生物環境要因の測定 (I)

井 上 裕 雄*

香川大学農学部農業工学科**

ま え が き

一口に生物環境要因といっても、その範囲が非常に広く、その測定について全般的に記述することはむずかしい。加うるに、温度、湿度、風速などの測定および計器に関しては、すぐれた著書が多く、また専門でない筆者のとうていよくする事柄でもない。そこで生物環境を広義に解釈して、従来あまり扱われていないが、かなり重要と思われること、あるいは少し違った側面からとらえれば面白と思われることについて簡単に記述してみることにする。この点、御理解をえて、研究の一助ともなれば幸いである。

I 液滴大きさの測定

液滴大きさの決定は、広範囲の科学研究領域で基本的重要性を有していることは、いまさらいうまでもない。農学分野に限って、その数例をあげても、雨滴による土壌浸蝕・作物への影響、散水かんがいにおける水滴大きさの分布、防霧林・防潮林の効果、噴射による化学薬剤の散布、環境調節装置の噴霧加湿、自動灌水などの調査研究において、液滴径の測定は實際上、基礎的役割を演じている。ところが、これら諸問題のどの一つをとってみても、満足に研究されているとはいえない。

そこで、さまざまな研究分野に応用する意味から、雨滴や散水かんがいで問題となるかなり粗大の滴から、噴霧加湿、薬剤散布で対象となる微細滴まで、各種測定法を要約して紹介することにする。

1. 粉 末 法

簡単ではあるが、かなり大きな液滴の測定に限定される方法である。容器に粉を盛り、平らにしてこれに液滴を受けると、その部分が丸薬状に固まる。この丸薬の大きさは、液滴径の関数である。BENTLEY (1904) が雨滴の観測に利用し、さらに LAWS-PARSONS (1943), CHAPMAN (1948) は、この固まった丸薬のようなものを篩分けて水滴の粒度分布を測った。

2. 吸 収 法

(1) 吸収紙法

吸収紙を使用するのは、もっとも代表的な滴径測定方法の一つで、比較的粗粒よりなる噴射液滴の観測や雨滴大きさの決定に広く適用されてきた。WIESNER (1895) は吸収紙に雨滴を受け、できた浸痕の輪廓を鉛筆でなぞって雨滴径を測定したが、DEFANT (1905) は浸痕を固定するために、あらかじめ紙面に eosine 粉をふっていった。吸収紙法は安価であるが、大きい液滴を受ける場合には、紙面に衝突するさいに生ずるはねとびの問題、浸痕周囲の不規則突起の処理、風に吹かれて斜めに落下する滴による楕円状の浸痕などのため正確な痕径の測定がむずかしい。

水滴の浸痕を固定するには eosine 粉と滑石粉の混合物をろ紙面に軽く塗ったり、また water blue 微粉をガソリンに懸濁させ、これを使って紙面に water blue を均一に付着する。逆に、液滴の方を meldola's blue であらかじめ染色しておくのも、特定の問題では有利である。油性の液滴ではこの種の操作を必要としない。

ろ紙法で液滴径を測る場合、液滴径とろ紙上にできた浸痕径の関係を知らねばならない。

NIEDERDORFER (1932) によれば、痕跡の拡がりはおろ紙面への水滴の衝突速度により変わるが、これは 1 mg 以上の水滴でおこるらしい。TAKAHASHI (1943) は乾燥速度が浸痕の拡がりに影響を与える事実を指摘しているし、また COURSHÉE-VALENTINE (1959) は湿度条件が浸痕の拡がりに影響すると述べ、相対湿度 70 % 以上の湿潤地では露出を迅速に行なう必要があると付言している。

RICHARDSON は各種液滴を Whatman No. 1 ろ紙で受け、(1) 浸痕の拡がりには液滴の種類で変わる。(2) 小さい液滴を除けば、滴径と痕径の関係は直線的である。(3) 実験した数種類の液滴に関する限り水以外のものは、衝突速度は浸痕の拡がりに無関係であると要約した。図 1 はその 1 例を示す。ろ紙面に形成される浸痕の拡がり水滴の落下速度や浸痕の乾燥速度に影響され

* Hiroo INOUE : Measurements of Environmental Factors in Biology.

** Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture, Kagawa University.

図1 Whatman ろ紙 No. 1 (powdered potassium permanganate で前処理) における痕径対液滴径の関係

● 水, ○ methyl salicylate, × thickened methyl salicylate. (RICHARDSON)

る程度を実験した INOUE (1962) の結果によれば, 0.1 m 落下の場合, 50°C oven 乾燥のものは, 室温 dessicator 乾燥に比較して, 痕径は 1.5% 減少する. また室温 dessicator 乾燥の場合, 5.0 m 落下の水滴の痕径は 0.1 m 落下に比較して 3.7% 増加した. 乾燥速度の影響は比較的小さいが, 落下速度の効果がかなり大きいことを認める.

これらを総括すると, ろ紙面上にできる浸痕の拡がりに影響する要因としては, (1) 液滴の紙面との衝突速度, (2) 浸痕の乾燥速度, (3) 紙質および液の性質, (4) 紙の厚さ, 液滴の大きさなどが考えられる.

表 1

Size range (mm)	<i>n</i>	Investigator	Notes
0.12~1.10	0.85	COURSHEE & VALENTINE's data 1959	Water; Absorbent filter paper.
0.13~2.00	0.84±0.02	JARMAN 1956	25 to 28 hrs. after impact; Various liquids; Whatman No. 1 filter paper.
0.58~1.90	0.80	INOUE 1961	Impact velocity due to a fall of 3 m; Dried in the open air; Water; Toyo Roshi No. 2 filter paper.
0.58~3.60	0.76	INOUE 1961	〃
1.03~3.60	0.75	NIEDERDORFER's data 1932	Impact velocities due to each fall of 0.1 and 18.0 m; Water.
1.29~4.32	0.73	TAKAHASHI's data 1943	Impact velocity due to fall of 0.1 m; Dried in a desiccator; Water; Toyo Roshi No. 1 filter paper.
2.1 ~4.5	0.71±0.02	INOUE 1961	Impact velocities due to each fall of 0.1, 0.5 and 5.0 m; Dried in the open air, in an oven or in a desiccator; Water; Toyo Roshi No. 2 filter paper.
2.3 ~6.5	2/3	FOURNIER D'ALBE & HIDEYETULLA 1955	Terminal velocity; As soon as possible after impact; Water; Absorbent filter paper.
<6	2/3	Ito <i>et al.</i> 1953	Zero impact velocity; Water; Toyo Roshi No. 1511 filter paper (Thickness 0.11 mm).

さて FOURNIER D'ALBE-HIDAYETULLA (1955) によれば, 液滴径とろ紙上にできた相当浸痕径の関係は一般に

$$\lambda = r\phi^n$$

(ただし, λ : 滴径, ϕ : 痕径) で表わされる.

表1は多数の研究者の結果を再整理した要約である. n の値は universal constant ではなくて, (1) 液と紙の性質, (2) 液滴径と紙の厚さの比に関係する. しかし, この n は乾燥速度や衝突速度には無関係のようである. (滴径/紙の厚さ) の比が小さいとき n は1に近づき,

図2 東洋ろ紙 No.1 に eosine と talc を重量比 1:10 で混合したものを塗ったときの水滴直径対痕跡直径の関係

0.1 m の高さから自然落下: dessicator 内で乾燥. (TAKAHASHI's data より)

反対にこの比が大きいきとき 2/3 を示すことを知る. 図2は TAKAHASHI の data からえたものである. 東洋ろ紙 No. 1 を使い, dessicator 乾燥, 0.1 m 落下の条件である. 図3は INOUE の結果で, 東洋ろ紙 No. 2, 室内自然乾燥, 3m 落下の条件でえたものである. いずれも前処理として eosine : talc=1:10 を塗っている.

大きい水滴はろ紙上にとびはねを生ずるので, これを避けるため MIHARA (1951) は十分きれいにしたガラス板上で一度水滴を受け, その上に eosine-talc

図 3 水滴直径と痕径の関係

東洋ろ紙 No.2 に eosine と talc を重量比 1:10 で混合したものを塗布, 3m の高さから自然落下, 室内自然乾燥. (INOUE)

図 4 水滴直径と痕直径の関係

(A): 石膏ブロック, (B): 吸収紙 (水を 1% Nigrosine で染色). (COURSHEE-VALENTINE)

混合物で前処理したろ紙をあてて, 明確な円形の痕跡をえている。

(2) 石膏ブロック法

前述したようにろ紙法ではとびはねがおこるし, 浸痕の拡がり液滴の紙面との衝突速度に依存している。しかも実験結果のバラツキがかなり大きい(図 4 参照)。したがって, 検定のための落下速度はサンプリングの場合の落下速度と同じでなければならない。このことは困難である。厚くて吸収性のよい石膏ブロックでは前述の欠点がなく, しかも滴径とその痕径のあいだに直線関係があるという利点を有する。しかし, この石膏法にも欠点があり, (1) 滑らかな表面がほこりや取扱いの不注意で粗面になると浸痕の拡がりが変わる。(2) 使用が厄介で準備を必要とする。

石膏法は FURMIDGE (1954) により始められ, COUR-

SHEE-VALENTINE (1959) が詳細にしらべた。石膏ブロックを作る場合, 混合割合, 養生, 貯蔵条件, 表面汚染などにより浸痕の拡がり度合が影響されるから, とくに注意を要する。Calcium sulphate hemihydrate を使うとき, 石膏 100 に対して水 33~55 (重量比) で混合するのがよい。十分乾燥した石膏粉末では, 石膏 100 に対し水 45~55 の割合, 7% の過剰結晶水を含むわずかな水とした石膏粉末では, 石膏 100 に対し水 5~10 の割合で混合するのがよい。ブロックは 20°C で 24 時間養生する。以上の注意にしたがえば, 換算係数 (水滴径/浸痕径) は 0.263 で一定値を与える (図 4 参照)。ただし, これは直径 200 μ までの水滴では衝突速度 5 m/sec 以下, 直径 100 μ までのものでは 30 m/sec 以下の衝突速度で成立する。つまり石膏ブロックの場合でも, 水滴径がかなり大きい, または衝突速度のあまり大きいときは, 痕径への影響が現われる。石膏ブロック面上では, 浸痕の拡がりが大きいため, その重複に注意が必要である。石膏法では, ほぼ 7 μ の微粒まで測定可能である。

3. 痕跡法

(1) MgO 法

Mg リボンを燃し, その白煙でガラス・スライド面をいぶす。MgO 粒子に水がふれると粒子表面は水酸化マグネシウムとなり, わずか水にとけて連鎖状はくずれ, 水滴のはしの MgO 粒子は水が蒸発するにつれて中央に集まり, 粒子のない部分が環状にできて, 水滴の存在したはしが明確に見分けられる。これを顕微鏡または投影器を使って測定する。MgO 法は水滴群の mass median diameter が 100 μ 以下の場合によく使用されるが, 水滴直径約 10 μ 以下の微粒は正確に測定できない。また微細滴をスライド面に衝突させて採取するための空気流が非常に速いときには, MgO 表面が破壊される危険がある。

MAY (1945) は水滴径と MgO でいぶした slide glass にできるその痕径のあいだに直線関係があり, 換算係数は 0.86 であると決定した。そして衝突速度に関係しないという。他方, MARUYAMA-HAMA (1954) は 1~2% のコロジオンの酢酸アミール溶液をスライド面に滴下して乾燥塗膜し, これに MgO スモークを付着した。ガラス面そのままだと, 水滴はそのまわりににじみ出て二重の円を作り, 水滴が大きければ互に連らなってしまう。それゆえ, ガラス板そのままよりも撥水性にとんでいる板の方がよいのである。自然落下の条件で直径 30~150 μ の水滴について実験し, 換算係数 0.788 をえた。図 5 はこれを示す。

図5 MgO 層被覆ガラススライドにおける水滴径対痕径の関係 (MARUYAMA-HAMA)

図6 Water blue film およびMgO film の場合における水滴径対痕径の関係 (OKITA)

その後 OKITA (1958) は水滴の直径範囲を拡張して実験し、痕径と水滴径の間には、一般に直線関係はないとしている。しかし図6にみられるように、この非直線性は比較的大きい水滴の場合であって、直径 200~300 μ までの小水滴の範囲では、MARUYAMA-HAMA によって見出された直線関係が存在しているといつてよい。

以上述べたことから、結局、一般的には水滴径対痕径の比は水滴径それ自身および衝突速度で変わると考えられる。

HUAN MEI-YUAN (1962) はこの影響を巧妙な方法で詳細に研究している。それによれば、MgO 層で被覆したフィルムの換算係数は、(1) 水滴の大きさ、(2) その衝突速度、(3) MgO 層の厚さに明らかに依存している。しかし一般的にいて、水滴直径の3領域で換算係数に本質的差異が認められる。その領域とは、(A) MgO 層の厚さより小さい水滴、(B) MgO 層の厚さより大きい水滴、(C) MgO 層の厚さに相応した水滴の領域である。(A) 領域では、換算係数は水滴径にも衝突速度にも関係しないではほぼ 0.8 である。(B) 領域では、換算係数は水滴径に無関係だが衝突速度に依存する。

(C) 領域内では、係数は水滴径および衝突速度の両者に関係する。[図7は(B)領域においては換算係数(λ/ϕ)が衝突速度により変わることを示している]。

図7 MgO 法における換算係数(水滴径/痕径)の衝突速度への依存性(B)領域の場合 (HUAN MEI-YUAN)

このことから考えると、これまでの研究者達が種々異なった換算係数を与えていたことは当然である。したがって、それぞれの条件に応じた検定が必要である。

(2) 印画紙法

印画紙は感光の際、その一部がぬれると、その部分は他の地の色とは別な色に変わる。この現象を利用して印画紙で水滴を受け光にさらし、ぬれた部分を別な色に変色させ記録することができる。現象、定着の操作は不用でいたって簡単のため野外作業に適する。MAGONO (1953) は雨滴研究にこの方法を採用した。水滴が印画紙に落ちた瞬間に一たん拡がり、つぎに表面張力で収縮する。それゆえ色が2段になるが、通常、外側の拡がり径を測る。水滴が印画紙上で一たん拡がるのは、その運動エネルギーに起因するので、痕跡面積は印画紙の種類に無関係である。

MAGONO は直径 50~6,000 μ の水滴を終速度で印画紙に受け、

$$\lambda = 0.464 \phi^{2/3} \text{ (単位: mm)}$$

の関係を与えた。この式で λ が ϕ の $2/3$ 乗に比例することは、両者が体積と面積との関係に相当し、水滴はその大小にかかわらず印画紙上で一様な厚さの円板状に、一たんは拡がるということを示している。

SAKAGISHI-

WATANABE(1953)

図 8 印画紙面上の水滴痕跡

(MAGONO)

は印画紙で受けた

痕跡をもっと鮮明なものとするために、つぎの処理を提案した。写真現像薬（メートル・1、ハイドロキノ・4、無水亜硫酸ソーダ・15、無水炭酸ソーダ・23）を調合し、よくまぜてすりつぶす。水滴を生じた印画紙に受け上り薬品を紙上に散布すると、印画紙上の水滴はそのまま現像液の滴に移行するので、その部分が真黒になる。その後、水洗して現像薬を落とし、定着、水洗、乾燥する。あらかじめ粉末現像薬を散布しておくと痕跡周囲に突起ができるのでよくないが、微粒滴の場合は蒸発のおそれがあるから前もって散布しておくのがよい。

KOBAYASHI (1955) は印画紙を未使用のまま定着液につけ水洗した後、塩化コバルトの飽和溶液の中に浸け、これをフェロタイプ乾燥器にかけて乾燥したものを使用した。これに水滴を受けると、その部分だけ白色になる。

(3) 写真フィルム法

写真用フィルムを暗室内で現像液に浸し、それから日光に露出して、最後に十分現像する。この現像したフィルムをハイポ液で定着し、ついで十分水洗いして、塩化第二水銀の 3% 溶液の中に浸す。再度水洗した後、沃化カリの 0.5% 溶液に浸すと、フィルムの色は徐々に黄色に変わる。均一に黄色を呈したとき取り出して、すばやく水でそそぎ乾燥する。こうして、いわゆる hydrophotographic film がえられる。このフィルムを日光に露出すると、その色を変じて黒紫色となるが、これに水滴を受けると、その部分が再び黄色の痕跡となってあらわれる。

この方法によれば $20 \sim 30 \mu$ の微細水滴を明確に記録できる。 $100 \sim 200 \mu$ とやや大きくなるとはねとびがで

きるもので、これを防ぐため日光に露出して黒色に変じたフィルム上に castor oil を塗って水滴を捕捉するのがよい。この castor oil がクッションの役目を果し、水滴は castor oil の底に沈降してフィルム面に達し、きれいな円形痕跡を残す。後で oil をぬぐい去るとよい。この方法は SIVADJIAN (1957) によって報告されたものである。

(4) 色素痕跡法

MgO 方法は準備、保存がやっかいである。そこで水滴の連続的記録を必要とする場合をも考慮して、OKITA (1958) は水滴に鋭敏な water blue を塗った cellulose nitrate film を使用した。これは記録の長期保存が可能で準備も容易である。厚さ 0.08 mm の cellulose nitrate film (Nippon Celluloid Company) を濃度 2.5% の water blue 水溶液で覆い乾燥する。フィルム上に落ちる水滴は拡がるにつれて色素を溶解し、蒸発に際し美しい環を残す。環の外径を顕微鏡で測るか、その写真を撮って拡大投影して読み取る。図 6 は OKITA がえた結果で、 $2 \sim 600 \mu$ の水滴直径範囲に対するものである。フィルムに落下する水滴がかなり大きくてもスプラッシュが少ない利点がある。

$1 \sim 30 \mu$ という非常に小さい水滴の大きさを正確に測定するには、LIDDELL-WOOTTON (1957) により提唱された方法がよい。Gelatin のごく薄いフィルムに色素を含ませ、これをスライド面に塗る。ところで、微細粒の多くは 1 sec 以内にフィルムから蒸発するので、この微水滴に非常に敏感な水溶性色素が望まれる。また gelatin の薄層中で明確に色づくこと、無機塩類はフィルム上で結晶するから無機塩類を含まぬこと、gelatin 薄層中で要求濃度で結晶しないことなどが、この場合、色素のもつべき条件である。このためには Naphtol Green B が最適である。1 g の純粋 Naphtol Green B を 20 ml の温蒸留水に溶かし、ろ過してこれに gelatin の 4% 水溶液を加える。これを温めてスライドに塗る。衝突した微細水滴は、拡がるにつれて色素を溶解し、蒸発に際し環を残すから、この環の外径を測る。この場合、約 0.8μ の水滴径まで測定可能で、水滴径対痕径の換算係数は 0.4 である。

(5) スクリーン法

とくに大粒の水滴を観測する場合、サンプリング面との接触ではねとびや痕跡の不規則突起を生ずるのを避けるために、BLANCHARD (1953) は soot でいぶった 50 mesh, 100 mesh の金網を使用した。スクリーンを通過する水滴は soot を円形状に除去し、その大きさは水滴

径の関数である。金網のかわりにナイロン製網を使うのもよい。

4. 凝固法

(1) 凍結法

液滴の結氷点以下に冷却した寒剤中に捕集して、その液滴を凍結させる方法で、この特徴は、(1) 全噴射水滴の測定ができる（これ以外のどの方法もこの点では不適）、(2) 個々の滴が検査できる、(3) 測定を行なう全過程がほとんど自動的に迅速に行なえることなどである。凍結した滴を篩分けや沈降法によって容易に分級できる。

LONGWELL (1943) は冷却した toluene 中で水滴群を凍結し、TYLOR-HARMON (1954) は dry ice で -20°C に冷却した hexane を使っている。ただし、この場合、捕集液の表面で水滴がこわれることがあるので注意を要する。

(2) 凝固法

主としてノズルからの噴射液滴群の調査に採用される。対象となる液体のかわりに、静的物理性の類似した低融点液や流動ワックスを使って噴射と同時に凝固させて測定を行なう方法である。しかし液滴群中の微細粒の形成は噴射液体の力学的性質にもっとも関係するものと思われるが、この点まだ十分解明されていないので疑問が残る。

JOYCE (1949), TURNER-MOULTON (1953) がこの方法を使っている。

5. Immersion cell 法

(1) 低速液滴の捕集法

液滴を不溶性非揮発性の分散剤に捕集し、顕微鏡で測定する。この場合、捕集液滴が正しく球状を呈することが望ましい。TANASAWA (1949) の実験によれば、球状で捕集するには受止液の表面張力は粒になる液体より少なくとも 10 dyn/cm 以上小さくしなければならず、受止液の粘性係数は $10 \text{ dyn}\cdot\text{s/cm}^2$ ぐらいのものが適当で、しかもいろいろな液を混合したものがよい。たとえば水粒を油で受けとめる場合、水の表面張力は 73 dyn/cm であり、油は約 30 dyn/cm であるから、水粒の上にたちまち薄い油層ができて水粒は油中にめいり込み完全な球形になる。しかしグリセリン中に油滴を採取する場合は油滴はグリセリン表面上にレンズ状となって凝集し真の形を示さない。粘さが適当でないもの、混合液でないものは、めりこんだ粒が撮影中に凝集結合する傾向がある。水やアルコール、グリセリン系統の微粒に対してはバルボリン潤滑油を十分煮つめたものがよいらしい。

ADLER-MARSHALL (1951) は光学的に平たいガラスで作られた cell の底を non-wetting agent として GE Dri-film 9987 で被い受止液とし stoddard solvent を使った。そうすると cell の底で水滴が球状を呈して静止する。

また castor oil を受止液に使用した例もある。

(2) 高速液滴の捕集法

微細液滴を高速空気流にてサンプリング面に衝突させ捕集する場合は、スライド上に粘い oil を塗って液滴を捕えるのがよい。非揮発性液滴の場合、ガラス板上に直接捕捉して、この液滴により形成される平凸レンズの直径 (D) を知って液滴径 (λ) を求めることができる。

MAY (1945) はこのレンズの焦点距離 (f) を測って D をうる関係式

$$f/D = 1/2(\delta - 1) \sin \theta + 1/2 \tan \theta/2$$

を示し、この D より液滴径を決定した。 δ は液体の屈折率、 θ は接触角である。

水滴のときはスライド上の粘い oil 中に捕えて、その水滴が蒸発しないうちに同じ oil を塗ったカバー・スリップで覆うのもよい。またスライドに塗った grease 上に水滴を捕えて蒸発を防ぐため paraffin で被う例もある。

PIGFORD-PYLE (1951) はガラス・スライドに平坦かつ均一に vaseline petroleum jelly を塗り、内底に十分しめらせた吸取紙を敷いた浅い容器にこのスライドを置く。こうすれば測定の間、捕捉微水滴からの蒸発をある程度防げる。

6. 直接撮影法

高速瞬間撮影によって粒度を直接測定する方法である。写真を方形に区画した図面上に投影して読み取る。TANASAWA (1960) はマルクス回路を使用して $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ sec}$ の露出で瞬間撮影したことを述べている。また GREEN (1952), SCHLADERBUSCH-CZERATZKI (1959) もノズルからの噴射水滴群について、その水滴径および速度を写真撮影から巧妙に測定した。しかし、1枚の写真にうつる水滴数が少ないので、水滴数のごく少ないときにしか適さないし、微細粒の測定は困難である。

7. Electronic 法

噴射液滴群を測定するのに SAUTER (1926) は光学的方法を使用した。微少液滴は曲率半径が小さくレンズ作用が強いため滴にあたった光線は強く曲げられる。したがって平行光線をあて像を screen 上に投ずると黒く写り、ちょうど不透明な滴があった場合と同様になる。この作用を応用して微少液滴がある場合とない場合の sc-

reen 上の照度を光電管などによって比較し、ほかに全液粒の容積をはかれば、比表面積を主とした平均粒径を求めることができる。この方法は直読できる利点があるが、比表面積を主とした平均径しか求めない。

Charged wire で構成された interceptor に電導性の液滴が衝突すると、その wire に負の電氣的パルスが生ずる。このパルスは液滴の大きさで変わる。このパルスを増幅し弁別器に送り込み、設定電圧以上のパルスのみを通過させる。通過パルスを scaler によって計数する。この方式は GEIST-YORK-BROWN (1951) に採用され、かなりの成功を収めた。その他 HAWKSLEY (1952), ADLER-MARK-MARSHALL-PARENT (1954) など参照されたい。

雨滴の研究用として、MAULARD (1951) は電話の受話器の膜に雨滴を受け、雨滴 1 個ずつの音の強さを測るとともに雨滴の数を数えた。これによれば直径 0.5 mm 以上の雨滴に限られる。

その後 BOWEN-DAVIDSON (1951) は雨滴の spectrograph を、また MASON-RAMANADHAM (1953) は雨滴の spectrometer を開発した。Spectrometer の原理は雨滴により乱される光の量が粒径と関係することを利用したものである。光学系は光源コリメーター、スリット、望遠鏡からなり、スリット部を通過する雨滴によってコリメーターから平行光のビームを散乱させ、コリメーターと約 20° の傾きを有する望遠鏡により散乱光を光電管に送りこむ。光電管および電子管系により光エネルギーは、電気エネルギーに変えられ増幅される。最終段の計数回路はバイアス電圧と異なり、8 個の回路が並列に接続され階層化と計数を行なう。この方法では直径約 100 μ 以上の水滴の測定が可能である。

文 献

- (1) ADLER, C.R., MARK, A.M., MARSHALL, W.R. and PARENT, R.J. 1954 Chem. Eng. Progr. 50: 14.
- (2) ADLER, C.R. and MARSHALL, W.R. 1951 *Ibid.* 47: 515.
- (3) BLANCHARD, D.C. 1953 J. Met. 10, (6).
- (4) COURSHÉE, R.J. and VALENTINE, R.W. 1959 J. Agric. Engng. Res. 4: 62.
- (5) FOURNIER D'ALBE, E.M. and HIDAYETULLA, M.S. 1955 Quart. J. Roy. Met. Soc. 81: 610.
- (6) GEIST, J.M., YORK, J.L. and BROWN, G.G. 1951 Ind. Eng. Chem. 43: 1371.
- (7) GREEN, R.L. 1952 Agr. Eng. 33: 563.
- (8) HAWKSLEY, P.G.W. 1952 Nature 170: 984.
- (9) HUAN MEI-YUAN 1962 Izv. Akad. Nauk SSSR, geofiz. No. 10.

- (10) INOUE, H. 1962 香川大学農学部学術報告 14: 75.
- (11) ITOO, K., YANO, T. and HAMA, K. 1953 気象集誌 Ser. II, 31: 219.
- (12) JARMAN, R.T. 1956 Quart. J. Roy. Met. Soc. 82: 352.
- (13) JOYCE, J.R. 1949 J. Inst. Fuel. 22: 150.
- (14) KOBAYASHI, T. 1955 気象集誌 Ser. II, 33: 217.
- (15) LIDDELL, H.F. and WOOTTEN, N.W. 1957 Quart. J. Roy. Met. Soc. 83: 263.
- (16) MAGONO, C. 1953 気象集誌 Ser. II, 31: 286.
- (17) MARUYAMA, H. and HAMA, K. 1954 *Ibid.* Ser. II, 32: 167.
- (18) MASON, B.J. and RAMANADHAM, R. 1953 Quart. J. Roy. Met. Soc. 79: 490.
- (19) MAY, K.R. 1945 J. Sci. Instrum. 22: 187.
- (20) MIHARA, Y. 1951 農業技術研究所報告 Ser. A, No. 1: 1.
- (21) NIEDERDORFER, E. 1932 Met. Z. 49: 1.
- (22) OKITA, T. 1958 気象集誌 Ser. II, 36: 164.
- (23) OUCHI, K. 1957 *Ibid.* Ser. II, 35: 197.
- (24) PIGFORD, R.L. and PYLE, C. 1951 Ind. Eng. Chem. 43: 1649.
- (25) RICHARDSON, E.G. 1935 Flow Properties of Disperse Systems. ed. by J. J. HERMANS, Amsterdam; North-Holland Publishing Co.
- (26) SAKAGISHI, S. and WATANABE, K. 1953 気象集誌 Ser. II, 31: 323.
- (27) SCHLADERBUSCH, H. and CZERATZKI, W. 1959 Landtechnische Forschung 9: 25.
- (28) SIVADJIAN, J. 1957 Quart. J. Roy. Met. Soc. 83: 372.
- (29) TAKAHASHI, Y. 1943 気象集誌 Ser. II, 21: 111.
- (30) TANASAWA, Y. 1949 化学機械協会年報 7: 84.
- (31) TANASAWA, Y. 1960 熱機関大系 6, ディーゼル機関 1, 東京; 山海堂.
- (32) TATE, R.W. and MARSHALL, W.R. 1953 Chem. Eng. Progr. 49: 161.
- (33) TURNER, G.M. and MOULTON, R.W. 1953 *Ibid.* 49: 185.
- (34) TYLOR, E.H. and HARMON, D.B. 1954 Ind. Eng. Chem. 46: 1455.

補 記

微細液滴を、空気流を使ってスライド面に衝突捕捉する場合には、スライドが障害物となって、その周囲をとりまく空気の流れを生ずる。そのために微細粒のある部分はスライド面に衝突できないで空気流とともに去る。この場合、真のサンプルをうるのに、いわゆる collection efficiency を考慮しなければならない。これに関しては、つぎの文献を参照されたい。

- ALBRECHT, F. 1931 Physik. Z. 32: 48.
 GEIST, J.M., YORK, J.L. and BROWN, G.G. 1951 Ind. Eng. Chem. 43: 1371.
 LANGMUIR, I. and BLODGETT, K.B. 1954 Chemical Engineers' Handbook. ed. by J.H. PERRY, 1022, New-York, McGraw-Hill.
 RANZ, W.E. and WONG, J.B. 1952 Ind. Eng. Chem. 44: 1371.
 SELL, W. 1931 Forsch. Gebiete Ingenieurw. 2, Forschungsheft 347.