キンモクセイの開花とイオウ酸化物の関連性について

太 田 一 夫

Effects of sulfur dioxide on flowering of osmanthus.

by Kazuo OTA

はじめに

常時、大気汚染のもとにある都市において緑の主体である樹木が年々減少の一途をたどっている。このような現状において、都市住民の緑に対する欲求の程度は益々高まってきており、積極的な緑の拡大という点から、面的な緑から点的あるいは、線的な緑に目が向けられるようになってきている。すなわち、街路樹の効用を再評価したり、老樹木を積極的に保護しようとすることは、このあらわれである。以上のような状況の中で、以前からキンモクセイの花着が悪くなったと言われている。このような現象を確認するために、本多¹⁾、高橋ら⁶⁾⁷⁾によって調査が行なわれているが、これらの調査結果によると、都市の中心部程花着が悪いとされている。花着が不良となる要因としては、種々あげられるであろうが、これらの中で大気汚染が最も大きな要因であろうと言われている。大気汚染物質が単独であるいは相乗的作用によって、植物の生理作用に影響を及ぼすことは、既に知られているが^{11) 12) 13)}、花木の花着と大気汚染との因果関係についての結論は推定の範囲を越えていないのは勿論のこと、植物の花芽形成に及ぼす大気汚染の影響については、全く明らかにされていないのが現状である。一方植物は大気汚染に敏感であることから、植物を大気汚染の指標として利用するという考え方があり、既に外国ではその例がある。外国の例をそのままわが国に導入することには問題があり、現在わが国独自の指標植物を探索することが必要とされている。以上のような観点に立って考えると、キンモクセイの開花の程度と大気汚染度との間に関連性が認められ得るならば、キンモクセイの開花の程度は新たな指標となり得るものと思われる。今回以上のような考え方に基づいて、キンモクセイの開花とイオウ酸化物との関連性について、現地調査および実験によって、多少の知見を得たので報告する次第である。

I イオウ酸化物がキンモクセイの花着きに及ぼす影

響

1. 実験方法

イオウ酸化物接触装置には第1図に示したごとく連続通気式のものを戸外で用いた。接触室はガラス製で大きさ $1.5\text{m} \times 1.5\text{m} \times 1.7\text{m(H)}$ で有効容積 3.8m^3 である。戸外で接触を行なう場合、接触室の温湿度の調節は困難である。そのため温度の調節は冷凍機と電気ヒーターを用いて自動調節した。設定範囲は $20^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ であり、外気温との差が 15°C 程度の場合まで調節が可能である。湿度の調節には加湿器を用い、外気の湿度よりも接触室内の湿度が低い場合のみ作動するようにした。したがって湿度は外気によって影響され、接触室内の湿度が外気の湿度よりも低くなることはない。一定濃度のイオウ酸化物を接触室に通気させるには、ガス源として液体 SO_2 を用いた。これを気体にして低压ポンプに導いた後コンプレッサーを用いて空気を圧縮注入して、比較的低濃度にし、その後混合装置を用いてコンプレッサーから送られてくる空気で希釈して更に低濃度にした後、接触室に通気する。通気された SO_2 は更に接触室に設けられた空気取り入れ口から取りこまれた空気と混合されて接触室に取りこまれる。空気取り入れ口からの空気の量は調節できるようになっている。したがって接触室内の SO_2 濃度は、低压ポンプの圧力、混合装置の SO_2 流量、空気流量、接触室の空気取り入れ口からの取り込み量の4者に

第1図 接触装置の模式図

第1表 ガス接触時の条件 (1971年)

区	濃度	日 時	温度	湿度	天気
I	5.24 ppm	8.3日 12:00~15:00	30℃	70%	晴 水
	5.60	8.12 9:00~12:00	30	70	晴 水
	4.09	8.22 12:00~15:00	28	80	晴-時々
	5.02	9.2 12:00~15:00	20	70	曇り
	4.79	9.12 12:00~15:00	25	85	曇り
II	2.58	8.2 12:00~15:00	30	70	晴 水
	2.58	8.11 9:00~12:00	30	60	晴 水
	2.62	8.21 10:00~13:00	30	70	晴-時々
	2.96	9.1 12:00~15:00	28	60	晴 水
	3.09	9.11 12:00~15:00	24	75	曇り
III	0.26	8.2 9:00~12:00	30	70	晴 水
	0.27	8.11 12:00~15:00	30	60	晴 水
	0.25	8.22 9:00~12:00	27	80	曇り
	0.25	9.2 9:00~12:00	20	70	曇り
	0.24	9.12 9:00~12:00	22	70	小雨

よって調節され、これらを組み合わせることによって一定濃度のSO₂が得られる。取りこまれたSO₂は下部に設けられているファンによって下部から上部にかく拌され、一部は測定装置に導かれるが大部分は活性炭によって吸着された後、空気のみ排気ファンによって外部に排出される。濃度の測定には、電気電導度法による自動連続測定記録装置を用い、30分間の平均値を測定して、接触時間中の平均値を算出した。供試材料は1970年10月に黒土で素焼の30cm鉢に移植した7～8年生の樹を1区あたり4個体供試した。SO₂濃度は3段階設け、各区1回3時間の接触でおおよそ10日毎に5回接触し、又自然環境にできるだけ近づけるため、1回の接触毎に外気の温度、湿度を測定し、それに合わせて接触時の温度、湿度を調節した。接触時の条件は第1表のとおりであった。5回の接触後、葉を採取しイオウ含量は硫酸バリウム重量法^{10) 14)}により分析した。

2. 結果および考察

実験の結果は第2表、第2図のとおりであった。葉に発現した可視害はI、II、III区の間には明瞭な差違が認められたが、III区と対照には被害が発現しなかった。III区で被害が発現しなかった理由として、キンモクセイは感受性が比較的低いので、0.25ppm程度の接触を数回繰り返して受けても被害が発現しなかったものと考えられる。これに対して着花枝数割合は区の間には差が認められなかった。I区では他の区と比較して、低かったが試験区全区についてみると、1区4個体供試の中で非常にばらつきがあり(第2図)、まったく開花しなかったもの

から、よく開花したものまであった。これは接触室の大きさの関係から供試材料の大きさが限定されてしまうため、比較的樹齢が若く樹の大きさが小さいものを供試せざるを得なく、そのため個体差があったものと思われる。

キンモクセイの花芽分化は小杉ら²⁾によると香川県においては、8月上旬より行なわれるとされており、本実験において対照区より8月1日に10個体採取して、鱗片剥皮法により調査したところ、すべて未分化であった。このことから8月2日ないしは3日の時点では、まだ花芽の分化は行なわれていないものと思われる。一方I、II区では第1回目の接触で比較的激甚な被害が樹全体に発現した。したがってキンモクセイの開花は花芽分化前に、樹全体の葉に可視害が発現する程の急性害を亜硫酸ガス接触によって受け、その後花芽が分化した時点で再び急性的被害を受けても影響を受けないものと思われる。しかし本実験は比較的短期間の接触実験の結果のみ得られなかったため、今後長期間にわたる急性的および慢性的影響を実験的に明らかにすることが必要である。次に葉中イオウ含量は各区の間に差違が認められなかった。松島^{3) 4)}はカンキツで被害の程度と葉中イオウ含量との間の関係は明らかでなかったとしているが、本実験の結果も同様であった。一方、本実験ではイオウ全量を定量したのであるが、山添ら¹⁰⁾はイオウ全量と水溶性イオウの定量を行ない、対照植物の含量と比較した場合、両定量値とも対照よりかなり高いときは、慣性的被

第2表 SO₂が開花に及ぼす影響

区	着花枝数割合	被害率	S含量
I	9.5 %	93.8 %	0.26 % dry wt.
II	24.1	49.0	0.23
III	20.2	0	0.23
対照	26.9	0	0.24

第2図 SO₂が開花に及ぼす影響

害であり、イオウ全量の値に、あまり差が認められない時は急性的被害の傾向があるとしている。

Ⅱ キンモクセイの開花とイオウ酸化物の関連性についての現地調査

1. 調査方法

調査は1971年9月下旬から10月にわたって、千葉県市原市において行なった。市原市は千葉県の中央部にあり東京都心から50km離れている。市の北西は東京湾に面し、広大な海面埋立地は、臨海工業地帯の中心部となっている。この工業地帯に存在する石油精製工場、石油化学工場、重油専焼火力発電所、その他の化学工場を中心とするいわゆる石油コンビナートからの排出ガスによって、市内が汚染され大気汚染問題が生じている。調査地区は第3図に示したように25地区を選び、各地区について調査を行なった。キンモクセイの着花は肥培管理によって影響されると考えられるので次の点に注意した。すなわち公園、植木溜等比較的管理のゆきとどいたところに植栽されている樹は対象とせず、一般家庭に植栽されている樹を調査対象樹とした。又移植後3年を経過していないもの、および強度の剪定を行なったもの、あるいは形跡のあるものも、調査樹から除外した。その他、樹をとりまく環境条件の中で、大気汚染よりも強い因子性を有する条件によって、開花が不良となったと考えられるものも、調査対象から除外した。調査項目は、樹勢および開花状況の2項目とした。樹勢は今年生枝の伸長量および数、樹全体の葉量の3項目に、各々1、2、3の点数を与え、それらの点数の合計点によって決めた。なお葉量は目測によって測定した。開花状況は今年生枝における着花枝数の割合および葉腋数に対する着花葉腋数の割合の2項目に、それぞれ0、1、2、3、4の点数を与え、これらの合計によって決めた(第3表)。なお各項目は枝20本のおよその平均値を算出して、該当する

第3表 調査方法

●樹勢		
○今年生枝の伸長量	○今年生枝の数	○葉量
1. 0~2cm	1. 0~1本	1.
2. 2~4cm	2. 1~3本	2.
3. 4cm以上	3. 3本以上	3.
●開花状況		
○着花枝数割合	○着花葉腋数割合	
0. 0 %	0. 0 %	
1. ~20	1. ~20	
2. 20~50	2. 20~50	
3. 50~80	3. 50~80	
4. 80~100	4. 80~100	

点数を与えた。地区の樹勢および開花状況は、地区の調査樹の合計点数を調査樹数で除した値、なわちす平均値で検討した。

2. 結果および考察

一般に樹木の生育状態を客観的に判断するのは困難であり、特に現地調査において、短期間に多くの標本を調査する必要がある場合には、できるだけ簡易な手段によってより客観的な結果が得られる調査方法をとることが必要とされる。又キンモクセイの開花期間は比較的短期間であるが、開花状況を客観的に判断するには、開花している状態を観察して判定する必要がある。以上の理由によって、樹勢および開花状況を判断するために、比較的簡易な調査方法を用いた。調査の結果は第4表に示した。これによると、特に樹勢が悪化していた地区は岩崎(3)、五井(10)、二十五里新田(18)であり、又開花状況が特に悪化していた地区は岩崎(3)、五井(10)、五所(12)、二十五里新田(18)であり、樹勢および開花状況が悪化していた地区は、岩崎(3)、五井(10)、二十五里新田(18)であった。これらの地区は昭和40年、41年に植木および梨が、亜硫酸ガスによって相当な被害を受けた地区⁸⁾であり、今回の調査結果の中で特に悪化していた地区と地域的にほぼ一致する。又これらの地区は調査期前2か年間のイオウ酸化物等濃度線図(第4図~第17図)より汚染の状態をみると、季節によらず常に比較的高濃度のイオウ酸化物によって汚染されていることがわかる。調査地区全体からみると、工業地帯に近い地区程、又養老川に沿っている地区程、樹勢および開花状況が悪化している傾向が認められる。この傾向を等濃度線図と比較してみると、やはり一致することが認められる。次に調査地区毎の樹勢および開花状況との間の相関係数を求めたところ、 $r = +0.41$ で正の相関があることが認められた。又調査地区と、ほぼ同地点にある測定点における調査期前10か月間のイオウ酸化物濃度の平均値(第5表)と樹勢および開花状況との間の相関係数を

第3図 調査地区

第4表 調査地区の樹勢および開花状況

NO.	調査地区名	調査樹数	今年生枝の伸長量	今年生枝の数	葉量	樹勢	着花枝数割合	着花葉数割合	開花状況
2	玉 前	6	1.83	2.00	1.50	5.33	3.17	3.33	6.50
3	岩 崎	7	1.71	1.14	1.29	4.29	0.57	0.57	1.14
7	今津朝山	9	2.67	2.89	2.67	8.22	2.89	3.33	6.22
8	青 柳	9	2.33	2.44	1.67	6.44	2.67	3.00	5.67
10	五 井	5	1.20	1.60	1.60	4.40	0.80	0.80	1.60
11	君 塚	7	1.71	2.14	1.71	5.57	2.86	3.00	5.86
12	五 所	7	2.71	2.71	1.86	7.29	2.00	2.00	4.00
13	ハ 巾着	3	3.00	2.67	2.67	8.33	3.00	3.33	6.33
18	二五里新田	5	1.60	1.40	1.40	4.40	2.00	2.00	4.00
19	座 目	5	2.60	2.40	2.40	7.40	3.40	3.80	7.20
20	岩野見	6	3.00	2.83	2.83	8.83	3.83	4.00	7.83
21	市 原	7	2.43	2.71	2.00	7.14	3.29	3.43	6.71
22	菊 間	2	3.00	3.00	2.00	8.00	3.50	4.00	7.50
23	古市場	5	2.80	2.80	2.80	8.40	4.00	4.00	8.00
29	惣 社	6	3.00	2.67	2.83	8.50	3.50	3.50	7.00
31	能 満	10	2.80	3.00	2.70	8.50	3.60	3.80	7.40
32	山 木	6	3.00	2.50	2.33	7.33	3.83	3.67	7.50
33	大 蔵	3	3.00	3.00	2.67	8.67	4.00	4.00	8.00
40	山 倉	6	3.00	3.00	2.83	8.83	3.83	4.00	7.83
43	辰巳台	4	2.67	3.00	2.67	8.33	4.00	3.67	7.67
44	久 津	3	3.00	3.00	3.00	9.00	4.00	4.00	8.00
50	相 川	5	2.60	2.60	2.20	7.40	3.40	3.40	6.80
55	潤井戸	6	3.00	3.00	2.33	8.33	4.00	3.67	7.67
64	善 乃	4	3.00	3.00	2.67	8.67	3.67	4.00	7.67
74	犬 成	8	3.00	3.00	2.86	8.86	3.57	3.71	7.29

第5表 調査地区のイオウ酸化物濃度

調査地区NO.	SO ₂ *	調査地区NO.	SO ₂ *
2	0.87	23	0.53
3	1.13	29	0.44
7	0.57	31	0.31
8	0.73	32	0.35
10	1.00	33	0.34
11	0.70	40	0.40
12	0.89	43	0.35
13	0.55	44	0.29
18	0.56	50	0.34
19	0.44	55	0.29
20	0.43	64	0.30
21	0.45	74	0.30
22	0.50		

*昭和46年1月～10月の平均値

SO₂ mg/100cm³/day PbO₂

※市原市役所資料制作製

を受けても、影響が認められなかったことからして、疾風汚染によって、急性害に近い程の被害を一時的に受けても、花着きにまで影響を及ぼすとは考えられない。したがってキンモクセイの開花が不良となるのは、イオウ酸化物による慢性害として、樹勢が衰えそれとともに、花着きが不良となるものと思われる。この点からしてキンモクセイの花着きは、一時的な高濃度汚染の指標にはなり得ないが、長期間にわたる慢性的汚染の有効な

求めたところ、前者の間には $r = -0.97$ 、後者の間には $r = -0.87$ という高い負の相関係数が得られた。一方昭和40年、41年の被害発生時には、被害が激しかった地区では、モクセイ等に亜硫酸ガスによる全樹落葉および葉焼け等の急性害が発現しているが¹⁸⁾、今回の調査時点においては、亜硫酸ガスによると思われる、煙斑等の急性被害は1個体にも観察されなかった。しかし、下枝が枯れあがるとか、葉が極端に小さくなったとか、葉がまきあがるとか等の亜硫酸ガスによる慢性害と思われる被害が、特に樹勢の弱っていた樹において観察された。

Ⅲ 総合考察

以上述べてきた点から考えるならば、キンモクセイの開花は樹勢の衰えとともに不良となり、樹勢が衰えるのは比較的高濃度のイオウ酸化物に常にさらされている場合であると考えられる。又Iで明らかになった如く、キンモクセイの花着きは花芽形成期前に、樹全体の葉が激甚な被害を受ける程の相当濃度の高い亜硫酸ガスの接触

指標となり得るものと思われる。花木類の花着きに及ぼす大気汚染の影響についての報告としては高橋ら⁶⁾⁷⁾の報告がある。それによると、キンモクセイの開花が不良となる原因として大気汚染が同化様能に何らかの形で関与し、それが樹勢の低下や開花不良の一因となっていると、推測しており、いかなる大気汚染物質がどのような機作によって影響を及ぼすかについては現在明らかにされていない。一方 Taylor⁵⁾⁹⁾はペチュニアの生育量および花着きが、光化学スモッグによって、阻害されたという報告をしている。今回の発表およびこれらの報告からすれば、キンモクセイの開花に影響を及ぼしていると考えられる大気汚染物質の中で、イオウ酸化物は、大きな要因の一つであることは、疑いのないことであるが、他の大気汚染物質が、単独であるいは相乗的な作用によって影響を及ぼしていると考えことは否定できない。今後これらの点について解明することは、全般的な大気汚染の影響を明らかにする上で重要であろう。

第4図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和45年1～3月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第7図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和45年10～11月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第5図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和45年4～6月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第8図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年1月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第6図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和45年7～9月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{m}^2/\text{day}$ pbO_2

第9図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年2月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第10図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年 3月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第13図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年 6月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第11図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年 4月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第14図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年 8月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第12図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年 5月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2

第15図 イオウ酸化物等濃度線図
昭和46年 8月 $\text{SO}_3\text{mg}/100\text{cm}^2/\text{day}$ pbO_2