

森林衰退の原因解明に関する研究

IV. 山間部における光化学オキシダントによるアサガオの被害分布

久野春子¹・新井一司¹・鈴木創²

摘要：大気汚染等が森林に及ぼす影響を解明する際には、山間部に大気汚染物質がどのような分布状況にあるのかを明らかにする必要がある。そこで、光化学オキシダントのオゾンに敏感に反応し、葉面上に被害となって現れる指標植物のアサガオを東京の山間部に配置して、それらの被害状況から山間部の大気汚染の実態把握を試みた。1992年から1995年の7、8月に、山間部でアサガオに発現した可視被害の程度を調査した結果、夏期の気象条件やオキシダントの発生条件が平年並みである年は、約260m以下の標高の低い地域で被害が激しく発生した。山間部奥地の標高1000m前後では被害はほとんど見られなかったが、標高の高い山間部でも、南東斜面において被害が発生する時があり、大気汚染物質の山間部への移流は、地形によって異なることが推察された。一方、高温、少雨で日照時間が多い猛暑の異常気象で、平野部のオキシダント濃度の高い年は、山間部全域で大きな被害がみられた。このことから大気汚染物質が標高の高低に関わらず全域に行き渡ることが明らかとなった。以上のアサガオによるオキシダント被害の結果は、東京の山間部におけるモミの衰退が、山間部南東部の標高の低い地域で大きいことと南東斜面の谷地形で大きいという報告と類似していることから、森林衰退には光化学スモッグのオキシダントが原因の一因であることが推察された。

キーワード：指標植物、アサガオ、オキシダント、オゾン、可視被害、山間部、東京

1. 緒言

1970年代初めからヨーロッパモミ (silver fir : *Abies alba* Mill) をはじめとする樹木において、森林衰退は、国際的にも大きな社会問題となった。森林被害に関する研究は、ヨーロッパ、アメリカ等で1980年代より盛んに行われ (Krause *et al.* 1986, Miller *et al.* 1991, Hildebrand *et al.* 1996, Sandermann *et al.* 1997)、我が国でもモミなどの森林衰退について報告がされてきた (須田ら 1992, 鈴木 1992, 新井ら 2002)。森林衰退の原因は、①土壌の酸性化、②土壌の塩類欠乏、③オゾン、④窒素過剰、⑤ストレス複合という5つの仮説が上げられている。

前報では、東京都の山間部で酸性雨は降下していることを述べた (新井ら 2004) が、土壌中の塩類欠乏や AI の増加などは森林衰退を起こすまでの結

論は得られていない (鈴木ら 1994, 1996)。しかし、著者らは、都市化の進んでいる東京都において、都心 (新宿) から西北西に約 45 km 以上の山間部で、モミなどの森林が衰退していることを現地調査によって解明した (新井ら 2002)。東京都の森林面積は、多摩地域の山間部を中心に全面積 (島しょを除く) のおよそ3割を占めている。東京都の大気汚染常時測定局は、山間部では桧原村に1か所あるのみであり、多くの面積を占める山間部における大気汚染の状況は分かっていない。大気汚染等が森林に及ぼす原因を明らかにするためには、実際の山間部の大気汚染物質の分布状況と汚染源から山間部への移流の現状を明らかにする必要がある。

植物は大気汚染物質に反応して、葉面に目視できる被害、すなわち可視被害を生じることが知られている。それらの被害症状は汚染物質の種類により、

¹ 東京都林業試験場, 〒190-0182 東京都西多摩郡日の出町大字平井 2753-1 ² 元東京都林業試験場
本研究の一部は、大気汚染学会講演要旨集 (34 : 419 1993) に発表した。

また、濃度により現れ方に特徴があり(久野 1988b、久野 1993a, b, c)、敏感に反応する植物は指標植物として利用されている。アサガオは、大気汚染の二次汚染物質である光化学オキシダント(構成成分の90%以上はオゾンが占めて、残りはパーオキシアセチルナイトレイトなどである)により可視被害を受けやすいため、指標植物(久野 1993b, c、関東地方公害対策推進本部大気汚染部会 1996)として良く用いられている。アサガオの成熟した葉は、オゾンの暴露によって、葉の表面に白色や褐色の可視被害を生じる(久野 1988a)。そこで、山間部の調査地にアサガオを配置して、その被害状況から、光化学

オキシダントが東京の山間部へ流入する状態、標高や地形による影響の違い、および、年による環境条件と被害程度との関係について把握することを試みて、森林衰退との関連について考察した。

2. 方法

2.1 調査地

図1に示したように、調査対象は東京都心(新宿)から約45km以上西北西に存在する山地を主にした多摩地域である。それらの東の地域は武蔵野台地からなり、その西方に、加治、狭山、草花、加住、多摩の丘陵が続き、さらにその西方には標高の高い関東山地が位置し、雲取山の2,018mを最高点として高度1,500m級の山々が連なる。河川は、南方に秋川、北方に多摩川が東西に走り、上流部では、深い峡谷や、狭い河岸段丘がみられ、複雑な地形を成している。

図2に示すように、1992年に山地に配置したアサガオの調査地は、山間奥地の標高が高い所から低い順に記述すると、月夜見(No.11 標高1147m)、川乗(No.10 標高850m)、海沢(No.8 標高310m)、檜原(No.6 標高260m)、御岳(No.7 標高230m)、上恩方(No.3 標高230m)および五日市(No.4 標高220m)であり、これらの地域を山間部とした。丘陵に

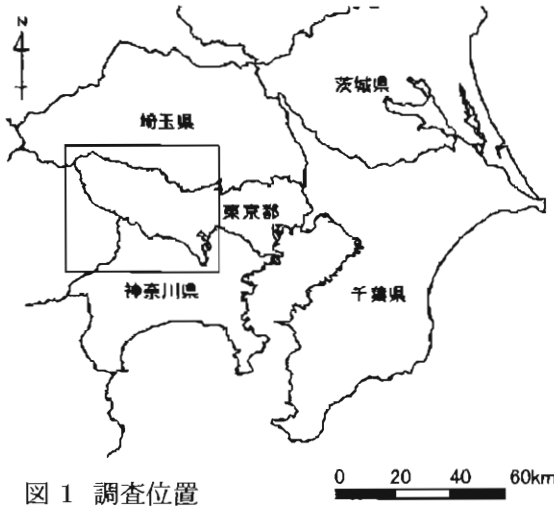
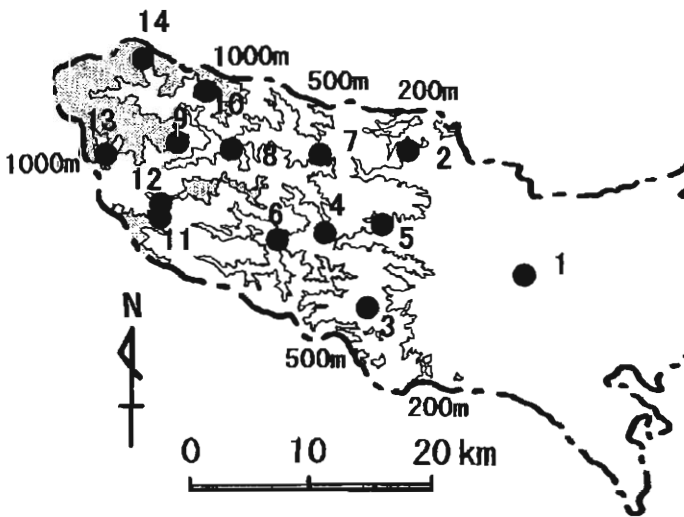


図1 調査位置



No. 配置地点名

平野部	
1 : 立川	立川市富士見町(標高 90 m)
2 : 青梅	青梅市塩船(同 175 m)
山間部	
3 : 上恩方	八王子市上恩方(同 230 m)
4 : 五日市	あきる野市戸倉(同 220 m)
5 : 日の出	日の出町平井(同 220 m)
6 : 檜原	檜原村下元郷(同 260 m)
7 : 御岳	青梅市御岳(同 230 m)
8 : 海沢	奥多摩町海沢(同 310 m)
9 : 小中沢	奥多摩町小中沢(同 725 m)
10 : 川乗	奥多摩町川乗(同 850 m)
11 : 月夜見	檜原村月夜見(同 1147 m)
12 : 風張峠	檜原村風張峠(同 1150 m)
13 : 峰	奥多摩町峰(同 980 m)
14 : 小川谷	奥多摩町小川谷(同 1040 m)

図2 指標植物のアサガオを配置した調査地点
200 m 500 m 1000 m は標高

隣接した台地に位置する青梅(No.2 標高175m)と、台地に位置する立川(No.1 標高90m)を対照地として、これらの地域を平野部とした。山間部と平野部の調査地点数は合計9地点である。

1993年と1994年の調査地は、標高の高い小川谷(No.14 標高1040m)、峰(No.13 標高980m)および小中沢(No.9 標高725m)を新たに加え、月夜見(No.11 標高1147m)を近隣の風張峠(No.12 標高1150m)に変更して、合計12地点とした。また、1992年と1993年の調査地であった五日市(No.4 標高220m)は1994年と1995年には日の出(No.5 標高220m)に変更した。

2.2 調査方法

2.2.1 指標植物の栽培方法と配置方法

調査に使用した植物は、アサガオ (*Pharbitis nil*.)の品種はスカーレットオハラである。アサガオは、まず、5月中旬に種子をビニールポットに播種して、浄化空気室において開葉後葉が5、6枚になるまで生長させて、プランターに2株を移植した。

使用したプランターは、火山灰土のゴロ土 3 Lを敷き、その上に、培養土として、黒ボク土 : ピートモス : バーミキュライト = 3 : 1 : 1 とした混合






土を 20 L入れた。肥料はプランター当たり N 3.85 g、P₂O₅ 3.35g、K₂O 3.75g、MgO 2.5g、CaO 2.5g (配合比 8-8-8 化成肥料 40g、緩効性肥料 ロング 100 5gおよび苦土石灰 5g)を全層に施用した。6月下旬に、各調査地に各々2コずつのプランターを配布して、1カ所における株数を4株とした。

1992年から1995年の4年間、新しい苗を移植したプランターは、毎年、6月下旬に調査地へ配置した。

2.2.2 可視被害の調査方法と計算方法

各調査地に配布したアサガオの可視被害は、7月までに発生した被害として7月末から8月初めの三日間に、また、8月までに発生した被害として8月末から9月初めの三日間に全域を調査した。調査は、配布した全ての株について、草丈を測定し、茎や蔓の一番下にある葉から最上位にある葉まで葉位ごとに被害程度と落葉数を観察した。表1(上)は、アサガオが受けた可視被害の程度を写真で表したものである。それぞれの葉の被害程度は、1枚の葉の面積に対する白色や褐色に現れている被害の面積をパーセントで表して、被害面積率とした時の事例である。株ごとに調査した草丈や葉位ごとの被害面積率と落葉は、表1(下)の調査票に事例を記入した。全ての葉について被害程度は被害面積率で表し、

表1 アサガオの被害程度と被害面積率との関係および調査票の事例

【被害程度】							【調査票】																					
		被害面積率*	0%	25%	50%	75%	100%	地点名(風張峠) 調査日(1994/7/31) (落葉の場合は×)																				
株NO	草丈(cm)	葉位(下位から)*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
1	255	被害面積率(%)	×	10	60	60	30	60	60	50	20	0	0	0	0	0	0	0	0									
2	215	被害面積率(%)	10	30	×	60	30	40	40	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0									
3	225	被害面積率(%)	40	50	50	60	70	80	80	60	20	0	0	0	0	0	0	0										
4	210	被害面積率(%)	×	20	20	60	60	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0										

上記の写真は、光化学オキシダントによるアサガオ葉の被害程度を表す。

* 被害面積率は各葉の被害程度を最小単位を5%として、以上は10%きざみで評価する。

×は、落葉である。

上記の調査票内の数字は、各アサガオの草丈、落葉および各葉の被害面積率の例である。

** 右の数値は、株のつるに展開している葉の下位からの順番

表2 調査集計票とアサガオの事例

調査植物名 (アサガオ)
 地点名 (風張峠) 調査日 (1994/7/31)

株No.	草丈 (cm)	現存葉数	落葉数	被害葉数	累計被害面積率* (%)	全葉数	被害葉率 (%)	落葉率 (%)	被害指数
1	255	16	1	8	350	17	53	6	22
2	215	16	1	8	240	17	53	6	15
3	225	16	0	9	510	16	56	0	32
4	210	15	1	5	230	16	38	6	15
平均値	226	16	1	8	333	17	50	5	21
標準偏差	20.2	0.5	0.5	1.7	130	0.6	8.4	3	7.9

被害の見られない葉は0で、全面積に被害がみられる場合は100%、落葉の場合は×で記入した。これらの調査結果から、表2の調査集計表に、株ごとの草丈、現存葉数、落葉数、被害葉数および累積被害面積率を記入して、全葉数、被害葉率、落葉率および被害指数を、以下に示す計算式より求めて記述した。これらの株ごとの値を平均して、調査地ごとの値とした。

- 現存葉数 : 調査時に着生している葉の数
- 落葉数 : 調査時に落葉している葉の数
- 被害葉数 : 被害が認められた葉の数

$$\text{累計被害面積率} = \frac{\sum_{n=0}^{n=100} \text{被害面積率}}{n=0}$$

- 全葉数 = 現存葉数 + 落葉数
- 被害葉率 = (被害葉数 / 全葉数) × 100
- 落葉率 = (落葉数 / 全葉数) × 100
- 被害指数 = 累計被害面積率 / 現存葉数 × 100

2.3 気象と大気汚染状況

1992年から1995年の7、8月の気象状況は、山間部の小河内(標高 530m)と平野部の青梅(標高 155m)における気象庁のアメダス(東京管区気象台 1992~1995)の降水量、最高気温、最低気温および日照時間を参考にした。大気汚染物質のオキシダントの発生状況は、東京都で行っている大気汚染常時測定局測定結果(東京都環境局大気保全部 1992~1995)を参考にした。オキシダント濃度の1ヶ月における一時間平均値の最高値を月最高値とし、また、9時から18時までの1時間平均値の1ヶ月の積算値

を計算してオキシダント・ドースにして求めた。1993年8月12、13日に小川谷(標高 1040 m)においてオゾン計(Dasibi製、1003-AH)を設置して測定を行った。

3. 結果

3.1 被害症状

調査地に配布したアサガオを写真1に示した。写真1のAは五日市(No. 4 あきる野市戸倉)、Bは青梅(No. 2 青梅市塩船)、Cは月夜見(No. 11 檜原村)の配置状況である。写真2には、調査地でみられた被害症状を示した。写真2のAは、御岳(No. 7)の1992年7月29日の被害症状であり、Bは檜原(No. 6)の1992年8月30日、Cは五日市(No. 4)の1993年9月2日の被害症状である。これらの被害症状は、農林省農林水産技術会議事務局(1976)に記載されている成熟葉の表面を中心に白色斑点や褐色斑点が発現するオキシダントや人工オゾンによる可視被害の症状と同一であった。

3.2 被害の特徴と地理的分布

1992~1995年8月における各調査地の草丈、現存葉数、被害葉数、累積被害面積率および被害指数の平均値を表3に示した。山間部におけるアサガオの草丈と現存葉数は、標高310m以下の海沢(No. 8)、檜原(No. 6)、御岳(No. 7)、上恩方(No. 3)、五日市(No. 4)および日の出(No. 5)の調査地の値が、平野部の青梅(No. 2)と立川(No. 1)と同様の大きな値であった。一方、山間部奥地で標高850m以上の小中沢(No. 9)、川乗(No. 10)、月夜見(No. 11)、風張峠

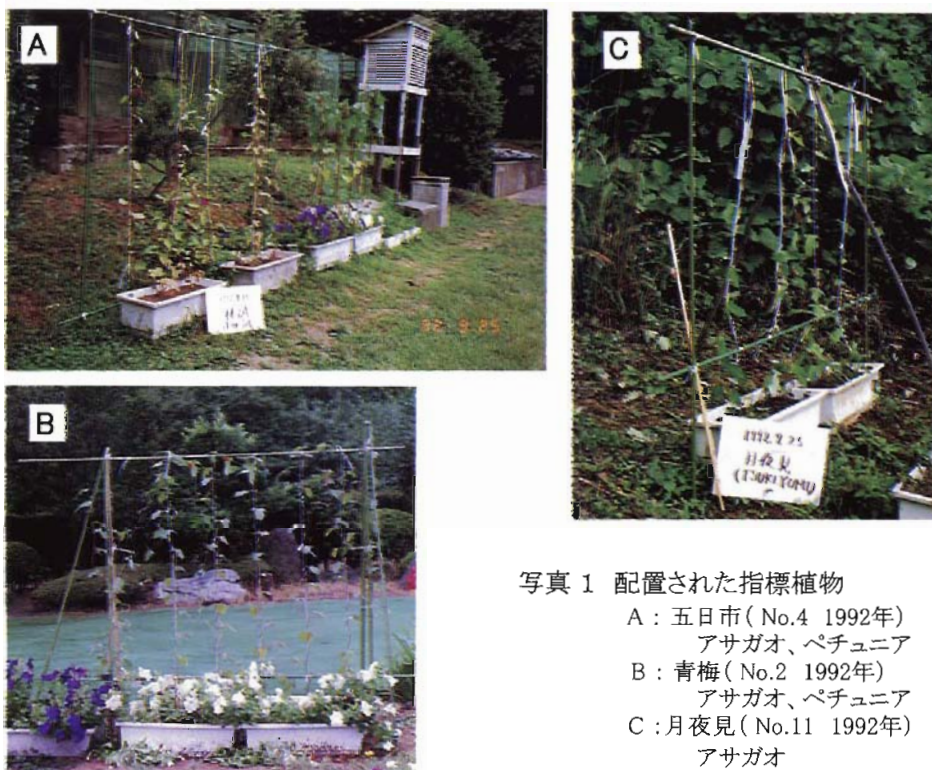


写真 1 配置された指標植物
 A : 五日市 (No.4 1992年)
 アサガオ、ペチュニア
 B : 青梅 (No.2 1992年)
 アサガオ、ペチュニア
 C : 月夜見 (No.11 1992年)
 アサガオ

(No.12)、峰(No.13)および小川谷(No.14)は、1994年の結果を除いて草丈と現存葉数は、小さい値であった。平野部と比較して、標高が高い地域ほど生長量が少なかった。

1992年から1995年の各調査地のアサガオの葉に現れた被害面積より求めた被害指数の地理的分布を図3に示した。

1992年7、8月は、山間部奥地の標高が高い月夜見(No. 11)と川乗(No. 10)では被害の発生はほとん

ど観察されなかった。また、標高の低い海沢(No. 8)の被害指数は著しく小さかった。川乗(No. 10)の調査地は高さ 1000m 以上ある山の北西寄りに存在し、海沢(No. 8)は標高が低い深い沢の北向き面に位置している。標高が 260m 以下の平野部に近い東寄りの地域の御岳(No. 7)、檜原(No. 6)、上恩方(No. 3)および五日市(No. 4)の被害指数は、平野部の立川(No. 1)と青梅(No. 2)に類似した大きな値であり、オキシダントによる被害が激しく発生していた。

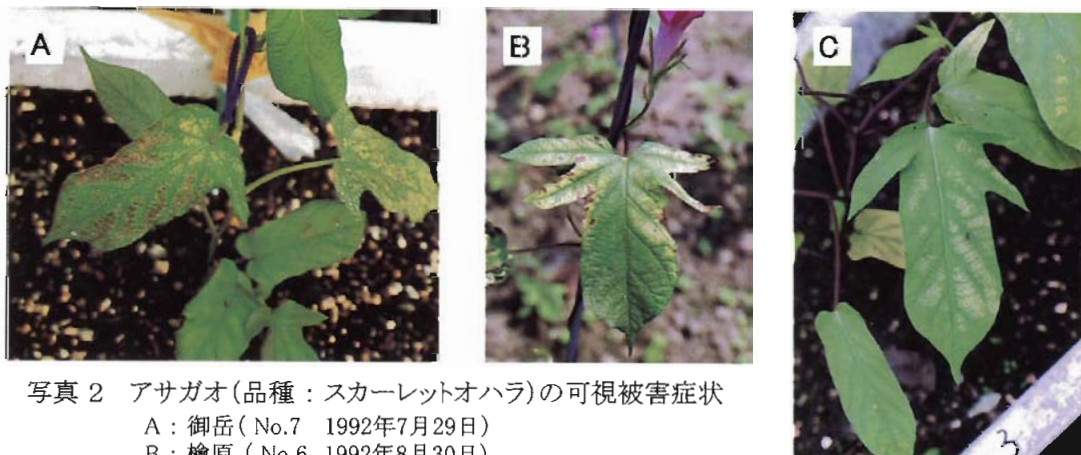


写真 2 アサガオ(品種：スカーレットオハラ)の可視被害症状
 A : 御岳 (No.7 1992年7月29日)
 B : 檜原 (No.6 1992年8月30日)
 C : 五日市 (No.4 1993年9月2日)

表 3 1992年から1995年8月の各調査地におけるアサガオの調査集計結果

年月	地点		草丈 (cm)		現存葉数		被害葉数		累計被害面積率 (%)		被害指数		
	番号	地点名	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
1992年8月	1	立川	435.0	33.2	49.0	2.0	27.0	2.2	1401.3	198.2	28.6	3.6	
	2	青梅	173.8	32.7	23.3	3.9	11.0	3.7	640.0	263.4	27.1	8.0	
	3	上恩方	161.3	35.7	19.3	2.9	8.5	3.7	431.3	182.2	23.0	10.2	
	4	五日市	198.8	89.3	25.8	9.2	14.5	7.2	968.8	417.2	37.0	6.4	
	6	桧原	250.0	21.6	26.0	2.4	11.5	2.4	825.0	221.8	32.2	9.8	
	7	御岳	222.5	56.2	26.0	2.7	12.0	2.6	630.0	241.3	23.9	7.9	
	8	海沢	214.3	81.2	23.3	4.6	6.0	1.4	125.5	79.2	5.3	2.5	
	10	川乗	60.5	29.2	10.5	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
	11	月夜見	38.8	19.0	11.0	2.3	0.8	1.5	5.0	10.0	0.4	0.8	
	1993年8月	1	立川	368.8	76.6	30.8	4.3	12.8	1.9	462.5	128.4	15.5	5.6
		2	青梅	272.5	78.0	21.3	3.3	7.8	3.4	318.8	161.7	14.8	6.6
3		上恩方	195.3	71.5	19.8	5.3	5.5	1.9	171.3	155.2	9.8	9.5	
4		五日市	267.5	102.7	24.5	5.4	13.3	3.1	847.5	166.9	35.5	7.6	
6		桧原	260.8	42.7	24.0	4.3	14.5	1.9	953.8	230.3	40.7	11.1	
7		御岳	289.0	60.4	26.3	2.9	8.0	1.4	190.0	45.6	7.3	1.6	
8		海沢	255.0	110.5	21.5	6.0	9.3	5.1	373.8	292.7	16.3	12.9	
9		小中沢	80.7	30.4	13.7	1.5	8.0	2.0	458.3	150.4	33.1	7.7	
10		川乗	29.5	0.7	7.0	1.4	1.5	0.7	7.5	3.5	1.1	0.4	
12		風張峠	75.3	12.5	9.5	1.3	1.5	1.7	18.8	25.9	1.8	2.4	
13		峰	58.5	13.2	10.0	1.4	3.8	1.0	88.8	40.3	10.3	5.9	
14		小川谷	71.0	33.9	10.3	5.1	3.3	1.7	140.0	93.9	11.8	7.8	
1994年8月		1	立川	444.2	43.2	28.5	3.4	9.7	4.5	626.7	315.1	21.5	9.2
		2	青梅	310.8	31.5	24.3	1.8	8.3	1.8	285.8	79.0	11.7	3.1
	3	上恩方	348.6	18.5	22.0	5.5	8.8	4.4	192.0	115.2	9.6	8.0	
	6	桧原	400.0	66.3	23.8	6.8	12.7	5.8	553.3	315.3	25.0	14.9	
	8	海沢	397.5	77.6	24.0	4.6	13.2	1.7	728.3	131.7	32.0	11.7	
	10	川乗	380.0	124.5	17.0	6.5	10.2	1.7	518.3	125.6	34.3	15.1	
	12	風張峠	350.2	65.8	26.3	4.5	18.7	3.6	582.5	243.1	22.1	7.6	
	13	峰	311.7	129.8	21.8	7.6	12.0	3.8	911.7	454.0	43.0	15.5	
	14	小川谷	380.5	93.2	27.5	6.6	12.7	4.2	617.5	354.3	21.7	10.0	
	1995年8月	1	立川	315.0	44.6	22.5	2.5	10.5	5.5	651.7	412.9	27.8	15.5
		2	青梅	225.0	93.2	22.0	3.9	10.8	4.0	788.3	352.6	36.7	18.3
		3	上恩方	213.3	42.3	17.0	2.8	4.7	0.8	236.7	76.9	14.3	4.6
		5	日の出	224.0	47.7	21.0	6.2	10.7	5.7	823.3	466.1	38.1	13.6
		6	桧原	313.3	44.6	30.0	3.8	14.2	3.0	1096.7	289.7	36.3	7.2
7		御岳	214.2	58.3	17.8	3.8	5.0	2.4	258.3	217.3	13.7	10.3	
8		海沢	248.3	52.7	21.2	3.5	5.8	1.7	193.3	103.4	8.8	3.5	
10		川乗	83.8	52.9	12.3	6.0	2.0	0.9	73.3	41.8	8.0	6.5	
12		風張峠	74.0	24.1	12.0	2.2	7.4	1.3	520.0	131.9	43.2	7.8	

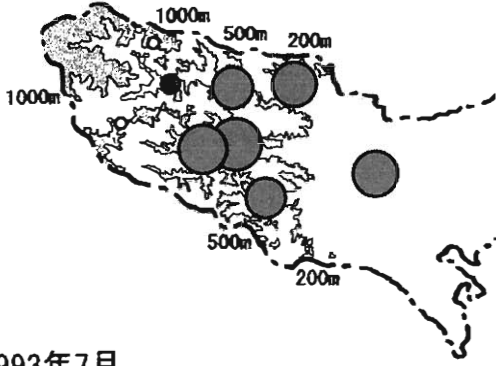
1993年7月の調査では、全調査地においてアサガオは成長が遅れて、また、被害は観察されなかった。8月には、標高の高い風張峠と川乗は1992年8月と同様な微小な被害しか生じなかった。しかし、それより奥地にあり1000m前後の標高が高く斜面が東南東向きにある小中沢、峰および小川谷では、標高260m以下の低い調査地や平野部と似たような被害が発生した。

1994年7月は全調査地で大きな被害がみられた。各地点の被害指数は山間部奥地の風張峠と川乗はやや低い傾向であったが、他の10地点は大きい値であり、平野部から山間部の奥地まで全域にわたって激しい被害がみられた。また、8月も全域にわたり被害程度は大きかったが、山間部の奥地の方が被害は大きい傾向であった。

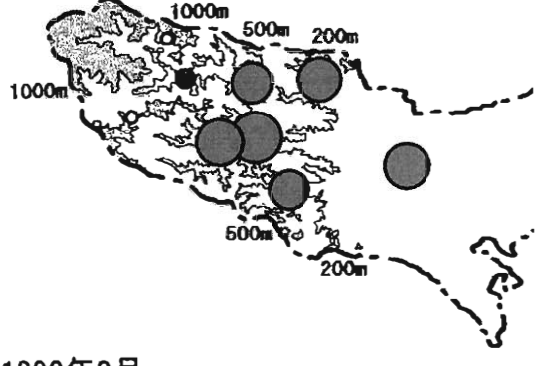
1995年7、8月は、山間部の西北西に位置する御岳、海沢および川乗の多摩川よりの地域で被害の値は小さかった。標高の高い風張峠では、7月は被害が小さかったが、8月は大きかった。

3.3 気象条件とオキシダント発生状況
表4に青梅と小河内のアメダスによる気象のデータ(東京管区気象台1992~1995)を示した。1993年7月の夏期は降水量が多く、気温が低く、日照量が

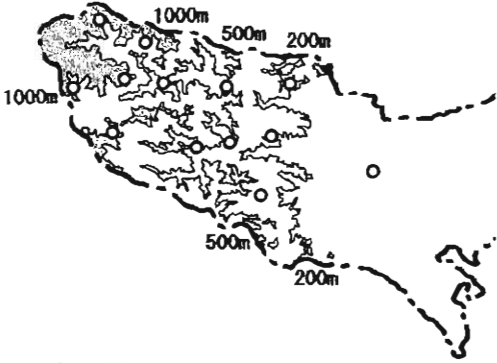
1992年7月



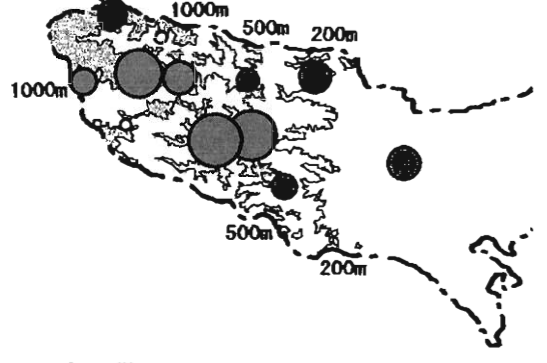
1992年8月



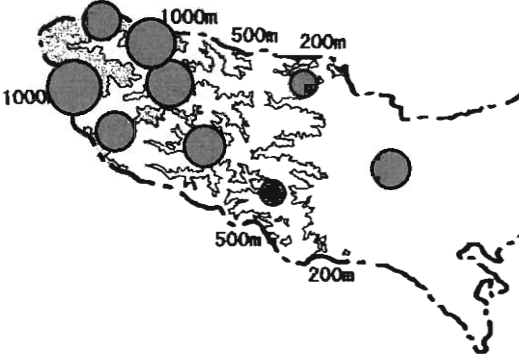
1993年7月



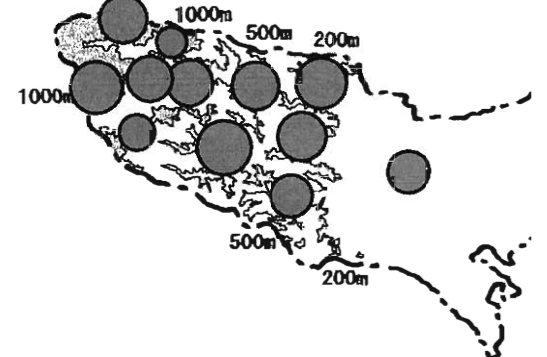
1993年8月



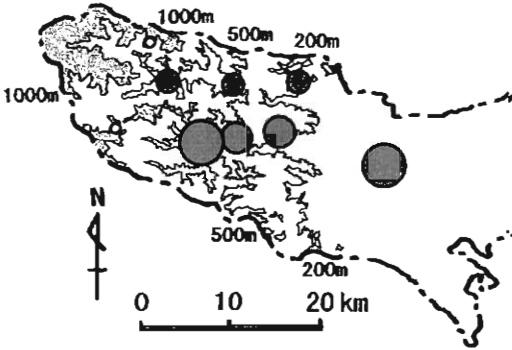
1994年7月



1994年8月



1995年7月



1995年8月

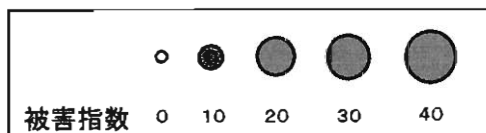
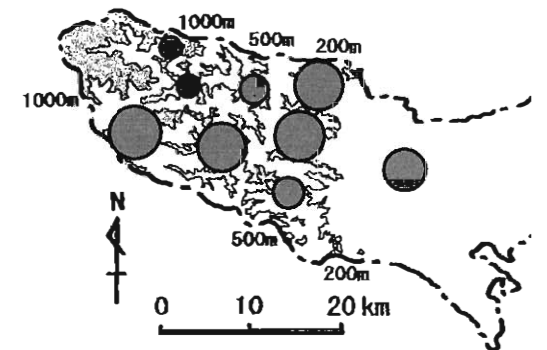


図3 7月と8月の山間部におけるアサガオの被害指数の地理的分布

表4 東京都の青梅と小河内における1992～1995年7月と8月の気象(アメダス)

7月										
年	青梅					小河内				
	降水量 mm	平均気温 °C	最高気温 °C	最低気温 °C	日照時間 時間	降水量 mm	平均気温 °C	最高気温 °C	最低気温 °C	日照時間 時間
1992	236	24.0	34.2	16.1	105.5	162	21.9	32.2	14.3	102.1
1993	305	20.8	32.7	14.5	42.0	300	19.2	30.3	13.8	46.5
1994	78	26.4	35.9	20.6	144.3	123	24.0	33.2	18.9	131.6
1995	192	24.6	35.5	18.4	104.8	198	22.4	33.4	17.2	91.4

8月										
年	青梅					小河内				
	降水量 mm	平均気温 °C	最高気温 °C	最低気温 °C	日照時間 時間	降水量 mm	平均気温 °C	最高気温 °C	最低気温 °C	日照時間 時間
1992	99	24.9	34.9	17.3	143.4	155	22.7	32.3	14.3	122.9
1993	230	22.8	32.4	17.0	79.6	214	20.9	32.0	15.1	75.9
1994	196	26.9	36.5	19.1	234.5	122	24.4	34.7	17.5	188.6
1995	98	27.3	36.0	21.2	201.3	144	24.7	33.4	19.0	174.9

青梅は、標高155m、緯度：北緯35度47.2分／経度：東経139度19.0分である。
 小河内は、標高 530m、緯度：北緯35度47.4分／経度：東経139度03.5分である。

表5 1992～1995年7月と8月のオキシダント濃度の月最高値とオキシダント・ドース(9～18時)

年	青梅		檜原		立川		
	月最高値	ドース	月最高値	ドース	月最高値	ドース	
	(ppb)	9-18hrs (ppb·hrs)	(ppb)	9-18hrs (ppb·hrs)	(ppb)	9-18hrs (ppb·hrs)	
7月	1992	156	18320	226	-	166	18540
	1993	104	8986	111	6477	89	6381
	1994	162	15151	141	12266	157	12822
	1995	148	14486	127	8160	105	10638
8月	1992	109	10488	99	-	100	10142
	1993	92	8639	101	7596	100	7995
	1994	158	16247	143	11742	130	12817
	1995	178	21902	125	14844	134	15852

— は長時間の欠測があるため記入せず

少ない低温、多雨の異常気象であった。また、表 5 (東京都環境局大気保全部 1992～1995)に示したように、青梅、檜原および立川における1993年7月と8月のオキシダント濃度の月最高値とドースは、他の3カ年と比べて低い値であり、オキシダントによる被害が発生しにくい年であった。8月12、13日の小川谷(標高 1040 m)におけるオゾン濃度は、月最高値が73～100ppb を記録して、アサガオの葉に被害を生じる濃度(久野 1993 a, b)に達していた。

1994年7月の夏期は降水量が少なく、気温が高く、日照量が多い高温、少雨の異常気象であった(表4)。7月のオキシダントの月最高値は、青梅で162ppm、立川で157ppm、檜原で141ppm(表5)、日

の出で177ppm(オゾン濃度 未発表)と高濃度を記録しており、光化学スモッグが発生しやすい年であった。

4. 考察

4年間にわたる調査結果から、山間部においてアサガオの葉に出現した被害は、オキシダント中のオゾンによるものであり、標高、地形、気象条件や大気汚染の状況などによって、複雑に変化することが分かった。

1993年7月の夏期は、降水量が多く、気温が低く、日照量が少ない低温、多雨の異常気象であり、また、

オキシダント濃度の低い光化学スモッグ現象の起こりにくい年であった。これらの環境条件が原因して、アサガオは成長が遅れて、葉にオキシダントによる被害が全く生じなかったと考えられた。植物のオキシダント感受性は温度条件により異なるとされている。Dunning と Heck (1977) は、ピントビーンについて、高温下で育った方がオゾンに対する感受性は高く、暴露時の温度では 21℃の時に被害が最も少なく、それよりも高温または低温で被害は大きいことを報告しており、また、タバコは生育温度の高低に関わらず高温よりも低温で暴露した方が被害は大きくなる特徴があると報告している。伊豆田ら(1988)は、オープントップチャンバーでハツカダイコンを生育し、大気汚染による影響を調査して、平均気温が 20℃以上になると乾物生長量は減少したとして、気温が高くなるとオキシダントに対する感受性が高くなることを報告している。アサガオは最大伸長温度が 25～30℃という高温性植物のため、冷夏では成長が悪く、オキシダント感受性が低いと考えられる。表 4 にみられるように、1993 年 7 月のオキシダントの月最高値は青梅で 104 ppb、檜原で 111 ppb であり、アサガオには可視被害が発生する濃度であった。しかし、被害が観察されておらず、このことは低温で育ったために成長が著しく遅かったために感受性が弱かったからであると推察される。8 月に被害が発生したのは、7 月よりも気温が高く日照時間が多くなったことからであると考えられる。

1994 年の夏期は、猛暑の異常気象であり(表 4)、オキシダントも高濃度を記録していた(表 5)。山間部はアサガオの成長も良く、また、全域でアサガオに激しい被害が発現したことから、気温が異常に高い年の大気汚染物質は山間部全域に移流して山体を覆っていることが推察された。

山間部の調査では、標高の差による気温の高低が及ぼす大気汚染指標植物の生長やオキシダント感受性に対する影響を考察することは重要である。本調査の 1993 年 8 月では、山間部奥地にある標高 725m の小中沢、980m の峰と 1040m の小川谷では、草丈や葉数の生長が少なかった(表 3)ことから、気温は低かったと予想される。しかし、これらの調査地

において、平野部に近い標高の低い地域と同じ程度の被害が生じたことは、東南東あるいは南東向きの斜面に位置する 3 つの調査地の地形では、都市域より風に乗った大気汚染物質が標高の高い地域にまで移流することで、アサガオにオキシダントによる被害が生じたと推察される。

以上、述べた山間部における大気汚染の指標植物のアサガオの被害は、気温、日照時間、風向などの気象条件や、オキシダント濃度などの大気汚染の状況などによって異なること、また、標高や地形などの複雑な環境が影響していると推察された。すなわち、夏期の気象条件やオキシダントの発生条件が平年並みである年は、東京の南東に位置する都市域から大気汚染物質が風に乗って移流して、海拔標高の低い山間部に溜ることで被害が発生しやすくなると考えられる。標高の高い山間部奥地の北向きの谷間へは、大気汚染は移流しにくいいため被害がほとんど見られなかったものと考えられた。しかし、標高の高い地点でも山体の南東斜面においては、時には被害が発生することから、大気汚染物質が南東の風に乗って流入しやすい地域もあることが推察された。一方、気象条件が高温で日照時間が多くて、オキシダント濃度の高い異常気象であった年は、山間部全域に大気汚染物質が行き渡ることが推察された。

東京の山間部におけるモミの衰退は、山間部南東部の標高の低い地域で大きいことと、山体の南東斜面の谷地形で大きいという特徴が認められている(新井ら 2002)。本研究の大気汚染指標植物のアサガオを用いたオキシダントの分布の特徴は、モミの衰退の特徴と類似している。このことから都市域で発生して山間部に移流する大気汚染物質が引き起こす光化学スモッグのオキシダントが森林衰退の原因の一因であると推察された。

謝辞

本研究をとりまとめるにあたり桜美林大学の大喜多敏一名誉教授にご指導いただき、東京農工大学大学院の細木大輔氏、荒井浩輔氏にご協力いただいた。ここに感謝の意を表す。

引用文献

- 新井一司・久野春子・鈴木創・遠竹行俊・大喜多敏一 (2002) 東京の山間部におけるモミ林の衰退分布の特徴. 大気環境学会 37(3): 184-191
- 新井一司・久野春子・鈴木 創・遠竹行俊 (2004) 森林衰退の原因解明に関する研究 III. 東京の山間部における降雨の実態と林内外における主要イオンの年間降下量. 東京都林業試験場研究報告 13: 6-14
- Dunning, J.A., Heck, W. W. (1977) Response of bean and tobacco to ozone. Effect of light intensity, temperature and relative humidity. J. Air Pollut. Control. Assoc. 27(9): 882~886
- Hildebrand, E., Skelly, J. M., Fredericksen, T. S. (1996) Foliar response of ozone-sensitive hardwood tree species from 1991 to 1993 in the Shenandoah National Park, Virginia. Can. J. For. Res. 26: 658 - 669
- 伊豆田猛・船田周・大橋毅・三宅博・戸塚績 (1988) 異なる温度条件下におけるハツカダイコンの生長に対するオゾンの影響. 大気汚染研究 23: 209-217
- 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 (1996) 植物からみた関東地方の光化学スモッグ被害の実態(IV)
- Krause, G. H. M., Arndt, U., Brandt, C. J., Bucher, J., Kenk, G., Matzner, E. (1986) Forest decline in Europe: Development and possible causes. Water, Air, and Soil Pollution 31: 647 - 668
- 久野春子 (1988a) 光化学オキシダントが園芸植物に及ぼす影響. 東京都農業試験場研究報告 21: 36-45
- 久野春子 (1988b) 光化学オキシダントが園芸植物に及ぼす影響. 東京都農業試験場研究報告 21: 45-75
- 久野春子 (1993a) 大気汚染ガス耐性植物の改変と利用 植物の大気汚染耐性と感受性. 植物細胞工学 5(4): 272-280
- 久野春子・大橋毅 (1993b) 大汚染の指標気植物 (1). 大気汚染学会誌 28(2): A45-A52
- 久野春子・大橋毅 (1993c) 大気汚染の指標植物 (2). 大気汚染学会誌 28(3): A65-A76
- Miller, P. R., McBride, J. R., Schilling, S. L. (1991) Chronic ozone injury and associated stresses affect relative competitive capacity of species comprising the California mixed conifer forest type. In: Memorias del primer simposial nacional, Agricultura sostenible: Una opcion para el desarrollo sin deterioro ambiental. Available from: Comision de Estudios Ambientales, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. Mexico. 161 - 172
- 農林省農林水産技術会議事務局 (1976) 大気汚染による農作物被害症状の標本図譜 9 - 40
- Sandermann, H., Wellburn A. R. and Heath, R.L. (1997) Forest Decline and Ozone. Springer-Verlag, Berlin.
- 鈴木創・久野春子・新井一司 (1994) 東京の山間部における森林衰退と大気環境 (6) 森林土壌の実態調査. 大気汚染学会講演要旨集 35: 314
- 鈴木創・新井一司・久野春子・遠竹行俊・松尾健次 (1996) 酸性降下物の森林に及ぼす影響調査(3) 山間部の森林土壌の実態について. 平成7年度林業試験場年報 17-18 東京都林業試験場
- 須田隆一・杉 泰昭・宇都宮彬・大石興弘・濱村研吾 (1992) 酸性降下物等による植物衰退現象の実態 / 宝満山(福岡県)のモミ. 資源環境対策 28: 1344 - 1348
- 鈴木 清 (1992) 神奈川県大山のモミ林枯損経緯とその周辺地域の年輪幅の変化. 神奈川県林試研報 19: 23 - 42
- 東京管区气象台 (1992~1995) 東京都気象月報 平成4年~平成7年 7、8月
- 東京都環境局大気保全部 (1992~1995) 大気汚染常時測定局測定結果報告 1992年7月、8月~1995年7月、8月

Forest decline on the mountains of western Tokyo

IV. Distribution of damages of morning glory by photochemical oxidants on the mountains of western Tokyo

KUNO Haruko¹, ARAI Kazushi¹, SUZUKI Hajime²

¹ Tokyo Metro. For. Exp. Sta. ² Formerly, Tokyo Metro. For. Exp. Sta.
2753-1, Hirai, Hinode-Machi, Tokyo 190-0182 JAPAN

Abstract : It is necessary to study the distribution of air pollutants on mountainous area of Tokyo to understand the impact of air pollution on forest. In this study, morning glory was used as an indicator plant of air pollution to investigate air pollutant distribution in July and August in 1992 to 1995. Morning glory is sensitive to ozone in photochemical air pollution, and its damage can be seen on its leaf surface. Morning glory samples were grown on the mountainous area of Tokyo to study the damage appeared on the leaves. When the weather and average oxidant concentration were in ordinary levels, the damage was caused by oxidants frequently at altitude of less than 260m. The damage occurred less frequently at altitude of approximately 1000m on mountainous area and it was occasionally observed only at its southeastern slope. It indicated that geographical features of the mountainous area are affected the advection of air pollutant. During long duration of intense sunshine, high temperature, much precipitation, and high oxidant concentration observed on plain the injuries were observed on the whole of the mountainous area. Therefore it is obvious that air pollutant spreads regardless of the altitude. The ozone in photochemical air pollution is conceived to be a cause of the forest decline because the pattern of damage of morning glory in the present study is similar to that of the damage described in a previous report in which decline of fir is serious at low altitude and valley of the southeastern slope of the mountain.

Key words : indicator plant, photochemical oxidants , damage, morning glory, mountain, Tokyo