

## 蒸散法に関する研究 (第3報)

### 農薬煙霧質のハウス内拡散に関する試験

芳岡 昭夫・瀬崎 滋雄・田和 稠司

## Studies on the Device of Jowsan Fogger. 3.

### Tests of the diffusion of agricultural chemicals aerosol in the greenhouse and vinylhouse.

Akio YOSHIOKA, Shigeo SEZAKI and Chuji TAWA

#### 緒 言

前報において蒸散法における薬剤の揮散についてのべたが、本法は筆者らが開発し、命名したまったく新しい施設園芸の省力病害虫防除法であり<sup>13)15)16)</sup>、一部に普及したくん煙法<sup>5)11)12)</sup>と比較した場合、本法は薬剤別に処理温度を調節させることが可能であるため、今後もさらに多くの農薬が蒸散法によつて処理され、急速に実用化されてゆくものと思われる。

しかしながら近年の施設は年とともに大型化し、重装備となりつつあるが、換気の方法についても天窗や側窓の開閉式によるもの、換気扇による強制換気方式をとるものなど多くの方式と、さらに施設の規模、構造の組合せにより一概に説明できない程雑多である。

蒸散器から揮散した農薬の粒子は、対流によつて拡散するとすれば、このような施設に構造差があれば当然室内の気象も異なるので、必ずしも均一な拡散性を示すとは考えられない。事実蒸散器が実用器として市販されるまでの筆者らの多くの使用試験<sup>7)10)13)14)15)16)17)</sup>、ならびに昭和46年度より、主として奈良県を中心として発売された約200台の使用経験からしても、施設によつては必ずしも薬剤の拡散が均一でなかつたところもある。このような農家では使用経験からハウス内における蒸散器の設置場所をかえたり、処理の時刻を遅くしたりしてほぼその目的を達成してはいるが、このような拡散の不均一は効果や薬害にも大きく影響すると思われる。

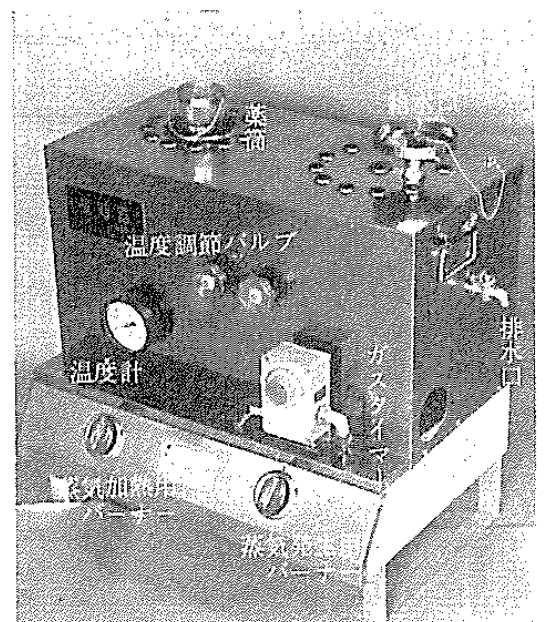
施設内の大気中に揮散された煙化粒子の拡散は、蒸散法であろうとくん煙法であろうと、それが主に空気の対流によつておこなわれているものならば、室内の空気流動との関係を調査する必要があり、特に温度差と空気流動、空気流動と落下量、落下量と粒度との関係などについて、それぞれ施設の規模をかえて調査することにした

のでその概要を報告することにする。

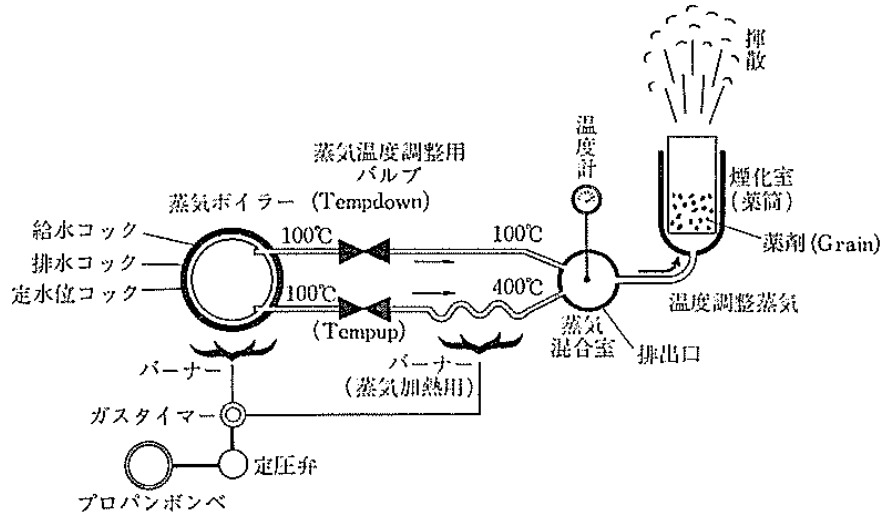
#### 実験1 小型ハウスにおける拡散調査、 実験材料および方法

1972年6月5日、奈良県農業試験場内に設置された南北棟長さ約17m、巾約5m、高さ3m (265m<sup>3</sup>) の、トマト (草丈1.8m) を栽培するビニールハウスの中央部に蒸散器を置き、第3図のごとくハウスの隅にそれぞれ1個所づつ、蒸散器の横とハウスの東側、西側の中央部に1個所、合計7ヶ所の落下量調査地点を選定し、ハウス東列北側をNo. 1、同中央をNo. 2、同南側をNo. 3、ハウス中央部をNo. 4、ハウス西列の北側、中央、南側をそれぞれNo. 5、No. 6、No. 7とした。

薬剤の落下量調査地点には、4cm<sup>2</sup>のろ煙紙を地表1



第1図 蒸散器 (10-A型)



第2図 蒸散器の構造

mの高さに水平に保持せしめて分析資料とした。蒸散器の設置場所はハウス中央部とし、18時よりハウスを密閉して処理し、処理直前ハウスの中央部と南、北両端について、地上1.5mの温度を観測した。

(蒸散器とその使用法の概要)

供試した蒸散器は市販の10-A型であり(第1図、第2図)、本器の概要はプロパンガスによつて点火、加熱されたボイラーの水が、水蒸気となった場合2つのパイプにブに透導して、その1をそのまま他の1を400°Cに再加熱して蒸気混合室にみちびき、両者の混合比で常圧のまま任意の蒸気温度を得て煙化室に送る。煙化室には本器用に製造された粒状の農薬を入れることにより、薬剤の有効成分のみが煙化して水蒸気とともに大気中に揮散し、煙霧粒子となつて拡散させるものである。

したがつて使用する農薬の種類によつて処理の温度を異にするものであるが、使用薬量は一般に面積当りの水和剤使用量に準じて使用し、薬剤の投入後煙化が終了するまで、有効成分が蒸気と同伴して施設内に揮散され、大気中で放冷、凝縮した煙化粒子が充満して防除効果を発揮するもので、定置式の省力を目的とした自動病害虫防除機具である。

ボイラー内の水量は約2.8l、点火後4~5分で蒸気が得られ、供用薬剤所定の温度に調節後薬剤を投入し、10aの施設では約25分後に自動的に終了する。

供試薬剤はユーピーゲレン(水和前名ユーパレン)40%を、170°Cの蒸気温度で15分間、m<sup>3</sup>当り0.2g使用し、処理後13時間目に分析資料の分析に当つた。

分析は各地点ごとの資料をコルベンにおさめ、ただちに100mlのn-ヘキサンで浸漬抽出し、ガスクロマトグラフィー 検出器はECD、<sup>63</sup>Ni 15mCi)で定性定量し

た。

ガスクロマトグラフィーの条件

カラム; 1m φ 3mm ガラスカラム

カラム; Silicone OV-17 5%

Support chromo Sorb G WAW.

DMCS. 60/80mesh

カラム温度; 190°C

注入口温度; 220°C

検出器温度; 250°C

キャリアー; N<sub>2</sub>

使用器種; 日本電子製 JGC-1100

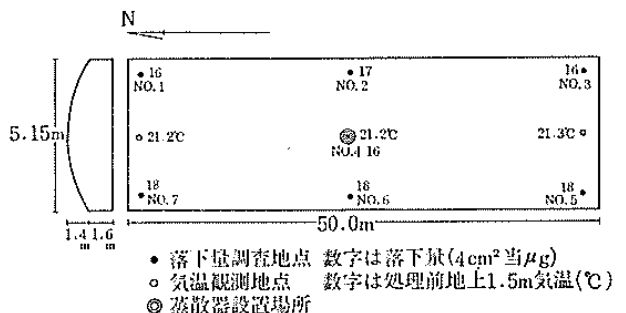
実験結果

気温観測

蒸散処理直前の温度は、ハウス北側、中央部が21.2°C、南側で21.3°Cであり、室内の温度にはほとんど差を認めなかつた。

拡散

処理後13時間目の分析結果は第3図のごとく、4cm<sup>2</sup>当り18μg~16μgの範囲内で、各地点とも均一な落下量



第3図 小型ハウスにおける拡散

を示した。

実験Ⅱ 温度差をもつ施設における気象と拡散  
実験材料および方法

気象観測

奈良県農業試験場内に設置された南北棟、長さ45.5 m、巾14.3m、棟高3.6 m二連棟(646m<sup>2</sup>, 1744m<sup>3</sup>)のトマト(草丈2.0m)を栽植したガラス室を供試した。

本ガラス室の換気は換気扇による強制換気方式で、北側に吸気口、南側に大型換気扇8基を備えたもので、いづれも温度により自動的に作動するしくみになっている。

気象観測は1972年5月22日、蒸散直前(18時50分)の温度を、施設内の北側端より1 m、3.6m 内測でそれぞれ東側より2 m、中央部、西側より2 mの地点6ヶ所、同じく南側端より1 m、3.6m の地点で東、中央、西側の6ヶ所と中央部の東、中央、西側の3地点について地上50cm、150cm、250cm、について1/5目盛通風乾濕計で観測した。

さらに日中の温度と蒸散時刻の温度との関係を見るため6月20日に15時、16時、18時の3回、前記方法で観測した。また冬期と気温の高い時期との関係を明らかにするため、従来から同施設内に設置された隔測寒暖計の記録をもとに、1971年12月31日(晴天)、1972年1月10日(曇天)、同年1月13日(曇天)、同年2月10日(雪天)の日中の気温(14時、16時)と蒸散処理直前の気象観測をし、さらに蒸散処理をした6月3日、10月20日にも処理前の気温を調査した。

薬剤の落下量調査は第1実験を1972年5月22日、施設の中央部に蒸散器を設置して実施し、第2実験は同年10月20日施設の南端より約5 m のところに置いて実施した。なお第2実験時の作物は8月に再度植付たもので、草丈は約1.3mであった。

落下量の調査地点は、施設の四隅と蒸散器を結ぶ交叉点上に17点を、東側列中央部、西側列中央部、ならびに中央列上の南、北端とさらにそれらと蒸散器との中央位置に各1点ずつ、合計23地点について第1実験、第2実験とも設定した。

落下量調査地点には、地上1 mの高さにキュウリの葉を5 m<sup>2</sup> (5×5cm)に切断し、水平に保つよう保持して分析資料とした。

蒸散処理は蒸散器 10-A 型を使用し第1実験、第2実験とも、19時30分よりダコグレン(水和剤名ダコニール)50%を、300~350℃の処理温度で25分間 m<sup>2</sup> 当り 0.2g 供試し、蒸気量は毎分65ccとした。

落下量の分析は、第1実験においては、処理終了後1時間目、および12時間目に、第2実験においては同12時間目に、それぞれの地点の分析資料をコルベンにおさめ、100ml の n-ヘキサンで浸出抽出し、ガスクロマトグラフィーで分析した。ガスクロマトグラフィーの条件は実験1と同じとした。

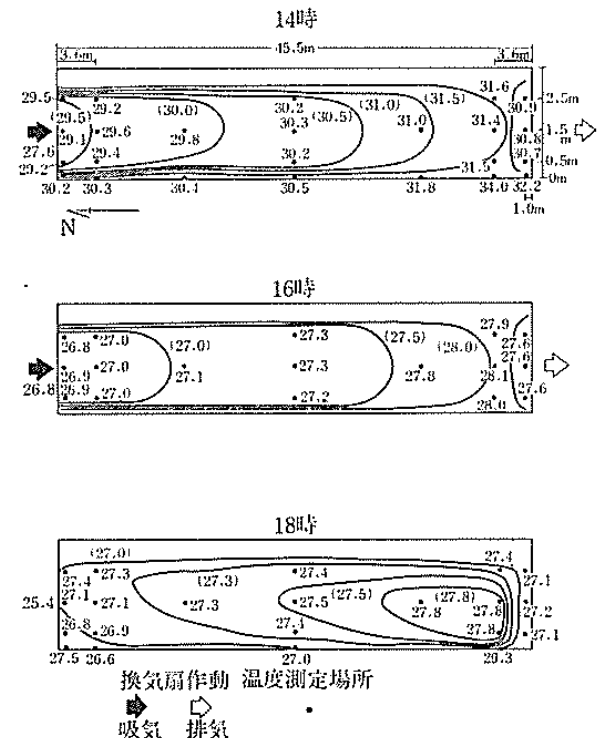
実験結果

気象観測

5月22日蒸散処理直前の地点別温湿度は第1表のとおりである。すなわち蒸散処理は換気扇の停止した約1時

第1表 1972年5月22日の蒸散処理時の施設内気象較差

南北別	東西別			
	西側列	中央列	東側列	
吸気側(北)より1mの地点	温度℃	19.5	19.5	19.6
	湿度%	81	81	81
中央部	温度℃	20.1	20.4	20.4
	湿度%	83	83	84
排気側(南)より1mの地点	温度℃	20.3	20.3	20.3
	湿度%	87	87	87



第4図 温室内における換気時とその後の温度分布(曇)。1972. 6. 20

間後で、この時点では、吸気口測の気温が低く、中央部、排気口側(換気扇測)の温度が高かった。また湿度も吸気口測が低く中央部、排気口側とうつるにつれ高くなることが明らかとなった。

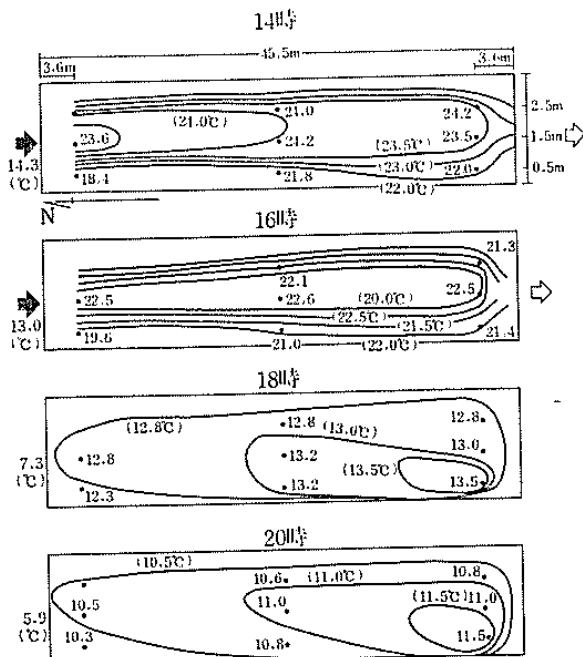
6月20日の観測結果は、第4図のとおり14時と16時の換気扇作動時はほぼ同様の温度分布傾向を示した。すなわち換気扇作動時においては吸気測は排気測よりも、地温、気温とも著しく低かったが、ハウス内各地点における高さ別の温度にはあまり差がみられなかった。

とくに排気口測より4m前後の地点の地温は最も高く、その影響によるためか気温もこの地点の上層が高かった。しかし18時(換気扇自動停止後30分)の温度は排気測の日中地温の高かったところを最高とし、施設の中央部(地上1.5m)にかけての温度が高く、次第に吸気の側になるにつれ低温となった。

1971年12月31日における同施設の自動隔測観測結果は第5図のとおりであり、6月20日の通風乾温計による観測と同一の傾向を示した。

1972年1月10日、同1月13日の結果は第6図1~2のとおりで、ともに終日外気温が低かったため換気扇は作動しなかったが、日中の温度分布は施設の北側に低く、南側に高い温度分布を示し、かつ施設の棟部になるにつれ高いことを示した。しかし17時の温度分布は第4図、第5図とまったく同様の傾向にあった。

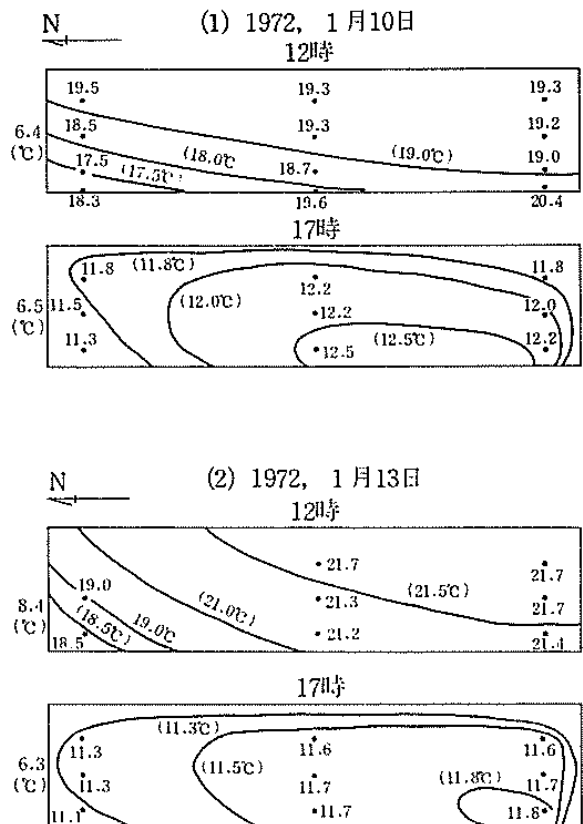
2月10日は朝から雪であったが本施設は都合で暖房機



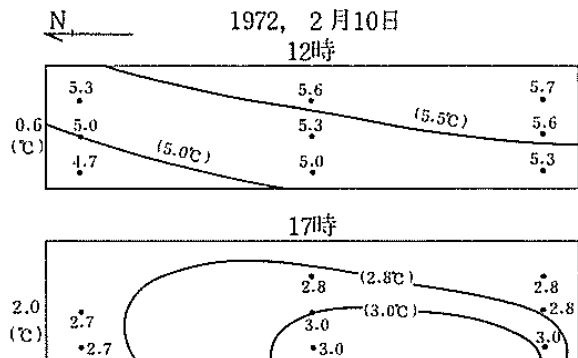
第5図 温室内における換気時とその後の温度分布(晴). 1971. 12. 31

が作動しなかったため、上面のガラスに5cm程の積雪があつた。したがって光線の透過も曇天時より悪く、ために室温も第7図のとおりきわめて低くまた南北間の日中の気温差もわづかであつた。ゆえに17時の温度差も少なかったが傾向は第6図、1~2と同一であつた。

以上の観測結果から本実験に供試した施設では南側(排気側)はつねに気温が高く、北側(吸気側)におよぶにつれ低くなることが明らかとなった。また第2表のとおり夏期、冬期をとわず日中高温な日ほど、吸気側と排気側の温度差が大きく、温度の高い6~10月において



第6図 曇天時無換気の温度分布



第7図 雪の日における無換気の温度分布

第2表 換気扇による換気方式による吸気口側と排気口側の温度差

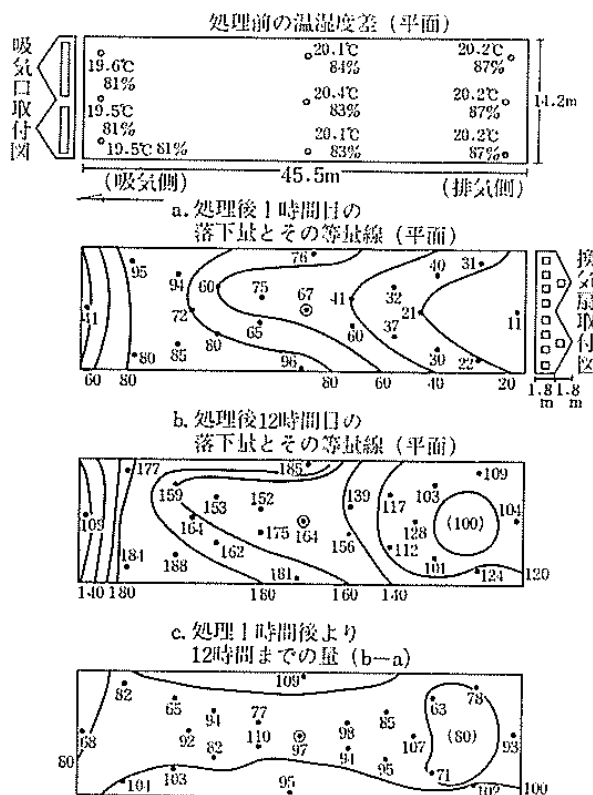
観測月日	10月20日	12月31日	6月3日	6月20日	1月10日	1月13日	2月10日
天候	曇	晴	曇	曇時々晴	曇	曇	曇
日中の換気扇状態	一時稼働	一時稼働	終日稼働	終日稼働	終日停止	終日停止	終日停止
処理時の温度差℃	0.8	1.2	0.8	1.0	0.9	0.7	0.3

処理時の温度差は吸気口側と排気口側の差

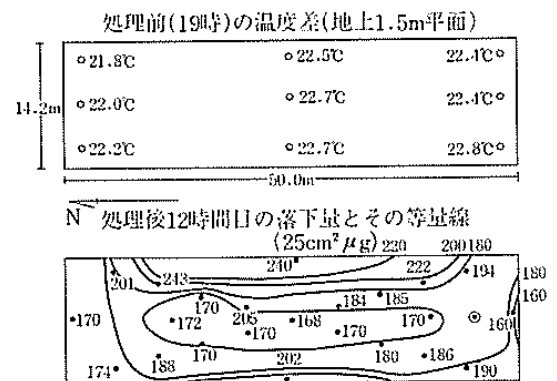
は曇天でも終日換気扇が作動している場合もあるが、ある程度の温度差がみられた。

拡散

第1実験においては、蒸散処理1時間後における地上1mの各落下量調査地点別の薬剤の落下量は均一でなかった。すなわち蒸散器附近の落下量は25cm<sup>2</sup>当り65μgであつたが、吸気口側においては80~95μgで、吸気口側から3~4m 附近から急に落下量の減少が目立つた。一方蒸散器より排気口側に近づくにつれ薬剤量は減少し、とくに施設の中央部線上の薬剤量が少なく、東側、西側に多い傾向を示した。排気側附近の平均落下量は20



第8図 温度差のあるハウスの温度分布と拡散 (1) (蒸散器を中央においた場合) (1972, 5. 22)



第9図 温度差のあるハウスの温度分布と拡散(2) (蒸散器を南側においた場合) (1972, 10, 20)

μgであつたから最低最高差は1時間後において4.5倍を示した。

12時間後の落下量は1時間後の落下量にはほぼ均一の数字を加えた量を示したが、第8図のごとく南側に落下量の少ない地域が目立つた。しかし処理1時間目以降の落下量は各地点とも大略90~100μg 落下したことになり、最高最低差は約1.8倍で処理1時間目のそれより差が少なくなつてゐることを認めた。

第2実験では南側に蒸散器を置いたが、拡散状態は前実験より均一で、落下量の最高、最低差は1.5倍であつた。また、両実験とも温度の低い場所に著しく落下量が多く認められた(第9図)。

実験III. 施設内における煙の流動調査  
実験材料および方法

1972年6月20日奈良農業試験場内に設置されたトマトを栽植する南北棟、長さ45.5m 巾14.2m 棟高3.6m

の2連棟温室内において、18時より換気扇を停止させて室内を密閉し、煙の流動状態について観察した。

使用した煙はタバコの煙の主流および副流であり、施設内の通路、畝間をとわず、かつ水平、垂直的に各地点ごとに発煙した煙の流動状態をスケッチし、全体的な動きを調査した。

### 実験結果

タバコの煙は主流の方が観察しやすかった。

地上約1.5mまでの煙の流は明らかに吸気口側から排気口側に流れ、地上1.8m以上では逆に排気側より吸気側に向って流れることを観察した。

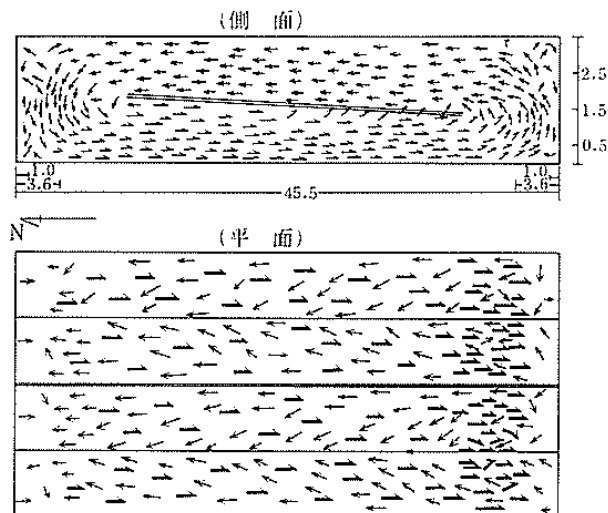
また吸気側より1.0~1.5m、排気側より1.0~1.5m附近では、どの高さにおいても一定方向への明らかな煙の流れを示さなかつた。

しかしながら排気側から約3.5~5.0m附近では煙が著しく棟部に上昇することが認められ：施設の中央部にうつるにつれその傾向はうすれることも観察された。

吸気口側より3~4m中央部よりの場所では上部の煙が下降することもしばしばみられた。

煙の流れは作物の茎葉間、通路などに差はなく、肉眼的には速度に変化はないようであった。

これらの結果を第10図に示したが、吸気口側から排気口側に向って流れる室内下部の煙は、排気側の手前で上昇し棟部に上昇しながら吸気口側に進み、室内上部の流れはいつでも吸気口側に向つたが、いずれの場所においても東側から西側、西側から東側への流動はまったくみとめなかつた。



第10図 施設内の煙の流動 (1972. 6. 20. 18時)

### 実験IV 模型ハウスにおける煙の流動調査

#### 実験材料および方法

厚さ4mm、塩化ビニール製の透明板で長さ1m、巾30cm、高さ40cmの模型ハウスを作り、低部の一方に70℃の温湯300cc、他の一方に氷を300gそれぞれガラス製の容器に入れて左右に温度差を作つたものと作らないものについて調査した。

低部の中央には発煙源として点火したタバコを置き、煙の室内流動を観察した。また棟部に氷をのせて室内上部の温度を冷却した場合の流動もあわせて調査観察した。

### 実験結果

#### 温度観測

変温処理を加えない場合の箱内の気温は30℃であつたが、低部に湯や氷を入れた場合発煙直前の箱内の温度については、発煙点上部20cmで31℃、高温部(湯の上部20cm)では34.0℃、低温部(氷の上部20cm)では30℃であつた。

#### 煙の流動観察

容器内に変温処理を加えない場合の煙は第11図のごとく、中央の発煙点から垂直に上昇し、棟部に到達して前後左右に分れて下降し、均一に対流することを認めた。

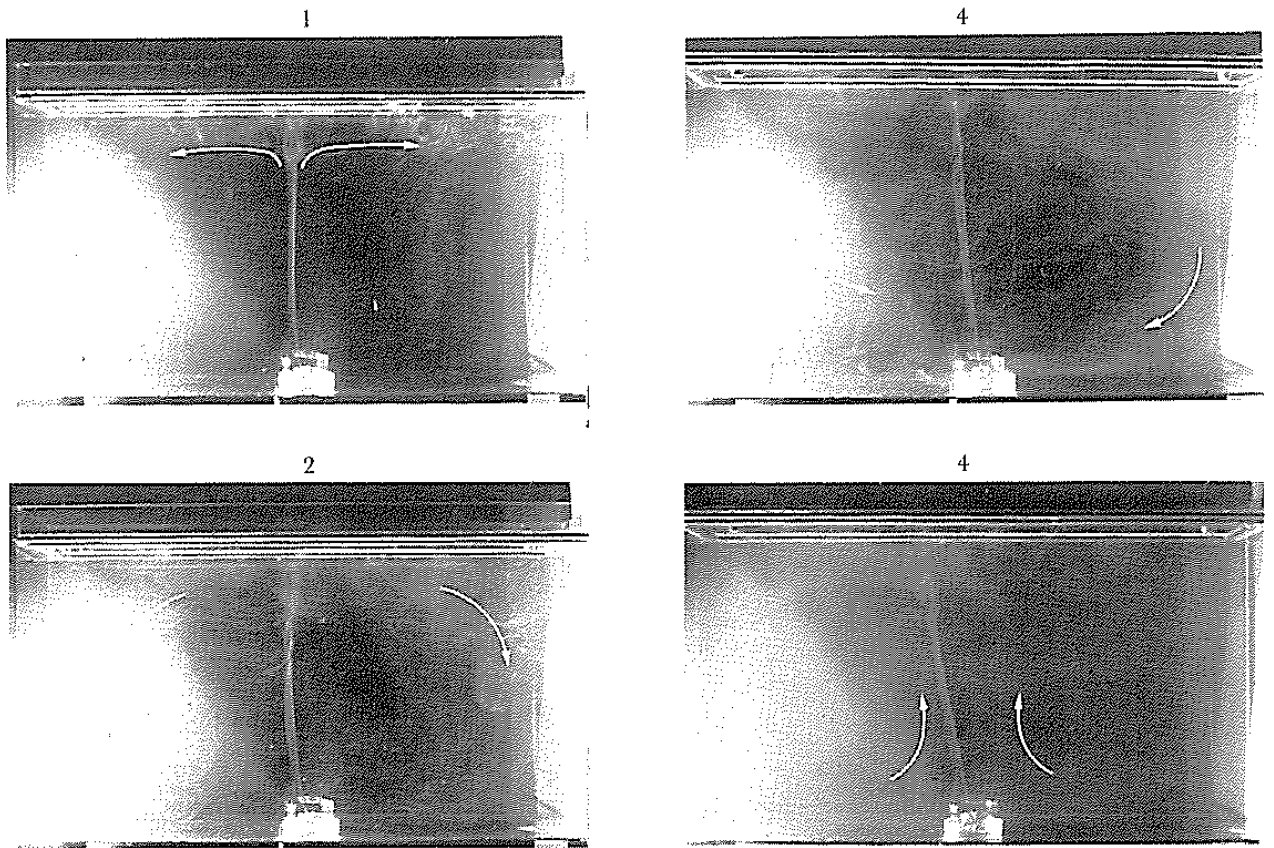
つぎに変温処理をした場合、中央発煙点の煙は垂直に上昇するが、その煙は棟部ですみやかに低温側に流れ、一部のものは棟部に達する前に低温側に流れた。このようにいずれの煙も中央上部から低温側に流れたが、そのほとんどの煙は低温部測の上部から下降することを認め、さらに低部を高温側に流動し、やがて、高温部上面に上昇し、次第に容器内に充滿した(第12図)。つぎに楕形ハウスの棟部に氷をのせて、室内上部の温度を冷却した場合、上昇した煙は棟部に達する前から、棟部の低温側に流れることを観察した。また容器低部を変温処理しないで、棟部全面を冷却した場合、煙は下方にたなびくが、棟部の温度が高い場合棟部を冷却しない場合の煙は上部の壁面に附着するかのようにならなかつた。温度差を低部に加えて棟部の一部に氷をのせると、第13図のごとく煙は氷の下で急に低温側に向つた。

### 実験V 温度差の少ない施設における拡散調査

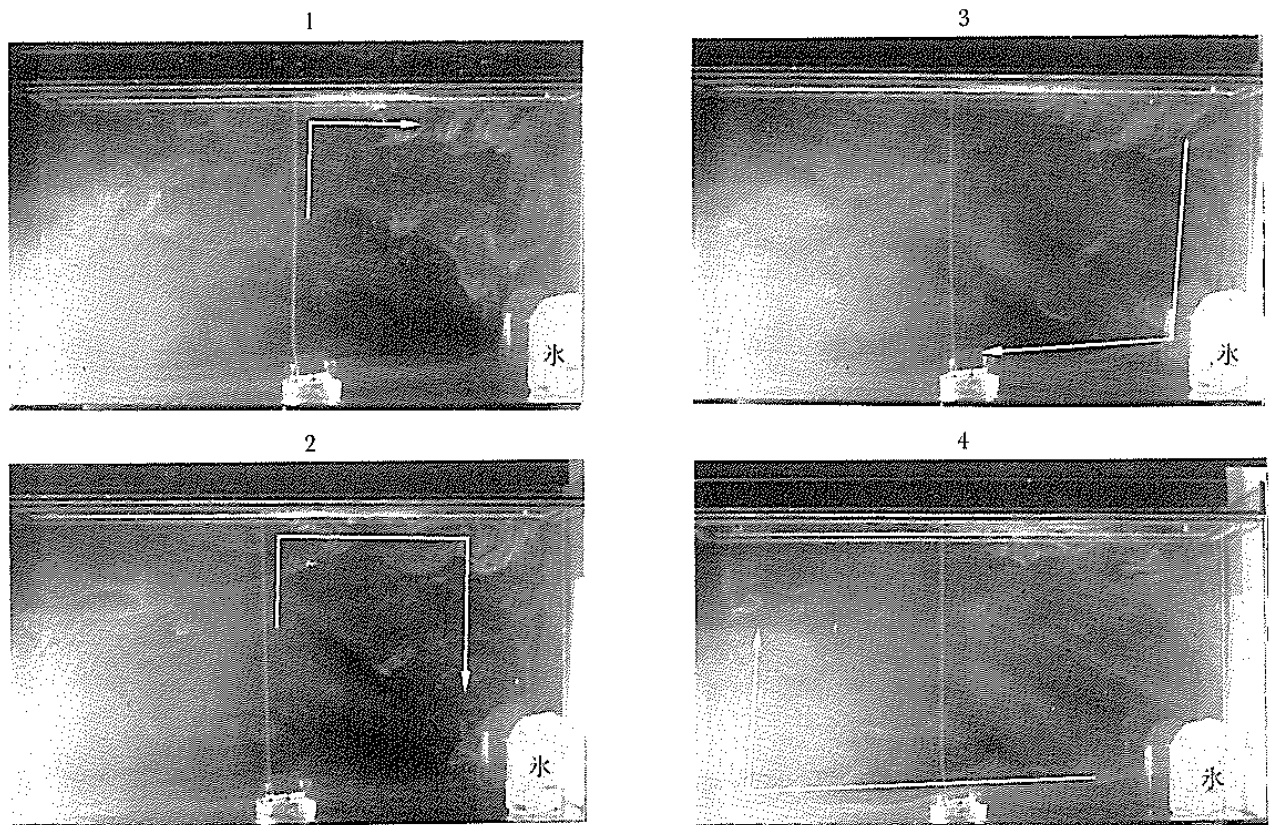
#### 実験材料および方法

1972年9月25日奈良県立農業大学校内に設置された、トマト(草丈40cm)を栽培する南北棟、長さ50m、巾10m、天窓開閉式のガラス温室(単棟)を供試した。

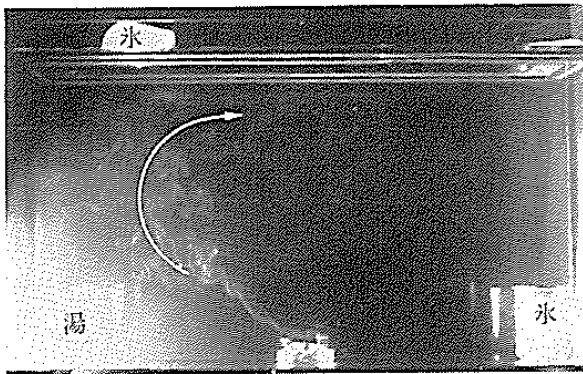
気象観測は14時、16時、および処理直前について温室



第11図 模型ハウスにおける煙の対流



第12図 左右の温度差による煙の流動



第13図 左右上部の温度差と煙の流動

の南、北端より1m内側のところ、および中央部についてそれぞれ、東測、中央、西測の計9ヶ所で地上1.5mの温度を前試験に準じて観測した。

蒸散器は大型実用器(10-A)を使用し、室中央に設置して、蒸散はダコグレンを350℃~365℃で約30分間、m<sup>3</sup>当り0.2gをもつて処理し、蒸気量は毎分65ccとして日没後17時より実施した。

落下量の測定は前試験に準じ、供試温室の四隅と東、西、南、北がそれぞれ室の中央部で交叉する線上に、等距離の19点を定めて、地上1mの高さに25cm<sup>2</sup>の面積に切ったキュウリの葉を水平に個定し、蒸散処理後13時間後の落下量を前記試験と同一方法で分析調査した。

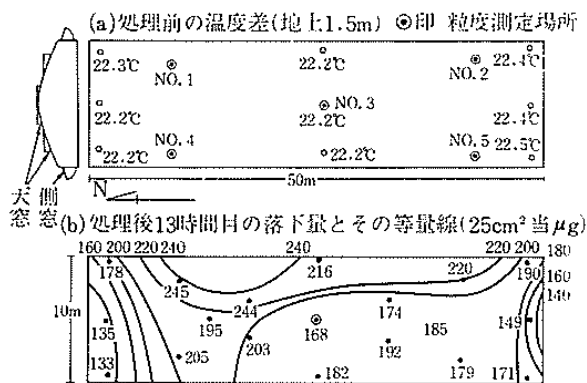
実験結果

気象観測

14時、16時、および処理直前に観測した結果は、南測が各観測時とも稍高目(0.2~0.3℃)の傾向を示したが、その他の観測地点はほとんど同一であつた。

拡散

第14図のごとく落下量の最も多かつたのは東北側で、



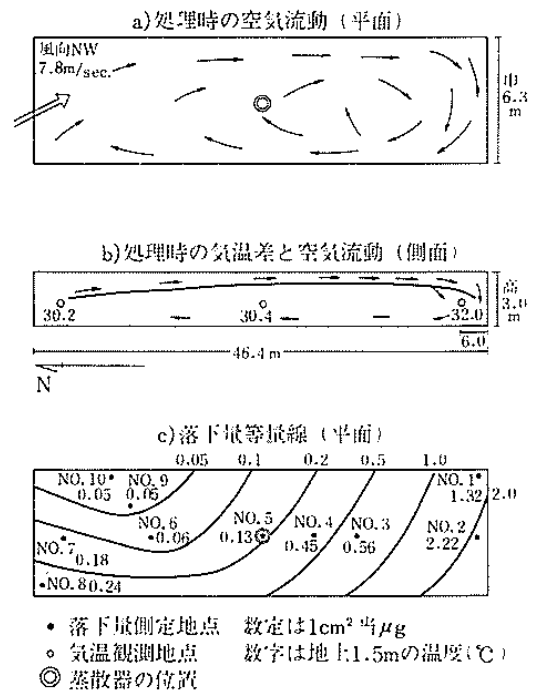
第14図 温度差の少ないハウスに於ける拡散(天窓・側窓開閉式の場合)(1972, 10, 25)

次いでハウスの東側であり、南北測は稍少な目の落下量を示したが、蒸散器を中央に設置しても、作物の栽培されている範囲内の拡散は大略均一と思われた。

実験VI 風の吹込が拡散に及ぼす影響調査

実験材料および方法

1968年6月13日、奈良県農業試験場内に設置した長さ46.4m、巾6.3m(約500m<sup>3</sup>)南北棟の単棟ビニールハウスで、トマト(草丈約1.6m)を栽培した施設を供試した。本ハウスは北測に吸気口、南側に換気扇2基を備えたものであるが、設備上不完全なところがあり吸気側より空気の透過が多く、かつ本実験開始時は瞬間風速7.8mの北西の風が吸気側よりハウス内に吹込む状態に



• 落下量測定地点 数値は1cm<sup>2</sup>当μg  
○ 気温観測地点 数字は地上1.5mの温度(℃)  
◎ 蒸散器の位置

第15図 風の吹込と拡散



あつた。

落下量の測定は第15図の場所について、それぞれ地上1.5mの高さに径11cmのシャーレを水平に個定し、蒸散開始後、13時間後に分析した。

供試薬剤はユーピーグレン  $m^3$  当り 0.15g、蒸散温度175°Cで約13分処理し、蒸気量は毎分55ccとて16時0分より開始した。

気象観測は処理直前(15時50分)室内中央通路の北測、中央部、南測の3ヶ所につき、地上1.5mの気温を観測し、処理時より煙の流を肉眼観察で実施した。

分析は処理後シャーレをアセトン約20~30mlを用いて十分に洗浄し、洗液を合わせ減圧下で5mlまで濃縮し、2%塩化ナトリウム溶液約200mlが入った分液漏斗中に、少量のアセトンで洗い入れn-ヘキサン50mlにて3回振とう抽出を行い、n-ヘキサン層を合せ脱水脱色後減圧下で溶媒を留去して一定量として検液とし、ECDつきガスクロマトグラフにて検出、別に作成した検量線によりユーバレン量を算出した。

ガスクロマトグラフィの条件

カラム；U字型ガラスカラム  $\phi$ 4mm 1.8m  
充填剤；5%DC-200 chromo sorb W.

60/80mesh

酸処理、シラン処理

カラム温度；200°C

注入口温度；225°C

検出器温度；225°C

キャリアーガス；窒素ガス 80ml/min

バーシガス；窒素ガス 0.4l/min

Voltage ; 25V

エレクトロメーター感度； $10^2 \times 16$

使用器種；マイクロテック製 220型

### 実験結果

処理当日は快晴であつたが処理時の約1時間前より北西の風平均、6m/sec、処理時も最高8m/sec.の風が施設内に吹きこみ、地上1.5mの気温も処理直前北側(風の吹きこんだ側)の方が南測の方より約2°C低かつた。

肉眼的に煙の流動を観察して空気の流動調査をしたが、北側より吹きこんだ風のため煙はハウス内の上部を南側に流れ、平面的には南東部側にかたよりながら、南側ないし南西側に充満し、北側への移行は北西側にまづ見られたが、北東側は肉眼的にも明らかに煙が少なかつた。

これらの結果は分析結果にも明らかに示され、第3表、第15図cのごとく肉眼観察と一致した。すなわち蒸

第3表 風の吹込みと落下量差  
(蒸散器からの距離と落下量)

測定場所	分析値( $\mu$ g)	1cm <sup>2</sup> 当 $\mu$ g	比率	蒸散器からの距離
1	125.4	1.32	251	南南東 24.0(m)
2	211.3	2.22	422	南 22.6
3	53.6	0.56	106	南 9.2
4	43.6	0.45	86	南 5.2
5	12.3	0.13	25	— 0
6	5.5	0.06	11	北 12.5
7	17.4	0.18	35	北 20.5
8	22.4	0.24	45	北北西 23.0
9	4.8	0.05	10	北北東 13.2
10	4.3	0.05	9	北北東 14.0
平均	50.0	0.64	100	

散器の北側はその西側に落下量が多く、東にうつるにつれ少なくなつた。南側は蒸散器より遠ざかるにつれ落下量が多くなり、蒸散器設置場所附近が大略平均落下量を示し、南側の端が最大落下量を示した。

### 実験VII 粒度と拡散との関係調査 実験材料および方法

#### 第一 実験

実験IIの第2実験において、ハウス南側に設置した蒸散器の附近、それより北に20m(ハウス中央部)、同40m(ハウス北端)、について処理前地表面にシャーレを置き、中にスライドグラスを入れて処理後の面積当り落下粒子数と粒子の大きさを調査した。蒸散後の経過時間はハウス中央部では、蒸散処理1時間後と12時間後、その他はいつでも12時間後に40×20の倍率で検鏡した。顕微鏡視野内の煙化粒子数について一定面積当りの粒子の大きさ別に区別して算出し、それぞれの粒子径より体積( $\mu^3$ )を求め、1cm<sup>3</sup>当りの落下粒子数、同体積を算出して、すでに分析調査された同地点の落下量(重さ)から、一定面積内において最も薬剤の落下量に関係しやすい粒子の大きさを調査した。

#### 第二 実験

さらに実験Vにおける落下量分析調査においてはハウス中央に設置した蒸散器より、東北側、東南側、北西側、南西側、と中央(蒸散器附近)の計5ヶ所に同様な地表面にスライドグラスを入れたシャーレを置き、処理13時間後の面積当りの落下量分析値と粒子の関係を調査した(第14図(a)参照)

実験結果

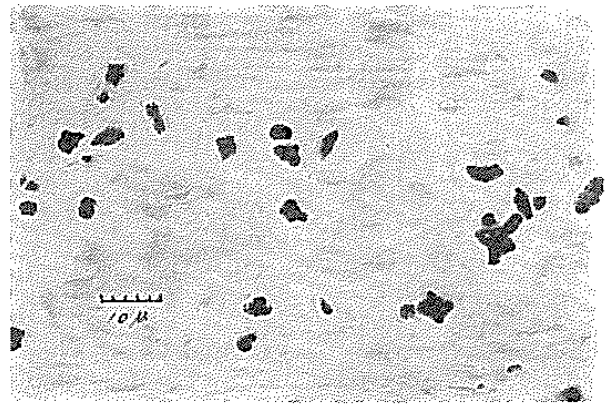
第一実験

発煙点(蒸散器)からの距離と落下量については、第4表のとおり1 cm<sup>2</sup>当りの落下量(分析値)と同落下総体積が同一の傾向を示した。すなわち分析値が高い程体積も多かつた。またどの地点においても処理12時間後の落下粒度に差はないようであつた。またさらに処理1時間後と12時間後との間についても、分析値と落下粒度との関係は同様の傾向を示した。

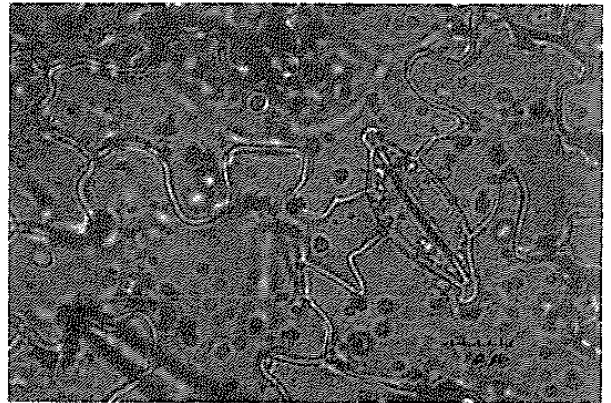
しかしながら第4表により大型の粒子(4.0μ~8.0μ)は、処理1時間目までの落下数と12時間目までの落下数に大差がないことが認められ、処理1時間以内には4μ以下の小さい粒子の落下数が少ないことが明らかで、第16図のごとく粒径の大きいものから落下するようであつた。

第二実験

蒸散器を中心とした一定範囲内の等距離における一定面積内の薬剤落下量(分析値)と粒子の落下総体積についても、前試験と同様の傾向を示した。13時間後における落下粒子数の最も多いのは0.8μ以下のもので、粒子の径が増すにつれ落下粒子数は減少し、8.5μ以上の粒子はほとんどみられなかつた。この傾向は各地点ともまったく同様で、第5表、第18図とおり分析値の高いところはいづれの大きさの粒子数も多かつた。またスライド



第16図 処理後1時間目までの落下粒子(供試薬剤ダコグレン)



第17図 トマト葉上の落下粒子

第4表 発煙点からの距離と落下粒子ならびに処理後の時間と落下粒子

			1.0μ以下	1.0~2.0 μ	2.0~4.0 μ	4.0~6.0 μ	6.0~8.0 μ	総 量
発煙点	処理後12時	1 cm <sup>2</sup> 当落下粒子数	60 × 10 <sup>5</sup>	62 × 10 <sup>5</sup>	13 × 10 <sup>5</sup>	1.2 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	136 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当体積(μ <sup>3</sup> )	4 × 10 <sup>5</sup>	106 × 10 <sup>5</sup>	171 × 10 <sup>5</sup>	75 × 10 <sup>5</sup>	71 × 10 <sup>5</sup>	427 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当落下量(μg)						7.2 μg
		見掛比重						0.162
ハウス中央 (発煙点北側より20m)	処理後12時	1 cm <sup>2</sup> 当落下粒子数	60 × 10 <sup>5</sup>	56 × 10 <sup>5</sup>	10 × 10 <sup>5</sup>	1.2 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	127 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当体積(μ <sup>3</sup> )	4 × 10 <sup>5</sup>	99 × 10 <sup>5</sup>	152 × 10 <sup>5</sup>	78 × 10 <sup>5</sup>	71 × 10 <sup>5</sup>	404 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当落下量(μg)						6.7 μg
		見掛比率						0.165
同	処理後1時	1 cm <sup>2</sup> 当落下粒子数	16 × 10 <sup>5</sup>	21 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>5</sup>	0.8 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	42 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当体積(μ <sup>3</sup> )	1 × 10 <sup>5</sup>	37 × 10 <sup>5</sup>	56 × 10 <sup>5</sup>	65 × 10 <sup>5</sup>	71 × 10 <sup>4</sup>	230 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当落下量(μg)						3.3 μg
		見掛比重						0.142
ハウス北側 (発煙点北側より40m)	処理後12時	1 cm <sup>2</sup> 当落下粒子数	58 × 10 <sup>5</sup>	58 × 10 <sup>5</sup>	11 × 10 <sup>5</sup>	1.2 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	132 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当体積(μ <sup>3</sup> )	3.7 × 10 <sup>5</sup>	102 × 10 <sup>5</sup>	165 × 10 <sup>5</sup>	78 × 10 <sup>5</sup>	71 × 10 <sup>5</sup>	419 × 10 <sup>5</sup>
		1 cm <sup>2</sup> 当落下量(μg)						6.8 μg
		見掛比重						0.159

(註 0.5μ以下の粒子は生物用光学顕微鏡による検鏡調査は困難であつた)

第5表 施設内各地点の落下粒子と分析値 (処理13時間後)

調査場所	粒子の大きさ	粒子の大きさ						総量
		0.8 $\mu$ 以下	0.8~1.7 $\mu$	1.7~3.4 $\mu$	3.4~5.1 $\mu$	5.1~6.8 $\mu$	6.8~8.5 $\mu$	
ハウス北東部	1 cm <sup>2</sup> 当落下数	78 × 10 <sup>5</sup>	56 × 10 <sup>5</sup>	14 × 10 <sup>5</sup>	1.4 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	3 × 10 <sup>4</sup>	150 × 10 <sup>5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当体積( $\mu^3$ )	10 × 10 <sup>5</sup>	79 × 10 <sup>5</sup>	161 × 10 <sup>5</sup>	62 × 10 <sup>5</sup>	46 × 10 <sup>5</sup>	72 × 10 <sup>5</sup>	4.35 × 10 <sup>-5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当総体積(cm <sup>3</sup> )							9.8
	1 cm <sup>2</sup> 当落下量( $\mu$ g)							0.225
	見掛比重							
	体積比率(%)	0.8	16.2	34.6	15.9	12.5	20.0	
ハウス南東部	1 cm <sup>2</sup> 当落下数	72 × 10 <sup>5</sup>	52 × 10 <sup>5</sup>	13 × 10 <sup>5</sup>	1.4 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	3 × 10 <sup>4</sup>	139 × 10 <sup>5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当体積( $\mu^3$ )	9.6 × 10 <sup>5</sup>	74 × 10 <sup>5</sup>	150 × 10 <sup>5</sup>	63 × 10 <sup>5</sup>	46 × 10 <sup>5</sup>	68 × 10 <sup>5</sup>	4.12 × 10 <sup>-5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当総体積(cm <sup>3</sup> )							9.0
	1 cm <sup>2</sup> 当落下量( $\mu$ g)							0.218
	見掛比重							
	体積比率(%)	0.7	15.8	34.5	16.6	13.0	19.0	
発煙点 (ハウス中央)	1 cm <sup>2</sup> 当落下数	66 × 10 <sup>5</sup>	46 × 10 <sup>5</sup>	12 × 10 <sup>5</sup>	1.4 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	2.8 × 10 <sup>4</sup>	126 × 10 <sup>5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当体積( $\mu^3$ )	9.6 × 10 <sup>5</sup>	74 × 10 <sup>5</sup>	150 × 10 <sup>5</sup>	63 × 10 <sup>5</sup>	46 × 10 <sup>5</sup>	68 × 10 <sup>5</sup>	3.96 × 10 <sup>-5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当総体積(cm <sup>3</sup> )							6.7
	1 cm <sup>2</sup> 当落下量( $\mu$ g)							0.169
	見掛比重							
	体積比率(%)	0.8	14.5	32.1	17.3	13.6	21.6	
ハウス北西部	1 cm <sup>2</sup> 当落下数	74 × 10 <sup>5</sup>	52 × 10 <sup>5</sup>	14 × 10 <sup>5</sup>	1.6 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	3 × 10 <sup>4</sup>	142 × 10 <sup>5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当体積( $\mu^3$ )	9.9 × 10 <sup>5</sup>	74 × 10 <sup>5</sup>	162 × 10 <sup>5</sup>	72 × 10 <sup>5</sup>	46 × 10 <sup>5</sup>	72 × 10 <sup>5</sup>	4.37 × 10 <sup>-5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当総体積(cm <sup>3</sup> )							8.2
	1 cm <sup>2</sup> 当落下量( $\mu$ g)							0.188
	見掛比重							
	体積比率(%)	0.7	15.0	34.1	18.1	12.4	19.7	
ハウス南西部	1 cm <sup>2</sup> 当落下数	64 × 10 <sup>5</sup>	47 × 10 <sup>5</sup>	12 × 10 <sup>5</sup>	1.2 × 10 <sup>5</sup>	4 × 10 <sup>4</sup>	2.4 × 10 <sup>4</sup>	125 × 10 <sup>5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当体積( $\mu^3$ )	8.6 × 10 <sup>5</sup>	66 × 10 <sup>5</sup>	139 × 10 <sup>5</sup>	54 × 10 <sup>5</sup>	46 × 10 <sup>5</sup>	58 × 10 <sup>5</sup>	3.73 × 10 <sup>-5</sup>
	1 cm <sup>2</sup> 当総体積(cm <sup>3</sup> )							7.1
	1 cm <sup>2</sup> 当落下量( $\mu$ g)							0.190
	見掛比重							
	体積比率(%)	0.7	15.9	34.4	15.9	14.5	18.5	

上の落下状態と葉面上のそれとについても、第17図、第18図のごとく同様のよう認められた。

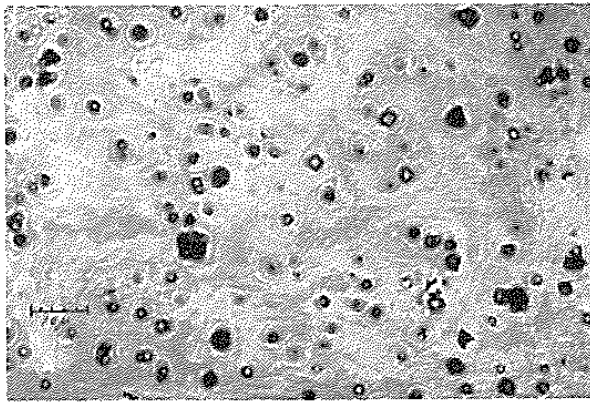
薬剤の効果に影響すると思われる粒子の総体積と、それぞれの粒子の粒度別関係は、1.7~3.4 $\mu$ のものが最も高いようで、ついでそれ以上の大型の粒子であった。この大型粒子は数の割に体積に大きく関与している反面、8 $\mu$ 以下の粒子は第5表のとおり体積にあまり関与しなかつた。

## 考 察

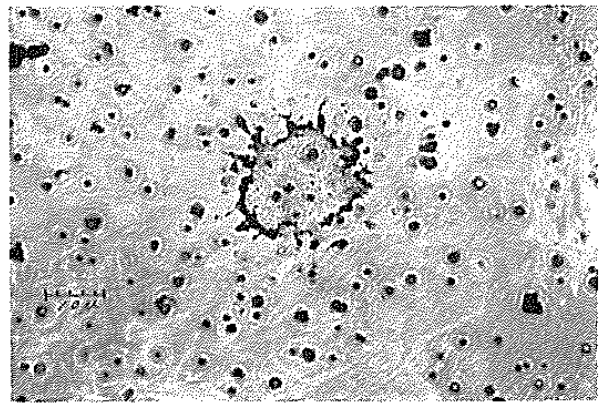
### 1 小形ハウスにおける拡散

蒸散法で農薬を煙化させた場合の拡散において、従来から規模の小さいハウスでは一般に問題が少なかつた。これらの施設はビニールハウスであろうと、ガラス室であろうと、容積が小さければ小さい程拡散が均一であることは、しばしば観察し経験するところでもある。

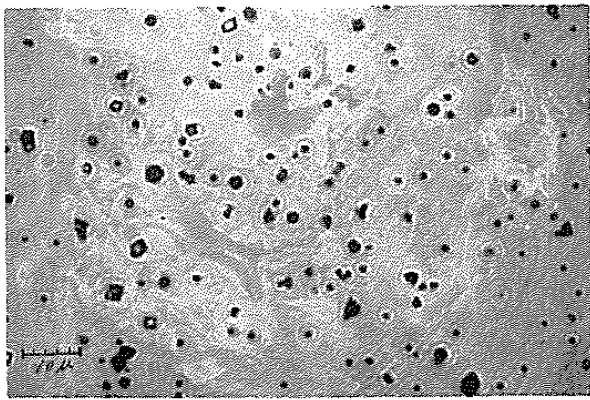
この原因はまづ、垂直的な温度差はあつても規模が小さいと水平的な温度差が少なく、したがつて蒸散器の熱も加わり対流が容易になされるものによると考えられる。さらに粒子の媒体中の流れは、微細な渦動の作用で拡散し、その渦動の激しいほど大きいとか<sup>2)</sup>、層流(Steady flow)のとき小さく、乱流(Eddy flow)のとき



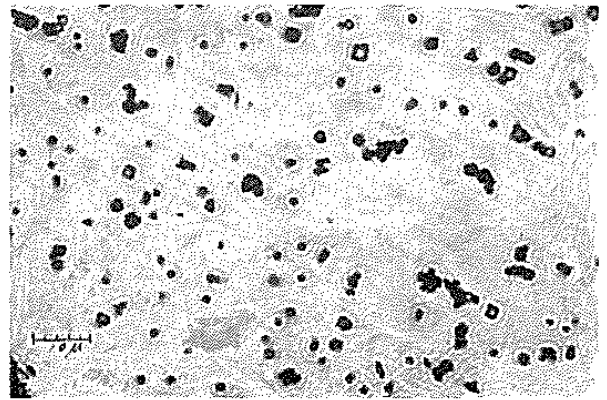
No. 1. ハウス東北部



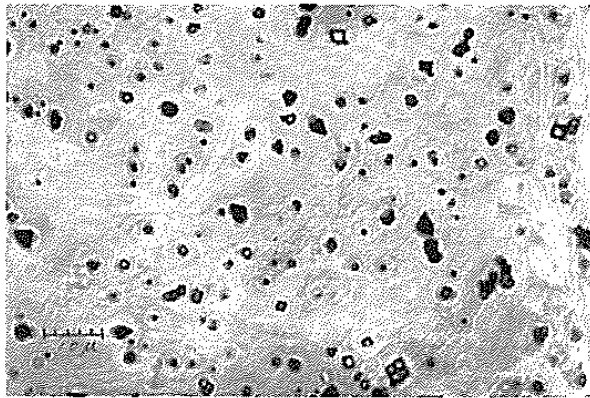
No. 4. ハウス西北部



No. 2. ハウス東南部



No. 5. ハウス西南部



No. 3. ハウス中央部

第18図 蒸散器より等距離地点における落下粒子 (処理後13時間目, 供試薬剤ダコグレン)

きに早くかつ大きいとされているから<sup>3)</sup>, 蒸散器の煙化吐出口に近い程乱流と考えられ, 蒸散器から遠く離れるにしたがつて層流となるから, 水平的に温度差が少なくとも大きな施設ほど拡散が悪くなるものと思われる<sup>3)</sup>.

実験1においては約 260m<sup>2</sup> のハウスを供試したが, ハウス容積が小さく, かつ温度分布が水平的にほぼ均一であつたことから, 実験4で得た結果のとおり左右の温度差が少ないための煙の均一な対流と考えてよいと思わ

れる. したがつて処理の時刻も棟部の温度が低い時の方が煙の拡散がよいので, 蒸散器の使用はあくまでも日没以降にしないと, たとえ小さなハウスでも煙が下降しにくい. すなわち日中は地表面より高いほぼ高温となるが, 一般に夜間は無加温ハウスでもその反対であるから, 棟部より下の気温が高いときに実施した程拡散がよい.

日没時頃よりいわゆる気温の逆転がはじまるので, 蒸散器の熱とあわせて煙化した粒子は上昇して棟部に達

し<sup>17)</sup>、四方に移行して下降し、対流によつてほぼ均一に拡散されることが推察される。

蒸散器附近の落下量は、他の場所より多少少ない傾向を示した。これについてはすでに2~3<sup>8)13)</sup>の実験結果からも同一の傾向を認めているが、拡散が対流によつて行われた場合における、発煙点の真下におこる現象とも考えられる。反面熱板式のくん煙法においては、発煙点附近に異常に多くの落下量を示す実験結果が多いが<sup>11)</sup>、本法は乱流を利用することができないために起るものとも考えられる。

## 2 施設内における温度差

施設の換気方式のうち、大型換気扇による強制換気法による場合において、10月から6月までの間、天候を異にした日の日中と日没後の室内温度分布について調査観察したが、吸気側は換気扇の取付けられた排気側よりたえず気温は低かつた。とくに大型施設内では日中晴天で気温の高い場合は、夕方まで自動的に換気扇が作動しているため、温度の低い外気を吸引して長い施設内を通過して排気されるまでの間、次第に加温されて行くものと思われる。このような場合地表面の温度についても同様と考えられ、排気側に高い地温を示す部分があり、それは本供試施設では排気側の約4 m前後内測にみられた。

冬期において日中が曇りや雨の場合は、第2表のとおり換気扇は一般に作動しないのが常であるが、南側に高温部が現われたのは、太陽の影響によるものと思われ、これに関しては多くの資料が示すところでもある。また実験Iのハウスよりも温度差が顕著であつたことは、施設の規模が大きかつたためのものとも考える。しかし日中施設上に積雪した場合は、光線の透過量が少ないことと、積雪そのものの低温影響で、北側(吸気側)と南側(排気側)の温度差は比較的少なかつた。

このようなことから、換気扇のみによる換気方式をとる施設では、冬期の雨天や曇天あるいは降雪の日を除き、換気扇が作動していない場合の温度差については、施設の北側と南側、または吸気口側と排気口側にもある程度の差が認められるものと推察され、晴天で日中の温度が高い場合は特にその差が甚しく、換気扇がたとえ作動していても差は生じるものと考えられた。

これらの温度差は地表面の温度にも影響し、すなわち日中暖められた地温は日没後も急にさめないため、地温の差となつて現われ夜間におよぶものであることが当然である。したがつて特に無加温の場合では日中の高温部は日没後も高く、夜間において時間の経過とともにその差は少なくなるものと推察される。

実験Vにおいては天窓、側窓開閉式の施設を供試した

が、第14図の如く温度差は一般に均一に近かつた。このことについては側窓から入つた外気は天窓にぬけるため、一定の高さにおける水平的な温度差が生じないものであつて、施設内の換気方式と温度分布に関する1~2の実験結果からも明らかである。もちろん天窓、側窓を開けない冬期間の曇天、雨天時などについては、前記施設において換気扇が作動しない場合と気象収態は同一と考えねばなるまい。

## 3 温度差と薬剤の拡散

第8図において、換気扇によつて強制換気方式をとつた場合に生じる温度差のある施設で、中央部に蒸散器を置いて処理した場合の落下量等量線を示したが、蒸散器を中心にしていちじるしく吸気口側にかたよつた薬剤の落下がみられた。また本施設では12月より6月まで月3~4回の割合で、ダコグレンを蒸散処理したが、毎回処理毎にこの傾向が肉眼的に観察され、特に日中温度の高かつた日はそれが顕著であつたことから、施設内の気象と密接な関係にあることが推察された。

本試験結果より蒸散処理直後から1時間目までの地点別落下量の最高、最低差は大きかつたことは、蒸散法における農薬の揮散粒子は農薬の種類によつても多少異なるが、大略0.1 $\mu$ から5 $\mu$ であるので、比較的大きな粒子が蒸散処理後まもなく落下しはじめ、微細粒子になるほど長時間をたゞよい、やがて時間の経過とともに落下するためによるものとする。処理後間もない時間の落下粒子の比率は第4表によつても明らかなく、巨大粒子(5 $\mu$ 以上)の落下比が高く、処理1時間目ですでに12時間後の粒子数と差がないことから、薬剤量が大きくなるものとする。すなわち粒形は別としてかりに体積を求める指標として粒径の3乗値で比較するならば、第3表、第4表の如く、如何にこれら巨大粒子が薬量に影響したかが推察することができる。

またさらに第7図a、b図によれば、いづれも蒸散器より北側に多く落下し、南側に少ない顕著な傾向を示したが、c図においてはほぼ均一な落下量を示している。このことは蒸散時より1時間以内に何かの影響で煙が北側にかたむいたことを示すものであり、その主因は気温と考えた。古林<sup>2)</sup>らによれば物体の温度が煙の温度より低いと附着しやすいと述べたが低温そのものにも問題がある。すなわち排気側の地表面の高いところに発生した上昇流は根部を吸気側に向つて流れるため、蒸散時の煙の大半は低温側に落下するものであつて、時間の経過とともにその傾向が少なくなるが、上昇流の発生した場所すなわち高温部は最後まで落下量が少なかつた(第8図)。これらのことは第10図、第12図、第19図、第20図

によつても証明され、さらに第4図、第5図、第6図、第7図によつて、このような温度環境の施設ならばたえず起り得る現象と考えられた。

したがつてこのような施設における拡散率を高めるためには、空気流動をうまく利用しなければならないと思われる。第9図は同じ施設において蒸散器の位置を南側(排気口側)の高温部に移した場合の落下量を示すものであるが、その量からほぼ均一に拡散したものと考える。

蒸散法はもとより、くん煙法においても、落下量の均一性を示す指標は、室内各地点の落下平均量の±20%の範囲内としたい。したがつて本施設における実験では蒸散器を室中央においた場合の平均落下量は25cm<sup>2</sup> 当り145μgで、均一とみなされる範囲は174μg~116μgとなり、南側においた場合は平均186μgであつたから、205μg~167μgとなる。これを第8図b、第9図にあてはめると中央に設置した場合では面積の35%が落下量の下足を示したが、南側に移した場合の不足面積は2%以下と推定され、拡散性が向上することを認めた。

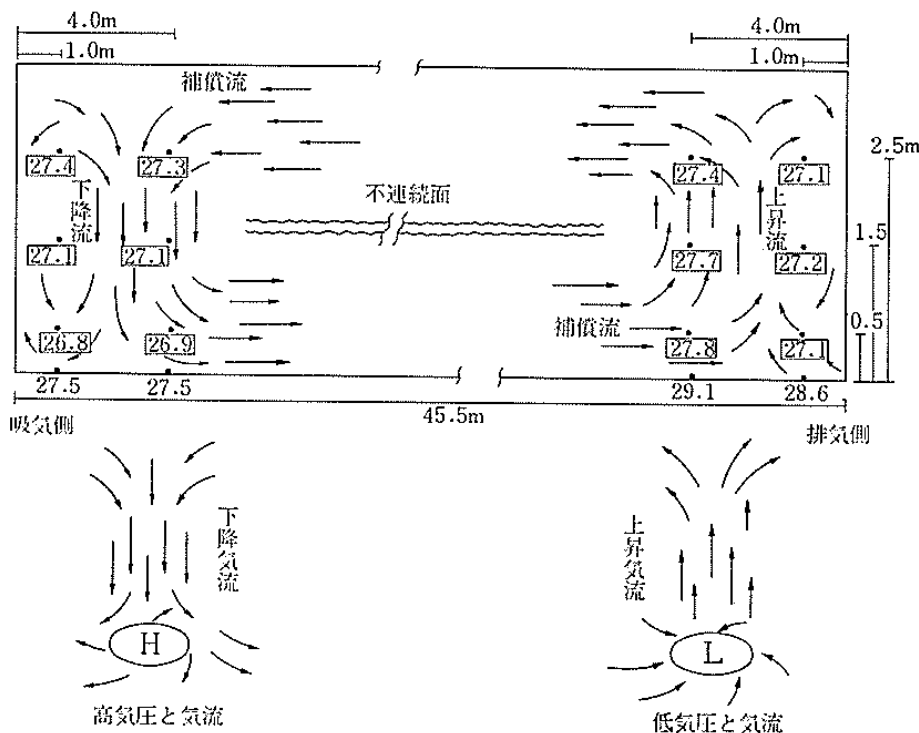
両実験において同じ容積の施設内で、同量の薬剤を同一方法で処理したにもかかわらず、平均落下量を異にするのは作物の生育度に関係するものと考えるが、これについての論議は別項にうけたい。

本実験の結果から煙化された薬剤粒子は、処理時ならびに其の後の空気流動に左右され易く、それが気温差に

よるものである以上、温度差の少ないなるべく遅いときに実施するか、または空気流動を利用するならば、上昇流の発生する場所附近に発煙点を定めるなどの注意が必要である。これについてはすでに本器を使用する農家のともに経験していることと一致する。

4 施設内における上昇流、下降流、不連続面の発生  
蒸散法における煙化粒子の拡散は、媒体の流れによつて行われるものであるならば、その流動の原因を解明する必要もある。蒸散時刻に施設を密閉して、煙の流動を調査し、模型小型ハウスで流動実験を行つたが、実験材料としてはタバコの煙が他の煙化物より水分が多いため、流動がゆるやかであることから観察がしやすい知見を得た。

実験Ⅲにおいて供試した施設には草丈約2.0mのトのマトが栽培されていたが、1.7~1.5mから下の煙の流れは吸気口側(低温部)から排気口側(高温部)に、排気口側より約4m程内側附近を中近として煙は上昇し、その上部1.8mの高さ附近から吸気口側に面した棟部に上昇することを観察した。またいつれの場所でも地上1.8mの高さより上での流動は吸気口側に流れる事実も認め、実験Ⅳにおける小型模型ハウスでの実験結果とまったく同一の結果を示し、高温部に発煙点をおいた場合の煙は急速に上昇し、棟部を低温側に向つて流動したことなどから、煙の流れは作物の栽培の有無に直接関係な



第19図 ハウス内に生じる上昇流、下降流と不連続面 (1972. 6. 20. 18時)

く、温度差によつて起るものと考えられた。

実験Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ, よりこれらを総合的に観察すると、日没後でもまづ排気口側(高温部)にある空気は他の部分より熱せられ易いため、上昇が盛んでために上昇流がおこりやすい。この流れのあとには当然補償流が流れてむが、空気量の多い低温側からより多くの空気が流れてむことになる。また上昇した空気は棟部で吸気口側に流れることになる。

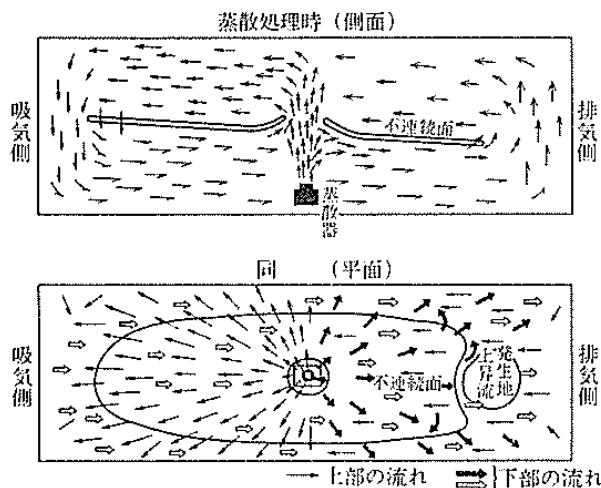
第19図は1972年6月20日18時の温度と空気の流れを示したもので、上昇流の移動するにつれ温度が低下して吸気口側に向い、吸気口側では地表面の方が低いために、下降流が生じていることを示している。

近年大都市の周辺で問題となつている光化学スモッグによる被害が、主として学校におこる原因を考えた場合、裸地の校庭は太陽熱で熱せられるため空気が上昇し、地上の有害気流が補償流に起因して発生する下降流にともない下降するため、再びその周辺に被害を現わし、それが気温の高い晴天時の午後に発生しやすく、草地などに発生しないことなどから、局所的な上昇気流に原因することと類似する。

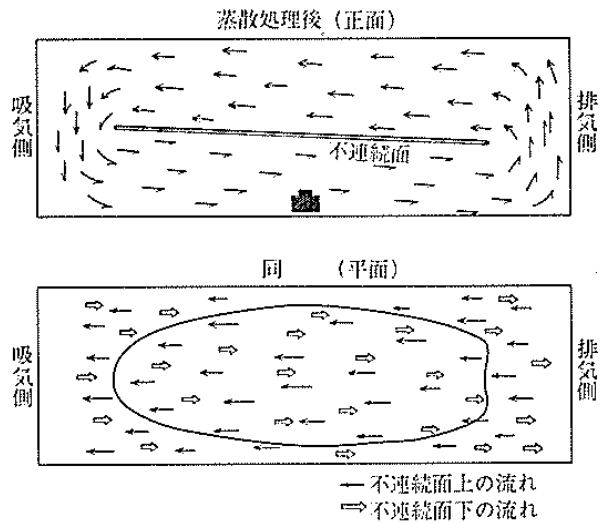
またこのような空気の流れが施設内に発生する場合、室内の高さのほぼ中央部に空気の流れの相反する層があり、それは気象学的考察より不連続面と思われる。第1表よりしても排気側の温度が吸気側のそれより高く、また高19図の低気圧と気流、高気圧と気流など、一般的な気象説明図でもこれらの関係は理解され易い。

施設内に発生する不連続面は、第8図a, bより吸気側にかたよつたほぼ半長円形と想像され、また第20図のように低温部の方で多少上向いたものとも思われる。

したがつて、これら不連続面発生時における煙化粒子



第20図 蒸散処理時の不連続面と煙化粒子の流れ



第21図 蒸散処理後の不連続面と粒子の流れ

の拡散は、第20図のようにまづ蒸散器から揮散したままの粒子のほとんどが、乱流とともに不連続面を突破し棟部に達する。しかし上部の空気流動は低温側に流れるためにそれに乗つて流動するが、粒子の大きいものはこの際に不連続面を突破して不連続面下に落下し、莖葉に附着するわけであるが、粒子の小さいものほど空気の流に乗つて移行拡散すると考えられ、第8図、および第4表のごとく経過時間と落下状態ならびに粒子の大きさとの関係によつて証明される。また第9図、21図より処理後は温度差の縮少とともに不連続面も弱くなり、粒子も微細粒子のみが流動していると考えられる。

ゆえに反面から考察すると、この不連続面はさほど強固なものとも思われないので、空気を攪拌するような装置によつて安易に破壊されるとも考えられ、例えば首振り扇風機式のもので乱流を起せば、拡散はさらに均一化するとも想像できる。

### 5 温度差の少ない施設における拡散

側窓や天窓開閉式の温室やビニールハウスにおいては、従来から一般に室内の水平的温度差は少ないとされてきた。特に本供試ハウスは天窓として屋根の屋頂部とその下段の両側と、側面にそれぞれ窓を有するものであつたため側面から入つた空気は室内で上昇して屋頂部の窓から排出するため、室内各地点の水平的温度差は少なく、地温にも差がないものと思われた。

蒸散処理後の拡散結果は東測の北部に多目、南測の西部に稍少な目で、一般に北側に落下量が多い傾向を示した。平均落下量は 182 $\mu$ g で、 $\pm 20\%$ の範囲内を以つて落下状態を面積的に計算すると、南、北両端に少なく東側中央に過剰に落下した。これに関しては前試験の結果

と同様、多少とも低温側に落下量が多いことを示したものと推察される。

しかしながら温度差の少ない室内における空気対流は、温度差の多い室内のそれよりも少ないのが当然であるから、対流の少ないこと、あるいはそれが不完全であるために、中、大形ハウスではこのような拡散状態を示したものとと思われる。

このためには蒸散器附近の温度をさらに上昇させるか、または蒸気量をさらに多くして対流の促進をはかること、あるいは強制的に室内の空気を攪拌して空中に浮遊する粒子を均一化することがのぞましいと考える。

#### 6 風の吹込が拡散におよぼす影響調査

不完全な施設においては、しばしば風が入りこみ煙化された薬剤を風下におされることが多い。特に本実験のごとく日没前の気温の高い時の処理では、ハウスを密閉するためにさらに室温が高まり、ハウス上部は下部より一層高温となる。このような場合北側から冷い外気温が吸込むと南側との温度差は一層大きくなり、第15図a、bの如き室気流動を示し、正面図では前試験の日没後の室気流動と逆の行動をとっていることが認められた。これらについての調査観察は既に報告されているが、このような環境下での蒸散処理は上昇した煙化粒子はやがて日没とともに下降するはずであるが、強風による空気の流れによつて強制的に運行されたことが想像され、当然風下の落下量が多くなる。もちろん前試験結果と同様煙化粒子のうち巨大粒子が比較的早く落下するため、第15図cにより風下の粒子の体積も風上よりもはるかに多くなると思われた。

また本試験に供試した薬剤ならびに第I実験に供した薬剤はユーピーグレンであつて、その他の試験に使用した薬剤はダコグレンであつたが、第1試験、ならびに本試験結果において、 $1\text{ cm}^2$ 当の落下量が大きく異なるのは多少処理量にも関係するが、その多くはユーピーグレンの煙化粒子は、煙化後再揮散することが別試験で検知されたので<sup>8)10)</sup>、12時間後ではダコグレンより面積当りの附着量が少ないものと考えられ、とくに本試験のごとく気温の高いときには再揮散が顕著と思われる。

#### 7 粒度と拡散について

農薬の散布方式には色々な方式があるが、それぞれの方式によつて粒度を異にしている。蒸散器によつて煙化された粒子は $0.1\sim 10\mu$ とされているが、一般には $0.1\sim 5\mu$ までのものがほとんどであることは既に第4表～第5表のとおりで、指数分布、またはこれに近い対数正規分布で近似される実測例もある<sup>9)</sup>。一般にこれらの粒子が気体の中に分散している系を煙霧質(acrosol)とよん

でいるが、これらに関する研究は実験の再現性と、幾多の困難のため従来からあまり多くみられなかつた。

粒子の大きさは農薬の種類、加熱温度、媒体の温度によつても異なるが、蒸散法において得られたこれらいずれの粒子も、蒸剤を気化、(Vaporize) (Sublimate) し、大気中で放冷され、煙化(convcat to smoke)したもので、気化昇華、冷却、凝縮の過程をへたものであつて、粉剤、水和剤の粒子のごとく機械的に微細化したものと本質的に生成過程を異にしている。

したがつて同一薬剤であつても粉剤の微粒子と、蒸散法で得られた微粒子とを同一視することは出来ないと考える。La Mer<sup>1)</sup>らはDDT-aerosolの生成のため粒子のそろつた装置を考案したが田中<sup>2)</sup>らは、水蒸気同伴法で生成された農薬の初期粒子は、それが個体農薬の場合であつても液滴粒子となり、大気中で冷却されて凝縮固化してゆき、凝固点をはるかに下廻る温度に冷却されても、過冷状態の液滴として、長期間空間あるいは物体面上に存在する機会が多いとし、Green<sup>1)</sup>らはDDT、BHC粒子が凝安定の過冷液滴のまま数日存在する場合のあること、硫黄がガラス状過冷球体として存在するのを認めた。リンデンについての観察では、はじめ気体であつたものが温度の低下で凝縮して液状となり、それが球状に固化して結晶となり凝集を続けると塊状もしくは綿状となり、大気中に浮遊中に大きくなり遂に落下する。

いづれにせよ当初気体であつたこれらのものが、冷却されて液滴となり、田中<sup>2)</sup>らはこれらの液滴粒子が徐々に、あるいは直ちに結晶化、または固型化し、あるいは経時とともに気化消失する過程を顕微鏡下で観察したが、それは、DDT、 $\gamma$ -BHC、硫黄の順に気化が早く、ユーパレン(ユーピーグレン)については過冷液滴がそのまま気化消失してしまうものが多く、一部のもので液滴から結晶化、固型化したものは10日後でも残留し、筆者らの観察ではダコニールのように融点以下の温度で昇華しやすいものは、生成された粒子に球形のものがほとんど認められなく、粒子が浮遊中に凝集、生成して、第18図のごとき塊状となることを認めた。

また筆者らは同一容積当り同量のユーピーグレンと、ダコグレンについて蒸散処理一定時間後の面積当り附着量を調査したが、ユーピーグレンの方が消失の早いことを認めた。一般に $\gamma$ -BHCで約20時間、硫黄では75時間、ユーピーグレンでは100時間で粒子の消失がみられるようであるが、ダコグレンの消失はいちじるしく長いようである。

また筆者らの別実験では、同一薬剤、たとえばダコグレンの消失量は、附着量の多いもの程おそいことが認め



られた。これは粒度との関係が高く、Langmuir<sup>1)</sup>によれば温度、圧力を一定とした場合、粒子の life time は粒度  $r$  の2乗に比例するので、かりに10 $\mu$ の粒子が2.8時間で消失するとすれば1 $\mu$ の粒子は1.7分で消失することになる。このようなことから蒸散処理後における薬剤落下のかたより、あるいは巨大粒子の落下は防除効果や薬害に大きく関与するものと考えられる。

農薬の煙霧粒子の比重は、その薬剤が液体のときで、煙霧粒子も液体の場合はあまり変わらないが、固体の場合は通常の密度の1/5~1/10といわれている<sup>2)</sup>。このことは粉剤の粒子の比重がもとの比重よりはるかに軽いと同様であつて、ダコニールの個体比重は1.76であるのに対し、同剤の粒子の  $\beta$ -form 比重は0.24~0.32とされ、筆者らの調査では蒸散器から飛したダコニール (ダコグレン) の粒子は、第4表によれば0.16前後、第5表によれば0.2前後となり、いずれも前記の数に近かつた。

一定面積当りの薬剤の落下量と、粒子体積の総量はほぼ等しい傾向にあつた。したがつて落下量調査はガスクロマトグラフィーで分析しなくとも顕微鏡下で調査するか、あるいはそれを写真に撮つて一定面積当りの大きさ (粒度)、や落下数を調査することも一方法と考える。特にガスクロマトグラフィーで分析が現在不可能のものについては本法による調査がよいと考えられる。ただし再揮散の性のある煙化粒子については処理直後の写真撮影による方法以外によるところがないと思われる。

落下量を体積比から考えると1.7~3.4 $\mu$ 径のものが最高量を示し、その前後の大きさのものがこれに付いた。7 $\mu$ 以上のものは数的には非常に少ないが、量的には大きく影響することと、さらに1 $\mu$ 以下のものは数的に多くても、量的にはほとんど影響されていないようであつたから、処理後数時間も経過すれば、大半のものが落下するものとも推察される。

また粒径が数 $\mu$ 以上の重力抗降速度の大きいものから落下することについては、高橋<sup>3)</sup>らが工業都市周辺の大気汚染調査で明らかにしたが、第4表、第5表、第16図と第18図の関係からも明らかである。しかし前試験結果からしても、これらの粒子を如何にしてハウス内に均一に拡散させるかが問題であつて、空気流動の少ないハウスにおいても、これらの粒径の大きな粒子は遠くまで運行されないうちに落下することもあり得るので、落下量とも大いに関係すると思われる。したがつて対流の悪い大型ハウスにおいては、人為的に対流を強化するか、乱流を起させる手段を起させる手段をとらなければ場合によつては均一な拡散が望めないことも考えられる。

粒子の作物茎葉に対する附着については、作物の体温

によつても大きく異なる<sup>2,3)</sup>。すなわち媒体の温度よりも何等かの関係で作物茎葉の温度が低いと、その部分に著しく多量の落下附着が見られ、また粒度もいちじるしく大きい。例えば蒸散処理中のハウス内に通風温度計を作動させておくと、それにごく隣接する茎葉が局所的に熱をうばわれて体温が低下するため、その部分に多量附着するのを肉眼でもよくみることができる。

これをよく観察すると揮散当初の粒子はごく小さいものであるが、堆積が多くなると粒子は相互にゆ合して次第に大形となり、肉眼でも容易に識別できる大きさとなるわけで、局所的な低温部のみ大型粒子が落下したのではない。したがつて薬筒から飛び出した煙化直後の粒子は小さいものであるが、飛散中に結合して大型粒子ができたものとする。ゆえに互に結合して大型化するまでなるべく遠くに飛ばさなければならぬが、熱板処理などによるくん煙法では煙化粒子が煙塵点上部で急冷されて巨大化し、ためにその附近に落下しやすいが、蒸散法では粒子が乱流にのつて急速に遠くに運行されるので拡散が比較的均一とも考えられる。

またこれらの粒子に温度勾配が存在する場合、粒子は高温側の媒体分子から低温側よりも大きな運動量を与えられ、高温側から低温側に向つて移動する。この現象は1870年、Tyndall によつて確認された熱泳動 (thermophoresis) によるもので、高温物体の近く近くには Aerosol の含まない空間ができる反面、冷たいものの表面には沈着が多いことと、さらに1955年、Facy が蒸発水滴表面附近には aerosol 粒子が存在しなく、凝縮生長水滴の表面に粒子の沈着が多いことから、媒質気体に濃度勾配があるときは、濃度の高い方向に拡散するという、いわゆる拡散泳動 (diusiophoresis) も存在する。

これらの濃度勾配と温度勾配は、いずれも局所的に同時に存在し、したがつて拡散泳動と熱泳動は同時に、かつ同じ程度に発生しているものと考えられ、粒子の大きさによつてその速度も当然異なるものであるが、いづれにせよ媒体の濃度差の少ない、あるいは媒体と一般に植物体温差の少ない夜間の方が附着量が多いことになるが、大局的には空気の対流にのつてこれらの粒子が泳動していることに注目したい。

## 摘 要

筆者らが開発、命名した蒸散器 (Jowsan fogger. (Steen fogger.)) により、農薬 (agricultural chemicals) を加熱水蒸気 (Super heated steam) で気化 (Vaporize) し、大気中に放冷し、煙化 (convert to smoke) せしめた煙霧質 (aerosol) のハウス内に於ける拡散

(diffusion) 状態について調査した。

1. ハウス面積が小さいときの拡散は、ほぼ均一であつたが、比較的大型のハウスにおいては不均一な場合が認められた。

2. 比較的大型のハウス内においては、換気設備の構造の影響で、場所により温度の差が認められた。一般に南側の温度が高く、換気扇による強制換気方式をとる施設では排気側の気温が高かつた。

これらの温度差は日中が晴天の場合に大きく、曇天、雪日の場合は差が少なかつた。またこの温度差は日没後時間の経過とともに少なくなつた。

3. 温度差の多いハウス内日没後の空気の流れは、上層部では高温側から低温側に向つて流動し、下層部は逆に低温側から高温側に流れることを認めた。

これは高温側に発生する上昇流と、低温側に発生する下降流、ならびにそれらにともなう補償流の影響であつた。

4. このような空気流動をするハウスにおいて、ハウスの中央部に蒸散器を置いて薬剤処理した場合、上昇流発生の場所附近には煙霧質の落下附着量が少なかつた。しかし高温側の上昇流の発生する場所に置くとほぼ均一に落下した。

5. 温度差の比較的均一な大形ハウスでは、拡散が不均一な場合もあつた。この原因については空気の対流が弱いために起るものと思われた。

6. 設備が不完なため風が吹きこむようなハウスでは、風下になるにつれ著しく落下量が多くなつた。

7. 蒸散法における aerosol の施設内拡散は、空気の流れに左右されるので、薬剤の均一な拡散を得るためには、蒸散処理時よりわづかの間、室内の空気を攪拌する方法を考案するか、蒸散器を置く場所について考える必要がある。

なお本試験に関し種々協力を賜つた三光化学工業株式会社中地茂樹氏、日本特殊農業製造株式会社高瀬巖氏、ならびに助言をいただいた奈良地方気象台西浦照夫氏に厚く謝意を表す。

## 引用文献

1. GREEN and LANE, 1957. Particulate Clouds, Dast Smoke and Mist.
2. 古林和一郎：1956. 野外におけるくん煙剤の用法とこれに関係ある気象。林野庁研究普及課，1—6.
3. 鈴木照磨：1964. 農業製剤学，南江堂，53—277.
4. SINCLAIR, D., LAMER, V. K., 1965. Chem. Rev. 44-245.
5. N. JOE. TURNER and DAVID LAMONT. 1965. Control of fungal disease in the greenhouse with thermally induced dast of TPN. Contribution from Boyce Thompson Institute.
6. 農林省園芸試験場：1971. ハウス気象観測法.
7. 瀬崎滋雄・芳岡昭夫・松本恭昌：1972. 蒸散法に関する研究(第2報) ユーパレン TPN の煙化について。奈良農試研究報告，4，40—47.
8. 田中清造・竹原正彦・三宅弘一郎：1970. 水蒸気同伴法による農薬の煙化について(第一報)，水蒸気同伴法の物理化学的考察。三光化学工業株式会社.
9. 高橋幹二：1972. 基礎エアロゾル工学。養賢堂，1—44.
10. 高瀬巖・芳岡昭夫・田和稔司：1969. ビニールハウスにおけるユーパレンのくん蒸試験関西病害虫研究会報，12，75—76.
11. 内野一成・葉丸薫：1968. くん煙剤の物理化学性に関する試験全購連農業研究部報告，467—476.
12. \_\_\_\_\_・武藤 允：1969. くん煙剤の拡散と暖房機の影響。全購連農業研究部報告，337—406.
13. 芳岡昭夫：1971. ハウスにおける農薬の蒸散法。植物防疫，25：113—119.
14. \_\_\_\_\_・1971. ハウス栽培イチゴの病害とその防除法。農業及園芸，46，1436—1440.
15. \_\_\_\_\_・1972. 蒸散法による施設園芸の省力防除。\_\_\_\_\_, 47, 1151—1155.
16. \_\_\_\_\_・\_\_\_\_\_: \_\_\_\_\_  
47, 1321—1324.
17. \_\_\_\_\_・田和稔司・小島博文：1972. 蒸散法に関する研究(第1報)。奈良農試研究報告，4，36—39.

### Summary

Under the Device of Jowsan Fogger (Steam fogger) which was devised and so-named by the writers, tests were made on the state of diffusion of aerosol in the house, wherein the agricultural chemicals were vaporized by super heated steam, made cool in the air and converted to smoke.

1. The diffusion was almost equal in the house of small area but in the house of comparatively large area, it was sometimes not equal.

2. In the house of comparatively large area, variations were observed in temperature, according to the place, under the influence of the mechanism of the ventilation equipments. Generally speaking, the temperature was higher on the south side of the house, as well as on the side of exhaust in the house wherein the air is compulsively ventilated by the ventilating fan.

Such variations in temperature were large in fine days but small in cloudy or snowy days. The variations in temperature became smaller according to the lapse of time after sunset.

3. As for the movement of air in the house having great variations in temperature, it was observed that the air moved from the side of high temperature to the low side, in the upper side of the house, but in the lower side in the house, it moved from the side of low temperature to the high side.

This resulted from the influence of the rising movement of the air which came out on the side of high temperature, the dropping movement of the air on the side of low temperature and the compensative movement of the air accompanied by these up-down movements.

4. In the house wherein the air moves as above, Aerosol dropped was found in small quantity in the neighbourhood of the place where the rising movement of the air came out, when treatment of the chemicals was made by the Jowsan Fogger set in the center of the house. Aerosol, however, dropped almost evenly when the Jowsan Fogger was set in the place where the rising movement came out, on the side of high temperature, in the house.

5. In the large house having comparatively even variations in temperature, the diffusion was sometimes not even. This was considered as the result of the weak up-down movement of the air.

6. In such a house as wind flows into because of incomplete make-up, the dropping quantity of Aerosol became remarkably more according to the leeward.

7. The diffusion of Aerosol in the house under the device of the Jowsan Fogger is affected by the air movements. In order to make an equal diffusion of the chemicals, it is necessary to devise the method to stir the air in the house for a while after treatment by the Fogger or to consider the place of the Fogger to be set.