

## 稲株の配置, 風向および風速が, 稈の傾斜角度と倒伏程度に及ぼす影響

池田 武

(新潟大学農学部)

昭和63年3月28日受理

**要旨** : 本実験は, 稲株の切断面が楕円形をしていることに着目して行われた。まず, 2株の稲を1/2000 aワグネルポットに移植する時, 株に長軸と短軸とがあることを考慮して4通りの配置をつくり, 風向および風速に対する稈の傾斜角度を, 各株の主稈に注目して検討した。次に, 1.6 m<sup>2</sup> のコンクリートポットに稲の小群落をつくり, 自然の風による稲株の倒伏程度を調べた。結果は以下の通りであった。

1. 草丈は出穂時に約80 cmで, 基数は成熟前に約30本であった。
2. 風上側の株の主稈の傾斜角度は, 風速7 m/s以上で, 第1図の配置でcとb(以下, 記号のみ)で大きく, aとdで小さく, ほぼ2群に分けられる傾向にあった。風下側の株の主稈の傾斜角度は, aで大きく, cで小さい傾向にあった。bについては, 風上側でも風下側でも主稈の傾斜角度が大きくなる傾向にあった。
3. 株の高さと拡がりについて, 自然状態での値を100とした時, 株の高さは風速の増加につれて低くなり, 風速12.5 m/sでは初期の値の約75%を示した。この時, 処理間差はほとんどみられなかった。また, 株の拡がりも, 風速の増加につれて狭まるaとd, 一度拡がって狭まるb, 拡がったままのcに分類された。
4. 小群落下の稲の倒伏程度は, 風の主方向に対して株の長軸が平行の時にもっとも大きかった。

**キーワード** : 稲株の長軸, 稲株の拡がり, 傾斜角度, 倒伏程度, 風向, 風速。

**Combined Effect of Hill Arrangement, Wind Direction and Wind Speed on Bending Angles of Culms and Lodging Levels in Rice Plant** : Takeshi IKEDA (*Faculty of Agriculture, Niigata University, Niigata 950-21, Japan*)

**Abstract** : This experiment started from the observation that the cross section of a rice hill was ellipse in shape. When two rice plants cv. *Koshihikari* were transplanted in a 1/2000 are Wagner pot, the rice hill were arranged in four combinations, considering major and minor axes of a rice hill. The bending angles of each main culm at windward and leeward were measured to wind directions and wind speeds. Moreover, lodging levels in small rice communities grown in concrete pots were observed under natural conditions. The results are summarized as follows :

- 1) Plant length was about 80 cm at heading, and the number of culms was about 30 per hill just before maturation.
- 2) Bending angles of main culms in the hill positioned at windward can be divided largely into two groups, that is those of arrangements c and b in Fig. 1 were large and those of arrangements a and d were small. Those in the hill positioned at leeward tended to be large in arrangement a and small in c. The bending angles of arrangement b tended to be large at windward and leeward.
- 3) Estimating the relative values of plant height and the spreading of culms under natural conditions as 100, the value of plant height reduced with increased wind speed dropping to about 75% of the initial value at 12.5 m/s. Differences among four treatments was not found in relation to plant height. Whereas in case of the spreading of culms, three different results were obtained according to the different treatments : in arrangements a and d it was narrow, widened at first then narrowed in b, and in c the culms kept on spreading widely.
- 4) The lodging level was the largest when the major axis of hills was parallel to the main wind direction in small rice communities under natural conditions.

**Key words** : Bending angle, Lodging level, Major axis of a rice hill, Rice hill, Wind direction, Wind speed.

前報<sup>1)</sup>では, 稲株の切断面が楕円形をしていること, 稲株の長軸を風向に対して平行にした場合と直角にした場合とで, 稈の傾斜角度が風向および風速に対して異なることなどを検討した。

本報では, 稲株が楕円形をしていることに着目し

て, ポットに稲を2株植える時, 2株の長軸が上からみて並列, 直列および凸型になるような組み合わせをつくり, 稈の風向および風速に対する傾斜角度を, 各株の主稈に着目して検討した。次に, 1.6 m<sup>2</sup> のコンクリートポットにコシヒカリを植えて小群落をつくり, 自然の風による稲株の倒伏程度を調べた。

\* 大要は, 第184回講演会(昭和62年10月)において発表。

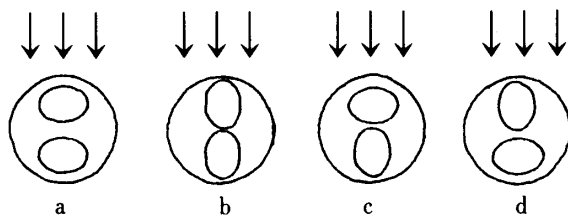


Fig. 1. The four arrangements consisted of rice hills in 1/2000 are Wagner pots. Arrows show wind direction and ellipses do hills. Distance between plants at transplanting was 8 cm.

### 材料と方法

**第1実験** コシヒカリを供試し、塩水選（比重1.15）した種子を室温下で催芽させ<sup>7)</sup>、4月17日、畑苗代に播種した。5月13日、6~7葉で2本の分けつをもつ均一な苗を1/2000 a ワグネルポットに移植した。移植後の稲株の配置は、第1図のごとくである。稲株の長軸を、aは2株とも並列にして風向に対して直角に植えた場合、bは2株を直列に植えて、風向に対して平行にした場合、cは風上の株が風向に直角で、風下の株が平行の場合、dはcと逆に、風上の株が風向に平行で、風下の株が直角の場合である。移植における2株の間隔を8 cmとした。この実験は風洞を用い、傾斜角度の測定方法、風向および風速については、前報の方法<sup>1)</sup>に準じた。自然条件下の株に対する各風速での株の拡がりや草高の相対値は、各風速毎に風洞の正面より撮った写真をもとに算出した。各測定値は、1処理3~4ポットずつを用い、その平均で示した。施肥方法は、第1表のごとくである。また、稈の太さは地際より5 cmの部位の切断面を楕円形として算出した。挫折重は、木屋製の茎稈挫折強度試験機 EO-3型を用い、支点間距離6 cmの値を示した。窒素

Table 1. Amount of fertilizer applied in 1/2000 a Wagner pot (1986) and in concrete pot (1987).

Fertilizer	Amount of fertilizer in	
	Wagner pot (g/pot)	Concrete pot (kg/10 a)
N Basal dressing <sup>1)</sup>	1.0	5.0
	0.3	7.0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.4	8.0
K <sub>2</sub> O	0.4	10.0

1) May 29 and 11 respectively.

2) Aug. 19 and July 29 respectively.

(N) パーセントは、セミマイクロ・ケルダール法によった。

**第2実験** 自然状態での風に対する株の倒伏程度を、1.6 m<sup>2</sup>（縦1 m×横1.6 m）のコンクリートポットを用いて検討した。1処理3反復である。栽植密度はm<sup>2</sup>当り50株で、1株1本の正方形植えとした。施肥量は倒伏し易いように、N成分で10 a当り基肥5 kg、表層追肥7 kgを与え、リン酸とカリをそれぞれ8 kgと10 kgにした。新潟市における風の主方向は、北西から南東ないし南東から北西のものである。この風の主方向に対して、稲株の長軸を平行に、直角に、また平行と直角を交互に植えた場合のそれぞれの区を設定した。新潟市における出穂から成熟までの期間（1987年）の平均風速と最大瞬間風速（新潟地方気象台観測値）は、第2図のごとくで、平均風速は登熟初期に1-2 m/s、登熟盛期以後は3-5 m/sであり、また最大瞬間風速は大体7-25 m/sの範囲にあった。倒伏程度は、完全倒伏を4とし、9月21日にその程度を測定した。

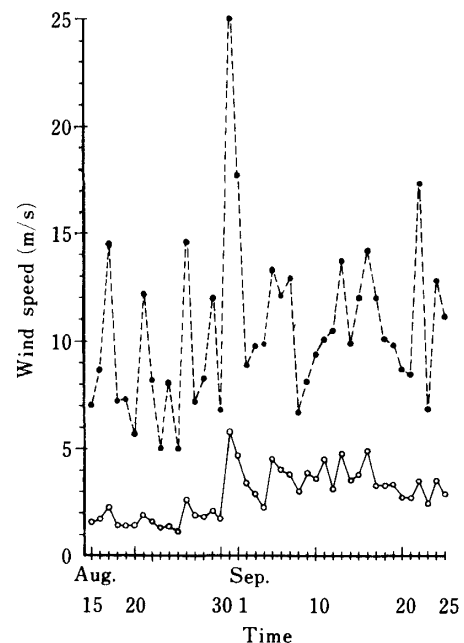


Fig. 2. Maximum (●...●) and average (○-○) wind speed from heading to harvesting time under natural conditions in Niigata city (1987).

### 結果と考察

**第1実験 草丈と茎数**（第3図） 草丈は経時的に高まり、出穂開始時に80 cmに達した。茎数は、7月9日頃が最高分けつ期で、以後減少して成熟時

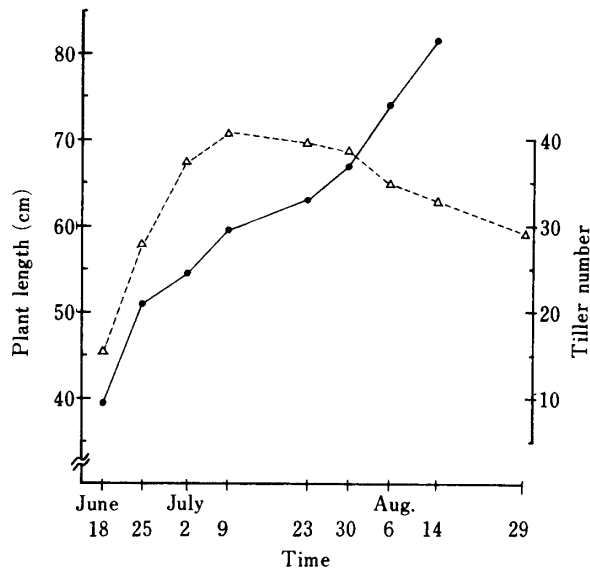


Fig. 3. Changes of plant length (●-●) and tiller number per a hill (△-△).

には株当たり約 30 本となった。

**倒伏要因** (第 2 表) 各株の主稈について倒伏要因を測定した結果，測定値間には有意な差が認められなかった。稈長は約 64.5 cm，穂長は 15.5 cm，稈の断面積は 25.9 mm<sup>2</sup> であった。

**傾斜角度** (第 4 図) 風上側主稈の傾斜角度 (A 図) は，風速 7 m/s 以上で，第 1 図の b と c の配置の値が風速 12.5 m/s で約 60° に傾斜したのに対して，a と d では約 50° と b や c より小さい傾向にあった。風下側主稈の傾斜角度 (B 図) には，はっきりした傾向はみられず，a で大きく c で小さい傾向にあった。b については，風速 7 m/s 以上で，わずかに傾斜角度が大きくなる傾向にあった。

このように，株の配置によって，c のごとく風上の株の傾斜角度が大きい時，風下の株の傾斜角度が小さくなる場合と，逆に a のごとく風上の株の傾

Table 2. Lodging factors at maturity of a rice plant.

Culm length	Ear length	Ear <sup>1)</sup> weight	Vegetative <sup>1)</sup> parts weight	Cross area <sup>2)</sup> of culm	Thickness of <sup>2)</sup> culm wall	Breaking <sup>3)</sup> resistance
64.5 cm	15.5 cm	2.0 g	6.8 g	25.9 mm <sup>2</sup>	0.78 mm	1127 g
III	Internode length IV	V <sup>4)</sup>	Lodging <sup>5)</sup> index	Leaf sheath N%	Culm	
10.3	7.5	3.7 cm	22.1	0.38	0.49	

1) Fresh weight.

2), 3) Parts at 5 cm above soil surface.

3) Values was in case of 6 cm between fulcra.

4) Internodal number was counted from top to base.

5) See reference 1).

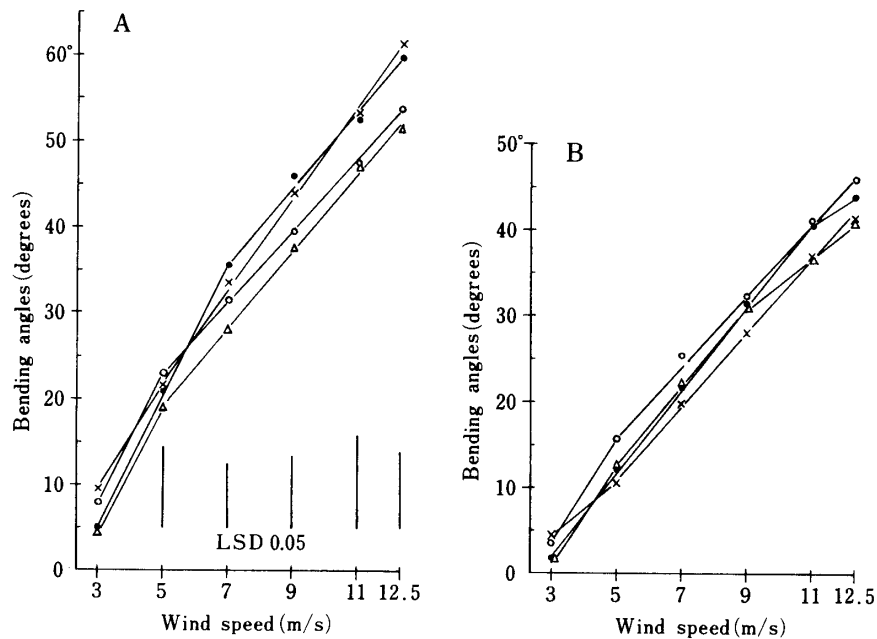


Fig. 4. Bending angles of main culms at windward (A) and at leeward (B) in maturation stage (Sep. 4). ○-○a, ●-●b, ×-×c, △-△d: Symbols are the same in Fig. 1.

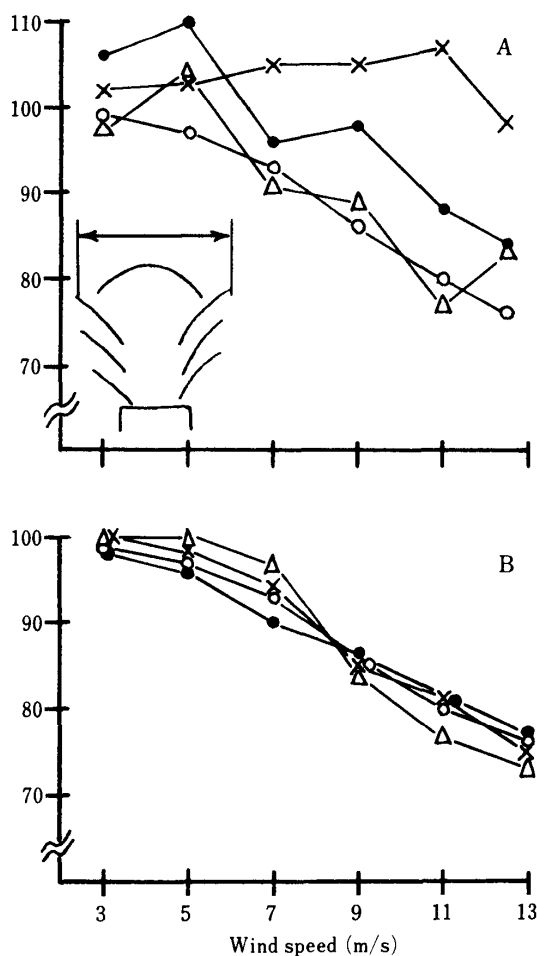


Fig. 5. Changes of relative values of culm spreading (A) and plant height (B) with increasing wind speed in case of estimating their values as 100 under natural conditions. A figure in A shows the culm spreading. Symbols are the same in Fig. 4.

斜角度が小さい時、風下の傾斜角度が大きくなる場合とがあった。d のような配置では、風上・風下の両株の傾斜角度が小さい傾向にあったが、b については風上でも風下でも傾斜角度が大きくなる傾向にあった。

次に、風速にともなう株の拡がりや高さの変化(第5図)を、自然状態での値を100として調べた。株の拡がりについては、風速の増加につれて狭まるのはaとdであり、低風速の3-5 m/sでは拡がって、その後狭まるのがb、拡がったままあまり収束せず風速の影響を受けないcに分類された(A図)。cは風下の株が風上の株の傾斜を抑え、風上の株が両側に分かれて拡がり、そこから風が後方に逃げた結果、収束が起こらなかったことが示唆された。高さは風速が増すにつれて低くなり、12.5 m/sでは初期の値の約75%となった。この場合、配置の違

Table 3. Lodging levels of rice plants grown under natural conditions in concrete pots (1.6 m<sup>2</sup>).

To wind direction	Right <sup>2)</sup> angle	Parallel <sup>3)</sup>	Alternating <sup>4)</sup>
Levels <sup>1)</sup>	1.5 <sup>a</sup>	2.8 <sup>b</sup>	0 <sup>c</sup>

1) Full lodging was shown as level 4.  
 2) Each figure shows in case of planting the major axis of rice hills to make at right angle (2)), parallel (3)) and alternating 2) and 3) (4)) to main wind direction. The small letters a, b and c shows significantly at the 5% level according to Duncan's Multiple Test.  
 Note: Average grain yield was about 540 g/m<sup>2</sup>.

いによる差はほとんどみられなかった(B図)。

**第2実験 小群落での倒伏程度(第3表)** 倒伏程度は、風の主方向に対する株の長軸が平行の場合にもっとも大きく、平行と直角植えを交互にした場合にもっとも小さかった。これら3者間に有意差(5%レベル)が認められ、ポット実験の並列と同様に、風向と稲株の長軸を平行に植えた場合にもっとも倒伏程度が大きかった。

ここで前述した第1図のaとbの植え方を比べた場合、bは風上の傾斜角度がaより大きく、風下の傾斜角度はほとんど同じであった。また株の拡がりは、第5図Aからbがaより小さく、株の長軸の長さを考えに入れると、株の風に対する抵抗はaよりbで大きいことが示唆された。すなわち、bの植え方はaに比べて風が株に当たった時、株を構成している稈の隙間から風が逃げないで、風圧を株全体に受けたことが示唆された。

さて、稲株は、地上の上層部のように風の影響をかなり受ける部分と、地際付近(水中も含めて)のように風の影響をあまり受けない部分からなると思われる。後者の風の影響をあまり受けないという立場からすれば、稈は中空の長柱と仮定できる。稈を中空の長柱と仮定して、ヤング率や断面二次モーメントを算出し稈の強さを出した報告<sup>6)</sup>がある。著者もそのような立場から、稲株を普通の物体、稈の集合した楕円体と仮定して、その物体の抵抗係数(C<sub>D</sub>値)を参考文献をもとにして<sup>2,3,4,5)</sup>各配置に当てはめてみた。aの配置はほぼ正方形でC<sub>D</sub>=1.0-2.0を、bの配置はほぼ長方形でC<sub>D</sub>=1.4を、cとdの配置はほぼ三角形で、cの配置についてはC<sub>D</sub>=1.1-1.3を、dの配置についてはC<sub>D</sub>=1.3-2.0を示すことが推定される。正方形や長方形では、隅が丸い程C<sub>D</sub>

値が小さくなることを示すので，稲株に最低値をあてはめてみると，配置によって  $C_D$  値は  $b > c > d > a$  となり，やはり  $b$  の配置の抵抗係数が一番大きくなる。

かかる上述のような一推論を行ってみたが，稲株は前述のごとく，風の影響を受ける部分と，あまり受けない部分とからなっており，単純に普通の楕円体として理解することは無理なので，モデル実験などを加味してさらに検討したい。

以上から，稲の小群落をつくる時，風の主方向と株の長軸が平行の時に株のみだれが大きくなるものと思われるが，この点はさらに検討していきたい。

ここで，もし自然条件が本実験に近似しているような場合について，実際栽培の植え方の可能性を考えてみた。直播栽培では乾田直播栽培として，種子の長軸と短軸の並べ方を工夫してシーダーテープなどに包みこむなどすれば，ある程度一定の稲株の長軸方向が得られるものと思われる。また，移植栽培でも，稚苗を育てる時に苗床におく種子が一定方向になるように置床したり，または移植機の爪が常に苗の長軸方向を感知するようなセンサーを用いたり

して工夫すれば，この問題に対してある程度は対応できるものと思われる。

**謝辞：**本試験を進めるにあたり，貴重な示唆を賜った本学部作物学教室の梁取昭三先生，農業機械の笈田昭先生に深謝します。

#### 引用文献

1. 池田 武 1988. 風向と風速が稲株内の位置を異にする稈の傾斜角度に及ぼす影響. 日作紀 57: 276—280.
2. 機械工学便覧 改訂第5版 1968. 日本機械学会編. 8: 25—26.
3. 真木太一 1986. 防風施設の機能・効果 (1). 農及園 61: 307—312.
4. シャピロ, A.H. 1961. 流れの科学—流体力学の基礎—. 今井功訳, 1972. 河出書房社. 137—167.
5. 富塚 清 1940. 航空工学便覧. 日本航空学会編纂, 98—99.
6. 北條良夫・小田桂三郎 1965. 大麦の強稈性に関する研究. 第10報 稈の曲げ剛性について. 日作紀 34: 163—169.
7. 山本良孝・川上義昭・川口祐男 1986. 水稻種子粒の浸種温度及び浸種日数が催芽並びに発芽に及ぼす影響. 日作紀 55 (別1): 216—217.