

植物群落の大気浄化効果に関する研究（第1報）

Studies on the Role of Plant Communities as an Air Filter (Part1)

小川 和雄 高野 利一

要 旨

都市域植物群落内で、どれだけNO₂、NO_x、DUST濃度が低減するか明らかにするため、構造と規模の異なる二つの群落内外のNO₂等濃度を自動測定機により調査し、次の結果を得た。①0.3haの短大東群落のNO₂濃度低減率は20%を超えたが、NO濃度は逆に群落内が高かった。②5haの平林寺隣接群落のNO₂濃度低減率は南側市道の影響を受け11%であったが、この影響を排したN系風時の低減率は16%であった。③平林寺隣接群落内のDUST濃度は平均20%低減した。粒径別では粗大粒子の低減率が微小粒子を上回った。④植物群落によるNO₂、DUST濃度の低減効果について検討したところ、群落構造そのものに起因する移流抵抗性の影響が大きいことが推察された。

1 はじめに

過去10年間、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、沿道の窒素酸化物汚染は依然として高濃度横ばいの状態を続けており、今後の交通量の増加や、ディーゼルエンジンの直噴化の進行を考慮すると悪化の可能性さえ生じている。

建設省は昭和57年に「道路構造令」の改正を行い、これまで修景機能や交通安全機能として考えていた道路緑化を、新たに「良好な生活環境の確保」のための「植樹帯」の設置を規定することにより、沿道公害対策としても位置付けるようになった。大気汚染対策の基本が発生源対策にあることは言うまでもないが、現況を少しでも改善していける方法であるならば、緊急の課題として積極的に取り組んでいく必要があろう。

近年、植物の大気浄化機能について、人工気象室を用いた詳細な研究が行われており、植物がNO₂やO₃等を生体防御能力の範囲内で収着、無毒化し、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、どれだけ濃度を低減することができるかという¹⁾ことを調査した報告は極めて少ない。

そこで筆者らは、沿道緩衝緑地の大気浄化効果を明らかにすることを目的に、当面基礎的な知見を得るため、都市域植物群落内でどれだけNO₂、NO_x、DUST濃度の低減がみられるか、構造と規模の異なる二つの群落の調査を行なったので、その結果について報告する。

2 調査方法

調査は1984年7月10日から8月30日にかけて、浦和市内の衛生短大東側0.3haの小群落（以下短大東群落という）と、1985年6月1日から6月30日にかけて新座市の平林寺近郊緑地保全地区（以下平林寺隣接群落という）で実施した。短大東群落は周囲3方向を水田で、さらにその外周を住宅等で囲まれた竹ヤブで、南側200mには東西に走る県道浦和所沢線（交通量28,000台/日）が、東側700mには新大宮バイパス（同76,000台/日）が南北に走っている。平林寺隣接群落は、南側に接する市道（同6,000台/日）を境界に47haを有する広大な平林寺境内林に隣接した典型的な雑木林で、樹冠はほぼ連続している。北側はグラウンド、西側は畑、東側は住宅地である。平林寺隣接群落内の測定地点と、その対照地点である朝霞保健所新座支所は、東西に約600m離れているが、両地点とも北側の国道254号（同47,700台/日）と南側の市道からはそれぞれ330m、65mの等距離にある。

測定方法等の概要は表1に示すとおりで、1985年の平林寺の調査では、あらかじめ約2ヶ月間にわたって並列運転して調整したNO_x計及びDUST計を、群落内及び対照地点に設置し、1時間値を連続測定した。また、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、N₂気流中でトリエタノールアミン浸漬ろ紙をはさみ込み、ビニールテープで密封して改造した

表1 測定方法及び調査群落の概要

調査地点	測定項目	測定方法	群落規模・構成
短大東側群落	NO、 NO ₂ NO	ケミルミNO _x 計1台に電磁弁とタイマーをセットし、群落内外(距離30m)を30分間隔で切り変へ測定した。	0.3ha、周囲をこなら、しらかし、えのき等で囲まれた、高密度の竹ヤブ群落。外周は、あまちゃつる、へくそかずら、からすうり等つる植物を主としたマント群落で被われている。
平林寺隣接群落 (対照：朝霞保健 所新座支所)	NO、 NO ₂ NO DUST 粒径別浮遊 粉じん	ザルツマンNO _x 計3台(対照、群落内、及び同位置の群落頂部(h=13m)) 光散乱粉じん計2台 アンダーセンサンプラー 2台	5ha、(ただし、平林寺境内林47haと市道を境界に隣接) こなら、くぬぎ、えごのき、はんのき、赤松等の典型的雑木林で、群落高は約11m。下草刈り等の手入れが施されている。

備考) 大気吸引パイプは群落内外とも等距離とし内径8mmのテフロン製を用いた。
対照及び群落内の採気口高さは2m。

天谷式簡易測定器で、両群落内外の汚染分布を測定し、群落内外の測定地点がそれぞれ群落内外の平均的濃度にあることを確認した。(各群落とも50個/回で3回測定、ポリ軟硬ビン中に納めて大気暴露した。)

3 調査結果

3.1 群落内外のNO₂、NO_x、NO、DUST濃度測定結果

短大東群落及び平林寺隣接群落内外のNO₂等濃度の測定結果のまとめを表2に示す。

群落内NO₂濃度の低減率は、0.3haの短大東群落で22.2%、5haの平林寺隣接群落で11.0%であったが、NO_x濃度では前者の群落内NO濃度が対照を9.5%上回ったため、前者が9.4%、後者が10.2%とほぼ同程度の低減率となった。平林寺隣接群落の群落頂部のNO₂濃度は、群落内及び対照地点の中間を示したが、NO濃度が低かったためNO_x濃度としては群落内部とほぼ同程度であった。また、平林寺隣接群落内のDUSTの低減率は20.2%で、NO_x、NO₂よりも大きかった。

短大東及び平林寺隣接群落の調査時期がそれぞれ月下旬から8月末と6月であるため、気象条件や植物の活性が異なり、両地点の測定結果の単純な比較は切ではないが、NO₂濃度の低減率で前者が後者を大きく上回っている点は注目に値する。低減率に影響を与える要因としては、群落構成樹種、群落構造、群落規模、調査時期、周辺大気汚染濃度等が考えられるが平林寺隣接群落は群落規模が大きく、周辺NO₂濃度が高いことから明らかに植物の汚染質収着にとって利である。植物活性に影響する調査時期が、短大東落が7月下旬から8月末といっても、枯上りの著しい竹ヤブ群落であり、約2倍の低減率の主要因とはえられない。このように考えると、両地点の低減率差は群落構造そのもの、即ち短大東群落が群落境界をつる植物等のマント群落で被われた、移流抵抗性大きい高密度群落であるのに対し、平林寺隣接群落マント群落の形成がなく、下草刈りが行われる等、対的には空気の流通の良い群落であることによるものと考えられる。さらに平林寺との境界にある道路(下南側市道という)の影響も大きいものと考えられ

表2 調査期間中のNO₂、NO_x、NO、DUST測定結果

区分 項目	衛生短大東側群落 (n=41)			平林寺隣接群落 (n=30)			
	対照	群落内	低減率	対照	群落内	低減率	群落頂部
NO _x	28.7	26.0	9.4	36.4	32.7	10.2	32.2
NO ₂	17.1	13.3	22.2	25.4	22.6	11.0	23.9
NO	11.6	12.7	-9.5	11.0	10.1	8.2	8.3
DUST	—	—	—	59.9	47.8	20.2	—

3・2 群落内外におけるNO_x、NO₂濃度の経時変化

3・2・1 短大東群落内外のNO_x、NO₂濃度変化

短大東群落の調査期間中のNO_x、NO₂濃度経時変化を図1に示す。対照のNO_x濃度は朝及び夕方から夜にかけて高濃度となり、やや遅れてNO₂が続くという典型的な変動パターンを示し、群落内もほとんど同様な変動を示した。NO₂低減率の変化は14.1%から28.6%の範囲にあり、終日群落内部のNO₂濃度が対照を下回ったが、NOは群落内が対照を上回ったためNO_xとしての低減率は小さくなった。一般に、大气中でのNOからNO₂への反応にはO₃が大きく関与していることが知られているが、荒木ら²⁾によって、樹林の幹材積密度が高いほどO₃の濃度減率が大きいことが報告されていることから、短大東群落が移流抵抗性の大きい高密度群落であるため、O₃濃度が低く、NOからNO₂への転換反応が抑制されている可能性が考えられる。

3・2・2 平林寺隣接群落内外のNO_x、NO₂濃度変化

平林寺隣接群落内外のNO_x、NO₂濃度の経時変化を図2に示す。平林寺隣接群落内においても概ね群落内のNO_x、NO₂濃度が対照を下回る傾向にあったが、16時から19時にかけては逆転して、対照のNO_x、NO₂濃度が群落内をわずかに下回った。NO_x、NO₂低減率は夜間が高く、7時から8時にかけてやや低下した後、11時まで上昇、以降18時まで急低下して再び上昇に転じた。

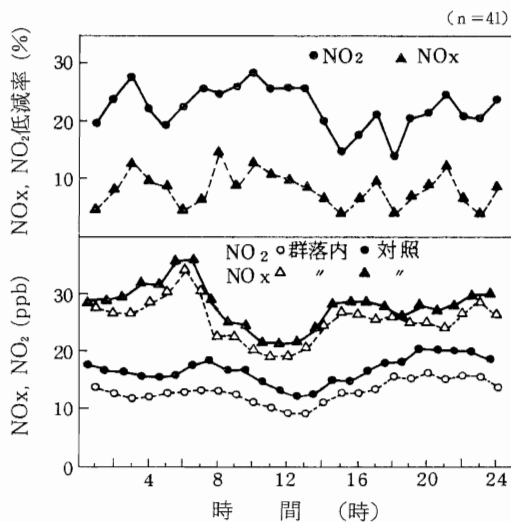


図1 短大東群落内外のNO₂、NO_x濃度等経時変化

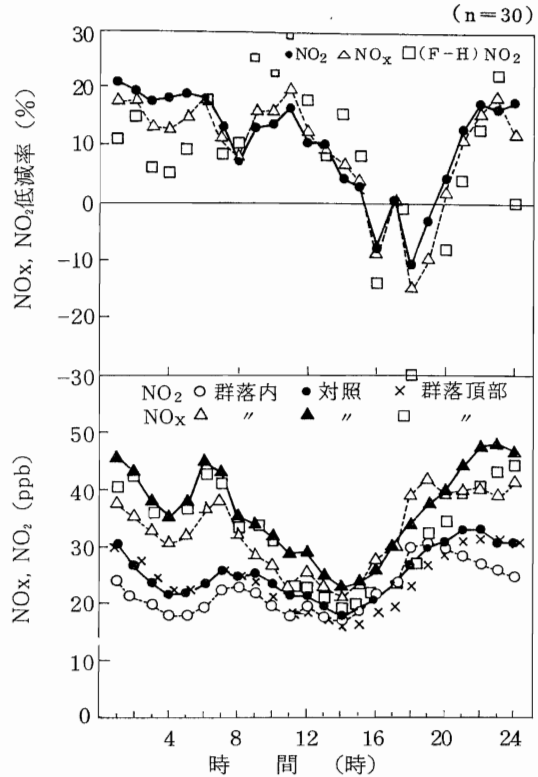


図2 平林寺隣接群落内外のNO₂、NO_x濃度等経時変化

低減率の最高値はNO₂が1時の20.8%、NO_xは11時の20.0%で、最低値はNO_x、NO₂とも18時でそれぞれ-10.8%、-14.8%であった。

NOは短大東群落と異なり、群落内が対照を下回り(表2)、低減率の経時変化も濃度レベルが低いだけ変動巾は30.4%から-35.6%と大きかったが、基本的な変動パターンはNO₂と同様の傾向を示した。群落頂部のNO₂濃度は、8時までは対照と同レベルにあり群落の影響はみられなかったが、その後11時まで徐々に群落内濃度に接近し、12時以降20時までは群落内部の濃度を下回った。

以上のような平林寺隣接群落内の濃度変化は、一方で発生源の影響を強く示唆しているものと考えられるので、近傍の発生源、即ち平林寺との境の南側市道及び北側330mの国道254号の影響について検討した。

図3に両道路の交通量経時変化を、図4には平林寺隣接群落と2.5km離れた新座大気常時監視局の風の観測結果から、調査期間中のS系風出現頻度の経時変化

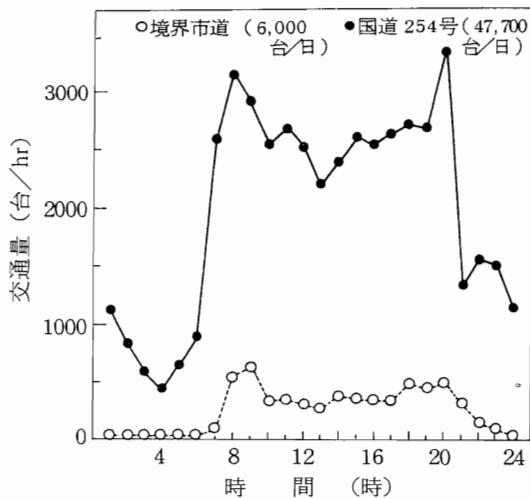


図3 平林寺隣接群落近傍道路の交通量経時変化
(注) 南側市道: 1985年9月24~25日調査
国道254号: 1983年交通情勢調査

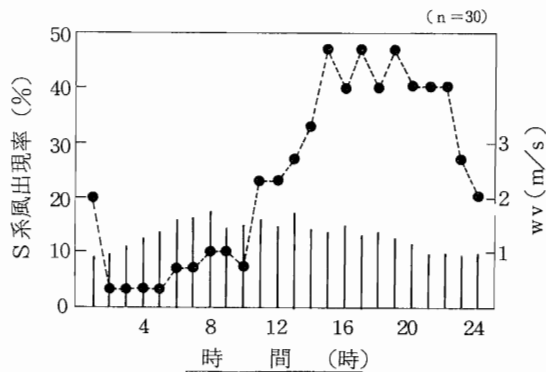


図4 調査期間中のS系風出現率及び平均風速

を示す。

南側市道の日交通量は約6000台と少く、23時から朝6時にかけては10台/hから30台/hにすぎない。7時から8時に交通量は急増し、8時から9時のピーク時には640台/hに達した。日中は300台/hから400台/hで推移し、17時から20時にかけて500台/h前後となり以後減少した。

国道254号は日交通量47,700台の幹線道路で、朝及び夕方から夜にかけてピークを持つ典型的な時間変動パターンを示した。

南側市道の影響を顕在化するS系風の出現頻度は、深夜から10時頃まで10%前後であったものが、14時から22時には40%を超過し、以後再びN系風が卓越した。この変化に、NO_x、NO₂濃度の低減率の変化(図2)

を重ねてみると、S系風出現頻度が高まる11時頃からNO_x、NO₂低減率が低下し始め、S系風出現頻度が40%を越える16時には低減率が負に転化するなど、明らかに南側市道の影響がみられた。さらに、前述のように群落内の測定点と同一位置にある群落頂部のNO₂濃度がS系風時に群落内を下回ったことは、樹冠が自動車排出ガスの鉛直拡散を妨げた結果と考えられ、このことが一層群落内に自動車排出ガスの水平拡散を促す結果となったものと推察される。

これらのことは、図5に示すような典型的な風系の事例を個別に検討することにより一層明確となる。

一日中N系風であった6月27日は、終日群落内NO₂濃度が対照を下回っており、南側市道の影響が極めて少なかったのに対し、8時頃からS系風が卓越した6月6日では8時以降、大気的不安定化と国道254号の影響を脱したことによる濃度低下のタイムラグはあるものの、群落内NO₂濃度が対照を上回る傾向が、交通量の増加する18時頃にかけてさらに顕著になった。群落頂部のNO₂濃度が同時刻に対照と同程度

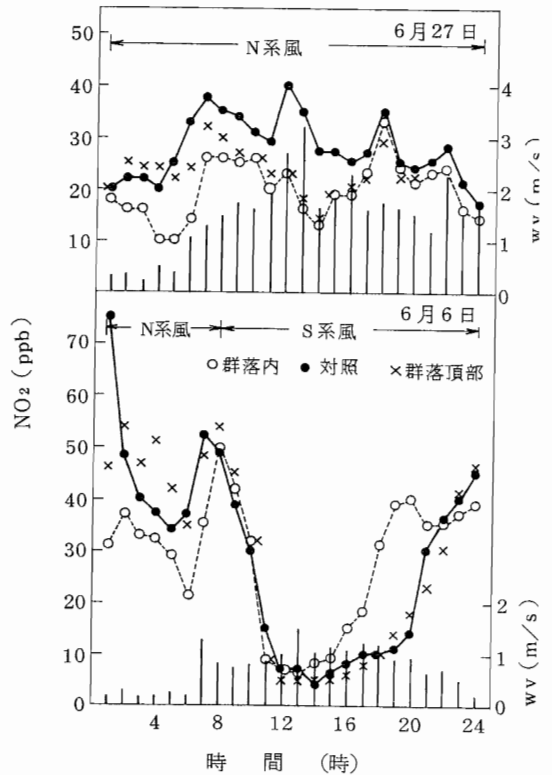


図5 平林寺隣接群落内における6月6日、27日のNO₂濃度等経時変化

であることも考え合わせ、明らかに南側市道からの自動車排出ガスの拡散と、樹冠による鉛直拡散の抑制効果が認められた。

一方、平均値レベルでS系風出現頻度の高かった20時から22時のNO₂、NO_x低減率がややプラス側を示したのは、大気の安定化と南側市道の交通量の減少によるものと考えられ、7時から8時に低減率が若干低下したのは、群落内NO_x、NO₂濃度のピーク時間が、群落の移流抵抗性によって、対照より遅れたためと考えられる。この中で、8時以降の低減率の上昇は、大

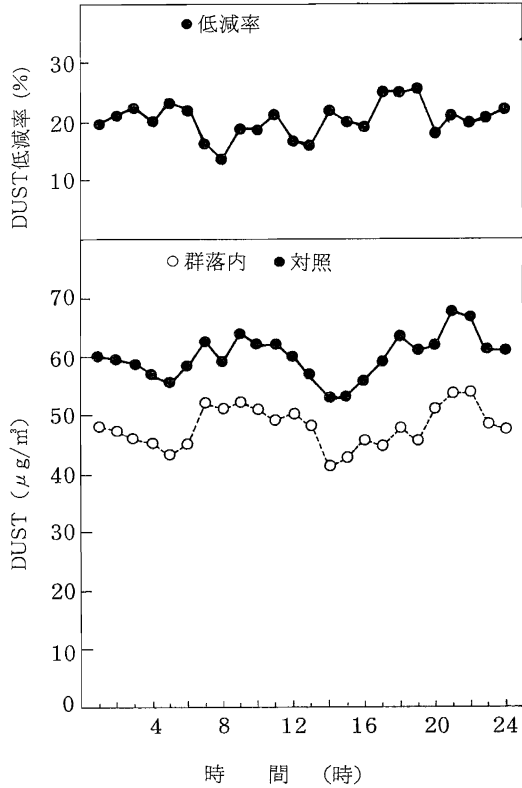


図6 平林寺隣接群落内外のDUST濃度等経時変化

気が不安定化して大気の拡散条件が良くなる状態の中で、群落内部のNO₂濃度が対照より早く減少したということであり、群落内でのNO₂収着の影響が大きいものと推察される。

3.3 平林寺隣接群落内外のDUST濃度の測定結果

平林寺隣接群落内外のDUST濃度の経時変化を図6に示す。

経時変化のパターンは群落内外ともNO₂とほぼ同様、朝及び夕方から夜間にかけて高まる二山型を示した。

群落によるDUST濃度の低減率は、平均約20%で、7時から8時、12時から13時に低く、早朝と夕方がやや高かった。低減率は13.6%から25.4%の範囲にあり、変動巾は小さかった。

6月5日から6月12日にかけて、アンダーセンサンプラーにより粒径別に浮遊粉じんを採取したところ、表3に示すとおり、全量では22.4%の低減率を示し、同一期間中の光散乱式粉じん計による低減率23.2%とほとんど同じ結果が得られた。

表3 アンダーセンサンプラーによる浮遊粉じん測定結果 (μg/m³)

区分 場所等	アンダーセンエアサンプラー			光散乱式 粉じん計
	全量	粗大粒子	微小粒子	
群落内	66.7	30.1	36.6	52.0
対照	85.9	40.5	45.4	67.7
低減率%	22.4	25.7	19.4	23.2

大気中の浮遊粉じんは一般に、粒径2μm付近を谷とし、0.85μm及び3.9~5.7μm付近をピーク濃度とする二山型のパターンをとるため、アンダーセンサンプラーの5段目(2.1μm)を境として粗大粒子と微小粒子に分割して浮遊粉じん濃度の低減率を比較すると、粗大粒子の低減率が25.7%で、微小粒子の低減率

表4 N,S系風時間帯別NO₂、NO_x、NO、DUST濃度及び低減率 (ppb,%)

項目	区分	N系風時間帯				S系風時間帯			
		対照	群落内	群落頂部	低減率	対照	群落内	群落頂部	低減率
NO _x		39.6	33.7	36.0	14.9	30.0	30.6	24.7	-2.0
NO ₂		26.2	22.0	25.5	16.0	23.7	23.8	20.8	-0.4
NO		13.4	11.7	10.5	12.7	6.8	6.8	3.9	-9.7
DUST		60.8	48.9	—	19.6	58.0	45.7	—	21.2

(備考) 低減率(%): (対照-群落内)/対照×100

19.4%を上回った。

これらのことから、植物群落は浮遊粉じんに対するフィルター効果を持ち、粗大粒子に、より有効に作用するものであることが解かった。

3・4 植物群落によるNO_x、NO₂、DUSTの低減効果

表5 昼夜別のNO₂、NO_x、DUST濃度及び低減率 (ppb・%)

区分 項目	昼 (6:00~18:00)			夜 (18:00~6:00)		
	群落内	対照	低減率	群落内	対照	低減率
NO ₂	21.2	22.7	6.6	24.0	28.1	14.6
NO _x	28.2	30.4	7.2	37.1	42.3	12.3
DUST	47.8	59.2	19.3	47.8	60.6	21.1

短大東群落は0.3haの小群落ながら、マント群落に被われた高密度群落で、NO₂濃度を22%低減させた。

平林寺隣接群落のNO₂低減率の平均値11%は、南側市道の影響で群落内濃度が高まるため、NO₂低減率を過小評価するものであった。そこで、できるだけ南側市道の影響を排した低減率を求めるために、N系風及びS系風時間帯別にNO₂濃度等の低減率を算出した(表4)。

DUST濃度はN系風及びS系風時間帯とも約20%の低減率であり、南側市道の自動車走行の影響はみとめられなかった。南側市道の影響の少ないN系風時間帯のNO₂低減率は16%となり、全平均の低減率11%を上回った。しかし、NO₂に較べて到着速度が10分の1程度といわれるNOの低減率が12.7%であったことは、群落によるNO₂濃度の低減が、植物による吸収以外の要因の影響も大きく受けていることを示唆するものと考えられる。

また、植物のガス交換速度の影響を考慮して、昼夜別にNO₂、NO_x、DUST濃度の低減率を比較してみると(表5)。DUST濃度の低減率は昼夜でほとんどが変わらなかったものの、NO₂濃度では夜間が14.6%と、昼間の6.6%を約2倍上回った。夜間の低減率が大きいのは、夜間の対照濃度が大気安定化とN系風による国道254号の影響で、高濃度となることによると考えられるが、N系風時間帯の対照地点のNO₂、NO_x濃度と群落内外の濃度差の相関係数はそれぞれ0.65、0.66 (n=30, 5%水準は0.361) でこの見解を支持するものであった。言い換えれば、群落そのものが半閉鎖系的側面を有し、外部の濃度変動に対して相対的に変

動しにくいという傾向が示されたものと言えよう。

一般に、植物は光強度を増すにしたがって気孔を開き、活発なガス交換を行うため、NO₂等の汚染質の吸収も日中に多いことが報告されているが、諸要因の複雑にからみあった都市域植物群落のNO₂濃度等の低減効果には、必ずしもこのことが主要因となっていないことが明らかとなった。

以上の結果から、群落内NO₂、NO_x、DUST濃度の低減率に最も大きな影響を与えていると考えられるのは、群落構造そのものに起因する閉鎖性、即ち移流抵抗性の大きさで、このことは従来から一般的に知られている「森林の気候緩和作用」としての一側面、ということもできよう。

4 まとめ

都市域植物群落内でどれだけNO₂、NO_x、DUST濃度の低減がみられるか明らかにするため、構造と規模の異なる二つの群落内外のNO₂等濃度を自動測定機により調査した。その結果は以下のとおりである。

- (1)1984年7月10日から8月30日まで調査した、0.3haの短大東群落のNO₂濃度の低減率は20%を超え、NO濃度は逆に群落内が高く、群落境界面で移流抵抗性の大きい高密度群落内では、NOからNO₂への反応が抑制される可能性が示された。
- (2)1985年6月1日から6月30日まで調査した、5.1haの平林寺隣接群落のNO₂濃度の低減率は11%であったが、南側市道の影響を排したN系風時間帯の低減率は16%であった。この時のNOの低減率は12.7%であった。
- (3)平林寺との境にある南側市道からの自動車排出ガスは連続した樹冠によって鉛直拡散を妨げられたため、一層群落内を水平拡散し、S系風時には群落下部のNO₂、NO_x濃度が群落内を下回った。
- (4)平林寺隣接群落内のDUST濃度の低減率は約20%で、NO_x、NO₂の低減率を上回った。アンダーセンサンプラーによる粒径別の低減率は、粗大粒子が25.7%、微小粒子が19.4%であった。
- (5)平林寺隣接群落内のNO₂濃度の昼夜別低減率は、植物のガス交換速度の遅い夜間が14.6%となり、昼間の6.6%を上回った。
- (6)以上の結果から、都市域植物群落によるNO₂、NO_x、DUST濃度の低減効果は、植物による吸収の他に、群落構造そのものに起因する閉鎖性、即ち移

流抵抗性の大きさによるところが大きい、ということが推察された。

本研究の実施に当たり、測定機器の設置場所を快く提供して下さった県立衛生短大、朝霞保健所新座支所、浦和公園事務所の方々に謝意を表します。

文 献

- 1) 戸塚 績他：植物の大気環境浄化機能に関する研究，国立公害研究所特別研究報告第82号(1985)
- 2) 荒木 眞之他：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第321号(1983)
- 3) 根本 修他：森林の内外における汚染質粒子の測定について，第24回大気汚染学会講演要旨集，337(1983)
- 4) 天谷 和夫：風の影響をうけない高効率大気汚染物質簡易捕集器，第21回大気汚染学会講演要旨集，315(1980)
- 5) 大政 謙次：植物群落の汚染ガス収着機能—現象の解析とそのモデル化—，国立公害研究所特別研究報告第10号，pp.367～385(1979)
- 6) A. Clyde Hill : A Sink for Atmospheric Pollutants, J. Air Pollut. Control Assoc., 21, 341 (1971)