.689	10.84	0.542	0.667
10.47	0.523	0.573	10.09	0.504	0.565	10.84	0.542	0.603
8.39	0.419	0.459	10.47	0.523	0.626	11.45	0.577	0.617
9.27	0.463	0.495	10.84	0.542	0.593	12.51	0.625	0.661
11.20	0.560	0.605	12.51	0.625	0.676	13.70	0.685	0.750
14.80	0.740	0.800	13.99	0.699	0.756	15.06	0.753	0.814
18.13	0.906	0.969	16.31	0.825	0.892	16.65	0.832	0.890
19.38	0.969	1.036	17.91	0.895	0.947	17.70	0.885	0.946
19.58	0.979	1.058	18.77	0.938	1.003	19.38	0.969	1.036
19.58	0.979	1.036	19.38	0.969	1.015	19.98	0.999	1.057
19.98	0.999	1.046	19.38	0.969	1.015	19.78	0.989	1.035
19.78	0.989	1.025	19.58	0.979	1.014	19.98	0.999	1.035

E-Type

V=15 m/sec.

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	8.85	0.590	1.299	9.27	0.618	1.003	9.27	0.618	1.003
6	13.42	0.894	1.028	12.51	0.834	0.981	—	—	—
10	11.54	0.769	0.844	—	—	—	11.20	0.746	0.838
13	2.80	0.186	0.204	3.96	0.264	0.290	6.85	0.456	0.500
18	4.85	0.323	0.335	3.96	0.264	0.284	6.26	0.417	0.449
22	15.06	1.004	1.060	10.84	0.722	0.778	10.47	0.698	0.752
26	14.80	0.986	1.041	14.80	0.986	1.082	14.27	0.951	1.025
30	15.06	1.004	1.060	15.06	1.004	1.082	14.80	0.986	1.062
36	15.06	1.004	1.041	15.06	1.004	1.060	14.80	0.986	1.041
40	15.06	1.004	1.060	15.06	1.004	1.060	15.06	1.004	1.060
50	15.06	1.004	1.060	15.06	1.004	1.060	15.06	1.004	1.060
60	15.06	1.004	1.041	15.06	1.004	1.041	15.06	1.004	1.041
70	15.06	1.004	1.041	15.06	1.004	1.041	15.06	1.004	1.060

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	11.54	0.577	1.070	12.82	0.641	1.056	12.51	0.625	0.957
6	17.70	0.885	1.031	16.77	0.838	1.017	15.58	0.779	0.836
10	15.32	0.766	0.828	15.06	0.753	0.825	15.06	0.753	0.834
13	5.59	0.279	0.298	5.59	0.279	0.302	8.39	0.419	0.459
18	6.26	0.313	0.335	3.96	0.198	0.212	7.40	0.370	0.400
22	20.18	1.009	1.079	15.58	0.779	0.840	14.27	0.713	0.771
26	19.98	0.999	1.065	19.78	0.989	1.058	19.38	0.969	1.025
30	19.98	0.999	1.057	19.98	0.999	1.045	19.58	0.979	1.036
36	19.98	0.999	1.046	19.78	0.989	1.035	19.38	0.969	1.015
40	19.98	0.999	1.046	19.78	0.989	1.035	19.58	0.979	1.047
50	20.18	1.009	1.046	19.98	0.999	1.035	19.58	0.979	1.036
60	19.98	0.999	1.035	19.98	0.999	1.035	19.78	0.989	1.046
70	20.18	1.009	1.035	20.18	1.009	1.024	19.78	0.989	1.014

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
8.39	0.559	0.778	8.39	0.559	0.834	8.39	0.559	0.778
10.47	0.698	—	10.09	0.672	0.853	10.09	0.672	0.830
10.09	0.672	0.830	9.27	0.618	0.710	9.69	0.646	0.726
7.91	0.527	0.578	9.27	0.618	0.678	9.27	0.618	0.678
8.39	0.559	0.602	9.69	0.646	0.682	10.47	0.698	0.752
10.47	0.698	0.752	10.84	0.722	0.778	10.47	0.698	0.766
13.13	0.875	0.960	12.20	0.814	0.893	11.87	0.791	0.868
14.54	0.969	1.044	13.99	0.932	1.004	13.42	0.894	0.963
14.54	0.969	1.044	14.27	0.951	1.025	14.27	0.951	1.025
14.80	0.986	1.041	14.80	0.986	1.062	14.27	0.951	1.025
14.54	0.969	1.005	14.54	0.969	1.023	14.54	0.969	1.044
14.80	0.986	1.023	14.80	0.986	1.023	14.80	0.986	1.023
14.80	0.986	1.023	14.80	0.986	1.023	14.80	0.986	1.023

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
12.20	0.610	0.894	11.54	0.577	0.829	11.20	0.560	0.774
14.80	0.740	0.940	13.42	0.671	0.852	13.13	0.656	0.808
14.27	0.713	0.781	12.82	0.641	0.719	12.51	0.625	0.701
10.84	0.542	0.593	12.20	0.610	0.676	12.82	0.641	0.685
10.84	0.542	0.579	13.13	0.656	0.718	13.70	0.685	0.725
14.27	0.713	0.771	14.80	0.740	0.800	15.06	0.753	0.825
18.35	0.917	0.991	16.55	0.827	0.894	16.79	0.839	0.907
19.58	0.979	1.047	18.55	0.927	1.002	17.70	0.885	0.946
19.38	0.969	1.036	19.18	0.959	1.015	18.77	0.938	1.003
19.58	0.979	1.058	19.18	0.959	1.026	18.97	0.948	1.014
19.78	0.989	1.046	19.58	0.979	1.025	19.38	0.969	1.025
19.78	0.989	1.035	19.58	0.979	1.025	19.38	0.969	1.015
20.18	1.009	1.045	19.98	0.999	1.035	19.78	0.989	1.025

F-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	7.40	0.493	1.002	8.85	0.590	0.958	9.27	0.618	1.003
6	13.42	0.894	1.028	12.51	0.834	0.981	12.20	0.814	1.033
10	13.99	0.932	1.023	13.13	0.875	0.983	12.51	0.834	0.937
13	6.85	0.456	0.501	7.91	0.527	0.578	8.85	0.590	0.648
18	9.69	0.646	0.670	11.34	0.756	0.815	10.84	0.722	0.778
22	14.54	0.969	1.023	14.54	0.969	1.044	13.99	0.932	1.004
26	14.27	0.951	1.004	13.99	0.932	1.023	14.27	0.951	1.025
30	14.54	0.969	1.023	14.27	0.951	1.025	14.54	0.969	1.044
36	14.80	0.986	1.022	14.80	0.986	1.041	14.80	0.986	1.041
40	14.54	0.969	1.023	14.54	0.969	1.023	15.06	1.004	1.060
50	14.54	0.969	1.023	14.80	0.986	1.041	15.06	1.004	1.060
60	14.80	0.986	1.022	14.80	0.986	1.022	15.06	1.004	1.041
70	14.80	0.986	1.022	14.80	0.986	1.022	15.06	1.004	1.060

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	12.50	0.625	1.159	12.50	0.625	1.030	12.82	0.641	0.981
6	17.46	0.873	1.017	17.25	0.862	1.049	16.30	0.815	1.004
10	19.38	0.969	1.043	18.96	0.948	1.038	18.14	0.907	1.004
13	14.80	0.740	0.791	15.07	0.753	0.814	16.07	0.803	0.879
18	16.79	0.839	0.897	15.32	0.766	0.819	15.83	0.791	0.855
22	19.79	0.989	1.058	19.38	0.969	1.045	18.14	0.907	0.981
26	19.38	0.969	1.033	19.18	0.959	1.026	18.76	0.938	0.993
30	19.38	0.969	1.025	19.18	0.959	1.004	18.96	0.948	1.003
36	19.38	0.969	1.015	19.18	0.959	1.004	18.96	0.948	0.993
40	19.38	0.969	1.015	19.38	0.969	1.015	18.96	0.948	1.014
50	19.38	0.969	1.004	19.38	0.969	1.004	19.38	0.969	1.025
60	19.57	0.978	1.013	19.57	0.978	1.013	19.57	0.978	1.035
70	19.57	0.978	1.003	19.57	0.978	0.993	19.57	0.978	1.003

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
9.69	0.646	0.899	9.27	0.618	0.922	9.69	0.646	0.899
12.20	0.814	—	11.54	0.769	0.976	11.54	0.769	0.949
12.20	0.814	1.005	11.54	0.769	0.884	11.20	0.746	0.838
9.27	0.618	0.678	9.59	0.639	0.701	10.47	0.698	0.766
10.09	0.672	0.724	10.84	0.722	0.762	11.20	0.746	0.804
13.42	0.894	0.963	13.42	0.894	0.963	12.13	0.808	0.887
13.99	0.932	1.023	14.27	0.951	1.044	13.99	0.932	1.023
13.99	0.932	1.004	14.54	0.969	1.044	14.54	0.969	1.044
14.80	0.986	1.062	14.80	0.936	1.062	14.54	0.969	1.044
14.80	0.986	1.041	14.80	0.936	1.062	14.54	0.969	1.044
14.80	0.986	1.022	14.80	0.986	1.041	14.54	0.969	1.044
15.06	1.004	1.041	14.80	0.936	1.041	14.80	0.986	1.041
15.06	1.004	1.041	14.80	0.936	1.041	14.80	0.986	1.041

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
12.82	0.641	0.940	12.82	0.641	0.921	13.42	0.671	0.928
16.30	0.815	1.035	15.83	0.791	1.005	15.32	0.761	0.937
18.14	0.907	0.993	17.70	0.885	0.992	17.01	0.850	0.953
16.79	0.839	0.919	17.70	0.885	0.980	16.79	0.839	0.897
16.30	0.815	0.872	16.79	0.839	0.919	17.01	0.850	0.899
17.70	0.885	0.957	16.79	0.839	0.907	16.79	0.839	0.919
18.76	0.938	1.014	18.35	0.917	0.991	18.35	0.917	0.991
18.76	0.938	1.003	18.76	0.938	1.014	18.55	0.927	0.991
18.76	0.938	1.003	18.96	0.948	1.003	18.76	0.938	1.003
18.96	0.948	1.025	18.96	0.948	1.014	18.96	0.948	1.014
19.38	0.938	0.993	19.18	0.959	1.004	19.38	0.969	1.025
19.57	0.978	1.024	19.38	0.969	1.015	19.57	0.978	1.024
19.57	0.978	1.013	19.38	0.969	1.004	19.57	0.978	1.013

G-Type

V=15 m/sec——風洞

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	9.28	0.618	1.256	9.70	0.646	1.049	9.28	0.618	1.003
6	11.90	0.793	0.911	10.10	0.673	0.792	9.70	0.646	0.820
10	6.86	0.456	0.500	5.55	0.370	0.416	5.55	0.370	0.416
13	6.86	0.456	0.500	4.85	0.323	0.354	4.85	0.323	0.354
18	4.85	0.323	0.335	—	—	—	2.80	0.186	0.200
22	5.55	0.370	0.391	2.80	0.186	0.200	2.80	0.186	0.200
26	14.80	0.986	1.041	8.85	0.590	0.648	6.86	0.456	0.491
30	14.80	0.986	1.041	14.54	0.969	1.044	13.42	0.894	0.963
36	14.80	0.986	1.023	14.80	0.986	1.041	14.80	0.986	1.041
40	15.07	1.005	1.061	15.07	1.005	1.061	15.32	1.021	1.078
50	14.80	0.986	1.041	14.80	0.986	1.041	15.07	1.005	1.061
60	15.32	1.021	1.059	15.07	1.005	1.043	15.32	1.021	1.059
70	14.80	0.986	1.023	14.80	0.986	1.023	15.07	1.005	1.061

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	13.42	0.671	1.245	12.87	0.643	1.059	11.20	0.560	0.858
6	14.80	0.740	0.862	13.12	0.656	0.796	11.20	0.560	0.690
10	7.92	0.396	0.428	8.40	0.420	0.460	8.85	0.442	0.489
13	8.40	0.420	0.449	6.86	0.343	0.371	7.40	0.370	0.405
18	5.55	0.277	0.296	4.85	0.242	0.259	3.96	0.198	0.214
22	7.40	0.370	0.396	3.96	0.198	0.214	2.80	0.140	0.151
26	20.58	1.029	1.097	12.20	0.610	0.652	8.85	0.442	0.468
30	20.20	1.010	1.069	19.97	0.998	1.045	18.35	0.917	0.970
36	20.20	1.010	1.058	20.20	1.010	1.058	20.20	1.010	1.057
40	20.40	1.020	1.068	20.20	1.010	1.058	20.20	1.010	1.080
50	20.58	1.029	1.066	20.20	1.010	1.047	20.40	1.020	1.079
60	20.58	1.029	1.066	20.20	1.010	1.047	20.40	1.020	1.079
70	20.58	1.029	1.055	20.20	1.010	1.025	20.40	1.020	1.046

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
8.85	0.590	0.822	7.40	0.493	0.736	6.26	0.417	0.581
9.28	0.618	—	8.85	0.590	0.749	7.40	0.493	0.609
6.86	0.456	0.763	7.92	0.528	0.607	6.86	0.456	0.512
6.26	0.417	0.458	7.92	0.528	0.580	7.92	0.528	0.579
3.96	0.264	0.284	6.86	0.456	0.481	8.85	0.590	0.636
2.80	0.186	0.200	6.86	0.456	0.491	8.85	0.590	0.648
8.40	0.560	0.615	8.85	0.590	0.648	10.10	0.673	0.739
11.20	0.746	0.804	10.85	0.723	0.779	11.20	0.746	0.804
14.80	0.986	1.062	13.12	0.874	0.942	12.50	0.833	0.898
15.32	1.021	1.078	14.80	0.986	1.062	14.26	0.950	1.024
15.07	1.005	1.043	15.07	1.005	1.061	14.54	0.969	1.044
15.32	1.021	1.059	15.32	1.021	1.078	15.32	1.021	1.078
15.07	1.005	1.043	14.80	0.986	1.041	15.32	1.021	1.078

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
10.85	0.542	0.795	9.28	0.464	0.667	8.40	0.420	0.581
11.20	0.560	0.712	10.10	0.505	0.642	10.10	0.505	0.622
8.40	0.420	0.460	9.70	0.485	0.544	10.10	0.505	0.566
6.86	0.343	0.376	9.70	0.485	0.537	10.85	0.542	0.580
3.96	0.198	0.212	9.28	0.464	0.508	11.20	0.560	0.592
5.55	0.277	0.299	9.28	0.464	0.502	11.55	0.577	0.632
10.48	0.524	0.566	11.20	0.560	0.605	13.12	0.656	0.709
15.83	0.792	0.847	14.26	0.713	0.771	15.32	0.766	0.819
19.79	0.989	1.058	17.25	0.862	0.912	17.25	0.862	0.922
19.79	0.989	1.069	19.18	0.959	1.026	19.38	0.969	1.036
20.20	1.010	1.069	19.79	0.989	1.036	19.79	0.989	1.047
20.20	1.010	1.058	19.97	0.998	1.045	19.97	0.998	1.045
20.20	1.010	1.042	19.97	0.998	1.034	19.79	0.989	1.025

H-Type

V = 15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	10.10	0.673	1.368	10.10	0.673	1.092	9.70	0.646	1.049
6	14.00	0.933	1.072	13.12	0.874	1.028	12.50	0.833	1.057
10	11.20	0.746	0.819	11.90	0.793	0.891	12.20	0.813	0.913
13	11.55	0.770	0.845	11.90	0.793	0.870	11.55	0.770	0.845
18	12.82	0.854	0.886	12.20	0.813	0.876	11.90	0.793	0.855
22	14.80	0.986	1.041	14.80	0.986	1.062	14.26	0.950	1.024
26	15.07	1.005	1.061	14.80	0.986	1.082	14.54	0.969	1.044
30	15.07	1.005	1.061	14.80	0.986	1.062	14.80	0.986	1.062
36	15.07	1.005	1.042	14.80	0.986	1.041	14.80	0.986	1.041
40	15.07	1.005	1.061	15.07	1.005	1.061	15.32	1.021	1.078
50	15.07	1.005	1.061	15.07	1.005	1.061	15.32	1.021	1.078
60	15.07	1.005	1.042	15.32	1.021	1.059	15.32	1.021	1.059
70	15.07	1.005	1.042	15.32	1.021	1.059	15.32	1.021	1.078

V = 20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	13.12	0.656	1.217	13.12	0.656	1.081	12.82	0.641	0.982
6	17.70	0.885	1.031	16.30	0.815	0.989	14.80	0.740	0.911
10	16.07	0.803	0.868	15.57	0.778	0.852	14.80	0.740	0.820
13	15.83	0.791	0.846	16.07	0.803	0.868	15.57	0.778	0.852
18	17.70	0.885	0.947	16.79	0.839	1.004	16.79	0.839	0.907
22	19.79	0.989	1.058	19.57	0.978	1.055	18.55	0.927	1.002
26	19.97	0.989	1.054	19.57	0.978	1.048	19.38	0.969	1.025
30	19.97	0.989	1.047	19.57	0.978	1.024	19.38	0.969	1.025
36	19.97	0.989	1.035	19.79	0.989	1.035	19.38	0.969	1.015
40	19.97	0.989	1.035	19.79	0.989	1.035	19.57	0.978	1.048
50	20.20	1.010	1.046	19.79	0.989	1.025	19.79	0.989	1.047
60	20.20	1.010	1.046	20.20	1.010	1.046	19.97	0.998	1.056
70	20.20	1.010	1.036	20.20	1.010	1.026	19.97	0.998	1.024

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
9.28	0.618	0.861	8.85	0.590	0.880	8.85	0.590	0.822
12.20	0.813	—	11.55	0.770	0.977	10.48	0.628	0.862
11.90	0.793	0.979	11.90	0.793	0.911	10.85	0.723	0.812
11.20	0.746	0.819	11.90	0.793	0.870	11.20	0.746	0.819
11.90	0.793	0.854	11.90	0.793	0.837	12.20	0.813	0.876
13.42	0.894	0.963	12.84	0.856	0.922	12.82	0.854	0.937
14.54	0.969	1.064	14.54	0.969	1.064	13.70	0.913	1.002
14.54	0.969	1.044	14.80	0.986	1.062	14.00	0.933	1.005
14.54	0.969	1.044	14.54	0.969	1.044	14.00	0.933	1.005
15.07	1.005	1.061	14.80	0.986	1.062	14.54	0.969	1.044
15.07	1.005	1.042	15.07	1.005	1.061	14.80	0.989	1.066
15.32	1.021	1.059	15.32	1.021	1.078	15.07	1.005	1.061
15.32	1.021	1.059	15.32	1.021	1.078	15.07	1.005	1.061

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
12.82	0.641	0.940	12.20	0.610	0.877	12.50	0.625	0.864
14.26	0.713	0.911	13.70	0.685	0.870	13.70	0.685	0.844
15.07	0.753	0.825	14.80	0.740	0.830	14.26	0.713	0.799
15.32	0.766	0.839	15.32	0.766	0.848	15.07	0.753	0.806
17.25	0.862	0.922	17.01	0.850	0.931	16.79	0.839	0.888
18.35	0.917	0.991	17.25	0.862	0.932	17.46	0.873	0.956
19.38	0.969	1.048	18.96	0.948	1.025	18.96	0.948	1.025
19.38	0.969	1.036	19.38	0.969	1.048	19.38	0.969	1.036
19.38	0.969	1.036	19.18	0.959	1.015	19.38	0.969	1.036
19.79	0.989	1.069	19.38	0.969	1.036	19.57	0.978	1.048
19.79	0.989	1.047	19.38	0.969	1.015	19.57	0.978	1.035
19.97	0.998	1.045	19.97	0.998	1.045	19.79	0.989	1.035
19.97	0.998	1.034	19.97	0.998	1.034	19.79	0.989	1.025

J-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	8.82	0.588	1.195	9.25	0.616	1.000	9.25	0.616	1.000
6	11.82	0.788	0.906	10.42	0.694	0.816	10.05	0.670	0.851
10	5.58	0.372	0.408	4.83	0.322	0.362	6.24	0.416	0.467
13	3.94	0.262	0.288	2.79	0.186	0.204	2.79	0.186	0.204
18	3.94	0.262	0.272	2.79	0.186	0.201	2.79	0.186	0.201
22	8.36	0.557	0.588	5.58	0.372	0.401	4.83	0.322	0.347
26	14.75	0.983	1.038	11.82	0.788	0.865	7.88	0.525	0.566
30	15.00	1.000	1.056	15.75	1.050	1.131	14.20	0.946	1.019
36	15.00	1.000	1.037	15.00	1.000	1.056	15.00	1.000	1.056
40	15.25	1.016	1.073	15.25	1.016	1.073	15.25	1.016	1.073
50	15.25	1.016	1.073	15.00	1.000	1.056	15.25	1.016	1.073
60	15.25	1.016	1.054	15.25	1.016	1.054	15.25	1.016	1.054
70	15.00	1.000	1.037	15.00	1.000	1.037	15.25	1.016	1.073

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	12.15	0.607	1.126	12.76	0.638	1.051	12.45	0.622	0.952
6	15.25	0.762	0.888	14.47	0.723	0.877	13.06	0.653	0.804
10	7.38	0.369	0.399	7.38	0.369	0.404	7.88	0.394	0.436
13	3.94	0.197	0.211	3.94	0.197	0.213	3.94	0.197	0.216
18	6.83	0.341	0.365	3.94	0.197	0.211	2.77	0.138	0.149
22	11.15	0.557	0.596	7.38	0.369	0.398	5.58	0.279	0.302
26	20.30	1.015	1.082	16.48	0.824	0.881	9.25	0.462	0.489
30	20.30	1.015	1.074	20.10	1.005	1.063	19.70	0.985	1.042
36	20.10	1.005	1.063	19.90	0.995	1.042	19.90	0.995	1.042
40	19.50	0.975	1.021	19.50	0.975	1.021	19.50	0.975	1.043
50	19.50	0.975	1.010	19.70	0.985	1.021	19.90	0.995	1.053
60	19.30	0.965	1.000	19.70	0.985	1.021	19.90	0.995	1.053
70	19.50	0.975	1.000	19.90	0.995	1.010	19.90	0.995	1.021

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
8.82	0.588	0.819	6.83	0.455	0.679	6.83	0.455	0.634
9.66	0.644	—	7.88	0.525	0.666	7.38	0.492	0.607
6.24	0.416	0.514	6.24	0.416	0.478	6.24	0.416	0.467
4.83	0.322	0.353	6.24	0.416	0.457	6.83	0.455	0.490
2.79	0.186	0.201	5.58	0.372	0.393	7.88	0.525	0.576
5.58	0.372	0.401	6.83	0.455	0.490	8.82	0.588	0.645
7.88	0.525	0.576	8.36	0.557	0.611	9.66	0.644	0.694
12.45	0.830	0.911	11.50	0.766	0.825	11.82	0.788	0.849
14.75	0.983	1.079	13.65	0.910	0.981	13.35	0.890	0.959
15.25	1.016	1.073	14.75	0.983	1.079	14.47	0.964	1.039
15.00	1.000	1.037	14.75	0.983	1.038	14.75	0.953	1.079
15.25	1.016	1.054	15.00	1.000	1.056	15.00	1.000	1.056
15.00	1.000	1.037	14.75	0.983	1.038	14.75	0.983	1.038

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
11.82	0.591	0.867	10.05	0.502	0.721	9.25	0.462	0.639
12.70	0.635	0.807	10.42	0.521	0.662	10.05	0.502	0.618
9.25	0.462	0.506	7.88	0.394	0.442	8.82	0.441	0.494
5.58	0.279	0.305	6.24	0.312	0.345	8.82	0.441	0.472
2.77	0.138	0.147	7.38	0.369	0.404	10.42	0.521	0.551
2.77	0.138	0.149	9.25	0.462	0.499	11.50	0.575	0.630
11.50	0.575	0.622	12.45	0.622	0.672	13.65	0.682	0.737
18.06	0.903	0.966	16.00	0.800	0.865	16.00	0.800	0.856
19.90	0.995	1.064	19.10	0.955	1.010	18.06	0.903	0.966
19.50	0.975	1.054	19.90	0.995	1.064	18.70	0.935	1.000
19.90	0.995	1.053	19.90	0.995	1.042	19.70	0.985	1.042
19.90	0.995	1.042	19.70	0.985	1.031	19.70	0.985	1.031
20.10	1.005	1.042	19.90	0.995	1.031	19.90	0.995	1.031

K-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	9.25	0.616	1.125	9.66	0.644	1.045	9.66	0.644	1.045
6	13.06	0.870	1.000	10.42	0.694	0.816	9.66	0.644	0.817
10	4.83	0.322	0.353	6.24	0.416	0.467	5.58	0.372	0.418
13	6.24	0.416	0.457	5.58	0.372	0.408	3.94	0.262	0.288
18	3.94	0.262	0.272	6.24	0.416	0.448	3.94	0.262	0.282
22	12.45	0.830	0.876	8.36	0.557	0.600	6.83	0.455	0.490
26	14.75	0.983	1.038	14.75	0.983	1.079	11.82	0.788	0.849
30	14.75	0.983	1.038	14.75	0.983	1.059	15.00	1.000	1.077
36	15.00	1.000	1.037	14.75	0.983	1.038	15.00	1.000	1.056
40	15.00	1.000	1.054	14.47	0.964	1.018	14.20	0.946	0.999
50	15.00	1.000	1.054	14.75	0.983	1.038	14.75	0.983	1.038
60	15.00	1.000	1.037	14.75	0.983	1.020	14.75	0.983	1.020
70	15.00	1.000	1.037	15.00	1.000	1.037	14.47	0.964	1.018

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	12.16	0.608	1.128	12.47	0.623	1.026	12.47	0.623	0.954
6	16.74	0.837	0.975	13.08	0.654	0.794	12.16	0.608	0.749
10	5.58	0.279	0.339	5.58	0.279	0.305	6.83	0.341	0.378
13	7.38	0.369	0.395	3.94	0.197	0.213	3.94	0.197	0.216
18	5.58	0.279	0.298	5.58	0.279	0.298	4.83	0.241	0.260
22	16.96	0.848	0.907	10.80	0.540	0.583	8.82	0.441	0.477
26	19.52	0.976	1.041	19.52	0.976	1.044	17.20	0.860	0.910
30	19.72	0.986	1.043	19.72	0.986	1.032	19.72	0.986	1.043
36	19.72	0.986	1.032	19.72	0.986	1.032	19.72	0.986	1.032
40	19.72	0.986	1.032	19.72	0.986	1.032	19.72	0.986	1.054
50	19.72	0.986	1.022	19.92	0.996	1.032	19.92	0.996	1.054
60	19.72	0.986	1.022	20.10	1.005	1.041	20.10	1.005	1.063
70	19.72	0.986	1.011	20.10	1.005	1.020	20.10	1.005	1.031

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
8.36	0.557	0.776	7.38	0.492	0.734	7.38	0.492	0.685
8.82	0.588	—	7.88	0.525	0.666	7.88	0.525	0.648
5.58	0.372	0.459	6.83	0.455	0.523	6.24	0.416	0.467
3.94	0.262	0.288	5.58	0.372	0.408	6.24	0.416	0.457
3.94	0.262	0.282	6.83	0.455	0.480	7.88	0.525	0.576
6.24	0.416	0.448	8.36	0.557	0.600	8.82	0.588	0.645
10.78	0.718	0.788	10.42	0.694	0.762	10.42	0.694	0.762
14.47	0.964	1.031	13.06	0.870	0.937	12.45	0.830	0.894
14.75	0.983	1.059	14.47	0.964	1.039	13.93	0.928	1.000
14.47	0.964	1.018	13.65	0.910	0.981	13.93	0.928	1.000
14.75	0.983	1.020	14.47	0.964	1.018	14.47	0.964	1.039
14.75	0.983	1.020	14.47	0.964	1.018	14.47	0.964	1.018
14.75	0.983	1.020	14.75	0.983	1.038	14.47	0.964	1.018

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
12.47	0.623	0.913	11.16	0.558	0.802	10.80	0.540	0.747
11.83	0.591	0.751	11.16	0.558	0.709	10.44	0.522	0.643
7.89	0.394	0.431	8.82	0.441	0.494	8.82	0.441	0.494
6.24	0.312	0.342	7.38	0.369	0.399	8.82	0.441	0.472
5.58	0.279	0.298	8.37	0.418	0.458	10.44	0.522	0.551
9.66	0.483	0.522	10.80	0.540	0.584	11.83	0.591	0.647
15.23	0.761	0.823	14.49	0.724	0.783	14.49	0.724	0.783
19.72	0.986	1.054	18.08	0.904	0.977	17.42	0.871	0.932
19.92	0.996	1.065	19.72	0.986	1.043	18.92	0.946	1.012
19.72	0.986	1.066	19.72	0.986	1.054	19.12	0.956	1.022
19.72	0.986	1.043	19.92	0.996	1.043	19.72	0.986	1.043
19.92	0.996	1.043	20.10	1.005	1.052	19.72	0.986	1.032
19.92	0.996	1.032	20.10	1.005	1.042	19.52	0.976	1.011

第 53 表 模 型 林 内 及 び こ れ に

L-Type

V=15 m/sec

垂 直 高 Z	0 h		1 h			3 h			5 h		
	v 風 速	v/V 風速比	v 風 速	v/V 風速比	v/V/v ₀ /V	v 風 速	v/V 風速比	v/V/v ₀ /V	v 風 速	v/V 風速比	v/V/v ₀ /V
2	—	—	6.83	0.455	0.925	7.89	0.525	0.852	7.89	0.525	0.852
6	11.50	0.766	10.80	0.720	0.827	9.66	0.644	0.758	8.82	0.588	0.746
10	6.24	0.416	4.83	0.322	0.353	2.79	0.186	0.209	3.94	0.262	0.294
13	4.83	0.322	3.94	0.262	0.288	2.79	0.186	0.204	—	—	—
18	2.79	0.186	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22	7.38	0.492	4.83	0.322	0.340	—	—	—	—	—	—
26	14.75	0.983	12.16	0.810	0.855	8.37	0.557	0.611	6.24	0.416	0.448
30	15.02	1.001	14.22	0.948	1.039	14.49	0.966	1.041	12.47	0.831	0.895
36	15.02	1.001	14.49	0.966	1.002	14.75	0.983	1.038	14.75	0.983	1.038
40	15.23	1.015	15.02	1.001	1.057	15.02	1.001	1.057	15.02	1.001	1.057
50	15.02	1.001	14.75	0.983	1.038	15.02	1.001	1.057	14.75	0.983	1.038
60	15.23	1.015	15.02	1.001	1.038	15.23	1.015	1.053	15.02	1.001	1.038
70	15.23	1.015	14.75	0.983	1.020	14.75	0.983	1.020	14.75	0.983	1.038

接する位置の風速比

(但しL型は風下の風速比測定)

7 h			10 h			13 h		
v 風速	v/V 風速比	v/V/v ₀ /V	v 風速	v/V 風速比	v/V/v ₀ /V	v 風速	v/V 風速比	v/V/v ₀ /V
7.89	0.525	0.731	6.83	0.455	0.679	4.83	0.322	0.448
8.82	0.588	—	7.89	0.525	0.666	6.83	0.455	0.562
3.94	0.262	0.726	4.83	0.322	0.370	5.58	0.372	0.418
—	—	—	2.79	0.186	0.204	5.58	0.372	0.408
—	—	—	3.94	0.262	0.277	6.83	0.455	0.490
2.79	0.186	0.200	4.83	0.322	0.347	7.38	0.492	0.540
6.24	0.416	0.457	7.38	0.492	0.540	8.82	0.598	0.645
11.50	0.766	0.825	10.80	0.720	0.776	10.44	0.696	0.750
14.75	0.983	1.059	13.95	0.930	1.002	12.78	0.852	0.918
15.02	1.001	1.057	15.02	1.001	1.079	14.22	0.984	1.060
14.75	0.983	1.020	14.75	0.983	1.038	14.49	0.966	1.041
15.23	1.015	1.053	15.23	1.015	1.072	15.02	1.001	1.057
15.02	1.001	1.038	14.75	0.983	1.038	14.75	0.983	1.038

M-Type

V=15 m/sec

	風 速	風速比
2	—	—
6	13.15	0.876
10	11.88	0.792
13	2.80	0.186
18	4.85	0.323
22	10.48	0.698
26	15.10	1.006
30	15.10	1.006
36	15.10	1.006
40	15.10	1.006
50	15.35	1.023
60	15.35	1.023
70	15.10	1.006

N-Type

V=15 m/sec

	風 速	風速比
2	3.96	0.264
6	13.45	0.896
10	12.53	0.835
13	2.80	0.186
18	0.00	0.000
22	8.86	0.590
26	14.82	0.988
30	15.10	1.006
36	15.10	1.006
40	15.10	1.006
50	15.35	1.023
60	15.35	1.023
70	15.35	1.023

O-Type

V=15 m/sec

	風 速	風速比
2	6.26	0.417
6	13.42	0.894
10	6.86	0.457
13	2.80	0.186
18	—	—
22	6.86	0.457
26	14.82	0.988
30	15.10	1.006
36	15.10	1.006
40	15.10	1.006
50	15.10	1.006
60	15.10	1.006
70	15.10	1.006

V=20 m/sec

	風 速	風速比
2	2.80	0.140
6	17.73	0.886
10	16.80	0.840
13	4.85	0.242
18	7.42	0.372
22	13.45	0.672
26	20.40	1.020
30	20.60	1.030
36	20.40	1.020
40	20.40	1.020
50	20.60	1.030
60	20.60	1.030
70	18.42	0.921

V=20 m/sec

	風 速	風速比
2	5.60	0.280
6	17.73	0.886
10	16.59	0.829
13	—	—
18	—	—
22	11.88	0.594
26	20.40	1.020
30	20.60	1.030
36	20.60	1.030
40	20.40	1.020
50	20.60	1.030
60	20.40	1.020
70	20.20	1.020

V=20 m/sec

	風 速	風速比
2	8.86	0.443
6	18.60	0.930
10	7.42	0.371
13	3.96	0.198
18	—	—
22	10.48	0.524
26	20.40	1.020
30	20.60	1.030
36	20.60	1.030
40	20.60	1.030
50	20.40	1.020
60	20.20	1.010
70	20.20	1.010

第 54 表 模型林台上の風速比 (標準観測)

X-Type

V=10 m/sec

Z	1 h		3 h		5 h		7 h		10 h		13 h	
	風速 v_0	風速比 v_0/V	風速 v_0	風速比 v_0/V	風速 v_0	風速比 v_0/V	風速 v_0	風速比 v_0/V	風速 v_0	風速比 v_0/V	風速 v_0	風速比 v_0/V
2	3.96	0.396	5.59	0.559	6.26	0.626	6.26	0.626	6.85	0.685	6.85	0.685
6	9.27	0.927	8.39	0.839	9.27	0.927	8.39	0.839	8.85	0.885	8.85	0.885
10	9.69	0.969	9.27	0.927	9.27	0.927	9.27	0.927	8.85	0.885	8.85	0.885
13	9.69	0.969	9.69	0.969	9.27	0.927	9.27	0.927	9.27	0.927	9.27	0.927
18	10.09	1.009	9.69	0.969	9.27	0.927	9.69	0.969	9.69	0.969	9.69	0.969
22	9.69	0.969	9.27	0.927	9.27	0.927	9.27	0.927	9.69	0.969	9.69	0.969
26	9.27	0.927	8.85	0.885	9.27	0.927	8.85	0.885	9.27	0.927	9.27	0.927
30	9.27	0.927	9.27	0.927	9.69	0.969	9.27	0.927	9.69	0.969	9.69	0.969
36	9.27	0.927	10.09	1.009	10.09	1.009	9.69	0.969	10.09	1.009	10.09	1.009
40	10.09	1.009	10.09	1.009	10.09	1.009	10.09	1.009	10.47	1.047	10.47	1.047
50	9.69	0.969	10.09	1.009	10.09	1.009	9.69	0.969	10.09	1.009	10.09	1.009
60	10.47	1.047	10.09	1.009	10.47	1.047	10.47	1.047	10.84	1.084	10.84	1.084
70	10.47	1.047	10.47	1.047	10.47	1.047	10.47	1.047	10.47	1.047	10.47	1.047

V=15 m/sec

2	7.38	0.492	9.25	0.616	9.25	0.616	10.78	0.718	10.05	0.670	10.78	0.718
6	13.06	0.870	12.76	0.850	11.82	0.788	—	—	11.82	0.788	12.15	0.810
10	13.65	0.911	13.35	0.890	13.35	0.890	12.15	0.810	13.06	0.870	13.35	0.890
13	13.65	0.911	13.65	0.911	13.65	0.911	13.65	0.911	13.65	0.911	13.65	0.911
18	14.47	0.964	13.93	0.928	13.93	0.928	13.93	0.928	14.20	0.947	13.93	0.928
22	14.20	0.947	13.93	0.928	13.93	0.928	13.93	0.928	13.93	0.928	13.65	0.911
26	14.20	0.947	13.65	0.911	13.93	0.928	13.65	0.911	13.65	0.911	13.65	0.911
30	14.20	0.947	13.95	0.928	13.93	0.928	13.93	0.928	13.93	0.928	13.93	0.928
36	14.47	0.964	14.20	0.947	14.20	0.947	13.93	0.928	13.93	0.928	13.93	0.928
40	14.20	0.947	14.20	0.947	14.20	0.947	14.20	0.947	13.93	0.928	13.93	0.928
50	14.20	0.947	14.20	0.947	14.20	0.947	14.47	0.964	14.20	0.947	13.93	0.928
60	14.47	0.964	14.47	0.954	14.47	0.964	14.47	0.964	14.20	0.947	14.20	0.947
70	14.47	0.964	14.47	0.954	14.20	0.947	14.47	0.964	14.20	0.947	14.20	0.947

V=20 m/sec

2	10.78	0.539	12.15	0.607	13.06	0.653	13.65	0.682	13.93	0.696	14.47	0.723
6	17.16	0.858	16.48	0.824	16.25	0.812	15.75	0.787	15.75	0.787	16.25	0.812
10	18.50	0.925	18.26	0.913	18.06	0.903	18.26	0.913	17.85	0.892	17.85	0.892
13	18.70	0.935	18.50	0.925	18.26	0.913	18.26	0.913	18.06	0.903	18.70	0.935
18	18.70	0.935	18.70	0.935	18.50	0.925	18.70	0.935	18.26	0.913	18.90	0.945
22	18.70	0.935	18.55	0.927	18.50	0.925	18.50	0.925	18.50	0.925	18.26	0.913
26	18.76	0.938	18.70	0.935	18.90	0.945	18.50	0.925	18.50	0.925	18.50	0.925
30	18.90	0.945	19.10	0.955	18.90	0.945	18.70	0.935	18.50	0.925	18.70	0.935
36	19.10	0.955	19.10	0.955	19.10	0.955	18.70	0.935	18.90	0.945	18.70	0.935
40	19.10	0.955	19.10	0.955	18.70	0.935	18.50	0.925	18.70	0.935	18.70	0.935
50	19.30	0.965	19.30	0.965	18.90	0.945	18.90	0.945	19.10	0.955	18.90	0.945
60	19.30	0.965	19.30	0.965	18.90	0.945	19.10	0.955	19.10	0.955	19.10	0.955
70	19.50	0.975	19.70	0.985	19.50	0.975	19.30	0.965	19.30	0.965	19.30	0.965

第 55 表 金 網

P-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	3.94	0.263	0.447	5.58	0.372	0.604	7.38	0.492	0.707
6	11.16	0.744	0.834	9.66	0.644	0.756	9.25	0.616	0.723
10	12.16	0.810	0.889	11.50	0.766	0.859	11.16	0.744	0.817
13	11.83	0.788	0.865	11.50	0.766	0.859	11.16	0.744	0.817
18	11.16	0.744	0.800	11.16	0.744	0.834	11.83	0.788	0.865
22	13.95	0.930	1.021	13.38	0.892	0.979	13.66	0.911	1.000
26	13.95	0.930	1.043	13.66	0.911	0.985	13.66	0.911	1.000
30	14.22	0.948	1.041	13.66	0.911	1.000	13.66	0.911	0.979
36	14.22	0.948	1.019	13.95	0.930	1.000	13.95	0.930	1.000
40	14.49	0.966	1.019	14.22	0.948	1.019	14.22	0.948	1.000
50	14.49	0.966	1.019	14.22	0.948	1.019	14.22	0.948	1.000
60	14.49	0.966	1.000	14.49	0.966	1.019	14.75	0.983	1.018
70	14.49	0.966	1.000	14.49	0.966	1.019	14.75	0.983	1.018

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	7.38	0.369	0.624	10.06	0.503	0.736	10.80	0.540	0.746
6	15.53	0.776	0.849	15.02	0.751	0.851	13.66	0.683	0.794
10	16.50	0.825	0.903	16.50	0.825	0.903	15.53	0.776	0.849
13	16.50	0.825	0.903	16.50	0.825	0.903	16.02	0.801	0.876
18	14.49	0.724	0.774	15.23	0.761	0.822	15.53	0.776	0.830
22	19.12	0.956	1.058	18.82	0.941	1.017	17.87	0.893	0.965
26	19.12	0.956	1.034	19.12	0.956	1.034	18.50	0.925	1.000
30	19.12	0.956	1.034	19.32	0.966	1.044	18.70	0.935	1.000
36	18.82	0.941	1.017	19.12	0.956	1.022	18.82	0.941	1.000
40	19.12	0.956	1.046	18.82	0.941	1.006	18.82	0.941	1.006
50	19.32	0.966	1.033	19.12	0.956	1.016	19.12	0.956	1.016
60	19.32	0.966	1.033	19.12	0.956	1.016	19.32	0.966	1.010
70	19.32	0.966	1.010	19.12	0.956	1.000	19.52	0.976	1.010

風 下 の 風 速 比

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
7.38	0.492	0.707	7.89	0.526	0.785	8.82	0.583	0.845
8.82	0.588	0.708	9.25	0.616	0.804	10.06	0.670	0.850
10.44	0.696	0.780	10.06	0.670	0.768	10.44	0.696	0.798
10.80	0.720	0.807	10.80	0.720	0.807	10.80	0.720	0.774
11.50	0.766	0.841	11.83	0.788	0.847	11.50	0.766	0.841
12.16	0.810	0.889	12.47	0.831	0.912	12.47	0.831	0.912
13.38	0.892	0.964	13.66	0.911	1.000	13.66	0.911	1.000
13.38	0.892	0.979	13.95	0.930	1.021	13.95	0.930	1.021
13.95	0.930	1.021	14.22	0.948	1.019	14.22	0.948	1.019
14.22	0.948	1.019	14.49	0.966	1.039	14.22	0.948	1.019
14.22	0.948	1.019	14.22	0.948	1.000	14.22	0.948	1.019
14.49	0.966	1.019	14.75	0.983	1.037	14.49	0.966	1.033
14.49	0.966	1.000	14.49	0.966	1.019	14.75	0.983	1.057

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
10.80	0.540	0.733	10.80	0.540	0.733	12.16	0.603	0.825
12.78	0.639	0.753	13.08	0.654	0.804	13.08	0.654	0.804
14.75	0.737	0.806	13.66	0.683	0.756	13.95	0.697	0.790
15.78	0.789	0.853	14.75	0.737	0.806	15.02	0.751	0.812
15.53	0.776	0.830	15.53	0.776	0.830	16.02	0.801	0.857
17.64	0.882	0.943	16.74	0.837	0.895	17.20	0.860	0.941
18.82	0.941	1.006	18.50	0.925	0.989	18.29	0.914	0.988
19.12	0.956	1.022	18.70	0.935	1.000	18.29	0.914	0.988
19.12	0.956	1.000	18.82	0.941	0.974	18.70	0.935	0.994
19.12	0.956	1.000	18.70	0.935	0.976	18.70	0.935	1.000
19.32	0.966	1.010	19.12	0.956	0.989	18.82	0.941	0.984
19.12	0.956	0.989	19.32	0.966	1.000	18.82	0.941	0.984
19.52	0.976	1.000	19.32	0.966	0.989	19.12	0.956	0.989

Q-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	5.58	0.372	0.633	7.90	0.526	0.854	7.90	0.526	0.756
6	11.50	0.766	0.859	11.50	0.766	0.899	10.45	0.696	0.817
10	12.80	0.853	0.936	12.80	0.853	0.956	12.49	0.832	0.913
13	14.77	0.984	1.080	14.25	0.950	1.064	13.96	0.930	1.020
18	13.69	0.912	0.981	13.69	0.912	1.022	13.40	0.893	0.980
22	15.80	1.053	1.062	15.30	1.020	1.120	13.96	0.930	1.020
26	14.52	0.968	1.085	14.52	0.968	1.046	13.96	0.930	1.020
30	14.52	0.968	1.062	14.52	0.968	1.062	14.25	0.950	1.022
36	14.52	0.968	1.041	14.52	0.968	1.041	14.25	0.950	1.022
40	14.77	0.984	1.038	14.77	0.984	1.058	14.77	0.984	1.038
50	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.057
60	15.04	1.002	1.037	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.037
70	15.04	1.002	1.037	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.037

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	9.26	0.463	0.783	10.07	0.503	0.736	10.45	0.522	0.721
6	15.04	0.752	0.823	14.52	0.726	0.823	13.96	0.698	0.812
10	19.15	0.957	1.047	18.73	0.936	1.024	18.30	0.915	1.001
13	19.94	0.997	1.091	19.74	0.987	1.080	19.54	0.977	1.069
18	18.52	0.926	0.990	18.73	0.936	1.012	18.73	0.936	1.001
22	19.94	0.997	1.103	19.54	0.977	1.056	18.73	0.936	1.012
26	19.74	0.987	1.067	19.54	0.977	1.056	19.35	0.967	1.045
30	19.74	0.987	1.067	19.54	0.977	1.056	19.54	0.977	1.045
36	19.74	0.987	1.067	19.54	0.977	1.045	19.54	0.977	1.038
40	19.74	0.987	1.080	19.74	0.987	1.056	19.74	0.987	1.056
50	19.74	0.987	1.056	19.94	0.997	1.059	19.94	0.997	1.059
60	19.74	0.987	1.056	19.94	0.997	1.059	19.94	0.997	1.043
70	19.74	0.987	1.032	19.94	0.997	1.043	19.94	0.997	1.032

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
7.90	0.526	0.756	7.90	0.526	0.785	7.90	0.526	0.756
10.45	0.696	0.837	9.68	0.645	0.842	9.68	0.645	0.818
12.17	0.811	0.909	11.85	0.790	0.906	11.16	0.744	0.853
14.52	0.968	1.035	13.96	0.930	1.043	12.80	0.853	0.917
13.69	0.912	1.001	13.96	0.930	1.000	12.80	0.853	0.936
13.69	0.912	1.001	12.80	0.853	0.936	12.80	0.853	0.936
14.25	0.950	1.027	14.25	0.950	1.043	13.96	0.930	1.021
14.52	0.968	1.062	14.52	0.968	1.062	14.25	0.950	1.043
14.52	0.968	1.062	14.52	0.968	1.062	14.25	0.950	1.022
14.77	0.984	1.041	14.77	0.984	1.058	14.52	0.968	1.041
15.04	1.002	1.077	15.30	1.020	1.076	14.52	0.968	1.041
15.04	1.002	1.057	15.30	1.020	1.076	14.77	0.984	1.058
15.04	1.002	1.037	15.30	1.020	1.076	14.77	0.984	1.058

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
10.45	0.522	0.708	10.45	0.522	0.708	10.82	0.541	0.734
13.40	0.670	0.790	12.49	0.624	0.768	12.49	0.624	0.767
16.98	0.849	0.929	16.05	0.802	0.887	15.55	0.777	0.881
19.54	0.977	1.056	18.73	0.936	1.024	17.44	0.872	0.943
18.10	0.905	0.968	18.52	0.926	0.990	17.44	0.872	0.933
18.10	0.905	0.968	17.66	0.883	0.944	17.44	0.872	0.954
19.35	0.967	1.034	19.15	0.952	1.018	19.15	0.957	1.035
19.35	0.967	1.034	19.15	0.952	1.018	19.74	0.987	1.067
19.35	0.967	1.011	19.15	0.952	0.985	19.54	0.977	1.038
19.54	0.977	1.022	19.15	0.952	0.996	19.54	0.977	1.045
19.74	0.987	1.032	19.35	0.967	1.001	19.74	0.987	1.032
19.94	0.997	1.032	19.54	0.977	1.011	19.74	0.987	1.032
19.94	0.997	1.020	19.54	0.977	1.001	19.74	0.987	1.022

R-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	5.58	0.372	0.633	6.84	0.456	0.740	6.24	0.416	0.598
6	10.45	0.696	0.780	10.07	0.671	0.788	9.26	0.617	0.724
10	11.50	0.766	0.841	12.17	0.811	0.909	11.16	0.744	0.817
13	13.40	0.893	0.980	13.10	0.873	1.022	12.49	0.832	0.913
18	11.85	0.790	0.849	12.49	0.832	0.953	11.85	0.790	0.867
22	14.25	0.950	1.043	14.52	0.968	1.063	12.80	0.853	0.936
26	14.52	0.968	1.085	14.52	0.968	1.046	14.52	0.968	1.063
30	14.52	0.968	1.062	14.77	0.984	1.080	14.77	0.984	1.058
36	14.77	0.984	1.058	14.94	0.996	1.071	14.52	0.968	1.041
40	14.77	0.984	1.038	15.04	1.002	1.077	15.04	1.002	1.057
50	15.04	1.002	1.057	15.30	1.020	1.097	15.30	1.020	1.076
60	15.04	1.002	1.037	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.056
70	15.04	1.002	1.037	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.056

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	7.90	0.395	0.668	8.83	0.441	0.646	8.38	0.419	0.579
6	13.69	0.684	0.748	12.17	0.608	0.689	11.50	0.575	0.669
10	16.98	0.849	0.929	15.80	0.790	0.864	15.55	0.777	0.850
13	18.10	0.905	0.990	17.23	0.861	0.942	17.23	0.861	0.942
18	16.52	0.826	0.883	15.80	0.790	0.854	15.80	0.790	0.845
22	20.12	1.006	1.113	18.73	0.936	1.012	17.23	0.861	0.931
26	19.94	0.997	1.078	19.35	0.967	1.045	19.15	0.957	1.035
30	19.94	0.997	1.078	19.54	0.977	1.056	19.35	0.967	1.034
36	19.94	0.997	1.078	19.54	0.977	1.045	19.35	0.967	1.028
40	20.12	1.006	1.101	19.74	0.987	1.056	19.74	0.987	1.056
50	20.12	1.006	1.076	19.74	0.987	1.049	19.74	0.987	1.049
60	20.12	1.006	1.076	19.74	0.987	1.049	19.74	0.987	1.032
70	20.12	1.006	1.052	19.74	0.987	1.032	19.74	0.987	1.022

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
6.24	0.416	0.598	6.24	0.416	0.621	6.24	0.416	0.598
8.83	0.588	0.703	8.38	0.558	0.728	8.38	0.558	0.703
11.50	0.766	0.859	10.45	0.696	0.798	10.07	0.671	0.769
12.80	0.853	0.956	11.85	0.790	0.886	11.16	0.744	0.800
12.17	0.811	0.890	11.50	0.766	0.824	11.50	0.766	0.841
12.80	0.853	0.936	11.85	0.790	0.867	11.50	0.766	0.841
14.25	0.950	1.027	13.40	0.893	0.980	12.80	0.853	0.936
14.52	0.968	1.063	14.25	0.950	1.043	14.25	0.950	1.043
14.77	0.984	1.080	14.52	0.968	1.062	14.52	0.968	1.041
14.77	0.984	1.058	14.77	0.984	1.058	15.04	1.002	1.057
15.04	1.002	1.057	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.096
15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.096
15.30	1.020	1.056	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.096

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
8.83	0.441	0.598	8.38	0.419	0.568	8.37	0.418	0.567
10.85	0.542	0.639	10.45	0.522	0.642	10.45	0.522	0.642
14.52	0.726	0.794	13.96	0.698	0.772	12.80	0.640	0.725
16.98	0.849	0.918	16.05	0.802	0.877	14.77	0.738	0.798
15.55	0.777	0.831	15.55	0.777	0.831	15.30	0.765	0.818
16.05	0.802	0.858	15.30	0.765	0.818	15.80	0.790	0.864
18.94	0.947	1.013	17.90	0.895	0.957	17.66	0.883	0.955
19.15	0.957	1.024	18.94	0.947	1.013	19.35	0.967	1.045
19.15	0.957	1.001	18.94	0.947	0.930	19.35	0.967	1.028
19.54	0.977	1.022	19.35	0.967	1.001	19.35	0.967	1.034
19.54	0.977	1.022	19.35	0.967	1.011	19.54	0.977	1.022
19.74	0.987	1.022	19.74	0.987	1.022	19.54	0.977	1.022
19.74	0.987	1.011	19.74	0.987	1.011	19.54	0.977	1.011

S-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	6.84	0.456	0.775	6.24	0.416	0.675	6.84	0.456	0.655
6	11.50	0.766	0.859	10.45	0.696	0.817	10.45	0.696	0.817
10	12.80	0.853	0.936	13.10	0.873	0.979	12.49	0.832	0.913
13	14.25	0.950	0.933	14.25	0.950	1.065	13.96	0.930	1.020
18	13.69	0.912	0.981	12.49	0.832	0.953	12.49	0.832	0.913
22	15.55	1.036	1.137	14.77	0.984	1.080	13.96	0.930	1.020
26	14.77	0.984	1.103	14.77	0.984	1.064	14.25	0.950	1.043
30	14.77	0.984	1.080	14.77	0.984	1.080	14.25	0.950	1.022
36	15.04	1.002	1.077	14.77	0.984	1.058	14.25	0.950	1.022
40	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.077	15.04	1.002	1.057
50	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.077	15.04	1.002	1.057
60	15.04	1.002	1.037	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.037
70	15.04	1.002	1.037	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.037

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	8.83	0.441	0.746	9.26	0.463	0.678	9.68	0.484	0.668
6	14.77	0.736	0.805	13.96	0.698	0.791	13.10	0.655	0.762
10	17.66	0.783	0.857	17.44	0.672	0.735	17.23	0.861	0.942
13	19.54	0.977	1.069	19.15	0.957	1.047	18.94	0.947	1.036
18	17.90	0.895	0.957	17.66	0.883	0.955	17.90	0.895	0.957
22	20.71	1.035	1.145	20.12	1.006	1.088	18.52	0.926	1.001
26	19.74	0.987	1.067	19.74	0.987	1.067	19.54	0.977	1.056
30	19.74	0.987	1.067	19.74	0.987	1.067	19.54	0.977	1.045
36	19.94	0.997	1.078	19.94	0.997	1.066	19.54	0.977	1.038
40	20.12	1.006	1.101	19.94	0.997	1.066	19.94	0.997	1.066
50	20.12	1.006	1.076	20.12	1.006	1.069	19.94	0.997	1.059
60	20.12	1.006	1.076	20.33	1.016	1.080	19.94	0.997	1.043
70	20.12	1.006	1.052	20.33	1.016	1.063	19.94	0.997	1.032

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
6.24	0.416	0.598	6.84	0.456	0.681	7.90	0.526	0.756
10.07	0.671	0.807	9.26	0.617	0.805	9.68	0.645	0.819
12.80	0.853	0.956	11.85	0.790	0.906	10.82	0.721	0.827
13.69	0.912	1.022	13.40	0.893	1.001	11.85	0.790	0.849
12.80	0.853	0.936	12.49	0.832	0.895	12.17	0.811	0.890
13.10	0.873	0.958	12.49	0.832	0.913	12.49	0.832	0.913
14.77	0.984	1.064	14.25	0.950	1.043	14.25	0.950	1.043
14.77	0.984	1.080	15.04	1.002	1.200	15.04	1.002	1.200
15.04	1.002	1.200	15.04	1.002	1.200	15.04	1.002	1.077
15.04	1.002	1.077	15.30	1.020	1.097	15.30	1.020	1.097
15.04	1.002	1.077	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.097
15.04	1.002	1.051	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.097
15.04	1.002	1.037	15.30	1.020	1.076	15.30	1.020	1.097

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
9.68	0.484	0.657	9.26	0.463	0.628	10.45	0.522	0.708
12.49	0.624	0.736	12.49	0.624	0.768	12.49	0.624	0.768
15.04	0.752	0.823	15.55	0.777	0.859	14.77	0.738	0.837
18.30	0.915	0.989	18.10	0.905	0.990	16.98	0.849	0.918
18.10	0.905	0.968	17.90	0.895	0.957	16.98	0.849	0.908
17.90	0.895	0.957	17.44	0.872	0.933	16.98	0.849	0.929
19.35	0.967	1.034	18.52	0.926	0.990	18.73	0.936	1.012
19.54	0.977	1.045	19.35	0.967	1.034	19.74	0.987	1.067
19.54	0.977	1.022	19.35	0.967	1.001	19.74	0.987	1.049
19.74	0.987	1.032	19.54	0.977	1.022	19.74	0.987	1.056
19.94	0.997	1.043	19.94	0.997	1.032	19.74	0.987	1.032
19.94	0.997	1.032	19.94	0.997	1.032	19.74	0.987	1.032
19.94	0.997	1.022	19.94	0.997	1.022	19.74	0.987	1.022

T-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	5.58	0.372	0.633	6.24	0.416	0.675	6.24	0.416	0.598
6	10.45	0.696	0.780	10.07	0.671	0.788	9.26	0.617	0.724
10	12.17	0.811	0.890	11.50	0.766	0.859	10.82	0.721	0.791
13	12.80	0.853	0.936	13.10	0.873	0.979	12.17	0.811	0.890
18	12.17	0.811	0.872	13.10	0.873	0.979	11.50	0.766	0.841
22	15.30	1.020	1.120	13.69	0.912	1.001	11.85	0.790	0.867
26	15.04	1.002	1.123	14.52	0.968	1.173	14.25	0.950	1.043
30	15.04	1.002	1.200	14.77	0.984	1.080	14.52	0.968	1.041
36	15.04	1.002	1.077	14.77	0.984	1.058	14.52	0.968	1.041
40	15.30	1.020	1.076	15.04	1.002	1.077	15.04	1.002	1.057
50	15.30	1.020	1.076	15.04	1.002	1.077	15.04	1.002	1.057
60	15.30	1.020	1.056	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.037
70	15.30	1.020	1.056	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.037

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	6.84	0.342	0.579	9.26	0.463	0.678	8.83	0.441	0.609
6	13.10	0.655	0.717	12.80	0.640	0.726	11.85	0.592	0.688
10	15.80	0.790	0.864	15.30	0.765	0.837	15.04	0.752	0.823
13	17.90	0.895	0.979	17.66	0.883	0.966	17.23	0.861	0.942
18	17.23	0.861	0.921	16.98	0.849	0.918	16.52	0.826	0.883
22	20.53	1.026	1.135	18.73	0.936	1.012	16.52	0.826	0.893
26	19.54	0.977	1.056	19.15	0.957	1.035	19.35	0.967	1.045
30	19.54	0.977	1.056	19.35	0.967	1.045	19.35	0.967	1.034
36	19.54	0.977	1.056	19.35	0.967	1.034	19.35	0.967	1.028
40	19.54	0.977	1.069	19.45	0.972	1.045	19.45	0.972	1.039
50	19.74	0.987	1.056	19.74	0.987	1.049	19.74	0.987	1.032
60	19.74	0.987	1.056	19.74	0.987	1.049	19.74	0.987	1.032
70	19.74	0.987	1.032	19.74	0.987	1.032	19.74	0.987	1.022

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
6.24	0.416	0.598	6.24	0.416	0.621	6.84	0.456	0.655
8.83	0.588	0.708	7.90	0.526	0.687	7.90	0.526	0.668
10.82	0.721	0.803	10.07	0.671	0.769	9.26	0.617	0.708
12.17	0.811	0.909	11.85	0.790	0.886	10.82	0.721	0.775
12.49	0.832	0.913	11.85	0.790	0.849	11.16	0.744	0.817
11.85	0.790	0.867	11.16	0.744	0.817	11.16	0.744	0.817
13.96	0.930	1.005	13.10	0.873	0.958	12.80	0.853	0.936
14.52	0.968	1.063	14.52	0.968	1.063	14.25	0.950	1.043
14.52	0.968	1.063	15.04	1.002	1.200	14.52	0.968	1.041
15.04	1.002	1.077	15.04	1.002	1.077	14.77	0.984	1.058
15.04	1.002	1.077	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.077
15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.077
15.04	1.002	1.037	15.04	1.002	1.057	15.04	1.002	1.071

7 h			10 h			13 h		
風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$	風速	風速比	$v/V/v_0/V$
8.83	0.441	0.598	8.83	0.441	0.598	8.83	0.441	0.598
10.45	0.522	0.615	10.45	0.522	0.642	10.45	0.522	0.642
13.96	0.698	0.764	13.40	0.670	0.741	12.80	0.640	0.726
16.05	0.802	0.867	15.80	0.790	0.864	14.77	0.738	0.798
16.28	0.814	0.871	16.05	0.802	0.858	15.04	0.752	0.804
16.05	0.802	0.858	15.04	0.752	0.804	15.04	0.752	0.823
18.94	0.947	1.013	17.90	0.895	0.957	—	—	—
19.54	0.977	1.045	19.35	0.967	1.034	18.94	0.947	1.023
19.35	0.967	1.012	19.15	0.957	0.991	18.94	0.947	1.004
19.54	0.977	1.022	19.35	0.967	1.012	18.94	0.947	1.013
19.74	0.987	1.032	19.54	0.977	1.011	19.15	0.957	1.001
19.74	0.987	1.022	19.54	0.977	1.011	19.35	0.967	1.012
19.74	0.987	1.011	19.54	0.977	1.001	19.35	0.967	1.001

第 56 表 板 風 下

U-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	1 h			3 h			5 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	2.79	0.186	0.316	2.79	0.186	0.302	2.79	0.186	0.267
6	1.76	0.117	0.131	0.00	0.000	—	—	—	—
10	—	—	—	0.00	0.000	—	—	—	—
13	—	—	—	0.00	0.000	—	—	—	—
18	0.00	0.000	—	0.00	0.000	—	—	—	—
22	2.50	0.166	0.182	0.00	0.000	—	—	—	—
26	7.90	0.527	0.591	0.00	0.000	—	0.00	0.000	—
30	16.75	1.117	1.226	2.79	0.186	0.204	1.76	0.117	0.126
36	16.98	1.132	1.217	8.83	0.588	0.632	4.51	0.300	0.322
40	16.98	1.132	1.194	12.49	0.832	0.895	10.82	0.721	0.761
50	15.55	1.034	1.091	15.55	1.034	1.112	14.25	0.950	1.002
60	15.55	1.034	1.070	15.55	1.034	1.091	15.55	1.034	1.070
70	15.55	1.034	1.070	15.55	1.034	1.091	15.55	1.034	1.070

U'-Type

V=15 m/sec

垂直高 Z	7 h			10 h			13 h		
	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
2	0.00	0.000	—	0.00	0.000	—	5.60	0.373	0.536
6	0.00	0.000	—	0.00	0.000	—	5.60	0.373	0.473
10	0.00	0.000	—	0.00	0.000	—	5.60	0.373	0.428
13	2.80	0.187	0.210	2.80	0.187	0.210	5.60	0.373	0.401
18	2.80	0.187	0.205	3.96	0.264	0.284	6.26	0.417	0.458
22	2.80	0.187	0.205	4.85	0.323	0.354	7.42	0.494	0.542
26	5.85	0.390	0.422	5.60	0.373	0.409	7.42	0.494	0.542
30	6.86	0.457	0.502	7.42	0.494	0.542	8.41	0.560	0.615
36	10.10	0.673	0.739	8.86	0.590	0.648	9.30	0.620	0.667
40	12.85	0.856	0.921	10.48	0.699	0.752	10.48	0.699	0.752
50	14.82	0.988	1.062	13.42	0.894	0.943	13.15	0.876	0.942
60	15.60	1.040	1.097	15.35	1.023	1.079	14.82	0.988	1.062
70	15.60	1.040	1.077	15.35	1.023	1.079	15.35	1.023	1.200

の 風 速 比

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
0.00	0.000	—	—	—	—	6.84	0.456	0.655
—	—	—	0.00	0.000	—	6.84	0.456	0.579
—	—	—	—	—	—	6.24	0.416	0.477
—	—	—	—	—	—	6.24	0.416	0.447
—	—	—	—	—	—	6.84	0.456	0.501
—	—	—	—	—	—	6.49	0.433	0.475
0.00	0.000	—	2.79	0.186	0.204	6.84	0.456	0.501
0.00	0.000	—	5.58	0.372	0.408	7.39	0.492	0.540
5.58	0.372	0.408	5.58	0.372	0.408	7.90	0.527	0.567
9.68	0.645	0.693	8.33	0.558	0.600	9.68	0.645	0.694
13.10	0.873	0.939	11.16	0.744	0.785	9.26	0.617	0.663
15.55	1.034	1.091	14.52	0.968	1.021	12.80	0.853	0.917
15.55	1.034	1.070	15.30	1.020	1.076	14.52	0.968	1.041

U'-Type

V=15 m/sec

7 h			10 h			13 h		
風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$	風 速	風速比	$v/V/v_0/V$
7.92	0.528	0.759	6.86	0.457	0.678	7.42	0.494	0.710
7.92	0.528	0.635	6.86	0.457	0.597	6.86	0.457	0.580
6.86	0.457	0.512	6.26	0.417	0.478	6.26	0.417	0.478
7.42	0.494	0.554	5.60	0.373	0.418	5.60	0.373	0.401
7.92	0.528	0.580	7.42	0.494	0.531	6.86	0.457	0.502
7.92	0.528	0.580	8.41	0.560	0.615	7.42	0.494	0.542
8.86	0.590	0.638	8.41	0.560	0.615	7.92	0.528	0.580
10.85	0.723	0.794	10.10	0.673	0.739	8.86	0.590	0.638
13.15	0.876	0.962	11.55	0.770	0.845	10.85	0.723	0.777
14.29	0.952	1.024	13.15	0.876	0.942	11.88	0.792	0.852
15.35	1.023	1.200	14.29	0.952	1.004	14.00	0.933	1.003
15.35	1.023	1.079	14.82	0.988	1.042	15.10	1.006	1.082
15.35	1.023	1.059	15.10	1.006	1.061	15.10	1.006	1.082

第 57 表 金網台面上の風速比 (標準観測)

V-Type

V=15 m/sec

風速= v_0 m/sec風速比= v_0/V (V=風洞風速)

垂直高 Z	1 h		3 h		5 h		7 h		10 h		13 h	
	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比
2	8.82	0.588	9.25	0.616	10.44	0.696	10.44	0.696	10.06	0.670	10.44	0.696
6	13.38	0.892	12.78	0.852	12.78	0.852	12.47	0.831	11.50	0.766	11.83	0.788
10	13.66	0.911	13.38	0.892	13.66	0.911	13.38	0.892	13.08	0.872	13.08	0.872
13	13.66	0.911	13.38	0.892	13.66	0.911	13.38	0.892	13.38	0.892	13.95	0.930
18	13.95	0.930	13.38	0.892	13.66	0.911	13.66	0.911	13.95	0.930	13.66	0.911
22	13.66	0.911	13.66	0.911	13.66	0.911	13.66	0.911	13.66	0.911	13.66	0.911
26	13.38	0.892	13.88	0.925	13.66	0.911	13.88	0.925	13.66	0.911	13.66	0.911
30	13.66	0.911	13.66	0.911	13.95	0.930	13.66	0.911	13.66	0.911	13.66	0.911
36	13.95	0.930	13.95	0.930	13.95	0.930	13.66	0.911	13.66	0.911	13.95	0.930
40	14.22	0.948	13.95	0.930	14.22	0.948	13.95	0.930	13.95	0.930	13.95	0.930
50	14.22	0.948	13.95	0.930	14.22	0.948	13.95	0.930	14.22	0.948	13.95	0.930
60	14.49	0.966	14.22	0.948	14.49	0.966	14.22	0.948	14.22	0.948	13.95	0.930
70	14.49	0.966	14.22	0.948	14.49	0.966	14.49	0.966	14.22	0.948	13.95	0.930

V=20 m/sec

垂直高 Z	1 h		3 h		5 h		7 h		10 h		13 h	
	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比	風速	風速比
2	11.83	0.591	13.66	0.683	14.49	0.724	14.75	0.737	14.75	0.737	14.75	0.737
6	18.29	0.914	17.64	0.882	17.20	0.860	16.96	0.848	16.26	0.813	16.26	0.813
10	18.29	0.914	18.29	0.914	18.29	0.914	18.29	0.914	18.08	0.904	17.64	0.882
13	18.29	0.914	18.29	0.914	18.29	0.914	18.50	0.925	18.29	0.914	18.50	0.925
18	18.70	0.935	18.50	0.925	18.70	0.935	18.70	0.935	18.70	0.935	18.70	0.935
22	18.08	0.904	18.50	0.925	18.50	0.925	18.70	0.935	18.70	0.935	18.29	0.914
26	18.50	0.925	18.50	0.925	18.50	0.925	18.70	0.935	18.70	0.935	18.50	0.925
30	18.50	0.925	18.50	0.925	18.70	0.935	18.70	0.935	18.70	0.935	18.50	0.925
36	18.50	0.925	18.70	0.935	18.82	0.941	19.12	0.956	19.32	0.966	18.82	0.941
40	18.29	0.914	18.70	0.935	18.70	0.935	19.12	0.956	19.12	0.956	18.70	0.935
50	18.70	0.935	18.82	0.941	18.82	0.941	19.12	0.956	19.32	0.966	19.12	0.956
60	18.70	0.935	18.82	0.941	19.12	0.956	19.32	0.966	19.32	0.966	19.12	0.956
70	19.12	0.956	19.12	0.956	19.32	0.966	19.52	0.976	19.52	0.976	19.32	0.966

Ⅵ 結 論

樹冠及び樹幹の風下の風速の減退と防風林内の風の運動

- (1) 樹冠の風下では、渦流及び乱流の生成によつて風速が減退されるが、樹冠と同様に樹幹もその風脊に生ずるカールマン渦によつて風速を減退せしめる。又防風林内では風は樹冠及び樹幹の抵抗によつて水平、垂直の二方向に分散し、樹冠上方への風の吹抜けを生じて風下の風速を減退せしめる。

風洞模型実験に就いて

- (2) 良好な流線形を示さない防風林では、風洞実験の場合と野外の場合との Reynold's 数の一致に捉われる必要はないと考える。今回の風洞実験では、概ね野外に於て得られるものと同様な結果が得られた。

防風林の幅(厚み)に就いて

- (3) 防風林の風下効果は、防風林の構成に応じて或る限度迄階段状に上昇する傾向があり、風洞実験に於ける模型林 B 型を、正常な防風林としての効果を期待し得る限界を示すものと考えた。B 型の F 値を $v=5 \text{ m/s}$, $h=12 \text{ m}$ の値になおすと $1,638 \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ となる。これは柵木第 2 区の値に近いから、更に柵木第 2 区が防風林として正常な値を示すか否かをみると、防風林風下の風速比の減退度も一応正常な値と考え得るものであり、従つて内陸防風林の基準の厚みを示すものとして柵木第 2 区を考えると、この林帯では $\Sigma d = 753 \text{ cm}$ が示される。即ち、内陸防風林の厚みの基準としては $\Sigma d \doteq 800 \text{ cm}$ (林帯の胸高直径合計 800 cm 前後) を用い得るものとする。但しこの値は林帯の構成状態に応じて幾分変動するものである。

海岸防風林は内陸防風林とは基準の幅(厚み)を異にすべきで、くろまつ海岸防風林では $\Sigma d = 3,500 \text{ cm}$ を基準の厚みとして考え得るものであり、且この値は同様に林帯の構成状態に応じて幾分変動するものである。又広葉樹の林帯では、この値はより小さく、 Σd の order は $2,000 \text{ cm}$ と考えられる。

摘 要

- (1) 樹幹部に於ける風速の減退は樹間距離に影響されることは極めて少なく、主として樹幹直径の大小により影響される。

樹幹部で一列の樹幹により減退せしめられる風速は平均してほぼ 10% 程度であり、又胸高直径 10cm の増大によつて一列の樹幹風下に於ける風速の減退率は 3~5% 増すものゝようである。

風向と樹幹風下の風速の減退とは密接な関係を有し、風向と二木を連ねる線となす角が小さい程樹幹風下の風速減退率は大となる。

樹列防風林（くろまつ老木の並木）の風下 9 m の樹幹部（地上 1 m）に於ける風速の減退率は 5.5 % 以上であつた。

- (2) 防風林内の風の運動を考究し、防風林内では風は樹幹の抵抗によつて分散し、上昇して樹冠部内に入つた風の流れは、樹冠部内とその上縁との圧力差のために樹冠部を通過して、その上縁に沿つて流れる気流中に混入して行き、結果としては防風林の上を越す風の流れによる樹冠部内の風の吸引なる現象を生ずるもので、このような水平、垂直の二方向への風の分散によつても防風林風下の風速は大いに低減されるものであることを明らかにした。
- (3) 樹高 1.5 m 及び 3 m の雛形樹によつて観測した単木風下の風速の変化に就いては次のような結果が得られた。
 - a. 単木の樹冠のかげは枝下高の低いもの程樹幹部に顯著に現われ、その大きさは 10 % 以下のものである。又これは風速により異なり、風速の大きい場合には然らざる場合に較べて、樹幹部に現われる樹冠のかげは少なくなるようである。
 - b. 樹冠下際の樹幹部に於ける風速の加速は枝下の長いもの程広域に現われ、その位置は一定しないが、一般に枝下高の 1/2 以上に現われる傾向がある。
 - c. 樹冠風下の風速の減少は、樹冠に近く且樹冠の長さの中央部附近に最も大きく現われ（減少率 40~60 % 程度）、垂直、水平の方向に遠ざかるにつれて急激に減少するが、樹冠の長さの 2 倍附近迄（減少率 10 % 程度）は明瞭に現われる。従つて樹冠の長さの長いもの程その風下に於けるかげの長さは長くなる傾向がみられ、又密度の高いもの及び風速が小さい場合程長く現われるようである。
- (4) 防風林林縁の風速を測定し、一般に内陸風林に於ては林帯の対風抵抗値及び遮風度（後述）の増大と共に I_0/w_0 も増加する傾向があることを明らかにした。

I_0 = 林後の風速比（風下林縁の風速比）

w_0 = 林前の風速比（風上林縁の風速比）

又林帯の構成と風下効果の測定によつて内陸防風林に於ては風下の風速比を小さくするためには林帯の単位対風抵抗値を大にすべきであり、風下の効果距離を長くするためには林帯の全林対風抵抗値乃至 Σd を小にすべきであることを示した。

- (5) 酒田海岸防風林 4 林帯の比較によつて、海岸防風林内への飛砂の侵入を防止するためには、林帯樹幹部の風上林縁附近の風速を減じ且風下に向つて林内の風速比曲線になるべく大きく下降せしめることが必要で、この目的のためにはある限度以上の林帯の幅（厚み）を必要とし、又下木乃至下方枝葉の存在も大いに役立つものではあるが、それよりも寧ろ正常な樹冠の整い方により大きい関係を持つものゝようで、このためには $\bar{d}$ （平均胸高直径）を大ならしめることが必要である反面林帯の防風機能は d よりも Σd （胸高直径合計）

により多く影響されるものであることを示した。

- (6) 防風林研究の主目的の一つである防風林の幅(厚み)の算定のためには、従来の測定方法によつては到底その目的を達し得ないと考えて、新しく防風林林帯の対風構成を解析することによつてこの目的を達せんとし、その解析の一法として樹幹、枝条及び葉の対風抵抗及び林帯の遮風度を考えた。

- a. 風に対する抵抗体としての樹幹及び枝条の断面積に就いて考究し、針葉樹樹幹の断面積胸高形数として 0.75 を、又広葉樹樹幹の胸高形数として 0.6 を用いた。
- b. 樹幹断面積に対する枝条断面積比は重量比を準用して、海岸防風林のくろまつ、内陸防風林のひのき、すぎを 17 %, 内陸防風林のあかまつを 6.5 %, 海岸防風林のからまつを 33 %, 広葉樹を 35 %として計算した。
- c. 樹幹、枝条及び針葉の対風抵抗は何れも円柱の抵抗と考え、相互の重なり及び風に対する垂直方向の傾きを考慮し且 Reynold's 数から抵抗係数 C_d を求めて、ストークス氏の抵抗式 $F = C_d \frac{1}{2} \rho v^2 s$ から対風抵抗値 F を求めた。
- d. 林帯の遮風度 P は風向に対する垂直正面を占める樹幹、枝、葉の割合を目測(実測又は計算し得なかつた樹冠のみに就いて目測を用い、この場合はロビンソン風速計による観測値との相関を求めてこれによつて修正を加えた)又は計算によつて求めた。

尙標準地法によつたものでは、その繰返しに於ける P の出現は確率の法則に従うものとした。

- (7) 林帯の F 及び P は本研究に於ては林帯の防風力を現わす手段に用いられたが、これ等は何れもその算出の煩わしさと、測定の困難さに伴つて正確な結果を期待し難く、共に一応の傾向を示すに止るもので、従つて防風林帯の概略の防風能力を表示する手段として Σd が用いられた。

Σd と F は直線式 $\Sigma d = 0.794 F - 33.87$ で示される密接な関係を有し、又 F と P の間にも一定の関係が存在する。

- (8) 内陸に於ては海岸と異り、一般に風の乱れは強く、風速が小であるために、防風林として要求せられる林帯の構成に著しい距たりがある。

内陸防風林の幅(厚み)に就いては金子村に於ける籬形防風林による観測及び風洞模型実験の結果から、基準の厚み(基準幅)は $\Sigma d \approx 750\text{m}$ と考えるべきで、且この値は林帯の構成状態に応じて幾分変動すべきものであることを示した。

又海岸防風林の幅(厚み)に就いては 12 箇の海岸防風林の解析の結果から、基準の厚みとしてくろまつ海岸防風林では $\Sigma d \approx 3,500\text{cm}$ 、広葉樹海岸防風林では Σd は $2,000\text{cm}$ の order と考えるべきであり、且この値は林帯の構成状態によつて幾分変動すべきものであることを示した。

- (9) 風洞実験は主として防風林として正常な風下効果を期待し得るためにはどれだけの林帯密度を必要とするかを検するために行われた。

風洞実験に用いられた模型は樹高 15cm で樹冠を金網で作った樹木模型と、これと比較する為に用いられた同高の種々の網目を有する金網及び板（同高の板及び下方を短樹冠模型枝下と同じく 9 cm 長さに切取った板並に長樹冠模型枝下と同じく 6 cm 長さに切取った板）を用いた。

風洞模型実験の結果は概ね野外の観測で得られるものと同様であるが、その中特記すべき事項は次の通りである。

- a. 樹幹部の遮風度の大小は風下近距離に於ける地表（台面）近くの風速減退効果に影響することが少くない。
 - b. 或る程度の林帯の平均（垂直的に樹冠部と樹幹部の平均の意）遮風度の差は 13h 附近の効果には殆ど影響しない。尚樹幹部の影響がみられるのは概ね 10h 附近迄である。
 - c. 平均遮風度は幾分小さくても林帯の厚みを有するもの乃至樹冠の**かけ**を有するもの（模型林）は然らざるもの（金網又は下部に吹抜けを有する板）よりもはるかに風下の効果が大きい。又或る程度の林帯の厚み乃至 P を有する防風林では、風速の大きい場合に却つて防風林としての効果は強く現われるが、限度以下のものではこの関係は逆になる傾向がある。
 - d. 地表（台面）近くの風下効果に対しては、樹冠部よりも寧ろ樹幹部の状態がより大きく影響する。
 - e. 風下の効果を大ならしめるためには、林縁木の樹冠はなるべく長く、枝下を短かくする方がよい。
 - f. 樹冠の風下では樹冠を離れるに従つて樹冠の**かけ**は淡くなるが、その影響領域は拡大する。
 - g. 一般に模型林では列数の少ないもの程、又列数は同じであつても長樹冠木を有しないものは、風下の地表附近の風速減退度が少なく、その傾向は樹冠の**かけ**の強く影響する 8 h 以後に現われている。
 - h. 金網では模型と異り、樹幹部の吹抜けがなく且樹冠の**かけ**を持たないために、風下の風速減退曲線は同じ強さで後方に伸びている。然し乍ら P の特に小さい P 型のみは風速減退曲線は 8 h 以後後方に向つて急激に下降し、効果の風下遠くに及ばないことを示している。
- (10) 防風林の観測には人、時間、経費、方法等各種の困難を伴い、容易になし難いものであつて、模型による風洞実験で実際に適用し得る結果が得られれば、すべての面で比較的に

由に且欲するまゝの試験を行い得ることとなり、たいへん都合がよいのであるが、風洞実験の結果を野外に適用することに就いては常に Reynold's 数が問題とせられ論議せられて来た。著者は防風林が良好な流線形であれば Reynold's 数が影響することはあり得るが、良好な流線形とはいへない防風林では Reynold's 数の影響は極めて少ないものと考えて、従つて今回の実験では根拠の薄い Reynold's 数を考える煩を省き、それよりも実験精度をあげるような方法を選んだ。

引用並びに参考文献

- (1) H. Lettau, Atmosphärische Turbulenz, 1939 P. 74
- (2) Th. v. Kärman, Berechnung der Druckverteilung an Luftschiffkörpern. Heft 6. P. 38
- (3) 河田三治, 防風林の模型実験は出来るか? 林友会青森支部, 防潮林経営研究録 昭和23年1月 P. 34
- (4) 治山事業参考資料第1輯, 海岸砂地造林に関する調査報告, 林野局, 昭和24年2月
- (5) 治山事業参考資料第11輯, 防災林に関する調査報告, 林野庁, 昭和25年2月
- (6) 岩崎松之助, 防風林の厚さに関する実験的研究(第1報) 昭和25年2月10日
- (7) 岩崎松之助, 防風林の厚さに関する研究(第2報) 1950年9月15日
- (8) 防風林に就いての実験速報, 林野庁
- (9) 塩谷正雄, 新井秀雄, 吹雪防止林の機能に就いて, 鉄道技術研究所, 昭和25年6月10日
- (10) 風洞試験規程, 航空評議会, 昭和17年12月
- (11) 藤木武助, 応用流体力学, 昭和20年7月15日
- (12) 井上栄一, 自然の風と風洞実験, 応用力学 P. 15
- (13) 中村, 中山, 鎌田, 貯炭場上屋に作用する風圧に就いて, 電力技術研究所所報, 昭和26年3月
- (14) 三位, 門田, 防風林の風洞実験, 東京大学, 立地自然科学研究所報告, 第7号, 1951年3月, P. 26
- (15) M. Shiotani, Turbulence in the Lowest Layers of the Atmosphere. P. 169. Reprinted from the Science Reports of the Tōhoku University, Series 5, Geophysics, vol. 2 No. 3
- (16) Carlos G. Bates, The Windbreak as a Farm Asset.
- (17) Joseph Kittredge, Forest Influences. 1948
- (18) F. J. Malina, Recent Developments in the Dynamics of Wind-Erosion, Transactions American Geographical Union 1941.
- (19) S. Goidstein, Modern developments in Fluid Dynamics. V. 1 V. 2
- (20) 吉田正男, 測樹学要論
- (21) 山本知蔵, あかまつ技条重量計算式の研究並計算補助表, 林業試験場報告第11号
- (22) 鈴木外代一, 測樹学 P. 251
- (23) 寺崎渡, あかまつ, すぎ, ひのき, もみ, つが及びひばの単木幹材積計算補助表並に材積表, 林業試験場報告第8号
- (24) 河野正直, 海岸禁伐保安林の取扱に就いて, 林学会誌, 第10巻, 第8号
- (25) 飯塚肇, 海岸飛砂防止林の解析, 防風林測定速報
- (26) 林業試験場風害研究室, 雛形防風林試験経過速報, 青森営林局第三回造林技術分担研究報告会記録第二輯, 昭和25年12月
- (27) 飯塚肇, 防風林による風蝕の防止, 林業試験場研究報告第45号, 昭和25年9月
- (28) 飯塚肇, 防風林, 林業技術シリーズ18, 林野庁編

Résumé

1. The space between individual trees gives little influence upon the velocity of wind passing through tree stems. But the stem diameter gives greater influence. Wind velocity is decreased about 10 % by a single row of tree stems. The percentage of the decrease is raised by 3—5 % with 10 centimeter increase of tree diameter.

There is a close relation between wind direction and wind velocity decrease. The smaller the angle between the wind direction and the line connecting two stems through which the wind passes, the larger the percentage of wind velocity decrease.

Tree row of old Japanese black pines decreases wind velocity by 5.5 % at a point 1 meter high and 9 meters apart from the tree row on the leeward side.

2. Inside a windbreak the wind is broken up by stem resistance. A part of wind flows up into tree crown. After passing through crown layer it joins into the wind flowing along the upper surface of windbreak. The above phenomenon is understood as “sucking” of wind flowing over windbreak. It is explained that by this dispersion of wind in horizontal and vertical directions the wind velocity is decreased a great deal on the leeward of windbreak.

3. The following results were obtained by an experiment made upon wind velocity affected by single model trees (artificially made) with the heights of 1.5 and 3.0 meters :

a. “Crown shade” (=zone affected by wind turbulence caused by crown on leeward) of a single tree appears more significantly on the stem zone of a tree having shorter stem, the size of the crown shade being less than 10 %. The size of the shade differs according to wind velocity. The larger the wind velocity, the smaller the shade.

b. The acceleration of wind velocity is observed in some part under tree crown. The longer the tree stem, the wider the above part. Although indefinite, this part most likely appears in the upper half of the stem zone.

c. Wind velocity is minimized in the middle part closely behind tree crown (40—60 % decrease) and shows rapid increase in parts away horizontally and vertically from the minimum part. The decrease of wind velocity (so much as 10 % decrease) is clearly observed within the distance twice as much as the crown height. Accordingly the crown shade becomes longer with the height of tree crown. The same condition is observed for the increase of crown density and the decrease of wind velocity.

4. By measuring wind velocity along the border of inland windbreak it was clarified that with the increase of resistance value against wind and insulation degree the value of I_0/W_0 tends to increase, where I_0 and W_0 are the wind velocity ratio on the windward and that on the leeward side of windbreak respectively.

It was also observed that in order to decrease the wind velocity ratio on the leeward side the resistance value of unit forest belt is to be raised and in order to increase the effective distance on the leeward side, the resistance value of whole forest belt or Σd (see 5.) is to be raised.

5. As regards seaside windbreak the following results were obtained by comparison of 4 forest belts on Sakata seashore. To prevent the invasion of flying sand into seaside forest it is necessary to kill wind velocity at the windward border of windbreak and to make the curve of wind velocity in the forest

show a large decrease toward leeward. For this purpose a windbreak must have a sufficient width (thickness). Underwoods or lower branches are also useful. But normal crown condition seems to be more important. Accordingly it is necessary to have a large $\bar{d}$ (Average DBH). At the same time it was observed that Σd (sum of DBH) gives greater influences to the function of windbreak than $\bar{d}$.

6. For determination of the width of windbreak a new analytical method was devised with the aid of wind resistance of stem, branch, and leaf and wind insulation degree of forest belt.

a. As resisting bodies against wind the cross-sections of stem and branch are taken, thus 0.75 is used as the form factor of the cross-section of stem at breast height of needle leaved tree and 0.6 as that of broad-leaved tree.

b. The cross-section ratio of branch to stem is calculated from weight ratio, thus 17% is given to Kuromatsu of seaside windbreak and Hinoki and sugi of inland windbreak, 6.5% to Akamatsu of inland windbreak, 33% to Karamatsu of seaside windbreak and 35% to broad leaved trees.

c. Resistances of stem, branch and needle leaf against wind are considered similar to that of cylinder. Resistance coefficient C_x is calculated from Reynold's number and then the value of resistance against wind F is obtained from Stoke's formula

$$F = C_x \frac{1}{2} \rho v^2 s$$

d. Insulation degree P is determined by measuring openings observed from the front of windbreak. In doing so, the crown zone is measured with the eye and adjusted by experimental data by Robinson's anemometer.

In case of sample plot method P is assumed to appear according to laws of probability.

7. Although F and P above discussed are of theoretical importance, measurement is too difficult and calculation is too toilsome to determine their accurate values. Therefore, from the practical standpoint Σd is used to express the function of windbreak. There is a close relation between Σd and F being represented by a formula $\Sigma d = 0.794 F - 33.87$. Also some relation exists between F and P .

8. Since the turbulence of wind is severer and the velocity is smaller in inland, the requirement of inland windbreak is quite different from that of seaside windbreak. From the results of field experiments on windbreaks in Kaneko village and laboratory experiments using a wind tunnel the standard width was determined as $\Sigma d \approx 750$ cm. This value must be changed a little according composition of forest. As regards seaside windbreaks experiments were made on 12 forests and the standard widths were determined as $\Sigma d \approx 3,500$ cm for Kuromatsu forest and $\Sigma d \approx 2,000$ cm for broad leaved forest with some variations according to forest composition.

9. Wind tunnel experiment was performed to determine necessary width of effective normal windbreak. Model trees used in this experiment are 15 cm in height and have crowns made of iron net. For the purpose of comparison flat plates of iron net and board of the same height (15 cm) were used being given 3 shapes, square and tree forms with crown heights of 6 cm and 9 cm.

The results of wind tunnel experiments are similar to those of field experiments as a whole, special items being as follows:

a. Insulation capacity of crown has pretty large effect on the decrease of wind velocity near the ground surface within a short distance from windbreak.

b. Differences in average insulation degrees (vertical average of insulation

degrees of crown and stem) have little or no effect on decreasing of wind velocity at the distance more than $13h$ (h is tree height). Effect of stem zone is seen within $10h$.

c. Model forest having wider width and crown shade has greater effects of wind protection than models of flat plates, although the former has a little smaller average insulation capacity than the latter. Windbreaks having reasonable width and P show greater effects in case of heavier wind, but those having width and P below limit show reverse effects.

d. Stem zone has greater effects on leeward wind than crown zone.

e. To expect greater effects on leeward trees on the border of windbreak should have long crowns.

f. Behind tree crown the shade becomes fainter with the distance from tree, while the affected zone becomes larger.

8. It is observed about model forest that the fewer the number of rows or the shorter the crowns, the smaller the decreasing rate of wind velocity near the ground surface on the leeward side. The above relation is observed beyond the distance $8h$, where strong effect of the crown shade appears.

h. Behind flat iron net, which has neither stem nor crown the wind velocity curve does not show a noticeable decrease. But in case of flat iron net having very small P value, the curve shows a rapid decrease beyond the distance $8h$.

10. Many difficulties are met in field experiments on windbreak. They require many men, much time and expenditure. Laboratory experiments on model forests with the aid of wind tunnel are much more convenient to collect data for various cases. However, there has been great difficulties in adopting Reynold's number in order to apply laboratory results to actual windbreaks in the field.

In this study the author made efforts in obtaining accurate experimental data rather than spending much time to use Reynold's number, because, actual forests have no good stream line forms on which Reynold's number may have a great influence.

防風林の幅(厚み)に就いて (飯塚)

P.1 酒田雛形林前後の風の運動

風が強い時は雛形林のような幅の狭い林帯では
吹透しの風が強いのが窺われる。
発煙筒は地表で焚いたもの。風速約 9 m/s



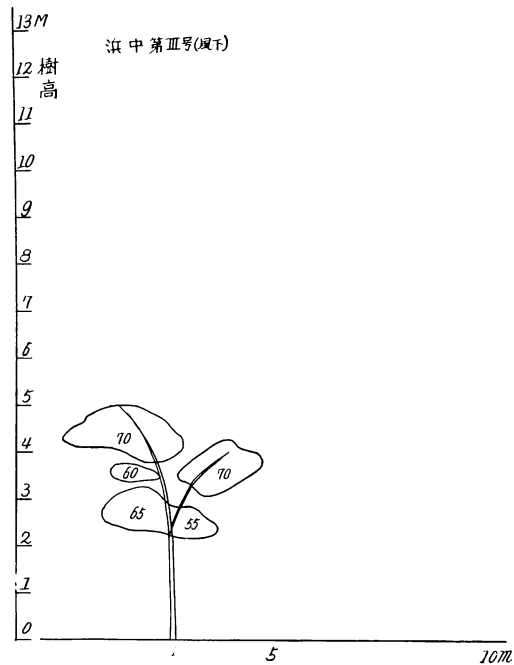
P.2

酒田雛形林前後の風の運動 風速約 9 m/s

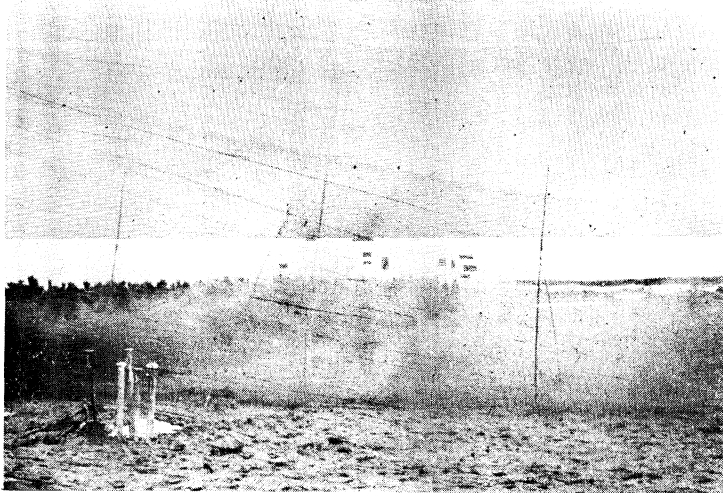


P.26 の(3) 林帯の通風状態を示す林相図

浜中海岸林Ⅲ(a) 風下 10×10m



P.3 酒田雛形林後方の風の運動。渦流がみられる。風速約 9 m/s

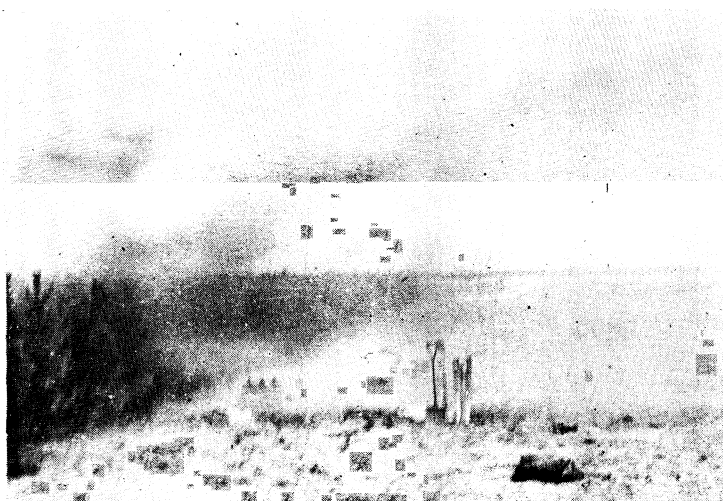


P.4 酒田雛形林前後の風の運動

風が比較的弱い時は林帯前後に於ける風の拡散が多い。
即ち吹き透しの風は比較的少ない。風速約 6 m/s



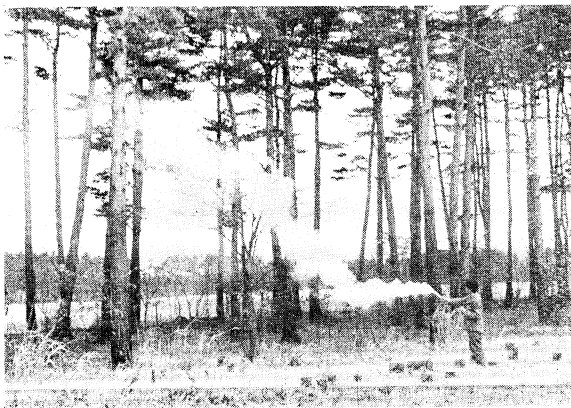
P.5 酒田雛形林前後の風の運動 風速約 6 m/s



P.6 防風林内の風の運動 柵木第1区
(林内に於ける気流の拡散は柵木第2区より少ない)
風速 3 m/s



P.7 防風林内の風の運動 柵木第1区
(林内に於ける気流の上昇は風速 3 m/s の場合よりも多い)
風速 2 m/s



P.8 あかまつ樹幹風脊の渦流
(福島第2区)
風速約 4 m/s



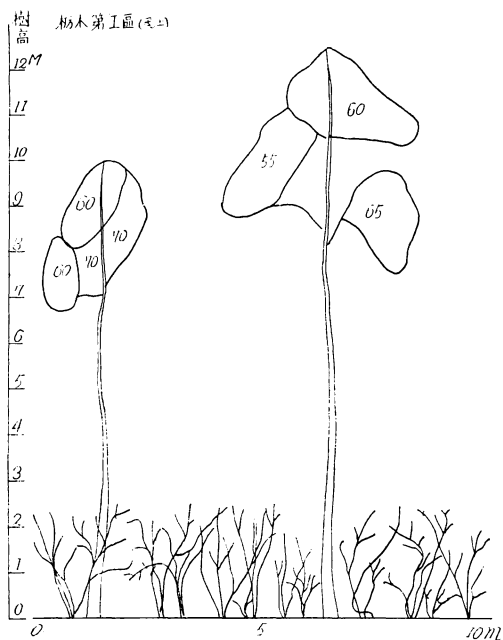
P.9 あかまつ樹幹風脊の渦流
(柵木種畜牧場)
風速約 3 m/s



防風林の幅(厚み)に就いて (飯塚)

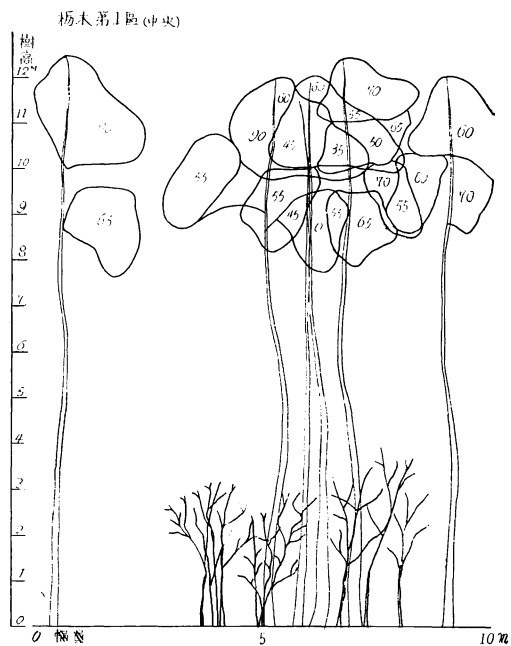
P.10 の(1) 林帯の通風状態を示す林相図

朽木Ⅰ 風上 10×27/3m



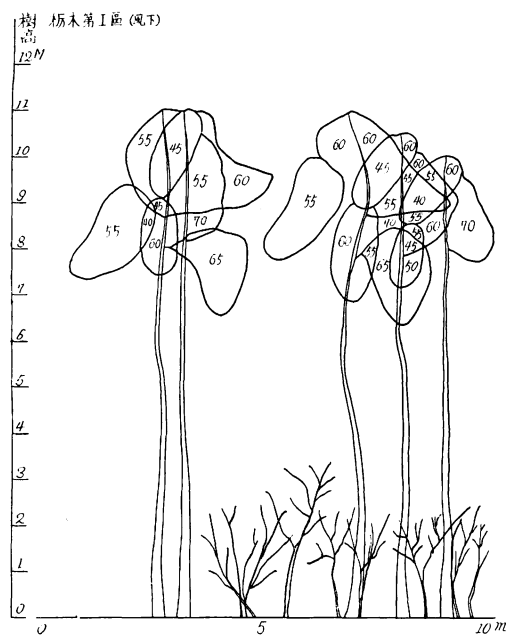
P.10 の(2) 林帯の通風状態を示す林相図

朽木Ⅰ 林央 10×27/3m



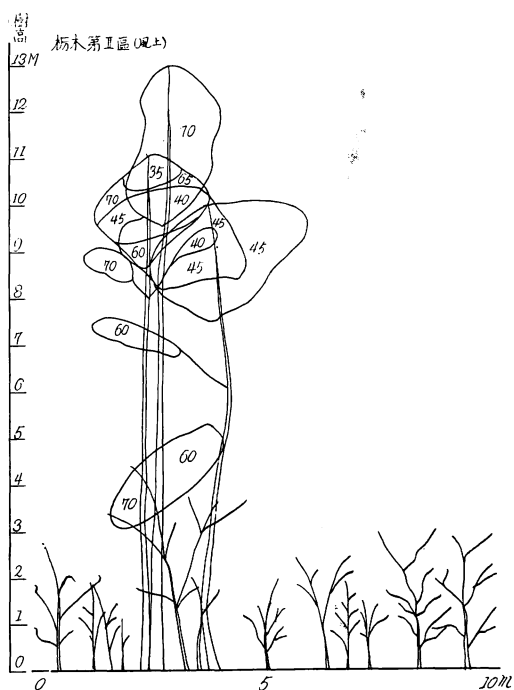
P.10 の(3) 林帯の通風状態を示す林相図

朽木Ⅰ 風下 10×27/3m



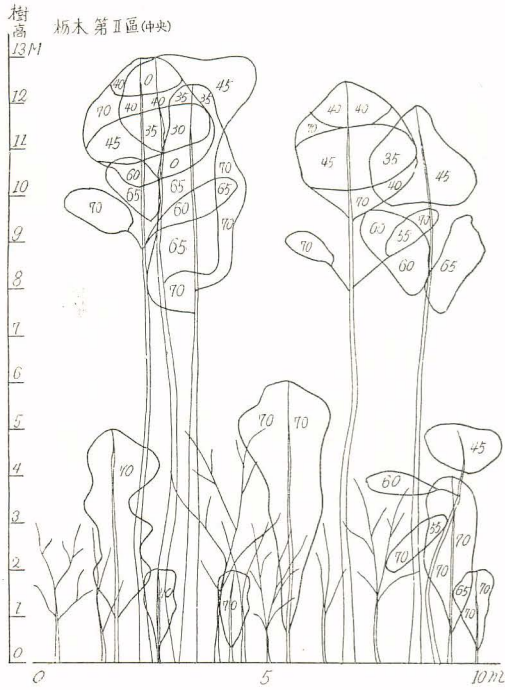
P.11 の(1) 林帯の通風状態を示す林相図

朽木Ⅱ 風上 10×29/3m



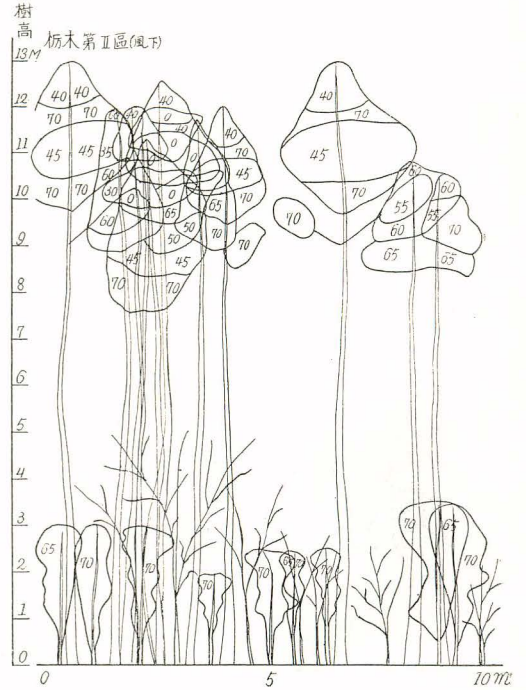
P.11 の(2) 林帯の通風状態を示す林相図

栃木Ⅱ 林央 10×29/3m



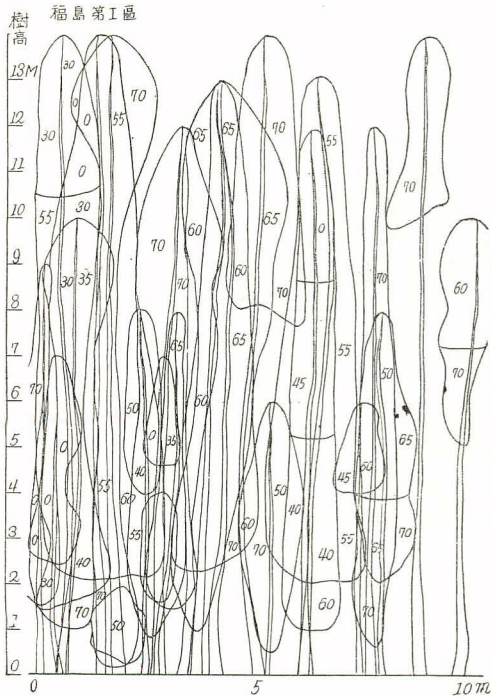
P.11 の(3) 林帯の通風状態を示す林相図

栃木Ⅱ 風下 10×29/3m



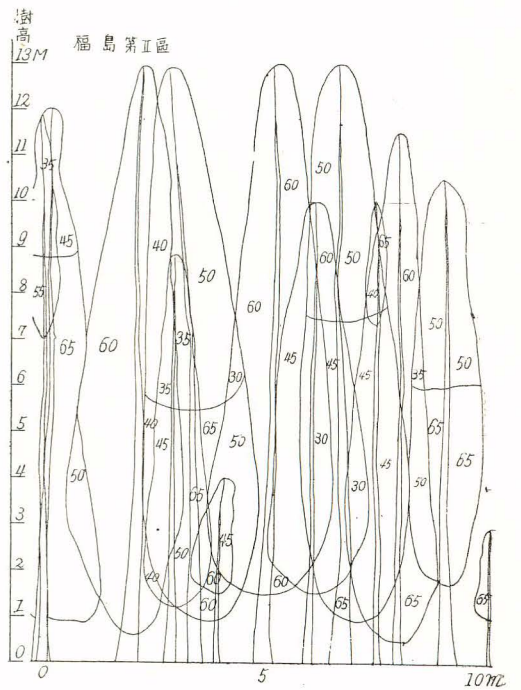
P.12 林帯の通風状態を示す林相図

福島Ⅰ 10×8m



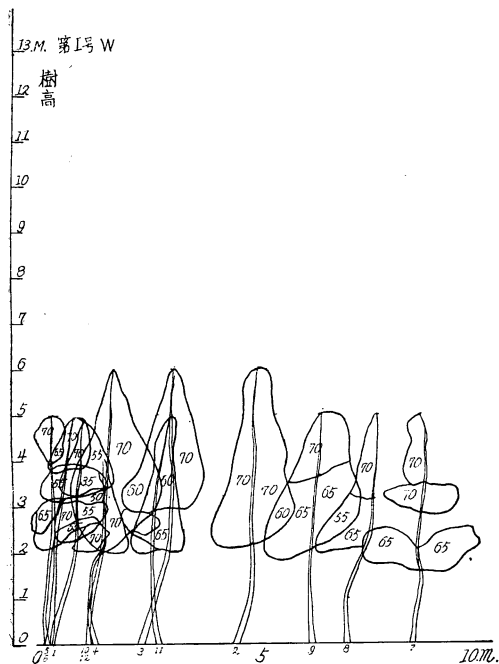
P.12 林帯の通風状態を示す林相図

福島Ⅱ 10×3m



P.14 の(1) 林帯の通風状態を示す林相図

酒田海岸林Ⅰ 風上 10×10m



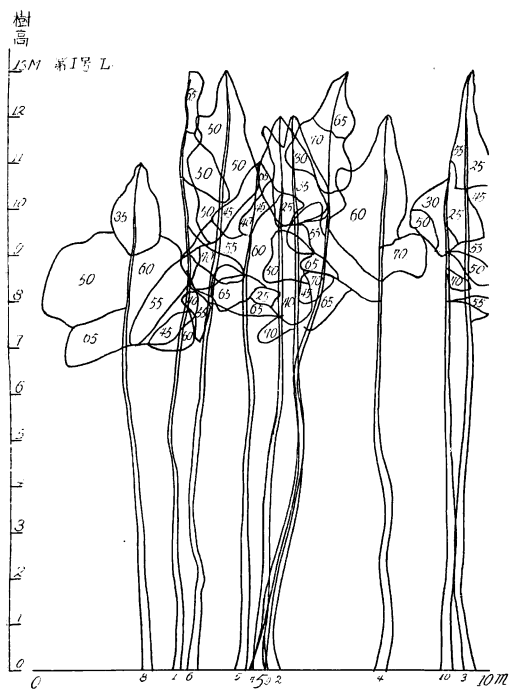
P.14 の(2) 林帯の通風状態を示す林相図

酒田海岸林Ⅰ 林央 10×10m



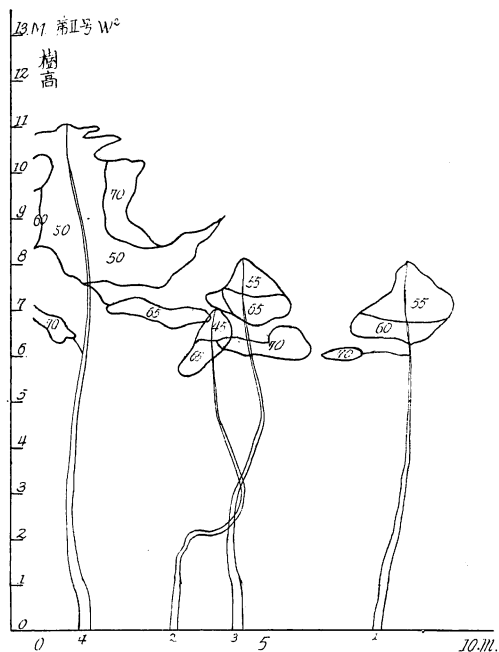
P.14 の(3) 林帯の通風状態を示す林相図

酒田海岸林Ⅰ 風下 10×10m



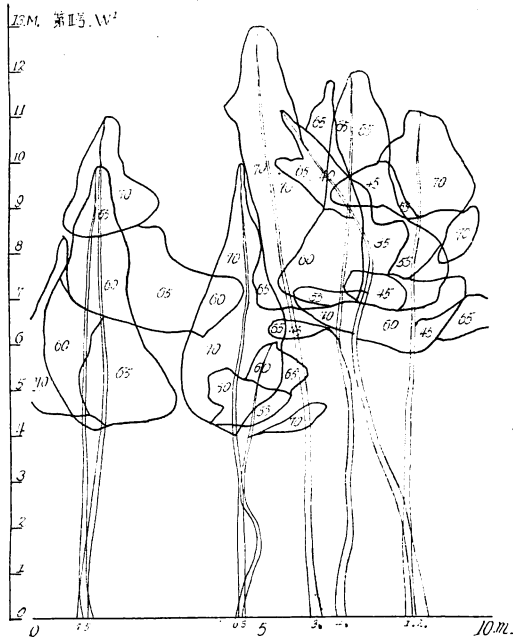
P.15 の(1) 林帯の通風状態を示す林相図

酒田海岸林Ⅱ 風下第1 10×10m

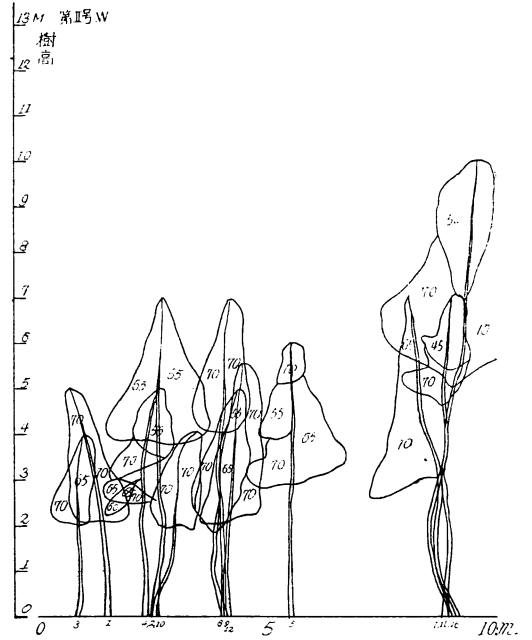


防風林の幅(厚み)に就いて (飯塚)

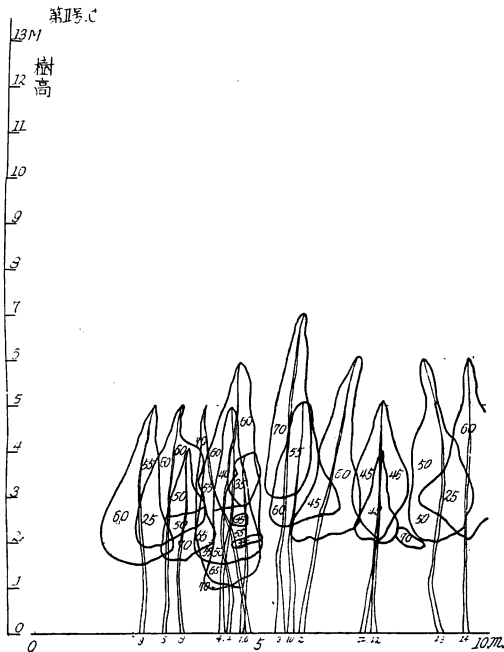
P.15 の(2) 林帯の通風状態を示す林相図
酒田海岸林II 風上第2 10×10m



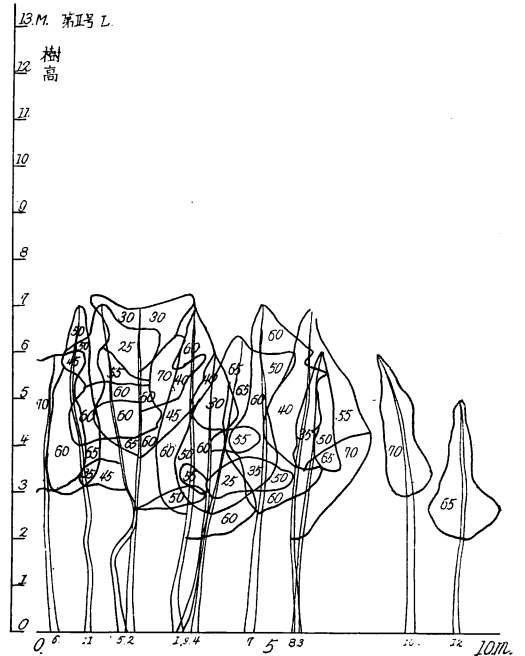
P.15 の(3) 林帯の通風状態を示す林相図
酒田海岸林II 風上第3 10×10m



P.15 の(4) 林帯の通風状態を示す林相図
酒田海岸林II 林央 10×10m

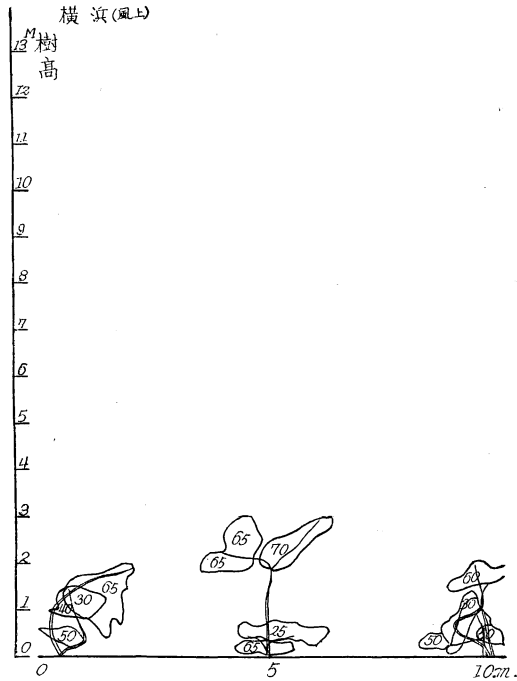


P.15 の(5) 林帯の通風状態を示す林相図
酒田海岸林II 風下 10×10m



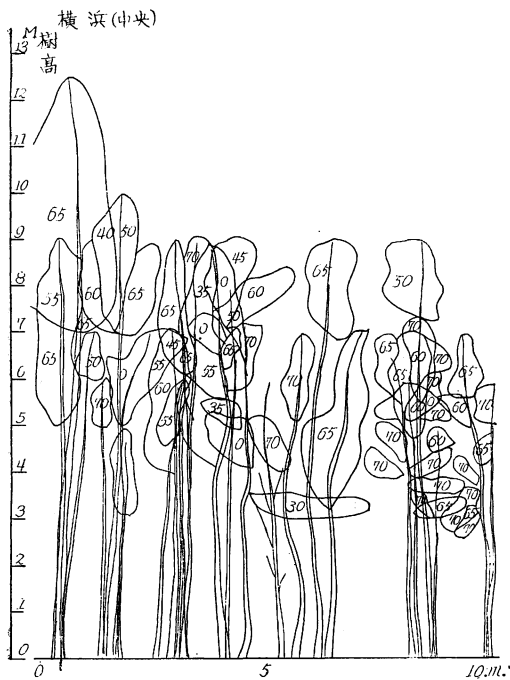
P.16 の(1) 林帯の通風状態を示す林相図

横浜海岸防風林 (吹越第 2 国有防風林) 風上 10×10m



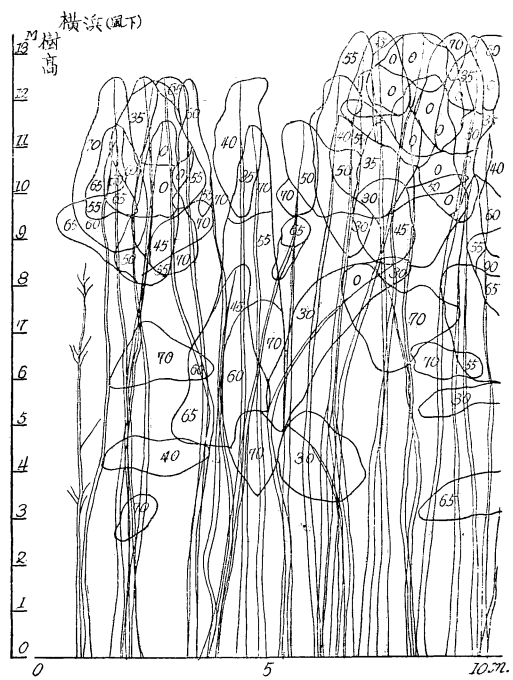
P.16 の(2) 林帯の通風状態を示す林相図

横浜海岸防風林 (吹越第 2 国有防風林) 中央 10×10m



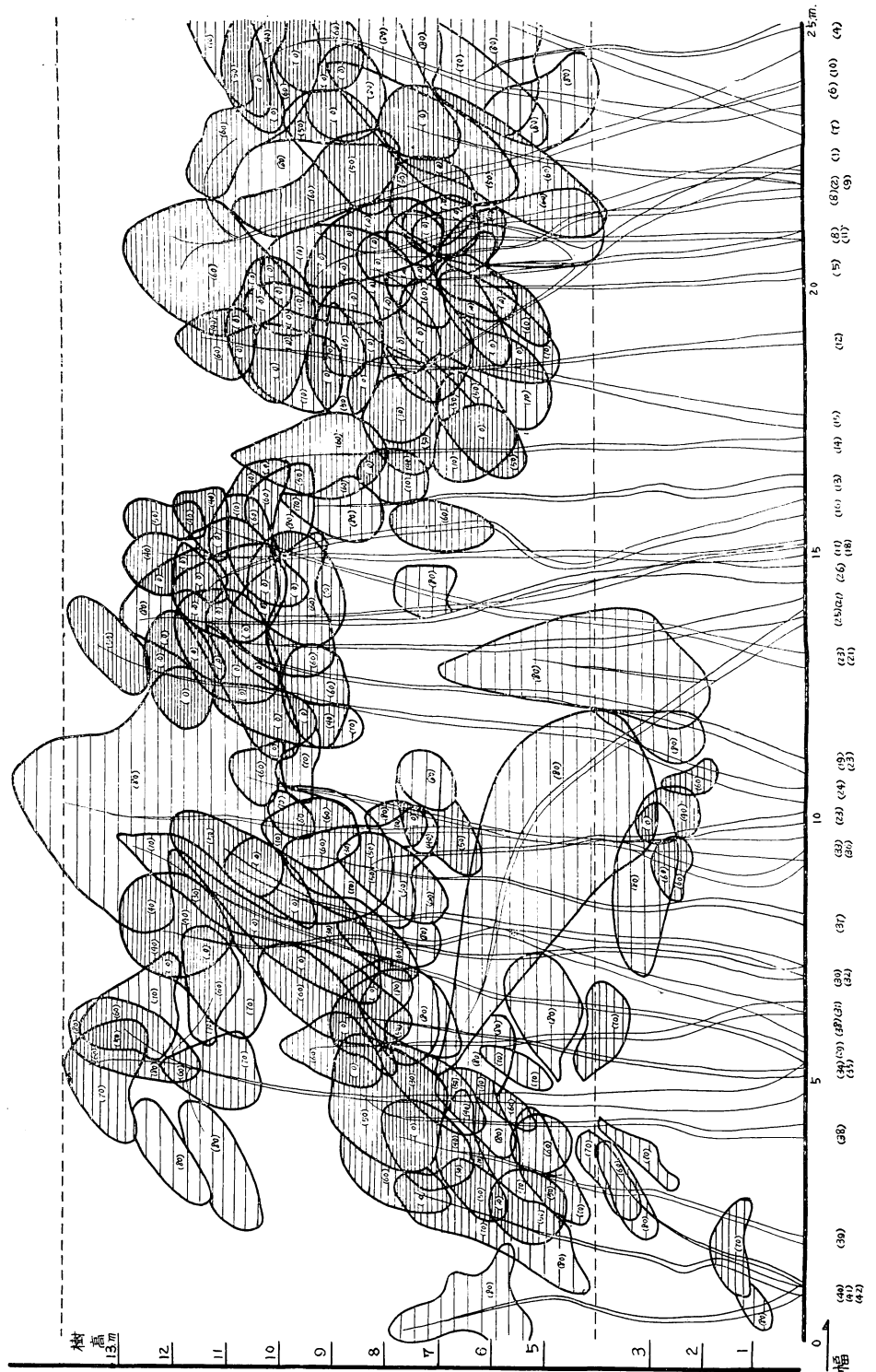
P.16 の(3) 林帯の通風状態を示す林相図

横浜海岸防風林 (吹越第 2 国有防風林) 風下 10×10m



P.17 林帯の通風状態を示す林相図 小牛沼国有海岸防風林 (標準地) 25×25m

小牛沼国有林

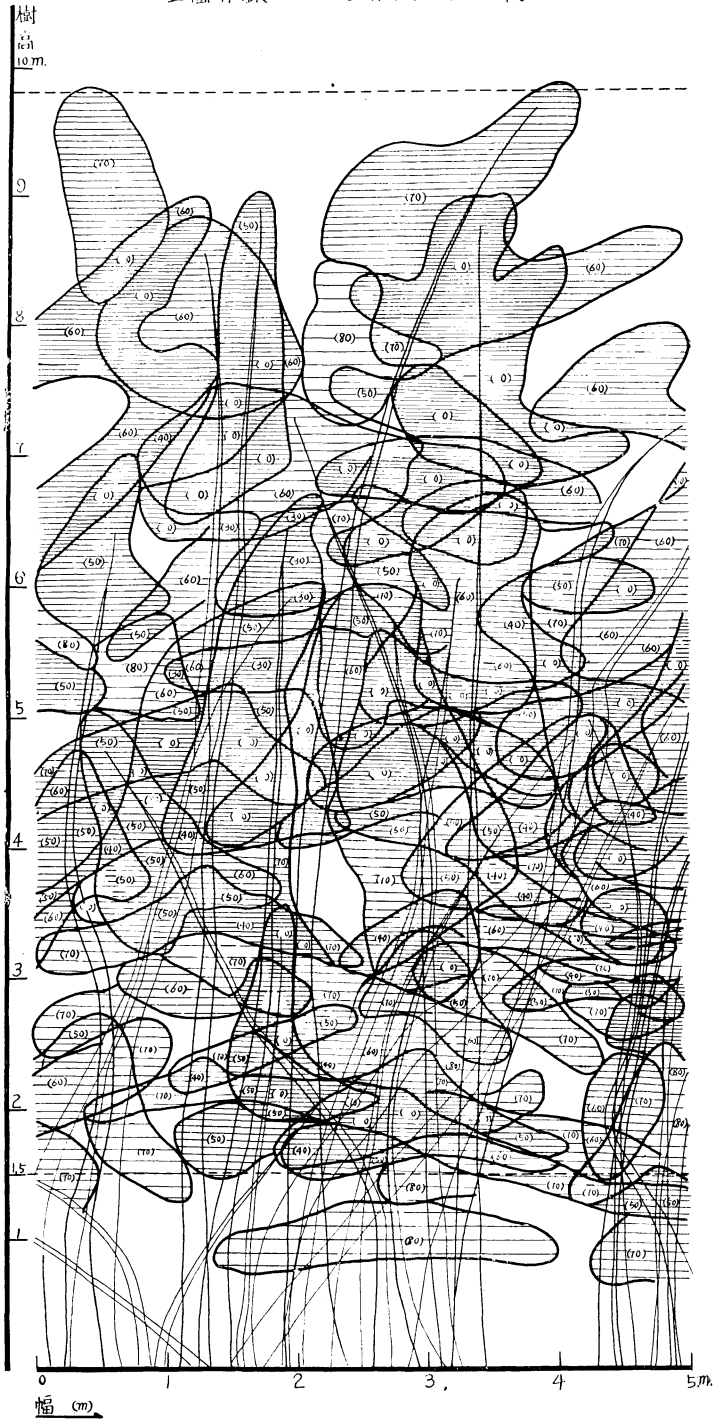


P.18 林帯の通風状態を示す林相図

北釜国有海岸防風林 (標準地) 5×60m

北釜国有林

90 林班 うち小班 1 部分



1 19.21 11. 15 4. 12.3.18 8 17. 2 7 22 13.25.16. 9.

6.20. 10.5.23.

防風林の幅(厚み)に就いて (飯塚)

P.19 雛形林1列 (金子村)



P.20 雛形林2列 (金子村)



P.21 雛形林3列 (金子村)



P.22 雛形林 4 列 (金子村)



P.23 雛形林 4 列 (除葉) (金子村)



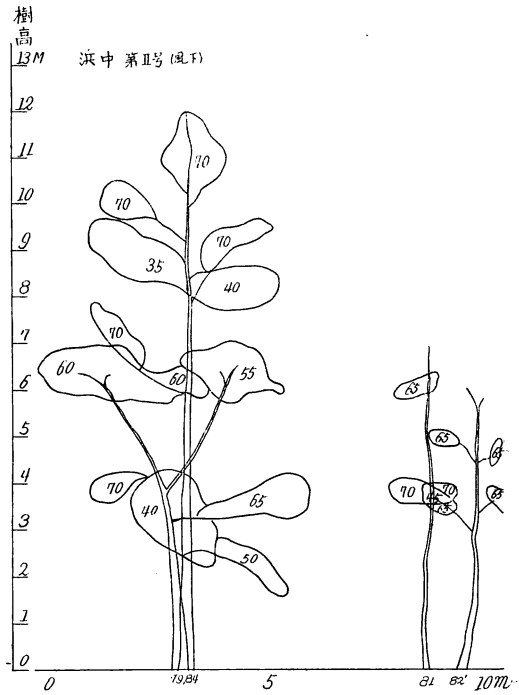
P.25 の(2) 林帯の通風状態を示す林相図

浜中海岸林 II 林央 10×10m



P.25 の(3) 林帯の通風状態を示す林相図

浜中海岸林 II 風下 10×10m



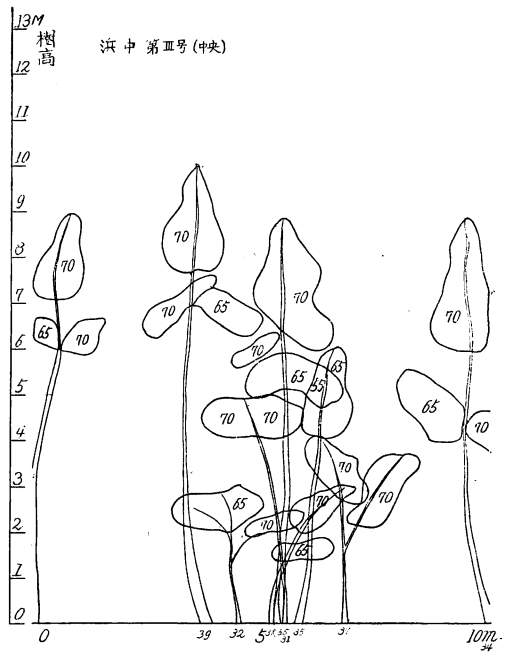
P.26 の(1) 林帯の通風状態を示す林相図

浜中海岸林III(a) 風上 10×10m



P.26 の(2) 林帯の通風状態を示す林相図

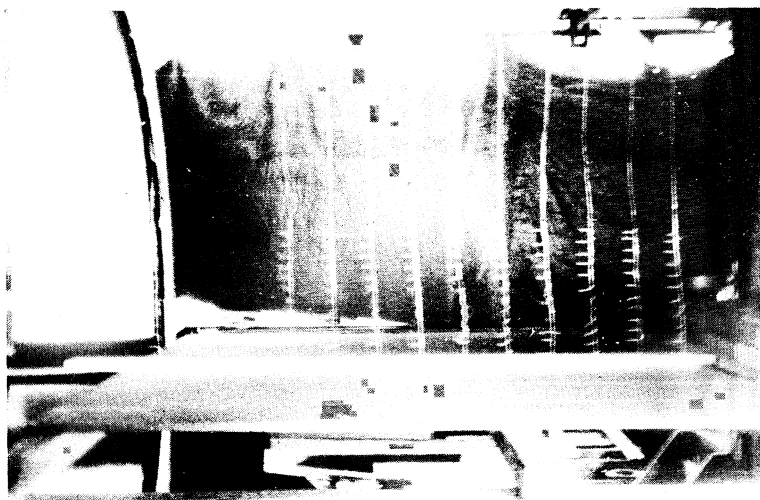
浜中海岸林III(a) 林央 10×10m



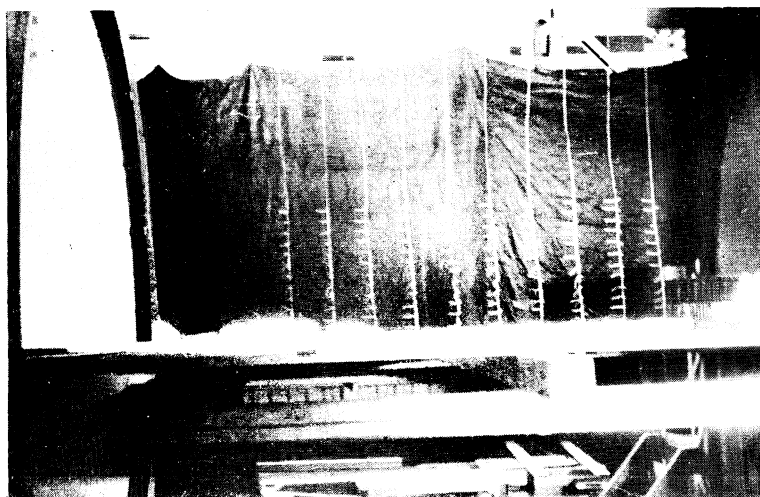
防風林の幅(厚み)に就いて (飯塚)

P. 27 風洞実験(毛糸による観察)

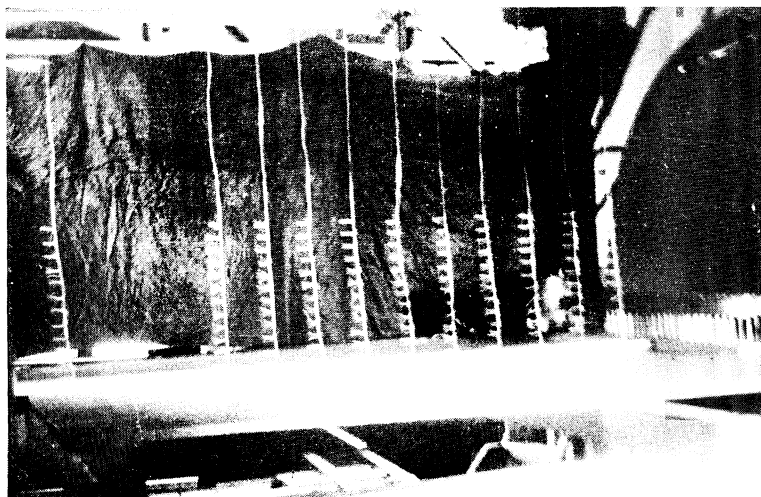
A 型



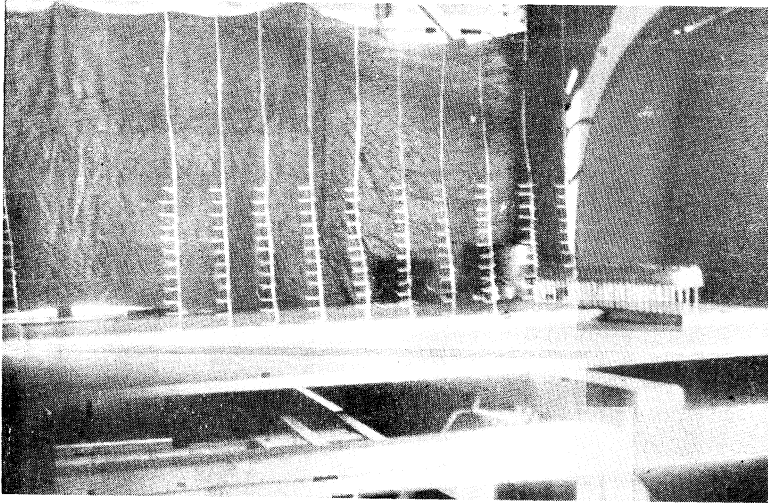
B 型



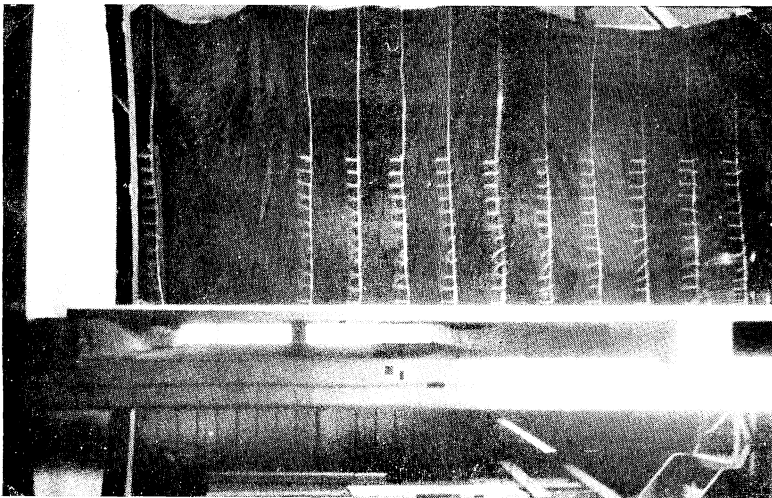
D 型



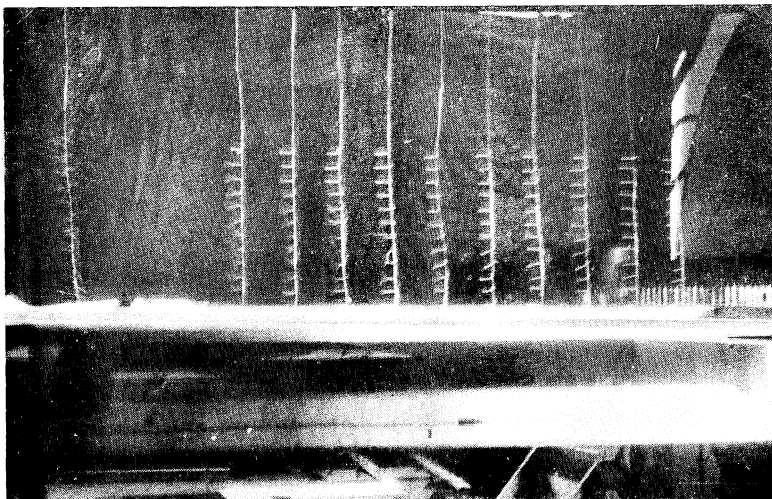
E 型



G 型

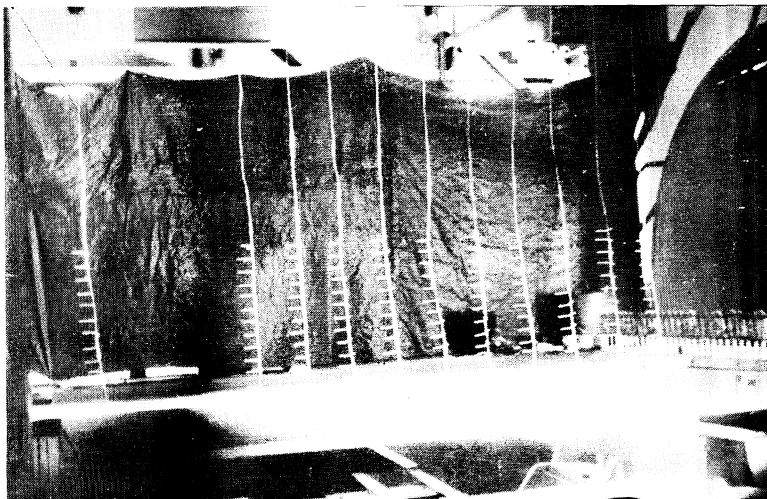


J 型

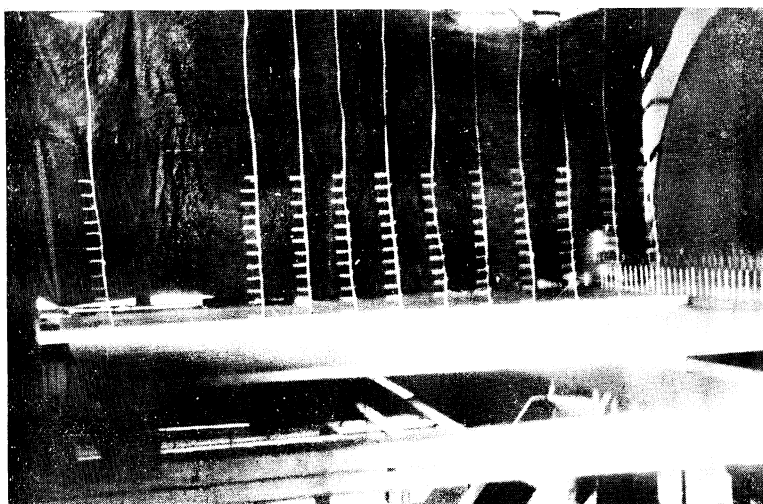


防風林の幅(厚み)に就いて (飯塚)

F 型



H 型



X 型

