



国立環境研究所の研究情報誌

## VOC - 揮発性有機化合物による 都市大気汚染



VOCはさまざまな大気汚染問題に深く関与していますが、発生源の実態はよくわかっていません。また、VOCは環境大気中にさまざまな形で存在し、主要な成分だけでも100種類以上にのぼります。オゾン生成能はそれぞれの成分間で100倍以上の開きがあります。このためオゾンやエアロゾルの生成に及ぼすVOCの寄与を定量的に把握するためには、成分ごとの情報が必要です。一方、VOCの中には、それ自身が人体に有害な物質もあります。大気汚染防止法の改正によって有害大気汚染物質対策が本格化し、ベンゼンなどVOCの汚染実態の把握とリスク評価が急がれています。

独立行政法人

**国立環境研究所**

<http://www.nies.go.jp/>



VOC研究による新しい知見は  
浮遊粒子状物質の解明に  
大きな力となるはずです。

中央環境審議会は2002年4月16日「今後の自動車排出ガス低域対策のあり方について(第五次答申)」をまとめ、環境大臣に答申しました。ディーゼル車を始めとした自動車の排出ガス低減対策の新長期目標値やその達成時期、排出ガス試験モードの変更などが主な内容ですが、一方、今回初めて自動車やガソリンスタンドから出る燃料蒸発ガスの対策も盛り込まれました。

燃料蒸発ガス中にはさまざまな揮発性有機化合物(VOC)が含まれています。VOCは、光化学大気汚染の主要原因物質であり、最近では有害大気汚染物質、また光化学反応でPM<sub>2.5</sub>を生成するなどの面で注目を集めています。

国立環境研究所では、ガス状物質を中心とした都市大気汚染の研究に20年以上継続的に取り組み、とくにVOCに関しては光化学大気汚染研究の集大成と、PM<sub>2.5</sub>・DEP研究へのステップとして位置づけています。本号では平成10～12年にかけて行われた特別研究「都市域におけるVOCの動態解明と大気質に及ぼす影響評価に関する研究」を取り上げ、その中でもVOC発生源と自動車の寄与およびトンネル調査の結果を中心に紹介します。

## C O N T E N T S

# VOC — 揮発性有機化合物による都市大気汚染

## INTERVIEW

研究者に聞く ..... P4-P9

## SUMMARY

「VOC発生源と自動車の寄与、トンネル調査の結果から」の概要 ..... P10-P11

大気汚染物質の研究をめぐって ..... P12-P13

「都市域におけるVOCの動態解明と大気質に及ぼす影響評価に関する研究」の全体構成 ..... P14

## 研究者に聞く

わかまつ しんじ  
若松 伸司PM<sub>2.5</sub>・DEP研究プロジェクトグループ  
プロジェクトリーダー

「都市域におけるVOCの動態解明と大気質に及ぼす影響評価に関する研究」に取り組んだ責任者である若松伸司さんに、今回の研究のねらい、そして都市域の大気汚染問題の課題などをお聞きしました。

## ●研究のねらい

——まず研究のねらいを教えてください。

若松 東京で初めて光化学大気汚染が顕在化し、被害が出たのは1970年です。光化学大気汚染は主にオゾン(O<sub>3</sub>)により引き起こされますが、その濃度は最近でも改善されていません。都心などにあった極端な高濃度地域は減っていますが、広域的には依然として大きな問題になっています。

光化学大気汚染は、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)や揮発性有機化合物(VOC)が紫外線の光化学反応によってオゾン等を生成し、その強い酸化作用により人体や生態系に悪影響を及ぼすものです。NO<sub>x</sub>とVOCは相互依存的に作用します。日本ではこのうちNO<sub>x</sub>を中心とした対策が行われてきたため、研究もNO<sub>x</sub>関連が主なものでした。もちろん、VOCも研究課題として取り上げることが必要との指摘は以前からありましたが、主要な成分だけでもベンゼンやトルエンなど100種類以上にのぼり、測定法が確立されていないものも多く、発生源、環境実態もよくわからないなど研究は遅れていました。しかし、一方でそれ自体で有害なVOCがあることや光化学反応でできたオゾンと反応して粒子状物質(PM)を生成することなどから、最近

ではVOCへの関心が高まっています。このような背景から、VOCの発生源の把握、環境中の挙動などをテーマに今回の研究を行いました。

——VOCに関しての外国との違いなどを含めこれまでの経緯をお願いします。

若松 アメリカではカリフォルニア州が中心ですが、光化学大気汚染の対策としては炭化水素(HC)の規制が非常に厳しいのです。欧米でもとくに自動車を中心にVOC排出について情報収集が盛んです。もちろん、光化学大気汚染を減らすこととオゾンを減らすことが目的です。それに対して、日本ではNO<sub>x</sub>規制が中心で、VOCは非メタン炭化水素(NMHC)として捉えられています。つまり、メタン以外の炭化水素全体の評価はされていますが、個々の物質の環境濃度については、ほとんど研究されてきませんでした。社会的要請が大きくなかったこともあり、VOCの測定は人手と機材を必要としますので、それらの調査の蓄積も十分ではなかったんです。したがって発生源に関してもあまり情報は得られていませんでした。

——NO<sub>x</sub>に関しては調査・研究や対策が行われていたけれど、VOCに関しては十分ではなくて、有害大



気汚染物質の問題が表面化してから、一部の物質について規制が始まった、同時に本格的な調査(モニタリング)も始まったということなのですか。

若松 必ずしも質問どおりの答えにはなりません。自動車などの移動発生源も工場などの固定発生源も、ともにVOC発生量は下がってきています。増えてはいません。とくに自動車については排ガス規制によりNO<sub>x</sub>を下げてきたため、かなりエンジンが改良されています。走行量の多いガソリン乗用車には触媒装置もついていますから、VOCもいっしょに下がっています。車種によって改善の程度は違いますが、昔の自動車より排気ガスとして発生するVOCは

減っています。固定発生源についても、工場での工程管理などがしっかりしてきて、環境中への排出も減っています。NMHCのモニタリングを見ても濃度はずっと低減傾向にあります。つまりNMHCやVOCの対策は直接的には行われなかったのですが、NO<sub>x</sub>対策などの結果として下がってきたというのが現状です。ただ、問題が解決したということではありません。遅きに失したきらいはありますが、有害化学物質問題やSPM生成の面からも、早急な研究・対策の充実が必要です。事実、VOC高濃度地域は道路に沿ってその領域を拡大しています。したがって個々の自動車からの発生量は減っていても、沿道環境と

## コラム「VOCとは」

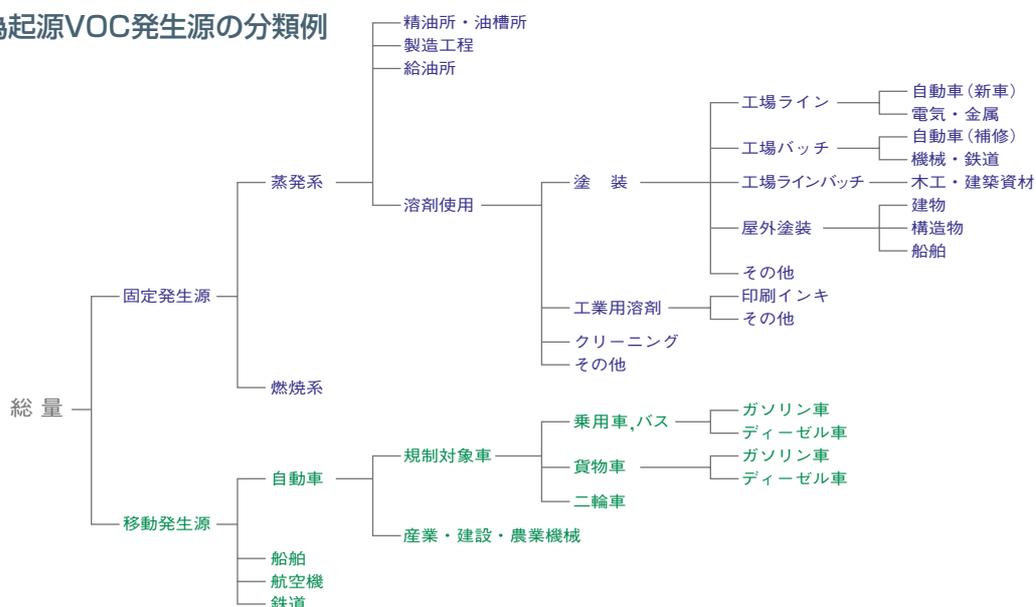
VOCはVolatile Organic Compoundsの略で、揮発性有機化合物のことです。大気中にあるベンゼンやホルムアルデヒドなどの有機化合物のうち沸点が50℃～260℃(WHO基準による)の物質の総称で、NO<sub>x</sub>とともに光化学大気汚染をもたらす主要な原因物質ですが、その種類は100種類以上もあり、中には発がん性など人体に有害な影響を及ぼすものも多く、最近ではシックハウス症候群の原因物質としても知られています。

VOCは、日本ではNMHCとして捉えられています。NMHCとは、水素(H)と炭素(C)からなる炭化水素(HC)の中から、光化学反応性が乏しいメタン(CH<sub>4</sub>)を除いた炭化水素の総称です。NMHCには環境基準が設定され

ていませんが、光化学大気汚染対策としての指針値があります。なお、測定技術上NMHCにはアルデヒド成分などの含酸素物質は含まれていません。含酸素物質を含めた揮発性有機化合物全体をVOCと呼びます。

環境省では「有害大気汚染物質」の中で、特に優先的に対策に取り組むべき物質(優先取組物質)として22種類をリストアップしています。そのうちVOCに関しては、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ベンゼンの3物質について環境基準が定められています。また、トリクロロエチレンとテトラクロロエチレンに関しては、早急に排出規制を行わなければならない物質として、排出基準が定められています。

### 人為起源VOC発生源の分類例



## 研究者に聞く

しては交通量の集中などで負荷が増加していると考えられます。道路だけでなく他の発生源も含めたVOC全体の負荷量をより正確に把握することが必要と考えたのです。

### ●VOC発生源推定の話

— それでは今回の調査研究の成果を解説して下さい。VOC発生源推定でどのようなことがわかったのでしょうか。

若松 まずは塗料溶剤関係ですね。組成についてはまだ十分とはいえませんが、地理的分布を含めた精度の高い発生源推定ができました。今回の研究までは、溶剤起源のVOC排出量の推定は20年以上も前に私が行った手法が使われていて、現状にあわなくなっていました。今回は、成分別発生量を把握する手法について、以前使っていた「溶剤総使用量と各種VOCの発生源周辺環境濃度から推定する手法」から「塗料生産量と含まれている溶剤そのものの組成

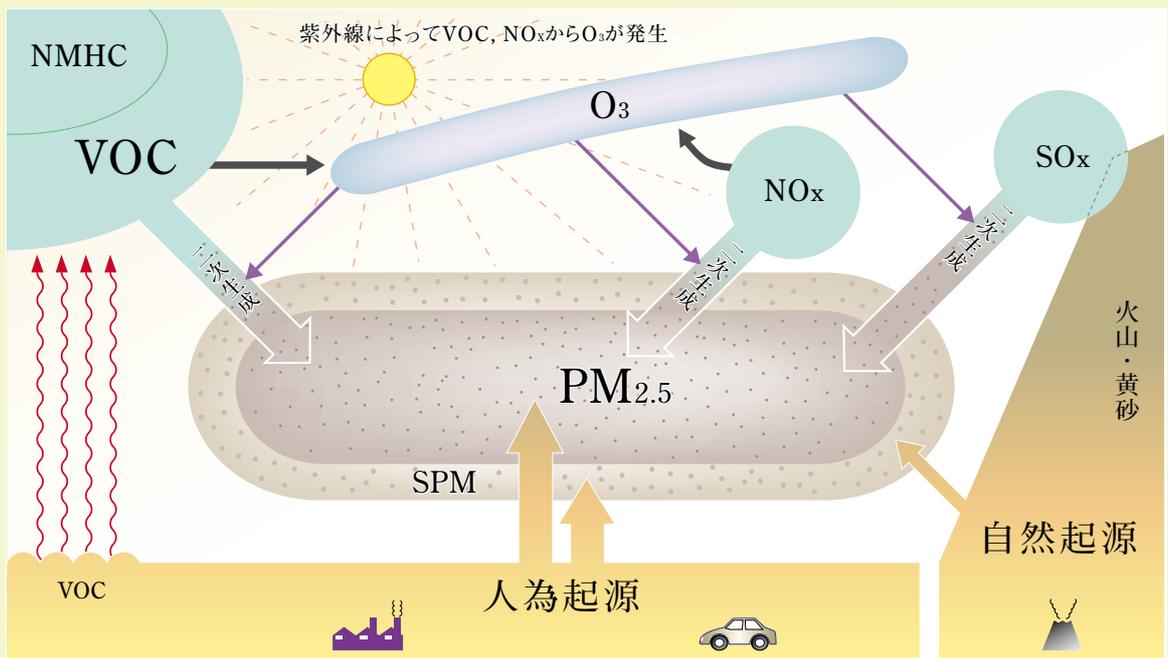
## コラム 「粒子状物質について」

VOCはSPMやPM<sub>2.5</sub>などの微小粒子を二次的に生成する働きがあることもわかり、最近注目されています(図参照)。

SPMはSuspended Particulate Matterの略で、浮遊粒子状物質のことです。環境基準では「浮遊粒子状物質とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径が10 $\mu$ m(0.01mm)以下のものをいう」と定義されています。その小ささから非常に軽く、すぐには落下せずに大気中に浮かんで(浮遊して)います。SPMはこうした粒子状物質の総称で、春先に中国大陸から運ばれてくる黄砂や火山灰などの自然起源のもの、工場、

自動車などから排出されるすすなどの人為起源のもの、そして大気中のガス状物質(NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, VOCなど)が化学的に変化して二次的に生成されるものなどがあります。

PM<sub>2.5</sub>はSPMの中でも粒径2.5 $\mu$ m(0.0025mm)以下の微小粒子のことです。一般に粒径10 $\mu$ m以上の粒子は、大部分は鼻の粘膜に吸着され、呼吸により肺まで達することはありません。しかし、それより小さい浮遊粒子状物質は気管に入りやすく、とりわけ粒径2.5 $\mu$ m以下の微小粒子は肺の深部に侵入、沈着しやすく、また発がん性などを有する有害成分が多いといわれています。



浮遊粒子状物質であるSPMやPM<sub>2.5</sub>の生成にはガス状のVOC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>そしてO<sub>3</sub>が密接に関係しています。どこから発生するかで見ると、自然起源と人為起源に分類されます。黄砂や、火山排出物などの自然起源の粒子にはPM<sub>2.5</sub>よりも大きな粒径のものが多く含まれています。また発生源から直接、粒子として排出される一次生成粒子と、大気中で反応して粒子化する二次生成粒子とに分けられます。とくに健康への影響が大きいPM<sub>2.5</sub>はVOC, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>が化学反応を経由して二次的にも発生することが知られています。



情報や一般的な除去対策の状況から推定する手法」に替えて、それらの情報をヒアリングにより集め、新たに発生量を求めました。これにより最新の組成データに基づくより正確な情報が得られました。

もう一つは、地理情報システム(GIS)を使った地理的分布の推定です。これまで国立環境研究所が行ってきたいくつかのプロジェクトで作られてきたシステムです。塗装に関係する生産活動のメッシュデータを基にして発生量のメッシュ分布を推定しました。自動車排ガスについては、GIS上の走行情報に排出係数をかけて、メッシュ排出分布を推計しました。こ

図1-① 塗料・溶剤起源によるVOC排出量の地域分布推計結果

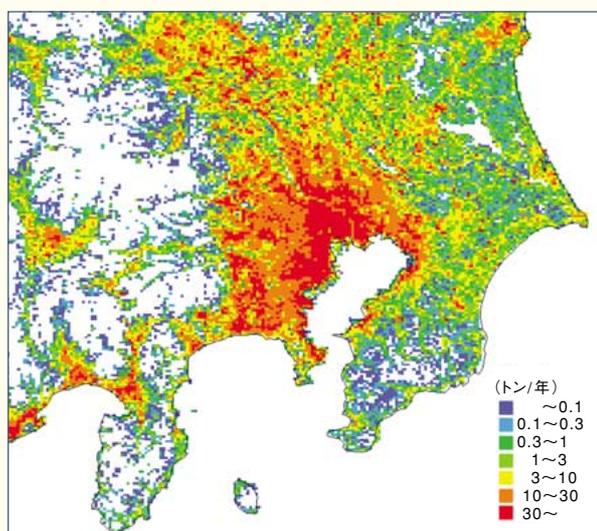
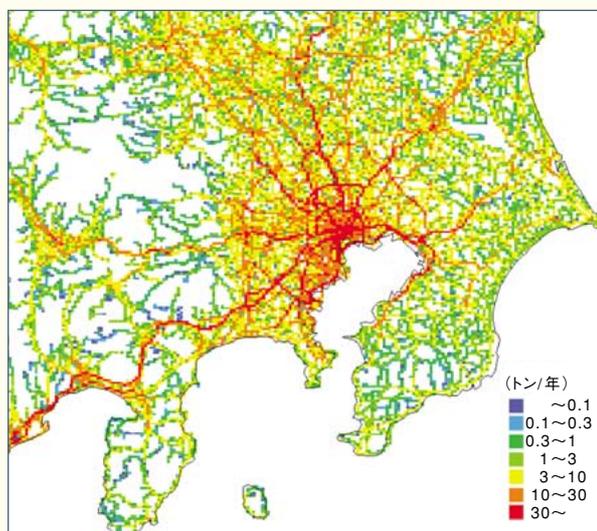


図1-② 幹線道路走行によるVOC排出量の地域分布推計結果

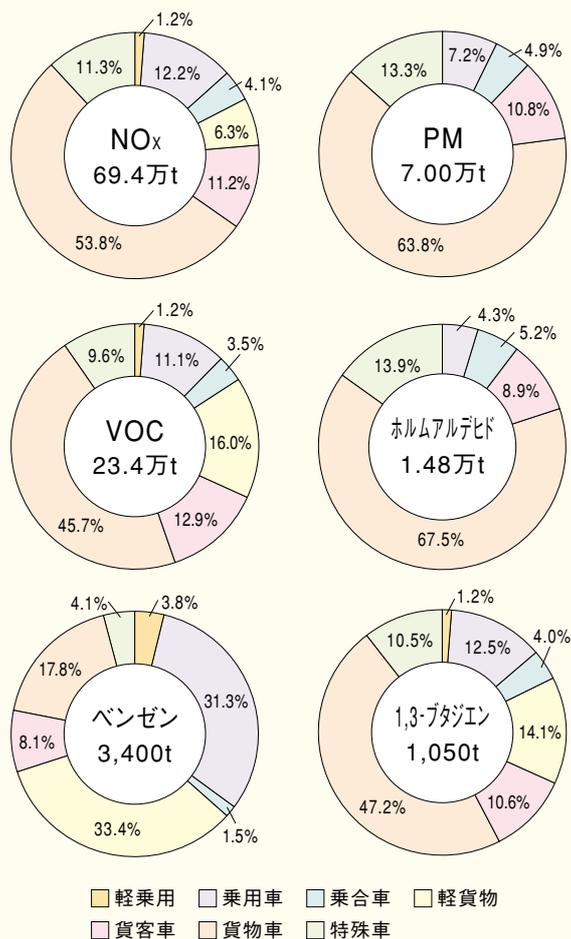


ういったデータはシミュレーションモデルなどに使用できます。さらに、各発生源によって推定精度に違いはありますが、固定発生源、移動発生源を包括した全体像を既存の情報なども収集して明らかにすることができました。なかでも、自動車による寄与をこれまで以上に包括的に推定できたことは大きな成果だと考えています(図1, 2)。

— 自動車からのVOC寄与は、これまで考えられていたよりも大きかったのですか。

若松 それは見方によります。これまでは排気管(テールパイプ)から出るVOCのみを自動車からのVOC排出量と考えていました。しかも排出量はシャシーダイナモ(回転するローラー上に駆動輪を載せ、道路上での実走状態を再現する実験装置)によって測定したもので、気温25℃、湿度50%、そして自動車がある程度暖まった状態で決まったパターンで走行するという条件下のものでした。経済産業省の発表

図2 各物質の車種別排出比率



## 研究者に聞く

でも自動車からのVOCは全VOCの14~15%という説明がされてきましたが、VOCはアイドリングやコールドスタート時も発生しますし、テールパイプ以外にも燃料タンクからの蒸発発生があります。さらに自動車そのものだけではなく、ガソリンスタンドで蒸発するVOCもあります。それらをすべて含めると、15%ではなく27%くらいになります。つまり見方を変えると、自動車に関連するVOCの寄与は従来の倍くらいになってしまうのです。

—— ちょっと驚きですね。自動車対策の重要性がVOCの面からもいえますね。ところでそのVOCの成分に関して、調査の結果からどのようなことがいえるのでしょうか。

若松 ポイントは二つあります。まず光化学大気汚染の構造の把握に役立ちます。光化学反応の反応性はVOCの成分によって違います。たとえNMHCとして同じ濃度でも、物質によってオゾンのできる量が違うため、汚染状況は変わってきます。VOCの成分や発生量、濃度がわかれば、それをモデルに入れることによって、生成するオゾンの地域分布や立体分布の予測ができます。もう一つは、VOC自体の健康影響の推定に役立ちます。とくにベンゼン、ホルムアルデヒド、1,3-ブタジエンなどは発がん性が問題視されていますが、それらの物質ごとの発生量がわかれば、人のばく露量推定などが可能で、地域ごとの健康リスクの差などの検討や情報提供もできるようになります。このリスク評価の観点ではとくに個別物質の情報の把握が重要です。これら二つの応用研究が、VOCの組成別排出の地域分布推定を行ったことの意味となります。

### ●VOCの毒性について

—— 今回取り上げたVOCのうちホルムアルデヒドについては、すでに室内空気の問題でかなり注目されてますし、ベンゼンに関しては環境基準があります。ただ1,3-ブタジエンに関しては何か問題性が指摘されているのでしょうか？

若松 主に外国の報告ですが、1,3-ブタジエンは道路上でドライバーへのばく露の可能性が高い物質として注目されています。1,3-ブタジエンは、発がんユニットリスクがベンゼンに比べて100倍高いという報告もあり、オゾン生成能についても20倍くら

表1 代表的なVOCについての光化学大気汚染生成能 (MIR:炭化水素成分,単位重量当たりのオゾン生成量)と発がんユニットリスク (UR:単位濃度当たりの発がん率)

メタン	MIR=0.010	
エタン	MIR=0.147	
プロパン	MIR=0.33	
イソペンタン	MIR=0.88	
プロピレン	MIR=6.6	
イソブレン	MIR=6.5	
1,3-ブタジエン	MIR=7.7	UR=2.8×10 <sup>4</sup>
アセチレン	MIR=0.37	
ベンゼン	MIR=0.3	UR=2.2-7.8×10 <sup>6</sup>
トルエン	MIR=1.9	
mキシレン	MIR=6.0	
o.pキシレン	MIR=5.2	
エチルベンゼン	MIR=1.8	
ホルムアルデヒド	MIR=6.2	UR=1.3×10 <sup>5</sup>
アセトアルデヒド	MIR=3.8	UR=2.2×10 <sup>6</sup>

\*U.S.CARB, \*\*U.S.EPA

い高いといわれています(表1)。自動車からの排出量(図2)はベンゼンの方が1,3-ブタジエンよりかなり多いのですが、発がん性や光化学反応性を考えると、1,3-ブタジエンの方が危険性は高いと考えられます。ただ、1,3-ブタジエンは発生しても数分以内に反応して別の物質になりやすいので、発生源から離れると影響は急速に減少します。

—— 1,3-ブタジエンがこれだけたくさん出ていて、危険性があるということが明らかになったのは、今回が初めてだったのですか。

若松 そうですね。日本で1,3-ブタジエンの発生量を全国的に推計した例は、あまり聞いたことがありません。アメリカやオーストラリアでは、ドライバーの1,3-ブタジエンへのばく露が問題になっています。たとえば前を走っているダンプカーがエンジンを吹かして1,3-ブタジエンを出し、それを後ろのドライバーが吸い込むような場合は、大きなばく露が起きます。さらに沿道の商店で働く人々、歩行者など沿道で直接排ガスにばく露される人々についても影響が懸念されます。

—— VOCには100種類くらいの物質があるといわれていますが、それらの関わりについて今回の研究ではどう現われたのでしょうか。

若松 図2をもう一度見ると、車によって出るものや量が違ってきます。大型ディーゼル車が中心の貨



物車では、1,3-ブタジエンやホルムアルデヒドなどが多く出ています。それに比べてベンゼンはガソリン車からも多く出ています。また1,3-ブタジエンは燃料中には含まれておらず、燃焼されて初めて発生する二次生成物質で、規制項目になっている国もあります。

## ●トンネル調査について

——トンネル調査での成果はいかがでしたか。

若松 トンネル調査では、シャシーダイナモでは得られない燃料の蒸発、整備不良車からの過剰排出などを含めた実際の交通からの排出データが得られます。しかし、今回は限られた調査ですので、シャシーダイナモによる排出データと実際の交通からの排出では、どのくらい差があるかを確かめることを主な目的としました。結果を見ますと、シャシーダイナモのデータとトンネル調査で得られた知見は、物質別排出比率の傾向や排出係数のレベルはおおむね合っていました。今回のトンネル調査は2カ所だけで車種や車速が限られているため、この結果を使って全国の排出実態を推定するのは無理だと思えますが、基礎となる知見は得られたと考えています。

——トンネル調査は、そもそもあまり行われてこなかったのですか。

若松 諸外国では一般的に行われていますが、日本ではトンネルで調査をすることに対する担当機関の許可を得るのが難しいという問題があります。これまで何回も調査を計画しましたが、「危険性」や「道路管理上の理由」などで許可してもらえずほとんど実行できませんでした。また、さまざまな交通関係の調査やモニタリングデータも一部しか公開されていないため、結果の解析や推計が難しくなることもあります。今回の調査は東京都との共同・協力で行うことができました。

——このような調査が、もっとやりやすくなるといいですね。

## ●研究の今後

——今回の研究は、PM<sub>2.5</sub>・DEP研究とも深く関係がありますね。VOC研究の成果が、現在問題として大きく捉えられているPM<sub>2.5</sub>やDEPの研究にどのように反映されるのでしょうか。

若松 この研究は3年間続けたのですが、最後の1年間は現在実施しているPMの研究につながるよう進めてきました。VOCは紫外線と反応してオゾンを作り、その結果さらに反応が起きて、硝酸塩や硫酸塩などの粒子状物質を生成させる働きがあります。また、VOC自身も反応して有機粒子状物質になったり、粒子状物質に付着するようになっていくことがわかってきました。VOCの動態を解明することは粒子状物質の研究にもつながっており、今回の研究の成果がPM<sub>2.5</sub>およびDEPの研究をサポートしていると理解していただくとよいと思います。

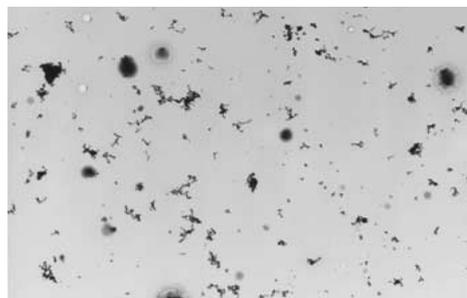
——ありがとうございました。VOCをめぐる国内の状況、国際的な視点、さらには新しい問題性の指摘など、なぜ、今VOCなのか、がわかりました。

### トピック

#### DEPの研究について

DEPはDiesel Exhaust Particlesの略で、ディーゼルエンジンから排出される粒子状物質のことです。ディーゼルエンジン燃焼室で、粒径が数ナノメートル(nm)から数十nm(1nm:10億分の1m)のきわめて小さな粒子が発生し、排ガスとともに排気管を通して環境中に排出され、凝集したり凝縮性物質が付着することによって数十~数百nmのDEPとなります。またガス状物質として排出された炭化水素、窒素酸化物、硫酸酸化物が環境大気中で光化学反応などにより二次的に微小粒子を生成することもあります。これまで含めると、PM<sub>2.5</sub>のかかなりの部分はディーゼル排出物由来だともいわれています。

粒子状のDEPは排出後、時間とともに大きく成長するだけでなく、形状も丸いもの、房状のものなど多彩です。またエンジンや運転条件などによっても排出量や組成が変わるなど物理的な解明も必要です。さらに、これらがどのようにして人の健康に影響を与えているかなど、研究課題はたくさんあり、国立環境研究所ではさまざまな研究を実施中です。



DEPを含む都市大気サンプルの電子顕微鏡写真

1 $\mu$ m  
(1000nm)

# 「VOC発生源と自動車の寄与，トンネル調査の結果から」の概要

VOCは主要な大気汚染物質の一つですが，発生量，濃度分布と変動，汚染メカニズムなどに関する体系的な研究は遅れていました。そこで固定発生源や移動発生源からのVOCの排出量の推定に関する調査・研究を行いました。さらに自動車については多面的な条件による実験からVOC排出量の推定・成分調査を行い，トンネルにおけるフィールド調査も実施しました。

## 1.VOC発生源について

### (1)VOC排出量の概算値

従来の推定値の再検討を行い，全国のVOCの発生総量の発生源種類別内訳を推定しました(図3)。

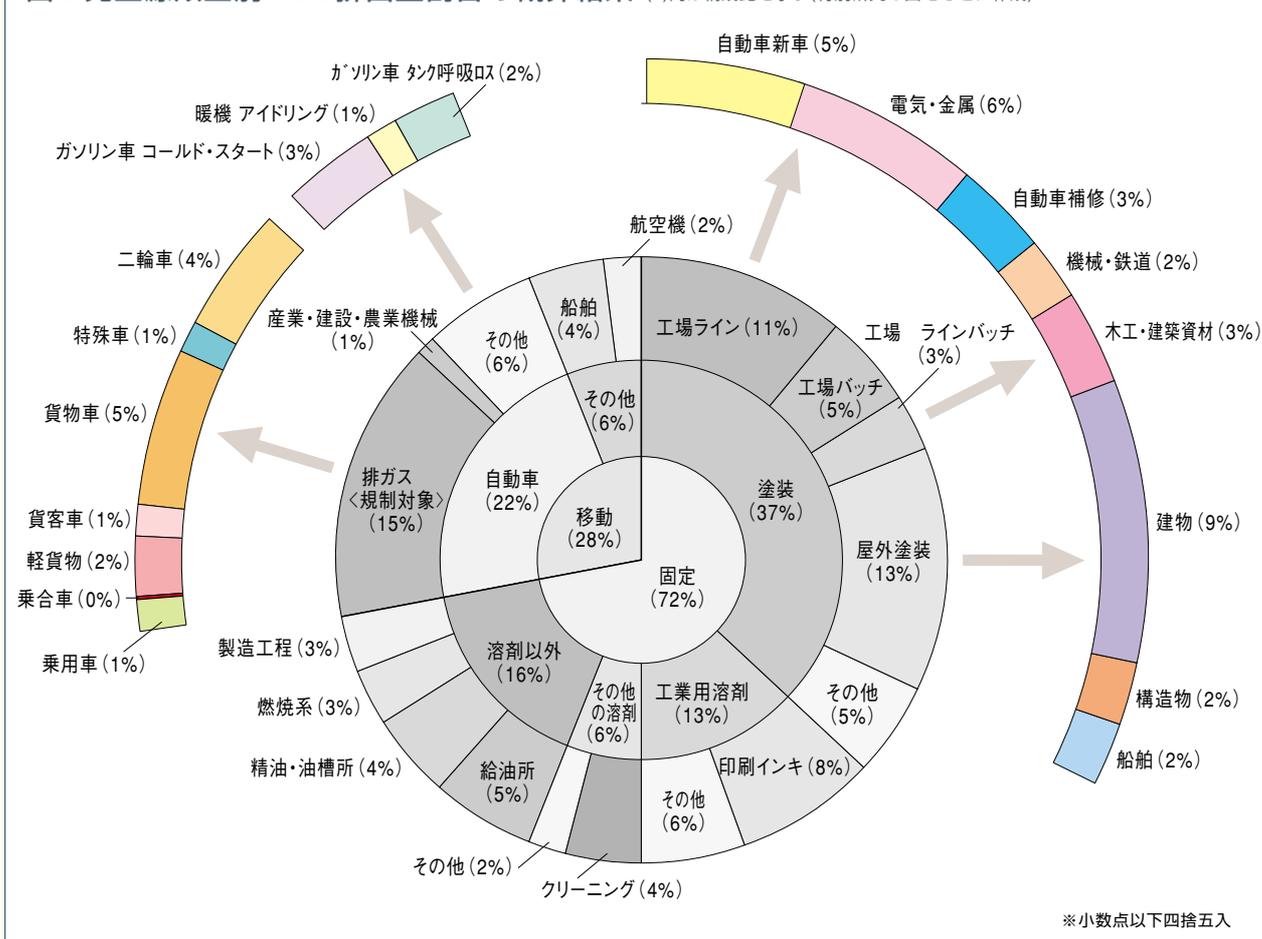
最大の人為的発生源は，塗装や溶剤の蒸発による排出です。大気中への排出量は，年間約82.5万tと推定され，用途別では建物，自動車(製造・修理)，電気・金属が上位を占めています。工場など固定蒸発発生源のうち，もっとも大きな発生源である塗料・溶剤関連からのVOC発生量，移動発生源のうち自動車排出ガス，さらに自動車燃料起源からの蒸発発生について，VOC発生量の推定を行いました。

### (2)自動車排出ガス中および燃料供給系からのVOC各種成分の排出量推定

自動車排出ガス関連の排出推定は，シャシーダイナモから得られた車種別排出係数に基づいて，通常走行時の排気管から出るVOC排出量推計を行いました。

車種別，燃料種別，道路種別の発生量を求めた結果，VOCにはベンゼン等，主にガソリン車から排出される物質と，ホルムアルデヒド等の主にディーゼル車から排出される物質があり，後者の車種別寄与率はNOxやPMの車種別排出寄与率と類似のパター

図3 発生源類型別VOC排出量割合の概算結果 ( )内は構成比を示す(特別研究の図をもとに作成)



ンを示しました。一方、ガソリン車では排ガス規制の緩い軽貨物車からの排出が多いことが特徴でした。

この推計手法は従来からのものですが、VOCの排出実態に即したものではありません。この結果から推計された自動車排出ガス関連の排出量はVOC発生総量の15%程度と、寄与はそれほど大きくはないと考えられていました。

そこで、今回の推計ではコールドスタートやアイドリング時などの条件における排出もカウントし、さらに自動車燃料供給系からのVOC蒸発排出量推計も行いました。後者は、駐車中の気温の変化に伴う燃料タンクの呼吸による排出(呼吸ロス)、自動車へのガソリン給油時における燃料タンクからの排出(給油時ロス)、ガソリンスタンドにおけるガソリン受入時の地下タンクからの排出(受入時ロス)、などです。札幌、東京、北九州で夏と冬に採取し、成分分析を行った40種のガソリン組成を元にして精油所別系列別組成を考慮の上、都道府県別ガソリン組成を推定しています。

その結果、VOC発生総量における自動車関連のVOC排出量の占める割合は27%にまで上昇することがわかりました。自動車製造や補修に伴う発生を加えるとさらに大きな割合となります。また、固定発生源は面的に広く分布しているのに対し、自動車からの発生は沿道付近に集中しており、局地的な高濃度大気汚染の発生は、自動車からの寄与がさらに大きいことがうかがえます。

## 2.トンネル調査による自動車からのVOC排出係数の実態把握

トンネル調査のメリットは、実際に道路を走行している車種、年式、整備状況の異なる車両からの平均的な排出状況を知ることができること、さらに通常の屋外に比べ密閉状態に近く、排ガスなどが拡散することなく比較的そのままの状態に近い形のデータを得られることです。このため、排気管からの排出ガス以外の燃料の蒸発による排出も含めた実際の交通からの排出を把握することができます。

市街地における比較的短いトンネルA(350m)と高速道路のトンネルB(約1,200m)について、トンネル内外の実測濃度差をもとにシャシーダイナモ試験などによる従来の報告書との比較を行いました。

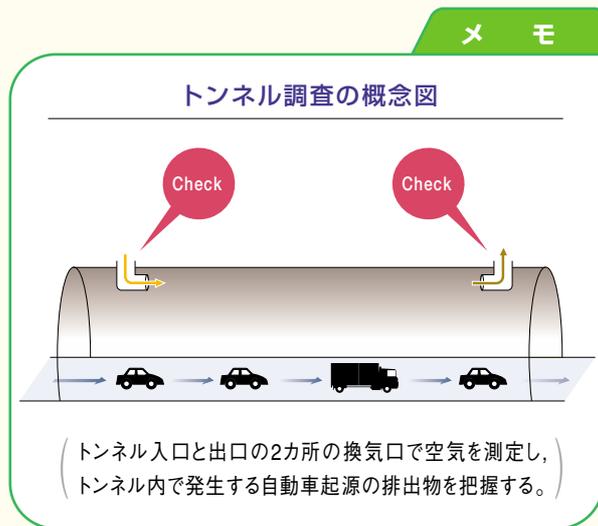
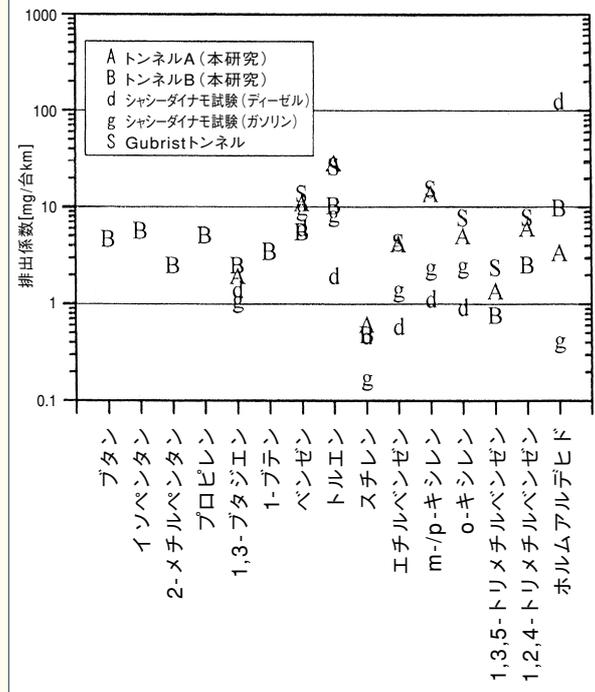


図4 代表的なVOCについての総交通量に対する排出係数とその比較



測定した個別VOCのうちでは、両トンネルともにトルエンが一番高い値を示しました(図4)。またトンネルBでは、これまで国内ではほとんど情報のなかった化合物についての排出係数が得られました。

シャシーダイナモ試験との比較では、両トンネルともに化合物の排出比率の大小傾向は類似していました。また、シャシーダイナモ試験のガソリンエンジン車およびディーゼルエンジン車の排出係数とおおむね一致するレベルの排出係数が得られました。

# 大気汚染物質の研究をめぐって

VOCは、太陽からの紫外線を受けてO<sub>3</sub>を生成するため、光化学大気汚染の原因物質の一つとして対策が進められてきました。一方、光化学反応時に大気中に微小粒子を発生させる働きがあることが最近注目されています。微小粒子は肺の深部に侵入・沈着する割合が大きく発がん性が高いといわれていますが、VOCや微小粒子についての知見は少なく、各国でも研究が急務となっています。

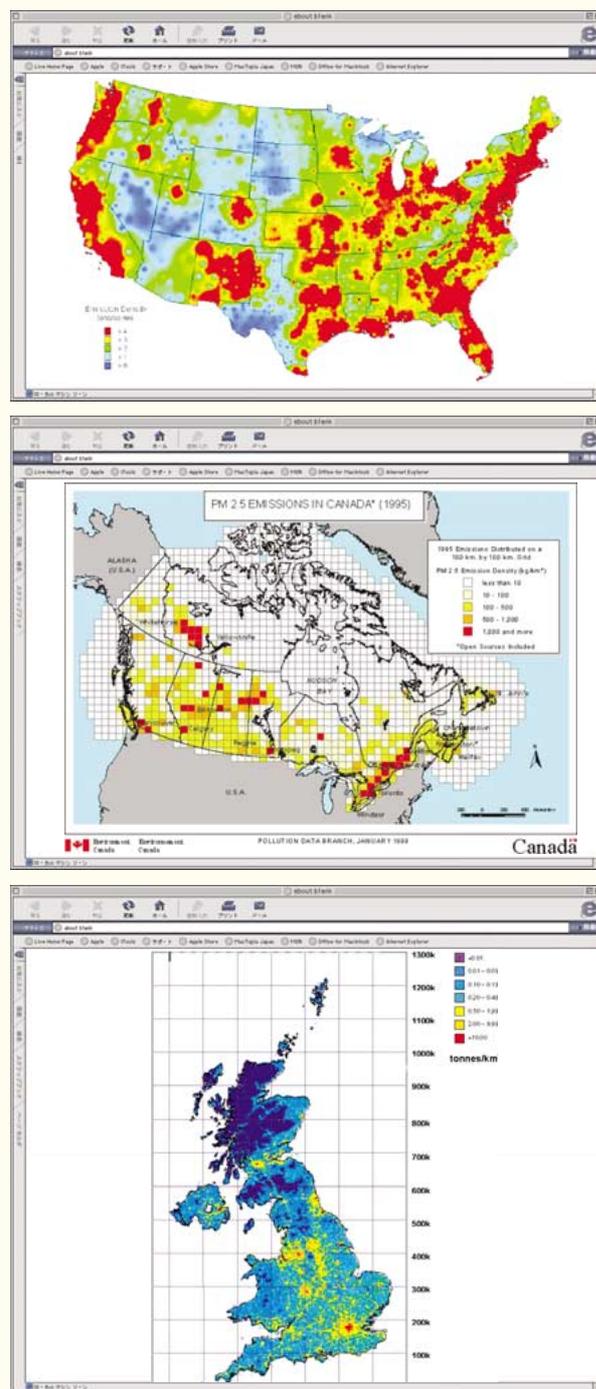
## 世界では

OECDでは環境データ(OECD, 1999)の中でPMを含め大気汚染物質に関する排出インベントリ(目録)をとりまとめています。その中でもとくにアメリカ環境保護庁(U.S.EPA)のデータ整備が充実しています。U.S.EPAによる排出量の推計は、部門別だけではなく地域別でも行われています(図5)。さらに、詳細な地点別の排出量がEPA-AIRDataとして公開されています(U.S.EPA, 2001)。固定発生源については施設名、所在地、排出量や全体への寄与率を公開しており、移動発生源については郡ごとに集計した結果を知ることができ、すべてのデータがインターネット上から入手が可能になっています。さらにEPAでは、排出係数、SCC(Source Classification Code)に対応した地域別の活動量データが組み込まれ、対象地域、年月を選択すると発生源別に排出量を計算するソフトウェアASEM (Area Source Emissions Model)を開発中です。

カナダでは環境省(Environment Canada)がPM, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, VOCおよびCOの部門別排出量を経年で推定し、ホームページ上で公開しています。

一方、イギリスでは1970年から1996年までの年間PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1</sub>およびPM<sub>0.1</sub>排出量をそれぞれ推定しています。移動発生源からの排出に特化したものとしてCOPERT II (COmputer Programme to calculate Emission from Road Transport)というガス状汚染物質およびPMの道路交通による排出量推定システムが開発されています。これはNMHC、アンモニア、DEPなどが推計できるものですが、現在では多環芳香族炭化水素(PAHs)や残留性有機汚染物質(POPs)を対象として加え、排出係数を改訂したCOPERT IIIが公開されており(EEA, 2000)、世界各国の排出推計に用いられています。

図5 アメリカ、カナダのPM<sub>2.5</sub>地域別排出量と、イギリスのPM<sub>10</sub>地域別排出量



出典 : U.S.EPA(2000), Environmet Canada (2002), U.K.(1996)

## 国立環境研究所では

国立環境研究所では、VOC特別研究の成果を踏まえ、平成13年度から「大気中微小粒子物質(PM<sub>2.5</sub>)・ディーゼル排気粒子(DEP)などの大気中粒子状物質の動態解明と影響評価プロジェクト」(略称：PM<sub>2.5</sub>・DEPプロジェクト)を5年間の予定で実施中です。研究に当たってはPM<sub>2.5</sub>・DEP研究グループが中核となり、大学、自治体など外部の研究機関やJCAP(Japan Clean Air Program)などとの研究協力を重視して、研究を推進しています。

PM<sub>2.5</sub>を中心とする浮遊粒子状物質汚染に関して、たとえば日本ではPM<sub>2.5</sub>に関する排出係数がほとんど存在しないのが現状であり、排出インベントリー整備には多くの課題が残されています。

これらを含めPM<sub>2.5</sub>やDEPを中心とした大気中粒子状物質汚染を改善するためには、発生源の把握から影響評価までの一連の研究を実施し、得られた知見を対策評価にまで結び付けていく必要があります。

このため、本研究プロジェクトでは対策シナリオの評価などに資する情報の提供を最終的な目的とし、以下の5つのテーマを中心に研究課題を有機的に結合させ実施しています。

### ①発生源の把握と対策評価

PM<sub>2.5</sub>やDEPなどのエミッションファクター(排出係数)を、シャシーダイナモ、車載型計測調査、トンネル・沿道調査などを通じて調べ、できるだけ実態に即した発生量の推計を行っています。また得られた結果を相互に比較することにより、正確な実発生量を求め、マクロ的推計調査と合わせて面的分布の把握をめざしています。

### ②環境濃度との関連性の解析

環境大気中でのライフタイムが長いPM<sub>2.5</sub>については、沿道一都市一地域などの汚染現象が相互に関連し合っているため、それぞれのスケールでの理解が必要であるとともに継続的な調査観測が欠かせません。また、外国諸都市との比較も必要となります。これらを並列的に実施することにより、環境濃度との関連性の解析を行っています。

### ③測定方法の確立とモニタリング

発生源調査、環境測定、毒性評価実験などに統一的に利用できる測定方法の確立をめざしています。すでにDEPに関しては、有機炭素成分と元素炭素成分の測定方法の統一を進めるための検討を行っています。また、モニタリングに関しては、リモート計測技術の積極的な利用などの検討を行っています。

### ④疫学・ばく露評価

疫学調査データ解析を行うために、ばく露量の正確な把握をめざしています。そのための基盤として、発生源把握や環境動態予測に必要な地理情報システムの利用方法を明らかにしました。また、健康影響評価のためのばく露量推定モデルの開発を行っています。さらに環境省と協力して環境データ、疫学データの解析・評価手法の検討も行っています。

### ⑤毒性・影響評価

呼吸循環系に障害を有する人は、PM<sub>2.5</sub>の影響を受けやすいという疫学調査の結果があります。それが動物のばく露実験で再現されるか、また動物を使ったアレルギー反応などへの影響についての結果を、ヒトの場合にどのように当てはめるかなどを検討することをめざしています。

このため、ばく露ガスの組成や粒子の粒径分布などのばく露条件の検討を行っています。また正常な動物ばかりではなく、病態モデル動物を使ったばく露実験による影響も検討しています。



シャシーダイナモのコントロールルーム

# 「都市域におけるVOCの動態解明と大気質に及ぼす影響評価に関する研究」の全体構成

本研究は以下の2課題に沿って平成10～12年度にかけて実施されました。

## ●研究の全体構成

### 課題1

## VOCの発生源別、成分別、地域別排出量に関する調査・研究

### VOCの発生源推定手法に関する研究

VOC発生源に関して、(a)固定発生源のうち、塗料・溶剤関連、(b)移動発生源のうち自動車排出ガス、(c)自動車燃料供給系からの蒸発発生——の3分野について、成分別・地域別の排出量推定を行い、全国の発生総量の種類別内訳を推定しました。

### 自動車関連のVOC発生量の推計に関する研究

自動車関連について、(a)排ガス中のVOCなど各種成分の排出量、(b)燃料供給系からのVOC蒸発排出量の推定、(c)自動車トンネル内外の実測濃度の計測、をもとに成分別の排出係数の推定を行いました。

### 課題2

## VOCの環境動態とモデル評価に関する調査・研究

### 風洞実験による沿道大気汚染の実験・研究

自動車排ガスによる沿道大気汚染について、(a)道路幅、建物高さ、大気安定度による影響、(b)複雑な道路構造の影響に関する基礎的検討、(c)沿道大気汚染濃度分布の予測手法の検討——等を調べるため風洞実験を実施しました。

### 環境大気中におけるVOCの挙動解明に関する研究

環境大気中におけるVOCの動態把握を目的として成分の自動測定を行い、(a)関東地域とメキシコ市の地域比較、(b)関西地域における春季大気汚染およびVOCについての数値モデルを用いた検討を行いました。東アジアを対象に(c)広域大気汚染解析を実施しました。また国内における大気汚染濃度の経年的な変化傾向を調べるため、20年間にわたるトレンド解析も行いました。

この研究は平成10～12年にかけて、以下の組織・スタッフ(当時)により実施されました。

#### 〈研究担当者〉

##### 地域環境研究グループ

森田 昌敏, 若松 伸司, 上原 清, 田邊 潔, 近藤 美則,  
森口 祐一, 櫻井 健郎, 松橋 啓介, 松本 幸雄, 小林 伸治

##### 大気圏環境部

菅田 誠治, 畠山 史郎, 酒巻 史郎, 杉本 伸夫, 松井 一郎

##### 化学環境部

相馬 悠子

#### 研究協力者

大原 利眞 (静岡大学)  
外岡 豊 (埼玉大学)  
森川多津子 ((財)日本自動車研究所)  
泉川 碩雄 (東京都環境科学研究所)  
石井康一郎 (東京都環境科学研究所)  
星 純也 (東京都環境科学研究所)  
神成 陽容 ((財)計量計画研究所)  
馬場 剛 ((財)計量計画研究所)

## 環境儀既刊の紹介

- NO.1 環境中の「ホルモン様化学物質」の生殖・発生影響に関する研究  
(2001年7月)
- NO.2 地球温暖化の影響と対策—AIM：アジア太平洋地域における温暖化対策統合評価モデル  
(2001年10月)
- NO.3 干潟・浅海域—生物による水質浄化に関する研究  
(2002年1月)
- NO.4 熱帯林—持続可能な森林管理をめざして  
(2002年4月)

## 『環境儀』

地球儀が地球上の自分の位置を知るための道具であるように『環境儀』という命名には、われわれを取り巻く多様な環境問題の中で、われわれは今どこに位置するのか、どこに向かおうとしているのか、それを明確に指し示すべしとしたいという意図が込められています。『環境儀』に正確な地図・航路を書き込んでいくことが、環境研究に携わるものの任務であると考えています。

2001年7月

理事長 合志 陽一

(環境儀第1号「発刊に当たって」より抜粋)

## 環境儀 No.5

— 国立環境研究所の研究情報誌 —

2002年7月31日 発行

編 集 国立環境研究所編集委員会

(担当WG：若松 伸司，松橋 啓介，清水 英幸，鈴木 規之，滝村 朗，野原 恵子，原島 省)

発 行 独立行政法人 国立環境研究所

〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2

問合せ先 (出版物の入手)国立環境研究所研究情報室 0298(50)2343

(出版物の内容) // 企画・広報室 0298(50)2310

環境儀は国立環境研究所のホームページでもご覧になれます。

編集協力 (社)国際環境研究協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-1-13



このロゴマークは国立環境研究所の英語文字N.I.E.Sで構成されています。N=波(大気と水)、I=木(生命)、E=Sで構成される○で地球(世界)を表現しています。ロゴマーク全体が風を切って左側に進むようにする動きは、研究所の躍動性・進歩・向上・発展を表現しています。



本誌は再生紙を使用しております