

報告

大気汚染生物指標としてのケヤキの活力度による評価手法の検討 —平塚市における新葉の展開、紅葉の進行状況と活力度の経年推移—

相原敬次、菊川城司、大橋敬夫、梶野 忠
(大気環境部)

Note

Evaluation Method of Atmospheric Quality by Activity Index of Keyaki (*Zelkova serrata*) —Foliage flush, Yellow foliage developing and Yearly trend of Activity Index at HIRATSUKA—

Keiji AIHARA, Joji KIKUGAWA, Takao OHASHI, Tadashi KAJINO
(Air Quality Division)

キーワード：大気汚染, 樹木活力度, ケヤキ

1. まえがき

樹木は、同じ場所で生育しているため、総合的な環境の状態や、その経年的な変化を反映している。そのため、大気汚染などの人為的な環境悪化の生物指標として利用されている。樹木を大気汚染の生物指標として数値化する手法のひとつに活力度による評価手法^{1), 4)}がある。活力度は、「活性度」²⁾、「健康度」³⁾、とも呼ばれているが、いずれも、自然状態に生育している樹木の外見の状態を目視によって観察し、決められた基準にしたがって点数評価するものである。樹木の活力度による手法は、理化学的な機器によらず簡易に総合的、累積的な影響を評価できる利点がある。歴史も古く、マツ、ケヤキ、スギなどの樹種を対象にして環境モニタリング^{1), 2), 6), 7), 8)}を行ったり、最近では環境学習にも利用されてきている^{9), 10)}。しかし、樹木の活力度と環境との関係については、多くの複雑、かつ未知な影響要因があり、とりわけ大気汚染との因果関係など現在までほとんど明らかにされていないのが現状で

ある。そこで、大気汚染による影響を受けやすいといわれているケヤキを対象に選定し、規模の大きな公園に広く生育する多数の個体について調査を行い、新葉の展開と紅葉の進行状況および活力度と環境要因の経年的な傾向について検討した。なお、調査結果の一部については、既に報告した⁵⁾。

2. 方法

2.1 調査場所

調査は、前報で述べたように神奈川県平塚市内の平塚市総合公園（神奈川県平塚市大原1-1）で実施した。この公園は面積約30ヘクタールであり、園内には約230種の樹木が生育しており、ケヤキについては約130個体の生育が確認されている。

2.2 調査方法

2.2.1 調査対象個体

調査対象個体の選定条件は、園内に生育する個体の

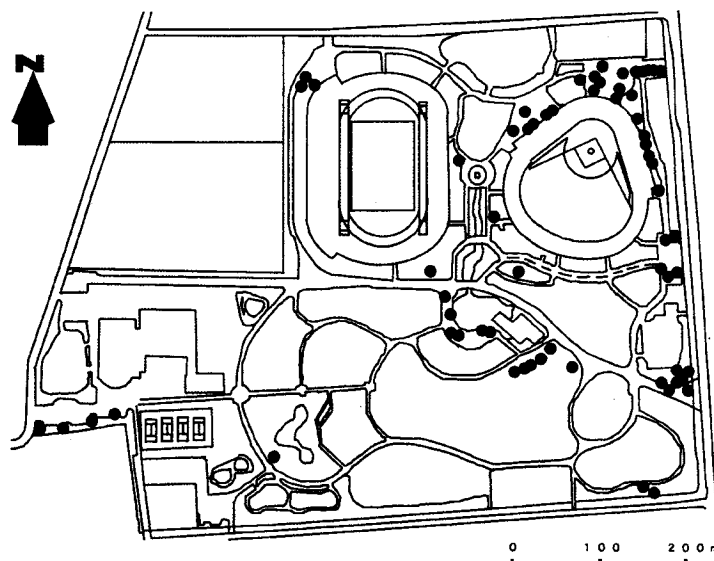


図1 公園におけるケヤキの位置 (●印)

うち「胸高直径15cm以上」、「剪定等により樹形が変えられていない」、「移植後の年数が3年以上」、「樹冠が他の樹木に覆われていない」、「病害虫の発生が認められない」とした。そこで、以上の条件に適合した個体として64個体のケヤキを調査対象個体とした。各個体とその位置を図1に示した。

2.2.2 新葉の展開

ケヤキの新葉の展開は、目視観察による方法で実施した。すなわち、個体毎に、新葉の展開が、「全く展開していないものを0」、「個体全体に完全に展開しているものを5」とする0から5の点数をもって「展開度」とした。

なお、調査は、1991年から1993年の3年間実施し、調査日を春の萌芽期の毎年4月中旬に設定した。1993年については、新葉の展開の推移状況について4月中旬から5月中旬まで1週間間隔で調査を実施した。

2.2.3 紅葉の進行

紅葉の進行の程度は、新葉の展開と同様に目視観察による方法で実施した。すなわち、個体毎に、「全く紅葉していない個体を0」、「完全に紅葉している個体を5」とする0から5の点数をもって「紅葉度」とした。調査は、1991年から1993年まで毎年9月及び10月に実施した。

2.2.4 活力度

活力度の調査は、神奈川県で実施している方法²⁾に準じて実施した。すなわち、個体毎の目視観察により、表1に示した「樹形」、「枯れ枝の有無」、「繁り具合」、「葉色」の調査項目について評価基準にしたがって判定し、これらの平均値をもって各個体の「活力度」を求

表1 活力度各調査項目の評価基準

評価段階	樹形	枯枝の有無	繁り具合	葉色
1	自然樹形の崩壊がかなり進んでいる	かなり多く枯枝が見られる	きわめて疎であり枯枝もかなり見られる	著しく退色が進んでいる
2	自然樹形の崩壊がやや進んでいる	枯枝がかなり見られる	やや疎であり枯枝も見られる	退色がかなり進んでいる
3	やや自然樹形が乱れている	枯枝が見られる	普通	退色が目立つ
4	若干の乱れはあるが自然樹形に近い	枯枝が少しあるが目立たない	正常枝と葉の密度のバランスがほぼとれている	やや退色が見られる
5	自然樹形を保っている	枯枝は見られない	正常枝と葉の密度のバランスがよくとれている	正常

めた。1991年から1993年までが年3回(6月、9月、10月)、1994年が1回(10月)、1995年から1996年までは年2回(6月、10月)の調査を実施し、全個体の平均値を算出し各調査日の「活力度」とした。

表2 1ヵ月間におけるケヤキ新葉の展開別の個体数の推移 (1993年)

調査日	4月12日	4月19日	4月27日	5月6日	5月13日
展開度 0	13	7	0	0	0
1	14	10	1	0	0
2	13	10	4	0	0
3	8	12	13	2	0
4	8	11	19	9	0
5	8	14	27	53	64

2.2.5 環境要因

活力度と環境要因の比較をするため、気象については、平塚市寺田縄(旧県農業総合研究所)における観測結果を、また大気汚染については、調査地点に近い平塚市中原下宿(県環境科学センター)および平塚市浅間町(平塚市役所)における測定結果を用いた。

3. 調査結果および考察

3.1 新葉の展開の状況

新葉の展開の推移状況について、1993年度における調査日毎の各展開度別の個体数として表2に示した。展開度0の個体数についてみると、4月12日の13個体が、1週間後の4月19日には7個体と半減し、4月27日には0個体となり、全ての個体で新葉の展開が開始したことがわかった。そして、5月13日には展開度5の個体は64と

表3 4月中旬におけるケヤキ展開度別の個体数の経年推移

年度調査日	1991年 4月12日	1991年 4月12日	1991年 4月12日
展開度	個体数	個体数	個体数
0	17	20	13
1	12	26	14
2	10	6	13
3	6	8	8
4	9	4	8
5	10	0	8
平均展開度	2.1	1.2	2.1

なり、4月上旬に始まった新葉の萌芽は、約1ヶ月間で展開を終了する状況が確認された。このことから、ケヤキの活力度の調査は、新葉の展開終了後の6月初旬以降の実施が可能なが確認された。

4月中旬を基準にした展開度の経年的推移の状況について、1991年から3カ年間の展開度別の個体数と平均展開度として表3に示した。展開度0の個体数は1991年が17、1992年が20、1993年が13で、また展開度5の個体数は1991年が10、1992年が0、1993年が8であり、結果として平均展開度でみると、1992年が1.2と1991年と1993年に比較して低く、新葉の展開が遅れた状況を示した。

3.2 紅葉の進行の状況

紅葉の進行状況について、1991年から3カ年間の紅葉度別の個体数および平均紅葉度として表4に示した。9月の平均紅葉度は、いずれも1以下であり、0と1の個体数がほとんどを占めていた。

また、10月は平均紅葉度は2前後に上がるものの、紅葉度が1以下の個体もあり、個体差が顕著であった。9月初旬から徐々に始まった紅葉は、1ヶ月以上経過後の10月中旬になっても紅葉の始まっていない個体もあり、新葉の展開に比較して紅葉は緩やかに進行することが示された。

以上の結果から、秋期におけるケヤキの活力度の調査は10月中までは実施が可能であることがわかった。なお、10月の平均紅葉度でみた経年推移をみると、1992年は、2.4と1991年の1.6、1993年の1.7に比較して値が高く、この年は紅葉が早く進んだことを示した。

3.3 活力度

3.3.1 活力度の年間変化

1991年から3カ年間の6月、9月、10月の活力度の年間変化の状況を図2に示した。活力度は新葉展開後の6月に最も高く、9月、10月と低下する傾向のあることがわ

かった。6月は新葉展開直後の葉の生育の旺盛な時期であり、しかも大気汚染をはじめとするその年度の種々のストレスによる影響もまだ少ないが、9月、10月はストレスに加え葉の老化も進み活力度が低下するものと考えられた。このことから、ケヤキの活力度については、調査時期が重要な留意点であることがわかった。すなわち、6月の活力度を長期間にわたって生育してきた環境を反映した経年的な指標としてとらえ、また10月の活力度を新葉展開後から紅葉までの環境を反映した単年度の指標としてとらえることが適当であると考

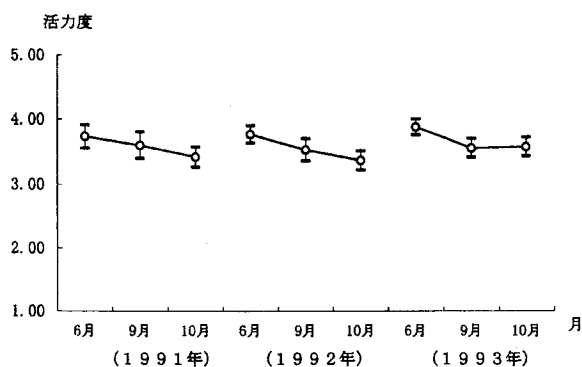


図2 年間における活力度の変化 (*平均値の上下の位置は95%の信頼区間を示す)

3.3.2 6月の活力度と環境要因の経年推移

6月の活力度の経年推移と環境要因の経年推移を比較するため、1991年から6カ年間の活力度の経年推移を図3に、平塚市における環境要因の経年推移を図4および図5に示した。なお、環境要因に関しては、1988年から1996年まで3年間の移動平均で示した。活力度については、1995年にやや低下したものの全体的にはやや良好と判断される3.73から3.95の値で顕著な変動もなく推移していた。これに対して気象については、平均気温、月平均日照時間も顕著な変化もなく推移しているものの、降水量の減少傾向が認められた。また、大気汚

表4 ケヤキの紅葉別の個体数と平均紅葉度の経年推移

年度 調査日 紅葉度	1991年		1992年		1993年	
	9月6日	10月16日	9月8日	10月16日	9月24日	10月13日
0	51	9	46	1	20	9
1	9	31	7	20	37	24
2	4	10	5	15	6	15
3	0	7	6	13	1	9
4	0	7	0	12	0	6
5	0	0	0	3	0	1
平均紅葉度	0.3	1.6	0.5	2.4	0.8	1.7

染についてはSO₂（二酸化硫黄濃度）の低濃度での推移およびSPM（浮遊粒子状物質濃度）の減少傾向があるもののOx（昼間の光化学オキシダント濃度）の若干の上昇傾向とNO₂（二酸化窒素濃度）の約30ppbでの横ばい傾向が認められた。

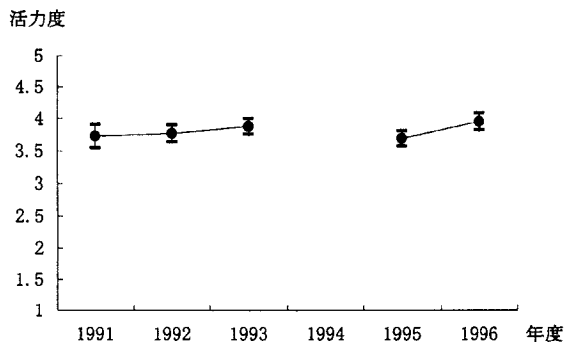


図3 6月の活力度の経年推移
(*平均値の上下の位置は95%の信頼区間を示す)

10月の活力度と環境要因の関係を検討するため、1991年から6ヵ年間の10月の活力度の経年推移をみると図6に示したように、最低が1994年の3.29、最高が1996年の3.82であり、6月の活力度に比較して経年的変動が顕著である状況が示された。

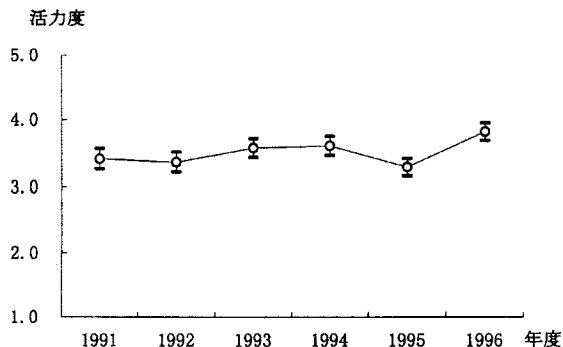


図6 10月の活力度の経年推移
(*平均値の上下の位置は95%の信頼区間を示す)

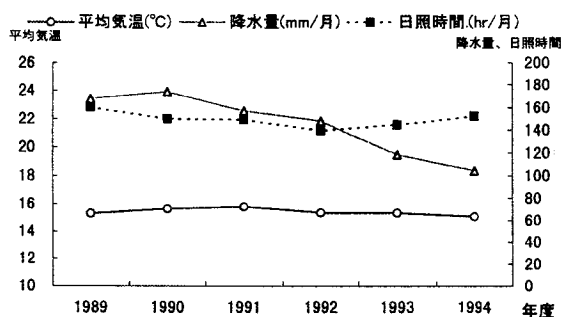


図4 平塚市における気象要因の推移
(*1988年から1996年間の3年間の移動平均)

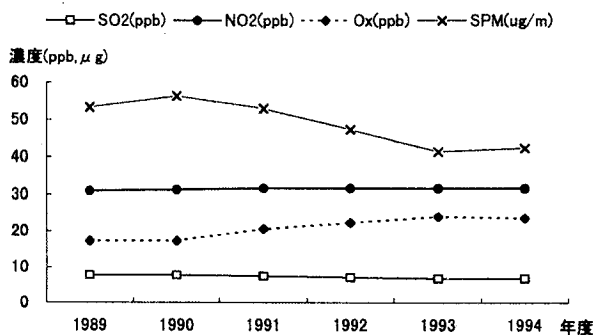


図5 平塚市における大気汚染環境の推移
(*1988年から1996年間の3年間の移動平均)

以上のように、活力度は顕著な変化もなく推移しているにもかかわらず、環境要因は若干の経年的な変化が示され、6月の活力度のは対応する期間の環境の変化を反映していなかった。これはケヤキに対して環境要因のプラス面とマイナス面が相殺したことも考えられるが、今後の調査の継続による検討課題とした。

3.3.3 10月の活力度と環境要因の関係

表5 10月の活力度と環境要因の相関係数と単回帰の寄与率 (n=5)

6月から9月の環境要因	相関係数(r)	寄与率(r ²)
平均気温	0.488	0.238
降水量	-0.597	0.335
日照時間	0.211	0.045
オキシダント濃度(昼間の1時間値)	0.777	0.603
二酸化硫黄濃度	0.320	0.102
二酸化窒素濃度	-0.385	0.148
浮遊粒子状物質濃度	-0.234	0.055

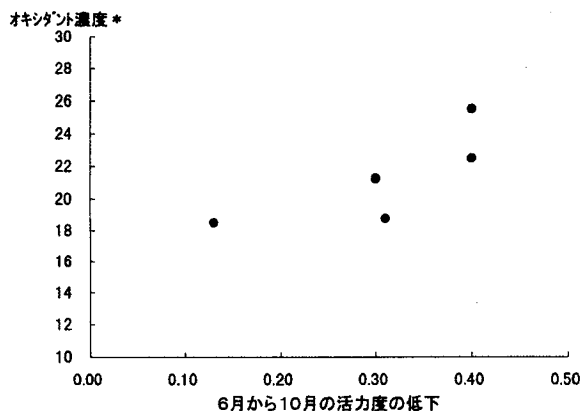


図7 10月の活力度とオキシダント濃度との関係
*昼間の1時間値 (ppb)

このことから単年度の活力度差（6月の活力度と10月の活力度との差）求め6月から9月の環境要因の項目ごとの平均値との単回帰の寄与率を算出して比較した。その結果、表5に示したように、気象要因では降水量が、また大気汚染要因ではオキシダント濃度が他の項目と比較して単回帰の寄与率の値が高いことが示された。

とりわけオキシダント濃度については、散布図として図7に示したように6月からの活力度の低下はその年の6月から9月における光化学オキシダント濃度の状況を反映している状況が認められた。このことは、これまでに知られているようにケヤキがその着葉期間中の夏期に頻発する光化学スモッグによって異常落葉したり葉面の可視被害を受けやすい¹⁾ということを示唆しているものと思われた。

以上のことから、ケヤキについては新葉展開直後の6月から10月にかけての活力度の低下を調査することにより、その年の環境状況とりわけ光化学オキシダントによる大気汚染の状況を反映する指標とすることが出来るものと推察された。

4. まとめ

大気汚染物質指標としてのケヤキの活力度による評価手法の検討を目的として、公園に生育する64個体のケヤキについて、新葉の展開、紅葉の進行状況および活力度の調査を定期的実施し、経年的な推移の状況について検討した結果、以下のことがわかった。

- (1) ケヤキの新葉の展開は、4月上旬に始まり約1か月間で全ての個体が完全に展開することが確認された。この結果から、活力度の調査時期は、6月初旬以降の実施が可能ながわかった。なお、平均展開度でみた1991年から3年間の経年的な推移は、1992年が小さく、この年は新葉の展開が遅れていた。
- (2) 紅葉は、9月初旬から始まるが、1か月以上経過後の10月中旬になっても、完全に紅葉した段階にある個体は少なく、新葉の展開に比較して紅葉は緩やかに進行することが確認され、少なくとも10月中は、秋期におけるケヤキ活力度の調査が可能であることがわかった。なお、10月の紅葉度でみた1991年から3年間の経年的な推移は、1992年が高く、この年は、紅葉が早く進んだことがわかった。
- (3) 活力度の年間変化は6月に最も高く、9月、10月と低下する傾向があり、調査時期の特定は活力度評価の重要な留意点となることがわかった。すなわち、6月の活力度を長期間の経年的な指標として、また10月の活力度を新葉展開後から紅葉までの単年度の指

標として、それぞれの評価することが適当であると考えられた。

- (4) 6月の活力度の1991年から1996年までの経年推移はやや良好と判断される3.73から3.95の値で顕著な変化が認められなかったが、環境要因は若干の経年的な変化が示され、6月の活力度のは対応する期間の環境の変化を反映していなかった。これはケヤキに対して環境要因のプラス面とマイナス面が相殺したことも考えられるが、今後の調査の継続による検討課題とした。
- (5) 10月の活力度と環境要因の関係について検討した結果、ケヤキについては新葉展開直後の6月から10月にかけての活力度の低下を調査することにより、その年の環境状況とりわけ光化学オキシダントによる大気汚染の状況を反映する指標とすることが出来るものと推察された。

参考文献

- 1) 松中昭一編：図説環境汚染と指標生物，朝倉書店(1979)。
- 2) 神奈川県：神奈川県大気汚染研究報告，17，88-108(1988)。
- 3) (財)自然保護協会：指標生物-自然をみるものさし-，思索社(1985)。
- 4) 神奈川県：神奈川県大気汚染研究報告，29，119-122(1988)。
- 5) 菊川城司，相原敬次，牧野 宏，金子幹宏：神奈川県環境科学センター研究報告，15，62-68(1992)。
- 6) 神奈川県環境部：神奈川の大気汚染生物指標(1986)。
- 7) 松本 徹，相原敬次：第28回大気汚染学会講演要旨集，302(1987)。
- 8) 光木偉勝：兵庫県立公害研究所研究報告，24，48-52(1992)。
- 9) 神奈川県環境部；さわやか大気ウォッチング(1991)。
- 10) 神奈川県環境科学センター：ウォッチングケヤキの活力度からみる大気汚染(1993)。