

## アサガオのオキシダント被害程度と オキシダント発生量の関係

(光化学オキシダントの指標植物に関する研究 第2報)

久野春子・寺門和也

Correlation between Oxidant Dose and Leaf Injury Degree  
of Morning Glory

(Studies on Indicator Plants for Photochemical Oxidant II)

Haruko KUNO, Kazuya TERAKADO

### Summary

It was investigated if oxidant dosages were correlated with the injury degree of morning glory, which were damaged by oxidant in ambient air, at Tachikawa of Tokyo during growing season from 1974 to 1977.

- When ambient oxidant concentration greater than 7 pphm continued for several hours and maximum concentrations were greater than 8 pphm, injury symptoms, small flecks of chlorosis and occasionally necrosis were observed on matured leaves of morning glory at next day.
- The correlation were observed between the sum of injury degree or injury index and oxidant dose greater than 7 pphm, or oxidant dose from a.m. 10 till p.m. 3 respectively, also, between average injury degree per leaf and oxidant dose greater than 10 pphm, or oxidant dose from a.m. 10 till p.m. 3 respectively.

Daily maximum oxidant concentrations were correlated with injury index.

- When morning glory had been injured continuously for two or more days by ambient oxidant before, new injury degree were lower than the previous values.
- The sum of weekly injury degree and the number of injured leaves were correlated with weekly doses greater than 7, 8 or 9 pphm, weekly oxidant dose from a.m. 10 till p.m. 3 or from a.m. 8 till p.m. 5, and the weekly sum of daily maximum oxidant concentration respectively.
- Variety Scarlet O'hara was the most susceptible to oxidant among eight cultivarieties.

The correlations were observed between injury index of variety Scarlet O'hara and other four varieties damaged by oxidant at the same day.

### I. 緒言

主都圏域における光化学スモッグの発生は多くの植物に様々な被害を与え<sup>1)</sup>、環境破壊の大きな原因となっている。一方、このような環境を生物の反応の変化を通して<sup>2)3)4)</sup>把握しようとする生物指標の考え方が広がってきた。

アサガオは大気汚染物質のオキシダント(以下、Oxと略す。)の指標植物として広く用いられ、光化学スモッグ

の全国的な広がり<sup>5)</sup>、また関東地域内のOx汚染程度の分布<sup>6)</sup>などがアサガオの被害を通して明らかにされてきた。一方、オゾン処理実験からオゾン濃度・時間とアサガオの被害量との関係<sup>7)</sup>について検討されているが、これらの実験は比較的高濃度域で行なわれている。一般に野外で指標植物としてアサガオを用いる場合、さらに低濃度域で被害が生じると同時に大気中に生じるOxは様々に濃度が変化することを考慮しなければならない。

本報告では、1974年から1977まで大気中に生じたO<sub>x</sub>によるアサガオの被害を環境暴露室に地植えたアサガオを用いて調査し、O<sub>x</sub>汚染程度と被害量との関係を検討し、大気中に生じるO<sub>x</sub>をアサガオを通してどの程度把握できるかをみようとした。

## II. 材料および方法

### 1. 材 料

アサガオは品種スカーレットオハラを用いた。1974年から1977年まで毎年5月上旬にビニールポットに播種し、浄化空気室内にて育成した。6月中旬に非浄化空気室内に6株地植にし、堆肥と化成肥料(14, 14, 14, 1株当たり5g)を施用し7月中旬に追肥した。アサガオのつるは伸長するに従って下方へ移動できるようにビニール製のひもでつるるようにした。脇づるは全て摘み取り、主つる1本のみを伸長させた。

一方、アサガオのO<sub>x</sub>に対する品種間差を比較するため1974年にはスカーレットオハラと同時にチェリオ、天賞、浜の調、浜の流の4品種を非浄化空気室内に地植とした。また、1976年には圃場に8品種(スカーレットオハラ、驚娘、夢、天下一、キャラロルブルー、芝、東娘、むらさき)を地植にし生育させた。

### 2. 調査方法

表1に示すような調査表をつくり、各株ごとに下位葉から上位葉へとO<sub>x</sub>による被害の有無を毎日午後2時頃観察した。新しい被害が発生した場合、1番上位の被害葉にはモールで印をつけ、調査表に被害の程度を葉ごとに記入した。被害の程度は0~5の6段階に分けて、一葉中の被害面積が1/4未満を被害度1、1/4~1/2未満を被害度2、1/2~3/4未満を被害度3、3/4~4/4未満を被害度4、全体に被害が及んでいるものを被害度5とした。また、被害の中にネクロシスが存在する場合、Nと表わしその被害度を記録した。

つぎに、日々発生するO<sub>x</sub>被害をまとめて1週間ごとに調査を行い、前述と同じように各葉ごとに被害度を調査表に記入した。

品種比較をするアサガオについては、非浄化空気室内の4品種を毎日調査し、圃場栽培の8品種は1976年7月31日から8月21日までの間に生じたO<sub>x</sub>被害をまとめ1回調査した。

大気中O<sub>x</sub>濃度は中性ヨウ化カリウム吸光光度法(10%KJ)による連続自動測定装置(GX-6形、D.K.K社製)を用いて測定した。

## III. 結果および考察

### 1. アサガオの被害発現の特徴とO<sub>x</sub>発生日

表1はO<sub>x</sub>が連日のように発生した1978年8月2日から8月10日までの調査表である。新しい葉は1日に1~2枚ずつ展開し葉数の増加がみられ、O<sub>x</sub>被害を生じた葉の最上位葉はO<sub>x</sub>発生日ごとに上位葉へ移動した。また、すでに軽い被害を受けた葉は再びO<sub>x</sub>が発生すると被害面積を広げた。

以上のような調査表を用いて、1974年の7月と8月の被害発生とO<sub>x</sub>発生濃度をみると図1のようになつた。すなわち、O<sub>x</sub>が7pphm以上数時間続いた日、あるいは日最高値が8pphm以上を示した日の翌日に、アサガオはO<sub>x</sub>被害を発現した。しかし、7月28日と8月2日の日最高値は8pphm以上であったが、7pphm以上のドースが低かったため翌日の7月29日および8月3日に被害はみられなかつた。

### 2. アサガオのO<sub>x</sub>被害程度とO<sub>x</sub>発生量との相関関係

O<sub>x</sub>により受けるアサガオの被害がO<sub>x</sub>の発生量をどのように反映するかをみるために、まずアサガオの被害程度の表わし方、つぎにO<sub>x</sub>発生量の表わし方について検討し、それらの相関関係をみた。

#### (1) アサガオのO<sub>x</sub>被害程度の表わし方

アサガオの被害程度の表わし方として以下に9例をあげる。表1の調査表より1974年8月4日の被害を計算例として示した。

#### X<sub>1</sub>: 被害度合計値

$$\begin{aligned} & 1 \times \ell_1 + 2 \times \ell_2 + 3 \times \ell_3 + 4 \times \ell_4 + 5 \times \ell_5 \\ & = 1 \times 4 + 2 \times 4 + 3 \times 3 + 4 \times 0 + 5 \times 1 \\ & = 26 \end{aligned}$$

新らに被害を生じた葉の被害度と、被害度が前回の調査時よりも増大した葉は前回の被害度を差引いた値とを合計する。

$$\left( \begin{array}{l} \ell_1: \text{被害度1の葉数}, \ell_2: \text{被害度2の葉数}, \\ \ell_3: \text{被害度3の葉数}, \ell_4: \text{被害度4の葉数}, \\ \ell_5: \text{被害度5の葉数} \end{array} \right)$$

X<sub>1+N</sub>: 被害度合計値にネクロシス部分の被害度を加算した値

$$\begin{aligned} & X_1 + (1 \times \ell_{1N} + 2 \times \ell_{2N} + 3 \times \ell_{3N} + 4 \times \ell_{4N} + 5 \times \ell_{5N}) \\ & = 26 \end{aligned}$$

$$\left( \begin{array}{l} \ell_{1N}: \text{ネクロシス被害度1の葉数}, \ell_{2N}: \text{ネクロシス被害度2の葉数}, \ell_{3N}: \text{ネクロシス} \\ \text{被害度3の葉数}, \ell_{4N}: \text{ネクロシス被害度4の葉数}, \ell_{5N}: \text{ネクロシス被害度5の葉数} \end{array} \right)$$

表1. アサガオ(スカーレットオハラ)の葉位別被害度の調査表 (1974.8.2 ~ 8.10)

調査月日 葉位	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6	8/7	8/8	8/9	8/10
双葉									
"									
1 5									
2 5N1				(変化なし)					
3 5									
4 4									
(下から) 5 5N4									
6 3									
7 欠									
8 5N1									
9 4									
10 2									
11 4									
12 3	3	3	5N1						
13 4	4	4	5N3						
14 3	3	3	5N1						
15 3	3	3	4N1						
16 3	3	3	5N2						
17 3	3	3	4N2						
18 2	2N1	5N1	5N1						
19 4	5N2	5N3	5N3						
20 5	5N2	5N3	5N3						
21 2	3N1	5N2	5N4						
22 2	3	5	5N4	5N4					
23 2 (○)	2 (○)	5	5N4	5N4	5N4				
24 0	0	5	5N2	5N4	5N4				
25 0	0	1 (○)	5N1	5N1	5N1	5N2	5N2	5N2	
26 0	0	0	1 (○)	3	4	4N1	4N1	4N1	
27 0	0	0	0	0	4	4N1	4N1	4N1	
28 0	0	0	0	4 (○)	4	4N1	4N1	5N2	
29 0	0	0	0	0	4	4N1	4N1	5N1	
30 0	0	0	0	0	2	2	2	4	
31 0	0	0	0	0	欠	欠	欠	欠	
32 0	0	0	0	0	2	3	3	3	
33 0	0	0	0	0	3 (○)	3 (○)	3 (○)	3	
34 0	0	0	0	0	0	0	0	1 (○)	
35 0	0	0	0	0	0	0	0	0	
36 0	0	0	0	0	0	0	0	0	
37 0	0	0	0	0	0	0	0	0	
38 0	0	0	0	0	0	0	0	0	
39 0	0	0	0	0	0	0	0	0	
40 0	0	0	0	0	0	0	0	0	
41 0	0	0	0	0	0	0	0	0	
42 0		0	0	0	0	0	0	0	
43					0	0	0	0	
44					0	0	0	0	
45					0	0	0	0	
46					0	0	0	0	
47						0	0	0	
48							0	0	
49								0	

補: (○)は被害を受けた最上位葉につけたモールの色  
Nはネクロシスを表わす。

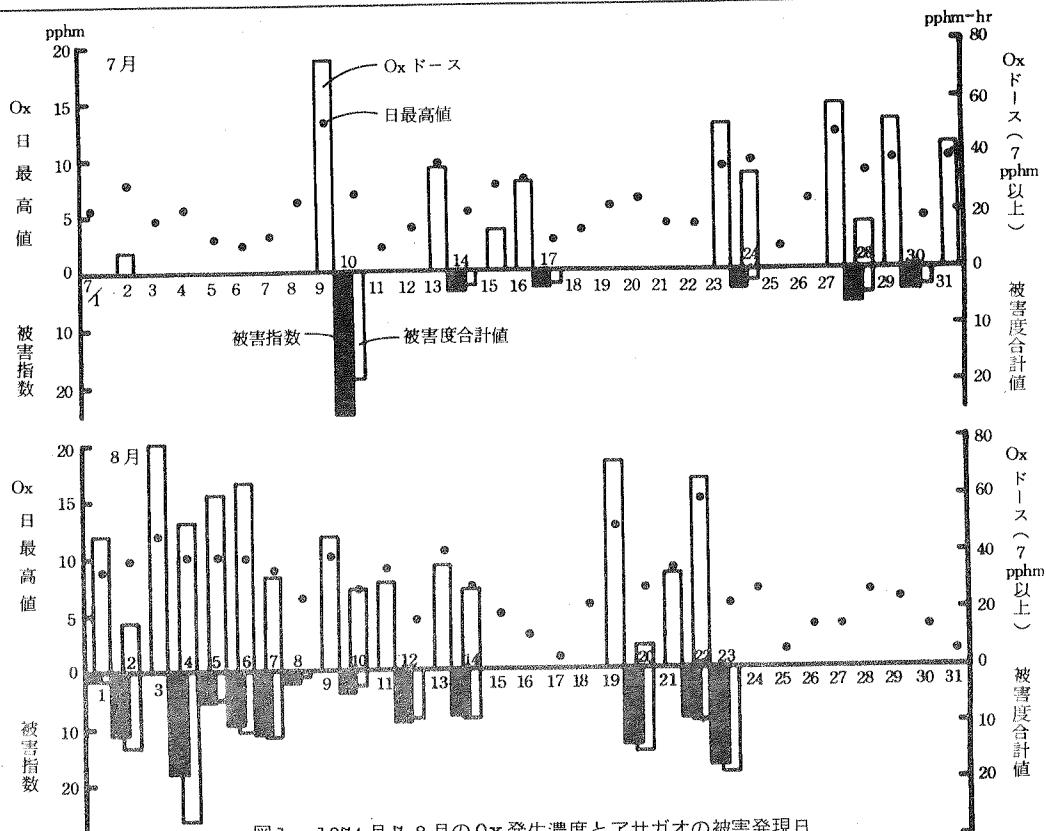


図1. 1974月7,8月のOx発生濃度とアサガオの被害発現日

 $X_2$  : 被害指数

$$X_2 = \frac{X_1}{(\ell_0 + \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5) \times 5} \times 100$$

$$= \frac{26}{31 \times 5} \times 100 = 16.8$$

被害度合計値を葉数（但し、被害度が増大しない下位葉は除く）に5倍した値で除して100をかける。

（ $\ell_0$  : 被害を生じない若い葉の数）

$X_{2+N}$  : 被害度合計値にネクロシス被害度合計値を加算して指数化した値

$$X_{2+N} = \frac{X_1 + N}{(\ell_0 + \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5) \times 5} \times 100$$

$$= \frac{39}{31 \times 5} \times 100 = 25.2$$

$X_3$  : 1株中で最大被害を受けた葉の被害度

$X_{3+N}$  : 1株中で最大被害を受けた葉の被害度とネクロシス被害度の合計値

 $X_4$  : 被害葉率

$$X_4 = \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5}{\ell_0 + \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5} \times 100$$

$$= \frac{12}{31} \times 100 = 38.7$$

 $X_5$  : 一葉当たりの平均被害度

$$X_5 = \frac{X_1}{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5} = \frac{26}{12} = 2.2$$

 $X_6$  : 被害葉数

$$\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5 = 12$$

## (2) Ox発生量の表わし方

アサガオにOx被害が生じた日の前日のOx濃度について次のような8通りの値を算出した。

Y<sub>1</sub>: 一時間平均値が7 pphm以上を示した値を合計したドース

Y<sub>2</sub>: 一時間平均値が8 pphm以上を示した値を合計したドース

Y<sub>3</sub>: 一時間平均値が9 pphm以上を示した値を合計したドース

$Y_4$ : 一時間平均値が 10 pphm 以上を示した値を合計したドース

$Y_5$ : 一時間平均値の日最高値

$Y_6$ : 一時間平均値の日合計値

$Y_7$ : 一時間平均値の10時から15時までの合計値

$Y_8$ : 一時間平均値の8時から17時までの合計値

(3) アサガオの  $O_x$  被害程度と  $O_x$  発生量との相関関係

以上に記載したアサガオの被害程度の9例と  $O_x$  発生量の8例との間のそれぞれの相関関係を1974年7, 8月の

表 2. アサガオの被害程度と  $O_x$  発生量の相関係数

	$X_1$	$X_{1+N}$	$X_2$	$X_{2+N}$	$X_3$	$X_{3+N}$	$X_4$	$X_5$	$X_6$
$Y_1$	※※※ 0.7474	※※ 0.7009	※※※ 0.7213	※※ 0.5930	※※ 0.6076	※ 0.4792	※※ 0.6258	※※ 0.6801	※ 0.5567
$Y_2$	※※ 0.5909	※※ 0.6033	※※ 0.6481	※ 0.5706	※ 0.5588	※ 0.5006	※ 0.4414	※※ 0.7042	0.3065
$Y_3$	※ 0.5305	※ 0.5044	※※ 0.5947	※ 0.4840	※ 0.4898	0.3884	0.4322	※※ 0.6391	0.2879
$Y_4$	※※※ 0.7144	※※ 0.6714	※※※ 0.7679	※※ 0.6481	※※ 0.6211	※※ 0.5434	※ 0.5825	※※※ 0.7181	0.4220
$Y_5$	※※ 0.6622	※※ 0.6533	※※※ 0.7136	※※ 0.6717	※ 0.5159	※ 0.5497	※ 0.5142	※※ 0.6521	0.3191
$Y_6$	※ 0.4207	0.4996	0.3889	0.4680	0.1851	0.1493	0.2580	0.3393	0.1786
$Y_7$	※※※ 0.7305	※※ 0.7056	※※※ 0.7297	※※ 0.6349	※ 0.5634	※ 0.4952	※ 0.5535	※※※ 0.7138	0.4505
$Y_8$	※※ 0.6533	※※ 0.6276	0.3064	※ 0.5616	※ 0.4943	0.3666	※ 0.4708	※※ 0.6578	0.3896

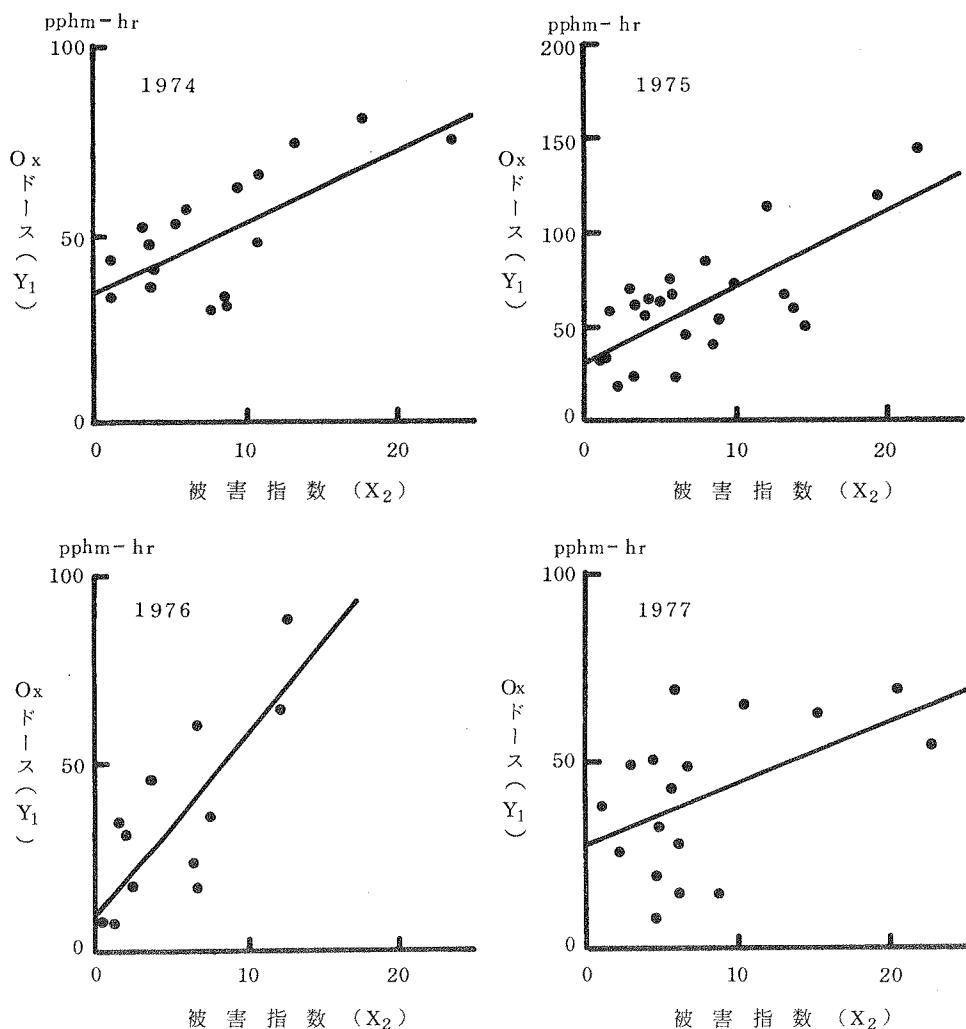
調査表を用いて算出し、その相関係数を示したのが表2である。まず被害程度をみると比較的高い相関係数を示したのは被害度合計値( $X_1$ )と被害指數( $X_2$ )および一葉当たりの平均被害度( $X_5$ )であった。しかし、これらにネクロシス被害度を加算すると相関係数が低くなる場合が多くあった。ネクロシスはクロロシスに比べて被害発現が緩慢であるために前日以前の  $O_x$  が影響していると思われる。また、最大被害葉の被害度( $X_3$ )と被害葉率( $X_4$ )はよい相関は得られず、さらに被害葉数( $X_6$ )は相関がなかった。以上のことから、アサガオの被害程度の表わし方として葉に被害を受けた部分の面積、すなわち被害面積の合計値( $X_1$ )、1株中の全葉面積に対する被害面積の割合( $X_2$ )、被害葉の平均被害面積( $X_5$ )で表わす方法が適していることがわかった。

つぎに、 $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_5$ に対する  $O_x$  発生量の関係をみると 7 pphm および 10 pphm 以上のドース( $Y_1$ ,  $Y_4$ )および 10 時から 15 時までの  $O_x$  合計値( $Y_7$ )との相関がよかつ

た。このことは 7 pphm 以上の  $O_x$  濃度が出現する時間帯が 10 時から 15 時の間に多いことと関連があると思われる。また、日最高値( $Y_5$ )は被害指數( $X_1$ )との相関がよく、7 pphm 以上ドースと日最高値との相関( $r=0.75$ )が比較的高かったことからも予想される。

一方、一時間平均値の日合計値( $Y_6$ )と被害程度との相関は悪かった。これはアサガオ葉が光合成作用をしない夜間の  $O_x$  値が日合計値に含まれているため極端に相関係数が小さくなつたものと思われる。夏期においてアサガオの葉は 8 時から 17 時の時間帯には光合成を行っている(未発表)。しかし、8 時から 17 時までの  $O_x$  ドース( $Y_8$ )との相関係数が 7 pphm 以上のドース( $X_1$ )より小さいということはアサガオに被害を及ぼす濃度以下の  $O_x$  値がこの時間帯に含まれているためと考えられる。

以上の結果より相関関係の比較的よい被害指數と  $O_x$  7 pphm 以上ドースについて、1974年から1979年の各年の相関を求めて図2に示した。1975年と1976年の1次



$$\begin{aligned}
 1974 : Y_1 &= 1.8738 X_2 + 34.7886 & r = 0.7213 & t = 4.165 (.001) \\
 1975 : Y_1 &= 3.8580 X_2 + 31.5245 & r = 0.7287 & t = 4.990 (.001) \\
 1976 : Y_1 &= 4.7960 X_2 + 10.3720 & r = 0.7986 & t = 4.195 (.01) \\
 1977 : Y_1 &= 1.6438 X_2 + 27.6734 & r = 0.5084 & t = 2.284 (.05)
 \end{aligned}$$

図2. 1974年～1977年におけるアサガオの被害指数とOxドース(7pphm以上)の関係

相関関係式は1974年と1977年に比べて勾配が高く、アサガオのOxに対する感受性が低い傾向であった。1975年と1976年においてアサガオの生育は、他の年と比べて窒素過多による葉面積の大型化と葉色が濃い特徴を示し、Ox被害の出方が弱い傾向がみられた。これは、アサガオの窒素施用量とOx感受性の試験(未発表)において窒素多量区のアサガオが感受性の低下を示したことから推察され、年ごとの被害量を比較する場合、栽培条件が均一

になるよう注意する必要がある。

なお、以上の相関関係を求める計算をするにあたり、アサガオに初めて発生した被害および全葉数が15枚に達していないアサガオに生じた被害は著しくかけ離れた値を示したので計算から除いた。また、9月以降になるとOx発生頻度が減少するとともにアサガオのOx感受性が低下した。したがって、1次相関関係式は7月と8月を中心と算出した。

3.  $O_x$  の発生パターンがアサガオの被害発現に及ぼす  
影響

大気中に生じる  $O_x$  は 1 次汚染物質量およびその時の気象条件(気温、日照、風速、風向など)により大きく影響され、日々異なった濃度の発生状況を呈する。また、数日間にわたり高濃度の汚染が連續したり、1 日間だけ

発生したりいろいろな様相を示す。そこで、アサガオの被害程度がこのような  $O_x$  の変動によりどの程度影響を受けるかについて検討を行った。

(1) 日最高値の高低

$O_x$  発生量についてみると 7 pphm 以上のドースは同じ値であるが日最高値が異なる場合があり、アサガオの

表 3. 二元配置法による分散分析表

(1)  $O_x$  日最高値の高低  
(1974年)

要 因	平 方 和	自由度	不 偏 分 散	不偏分散比
日最高値の高低	16. 245	1	16. 245	0. 5619
$O_x$ ドース	253. 87	3	84. 623	2. 9273
誤 差	86. 725	3	28. 903	
計	356. 84	7		

(1975年)

要 因	平 方 和	自由度	不 偏 分 散	不偏分散比
日最高値の高低	13. 689	1	13. 689	2. 7397
$O_x$ ドース	204. 914	4	51. 2285	10. 2529 ※
誤 差	19. 986	4	4. 9965	
計	238. 587	9		

(2)  $O_x$  日最高値の発生時刻

要 因	平 方 和	自由度	不 偏 分 散	不偏分散比
日最高値の時刻	12. 2008	1	12. 2008	0. 4726
$O_x$ ドース	187. 8742	5	37. 5748	1. 4553
誤 差	129. 0942	5	25. 8188	
計	329. 1692	11		

(3) アサガオの前日被害の有無

要 因	平 方 和	自由度	不 偏 分 散	不偏分散比
前 日 被 害	2. 645	1	2. 645	0. 1452
$O_x$ ドース	22. 31	3	7. 4367	0. 4083
誤 差	54. 645	3	18. 215	
計	79. 60	7		

(4) アサガオの被害の連続日数

要 因	平 方 和	自由度	不 偏 分 散	不偏分散比
連 続 日 数	66. 7013	1	66. 7013	29. 4975 ※
$O_x$ ドース	142. 6938	3	47. 5646	21. 0346 ※
誤 差	6. 7838	3	2. 2613	
計	216. 1788	7		

被害程度にこのような差が影響を及ぼすかどうかをみた。1974年および1975年のデータの中に以上のような例がそれぞれ4および5組あった。そこで、これらのO<sub>x</sub>発生に相当するアサガオの被害指数を用いて二元配置法による分散分析を行うと表3(1)のようになった。両年とも日最高値の高低による被害指数の差は有意ではなかった。したがって、野外で生ずる程度のO<sub>x</sub>濃度範囲では日最高値の高低による差よりもドースによる影響の方が大きいものと思われる。

### (2) 日最高値の発生時刻

O<sub>x</sub>濃度の日変化をみると最高値は各年とも12時から14時の間に一番多く出現する。しかし、12時以前、14時以後に発生する日もあり、1975年のデータにはO<sub>x</sub>ドースが同じ値であるが日最高値が14時以前と14時以後にあらわれた例が6組あった。この分散分析を行うと表3(2)に示すように有意差はみられず、日最高値の出現時刻の違いによってアサガオの被害指数は影響されないことがわかった。しかし、1977年8月7日のように日最高値の出現時刻が19時(13.5pphm)という極端に遅い場合、7pphm以上ドースが78pphm-hrでも被害指数は2.2となり、7月14日のドースが69pphm-hrで日最高値(15pphm)が14時に発生した時の被害指数20.6と比較すると著しく低かった。

### (3) 被害発現日以前の被害状況

野外で生じるO<sub>x</sub>はその時の気象条件などにより1週間近く高濃度のO<sub>x</sub>が続いて発生したり、1日だけの発生であったりさまざまな様相を示す。そこで、アサガオに被害が生じた日の前日に被害があった場合と、2日以上前に被害を受けた場合とに分類し、それぞれの被害指数を同じドースごとに比較した。1974年にはこのような例が4組あり、分散分析を行うと表3(3)のようになった。すなわち、被害を前日に受けた場合と、2日以上前に受けた場合とでは当日の被害に影響を及ぼすという有意差は認められなかった。

つぎに、アサガオに被害が出現した日の前日あるいは前々日に1日だけ被害があった場合と前日あるいは前々日以前に2日以上連続してあった場合とに分けてみた。1974年のデータには同じドースでこのような例が4組あった。分散分析を行うと表3(4)に示すように有意差がみられ、2日以上連続して被害が生じた場合、アサガオの被害指数は低い値を示すようになることがわかった。

<sup>8)</sup> 中村らはアサガオの感受性葉数は成熟葉の4ないし5枚と報告している。7, 8月中のアサガオの展開葉数

は1日につき1~2枚であるから連日高濃度汚染が続いた場合、O<sub>x</sub>感受性葉数が減少して、被害程度が小さくなるものと思われる。したがって、アサガオをO<sub>x</sub>に対する指標植物として用いる場合、高濃度のO<sub>x</sub>が連日発生するときには、注意を必要とするであろう。

### 4. 一定期間のアサガオのO<sub>x</sub>被害程度とO<sub>x</sub>発生量の相関関係

アサガオに被害の生じた日の前日のO<sub>x</sub>発生量と被害程度との間にはある程度の相関関係が得られたが、連日O<sub>x</sub>が発生するとアサガオの被害程度が低下する傾向がみられた。また、O<sub>x</sub>濃度の比較的低い日の翌日が曇天あるいは雨天のような低照度下ではアサガオは被害を緩慢に生じるため被害程度を正確に把握できなかった。そこで、このような原因による変動を小さくするようにアサガオの被害をまとめて一定期間ごとに調査してみた。1974年7, 8月の毎週土曜日に調査を行い、先週の土曜日から金曜日までのO<sub>x</sub>発生程度との関係について検討した。

#### (1) 1週間のO<sub>x</sub>被害程度の表わし方

アサガオの被害程度の表わし方として5例を以下に記し、表1の調査表より1974年8月10日(土)の被害程度を計算例として示した。

#### X<sub>(1)</sub>: 1週間の被害程度合計値

$$\begin{aligned} & 1 \times \ell_1 + 2 \times \ell_2 + 3 \times \ell_3 + 4 \times \ell_4 + 5 \times \ell_5 \\ & = 1 \times 3 + 2 \times 5 + 3 \times 6 + 4 \times 3 + 5 \times 4 = 63 \end{aligned}$$

先週の土曜日の調査より新たに被害を生じた葉の被害程度と先週の土曜日より被害を増大した葉は前回の被害程度を差引いた値とを合計する。

#### X<sub>(2)</sub>: 1週間の被害指数

$$\begin{aligned} & \frac{X_{(1)}}{(\ell_0 + \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5) \times 5} \times 100 \\ & = \frac{63}{38 \times 5} \times 100 = 32.6 \end{aligned}$$

#### X<sub>(4)</sub>: 1週間の被害葉率

$$\begin{aligned} & \frac{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5}{\ell_0 + \ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5} \times 100 \\ & = \frac{23}{38} \times 100 = 60.5 \end{aligned}$$

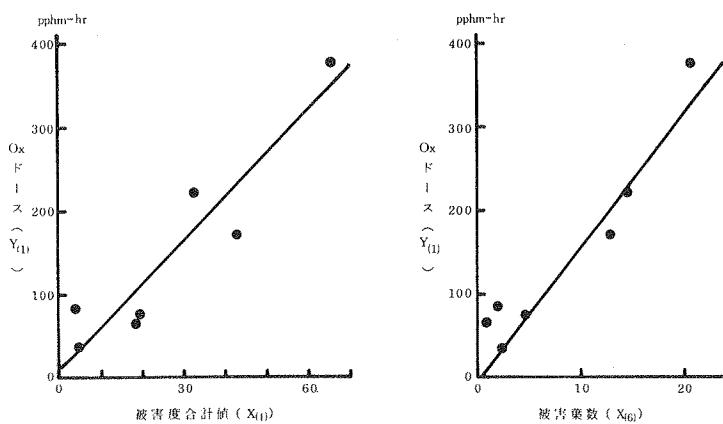
#### X<sub>(5)</sub>: 1週間の一葉当たりの平均被害程度

$$\begin{aligned} & \frac{X_{(1)}}{\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5} \\ & = \frac{63}{23} = 2.7 \end{aligned}$$

$X_{(6)}$ : 1週間の被害葉数 $\ell_1 + \ell_2 + \ell_3 + \ell_4 + \ell_5$ = 23	および被害葉数( $X_{(6)}$ )(図3)が高い相関関係を示し、つぎに被害葉率( $X_{(4)}$ )がよい相関を示した。一方、被害指數( $X_{(2)}$ )は被害度合計値と比べると相関係数が小さくなり、1株当たりの被害度平均値( $X_{(5)}$ )においては相関はなかった。
(2) 1週間のOx発生量の表わし方	つぎに、被害度合計値と被害葉数との関係に限ってつぎに、被害程度合計値と被害葉数との関係に限ってOx発生量をみると、7, 8, 9 pphm以上ドース( $Y_{(1)}$ , $Y_{(2)}$ , $Y_{(3)}$ )、日最高値( $Y_{(5)}$ )、10時から15時および8時から17時までのドース( $Y_{(7)}$ , $Y_{(8)}$ )との間に高い相関関係が得られた。
$Y_{(1)}$ : Oxの1時間平均値が7 pphm以上を示した値 を調査日の前日までの1週間ごとに合計したドース	以上のように、一定期間まとめて1カ所でアサガオの被害調査を行う場合、その期間に生じた被害の被害度合計値および被害葉数を算出する方法が適していたが、地域の異なる数ヶ所で同時に調査を行う場合、生育速度の違いにより生じるOx感受性葉数の差を考慮しなければならないであろう。しかし、毎日の調査に比べて、1週間に1度の調査で済むため労力的に軽くなり、広く普及する上で有効であると思われる。 9) Oshimaはカルフォルニアにおいてピントビーンを用いて1週間の被害程度と10pphm以上の1週間ごとのオゾンドースとの間に有意な相関関係を認めているが、本調査からアサガオも1週間の被害をまとめて調査することによりOx発生程度をある程度把握できることがわかった。
$Y_{(2)}$ : Oxの1時間平均値が8 pphm以上を示した値 を調査日の前日までの1週間ごとに合計したドース	
$Y_{(3)}$ : Oxの1時間平均値が9 pphm以上を示した値 を調査日の前日までの1週間ごとに合計したドース	
$Y_{(4)}$ : Oxの1時間平均値が10 pphm以上を示した値 を調査日の前日までの1週間ごとに合計したドース	
$Y_{(5)}$ : 1時間平均値の日最高値(7 pphm以上を記録した値のみ)を調査日の前日までの1週間ごとに合計する。	
$Y_{(7)}$ : 1時間平均値の10時から15時までの日合計値 (日最高値が7 pphm以上を記録した日のみ)を 調査日の前日までの1週間ごとに合計する。	
$Y_{(8)}$ : 1時間平均値の8時から17時までの日合計値 (日最高値が7 pphm以上を記録した日のみ)を 調査日の前日までの1週間ごとに合計する。	
(3) 1週間のOx被害程度とOx発生量の相関関係 表4にOx被害程度とOx発生量のそれぞれの相関係数を示した。被害程度の表わし方としては被害度合計値( $X_{(1)}$ )	

表4. 1週間ごとのアサガオの被害程度とOx発生量の相関係数

	$X_{(1)}$	$X_{(2)}$	$X_{(4)}$	$X_{(5)}$	$X_{(6)}$
$Y_{(1)}$	※※ 0.9240	0.7435	0.8183	0.3059	※※ 0.9415
$Y_{(2)}$	※※ 0.9380	0.7736	0.8028	0.4093	※※ 0.9026
$Y_{(3)}$	※※ 0.9506	0.8053	0.8215	0.4646	※※ 0.9014
$Y_{(4)}$	※ 0.8332	※ 0.8383	0.7365	0.7433	0.6687
$Y_{(5)}$	※※ 0.8849	0.6512	0.8357	0.1289	※※※ 0.9512
$Y_{(7)}$	※※ 0.9005	0.6812	0.7765	0.2469	※※ 0.9060
$Y_{(8)}$	※※ 0.9276	0.7106	0.8068	0.2747	※※ 0.9307



$$Y_{(1)} = 5.1791 X_{(1)} + 10.1279, \quad r = 0.9240, \quad t = 5.401 (.01)$$

$$Y_{(1)} = 16.1026 X_{(6)} - 3.8169, \quad r = 0.9415, \quad t = 6.247 (.01)$$

図3. 1週間ごとのアサガオの被害度合計値および被害葉数とOx ドース(7pphm以上)の関係

## 5. アサガオの品種とOx 被害程度

### (1) 品種によるOx 感受性の差異

圃場にて壊壠した8品種のアサガオが受けたOx 被害を調査しその被害指数を比較したのが図4である。Ox に一番感受性の高い品種はスカーレットオハラであり、次に驚娘つづいて夢、天下一、芝、キャロルブルー、東娘、むらさきであった。

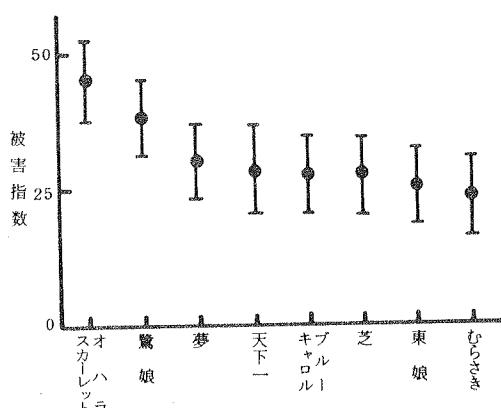


図4. OX感受性に対するアサガオの品種間差

### (2) スカーレットオハラと他の4品種の被害程度の関係

スカーレットオハラと同様に非浄化空気室内にて地植した4品種（チェリオ、天賞、浜の調、浜の流）に生じたOx被害を毎日調査して、前日のOx発生量と被害指数の相関関係をみると図5のようになった。各品種とも相関が得られたが、斑入りの浜の調と浜の流は被害の判定が困難であり、指標植物として用いるのに適さないであろう。

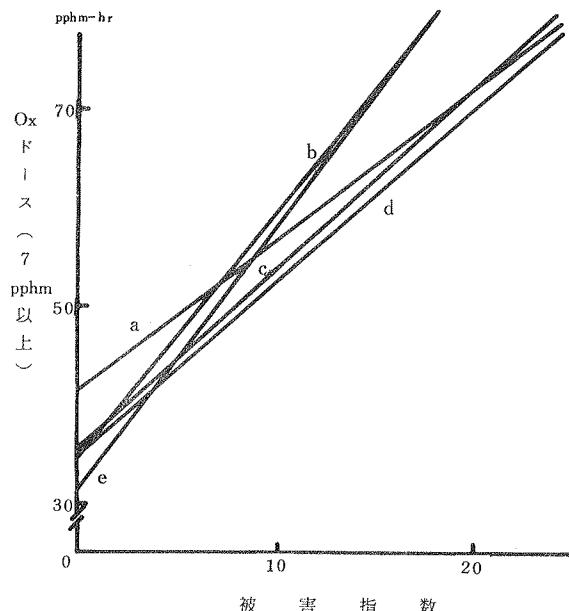
つぎに、各品種が同じ日のOx発生により受けた被害をスカーレットオハラの被害とそれ比較すると図6のようになった。すなわち、スカーレットオハラと他品種の同じ日に生じた被害指数はそれぞれ相関関係があり、どの品種もOx発生量に対して一様に反応することがわかった。しかし、スカーレットオハラの被害指数が小さい時、チェリオは多くの場合被害を発現せず、比較的低濃度のOxに対してわい性のチェリオは反応しにくい特性を示した。

以上のことから、アサガオは品種によりOx感受性のはあるがOx発生量にしたがって各品種とも一様に被害を発現し、ある程度の変動はあるもののアサガオの被害程度を通して日々のOx発生量を把握できることがわかった。さらに、1週間ごとにアサガオの被害程度をまとめて調査すると、その期間に発生したOx量との間に高い

相関関係が得られ、アサガオはO<sub>x</sub>に対して高い指標性をもつ植物であることが4年間の調査を通して明らかになつた。

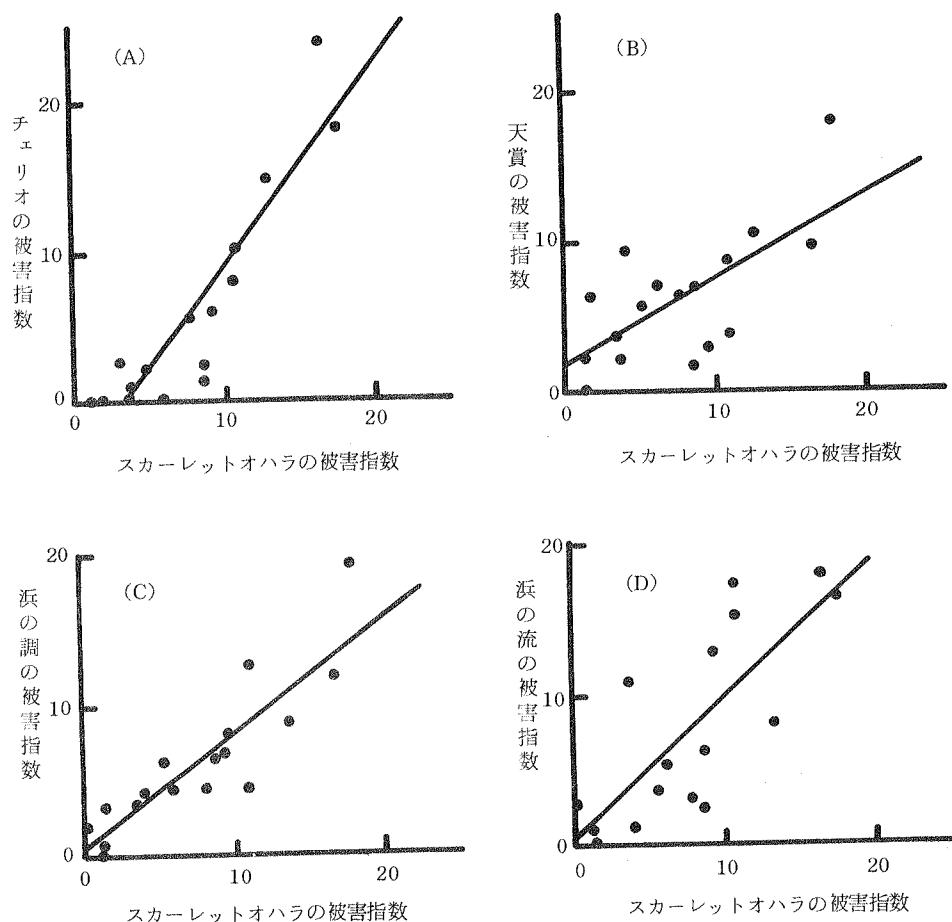
なお、これらの結果をもとにして市民用にアサガオの

簡単なO<sub>x</sub>被害調査方法を考案し普及したところ、市民の観察によつても光化学オキシダントによる大気汚染を知ることができた。<sup>10)</sup>



- a. チエリオ :  $Y = 1.549 X + 41.525, r = 0.745, t = 3.869 (.01)$
- b. 天賞 :  $Y = 2.476 X + 35.047, r = 0.657, t = 3.261 (.01)$
- c. スカレットオハラ :  $Y = 1.874 X + 34.789, r = 0.721, t = 4.165 (.001)$
- d. 浜の流 :  $Y = 1.776 X + 34.832, r = 0.653, t = 3.226 (.01)$
- e. 浜の調 :  $Y = 2.691 X + 31.612, r = 0.751, t = 4.549 (.001)$

図5. 5品種のアサガオの被害指数とO<sub>x</sub>ドース(7pphm以上)の関係



$$(A) \quad Y = 1.079 X - 2.662, \quad r = 0.957, \quad t = 12.344 (.001)$$

$$(B) \quad Y = 0.534 X + 2.170, \quad r = 0.682, \quad t = 3.612 (.01)$$

$$(C) \quad Y = 0.765 X + 0.664, \quad r = 0.870, \quad t = 6.834 (.001)$$

$$(D) \quad Y = 0.920 X + 0.715, \quad r = 0.776, \quad t = 4.436 (.01)$$

図 6. スカーレットオハラと他の 4 品種が同一日に発現した Ox 被害程度の関係

## IV. 摘 要

1974年から1977年までの夏期に東京の立川市で大気中に生じたO<sub>x</sub>により被害を受けたアサガオを調査し、O<sub>x</sub>発生量とアサガオの被害程度の関係について検討した。

1. O<sub>x</sub> 7 pphm以上の濃度が数時間続き、日最高値が8 pphm以上を示した日の翌日にアサガオは成熟葉に白色小斑点およびかっ色斑を生じた。
2. アサガオの被害度合計値および被害指数は7 pphm以上O<sub>x</sub>ドース、10時から15時までのO<sub>x</sub>ドースとの間に、また、一葉当たり平均被害度は10 pphm以上O<sub>x</sub>ドースおよび10時から15時までのO<sub>x</sub>ドースとの間にそれぞれ相関関係を示した。また、O<sub>x</sub>日最高値は被害指数との間に相関関係がみられた。
3. 新しく発現するアサガオの被害程度は前に2日以上連續して被害が発生していた場合、低い値を示すようになった。
4. 1週間ごとの被害度合計値および被害葉数は、1週間ごとの7, 8, 9 pphm以上の各O<sub>x</sub>ドース、日最高値の1週間ごとの合計値、10時から15時までおよび8時から17時までの1週間ごとのO<sub>x</sub>ドースとの間にそれぞれ高い相関関係があった。
5. 8品種のアサガオの中でスカーレットオハラがO<sub>x</sub>に対して1番高い感受性を示した。スカーレットオハラと

他の4品種の同一日に生じた被害指数の間にはそれぞれ相関関係がみられた。

## 引 用 文 献

- 1) 松岡義浩(1976): 大気汚染研究, 11, 195-203.
- 2) 松島二良(1979): 「環境科学」研究報告集 B-30-S2-2, 11-17.
- 3) 松中昭一(1975): 指標生物, 講談社
- 4) 松中昭一編(1979): 環境汚染と指標生物, 朝倉書店
- 5) 全国都道府県, 読売新聞社(1976, 1977): アサガオによる光化学スモッグ観察全国調査結果報告書
- 6) 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(1980): 植物からみた関東地方の光化学スモッグ被害の実態—光化学スモッグによる植物影響調査報告書—
- 7) NOUCHI, I. & K. AOKI (1979): Environ. Pollut., 18, 289-303.
- 8) 中村拓, 松中昭一(1974): 日作紀, 43, 517-522.
- 9) OSHIMA, R. J. (1974): J. Air Pollut. Contr. Assoc., 24, 576-578.
- 10) アサガオペチュニア観察会, 立川市環境部公害課, 東京都農業試験場(1977): 人間と環境, 3, 8-24.