

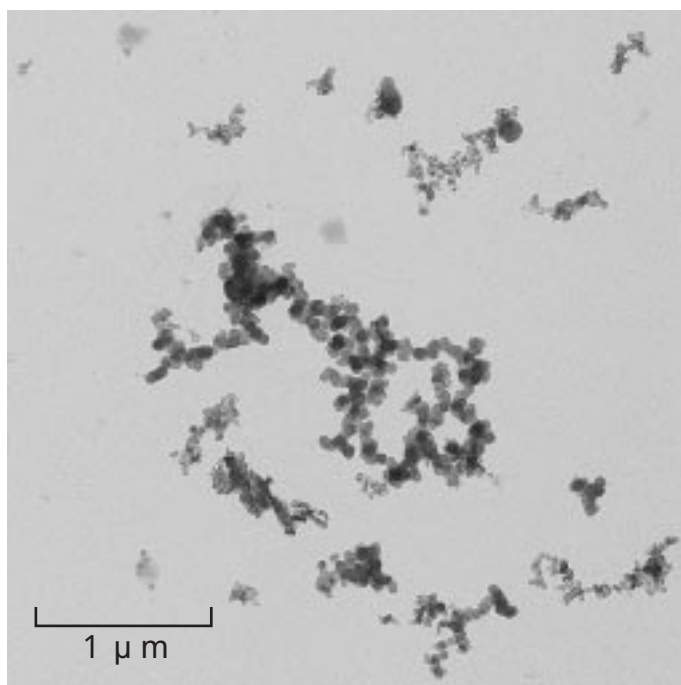


# 国立環境研究所

## 二一ノ五

Vol. 21 No. 5

平成14年(2002)12月



都市域において採取された大気中の浮遊粒子の電子顕微鏡写真。不規則な形状をしているのがディーゼルエンジン等から排出された煤粒子。(1 μmは1000分の1mm) 本文7頁参照。

## [ 目次 ]

環境科学における環境保健研究のあり方 .....	2
自動車から排出される粒子状物質の排出特性と大気中における動態の解析 .....	3
成層圏における脱室の役割 - 極域春期オゾン破壊に及ぼす影響 - .....	5
粒子状物質中の炭素成分について .....	7
バイオ・エコエンジニアリング研究施設 .....	9

## 環境科学における環境保健研究のあり方

遠山千春

環境保健（健康）の研究とは、環境中の環境有害要因がヒトの健康に及ぼす影響と、その影響を引き起こすメカニズムを明らかにする研究を言う。研究の目標は、人が安全な環境で安心して暮らせることを保証することにある。政策面で各種の基準を決めるために不可欠な環境リスク（有害な事象の程度とその事象が生じる確率）に関する情報を提供することも大きな役割の一つだ。このように環境保健（健康）研究は、人類の生存の根本を支える重要な分野を含んでいる。環境を人為の対局にある自然環境ととらえて研究対象とする学術的な学問のあり方も当然あり得るだろう。けれども、人間の存在を視野に入れれば、環境とは私たちを取り巻く生活の場の概念にほかならない。たとえば、人が呼吸する大気に乏しい成層圏の空間が、地球科学（earth science）ではなく環境科学（environmental science）の対象としての意味をもつためには、その場における事象が人間の生命や生活かわりを持ってくる場合であることは自明の理だろう。環境保健分野で言うならば、個人、集団、あるいは会社などの組織体を含む人間活動による環境への働きかけに伴う負荷が、ヒトの適応・順応機能を超えた何らかの影響をもたらす場合が研究対象となる。

ところで、設立以来、我が研究所における環境保健の対象としてきた要因は、大気汚染物質（亜硫酸ガス、窒素酸化物、オゾン、ディーゼル排ガス、さらにPM<sub>2.5</sub>と称される微粒子）、重金属（カドミウム、水銀、ヒ素）、有機塩素系化合物（ダイオキシンやPCB、農薬）、これらの一部も含むが、「環境ホルモン」様物質、さらには、物理的要因（騒音、紫外線、温熱、電磁場など）など多岐にわたる。私見だが、これらに加え、今後、研究対象となる要因（群）として、化学物質過敏症にかかわる様々な物質（群）、「環境ホルモン」作用の面からも検討が不十分な残留性の高い農薬や園芸用殺虫剤・除草剤などがある。さらに、最近になって新たな毒性や低用量での影響が疑われ始めた結果、安全基準の見直しが国際的にも検討されている物質として、PCB、有機水銀、カドミウムがある。

これらの要因の特性に応じて作用メカニズムは多

様である。それぞれの特徴に応じた研究方法論が必要となり、学問的には奥深く興味深い研究対象もいろいろと見いだされている。ただ、研究対象とした要因に関する社会的関心が低くなれば、社会的にプライオリティが高い別の環境問題研究への研究面からの取り組みを求められることもしばしば起こってくる。それでは、新たな課題に対しては、どのように対応すればよいのだろうか。

研究対象となる要因が変わったとしても、新たな問題にしなやかに対応するための研究基盤は欠かせない。その場合、リスクを推定するための学術的知見、そしてその解析技術の妥当性に関する情報を提供する環境保健研究にとって、毒性学と疫学が重要な方法論を提供する。前者は、本来の対象であるヒトに代わる実験モデルとしての動物や細胞などを用いる実験研究であり、後者は、主としてヒトの集団を対象としたフィールド調査や統計に基づく研究だ。そして、この二つの学問分野を支える基礎科学分野として、研究者の専門性に対応して、免疫学、生化学、病理学、内分泌学、生理学などライフサイエンスの基礎学問分野がある。これらの多岐にわたる学問分野における展開を常にウォッチし、あらたな学術的知見や方法を研究に取り入れていくことが、環境保健研究に深みをもたらすために不可欠だ。このことは、単なる毒性試験に終わることなく基礎研究分野にもインパクトがある学術的発信につながるだろう。私たちは、対象とする事象がどのように変化しようとも、学術的にも水準が高い研究を保証し、かつ、生活者のニーズに依拠した研究を展開してきたつもりだが、これからもがんばりたいと思う。読者諸氏の建設的なご叱正とご指導を頂戴できれば幸甚だ。

（とおやま ちはる、環境健康研究領域長）

執筆者プロフィール：

かつてパプアニューギニアの密林で2ヵ月ほど現地の人々と一緒に暮らした。プライマリ・ヘルスケアもおぼつかない中での穏やかで人間的な暮らしと、他方、文明の利器を駆使した個人や国家レベルでの暴力が横行する現代社会の有様から受ける衝撃が、環境と健康にかかわる問題を考える際の物差しとなっている。

シリーズ重点特別研究プロジェクト：「大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>DEP）・ディーゼル排気粒子等の大気中粒子状物質の動態解明と影響評価」から

## 自動車から排出される粒子状物質の排出特性と大気中における動態の解析

小林 伸 治

大都市における粒子状物質( Particulate Matter, PM )による大気汚染は、自動車等に対する度重なる排出規制にもかかわらず、未だ深刻な状況が続いています。特に、PM<sub>2.5</sub>\*と呼ばれる粒子の直径( 粒径 )が2.5 $\mu$ m ( マイクロメートル, ミクロン )以下のPMは、肺の深部に侵入、沈着する割合が大きく、米国を中心とした疫学研究により、呼吸器・循環器系疾患による死亡や発症と環境濃度との間に有意な関係が認められるなど、微小な粒子への関心が世界的に高まっています。

とりわけ、ディーゼル車から排出されるPM ( Diesel Exhaust Particles, DEP ) は、粒径が1 $\mu$ m以下の粒子から構成されており、PM<sub>2.5</sub>に対する寄与が大きいと考えられています。また、排気ガス中に含まれる窒素酸化物や炭化水素、二酸化硫黄等のガス状物質は、大気中における光化学反応により微小な二次粒子を生成します( 粒子状物質の炭素成分については環境問題基礎知識に詳しい説明があります )。

このような微小粒子の特性は、それを測定することが極めて難しいため、DEPの粒径分布や粒径ごとの化学組成、大気中に放出された後の挙動に関する知見は十分ではありません。

そこで交通公害防止研究チームでは、自動車から排出されるPMの特性や大気中における挙動を、自動車排出ガス試験施設を用いた排出ガス試験や道路沿道におけるフィールド調査により測定し、大気環

境に対する影響を解析しています。

自動車排出ガス試験施設は、図1に示すように、広範囲に温度湿度を制御できる環境実験室、路上の走行状態を室内で再現できるシャシーダイナモメータ、自動車排出ガス採取・分析する排出ガス計測装置から構成された施設で、自動車の性能を実際の使用条件の下で正しく評価することを目的として設計・建設された実験施設です。

これまで自動車の排出ガスデータは、ほとんどが標準的な環境条件下( 室温 25 , 湿度 50% )で計測されたものでした。この施設では、温度や湿度を変化させ、汚染物質の排出量への影響を評価することができます。

自動車から排出されるPMの排出重量は、排気ガスの温度を下げ、かつ排気ガス中に含まれる水分の凝縮を防ぐため、希釈トンネルを用いて清浄な空気中で排気ガスを希釈した後、フィルターに捕集し、精密天秤により重量を測定することで求めます。

一方、PMの粒径分布は、1ミクロン以下の微小粒子の粒径分布を測定できる走査型モビリティ粒径分析装置( Scanning Mobility Particle Sizer, SMPS )などの測定装置を使用して計測します。図2は、比較的新しいディーゼル車の定常走行時におけるDEPの粒径分布( 数濃度 )をSMPSによって計測した結果です。粒径が0.1 $\mu$ m以下の微小な粒子が数多く排出されていることを示しています。

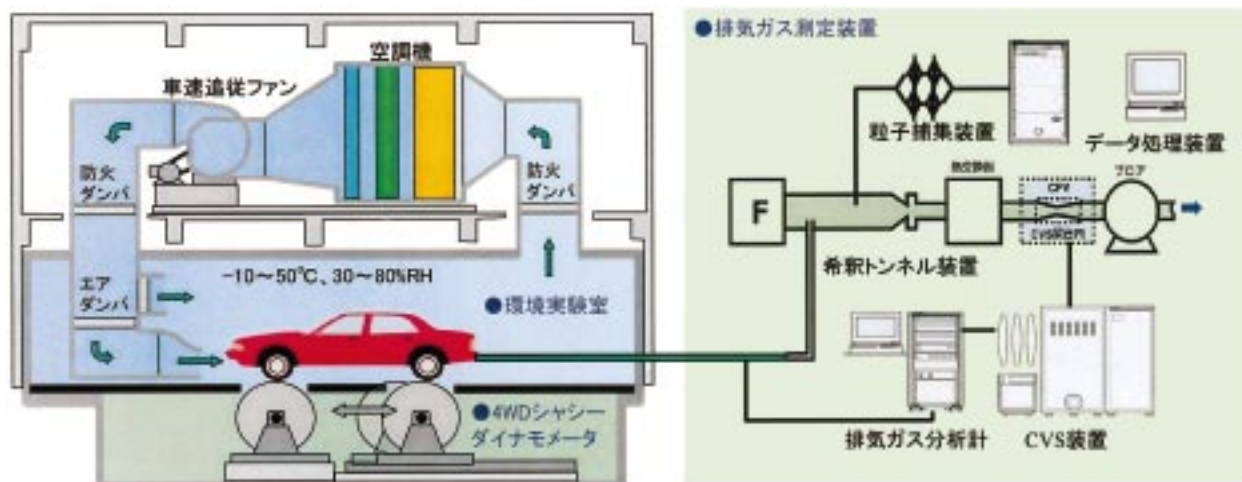


図1 自動車排出ガス試験施設の概要

このような高濃度の微小な粒子は、排気管内や大気中に排出された後、互いに凝集して、粒径が刻々変化します。また、排気ガス中に含まれる高沸点の炭化水素や硫黄化合物は、大気との混合により温度が低下する際、粒子化したり、DEPの表面に凝縮したりして、不安定な挙動を示すため、大気におけるDEPの特性はまだ十分把握されていません。

フィールド調査では、連続分析装置によるガス状物質やPM等のモニタリングに加え、粒径ごとに分けて試料を採取する低圧インパクターによるPM試料の採取、SMPSによる粒径分布の計測、風向・風速等の気象データの収集を実施しています。フィルターに採取された試料は、秤量された後、各種分析装置により、無機炭素、有機炭素、イオン成分、金属成分などが分析され、自動車排気ガス中のDEP成分の分析結果と比較することにより、ディーゼル車の影響の解析に利用されます。さらに、汚染物質の排出量に関する指標を得るため、ビデオを使用した交通量の測定も行っています。

図3は、交通量に対してディーゼル車の占める比率の高い道路沿道において観測された1日の浮遊粒子状物質（SPM：粒径が10ミクロン以下のPM）の変化を、図4は同時に測定された1 $\mu$ m以下のPMの

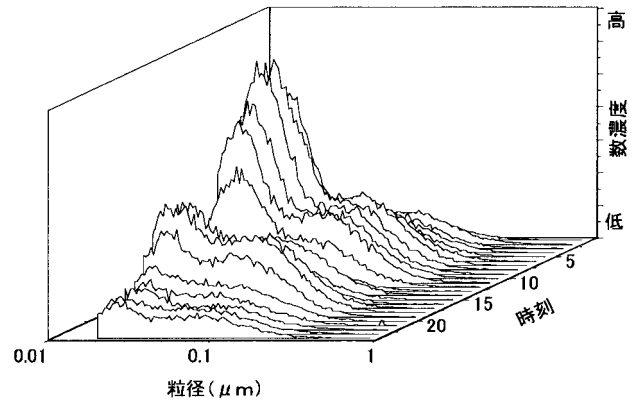


図4 沿道大気におけるPMの粒径分布（平日）

粒径分布を示したものです。交通量が増加し始める明け方からSPMの濃度が上昇するとともに、0.05 $\mu$ m以下の極めて微小な粒子の数濃度が増加することが観測されています。

このような粒子の存在は、重量としては極めて微量なため、これまでの重量をベースにした計測法では、十分把握されていませんでした。しかしながら、粒子の数としては大きな割合を占めるため、その挙動や健康影響に対する関心が高まっています。また、道路沿道では、粒径が0.02~0.03 $\mu$ m付近の粒子が多いのに対し、図2に示すようにディーゼル排気中における粒径は、0.06 $\mu$ m付近のものが多い結果となっており、異なる分布を示しています。大気中における微小粒子の粒径は、車種、運転条件、気象条件など複雑な要因の影響を受けていると考えられており、その挙動解明は、今後の研究課題となっています。

本プロジェクトでは、ここに紹介した研究をさらに発展させ、大気環境中の微小粒子に対する自動車排気ガスの影響やその動態を明らかにすべく研究を進めています。

\* PM<sub>2.5</sub>の名称や定義等については、国立環境研究所ニュース第20巻第5号の環境問題基礎知識「SPM, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, …, さまざまな粒子状物質」に解説があるので、それを参照いただきたい。

(こばやし しんじ,  
PM<sub>2.5</sub>・DEP研究プロジェクト)

執筆者プロフィール：

昨年、新設された低公害車試験設備（自動車の排出ガス試験設備）の住人です。これまでは、ディーゼルエンジンの燃焼研究や自動車排気ガスの大気環境影響の研究をしてきました。最近では、自動車から排出されるPMを求めて、道路沿道をさまよっております。

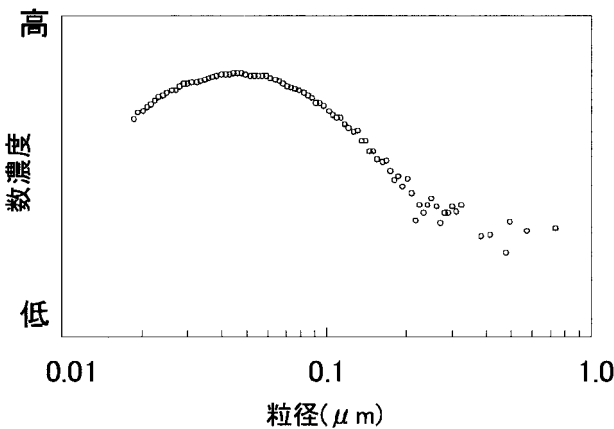


図2 定常走行時におけるDEPの粒径分布

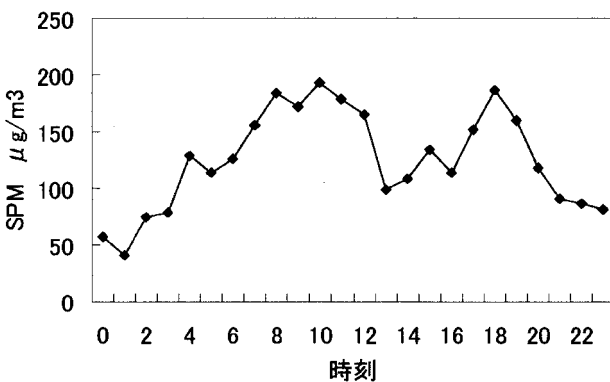


図3 道路沿道におけるSPM濃度の変化（平日）

# 成層圏における脱窒の役割 - 極域春期オゾン破壊に及ぼす影響 -

杉田 考史

記憶に新しいところでは、今年(2002年)の南極オゾンホールは例年に比べ小さく、オゾン層(2001年8月号参照)回復の兆しであろうか、といったことがメディアに取り沙汰されました。メディアのオゾン層への関心は相変わらず高いことが伺えます。オゾン層の長期的な変動要因は様々で、自然起源としては例えば太陽活動度の周期的変化などが挙げられます。一方、人為起源としては、いわゆるフロンガス、正確に言うと、クロロフルオロカーボン(CFC)などの放出が最も重要です(もちろん、メタンCH<sub>4</sub>、亜酸化窒素N<sub>2</sub>Oなどの人為的放出も重要です)。このCFCなどが成層圏に運ばれることでオゾン

を直接に破壊する活性塩素ClO<sub>x</sub>が発生します。

(図1)。  
冬期の南極では、極渦(きょくうず)と呼ばれる南極大陸をすっぽり覆うような大きな大気の流れが生じます。この中で塩素Cl<sub>2</sub>が蓄積され、大規模なオゾン破壊が春期に進行します。一方北極では、南極ほど極渦がはっきりしていないため、下部成層圏の気温は平均的に10度くらい高く、北極オゾンホールと呼べるほどのオゾン破壊はこれまで起きていま

せん。ではなぜこれほどまでに気温の違いが重要なのかというと、ちょうど冬期極渦内の最低気温付近において“雲”が生じ得るからなのです。これを極成層圏雲(PSC)と呼びます。このPSCを構成する液相あるいは固相の粒子表面を介した異相反応(不均質反応)によって、直接にはオゾンを破壊しない塩化水素HClや硝酸塩素ClONO<sub>2</sub>などの気体が塩素Cl<sub>2</sub>などのオゾンを破壊しやすい気体に変換されます(塩素は太陽光の照射によって容易にClO<sub>x</sub>になります)。従って、大規模なオゾン破壊が生じるか否かは、PSCがどれだけ発生するかが基本的に重要です。

みなさんの興味は、ではこの先オゾン層はどうなるの?ということかと思えます。簡単に答えてしまうと、南極オゾンホールの規模は50年後くらいには1980年以前のオゾン量にまで回復し、また北極では今後南極オゾンホール並みのオゾン破壊が生じる可能性は低いだろう、と現在の知見では考えられています。そのことを検証するために、今後も正確かつ高い精度でオゾンやその生成消滅に関連する化学成分を監視し続けることが必要です。また、オゾン破壊のメカニズムについては分からない部分が今も多

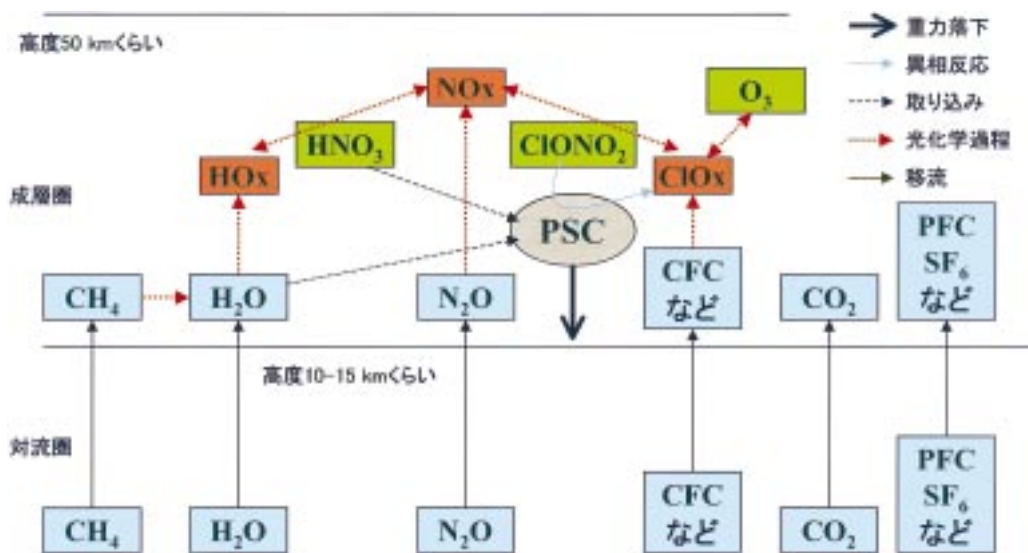


図1 冬期から春期にかけての成層圏(高度20 km付近)の化学過程と対流圏温室効果気体との関係の簡略化した概念図。青、赤、そして緑の気体は各々光化学寿命が非常に長いもの、非常に短いもの、それらの間のものを示す。PFCはパーフルオロカーボンのこと。簡単のため成層圏でハロンhalonから生成する活性臭素BrO<sub>x</sub>については触れていない。

く、そのための研究が継続されています。この研究ノートでは、その一つであります成層圏の脱窒過程とそのオゾン破壊への影響についてお話したいと思います。

脱窒と聞くと普通は土壌中などの細菌の活動によって硝酸イオン $\text{NO}_3^-$ や亜硝酸イオン $\text{NO}_2^-$ が $\text{N}_2\text{O}$ や窒素 $\text{N}_2$ まで還元され、気体となって大気へ出ていく過程を思い浮かべることでしょう。しかし、ここで言う脱窒過程というのは全く違う過程のことを言います。その説明から始めます(図1参照)。

まず、成層圏における反応性のある窒素酸化物 $\text{NO}_x$ は一体どこからやってくるのか?というところ、それは対流圏で放出される亜酸化窒素が成層圏まで移流され、そこでの過酷な酸化環境のもと、エネルギーの高い酸素原子により壊され生じます。 $\text{NO}_x$ はその場の太陽光の強さやオゾン、活性種( $\text{ClO}_x$ や水酸基 $\text{HO}_x$ など)の濃度に従い、より高次の酸化物となります。具体的には、気相硝酸 $\text{HNO}_3$ や $\text{ClONO}_2$ などです。極域の冬のように日が当たらない環境下では、専ら硝酸の形をとります。そこで極渦内の気温が低下し、例えば高度20 kmでマイナス80度程度になると、専ら水と硝酸からなる液相または固相のPSC粒子が生成します(個々の粒子サイズはサブミクロンから10ミクロンくらいです)。運がよければ日の出、日没時に地上からでも成層圏の雲として目視できます(筆者が北極に行ったときには残念ながら見られませんでした)。それで、このPSC粒子は時として直径15ミクロン程度にまで成長し、重力に耐え切れず、1日当たり1~2 kmの速度で落下することがあります。それによって、その場の硝酸濃度は”不可逆的に”減ってしまいます。この不可逆的な硝酸などの窒素酸化物種の損失のことを脱窒(Denitrification)と呼んでいます。一方、落下先の高度10数kmにおいては、PSC粒子の蒸発・昇華によりその場の気相硝酸濃度が増加します。

さて、この脱窒が及ぼすオゾンへの影響ですが、これもややこしい話になります。一度脱窒によって気相硝酸が減ってしまったところから話を始めます。そのような空気が季節の進行につれて太陽光に当たり始めると、通常ですと気相硝酸の光解離によって、 $\text{NO}_x$ が増えてゆくのですが、硝酸がないために $\text{NO}_x$ が、少ない状態が続きます。この状態がポイントです。なぜかと言うと、春期極域の下部成層圏では、 $\text{ClO}_x$ がオゾン破壊の主要な成分であり、逆に

$\text{NO}_x$ は $\text{ClO}_x$ と反応することで、準安定な $\text{ClONO}_2$ を形成するからです。図2にあるように、 $\text{NO}_x$ 濃度の低い状態が続くと $\text{ClO}_x$ が高濃度のままとなり、その結果、オゾンの破壊も大きくなる、というからくりです。このような定性的なモデル計算に基づく研究は1990年代の始めから行われてきました。では、実際にそのようなことが観測されているのか?というところ、実は意外にも2000年の冬から春にかけて、北極域で行われた航空機観測結果から初めて定量的に明らかにされました。その結果、7割の脱窒が生じていた場合と4割の脱窒が生じていた場合の空気を比べる

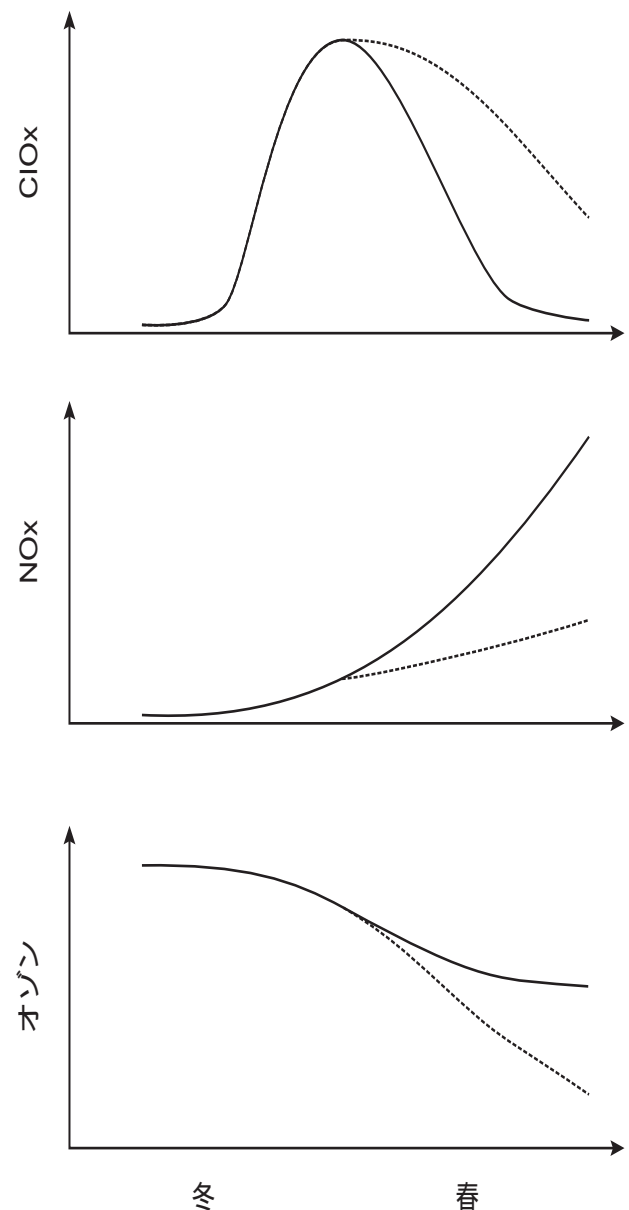


図2 成層圏の脱窒過程がオゾン破壊に与える影響を示す概念図  
 実線は脱窒が冬の間に生じなかった場合の活性塩素 $\text{ClO}_x$ 、窒素酸化物 $\text{NO}_x$ 、そしてオゾン濃度の時間変化。  
 点線は大規模に脱窒が生じた場合。

と、前者の方が1.5倍ほどオゾン破壊速度が大きいことが分かりました。これまでなぜ、このような解析が行われなかったのかと言うと、過去に北極で行われた冬から春にかけての連続航空機観測の年はPSCがほとんど発生しなかった。過去に南極で行われた航空機観測結果からは未だこのような解析が行われていない。数少ない硝酸測定を含む衛星からの観測では高度分解能が足りない、あるいは極域の連続観測ではないこと、などが理由として挙げられます。

1996年11月から約8ヵ月間にわたり、極域成層圏のオゾン、硝酸などの化学成分を連続測定したILAS(改良型大気周縁赤外分光計)は高度分解能の良いセンサであること、また、1997年の北極の極渦が5月初めまで持続したことなどから、脱窒とオゾン破壊の関係について調べるために絶好の機会を与えてくれたらと考えました。筆者らが初期的な解析を行った結果、2000年の北極と同様に、より脱窒規模の大きな空気ほど、オゾン破壊速度が大きいことを初めて衛星観測から見いだすことに成功しました。さらに解析を進めて、オゾン破壊速度の違いが、単に冬期に生じた脱窒の影響だけで説明できる

のか?あるいは、脱窒後の低温による付加的なClO<sub>x</sub>の増加があったためなのか?といったことを現在考慮中です。ILAS程度の高度分解能を持ち、また多成分の測定が可能な極域連続観測センサであれば、今後もオゾンと脱窒の関係を定量的に把握することが可能であることを実証したという意味でこの研究は重要です。今年の12月に打ち上げが予定されているADEOS-II衛星搭載のILAS-IIセンサからのデータに対する期待も高まります。京都議定書で取り上げられているような対流圏の温室効果気体の増加は成層圏気温を低下させるであろうと考えられており、将来頻繁に北極でもPSCが発生し、脱窒が生じるようであれば、事はそう簡単ではないかも知れません。

(すぎた たかふみ、  
成層圏オゾン層変動研究プロジェクト)

執筆者プロフィール:

学位取得後、宇宙開発事業団・地球観測利用研究センターのポスドクなどを経て、1998年10月入所。この号が出る頃にはILAS-IIが地上800 kmを無事周回していることを切に望む。趣味:主に女性ヴォーカルの音楽(最近全然やれてないが)、下手くそなバドミントン。

環境問題基礎知識

## 粒子状物質中の炭素成分について

長谷川 就 一

大気中に浮遊している粒子状物質(Particulate Matter, PM)による大気汚染が大都市を中心として問題となっており、呼吸器や循環器などの人体への影響が懸念されています。粒子状物質にはさまざまな物質が含まれていますが、大都市地域で最も主要な成分は炭素成分で、重量濃度にして全体の3~4割を占めています。この大部分は粒子の直径(粒径)が2.5 $\mu$ m以下の微小な粒子(1 $\mu$ mは1000分の1mm)、すなわちPM<sub>2.5</sub>に含まれており、また、その中には人体に影響があると考えられる物質が含まれているため、炭素成分の構成とその濃度を分析することは非常に重要です。

炭素成分は、無機炭素と有機炭素に大きく分けられます(図1参照)。無機炭素は、元素炭素(エレメンタル・カーボン)と炭酸塩炭素からなります。元素炭素は、炭化水素が高温で不完全燃焼する際

などに生成します。元素炭素は人間の目には黒く見え、光を吸収することから、黒色炭素(ブラック・カーボン)とも呼ばれ、主にボイラーやエンジンなどでの化石燃料の燃焼によって排出されます。中でも、ディーゼル排気由来の粒子、DEP(Diesel Exhaust Particles)には、“黒煙”や“煤(すす)”という言葉からもわかるように、元素炭素が多く含まれています。また、炭酸塩炭素は炭酸イオン(CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>)に含まれる炭素で、土壤に含まれる炭酸カルシウムなどがその例です。通常の大気環境では、この炭酸塩炭素が含まれる割合は非常に小さくなっています。

一方、有機炭素は、有機物に含まれる炭素を指します。粒子状物質に含まれる有機物は数百種類以上あることが知られていますが、未把握のものも多数あると考えられています。有機炭素の由来は様々で、

発生源から直接排出される一次生成粒子だけでなく、大気中での反応などにより、気体の揮発性有機物（Volatile Organic Compounds, VOC）が凝縮して粒子化したり、元々浮遊している粒子に吸着してできる二次生成粒子もあります。一次生成粒子には、元素状炭素と共存してボイラーやエンジンから排出される粒子や、森林火災やたき火の煙のような有機炭素が主体のものなどがあります。これらに含まれる代表的な物質には、多環芳香族炭化水素とそのニトロ化誘導体、半揮発性の鎖状炭化水素などがあります（図1）。これに対して二次生成粒子には、例えば自動車排ガスに含まれる炭化水素が光化学反応により粒子となるものがあり、これが光化学スモッグを構成するものの1つとなっています。このような二次生成粒子に含まれる代表的な物質には、カルボン酸や芳香族カルボン酸などがあります（図1）。

ここで図2に都市域で採取された粒子状物質の電子顕微鏡写真を示します。糸くずのような不規則な形をしているのが煤粒子です。この煤粒子を物質的に見ると、この特徴的な形状から元素状炭素であることがわかりますが、その表面に多環芳香族炭化水素などの有機物や硫酸などの分子が吸着していることが多いと考えられています。

こうした元素状炭素と有機炭素の重量濃度を測定するにはいくつか方法があります。まず、有機炭素は、図1に示したような個々の物質について、ベンゼンやメタノールなどの溶媒に抽出してGC（ガスクロマトグラフ）やHPLC（高速液体クロマトグラフ）などの装置で分析する方法があります。しかし、上でも述べたように有機物は数百種類以上にも及び、このような方法を用いてもひとつひとつの物質を同定できるのは一部に過ぎません。そこで、元素状炭素と有機炭素の揮発温度の違いを利用して分析する熱分離法が広く用いられています。この場合、有機炭素は個々の物質としてではなく、有機炭素全体として分析されることとなりますが、元素状炭素

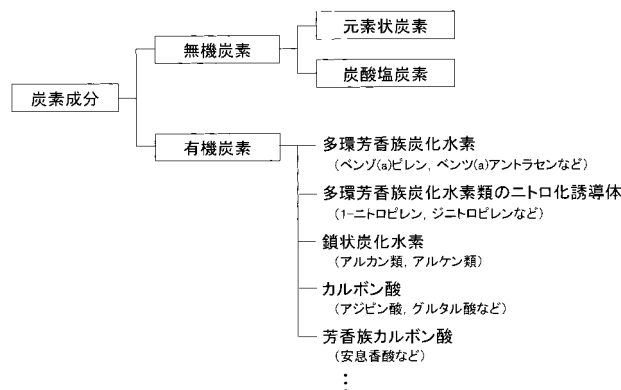


図1 粒子状物質中の炭素成分の分類

と有機炭素の両者を比較的簡便に分析することができます。具体的には、ろ紙上に集めた粒子状物質を段階的に温度を上げて加熱していき、揮発してくる炭素を二酸化炭素やメタンに変換して測定します。通常、室温から900 程度まで加熱しますが、まず有機炭素が揮発し、続いて元素状炭素が揮発します。ただし、どの温度で有機炭素と元素状炭素の境目とするかは統一されておらず、国内でも研究者によって見解が異なっています。これは、加熱する際の酸素濃度にも依存し、また、加熱速度などが用いる装置によってちがうという理由で、分析条件を統一するのは難しい状況です。

ところで、元素状炭素は、上でも述べたように黒く見える（光を吸収する）ことから、レーザー光を使ってろ紙上の粒子状物質の黒さ（黒化度）を測定して濃度を求める光学法があります。この方法は経時変化のモニタリングに適していることから、最近注目されています。また、この黒化度を利用して、熱分離法の有機炭素と元素状炭素の分離点を、黒化度が初期値に比べて小さくなる直前として定義すれば、明確に決定することができます。これを熱光学法と呼んでいます。この方法は国内ではまだ普及していませんが、国立環境研究所ではこの熱光学法による装置を導入し、標準的な測定法として確立すべく、さまざまな比較や検証を行っているところです。

（はせがわ しゅういち、  
PM2.5・DEP研究プロジェクト・NIESポスドクフェロー）

著者プロフィール：

1973年生、北海道・札幌出身。初めての道外での生活もまもなく2年となり、少しは慣れてきたが、まだ夏の暑さと雪の恋しさに耐えるのは少々つらい。しかし、まだ半人前の私にとって、国立環境研究所での経験が血となり肉となると信じて研究に打ち込む。趣味：風景写真撮影・鑑賞、自動車旅。

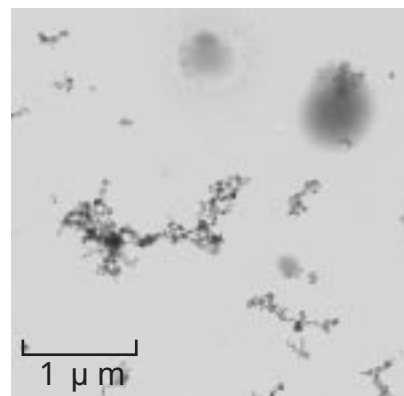


図2 都市域で採取された粒子状物質の電子顕微鏡写真



研究施設業務等の紹介

## バイオ・エコエンジニアリング研究施設

水 落 元 之

21世紀は環境の世紀といわれています。しかしながら我が国のみならず開発途上国では水環境は有機汚濁や富栄養化が進み、安全な水資源確保のための対策が国際的な緊急課題となってきました。特に、多くの開発途上国では衛生施設の不備により感染症のリスクが増大していると指摘されています。水は再生可能な資源といわれてきましたが、このような質の劣化による生命の源としての水資源の価値の低下は、社会生活全般に大きな影響を与えることが懸念されています。したがって、開発途上国を含めた水環境改善に資する研究を推進し、国際的リーダーシップを発揮することは極めて重要となります。

2001年11月に竣工したバイオ・エコエンジニアリング研究施設は開発途上国を視野に入れた水環境改善に関する国際的研究活動の拠点となるように整備された施設です。ここで用いている、「バイオエンジニアリング(生物処理工学)」とは水質浄化に有用な微生物が持つ浄化能力を最大限に引き出すための技術であり、排水中の窒素、リンの除去可能な高度処理浄化槽等の開発が挙げられます。同じく、「エコエンジニアリング(生態工学)」とは自然生態系が本来持っている浄化能力を最大限に引き出すための技術であり、食物として収穫可能な水耕栽培植物を用いた経済性を考慮した浄化技術、食物連鎖を強化したラグーンを用いた処理技術、湿地を活用した処理技術の開発などが挙げられます。これらの技術の適用により、有機汚濁、富栄養化、温室効果ガスの発生防止が可能となります。「バイオ・エコエンジニアリング」とは、これらの技術の組み合わせによる処理の効率化を目指した技術を意味しています。このように本施設は様々な国情、流域特性に適應し、定着可能な技術開発を行う国際的拠点を目指しています。

本施設(写真1)は美浦村の臨湖実験施設の敷地内に併設されたもので、霞ヶ浦湖畔に位置しています。

本施設の最大の特徴は美浦村の農業集落排水処理施設からの実際の生活排水を用い、春夏秋冬の年間

を通した温度変化を大型恒温槽で再現することにより、1年間の水温変動を考慮した性能評価研究が、従来に比べて短期間で可能となったことです。本施設は美浦村の農業集落排水処理施設から生活排水を搬送する施設、温度制御下での研究評価試験用恒温施設、自然条件下での研究用多目的屋外フィールド、水耕栽培浄化、土壌浄化などの開発・評価を行う生態工学技術実験フィールドから構成されています。

また、本施設と農業集落排水処理施設の間で、真空式下水道システムにより汚水を搬送し、研究に用いた汚水は再度、処理施設へ返送するため、美浦村の処理施設に真空ステーション(写真2)が設置されています。農業集落排水処理施設からは1時間に10m<sup>3</sup>の汚水搬送が可能です。

評価試験用恒温室(写真3)には高度処理型浄化槽等の新技術開発と評価が行えるよう小型浄化槽用12室と大型浄化槽用4室が整備されています。室温は10~30℃に設定でき、汚水は、朝夕の実際の生活パターンの水量ピークに応じた供給が可能です。また、人工光装置の設置により、湿地処理などの熱帯・温帯地域等の条件を再現した状態で、生態工学システムの開発・評価が可能となります。

多目的屋外フィールド(写真4)は、自然条件下におけるバイオ・エコエンジニアリングシステムの処理特性の解析評価が行えるよう、1,200m<sup>2</sup>のスペースとそれらに対応した汚水の供給ができるように



写真1 バイオ・エコエンジニアリング研究施設全景

なっています。なお、屋外フィールドの一角には美浦村から搬送された生活排水の貯留槽、汚泥処理の研究開発のための汚泥濃縮・貯留システムなどが設置されています。

生態工学技術実験フィールド（写真5）には、水耕栽培浄化実験施設、土壌浄化実験施設等のエコエンジニアリング実験施設が整備されています。ここでは汚水、浄化槽処理水、霞ヶ浦湖水の低濃度から高濃度の原水を用いた高度化技術開発が行えるようになっています。

本研究施設にはこのほかに、水環境に関する化学分析に必要な分析機器等を整備した化学分析室、研究解析、評価のための居室スペース、実験装置の試作、試験を行うスペースが整備されています。

バイオ・エコエンジニアリング研究施設は大気、

土壌、水の相互に関連する環境低負荷・資源循環型の技術開発を内外の産官学の研究者と共同して実施し、健全な環境創造を目指す国際的研究拠点です。すでに、日中韓三環境大臣会合において合意された淡水（湖沼）汚染防止プロジェクトを推進する中核機関となっています。また、JICAの技術研修の場、あるいは環境教育の場としての活用が始められようとしているところです。

（みずおち もとゆき、

循環型社会形成推進・廃棄物研究センター）

執筆者プロフィール：

北海道出身。最近、自分自身の富栄養化を反省し、ひたすら負荷削減に努める毎日です。また、無趣味を趣味と考え、ふらりと齢を重ねてきたが、趣味を模索することを趣味にすべく健闘中であります。



写真2 美浦村の農業集落排水処理施設内の真空ステーション



写真4 屋外フィールド



写真3 恒温室内



写真5 生態工学技術実験フィールド

## 新刊紹介

国立環境研究所特別研究報告 SR-45-2002 (平成14年9月発行)

「環境低負荷型・資源循環型の水環境改善システムに関する調査研究」(平成12～13年度)

本報告書は、平成12年度から13年度にかけて実施したミレニアムプロジェクト「環境低負荷型・資源循環型の水環境改善システムに関する調査研究」の研究成果をとりまとめたものである。その実施目標は、地域における水循環・物質循環の適正化及び循環型社会形成のための静脈産業育成の視点から、技術面に関する基礎的データの収集・整備、産業技術面での課題等について調査研究を行い、今後の実現可能な具体的政策方向を明らかにすることにある。すなわち本調査・研究は循環型経済社会において水環境改善システムを確立するために、代表的な富栄養化湖沼であり水道水源である霞ヶ浦をモデル流域として具体的な地域環境データを用いて、環境低負荷型・資源循環型施策の導入効果予測と投資効率の評価解析を行ったものである。この調査研究により、整備手法の選定、地域整備順位の決定、環境低負荷型の水処理・浄化技術の開発等、政策決定の具体的な選択について重要な示唆を得ることができた。

(循環型社会形成推進・廃棄物研究センター 稲森悠平)

国立環境研究所特別研究報告 (内分泌攪乱化学物質総合対策研究) SR-46-2002 (平成14年9月発行)

「環境ホルモンの新たな計測手法の開発と環境動態に関する研究」(平成11～13年度)

本報告書は平成11年度から13年度の3年間にわたり内分泌攪乱化学物質総合対策研究で実施された6課題のうちの1課題、「内分泌かく乱化学物質の新たな計測手法と環境動態に関する研究」の成果に最近の研究結果を加えて取りまとめたものである。計測法の開発では、イオントラップ質量分析法、負イオン化学イオン化法、液体クロマトグラフ質量分析法や免疫化学的測定法を導入し、超微量成分を精度よくしかも簡単に測定できる手法を開発した。評価法の開発では、試験管内の評価系としてホルモンの受容体と化学物質との結合性をみる試験法、様々なホルモン受容体の遺伝子を導入した酵母を用いて短時間に化学物質のホルモン作用を調べる試験法、動物を使った試験としてホルモンの攪乱によってメダカに発現する遺伝子やタンパクから影響を評価する試験系が作られた。また、エストロゲン作用を中心に環境媒体のホルモン作用の評価手法として、これら新たに開発した試験法の適用を試み、ホルモン作用の環境挙動について調査した結果が示されている。

(化学物質環境リスク研究センター 白石寛明)

国立環境研究所特別研究報告 (特別研究) SR-47-2002 (平成14年9月発行)

「空中浮遊微粒子(PM<sub>2.5</sub>)の心肺循環器系に及ぼす障害作用機序の解明に関する実験的研究」(平成11～13年度)

本報告書は平成11年度から13年度にかけて実施した特別研究「空中浮遊微粒子(PM<sub>2.5</sub>)の心肺循環器系に及ぼす障害作用機序の解明に関する実験的研究」をとりまとめたものである。近年、トラック、バスからレクリエーション用の車までディーゼルエンジンを搭載する車が増加している。この増加と共に、大都市部の大気汚染は改善されておらず、浮遊粒子状物質(SPM)の中に占めるディーゼル車由来の微粒子(DEP)の割合が増加している。一方、粒径が2.5 $\mu$ m以下のSPM、すなわちPM<sub>2.5</sub>と心疾患による死亡率との間に非常に高い相関があることが疫学研究によって示され、その健康影響の重大性が指摘されている。そこで、本報告では、大都市部のPM<sub>2.5</sub>の主要部分を占めるDEPを対象物質として、ディーゼル排気の暴露実験と組織培養を含む実験によって、DEPがどのような機序で心肺循環器系に障害を及ぼしているかを明らかにすることを目的とした。これにより、大都市部におけるPM<sub>2.5</sub>(DEP)汚染を低減することの緊急性と重要性に関する科学的知見を示し、環境保全のための科学的資料を提供している。

(PM<sub>2.5</sub>・DEP研究プロジェクト 鈴木 明)



受賞者氏名：青柳みどり

受賞年月日：平成14年9月20日

賞の名称：社団法人環境科学会 奨励賞

受賞対象：環境に対する価値観と環境保全行動の関連に関する国際比較研究

受賞者からひとこと：

一貫して市民の環境意識に関する調査研究に取り組み、特にその国際比較の観点からの分析に貢献してきた。これまで行った研究は環境保全意識と行動にかかる国際比較調査、企業の環境対策とその日独比較、企業と消費者のコミュニケーション、自治体の環境対応など多岐にわたる。これらはいずれも、市民、企業、行政（政府）のそれぞれの環境対応と、同時に相互の関連に着目した研究である。既にその調査結果は、環境白書にもしばしば引用されている。特に、本受賞理由となった「環境に対する価値観と環境保全行動の関連に関する国際比較研究」とその一連の研究においては、GOES(GLOBAL ENVIRONMENTAL SURVEY)という国際ネットワークの運営委員の一員としてその調査設計段階から参加し、日本及びアジアにおける実施に尽力し、また欧米における調査結果との比較を行ったものである。日本人の自然観・環境観が欧米と構造的に異なることを社会心理学的な既存知見の応用により明らかにした。また、環境保全行動と言われる様々な行動の要因を自然観、社会観などが有意に関連していることも明らかにした。



### 編集後記

今年度から編集委員になり、すべての原稿をじっくり読むようになった。編集委員会では、様々な分野、階層の読者に分かりやすいように毎号推敲作業をしている。本号は大気汚染、健康影響関連の内容が多く私にはすんなり読めたので、今回の委員会は早く終わるだろうと期待していたところ、用語の意味が分からないなど、予想に反して長時間の会議となった。それだけこの研究所

には異分野の職員が揃っているということでもある。さて、この作業を経た本号の内容は、分かりやすくなっているでしょうか。

今年は省エネ対策強化で室温が17℃を下回らないと暖房が入らないことになり、未だに暖房が入らない。さすがに本号が配られる頃には入っているだろうが、地球環境問題解決の難しさを、冷えた指先でちょっぴり実感している。  
(K.T.)

<p>編集 国立環境研究所 ニュース編集小委員会 発行 独立行政法人 国立環境研究所</p>	<p>〒305-8506 茨城県つくば市小野川16番2 連絡先：環境情報センター 研究情報室 ☎ 029 (850) 2343 e-mail pub@nies.go.jp</p>
--	---