

# 農作物に対するオキシダント障害の 発生要因と被害軽減法に関する研究\*

大嶋保夫

Studies on Mechanism and Control of Photochemical  
Oxidants Injury to Vegetation

Yasuo OSHIMA

I 緒言	…… 99
II 大型ガラスハウスにおけるホウレンソウのオキシダント障害の発生分布調査	…… 100
III 野菜類のオゾン感受性と風速の関係	…… 101
IV 葉内へのオゾン浸入過程とオゾン障害の関係	…… 103
V 土壌のオゾン吸収能について	…… 104
VI 被覆資材および植物によるオゾン濃度と風速の減少効果	…… 106
VII 被覆資材によるホウレンソウのオキシダント障害の軽減効果	…… 109
VIII 総合考察	…… 112
IX 摘要	…… 112

## I 緒言

わが国における光化学スモッグによる農作物被害は、昭和40年代中期に発見され、その後、北海道を除くほとんどの地域で発生している<sup>9,12,14,35)</sup>。特に首都圏およびその近郊での被害が著しく、農業および環境保全上、重要な問題になっている。春期から秋期にかけて栽培される軟弱野菜は、オキシダントの障害を受け易いため、栽培を控える農家が多くなっている。

オキシダントによる植物障害とその程度は、オキシダント発生時の光・温度・土壌水分等の環境要因のほか、植物の生育状態によっても異なることが報告されている<sup>1,24,33)</sup>。しかしながら、野外における農作物のオキシダント障害

は、ほ場の立地条件により、または同一ほ場においても場所によって発生程度が異なることが多い。したがってオキシダント障害は、今までに得られた知見の他にもさらにいくつかの要因が関与しているものと考えられる。

一方、農作物に対するオキシダント障害を回避する試みとして、防除薬剤の開発、施肥等による耕種法の検討およびオキシダント抵抗性品種の導入等の研究が行われ<sup>18,23,25,26)</sup>ている。しかしながら、具体的な対策としては不十分であったり、収量・品質および安全性等の点からも問題が多く、今のところ有効な手段はみあたらない。

筆者は、施設内に栽培されているホウレンソウのオキシダント障害の発生分布を調査し、さらにその環境要因との関係を検討するとともに、得られた結果に基づいて室内実験を行い、野菜類のオキシダント障害の発生要因の解明を試みた。またそれらの知見をもとに、ほ場条件においてホウレンソウのオキシダント障害を回避する実験を行い、いくつかの知見を得たので報告する。

本研究を実施するにあたり、当所公害調査科長松崎徹英博士、同矢吹駿一主任研究員に終始御協力および御指導を受けた。施設内のオキシダント障害の発生分布調査には、当所経済試験科中村宏<sup>\*\*\*</sup>主任研究員に御協力いただき、土壌のオゾン吸収能に関する研究には、農水省農業技術研究所土壌立地第2研究室長福士貞雄博士、ならびに陽捷行博士に御助言をいただいた。被覆資材によるオキシダント障害の軽減効果の研究では、当所葉根葉科望月正之主任研究員に御助言をいただいた。また本報告のとりまとめにあたり神奈川県公害センター湘南支所後

\* 本報告の一部は昭和55年度大気汚染学会および昭和55年度土壌肥科学会関東支部大会で講演発表した。

\*\* 現神奈川県農業大学校

崎光夫大気科長に御指導をいただいた。ここに記して深く謝意を表します。

## II 大型ガラスハウスにおけるホウレンソウのオキシダント障害の発生分布調査

冬期に果菜類等を栽培した施設を有効に利用するため、夏期にホウレンソウを栽培する事例が多い。このため栽培中のホウレンソウにしばしばオキシダント障害が発生する。ここでは大型ガラスハウス内のホウレンソウについてオキシダント障害の発生分布と、ハウス内の環境要因を測定し、相互の関係について検討した。

### 1. 調査方法

農総研内の大型ガラスハウスで調査を実施した。このハウスはトピー工業KK製のSH型で、間口2.1m、奥行35.1m、床面積330㎡の3連棟である。北側表面に換気扇を備え、換気率45回/hrである。

ホウレンソウの障害調査は、天窓・窓・戸の開放条件下と、天窓や窓等を閉めて換気扇による強制換気条件下の2回にわたり実施した。ハウス内の24~28地点における、おのおの3株について、オキシダント障害の発生した葉数を調査した。

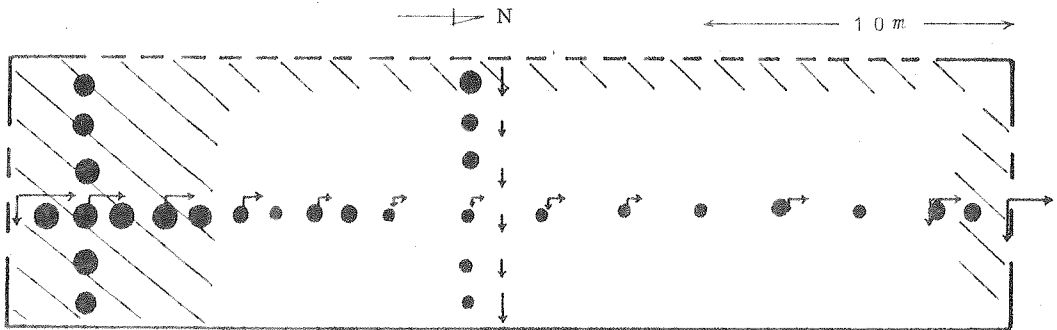
ハウス内の環境要因を調査するため、オゾン濃度は京都電子KK製オゾン測定器(ケミルミ法)、風速は熱線風速計、気温はサーミスター温度計をそれぞれ用い各調査地点とも地上30cmの高さで測定した。なおその他の気象データは、所内の観測値を用いた。

### 2. 結果および考察

1979年7月14日、湘南地域に0.1~0.15ppmのオキシダ

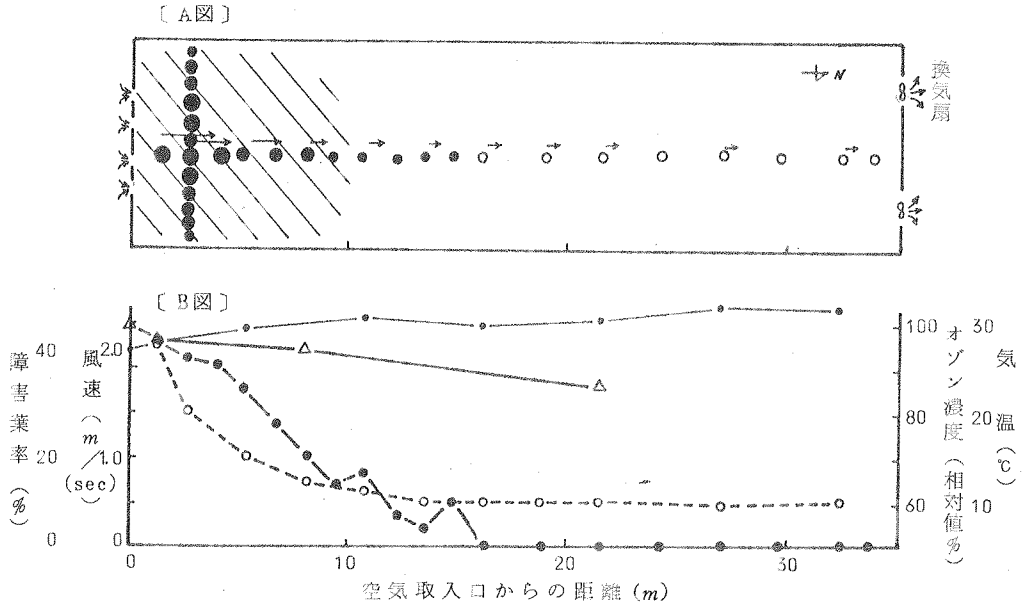
ントが発生した。当日は朝から快晴で、午前10時ごろまでは風速1~3m/secの北東風が吹き、その後は2~3m/secの南西風になった。この気象条件は、当地域においてオキシダント汚染が発生する典型的なものである。<sup>3)</sup>開放条件のハウス内には葉数約8枚のホウレンソウが栽培されていたが、汚染日の翌日にはオキシダントによる可視障害が発生した。障害の発生分布を調査したところ、ハウス内の風上周辺部が著しく、ハウス中央部にかけて障害が減少する傾向がみられた。一方、ハウス内の風速分布を汚染日の午後1~2時に調査したところ、風上周辺部ではホウレンソウの葉が振れる0.5~1.0m/secの風速であった。一方、ハウス中央部の風速は、0.5m/sec以下であり、風速が大きい場所ほどホウレンソウのオキシダント障害が多発する傾向がみられた。

1979年9月20日にも0.1~0.15ppmのオキシダントが発生した。この時のハウス内は強制換気条件にあり、葉数約7枚のホウレンソウが栽培されていた。汚染2日後にハウス内のオキシダント障害の発生分布を調査したところ、ハウス南側表面の空気取入口付近の障害が多く、ハウスの内部になるほど減少していた。一方、強制換気条件におけるハウス内の環境要因の調査を、同年10月上旬に実施した。その結果、ハウス内のオゾン濃度は、空気取入口から9mの地点では7%、23mの地点では14%ほど、それぞれ外気よりも低かった。また風速分布は、空気取入口付近で1.5~2.5m/sec、空気取入口から6mの地点では約1.0m/sec、10mの地点では約0.5m/secであった。ハウス内のオキシダント障害と環境要因の関係は、オキシダント障害の少ない所ほど風速が小さく、またオゾン濃度が若干減少する傾向がみられた。



第1図 大型ガラスハウスにおけるホウレンソウのオキシダント障害発生分布 (開放条件 1979.7.17)

オキシダント濃度	0.1~0.15ppm	5時間の汚染
気象条件	晴 風向SW	風速 2~3m/sec
障害葉率	●...1~19%	●...20~39%
	●...40~59%	●...60%以上
風速	→ 0.5m/sec	→ 1.0m/sec
		斜線部分は風速0.5m/sec以上



第2図 大型ガラスハウスにおけるオキシダント障害発生分布 (強制換気条件)

[ A図 ] ホウレンソウのオキシダント障害発生分布 (1979. 9. 20)  
 ○…障害なし ●…障害率1~19% ●…20~39% ●…40~59%  
 → 風速 0.5 m/sec . → 1.0 m/sec (斜線部分は風速 0.5 m/sec 以上)

[ B図 ] ホウレンソウのオキシダント障害と環境要因の関係 (1979. 10. 5)  
 ●—● 障害率率 ○—○ 風速 △—△ オゾン濃度 — 気温

このハウス内の光および気温分布は、ほぼ一定であり、また土壌含水量も均一になるように灌水していた。したがってハウス内のオキシダント障害の発生程度は、風速と関係があるものと考えられ、ハウス中央部のオキシダント障害が少ないのは、その場所の風速が0.5m/s以下であるためと考えられる。

### III 野菜類のオゾン感受性と風速の関係

前試験において、ホウレンソウのオキシダント障害は、風速により異なることが示唆された。ここでは室内実験においてオキシダントの主成分であるオゾンと、異なる風速条件および光条件のもとで野菜類に接触させ、野菜類のオゾン感受性と風速との関係を明らかにしようとした。

#### 1. 方法

ホウレンソウ(深緑 葉数10枚)、コマツナ(後開晩生 葉数5.5枚)およびハツカダイコン(赤丸二十日大根 葉数5枚)をa/2000ポットで栽培して供試した。

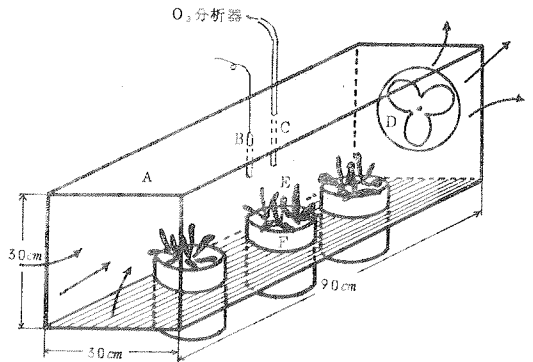
風速条件の異なる、4個の塩化ビニル製の風洞に、供試作物を3ポットずつ入れ、これらを一定のオゾン濃度に調整したグローブキャビネット内に配置した。風洞内

の風速は、位置により若干異なっていたが、風洞の中央部における値を用いた。

オゾン接触は、気温25℃、湿度約80%で実施し、障害調査は接触後2日目に行った。

#### 2. 結果および考察

ホウレンソウのオゾン障害と風速の関係を明らかにするため、春期に日射量65 cal/hr/cm<sup>2</sup>のもとで0.24ppmの



第3図 風洞装置の略図

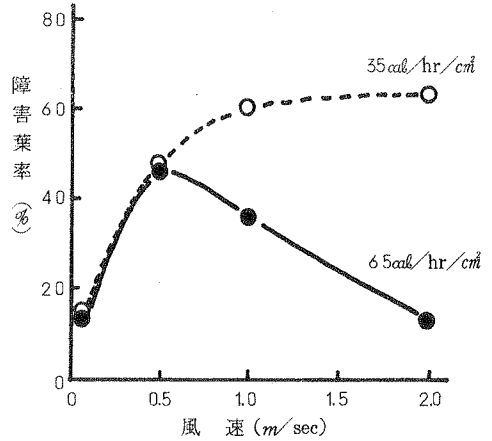
[ A…風洞 B…風速計 C…O<sub>3</sub>測定サンプル取入口  
 D…ファン E…ホウレンソウ F…ポット

オゾンを経5時間、さらに秋期に日射量  $35 \text{ cal/hr/cm}^2$  のもとで  $0.20 \text{ ppm}$  のオゾンを経5時間接触させた。その結果日射量の多少にかかわらず  $0.1 \text{ m/sec}$  の風速では、ハウレンソウのオゾン障害は著しく少なく、 $0.5 \text{ m/sec}$  の風速では障害が増加する傾向がみられた。日射量が比較的少ない  $35 \text{ cal/hr/cm}^2$  では、風速  $1.0 \text{ m/s}$  において、さらに障害が増加した。しかし日射量  $65 \text{ cal/hr/cm}^2$  では、風速  $1.0 \sim 2.0 \text{ m/sec}$  において葉のしおれ現象が生じ、オゾン障害は減少する傾向がみられた。

日射量が8および  $35 \text{ cal/hr/cm}^2$  の条件で、ハツカダイコンにそれぞれ  $0.14 \text{ ppm}$  のオゾンを経3.5時間接触させたところ、日射量が多い  $35 \text{ cal/hr/cm}^2$  では、オゾン障害が多発する傾向がみられた。一方、日射量の多少にかかわらず、風速が  $0.1 \sim 0.5 \text{ m/sec}$  では、オゾン障害は少なく、風速が  $1.0 \sim 2.0 \text{ m/sec}$  に高まると、障害は著しく増加した。

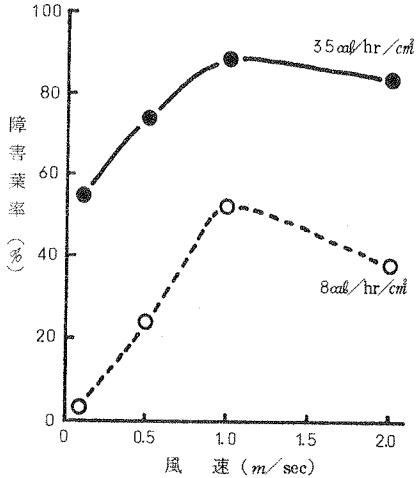
コマツナに  $0.25 \text{ ppm}$  のオゾンを経5時間接触させたところ、風速が大きくなるにつれオゾン障害が多発する傾向がみられ、風速  $2.5 \text{ m/sec}$  において最も著しかった。

以上の結果、野菜類のオゾン障害は、風速に左右されることが明らかになり、風速条件により植物のオゾン取り込み量が異なるために、オゾン障害の発生程度に差が生じたものと思われる。さて、植物のオゾン取り込み過程は、光合成における  $\text{CO}_2$  の取り込み過程に類似しているものと想定される。竹田は  $\text{CO}_2$  が外気から植物体内まで到達する過程を次のように説明している。すなわち  $\text{CO}_2$  は、乱流状態の大気から、葉の表面にごく近い層流境界層を経て葉面にいたり、気孔から植物体に入り、葉肉組織を経て細胞内へ取り込まれる。この  $\text{CO}_2$  の流れを、電流の流れにたとえ、乱流大気の抵抗、層流境界層の抵抗、気孔の抵抗および葉肉抵抗とすると、植物体への  $\text{CO}_2$  の取り込み量は、各部分の拡散抵抗に反比例し、大気と細胞内の  $\text{CO}_2$  濃度落差に比例する。風速により層流境界層の厚さが異なり、風速を高めるとこれが薄くなって、層流境界層の拡散抵抗が小さくなる。一方、気孔の抵抗に関する要因としては、気孔数、その大きさおよび開きぐあいなどがある。以上は植物体への  $\text{CO}_2$  の取り込み過程であるが、同じ気体であるオゾンについても同様なことが考えられよう。本実験において風速が  $0.5 \text{ m/sec}$  以下では、いずれの植物もオゾン障害の発生は少なく、この傾向は光合成速度と風速の関係に類似していた<sup>34)</sup>。このことは風速が小さいために層流境界層の拡散抵抗が大きくなり、したがって植物体へのオゾン取り込み量が減少したためと推察される。一方、風速が  $1.0 \text{ m/sec}$  以上の場合には、植物の



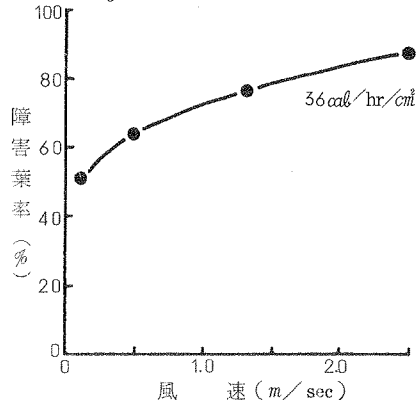
第4図 ハウレンソウのオゾン感受性と風速の関係(1979)

[ O<sub>3</sub>接触 65 cal/hr/cm<sup>2</sup> … 0.20 ppm・5hrs (5月15日)  
35 cal/hr/cm<sup>2</sup> … 0.20 ppm・5hrs (9月23日) ]



第5図 ハツカダイコンのオゾン感受性と風速の関係 (1980. 5. 29)

[ O<sub>3</sub>接触 0.14 ppm 3.5 hrs ]



第6図 コマツナのオゾン感受性と風速の関係 (1979. 9. 19)

[ O<sub>3</sub>接触 0.25 ppm 4 hrs ]

種類、生育状態およびオゾン接触時の日射量により、オゾン障害の発生程度と風速の関係は異なった。葉肉が厚く、健全な生育を示したコマツナでは、比較的風速が大きい2.5m/secにおいて最も障害が多かった。しかしながら葉の組織が弱いホウレンソウでは、比較的風速が小さい0.5~1.0m/secで障害が大きく、日射量が多い場合には、風速が大きくなるとオゾン障害は減少した。このことは、風速が大きくなるにつれ、葉からの水分の蒸散を防止するために、気孔が閉じ気孔抵抗が著しく増加したことによるものと推察される。気孔開度は、複雑な要因が相互に関係すると考えられ、野菜類のオゾン障害の発生に重要な役割を果しているものと思われる<sup>5), 11)</sup>

#### Ⅳ 葉内へのオゾン侵入過程とオゾン障害の関係

野菜類のオゾン障害は、風速に著しく影響されることが明らかになり、このことから風速により葉内へのオゾン取り込み量が左右されるものと推察された。ここでは、さらに詳細な検討を行うため、アルミ薄を用いて、葉内へのオゾン侵入過程とオゾン障害の関係を明らかにしようとした。

##### 1. 方法

ホウレンソウ(葉数8枚)、ハツカダイコン(葉数6枚)およびコマツナ(葉数6枚)をa/5000ポットで栽培した。ホウレンソウは下から3~5葉位の葉、ハツカダイコンは下から2~4葉位の葉、コマツナは下から3~4葉位の葉をそれぞれ供試した。

アルミ薄で葉を被覆することにより、1枚の葉にそれぞれ表面被覆、裏面被覆、両面被覆および無被覆の4処理区をもうけた。被覆処理はオゾン接触直前に、各作物とも6反復で試験を実施した。

オゾンの接触は、各ポットをグロースキャビネット内(気温25℃ 湿度約80% 自然光)に配置して行い、0.45ppmのオゾンを経日6時間接触させた。障害調査およびクロロフィル含量の定量は、オゾン接触後1日目に実施した。

##### 2. 結果および考察

アルミ薄を被覆することにより、処理区間でオゾン障害の発生程度が著しく異なった。しかしこの傾向は、ホウレンソウ、コマツナおよびハツカダイコンとも、ほぼ同じであった。すなわち無被覆区においてオゾン障害が著しく発生したにもかかわらず、両面被覆区では全く障害が発生しなかった。一方、片面被覆では、オゾン障害は

第1表 葉面被覆とオゾン障害の関係

作物	処理条件	障害程度	クロロフィル含量(相対値%)		
			a	b	a+b
ホウレンソウ	両面被覆	0	80	20	100
	表面被覆	6	72	19	91
	裏面被覆	32	53	14	67
	無被覆	71	49	14	63
コマツナ	両面被覆	0	79	21	100
	表面被覆	14	59	17	76
	裏面被覆	64	52	14	66
	無被覆	83	22	7	29
ハツカダイコン	両面被覆	0	78	22	100
	表面被覆	8	78	22	100
	裏面被覆	62	72	20	92
	無被覆	85	43	14	57

ある程度発生したが、明らかに表面被覆区より裏面被覆区における障害程度が大きく、この現象は供試葉を反転して光条件を変えた場合も同じ傾向がみられた。このことは各処理区のクロロフィル含量にも表われ、オゾン障害の発生程度に応じてクロロフィル含量は減少していた。この現象は須山ら<sup>27)</sup>も認めており、また同様のことが葉が重なり合っている場合に、野外においてしばしば観察される。

葉の気孔分布は、葉の表面より裏面に多く分布しているので、もし葉内へのオゾンの侵入が、気孔を通して行われるとするならば、CO<sub>2</sub>吸収と同様に葉の表面より裏面から葉内へ侵入するオゾンの量が多いものと考えられる。しかしながら、本実験ではオゾンが葉の裏面よりも表面に接触すると、障害がより発生しやすかった。

葉におけるオゾン障害は、海綿状組織<sup>6, 7)</sup>よりも柵状組織に発生しやすいことが知られている。一方、オゾンは反応性に富み、いろいろな物質に吸収されたり分解されやすい性質がある。そのため葉内に侵入したオゾンが障害発生の作用点に達するまでに変化することが予想される。したがって葉内へのオゾンの侵入は、葉の表面と裏面の両面から行われることが考えられるが、オゾン障害が発生しやすい柵状組織に近い表面からのオゾン侵入が、裏面からよりも、より大きく関与するのかもしれない。しかしながら、被覆処理により、光等の環境条件が変化するので、葉の表面および裏面の気孔開度が異なることも考えられ、今後さらに詳細な検討が必要であろう。

## V 土壌のオゾン吸収能について

オキシダントの主成分であるオゾンは、反応性に富み、土壌等のいろいろな物質に吸収あるいは分解されやすいことが知られているが、これらの特性を解析的に検討した例は少ない。<sup>17)</sup>

ここでは、比較的低濃度のオゾン発生条件における、土壌および種々の土壌構成成分によるオゾン吸収速度を、室内でのモデル実験から求め、その結果から野外におけるオゾンに関する諸現象の解析を試みた。

### 1. 方法

#### 1) 試料

試料の概要は第1表に示した。土壌は深さ0~15cmの表土とし、風乾細土を供試した。カオリン・ベントナイト・石英砂・消石灰・Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> および活性炭は、市販の試薬を用いた。また鹿沼土を風乾後粉砕し、70メッシュの篩を通したものをアロフェンの試料とした。また水はPH約5.8の蒸留水を使用した。

湿潤試料の作製は、水飽和試料を遠心法および水柱法により脱水し、PF1.5, 1.7, 2.0, 2.7および3.4の含水量に調節した。

#### 2) オゾン吸収速度の測定方法

容積10ℓのガラス製容器に、円型のガラス製皿(面積66.5cm<sup>2</sup>)を入れ、これに試料約20gをとり、一定濃度のオゾンを2ℓ/min(換気率12回/hr)の割合で通気した。容器内にファンを入れ、一定の回転数で容器内を攪拌しながら、京都電子KK製オゾンモニター(ケミルミ法)を用いて、容器内のオゾン濃度の推移を、経時的に測定した。

### 2. 結果および考察

風乾した火山灰土壌に0.85ppm(C<sub>0</sub>)のオゾンを通気したところ、通気後より容器内のオゾン濃度は増加し、約15分後に通気したオゾン濃度の約40%に達した。しかしその後は、15時間を経過しても容器内のオゾン濃度は、ほぼ一定であった。

次に通気するオゾン濃度をそれぞれ0.07, 0.18および0.36ppmに変えたところ、いずれの濃度でも通気後約10分で、容器内のオゾン濃度は一定となった。そこでこの

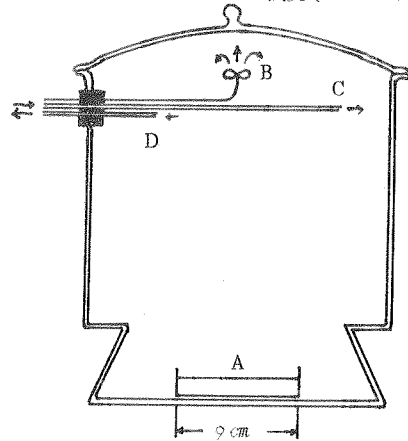
ような動的定常状態におけるオゾン濃度(C)と流入気体のオゾン濃度(C<sub>0</sub>)との比、すなわちオゾン残存率(C/C<sub>0</sub>)を求めたところ、C<sub>0</sub>の如何にかかわらず同じ値を得た。したがってオゾンが低濃度の場合、土壌面積、通気量および容器内の攪拌程度が一定ならば、流入気体のオゾン濃度および通気時間のいかにかわらず、土壌の吸収によって生じる容器内のオゾン濃度の低下割合は一定となり、この場合における土壌のオゾン吸収量は容器内のオゾン濃度(オゾン分圧)に比例することが明らかになった。

そこで0.8ppmのオゾンを3時間通気し、おのおのの試料について、容器内のオゾン濃度を測定したところ、石英や水は、ほとんどオゾンを吸収しなかった。一方、カオリン・アロフェン・酸化鉄・消石灰およびベントナイトを容器内に入れたときのオゾン濃度は、風乾した土壌よりいずれも高かった。また同じ土壌でも水分含量が多くなるほど容器内のオゾン濃度が高まる傾向がみられた。供試試料のなかで容器内のオゾン濃度が最も低下したのは活性炭であり、通気したオゾン濃度の約22%であった。

これらの諸現象は次の一般式によって表わされる。得られたデータを解析するため、吸収速度の概念を用いる

$$V = \frac{F}{C} \dots (1)$$

V: 吸収速度  
 F: 土壌表面へのオゾンのフラックス  
 C: オゾン濃度(オゾン分圧)



第7図 オゾン吸収実験装置の略図

〔A: 試料 B: ファン  
C: 空気入口 D: 空気出口〕

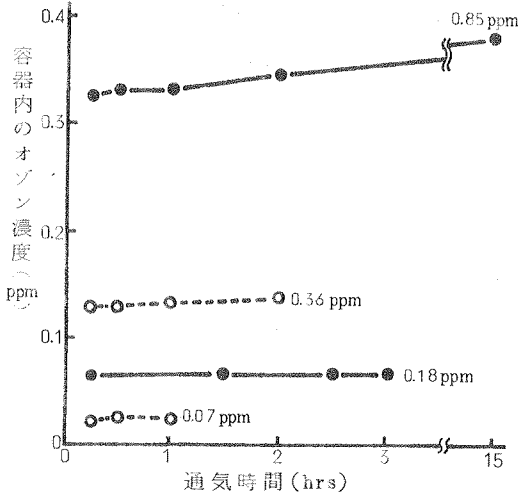
第2表 供試土壌の特性

試料	採取場所	水分含量(%)		T-C	T-N	PH		砂	粘土	CEC
		風乾	PF1.7			H <sub>2</sub> O	KCl			
火山灰土壌	三浦市原町561	12.3	48.0	9.96	0.51	5.9	5.2			53.56
沖積土壌	平塚市寺田組496	4.6	31.4	1.21	0.14	6.4	5.0	65.8	15.4	25.04

と、この吸収速度は容器内の実験条件によって異なる。この実験でも容器内のファンの回転数を増すとオゾン吸収速度は大きくなることが認められている。したがって、ここで得られたオゾン吸収速度から、条件の異なる現象を考察していく。そこでこの吸収速度の逆数をオゾン移動の抵抗( $r$ )と定義すると、この抵抗は試料表面の抵抗( $r_s$ )と空気抵抗( $r_a$ )から成ると考えられる。

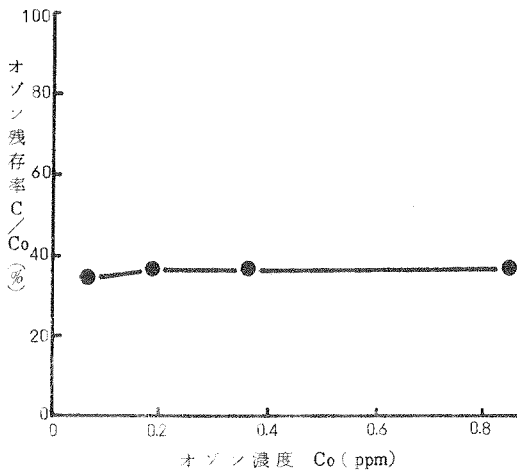
$$\frac{1}{V} = r = r_a + r_s \dots\dots (2)$$

ここで完全な吸収体 ( $r_s=0$ )があれば、この実験条件における空気抵抗 ( $r_a$ ) が求められる。この実験では活性炭の吸収速度が最も大きかったので、ここでは活性炭



第8図 オゾン濃度の異なる空気を通気したときの容器内のオゾン濃度の変化

〔火山灰土壌(風乾土) 通気量 2 l/min〕  
〔土壌の面積 66.5 cm<sup>2</sup>〕



第9図 火山灰土壌(風乾土)における $C_0$ と $C/C_0$ の関係

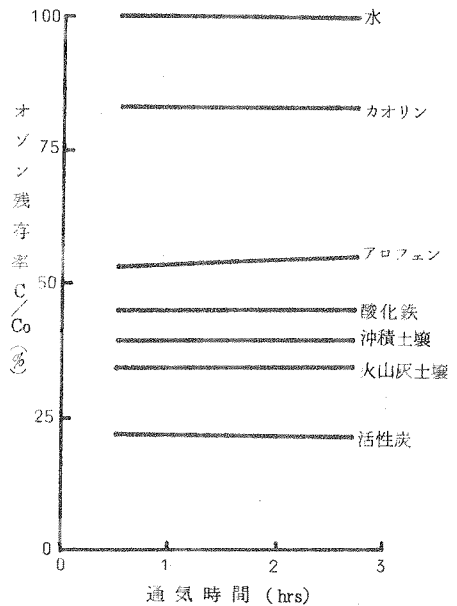
の表面抵抗 ( $r_s$ ) を0と仮定すると、この実験条件の空気抵抗  $r_a = 0.56 \text{ cm s}^{-1}$  の値が得られる。

またオゾンのフラックスおよび吸収速度は、次式により求められる。

$$F = \frac{C_0 - C_s}{S} \cdot A \dots\dots (3)$$

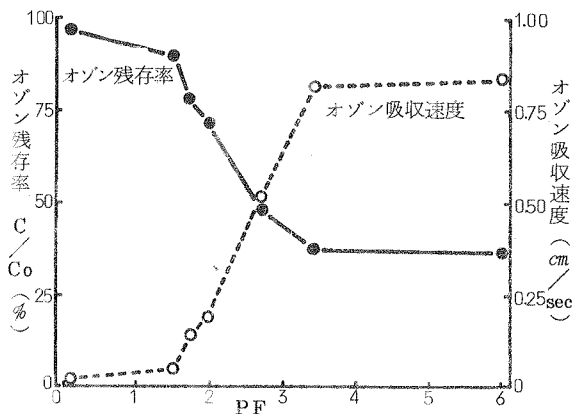
$$V = \frac{F}{C_s} = \frac{C_0 - C_s}{C_s S} \cdot A \dots\dots (4)$$

$C_0$ : 通気オゾン濃度  
 $C_s$ : 動的定常状態における容器内のオゾン濃度  
 $A$ : 通気量  
 $S$ : 試料面積



第10図 土壌等によるオゾンの吸収

〔通気量 2 l/min 土壌の面積 66.5 cm<sup>2</sup>〕  
〔通気オゾン濃度 0.8 ppm〕



第11図 火山灰土壌における水分含量とオゾン吸収の関係

〔通気量 2 l/min 土壌面積 66.5 cm<sup>2</sup>〕  
〔通気オゾン濃度 0.8 ppm〕

この実験では通気量  $2 \ell/min$ , 試料面積  $66.5 \text{ cm}^2$  である。

$$V = 0.501 \frac{C_0 - C_s}{C_s} (\text{cm s}^{-1}) \dots\dots (5)$$

以上の方法により求めた、種々の土壌および土壌構成成分のオゾン吸収速度ならびに表面抵抗を第2表に示した。土壌構成成分によりオゾン吸収能は著しく異なり、表面積の小さい石英ではほとんどオゾン吸収能は認めら

第3表 土壌等によるオゾンの吸収速度および抵抗

試料	吸収速度 ( $\text{cm}/\text{sec}$ )	表面抵抗 ( $\text{sec}/\text{cm}$ )
石 英	0.01	66.1
カオリン	0.10	9.2
アロフェン	0.47	1.6
ベントナイト	0.73	0.8
酸化アルミニウム	0.53	2.5
酸化鉄	0.61	1.1
消石灰	0.39	2.0
活性炭	1.78	—
沖積土壌(風乾)	0.71	0.9
火山灰土壌(風乾)	0.88	0.6
“ (PF3.4)	0.83	0.7
“ (PF2.7)	0.53	1.3
“ (PF2.0)	0.20	4.5
“ (PF1.7)	0.14	6.4
“ (PF1.5)	0.04	22.2
“ (最大容水量)	0.02	41.1
水	0.00	$\infty$

空気抵抗  $r_a = 0.56$

れなかった。粘土鉱物ではベントナイトのオゾン吸収能が最も大きく、次いでアロフェン、カオリンの順に吸収能が小さくなり、粘土鉱物の表面積の大きさに比例しているようであった。酸化剤である酸化アルミニウムおよび酸化鉄は、いずれもオゾンを吸収したが、その程度は他の物質より特に大きなものではなかった。一方、オゾンは1容積の水に0.494容積(0℃, 1気圧)が溶けるが、本実験における水のオゾン吸収速度はほとんど認められず、低濃度のオゾンに対する水のオゾン吸収能は、非常に小さいものと考えられる。

風乾した土壌のオゾン吸収能は非常に大きく、沖積土壌はほぼベントナイトと同程度であり、火山灰土壌は活性炭を除く供試した土壌構成成分のいずれよりも大きな値を得た。火山灰土壌は腐植に富んでいるので、腐植の

オゾン吸収能が大きいのではないかと推察される。一方、水分含量が高く、湿潤な土壌ほど吸収能が低下する傾向がみられ、同じ大気汚染物質である二酸化イオウと逆の結果<sup>10)</sup>が得られた。このことは水に対するオゾンと二酸化イオウの吸収速度あるいは溶解速度の差異によるものと考えられる。

一般にオキシダント汚染が発生する気象条件では、土壌が乾燥していることが多い。したがって土壌は、大気汚染物質であるオゾンをかなり吸収する能力をもち、自然界においてオゾンを浄化する有益な働きをしているものと推察される。

## VI 被覆資材および植物によるオゾン濃度と風速の減少効果

土壌はオゾンをかなり吸収する能力をもち、野外におけるオゾン濃度の分布に影響を与えていることが、先の室内実験から推察された。もしも人為的に簡単な方法で、野外におけるオゾン濃度分布をコントロールすることができるならば、農作物のオキシダント障害を軽減することが可能であろう。しかしながら野外におけるオキシダント濃度分布を詳しく調査した報告や、人為的に野外のオキシダント濃度をコントロールした事例は少ない<sup>16)</sup>。

そこで、野外におけるオゾン濃度分布におよぼす被覆資材の影響を調査し、さらに植物群落内のオゾン濃度分布を測定することにより、植物等によるオゾン濃度の減少効果を検討した。またオキシダント障害の発生と関係が深い風速分布について検討を行い、農作物のオキシダント障害を物理的に回避するための基礎資料を得ようと試みた。

### 実験 I 被覆資材のオゾン濃度と風速分布におよぼす影響

#### 1) 方法

所内畑は場(沖積土壌)において、巾1.8m、長さ7mの被覆用カンレイシャ(白井300)を、1mの間隔において東西方向に7列、柵状に併列した。各カンレイシャ間のオゾン濃度と風速の測定は、地上20cmの高さにおいて数時間にわたり実施した。その他の気象データは、所内の観測値を用いた。

#### 2) 結果および考察

はじめに裸地におけるオゾン濃度および風速の垂直分布を測定した。測定時は、平均風速  $3 \text{ m}/\text{sec}$ , 風向SWであり、土壌表面は乾燥していた。オゾン濃度の垂直分布は、地上10cmでは約10%, 地上3cmでは約30%ほど、それぞれ地上150cmにおけるオゾン濃度より減少してい



た。一方、風速の垂直分布は、地上10cmでは約40%、地上1cmでは約70%ほど、それぞれ地上150cmにおける風速より減少していた。裸地における地表面附近のオゾン濃度の低下は、土壌のもつオゾン吸収能により生じたものと考えられ、また地表面附近では風速が弱く、したがって上空からのオゾン送入手量が少ないものと推察される。

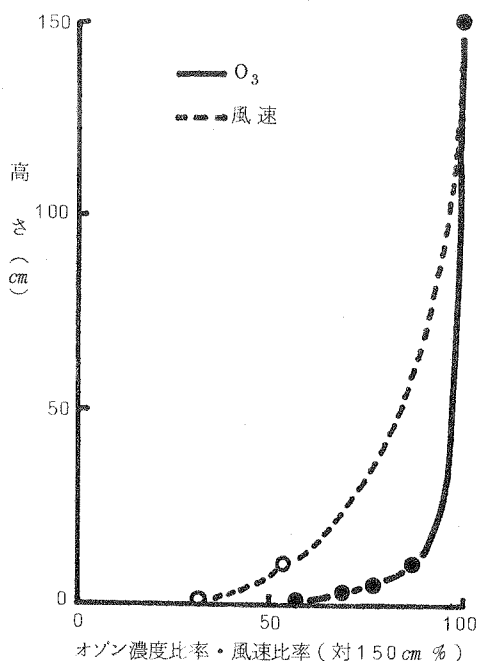
次に、カンレイシャを柵状に張り、風上からの各カンレイシャ間におけるオゾン濃度および風速の水平分布を測定した。測定時の気象は、平均風速3m/sec、風向Nであり、土壌表面は乾燥していた。その結果、外気よりもカンレイシャ間のオゾン濃度および風速は減少しており、その程度はカンレイシャ1枚風上より内側に入ることにより、オゾン濃度は約5%、風速は約47%ずつ減少するものと推定される。

実験Ⅱ 植物群落内のオゾン濃度および風速分布

1) 方法

5種類の植物群落において、オゾン濃度等の垂直分布を測定した。陸稲群落では地上10cmの高さにおける畝間のオゾン濃度等の水平分布を調査した。

供試した植物群落は次のとおりである。ヒマワリ(ロシアヒマワリ)……1976年5月10日は種。栽植密度80



第12図 裸地におけるオゾン濃度と風速の垂直分布 (1978.10.8)

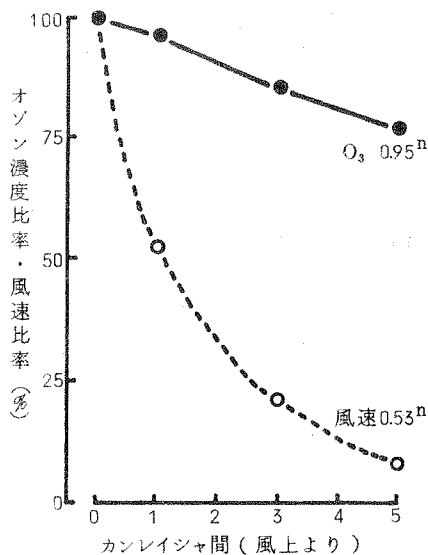
[ O<sub>3</sub>濃度 0.14~0.18ppm  
平均風速 3m/sec 風向 SW 気温22℃ ]

株/m<sup>2</sup> トウモロコシ(デントコーン)……1976年6月15日は種。南北畝で畝間60cm、株間18cm 落花生(千葉半立)……1977年5月6日は種。南北畝で畝間30cm、株間25cm 水稻(クサブエ)……1976年6月9日稚苗機械移植。東西畝で畝間30cm、株間16cm 陸稲(農林稲26号)……1977年7月1日ドリル播。東西畝で畝間30cm、300茎/m<sup>2</sup>

2) 結果および考察

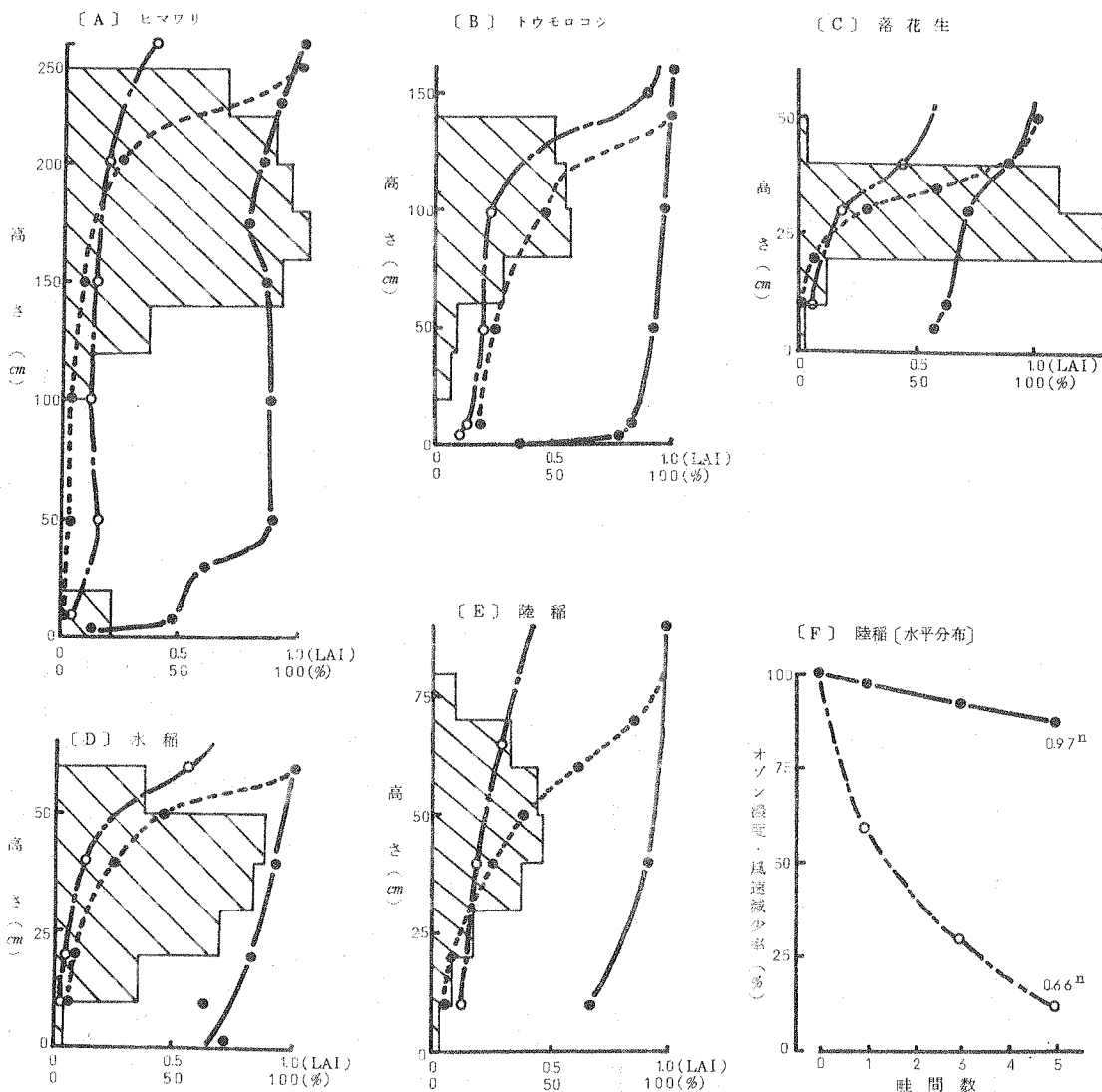
植物群落内におけるオゾン濃度の垂直分布を調査したところ、外気より各群落内のオゾン濃度は低下していたが、その傾向は植物の種類により異なった。広葉類のヒマワリおよび落花生では、葉面積の大きい箇所でもオゾン濃度が急に低下する傾向がみられたが、禾本科のトウモロコシ、水稻および陸稲ではそのような傾向は認められなかった。禾本科の植物群落では、葉によりオゾンが吸収あるいは分解されたとしても、群落内部まで風が入りやすいので、外気のオゾンがすみやかに群落内へ供給されることによるものと考えられる。

一方、地表面に近づくにしたがって、各群落ともオゾン濃度は急激に減少していたが、陸稲群落よりも水稻群落における減少程度が少なかった。水稻群落は湛水状態にあり、土壌よりも水のオゾン吸収能が著しく小さいため、この差が生じたものと考えられる。なおヒマワリ群落は地上75cmのオゾン濃度が若干高くなっていたが、この時期におけるヒマワリの下葉が、かなり枯れ上っている



第13図 オゾン濃度と風速分布におよぼすカンレイシャの影響 (1978.10.3)

[ O<sub>3</sub>濃度 0.05ppm  
平均風速 3m/sec 風向 N 気温27.1℃ ]



第14図 植物群落内のオゾン濃度，風速および光分布

●—○ オゾン濃度比率(%)    ○---○ 風速比率(%)    ●---● 比較受光量(%)  
 ▨ 葉面積指数(LAI)

番号	作物名	O <sub>3</sub> 濃度 (高300cm ppm)	平均風速 (高300cm m/s)	風向	気温 (°C)	測定日
A	ヒマワリ	0.04	5.5	S SW	29	1976. 7. 28, 14:00
B	トウモロコシ	0.06	4.0	S	31	1976. 8. 2, 11:00
C	落花生	0.06	4.0	SW	26	1977. 10. 5, 13:00
D	水稲	0.05	2.0	S SW	25	1976. 8. 3, 12:00
E	陸稲	0.05	3.5	E	25	1977. 10. 5, 11:00
F	陸稲 (水平分布)	0.05	3.5	SW	23	1977. 10. 5, 15:00

たため、直接外気が群落側面から内部へ入ったものと思われる。

陸稲群落におけるオゾン濃度および風速の水平分布を調査したところ、風上の畝から群落内に入るにしたがって、オゾン濃度と風速はともに減少する傾向がみられた。その程度は、群落内部に向かって一畝入るごとに、オゾン濃度は約3%、風速は約34%ずつ減少するものと推定された。

以上の結果、被覆資材や植物は、オゾン濃度の減少効果があることが明らかになり、その作用には、2つの理由があるものと思われる。その一つは、被覆資材や植物が直接オゾンを吸収あるいは分解することにより生じるものである。しかしながら野外においては、外気からのオゾン供給量が多いために、オゾン減少効果としては小さなものであろう。もう一つの理由は、被覆資材や植物が風をさえぎるために、外気からのオゾン供給量を少なくする効果である。したがって土壌のもつオゾン吸収能により、地表面付近のオゾン濃度は減少しており、この効果は野外のオゾン濃度分布にかなり影響するものと考えられる。

### VII 被覆資材によるホウレンソウのオキシダント障害の軽減効果

野菜類のオゾン障害の発生程度は、風速に著しく左右され、風速が0.5m/sec以下では、オゾン障害が減少することが明らかになった。また被覆資材や植物には防風効果があり、外気からのオゾン供給量の減少にともない、野外におけるオゾン濃度および風速分布を、人為的にある程度コントロールできる可能性があることも確認された。そこで、は場においてホウレンソウを被覆資材を用いてトンネル状に被覆し、オキシダント障害の軽減効果を検討した。

#### 1. 方法

所内は場において、一区南北5.5m、東西1.2mのペットを作り、畦巾20cm、5条にホウレンソウ（深緑）を1980年6月4日には種した。

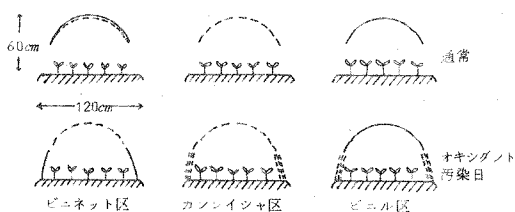
被覆資材は0.1mm厚のビニル、白井300のカンレイシヤおよびカンレイシヤ部分が70cmのピニネットを用いた。被覆はトンネル状に行ったが、通常は上方のみを被覆しておき、高濃度のオキシダント汚染が予想される日には側方もあわせて被覆した。この場合、カンレイシヤ区とビニル区の側方の被覆には、カンレイシヤを3重張りにした。

トンネル内のオゾン濃度および気温の測定は8月中旬に実施した。オゾンは地上20cmにおける濃度をケミルミ法により、気温は地上15cmにおける温度を熱電対式温度計を用い、また風速は熱線風速計でそれぞれ測定した。なお気象データは所内の観測値を用いた。

#### 2. 結果および考察

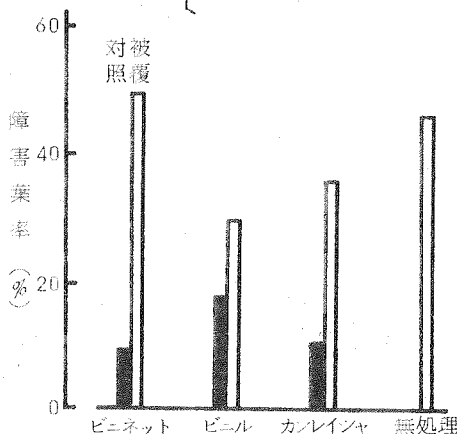
上方のみの被覆は6月19日から行った。6月25日に0.1ppm以上のオキシダント汚染があったので、側方もあわせて被覆した。その後ホウレンソウにオキシダント障害が確認されたので、6月28日に被害調査および生育調査を実施した。

各処理区のオキシダント障害程度およびホウレンソウの生育状況を第16図に示した。ピニネット区およびカン



第15図 被覆資材の設置状況

(○ ビニル ● カンレイシヤ)



第16図 被覆処理によるホウレンソウのオキシダント障害軽減効果 (1980. 6. 25)

#### ホウレンソウの生育状況

試験区	草丈(cm)	葉数	生体重(g/株)
ピニネット	18.9	7.4	7.2
カンレイシヤ	19.4	7.7	7.5
ビニル	15.8	7.0	4.9
無処理	15.5	7.0	5.4

気象概況 オキシダント最高濃度 0.12ppm  
 最高気温 30.8℃ 日射量 468 cal cm<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup>  
 風向 E (10:00まで) SW (11:00以降)  
 風速 2~2.5ms<sup>-1</sup> (10:00まで) 3~5ms<sup>-1</sup> (11:00以降)

レイシャ区のホウレンソウの生育は、無処理区よりも良好であったが、日射量が減少するため、軟弱徒長気味の生育を示した。またビニル区の中央部では、乾燥により生育が若干不良であった。

オキシダント汚染日に側方を被覆しない場合には、各処理区ともオキシダント障害の軽減効果は、ほとんど認められなかった。ビニネット区では、ホウレンソウが軟弱徒長の生育を示したため、オキシダント感受性が高まったものと<sup>32)</sup>考えられ、むしろオキシダント障害が助長される傾向がみられた。

一方、オキシダント汚染日に側方を被覆した場合は、いずれの処理区ともオキシダント障害は減少した。特にビニネット区では、下位葉に若干障害が発生したにすぎなかった。

トンネル内におけるオキシダント障害の発生分布は、被覆方法により異なっていた。すなわち上方を通気性のあるカンレイシャで被覆したビニネット区では、中央の条に障害が多く、一方、ビニル区およびカンレイシャ区では側方の条に障害が多発した。なお汚染日の各側面被覆区における最高気温は、ビニネット区37.0℃、カンレイシャ区34.5℃、ビニル区42.0℃、無処理区34.0℃を示し、ビニル区では高温のため、若干葉のしおれ現象が認められた。

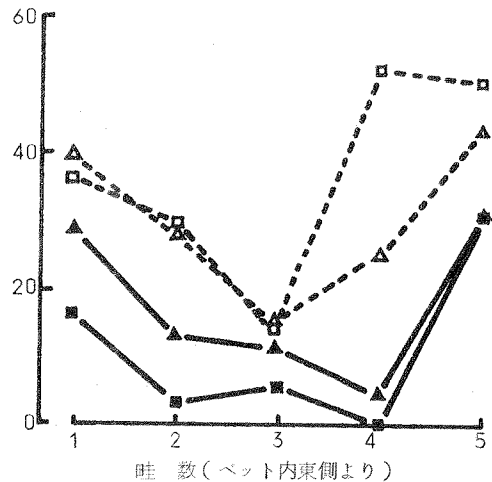
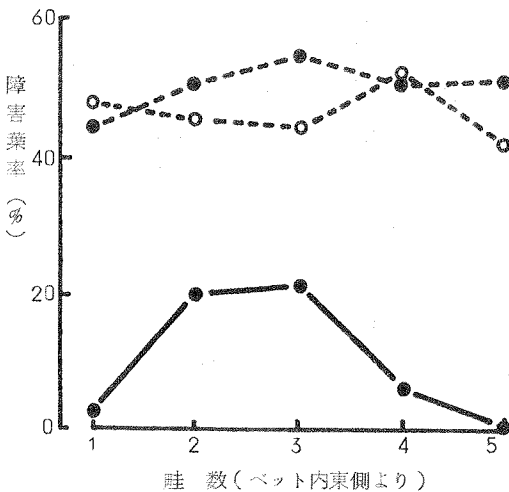
快晴の8月12日は、11時まで風速2.0m/sec以下の微風であり、12時以後は風速4.0m/sec、風向SSW~SWであった。全面被覆処理区内のオゾン濃度を測定したところ、ビニネット区およびビニル区とも、常に無処理区

よりオゾン濃度が低い傾向がみられた。しかしながら、その程度は風速に左右されており、微風時のオゾン濃度は、無処理区よりも22~70%程度減少していた。しかし12時以降降風が強くなった時のオゾン濃度の減少効果は5~10%に過ぎなかった。

一方、各全面被覆処理区の気温は、いずれも無処理区より高く、その程度は風が弱い時ほど高い値を示した。最高気温はビニル区45.6℃、ビニネット区38.4℃、カンレイシャ区は37.3℃で、無処理区よりいずれも2.9~11.2℃高かった。なお全面被覆処理区の風速は、いずれも0.5m/sec以下であった。

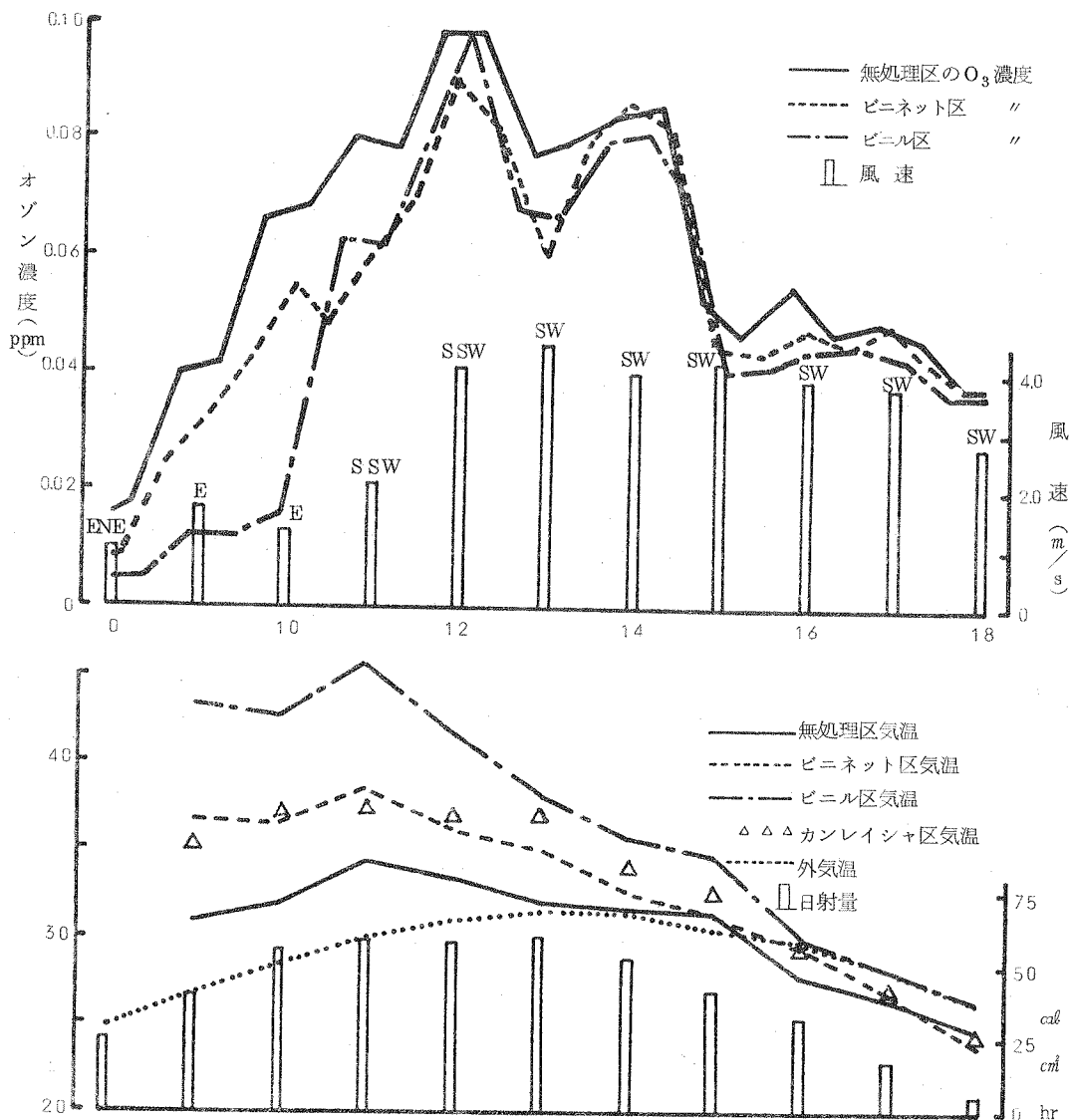
以上の結果、オキシダント汚染日にトンネルの上部だけでなく側方もあわせて被覆すると、ホウレンソウのオキシダント障害の軽減効果が高いことが明らかになったが、その原因として次の二つが考えられる。一つはトンネル内の風速が0.5m/sec以下となったため、葉の層流境界層が厚くなって、オゾン拡散抵抗が大きくなり、オゾンが葉まで到達しにくくなったこと。もう一つは、トンネル内では土壌や植物等によりオゾンの多くが吸収または分解されたこと、さらには外気からトンネル内へのオゾン供給量が少ないため、トンネル内のオゾン濃度が若干減少し、オゾン分圧が低下したことが考えられる。この結果、ホウレンソウに取り込まれるオゾン量が少なくなり、オキシダント障害が軽減したものと推察される。

一般に、オキシダントがある濃度以上にならないければ可視障害はほとんど発生せずさらに濃度が上昇すると、<sup>19)</sup>障害が急激に増加することが知られている。またトンネ



第17図 被覆処理によるベッド内のオキシダント障害軽減効果

- 無処理
- ビニネット区被覆
- カンレイシャ区被覆
- ▲---▲ ビニル区被覆
- ビニネット区対照
- カンレイシャ区対照
- △---△ ビニル区対照



第18図 トンネル内のオゾン濃度の減少効果と気象要因の日変化(1980. 8. 12)

ル内の風速およびオゾン濃度の減少効果は、気象要因、特に風速に著しく左右されるが、オキシダント汚染日は比較的風が弱い場合が多く、被覆処理によるオキシダント障害の軽減効果は高いものと期待される。

トンネル内の気温は被覆方法により異なり、上方をビニル被覆した場合には気温の上昇が著しく、ホウレンソウに生育障害が発生することが考えられる。一方、上方をカンレイシヤで被覆したビニネット区は、トンネル内の気温の上昇が比較的少なく、またオキシダント障害の

軽減効果も高いため、障害軽減対策として有望であろう。しかしながら高濃度のオキシダント汚染を予測して、側方の被覆を行うことによる労働力の面や、被覆資材購入のための経費の点など、実用化には問題が多い。現在、<sup>13)</sup>雨よけ効果および日除け効果として、ホウレンソウの被覆栽培が行われている。そこで今後はこれら栽培面からの効果とあわせて被覆処理によるより効果的かつ経済的なオキシダントの障害軽減法について検討する必要がある。

## VIII 総合考察

工場や自動車等において化石燃料の燃焼時に発生する窒素酸化物と炭化水素が、太陽エネルギーの供給を受けて光化学反応を起こすことにより、オキシダントが生成される。<sup>4)</sup>この反応は大気中において生じるので、二次汚染質であるオキシダントは、大気中に多量に存在し、またオキシダント汚染は広域に発生する。したがって同じ大気汚染質でも、一次汚染質である二酸化イオウ、フッ化水素、塩素あるいは臭化メチル等とは、汚染規模等が異なる。<sup>28)</sup>一次汚染質の発生源は、ある特定の場所に限られ、無風条件下や汚染質が停滞しやすい場所において被害が多発する危険性が多い。それに対し、オキシダントは土壌等により分解あるいは吸収されやすいので、無風条件下では地表面附近におけるオキシダント濃度が減少する。したがって新たなオキシダントが大気中から供給されやすく、また植物体へのオキシダントの取り込み量が多くなるような風のある条件下で、オキシダント障害が多発するものと考えられる。オキシダントによる植物障害の発生に關与する環境要因はいくつかあるが、その中でも風はより重要な要因であるといえよう。

広域に発生し、しかも移動性のあるオキシダントによる農作物の被害を回避することは、非常に難しいと考えられる。野菜類の他にも、イネ、花卉、果樹、桑あるいは雑草等のさまざまな植物において、オキシダント障害が認められている。現状からすれば、ここで検討したオキシダント障害の軽減法は、ごく一部の農作物についての可能性を示したにすぎない。さらに被害軽減対策としての資材費や労働力等は、一般的な栽培に要する経費や労賃に上積みされることになる。また植物におよぼすオキシダントの影響は、急性的に発生する可視的障害の他に、光合成阻害、生育抑制、落葉あるいは落果等、急性もしくは慢性的な障害が報告されている。<sup>3, 21, 30)</sup>ここで検討した物理的手法あるいは耕種的手法等では、根本的な問題の解決にはならないであろう。したがって植物のオキシダント被害を回避する方法としては、オキシダント汚染を軽減するような措置をとる以外に、適当な方法が見当たらない。本報告で検討した、光化学スモッグによる農作物被害の軽減法については、現状の汚染環境における被害回避の可能性と、その限界を示したものとえよう。

## IX 要約

光化学オキシダントの農作物に対する可視障害の作用機序を明らかにするため、大型ガラス温室に栽培された

ホウレンソウの障害分布調査と二、三の室内実験を実施した。さらにホウレンソウに対するオキシダント障害の軽減法について検討したところ、次のことが明らかになった。

- 1) 光化学オキシダントによるホウレンソウの障害程度と大型ガラス温室中の風速との関係について調査したところ、風の強い場所ほど障害が多く確認された。しかし、秒速0.5 m以下の風速の場所では、障害が少なかった。一方、大型ガラス温室内のオゾン濃度は、外よりも若干低い傾向を認めた。
- 2) 風速の異なる4つの風洞をもち、グロースキャピネット内でオゾンに接触した実験においても、野菜類のオゾン障害の程度は、風速によるところが大きく、秒速0.5 m以下の風速では障害は少なかった。
- 3) 葉内部へのオゾンの取り込みとオゾン障害との関係を明らかにするため、アルミ箔で葉の表面又は裏面を被覆してオゾンに接触した。その結果、可視障害は葉の裏面よりも表面にオゾンに接触した場合に、より多発することを確認した。
- 4) 土壌と土壌構成成分のオゾン吸収速度を、比較的濃度の条件において、室内で測定した。その結果、水、石英及びカオリンのオゾン吸収は、ほとんど認められなかったが、アロフェン、ペントナイト、酸化アルミニウム及び酸化鉄はオゾン吸収能を認めた。一方、風乾土壌のオゾン吸収能は供試した土壌構成成分より高く、活性炭に次いで高い値を示した。しかしながら土壌水分が高いほど、オゾン吸収能は低下した。
- 5) 植物群落内や被覆資材で覆った内部のオゾン濃度は、大気中のそれよりも低い値を示し、その減少程度は風速に影響された。被覆資材や植物が風をさえぎるために、大気からのオゾン供給量が減少し、さらに地表面の土壌がオゾンに吸収あるいは分解するために、このオゾン濃度の減少が生じるものと考えられた。
- 6) オキシダント濃度が高まったとき、トンネルの上部と側面を二、三の被覆資材で被覆し、夏播きホウレンソウに対するオキシダント障害の軽減効果を検討した。その結果、オキシダントによる可視障害は、いずれの処理においても減少した。特に、上部が寒冷しゃ、側面をビニールで被覆したものは、オキシダントの障害回避に有効であった。

## 引用文献

- 1) Davis, D.D. and Wood, F.A.: *phytopathology*, 63, 371 ~ 376 (1973)

- 2) 服田春子, 寺門和也: 大気汚染研究, 9, 722~728 (1975)
- 3) FURUKAWA. A. & KADOTA. A.: Environ. Control in Biol., 13, 1~7 (1975)
- 4) Haagen - Smit, A. J.: Ind. Eng. Chem., 44, 1342~1346 (1952)
- 5) Hill, A. C. & Littlefield, N.: Environ. Sci. Tech., 3, 52~56 (1969)
- 6) Hill, A. C., Pack, M. R., Treshow, M., Downs, R. J., Transtrum, L. G.: Phytopathology, 51, 356~363 (1961)
- 7) 飯島 勉, 菅田重雄, 大平俊男: 東京都公害研年報, 4, 105~108 (1973)
- 8) 神奈川県環境部 (1979): 光化学公害の現状と対策
- 9) 関東地方公害対策推進本部大気汚染部会 一都三県公害防止協議会: 昭和56年度光化学スモッグによる植物影響調査報告書 (1982)
- 10) Katsuyuki MINAMI, Yasuo OSHIMA & Sadao FUKUSHI: Soil Sci. Plant Nutr. 26(3), 405~413 (1980)
- 11) 河内 宏: 大気汚染研究, 15, 109~117 (1980)
- 12) 松岡義浩: 大気汚染研究, 11, 195~203 (1976)
- 13) 望月正之: 軟弱野菜の新技術, 誠文堂新光社, 28~34 (1981)
- 14) 中村 拓, 松中昭一, 太田保夫, 渋川三郎: 大気汚染研究, 8, 359 (1974)
- 15) 中村 拓: 農技研報, D, 30, 1~68 (1979)
- 16) N. C. TURNER, P. E. WAGGONER & S. RICH: Nature, 250(9), 486~488 (1974)
- 17) Neil C. Turner, Saul Rich, and Paul E. Waggoner: J. Environ. Quality, 2(2), 259~264 (1973)
- 18) 農技研肥料鑑定法研究室: 大気汚染物質に対する植物感受性と施肥条件, 農林水産技術会議事務局, 336~337, (1977)
- 19) 野内 勇, 飯島 勉, 沢田 正, 大平俊男: 東京スモッグに関する調査研究, 3, 東京都公害研, 583~593 (1979)
- 20) 大嶋保夫, 和地 清, 平塚得之: 光化学スモッグによる農作物被害の解析と対策に関する研究, 農林水産技術会議 (印刷中)
- 21) 大嶋保夫, 矢吹駿一, 前野道雄: 神奈川農総研報, 121, 45~50 (1980)
- 22) Payrissat, M. & Beilke, S.: Atmospheric Environment, 19, 211~217 (1975)
- 23) 篠原俊清, 福田三千夫: 岡山たばこ試研報, 33, 25~36 (1973)
- 24) 篠原俊清, 山本義忠, 北野 博, 福田三千夫: 岡山たばこ試研報, 35, 3~21 (1975)
- 25) 篠崎光夫, 前野道雄, 水沢芳名: 神奈川農総研報, 115, 45~52 (1975)
- 26) 正田充慶, 今泉誠子, 和田喜徳, 須山 勇: 日作紀, 44(2), 178~184 (1975)
- 27) 須山 勇, 黒田昭太郎, 篠原俊清, 国沢健一: 岡山たばこ試験場報告, 33, 37~49 (1973)
- 28) 大気汚染研究全国協議会第7回小委員会編: 大気汚染植物被害写真集 (1973)
- 29) 高井康雄, 早瀬達郎, 兼沢喜久雄編: 植物栄養土壌肥料大事典, 養賢堂 (1976)
- 30) 高崎 強, 松岡義浩, 森川昌紀, 松丸恒夫, 白鳥孝治: 日作紀, 44(別2), 87~88 (1975)
- 31) 武田友四郎: 農業気象, 25(1), 45~53 (1969)
- 32) Tohn A. Dunning & Walter W. Heck: Journal of the Air Pollution Cont. Association, 27(9), 882~886 (1977)
- 33) Walker, E. K. and Vickery, L. S.: Can. Jour. Plant Sic., 41, 281~287 (1961)
- 34) 矢吹万寿, 宮川秀夫: 農業気象, 26(3), 137~141 (1970)
- 35) 矢吹駿一, 大嶋保夫, 前野道雄, 篠崎光夫, 水沢芳名: 神奈川農総研報, 120, 27~39 (1978)

### Summary

In order to investigate the mechanism of action on visible injury to vegetables caused by photochemical oxidants, distribution of damage to spinach cultivated in green house and several laboratory were studied. At the same time, control methods for reducing the injury were also examined. The results obtained were as follows:

- 1) As the results obtained from the relationship between the degree of injury caused by

photochemical oxidants on spinach and wind velocity in large sized green house, more leaf damage was observed on the area where stronger wind were blowing. But it was little appeared in area of wind velocity of less than  $0.5m/sec$ . And also, concentration of atmospheric ozone in large sized green house were found to be lower than those of outdoors. The experimental results in growth cabinet which was attached with ozone fumigation system and four wind tunnels having different wind velocities were as follows: visible injury of vegetables were also dominated by wind velocity when it was less than  $0.5m/sec$  and a little leaf damage was also appeared at this wind velocity.

- 2) Experiments were carried out in order to investigate the relationship between uptaking of ozone by leaf and its visible injury, while the surface or reverse of leaf was covered with aluminum foil. As a result, visible injury on the leaf was recognized when ozone was fumigated on the surface of leaf rather than those of reverse sides.
- 3) Laboratory studies were undertaken at relatively low concentration of ozone under an aerated condition, and adsorption rate of ozone was investigated using different kinds and constituents of soils. As a result, water, quartz and kaolin have almost no capacity to adsorb ozone; and allophane, bentonite,  $Al_2O_3$  and  $Fe_2O_3$  was found to have adsorption capacity. On the other hand, the adsorption rate of air dried soils were higher than those of soil constituents, but next to activated charcoal. However, more the soil moisture content was increased the more adsorption rate of ozone was decreased.
- 4) Atmospheric ozone concentration in the inside of plant communities and in covered areas were lower than those in the outdoors. And the degree of lowering was influenced by wind velocity. The concentration of atmospheric oxidants was clearly lower than those of environment due to interrupting effect of wind by plants, covering materials and adsorption rate of ozone by surface soil.
- 5) Effect of atmospheric oxidants to spinach planted in summer covered on the upper parts and both sides of row by several kinds of covering materials was investigated, when the concentration of atmospheric oxidants was remarkably increased. As per result, visible injury by the atmospheric oxidants was recognized in any kinds of covering materials used. It was recognized that injury in vegetables was caused by photochemical oxidants when cheese cloth and vinyl were used as the covering materials on the upper part and both sides of the row.