

道路沿道における PM2.5 粒子及び元素状炭素 濃度の距離減衰について

- ディーゼル車排出ガス環境関連調査の概要 -

石井康一郎 栗田 恵子 星 純也 井原真理子*
小澤 敏朗** 金子 雅信***

(*非常勤研究員 **現環境局都市地球環境部 ***現健康局)

要 旨

本調査はディーゼル車排出ガスと花粉症との関連に関する研究の一環として行われたものである。ディーゼル車排出ガスの主要な成分である元素状炭素 (EC) の道路沿道への影響を調査するため、微小 (PM2.5) 粒子を道路端、道路端から 5 m, 10m, 30m及び80mの位置で捕集・測定し、その中の EC 濃度を測定した。調査は、2002年2, 3月に、2つの幹線道路 (新奥多摩街道 (昭島市) 及び環状七号線 (大田区)) 沿道で行った。昭島地区では、PM2.5、ECとも道路端30m以内で濃度が低下した。大田地区では、概ね道路端10m~80mで濃度が低下した。同時に行ったNOxとNO₂の調査結果と比較すると、大田地区の濃度分布は昭島地区に比べ周辺道路からの影響を受けていると考えられた。

キーワード : 元素状炭素、PM2.5、沿道汚染

Decrease of PM2.5 and Elemental Carbon Concentrations with Distance from the Arterial Road

Koichiro Ishii, Keiko Kurita, Junya Hoshi, Mariko Ihara*,
Toshiro Ozawa** and Masanobu Kaneko***

*associate researcher, **Urban and Global Environment
Division, ***Bureau of Public Health

Summary

This survey was carried out as a part of the study on the relationship between diesel exhaust and pollinosis. To study the influence of elemental carbon (EC), which is major component of diesel exhaust, at the roadside area, we sampled and measured fine (PM2.5) particulate at 5 locations from the roadsides (0m, 5m, 10m, 30m and 80m) and analyzed the EC. The experiments were carried out at the roadsides of two arterial roads (Shin-okutama kaido (Akishima city) and Kanjo 7 gousen (Ota ward)), on February and March 2002. In Akishima, the concentrations of PM2.5 and EC were continuously decreased within 30m from the roadside. In the Ota area, the concentrations were almost decreased between 10m and 80m from the roadside. Comparing with the NOx and NO₂ concentration decay, the automotive pollutants concentrations in the Ota area were considered to be influenced by other arterial roads than those in the Akishima area.

Keywords : elemental carbon, PM2.5, roadside air pollution,

1 はじめに

主要幹線道路沿道における大気汚染の改善が進まない中、都内大気汚染の主要な原因となっているディーゼル車排出ガスは、これまでぜん息などの呼吸器系疾患の増加や肺がんとの関わりが指摘されている。また、近年、患者数が著しく増加している花粉症の発症等に関与しているとの動物実験結果¹⁻⁴⁾も報告されており、ディーゼル車排出ガスと花粉症との関連について検討することが緊急の課題であった。

このため、東京都は2001年9月『ディーゼル車排出ガスと花粉症との関連に関する調査委員会』(会長 柳川 洋 埼玉県立大学学長)を設置し、この委員会のもとに設けた「ディーゼル車排出ガス関連環境調査部会」、「疫学調査部会」および「花粉症発症メカニズム調査部会」の3部会において2001年から2002年の2年間にわたり、専門分野別に調査研究が行われ、2003年5月に委員会の報告書⁵⁾として公表された。

本稿は、ディーゼル車排出ガス関連環境調査⁶⁾として行われた調査のうち、当研究所が測定を担当した、「ディーゼル車排出ガスの暴露量推計に係る道路沿道調査」の結果から自動車排出ガス成分濃度の距離減衰に関してまとめたものである。

道路沿道における大気汚染に関しては、二酸化窒素(NO_2)や浮遊粒子状物質(SPM)について分布調査が行われているが、例えばSPMについては道路端から50mまでは直線的に減少するが、それを越えるとほぼ一定濃度になると報告⁷⁾されている。一定濃度になる距離は20m⁸⁾、30~40m⁹⁾とする報告もある。また、 NO_2 については、道路端から50mまでは減衰し、50mを越えるとほぼ一定になることが報告⁷⁾されている。

本調査では、ディーゼル車排出ガスの指標として元素状炭素成分(EC)が適当であるという検討会の検討結果を踏まえ、ディーゼル車から一次的に排出される粒子状物質の大部分が微小粒子であることを考慮し、環境大気中のPM 2.5粒子を捕集・測定することとし、その中のEC成分を調査した。同時に、ガス状成分として既に調査データが蓄積されている NO_x 及び NO_2 についても同様な測定を行い、これらのデータを併せて、道路沿道への影響について検討した結果を報告する。

2 調査方法

(1) 調査地域

調査地区選定¹⁰⁾について、委員会は、都内の大気汚染物質濃度と飛散花粉量等との分布状況を考慮して、調査地域間にはSPMの年平均濃度で最大2倍程度の較差を確保するとともに、大気汚染物質(ディーゼル車排出ガス)濃度の高い地区は、1日あたりの大型車交通量が最大1万台程度に達する道路沿道とすることとした。

このような考え方に従い、花粉の飛散を中程度(区部)と多い(多摩地区)の2区分、SPMの年平均濃度を高い(幹線道路沿道)と低い(高い地区の近隣で幹線道路の影響を受けないところ)の2区分とし、それらのマトリックスに従い都内の代表的な調査地域として昭島市新奥多摩街道沿道と福生市並びに大田区環状七号線沿道と大田区大森西の組み合わせを選定した。

各疫学調査地域の幹線道路の道路端から道路に対して直角方向に0m、5m、10m、30m、80mの位置にサンプラーを設置した。昭島地区の測定地点は新奥多摩街道の拝島町付近の沿道とした。この地区は沿道に空き地や畑が点在する低層住宅地域であり、当該道路は調査地域において北西-南東方向に位置している(図1)。

大田地区では環状七号線の中馬込付近の沿道で測定し



図1 昭島地区沿道調査地点
(●はサンプリング地点を表す。)

た。この地区は道路沿いに中層建物がある低中層住宅地域であり、当該道路は調査地域において西北西 - 東南東方向に位置している (図2)。



図2 大田地区沿道調査地点 (●はサンプリング地点を表す。)

(2) 調査日時

昭島地区では、2002年3月4～6日(RUN1)、6～8日(RUN2)、11～13日(RUN3)の3回各48時間採取、大田地区では、2002年3月18～20日(RUN4)、20～21日(RUN5)、25～27日(RUN6)の3回各24時間または48時間採取とした。

(3) 試料採取

PM2.5, NOx 及び NO₂ を調査対象とした。

PM2.5 はミニボリウムエアースンプラー (エアームトリクス社製) に、直径47mmの石英繊維ろ紙を装着し、5 L/min で大気を24～48時間吸引、採取した。

NOx, NO₂ はガステック社製拡散サンプラーを大気中に暴露して捕集した。NO₂ 用の吸収液¹¹⁾はトリエタノールアミン、ジメチルスルフォキシドと蒸留水を混合し、NO_x の吸収液¹²⁾はスルフォランに無水炭酸ナトリウムと亜塩素酸ナトリウムの水溶液及び18-クラウン-6を溶解して調製した。

(4) 分析方法

PM2.5 は、試料採取前後の恒量に達したろ紙の重量差

と採取ガス量から濃度を求めた。さらに、サンプル捕集後のろ紙から直径1cmの大きさのサンプルを2枚切り出し、各1枚を有機炭素、全炭素用とし、CHN コーダにより分析した。燃焼条件は、有機炭素の場合350ヘリウム気流中で4分間、全炭素の場合900酸素10%存在下ヘリウム気流中で4分間とした。全炭素から有機炭素分を差し引いてECとした。

暴露後のNO₂及びNO_xは、スルファニル酸アミド、ナフチルエチレンジアミン2塩酸塩をリン酸水溶液に溶解した発色液により、比色法^{11,12)}により定量した。

(5) 風向・風速

風向・風速は、新奥多摩街道沿いに設置した微風向風速計のデータ及び東京都大田区中央測定局のデータを使用した。

(6) 交通量

各道路における週日及び休日の車種別交通量を時間毎に目視で計測した。計測は1時間のうち15分間行い、4倍して1時間値とした。

3 結果および考察

(1) 昭島地区の交通量、風および濃度の状況

ア 調査地点での新奥多摩街道の平日交通量の時間変化を図3に示す。交通量は、約39,600台/日(上下合計)、大型車混入率は平均20%であった。

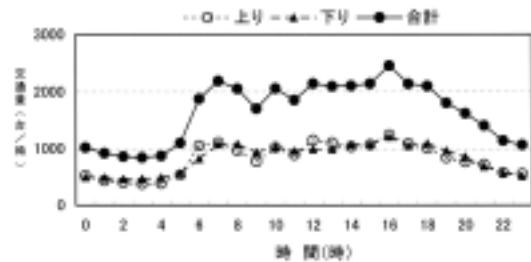


図3 平日時間交通量の変化(昭島地区)

イ 風

昭島地区においては、RUN1では主風向はWNWで、道路に対して平行風(以下、単に平行風という。)であり、平均風速は1.1m/sであった。RUN2では、風向はWNW～ENEと広範囲であり、平行風または道路に対して直角な風(以下、直交風という。)であり、平均風速は1.7m/sであった。RUN3では、風向はWNW, NNE, ESE, Sが多く、平行

風と直交風が混在していた。平均風速は1.7m/sであった。
 ウ PM2.5

RUN1 では、道路端北側で $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、南側で $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と北側の方の濃度が高かったが、いずれの側とも道路端から離れるにしたがって、PM2.5 濃度は徐々に低下し、道路端から 30mでは $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であった。しかし、南側 80m地点(後背地)では $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と 30m地点よりかなり高くなった。RUN2,3 では、道路端では南側北側とも濃度は $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度であって、そこから 30m地点までには両側とも $10 \sim 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度低下し、80m地点の濃度と同レベルになった。道路端から南側と北側の濃度低下状況はほぼ同様であった (図4 - 1)。

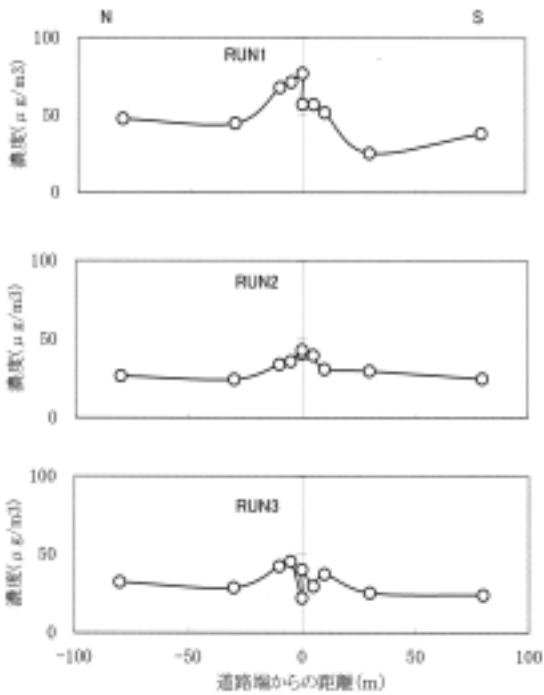


図4 - 1 PM2.5 濃度分布 (昭島地区)

エ EC

RUN 毎の EC 濃度分布状況は PM2.5 ほどには大きい違いはなく、RUN1 の濃度レベルが全体的にやや高い程度であった。また、道路端では $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度と PM2.5 の 40%程度の濃度であり、道路端から 30mでは後背地と同程度 ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) に低下した。RUN1 の PM2.5 に見られたような後背地での濃度の増加はなかった (図4 - 2)。

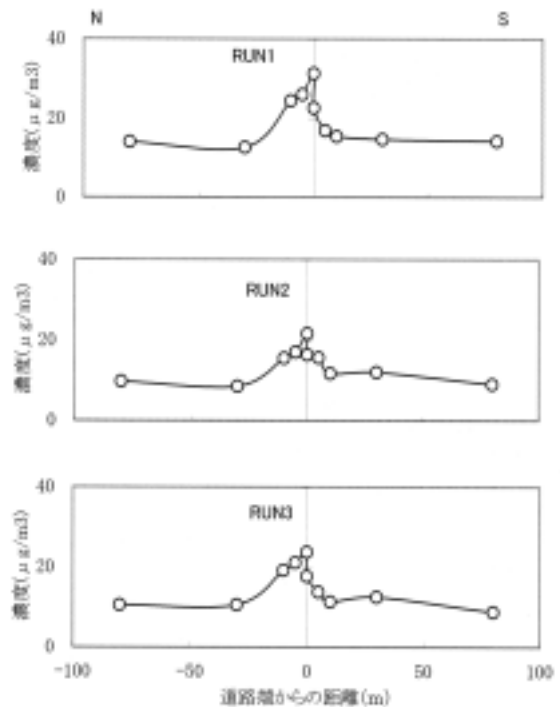


図4 - 2 EC 濃度分布図 (昭島地区)

オ NOx および NO₂

NOx および NO₂ の道路端からの濃度の分布状況は、PM2.5、EC とほぼ同様の傾向を示したが、さらに南側 30 ~ 80m地点までの減少が認められた (図4 - 3, 4)。

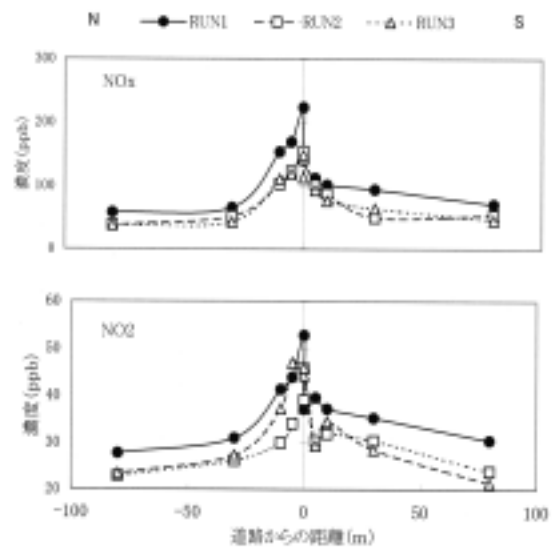


図4 - 3, 4 NOx、NO₂ 濃度分布 (昭島地区)

昭島地区の濃度分布の状況は、各汚染物質とも道路端では風上側になる北側の濃度がやや高かったが、道路端から30mまでに濃度は低下し、80mまでとほぼ同程度になった。昭島地区は、道路沿道の建物が低層で空地も多いなど自動車排出ガスが周囲へ拡散しやすくなっているためと考えられた。

(2) 大田地区の交通量、風および濃度の状況

ア 調査地点での環状七号線の平日交通量の時間変化を図5に示す。交通量は、約50,700台/日(上下合計)、大型車混入率は平均25%であった。

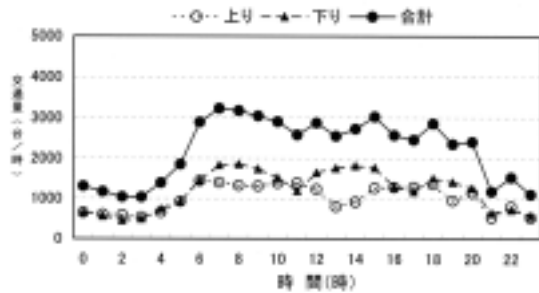


図5 平日時間交通量の変化(大田地区)

イ 風

RUN4では主風向はN~NNW及びWSW~SSWで直交風(平均5.0m/s)、RUN5では主風向はSSWで直交風(平均2.4m/s)、RUN6では主風向はN及びSE直交風(平均2.9m/s)であった。

ウ PM2.5

PM2.5濃度は、RUN4、5では、南北道路端で同程度であったが、道路端から30mの範囲では、道路に遠い地点の方が高濃度になる等複雑な形状の分布であった。30~80mではさらに濃度が低下した。RUN6では、南側の道路端の濃度が78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、北側が59 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と南側の濃度が高かったが、10m地点までそれぞれほぼ20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 低下し、80m地点と同レベルになった(図6-1)。

エ EC

EC濃度は各RUNとも両道路端でほぼ同程度(20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 前後)でPM2.5の40~50%であった。EC濃度は道路から0~10mの範囲で高く、30~80m地点での濃度変化は少なかった。全般的に、道路周辺と後背地との濃度差は小さかった(図6-2)。

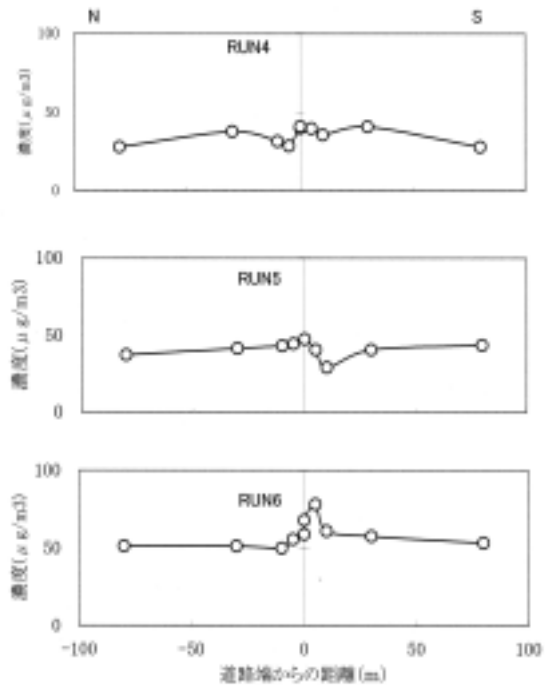


図6-1 PM2.5濃度分布(大田地区)

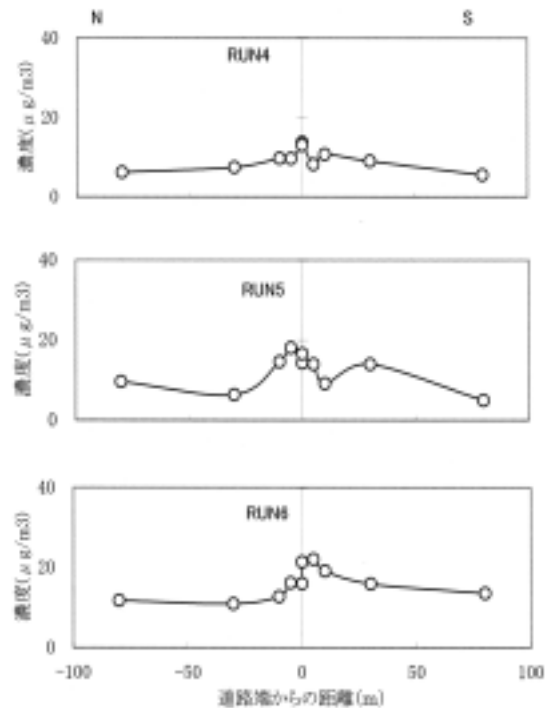


図6-2 EC濃度分布図(大田地区)

エ NOx 及び NO₂

NOx 濃度は PM2.5 に比べ、各 RUN とも道路端での濃度が高く、道路端から離れるに従い単純に濃度が低下する形状であった。NO₂ は道路端と後背地との濃度差が小さく、道路端からの濃度分布は EC に類似した形状であった(図 6 - 3 , 4)

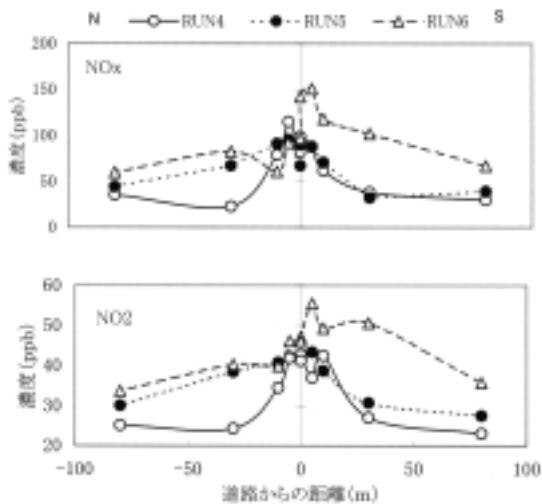


図 6 - 3 , 4 NOx、NO₂濃度分布 (大田地区)

大田地区の濃度分布の状況は、概ね道路端から 30m までに距離減衰が認められたが、その形状は必ずしも単純ではなかった。しかし、30~80m での濃度変化は少なかった。このように大田地区は昭島地区と比べると、測定物質の道路近傍での濃度分布の状況が複雑であった。

大田地区は、道路沿いに中層建物があり、道路沿いの空地も少ないなど、昭島地区より自動車排出ガスが周辺地区へ拡散しにくい道路沿道状況であるためと考えられた。

(3) 汚染物質濃度間の相関

汚染物質濃度間の相関係数を表 1 に示した。EC と NOx、NO₂ と NOx、NO₂ と EC の相関係数が両地区で高く、さらに大田地区で PM2.5 と EC が高い結果となった。

EC と NOx はいずれもディーゼル車が主な発生源であり、NO₂ は大部分が二次的に生成されるが直接ディーゼル車からも排出される¹³⁾汚染物質である。これらの濃度間の相関係数が高いのは、他の発生源の影響が少なく、排出直後の自動車排出ガスの影響を強く受ける道路近傍地域

における大気汚染の特徴であると考えられる。

大田地区の PM2.5 と EC の相関係数は昭島地区のそれより高いが、これは大田地区のディーゼル車日走行台数が昭島地区より 4,000 台程度多く、道路端での PM2.5 に占める EC の割合が大田地区の方が高いことから分かるように、大田地区が昭島地区よりディーゼル車排出ガスの影響を強く受けているためと思われる。

PM2.5 と NOx や NO₂ との相関係数が比較的低いのは、PM2.5 には EC 以外に 2 次粒子など自動車以外の発生源からの排出や生成が含まれており、PM2.5 が NOx や NO₂ とは異なる排出源などの影響を受けたためと思われる。

また、昭島地区での EC と NOx との相関係数の方が大田地区のそれより高いが、昭島地区周辺には大きな道路などの発生源がないため、当該道路からの影響だけに対応した濃度比率となるのに対し、大田地区周辺には別の幹線道路があり、風向によっては車種構成の同一でない道路の影響を受けた時間帯があったためと考えられる。

表 1 汚染物質濃度間の相関係数

	昭島	大田
EC vs NO _x	0.947	0.838
PM2.5 vs NO _x	0.707	0.676
EC vs NO ₂	0.858	0.873
PM2.5 vs NO ₂	0.642	0.738
EC vs PM2.5	0.753	0.896
NO ₂ vs NO _x	0.847	0.899

4 まとめ

ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査として実施した 2 つの疫学調査地域 (昭島市、大田区) における道路沿道周辺での自動車排出ガスの測定結果を解析した。

特に、調査報告例の少ない PM2.5 や EC について、幹線道路沿道における濃度減衰の状況を明らかにした点では、貴重なデータである。

昭島地区では各汚染物質とも道路を発生源とする単純な距離減衰を示す形状となっていた。すなわち、道路端から 30m までの距離で濃度が低下し、80m までの間では

ほぼ一定になった。

大田地区の各汚染物質の道路端からの濃度低下の状況は、道路端から 10m 以内での濃度低下は少なく、10～30m の間で濃度が低下し、30～80m での変化は少ないなど、単純ではなかった。

出される二酸化窒素(NO_2)について、大気環境学会誌、35(1), pp.1～11 (2000)

参考文献

- 1) 鈴木孝人ら：スギ花粉抗原特異的マウス IgE 抗体産生におけるディーゼル粒子中のアジュバンド活性物質の検索、東京都衛生研究所年報、46, pp.173-179 (1995)
- 2) S. Takafuji *et al* : Allergic mechanisms and immunotherapeutic strategies, Jon Wiley & Sons Ltd, Chichester (1997)
- 3) Diaz-Sanches D. *et al* : Combined diesel exhaust particulate and ragweed challenge markedly enhances human in vivo nasal ragweed-specific IgE and skews cytokine production to a T helper cell 2-type pattern, J. Immunol. 158, pp.2406-2413 (1997)
- 4) 東京都環境科学研究所：ディーゼル排出ガスの花粉症への健康影響文献調査報告書 (2000)
- 5) 東京都：ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査委員会報告書 (2003)
- 6) 東京都：ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査委員会報告書 別冊 ディーゼル車排出ガス関連環境調査 (2003)
- 7) 由良晶子、清水忠彦：大気汚染地区における児童の鼻症状と居住環境との関係、学校保健研究、29, pp.184～191(1987)
- 8) 新田裕史ら：幹線道路沿道住民の呼吸器症状に関する断面的研究、日本公衛誌、36, pp.220～227(1989)
- 9) 中村貢、米山悦夫：道路周辺における窒素酸化物濃度と気象の関係、空気清浄、19, pp.16～30(1981)
- 10) 東京都：ディーゼル車排出ガスと花粉症の関連に関する調査委員会報告書 別冊 疫学調査 pp.11～12 (2003)
- 11) 青木一幸：二酸化窒素簡易測定法の開発、東京都公害研究所年報、pp.38-42 (1980)
- 12) 青木一幸：分子拡散を利用したサンプリング法について(8)、第 27 回大気汚染学会講演要旨集、pp.559 (1986)
- 13) 石井康一郎、飯田靖雄：ディーゼルトラックから排