

改良型回転式空中花粉捕集器ならびに Durham 型花粉捕集器による 1 リットル当り空中花粉量の推定

生井兵治・加藤 浩*

Estimation of Air-Borne Pollen Number per Liter by Improved Rotatory Air-Borne Pollen Sampler and Durham's Pollen Sampler

Hyoji NAMAI* and Hiroshi KATO*

*Institute of Agriculture and Forestry, University of Tsukuba,
Tsukuba Science City, Ibaraki, 305 Japan

There are several types of air-borne pollen sampler used practically, and the so called rotation air-borne spore sampler which was devised by the Hokuriku Agricultural Experiment Station (sold by Ikeda Rika Co. Ltd., Fig.1) seems to be the most efficient and easily operative one. However, even then, it cannot be used to observe easily the number of air-borne pollen for a short period of time. We, therefore, have improved on the "rotation air-borne spore sampler" and created a promising model of air-borne pollen sampler which can take measurement for short period of time.

The improved revolving air-borne pollen sampler (Fig.2) has a rotator (1,500 rpm) holding a pair of vaseline coated glass slides and two highly accurate timers which enable the operation time to be set easily and precisely so that data for even a few minutes at an appointed time can be obtained.

According to the procedure as shown in Fig.3, the number of pollen grains per cm^2 on the glass slide (X) was counted microscopically. Based on the data obtained, we could estimate the number of air-borne pollen of rice per liter (N) by means of the formula (7) as shown in Table 1. On the other hand, we could also estimate the number of air-borne pollen per liter (N) from the pollen number per cm^2/hour on a glass slide of the Durham's pollen sampler (Y) by means of the formula obtained from the data in Table 3:

$$N = 0.0291 Y + 0.1699 \quad (\text{air-borne pollen of rice})$$

By substituting the specific gravity (r) and diameter of pollen (d) of other plant species into formula (4) of Table 1 and by conducting comparative studies on the improved and Durham's pollen sampler, we maybe able to estimate the number of air-borne pollen per liter (N) of various plant species, too, by the improved air-borne pollen sampler or the Durham's pollen sampler.

緒 言

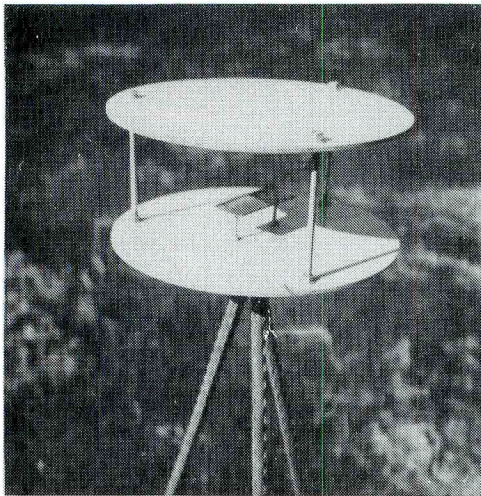
空中に浮遊している花粉や胞子の種類や量を調べる装置としては、国際標準型花粉捕集器である静置式の Durham 型が最も低廉、簡便な捕集器である (Fig. 1a)。しかし、これは捕集効果が悪いので、飛散濃度が希薄な状態での飛散濃度の経時変化を短時間ごとに調査する場合には適しておらず、さらに、単位容積当

りの空気中に含まれる花粉粒数としてみることでできない欠点がある。一方、Hirst (1952)⁽¹⁾、Gregory (1954)⁽²⁾ が考案した吸引式自動捕集器は改良されながら今日に至っており、北陸農業試験場の試作による回転子上のスライドガラスに花粉を付着させる回転式自動捕集器も、Perins (1957) が考案した円筒を回転させる回転式自動捕集器 (Rotorod Sampler) の改良型と

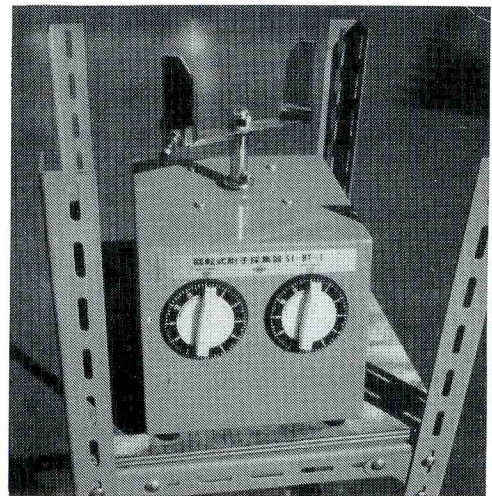
*〒305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1 筑波大学農林学系

して製品化され(鈴木 1969)⁽³⁾池田理化から発売されている(Fig.1b)。しかし、これらの自動捕集器も、短時間作動させるためのタイマーの精密さ、操作・検鏡上の簡便さなどいずれかの点で、必ずしも充分満足するものではない。したがって、例えばイネ代雑種品種(Virmani and Edwards, 1983)⁽⁴⁾の実用化に対して決定的な障害となっている一代雑種種子の採種効率の向上を図るために、水田におけるイネの受粉生態、特に花粉親から空中に放出される花粉の動態を経

時的に追究しようとする場合や、空中花粉量と受粉花粉粒数、あるいは結実率との関係を解明しようとする場合には(Namai and Kato, in Press; 加藤・生井、印刷中)⁽⁵⁻⁶⁾とそれに適った空中花粉自動捕集器の開発が不可欠である。なお、空中花粉量の調査に当たっては、スライドガラス上の単位面積・時間当たりで数値を示すよりも、単位容積当たりの空中花粉量で示す方が実感として判り易いので便利である。



(a)



(b)

Fig. 1. Some typical types of air-borne pollen samplers.

a : Durham's pollen sampler

b : Rotation air-borne spore sampler (devised by Hokuriku Agr. Exp. Sta., sold by Ikeda Rika Co. Ltd.)

そこで、精密な時間設定が難しい点を除いては操作が簡単で便利な池田理化の空中孢子自動捕集器を基本として、精密なタイマーを備えた改良型を考案し、何台もの捕集器が次々作動するようにタイマーをセットして、空中花粉量の経時変化を連続的に追えるようにした。本器によってスライドガラス上に捕集された $1\text{cm}^2 \cdot 10\text{分間}$ 当たりの花粉粒数から空気 1 l 当たりの花粉粒数を容易に推定する関係式を考えた。さらに、本器と Durham 型花粉捕集器との比較試験によって、Durham 型花粉捕集器で得られる $1\text{cm}^2 \cdot 1\text{時間}$ 当たりの

花粉粒数から空気 1 l 当たりの花粉粒数を換算する関係式も編み出した。

材料および方法

(1) 改良型回転式空中花粉自動捕集器：

性能：北陸農業試験場が考案し池田理化が販売している回転式自動捕集器を参考にして、作動開始・中止を指示する精巧な24時間タイマーを取り付けた改良型回転式空中花粉捕集器を作製した(Fig.2a)。本器は12ボルトの充電式バッテリーを動力とし、2枚

のスライドグラスを装着した回転子を 1,500 回転 / 分で回転させ、スライドグラス上に塗った白色ワセリン膜を強制的に空気をぶつけることによって空中花粉を捕集するものである。本器タイマーの性能から、最小単位時間は 1 分間である。

仮に、10 分間作動させるとすれば、最大 23 時間 50 分後に作動開始し 24 時間後に中止するようにあらかじめ設定することができる。また、朝のうちに調査予定地に 7 台の自動捕集器を設置してタイマーをセットすれば、以後は無人で 9 時から 12 時まで 30 分ごとに 10 分間ずつ次々に本器を作動させていくなどということも可能である。10 分間の作動によってスライドグラス 1 cm^2 当たりには接する空気量は 456 ℓ であり、例えばイネでは空中花粉の捕集効率 は 93.4% となるので、スライドグラス 1 cm^2 当たりの花粉数 (X) と空気 1 ℓ 当たりの花粉数 (N) との関係は、 $N = X / 426$ で示される (Table 1)。なお、本器 (X) と既存器 (Y) とをセイタカアワダチソウ群落中で同時に作動させ、空中花粉量を後述の検鏡方法に従って比べたところ、回帰式 $Y = 1.05 X - 0.91$ 、相関係数 $r = 0.9330^{**}$ が得られ、両器の捕集能力は同等とみなされた。本器を調査地点で使用する際の架台はバッテリーを載せる棚付きで、地面からの高さを容易に調節できるように穴付き L 字鋼をネジでとめたものとし、圃場などに設置する際には木槌などで叩いて 4 本の脚を約 30 cm 地面に打ち込めばよい (Fig. 2 b)。

スライドグラス上に捕集した花粉粒数の検鏡方法：

本器のような回転式自動捕集器は風速に関わりなく多数の空中花粉を捕集するといわれている (鈴木 1969)。スライドグラス上のどの範囲をどの程度検鏡すれば花粉粒数を安定して調査できるかを明らかにするため、1983 年 8 月、30 アールの開花中の水田に本器を設置し、さまざまな条件下で 10 分間ずつ作動させ空中花粉を捕集し、スライドグラス上の 50 地点を定め、倍率 4 × 10 にて 50 視野ずつ検鏡した (Fig. 3)。この倍率の視野は、直径 4.56 mm、面積 0.1633 cm^2 である。検鏡は、26 cm × 76 cm のスライドグラスの上部 15 mm × 右 3 mm 地

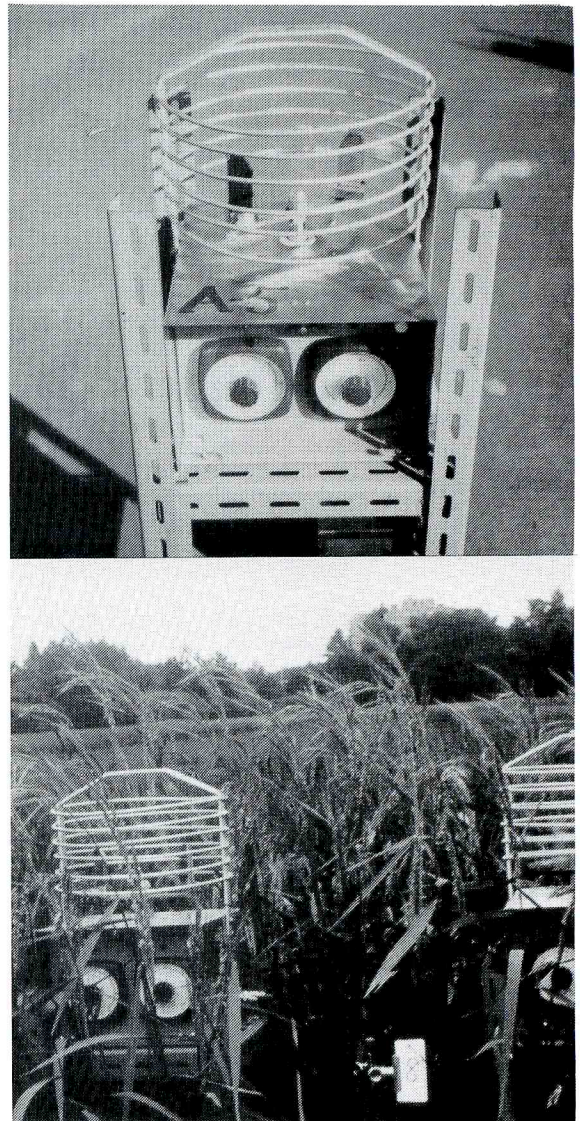


Fig. 2. Improved rotatory air-borne pollen sampler.
a: View of the sampler
b: Operating sampler

点に視野中心を合わせ、ここから視野内の花粉粒数を数え始め、5 mm ずつずらしながら 60 mm 地点までの 10 行について、各行 5 地点ずつ都合 50 視野について行った。スライドグラス上部はスライドグラス番号を記す場所であり、下部は捕集器の支持台にスライドグラスを装着する場所である。したがって、これら 50 地点を検鏡することによって、実質的にはスライドグラス上の白色ワセリン塗布可能面積の全域をカバーしたことになる。

Table. 1. Procedure for estimating the number of air-borne pollen of rice per liter by improved rotatory air-borne pollen sampler.

a) Volume of air colliding against 1cm² of an object glass slide for 10 min. (V)

$$V = L \pi T P A \dots\dots\dots(1)$$

L (diameter of rotator arm) = 13.7 cm

π = 3.14

T (revolution per minute) = 1,500 rpm

P (operation period) = 10 min

A (area projecting on the radius of the arm) = $1/\sqrt{2}$ cm²

$$\text{According to (1): } V = 456 \ell \dots\dots\dots(2)$$

b) Pollen capturing efficiency (η)

$$\eta = M \sin \alpha - (K - \lambda) \cos \alpha + 2 \cos^2 \alpha \dots\dots\dots(3)^{(7)}$$

$$M = \left\{ \frac{\{ \sin^2 \alpha - (\cos \alpha + \lambda)^2 - 1 \} + [\{ \sin^2 \alpha - (\cos \alpha + \lambda)^2 - 1 \}^2 + 4 \sin^2 \alpha (\cos \alpha + \lambda)^2]^{1/2}}{2} \right\}^{1/2}$$

$$K = \left\{ \frac{\{ (\cos \alpha + \lambda)^2 - \sin^2 \alpha + 1 \} + [\{ (\cos \alpha + \lambda)^2 - \sin^2 \alpha + 1 \}^2 + 4 \sin^2 \alpha (\cos \alpha + \lambda)^2]^{1/2}}{2} \right\}^{1/2}$$

$$\lambda = u r d^2 / 9 \mu g D \dots\dots\dots(4)$$

u (velocity of glass slide) = 10.7 m/sec

r (specific gravity of pollen) = 1.0×10^3 kg/m³

d (diameter of pollen)⁽⁸⁾ = 46×10^{-6} m

D (width of glass slide) = 2.6×10^{-2} m

μ (coefficient of viscosity of dry air) = 1.9×10^{-6} kg. sec / m²

g (gravitational acceleration) = 9.8 m/sec²

α (angle between the arm and the glass slide) = 45°

$$\text{According to (4): } \lambda = 5.196$$

$$\text{According to (3): } \eta = 0.934 \dots\dots\dots(5)$$

c) Number of air-borne pollen per liter (N)

$$N = X / V \eta \dots\dots\dots(6)$$

X (Number of pollen/cm² of glass slide)

According to (2), (5) and (6):

$$N = X / 426 \dots\dots\dots(7)$$

る。視野ごとの測定値は総て 1 cm² 当たりの粒数として表した。

(2) Durham型静置式空中花粉捕集器による単位容積当たり空中花粉量の推定：

静置式空中花粉捕集器では、空中花粉量をスライドガラスの単位面積 / 時間当たりで表すのが普通である。しかし、単位容積当たりで表した方が実感として判り易い。そこで、同一調査地で Durham 型静置式空中花粉捕集器と改良型回転式空中花粉自動捕集器との捕集花粉粒数を比較することによって、両者の間の関係式を求め、Durham型捕集器で 1 ℓ 当たりの空中花粉量を推定することを試みた。

1986年8月5日から9日の5日間、2.3 ha の水田に 1.2 m × 10 m の区の5畦に植えた240個体の早稲品種水口糯が他に先駆けて開花最盛期となったものを花粉源とし、両花粉捕集器の比較試験を行った。測定地点は、花粉源内部および、花粉源の畦に対して直角方向に花粉源の両側の畦から1、2、3 m の計7地点で、各地点にDurham型静置式空中花粉捕集器2台と改良型回転式空中花粉自動捕集器1台を、それぞれ花粉親の穂と同じ高さに設置した。測定は、Durham 型では 11～12 時、回転式では 11 時 30～40 分（ただし、8月5日だけは 10 時～11 時と 10 時 30～40 分）の間に行った。

結果および考察

Table 2 は、例として 1983 年 8 月 21 日に午前 9 時から 11 時まで 30 分おきに 10 分間ずつ 5 回花粉捕集器を動作させて得たスライドガラス上の各地点の平均捕集花粉粒数を示したものである。なお、各時点の風速は 9 時では約 1.3 m、9 時 30 分から 10 時 30 分では約 1.0 m、11 時には約 2.0 m であった。スライドガラス上の各地点の捕集花粉粒数の分布をみると、鈴木 (1969) が示しているとおり支持台に近い地点の捕集花粉粒数は極端に少なめであったが、これは有意ではなかった。Fig. 4 と 5 は同日の各作動時間ごとのスライドガラス上の各地点の捕集花粉粒数を、行別ならびに列別に示したものである。数値上の行間差異は 9 時から 10 時までは

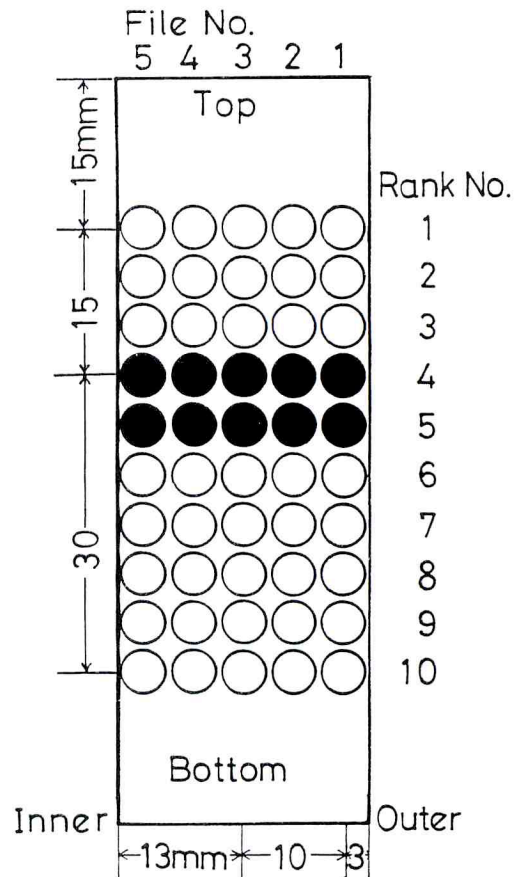


Fig. 3. Procedure for counting the number of pollen grains deposited on operated glass slide.

●, ○: Microscopic view of 4.5 mm in diameter by 40 magnifications (4 × 10)

Sites in two ranks viz. No. 4 and No. 5 (●): Practical observing area for counting the number of pollen

Number of pollen/cm² of glass slide (X) = (Z) / 1.633 (Z): Sum of 10 views in rank No. 4 and No. 5

全くみられず、10時30分ではスライドガラスの上下で小差がみられ、11時まで第8列から下は極端に少なかった。一方、列間差異は9時から10時30分までの間は全くみられず、11時のみスライドガラスの外側と内側との間に小差がみられた。なお、捕集器を動作させた時間帯によって捕集花粉粒数に大きな差異がみられたのは、イネの開花・開葯開始直後から最盛期に向けて捕集器を順次動作させて花粉採取を行ったためである。

Table 2. The number of pollen grains counted in each microscopic view on grass slides operated for 10 minutes in a blooming paddy field

File	Rank No.										Mean
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	350.0	348.0	402.0	376.4	397.8	379.0	352.0	265.8	153.0	28.0	305.2
2	296.8	355.4	351.4	380.8	370.4	335.8	302.6	220.2	117.2	24.8	275.5
3	311.2	345.4	305.0	277.8	306.8	277.4	250.0	180.8	79.4	27.0	236.1
4	309.6	324.4	307.2	261.6	245.6	203.2	207.8	163.2	107.2	29.0	215.9
5	318.6	317.2	309.2	274.0	238.6	201.0	176.6	148.2	81.6	22.2	208.7
Mean	317.2	338.1	335.0	314.1	311.8	279.3	257.8	195.6	107.7	26.2	248.3

Mean of the data counted at five times viz. 9:00, 9:30, 10:00, 10:30 and 11:00, August 21, 1983.
Rank No.1~No.7: Valid sites.

Table 3. The number of pollen grains deposited on the glass slides of the Durham's pollen sampler (per 1cm² • 1 hour) and that estimated by the improved rotatory air-borne pollen sampler (per liter • 10min.)

Date	Wind velocity	Kind of sampler	Distance from donor rows to the north and the south						
			3	2	1	0	1	2	3m
Aug. 5,	1.1	Durham's	0.6	0.0	0.0	45.6	39.1	14.3	3.6
		Improved	0.004	0.015	0.025	0.415	0.492	0.278	0.227
Aug. 6	0.4	Durham's	0.6	3.3	10.7	43.1	6.7	0.9	0.0
		Improved	0.522	0.311	1.623	1.885	0.601	0.407	0.003
Aug. 7	0.7	Durham's	6.7	2.7	14.6	18.0	1.5	1.5	1.2
		Improved	0.084	0.179	0.847	1.071	0.246	0.074	0.024
Aug. 8	1.2	Durham's	10.4	10.7	22.9	37.0	5.5	1.5	0.6
		Improved	0.650	0.431	1.212	2.238	0.446	0.217	0.066
Aug. 9	1.5	Durham's	9.7	10.7	17.4	21.7	8.2	2.4	3.0
		Improved	0.319	0.163	0.717	1.031	0.057	0.017	0.016

Operation times of

Durham's pollen sampler: 11:00~12:00 am. (10:00~11:00 am. on only Aug. 5)

Improved rotatory air-borne pollen sampler: 11:30~11:40 am. (10:30~10:40 am. on only Aug. 5)

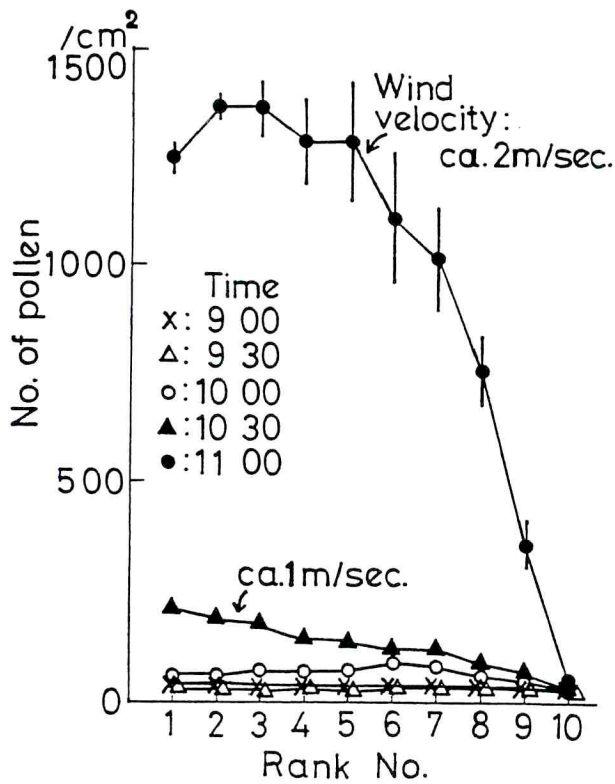


Fig. 4. The number of pollen grains counted in each microscopic view of operated glass slides in rank order. Tested in a 0.3 hectare blooming paddy field at different times on August 21, 1983.

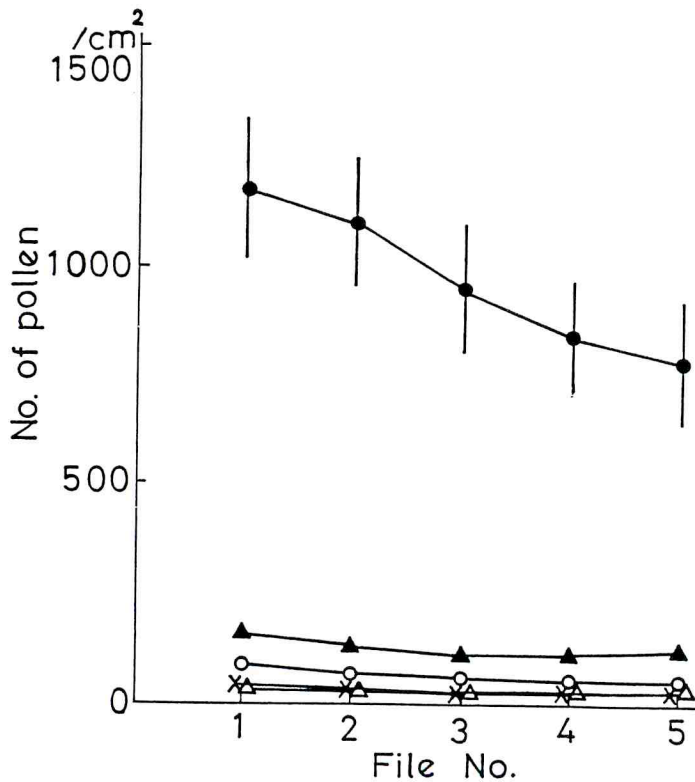


Fig. 5 The number of pollen grains counted in each microscopic view of operated glass slides in file order. Tested in a 0.3 hectare blooming paddy field at different times on August 21, 1983. Each mark is the same as Table 4.

また、11時の調査結果のみで列間に際立った差異がみられたのは、10時30分頃までは秒速1m程度の風速であり、11時では開花が多いうえに約2mの風が吹いていたためと思われる。すなわち、本捕集器では、その構造上から風速が強くなるとスライドグラス下部は支持台による遮蔽効果を強く受けるようである。

以上の結果から、支持台に邪魔されて強風下では空気に触れにくい第8列以下を無視することにした。実用的には検鏡回数は少ない方が便利なので、各スライドグラスにつき2列計10視野を検鏡することにして、第1列から第7列までの全地点の平均捕集花粉粒数に匹敵する値を得るにはどの列を検鏡すればよいかを調べたところ、第4列と第5列（上部から30mmおよび35mm地点、Fig. 3の黒丸地点）を検鏡すればよいことがわかった。すなわち、個々のスライドグラス上の第4列と第5列の平均値と第1列から第7列までの全地点の平均値との間で、回帰係数0.9574、相関係数0.9998の値が得られた（いずれも0.1%水準で有意）。このようにして、 4×10 倍で検鏡した10視野の総花粉数（Z）と総面積（ 1.633 cm^2 ）から、本器の $1 \text{ cm}^2 \cdot 10$ 分間当たり花粉粒数（X）=（Z）/ 1.633 となる。ここで得られたXの値を Table 1 の公式 (7) に代入すれば、

空気1ℓ当たりの空中花粉量（N）が求められる。なお、鈴木（1969）は、スライドグラス上の所定の3列を 10×15 倍の顕微鏡下（1視野列幅約1mm）で検鏡することを提唱しているが、著者らの検鏡法の方が簡便である。

Durham型と改良型回転式空中花粉捕集器によるイネ花粉の捕集花粉粒数（Table 3）をもとに、両者間に次の回帰式を得た。

$$\text{空気1ℓ当たりのイネ空中花粉量（N）} = 0.0291 \text{（Y）} + 0.1699$$

（ただし、Y=Durham型捕集器による $1 \text{ cm}^2 / 1$ 時間当たりの捕集花粉粒数）

様々な植物花粉に関しても、Table 1 の式の当該花粉に関わる係数（花粉の比重 γ 、花粉の直径 d ）を入れ替えることによって個々の植物について花粉捕集効率（ η ）を求めれば、これを使って空気1ℓ当たりの空中花粉量（N）を推定する公式を求めることができる。さらに、今回著者らが行ったイネ空中花粉の場合と同様に、回転式空中花粉捕集器とDurham型花粉捕集器を併用して種々の植物花粉について調査して行けば、各植物の空気1ℓ当たりの空中花粉量をDurham型花粉捕集器で推定することが可能と思われる。

引用文献

- (1) Hirst, J. M.: Ann. appl. Biol. **39**, 257-265 (1952)
- (2) Gregory, P. H.: Trans. Brit. Mycol. Soc. **37**, 390-404 (1954)
- (3) 鈴木穂積: 北陸農試報. **10**, 1-123 (1969).
- (4) Virmani, S. S. and E. Edwards: Adv. Agron. **36**, 145-214 (1983)
- (5) Namai, H. and H. Kato: Japan. J. Breed. **37**, 75-87 (1987)
- (6) 加藤 浩、生井兵治: 育雑 **37**, 98-102 (1987)
- (7) 狩野 武: 粉体粒子の挙動、産業技術センター (1977).
- (8) 西山岩男: 育雑 **32**, 97-99. (1982).

（受理日 1987年1月29日）