

大気環境

1 はじめに

1970年に設置された公害センター及びそれを引き継いで2000年に開所した環境科学国際センター（以下、両センターを合わせて「当所」という。）を通して、その主要な活動の一つに埼玉県内の環境の把握がある。そのために、大気環境分野では、県庁各課と協力して、人間の生活空間である一般環境及び工場排ガスなどを対象とした発生源において様々な調査を実施し、多くの環境データを収集、評価してきた。また、県庁各課においても大気汚染常時監視測定などにより環境データの整備を進めてきた。

一方、環境問題の解決には、県民の環境問題への理解を深め、関心を高めることが重要であり、埼玉県では、年度毎に「埼玉県環境白書」や「さいたまの大気環境」などを発行し、環境の状況や行政施策の周知を図っている。埼玉県の環境を理解するためにはこれらが参考になるが、本稿では、県行政の技術的側面を担う当所の視点から、埼玉県が直面している大気環境問題及び各種環境データから見える埼玉県の大気環境の状況を概説するとともに、当所の取組についても紹介する。

2 大気環境の概況

埼玉県は図1に示すように、関東平野の中央西部に位置しており、西に山岳地帯を擁し、南は首都圏の一角を成している。大規模発生源のある京浜、京葉工業地帯との距離は数十km程度であり、県内にも多くの固定発生源が存在する。また、東京から放射状に伸びる主要幹線道路のほかにも交通量の多い道路が多数存在し、これらが大気汚染の発生源となっている。このような発生源の状況及び地理的気象的要因等により、埼玉県は全国的にみても大気汚染の激しい地域といえる。

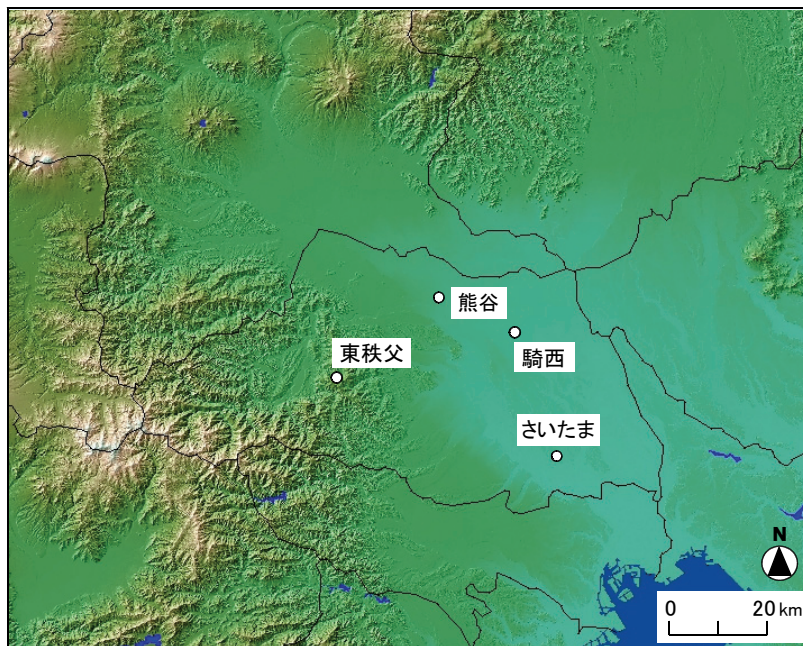


図1 埼玉県の地勢

従来からの大気環境基準^{*1}設定項目のうち、一酸化炭素(CO)や二酸化硫黄(SO₂)^{*2}については全国的な傾向と同じく以前から相当の改善が見られ、さらに、これまで課題とされてきた浮遊粒子状物質(SPM)と二酸化窒素(NO₂)については「彩の国青空再生戦略」等の施策により、2005年に環境基準達成率がほぼ100%を達成するに至っている。しかし、光化学オキシダント(Ox)^{*3}の環境基準達成率は長く0%の状況が継続している。

また、近年は、微量ながら長期間の継続的な摂取により健康影響が懸念される有害大気汚染物質^{*4}の問題が注目されており、法整備や環境基準の設定も行われるようになってきた。大気汚染防止法の改正によって全国的に調査が開始されたのは1997年であり、埼玉県でも有害大気汚染物質による汚染状況が把握されつつある。さらに、その一部である揮発性有機化合物(VOC)^{*5}についてはOxの原因物質としての対策も進められている。また、重金属類については1978年からのデータ蓄積があり、これによると、最近では環境濃度に改善傾向がみられている。

一方、大気環境分野では、地球温暖化やオゾン層破壊などの地球環境問題が最近の重要課題でもあり、国際的な取組が実施されている。これらは地球規模に及ぶ現象であるが、その原因物質は人間活動によって排出されたものである。したがって、排出低減対策は都市域において、より推進すべき課題となっている。埼玉県では、状況把握及び対策効果の評価のための調査を継続しており、都市域において高濃度に存在するこれら原因物質の近年の動向を監視している。

3 発生源の状況

3.1 固定発生源

3.1.1 はじめに

大気汚染は、自然に由来するものと人為的なものとに大別することができる。自然由来には、火山活動により発生するガス、砂じんや黄砂、海面から巻き上げられる海塩等がある。人為由来としては、化石燃料の燃焼に伴う様々なガス、金属の精錬過程で発生する金属粉等、廃棄物の焼却処理により発生するガスやばいじん^{*6}等がある。人為的な発生源のうち、工場や発電所のように固定したものを「固定発生源」という。固定発生源による大気汚染は、産業の発展と密接な関係がある。日本では、1960～70年代の高度経済成長に伴い大規模な工業地域が次々と生まれたが、これは同時に様々な大気汚染の要因になった。発生量が多いものには、硫黄酸化物(SO_x)^{*7}、窒素酸化物(NO_x)^{*8}、ばいじんがあり、その他にCOや炭化水素(HC)^{*9}が挙げられる。また、近年社会的な問題になっているダイオキシン類も発生している。

3.1.2 法律等による規制と対策

SO_xは、硫黄分を含む石油や石炭の燃焼により発生することから、これらを使用する工場・事業場を対象として規制が行われている。規制の方法は、施設毎に排出基準を設定するほか、地域によっては工場単位の総量規制を行う場合もある。本県では、川口市、草加市、蕨市、戸田市、鳩ヶ谷市、八潮市、三郷市の7市に、1978年から総量規制が適用された¹⁾。SO_xの低減対策としては、輸入燃料を減少させ、国産の低硫黄分の燃料を用いたり、重油の脱硫や排煙脱硫を行う等の方法がある。排煙脱硫装置は、1970年に実用化されて以降増加し²⁾、これらの対策により、SO_x濃度は1960年代に比べ、現在では大きく減少した。

NO_xは、燃料中に含まれる窒素分の燃焼により生成するだけでなく、空気中にある窒素の酸化によっても生成されるため、燃焼条件が異なる施設では、それぞれに規制基準が定められている。最初の規制は1973年に始まり、以後1983年まで段階的に規制の強化が行われてきた。また、総量規制が横浜市等の地域で1982年から開始され、以後東京都特別区等、大阪市等を合わせた3地域が対象地域に指定された²⁾。低減対策としては、窒素分の低い燃料を使用することのほかに、燃焼方法の改善と排煙中のNO_xの除去がある。燃焼方法の改善では、二段燃焼法、低NO_xバーナーの使用、排ガス再循環燃焼法等がある。また排煙中のNO_xの除去には、主にアンモニア接触還元法が用いられている。

ばいじんには、施設の種類や規模によって異なる排出基準が定められている。規制が始まったのは1971年で、その後1982年に改訂され、さらに1998年には、ダイオキシン問題の急浮上に伴い、廃棄物焼却炉に対して規制強化が行われた。対策としては、適正な燃焼管理と、集じん装置の使用がある。集じん装置には構造別に数種類があり、単独、または複数の組み合わせにより集じんが行われている。近年では、ダイオキシン類濃度の抑制のため、廃棄物焼却炉に、集塵効率が非常に高い過集じん装置を用いる例が増えている。

HCは、それ自体の有害性だけでなく、光化学汚染やSPMの原因として考えられている。HCの発生源は石油化学工場、塗装・印刷工場、溶剤の製造工場及び使用工場等、多岐に渡るため、それぞれに適切な対策が必要となる。1982年、環境庁は「炭化水素類固定発生源対策検討会報告書」及び「炭化水素類排出抑制技術指針」を公表し、関係する業界や地方公共団体に対して抑制対策に関する指導を行っている。

埼玉県は、1978年に「埼玉地域公害防止計画」を作成した。この中で、発生源データをメッシュ化することにより、効果的な大気汚染防止対策を行う方法が示された。また、SO_x、NO_x、ばいじん、CO、HCの将来的な削減計画を示し、排出抑制のための施策を講じることとした。主なものに、排出規制の強化、立地抑制、燃料の改質、排ガス処理装置の設置、立入り検査と指導の徹底がある³⁾。

近年では、廃棄物焼却炉の問題に対応するため、大気汚染防止法でばいじんの規制を、また県では上乘せ条例により、塩化水素(HCl)の規制を強化した。さらに、県公害防止条例の改正により、法規制対象規模未達の小型焼却炉にも、ばいじん、HCl、ダイオキシン類などの排出基準に加え、構造基準、維持管理基準による規制を行っている。

3.1.3 埼玉県の固定発生源の経過と現状

埼玉県の固定発生源の経過と現状及び取組について、以下に概要を述べる。

(1) 硫黄酸化物

1970年の大気汚染防止法の強化により、工場・事業場のばい煙処理施設を改善することとなった。その2年後、埼玉県では、SO_xに対する規制を遵守させるために、立入り検査で燃料中の硫黄分の測定を実施するようになった。図2に1978年度における施設別のSO_xの排出量を示す。ボイラーからの排出量が全体の7割近くを占めていることが分かる。

(2) 窒素酸化物

埼玉県は、1978年度に349施設についてNO_xの排出量を測定した⁴⁾。図3に施設別のNO_xの排出量を示す。その結果、基準を超えた9施設のうち、8施設がC重油を使っていることがわかった。図4に、埼玉県における重油の販売量を示す。1970年前半までは増加が続いていたが、70年後半まで横ばい状態が続き、それ以降から減少が目立つようになった。これは、セメント工場が重油から石炭へ燃

料転換したことによると考えられる¹⁾。1982年度は、1979年度の約2分の1となり、転換がほぼ完了した。その後、C重油を中心に販売量は緩やかに減少し、品質の高いA重油の使用割合が高くなっていくことが分かる。その一方で、同じ種類の重油を使用しても、NO_xの測定値にばらつきがあることがわかり、燃焼方法の改善の余地があることも示唆された。

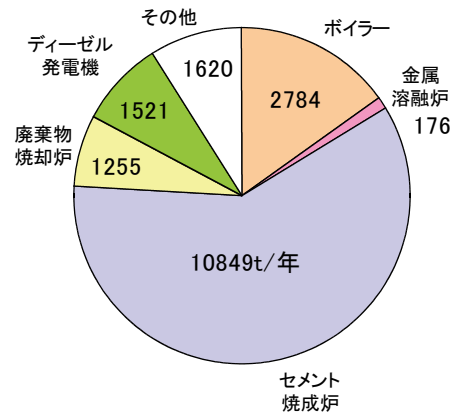
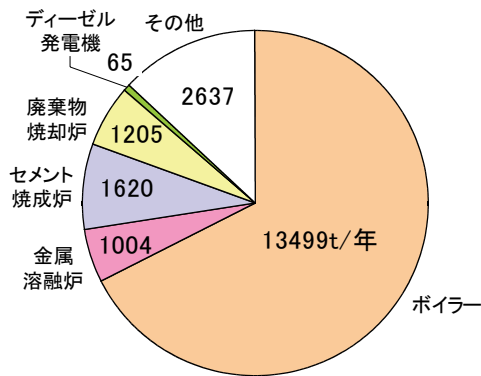


図2 埼玉県におけるSO_x排出量(1978年度)

図3 埼玉県におけるNO_x排出量(1978年度)

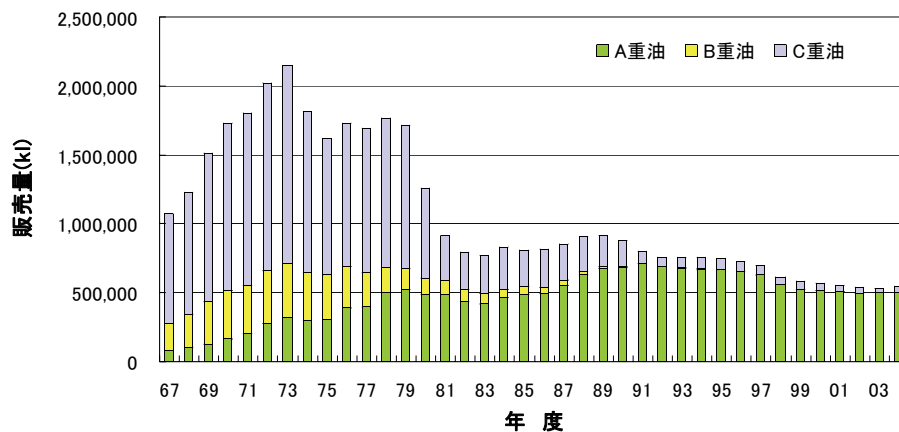


図4 埼玉県における重油の販売量

(3) 法対象施設数の変遷

大気汚染防止法対象のばい煙発生施設については、1982年に金属溶融炉（キュポラ）が多数廃止されたため、大きく減少した。それ以外の施設については、1985年度以降わずかながら増加の傾向にあるが、これは小型ボイラー（伝熱面積が10m²未満で、バーナーの燃料の燃焼能力が重油換算1時間あたり50L以上のもの）が1985年から法の対象となったためである。さらに、ガスタービン、ディーゼル機関が1988年2月から新たに法の対象に加わった。このため、1984年度まで減少傾向にあった法対象施設は、1987年度には前年度に比べて600施設程度増加した。

また、ダイオキシン類に係る規制が強化されたことを受け、1998年度から2000年度にかけて95施設の廃棄物焼却炉が廃止された（図5）。さらに、2002年度には98施設が減少しているが、これは既設焼却炉の排出基準が2002年12月から強化されたためである。

3.1.4 当所の取組

当所では、これまで廃棄物焼却炉やセメント焼成炉などの、固定発生源施設を対象にして、調査及び研究を行ってきた⁵⁾。最近では、廃棄物焼却炉から排出される揮発性有機化合物等の特性に関する調査を行った。

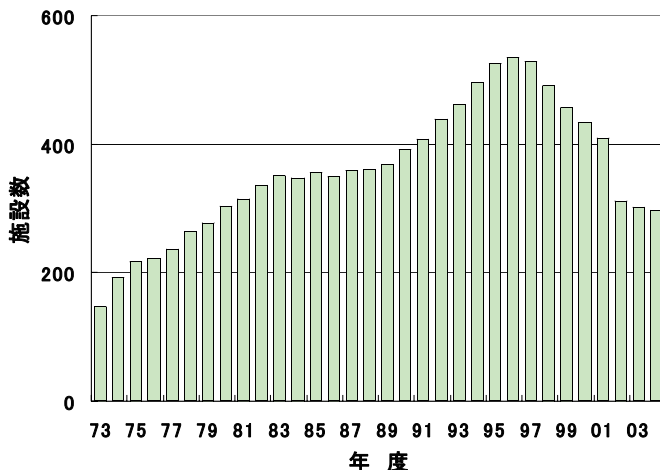


図5 埼玉県の廃棄物焼却炉数の変遷

3.2 移動発生源

3.2.1 はじめに

一般に、移動発生源には自動車のほか、船舶、航空機なども含まれる。しかし、埼玉県は海洋に面しておらず、大型の空港を擁していないために、移動発生源は自動車に限定して考えることができる。

自動車から排出される主な大気汚染物質としては、CO、HC、NO_x、SO_x及び粒子状物質(PM)などがある。現在では、大気中のCOやSO₂濃度は良好な状況にある。また、NO₂、SPMは近年大都市圏で環境基準達成率が改善されつつあるが、一層の対策が求められている。なお、HCのうちメタンを除いた非メタン炭化水素(NMHC)は、NO_xとともに光化学スモッグの原因物質となる。

図6に、NO_x及びPMの人為発生源に占める各発生源の寄与割合を示した。NO_x、PMいずれにおいても、自動車の寄与は大きい。また、自動車の中では特にディーゼル車が主な発生源となっている。

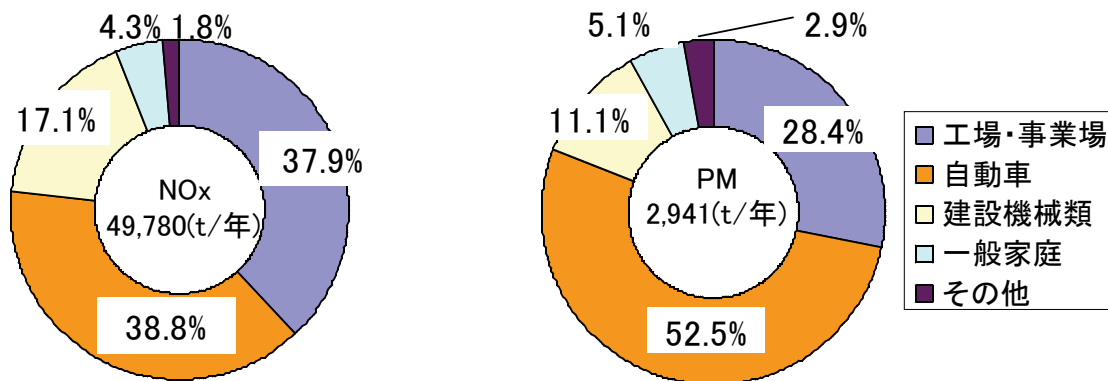


図6 NO_xとPMの発生源割合 (埼玉県、2004年度)⁶⁾

3. 2. 2 法律等による規制の状況

自動車排ガス規制は大気汚染防止法に基づき、新車登録時に全車種1台毎に定められる単体規制と、「自動車から排出される窒素酸化物及び粒子状物質の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」（自動車NO_x・PM法）に基づく大都市圏における総量削減を目指した車種規制がある。後者は1993年から施行された「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」（自動車NO_x法）が改正されたものであり、2002年10月から施行された。

図7にディーゼル重量車（3.5t超）に対するNO_x規制の推移を、図8に同じくディーゼル重量車に対するPM規制の推移を示した。NO_x、PMともに段階的に規制が強化されているが、2005年から適用された新長期規制は更に厳しいものとなっている。本県では

61市町村（施行時）が自動車NO_x・PM法の対象地域であり、対象地域で登録された車両が規制の対象となる。一方、首都圏の八都県市では、2003年10月からPMについて、新車に対する最新の排出基準の一段階前の排出基準を適用した運行規制を開始した。埼玉県では生活環境保全条例により全県を対象とした規制となっている。同時に、ディーゼル車の燃料である軽油についても、不正軽油の取り締まりを強化した。なお、ディーゼル車の運行規制については、2006年4月から更に強化された。

自動車排ガス中の汚染物質の低減には、燃料の改質も重要である。大気環境基準が設定され、発ガン性が指摘されるベンゼンは、ガソリン中にも含まれており、2000年からガソリン中のベンゼン濃度が1%（v/v）以下と規定された。また、PM中にも含まれるSO_xの低減及び後述のディーゼル排ガス低減装置の利用を可能とすることを目的とした低硫黄軽油（硫黄分が50ppm以下）が、国の規制を前倒しする形で2003年4月から販売されており、さらに、2005年1月からは、サルファーフリー燃料として、硫黄分を10ppm以下に低減したガソリンと軽油が販売されている。今後はこれらの規制の効果について、各自治体で評価が盛んに行われるものと考えられる。

3. 2. 3 県内の移動発生源の状況

図9に県内の自動車保有台数の推移を示した。台数が最も多いのは乗用車で、2005年度で約242万台、次いで軽自動車約88万台、貨物車が約40万台、小型・軽二輪が約18万台、バスが約1万台である。台数の推移では、過去5年間で見ると、乗用車とバスは概ね横ばい、貨物車は減少している

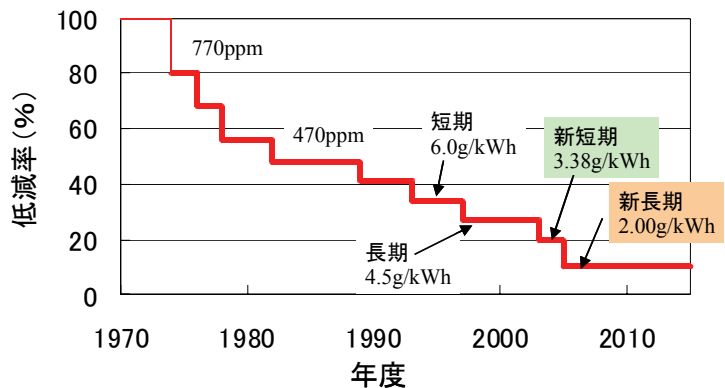


図7 ディーゼル重量車におけるNO_x規制の推移

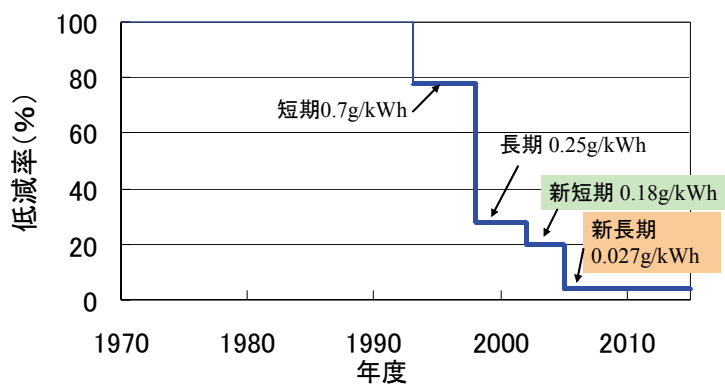


図8 ディーゼル重量車におけるPM規制の推移

のに対して、軽自動車、小型・軽二輪は増加が見られる。

図10にディーゼル車の台数の推移を、図11に車種別にみたディーゼル車の比率の推移を示した。総台数で乗用車の約1/6である貨物車は、ディーゼル車の台数では乗用車の約5倍であり、貨物車中のディーゼル車の比率は、乗用車の場合に比べて30倍以上高い。しかしながら、この2つの車種のディーゼル車の台数は年々減少しており、また、台数が少ないながらも、ディーゼル車の比率が非常に高い乗合車でも、比率はわずかず低下している。ディーゼル車の比率には大きな変化が見られない特殊車および特殊用途車でも、ディーゼル車の台数はわずかず減少している。

図12に燃料の販売量の推移を示した。ディーゼル車の燃料である軽油の販売量は年々減少傾向にある。県内の販売量には、県内の登録車両以外に、県外から流入する車で使用される燃料も含まれるが、各車種に見られるディーゼル車台数の減少傾向に概ね連動しているとも考えられる。また、総台数の変化に対するディーゼル車の台数の減少が顕著な乗用車や貨物車では、主にガソリン車への転換が進んでいると考えられ、これに連動した形でガソリンの販売量が増加していると考えられる。また、メタンが主成分である天然ガス(CNG, Compressed Natural Gas)を燃料とする天然ガス自動車や、始動時などに駆動する電気モーターと通常のエンジンとで走行するハイブリッド自動車などの低公害車の普及も図られており、これに合わせて低公害車導入資金の補助や融資制度が設けられている⁸⁾。

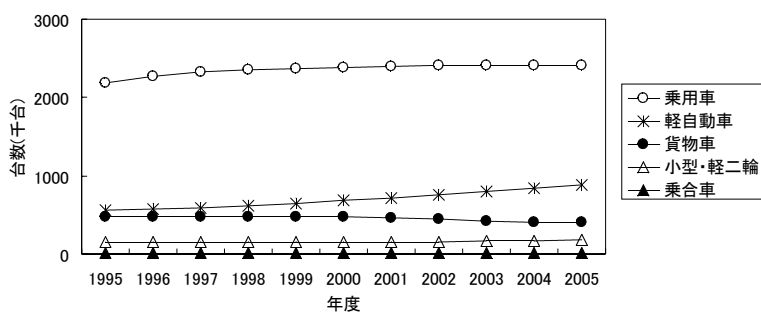


図9 自動車保有台数の推移⁷⁾

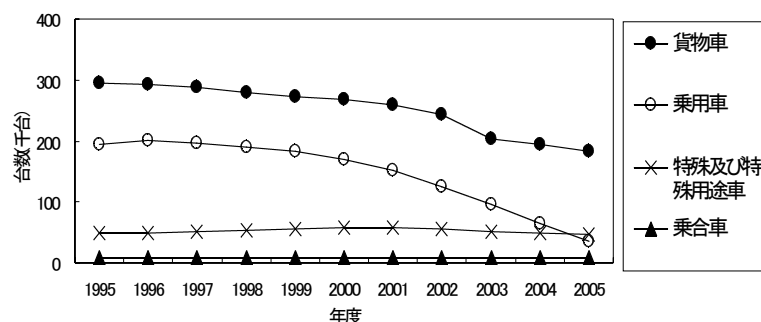


図10 車種別のディーゼル車台数

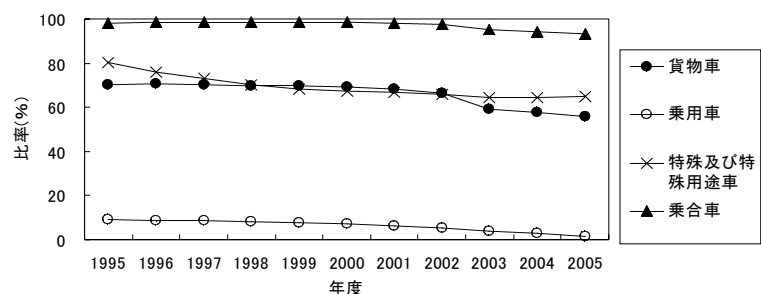


図11 車種別のディーゼル車比率⁷⁾

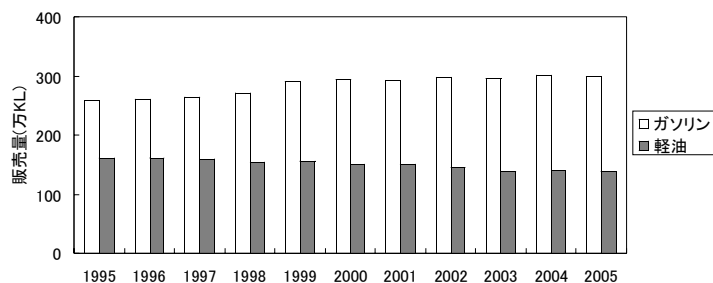


図12 燃料販売量の推移⁷⁾

3. 2. 4 自動車排ガス低減対策

一般に、ディーゼル車からの排気ガスは、ガソリン車と比べてNO_x、PMが多いことが知られている。これはエンジンの構造と使用する燃料の違いに由来するものである。ガソリンエンジンからも燃焼時には多くのNO_xが排出されるが、三元触媒と呼ばれる排ガス低減触媒によってNO_x、HC、COの低減が可能となっている。しかしながら、軽油中には触媒作用を低下させる硫黄分が多く含まれるため、ディーゼルエンジンの排ガス浄化には三元触媒は用いることができないことに加え、未燃の燃料や不完全燃焼によってPMも排出される。

特に近年、ディーゼル車から排出される粒子状物質であるディーゼル排気微粒子(DEP : Diesel Exhaust Particle、構造は図23参照)の人体への影響が懸念されるため、PMの低減に重点を置いた規制が進められてきた。これにより、PM排出基準を満たす車への転換とともに、基準を満たせない使用過程車はDPF(Diesel Particulate Filter)、または酸化触媒と呼ばれるPM除去・低減装置が必要となった。DPFはSootと呼ばれるディーゼル黒煙自体を低減させることができるのに対し、酸化触媒はSootを低減できず、DEP中のSOF(Soluble Organic Fraction)と呼ばれる有機性炭素を低減する。このため、酸化触媒の方がコスト面で安価である反面、一般にはDPFに比べてPM低減効果は低いといった特徴がある。実際の使用に際しては、このほかに車種による装着の可否や車の利用形態も考慮して選択する必要がある。

また、自動車排ガスの低減には、物流システムの効率化や公共交通機関の利用、交通流の分散による渋滞の緩和などの交通流対策も重要である。このため、道路や交差点の設計段階から、自動車排ガスによる環境への負荷を十分に評価することが必要である。同時に、既設の交差点などで、日常的に交通の集中が起こっている箇所では、一般に局地汚染と呼ばれ、周囲と比べて汚染物質の濃度が著しく上昇する場合がある。このような場所ではその構造に応じた汚染対策も必要となる。

3. 2. 5 低公害車

環境省では、自動車NO_x法の中で、低公害車を指定して税制優遇措置などを行うことで、その普及促進を進めてきた。これらは「電気自動車」、「メタノール自動車」、「天然ガス自動車」及び「ハイブリッド自動車」の4種であった。しかしながら、これらの普及には価格や性能面の改善のほか、燃料補給施設などのインフラ整備も並行して行われる必要がある。これに対して、燃料の種類を問わず、排出されるNO_x、PMなどが最新規制値よりも更に低いものを、「低排出ガス車認定制度」により低排出ガス車に指定した。最新の排出ガス規制値より25%の排出ガス低減を達成した車両を「良－低排出ガス車(☆)」、50%低減したものを「優－低排出ガス車(☆☆)」、75%低減したものを「超－低排出ガス車(☆☆☆)」としている。これにより規制値に適合するだけでなく、より有害物質の排出が少ない自動車の開発が促されることになる。

3. 2. 6 当所の取組

当所では、これまで交通の集中する交差点などの道路沿道を対象とした汚染実態に関する調査を行うとともに、沿道緑地帯による汚染空気の浄化効果に関する検討を行ってきた⁹⁾。また近年では、呼吸器系疾患など、人体への影響が懸念される微小粒子PM_{2.5}に着目し、道路沿道におけるPM_{2.5}を構成する主要成分とともに、発ガン性の指摘される多環芳香族炭化水素類の濃度や季節変動などについて調査研究を進めている。

4 大気汚染

4.1 硫黄酸化物、窒素酸化物及び光化学オキシダント

4.1.1 はじめに

大気汚染は、高度成長期の1960年代に重化学工業の発展と都市化の進行により顕在化し、1968年に制定された大気汚染防止法で常時監視及び緊急時の措置が都道府県知事に義務付けられた。現在、大気汚染物質ではSO₂、NO₂、O_x、CO、SPM、ベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン及びダイオキシン類について環境基準が設定されており、環境基準達成のために様々な大気汚染防止対策がとられている。ここでは、SO_x、NO_x、O_xについて述べる。

4.1.2 対策

(1) 硫黄酸化物

日本のSO_xによる大気汚染の主たる原因は石油系燃料、特に重油中の硫黄分の燃焼にあり、主要な発生源は、重油を使用するボイラー、加熱炉等を持つ工場、事業場であった。したがって、SO_xの排出規制は、工場、事業場を対象として行われてきた⁹⁾。排出規制は、大気汚染防止法及び「埼玉県生活環境保全条例（埼玉県公害防止条例を2002年に改正）」により、施設ごとに排出量の許容限度を定めるいわゆるK値規制と、高濃度汚染地域について工場・事業場単位に原燃料の使用量に応じて排出量の許容限度を定める総量規制が併用されている。また、ディーゼル機関の燃料である軽油中硫黄分について、1992年（0.5→0.2%）と1997年（0.2→0.05%）に規制が行われた。

(2) 窒素酸化物

NO_xは、主に物の燃焼に伴って生成するが、SO_xとは異なり、燃料等に含有される窒素だけでなく燃焼空気中に含まれる窒素の酸化によっても生成する。主な発生源には工場等の固定発生源と自動車等の移動発生源がある。ばい煙発生施設に対するNO_xの排出基準は、施設毎に燃焼条件が異なりNO_xの発生特性が違うことから、施設の種類ごとに定められている。

近年、大都市地域においては、NO_xの排出量の多くは自動車からのものであり、そのうちトラックなどディーゼル車からの排出量が大きな部分を占めている。そのため、自動車からの排出総量の削減を図るために、1992年に自動車NO_x法が制定され、2001年に自動車NO_x・PM法に改正された。

埼玉県では61市町村（施行時）が自動車NO_x・PM法の対策地域となり、この法律に基づく対策が実施されている。さらに、「彩の国青空再生戦略21」や「埼玉県生活環境保全条例」によるディーゼル車規制、低公害車の普及促進、アイドリングストップの推進等の自動車交通による大気汚染対策や工場、事業場の規制の施策を実施している。

(3) 光化学オキシダント

光化学大気汚染の主な原因物質はNO_xとNMHCである。したがって、これらの物質の低減対策を進めることが重要である。HCの対策として、2006年4月からVOCの排出規制が行われている。埼玉県においては、「埼玉県大気汚染緊急時対策要綱」に基づき、O_x濃度が一定の基準を超え、かつ、気象条件から見てその状況が継続すると認められたときは、光化学スモッグ注意報等を発令して、その状況を県民に周知するとともに、一定規模以上の工場、事業場に対して燃料使用量の削減等の措置を要請している。

4. 1. 3 埼玉県の実況

埼玉県¹⁰⁾及び全国¹¹⁾のNO₂濃度、SO₂濃度の年平均値（各年度有効測定局の平均値）及びOx濃度の昼間の日最高1時間値平均値の推移を図13に、埼玉県の環境基準達成率の推移を図14に示す。

全国のSO₂については、総量規制などに伴って硫黄分の少ない良質燃料への転換が進んだため、環境濃度は1970年代に著しく改善され、さらに1992年と1997年の軽油中の硫黄分規制により自動車排出ガス測定局（自排局）を中心に低下した。埼玉県は全国平均と同様な推移をしており、1993-1999年度は全地点で環境基準が達成されていた。しかし、2000年の三宅島噴火により大量のSO₂が放出され、その影響により2000-2001年度は環境基準を達成できない地点が生じた。2003年度以降は、再び全地点で環境基準が達成されている。

NO_xによる大気汚染を防止するため、前述のとおり施策が講じられてきたが、自動車交通量の伸びやディーゼル車の増加等によりその効果が相殺され、大都市を中心とした地域のNO₂の環境基準達成は依然として厳しい状況が続いていた。首都圏に位置する埼玉県も、一部の幹線道路沿いでなかなか基準を達成することができなかったが、2005年度に初めて全地点で環境基準が達成された。NO₂の平均濃度は、全国的には一般環境大気測定局（一般局）はほぼ横ばいの傾向が続いており、自排局はわずかに改善傾向にある。埼玉県は、一般局が全国平均より高い濃度で推移している。

Oxは一般局で測定しているが、すべての局で環境基準の非達成が続いてい

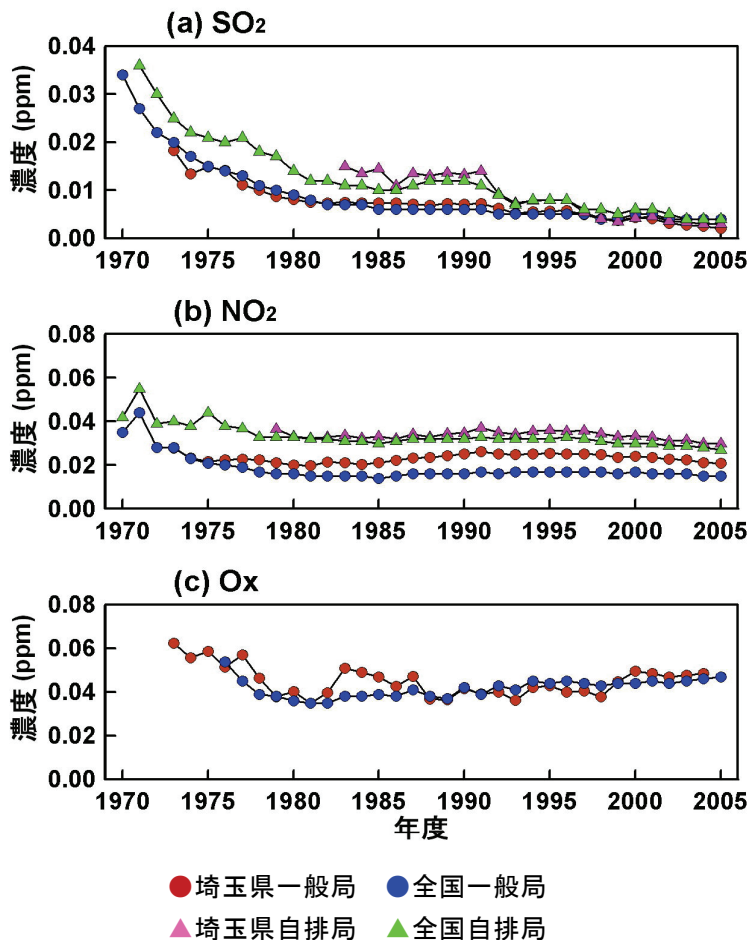


図13 NO₂濃度、SO₂濃度の年平均値（各年度有効測定局の平均値）及びOx濃度の昼間の日最高1時間値平均値の推移

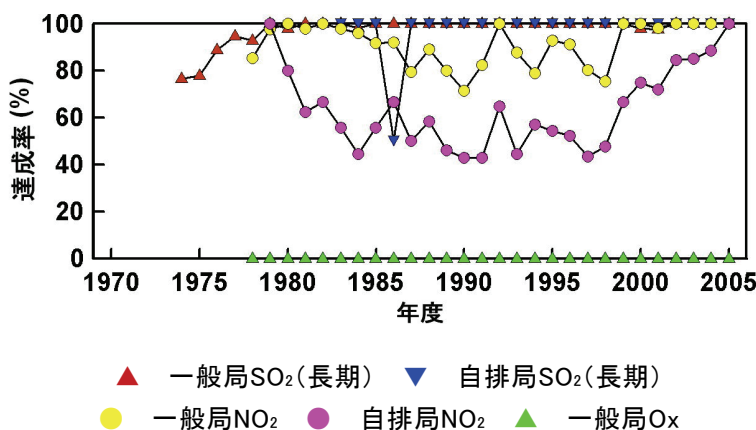


図14 環境基準達成率の推移

る。Ox濃度について昼間における日最高1時間値の平均値の推移を見ると、全国では1970年代に低下し、1980年頃一度沈静化したかにみえた。しかし、近年、原因物質となるNOx及びNMHCの濃度が横ばいから緩やかに低下しているにも関わらず、再びOx濃度の上昇傾向及び注意報発令地域の広域化を示している¹²⁾。Oxは汚染物質の輸送過程で生成されるため、首都圏に位置する埼玉県では地理的にOx濃度が上昇しやすい状況にある。2005年度は注意報発令日数が26日で、健康被害の届出が883人に及んだ。また、9月2日に光化学スモッグ警報が21年ぶりに発令された⁷⁾。

4.1.4 当所の取組

1970年の公害センター発足当時、埼玉県の公害は激増・深刻化をたどっていた¹³⁾。NOxの固定発生源対策として、「セメント焼成炉から排出されるNOxの測定(1980-1981)」を行い、また、文献調査によりセメント焼成炉のばい煙防止技術の解説書を作成した。「重油燃焼ボイラーのNOx排出低減対策に関する研究(1980-1981)」では、中小規模ボイラーに合った低NOx対策をマニュアル化し、工場、事業場の指導に活用した。移動発生源対策として、「沿道大気構造に関する研究(1982-1983)」で交通量等の諸条件がNOx濃度に与える影響等について明らかにし、沿道のNOx濃度の簡易予測統計モデルを提案した。また、大気汚染対策としての緑地帯の効果について明らかにするために、「沿道緑地帯による大気汚染浄化に関する研究(1984-1986)」、「植物群落の大気浄化効果に関する研究(1987-1989)」を実施した。

光化学スモッグについては、発生機構解明を目的にヘリコプターを使った共同調査「大気汚染広域立体調査(1972-1975)」や「炭化水素類の光化学スモッグに及ぼす影響に関する研究(1980-1986)」、「光化学二次生成物質調査(1980-1982、環境庁委託)」等の調査研究を実施した。また、「光化学スモッグによる植物影響調査(1974-1996)¹⁴⁾」で、関東甲信静の1都9県が共同でアサガオやサトイモなどの被害の程度及び分布を調査した。さらに、近年のOx濃度の再上昇傾向について「光化学オキシダント等対策調査(2005-)」や国立環境研究所と地方自治体の環境研究所約40機関が参加した共同研究「日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究(2004-2006)¹⁵⁾」などを実施している。

4.2 浮遊粒子状物質及びPM2.5

4.2.1 はじめに

大気汚染物質は主にガス状物質と粒子状物質(PM)に大別して考えることができる。このうち、大きさが10 μ m(1 μ m(マイクロメートル)は1,000分の1mm)以下の粒子は大気中に浮遊して長く留まっていることが知られる。我が国では、これをSPMと呼ぶ。SPMは大気環境基準(表1)が定められ、環境中濃度の常時測定が行われている。また、環境基準が定められているNO₂やSO₂などが単一の成分であるのに対して、SPMは粒径で規定されており、様々な成分を含んでいるのが特徴である。

表1 SPM環境基準

	環境基準
短期的評価	1時間値の1日平均値が0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1時間値が0.20mg/m ³ を超えないこと
長期的評価	1日平均値の2%除外値が0.10mg/m ³ 以下で、かつ、1日平均値が0.10mg/m ³ を超えた日が2日以上連続しないこと

図15に、ろ紙上に捕集したSPMの電子顕微鏡写真を示す。SPMは粒径約2 μ m前後を境に粗大粒子と微小粒子に大きく分かれる¹⁶⁾。図16にSPMの粒径別の特徴を示す。粗大粒子には、海塩粒子や土壌粒子などの自然起源のものが多く含まれ、また道路の巻き上げ粉じんやタイヤダストなども含まれる。

これに対して、微小粒子には、ばいじんやDEPなど主に人為起源の粒子が多く含まれることが知られている。これらは最初から粒子として排出されるため、一次粒子とも呼ばれる。また、微小粒子には、ガス状物質が大気中で化学反応により粒子化した二次生成粒子も多く含まれる。特に近年では粒径が2.5 μ m以下の微小粒子(PM_{2.5})が、呼吸とともに肺の深部にまで侵入し、肺ガンや気管支喘息などの呼吸器系疾患を引き起こすことが懸念され、高い関心が向けられている。

一般に大気汚染物質の濃度は、排出量だけでなく、気温、湿度、風向、風速、大気安定度などの気象的要因の影響を強く受けるが、SPMも同様である。したがって、環境中の濃度を調べる際には、これらに十分留意する必要がある。

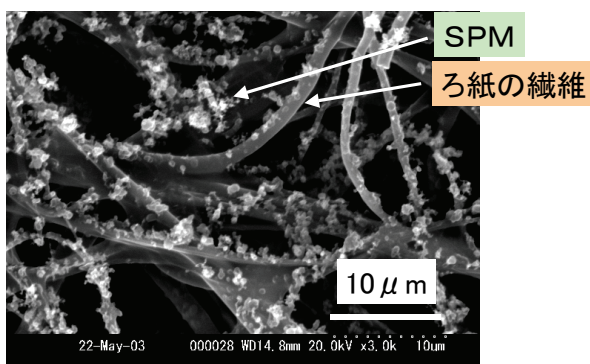


図15 SPMの電子顕微鏡写真

大気中を浮遊する粒子	
浮遊粒子状物質 (SPM)	
微小粒子 2 μ m以下	粗大粒子 2~10 μ m
肺の深部まで侵入	体外に排出されやすい
主に人為起源	主に自然起源
主成分 ・工場事業場からのばいじん ・ディーゼル排気微粒子 (DEP) ・ガス状物質から二次生成した粒子	主成分 ・土壌粒子 ・海塩粒子 ・粉じん

約2 μ m
10 μ m

図16 SPMの粒径別特徴

4.2.2 対策

SPMは前述のように自然起源のものも含まれるが、対策は人為起源により発生するPMに対して講じられる。工場・事業場などの固定発生源に対しては、PMは従来の大気汚染防止法による「ばいじん」として排出規制が行われてきた。同時にNO_xやSO_x、HClなどの排出抑制により、二次生成粒子としてのSPMの低減も可能となる。さらに、2000年に施行された「ダイオキシン類対策特別措置法」による焼却炉の規制強化などによって、固定発生源からのPM排出量は減少傾向にあると言える。

一方、移動発生源からのPMはディーゼル車などから排出されるDEPのほかに、固定発生源と同様に燃焼によって発生するNO_x、SO_xなどからの二次生成粒子、また、走行する自動車によって道路が削られ、大気中に巻き上げられる道路粉じんやブレーキ、タイヤの摩耗に伴い生ずるものもある。

3.2と重複するが、自動車から排出されるNO_xは大気汚染防止法による車種規制に加えて、大都市圏では、さらに排出総量の削減を目指した自動車NO_x法が施行されてきた。本法では2000年度に対象地域におけるNO_x環境基準を概ね達成するという目標が掲げられたが、自動車台数の増加が規制効果を相殺したことなどにより、十分な効果が上げられなかった。これを踏まえ、自動車NO_x・PM法が対象地域を拡大し、2002年10月から施行された。また、2003年10月からは、1都3県でディーゼル車の運行規制が行われ、これを埼玉県では生活環境保全条例に基づき実施した。さらに2006年4月からは、これが強化された。以上のような経緯の下に、移動発生源からのPM排出量も減少傾向にある。

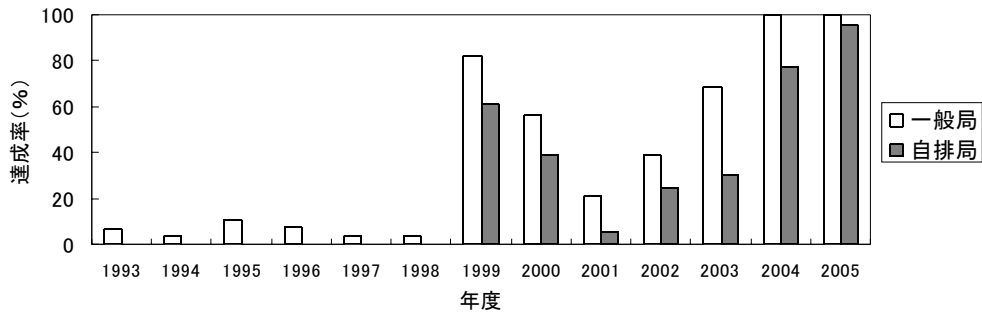


図17 SPM環境基準達成率の推移(埼玉県)¹⁷⁾

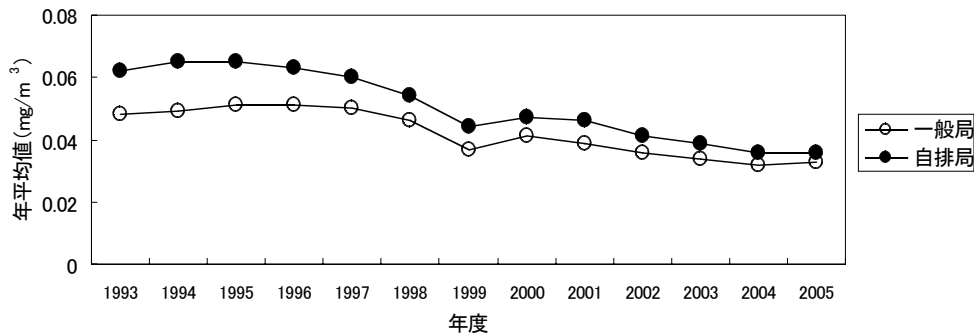


図18 SPM年平均濃度の推移(埼玉県)¹⁷⁾

4. 2. 3 埼玉県の現状

図17に埼玉県におけるSPMの環境基準達成率の推移を、図18に年平均濃度の推移を示す。SPM環境基準達成率は1998年度まで非常に低い値で推移してきたが、1999年度に大幅に増加した。その後、年度によって変動は見られたが、2004年度に一般局で100%を達成し、2005年度もこれを維持した。また、自排局でも、

2005年度は過去で最も高い達成率となった。SPM年平均濃度の推移を見ると、一般局、自排局ともに環境基準達成率が大幅に向上した1999年度に濃度の低下が見られた。その後濃度はやや増加したものの、再び減少に転じ、2004年は一般局、自排局ともに過去最低濃度となり、2005年度も低濃度で推移している。

図19に、SPMの月別基準超過延べ日数を示す。SPMの環境基準超過日数は6月から8月を中心とする夏期と11月から12月にかけての初冬期に増加する傾向が見られる。一般に、夏期では、強い紫外線と高い気温によってNO_xやHCなどの汚染物質が移流しながら光化学反応を起こし、オゾン(O₃)など

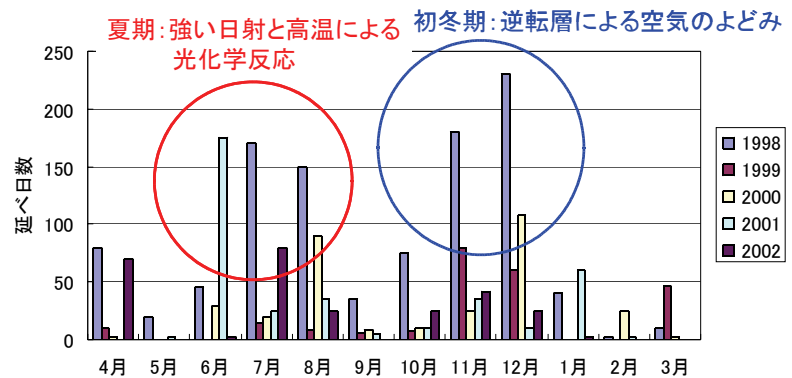


図19 SPM環境基準超過延べ日数(埼玉県)¹⁷⁾

のOxが生成することでガス状物質の酸化が進み、これと大気中のアンモニアなどが反応して粒子化した二次生成粒子が増加する。これに対し、初冬期では、夜間の地表面からの放射冷却現象によって、上空の気温より地表面付近の気温が低くなることで、下層大気に気温の逆転層が形成され、大気汚染物質が滞留するために濃度増加が起こるのが特徴である。

埼玉県におけるSPM削減対策としては、「彩の国青空再生戦略21」が2002年度から実施された。本施策は、2005年度末までにSPM等の環境基準達成を掲げたものであったが、2005年度の達成率は一般局で100%、自排局で95.8%となり、当初掲げた目標をほぼ達成した。

4.2.4 当所の取組

環境科学国際センター（騎西）では、SPMを粒径別に捕集して、その重量濃度や構成成分を分析している。SPMは県内全域の一般環境地域及び沿道環境地域に配置された大気汚染常時監視測定局^{*10}において、ベータ線吸収法と呼ばれる手法で測定が行われているが、この手法では微小粒子の濃度や構成成分を知ることはできない。特に、PM_{2.5}^{*11}は1997年に米国で環境基準¹⁸⁾が設定され、さらに2006年度には基準の強化が検討されている。近年では国内でも多くの機関で測定が行われつつあるが、当所においては、この流れに先行して2000年からPM_{2.5}の調査を行っている¹⁹⁾。調査には成分分析を行うためにろ紙上にPM_{2.5}を捕集するPM_{2.5}サンプラーと、重量濃度の連続自動測定が可能な、TEOM(Taped Element Oscillating Microbalance)と呼ばれる装置を用いている。

図20に、騎西における、2002年夏期と初冬期のPM_{2.5}の主要構成成分の割合を示す。夏期、初冬期ともに炭素成分が約5割を占めており、ガス状の無機物質から生成する無機二次粒子が3割前後を占めていた。無機二次粒子中の成分の割合は夏期と初冬期で異なっている。夏期には硫酸イオン(SO₄²⁻)の割合が高いが、初冬期はSO₄²⁻とともに、硝酸イオン(NO₃⁻)や塩化物イオン(Cl⁻)の割合も高くなるのが特徴である。

当所では、国道17号線沿道の鴻巣天神自排局（鴻巣沿道）においても、夏期と初冬期を中心にPM_{2.5}の調査を実施している。図21に、ディーゼル車運行規制前である2001年度の、騎西と鴻巣沿道におけるPM_{2.5}濃度とPM_{2.5}中の元素状炭素(EC, Elemental Carbon)濃度の週平均値を示す。鴻巣沿道は騎西から南西約4.5kmに位置しており、両地点の気象的条件はほぼ同じと考えられるため、データの比較には適している。図21から両地点のPM_{2.5}濃度には高い相関が見られるとともに、鴻巣沿道の方が常に高い濃度であった。また、ECはディーゼル排ガスの指標物質と考えられ、PM_{2.5}の主要成分のうち2地点間で最も顕著な差が見られた成分であるが、鴻巣沿道におけるEC濃度は、騎西と比べて約2倍高かった。

図22に、ディーゼル車運行規制後である2005年度の、騎西と鴻巣沿道におけるPM_{2.5}濃度とPM_{2.5}中のEC濃度を示す。鴻巣沿道のPM_{2.5}濃度およびEC濃度は、ともに騎西の濃度に近づいていることが分かる。

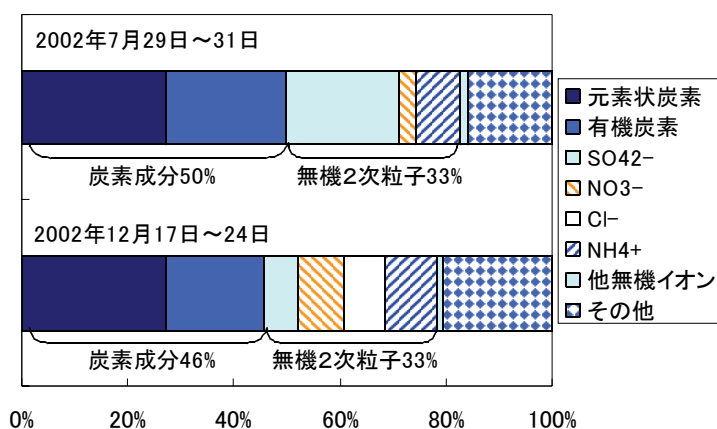
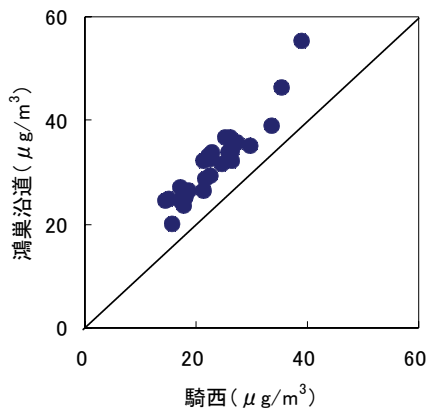
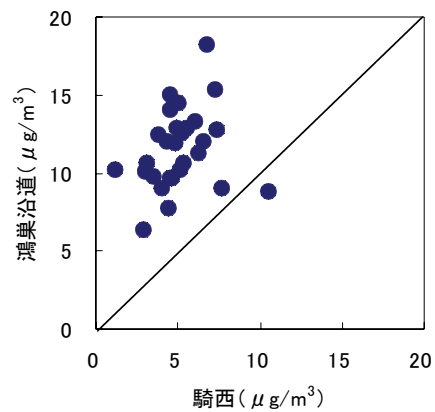


図20 PM_{2.5}構成成分割合(騎西)

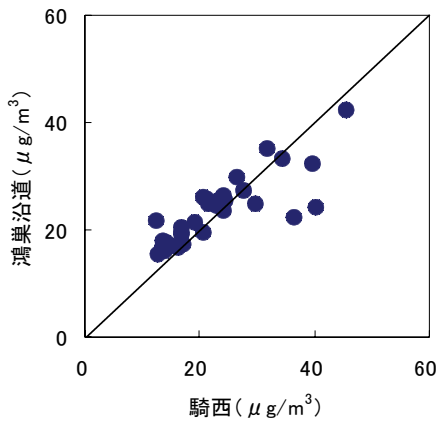


(a) PM2.5

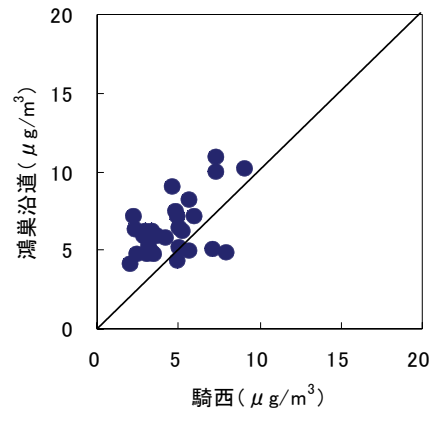


(b) EC

図21 PM2.5濃度とPM2.5中のEC濃度の比較(2001年度)



(a) PM2.5



(b) EC

図22 PM2.5濃度とPM2.5中のEC濃度の比較(2005年度)

DEPは図23のような構造をしていると考えられている。主にECから成る固形成分(Soot)を核として、様々な有機、無機成分を取り込んでいるDEPは、粒径も約 $1\mu\text{m}$ 以下と非常に小さく、呼吸によって肺の深部にまで到達すると考えられ、健康への深刻な影響が懸念される。当所では、2005年度から、PM2.5のほか、さらに粒径の小さい $1\mu\text{m}$ 以下の粒子(PM1.0)についても捕集し、その濃度や成分について調査研究を開始している。

他の大気汚染物質と同様に、SPMに関しても広域的な取組は重要である。埼玉県では、1981年から南関東の自治体によるSPMの共同調査に参加してきた。特に1983年からは、アンダーセン・ローボリューム・エア・サンプラーを用いて、SPMを粗大粒子と微小粒子に分別して捕集し、成分分析を実施している。本調査は、2001年度から関東地方環境対策推進本部大気環境部会を母体とし、現在は1都9県4市に拡大して継続しているとともに、道路沿道でのPM2.5調査も実施している。なお、このような長期的かつ広域的な取組は、関東地方の他に例が無い²⁰⁾。

4. 2. 5 今後の課題

近年、PM2.5に加えて、さらに粒径の小さなナノ粒子が注目され始めている。この超微小粒子は粒径が数十nm(1nm(ナノメートル)は1mmの100万分の1)以下と非常に小さい。PM中の重量では、ナノ粒子の占める割合はわずかであるが、個数濃度や表面積では大きな割合を占めている。これらは従来の微小粒子が沈着する肺胞を通過すると考えられ、人体に対する深刻な影響が懸念される。しかしながら、大気中の汚染実態はほとんど知られておらず、今後研究が活発化すると考えられる。

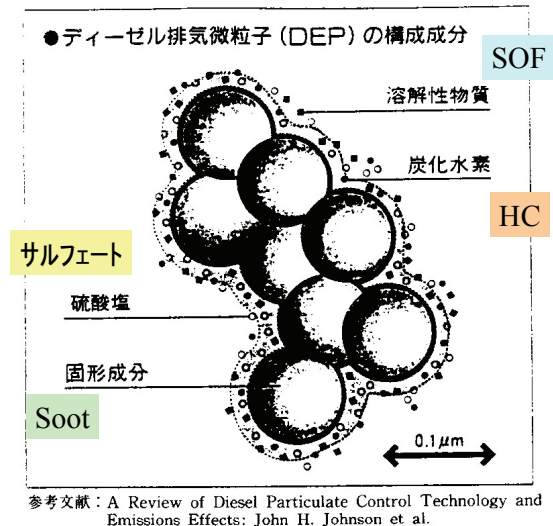


図23 DEPの構造模式図¹⁶⁾

4. 3 有害大気汚染物質

4. 3. 1 はじめに

大気環境の施策は、比較的短期間で直接人体に悪影響を及ぼす大気汚染物質を中心として進められてきた。しかし、1996年5月に改正大気汚染防止法が公布され、十分な科学的知見が整っていない多種多様な物質についても、長期毒性を考慮して健康被害の未然防止を図るため有害大気汚染物質として定義され、健康リスクの高いものから順に段階的な取組が始められることとなった。改正法では、有害大気汚染物質の排出等に関する各主体の責務等についても規定されている。

4. 3. 2 対策

改正大気汚染防止法の公布から1997年4月の施行までの間、同法を適正かつ効果的に機能させるため様々な準備が行われた。

まず、事業者による有害大気汚染物質の自主管理促進のための指針が作成され、各業界団体及び地方公共団体に通知された。また、中央環境審議会の答申においては、有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質や、優先取組物質^{*12}がリストアップされた。あわせて、環境基準設定に当たっての指針値やガソリン中ベンゼン含有率の低減目標等が示され、指定物質^{*13}が選定された。これを受けて、環境基準がベンゼン、トリクロロエチレン及びテトラクロロエチレンについて設定され、さらに、指定物質（環境基準と同一の3物質）と施設毎の指定物質抑制基準が設定された。このほか、有害大気汚染物質モニタリング指針が規定されるとともに、優先取組物質のうち揮発性有機化合物9種、アルデヒド2種及び重金属類2種についての有害大気汚染物質測定方法マニュアルが作成された。

同法の施行後も、国は法に従って健康リスク評価や排出・飛散の抑制技術情報の収集整理等を行い、成果の公表・普及を続ける中で、ダイオキシン類とジクロロメタンの環境基準が追加され、これまでに5物質の環境基準が設定された。さらに、モニタリング指針は2回改正され、測定方法マニュアルも順次追加されたことにより、これまでに優先取組物質22物質のうち20物質についての測定方法等が定められた。

また、1996年から5%以下に規制されていたガソリン中のベンゼン含有率は、先の答申に基づき2000年から1%以下に規制強化された。審議会の検討はその後も繰り返し行われ、2003年7月の第七

次答申ではアクリロニトリル、塩化ビニルモノマー、水銀及びニッケル化合物、2006年11月の第八次答申ではクロロホルム、1,2-ジクロロエタン、1,3-ブタジエンについての指針値（環境中の有害大気汚染物質による健康リスクの低減を図るための指針となる数値）が規定された。

一方、地方公共団体は同法に基づき、モニタリング指針や測定方法マニュアルに従い、前述した優先取組物質20物質のうち19物質の監視を行っている（注：ダイオキシン類についてはダイオキシン類対策特別措置法に基づいて実施しているため、以後この節では記述しない）。

このほか、同法には国民に対しても日常生活に伴う有害大気汚染物質の排出や飛散を抑制するよう努力義務が規定されている。

4.3.3 埼玉県の実状

有害大気汚染物質は多種多様であることから、その発生源も様々である。そのため、モニタリング調査は地域を一般環境、固定発生源周辺、沿道に3分類して実施されている。埼玉県においては、図24に示すように、県と大気汚染防止法の政令市5市（川越市、川口市、所沢市、越谷市、さいたま市）の28地点（一般環境19<4>地点、固定発生源周辺2<2>地点、沿道7<2>地点、<>内は県実施分）で、毎月1回大気を24時間採取して分析を行っている。

(1) 環境基準の規定のある物質

図25に環境基準が定められている物質の年平均濃度の推移を示す²¹⁾。図25によると、ほとんどの物質の大気中濃度が全国、埼玉県ともおおむね減少傾向にある。これは事業者に対する指定物質の排出抑制を始めとした様々な施策の効果であると推測される。埼玉県の濃度は、全国に比較するとすべて高い傾向はあるものの、各物質とも2005年には1998年の50%程度まで濃度が低下し、ベンゼンは環境基準の60%、それ以外の3物質は3%未満となっている。

大気中ベンゼンのうち、67%が移動発生源（自動車）由来であるという解析結果²²⁾を基に、環境省ではその燃料であるガソリン中のベンゼン含有率について前述のとおり2000年に規制を強化した。図26は埼玉県におけるベンゼンの環境基準達成状況である。図26によると、環境基準達成率は2000年度に初めて50%を上回り、2002年度には96%、2004年度からは100%の達成率となった。

さらに、図27に示す埼玉県におけるベンゼン濃度の推移をみると、2000年度の中頃から明らかに濃度低下が起きている。以上のことから、ガソリン中のベンゼン含有率に関する規制強化は大きな



図24 有害大気汚染物質調査地点

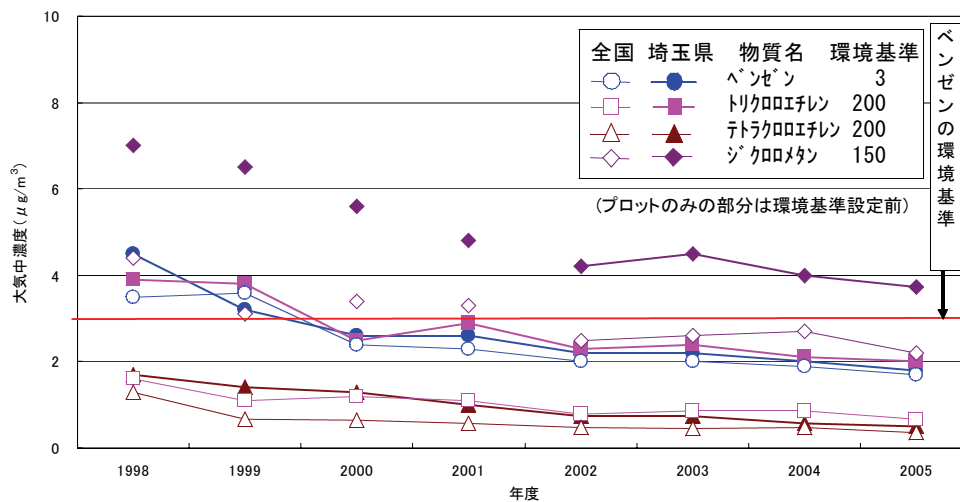


図25 有害大気汚染物質濃度の推移

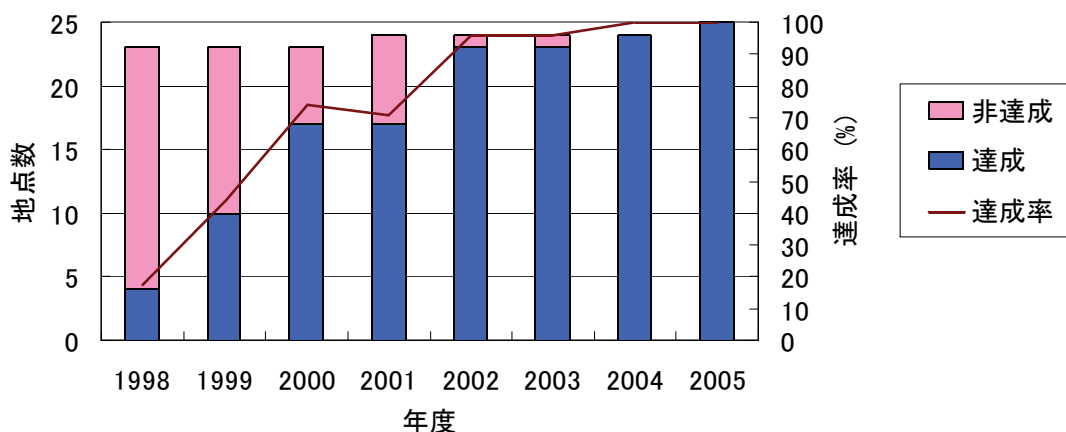


図26 ベンゼン環境基準達成状況の推移(埼玉県)

効果を上げていると考えられる。なお、図27の中で、2000年以後も引き続き毎月の測定値に環境基準値を上回る濃度が頻繁に観測されている草加花栗と戸田美女木は、共に沿道地点であることから、現在でも自動車の寄与は大きいことが分かる。

(2) 環境基準の規定のない物質

環境基準の規定のない物質についても、有害大気汚染物質測定方法マニュアルには参考値が提示されている。参考値としては米国環境保護庁(EPA)の発がん性 10^{-5} リスク濃度、オランダ大気環境目標濃度、中央環境審議会による指針値等が挙げられている。そこで、表2に埼玉県の大気中濃度(2005年度年平均値)をこれらの参考値と比較した結果を示す。表2から分かるように、年平均値が参考値を上回っていたのはホルムアルデヒドのみであった。1,3-ブタジエン以下6物質は参考値以下であったが、毎月の測定値を参考値(年平均値について定めたもの)と比較した場合には、参

考値を上回る月があった物質である。また、ニッケル化合物以下5物質は毎月の測定値がすべて参考値以下だったものを、六価クロム化合物以下は参考値が存在しないもの等を表している。このうち、図28に参考値を上回っていたホルムアルデヒドについて、調査開始以来の経年変化を示す²³⁾。

ホルムアルデヒドは自動車からの排出により沿道で濃度が高いことが知られている。図28の中の濃度は全地点の平均値を示しているが、埼玉県では2001年度から沿道地点を追加したことから、それ以前からの変動を見るため一般環境地点のみの平均値もプロットした。図28をみると、埼玉県では全国平均に比べて高濃度であり、ホルムアルデヒドの大気中濃度は全国ではわずかながら減少傾向

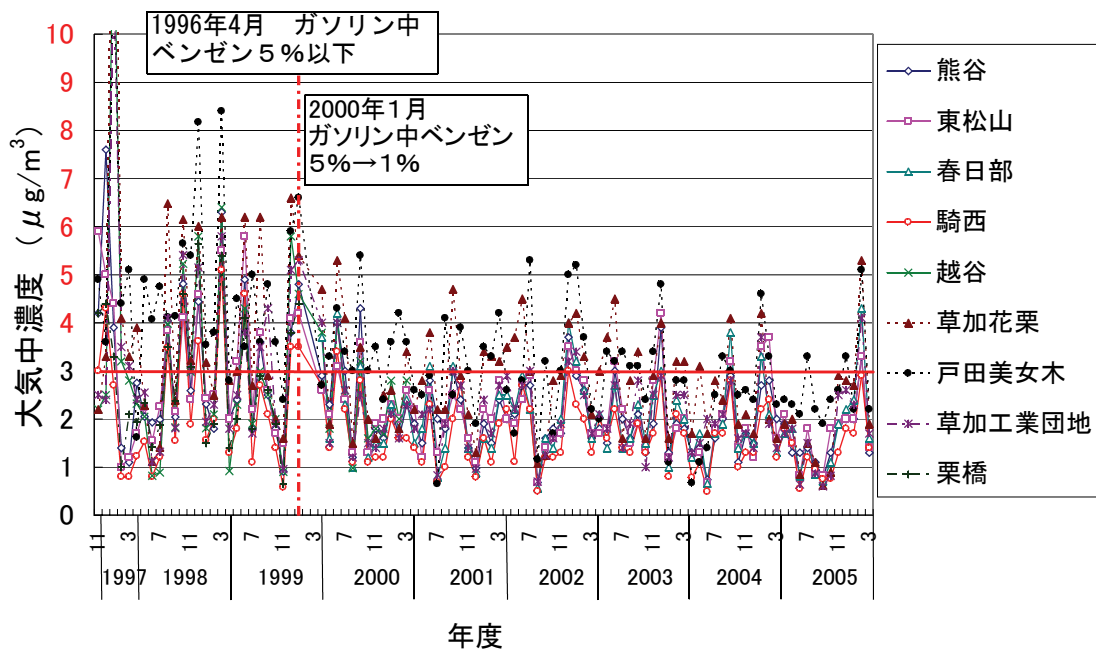


図27 埼玉県測定局のベンゼン濃度

表2 大気中濃度と参考値(2005年度埼玉県)

優先取組物質	参考値	出典	測定値	参考値に対する割合
ホルムアルデヒド	0.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA	3.4	425 %
1,3-ブタジエン	0.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	指針値	0.24	80 %
アセトアルデヒド	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	EPA	3.5	70 %
ヒ素及びその化合物	2 ng/m^3	EPA	1.0	50 %
クロロホルム	0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	指針値	0.19	48 %
ベンゾ[a]ピレン	1 ng/m^3	オランダ	0.30	30 %
1,2-ジクロロエタン	0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	指針値	0.095	24 %
ニッケル化合物	25 ng/m^3	指針値	3.7	15 %
水銀及びその化合物	40 ng/m^3	指針値	2.2	6 %
アクリロニトリル	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	指針値	0.057	3 %
バリウム及びその化合物	4 ng/m^3	EPA	0.029	1 %
塩化ビニルモノマー	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	指針値	0.048	0 %
六価クロム化合物	注) 0.8 ng/m^3	EPA	(全加 3.7)	—
タルク (アパ 様繊維を含むもの)	—	—	—	—
クロロメチルメチルエーテル	—	—	—	—
マンガン及びその化合物	—	—	26	—
酸化エチレン	—	—	0.13	—

注) 六価クロム化合物は三価との分離定量が困難なため、全クロムの測定がマニュアル化されている。

向であるが、埼玉県では2003年以後はむしろ上昇している。

図29は、有害大気汚染物質が規定される以前から長期にわたって調査を継続している物質について、結果の一部を示したものである。これをみると、ニッケル化合物の濃度減少の経緯、クロム及びその化合物の発生源に対する指導効果、有害大気汚染物質への取組が始まった1997年から1998年にかけて急激な濃度の低下等が表れている。

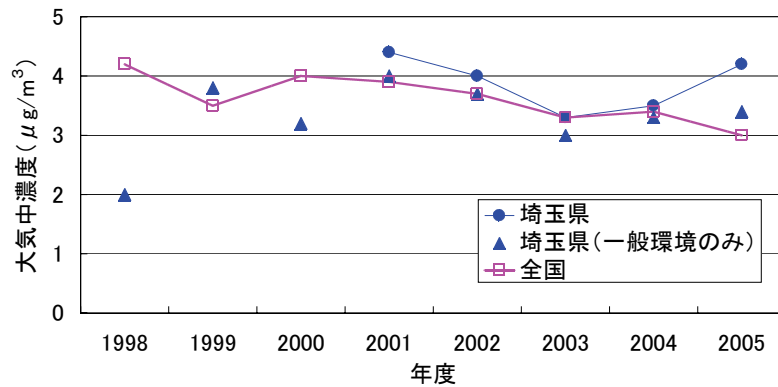


図28 ホルムアルデヒドの経年変化

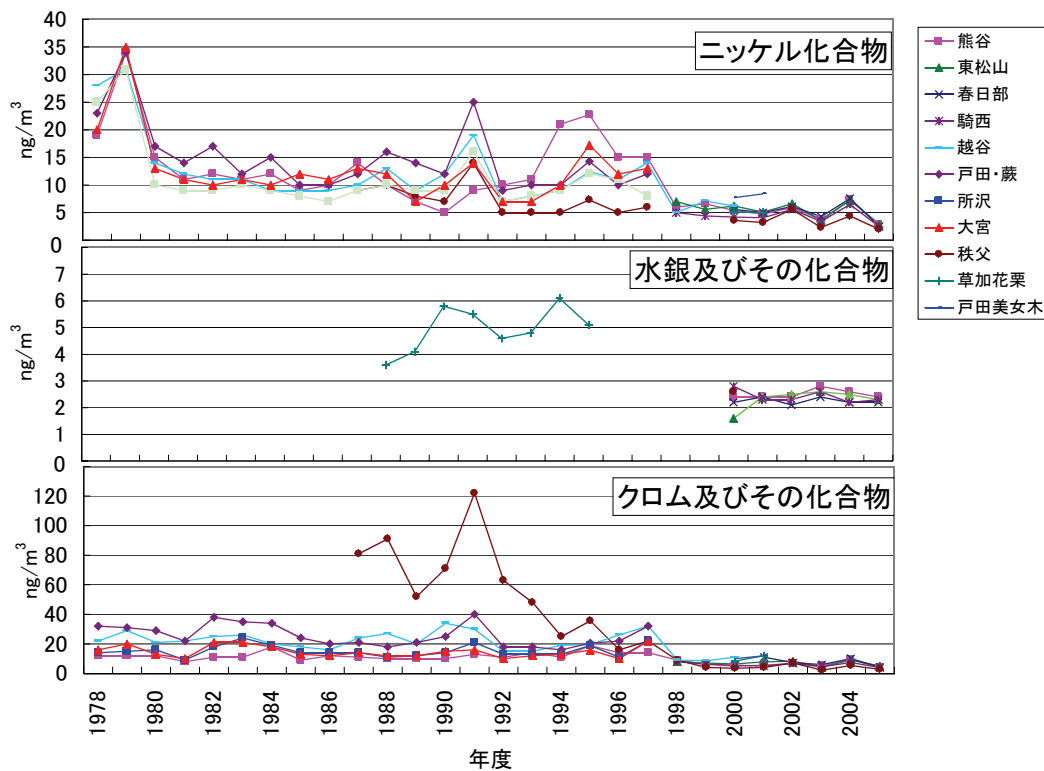


図29 長期間調査を継続している例

4.3.4 当所の取組

前述したように、当所では、有害大気汚染物質が規定される約20年前から一部の重金属類について調査を継続している。それにより、図29に示すような長期間にわたる濃度推移について有用な情報が得られている。このほか、有害化学物質の環境濃度を把握するための調査を随時行っている。

また、有害大気汚染物質の測定において、対象以外の物質についても同時に分析できる場合がある。これらの物質についても、将来有効利用される可能性があることから、データの蓄積を続けている。

5 地球環境問題

5.1 地球温暖化

5.1.1 はじめに

人間活動の活発化に伴う大気中の温室効果ガス^{*14}濃度の上昇により、地球の温暖化が進行し海面上昇や気候変動を引き起こし、社会経済や生態系へ影響を及ぼすことが懸念されてきた。こうした人類共通の課題である地球温暖化問題の解決を図るため、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを目的として、1992年5月の地球環境サミットで「気候変動に関する国際連合枠組条約」(UNFCCC) (以下、「気候変動枠組条約」) が採択され、1994年3月に発効された。

5.1.2 対策

1997年12月に京都で開催された「気候変動枠組条約第3回締約国会議」(COP3)において、温室効果ガスの削減についての法的拘束力のある数値目標を定めた「気候変動枠組条約京都議定書」(京都議定書) が採択された。これによって、先進国に対し温室効果ガスの総排出量を2008年から2012年までの第1約束期間に、1990年レベルと比べて一定数値(日本は6%)削減する数値目標が設定された。これを受けて、日本政府は、2002年6月4日に京都議定書の締結を閣議決定した。

日本国内の取組としては、1997年12月19日に内閣に地球温暖化対策推進本部を設置し、1998年6月19日に「地球温暖化対策推進大綱」を策定した。その後、京都議定書の着実な実施に向け、2002年3月19日に大綱の見直しを行い、各分野の第1約束期間までの削減目標を以下のように設定した。

- ① エネルギー起源の二酸化炭素の排出量を1990年度と同水準に抑制する。
- ② 非エネルギー起源の二酸化炭素、メタン及び一酸化二窒素の排出量を1990年度の水準から基準年総排出量比で0.5%削減する。
- ③ 革新的技術開発・国民の地球温暖化防止活動の推進により、1990年度の水準から基準年総排出量比で2%分の削減を達成する。
- ④ 代替フロン等(HFC、PFC、SF₆)の排出量を1995年に対して基準年総排出量比プラス2%程度の影響に止める。
- ⑤ 森林吸収分として1990年比3.9%程度の二酸化炭素吸収量を確保する。

埼玉県の取組としては、1996年3月に「埼玉県地球温暖化対策地域推進計画」を策定したが、京都議定書採択後の国内外の動向を考慮して計画を見直すこととなった。新たな計画では、県内の温室効果ガスの総排出量を、基準年比6%削減(二酸化炭素は、6.3%削減)すること等を目標としている。

5.1.3 埼玉県の実況

(1) 二酸化炭素

大気組成である二酸化炭素(CO₂)の濃度は、世界各地の清浄な地域においても一年周期の季節変化を伴いながら年々上昇するとともに、地域により濃度や季節変化が異なっている²⁴⁾。また、局地的な汚染は、上記の濃度変化に重なった形で観測されると考えられている。したがって、観測所周辺における地球規模での濃度変化と局地的な濃度変化のそれぞれについて見てみる。なお、局地的な影響を受ける範囲は、風速やその他の要因により変わる。

埼玉県では、気象庁の協力により世界気象機関(WMO)標準ガスを基準とした精密なCO₂濃度の観測を行っており、同様な観測を実施している世界各地の観測所との直接データ比較が可能である。東秩父(堂平山)におけるCO₂濃度の月平均値を、アメリカ海洋大気庁(NOAA)が長期間にわたり観測を継続しているハワイのマウナ・ロア²⁵⁾の月平均値と合わせて図30に示す。両地点とも、人間活動や植生による観測所周辺の局地的な影響を受けていないと思われるデータを、観測データからデータセレクション²⁶⁾することにより求め、その結果を対象としている。堂平山では、濃度が5月頃に極大、9月頃に極小となる一年周期の季節変化をするが、マウナ・ロアに対して高緯度に位置するため、季節変化の振幅が約10ppmと小さくなっている。年平均値で比較すると、マウナ・ロアに対して堂平山が平均して約5ppm高濃度であるが、濃度の上昇率は両地点とも約1.8ppm/年とほぼ等しい。

次に、観測データを単純平均して求めた、浦和(現さいたま)、騎西及び堂平山におけるCO₂濃度の月平均値を、上記のデータセレクションで得られた堂平山の月平均値と合わせて図31に示す。この図から局地的な汚染等の影響をある程度推定できると考えられる。浦和及び騎西では、他の大気汚染物質であるNO_xやSPMと同様に、大気が安定する秋から冬にかけて局地的な汚染による濃度上昇が見られる。堂平山では、夏には東風が卓越して関東平野からの汚染の影響を受けるが植生による光合成も活発化するため、年間を通して局地的な汚染等による濃度変化は少ない。両地点とも経年的な極端な変化は見られなかった。

今後、埼玉県におけるCO₂濃度と排出量との関係を把握するためには、局地的な汚染による濃度変化を詳し

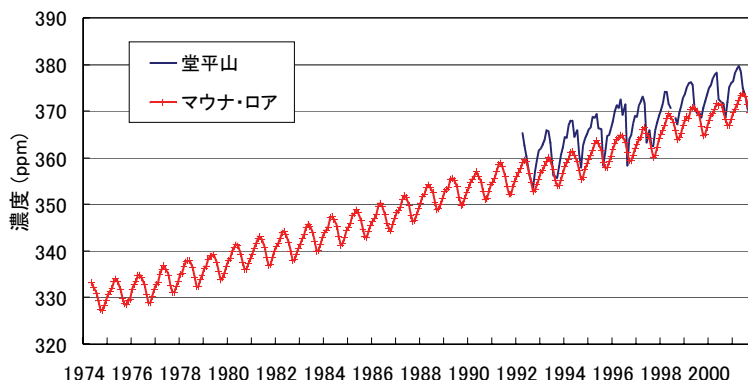


図30 CO₂濃度の推移

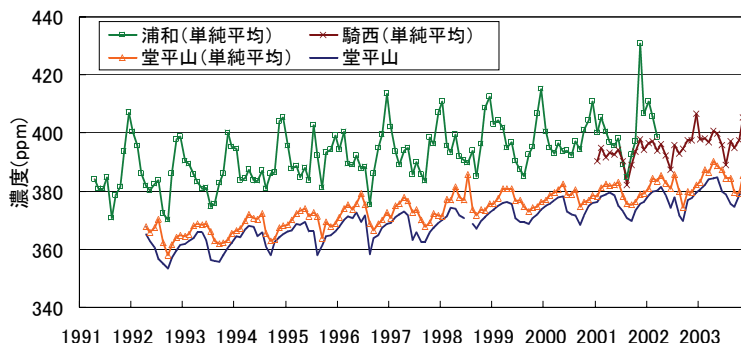


図31 埼玉県内におけるCO₂濃度の推移

＜解析していく必要がある。

(2) メタン

メタン(CH₄)も地球規模で見るとCO₂と同様な濃度変化をしている。したがって、局地的な汚染は、地球規模での濃度変化に重なった形で観測されると考えられている。

埼玉県内の観測所におけるCH₄濃度の月平均値を、マウナ・ロアの結果と合わせて図32に示す。マウナ・ロアではデータセレクションが行われているが、その他の地点では観測データを単純平均している。堂平山では、マウナ・ロアと同程度の濃度の上昇傾向が見られ、地球規模での濃度上昇によるものと考えられる。また、1996年以前は草加と堂平山との間で濃度差が見られたが、それ以降は濃度差が小さくなっている。その理由の一つとして、局地的な汚染の減少が考えられるが、今後詳しく解析していく必要があると思われる。なお、CH₄濃度の観測については、青空再生課大気監視担当が実施している。

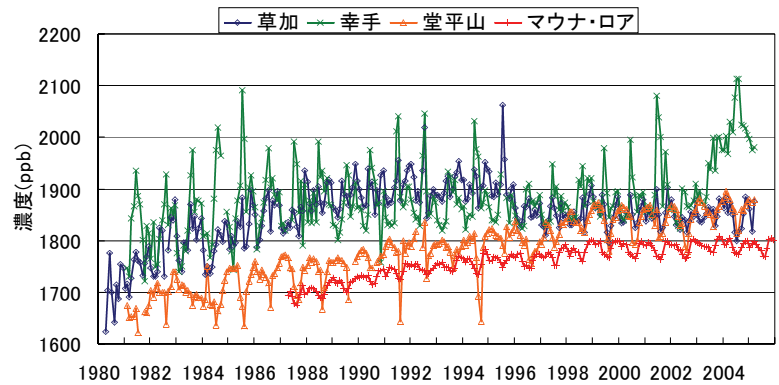


図32 CH₄濃度の推移

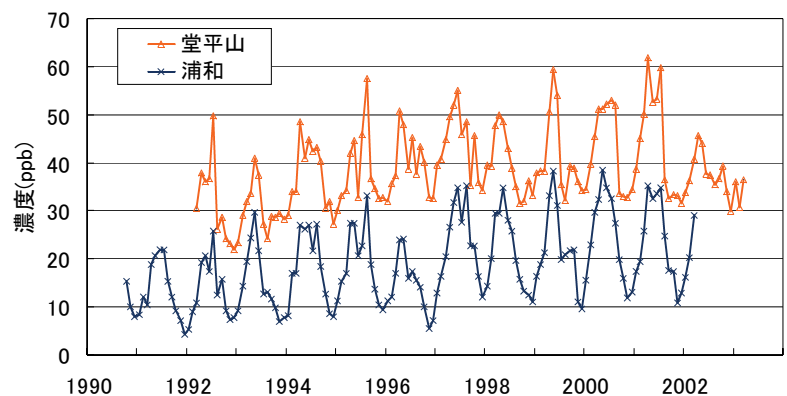


図33 埼玉県内におけるO₃濃度の推移

(3) 一酸化二窒素、HFC、CFC、HCFC、オゾン

一酸化二窒素(N₂O)、クロロフルオロカーボン(CFC)、ハイドロクロロフルオロカーボン(HCFC)については、オゾン層破壊物質でもあるため5.2で述べるが、ハイドロフルオロカーボン(HFC)についても、サンプリング及び分析をCFC等と同時に行っているため、同様に5.2で述べる。

O_xの主成分であるオゾン(O₃)は温室効果を持つため、紫外線吸収法オゾン濃度計を使用して1991年度から観測を行ってきた。埼玉県内の観測所におけるO₃濃度の月平均値を図33に示す。観測開始以降、上昇傾向にあったが、近年ではやや下降傾向にある。2001年度の年平均値は、浦和で23.7ppb、堂平山で42.1ppbであった。

5.1.4 当所の取組

当所において、1990年度から地球温暖化物質モニタリング調査を開始し、現在も継続している。

WMO標準ガスを基準とした観測を行っているCO₂濃度の観測データに関しては、温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)へ定期的に提供している。また、WDCGGのホームページ等を通じて、観測データが全世界に配布されている。

5.2 オゾン層破壊

5.2.1 はじめに

1930年、フロン^{*15}は多くの有益な特性とともに無害性、不燃性を持つ「夢の化合物」として発明され、その後、様々な用途に普及してきた。しかし、1974年、ローランドらにより、フロンによってオゾン層^{*17}が破壊されることが警告されて²⁷⁾から、地球環境問題の一つとして急激に注目されるようになった。モントリオール議定書及び各種の国内法令により、現在、フロン等のオゾン層破壊物質の生産等は規制され、製品に含まれているフロンの回収及び破壊も進められている。

5.2.2 対策

オゾン層破壊^{*16}が現実問題となってからの取組は速く、1985年のウィーン条約及び1987年のモントリオール議定書によって生産及び輸出入に関する国際的な規制が開始された。モントリオール議定書の内容は、その後に得られた科学的な知見により数次にわたって改訂され、規制の強化が図られている。現在、CFCはすでに生産等が全廃され、HCFCは今後段階的に削減されていく。また、フロンは地球温暖化にも大きく寄与しているため、オゾン層を破壊しないHFCについては、京都議定書に削減目標値が定められている。各議定書の内容を表3に示す。

オゾン層保護に関する我が国の取組として、モントリオール議定書の内容を受けた1988年の「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」（オゾン層保護法）により、生産量等の削減を目指した対策が進められている。この法律で定められた規制は、生産や輸出入に関する行為に対するものである。しかし、冷媒及び発泡剤の用途に使用されているフロンは製品中に封入されたまま使用され、製品の廃棄時に大気へ放出される。そこで、冷媒として使用されているフロンの放出を防ぐために、埼玉県では、1998年にフロン使用製品に係る事業者、業界団体、消費者及び行政が参画する「埼玉県フロン回収・処理推進協議会」が発足した。この協議会を主体として、回収・処理事業者指定制度による回収、機器破碎、集積及び破壊の各工程別の指定事業者を通るシステムを構築し、フロンの回収処理を進めてきた。その後、2001年に「特定家庭用機器再商品化法」（家電リサイクル法）、2002年に「特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律」（フロン回収破壊法）及び埼玉県生活環境保全条例が施行され、フロンの回収処理が義務化された。さらに2005年には「使用済自動車の再資源化等に関する法律」（自動車リサイクル法）も施行され、既存機器からの回収に向けた取組は着々と進められている。

表3 各議定書の内容

種類	対象物質	内容（先進国）
モントリオール議定書	CFC	1994年 25%以下 1996年 全廃*
	1, 1, 1-トリクロロエタン	1994年 50%以下 1996年 全廃*
	四塩化炭素	1995年 15%以下 1996年 全廃*
	HCFC	2004年 65%以下 2010年 35%以下 2015年 10%以下 2020年 全廃**
京都議定書	HFC	CO ₂ , N ₂ O, CH ₄ , HFC, PFC, SF ₆ のCO ₂ 換算合計で 2008～2012年の平均 6%（日本の場合）削減

*：エッセンシャルユース（試験研究及び分析用途）を除外

**：既存機器への補充（0.5%）を除外（2030年完全全廃）

回収後のフロンを破壊処理する技術には様々なものがあるが、廃棄物等と混焼して処理する方式とプラズマや加熱分解等による専用処理方式が現在実用化されている²⁸⁾。これらを用い、フロン回収破壊法に基づく国の許可業者が破壊事業を実施している。

5.2.3 埼玉県の実状

地球規模の環境濃度の変動を把握するためには、発生源の直接的な影響を受けないバックグラウンド地域での観測が必要であり、各国でオゾン層破壊物質の濃度観測が行われている。しかし、フロンの排出は、工場からの揮散やフロン含有製品の廃棄時の放出など、人為的なものであるため、環境への影響を早期に知り、現在実施されている対策の効果を評価するためには、人間活動の盛んな都市域におけるモニタリングが有効である。埼玉県では、1990年度から県内の都市部（浦和（現さいたま）、熊谷）及び山間部（東秩父）等で継続的なモニタリング調査を実施している^{29,30)}。

特定フロン類濃度の年間平均値の推移を、国内のバックグラウンド地域（北海道）の結果³¹⁾と合わせて、図34に示す。1990年度の調査開始当初はバックグラウンド地域と比較して県内の濃度が高く、さらに都市部と山間部では明らかな濃度差が認められ、都市部においてフロンの排出が多いことが分かった。しかし、その後は1996年の全廃規制時期の前から濃度低下がみられた。特にCFC113と1,1,1-トリクロロエタンについては濃度低下が顕著であり、現在では都市部と山間部の濃度差はほとんどみられない。これは、この2物質の主な用途が洗剤であるために全廃規制後の排出がほとんどなく、排出量の減少が大気濃度に比較的速く反映されたことによると考えられる。これに対し、CFC11とCFC12は濃度低下が緩やかであり、現在でも小さいながら地域間の濃度差がみられる。これは、この2物質の主な用途が発泡剤や冷媒であるために全廃規制後も製品中に長く留まり、製

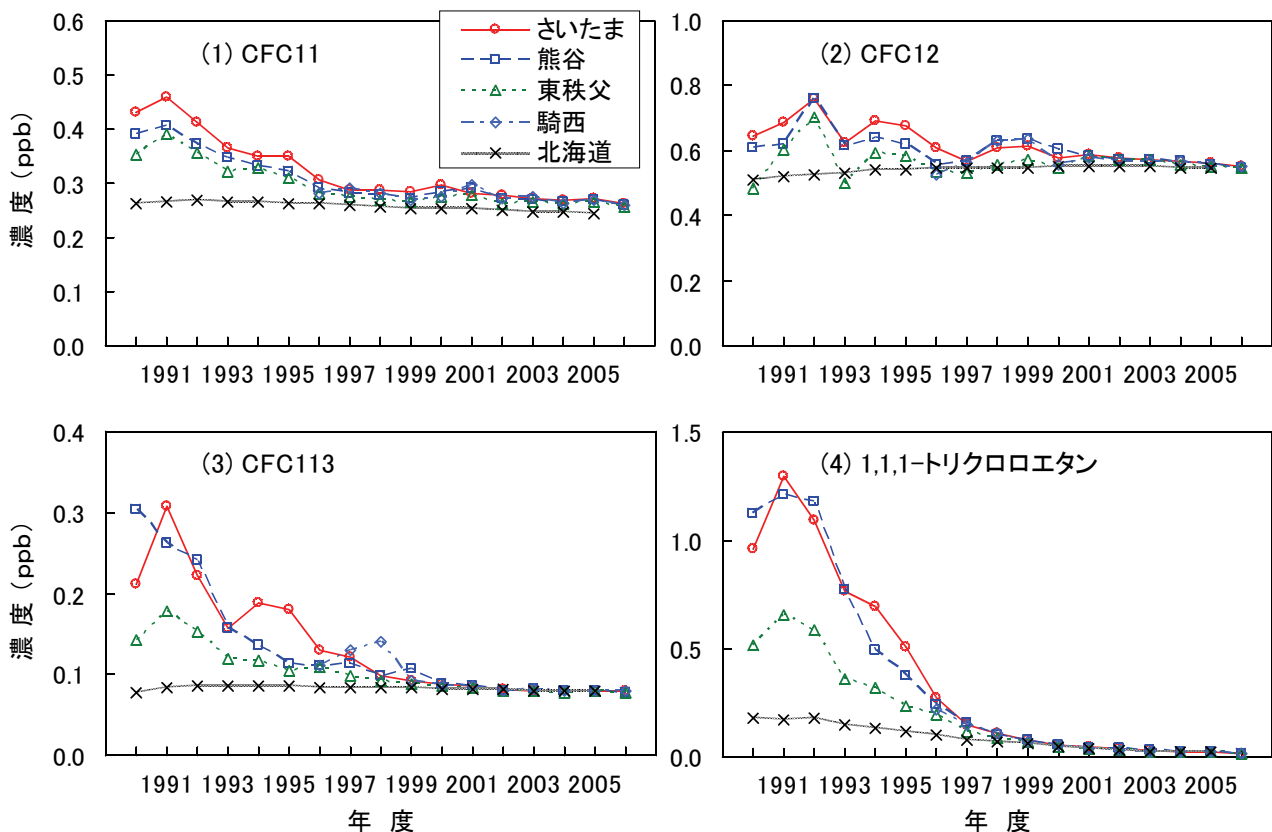


図34 特定フロン類の濃度推移

品の廃棄等に伴って排出される上に、大気中寿命が長いので排出ガスの影響が長期化することなどが原因と考えられる。

いずれも、対策の効果は環境濃度の推移に反映されているが、現在では濃度がほぼ横ばいとなり、また、すでに都市部と山間部の濃度差が小さくなっているため、これ以上の濃度低下には相当の期間を要すると考えられる。また、濃度低下が成層圏へ波及するにはさらなる期間経過を待たなければならない。したがって、今後とも回収及び破壊等の対策を徹底する必要がある。

次に、代替フロンについて、測定値の推移を図35に示す。東秩父では濃度変動が小さく、北海道³¹⁾に近い濃度であった。そのほかの地点では濃度変動が大きく、頻繁に高濃度が現れるなど、大気への排出が行われていることが分かった。現在の濃度は、HCFC141bとHCFC142bでは低下傾向が認められるが、HFC134aとHCFC22では特に都市部で上昇が続いている。代替フロンについては生産等の削減対策が現在進行中であり、今後の進展とともに環境濃度の低下が期待される。

一方、N₂Oも主要なオゾン層破壊物質であり、フロンと同じく地球温暖化物質でもある。これについても同様な調査を行っており、濃度変動及び地点間の濃度差が極めて小さいこと、最近の14年間で濃度が約7ppb上昇していることなどが分かった。2005年度の騎西における濃度は321ppbである。

5.2.4 当所の取組

当所では行政令達事業としてオゾン層破壊物質のモニタリングに取り組んでおり、1990年度に浦和、熊谷、東秩父で特定フロン類の調査を開始した。その後、自主的な取組として1996年度から騎西を調査地点に加えた。さらに、分析条件の検討を行った上でそれまでの測定方法を変え、1998年度から順次、代替フロンを調査対象に追加していった。また、適宜、航空機を使用した上空の試料

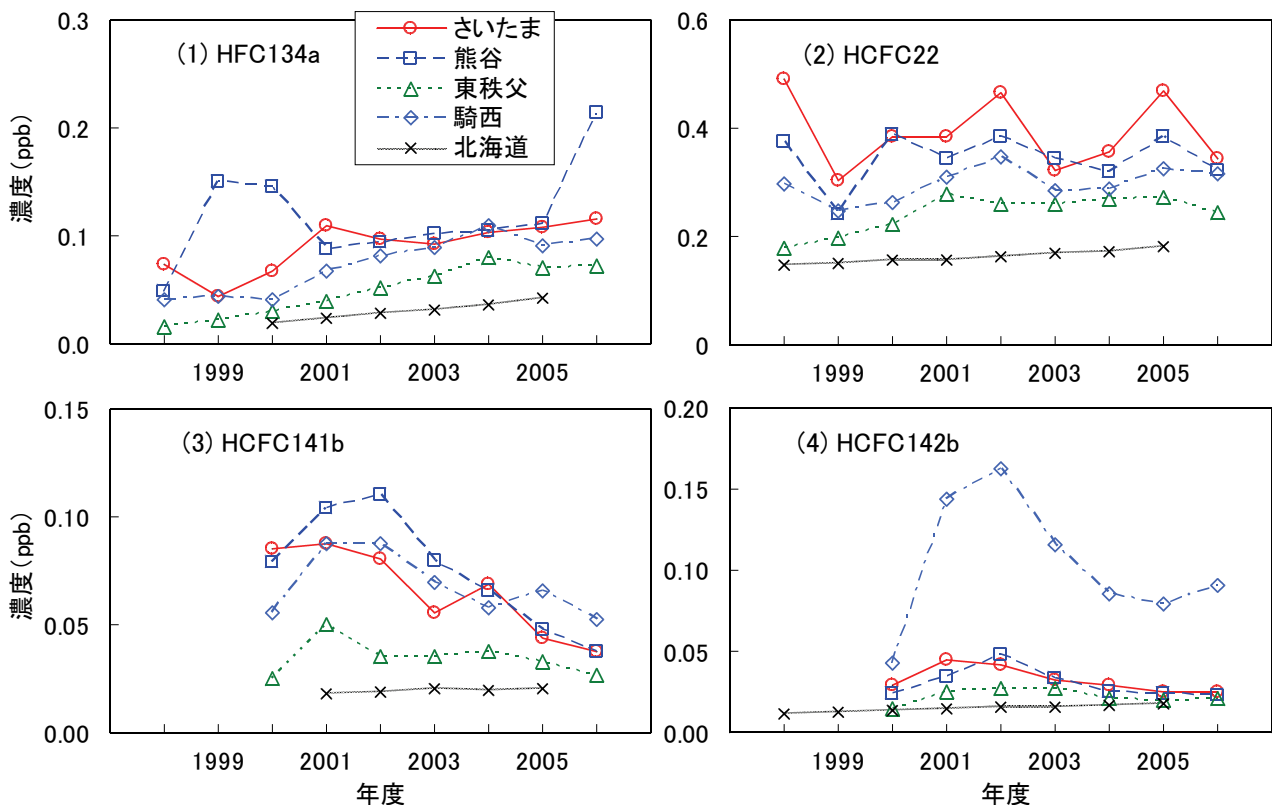


図35 代替フロンの濃度推移

採取を行い、フロン類の高度方向の濃度分布を調査している。この調査からは、地上調査による平面的な濃度分布や濃度変動と整合する結果が得られている。

現在もオゾン層破壊物質及び地球温暖化物質として、以上の物質の調査を継続している。

5.3 酸性雨

5.3.1 はじめに

酸性雨とは、以前は酸性度の強い（pHの低い）雨のこととされていた。実際に、平成6年度版環境白書（環境庁）³²⁾には、「酸性雨とは、工場や自動車など人類による化石燃料の大量使用から排出されたSO_xやNO_xが大気中で硫酸・硝酸等へ変化し、それぞれがイオンとして雨に取り込まれて降下するpH5.6以下の降雨のことであり、酸性を示す降雨は大気の状態により酸性雪及び酸性霧となることもある。」という記述がなされている。しかし、現在はより幅広いとらえ方となり、例えば、平成14年度版環境白書（環境省）³³⁾などには、雲を形成する水滴に溶け込み雨や雪の形で沈着する湿性沈着とガスや粒子の形で植物の葉や建造物など様々な表面に付着（沈着）する乾性沈着の両方を合わせたものと定義されている。したがって、酸性雨については単に降水のpHで評価するだけでなく、乾性沈着も含めた総合的な評価が必要となっている。

5.3.2 対策

酸性雨は、原因物質の発生源から500～1,000kmも離れた地域に沈着することもある国境を越えた広域的な現象である。したがって、酸性雨問題の解決のためには各国が協調して取り組む必要がある。欧米諸国では酸性雨による影響を防止するため、1979年に「長距離越境大気汚染条約」を締結し、関係国がSO_x、NO_x等の酸性雨原因物質の削減を進めるとともに、共同で酸性雨や森林のモニタリングや影響の解明などに努めている。

東アジア地域は、世界の1/3強の人口を擁し、近年めざましい経済成長を遂げているが、エネルギー事情から硫黄含有率の高い石炭に依存する国も多いため、SO_x、NO_xの排出量増加に伴う深刻な大気汚染問題に直面している。そして、近い将来、酸性雨による影響が深刻な問題となることが予想されている。この対策として、酸性雨モニタリングを共通の手法によって行うことにより、東アジア地域における酸性雨の実態を把握し、国際協力に基づく今後の対策等に結びつけていくため、2001年1月から東アジア酸性雨モニタリングネットワーク(EANET)が本格稼働を開始した。

日本国内では、1973-1975年に関東地方を中心に人体被害の報告があり、これを契機にして環境庁（現環境省）や地方自治体等による酸性雨調査が本格化し、広域の共同調査も多く行われた。環境庁は、第1次（1983-1987）、第2次（1988-1992）、第3次（1993-1997）及び第4次酸性雨対策調査（1998-2000）を実施した。その中では、「降水、陸水、土壌・植生系の継続的なモニタリング」、「各種影響等予測モデルの開発」、「樹木の衰退等と酸性雨との関連が指摘されている地域における降水、大気汚染物質、土壌・植生などの総合的な調査研究」、「乾性沈着及び生態影響評価手法の検討」が行われた。また、1都10県1市が参加した関東地方を中心とした共同調査³⁴⁾（1975-）や全国の地方自治体の環境研究所による酸性雨全国調査³⁵⁾（1991-、現在第4次調査）などが実施され、酸性雨現象に対するNO_xやSO₂の寄与の地域特性などの多くの研究成果が得られた。

埼玉県に関連しては、1974年7月3日に熊谷市、東松山市など埼玉県の北部や栃木県、群馬県の南部の広範囲にわたり、酸性度の強い雨が降り、目の痛みを訴えるなど多数の健康被害が発生した。

県ではこれに対処するため、1974年に酸性降雨の測定体制や被害の情報等の伝達方法などを定めた「埼玉県酸性降雨等対策暫定実施要領」を作成した。この要領に基づき、10市（川越市、熊谷市、川口市、秩父市、所沢市、加須市、本庄市、東松山市、春日部市、草加市）の協力を得て、埼玉県公害センター（当時浦和市）を加えた11地点で降水のpH等の測定を開始し、測定項目の追加等しながら現在も継続して測定している³⁶⁾。

5.3.3 埼玉県の現状

乾性沈着についてはまだ統一された測定法が確立していないため、これまで湿性沈着を中心に測定を実施してきた。図36に初期降水1mm目と一降水（降水の降り始めから終了まで）の年度平均pHと SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、非海洋由来^{*18}塩化物イオン(nss-Cl^-)の年度平均濃度の推移を示す。なお、測定地点は2000年4月に浦和（現さいたま）から騎西へ変更した。一般に、初期の降水はpHが低く、汚染物質濃度が高くなることが多い。年度平均値は、初期降水1mm目の方が一降水に比べてかなりpHが低く、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 nss-Cl^- 濃度は高い値で推移している。経年の推移をみるとpHはほぼ横ばい傾向であったが、2000年度以降低い値となった。

大気中の SO_2 濃度の低下（4.1.3参照）にともない、年々低下傾向にあった SO_4^{2-} 濃度も同時期に上昇していることから、2000年に噴火した三宅島から放出されている、 SO_2 を大量に含む噴煙の影響と考えられる。 NO_3^- 濃度は横ばいからやや増加、 nss-Cl^- 濃度は低下傾向を示している。

県内の11地点で測定した湿性沈着量の推移を図37に示す。 nss-SO_4^{2-} 沈着量は、前述の濃度の推移と同様1999年度までは減少傾向を示していたが、2000年度以降、三宅島噴煙の影響で全県的に増加している。 NO_3^- 沈着量は各地ともほぼ横ばいであり、地点間では、山間部で少なく、県東部地域より西部地域、北部地域の方が多い傾向が見られる。 nss-Cl^- 沈着量は各地で減少傾向にある。 Cl^- の発生源としては海塩粒子以外では焼却炉の影響が大きいとされており、埼玉県公害防止条例の改正による小型焼却炉への規制など、近年の廃棄物焼却炉等に対する規制の効果により、 nss-Cl^- 沈着量が減少したと推察される。

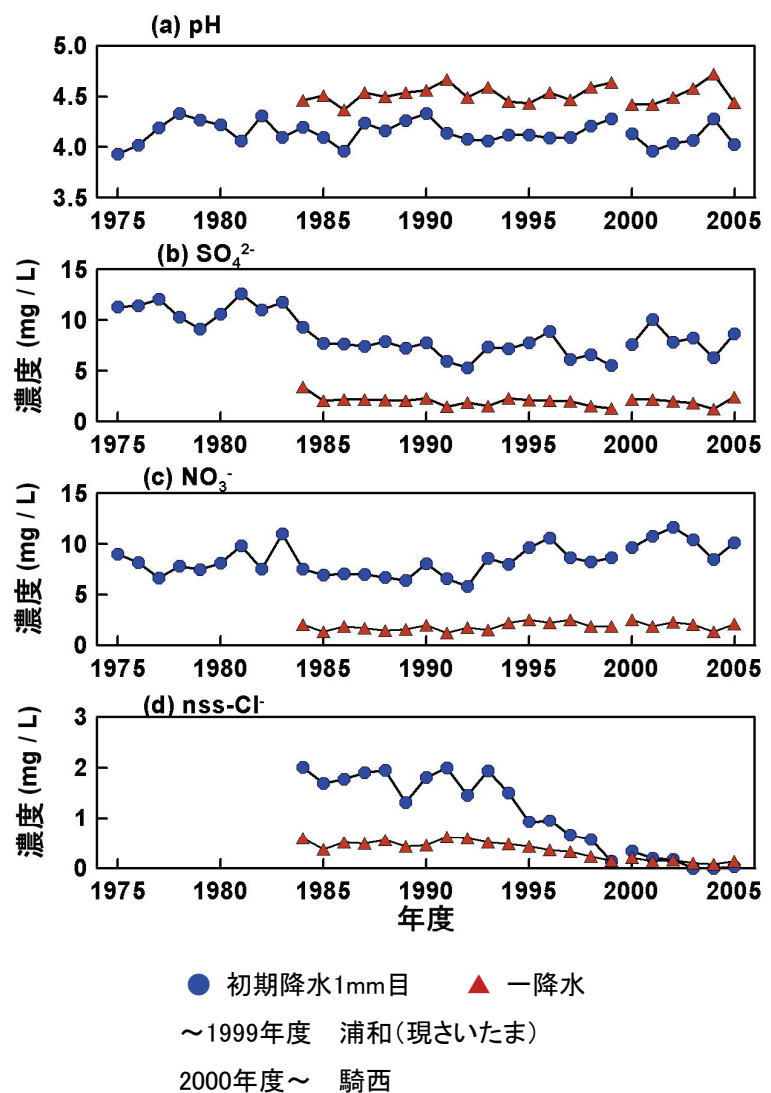


図36 pH及び降水濃度の年度平均値の推移

所沢は他の地点と比べて nss-Cl^- 沈着量が高い値で推移していたが、これは測定地点周辺に存在した廃棄物焼却炉の影響を受けていたためと思われる。

5.3.4 当所の取組

当所では、前述のとおり「埼玉県酸性降雨等対策暫定実施要領」に基づく湿性沈着の測定を1974年に開始し、現在も継続している。1975年度に酸性雨の健康被害原因究明の一環として「湿性大気汚染調査」を行い、その後、本県を含めた関東各県の共同調査や「酸性雨調査研究(1984-1985、環境庁委託)」、毛呂山町の鎌北湖を対象として降水、陸水、土壌、植生の調査を行った「酸性雨生態系影響総合調査(総合パイロットモニタリング調査)(1988-2002、環境庁委託)」等多くの調査研究を実施している¹³⁾。

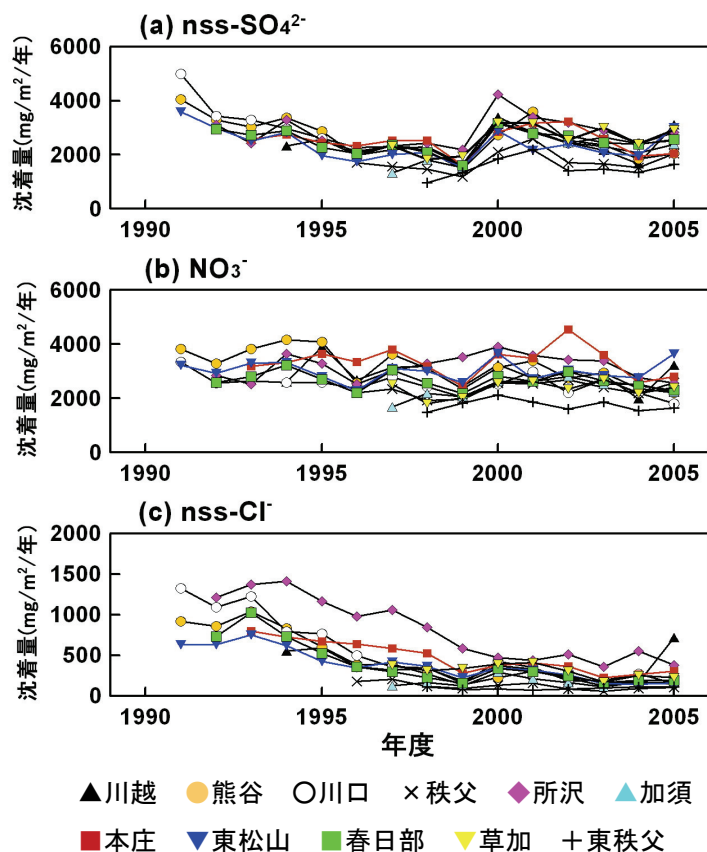


図37 県内各地の湿性沈着量の推移

6 おわりに

埼玉県における大気汚染発生源、大気汚染、地球環境問題について、当所のこれまでのモニタリング活動を振り返りつつ、その概要をまとめた。

公害問題が盛んな頃の大气汚染のうち、現在でも解決したとは言い難いものはいくつかある。その上に新たな有害物質や汚染現象が加わり、昨今の大气環境問題は多岐にわたっている。したがって、ここでは記述し切れていないものも多いが、埼玉県における主な大气環境の状況について概説した。これらの環境問題の対策を進める上で現況や濃度推移の把握は不可欠であり、当所の活動が寄与してきたところである。しかし、今後のモニタリング調査や情報収集においては、これまで以上に先見的な取組が必要となってくる。このことを考慮し、これからの環境把握及び環境改善に貢献するために、当所では従来からの観測に加えて独自の調査研究を行っている。

本稿が各方面で利用され、埼玉県の大気環境を理解する一助となれば幸いである。

謝 辞

ここで使用したデータは、当所の自主的な調査によるもののほか、埼玉県環境部青空再生課等からの令達調査によるもの並びに各課が独自に実施した調査によるものが含まれている。青空再生課にはデータの使用や助言等で御協力を頂いた。ここに感謝の意を表す。

用語解説

*1 環境基準

「人の健康の保護及び生活環境の保全のうえで維持することが望ましい基準」であり、行政上の政策目標である。

*2 二酸化硫黄(SO₂)

硫黄分を含む石油や石炭の燃焼により生じ、かつて四大公害裁判の1つである四日市ぜんそくなどの公害病を引き起こした。酸性雨の原因にもなっている物質。

*3 光化学オキシダント(Ox)

工場、事業場や自動車から排出されるNO_xやHCを主体とする一次汚染物質が太陽光線の照射を受けて光化学反応により二次的に生成されるオゾンなど強い酸化力を持つ物質の総称で、いわゆる光化学スモッグの原因となる物質である。高濃度では眼やのどへの刺激や呼吸器に影響を及ぼし、農作物などにも影響を与える。

*4 有害大気汚染物質

継続的に摂取される場合には人の健康を損なうおそれがある物質で大気汚染の原因となるもの。このうち、大気汚染防止法による工場・事業場規制の対象物質（ばいじん以外のばい煙及び特定粉じん）は除かれる。環境基準は1年平均値で規定されている。

*5 揮発性有機化合物(VOC)

揮発性があり、大気中で気体となる有機化合物の総称。このうちのほとんどが大気中で他の物質と光化学反応を起こし、OxやSPMの生成原因となる。トルエン、キシレン、酢酸エチルなど多種多様な物質が含まれる。大気汚染防止法では、特にOxやSPMの生成原因とならない物質を除いて定義している。

*6 ばいじん

燃焼により発生する、微小な粒子状の物質。形状や構成成分は発生する施設により異なり、炭素、金属酸化物、硫黄化合物等、様々な成分が含まれる。なお、物の粉碎等により発生する粒子は「粉じん」といい、ばいじんとは区別される。

*7 硫黄酸化物(SO_x)

硫黄と酸素からなる化合物には、SOを始め、SO₂、S₂O₃、SO₃等がある。石炭や石油を燃焼させた時に生じるのは主にSO₂とSO₃であり、これらを特にSO_xという。大気汚染防止法による規制には、ばい煙発生施設から排出されるSO_xをK値により規制する方法（排出口の高さ等に応じて定められる排出許容量）と、総量により規制する方法がある。

*8 窒素酸化物(NO_x)

窒素と酸素からなる化合物の総称。NO、N₂O、NO₂、N₂O₃等の種類がある。燃焼により発生するのは主にNOだが、その後の酸化により、更に毒性の強いNO₂も生成される。光化学オキシダント、二次生成粒子、酸性雨の原因となる。特に高濃度のNO₂は呼吸器に悪影響を及ぼす。

*9 炭化水素(HC)

炭素と水素からなる化合物を指す。大気中で他の物質と光化学反応を起こし、Oxが生成される。ガソリンや、トルエン等の溶剤がこれに該当する。

*10 大気汚染常時監視測定局

住宅街等の生活環境における大気の汚染状況を測定する一般環境測定局（一般局）と自動車排出ガスの影響を受ける道路沿道環境における大気の汚染状況を測定する自動車排出ガス測定局（自排局）がある。測定項目は測定局により異なるが、大気汚染物質（SO₂、NO₂、NO、CO、O_x、NMHC、SPMなど）及び気象観測項目（風向、風速、温度、湿度など）を1時間毎に測定している。年間測定6,000時間以上（O_xを除く）の測定局を有効測定局という。

*11 PM2.5の環境基準

粒径2.5 μm以下の微小粒子をPM2.5と呼び米国環境保護庁(EPA)で環境基準を次のように追加設定した。(なお、基準値は2006年度に修正(強化)が検討されている。)

- ・年平均濃度の3年間平均値が15 μg/m³以下
- ・1年毎の24時間値の98%値の3年間平均値が65 μg/m³以下(35 μg/m³への強化を検討)

日本では、環境省から2000年9月に「大気中微小粒子状物質(PM2.5)質量濃度測定方法暫定マニュアル」が示され、環境基準設定に向けた動きがあったが、現状では標準測定法は確立しておらず、環境基準も設定されていない。

*12 優先取組物質

有害大気汚染物質に該当する可能性のある物質（亜鉛及びその化合物、アクリルアミドなどを始めとする234物質）のうち、健康リスクがある程度高いと考えられる22物質。

*13 指定物質

有害大気汚染物質のうち、人の健康に係る被害を防止するためその排出又は飛散を早急に抑制しなければならないものとして政令で定めるもの。

*14 温室効果ガス

地表から放射される赤外線を吸収して大気を暖め、地球の平均気温を上げる働きを温室効果と呼び、この作用を持つ気体を温室効果ガスと呼ぶ。京都議定書では、CO₂、CH₄、N₂O、HFC、パーフルオロカーボン(PFC)、六フッ化イオウ(SF₆)の6種類が削減対象の温室効果ガスと定められたが、大気中にはその他に水蒸気、CFC、オゾン等の温室効果ガスが存在する。重量あたりに換算した温暖化の効果を示す値として、各種の温室効果ガスごとに地球温暖化係数(GWP: Global Warming Potential)が定められている。大気中の寿命が気体により異なるため、何年間で積算するかによってGWPの値が変わる。100年間の蓄積の効果で比較すると、CO₂に対してCH₄は23倍、N₂Oは296倍、フロン類は百～1万倍程度となる。(2001、IPCC第3次評価報告書)

*15 フロン

水素(H)、塩素(Cl)、フッ素(F)、炭素(C)からなる有機化合物の総称。冷媒、発泡剤、エアゾール噴射剤、洗剤などに用いられる。構成元素の元素記号の頭文字を上順に並べて分類名を表す。例えば、クロロフルオロカーボン(CFC)はCl、F及びCから成っている。また、分類名と各元素の構成数を加工して示す値とを組み合わせる物質名を表し、例えば、CCl₂F₂をCFC12と称する。一般に、オゾン層を破壊する能力の高いCFCのうち、モントリオール議定書で示されたものを特定フロン、HCFC及びHFCを代替フロンと呼んでいるが、HCFCの規制も進んでいる今日ではHFCのみを代替フロンと呼ぶことも多い。

*16 オゾン層

成層圏にあるオゾン濃度が高い層をオゾン層といい、太陽放射のうち生物に有害な短波長の紫外線を吸収している。一般に、オゾン層の状態は大気層にあるオゾン全量の厚さで表され、通常は0℃、1気圧下で3mm程度である。これが2.2mm以下になった部分をオゾンホールと称している³⁷⁾。

*17 オゾン層破壊

フロンは対流圏では安定であるために成層圏まで拡散し、短波長紫外線により分解して塩素原子を放出する。この塩素原子が連鎖反応によって多数のオゾンを破壊し、オゾンホールが発生する。これにより有害な紫外線が地表まで到達するようになり、皮膚ガン、白内障、免疫力低下などの悪影響をもたらす。フロンと同様に対流圏では安定で、塩素を含む1, 1, 1-トリクロロエタンや四塩化炭素(CCl₄)などもオゾン層破壊物質であるが、塩素を含まないフロン(HFC)はオゾン層を破壊しない。

*18 非海洋由来成分

人為的起源による沈着量の把握には海塩粒子寄与分（海洋由来成分）を推定し、非海洋由来成分（nss- : non sea salt）の量を算出する必要がある。Na⁺量はすべて海洋起源であるとし、かつ、海洋由来の成分濃度の比率は海洋→雲→降水で変化しないと仮定して算出されることが多い。

文 献

大気環境

- 1) 埼玉県環境部(1981)埼玉県環境白書, 60-72.
- 2) 公害防止の技術と法規編集委員会編(2001)公害防止の技術と法規大気編, 60-61.
- 3) 埼玉県(1978)埼玉県地域公害防止計画, 175.
- 4) 埼玉県環境部(1980)埼玉県環境白書, 53-54.
- 5) 埼玉県公害センター(1974-1999)埼玉県公害センター研究報告.
- 6) ㈱数理計画(埼玉県委託調査事業)(2006)窒素酸化物及び粒子状物質総量把握調査報告書, 16.
- 7) 埼玉県HP, 平成17年度大気汚染常時監視測定結果<http://www.pref.saitama.lg.jp/A09/BF00/kansi/h17_kansi.pdf>.
- 8) 埼玉県HP, ディーゼル車運行規制に対応する方への支援制度のご案内<<http://www.pref.saitama.lg.jp/A09/BF00/hojoindex.html>>.
- 9) 公害防止の技術と法規編集委員会編(2002)公害防止の技術と法規大気編, 56-68.
- 10) 例えば、埼玉県環境防災部青空再生課(2002)大気汚染常時監視測定結果報告書.
- 11) 環境省HP, 大気汚染状況について<<http://www.env.go.jp/air/osen/index.html>>.
- 12) 秋元肇(2003)光化学スモッグをとりまく国内外状況, 環境技術, **32**(7), 510-516.
- 13) 埼玉県公害センター(1990)埼玉県公害センター創立20周年記念誌, 29-40.
- 14) 例えば、関東地方公害対策推進本部・一都三県公害防止協議会(1996)光化学スモッグによる植物影響調査.
- 15) 光化学オキシダント等に関する共同研究グループ, 大原利眞編(2006)日本における光化学オキシダント等の挙動解明に関する研究, 国立環境研究所研究報告, 193.
- 16) 浮遊粒子状物質対策検討会(1997)浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル.
- 17) 埼玉県環境部青空再生課(2005)埼玉県大気汚染常時監視測定結果.
- 18) Federal Register: Vol. 62, No. 138, Part II, EPA, 40 DFE Part 50, National Ambient AirQuality Standards for Particulate Matter, Final Rule, July 18, 1997.
- 19) a) 米持真一, 梅沢夏実, 松本利恵, 武藤洋介(2001)埼玉県環境科学国際センター報, **1**, 100-105.
b) 同(2002)埼玉県環境科学国際センター報, **2**, 113-118.
- 20) 例えば、関東地方環境対策推進本部大気環境部会(2006)平成16年度浮遊粒子状物質合同調査報告書.
- 21) 環境省HP(2003)表6 モニタリング調査結果の概要(環境基準等が設定されている物質)<http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h14/hyo_06.html>.
- 22) 環境省HP(2003)ベンゼンの大気中への排出インベントリー<http://www.env.go.jp/air/osen/mon_h12/010914d-2.html>.
- 23) 環境省HP(2003)表7 モニタリング調査結果の概要(環境基準等が設定されていない物質)<http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/mon_h14/hyo_07.html>.
- 24) JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY (MARCH 2000) WMO WDCGG DATA SUMMARY, 22.
- 25) Pieter P. Tans, Kirk Thoning, Lee Waterman and Thomas Mefford, Atmospheric CO₂ monthly mean concentration, Mauna Loa in: WMO WDCGG "Online Data Report", JMA, Tokyo, 5 Feb 2004.
- 26) 武藤洋介, 梅沢夏実(2003)埼玉県環境科学国際センター報, **3**, 124-129.
- 27) M. J. Molina and F. S. Rowland(1974)Stratospheric sink for chlorofluoromethanes: chlorine atom-catalysed destruction of ozone, *Nature*, **249**, 810-812.
- 28) 浦野紘平, 加藤みか(2002)フロン類の破壊処理技術の全体像, 資源環境対策, **38**(2), 165-186.

- 29) 埼玉県環境部(1991-2006)大気環境調査事業報告書.
- 30) 竹内庸夫, 唐牛聖文, 昆野信也(2003)オゾン層破壊物質規制時期の都市域における大気中フロン類の動向, 大気環境学会誌, **38**(6), 384-395.
- 31) 環境省(2006)平成17年度オゾン層等の監視結果に関する年次報告書, 47-49.
- 32) 環境庁(1994)平成6年度版環境白書総説.
- 33) 環境省(2003)平成14年度版環境白書.
- 34) 例えば、関東地方環境対策推進本部大気環境部会(2003)平成13年度酸性雨調査報告書.
- 35) 例えば、全国環境研協議会酸性雨調査研究部会(2003)第3次酸性雨全国調査結果報告書, 全国環境研会誌, **28**(3), 126-196.
- 36) 例えば、埼玉県環境防災部(2003)平成14年度大気環境調査事業報告書, 29-76.
- 37) 気象庁(2003)気候変動監視レポート2002, 40.