

# 植物のO<sub>3</sub>暴露と高濃度オキシダント発生時にみられる被害症状

大平 俊男 沢田 正 吉明地 哲人  
野内 勇 小口 邦子 根岸 包卯\*  
岩波 基樹\* 浅香 俊男\*

(\*東京都農業試験場五日市分場)

## 1 はじめに

近年光化学スモッグの発生は、大都市から次第に中都市および都市周辺部にまで拡大し広域化してきた。このため生物に対する光化学スモッグ被害が各地にみられるようになった。このような生物被害のうち、植物影響は人体被害の先行指標として研究の重要性をもち、すでにアメリカにおいては1950年頃から多くの植物について研究<sup>1),2),3)</sup>がなされている。しかしながら国内におけるこの種の<sup>4),5)</sup>研究は緒についたばかりであり、とくに植物の種類、気象条件、汚染物質の内容など環境条件の異なるわが国の場合には、実験の追試や新たな研究が望まれている。

光化学スモッグの主成分はオゾンであり、東京もロサンゼルスとはほぼ類似しているといわれているので、1970年～1972年に野外でみられた植物の被害症状を検討するためO<sub>3</sub>単体ガスによる暴露実験を行ない、症状の観察調査を行なった。

観察は肉眼的観察と顕微鏡による組織学的観察があり、本稿では肉眼的観察を中心に報告し、組織学的観察については次章に分担研究者の報告がある。

## 2 実験方法

東京都公害研究所屋上に設置した温湿度制御可能な2基の人工気象室で、一方は活性炭汚過空気による清浄室、他方はオゾン発生器よりオゾンを導入する暴露室からなっているガラス室でオゾン暴露実験を行なった。

### (1) オゾン暴露装置

小糸工業製のファイトロン1.5×1.5×1.7mのガラス製の人工気象室で床全面からオゾンガスが噴出される循環方式を採用し、全容量のうち毎分 $\frac{1}{6}$ 程度を排気した。

### (2) オゾン発生装置

活性炭により汚過した空気を高圧無声放電によるオゾン発生器(日本オゾン製)に導入し、オゾンガスを発生させ浄化空気によって所定濃度に希釈した。なお、オゾン濃度調整はオゾン発生器の電圧調節と希釈空気量の流量調節を併用した。

### (3) オゾン濃度測定

ケミカルルミネッセンス法のオゾン自動連続測定機(紀本電子製)を用いて、ガラス室内中央部のオゾン濃度を測定した。

### (4) 暴露時刻と時間

10時～16時(まれに11～17時)の日中6時間とし、翌朝の被害観察において症状の見られないものは暴露を継続して被害出現まで実験を行なった。

### (5) 暴露室内の気象

この実験は1972年6月中旬から10月上旬の間に5回の暴露を行なった。この際のガラス室内条件は、温度は日中(6～18時)30°C、夜間(18～6時)20°Cとし、湿度は60～90%とした。照度は晴天50～150klux、曇天・雨天には5～20kluxと外阻条件によって異なり、まれに5klux以下のときがあったので、このときは蛍光灯40W4灯によって補光を行なった。

### (6) 供試材料

草本植物は立川市の東京都農業試験場および江戸川区の同江戸川分場で18cm素焼鉢または $\frac{1}{5000}$ ワグネルポットにて育成した。また木本植物は、東京都では比較的の清浄地区と思われる西多摩郡五日市町の東京都農業試験場五日市分場において1971年秋に30cm素焼鉢に定植し育成した。これらの供試材料は暴露実験開始前3～4日に現地から移動し、前述のオゾン暴露用のガラス室に入れ植物体の環境への順応を行なってから実験を開始した。

### 3 実験結果および考察

草本植物は1972年7月～10月、木本植物は同年7月～9月までそれぞれ実験を行なった。オゾン濃度は全実験を通じほぼ 20pphm に設定したが、その変動幅は ± 5 pphm の範囲内であった。この実験ではオゾン害が明らかに判別されるまでオゾン暴露を行ない、判別後直ちに清浄室に移し、事後の被害症状の経時的観察などを行なった。また、前日暴露終了後に正常のものでも、翌朝の観察で被害を認めたものも同様に調査をした。

#### A 草本植物

##### (1) 被害の評価法

オゾン被害は植物によって被害相(被害症状、被害の表われ方など)が異なるため、それぞれに適した被害の評価法が必要であるが、ここでは草本植物と木本植物に大別して次の方法を用いた。

まず草本植物では供試材料が被害初発までに要する時間を被害初発時間とし、被害程度を被害指数と被害葉面積率とで表わした。被害度は、0：なし、1：軽度、2：中程度、3：重度、4：著しく激度の5段階とし、被害葉面積率は、全葉に対する被害を受けた葉全体の面積比を示すことにした。このような評価方法を採用したのは、特定葉のみに被害度が高い場合や被害が多数葉に

及ぶが被害度が低いなど、被害程度の判断に役立つと考えたからである。

##### 被害指数

$$I_t = \frac{0 \times (0 \text{の葉数}) + 1 \times (1 \text{の葉数}) + \dots + 4 \times (4 \text{の葉数})}{\sum \text{葉数}}$$

植物体総被害指数

$$I_p = \frac{0 \times (0 \text{の葉数}) + 1 \times (1 \text{の葉数}) + \dots + 4 \times (4 \text{の葉数})}{\sum \text{被害葉数}}$$

植物体部分被害指数

##### 被害葉面積率

$$D_t = \frac{\sum \text{各葉被害面積率}}{\sum \text{葉数}}$$

植物体総被害葉面積率

##### 植物体総被害葉面積率

$$D_p = \frac{\sum \text{各葉被害面積率}}{\sum \text{被害葉数}}$$

植物体部分被害葉面積率

被害症状は、暴露直後では識別が困難であり被害症状は経時的に拡大することなどから、被害評価は暴露後2日に統一して行なった。

##### (2) 暴露植物の被害相

###### a 被害症状初発時間

被害症状の初発時間は植物の種類や品種、栽培条件などによって異なることがすでに報告されているが、この実験でも植物間に明らかな差がみられた(表1, 2, 3)。

すなわち 20pphmO<sub>3</sub> 暴露での被害初発時間は、コマツナ、サントウサイ、ダイズ、アルファルファなどでは3

表1 草本植物のO<sub>3</sub>暴露実験 No.1

7/7～7/15 (1972)

植物名	品種名	播種期	葉数	被害症状 初発時間	最多頻 度時間	同左の被 害発生率	被害程度(最多頻度時間)			
							被害指数		被害葉面積率	
							I <sub>t</sub>	I <sub>p</sub>	D <sub>t</sub>	D <sub>p</sub>
コマツナ	ごせき晩生	5.31	3-4	3	3	30%	1.0	2.2	15%	47%
サントウサイ	シンサントウ	"	3-4	3	3	54	2.6	3.3	59	75
ダイコン	美濃早生	"	6	6	12	38	0.6	1.6	9	33
トウモロコシ	ゴールドデン アロー70	"	4	42	42	66	0.2	1.0	6	14
アルファルファ	コンモン	6.10	—	3	3	—	2.0	3.0	45	70
ベチユニヤ	スカーレット エンサイン	3.19	—	6	6	—	0.7	1.5	25	30

(注) I<sub>t</sub>: 植物体総被害指数(全葉に対する被害指数)

I<sub>p</sub>: 植物体部分被害指数(被害葉のみに対する被害指数)

D<sub>t</sub>: 植物体総被害葉面積率(全葉に対する被害葉の面積率)

D<sub>p</sub>: 植物体部分被害葉面積率(被害葉のみに対する被害葉面積率)

最多頻度時間: 供試総個体の被害発生頻度が高かった所要時間

表2 草本植物のO<sub>3</sub>暴露実験 No.2

O<sub>3</sub>: 20±5 pphm 8/11~8/19 (1972)

植物名	品 種 名	播種期	葉 数	被害症状 初発時間	最多頻 度時間	同左の被 害発生率	被 害 程 度 (最多頻度時間)			
							被 害 指 数		被 害 葉 面 積 率	
							I <sub>t</sub>	I <sub>p</sub>	D <sub>t</sub>	D <sub>p</sub>
ネギ	金長ねぎ	3.13	4	24	24	50%	2.5	2.8	50%	57%
サラダナ	岡山サラダ	6.24	13	6	12	30	0.5	1.4	12	32
トマト	あずまとまと	6.20	6	9	12	45	0.5	3.0	8	34
キュウリ	夏 系	7.25	4	6	6	—	2.2	3.3	57	86
ダイズ	極早生大鞘	—	3	3	3	—	1.1	1.7	33	50
インゲン	キーストン (すじなし江戸川)	—	3	6	6	—	1.0	3.0	20	60
アサガオ	紫紺龍	6.12		9	18	95	1.5	2.4	35	50

表3 草本植物のO<sub>3</sub>暴露実験 No.3

O<sub>3</sub>: 20±5 pphm 9/28~10/4 (1972)

植物名	品 種 名	播種期	葉 数	被害症状 初発時間	最多頻 度時間	同左の被 害発生率	被 害 程 度 (最多頻度時間)			
							被 害 指 数		被 害 葉 面 積 率	
							I <sub>t</sub>	I <sub>p</sub>	D <sub>t</sub>	D <sub>p</sub>
ニンジン	早生四寸	8.2	10	6	12	50%	1.0	2.4	10	32
カリフラワー	スノーキング	8.2	6	18	30	75	1.6	2.7	33	53

時間で最も短かく、カリフラワー、ネギ、トウモロコシは18~42時間と長く、ダイコン、サラダナ、キュウリ、インゲン、ニンジン、トマト、アサガオでは両者の中間であった。

b 被害指数 (I<sub>t</sub>, I<sub>p</sub>) と被害葉面積率 (D<sub>t</sub>, D<sub>p</sub>)

植物の被害程度には I<sub>t</sub> と I<sub>p</sub> の差の少ないもの (個体全体からみて被害が平均的である) と、両者の差の多いもの (個体全体からみて被害が局部的である) がある。さらに D<sub>t</sub> と D<sub>p</sub> の関係についても同様の関係がある。

今回のオゾン暴露実験で D<sub>t</sub> と I<sub>t</sub> の双方が大きかったグループには、サントウサイ、キュウリ、アルファルファなどがあり、小さいものとしてはサラダナ、ダイコン、トウモロコシ、ペチュニアなどがあつた。

c オゾン暴露による被害症状

オゾン暴露による被害症状は植物によって異なり、それぞれの症状を大別すると、①初期の油浸状から葉緑素の破壊による漂白斑に変わる、②黄褐色または黒褐色の小斑点、③黄褐色~褐色のえそ斑、④クロロシスの発

現、⑤葉の赤色化など種々ある。これらの症状が単一の場合と複合して発現するときがある。

いま植物別にオゾン暴露症状を分類すると、①コマツナ、サントウサイ、ダイコン、トウモロコシ、ニンジン ②サラダナ、トマト、ダイズ ③インゲン ④ネギなどとなった。またアサガオでは①~③と⑤の複合症状がみられた。

暴露植物のうちアサガオ、サントウサイについては、オゾン暴露後の長期間にわたる症状観察を行なった。この結果サントウサイは3週間後に、アサガオは1か月後にそれぞれの葉が黄赤色と赤褐色となり葉の色素系に明らかな変化がみられ、すでに他の植物について報告されている症状変化に類似していた。

B. 木本植物

(1) 被害の評価法

木本植物の被害症状は草本植物に比べ被害の現われ方が異なるため、葉の色の変化、異常症状、落葉率の三項目について次のように5段階法によって評価を行なった。

葉色	異常症状の全葉率	落葉率
0	なし	0~5%
1	1~25%	6~25
2	26~50	26~45
3	51~75	46~65
4	76≤	66≤

(2) オゾン暴露植物の被害症状

オゾン被害症状は木本植物では、草本植物のように短期間に症状がみられることはきわめて少ない。今回供試した木本植物のオゾン耐性はカロリナポプラがもっとも低く、ソメイヨシノ、プラタナスがこれに次ぎ、イチョ

ウ、ヒマラヤスギは極めて高かった(表4, 5)。

被害を各々の樹種について記すと、カロリナポプラは14~30時間で葉にわずかな黒斑が現われ、短時間で葉全面が黒変し翌日急性落葉がみられた。これらの被害は各枝の基部の成熟葉に限られ未成熟葉にはみられなかった。

ソメイヨシノは6日目から黄色葉がみられ、12日目に黄変葉が急増し落葉が認められた。また、葉の変化は主脈を残し側脈と脈間部分の広域が黄変を起こしていた。プラタナスは10日間暴露後に茶褐色の小斑点が下位葉に生じ、経時的に全面に拡大した。この褐色斑の周辺部は

表4 木本類のO<sub>3</sub>暴露実験 No.1

O<sub>3</sub>: 20±5 pphm 6/25~7/15 (1972)

樹種	供試株数	被害症状初発時間	葉色														全葉数に対する異常症状発生率								落葉率													
			暴露継続日数														暴露後経過日数				暴露継続日数				暴露後経過日数													
			3	6	9	12	15	18	21	14	30	3	6	9	12	15	18	21	14	30	3	6	9	12	15	18	21	14	30									
ケヤキ	3	90h	0	0	1	2	3	3	4	4	4	0	0	0	1	2	2	3	4	4	0	0	0	1	1	2	3	3	4	4								
カロリナポプラ	3	14	4	2	2	2	4	4	4	—	—	4	2	2	2	4	4	4	—	—	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4								
ソメイヨシノ	3	60	0	1	1	2	2	2	3	3	4	0	1	1	1	2	2	2	2	3	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2								
プラタナス	3	60	0	0	1	2	4	4	4	4	4	0	0	1	2	3	3	4	4	4	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1								
ヒマラヤスギ	3	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
イチョウ	3	—	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								

表5 木本類のO<sub>3</sub>暴露実験 No.2

O<sub>3</sub>: 20±5 pphm 8/11~9/15 (1972)

樹種	供試株数	被害症状初発時間	葉色														全葉数に対する異常症状発生率								落葉率													
			暴露継続日数														暴露後経過日数				暴露継続日数				暴露後経過日数													
			3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	14	30	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	14	30	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	14	30
アカマツ	3	—	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	
プラタナス	3	90h	0	0	0	1	2	3	3	4	4	4	4	0	0	0	0	1	1	3	3	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2		
カロリナポプラ	3	30	0	4	—	—	—	—	—	—	—	—	0	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
ソメイヨシノ	2	72	0	0	1	2	3	3	3	—	—	—	0	0	1	2	2	3	4	—	—	—	—	—	0	0	1	2	3	4	—	—	—	—	—	—		
ケヤキ暴露	2	—	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2		
14日間	2	—	0	0	1	1	2	2	2	4	4	4	0	0	0	0	1	2	2	3	3	3	3	3	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3	3	3		
21日間	2	126h	0	0	1	1	2	2	4	4	4	4	0	0	0	0	1	2	4	4	4	4	4	4	0	0	1	1	2	3	4	4	4	4	4	4		
28日間	2	126	0	0	1	1	2	2	2	2	4	4	0	0	0	0	0	1	3	3	4	4	4	4	0	0	1	2	2	3	4	4	4	4	4	4		
35日間	4	126	0	0	1	1	1	2	2	3	3	4	0	0	0	0	1	3	3	4	4	4	4	4	0	0	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4		

表6 野外の被害症状とO<sub>3</sub>暴露症状との比較

O<sub>3</sub>: 20±5 pphm

	植 物 名	被害発生時期	被害発生部位	被 害 症 状	O <sub>3</sub> 暴露症状との比較	O <sub>3</sub> ばく露症状(再現しなかったもの)
草 本 植 物	サントウサイ	5~10月	成 葉 部	葉の上面, 葉脈間が黄白色化	再 現	
	コ マ ツ ナ	"	"	葉の上面, 葉脈間の漂白	"	
	ダイコン	6~9	"	"	"	
	ハツカダイコン	"	"	"	"	
	カ ブ	5~9	"	"	"	
	ネ ギ	5~8	"	葉先灰緑色から灰白色	再現せず	クロロシス
	ダ イ ズ	6~7	"	草の上面, 多数の淡褐色ソバカス状斑点	再 現	
	トウモロコシ	6~8	"	葉の上面, 葉脈間に灰白色縞状斑点	"	
	カリフラワー	7~8	"	葉縁部の葉脈間に紫色小斑が発現し, 次第に大型斑点となりネクロシスに至る	再現せず	成葉の葉脈間の大型灰白色斑
	サ ト イ モ	6~8	"	葉の上面, 葉脈沿いに暗褐色小斑が現われ次第に大型斑となりネクロシスの部分は欠落することもある	"	0.2ppm ばく露で発現せず
	ア サ ガ オ	5~9	"	葉脈間が灰緑色となり被害軽度の場合は漂白斑に変わり, 重度の場合は黄褐色斑から褐色斑となりこの部分の欠落をみることもある	再 現	
	ベ チ ュ ニ ア	6~	"	葉脈間が褐色壊死斑, 葉のうら面の銀白化	再現せず	葉のクロロシス
木 本 植 物	ケ ヤ キ	6~8	下位葉から上位葉へ	黄緑色から黄色又は赤褐色に変色後落葉, 緑色のままの落葉もある	再 現	
	ポ プ ラ	"	"	葉の上面の漂白斑, 脱水症状を起こし急激に落葉する	"	
	ソメイヨシノ	"	"	黄緑色から黄色に変色し落葉する	再 現	
	プラタナス	"	"	葉脈間に赤褐色斑が拡大, 落葉に至る	"	
	イチョウ	7~8	"	葉の上面葉脈間に白いかすり状斑点	再現せず	葉のクロロシス
フ ヨ ウ	7~9	"	葉の上面葉脈間に黄褐色または黒褐色のソバカス状斑点	再 現		

黄化しネクロシスとなり枯死に至った。褐色斑が現われた葉表面は光沢があり弾力性を失っていた。

ケヤキは9日目からやや淡黄色となり, 15日目には下位葉に黒色小斑がわずかにみられ, この斑点は経時的に拡大し暴露後2週間で葉全面に達して赤褐色に変化し, 落葉もこの時期から急増した。

もっとも耐性の大きかったイチョウ, ヒマラヤスギでは顕著な被害症状は認められなかったが, イチョウでは2週間目から葉色がやや淡黄緑に変わっていることが認められた。

また, 同一樹種で生育時期を変えてオゾン暴露したも

のは表5であって, カロリナポプラ, ソメイヨシノおよびプラタナスとも被害初発時間は前回の実験(6月25日~7月15日)で行なった結果に比べ葉の耐性が增大していることがうかがわれた。これは葉令が成葉期を過ぎて老化し同化作用が低下したためと思われる。

c 野外の被害症状とオゾン暴露症状の比較

高濃度オキシダント発現時における野外の植物被害症状とオゾン暴露症状とを比較すると, 表6のとおりである。すなわち, 肉眼的観察によって症状の異なっていたものは, 草本植物ではネギ, カリフラワー, サトイモ, 木本植物でイチョウがあげられ, その他のものはオゾン

暴露によって野外の被害症状がほぼ再現された。

再現されなかった植物の野外の被害症状とオゾン暴露症状を比較すると、ネギの野外症状は漂白斑に対しオゾン暴露ではクロロシス、カリフラワーは葉緑部の脈間に紫黒斑が生成し次第に拡大しネクロシスとなるのに対し葉脈間の油浸状斑から漂白斑。サトイモは葉脈沿いに暗褐色の斑点が現われ経時的に拡大しこの部分の欠落がみられるが、本実験のオゾン 0.2 ppm の42時間暴露では異常症状は認められなかった。イチョウは葉脈間のカスリ状白斑が葉上面に発生するが、暴露実験では葉のクロロシスが現われた。

このようにオゾン暴露実験で野外の被害症状の再現されない原因としては、植物の生育時期、土壌養水分、気象条件、複合汚染の影響などが考えられ、今後はそれぞれの影響の解析実験を行なう必要がある。

#### 4 ま と め

高濃度オキシダント発現時における野外の植物被害症状を検討するため、草本植物と木本植物を供試してオゾン暴露実験を行ない次の結果を得た。なお供試した植物の草本類はコマツナ、サントウサイなど15種、木本類ではケヤキ、ソメイヨシノなど8種で合計23種である。

(1) オゾン耐性は一般に草本植物より木本植物の方が高く、さらにそれぞれのなかでも植物間に差がみられた。

(2) 草本植物のなかで耐性の弱いグループはコマツナ、サントウサイ、ダイズ、アルファルファで、耐性の大きいグループにはカリフラワー、ネギ、トウモロコシ、中間にはダイコン、サラダナ、キュウリ、インゲン、ニンジン、トマト、アサガオなどがあつた。

(3) 木本植物の耐性はカロリナポプラが最も弱く、ソメイヨシノ、プラタナスがこれに次ぎ、ケヤキは比較的強く、ヒマラヤスギ、イチョウは極めて強かつた。また同一樹種でも生育時期によって耐性の差がみられた。

(4) 草本植物の被害症状は成葉の漂白斑タイプが多かつたが、ダイズは灰褐色または黒褐色の小斑点、アサガオは被害タイプが複合的であつた。また、オゾン暴露後長期間(20日~30日)経過により葉の表面に色素系の変化が起こりアントシアンと思われる色素の生成がみられた。

(5) 木本植物の被害症状はカロリナポプラ、ケヤキ、プラタナスのように成葉の上面に暗褐色~赤褐色の斑点が現われ次第に拡大するものと、ソメイヨシノのように

側脈を含めた葉面の黄変するものがあり、いずれの場合も落葉に至る。

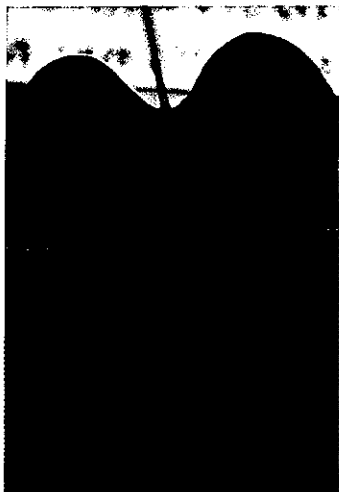
以上のオゾン暴露実験によって生じた被害症状は、フィールドに見られたコマツナ、サントウサイその他の草本植物の被害症状と非常に類似し、ケヤキ、プラタナス、ソメイヨシノ等の樹木における早期の黄・紅葉および不時落葉とも関連のあるものと思われる。

しかし都市大気中には、まだ多くの大気汚染物質が存在しそれらが複雑に影響を及ぼしているのは明らかであり、フィールドにおいてみられた植物の被害が単純にオゾン単独害とすることはできない。このことは、サトイモ、ネギ、カリフラワーなどのオゾン暴露ではフィールドで観察された被害症状を再現させることができなかったことから容易に推察される。今後はこれらの点を解明するため、各種の大気汚染物質単体とそれらの複合などの植物影響について検討する。

なお本研究を進めるにあたり、暴露用の苗の育成あるいは野外の被害症状の病虫害の診断などについては東京都農業試験場の方々に、植物被害の調査については東京都各地区の農業改良普及所の方々に多大のご協力をいただき、ここに深く謝意を表します。

#### 参 考 文 献

- 1) A. J. Haagen-Smit, E. F. Darley, M. Zaitlin, H. Hull, and W. Noble. *Plant physiology*, **27**, 18—34 (1952)
- 2) H. C. Ledbetter, P. W. Zimmerman, and A. E. Hitchcock. *Contribs. Boyce Thompson Inst.*, **20**, 275—282 (1959)
- 3) A. C. Hill, M. R. Pack, M. Treshow, R. J. Downs, and L. G. Transtrum. *phytopathology*, **51**, 356—363 (1961)
- 4) 門田正也, 山田寿美, 太田馨: 大気汚染研究, **6**, 141 (1971)
- 5) 門田正也, 太田馨: 大気汚染研究 **7**, 19—26 (1972)
- 6) W. W. Heck J. A. Dunning, and I. J. Hindawi. *J. Air Pollut. Contr. Assoc.*, **15**, 511 (1965)
- 7) W. W. Heck and J. A. Dunning. *J. Air. Pollut. contr. Assoc.*, **17**, 112 (1967)
- 8) J. Koukol and W. M. Dugger, Jr. *Plant Physiol.*, **42**, 1023—1024 (1967)



アサガオ  
O<sub>3</sub>暴露0.15ppm 10時間  
処理後2日  
葉脈の黄変と脈間の灰褐変



アサガオ  
野外におけるオキシダント被害  
被暴後2日  
(1972. 8. 1調布市)



ハツカダイコン  
O<sub>3</sub>暴露0.2ppm 12時間  
葉脈間に漂白斑



ペチュニア  
野外におけるオキシダント被害  
成葉の葉脈間にえそ斑  
(1972. 7. 2立川市)



ケヤキ  
O<sub>3</sub>暴露0.2ppm 168時間  
葉の紅葉と落葉現象

