

植物防疫

昭和四十八年六月二十五日
昭和四十八年九月三十日
第三刷
（第二十七卷）
（每月一回）
（三十日発行）
（第六号）
（植物防疫認可）

1973

6

VOL 27

特集 大気汚染と植物

NOC

果樹・果菜に

■有機硫黄水和剤

モノックス

りんご…うどんこ病・黒点病・斑点落葉病の同時防除に
■有機硫黄・DPC水和剤

モノックス-K

りんご…うどんこ病・黒点病・斑点落葉病の同時防除に
■ビナクリル・有機硫黄水和剤

アプルサン 水和剤

■ジネブ剤

ダイファア 原体

茶のたんそ病・あみもち病防除に
■チウラム・ETM 水和剤

「ワラジン」

大内新興化学工業株式会社

〔〒103〕 東京都中央区日本橋小船町1の3の7

DM-9は小形の大農機



共立背負動力散布機DM-9

うまい米づくりの近道はDMによる適期・適確な本田管理です。

DM-9は、

防除はもちろんおまかせください。

除草剤が散布できます。

施肥……粒状肥料が散布できます。

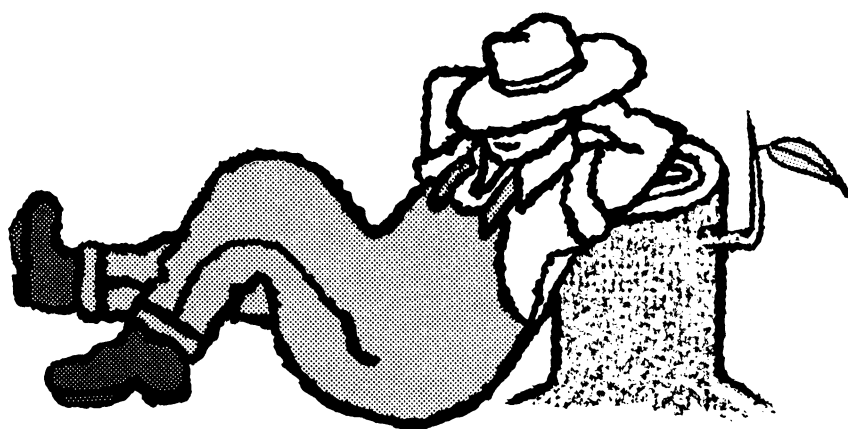
散布作業がラクラクできるDM-9は、その他驚くほど幅広く効率的に利用できる安心と信頼の散布機です。

株式
会社

共 立

共立エコー物産株式会社

〒160 東京都新宿区西新宿1-11-3(新宿Kビル) TEL 03-343-3231(代表)



時間を食わない米づくり。

驚異の除草剤

サターン[®]S粒剤

サターンS粒剤は、ノビエ・マツバイをはじめ、水田主要雑草にすばらしい殺草力を発揮する、新しい型の除草剤です。薬害の心配が少なく、効力が非常に長く続きます。サターンS粒剤は、すぐれた効きめで米づくりの省力化を実現し、新しい時間を創造します。

新しい技術 新しいサービス

 **クミアイ化学工業株式会社**

本社 東京都千代田区大手町2-6-2(日本ビル)

種子から収穫まで護るホクコー農薬



お求めは農協へどうぞ

葉いもち病、穂いもち病に
強力な防除効果とすぐれた安全性
予防・治療にもすぐれた効果

カスラフサイド 粉剤



●速効的効果とすぐれた安全性
ウンカ類・ツマグロヨコバイに

マクバル 粉剤
微粒剤

●野菜・果樹等の各種病害に
ホクコー

トップジンM
水和剤

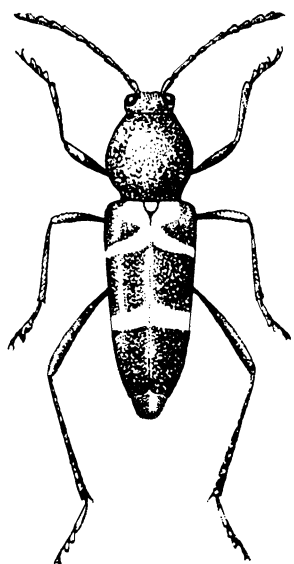
●みかん・りんご・桑園などの
ホクコー 樹園地、牧草地の雑草防除に

カソロン 粒剤 6.7



北興化学工業株式会社
東京都中央区日本橋本石町4-2 ☎103
支店：札幌・東京・新潟・名古屋・大阪・福岡

トラをもってトラを制す——



ブドウのトラカミキリに…

トラサイド乳剤

- トラカミキリに対し卓効を示します。
- 滲透力が強く燻蒸作用もあります。
- 残留毒性の心配がありません。
- 低毒性で安心して使用できます。

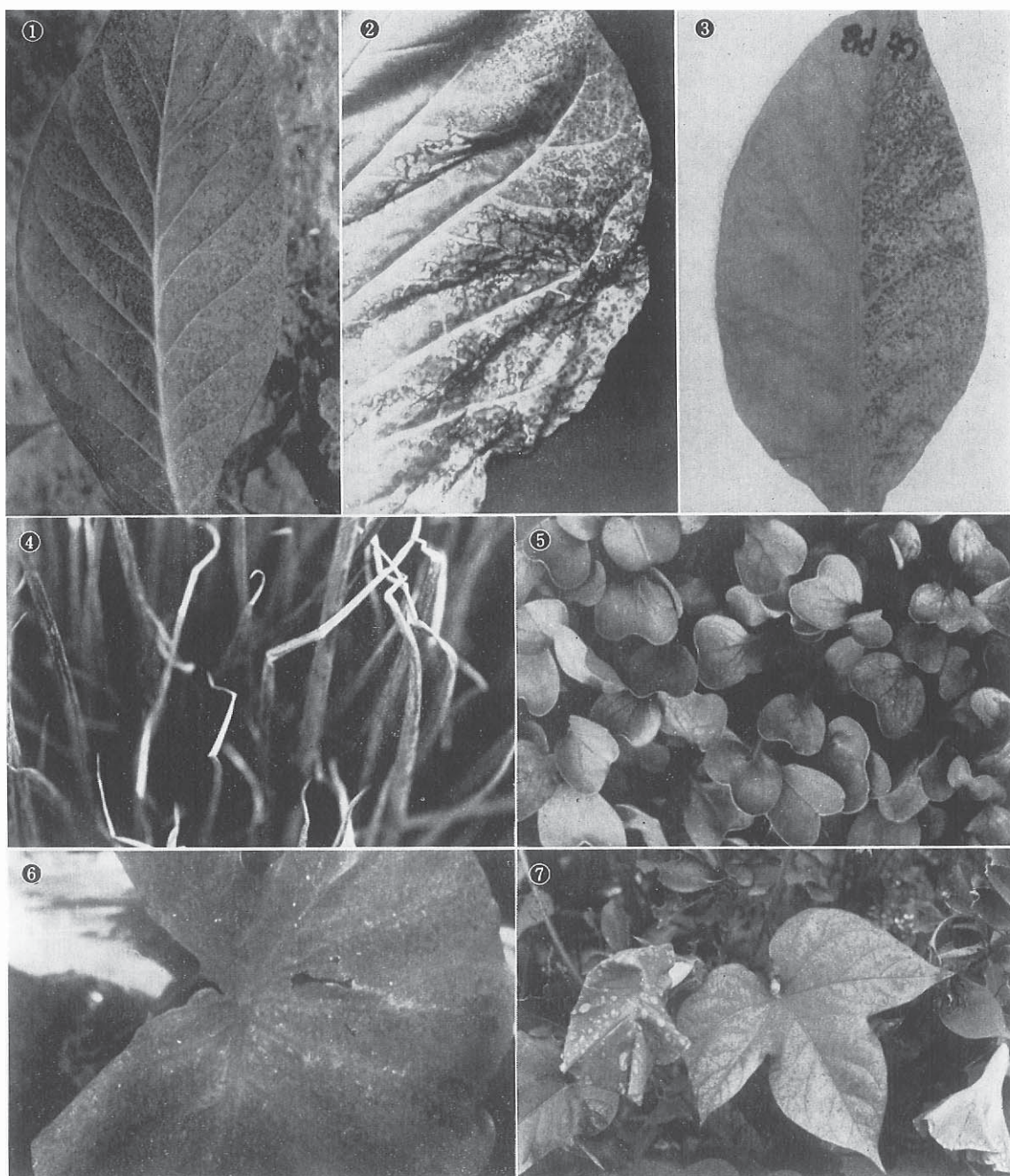


サンケイ化学株式会社

本社 鹿児島県鹿児島市都元町880 TEL 0992 (54) 1161(代)
東京支店 東京都千代田区神田司町2-1 TEL 03(294) 6981(代)
(神田中央ビル)
鹿児島工場 鹿児島県鹿児島市南栄2-9 TEL 0992 (68) 7221(代)
深谷工場 埼玉県深谷市幡羅町1-13 TEL 0485 (72) 4171(代)

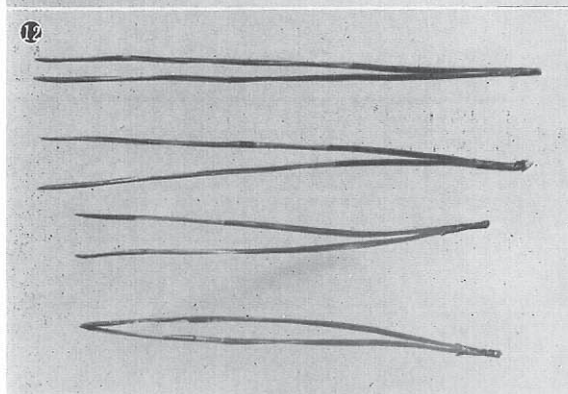
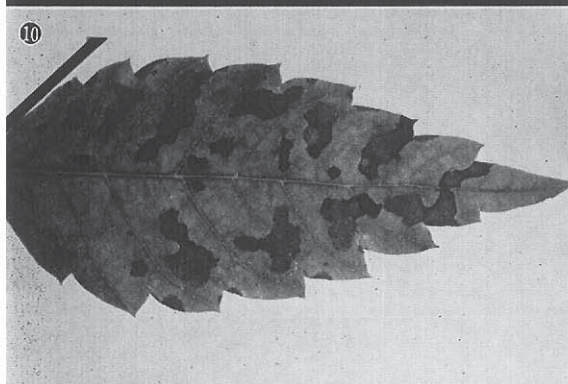
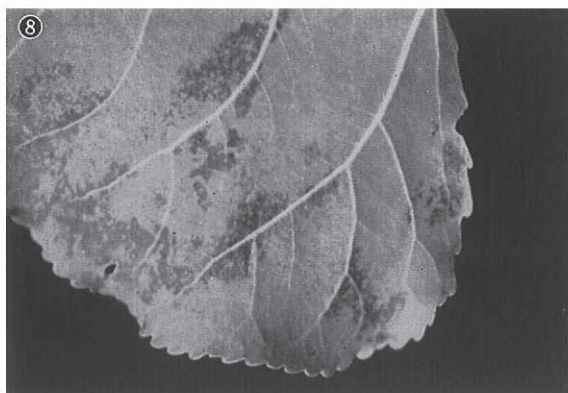
農家のマスコットサンケイ農薬

大気汚染と植物の被害



<写真説明>

- ① タバコの生理的斑点病（Ⅱ型） ② タバコの生理的斑点病（Ⅱ型）
 ③ ピペロニルブトキサイドによるタバコのオゾン障害防止効果 ④ ネギのオキシダント被害
 ⑤ カイワレダイコンのオキシダント被害 ⑥ サトイモのオキシダント被害 ⑦ アサガオのオキシダント被害
 (①～③ 日本専売公社岡山たばこ試験場 福田三千夫 ④ 神奈川県農業総合研究所 篠崎光夫
 ⑤ 岡山県農業試験場 藤井新太郎 ⑥ 千葉県農業試験場 松岡義浩
 ⑦ 東京都公害研究所 沢田 正・大平俊男 各原図)



<写真説明>

- ⑧ ポプラのオゾン被害 ⑨ ポプラのオゾン被害葉の断面 ⑩ ケヤキの亜硫酸ガス被害
 ⑪ ヒュウガミズキの亜硫酸ガス被害 ⑫ アカツ針葉の亜硫酸ガス被害 ⑬ ミカンの異常落葉
 ⑭ 岡山農試のガス精密接触装置 ⑮ 千葉農試のフィルタード エア チャンバー
 (⑧, ⑨ 名古屋大学農学部 門田正也 ⑩~⑫ 農林省林業試験場 埴田 宏
 ⑬, ⑭ 岡山県農業試験場 藤井新太郎 ⑮ 千葉県農業試験場 松岡義浩 各原図)

植 物 防 疫

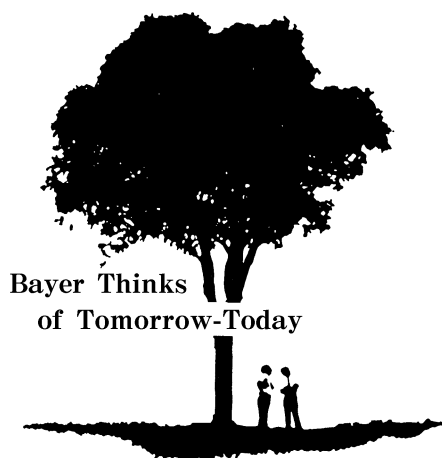
第 27 卷 第 6 号
昭和 48 年 6 月 号

目 次

特集：大気汚染と植物

大気汚染と植物の病虫害	千葉	修	1
植物被害の原因となる大気汚染物質	山添	文雄	4
亜硫酸ガスによる樹木の被害	井上	敏雄	8
オゾンによる植物の被害	門田	正也	13
大気の複合汚染による植物の被害	藤原	喬	17
大気汚染による植物の被害発現に及ぼす各種要因	松岡	義浩	21
大気汚染による植物被害の現状			
(1) 東京都	{ 沢田	正	25
	{ 大平	俊男	
(2) 神奈川県	篠崎	光夫	29
(3) 岡山県	藤井新太郎		33
タバコの生理的斑点病とその対策	福田三千夫		37
植物を指標とした大気汚染の監視	松島	二良	43
中央だより	12, 45	学界だより	42
換気扇			32

世界にのびるバイエル農薬



説明書進呈



日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋室町2-8 ☎ 103



武田薬品



新時代にふさわしく

稲もんがれ病防除剤

バリダシン

粉剤・液剤

新発売

特長

- もんがれ病菌の病原性をなくさせる。
- 的確な防除効果。
- 稲にいつまでも薬害なし。
- 人・畜・蚕・魚・天敵に極めて安全。
- 米にも土にも残らない。

土から海から……あらゆる資源を求めて武田薬品は、安全な新農薬の開発にたゆまざる努力を続けています。

兵庫県明石市の土から分離した放線菌をもとに全く新しいもんがれ病防除薬剤（バリダシン）が誕生しました。

全く新時代に即した“安全農薬”です

使用方法 粉剤 10アール当り 3～4 kg 液剤 500～1,000倍

● ニカメイチュウに

パダン® 粒剤 4

● メイ虫・ツマグロ・ウンカ類の同時防除に

パダンミフシン 粒剤

大気汚染と植物の病虫害

農林省林業試験場 ち ば 修
千 葉 おきむ

種々の大気汚染物質はそれ自体が病因となって、植物に異常現象、いわゆる生理病、をひきおこす。一方、大気汚染地域に生育する植物には、他の地域と比べて、ある種の病害や虫害が目立って多く発生することがある。これは、汚染物質の作用をうけることによって植物が生理作用を乱され、病原体や害虫に対する抵抗力が低下するためと考えられる。

このように大気汚染物質には病原として作用する面と、他の感染病や害虫加害の誘因として作用する面がある。大気汚染物質が、感染病あるいは害虫の発生・加害の誘因として作用することについては、現在までのところ、ごく限られた知見が報告されているにすぎない。しかし、今後に予想される大気汚染の実態からみると、この問題の重要性は急速に増大するものと考えられる。

本題に入る前にその理由について若干述べてみよう。

環境規準の設定が進み、汚染に対する規制が年々強まっていることから、かつてみられたような高濃度の汚染は一般におこらないはずであるが、その反面、比較的低濃度の汚染物質が単独または複合的に作用しておこる大気汚染が、ますます広地域・長期間にわたって発生し、このことが汚染物質の種類の増加とともに、これからの大気汚染を特徴づけるものと考えられる。これを植物に対する影響という点からみると、短期間で特徴ある病徴を示す急性被害はあまり見られなくなるかわりに、慢性害あるいは不可視害とよばれる被害——生理的な障害はおこっているが肉眼的症状がはっきりしない被害——が、これまでよりはるかに広い地域に発生することになる。

つまり、これからの大気汚染による植物被害は主として広地域に発生する慢性害であると予想されているわけであるが、汚染害に関連して発生する病虫害被害の問題は、二つの面から重要視されることになる。すなわち、一つは被害を拡大する要因としての病虫害である。汚染物質の作用だけでは、濃度が低いために軽微な被害にとどまっている場合でも、これに関連して病害や虫害が発生すると、被害程度はいちじるしく増大することになる。他の一つは、汚染被害の指標としての役割である。既に述べたように、低濃度汚染の場合には、植物体に汚染に特有な症状が現われにくい。しかも、汚染の範囲が広い地域に及んでいる場合には、汚染物質の測定器具の設置に限度があって、全域にわたって汚染の程度を知るわけ

にいかない。このような場合、汚染と密接な関連をもつ病虫害の発生程度は、汚染の範囲や程度を知るための有力な手がかりを与えてくれる。

さらに、汚染物質の作用は、とくに葉に対して直接的であるうえに、濃度・時間などコントロールしやすい条件として与えることができる。このため、ある種の病虫害、とくに葉の病害の発病機作を究明するための手段として、独自の有効性が考えられる。

このように、汚染物質の作用と病虫害の発病・加害との関連は多くの興味ある問題を含んでいると思われる。

残念ながら、これまでに発表された知見はごく少ないが、これまでにどのような問題がとりあげられたか、その概要を述べることにしたい。

I 大気汚染と病害発生との関係

1 汚染地に多発する病害

SCHEFFER (1955) はアメリカ北西部の金属製錬所の周辺にあって、 SO_2 を主体とする大気汚染害をうけている森林において、各種の病害の発生状況を調査し、 SO_2 濃度が高い地区では、針葉樹および広葉樹の葉の病害、とくに *Melampsora*, *Pucciniastrum*, *Coleosporium* などによる葉さび病類が減少する一方、ナラタケ病などの根の病害が増加する傾向を認めている。また、PRIHODA (1962) は、工場周辺のトウヒ林およびモミ林で、数種の胴枯性病害が多発していたと述べている。

わが国で、大気汚染が目立って発生が多い病害の例としては、マツ類のすす葉枯病があげられる。この病気は大気汚染が問題となる都市あるいは都市周辺のマツ類では普遍的に見られる病害であり、また、製錬所周辺のマツ林でもはげしい発生がみられる。一方、その他の地域では、春の異常乾燥年に集団発生が見られたことがあるほかは、一般には散発的に発生するにすぎない。この病気は後に述べるように亜硫酸ガスによる大気汚染と密接な関係があることが確かめられている。

この他、大気汚染地域で発生が目立つ病害としては、マサキなどのうどんこ病、モチノキ・トベラなど常緑広葉樹のすす病、数種の広葉樹の炭そ病などがあげられる。これらの病害の発生と大気汚染との関係については、マツすす葉枯病の場合のように実験的に確かめられていないが、その発生状況からみるとかなり関係が深いものの

ように思われる。

2 亜硫酸ガス (SO₂) と病害発生との関係

SO₂ 汚染と密接な関係がある病害には、前述したマツ類のすす葉枯病がある。この病原菌 (*Rhizosphaera kalkhoffii*) はマツ類の針葉には比較的容易に侵入するが、発病力が弱いために正常に生育しているマツ類の針葉に人工接種しても、ほとんど病斑を形成しない。しかし、人工接種の前または後に SO₂ ガスを接触させることによって次の結果が得られ、SO₂ ガス接触とすす葉枯病発生との間には密接な関係があることが確かめられた(千葉・田中, 1968)。

① SO₂ くん煙処理のみによっても、接触時間がますますつれて、SO₂ 被害に特有な症状である針葉の赤褐色変が顕著となるが SO₂ くん煙と病原菌の接種を組み合わせた場合に比べると症状の発現は少ない。② 接種の前または後に SO₂ ガスを接触させると、すす葉枯病の顕著な発病が見られ、その症状はガス接触時間が長いほど激しい。③ SO₂ くん煙後に病原菌を接種した場合よりも、くん煙前に接種した場合のほうが、症状の発現が顕著で子実体の形成も多い。

3 オゾン (O₃) と病害発生との関係

大気汚染物質と発病との関係については、オゾンに関する報告がもっとも多く、HEAGLE によるカラスミギの冠さび病 (oat crown rust) (1969, 1970) およびオオムギのうどんこ病 (1972) に関する報告、MANNING らによるジャガイモ、ゼラニウム、ポインセチアの灰色かび病 (1969, 1970, 1972)、キャベツの萎黄病 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans*) (1971) に関する一連の報告、COSTONIS (1967) によるストロブマツの葉枯性病に関する報告がある。

HEAGLE によれば、病原菌を接種したカラスミギに 0.1 ppm のオゾンを 10 日間 (毎日 6 時間ずつ) 接触させたところ、夏孢子堆の発達がいちじるしく阻害され、10 日後には本来は感受性の品種も抵抗性の感染型を示した。しかし、これらの夏孢子堆に形成された夏孢子の発芽や感染力には影響はなかったとのことである。一方、オオムギうどんこ病の場合には、孢子を盛んに形成している菌そうにオゾン (0.05~0.15 ppm) を接触させると、その間に成熟した分生孢子による感染率は減少したが、感染が成立した後での菌糸の生長は、むしろわずかながら促進される傾向が認められた。

MANNING らが報告した灰色かび病の場合には、オゾン害によって作られた煙斑が病原菌の感染の場として容易に利用され、発病を促進する傾向が認められている。オゾン害による感受性の高まりが顕著なのは、ジャガイ

モの場合であって、オゾン (0.15~0.25 ppm) に接触させてから病原菌の接種をすると、オゾン無処理のものと比べて感染が早く、発病程度も激しいことが認められている。

キャベツの萎黄病の場合には、0.1~0.12 ppm のオゾンを毎日 8 時間ずつ 10 週間接触した実験でも、発病程度にははっきりした影響が認められていない。

なお、オキシダントの 1 種 (ガソリン蒸気とオゾンとを結合させたオゾン化オレフィン) を使用して pinto bean のさび病 (*Uromyces phaseoli*) とヒマワリのさび病 (*Puccinia helianthi*) に対する影響を調べた YARWOOD (1954) の実験がある。この実験では、病原菌の接種 3~9 日後に、ガス (0.4~0.5 ppm) を 3~24 時間接触させているが、さび病感染葉は無接種葉と比べてガスによる被害程度が減少し、この影響は接種後の経過日数の多いものほど顕著であった。

COSTONIS はオゾン接触によっておこるストロブマツ (*Pinus strobus*) の葉枯性病害を扱った一連の仕事のうちで、被害部からの分離頻度が高い 2 種の菌——葉ふるい病菌 (*Lophodermium pinastri*) と葉枯病菌 (*Pullularia pullulans*) ——をとりあげ、病原菌の接種およびオゾン (0.07 ppm) 接触実験によって、被害の発生に対する両者の関連を調べている。その結果によると、葉ふるい病菌は単独でも病原性があるが、針葉がオゾン害をうけることによって、発病が促進され、とくに感染後にオゾンに接触すると発病がふえる。一方、葉枯病菌の場合は、オゾン接触によって生じた被害組織を侵すが、単独での病原性は認められなかった。

4 ダストと病害発生との関係

セメントダストが付着したサトウダイコンの葉では、褐斑病 (*Cercospora beticola*) の発生がましたが、SCHÖNBECK (1960) によって観察されている。

また、MANNING (1971) によれば、石灰工場の近くに生育する 3 種の樹木——アメリカツガ (*Tsuga canadensis*)、野生ブドウ、およびサッサfras——の葉について調べてみると、石灰ダストの付着量はアメリカツガが他の 2 種に比べていちじるしく多く、また、ダストが付着した葉では葉上の微生物相および葉の病害の発生程度に変化が見られた。すなわち、ブドウおよびサッサfrasでは、ダストが付着していない葉と比べると、バクテリアおよび糸状菌類の種類に変化はなかったが、生息密度にいちじるしい増加が認められ、さらに、炭そ病の病斑の形成数が多かった。一方、アメリカツガの場合には、糸状菌の密度がふえたのに対してバクテリアの密度はいちじるしく減少し、また、葉の病害の発生は認めなかった。

II 微生物に対する大気汚染物質の影響

大気汚染と病害発生との関連を問題とする場合、当然のことながら、汚染物質が直接これらの微生物に与える影響を考えなければならない。

この問題については、古くは McCALLAN (1940) の報告がある。その報告によれば、*Glomerella cingulata*, *Botrytis cinerea*, *Pestalotia* sp. など 8 種の病原菌を使用した実験で、毒性のもっとも強かったのは亜硫酸ガスと塩素ガス、次いでアンモニアで、硫化水素とシアン化水素の毒性がもっとも低かった。また、供試菌のうちでは、クロウバーの白絹病菌 (*Sclerotium delphinii*) とチューリップの灰色腐敗病菌 (*Rhizoctonia tuliparum*) とがもっとも感受性で、ニレのオランダ病菌 (*Ceratocystis ulmi*) がもっとも耐性が強かった。また、若い菌そうは古いものより感受性、菌核と比べて菌糸はより感受性であった。

HIBBEN (1966, 1969) は *Trichoderma viride*, *Aspergillus niger*, *Fusarium oxysporum* など 10 種類の糸状菌の胞子に対して、 SO_2 およびオゾンの接触実験を行ない、 SO_2 は 10 ppm 濃度でも発芽阻害をおこさなかったのに対し、オゾンは 0.5 ppm ですべての種類で発芽阻害をおこし、0.1 ppm 濃度でも長時間接触させると発芽率の低下するものがあることを認めた。ただし、乾いた胞子の場合には、ガスに対する耐性は明らかに高まっていた。これらの結果から HIBBEN は、普通大気中に存在するよりも高い濃度の SO_2 に対してこれらの菌は耐性があるが、オゾンの場合には普通みられる濃度に対しても高湿度条件下では発芽阻害をおこす種類があると述べている。さらに HIBBEN によると、オゾンに対する耐性は胞子の形態によっていちじるしく異なり、大形で着色した胞子をもつ *Alternaria*, *Chaetomium* などは 0.1 ppm, 6 時間接触によっても影響をうけないのに対し、*F. oxysporum* や *Colletotrichum*, *Verticillium* などの小形で無色の胞子は、0.025 ppm 濃度でも発芽阻害を生じている。

このほか、オゾン接触によっておこる形態変化については、*Alternaria solani* を使用した実験 (RICH ら, 1966, 1968), 細胞構造と脂質代謝に及ぼす影響については、TRESHOW ら (1969) の報告がみられる。

なお、石灰ダストが付着した葉上の微生物相に関する MANNING による調査結果を前項に述べたが、同氏ら

(1971, 1972) はこのほかに、葉にオゾンに接触させた pinto bean について根圏微生物相、葉上の微生物相の変化を調べている。

III 大気汚染と虫害発生との関係

虫害発生と汚染との関係についての報告は、病害の場合よりも少なく、とくに、特定の汚染物質を使用した接触実験によって害虫加害に対する影響を確かめた報告は見あたらない。与えられた紙数も残り少ないので、ごく簡単に概要を述べることにしたい。

これまでに報告された野外での調査の多くは、穿孔虫類に関するものであるが、この中では、STARK, COBB, MILLER らのグループが、ボンデローサマツ (*Pinus ponderosa*) に対する穿孔虫加害について行なった一連の報告 (1968~70) が代表的なものである。

その報告の要旨をあげると、① 汚染害の症状がはっきり現われているボンデローサマツでは、その被害がひどいものほど穿孔虫類 (とくに western pine beetle と mountain pine beetle) の加害を多くうけ枯死率が高い、② 汚染害をうけたボンデローサマツでは含油樹脂 (oleoresin) の分泌圧、分泌量、および流出速度が減少する一方、その固化性が増加し、じん皮部および辺材部の水分含量の減少がおこっているが、このことが穿孔虫数の加害のために好適な条件を与えていると考えられる。

ドイツ・チェコなどヨーロッパ各地での野外観察も、汚染地では各種の穿孔虫類による被害が増加することを認め (CHARARAS, 1966; BÖNER, 1969; KUDELA, 1964; NOVAK, 1962), また、トウヒ林でカサアブラムシの類 (*Adelges abietis*), (RANFT, 1968), マツ林でマツノシンクイムシ類 (TEMPLIN, 1960) の被害の増加を報告している。しかし一方、フッ素害をうけた silver fir 林の調査では、穿孔虫類 (とくに *Pitykteines* 属) やハマキガの類の密度の低下が認められている (PFEFFER, 1963)。

わが国では、大気汚染と虫害との関係について、まだほとんど報告されたものがないが、各地のこれまでの観察によると、大気汚染地域ではカイガラムシ類やアブラムシ類の発生が多く、樹種で目立っている。また、各種のミノガやクスノハマグリガの加害が増加しているとの報告もある。

植物被害の原因となる大気汚染物質

農林省農業技術研究所 やま ぞえ ふみ お
山 添 文 雄

は し が き

近年諸産業の高度成長と人口の増加と共に伴い、大きな社会問題として世論をにぎわしているものに公害がある。公害は最近環境破壊 (environmental disruption) あるいは環境汚染 (environmental pollution) と称されるようになり、その保全は 20 世紀後半における人類生活上最大の難問であり、また、解決していかなければならない課題でもある。われわれの生活に妨げとなる公害には各種あるが、昭和 42 年 8 月に制定された公害対策基本法の定義には大気汚染 (air pollution) が冒頭にあげられ、人の健康ばかりでなく人の生活に密接な関係のある動植物およびその生育環境に係る被害であることが明示されている。

従来から植物に被害を及ぼす大気汚染 (物) 質 (air pollutant) は数多く知られており、これらの汚染質は高等植物の場合には主として葉の気孔 (stomata) から二酸化炭素 (通称炭酸ガス) とともに吸収され、体内で障害を与えるものとみられている。いま障害の内容を化学的に分類し、それぞれに属する代表的な汚染質を例示すると、次記のようになる。

(1) 酸化的障害を与えるもの：オゾン、PAN (peroxyacetyl nitrate) およびその同族体、二酸化窒素、塩素など

(2) 還元的障害を与えるもの：二酸化イオウ (通称亜硫酸ガス)、ホルムアルデヒド、硫化水素、一酸化炭素など

(3) 酸性障害を与えるもの：フッ化水素、四フッ化ケイ素、塩化水素、三酸化イオウ、硫酸ミスト、シアン化水素など

(4) アルカリ性障害を与えるもの：アンモニアなど

(5) その他有機系の毒ガス：エチレン、プロピレン、アセチレンなど

(6) 固体粒子状物質：ばいじん (すすなど)、粉じん、浮遊粒子状物質 (カドミウム、鉛のような金属またはその酸化物などの μ サイズの微粒子) など

また、(6) を除いて植物に対する毒性の強い汚染質順に大別してみると、次記のようになる。

① 毒性が強く、ppb のオーダーで被害兆候を呈するもの：フッ素系ガス、塩素、PAN およびその同族体、オゾン、エチレンなど

② 毒性は中程度で、ppm 前後のオーダーで被害が問題となるもの：イオウ酸化物、窒素酸化物など

③ 毒性が弱く、数十～数千 ppm で被害の有無が論ぜられるもの：アルデヒド類、塩化水素、アンモニア、シアン化水素、硫化水素、一酸化炭素など

ところが最近は大気汚染も複雑化し、単一汚染質による場合ばかりでなく、2 種類以上の汚染質によるいわゆる複合汚染の発生が多くなっている。このような混合ガスの発生においては、たとえば塩化水素とアンモニアのように両者が中和的に働いて毒性が相殺される場合もあるが、むしろ相乗効果の有無が論ぜられることが多い。たとえばある濃度域内の組み合わせで二酸化イオウとフッ化水素、また、二酸化イオウと PAN は植物に対し相加的に作用し、二酸化イオウと二酸化窒素、また、二酸化イオウとオゾンは相乗的に働くことが知られている。現に往年のロンドン型のスモッグは二酸化イオウとばいじんの混合汚染であったし、ロサンゼルス型のスモッグはオゾンや PAN のようなオキシダント (大気条件下の酸素によって酸化されない特定試薬を酸化する強酸化性物質をいう) が主体であり、東京型のスモッグはイオウ酸化物とオキシダントとの複合汚染によるものであるといわれており、植物影響も一義的に鑑定することがむずかしくなっている現状にある。

本稿では前記の大気汚染質のうち、おもなものの数種につき、それらの発生源、毒性、障害発生機構、被害鑑定法などを紙面の許す範囲で述べることにする。

I イオウ酸化物

(二酸化イオウ、三酸化イオウ、硫酸ミストなど)

イオウ酸化物のうち、二酸化イオウはわが国における代表的な大気汚染質で、古く江戸時代から発生しており、現在に至るまでその発生件数も被害規模もほかのガスよりはるかに多大である。

二酸化イオウの発生源としては、銅、亜鉛などの硫化鉱を製錬して重金属を採取するときの排出ガス、硫酸製造時のガス回収不完全によるもの、低品位石炭の活用や重油の使用による火力発電に由来する排煙などがおもなものである。

とくに最近石炭から石油へのエネルギー革命により後者の使用量がいちじるしく増大し、その排煙中のイオ

イオウ酸化物が国家的な大問題となっている。わが国に輸入される原油は入手ルートや価格の点でイオウ含量の高い(2%前後)中東産のものが大半を占めているだけに事は深刻であり、目下その脱硫方法の開発が緊急の研究課題となっている。すでに重油からの直接脱硫や排煙からの湿式あるいは乾式脱硫など、各種の方法が考案され、すでに一部は実用化されつつあるが、企業的に採算のとれる決め手の良法にはいま一步というところである。したがってその対策として100~200mもの高煙突にしたり、3本ぐらいの集合煙突にしたり、先端を細めたりしてガスの拡散をよくする方式が盛んに用いられ、また、大気汚染度が高まった緊急時には低硫黄含量の重油を使用したり、原油の生だきが行なわれたりしている。しかし、いずれも姑息な手段であって大気中にイオウ酸化物をまき散らすことには変わりはない。やはり発生源における汚染質の処分、すなわちイオウの回収が根本策であることを忘れてはならない。

次に植物に影響を与える二酸化イオウの限界濃度(いき値, threshold value)については、植物の種類・品種、気象、土壌、栽培条件、地形などの相違によりかなり異なるので、一律に決めることはむずかしいが、1967年アメリカ連邦政府公衆衛生部の大気汚染対策本部が発表した判定条件は大いに参考になる。これによると、ガス濃度と暴露時間とは相反する関係にあって、低濃度では長時間で、高濃度では短時間で障害を及ぼすことが図示されている。また、1971年にはアメリカの環境保護庁から数種の大気汚染質の環境基準案が出され、二酸化イオウについては、人の健康に関する primary standard が年平均 $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (約 0.03 ppm)、動植物などの保護に関する secondary standard が年平均 $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (約 0.02 ppm) となっている。後者のほうがきびしくなっているのは国土保全、とくに自然林の保護を重要視したためと思われる。わが国でも人体ばかりでなく、より弱い植物への影響も勘案し、現行よりかなりきびしい環境基準値が検討されている。

一般に植物葉の気孔から侵入した有毒ガスは酵素作用のかく乱、各種代謝の阻害、体内成分の分解・結合などを起こし、細胞や組織を冒すこととなる。二酸化イオウのときは、植物体内の有機酸から生成されたアルデヒドと結合してヒドロキシスルホン酸(塩)を形成し、これが毒性を示すとする説、この化合物の1種としてグリオキシレートビスルファイトの生成が示唆されるという報告、体内で酸化されて硫酸を形成するという説などが知られている。現象的には、現在同化作用をおう盛に営んでいる生長葉に、斑点状の被害部(いわゆる煙斑)を生

ずるのが一般的な特徴とされている。

また、煙害の鑑定法としては、一般に発生源の調査、気象条件の把握、汚染ガスの捕集と測定、指標植物(indicator plant)の利用、植物体の分析などがあげられる。二酸化イオウの指標植物としてはアルファルファ(ルーサン)が世界的に著名で、わが国ではゴマ、ソバ、アカマツなどが感受性よく実用的であるといわれている。また、イオウ酸化物の場合、大気汚染度と植物葉中のイオウ含量とは相関のあることが知られ、鑑定に利用されている。ただし、イオウは植物体の構成元素でもあるので、土壌から経根的に吸収された栄養素としてのイオウと大気から経葉的に吸収された毒物としてのイオウとの区別が必要である。通常両者を合わせて全量を塩化バリウム重量法または燃焼—ヨウ素滴定法により分析することが多いが、この場合には、サンプリング点数を多くするとか、対照試料(非汚染地区の健全な同一植物・同一部位を採取したもの)の選定によく注意する必要がある。そこで厳密にはイオウの形態別定量が望ましいが、簡便には水溶性イオウの定量により被害との相関を高め、検出力をよくすることができる。

なお、硫酸は二酸化イオウよりも植物に対する毒性が弱く、アルファルファの場合に約 1/30 の毒性であるといわれる。これは還元作用を有し植物体内で特殊な毒性を示す二酸化イオウに対し、硫酸のときは単に酸性障害を与えるだけのためと思われる。ただ、前述のように最近東京近郊で発生する光化学スモッグはオキシダントと硫酸ミストとの複合汚染であるともいわれており、硫酸はこのような相乗的作用を呈しやすい汚染質である点で今後も留意する必要がある。

II フッ素系ガス

(フッ化水素、四フッ化ケイ素など)

フッ素はハロゲン元素の中で化学的に最も活性であるため、塩素のように単体のガスとして発生することはまれで、主としてフッ化水素の形で工場の煙突や建屋から排出されるものとみられる。また、四フッ化ケイ素は湿式低温のリン酸質肥料反応そうなどから発生するといわれるもので、植物に及ぼす影響についてはデータが少なく明らかなでないが、空気中の水分と反応してフッ化水素を生成しやすいから、その毒性もこれに近似していると思われる。

このようなフッ素系ガスの発生源としては、氷晶石を融材として使用するアルミナの電解工場、リン鉱石を原料とする過リン酸石灰・溶成リン肥・焼成リン肥・リン酸液などの製造工場、フッ化物を上薬に使用するタイル・

色がわら・ほうろうなどの製造工場、ホタル石を用いる製鋼工場などが知られている。現在わが国では大気汚染防止法に基づき、業種別に排出基準が設けられ、たとえばアルミナの電解炉の建屋では HF として $1\text{mg}/\text{Nm}^3$ (1.1 ppm)、煙道の先で $3\text{mg}/\text{Nm}^3$ (3.4 ppm)、また、過リン酸石灰の反応炉では $15\text{mg}/\text{Nm}^3$ (16.8 ppm) となっている。これらは農作物が ppb のオーダーで被害を呈しやすいことから、着地濃度が数 ppb 程度に納まるよう排出絶対量を勘案して決められたものである。

植物に対するフッ素系ガスの毒性はカイコやウシを除けば一般に動物より大で、指標植物にされるグラジオラスのいき値は1日平均で $5\sim 10\text{ ppb}$ にあるといわれる。フッ素系ガスを吸収した植物葉の被害兆候は先端や周縁にクロロシスを起こし、かつ、境目が褐色がかかるのが特徴で、前項の二酸化イオウの斑点症状とよく対比される。これに関連した被害の発生機構については、主として葉の気孔や一部は水孔から侵入したガスは柔細胞間隙を導管に達し、酵素作用や体内代謝を乱し、ゾル状ケイ酸と特異的に反応してケイフッ化物として葉の先端・周縁に集積したり、カルシウム塩のような不溶性化合物となって局所に沈積するものと推定されている。

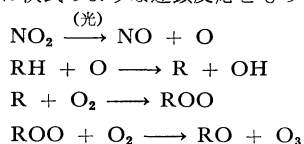
このような有害成分の被害局所存在性を利用し、葉分析を行なうことにより、この種の汚染質を鑑定することができる。とくにフッ素は植物の構成要素でないだけに、水銀・カドミウムなどの重金属と同様に、植物分析が有力な検出の手法となる。分析法には、乾燥粉末試料に石灰乳を混和したのち乾燥・灰化し、これを過塩素酸酸性で水蒸気蒸留してフッ素をケイフッ化水素酸 $[\text{H}_2\text{SiF}_6]$ として留出させ、中和後アリザリンコンプレクソン試薬を添加して吸光光度定量するか、あるいは中和後フッ素イオン電極を用いて電位測定する方法が適している。

III オキシダント

(オゾン, PAN など)

オキシダントは総称名で酸化力の強いオゾン, PAN などが含まれるが、通常の組成はオゾンが大半を占める。

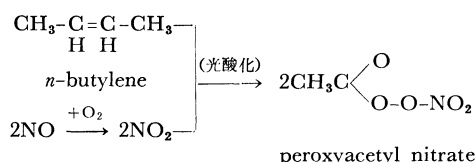
オゾンはガソリンなどの有機燃料の燃焼から生ずる炭化水素 $[\text{RH}]$ と二酸化窒素 $[\text{NO}_2]$ とから光化学的に生成されるものであって、その反応機構について、HAAGEN-SMIT は次のような連鎖反応をもって説明している。



オゾンは植物に対し $0.05\sim 0.07\text{ ppm}$ 、 $2\sim 4$ 時間の暴

露で被害を表わし、 0.1 ppm 、5時間の暴露で激しい損傷を示す場合があると報ぜられている。したがって 0.05 ppm で $1\sim 2$ 時間の被暴をもって許容限界とすべきであるといわれる。本ガスによる被害兆候の特徴は、葉の表面に均一な白～褐色の斑点または縞が分布したり、不規則なしみが発色することである。顕微鏡下では表皮細胞下のさく状組織が冒されやすいことが認められている。タバコはオゾンに敏感で指標植物にされ、葉の斑点症状は“weather fleck”と呼ばれる。ただ、同じタバコでも品種間によって感受性が異なり、たとえば Bel-W3 は非常に敏感であり、Hicks は比較的抵抗性に富むことが知られている。このほかわが国では光化学スモッグ地帯においてサトイモ、ネギ、ホウレンソウなどの葉にオゾン様の被害症状がしばしば観察される。

次に通称パン (PAN) と呼ばれる有機の過酸化物は次式のようにブチレンと窒素酸化物とから光化学的に生成される。



このほか peroxypropionyl nitrate (PPN), peroxybutyryl nitrate (PBN), peroxybenzoyl nitrate (PBzN) などとも生成量は微量であるが、やはり植物に毒性の強い大気汚染質として知られており、これら同族体を総称して peroxyacyl nitrate (PANs) という。

一般に植物は 0.05 ppm の PAN に約8時間の接触で被害を生じ、その兆候は前記のオゾンの場合が葉の表面に現われるのに対し、PAN の場合には葉の裏面に銀～青銅色を呈するのが特徴とされている。PAN に敏感な植物には、インゲン (pinto bean)、ペチュニア、トマト、レタス、カラシナ、ダリア、ホウレンソウなどが知られている。

ロサンゼルスのスモッグ中のオキシダントには PANs が約 0.6% 含まれていたと報告されている。わが国の都市型スモッグについても、最近が高感度の電子捕獲型検出器 (ECD) を備えたガスクロマトグラフィーの活用により PANs の検出がなされるようになったが、植物にも動物にも毒性の強い汚染質であるから、今後とも十分注意する必要がある。

IV 窒素酸化物

(一酸化窒素, 二酸化窒素など)

一般に二酸化窒素のほうが一酸化窒素の5倍の毒性が

あるといわれる。しかし、前者でも植物に対する影響は比較的小さく、たとえば pinto bean (インゲンの1種)の場合に 3 ppm, 4~8 時間の接触で被害兆候が発現し、30 ppm, 2 時間の接触で激しい障害を示すことが知られている。そのほか二酸化窒素に敏感な植物には、レタス、カラシナ、トマト、ヒマワリ、ツツジなどがある。その被害症状は二酸化イオウの場合と似ており、葉脈間に褐色の斑点を生じたり、周縁部にクロロシスを表わしたりする。

ただし、これらの窒素酸化物は前記オキシダントの項で反応式を示したように、自動車の排出ガスや工場における有機燃料の不完全燃焼から同時に生ずる炭化水素と、光化学的に反応してオキシダントを生成しやすい。このような二次汚染物質は元的气体よりも植物に対する毒性が激しくなるから、一次汚染物質の発生を抑えることがたいせつであり、また、その濃度監視が重要となるのである。

V エ チ レ ン

エチレンは天然ガスなど有機燃料の不完全燃焼時に発生し、また、自動車の排出ガス中に含まれており、アメリカでは植物に有害な炭化水素の1種として著名である。オレフィン [C_nH_{2n}] の中ではブチレン [C_4H_8] やプロピレン [C_3H_6] よりも炭素数の少ないエチレン [C_2H_4] が植物に対して最も強い毒性を示す。

エチレンに敏感な植物としては、カトレアのような洋ラン、カーネーション、トマト、バラ、スイートピー、キュウリ、エンドウ、サツマイモ、モモ、ワタなどが知られている。たとえばカトレアは 0.05 ppm, 6 時間のガス接触でがくが異常となり、カーネーションは 0.05 ppm,

6 時間で正常な開花をしなくなり、トマトは 0.1 ppm, 2 日間で、バラは 1 ppm, 2 日間で、いずれも葉の上偏生長 (epinasty) を起こして葉身や葉柄が下垂したり下方へ湾曲することが認められている。一般に植物は本ガスにより葉の上偏生長、巻き上がり、クロロシス、早期落葉、若枝の伸長妨害などを起こすといわれている。

わが国ではまだエチレン単独による煙害例はほとんど聞かないが、植物に対して毒性の強い炭化水素だけに自動車の排出ガスや工場の排ガスの組成内容と関連して今後留意すべき大気汚染物質の一つと考えられる。

なお、このような鎖式炭化水素以外に、芳香族炭化水素も自動車排出ガスの組成成分として問題となっているが、かなりの量が排出されているトルエン、ベンゼンなどについては、その植物影響は明らかでなく、今後の検討課題として残される。

参 考 文 献

- 1) THOMAS, M. D. (1961): "Air Pollution", WHO monograph series 46: 233~278, Columbia Univ. Press.
- 2) BRANDT, C. S. and HECK, W. W. (1968): "Air Pollution", edited by Stern, A. C. 1: 401~443, Academic Press.
- 3) 大気汚染研究全国協議会第7小委員会編 (1967): "植物に関する大気汚染研究文献目録集" 大気汚染研究全国協議会報告 4: 1~35.
- 4) 農林省農林水産技術会議事務局 (1973): "大気汚染による農林作物被害の測定方法に関する研究", 研究成果 64: 1~159.
- 5) 大気汚染研究全国協議会第7小委員会編 (1973): "大気汚染植物被害写真集", p. 1~224, 日本公衆衛生協会.

新刊本会発行図書

農薬安全使用基準のしおり

昭和 48 年版

A 5 判 30 ページ 100 円 送料 55 円

農薬残留に関する安全使用基準, 農薬の残留基準, 作物残留性農薬および土壌残留性農薬の使用基準, 水産動物の被害の防止に関する安全使用基準を1冊にまとめた書

新刊本会発行図書

農薬の残留毒性用語集

A 5 判 20 ページ 150 円 送料 40 円

英和対照農薬残留毒性用語, 記号・略号一覧表, 実験動物一覧表を1冊にまとめた書

亜硫酸ガスによる樹木の被害

農林省林業試験場 井 上 徹 雄

はじめに

わが国における亜硫酸ガスと樹木被害の問題は、古くは鉱煙害といわれる鉱山の金属製錬所からの排煙による周辺の山林樹木に対する被害によって代表された。ここでは、ほとんどの樹木は枯損し、裸地状態となり、さらに二次的被害として土壌の流亡を帰す結果となった。今日までいろいろの緑化対策が試みられてきたが、緑の回復は非常に困難をきわめているのが現状のようである。無残なまでの被害の様相をいまだにとどめており、これらの地域がいろんな意味で“公害の原点”といわれるゆえんであろう。

これら地域における樹木被害は、直接には、硫化鉱を主体とした鉱石の製錬時に発生する高濃度の亜硫酸ガスの単一汚染によるものであり、被害面積は煙源の風下を中心とした比較的小部分に限られていた。

今日ではおもに都市あるいは工業地域の緑化樹木、および周辺の森林樹木の衰退現象によって代表される。これら地域では近年の産業経済の急成長に伴い、とくに石油系燃料への転換とともに発生源の拡大と多様化が進み、排出される汚染物質も SO_2 だけでなく、 HF 、 Cl 、 NO_x 、 CO 、炭化水素類、ばいじん、各種のミスト、二次生成物であるオキシダント (O_3 、 PAN など) などによる広域的な複合汚染を呈する場合が多い。したがって、樹木被害も複合汚染としての影響を考慮していかなければならない。しかし、これらの汚染物質のなかでも SO_2 はその排出量からみて最も重要な汚染物質であることに変わりないであろう。

都市、工業地域における SO_2 と樹木被害の関係は、一般に、比較的濃度長期間にわたる SO_2 の影響として把握されなければならない。今日の汚染地域が人口密

集地に集中しており、また、広域的であるため、環境保全の面からも汚染地域の緑化および緑の保護の問題とともに、とくに樹木被害を大気汚染の指標として利用することが考えられている。したがって、単なる大気汚染による被害測定だけでなく、汚染程度を判定できる有効な指標性の評価にも、大気汚染と樹木被害の関係を的確に把握しなければならない。

ここでは SO_2 による樹木被害について国立林試で行われてきた研究内容を中心に述べることにする。

I 汚染地域における樹木被害の実態

数年前から、各地の都市、工業地域において、樹木被害が目立つようになり、その被害の実態調査が進められてきた。ここでは、まず樹木被害の現象の特徴、樹種による被害の差異、地区による被害の差異および被害の経時的推移が明らかにされなければならない。

東京都内の公園、緑地を対象に実施された被害調査(1965~67)の結果¹⁾を示すと、①樹種によって被害程度にいちじるしい差が認められ、樹種による相対的耐性が明らかにされた(第1表には主要樹種について示されている)。②被害の程度は地区によって差が認められ、これと大気中の SO_2 汚染度とほぼ一致している。すなわち、 SO_2 汚染度が高い城東、城北、城南地区では被害もいちじるしく、城西から郊外へ行くに従い SO_2 汚染度の低下とともに被害も軽くなっている。とくに都心部ではほとんどのアカマツ、スギ、モミの中高木は枯死して無くなっている。

その後の被害の経年的推移を調べた結果²⁾では、被害が目立つ範囲が城西方面にまで次第に広がっており、とくにケヤキではこの方面においても葉の変色、異常落葉といった現象が目立つようになった。

第1表 大気汚染に対する樹木の相対的感受性

	東京都内の調査例	SO_2 接触実験による結果
弱い	スギ、モミ、アカマツ、ヒノキ、ケヤキ、ソメイヨシノ、ムクノキ、シラカシ	アカマツ、ケヤキ、ヒュウガミズキ、ハルニレ、キンシバイ
普通	ヒマラヤスギ、クロマツ、ヒサカキ、サンゴジュ、シダレヤナギ、モミジバズカケノキ、ハルニレ	ヒマラヤスギ、クロマツ、サンゴジュ、トウネズミモチ、ソメイヨシノ
強い	マデバシイ、マサキ、トウネズミモチ、キョウチクトウ、イチヨウ	スギ、シラカシ、ヒノキ、キョウチクトウ、マデバシイ、イチヨウ

SO₂と樹木被害の関係を知る測定法の一つとして、葉中のS含有量の測定が行なわれる。都内のSO₂汚染度の異なる地区に生育しているアカマツについて調べた結果によると、葉中のS含有量は葉令、時期によって異なるが、いずれもSO₂汚染度と高い相関が認められる。

SO₂汚染度と葉中S含有量の関係は他の多くの樹種についてもアカマツと同様の結果が得られており、S含有量の測定はSO₂の影響を知る手がかりを得るだけでなく、SO₂汚染の範囲を知る手がかりとしても有効な方法であろう。

このように樹木被害の原因として大気汚染、とくにSO₂汚染が主要な要因と考えられるが、接触実験ではスギ、ヒノキ、シラカシのようにSO₂に感受性の低い樹種が、実態調査ではきわめてはげしい被害を受けている例(第1表)などからSO₂以外の要因(他の汚染物質および複合汚染、土壌条件など)の影響についても十分考慮されなければならない。

したがって樹木被害に対するSO₂の影響を的確にかむために、SO₂に対する樹木の特有な反応と、これに関与する要因の関係を知っておく必要がある。

II SO₂に対する樹木の反応

一般に、SO₂による植物被害はその発生過程から可視害と不可視害に分けられる。前者は実際に肉眼で認められる種々の被害現象をさし、後者は可視害に先立って植物体内でおきる生理的障害にあたる。また、可視害は高濃度のガスによって短時間で現われる急激な被害(葉のネクロシス)を急性害と呼び、これに対し、低濃度ガスに長時間さらされることにより徐々に現われる被害(おもに葉のクロロシス)を慢性害といって区別する場合がある。

いずれの被害も、その発生はSO₂と樹木の関係だけで支配される場合は少なく、両者とこれらを取りまく種々の要因とによって大きく支配される。この場合、主因であるSO₂としてはその毒性すなわち濃度が問題となる。これに対して、被害を受ける樹木自体は、被害のうけやすさ、うけにくさ、すなわち感受性の大小が問題になる。一方では、外圍条件が感受性に対してどのように関与しているかが環境要因については問題となる。

これら3者の関係を把握するためSO₂による接触試験が実施されている。

1 被害症状と相対的感受性

SO₂に対する反応として最初に認められる可視的被害症状は、通常煙斑といわれる葉の変色である。この症状は、広葉樹では、葉脈と葉脈の間や、葉縁部に黄褐色な

どのはん点状の変色を示す。アカマツ、スギ、ヒノキなどの針葉樹では枝の先端部の葉に褐色の症状が現われる。とくにアカマツでは針葉の中央部にリング状の褐色部を表わすことが多く、この変色は先端へ広がる。

これらの被害症状はほぼ成熟した生理機能のおう盛な葉に現われやすい。また、症状の発現に先立って葉肉組織の細胞に原形質分離が認められる。

被害症状の発現からみた樹木の感受性は樹種によって差異がみられ、種々のSO₂濃度についての接触実験から、樹種による相対的感受性の差が第1表³⁾に示されている。

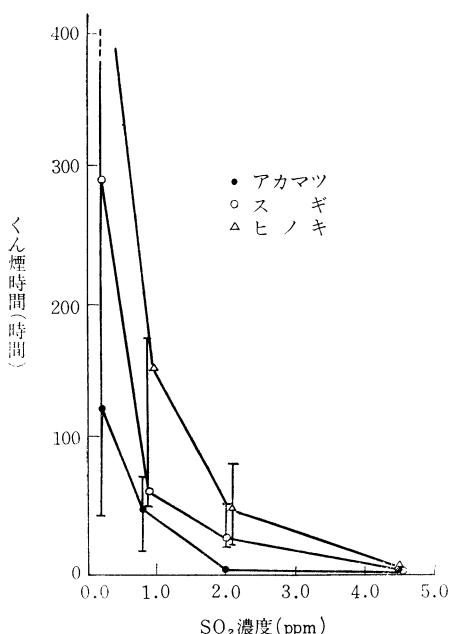
2 感受性とこれに関与する要因

前項の相対的感受性はほぼ同じ生育条件のもとで比較された結果であるが、生育条件およびこれに関係した環境条件によって、また、ガス濃度によって同一樹種でも感受性は異なる。

アカマツ、スギ、ヒノキを使った接触実験によると、生育時期によって感受性が異なることが認められている。すなわち、感受性は生長盛んな7~8月に最も高く、生長開始まもない5~6月、および生長停止前の10~11月がこれに次ぎ、生長停止期にある1~2月は最も低い。このような感受性の季節的变化のパターンは他の多くの樹木についてもほぼ同じとみられるが、なかには(サンゴジュ、トウネズミモチなど)これと違ったパターンを示すものもあり、樹種間の感受性を比較する場合に注意を要する。

ガス濃度と被害症状の発現時間の関係については、ガス濃度の低下とともに初発被害の発現時間も長くなる。この関係は双曲線で示されることが、アカマツ、スギ、ヒノキについて示されている⁴⁾(第1図)。これはO'GARA, THOMASのアルファルファによる結果と同じで、濃度・時間の効果が予想される。また、第1図はアカマツ、スギ、ヒノキのSO₂に対する有害限界線を示しており、被害の測定における一つの基準となる。

次に、土壌条件、とくに土壌の水分条件によって感受性にいちじるしい差異がみられる。アカマツ、スギ、ヒノキを使った実験結果によると⁵⁾、湿潤条件で育った材料は感受性が高いのに対して、乾燥条件下のものは低い。このとき葉内にとり込まれたSO₂量は前者で多く、後者では少ない。また、SO₂接触直前に乾燥条件下にあった材料を湿潤条件に移した場合、感受性は低いが、葉内へのSO₂とり込み量はもともと湿潤条件におかれたものに近い値を示す(第2表)。これらの結果から、土壌水分による感受性の差は樹木の生理活性の強さだけでなく、葉の構造的な耐性の差にもよると推定されている。



第1図 二酸化イオウくん煙濃度と被害発生時間
(1968. 7. 18~8. 28)

土壌養分と感受性の関係については、ヨーロッパアカマツについての施肥試験で窒素施肥によって被害軽減に効果のあることが報告されている。筆者はアカマツについて水耕試験から窒素欠乏の場合最も被害を受けやすい結果を得ている。NPK の3養分が欠乏している場合は被害を受けやすいという報告もある。

光条件も被害の発生に関与する重要な要因となる。すなわち、夜間接触の場合は昼間のそれに比べて被害はきわめて軽いこと、また、接触の前後および間の光条件(明,暗条件)を変えた実験では、接触の間における明条

件で被害が最も多いことなどが知られている。

光条件の SO_2 に対する感受性への関与は、直接には SO_2 のとり込みを支配する気孔の開閉に関係している。

一般に、気孔が十分開き、生理活動を盛んにする条件のもとで感受性も高いといえる。したがって、温度、湿度条件についても同様に考えられる。

この他に樹木自身の要因として葉令、個体、系統によって感受性に差異があることが知られている。

3 感受性とS蓄積量の関係

SO_2 の接触を受けた樹木の葉では、大なり小なり葉内のS含有量の増加が認められる。これは SO_2 が葉の気孔から葉内へとり込まれ、大部分がそこに蓄積されるためである。葉内への SO_2 のとり込みの主要経路が気孔であることは、光照射下で被害が顕著に現われること、葉面ワセリン塗付試験およびマイクロラジオオートグラフ⁶⁾の結果から証明されている。

気孔を通して葉内へとり込まれた SO_2 の蓄積が被害の発現に対して直接、間接に密接な関係をもつことは確かであろう。この関係を把握することは樹種による感受性の差異を理解するうえで重要となる。

アカマツ、スギ、ヒノキを使った実験結果⁴⁾によると、葉内のS含有量は被害の発現に至るまで、ほぼ直線的に増加する。したがって、被害の発現時点におけるS蓄積量は樹種によって異なり、これがそれぞれの樹種の SO_2 とり込みによる許容量を示していると考えられる。したがって、①S蓄積量はスギが最も多く、ヒノキがこれに次ぎ、アカマツで最も少ない。また、いずれも低濃度ほどS蓄積量が多いこと。②Sの蓄積速度は、アカマツで最も速く、スギがこれに次ぎ、ヒノキで最も遅いこと。③被害症状の発現は、アカマツで最も速く、スギがこれに次ぎ、ヒノキで最も遅いこと。以上の諸点から、 SO_2 に対する感受性をガスの侵入に対する抑制力の大小とガスに対する許容量の多少に分けて考えるとアカマツでは両者の性質ともいちじるしく弱く、スギでは後者が、ヒノキでは前者の性質がいちじるしく強いといえる。また、高濃度の場合には、S蓄積速度が被害発現に対して大きな要因であり、低濃度では、S蓄積量が要因となると考えられるので、汚染地域で通常測定される低濃度汚染のもとではS蓄積量が SO_2 の影響程度を知る指標として利用できる。

4 不可視害としての諸反応

葉内へとり込まれた SO_2 による被害機構については、光合成過程の生産物であるアルデヒドとの反応生成物である α -ヒドロキシスルホネート説、酸化形成による硫酸説などが知られているがまだ不明な点が多い。いずれも

第2表 葉のS含量と被害程度

樹 種	土 壌 分	S 含 量 (% 乾重)		被 害 程 度
		対 照	処 理	
アカマツ	湿 潤	0.154(100)	0.301(196)	○~卅 ○~tr. tr.
	乾 燥	0.135(100)	0.169(125)	
	乾→湿	0.120(100)	0.290(242)	
ス ギ	湿 潤	0.147(100)	0.326(222)	○~tr. ○ ○
	乾 燥	0.133(100)	0.162(122)	
	乾→湿	0.136(100)	0.280(206)	
ヒ ノ キ	湿 潤	0.154(100)	0.258(168)	○ ○ ○
	乾 燥	0.155(100)	0.210(135)	
	乾→湿	0.138(100)	0.214(155)	

○：無害，tr.：痕跡害，+：軽害，卅：中害，卅：激害

被害発生に関与しているとみられる。

可視的な被害症状の発現に至る過程で葉の生理、たとえば光合成の低下⁷⁾、呼吸の一時的増加⁸⁾、蒸散異常⁸⁾などが知られている。

これらの生理異常とともに、体内成分（水分、無機成分クロロフィル、糖類、アミノ酸など）に異常を帰すことが知られている。感受性の高いアカマツなどでは低濃度の SO_2 (0.2 ppm) 接触において針葉中の糖含量が減少することから、光合成の低下と合まって、これら不可視害の蓄積効果として生長阻害が予想される。このことは現実に長期間にわたって SO_2 にさらされる樹木では重要な問題となる。われわれがケヤキについて行なった予備試験の結果でも、可視被害を伴うことなしにいちじるしい生長阻害が現地試験で認められている。

III 現地植栽による SO_2 被害の測定

汚染地域における樹木に対する SO_2 被害を的確に測定するため、接触実験の結果と対比した現地植栽試験の例を示す。

土壌条件を同一に管理されたアカマツ、スギ、ヒノキの鉢植苗が現地（水島地区）に設置され、被害調査が行なわれた。設置地点は汚染源から距離別に主風方向（夏季）に3カ所、対照地1カ所の計4カ所とし、それぞれに各樹種30鉢設置されている。

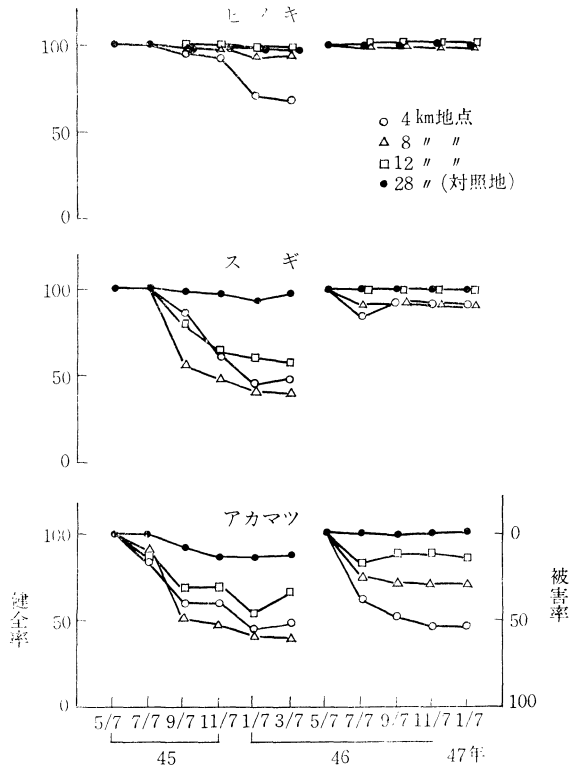
この試験結果によると、

① アカマツが最も被害を受けやすく、スギがこれに次ぎ、ヒノキは最も被害は少ない（第2図）。これは前項の接触実験の結果と一致する。

② 大気中の SO_2 濃度が高い地点ほど被害程度はい

ちじるしい。

③ 大気中の SO_2 濃度は常に変化しているが、短期的にみた場合樹木被害に直接関係するのは比較的濃度 (0.1 ppm 以上) の出現時間の多少によるとみせる。この出現時間をもとに接触実験で得た SO_2 濃度と被害



第2図 現地におけるアカマツ、スギ、ヒノキ苗の被害発現の経時的推移

第3表 現地の大気 SO_2 汚染の実態と有害限界濃度

プロット (煙源からの距離)	時期 (月)	大気中 SO_2 濃度 (ppm)		濃度別出現時間 (hrs)				有害限界濃度推定値 (ppm)		
		平均	最大	0.1>	0.1~0.2	0.2<	0.1<計	アカマツ	スギ	ヒノキ
4 km	5~6	0.035	0.23	1311	61	6	67	0.3~0.4	0.6~1.0	1.5~2.5
	5~8	0.034	0.29	2703	124	9	133	0.17~0.3	0.3~0.6	0.7~1.2
	5~10	0.032	0.29	4102	159	9	168	0.15~0.2	0.27~0.4	0.6~0.9
	5~12	0.031	0.29	5503	191	11	202	0.14~0.18	0.25~0.3	0.5~0.8
8 km	5~6	0.038	0.37	1285	92	9	101	0.2~0.3	0.4~0.6	1.0~1.5
	5~8	0.038	0.37	2662	171	12	183	0.15~0.2	0.25~0.4	0.5~0.8
	5~10	0.032	0.37	3999	178	12	190	0.15~0.2	0.24~0.35	0.5~0.8
	5~12	0.030	0.37	5427	204	13	217	0.13~0.18	0.20~0.3	0.45~0.75
12 km	5~6	0.029	0.18	1391	45	0	45	0.4~0.6	0.9~1.3	2.0~3.5
	5~8	0.031	0.26	2702	84	1	85	0.25~0.35	0.5~0.8	1.1~1.8
	5~10	0.027	0.26	4124	86	1	87	0.25~0.35	0.5~0.8	1.1~1.8
	5~12	0.025	0.26	5571	86	1	87	0.25~0.35	0.5~0.8	1.1~1.8

(倉敷市公害監視センターの測定資料—45.5~12—より調整)

発現時間の関係から推定される3樹種の有害限界濃度が実態 (SO_2 実測値と被害の推移) に適合している (第3表)。

④ 3樹種の葉内のS蓄積量のレベルが接触実験で得られた有害レベルに近い。

⑤ 病虫害調査から、一次的加害性を示す病菌、虫は認められない。二次性の病菌として汚染地点のアカマツにいちじるしいすす葉枯病の発生が認められる。この病気の発生に対して SO_2 汚染が誘因となることが証明されている⁹⁾。

以上の点から、これら樹木被害の発生に対して SO_2 が一次要因として関与していることが認められる。

おわりに

汚染地域において、既存の樹木について SO_2 による被害を測定することは非常に困難な場合が多い。生物学的、化学的手法で多面的な調査を行ない、対象樹木だけでなく他の植生についても幅広い調査を行ない、総合判断による以外にない。とくに大気汚染に伴い発生する病虫害

の調査や、着生植物の種類と分布についての調査結果¹⁰⁾なども SO_2 による樹木被害の重要な指標となる。

また、現実には複合汚染の影響が問題となる場合が多くなってきており、とくに SO_2 と他の汚染ガス (O_3 , NO_x など) の複合による影響についての解明が急がれる。

引用文献

- 1) 竹原秀雄ら (1967): 大気汚染防止に関する特別研究報告書 213~275, 科学技術庁研究調整局。
- 2) 山家義人 (1971): 森林立地 13: 28~31。
- 3) 小林義雄ら (1970): 大気汚染による農林作物被害の測定方法に関する特別研究推進会議資料 (昭和44年度) 農林水産技術会議事務局。
- 4) 井上敏雄 (1970): 同上。
- 5) ———ら (1968): 79 回日林講 140~142。
- 6) 門田正也・井上敏雄 (1972): 同上 54: 207~208。
- 7) Vogl, M. (1964): Biol. Zbl. 83: 587~594。
- 8) 門田正也 (1970): 大気汚染研究 2: 219~223。
- 9) 千葉 修・田中 潔 (1968): 日林誌 50: 135~139。
- 10) 埴田 宏 (1972): Jap. J. Ecol. 22: 125~133。

中央だより

——本 会——

○第45回理事会、第29回通常総会開催さる

5月21日午後2時から東京都文京区の本郷学生会館6号室で理事会を開き、総会出席の会員にあらかじめ理事会を傍聴願ひ、理事会終了後総会に切りかえた。

堀理事長が議長となり、昭和48年度の事業のうち、とくにBT剤研究会、アミノ酸農業研究会、抗植物ウイルス剤研究会、野菜病虫害防除研究会、研究所および植物防疫資料館の新築について抱負を述べ、委託試験の実施体制の整備をはかり、植物防疫界にサービスしながら自らも努力して、企業する植物防疫協会としてますます発展を期したい旨を強調し挨拶した。

議事録署名名に出席理事中から河田黨、野村健一両理事を指名して承認を得た。

議事は議案順に審議し、下記議案を原案どおり議決し、役員改選を行なった。

第1号議案 昭和47年度事業報告および収支決算報告

第2号議案 昭和47年度剰余金処理案

第3号議案 昭和48年度事業計画および収支予算案

第4号議案 研究所新築工事について

第5号議案 会費および会費徴集方法

第6号議案 役員および顧問報酬について

第7号議案 役員改選

〔理事〕

堀 正侃、遠藤武雄、飯島 鼎、石倉秀次、今井正信、内山良治、大森 主、荻原克巳、河田 黨、久次米健太郎、小島晴二、桜井三郎右衛門、下山一二、館澤幸雄、鶴巻達雄、新堀正孝、野村健一、三島京治、矢崎市朗、山崎輝男、吉田 豊、與良 清、若島一蔵

〔監事〕

大山琢三、斎藤圭一、佐藤六郎

〔評議員〕

都道府県植物防疫協会長 (ただし、理事、監事選出県を除く)

議事終了後農林省福田植物防疫課長の祝辞があり、閉会後パーティが開催された。(出席者 55名)

なお、昭和48年度予算は公益事業会計 471,298,000円、収益事業会計 40,437,000円、研究所・資料館新築工事予算 68,000,000円である。

オゾンによる植物の被害

名古屋大学農学部林学科 ^{かど}門 ^た田 ^{まさ}正 ^や也

はじめに

1 O₃の地球史・自然環境としてのO₃の役割

O₃も高濃度に達すれば、現存の動植物に、なんらかの被害を与える。また、過度の紫外線にさらされても、生物の一部に被害を起こす。

ひるがえって、この地球に、生物組成に近似した有機物あるいは、原始的な生物が出現した時代の自然環境はどうであったろうか。当時は、太陽光に伴って、多量の紫外線が、地球の表面に降りそそいでいた。そのため地球の初期の生物群は、紫外線のやや少ない海水面下のみに存在生活し、陸上での生物の進化発展は、阻害されていたろうと解されている。

しかしながら、水中の藻類などの活動に伴い、大気中のO₂量は次第に増した。と同時に、多量の紫外線が、大気中のO₃濃度も高めていった。そして、ついには今のように、地表から高さ約50kmまでの間の成層圏内には適量のO₃が、垂直分布するに至った。

適量の意味について、もう少し平易な解説を続けよう。O₃は空中放電・X線照射などによっても発生するがO₂に紫外線をあてると、たやすく生じる。ところが、その反面、O₃は紫外線を吸収するという、一見奇妙ともいえる、二面の性格をもっている。

成層圏内にほど良い濃度のO₃が含まれた以降、地表近くに達する紫外線は減少して、ここで初めて、生物の一部も、やっと陸上に進出する機会が与えられ、人類誕生に足がかりを得た。O₃の役割は、これだけではない。赤外線をも吸収するので、今の地球生物に、好都合の気温を与える。つまり、O₃は自然環境に対して、かげに重要な役目をもっている。

そればかりか、日常生活のうちに、水の浄化・冷凍食品の保存・エアコン時の殺菌などにO₃を利用している。

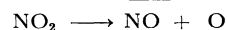
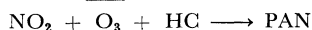
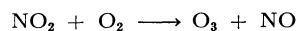
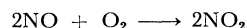
このように、人の生存あるいは生活に必要なO₃も、かつては、一般に地表近くの自然状態では微量であった。ことに都市部ではきわめて微少で、田園部や山地高地にやや多く、O₃の多い点が良い自然環境を指す時代さえあった。だが事情は急変して、天与のO₃の恩恵のほかに、都市ならびにその周辺において、過度のO₃が出没し、所によっては、大気汚染害として、重大視される時代に切り変わった。

2 都市大気汚染の多様性・複合性

重工業地帯と大都市の大気汚染は、互いに無縁ではないが、人も車も過密な大都市においては、従来のSO₂害よりも、むしろ車の排気ガス害がより問題視されよう。

ここ数年来、大都市で光化学スモッグ警報が、ことに夏期にたびたび出される。そのころ、都心から離れた地帯ですら、植物の一部になんらかの被害が出るといわれている。光化学スモッグの化学的組成は、時と所により異なるけれど、多くの場合にO₃が含まれ、その占める割合も多いと見てよい。このO₃が、何から二次的に生じたのか、また、都市大気には、同時にどのような汚染質も含まれているかを、一般論として次に示そう。

陽光下で



注 PAN: Peroxy-acetyl-nitrate

HC: 不飽和の炭化水素

——: 濃度が増せば、植物被害を起こす。

ガソリンで走る車からは、CO₂、CO、Pbのほか、NO₂、NO、HCなどが排出される。もちろん、他の油をもやしても、この一部が排出される。これらの種々のガスは、上空で陽光の作用も加わって、上式の全部または一部の反応を起こす。それゆえ、都市大気は、隣接の重工業地からの排ガスを別にしても、車の排気ガスの質と量とを規制しない限り、O₃などを含む複合汚染型(組成も濃度も時々刻々変動する)となる。したがって植物被害も、それぞれの単独の被害のほかに複合的被害も起こる可能性もある。さらに個々の汚染質の濃度レベルそのものよりも、濃度比の多少に従って、複合被害度は相乗・相加的となる反面、時には相殺的となる例もあって、都市大気汚染の複雑性がうかがえる。

1 O₃による植物被害の特徴

1 被害相・被害発見

一般に植物被害を、便宜上だが不可視害と可視害とに分けている。前者としては、生理害や慢性害の一部も含

まれるが、やや長期間の低濃度の主として O_3 (その他の複合汚染質も多少含まれることがある) にさらされた時に、生長低下・不時落葉・開花数減少・結果数減少あるいは他の害でもきわめて起こりやすい葉の白化などが起こる。これらは通常、野外で肉眼観察することはむずかしい。そこで、数 m^2 の植物群に、1 対のビニールテントなどをかぶせて、一方には、その現場の大気をそのまま数週間通気を続け、他方には活性炭などを利用して、汚染質濃度をへらした通気を行ない、植物影響を対比する。アメリカ合衆国では、この方法で、被害を証明している。生理害も、実験室で、光合成・呼吸・蒸散などの生理作用に及ぼす影響について、モデル実験が行なわれて、被害発生の機構・限界濃度条件・軽減策あるいは被害発生にからむ外因条件などが、研究されている。ともかく、生理的被害相はまちまちだが、被害発生直前にはなんらかの異常生理状態が出現するのが通例である。

可視害としては、葉の被害が見やすいので、野外での予察や早期発見に少々役立つ。といっても、かなり馴れぬと区別しがたい。大略の特徴を、第1表に示す。都市とその周辺で起こりやすい他のガスの葉の被害徴をも加えたので、対比してもらいたい。

第1表 都市大気に関連の多いガスによる葉の被害徴

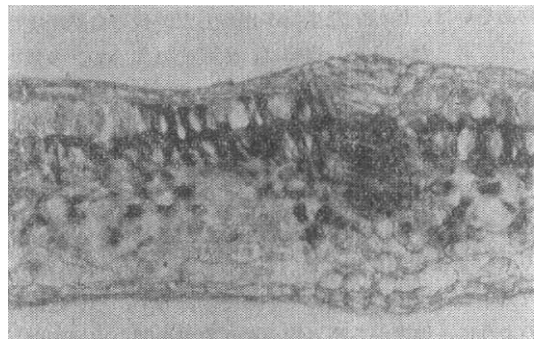
ガスの種類	急性害	慢性害
O_3	葉表面に白・黄・褐色の小点状斑の散在、壊死、白化、マツ葉では環状の黄・橙・褐斑	白化、漂白状退色
NO_2, NO	葉縁部に多発、不規則しみ状褐(黒)斑、壊死、葉表面銅色化	白化、不時落葉
PAN	葉裏面銀(青銅)色化、壊死、海綿状組織破壊	白化、不時落葉
SO_2	主葉脈間(葉中央部)に白・黄・褐色斑、初期は水浸様・灰色	白化、(不時落葉)

この急性害徴はおもに実験室で個々のガスを接触した時の、およその傾向である。植物の種類・葉の老若に従って異なるうえに、被害直後と経過日数の長短でも異なる。ことに経過日数が長びけば、特徴はうすれる。それゆえ野外観察に利用するには、植物群のなかに数歩踏込んで、比較的葉面被害の軽い葉(初期害徴をもつ可能性のある葉に相当する)を多数さがし集める。被害徴を分類してから、高い頻度の害徴でもって、さしずめの推定を行なう。

激しい濃度条件でない限り、一般に野外では、 SO_2 害

は成葉に限られ、そのうえ、初期徴は脈間のみで、葉縁には出にくい。また、ハロゲンはおもに葉縁部に多発する傾向はかなり顕著である。

これらに反し、 O_3 害は、ほぼ葉全面に比較的小さな点状斑が散在する。しかも多くの場合に、葉表面に限られる。PAN や NO_2 などとの複合汚染であっても、もし O_3 が主体ならば、野外でもおよその識別は可能だろう。さらに、断面を鏡検して、さく状組織の破損・黒褐変・葉緑体の減少・原形質分離が多く、逆に海綿状組織に異状が少ないならば、 O_3 害のうたがいは深められる(第1図参照)。



第1図 $0.25 \text{ ppm } O_3$ によるポプラ成葉(ドイツ原産)のさく状組織の被害(黒色部)

2 被害の強弱

(1) 季節と葉令

O_3 ばかりでなく、 SO_2 やハロゲンの急性害は、一般に光合成の盛んな季節に起こりやすい。ことに O_3 と SO_2 とはおもに気孔から葉内に吸収されるので、気孔をよく開かせると同時に、光合成を盛んにする外因条件とがそろえば、葉は比較的短時間に被害を起こす。

すなわち、晴天～明るい曇、やや高目の適温、湿度もまたやや多く、風も弱い外因条件が続くやすい季節に、被害を生じやすい素地がひそまれている。

けれども、葉には葉令があって、季節の進むにつれて生理機能も変わる。つまり、 O_3 害をひきおこしやすい外因条件におかれても、葉令の差異や、季節の相異により被害発生に遅速があるほか、被害度にも軽重の差を示す。たとえば、同一濃度の O_3 にアカマツ葉をさらしても、夏では 0.2 ppm で数時間後に初期害徴が見られるのに、秋には、日中5時間ずつ、4～5日くり返さないと被害はでない。葉の成熟が進むと、生理機能がやや衰え、被害発生を回避するのか、または葉の形態・構造の硬化とともに葉内の生理・同化呼吸パターンが変わるなどを介して耐性がたかまるのか、被害発生機構はよくわからな

第2表 夏季 0.25 ppm O₃ 接触による葉の平均的被害度

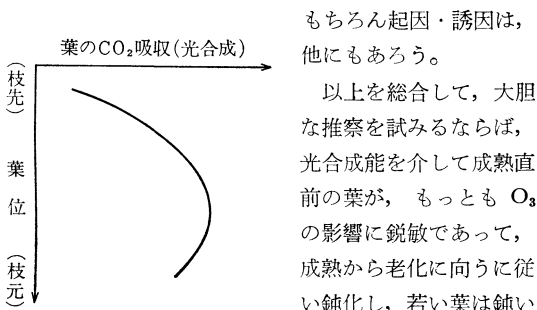
種 名	初発害徴 出現 時間数	平均被害度*		種 名	初発害徴 出現 時間数	平均被害度*	
		若 葉	成 葉			若 葉	成 葉
ボ ン ト ク タ デ	2	—	+	ポ プ ラ (早成種)	2	tr./+	++
ヤ ハ ズ ソ ウ	3	+	++	ボ タ シ	2	+	++
ア カ ザ	3	—	+	シ ダ レ ヤ ナ	2	—	+
ド ク ダ ミ	4	+	+	ケ ヤ キ	3	+	+
ク ズ	5	—	+	カ ジ イ チ ゴ	3	—	++
シ ロ ツ メ ク サ	7	—	tr./+	ハ シ テ ン ボ	5	—	tr./+
ジュウロクササ	2	—	++	ア ベ マ	5	—	tr./+
ア ズ キ	3	—	++	ミ カ ン	7	—	tr./+
サ イ ト ウ	3	—	++	ソ ヨ ゴ	10	—	+
レ タ ス	5	—	tr./+	ア カ マ ツ	10	+	+
オ ニ ヤ ブ ソ テ	5	—	+	コ ナ	10	—	—
イ ノ モ ト ソ ウ	6	+	+	コ ス	14	—	tr./+

* 葉面積当たり被害面積率 —：無害，tr.：＜10%，+：10～30%，++：30～50%，+++50%＜

い。しかしながら、夏に比べて、秋になると、落葉広葉樹も草本類も、接触時間を数倍に延長しないと、被害はでにくい傾向は、上述のアカマツと同じである。

ところが、夏季に、同一枝上の若い葉と成葉の被害度を比べてみると、成葉のほうが早く初発害徴が現われるのに対し、若い葉は無害か微害に止まる例が多い（第2表参照）。

ほぼ大きさの等しい成葉でも、葉位に即して被害度が異なる。この場合、葉位というよりも、葉令と見たほうが適切かもしれないが、ともかく被害度の差異を生じる一因として、葉位に順じた光合成量の多少は、O₃ 吸収の多少を意味し、これが被害度の軽重につながると解しても、よさそうである。このような推論の根拠の一端として、葉位別のポプラの光合成パターン例を第2図に示す。



第2図 ポプラ葉の葉位別の光合成
注 古川(1973)原図を筆者が略図化したもの

もちろん起因・誘因は、他にもあろう。以上を総合して、大胆な推察を試みるならば、光合成能を介して成熟直前の葉が、もっとも O₃ の影響に鋭敏であって、成熟から老化に向うに従い鈍化し、若い葉は鈍いというよりも、むしろ、影響を回避する能力を、ある程度もつのではなかろうか。若い葉は、一般に呼吸量が多い。また、葉緑素の補足も速い。このような点が、単なる憶測にすぎないけれども、回避性につながりそうに思われる。

成葉直前の葉数の最多期は、6～8月になろう。また、そのころは、長雨を除けば、光合成の盛んな生長期にあたる。たまたま、梅雨の中休みか梅雨明けに、微風だと大気中の O₃ 濃度も増そう。このころが、植物に最悪となろう。

(2) 種類による被害度の差異

第2表の左は草本、右は木本の例である。それぞれ初発害徴時間数にかなりの差異があるが、いずれかという草本に比較的弱い種類が多く、葉の生長の早い野菜類がそうである。表示しなかったが、同じ草本でも、オオアレチノギク・ヘクソカズラ・セイタカアワダチソウのように、荒地にすみやかに侵入する種類は、きわめて強い。

木本では、ポプラ・ケヤキのように弱い種類もないではないが、常緑広葉樹には、強い種類が比較的多い。ことにキョウチクトウ・クスノキ・アラカシ・ネズミモチ・トベラなどが強い。

O₃ に敏感な指標植物は、もっと広く調べてみる必要もあるだろうが、筆者の接触試験の範囲内では、栽培の比較的たやすい種類のジュウロクササゲ・アズキ・レタスなどを、さしあたりの候補種にあげたい。木本では、手のとどく枝条があれば、ポプラ・ヤナギなども利用できよう。

ここにかかげた候補種は、どこにも万遍なく生育しているとは限らない。そこで、一般的にいうと、もともと葉のうすい種類が O₃ に敏感である点に着眼して、なるべく多くの種類について、O₃ 害徴の有無と軽重を調べるのが、野外調査での良い目安となる。

もちろん、同種でも、品種が異なれば、O₃ 耐性に差がある。土の乾いた所の植物は、O₃ 害が出にくい。また、やや弱い光条件下にあった葉のほうが、かえって O₃ 害が出やすい。O₃ は何か物体にあたると、減少するので、

物蔭にある葉のほうが、 O_3 害は起こりにくい。このような細部の違いもあるので、観察に際し、留意することである。

(3) O_3 害の認定

SO_2 やハロゲンによる被害葉は、化学分析すれば、それぞれの汚染質の含有量が多いので、確認しやすいが、 O_3 害はそれができにくい。大気汚染質の影響がある程度進めば、葉緑素含量は減る。この減少状態は、他の汚染質よりも、 O_3 の場合に比較的早い。これを利用して、すなわち、その付近から、比較的 O_3 害徴の軽い試料を選んで、葉緑素の低下を知るのがよい。くどいようだが、 SO_2 やハロゲンによる軽害葉では、葉緑素の低下は比較的少ないからである。

既述の葉表面の点状斑、ことに成葉のそれ、切片断面のさく状組織の諸異状などを総合して、判定するほかはなく、今のところ、良い確認法はない。

II O_3 を含む複合汚染による植物被害

都市大気には、種々の大気汚染質が混在することについては既述した。その組成と濃度レベルは、都市ごとに、時刻ごとに、風向と風力にまかせて、まちまちだろう。

しかし、多くの大都市に普遍的といえるおもな組成は SO_2 と O_3 の共存と見てさしつかえない。光化学スモ

第3表 葉の被害度に及ぼす SO_2 と O_3 の相互作用
(TINGEY, D. T. ら (1973) より)

種 名	O_3/SO_2 濃度 (ppm)			
	0.05/0.5	0.1/0.1	0.1/0.25	0.1/0.5
アルファルファ	—	+	+	+
ブロッコリー	+	+	○	○
キャベツ	○	○	○	+
ハツカダイコン	○	+	+	+
トマト	○	—	○	○
タバコ**	+	○	+	+

注 * ○：単独接触害を加えた時と同程度の被害
+：単独接触害を加えた時よりも強い被害
—：単独接触害を加えた時よりも軽い被害
** タバコのうち、とくに O_3 に敏感な1品種

ッグ時、光化学オキシダント警報時に起こるらしい植物被害の多くは、おそらく O_3 単独害よりも、 SO_2 と O_3 の複合汚染と見る向が多い。

それは、この両濃度が、単独では植物被害を起こさないレベルであっても、共存時に予想外の被害が起こる場合があるといわれている。それゆえ、 SO_2 と O_3 の混合接触試験が、最近アメリカ合衆国で、いくつか実施された。

その一例を抜出して、第3表に示したが、共存の害には相乗・相加・相殺もあって、誠に植物被害は複雑といわざるをえない。

III O_3 害軽減策

他の寄稿者が述べると思われるので、簡単に紹介しよう。報文数では、ビタミンC散布の実験例が多い。おもに園芸植物に試みられている。良効果もないわけではないが、しかしながら、元来ビタミンCを豊富にもつ種類(マツ)での軽減効果は劣るようだ。

また、S栄養の要求の大きいマメ類では、Sの補給がよい折に、 O_3 害は軽減される場合があるといわれる。

その他、各種の生長規制物質の使用試験も実施されているが、まだ試験の段階といつてよい。

樹木では、弱い種類のまわりを、強い種類で取りかこむのも一案だろう。樹木群の野外調査で、自然から教えられるヒントの一つがそうであるが、もう一つ、同じ所にならんだ同種でも被害度に大差を見つかる。すなわち、耐性のより強いものを、前選抜することも行なう価値があるだろう。

おもに参考とした文献

- 門田正也・太田 馨 (1972) : 日本林学会誌 54 : 226～229.
——— (1972) : 大気汚染研究 7 : 19～26.
古川昭雄 (1973) : 日本林学会誌 55 : 95～99.
JACOBSON, J. S. & HILL, A. C. (1970) : Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation : A Pictorial Atlas.
TINGEY, D. T. et al. (1973) : Atm. Env. 7 : 201～208.
U. S. Dept. of HEW (1970) : Air Quality Criteria for Photochemical Oxidants.

大気の複合汚染による植物の被害

電力中央研究所農電研究所 藤 原 高

大気汚染が複雑に進展した都市近郊で、いくつかの汚染質が光化学反応を起こして生成される二次汚染質(O_3 , PAN など),あるいは一次汚染質と二次汚染質の共存などによる植物被害ではないかと推定される現象(複合汚染による被害)が報告されている。

複合汚染による植物被害については HAAGEN-SMIT ら¹⁾, MIDDLETON ら²⁾によって調べられてきた。さらに,単独では被害症状の出ない濃度の SO_2 と O_3 とが共存するとタバコで被害が発生すると MENSER らの報告⁵⁾から端を発して,各種の植物で,汚染質共存(複合)の影響が調べられている。筆者の知る限りでは,相互関係が調べられたことのある汚染質の組み合わせは, SO_2 と O_3 , SO_2 と NO_2 , NO_2 と O_3 , $SO_2 \cdot NO_2$ と O_3 , SO_2 と PAN, SO_2 と F 化物, O_3 と F 化物,さらに炭化水素と SO_2 , NO_2 , O_3 などである。これらの研究によると,汚染質共存では植物の被害が常に大きくなるとは限らないようで,単独汚染質の被害を加算した程度か(以後Aタイプと呼ぶ),それ以上か(Mタイプ)あるいは以下(Lタイプ)となる。複合汚染において,それぞれの単独汚染質が植物にAタイプの作用をする場合にも被害が増すので問題であるが,Mタイプが顕著に現われると問題が大きい。しかし,それぞれの汚染質の量や被害の評価(生理作用の阻害程度,被害症状の程度,生育の抑制程度)によって,その現象のタイプが異なることも念頭においておくべきである。なお,光化学反応などで二次汚染質を生ずることの明らかな汚染質の共存(例:炭化水素と窒素酸化物)の効果はMタイプとなる場合が多いと思われるが別問題として考える。ここでは現在までの知見に基づき,複合汚染による植物被害の推

定根拠となる既知の汚染質共存が,植物にどのような被害現象をもたらすかを述べる。

I 被害症状発生への影響による評価

既知の汚染質複合の実験によると,成葉の脈間に壊死斑や黄化斑がみられ,葉に黒色あるいは赤褐色色素が現われる。また,上位葉や下位葉が銀色化したり,黄化する。しかし,いずれにしても単独汚染質で見られる症状とは明確に区別しにくく,共存する中で,主体性を占める汚染質の被害症状が典型的に出る場合が多いようである。

SO_2 と O_3 の組み合わせは相乗的に被害症状を増加させることは MENSER (1966) らにより報告⁵⁾され,その後いろいろな植物について, SO_2 と O_3 の組み合わせの影響が調べられている。MENSER らの報告は第1表のようにタバコ(Bel-W3 など)において, SO_2 0.24~0.28 ppm, O_3 0.027~0.03 ppm, 2~4 時間接触で,それぞれ単独では被害症状が出ないが,両者共存では被害が出る(Mタイプを示す)ようになることを示している。その後,0.1/0.03 (SO_2/O_3 ppm 以下同じ) 4 時間,0.05/0.05, 1日8時間延べ20日間などでも調べられている^{4,6,7,9,12)}。さらにタバコばかりでなく,アルファルフア,キャベツ,ダイコンなどにおいても同様のMタイプの効果が見出されている。しかし,これらは汚染質の濃度の組み合わせによっては,被害の出方がA, Lタイプの場合もある¹⁷⁾。また, Mタイプの効果はピントビーン(0.03/0.02, 6時間), トマト(0.25/0.05, 4時間), ナンキンマメ(0.02~0.03/0.008~0.01, 4~5時間), マツ(Eastern white pine, 0.1/0.1, 1日4~8時間・週5日・2~4週間接触, 0.05/0.05, 1日12時間, 10

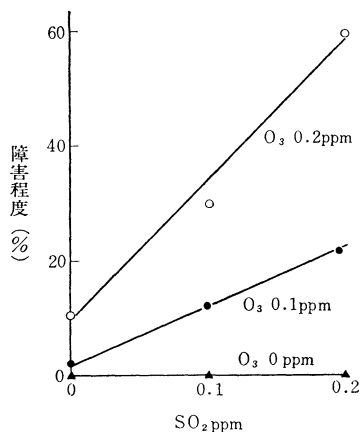
第1表 SO_2 と O_3 の共存がタバコに及ぼす影響 (MENSER ら)

処理時間 (hr)	濃 度 (ppm)		障 害 程 度 (%)					
	O_3	SO_2	葉 数 比			葉 面 積 比		
			Bel-W ₃	Consolation	Bel-B	Bel-W ₃	Consolation	Bel-B
2	0.030	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0.24	0	0	0	0	0	0
2	0.027	0.24	38	37	25	15	12	9
4	0.031	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0.26	0	0	0	0	0	0
4	0.028	0.28	75	76	48	41	43	23

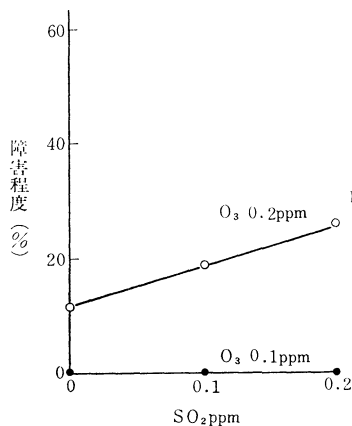
日以上),でも認められている^{6,8,10,11)}。なお,タマネギ,タバコ (White Gold),リマビーン,ブロッコリ,ブルムグラス,キャベツ,ダイコン,ハウレンソウ,トマトなどは 1.0/0.1, 4時間では,その効果がAタイプかあるいはむしろLタイプである¹⁷⁾。

筆者がエンドウ,ハウレンソウを用いて SO_2 と O_3 について調べた結果は第 1, 2 図のような関係である。エンドウは両ガスがいずれの濃度 (0.1 および 0.2 ppm, 5時間) にあってもMタイプの効果を示す。ハウレンソウは SO_2 が 0.2 ppm 以下において, O_3 0.1 ppm では被害が現われず, O_3 0.2 ppm でMタイプの被害を表わすようである。エンドウでの実験から SO_2 と O_3 のそれぞれの濃度と被害程度を推定すると第3図のようになり,被害が出るか出ないかの限界は O_3 0.12 ppm で SO_2 0 ppm, O_3 0.1 ppm で SO_2 0.01 ppm, O_3 0.05 ppm で SO_2 0.05 ppm 程度となる。

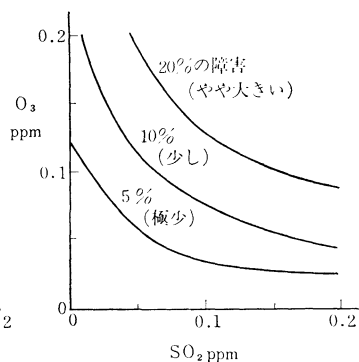
SO_2 と NO_2 については TINGEY ら¹⁵⁾は第2表に示すようにピントビーン, オート, ダイコン, ダイズ, タバコ, トマトにおいて 両汚染質が 0.05~0.25 ppm, 4時間で,いくつかの濃度組み合わせを除いて大部分Mタイプの被害程度を示すことを報告している。エンドウを用いた筆者の実験¹⁹⁾では第 3, 4 表に示すように SO_2 0.1 ppm で NO_2 が 0.2 ppm 以下では被害が認められず, SO_2 が 0.2 ppm では NO_2 0.1 ppm および 0.2 ppm でわずかに被害が認められ, Mタイプの効果を示した。なお,第3表に示すように SO_2 , NO_2 , O_3 の三者共存では SO_2 と O_3 の二者共存の被害以上の特別の効果がなかった。これは NO_2 の主効果が認められないからかもしれない。



第1図 SO_2 , O_3 の濃度とエンドウの障害発生との関係 (条件: 第3表と同じ)



第2図 SO_2 , O_3 の濃度とハウレンソウの障害発生との関係 (条件: 第3表)



第3図 SO_2 と O_3 の共存した時のそれぞれの濃度とエンドウの推定障害程度との関係

第2表 SO_2 と NO_2 の共存が各種植物に及ぼす影響 (TINGEY ら)

NO_2 (ppm)	SO_2 (ppm)	障害程度 (%)					
		ピント ビーン	オー ト	ダイ コン	ダイ ズ	タバ コ	トマ ト
0.05	0.05	2	1	1	2	1	0
0.05	0.10	0	0	0	0	0	0
0.05	0.20	1	0	0	6	2	0
0.05	0.25	1	3	0	7	1	1
0.10	0.05	0	0	1	1	9	0
0.10	0.10	11	27	27	35	11	1
0.15	0.10	24	12	24	20	18	17
0.15	0.25	4	0	4	1	6	0
0.20	0.20	16	10	6	9	4	0
0.25	0.05	0	0	13	2	16	0

備考 SO_2 , NO_2 単独ではこの濃度 (4時間) で障害がでない, 障害程度は障害の多い3葉 (ピントビーンは2葉) の平均 (2~7個体) である。

第3表 複合汚染質のエンドウに対する影響

汚染質 (ppm)			障害 程度 (%)
SO_2	NO_2	O_3	
0	0	0.11	2.0
0	0.21	0	0
0	0.22	0.11	2.7
0.10	0	0	0
0.10	0	0.10	14.6
0.10	0.20	0	0
0.11	0.21	0.11	17.9

備考 20°C, 70%, 31,000 lux にて 5時間接触し翌日葉面破壊程度 (%) を調べた。

第4表 SO_2 と NO_2 の共存がエンドウに及ぼす影響

SO_2 (ppm)	NO_2 (ppm)	障害 程度 (%)
0.20	0	0
0.21	0.13	4.4
0.21	0.20	4.3

備考 第3表と同じ。

第5表 SO₂ と PAN および NO₂ と O₃ の組み合わせがトマト、インゲンに及ぼす影響 (松島ら)

種類と処理条件	処 理			障 害 程 度 (%)	
		濃 度 (ppm)	時 間 (分)	初 生 葉	本 葉
インゲン 28.3°C 25,000 lux	PAN	0.35	30+30	76.3	65.2
	SO ₂	1.6	//	6.8	0
	PAN→SO ₂		//	30.7	12.5
	SO ₂ →PAN		//	86.8	12.8
	混 合		//	11.9	31.3
トマト 34.4°C 67,000 lux	NO ₂	15	25+25	—	20.7
	O ₃	0.4	//	—	30.8
	NO ₂ →O ₃		//	—	10.8
	O ₃ →NO ₂		//	—	11.4
	混 合		//	—	10.0

備考 障害程度 (%) は葉面破壊 %.

SO₂ と NO₂ が高濃度 (SO₂ 1.5~2.4 ppm, NO₂ 12~15 ppm, 40~70 分) の場合の共存においては, インゲン, トマト, キュウリ, ペパで松島が認めているようにMタイプの効果を示す¹³⁾。

NO₂ と O₃ の共存については第3表に示したエンドウでみると NO₂ 0.2 ppm, O₃ 0.1 ppm, 5時間で O₃ 単独と被害程度の差がなく, Aタイプの作用を示す。また, 第5表に示すようにトマトで NO₂ 15 ppm, O₃ 0.4 ppm 50 分の実験¹³⁾において, その作用がLタイプである。

SO₂ と PAN の共存は第5表¹³⁾に示すようにインゲンではLタイプの作用を示している。松島は両ガスが混合されていても, SO₂ の被害症状は成葉に発生し, PAN の場合は未成熟葉に発生し, 分離することから相加的である¹⁶⁾と述べている。

SO₂ と F 化物の共存では第8表¹³⁾に示すように温州ミカンでのクロロシス程度が L タイプの作用を示す。HITCHCOCK ら³⁾によるとグラジオラスでは, MタイプあるいはLタイプを示さない。また, チューリップにてもMタイプがみられない¹⁸⁾。

O₃ と F 化物の共存では O₃ 0.25 ppm, HF 2 ppb でレモンがおのおののガスの影響と大差がない (Brewer)¹⁶⁾。

炭化水素 (0.5~5 ppm) と NO₂ (0.4~7 ppm) を共存させた HAAGEN-SMIT らの実験⁹⁾によるとハウレンソウ, キクザシャ, サトウダイコン, オート, アルファルファに太陽光下で接触 (2~8 時間) させると炭化水素の成分によっては被害症状が現われ, SO₂ (0.1 ppm) が加わると症状が異なることを報告している。炭化水素と O₃, 炭化水素と SO₂ の共存についても同様 HAAGEN-SMIT らの実験がある。しかし, 炭化水素と SO₂, NO₂, O₃ などの共存は光化学反応による二次汚染質生成との関係もあって複雑である。したがって植物への影響についてもわからないことが多く, 前述してきたような既知の汚染

質複合の知見から推察できる程度である。なお, 二次汚染質のおもなものは O₃ で, ほかに PAN, PPN, PBN, Piso BN などが知られている。

II 生育, 収量への影響による評価

SO₂ と O₃ について TINGEY ら¹⁴⁾は SO₂ 0.05 ppm, O₃ 0.05 ppm で 35 日間 (日中8時間・週5日接触), ダイコンに接触させてその影響を調べている。結果は第6表に示したが, 両汚染質の効果はAタイプあるいはLタイプである。

第6表 SO₂ と O₃ の共存がダイコンの生育に及ぼす影響 (TINGEY ら)

処 理	全生 体重	葉生 体重	葉乾 重	根生 体重	根乾 重	根幅	根長
対 照	0	0	0	0	0	0	0
SO ₂	15	7	0	30	17	17	10
O ₃	31	20	10	54	50	34	11
SO ₂ +O ₃	35*	22	10	63*	55*	43	11*

備考 SO₂ と O₃ はそれぞれ 0.05 ppm, 1日8時間, 週5日および連続で5週間接触し調査している。数字は対照に対しての減収比 (%) である。
* は各単独ガスの減収を加えたよりも有意に小さいことを示す。

SO₂ と HF について松島ら¹³⁾は第7, 8表に示すようにケイセンオレンジ, 温州ミカンを用いてその効果を調べた結果, 両汚染質の作用はAタイプを示すと述べている。

生育, 収量に対しては, 被害症状のいちじるしく発生する濃度で長時間接触すればなんらかの影響が出ることが当然であるが, 被害症状が出るか出ないか程度の濃度以下での長期間接触でどうなるかが実際上問題となる。この程度の汚染量での生育収量への影響の研究例が少な

第7表 SO₂, HF およびその混合がケイセンオレンジに及ぼす影響 (松島ら)

処 理	樹 高 (cm)				葉面積 (cm ²)	節 間 長 (比)		クロロシス 程度 (%)		F 含 量 (ppm, D.W)	
	5月26日	6月17日	7月2日	8月8日		5月26日	7月2日	6月6日	6月17日	6月9日	7月10日
対 照	51.0	69.4	79.7	97.0	28.8	100	105	0	0	4	6
SO ₂	53.2	66.4	73.5	106.7	25.9	100	104	0	0	5	7
HF	52.2	71.5	81.1	109.6	22.3	100	110	0	0	63	123
SO ₂ +HF	51.2	64.6	76.9	105.1	18.3	100	99	0	0	60	144
有 意 性	なし	あり	あり	なし	あり						

備考 5月26日くん蒸開始, 12日間くん蒸後10日間中断, 6月17日より再び11日間くん蒸.
SO₂ 1ppm, HF 10ppb, 葉面積: 長さ×幅.

第8表 SO₂, HF およびその混合が温州ミカンに及ぼす影響 (松島ら)

処 理	樹 高 (cm)				クロロシス 程度 (%)	落 葉 率 (%)	F 含 量 (ppm, D.W)	
	5月26日	6月17日	7月2日	8月8日			6月9日	7月10日
対 照	30.6	39.1	50.7	74.6	0	0.9	3	6
SO ₂	34.0	34.7	48.8	75.9	1.3	0.8	8	7
HF	33.7	38.3	53.7	70.3	19.0	5.6	32	60
SO ₂ +HF	32.0	37.6	63.8	78.3	3.9	1.8	38	42
有 意 性	なし	なし	なし	なし		あり		

備考 第7表と同じ.

い。しかし, 汚染質の濃度が低い場合の共存はAタイプあるいはLタイプの効果ではなからうか, 今後の研究課題である。

III 今後の問題

複合汚染による影響は植物の種類およびそれぞれの汚染質の濃度組み合わせにより, 加法的な場合, 交互作用を持つ場合があり, 一様でないことがわかる。しかし, まだ一部分の汚染質間あるいは植物での知見にすぎないので, さらにこの関係を調べる必要があろう。また, 汚染質の組み合わせにおいて, その被害が加法的な場合は単独汚染質の知見から複合汚染による被害を推定できるが, いちじるしい交互作用を持つ場合は単独汚染質の知見があまり役立たないので, この作用のいちじるしい汚染質の組み合わせでの被害解明がとくに重要となろう。なお, 汚染質が共存する場合, 既知の二次汚染質の生成による場合は別として, 単なる共存で植物に相乗的な影響を与えるのは大気中で何か植物に有毒な未知の物質 (二次物質) が生成されるのではないか, あるいは植物に侵入する過程において特殊な物質に変化するのではないかと疑問もあるが, 現状では未解明である。

引 用 文 献

- 1) HAAGEN-SMIT, A. J. et al. (1952) : Plant Physiol. 27 : 18~34.
- 2) MIDDLETON, J. T. et al. (1958) : J. Air Pollution Control Ass. 8 : 9~15.
- 3) HITCHCOCK, A. E. et al. (1962) : Contrib. Boyce Thompson Inst. 21 : 303~344.
- 4) HECK, W. W. (1966) : Int. J. Air water Pollution 10 : 99~111.
- 5) MENSER, H. A. et al. (1966) : Science 153 : 424~425.
- 6) HECK, W. W. (1968) : J. Occup. Med. 10 : 497~499.
- 7) TAYLER, O. C. (1968) : J. Occupat. Med. 10 : 485~492.
- 8) APPLGATE, H. G. et al. (1969) : Envir. Sci. Technol 3 : 759~760.
- 9) REINNERT, R. A. et al. (1969) : Agron. abttr. p 34.
- 10) DOCHINGER, L. S. et al. (1970) : Nature 225 : 476.
- 11) JAEGER, J. et al. (1970) : Phytopath. 60 : 575.
- 12) MACDOWALL, F. D. H. et al. (1971) : Atmospheric Environment 5 : 553~559.
- 13) 松島二良他 (1970) : 園芸学会 45 年秋季大会研究発表要旨 92~93.
- 14) TINGEY, D. T. et al. (1971) : J. Am. Soc. hort. Sci. 96 : 369~371.
- 15) ——— (1971) : Phytopath. 61 : 1506~1511.
- 16) 松島二良 (1971) : 農業及園芸 46 : 1671~1674.
- 17) TINGEY, D. T. et al. (1973) : Atmospheric Environment 7 : 201~208.
- 18) 農林水産技術会議編 (1973) : 大気汚染による農林作物被害の測定方法に関する研究.
- 19) 藤原 喬 (1973) : 公害と対策 9 : 253~257.

大気汚染による植物の被害発現に及ぼす各種要因

千葉県農業試験場 まつ 松 おか 岡 よし 義 ひろ 浩

はじめに

この課題について述べる前に、大気汚染による植物被害の作用機構や被害発現と汚染質の量的関係についても述べる事が順序であろうが、この点は他に譲り、被害発現にかかわる副次的な要因を中心に述べようと思う。

植物に対する大気汚染害とは、いわゆる大気汚染質(本号山添参照)という植物毒による植物の生理機能および作用の障害、または組織器官の障害である。一方、被害の現象面を植物の側からみると、本誌の領域でもあり植物防疫上関係の深い“葉害”ときわめて類似の現象である。それ故、被害の発現に関与する要因についても葉害のそれとほとんど相似で、その意味でも興味深いものといえよう。また、このような視点から大気汚染の障害現象を把握されればこの問題の理解の早道とも考えられる。

大気汚染害の感受性を左右する要因には、植物の種属、種類に個有の感受性として遺伝的形質に属するもの、植物をとりまく環境要因(気象、土壌など)として外的に影響するもの、さらに植物自身の内的な生長段階や生理的要因の三つに大別されよう。

I 植物の種類と感受性

大気汚染被害が学問的なかたちで初めて取り上げられたきわめて古い時代から、植物の種属または種間で汚染質に対しある程度個有の感受性を有していることが知られていた。その中で、組織だって分類検討された O'GARA のデータをもとに THOMAS ら²⁴⁾ がまとめた結果によれば、亜硫酸ガスに対する感受性はアルファルファを最も敏感な基準植物として感応度 1.0 で表わすと、ブロッコリ 1.3, コムギ 1.5, トマト 1.7, キャベツ 2.0, ジャガイモ 3.0, キュウリ 4.2, セルリ 6.4 など、栽培作物の中でも数倍の差異があり、樹木類を含めると感受性は 10 数倍も違いがある。さらに同一科の植物に限った場合でも、アルファルファに対してサイトビー 1.1, クローバー 1.4, また、イネ科ではオオムギ 1.0, エンバク 1.3, コムギ 1.5, ライムギ 2.3, トウモロコシ 4.0 という差異がある。

さらに品種という分類区分についてもそれぞれ個有の感受性が存在し、品種間でもかなりの幅の感受性差異がある。この例としては、栽培種ブドウ 6 品種について亜

第 1 表 ブドウの亜硫酸ガス被害に対する感受性の品種間差異 (藤原, 1970)

品 種	葉被害の程度*	暴露してから被害発現までの日数
フデ	100	1
レラ	51	3
ドニ	16	2
ウエ	5	4
ネオ・マス	0	—
巨 甲	0	—

* SO₂ 暴露期間は 1966 年 10 月 12 日から 6 日間、0.26 ppm で処理、数値は 5 個体の平均値。

硫酸ガス感受性を検討した藤原⁶⁾の報告がある。

一方、BERRY ら¹⁾はストローブマツの一群を材料とした実験で、数種の汚染質に対してその約 1/3 がいちじるしい害を受けるが、他の一部は特定の汚染質にだけ感受性があり、残りの一部はいずれの汚染質にも感受性を持たないことを認めている。このような現象はわれわれの周辺でもケヤキやアカマツにも認められ、樹木などでは遺伝的形質が純化固定していないことによると考えられる。

このように汚染質に対する感受性が種属や品種に個有で、あたかも直接感受性を支配する遺伝形質が存在するような挙動をとるが、むしろ汚染質の侵入の難易に関係する形態構造や機能、または被害発現に関与する生理反応や酵素活性度がそれぞれ植物の種に個有のものとして存在し、これが間接的に感受性の強弱となって現われるものと思われる。

これについて ENGLE ら⁶⁾の報告が興味深いもので、タマネギのオゾン感受性品種はその葉の気孔孔辺細胞がオゾンに鈍感で、オゾンの飛来でも刺激を感じず気孔を閉じない。一方、オゾン抵抗性品種の孔辺細胞はオゾンに敏感で、オゾンに触れると気孔が直ちに閉じてオゾンの侵入が妨げられ、被害を食い止めている。そしてこの形質は優性形質として遺伝することを明らかにした。

植物が持っている汚染質に対する植物種間の感受性のこのような差異も、汚染質が異なると感受性の度合もまた変化することがある。たとえば JACOBSON ら¹⁰⁾や THOMAS²⁴⁾の資料によれば、亜硫酸ガスに敏感なワタ、コムギはフッ素系ガスには比較的耐性のある植物である。逆にグラジオラス、トウモロコシはフッ素に敏感である

が亜硫酸ガスには鈍い。また、オゾンに敏感なタマネギ、ジャガイモは亜硫酸ガスに比較的強い作物として知られている。すなわち植物のもつ対汚染質感受性は必ずしも全ての汚染質に共通の性質ではない。

II 気象要因と感受性

気象要因の多くは被害発現に関与する外的要因の中で大きな役割をもつもので、野外においても重要な影響を發揮するので多くの実験、調査報告例がある。しかし、これらの要因は実際には個別に独立して存在し、影響するものではなく、常にいくつもの因子が同時に植物へ影響しつつ被害発現に関与しているので、ときどき調査、研究結果の上で矛盾のあることも生じている。しかし、概してこの要因の影響傾向はすべての汚染質に共通である。

1 光について

光の要因をさらに強さ、質、量などの関係に細分されるが、光の強さと感受性は互いに正の相関関係にあることを亜硫酸ガスでは KATZ¹²⁾ ほか、光化学オキシダントでは HECK⁷⁾ などの報告がみられ、自然光の最大日射量までの強度で被害を促進させる。また、DUGGER⁴⁾ は 900 ft.C で育てたピントビーンは 2,200 ft.C で育てたものよりオゾンに敏感になった。しかし、PAN に対してはこの逆の結果となったと報じている。KORITZ ら¹⁴⁾ は暗所中で Ozonated-hexene* を暴露しても生育を抑制しないが、明所では抑制するとし、JUHREN¹¹⁾ はオキシダント害発現の光強度域値は 300~400 ft.C でこの光度は気孔を開かるに必要な光度であるとしている。また、HECK ら⁸⁾ は光強度と日長時間のそれぞれ異なる条件でオゾン暴露をした場合、光を 2,000 ft.C から 3,000 ft.C に増すことよりも 8 時間から 16 時間に日長時間を伸ばすことで、オゾン感受性が低下したとしている。

NO₂ にとっては光は例外的で、TAYLOR²³⁾ は日中暴露より低照度、または夜間に感受性が高まるとしている。

光の質については、DUGGER³⁾ が異なる波長の光をマメに与えて PAN を暴露した場合、420~480 nm で被害がいちじるしく、640 nm の数倍に達したと報じている。

前に少し触れた日長時間については、亜硫酸ガスやフッ素化合物に対する感受性との関係ではその例をみないが、オゾン被害の程度に光周期が関与することが知られ、MACDOWALL¹⁶⁾ はタバコで、JUHREN ら¹⁰⁾ はブルーグラスで、HECK ら⁸⁾ はピントビーンやタバコで、日長時間が短いほど感受性が高くなったことを報じている。

* 実験で用いられる 1 種の人工オキシダント。

第 2 表 光周期条件の違いに伴って変化したタバコのオゾン感受性 (F. D. H. MACDOWALL, 1965)

	照 射 時 間		
	8	12	16
Exp. 1	54, 57, 65	43, 51, 60	27, 38, 55
Exp. 2	27, 62	0, 44	0, 7
Exp. 3	55, 64, 72	36, 42, 44	20, 34, 36

2 温度について

温度についても汚染質の感受性の大小と温度の高低との間で、おおむね正の相関が認められる。すなわち、KENDRICK ら¹³⁾ はハウレンソウ、レタスなどを用いて 24°C、13°C で 7 日間育成後、Ozonated-hexene で処理すると、高温で育成したほうによりいちじるしい害が現われること、また、MENSER ら¹⁸⁾ はオゾン感受性の異なるタバコ数種を日中 25°C、夜間 20°C とそれより 5°C ずつ低い条件でオゾン処理をすると、いずれの品種も被害は高温条件で高いことを報告している。

また、JUHREN ら¹¹⁾ はブルーグラスを用いて温度と生育段階別に、オゾン感受性に関する興味ある実験を行なっている。これによれば、日較差 6°C をもたせた 5 種類の異なる温度条件 (日中気温で 17°C、20°C、23°C、26°C、30°C) で育成して、生育の初期からオゾンの感受性をみているが、高温条件では生育の初期に感受性がきわめて高く、漸時耐性がついてくる。しかし、低温 (20°C) では生育初期にはオゾンの感受性はほとんどなく、17°C 条件では開花期まで感受性は得られなかった。また、高温条件で育成されていたものが、低温におかれると感受性を増し、その逆は感受性を失なう、そしてこの性質を得るに要する時間は 3 日程度としている。

3 湿度について

多くの汚染質について共通して認められる要因であり、亜硫酸ガスについては SWAIN²¹⁾、さらに THOMAS²⁴⁾ が O'GARA のデータをもとに湿度と感受性の関係を取りまとめている。いずれも高湿度で感受性が高まり被害が出やすくなる。湿度が汚染質に対する感受性とどのようなかわり合いで影響するかよくわかっていないが、気孔の開閉作用との関係を示唆する考え方が支配的である。

オキシダントまたはオゾンについても多くの報告があるが、MENSER¹⁷⁾ はタバコで 15°C と 32°C の温度でオゾンを暴露すると湿度 50~90% の範囲では湿度が高いほど被害が増すこと、また、HULL ら⁹⁾ も同様の報告をするとともに暴露後の湿度変化は被害度に影響しないと

している。

III 土壌要因と感受性

土壌的な要因の中には土壌水分と、肥料養分が被害の発現に関与する因子として古くから知られているが、そのほかに土性、地温、酸素分圧などの関係について検討を加えた報告がみられるがいずれも植物の根の活力との関係で意味をもつものと考えられる。

1 土壌水分について

亜硫酸ガスを初めすべての汚染質について多くの研究報告があり、いずれも土壌水分の不足が汚染質に対する感受性を失わせる働きのあることを報じている。

OERTLI²⁰⁾は浸透圧 0.75 気圧からそれぞれ 2, 4, 8 倍の水耕液で、また、0.3 気圧と 0.8 気圧の水分圧で砂耕栽培して、いずれも水分不足状態でオキシダント被害の感受性が低下することをみだしている。

また、圃場では TAYLOR²²⁾が乾燥期のタバコにオキシダントの被害のないこと、さらに十分な水分がある状態でも灌漑されて栽培されたものは無灌漑で栽培されたものよりオキシダントに敏感であることを報じている。

2 肥料養分について

かなり多くの研究成果があり、おおむね肥料分の多い状態で栽培されると感受性が高まるという報告が多いが、必ずしもすべてが同一の結果を得ていない。フッ素ガスについては山添²⁵⁾が、オキシダントについては BREWER²⁾の結果がありいずれも多窒素条件で被害が大きくなる。後者はまたリン酸やカリ成分の相互作用の可能性についても推測している。また、MACDOWELL¹⁶⁾は標準より少ない状態から過剰の状態の窒素成分条件について検討し、不足および過剰の両条件ともに感受性が高まることを報告している。

さらに与えられた肥料成分が植物体中へ吸収された状態については LEE¹⁵⁾が検討し、葉中の非タンパク態窒素濃度または全水溶性窒素およびアンモニア態窒素濃度とオゾン感受性は正の相関があるとしている。

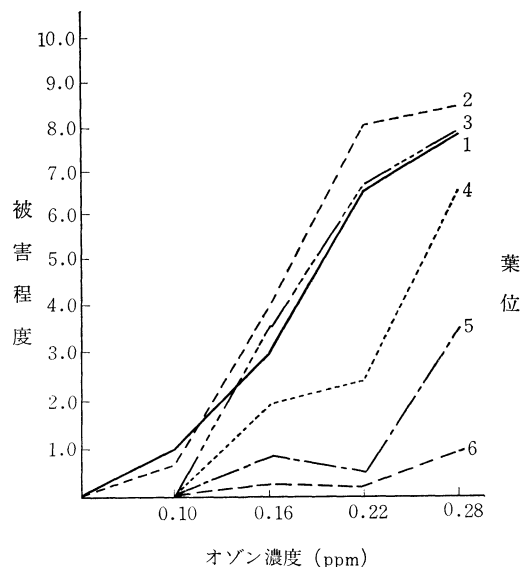
第3表 窒素肥料レベルの違いとタバコ（ホワイトゴールド種）のオゾン感受性 (F. D. H. MACDOWELL, 1965) オゾン：0.35 ppm, 48時間処理

試験区	窒素肥料の施用量別被害程度			
	N/10	N/2	N	5N
1	29	33	0	35
2	9	0	8	25
3	25	15	3	7

IV 植物の生育段階と感受性

先に述べた JUHREN ら¹¹⁾の報告にもみられるように、汚染質による感受性は植物個体の、または器官の生育 stage によってかなりの幅で差異がある。

HECK ら⁸⁾はピントビーンにオゾン进行处理した実験で初生葉について検討し、発芽後7日目までは感受性が低い、8日目には急に敏感になり9~17日で最も高感受度で、18日目以降は感受性が低下する。この現象は、感受性は一定の age に到達したときに最も高くなることを示唆しているもので、このことは MENSER ら¹⁹⁾の報告によるように1個体中では先端から2, 3葉位が最も敏感であるとしている結果と同一のものである。



タバコ (Bel-W 3) の葉位によるオゾン感受性の差異 (H. A. MENSER, 1963)

しかし、植物は個体の age とともに部位または器官にもそれぞれ age がある。被害の発現は個体の age よりも器官の age が優先し、老令な個体でも壮令の葉や器官は汚染質に敏感で、逆に壮令の個体でもすでに老化した器官は感受性を失っている。

また、感受性の最も高い age は汚染質によって異なり、フッ素系ガスや PAN は伸長途中の若い葉を冒すが、亜硫酸ガスや二酸化窒素は壮令のものを、オゾンは壮令のものやさらに成熟した葉まで冒す。この点についての理由はほとんど明らかにされていないが、汚染質の毒性の差や障害の作用点の違いによるものであろう。

V その他の要因と感受性

1 日中時刻および季節について

汚染質に対する感受性は、また、1日のうちの時刻や1年のうちの季節によっても変化する。多くの観察事例から一般に午前中から午後早いうちが感受性が高く、夕刻や夜間には低下する。これについては KORITZ & WENT¹⁴⁾、HECK & DUNNING⁸⁾ などが実験で確かめている。

第4表 亜硫酸ガス感受性に対する光の影響
(M. D. KATZ, 1949)

SO ₂ 濃 度 (ppm)	時 刻	光強度 (f. c.)	SO ₂ 吸収率 (%)	葉 被害率 (%)
4.5	9:00pm~10:00pm	0	9.2	なし
4.8	3:00am~ 4:00am	0	9.1	なし
4.6	4:40am~ 5:40am	65	11.5	なし
5.0	5:50am~ 6:50am	300	15	なし
4.8	7:30am~ 8:30am	1500	25	22
4.6	8:45am~ 9:45am	3135	32	31
4.9	10:30am~11:30am	4940	31	32
5.0	1:20pm~ 2:20pm	3760	31	44
4.8	3:30pm~ 4:30pm	1680	22	8
4.4	6:20pm~ 7:20pm	50	12.5	なし
4.5	9:30pm~10:30pm	0	9.5	なし

感受性の時刻変化については、日中時刻の変化とともに起こる光の質、強さ、気温、湿度や地温、土壤水分状態の変化と、さらにそれによって植物自身も生理的な活性や反応力が変化し、両者の相互作用で感受性が変化するものであろう。

同じようなことが季節の変化についてもいえるが、この場合は時間的な経過が植物自身の生育段階をも大きく変化させるので、季節という要因に age という因子も含んで感受性に影響するであろう。季節的には大部分の植物が春から初夏にかけて感受性が最も高くなり冬は感受性を失う。

2 炭酸ガス濃度について

大気中の炭酸ガス濃度が被害程度を左右するとの知見が、オゾンについて報告されている。HECK ら⁸⁾ は炭酸ガスが気孔開閉に関与する因子であることから検討したもので、オゾンの暴露時または直前に通常大気およびそれに 500 ppm の CO₂ を添加した空気で処理すると、後

者でタバコのオゾンによる被害度が 1/3 程度になったとされている。しかし、ピントビーンにはこのような現象は認められなかった。

引 用 文 献

- 1) BERRY, C. R. and Hepting, G. H. (1964) : Forest Sci. 10 : 2~13.
- 2) BREWER, R. F. et al. (1961) : Soil Sci. 92 : 298~301.
- 3) DUGGER, W. M. JR. et al. (1963) : Nature L98: 75~76.
- 4) ——— et al. (1963) : J. Air Pollut. Contr. Ass. 13 : 423~428.
- 5) ENGLE, R. L. and GABELMAN, W. H. (1966) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89 : 423~430.
- 6) 藤原 喬 (1970) : 園学誌 39 : 13~18.
- 7) HECK, W. W. et al. (1965) : J. Air. Pollut. Contr. Ass. 15 : 511~515.
- 8) ——— and DUNNING, J. A. (1967) : ibid. 17 : 112~114.
- 9) HULL, H. M. et al. (1952) : Proc. Nat. Air Pollut. Symp. 2nd : 122~128.
- 10) JACOBSON, J. S. and Hill, A. C. (1970) : Recognition of Air Pollution Injury to Vegetation; A Pictorial Atlas. Pub. Air Pollut. Contr. Ass.
- 11) JUHREN, M. et al. (1957) : Plant Physiol. 32 : 576~586.
- 12) KATZ, M. (1949) : Ind. Eng. Chem. 41 : 2450~2465.
- 13) KENDRICK, J. B. Jr. et al. (1953) : Phytopath. 43 : 588.
- 14) KORITZ, H. G. and WENT, F. W. (1953) : Plant Physiol. 28 : 50~62.
- 15) LEE, T. T. (1966) : Can. J. Bot. 44 : 487~496.
- 16) MACDOWALL, F. D. H. (1965) : Can. J. Plant Sci. 45 : 1~12.
- 17) MENSER, H. A. (1962) : Doctoral Thesis, Univ. Maryland.
- 18) ——— et al. (1963) : Plant Physiol. 38 : 605~609.
- 19) ——— (1963) : Phytopath. 53 : 1304~1308.
- 20) OERTLI, J. J. (1958) : Soil Sci. 87 : 249~251.
- 21) SWAIN, R. E. (1923) : Ind. Eng. Chem. 15 : 296~301.
- 22) TAYLOR, O. C. et al. (1960) : Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75 : 435~444.
- 23) ——— (1968) : J. Occup. Med. 10 : 485~499.
- 24) THOMAS, M. D. and HENDRICKS, R. H. (1956) : IN Air Pollution Hand Book. McGraw-Hill. (eds MAGIL, P. L. et al.)
- 25) 山添文雄 (1962) : 農技研報告 B 12 : 1~125.

東京都における大気汚染による植物被害の現状

東京都公害研究所 さわ だ 沢 田 ただし おお だいら とし お 正・大 平 俊 男

まえがき

近年経済の発展に伴う産業活動の増大,都市化の進展,モータリゼーションの普及などにより都市および周辺の環境大気汚染が問題になってきた。このことは生物の生存にとって重大な影響をもたらすものと考えられる。このような生物影響の調査研究についてはアメリカなどですでに多くの報告^{1,2,3)}がみられるが,わが国においては緒についたばかりであり調査研究の成果がまたれるところである。

従来フィールドにおける植物被害は亜硫酸ガス,フッ化水素などの一次汚染物質によるものが主であった。しかし,近年では炭化水素と窒素酸化物の光化学反応によって生成される二次汚染物質のオキシダントなどが問題になってきた。高濃度のオキシダントは都市で頻発し,その発生地域も次第に周辺部に広域化するに及び,これらの影響がにわかに重要な研究課題となってきた。そこで東京都におけるこの問題に対する取り組みと植物被害の現況などについてご紹介したい。

I 調査研究の組織

東京都では1970年7月18日に杉並区の立正高校において多数の女子学生に人体被害の発生がみられ大きな社会問題となった。このような人体被害発生と同時にケヤキ,その他の植物にいちじるしい異常が認められた。

これらの問題を契機として同年より当研究所で大気汚染による植物影響の調査研究が着手された。翌1971年7月には問題の重大性から東京都の関連部局,学識者および民間研究者らによって次のような東京スモッグ対策研究プロジェクトチームが編成され,植物被害調査部門もその一分科会として活動している。

東京スモッグ対策研究プロジェクトチーム

生成機序植物被害調査研究部会

植物被害調査研究分科会

光化学スモッグの地形・気象学的研究分科会

野外調査研究分科会

スモッグチェンバー実験分科会

炭化水素,金属,PAN等に係る分析分科会

発生源関係の調査分析分科会

保健対策研究部会

基礎医学的実験的研究分科会

臨床医学的調査研究分科会

疫学的調査研究分科会

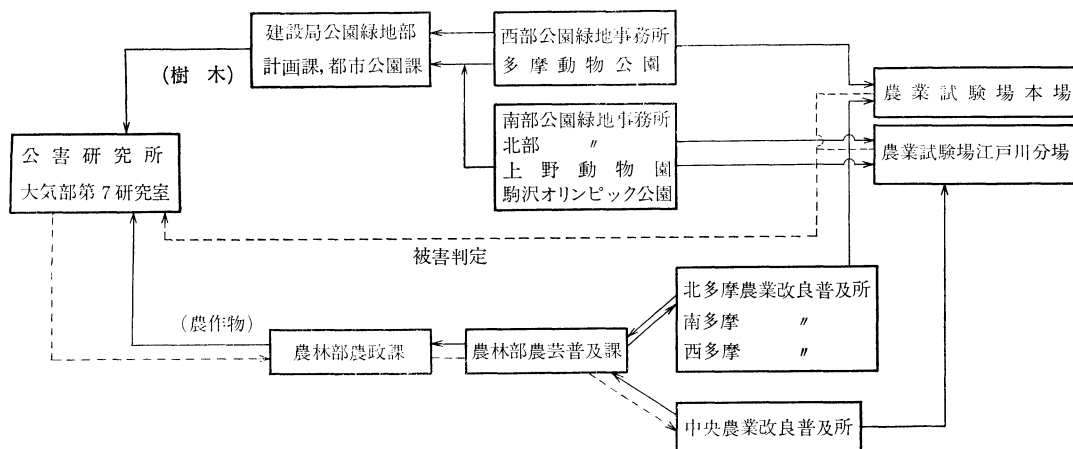
また,植物被害調査研究分科会は学識者のほかに東京都の次の機関の担当者の方々の協力によって運営されている(第1図)。

II 植物被害の調査方法

広域にわたる植物被害の実態を把握するため次のような調査を行なった。

1 樹木

都内の公園樹,街路樹として比較的分布の広い落葉樹



第1図 植物被害調査研究分科会

(ケヤキ, ポプラ, ソメイヨシノ, プラタナス, イチョウ) と常緑樹 (アカマツ, クロマツ, ヒマラヤシダ, シイ, シラカシ) の計 10 種を対象にして夏期の生育旺盛な時期の調査を行なった。調査は一定の供試個体を選ぶため、都市内で比較的自然状態の保たれている都立の公園, 緑地など 15 カ所を対象地点とした。調査方法は科学技術庁資源調査所自然保護研究会の活力調査法を参考にして葉色の変化, 落葉率, ネクロシスなどを重点的に調査した。また, 環境からのイオウ酸化物の蓄積をみるためケヤキの葉中イオウの分析も行なった。

2 農作物, 草花など

農耕地のない都心 13 区を除く全地域約 80 カ所の圃場において, 栽培中のコマツナ, ホウレンソウ, ネギその他の主要野菜とアサガオ, ペチュニアなど計 21 種の草本植物についての光化学スモッグ発生シーズンを中心に月 1 回の定例調査と高濃度オキシダント (0.2 ppm 以上) 発生時の特殊調査を行なった。

被害症状の判別は文献, 写真集⁴⁾などを参考にして行ない, 病害虫, 養分の過不足などの症状にも注意し, 光学顕微鏡による検討も併用した。

III 調査の結果

近年都内の樹木や農作物などには病害虫, 栄養障害などとは異なる急性的な異常症状がみられるようになった。

たとえば, ケヤキの早期紅葉, 不時落葉, ネギの先枯れ, コマツナ, ホウレンソウの漂白斑などの現象があげられる。これらのうちネギの被害症状発生については栽培者からの聴取調査などから 1965 年ころからすでに発生していたといわれている。これはタバコの生理的斑点病の関東地方における発生時期の報告⁵⁾とほぼ一致しており, 東京都では人体被害の発生する数年も前にすでにオキシダント濃度が植物の耐性限界を越えていたものと考えられる。

1970 年の立正高校事件発生直後に, とりあえず当該校を中心に約 20km 以内の 8 地点のケヤキの葉色の変化, 落葉率などの調査を行なったところ, 黄紅葉の発生と平均 20% の落葉などが観察された。また, コマツナ, ツマミナ (タイサイ), ネギ, アサガオなどにも成葉の漂白斑, 先枯れ現象などがみられた。

広域調査を開始した 1971 年には, 樹木では落葉樹のケヤキ, ポプラ, プラタナス, イチョウ, フヨウなどに次のような被害症状が発生したが, 常緑樹の多くには可視症状は認められなかった。

1 ケヤキ

6 月中旬～7 月下旬にかけて急激な不時落葉がみられた。この現象は城北住宅地区では 6 月中旬ころ始まり, 都心から約 40 km はなれた郊外の狭山自然公園では 7 月中旬ころであった。落葉の葉色は緑葉, 葉緑部黄変, 葉全体のクロロシスなど種々の被害症状を示していた。これらのケヤキの落葉率は同地区のものでも幅があり, ほとんど落葉しない株から 90% 以上の高率の落葉をみる個体もあった。さらに 7 月下旬の全地点の平均落葉率は約 20% であったが, 都心部が高く, 郊外ではやや低くなる傾向がみられた。

不時落葉発生直後に枝に残った葉を観察すると, 脱水症状を起こし弾力性と表面の光沢を失っているものも多く, 上方に向かって Cuping をおこしているものもある。これらの葉色は①苦土欠症類似の葉脈を残したクロロシス, ②脈間の黄緑変と主脈の両側にそった平行の青色帯の発生, ③暗赤褐色化など特異的变化をしているものが多かった。症状発生と樹令, 樹高, 樹冠の受光量の差などとの関係は明らかでなかった。

また, 7 月中～下旬のケヤキの葉色を比較すると, 都心部が黄褐色が濃く周辺部にゆくに比べて色が淡くなっていた。これを前年 (1970 年) の夏期の葉色と比べると 1971 年はいちじるしく葉色が濃くなっていた。

さらに, 葉に現われるネクロシスは日比谷, 上野, 洗足, 浮間などでは発生程度が高く, 和田堀, 狭山などの周辺部や郊外ではきわめて低かった。ネクロシスの症状は田園地区や住宅地区の発生の少ない所では葉の先端にわずかに褐色斑が現われるが, 都心部や工業地帯に近い清澄, 浮間などでは葉先だけでなく葉縁や主脈に近いところにも斑点がみられる。このような症状の発生率率は都心のものは 30% を越すことがあり, 発生葉の被害面積率では 20～30% にも達するものがあつた。

複合汚染などの影響をみるため行なったケヤキの葉中のイオウ蓄積量は, SO₂ 高濃度汚染地域⁶⁾に高く, これらのゾーンから離れるに従って漸減し, 前記のネクロシスの出現傾向とも一致していた。

2 ポプラ

都内における分布は少ない樹種であるが, 公園や学校などに植栽されている。都内のポプラの種類はセイヨウハコヤナギとカロリナ種が植栽されているようである。両者は樹形が異なっているがいずれも夏期にいちじるしい不時落葉をみせている。1971 年には区部周辺部でカロリナポプラの 50～60% の急性落葉が観察され, さらに枝に残った葉も葉脈間の黄褐変がみられ, その後 1 週間後には新葉数枚を残して落葉した。このような現象はケヤキの落葉現象と同じ時期に発生しているが, ケヤキ

のように個体の差がなくほとんど同程度の落葉をしている。落葉の症状はやや大型のえそ斑を生じ葉は脱水症状をおこしやや巻葉状態となる。

3 プラタナス

この樹種は街路樹、庭園樹などに多く植栽されているが、被害症状は7月下旬ころに葉脈間に褐～赤褐色の大型斑点を生ずるもの、葉脈間にクロロシスの現われるものなどがある。葉はこの症状が進むに従ってネクロシスを起こし枯死するが、しばらく落葉しない場合が多い。

4 イチョウ

一般に活力の盛んな樹種で都内の各所に街路樹、庭園樹などとして植栽されているが、近年街路樹のイチョウには7月ころネクロシスの発生がみられるようになった。この症状は市街地の枝葉の密度の高い株の樹冠の内部に発生が多く、高温や通風不良などによる蒸れなどが原因の一つに考えられているが明らかでない。さらに1971年には7月中旬ころ葉の表面にかすり状白斑が各地にみられるようになった。これらの症状は O_3 暴露実験によっても再現されなかった。

5 フヨウ

アオイ科の落葉樹で庭園樹として比較的広く植栽されている。フヨウの被害は種間差が大きく、日本種のものはいちじるしい被害症状がみられるが、アメリカフヨウにはほとんどみられない。

この樹種は葉面積が大きく、低木であるため症状観察が容易であり、指標植物として有望と思われる。

被害症状は成葉の表面の葉脈間にソバカス状灰白色の

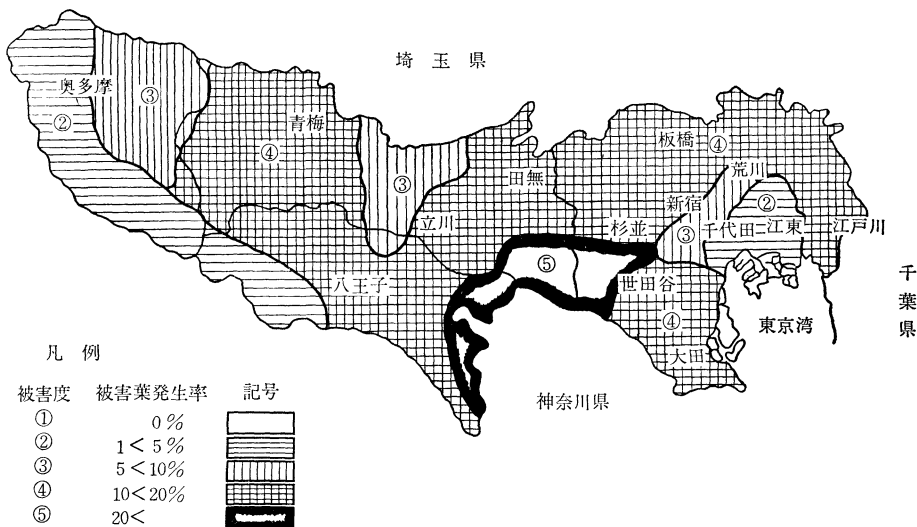
斑点が発生し、次第に斑点の色は暗褐色に変化する。いちじるしい場合には斑点の集合によって葉全面が褐色に変化するが落葉に至ることはまれである。この症状は O_3 、0.2 ppm 5時間の暴露実験によって再現された。

一方草本植物では、ホウレンソウ、コマツナ、ダイコン、ネギ、アサガオその他のものに被害症状がみられたが、例示すると次のとおりであった。

ホウレンソウ、コマツナ、ダイコンなどはオキシダント被暴1～2日後に成葉の表面の葉脈間に漂白斑が現われる。ネギは中・下位葉の葉の先端部が灰緑色になり、被暴3～5日後には灰白色となり、先枯れ症状を起こす。被害が激しい場合は葉身の50%以上が枯れ上がることもある。また、圃場での発生状況はネギはやや均一的であるが、その他の野菜は散発的である。

アサガオの被害症状は程度の軽い場合は成葉表面の漂白斑やクロロシスなどが発現する。高濃度の被暴を受けた場合には、油浸症状から葉脈間の黄白化、さらに進んで褐色斑の発生がみられ、次第に大型ネクロシスとなり、最後には被害部は抜けおちる。また、被害のいちじるしい場合は落葉することもある。

上述の農作物の被害分布は作型、作期の差異などから比較が困難であるが、①多摩川流域、②江戸川、荒川流域、③区部の周辺地域などであった。農作物調査の欠点を補なうため、都内に広く栽培されているアサガオに着目し、被害分布の予備調査を行なった。この調査は都内の家庭に栽培されているアサガオを対象として、被害程度を全葉に対する被害葉の比率で現わしランク分けした。



第2図 光化学スモッグ植物被害分布図（アサガオ予備調査）

1972年9月7～21日 調査規模 5km メッシュ、50地点、1地点 2～5カ所、1カ所 5～20本

この結果、都心地区と山岳地帯は被害度が低く、その他の大部分の地域は被害度の高いランク④であった。また、全域にわたって被害がみられ、都心から70kmもはなれた山梨県境に接する小河内ダムのものも正常ではなかった（第2図参照）。

IV 植物被害と環境大気の質的要因

植物の被害発生と環境要因の関係は、樹木のような永年性、深根性のものと農作物などの一年生植物では異なるものと考えられる。樹木の場合には大気汚染物質のほかに浅層地下水、土壌の理化学性などが植生全体に大きく影響しているものと思われる。

上記の諸条件のうち大気汚染物質と気象については、都内15カ所(1973年3月現在)に総合測定室が設置されている。これらの測定室ではオキシダント、一酸化炭素、イオウ酸化物、窒素酸化物、浮遊粒子状物質、炭化水素などの大気汚染物質と気象関係の自動測定が行なわれている。測定結果はテレメーターによりコントロールセンターに送られ、このデータをもとに注意報の発令、その他の行政的な規制措置などがとられている。

いま、植物に対して影響の大きいオキシダントをとりあげてみると、1971年と1972年の光化学スモッグ注意報(大気汚染総合測定室のオキシダント濃度の1時間平均値が0.15ppmを越え0.3ppm未満の場合に発令される)発令回数は兩年とも33回と頻発している。この発令頻度を月別にみると、6～8月が目立って多く全体の70～80%を占め、4～5月、9～10月は少なかった。さらにオキシダントの日変化パターンをみると⁸⁾、地域によって若干の時間的ずれはあるが、一般的には10～15時ころが高く、植物の光合成作用の旺盛な時間帯と一致する。また、複合ガスで植物被害の相乗効果が懸念されるSO₂の環境濃度は1968年を境に漸減の傾向にあるが、郊外の田園地区に比較して都心部の濃度は高い値を示している。

以上のような環境大気の質的劣化の中で植物の可視被害発生を観察すると、気象、栽培、品種などの諸条件によって異なると考えられるが、ハウレンソウ、サントウサイ、ネギ、アサガオなどでは大略オキシダント濃度0.15ppm前後・数時間の被暴によって被害症状が現われるようであった。また、永年性の樹木では草木類のように高濃度オキシダント被暴と被害症状発生との関係が明らかでない。これは樹木が農作物などに比べオキシダントに対する感受性が小さいためであろう。

このような被害の発生状況から起因物質としてオキシダントの主成分であるO₃に着目して、野外症状再現のためO₃単体ガスによる暴露実験を行なった。その結果多くの草本植物(コマツナ、ダイコン、サントウサイ、ダイズ、アサガオなど)では肉眼的被害症状がきわめて類似していた。さらに細胞形態の変化については分担研究者の飯嶋らが上記のO₃暴露植物で野外の被害症状の

同定を行ない、多くのものにさく状組織の破壊、着色などの症状再現を報告⁹⁾している。これらの被害症状は既に報告されている^{3,10)}結果とも一致する。また、樹木ではフヨウ、ポプラなどは被害症状が再現され、ケヤキ、プラタナスでは類似症状がみられイチョウは症状が異なっていた。

ま と め

東京都における農作物などの生育異常は1965年ころからすでに発生がみられていた。これらの原因物質は現在までの調査研究の結果から光化学反応による二次汚染物質のオキシダントによることが明らかになった。また、樹木でも広域にわたる不時の黄紅葉、落葉現象などがみられているが、O₃の長時間暴露から類似症状のみられるものと、原因が明らかでないものがあった。このことは各種の大気汚染物質が複雑に影響しているためと考えられる。今後はO₃暴露実験によって症状が再現できなかった草本植物と被害の発生要因の多い樹木などについて、植生条件と各種汚染物質による幅広い実験によって原因を明らかにする必要がある。

これらの調査研究からは環境評価を行ないうる有望な指標植物が検索され、同時にその実用化の手法の手がかりが得られよう。また、樹木はその生長量全体をとらえることがむずかしいが、環境からの永年の蓄積的な影響を表わす指標として、長期かつ計画的な活力調査を続け、環境の経年的な評価に役立てることが必要であろう。

おわりにこの調査研究を進めるにあたりご協力いただいた東京都農業試験場、同農業改良普及所、同建設局公園緑地部のワーキングメンバーの方々に感謝の意を表します。

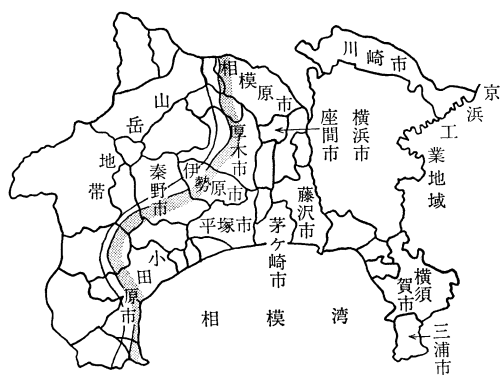
参 考 文 献

- 1) HAAGEN-SMIT, A. J. et al. (1952) : Plant Physiol. 27 : 18～34.
- 2) LEDBETTER, H. C. et al. (1959) : Contribs. Boyce Thompson Inst. 20 : 275～282.
- 3) HILL, A. C. et al. (1961) : Phytopathology 51 : 356～363.
- 4) U. S. Dept. of HEW (1970). Air Pollution Injury to Vegetation.
- 5) 国沢健一・須山 勇 (1970) : 葉たばこ研究 53 : 57～66.
- 6) 東京都公害研究所 (1970) : 公害と東京都 p. 270～275.
- 7) ——— (1973) : 数字でみる公害 p. 68～75.
- 8) ——— (1972) : 東京スモッグに関する調査研究 第2報 : p. 59～86.
- 9) 飯嶋 勉・菅田重雄・大平俊男 (1973) : 東京都公害研究所年報 4 : 105～107.
- 10) 門田正也・太田 馨 (1972) : 大気汚染研究 7 : 19～26.

神奈川県における大気汚染による植物被害の現状

神奈川県農業総合研究所 篠 崎 光 夫

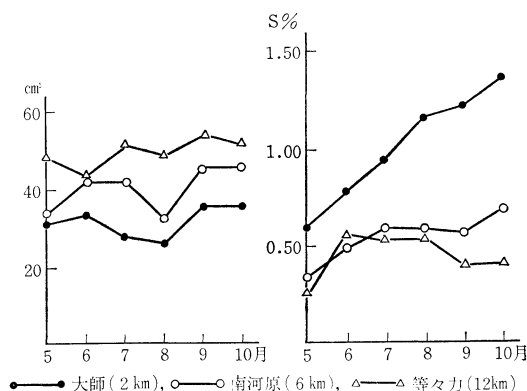
神奈川県における大気汚染による植物被害は事後的に起こる汚染物質の影響を例外とすれば、イオウ酸化物と光化学オキシダントの被害に代表されよう。東部に京浜工業地帯、北西部に山岳地帯を有し、相模湾から北上する海風は県中央部を通過していわゆる相模原台地を覆うのが春から秋にかけての風向で、京浜工業地帯からは北西に向う。冬期には反対に主風向が北西に変わる。これらのことから京浜工業地帯の汚染物質は県北西部にまで影響を及ぼし、相模湾からの海風によって移動する汚染物質は県中央部の広い地域に影響を与えていると思われる。前者は主としてイオウ酸化物と光化学オキシダント、後者は光化学オキシダントに代表されるのが春から秋にかけての汚染の現状と考えてよいであろう（第1図）。



第1図 神奈川県の概要

I イオウ酸化物の樹木への影響

樹木への汚染物質の影響には数多くの要因が考えられるが、ここでは2, 3年前から調査している樹木葉の分析調査から被害の実態についてふれてみる。京浜工業地帯から約2 km離れた大師公園、約6 kmの南河原公園、約12 kmの等々力緑地（いずれも川崎市）からイチョウの葉を毎月末に採取し調査した結果、葉面積では7月までに明らかに伸長量の差が認められ（第2図）、イオウ含量では大師では毎月含量の増加がいちじるしかった（第3図）。イオウを不溶性と可溶性部分とに分けて分析してみると、増加している部分はほとんど可溶性イオウであって、大部分は無機態のイオウと考えられ、植物に利用されていない形態であることが推定された。



第2図 イチョウの葉面積の変化 (1972)

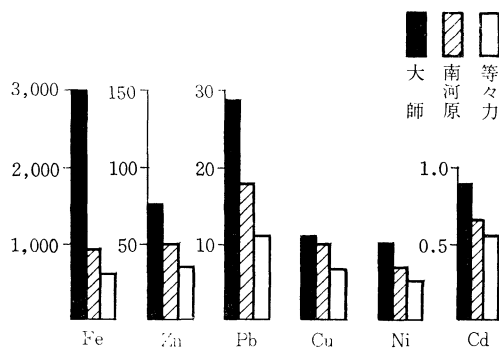
第3図 イチョウ葉中のイオウ含量 (風乾物中%) (1972)

汚染のいちじるしいと思われる大師では8月ごろから葉縁にネクロシスが起り、落葉はしないが葉の伸長は非常に少ない。落葉時期は特別早いと思われないが、11月になると葉の半分からは茶褐色に変化しているものが多い。南河原でもやや時期はおくれて9月ごろから葉にネクロシスが現われ始める。一方、川崎市郊外にあたる等々力では葉の伸長は旺盛で落葉時期に近くなるにつれてイオウ含量（含有率）が低下してくることからも比較的正常的な生育をしているものと推定された。また、イチョウ葉中の主要金属についてみると、鉄、亜鉛、鉛、銅、ニッケル、カドミウムいずれも京浜工業地帯から離れるに従って含量は低下し、硫黄含量とその傾向は全く一致している（第4図）。もちろん、イオウを初め多くの金属類は植物の必須成分とされていて、含量が多ければ必ず大気汚染の影響とは断定できないが、数多くの調査結果からイチョウ葉のイオウ 4,000 ppm、鉄 1,000 ppm、鉛 10 ppm を越えるものはイオウ酸化物、降下ばいじんなどの影響を少なからず受けているといつてよいと思われる。しかし、イオウ含量を例にとれば、樹種間で葉中の含量が異なり、影響の受け方も当然違ってくることが推定される。県内22カ所からイチョウ、ケヤキ、マツの葉を採取し分析した結果は次ページの表のとおりである。対照として丹沢山塊から非汚染地域を代表するものを採取した。対照のそれぞれのイオウ含量を100として各地点のイオウ含量を指数で表示し、3樹種の平均指

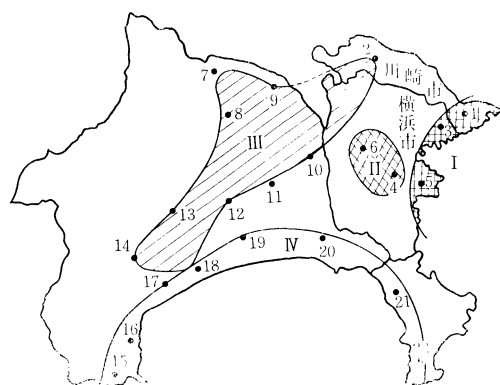
イチ ヨウ, ケヤキ, マツのイオウ含量指数 (47 年 11 月)

地点 番号	採 取 地 名	イ チ ヨ ウ		ケ ヤ キ		マ ツ		指数計	指 数 平 均
		S %	指数	S %	指数	S %	指数		
1	川 崎 ・ 大 師	0.658	206	0.356	565	0.288	374	1,145	382
2	川 崎 ・ 大 師	0.367	108	0.121	192	—	—	(300)	(150)
3	横 濱 ・ 潮 田	0.561	172	0.158	251	0.237	308	731	244
4	横 濱 ・ 野 毛	0.435	134	0.148	235	0.103	134	503	168
5	横 濱 ・ 本 三	0.358	110	0.253	402	0.252	328	840	280
6	横 濱 ・ 三 本	0.367	113	0.134	213	0.152	197	523	174
7	城 山 ・ 大 師	0.632	194	0.076	121	0.087	113	428	143
8	愛 川 ・ 大 師	0.367	113	0.103	164	0.099	128	405	135
9	相 模 原 ・ 大 師	0.314	97	0.085	135	0.103	134	335	112
10	相 模 原 ・ 大 師	0.394	121	0.085	135	0.126	164	420	140
11	海 老 名 ・ 大 師	0.408	126	0.148	235	0.098	127	488	163
12	伊 勢 原 ・ 大 師	0.518	159	0.081	129	0.136	177	465	155
13	秦 野 ・ 大 師	0.228	70	0.090	143	0.137	178	391	130
14	開 成 ・ 大 師	0.436	134	0.068	108	0.121	157	399	133
15	湯 河 原 ・ 大 師	0.444	137	0.067	106	0.064	88	331	110
16	根 府 川 ・ 大 師	0.422	130	0.076	121	0.058	75	326	109
17	小 田 原 ・ 大 師	0.311	96	0.069	110	0.114	148	354	118
18	二 宮 ・ 大 師	0.349	107	0.098	156	0.123	160	423	141
19	平 塚 ・ 大 師	0.354	110	0.076*	121	0.100	130	361	121
20	藤 沢 ・ 大 師	0.479	147	0.108	171	0.099	128	446	149
21	藤 葉 山 ・ 大 師	0.265	82	0.058	92	0.090	117	291	97
22	三 浦 ・ 大 師	0.409	126	0.100	159	0.108	140	425	142
対 照		0.325	(100)	0.063	(100)	0.077	(100)	—	159 (平均)

* 8 月採取を使用。



第 4 図 イチ ヨウ葉中の主要金属含量 (風乾物中 ppm) (1972)



推定汚染程度 I : 多, II : 中, III : 軽, IV : 少

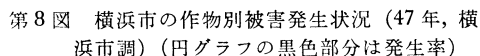
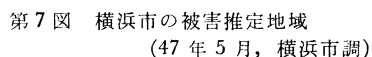
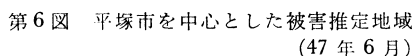
第 5 図 指標植物のイオウ分析結果からの県内汚染地域分布模式図 (番号は表の地点番号)

数で県内の汚染の実態を把握しようと試みた。平均指数で高いものは大師、潮田、本牧が顕著でこれらはすべて京浜工業地帯に近いところであった。さらに指数をもとにして汚染のランクづけを行なって汚染の地域分布図を作成してみると第 5 図のようになり、川崎、横浜の工業地帯はもちろんのこと、県央から県北部にかけて汚染が広域化していることが推定される。この分析結果から大気汚染の実態を完全に把握しうるものではないが、測定器による汚染物質の測定結果とあわせまた測定器の不足を補うことに役立てば、その意義は大きいと考えられる。

II 光化学オキシダントによる影響

昭和 45 年夏以来、光化学オキシダントの高濃度汚染は年々増加しつつあり、46 年に 11 回、47 年に 31 回を記録した。とくに特徴的なことは、川崎、横浜市のいわゆる工業地帯に近い地域に限らず、県央部の相模原、厚木、座間、伊勢原、秦野、平塚にも発生回数が多く、小田原や三浦半島にも及び、県全域にその被害が心配さ

調査途中の7月から、フダンソウが被害を受けやすいことを確認して、60カ所に指標植物としてフダンソウを播種して調査を進めた。調査方法の概要は毎月20日を定期調査基準日とし、そのほか、オキシダント濃度が0.15 ppmを越えた日の後1~2日後に全調査地点を特殊調査として定点付近の農作物の被害について観察調査をした。調査延点数は3,755点に達し、被害症状の認められたものは157点で被害率は4.4%であった。作物別にはフダンソウ69点でもっとも多く、ホウレンソウ30点、コカブ12点、ダイコン11点、コマツナ7点ほどで、調査した49作物中14作物に被害が確認された。被害が認められなかった作物はハクサイ、レタス、カリフラワー、ニラ、キュウリ、ナス、トマト、スイカ、カボチャ、イチゴ、ピーマン、ニンジン、サトイモなどであった。5月の調査結果から地域別被害分布は第7図のよう



になり、この傾向は年間の汚染分布を代表しうる模式図であった。これによると臨海都市部よりも内陸部の農業地帯に被害が多く発生していることがわかる。作物別被害発生状況は第8図に整理されている。

被害症状をフダンソウを例にとると、筆者が実施したオゾンの接触実験(0.15 ppm 6~10 時間)では葉表面の葉脈間に黄褐色の斑点が無数に発生するのに対し、現地でみられる被害症状は斑点状のものは比較的少なく、表面あるいは裏面または両面に水浸状、クロロシス、ネクロシスが複雑に現われ、症状に多くの種類があることが認められている。このことは、一定濃度のオゾン接触と、現地の汚染濃度の高低の違い、または複合汚染と単一ガスの汚染との違いなどいろいろの要因が考えられる。しかし、ホウレンソウに対するオゾン高濃度接触実験(0.4 ppm)の被害症状と現地の被害症状がきわめて類似していることから、一時的な高濃度による急性的被害についても今後検討する余地がある。神奈川県では本年から県内50カ所を定期的に調査し、被害の実態を把握するための事業が進められており、横浜市の調査と合わせて、県内全域の光化学オキシダントの植物被害が明らかになることは近い。

植物を大気汚染物質の被害から守るためには、現地調

査や公害実験用クロスクャビネットを利用した基礎実験が実際の被害症状を適確に把握するために必要であり、症状のみられるいわゆる可視害のみでなく、組織形態学的手法あるいは同化能の測定などによって不可視害の解明が早急に行なわれる必要がある。なぜなら、多くの基礎実験によって亜硫酸ガスやオゾンに弱い作物、抵抗性のある植物などが判明してきてはいるものの、本来植物は被害の受け方は大同小異であって、われわれの目に映る症状のみに違いがあるのみであろう。筆者の実施した野菜に対するオゾンの影響について、0.15 ppmで10~20時間程度で可視害発生するものが多いことからみればこの中でフダンソウ、ホウレンソウ、コマツナなどが弱く、ナンキンマメ、トマトなどが強いなどと結論を下すのは早計であって現状では野菜は被害を受けやすいとしておくに止めるべきであろう。これらの観点に立って、大気汚染の植物被害の実態を早急に把握し、植物からみた被害を訴えるならば、この種の原因解明には農学部門の多くの研究者が取り組む必要があり、土壤肥料、病理、生理などの一つの分野の研究課題ではないはずである。大気汚染の影響が大都市近郊のみの問題でなくなりつつある今日、神奈川県の被害実態の一端を紹介して、多くの研究者が多角的に解明のメスを入れることを期待したい。



○地固めと美容

今回は若くて勇敢なるひとりの女性にご登場をねがった。

この方は見るからに健康そのものである。そこで、その健康法をお伺いしたのである。「昼休みにマラソンをやっている。知ってるでしょ。あなたも明日からどうぞ」。と、こうであった。そういえば最近昼休みに再々地鳴りを聞いたことがある。

広い農場の縁々を選(よ)って5, 6周走るのだそう。健康管理とはいえ実にすばらしい実践ぶりである。もう半年も続けているという。こりゃよいことを聞いた、と思って自分もその日彼女の後について走ってみた。が、とても息切れがして苦しい。1周でやめ、そして大地にどっと倒れてしまった(おれも中年の坂にさしかかった

のかな? いや、そんなはずはない……。それにしてもご婦人のおいどさんの大きいこと……)。

農場の地固めされたこの長大な部分だけは草が生えてこなかった。除草係を担当しているH君が最近、除草労力が少しは助かる、とかいっていたがこのことであったかとその「軌跡」を見た。

「どうですか、目方は少しは下りました?」と彼女にたずねてみた。「それが……漸増しているの」というご返事であった。まだまだ地固めの努力が要求されているらしい。さあ! 明日は自分もきっと2周は駆けてみようか。スマートになるかも。(農業検査所 西内康浩)

○編集部より

3月号の「捕食と寄生」の特集号に続き本年2冊目の特集号をお届けします。大気汚染の問題がやかましくいわれる昨今、植物との関係を解説した本号が購読者の方に大いに参考になると思います。なお、48年4月に新しく登録された農業は2件のみですので、次号に5月に登録されたものとあわせて掲載いたします。ご了承下さい。

岡山県における大気汚染による植物被害の現状

岡山県農業試験場 ふじ
い
しん
た
ろう
藤 井 新 太 郎

はじめに

岡山県は農業県から工業県へ移行しつつあるといわれているが、県南部地帯では都市化、工業化に伴って公害が問題化してきた。大気汚染による被害は水島臨海工業地帯の建設当初から警戒的になり、集合高煙突の設置など当時としては十分と考えられた努力が払われてきたのであるが、その後農作物被害や人体被害が問題化するに至って、汚染規制措置が年々強化されている現状である。

本県では、県および各市による大気汚染測定監視網の設置、環境部公害研究所による大気汚染状況の把握解析などによって発生源対策に努めているが、農作物など植物被害については農林部が環境部とタイアップして対処している。

農業試験場は農作物に発生した異常事象の原因解明や被害軽減対策の検討を担当し、化学部員を核にして園芸部、作物部、病虫部の職員が参加し、現在野菜、ミカン、ブドウ、イグサの4班のプロジェクトチームを結成して研究を進めている。筆者もその一員であるが、病害専攻の筆者の知識は症状把握など担当業務の遂行に必要な最低限の範囲にとどまっているので、県下の大気汚染状況

や被害状況の総括的把握には至っていない。この点の諒承をいただいて、被害の現状を説明させていただくことにする。なお、本稿のうち接触実験に関連した内容は化学部柳井研究員の研究成果であることを付記させていただく。

I 農作物被害の発生概要

岡山県下の被害発生地域は第1表のように県東南部の備前市近辺と倉敷市を中心とする県西南部とに分かれ、前者はフッ素系ガスによるブドウの被害が主体であり、後者は野菜果樹類の葉枯れ、落葉、不結実などで、その一部はオキシダント（オゾン）による被害であることが判明しているが、未解明なものも多い。なお、庭園樹の被害は認められていないが、近年県南部一帯の山林、庭園のマツにいわゆるまつくい虫（ザイセンチュウ）の被害ははなはだしく、大気汚染の影響の有無が問われているが判然としていない。

II フッ素系ガスによるブドウの被害

備前市近辺のブドウ産地は比較的少ないが、鶴海、佐山地区などにはかなりの集団産地がある。昭和39年ごろから異常葉枯れが毎年発生し、とくに40年以降激し

第1表 大気汚染による被害（岡山県）

市町	発生年次	作物	面積(ha)	障害	原因	地区
倉敷市	46 46	サトイモ ネ	41 6	葉枯れ 〃	オキシダント 〃	福田 〃
	44~46 46	ウメ モ	4.5 4.5	不結実 不結実、落果、奇形果	不 〃	呼松、宇野津、塩生、高島 〃 〃 〃 〃
	45~46 46	イチジク イ	4.1 4.1	落葉、落果 落葉、落果	〃 〃	〃 〃 〃 〃
	40~46	カンキツ カ	12.7	落葉、落果、果円斑 落葉、落果	〃	〃 〃 〃 〃、松江
備前市	~46 ~46	露地ブドウ ハウスブドウ	36.7 4.06	葉枯れ 〃	フッ素系ガス 〃	鶴海、佐山 〃
邑久町	~46 ~46	露地ブドウ ハウスブドウ	1.0 1.3	葉枯れ 〃	フッ素系ガス 〃	八反 〃
倉敷市	47	カンキツ	10.5	落葉、落果	不 〃	松江
	47	ダイコン	9.51	葉枯れ	オキシダント	大高、安江
	47	ダイコン	4.31	〃	〃	江長
船穂町	47	ネギ	2.95	葉枯れ	オキシダント	沖
	47	カイワレダイコン	5.48	〃	〃	〃
	47	サトイモ	1.67	〃	〃	〃

くなって問題になっていたが、耐火レンガ製造工場から排出されるフッ素系ガスによる被害であることが 46 年に判明した。

発生経過、症状、再現実験、栽培面からの被害軽減策などの詳細については、本誌第 26 巻第 6 号 (1972) の記事を参照していただきたい。

被害は葉にえ死斑が発生して拡大し、早期に落葉し、果実は成熟を阻害されて赤熟れになるものである。現地の主体をなすキャンベル・アーリーのほか、マスカット・ベリー A やマスカットオブアレキサンドリヤは弱く、ネオマスカットは中位、デラウエヤと巨峰はやや強い傾向がある。

レンガの原料にフッ素が含まれており、原料面からの対策はとりにくいので、脱フッ素装置の設置あるいは操業休止により大気中のフッ化水素濃度を 1 時間値で 5 ppb 以下にとどめるように規制がなされた結果、47 年度作では実害がほぼ完全に抑制された。

III オキシダント(オゾン)による野菜類の被害

46 年、47 年の夏から秋にかけて、倉敷市水島の周辺地域でサトイモ、ネギ、ダイコンなどに葉枯れ性の障害が、ある程度広範囲に一時に発生することが数回起こったが、検討の結果オゾンによる障害であると判定されるに至った。

1 発生状況と大気汚染規制措置

異常発生のために現地におもむいて調査した結果は、第 2 表のとおりであった。これは面積や被害程度にとら

われずに、発生時期、分布、作目、品種、症状の経過などに主体をおいた原因究明のための調査の結果であるから、実害は無に近いものも含まれている。

おおまかな発生分布は水島周辺地域であるが、第 1 事例はコンビナートに東接した 3 km 四方の福田であり、第 2 事例ではコンビナート東接の福田と北北西 7 km の船穂町沖で同時に発生している。第 3 事例では東に 2 km の呼松、西接の鶴新田、西に 20 km (福山鉄鋼コンビナート東接) の笠岡で同時に発生し、第 4 事例では北北西 7 km の船穂町沖、北北東 7 km の大高、北北東 4 km の江長で同時に発生している。

接触実験と現地の大気測定値とを照合してオゾンと亜硫酸ガスの複合汚染によるオゾン症状と判断された。

なお、オキシダントの原因となる汚染物質の発生源については企業群のほかに自動車などが関与していることは容易に想像され、いずれがベースでいずれが上積みであるともいいがたいのであるが、発生地域からみて、鉄鋼石油コンビナートの排出ガスの影響が大きいことは否定できないであろう。そこで、県および倉敷市は水島の各企業と硫酸酸化物の総排出量規制など悪臭有毒ガスの防止措置の義務づけや、脱硫装置設置期限の設定などを含む公害防止協定の締結をほぼ完了したが、さらにその規制内容を厳しく改訂しようとしている。また、第 3 表に抄録したような基準で大気汚染予報、注意報、警報を発令して企業に燃料転換とか操業率削減などの処置をとらせて被害防止に努めている。また、これらの規制は玉野市、備前市でもほぼ同一内容で実施されている。

第 2 表 オキシダント (オゾン) 障害の発生状況 (農試)

発 症 時 期 (ききとり)	作 物	品 種	地 区	調 査 開 始 時 期
46. 7. 5~6	サ ト イ モ	石 川 早 生	倉 敷 市 福 田	7.9
46. 7.31~8.1	サ ト イ モ カイワレダイコン ネ	石川早生、京いも、セレベス、 えぐいも、ふかいも 黒葉系みの早生	倉敷市福田、船穂町沖 船 穂 町 沖 倉敷市福田、船穂町沖	福田 8.2 沖 8.6
46. 9.23~24	ネ ダ イ コ ギ ン サントウハクサイ ホウレンソウ		倉敷市鶴新田、呼松、笠岡市 〃 倉敷市鶴新田 倉敷市呼松、笠岡市	鶴新田 9.26 呼松 9.30 笠岡 10.4
47. 8. 6	サ ト イ モ ネ カイワレダイコン ネ ダ イ コ ギ	石川早生、京いも 黒葉系みの早生 夏蒔みの早生、黒葉系みの早生	船 穂 町 沖 〃 倉 敷 市 大 高 倉 敷 市 江 長	8.7
47. 9. 4	サ ト イ モ ネ ダ イ コ ギ	石 川 早 生	倉 敷 市 大 高 倉敷市大高、安江 倉 敷 市 大 高	9.5

第3表 大気汚染情報発令基準および排出削減率（倉敷市）

汚染物質	予 報		大 気 汚 染 注 意 報		大 気 汚 染 警 報	
	発 令 基 準	削 減 率	発 令 基 準	削 減 率	発 令 基 準	削 減 率
イ オ ウ 酸 化 物	0.1 ppm を基準とし 0.15 を出現させない	通常排出量 20%	① 0.2 ppm 3 時間 ② 0.3 ppm 2 時間 ③ 0.5 ppm ④ 48 時間平均 0.15 ppm ⑤ 0.5 ppm 2 時間	通常排出量 20%	① 0.5 ppm 3 時間 ② 0.7 ppm 2 時間	排出許容量 80%
浮遊粒子状物質			1 m ³ に 2mg 2 時間	通常使用量 20%	1 m ³ に 3mg 3 時間	通常使用量 40%
一酸化炭素			30 ppm		50 ppm	
二酸化窒素			0.5 ppm	通常使用量 20%	1 ppm	通常使用量 40%
オキシダント	0.1 ppm より上昇のおそれ	通常使用量 20%	0.15 ppm		0.5 ppm	

注 大気中の含有率は 1 時間値。

2 症 状

現地調査では発症直後の初期経過は観察できていない場合が多いので、接触実験の観察で補って、作目別に症状を記述する。

（1）サトイモ

実験では O₃ 0.4～0.5 ppm 1.5～6 時間、0.25～0.3 ppm 4～7 時間、O₃ 0.25 ppm + SO₂ 0.1 ppm 2～2.5 時間の接触で発症した。いずれも最初最下位葉が発症し、その後順次上位葉が発症したが、展開後間のない上位第 1 葉は発症しないこと、被害は下位葉ほど激しいことなど現地圃場と全く同じであった。

石川早生、ふかいも、えぐいも、京いも、セレベスとも、オゾン障害特有の前駆症状である水浸状濃緑色の斑点や斑紋が初め葉裏の肋間に生じ、さらに葉表の肋上や肋周辺に生じる（現地では未確認）。この前駆症状はまもなく消失しながら、葉表の肋上、細葉脈上、脈間に径 0.05～0.1 mm ぐらいの微細斑点が生じ、互いに癒合したものは不整形斑紋となる。この微細斑点や斑紋の色調は品種によって異なり、また、日時の経過に伴って変化するが、石川早生、ふかいもは白色が基本の色調であり、えぐいも、京いも、セレベスは褐色が基本の色調になっている。

また、接触実験で石川早生、えぐいもの下位葉では、肋間に境界が不鮮明な斑紋が生じて、汚灰黄褐色の枯れこみに進展する症状が前記斑点斑紋症状に付加されたが、この肋間の枯れこみは、現地では石川早生、えぐいも、京いも、セレベスで観察された。

さらに接触実験で京いもの下位葉が 2, 3 日後に黄褐色化し、早期に枯死した例があったが、この症状は 47

年 8 月に現地の京いもおよび石川早生で観察された。

以上をとりまとめて発症数日後の症状を分類すると、①微細斑点、不整形斑紋、②肋間の汚灰黄褐色の枯れこみ、③葉の黄褐色に区分される。

現地ではこれらが混在し、軽い場合は①のみにとどまるが、激しい場合は①、②あるいは①、②、③が生じて葉は急激に枯死し、はなはだしい場合は上位 1～2 葉を残してぼろぼろに近い状態になった。

なお、現地のサトイモはほとんどがモザイク病 (DMV) に罹病しており、オゾン障害と似ているが、発病経過および症状から判別できる段階になってきた。

（2）ネギ

圃場一面の葉先が白変枯死して商品価値がなくなり、葉が更新するまで出荷できない状態になる。

実験では O₃ 0.5 ppm 2 時間、0.25～0.3 ppm 5～6 時間、0.1 ppm 14 時間（7 時間 2 回）、O₃ 0.25 ppm + SO₂ 0.1 ppm 4.5 時間の接触で発症したが、いずれも下位葉ほど激しいことや、障害は葉の先端部から下方に向かって生じて、葉の定まった方向の片面にひどいことなど現地圃場と全く同じであった。

初め葉先のほうに淡緑色ないし淡緑白色で脱水状の不鮮明な斑点やそれが癒合した不整形の斑紋を生じ、ひどい部分は連続斑になる。まもなく斑点、斑紋は淡緑白色になり、さらに葉の先端部は白色ないし淡黄緑色になって枯死し、その下方の緑色部には白色ないし淡黄緑色の微細斑点や不整形斑紋が散在してカスリ状に見える。健全部との境界は不鮮明である。症状の推移は日照に影響され、晴天の場合は斑点、斑紋は数時間で白色になるので、圃場では一般にこの末期の症状しか観察されないの

であるが、47 年 9 月には倉敷市大高で進行過程の症状が観察された。

(3) ダイコン

カイワレダイコンに被害が出て、いちじるしい品質低下をきたした(口絵写真⑥)。播種後 5~8 日の生育段階のものに発症し、収穫期(播種後 7~8 日)に近いものほど激しかった。一方、一般のダイコンの本葉 3 葉期では子葉のみ、6 葉期では第 2~4 葉、8 葉期では第 4~5 葉に発症したが、被害は軽微であった。

接触実験では夏蒔みの早生を用いたが、 O_3 0.3~0.35 ppm 2~2.5 時間で発症した。子葉では最初葉裏に、次いで葉表に、葉脈をさけて水浸状の濃緑色斑点や斑紋が生じ、やがてこの前駆症状が消失しながら葉表の葉脈間に淡緑白色の微細斑点、斑紋が密集して生じ、これが白色に変わってカスリ状に見えるが、はなはだしいものは表皮が浮き上がったような状態になる。本葉では葉脈をさけて、初め淡緑色の不鮮明な微細斑点や斑紋が生じ、まもなく淡緑白色を経て白色に変わってカスリ状に見えるが、葉裏ではその部分が黄色に退色して見える。

(4) ホウレンソウ

被害は無い程度であったが、サトイモ、ネギ、ダイコンなどと同時に発症し、原因推定の補助になった。本葉 4 葉ぐらいのもので子葉および本葉第 1~2 葉に発症し、下位葉のほうが目立った。

接触実験ではミンスターランド 8, 9 葉期を用いたが、 O_3 0.5 ppm 3.25 時間、 O_3 0.25 ppm + SO_2 0.1 ppm 2.5 時間で発症した。

葉脈をさけて、初め淡緑色の不鮮明な斑点や斑紋が生じ、まもなく淡緑白色を経て白色の微細斑点や不規則な斑紋になる。

IV 原因不明の障害

水島周辺では上記のほかに数種の農作物に大気汚染が

原因と推定される障害が発生している。その主要なもの第 1 表に示したようにウメの雌ずいの發育不良や枯死による不結実、モモの不結実や落果や奇形果、イチジクの果実の早期軟化落果や葉の黄変落葉、カンキツの異常落葉や落果や果実の円斑などであるが、このほかスイカの数年来の不結実やトマトの葉の屈曲(上偏生長)などがある。カンキツの円斑は粉塵の被害とされているが、その他の異常はいずれもエチレンの被害を想像させる現象であり、ウメ、ミカン、トマトでは実験的にも同一症状が示されたものであるが、まだ何とも判定できない段階である。

また、県南部一帯のイグサは数年来先枯れがいちじるしく、とくに倉敷近辺では被害がいちじるしいようであり、農家自身のイグサ収入への依存度の低下と相まって栽培面積が急速に減少しつつある。イグサの先枯れについては、農試を中心として県農林部は原因解明に目下最大の努力を払っているところであり、亜硫酸ガスが低濃度でも先枯れを助長することは判明しているが、一方、イ茎の老化に伴う生理的先枯れのウエイトがきわめて高く、栽培条件や気象条件の影響も大きいので、解明段階に至っていない。

お わ り に

岡山県内では大気汚染による農作物の被害をうったえる声が大きいのであるが、筆者の見聞した工業先進地に比べればはなはだしくないように感じられる。これは汚染規制の成果でもあろうし、また、問題地域が弱い作物の大産地でないことも大面積被害に至らなかった一因であろう。しかし、被害はあくまでも被害であって、防止に万全の努力が払われなければならないことは当然である。近年はむしろ人体被害が問題化しつつあって、規制がますます強化されようとしていることは、植物被害防止の立場からみても望ましいことである。

次 号 予 告

次 7 月号は下記原稿を掲載する予定です。

ホルモン様物質の害虫防除への利用とその

問題点 満井 喬

クヌギハムグリによるクリ樹の被害

永沢 実・島田 茂

サンホーゼカイガラムシの生態と防除 松浦 誠

ダイズ矮化病の生態と防除 玉田哲男・馬場徹代

九州地方におけるイネわい性症状について 西 泰道

アスパラガスの斑点病とその防除 鈴井 孝仁

伊豆八丈島に発生を見たアマミサソリモドキ

梅沢 幸治

植物防疫基礎講座

野菜を害するダニ類の見分け方 江原 昭三

定期購読者以外の申込みは至急前金で本会へ

1 部 180 円 送料 16 円

タバコの生理的斑点病とその対策

日本専売公社岡山たばこ試験場 **福 田 三 千 夫**

ま え が き

1965 年ころから近畿および北九州地方でタバコの葉に原因不明の斑点が発生し始めた。この斑点は同一の日に広範囲の畑に発生することが特徴であるが、畑での肉眼観察によれば午前 3 時ころからタバコの葉の表面に微細な水浸状の斑点が見え始め、日の出とともにその斑点は暗緑色に変化する。その後斑点は次第に明瞭になって数も増し、拡大して直径 1~2 mm の褐色または黒褐色の病斑を形成する。

1966 年以降この斑点症状が観察される地域は次第に広がり、1969 年にいたって近畿地方で大発生するとともに北九州から中国、四国、関東地方にまで発生地帯が拡大して葉たばこの収量品質に甚大な損害をもたらした。現在では東北地方の北部などを除けばこの症状がまったく認められないたばこ産地はほとんどないといつてよいほどである。

専売公社では 1962 年に近畿、四国地方で発生の実態調査を行なうとともに被害発生の原因を明らかにする研究に着手した。この実態調査の過程ではさまざまな症状の原因のわからない斑点が報告され集計された。黒田ら¹⁾はこの中から微量要素欠乏病と推定されるものを除外し、不明な原因によるタバコ葉の斑点症状を“生理的斑点病”と名付け、さらにこの生理的斑点病の内容を 5 種類のタイプに分類した。

その後調査を進めた結果、5 種類のタイプのうち 2 種類は雨害または日焼けであり、1 種類はリン酸の不足と密接な関係のあることが明らかになった。黒田ら²⁾は残る 2 種類のタイプの発生原因について研究を進め、その結果生理的斑点病Ⅱ、Ⅲ型として分類された斑点の発生には大気中のオキシダントが関与していると推定し、また、病斑の組織学的観察、発生条件がアメリカで HEG-GESTAD ら³⁾によって報告されている Weather Fleck と酷似していることを明らかにした。現在では前記のタイプⅡ、タイプⅢの相違は斑点発生前後の気象条件、タバコの生理状態の違いにより、発生した斑点が小斑点のまま止るか、あるいは融合拡大して葉の黄化や枯死を早めるかの差であると考えている(口絵写真①、②)。

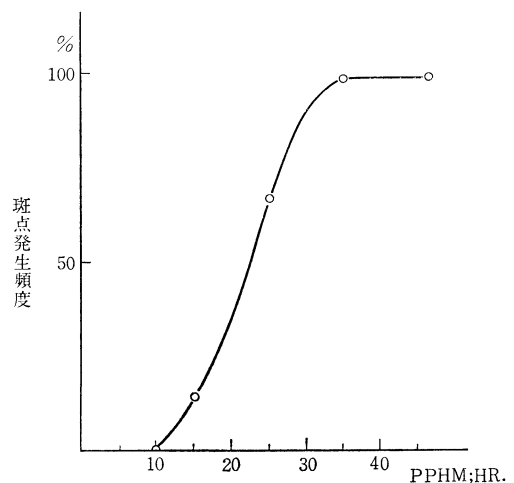
初めに述べた斑点の発生状況は黒田らが Weather Fleck と同様なものと推定した斑点の典型的な症状であ

る。また、斑点の発生する時期に低温や日射量の低下、湛水による地下環境の悪化などの条件が重なり、下位葉の黄化や枯れ上りが起こりやすい状態になっている場合は斑点が融合、拡大し広い面積の壊死や葉全体の黄化、枯れ上りをまねいて被害が大きくなるものと考えられる。

現在わが国で大きな被害を与えているのはこれらのタイプの斑点である。以下この種の生理的斑点病についてこれまで試験を行なって来た結果について、被害対策を中心に紹介することとする。

Ⅰ 耕種要因との関係

畑での観察によると斑点は葉が拡大生長を終わり、やや黄化しかけた時期に発生する。1970 年 5 月 23 日から 7 月 22 日までの間、岡山たばこ試験場で大気中のオキシダント濃度を連続測定し、同時に毎日圃場のタバコを観察して新しく斑点の発生した日を記録した。その結果は第 1 図に示すように、日最高値付近 3 時間のオキシダント dose が 30~40 pphm・hr を越えるとその翌日に例外なく斑点の発生が認められている。また、日最高オキシダント濃度と斑点発生との関係をみると、岡山たばこ試験場のデータによれば 11~13 pphm、秦野たばこ試験場では 14 pphm を越えると例外なく場内畑で斑点の発生を認めている。



第 1 図 オキシダント dose と斑点発生との関係
(岡山たばこ試, 1970, 5.23~7.22)

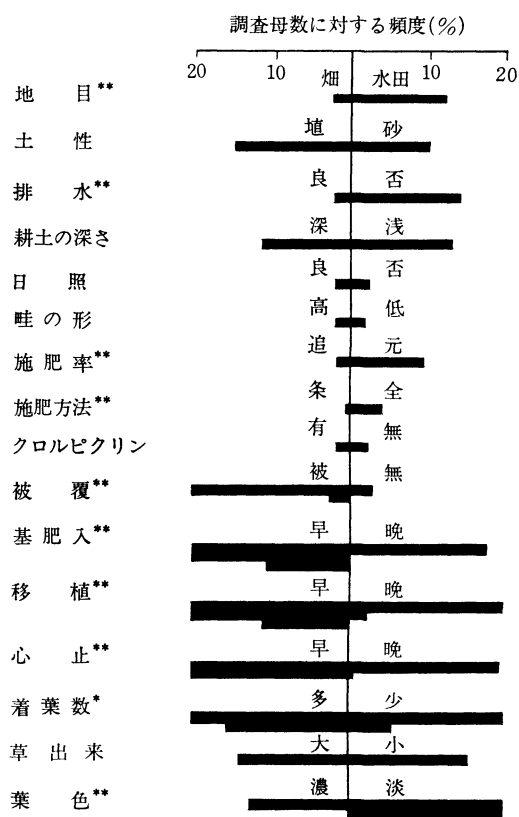
篠原ら⁴⁾は鉢植えのタバコ (Hicks-2 号) を用いて制御環境下におけるオゾン処理実験を行ない、大気中のオキシダント濃度に近いレベルのオゾンにより圃場で発生する斑点と同じ症状を再現し、斑点の発生とオゾンの濃度、遭遇時間との関係や光、温度などの環境条件の影響についていくつかの研究を行なった。この実験によれば、タバコのオゾン感受性には明瞭な日週期があること、オゾン処理中の光の強さによって障害の程度が違い、1,000 lux 以下では斑点の発生がきわめて少なくなること、オゾン処理前、処理中、処理後の温度や光の条件によって斑点の発生程度が異なることなどの事実が明らかになり、それまでの畑での観察におけるいくつかの疑問点が解明され、同時に品種や防除薬剤のスクリーニングを行なう手法を確立することができた。

和田 (秦野タバコ試: 未発表) によればタバコのオゾン障害が最初に観察されるのはクロロプラストの内部構造の変化であり、クロロプラストのストロマ中にプラストグロブリンが拡大し、または多数出現すること、クロロプラストのラメラに異常が起こることを認めている。このような現象は、オゾン遭遇時における光の強さが斑点発生との密接な関係のあることと対比して考えられる興味ある事実である。

いずれにせよ、同一条件下でオゾン処理を行なっても斑点の発生程度は前後の気象条件、タバコの生理状態によって非常に異なってくる。実際にタバコ畑を詳細に調査すると斑点の発生程度は畑により、個体によりかなり違っている。その一例として香川、愛媛両県で行なった調査結果を第2図に示した。この調査によれば斑点は色の淡い葉に多く発生し、畑の状態から見ると排水の悪い畑に多く、栽培方法では早い時期に施肥、移植を行なってポリエチレンフィルムを用いた被覆栽培を行なう方式が、斑点発生を助長しているように見受けられた。

MENSER, H. A. ら⁵⁾はメリーランド種のタバコを用いて窒素施用量、灌水量、栽植密度と Weather Fleck の発生との関係を調査したところ、窒素の施用量が多いほど Weather Fleck の発生が少なく、灌水量が多いほど、または密植するほど被害程度が大きくなることを報告している。

喜田村ら⁶⁾も黄色種タバコについて窒素施用量を変えて実験を行ない MENSER と同様な傾向を確かめるとともに、葉の内容成分の変化を追跡した。その結論として最大生長期後半から成熟期前半にかけて窒素吸収量が急激に減少し、葉中窒素の欠乏とデンプンの集積が異常に早く起こるようなタバコが斑点の被害を受けやすいことを明らかにした。喜田村は被覆栽培によってタバコの養



第2図 発生畑と無発生畑の比較
(1967, 香川, 愛媛)

注 *: 5% 水準有意, **: 1% 水準有意

分吸収が早進し、開花期前後に中・下位葉の窒素含有率が急激に低下し、その結果斑点の被害を受けやすくなっていると考え、被覆栽培における施肥量や施肥法についていくつかの圃場試験を行なった。

その試験結果により、瀬戸内地方の花崗岩土地帯でとくに有効な対策として、基肥を畦の頂上から 15 cm 以下の位置に条肥として施用する方法が推奨されている。この位置に施肥するとタバコの根は下側に向って広がり、土壌窒素の利用率が增加することもある。開花期前後に下位葉の窒素含量が急激に低下することを防ぐことができ、その結果斑点による被害が軽減される。

タバコは農作物のうちでもとくに品質を重視する作物であり、過度に窒素を施肥すると、シガレットにしたときに香りや味をいちじるしく損なうおそれがある。そのため斑点による被害の対策としては、窒素施用の総量を増さずに、必要な時期に必要な量だけは吸収し続けられるよう、施肥の方法、肥料の種類などについて各地の気象、土質に適した手段を工夫する必要がある。

従来タバコの畑には毎年 1,000 kg/10 a 以上の良質な堆肥を施用することが必要とされ、熱心な耕作者ほど大量の堆肥を使用して来た。近年、農村の人手不足などにより堆肥の使用量は年々少なくなっている。また、土壤病害の面から、タバコは連作することは避けるべきであるとされていたが、クロルピクリンによる土壤消毒が普及し、連作する畑が多くなっている。

このような有機質肥料の減少や、連作によって、地力の低下、土壤環境の不良化がどの程度進み、タバコの生育にどれだけ悪影響を及ぼしているかについては量的に表現することはむずかしい。しかしながら、低温、降雨、日照不足などの不良環境に遭遇した場合、土壤状態が悪い畑ほど影響を受けやすいことは確かであろう。

タバコの生育の中・後期に不良環境にあったときに、土壤状態の悪い畑ほど栄養吸収の停止や生育の停滞が起こりやすく、中・下位葉の窒素含量の低下も当然起こるものと予想しなければならない。このような予想の上に立てば、斑点による被害を最少限度に止める対策として、基本的には有機物の投与、深耕、排水などによる地下環境の改善が耕作法としてもっとも重要な手段であると考えている。

II 品種による対策

タバコの栽培品種の間で Weather Fleck に対する罹病性の差があることは、MENSER ら⁷⁾ によってすでに報告されている。品種の罹病性、耐病性の区別は研究者によって多少異なるが、岡山たばこ試験場の圃場で観察した結果を下表にとりまとめた。国内では、この斑点による被害が問題化しているのは主として黄色種の産地であり、パーレー種は東北地方、在来種は山間地に多いため

タバコ品種の罹病性の比較

品 種 名	区 別	罹 病 性
Bright yellow	黄 色 種	M.
Hicks 2 号		Sen.
MC		Sen.
Corker 254		M.
Corker 411		M., Tol.
Delcrest 66	〃	Tol.
Speight G-7		M.
Virginia 115		Tol.
Virginia Gold		Sen.
阿 波 葉		Sen.
備 中 葉	在 来 種	Sen.
秦 野 葉		Sen.
水 戸 3 号	パーレー種	M., Tol.
Ky 61		M., Tol.
Madole	燻 蒸 種	Tol.

注 Sen.: Sensitive, M.: Moderate, Tol: Tolerant

か、斑点症状は観察されるが被害としてはそれほど大きくない。

われわれはとくに被害の大きい黄色種を対象として次の三つの方向で仕事を進めている。

(1) 斑点に強い品種の栽培試験を行ない、耕作の難易、収量品質などの点で実際に耕作しうる品種かどうかを判断すること。

(2) 現在国内で栽培されている品種のうち Sensitive な品種である Hicks 2 号および MC の個体選抜を行ない、従来の品種特性はそのまま抵抗性を有する系統を求めること。

(3) 今後育種を行なって行く場合に必要の抵抗性の検定法を確立し、合わせて抵抗性の遺伝形式を明らかにすること。

(1) については Virginia 115, Delcrest 66 の 2 品種について栽培試験を行なった。そのうち、Virginia 115 は専売公社で毎年継続して行なっている新品種検定試験にも取り上げられ、収量、品種、香喫味、疫病などの一般的な病害抵抗性などを含めた総合判断として産地導入可能な品種と判定され、一部産地に試作されている。

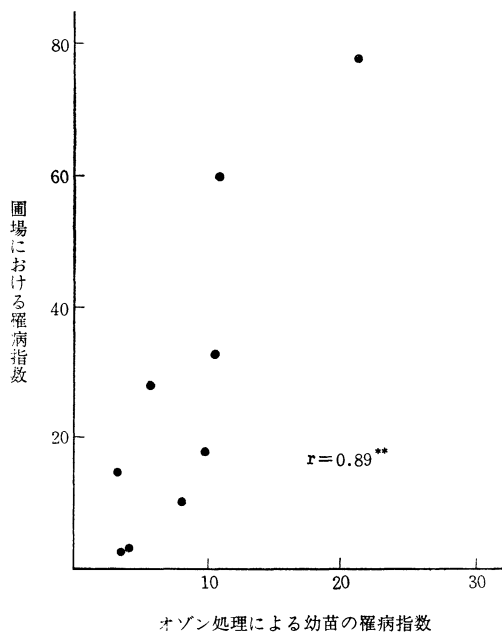
(2) の個体選抜は 1971 年岡山県内の各地にある採種圃地（タバコの採種を委託してある耕作者の畑）に栽培されている採種母本を調査し、斑点発生の少ない母本 44 個体を選抜した。選抜した系統は各系統 10 個体ずつ鉢植えとし、1971 年秋から 72 年春にかけて自然条件下で罹病程度を調査し、罹病程度の少ない 7 系統に絞った。

1972 年にこの 7 系統を岡山たばこ試験場の圃場で栽培試験を行ない、その結果 1 系統だけであるが明らかにこの斑点病に対して抵抗性の系統を得ることができた。

この抵抗性系統をそのまま産地に導入できるかどうかは今年の栽培試験の結果を待たなければならないが、鉢植えでオゾン抵抗性を比較した範囲では、左表に Tolerant とした Virginia 115 よりも高い抵抗性を示すので、抵抗性品種の育成母本としても有用なものと考えられる。MC の個体選抜についてはまだ成功していない。

(3) の抵抗性の検定方法については、できるだけ短い日数で多くの個体が選抜にかけられるような方法を開発することを目標とした。第 3 図はその一例として、いろいろな品種の幼苗をオゾン処理してそのオゾン障害の程度を調査し、圃場にその品種を植えたときに自然に発生した斑点の発生程度と対比したものである。

実験はウレタンフォームの平板に直径 16 mm の穴を蜂の巣状にあけた市販の育苗用具を使用した。タバコの小さな苗を穴に植え、8~9 枚苗の時期に 20 pphm、2~3 時間のオゾン処理を行ない、その後 15°C の人工気象室



第3図 幼苗検定結果と圃場検定結果の比較

注 **: 1% 水準有意

に移し、2〜3 日後に障害の程度を調査した。第3図に示すとおり、幼苗のオゾン処理による各品種の罹病指数と、タバコの生育後期に圃場で調査した罹病指数との間にはかなり高い相関がある。このことは、個体選抜や交配育種を行なうときに、このような幼苗検定の手段が利用できることを示すものである。

しかしながら、品種によっては圃場検定結果と幼苗検定結果とが逆転する場合もある。たとえば Delcrest 66 は圃場で抵抗性であるが、幼苗検定では抵抗性とはいえない。このように検定結果が逆転する原因については明らかでないが、Delcrest 66 は生育の後期まで比較的葉色が濃い品種であり、そのような特徴が圃場での抵抗性に関係している可能性も考えられる。

このようなことから、実際に育種を行なう過程では、幼苗検定と圃場検定とを併用することも必要であろう。

III 防除薬剤の開発

大気中のオキシダントが植物の葉に損傷を与えることが最初に問題となったのは 1950 年代であり、それ以来主としてアメリカで数多くの防除薬剤の探索がなされた。

MIDDLETON⁸⁾ は maneb, zineb, KENDRICK^{9,10)} は ferbam, ziram, thiram および dithiocarbamates, mercaptobenzothiazole, WALKER^{11,12)} は Phygon XL (50

% dichlon wettable powder), diphenylamine, N, N'-diphenyl-p-phenylenediamine, phenothiazine, 1-4-naphthoquinone などがそれぞれ葉面散布によって防除効果を示したと報告している。さらに FREEBAIRN ら¹³⁾ は ascorbic acid が有効であるとしている。

また、JONES¹⁴⁾ は活性炭、珪藻土、酸化第2鉄の乾いた粉末によりタバコの葉をコーティングすると、オゾン障害を減らすことができると報告した。

国沢ら¹⁵⁾ は、これらの薬剤のうちのいくつかを追試した結果、活性炭の粉末をタバコの葉の裏面に散布する方法がもっとも効果があるとして、活性炭を散布する時期や方法について検討したが、葉たばこに活性炭の粉末が付着することによってシガレットの香喫味に悪影響をもたらすことなどから、実用化にいたっていない。

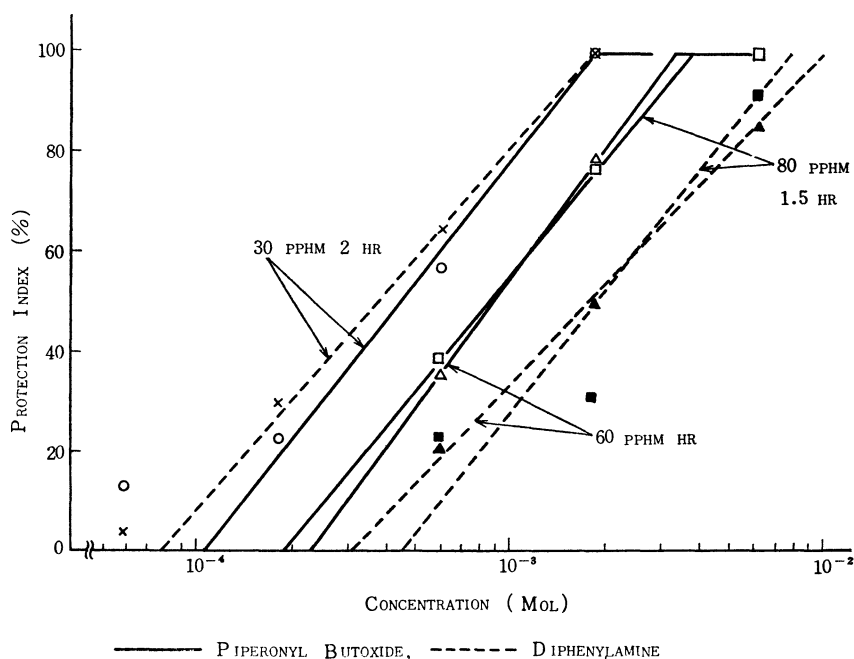
最近では benzimidazole, benomyl, thiabendazole が土壤施用で有効であることが PELLISIER ら¹⁶⁾ によって報告された。

われわれも Tiophanate 剤 (TOPSIN-M), benomyl 剤 (ベンレート) の土壤施用, benzimidazole の土壤施用または葉面散布がタバコのオゾン障害の防除に有効であることを確かめ、なかでも benzimidazole の葉面散布による防除効果は、これまで報告されている化合物のうちでも最も効果の高いものと判断した¹⁷⁾。

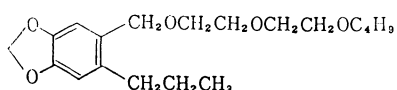
しかしながら、これまで植物のオゾン障害に対して防除効果があると報告された化合物は、農薬としての実用性を考えた場合、あるものは効果が低すぎ、あるものは毒性に問題があったり、植物に対する副作用が強すぎたりして、実用的に使用できる可能性は低いものと考えられる。

木佐木ら^{18,19)} は 1971 年から岡山たばこ試験場において薬剤のスクリーニングを開始した。仕事を進めるにあたっては、まず安全性から考えて農薬は将来的に Cl や N, S の原子を含まないことを前提とし、化合物はできるだけ C, H, O の元素組成の天然物、あるいはその類縁物であること、キノン類あるいはキノンに変わる可能性のある物質が有効であることを考慮して、多種類の化合物について効果を検討した。

実験は供試する化合物をそれぞれ適当な方法で水に懸濁または溶解させ、4 寸鉢に植えたタバコの半葉に塗布し、30 ppm : 2 hr. 程度のオゾン処理を行ない、その後 1〜2 日間 15°C の人工気象室に置いて障害の防止効果を判定した。このスクリーニングによりきわめて有望な化合物として piperonyl butoxide (P. B) が発見された (口絵写真 ③)。



第4図 ビペロニルブトキサイドによるタバコのオゾン障害防止効果



PIPERONYL BUTOXIDE

MW	338
BP _{1.0} MMHG	180°C
LD ₅₀ ORALLY IN RATS	11.5 G/KG

第5図 ビペロニルブトキサイド

第4図に示すように、P. B は 1.8 mM (0.06%) の濃度で 30 pphm : 2 hr. のオゾンに耐え、3.8 mM では 80 pphm : 1.5 hr. のオゾンに対して完全な効果を示した。これは今までにもっとも有効な化合物として報告されている diphenylamine などに比較してよりすぐれているものと思われる。

P. B を発見した後あらためて P. B の母核であるメチレンジオキシフェニル誘導体、置換物質、側鎖部分のエーテル化合物など 100 種類あまりの化合物について検討を加えた結果、safroxane, methylenedioxyphthaldehyde, n-propyl isome, piperonal, benzimidazole, aminophenole などが高い防除効果を示し、その他 30 あまりのある程度効果のある化合物が認められた。

メチレンジオキシフェニル核を有するものは効果に大

小はあるが一般に有効であり、P. B の側鎖部分のエーテル化合物にも一部効果を有するものがあつた。

P. B は殺虫剤ピレトリンの共力剤として使用され、それ自身の作用としては動物のミクロゾームの mixed function oxidase の阻害剤として知られているが、植物に対する作用はまったくといってよいほどわかっていない。

小岩井ら²⁰⁾はオゾンが植物に障害を与える作用機作を知る手がかりを得るための一つ的手段として、また、P. B を実際にタバコの生理的斑点病の防除薬剤として散布したとき、タバコの生理や葉タバコの品質に及ぼす影響を明らかにしておく必要性から、P. B のタバコ葉に対する作用やオゾン障害との相互関係について検討した。

タバコの葉に P. B を塗布すると、葉はやや黄化が促進される傾向がある。葉片を用いた実験でもクロロフィルがやや減少することが認められる。オゾン障害の防除効果の高い物質である benzimidazole は benzyladenine 様の作用を有し、塗布した葉は緑化する傾向がある。葉タバコの品質から見ると、一般的に生育後期に葉の色が濃くなるようなことは望ましくないことであり、毒性はともかくとしても、benzimidazole をタバコ用の防除剤として使用することはむずかしい。P. B はその危険はないが、逆に、枯れ上りしやすい畑のタバコに散布したときに葉の黄化を促進してしまう可能性は無視できないで

あろう。

P. B を塗布すると葉中の遊離の糖がいくぶん減少する。タバコの葉を単にオゾン処理しても、sucrose, glucose, fructose ははっきりした変化を示さないが、P. B を塗布してオゾン処理した葉ではこれらの糖が顕著に減少する。遊離アミノ酸では多くのものはオゾン処理によって増加するが、P. B を塗布してからオゾン処理を行なった葉ではその増加割合は抑えられる。

P. B のオゾン障害防止機構についてはまだ不明な点が多いが、P. B 以外の物質で mixed function oxidase inhibitor として知られている SKF 525-A, DPDA がタバコのオゾン障害を軽減する効果があることは興味深い。

北野ら(岡山たばこ試:未発表)は1972年、実際の畑でP. Bの生理的斑点病に対する防除効果を確認するため、岡山県下のタバコ産地3カ所を選んで0.2%乳剤として散布を行なった。その結果、開花時の調査ではいずれの試験地でも70%以上の防除効果を得ることができた、この試験を行なった葉たばこは、肉眼で観察した限りでは薬剤による悪影響は認められなかった。

あ と が き

タバコの生理的斑点病については、まだわかっていない点が数多く残されている。本文で主として述べてきた大気中のオキシダントが関与していると推定しているものと同じような症状の斑点が、山間地や離島で激しく発生している事例もあり、その原因が大気汚染の予想外の広がりにあるのか、またはまったく別の原因があるのか、さらに調査を進める必要がある。

品種や薬剤によって本病を防除しようとする研究も、ようやくそのいとぐちを見出した段階であり、一方、タバコ産地を調査し、耕作者の方々の話を聞き、被害の実態を見るたびに1日も早く対策を立てなければならない責任を痛感せざるを得ない。

引 用 文 献

- 1) 黒田昭太郎・篠原俊清・喜田村俊明。(1970): 葉たばこ研究 53: 67~78.
- 2) ————. ————. ————. 国沢健一(1970): 日本作物学会第150回講演会(講演).
- 3) HEGGESTAD, H. E. and MIDDLETON, J. T. (1959): Science 129: 280~210.
- 4) 篠原俊清・山本義忠・北野 溥・福田三千夫(1972): 作物学研究集録 15: 18~21.
- 5) MENSER, H. A. and STREET, O. E. (1962): Tobacco Science VI: 165~169.
- 6) 喜田村俊明・門田恵美子(1971): 岡試業報 310~318.
- 7) MENSER, H. A. and HODGES, G. H. (1968): Agr. Jour. 60: 349~352.
- 8) MIDDLETON, J. T., KENDRICH, J. B. JR. and DARLEY, E. F. (1953): Phytopath. 43: 588.
- 9) KENDRICH, J. B. JR., MIDDLETON, J. T. and DARLEY, E. F. (1954): ibid. 44: 494~495.
- 10) KENDRICH, J. B. JR., DARLEY, E. F. and MIDDLETON, J. T. (1962): Int. J. Air Water Poll. 6: 391~420.
- 11) WALKER, E. K. (1961): Plant Diseases Reporter 45: 583~586.
- 12) ———— (1967): Can. J. Plant Sci. 47: 99~106.
- 13) FREEBAIRN, H. T. (1957): Science 126: 303~304.
- 14) JONES, G. S. (1963): ibid. 140: 1317~1318.
- 15) 国沢健一・黒田昭太郎・篠原俊清(1970): 日本作物学会第150回講演会(講演).
- 16) PELLISTER, M., N. L. LACASSE and H. COLE, JR. (1972): Phytopath. 62: 580~582.
- 17) 北野 溥・山本義忠・篠原俊清・田中行久・福田三千夫(1972): 作物学研究集録 15: 22~23.
- 18) 木佐木卓郎・小岩井 晃・北野 溥・福田三千夫(1973): 日本農芸化学会(講演).
- 19) KISAKI, T., A. KOIWA, H. KITANO, and FUKUDA, M. (1973): Science (投稿中).
- 20) 小岩井 晃・北野 溥・木佐木卓郎(1973): 日本生理学会年会(講演).



○第6回農業科学シンポジウム開催のお知らせ

主 催: 日本学術会議・植物保護・農薬研連, 日本農芸化学会, 日本植物病理学会, 日本応用動物昆虫学会, 日本雑草防除研究会, 植物化学調節研究会

日 時: 48年11月24日(土)午前10時~午後5時

場 所: 家の光会館

東京都新宿区市ケ谷船河原町11

電話 03-260-3151

連絡先: 第6回農業科学シンポジウム準備委員会

浅川 勝

東京都北区西ヶ原2の1の7 〒114

農林省農業技術研究所農薬科内

電話 03-915-0161 内線 97

植物を指標とした大気汚染の監視

三重大学農学部 まつ しま じ ろう
松 島 二 良

大気汚染による植物被害の歴史をみると、その経済的損失とともに、植物が大気汚染の指標的役割を自然にはたしてきたことを物語っている。2, 3 の例をあげると、二酸化イオウを排出していた工場周辺で神社などの老松が続いて枯死したとか、さらに近辺の山のマツの衰弱が目立ち始めたということがあり、人が大気汚染に気付く前に警告を発していた。また、フッ化水素についても、ブドウ、スモモなどのように敏感な植物が特有の葉縁ネクロシスを表わし、初めて汚染に気付いた例も多い。このような現象の進行に加えて、時に排出源の事故あるいは操業ミスなどにより、一時的に高濃度のガスが流出し、激しい可視障害が発現してあらためてガスの影響の大きさが注目されるにいたっている。

これがオキシダントの場合、その発見の緒が植物であったということは広く知られていることであり、現在もカリフォルニアにおいては大気汚染対策上、抵抗性が大きく、経済的損失の少ない品種育生とともに、抵抗性の小さい種類を選んでモニターとする研究もまた重要な課題にされている。わが国では昭和 45 年夏、東京の立正高校で多数の生徒が倒れたという事件が一般の最初の認識であろう。しかし、大都市で街路樹や各種の樹木が衰弱していったことは、かなり前から認められていた。この原因がオキシダントであるかどうかは別として、大気の汚染が大きな原因であることは疑う余地はないと思われる。また、オキシダント、とくにオゾンの植物被害として明確な形をとったのは、いわゆるタバコの生理的斑点病として、昭和 40 年ころからである。これについては本誌で他の方が述べられる予定であるので省くが、要は大気汚染のモニターとして植物を利用することの有効性を示したものと見える。

モニターとしての利用方法

モニターとして植物を使う場合、汚染質に対する植物の反応はすべて利用できるわけで、たとえば①可視障害の特徴およびその程度、②落葉および葉色や花色の変化、③葉内の特定成分の追跡、④生産の低下などであり、また、これらを併用することができる。しかし、最も一般的であり、また実用されているのは①と③であり、他は現在のところあまり用いられていない。以下この二つについて概略を述べたい。

1 可視症状を利用する場合

これのために植物が具えているべき性質としては、①汚染質に弱く、容易に可視障害を表わすこと。この場合、各種の汚染質に一樣に敏感であるとか、特定の汚染質にだけ敏感で、かつ特有の煙斑を表わすなど、いろいろの性質があるが、その選択は利用目的によるであろう。②生育期間を通じ常に新しい葉が展開すること。葉の成熟度が異なれば汚染質に対する感受性がいちじるしく異なり、また、汚染質によって未成熟葉に強く作用するもの(PAN など)や、逆に成熟葉に強く作用するもの(O_3 や SO_2 など)があり、被害発現部位によってもある程度汚染質の種類を推察できる。③病虫害に強く、栽培管理が容易であること、などである。

二酸化イオウについてのモニターとしては、アルファルファやソバなどが用いられる。濃度が高い場合はネクロシスになるが、普通は若い成葉の葉脈間の退色あるいは黄化がみられる。樹木類では前述のようにアカマツが弱く、単なる衰弱や早期落葉、葉の緑色の退色、さらに急激な場合は針葉先端の褐変がみられる。しかし、二酸化イオウによって急性障害である煙斑が発生するような高濃度汚染は、現在としては例は少ない。

フッ化水素に対してはグラジオラス、とくに白花種の Snow Princess が敏感であるといわれ、チェーリップも弱く、いずれも葉の先端部から褐変していく。この両者はモニターとして実用されており、オランダではチェーリップについて種々検討されている。樹木類ではスモモ、アンズがとくに弱く、また、ブドウも弱く、フッ素特有の葉縁ネクロシスや落葉をおこす。

オキシダントについても多くの試みがなされているが、体内成分の変化の追跡は現在困難であり、また、被害と蒸散係数との関係を利用しようとする試みもなされているが、現在のところやはり可視障害の発現を観察するのが最も適確である。オキシダントのうちオゾンに対しては、アメリカではタバコの Bel-W 3 という品種が用いられている。この種類は最初に述べたようなモニターとしての必要条件を具え、少なくとも十数州で採用されている。使用に際しては濃度と植物体の反応の関係を明らかにしておく必要があるが、この関係は環境要因や植物自体の生理状態によってかなり異なるが、おおよそ $0.05 \text{ ppm} \times 8 \text{ 時間}$ から $0.1 \text{ ppm} \times 2 \text{ 時間}$ で害徴が現わ

れるという。さらに定量的な測定をするためには、かなり厳密な管理をする必要があり、WALTER らは8週生のタバコ4本を1組とし、4週間間隔で新しい苗を育てていき、4本を4週間暴露の後半数を清浄空気に戻し、常にいろいろな比較ができるようにした。暴露によって可視障害が顕著に発生したが、週間のオキシダント濃度と障害程度の比は一定ではなく、大気中の濃度と障害を量的に関連づけるためにはなお多くの問題が残されているようである。その他の植物としては、一年草のブルーグラス、インゲン（ピント種）なども用いられ、また、トマト、ハウレンソウも非常に弱いが、トマトは病気が発生しやすく、そのために薬剤を散布すると薬剤の種類によってはオゾン抵抗性を大きくするという難点がある。ハウレンソウも冬作が主体であるので、敏感ではあっても使用に若干難点があろう。東京都内ではアサガオが実際にかなり被害をうけており、生育の特性からみても良いモニターとなりうるであろう。樹木類ではケヤキ、ポプラが非常に敏感であり、永年樹木であることから利用価値があると思われる。ポプラはオゾンに対してはとくに敏感であり、二酸化イオウに対してもまた敏感であるが、病気による斑点や落葉があり、実用上には注意が必要である。

PAN に対してはパチュニヤ、とくに白花種が弱く、東京でも被害が実際に認められている。症状は葉の裏面が銀灰色に光沢をおびてくるのが特徴的であり、また、オゾンと対照的に未成熟葉が冒されやすく、成熟葉はきわめて強いので識別は容易である。その他、トマト、ブルーグラス、インゲン（ピント種）も弱い。

その他の有機ガス、たとえばエチレン、アセチレンなどの炭化水素、あるいは一酸化炭素などに対しては、植物は葉身下垂や葉柄下垂をおこしたり、落葉、落花、落果などの植物生長ホルモ的な反応を示し、煙斑などの可視障害を示さないという特徴をもっている。とくにエチレンはこの作用が強く、ソバやトマトでは 0.05 ppm から 0.1 ppm で上偏生長をおこし、カトレヤの花弁は 5 ppb という低濃度で乾燥状態になるという。筆者もまた数 ppm の濃度でトマト、ピーマンを処理したが、濃度および時間と葉柄下垂の程度とはかなり密接な関係があることを認めた。また、落葉もかなり顕著であり、樹木類の不時落葉などについて十分注意する必要がある。現在の大気汚染は単一汚染質である場合はむしろ少なく、複雑な混合体であると考えられるので、たとえば

オキシダントによる落葉とされている場合でも、大気中に当然存在する有機ガスによる落葉も疑わなければならないであろう。したがって、植物をモニターとする場合、ただ1種の植物だけでは不十分であると思われ、たとえばほとんどの汚染質に弱い種類と、おもな汚染質に特異的に弱い種類を数種選び、その反応を観察することが望ましいと考えられる。

2 葉内成分の追跡による方法

主として無機の汚染質に対し、そしてとくに比較的低濃度で慢性的な汚染に有効で、高濃度短時間の汚染の察知には不適當である。最も信頼度の高い対象はフッ化水素であり、二酸化イオウについてもかなり確実に汚染の被暴露を知ることができる。

フッ化水素は大気中の濃度が非常に低くても、また、葉縁ネクロシスなどの可視症状が現われなくても、葉内のフッ素含量は確実に増加していく。モニターとして使用する場合は可視障害がむしろ発現しにくく、抵抗性の大きい植物のほうが好ましい。これが大規模に実用されている例として、カリフォルニアでは抵抗性の大きい、また、栽培分布の広いオレンジを選び、州全域にわたって数十カ所の園について、年3回あて経年的に追跡し、定期的に公表しているが、このデータによれば葉内フッ素含量と汚染との関係が非常に明らかである。フッ素は植物にとって必須元素でないので、一般に葉内含量は低く、正常状態で0から10 ppm（乾物重当たり）以下であるが、チャなど若干の植物は含量が高いので注意を要する。土壤中にもフッ素が含まれているが、石灰などにより不溶化するので根からの吸収移行の影響はほとんどない。

二酸化イオウも葉から容易に吸収蓄積されるが、フッ素と異なる点は、イオウ自体が必須元素であるために、正常でも約0.1~0.3%含まれ、これが季節、植物の状態によって変動する点である。それゆえ、フッ素ほどの正確さが期待されないこと、また、吸収されたイオウがどんな形態で存在するかも問題である。しかし、カンキツ類の場合、全イオウとして分析しても PbO_2 法による大気中の積算量とは非常に高い相関関係があり、条件によっては全イオウとしての分析値で十分であると考えられる。

以上紙面の関係上、図表などを省略し、概説にとどまったことをお詫びし、また、文献も省略させていただいた。

中央だより

——農 林 省——

○植物防疫所の組織を改変し、本所―支所―出張所の3段階に系列化する

植物防疫所の組織は、昭和48年4月16日から、新たに出張所から昇格した4カ所の支所（塩釜、新潟、伏木、福岡）を加えたうえ、組織的に本所―支所―出張所の3段階に整理され、系列化された。

これまで、植物防疫所本所の下部組織として支所および出張所がそれぞれ直結されており、支所は、各地域の中心的位置に所在していたといふものの、組織的には出張所と同じ取り扱いとなっていた。一方、植物防疫所の組織は、地方港湾の整備に伴う木材、飼料原料の輸入増に対応して毎年数カ所ずつ出張所が新設されてきたが、その結果47年度には、全国89カ所の海空港などに本所、支所、出張所が配置されるようになった。

今回の組織の改変は、このような、全国に分散配置されている支所および出張所を、地域的に整理し、有機的な結びつきをもたせ、年々増加している行政需要に対し、より効果的な対応ができるよう措置されたものである。

48年度における植物防疫所の組織は、下表のとおりであり、4植物防疫所、1植物防疫事務所の下に12支所が地域ごとに設置され、その下に74の出張所が、本所直轄または支所の組織として配置されることになった。

植物防疫所本所、支所、出張所の組織

植物防疫所または 植物防疫事務所（本所）	支 所	出 張 所
横 浜	（直轄） 札幌 塩釜 新潟 東 京 羽	本牧、横須賀、川崎 釧路、苫小牧、室蘭、小樽、函館 青森、八戸、宮古、大船渡、石巻、小名浜 秋田、酒田、直江津 日立、鹿島、千葉、晴海
名 古 屋	（直轄） 清 伏	豊橋、蒲郡、衣浦、南部、西部、小牧、四日市 田子の浦 富山、七尾、金沢、敦賀、内浦
神 戸	（直轄） 大 阪 坂	尼崎、伊丹、兵庫、姫路 岸和田、和歌山、田辺、舞鶴 宇野、水島、尾道、呉、岩国、平生、境港、浜田 小松島、高松、詫間、新居浜、今治、松山、高知
門 司	（直轄） 福 鹿	下関、若松 板付、三池、伊万里、佐世保、長崎 大分、佐伯、三角、八代、溝辺、名瀬
那 覇	（直轄）	泊、那覇空港、平良、石垣

○農薬危害防止運動の実施について通達する

標記の件について、昭和48年5月17日付け厚生省発第98号・48農蚕第2503号をもって厚生事務次官・農林事務次官より、各都道府県知事あて通知された。

この運動は、厚生省、農林省および都道府県が主催し、関係団体などの後援により、実施してきたものである。

運動の趣旨は、毒物及び劇物取締法、農薬取締法など関係法令の周知徹底、農薬の適正使用により、その使用に伴う危害を未然に防止することを目的としている。

なお、本運動を通じて、残留基準の定まった農作物に対する安全使用基準および作物残留性農薬などの使用にあたり使用者が遵守すべき基準の周知徹底を図るものとしている。

運動期間は、昭和48年6月1日から30日までの1カ月間とするが、都道府県の実情に応じて実施期間を適宜設定し、または延長することはさしつかえないとしている。

——本 会——

○果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する試験成績検討会開催する

4月6日、長野県園芸試験場講堂において、農林省関係試験機関、関係県試験場、大学など各試験担当者、本会殺虫剤抵抗性対策委員会委員および会員会社技術者な

ど約 85 名が参集して開催した。

午前 9 時 30 分、遠藤常務理事の開会挨拶があって後、本委員会果樹ハダニ部会長千葉大学野村健一教授が座長となり、初めに今年 3 月に刊行した“果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究 (1963～1972 年にわたる研究組織の成果要約)”報告書作成に至るまでの経過について説明があり、ついで各試験担当者より 47 年度に実施した補足的研究事項の紹介、ならびに過去 10 年間における研究実績の歩みを回顧しながらそれぞれ感想が述べられた。

次に本委員会果樹ハダニ部会発足 10 年目を記念して次の 2 氏により講演が行なわれた。

リングハダニ類の研究経過と概要

長野県園芸試験場長 広瀬健吉氏

ハダニ分類の歴史的な事実

鳥取大学教育学部教授 江原昭三氏

終わりに、この研究組織の今後の方向、もち方について熱心に協議されたが、結論が得られなかったためなお試験場関係、会社関係それぞれ世話人之間で後日さらに検討することとし、本委員会は過去 10 年間にわたる大きな成果を残して今回の検討会をもって一応終止符をうち、解散することになった。閉会挨拶の後、記念撮影、場内リング園を見学した。引き続き午後 1 時 30 分から、農林省主催によるハダニ類の発生予察方法確立に関する特殊調査の成績検討および計画打ち合わせ会が行なわれた。

○野菜病害虫現地検討会開催さる

野菜病害虫防除研究会の 48 年度の事業の一つとして、第 4 回目の現地検討会を宮崎県において 5 月 9 日、10 日の両日にわたり、農業技術研究所、野菜試験場、県庁、県農試、県園試、大学、農薬会社などの関係者約 250 名参会のもとに開催した。

第 1 日は宮崎県総合農試講堂において講演会を行なった。午後 1 時遠藤常務理事の開会の挨拶があり、ついで同農試の井上 薫場長の挨拶の後講演会に入った。

(1) 宮崎県におけるハウス野菜の病害虫と問題点 宮崎県総合農試 後藤重喜氏 (座長：農技研 水上武幸氏)

(2) 九州における野菜のウイルス病について 九州農試 西 泰道氏 (座長：野菜試 岸 国平氏)

(3) 九州における野菜の線虫について 九州農試 後藤 昭氏 (座長：農技研 一戸 稔氏)

以上 3 氏の講演終了後、水上武幸氏、岡本大二郎氏 (九州農試) が座長となり総合討論を行ない、午後 4 時より場内の諸施設を見学した。

2 日目はバスで清武町 (キュウリ燻煙、大型ハウス集団)、西都市農協 (ピーマン大量出荷場)、新富町 (農業構造改善大型ハウス)、佐土原町 (スイカ集団栽培)、宮崎市村角地区 (スイカ集団栽培) のコースをそれぞれ視察し、午後 3 時宮崎駅で解散した。

○抗植物ウイルス剤に関するシンポジウム開催さる

抗植物ウイルス剤研究会が発足して、その事業の一つとして、第 1 回シンポジウムが 5 月 17 日に東京「家の光会館」において、同研究会委員、農林省試験研究機関、都道府県試験研究機関、会社などの関係者約 160 名が参集して開催した。午前 10 時開会、堀理事長挨拶の後、與良 清氏 (東京大学) が座長となり講演に入った。

(1) 抗植物ウイルス剤の開発現状 見里朝正氏 (理研)

(2) 植物ウイルス病の種類と伝染 小室康雄氏 (ウイルス研)

(3) そさいウイルス病の防除の問題点 岸 国平氏 (野菜試)

の 3 題の講演があり、午後は見里朝正氏が座長になり講演を続行した。

(4) 抗植物ウイルス剤のスクリーニングメソッドについて 平井篤造氏 (近畿大) ならびに黄耿堂氏 (理研)

(5) アルギン酸の開発経過 都丸敬一氏 (日本専売公社中央研)

講演終了後、明日山秀文氏 (本会同研究会委員長) が座長となり総合討論に入り、4 時 40 分散会した。

植 物 防 疫

昭和 48 年

6 月 号

(毎月 1 回 30 日発行)

— 禁 転 載 —

第 27 巻 昭和 48 年 6 月 25 日印刷
第 6 号 昭和 48 年 6 月 30 日発行

編 集 人 植物防疫編集委員会

発 行 人 遠 藤 武 雄

印 刷 所 株式会社 双 文 社
東京都板橋区熊野町 13-11

実費 200 円 送料 16 円 1 カ年 2,240 円
(送料共概算)

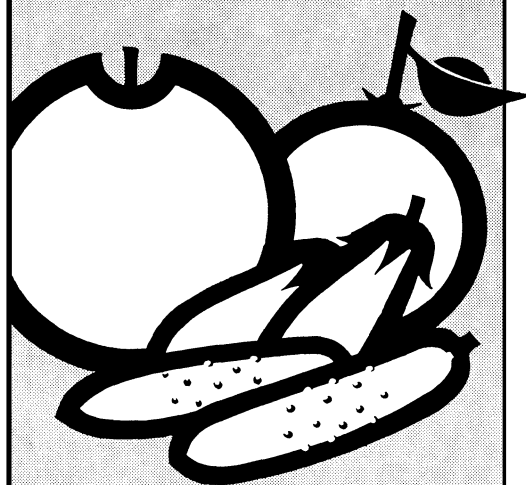
— 発 行 所 —

東京都豊島区駒込 1 丁目 43 番 11 号 郵便番号 170

社団法人 日本植物防疫協会

電話 東京 (03) 944-1561~4 番
紙 報 東京 1 7 7 8 6 7 番

果樹、野菜の 病害総合防除に



増収を約束する！

日曹の農薬

トップジンM

(チオファネート メチル剤) **水和剤**

- 予防、治療効果ともすぐれています。
- 毒性、薬害、かぶれの心配がありません。
- 作物の汚れが少ない農薬です。
- 有機銅剤をはじめ、殆んど他の剤と混用できます。



日本曹達株式会社

本社 東京都千代田区大手町2-2-1 〒100
支店 大阪市東区北浜2-90 〒541

新刊 本会発行図書

果樹ハダニ類の薬剤抵抗性に関する研究

B5判 112 ページ 1,000 円 送料 115 円

1963～72 年にわたる研究組織の成果を要約したもので、

第1部は総説・基礎研究として

研究組織の経過および成果の概要、果樹ハダニ類の種類および寄主植物、殺ダニ剤の効果検定法（室内検定法、ほ場における簡易検定法、ほ場試験の効果評価法）、ハダニ類における薬剤抵抗性機作および遺伝、殺ダニ剤の交代使用

第2部は応用研究としてダニ類の薬剤抵抗性について

リング寄生ハダニ類（青森県、秋田県、岩手県、宮城県、長野県）、ミカンハダニ（和歌山県、広島県、愛媛県、長崎県）、ミカンハダニおよびミカンサビダニ（佐賀県）、ナシ寄生ハダニ類（福島県、千葉県）
チャ寄生カンザワハダニ

付表：とう汰実験による薬剤抵抗性増大事例、効果減退薬剤とその代替薬剤、主要殺ダニ剤の種類名・商品名対照表 他に英文摘要を併録

お申込みは前金（現金・振替・小為替）で本会へ



新発売

〔白絹病、つる割病、腐敗病などの土壌病害〕と〔ネコブセンチュウ、ネグサレセンチュウなどの土壌線虫〕を一度の処理で同時に防除する——シェルがお届けする、一步進んだ新製品ネマクロペンです。

発売までに各地の農業試験場、園芸試験場でテストを重ね、高級そ菜をはじめ多くの作物にすぐれた効果をあげました。

豊かな収穫のために……ことしからはシェルのネマクロペンがモノを言います。

● ラベルの使用上の注意事項をよく読んでお使いください。

ネマクロペン®



シェル化学

東京都千代田区霞が関3-2-5 <霞が関ビル>
札幌・名古屋・大阪・福岡・掛川

土の病害と線虫に ダブル効果！

豊作を約束する バルサン農薬

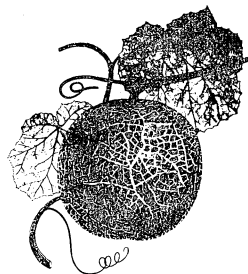
ながいもの雑草防除に

ダクロン

- ダクロンは、ながいも、トマト、にんじんなどに選択性がありますので、これらの作物の生育中にも薬害の心配なく使用できます。
- 発生直後の雑草に強い殺草力を示す接触型の除草剤で、しかも抑草期間の長い薬剤です。
- 接触型の除草剤ですから、効力が土質(砂土、粘土など)に影響されることがなく、また、天候にも左右されにくいので、安定した効きめをあらわします。

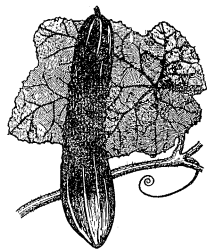
ビニールハウス内の病虫害防除に
火をつけるだけで作業が完了

※ジメトD・ロッド ジクロン・ロッド



- 煙霧体の作用により、葉の裏側など薬剤のかかりにくいところにいる病虫害にも的確な効果を発揮します。
- 液剤散布にくらべて労力が非常に少なく、すみ、また室内の湿度を上昇させませんので病虫害発生を助長させません。

茶・野菜の線虫防除に ネマモール粒剤



- 使用薬量が少力で、強力な殺線虫効果を発揮しますので大変経済的です。
- 使い方が簡単でガス抜きの必要もなく、また生育中にも使用できますので、省力化に役立ちます。
- 殺線虫効果ばかりでなく、作物の生育を促し、良質の作物を増収することができます。

茶のハマキムシ・ホソガ防除に ※シュアVP乳剤



- 茶のハマキムシ、ホソガなど茶の重要害虫に的確なききめがあります。
- 効きめは速く、しかも持続性があります。
- 茶に対する残臭は7日で、最も短かい薬剤ですので安心して使用できます。



中外製薬株式会社

東京都千代田区岩本町1-10-6
TMMビル TEL 03(862)8257

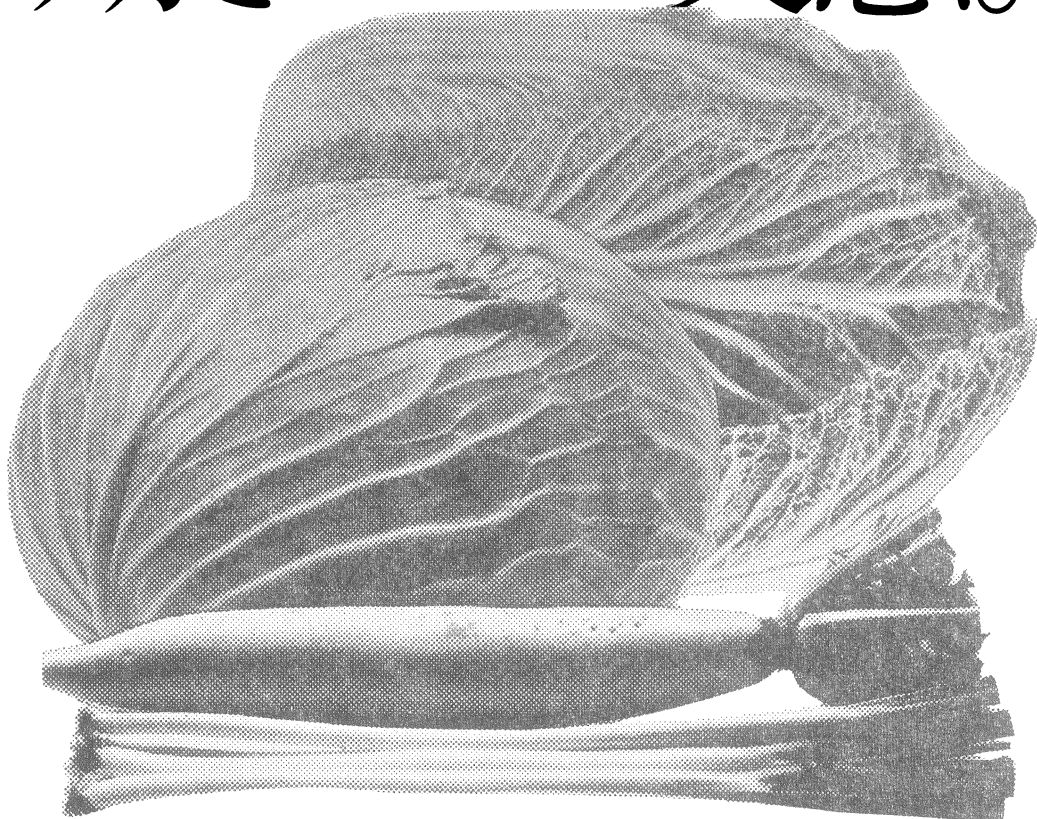
「手まき」です。散布に手間がかかりません。
野菜のアブラムシ・ダニ類に！

ホスドン粒剤

《イソチオエート粒剤》

ガス効果が高く、作物の生育中の葉面・地表面散粒で高い効果を示します。もちろん浸透移行性があり土壌処理でも有効です。毒性が少なく、薬害の心配もないので安心して使えます。

効きめの  実感。



日本農薬株式会社 103 東京都中央区日本橋1丁目2-5栄太楼ビル

自信を持ってお奨めする

兼商の農薬

■新しい殺ダニ殺虫剤 **新発売**

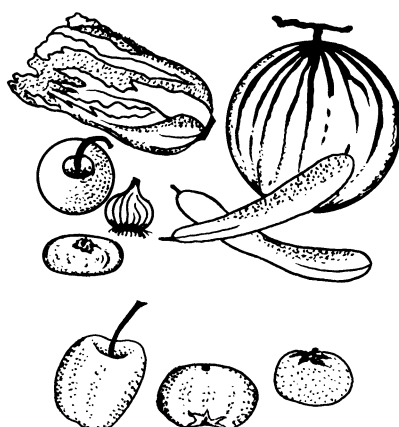
トーラック

■果樹園・桑園・牧草地の除草剤

カソロン 粒剤

■果樹・そさいの有機銅殺菌剤

キノドール®



■みかんのハダニ・サビダニに

アゾマイト®

■りんご・みかん・茶・ホップのダニに

スマイト®

■水田のヒルムシロ・ウキクサ・アオミドロ・ウリカワ防除に

モゲトン®



兼 商 株 式 会 社

東京都千代田区丸の内2-4-1

— 好 評 —

近畿大学教授・平井篤造

神戸大学教授・鈴木直治共編

感 染 の 生 化 学 — 植 物 —

A 5 判 474 頁

2800 円 円 140 円

前編—糸状菌および細菌病

* 感 染 (神戸大学農学部教授・鈴木直治) * 細胞壁と細胞膜 (香川大学農学部教授・谷 利一) * 呼 吸 (北海道農業試験場病理昆虫部技官・富山宏平) * 光合成 (農業技術研究所病理昆虫部技官・稲葉忠興) * 蛋白質代謝 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 核酸代謝 (京都大学農学部助教授・獅山慈孝) * フェノール物質の代謝 (東北大学農学部教授・玉利勤治郎) * ファイトアレキシン (島根大学農学部教授・山本昌木) * ホルモン (農業技術研究所生理遺伝部技官・松中昭一) * 毒素 (鳥取大学農学部教授・西村正暘)

後編—ウ イ ル ス 病

* 感染 (近畿大学農学部教授・平井篤造) * 呼吸 (岩手大学農学部教授・高橋 壮) * 葉緑体 (名古屋大学農学部助手・平井篤造) * 蛋白質代謝 (植物ウイルス研究所研究第1部技官・児玉忠士) * 核酸代謝 (岡山大学農学部助教授・大内成志) * 感染阻害物質 (九州大学農学部助手・佐古宣道)

農 業 技 術 協 会 刊

東 京 都 北 区 西 ケ 原 1-26-3 (〒114)

振替 東京 176531 T E L (910) 3787 (代)

ゆたかな実り＝明治の農薬



野菜、かんきつ、もも、こんにゃくの細菌性病害防除に
タバコの立枯病に

アグレプト水和剤

テラウェアの種なしと熟期促進に 野菜の成長促進・早出しに

ジベレリン明治

トマトのかいよう病特効薬

農業用ノボビオシン明治

イネしらはがれ病防除に

フェナジン明治粉剤・水和剤



明治製菓・薬品部
東京都中央区京橋 2-8

昭和四十八年
昭和四十八年
昭和二十四年

九六六

月月月

九三三

日日日

第 発 印

三 行 刷

種 (毎月)

郵 一 回

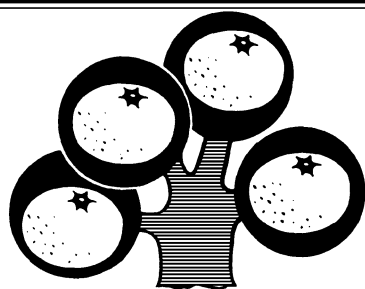
便 三 十 七 卷

物 日 第 六 号

認 行 可

可

実費二〇〇円 (送料一六円)



豊かなみかんづくりに
定評ある三共の農薬

注目の新農薬!! 遂に登場

*ミカンのカイガラムシ防除に

カルホス乳剤®

- ◎三共が研究開発した全く新しい型の殺虫剤です。
- ◎強力な持続効果と接触効果、食毒効果があります。
- ◎ヤノネ、サンホーゼカイガラ、ツノロウ、コナカイガラなどのカイガラムシ類に卓効があります。
- ◎臭いや刺激性が少なく使いやすい薬剤です。

*野菜・果樹の諸病害に

サニパー®



三共株式会社

農薬部 東京都中央区銀座3-10-17
支店 仙台・名古屋・大阪・広島・高松

北海道三共株式会社
九州三共株式会社

■資料進呈■