

2. 幹線道路周辺におけるNO₂汚染分布調査結果（トリエタノールアミンろ紙法）

Study on Distribution of NO₂ around the Main Road.

(By the Triethanolamine Paper Method)

石塚謙一・中村清治・井上 勇・佐藤静雄・市橋正之

Kenichi ISHIZUKA, Seigi NAKAMURA, Isamu INOUE, Shizuo SATHO and Masayuki ICHIHASHI

1. はじめに

主要な大気汚染物質の一つである二酸化窒素(NO₂)は、光化学スモッグ発生の原因物質として注目されている。窒素酸化物の主な発生源は工場や自動車、ビル暖房などで、いわば都市型の大気汚染物質であり、その中のNO₂は、呼吸器障害をひき起こすなど人体への影響があるといわれている¹⁾。

本調査では、移動発生源である自動車排出ガスによる局地的な大気汚染に着目して、多数の測定点で同時調査が可能な、簡易測定法であるトリエタノールアミンろ紙法^{2,8)}(NO₂の相対濃度測定法)を用いて幹線道路からの自動車排出ガスの影響を受ける市街地交差点付近、およびその周辺の相対濃度分布を把握すると共に、気象条件などと関連づけて調査解析し、窒素酸化物対策のための基礎資料を得ることを目的とした。

2. 調査方法

トリエタノールアミンろ紙法

トリエタノールアミンろ紙法(以下TEAろ紙法)は、クロマト用ろ紙No.50を3.5cm×5.5cmに切り、0.5Mトリエタノールアミン(TEA)溶液に浸し、乾燥後2枚1組にし、プラスチックセルに入れ24時間大気暴露させ、大気中のNO₂を捕集し分析値から $\mu\text{g}\cdot\text{NO}_2/\text{day}/100\text{cm}^2\text{TEA}\cdot f$ の単位で表わしNO₂による大気汚染の指標とするものである。

(1) 器具

ア. プラスチックセル：容量50ml (サンコープラスチック社製 スチロール容器A型 D-3020)

イ. クロマト用ろ紙：東洋ろ紙 No.50 (40×40cm)

3.5×5.5cmの大きさに切断し、3.5cm側の中心に切り口を入れたもの。(2枚1組)

(2) 試薬

ア. 滲漬液0.5M-TEA溶液

TEA溶液約7.5gに蒸留水を加えて溶解し1ℓとする。

イ. 発色剤

イー(1) ジアゾ化試薬：スルファニルアミド20gと、リン酸50mlに蒸留水を加えて溶解し1ℓとする。

イー(2) カップリング試薬：N-1-ナフチルエチレンジアミン塩酸塩1gを蒸留水に溶解し1ℓとする。

発色剤は、褐色びんに入れ冷暗所に保管すれば数カ月間安定である。

ウ. 亜硝酸ナトリウム標準原液 (0.15g/ℓ)

105~110℃の乾燥器中で1時間乾燥した亜硝酸ナトリウム(特級)0.15gを正確にはかりとり1ℓのメスフラスコに移し入れ蒸留水に溶解して全量を1ℓとし、これを標準原液とする。

(100μg.NO₂/ml)

エ. 亜硝酸ナトリウム標準溶液

上記の標準原液を100倍に希釈し、さらにこれから10, 20, 30, 40, 50mlをメスフラスコにとり蒸留水で100mlにすると、それぞれ0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5μg.NO₂/mlとなる。

(3) 定量操作

クロマト用ろ紙を、定められた大きさに切断し、切り口を入れてからTEA溶液に浸した後、70~80℃乾燥器中で1~2時間乾燥させ2枚一組を十字合せにしてプラスチックセルにセットする。このように準備したものを大気中に24時間暴露し、回収したろ紙を4等分して蒸留水50mlで抽出する。蒸留水50mlを試験管に入れ、これに4等分した試料ろ紙を入れ数回振とうし、数分後さらに数回振とうして放置する。10~20分放置後溶液10mlとり、蒸留水を加え全量20mlとし試料溶液とする。試料溶液および標準溶液20mlにそれぞれジアゾ化試薬4ml、カップリング試薬1mlを加える。溶液はNO₂によって桃赤色を呈する。呈色は常温の場合15分程度でほぼ安定する。20~30分間放置後、その一部を10mmセルに入れ、550nm付近の波長で吸光度を測定する。ブランクは、試料ろ紙と同期間デシケーター内に放置したろ紙(プラスチックセルに入れて蓋をしたもの)について同様操作したものをを用いる。

(4) 計算

NO₂による大気汚染度は次式によって算出する。

$$\mu\text{g} \cdot \text{NO}_2 / \text{day} / 100\text{cm}^2 \text{TEA} \cdot f = C \times \frac{A - B}{A_0} \times 1.30 \times 100$$

ただし、C : NO₂ 標準呈色液の濃度 (μg.NO₂/ml)

A : NO₂ 試料溶液の吸光度

A₀ : NO₂ 標準呈色液の吸光度

B : ブランクの吸光度

1.30 : ろ紙表面積 (3.5cm × 5.5cm × 4) を100cm²に換算する値

100 : 希釈倍数

3. 調査期間

昭和52年12月5日 10時 ~ 12月10日 10時

昭和53年 1月2日 10時 ~ 1月 3日 10時

4. 調査場所

(図, 1に示す)

川崎市川崎区貝塚周辺 38地点

比較地点

2地点(川崎市公害監視センター・川崎市公害研究所)

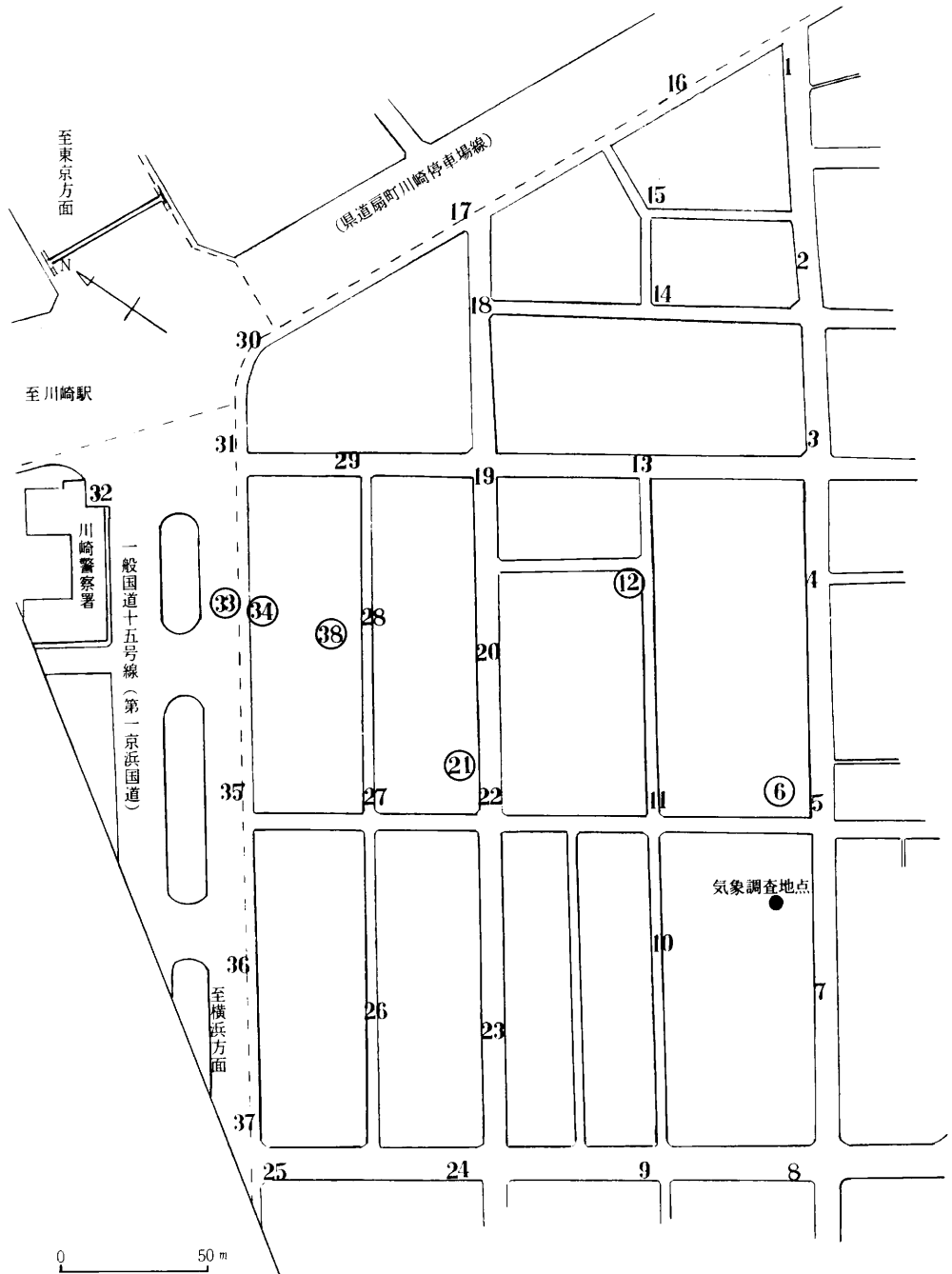


図1. 調査地点 川崎市川崎区貝塚周辺

5. 調査結果および考察

調査地点は第一京浜国道と県道が交差する交通量の多い商住地域であり、発生源から風下方向になるよう測定点を設定した。この目的は、第一に道路からのNO₂の拡散状況を把握することと、第二にこの周辺のNO₂濃度分布状況と一般環境濃度との比較を行うことである。

調査結果を表1に示す。昭和52年12月の5日間の測定値についてみると、最低19 μg・NO₂ / day / 100 cm²TEA・f (以下μg・NO₂と略す)から最高169 μg・NO₂ , 昭和53年1月では最低13 μg・NO₂から最高47 μg・NO₂にわたっており、地点および調査日により測定値にかなりの変動がみられた。これらの結果を日によって細かくみると、図2に示す高濃度日(12月5日~6日)の最低値は、地点6の31 μg・NO₂ , 最高値は、地点33の169 μg・NO₂であった。次に図3に示す低濃度日(12月6日~7日)の最低値は、地点6の19 μg・NO₂ , 最高値は、地点33の59 μg・NO₂であり、高濃度日と比較してかなり低い濃度を示した。この5日間と比較するために、昭和53年1月2日~3日の1日だけ、正月という交通量の少ない特異日を選び調査を行った。結果は図4に示すとおり調査期間中最も低い値を示し、最低値は地点6の13 μg・NO₂ , 最高値は幹線道路に面した地点30の47 μg・NO₂であった。

表1. トリエタノールアミンろ紙法によるNO₂の測定結果

単位：μg.NO₂/day/100cm² TEA.f

地 点 No	S.52 12/5~6	6~7	7~8	8~9	9~10	平均値	S.53 1/2~3
1	80	40	64	57	56	59	33
2	65	47	45	58	49	53	23
3	56	32	33	46	40	41	15
4	57	27	35	51	36	41	18
5	59	31	41	53	47	46	20
6	31	19	22	30	25	25	13
7	60	29	49	48	42	46	29
8	71	35	41	62	54	53	27
9	57	28	35	46	42	42	18
10	57	35	40	48	45	45	25
11	59	30	41	54	40	45	22
12	49	28	32	49	37	39	20
13	68	38	45	60	50	52	21
14	45	27	32	38	35	35	15
15	49	25	27	40	35	35	16
16	79	39	45	65	45	55	24
17	115	38	63	81	56	71	32
18	70	41	45	60	50	53	24
19	67	34	38	59	39	47	23
20	54	34	37	53	39	43	21
21	42	29	35	46	40	38	21
22	39	26	28	31	36	32	16
23	67	30	38	60	45	48	26
24	89	32	45	76	49	58	29
25	114	45	67	100	65	78	41
26	56	32	41	45	44	44	22
27	63	28	48	63	46	50	24
28	78	34	48	57	51	54	29
29	105	38	49	59	54	61	31
30	128	51	80	120	71	90	47
31	143	56	68	103	81	90	43
32	69	32	43	55	40	48	23
33	169	59	82	115	95	104	46
34	93	50	73	110	67	79	34
35	100	44	59	96	70	74	35
36	140	44	57	100	71	82	30
37	130	43	63	92	76	81	37
38	65	33	47	65	44	51	39
公害監視センター	88	31	51	67	54	58	28
公害研究所	53	21	43	60	44	44	23

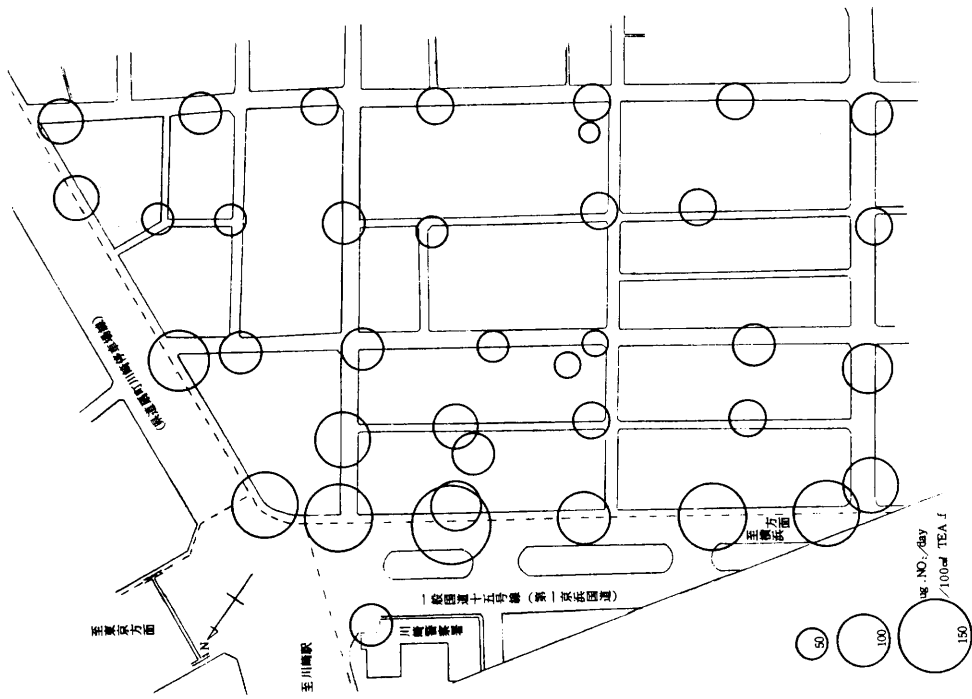


図2. トリエタノールアミンろ紙法による NO_2 相対濃度分布
昭和52年12月5日～6日(高濃度日)

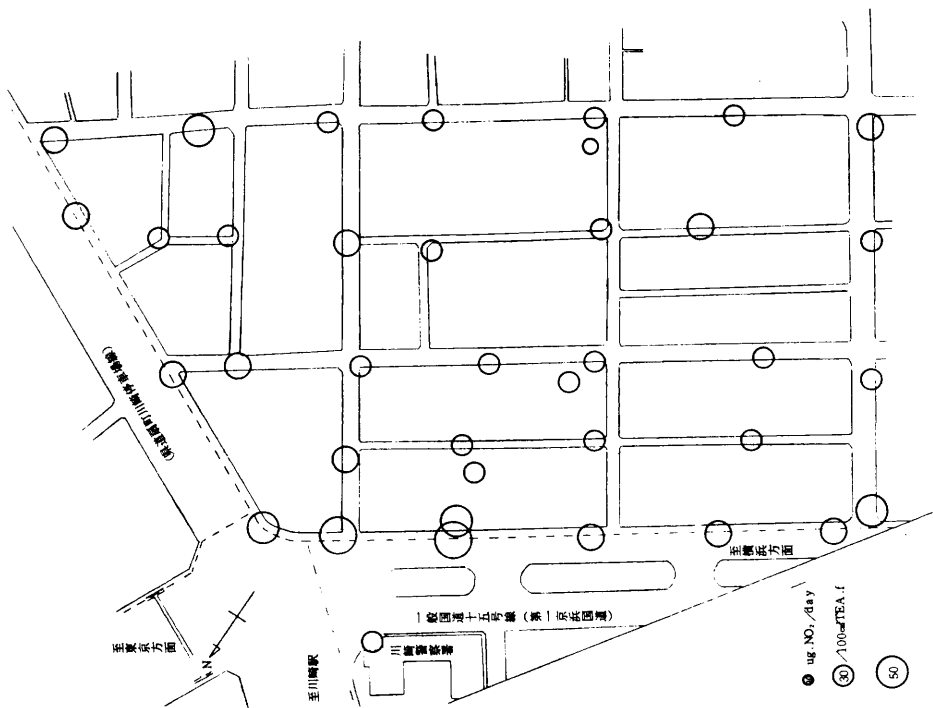


図3. トリエタノールアミンろ紙法による NO_2 相対濃度分布
昭和52年12月6日～7日(低濃度日)

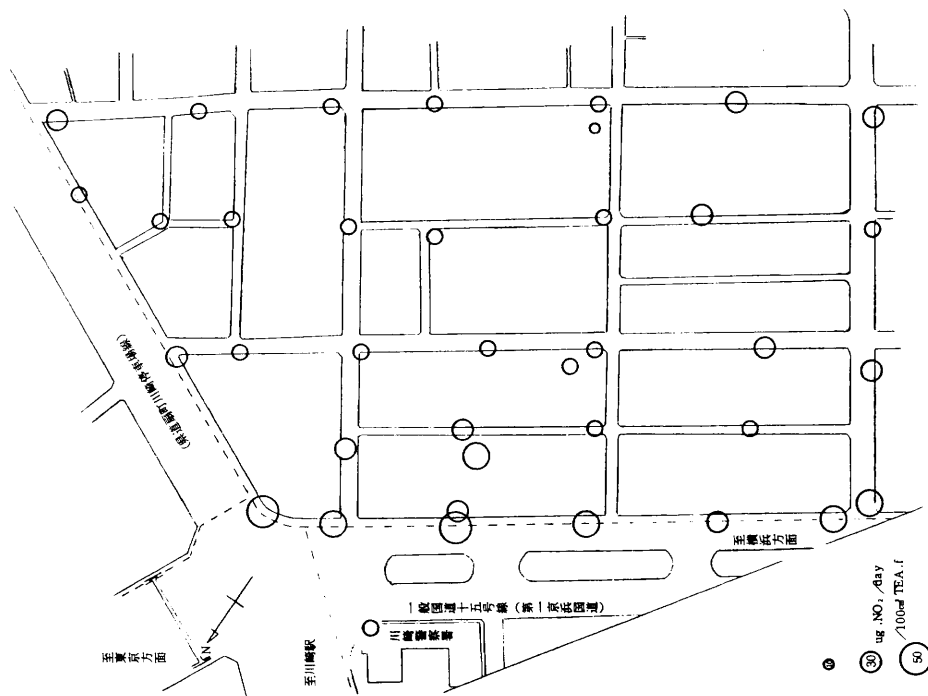


図 4. トリエタノールアミンろ紙法によるNO₂ 相対濃度分布
昭和 53 年 1 月 2 日～ 3 日 (特異日)

次に気象条件 (図 5) と、交通量 (表 2, 表 3) を関連づけて解析を行った。

気象条件は高濃度日, 低濃度日, 特異日と 3 日間の風向, 平均風速を示す。

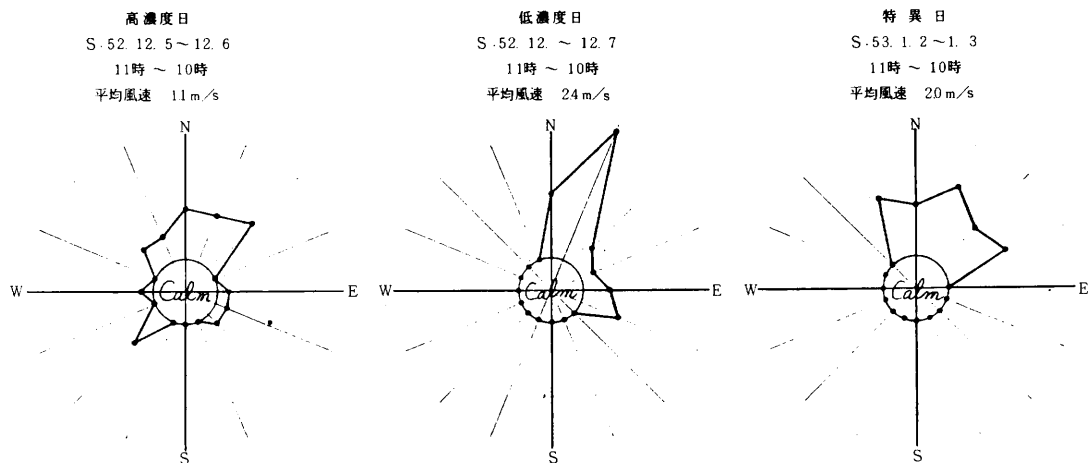


図 5. 日別風配図

高濃度を示した12月5日～6日は、大気の安定度が強く平均風速も1.1 m/sと弱風であった。このような気象条件が重なったため、図2からもわかるように、発生源からのNO₂の拡散が顕著に現われた調査日であった。逆に低濃度日である12月6日～7日にかけては、北寄りの風向きではあるが平均風速2.4 m/sと幾分強い風であったため低濃度を示し、地点間の濃度差は表われなかった。

特異日については、風向、風速の気象条件からみてもそれらが低濃度を示す要因とは考えられず、自動車の走行台数の調査を2日間行って、交通量との関係を見ることとした。

表2. 交通量調査結果

昭和52年12月22日 川崎市川崎区貝塚 新川橋交差点

時 間	第一京浜国道 上り	第一京浜国道 下り	県 道 上り	県 道 下り	合計台数
7:00	244	151	93	115	603
7:30	285	209	212	199	905
8:00	250	206	185	169	810
8:30	259	190	187	192	828
9:00	222	213	182	130	747
10:00	189	232	189	151	761
11:00	211	227	216	195	849
12:00	248	220	164	108	740
13:00	204	181	183	134	702
14:00	227	235	218	157	837
15:00	236	233	193	148	810
16:00	225	229	220	170	844
17:00	243	226	236	182	887
17:30	227	231	241	186	885
18:00	204	237	240	160	841
18:30	204	196	237	175	812
19:00	186	192	223	197	798
20:00	104	162	159	118	543
21:00	112	97	132	148	489
22:00	104	97	92	127	420

調査時間：10分間

調査車種：乗用車，大型トラック，小型トラック，バス

表3. 交通量調査結果

昭和53年1月2日 川崎市川崎区貝塚 新川橋交差点

時 間	第一京浜国道 上り	第一京浜国道 下り	県 道 上り	県 道 下り	合計台数
8:00	62	42	62	35	201
8:30	75	93	67	49	284
9:00	61	249	105	54	469
9:30	69	54	101	68	292
10:00	99	54	113	85	351
11:00	171	104	126	105	506
12:00	187	163	150	93	593
13:00	227	177	174	108	686
14:00	206	158	160	124	648
15:00	203	159	173	129	664
16:00	170	150	181	145	646
17:00	154	152	171	121	598
18:00	137	126	143	111	517
19:00	144	144	114	104	506

調査時間：10分間

調査車種：乗用車，大型トラック，小型トラック，バス

交通量調査の結果を表2，表3に示した。1回目（12月22日7時より22時まで）の交通量は，12月5日～10日までの調査期間中のそれとほぼ同じであると思われる。2回目（1月2日）の交通量は，12月22日の結果と比較して3割～4割少ない交通量であった。この結果から特異日の濃度分布をみると，調査地点の環境および気象等の条件により異なることを示すが，ここでは交通量の減少により低濃度を示したと推定される。

以上のことから環境中のNO₂濃度に対し，発生源の影響，風向，風速等の気象条件の影響がかなり顕著であることがわかる。

ここで対象幹線道路からの距離とNO₂濃度の関係をみる。図1.に示してある調査地点の○印で囲った6地点について，高濃度日，低濃度日，特異日それぞれのNO₂濃度と第一京浜国道からの距離との関係を図6.に示す。

NO₂の減衰は，図に示すとおり3日間とも風下30～40m付近までの減衰が顕著であった。特に高濃度日の場合は，距離による減衰が最も大きい結果を示した。

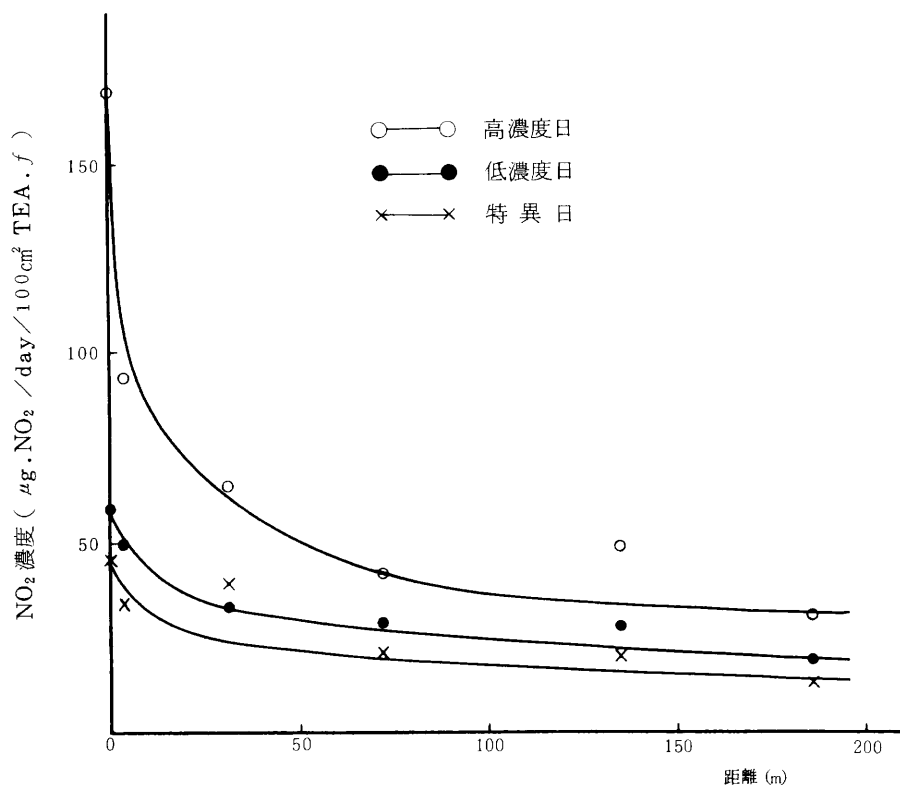


図 6. 道路端からのNO₂距離減衰

最後に一般環境濃度と比較してみると、特異日については一般環境と同じような濃度を示すが、他の調査日については道路周辺が一段と高く、特に幹線道路に面した地点では他の地点に比べ数倍高い値をも記録した日がある。その他の地点についても幾分高い濃度を示している。

この調査結果から立地条件および気象条件等により、汚染状況は変化するが、幹線道路周辺では一般にNO₂濃度が高い傾向にあることがわかり、NO₂の相対的汚染状況を把握するうえで貴重な資料を得ることができた。

6. TEAろ紙法による測定例⁴⁾と簡易測定法⁵⁻⁷⁾に対する評価

図 7. に固定発生源の影響が比較的少ない横浜市緑区において、東名高速道路からのNO₂拡散調査を行った結果を示す。

この日の主風向は南であり、道路の風下(地点1~16)における汚染は、高速道路からの自動車排ガスによる影響が、図 7. と写真に示すとおり明らかである。この結果を本調査の参考として記した。

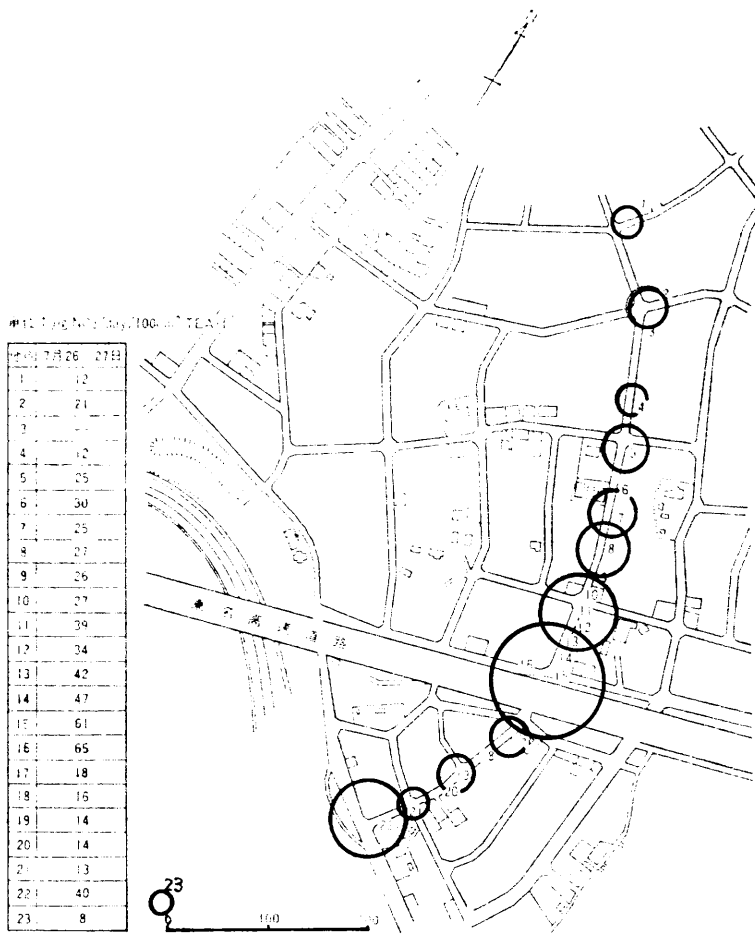
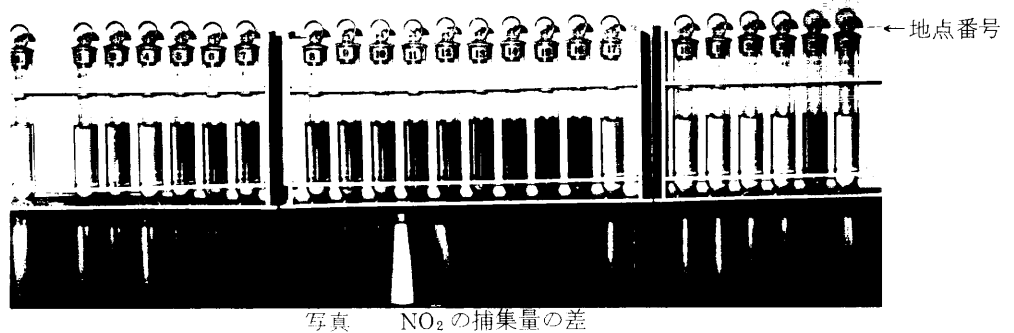


図7. トリエタノールアミンろ紙法による東名高速道路周辺のNO₂濃度分布
昭和49年7月26日～27日



次に T E A ろ紙法の簡易測定法に対する評価については、中央公害対策審議会大気部会、NO₂に係る判定条件等専門委員会の報告に示されている。T E A ろ紙法は、ろ紙に含まれる T E A 試薬と接触した総ガス量や、T E A 試薬との反応効率が一般には算定することができないため、得られた測定値は相対濃度に留めた。こうした点から T E A ろ紙法の利用は、ろ紙および T E A 試薬の特性を考慮し、本調査および測定例のように一定地域内に数多くの測定点を設け、NO₂ 相対濃度分布を把握する目的として行うならば、これらの結果は、各測定点間における相対的濃度の違いを詳細に示すので、大気汚染の状況の把握には有効な手段である。

参 考 文 献

- 1) 中島泰知他：窒素酸化物の生体に及ぼす影響—NO₂ 動物暴露実験— 「光化学反応による大気汚染」 P 1 4 5, 日本公衆衛生協会 1972
- 2) D.A.Levaggi, W.Sin, M.Feldstein : A New Method for Measuring Average 24-Hour Nitrogen Dioxide Concentrations in the Atmosphere, Journal of the APCA, Vol.23, No1, 1973
- 3) 佐藤静雄, 井上 勇, 石塚謙一, 市橋正之 : 大気中のNO₂ 相対濃度測定法について, 公害と対策, Vol.13, No3, 1977
- 4) 神奈川県臨海地区大気汚染調査協議会：局地調査の結果と考察, 神奈川県臨海地区大気汚染調査報告書, 昭和49年度
- 5) 環境庁：環境における大気汚染物質の分布量に関する研究, (窒素酸化物相対濃度測定法に関する研究) 1977
- 6) S.C.Barton, H.G.Meadie : A Cumulative Survey Technique for Atmospheric Nitrogen Dioxide, 67th Annual Meeting of the APCA,
- 7) 井上 勇, 石塚謙一, 佐藤静雄：大気中窒素酸化物相対濃度測定法に関する研究, 大気汚染研究, Vol.10, No4, 1975