

# 植物群落における風の基礎的研究 (1)

誌名	農業氣象
ISSN	00218588
著者名	長野,敏英 杉,二郎
発行元	養賢堂
巻/号	27巻1号
掲載ページ	p. 11-14
発行年月	1971年7月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 植物群落における風の基礎的研究\*

## (1) 植物群落上における風速垂直分布について

長野 敏英・杉 二郎

(東京大学 農学部)

Fundamental Studies on Wind Around Crop Canopies

(1) On the Vertical Wind Distribution Above Crop Canopies

Toshihide NAGANO and Jiro SUGI

(Faculty of Agriculture, Tokyo University, Tokyo, Japan)

### 1. ま え が き

風は熱・水蒸気・炭酸ガスの輸送に際し重要な役割を演じている。従つて植物群落での風の研究は古くから多くの研究者により行なわれてきた。

従来植物群落上での平均風速垂直分布を表わす式として広く対数法則式

$$U = \frac{U_*}{\kappa} \ln \frac{Z-d}{Z_0} \quad (1)$$

但し  $U$ : 風速

$U_*$ : 摩擦速度

$d$ : 地面修正量

$Z$ : 地上からの高さ

$\kappa$ : カルマン常数

$Z_0$ : 粗度の長さ

が使用されている。

しかし(1)式を使用するにあたり、次の2つの問題点がある。

①対数法則式(1)が適用される植物群落は一様な植物で覆われた無限平面でなければならない。しかし我国のように小区画農地が多い所では適用範囲が大変限られてくる。

②対数法則式に見られる地面修正量  $d$  の値は全く実験的に導入された値で、風速等により複雑な変化をされると言われているが、今なお理論的解析はほとんど行なわれていない。

という2つの欠点があり空気力学的方法により熱・水蒸気・炭酸ガス等の物質輸送量を評価する場合大きな支障となつている。

まず第一報としてたばこ畑での実験・既往の種々の圃

場でのデータをもとに植物群落上における風の垂直分布について論じていきたい。

### 2. 植物群落上における風速垂直分布

#### (i) 対数法則

日本専売公社秦野たばこ試験場のたばこ畑を使用して平均風速垂直分布、温・湿度垂直分布の測定を行なつ

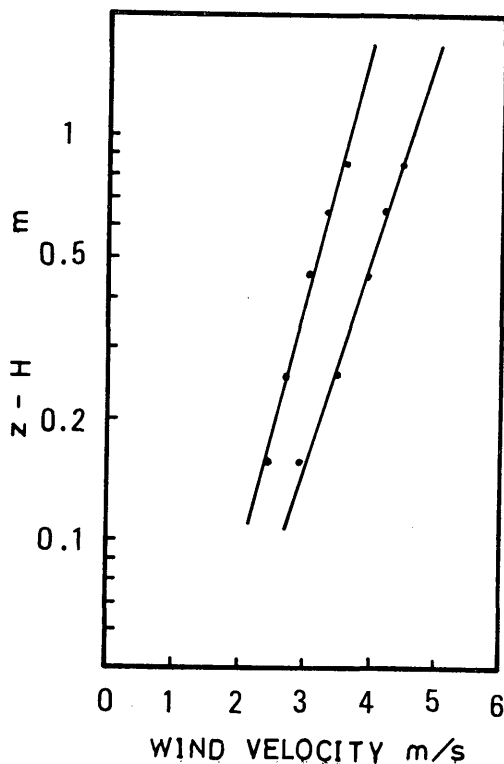


Fig. 1. Wind-speed profiles above a tobacco-crop canopy.  $H=84$  cm

\* 昭和45年12月4日 関東支部例会において発表

た。そのデータより地面修正量  $d$  を種々検討した結果、たばこ畑においては地面修正量  $d$  として植物群落の高さ ( $H$ ) を採用するのが一番妥当であることが分つた (図1)。その際大気安定度は中立状態と見なすことが出来た。

同様に既往の種々の圃場 (トウモロコシ畑・水田・麦畑・馬鈴薯畑) の風速測定データより地面修正量  $d$  を検討した結果、たばこ畑と同様に地面修正量  $d$  として植物群落の高さ ( $H$ ) (但しここでは植物草丈を採用してある) を取るのが良いということが言えた。その一例を示すと図2, 3のようになる。

この図のように  $d=H$  の時、風速垂直分布は対数法則によく一致している。

しかし大変興味深いことは2つの層に分割されているということである。ここで図4のように植物群落上の風速垂直分布を2つの層に分割し、それぞれ第I領域、第II領域と名付けることにする。

さらに図2, 3より第I領域と第II領域の変位点の高さは風速により変化している。すなわち風速が大きくな

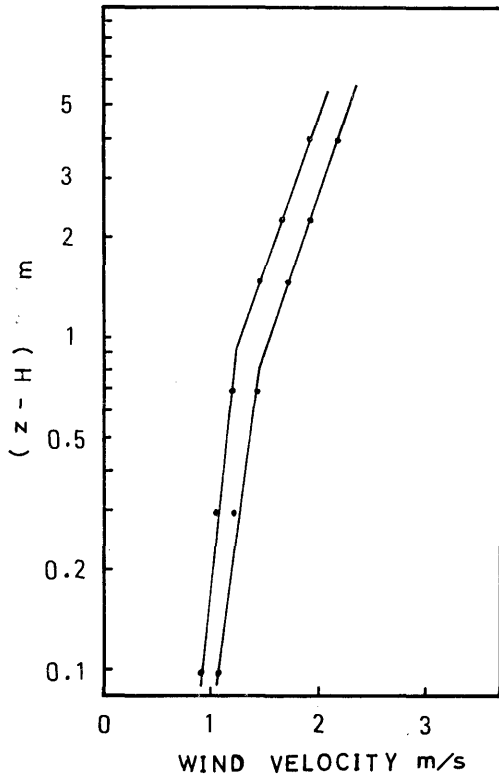


Fig. 2. Wind speed profiles above a corn-crop canopy  $H=140$  cm (Uchijima and Wright 1964).

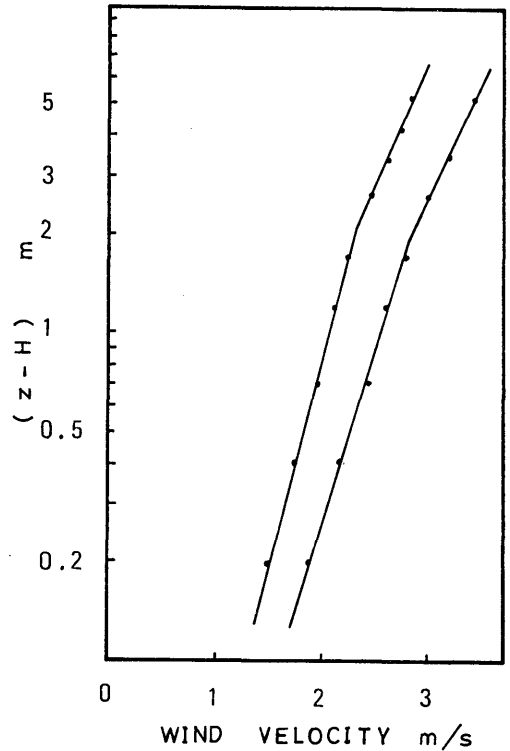


Fig. 3. Wind speed profiles above a paddy-field canopy  $H=80$  cm (Tani, 1963).

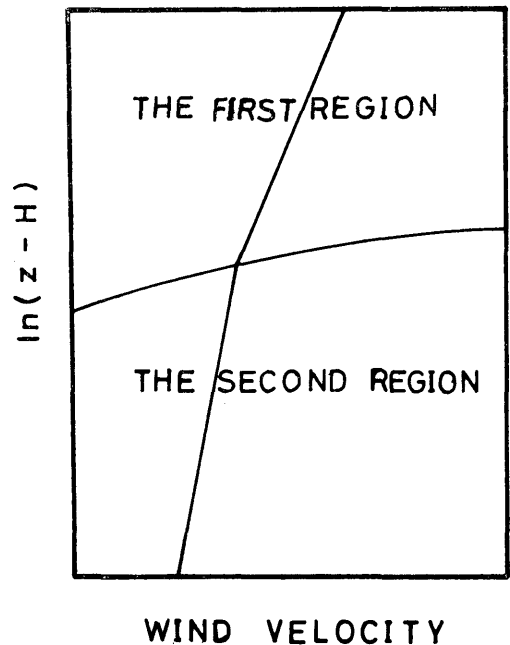


Fig. 4. Schematic diagram of wind-speed profile above crop canopies.

れば変位点の高さは低くなり、風速が小さくなれば変位点の高さは高くなつていく傾向がある。これは境界層厚さの性質を持つていると言える。

このことより第Ⅰ領域は対象とする植物群落に入ってくる入力としての風の性質を含んだ領域、第Ⅱ領域は対象とする植物群落面によつて新たに発達した風の境界層というように考えることが出来る。

従来多くの研究から地面修正量  $d$  の値は風速により大変複雑な変動を呈する値とされていたが、このように植物群落上の風を2層に分割して取扱うことにより  $d=H$  とすることが出来た。従つて今まで  $d$  の値が複雑な変化をすることを考えられていたのは第Ⅰ領域と第Ⅱ領域の区別がなくこれらを一本の直線にしようとした所に無理が生じ、従来のような不規則な地面修正量となり理論的に解析出来なかつたものと思われる。

(ii) 指数法則

前項 (i) で述べたように植物群落上の風速垂直分布は  $d=H$  のとき、よく対数法則に一致することが分かつた。すなわち植物群落上面を境にして風の境界層が発達すると言える。

次にたばこ畑のデータをもとに

$$U \propto (Z-H)^n$$

の指数法則について検討してみる。たばこ畑の場合図5のように  $n = \frac{1}{7}$  のときよく指数法則に一致する。

さらにトウモロコシ畑・水田の風速データからも同様に第Ⅱ領域の風速垂直分布として  $\frac{1}{7}$  乗則が実験値とよく一致した。従来 Prandtl 等により平板上の乱流境界層内速度分布として  $\frac{1}{7}$  乗則が成立すると言われてきた

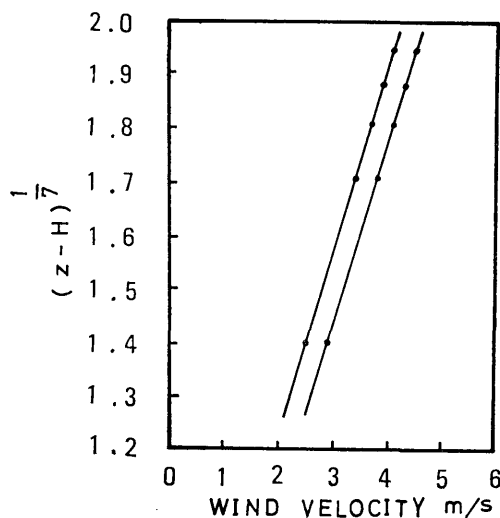


Fig. 5. Wind-speed profiles above a tobacco-crop canopy

が、しかし植物群落上での指数法則としては  $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$  があてはまると言われてきた。しかし地面修正量  $d$  を考えたときと同じく植物群落上の風を2層に分離して考えることにより、植物群落上の第Ⅱ領域の速度分布として  $\frac{1}{7}$  乗則が成立することが2, 3の植物群落上の風速データから言えた。

3. 植物群落における  $C_D$

植物群落における drag coefficient ( $C_D$ ) の値は一般に植物草丈が高くなれば  $C_D$  の値は大きくなるという結果が得られている。

例えば Deacon (1953) によれば  $C_D$  を

$$C_D = \tau / \rho u^2 = (U_* / U)^2$$

但し  $U$  は高さ 2 m での風速

Smooth mud flats	$C_D = 0.0010$
Snow surface, natural prairie	$C_D = 0.0028$
Mown grass (1.5 cm)	$C_D = 0.0034$
Long grass (60~70 cm)	$C_D = 0.013$

というような値を得ている。

しかしここで筆者のように植物群落上における風を2層に分割して第Ⅱ領域の drag coefficient ( $C_D$ ) を求めてみると図3における水田(草丈 80 cm)では

$$C_D = 0.0029, \quad 0.0027$$

の値となり、従来の Long grass の植に比べ大変小さな値となり、Short grass の  $C_D$  の値とかわらない値となつた。但し  $C_D$  の計算で風速  $U$  は草丈が 80 cm であるので高さ 280 cm の値を採用した。

このように植物群落上の風を2層に分割することにより drag coefficient の値は植物群落の草丈の高い、低いによつてあまり変化しないと言える。

4. まとめ

たばこ畑・既往の種々の圃場でのデータを使用し、平均風速垂直分布について検討を行なつたが、植物群落上の風を2層に分離することにより、いくつかの新しい点を明らかにすることが出来た。

- ①植物群落上の平均風速垂直分布において対数法則式を使用する場合、地面修正量  $d$  の値としては植物群落の高さ ( $H$ ) を採用すればよい。  
すなわち対数法則式として

$$U = \frac{U_*}{\kappa} \ln \frac{Z-H}{Z_0}$$

- ②植物群落上の風速垂直分布は2つの層に分割される。  
(図4) 第Ⅰ領域は対象とする植物群落に入ってくる入力としての風の性質を含んだ領域、第Ⅱ領域として

は対象とする植物群落面により新たに発達した風の境界層の領域と2つの層に分割して考えることができる。

- ③植物群落上の風速垂直分布における指数法則として、第Ⅱ領域においては $\frac{1}{7}$ 乗則が実験値とよく一致する。

$$U \propto (Z-H)^{\frac{1}{7}}$$

- ④従来草丈の高い植物群落の摩擦応力は草丈の低い植物群落の摩擦応力に比べて、かなり大きい値とされていたが植物群落上の風を2層に分割することにより、草丈の高い植物群落の摩擦応力は従来考えられていた値よりかなり小さな値となることが分つた。  
おわりに本研究を行なうにあたり終始御指導をいただいた東京大学農学部環境工学研究室諸氏、圃場実験にお

いては日本専売公社秦野たばこ試験場には心から謝意を表す。

### 引用文献

- 1) 長野敏英 (1970): 植物群落における風の基礎的研究, 東京大学大学院博士論文
- 2) PRIESTLEY, C. H. B. (1959): Turbulent Transfer in the Lower Atmosphere, The University of Chicago Press.
- 3) 谷 信輝 (1963): 耕地風に関する研究, 農業技術研究所報告, A-10, 1-100.
- 4) UCHIJIMA, Z. and WRIGHT, J. L. (1964): An Experimental Study of Air Flow in a Corn Plant-Air Layer, 農業技術研究所報告, A-11, 19-63.

### Summary

It is well known that the generalized profile equation of the vertical wind distribution above crop canopies is written experimentally by the logarithmic profile

$$U = \frac{U_*}{\kappa} \ln \frac{Z-d}{Z_0}$$

where  $d$  is a zero-plane displacement.

The zero-plane displacement  $d$  was introduced quite empirically to fit the validity of the logarithmic profile in the space over the crop canopies, and it is considered that a change in  $d$  depend not only on the mechanical and geometrical properties of the crop canopy, but also on the wind velocity.

It was clarified from several experiments that the vertical wind distribution above the crop canopies could be divided into two layers (fig. 4); the first region is considered to be the approach velocity of the wind and the second is that of the boundary layer of air, newly arose by the surface of the crop canopy.

Results of an analysis made with the above assumption are as follows;

- (1) The vertical distribution of mean wind velocity is well represented by the logarithmic law

$$U = \frac{U_*}{\kappa} \ln \frac{Z-H}{Z_0}$$

where  $H$  is the height of the crop canopy surface.

The value of the zero-plane displacement  $d$  is equal to  $H$ .

- (2) The vertical distribution of mean wind velocity in the second region is given by the power law

$$U \propto (Z-H)^n$$

where the exponent  $n$  is approximately equal to  $\frac{1}{7}$ .