— 原 著 —

道路上での NO_2 濃度状況とその走行中車室内および周辺生活環境への影響

山田 裕之[1*], 林 瑠美子[2], 戸野倉 賢一[3]

Measurements of NO_2 Concentration on Road and its Influence on Car Cabin and Surrounding Residential Area

Hiroyuki Yamada[1*], Rumiko Hayashi[2], Kenichi Tonokura[3]

1 National Traffic Safety and Environment Laboratory, 7-42-27 Jindaiji-higashimachi, Chofu, Tokyo 182-0012, Japan
2 Division for Environment, Health and Safety, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo, Tokyo 113-8654, Japan
3 Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8563, Japan
*Corresponding author: (E-mail) h-yamada@ntsel.go.jp

NO_2 concentrations on a roadway and its penetration effects into a vehicle cabin were measured using an NO_2 sensor placed on a vehicle which can perform simultaneously real time monitoring on the road and in the car. The NO_2 concentrations on the regional road, where the heavy duty truck ratio was high, was almost 150 ppb, and it was strongly affected by the heavy duty trucks ratio. The NO_2 concentrations on the highway were high enough to exceed the daily average value of Japanese air quality standards at almost all locations, and it increased over 200 ppb at uphill with a high H. D. ratio condition. In a long tunnel on the highway, the maximum NO_2 concentration reached 3 ppm. The NO_2 concentrations in the car were the same as those on the road when its air conditioning was in the fresh air mode. It was found that changing the mode to internal circulation prevented NO_2 penetration into the vehicles. However, in this situation, there will be the possibility of a high CO_2 concentration due to breathing of the passengers. The NO penetration efficiency into the car was higher than that of NO_2. The diffusion features of NO and NO_2 from a roadway into a residential district were investigated by measuring NO and NO_2. NO disappeared almost 100 % at a point 7 meters from the road, however, almost 50 % of the NO_2 still remained. It is suggested that 150 ppb NO_2, which is observed on regional roads might have some effects on close residential districts. These results indicated that pollutants on the road have a significant influence on passengers who travel in vehicle along the road and citizens who are living close to the road.

Key words : NO_2, Car cabin air quality, Air quality on the road, Diffusion to road side,

1. はじめに

日本では、1968 年に施行された大気汚染防止法により、自動車の排出ガス規制が実施されるとともに大気環境基準が設定され、その達成状況を確認するために大気環境中の有害物質モニタリングが開始された。このモニタリングの結果をみると、年々厳しくなる自動車排出ガス規制等の影響により、NO_2 では平均濃度の減少、基準達成地点の増加が確認され、現在 1744 地点で行われているこのモニタリングの結果では、環境基準達成率は一般局で 100 %、自排局でも 95.7 %と非常に良好な結果となっている[環境省, 2010]。ただし、工業専用地域、車道等の公衆が通常生活していない場所は大気環境基準が適用されないため、数多く行われている有害物質モニタリングに関する研究[Ueno et al., 2011; Mizuno et al., 2010 など]においても、これらの場所を取り上げた例は稀である。

このような状況において、本研究では以下に挙げるふたつの理由により、この大気環境基準が適用されていない、車道上での NO_2 濃度に焦点を当てる。ひとつめの理由として、車道が一般生活を行う環境に隣接しているケースは十分に考えられ、この車道での有害物質濃度とその拡散状況を計測することは、自動車を発生源とした有害物質の隣接住宅地への環境影響を予測するために有効と考えられることがあげられる。もうひとつの理由は、一般公衆の生活において公共交通を含めた自動車に搭乗することは一般的であり、この観点からは車道も通常生活を行う場と考えられるからである。ただしこの場合、人々は車道の空気に直接さらされるわけではなく、自動車車室内の空気質が問題となってくる。しかしこの自動車車室内の空気の状況を調査した例は、ほとんどが自動車製造過程で使用された VOC 類の蒸発影響を調査したものであり[Ichikawa, 2008; Kawano, 2006]、実際の道路走行中はこの製造過程由来の湧き出しに加え、車道上の有害物質が車室内に侵入する影響を考慮する必要がある。佐藤は VOC 類、NO_X の車室内濃度をいくつかの道路条件において計測を行った[Sato, 1998]が、一定時間の走行での平均値として記されており、リアルタイムの計測値は不明であるとともに、大気環境基準で求められている NO_2 に関する計測は行っていない。

そこで本研究では、計測例がほとんどないが隣接する住宅地等への影響を考える上で必要な車道上の NO_2 濃度、一般環境と見なすことも可能と考えられる自動車車室内の NO_2 濃度の双方を計測する目的で、自動車車室内、外の NO_2 濃度を同時かつリアルタイム計測可能な測定車を用いて、車道上の NO_2 濃度状況とその車室内への影響を調査した。計測は一般

幹線道路、高速道路で行い、それらの違いおよびトンネル、上り坂、周辺の交通状況による車道上 NO_2 濃度との関連性を見出すとともに、車両の空調モードの違いによる車道からの侵入の影響を評価した。また、車道上の NO_2 の拡散状況を調べるために、車道脇での NO_2 濃度と隣接する一般環境での NO_2 を同時計測し、その拡散状況もあわせて調査した。加えて、同様な計測を NO に関しても行った。

2. 実験方法

本研究では車道上の NO_2 濃度を広域で効率的に調査するとともに、同時に車両の乗員への暴露状況も調査するため専用の計測車両を使用した。本計測車両は排気量 1.5 L の小型乗用車とし、以下に記述する 2 種類の NO_2 計測装置を、車両内部計測用、車両外部計測用としてそれぞれ 2 台搭載した。車両内部計測用プローブは助手席の乗員の頭部付近に設置し、車室外部計測用のプローブは車両前方、空調機の外気取り入れ口に設置した。計測に使用した装置は、化学発光法を原理とし、NO_x 濃度と NO 濃度の差分として NO_2 濃度を算出する計測器（以下 CL、日本サーモ、Model42i）および、酸化タングステン結晶を Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)構造ダイヤフラム上に形成させ、NO_2 を直接測定する装置[小林伸治, 2010]（以下 MEMS センサ）である。双方の装置とも、計測結果は 10 秒毎に出力する設定とした。これら 2 種類の装置での計測結果で確認された差異に関しては、後述する。なお、試験前に装置ごとの校正を行い、その同等性を確認した。校正には CL の装置に関しては 0 ppm および、1 ppm の NO を用いた。MEMS センサについては、0 から 200 ppb の間で 50 ppb おきに合計 5 点で校正を行った。 試験車両が走行する道路の環境は、ビデオカメラを用いて車両前方の視界を撮影し記録した。これらの装置の電源用として、12 V、120 Ah の鉛バッテリーを搭載し、インバータにより AC100 V に変換した。また、このバッテリーは試験車両に搭載されたオルタネータと結線し、オルタネータの発電した電力も装置駆動用に使用する構造とした。その結果、一回の充電により 10 時間以上の測定が可能であった。

3. 実験結果および考察

3.1 一般幹線道路での NO_2 濃度状況

一般幹線道路での NO_2 濃度状況と、車室内環境調査を東京近郊の国道 16 号線にて行った。その経路を Fig. 1 に示す。出発点は埼玉県入間市南部（図中 A 地点）、終点は神奈川県相模原市（図中 C 地点）とした。また、Fig. 1 には 2010 年の該当路線における昼間の重量車割合[国土交通省, 2010]も併せて示す。今回の試験では出発点から八王子バイパス終点（神奈川県相模原市橋本、図中 B 地点）までは、道路上の重量車比率が 30 %以上と非常に高く、それ以降 B−C 地点までは逆に重量車比率が 20%以下と低い、という状況であった。

試験条件、試験時の気象データを Table1 に示す。なお、気象データに関しては、最寄りの気象台（東京都八王子市）の午後 2 時時点でのデータを示した。試験を行ったのは平日の昼間、降水はなし、微風の条件で試験中は安定しており、平均速度は 30 km/h 程度と平均的な一般道路での走行条件であった。また、空調モードは外気導入とし、ファン速度は 5 段階のうちの下から 2 段階目とした。

Fig. 1 Route map of measurement on regional road and ratio of heavy duty vehicle during daytime.

Table 1 Conditions of regional road measurement.

Test Condition	
Date	17th Feb. 2011
Start Time	13:57
Test Duration	4270 s
Air Conditioner Mode	Fresh Air
Distance	35.8 km
Average speed	30 km/h

Weather condition in nearest monitoring point	
Precipitation	0 mm
Temperature	13.3 ℃
Rerative Humidity	55%
Wind Direction	SSE
Wind Velocity	6.1 m/s

Fig. 2 に MEMS センサを用いて計測した車道上および車室内の NO_2 濃度を示す。図内に示したアルファベットは Fig. 1 に示した地点と対応している。車道上の NO_2 濃度は重量車割合の高い A-B 間で非常に高い値を示し、重量車割合の低い B-C 間においては、A-B 間の 3 分の 1 程度の濃度であった。このことより、車道上の NO_2 濃度は重量車からの排出による

影響が大きいものと思われる。今回の結果では、重量車が多い状況では、車道上で大気環境基準の日平均値の上限値(60 ppb)の 3 倍程度の NO_2 濃度となっていること、重量車割合が低い条件では大気環境基準に近い濃度となっていることが確認された。

車室内濃度をみると、車道上程の濃度変化は確認されず緩やかな変化となっているが、重量車割合の高い道路では平均濃度で 70 ppb と大気環境基準日平均値を超える NO_2 が乗員に暴露されていることが確認された。また、重量車割合の低い条件においては、車道上とほぼ同等の 50 ppb 程度の濃度であった。重量車割合の高い状態では、車室内が車道の半分程度の濃度であったのに対して、重量車割合の低いところでは車道と車室内の濃度がほぼ等しくなっている原因としては、周辺を走行する重量車排出ガス中の、車道上濃度と比べ高濃度な NO_2 が十分に拡散する前に車道計測用のプローブに到達する一方で、車室内は十分に拡散し希釈された状態の NO_2 濃度となっていると考えられる。また乗用車等は、排出ガス中の NO_2 濃度が道路上の濃度との差があまりなく、車両前面の車道用プローブの位置においても、バックグラウンドレベルとなっている NO_2 濃度が計測されているものと考えられる。このような排ガス中の NO_2 濃度が重量車とそれ以外で異なると考えられる要因の一つとして、乗用車は認証時に車両をシャーシダイナモを用いて、実際の走行条件を模擬して試験を行うのに対して、重量車はエンジンダイナモで試験を行うため、実際の負荷と異なる運転領域で試験をしてしまうケースが存在する[Suzuki, 2011]ことに起因すると考えられる。

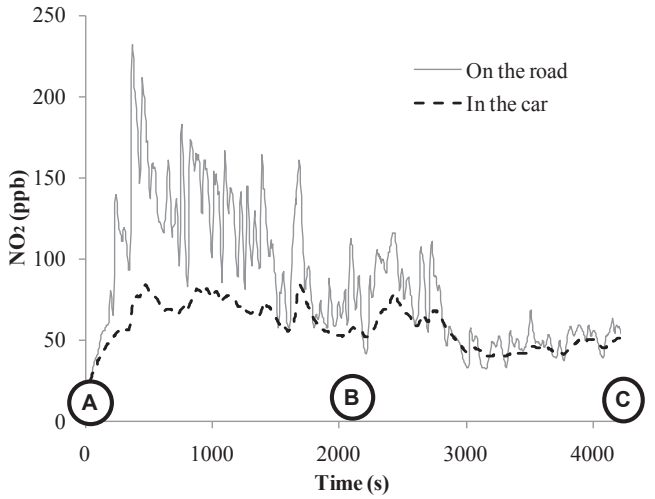

Fig. 2 NO_2 concentration profiles on the road and in the car measured by MEMS.

3.2 高速道路での NO_2 濃度状況

つぎに車道上および車室内の NO_2 濃度を、高速道路走行時に計測した。この試験においても空調モードは外気導入とし、ファン速度は 5 段階のうちの下から 2 段階目とした。今回高速道路でのデータ取得を行った経路を Fig. 3 に示す。また、Fig. 3 にアルファベットで示した地点詳細および、各地点間の道路環境を Table 2 に示す。今回の試験では、調布 IC を出発点とし、中央高速を経由して箱崎 JCT、江北 JCT と首都高速を大回りし、山手トンネルを通り東名高速に出て、御殿場 IC を終点とした。Table 2 において"Heavy Traffic"と示した区間では交通集中による車両停止が頻発し、"High H. D. Ratio"と示した区間は、定常的に前走車、前々走車が重量車であったことを示す。本ルートの E-F 間は 10.9 km のトンネルであり、G-H 間は上り坂であった。

Table 3 には今回の試験の条件および気象条件を示す。気象データは東京管区気象台(東京都千代田区)の午前 11 時のデータを示す。前記の一般道の試験とは季節が異なるため、温度は 10℃程度高い条件であった。また、今回の試験においても試験中の気象条件は安定していた。

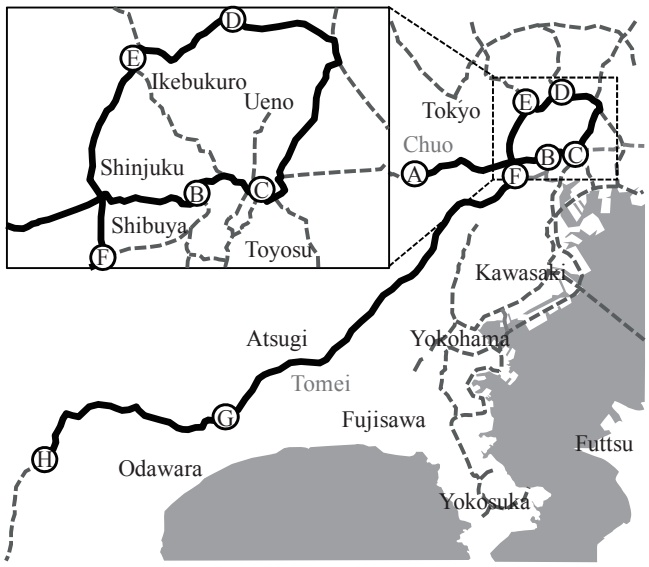

Fig. 3 Route map of measurement on highway.

Table 2 Points and road conditions in highway measurement. Several stop by traffic jam was occurred in the section with indication "Heavy Traffic", former 2 vehicles were heavy duty trucks in the section "High H. D. ratio".

Mark	Point	Conditions
A	Chofu IC	-
B	Miyakezaka JCT	Heavy Traffic
C	Hakozaki JCT	-
D	Kohoku JCT	-
E	KumanochoJCT	Tunnel
F	Ohashi JCT	High H. D. ratio
G	Hadano-Nakai IC	High H. D. ratio, Up hill
H	Gotenba IC	

H. D. ratio : Ratio of heavy duty truck

Table 3 Conditions of highway measurement.

Test Condition	
Date	8th June. 2011
Start Time	10:43
Test Duration	10600 s
Air Conditioner Mode	Fresh Air
Distance	164 km
Average speed	58 km/h

Weather condition in nearest monitoring point	
Precipitation	0.5 mm
Temperature	18.4℃
Rerative Humidity	84%
Wind Direction	NNW
Wind Velocity	2.9 m/s

Fig. 4 に前記の試験条件での MEMS および CL による NO_2 測定結果、CL による NO の計測結果を示す。図中のアルファベットは Fig. 3、Table 2 の地点に対応する。まず装置間の結果の差異をみると、MEMS と CL の結果は双方の異なる方法で校正をしているにもかかわらず、概ね一致しており、ある程度試験結果が正当なものであると言える。ただし両装置間の結果には以下のような差が確認された。MEMS では試験結果が安定しているのに対して、CL で計測した NO_2 は急激な信号強度変化が多く観測された。この傾向は車道上計測結果のほうが車室内結果に比べ顕著であった。これは MEMS が NO_2 を直接計測しているのに対して、CL では 10 秒毎に NO 測定、NOx 測定を切り替えて行い、NO_2 濃度は NOx 濃度から NO 濃度を除して算出することに起因する。今回使用した CL の装置は本来大気中の比較的ゆっくりとした濃度変化の計測を目的としたものであり、この 10 秒毎の切り替えの間に濃度変化が激しく起きた場合に、急激な信号強度変化が発生する。車道の計測結果が車室内と比べこの急激な信号変化の発生が多いのは、車道上のほうが濃度変化が激しいことに起因する。もう一つの相違点としては、MEMS の結果で 200 ppb を越える条件において、CL の結果に比べ MEMS の結果が低めに出る傾向が確認される。また、車道計測用の MEMS では 400 ppb 程度で、車室内用 MEMS では 250 ppb 程度で信号強度の飽和が確認された。これは、MEMS が 200 ppb 以下の濃度条件での計測を対象とした仕様となっており、200 ppb 以上の濃度下での使用を想定していないためである。指示上限濃度が車道用と室内用で異なるのは、それぞれの装置の特性によるものであるが、前記のように信号強度の飽和が発生しない条件での計測結果の同等性は確認している。

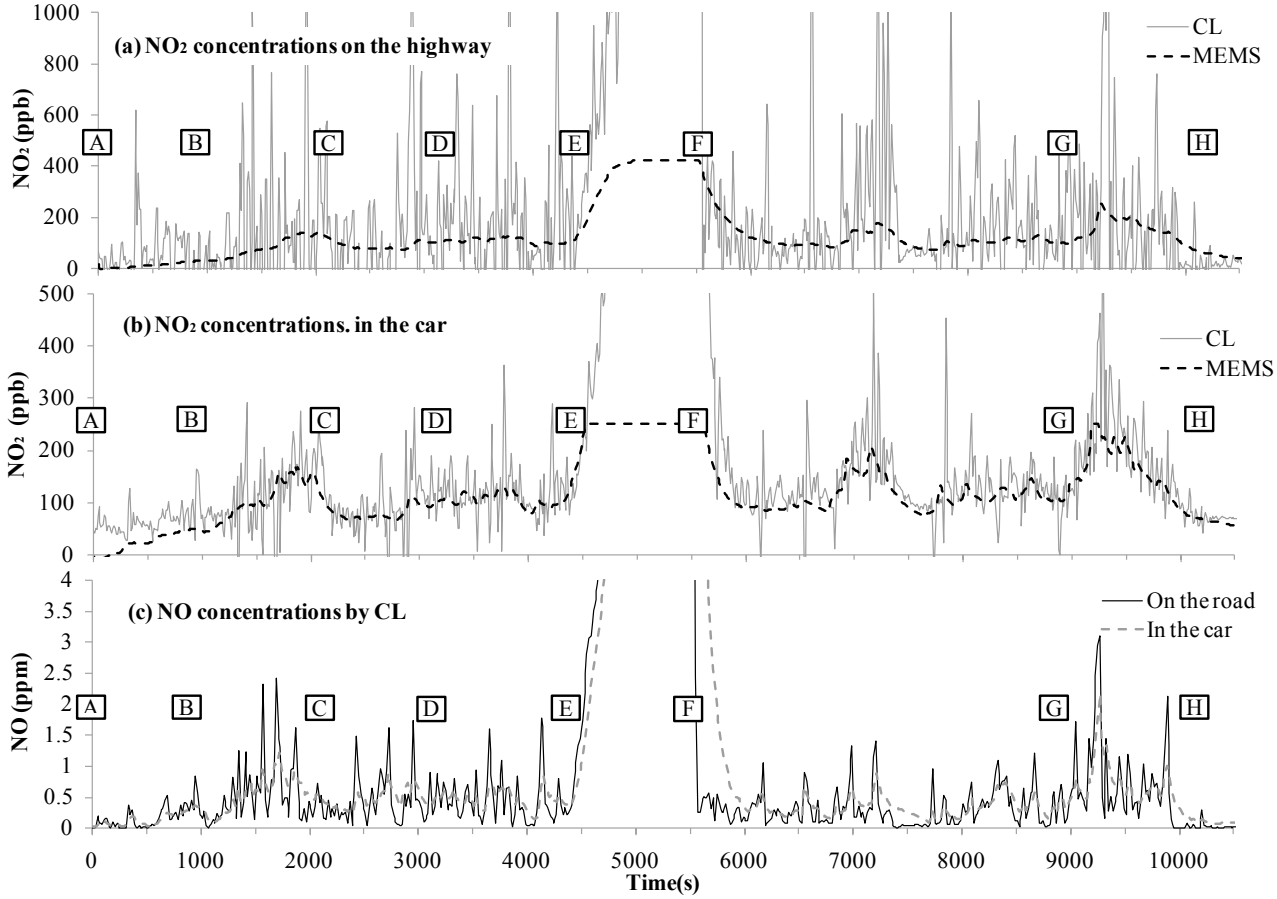

Fig. 4 Observed data for (a) NO_2 concentrations on the highway, (b)NO_2 concentrations inside the car by CL and MEMS, and (c)NO concentrations measured by CL.

次に車道上の NO_2 濃度を見ていくと、今回計測したほぼ全域において大気環境基準日平均値（60 ppb）を超過する結果であり、通常の条件では 100 ppb 程度、渋滞、重量車が多い状況では 150 ppb 程度、重量車が多い上り坂では 200 ppb 程度であった。現在、日本の NO_2 の短期暴露の指針値は 100 から 200 ppb[中央公害対策審議会, 1978]であるとともに、近年米国では疫学調査をもとに一時間基準値として 100 ppb が採用されたことを考えると[Kagawa, 2010]、高速道路車道上および車道上濃度の影響を強く受けると思わる路側帯で作業等何らかの理由で滞在する人は、十分注意しなければならない濃度である。ただし、高速道路は前記の一般道に比べ、生活環境からは離れた場所であり、このデータのみで、近隣の生活地域への影響は議論できない。

次にこの車道上の NO_2 濃度の車室内への影響を考える。Fig. 4 (b)によると、車室内は車道上の濃度とほぼ等しい NO_2 濃度となっている。つまり、先ほど述べた健康上問題となるレベルの NO_2 が車室内に直接流れ込んでおり、自動車乗員に健康影響を与える恐れがある。前記の一般道の結果では重量車割合が高い条件において、車道上と車室内の NO_2 濃度を比べると、車道上のほうが 2 倍程度であったが、高速道路での試験ではこのような傾向は後述するトンネル内の特殊な状況以外では見られなかった。これは、一般道と比べ平均車速が高く、車両周りの流れが乱流支配となっていること[Sumitani, 2004]、ホイールの回転により車両下部の乱れの増大[Landstrom, 2009]などにより、排出ガスが速やかに拡散しているためと思われる。

Fig. 5 には Fig. 4 に示した結果の中で地点 E-F 間のトンネルでの CL による NO_2 および NO 濃度を示す。これによると NO_2 濃度はトンネル間で上昇していくことが確認できる。また、トンネル区間が終了するとき、車道上、室内双方の NO_2 濃度において鋭いピークが確認できるが、これは前記の NOx 濃度から NO 濃度を引くことにより NO_2 濃度を求めることに起因するものと思われる。したがって、このピークを除くと最大で、車道濃度で 3 ppm 程度、車室内においても 1 ppm と非常に高濃度となっている。ACGIH による作業環境での許容暴露平均値が 3 ppm である[ACGIH, 2010]ことを考えると、トンネル内の環境はこの値に近いものであるとともに、車室内も非常に高い値となっている。特に車室内は健常者のみが利用するものではないので、特に注意が必要である。NO 濃度をみると車室内で 12 ppm 程度、車道で 11ppm 程度と濃度はほぼ等しい結果となった。ACGIH の許容暴露平均値は 25 ppm であり、前記のように健常者以外の人にも暴露される危険性があることから、NO_2 同様車室内では注意が必要なレベルである。また、車室内で何らかの原因により NO が NO_2 となる反応が活性となると、急激な NO_2 濃度の上昇を引き起こす危険性がある。

今回同様な経路時間帯の試験を 5 回行ったが、すべての試験においてほぼ同様な結果が得られた。したがってここで議論した内容は一般性の高い結果と言える。

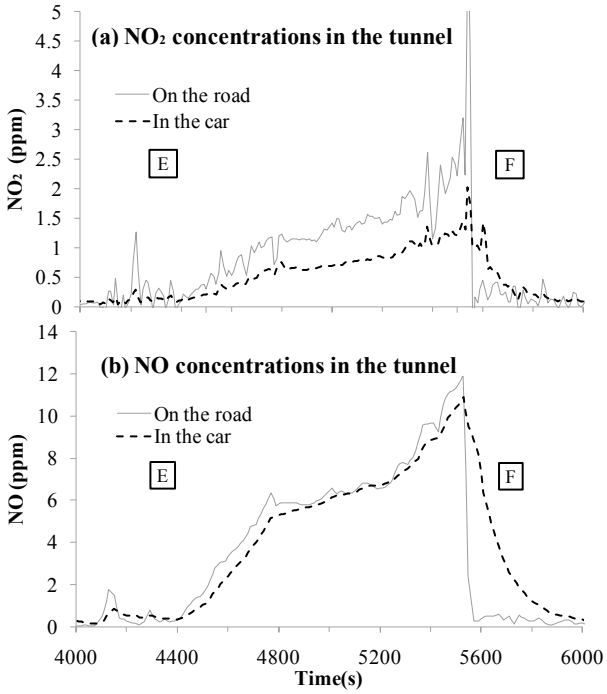

Fig. 5　Observed data for (a) NO_2 and (b) NO concentrations on the road and inside the car, in the highway tunnel measured by CL.

3. 3　空調内気循環モード時の車室内 NO_2

ここまでの議論は、車室内空調を外気導入モードとして、行ってきた。次に空調を内気循環モードとした場合の車室内の NO_2 濃度を調査した。その時の車道上 NO_2 濃度、車室内 NO_2 濃度、および NO 濃度を Fig. 6 に示す。この試験は Fg. 4 に示した試験の帰路に行った試験であり、その際渋滞、上り坂、重量車割合の高い状態は存在せず、一般条件と、Fig. 6 中に矢印で示したトンネルの条件のみである。この試験においても車道上の NO_2 濃度は大気環境基準日平均値を越える状態がほとんどであり、トンネル内では 1 ppm を越えていた。一方、車室内の NO_2 濃度をみると、トンネル以外の条件では 50 ppb 程度、トンネル内においても、150 ppb 程度と外気導入モードでの試験結果と比べると、格段に低い値となっている。以上より NO_2 濃度に関しては、空調を内気循環モードにすることにより、大幅に車道からの侵入を防ぐことができることが確認された。

NO に関しては、トンネル内で車道上は 7 ppm 程度、車室内では 2 ppm 程度と、NO_2 同様に内気循環モードにすることにより侵入を防止できるが、NO_2 に比べるとその度合いは低い結果となった。また、車室内 NO 濃度で特徴的なのが、トンネル通過後にトンネル内で上昇した車室内濃度が、車道上の NO 濃度を上回る逆転期間が非常に長期間であることである。この原因としては NO の水溶性が NO_2 と比べ低いため、空調機内部、および車室内で吸着による濃度減少が起きにくいことによるものと思われる。このような状況で、前記のように NO の NO_2 への変換が活性となると、NO_2 濃度が増加する危険がある。

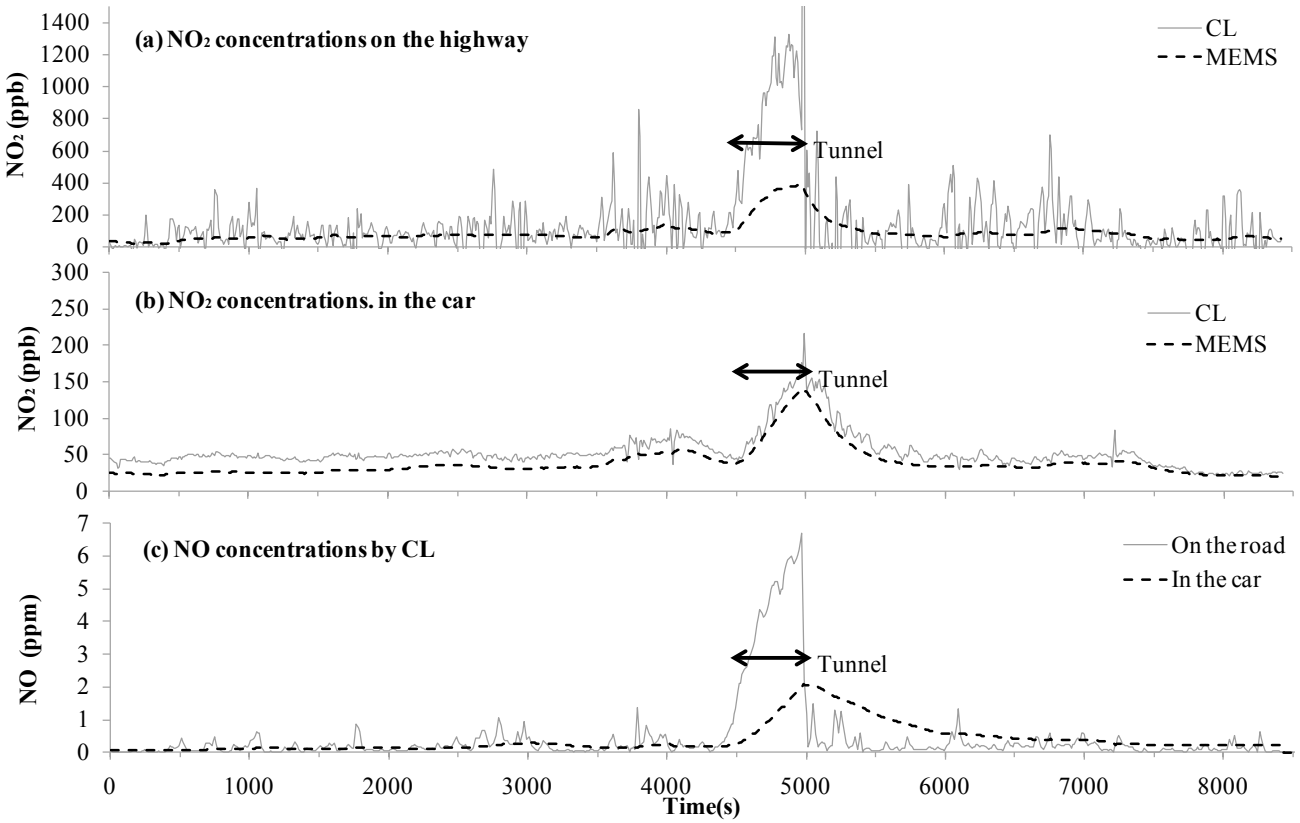

Fig. 6 NO_2 concentrations on the (a)highway measured by CL and MEMS, (b)NO_2 concentrations inside the car by CL and MEMS and (c)NO concentration by CL Air Conditioner mode: internal circulation.

ここで示したように、空調モードを内気循環にすることにより、NO_2濃度の高い車道を走行中においても、車室内への侵入を抑止することが可能である。ただし過去の同様な研究結果によると、乗用車2名乗車の状況で空調モードを内気循環にしたところ、1時間以内に車室内のCO_2濃度が労働安全衛生法に基づく基準値である5000 ppm（燃焼機器を使っている場合、空気調和設備又は機械換気設備を使用している場合は 1000 ppm）[安全衛生情報センター, 2004]を越えたとの報告があり[Sato, 1998]、車道上の有害物質の侵入と、車室内の乗員の呼気によるCO_2排出の双方を考慮し、それぞれの車室内濃度をモニターしながら内気循環、外気導入を自動で決定するなどの制御が安全な車室内環境の実現には有効であると思われる。

3.4 車道上NO_2の拡散影響

今回計測に使用した CL 装置を用いて、自動車排出ガスの拡散状況を確認するために、定点観測試験を行った。試験を行った場所は東京都調布市の東八道路沿いの交通安全環境研究所前で実施した。この地点で道路は片側2車線であり、その車道と歩道の境界上、およびこの境界から7 m道路から離れた場所で同時計測を行った。それぞれのサンプリング地点でプローブは高さ1 mで道路側を向けて設置した。また、計測装置は7m 地点のサンプリングポイント近傍に設置し、道路境界上の計測ではテフロンチューブによりサンプリング地点から計測装置設置場所までサンプリングガスを導入した。試験を実施したしたのは Fig. 4、Fig. 6 の試験を行った日とし、開始時間は夕方の混雑時である。

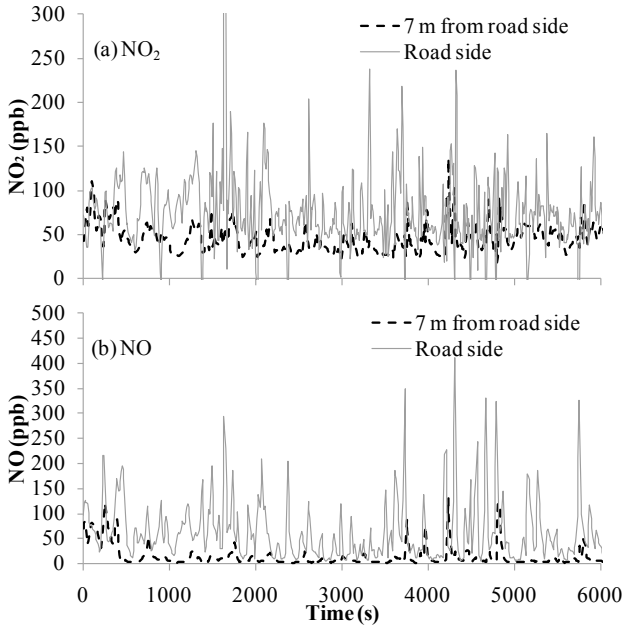

Fig. 7 Statistic observation of NO_2 (a) and NO (b) at road side and 7 m away from road side.

結果を Fig. 7 に示す。このときの風速はほぼ無風であっ

た。NO_2、NO の結果とも車道わきでの計測では急激な信号変化が確認できるが、これは濃度変化の速さを考えると車道計測時のときに確認された NO_2 濃度算出過程に起因するものの割合は低く、信号等の影響による交通流の変化、重量車の通過に対応したピークと考えられる。車道わきで NO_2 が平均 100 ppb 程度であるのに対して 7 m 離れた地点では平均 50 ppb 程度と約 50 %に減少している。7 m という距離は通常の幹線道路であれば、生活圏内に十分到達する距離であり、この距離で道路わきの 50 %レベルの NO_2 濃度であることを考えると、Fig. 2 に示した一般幹線道路の測定結果の中で重量車割合の多かった地点 A-B 間では、この車道上の NO_2 濃度が生活環境でも多少影響していることが考えられる。また、Fig. 7 の NO の結果では、車道わきで平均 100 ppb と NO_2 と同等であったのに対して、7 m 離れたところではほとんどゼロとなっており、NO_2 とは違った挙動を示している。その原因としては、反応による NO_2 への変換なども考えられた。

これらの結果は小栗の行った同様な道路からの拡散影響評価試験の結果（小栗彰、2007;小栗彰、2008）と概ね一致した。

4. 結　論

車道上および走行車室内中の NO_2 濃度を同時リアルタイム計測可能な計測車により、車道上の NO_2 濃度状況とその車室内への侵入状況を調査した。

その結果、一般幹線道路においては車道上の NO_2 濃度が重量車の割合が高い道路で高く、大気環境基準日平均値を越える 150 ppb 程度であること、重量車割合の低い条件においても 50 ppb 程度であることが確認された。

高速道路上では、ほぼ全域で大気環境基準日平均値を越え、重量車割合の高い上り坂では中央公害対策審議会の短期暴露指針値である 200 ppb をも超越する結果であった。また、トンネル内部では ACGIH が定める 作業環境平均濃度（3 ppm）に迫る値であった。

また、MEMS 式の NO_2 センサと化学発光法式の NO_2 センサを比較したところ、別々に校正したにもかかわらず、それぞれの相関は全般的に良好であった。MEMS センサは直接 NO_2 を計測するため、ダイナミックに濃度が変化する状況でも安定して計測できることが確認された。ただし今回計測に用いた MEMS センサは、200 ppb 以下での使用を想定したものであったため、この濃度を超える条件では信号強度の飽和による濃度過小評価が発生した。

車室内においては、空調モードを外気導入とすると、上記のような車道と同等な NO_2 濃度レベルとなることが確認された。これは、空調モードを内気循環にすることにより改善されるが、その場合は乗員の呼気による CO_2 濃度の上昇が懸念される。また、内気循環モードにおいても、NO は相対的に高い割合で車室内に侵入し、長くとどまるため、このような状況での NO_2 生成反応の活性となる可能性を検証する必要がある。

車道わきと車道から 7 m 離れた地点で、NO_2, NO の拡散を調査した結果、NO は拡散もしくは反応し NO_2 となることにより 7 m 離れるとほとんど計測されなくなったが、NO_2 では 50 %程度の減少率であることが確認された。この結果と一般幹線道路の結果を組み合わせると、車道上の高 NO_2 濃度状態が周囲の生活環境に影響を及ぼしていることは十分に考えられる。

この研究で示したように車道上の有害物質状況は、その車道を自動車で通行中の人への影響、および周辺の生活環境への影響を与えており、今後も注意深く観察する必要がある。

（受稿日　2011.9.12）（掲載決定日　2011.11.7）

参考文献

ACGIH: 2010 TLVs and BEIs (Tlvs & Beis: Threshold Limit Values for Chemical Substances), *Amer Conf of Governmental,* ISBN-10: 1607260190(2010)

安全衛生情報センター: 事務所衛生基準規則, http://www.jaish.gr.jp/anzen/hor/hombun/hor1-2/hor1-2-36-m-0.htm (2004)

中央公害対策審議会: 二酸化窒素の県境影響にかかる判定条件等について, *大気汚染学会誌* **13**, 19-97(1978)

Ichikawa, S.: Summary of In-cabin VOC and VOC reduction Technology, *Journal of Society of Automotive Engineers of Japan*, **62**, 2, 76-81 (2008) [in Japanese]

Kagawa, J.: A new 1-hour Primary Standard for Nitrogen Dioxide in U. S., *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment*, **45**, 175-182(2010)[in Japanese]

環境省: 平成 21 年度大気環境モニタリング実施結果, http://www.env.go.jp/air/osen/index.html (2010)

Kawano, M.: Trend of Reducing Air Concentrations of a Number of Volatile Organic Compounds in a Car's Cabin, *Journal of Society of Automotive Engineers of Japan*, **60**, 11, 70-72 (2006) [in Japanese]

小林伸治・山岸豊・渋谷享司・松橋啓介: 大気環境計測用小型高感度 NO_2 ガスセンサの開発, *第51回大気環境学会年会講演要旨集*,221 (2010)

小栗彰: 沿道の大気汚染状況に関する計測, *福井工業大学研究紀要*, **37**, 85-88 (2007)

小栗彰: 沿道の大気汚染状況に関する計測(第2報), *福井工業大学研究紀要*, **38**, 75-82 (2008)

国土交通省: 平成 22 年度前項道路・街路交通情勢調査（道路交通センサス）一般交通量調査　集計表, http://www.mlit.go.jp/road/census/h22-1/index.html (2010)

Landstrom, C., Lofdahl, L., Walker, T., :Detailed Flow Studies in Close Proximity of Rotating Wheels on a Passenger Car, *SAE Technical Paper* 2009-1-0778 (2009)

Mizuno, T., Meguro, Y.; Contribution of cars to NOx and SPM concentrations and their changes estimated by using data from air quality monitoring stations and traffic census in Tokyo wards area, *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment*, **45**, 3, 117-125 (2010) [in Japanese with English caption]

Sato, S.: Air Quality in a Car's Cabin, *R&D Review of Toyota CRDL*, **33**, 15-23 (1998) [in Japanese]

Sumitani, K., Maeda, K., Ichinose, K.: Development of Vehicle Fluid dynamics: Flow around the Vehicle and Aerodynamic Characteristics, *Nagare*, **23**, 445-454 (2004) [in Japanese]

Suzuki, H., Ishii, H.: N_2O Emission Characteristics of Post Long Term Urea SCR Vehicles, *Proceedings of JSAE fall annual congress*, **115-11**, (2011)

Ueno, H., Akiyama, K., Ishii, K., Miyoshi, T., Yokota, H., Nagoya, T.; Relationship between PM2.5 water soluble organic carbon and oxidants in Tokyo during the summer, *Journal of Japan Society for Atmospheric Environment*, **46**, 2, 124-130 (2011) [in Japanese with English caption]

道路上での NO_2 濃度状況とその走行中車室内および周辺生活環境への影響

山田　裕之[1]，林　瑠美子[2]，戸野倉　賢一[3]

1 交通安全環境研究所　182-0012　東京都調布市深大寺東町 7-42-27
2 東京大学環境安全本部　113-8654　東京都文京区本郷 7-3-1
3 東京大学大学院新領域創成科学研究科　277-8563　千葉県柏市柏の葉 5-1-5

車道上および走行車室内中の NO_2 濃度を同時リアルタイム計測可能な計測車により調査した。また、車道脇と車道から 7m 離れた地点で、定置的に NO_2、NO の濃度変化を計測し、車道上の窒素酸化物が生活環境に与える影響を調査した。一般幹線道路においては車道上の NO_2 濃度は重量車の割合が高い場合に高く、大気環境基準日平均値を越える 150 ppb 程度であった。また重量車割合が 20%以下の低い条件においても 50 ppb 程度であった。高速道路上では、全域で大気環境基準日平均値を越え、重量車割合の高い上り坂では中央公害対策審議会の短期暴露指針値である 200 ppb をも超越する結果であった。また、交通量が多く、延長 10 km におよぶトンネル内部では ACGIH が定める 作業環境平均濃度（3 ppm）に迫る値であった。車室内においては、空調モードが外気導入の場合、上記のような車道と同等な NO_2 濃度レベルとなることが確認された。これは、空調モードを内気循環にすることにより改善されるが、その場合は乗員の呼気による CO_2 濃度の上昇が懸念される。また、内気循環モードにおいても、NO は NO_2 に比べ相対的に高い割合で車室内に侵入し、長くとどまるため、このような状況での NO_2 生成反応の活性となる可能性を検証する必要がある。車道上の NO_2, NO が生活環境への拡散を調査した結果、NO は 7 m 離れるとほとんど計測されなくなったが、NO_2 では 50%程度の減少率であることが確認された。この結果より、車道上の高 NO_2 濃度状態が周囲の生活環境に影響を及ぼしていることは十分に考えられる。