

## ケヤキの葉分析結果と樹勢との関係について

大橋 毅 鈴木 三郎  
(公害局水質保全部)

### 1 はじめに

当部では都内樹木の目測観察による樹木活動調査を経年的に実施してきた<sup>1), 2)</sup>。これは大気汚染が樹木に及ぼす影響の実態を把握することを主な目的としている。

その結果、1970年～1971年にはケヤキの早期異常落葉や葉色の早期悪化現象が目立っていたが、1976年頃からこれらの悪化現象が軽減してきたことが明らかとなった。これにともないケヤキの総合的な評価である樹勢についても、都心部を中心として徐々に回復しており、対照地点(福島県白河市)の評価値との差も小さくなってきた<sup>3)</sup>。このような変化は、主として大気汚染状況の量的・質的な変化に対応しているとみられる。

目測観察は樹木の正常な生育状態からのずれの度を判断し評価するものである。このため観察者の経験とそれにもとづいた直観に負う部分が多い。従って観察者の相違による誤差や、観察時の気象条件による誤差(明るさ、影の有無などによる)などを生ずる。このため比較的狭い範囲での地域差の検討や、長期間における樹勢の変化などを論ずるためには、目測観察を補完しうる客観的なデータが必要とされる。

樹木の活力を客観的に判断する方法を開発することにより、環境条件の変化との関係について詳細な検討ができる。その結果、樹木を長期にわたる環境指標植物として利用することが可能となる。

今回は、客観的な樹木活力評価法の検討を行うに際し、その基礎データを得る目的でケヤキ葉および枝中の重金属類(Fe・Mn・Zn・Cu・Pb)と多量要素類(K・Ca・Mg・P・S・N)について分析した。さらに目測観察値と葉成分含量との関係について若干の検討を行った。

### 2 調査方法

#### (1) 目測観察方法

科学技術庁資源調査所の簡易調査法<sup>4)</sup>にもとづいて行った。調査地点は日比谷、清澄、代々木、神代、井の頭、砧、狭山の7都立公園と、山間部の檜原、街路樹の調布、晴海の計10地点である。対照地点は福島県白河市、および棚倉市とした。調査地点の分布図を図1に示す。調査株数は、公園樹については各地点15～20株、その他の地点は3株とした。

- |         |            |
|---------|------------|
| 1 日比谷公園 | 6 砧公園      |
| 2 清澄庭園  | 7 狭山公園     |
| 3 代々木公園 | 8 檜原       |
| 4 神代植物園 | 9 調布(街路樹)  |
| 5 井の頭公園 | 10 晴海(街路樹) |

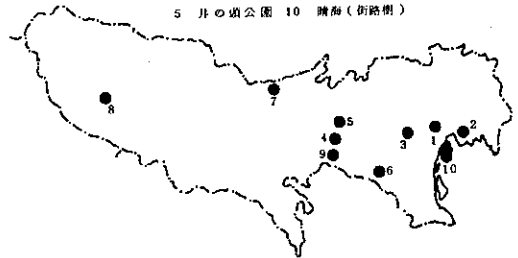


図1 調査地点の分布

#### (2) 葉および枝の分析法

##### ア 採取時期および採取株の選定

採取時期は1977年5月～9月とし各月の中旬を採取日とした。各地点における採取株は公園内の標準的な環境に生育する株を選定した。採取株数は3～10株で、各株における枝、葉の採取位置は原則として南面の4～5mの高さとし、1株につき4～5枝採取した。

##### イ 前処理

採取枝の最上位および最下位の2葉づつを除いた葉を2分し、洗浄葉サンプルと未洗浄葉サンプルとした。洗浄は清浄なガーゼを用い蒸留水で行なった。なお7月には採取枝を年枝ごとに区分して細断し、分析に供した。灰化はN分析を除き硝酸-過塩素酸による湿式灰化法によった。

ウ 分析法

Fe・Mn・Zn・Cu・Pb・Ni・K・Ca・Mg……

原子吸光度法(ジャーレルアッシュMII)

P……バナドモリブデン酸法, S……塩化バリウム・ゼラチン法, N……ケルダール法

3 葉分析結果

各地点の7月の分析結果(乾物重あたりの含量平均値)を表1に示す。

(1) 葉内含量の地域の特徴

表1および図2に示すとおり, 洗浄葉の葉内含量は, 各成分によりその地域的傾向が異なっていた。

そのうち明確な地域の特徴を示すものはSである。Sは都心部の日比谷・清澄で高く, 代々木・砧・井の頭・神代・狭山の順に含量が低下し, 山間部の檜原では最低値を示した。これは1971年の結果と同様であり, SO<sub>2</sub>汚染分布傾向とも大略的に一致している<sup>5)</sup>。Fe(7月)とZnも都心部で相対的に葉内含量が高い傾向が認められた。

KとPは日比谷・晴海・清澄で相対的に高い値を示していた。またこれとは反対にMnは, 日比谷・晴海で低く狭山・井の頭では高い値であった。K・P・Mnの地域差は東京湾沿岸部と内陸部との土壌性の相違によるものと思われる。

また, Cu・Ca・Mg・N(9月)の葉内含量は大略的にみて地域差は認められなかった。

(2) 葉内含量の季節変化

葉内成分の季節変化は図2に示すとおりである。5月から9月にかけて増加傾向を示すものはMn・Zn・Caで, 減少傾向にあるのは, Cu・K・Mg・P・Sであった。

Feは都心部の日比谷・代々木・清澄では7月に最も高い値を示すが, 井の頭・狭山・調布では増加傾向を示しており, 地点によっては季節変化の傾向が異なっていた。また, 季節による変化量の葉内含量に対する変化率は一般に重金属のMn・Zn・Cuでは小さく, 多量要素のK・Caでは大きい傾向が認められた。

(3) K+Ca+Mgの値について

一般に葉内においてK+Ca+Mgの値は同一レベルに保たれる傾向を示すといわれている。5月~9月のK・Ca・Mgの合計値は平均値として各々3.62%, 3.59%, 3.85%となる。平均値の月変化としては大きな変化はないといえよう。

図3に各地点ごとのK+Ca+Mgの値を示した。図で明らかなように, 日比谷・清澄では5月から9月にかけて明確な増加傾向を示している。一方その他の地点では7月に低い値を示し, 変動も小さい。これらの変動パターンの相違の意味については評価基準がないが, 土壌化学性の相違との関係が深いと思われる。土壌の相違が樹木に与える影響をみる上で今後さらに検討を加えていく必要がある。

(4) 葉面付着量について

洗浄葉と未洗浄葉の含量差をとり乾物重1gあたりの付着量として, その大略的な傾向を把握した。

表1 1977年7月の葉含量平均値

場所	Fe ppm		Mn ppm		Zn ppm		Cu ppm		Pb ppm		Ni ppm		K %		Ca %		Mg %		P %		S %	
	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗	未洗	洗
日比谷	565	244	362	321	173	162	90	6.1	7.6	6.1	3.2	2.3	1.56	1.53	2.61	2.65	0.178	0.173	0.125	0.127	0.242	0.244
清 澄	640	322	742	718	264	249	100	8.2	8.9	6.1	3.5	3.1	1.51	1.41	2.29	2.26	0.186	0.184	0.145	0.143	0.214	0.202
代々木	509	291	482	455	155	152	72	6.4	5.7	4.4	3.0	2.1	0.99	1.01	2.33	2.35	0.192	0.197	0.126	0.123	0.185	0.181
神 代	339	188	523	478	109	122	65	6.0	3.8	3.8	2.5	1.8	1.01	1.00	2.24	2.19	0.190	0.189	0.119	0.122	0.102	0.110
井の頭	281	143	1581	1523	131	159	64	6.2	6.3	6.0	2.2	1.7	0.97	0.93	1.82	1.83	0.206	0.206	0.120	0.115	0.144	0.132
砧	309	181	643	598	156	171	69	6.4	7.8	7.3	2.6	2.1	1.18	1.12	2.21	2.23	0.190	0.190	0.111	0.119	0.162	0.161
狭 山	277	152	3036	2978	117	137	65	6.2	8.6	4.8	2.8	2.5	1.09	1.06	2.25	2.29	0.176	0.176	0.125	0.120	0.113	0.114
調 布	712	196	528	432	487	208	88	6.6	1.29	11.8	2.1	2.1	1.00	0.96	2.37	2.11	0.192	0.188	0.095	0.097	0.209	0.181
晴 海	595	158	274	202	265	165	84	5.9	11.1	11.3	3.3	2.5	1.36	1.38	2.22	2.32	0.150	0.155	0.119	0.129	0.267	0.255
檜 原	215	112	1023	978	104	106	52	5.6	5.9	4.2	1.8	1.9	1.05	1.15	2.39	2.47	0.169	0.171	0.092	0.094	0.100	0.104

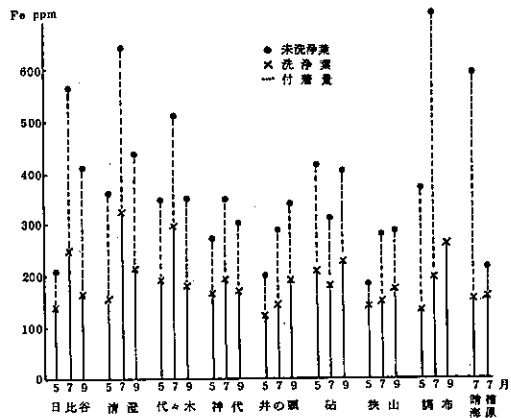


図2-1 Feの葉含量

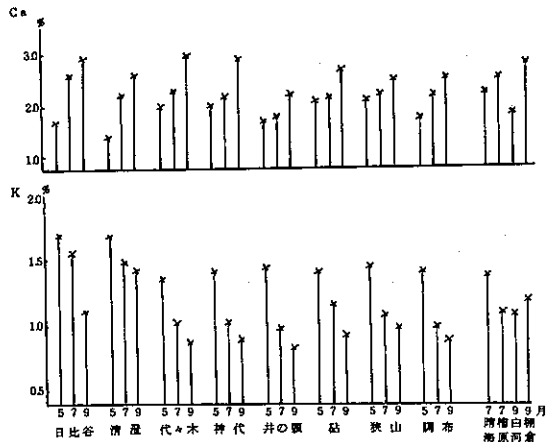


図2-4 KとCaの葉含量

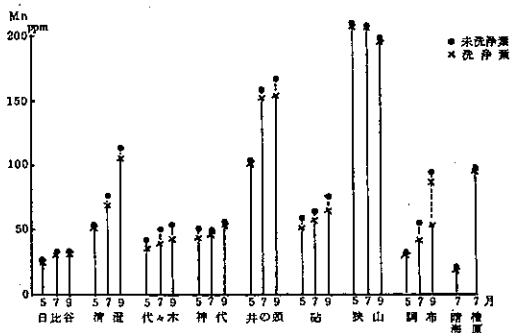


図2-2 Mnの葉含量

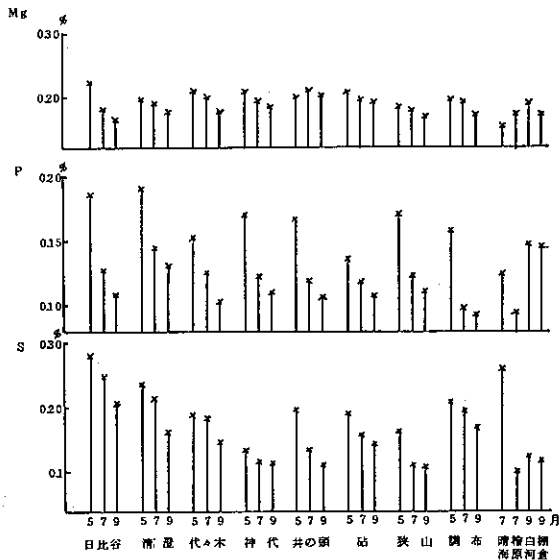


図2-5 Mg, P, Sの葉含量

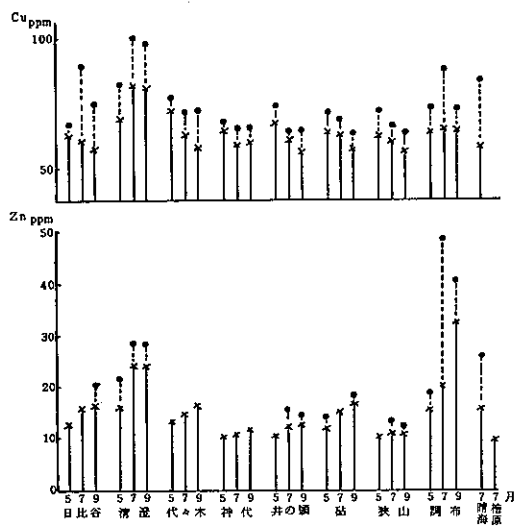


図2-3 ZnとCuの葉含量

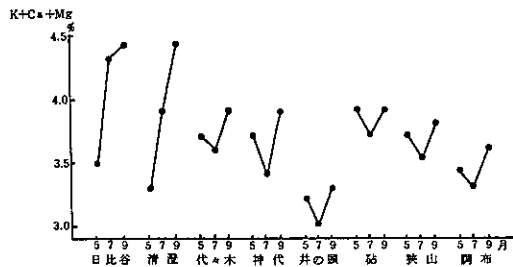


図3 K+Ca+Mgの葉含量

図4に各重金属類の葉面付着率(付着量/葉内含量)を示す。

葉内含量に対して相対的に付着量の多いものは重金属類のFe・Zn・Cu・Pbであった。これらは都心部の日比谷・清澄・代々木と街路樹の晴海・調布で付着率が高い傾向を示した。Mnは他の重金属とは異なり付着率が低かった。

多量要素のK・Ca・Mg・P・SはMnと同様付着率が低い。

図5はFe付着量の季節変化を示したものである。一般的に7月の付着量が最も多かった。これは8月の長雨による洗浄効果のためと推察される。

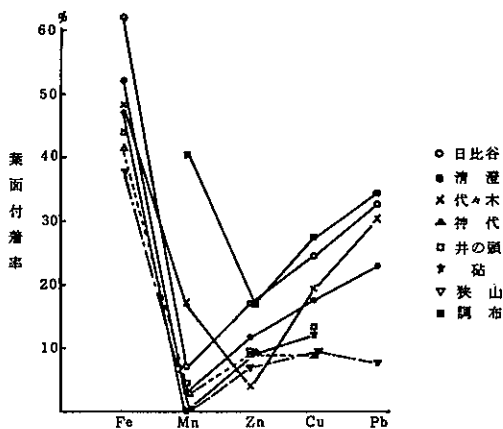


図4 葉面付着率(9月)

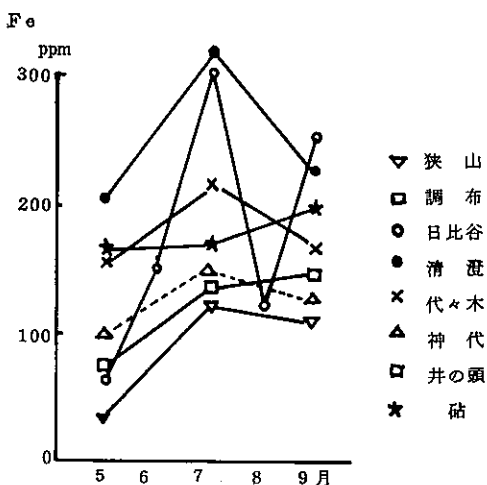


図5 Feの葉面付着量の変化

(5) 枝中含量

ア 年枝別枝中含量について

7月葉サンプルの枝につき、年枝ごとに区分してその成分含量を分析した。年枝ごとの含量平均値を表2に示す。また図6に年枝別枝中含量および対応する葉中含量を示した。表および図をみれば明らかのように、枝中含量は1年枝が最も高く2年枝、3年枝になるに従って含

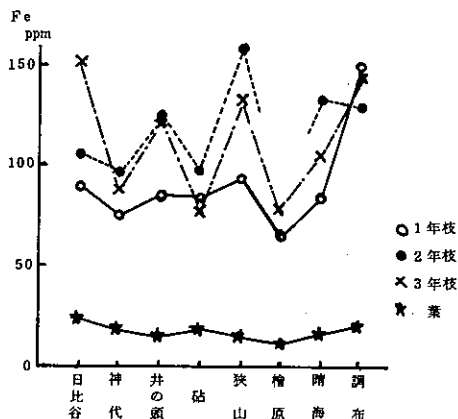


図6-1 Feの枝中含量(7月)

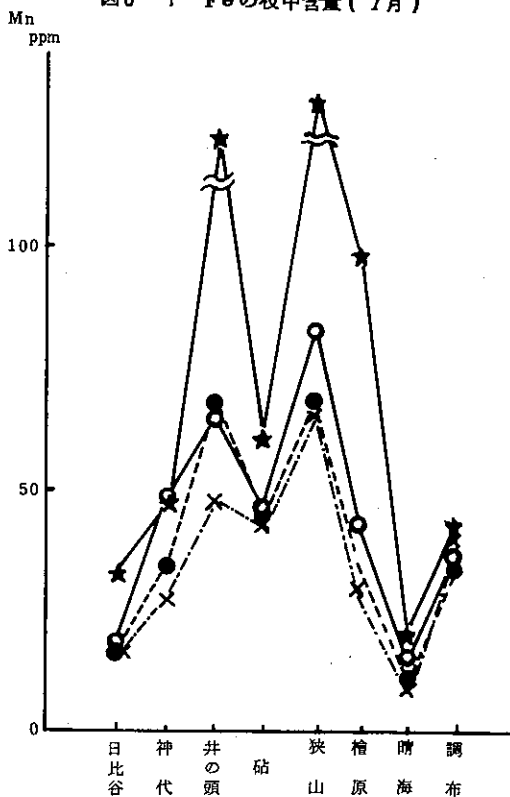


図6-2 Mnの枝中含量

表 2 葉 と 枝 の 平 均 含 量 の 特 徴

	全サンプルの葉内平均含量と変動係数			葉		葉と年枝の含量関係	枝			
	5月	7月	9月	季節変化傾向	7月含量の地域的特徴		1年枝平均含量	2年枝平均含量	2~3年枝除量の特徴	
	ppm (0.251)	2083 (0.385)	2057 (0.291)				918	1198		
重 金 属 (ppm)	Fe	163.1 (0.251)	2083 (0.385)	2057 (0.291)	地点により異なる。	日比谷・清澄・晴海の 都心部で高い	葉>2, 3年枝>1年枝	918	1198	2~3年枝除量の地域的特徴 鉄山・井の頭・晴海・調布 で高い
	Mn	72.9 (0.900)	908 (0.961)	1097 (0.763)	増 加	日比谷・晴海で低く 鉄山・井の頭で高い	葉>1年>2年>3年枝	45.4	40.5	鉄山・井の頭で高く、晴海 日比谷で低い
	Zn	12.9 (0.264)	185 (0.268)	191 (0.355)	増 加	都心部で高い	1, 2, 3年枝>葉	27.9	27.7	調布で高い他はほぼ同じ レベル
	Cu	6.8 (0.158)	6.5 (0.168)	6.3 (0.200)	減 少	清澄でやや高いが 他地点は同レベル	1年>2年>3年枝>葉	9.4	8.4	調布で高く、晴海・日比谷 で低い
	Pb	-	63 (0.627)	51 (0.249)	-	新緑街の調布・晴海で高い	2, 3年枝>1年>葉	6.4	8.57	井の頭・鉄山・調布・晴海 で高い
多 量 元 素 (%)	K	1.44 (0.172)	1.14 (0.254)	0.99 (0.263)	減 少 5月~7月の変化大きい	日比谷・清澄・晴海の 都心部で高い	葉>1年>2年>3年枝	0.652	0.462	地域差なし
	Ca	1.96 (0.265)	2.27 (0.219)	2.74 (0.224)	増 加 日比谷・清澄の変化大	井の頭で低い他は地域差なし	葉>1年>2, 3年枝 日比谷・清原では葉<1年枝	2.40	2.28	晴海・調布で高く 結で低い
	Mg	0.200 (0.123)	0.186 (0.144)	0.175 (0.164)	減 少 井の頭は7月にピークあり	地域差少ない 日比谷における季節的変化大	葉>1年>2年>3年枝	0.130	0.097	晴海・晴海でやや低い 他は同レベル
	P	0.163 (0.0210)	0.120 (0.0200)	0.114 (0.0269)	減 少	調布(新緑街)を除き 地域差少ない	葉>1年2, 3年枝 調布では葉<1年枝	0.099	0.100	地域差なし
(%)	S	0.192 (0.0285)	0.163 (0.0320)	0.139 (0.0264)	減 少	都心部で高く山間部で低い	葉>1, 2, 3年枝	0.083	0.086	-

量が低下するものと、その反対の傾向を持つものに分けられる。1年枝>2年枝>3年枝となるのはK・Ca・MgでP・Mnもその傾向にあった。これらはCaを除き植物体を移動しやすい元素で、一般に葉中含量は枝より高い。

反対に3年枝>2年枝>1年枝となるのはFe・Pbであり植物体中の移動はKなどに比較して困難とされている。

さらに葉中含量との関係は表2のとおりで、Feは葉>2~3年枝>1年枝となり、Pbでは2~3年枝>1年枝>葉となっている。これらの相違は、Fe・Pbの植物体中の移動性の相違と共に葉面吸収の量的な相違をも考慮すべきと思われる。

1 枝中含量の地域的特徴

枝中含量と葉中含量の地点間比較については図6に示すとおりである。

Fe・Pbなど植物体中を移動しにくいものは葉中含量に比較して枝中含量の地域差が明確に表われるようであった。特にその傾向は1年枝より2~3年枝で明らかである。CuもFe・Pbと同様な傾向を示した。

Mnはこれらとは異なり枝中含量の地域分布傾向は葉中のそれと同様である。これは前述したようにMnの植物体中の移動が容易であるためである。

以上のように枝中含量は、葉中含量より土壌性の相違

を明確に反映していると考えられる。

(6) 葉内成分の自己相関

各月ごとの全サンプルにつき葉成分の変動係数を求めた。変動係数は大きい順に、 $Mn \geq Fe \cdot Ni \cdot Zn > K \cdot Ca \cdot Cu > Mg \geq S > P \cdot N$ となり、一般的に重金属のばらつきが大きいことがわかった。

洗浄葉における各成分の自己相関をとると、5月、7月、9月ともP・K・Cuの互いの相関が良かった。Nは9月のデータしかないが、これを含めると9月においてはN・P・K・Cuの4成分の相関が良いことがわかった。

葉成分相互作用としてNとP、NとKには強い拮抗作用があるとされているが、今回の結果ではN・P・Kには正の相関が認められた。これは9月に入るとクヤキ葉の老化が各株の個体差に応じて徐々に進行しN・P・Kの葉からの転流が起るためと考えられる。

CuはNとの相関が最も良く、相関係数  $r = 0.850$ ,  $n = 49$  で1%の危険率で有意の相関が認められた。これはCu-たんばく質として存在するCuとたんばく質中のNとの関係による部分が大きいと思われる。

またSは5月から9月までZnおよびKと正の相関関係が認められた。またSとMnは季節を通じ弱い負の相関関係にあった。

なお重金属相互では、洗浄葉においてFeとCu、Zn

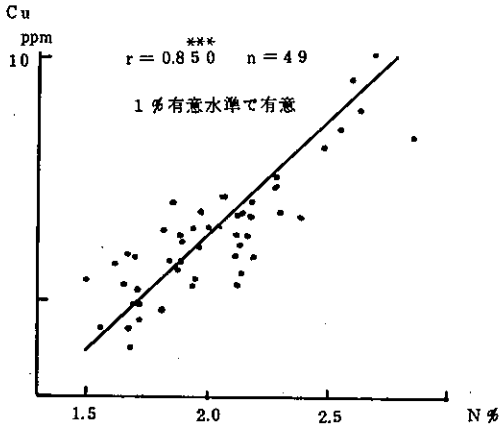


図7 CuとNの相関

とCu, FeとPb, ZnとPbの相関関係が認められた。

(7) 目測観察結果と葉成分含量との関係

経年的な樹勢変化と汚染物質等の環境条件の変化との関係については別途報告することとし、ここでは、1977年の目測観察結果および葉面積などの計測結果と葉成分分析結果との関係について検討した。

その結果7月調査における樹勢と葉内重金属含量との間には良い相関関係は認められなかった。また7月のK・Ca・Mg・Pについても樹勢と良い相関関係にはなかった。

ある程度の相関が認められたのはNと樹勢( $r=0.5436, n=43$ )およびNと枝葉の密度( $r=-0.4664, n=43$ )である。また9月調査の葉色とN・P・K・Cuとの間には相関関係が認められた。1例として図8に葉色とP含量との関係を示す。

なお7月の葉色とP・K・Cuとの相関関係は9月より明確ではなかった。

また葉計測値の自己相関では、葉面積と伸長量、着葉

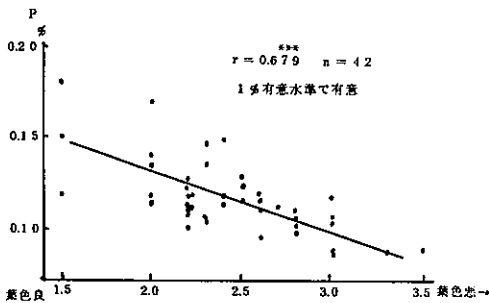


図8 Pと葉色評価値との相関 (1972年9月ケヤキ)

数と伸長量、葉重と伸長量との間に正の相関関係が認められた。しかし樹勢と葉計測値との間の相関は良くなかった。

以上のように樹勢と重金属含量との間には良い相関関係が認められなかった。これは都内の重金属含量レベルではケヤキの樹勢に大きな影響を及ぼすに至らないと解釈して良いであろう。

また樹勢と若干の相関関係が認められた葉内Nについては、今後さらに検討を加えてゆく予定である。

4 まとめ

① 客観的な樹木活力評価法の検討を行なうに際し、その基礎データを得る目的でケヤキ葉および枝中の成分分析を行ない、葉内成分レベルを地域的、季節的に把握した。

② 都内における各地点の葉内含量平均値(1977年7月)はFe 110~320 ppm, Mn 20~300 ppm, Zn 10~25 ppm, Cu 5.6~8.2 ppm, Pb 4.2~1.8 ppm, Ni 1.8~3.5 ppm, K 0.9~1.5%, Ca 1.8~2.7%, Mg 0.16~0.21%, P 0.09~0.14%, S 0.10~0.26%であった。

③ 葉内含量では、Fe・Zn・S・Cuは相対的に都市部で高く、山間部で低い地域分布を示した。Mnは日比谷、晴海で少なく、井の頭、狭山で多かった。これは土壌成分の相違によると考えられる。

④ 葉面付着量は葉内含量より明確な地域傾向が認められ、Fe・Zn・Cuは都市部で高い値を示した。葉面付着率はFe 40~60%, Pb 10~35%, Cu 10~25%, Zn 5~15%程度でMnの付着率は葉内含量に比較してごくわずかであった。

⑤ 枝中含量は1年枝では大略葉内含量と同様の地域分布を示すが、2~3年枝は大きく異なり、土壌成分との関係が深いと推察された。またPbの枝中含量は葉の10倍以上と高かった。

⑥ 葉内成分の内部相関については、N・P・K・Cuが互いに良い相関関係にあることが認められた。

⑦ 目測観察値と葉内成分との関係では、葉色とN・P・K・Cuとの間にある程度の相関が見出された。また樹勢および枝葉の密度とNとの間にも相関関係が認められた。

以上のように現時点における都立公園内ケヤキの葉中成分含量などについては、ある程度の知見を得ることが

できた。樹勢など目視観察値を客観的に裏づけるには、葉成分含量だけでなくさらに多くの検討が必要であろう。

おわりにあたり調査に際し多大な御協力をいただいた建設局公園緑地部および公園関係者の各位に謝意を表する。

#### 参 考 文 献

- 1) 古明地 哲人, 沢田 正, 野内 勇: “毎木調査による被害状況”, 東京スモッグに関する調査研究(第2報) 374-397, 東京都公害研究所(1972)
- 2) 古明地 哲人, 沢田 正, 野内 勇, 大平 俊男 “大気汚染による都市樹木の衰退に関する調査”, 東京スモッグに関する調査研究(第3報), 521-541, 東京都公害研究所(1974)
- 3) 大橋 毅, 鈴木 三郎, 他 “大気汚染と公園樹木の衰退”, 公害研究報告書(大気編) 155-187, 東京都公害研究所(1976)
- 4) 科学技術庁資源調査会, “高密度地域における資源利用と環境保全の調査に関する報告書”, (1972)
- 5) 沢田 正, 大平 俊男 “樹種別の被害症状について”, 東京スモッグに関する調査研究(第2報) 405-408, 東京都公害研究所(1972)