

幹線道路周辺における自動車排出ガスの影響評価*

板 垣 成 泰**・大 石 興 弘**・岩 本 眞 二**

キーワード ①浮遊粒子状物質 ②窒素酸化物 ③ Caline 4 ④ CMB ⑤幹線道路

要 旨

近年、ディーゼル車排出ガスによる大気汚染が問題となっており、福岡県においても交通量の多い道路からの自動車排出ガスについて周辺地域への影響評価を行った。まず、福岡県全体の交通量を整理し、交通量の多い道路および地域を特定し調査を行った。道路直近において自動車排出ガス由来の微粒子 SPM と同様の挙動をすると考えられるガス状汚染物質の NO_x について、1 時間ごとの実測値と NO_x 拡散シミュレーション計算値の比較を行った。その結果、相関係数 $r=0.6$ 程度であり、NO_x の濃度推移をおおむね再現し、道路からの距離減衰を把握することができた。次に、ハイボリウムエアサンプラーを用いて 24 時間 SPM を採取し、SPM が高濃度であった日のサンプルについて各種含有成分を測定した。含有成分からケミカル・マスバランス(CMB)法を用いて、SPM に対する自動車排出ガスの寄与を推定した。その結果、計算の精度を表わす係数においてよい一致がみられ、道路近傍における自動車寄与は、SPM の高濃度時において 23~26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (寄与率 23~44%) と推定された。

1. はじめに

近年、ディーゼル車排出ガスによる大気汚染が問題になっている。排出ガスに含まれる NO_x および SPM は呼吸器系疾患を引き起こすことが知られている。最近では、とくに 2.5 μm 以下の微粒子について発がん性を有することが報告されており、早急な対策が求められている。

これまで自動車と排出ガス濃度の関係を明らかにするさまざまな研究が行われてきた^{1,2)}。しかし、大気汚染状況は上記道路環境以外に気温、風向、風速、大気の安定度など気象の影響を強く受けるため、自動車排出ガスとの関係について、十分には把握されていない。とくに、SPM は自動

車排出ガス以外に土壌の巻上げ、海塩粒子の移流および二次生成粒子など発生源が多様であることから、交通台数と SPM 濃度の因果関係を明らかにすることは難しい^{3,4)}。そこで本研究において、交通量の多い地域での自動測定機による測定、およびハイボリウムエアサンプラー(HV)による SPM の採取および成分分析を行った。これらのデータを用いて、シミュレーションソフトによる排出ガスの拡散を把握し、またケミカルマスバランス法(CMB 法)による発生源寄与の推定を行い、ディーゼル車による影響について考察した。

*Estimate of Automobile Exhausts from Trunk Roads

**Naruyasu ITAGAKI, Okihiko OISHI, Shinji IWAMOTO (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental sciences

2. 研究方法

2.1 高濃度汚染地域の抽出

自動車排出ガスによる高濃度汚染地域を選定するため、交通センサス(平成11年度)を用いて福岡県内の台数別道路網を作成し、これから3次メッシュの交通台数総量を算出した(図1)。その結果、福岡市の周辺地域、太宰府市、久留米市、北九州市の周辺地域において交通台数総量が多く高濃度になることが予想された。

次に、上記の汚染地域を絞り込むため、福岡県内の高速道路を除いた道路区間ごとの自動車走行量をピックアップした(表1)。その結果、交通量も多く大型車混入率も高い粕屋町大字江辻付近の多々良浄水場を選定した。また、自動車の影響を

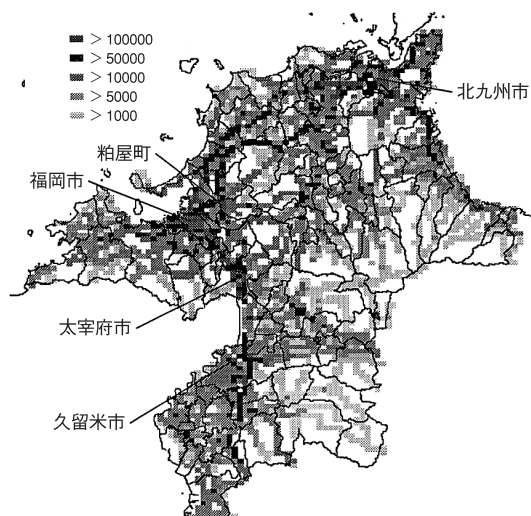


図1 福岡県内3次メッシュの交通台数総量

表1 福岡県内の交通台数ランキング

順位	区間名	路線名	交通量(台)*	大型車混入率(%)
1	遠賀都 水巻町 頃末	3号線	81,872	15.7
2	北九州市八幡東区前田町3	3号線	81,709	12.2
3	北九州市八幡東区春の町3	3号線	78,482	14.5
4	福岡市東区下原1	6号線	72,314	14.8
5	粕屋郡粕屋町大字江辻	201号線	67,023	26.9
6	福岡市東区箱崎2	3号線	65,932	13.1
7	福岡市博多区吉塚8	3号線	65,614	18.3
8	北九州市小倉南区長野1	10号線	65,163	11.3
9	福岡市東区千早1	1号線	65,004	12.5
10	北九州市八幡西区黒崎3	3号線	64,840	15.2

* 平日24時間交通量

直接的に受けにくい対照地として粕屋保健所(現:粕屋保健福祉環境事務所)を選定した。

図2に測定地点である多々良浄水場、粕屋保健所および周辺道路のようすを示した。多々良浄水場内での測定は、一般道(国道201号線)から約20m離れた地点で行った。一般道の上、高さ約10mのところには福岡都市高速道路が通っていた。

2.2 分析方法

調査は2002年10月31日から2002年11月7日の2週間行った。大気汚染物質濃度および気象データに関して、環境大気測定車(さわやか号)を用いてSPM, NO, NO₂, 風向, 風速, 照度, 気温, CO, メタン, 非メタン炭化水素を測定した。また、粉じんはHVを用いて石英繊維ろ紙(東京ダイレック2500QAT-UP)で24時間ごとに捕集した。捕集した粉じんについて、OCとEC, 各種イオン成分および各種金属成分を測定した。

(1)カーボン分析

粉じん捕集した石英繊維ろ紙を11.7mmφのコルクローラーで2枚くり抜き、白金ボートに乗せ、元素分析装置(Yanako MT-5型)を用いてOCおよびECの濃度を求めた。

(2)イオン成分分析

粉じん捕集した石英繊維ろ紙を11.7mmφのコルクローラーで2枚くり抜き、イオン交換水10mlを加え、振とう器で2時間振とうさせた。イオンクロマトグラフィー(Dionex AQ型)を用いてNa⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻の濃度を測定した。



図2 多々良浄水場、粕屋保健所および周辺道路の地図

(3)金属類分析

粉じん捕集した石英繊維ろ紙を47mmφのボラーで2枚くり抜き、硝酸(TAMAPURE 10A) 2ml およびフッ化水素酸(TAMAPURE)1.5ml で乾固直前まで加熱した。室温で放冷後、硝酸2ml および過酸化水素水4mlを加え、マイクロウェーブ加熱分解装置(PerkinElmer Multiwave)で加熱分解した。分解後、乾固直前まで加熱し、1%硝酸溶液で10mlにメスアップした。ICP/MS(ParkinElmer Elan 5000)を用いて、Sb, Ti, Zn, Cu, V, Al, Ni, Mn, As, Cr, Feの濃度を測定した。

2.3 解析方法

微小のSPMはガスと同様の挙動をすると思われ、自動測定器によって計測されたNO_xのデータを用いて、シミュレーションソフトにより道路近傍への拡散の影響をみた。シミュレーションソフトは、アメリカカルフォルニア州運輸局が開発したCaline 4を使用した。このソフトは、線源か

らの拡散を簡単な入力画面を使うことによって計算できる。また、インターネットを通じて入手できる(<http://www.dot.ca.gov/hq/env/air/calinesw.htm>)。

一方、HVによって採取した粉じん成分濃度から、CMB法を使うことによってディーゼル排出ガスの寄与を推定した。CMB法はCMB8のソフトを使った。これはアメリカEPAのホームページから入手できる(<http://www.epa.gov/scram001/>)。

3. 結果および考察

3.1 調査地域の汚染状況

図3に多々良浄水場における1時間ごとの自動車走行台数、SPM濃度およびNO_x濃度の推移を示した。自動車走行台数は午前6時頃から増え始め、日中は2,000~3,000台/時程度、夕方8時ごろから減少するという推移を繰り返した。SPM, NO_xはそれぞれ10/31の1時~23時, 11/5の22時~11/7の19時の間に50(μg/m³), 200ppbを

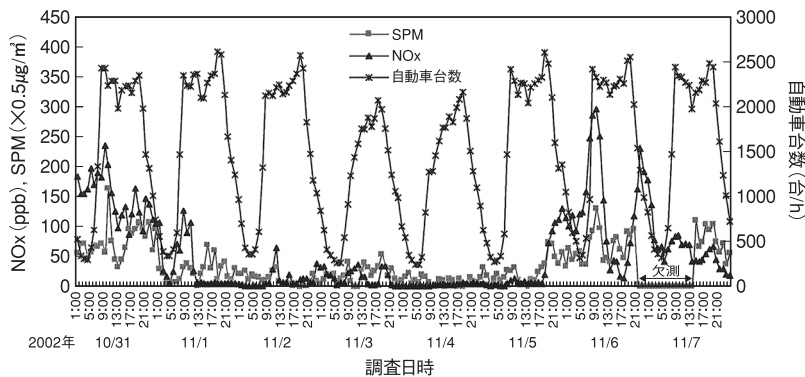


図3 1時間ごとのSPM濃度、NO_x濃度および自動車走行台数

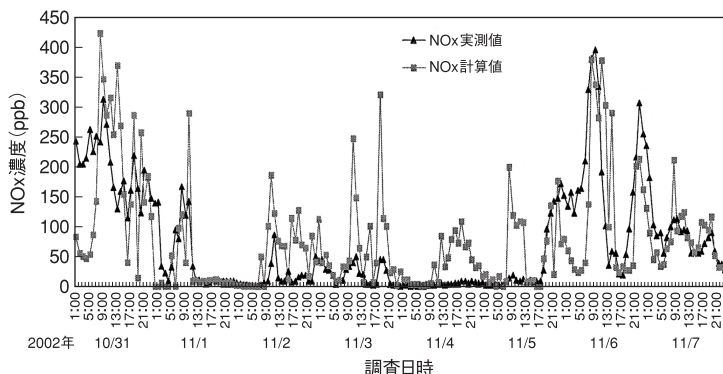


図4 1時間ごとのNO_x実測値とCaline 4計算値の比較

超える高濃度が観察され、よく似た濃度推移を示した。

3.2 Caline 4 による解析結果

Caline 4 により 1 時間ごとの NO_x の予測値を計算し、実測値と比較したものを図 4 に示した。 NO_x が高濃度であった 10/31 の 10 時, 18 時, 11/1 の 10 時, 11/5 の 21 時および 11/6 の 9 時, 21 時の推移により一致がみられた。

図 5 に多々良浄水場における NO_x の 1 時間ごとの実測値と Caline 4 による計算値の相関を示した。この図ではバラツキは大きい、高濃度域での濃度の再現は良好であった。

おおむね迂路近傍での濃度が予測できることが分かったので、同じ発生条件を使い道路からの距離減衰を計算した(図 6)。道路からの距離は 20m,

100m, 200m, 500m, 1000m, 2000m 地点を設定した。いずれの地点においても 10/31 の 7 時~13 時および 11/6 の 7 時~13 時の時間帯で NO_x の高濃度が推測された。また、いずれの時間帯においても道路から離れるに従って NO_x 濃度が低下することが推測された。

図 7 に、図 6 の NO_x 濃度について各地点ごとの平均値を示した。道路から 20m 地点において、平均 NO_x 濃度は 79ppb であった。100m 地点の平均 NO_x 濃度は 30ppb と 20m 地点のその 1/2 以下に低下し、環境基準の 60ppb を下回る予測となった。また、200m 地点では 17ppb と 20m 地点の 1/4 以下、500m 地点以降では 7ppb 以下と 20m 地点の 1/10 以下の濃度に低下することが分かり、道路からの距離と濃度の関係を把握することができた。

3.3 CMB 法による解析結果

図 8 に多々良浄水場および粕屋保健所のそれぞれの地点において、HV により捕集した 24 時間

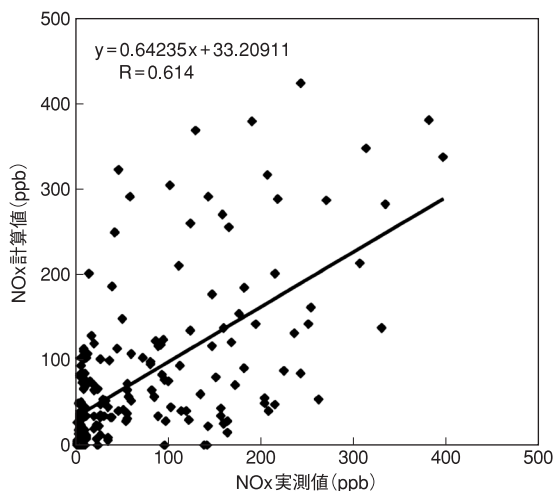


図 5 NO_x 実測値と計算値の相関

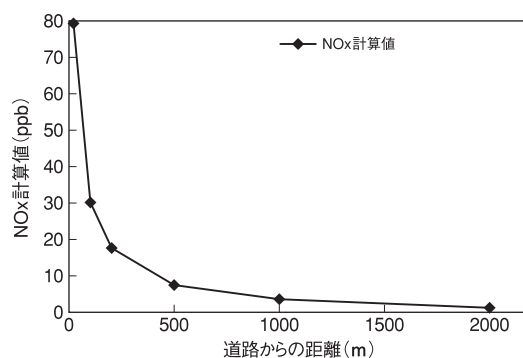


図 7 平均 NO_x 濃度の距離減衰

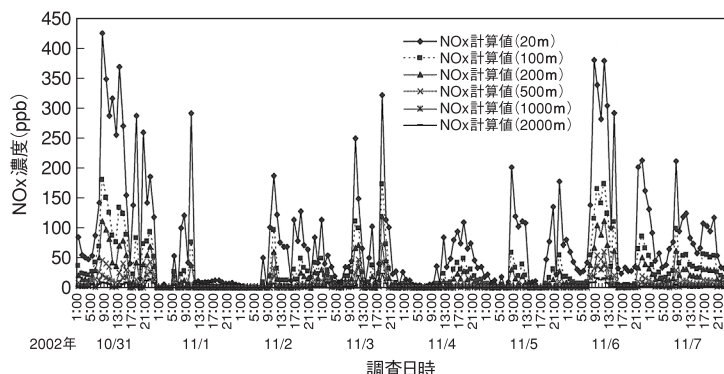


図 6 各地点における 1 時間ごとの Caline 4 の計算値の比較

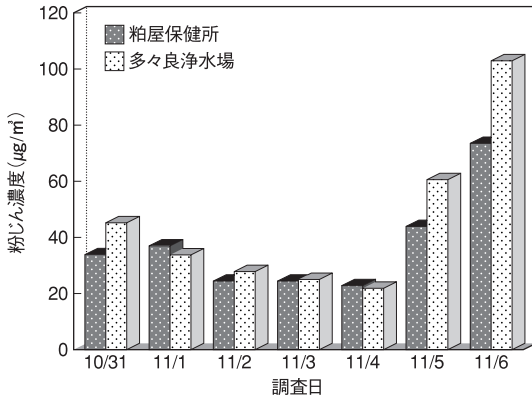


図8 ハイボリウムエアサンプラーによる捕集粉じん濃度

ごとの粉じん濃度を示した。多々良浄水場での粉じんについて、11/5(捕集期間：11/5 9時～11/6 9時)および11/6(捕集期間：11/6 9時～11/7 9時)の粉じん濃度は、それぞれ $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ および $102\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、他の期間のそれよりも高濃度であった。一方、粕屋保健所における11/5および11/6の粉じん濃度は、それぞれ $43\mu\text{g}/\text{m}^3$ および $72\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。このように、11/5および11/6における両地点の粉じん濃度において、それぞれ $17\mu\text{g}/\text{m}^3$ および $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度差が観察された。

図9に、11/5に捕集した粉じんについて、多々良浄水場および粕屋保健所のCMB8によるSPM発生源別寄与の計算結果を示した。ここで、計算の精度を表わす係数において、良好な結果を得た。11/5の多々良浄水場における粉じん濃度は $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、そのうちディーゼル車の寄与は $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ (44%)であった。これは後背地の $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ と比べると2倍以上であり、道路近傍におけるディーゼル車からの直接の影響が示唆された。また、11/5の多々良浄水場における土壌からの寄与は $28\mu\text{g}/\text{m}^3$ (47%)と後背地である粕屋保健所の $19\mu\text{g}/\text{m}^3$ よりもわずかながら高く、自動車走行による土壌の巻上げの影響を受けたと考えられた。

図10に11/5および11/6に捕集した粉じんについて、多々良浄水場のCMB8によるSPM発生源別寄与の計算結果を示した。11/6の多々良浄水場における粉じん濃度は $102\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、そのうちディーゼル車の寄与は $23\mu\text{g}/\text{m}^3$ (23%)であった。これは11/5の多々良浄水場における $26\mu\text{g}/\text{m}^3$ (44%)とほぼ同じ濃度であった。しかし、11/6は

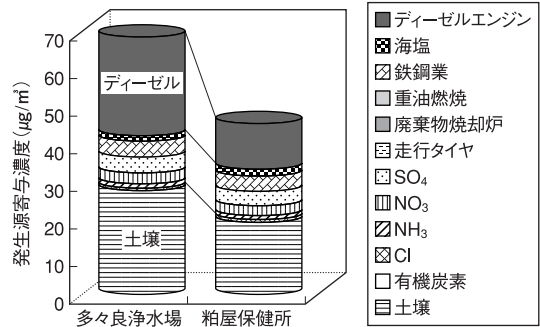


図9 11/5における発生源寄与濃度(µg/m³)

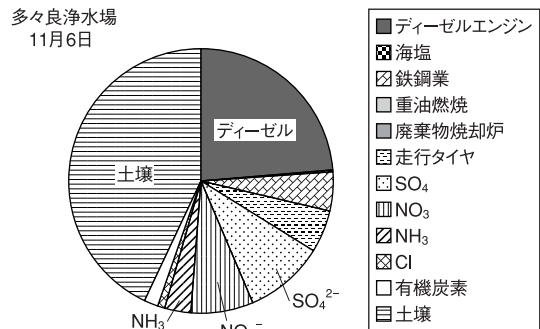
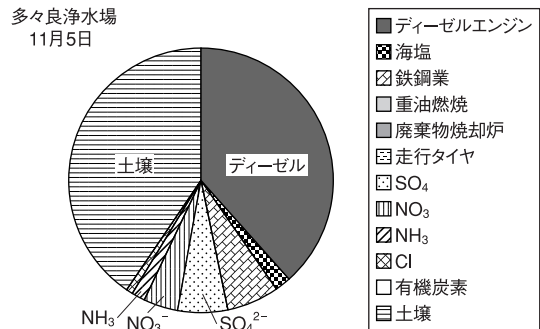


図10 多々良浄水場における発生源寄与率(%)

アンモニウムイオン、硝酸イオン、硫酸イオンの濃度が合計で $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ と11/5の $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ と比べて高かった。そのため二次生成粒子等の移流の影響を大きく受け、ディーゼル車の寄与が23%に低下したものと推察された。

まとめ

福岡県の自動車走行台数のデータをもとに、自動車排出ガス汚染の高い地域を推定した。その結果、交通量も多く、大型車混入率も高い粕屋町大

宇江辻付近の多々良浄水場を選定した。

個別の道路を対象に拡散シミュレーションソフト(Caline 4)を用いて、自動車排出ガスの道路近傍への拡散状況の把握を行った。その結果、NO_x高濃度時の推移を再現できた。さらに、その結果をもとに、汚染物質の距離減衰の予測を行った。その結果、汚染物質濃度は道路から100m 地点で1/2 以下、200m 地点で1/4 以下、500m 地点を超える地点で1/10以下に低下することが分かった。

道路近傍でのSPM に対するディーゼル車の影響を見るために、CMB 法による解析を行った。その結果、計算の精度を表わす係数においてよい一致がみられ、道路近傍における自動車寄与は11/5 および11/6のSPM の高濃度時において、23~26

μg/m³ (寄与率23~44%)と推定され、SPM 中のディーゼル車の寄与を定量化することができた。

—参考文献—

- 1) 竹内和俊：自動車排出ガス測定局 NO_x 濃度からの自動車 NO_x 排出量の推定について(Ⅲ)，千葉県環境研究所研究報告第31巻，1-12，1999
- 2) 竹内和俊，吉成晴彦：自動車排出ガス測定局 NO_x 濃度からの自動車 NO_x 排出量の推定について(Ⅳ)，千葉県環境研究所研究報告第31巻，13-20，1999
- 3) 濱村健吾，岩本眞二，宇都宮彬，大石興弘，下原孝章，久富啓次：福岡県内の幹線道路近傍の大気環境及び自動車の影響，福岡県保環研年報27号，49-53，2000
- 4) 濱村健吾，下原孝章，大石興弘，宇都宮彬，石橋龍吾：道路近傍の大気環境及び自動車の寄与，福岡県保環研年報19号，64-68，1992