

## 〈資料〉

# 道路周辺における窒素酸化物汚染について\*

—全国自排局測定結果にもとづく検討—

小川和雄\*\*・竹内庸夫\*\*

## 1. はじめに

昭和53年7月のNO<sub>2</sub>環境基準改訂以後、全国の一般環境測定局の大半は環境基準を満たすようになったが、自動車排出ガス測定局（以下自排局と記す）では非達成のところが多く、依然として高濃度汚染が続いている。このような沿道大気汚染を把握するため、自排局をどこに、どれだけ設置するのかということは各自治体の判断に委ねられているので、その設置条件はそれぞれ異なっている。したがって、それらの自排局の測定結果だけを、単に環境基準との適否で一律に評価するのは問題がある。

また、近年、道路建設にともなう環境アセスメントでは、NO<sub>x</sub>の拡散計算が行われているが、これは現状モデルを構築してから予測する総量規制型シミュレーション<sup>1)</sup>と異なり、実測値による検証が不十分なものが多く、しかも大半は直接予測値を算出してしまいうため、排出係数や拡散式、NO<sub>2</sub>転換式等に相当の開きがある現状では、予測結果の審査にも決め手がないのが現状である。

そこで、本稿では、現状で最も信頼性の高い、全国自排局の測定結果をもとに、自動車交通量や、自排局の設置条件とNO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub>濃度の関係について明らかにし、沿道大気汚染の予測および審査を支援する基礎資料を得たので、その結果について報告する。

## 2. 調査方法

昭和55年度の全国のNO<sub>x</sub>測定自排局は241局<sup>2)</sup>で、このうち、3局以上を有する27都道府県、210局について、21項目のアンケート調査を行った。主な質問内容は次のとおりである。

1) 自排局および、それに最も近い一般環境局（以下環境局と記す）のNO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub>濃度（年平均値、日平均値の年間98%値）、両局間の距離。

2) 対象道路の種類、車線数、12時間交通量、同大型車交通量。

表1 自排局の設置条件

区 分		局数	区 分		局数	
道路構造	単路A <sup>1)</sup>	121	路端採気口間距離	5 m以下	108	
	単路B	28		～10 m	53	
	交差点	50		～20 m	19	
	2階建道路 <sup>2)</sup>	3		～30 m	8	
～50 m				5		
車線数	1～2車線	70	51 m以上	51 m以上	9	
	4車線	87		採気口高さ	4 m未満	137
	6車線	32			～6 m	47
	8車線以上	13			～8 m	5
交通量(台/12hr)	1万台未満	17	～10 m		2	
	～2万	57	10 m以上	11		
	～3万	42	周辺建物高	0～2階建	115	
	～4万	36		3～4階建	54	
	～6万	33		5～6階建	21	
	～8万	5		7階建以上	12	
8万台以上	9					

1) 自排局設置地点から100m以内に同規模以上の道路がある場合を「単路B」、無い場合を「単路A」とした。

2) 高架と平面道路が平行している場合のみ。

3) 3局の交通量は不明である。

表2 自排局・環境局のNO<sub>2</sub>濃度ランク別(年平均値)自排局数

環境自排	15 ppb 未満	～20	～25	～30	～35	～40	40 ppb 以上	計
20ppb 未満	4	3	1	1	0	0	0	9
～25	5	6	1	2	0	0	0	14
～30	3	11	8	3	0	0	0	25
～35	2	9	16	12	2	0	0	41
～40	1	3	10	10	2	4	0	30
～50	0	2	2	14	5	8	0	31
50ppb 以上	0	1	0	1	5	12	6	25

備考) 両局間距離5 km以内(n=175)のものを使用した。

\* Behavior of NO<sub>x</sub> in the Vicinity of Roads. —Using 202 Motor Vehicle Exhaust Monitoring Stations Data—

\*\* Kazuo OGAWA, Tsuneo TAKEUCHI (埼玉県公害センター) Saitama Institute of Environmental Pollution

表3 路端距離、交通量別 NO、NO<sub>2</sub> 濃度（年平均値）

（単位：ppb）

項目 距離 (95/12h)	NO <sub>x</sub>								NO <sub>2</sub>								局数
	1未満	～2	～3	～4	～6	～8	8以上	平均	1未満	～2	～3	～4	～6	～8	8以上	平均	
5 m未満	63	103	114	131	162	180	244	130	25	32	35	37	46	49	53	38	105
～10 m	55	72	97	107	29	—	50	91	23	29	33	33	38	—	46	32	52
～15 m	37	52	99	149	75	63	—	82	19	21	34	42	32	14	—	29	12
～20 m	—	45	79	77	22	—	—	81	—	22	29	31	41	—	—	30	7
～30 m	—	91	63	85	68	—	—	75	—	43	29	38	34	—	—	35	8
30 m以上	—	47	77	64	72	—	67	62	—	23	34	31	36	—	31	29	15
平均	57	87	97	114	145	157	205	108	23	30	33	36	43	42	49	34	
局数	17	57	42	36	33	5	9		17	57	42	36	33	5	9		199

3)道路端から採気口までの距離(以下路端距離と記す)、採気口の高さ、周辺建物高、道路と自排局の位置関係等。

回収されたアンケートは202局分で回収率は96%、これは全国自排局総数の84%に相当する。

なお、一部未記入のあった12時間交通量については、各自治体の道路管理部局に問い合わせをして補足した。

### 3. 調査結果

#### 3・1 自排局の設置条件と NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub> 濃度

全国の自排局は表1に示すとおり、きわめて多様な設置条件下にある。したがって、設置条件が NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub> 濃度（以下、断りのない限り年平均値とする）におよぼす影響は、設置条件を階級区分して集計することにより、明らかにすることができると考えられる。

大気環境中の汚染レベルは一般に、汚染質の後背地濃度、発生源活動の大きさ、発生源からの距離、および、これらを媒介する気象条件で決定されることから、ここでは自排局設置道路の後背地濃度、交通量、路端距離、および採気口の高さについて整理し、以下の結果を得た。

##### 3・1・1 後背地 NO<sub>2</sub> 濃度の影響

後背地の汚染レベルを判断する資料として、自排局に最も近い環境局の NO<sub>2</sub> 測定結果を用いた。両局間の距離は、約 100 m から10数 km であり、そのうち 1 km 以内が55局（27%）、3 km 以内が149局（74%）である。都市域でこれだけ離れている環境局を後背地として扱うには無理があろうが、両局間距離 5 km 以内の自排局 175局について、両局の NO<sub>2</sub> 濃度階級別に集計した結果は表2のとおりである。自排局の 25 ppb 未満の区分で数局が環境局の濃度を下回ったほかは、自排局の濃度が環境局を上回った。自排局の 25 ppb 以上 30 ppb 未満の局は環境局で 15 ppb 以上 25 ppb 未満、自排局 35 ppb 以上 40 ppb 未満では環境局 20 ppb 以上 30 ppb 未満に

多く分布するなど、両局の濃度間には相関性がみられ、自排局の濃度には、後背地濃度の影響が大きいことが示された。

3・1・2 交通量および採気口位置と NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub> 濃度  
路端距離、交通量（以下すべて12時間交通量）別 NO<sub>x</sub>、NO<sub>2</sub> 濃度を表3に示す。

交通量別の NO<sub>x</sub> の平均値は、後背地濃度がそれぞれ異なるにもかかわらず、10,000台未満の 57 ppb から 80,000台以上の 205 ppb まで、交通量の増加に比例して高濃度となった。また、路端距離別の NO<sub>x</sub> 濃度の平均値は、5 m 未満の 130 ppb から 30 m 以上の 62 ppb まで、路端距離が離れるほど低濃度となり、NO<sub>x</sub> 測定値に大きな影響を与えていることが示された。

路端距離別に、交通量と NO<sub>x</sub> 濃度の関係をみると、路端距離 10 m 未満までは交通量に比例して NO<sub>x</sub> 濃度が増加したが、それ以上離れると自動車排出ガスの影響が弱まり、相対的に後背地濃度の影響が強まるためか、この関係があいまいなものとなった。交通量別に路端距離の影響をみると、データ数の少ないところで若干の不整合がみられるが、全体的には各交通量別とも路端距離が離れるにしたがって、NO<sub>x</sub> 濃度は明確に低下の傾向を示した。

路端距離、交通量別の NO<sub>2</sub> 濃度についても、おおむね、NO<sub>x</sub> と同様の傾向がみられている。この表から、平均的には、交通量20,000台程度の道路近傍は、環境基準の指針とされている、年平均値 30 ppb<sup>3)</sup> を超過する可能性が高いことが読みとれる。

表4 採気口高さ別 NO<sub>x</sub> 濃度（年平均値）

項目	採気口高さ				
	4 m 未満	～6 m	～8 m	～10 m	10 m 以上
NO <sub>x</sub> (ppb)	112	109	76	45	86
局数	134	47	5	2	11

表5 路端距離、車線数、交通量ランク別 NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)

交通量(万台/12hr)		1未満	~2	~3	~4	~6	~8	8以上	平均	局数
路 端 距 離	5 m未満	42	32	31	30	29	28	24	31	105
	~10 m	42	41	36	32	29	—	30	37	52
	~15 m	51	40	34	30	43	23	—	38	12
	~20 m	—	50	35	40	34	—	—	39	7
	~30 m	—	47	45	44	49	—	—	45	8
	30 m以上	—	53	44	48	50	—	—	49	15
車 線 数	1~2車線	43	38	36	37	—	—	—	39	68
	4	47	36	36	32	30	25	23	33	86
	6	—	—	37	39	33	24	30	34	32
	8	—	—	43	45	33	37	33	35	11
	9車線以上	—	—	—	52	46	—	—	49	2
平均		43	37	36	34	31	27	28	35	
局数数		17	57	42	36	33	5	9		199

なお、参考までに、昭和56年度自排局のNO<sub>x</sub>測定結果<sup>9)</sup>について、表3と同様の集計を行ったところ、路端距離別では、5 m未満区分から30 m以上区分までのそれぞれの平均値は、131, 90, 83, 79, 70, 65 ppb、交通量別では同様に、10,000台未満区分から80,000台以上区分まで、それぞれ、56, 92, 97, 111, 141, 152, 205 ppb、全平均値は108 ppbで、昭和55年度に比べ、ほとんど変化はみられなかった。

採気口の高さの影響については表4に示したとおり、路端距離ほど明瞭ではないが、およそ、高さ6 mを境にして、それ以上の高さでは若干低濃度となる傾向を示した。

### 3・1・3 交通量、路端距離とNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)

道路周辺におけるNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)の挙動を把握することは、NO<sub>2</sub>汚染の予測、あるいは、結果の審査に当たって重要である。自動車から排出されたばかりのNO<sub>x</sub>の大半はNOであり、これが拡散の過程でNO<sub>2</sub>に変化していくので、道路周辺は一般環境に比べてNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)が小さいことが知られている。そこで、NO<sub>x</sub>排出量を決定する交通量と、拡散反応時間を決定する要因である路端距離、および車線数を軸に、NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)を集計した結果を表5に示す。交通量別では、路端距離が離れるほどNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)が大きくなり、10,000台以上20,000台未満の場合、平均37%であるが、路端距離のちがいによって、5 m未満の32%から30 m以上の53%まで変化した。路端距離別では、交通量が大きくなるほどNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)が低下し、とくに、路端距離が短い区分ほどこの傾向は顕著で、5 m未満では10,000台未満が42%であるのに対し、80,000台以上では24%であった。

車線数の影響については、交通量別にみると、車線数の多いほどNO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%)が大きくなる傾向が示されているが、交通量区分をしない、車線数別の平均値では、車線数の増加が交通量の増加にもつながるため、相互に打ち消し合い、特徴はみられなかった。

以上の結果から、自排局の測定結果は、その設置条件に大きく影響されていることが明らかとなった。

自排局を設置する対象道路や、その後背地の濃度レベルについては、何を測るのかという目的により異なることもあろうが、少なくとも採気口の位置については考え方を統一しておく必要がある。

### 3・2 道路周辺のNO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>濃度の推定

全国自排局の年間測定結果をもとに、道路周辺のNO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>濃度の予測、および審査を支援する統計モデルの作成を試みた。以下にその結果を述べる。

#### 3・2・1 NO<sub>x</sub>濃度の推定

自排局のNO<sub>x</sub> (y;年平均値ppb)と交通量(x;×10,000台/12時間)の関係について図1—①に示す。両者の間には、 $y=15.0x+62.3$  ( $r=0.52$ )なる関係がみられ、交通量10,000台につき、NO<sub>x</sub>濃度が15 ppbづつ増加することが示唆されているが、ばらつきも大きい。前述したように、自排局のNO<sub>x</sub>濃度は設置条件に大きく影響されていることから、一般的な自排局の条件として、路端距離および採気口高さを5 m以下に限って、両者を対比してみると、相関係数は0.69に高まり、交通量10,000台あたりのNO<sub>x</sub>増加量は、約23 ppbとなった ( $y=22.6x+54.9$ )。

大型車(バス、普通貨物、特殊車)のNO<sub>x</sub>排出量は、埼玉県の調査<sup>9)</sup>によれば、昭和55年度、平均車速25 km/hで小型車の3.15倍であることから、交通量を小型

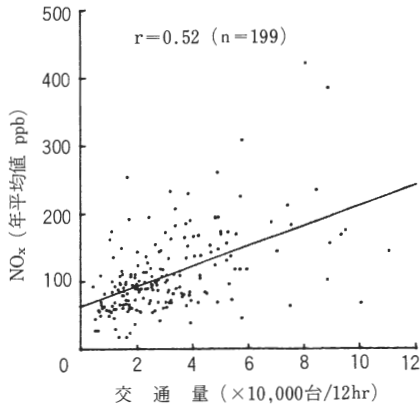


図1-1 交通量と自排局 NO<sub>x</sub> 濃度

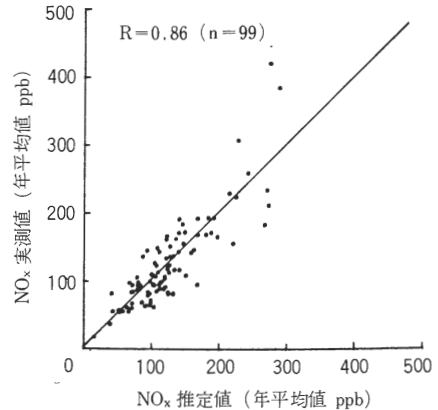


図2 NO<sub>x</sub> 推定値と実測値の関係

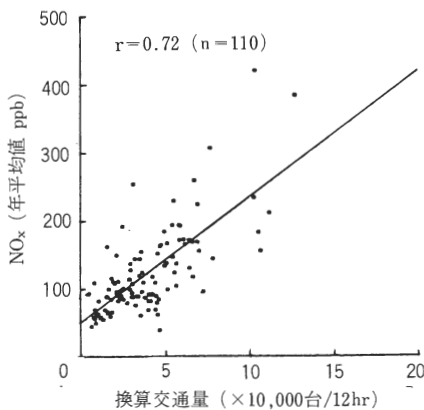


図1-2 換算交通量と自排局 NO<sub>x</sub> 濃度  
路端距離、採気口高さ5 m以内、2階建道路除く。

車換算して換算交通量とすると、路端距離、採気口高さ5 m 以内の条件では、両者の関係は図1—②に示すとおりで、相関係数は0.72となった。回帰式は  $y=18.5x+49.5$  で、この定数項は近傍環境局の平均 NO<sub>x</sub> 濃度 46 ppb におおむね一致した。

これらの結果から、道路周辺の NO<sub>x</sub> 濃度が、交通量の関数として表わせる根拠が得られたので、その他に NO<sub>x</sub> 濃度に影響を与えていることが明らかとなった後背地 NO<sub>x</sub> 濃度、および、路端距離を組み込んだ重回帰式を作成した。自排局 NO<sub>x</sub> 濃度を  $y$  とし、換算交通量を  $x_1$ 、路端距離を  $x_2$  (ただし、10 m 以内に限る。) 後背地環境局 NO<sub>x</sub> 濃度を  $x_3$  (ただし、両局間距離 3 km 以内に限る。) とすると、 $y=76.3+0.00103x_1-29.7\sqrt{x_2}+1.17x_3$  (ただし、対象道路は単路、および交差点で、採気口高さは10 m 以内) と表わせる。重相関係数は0.86で、その再現性は図2に示すとおり、良好であった。

ここで、使用データの信頼性を検討してみると、1)

交通量が入手しやすい12時間交通量であり、道路によっては昼夜率にかなりの差があるため、日交通量を正確には代表していないこと。2) 自排局の NO<sub>x</sub> 計の機種や年式が多様であり、機差の影響が考えられること。3) 周辺建物高や車線数、自排局と季節別主風向との位置関係等の拡散条件のちがいによる影響が考えられること。4) 近傍環境局の NO<sub>x</sub> 濃度を、後背地濃度として扱っており、都市域ではかなりの誤差が考えられること。

このように、使用データそのものにも、多くの誤差要因が考えられるなかで、この程度の再現性を確保できたことは、この三つの説明変数による重回帰モデルが、充分実用性を持つものと判断される。実際の適応にあたっては、これらの誤差要因のプラス、マイナスを考慮して、若干の補正を行えば、より確かな推定が可能となろう。

なお、自排局の NO<sub>x</sub> 濃度は、数年来、あまり低減していないことから、昭和56年度の測定結果について、機器の更新や設置条件の変更等を無視して、同式を適応したところ、実測値 ( $y$ ) と推定値 ( $x$ ) の関係は  $y=1.00x-0.14$  となり、相関係数は0.82であった。

### 3・2・2 NO<sub>2</sub> 濃度の推定

NO<sub>2</sub> は通常、NO<sub>x</sub> 拡散計算後、NO<sub>2</sub> 変換式によって算出される。主に指数近似モデル<sup>6,7)</sup>、定常近似モデル<sup>8)</sup> が知られているが、ここでは自排局測定結果を利用するという立場から、NO<sub>x</sub> を説明変数として、 $y=ax^b$  を仮定した統計モデルを作成した。全局の測定結果を用いた結果は図3—①に示したとおりで、 $y=2.51x^{0.56}$ 、 $r=0.88$  である。

前述したとおり、自排局といっても路端距離が異なるものも多いので、路端距離を5 m 以下、6~10m、11 m 以上に3区分してみると、それぞれ、 $y=2.59x^{0.55}$   $r=0.87$ 、 $y=1.55x^{0.66}$   $r=0.92$ 、 $y=1.54x^{0.71}$   $r=0.94$  となり、路端距離が離れた区分ほど、NO<sub>2</sub> の割合が多く、

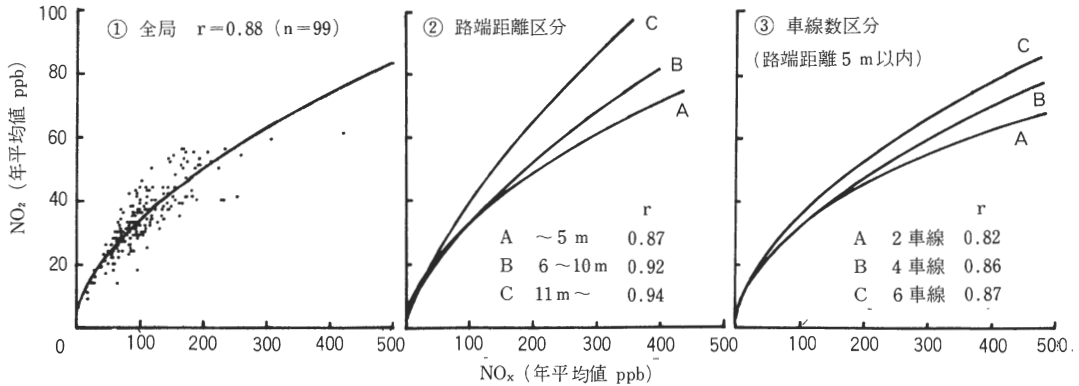


図3 NO<sub>x</sub> と NO<sub>2</sub> 濃度の関係

相関係数もやや高まる傾向を示した(図3-②)。

路端距離5m以内の局について、車線数別に区分した場合は、3・1・3で述べたように、NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub>(%)にとって、車線数の増加が拡散反応時間の増加でプラスに、NO<sub>x</sub>排出量の増加でマイナスに作用するため、相関係数も高まらず、モデルとしては不必要な区分であるが、

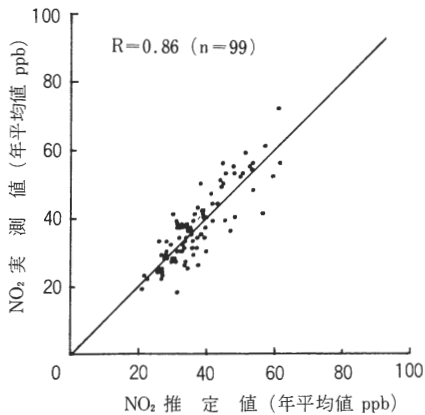


図4 NO<sub>2</sub> 推定値と実測値

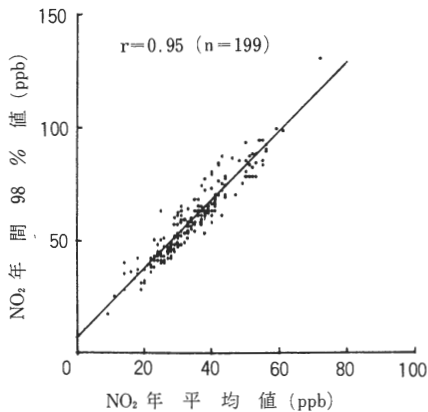


図5 NO<sub>2</sub> の年平均値と年間98%値

回帰式上は、多車線ほどやや、NO<sub>2</sub>の割合が高まる傾向が示された。

なお、NO<sub>2</sub>を直接推定するため、3・2・1のNO<sub>x</sub>と全く同一条件で、換算交通量(x<sub>1</sub>)、路端距離(x<sub>2</sub>)、後背地NO<sub>2</sub>濃度(x<sub>3</sub>)を説明変数とした重回帰式を作成したところ、NO<sub>2</sub>濃度(y)は $y=18.8+0.000104x_1-3.0\sqrt{x_2}+0.77x_3$ (R=0.86)となり、図4に示すとおり、NO<sub>x</sub>と同等のものが得られた。

3・2・3 NO<sub>2</sub>の年平均値の年間98%値

年平均値と日平均値の年間98%値(以下98%値と記す)の関係は、年平均値をx、98%値をyとすると、図5に示したとおり、 $y=1.52x+6.7$ (r=0.95)となり、98%値は、年平均値の約2倍となるといわれている一般環境局に比べ、やや下回る傾向を示した。

付言すれば、NO<sub>2</sub>環境基準のクライテリアは「年平均値0.02~0.03ppm」であるから、通常、年平均値レベルで予測した結果は、これと照合すればよく、あえて98%値に変換する必要はない。仮りに変換するのであれば、「年平均値0.02~0.03ppm」に相当する98%値は、沿道では、上式から37~52ppbということになる。

4. まとめ

沿道大気汚染の予測、および審査を支援する基礎資料を得るため、全国自排局について、21項目のアンケート調査を実施(回収数202局)し、交通量や、自排局設置条件とNO<sub>x</sub>濃度等の関係について検討した。

- 1) 自排局および近傍環境局のNO<sub>2</sub>濃度間には相関性があり、自排局が後背地に影響される傾向がみられた。
- 2) NO<sub>x</sub>濃度は交通量の増加にともない、10,000台/12hr未満の57ppbから80,000台/12hr以上の205ppbまで順次高濃度となったが、路端距離別では、5m未満で平均130ppbであったものが、30m以上では62ppbに低下した。また、採気口高さがおよそ6mを超える

とNO<sub>x</sub>濃度が低下する傾向がみられた。

3) NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> (%) は、交通量が多くなるほど低下するが、交通量が同一レベルであれば、路端距離が長く、車線数が多いほど、大きくなった。

4) 道路周辺のNO<sub>x</sub>およびNO<sub>2</sub>濃度は、換算交通量(大型車×3.15+小型車)、路端距離、後背地NO<sub>x</sub>およびNO<sub>2</sub>濃度を説明変数とする重回帰式で表わせ、再現性も良好であった。

5) 道路周辺のNO<sub>x</sub> (x) とNO<sub>2</sub> (y) は  $y=2.51 x^{0.56}$  (r=0.88) で近似することができた。

本研究を行うにあたり、アンケートにご協力いただいた各都道府県、政令市の担当課の方々に謝意を表します。なお、本論の要旨は、第24回大気汚染学会(1983・四日

市)において発表した。

#### —引用文献—

- 1) 環境庁大気保全局：窒素酸化物総量規制マニュアル(1982)
- 2) 環境庁大気保全局：昭和55年度自動車排出ガス測定局測定結果報告(1981)
- 3) 中央公害対策審議会：二酸化窒素の人の健康影響に係る判定条件等について(1978)
- 4) 環境庁大気保全局：昭和56年度自動車排出ガス測定局測定結果報告(1982)
- 5) 埼玉県環境部：大気汚染移動発生源調査報告書(1981)
- 6) 横山長之, 山本晋：産業公害, Vol. 11, No. 6(1975)
- 7) 池田有光, 平岡正勝：大気汚染学会誌, Vol. 15, No. 5(1980)
- 8) 木村富士男：大気汚染学会誌, Vol. 13, No. 2(1978)