

# 大気汚染物質の植物に対する影響（第1報）

## 植物中の重金属類の分布と影響

太田 洋\*, 門田 正也\*\*, 安達 哲子\*, 佐野 惲\*, 鶴泉 影恵\*

### Effects of Air Pollution on Some Trees Growing in Urban Environment (I)

#### Content Levels and Effects of Heavy Metals in Leaves

Hiroshi OHTA, Masaya KADOTA, Akiko ADACHI,  
Isamu SANŌ, Akie TSURUIZUMI

大気汚染物質中のPb, Cd, Niの植生に及ぼす影響および植物の微量栄養素 (Cu, Zn, Mn) の含量レベルに対する影響を, 植物及び土壌中のこれらの元素について測定した。その結果Pbはイチョウ葉 (街路樹) に対しては影響を与えている可能性があるが, 他の元素, 植物 (クスノキ, サンゴジュ, 緑地帯のイチョウ) では特にあるとは云い難い状態であった。又土壌についてはPb, Cd, Ni, Cuなどの測定値から交通量にもとづく都市型汚染の可能性を示した。

#### はじめに

大都市の大気に多種混在する汚染物質のうち, 恒存的に, また地域的に普遍性の高い種類は, いおう酸化物, 窒素酸化物, 炭化水素類, 一酸化炭素などであるがこれらは, 人ならびに車の過密状態をもたらす都市大気汚染であって, 特に炭酸ガス, 一酸化炭素, 窒素酸化物, 各種の炭化水素あるいはダストを含む自動車排気ガスの影響度は, ますます重視されねばなるまい。

したがって都会地域における環境を把握する上で, そこに生育する植生のこれらの物質に対する影響を明らかにすることは, 自然保護あるいは環境保全に果たす役割は極めて大きいといえよう。

これらの大気汚染物質のうち, とくにいおう酸化物, オゾンなどの気体物質が植物に与える影響については多くの研究が行なわれてきたし, 又これらの物質に対する感受性の大小が多くの植物について比較されてきた<sup>1)</sup>。

ダスト, とくに重金属類については, その発生源が多

種多様であり, その物理的, 化学的特性も様々で, その分布の観点からの研究は行なわれているが<sup>2)</sup>, その影響, とくに微量栄養素との関係については行なわれていない。

自動車の排気ガス中には燃料の燃焼による一酸化炭素, 窒素酸化物のような気体状汚染物質の他, 鉛およびその化合物, すず (炭素) などの粒子状汚染物質が含まれるので, 植物に対して著しい影響をおよぼしていることは充分考えられる。しかし自動車からの種々の炭化水素類の問題については, それぞれ単独では, かなり高濃度でない限り, 直接的には植物影響を起しにくい。

上記の諸点を考えあわせて, 車の排気ガスに含まれている鉛を中心に, さらに車の走行にとまらうカドミウム, ニッケルなどの重金属類の影響をみることにした。

一方, 植物の生育に比較的多量に必要な元素, いわゆる主要栄養素 (不可欠元素) として窒素, リン, カリウム, カルシウム, マグネシウム, 鉄などが含まれ, さら

\* 環境工学研究所

\*\* 名古屋大学農学部

にたとえ微量であっても、正常な生育になくはならぬ元素として、銅、亜鉛、マンガンなどの、いわゆる微量栄養元素がある。

これに対し、今の段階では鉛、カドミウム、ニッケルなどは、いずれも一般に植物に必要な元素とは解されてない。この不必要かも知れぬ鉛、カドミウム、ニッケルなどが植物体に増すらば、このことが銅などの微量栄養元素の含量レベルに対し、どの程度の影響を示すかは興味深い点である。それ故、野外条件下における樹葉および樹木に対して影響の大きい土壌中の鉛、カドミウム、ニッケルと銅、亜鉛、マンガンを測定し、影響および関係について報告する。

採取地および測定方法

採取地の選定ならびに試料の採取にあたっての主な着眼点は次のとおりである。

- (1) 路線からの直角方向の距離（離隔距離）と重金属元素の植物および土壌の含有量の相違。
- (2) 道路の交通量別の植物および土壌の重金属元素の含有量の相違。
- (3) 工場地帯と非工場地帯の植物および土壌の重金属元素の含有量の相違。

(1)については現在、名古屋市内中心部の最大の緑地であり、そのうえ、比較的交通量の多い2本の主要路線\*に囲まれている熱田神宮をえらんだ。図1、図2に示す如くこの道路からの影響を調べるために、約40~70m間隔で7地点を選び、地上から比較的高い位置（3~5m）の試料として、クスノキ葉を、比較的低い位置（1~2m）の試料としてサンゴジュ葉を採取した。

(2)、(3)については表1、図3に示す如く、工場地帯、非工場地帯のそれぞれの地域で1日の交通量が、約4~6万台、約3万台および約1万2千台の3つのレベルの計6地点について街路樹帯のイチヨウ葉を採取した。

以上について、季節的な相違を知るために採葉は昭和48年5月と10月の2回にわたって同地点で行ない、更に同一場所の土壌の表土（0~10cm）および下土（30cm）を採取した。

測定方法は、風乾試料を粉碎後、乾式灰化、酸処理、原子吸光度法で行った。なお表示は、乾燥試料に対する濃度で行なった。

\* 西側; 国道19号線. 交通量68,722台/日  
東側; 市道大津町線, 交通量24,738台/日

\*\* 交通量は昭和46年6~7月および10~11月の名古屋市の調査による

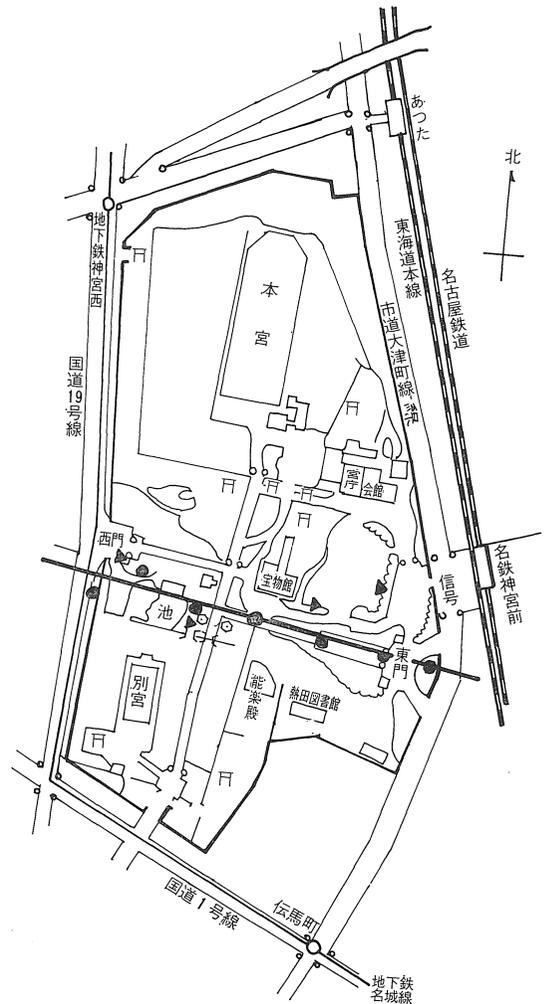


図1 熱田神宮宮域図

- クスノキ、サンゴジュ、土壌
- ▲ イチヨウ

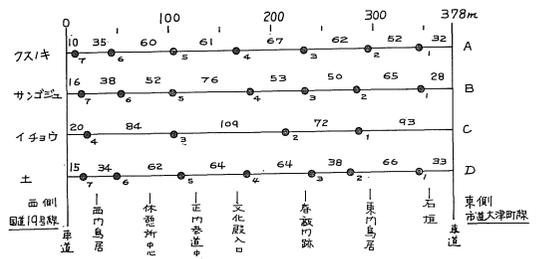


図2 樹葉および土の採取点間隔（熱田神宮）

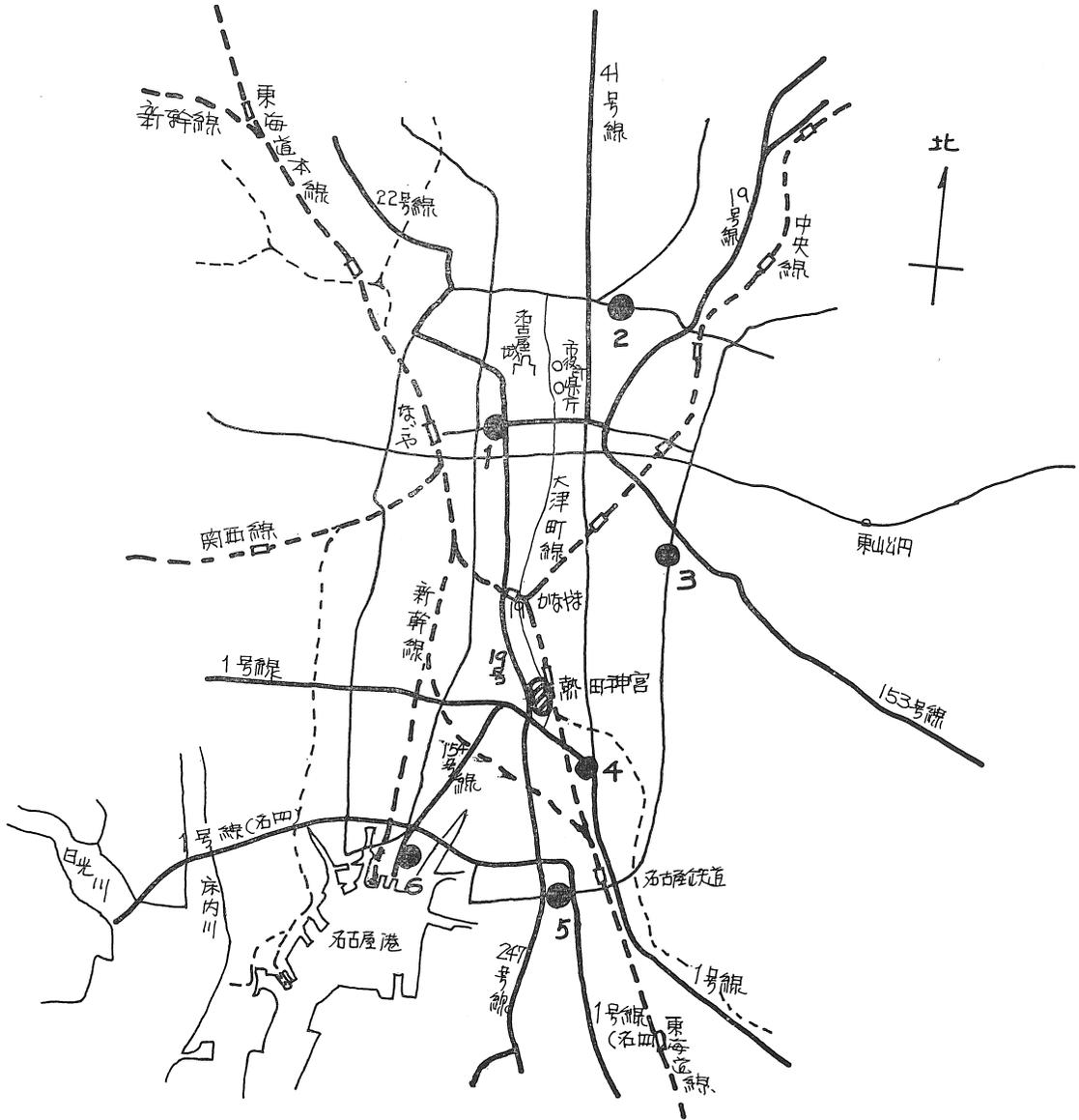


図3 名古屋市街路樹帯採取地点図

表1 街路樹帯の採取点と交通量

図のNo.	採取地点	交通量 台/日
1	中区 桜通り（伏見通）	42,068
2	北区 志賀本通り（志賀橋）	12,472
3	昭和区 阿由知通り3（御器所）	33,401
4	瑞穂区 塩入町3（松田橋）	66,431
5	南区 港東通1	28,538
6	港区 港本町（築地口）	11,684

測定結果ならびに考察

1) 樹葉の金属元素含量の一般的傾向について

(1) 季節差について

地点別、樹種別の含量を表2～5に示す。5月と10月の含量を比較すると、春から秋への間に銅、亜鉛などの増加が、ことに顕著であって、鉛、ニッケルの増加が、これにつき、マンガ、カドミウムは明瞭とはいいがたいが増加の傾向もないではない。

表2 クスノキ葉の金属元素含量(熱田神宮内採葉の分)

地 点	春 秋 別 金 属 元 素 含 量 (ppm)											
	Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Mn	
	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月
A <sub>1</sub>	9.2	8.8	—	0.36	1.8	3.2	2.4	7.4	57	32	91	181
A <sub>2</sub>	3.4	8.8	—	0.50	1.5	1.8	1.6	—	66	36	143	225
A <sub>3</sub>	5.1	6.5	—	0.38	1.3	1.6	1.3	5.3	49	26	223	200
A <sub>4</sub>	4.6	6.4	—	0.46	1.4	2.6	1.6	9.3	57	30	264	187
A <sub>5</sub>	4.2	7.3	—	0.42	1.5	4.7	0.8	6.9	49	31	156	231
A <sub>6</sub>	6.1	9.5	0.28	0.55	1.5	12.5	0.9	5.7	25	40	184	226
A <sub>7</sub>	9.4	10.2	—	0.50	2.1	5.2	1.6	7.4	56	43	201	199
平 均	6.0	8.2	—	0.45	1.6	4.5	1.5	7.0	51	34	180	207

表3 サンゴジュ葉の金属元素含量(熱田神宮内採葉の分)

地 点	春 秋 別 金 属 元 素 含 量 (ppm)											
	Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Mn	
	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月
B <sub>1</sub>	7.6	5.0	0.66	0.73	2.0	2.2	1.0	6.7	50	119	21	24
B <sub>2</sub>	7.2	5.2	0.94	0.64	2.4	3.0	1.5	6.8	84	107	82	55
B <sub>3</sub>	5.0	6.2	0.97	0.80	2.7	3.4	1.3	6.8	115	161	82	82
B <sub>4</sub>	5.7	5.3	0.60	0.57	3.2	2.9	1.9	6.4	132	191	113	102
B <sub>5</sub>	6.4	6.5	0.68	0.79	4.6	2.6	1.9	6.8	114	207	150	191
B <sub>6</sub>	6.4	5.0	1.00	0.83	4.6	2.8	2.2	6.4	90	126	87	74
B <sub>7</sub>	7.3	6.1	0.76	0.65	2.8	2.1	1.6	7.9	60	89	38	39
平 均	6.5	5.6	0.80	0.72	3.2	2.7	1.6	6.8	92	143	82	81

表4 イチョウ葉の金属元素含量(熱田神宮内採集の分)

地 点	春 秋 別 金 属 元 素 含 量 (ppm)											
	Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Mn	
	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月
C <sub>1</sub>	9.3	9.6	0.41	0.67	2.1	4.4	1.8	4.8	15	24	21	30
C <sub>2</sub>	5.6	9.9	0.36	0.77	1.9	6.3	1.6	4.0	11	22	14	18
C <sub>3</sub>	5.7	7.5	0.45	0.57	2.0	6.9	1.5	4.0	9	23	17	16
C <sub>4</sub>	6.2	12.6	0.46	0.65	1.4	11.2	1.3	6.5	12	29	57	82
平 均	6.7	9.9	0.42	0.67	1.9	7.2	1.6	4.8	12	25	27	37

表5 街路樹（市内各地）としてのイチヨウ葉の金属含量

採葉地点		交通量 千台/日	春 秋 別 金 属 元 素 含 量 (ppm)												
			Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Mn		
			5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	5月	10月	
1	中区 桜通り (丸ノ内1 錦 1)	6m 高	42	6.3	11.5	0.52	0.80	2.4	3.1	1.3	4.5	15	21	30	29
		2m 高		11.0	27.3	0.54	0.77	2.7	2.6	1.6	6.3	18	46	18	27
2	北区 志賀本通1(志賀橋)		12	8.7	15.9	0.51	0.64	3.7	3.4	1.8	5.3	19	36	20	83
3	昭和区 阿由知通3(御器所)		33	8.0	13.3	0.53	0.67	2.9	3.1	2.4	9.5	18	40	19	30
4	瑞穂区 塩入町3(松田橋)		66	7.9	22.5	0.56	0.72	3.1	3.1	2.0	7.1	24	79	15	33
5	南区 港東通(港東通1)		28	10.0	15.7	0.58	0.90	3.8	4.3	3.0	9.2	27	63	17	67
6	港区 港本町2(築地口)		12	10.8	27.0	0.57	0.83	3.5	3.4	2.4	5.4	24	117	19	43
平 均			31	9.0	19.0	0.54	0.76	3.2	3.3	2.1	6.8	21	57	20	45

表6 熱田神宮内の土壌の深さ別金属元素含量

採土地点	深 さ 別 金 属 元 素 含 量 (ppm)											
	Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Mn	
	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30
D <sub>1</sub>	162	26	1.3	0.6	32.0	9.7	44	9.1	182	195	220	188
D <sub>2</sub>	80	13	1.1	0.5	4.2	2.1	30	4.3	184	197	376	320
D <sub>3</sub>	63	11	1.2	0.5	3.4	1.8	29	7.1	116	146	254	268
D <sub>4</sub>	56	12	2.7	0.4	7.1	1.4	73	4.0	203	16	259	231
D <sub>5</sub>	77	16	2.1	0.4	4.9	0.4	71	8.4	205	59	264	196
D <sub>6</sub>	54	53	0.6	0.7	3.3	2.9	43	16.0	164	128	215	274
D <sub>7</sub>	60	57	1.6	0.7	3.8	3.5	26	6.5	109	89	217	371
平 均	79	27	1.5	0.5	8.4	3.1	45	7.9	166	119	258	264

表7 街路樹帯土壌（市内各地）の深さ別金属元素含量

採土地点		交通量 千台/日	深 さ 別 金 属 元 素 含 量 (ppm)											
			Pb		Cd		Ni		Cu		Zn		Mn	
			cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30	cm 0~10	cm 30
1	中区 桜通り (丸ノ内1 錦 1)	42	316	16	2.9	0.4	14	1.7	45	6	237	31	323	303
2	北区 志賀本通(志賀橋)	12	247	41	2.0	0.9	33	3.2	40	15	269	82	226	292
3	昭和区 阿由知通3(御器所)	33	313	58	1.2	0.6	24	3.5	167	59	177	63	201	210
4	瑞穂区 塩入町3(松田橋)	66	324	28	3.3	1.2	27	4.7	178	59	174	380	227	264
5	南区 港東通(港東通1)	28	122	59	2.3	1.0	49	3.3	77	53	221	234	319	263
6	港区 港本町2(築地口)	12	268	83	2.1	1.0	32	5.5	109	37	191	319	291	263
平 均		31	265	48	2.3	0.8	30	3.7	103	38	212	185	265	266

## (2) 樹種による差について

熱田神宮内の3樹種については、クスノキのマンガン、サンゴジュの亜鉛が目立って多く含まれているが、他の金属元素は多少差があるものの、著しい相異はない。鉛が熱田神宮に比べて、市内街路樹のイチョウに極めて多い。

## (3) 大略の含量レベルについて

神奈川農産総合研究所<sup>3)</sup>の測定した京浜工業地帯(川崎市)の測定値と比較すると、いずれの金属含量もとくに大きな差は認めがたい。すなわち、名古屋市でも川崎市でも細部の点は別として、巨視的に見れば同様の含量レベルであると云えよう。偶然かも知れぬがイチョウに比べてサンゴジュの亜鉛の含量が両市とも多く、数値もまた近い。

自然状態下の各樹葉金属含量レベル<sup>4)</sup>と比較しても、鉛を除けばニッケル、銅、亜鉛、マンガンのそれぞれの含量は一般的に普通であると見てよいと考える。

2) 土壌の金属元素含量の全般的傾向について  
地点別、深き別の含量を表6~7に示す。

## (1) 深き別含量

鉛、カドミウム、ニッケル、銅は表土に多く、亜鉛、マンガンは表土、下土ともほぼ一様である傾向が明らかである。

## (2) 市内緑地(熱田神宮)と街路樹帯における差異

市内の一大緑地である熱田神宮の土よりも、市内街路樹帯の土に、鉛、カドミウム、ニッケル、銅が明らかに多く、亜鉛、マンガンは両者とも、ほぼ同一レベルである。このように、街路樹帯において、明らかに鉛、カドミウム、ニッケル、銅などがより多く含まれている事実は、総合的に見て、都市における土壌汚染とも云うべき現象と思考する。

熱田神宮の土は、厳格な意味では、全く自然の土ではないが、しかし、人の近代的日常生活から受ける影響度は他に比べて少ないはずである。今仮りに、熱田神宮の土を基準としたとき、街路樹帯の土との差は、その数値が直ちに、走行車などの人の活動に伴う影響度を示すとはいえないにしても、かなりの重みで関連しているであろうと見てもよいだろう。少なくとも、交通などにもとづく土壌汚染の可能性を暗示すると考える。

この現象が樹葉中の各元素の含量に与える影響は、鉛のみ明らかに差異を示し、土における差との関連性が推定されるが、他のカドミウム、ニッケル、銅については明らかとは云い難い。しかしカドミウム、銅は多少ながら関連性がありそうである。

## 3) 交通量などの影響について

前述のように、樹葉ならびに土壌の各元素含量の一般

的傾向から見れば、街路樹葉の表土に鉛、カドミウム、ニッケル、銅などの含量が明らかに多い。その上に生育するイチョウ葉では、とくに鉛の含量が明らかに高く、不明瞭ながらも、カドミウムならびに銅もやや多い傾向を示す。

これらを総合して、街路樹帯において、いずれかと云うと、車などの走行にともなって飛散されたと思われる諸金属、すなわち鉛が主であるが、その他カドミウム、ニッケル、銅などによる都市型土壌汚染と思われる現象がみられる。

## (1) 路線からの影響について

樹葉の金属元素含量の路線からの影響で、クスノキ葉では、5月試料では、両路線に最も近いA<sub>1</sub>ならびに、A<sub>7</sub>の葉に鉛、ニッケル、カドミウムが明らかに多く、10月試料では鉛のみそうであるが、ニッケルと銅が道路寄りの葉に多い葉相も推定される。

サンゴジュ葉では、とくに道路寄りの葉に鉛などが多いとは云えない。

しかし、イチョウ葉について見ると、地点数が少ないので、十分な比較ができないが、道路寄りのC<sub>1</sub>とC<sub>4</sub>とに鉛が多く、ニッケル、銅も道路寄りの葉に、より多く含まれる傾向がみられる。

このように、樹種による地点別の金属元素含量の差異はまちまちではあるが、鉛含量のみを比較するとイチョウ、クスノキはほぼ同一レベルであるのに対し、サンゴジュはやや低い。

このことは京浜地帯においてもイチョウの方が高い。

又亜鉛が逆にサンゴジュに多い。これらの差が樹種の特性に由来する、すなわち蓄積植物であるかどうかは今後の研究事項の一つと考えている

土壌の金属元素含量に対する路線からの影響は、両路線にもっとも近い採土地点のD<sub>1</sub>とD<sub>7</sub>についてみると、D<sub>1</sub>では表土の鉛とニッケルとが他に比して、きわめて多く、路線からの影響はほぼ明らかと云いえるが、D<sub>7</sub>の表土の鉛は、中央部のそれとほぼ同じであるが、D<sub>6</sub>と共に下土の鉛がやや多い。それ故にD<sub>7</sub>もまたある程度の路線からの影響を否定し難い。しかしこのことはD<sub>1</sub>が熱田神宮駅前(名鉄)に近く、又ごく近くに交通信号機もあって自動車も赤信号に従い、ブレーキのかかる回数が多いので多い地点に近い。これに対しD<sub>7</sub>は、走行車数は多いけれども、信号がなく、全部が通過車であり、又道幅も広く、通風度も比較的良好なことによると考えたい。

## (2) 交通量レベルと鉛含量

街路樹としてのイチョウ葉の鉛含量と交通量との関係ははっきりしない。このことは裏通りなどの交通量などが加味されていない点と、地形地物の影響にもとづく拡散条件の差異などが関連していると考えたい。この点に

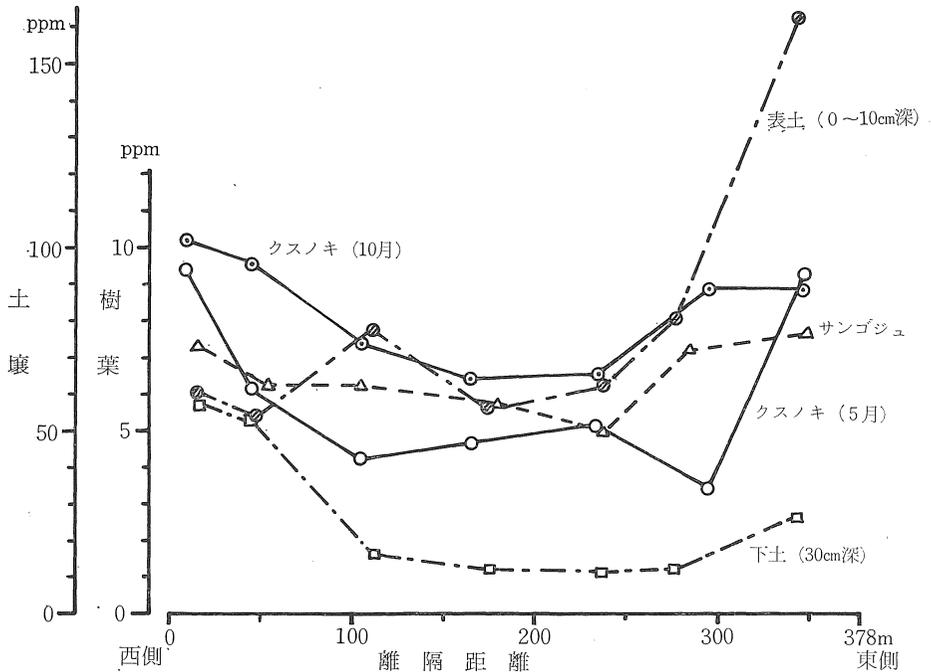


図4 路線からの影響  
(離隔距離と樹葉, 土中のPb)

関して、市街地での交通量調査は路線毎の他に、裏通り、横の路線も含めて、土地面積当りの交通密度として、とらえる必要性を感じる、

4) 鉛などの植物の生育に及ぼす影響

Broyer<sup>5)</sup> Jones<sup>6)</sup> らは草本植物の実験室条件下で鉛の植物に対する影響について報告しているが、樹木に対してはみあたらない。故に樹木に対しても、ほぼ同様な傾向があるであろうと仮定し、すなわち、樹葉の鉛含量が約10~15ppm位であるならば、樹木に対する鉛の影響は生じにくいであろうとの推定にたつならば、熱田神宮内のクスノキ、サンゴジュ、イチヨウは鉛含量に関する限り、少なくとも重大な影響を受けているとはいいがたい。これに対し、街路樹帯のイチヨウ葉は、秋になって数地点において20ppmを越えているので影響を受けるかも知れぬ可能性が考えられる。しかし断定することは出来ない。

植物の適当な生育に必要と思われる金属含量値<sup>4)</sup>と比較して、熱田神宮のクスノキのマンガンがやや多く、サンゴジュの亜鉛が多く、イチヨウは普通であるといえよう。これらの樹木の外見上でクスノキ、サンゴジュの生育はむしろ良い状態である。

一方街路樹のイチヨウでは銅、亜鉛は普通の状態だが、マンガンがやや少ないのは土壌のマンガンが少ない

傾向にあることに起因していると推定する。

しかし、いずれも著しく過剰とも過少ともいいがたく、巨視的には、むしろ普通の含量レベルにあると見る方が、より妥当と思われ、少なくとも、銅、亜鉛、マンガンに限り、重大影響があるとはいいがたい。

結論

1) 樹葉の場合、いずれの金属元素も特に多量含まれているとはいいがたい。しかし鉛についてみると自然状態下に比較すると、その含量は多く、熱田神宮が平均9.9ppmに対して、街路樹帯では平均19.0ppmと多く、さらに5月にくらべて、10月の含有量が熱田神宮では平均6.7ppmが9.9ppmに対して、街路樹帯では平均9.0ppmが19.0ppmと増加し、街路樹帯の方のその増量が多い。このことは車による汚染によるものと考えられる。

その他ではサンゴジュの亜鉛、クスノキのマンガンが他にくらべて多いのは、樹種の特長(蓄積植物)に由来しているとも考えられるが不明である。

2) 土壌の場合、鉛、カドミウム、ニッケル、銅が下土より表土に多く、緑地帯(熱田神宮)より街路樹帯に多いことから交通量などにもとづく都市型土壌汚染の可能性を示している。

土と樹葉の関連性については、鉛についてはうかがわれるが、カドミウム、ニッケル、銅については明らかで

はない。

3) 交通量の路線からの影響をみると、クスノキ、イチヨウでは道路寄りの樹葉中の鉛、ニッケル、銅が多いが、サングジュではその傾向がみられない。このことは樹高の低いサングジュの周辺に高いクスノキなどが存在することによると考える。

この中の鉛についてみると、交通量の影響は、土壌については単なる交通量の他、信号の有無、道幅の程度、通風量などがあるが、はっきりしない。

4) 鉛などの植物の生育に及ぼす影響をみると、草本植物の実験室条件下の場合の資料が、樹葉に対しても、ほぼ同様な傾向にあるであろうと仮定してみると、熱田神宮では、鉛含量に関する限り、少なくとも重大な影響を受けているとは云い難いものに対して、市内街路樹では、

秋になって数地点で 20ppm を越えているので、影響を受けるかも知れぬ可能性が考えられる。しかし断定はできない。

その他の金属元素については、いずれも著しく過剰とも過少ともいいがたく、巨視的には普通の含量レベルにあると見る方が、より妥当と考え、少なくとも、銅、亜鉛、マンガンについては重大影響があるとは云い難い。

終りにのぞみ、この研究を行なうに当たり試料採取にご高配を戴いた名古屋市公害対策局および熱田神宮林苑課の方々、さらに実験にご協力を戴いた応用化学科学生大橋昌己、岡部正利両君に深く謝意を表す。

(昭和49年11月、日本薬学会第1回環境汚染物質とそのトキシコロジーに関するシンポジウムにおいて講演)

## 文 献

- 1) 門田正也; 大気汚染研究 **2** (1968) 219  
中島康博ら; 福岡県林試時報 **16** 21 (1970) 23  
辻 義人ら; 大気汚染研究 **3** (1968) 72  
門田正也; 同誌 **5** (1970) 158  
Faller, N et al ; Plant Soil **33** (1970) 177  
Heagle, A. S ; Phytopathology **60** (1970) 252
- 2) 前野道雄; 大気汚染研究 **4** (1969) 136  
同 ; 同誌 **5** (1970) 155,  
同 ; 同誌 **5** (1970) 156,  
Lagerwerff, J. V. et al ; Environ. sci. Techn. **4**  
(1970) 583
- 3) 神奈川県農業総合研究所; 大気汚染物質が園芸作物等に及ぼす影響に関する共同研究成績書 (I)  
(1972)
- 4) Guha, M. M. et al; Plant & Soil **24** (1965) 323  
Gerloff, G. C. et al ; ibid **25** (1966) 393  
Young, H. E. et al ; Tappi **49** (1966) 190  
Reichle ; Analysis of Temperate Forest  
Ecosystems (1970)
- 5) Broeyer, T. C. et al ; Plant & Soil **36**(1972)301
- 6) Jones, L. H. P. et al ; ibid **38** (1973) 403