

道路交差点における大気汚染対策及び 大気粒子の特徴に関する研究

松井 敏彦

中央復建コンサルタンツ株式会社

1. はじめに

自動車の排出ガス規制や自動車NO_x・PM法の施行により、沿道における大気汚染は改善されてきたが、都市部の主要な道路交差点近傍では、NO₂及びPM_{2.5}の環境基準は達成されていない。中央環境審議会は、交差点近傍においてNO₂の環境基準を超過する地点は、2020年度時点でも135地点残ると予測¹⁾しており、非常に短期的な対応が求められている箇所に対して、大気中の汚染物質を除去するという局地汚染対策が必要となっている。

NO₂については、日本では、光触媒、土壌脱硝という対策技術が適応されてきたが、前者は浄化効果が非常に小さく、後者は交差点近傍に建設スペースが必要で、さらに維持管理費が非常に高額である。

PM_{2.5}は、様々な起源をもつ複雑な混合物で、無機成分及び有機成分などから構成されているため、交差点を走行する自動車の影響を考察することは難しく、効果的な環境改善対策を取りにくい現状にある。

さらに、NO_x及びPM_{2.5}濃度は密接に関係しており、NOはオゾン (O₃) と反応しNO₂とO₂になる。そのため、自動車排気ガス対策が進むことにより、NOが減少するとO₃濃度が増え、VOCを前駆物質とする二次粒子 (PM_{2.5}) が生成されることが知られている (タイトレーション効果)²⁾。すなわち、大気汚染対策は、この2つの物質を対象として、同時に総合的に実施されなければならない。

大気中の水銀については、その実態把握が国際的に重要な課題となっており、日本においても自動車の燃料から水銀が大気中に排出されていることは知られているものの、都市部の幹線道路での測定データは非常に少ない。

以上のような背景から本研究は、① NO_xを除去する対策として、幹線道路の交差点近傍の道路敷地内で適応でき、維持管理費が高額にならない技術・方法を確立させること、② PM_{2.5}の効果的な環境改善対策が検討できるように、新しい視点として街路樹の葉に付着した粒子の形態観察と大気中の浮遊粒子の化学成分の分析を行い、道路交差点における大気粒子の特徴を把握すること、③ 幹線道路の交差点での大気中の水銀濃度を把握するとともに、

電源がない箇所でもサンプリングが可能な新しい方法 (パッシブ法) を評価すること、を目的とした。

本年報は、その研究の概要を報告する。

2. 大気汚染対策技術の研究及びその効果検証

(1) 研究の概要

NO₂の局地汚染対策の新技术として、高活性炭素繊維 (ACF: Activated Carbon Fiber) に着目した。ACFとは、石炭系ピッチやPAN (ポリアクリロニトリル) などを加熱溶融して紡糸した繊維であり、繊維内にもともと含まれている酸素官能基及び窒素官能基の数を調整することにより、窒素酸化物の浄化性能を高めた繊維³⁾である。

本研究では、環境基準を大幅に超過 (日平均値の年間98%値: 0.076 ppm) する国道43号の市岡元町3丁目交差点 (大阪市港区) への適応を目的として、ACF収納装置 (ACFユニット) を開発した。そして、2008年 (平成20年) の交差点改良工事に合わせて、376個のACFユニットを施工し、工事の実施前後の大気質調査結果からその対策効果について考察した。

(2) 研究の成果

開発したACFユニットは、繊維をスリット状にユニット内に収納したものであり、屋内試験 (図-1) 屋外試験 (図-2) を実施した。

屋内試験結果によると、NO₂の平均除去率は95%、NOの平均除去率は30%であった。風速を大きくすると、NOの除去率は低下するが、NO₂については入口風速が1m/s以上になっても除去率の低下は確認できなかった。

屋外試験結果によると、NO₂で84%、NOで19%の除去率を示し、NO_x除去量は1.4 g/m²/日 (ACFユニット4個) と推測された。

除去率は、屋外試験の方が屋内試験よりやや小さくなっている。これは、屋内試験ではACFユニットに対して直角に風を当てたのに対して、沿道では直角風より斜行風が多いため、ACFユニットを通過する風量が小さくなり、除去量が小さくなったことが起因しているものと考えられる。

市岡元町3丁目交差点に施工されたACFユニットは、図-3に示すとおりである。

対策工事前と工事後の交差点近傍のNO₂濃度 (1

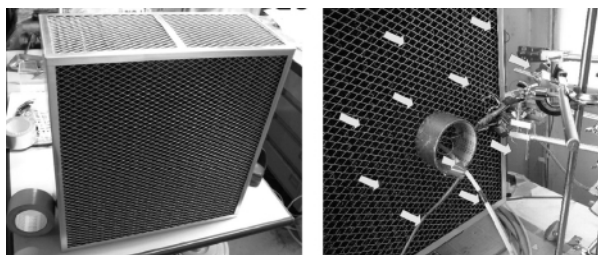


図-1 ACFユニットと屋内試験装置

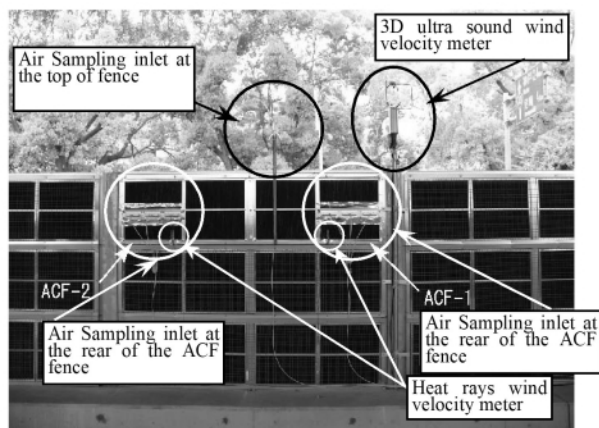


図-2 屋外試験装置（国道43号の出来島）

ヵ月平均値）は図-4に示すとおりである。NO₂濃度は対策工事前に比べて最大で6 ppb低減し、交通量と道路寄与濃度（観測値）との関係から対策効果を大型車換算で示すと、約2000台/日の削減量に相当し、ACF技術の有効性が示唆された。

なお、交差点改良で渋滞が緩和されたが、交通量は大きな変化はない。この削減効果は交差点改良による渋滞緩和効果も含むものであるが、ACFによる効果を前述のACFユニットの浄化量から推測すると、約2割から3割程度である。



図-3 施工されたACFユニット

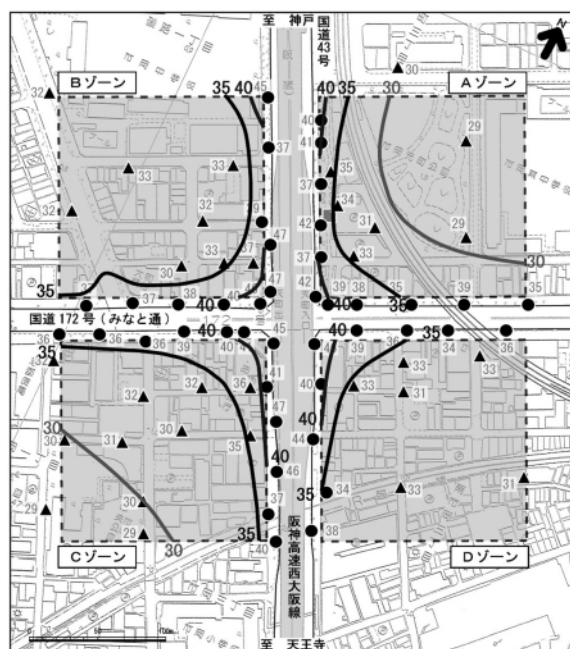


図-4 交差点改良前後のNO₂濃度
（上が交差点改良前、下が交差点改良後）

3. 道路交差点における大気粒子の特徴

(1) 研究の概要

大阪市内の道路交差点（今里交差点局）とその周辺（国設大阪局）で捕集した大気中浮遊粒子を対象に、化学成分と粒子形態の分析を行った。また、同じく今里交差点の街路樹とその背後地である城南公園の植栽樹の葉の表面に付着した粒子に着目し、エネルギー分散型X線付き走査型電子顕微鏡（SEM-EDX）による形態的分析と、マイクロPIXE（Particle Induced X-ray Emission）分析装置を用いた元素組成分析を行った。この両者の結果から、道路交差点における浮遊粒子の特徴を考察した。

(2) 研究の成果

両地点の大気中浮遊粒子の化学成分の分析結果をみると、その構成要素にはほとんど違いはなかった。しかし、ディーゼルエンジンオイル由来である PO_4^{3-} については、今里交差点からしか検出されなかったことから、ディーゼル排気粒子 (DEP) の影響が大きいと推察された。また、自動車ブレーキパットの摩擦調整剤の材料由来と考えられる元素 (Ba, Zr) が今里交差点で多く確認された。その他、 Al_2O_3 (アルミナ)、 CaCO_3 も摩擦調整剤の材料となっているが、このAl及びCaも今里交差点で多く確認された。こうしたことから、今里交差点局の大気中浮遊粒子には、自動車ブレーキ由来の粒子が多く含まれていると考えられた。

SEM-EDX画像をみると、今里交差点における街路樹のケヤキとクスノキの葉表面からは、元素状炭素の凝集粒子とその凝集及び集合体 (図-5) の他、Mg・Al・Si主体、Al・Si主体及びAl主体のキュービック粒子と凝集粒子 (図-6) が確認された。

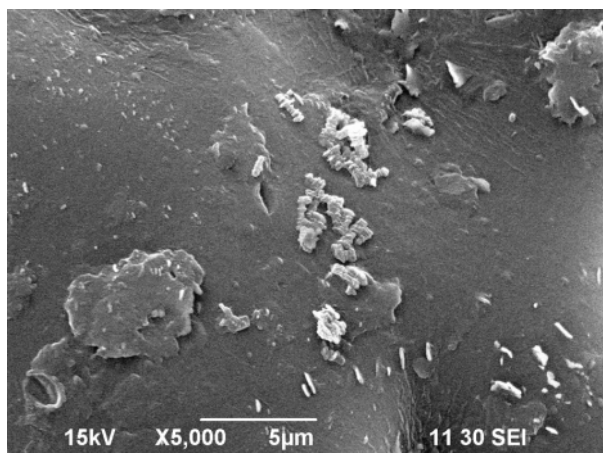


図-5 元素状炭素主体凝集粒子
(2013年8月27日採取葉、クスノキ)

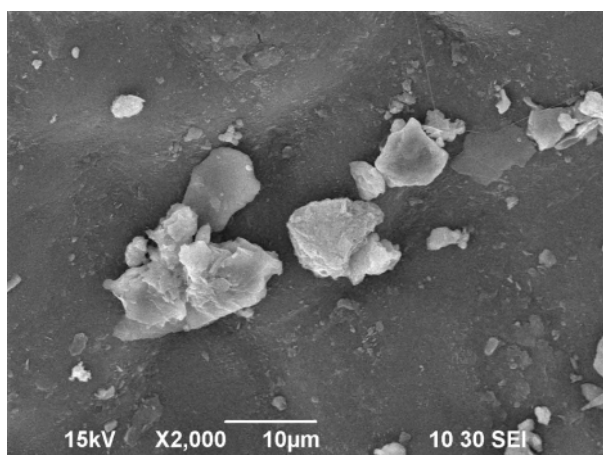


図-6 Al・Si主体の凝集キュービック粒子
(2013年11月14日採取葉、クスノキ)

両地点とも元素状炭素の凝集粒子とその凝集及び集合体は、春季<夏季<秋季の順に観察数が増加する傾向がみられた。一方、比較的粒子径が大きいAl・Siなどを主体したキュービック粒子及びその凝集粒子は採取時期による違いはみあたらなかった。この要因の一つとして、径が小さい粒子の場合、降雨による葉表面からの脱離が起こりにくいことによるものと推察された。

4. パッシブサンプラー法による ガス状元素状水銀 (GEM) 濃度の測定

(1) 研究の概要

幹線道路沿道を含めた都市地域、工業地域、都市郊外及び森林地域のGEM濃度の違いをみるために、パッシブサンプラーを用いて測定 (6地域) を行った。また、アクティブサンプラーによる測定も並行して実施した。

パッシブサンプラーとアクティブサンプラーの仕組み^{4),5)}は、以下のとおりである (図-7)。パッシブサンプラーは大気中のGEMを測定するために、水銀の吸着材として金でコーティングされた石英フィルターが装填されている。金のコーティング厚さは30 nmであり、サンプラーの外径は2 cm、長さは3 cmである。アクティブサンプラーのフィルターホルダーは、コネクタで捕集管と接続されている。捕集管のもう一方は、ミニポンプ装置とトアロンチューブで接続されている。採取流量は0.5 L/分とした。

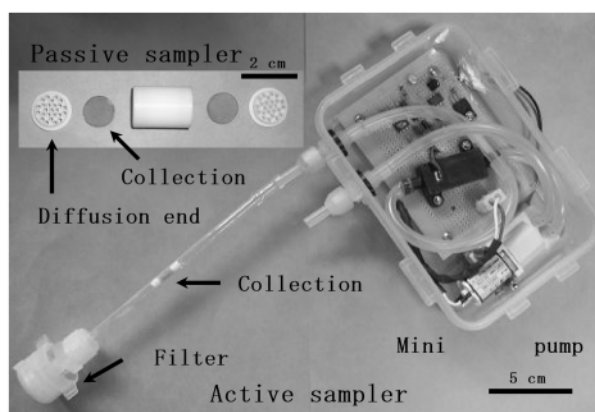


図-7 パッシブサンプラー及びアクティブサンプラーの仕組み

(2) 研究の成果

パッシブサンプラーとアクティブサンプラーの分析値 (ng/day) には直線的な関係が確認された (図-8)。なお、分析値 (ng/day) から濃度 (ng/m³) への換算については、アクティブサンプラーの採取流量が0.5 L/分 (0.72 m³/day) であるので、分析値 (ng/day) に1.39を乗ずると大

気中のGEM濃度 (ng/m³) に換算することができる。すなわち、図-8の回帰係数4.40に1.39を乗じた6.13 (day/m³) が分析値から大気中のGEM濃度 (ng/m³) への換算係数となる。

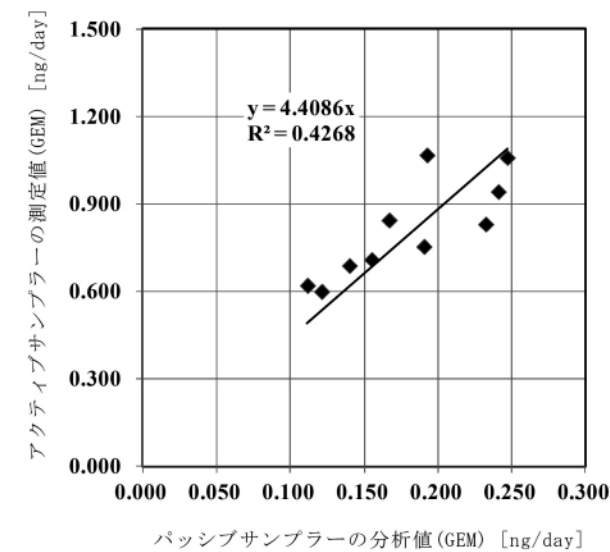


図-8 パッシブサンプラーとアクティブサンプラーの分析値との関係

森林地域の八幡平（A地点）での測定値は、0.901 ng/m³で、この値は環境省が日本のバックグラウンド濃度として辺戸岬で観測しているGEM濃度より小さく、北半球と南半球におけるGEMのバックグラウンド濃度の平均値とほぼ同じであった。大阪の一般地域と土浦の測定値は、森林地域の八幡平の測定値とほぼ同じであるが、川崎（幹線道路の沿道、一般地域）や大阪の幹線道路の沿道は、それぞれ八幡平の1.5～1.8倍、2.1倍である（表-1）。

表-1 パッシブサンプラーによるGEM濃度

調査地域	地点	地域属性	試料数	GEM 濃度 (ng/m ³)	
				平均 (Mean)	標準偏差 (SD)
八幡平 (森林地域)	A	一般地域	7	0.901	0.356
土浦 (都市郊外)	B	幹線道路沿道	3	1.085	0.319
川崎 (工業地域)	C-1	幹線道路沿道	2	1.349	—
	C-2	一般地域	2	1.600	—
大阪 (都市地域)	D-1	幹線道路沿道	6	1.906	0.828
	D-2	一般地域	4	1.067	0.245

5. おわりに

本論文の内容は、交差点における大気中浮遊粒子の対策にもなりうる窒素酸化物の削減対策の検証をも含んだ総合的なもので、沿道における大気環境対策に資するものと考ええる。

樹木の葉表面の付着粒子の形態観察や元素マッ

プについては、採取した樹木の葉の周辺大気環境中浮遊粒子の状況を把握する上で十分なものと考えられ、この手法はバイオモニタリングと呼ばれており、自動測定装置によるモニタリングを補完するものとして活用が可能と考える。しかし、葉表面の付着粒子は葉表面への付着と降雨などによる脱離を繰り返していると推測されることから、本研究では蓄積性を評価するまでには至っていない。今後の展開として、粒子または汚染物資の蓄積性を評価することが可能になれば、季節的な大気環境の変化を捉えることができるものと考ええる。

水銀のパッシブサンプラーによる測定技術を用いることにより、アクティブサンプラーで容易に測定することのできない地域や道路交差点近傍の平面・鉛直分布の観測が進み、大気中における水銀の詳細な濃度分布の把握が可能になると考える。

本研究で得られた知見や測定技術が多くの研究者や技術者に展開されることによって測定データが蓄積され、多面的な大気環境対策に寄与するものと考ええる。

参考文献

- 1) 中央環境審議会；今後の自動車排出ガス総合対策の在り方について(答申)，平成24年11月，<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16024>，(参照2015.8.11)。
- 2) 環境省；光化学オキシダント調査検討会報告書，<http://www.env.go.jp/press/103870.html>，(参照2017.10.12)。
- 3) 下原孝章，新谷俊二，三苦智子，吉川正晃，北田敏廣；高活性炭素繊維（ACF）を用いた大気浄化技術—I．ACFのNO_x浄化特性と強制採気による大気浄化技術—I，大気環境学会誌，46，3，187-195，2011。
- 4) Kagaya S., Amatani M., Nagai T., Tohda K. and Kawakami T. ; A simple method for determination of gaseous and particulate mercury in atmosphere. Journal of Ecotechnology Research, 13, 241, 2007.
- 5) 國木里加，川上智規，加賀谷重浩，井上隆信，Elvince Rosana，永淵修；大気中の水銀濃度の測定-パッシブサンプラーの開発-，環境工学研究，46，355-359，2009。