

# 京都における大気汚染と樹木の活力度との関係

本 城 尚 正

TAKA AKI HONJYO

Relation between air pollution and vitality of tree in kyoto

**要旨:** 最近、環境悪化にともない市街地の樹木の衰退が目立っている。本研究は、この樹木の衰退を早期にしかも的確に判定しうる手法を考究し、さらに大気汚染等環境悪化に敏感に反応し、指標植物として用いることのできる樹種について検討した。その結果以下のことが認められた。すなわち

- 1) 健全な樹木の葉ほど赤外線領域での分光反射率は高い傾向にある。
- 2) 環境汚染(二酸化硫黄)濃度とその地点に生育する植物の葉の分光反射率(赤外線領域)との間には、負の相関関係が認められた。
- 3) 葉中の全硫黄量の値が大きいほどその地点の環境汚染(二酸化硫黄)濃度は高い傾向にある。
- 4) 葉中のクロロフィル量, C・N 量などと環境汚染濃度との関係は一部で認められたが追究を要する。
- 5) カエデ葉, クロマツおよびヒマラヤシーダーの当年生針葉は、環境悪化に敏感に反応し、指標植物として適している。特にカエデ葉が、今回の測定法では、最も活力を判定しやすい樹種と推定された。

## I ま え が き

都市およびその周辺での公園樹や街路樹などの樹勢の衰退が目立つようになった。新井<sup>1)</sup>(1973)は、東京全域において、天然記念物に指定されている名木の調査を行っている。その結果、アカマツ、モミ、ツガ、スギ、ヒノキなどでは健全なものかなかったと報告されている。このまま環境の悪化が進めば、植物だけでなくわれわれ人間も危険にさらされるであろう。

一般に都市およびその周辺での樹勢衰退の原因は、過密なモータリゼーションに加えて、工場からの排煙、各家庭の冷暖房などによる大気汚染に起因するものと判断されがちである。勿論大気汚染も大きなウェイトを占めているが、その他に不透水域の拡大、生活排水による水質汚濁など土壌条件や水分条件の悪化なども忘れてはならない因子であろう。

京都市は戦災からのがれ、文化的、歴史的風土が比較的良く保存されて“みどり”多い独特の景観美をかも

し出している。そのうえ、戦後の復興事業や高度成長政策による産業発展の影響を受けることも少なかった。しかしながら近年、環境悪化による樹木への影響が指摘され、事実いままでの調査結果で<sup>2),3)</sup>、樹勢が衰退している地域が見受けられた。だが現時点では、樹木衰退の早期診断法、また、それに用うべき樹種ならびに樹勢回復等に具体的な方法は、いまだ確立されていない。

そこで筆者は、最近いろいろな方面で利用されつつある分光放射計を用いて、数種の樹木の葉の分光反射率を求め同時に葉分析も行って、樹木活力の評価を試みた。その結果若干の知見をえたので報告する。

本研究遂行にあたり多大の御便宜を与えていただいた京都大学武居有恒教授、同神崎康一助教授、京都府立大学本吉瑠璃夫教授に深く謝意を表します。

また、実験および試料採取にあたって御協力いただいた、京都府立大学妹尾俊夫博士ならびに小池敦夫、塩野裕司、中江三郎の諸氏に心よりお礼申し上げます。

この報告は、昭和50年度文部省科学研究費補助金に

京都府立大学農学部附属演習林研究室

Experimental Forest station, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto, Japan.

昭和51年7月29日受理

よって行った研究成果の一部である。

## II 供試材料および実験方法

市街地における環境変化の指標を選ぶ対象として、樹木をとりあげた。その理由は、樹木は同一場所で数十年間生育をつづけ、一時的あるいは長期的な環境の変化に対応した生育の集積が、幹、枝、葉等に特殊な変化として見出されるからである。

さらに、樹木の活力と生育環境との相関関係を探究し、生物指標の探索を試みるためには、環境汚染濃度

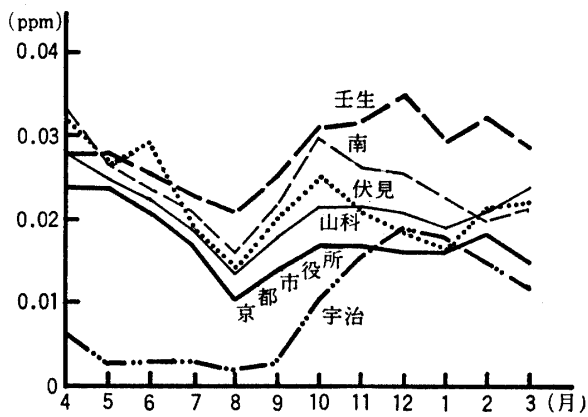
等環境条件ができるかぎり明らかにされている地点を調査対象地にとり、また供試樹種として、市街地ならびにその周辺において、どこにでも生育している樹種を選ぶことが必要である。以上のような必要条件を満足する地点、樹種として、1)に掲げる調査対象地点と樹種を選び、2)、以下に示す項目について測定を行った。

### 1) 調査対象地点と樹種

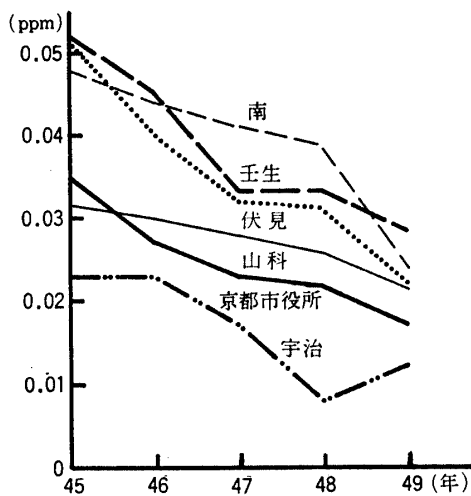
京都における二酸化硫黄の環境汚染濃度測定結果<sup>4)</sup>を参考とし、表一1に示した大気汚染測定局近くを測

表一1 調査地点および供試樹種

用途別地域	測定局	調査地	樹種
準 工 業	壬 生 (京都市中京区市衛生研究所)	市民病院 (京都市中京区壬生東高田町) 西大路五条 (京都市中京区西大路五条)	カ エ デ ヒマラヤシーダー
	南 (京都市南区市南総合庁舎)	九条大宮 (東寺:京都市南区九条1) 南児童公園:京都市南区西九条南 田町	クロマツ, カエデ ヒマラヤシーダー
	伏 見 (京都市伏見区伏見区役所)	板橋小学校 (京都市伏見区下板橋町) 伏見中学 (京都市伏見区御駕籠町97)	クロマツ, カエデ ヒマラヤシーダー
商 業	京都市役所 (京都市中京区河原町御池)	川端二条失業対策事務所 (京都市中京区川端二条) 京都市役所 (京都市中京区河原町御池)	クロマツ, カエデ ヒマラヤシーダー
		東山五条 (大谷本廟:京都市東山区五条坂)	クロマツ, カエデ ヒマラヤシーダー
近 商 業	山 科 (京都市東山区竹鼻山科警察署)	東本願寺山科別院山科東御坊 (京都市東山区竹鼻サイカシ町13) 京都市教育委員会山科分館 (京都市東山区山科西野大手先町16)	クロマツ, カエデ ヒマラヤシーダー
住 宅	宇 治 (宇治市若森府宇治保健所)	宇治市立菟道第二小学校 (宇 治 市 琵琶 4 5)	クロマツ, カエデ ヒマラヤシーダー
		府立大学 (京都市左京区下鴨半木町)	クロマツ, カエデ ヒマラヤシーダー



図一 二酸化硫黄月別環境濃度推移 (1974年)



図二 二酸化硫黄の環境濃度推移 (年平均値)

定対象地点として選定した。上記の大気汚染測定局周辺の地域は、用途別に準工業地域、商業地域、近商業地域および住宅地域に分類され、各測定局における二酸化硫黄濃度の月別および年平均の推移は、図一および二に示すとおりである。この測定結果から環境汚染濃度(二酸化硫黄)は、準工業地域(壬生、南、伏見)が一番高く、商業地域(京都市役所)、近商業地域(山科)がこれに続き、住宅地域(宇治)が一番低くなっている。

供試樹種として、前述の条件を満足するクロマツ、カエデおよびヒマラヤシーダーの3樹種を選び、供試材料として各樹種の葉を用いた。供試材料を採取する供試木を選択するにあたっては、なるべく同齡、同大、同程度の栄養状態の樹木を選ぶべきであるが、實際上このような選定は困難なため、ある程度の差異は止むを得ないものとして、巾をもたして選択した。樹令が異なれば、感受性にも当然差異を示すものと考えられるが、環境悪化の被害は、まず葉に発生するため、樹令よりも葉の着生年を重視すべきであろう。このような考え方にたつて、採取部位および葉の着生年に特に

注意をはらって供試材料を採取した。

## 2) 供試木の葉の分光反射率測定

地球上の物質は、それぞれ固有の分光反射特性をもち、樹木も樹種ごとに独自の分光反射曲線を示すものである。また活力が低下すると分光反射特性も変化し、特に肉眼では見えない赤外線領域の反射電磁波量の低下が顕著となる<sup>5)~15)</sup>。この特性を分光反射計(千葉大学天然色工学研究施設江森研究室試作機)によって測定し、樹木の活力判定を試みた。

測定にあたっては、まず葉柄を取り除き、葉面を水洗し、水分を充分拭きとって後、暗室内の人工照明(東芝D-400水銀陽光ランプ)下で試料台に葉を厚く重ねてのせ分光反射率を測定した。なお測定日は、1975年8月22日および10月24日の2回行った。

## 3) 供試木の葉の分析

樹木の活力は、光合成の活発度を意味するものである。したがって、活力の現状を分光反射率によって判定を試みると同時に、活力を上昇、低下させる内的要因を解明しなければならない。このような観点から、活力を低下させている内的要因(葉における光合成の活発度)に関連をもつものと考えられる。葉中の全硫黄量、クロロフィル量、全C・N量について分析した。

### ① 全硫黄量

植物体構成元素である硫黄は、根から吸収され、大部分有機化合物を形成し、植物体中に相当多く含まれている。一方、葉はガス交換によって、大気中の有毒ガスの影響を受けやすく、低濃度の二酸化硫黄でも良く吸収し、主として硫黄塩として敏感に増加する。したがって、葉中の全硫黄量から大気汚染状態や樹木の活力を判定することが可能と考えられる。

全硫黄量の定量分析は1975年4月、6月、8月および10月の4回にわたって硫酸バリウム重量法<sup>19)</sup>を用いて行った。

### ② クロロフィル量

大気汚染による被害は、まず、植物の葉にあらわれ、気孔周辺の孔辺細胞、柔組織細胞が侵され、クロロフィルが破壊される<sup>17)</sup>。被害の初期においては、可視的障害としてあらわれなくとも、生理的障害によるクロロフィル量の変化としてあらわれていることが当然予想されるので、クロロフィル量の分析を行い樹木活力判定の一方法としてとりあげた。

分析方法は、Mackinney<sup>20)</sup>法により、1975年4月から12月まで毎月1回づつ分析を行った。

### ③ 全C・N量

被害を受けた樹木は、異常代謝に陥るため水分蒸散、呼吸、同化作用も変調となり、その結果、葉内成分も変化すると推定される。葉中の全C・N量を分析測定し、両者の変化が樹木の活力変化とどのような関係にあるかについて考究した。

分析には、柳本 CNコーダーMT-500型を用い、1975年4月、6月、8月および10月の4回分析を行った。

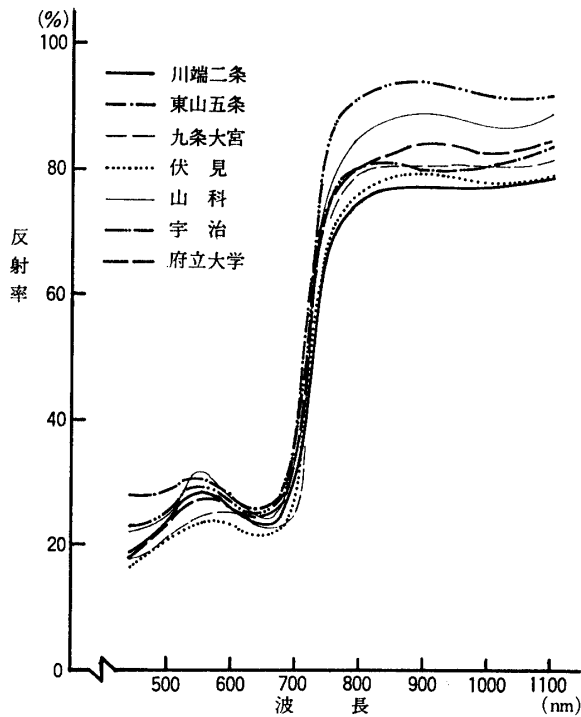
### III 実験結果および考察

植物は、大気中の各種汚染物質に対して、人間や動物よりも敏感で、植物の被害が人体被害に先行し、環境汚染の指標的役割を果すものと考えられる。この観点にたつて、樹木が可視的な被害症状を発現するまでに、葉を解析することによって、その樹木の活力度および生育する場所の環境汚染状態などを早期に判定しようとした。また同時に樹種によって環境汚染に対する感受性が異なるので、どのような樹種が検知植物として適しているかについても検討した。

なお、以下各測定対象地点の供試木から採取した葉の表現は、「採取した葉」を省略し、大気汚染測定局または測点の地点名で表現する。

#### 1) 分光反射率

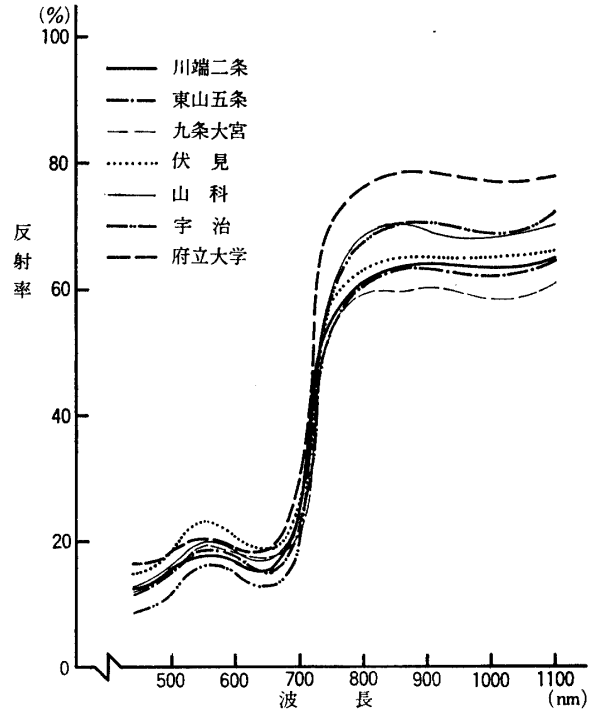
分光反射率の測定結果は、図一3～8に示すとおりで、樹種により、また、測定時期によって分光反射率に差異が認められた。



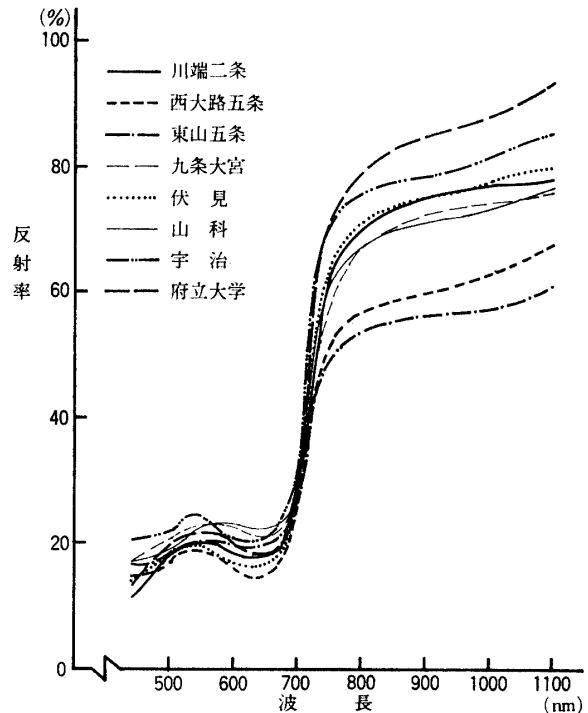
図一3 クロマツ当年生針葉の分光反射率 (1975. 8. 22)

一般に植物の分光反射曲線は、400nmからはじまり、550 nm 前後で一度ピークに達し、後700 nm あたりまで低下し、800 nm ぐらいで急角度で最大となる特性がある。

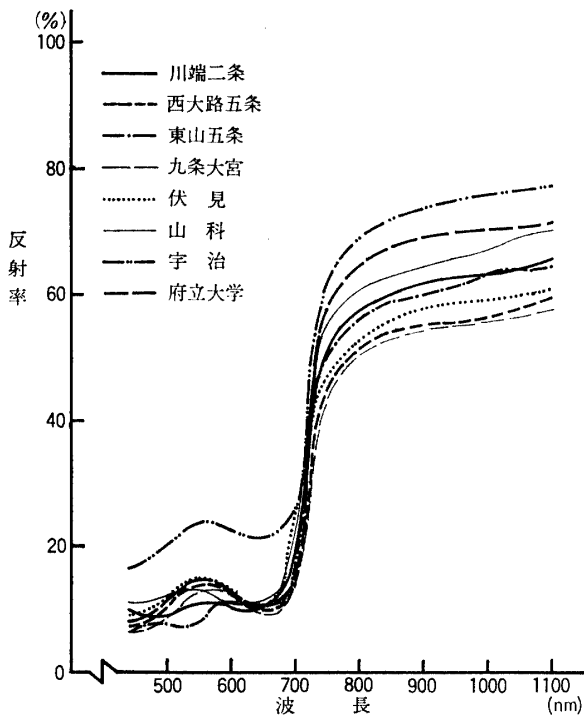
また、可視光線領域(400~700nm)では、各個体



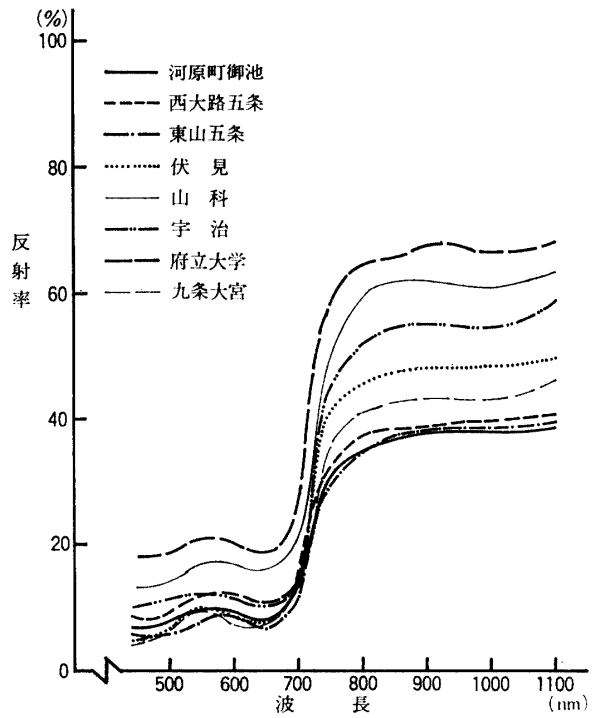
図一4 クロマツ当年生針葉の分光反射率 (1975. 10. 24)



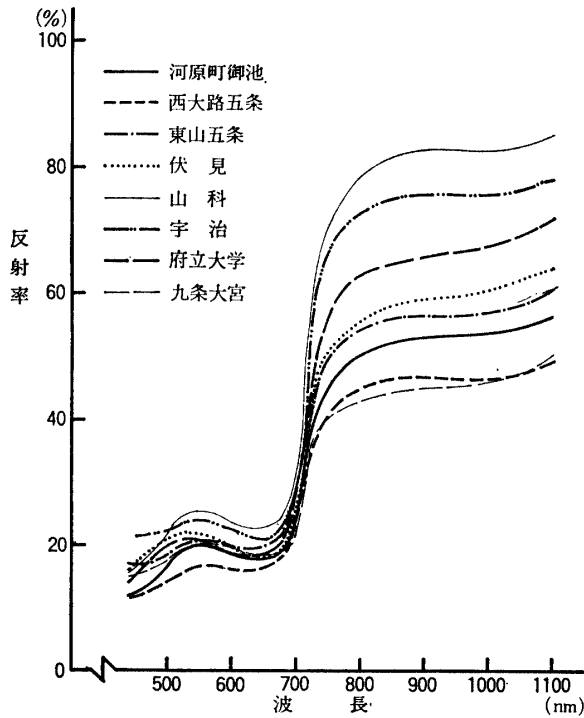
図一5 カエデの葉の分光反射率 (1975. 8. 22)



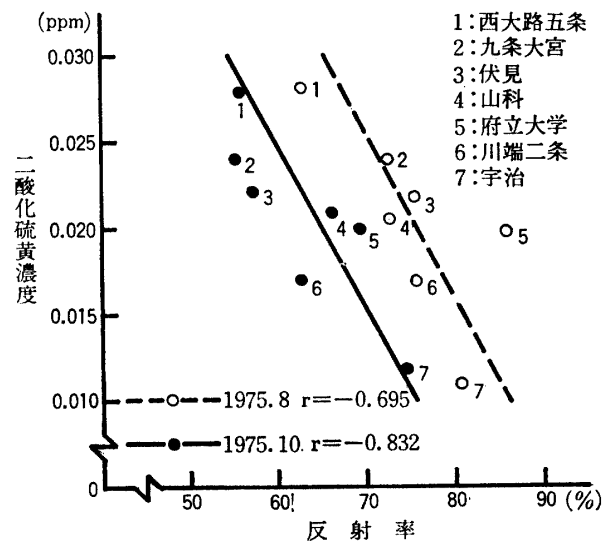
図一六 カエデの葉の分光反射率 (1975. 10. 24)



図一八 ヒマラヤシーダー当年生針葉の分光反射率 (1975. 10. 24)



図一七 ヒマラヤシーダー当年生針葉の分光反射率 (1975. 8. 22)



図一九 二酸化硫黄の環境濃度とカエデ葉の赤外線領域平均反射率との相関関係

間の分光反射率にほとんど差があらわれない場合であっても、赤外線領域で比較すると分光反射率に明瞭な差があらわれ、これによって樹木の活力の把握が可能となろう。

たとえば、図一5のカエデ葉の分光反射率についてみると、可視光線領域の分光反射率の差は明瞭でないが、赤外線領域では著しい差が認められる。すなわち、宇治、府立大学のように、環境汚染濃度の低い住宅地域は、高い分光反射率を示したのに対して、準工業地域（西大路五条）や商業地域（東山五条）は、低い分光反射率を示した。このことは、準工業地域や商業地域に生育する樹木は、環境汚染によって活力が衰退しているものと考えられる。

つぎに図一1に示した1974年の二酸化硫黄の環境濃度と、カエデ葉の赤外線領域平均反射率との関係を見ると、図一9に示すとおりである。この図から、二酸化硫黄の環境濃度は、8月と10月とでは、あまり差は認められないが、赤外線領域の平均反射率は、8月に比較して10月は低い値を示している。また、二酸化硫黄濃度の高い地域では、分光反射率は低い値を示し、8月、10月とも、二酸化硫黄の環境濃度と赤外線領域の平均反射率の間には負の相関関係が認められた。これらの関係からカエデ葉にみられる赤外線領域の分光反射率の相対的低下は、大気汚染を主とする環境悪化による樹木活力の低下が主因であろうと推定できる。

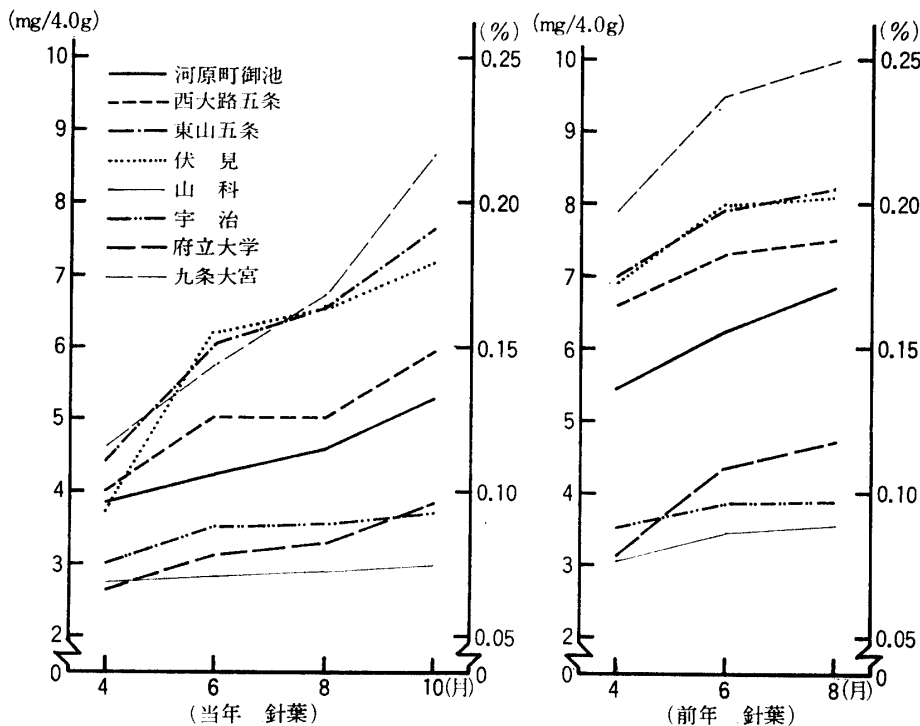
したがって、樹木の葉の分光反射率を測定し、その結果を解析することによって、樹木の活力度判定が可能となろう。換言すれば、樹木の葉の分光反射率を測定することによって、その樹木が生育する場所の環境変化の評価に利用できるということである。しかしながら、今回の測定で、カエデ以外のクロマツ、ヒマラヤシーダーについては、環境汚染濃度（二酸化硫黄）と分光反射率との間に一部で有意の差が認められず、前述のような活力判定法を無条件に認めることができない。このように一部において有意差が認められなかったその原因が、いずれにあるかは別問題としても将来、分光反射率を樹木の活力判定に利用しうようになるまでには、測定方法、測定個体の処理、供試葉の採取時期などについて多くの解決すべき研究課題が残されている。

2) 葉中の全硫黄含有量

植物の葉に吸収される汚染物質の量は、その場所の汚染度を知るため、そして、植物の被害の原因をたしかめるためのよい指標である。

汚染物質の多様化した現在でも、やはり亜硫酸ガスは主要な汚染物質である。樹木の葉はガスの影響を受けやすく、低濃度の亜硫酸ガスでもよく吸収し、葉中の硫黄含有量が敏感に増加する<sup>16), 17)</sup>。したがって、葉中の硫黄含有量を定量分析し、その結果から、樹木の活力度や大気汚染の状態を検討した。

多量含有元素である硫黄は、樹種によって差異があり、樹種間の比較は困難なので、同一樹種について地域別に経時的変化を追跡した。その結果を表一2および図一10に示した。各樹種の硫黄含有量をみると当年生葉の開芽期では大きな差はないが、時間が経過するとともに含有量は増加し、地域較差も大きくなる。当年生葉についてみると、一般的に二酸化硫黄の環境濃度の低い住宅、近商業地域である宇治、府立大学、山科では硫黄の増加は少ない。これに



図一10 ヒマラヤシーダー針葉中の全硫黄含有量推移 (1975年)

表一 葉中全硫黄分析表

(1975年)

		4 月		6 月		8 月		10 月	
		(mg/4g) (%)		(mg/4g) (%)		(mg/4g) (%)		(mg/4g) (%)	
クロマツ 当年生針葉	川端二条			2.0060	0.050	2.1346	0.053	2.6477	0.066
	東山五条			1.9497	0.049	2.0445	0.051	3.8293	0.096
	九条大宮			1.8631	0.047	2.7260	0.068	4.0349	0.101
	伏見科			1.9140	0.048	1.9436	0.049	3.2198	0.080
	山科治学			1.7161	0.043	1.7079	0.043	2.6820	0.067
	宇治学			1.4633	0.037	1.6763	0.042	2.4086	0.060
府立大			1.5268	0.038	1.7785	0.044	3.0489	0.076	
クロマツ 前年生針葉	川端二条	3.0080	0.075	3.9338	0.098	3.7956	0.095	4.0093	0.100
	東山五条	3.9873	0.100	4.1822	0.105	3.5022	0.088	4.5982	0.115
	九条大宮	4.4792	0.112	3.7483	0.094	3.5272	0.088	3.5765	0.089
	伏見科	3.4061	0.085	3.4246	0.086	3.0874	0.077	3.3938	0.085
	山科治学	3.1182	0.078	3.2992	0.082	3.2399	0.081	3.2498	0.081
	宇治学	3.3443	0.084	3.7582	0.094	3.4776	0.087	3.7370	0.093
府立大	3.1302	0.078	3.3484	0.084	2.8051	0.070	2.9779	0.074	
カ エ デ 葉	川端二条	2.3976	0.060	3.0141	0.075	3.4565	0.086	4.2195	0.105
	西大路五条	2.5460	0.064	3.4336	0.083	4.3316	0.108	5.4836	0.137
	東山五条	3.1577	0.079	4.4114	0.110	4.8731	0.122	6.4092	0.160
	九条大宮	3.0310	0.076	4.4772	0.112	5.5317	0.138	8.1904	0.205
	伏見科	2.4347	0.061	3.1245	0.078	3.9532	0.099	4.7414	0.119
	山科治学	2.5218	0.063	3.2613	0.082	3.3066	0.083	3.6578	0.091
宇治学	2.9088	0.073	3.3521	0.084	3.4556	0.086	4.5221	0.113	
府立大	2.3169	0.058	2.2918	0.057	2.4997	0.062	3.8514	0.096	
ヒマ ラヤ シ ン ダ ー 針 葉	河原町御池	3.8369	0.096	4.2369	0.106	4.5794	0.114	5.2925	0.132
	西大路五条	4.0382	0.101	5.0876	0.127	5.0617	0.127	5.9310	0.148
	東山五条	4.4119	0.110	6.0442	0.151	6.5491	0.164	7.6449	0.191
	伏見科	3.7071	0.093	6.2119	0.155	6.5129	0.163	7.1778	0.179
	山科治学	2.7337	0.068	2.8293	0.071	2.8827	0.072	2.9953	0.075
	宇治学	2.9967	0.075	3.5023	0.088	3.5514	0.089	3.7057	0.093
府立大	2.6024	0.065	3.1024	0.078	3.3415	0.084	3.8348	0.096	
九条大宮	4.6324	0.116	5.7519	0.144	6.7217	0.168	8.6689	0.217	
ヒマ ラヤ シ ン ダ ー 針 葉	河原町御池	5.4685	0.137	6.2613	0.157	6.8523	0.171		
	西大路五条	6.6213	0.166	7.3275	0.183	7.5307	0.188		
	東山五条	7.0486	0.176	7.8997	0.197	8.2549	0.206		
	伏見科	6.8944	0.172	7.9786	0.200	8.1377	0.203		
	山科治学	3.0534	0.076	3.4597	0.086	3.5529	0.089		
	宇治学	3.5216	0.088	3.8475	0.096	3.8711	0.097		
府立大	3.1313	0.078	4.3391	0.108	4.7150	0.118			
九条大宮	7.9101	0.198	9.4905	0.237	9.9724	0.243			

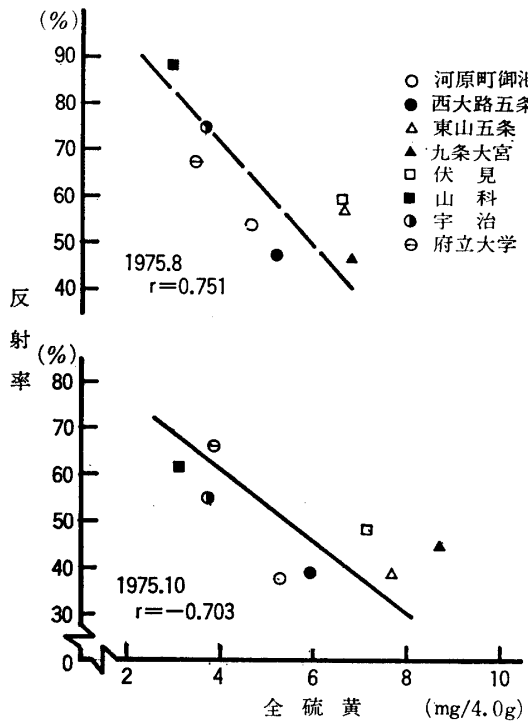


図-11 ヒマラヤシーダー当年生針葉の赤外線領域平均反射率と全硫黄との関係

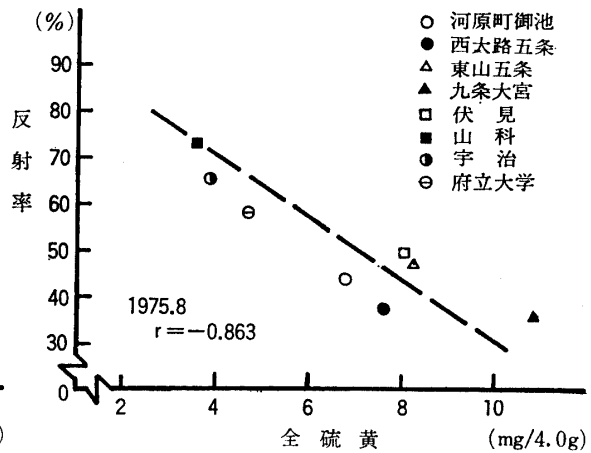


図-12 ヒマラヤシーダー前年生針葉の赤外線領域平均反射率と全硫黄との関係

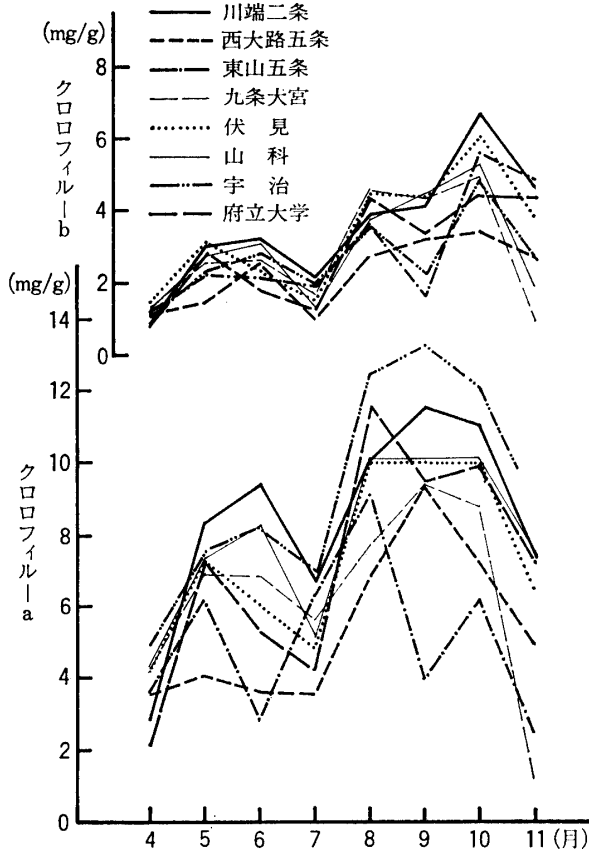


図-13 カエデ葉中のクロロフィル量の推移 (1975年)

対して、環境濃度の高い準工業、商業地域である九条大宮、伏見、東山五条などは、硫黄含有量の増加が著しい。

特にヒマラヤシーダーの当年生針葉（図-10）は、この関係が明瞭である。

前年生葉については、樹種によって葉中の全硫黄含有量の経時的変化が異っているようである。一般に当年生葉のように物質交代の著しい成熟葉の方が前年生葉に比較して、亜硫酸ガスなどに対する感受性が強く、有害ガスに対して敏感であることが推測される。

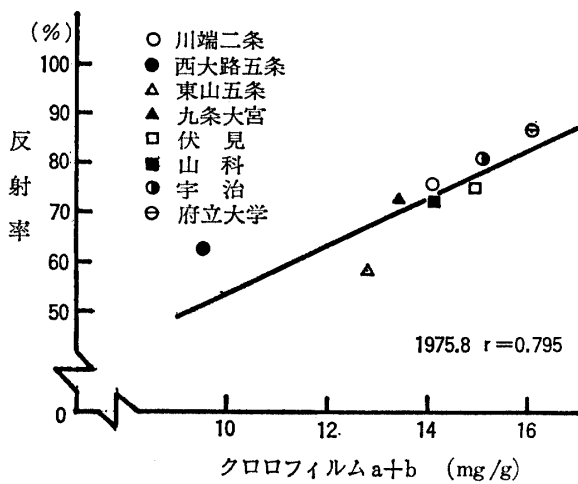
つぎにヒマラヤシーダーの針葉中の全硫黄含有量と赤外線領域の平均反射率との関係を図示すると図-11および12のとおりである。これらの図から、全硫黄含有量の多い地域の葉は、反射率が低く、全硫黄含有量の少ない地域の葉は、反射率が高い傾向を示し、全硫黄含有量と反射率との間には、高い負の相関関係が認められた。

これは、葉中に相当量の硫黄が蓄積すると、光合成能力が低下し、樹木の活力を低下させるという報告<sup>15),17)</sup>と一致する。それゆえ、葉中全硫黄含有量の定量分析と、分光反射率の測定をあわせ行うことによって、樹木の活力度または環境汚染判定のための有効な手段になるものと考えられる。

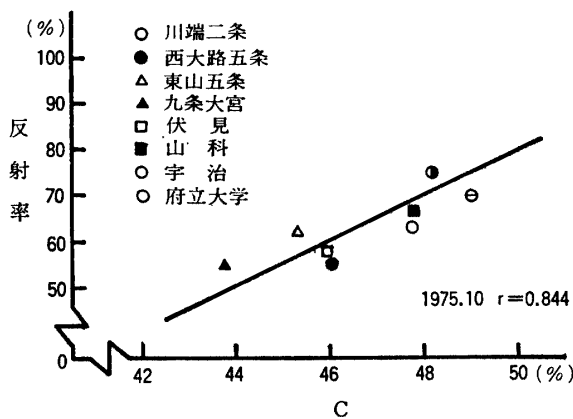
### 3) 葉中のクロロフィル含有量

緑色の植物の葉は、光エネルギーを吸収して、光合

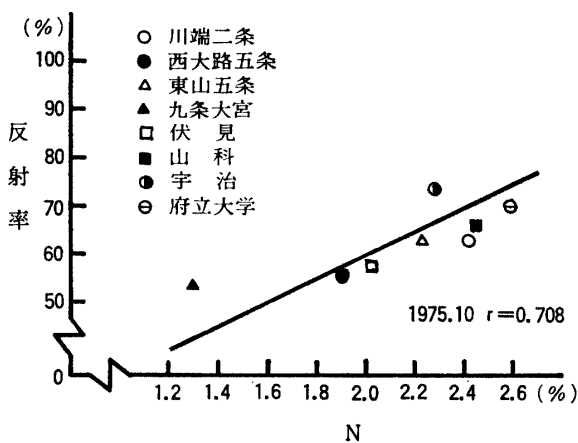




図一14 カエデ葉の赤外線領域平均反射率とクロロフィル量との関係



図一15 カエデ葉の赤外線領域平均反射率とCとの関係



図一16 カエデ葉の赤外線領域平均反射率とNとの関係

成を行っている。光は主にクロロフィルという色素によって吸収される。そのクロロフィルは、葉が被害を受けると破壊されることが考えられる。したがって本実験では、クロロフィル量の経時的变化と地域的較差をみることによって、環境悪化と樹木の活力との関係を検討した。クロロフィル分析結果の一部であるカエデについて図示すると、図一13のとおりである。クロロフィル-a, bとも他の樹種に比較して、絶対量は大きい値を示した。また、経時的变化は、4月から5月にかけて増加し、6~7月に減少、ふたたび上昇して、紅葉期に入る11月には著しく減少する。つぎに地域間の較差をみるとクロロフィル-bは一定の傾向が認められないが、クロロフィル-aでは非常に大きな差異を示している。すなわち、8~10月におけるクロロフィル-a量は、環境濃度(二酸化硫黄)の低い地域である宇治では、大きい値を示し、逆に環境濃度の高い地域である東山五条、九条大宮、西大路五条などでは小さい値を示している。

上述の結果だけで断言することはできないが、今後樹木の活力と環境悪化との関係を追究するうえにおいては、測定時期として、8~10月に行うべきで、特に9月が最適と考えられる。

つぎにカエデ葉のクロロフィル量と、赤外線領域の平均反射率との関係を見ると、図一14のとおりである。ただ今回は、分光反射率の測定が、8月と10月であったため、最適と考えられる9月の測定値で検討することができず、両因子とも8月の測定値を用いた。

しかしその結果でも、両因子間に相関関係が認められた。すなわち、カエデを用いてクロロフィル量と赤外線領域の平均反射率の両因子を測定して、樹木の活力判定を行うことが可能と考えられる。

#### 4) 葉中のC・N含有率

前述までの結果から、環境濃度の高い地域は、樹木の活力が低下していると推定される。樹木が衰退すると葉中の成分も変化するものと考えられるので、CおよびNについて分析を試みた。その結果を、表一3に示した。

分析結果をみると、すべての樹種について、C値が減少するとN値が増大し、逆にC値が増大するとN値が減少するという逆比例的な拮抗作用が認められる。

C・N含有率と環境濃度との関係を見ると、クロマツ、ヒマラヤシーダーの針葉では、測定件数が少なかつたことも関係して一定の関係が認められなかった。

しかしカエデ葉では、環境濃度の高い九条大宮、西大路五条、東山五条はC・Nとも低い含有率を示し、環境

表-3 葉中 C・N 分析表

(1975年)(%)

		C				N			
		4月	6月	8月	10月	4月	6月	8月	10月
クロマツ当年生針葉	川端二条		51.46	52.08	54.30		1.10	1.42	1.17
	東山五条		53.28	51.33	54.47		1.01	1.35	1.15
	九条大宮		51.31	51.15	55.13		1.07	1.36	1.21
	伏見科		52.12	52.06	55.15		1.06	1.30	1.18
	山宇治学		52.13	51.67	54.25		0.99	1.25	1.25
	府立大		52.57	51.54	54.54		1.07	1.30	1.23
クロマツ前年生針葉	川端二条	50.84	54.62	53.73	56.12	0.94	0.94	1.21	1.12
	東山五条	50.27	54.70	51.10	54.73	1.08	1.01	1.18	0.92
	九条大宮	52.26	52.54	52.72	55.76	1.02	0.94	1.22	1.08
	伏見科	51.38	52.97	52.85	56.23	1.07	0.93	1.23	1.10
	山宇治学	50.08	53.04	51.84	54.37	0.87	0.89	1.18	1.00
	府立大	51.64	54.36	53.60	55.61	0.91	0.87	1.29	1.02
カエデ葉	川端二条	49.93	48.59	50.47	47.72	4.24	2.99	2.98	2.40
	西大路五条	49.77	45.44	48.75	45.81	3.73	1.92	1.88	1.88
	東山五条	47.66	47.11	48.56	45.38	4.30	2.51	2.52	2.24
	九条大宮	48.51	46.33	47.14	43.81	3.17	1.73	2.61	1.30
	伏見科	51.56	50.78	46.70	45.60	3.79	2.34	2.32	2.09
	山宇治学	49.31	49.46	51.83	47.55	4.11	2.71	2.42	2.43
ヒマラヤ当年生針葉	河原町御池	50.93	52.13	56.37	52.15	2.29	2.12	2.23	2.01
	西大路五条	50.00	51.13	51.38	51.91	2.18	2.01	2.21	2.07
	東山五条	49.92	51.60	52.27	51.07	1.72	1.66	1.61	1.38
	伏見科	50.91	50.60	51.10	51.04	2.15	1.64	2.15	1.86
	山宇治学	49.99	51.46	51.06	50.39	2.33	1.36	1.60	1.49
	府立大	50.45	52.86	49.51	51.49	2.28	1.22	1.59	1.34
ヒマラヤ前年生針葉	河原町御池	49.50	53.22	53.31	49.50	2.01	1.45	1.55	1.12
	九条大宮	49.00	52.27	51.70	49.38	1.89	1.40	1.78	1.66
	河原町御池	52.66	52.08	53.01		1.32	1.63	1.66	
	西大路五条	52.36	51.86	51.87		1.54	2.08	1.70	
	東山五条	51.28	51.40	51.77		1.05	1.31	1.19	
	伏見科	50.77	51.87	50.40		1.53	1.44	1.66	
ヒマラヤ前年生針葉	山宇治学	51.35	53.55	51.73		1.38	1.22	1.43	
	府立大	49.13	50.49	51.39		1.36	1.23	1.20	
	府立大	51.98	53.16	53.79		0.95	1.18	1.13	
	九条大	55.05	52.19	51.50		1.07	1.26	1.38	

濃度の低い宇治、府立大学は高いC・N含有率を示している。つぎに、C・N含有率と赤外線領域の平均反射率との関係を10月の時点で調べると、図-15および16のとおりであって、葉中の全硫黄量やクロロフィル量と環境濃度との関係と同様に、両者の間には相関関係が認められた。これはカエデ葉のC・N含有率の分析結果を、環境悪化の指標とする可能性を示すものである。

しかしながら、C・N含有率と環境悪化との関係については、各樹種、各個体によって花芽の分化、開花時期、雌雄別その他種々の差があることも関連し、時期によって、C・N含有率が極めて複雑に変化するものと推定されるので、さらに実験を繰返し詳細に解析検討する必要がある。

#### 引用および参考文献

- 1) 新井雅夫(1973)：東京都における老樹名木の活力評価について、都市環境下における人間環境指標動植物に関する研究：58—72
- 2) 京都府公害対策技術者会議(1973)：京都府公害対策技術者会議調査研究報告書，II，7：13—25
- 3) —————(1974)：—————  
—————：7—52
- 4) 京都府衛生部公害対策室(1975)：昭和49年度大気汚染測定結果
- 5) Philip L. Johnson(1969)：Remote Sensing in Ecology, University of Georgia Press：17—28
- 6) 淵本正隆(1971)：写真映像とその解析，赤外カラー写真と映像解析，森林航測，88：4—5
- 7) 日本林業技術協会(1973)：赤外カラー写真による“みどり”を指標とした環境調査
- 8) 江森康文ほか2名(1973)：赤外カラー航空写真およびマルチバンド写真の色領域，千葉大学工学部研究報告，24，45：146.
- 9) —————ほか3名(1973)：赤外カラーフィルム表示色による樹種および活力度判別，写真測量，12，3：13—22
- 10) アジア航測 K. K(1974)：新しい調査技術，赤外カラー写真：9—11
- 11) 江森康文(1975)：リモートセンシング画像と光学的画像処理，画像技術，6：61
- 12) —————ほか1名(1975)：地上分光放射測定，リモートセンシングシンポジウム：1—2
- 13) 日本リモートセンシング研究会(1975)：リモートセンシングノート，原理と応用：116—117
- 14) 小野雅司(1975)：リモートセンシング技術による森林活力調査，森林計画研究会報，214：1—3
- 15) 日本林業技術協会(1975)：赤外カラー写真と植物，森林航測，107：10—12
- 16) 安藤萬喜男(1973)：樹木葉の硫黄吸収能，日林講，84：415—418
- 17) 日本生態学会環境問題専門委員会(1975)：環境と生物指標，1，陸上編，共立出版：1—24
- 18) 四手井網英(1976)：森林保護学，朝倉書店：176—179
- 19) 農林省農業技術研究所肥料化学科(1970)：植物中のいおうの定量について，農技研肥料化学資料，136：8—9
- 20) G. Mackinney(1941)：Absorption of Light by Chlorophyll Solution, Journal of Biological Chemistry, 140：315—322

#### Summary

According to the environment deterioration, the vital decay of the tree has been remarkable in the urban area.

In this paper, the author researched the early and accurate diagnosis method against this vital decay.

Moreover, in order to find a plant indicator which was sensitive to the environment deterioration, such as air pollution, be studied about some tree species.

The results are as follows:

- 1) Healthy tree leaf appeared higher percentage reflectance in the infrared.
- 2) There was a negative correlation between the

concentration of environment pollution (the concentration of sulfur dioxide: SO<sub>2</sub>) and the leaf reflectance in the infrared.

3) There was a positive correlation between the concentration of environment pollution (SO<sub>2</sub>) and the total sulfur content in the leaf.

4) The concentration of the environment pollution also related to the chlorophyll, carbon, nitrogen in the leaf to some extent.

In this point, future study may be necessary.

- 5) KAEDE (Aceraceae, *Acer palmatum* THUNB. subsp. *palmatum*) leaf, KUROMATSU (Pinaceae, Pinoideae, *Pinus Thunbergii* PARL.) and HIMARAYAN-CEDAR (Pinaceae, *Cedrus deodara* LOUD.)

new needle were sensitive to the environment deterioration, so these were adequate as the plant indicator. Especially, *Acer palmatum* THUNB.

subsp. *palmatum* leaf showed the most sensitive response by this diagnosis method.