

## <地域汚染>

# 植物群落の大気汚染低減効果に関する研究\*

小川 和雄\*\*・高野 利一\*\*

## 1. はじめに

窒素酸化物による道路周辺の大気汚染は、数次にわたる自動車排出ガス規制の実施にもかかわらず、依然として高濃度であり、交通総量の削減、交通流の改善など、種々の対策が提言され、一部実施もされているが、目立った効果は現われていない。

近年、沿道環境対策として、建設省が大規模道路の建設に、「植樹帯」の設置規定するなど、緩衝緑地が注目され始めているが、その効果は確認されていない。

植物の大気浄化機能については、人工気象室を用いた調査など<sup>1-3)</sup>で、植物が、自ら影響を受けながら、生体防御能力の範囲内で、大気汚染物質を吸収、吸着、無毒化して、大気浄化に寄与していることが明らかにされているが、野外で、実際にどれだけ汚染質の濃度を低減することができるかを調査した報告は極めて少ない<sup>4-6)</sup>。

そこで、筆者らは、沿道緩衝緑地の大気汚染低減効果を明らかにすることを目的に、まず、基礎調査として、比較的単純な構造の都市域植物群落が、どの程度の大気汚染低減効果を持つのかについて、約半年間、自動測定

機で調査するとともに、濃度変動の複雑な沿道においても、簡易測定法による緑地帯周辺のNO<sub>2</sub>濃度分布調査を行ったので、その結果について報告する。

## 2. 調査方法

### 2・1 平林寺近郊緑地保全地区

1985年6月1日から12月18日まで、埼玉県新座市の平林寺近郊緑地保全地区（以下、群落という）で表1のとおり調査を行った。群落は南側に接する市道（交通量6,000台/日）を境に、47haの平林寺境内林に隣接した雑木林で、夏季は樹冠が連続している。対照は朝霞保健所新座支所内で、群落内の測定点から東側に約600m離れているが、両測定点とも北側の国道254号（同48,000台/日）と南側の市道からそれぞれ330m、65mの等距離にあり、対照の有効性は、後述する簡易測定法で行った、延べ12回（各3個）のNO<sub>2</sub>濃度分布調査の結果でも、対照が188±32 μg/100 cm<sup>2</sup>/日、群落の北側30mが187±33 μg/100 cm<sup>2</sup>/日と一致し、確認された。

調査は、あらかじめ並列運転して調整したNO<sub>x</sub>計お

表1 調査方法および調査地点の概要

調査地点、期間	測定項目	測定方法	調査地点の概要
平林寺近郊緑地 保全地区 1985・6/1～12/18 (対照：朝霞保健所 新座支所)	NO <sub>2</sub> NO NO <sub>x</sub> DUST WD他*	○ザルツマンNO <sub>x</sub> 計3台(群落内h=2m, h=8m, 群落頂部h=13m, 対照h=2m) 大気吸引パイプはテフロン製。内径8 mm, 長さ15mにそろえた。 ○光散乱粉じん計2台(群落内, 対照 h=2m)	47haの平林寺境内林に、市道をはきんで 隣接する5haの雑木林。こなら、くぬぎ、 えごのき、はんのき、赤松等が多く、平 均樹高は約13m。 下草刈りが行われている。
上尾運動公園 (国道17号の道路際) 1985・6,7,10,12月 に各3日間	NO <sub>2</sub>	○ポリフロンペーパーを装着した2枚の スライドマウントに、トリエタノール アミン浸漬乾燥ろ紙をはさみ込み密封 した簡易測定器を、各3個づつ20カ所 に設置、分析した。	国道17号の西側は、まてばしい、しいの き等常緑高木による巾12mの緑地帯。 東側は雑木林を生かした公園で、道路際 には高さ5m程度のさんごじゆが密植さ れている。

\* 気象条件等は調査地点の北2.5kmにある新座当時監視局のデータを用いた。

\* Studies on the Role of Plant Communities as an Air Filter.

\*\* Kazuo OGAWA, Tosikazu TAKANO (埼玉県公害センター) Saitama Institute of Environmental Pollution

よびDUST計を、群落内と対照地点 (h=2 m) に設置し、1時間値を連続測定するとともに、群落内測定点と同位置で、高さ別に群落内上部 (h=8 m) と群落頂部 (h=13 m) のNO<sub>x</sub>濃度を、1か月おきに切り変えて測定した。

## 2・2 上尾運動公園沿道緑地帯

調査は1985年6月上旬、7月下旬、10月および12月上旬に24時間づつ各3回、国道17号 (同47,000台/日) 沿いの上尾運動公園緑地帯で実施した。調査地点の概要などは表1のとおりで、N<sub>2</sub>気流中で作成した簡易測定器を、ポリ軟硬ピンをシェルターとして枝等に3個づつるし、大気暴露後、スルファニル酸、リン酸、NEDA混合液で発色させ、吸光度を測定した。測定地点は、道路端から2 m (緑地帯の前面)、15 m、30 m、70 mとし、道路の東側に2列、西側に3列設定した。そのうち東西の各1列は、道路との間に緑地帯がない対照である。なお、本法は改良されたとはいえ、若干風の影響を受けるため (風速1 m/s 対比で2 m/s は1.15倍、3 m/s は1.27倍)、各測定点で風速を測定してNO<sub>2</sub>吸収量を補正した。

## 3. 調査結果

### 3・1 平林寺近郊緑地保全地区の調査結果

#### 3・1・1 群落内外のNO<sub>2</sub>等濃度測定結果

表2に、平均値で調査期間中、群落内外のNO<sub>2</sub>等濃度および、低減率 (対照濃度-群落内濃度)/対照濃度×100 (%) を、全期間およびN系風時 (E~WWN) の昼夜別に示す。

全期間平均の低減率は、NO<sub>2</sub>が11.1%、NOが6.7%、DUSTが17.4%であったが、すでに報告<sup>7-9)</sup>したとおり、この群落内は、南側にある市道を被う樹冠が、自動車排出ガスの鉛直拡散を妨げ、S系風や交通量の多い時には

表2 平林寺近郊緑地保全地区のNO<sub>2</sub>、NO、DUST濃度測定結果  
(単位、NO<sub>2</sub>、NO: ppb、DUST:  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

区分	場所等		対照濃度	群落内濃度	低減率 (%)
	汚染質				
全期間	全日	NO <sub>2</sub>	28.7	25.5	11.1
		NO	31.6	29.5	6.7
		DUST	59.5	49.1	17.4
N系風時 (E~WWN)	全日	NO <sub>2</sub>	29.9	25.4	15.2
		NO	33.6	31.1	7.6
		DUST	64.7	53.1	17.9
	昼間	NO <sub>2</sub>	29.6	26.5	10.5
		NO	24.2	23.0	5.0
		DUST	67.1	54.8	18.3
夜間	NO <sub>2</sub>	30.3	24.5	19.1	
	NO	41.9	38.1	9.1	
	DUST	63.1	52.5	16.8	

外部よりも高濃度となるので、その影響の少ないN系風時の低減率を求めた。その結果、群落内汚染質の濃度は対照よりNO<sub>2</sub>が4.5 ppb、NOが2.5 ppb、DUSTが11.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  低く、それぞれの低減率は、15.2%、7.6%、17.9%となった。また、植物のガス交換の活発な昼間の低減率は、NO<sub>2</sub>が10.5%、NOが5.0%なのに対し、夜間はNO<sub>2</sub>が19.1%、NOが9.1%と、いずれも約2倍大きかった。この時の対照地点におけるNO<sub>2</sub>の昼夜の濃度はそれぞれ29.6 ppb、30.3 ppbとほぼ等しく、植物群落によるNO<sub>2</sub>濃度の低減は、植物による吸収以外の要因が関与していることを示唆する結果となった。

#### 3・1・2 7月、12月における群落内外NO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>濃度及び低減率の経時変化

植物はガス交換によって汚染質をとり込むため、人工気象室内のような閉鎖系では、汚染質濃度は、光が強く、気温の高い昼間、大きく低下することが報告<sup>2,3)</sup>されている。しかし、開放系である野外では、群落内外のNO<sub>2</sub>濃度やその低減率の経時変化は、図1に示すとおり、複雑な挙動をみせた。

7月の群落内のNO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>濃度は、1日中対照よりも低かった。昼間、対照地点のNO<sub>2</sub>濃度が低下していく中で、12時から15時に高い低減率を示したのは、植物の吸収の影響が大きいと考えられ、夜間、群落内外のNO<sub>2</sub>等濃度が同一変動パターンで、かつ、濃度差が大きかったのは、群落の閉鎖性と弱風化 (図2) にともなう群落内外の大気交換の低滞によるものと推察される。

群落頂部、すなわち、樹冠の上外部のNO<sub>2</sub>濃度は、夜から朝にかけて対照に近い濃度であったが、9時頃から低下が早まり、S系風の多くなる12時以降は群落内と同レベルになり、16時から20時にかけてはそれをも下回った。これは、N系風時のみの測定値であっても、常時監視用の風向計は、毎正時前10分間の平均で表示するため実際にはS系風が吹いて、市道からの自動車排出ガスが群落内に広がったため、明らかに樹冠が自動車排出ガスの鉛直拡散を妨げた結果である。

12月は、NO<sub>2</sub>等濃度の群落内外の変動パターンが酷似しており、植物活性の低下と、落葉による群落構造の開放化の現れと考えられる。また、昼間に比べて夜間の低減率が大きいのは、前述のように夜間の風が弱かったためと思われる。

以上のように、NO<sub>2</sub>等濃度は7月、12月とも対照より群落内が低かったが、その差は時間帯、調査月でまったく異なった。NO<sub>2</sub>等濃度の低減率は群落内外の拡散速度のちがいに、対照濃度の急変する朝夕に、しばしば急低下した。昼間10時から15時のNO<sub>2</sub>濃度低減率の最大値は、7月が26%、12月が6%、NO<sub>x</sub>濃度では7月

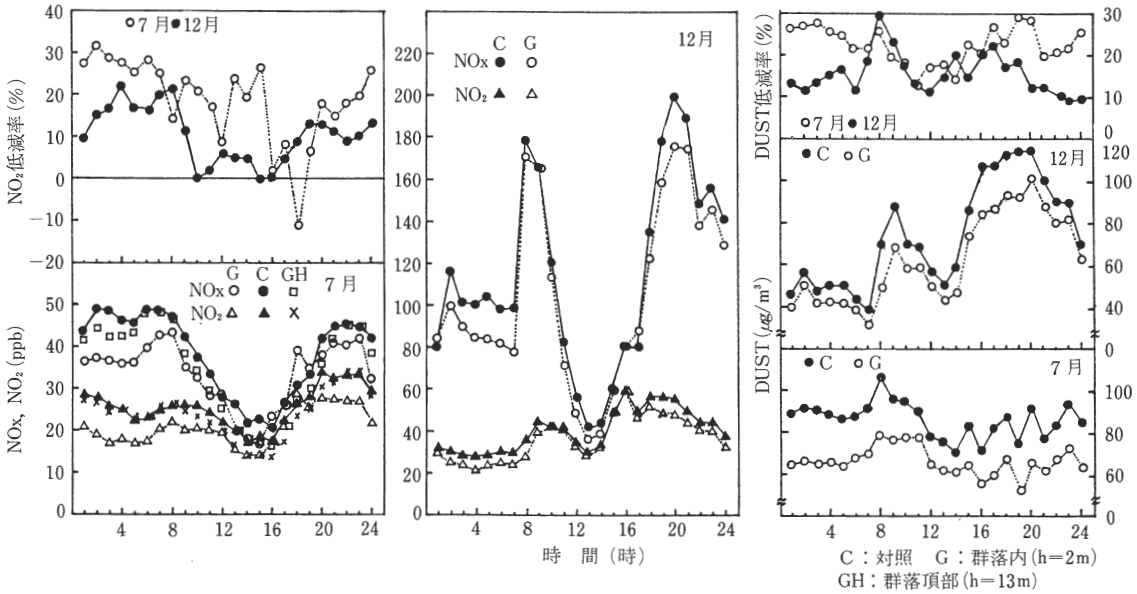


図1 7月、12月のNOx等濃度及び低減率の経時変化 (N系風時)

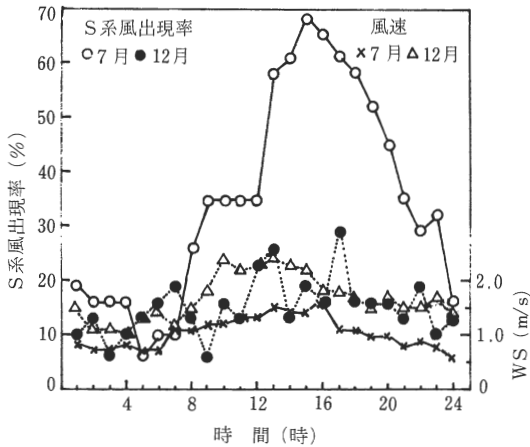


図2 7月、12月のS系風出現率及び風速の経時変化

が27%,12月が15%と夏,冬による差が著しかった。

DUST濃度の経時変化は7月が8時,12月が9時と,16時から20時頃までをピークとする変動を示し,その間,群落内のDUST濃度は常に対照を下回った。低減率は,7月が13~30%,12月が9~30%の範囲にあり,両月とも昼間の平均が約20%と等しかったが,夜間は7月が25%で,12月の13%の約2倍であった。

これらの結果から,植物群落による汚染質の低減効果は,植物による吸収はもちろん,それ以上に,群落構造に起因する閉鎖性,周辺の汚染質濃度,移流拡散速度を決定する気象要因等が関与した結果,と考えられよう。

### 3・1・3 群落内外のNO<sub>2</sub>等濃度および低減率の月変動

大気汚染濃度は,同一地域においても主として気象の影響で変動するが,一方,雑木林のような植物群落は,枝葉の繁った夏季と,落葉した冬季では,群落構造はもちろん,植物の活性もまったく異なる。したがって,植物群落による大気汚染低減効果も当然,季節によって変動するものと考えられる。平林寺に隣接する当群落もその例外ではないが,8月から9月にかけて,ヤマダカレハの幼虫のひどい食害にあって,10月に一部新葉が展開するという経緯をたどった。

このような,群落内外の汚染質濃度,低減率の月変動は図3に示すとおりで,群落内外の濃度差が最も大きかったのは,NO<sub>2</sub>が10月で6ppb,NO,NOxが11月で10,14ppb,DUSTが7月で20µg/m<sup>3</sup>であった。低減率では,NO<sub>2</sub>は8月の21.3%が最も大きく,12月の10.1%の約2倍に達した。NOの低減率は8月に負になるなど,夏季に低かったが,これは濃度レベルそのものが低く,N系風時とは言っても前述のとおりS系風も吹くため,自動車排出ガスの影響を受けたものと考えられる。

DUSTは,対照が最も高濃度となった7月の低減率が23.2%と最も大きく,8月以降の低減率は14~17%と変動が小さかった。このことはまた,NO<sub>2</sub>の低減率が夏,冬で大きく異なったことと比較すると,両汚染質の浄化機構の差を反映した結果と考えられる。すなわち,DUSTは植物への衝突,吸着によって低減するため,主として群落構造の変化に影響されるのに対し,NO<sub>2</sub>には群落構造に起因する速へい効果に,植物の吸収能力の変化が相乗的に加わるため,それだけ季節による変動が大

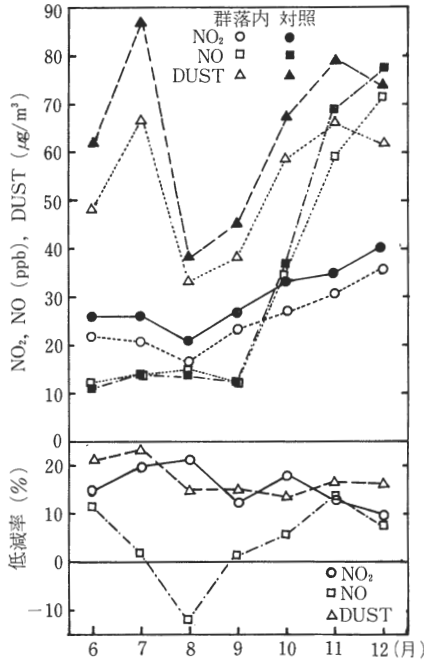


図3 NO<sub>2</sub>, NO, DUST 濃度及び低減率の月変動 (N系風時)

きくなるものと考えられる。

3・1・4 群落内外高さ別のNO<sub>2</sub>, NO濃度測定結果

表3に、夏季、冬季におけるN系風時の群落内外高さ別NO<sub>2</sub>等濃度測定結果を示す。6月、7月、12月ともNO<sub>2</sub>濃度は樹冠の下部である群落内(h=2m)が最も低かった。群落頂部と群落内上部は測定月が異なるが、対照のNO<sub>2</sub>濃度が等しいので比較すると、前者が24.5ppb、後者が24.6ppbとほとんど同じレベルであった。いずれも夏季は対照をやや下回り、冬季は同レベルか、やや上回った。

夏季は植物の活発なガス交換により、O<sub>x</sub>で報告<sup>4,10)</sup>されているように、樹冠中の群落内上部が最も低濃度となることが予想されたが、NO<sub>2</sub>濃度の測定結果は前述のとおりであった。これらの結果は、本調査地点のような、比較的広い群落の中心付近では、汚染質が群落の上空か

らの下降によっても侵入することを示唆しているものと考えられる。

NO濃度は夏季、冬季とも、高位置にある群落頂部、群落内上部が低く、次いで群落内(h=2m)、対照の順であった。これは、この地域のNOの主発生源が低煙源の自動車であり、拡散、反応による上部のNO濃度の低下が、群落による低下を上回ったためと考えられる。

3・1・5 NO<sub>2</sub>等汚染質の群落内外濃度間および濃度差と気象要因等との相関分析

これまでの結果、植物群落の大気汚染低減効果には、各種の要因が関与していることが示唆されたので、さらに相関分析により検討を行った。

一つは、月別に時間値で群落内と対照の汚染質濃度の相関係数の推移を調べたもので、その結果を図4に示す。ここで特徴的なのは、DUSTの相関係数が6月から12月まで安定して高いのに比べ、NO<sub>2</sub>は7月が0.81と最も低く、11月頃まで徐々に高まるという異なった傾向をみせたことである。すなわち、DUSTは前述のとおり植物への衝突、吸着等物理的作用で低減すると考えられるので、群落構造の変化が大気の移流拡散速度を変化させても、1時間値では濃度の急変する時間帯を除き、ほとんど同一の濃度変動パターンとなる。一方、NO<sub>2</sub>は植物のガス交換によってとり込まれるため、枝葉が繁茂して活性の高い夏季の群落内ではその影響が大きく、群落内濃度変動がやや異なり、相関係数が低下するものと考えられる。

次に、表4に日平均値による群落内外濃度差と、各対照濃度及び気象要因との相関係数を示す。気象要因との関係では、風速、日射量、気温と弱い負の相関をみせ、風や日射の強いほど、気温の高いほど群落内外の濃度差が小さくなる傾向を示した。それぞれの対照濃度との関係では、NO<sub>2</sub>が0.66、NO<sub>x</sub>が0.74、DUSTが0.78と高い正の相関を見せ、群落内外の汚染質の濃度差は、外部の汚染質濃度に強く影響されていることが示された。

図5は、1時間値によるNO<sub>2</sub>濃度差と気象要因等との相関係数の月変化を、昼夜別に示したものである。ここでもNO<sub>2</sub>濃度差と対照濃度は概ね高い正の相関を示

表3 夏季・冬季における群落内外高さ別のNO<sub>2</sub>, NO濃度 (N系風時) (単位 ppb)

項目	群落頂部との比較						群落内上部との比較				
	対照 (C)	群落内 (G)	群落頂部 (GH)	$\frac{C-G}{C} \times 100$ (%)	$\frac{C-GH}{C} \times 100$ (%)	対照 (C)	群落内 (G)	群落内上部 (GL)	$\frac{C-G}{C} \times 100$ (%)	$\frac{C-GL}{C} \times 100$ (%)	
夏 期 (6・7月)	NO <sub>2</sub>	26.0	22.1	24.5	15.0	5.8	26.1	20.8	24.6	19.9	5.8
	NO	12.1	10.7	9.2	11.6	24.0	14.1	13.8	12.2	2.1	13.5
冬 季 (12月)	NO <sub>2</sub>	37.5	34.5	38.9	8.0	-3.7	47.2	40.5	47.9	14.2	-1.5
	NO	72.9	67.8	62.0	7.0	15.0	87.8	80.1	75.3	8.8	14.2

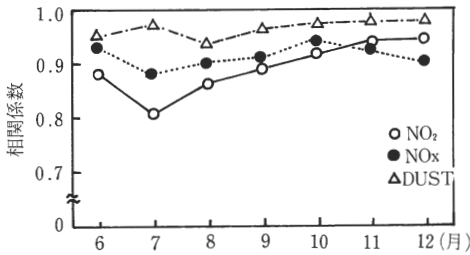


図4 NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, DUSTの群落内外濃度間の相関係数月変化

表4 群落内外濃度差と気象要因等の相関係数

n=157(日)

区分	項目	対照濃度	風速	日射量	気温	湿度
NO <sub>2</sub>	濃度差	0.66	-0.33	-0.42	-0.28	0.23
NO <sub>x</sub>	濃度差	0.74	-0.28	-0.25	-0.46	-0.03
DUST	濃度差	0.78	-0.31	-0.42	-0.10	0.42

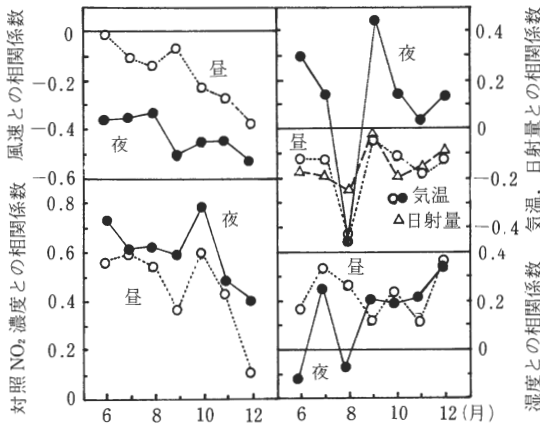


図5 NO<sub>2</sub>濃度差と気象要因等との相関係数月変化  
データ数：6月(昼263,夜293), 7月(148, 205),  
8月(84, 126), 9月(131, 145), 10月(293, 326),  
11月(280, 316), 12月(110, 125)

し、相関係数の大きさは、夏季>冬季、夜間>昼間であった。これは枝葉の繁茂する夏季に群落の遮へい効果が大きいことと、夜間、弱風化によって群落内の大気交換速度がおそくなるためと考えられる。また、風速とは冬季の夜間に負の相関が高く、日射量とも弱い負の相関がみられた。気温とは昼夜で逆の傾向をみせ、いずれも弱いながら昼間は負の、夜間は正の相関傾向を示した。

これらの気象要因は本来、植物のガス吸収速度を高めるものであり、したがって、NO<sub>2</sub>濃度差と負の相関を示したということは、それらが別の要因に影響を与えて間接的に作用した結果と考えざるを得ない。

一般に自然条件下の植物は、日射が強くと気温が高いほ

どガス交換が活発となる。湿度は低いほど蒸散が活発となって気孔開度が大きくなり、風速が速いほど葉面とガスの接触が促進され、ガス交換にプラスに作用する。このことは、群落内外のNO<sub>2</sub>濃度経時変化の特徴や、NO<sub>2</sub>濃度間の相関が夏季に低いことから読みとることができたが、群落内外濃度差と気象要因との相関分析の結果は前述のとおり、負の相関で矛盾した結果となった。その原因は、これらの気象要因が、植物のガス交換速度を規定すると同時に、大気拡散速度にも密接に関与しているからで、現象的には、日射量、気温、風速が大きいほど大気が不安定化し、汚染質濃度が低下するためと考えられる。すなわち、開放系の野外では、日射等が強いほど、NO<sub>2</sub>等の吸収量が増加しても、大気不安定化による対照濃度の低下によって、群落内外の濃度差は単純には大きくなり、どう変化するかはその時期、時刻の群落構造と植物の活性で決定されるものと考えられる。

### 3・2 上尾運動公園沿道緑地帯の調査結果

#### 3・2・1 沿道緑地帯周辺のNO<sub>2</sub>濃度測定結果

沿道ではNO<sub>2</sub>濃度が距離減衰を示す等、複雑な分布をするため、自動測定機で緑地の大気汚染低減効果を測定するためには、精度のそろった多くの測定機を設置する必要がある。そこで本調査は、その準備段階と位置づけ、簡易法によるNO<sub>2</sub>濃度分布調査を行った。図6に道路端からの東西方向距離別に、NO<sub>2</sub>濃度等を平均値で示す。道路両側のNO<sub>2</sub>濃度は、道路から離れるにしたがって低下する距離減衰を示した。東側公園内の道距離から15m地点(以下15m地点という)、30m地点の濃度は171,154μg/100cm<sup>2</sup>/日で、対照地点の206,187μg/100cm<sup>2</sup>/日を下回ったが、樹の下部が切られ、透き間の多かった西側では、各地点とも対照との差は明らかではなかった。

道路端から等距離にある対照地点の濃度を100とした東側公園内の濃度は、15m地点が83,30m地点が82で、それぞれ17%,18%低下し、林緑部での低減効果が公園

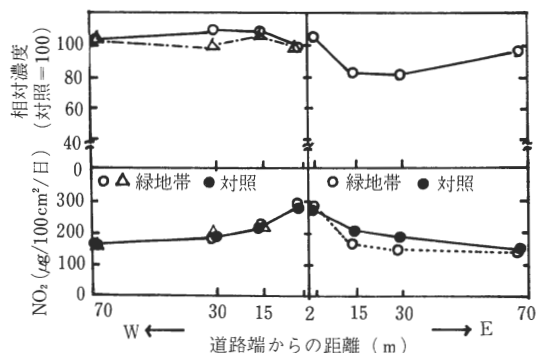


図6 沿道緑地帯周辺のNO<sub>2</sub>濃度分布(平均値)

内での低減を大きく上回る結果となった。なお、東側公園内 70 m 地点が相対的に高いのは、そこが公園内の小道路に面していたことと、対照の拡散による濃度低下のためと考えられ、緑地前面の 2 m 地点が対照より高かったのは緑地によって拡散が妨げられたためと考えられる。

### 3・2・2 沿道緑地帯による NO<sub>2</sub> 低減効果の季節変動

図 7 に東側公園内 15 m 地点の対照地点との濃度差および低減率を示す。15 m 地点の NO<sub>2</sub> 濃度差は 11 回の測定値のすべてが正で対照を下回っており、年間をとおして低減効果がみとめられた。その低減率は、6 月が 22%、7 月が 28%、10 月、12 月が 9% で、植物活性の高い夏季に低減効果が大きかった。また、冬季でも低減効果がみられたことや、透き間の多い西側で低減効果がみられなかったことを考え合せ、沿道でも平林寺近郊緑地保全地区の群落と同様、NO<sub>2</sub> 濃度の低減効果には、植物による吸収のほかに、沿道緑地の構造そのものが大きな影響を与えていることが推察された。

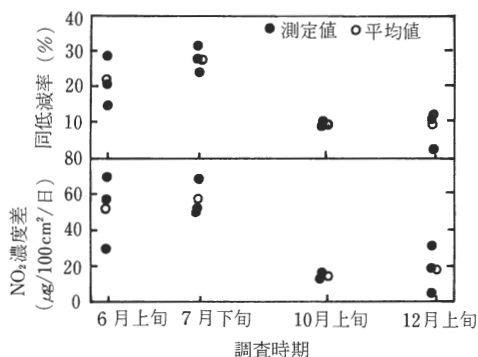


図 7 沿道緑地による NO<sub>2</sub> 濃度低減効果  
(道路端から 15 m 地点)

## 4. ま と め

植物群落等による大気汚染低減効果を明らかにするため、1985年6月から12月まで、平林寺近郊緑地保全地区の雑木林内外で NO<sub>x</sub>、DUST 濃度を自動測定機で連続測定するとともに、上尾運動公園の沿道緑地帯周辺で簡易法による NO<sub>2</sub> 濃度分布調査を行った。平林寺近郊緑地保全地区の調査結果は以下のとおりである。

(1)調査期間中、N系風時(以下すべてN系風時)の群落内の汚染質の低減率はDUSTが17.9%、NO<sub>2</sub>が15.2%、NOが7.6%であった。NO<sub>2</sub>濃度の夜間の低減率は19.1%で、昼間の10.5%の約2倍であった。

(2)NO<sub>2</sub>濃度の低減率は10~21%、DUSTは14~23%と

月によって変動し、夏季に大きい傾向を示した。

(3)群落内外高さ別の NO<sub>2</sub> 濃度は群落内 (h=2 m) が夏季、冬季とも最も低く、群落内上部、群落頂部を下回った。

(4)7月、12月の群落内外 NO<sub>2</sub> 濃度の経時変化から、NO<sub>2</sub> 低減効果には植物による吸収のほかに、群落構造、周辺汚染質濃度および気象要因が関与していることが推察された。

(5)群落内外の汚染質濃度差は、各対照濃度と高い正の相関をみせたのに対し、風速、日射量、気温とは負の相関傾向を示した。それは、これらの気象要因が植物のガス吸収を促進しても、同時に大気を不安定化して汚染質濃度を低下させるためと考えられる。

上尾運動公園沿道緑地帯の NO<sub>2</sub> 濃度分布調査の結果は以下のとおりである。

(1)さんごじゅの密植された東側公園内 15 m 地点で、平均17%の低減効果がみられた。低減効果は季節によって変動し、7月が28%、12月が9%であった。透き間の多かった西側緑地帯では低減効果がみとめられなかった。

以上の結果、都市域植物群落や密度の高い沿道緑地帯では大気汚染低減効果がみとめられたが、その効果には、植物による吸収だけでなく、群落や緑地帯の構造に起因する遮へい効果の影響が大きいことが推察された。

## 一 引用 文 献 一

- 1) 国立公害研究所：陸上植物による大気汚染環境の評価と改善に関する基礎的研究，研究報告，No. 10, 1979.
- 2) 国立公害研究所：複合大気汚染の植物影響に関する研究，研究報告，No. 64, 1984.
- 3) 戸塚績，近藤矩朗，相賀一郎編：植物の大気浄化機能に関する研究，国立公害研究所研究報告，No. 82, 1985.
- 4) 荒木真之，佐々木長儀，本木茂，岡上正夫：オゾン濃度減衰に及ぼす樹林の効果，林業試験場研究報告，No. 321, pp. 51~87, 1983.
- 5) 木多侔：都市の公害防止に関する樹木と空間効果の基礎的研究，第16回大気汚染学会講演要旨集，pp. 321, 1975.
- 6) 根本修，佐藤功，金沢五寿夫：森林の内外における汚染粒子の測定について，第24回大気汚染学会講演要旨集，pp. 337, 1983.
- 7) 小川和雄，高野利一：植物群落による大気浄化効果に関する研究(1)，第26回大気汚染学会講演要旨集，pp. 455, 1985.
- 8) 小川和雄，高野利一：植物群落の大気浄化効果に関する研究(1)，埼玉県公害センター年報，No. 12, 1985.
- 9) 小川和雄：都市域植物群落による大気汚染低減効果，第12回日本環境学会予稿集，pp. 14, 1986.
- 10) 久野春子，寺門和也，宮田和恭：都市内人工コナラ林の生長過程と環境への影響，人間と環境，Vol. 12, 1985.