

第I章 緒言

戦後日本の石油経済への転換は、各地にコンビナートを建設する一方で、自動車生産と道路建設を急速におし進めることになった。歴史的にみれば道路は江戸期頃迄は人間の歩く道、コミュニケーションの場であり、交通手段といえば駕籠か大八車、馬しかなかった。そのため、道路は狭くても、曲がっていても問題はなかった。しかし、特に1960年代からの自動車の普及によって、生活の場に道路が入り込み、走行量の増大は大量の人身事故や騒音、振動、大気汚染等、人間にとっての多くのマイナス要因を生み出した。近年では、日本の経済発展を支えてきた自動車が経済活動をまひさせるまでになってきている。

現在の日本の自動車保有台数は約6000万台を超え、国民2人に1台の割合にまで達している。地球上では5億6千万台の自動車が保有されているが、今後、中国や旧ソ連等を中心に、倍増するまで多くの時間は要しないものと考えられる。その時、大気汚染や温暖化に及ぼす影響は極めて深刻なものと予測される。自動車問題は日本の国内問題ばかりではなく、すでに地球環境の主要な問題になりつつあるといっても過言ではない。

ところで、日本の1960年代後半からの高度経済成長をもたらした石油消費は、これまでの石炭燃焼によるばいじん汚染が変わって二酸化硫黄（以下SO₂とする）による大気汚染を深刻化させたが、健康被害者や市民の運動を背景にした規制の強化によって70年代後半には総量規制等も導入され、主として良質油への燃料転換によって工場等によるSO₂の汚染問題は基本的には解決に向かった。しかし、70年代に入ると窒素酸化物（以下NO_xとする）による大気汚染が顕在化してきた。SO₂の場合には燃料中のS分が燃焼によって大気中に排出されるだけなので、低S分の燃料を使えば簡単に排出量を低減することができた。しかし、NO_xによる汚染は発生源が多様であり、かつ、空気中に80%もの窒素（N₂）が存在することから解決が難しい。即ち、大気中に排出されるNO_xは燃料中のNが燃焼によって酸化されて排出されるFuel-NO_xだけでなく、高温燃焼によって空気中のNと酸素（O₂）が反応してThermal-NO_xを生成するため、二酸化炭素（CO₂）と同様、燃焼によって必ず排出されるものだからである。そのため、中心的な発生源である自動車の走行量の増大に比例して大気中の二酸化

窒素（以下NO_xとする）濃度が当然のように上昇してきた。そればかりでなく、発生源が地表面に分布することが、気象条件によっては高煙突から排出されることの多いSO₂よりも、地上付近の濃度が高濃度になる原因となっている。

以上のように、日本の大気汚染は戦後の石炭燃焼によるばいじん汚染の時代から高度生長期の重油燃焼によるSO₂汚染を経て、浮遊粒子状物質や自動車走行の増大に伴うNO_x汚染、光化学オキシダント（以下O_xとする）汚染へと変化してきた。最近ではディーゼル排ガス中のガン原性物質やハイテク産業の発展等に伴う未規制有害物質による汚染も危惧されはじめている。

一方、大気汚染研究は、それぞれの年代の汚染を解決するため、汚染の実態把握とそのメカニズムの研究、汚染の影響に関する研究、汚染対策に関する研究もなされてきた。さらに、比較的広域的な汚染に対してはコンピュータを利用した拡散モデルによる総量規制シミュレーション技術も実用化され、基本的には燃料の改善と除じん装置、脱硫装置の設置という固定発生源対策によって、ばいじんや硫黄酸化物（以下SO_xとする）汚染は解決されてきた。しかし浮遊粒子状物質汚染や、主な発生源が自動車であるNO_x汚染については、1970年代末の時点でも各地の汚染実態や排出量の把握が中心であり、特に沿道での自動車走行と沿道大気汚染との関係の解明や排ガス規制以外の汚染対策についての研究は緒についたばかりであった。

このようなNO_xによる大気汚染の健康影響については1978年の環境基準改定以降、議論と研究が続いているが、少なくとも最近の環境庁の調査結果¹⁾では、複合汚染のもとでNO_x濃度が年平均値0.03ppmを超過すると呼吸器系疾患が有意に増加することが確認されている。現状の都市の沿道大気環境は、これを長年超過しているところがきわめて多く、沿道ほど呼吸器系疾患が多いという報告²⁾もある。また、NO_xばかりでなく、ディーゼル排ガス中の微粒子には癌原性物質が多く含まれており、動物実験ではその接種によって、腫瘍が形成されることが確認³⁻⁴⁾されている。また、少なくとも近年、タバコを吸う人が減少しているにもかかわらず、肺癌が増加していること、しかも都市部に多いこと等が衛生統計⁵⁾にも表れているように、自動車によるNO_xや粉じんの大気汚染は深刻な様相を呈し、極めて重大な事態になってきている。

もちろん、こうしたNO_x等による大気汚染がこれ

まで全く野放しにされてきたわけではない。数次にわたる自動車排出ガス規制の強化や固定発生源の排ガス規制などが逐次行われてきたが、それが適用されるまでの猶予期間に、交通量の増加やディーゼルエンジンの直噴化等の進行によって、規制効果が失われ、結果的には大気汚染の悪化スピードを若干遅くするか、なんとか現状を維持する役割を果たしたにすぎなかった。

最近、こうしたNO₂汚染の深刻化に対し、様々な対策が考えられるようになった。従来からの発生源対策に加えて、交通流対策、沿道環境対策などが一部地域で具体化されており、首都圏等では総量規制的な対策も導入されようとしている。しかし、現状のNO₂汚染は、例えばアルデヒド対策を施したメタノール車の全面的な導入や、水素エンジンのような革新的な技術の実用化がない限り、単独の対策では環境基準の完全達成は不可能な段階になっているとって過言ではない。もちろん、だからといって何もなくてよい、というのではなく、今の時点でできること、少なくとも高濃度地点のNO₂濃度を少しでも低下させることは重要である。そのための局地的対策は現在でも可能であり、緑地帯による対策やトンネル化による脱硝なども考えられている。特に前者は大規模道路の建設にあたって、環境施設帯の設置が道路構造令にも義務付けられようになり、既に実施された所もある。

本論文の主題である緑地帯による対策の場合、以前から工場や事業場に一定の面積を植栽させることが義務付けられてきたが、NO₂汚染の最も著しい沿道では、従来は景観や交通の安全性の観点から設置され、大気汚染対策としての「沿道緑地帯」は考慮されていなかった。そのため、沿道緑地帯でどの程度大気汚染の低減効果があるのか、という疑問についてはほとんど調査もされていなかった。もっとも、沿道の大気汚染の実態そのものも、1980年代当初の日本では、ようやく増えつつあった自動車排出ガス測定局のデータ以外は乏しく、NO₂や浮遊粉じんの沿道付近での分布や挙動に関する調査が、アセスメント制度の予測技術としての必要性との関連でやっと思われ出した段階であった。

大気汚染対策として植物の利用を考えた場合、植物がNO₂等の汚染ガスを吸収すること⁶⁾やそのメカニズム、その種間差等については、国立公害研究所の一連の詳細な研究⁷⁻⁹⁾によって既に明らかになりつつあったが、フィールドで、汚染ガスが吸収された結

果、大気中の濃度がどれだけ下がるのか、ということ を明らかにした調査は全くなく、僅かに荒木¹⁰⁾、久野¹¹⁾が雑木林内でオゾン濃度が低下することを報告している他はほとんど見いだせなかった。

特に沿道緑地帯の効果としては三沢¹²⁾及び辰巳¹³⁾が葉面付着粉じんの量を測定し、どれだけ粉じんや重金属等を取り除くか、ということ を報告しているが、やはり調査が大規模にならざるを得ないためか、大気中の濃度がどう変化するか、については調査されていなかった。

それだけに沿道の高濃度大気汚染対策に植物を利用しようという考えはあったが、一般的にはどれだけ汚染ガスや粉じんを浄化できるか、といった植物の吸収吸着能力への期待のみに目が向く傾向にあった。

ところで、筆者は地方自治体に勤務し、SO₂の総量規制やNO₂による大気汚染調査、沿道大気汚染の予測等に関わってきた。近年の大気行政の中心は沿道のNO_x汚染対策であり、それによってNO₂濃度をどれだけ下げることができるか、が行政にとっても住民にとっても最大の関心事であった。植物分野の教育を受けてきた者としては、当然のように対策に植物のガス交換能力を活用できないかと考え、本研究を開始した。はじめに行ったJICSTによる検索等の文献調査では海外も含め、前述の文献の他はほとんど見つからなかった。そこで筆者は、まずはじめに対策を考える上で基本となる沿道汚染の実態把握を行い、その結果を踏まえて沿道緑地帯でどの程度、大気汚染濃度の低減効果があるのかを明らかにするため本調査を開始した。

本論文で扱う緑地帯による大気汚染対策は環境科学特有の境界領域であり、その分野は大気科学、気象学、植物生理学等多岐にまたがる応用科学と考えられる。その意味では著者の能力を大きく越えるものと言わざるを得ない。しかし、著者としては、あくまで沿道の高濃度汚染という現実を解決したいという立場から、乏しい能力を省みず、これらの調査研究にとりくんだ。なにぶん調査はすべて野外で行っており、実験室内でのように十分な条件設定ができないなどの御批判もあろうが、緑地帯による沿道汚染対策に少しでも科学性をもたせ、根拠資料を提供することができれば幸いである。

以下、論文の第Ⅱ章では、1980年当初、沿道のNO_x汚染が問題になってきており、その実態を把握することにより大気汚染対策のヒントを得ようとして

実施した調査結果をまとめた。

特にNO_xが沿道から拡散、反応してどのような分布を示すのかは対策を考える上で重要であり、気象条件等との関連でその特徴を論述し、一部モデル化した。

また、最も基本となる交通量とNO₂濃度の関係についても現状で最も信頼性の高い既存資料の活用により提示した。

さらに、日平均値の年間98%値で定められたNO₂の環境基準もNO₂汚染濃度の出現確率からは変更の必要があることも示した。こうしたNO_xによる沿道汚染の実態調査の段階では植物の活性がないか、或いは低下する冬期や朝夕にNO₂濃度が高いこと等から、植物利用の対策は困難と考えられた。

第三章では、植物によるNO₂濃度の低減効果を実証し、そのメカニズムを明らかにした。まずはじめに、道路際に緑地帯を持つ2カ所の公園内外の1年間にわたるNO₂濃度分布調査によって、緑地内及びその後方のどこまでNO₂濃度の低減がみられるのかを示した。

次に植物群落の構造と量の把握が可能な桑群落でNO₂濃度の垂直分布を調査し、同一葉面積でも群落構造によりNO₂濃度の垂直分布が異なり、低減効果が異なることを明らかにした。また、群落内では風速が弱まるほどNO₂濃度の低減が大きいことを示した。

次いで測定が容易で特定の発生源の影響が無いと考えられた都市域の雑木林の内外で、実際に大気汚染濃度に差があることを確認し、小規模でも高密度な雑木林のほうがNO₂濃度の低減が大きいことを明らかにした。

次に道路の両側にあり、高密度で常緑樹からなる沿道緑地帯周辺と道路の片側だけの落葉樹からなる普通の密度の緑地帯で自動測定機による長期実測を行い、NO_xが連続的に排出されている沿道においても、長期平均的には緑地帯によってNO₂濃度が低減することを実証した。この調査でNO₂汚染対策の最も必要な冬期であってもNO₂濃度の低減が可能であることが実証され、緑地帯による対策の有効性が明らかとなった。また、複数地点で測定したNO₂濃度の1時間値を解析して、緑地帯によるNO₂濃度の低減効果は緑地帯の構造に起因する遮閉効果と群落内外の拡散条件の違いによることを実証した。さらに、群落内外のオゾン濃度分布の差によるNO₂生成速度等の違い

がNO₂低減効果に大きな影響を及ぼしていることも推察された。

また、このような沿道緑地帯の局地的効果と対比するため、埼玉県全体の緑地による大気浄化量を試算し、それが大気中のNO₂濃度に及ぼす影響について推定した。

そして、現実に行われている種々の沿道汚染対策によるNO₂汚染低減効果との比較を行い、沿道緑地帯のもつ効果を評価した。

最後に第四章では沿道NO₂汚染の実態及び沿道緑地帯のNO₂濃度低減効果とそのメカニズム等の主要事項ごと一括して総合考察を行い、局地的な対策として沿道緑地帯が有効であることを示した。

本研究は埼玉県公害センターにおいて、行政からの委託研究「沿道大気汚染構造に関する研究」(1982～1983)や公害センターの基礎研究「沿道緑地帯による大気浄化効果に関する研究」(1984～1986)、同公害防止研究「植物の大気浄化機能に関する研究」(1987～1989)にもとづき行われたものであり、本研究の実施の機会を与えてくださった歴代公害センター所長と大気騒音部長、大気科長に謝意を表します。また、困難なフィールド調査に長期間にわたって協力してくれた同僚の石井達三、高野利一、松本利恵、金子光孝各氏、自動NO_x計を快く使用させてくれた大気保全課テレメータ係諸氏に謝意を表します。さらに沿道大気汚染の拡散調査で大気汚染分野での研究のきっかけを与えてくれた元気象研究所の森口実博士、元大気保全課長の松本幸次郎氏に謝意を表します。

本論文をまとめるにあたって、草稿のご校閲とご指導を賜った茨城大学の浅見輝男教授、東京農工大学の瀬戸昌之教授、宇都宮大学の鷲尾良司教授に謝意を表します。特に、多くのご指導ご鞭撻を賜った東京農工大学農学部の本間慎教授、並びに植物の大気浄化機能についての先駆的な基礎研究を行い、本研究の過程及び本論文作成にご助言、ご指導を賜った東京農工大学農学部の戸塚績教授に深甚なる謝意を表します。