

## 自動車の通行に伴う沿道の大気汚染の計測

小栗 彰\*

### Measurement of roadside air pollution due to vehicle traffic

Akira OGURI

The concentration of  $\text{NO}_2$  in air in Japan has been gradually reduced by means of stringent exhaust gas regulations. However, environmental standards are not still satisfied in some urban areas. In addition, concerns over  $\text{NO}_2$  emission increase from vehicles with latest exhaust gas after-treatment system have been pointed out by several researchers. In their reports the concentration is calculated using data from the air pollution monitoring station, or measured using actual vehicles on the test bed. In this report, measurement of air pollution has been carried out at road side and the concentration of  $\text{NO}_2$  has been measured directly. These data show a good agreement with the results stated above and it is necessary to continue measurement to monitor roadside air pollution status.

#### 1. 緒言

近年、大気汚染物質による道路沿道の汚染が問題になってきた。これらの物質のうち二酸化窒素 ( $\text{NO}_2$ ) の濃度は、ここ数年ほぼ横ばいながらもゆるやかな改善傾向を示している。そのような状況のもと、大都市部では依然として基準を満足していない地区も散見される。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  $\text{NO}_2$  排出量増大が懸念されるという内容が複数の論文<sup>(1)・(3)</sup>で報告されている。

トヨタ自動車はこの件に注目した論文<sup>(1)</sup>を発表し、下記の考え方をもとに解析を進めている：沿道の  $\text{NO}_2$  は、付近に  $\text{NO}_x$  の大規模発生源がなければ、①周辺から流入する大気中の  $\text{NO}_2$ 、②自動車から直接排出される  $\text{NO}_2$ 、③自動車から排出される  $\text{NO}$  と  $\text{O}_3$  との酸化反応により発生する  $\text{NO}_2$  で構成される。この考え方に対し今回、実測値に基づいた検証データの採取などを目的とする研究を実施した。

これまで我々は、交通量の多い愛知県名古屋市南区国道 23 号線沿道及び細街路を対象に  $\text{NO}_x$  濃度、 $\text{O}_3$  濃度瞬時値の変化と風向、風速、交通量を同時計測し解析してきた。「沿道の大気汚染状況に関する計測」<sup>(4)</sup>において、沿道  $\text{NO}_x$  濃度は信号の切換りに同期して周期的な変動を繰り返す、国道からの距離増加に伴い濃度が減衰する傾向を示した。また第 2 報<sup>(5)</sup>では、 $\text{NO}_x$  濃度の距離減衰をさらに詳細に測定することにより定量的に把握し、排気ガス塊が車両間に挟まれた状態で移動する可能性にも言及した。これらの研究成果を考慮しながら本研究では、名古屋に比較

---

\* 機械工学科

して交通量は少ないが，福井で自動車排出ガス測定局が設置されている数少ない地区，国道 8 号線沿道を対象にして測定を進めた．

## 2. 測定装置および方法

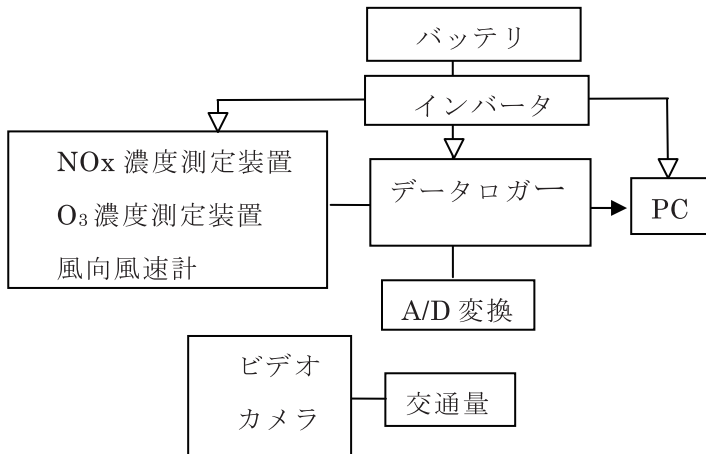


図 1. 測定データ，解析の流れ

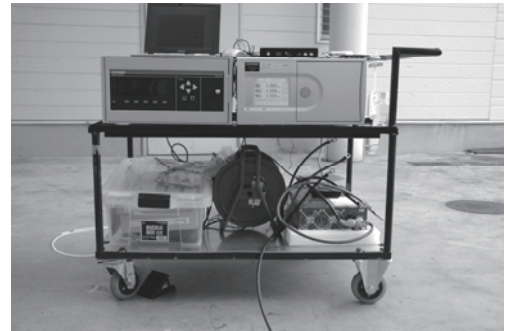


図 2. 測定装置（台車搭載）

測定原理に化学発光法を採用した NOx 濃度測定装置を中核とするデータ処理システム（図 1）を構築したうえで，バッテリーの直流電圧をインバータによって交流電圧に変換する電源ユニットを備えることにより 100V 電源が不要となり，測定点選定の自由度を高めた状態で計測を実施した．図 2 に示すように台車上に計測器一式および電源としてのバッテリー，インバータを搭載している．

### 2. 1 自動車から直接排出される NO<sub>2</sub>

トヨタ自動車が考案した算出方法<sup>(1)</sup>を以下に示す．

$$NO_2 \text{ 一次} = NO_2 \text{ 沿道} - NO_2 \text{ 周辺大気} - NO_2 \text{ オゾン酸化} \quad \dots (1)$$

$$NO_2 \text{ オゾン酸化} = O_3 \text{ 周辺大気} - O_3 \text{ 沿道} \quad \dots (2)$$

$$NO_X = NO_X \text{ 沿道} - NO_X \text{ 周辺大気} \quad \dots (3)$$

$$\text{比率} = NO_2 \text{ 一次} / NO_X \quad \dots (4)$$

ここで  $NO_2$ 、 $O_3$ 、 $NO_X$  はそれぞれ  $NO_2$ 、 $O_3$ 、 $NO_X$  の濃度を示す．上記のように，「沿道」と「周辺大気」を代表する 2 箇所の測定点における  $NO_X$  と  $O_3$  の測定値により自動車から直接排出される  $NO_2$  の濃度（ $NO_2$ ）を推計する．

### 3. 観測地点

福井市国道 8 号線沿道及び細街路に配置した観測地点を図 3 の①～⑧に示す。測定に先立ち国道の排気ガスの影響を受けない「周辺大気」としてのガスをサンプリングする地点の検討から始めた。

図 4 において地点(8-1)、(8-2)、(7)の順に連続して測定した結果のうち、NO<sub>x</sub> 濃度を図 5 に示す。地点(8-1)、(8-2)では濃度が高く変動も大きいのが、地点(7)まで移動することにより多少のピークは見られるものの、濃度がある程度変動の小さいレベルに収まることがわかる。

次に、観測地点を⑤、⑥、⑦(図 3)と移動させて沿道に対する NO<sub>x</sub> 濃度の減衰状態を確認した。図 6 に地点移動に伴う濃度の減衰状態を頻度分布と合わせて示す。それぞれの地点において 0.5 秒毎に得られる濃度値の頻度を指している。地点⑤から⑥への移動により濃度のピーク値が大きく低下するのに対し、それ以降ではほぼ一定の値で推移することがわかる。また、国道の車両の影響を受けて濃度の変動幅が広い地点⑤に比べて地点⑥、⑦では変動幅が狭まる傾向にあり、ガスが拡散していることを示している。国道 8 号線(R8)からの距離と NO<sub>2</sub> 濃度の減衰の関係を表 1 にまとめた。

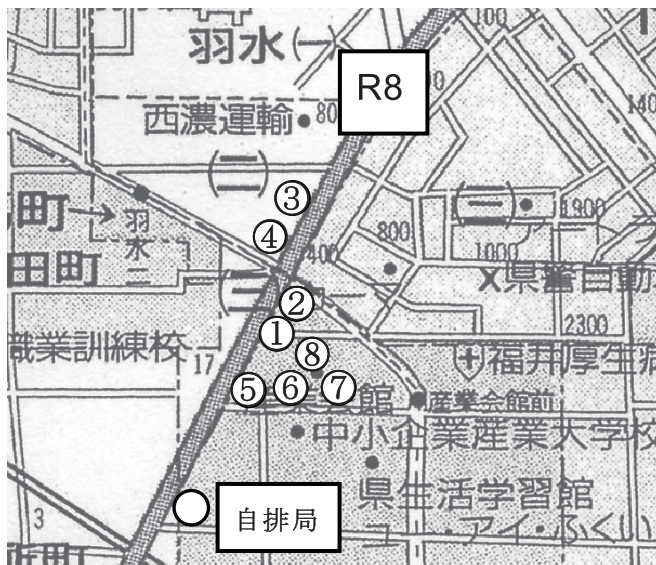


図 3. 国道 8 号線沿道 観測地点

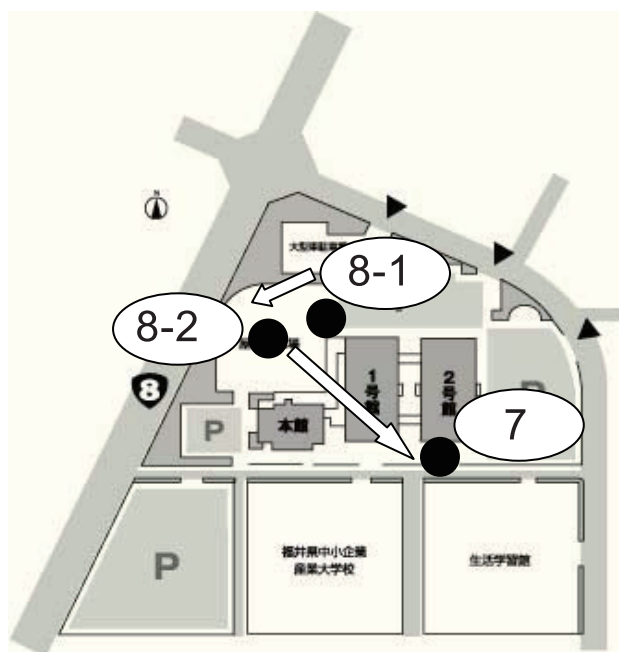


図 4. 「周辺大気」サンプリング地点検討

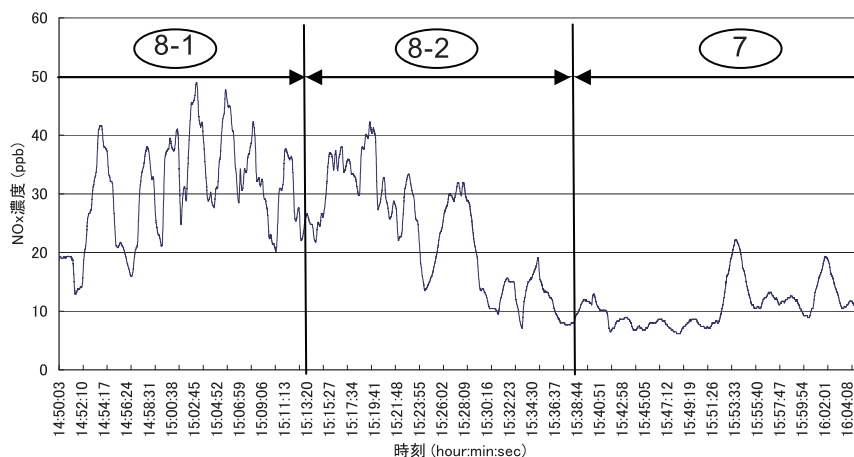
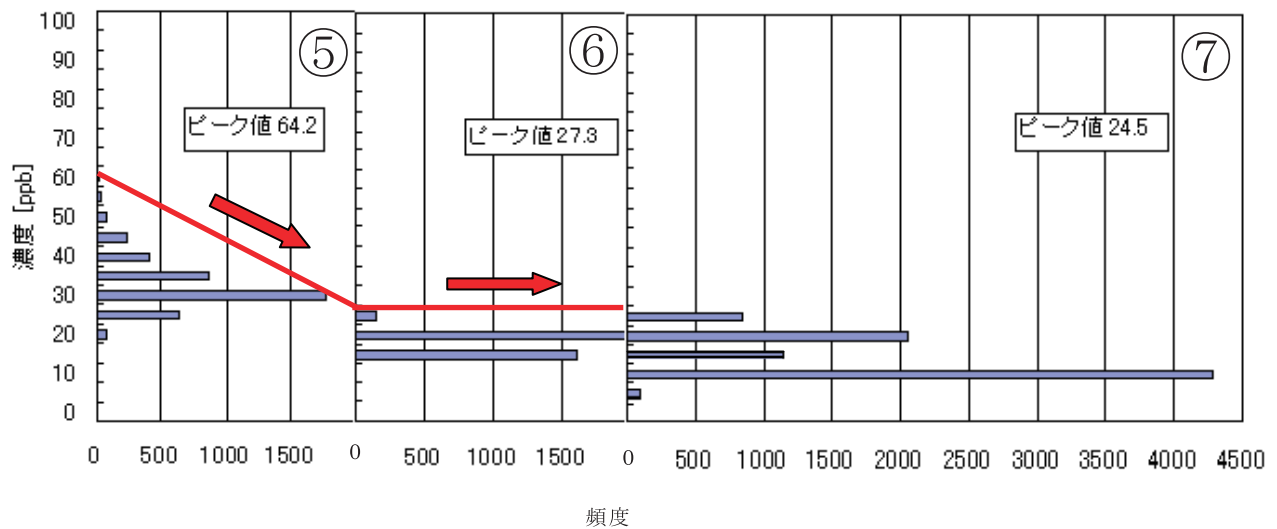


図 5. 測定地点移動による NO<sub>x</sub> 濃度変化

図 6. 地点移動に伴う NO<sub>2</sub> 濃度の減衰と頻度分布表 1. 地点移動に伴う NO<sub>2</sub> 濃度（平均値・ピーク値）の減衰

	地点⑤	地点⑥	地点⑦
R8 からの距離 [m]	0	141	196
NO <sub>2</sub> 濃度 平均値 [ppb]	30.0	15.5	12.0
沿道との濃度比[%]	100	51.5	39.0
NO <sub>2</sub> 濃度 ピーク値 [ppb]	64.0	27.0	24.5
沿道との濃度比[%]	100	42.5	38.0

これらの結果から、地点⑦を「周辺大気」サンプリング点として選出することに問題がないことを検証した。

#### 4. 測定結果

ここでは図 7 に示す地点③、④を「沿道」、地点⑦を「周辺大気」として測定、それぞれのデータから算出した「自動車から排出される NO<sub>2</sub> 濃度」を交通量に差の見られる時間帯を選んで以下に示す。

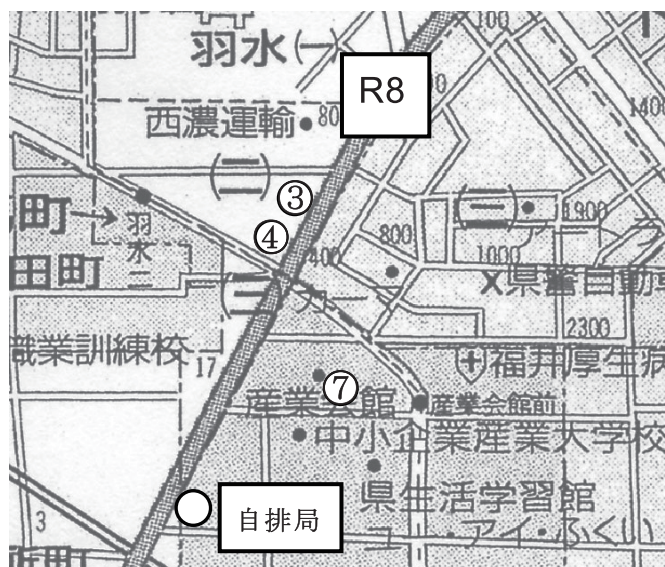


図 7. 観測地点③、④の配置



## 4. 1 乗用車主体の時間帯（測定日 b）

信号の切り換え毎の車両通過台数と車種割合を図 8 に示す。この時間帯は 7 時台の通勤ラッシュで多くの車両で渋滞しており、乗用車の比率が高い。地点③において直接排出される  $\text{NO}_2$  濃度の時間経過を図 9 に、図 10 には車両から排出される  $\text{NO}_x$  に対する  $\text{NO}_2$  の濃度の比率  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  を示している。 $\text{NO}_2$  濃度は乗用車主体ということから低め、 $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  比率は 8%を示している。

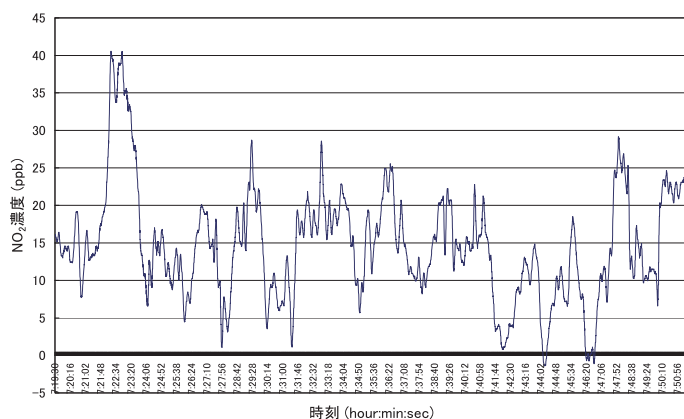
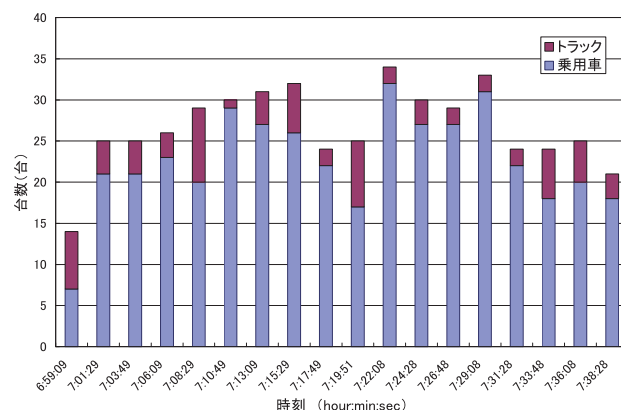
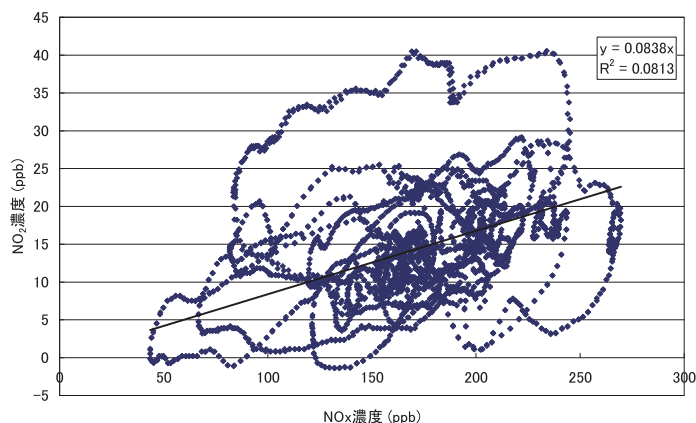
図 9.  $\text{NO}_2$  濃度の時間経過（地点③/測定日 b）

図 8. 通過台数と車種割合（測定日 b）

図 10.  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  比率（地点③/測定日 b）

## 4. 2 トラック主体の時間帯（測定日 c）

信号の切り換え毎の車両通過台数と車種割合を図 11 に示す。早朝のこの時間帯は通過台数が少なく、交通の流れも良好である。また、トラックの比率が高い。

地点③において直接排出される  $\text{NO}_2$  濃度の時間経過を図 12 に、図 13 には車両から排出される  $\text{NO}_x$  に対する  $\text{NO}_2$  の濃度の比率  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  を示す。トラック主体のこの時間帯は通過台数が少ないにもかかわらず  $\text{NO}_2$  濃度は高めで推移し、 $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  比率は 21%を示している。

全測定データを表 2 にまとめる。

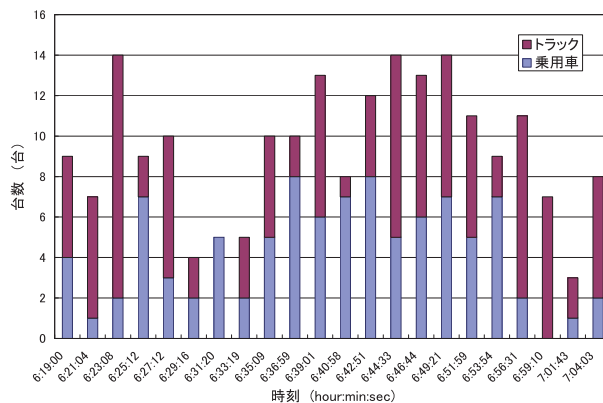
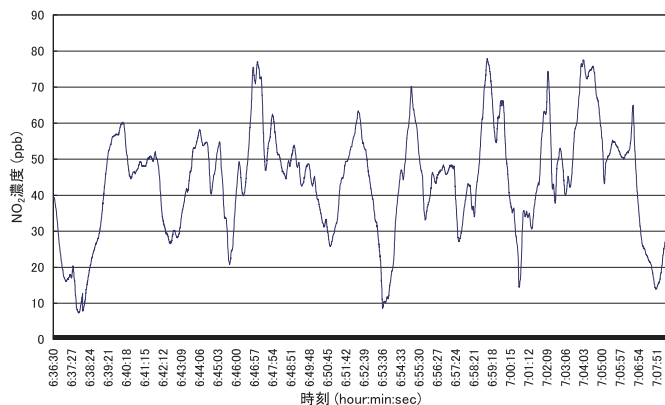
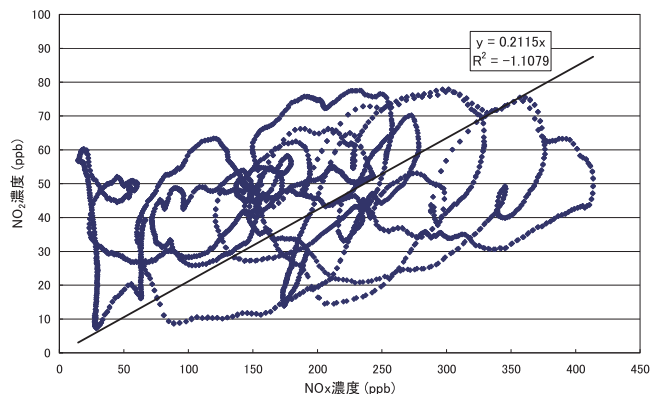


図 11. 通過台数と車種割合（測定日 c）

図 12. NO<sub>2</sub>濃度の時間経過 (地点③/測定日 c)図 13. NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> 比率 (地点③/測定日 c)表 2. NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> 比率 測定結果一覧

測定日	時間帯	地点③	地点④	交通量
a	15 : 20 : 39 ~ 15 : 52 : 02	10.7		多い. 乗用車主体
	14 : 55 : 29 ~ 15 : 57 : 23		16.2	流れ良好
b	6 : 13 : 05 ~ 6 : 41 : 58	8.7		少ない. 流れ途絶える
	6 : 12 : 15 ~ 6 : 44 : 13		20.7	大型トラック主体
	7 : 19 : 30 ~ 7 : 51 : 26	8.4		ラッシュ. 渋滞 (図 10)
	6 : 57 : 48 ~ 7 : 51 : 26		17.3	
	8 : 37 : 48 ~ 8 : 57 : 24	8.8		ラッシュ. 渋滞
	7 : 52 : 26 ~ 8 : 37 : 49		17.5	
c	6 : 36 : 30 ~ 7 : 08 : 25	21.2		少ない. 流れ良好 (図 13)
	6 : 01 : 29 ~ 6 : 34 : 15		20.1	大型トラック主体

測定日 c の地点③を除けば, 地点③は 8.5~11 % 程度, 地点④は 16~20 % 程度の値を示し時間帯によらず地点④が高いという明確な傾向が見られる. 要因として, 地点④では交差点から加速する 8 号線通過車両に加えて, 交差する道路から流入する車両が加速する際に排出されるガスの影響も考えられる. 交通量との関連から各時間帯での結果を考える.

#### < 地点③ >

- (1) 測定日 a : 乗用車主体であるが, 台数が多いこと, 流れが良好なことが影響して, やや高め.
- (2) 測定日 b : 流れが途絶える, あるいは渋滞のためアイドリング状態の排出ガスの影響で比率は低め.
- (3) 測定日 c : 大型トラック主体で, 流れも良好なことから地点④と同等の結果.

#### < 地点④ >

- (1) 測定日 a : 乗用車主体の流れの影響を受け, やや低めの値.
- (2) 測定日 b : ラッシュアワーの渋滞時においても, この地点までは車は流れており台数の影響を

受けて高めの値。大型トラック主体の時間帯では、渋滞時よりもさらに高め。

(3) 測定日 c：測定日 b の大型トラック主体の時間帯と同レベル。

これらの測定結果を前述のトヨタ自動車の試算結果<sup>(1)</sup>等と対比させてみる。図 14 は 2. 1 項において式(1)～(4)で示した  $NO_2/NO_x$  比率算出方法の考え方を図示したものである。「沿道」と「周辺大気」のデータはそれぞれ大気汚染常時監視測定局[一般環境大気測定局（一般局）と自動車排出ガス測定局（自排局）]の濃度一時間値として得られる。ここでは東京都内有数の汚染地区である大田区の松原橋に焦点を当て、「沿道」には松原橋自排局のデータを「周辺大気」には近傍の品川 1 一般局のデータを用いて試算している。図 15 がその結果であり、回帰直線の勾配から  $NO_2/NO_x$  比率は平均 7vol%であったとしている。なお、図中にも記載があるようにオゾン濃度が非常に低いため、2. 1 項の式(2)に示すオゾン酸化により発生する  $NO_2$  は無視している。

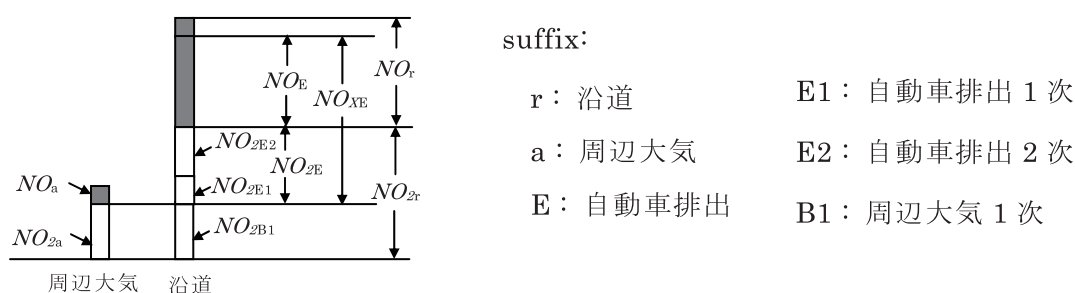


図 14. 沿道  $NO_x$  濃度の構成<sup>(1)</sup>

また交通安全環境研究所は、実験室内のシャシダイナモ上で実走行を模擬した条件で大型トラックを走行させて、排出される  $NO_2$  の濃度を測定している<sup>(2)</sup>。対応する排出ガス規制のレベルによって異なる排気ガス浄化システム（後処理システム）を装着した車両と未装着の車両について評価した結果、システムによっては、かえって  $NO_2$  濃度が上昇するという例も見られた。ここでの  $NO_2/NO_x$  比率は、

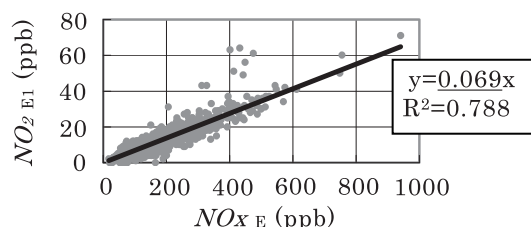
後処理システム未装着の車両の場合 2～20%であり装着車両はシステムによって大きくばらつく。

今回の沿道での測定結果をこれらのデータと比較すると、絶対値ではトヨタ自動車の試算結果および交通安全環境研究所の測定結果と近いレベルとなり、フィールド・データによりトヨタの  $NO_2/NO_x$  比率推計方法を検証するためのデータを採取することができたものとする。

## 5. まとめ

沿道測定値から  $NO_2/NO_x$  比率を求めた。

(1) トヨタ自動車考案の推計式中、国道の排気ガスの影響を受けない風上の「周辺大気」として



Matsubarabashi site, FY2005,  $O_3 a \leq 1$

図 15.  $NO_2/NO_x$  比率 試算結果<sup>(1)</sup>

のガスをサンプリングする地点の検討から始めた。計器台車を移動させながらサンプリングを続けた結果、国道から 200m 離れた後背地における位置を「周辺大気」の地点とした。この選択は  $\text{NO}_2$  濃度の距離減衰の結果から問題ないことを確認している。

- (2) 測定は国道沿いに 2 箇所を配置して実施した。その結果、交差点に近い地点（地点④）での  $\text{NO}_2 / \text{NO}_x$  比率は 16~20%，28m 下流側の地点（地点③）では 8.5~11 % のレベルとなった。同一地点内で大きなばらつきはなく、時間帯によらず交差点寄りの地点が高いという明確な傾向が見られる。要因として、地点④では交差点から加速する 8 号線通過車両に加えて、交差する道路から流入する車両が加速する際に排出されるガスの影響も考えられる。

絶対値はトヨタ自動車の試算結果および交通安全環境研究所の測定結果とほぼ同等のレベルである。これは今回の測定結果の妥当性を表しているとともに、今後データを蓄積することにより上記計算手法の検証が可能であることを示唆している。

- (3) 国道上の車の流れとの関連から各時間帯での結果について考察を加えたところ、車種（乗用車・トラック）、通過台数（多い・少ない）、流れ（良好・渋滞）が要因となり複雑に絡みあうという知見を得た。また、交通の流れを推定するひとつの指標としても使える可能性がある。

#### 参考文献

- (1) 林 大介他：自動車排出  $\text{NO}_x$  低減による沿道  $\text{NO}_2$  濃度低減効果の予測，自動車技術会学術講演会前刷集，20075796 (2007)
- (2) 鈴木央一他：後処理付ディーゼル車の  $\text{NO}_2$  排出特性の解析，自動車技術会学術講演会前刷集，20075357 (2007)
- (3) 小林伸治他：排気後処理装置付ディーゼル車からの  $\text{NO}_2$  排出特性，自動車技術会学術講演会前刷集，20075106 (2007)
- (4) 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，第 37 号（第一部）（2007.5）
- (5) 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，第 38 号（第一部）（2008.5）

（平成 21 年 3 月 31 日受理）