

国立環境研究所特別研究報告

Report of Special Research from the National Institute for Environmental Studies, Japan

SR - 74 - 2006

大気中微小粒子状物質 (PM2.5) ・ディーゼル  
排気粒子 (DEP) 等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  
(終了報告)

PM2.5 & DEP Research Project

平成13～17年度

FY2001～2005

NIES



独立行政法人 国立環境研究所

NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES

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

大気中微小粒子状物質 (PM2.5)・ディーゼル  
排気粒子 (DEP) 等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  
(終了報告)

PM2.5 & DEP Research Project

平成 13 ~ 17 年度

FY2001 ~ 2005

重点特別研究プロジェクト「大気中微小粒子状物質（PM2.5）・ディーゼル排気粒子（DEP）等の  
大気中粒子状物質の動態解明と影響評価」  
（期間 平成13～17年度）

プロジェクト責任者：若松伸司  
プロジェクト幹事：若松伸司  
報告書編集担当：新田裕史

## 序

本報告書は、平成13～17年度の5年間にわたって実施した重点特別研究プロジェクト「大気中微小粒子状物質（PM2.5）・ディーゼル排気粒子（DEP）等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」の研究成果を取りまとめたものです。

国立環境研究所では研究所の設立当初から、光化学オキシダントやエアロゾルの動態解明、自動車排ガスの健康影響に関する毒性学的ならびに疫学的研究など、都市大気中の粒子状物質に関する多方面の研究を実施してきました。本報告書は近年、国際的に大きな関心を持たれている大気中微小粒子と、我が国において特に健康リスクに懸念を持たれているディーゼル排気粒子に焦点をあて、その実態把握と健康影響評価のために行った排出源と環境動態の把握、測定方法の検討、疫学・毒性学的評価、曝露量に基づく対策評価モデルの検討等に関する成果を相互に関連させて整理したものです。

この成果は、環境動態、計測、健康影響など多分野の研究者による共同作業によってもたらされました。本研究の成果が大気中粒子物質による健康影響の防止、そのための効果的な環境対策の立案、対策効果の評価など、一連の大気環境行政の推進に役立つことを確信しています。

本プロジェクトで、大気中粒子物質の持つ物理的・化学的な多様性のすべてが解明できたわけではありません。ナノ粒子や二次生成粒子などの生成機構、環境動態、健康影響については残された課題であり、今後とも継続して取り組んでいかなければなりません。

本研究を推進する上で、研究所内外の多くの方々にご協力とご助言をいただきました。ここに深く感謝する次第です。

平成18年12月

独立行政法人 国立環境研究所  
理事長 大塚 柳太郎

## 目 次

1	研究の目的と経緯	1
1.1	研究の目的	1
1.2	研究の全体フレーム	1
1.3	PM <sub>2.5</sub> とDEPに関する国内外の研究動向と本プロジェクトの位置づけ	1
2	研究の成果	4
2.1	排出実態と環境動態の解明	4
2.1.1	自動車からの微小粒子の排出特性	4
2.1.2	道路沿道及び都市大気中における微小粒子の動態	6
2.2	大気汚染モデル等による環境動態の解明	13
2.2.1	風洞実験による沿道大気汚染研究	13
2.2.2	フィールド観測研究	16
2.2.3	浮遊粒子状物質の高濃度事例の出現動向	17
2.2.4	数値モデル研究 - (1) 沿道大気汚染モデル	19
2.2.5	数値モデル研究 - (2) 関西フィールド観測の解析	21
2.2.6	数値モデル研究 - (3) 関東地域の年間解析	22
2.2.7	大気汚染予報システム構築の試み	24
2.3	計測法の検討	25
2.3.1	PM <sub>2.5</sub> 自動計測器の並行試験	25
2.3.2	BC モニタリング装置の並行試験	27
2.3.3	炭素分析法の検討	28
2.3.4	微小粒子の粒径別試料採取法の検討	32
2.3.5	微小粒子の粒径別有機成分分析法の検討	33
2.3.6	自動車排出ガス中 VOCs 測定法の検討	34
2.4	実験研究による毒性評価	35
2.4.1	DEP がアレルギー反応に及ぼす影響とその機構について	36
2.4.2	DEP による毒性影響の包括的解析と毒性スクリーニング手法の開発	37
2.4.3	培養細胞を用いた DEP の毒性スクリーニングと影響評価	38
2.4.4	DEP が呼吸器疾患に及ぼす影響	39
2.4.5	DEP 中の生物活性物質の検索	40
2.4.6	DEP 中のニトロフェノール化合物の循環器系への影響	40
2.4.7	ニトロフェノール化合物の自律神経作用	41
2.4.8	ディーゼル排気ガス中の主要ニトロフェノール類の定量と定量法の開発	41
2.4.9	DEP の老齢ラットに対する影響	42
2.4.10	DEP 中のニトロフェノールの生殖影響	43

2.5 曝露量に基づく対策評価 .....	44
2.5.1 DEP 排出量の地域分布推計と交通システム対策評価モデルの構築 .....	44
2.5.2 生活行動時間に基づく曝露モデルの構築 .....	47
2.5.3 環境大気濃度推計方法 .....	48
2.5.4 沿道人口推計方法 .....	49
2.5.5 生活パターン別曝露濃度推計方法 .....	49
2.5.6 対策効果の評価例 .....	51
2.6 まとめ .....	52
引用文献 .....	53
[ 資 料 ]	
研究の組織と研究課題の構成 .....	57
1 研究の組織 .....	57
2 研究課題と担当者 .....	58
研究成果発表一覧 .....	60
1 誌上発表 .....	60
2 口頭発表 .....	69

# 1 研究の目的と経緯

## 1.1 研究の目的

我が国で大気環境基準が設定されている浮遊粒子状物質（SPM）よりもさらに小さい粒径範囲の粒子であるPM<sub>2.5</sub>と呼ばれる大気中微小粒子成分が、人の健康に対してより強い影響を及ぼす可能性が、この10年ぐらいの間に米国を中心とした諸外国から報告され、大きな関心が持たれるようになった。一方、本プロジェクト開始時点では我が国においても SPM の環境基準が未達成の地域が多く、特にディーゼル車排ガスの影響を強く受ける沿道地域における大気環境の改善が緊急の課題となっていた。DEP の健康リスク評価は国際的、国内的にも一定の結論が得られて、発生源対策も進みつつあったが、次に対策効果の評価をどのように行うかということが大きな課題となっていた。

一方、SPM やPM<sub>2.5</sub>の発生源としては人為起源と自然起源とがあり、発生源から直接排出される一次粒子と、ガス状物質が環境大気中において物理的・化学的な変化を受けて生成する二次粒子が混在する。これらの生成と変化には硫黄酸化物、窒素酸化物、有機化合物（VOC）等のガス状物質が複雑に関与しており、反応と気象の影響を同時に受ける。このため、実フィールドにおける知見を基に、生成メカニズムを解明しなければならない。さらに、我が国におけるPM<sub>2.5</sub>の健康影響に関する知見の蓄積は不十分であり、疫学、毒性学の両面からその影響の程度、メカニズム等を明らかにする必要がある。また、重量濃度だけでなく、超微小粒子の個数にも注目すべきとの問題提起もなされている。

こうした背景をふまえ、本プロジェクトでは、都市大気中におけるPM<sub>2.5</sub>やDEPを中心とした粒子状物質による大気汚染の動態解明と健康影響の評価のために、ディーゼル自動車をはじめとする都市大気汚染の発生源の実態解明、測定方法とくに微小粒子の物理・化学的性状の測定方法の開発、排出後のガス・粒子の環境大気中での挙動の解明、動物曝露実験による量-反応関係の検討などの要素研究を行うと共にフィールド調査を重視した測定方法の高度化を進めて、発生から人への曝露までを総合した評価モデルを構築し、発生源対策シナリオごとの健康影響低減効果の定量的予測手法を構築することを目的とした。

## 1.2 研究の全体フレーム

上記の研究目的に関連してこれまで国立環境研究所では先行する研究が行われてきた。最近の関連研究としては以下の研究がある。特別研究（平成8～10年度）『輸送・循環システムに係る環境負荷の定量化と環境影響の総合的評価手法に関する研究』<sup>1)</sup>においては、GIS（地理情報システム）を用いた自動車排ガス発生源の把握手法を構築した。特別研究（平成10～12年度）『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手法に関する研究』<sup>2)</sup>では、固定発生源、移動発生源からのVOCの発生量を明らかにし、環境大気質への寄与を評価解析し、ガス状物質に関する一連の研究を終え、未着手の分野である大気浮遊微小粒子研究の準備を整えた。これと共に毒性評価に関する研究も継続的に実施しており、最近では、特別研究（平成11～13年度）『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』<sup>3)</sup>により、ディーゼル排気（ガスと粒子の混合排気：DE）の毒性評価を行った。

『大気中微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）・ディーゼル排気粒子（DEP）等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』においては、以上のような国内外の情勢や国立環境研究所における研究体制を背景に、分野横断的な研究の枠組みを構成した。

本研究プロジェクトは、5研究チームが排出実態と環境動態の把握、計測法の検討、健康影響の評価、曝露量に基づく対策評価モデル等に関する研究課題を相互に関連させて実施した（図1）。

## 1.3 PM<sub>2.5</sub>とDEPに関する国内外の研究動向と本プロジェクトの位置づけ

本プロジェクトではディーゼル排気粒子（DEP）とPM<sub>2.5</sub>に代表される大気中微小粒子を研究対象としているが、その環境動態や健康影響に関する知見の蓄積の程度をはじめとしてDEPとPM<sub>2.5</sub>とは研究のステージに違いがある。また、本プロジェクトの内容は、環境省をはじめとする内外の他機関が実施する調査とも密接な関係があり、これらとの役割分担を十分に考慮して研究計画を構築している。それらとの関係からみた本プロジェクトの位置づけをここで整理しておく。

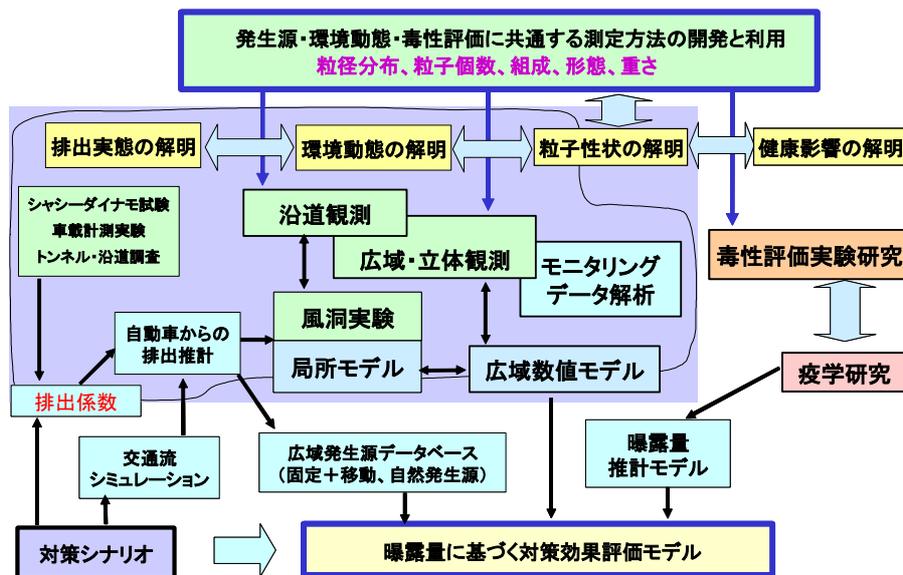


図1 PM<sub>2.5</sub>-DEP 研究プロジェクトの研究課題

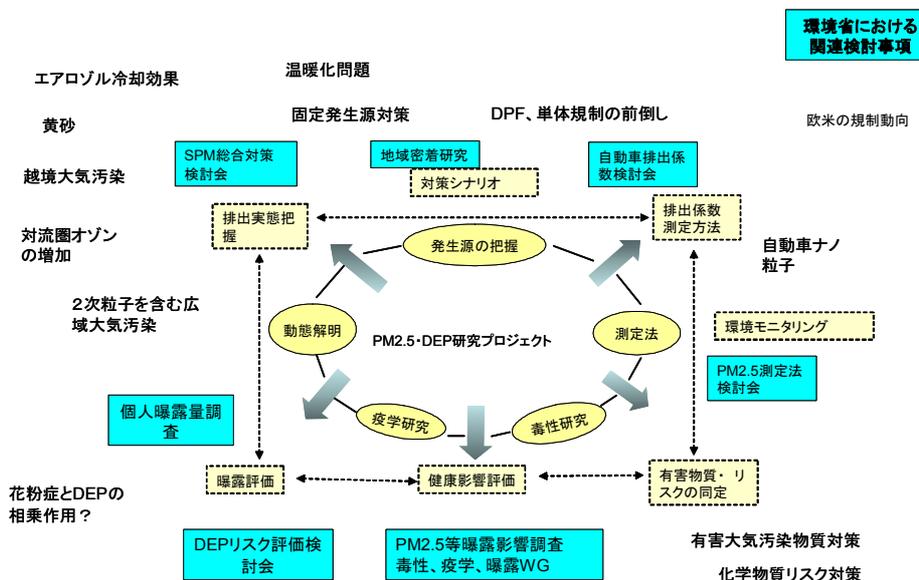


図2 大気中粒子状物質に関する PM<sub>2.5</sub>-DEP 研究プロジェクトに関連する研究フレームと研究課題

まず、DEP と PM<sub>2.5</sub> の健康影響評価に関して、都市大気中の PM<sub>2.5</sub> に含まれる DEP の寄与は相当に大きいと考えられるが、これまで両者の健康影響評価は異なる枠組みで行われてきた。DEP の健康影響については循環器系や免疫系に対する影響等いまだに未解明な部分は残っており、影響メカニズムの解明をさらに進める必要があると考えられる。しかしながら、リスク評価・管理のプロセスで言えば有害性の同定や用量-反応評価はほぼ完了し、リスク管理へと課題の中心が移っている<sup>45)</sup>。一方、PM<sub>2.5</sub> については健康影響に関する知見をさらに充実させるとともに、発生源の特性、環境動態についての知見を蓄積しなければならない。

PM<sub>2.5</sub> の健康影響に関して、我が国では環境省が平成11年度から微小粒子状物質等曝露影響調査を開始して、PM<sub>2.5</sub> に関する健康影響調査（疫学、動物実験）と曝露調査が行われている。疫学調査では粒子状物質と日死亡、受診率などとの関連性の短期影響に関する解析と全国7地域での長期疫学調査を実施している。動物実験ではPM<sub>2.5</sub> の濃縮曝露装置（CAPs）を横浜市の幹線道路沿道に設置して曝露実験を開始している。これらは本プロジェクトの研究課題となっていないが、これらの調査、実験では本プロジェクトメンバーがいずれも重要な役割を担っており、密接な関係のもとで研究が進められた。一方、自動車から排出される排出ガスや粒子状物質は、

都市部における大気汚染の原因物質として、その寄与割合は大きく、排出実態を正確に把握することは、対策を進める上で極めて重要である。環境省は、排出ガス規制の検討や規制の効果評価に資するため、自動車排出ガス原単位と排出総量に関する調査を長期にわたり実施しており、本プロジェクトのメンバーは、これらの調査に重要な役割を担ってきた。また、従来は、路上走行データをもとに作成した実走行モードで車両をシャシーダイナモ上で走行させ、測定した排出ガスデータから排出原単位を設定してきたが、試験車両数の制限から十分なデータを用意することが難しく、より正確な排出量推計方法の検討が求められている。その有力な候補として、車載計測装置による実使用条件下における排出ガス計測が世界的に注目されており、これらのデータを用いた新しい排出量の推計方法の検討が行われようとしている。これ

らについても、本プロジェクトメンバーが環境省の競争的資金である環境技術開発等推進費により多くの成果を上げており、今後の計画立案等に役立つものと期待される。また、地球環境保全等試験研究費（公害防止等試験研究費）の地域密着型研究において、ディーゼル車排出ガスを主因とする沿道局所汚染を緩和するために、道路周辺の拡散状況改善の視点から研究を進めた。

本プロジェクトの各研究課題は図2に示すようにこれらの環境省が実施する調査事業との密接な関連の下に計画、実施された。

本プロジェクトの平成13～14年度の前半2年間の研究成果についてはすでに特別研究報告として公表した<sup>6)</sup>。本報告書は後半3年間の研究成果を中心として、5年間の研究全体をとりまとめた。

## 2 研究の成果

### 2.1 排出実態と環境動態の解明

自動車から排出される粒子状物質は、排出規制の強化によりその排出重量は削減される傾向にあるが、近年、ナノ粒子と呼ばれる、直径が数十 nm かそれ以下の、重量濃度としてはほとんど無視できる非常に小さい粒子状物質に対する関心が高まり、これらの計測、環境動態、健康影響等に関する検討が行われている。微小粒子の排出は、エンジンの種類、運転条件、希釈条件等、複雑な要因の影響を受けるため、自動車からの排出実態や排出された後の大気における挙動に関する十分な知見は得られていない。そこで、本研究では、シャシーダイナモ装置を用いた室内実験と道路沿道におけるフィールド調査を実施し、ナノ粒子の自動車からの排出特性や大気中における動態を解析した。

#### 2.1.1 自動車からの微小粒子の排出特性

- (1) 低公害車実験施設を用いた微小粒子排出特性調査  
(ア) 実験装置、車両

微小粒子の排出は、エンジンの種類、運転条件、希釈条件等、複雑な影響を受けるため、自動車からの排出実態や排出後の大気中の挙動に関する十分な知見が得られていない。ここでは、ナノ粒子の自動車からの排出実態を明らかにするために、シャシーダイナモ (C/D) 装置を用いてディーゼル車を定常及び過渡運転させ、その時に排出される微小粒子の粒径分布及び粒子数を計測した。実験装置を図3に示す。

試験車両は、平成9年排出ガス規制適合ディーゼル車 (排気量：3L, 直噴式) であり、C/D 装置への負荷設

定は、2名乗車、半積載の等価慣性重量2,525kgとした。なお、燃料は市販の軽油 (硫黄分：10ppm 以下) を使用し、実験期間中、同じ給油スタンドより調達した。

運転条件は、台形モードを用い、最高速度 (a)、加速度 (b)、減速度 (c)、定常走行時間 (d)、アイドリング時間 (e) の5つのパラメータを変えて試験した。加速度 (b) の最大値は車両が C/D 装置上でスリップしない条件として設定した。実験時は、設定条件での走行前に80km/h で10分間走行の後、運転条件を10度繰り返した。運転条件の1回をサイクルと呼び、1回の時間をサイクル時間と呼ぶ。設定したパラメータ値を用いて運転条件を、設定したパラメータ値を用いて運転条件を (a, b, c, d, e) で示す。具体的には加速度 3 km/h/s で最高速度80km/h まで加速し、10秒間速度を維持、その後 3 km/h/s で減速し、10秒のアイドリング時間となる運転条件を、(80, 3, 3, 10, 10) のように表す。

発生した粒子の総個数は凝縮粒子カウンタ (CPC, TSI 社製3025A)、粒子のサイズ (粒径) 別個数を高速粒径分析装置 (EEPS, TSI 社製3090)、EEPS の計測値の検証用に粒径固定の SMPS (TSI 社製3936)、エンジン負荷と排出粒子重量の関係にディーゼル TEOM (R&P 社製 TEOM1105) 等の装置を用いた。車両負荷の指標として、排出ガス温度を熱電対で測定した。

- (イ) 運転条件と個数濃度

運転条件と個数濃度の関係を見ると、加速度が大きいと排気温度が上昇し、EEPS の計測値の全粒子個数濃度、40nm 以下の粒子個数濃度ともに大きくなる一方、減速度が小さくなると40nm 以下の粒子個数濃度が低くなった。

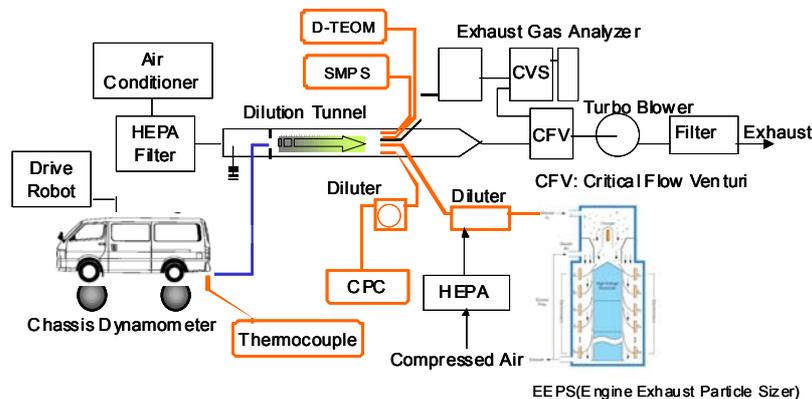


図3 実験システム

運転条件を加速、定常、減速、アイドリングの4つの状態(モード)に分け、EEPSの全個数濃度に対する40nm未満の粒子濃度の比率を各モードで求めると、運転条件ごとの差は小さく、加速時の微小粒子比率は20数%、定常走行では20~30数%、減速時は約60~70%、アイドリング時は10数%程度であった。いずれのモードでも微小粒子は計測され、減速時にその比率が特に高い。

(ウ) 運転条件の違いと粒径分布

運転条件の違いによる粒径分布の変化を1サイクルにおける平均として図4に示す。いずれの場合も10nm付近及び60nm付近にピークが観測されたが、実線と破線を比べると、同じサイクル時間でも定常状態が長い場合は、粒子個数が両ピーク付近ともに倍程度に増えた。また減速度が大きい方が粒子個数が増加する傾向が見られた。

(2) 拡散チャンバを用いた微小粒子生成実験

(ア) 実験装置、条件

ディーゼル車排出ガスが大気中に放出される際の雰囲気条件を変え、それらが微小粒子の発生数や粒径分布に及ぼす影響を明らかにすることを目的として実施した。

実験システムは、(1)に示したシステムにおいて、全量希釈トンネルの代わりに自動車排出ガスの大気中への放出後を再現するために開発した排気ガス拡散チャンバ(EDC)を接続した。試験車両は(1)項と同じであり、

(1)項の試験結果から微小粒子発生条件を設定した。EDC内の充填空気は、清浄空気精製装置(DAR)による空気(粒子個数濃度:2千個/cc程度以下)と実験室内空気(同:数千個/cc以上)とを混ぜ、温度は25℃(常温)および15℃(低温)を設定した。

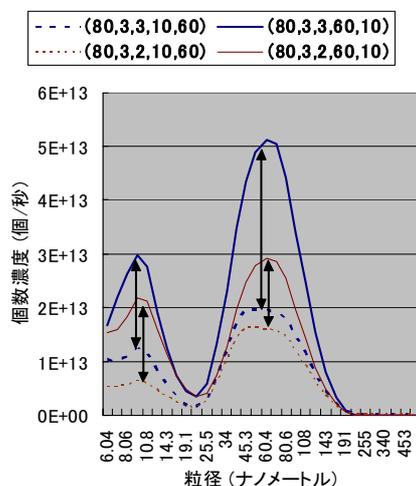


図4 運転条件と粒径分布

微小粒子の個数濃度の計測のため EEPS, CPC, SMPS を使用し、EDC 内よりチューブにて外部に取り出した。EEPS 及び SMPS は、EDC 内の大気をそのままサンプリングしたが、CPC は希釈器(Matter Engineering 社, MD19-2E)を使った。SMPS の計測時間は、1 周期を 4 分とした。

(イ) 粒径別個数濃度

生成粒子の変化について SMPS の計測値を元に検討を行った。排出ガス導入後の個数濃度と体積濃度の推移を全粒径、50nm 未満 (U50nm)、30nm 以下 (U30) の 3 つに分けて集計し、それらの最大値を1として正規化して図5に示す。また、図6には個数粒径分布を示す。図5より凝集により個数濃度(全粒径)が低下しているように見えるが、総体積のほとんどを占める50nm以上の粒子はほとんど変化していない。50nm未満の小さな粒子は、個数と体積が同時に低下していることから、微小粒子が蒸発により消滅している可能性が示唆された。また、時間の経過とともに粒径分布におけるピーク粒径が徐々に大きくなることから、小さい粒子の蒸発速度が大きいことが考えられた。

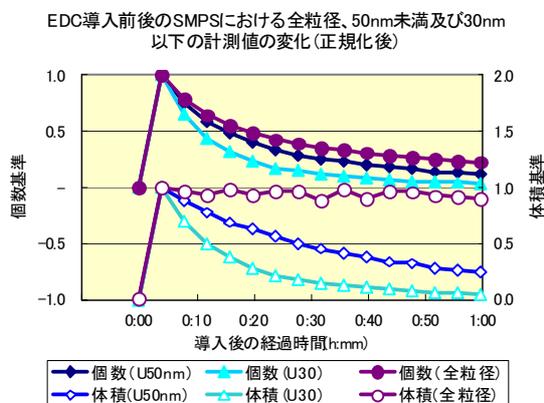


図5 SMPS 計測値における EDC 導入後の濃度変化 (濃度の相対値)

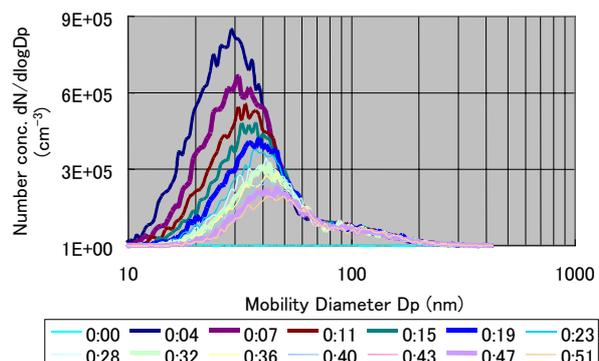


図6 運転条件と粒径分布

SMPS で計測された導入後の粒径分布の変化を温度及び初期粒子個数の組み合わせで見ると、温度の低い方が凝縮性の微小粒子が数多く生成されることが示唆される。

## 2.1.2 道路沿道及び都市大気中における微小粒子の動態

### (1) 粒径分布と個数濃度

ナノ粒子の大気中における個数濃度・粒径分布の時間変動、および交通量・気象条件・他の汚染物質濃度との関係を把握するため、沿道地点を中心に継続的な観測を実施し、その動態を解析した。

観測は、表 1 に示すように、2002年2月から、川崎市川崎区池上新町交差点（以下、池上）を中心に東京およびつくばにおいて、観測期間を限定した集中観測を継続的に実施してきた。その後、池上新町交差点、北の丸自排局では2003年10月から、梅島自排局、綾瀬一般局、国立環境研究所構内では、2005年8月から、長期連続観測を実施している。

粒子の個数濃度および粒径分布の測定に用いた装置は SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) であるが、地点と期間により、TSI 社製 SMPS3936 (粒径範囲18~850nm)、TSI 社製 SMPS3034 (粒径範囲10~487nm)、および GRIMM 社製 SMPS+C (粒径範囲5.5~350nm) の3種類の SMPS を用いた。試料空気の採取については、試料採取マニホールドから銅管 (内径 6 mm) を通して装置に導入した (表 1 のMで示した)。マニホールドが利用できない場合は、直接外気から銅管により導入した。なお、試料採取方法が測定値に及ぼす影響については、

表 1 観測地点および観測期間

観測地点		観測期間	SMPS*1	採取*2
川崎市 川崎区	池上新町交差点	2002/2/18~2/27	3936	-
		2002/9/19~10/2	3936	-
	中留公園	◎2003/10/15~	G/3034	-
		2004/12/22~2005/1/19	3936	-
東京都 千代田区	北の丸	2003/2/19~3/5	G	-
	自動車排出ガス測定局	◎2003/10/30~	G/3034	-
	日比谷	2003/2/19~3/5	G	-
	自動車排出ガス測定局	2003/2/19~3/5	G	-
東京都 足立区	日光街道梅島	◎2005/08~	3034	M
	自動車排出ガス測定局	◎2005/08~	3034	M
	綾瀬一般環境大気測定局	◎2005/08~	3034	M
茨城県 つくば市	国立環境研究所	2002/3/1~3/14	3936	-
	大気モニター棟	◎2005/09~	3034	M

\*1 3936: TSI 社製 3936, 3034: TSI 社製 3034, G: GRIMM 社製

\*2 M: 試料空気採取にマニホールドを使用

◎ 記載された期日から長期連続観測を実施中

同時に2つの採取方法を用いて並行測定を行い、差異が小さいことを確認した。また、主要な大気汚染物質 (NO<sub>x</sub>, SPM など)、気象 (風向、風速、気温、湿度)、交通量等の測定を実施した。

本報告では、池上での長期連続観測の解析結果を中心に述べる。

### (ア) 粒径分布と個数濃度の季節変動

図 7 に、池上における2004年5月~2005年3月の月別の平均粒径分布を示す。5~10月までは個数濃度は低く、粒径が20~50nm 付近に個数濃度のピークを有する、ほぼ一山と見られる粒径分布が観測された。11月以降は10~50nm 程度の粒子が顕著に増加し、20nm 付近にピークを有する粒径分布となった。ただし、明確ではないが、60~90nm 付近にも第2のピークを有するものと見られる。図 8 に、同期間の池上における個数濃度・平均粒径・汚染物質濃度の経月変化 (平日の月平均) を示す。粒径 50nm 以下の粒子の個数濃度 (N<sub>Dp<50</sub>) は11月に急激に上昇し、3月にかけて同じレベルで推移する。これに対して NO<sub>x</sub> と CO は、10月から急激に上昇する。両者の上昇時期が1ヵ月ずれているが、ナノ粒子は NO<sub>x</sub> および CO と類似した挙動で冬季に上昇することがわかった。

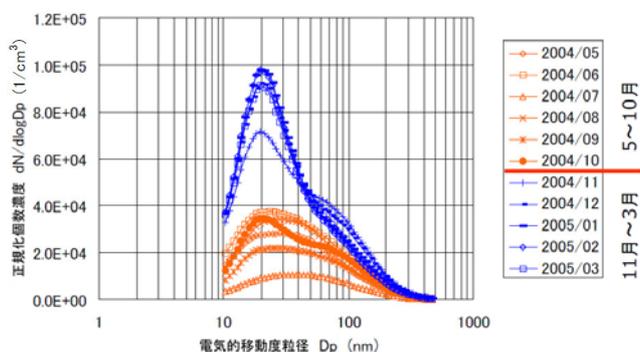


図 7 池上における月別の平均粒径分布

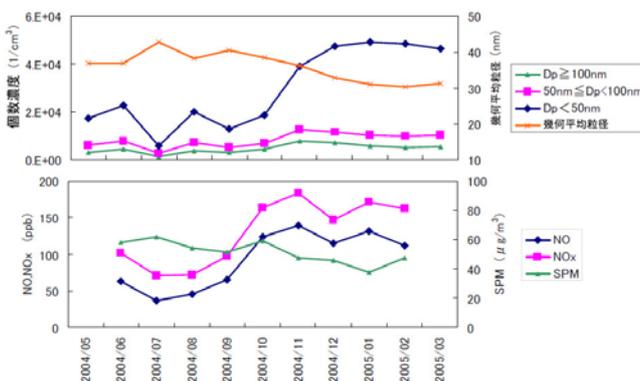


図 8 池上における個数濃度・平均粒径・汚染物質濃度の経月変化 (平日の月平均)

一方、SPMの挙動はこれらと異なり、期間を通して大きな変動は見られなかった。このような傾向は、2005年4月～2006年1月の期間でも類似していた。また、濃度レベルも同程度であった。

冬季に $N_{Dp<50}$ が上昇する原因について考察するため、平日の1時間平均値を使って $N_{Dp<50}$ と各気象要素との関係を見たところ、気温との間に負の相関があり、また日射量や風速についてもその傾向が見られた。一般に冬季には、日射量の減少に伴って、鉛直方向への拡散が抑制されることにより汚染物質濃度が上昇するが、 $N_{Dp<50}$ の上昇率は、より大きい粒径範囲の上昇率や他の汚染物質濃度の上昇率よりも大きい。また、 $NO_x$ とCOを一次排出の目安として、 $N_{Dp<50}/NO_x$ 比および $N_{Dp<50}/CO$ 比を取ると、両者とも冬季に増加する傾向にあった。これらのことから、冬季のナノ粒子の増加には、拡散の抑制よりもむしろ、凝縮性粒子の生成が大きく寄与していることが推察される。

池上以外の地点について概略を述べる。北の丸の2004年6月～2005年2月の期間については、全体的に池上と同様の傾向であったが、60～90nm付近の第2のピークが池上よりも若干明瞭であった。また、 $NO_x$ およびCOは10月から急激に上昇し、同時に個数濃度も増加したが、12月以降はいずれも低下した。しかし、2005年7月～2006年1月の期間では、9月以降に $NO_x$ が池上同様に上昇したにもかかわらず、 $N_{Dp<50}$ は増加せず横ばいであった。梅島の2005年8月～2006年1月の期間については、どの月でも30nm付近をピークとする粒径分布が観測されたが、60～90nm付近の第2のピークは認められなかった。また、 $NO_x$ が11～12月に上昇したが、 $N_{Dp<50}$ は北の丸と同様に横ばいであり、また濃度レベルも北の丸とほぼ同程度であった。このような地点間・年度間の相違の原因については現時点では明らかではなく、さらなるデータの蓄積と詳細な解析が必要である。

#### (イ) 粒径分布と個数濃度の日変動

図9に、池上と北の丸における平日、土曜日、日曜日・休日の各平均粒径分布（2003年10月～2004年2月のデータ）を示す。個数濃度は池上の方が高く、北の丸の1.5倍程度となっているが、大小関係は両地点とも平日>土曜日>日曜日・休日となっている。この2地点の平日と日曜日の交通量とその車種構成（日中12時間合計）を比較すると、日曜日は乗用車が平日と同程度（池上）か1.8倍ほど増加する（北の丸）が、トラックやバスは両地点

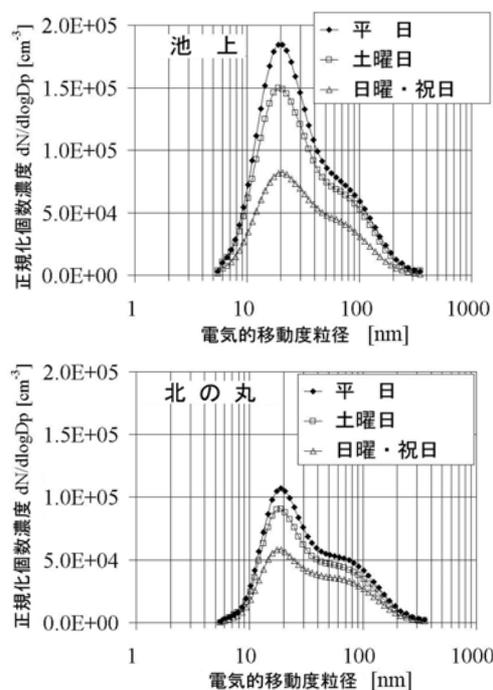


図9 池上と北の丸における平日、土曜日、日曜日・休日の各平均粒径分布（2003年10月～2004年2月）

とも平日に比べて激減する。また、池上における年末年始の観測結果を調べると、12月28日～1月4日頃は低い値で推移し、特に正月3が日間は極めて低い値となった。このため、個数濃度は交通量に大きく依存し、特にディーゼル車の影響が大きいことが推察される。さらに、総走行台数およびトラック台数は、池上よりも北の丸の方が多いのに対し、個数濃度は池上の方が高いことから、個数濃度にはディーゼル車の走行状態も影響していることが考えられる。

#### (ウ) 個数濃度の日内変動

図10に、池上における平日の個数濃度・ $NO_x$ ・平均粒径の経時変化（2004年6月～2005年2月のデータ）について、個数濃度が低い6～10月（夏季）と高くなる11～2月（冬季）に分けて示す。夏季・冬季共に、 $NO_x$ は朝の交通量の増加と一致して上昇したが、冬季の $NO_x$ は夏季に比べて高濃度のピークが長時間、午前10時まで続いていた。これは、混合層の発達などによる拡散効果の強さに影響されているものと考えられる。一方、個数濃度は、夏季は $NO_x$ とほぼ同期して変動していたが、冬季は $NO_x$ よりも早く朝のピークが現れていた。このような変動のずれは2003年度には見られず、図示した夏季のように同期していた。ナノ粒子の挙動は、自動車排ガスからの一次生成だけでなく、凝縮・凝集・蒸発などのプロセスが複雑に重なり合った結果であると考えられるが、冬

季にこのような現象が見られる原因は今のところわかっておらず、今後のデータの蓄積と検討が必要である。ところで  $\text{NO}_x$  および個数濃度は、朝に高濃度となった後、交通量は横ばい傾向にもかかわらず夏季・冬季ともに低下していった。これは、風速の上昇および混合層高度の上昇に伴う拡散によるものと考えられる。

幾何平均粒径、および最頻粒径（粒径分布のピークとなる粒径）の経時変化について見ると、冬季は幾何平均粒径・最頻粒径共に1日を通してほぼ一定となっており、個数濃度の変動にかかわらず粒径分布の形状は一定していたことがわかる。これに対して夏季は、最頻粒径は冬季より変動はあるものの概ね20nm 付近となったが、幾何平均粒径は全体的に冬季より大きかった。また、幾何平均粒径は夜間や朝よりも日中に小さくなる傾向を示している。この日中は、個数濃度が冬季のように下がり切っておらず、14時にわずかではあるが上昇している。このとき、個数濃度と  $\text{NO}_x$  との関係は、 $\text{NO}_x$  が低濃度であるにもかかわらず個数濃度が高くなるケースが多く生じていた。このため、自動車由来ではなく光化学反応による二次生成由来のナノ粒子が個数濃度に影響している可能性が考えられる。

北の丸での経時変化については、個数濃度は  $\text{NO}_x$  と同様の変動パターンを示し、トラックやバスなどのディーゼル車の交通量の変動と類似していた。

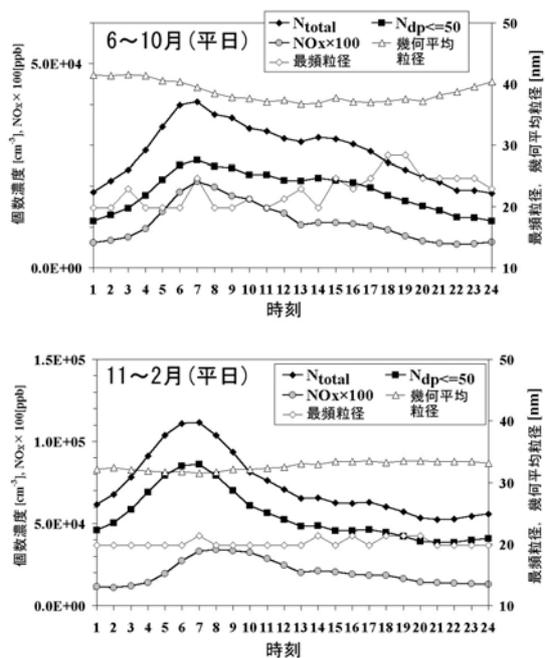


図10 池上における平日の個数濃度・ $\text{NO}_x$ ・平均粒径の経時変化

### (エ) 道路沿道と一般環境の比較

図11は、池上（沿道）とそこから北西約200mにある中留公園（後背地）での観測結果（2004年12月～2005年1月のデータ）を比較したものである。ここでは観測期間中の平日のデータを風向と時間帯で分別し、それぞれの平均値を示してある。どちらの地点も個数濃度は幹線道路が風上となった場合に上昇したが、ピーク粒径は沿道が20nm であるのに対し、後背地では40nm 付近にピークを有する分布であった。この粒径分布は時間帯や風向には依存せず、ほぼ一定であった。沿道と後背地におけるピーク粒径の相違は、沿道の20nm 付近の粒子が後背地に到達するまでに蒸発あるいは凝集したことが原因である可能性が考えられるが、詳細は今のところ明らかにはなっていない。

図12には沿道と後背地における、50nm 以下の粒子個数濃度と汚染物質濃度の経時変化（図11と同期間のデータ）を示した。後背地の汚染物質濃度は、近接する田島一般環境大気測定局のデータを用いた。沿道の個数濃度の変動は早朝にピークとなり、 $\text{NO}$  と同様のパターンを示した。このことは直近の幹線道路の影響が強いことを示している。一方、後背地では午前と午後ピークを示し、 $\text{NO}$  よりもむしろ  $\text{NO}_2$  の変動パターンに近かった。これらのことから、後背地のナノ粒子の挙動は、周辺の幹線道路を含めた都市全体のバックグラウンドの変動が反映されていると考えられる。

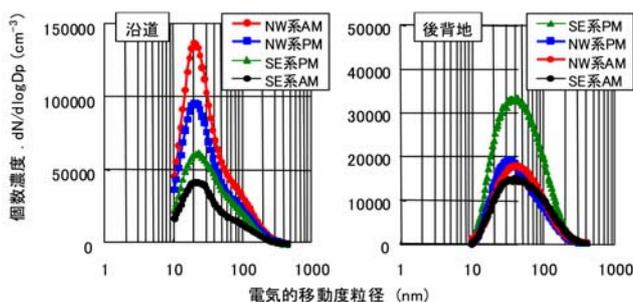


図11 沿道と後背地の粒径分布の比較

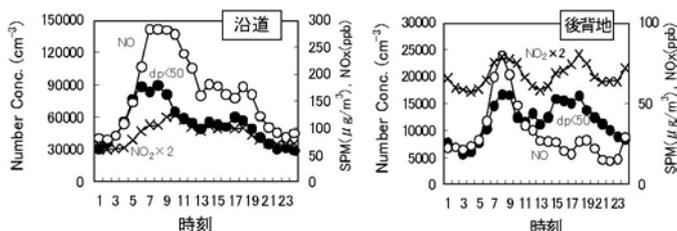


図12 沿道と後背地の個数濃度と  $\text{NO}$ 、 $\text{NO}_2$  濃度の経時変化

綾瀬とつくばについて概略を述べる。綾瀬では、粒径分布の季節変化は明瞭ではないものの、2005年11月以降はピーク粒径が小さくなるとともに、ピークの個数濃度も上昇する傾向が見られた。個数濃度の日内変動は、夏季にはピークが14時前後に見られるのに対し、初冬季には8時ごろに見られ、明確な季節変化が見られた。夏季については、変動パターンが日射強度とよく似ていることから、午後に見られるピークは光化学反応による二次粒子の生成を観察している可能性が高いと考えられる。また、つくばでも綾瀬とおおむね同様の傾向であったが、綾瀬で見られたような冬季のピーク粒径の低下はつくばでは明確ではなかった。

## (2) 粒径別の物理化学組成

### (ア) 揮発特性

ディーゼル車から排出されるナノ粒子は、一般的に炭化水素や硫酸塩で構成されると言われている。しかし、ナノ粒子は粒径が小さいため、捕集や化学分析は容易ではなく、ナノ粒子の詳細な化学組成や発生メカニズムはよく分かっていない。本研究では、まずナノ粒子の揮発特性を調べるため、池上新町において SMPS の導入管にサーモデニューダ（加熱吸着管、DEKATI 製、設定温度 250°C）を取り付け、揮発性成分を除去して個数濃度の粒径分布を測定した（図13）。30nm 付近にピーク粒径をもつ粒径約60nm 以下の粒子（核モード粒子）はサーモデニューダを通すことにより大きく個数濃度が減少しており、揮発性の高い粒子であることが分かった。このことから、核モード粒子の主成分は、元素状炭素ではなく、有機物や硫酸塩、硝酸塩等であると推測された。一方、粒径約60~400nm の粒子の個数濃度は、サーモデニューダの有無によりほとんど変化しなかった。よって、粒径約60~400nm の粒子は、元素状炭素を主成分とする粒子

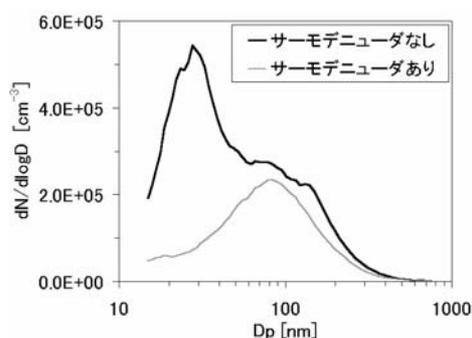


図13 池上新町における粒子の揮発特性 (2002年9月27日7:00~8:30の平均)

であると推測された。

### (イ) サンプルング

沿道大気中微小粒子の化学組成を把握するため、池上新町において、低圧多段分級インパクター（以下「LPI」、DEKATI 製）により沿道大気粒子を粒径別に捕集した。同様に、東京都千代田区北の丸公園、神奈川県川崎市中留公園、東京都足立区日光街道梅島測定局（自動車排出ガス測定局）、東京都足立区綾瀬測定局（一般環境大気測定局）、茨城県つくば市国立環境研究所でも随時サンプルングを行った。サンプルングは、2003年11月から2006年2月までの夏期及び冬期に断続的に行った。流量約10L/min のLPI（以下「LPI10」）2台と約30L/min のLPI（以下「LPI30」）1台を、最大3台同時に用いてサンプルングを行った。サンプルング時間は24時間とした。インパクターの捕集材（25mmφ）には、炭素分析用に石英繊維フィルターまたはアルミホイルを、粒子質量測定及び有機分析用にアルミホイルを、元素分析用にはポリカーボネートフィルターをそれぞれ用いた。インパクションステージとフィルター押さえ用リングは、サンプルング前に有機溶媒で洗浄した。アルミホイルはサンプルング前に有機溶媒に数秒間浸した後乾燥させた。以下に、池上新町における分析結果の例を示す。

### (ウ) 粒子質量

粒子質量は、サンプルング前後の捕集材（アルミホイル）の秤量値の差から算出した。秤量は温度25°C、相対湿度50%に調整されたチャンバー（CHAM-1000, HORIBA）内で、電子天秤（M5P-F, SARTORIUS, 最小表示1μg）を用いて行った。アルミホイル自身の吸湿性はほとんどないため、秤量前の恒量は行わなかった。

池上新町における、2003年11月19日の粒子質量濃度の粒径分布を図14に示す。粒子質量は0.1μm 付近と0.5μm

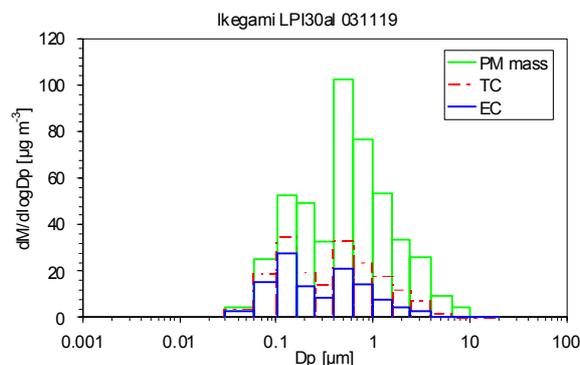


図14 池上新町における粒子質量及び EC/OC 濃度の粒径分布 (2003年11月19日、アルミサンプル)

付近の二山分布となった。冬期は概ね同様の粒径分布となった。ただし、ディーゼル排気粒子 (DEP) や標準粒子を用いて行った検討の結果, LPI の捕集材にアルミホイルやポリカーボネートを用いた場合には, 粒子の跳ね返りや再飛散によって, 粒子が設計されたステージよりも下のステージに移行してしまい, 粒径のピーク位置がステージ1 段程度小粒径側にずれることがわかった (詳細は2.3.4)。しかし, 後述する有機分析の結果からは, ナノ粒子画分 (ステージ1, 0.028–0.056 $\mu\text{m}$ ) に対してはより大きな粒子の影響は小さいと考えられた。

### (エ) 炭素組成

元素炭素 (EC) と有機炭素 (OC) の分析は, 熱分離・光学炭素分析計 (DRI Model 2001 Carbon Analyzer, 以下「Carbon Analyzer」) を用いて行った。Carbon Analyzer では段階的に昇温しながら試料を加熱し, EC と OC の揮発温度の差を利用してそれらを分離・定量する。また, 分析中に試料の反射光・透過光をモニターすることで, OC の炭化を補正することができるが, インパクトによりスポット状に捕集されたサンプルに対しては正確な光学補正ができないため補正は行わなかった。分析条件には IMPROVE 方式 (OC1: 120°C, OC2: 250°C, OC3: 450°C, OC4: 550°C (以上, He 雰囲気), EC1: 550°C, EC2: 700°C, EC3: 800°C (以上, 2%O<sub>2</sub>/98%He 雰囲気)) を用いた。ただし, アルミホイル上に捕集したサンプルを分析する際は, アルミホイルが溶けるのを避けるため, EC3の分析は行わず EC2までの分析とした。なお, 池上新町における石炭繊維フィルター上に捕集したサンプルの分析結果をみると, EC3の量は EC1や EC2に比べ非常に少ないため, EC1と EC2の合計を EC とみなしても大きな誤差にはならない。

2003年11月19日における池上新町での EC/OC 濃度の粒径分布を図14に示す。EC と OC はどの粒径区分においても粒子質量の大きな割合を占めており, ナノ粒子画分 (S1 : 0.029–0.058 $\mu\text{m}$ ) では粒子質量の80%を総炭素 (TC) が占めている。また, EC 濃度は0.1 $\mu\text{m}$  付近で最大となり, この粒径付近の粒子に対してディーゼル車の寄与が大きいことが示唆された。図15に粒径別 EC/OC フラクション割合を示す。ディーゼル排気粒子の主要粒径付近である S3 (0.102–0.163 $\mu\text{m}$ ) では EC が TC の79% と大きな割合を占めるが, ナノ粒子画分 (0.029–0.058 $\mu\text{m}$ ) では EC が TC に占める割合は74%と S3よりも少し小さい。他のサンプルも同様の傾向であった。こ

のサンプルを含め, 冬期の6つのアルミホイル上に捕集したサンプルにおいて, ナノ粒子画分中の EC/TC 比は60–75% (OC/TC 比は25–40%) であった。

### (オ) 元素組成

元素は (社) 日本アイソトープ協会仁科記念サイクロトロンセンターの荷電粒子励起 X 線分析 (PIXE) 装置により分析した。2.9MeV 陽子を真空チャンバー内でサンプルに照射し, 発生した特性 X 線を軽元素用と重元素用の2台の Si (Li) 検出器で同時に測定した。

2003年11月19日における池上新町での元素濃度の粒径分布を図16に示す。粒径1.6 $\mu\text{m}$  以上の粒子では粒子質量の36%以上を元素が占めており, 土壌起源と考えられる Fe, Ca, Si, Al の含有量が多い。サブミクロン領域 (0.155–0.950 $\mu\text{m}$ ) ではサルフェート起源と思われる S が高濃度となった。ナノ粒子画分 (0.028–0.056 $\mu\text{m}$ ) からは, Na, Mg, S が高濃度に検出された。Mg や S は自動車の潤滑油に含まれる可能性があり, ナノ粒子に対して自動車の潤滑油の影響が大きいという報告と矛盾しない結果となった。

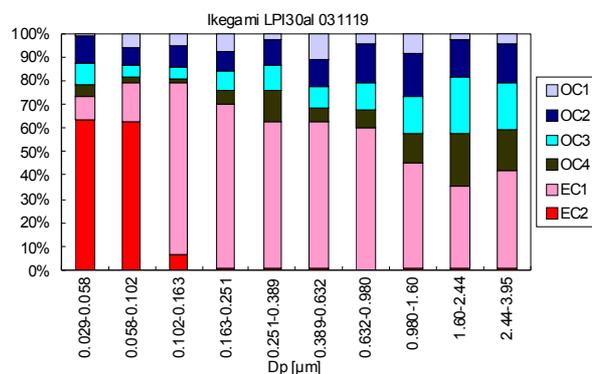


図15 池上新町における粒径別 EC/OC フラクション割合 (2003年11月19日, アルミサンプル)

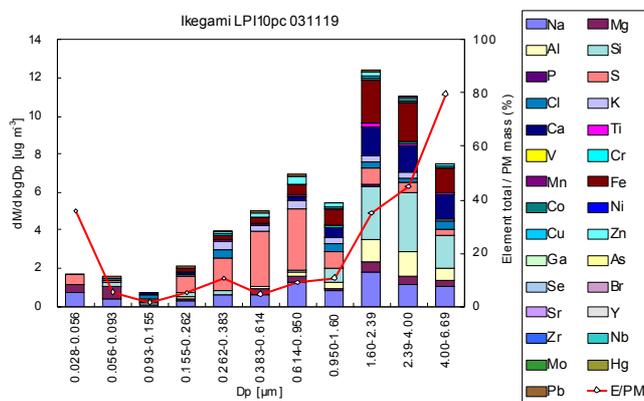


図16 池上新町における元素濃度の粒径分布 (2003年11月19日, ポリカーボネートサンプル)

### (カ) 有機組成

粒子の有機組成分析に一般的に用いられてきた溶媒抽出法は、一般に、抽出や濃縮の過程での汚染がある程度避けられず、また、抽出液の全量を分析することは難しいため、サンプル量が非常に少ない粒径別粒子（特にナノ粒子画分）への適用は困難である。そこで、加熱脱着 GC/MS 法の適用を検討した。加熱脱着 GC/MS 法は、粒子を直接加熱して脱着された成分を GC/MS で分析する方法であり、前処理が不要でサンプル全量を分析できるため、高感度な分析を行うことができると期待されている。しかし、加熱脱着 GC/MS 法の大気粒子への適用例は少なく、サンプル中有機成分の熱分解の程度などは十分把握されておらず、最適な脱着条件も分かっていない。そこで、本研究では、まず n-アルカン標準試薬や大気粒子を対象に、加熱脱着条件及び GC/MS 条件の最適化を行った。最適化の方法と結果は2.3.5に示す。溶媒抽出法に基づく分析法では一般的に mg オーダーの粒子が必要であるが、本手法を用いることで、極少量（数～20 $\mu\text{g}$  程度）の粒子で分析可能となった。

2004年1月27日の池上新町における粒径別粒子の、加熱脱着 GC/MS 法によるトータルイオンクロマトグラム (TIC) を図17(a)に示す。図17(b)には粒径別 TIC から合成した全粒子の TIC を示す。ここでは各 TIC 強度はそれぞれ分析した粒子質量で割ってある。またシャシーダイナモを用いたディーゼル車(3L直噴, GVW3155kg, 最大積載量1150kg, 平成9年度排出ガス規制適合, 後処

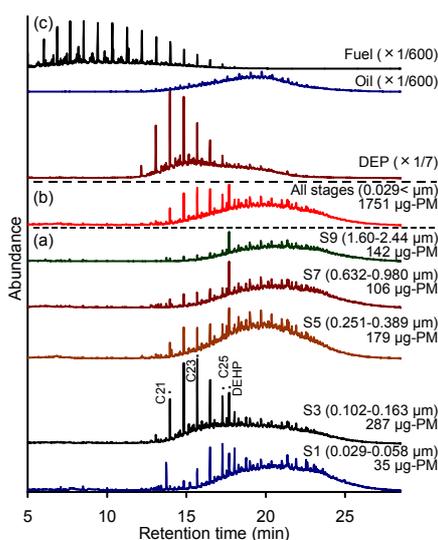


図17 加熱脱着 GC/MS 法によるトータルイオンクロマトグラム  
a) 池上新町における粒径別粒子  
(2004年1月27日, アルミサンプル)  
b) 全粒子 (粒径別分析結果から合成)  
c) DEP, 燃料, 潤滑油

理なし)からの排気総粒子, 及びその試験に用いた燃料と使用済潤滑油の TIC を図17(c)に示す。ナノ粒子 (S1: 0.029–0.058 $\mu\text{m}$ ) は C23n-アルカンより揮発性の低い成分が主であり, n-アルカンの他, アルケン, 脂肪酸, PAHs, ホパン等が検出された。ナノ粒子のクロマトグラムは, 潤滑油のクロマトグラムと似ているが, 潤滑油よりも高沸点成分の割合が若干高い。このことから, 沿道大気中ナノ粒子に対して, ディーゼル車の潤滑油の寄与が高いと考えられる。ナノ粒子の方が潤滑油よりも高沸点成分の割合が高いのは, 大気中でナノ粒子中の低沸点成分が揮発したためと推測されるが, 今後さらに検討が必要である。ステージ3 (0.102–0.163 $\mu\text{m}$ ) の粒子からは, 他の粒径に比べ, C21-C25の n-アルカン及びその保持時間の範囲の化合物が顕著に検出された。これらの成分は軽油由来と考えられ, この粒径付近の粒子に対して, 軽油が潤滑油と同程度寄与していると考えられた。

### (キ) まとめ

沿道大気粒子の揮発性を観測した結果, 核モード粒子 (30nm 付近にピーク粒径をもつ粒子) の主成分は, 元素炭素ではなく, 有機物や硫酸塩, 硝酸塩等であると推測された。一方, 低圧多段分級インパクターでアルミホイール上に捕集したサンプルを分析した結果, ナノ粒子 (粒径30~60nm) の主成分は炭素成分であり, そのうち ECが60~75%, OCが25~40%を占めることが分かった。また, ナノ粒子中からは, 自動車の潤滑油に含まれる可能性がある Mg と S が高濃度に検出された。さらに, ナノ粒子の有機組成は使用済潤滑油の組成とよく似ており, 沿道大気中ナノ粒子に対して自動車の潤滑油の寄与が高いと考えられる。ただし, SMPS とインパクターの粒径測定原理・粒径範囲の違い, 及びインパクター採取の際のアーティファクト (再飛散や揮発等) のため, インパクターにより採取されたナノ粒子の化学組成は, 核モード粒子の化学組成を必ずしも反映していないと考えられるため, 今後, さらなる検討が必要である。

### (3) 微小粒子の形態観察

ナノ粒子の実態を把握する上で, 形態・形状を観察することは, 非常に重要であると考えられる。しかし, これまでの微小粒子の形態観察では電子顕微鏡が用いられており, 観察時に試料が真空下に置かれ, 電子線の照射を受けることによる揮発などの変化が起こっている可能性があった。そこで, 常温・大気圧下でナノサイズの物

体の観察が可能な走査型プローブ顕微鏡（Scanning Probe Microscope ; SPM）による観察をナノ粒子に適用し、沿道大気試料や排ガス試料に関して、試料採取法や観察法の確立、およびナノ粒子の形態的特徴の把握を目指し検討を行った。

（ア）試料採取及び観察方法

（i）試料採取方法

試料は、静電式粒子捕集装置（島津，SSPM-100）を用いて採取した。試料空気中の粒子をコロナ放電によって負に荷電させ、正に荷電させた集塵電極上に置いた捕集板に静電気力によって捕集するものである。捕集板には、スライドガラスにイリジウム・すず酸化物（ITO）薄膜を蒸着したもの（ITO 板）、並びに高配向性グラファイト（High Orientated Pyrolytic Graphite ; HOPG 板）を用いた。捕集装置の後段に CPC（TSI3025A）を接続して粒子数を測定したところ、捕集効率はほぼ100%であることが確認された。

試料採取は、沿道大気およびディーゼル車排気に対して実施した。沿道大気では、川崎市の池上新町交差点において、適当な密度で採取されるよう個数濃度を考慮して2時間程度行った。ディーゼル車排気については、排気量約 3 L の試験車両をアイドリングもしくは JC08 モードにて運転し、排気ガスを希釈トンネルおよび希釈装置で希釈した後、採取した。採取後の試料は、観察まで密閉容器に常温で保管した。

（ii）観察方法

試料の観察には、3つの SPM を用いた（島津 走査型プローブ顕微鏡 SPM-9500J3 ; 島津 ナノサーチ顕微鏡 SFT-3500 ; SII 環境制御型ユニット E-Sweep）。SPM は、カンチレバーと呼ばれる微小なプローブ（探針）によって試料表面を走査し、プローブと試料の間に作用する様々な物理量を検出することで、三次元形状や物性を計測するものである。原子間力顕微鏡（Atomic Force Microscope ; AFM）はその一種であり、プローブと試料の間に作用する原子間力を利用したものである。SPM（AFM）の観察モードには、試料に対するダメージが小さい DFM（Dynamic Force Microscope/Mode）を用いた。DFM は、プローブを共振周波数で振動させながら試料に間欠的に接近もしくは接触させながら走査するものである。これにより主に得られる像は、高さ像と位相像である。高さ像は粒子の形状および高さを表す。位相像は共振周波数付近で振動しているカンチレバーの位相

の遅れを画像化しており、表面特性（固さ）の違いが反映される。なお、ナノサーチ顕微鏡 SFT-3500については、レーザー顕微鏡も備えた複合機になっており、SPM よりも広い視野の観察も可能となっている。

2種類の捕集板の適用性については、ITO 板は数十 nm の粒子が薄膜の凹凸と区別しづらくなるのに対し、HOPG板は数 nm の粒子でも明確に観察することが可能であることがわかった。しかし、HOPG 板では、観察時の走査によって粒子が移動してしまい、安定して観察することができない場合があった。

（イ）沿道大気粒子及びディーゼル排気粒子の形態

図18に沿道大気試料とディーゼル車排気試料（アイドリング）の高さ像の例を示す。いずれも不定形の粒子が多数存在し、典型的な煤粒子とされるブドウの房状の形態を示す粒子が見られるが、粒径100nm 程度以下の粒子にはそのような粒子は見られない。位相像より、ディーゼル車排気試料では煤粒子と思われる不定形の粒子の周囲で特性が異なっており、何らかの成分が煤粒子を覆っていた可能性が示唆された。JC08モードによるディーゼル車排気試料では、粒子採取時の衝突により液状成分が広がってしまったと思われる状態が観察された。さらに、中心に核が存在するような粒子が観察された。

図19に、同一視野の沿道大気試料を加熱前（30℃）と加熱後（150℃）に観察した例を示す。100～200nm 程度

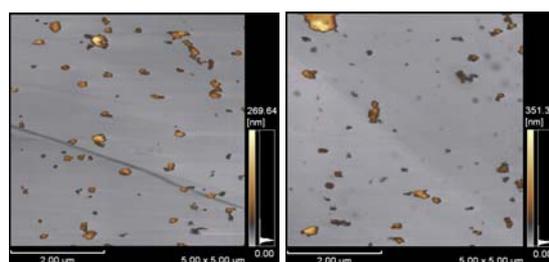


図18 沿道大気試料（左図）とディーゼル車排気試料（右図）の高さ像  
捕集板: HOPG 板, 顕微鏡: SFT-3500.

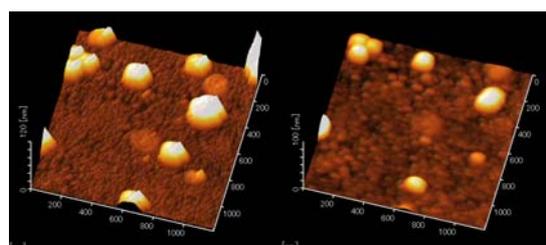


図19 同一視野の加熱前（30℃:左図）と加熱後（150℃:右図）を観察した沿道大気試料の高さ像  
捕集板: HOPG 板, 顕微鏡: E-Sewpp.

の大きさの、比較的球形に近いと思われる粒子が、加熱後に消失または大きさが減少していることが複数確認された。これは、水分や一部の有機物などが揮発したものと考えられる。

ただし、ここで示した試料は、すべて粒子を分級せずに採取したものである。このため、粒径別の粒子の特徴を明確に把握するためには、DMA などを用いて分級して採取する必要がある。観察された粒子の評価については、捕集時の衝突による粒子の変形を考慮すること、位相像や弾性像で得られる情報をどのように粒子の性状に結びつけるかが今後の課題である。

## 2.2 大気汚染モデル等による環境動態の解明

風洞実験、航空機観測、モデル解析、データ解析の手法を確立し、沿道スケールから地域スケールの大気環境中における粒子状物質の動態を総合的に把握した。

A) 風洞実験により沿道大気汚染の年間濃度分布を把握し、大気汚染対策手法を提案・評価した。

B) 航空機観測を含むフィールド観測を関東と関西で実施し、都市域における粒子状物質の動態を立体的に把握した。

C) 全国の浮遊粒子状物質（SPM）データを解析し、SPM の高濃度をもたらす黄砂現象の影響を把握した。

D) PM/DEP モデル（風洞実験に基づく沿道大気汚染モデル、越境汚染影響を考慮した都市大気汚染モデル）を開発し、発生源と環境濃度の定量的関係を明らかにした。

E) 地方環境研究所との共同により、都市大気汚染予報システムを構築した。

### 2.2.1 風洞実験による沿道大気汚染研究

#### (1) はじめに

川崎市池上新町交差点を対象として、2次元簡略模型（1/300相当）、1/100模型、1/300模型など3種類の模型を用いて、それぞれ異なる切り口から沿道内外の流れと濃度場を調べた。

同地点で交差する幹線道路の一方は、地上の横浜大師線と高速横羽線の高架からなる2層構造である。日交通量は地上と高架の車線を合わせて約6万台である。この道路は交差点を中心として1km以上にわたって直線をなし、もう一方の道路と直交している。幹線道路沿道には2～4階建てを中心とした中低層の建物が密集してい

る。低層密集市街地を縦貫する典型的な重層幹線道路と言える。

交差点の中心から南西・約140mの位置に自動車排ガス測定局（池上新町自動車排ガス測定局）がある。また、北より1.1kmには大師一般環境局があって、濃度と気象条件との関連や経年変化の状況を把握できる。

同地点では過去何年にもわたって沿道の高濃度大気汚染が問題となり、種々の対策がとられてきた。とりわけ、高架道路の橋脚間を塞ぐようにして設置されたフェンス（全面にツタを這わせ現地ではグリーンウォールと呼称されている、以下GW）は、当初期待された、ツタによる大気の浄化作用よりも、GWが沿道の通風を遮蔽することによる濃度上昇の方が懸念される。

#### (2) 2次元簡略模型を用いた実験

##### (ア) 実験の概要

国立環境研究所の大気拡散風洞（図20）を用いて、道路構造が沿道と後背地の濃度分布に及ぼす影響を調べた。現地の道路構造の特徴を残し、かつ不規則な道路内外の建築状況の影響を少なくするために、周辺市街地を簡略化した2次元模型を制作し、道路構造の改変や交通対策による沿道濃度の低減効果について検討した。

##### (イ) 主たる実験結果

##### (i) 沿道大気汚染濃度分布に対する高架道路の影響

高架道路がないとき、道路内の流れはストリートキャニオンというより、むしろ、孤立した建物背後のそれに近い。このため、風上側の車線から排出された汚染ガスは建物背後渦に取り込まれて逆流し、高濃度が風上側建物の背後に広がる。これに対して高架道路があるとき、



図20 大気拡散風洞の測定部  
川崎市池上新町交差点周辺の1/300模型が設置されている。

風は障害物のない高架道路の下を比較的容易に通抜け、高架道路と風下建物の間から風下後背地に流れ出る。高架道路の下をくぐり抜ける流れのために風上側の建物背後にできる渦は圧縮され、風上車線から排出された汚染ガスの多くは逆流せずに風下に運ばれる。このため、高架道路がないときは逆に、濃度は道路の風下側で高くなる。

### (ii) 後背地の濃度分布

地上 (1.5m) 濃度は幹線道路からの距離 (道路の中央を原点とする) が増すほど低下する (図21)。幹線道路内部では濃度が高く、道路構造による差は大きい、道路からの距離が増すほど沿道の道路構造による差は小さくなり、濃度も減少する。

幹線道路からの距離による地上濃度の減衰は、大気が安定のときよりも中立のときの方が大きい。この差は道路からの距離が増加するほど大きくなる。大気安定度による鉛直方向の拡散の差が、道路からの距離が増すほど累積するためと考える。

### (3) 川崎市池上新町交差点周辺市街地の1/100沿道拡大大模型を用いた風洞実験

#### (ア) 実験の概要

実物の1/100で細部を忠実に再現した市街地模型を用い、配置や大きさの不ぞろいな沿道建物や細街路の影響、道路進行方向における大気汚染物質排出強度の変化などを考慮に入れてGWの影響を調べた。さらに、沿道高濃度の低減対策として歩車道間に設けた防音壁による沿道・後背地の濃度分布低減効果を調べた。

#### (イ) 主たる実験結果

濃度分布の現況 (GWによって沿道の流れと濃度分布はどう変化しているか) は、GWがあるとき、高架道路下の流れは前後に遮断されている (図22)。高架道路の上端で流れが強く剥離するために、防音壁に囲まれた高架道路の上部全域に及ぶ剥離渦ができる。高架道路上部には、風上側に偏って高濃度が生じる (図23)。高架道路の下部、GW直前には高架道路の躯体前面で分岐した下降流が流れ込み、比較的強い渦が形成されるので濃度は高くない。この渦と対を成すように、風上側の歩道街路樹の陰にも弱い渦ができる。道路大気汚染物質の一部は街路樹の陰にできる弱い渦に取り込まれて逆流し、風上側の道路端に濃度を生じる。一方、GW風下の風速は低い。高架道路風下側の高濃度は、自動車排気ガスがこのよどみに滞留するために生じるといえる。

GWが無いとき、流れはスムーズに高架道路の下を通り抜ける (図24)。地上道路の大気汚染物質は強くかくはんされずに風下後背地に運び出される (図25)。同時に、高架道路下部の風速が増加しているため濃度の増加は抑えられる。沿道周辺市街地全体としてみると、地上濃度はフェンスが無いときのほうが低い。

### (4) 川崎市池上新町交差点周辺市街地の1/300模型を用いた風洞実験

#### (ア) 実験の概要

1/300市街地模型を用いた風洞実験を行い、種々の気象条件下の濃度分布を測定した。これによって、濃度分布に及ぼす大気安定度の影響、全風向条件下におけるGWの存在影響、さらに、沿道高濃度の低減手法として地上交通を高架道路にバイパスしたときの濃度変化、地上道

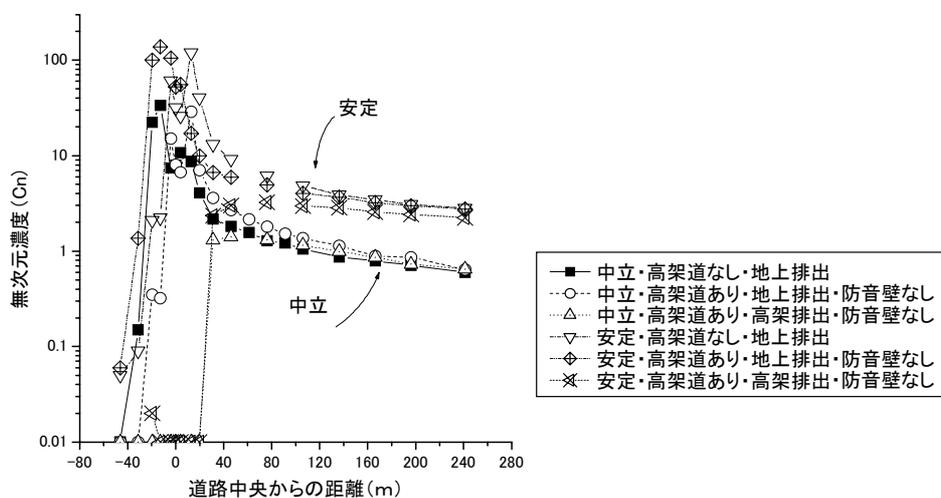


図21 幹線道路からの距離による地上濃度の減衰

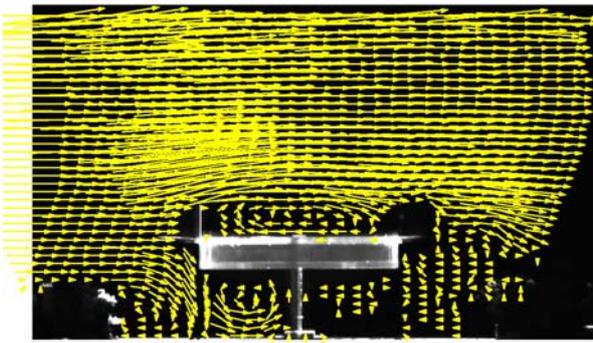


図22 グリーンウォールがある場合の幹線道路鉛直断面流れ・中立時 (PIV 計測)

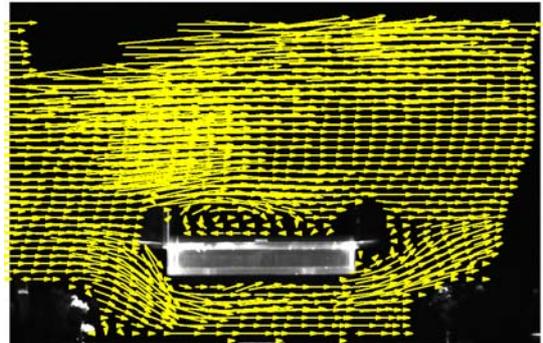


図24 グリーンウォールが無い場合の幹線道路鉛直断面流れ・中立時 (PIV 計測)

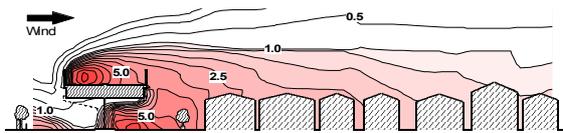


図23 グリーンウォールがある場合の幹線道路および後背地の鉛直断面濃度分布・中立時

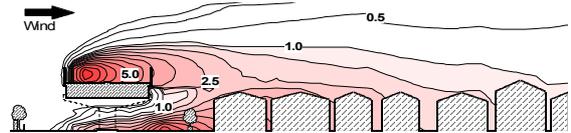


図25 グリーンウォールが無い場合の幹線道路および後背地の鉛直断面濃度分布・中立時

路を通る大型自動車がすべて上向きの排気管を採用したと仮定したときの後背地を含めた沿道周辺市街地における濃度変化などについて調べた。

(イ) 主たる実験結果

(i) 排出源高度の違い(地上と高架道路)が沿道周辺市街地の大气汚染濃度分布に及ぼす影響

地上と高架道路それぞれから排出された大气汚染物質の濃度分布を比較すると、高架道路から排出される大气汚染物質の量は地上の1.6倍あるにもかかわらず、高架道路による周辺市街地の汚染濃度は、地上道路のそれに較べるとはるかに低い。高架道路から排出された大气汚染物質は、障害物の少ない高所の強い風に乗って速やかに後背地上空に移流・拡散する。これに対して地上道路に排出された汚染物質は、道路周囲の建物群にせき止められ・迂回しながら漸次後背地に輸送される。こうした地上と高架道路上における大气汚染物質の輸送・かくはんの違いが濃度分布の差として現れている。

(ii) 沿道高濃度の低減手法の検討

大型車が従来の排気管(地上近くで背後や横方向に排気する)から上向きの排気管に変更したときの濃度低減、地上道路を通行する車を高架道路にバイパスさせたときの周辺市街地の全般的な濃度分布傾向について検討した。

GWが無いときの濃度(風向SE)を基準として、GWがある時、大型車が上向き排気管を採用したとき、地上交通の1/2が高架道にバイパスしたとき、それぞれの条件

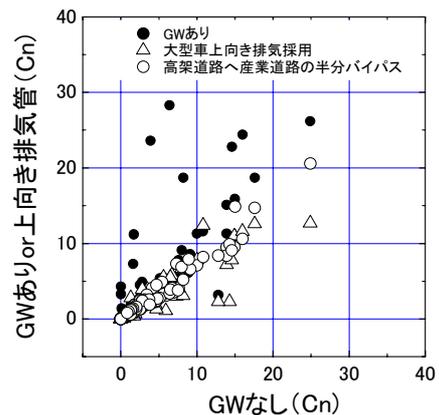


図26 グリーンウォールが無いときの濃度(風向SE)を基準として、GWがある時、大型車が上向き排気管を採用したとき、地上交通の1/2が高架道にバイパスしたときの、それぞれの条件における各測定点の濃度

における各測定点濃度を比較すると図26のようになる。図より GWがある時の濃度は無いときの濃度に較べ約1割増加し、大型車が上向き排気管を使用した時には約6割に減少、地上交通の1/2が高架道にバイパスした時には約7割に減少している。

(5) まとめ

- ・高架道路が幹線道路近傍市街地の大气汚染濃度に及ぼす影響は、地上道路のそれに較べるとはるかに低い。
- ・地上道路から排出された大气汚染物質の後背地における濃度は、道路に近いほど高く、距離が増すほど低下す

る。一方、高架道路から排出された大気汚染物質濃度は道路近くでは非常に低い。

・風向によらず、高濃度は幹線道路上およびその交差点付近で生じ、その風下側後背地に広がる。幹線道路内の濃度は道路周辺の建築状況によって異なる。幹線道路風下後背地の濃度は、道路からの距離が増すにつれて単調に減少する。

・本実験の場合、沿道大気汚染濃度は大気が不安定の時、中立時のときよりも0.75倍程度に低下、安定の時には中立の時の1.8倍程度に増加する。

・GWによる沿道濃度の増加は、特に大気安定時に大きい。

・本実験の場合、GWがある時の濃度は無いときの濃度に較べて約1割増加する。大型車が上向き排気管を使用した時には約6割に減少する。地上交通の1/2が高架道にバイパスした時には約7割に減少する（風向SE・中立の時）。

## 2.2.2 フィールド観測研究

### (1) 東京における粒子状物質の動態観測

微小粒子状物質を中心とした都市大気汚染、特に四季を通じて比較的高濃度となる冬季の大気汚染の動態を把握するために、高層ビルを利用して2000年12月～2001年2月に東京(池袋のサンシャイン60ビルおよびその周辺)で45日間、連続的に粒子状・ガス状物質の測定を行った結果について解析した。

#### (ア) 粒子状物質の鉛直分布

地上・高度64m・高度240mの3高度において、ハイボリュームサンプラーを用いてSPM(10 $\mu$ m以下の粒子)を石英繊維フィルターに捕集した。捕集時間は24時間で、32試料採取した。炭素成分(EC, OC)をCHN計で、イオン成分(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)をイオンクロマトグラフで、元素成分(Al, Fe)をICPでそれぞれ分析した。また、これら3高度においてTSPとPM<sub>2.5</sub>の1時間値自動測定を行った。

各成分の地上に対する240mでの濃度比の期間平均は、EC, OC, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>など、主に人為起源と考えられる成分については0.5～0.9となっており、鉛直方向の減衰が見られたが、Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al, Feなど、主に自然起源と考えられる成分では1.0～1.2となっており、鉛直方向の濃度差がないか240mの方が若干高い結果となった(図27)。TSPとPM<sub>2.5</sub>については0.8

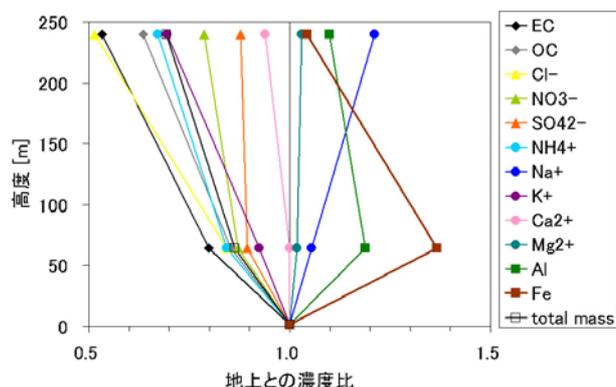


図27 2000年12月～2001年2月に東京で観測されたSPM中の各成分に関する、地上に対する高度64mおよび240mでの濃度比の期間平均

前後となり、粒子状物質全体としては地上の約8割に減衰していた。なお、地上に対する高度200mでのNO<sub>x</sub>の濃度比も0.8程度であった。

#### (イ) SPMの高濃度事例の解析

観測期間中、SPM濃度が100 $\mu$ g/m<sup>3</sup>程度に達するような高濃度事例が、12月28日、12月31日、1月11日、1月25日に観測された。各日の午前9時の気圧配置は、12月28日は西高東低であるが気圧傾度は緩やか、12月31日と1月25日は高気圧の後面に位置し低気圧が接近中、1月11日もやはり日本海から低気圧が接近していた。また、各日いずれも風速は2～3m/sかそれ以下と比較的弱かった。一方、日平均風速が3m/s以上では日平均濃度50 $\mu$ g/m<sup>3</sup>を超える事例は出現しなかった。

12月31日については、寒冷前線の通過直前にSPM濃度が上昇して観測期間で最高濃度(150 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)になると同時に、地上と240mでの濃度の差が大きくなった。しかし、気象条件による鉛直分布の変化は、期間全体として明確な傾向は見られなかった。

なお、SPMの日内変動を大まかに見ると、昼前後から上昇し始め、夕方または夜にピークに達するという一山型の変化を示したが、NOおよびNO<sub>2</sub>は朝と夕方にピークをもつ二山型の傾向を示した。

#### (2) 関西における粒子状物質の動態観測

西日本で特徴的な春季の高濃度大気汚染のメカニズムを把握することをねらいとして、大阪を中心とした関西地区において、2001年3月と2003年3月に地上観測および航空機観測を行った。

##### (ア) 2001年3月の観測

###### (i) 地上観測

大阪市中心部で2001年3月に30日間、粒子状・ガス状物質の観測を行った。観測期間中、3月4日、6～7日、19～25日に黄砂の飛来が観測され、SPM 濃度 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度を観測したのは概ねこれらの期間であった。気象状況は春季に典型的な周期的変化をしており、大陸から黄砂が飛来しやすい状況であった。

地上・高度62mにおいて、東京と同様にハイボリュームサンプラーを用いた24時間サンプリングによって7試料採取し、炭素成分・イオン成分・元素成分を分析した。各成分の地上に対する62mの濃度（期間平均）は、成分によらず地上と62mでは同程度か62mの方が高かった。TSP,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{NO}_x$ について、地上に対する62mの濃度比はいずれも0.9程度であり、濃度差がほとんど見られなかった。

#### (ii) 航空機観測

2001年3月19～21, 23日に航空機観測を1日3回(8:30, 12:30, 16:30からの約2時間)実施した。観測は、**図28**に示すA-B-C-D-Aのルートを通る3高度(300, 600, 1350m)での水平飛行とA付近での3000mまでのスパイラル飛行を基本とし、 $\text{NO}_x$ 計・ $\text{O}_3$ 計・パーティクルカウンタなどによる連続測定と、粒子状物質の高度別フィルターサンプリングを行った。

観測期間中のほぼ全体にわたって、地上において黄砂が観測されており、後方流跡線解析より大陸の黄砂発源地域からの気塊が流入していたことがわかった。3月23日の観測では、3回とも3高度いずれにおいても $\text{Ca}^{2+}$ が比較的高く、また粗大粒子が上昇していたことから、黄砂が大気下層全体に飛来していたと推測される。一方、3月21日の朝の観測においては、1300～2000mで粗大粒

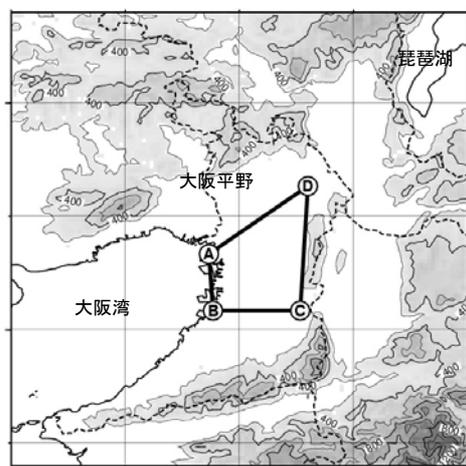


図28 関西における航空機観測ルート

子が上昇しており、かつ1350mで $\text{Ca}^{2+}$ が比較的高くなっていたことから、このとき黄砂はこの高度を中心に飛来していたと推測される。

#### (イ) 2003年3月の観測

##### (i) 地上観測

大阪市中心部で2003年3月に23日間、粒子状・ガス状物質の観測を行った。観測期間中、3月26～27日に黄砂の飛来が観測された。気象状況は2001年と異なり、冬型の気圧配置が優勢な状況が続いた。粒子状物質の全体的な傾向は、低気圧が通過した7日に降水がありいったん低下した後、次に降水があった15～16日まで徐々に上昇していき、降水でまた低下した後に再び上昇していく、という長い時間スケールの変化が見られた。

##### (ii) 航空機観測

2003年3月17～19日に、2001年とほぼ同様の方法で航空機観測を実施した。後方流跡線解析より、観測期間中の関西地区上空の気塊は大陸方面から流入していたが、その方向は2001年に比べて北に寄っている傾向にあり、必ずしも黄砂発源地域を通過していなかった。3月19日の観測では、朝に1300m付近、昼に2200m付近で $2\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子が明確に上昇していた(**図29**)。このとき、同高度での微小粒子は低くなっていたにもかかわらず、一般には微小粒子に存在するとされる $\text{EC}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ などの人為起源の成分が高かったことから、黄砂に人為起源粒子が混合して飛来してきたことが推測される。一方、これよりも低い高度では人為起源成分の微小粒子が観測されており、これは関西地域から排出されたものであると考えられた。このように、高度によって性状(由来)の異なる粒子が存在していたことがとらえられた。

## 2.2.3 浮遊粒子状物質の高濃度事例の出現動向

### (1) 研究背景

浮遊粒子状物質(Suspended Particulate Matter; 以後はSPMと略記)の大気環境基準(以後は環境基準と略記)達成率は、2002年度に大きく低下した(環境省<sup>7)</sup>)。

この要因は、2日以上連続するSPM高濃度日(日平均濃度が $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上)を観測した地点が多かったためとされている。一方で、2002年は日本国内の気象官署における黄砂現象の積算観測日数が過去最大であった(気象庁<sup>8)</sup>)。本節では、SPMの環境基準達成率に対する黄砂現象の影響を評価する。

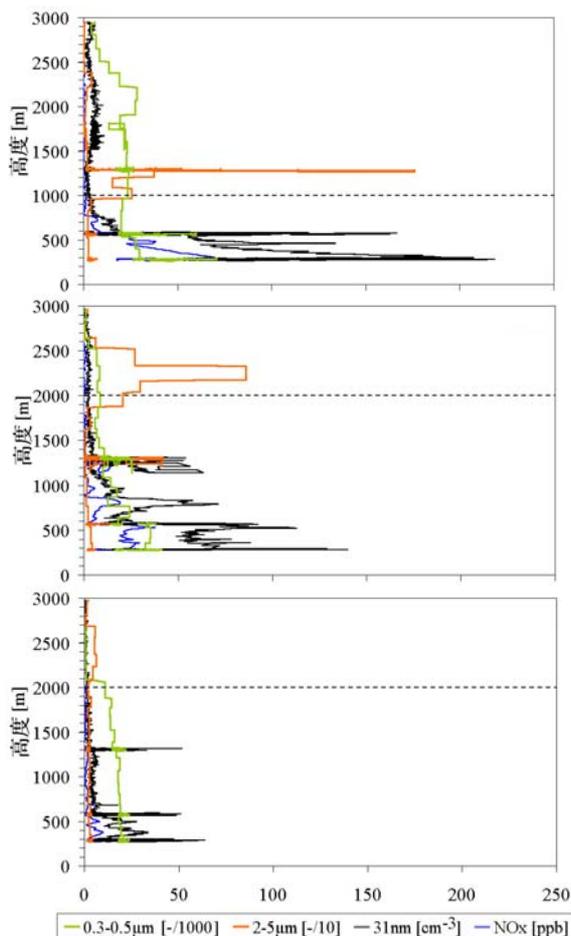


図29 2003年3月19日に関西上空で観測された粒径別粒子数およびNO<sub>x</sub>濃度の鉛直分布  
点線は混合層高度を表す。

## (2) 解析手順

国立環境研究所にて集積している日本国内37都府県におけるSPMの1時間測定値(1992~2003年度)を解析に使用した。各年度の有効観測時間数が6000時間を超える場合を有効測定年とし、全ての年度で有効測定年であると判定された一般大気環境測定局のみを解析対象とした(949地点)。

SPM環境基準達成率の判定には、年度ごとに環境基準達成率を判定する長期的評価を使用した。長期的評価は、以下の2つの判定条件を使用する：

条件1：日平均濃度の2%除外値(年間365日ならば、濃度の高い方から8番目)が100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下

条件2：高濃度日が2日以上連続しない

各年度の測定値に対して、これら2つの判定条件のどちらか一方でも満足できない場合、対象局は環境基準非達成と判定される(通年評価)。また、黄砂期間は一般に春季(3, 4, 5月)に集中しているため、SPM環境基準達成率に対する黄砂の影響は、春季を除外した9ヵ月

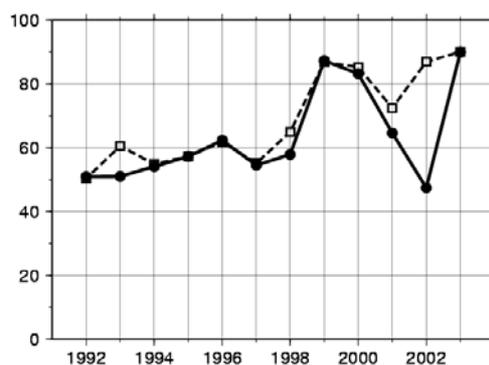


図30 SPM環境基準達成率(1992~2003年度; 949局)  
通年評価(実線)および春季除外評価(破線)

間の測定値に対して前述の2つの判定条件を適用して評価した(春季除外評価)。

## (3) SPM環境基準達成率に対する黄砂の影響

近年12年間の環境基準達成率を図30に示す。環境基準達成率に対する黄砂現象の影響は、春季除外評価(破線)から通年評価(実線)を差し引いた環境基準達成率で評価する。通年評価と春季除外評価の環境基準達成率の差が5%以上になるのは、1993, 1998, 2001, 2002年度の4年間で、特に2002年度の環境基準達成率の差は、約40%に達する。

2002年度における環境基準非達成地点の地理的分布を図31に示す。通年評価(図31(a))で環境基準非達成(499地点)とされた地点のうち、94%(468地点; 図中の赤丸)が二番目の判定条件(高濃度日が連続しない)を満足できなかったことのみ起因している。一方で、春季除外評価(図31(b))でも環境基準非達成となった地点(124地点)は、その多くが大阪、名古屋、東京などの大都市圏に集中している。

大都市圏以外で環境基準が非達成となった測定局では、2日以上連続する高濃度日のほぼ全てが2002年4月8~11日に観測されていた(図32)。このSPM高濃度期間は、顕著な黄砂現象が観測された期間に該当している。一方で、図32(B)に示すように、大都市圏においては上記の黄砂期間だけでなく夏季および晩秋から初冬季にもSPM高濃度日が観測されている。

## (4) まとめと今後の課題

2002年度におけるSPM環境基準達成率の顕著な低下は、2002年4月8~11日に観測された大規模な黄砂現象によって生じていた。すなわち、大規模な黄砂現象がた

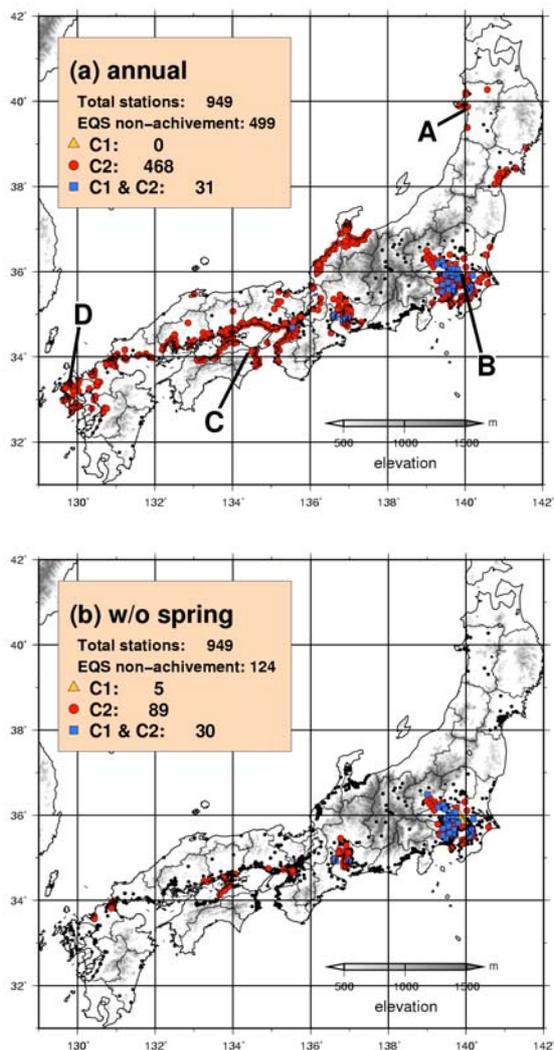


図31 2002年度における SPM の環境基準非達成局の地理的分布

(a) 通年評価および (b) 春季除外評価。色つきの記号は、環境基準非達成となる判定条件。黄色三角 (C1) : 判定条件1のみ, 赤丸 (C2) : 判定条件2のみ, 青四角 (C1&C2) : 両条件とも

とえ1回でも発生した場合、SPM 環境基準達成率が大きく低下することが確認された。また、大都市圏では夏季および晩秋から初冬季でも高濃度日が観測されている。これら春季以外の季節における SPM 高濃度は、二次生成粒子の影響によるものと推測される。ただし、SPM 測定器は直径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子すべてを測定対象としており、粒子の化学組成はわからない。したがって、SPM 測定値だけで SPM 高濃度をもたらす要因を特定することは困難である。

この問題を解決するためには、粒子状物質の化学組成について高精度かつ継続的な測定が必要となる。特に、大都市近郊と大都市圏以外の地域の両方で測定し、長距離輸送の影響と測定局近傍からの影響とを区別すること

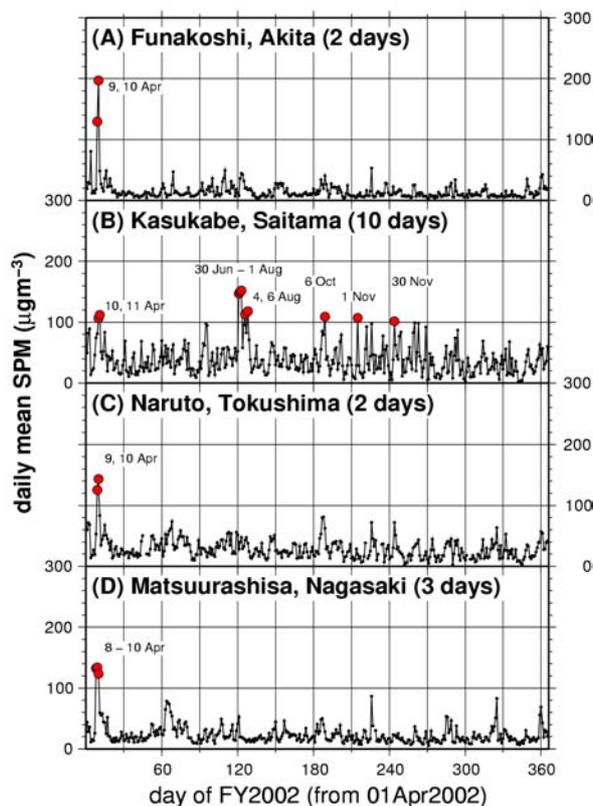


図32 日平均 SPM 濃度 (2002年4月1日から2003年3月31日) (A) 船越 (秋田県), (B) 春日部 (埼玉県), (C) 鳴門 (徳島県), (D) 松浦志佐 (長崎県)。各地点の場所は図31 (a) 参照。赤丸は日平均 SPM 濃度が $100\mu\text{gm}^{-3}$ 以上となった日

が必要であろう。また、粒子状物質の輸送および生成過程を考慮した数値実験を行うことで、観測された SPM 高濃度の物理的要因について理解が深まるであろう。

## 2.2.4 数値モデル研究— (1) 沿道大気汚染モデル

### (1) 目的

大気汚染物質の輸送、および、その結果としての大気中濃度を決定するのは、主に空気の流れである。モデル計算によって道路沿道領域の大気汚染濃度を予測しようとする場合、沿道建物周囲の流れ場のみでなく、走行する車の背後の流れ場の影響を適切に考慮する必要がある。そこで、走行車両が生成する流れ場が、排気ガスの拡散に及ぼす影響を定量的に評価するために、風洞装置を用いて縮小模型実験を行った。

### (2) 実験方法

今回の模型実験では、東京都世田谷区上馬交差点周辺における交通動態調査に基づいて、走行速度、車種構成、車間距離を決めた。実験で模擬する交通条件は、速度

20km/hr, 2000cc 乗用車 : 2 トントラック = 2 : 1, 乗用車後方車間 = 10m, トラック後方車間 = 20mである。大気は無風状態とし、自動車の走行を模擬するために、風洞装置内に設置した台上に自動車の模型を並べ、正面方向から一様な乱れの少ない風を送った(図33)。模型の縮尺は1/20である。なお、自動車と道路の相対的な運動は考慮していない。風洞風速は流れ場が実尺と相似になる値として1.5m/sを選んだ。自動車周囲の流れ場は、トレーサー粒子とシートレーザー光によって行った(Particle Image Velocimetry)。排気ガスには、エタン、窒素、ヘリウムの混合ガスを用い、実際の排気ガスを模擬するように力学的相似則に基づいて浮力と排出量を調整した。排気ガスの濃度は、炭化水素分析計によって測定した。

### (3) 結果

#### (i) 単独車両

図34に乗用車とトラック周囲の流線分布および約1車長後方における濃度分布を示す。濃度の絶対値は排出条件に依存するため、車両間の比較には使用できないことに注意する。乗用車の場合、車体直後を除いて、流線型の車体に沿った流れ場になっており、車体の幅 : 高さの比に準じた濃度分布になっている。一方、トラックの場合は、積荷後方に大きく巻き上がる流れが形成されるため、排気ガスは比較的高所へ運ばれる。その結果、濃度分布はやはり車体の幅 : 高さの比に準じた形になり、乗用車の場合に比べると、縦長の分布となる。

#### (ii) 混合車列

図35に混合車列の場合の濃度分布の一例を示す。図35(上図)は、乗用車-乗用車-トラックの配列であり、赤丸の乗用車のみから排気ガスが出されている。排出車の前方には、車列による空気の乱れを十分に発達させるために、3台の車両を置いた。他に、乗用車-トラック-乗用車とトラック-乗用車-乗用車の配列で実験したが、乗用車が排出する場合には比較的横長の、トラックが排出する場合には比較的縦長の濃度分布が得られた。これは、排気ガスの拡散挙動が、主として排気車直後の流れ場に依存し、後方車の生成する流れ場にはあまり依存しないことを意味している。

上述の3種の車両配列の結果を合成すれば、車列中の全ての車両が排気ガスを出す場合の濃度分布を推定することができる。結果の合成および無限車列への拡張は、

実験で得られた濃度分布をガウス型の解析式に当てはめることによって行った。また、走行車列による拡散促進の効果を評価するために、図35(下図)に示すように、排気管のみを用いた拡散実験を行った。解析の結果、走行車列の存在は渦拡散係数を約10倍に増加させることがわかった。なお、排気煙の幅は渦拡散係数に時間を乗じたものの平方根に比例する。

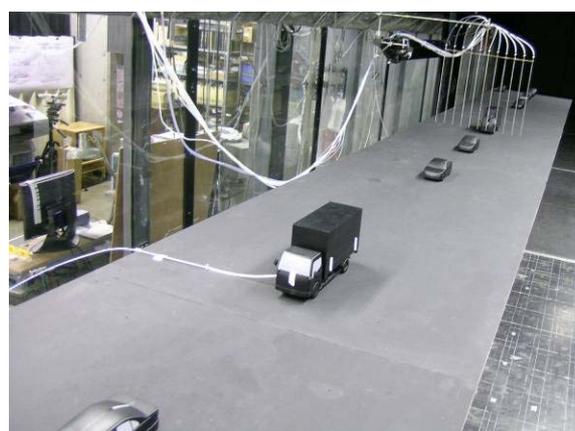


図33 1/20車両模型による風洞実験

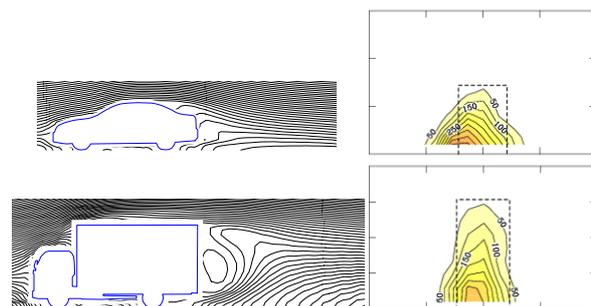


図34 単独車両周囲の流線分布および走行方向に直交する断面の濃度分布  
乗用車は約7車長、トラックは約4車長後方で測定した。右図中の点線は車体断面

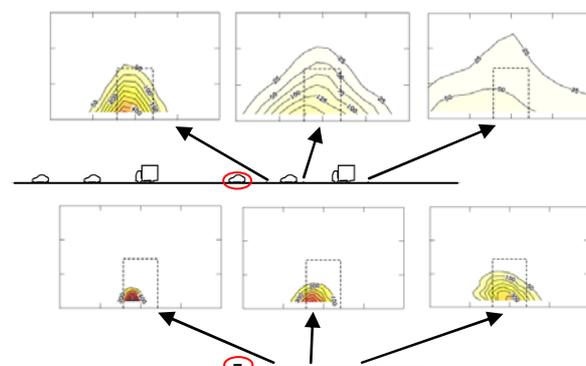


図35 混合車列および排気管のみによる走行方向に直交する断面の濃度分布  
図中の点線は乗用車の車体断面

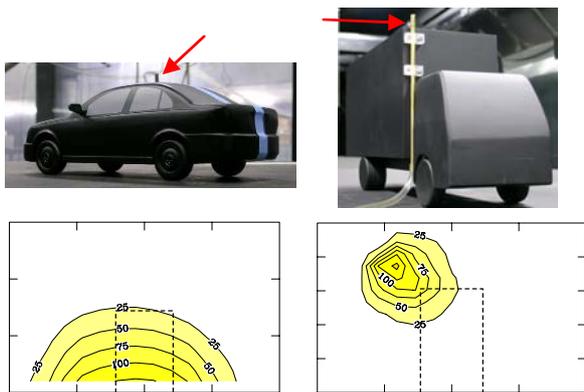


図36 上方排気の排気管設置の様子、および、走行方向に直行する断面の濃度分布  
乗用車は約25車長、トラックは約12車長後方で測定した。下図中の点線は車体断面

### (iii) 排気管位置の影響

上述の実験では、車両後底部に排気管を設置し後方に排気したが、ここでは排気管を車両上部に設置し上向きに排気した場合の実験結果を示す。図36に排気管の設置状態と単独車両から排気した場合の濃度分布を示す。

乗用車の場合、後底部から排気したときと同様に、地面付近に最高濃度が存在する分布となる。これは、乗用車周囲の気流が、ほぼ車体に沿うため、上部から排出された排気ガスが、トランク高さより低い位置まで運ばれてかくはんされるからである。

一方、トラックの場合、上部から出た排気ガスは車両上方に留まる。これは、気流がトラック後方で大きく剥離するため、排気ガスが周囲流にほぼ平行に運ばれるからである。上方排気の場合、排気煙の広がり小さく、最大濃度は後底部排気の場合の約3倍となる。ただし、本研究では考慮されていない一般環境の風が存在する場合には、高所のほうが風速は大きくなるため、車両によるかくはんが弱い分を打ち消す可能性がある（障害物のない状態では、濃度は風速に逆比例する）。

## 2.2.5 数値モデル研究－(2) 関西フィールド観測の解析

本節では、2.2.2に記載の2003年3月に大阪で行われた立体観測に対応して行った数値モデル研究について記述する。

### (1) 数値モデルの概要

数値モデルを用いた大気汚染研究では、計算は2つの段階を経て行われる。まず、気象モデルを用いた気象の

詳細な場の計算、次に、大気質モデルを用いた大気汚染そのものの計算である。2つのモデルとデータの流れを図37に示す。大気質モデルが必要とする気象データは、時間方向には1時間おき、水平方向には計算の細かさにもよるが数キロ間隔の格子状データである必要があるので、気象観測データを気象モデルに入れることにより、時空間方向に内挿すると考えて良い。

現在、我々は、気象モデルとして RAMS (Regional Atmospheric Modeling System)、大気質モデルとして CMAQ (Community Multi-scale Air Quality modeling system) を用いている。RAMS は、米国のコロラド州立大学で開発された、世界で最も広く使用されている領域気象モデルの一つである。CMAQ は、米国の EPA (Environmental Protection Agency) で開発された大気汚染モデルであり、各種物質の発生・反応・輸送・乾性湿性沈着等の各過程を計算して、オゾン、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>をはじめとする多種の大気中気体およびエアロゾルの濃度や沈着量を計算する。

### (2) 計算設定および計算条件

RAMS の計算は大阪湾を中心とする東西・南北285km 四方、CMAQ の計算はその中心付近の175km 四方の領域で行った。水平分解能(東西、南北)はいずれも5 km である。鉛直方向には、最下層が地上約20m で、上に行くほど間隔が広がり高度約14km をトップとする23層の鉛直層を RAMS では用いた。CMAQ では上層で間引きし14層とした。計算期間は世界標準時で2003年3月1ヵ月間とした。RAMS への入力気象データは気象庁 GPV の MSM (メソモデル) データを用いた。

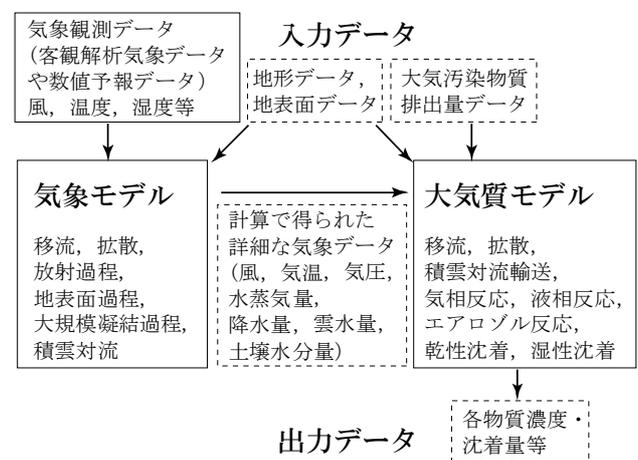


図37 モデル研究での計算の流れを表す図

CMAQ の計算時に用いる側面境界条件(計算領域の東西南北の端で与える水平・鉛直分布)について、2ケースの計算を行った。1つは、アジア領域で別途行われた大気汚染計算で得られた濃度を与えるケースで、これが長距離輸送を考慮することに相当する。もう1つは、各物質濃度の一般的な鉛直分布を与えるケースで、これは長距離輸送を考慮しないことに相当する。

排出量データは環境省が作成した1998年ベースの2次メッシュ面源および3次メッシュ点源セクター別排出データを座標・物質変換して用いた。季節平均的な日内時間変化も考慮している。

### (3) 計算結果

計算結果から得られた知見の一例として、ここでは、計算で得られた PM<sub>2.5</sub>の最下層の濃度時間変化について、大阪市中心部で行われた測定データと比較して示す(図38)。細かな変化はさておき、数日程度以上の長周期変化を見ると、特に長距離輸送を考慮した計算は、観測データの変化の特徴をある程度以上とらえていることがわかる。長距離輸送を考慮しない計算は、観測値と比べて全般に低い値を示しており、特に後半の高濃度事例(図38の85日付近)においては長距離輸送を考慮する計算の値と比べて差が大きい。これは、長距離輸送を考慮しない計算において境界条件として低い PM<sub>2.5</sub>濃度が与えられていることが原因と考えられる。つまり、大陸からの長距離輸送は PM<sub>2.5</sub>の濃度に少なからぬ影響を与えており、その寄与の割合は高濃度事例ごとに大きく異なることが示された。

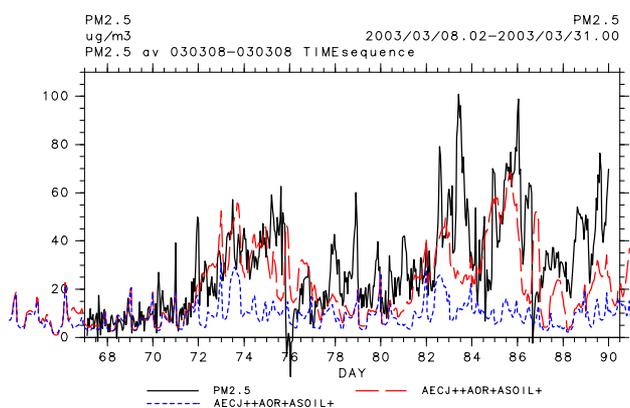


図38 大阪地上観測地点における PM<sub>2.5</sub>濃度の時系列  
黒実線は観測値、赤破線は長距離輸送の効果ありの計算値、青点線は長距離輸送の効果なしの計算値。横軸は観測期間の約24日間であり1月1日を起日とする値。縦軸は  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

## 2.2.6 数値モデル研究一(3) 関東地域の年間解析

### (1) はじめに

関東地域を対象に、大気汚染モデリングシステム RAMS/CMAQ (2.2.5参照) を用いて2001年の年間シミュレーションを行い、PM<sub>2.5</sub>の濃度分布、組成、季節変動、地域外からの流入影響を解析した。本研究では、東アジア地域と関東地域を2重ネストすることにより、関東地域の大気汚染に及ぼす東アジアや国内他地域の影響を考慮した。

### (2) モデルの再現性

モデルの再現性を検証するために、実測とモデルを比較した。図39は東京・狛江(速水・藤田<sup>9)</sup>)における硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩の月平均濃度の比較結果を示す。モデルは硝酸塩の実測結果を良く再現している。硫酸塩のモデル結果は過大傾向にあるが、実測濃度の変動パターンを再現している。アンモニウム塩についてはモデル結果が常に過大であり、特に冬季にその傾向が著しい。これは本研究の排出量データに季節変動が考慮されていないためと考えられ、排出量の見直しが今後の課題である。2001年1月の東京・池袋における EC と OC の実測結果(2.2.2参照)と比較すると、モデル濃度は、ECは過大、OCは過小であるが、どちらも実測濃度の時間変動に追随している。

### (3) PM<sub>2.5</sub>組成濃度とガス/粒子比の季節変動

図40は、関東地域(平野部のみ)における PM<sub>2.5</sub>組成濃度の経月変動を示す。また、図41は、硝酸塩、

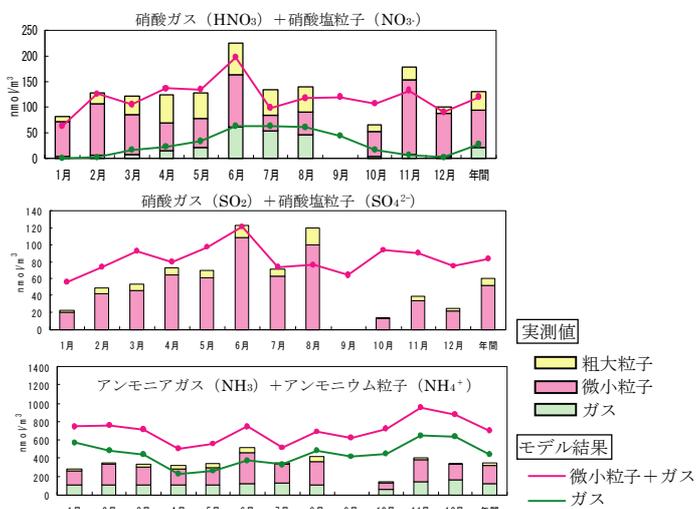


図39 東京・狛江における硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩の実測とモデルの比較

硫酸塩、アンモニウム塩のガス/粒子比の経月変動を示す。

年平均の  $PM_{2.5}$  組成濃度比は、 $NO_3^-$  が 28%、 $SO_4^{2-}$  が 33%、 $NH_4^+$  が 20%、EC が 12%、OC が 7% である。各組成濃度の季節変動に着目すると、 $NO_3^-$  濃度は  $HNO_3$  の粒子化が気温の低い冬季に進むため、夏季に低く、冬季に高い。一方、 $SO_4^{2-}$  は  $NO_3^-$  と逆に、夏季に高く、冬季に低い。 $SO_4^{2-}$  は  $SO_2$  の光化学反応によって生成されるため、光化学反応が活発となる夏季に濃度が高くなる。 $NH_4^+$  は初夏と初冬に高濃度になる。また、EC には季節変動があまり見られない。これに対し、OC 濃度は夏季にやや低く冬季にやや高いことから、モデルは夏季の二次有機粒子生成を大幅に過小評価している可能性がある。

#### (4) 年平均濃度分布

図42は  $PM_{2.5}$  組成の年平均地上濃度分布を示す。各

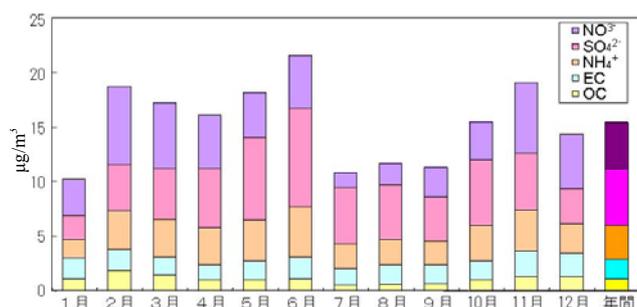


図40 関東地域における  $PM_{2.5}$  組成濃度の季節変動

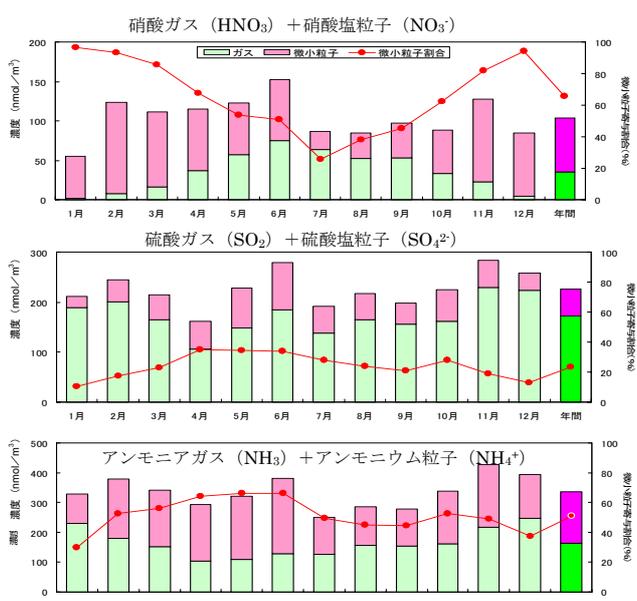


図41 関東地域における硝酸塩、硫酸塩、アンモニウム塩のガス粒子比の季節変動

組成濃度は東京と神奈川の県境付近で高濃度となり、その合計としての  $PM_{2.5}$  も同様の傾向を示す。この原因は、高濃度地域における高密度な自動車排出によるが、エミッション・インベントリ（本研究では JCAP1 の結果<sup>10</sup>）を使用）の問題も考えられ、今後の検討課題である。その他の特徴としては、 $NO_3^-$  は首都圏からの  $NO_x$  の輸送と山岳地域における粒子化によって群馬付近で高濃度となること、OC は植物起源の二次粒子によって関東北部山岳地域で高濃度となること等があげられる。

#### (5) 他地域からの流入影響

図43は  $PM_{2.5}$  成分の他地域からの流入割合を示す。 $NO_3^-$  の流入は夏季にはほとんどないが、冬季には 40% 程度まで増加する。一方、 $SO_4^{2-}$  は大部分が流入分であり、年間を通して、その割合が 80% を超える。

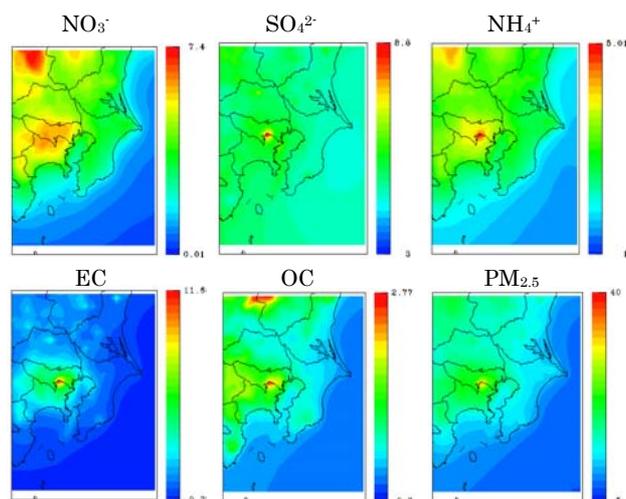


図42  $PM_{2.5}$  の年間地上濃度分布 (単位  $\mu g/m^3$ )

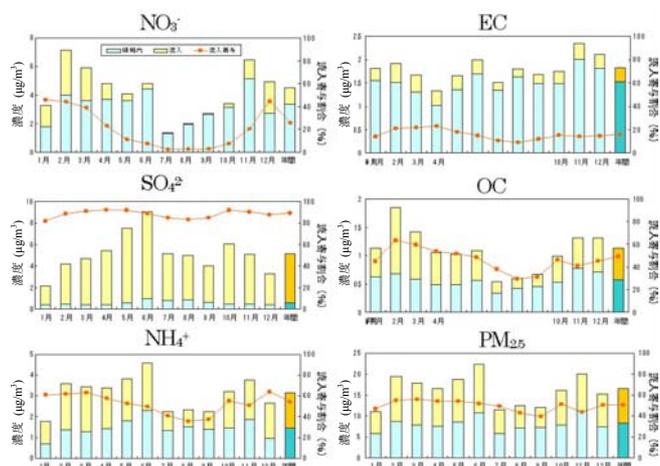


図43  $PM_{2.5}$  の流入割合の季節変動

この原因は、中国からの越境汚染の影響である可能性が高い。NH<sub>4</sub><sup>+</sup>の流入は、夏季にやや減少するが季節変動は小さい。また、ECの流入割合も季節変動が小さく20%前後で推移しており、ほとんどが領域内寄与である。一方、OCは冬季～春季に流入が多く、夏季に少ない。PM<sub>2.5</sub>としては、年間を通して、領域内寄与と流入寄与がほぼ同程度である。

#### (6) まとめ

大気汚染モデリングシステムを用いた年間シミュレーションにより、関東地域におけるPM<sub>2.5</sub>の年間動態を初めて明らかにした。

### 2.2.7 大気汚染予報システム構築の試み

オゾン等の大気汚染物質の動態把握、変化要因の解析、短時間予報等において数値モデルが期待される役割は大きい。その一つは大気汚染の数値予報である。ここでは開発中の大気汚染予報システムについて記述する。

#### (1) 予報システムに望まれること

予報システムは毎日自動的に計算を行い、翌日以降数日先までの大気汚染状況を予報することを期待される。予報結果は、翌日以降の大気汚染濃度の目安を知る手がかりとなる他、高濃度事例を狙い打っての観測を行う際に観測日時・場所決めの参考にできる。また、システムを過去の事例に適用すれば、特徴的な大気汚染事例の理解に役立てることもできる。

#### (2) 予報システムの概要

予報システムの根幹の数値モデルは2.2.5で説明したものとほぼ同様である。予報システムは、この数値モデルを毎日自動で制御し計算させるスクリプトにより構成させる。

気象の入力データとしては、2.2.5と同様に気象庁の数値予報データ（GPV データ）を用いる。

計算領域は、大陸からの長距離輸送の寄与を考慮できる領域の広さと、細かい水平解像度を両立させるために、アジア域、日本域、関東域の3段階ネスティング（計算領域の階層構造）手法を用いて計算させる（図44）。現在は、計算機能力に限りがあるために、関東のみを高解像度で計算しているが、将来的な計算システムの改良および計算機環境の整備により、他地域も高解像計算を行う、

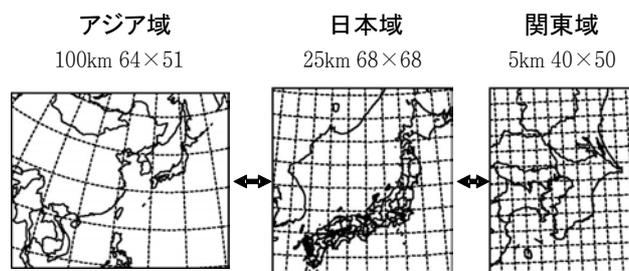


図44 予報システムが現在計算を行っている3段階の計算領域  
各図の上の数値は、左が水平解像度、右が東西・南北計算格子数

もしくは日本域全体を高解像度で計算することが望まれる。

現時点で予報の時間進行は以下のようにになっている。気象庁の気象予報は0 UTC（日本時間9時）と12UTCを初期時刻として進められる。我々のシステムは0 UTCのデータを用いる。気象庁の予報計算はおおよそ6時間を要し、15時（以下日本時間）ころにデータが書き出される。このデータを毎日19時ごろに取得する。20時ごろから、当日の18時を初期時刻としてRAMSとCMAQの計算を行う。計算は45時間分行われるため、翌々日の15時までの計算値が得られる。全ての計算が終わるのが翌朝8時頃であり、画像処理のあと、可視化システムへと渡される。

#### (3) システムの開発状況

予報計算の本体部分に関しては、2005年末から本格的テスト運用を行っている。計算自体は基本的に問題なく行われている。現在は、予期せぬ理由で計算が止まった際のリスタート機能を付加している。

可視化システム部分は開発を進めている。図45に現時点での予報情報発信画面の構成を示す。関東域の結果表示の例である。まず、画面左にはそらまめの空間分布を示し、計算値の検証に役立てる。そらまめデータが利用できない表示時刻であるときにはブランクとなる。右手には予報計算で得られた空間分布が色による等値線図で示される。濃度ランクによる色分けは、画面中央上部で示されており、観測と計算で統一し、結果を比較しやすいようにしている。表示可能な項目はSO<sub>2</sub>、NO、NO<sub>2</sub>、光化学オキシダント（予報はオゾン）、NMHC、浮遊粒子状物質、風向・風速、気温の8つであり、左下で選択できる。表示領域は日本域と関東域（図45参照）が右下で選択できる。表示日時は画面中央下で指定する方法と、

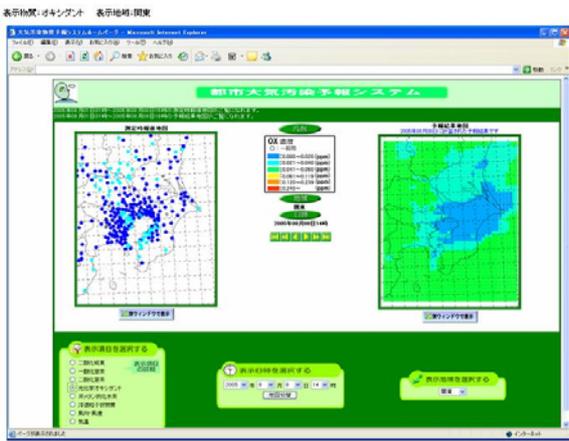


図45 予報システムの可視化画面  
図中の日時と示している結果は対応していない。画面構成等だけを示す図である

画面中央でコマ送り等での進め戻しにより変える方法が可能である。

#### (4) 今後の課題

現在運用中の予報サイクルは、前日予報となっており、当日の朝にその日の日中の濃度を予報できるだけの。前日の夕方までに次の日の最高濃度等の目安が得られることが望ましいため、今後は、予報サイクルの変更・伸張を視野に入れている。気象庁データをフルに使えば約3日先までの予報が可能である。

また、計算精度が翌日の濃度推定の参考になるレベルに到達するためには、発生量データ、気象モデル、大気質モデル、計算設定等も含めて、今後、地道な計算精度の向上を続けていく必要がある。

### 2.3 計測法の検討

#### 2.3.1 PM<sub>2.5</sub>自動計測器の並行試験

##### (1) はじめに

PM<sub>2.5</sub>の質量濃度測定法にはフィルターによる測定と自動測定機による測定とがあり、米国ではテフロンろ紙装着タイプのインパクター一分粒器付ろ過捕集装置(L.V.法、流量16.7L/min.)を基準法として認証している。自動測定器の条件としては、フィルター捕集法による標準法と同等な測定値が得られ、2 μg/m<sup>3</sup>から数100 μg/m<sup>3</sup>までの範囲で安定した測定値が得られることなどが挙げられる。その候補としてTEOM (Tapered element oscillating method) やベータ線式濃度計、光散乱濃度計などがあり、様々な検討が加えられてきた。いずれも問題があることが指摘されており、測定法が確立されてい

るとは言い難いが、他方で自動連続測定の必要性も高まっている。ここでは均一な試料大気を供給できる集合配管システムを利用して、標準法であるFRMと、TEOMおよび各種ベータ線式濃度計との比較評価試験を行った。

#### (2) 実験条件

##### (ア) 集合配管式並行評価試験システム

図46は並行評価試験の模式図を示したものである。集合配管システムは野外大気を導入する吸引ブローア、導入主管(内径800mm)及び各試験機への分岐管(内径14mm)から構成されており、外気は、常時作動能力1.2m<sup>3</sup>/min.を有す吸引ブローアによって導入される。本来、エアロゾルの測定は、等速吸引、大気導入口に近い部分で行うことが望ましいが、今回の実験はPM<sub>2.5</sub>計測装置の比較評価を目的としており、配管内の微小粒子群の均一性確保を優先して、このようなシステム構成とした。配管内の粒子の均一性、分岐管での吸着による粒子損失が無視できることはあらかじめ確認してある。また、ブランク試験は、分岐管にフィルター(Millipore OPTICAP W/Milligard media 0.2 μm NDM)を装着し粒子を捕集した状態での計測で行った。実験は、茨城県つくば市にある独立行政法人国立環境研究所大気モニター棟にて行われた。

##### (イ) 計測装置

比較評価試験に使用した計測装置の計測条件を表2に示した。TEOMは、フィルターに捕集したPM<sub>2.5</sub>の質量を、フィルターの振動周波数から求めている。フィルター部分は半揮発性物質の揮散を防ぐため、通常設定の50℃加温から32℃へ変更し除湿装置を装着した。ベータ線式濃度計は、フィルターに捕集したPM<sub>2.5</sub>質量をベ-

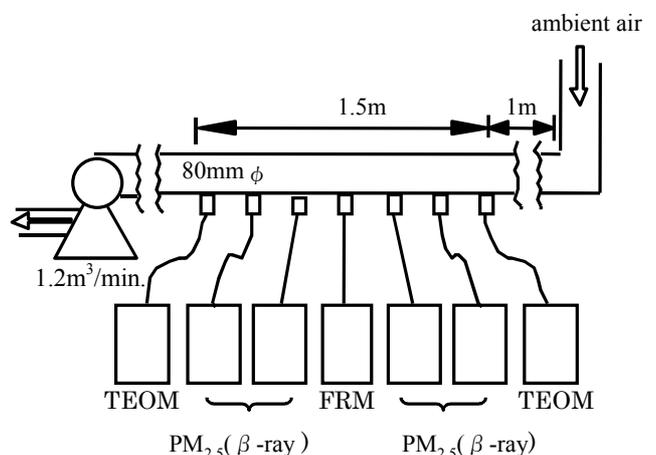


図46 集合配管並行評価試験システム

タ線の透過量から求めている。各機器により、フィルターの材質、厚さ、フィルターの加温方法、ベータ線透過量の検出・演算方法、ゼロ点補正方法が異なるが、詳細は明らかにされていない。ハイブリッド式はベータ線吸収式と光散乱を組み合わせたもので、本装置には独自の湿度コントロールシステムが装着されており、試料導入管の湿度条件を一定にしている。

### (3) 結果とまとめ

冬期（平成14年1～3月および平成17年12月）と夏期（平成14年6～7月および平成17年12月）に行われた並行試験での、FRM との相関をそれぞれ図47に示した。FRM の値は24時間の計測値であり、TEOM、ベータ線式（A～D）およびハイブリッド式の値は1時間ごとの計測値のFRM を計測した期間（24時間）の平均値で示してある。

冬期の並行評価試験では、どの計測器もFRM で得られた値と明確な相関を示した。しかし夏期の計測では、どの計測器もFRM より高い値を示し、ベータ線式濃度計の中には約3倍の値を示した機種もあった。ただし試料採取系に湿度コントロール装置が施されている

TEOM およびハイブリッド式は比較的差が小さかった。ベータ線式計測器の計測値のばらつきは、外気の湿度が高いときに高い傾向を示したことから、計測器に対する大気湿度の影響が無視できない問題であること、計測器には湿度対策を施す必要があることが示唆された。

今回の並行比較試験でみられたその他の問題点を2点挙げる。ひとつはTEOM の指示値が異常に変動する場合があることである。これは夏期のブランク試験の時に発生し、原因として空調機による電氣的もしくは機械的な影響と考えられた。したがって、長期のモニタリングを行う際には、設置条件を十分注意する必要がある。

もうひとつは、ベータ線式計測器のブランクテストの結果、機種により $\pm 15\mu\text{g}/\text{m}^3$ のばらつきをもっていることである。ブランク値の標準偏差および平均値は外気の湿度が75%以上のときに上昇する傾向にあった。フィルターの材質、厚さ、フィルターの加温方法、透過量の検出方法、ゼロ点補正方法などの計測条件が機種ごとに異なるため、ブランク値の特性も異なっている。各種計測器の計測条件は明らかにされていないが、湿度対策が必要な機種があった。

表2 計測装置の計測条件

計測装置	粒子捕集方法	フィルター材質	粒子検出方法
TEOM	インパクター法	グラスファイバー	TEOM <sup>1)</sup>
BAM-1	ろ過法	テフロン	$\beta$ 線吸収式
BAM-2	ろ過法	グラスファイバー	$\beta$ 線吸収式
BAM-3	ろ過法	グラスファイバー	$\beta$ 線吸収式
BAM-4	ろ過法	グラスファイバー	$\beta$ 線吸収式
ハイブリッド	ろ過法	グラスファイバー	$\beta$ 線吸収+光散乱

1) Tapered Element Oscillation Method

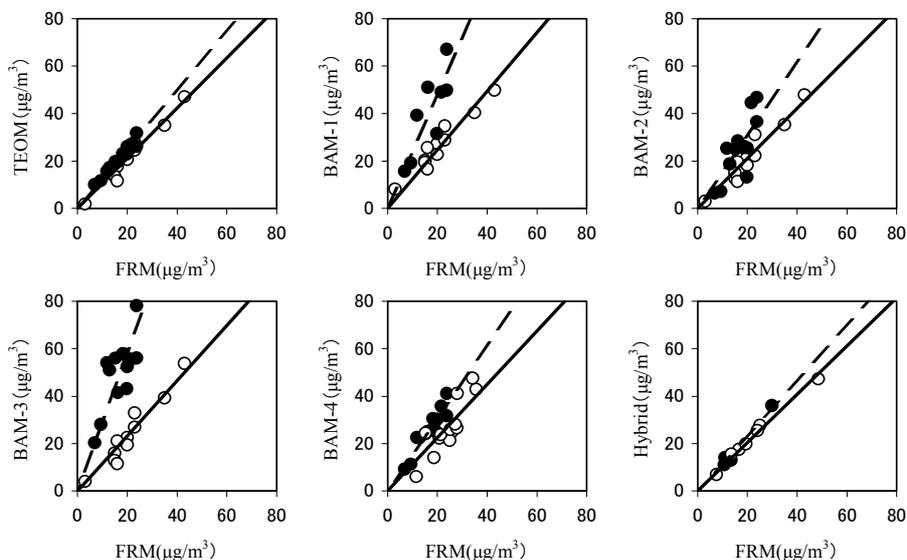


図47 FRM と各測定器の測定値比較 (●: 夏季, ○冬季)

### 2.3.2 BC モニタリング装置の並行試験

#### (1) 背景と目的

黒色炭素 (BC), もしくは元素状炭素 (EC) は, 粒子状物質の主要な成分の一つであり, 大気汚染のメカニズムの解明において非常に重要な成分である。また, 各種の燃焼過程から排出されることから, 発生源寄与の推定における指標や疫学調査や健康影響の基礎データとなる。したがって, BC 濃度を正確に測定することは非常に重要である。

BC 濃度は, 一般にフィルターに捕集し熱分離法によって測定されている (2.3.3参照)。しかし, この方法では高い時間分解能で測定することが難しい。一方, BC が光を吸収する性質を利用して濃度を測定するモニタリング装置が開発されている。この装置では高い時間分解能での測定が可能であり, かつ, 測定が簡便なので, 様々な測定に多く利用されている。しかし, こうしたモニタリング装置には複数の測定原理があり, また, 較正方法等も個々に異なっているため, 測定値の正確さや異なる測定原理による測定値の一致性を検討する必要がある。

そこで, 現在利用が可能な4つの BC モニタリング装置を用いて, 異なる2つの大気環境で並行測定試験を行った。また, 同時にフィルター捕集を行って熱分離・光学補正法により EC を分析し, これらの測定値と比較した。

#### (2) 方法

試験は, 2003年10月23日~11月13日につくば市の国立環境研究所構内の大気モニター棟 (以下, つくば) において, また, 11月14~28日に川崎市池上新町交差点 (以下, 川崎) においてそれぞれ行った。つくばは郊外の地点として主に低濃度を, 川崎は沿道の地点として主に高濃度の試験を行うことを目的として実施した。

本研究で用いたモニタリング装置の概要を表3に示す。フィルター捕集については, ローボリュームサンプラー

表3 BC モニタリング装置の概要

装置	測定原理	捕集メディア	測定間隔
A	反射光	テフロンフィルター	1時間
B	透過光・反射光 (670nm)	ガラス繊維フィルター	1時間
C	透過光 (880nm)	石英繊維フィルター	5分
D	熱分離 (OC: 340°C, TC: 750°C, EC=TC-OC)	金属インパクター	2時間

(R&P, FRM-2000および FRM-2025) を用いて石英繊維フィルターに捕集した。捕集間隔は, つくばでは12時間, 川崎では8時間を基本とした。試料空気の導入については, つくばでは1.2m<sup>3</sup>/min. 程度で吸引しているマニホールドから各装置に導入し, 川崎ではマニホールドを使用せず各装置に直接導入した。また, 捕集粒径は全て PM<sub>2.5</sub>とした。なお, 各装置の流量測定, およびブランク試験を行い, 測定値に対する影響が極めて小さいことを確認した。

フィルター試料の分析は, DRI Model 2001 Carbon Analyzer を用いて行った。分析条件は IMPROVE プロトコル (OC1: 120°C, OC2: 250°C, OC3: 450°C, OC4: 550°C (以上, He 雰囲気), EC1: 550°C, EC2: 700°C, EC3: 800°C (以上, 2%O<sub>2</sub>/98%He 雰囲気)) とした。また, 反射光・透過光により OC の熱分解補正も行った。なお, フィルター試料の分析の詳細については, 2.3.3を参照されたい。

#### (3) 結果と考察

試験期間全体の測定値は, つくばで0.4~18μg/m<sup>3</sup>, 川崎で0.8~61μg/m<sup>3</sup>の値を取った。各装置の濃度変動 (増減の傾向) は両地点ともよく合っていたが, 濃度の絶対値は各装置で異なっており, 最大6倍程度のちがいがあった。測定値の大小関係の傾向は, つくばではB≒C>A>D, 川崎ではA≒C>B>D であった。

図48に, フィルター試料から分析された EC 濃度 (反射光により OC の熱分解を補正; 以下, EC<sub>R</sub>) と, 各装

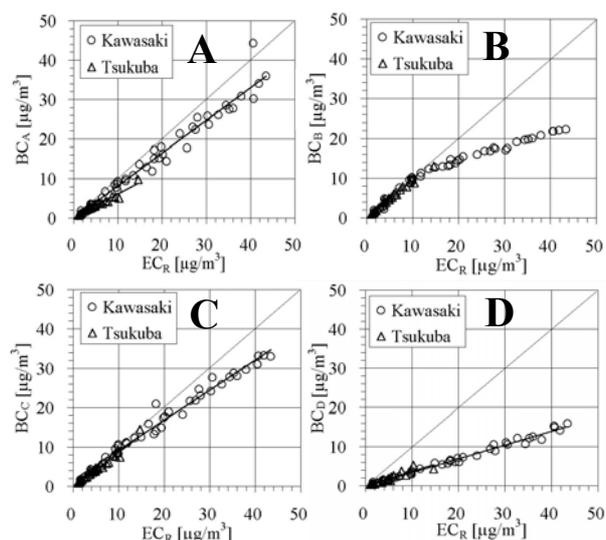


図48 BC モニタリング装置による測定器 (BC<sub>x</sub>) とフィルター分析値 (EC<sub>R</sub>) の比較

置の測定値(フィルターの捕集期間で平均化;BC<sub>x</sub>, X=A, B, C, D) との比較を示す。

A について見ると, BC<sub>A</sub>は EC<sub>R</sub>に比べてやや小さい値を示しているが, 両者の対応は非常に良かった。また, C についても, EC<sub>R</sub>に比べてやや小さいが対応は非常に良かった。これに対して, B は15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度まではほぼ 1 : 1 に対応しているが, それより高いと EC<sub>R</sub>よりも小さくなった。

これら 3 つの装置は光の測定方法は異なるが, いずれも測定量 (A : 反射率, B : 吸収率, C : 透過率) に対してそれぞれ換算係数を用いることで BC 濃度を求めている。B の場合, この換算係数 (質量吸収係数) は, ドイツの 3 地点での測定値とそのときのフィルター分析値との比較から求めたものであり, その際の濃度範囲は 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度までであった。また, 吸収率は, 測定された透過光と反射光 (後方散乱光) を基に, ろ紙とろ紙上に捕集された粒子層を考慮した 2 ストリーム近似法による放射伝達計算から求めている。10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度以下では, B は A や C よりもむしろ地点間のばらつきが小さくなっており, 後方散乱の寄与を考慮した効果が表れていると思われる。それより高い濃度で EC<sub>R</sub>よりも小さい原因として, 放射伝達計算によって吸収率を求める際に一定値として与えられているアシンメトリーファクター (後方散乱の度合を示す) が粒径に依存するため, 高濃度時にはこの値が異なっている可能性が考えられるが, 今のところ明確ではない。

一方, 熱分離方式である D については, EC<sub>R</sub>を大きく下回る値となった。総炭素 (TC) についても比較したところ, フィルター分析値に対して半分程度の値であった。一般に熱分離方式では, OC の熱分解により BC が過大評価されることも考慮すれば, BC<sub>D</sub>が EC<sub>R</sub>を大きく下回った原因が D に関する熱分離条件の設定であったとは考えにくい。一方, D の粒子の捕集は 50% 分離径 0.14 $\mu\text{m}$  のインパクターによって行われている。川崎において, 低圧カスケードインパクターにより捕集し分析した結果では, 0.16 $\mu\text{m}$  以下の TC および EC が 2.4 $\mu\text{m}$  以下のうちの 2 割程度を占めていることから, インパクターに捕集されない粒子の寄与もあると考えられる。なお, OC については, 捕集部が 50 $^{\circ}\text{C}$  に保温されているにもかかわらず, フィルター分析値との差は BC<sub>D</sub>の場合よりも相対的に小さかった。

このように, 4 種類の BC モニタリング装置は, いず

れも濃度変動をとらえるには適していると考えられるが, 濃度自体は装置間で異なっており, また, その関係は濃度範囲や大気環境によっても異なっているため, 測定された濃度を利用する際には注意しなければならない。

### 2.3.3 炭素分析法の検討

#### (1) 緒言

#### (ア) 背景

大気中の浮遊粒子状物質における主要な成分の一つとして, 炭素成分があげられる。炭素成分の由来は, ディーゼル車などから直接排出される一次生成粒子, およびガス状物質から大気中における反応により生成する二次生成粒子がある。このため, 大気中における粒子状物質の挙動を解明する上で, 炭素成分を分析することは非常に重要である。炭素成分は無機炭素と有機炭素 (OC) に分けられる。無機炭素は元素炭素 (EC) と炭酸塩炭素 (CC) からなるが, 一般大気環境では CC 濃度は非常に小さい。したがって, 通常は EC と OC が分析される。

EC と OC の分析法として一般に多く用いられるのは, 熱分離法である。これは, EC と OC の揮発特性のちがいを利用して両者を分離し定量する方法である。熱分離法の分析条件として, 分離温度, 加熱雰囲気, 加熱時間, 昇温速度などがあげられるが, 研究者や分析機関によって様々な条件が用いられているため, 総炭素 (TC) に占める OC または EC の割合は, 試料の性状にもよるが分析条件によってかなり異なる。この原因の一つとして, 本来 OC であったものが分析中に熱分解して炭化することにより, EC が過大評価されていることが指摘されている。しかし, 近年, 分析中の試料にレーザー光を照射して反射光・透過光強度をモニターすることによりこの過大評価を補正する, 熱分離・光学補正法が用いられ始めている。このため, 本プロジェクトでは, DRI Model 2001 Carbon Analyzer (以下, DRI カーボンアナライザー) を導入した。また, 分析プロトコル (分析条件) は, 熱分離・光学補正法の分析プロトコルとして国際的にも使用されている IMPROVE プロトコル (表 4) を主として用いることとした。ただし, これによって得られる分析値についての十分な知見を持ち合わせていなかった。

そこで, DRI カーボンアナライザーを用いて, 熱分解補正の妥当性や, 熱分離法と熱分離・光学補正法の比較, 分析プロトコルの比較など, 炭素分析法の基礎的な検討

表4 IMPROVE プロトコル

フラクション	温度	雰囲気
OC1	120°C	100%He
OC2	250°C	
OC3	450°C	
OC4	550°C	
EC1	550°C	2%O <sub>2</sub> 98%He
EC2	700°C	
EC3	800°C	

を行った。

(イ) 熱分解補正の原理

DRI カーボンアナライザーによる熱分解補正の原理は、以下のものである(図49参照)。He 雰囲気中での加熱によって熱分解が生じ、それによって反射光・透過光強度が低下するが、その後酸素が導入されると、反射光・透過光強度は再び分析開始時の値(初期値)に戻る瞬間がある。それまでに検出された炭素を OC と考え、この時点をも OC と EC の分離点とする。ただし、試料から揮発した炭素が検出器に到達するまでにタイムラグがある(ここで用いた装置では17秒)ことから、反射光・透過光強度がそれぞれ初期値に戻ったあと、このタイムラグを考慮して OC と EC の分離点としている。

分析値は、以下の式のようにして整理する。

$$C_{oc} = C_{oc1} + C_{oc2} + C_{oc3} + C_{oc4} + C_{py}$$

$$C_{ec} = C_{ec1} + C_{ec2} + C_{ec3} - C_{py}$$

ここで、C<sub>py</sub> は熱分解した分として補正する値である。

(2) 同一試料を用いた熱分離法と熱分離・光学補正法との比較

熱分離・光学補正法による分析値が、従来用いられてきた熱分離法による分析値とどの程度異なるかを調べる

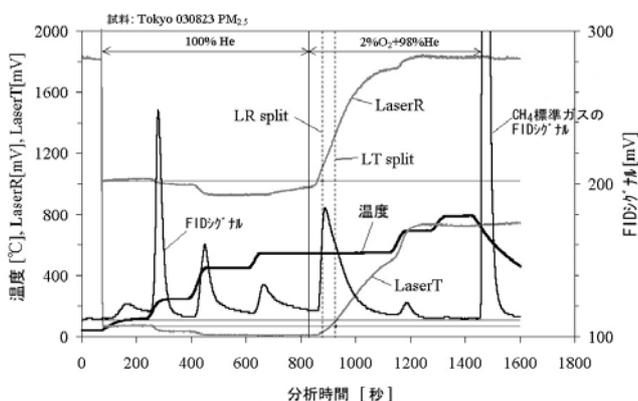


図49 IMPROVE プロトコル

ため、冬季および夏季に、東京(都市部)とつくば(郊外)において、ローボリュームサンプラー(LV)を用いて TSP, PM<sub>10</sub>, SPM, PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>1.0</sub>(TSP と PM<sub>1.0</sub>はつくばのみ)を採取し、各々の方法で分析して比較した。熱分離・光学補正法については、DRI カーボンアナライザーを用いて IMPROVE プロトコルにより分析した。一方、熱分離法については、PerkinElmer Model 2400 II 全自動元素分析装置(以下、CHN 計)を用いて分析した。試料を前処理せずにそのまま分析した値を TC とし、一方であらかじめ試料を100%He 雰囲気の下、550°Cで5分間加熱したのち、CHN 計で分析した値を EC とした。OC は TC と EC の差とした。したがって、OC と EC の熱分離温度・雰囲気は、いずれの方法においても He 雰囲気下550°Cである。

TC 濃度は2つの方法において有意な差は見られなかったが、EC および OC 濃度は方法によって明確に違いが見られた(図50)。EC 濃度は、熱分離法よりも熱分離・光学補正法の方が小さく、熱分離法に対して、反射光によって熱分解補正した場合(EC<sub>R</sub>)の回帰直線の傾きは0.70、透過光によって補正した場合(EC<sub>T</sub>)は0.34であった。すなわち、EC 濃度は、熱分解補正なし>反射光補正>透過光補正という大小関係になった。反射光補正>透過光補正となるのは、透過光の方が反射光よりも初期値に戻るのが遅いため、補正量が大きくなるためである。

また、EC 濃度は、熱分解補正を行わない場合(EC<sub>U</sub>)でも熱分離法よりも熱分離・光学補正法の方がやや小さかった(回帰直線の傾きは0.77)。熱分離温度・雰囲気が同じであるにもかかわらずこのように差異を生じた原因は、熱分離法では550°Cに保たれた炉に試料を挿入して5分間保持するのに対し、熱分離・光学補正法(DRI カーボンアナライザー)では常温から段階的に加熱していったため、両者の間で OC の熱分解の程度が異なっていたことが一因として考えられる。

さらに、方法の違いによる分析値への影響だけでなく、季節の違い、採取場所による違い、粒径範囲の違いによる分析値への影響についても検討したが、方法の違いによる影響が最も大きかった。

(3) 熱分解補正法の検討

DRI カーボンアナライザーによる熱分解補正法が、分析する試料の性質にかかわらず有効に機能するかどうか、

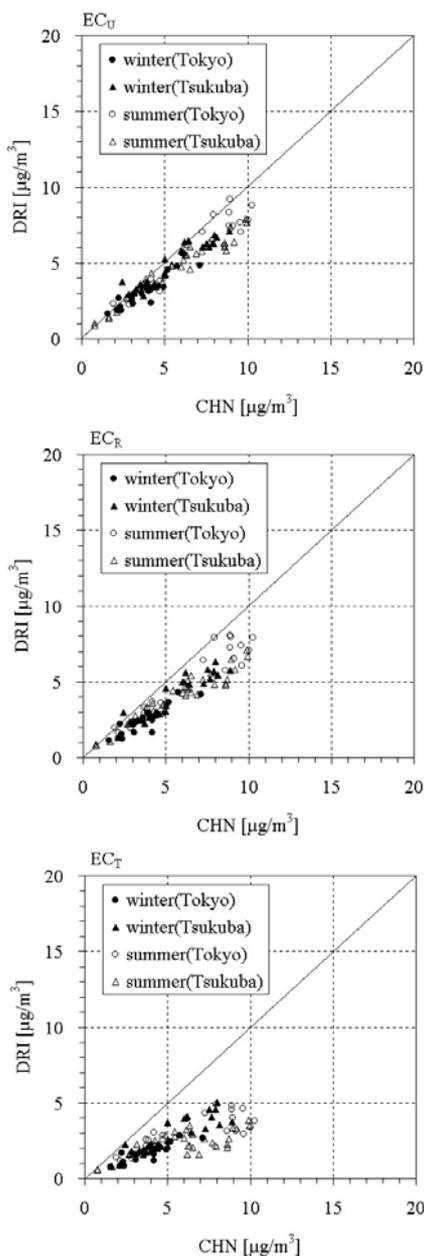


図50 EC濃度に関する熱分離法(CHN)と熱分離・光学補正法(DRI)との比較

検討を行った。

(ア) 捕集量の影響

試料は、東京・大阪(一般都市環境)、川崎(幹線道路交差点)、つくば(郊外)において、ハイボリュウムサンプラーによって石英繊維フィルターに24時間採取したものをを用いた。捕集した粒子の粒径範囲は、東京・大阪・川崎ではSPM、つくばではTSPである。試料の分析条件は、800°Cでも残留する炭素がないかどうか確かめるため、IMPROVEプロトコルに900°C(2%O<sub>2</sub>/98%He 雰囲気)(これをEC4とする)を追加した。しかし、EC4に存在する炭素は認められなかった。

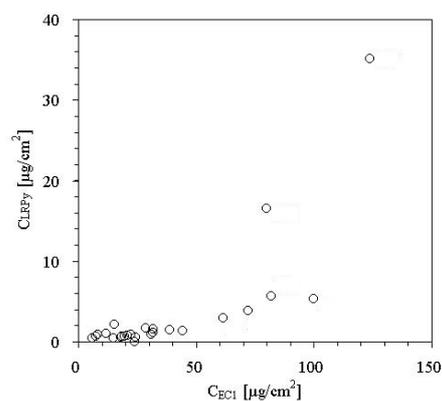


図51 EC1における炭素量(C<sub>EC1</sub>)と、反射による補正量(C<sub>LRPy</sub>)の関係

川崎では単位面積当たりの炭素量が非常に多く(ECで50µg/cm<sup>2</sup>程度以上)、透過光強度の初期値が非常に小さかった(透過率が1%以下)ため、炭化による透過光の低下を検出することは困難であり、適切な補正はできないと考えられた。

一方、反射光の場合は十分な光強度が検出されたが、炭化による反射光の低下はわずかであるのに、補正量が大きくなった。EC1の炭素量(C<sub>EC1</sub>)と反射光による補正量(C<sub>LRPy</sub>)の関係(図51)から、C<sub>EC1</sub>が非常に大きいときに、補正量が大きくなる場合があることがわかった。しかし、C<sub>EC1</sub>がそれと同程度に大きくても、補正量はそれほど大きくない場合もあった。これは、酸素導入直後の反射光強度の上昇速度が大きいと、反射光が早く初期値に戻って、補正量がそれほど大きくならないためであった。

このように、DRIカーボンアナライザーの熱分解補正法は、単位面積当たりの炭素量が非常に多い場合(ECで50µg/cm<sup>2</sup>程度以上)は透過光による補正は困難であり、反射光による補正もEC1のピークの面積・高さ・立ち上がり方、タイムラグの設定、酸素導入直後の光強度の上昇速度が影響し、補正量が過大になる可能性がある。したがって、熱分解を適切に補正するには、試料の捕集量が多すぎないようにコントロールする必要がある。

(イ) 試料形態の影響

試料形態(慣性衝突によるスポット状の試料、およびろ過による一様な試料)のちがいを調べるため、東京とつくばで実施したローボリュウムサンプラーによるサンプリング(前述の(2))と同時に、アンダーセンサンプラー(AN)でも試料を採取した。これらを用いて、アンダーセンサンプラーの2.1µm以下を合計した値

(AN\_<2.1 $\mu\text{m}$ ) とローボリュウムサンプラーの PM<sub>2.5</sub> (LV\_PM<sub>2.5</sub>) について、TC に占める OC および EC の割合を比較した (図52)。

補正を行わない場合 (図中 U), OC の割合はそれほど異ならないが、反射光及び透過光により補正を行った場合 (図中 R 及び T) は、AN\_<2.1 $\mu\text{m}$  の方が LV\_PM<sub>2.5</sub> よりもかなり大きくなっていった。この傾向は他の粒径範囲でも同様であった。AN 試料の場合、分析時にレーザー光が照射される領域には、捕集された粒子の大部分が存在していると考えられる黒い部分と、そうでない白い部分が混在しており、かつ後者の面積の方が大きい (図52の写真)。このため、加熱に伴う白い部分の色の変化が反射光・透過光強度に大きく寄与し、一様に捕集された試料に比べて補正量が大きくなったと考えられる。したがって、慣性衝突により採取されたスポット状の試料については、光による熱分解補正は適切に行えないと考えられる。ただし、補正しない場合の EC 濃度が LV に比べて AN の方が2割程度高くなっていたため、ガス状 OC の吸着や粒子状 OC の揮散、サンプラーの捕集効率などを考慮してさらに検討する必要がある。

#### (4) 異なる分析プロトコルの比較

同一試料 ((3) (ア) で使用したのと同じもの) かつ同一装置 (DRI カーボンアナライザー) を用いて、典型的な3つの分析条件 (表5) を例にとり、分析プロトコルによる OC と EC の割合の違いを調べた。条件1は IMPROVE プロトコルに EC 4を追加したものである。条件2は、NIOSH プロトコルをシミュレートすることを想定して設定した。条件3は、有酸素下での熱分離を行うものとして設定した。図53に比較の一例を示す。なお、TCは条件にかかわらず5%以内で一致していた。

補正を行わない場合、OC の割合は、条件3 < 条件1 < 条件2 となった。条件2では、850 $^{\circ}\text{C}$ ・900 $^{\circ}\text{C}$ で検出された分が OC 全体の3~5割であった。一方、反射光および透過光で補正した場合、条件1と条件3は OC の割合が上がったが、条件2は酸素導入前に反射光および透過光が初期値に戻ってしまったため、アナライザーの結果出力では補正值が出てこなかった。そこで、DRI カーボンアナライザーの補正原理に基づいて、反射光が初期値に戻ったところを OC と EC の分離点として手作業で補正した結果、逆に EC の割合が上がった。これにより、反射光補正については、概ね3つの条件相互の OC の差

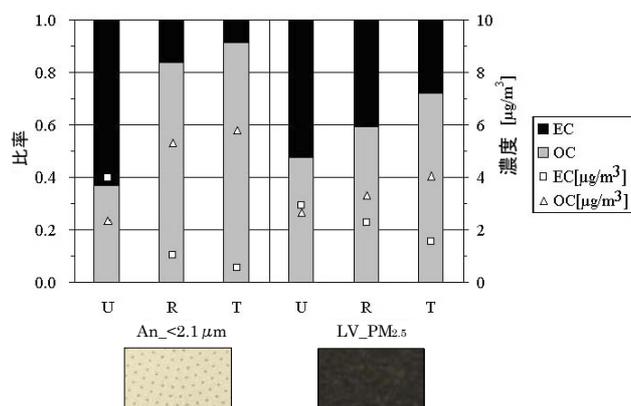


図52 アンダーセンサンプラーの2.1 $\mu\text{m}$  以下を合計した値、(AN\_<2.1 $\mu\text{m}$ ) とローボリュウムサンプラーの PM<sub>2.5</sub> (LV\_PM<sub>2.5</sub>) との比較

表5 比較した分析条件

フラクション		条件1	条件2	条件3
OC1	100% He	120 $^{\circ}\text{C}$	250 $^{\circ}\text{C}$	350 $^{\circ}\text{C}$
OC2		250 $^{\circ}\text{C}$	450 $^{\circ}\text{C}$	-
OC3		450 $^{\circ}\text{C}$	550 $^{\circ}\text{C}$	-
OC4		550 $^{\circ}\text{C}$	850 $^{\circ}\text{C}$	-
OC5		-	900 $^{\circ}\text{C}$	-
EC1	2% O <sub>2</sub> /98% He	550 $^{\circ}\text{C}$	550 $^{\circ}\text{C}$	550 $^{\circ}\text{C}$
EC2		700 $^{\circ}\text{C}$	700 $^{\circ}\text{C}$	700 $^{\circ}\text{C}$
EC3		800 $^{\circ}\text{C}$	800 $^{\circ}\text{C}$	800 $^{\circ}\text{C}$
EC4		900 $^{\circ}\text{C}$	900 $^{\circ}\text{C}$	900 $^{\circ}\text{C}$

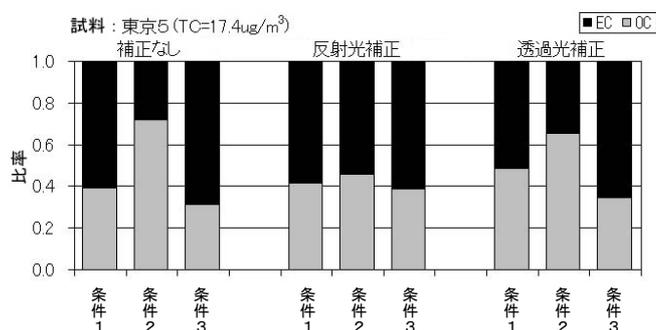


図53 同一試料を用いて3つの条件により分析したときの TC に占める OC および EC の割合

は小さくなった。透過光補正については、反射光補正に比べて3つの条件における OC の割合にばらつきがあった。

### 2.3.4 微小粒子の粒径別試料採取法の検討

#### (1) はじめに

大気エアロゾルの粒径別の捕集方法のひとつにインパクターが挙げられる。再飛散等の問題があるものの、 $\text{sub}\mu\text{m}$  以下においても分級可能な低圧多段分級インパクター (LPI) は $50\text{nm}$  以下のナノ粒子の有効な捕集方法の一つであり、ナノ粒子の研究においても重要な役割を果たすと考えられる。ディーゼル排気粒子 (DEP) や沿道大気において LPI で粒子を捕集し、その後、化学分析を行おうとする際には、LPI に用いる捕集材を測定項目に応じて選択する必要がある。一方、捕集材によって捕集特性が異なるために、異なる捕集材を用いて並行採取した試料の分析結果を相互比較する際に、粒径分布が化学成分によって異なるという問題が生じる可能性がある。そこで、DEP、沿道大気粒子の重量粒径分布について、インパクターの機種種の差、捕集材の差を、ナノ粒子を含めた広範な粒径で検討し、化学分析の結果を理解するためのデータを得た。

#### (2) 方法

DEP の試料は平成9年度排出ガス規制適合のディーゼル貨物車 (3L 直噴, GVW :  $3155\text{kg}$ , 最大積載量 :  $1150\text{kg}$ ) を用い、シャシーダイナモ装置上で過渡運転を30分間行って得た。沿道大気粒子については2004年に川崎池上新町交差点において、24時間の捕集を行った。使用したインパクターは、LP-10 (Dekati ; ELPI) を2台、NanoMoudi-II (MSP ; Model 125B) である。採気流量はいずれも $10\text{L}/\text{min}$  である。これらのうち、2台を並列に用いて粒径別の試料を得た。LP-10の捕集材にはアルミホイル (Al)、石英フィルター (Q ; PALLFLEX ; 2500QAT-UP) およびポリカーボネートフィルター (PC ; OSMONICS) を用いた。NanoMoudi にはアルミホイルを用いた。

#### (3) 結果と考察

図54に LP-10 Al, LP-10 Q, および NanoMoudi で得られた DEP の重量粒径分布を示す。LP-10 Q のみ、他と採取日が異なる。モードの位置に注目して比較すると、LP-10 Al で得られたモードは $50\sim 90\text{nm}$ , LP-10 Q は $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$ , NanoMoudi は $0.1\sim 0.2\mu\text{m}$  となり、それぞれ異なる結果となった。LP-10 Al が最も小さなモード径となった理由として、インパクション面に積もった粒子の

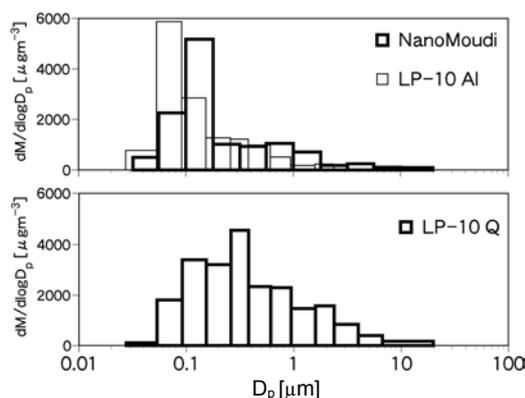


図54 各捕集材、インパクターで得られた DEP 重量分布

堆積物がインパクター内の高速の空気流線で崩れ、その段から離れて下段やノズルに捕そくされる現象 (blow off) が起きたと考えられる。ただ、Stage1 ( $30\sim 60\text{nm}$ ) においては、アルミを用いて捕集しても、上段からの blow off を受けた粒子の含有は少ないことが有機分析から示唆されている。一方、NanoMoudi は LP-10 に比べノズルの数が多くかつ、回転しながら捕集するので堆積物が高くなり、blow off の影響が比較的小さいと考えられる。次に捕集材の差について述べる。LP-10 Q も blow off が起こったと考えられるが、石英フィルターは繊維状で表面が粗いため、堆積物が崩れても、その段から離れて下流の段やノズルに捕そくされる粒子は少なかったと考えられる。石英フィルターでは、スポット以外のところも黒くにじんでおり、その部分で大部分の blow off を受けた粒子が捕そくされたと考えられる。LP-10 Q は最も大きなモード径となったが、これはインパクションとともに、filtration によって捕集効率が上がり、本来のカット径よりも小さい粒径で捕集効率が50%になっている可能性が考えられる。また、フィルター自身の厚みにより、各段での捕集効率が上がっている可能性も考えられる。LP-10 PC では LP-10 Al と同じ位置にモードを持つ粒径分布が得られ blow off が起きていたと考えられる。沿道大気粒子の捕集時においては LP-10 Q と NanoMoudi のモードの位置は一致していた。ところが LP-10 Al, LP-10 PC で得られたモードは LP-10 Q のモードに比べ二つ下段の小粒径側にシフトしていた。両者ともに blow off が起こっていたと考えられるが、DEP 捕集時に比べ大気中粒子濃度は低い捕集時間が長いので、捕集量としてはさほど DEP 捕集時と変わらないことが原因と考えられる。blow off を防ぐためには、試料重量が最大となる段で blow off が起こらない程度に粒子

表6 インパクターの機種、捕集材と化学分析等の組み合わせによる利点、欠点

	捕集	重量測定	EC	OC	有機分析	DTT
LPI-Q	△filtration	△水分	○	△ガス吸着	△ガス吸着	△ガス吸着
LPI-AI	△blow off	○	○(EC3は×)	○	○	×
LPI-PC	△blow off	△静電気	×	×	×	○
LPI-Au	△blow off	○	○	○	○	○
NanoMoudi-AI	○	○	○(EC3は×)	○	○	×

が捕集されるように捕集時間を調節する必要がある。一方、化学分析のためにある程度の量を集める必要もある。特に、重量でみると小さいナノ粒子について、秤量の感度および分析感度以上の量を集めようとするると重量分布で最大を示す段に捕集される量が必然的に多くなる。殊に、DEPは粒径分布の分散が小さいので、ある特定の段に集中して捕集されることが顕著である。したがって、正確な粒径分布を得るためか、化学分析のために試料を得るためか等の目的に応じた捕集条件の設定が必要である。

表6に化学分析のための試料を得る際に起こると考えられる問題点をまとめる。どの情報を得るかによって、機種と捕集材を選択する必要がある。

### 2.3.5 微小粒子の粒径別有機成分分析法の検討

#### (1) はじめに

粒径約50nm以下の粒子(ナノ粒子)による人への健康影響が懸念されているが、その化学組成や発生源は十分明らかになっていない。しかし、有機分析についてみると、ナノ粒子は質量が小さいため、一般的な前処理法である溶媒抽出法を適用することは、感度の点から容易でない。一方、粒子を加熱し脱着された成分をGC/MSで分析する方法(加熱脱着GC/MS法)は微量の粒子に適用できると期待されるが、サンプル中有機成分の熱分解の程度は十分把握されておらず、最適な脱着条件も分かっていない。そこで、本研究では、加熱脱着GC/MS法を微量の粒子に適用する際の最適条件、熱分解特性、定量性等を検討した。

#### (2) 方法

C12~C60 n-アルカン混合標準溶液(スペルコ, ASTM D5442)、川崎市沿道およびつくば市一般環境で採取した大気中総浮遊粒子(KwTSP, TkTSP)、及びディーゼル排気粒子(DEP)を条件検討に用いた。加熱脱着には熱分解装置Py-2010iD(フロンティアラボ)を用いた。GC、

MS及びGCカラムにはそれぞれGC6890N, 5973N, DB-5 (30m, 0.32mm i.d., 0.25µm df; Agilent Technologies)を用いた。上記粒子サンプルを対象に、より高沸点の化合物を高感度に検出できるように、脱着時間、脱着温度、昇温条件等の加熱脱着条件を最適化した。

#### (3) 結果と考察

最適な加熱脱着時間を把握するため、脱着温度を350°C一定(定温法)とし、加熱脱着時間を変えてTkTSPを分析した(図55)。脱着は1分間でほぼ完了し、10分間加熱しても結果は同等であった。次に、定温法での最適な脱着温度を把握するため、脱着時間を1分間とし、脱着温度を変えてTkTSPを分析した(図56(a))。脱着温度が350°Cの時に、C18の保持時間以降のピークやハンブ(約17~27分のベースラインの盛り上がり)の高さが最高となった。脱着温度250°C以下では高沸点成分の脱着が不十分であり、逆に550°C以上では顕著に熱分解が起き、ピーク・ハンブ高さが低下した。脱着温度を室温から徐々に上げていく昇温法では、定温法より熱分解が起きにくかった(図56(a, b))。昇温法では脱着されやすい成分が順次脱着され、不必要に高温に曝されないためと推測される。検討した条件のなかで、定温法(350°C)と昇温法(最高温度350, 450°C)の時にピーク・ハンブ高さが最

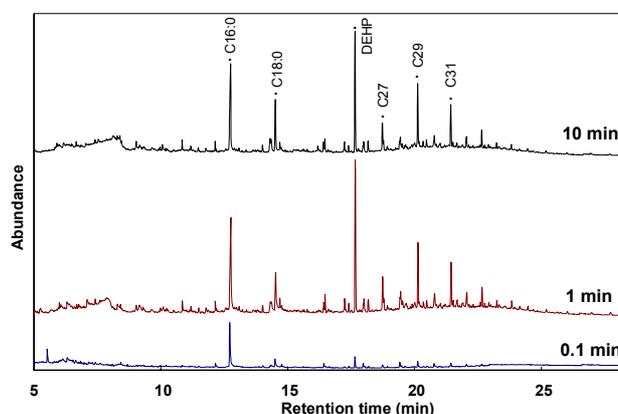


図55 脱着時間を変えた際の大気中総浮遊粒子(TkTSP)のトータルイオンクロマトグラム(定温法@350度)

高となった。本研究では、より完全な脱着を期待し、昇温法50°C→50°C/min→450°C（2 min）を最適な加熱脱着条件として選定した。最適条件下で、C12～C36n-アルカンに対して直線性のよい検量線（ $R^2 \geq 0.988$ ，数～80ngの範囲），及び良好な添加回収率（94～118%）が得られた。

溶媒抽出法に基づく分析法では一般的に mg オーダーの粒子が必要であるが、本手法を用いることで、極少量（数～20 $\mu$ g 程度）の粒子で分析可能となり、ナノ粒子の有機組成を把握することが可能になった。

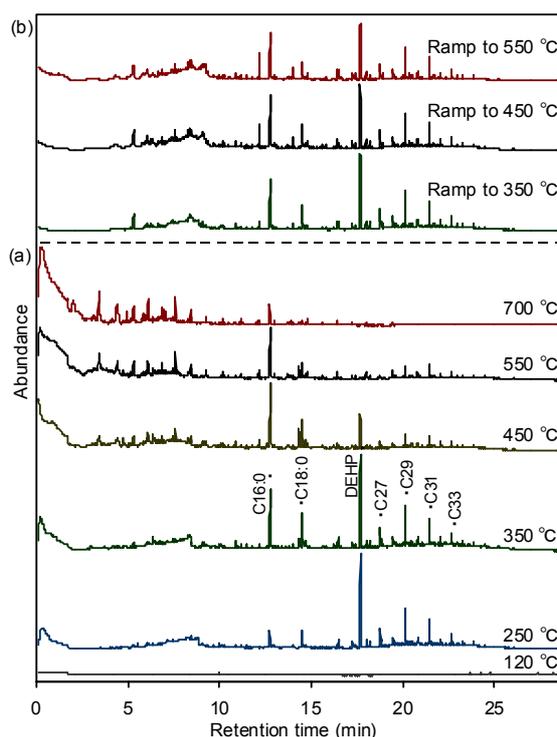


図56 脱着温度を変えた際の大気中総浮遊粒子（TKTSP）のトータルイオンクロマトグラム  
 (a) 定温法（120,250,350,450,550,700°C, 1 分間）  
 (b) 昇温法（最高温度350,450,550°C。50°Cから50°C/minで昇温し、総脱着時間が10分間となるよう最高温度で一定時間保持）

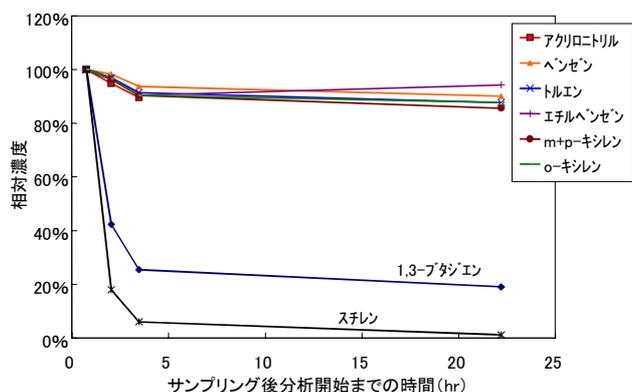


図57 遮光バッグ内でのVOCs濃度の経時変化

### 2.3.6 自動車排出ガス中 VOCs 測定法の検討

(1) はじめに

自動車から排出される揮発性有機化合物（VOCs）の量を成分ごとに把握することは、自身の毒性の他、オゾンや粒子の前駆物質としての観点から重要である。しかし、日本の車両についての排出ガス中 VOCs 測定例は少なく、総排出量に対して大きく寄与すると考えられるコールドスタート（冷始動）での測定例も少ない<sup>11)</sup>。また、米国における NMOG 法など従来の測定法では、種々の要因のため精度の高い測定が行えないという指摘<sup>12)</sup>もある。本研究では、自動車排出ガス中 VOCs 測定時の試料採取法に注目し、従来法における問題点を把握し、より妥当な採取・測定法を検討した。

(2) 方法

2L ガソリン貨物車（1994年式，三元触媒付）を対象に、シャシーダイナモメータを用い、60km/hr 定常走行（以下「定常」）、10・15モード（ホットスタート）、11モード（コールドスタート）での測定を行った。排出ガスの希釈には、希釈率を大きく変えるため、ガソリン用希釈システム（Gs.CVS）、ディーゼル用希釈システム（D.CVS）、D.CVS+2段希釈システム（2ndT）の3種を適宜使用した。試料採取にはテドラーバッグ（ポリフッ化ビニル製）またはステンレス製キャニスターを用い、保存中の対象成分の経時変化を調べた。採取したサンプルは濃縮装置（TD-1, Shimadzu）で濃縮後、加熱脱着しGC/MS（GC-17A, QP5050A, Shimadzu）により有害大気汚染物質のうちの16VOCsを定量した。容器を用いず直接濃縮し分析すること（直接濃縮法）も試みた。

(3) 結果と考察

Gs.CVS を用い10・15モードでの排出ガスを遮光したテドラーバッグに採取した後のVOCs濃度の経時変化を図57に示す。塩素化合物は極低濃度で、しばしば不検出であった。ベンゼンやトルエンなど安定な成分は22時間後でも約10%減少する程度であるが、1,3-ブタジエンとスチレンは、2時間後には50%以下の濃度となった。この間、THC濃度は一定していたが、NO濃度が1,3-ブタジエンよりゆっくり低下しNO<sub>2</sub>が増加した。バッグを遮光しなくても結果は同等で、キャニスターを用いた場合も同等の結果であった。排出ガスの希釈率を約2倍にすると、バッグ保存中の濃度減少速度は約半分になった。

濃度低下により反応性が抑制されたためと考えられる。一方、直接濃縮法では、採取約1時間後に分析した場合に比べ、ベンゼン等は同程度であるが、1,3-ブタジエンとスチレンは約20%以上高濃度であった。直接濃縮法で、3種の希釈システムを用い希釈率を35, 71, 530倍と変えても、10・15モードでの組成は同等であった。希釈率の影響が現れなかったのは、分析までの時間が短いためと推測される。また、定常走行時に濃縮時間を1, 5, 10分と変え測定した結果、定量値は濃縮時間に比例した。以上から、反応性の高い成分は、容器保存中に反応により一部消失すると考えられる。すなわち、バッグ採取に基づく従来法では、高反応性成分の定量値が過小になる可能性がある。一方、直接濃縮法では、今回の試験の条件下では、試料濃縮時に対象成分はほとんど消失していないと考えられた。定常、10・15, 11モードでの排出ガス中総炭化水素 (THC) 濃度はそれぞれ180, 500, 2540ppmと大きく異なるため、単一の希釈システムで全走行モードを測定することは困難であったが、定常と10・15モードにGs.CVSを用い、11モードに2ndTを用いることで直接濃縮法による測定が可能になった。走行モードごとのVOCs/THC濃度比の変動は小さかったが、10・15モードではベンゼンが他成分より相対的に高濃度であった。

## 2.4 実験研究による毒性評価

PM<sub>2.5</sub>と循環器障害による過剰死亡率に相関を有することが疫学研究によって報告されてから、多くの研究者がそれらのメカニズムを解明しようと試みて、動物実験を実施しているが、いまだに明確な結果が出ていない。

平成11~13年度までの「ディーゼル排気微粒子 (DEP) の健康影響の特別研究」で、ディーゼル排気微粒子 (DEP) の呼吸器・循環器に対する影響について基礎的な研究を行い、以下のようなメカニズムの解明と循環器障害の仮説を立てた (図58)。すなわち、DEあるいはDEPの曝露によって、ガス交換障害を主とする呼吸機能の低下が起こり、それに伴い、動脈血液中の酸素濃度の低下および二酸化炭素濃度の増加が起こることが確認された。また、これらの変化は、心臓負荷を増大させ、循環機能の低下をもたらすことが、右心室壁の肥厚や不整脈の出現によって明らかにされた。さらに、DEP曝露は、生体の免疫力を低下させ、細菌感染を起こりやすくし、細菌の出す毒素を増悪させることが判明した。細菌毒素による炎症の悪化は肺水腫や肺での循環障害を引き起こ

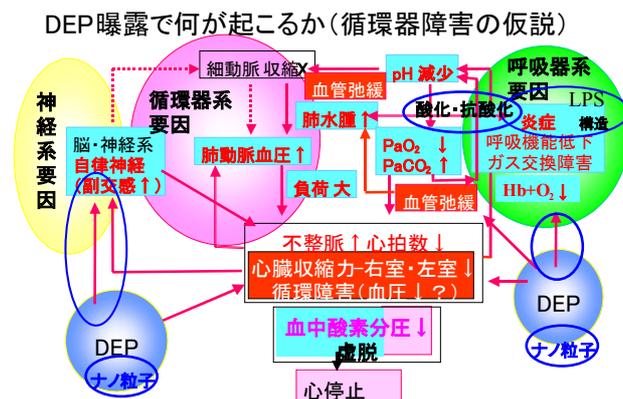


図58 平成13年度までの DEP 特別研究で明らかとなったメカニズム (赤枠, 赤い字) と循環器障害の仮説 (青の楕円で囲んだところは、平成14年度以降に重点的に実験を行った)。

## DEPの健康影響—再考

- 呼吸器**
  - 肺がん
  - アレルギー
  - 喘息・呼吸器疾患
- 循環器?**
  - 血管影響** 血管の弛緩反応の鈍化  
血管内皮細胞によるNO産生
  - 心筋影響** 負の変力および変時作用  
不整脈誘発
  - DEPから血管・心筋作用がある**
- 批判: DEPは多種類の化学物質から構成されている(800-2000)。**  
→何の結果が出てもし思議ではない。
- ITX-2004, Tampere, Finland  
**化学物質(生物活性, 生理活性を持つ)を同定すべき影響評価, 対策に有益。**

図59 研究の背景模式図

すことから、心臓と血管の負荷を大きくするため、循環器障害は大きくなることが推察され、DE曝露は死亡率を高める重要な要因になりうる事が示唆された。

上記の実験に基づく仮説に立って、DEPの健康影響を整理し、考えを直してみると図59のように、呼吸器、循環器影響の全体像が浮かび上がってきたが、「DEPは300~2000種類の化学物質が混在するから、どのような結果が出てもし思議でない」との批判があり、フィンランドのタンペレで2004年に開催された第10回国際毒性学会 (ITX-2004) では、「DEP中の生物活性や生理活性を持つ物質を同定すべきで、化学物質の同定によって影響評価や対策に有効である」との議論が行われた。

そこで、このような背景を踏まえ、本研究では DEPを対象物質としてディーゼル排気の曝露実験と組織培養を含む *in vitro* の実験を組み合わせることにより、その DEP や PM がどのような機序で心肺循環器系に障害を

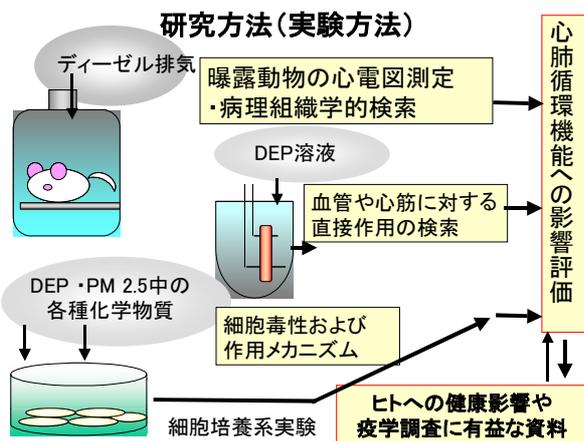


図60 研究の背景模式図

及ぼしているかを明らかにすることを目的として(図60), DE, DEPあるいはPMの粒子に毒性が強いのか, それとも粒子の周りに付いている化合物の毒性が強いのか, また, 心電図の解析と薬理作用を中心とした循環器影響と, DEP中に心臓あるいは血管に作用する物質があるか, あるとすればどのような化学物質か, について *in vivo* と *in vitro* の実験を交えて報告する。さらに, DEPの免疫・アレルギーに関与する影響, DEPによる呼吸器炎症の増悪についての研究成果も述べる。

一方, これまでの疫学研究では, PMと心臓血管疾患に関連性が高いことと老人や心臓・血管に障害を持っている人はいわゆるハイリスク集団であることを示していたが, これらの過剰死がどのような機序で起きるか, また, その要因についても明確になっていないのが現状であるので, 加齢動物や薬物による心筋症動物に対するDEあるいはPMの影響についても心電図学的に検討した。

また, その他の健康影響として, DEがマウスの雌性生殖器官および第2世代に対する影響についての研究成果についても記載した。

#### 2.4.1 DEPがアレルギー反応に及ぼす影響とその機構について

抗原提示はリンパ球の活性化に重要であり, アレルギー反応の要因となる気道過敏やIgE抗体産生の増加に関与していることから, DEPが喘息様病態と抗原提示細胞に及ぼす影響について検討した。その結果, ラットを用いた *in vivo* の検討において, 喘息様病態の指標である肺抵抗値はDE曝露により増加し, 抗原併用曝露群において最も高値を示した。また, 縦隔リンパ節細胞の増殖

能もDE曝露により増加し, 抗原併用により増強されたことから, 活性化された抗原提示細胞がリンパ節に移行した可能性が示唆された。抗原提示に関わる細胞表面分子(Ia, B7.1, B7.2)の発現における *in vitro* の検討では, DEPはラット肺胞マクロファージには影響を与えなかったが, 末梢血単球のそれらの分子の発現を濃度依存的に増加させた。また, その作用はDEP中の残渣粒子よりも有機抽出物の方が強く(図61), 有機抽出物は単球の抗原提示機能も増加させることが明らかとなった。さらに, 酸化ストレスマーカーであるheme oxygenase (HO)-1の誘導能も有機抽出物の方が強く(図62), DEPによる単球のIa分子の増加は, 抗酸化剤であるN-acetyl-L-cysteine (NAC)の添加により抑制された(図63)。

以上の結果から, DEPは喘息様病態の発症または増悪に関わること, また未熟な抗原提示細胞に作用してその機能を増加させること, その活性はDEP中の有機成分による酸化ストレスが主要要因である可能性が示唆された。DEPによるアレルギー反応増悪の過程には, 酸化ストレスを介した抗原提示細胞の活性化が関係している可能性がある。

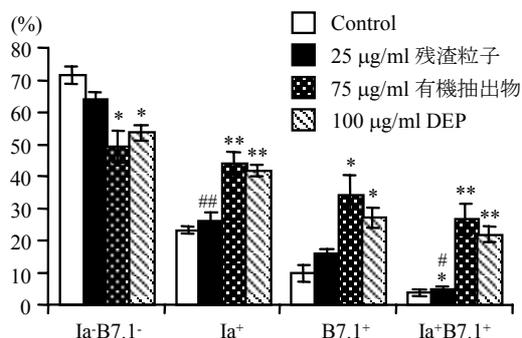


図61 DEPの構成成分が単球のIaとB7.1分子の発現に与える影響

(\*p<0.05, \*\*p<0.01 vs Control #p<0.05, ##p<0.01 vs DEP)

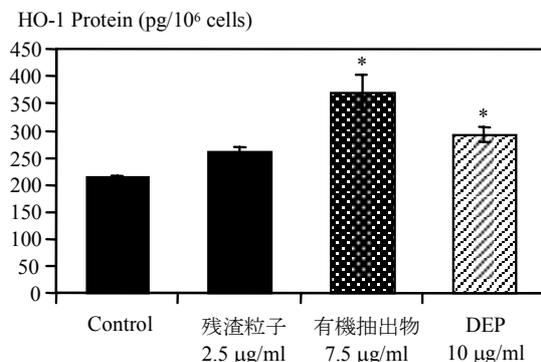


図62 DEPの構成成分による単球のHO-1タンパク質の誘導 (\*p<0.05 vs Control)

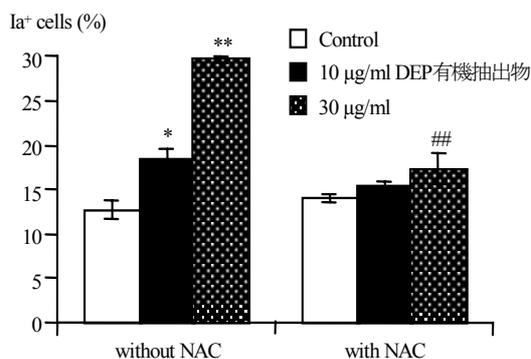


図63 NACの添加によるDEP有機抽出物に誘導されるIaの発現増加の阻害  
(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  vs Control # $p < 0.05$ , ## $p < 0.01$  vs without NAC)

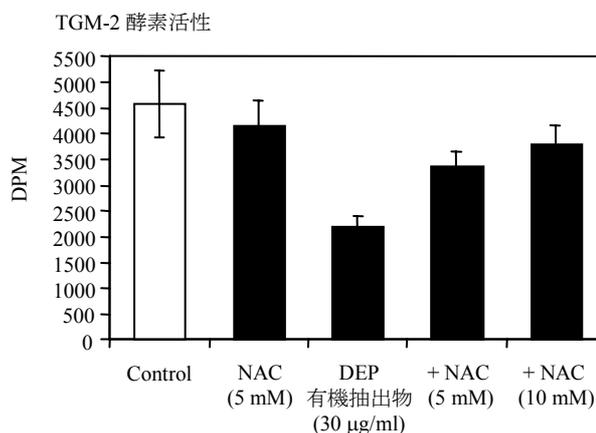


図65 DEP有機抽出物に誘導される肺胞上皮細胞のTGM-2酵素活性の低下とNACの作用

## 2.4.2 DEPによる毒性影響の包括的解析と毒性スクリーニング手法の開発

DEPに対する肺構成細胞の初期反応を包括的に解析し、鋭敏な指標の検出と評価手法について検討した。cDNAマイクロアレイを用いた遺伝子解析により、DEPの有機抽出物の曝露は、ラット肺胞マクロファージにおける heme oxygenase (HO)-1, HO-2, thioredoxin peroxidase-2, glutathione S transferase-P, NAD(P)H dehydrogenase などの抗酸化系酵素を主に誘導することを明らかにした。また、肺胞上皮細胞においては、同様の抗酸化系酵素の他、細胞外マトリックスの調節因子である plasminogen activator inhibitor 等の著明な増加および tissue-type transglutaminase (TGM)-2の著明な低下が観察された。以上のことから、DEP曝露に対する肺構成細胞の初期反応としては、防御系の因子と細胞外マトリックスの制御に寄与する因子が動く可能性が示唆された。また肺胞マクロファージと肺胞上皮細胞における最も鋭敏な変化は、HO-1遺伝子発現の増加であり、これはタンパクレベルでの増加も確認した。TGM-2の酵

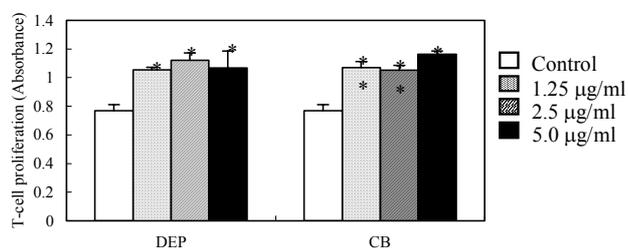


図66 DEPまたはCB曝露による樹状細胞のT細胞増殖活性の促進  
(\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  vs Control)

素活性もまた有機抽出物の濃度依存的に低下した。さらに、有機抽出物によるHO-1タンパク質の増加とTGM-2の酵素活性の低下は、いずれもNACの添加により阻害された(図64, 65)。これらのことから、DEPの主な毒性影響の要因として、酸化ストレスが挙げられ、HO-1が鋭敏な指標となることが示唆された。そこでHO-1タンパク質をより簡便に定量するために、ELISA法での実験系を確立し、以後の研究に役立てた。

この他、免疫担当細胞である強い抗原提示機能を持つ樹状細胞に着目し、この細胞を用いた毒性影響評価法についても検討した。マウス骨髄細胞から樹状細胞へ分化させる実験系を確立し、そこに粒子状物質を添加し、細胞分化および機能に与える影響について、分化マーカー(MHC class II, CD11c, CD80, CD86, DEC205)やT細胞増殖刺激活性等の観点から検討を行った。その結果、DEPやカーボンブラック等の粒子状物質は、樹状細胞の活性化を促進する作用が示された(図66)。

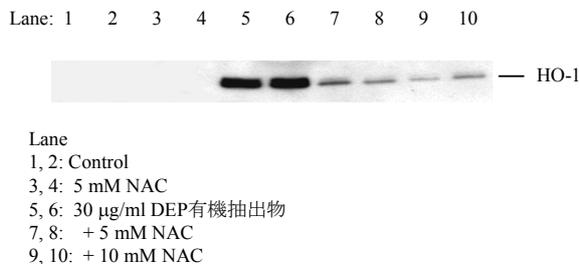


図64 DEP有機抽出物に誘導される肺胞上皮細胞のHO-1タンパク質の発現とNACの作用

### 2.4.3 培養細胞を用いたDEPの毒性スクリーニングと影響評価

培養細胞へのディーゼル排気粒子（DEP）抽出物曝露は DEP の毒性を簡便に評価するため、又、心肺循環機能に及ぼす障害作用機序を解明するために有用である。肺胞に沈着した DEP 粒子は肺胞表面のサーファクタント層に溶解し、その溶解した様々な化学物質や金属の一部が肺胞上皮細胞や血管を構成する細胞に傷害を与えることで心肺循環機能に傷害をおこす可能性がある。そこで、肺胞上皮細胞、血管内皮細胞、線維芽細胞、平滑筋細胞への影響評価を行った。

DEP 抽出物は国立環境研究所のディーゼル曝露装置から採取した DEP のジクロロメタン抽出物をジメチルスルホキシドに溶解して、基底膜上に培養したラット肺胞 II 型上皮細胞とラット肺微小血管内皮細胞、I 型コラーゲングルに包埋したラット肺線維芽細胞、ラット血管平滑筋細胞にそれぞれ曝露した。DEP 抽出物を24時間曝露して生細胞数を半減させる濃度（LC50）は肺胞上皮細胞が100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、血管内皮細胞が75 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、線維芽細胞がコラーゲングル中で75 $\mu\text{g}/\text{ml}$ 、平滑筋細胞が100 $\mu\text{g}/\text{ml}$  で細胞毒性は低かった。

しかしながら、肺胞上皮細胞を用いた創傷治癒アッセイでは 1  $\mu\text{g}/\text{ml}$  から創傷治癒の阻害が認められたことから（図67）、DEP 抽出物は傷害を受けた上皮細胞の修復を阻害する可能性が示唆された。

細胞増殖への影響では、上皮細胞、内皮細胞、線維芽細胞には影響がなかったが、平滑筋細胞は DEP 抽出物 5～25 $\mu\text{g}/\text{ml}$  で有意に細胞増殖を促進された（図68）。また、線維芽細胞と上皮細胞では 5～25 $\mu\text{g}/\text{ml}$  で I 型コラーゲンの分泌促進が認められた（図69）。

血管内皮細胞は循環系を制御する様々な機能を持っている。そのなかでも NO の産生は血管平滑筋細胞に働いて収縮した血管を弛緩させる重要な機能である。内皮細胞の NO 産生酵素（eNOS）は刺激により1117位のセリンがリン酸化されて NO を産生するが、DEP 抽出物 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$  を24時間処理後では血管増殖因子（VEGF）刺激による1117位のセリンのリン酸化が消失した。また、血管内皮細胞が産生する PAI-1は血管表面の血栓の溶解する酵素を阻害する因子であるが、DEP 抽出物 5  $\mu\text{g}/\text{ml}$  以上の処理で PAI-1の産生が有意に阻害された。血管内皮細胞が産生する血栓形成を制御する因子であるウロキナーゼ型プラズミノゲンアクティベーター（uPA）、組

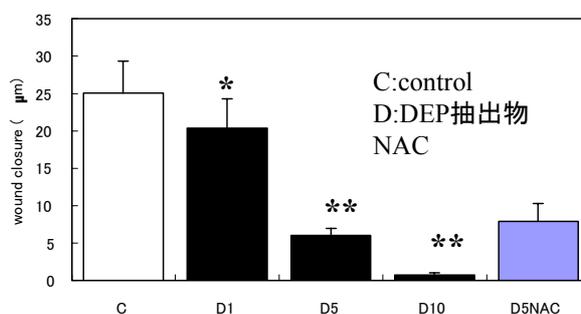


図67 上皮細胞の創傷治癒阻害  
傷をつけた上皮細胞は DEP 抽出物（1,5,10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ）を添加して10時間後、傷の修復を計測した。

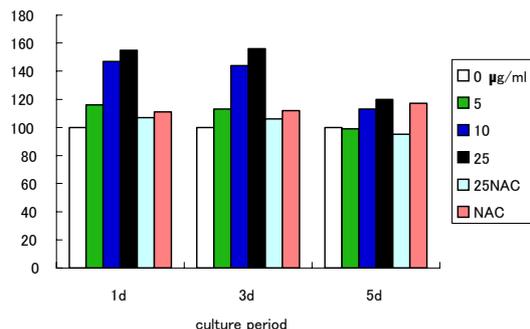


図68 平滑筋細胞の増殖促進  
平滑筋細胞は DEP 抽出物（1,5,10,25 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ）を添加して培養後、細胞数を計測した。

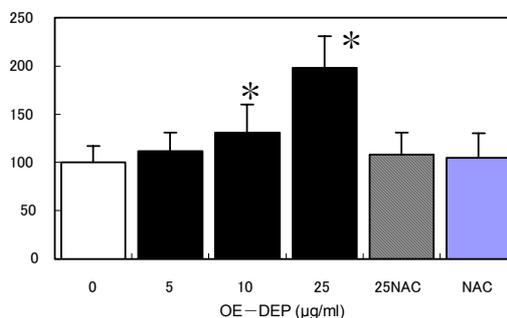


図69 線維芽細胞のコラーゲン産生  
線維芽細胞は DEP 抽出物（1,5,10,25 $\mu\text{g}/\text{ml}$ ）を添加して5日間培養後、コラーゲン分泌量を計測した。

織型プラズミノゲンアクティベーター（tPA）、トロネボモデュリン（TM）は DEP 抽出物の処理による変化はなく、DEP 抽出物の処理した内皮細胞への白血球の接着にも影響はなかった。DEP 抽出物曝露は血管内皮細胞の細胞-細胞間接着構造（Tight Junction, Adherence Junction）を破壊して内皮細胞層物質透過性を亢進し、この細胞間接着構造の破壊は細胞骨格構造の変化をもたらし、内皮細胞機能に影響を与える可能性が示唆された。

DEP による細胞毒性の原因のひとつとしてラジカルによる酸化が予測されるが、DEP 抽出物曝露の細胞毒性、

創傷治癒阻害、細胞増殖等への影響は抗酸化剤である 5 mM の N-アセチルシステイン (NAC) 処理により軽減したことからこれらの影響が酸化ストレスによるものであることが示された。

以上の結果から、1) 低濃度の DEP は血管平滑筋細胞の増殖を促進して、線維芽細胞による組織の線維化を促進することで、血管組織を肥厚させ狭窄が進み血管の可塑性を減少させる可能性があること、2) 血管内皮細胞からの NO の産生を阻害して血管が弛緩しにくくなる可能性があること、3) DEP による細胞障害作用機序として酸化ストレスが関与していることが示された。組織の線維化と平滑筋細胞の増殖は血管組織以外に気道や細気管支組織でも起こっていると推測される。DEP 抽出物の曝露は血管組織の構造変化と血管内皮細胞の機能阻害を生じさせることで、肺高血圧等の循環器系への負担を増加させている可能性があることが細胞培養系での検討で明らかになった。

#### 2.4.4 DEP が呼吸器疾患に及ぼす影響

疫学調査によれば、PM<sub>2.5</sub>と呼吸器疾患による死亡率、有症率や重症化率は正の相関を示すことが報告され、また、PM の影響は、気管支喘息、肺炎、気管支炎、慢性閉塞性肺疾患などの既往者、高齢者、あるいは免疫不全者といった、換言すれば疾患に罹りやすい「高感受性群」に多く観察される。

中でも、易感染者の急性増悪にはグラム陰性桿菌がしばしば関与する。そこで、グラム陰性桿菌由来の細菌毒素による急性肺傷害に DEP が与える影響を検討した。その結果、細菌毒素による肺傷害は DEP により顕著な増悪を示し、感染などによる肺炎症状の増悪を起こす可能性が示唆された。この急性肺傷害は、好中球による炎症と肺水腫を主体とし、DEP と細菌毒素の併用投与は著明な肺出血をも惹起した。この増悪効果は、炎症性サイトカインやケモカインや ICAM-1 といった細胞接着分子という炎症を引き起こすタンパク質の発現の増強とも平行した。そこで、DEP 中のどの構成成分がこの増悪影響に対し、主体的に関与しているかを調べるため、DEP を芳香族炭化水素など多くの化学物質を含有する脂溶性抽出成分と、その残渣である粒子成分に分画し、各々について細菌毒素による急性肺傷害を増悪するか否かについてさらに検討した。その結果、両成分共に、炎症細胞浸潤が認められた。しかし、残渣粒子成分と細菌毒素の

併用が肺水腫、および炎症性タンパクの発現を示したのに対し、抽出成分との細菌毒素の共存では、肺水腫に著明な変化はなく、炎症性タンパクも抑制傾向を示した (図70)。これは、抽出成分よりも残渣粒子成分の方が、急性肺傷害の増悪に関与する可能性を示唆するものである。

一方、アレルギー性疾患における DEP の生体影響に関しては、DEP に含まれる有機化学成分によるアジュバント作用、炎症性タンパクの誘導などが報告されている。当研究室においても、DEP がマウスアレルギー性喘息モデルの諸病態を増悪することを報告している。しかし、病態モデルに与える影響に関する報告は少なく、残渣粒子成分の生体影響に関する検討はほとんどない。そこで、アレルギー性気道炎症における解明をするため、抽出成分と残渣粒子成分の各々の影響について検討した。その結果、抽出成分とアレルゲンとの併用で、好酸球を主体とする白血球数の増加が観察され、抽出成分と残渣粒子成分の併用でより顕著であった (図71)。また、この増悪効果は、IL-5や eotaxin といった炎症性タンパクの発現や、抗原特異的 IgG1抗体価の上昇と良く相関した。

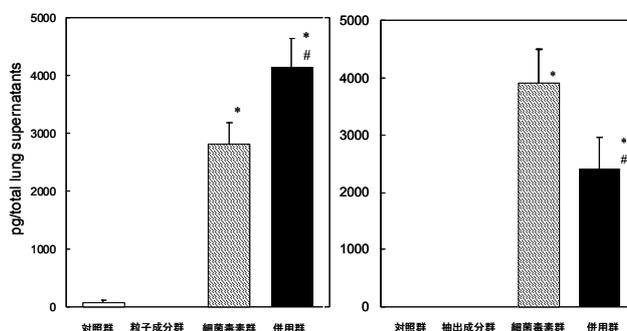


図70 DEP の構成成分がケモカインタンパク (KC) 発現に及ぼす影響  
\* ; p<0.01 vs. vehicle group  
# ; p<0.05 vs. LPS group  
## ; p<0.01 vs. LPS group

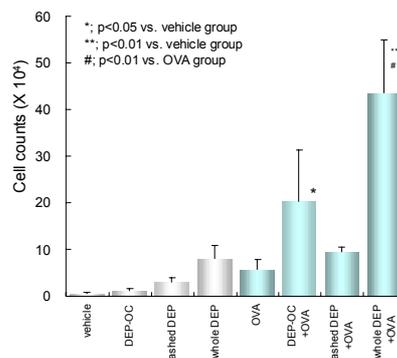


図71 肺胞洗浄液中の多形核白血球数の変化

以上の結果から、DEPは感染症、あるいはアレルギー疾患などを有する高感受性群において、その病態を増悪し得ると考えられた。また、DEPの催生体影響成分は病態によって異なる可能性が考えられ、抽出化学成分と残渣粒子成分の共存により、さらにその影響が増幅される可能性が示唆された。

## 2.4.5 DEP中の生物活性物質の検索

DEPの懸濁液をマグヌス法によって、抽出した胸部大動脈や心筋に投与すると、顕著な血管の弛緩反応と、心筋の強縮が起こることが先の研究で判明した(図72)。そこで、この血管弛緩反応を指標として、DEPの系統的な化学的分析による反応分画の細分化とバイオアッセイを繰り返し行うことによって、ニトロフェノール化合物を分離同定することに成功した。その概要は、図73に示す

ように、DEPを無極性から極性へと連続的溶媒抽出を行った後、血管弛緩作用を指標として、ベンゼン抽出画分を酸性、酸性および中性画分に分け、弱酸性画分を、さらに細分画して行き、血管弛緩作用を示す画分よりニトロフェノール化合物を見いだした。現在までに、主要な4種のニトロフェノール化合物と10種のニトロ化合物質を見いだした。

## 2.4.6 DEP中のニトロフェノール化合物の循環器系への影響

DEPから抽出され、構造式が判明した代表的な(含有量が多い)ニトロフェノールの4種類について、血管弛緩反応の強さとDEPから抽出されなかったが類似の構造を持つ化合物について、血管弛緩反応の強さを比較した。

Effect of whole DEP+ tween 80 solution on an artery and cardiac muscle

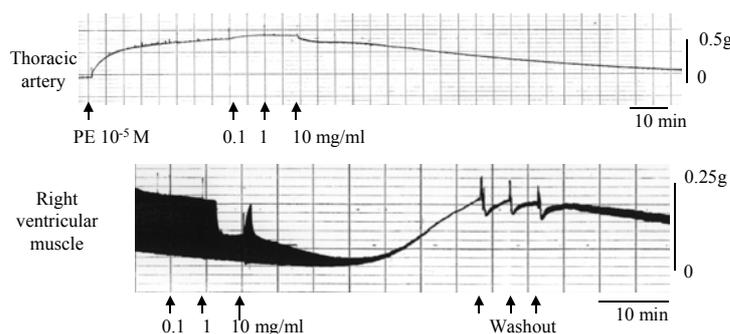


図72 DEPの血管弛緩作用と心臓作用

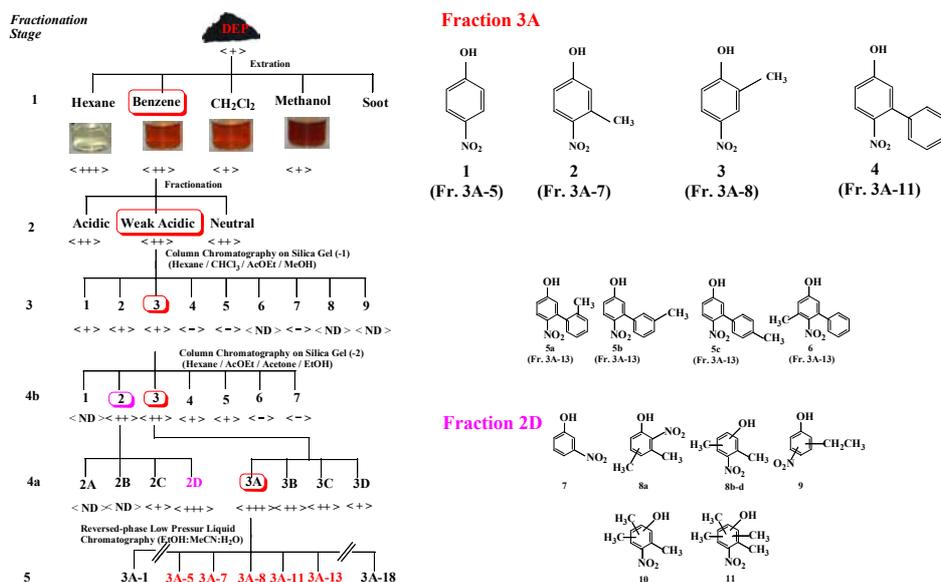
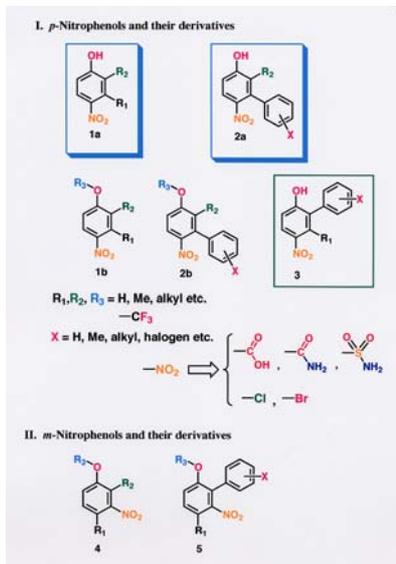


図73 血管弛緩作用を指標としたDEP中のニトロフェノール化合物の系統的分離

比較的含有率が多い4-ニトロフェノール (PNP), 3-メチル-4-ニトロフェノール (PNMC), 2-メチル-4-ニトロフェノール (PNOC), 4-ニトロ-メタ-フェニルフェノール (PNMPP) は弛緩反応が強く, アセチルコリン (Ach) と比較して, 初期反応濃度は100分の1~1000分の1と濃い (弱い) が, 収縮度は Ach の2倍以上強いことが判明した。特に, PNMPP は反応時間が長かった。

また, ニトロ基と水酸基の位置関係で, 弛緩反応は大きく変化し, 2-ニトロフェノール (ONP) は弛緩反応を示さず, 3-ニトロフェノール (MNP) はPNPの半分程度の作用を示し, 構造活性相関が示唆され, 血管の弛緩にはニトロ基と水酸基が必要で, その位置が離れていることが重要であることが明らかとなった (図74)。



### 構造のまとめ

1. ディーゼル排気粒子から生物活性を持つニトロフェノール類の分離・同定に成功
2. その結果, 作用に構造活性相関があることが判明した。
3. 結果の弛緩作用には, ベンゼン環に水酸基とニトロ基が必要で, その配置によって作用の程度がことなることが判明した。

図74 ニトロフェノール類の血管弛緩作用の強さと構造

### 2.4.7 ニトロフェノール化合物の自律神経作用

DEP が自律神経系, 特に, 副交感神経系に作用することは心拍変動解析から推測されている。また, ニトロフェノールが血管弛緩反応を示すことから, 副交感作用を持つことが推測されるが, 無麻酔, 無拘束の動物でも同様な総合的な作用を示すかについては明確ではない。

そこで, 図75に示したような装置を使用して PNMC をマウスに投与し, 心電図の測定を行い, 心拍数の変化を調べた。PNMC 投与により, 心拍数の著しい低下が見られ (図76), さらに, 交感神経遮断薬および副交感神経遮断薬を用いた実験から, PNMC は, 副交感神経系を介して心臓に作用し, 心拍数を低下させることが判明した。

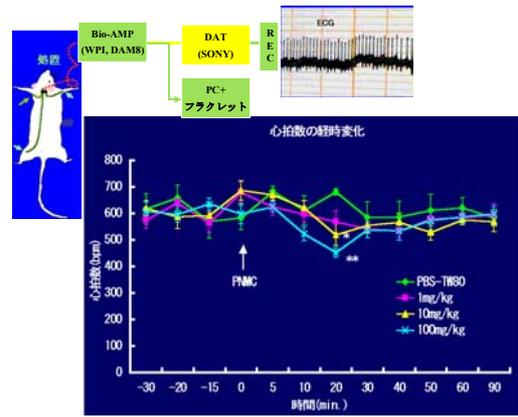


図75 ニトロフェノール (PNMC) を注射したマウスの心拍数の経時的変化

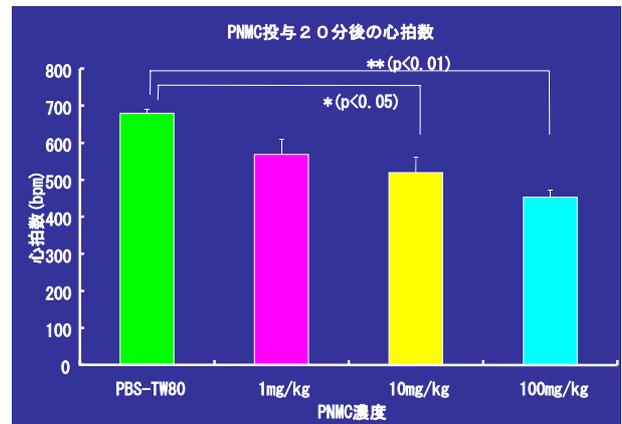


図76 PNMC 投与後20分時の心拍数の変化

### 2.4.8 ディーゼル排気ガス中の主要ニトロフェノール類の定量と定量法の開発

DEP を国立環境研究所で使用しているディーゼルエンジンから収集し, DEP 中の主要なニトロフェノールについて, その含有量を測定した (表7)。分析当初は, 分析値のばらつきも大きかったが, その後分析法も確立し, 安定した測定が可能となった。

表7 DEP 中のニトロフェノール類の含有量

測定年	1995 DEP (mg/DEP kg)	2001 DEP (mg/DEP kg)	2004 DEP (mg/DEP kg)	2004 DEP (μg/m <sup>3</sup> )	軽油* (ng/L)	オイル (ng/L)
PNP (p-nitro-o-cresol, 2-methyl-4-nitrophenol)	73mg	118mg	253.4mg	2.04μg	25ng	ND
PNMC (p-nitro-m-cresol, 3-methyl-4-nitrophenol)	21mg	26mg	78.9mg	1.11μg	28ng	ND
PNMPP (p-nitro-m-phenylphenol)	15mg	14mg	149.5mg	1.15μg	75ng	ND
nitro-phenols total	139mg	187mg	595.9mg	5.55μg		ND

\*MSでpeak無し

また、この主要な4種のニトロフェノールは、軽油やエンジンオイルには含まれず、燃焼の結果、産生される事が判明した。

また、1995年、2001年、2004年のDEP中の含有量が増加する傾向にあり、測定の問題なのか、燃料やエンジンオイルあるいはエンジンの稼動状態の違いによるものなのか現在検証中である。

また、本研究で発見されたDEP中のPNPやPNMCが農薬(殺虫剤)の一時分解物質であることが判明した。PNPは現在日本では使用禁止となったパラチオンの分解産物で、PNMCは現在でも使用されているフェントロチオン(スミチオン)の分解産物であることから、DEPや農薬などの総合的な環境負荷を考える必要があると考えられた(図77)。

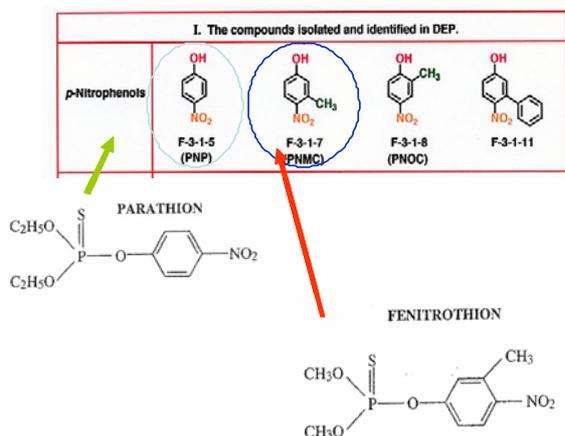


図77 PNMとPNPは殺虫剤の分解産物

#### 2.4.9 DEPの老齢ラットに対する影響

環境ストレスを受けやすい集団として、高齢者や乳幼児、病的状態保持者などの高感受性集団が考えられており、DEPやPMなどの大気汚染物質に対してもその影響を受けやすいことが示唆されている。

そのため、ここではDEP曝露ラットで観察された3種の異常心電図(心室性期外収縮; 図78の左, 不完全心室一心房乖離; 図78の右, 房室ブロック(AVブロック; 図79)を指標として、老齢化あるいは老齢ラットへの影響を検討した。

図80に1, 3, 6, 9, 12ヵ月間曝露したラットの異常心電図の出現個体数を示した。まず、3ヵ月間の亜急性曝露では、DEP濃度の高い方が異常心電図の発現が高くなる傾向を示したが、9ヵ月曝露では大きな差はなく、12ヵ月曝露で、低濃度と高濃度で異常心電図の有意な増

加が認められた。このことは、長期間曝露で、異常心電図の発現は多くなる傾向を示すが、必ずしも濃度または用量依存的な関係に無いことを示唆している。

一方、老齢ラットと若齢ラットの1ヵ月間曝露では、明確に、老齢ラットの方が異常心電図の発現が多く、影響を受けやすいことを示唆した。しかし、3 mg/m<sup>3</sup>の高濃度では、強い影響下では老若関係なく影響を受けることを示唆している(図81)。

#### The arrhythmia observed in DE exposed rats

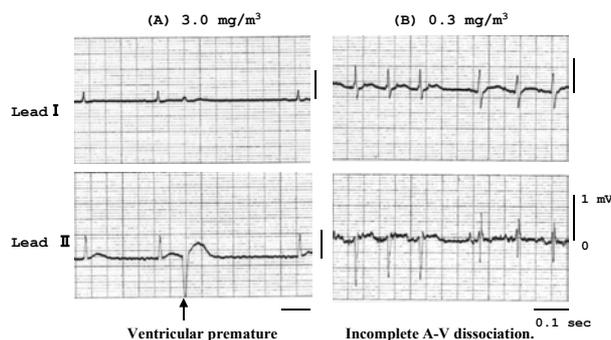


図78 DEP曝露によって誘発される異常心電図(心室性期外収縮と乖離)

#### Second degree atrioventricular block (A-V) Wenckebach type

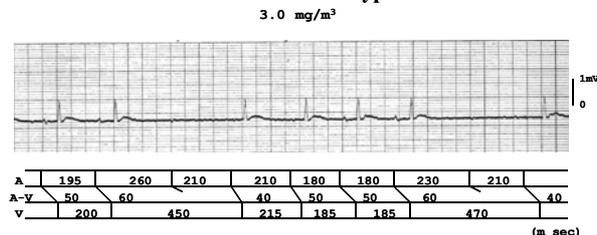


Fig. Second degree atrioventricular block observed in a rat exposed to DE (3.0 mg/m<sup>3</sup>). Despite of sinus depolarization (P wave), atrial impulse failed to produce ventricular stimulation. There is some progressive lengthening of the P-Q (A-V) interval, it could be called a Wenckebach type. Electrocardiogram was obtained by limb lead II. A: atrial depolarization V: ventricular depolarization. A-V: atrioventricular conduction time.

図79 DEP曝露によって誘発される異常心電図(A-V(房室)ブロック)

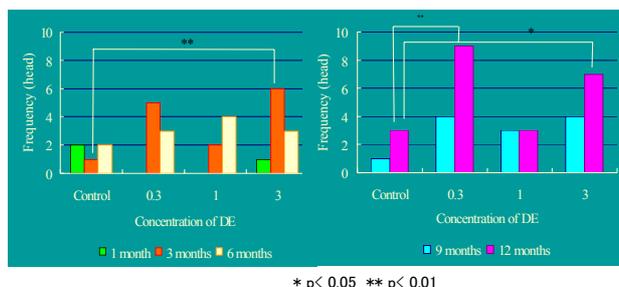


図80 DEP曝露によって誘発される異常心電図の出現個体数, N=36

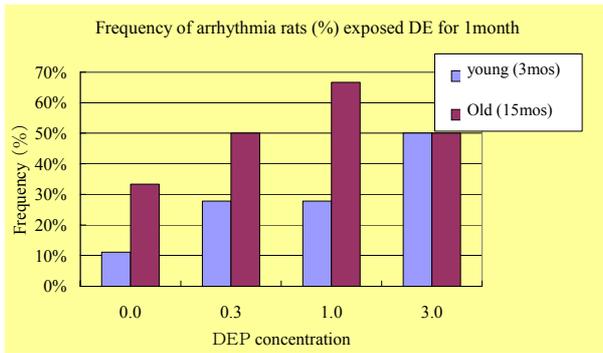


図81 若令と老齢ラットを DEP 曝露して誘発される異常心電図の出現率の比較, N=12

#### 2.4.10 DEP 中のニトロフェノールの生殖影響

DE 曝露あるいは DEP 曝露が生殖機能に影響することを報告してきたが, DEP から抽出されたニトロフェノール類が生殖機能に対する影響を持つか明確ではない。

そこで, 血管弛緩作用が強い PNMC と PNMPP を, 卵巣を摘出したラットに投与し, 生殖器影響指標について検査した。その結果, 子宮重量, 肥大や子宮筋のオキシトシン感受性が変化し, エストロゲン作用があることが明確となった。特に, PNMPP は PNMC より100倍以上強い作用があることが明らかとなった (図82)。

一方, オスへの影響では, 高濃度 (75mg/kg・125mg/kg) の PNMC 単回投与ウズラで, 投与後2~4週目に顕著な精巣の萎縮が起こり (図83), そのメカニズムも明らかになった。

PNMC, PNMPP 共にエストロゲン作用と抗アンドロゲン作用をもち, 生殖器系への影響が強い可能性が示唆された。

PM・DEP の毒性研究で行ってきた研究結果から, 心・循環影響のメカニズムは図84に示したように考えられた。

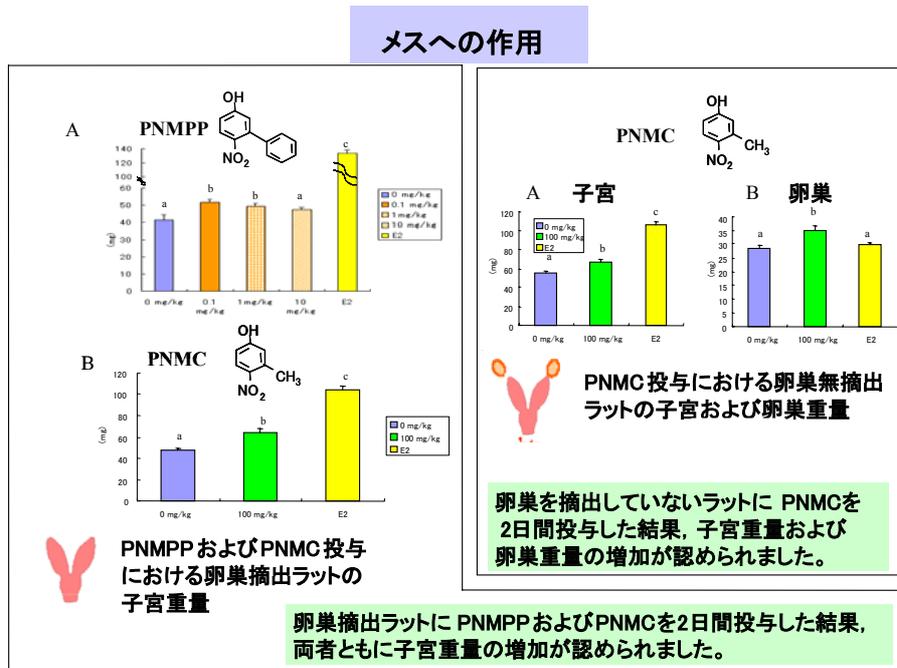


図82 ニトロフェノール類 (PNMC, PNMPP) のメスの生殖器に対する作用 (エストロゲン作用)

#### オスへの作用

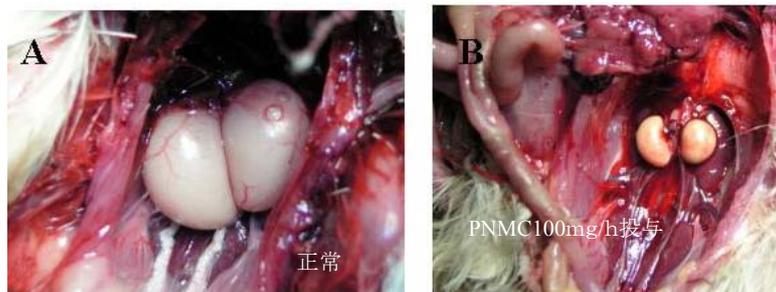


図83 ニトロフェノール類 (PNMC) の日本ウズラオスの生殖器に対する作用 (抗アンドロゲン作用)

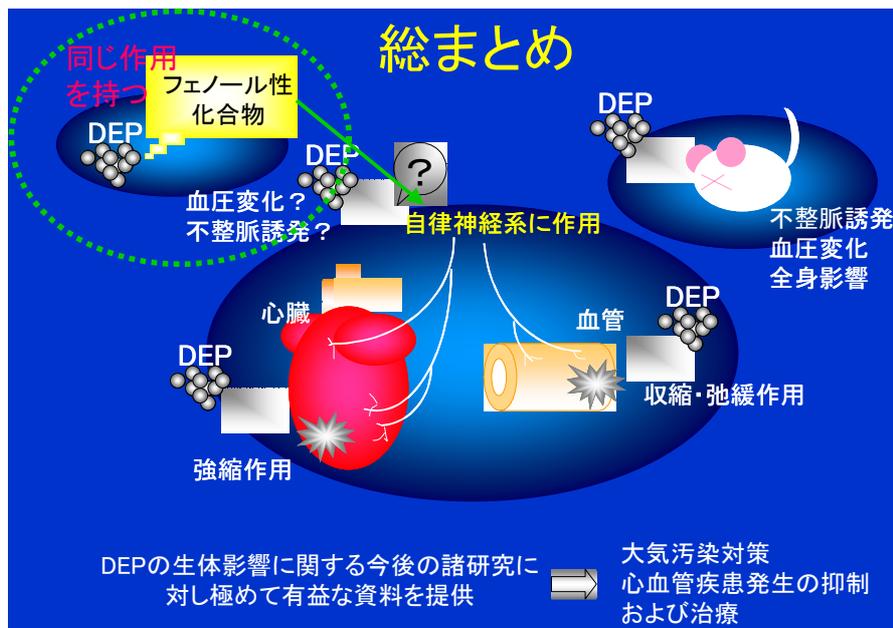


図84 PM・DEPの循環器系への影響の総まとめ模式図

## 2.5 曝露量に基づく対策評価

本研究では、PM<sub>2.5</sub>・DEPをはじめとする都市大気汚染の曝露量低減のための交通・物流システムに係る対策の効果を評価する手法を開発した。従来、対策効果の評価は、地域全体の排出量や特定の地点の濃度、環境基準の達成率などを指標として行われる場合が多かった。しかし、健康影響の防止という大気汚染対策の原点に戻れば、地域に居住する人口集団全体の大気汚染への曝露量を指標とすることが適切である。このため、自動車交通量から大気汚染物質の排出量の推計を介して濃度分布を推計し、さらに人の行動を加味した曝露評価モデルを用いることによって、対策による交通量や排出係数の変化が曝露量に与える影響を推計するシステムの開発を目指した。ここでは、南関東地域を対象域とした交通モデルと曝露モデルを中心とした対策評価モデルの全容について述べるとともに、ディーゼル車規制およびロードプライシングを例として対策評価を試行した結果について報告する。

### 2.5.1 DEP 排出量の地域分布推計と交通システム対策評価モデルの構築

#### (1) 背景と目的

交通部門は、PM<sub>2.5</sub>・DEP 発生源の中でも主要な人為発生源の一つである。これまで自動車単体の排気ガス規制を行ってきたが、SPMの環境基準が達成されていない状況にあった。沿道に限らず大都市全体の大気汚染濃度が

高いことも、その一因となっている。

本節では、DEPに関する交通システム対策評価モデルの内、交通システム対策の評価に用いる交通モデルの構築を主な目的とする。既に関済済みの道路交通公害対策による環境改善効果の予測システムの考え方をベースとして、特にディーゼル貨物自動車からの排出量削減に関する対策シナリオを評価するために、詳細な車種別排出量推計、曝露モデルの入力データともなる地域分布推計、道路新設やボトルネック解消の評価に必要な交通流モデル開発を行った。

#### (2) 交通システム対策評価モデルの概要

交通システム対策評価モデルに対策例を書き込んだものを図85に示す。森口ら<sup>13)</sup>による広域交通公害シミュレーションシステム（RTPSS: Regional Traffic Pollution Simulation System）を元にした。

交通公害対策においては、環境中の大気汚染濃度を環境基準値以下に抑制するために、排出量の削減、特に走行距離あたりの排出量を削減するための単体規制が主に行われてきた。しかし、環境基準達成状況が芳しくないことから、交通量そのものの削減や曝露側での影響低減等の対策も重要となっている<sup>14)</sup>。本モデルでは、自動車技術対策、自動車需要対策、道路交通対策等の交通システム対策を通じて排出量の削減に資する対策を評価対象とする。排出量の推計結果は、環境大気濃度予測モデルを介して、曝露モデルの地域別屋外濃度として利用され

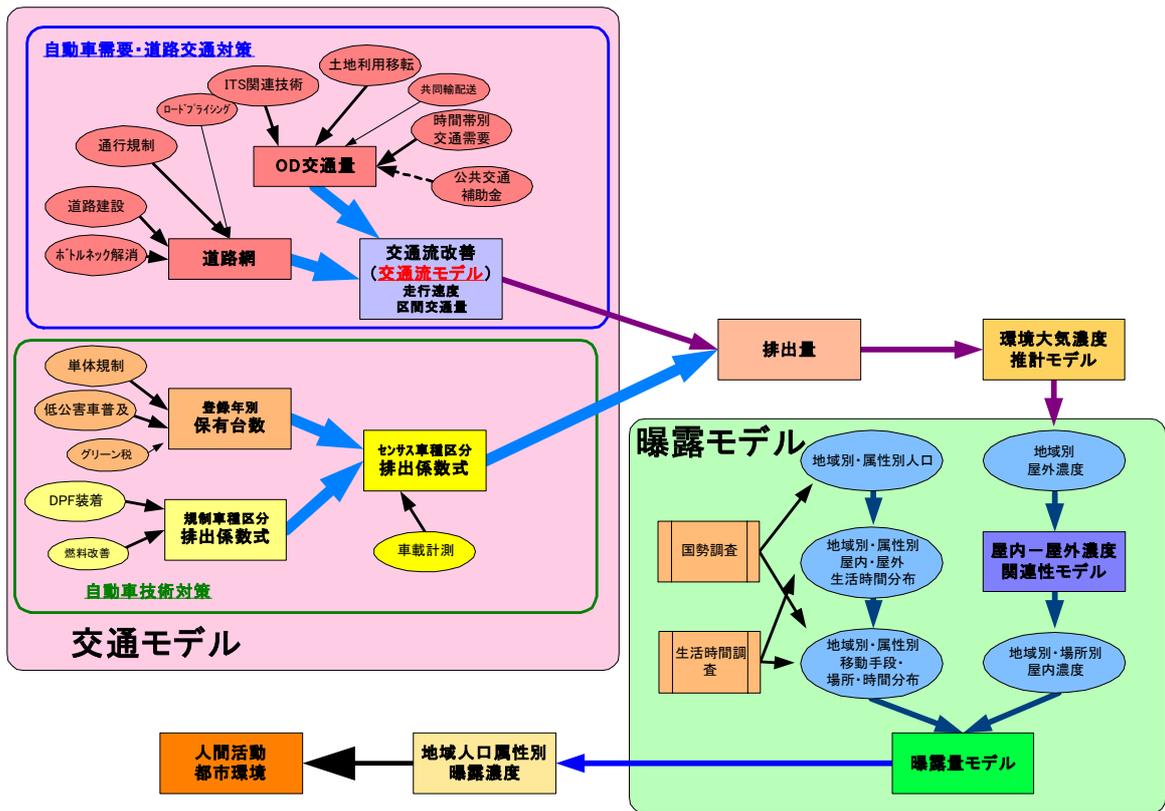


図85 交通システム評価マクロモデルと曝露モデルの関係

表8 交通システム対策評価システムで想定している対策シナリオ

分類	対策シナリオ	備考・課題
自動車技術対策	A 最新の単体規制とDPF義務化	コホートモデルに基づく予測を行う。
	B PMの排出基準（長期規制値）を超えるディーゼル車の運行禁止	八都県市。平成15年10月～。初度登録から7年間猶予。
自動車需要・道路交通対策	C 外郭環状建設，大深度地下都心横断道路建設	配分モデルの現況再現性の向上が必要。旅客交通のモーダルシフトを考慮するべき。
	D 高濃度地域（川崎市産業道路，首都高）の通行規制，ボトルネックの解消	
	E 高速道路の無料化（大型車の一般道回避），ロードプライシング（迂回促進）	

る。一方、曝露側での影響低減策に関しては、後述する個人の存在する時間・空間を反映した曝露モデルを踏まえて、別途検討する必要がある。

本モデルで評価可能な交通システム対策は、それ自体の性質および評価に必要なサブモデルの観点から、自動車技術対策と自動車需要・道路交通対策の二つに大きく分けられる。なお、開発にあたって想定している対策シナリオは、表8に示すとおりである。AおよびBの項目は、自動車技術対策の例である。C～Eの項目は、自動車需要・道路交通対策の例である。他に、中長期的な交通対策の観点からは土地利用面での対策も有効にな

りうるが、本研究では、将来的な課題として外した。

### (3) DEP 排出量の詳細推計および地域分布推計

大気汚染物質の排出量推計は、排出係数に自動車交通量を乗じる方法で求めることができる。平成10～12年度に行われた特別研究「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」等に引き続いて、車種やエンジン型式、規制年、等価慣性重量別平均走行距離など、実際の状況をできるだけ反映するように、諸条件を考慮した詳細な推計を行っている。ただし、沿道の大気汚染および曝露の状況を知るためには、道路ご

との排出量を把握する必要がある。また、都市・地域レベルでの交通システム対策評価を行うためには、地域的な排出量を把握する必要がある。そのため、幹線道路からのDEP排出量と三次メッシュ単位のDEP排出量を推計した。なお、交差点等の局所の大気汚染状況を推計するためには、加減速を考慮した排出係数の作成および渋滞長等を考慮した交通流モデルの開発が必要になる。

本研究では、センサ調査地点ごとの交通量および平均走行速度を用いて、センサ道路ごとに排出量を求めた。具体的には、道路種別、沿道状況別の車種別昼夜率を用いて、センサ調査地点ごとに4車種別昼夜間交通量を求めた。平均走行速度には混雑時平均旅行速度を用いた。一方、センサ車種別排出係数式は、規制車種別排出係数式を元にして、車種別、エンジン型式別、初度登録年別保有車両数、等価慣性重量、等価慣性重量別平均走行距離を考慮して4車種別に算出した。等価慣性重量別平均走行距離の推計にあたっては、自家用、営業用別に普通貨物車、小型貨物車の積載率を推計し考慮に入れた<sup>15,16)</sup>。

#### (4) 交通流モデル

動的な交通流モデルは工藤ら<sup>17)</sup>、Kudoh *et al.*<sup>18)</sup> のモデルを元に開発した(図86)。このモデルは、時間変化に伴って変動する交通量と、個々の車両の速度変化を再現する車両移動モデルと、各経路の目的地までの所要時間に応じて車両を配分する経路選択モデルから構成され、車両

移動モデル内の車両は経路選択モデルで求められる配分率に従いネットワーク上を移動する。車両移動モデルでは、対策評価の範囲に応じて以下の2つのモデルを選択する。

**Microscopic** モデル：リンク（道路）上の各車両は、 $S$ （車頭距離）- $v$ （速度）式により規定される車両追従理論に従い移動。同一リンク上でも車両によって速度は異なる。局所モデル用。ボトルネック解消による車両個体の挙動変化に伴う交通量変化、環境改善などの評価。

**Mesoscopic** モデル：リンク上の各車両は、設定した  $K$ （車両密度）- $V$ （平均速度）式に従い移動。同一リンク上のすべての車両の速度は一樣。広域モデル用。TDM（交通需要マネジメント）施策が導入された場合の交通量変化、環境改善などの評価。

交通工学の分野における交通流モデルと同様、この動的な交通流モデルでも以下の3点の課題が存在する。

現実の交通流の再現性の問題（**Mesoscopic** モデル）：  
**OD** 交通量データを配分した結果と実測値であるセンサ交通量データとの間の整合性が高い。そもそも、**OD** データとセンサデータとの間の整合性の問題があるが、実測データが他にない以上、センサデータに極力あわせる必要がある。そのために、動的な交通流モデルの対象ネットワーク地域のリサイズをはじめ、配分させる交通量のチューニングなどを通じて感度分析を行う。

車両の移動を規定する関数の妥当性：**Microscopic** モデルの  $S$ - $v$  式、**Mesoscopic** モデルの  $K$ - $V$  式などの車両

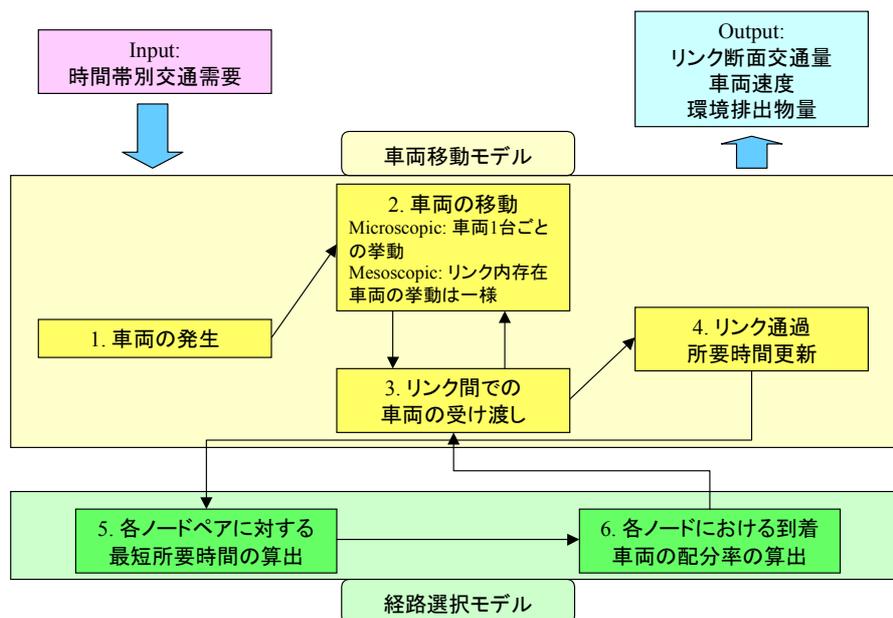


図 86 動的な交通流モデル

の挙動を示す式は、経験的に設定された式を用いているが、実際には道路の種別や道路沿道の状況によって異なるものである。

経路選択のアルゴリズム：経路選択モデルでは、車両の各リンクへの配分率は目的地までの最短時間路を元に確率的に配分している。しかし、実際のドライバーの意思は、道路沿道の状況（商店街の存在の有無などの道路の「走りやすさ」など）によって決定されることも考えられるため、こうした要素を経路選択のアルゴリズムに組み込む必要もある。また最短時間路の算出にあたっては、動的計画法の1つである最短路問題を解いているが、これを解くための計算負荷が非常に高いために全体のシミュレーション時間が長くなる。より現実の交通流を再現するためには、経路選択のアルゴリズムの改良が必要となってこよう。

## 2.5.2 生活行動時間に基づく曝露モデルの構築

### (1) 曝露量推計モデルの基本的考え方

大気汚染の問題において曝露評価が必要とされる場面としては大きく2つの場合がある。ひとつはリスク評価・管理の枠組みにおける曝露評価であり、もうひとつは大気汚染とその健康影響との関連性を検討する疫学研究における曝露評価である。前者のリスク評価・管理においては、しばしば曝露レベル別の人口数（割合）を知ることが重要となる。例えば、環境基準を超える地域に居住する人口数はどれぐらいか、またその年齢分布はどのようなものか、などへの回答を与える必要がある。このような場合には、個々人の曝露量に関するデータが得られれば、このような質問に答えることは容易である。しかしながら、個々人の曝露量が得られなくとも、曝露推計モデルを用いてある集団の曝露分布（population exposure）を推計することや集団曝露の代表値を推定することは可能である。これまでも曝露推計モデルはいくつか提案されている。代表的なものは生活行動時間分布と微小空間濃度推計モデル（microenvironment model）を組み合わせた時間荷重モデルである。以下で示すモデルも基本的にこの考え方に基づいている。

$$E_j = \sum_{i=1}^k C_{ji} t_{ji}$$

このモデルでは、対象者  $j$  の生活行動を  $k$  個の空間（微小空間：microenvironment）に分割し、空間  $i$  の濃度を  $C_{i,j}$

その空間での生活時間  $t_{i,j}$  から曝露量を推定する。

集団曝露では  $E_j$  についてのある集団での平均値や濃度分布、あるレベルを超える曝露をする人口などが検討の対象となる。

### (2) 曝露モデルの構成

このモデルはリスク評価・管理のための集団曝露を推計するためのモデルである。これまでも同様な目的をもったモデルはいくつか提案されてきた。最も単純なモデルは地域の環境大気濃度と当該地域の人口を掛け合わせることによって集団曝露量を推計するものである。一方、各種の調査から、人は多くの時間を屋内で生活し、大都市圏では通勤・通学によって毎日数十キロを移動する場合も多いことが示されている。想定する地域内での濃度の空間分布幅が大きい場合には、屋内と屋外での曝露の違いや常住地と従業地・通学地での曝露の違いなどを無視したモデルが曝露実態からはずれていることは明らかである。一方、人々の生活行動の多様性や環境濃度の空間分布の不均一性を考慮すれば推計モデルは非常に複雑なものとなるとともに、基礎となるデータベースの空間分解能等が対応できなくなる。そのために環境大気濃度推計モデルの現状での精度および国勢調査<sup>19)</sup>に基づく人口データ等の入手可能性を考慮して、基本的には2分の1地域メッシュ（いわゆる4次メッシュ、約500m四方）を単位とし、年単位の長期的平均曝露量の推計を試みた。ただし、生活時間調査等<sup>20)</sup>4次メッシュデータが入手できないものについては市区町村単位データを該当メッシュに一律に与えた。

推計に用いたサブモデル、および既存データは以下の通りである。

- サブモデル
  - DEP 排出量推計
  - 環境大気濃度推計（後述）
  - 沿道人口推計（後述）
  - 曝露濃度推計（後述）
- 既存データ
  - 平成11年度道路交通センサス
  - アメダス気象データ（平成3年から平成12年の平均値）
  - 平成12年度国勢調査地域メッシュ統計国土数値情報
  - 10分の1細分土地利用メッシュデータ（平成9年）

- 平成12年度国勢調査地域メッシュ統計
- 平成12年度国勢調査（従業地・通学地集計）
- 平成12年 NHK 国民生活時間調査

## 2.5.3 環境大気濃度推計方法

### （1）幹線道路近傍濃度の推計

幹線道路の区間排出量から道路沿道（近傍）の年平均濃度を推計するにあたっては、各地域の年間気象、各道路区間の構造、方位などを点源拡散モデル（総量規制モデル）に適用して精密に計算を行うことは量的に困難であることから、単位排出量あたりの幹線道路近傍の標準的な濃度分布形（ユニットパタン）を想定して全幹線道路に適用する方法を取った。

ユニットパタンの設定は気象条件を一定とし、風向出現頻度を全方位一律、道路煙源の高さ（地上1.5m）における平均風速を1.5m/s、Calm 率12%のときの平面道路を想定した拡散計算により行った。平均風速、Calm 率の設定は東京隣接1都3県のアメダス観測局（41箇所）の平均値から設定した。

### （2）DEP 背景濃度の推計

前節での幹線道路近傍 DEP 濃度推計は、あくまで推計地点から数百 m 以内の道路からの寄与濃度である。実際の曝露濃度は、これに背景濃度を加える必要がある。DEP 背景濃度の推計にあたっては、広域道路網を発生源とした拡散計算による濃度推計を行い、4次メッシュ（500m メッシュ）程度の空間分解能を有する背景濃度推計を行った。

#### A. 細街路からの排出量推計

自動車由来の広域的な背景濃度を推計するために必要な細街路（非幹線道路）からの排出量の推計を行った。ここではセンサス OD と自動車輸送統計年報の走行台キロの差分（車種別）を細街路交通量のコントロールトータルとした。またその空間分布を「窒素酸化物総量規制マニュアル」の細街路交通量推計モデルを OD 端末トリップ数の解析結果により補正する形で求め、4次メッシュ別車種別の細街路走行台キロを推計した。この細街路走行台キロと前章で設定した細街路用排出係数推計式を用いて4次メッシュ別の細街路からの排出量を推計した。なお、排出係数の算出にあたっては細街路交通の平均走行速度を一律15km/h と仮定した。

#### B. 4次メッシュ排出量の推計

細街路からの排出量と幹線道路からの排出量を合計することにより、4次メッシュ別の総排出量を推計した。

#### （ア）広域拡散計算による背景濃度推計

対象地域を包含する地域（南関東外縁+50km 程度）内の道路網（幹線道路／細街路）から排出される4次メッシュ別 DEP 排出量を推計し、これらを面源（分散点源）とした拡散計算を行うことにより一般局年平均値相当の濃度推計を行った（空間分解能としては500m～1 km）。広域拡散計算の方法は以下に記すとおり環境アセスメントや大気汚染地域シミュレーションにおいて、数 km 以内の予測に用いられている正規型拡散式を用いた。

なお、推計結果については、上記常時監視局濃度とのキャリブレーションを行い、排出係数、気象条件、その他沈降・吸着等を考慮するか否か含めてパラメータフィッティングを行った後、最終的な濃度推計結果を確定した。

拡散式は「窒素酸化物総量規制マニュアル」（環境庁大気規制課編）に準じて、有風時ブルームモデル、無風・弱風時パフモデルを用いた。ただし、発生源の情報が年間値（年平均値）であることから、濃度予測も年平均値を求めた。この場合、風向の出現率がその風向内で様に分布していると仮定した。ブルーム式およびパフ式の拡散パラメータは Pasquill-Gifford 線図を元にして設定されたものを用いた。

年間排出量から濃度の年平均値を予測することから、適用する気象条件は年平均の風向別平均風速・出現頻度を用いた。この場合、発生源に最も近い気象局（アメダス観測所）のデータを用いることとした。このため、計算対象地域をいくつかの気象ブロックに分割した。

#### （イ）年平均値濃度の算出（重合計算）

濃度計算地点は、原則として4次メッシュ中心点とする。計算点における年平均値濃度 C は、全ての排出源について、排出源と計算点の距離、方位を計算し、排出源の種類（すなわち高さ）、気象パタン別の広域ユニット計算結果（基準化濃度に排出強度を掛けた単一煙源濃度）を重合することにより求めた。

以上の広域拡散濃度ユニットパタンを用いて、一つの計算点（メッシュ）について、当該メッシュを中心とする50km 四方の全てのメッシュからの濃度を重合計算した。この際、幹線／非幹線別または車種別の排出量ごと

に重合を行うことにより、広域拡散濃度推計結果についてもこれらの区分別の寄与濃度として保持した。

なお4次メッシュごとの点源配置については、特に計算点と点源が距離的に近い場合、点源と計算点の位置関係に強く依存する濃度が推計されてしまうため、4次メッシュ内に均等に点源を配置してそれぞれからの濃度を重合する方法を取った。

ここまでで推計した「4次メッシュ別距離帯別幹線道路寄与濃度」、「4次メッシュ別背景濃度」を重合することにより「4次メッシュ別沿道・非沿道別濃度」としてデータ化した。

## 2.5.4 沿道人口推計方法

平成12年度国勢調査地域メッシュ統計（4次メッシュ人口）および国土数値情報（10分の1細分土地利用メッシュデータ、平成9年）等を利用して、幹線道路沿道100m以内に住居する人口を推計した。さらに別途推計の幹線道路別の沿道人口プロファイル（距離分布）を利用して100m以内居住人口から沿道距離帯別人口分布を求めた。この結果は4次メッシュ別・沿道距離帯別・年齢階層別人口としてデータ化した。

国勢調査地域メッシュ人口データはメッシュごとの総人口数であり、これから幹線道路沿道100m内の人口を直接推定することは困難である。このため、国土数値情報の中の1/10細分土地利用ファイル（3次メッシュを10×10に分割し、土地利用を16分類したデータ）を利用し、この土地利用分類（可住地か否か）と、道路との位置関係（沿道メッシュか否か）をパラメータとして、1/10細分メッシュごとの人口を推定し、幹線道路沿道100m内にある細分メッシュ人口より幹線道路沿道人口を推定した。

次に幹線道路沿道状況に応じた人口距離分布パターンにより、距離帯別の人口を推計した。

### （1）1/10細分メッシュ（100mメッシュ）人口の推定

1/10細分メッシュ人口（4次メッシュ人口の1/10細分メッシュへの按分）は、土地利用分類及び沿道メッシュか否かをパラメータとして、以下の方法により推定した。

4次メッシュ内の人口は原則として細街路も含む道路沿道60m以内に分布すると仮定した。1/10細分土地利用データは平成9年度に作成されたもので、人口データの調査年度より古いため、宅地開発等により土地利用区分が変更されている場合がある。このため、荒地、湖沼、

河川、海水域等を除いたメッシュを可住地メッシュとした。可住地メッシュごとに、すべての道路沿道60m以内に含まれる面積を算出し、これを細分メッシュ内可住面積とし、4次メッシュ内人口は、4次メッシュ内の細分メッシュ内可住面積総和に分布するものとした。

### （2）幹線道路沿道の距離帯別人口の推計

前項で推計した、4次メッシュから1/10細分メッシュへ按分された人口を用いて、幹線道路沿道の距離帯別人口を下記のように推計した。

まず、幹線道路沿道100m以内に含まれる1/10細分メッシュを抽出し、この細分メッシュに、10m間隔の幹線沿道ポイントを作成した。この幹線沿道ポイントに人口を付与し、幹線道路沿道100m内の人口を推計した。

次に、幹線沿道0mから100mまでは、人の住み方、人口の分布が一様ではなく、その道路の沿道状況（沿道用途や人口密度）によって異なった分布プロファイルが見られると考えられることから、平成8年度環境省「全国沿道騒音実態調査」において検討された距離帯別の人口分布プロファイルを使用して、距離帯別の人口を推計した。沿道細分距離帯は、幹線道路沿道から、10mピッチに50mまで5区分と50～100mまでを1区分とした6区分に分けることとした。

最後に幹線沿道ポイントが属する距離帯のプロファイルで幹線沿道ポイントに付与した人口を修正した。また非沿道細分メッシュには、メッシュ中心にポイントを作成し、そのポイントに当該細分メッシュ人口を付与した。

## 2.5.5 生活パターン別曝露濃度推計方法

「NHK 国民生活時間調査」（2000年調査）から、平日の生活時間パターンの全般的な特徴を整理し、同調査のデータ利用の可能な範囲で類型化した。なお、生活パターンは道路沿道居住者と非沿道居住者で変わらないものとした。

### （1）生活パターン類型化

在宅時間、通勤・通学時間、就業・学業時間、その他の時間に基づいて、以下の6パターンに分類した。

- 家庭婦人パターン
- 農林漁業者パターン
- 自営業者パターン
- 小・中学生パターン

- 高校生パターン
- 勤め人パターン

次に、従業地・通学地が自宅、居住地と同一市区町村内、同一県内他市区町村、県外かで4分類した。さらに、通勤・通学の手段を徒歩のみ、鉄道・電車、乗合バス、自家用車、オートバイ、自転車の6つに分類した。また、従業場所が主として屋内、屋内・屋外の両者、主として屋外の場合のそれぞれについて、屋外濃度から曝露濃度を換算するための係数（曝露状態別濃度換算係数）を設定した。

滞在地のDEP濃度は、居住地別（沿道、非沿道：メッシュ別）生活パターン別、通勤通学利用交通手段別（交通手段、所要時間）、従業・通学地別（市区町村別）のそれぞれの背景濃度と沿道濃度を用いて、それらの合計で推計した。

なお、人口10万人以上の市区町村では、メッシュ人口～目的地まで一通りのデータがそろっているが、人口10万人未満の市町村では、通勤通学先が（自市内／県内／県外）にしか区分されていないため、市区町村別OD表をもとに目的地を推定し、交通手段は

自市内：徒歩、自転車、オートバイ、乗用車、バス、  
鉄道の構成比

県内：乗用車、バス、鉄道を100%とした構成比

県外：乗用車、バス、鉄道を100%とした構成比を使用した。

所要時間は同様に市区町村別OD表の手段別所要時間を使用した。

## （2）生活パターン別曝露濃度推計

曝露量は、滞在地濃度×換算係数（屋内・屋外就業）×滞在時間で求めるが、通勤・通学中の曝露量は、（居住地濃度＋通勤・通学地濃度）／2×所要時間で求める。この際、オートバイ・乗用車・バス利用には両地の沿道濃度、徒歩・自転車・鉄道には両地の非沿道濃度を用いた。

曝露量は、生活パターン別の滞在地での滞在時間数にその背景濃度を乗じた合計値から算定されるが、それは24時間の積み上げ値であるため、曝露濃度は24（時間）で除した値となる。

### （ア）滞在時間

在宅者、自営業者、農林漁業者、小中学生の生活パターンは常住地のみで活動すると仮定しているため、滞在時

間と濃度換算係数は常住地のみについて求めた。

勤め人（内業、内外業）、高校生の生活パターンは、従業地や経由地での滞在時間を考慮して算出した。通勤通学時間調査表に掲載されていない従業地が自市区内の場合の通勤時間を補完する。自市区内の片道通勤通学時間は交通手段別に鉄道・電車・バスは10分、その他は20分とした。

次に、経由地での滞在時間と、従業地と在宅時を除いた常住地での滞在時間を求め、上記2つの滞在時間の合計を24時間から減じて在宅時滞在時間を求めた。

### （イ）濃度換算係数

屋外－屋内濃度換算係数は米国EPAのHAPEM4（Hazardous Air Pollution Exposure Model）<sup>21)</sup>による住宅、職場（内外）、学校（内外）、外出先（内外）、道路上、自動車内、電車内ごとの換算係数値を用いた。

### （ウ）背景濃度

常住地の背景濃度は環境濃度推計モデルに基づきメッシュ別、沿道／非沿道別に求めた。またロードプライシングなど対策のシナリオごとに推計した。

従業地の背景濃度は、メッシュ別濃度を市区町村別に平均して求めた。また、従業地の市区町村に「その他の市」「その他の区」など実際の市区町村と対応しないものがあるため、その場合には下記のように平均値を用いた。

従業地が「その他の市」→ 県別の平均濃度を用いる  
従業地が「その他の区」→ 政令市、特別区部別の平均濃度を用いる

従業地が「茨城県央、県北」→ 当該地域の平均濃度を用いる

従業地が「静岡県」「栃木県」など南関東1都4県以外  
→ 1都4県全域平均濃度を用いる

経由地の背景濃度は、常住地濃度と従業地濃度の平均値とした。

### （エ）生活パターンと対象人口の設定

メッシュごとにまず沿道／非沿道人口構成比、業種別、交通手段別、OD別人数構成比を求め、次に求めた構成比をメッシュ統計データに乗じて分類別人口データを求めた。

交通手段別就業者構成比については、人口10万人以上の市区町村の場合とし「徒歩だけ」「鉄道・電車」「乗合バス」「自家用車」「オートバイ」「自転車」の6種類の交通手段の構成比を求めた。人口10万人未満の市区町村については、OD・交通手段別通勤通学者数が公開されて

いないため、「鉄道・電車」「乗合バス」「自家用車」の3種類の交通手段の構成比を求めた。

(オ) 曝露濃度の推計

生活パターンが在宅者、自営業者、農林漁業者、小中学生の場合、勤め人（屋内業）、高校生の場合、勤め人（屋内外業）の場合で異なる推計フローを用いた。

在宅者、自営業者、農林漁業者、小中学生の場合は、メッシュ別人口、メッシュ別背景濃度、滞在時間、換算係数を掛け合わせて推計した。

勤め人と高校生の場合は従業地の背景濃度（市区町村別）とOD別交通手段別の人口を加味して、メッシュ別曝露濃度を推計した。

$$\begin{aligned} \text{曝露濃度} &= \left\{ \sum (\text{背景濃度} \times \text{濃度換算係数} \times \text{滞在時間}) \right\} / 24 \\ &= \left\{ \text{常住地背景濃度} \times \sum (\text{濃度換算係数} \times \text{滞在時間}) \right. \\ &\quad + \text{経由地背景濃度} \times \sum (\text{濃度換算係数} \times \text{滞在時間}) \\ &\quad \left. + \text{従業地背景濃度} \times \sum (\text{濃度換算係数} \times \text{滞在時間}) \right\} / 24 \end{aligned}$$

2.5.6 対策効果の評価例

構築した対策評価モデルを用いて、排出係数を削減する自動車技術対策の例としてディーゼル車規制を、交通流を削減・改善する自動車需要・道路交通対策の例としてロードプライシングを対象として、対策効果の評価を行った。

(1) ディーゼル車規制

東京都は、『ディーゼル車 NO 作戦』（平成11年8月から）を経て、平成12年12月に環境確保条例を制定し、埼玉県、千葉県、神奈川県もこれに続いた。平成15年の10月からは、PM 排出基準を満たさないディーゼル車の域内走行禁止した。使用過程車についても、一つ前の国の新車排出基準を満たすように DPF の装着を求めた。た

だし、新車登録から7年間は猶予期間とした。

これを、排出係数改善型シナリオの例として、1998（平成10年）3月末（対策前）と2004（平成16）3月末（対策後）の曝露人口を推計した。なお、交通量は、平成11年度版の道路交通センサスの4車種別交通量を用いた。また、500m 四方のメッシュ単位で、排出量、濃度、人口を推計した。約1000人／メッシュが人口集中地区の人口の目安である。

図87に示す通り、ディーゼル車規制により、ディーゼル車に起因する PM に高濃度に曝露する人口の分布は、都区部と幹線道路沿道の一部に残るだけへと大幅に縮小した。なお、生活時間パターンを考慮した曝露モデルを用いているため、従業地と居住地での曝露量を居住地ベースで集計した結果であることに留意する必要がある。

(2) ロードプライシング

ディーゼル車規制後にも都区部に残る面的な高濃度曝露人口を減少させるための追加的な対策シナリオとして、ロードプライシングを導入した場合の推計を行った。環状六号線と隅田川を結ぶ範囲を通行する車両に首都高速道路料金並みの課金を行うとした。

なお、交通流モデルの計算能力の制約上、都区部とその周辺の主要道路ネットワークを対象とした分析を行った。このネットワークに流れる交通量が道路交通センサスの断面交通量に合うように、現況のODを元にした独自のOD交通量を作成した。また、ロードプライシング導入の効果として、経路選択時の迂回の他に、手段転換等により課金地域に関連するOD交通量が減少することが考えられる。しかし、ここで用いる動的交通流モデルでは手段転換を再現することはできないため、課金地域に関連するOD交通量が1割減少する場合を基本とし、

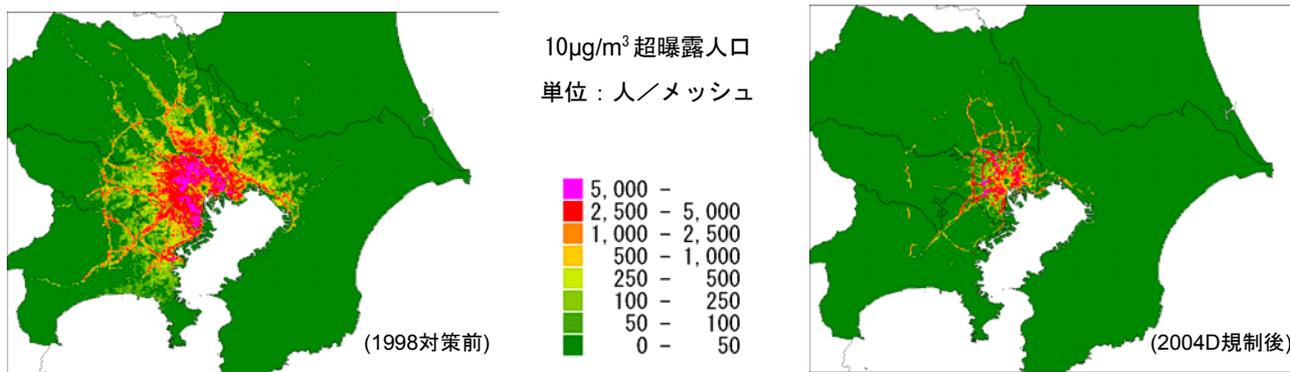


図87 ディーゼル車規制による DEP 高濃度曝露人口の減少

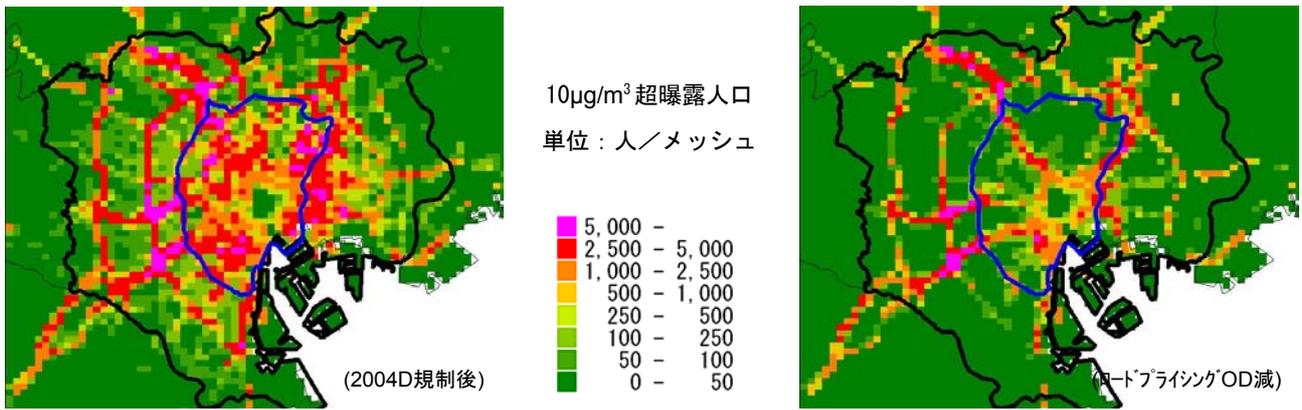


図88 ロードプライシングによる DEP 高濃度曝露人口の減少

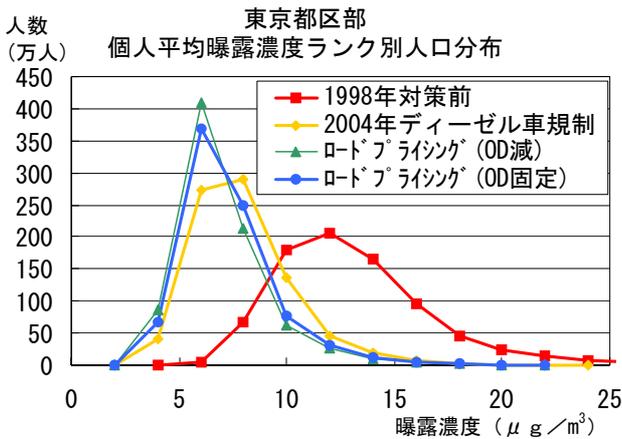


図89 都区部の個人平均曝露濃度ランク別人口分布

関連 OD 交通量が変化しない場合についても推計することとした。

図88に示す通り、外側線で示す都区部内の面的な高濃度曝露人口の分布は確実に減少が認められる。しかし、首都高速道路や環状7号、環状8号などの大規模幹線道路の沿道地域には高濃度曝露人口が残る結果となった。内側線で示す課金対象地域の外側では、迂回による環境悪化が懸念されるが、高濃度曝露人口が増加したのは、首都高速道路入口付近等の限定された地域にとどまった。課金により、一般の幹線道路網に面的に分布していた走行車両が、首都高速等に転換した結果と考えられる。なお、OD 交通量が変化しないとした場合にも、これらの傾向は同様であった。

東京都区部に居住する個人の平均曝露濃度の分布を、対策シナリオごとに整理した結果を図89に示す。曝露濃度 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える人口で見ると、ディーゼル車規制による効果が非常に大きいことが良く分かる。その上、ロードプライシングを追加することにより、曝露濃度

$10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度の人口をさらに減少させる効果があることが分かる。OD の減少を仮定した場合と OD の固定を仮定した場合の差はあるが、大きくはなかった。

## 2.6 まとめ

本研究プロジェクトでは、 $\text{PM}_{2.5}$ や DEP に代表される都市大気汚染に関する研究を実施した。研究領域としては、発生源、測定、環境動態、疫学、毒性の分野を包含している。研究手法としては、室内実験（低公害車実験施設、風洞実験施設、動物曝露実験施設などを利用）、フィールド観測、モデル研究、データ解析研究等を基に、発生源から影響評価にいたる一連の研究を総合的・分野横断的に実施した。研究成果として示した5つの研究課題についても、担当研究者が相互に連携しながら実施したものである。

### (1) 排出実態と環境動態の解明

- シャシーダイナモ及び車載計測装置による実験により、粒子及びガス状大気汚染物質の実使用条件下における排出特性やナノ粒子と呼ばれる微小粒子の排出特性を把握した。さらに、道路沿道及び都市大気中における微小粒子の長期間モニタリングや粒径別組成分析を行い、沿道及び一般大気中における微小粒子の動態、物理化学特性を明らかにした。
- DEP 排出量の地域分布推計手法をベースとした削減シナリオ評価ツールを開発し、ディーゼル車規制やロードプライシングシナリオを例にして、曝露評価モデルとも組み合わせて、その効果を評価した。

### (2) 大気汚染モデル等による環境動態の解明

- 風洞実験、航空機観測、モデル解析、データ解析をも

とに、沿道スケールから地域スケールにおける粒子状物質の動態を総合的に把握するとともに、対策評価手法を開発した。

- 風洞実験により、道路沿道の大気汚染高濃度地区における大気汚染対策手法を提案・評価した。
- 航空機観測を含む野外観測を関東と関西で実施し、都市域におけるPM動態を立体的に把握した。この結果は、都市域におけるPM汚染機構の解明に寄与するものである。
- 全国のSPM濃度データを解析して、全国分布や経年変化を把握した。その結果、SPM環境基準の達成／非達成は、春季の黄砂による影響が大きいことを明らかにした。
- PMの発生源と環境濃度の定量的関係を把握するために、大気質モデル（風洞実験に基づく沿道大気汚染モデル、越境汚染影響を考慮した都市大気汚染モデル）を開発した。
- 地方環境研究所との共同により、都市大気汚染予報システムを構築した。

### (3) 計測法の検討

- PM<sub>2.5</sub>自動計測器の並行評価試験を行った。対象にした機器は米国EPA認証のFRM式ローボリウムサンブラとの比較を行った。各測定器とも濃度の変動は一致したが、ピーク時の濃度、ベースラインの変動の幅は異なった。また、夏季にはどの計測器もFRMより高い値を示し大気湿度の影響が大きいことが示唆された。
- ブラックカーボン(BC)モニタリング装置の並行試験を行い、光学補正をした熱分離炭素分析結果と比較し、器差を明らかにした。
- 熱分離法および熱分離・光学補正法による炭素分析結果の比較検討を行った。元素状炭素、有機系炭素は測定法により明確な差が見られた。検討の結果、適切に補正を施せる採取方法・条件を明らかにした。

### (4) 実験研究による毒性評価

- 循環系への影響を検討し、全排気と除粒子排気曝露で異常心電図や心拍変動が生じること、作用はガス状成分またはフィルタで除去されない粒子成分にある可能性、DEP中の成分の一つであるニトロフェノール類が影響の一因になる可能性があることなどを明らかにした。

- DEPの血管平滑筋細胞と血管内皮細胞への影響を解析し、肺高血圧等の循環器系への負担を増加させる要因になる可能性を明らかにした。
- 呼吸・免疫系への影響を検討し、感染性肺傷害では粒子成分、アレルギー性気道炎症では有機成分が病態を増悪すること、およびその要因としてDEP有機成分の抗原提示機能増幅作用があることを見いだした。
- 呼吸・免疫系に影響を及ぼす成分は病態によって異なる可能性と成分の共存により影響が増幅される可能性を明らかにした。
- 自動車排出ガスに起因するナノ粒子曝露の生体影響解明のため、模擬ナノ粒子を用い酸化ストレス作用、自然免疫応答、抗原提示機能、グラム陰性菌毒素やグラム陽性菌毒素による肺炎症状、凝固・線溶系、循環機能に及ぼす影響を検討し、細胞に酸化ストレスを誘発し、免疫系や循環系に影響を及ぼす可能性を明らかにした。

### (5) 曝露量に基づく対策評価

- 交通システム対策評価モデル、排出係数式推計モデル、DEP排出量の詳細推計・地域分布予測モデル、交通流モデルからなる削減対策シナリオ評価ツールを構築した。これと共に、このモデルシステムにリアルワールドの排出係数を与えることができる車載型計測システムを開発利用し、様々な走行状態でのデータを取得した。
- GISを利用して曝露量推計の為に当該地域に居住する人に対する全生活時間帯の曝露量評価システムを独自に開発した。さらに、削減対策シナリオ評価ツールと組合せ、各種の対策を実施した時の環境DEP濃度分布および曝露人口分布を推計した。

## 引用文献

- 1) 国立環境研究所(2000) 輸送・循環システムに係る環境負荷の定量化と環境影響の総合評価手法に関する研究 平成8～10年度. 国立環境研究所特別研究報告, SR-30-2000, 58p.
- 2) 国立環境研究所(2001) 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 平成10～12年度. 国立環境研究所特別研究報告, SR-42-2001, 56p.

- 3) 国立環境研究所 (2002) 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. 国立環境研究所特別研究報告, SR-47-2002, 70p.
- 4) 環境省ディーゼル排気微粒子リスク評価検討会 (2000) ディーゼル排気粒子のリスク評価について (中間とりまとめ), 238p.
- 5) 環境省ディーゼル排気微粒子リスク評価検討会 (2002) 平成13年度報告書, 284p.
- 6) 国立環境研究所 (2003) 大気中微少粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>)・ディーゼル排気粒子 (DEP) 等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 (中間報告), 平成13～14年度. 国立環境研究所特別研究報告, SR-59-2003, 64p.
- 7) 環境省 (2004) 平成15年度大気汚染状況報告書, 694p.
- 8) 気象庁 (2005) 異常気象レポート2005 近年における世界の異常気象と気候変動～その実態と見通し～ (VII), 383p.
- 9) 速水 洋, 藤田慎一 (2004) デニューダ・フィルターパック法により測定した半揮発性無機イオン成分の濃度の実態とガス・粒子分配, 大気環境学会誌, 9(2), 77-88.
- 10) (財) 石油産業活性化センターJCAP 推進室(2001) JCAP技術報告書 2-5-2 大気モデル技術報告書(1).
- 11) 伏見暁洋, 梶原秀夫, 吉田喜久雄, 中西準子 (2002) 大気拡散モデルを用いた濃度予測及び PRTR データの検証ーベンゼンを例にー, 環境科学会誌, 15, 35-47.
- 12) 秋山賢一 (2000) 自動車から排出される有害大気汚染物質と分析法, 大気環境学会誌, 35, A73-84.
- 13) 森口祐一, 西岡秀三, 清水 浩 (1993) 広域的な道路交通公害対策による環境改善効果の予測システムの開発, 土木計画学研究・論文集, 11, 279-286.
- 14) 若松伸司編 (2002) 大気中微少粒子状物質・ディーゼル排気粒子に関する研究の動向と今後の課題, 第5章, 国立環境研究所研究報告, R-172-2002, 69-90.
- 15) 松橋啓介, 田邊 潔, 森口祐一, 小林伸治 (2004) 自動車に起因する大気汚染物質排出量推計手法の開発 (I) 重量区分別走行量を考慮したマクロ推計, 大気環境学会誌, 39(6), 280-293.
- 16) 松橋啓介, 田邊 潔, 森口祐一, 小林伸治 (2004) 自動車に起因する大気汚染物質排出量推計手法の開発 (II) 地域分布推計と沿道曝露人口の試算, 大気環境学会誌, 39(6), 294-303.
- 17) 工藤ら (1998) 「交通流を考慮した環境改善効果に関する研究」, 第14回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, 9-14.
- 18) Kudoh *et al.* (2001) "Environmental evaluation of introducing electric vehicle using a dynamic traffic-flow model", *Appl. Energy*, 69, 45-159.
- 19) 総務省統計局, 国勢調査 (平成12年)
- 20) NHK 放送文化研究所編 (2001) データブック国民生活時間調査2000
- 21) U.S.EPA (2000) Development of Microenvironmental Factors for the HAPEM4

[ 資 料 ]

## I 研究の組織と研究課題の構成

### 1 研究の組織（当時）

#### [A 研究担当者]

##### PM2.5・DEP 研究プロジェクトグループ

プロジェクトグループリーダー	若松伸司
サブリーダー	小林隆弘
主任研究官	松本幸雄
交通公害防止研究チーム	小林伸治
	近藤美則
	松橋啓介
	森口祐一
	田邊 潔
	工藤祐揮
	伏見暁洋
	平林幹啓
都市大気保全研究チーム	大原利眞
	上原 清
	酒巻史郎
	菅田誠治
	長谷川就一
	神田 勲
	片山 学
	呉 銀珠
	早崎将光
エアロゾル測定研究チーム	福山 力
	西川雅高
	内山政弘
	高橋克行
	的場澄人
疫学・曝露評価研究チーム	新田裕史
	小野雅司
	田村憲治
	山崎 新
	豊柴博義
毒性・影響評価研究チーム	高野裕久
	鈴木 明
	古山昭子
	小池英子
	井上健一郎
	種田晋二

柳澤利枝  
藤谷雄二  
戸田典子  
美留町潤一  
Arul Veerappan

環境健康研究領域

生体防御研究室 藤巻秀和  
保健指標研究室 平野靖史郎  
疫学・国際保健研究室 村上義孝

循環型社会形成推進・廃棄物研究センター

循環型社会形成システム研究室 南齋規介

社会環境システム研究領域

情報解析研究室 須賀伸介

[B 客員研究員]

川橋正昭	(埼玉大学)	(平成13年度)
田中正宣	(大阪市立環境科学研究所)	(平成13年度)
藁科宗博	(大阪市立環境科学研究所)	(平成13年度)
池沢 正	(兵庫県立健康環境科学研究センター)	(平成13年度, 15年度)
吉村 陽	(兵庫県立健康環境科学研究センター)	(平成13年度, 15年度)
大原利眞	(静岡大学)	(平成13～15年度)
板野泰之	(大阪市立環境科学研究所)	(平成13～17年度)
老川 進	(清水建設(株))	(平成14～17年度)
中西貞博	(京都府保健環境研究所)	(平成15～16年度)
大森 崇	(京都大学)	(平成15～17年度)
斉藤勝美	(秋田県環境センター)	(平成15～17年度)
斉藤正彦	(東電環境エンジニアリング(株))	(平成15～17年度)
中井里史	(横浜国立大学)	(平成15～17年度)
山川和彦	(京都府保健環境研究所)	(平成15～17年度)
松本幸雄	((社)国際環境研究協会)	(平成17年度)

2 研究課題と担当者 (\*客員研究員)

(1) 排出実態と環境動態の解明

若松伸司・小林伸治・近藤美則・松橋啓介・森口祐一・田邊 潔・工藤祐揮・伏見暁洋・平林幹啓・  
長谷川就一・高橋克行・藤谷雄二・斉藤勝美\*

(2) 大気汚染モデル等による環境動態の解明

若松伸司・大原利眞・松本幸雄・上原 清・酒巻史郎・菅田誠治・長谷川就一・神田 勲・片山 学・  
呉 銀珠・早崎将光・川橋正昭\*・田中正宣\*・藁科宗博\*・池沢 正\*・吉村 陽\*・板野泰之\*・老川 進\*・  
中西貞博\*・斉藤勝美\*・斉藤正彦\*・山川和彦\*

(3) 計測法の検討

福山 力・西川雅高・内山政弘・長谷川就一・田邊 潔・高橋克行・的場澄人・伏見暁洋・藤谷雄二・  
小林伸治

(4) 実験研究による毒性評価

小林隆弘・高野裕久・鈴木 明・古山昭子・小池英子・井上健一郎・種田晋二・柳澤利枝・藤谷雄二・戸田典子・美留町潤一・平野靖史郎・藤巻秀和

(5) 曝露量に基づく対策評価

新田裕史・小林伸治・近藤美則・松橋啓介・森口祐一・工藤祐揮・小野雅司・田村憲治・村上義孝・山崎 新・豊柴博義・大森 崇\*・中井里史\*

## Ⅱ 研究成果発表一覧

### 1 誌上発表

発表者・題目・掲載誌・巻(号)・頁・刊年

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Morita M., Ichinose T., Sadakane K., Yoshino S., Yamaki K., Kumagai Y., Uchiyama K., Yoshikawa T.: Effect of 15-deoxy-delta(12, 14)-prostaglandin J2 on acute lung injury induced by lipopolysaccharide in mice, *Eur. J. Pharm.*, **481** : 261-269, 2003

吉川敏一, 井上健一郎, 高野裕久: 炎症に関与する細胞・分子, 内科学 第8版(杉本恒明, 小俣政男, 水野美邦編, 朝倉書店, 2297p.), 27-31, 2003

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Ichinose T., Sadakane K., Yoshino S., Yamaki K., Uchiyama K., Yoshikawa T.: Components of diesel exhaust particles differently affect lung expression of cyclooxygenase-2 related to bacterial endotoxin, *J. Appl. Toxicol.*, **24** : 415-418, 2004

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Morita M., Ichinose T., Sadakane K., Yoshino S., Yamaki K., Kumagai Y., Uchiyama K., Yoshikawa T.: Effects of 15-Deoxy-Delta-12, 14-prostaglandin J2 on the Cyclooxygenase-2 expression in the murine lung in the presence of lipopolysaccharide, *Arzneim. Forsch. Drug Res.*, **54(11)** : 711-714, 2004

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Sakurai M., Shimada A., Morita T., Sato M., Yoshino S., Yoshikawa T., Tohyama C.: Protective role of interleukin-6 in coagulatory and hemostatic disturbance induced by lipopolysaccharide in mice, *Thromb. Haemost.*, **91(6)** : 1194-1201, 2004

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Sakurai M., Yoshikawa T.: Anti-inflammatory effect of pentoxifylline, *Chest*, **126** : 321, 2004

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Sakurai M., Yoshikawa T.: Statin, inflammation, and sepsis, *Chest*, **125(6)** : 2365, 2004

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Sakurai M., Yoshikawa T.: Surgical stress in ARDS open-lung biopsy, *Chest*, **126(4)** : 1383, 2004

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 田村弘志, 小田俊男, 大野尚仁, 安達禎之, 吉川敏一: 可溶性 beta グルカンによる催気道炎症効果、「エンドトキシン研究」7(日本エンドトキシン研究会編, 医学図書出版, 216p.), 129-132, 2004

Inoue K., Takano H., Shimada A., Morita T., Yanagisawa T., Sakurai M., Sato M., Yoshino S., Yoshikawa T.: Cytoprotection by interleukin-6 against liver injury induced by lipopolysaccharide, *Int. J. Mol. Med.*, **15** : 221-224, 2005

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Sakurai M., Ichinose T., Sadakane K., Hiyoshi K., Sato M., Shimada A., Inoue M., Yoshikawa T.: Role of metallothionein in antigen-related airway inflammation, *Exp. Biol. Med.*, **230** : 75-81, 2005

上原 清, 村上周三, 若松伸司, 池澤 正: 高さの異なるストリートキャニオン内の流れと拡散に関する風洞実験—市街地における大気汚染物質の拡散に関する実験的研究 その6, *日本建築学会計画系論文報告集*, **541** : 37-42, 2001

上原 清: 風は都市大気汚染にどのように影響するか, *建築技術*, **631** : 148, 2002

上原 清, 林 誠司, 吉川康雄, 山尾幸夫, 若松伸司, 森川多津子, 松本幸雄: 実在交差点周辺の大气汚染濃度分布に関する風洞実験, *大気環境学会誌*, **37(6)** : 343-356, 2002

上原 清, 若松伸司, 松本幸雄, 山尾幸夫, 林 誠司, 吉川康雄, 森川多津子: 実在幹線沿道の大气汚染濃度分布に関する風洞実験—高架道路の覆蓋影響とストリートキャニオン濃度予測手法の検討—, *大気環境学会誌*, **38(6)** : 358-376, 2003

Uehara K., Wakamatsu S., Ooka R.: Studies on critical Reynolds number indices for wind-tunnel experiments on flow within urban areas, *Boundary-Layer Meteorol.*, **107** : 353-370, 2003

上原 清: 3.3 環境の汚染 1.大気汚染, シリーズ地球環境建築・専門編1—地域環境デザインと継承(日本建築学会編, 彰国社, 362p.), 64-66, 2004

上原 清: 風洞実験からみた自動車排ガス対策, *環境技術*, **33** : 226-231, 2004

- 上原 清, 松本幸雄, 林 誠司, 山尾幸夫, 若松伸司, 大原利眞: 通風を考慮した沿道高濃度対策の検討ー1/100大縮尺模型を用いた風洞実験ー, 大気環境学会誌, **41**: 91-102, 2006
- 吉川康雄, 林 誠司, 平井 洋, 上原 清: 都市内幹線道路を対象とした沿道大気質予測 シミュレーションモデルの構築 (I)ーシミュレーションモデルの概要と検証ー, 大気環境学会誌, **38(5)**: 269-286, 2003
- 吉川康雄, 林 誠司, 平井 洋, 上原 清: 都市内幹線道路を対象とした沿道大気質予測 シミュレーションモデルの構築 (II)ーケーススタディ: 走行量低減およびアイドルストップによる大気質改善効果の検討ー, 大気環境学会誌, **38(5)**: 287-300, 2003
- Ohara T., Uno I., Wakamatsu S., Murano K.: Numerical simulation of the springtime trans-boundary air pollution in East Asia, *Water, Air, Soil Pollut.*, **130**: 295-300, 2001
- 大原利眞, 若松伸司, 鶴野伊津志, 神成陽容: 関西地域における春季高濃度汚染の数値シミュレーション (1) 数値モデルの構築と立体観測データによる検証, 大気環境学会誌, **36**: 208-230, 2001
- 大原利眞, 若松伸司, 鶴野伊津志: 関西地域における春季高濃度汚染の数値シミュレーション (2) 汚染発生機構の感度解析, 大気環境学会誌, **36**: 231-243, 2001
- Nagata Y., Ohara T., Itsubo N., Inaba A.: Development of damage functions for air pollutants considering local conditions of Japan, *Proc. 15th Int. Conf. EcoBalance, Tsukuba, Japan*, 41-44, 2002
- 鶴野伊津志, 大原利眞, 佐竹晋輔: 黄砂輸送の広域スケールシミュレーション, 日本風工学会誌, **91**: 49-54, 2002
- Inoue M., Ohara T., Murano K.: Analysis of budget and source-receptor relationships of SO<sub>x</sub> in East Asia using a transport model coupled with RAMS, *9th Int. Jt. Semin. Reg. Deposition Processes Atmos.*, Bangkok, 208-215, 2003
- Ohara T., Morikawa T.: Numerical Simulation of Urban Aerosol Pollution in Winter in the Tokyo Metropolitan Area, *9th Int. Jt. Semin. Reg. Deposition Processes Atmos.*, Bangkok, 165-173, 2003
- Tanimoto N., Ohara T., Uno I., Sugata S.: A Three Dimensional Model Analysis of Carbonaceous Aerosol Dynamics in East Asia During Spring 2001, *9th Int. Jt. Semin. Reg. Deposition Processes Atmos.*, Bangkok, 139-146, 2003
- 高木健作, 大原利眞: 関東地域におけるオゾンによる植物影響評価ーダメージ関数を用いたインパクト推計ー, 大気環境学会誌, **38**: 205-216, 2003
- 大原利眞: 地球環境調査計測事典 第1巻 陸域編① (竹内均監修, フジテクノシステム, 1401p.), 2003
- 大原利眞, 坂田智之: 光化学オキシダントの全国的な経年変動に関する研究, 大気環境学会誌, **38**: 47-54, 2003
- 大原利眞: 最近の光化学オキシダント汚染の実態ー全国および関東地域の経年変動ー, 資源環境対策, **39**: 86-89, 2003
- Ohara T., Seno T., Utiyama M., Matsumoto Y., Fukuyama T., Izumi K., Aoki M.: Dry Deposition of atmospheric aerosols and its impact to atmospheric environment, *Atmospheric Environmental Impacts of Aerosols in East Asia Reseach Report 2002 (Kasahara M. ed., 129p.)*, 53-56, 2004
- Tanimoto N., Ohara T., Uno I., Sugata S., Uematsu M.: A Three Dimensional Model Analysis of Carbonaceous Aerosol Dynamics in East Asia During Spring 2001, *Nucleation and Atmospheric Aerosols 2004*, 16th Int. Conf., Kyoto, 768-771, 2004
- 大原利眞: 大気エアロゾルのモデル研究, エアロゾル用語集 (日本エアロゾル学会編, 京都大学学術出版会), 252-253, 2004
- 大原利眞: 大気汚染数値モデル, 環境工学公式・モデル・数値集 (土木学会環境工学委員会, 社団法人土木学会), 256-264, 2004
- 谷本直隆, 大原利眞, 鶴野伊津志, 菅田誠治, 植松光夫: 東アジアにおける炭素粒子動態のモデル解析, 大気環境学会誌, **39**: 229-245, 2004
- 片山 学, 大原利眞, 村野健太郎: 東アジアにおける硫黄化合物のソース・リセプター解析ー地域気象モデルと結合した物質輸送モデルによるシミュレーションー, 大気環境学会誌, **39(4)**: 200-217, 2004
- Tanimoto H., Sawa Y., Matsueda H., Uno I., Ohara T., Yamaji K., Kurokawa J., Yonemura S.: Significant latitudinal gradient in the surface ozone spring maximum over East Asia, *Geophys. Res. Lett.*, **32**: L21805, Nov. 4. 2005

- 井上雅路, 大原利眞, 片山 学, 村野健太郎: 数値シミュレーションモデル RAMS/HYPACT による東アジアにおける硫黄化合物の年間ソース・リセプター解析, エアロゾル研究, **20(4)**: 333-344, 2005
- 鶴野伊津志, 大原利眞, 菅田誠治, 黒川純一, 古橋規尊, 山地一代, 谷本直隆, 弓本桂也, 植松光夫: RAMS/CMAQ の連携システムによるアジア域の物質輸送シミュレーションシステムの構築, 大気環境学会誌, **40**: 148-164, 2005
- 大原利眞: 越境する大気汚染 4 広域大気汚染のシミュレーション, 常陽新聞, 2005
- Kanda I., Uehara K., Yamao Y., Yoshikawa Y., Morikawa T.: A wind-tunnel study on exhaust-gas dispersion from road vehicles -- Part I: velocity and concentration fields behind single vehicles, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, **94(9)**: 639-658, 2006
- Kanda I., Uehara K., Yamao Y., Yoshikawa Y., Morikawa T.: A wind-tunnel study on exhaust-gas dispersion from road vehicles-- Part II: effect of vehicle queues, *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.*, **94(9)**: 659-673, 2006
- 工藤祐揮, 松橋啓介, 森口祐一, 近藤美則, 小林伸治: ガソリン乗用車の実燃費マクロ推計式の構築, 土木学会論文集, (793): 41-48, 2005
- Koike E., Hirano S., Shimojo N., Kobayashi T.: cDNA microarray analysis of gene expression in rat alveolar macrophages in response to organic extract of diesel exhaust particles, *Toxicol. Sci.*, **67**: 241-246, 2002
- Koike E., Hirano S., Furuyama A., Kobayashi T.: cDNA microarray analysis of rat alveolar epithelial cells following exposure to organic extract of diesel exhaust particles, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **201(2)**: 178-185, 2004
- Koike E., Kobayashi T.: Ozone exposure enhances antigen-presenting activity of interstitial lung cells in rats, *Toxicol.*, **196**: 217-227, 2004
- Koike E., Watanabe H., Kobayashi T.: Exposure to ozone enhances antigen-presenting activity concentration dependently in rats, *Toxicol.*, **197(1)**: 37-46, 2004
- Koike E., Kobayashi T.: Organic extract of diesel exhaust particles stimulates expression of Ia and costimulatory molecules associated with antigen presentation in rat peripheral blood monocytes but not in alveolar macrophages, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, **209**: 277-285, 2005
- 小池英子: 大気汚染物質に対する防御機構—オキシダント・アンチオキシダントを中心に—, 呼吸器科, **8(4)**: 375-382, 2005
- Shima H., Koike E., Shinohara R., Kobayashi T.: Oxidative ability and toxicity of n-hexane insoluble fraction of diesel exhaust particles, *Toxicol. Sci.*, **91(1)**: 218-226, 2006
- 小林伸治, 近藤美則, 田邊 潔, 長谷川就一, 森口祐一, 若松伸司: 自動車から排出される微小粒子の排出特性—排気中および道路沿道大気中における粒径分布の比較—, 自動車技術会論文集, **35(3)**: 71-76, 2004
- 速水 洋, 小林伸治: 大気中二次粒子の濃度予測手法の開発, 電力中央研究所報告, (T03037), 1-17, 2004
- 井原智彦, 石谷 久, 松橋隆治, 吉田好邦, 六川修一, 近藤美則, 樋口修二: オフィスビル実測値を用いた動的熱負荷モデルによる CO<sub>2</sub> 排出削減策の評価, エネルギー・資源, **22(3)**: 61-67, 2001
- Kondo Y.: Estimation of reduction amount of carbon dioxide emission by introduction of EVs and a proposal toward widespread of EVs based on actual vehicle use data, *J. Asian Electr. Veh.*, **1(1)**: 281-286, 2003
- Kudoh Y., Kondo Y., Matsubashi K., Kobayashi S., Moriguchi Y.: Current status of actual fuel-consumptions of petrol-fuelled passenger vehicles in Japan, *Appl. Energ.*, **79**: 291-308, 2004
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 田邊 潔: 車載型機器による走行動態調査と走行動態の燃費及び排出ガスに及ぼす影響の解析, 自動車技術会論文集, **35(3)**: 77-83, 2004
- Kondo Y., Kobayashi S., Moriguchi Y.: Analysis of variation in exhaust emissions near an intersection based on vehicle emission data, *Rev. Automot. Engineer.*, **26(2)**: 151-155, 2005
- 近藤美則: 環境に優しい自動車との付き合い方, 楽園, **21**: 44-47, 2005
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一: 車載型機器による走行動態及び排出ガスの計測, 自動車技術会論文集, **36(5)**: 105-111, 2005
- Sugata S., Byun D., Uno I.: Simulation of sulfate aerosol in East Asia using Models-3/CMAQ with RAMS meteorological data, *Air Pollut. Modeling & Its Appl. XIV, Gryning and Schiermeier eds.*, Kluwer Academic/Plenum publishers, 267-275, 2001

- Sugata S.: Seasonal simulation of the air quality in East Asia using CMAQ, *Air Pollut. Modeling & Its Appl.*, XV, Borrego and Schayes eds., Kluwer Academic/ Plenum publishers, 519-520, 2002
- Zhang M.G., Uno I., Sugata S., Wang Z., Byun D., Akimoto H.: Numerical study of boundary layer ozone transport and photochemical production in east Asia in the wintertime, *Geophys. Res. Lett.*, 29(11) : art. No. 1545, 2002
- 畠山史郎, 片平菊野, 高見昭憲, 菅田誠治, 劉 發華, 北 和之: 奥日光山岳域における夏季および秋季のオゾン濃度変動, *大気環境学会誌*, 39 : 158-170, 2004
- Bai Y., Suzuki A.K., Sagai M.: The cytotoxic effects of diesel exhaust particles on human pulmonary artery endothelial cells *in vitro*, role of active oxygen species, *Free Rad. Bio. and Med.*, 30 : 555-562, 2001
- Birumachi J., Suzuki A.K., Ito K., Hioki K., Maruyama C., Ohnishi Y.: Diesel exhaust induced air way hypersensitivity in c-Ha-ras transgenic mice, *Toxicol.*, 163 : 145-152, 2001
- Herath C.B., Watanabe G., Katsuda S., Yoshida M., Suzuki A.K., Taya K.: Exposure of neonatal female rats to P-tert-Octylphenol disrupts afternoon surges of luteinizing hormone, follicle-stimulating hormone prolactin secretion, and interferes with sexual receptive behavior in adulthood, *Biol. Reprod.*, 64 : 1216-1224, 2001
- Herath C.B., Yamashita M., Watanabe G., Jin W., Tangtrongsup S., Kojima A., Groom N.P., Suzuki A.K., Taya K.: Regulation of follicle-stimulating hormone secretion by estradiol and dimetric inhibins in the female rat, *Biol. Reprod.*, 65 : 1623-1633, 2001
- Jin W., Wada S., Arai K.Y., Hisashi K., Herath C.B., Watanabe G., Suzuki A.K., Groome N.P., Taya K.: Testicular secretion of inhibin in the male golden hamster (*Mesocricetus auratus*), *J. Androl.*, 22 : 207-211, 2001
- Ozawa M., Shi F.X., Watanabe G., Suzuki A.K., Taya K.: Regulatory role of inhibin in follicle-stimulating hormone secretion and folliculogenesis in the guinea pig, *J. Vet. Med. Sci.*, 63 : 1091-1095, 2001
- Toda N., Tsukue N., Tsubone H., Sagai M., Birumachi J., Suzuki A.K.: Effects of diesel exhaust particles on blood pressure in rats, *J. Toxicol. Environ. Health, PartA*, 63(6) : 429-435, 2001
- Tsukue N., Toda N., Tsubone H., Sagai M., Jin W.Z., Watanabe G., Taya K., Birumachi J., Suzuki A.K.: Diesel Exhaust (DE) affects the regulation of testicular function in male rats, *J. Toxicol. Environ. Health, PartA*, 63(2) : 115-126, 2001
- Tsukue N., Toda N., Watanabe G., Taya K., Tsubone H., Suzuki A.K.: Effects of diesel exhaust (DE) exposure on growth of young mice, *Environ. Sci.*, 8(2/3) : 276, 2001
- Itoh M., Kishi H., Ohshima K., Kawazu S., Jin W., Wada S., Saita E., Nakano S., Hanai S., Suzuki A.K. *et al.*: Developmental changes in testicular function and inhibin secretion of golden hamsters (*Mesocricetus auratus*), *J. Reprod. Dev.*, 48(4) : 343-353, 2002
- Ohshima K., Itoh M., Kishi H., Watanabe G., Jin W., Saita E., Suzuki A.k, Terranova P.F., Taya K.: Role of basal levels of circulating luteinizing hormone on follicular maturation in the pregnant golden hamster (*Mesocricetus auratus*), *J. Reprod. Dev.*, 48 : 363- 369, 2002
- Suzuki A.K., Tsukue N., Hayashi H., Toda N., Tsubone H., Taya K., Mori Y.: Characteristics of myometrial contractility to phthalic acid esters extracted from diesel exhaust particles (DEP) in mice, *Environ. Sci.*, 9(2/3) : 183, 2002
- Tsukue N., Toda N., Birumachi J., Sagai M., Watanabe G., Taya K., Tsubone H., Suzuki A.K.: Diesel exhaust particulate extracts (DEPE) induce abnormal parturition associated with increased myometrial contractility in C57BL mice, *Environ. Sci.*, 9(5) : 355-367, 2002
- Tsukue N., Toda N., Watanabe G., Taya K., Tsubone H., Suzuki A.K.: Effects of diesel exhaust particulate extracts (DEPE) injected into pregnant mice on the growth of their young, *Environ. Sci.*, 9(2/3) : 196, 2002
- Tsukue N., Tsubone H., Suzuki A.K.: Diesel exhaust (DE) affects the abnormal delivery in pregnant mice and the growth of young born from them, *Inhalation Toxicol.*, 14 : 635-651, 2002
- Kawazu S., Kishi H., Saita E., Jin W., Suzuki A.k., Watanabe G., Taya K.: Inhibin secretion in the golden hamster (*Mesocricetus auratus*) testis during active and inactive states of spermatogenesis induced by the restriction of photoperiod, *J. Reprod. Dev.*, 49 : 87-97, 2003

- Furuta C., Suzuki A.K., Taneda S., Kamata K., Hayashi H., Mori Y., Li C., Watanabe G., Taya K.: Estrogenic activities of nitrophenols in diesel exhaust particles, *Biol. Reprod.*, **70** : 1527-1533, 2004
- Herath C.B., Jin W., Watanabe G., Arai K., Suzuki A.K., Taya K.: Adverse effects of environmental toxicants, octylphenol and bisphenol A, on male reproductive functions in pubertal rats, *Endocrine*, **25**(2) : 163-172, 2004
- Medan M.S., Jin W.Z., Watanabe G., Suzuki A.K., Taya K.: Immunization against endogenous inhibin increases normal oocyte / embryo production in adult mice, *Endocrine*, **24** : 115-119, 2004
- Shi Z., Jin W., Watanabe G., Suzuki A.K., Takahashi S., Taya K.: Expression of nerve growth factor (NGF), and its receptors *trkA* and *p75* in ovaries of the cyclic golden hamster (*Mesocricetus auratus*) and the regulation of their production by luteinizing hormone, *J. Reprod. Dev.*, **50**(6) : 605-611, 2004
- 井沢弘美, 細谷順子, 井関恭子, 鈴木 明, 菅沼大行, 稲熊隆博, 嗟我井勝: 高脂肪摂食ラットにおける動脈硬化関連因子ならびに心機能低下に対するタマネギ, イチョウ葉エキスおよびケルセチンの効果, *Health Science*, **21** : 77-87, 2004
- Arai K.Y., Kishi H., Onodera S., Jin W., Watanabe G., Suzuki A.K., Takahashi S., Kamada T., Nishiyama T., Taya K.: Cyclic changes in messenger RNAs encoding inhibin/activin subunits in the ovary of the golden hamster (*Mesocricetus auratus*), *J. Endocrinol.*, **185** : 561-575, 2005
- Jin W., Arai K.Y., Watanabe G., Suzuki A.K., Takahashi S., Taya K.: The stimulatory role of estrogen on sperm motility in the male golden hamster (*Mesocricetus auratus*), *J. Androl.*, **26**(4) : 478-484, 2005
- Li C.-M., Watanabe G., Weng Q., Jin W.-Z., Furuta C., Suzuki A.K., Kawaguchi M., Taya K.: Expression of nerve growth factor (NGF), and its receptors *TrkA* and *p75* in the reproductive organs of the adult male rats, *Zool. Sci.*, **22** : 933-937, 2005
- Saita E., Tohei A., Jin W.Z., Takahashi S., Suzuki A.K., Watanabe G., Taya K.: Effects of hypothyroidism on gonadal function after transition of short day photoperiod in male golden hamsters (*Mesocricetus auratus*), *J. Reprod. Dev.*, **51** : 221-228, 2005
- 井沢弘美, 細谷順子, 井関恭子, 鈴木 明, 菅沼大行, 稲熊隆博, 嗟我井勝: 3-azido-3-deoxythymidine (AZT) 投与ラットにおける酸化ストレスならびに心機能低下に対するタマネギとイチョウ葉エキスの効果, *青森県立保健大学雑誌*, **6** : 109-118, 2005
- Shi Z., Arai K., Jin W., Weng Q., Watanabe G., Suzuki A.K., Taya K.: Expression of Nerve Growth Factor and Its Receptors *NTRK1* and *TNFRSF1B* Is Regulated by Estrogen and Progesterone in the Uteri of Golden Hamsters, *Biol Reprod.*, Jan. 25, 2006
- Mori Y., Taneda S., Hayashi H., Sakushima A., Kamata K., Suzuki A.K., Yoshino S., Sakata M., Sagai M., Seki K.: Estrogenic activities of chemicals in diesel exhaust particles, *Biol. Pharm. Bull.*, **25** : 251-258, 2002
- Taneda S., Hayashi H., Sakushima A., Seki K., Kamata K., Suzuki A.K., Sakata M., Yoshino S., Sagai M., Mori Y.: Estrogenic and anti-estrogenic activities of acidic, phenolic and neutral fractions of hexane extract of diesel exhaust particles, *Environ. Sci.*, **9**(4) : 301-308, 2002
- Taneda S., Hayashi H., Sakushima A., Seki K., Suzuki A.K., Kamata K., Sakata M., Yoshino S., Sagai M., Mori Y.: Estrogenic and anti-estrogenic activities of two types of diesel exhaust particles, *Toxicol.*, **170** : 153-161, 2002
- Yoshino S., Hayashi H., Taneda S., Sagai M., Mori Y.: Effect of diesel exhaust particle extracts on collagen-induced arthritis in mice, *Autoimmunity*, **35**: 57-61, 2002
- Yoshino S., Hayashi H., Taneda S., Takano H., Sagai M., Mori Y.: Effect of diesel exhaust particle extracts on induction of oral tolerance in mice, *Toxicol. Sci.*, **66** : 239-297, 2002
- Yoshino S., Hayashi H., Taneda S., Takano H., Sagai M., Mori Y.: Effects of diesel exhaust particle extracts on Th1 and Th2 immune responses in mice, *Int. J. Immunopathol. Pharmacol.*, **15** : 13-18, 2002
- Mori Y., Kamata K., Toda N., Hayashi H., Seki K., Taneda S., Yoshino S., Sakushima A., Suzuki A.K.: Isolation of nitrophenols from diesel exhaust particles (DEP) as vasodilatation compounds, *Biol. Pharm. Bull.*, **26** : 394-395, 2003
- Mori Y., Taneda S., Kamata K., Sakushima A., Hayashi H., Suzuki A.K., Sakata M., Yoshino S., Sagai M., Seki K.: Identification of phenanthrene and related compounds diesel exhaust particles by gas chromatography-mass spectrometry, *Environ. Sci.*, **110**(4) : 187-192, 2003

- Mori Y., Taneda S., Sakushima A., Hayashi H., Kamata K., Suzuki A.K., Sakata M., Yoshino S., Sagai M., Seki K.: Isolation and characterization of Hydroxyphthalate derivatives in diesel exhaust particles, *Environ. Sci.*, **10** : 51-54, 2003
- Mori Y., Taneda T., Kamata K., Sakushima A., Hayashi H., Suzuki A.K., Sakata M., Yoshino S., Sagai M., Seki K.: Identification of alkyldibenzothiophenes in diesel exhaust particles by gas chromatography-mass spectrometry, *Environ. Sci.*, **10**(3) : 157-164, 2003
- Taneda S., Kamata K., Hayashi H., Toda N., Seki K., Sakushima A., Yoshino S., Yamaki K., Sakata M., Suzuki A.K., *et al.*: Investigation of vasodilatory substances in diesel exhaust particles(DEP): isolation and identification of nitrophenol derivatives, *J. Health Sci.*, **50**(2) : 133-141, 2004
- Taneda S., Mori Y., Kamata K., Hayashi H., Furuta C., Li C., Seki K., Sakushima A., Yoshino S., Suzuki A.K., *et al.*: Estrogenic and anti-androgenic activity of nitrophenols in diesel exhaust particles (DEP), *Biol. Pharm. Bull.*, **27**(6) : 835-837, 2004
- Taneda S., Mori Y., Sakushima A., Kamata K., Hayashi H., Seki K., Sakata M., Yoshino S., Yamaki K., Suzuki A.K., *et al.*: Separation and characterization of alkyltrimethylbenzene derivatives in diesel exhaust particles (DEP), *Environ. Sci.*, **11**(3) : 171-178, 2004
- Furuta C., Li C., Taneda S., Suzuki A.K., Kamata K., Watanabe G., Taya K.: Immunohistological study for estrogenic activities of nitrophenols in diesel exhaust particles, *J. Endocrine*, **27** : 33-36, 2005
- 種田晋二, 森 洋樹: ディーゼル排気微粒子中の生物活性分子の同定, *呼吸器科*, **8** : 324-349, 2005
- Li C., Takahashi S., Taneda S., Furuta C., Watanabe G., Suzuki A.K., Taya K.: Impairment of testicular function in adult male Japanese quail (*Coturnix japonica*) after a single administration of 3-methyl-4-nitrophenol in diesel exhaust particles, *J. Endocrinol.* (Online released on 24 February 2006)
- Honda Y., Nitta H., Ono M.: Low level carbon monoxide and mortality of persons aged 65 or older in Tokyo, Japan, 1976-1990, *J. Health Sci.*, **49**(6) : 454-458, 2003
- Omori T., Fujimoto G., Yoshimura I., Nitta H., Ono M.: Effects of particulate matter on daily mortality in 13 Japanese cities, *J. Epidemiol.*, **13**(6) : 314-322, 2003
- 遠藤朝彦, 今井 透, 渡辺直熙, 名和行文, 本田 靖, 新田裕史: 12.臨床医に必要なアレルギーの基礎的知識 2)疫学 (3)寄生虫とアレルギー, *耳鼻咽喉科・頭頸部外科*, **76**(5) : 213-220, 2004
- 新田裕史, 浦島邦子: 米国における大気中微小粒子・ナノ粒子の健康影響に関する研究戦略—我が国との比較, *科学技術動向*, (45) : 38-46, 2004
- 新田裕史: 環境基準, エアロゾル用語集 (日本エアロゾル学会編, 京都大学学術出版会), 142-143, 2004
- 新田裕史: 大気中粒子状物質の健康影響, *混相流*, **18**(2) : 96-103, 2004
- 新田裕史: 大気汚染と呼吸器疾患—疫学的知見から—, *呼吸器科*, **8**(4) : 287-291, 2005
- 新田裕史: ディーゼル排気粒子の健康影響, *空気清浄*, **43**(2) : 86-91, 2005
- Nitta H., Urashima K.: The US strategy for research on the health effects of airborne fine and nano particles -A comparison with Japan, *Sci. Technol. Trends Q. Rev.*, (15) : 80-90, 2005
- Hasegawa S., Ohta S., Murao N., Yamagata S.: Measurements of Optical and Chemical Properties of Aerosols for Estimates of Atmospheric Turbidity over the East China Sea by Satellite Data, *J. Global Environ. Eng.*, **8** : 1-15, 2002
- Hasegawa S., Ohta S.: Some Measurements of Mixing State of Soot-Containing Particles at Urban and Non-Urban Sites, *Atmos. Environ.*, **36** : 3899-3908, 2002
- Shannigrahi A.S., Fukushima T., Ozaki N., Hasegawa S.: Settling Flux of PAHs on the Ground Surface, *Bull. TERC Univ. Tsukuba*, **4** : 41-50, 2003
- Hasegawa S., Hirabayashi M., Kobayashi S., Moriguchi Y., Kondo Y., Tanabe K., Wakamatsu S.: Size Distribution and Characterization of Ultrafine Particles in Roadside Atmosphere, *J. Environ. Sci. Health, Part A*, **39** : 2671-2690, 2004
- 長谷川就一, 小林伸治, 伏見暁洋, 田邊 潔: 沿道大気中ナノ粒子の観測, *空気清浄*, **43**(2) : 28-36, 2005

長谷川就一, 若松伸司, 田邊 潔: 同一大気試料を用いた熱分離法および熱分離・光学補正法による粒子状炭素成分分析の比較, 大気環境学会誌, **40**(5): 181-192, 2005

Fujitani Y., Hasegawa S., Fushimi A., Kondo Y., Tanabe K., Kobayashi S., Kobayashi T.: Collection Characteristics of Low-Pressure Impactors with Various Impaction Substrate Materials, *Atmos. Environ.*, **40**(18): 3221-3229, 2006

Suzuki H., Hara H., Aoki M., Takano K., Izumi K., Fukuyama T., Utiyama M., Okita T.: Some measurement results on sulfate aerosol concentration in and above a pine canopy, *Water, Air, Soil Pollut.*, **130**: 595-600, 2001

Sakamoto K., Takeno M., Sekiguchi K., Ishitani O., Fukuyama T., Utiyama M.: Development of an automatic continuous analyzer for water-soluble gases in air by combining an artificial lung with an ion chromatograph, *Atmos. Environ.*, **36**: 441-448, 2002

古山昭子, 持立克身: 肺胞上皮細胞基底膜形成とサイトカイン, *Cnnect. Tissue*, **34**(3): 209-214, 2002

Furuyama A., Mochitate K.: Hepatocyte growth factor inhibits the formation of the basement membrane of alveolar epithelial cells in vitro, *Am. J. Physiol. Lung Cell. Mol. Physiol.*, **286**: L939-L946, 2004

古山昭子: 自動車排出ナノ粒子および DEP の測定と生体影響, (大聖泰弘他, 株式会社エヌ・ティー・エス, 239p.), 159-164, 2005

Furuyama A., Hirano S., Koike E., Kobayash T.: Induction of oxidative stress and inhibition of plasminogen activator inhibitor-1 production in endothelial cells following exposure to organic extracts of diesel exhaust particles and urban fine particles, *Arch. Toxicol.*, **80**: 154-162, 2006

Furuyama A., Hirano S., Koike E., Kobayashi T.: Induction of oxidative stress and inhibition of plasminogen activator inhibitor-1 production in endothelial cells following exposure to organic extracts of diesel exhaust particles and urban fine particles, *Arch. Toxicol.*, **80**: 154-162, 2006

松橋啓介: 公共交通機関の停留所の立地が徒歩アクセスと潜在的利用人口に与える影響, 都市計画論文集, **37**: 157-162, 2002

松橋啓介: 比較リスク手法, 環境リスクマネジメントハンドブック (中西準子, 蒲生昌志, 岸本充生他編, 朝倉書店, 579p.), 394-402, 2003

松橋啓介, 森口祐一: 交通からの環境負荷の少ない都市のあり方, 都市計画, **52**(3): 41-44, 2003

Matsubashi K., Newman P.: The potential for transit-oriented land use to save energy and retain open space—a case study of Tokyo and Perth, *Proc. Int. Sustainability Conf. (Barg M., Hebert S., Newman P. eds., Department of the Premier and Cabinet, WA, 683p.)*, 366-372, 2003

松橋啓介: 大規模市民参加型まちづくりワークショップの事例報告—西オーストラリア州パース都市圏におけるフォーラム「都市との対話」の取り組み—, 都市計画論文集, **39**(3): 331-336, 2004

松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見, 森口祐一: 市区町村の運輸部門 CO<sub>2</sub>排出量の推計手法に関する比較研究, 環境システム研究論文集, **32**: 235-242, 2004

松橋啓介, 田邊 潔, 森口祐一, 小林伸治: 自動車に起因する大気汚染物質排出量推計手法の開発 (I) 重量区分別走行量を考慮したマクロ推計, 大気環境学会誌, **39**(6): 280-293, 2004

松橋啓介, 田邊 潔, 森口祐一, 小林伸治: 自動車に起因する大気汚染物質排出量推計手法の開発 (II) 地域分布推計と沿道曝露人口の試算, 大気環境学会誌, **39**(6): 294-303, 2004

松橋啓介: 京阪神大都市圏における小地域別トリップ・エネルギーと土地利用特性 長期的な戦略による効率的な道路交通システムの実現施策 (室町泰徳編, 日本交通政策研究会, 32p.), 1-16, 2005

松橋啓介, ジェフリー・ケンワシー: エネルギー消費と人口密度, 都市計画, **255**: 20-23, 2005

原沢英夫, 松本幸雄: 1章大気環境 1.4 大気汚染, 理科年表 環境編 (大島康幸他編著, 丸善, 314p.), 36-55, 2003

松本幸雄, 内山政弘: 緩和渦集積法 (REA 法) における基礎方程式の統計的導出と係数  $b$  の性質, エアロゾル研究, **19**(4): 266-272, 2004

松本幸雄, 上原 清, 林 誠司, 若松伸司, 山尾幸夫: 風洞実験による沿道濃度分布の状況把握と高濃度の低減手法の検討—事例研究—, 大気環境学会誌, **40**: 221-237, 2005

---

- Murakami Y., Ono M.: Myocardial infarction deaths after high level exposure to particulate matter, *J. Epidemiol. & Community Health*, **60** : 262-266, 2006
- Yamazaki S., Nitta H., Fukuhara S.: Associations between exposure to ambient photochemical oxidants and the vitality or mental health domain of the health related quality of life, *J. Epidemiol. & Community Health*, **60** : 173-179, 2006
- Tanaka M., Tsujimoto Y., Miyazaki T., Warashina M., Wakamatsu S.: Peculiarities of volatile hydrocarbon emissions from several types of vehicles in Japan, *Chemosphere-Global Change Sci.*, **3(2)** : 185-197, 2001
- Tanaka M., Warashina M., Itano Y., Tsujimoto Y., Wakamatsu S.: Effects of super-light-duty gasoline and LPG-fueled cars on 16 ambient hydrocarbons roadsides in Japan, *Chemosphere Global Change Sci.*, **3** : 199-207, 2001
- 阿相敏明, 武田麻由子, 相原敬次, 若松伸司: 丹沢大山における森林保全のためのオゾン許容量推定手法の開発ー丹沢におけるオゾン汚染状況の把握と汚染機構の解明ー, 神奈川県環境科学センター業務報告, 67-75, 2001
- 若松伸司, 篠崎光夫: 広域大気汚染ーそのメカニズムから植物への影響までー (若松伸司, 篠崎光夫共著, 裳華房), 217p., 2001
- 若松伸司: 都市・広域大気汚染の生成機構解明に関する研究, 大気環境学会誌, **36(3)** : 125-136, 2001
- 若松伸司: 12.7 開発途上国のいくつかの事例, 地球環境ハンドブック 第2版 (不破敬一郎, 森田昌敏著, 朝倉書店, 1105p.), 835-839, 2002
- 若松伸司: 7. 新世紀の大気環境対策, 地球時代の自治体環境政策 (ぎょうせい, 271p.), 90-105, 2002
- 若松伸司: 成層圏と対流圏物質移動ーオゾンの観測, 地球環境調査計測事典 第1巻 陸域編① (竹内均監修, フジテクノシステム, 1401p.), 400-401, 2002
- 若松伸司: 低層大気の調査, 地球環境調査計測事典 第1巻 陸域編① (竹内均監修, フジテクノシステム, 1401p.), 381-387, 2002
- 若松伸司: 自動車排出ナノ粒子, からだの科学, (228) : 94, 2002
- 若松伸司: 都市大気汚染研究の課題ー国立環境研究所における VOC・DEP・PM<sub>2.5</sub>の研究ー, *Sci. Technonews Tsukuba*, (62) : 14-17, 2002
- 若松伸司: 都市での広域大気汚染の生成機構, 環境技術, **32(7)** : 530-535, 2003
- Fujihara M., Wakamatsu S., Yamaguchi K., Nakao M., Tatano T., Sagawa T.: Annual and seasonal variations in oxidant concentration in Matsue, Japan, *Atmos. Environ.*, **37** : 2725-2733, 2003
- Wakamatsu S.: OECD Environmental Performance Reviews MEXICO, OECD ed., OECD, 241p., 2003
- Wakamatsu S., Matsumoto Y., Uehara K., Fukuyama T., Utiyama M., Tamura K., Suga S., Obuchi A., Ohi A., Kondo H. et al.: Approaches to reducing the local high concentration mainly due to diesel vehicles along heavy-trafficked urban road ways, *Environmental Researches in Japan*, 2002, Ministry of the Environment ed., 204p., 202-204, 2004
- 窪田英樹, 山越健弘, 鎌田紀彦, 朝比奈亮, 浜田博之, 若松伸司: 暑熱環境における無効発汗を考慮した人体平均皮膚表面温度の予測, 日本建築学会環境系論文集, (575) : 83-89, 2004
- 若松伸司, 松本幸雄, 上原 清, 福山 力, 内山政弘, 田村憲治, 須賀伸介, 小淵 存, 大井明彦, 近藤裕昭, 他: ディーゼル車排出ガスを主因とした局地汚染の改善に関する研究, 平成14年度環境保全研究成果集 (Ⅲ) (環境省総合環境政策局編), (85-1)-(85-22), 2004
- 若松伸司: VOC と大気汚染の最新動向ー光化学オキシダントおよび SPM との関係を中心にー, 資源環境対策, **40(6)** : 39-44, 2004
- 神成陽容, 若松伸司: SPM 年平均濃度と2%除外値の関係の近年の変遷, 大気環境学会誌, **39(5)** : 246-255, 2004
- 藤原 誠, 若松伸司: 西日本におけるオキシダント濃度の経年変動に関する研究, *かんきょう*, **29(3)** : 42-43, 2004
- 若松伸司: 環境・健康科学辞典 (日本薬学会編, 丸善, 795p.), 2005
- 若松伸司, 大原利眞, 安富 聡, 華山伸一: SPM, 光化学オキシダントと VOC の関係, 環境技術, **34(9)** : 624-631, 2005
- 若松伸司: 大気汚染に関する予測・評価技術, 環境アセスメント学会誌, **3(2)** : 1-7, 2005

Itano Y., Bandow H., Takenaka N., Asayama A., Tanaka H., Wakamatsu S., Murano K.: Daily variation and effect on inland air quality of the strong NO<sub>x</sub> emissions from ships in the Osaka Bay, Japan, *Terr. Atmos. Oceanic Sci. (TAO)*, 16(5) : 1177-1188, 2005

Wakamatsu S.: Japanese countermeasures against urban air pollution, 5th Korea/China/Japan Tripartite Jt. Environ. Train., Natl. Inst. Environ. Res. Minist. Environ., Repub. Korea, 172p., 33-47, 2005

Itano Y., Wakamatsu S., Hasegawa S., Ohara T., Sugata S., Hayasaki M., Moriya T., Kobayashi S.: Local and regional contributions to springtime ozone in the Osaka metropolitan area, estimated from aircraft observations, *Atmos. Environ.*, 40 : 2117-2127, 2006

---

## 2 口頭発表

発表者・題目・学会等名称・開催都市名・年月

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 市瀬孝道, 定金香里, 吉川敏一: ディーゼル排気微粒子 (DEP) は細菌毒素による急性肺傷害を増悪する, 第44回日本呼吸器学会, 東京, 2004.3

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 市瀬孝道, 定金香里, 吉川敏一: 細菌毒素 (LPS) による肺内サイトカイン・ケモカイン産生にディーゼル排気微粒子 (DEP) の構成成分が及ぼす影響, 第44回日本呼吸器学会, 東京, 2004.3

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 市瀬孝道, 定金香里, 森田昌敏, 内山和彦, 吉川敏一: 細菌毒素誘発急性肺傷害に対する15d-PGJ2の効果とそのメカニズム, 第44回日本呼吸器学会, 東京, 2004.3

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 河野浩之, 日吉孝子, 吉川敏一: ウリナスタチンは局所及び全身急性期炎症反応を制御する, 第19回日本 Shock 学会総会, 京都, 2004.5

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 藤田洋司, 志賀 彰, 吉川利彰, 吉川敏一: ディーゼル排気微粒子誘発肺傷害に対する合成抗酸化剤の予防効果, 第16回日本アレルギー学会春季臨床大会, 前橋, 2004.5

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 小田俊男, 田村弘志, 大野尚仁, 安達禎之, 吉川敏一: 可溶性 beta グルカンの経気道曝露による気道炎症, 第19回日本 Shock 学会総会, 京都, 2004.5

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 島田章則, 森田剛仁, 桜井美穂, 日吉孝子, 遠山千春, 吉川敏一: IL-6は sepsis に伴う肺出血を保護する, 第19回日本 Shock 学会総会, 京都, 2004.5

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 日吉孝子, 小田俊男, 田村弘志, 大野尚仁, 安達禎之, 吉川敏一: 可溶性 beta グルカンの経気道曝露による気道炎症 第2報, 第16回日本アレルギー学会春季臨床大会, 前橋, 2004.7

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 島田章則, 森田剛仁, 桜井美穂, 遠山千春, 吉川敏一: IL-6の炎症に伴う凝固・線溶異常における保護的役割, 第25回日本炎症・再生医学会, 東京, 2004.7

井上健一郎, 柳澤利枝, 桜井美穂, 日吉孝子, 植木尚子, 高野裕久: 都市部 CAPS 曝露が細菌毒素に関連する急性肺傷害に与える影響, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 市瀬孝道, 定金香里, 吉川敏一: ナノ粒子の抗原誘発アレルギー性気道炎症への影響, 第54回日本アレルギー学会総会, 横浜, 2004.11

井上健一郎, 高野裕久, 柳澤利枝, 桜井美穂, 小田俊男, 田村弘志, 大野尚仁, 吉川敏一: 可溶性  $\beta$  グルカンの催気道炎症作用, 第10回エンドトキシン研究会, 京都, 2004.11

Inoue K., Takano H., Yoshikawa T., Yanagisawa R., Sato M., Shimada A., Sawada M., Nakamura K., Sanbongi C., Tohyama C.: Protective role of metallothionein in acute lung injury induced by bacterial endotoxin in mice, 8th Bienn. Conf. Int. Endotoxin Soc., Kyoto, 2004.11

Inoue K., Takano H., Yanagisawa R., Sakurai M., Shimada A., Morita T., Sato M., Yoshino S., Yoshikawa T., Tohyama C.: Protective role of IL-6 in pulmonary hemorrhage induced by bacterial endotoxin, 8th Int. Endotoxin Soc. Conf., Kyoto, 2005.11

上原 清, 若松伸司: 風洞実験による道路沿道の高濃度汚染気候に関する研究, 第16回全国環境・公害研究所交流シンポジウム, つくば, 2001.2

上原 清, 吉川康雄, 林 誠司, 森川多津子, 若松伸司: 実在交差点周辺の大气汚染濃度分布に関する研究 (中間報告) - 高架道路に覆蓋されたストリートキャニオン内部の濃度 -, 2001年度日本建築学会大会 (関東), 東京, 2001.9

西川 有, 小林信行, 伊藤一秀, 上原 清: モデル街路空間内の流れ場・拡散場に関する風洞実験 (その1) 建蔽率が変化した場合の汚染質拡散性状に関する検討, 2001年度日本建築学会大会 (関東), 東京, 2001.9

西川 有, 小林信行, 伊藤一秀, 上原 清: モデル街路空間内の流れ場・拡散場に関する風洞実験 (その2) 容積率が変化した場合の汚染質拡散性状に関する検討, 2001年度日本建築学会大会 (関東), 東京, 2001.9

吉川康雄, 上原 清, 林 誠司: 交差点周辺の流れと拡散に関する実験的研究 その4 数値計算による周辺市街地の濃度分布, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

上原 清, 吉川康雄, 山尾幸夫, 河田 忠, 林 誠司, 若松伸司, 森川多津子: 交差点周辺の流れと拡散に関する実験的研究 その2 周辺市街地の濃度分布について, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

上原 清, 山尾幸夫, 河田 忠, 吉川康雄, 林 誠司, 若松伸司, 森川多津子: 交差点周辺の流れと拡散に関する実験的研究 その3 高架道路に覆蓋されたストリートキャニオン内の流れと濃度分布について, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

上原 清, 山尾幸夫, 河田 忠, 林 誠司, 吉川康雄, 若松伸司, 森川多津子, 松本幸雄: 交差点周辺の流れとその拡散に関する実験的研究 その6 風洞実験値とフィールド観測値の比較, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

上原 清, 山尾幸夫, 河田 忠, 林 誠司, 吉川康雄, 若松伸司, 森川多津子, 松本幸雄: 交差点周辺の流れと拡散に関する実験的研究 その7 高架道路の敷設が周辺市街地およびストリートキャニオン内部の分布濃度におよぼす影響について, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

上原 清, 山尾幸夫, 河田 忠, 林 誠司, 吉川康雄, 若松伸司, 森川多津子, 松本幸雄: 交差点周辺の流れとその拡散に関する実験的研究 その5 幹線道路から距離による濃度減衰について, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

老川 進, 上原 清, 山尾幸夫, 河田 忠: 屋根面拡散場におよぼす排出高さの影響 (風洞実験), 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

上原 清, 松本幸雄, 林 誠司, 山尾幸夫, 河田 忠, 若松伸司, 井上俊明, 原 久雄: 中低層建物の多い市街地における幹線沿道の流れと濃度の分布—実市街地の2次元簡易模型を用いた風洞実験 その1—, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

上原 清, 松本幸雄, 林 誠司, 若松伸司: 実市街地の2次元簡易模型を用いた風洞実験—沿道高濃度大気汚染低減手法の検討—, 2003年度日本建築学会大会 (東海), 春日井, 2003.9

上原 清, 老川 進, 松本幸雄, 林 誠司, 山尾幸夫, 河田 忠, 若松伸司, 井上俊明, 原 久雄: 大気安定度が幹線沿道の流れと濃度の分布に及ぼす影響—実市街地の2次元簡易模型を用いた風洞実験 その2—, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

老川 進, 上原 清, 若松伸司: 屋根面拡散場におよぼすガス排出速度の影響, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

上原 清, 松本幸夫, 林 誠司, 若松伸司, 大原利眞: 中低層建物の多い市街地における幹線沿道の流れと濃度の分布—風洞実験による沿道高濃度大気汚染低減手法の検討 その2—, 2004年度日本建築学会大会学術講演会, 北海道, 2004.8

上原 清, 松本幸夫, 林 誠司, 山尾幸夫, 神田 勲, 若松伸司, 大原利眞: 川崎市池上新町交差点周辺の沿道大気汚染に関する風洞実験 その1 高架道路↓の隔壁が沿道流れと濃度分布に及ぼす影響—, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

上原 清, 松本幸夫, 林 誠司, 山尾幸夫, 神田 勲, 若松伸司, 大原利眞: 川崎市池上新町交差点周辺の沿道大気汚染に関する風洞実験 その2 高濃度低減手法の検討—, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

上原 清, 神田 勲, 山尾幸夫, 吉川康夫, 森川多津子, 林 誠司, 若松伸司, 大原利眞: 自動車排気ガスの初期拡散に関する実験的研究—その1 実験方法および相似則, レイノルズ数, 浮力の影響—, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

上原 清, 林 誠司, 松本幸夫: 川崎市池上新町交差点周辺の沿道大気汚染気候—常時観測からわかること, 風洞実験からわかること—, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

上原 清: 大気拡散風洞を用いた研究の紹介, 電力中央研究所・可視化情報学会 風洞ワークショップ, 我孫子, 2005.9

上原 清, 松本幸雄, 林 誠司, 山尾幸夫, 若松伸司, 大原利眞: 川崎市池上新町交差点周辺の沿道大気汚染に関する風洞実験 その3 排出高度, 大気安定度が濃度分布に及ぼす影響, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

上原 清, 松本幸雄, 林 誠司, 山尾幸夫, 若松伸司, 大原利眞: 川崎市池上新町交差点周辺の沿道大気汚染に関する風洞実験 その4 沿道高濃度低減手法の検討, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

上原 清, 松本幸雄, 林 誠司, 若松伸司, 大原利眞: 中低層の多い交差点周辺の濃度分布—風洞実験による沿道高濃度大気汚染低減手法の検討 その3—, 2005年度日本建築学会大会学術講演会, 大阪, 2005.9

大塚由紀, 大原利眞, 岸田裕嗣, 森川多津子, 若松伸司: 1999年冬季 JCAP 集中観測の解析 (1) フィールドデータ解析, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

Ohara T., Sugata S., Morikawa T.: Urban pollution modeling in winter - Japan experience -, 2nd Workshop Air Qual. Modeling Challenges, Tsukuba, Japan, 2003.3

---

Ohara T., Uehara K.: Effects of wind system on air pollution, Workshop on Regional Harmonization of wind loading and wind environmental specifications in Asia-Pacific Economies (APEC-WW), Atsugi, 2004.11

Kamaya T., Mori A., Arao K., Ohara T., Sugimoto N., Mukai H., Murao K.: Continuous monitoring of gas and aerosol in the vicinity of Nagasaki City -Gaseous and ionic composition at Yellow Sand event-, 4th ADEC Workshop -Aeolian Dust Exp. Clim. Impact-, Nagasaki, 2005.1

Uno I., Ohara T., Tanimoto H., Yamaji K.: Modeling study of seasonal and inter-annual variation of trans-boundary air pollution in East Asia, 4th Annu.CMAS Models-3 User's Conf., Chapel Hill, Chapel Hill, 2005.9

鶴野伊津志, 大原利眞, 山地一代, 谷本浩志, 黒川純一: アジア域の大気環境長期シミュレーションとデータベース化, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

山地一代, 大原利眞, 鶴野伊津志, 谷本浩志, 黒川純一, 秋元 肇: 東アジアにおける対流圏オゾンの季節変動, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

菅野さな枝, 古山昭子, 丸山若重, 平野靖史郎: 原子間力顕微鏡を用いたアルカンナノ粒子の形状測定, 日本薬学会 第125年会, 東京, 2005.3

Kanno S., Furuyama A., Hirano S.: Size-Dependent uptake of particles through scavenger receptor MARCO, Mech. Action. Inhaled Fibers, Particles, Nanoparticles Lung Cardiovascular Disease, Raleigh-Durham, 2005.10

工藤祐揮, 松橋啓介, 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 田邊 潔, 吉田好邦, 松橋隆治: 実燃費を考慮した自動車からの都道府県別 CO<sub>2</sub>排出量の推計, 第19回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 東京, 2003.2

工藤祐揮, 南齋規介: 電気自動車のライフサイクルアセスメント, 第11回環境自治体会議屋久島会議, 屋久島, 2003.5

工藤祐揮, 松橋啓介, 森口祐一: 日本におけるガソリン乗用車の実燃費の実態について, 第23回エネルギー・資源学会研究発表会, 大阪, 2004.6

工藤祐揮, 松橋啓介, 森口祐一, 上岡直見, 中口毅博: OD データに基づく運輸部門市区町村別 CO<sub>2</sub>排出量の推計, エネルギー・資源学会第21回エネルギーシステム・経済・環境カンファレンス, 東京, 2005.1

工藤祐揮, 長谷川貴彦, 近藤美則, 松橋啓介, 森口祐一, 松橋隆治, 吉田好邦, 石谷 久: 東京の道路交通システムへの燃料電池車・電気自動車導入による環境影響評価, EVS フォーラム2005, 横浜, 2005.6

工藤祐揮, 松橋啓介, 上岡直見, 森口祐一: 市区町村の運輸部門 CO<sub>2</sub>排出量の推計, 第33回環境システム研究論文発表会, 札幌, 2005.11

工藤祐揮, 松橋啓介, 小林伸治, 森口祐一, 八木田浩史: 自動車の単体燃費向上による自動車起因の CO<sub>2</sub>排出量の将来推計, エネルギー・資源学会第22回エネルギーシステム・経済・環境カンファレンス, 東京, 2006.1

小池英子, 平野靖史郎, 川上隆雄, 西村俊秀, 小林隆弘: ディーゼル排気粒子の抽出により誘導される肺胞マクロファージの蛋白質の解析, 第52回日本アレルギー学会総会, 横浜, 2002.11

渡邊 永, 小池英子, 小林隆弘: オゾン曝露は濃度依存的にラットの肺胞洗浄細胞の抗原提示機能を増加させる, 第52回日本アレルギー学会総会, 横浜, 2002.11

小池英子, 平野靖史郎, 小林隆弘: ディーゼル排気粒子の抽出物により誘導されるラット肺胞上皮細胞の遺伝子発現の解析, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

ムニダサドゥリー, 小池英子, 小林隆弘: 粒径の異なる粒子状物質曝露が抗原提示に関わる細胞表面分子の発現に及ぼす影響, 第53回日本アレルギー学会総会, 岐阜, 2003.10

小池英子, 小林隆弘: ディーゼル排気粒子が抗原提示細胞に与える影響の解析, 第53回日本アレルギー学会総会, 岐阜, 2003.10

Koike E., Hirano Y., Kobayashi T.: Analysis of gene expression in rat alveolar epithelial cells in response to organic extract of diesel exhaust particles, Soc. Toxicol. 43rd Annu. Meet., Baltimore, 2004.3

小池英子, 熊谷嘉人, 坂西欣也, 斎藤郁夫, 小林隆弘: カーボンナノ粒子の酸化ストレス作用に関する検討, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

島 浩稔, 小池英子, 小林隆弘: ディーゼル粒子抽出成分の酸化特性と性状解析について, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

小池英子, 小林隆弘: ディーゼル排気曝露による喘息様病態の悪化と抗原提示機能に関する検討, 第54回日本アレルギー学会総会, 横浜, 2004.11

Koike E., Kobayashi T.: Organic extract of diesel exhaust particles stimulates expression of ia and costimulatory molecules associated with antigen presentation in rat peripheral blood monocytes but not alveolar macrophages, Soc. Toxicol. 44th Annu. Meet., New Orleans, 2005.3

小池英子: ディーゼル排気粒子が呼吸・免疫系に及ぼす影響, 第3回肺研究フォーラム21, 幕張, 2005

小池英子: 粒子状物質が免疫系に及ぼす影響と酸化ストレス作用, 第12回日本免疫毒性学会学術大会, 東京, 2005.9

小池英子, 小林隆弘: ディーゼル排気曝露により変動する肺の遺伝子発現における *in vivo* と *in vitro* の比較解析, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

青柳 元, 小池英子, 小林隆弘: ディーゼル排気粒子の構成成分がラットの肺胞マクロファージと末梢血単球の Ia, B7分子の発現に及ぼす影響, 第12回日本免疫毒性学会学術大会, 東京, 2005.9

島 浩稔, 小池英子, 尾村誠一, 小林隆弘: ディーゼル排気粒子中の酸化能を有する画分の毒性及び化学的性状解析, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

尾村誠一, 小池英子, 小林隆弘: マイクロアレイを用いたディーゼル排気粒子中分画有機成分のラット肺胞上皮細胞に及ぼす影響の解析, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

小池英子, 小林隆弘: ディーゼル排気粒子が抗原提示細胞に与える影響と酸化ストレスの関係, 第55回日本アレルギー学会総会, 盛岡, 2005.10

小林伸治, 近藤美則, 森口祐一, 実走行時車載計測グループ: 車載型機器による車両動態及び実走行時排出ガスの計測 第2報 シャシーダイナモによる排ガス計測との比較, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

小林伸治, 近藤美則, 田邊 潔, 長谷川就一, 森口祐一, 若松伸司, 平林幹啓: 自動車から排出される微小粒子の排出特性と沿道大気中における挙動, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

平林幹啓, 小林伸治, 田邊 潔, 松尾基之, 野村昌治: 幹線道路沿道における大気中粒子状物質の化学状態分析, 2002年度日本地球化学会第49回年会, 鹿児島, 2002.9

小林伸治, 近藤美則, 田邊 潔, 長谷川就一, 森口祐一, 若松伸司: 自動車から排出される微小粒子の排出特性, 自動車技術会2002年秋季大会学術講演会, 京都, 2002.11

小林伸治, 近藤美則, 森口祐一, 田邊 潔, 若松伸司: 車載型機器による走行動態及び排出ガスの計測—都市域における走行動態と道路環境が燃費及び NO<sub>x</sub> 排出に及ぼす影響—, 自動車技術会2003年春季学術講演会, 横浜, 2003.5

小林伸治, 近藤美則, 田邊 潔, 長谷川就一, 森口祐一, 若松伸治, 平林幹啓: 東京都心の幹線道路沿道における微小粒子の粒径分布, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.10

平林幹啓, 松尾基之, 吉永 淳, 小林伸治, 田邊 潔, 柴田康行: 大気粉じん中有機炭素成分および元素炭素成分の放射性炭素濃度測定, 日本分析化学会第53年会, 幕張, 2004.9

小林伸治: 道路沿道大気中で観測される微小粒子の挙動, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

小林伸治, 近藤美則, 田邊 潔, 森口祐一, 若松伸司: ディーゼル車から排出される微小粒子の特出特性—過度運転時における粒径分布と排出粒子数—, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

斉藤勝美, 世良耕一郎, 小林伸治, 長谷川就一, 伏見暁洋, 若松伸司: 沿道大気中における PM の元素的特徴—PM<sub>2.5</sub>中元素濃度の時間変化, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

速水 洋, 桜井達也, 古橋規尊, 小林伸治: 関東地方の夏のエアロゾルを対象としたシュミレーション, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

藤谷雄二, 小林伸治, 近藤美則, 田邊 潔, 長谷川就一, 伏見暁洋, 島 浩稔, 小池英子, 小林隆弘: 定常・過度運転時におけるディーゼル粒子の粒径別の化学的性状, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

平林幹啓, 松尾基之, 柴田 健, 村本 淳, 吉永 淳, 小林伸治, 鈴木 亮, 田邊 潔, 柴田康行: 有機炭素・無機炭素別放射性同位体比に基づく大気浮遊粉じん中炭素成分の由来の検討, 2004年度日本地球化学会 第51年会, 静岡, 2005.1

高橋克行, 小林伸治, 長谷川就一, 藤谷雄二, 田邊 潔, 伏見暁洋, 若松伸司: 冬季における沿道と後背地のナノ粒子粒径分布比較, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

小林伸治: 道路沿道大気中におけるナノ粒子の計測と環境影響, 日本機械学会 2005年度年次大会 先端技術フォーラム, 調布, 2005.9

- 中塚誠次, 國見 均, 小林伸治, 南齋規介: JCAPII における排出インベントリ推計システムの開発, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9
- 藤谷雄二, 関谷美香, 小林伸治, 田邊 潔, 鈴木 明, 小林隆弘: ナノ粒子健康影響実験棟における発生・曝露施設の性能評価, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9
- 平林幹啓, 小林伸治, 田邊 潔, 米田 穰, 柴田康行, 松尾基之: 14C 測定に基づく沿道域大気粉じんの発生源解析と他の発生源解析法との比較, 日本分析化学会第54年会, 名古屋, 2005.9
- 小林伸治: 自動車排ガス中ナノ粒子の沿道計測, エアロゾルシンポジウム「粒子の計測, 制御, 分析と, 環境・生体への影響—自動車排ガス, 大気ナノ粒子—», 東京, 2005.11
- 小林伸治: 道路沿道及び都市大気中におけるナノ粒子の挙動, 自動車技術会シンポジウム No.04-06 ディーゼル微粒子の先端計測とDPFによる低減技術, 東京, 2006.1
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 田邊 潔: 実走行データを用いた燃費・CO<sub>2</sub>排出量とドライバーの運転特性との関係による解析, エネルギー・資源学会第20回研究発表会, 東京, 2001.6
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 田邊 潔: 車載型計測装置を用いた車両の走行動態と排ガス排出実態の関係の解析, 第21回エネルギー・資源学会研究発表会, 大阪, 2002.6
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 実走行時排ガス車載計測グループ: 車載型機器による車両動態及び実走行時排出ガスの計測 第1報 車載計測プロジェクトの概要, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- Kondo Y.: Estimation of reduction amount of carbon dioxide emission by introduction of EVs and a proposal toward widespread of EVs based on actual vehicle use data, Asian Electr. Veh. Conf. 2, Osaka, 2002.10
- Kudoh Y., Moriguchi Y., Matsuhashi R.: Life cycle CO<sub>2</sub> emissions from public transportation systems, Asian Electr. Vehicle Conf. 2, Osaka, 2002.10
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 田邊 潔: 車載型計測機器による走行動態調査と走行動態の燃費及び排出ガスに及ぼす影響の解析, 自動車技術会2002年秋季大会学術講演会, 京都, 2002.11
- Kondo Y., Kobayashi S., Tanabe K., Hasegawa S., Moriguchi Y., Wakamatsu S.: Comparison of size distribution of ultra fine particles in roadside atmosphere and diesel exhaust, 2003 JSAE/SAE Int. Spring Fuels Lubr. Meet., Yokohama, 2003.5
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 田邊 潔: 車載型装置による走行動態の計測及び走行動態の燃費への影響に関する研究, 第22回エネルギー・資源学会研究発表会, 東京, 2003.6
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一: 同一経路における走行動態および排ガス排出実態の変動に関する研究, 自動車技術会 2003年秋季大会, 名古屋, 2003.9
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 実走行時排ガス車載計測グループ: 車載計測の意義とプロジェクトの概要, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一: 交差点近傍における排ガス排出状況の変動に関する研究, 自動車技術会2004年春季大会学術講演会, 横浜, 2004.5
- 近藤美則: 自動車のエネルギー・環境問題を考えよう—誰にでもできる車の低公害化—, 平成16年度環境月間記念第21回公開講演会, 東京, 2004.6
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一: 交差点通過時の排ガス排出量の変動の実態, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 前山徳久, 佐々木寛介: 交差点通過時のPM 排出状況の解析, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10
- 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 前山徳久, 佐々木寛介: 大気環境への負荷から見た交差点周辺の排出係数の考え方, 自動車技術会2004年秋季大会学術講演会, 仙台, 2004.10
- 前山徳久, 舩巴 亮, 白川泰樹, 竹内義治, 福田 敦, 近藤美則, 小林伸治: タイ・バンコク市における自動車排出ガス量の推計(第1報)—排出係数測定のための実走行モードの構築—, 自動車技術会2004年秋季大会学術講演会, 仙台, 2004.10
- 白川泰樹, 舩巴 亮, 前山徳久, 竹内義治, 福田 敦, 近藤美則, 小林伸治: タイ・バンコク市における自動車排出ガス量の推計(第2報)—排出係数の作成—, 自動車技術会 2004年秋季大会学術講演会, 仙台, 2004.10

- Masutomo R., Shirakawa Y., Takeuchi Y., Maeyama N., Fukuda A., Kobayashi S., Kondo Y.: Estimation of mobile source CO<sub>2</sub> emission in Bangkok Metropolitan Area, Thailand -Development of driving cycles and emission factor-Better Air Qual. 2004, Agra, India, 2004.12
- Kudoh Y., Hasegawa T., Kondo Y., Matsuhashi K., Moriguchi Y., Yoshida Y., Matsuhashi R., Ishitani H.: Environmental impacts of introducing FCEVs and BEVs within road traffic system of Tokyo, 21st Worldwide Battery Hybrid and Fuel Cell Electric Veh. Symp. Exhib., Monaco, 2005.4
- 近藤美則, 小林伸治: ディーゼル車の運転条件とナノ粒子の発生との関係に関する研究, 自動車技術会2005年春季大会学術講演会, 横浜, 2005.5
- Fujitani Y., Kobayashi S., Kondoh Y., Tanabe K., Hasegawa S., Fushimi F., Shima H., Koike E., Kobayashi T.: Size Dependent chemical compositions of diesel exhaust particles in steady state and transient cycle, 16th Reg. Conf. Clean Air Environ. Asian Pac. Area (Poster Session), Tokyo, 2005.8
- Shirakawa Y., Masutomo R., Takeuchi Y., Maeyama N., Fukuda A., Kondo Y., Kobayashi S.: Estimation of mobile source emissions in Bangkok Metropolitan Area -Development of driving cycles and emission factor-, 16th Reg. Conf. Clean Air Environ. Asian Pac. Area (Poster Session), Tokyo, 2005.8
- 近藤美則, 小林伸治: ナノ粒子発生に及ぼす雰囲気環境の影響に関する研究, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9
- 近藤美則, 松橋啓介, 小林伸治, 田邊 潔: 身近な交通の見直しによる CO<sub>2</sub>削減に関する研究 (1) 乗用車の目的別利用頻度, 距離と走行特性, エネルギー・資源学会第22回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 東京, 2006.1
- Hayasaki M., Sugata S.: Interannual variability of cold surges over northeastern Eurasia, 4th Int. Workshop Global Change Connection Arct. 2003(GCCA4), Toyokawa, 2003.11
- Tsukue N., Toda N., Watanabe G., Taya K., Tsubone H., Suzuki A.K.: effects of diesel exhaust (DE) exposure on growth of young mice, 3rd Annu. Meet. Jpn. Soc. Endocr. Disrupters Res., Yokohama, 2000.12
- Tsukue N., Toda N., Watanabe G., Taya K., Tsubone H., Suzuki A.K.: Effects of diesel exhaust particulate extracts(DEPE) injected into pregnant mice on the growth of their young, 4th Annu. Meet. Jpn. Soc. Endocr. Disrupters Res., Tsukuba, 2001.2
- 机 直美, 戸田典子, 渡辺 元, 田谷一善, 局 博一, 鈴木 明: ディーゼル排気 (DE) を吸入曝露した母マウスから生まれた子の成長への影響, 第131回日本獣医学会学術集会, 東京, 2001.4
- 鈴木 明, 机 直美, 戸田典子, 局 博一, 渡辺 元, 田谷一善: ディーゼル排気微粒子 (DEP) 中のエストロゲン様作用物質 (in vivo のアッセイについて), 第131回日本獣医学会学術集会, 東京, 2001.4
- Minami M., Abe Y., Machida T., Endo T., Hirafuji M., Mori Y., Hayashi H., Komiyama Y., Takahashi H., Suzuki A.K. *et. al.*: Cardiac toxicity of diesel exhaust particles in guinea pigs and rats, 4th Int. Congr. Toxicol., Brisbane, 2001.7
- 机 直美, 戸田典子, 渡辺 元, 田谷一善, 局 博一, 鈴木 明: ディーゼル排気 (DE) 曝露による子宮収縮への影響について, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 机 直美, 戸田典子, 渡辺 元, 田谷一善, 局 博一, 鈴木 明: ディーゼル排気微粒子抽出物 (DEPE) 投与による子宮収縮への影響について, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 机 直美, 林 英幸, 種田晋二, 森 洋樹, 局 博一, 鈴木 明: ディーゼル排気粒子抽出物 (DEPE) はオキシトシンによる子宮収縮を変化させた, フォーラム2001: 衛生薬学・環境トキシコロジー, 石川, 2001.10
- 戸田典子, 机 直美, 鈴木 明: DEP 分画溶液の血管に対する作用 (*in vitro* 実験), 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 鈴木 明: 微粒子が病態モデル動物の循環器に及ぼす影響, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 鈴木 明, 戸田典子, 机 直美, 美留町潤一: ディーゼル排気長期曝露がガス交換機能に及ぼす影響, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 鈴木 明, 美留町潤一, 飯島麻里子, 柳澤利枝, 小林隆弘: 病態モデル (AZT 投与ラット) を用いた PM<sub>2.5</sub> の心電図および呼吸機能に及ぼす影響に関する電気生理学的研究, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

Suzuki A.K., Tsukue N., Hayashi H., Toda N., Tsubone H., Taya K., Mori Y.: Characteristics of myometrial contractility to phthalic acid esters extracted from diesel exhaust particles(DEP) in mice, 4th Annu. Meet. Jpn. Soc. Endocr. Disrupters Res., Tsukuba, 2001.12

机 直美, 戸田典子, 渡辺 元, 田谷一善, 局 博一, 鈴木 明:ディーゼル排気微粒子溶液 (DEPE) を投与したマウスから生まれた子の成長に及ぼす影響, 日本内分泌攪乱化学物質学会第4回研究発表会, つくば, 2001.12

鈴木 明, 机 直美, 林 英幸, 戸田典子, 局 博一, 田谷一善, 森 洋樹:ディーゼル排気粒子 (DEP) から抽出されたフタル酸エステルの子宮収縮特性, 日本内分泌攪乱化学物質学会第4回研究発表会, つくば, 2001.12

机 直美, 戸田典子, 局 博一, 鈴木 明:ディーゼル排気微粒子から得られたフタル酸エステル類の繁殖および子への影響について, 第134回日本獣医学会学術集会, 岐阜, 2002.9

机 直美, 渡辺 元, 田谷一善, 局 博一, 鈴木 明:ディーゼル排気微粒子「抽出液」(DEPE) の子宮への直接収縮影響について, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

石井圭司, 桑原正貴, 局 博一, 鈴木 明, 小林隆弘:微小粒子状物質の生体影響6. PM<sub>2.5</sub>抽出液および DEP 抽出液のラット気管内投与による心機能変化の検討, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

鈴木 明, 机 直美, 局 博一:ディーゼル排気粒子の分画溶液が心臓に対する作用, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

鈴木 明, 戸田典子, 机 直美:PM<sub>2.5</sub>と DEP の呼吸・循環器に対する影響に関する電気生理学的研究-1. 健常動物-, 第134回日本獣医学会学術集会, 岐阜, 2002.9

鈴木 明, 戸田典子, 机 直美:PM<sub>2.5</sub>と DEP の呼吸・循環器に対する影響に関する電気生理学的研究-AZT 心筋症動物-, 第134回日本獣医学会学術集会, 岐阜, 2002.9

鈴木 明, 美留町潤一, 机 直美, 小林隆弘:微小粒子状物質の生体影響4. DEP が心筋症ラットの心電図に及ぼす影響, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

古田千恵, 鈴木 明, 李 春梅, 渡辺 元, 田谷一善:ディーゼル排気粒子 (DEP) から分離した化学物質のエストロゲン様作用, 第135回日本獣医学会学術集会, 東京, 2003.3

鈴木 明, 戸田典子, 机 直美, 局 博一:ディーゼル排気中の血管・心筋に作用する化学物質について, 第135回日本獣医学会学術集会, 東京, 2003.3

宮國友治, 高藤 繁, 石田 明, 中川武正, 鈴木 明, 小林隆弘:スギ花粉症患者リンパ球からの IL-5 産生に対するディーゼル車排出微粒子の影響, 第15回日本アレルギー学会春季臨床大会, 横浜, 2003.5

局 博一, 桑原正貴, 鈴木 明, 小林隆弘:微小粒子状物質の生体影響(7) 正常マウスおよび心不全マウスの循環系におよぼす DE 吸入曝露の影響, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

古田千恵, 鈴木 明, 李 春梅, 机 直美, 渡辺 元, 田谷一善:ディーゼル排気粒子 (DEP) から分離したニトロフェノール類のエストロゲン様作用, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

鈴木 明, 机 直美, 小林隆弘:微小粒子状物質の生体影響(5) PM<sub>2.5</sub>・DEP が AZT による心筋症ラットの心電図に及ぼす影響, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

鈴木 明, 戸田典子, 机 直美, 局 博一:ディーゼル排気粒子中から抽出されたニトロフェノール類の血管・心臓作用の特徴について, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

鈴木 明, 戸田典子, 机 直美, 局 博一:ディーゼル排気粒子中から抽出された血管・心臓に作用する化学物質について, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

岡山雄太, 桑原正貴, 鈴木 明, 局 博一:ディーゼル排気微粒子が心筋の細胞傷害性に及ぼす影響, 第136回日本獣医学会学術集会, 青森, 2003.10

鈴木 明, 戸田典子, 机 直美, 局 博一:ディーゼル排気粒子から分離された血管弛緩物質について, 第136回日本獣医学会学術集会, 青森, 2003.10

Suzuki A.K., Taneda S., Kamata K., Hayashi H., Toda N., Seki K., Sakushima A., Mori Y.: Nitrophenols in diesel exhaust particles show direct vasodilative activity, 10th Int. Congr. Toxicol., Tampere(Finland), 2004.7

鈴木 明, 種田晋二:炭素の模擬ナノ粒子の鼻部曝露法に関する基礎的研究, 第138回日本獣医学会学術集会, 札幌, 2004.9

臂まゆみ, 鈴木 明, 種田晋二, 鎌田和之, 林 英幸, 森 洋樹, 渡辺 元, 高橋慎司, 田谷一善: ディーゼル排気微粒子 (DEP) から分離された3-メチル-4-ニトロフェノール (PNMC) の循環器系への影響, 第138回日本獣医学学会学術集会, 札幌, 2004.9

鈴木 明, 種田晋二, 戸田典子, 机 直美, 局 博一: ディーゼル排気粒子中から抽出した3-メチル-4-ニトロフェノールの自律神経作用, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

臂まゆみ, 鈴木 明, 種田晋二, 鎌田和之, 林 英幸, 森 洋樹, 高橋慎司, 渡辺 元, 田谷一善: ディーゼル排気粒子 (DEP) から分離された3-メチル-4-ニトロフェノール (PNMC) の循環器系への影響 第2報, 第139回日本獣医学学会学術集会, 和光, 2005.3

鈴木 明, 種田晋二: ディーゼル排気粒子抽出液 (DEPE) のアセチルコリン (Ach) の血管弛緩作用の及ぼす影響, 第46回大気環境学会年会 (ポスター発表), 名古屋, 2005.9

鈴木 明, 種田晋二, 藤谷雄二, 小林隆弘: 炭素模擬ナノ粒子鼻部曝露が心電図, 心拍変動に及ぼす影響, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

鈴木 明, 臂まゆみ, 種田晋二, 鎌田和之, 森 洋樹, 高橋慎司, 渡辺 元, 田谷一善: ディーゼル排気粒子 (DEP) から分離された3-メチル-4-ニトロフェノール (PNMC) の循環器系への影響-第3報-, 第141回日本獣医学学会学術集会, 2006.3

Birumachi J., Suzuki A.K., Itoh K., Hioki K., Maruyama C., Ohnishi Y.: Diesel exhaust induced airway hypersensitivity in c-Hs ras transgenic mice, ATS 2001 San Francisco 97th Int. Conf., San Francisco, 2001.5

李 春梅, 高橋慎司, 種田晋二, 鎌田和之, 林 英幸, 森 洋樹, 齊田栄理奈, 渡辺 元, 鈴木 明, 田谷一善: ディーゼル排気微粒子 (DEP) から分離された3-メチル-4-ニトロフェノール (PNMC) の雄ウズラの精巣機能への影響, 第138回日本獣医学学会学術集会, 札幌, 2004.9

馬場 剛, 神成陽容, 田邊 潔, 森口佑一, 若松伸司: 塗装・印刷工程からの VOC 排出量の推計, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

平林幹啓, 松尾基之, 田邊 潔, 西川雅高, 野村昌治: X線吸収微細構造法による発生源別の大気浮遊粉塵試料のスペシエーション, 日本分析化学会 第51年会, 札幌, 2002.9

種田晋二, 林 英幸, 佐久嶋明世, 関 興一, 鈴木 明, 吉野 伸, 鎌田和之, 阪田正勝, 嵯峨井勝, 森 洋樹: ディーゼル排気微粒子 (DEP) のエストロゲン作用, 第121年会日本薬学会, 札幌, 2001.2

Mori Y., Taneda S., Hayashi H., Sakushima A., Seki K., Kamata K., Suzuki A.K., Sakata M., Yoshino S., Sagai M.: Estrogenic and anti-estrogenic activities of diesel exhaust particles, 4th Int. Congr. Toxicol., Brisbane, 2001.7

森 洋樹, 種田晋二, 林 英幸, 佐久嶋明世, 関 興一, 鎌田和之, 鈴木 明, 阪田正勝, 吉野 伸, 嵯峨井勝: ディーゼル排気微粒子 (DEP) -エストロゲン作用物質および抗エストロゲン作用物質の検索, フォーラム2001: 衛生薬学・環境トキシコロジー, 石川, 2001.10

Mori Y., Taneda S., Hayashi H., Sakushima A., Seki K., Kamata K., Suzuki A.K., Sakata M., Yoshino S., Sagai M.: Diesel exhaust particles (DEP)-investigation of estrogenic and anti-estrogenic compounds-, Asia-Pac. Symp. 2001, Kanazawa, 2001.11

森 洋樹, 鎌田和之, 戸田典子, 林 英幸, 関 興一, 種田晋二, 佐久嶋明世, 吉野 伸, 坂田正勝, 鈴木 明: ディーゼル排気微粒子 (DEP) 中の血管弛緩作用物質の分離・同定, 日本薬学会第123年会, 長崎, 2003.3

Furuta C., Taneda S., Kamata K., Mori Y., Hayashi H., Watanabe G., Suzuki A.K., Taya K.: Nitrophenols isolated from diesel exhaust particles (DEP) show estrogenic activity, 36th Annu. Meet. Soc. Stud. Reprod., Cincinnati, 2003.7

Hirabayashi M., Matsuo M., Kobayashi S., Tanabe K., Nomura M.: Analysis of chemical species of airborne particles collected at roadsides with heavy traffic, 13th Annu. V. M. Goldschmidt Conf., Kurashiki, 2003.9

種田晋二, 古田千恵, 鎌田和之, 関 興一, 佐久嶋明世, 林 英幸, 吉野 伸, 八巻耕也, 田谷一善, 鈴木 明, 森 洋樹: ディーゼル排気微粒子 (DEP) 中より分離・同定されたニトロフェノール類のエストロゲン作用および抗アンドロゲン作用, フォーラム2003衛生薬学・環境トキシコロジー, 仙台, 2003.10

古田千恵, 種田晋二, 鎌田和之, 林 英幸, 森 洋樹, 李 春梅, 机 直美, 渡辺 元, 鈴木 明, 田谷一善: 幼若ラット子宮を用いた環境エストロゲン様物質の生理活性モニタリング法の検討, 日本内分泌攪乱化学物質学会 第6回研究発表会, 仙台, 2003.12

種田晋二, 古田千恵, 李 春梅, 鎌田和之, 林 英幸, 関 興一, 佐久嶋明世, 吉野 伸, 八巻耕也, 田谷一善, 鈴木 明, 森 洋樹: ディーゼル排気微粒子 (DEP) 中より見出されたニトロフェノール化合物のエストロゲン作用および抗アンドロゲン作用, 日本内分泌攪乱化学物質学会第6回研究発表会, 仙台, 2003.12

種田晋二, 古田千恵, 李 春梅, 鎌田和之, 林 英幸, 関 興一, 佐久嶋明世, 吉野 伸, 八巻耕也, 鈴木 明, 他: ディーゼル排気微粒子 (DEP) 中より見出された3-メチル-4-ニトロフェノールのエストロゲン作用および抗アンドロゲン作用, 日本薬学会第124年会, 大阪, 2004.3

Kamata K., Hayashi H., Taneda S., Suzuki A., Toda N., Sakushima A., Seki K., Mori Y.: Isolation and identification of Nitrophenols in diesel exhaust particles (DEP) that exhibit vasodilating activity using bioassay-directed fractionation, 10th Int. Congr. Toxicol., Tampere, 2004.7

Taneda S., Mori Y., Kamata K., Hayashi H., Furuta C., Watanabe G., Li C., Takahashi S., Seki K., Sakushima A., Yoshino S., Yamaki K., Taya K., Suzuki A.K.: Estrogenic and anti-androgenic activity of nitrophenols in diesel exhaust particles (DEP), 10th Int. Congr. Toxicol., Tampere, July, 2004.7

種田晋二, 森 洋樹, 鎌田和之, 林 英幸, 関 興一, 佐久嶋明世, 古田千恵, 渡辺 元, 八巻耕也, 吉野 伸, 田谷一善, 鈴木 明: ディーゼル排気微粒子 (DEP) 中成分の系統的分離・同定—いくつかの生理活性を併せ持つニトロフェノール類—, 第138回日本獣医学会学術集会, 札幌, 2004.9

種田晋二, 鈴木 明, 鈴木忠男, 小林隆弘: CAPs 吸入暴露が AZT 誘発心筋症ラットの心電図に及ぼす影響, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

種田晋二, 臂まゆみ, 渡辺 元, 田谷一善, 関 興一, 佐久嶋明世, 八巻耕也, 吉野 伸, 森 洋樹, 鈴木 明: 炭素模擬ナノ粒子の鼻部曝露装置の開発と心電図学的検討, 日本薬学会第125年会, 東京, 2005.3

李 春梅, 種田晋二, 鈴木 明, 鎌田和之, 林 英幸, 森 洋樹, 渡辺 元, 田谷一善: ディーゼル排気微粒子 (DEP) から分離された3-メチル-4-ニトロフェノール (PNMC) の雄ラットにおける内分泌攪乱作用, 第139回日本獣医学会学術集会, 和光, 2005.3

Hirabayashi M., Shibata K., Muramoto A., Yoshinaga J., Kobayashi S., Yoneda M., Tanabe K., Shibata Y., Matsuo M.: Investigation of source apportionment for carbon component in airborne particulate based on <sup>14</sup>C measurements of organic and elemental carbons, 10th Int. Conf. Accel. Mass Spectrom., Berkeley, 2005.9

李 春梅, 種田晋二, 鈴木 明, 古田千恵, 渡辺 元, 田谷一善: ディーゼル排気微粒子 (DEP) から分離された3-メチル-4-ニトロフェノール (PNMC) の抗アンドロゲン作用, 日本内分泌攪乱化学物質学会 第8回研究発表会 (ポスター発表), 東京, 2005.9

三上夕介, 野矢洋一, 種田晋二, 森 洋樹, 関 興一, 鈴木 明, 大倉一枝: ディーゼル排気粒子の新規系統分析による生物活性物質の探索, 日本薬学会第126年会, 仙台, 2006.3

松尾基之, 平林幹啓, 西川雅高, 田邊 潔, 野村昌治: X線吸収微細構造法を用いた大気浮遊粉塵のスペシエーション, 第6回分析化学東京シンポジウム・2002機器分析東京討論会, 千葉, 2002.9

新田裕史, 島 正之: 微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究—長期影響調査の研究計画について—, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

新田裕史: ディーゼル排気の健康影響に関する疫学的知見—その評価と問題点—, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

新田裕史, 島 正之, 微小粒子状物質等曝露影響調査疫学ワーキンググループメンバー: 微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究—短期及び長期影響調査の計画と実施内容について—, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

中館俊夫, 松田直樹, 坂本光代, 中井里史, 新田裕史, 微小粒子状物質等曝露影響調査疫学ワーキンググループメンバー: 微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究—除細動器植込み患者における心室性不整脈発生と大気環境の関連性に関する予備的解析—, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

新田裕史: アレルギー疾患に関する最近の動向—室内環境との関連—, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

新田裕史, 島 正之, 山崎 新, 微小粒子状物質等曝露影響調査疫学ワーキンググループメンバー: 微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究—長期影響調査の実施状況—, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

新田裕史, 島 正之, 微小粒子状物質等曝露影響調査疫学ワーキンググループメンバー: 微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究—長期影響調査の背景要因—, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

山崎 新, 新田裕史, 村上義孝, 福原俊一: 大気汚染濃度と健康関連 QOL—エコロジカルスタディ, 第14回日本疫学会学術総会, 山形, 2004.1

- 新田裕史：粒子状物質の疫学，第19回環境工学連合講演会，東京，2004.1
- 新田裕史：DEP・ナノ粒子による曝露評価と健康影響，大気環境学会 特別講演会「自動車排出の DEP，ナノ粒子に関する研究の現状と課題」，東京，2004.7
- 山崎 新，島 正之，新田裕史：微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究－救急受診との関連－，第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 新田裕史，島 正之，微小粒子状物質等曝露影響調査疫学ワーキンググループメンバー：微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究－長期影響調査の実施状況（第2報）－，第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 島 正之，山崎 新，新田裕史，微小粒子状物質等曝露影響調査疫学ワーキンググループメンバー：微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究－微小粒子が小児のピークフロー値に及ぼす急性影響の検討－，第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 新田裕史：大気中粒子状物質の健康影響，第3回大気環境学会産官学民地域連絡協議会講演会，さいたま，2004.12
- 山崎 新，新田裕史，小野雅司，福原俊一：大気中の粒子状物質と脳卒中による死亡との関連，第15回疫学会学術総会，大津，2005.1
- 新田裕史：環境モニタリングデータ，第18回公衆衛生情報研究協議会研究会，和光，2005.2
- 山崎 新，新田裕史，小野雅司，Green J.，福原俊一：大気汚染物質と急性心筋梗塞による死亡との関連，第75回日本衛生学会総会，新潟，2005.3
- 新田裕史，島 正之，山崎 新：微小粒子状物質の健康影響に関する疫学研究－長期影響調査の実施状況（第3報）－，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9
- 山崎 新，新田裕史，福原俊一：大気中の光化学オキシダント濃度と疲労感及びメンタルヘルスとの関係，第16回日本疫学会学術総会，名古屋，2006.1
- 長谷川就一，太田幸雄：都市域および非都市域における大気中すす粒子の混合状態の分析，第18回エアロゾル科学・技術研究討論会，東京，2001.7
- 長谷川就一，太田幸雄，村尾直人，山形 定：東シナ海域を対象とした大気エアロゾルの衛星リモートセンシング，第9回地球環境シンポジウム，北九州，2001.7
- 長谷川就一，太田幸雄，村尾直人，山形 定：日本における大気混濁係数の経年変化，第42回大気環境学会年会，北九州，2001.10
- 長谷川就一，小林伸治，平林幹啓，森口祐一，田邊 潔，西川雅高，近藤美則，若松伸司：幹線道路沿道等における超微小粒子の粒径分布観測，第19回エアロゾル科学・技術研究討論会，京都，2002.8
- 長谷川就一，太田幸雄，村尾直人，大形 定：国内外8地点における大気エアロゾルの化学組成と放射吸収特性，日本エアロゾル学会 第7回エアロゾル基礎講座／第19回エアロゾル科学・技術研究討論会，京都，2002.8
- 駒崎雄一，曹 仁秋，本間克典，白井 忠，長谷川就一，田邊 潔：熱・光学方式カーボン分析計を用いた大気中の OC・EC 測定法の検討，第43回大気環境学会年会，府中，2002.9
- 長谷川就一，若松伸司，菅田誠治，小林伸治，板野泰之，大原利眞，守屋 岳：都市域での大気汚染と気象の立体分布観測（2）－測定法の比較と東京・大阪の特徴－，第43回大気環境学会年会，府中，2002.9
- 長谷川就一，田邊 潔，西川雅高，若松伸司：粒子状炭素（OC/EC）分析法の比較－OC の熱分解補正が可能な装置による検討－，第43回大気環境学会年会，府中，2002.9
- 長谷川就一，太田幸雄，加藤 亮，村尾直人：クロージャー研究による大気エアロゾルの粒径分布・混合状態モデルの検討，日本気象学会2002年度秋季大会，札幌，2002.10
- Hasegawa S., Wakamatsu S., Iwamoto S., Kamiya A., Bernabe R.M., Cardenas B., Avedoy V.G., Liu X., Dong S.: Examination of analysis method of particulate carbon and some measurements in urban areas, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- Hasegawa S., Wakamatsu S., Moriya T., Sugata S., Kobayashi S., Itano Y., Ohara T.: Observation of particulate matter in Tokyo and Osaka areas, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- 長谷川就一，小林伸治，平林幹啓，森口祐一，田邊 潔，近藤美則，若松伸司：冬季および夏季の沿道大気における超微粒子の挙動，第20回エアロゾル科学・技術研究討論会，つくば，2003.7
- 佐々木寛介，守屋 岳，長谷川就一，若松伸司：粒子状物質の炭素成分分析に関する基礎的検討（2）DRI 炭素分析計と CHN 計の比較，第44回大気環境学会年会，京都，2003.9

長谷川就一, 若松伸司, 小林伸治, 山川和彦, 原 良平, 佐野政文: 2003年春季関西地区における大気汚染の立体分布観測 (3) ガス状・粒子状物質の経時変化および微小粒子の粒径分布連続観測, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

長谷川就一, 若松伸司, 小林伸治, 菅田誠治, 早崎将光, 板野泰之, 日置 正, 中西貞博, 斉藤勝美: 2003年春季関西地区における大気汚染の立体分布観測 (1) 観測概要および集中観測における粒子状物質の解析, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

長谷川就一, 若松伸司, 田邊 潔, 佐々木寛介, 守屋 岳: 粒子状物質の炭素成分分析に関する基礎的検討 (1) 光による有機炭素の炭化補正に及ぼす試料の影響, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

板野泰之, 長谷川就一, 若松伸司, 菅田誠治, 早崎将光, 菅原浩史: 2003年春季関西地区における大気汚染の立体分布観測 (2) 集中観測におけるガス状物質の解析, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9

Fushimi A., Hasegawa S., Tanabe K., Kobayashi S.: Size-resolved organic compositions in atmospheric nano- to micro-scale particles at roadside, An International State of the Science Workshop on Organic Speciation in Atmospheric Aerosols Research, Las Vegas, 2004.4

長谷川就一, 小林伸治, 伏見暁洋, 田邊 潔, 森口祐一, 近藤美則, 若松伸司: 沿道大気中におけるナノ粒子の実態解明 (1) 交通状況の異なる地点における粒径分布の特徴, 第21回エアロゾル科学・技術研究討論会, 札幌, 2004.8

長谷川就一, 若松伸司, 田邊 潔: 並行測定による PM<sub>2.5</sub> 黒色炭素の各種測定法の検討, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

長谷川就一, 小林伸治, 伏見暁洋, 田邊 潔, 森口祐一, 近藤美則, 若松伸司: 自動車に起因するナノ粒子の沿道大気観測 (1) 粒径分布と個数濃度の変動および気象との関係, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

日置 正, 中西貞博, 長谷川就一, 若松伸司: 2003年春季関西地区における大気汚染の立体分布観測 (4) 粒径別エアロゾル中の微量金属成分, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

長谷川就一, 小林伸治, 秋山賢一: 走査型プローブ顕微鏡を用いた自動車起源ナノ粒子の観察第22回エアロゾル科学・技術研究討論会, 堺, 2005.7

長谷川就一, 小林伸治, 伏見暁洋, 田邊 潔, 藤谷雄二, 高橋克行, 若松伸司: 沿道大気中ナノ粒子の実態調査 (1) 粒径分布の長期観測, 第22回エアロゾル科学・技術研究討論会, 堺, 2005.7

Hasegawa S., Fushimi A., Kobayashi S., Saitoh K., Tanabe K., Wakamatsu S.: Size distribution and chemical composition of nano- to micrometer-size particles in roadside atmosphere, 16th Reg. Conf. Clean Air Environ. Asian Pac. Area, Tokyo, 2005.8

長谷川就一, 小林伸治, 高橋克行, 伏見暁洋, 田邊 潔, 藤谷雄二, 若松伸司: 沿道大気中ナノ粒子の時間変化と季節変動に関する解析, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

藤谷雄二, 長谷川就一, 伏見暁洋, 近藤美則, 小林伸治, 田邊 潔, 小林隆弘, 若松伸司: 低圧インパクターによるディーゼル排気粒子および沿道大気粒子捕集時のアーティファクトに関する検討, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

美留町潤一, 鈴木 明, 伊藤喜久治, 日置恭司, 丸山千佳, 大西保行: c-Ha-ras トランスジェニックマウスにおける, ディーゼル排気誘発性気道反応について, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

美留町潤一, 鈴木 明, 伊藤喜久治, 日置恭司, 丸山千佳, 大西保行: c-Ha-ras トランスジェニックマウスにおけるサイトカイン類に対するディーゼル排気曝露の影響, 第132回日本獣医学学会学術集会, 岩手, 2001.10

美留町潤一, 鈴木 明, 中島 徹, 鈴木忠男, 小林隆弘: モノクロタリン投与による肺高血圧が DEP の気管内投与の毒性に及ぼす影響, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

Chotchakorpan S., Takano K., Suzuki H., Horie K., Aoki M., Fukuyama T., Utiyama M., Hatakeyama S., Izumi K., Hara H.: Seasonal changes in dry deposition velocity of ozone for three crops field, 42nd Annu. Meet. Jpn. Soc. Atmos. Environ., Kitakyushu, 2001.1

福山 力, 内山政弘: 森林におけるオゾン生成と消失, 第15回酸性雨問題研究会シンポジウム, 府中, 2001.6

原 宏, 鈴木晴子, 青木正敏, 大喜多敏一, 福山 力, 内山政弘, 坂本和彦, 泉 克幸: 森林内部における硫酸エアロゾル濃度の高度分布, 第18回エアロゾル科学・技術研究討論会, 東京, 2001.7

Chotchakorpan S., Takano K., Suzuki H., Horie K., Aoki M., Fukuyama T., Utiyama M., Hatakeyama S., Izumi K., Hara H.: Comparison of dry Deposition velocities of O<sub>3</sub> between measured and estimated by empirical and Wesely models in bean, corn and wheat fields, 42nd Annu. Meet. Jpn. Soc. Atmos. Environ., Kitakyushu, 2001.10

原 宏, 鈴木晴子, 高野賢一, 白鳥奈美, 堀江勝年, 青木正敏, 福山 力, 内山政弘, 畠山史郎, 泉 克幸, 他: アカマツ林における硫酸エアロゾルの動態, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

青木正敏, 高野賢一, 鈴木晴子, 張 尚勲, Chotochakonpant S., 堀江勝年, 福山 力, 内山政弘, 畠山史郎, 原宏, 他: 数種の植物間における O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>および NO<sub>2</sub>の沈着速度比較, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

張 尚勲, 高野賢一, 鈴木晴子, Chotchakorpan S., 堀江勝年, 青木正敏, 泉 克幸, 原 宏, 福山 力, 内山政弘, 他: 数種の草本植物群落における O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>および NO<sub>2</sub>の沈着速度と気象要因との関係, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

反町篤行, 坂本和彦, 石原日出一, 酒井美緒, 石谷 治, 福山 力, 内山政弘, Wang W., 湯 大綱, 董 旭輝, 他: 北京における SO<sub>2</sub>と O<sub>3</sub>の乾性沈着, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10

反町篤行, 高田尚枝, 酒井美緒, 王 青躍, 坂本和彦, 石原日出一, 福山 力, 内山政弘, Wang W., 湯 大綱, 他: 中国北部における硫酸化物の乾性沈着の測定, 第19回エアロゾル科学・技術研究討論会, 京都, 2002.8

伏見暁洋, 斉藤勝美, 長谷川就一, 小林伸治, 田邊 潔, 森口祐一, 近藤美則, 若松伸司: 沿道大気中におけるナノ粒子の実態解明 (2) EC/OC・有機化合物・元素の粒径別組成の特徴, 第21回エアロゾル科学・技術研究討論会, 札幌, 2004.8

伏見暁洋, 長谷川就一, 小林伸治, 田邊 潔, 森口祐一, 近藤美則, 若松伸司: 自動車に起因するナノ粒子の沿道大気観測 (2) 粒径別有機成分及び元素状/有機炭素 (EC/OC) の分析, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10

藤谷雄二, 井出野良裕, 伏見暁洋, 小林伸治, 田邊 潔, 小林隆弘: エンジンオイル, 炭化水素を用いた吸入暴露実験の為のナノ粒子生成, 第22回エアロゾル科学・技術研究討論会, 堺, 2005.7

伏見暁洋, 斉藤勝美, 藤谷雄二, 長谷川就一, 田邊 潔, 小林伸治: 沿道大気中ナノ粒子の実態調査 (2) 化学組成, 第22回エアロゾル科学・技術研究討論会, 堺, 2005.7

Fushimi A., Hasegawa S., Fujitani Y., Tanabe K., Kobayashi S: Organic composition of nanoparticles in roadside atmosphere in Japan, European Aerosol Conf. 2005, Ghent, 2005.8

伏見暁洋, 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 田邊 潔: 自動車排出ガス中揮発性有機化合物測定法の検討: 高反応性成分に注目して, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9

伏見暁洋, 長谷川就一, 田邊 潔, 小林伸治: 加熱脱着 GC/MS 法の最適化と沿道大気中粒径別粒子への適用, 日本分析化学会第54年会, 名古屋, 2005.9

古山昭子, 持立克身, 水野一乗, 吉川 究, 林 利彦: 培養肺胞上皮細胞基底膜形成に与える基底膜成分添加の影響, 第47回マトリックス研究会大会, 東京, 2000.5

古山昭子, 持立克身: 肺胞上皮細胞の基底膜形成へのサイトカインの影響, 第48回マトリックス研究会大会, 高岡, 2001.4

Furuyama A., Mochitate K.: Effect of hepatocyte growth factor on the formation of basement membrane by alveolar epithelial cells *in vitro*, 34th Jpn. Soc. Connect. Tissue Res. /49th Jpn. Matrix Club Joint Conf., Hamamatsu, 2002.4

古山昭子, 持立克身, 平野靖史郎, 小林隆弘: IL-1beta による肺胞上皮細胞の基底膜形成への影響, 第55回日本細胞生物学会大会, 横浜, 2002.5

古山昭子, 平野靖史郎, 小池英子, 小林隆弘: 微小粒子状物質の生体影響 (2) 都市大気微小粒子状物質およびディーゼル粒子抽出物が血管内皮細胞層の透過性に及ぼす影響, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9

Furuyama A., Mochitate K., Hosokawa T., Hirano S., Kobayashi T.: Interleukin 1-beta and tumor necrosis factor-alpha suppressed basement membrane formation by alveolar epithelial cells cultured with fibroblasts, 11th Int. Sym. Basement Membranes, Chiba, 2003.3

Furuyama A., Hirano S., Koike E., Mochitate K., Kobayashi T.: Basement membrane attenuates oxidative stress caused by organic extracts of diesel exhaust particles in rat lung microvessel endothelial cells, 5th Pan Pac. Connect. Tissue Soc. Symp., Ube, 2003.6

- 古山昭子, 平野靖史郎, 小池英子, 小林隆弘: 微小粒子状物質の生体影響 (2) 都市大気微小粒子状物質およびディーゼル粒子抽出物が血管内皮細胞の抗酸化機能と抗血栓機能に及ぼす影響, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9
- Furuyama A., Hirano S., Mochitate K., Kobayashi T.: Organic extracts of diesel exhaust particles stimulate collagen production in rat pulmonary fibroblasts *in vitro*, 76th Annu. Meet. Jpn. Biochem. Soc., Yokohama, 2003.10
- 古山昭子, 平野靖史郎, 小池英子, 小林隆弘: CAPS および都市大気微小粒子状物質抽出物が血管内皮細胞の抗酸化機能と抗血栓機能に及ぼす影響, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10
- 古山昭子, 平野靖史郎, 菅野さな枝, 丸山若重, 鈴木一寿, 小林隆弘: ナノ粒子の沈着および体内動態, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.10
- Furuyama A., Kanno S., Hirano S.: A study on the transport of nanoparticles through an *in vitro* alveolo-capillary barrier model, 58th Annu. Meet. Jpn. Soc. Cell Biol. (Poster Session), Saitama, 2005.6
- 古山昭子, 丸山若重, 平野靖史郎, 小林隆弘: ナノ粒子の肺胞壁通過に関する検討, 第46回大気環境学会年会, 名古屋, 2005.9
- Furuyama A., Kanno S., Hirano S.: A Study on the transport of nanoparticocles through an *in vitro* alveolo-capillary model, Mechanisms of Action of Inhaled Fibers, Particles, and Nanoparticles in Lung and Cardiovascular Disease (Poster Session), Raleigh-Durham, 2005.10
- Furuyama A.: The opposite modulation of Th1 and Th2 cytokines on basement membrane formation by alveolar epithelial cells *in vitro*, 78th Annu. Meet. Jpn. Biochem Soc. (Poster Session), Kobe, 2005.10
- 古山昭子, 菅野さな枝, 平野靖史郎: 肺胞壁におけるナノ粒子の組織通過とリモデリング, 第53回マトリックス研究会大会, 箱根, 2006.3
- 古山昭子: ナノ粒子の体内動態について, ナノテクノロジーの社会受容促進に関する調査研究 第4回ワークショップ, 東京, 2006.11
- Matsuhashi K., Moriguchi Y., Terazono A., Tanabe K.: A Framework of impact assessment with the matrix of problem areas and safeguard subjects, JDZB Workshop Performance Rev. Strategies Sustainable Dev., Berlin, 2002.11
- 松橋啓介: 公共交通機関の停留所立地が徒歩圏人口に与える影響に関する研究, 土木計画学研究発表会, 盛岡, 2002.11
- 松橋啓介, 岡崎康雄, 竹田宜人, 中杉修身: 事業所の環境報告書説明会を通じたリスクコミュニケーションの事例, 日本リスク研究学会第13回研究発表会, 京都, 2002.11
- 松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見: 日本の交通 CO<sub>2</sub>削減における地方都市の交通 CO<sub>2</sub>削減の位置づけ, 第1回人と環境にやさしい交通をめざす全国大会 in 宇都宮, 宇都宮, 2005.6
- 上岡直見, 松橋啓介, 工藤祐揮: 市区町村別の自動車 CO<sub>2</sub>排出量の将来予測, 第1回人と環境にやさしい交通をめざす全国大会 in 宇都宮, 宇都宮, 2005.6
- 松本幸雄: 日本の大気汚染状況と常時監視システム, 瀋陽市衛生防疫所学術講演会, 瀋陽, 2001.10
- 松本幸雄, 白川泰樹, 瀬戸加奈子, 須網正人: 自動車排出ガス測定局における汚染物質の年平均濃度と交通量, 大型車混入率等との関連, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 牧野国義, 栗田雅行, 石井康一郎, 松本幸雄: 幹線道路における交通量, 気象要素と大気汚染物質 (SPM, Nox) 日平均濃度, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 松本幸雄, 内山政弘, 福山 力, 須賀伸介, 小森大輔, 青木正敏: 地表面フラックス測定に用いる簡易渦集積法におけるフラックス評価式の統計的導出, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- 牧野国義, 栗田雅行, 石井康一郎, 松本幸雄, 駒崎雄一, 白井 忠: 粒子状物質濃度に及ぼす気象要素の影響, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- 松本幸雄, 内山政弘, 福山 力, 須賀伸介, 井上俊明, 原 久男, 小川重男, 丸尾容子: 粒子数から推測する沿道微小粒子の挙動, 第20回エアロゾル科学・技術研究討論会, つくば, 2003.7
- 松本幸雄, 内山政弘, 福山 力, 須賀伸介, 田野中武志, 小川重男, 丸尾容子: 沿道周辺粒子の多地点同時測定, 第20回エアロゾル科学・技術研究討論会, つくば, 2003.7
- 松本幸雄: 大気中の物質が風によって地表へ移送される量の評価, 2003年度統計関連学会連合大会, 名古屋, 2003.9

- 松本幸雄, 上原 清, 林 誠司, 山尾幸夫, 河田 忠, 若松伸司, 井上俊明, 原 久雄: 沿道高濃度大気汚染低減手法の検討—実市街地の2次元簡易模型を用いた風洞実験—その3—, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9
- 松本幸雄, 内山政弘, 須賀伸介, 福山 力, 田野中武志, 小川重男, 丸尾容子, 井上俊明, 原 久男: 多地点同時測定による沿道の粒子分布の評価, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9
- 松本幸雄, 内山政弘, 福山 力, 須賀伸介, 泉 克幸, 長島拓央, 小森大輔, 青木正敏: 乾性沈着フラックス測定としての緩和渦集積法 (REA 法) の統計的検討, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9
- 牧野国義, 栗田雅行, 石井康一郎, 松本幸雄: 交通渋滞による大気汚染物質濃度への影響, 第44回大気環境学会年会, 京都, 2003.9
- 竹中宏誌, 奥山 亮, 水上春樹, 滝上英孝, 切畑光統, 酒井伸一, 森田昌敏: 絶縁油中の PCB 簡易測定法の開発, 日本内分泌攪乱化学物質学会第7回研究発表会, 名古屋, 2004.12
- 日吉孝子, 熊谷嘉人, 戸村成男, 市瀬孝道, 柳澤利枝, 井上健一郎, 高野裕久: 大気中微小粒子に含まれる1,2-ナフトキノンが卵白アルブミン誘発マウス喘息モデルに及ぼす影響, 第74回日本衛生学会総会, 東京, 2004.4
- 日吉孝子, 熊谷嘉人, 戸村成男, 市瀬孝道, 柳澤利枝, 井上健一郎, 高野裕久: 大気中微小粒子に含まれる9,10-フェナントラキノンが卵白アルブミン誘発マウス喘息モデルに及ぼす影響, 第74回日本衛生学会総会, 東京, 2004.4
- 日吉孝子, 熊谷嘉人, 戸村成男, 市瀬孝道, 柳澤利枝, 井上健一郎, 高野裕久: 卵白アルブミンによる喘息モデルに大気中微小粒子成分1,2-ナフトキノンが及ぼす影響について, 第16回日本アレルギー学会春季臨床大会, 前橋, 2004.5
- 日吉孝子, 熊谷嘉人, 戸村成男, 市瀬孝道, 定金香里, 柳澤利枝, 井上健一郎, 高野裕久: OVA 感作アレルギーに対する大気中微小粒子成分1,2-ナフトキノンの修飾効果, 第45回大気環境学会年会, 秋田, 2004.12
- 阿相敏明, 武田麻由子, 相原敬次, 若松伸司: 丹沢大山における森林保全のためのオゾン許容量推定手法の開発—丹沢におけるオゾン汚染状況の把握と汚染機構の解明—, 第42回大気環境学会年会, 北九州, 2001.10
- 若松伸司: 大気汚染物質の山岳地域での動態, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- 若松伸司, 菅田誠治, 長谷川就一, 小林伸治, 板野泰之, 藁科宗博, 田中正宣, 大原利眞, 守屋 岳: 都市域での大気汚染と気象の立体分布観測 (1) —観測概要—, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- 守屋 岳, 若松伸司, 菅田誠治, 長谷川就一, 小林伸治, 板野泰之, 大原利眞: 都市域での大気汚染と気象の立体分布観測 (4) 東京における粒子状物質の鉛直分布, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- 藤原 誠, 多田納力, 宮廻隆洋, 若松伸司: 島根県における高濃度オキシダントの出現要因, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- 板野泰之, 藁科宗博, 田中正宣, 若松伸司, 菅田誠治, 長谷川就一, 小林伸治, 大原利眞, 守屋 岳: 都市域での大気汚染と気象立体分布観測 (3) 黄砂飛来と粒子状物質の挙動解析, 第43回大気環境学会年会, 府中, 2002.9
- Bueno E., Fentanes O., Sanchez A., Blanco S., Cerdenas B., Gutierrez V., Renteria V., Velasco E., Kamiya A., Wakamatsu S.: Determination of the vertical profiles for concentrations in the Mexico City Metropolitan area, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- Bueno E., Lopez P., Gutierrez V., Cardenas B., Kamiya A., Wakamatsu S.: Seasonal trends of total and specific VOCs at the Southeast of Mexico City 2001, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- Erik V.S., Beatriz C., Lamb B., Kamilla A., Wakamatsu S.: Observations of vertical ozone and meteorological parameters in the first 1km of height in Mexico City, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- Fujihara M., Tatano T., Miyazako T., Wakamatsu S.: Factors relating to the occurrence of high ozone concentration levels in Shimane, Japan, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- Itano Y., Warashina M., Tanaka M., Wakamatsu S., Sugata S., Hasegawa S., Kobayashi S., Ohara T., Moriya T.: Observation of spatial distribution of air pollutants in the Osaka area-field observation-, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- Kannari A., Wakamatsu S.: Long-term trend of PM concentration eliminated the meteorological variations in Japan, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3
- Wakamatsu S., Saito M., Kamiya S., Gutierrez V.J., Varela-Ham J.R., Granados J., Castillejos M., Sosa R.: Analysis of wind field in Mexico City, 8th Int. Conf. Atmos. Sci. Appl. Air Qual., Tsukuba, 2003.3

- 若松伸司：光化学オキシダントの生成機構と濃度トレンド，大気環境学会 特別講演会「増え続ける光化学オキシダント—その原因と対策—」，東京，2003.7
- 若松伸司：大気中微小粒子について，公害保健被害補償予防協会平成15年度環境改善研修，東京，2003.7
- 神成陽容，若松伸司：大気汚染濃度の長期トレンドに及ぼす気候変動の影響，第44回大気環境学会年会，京都，2003.9
- 中村和正，若松伸司，菅田誠治，木村富士男：関東地方及び福島県・山梨県における光化学オキシダント日最高値出現頻度解析，第44回大気環境学会年会，京都，2003.9
- 藤原 誠，若松伸司，環境研・地方環境研究機関共同研究（C型）グループ：西日本におけるオキシダント濃度の季節変動，第44回大気環境学会年会，京都，2003.9
- 中村和正，若松伸司，菅田誠治，木村富士男：関東地方及び福島県・山梨県における光化学オキシダント日最高値出現頻度の経年変動解析，日本気象学会 2003年度秋季大会，仙台，2003.10
- 中村和正，若松伸司，菅田誠治，木村富士男：関東地方及び福島県・山梨県における光化学オキシダント日最高値出現頻度解析，日本地理学会 2003年度秋季学術大会，岡山，2003.10
- 若松伸司：日本におけるオキシダントの分布と変動の解析—モデリングの立場から—，第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 秋元 肇，若松伸司，大原利眞，加藤征太郎，吉門 洋，上野広行，石井康一郎，木下輝昭，宮川正孝，芳住登紀子，尾形和彦：東京都におけるオキシダント濃度の解析（Ⅱ）—近年の濃度上昇要因について—，第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 秋元 肇，若松伸司，大原利眞，加藤征太郎，吉門 洋，芳住登紀子，宮川正孝，保坂幸尚，石井康一郎，上野広行：東京都におけるオキシダント濃度の解析（Ⅲ）—大気質の変化との関係—，第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 秋元 肇，若松伸司，大原利眞，加藤征太郎，吉門 洋，石井康一郎，上野広行，木下輝昭，宮川正孝，芳住登紀子：東京都におけるオキシダント濃度解析（Ⅰ）—近年の濃度変動トレンド—，第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 神成陽容，若松伸司：SPM 目標年平均濃度の長期変化（関東各地域の特徴），第45回大気環境学会年会，秋田，2004.10
- 藤原 誠，若松伸司，田中孝典：西日本及び日本海側における光化学オキシダント濃度の特徴，第31回環境保全・公害防止研究発表会，東京，2004.11
- 若松伸司：大気汚染研究の現状と課題，大気環境学会九州支部総会，福岡，2005.1
- 若松伸司：最近のオゾン汚染の時空間変動，大気環境学会植物分科会講演会「オゾンとその植物影響」，東京，2005.3
- 若松伸司：大気汚染分野の技術的展開，2005年度環境アセスメント学会第3回公開セミナー，東京，2005.5
- Bueno E., Wohrnschimmel H., Velasco A., Blanco S., Gutierrez V., Wakamatsu S., Cardenas B.: Monitoreo continuo de compuestos organicos volatiles en el supersitio durante abril del 2000-2004: una comparacion con las mediciones de la campana CAM-MIT 2003, V Simposio de Contaminacion Atmosferica LIBRO DE RESUMENES, Mexico City, 2005.7
- Wakamatsu S.: Comparison study of secondary air pollution between Tokyo and Mexico City, V Simposio de Contaminacion Atmosferica LIBRO DE RESUMENES, Mexico City, 2005.7
- Adachi S., Wakamatsu S., Sugata S., Hayasaki M., Kimura F.: Transport process of dust by a cold front, 16th Reg. Conf. Clean Air Environ. Asian Pac. Area (Poster Session), Tokyo, 2005.8
- Saito M., Wakamatsu S.: Preliminary study of estimation of ozone concentration distribution in the Mexico City, 16th Reg. Conf. Clean Air Environ. Asian Pac. Area (Poster Session), Tokyo, 2005.8
- 若松伸司：大気中粒子状物質のリスク評価：DEP，PM<sub>2.5</sub>そしてナノ粒子までの健康影響の評価を中心に，「環境リスク管理のための人材養成」特別講演会，吹田，2005.8
- 三原利之，山川和彦，若松伸司：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（2）—日没後もオキシダント濃度が下がらない原因—，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9
- 山川和彦，若松伸司：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（1），第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9
- 山崎 誠，山川和彦，若松伸司：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（6）—METEX を利用した成層圏大気の降下事例の解析—，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

若松伸司：都市大気 PM 研究の現状と課題，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

秋元 肇，若松伸司，大原利眞，加藤征太郎，吉門 洋，保坂幸尚，芳住登紀子，松田初弘（東京都環境局），石井康一郎，飯村文成：関東地方におけるオキシダント濃度の解析（2）－原因物質濃度の低下と高濃度オキシダントの出現との関係－，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

秋元 肇，若松伸司，大原利眞，加藤征太郎，吉門 洋，保坂幸尚，芳住登紀子，松田初弘，石井康一郎，飯村文成：関東地方におけるオキシダント濃度の解析（1）－各種気象要素及び大気質の変化との関係－，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

秋山雅行，若松伸司：北海道におけるオキシダント濃度のトレンドについて，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

森 淳子，山川和彦，宮下七重，若松伸司：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（4）－オキシダント濃度月別出現パターンの広域的分布－，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

大石興弘，田上四郎，岩本真二，山川和彦，若松伸司：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（5）－オゾンと比湿（湿度）および7Be との関係について－，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

大野隆史，山川和彦，若松伸司：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（3）－光化学オキシダントと NO<sub>x</sub>・SPM・NMHC 等との関連－，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

田中孝典，山川和彦，若松伸司：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（7）－平均気温，日照時間とオキシダント濃度の長期変動について－，第46回大気環境学会年会，名古屋，2005.9

若松伸司：都市大気微小粒子研究の今までとこれから，第24回酸性雨問題研究会シンポジウム，横浜，2005.12

---

REPORT OF SPECIAL RESEARCH FROM  
THE NATIONAL INSTITUTE FOR ENVIRONMENTAL STUDIES, JAPAN

国立環境研究所特別研究報告  
SR-74-2006

---

平成 18 年 12 月 28 日発行

編 集 国立環境研究所 編集委員会

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 番 2

電話 029-850-2343 (ダイヤルイン)

---

印 刷 前田印刷株式会社筑波支店

〒305-0033 茨城県つくば市東新井 14-3

Published by the National Institute for Environmental Studies  
16-2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305-8506 Japan  
December 2006

---

無断転載を禁じます

