

沿道の大気汚染状況に関する計測(第2報)

小 栗 彰*

Measurement of air pollution status along roadway(the 2ndReport)

Akira OGURI

Time change of NO_x concentration has been instantly and simultaneously measured at various points along roadway where traffic volume is huge. The reason why instant values are applied, instead of mean values measured by “the roadside air pollution monitoring stations”, is that air pollution status is thought to be changing every moment. In this report, measurement results obtained by an improved system from the point of view for response and accuracy, are going to be presented. In addition, NO₂ concentration increase from vehicles with sophisticated after-treatment systems, such as DPF, in the real-world has been focused by several researchers. In this respect, NO₂ emission values are also analyzed and discussed.

1. はじめに

沿道大気質改善を目的としたプロジェクトの一環として、名古屋地区有数の交通量の多い国道23号線沿道を対象に研究を進めている。しかしながら、現状入手可能なデータとしては元塩自排局での時間平均値のみであり、沿道の大気は種々の要因を受けて時々刻々変化すると考えられるため、瞬時値による汚染状態変化の把握を目的に観測を実施してきた。前報で報告した測定結果によれば、排出ガスの空間的な拡散状態は判明しつつあるが、時間軸に対する瞬時の濃度変化が確実に捉えられているとは言い難く、道路の交通量が濃度変化に直接影響を与えるという根本的な現象を定量的に示すこともできていない。

本報では、事前に測定装置の基本特性、特に応答性に関する評価を実施し、その結果に基づいて測定の進め方を検討する。名古屋市南区元塩公園近傍の国道23号線沿道を対象に、大気中のNO_x濃度・オゾン濃度・風向・風速瞬時値の時間変化を複数地点で同時計測、同時に交通量・交通状況も観測するのは基本的に前報とおりである。これら計測結果をもとに、国道走行中の車両による排出ガス塊の移送、道路から住宅地への拡散機構と大気質に対する寄与割合を検証する。

加えて、特に最新の排気ガス規制を満足するために後処理装置を装着した車両からのNO₂排出量増大が懸念されるという報告が複数⁽¹⁾⁽²⁾見受けられることから、ここではNO₂排出量も視野に入れて解析を進める。

2. 測定装置および方法

測定に用いたNO_x濃度測定装置および標準ガス発生装置を図1に示す。NO_x濃度測定装置(図1左)の測定原理は化学発光法によるもので、NOにオゾンを反応させるとNOの一部が酸化されてNO₂になる。生成し

* 機械工学科

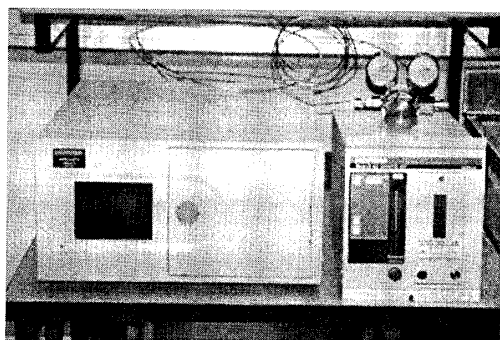


Fig.1 NOx measuring unit
and standard gas generating unit

た NO_2 の一部が励起状態になっており、基底状態に移る NO_2 の一部が励起状態になっており、基底状態に移る時に発光する。その光量が濃度に比例することを利用して測定する⁽³⁾。図1右の標準ガス発生装置には NO 濃度 90ppm 一定の標準ガスを供給し、約 1/1000 の希釈率（固定）により、濃度 90ppb のガス（スパンガス）を NO_x 濃度測定装置に送り込む。ゼロガスを発生する機能も備えている⁽⁴⁾。測定装置の校正及び、次項で述べる基本特性の測定に用いた。

図2には、上述の NO_x 濃度測定装置および標準ガス発生装置を中核とするデータ処理システムを示してある。計測器からのアナログデータを A/D 変換して PC に取り込む一方で、ビデオカメラで撮影した交通流の状況から、車種ごとの通過台数を人間の目によりカウントし集計している。

3. 事前評価

3.1. NO_x 濃度測定装置の基本特性評価

沿道測定に先立ち、 NO_x 濃度測定装置の応答性に関わる基本特性を把握するための評価を実施した。図3に示す特性因子について装置単体を用いて測定した。

ここで T_1 : 立ち上がりの遅れ

T_2 : 吸入停止からの遅れ

T_3 : 測定ガス濃度保持時間

T_4 : 下がり始めてから大気の濃度に戻るまでの時間

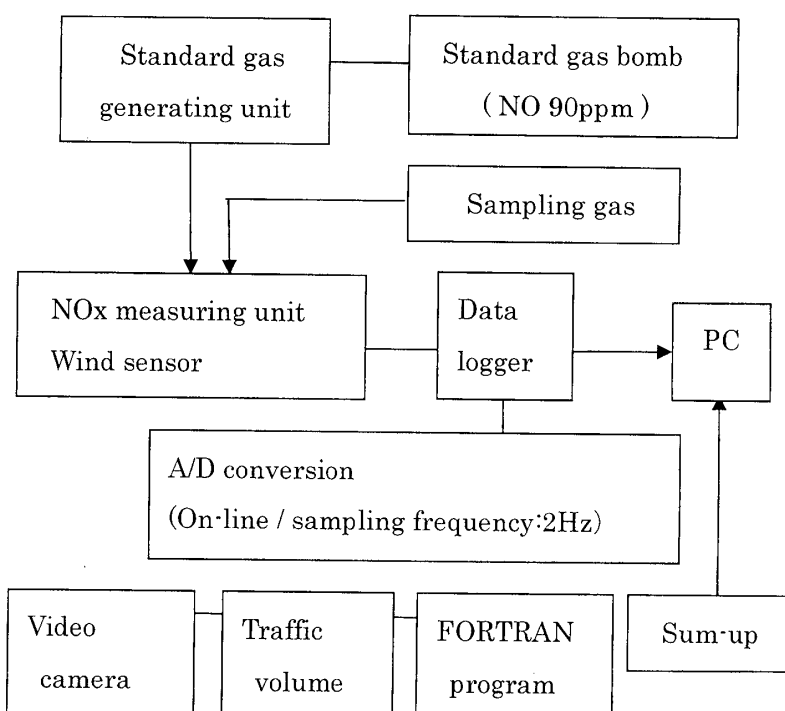


Fig.2 Data acquisition system

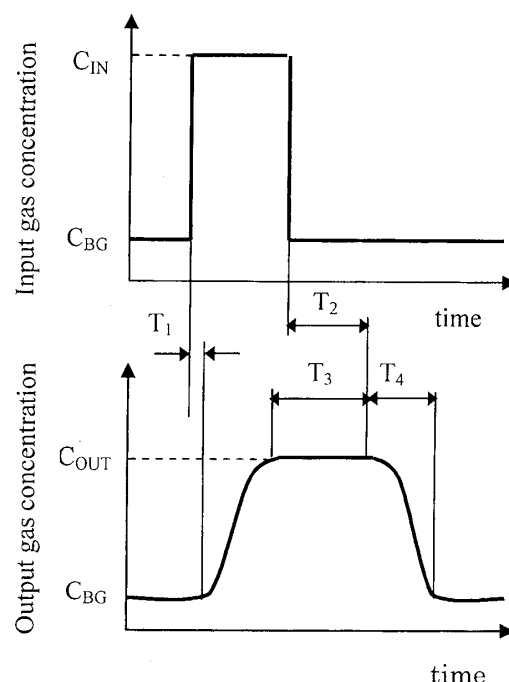


Fig.3 Characteristics
of the NO_x measuring unit

C_{IN} : 入力ガス濃度

C_{OUT} : 測定ガス濃度

(1) 試験方法

NO 標準ガス(濃度 90ppm)を標準ガス発生装置により濃度 90ppb に希釈, これを一定濃度の入力ガスとして使用する. サンプルング時間を 1, 3, 10, 30sec としてパルス状に入力し, 出力値の変化を確認した. (連続して入力する試験も実施した.)

(2) 試験結果

結果を図 4 に示す. 一定濃度(90ppb)の標準ガスを入力した場合, ガスサンプルング時間によらず測定ガス保持時間が 90sec 一定であること, サンプルング時間増加に伴い濃度レベルが上昇し, 最終的に連続入力した場合の 90ppb に近づくことがわかる.

図 5 に示す面積 A1(入力ガス濃度の積分値), A2(出力ガス濃度の積分値)の比較を行なった結果, 両者が等しくなることから出力値は 90 秒移動平均値であると考え, 以下の検討を進めた.

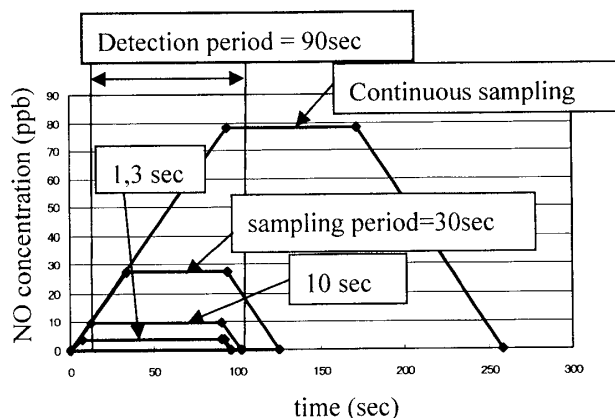


Fig.4 Relationship between sampling period and response period

3.2. 測定装置の応答性向上

3.2.1 測定装置の設定変更

製造元の協力により, 1 台を 1 秒毎の瞬時値を出力できるように設定変更した. (以下, この設定変更した装置を『改造品』, 移動平均値を出力するものを『標準品』と呼ぶ.) この改造品を用いて 3.1 項と同様, 一定濃度 90ppb の入力ガスサンプルング時間を 1, 3, 10, 30sec としてパルス状に入力し, 出力値の変化を確認した. 変更前と比較して図 6 に結果を示す. 図 5 に示す「応答遅れ」がサンプルング時間に関わらず 10sec 程度に短縮され, 検出濃度も 10 秒間のサンプルングで入力値に届くなど, 応答性の向上が明確に表れている. サンプルング間隔が短くても, 検出濃度の精度が向上したといえる.

3.2.2 90 秒移動平均値から瞬時値への変換

設定変更が不可能であるレンタル品については, 90 秒移動平均値を瞬時値に逆算し, 変換する必要がある. そこで, 測定方法に工夫を加え, 瞬時値に変換することとした.

上記, レンタル品の NOx 濃度測定装置は以下に示す①, ②式で示す移動平均値を求めるため, 測定の開始, 終了時に

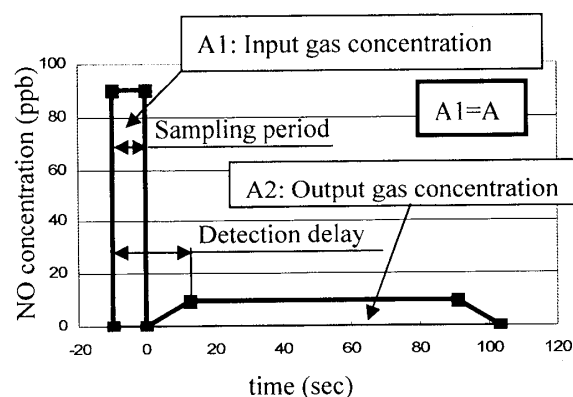


Fig.5 Comparison between integration value of input gas and output gas concentration

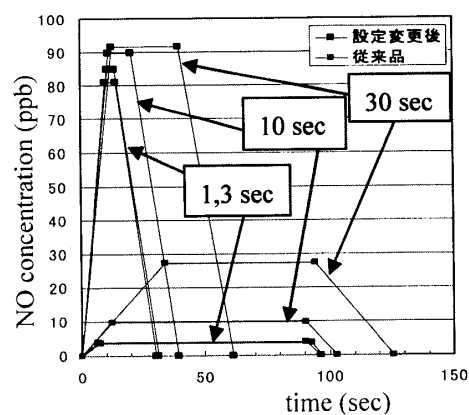


Fig.6 Relationship between sampling period and response period

90 秒間一定濃度の大气をサンプリングする. ③式により, 出力濃度の 90 秒移動平均値から瞬時値へ変更する. 瞬時値(X)は, 次式を用いて算出した.

(1) 90 秒移動平均

$$A_i = \frac{1}{n}(R_{i-n+1} + R_{i-n+2} \cdots \cdots + R_{i-2} + R_{i-1} + R_i) \quad ①$$

$$A_{i-1} = \frac{1}{n}(R_{i-n} + R_{i-n+1} \cdots \cdots + R_{i-3} + R_{i-2} + R_{i-1}) \quad ②$$

上記 2 式から

$$A_i - A_{i-1} = \frac{1}{n}(R_i - R_{i-n}) \quad ③$$

(2) データロガー記録間隔 0.5 秒の場合

$$X_i = X_{i-180} + 180(A_i - A_{i-1})$$

ここで, A_i = 任意の時刻の 90 秒移動平均の濃度
 X_i = 任意の時刻の瞬時値

上記の考え方を検証するため, 図 7 に示す方法で装置単体での応答性チェックを実施した. その結果, 図 3 で示す応答遅れ T_1 は, この条件においては改造品, 標準品での瞬時値変換のケースともほぼ同等であることがわかった. この結果から, 改造品, 標準品を混用しても大きな問題がないことが示され, 以後の測定作業に反映した.

一方, 瞬時値採用による応答性向上の背反事項として, 出力値の精度が確保されにくいという傾向も合わせて見られた. これは, 十分な量のサンプリングガスを吸入できる以前の状態で濃度値を出力することになることが原因と思われる. そこで, 濃度レベル自身を比較するような測定精度を重視する場合には従来どおり「移動平均値」を用い, 応答性を重視する場合に限って「瞬時値」を採用することとした.

4. 沿道測定

これらの事前準備により装置の応答性を向上させた状態で, 沿道での測定に着手した. 観測は, 名古屋市南区元塩町を縦断する国道 23 号線沿道で実施した. 図 8 に観測地点近傍の地図を示す.

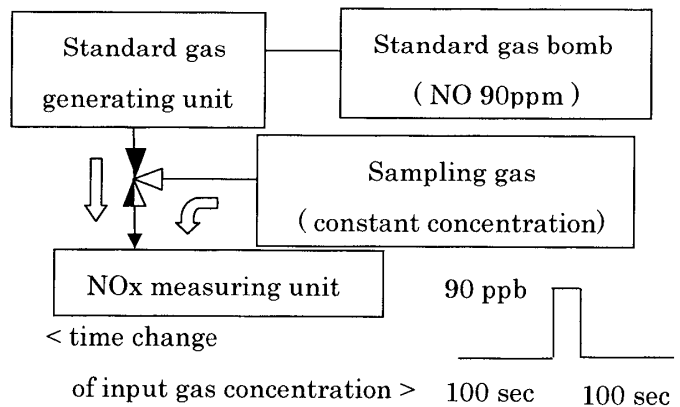


Fig.7 Response check of measuring unit

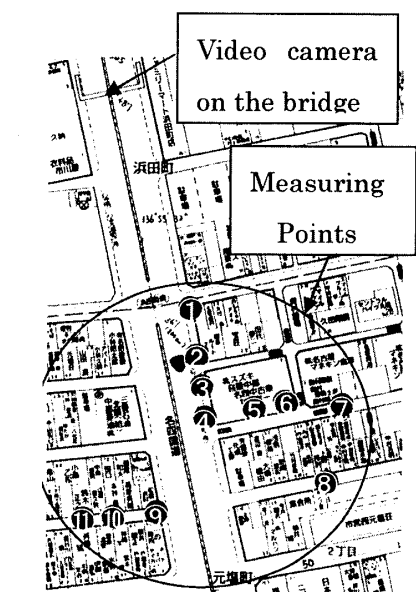


Fig.8 Measuring points

at Motoshio-cho along the Route 23

図中、各観測地点を①～⑪で示してある。交通量は浜田交差点南側に位置する横断歩道橋上から測定した。23号線南北方向走行車両および交差する側道から流入する車両を観測、ビデオカメラに収録している。

5. 測定結果

ここでは、上述の観測地点①～④を用いての国道沿いの排気ガス塊の移動状況及び地点④～⑦を用いたNO_x濃度の減衰状況を主体に報告を進める。

5.1. 国道沿いの排気ガス塊の移動状況(時間分解能)

(1) 観測地点の配置

23号線浜田町交差点から国道沿いに地点①～④(図8参照)の4箇所に計測器を配置して同時測定を行なった。測定点の相対的な位置を図9に示す。

交差点からの距離に対するNO_x濃度の時間変化を図10に示す。交差点から遠ざかるにつれて濃度が上昇するという傾向が測定地点①、②、③間で見られる。ここで地点①のレベルが低いのは、道路端からの距離減衰の結果と考える。すべての時間帯で明確に現れる傾向とはいいがたいが、拡大して示す図11の時点では車の移動に伴い車両間に挟まれた排気ガス塊も移動しているものと推測している。この時点では車の移動に伴い車両間に挟まれた排気ガス塊も移動しているものと推測している。このデータは、3.2.2-3項で述べた瞬時値を用いて表示したものである。

NO₂濃度測定結果を図12に示す。かなりの時間帯で濃度が環境基準を超えており、特に交差点近傍においては常に高濃度で推移するという状態が続いている。ここに示されるデータはすべて国道沿いのものであることから、各地点におけるNO₂濃度も環境基準を超えた状態で、激しく変動しているのがわかる。

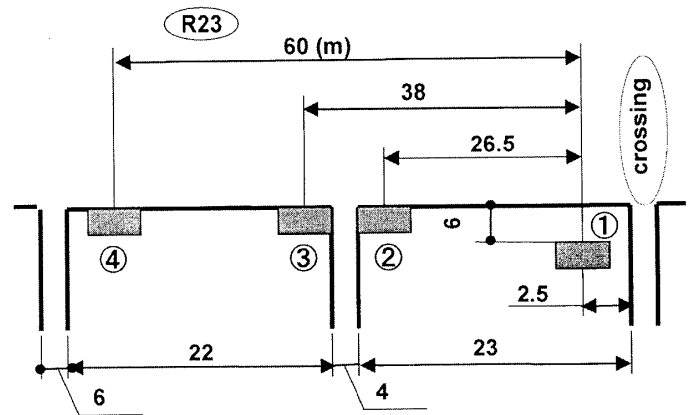


Fig.9 Layout of measuring points

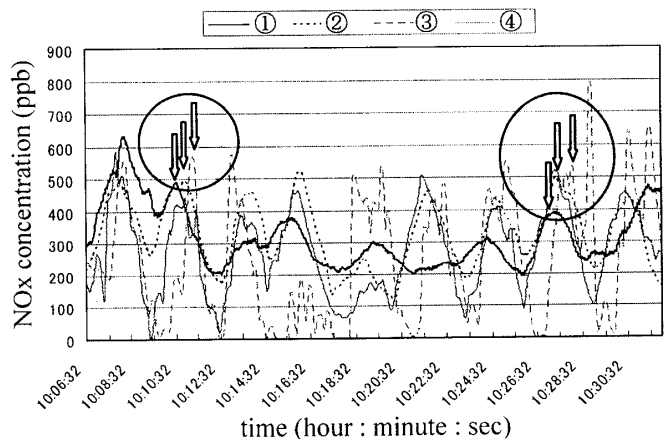


Fig.10 NO_x concentration change

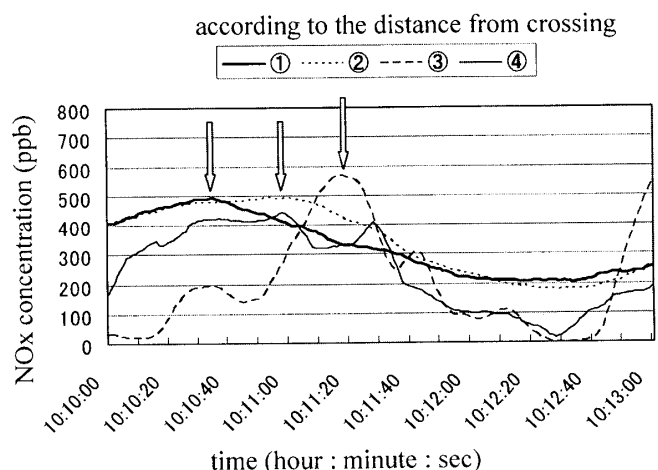


Fig.11 NO_x concentration change

according to the distance from crossing

5.2. NO_x 濃度の距離減衰（空間分解能）

窒素酸化物の拡散状態を調査するため、同時測定する地点数を増やして NO_x 濃度の距離減衰に関する測定を進めた。測定点の配置を図 13 に示す。

図 14 に測定結果を各地点における NO_x 濃度の頻度分布として示す。また、各地点における減少率を平均値、ピーク値について表 1 にまとめた。70m で 76%減と、車道からの間で大きな距離減衰が見られる。また、歩道幅 2m で 20%減衰している（ピーク値）。車道からの距離が増大するに伴い、濃度が減衰するとともに頻度分布の幅が減少、濃度変動が減少し拡散の進んでいることがわかる。

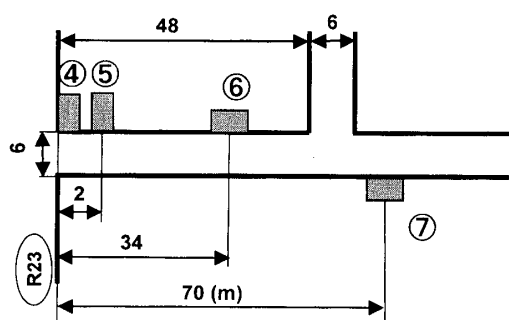


Fig.13 Layout of measuring points

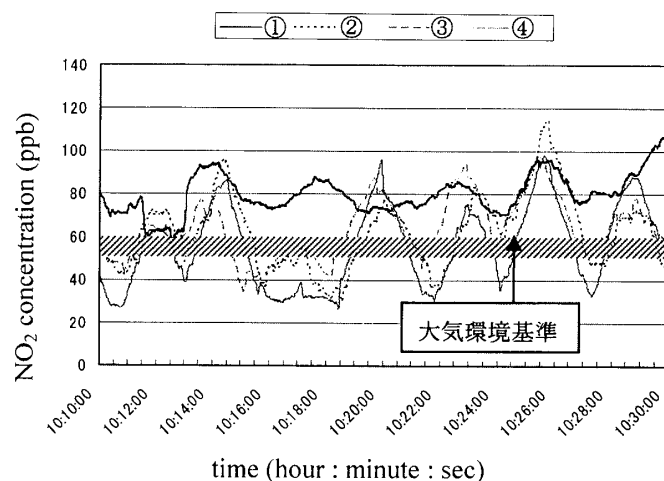


Fig.12 NO₂ concentration change
according to the distance from crossing

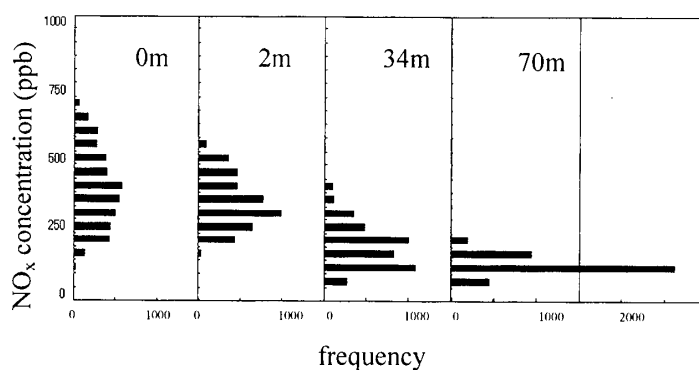


Fig.14 NO_x concentration decrease along with distance

Table 1 NO_x concentration decrease along with distance

	0 m	2 m	34 m	70m
Average(ppb)	361	314	154	86
Decrease rate(%) (vs. 0m)	0	13	57	76
Maximum(ppb)	686	547	403	164
Decrease rate(%) (vs. 0m)	0	20	41	76

図 15, 図 16 はそれぞれ NO_x 濃度および NO₂ 濃度の時間経過を示す. いずれも歩道端 (図 8 の地点⑤) までは国道の影響を強く受けるのに対し, 40m 程度離れば排気ガスの拡散が進むことによりバックグラウンドの状態に落ち着いている. 図 16 の NO₂ 濃度を見ると, 後背地では環境基準を満足するレベルで推移していることがわかる.

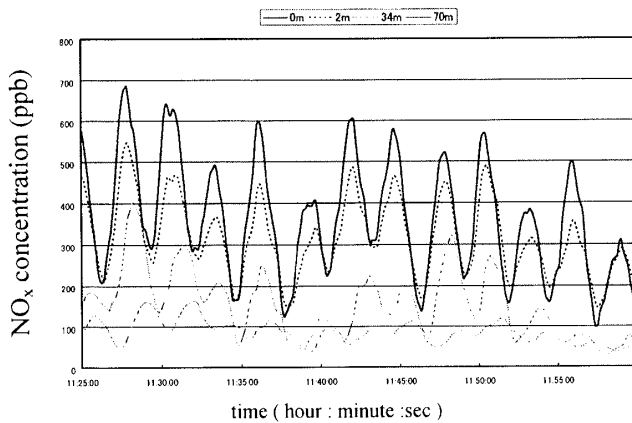


Fig.15 NO_x concentration decrease along with distance

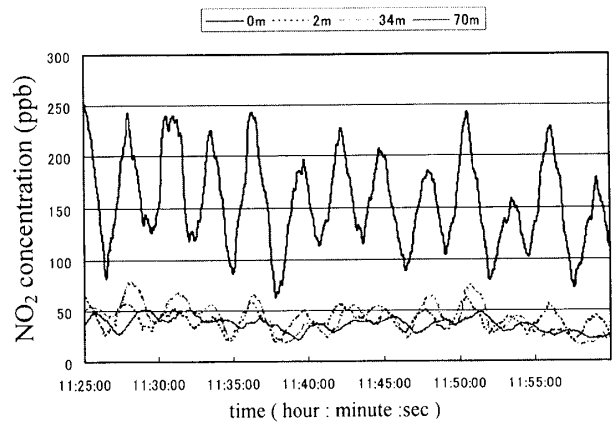


Fig.16 NO₂ concentration decrease along with distance

5.3. NO_x 濃度/O₃ 濃度の相関

この地区は通常北西の方向から風が吹き, 国道西側の NO_x 濃度は概ね低い傾向が見られる. この状態における NO_x 濃度/O₃ 濃度の相関を検討した. 測定点の配置を図 17 に示す. 例えば図中の地点⑨は国道近傍に位置するが, 走行する車両からの排出ガスは, 風により道路東側に移送されるものと考えている.

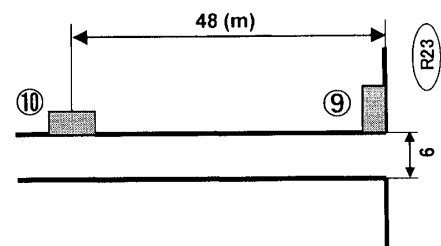


Fig.17 Layout of measuring points

地点⑩における NO_x 濃度/O₃ 濃度の時間経過を図 18 に示す. このように NO_x 濃度が上昇するのに伴い, その時点まではほぼ一様に推移してきたバックグラウンドの O₃ 濃度が減少に転ずる傾向が明確に現れている. 相関を図 19 に表すが, 図中矢印で示した部分が, この安定領域を外れた時間帯における状態である. 新たに流入してきた NO_x による濃度上昇を示す.

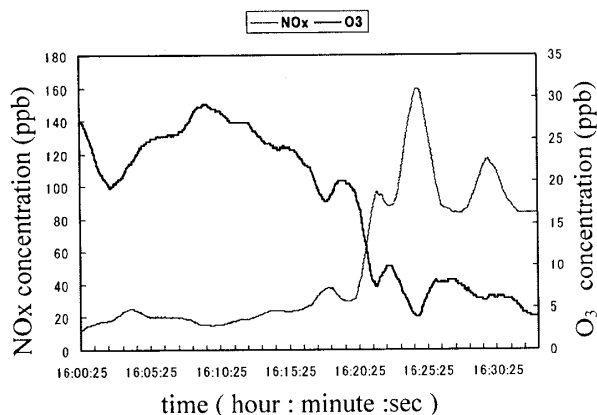


Fig.18 NO_x/O₃ concentration

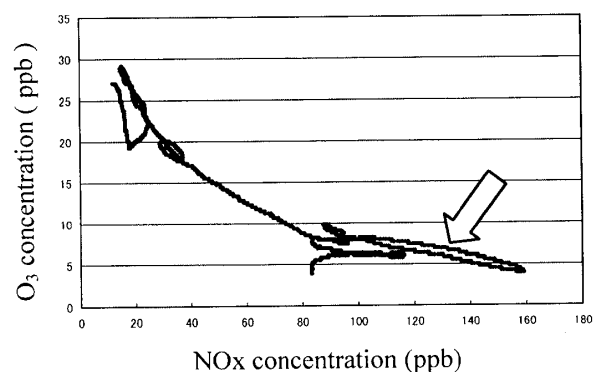


Fig.19 Correlation between NO_x/O₃ concentration

6. まとめ

NO_x 濃度・O₃ 濃度・風向・風速瞬時値の時間変化を複数地点で同時計測、あわせて交通量も観測した。これらの結果をもとに、国道走行中の車両による排出ガス塊の移送、道路から住宅地への拡散機構と大気質に対する寄与割合を解析した。加えて、懸念されている沿道 NO₂ 濃度上昇についても状況を把握した。

今回の観測結果から得られた知見を以下に示す。

- 1) 前報に引き続き、国道に交差する細街路を対象に、車道からの距離を変化させた地点で NO_x 濃度を測定した。同一時間帯での同時測定今回の結果でも大きな距離減衰が認められた。
- 2) 国道沿いに配置した各測定地点における NO_x 濃度ピーク値の発生時期を比較したところ、交差点から離れるに従い、あるタイムラグをもって発生している結果が得られた。車の移動に伴い車両間に挟まれた排気ガス塊も移動しているものと推測している。
- 3) 沿道の NO₂ 濃度は、環境基準を超えるレベルで推移している。一方、住宅地ではほぼ基準内におさまる。
- 4) 住宅地内での NO_x 濃度/O₃ 濃度測定結果から、新たに流入してきた NO_x による濃度上昇が両者に相関のある安定領域からはずれることを示した。
- 5) ここでは具体的な数値、グラフを示すことができなかったが、瞬時値を用いた NO_x 濃度測定結果において、信号の切り換え・交通量・気流との関係に明確な傾向が見られない。

参考文献

- (1) 小林伸治他：排気後処理装置付ディーゼル車からの NO₂ 排出特性，自動車技術会学術講演会前刷集，20075106 (2007)
- (2) 鈴木央一他：後処理付ディーゼル車の NO₂ 排出特性の解析，自動車技術会学術講演会前刷集，20075357(2007)
- (3) 堀場製作所：大気汚染監視用窒素酸化物濃度測定装置 APNA-370 オペレーションマニュアル
- (4) 堀場製作所：標準ガス発生器 SGGU-610 取扱説明書

(平成 20 年 3 月 31 日受理)