

4. 市街地における窒素酸化物の垂直分布について

岡 島 一 雄 山 田 克 則
酒 井 信 行 安 井 新

I 緒 言

本県においては、福井臨海工業地帯造成に伴う環境管理計画の一環として窒素酸化物のシミュレーションが計画されている。

シミュレーションの実施にあたっては、固定発生源と移動発生源の汚染負荷量の実態に関する正確な情報の収集はもとより、それぞれの発生源からの拡散現象の最適モデル化と実測値による照合、さらには一酸化窒素(NO)の形で排出された窒素酸化物(NO_x)の二酸化窒素(NO_2)への反応過程の解明等検討すべき事項が多い。

当所においては、50年度において移動発生源から排出される窒素酸化物の濃度減衰、拡散を知る目的で、道路沿いで水平分布調査を実施してきたが、今回、同様の趣旨で市街地における垂直分布調査を実施したので、その結果について、若干の考察とともに報告する。

II 調査方法

本調査にあたっては、幹線道路沿いとその後背地における垂直分布の相違を明らかにするとともに、交通量、気象条件との関係を把握することを目的として、市内でも交通量の多い旧国道8号線沿いの8階建ビルとその後背地に位置する市役所北側の公園に面した地点を調査地点として選んだ。

2-1 調査地点、日時

調 査 地 点	測 定 高 度	調 査 日 時	備 考
織 協 ビ ル (福井市大手3-7-1)	地上 1.5m 4.3m 11.4m 18.3m 25.2m	昭和51年度 9月16, 17, 21日	図-1 参照
福 井 市 役 所 (福井市大手3-10-1)	地上 1.5m 7.6m 14.8m 22.0m 29.2m	昭和51年 10月20, 22日	図-2 参照

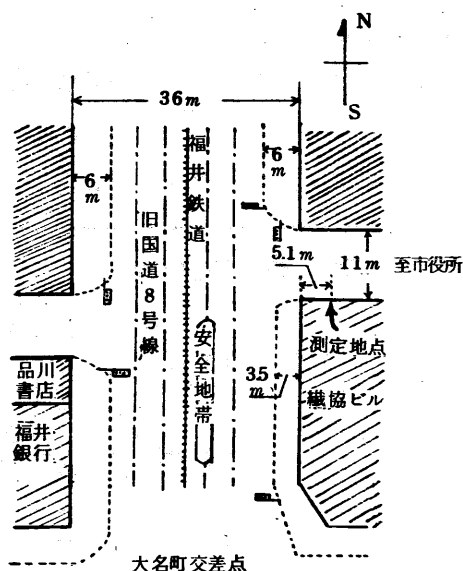
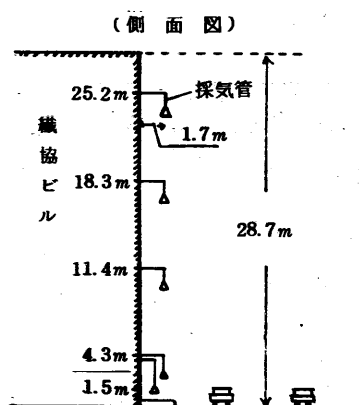


図-1 織協ビル測定点略図



2-2 調査項目

- 1) 一酸化窒素 (NO)
- 2) 二酸化窒素 (NO_2)
- 3) 風向、風速：常時監視福井局データによる。
- 4) 交通量：福井県警察交通管制システム（交通管制センター）のデータによる。

2-3 窒素酸化物の測定方法

試料の採取は簡易サンプラ（前田製作所製^{注1}）を用

表-2 織協ビルにおける測定結果

単位 ppb

於 織協ビル

年 月 日	昭和 51 年 9 月 16 日									昭和 51 年 9 月 17 日									昭和 51 年 9 月 21 日														
時 刻	14:50~15:50			15:10~17:00			17:20~18:10			13:05~13:55			14:30~15:20			16:00~16:50			17:25~18:15			13:30~14:20			14:45~15:35			16:05~16:55			17:20~18:10		
CASE No	CASE 1			CASE 2			CASE 3			CASE 4			CASE 5			CASE 6			CASE 7			CASE 8			CASE 9			CASE 10			CASE 11		
項目	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x
高度																																	
1.5 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	13	17	30	16	21	37	35	27	72	21	24	45	24	25	49	21	28	49	103	39	142
4.3 m	-	20	-	12	25	37	18	25	43	12	12	24	9	15	24	12	20	32	26	24	50	19	18	37	13	18	31	35	22	57	95	32	127
11.4 m	-	21	-	9	24	33	18	29	47	9	17	26	9	16	25	10	18	28	20	20	40	10	21	31	8	21	29	10	26	36	42	31	73
18.3 m	-	15	-	4	16	20	9	21	30	4	14	18	4	13	17	5	15	20	15	21	36	4	18	22	3	18	21	3	20	23	40	41	81
25.2 m	-	16	-	3	16	19	8	24	32	4	14	18	10	16	26	7	17	24	15	24	39	3	14	17	13	13	13	12	12	23	28	51	
風向風速	注1	NNW 4.0 m/s		NNW 3.0 m/s		NNW 2.6 m/s		NNW 3.7 m/s		NNW 4.2 m/s		NNW 3.6 m/s		NW 2.3 m/s (18:05)		NNW 2.2 m/s		NW 2.0 m/s		NW 1.7 m/s		NNW 0.6 m/s (18:05)											
交通量計	注2	2 442台/H		2 430台/H				2 486台/H		2 581台/H		2 690台/H		3 055台/H		2 530台/H		2 604台/H		2 712台/H		2 544台/H											
# (南向)	注2	1 385台/H		1 325台/H				1 199台/H		1 226台/H		1 309台/H		1 345台/H		1 246台/H		1 273台/H		1 331台/H		1 267台/H											

注1) 福井局データによる。10分間隔に読みとり平均値を算出。

注2) 県警本部交通管制センターデータによる。

計: 南北両方向の合計

南向: 南向のみ

注3) インピンジャー手分析値では有効な測定値を得るが、自動測定機との回帰により"0" "0以下、となるものこの場合、NO_xはNO: "0、として算出する。

ビルの最上部に近い25.2 m地点で高い濃度が観測される例が認められた。これに対しNO₂は高度との一定の関係は特に認められず、むしろ濃度差が殆んどみられない例(CASE3, 4, 5, 6, 7)が観測された。しかし1.5 mまたは4.3 m地点と25.2 m地点の濃度を比較した場合には9~16ppbの差があるケース(CASE2, 8, 9, 10, 11)がみられた。また4.3 m地点と11.4 m(あるいは18.3 m地点)の濃度の比較では、後者の方が前者よりも大きいかほぼ等しいケース(CASE1, 2, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 11)が多く認められた。

自動車から排出された直後のNOは、一般にかなりの高濃度であるために、比較的すみやかにNO₂へと変質することが知られているが³⁾ 測定例が少なかったためか、NOとNO₂濃度との間には、この変質を定量的に示唆する関係は認められなかった。

ここでは、むしろ図5~7に示した常時監視局とのデータの比較で興味ある事実が確認された。図5~7は福井市内の常時監視局の経時変化のグラフ上に、織協ビルの各高度で測定されたNO₂の値の領域を斜線で示したものである。これによれば斜線で示した部分の低い方の濃度は、いずれのケースにおいても概ね、福井局のNO₂と同一のレベルにあり、高い方の濃度は目排局のそれと、ほぼ同じかあるいは、やや少なめの値を示している。この傾向は、後述の福井市役所における測定結果でも認められている。(図-8, 図-9)

3-2 福井市役所における測定結果

結果を表3および図10に示す。

この地点における測定は、織協ビルと同時に進められたものでなく、且つ、風向も織協ビル測定時と異っているため、両者の値を直接比較することは必ずしも適

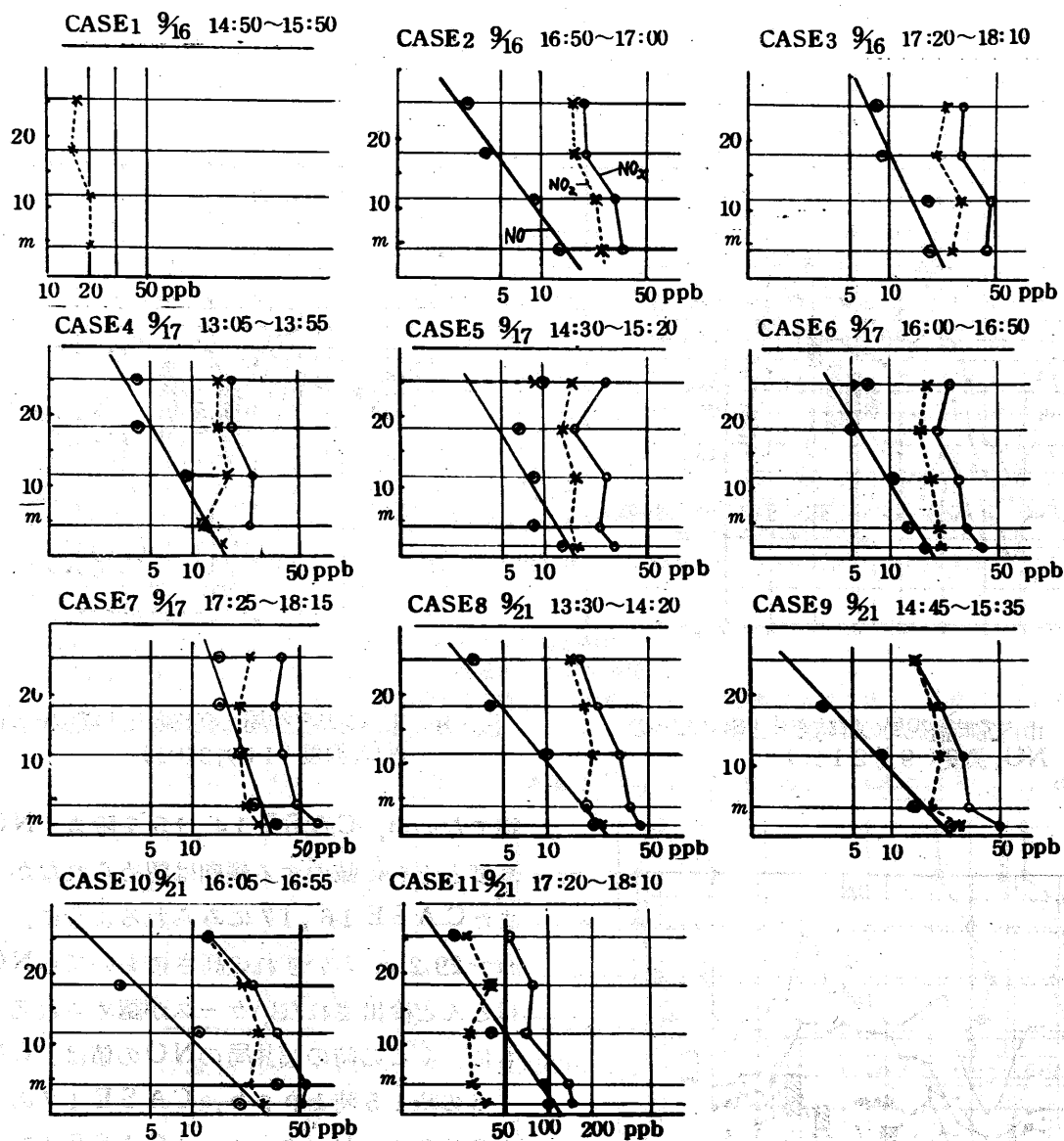


図-4 織協ビルにおける垂直分布

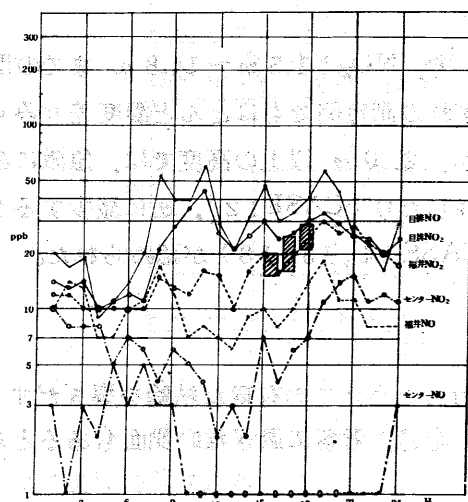


図-5 市内常時監視局の経時変化と織協ビルの NO_2 濃度 (9月16日)

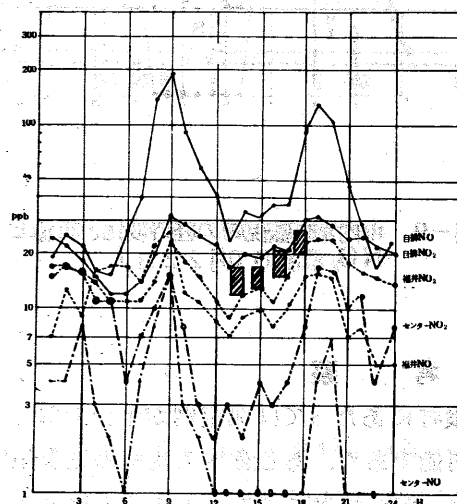


図-6 市内常時監視局の経時変化と織協ビルの NO_2 濃度 (9月17日)

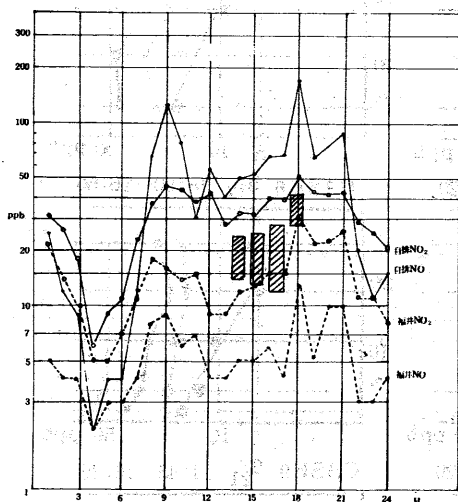


図-7 市内常時監視局の経時変化と織協ビルの
NO₂ 濃度 (9月21日)

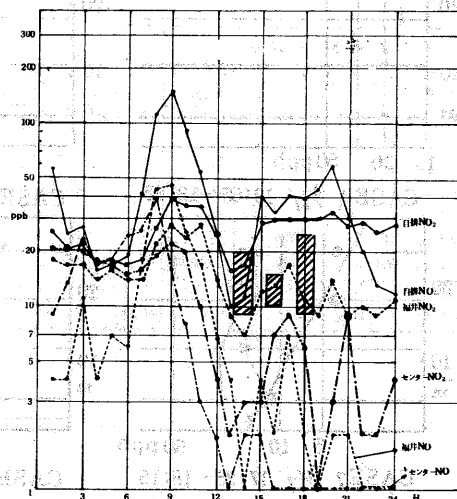


図-8 市内常時監視局の経時変化と織協ビルの
NO₂ 濃度 (10月20日)

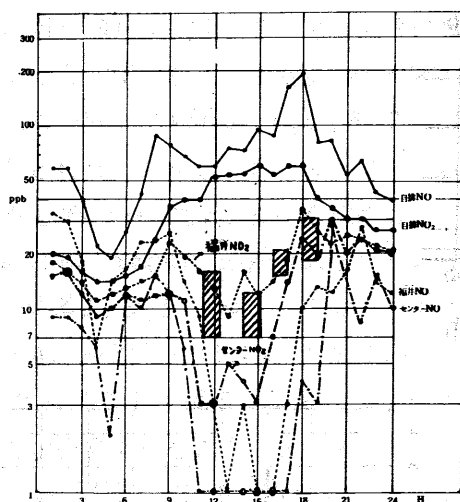


図-9 市内常時監視局の経時変化と織協ビルの
NO₂ 濃度 (10月22日)

切でないが、CASE 14, 15を除き、NOが高度とともに減少する傾向は認められなかった。またCASE 16, 17にみられるように、1.5 m～29.2 m のいずれの高さにおいてもNOがほとんど検出されないケースが認められるとともに、(この時の福井局のNOの値は、CASE 16の時15時1ppb、CASE 17の時17時3ppbであった。)CASE 12, 18の22.0 m 地点のように地上付近よりもむしろ上空でかなり高い濃度が出現する例が観測された。

一方、NO₂は1.5 m～14.8 m までの間では、いずれの測定例でもほとんど濃度差がみられないが、22.0 m 以上の高度では、急激に濃度が上昇したり(CASE 12)、逆に減少するケース(CASE 14, 15, 18)が認められた。

Ⅳ 考 察

検討にあたっては測定例が十分でなく、統計的処理を行ったうえでの有意な結論を導きだすことは不可能であり、ある意味で特定の気象条件における現象の記述、考察に過ぎない側面もあると思われるが一応の検討を試みたのでその結果について述べる。

4-1 NO₂の垂直分布に関する仮説

自動車から排出される物質の道路沿いにおける汚染濃度(C)は、測定地点周辺を走行する車両の直接の影響による汚染(ΔC)と、遠くの道路の影響による汚染(バックグラウンド濃度、 C_b)との和

表-3 市役所における測定結果

単位 ppb 於 福井市役所

年 月 日	昭和 51 年 10 月 20 日									昭和 51 年 10 月 22 日											
時 刻	13:20~14:30			15:35~16:35			17:40~18:40			11:20~12:20			14:10~15:10			16:00~17:00			18:00~19:00		
CASE No	CASE 12			CASE 13			CASE 14			CASE 15			CASE 16			CASE 17			CASE 18		
項目 高度	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x	NO	NO ₂	NO _x
1.5 m	6	10	16	12	11	23	6	23	29	4	16	20	11	12	12	Tr	21	21	20	31	51
7.6 m	4	9	13	9	11	20	7	18	25	3	14	17	Tr	10	10	Tr	17	17	17	27	44
14.8 m	5	10	15	7	12	19	5	25	30	2	15	17	Tr	12	12	Tr	21	21	18	30	48
22.0 m	11	20	31	7	15	22	3	9	12	1	7	8	Tr	7	7	Tr	15	18	31	18	49
29.2 m	8	13	21	8	10	18	3	9	12	2	11	13	Tr	10	10	Tr	18	18	16	23	39
風向風速 注1	SSE 5.3m/s			S-SSE 3.7m/s			S-SSW 3.9m/s			SSW-SW 1.3m/s			N-E-ESE-SE 徐々に変化 1.0m/s			SE-ESE-S 1.2m/s			S-ESE-S-SSW 1.2m/s		
交通量 (南向) 注2	1334台/H			1472台/H			1388台/H			1115台/H			1205台/H			1362台/H			1192台/H		
備 考																					

注1) 福井局データによる。10分間隔に読みとり平均値を算出

注2) 交通管制センターデータによる。国道8号線織協ビル前交通量

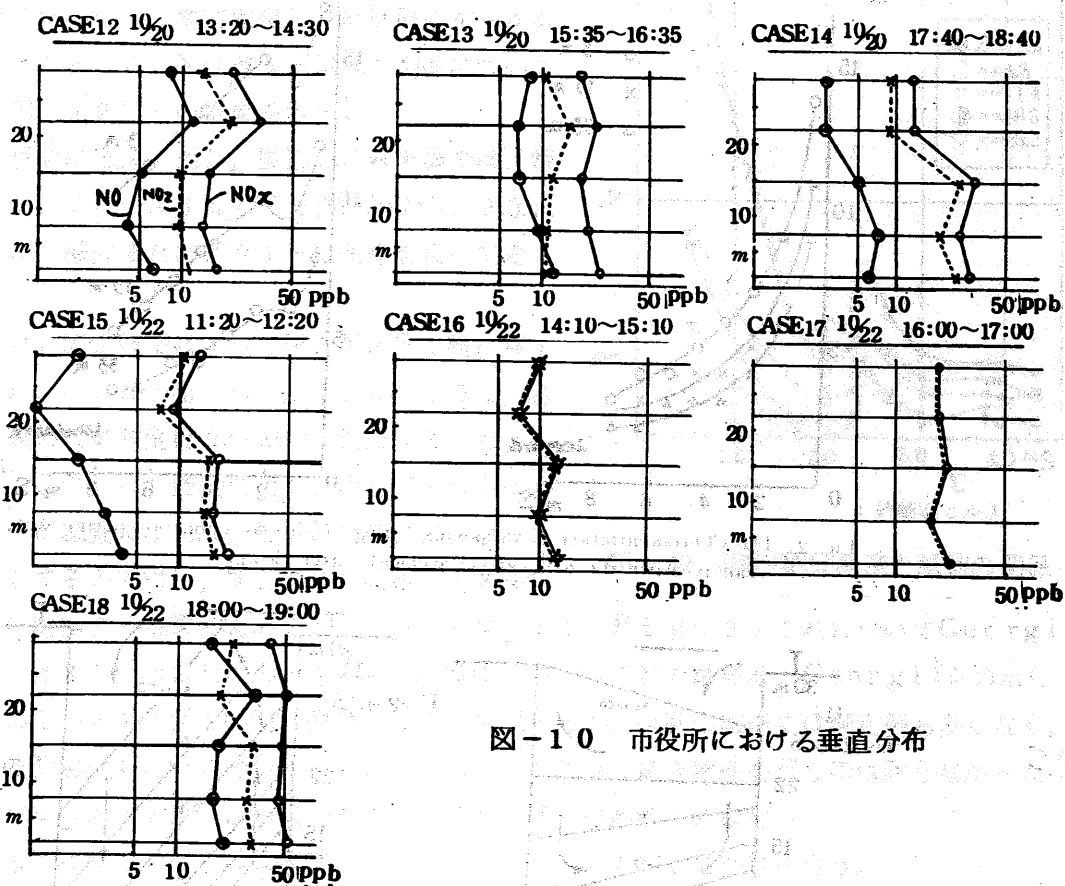
注3) インピンジャー手分析値では有効な測定値を得るが、自動測定機との回帰により"0"、"0以下"となるもの
この場合NO_xはNO:"0"として算出する。

図-10 市役所における垂直分布

で表わせる。

$$C = \Delta C + C_b$$

このことを今、NO₂にあてはめて考えてみると ΔC は、付近の車から排出されたNOが直接、測定点に到達する過程でNO₂に酸化されたものの濃度、 C_b は市街地全体で排出されたNOがより大きなスケールで移流、拡散する過程で酸化されたものの濃度と見做すことができる。図5~9の結果によれば、道路沿いの織協ビル、その後背地に位置する福井市役所の高度別濃度のうち、ビルの屋上近くで観測されたデータは、概ね福井局と同様なパターンの時間的な変動を示し、且つそのレベルもほぼ同一である。

また、ビル近傍における気流のモデルとしては図-11のFig 3⁴⁾ 如きモデルが考えられ、風洞実験によってその妥当性がある程度確認されている。

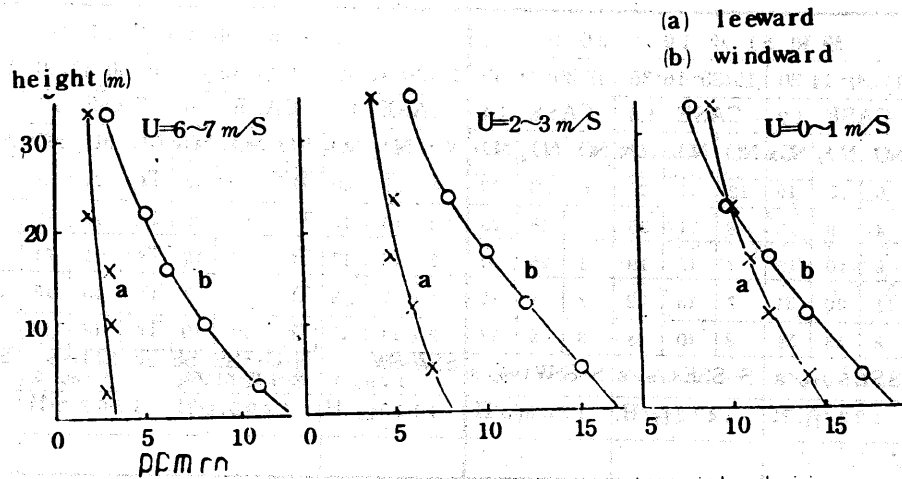


Fig. 1 The vertical distribution of CO-immission at various wind velocities in windward and leeward locations. (Global average of all measuring stations) after Georgii²

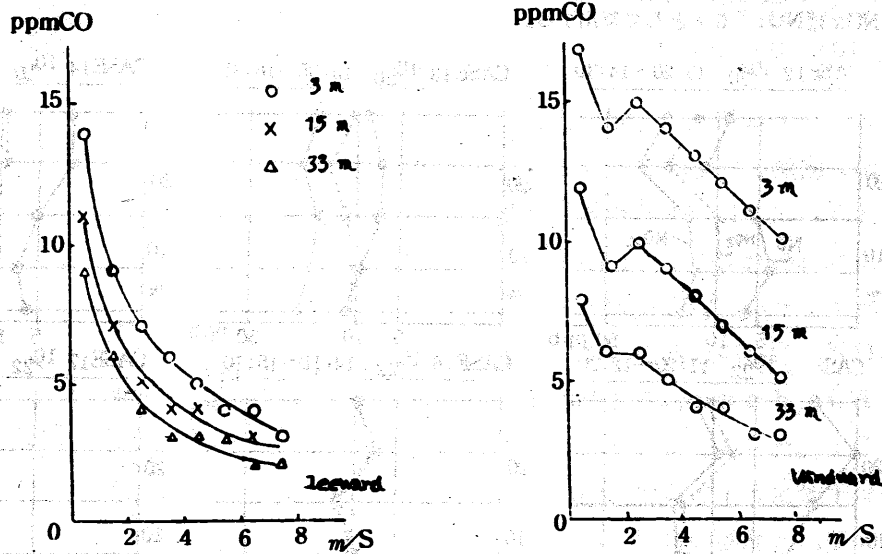


Fig. 2 The CO-concentration at various measuring heights as a function of the wind velocity above the roof (global average) after Georgii²

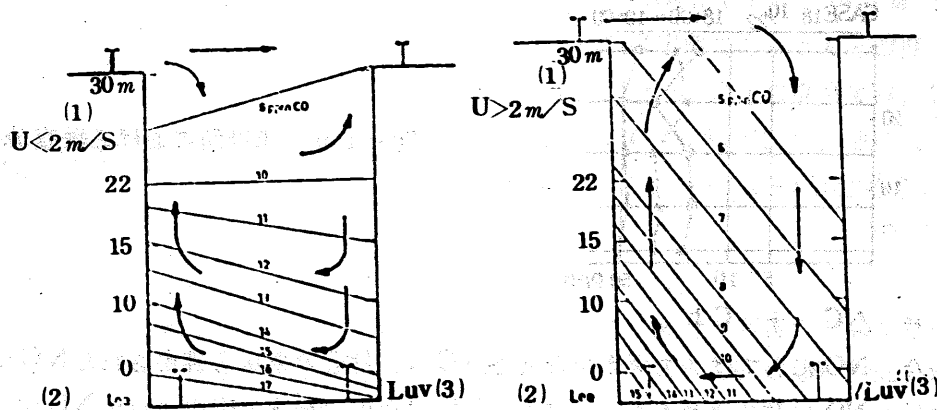


Fig. 3 Schematic of air circulation in a street at various wind velocities above roof level after Georgii²

図-11 Georgiiの実験結果とモデル

これらの事実を考慮すると、ビル屋上近くの濃度、即ち、概ね、福井局のレベルの濃度をもって、当該地点におけるバックグラウンド濃度（ C_b ）と見做してさしつかえないであろうと考えられる。また、織協ビル、福井市役所において、それぞれ 18.3 m、22.0 m 以上の高度ではその以下の地点よりも小さな値を示す傾向があることから、これらの高度までは付近を走行する車の直接の影響（ ΔC ）がみられるであろうと推定される。

4-2 道路沿いにおけるNOの垂直分布と風速の関係について

織協ビルでの測定結果は、いずれの測定例においても、風向、交通量の条件がほぼ同一であるにもかかわらず、NOの濃度レベルには大きな差が認められる。但し、交通量の条件は、交通“量”のみでの測定結果が同一であるということに過ぎず、汚染負荷量の同一性を保証するものではない。即ち、仮りに交通量が同一であっても、渋滞強度（走行モード）に変動があれば、これに起因するNOx排出係数の変動を考慮しなければならないからである。しかし、交通管制センターの測定結果からは、この意味における精度の高い渋滞強度に関する情報が得られない（同センターでは、道路占有率、平均車速についての情報も入手可能であるが、その精度には限界があるようである。）ので、ここでは、一応、交通“量”が同一であることをもって、移動発生源の汚染負荷量が同一であると仮定した。

他方、50年度における道路沿いでの水平分布調査の結果からは、道路端における濃度が風速の影響を強く受ける傾向が定性的に認められ、且つ、常時監視福井自排局のデータも同様の傾向を示すことから、NO濃度と風速の関係について検討を行った。図-12にその結果を示す。

各高度における濃度は風速に対し、風速 2.0 m 未満では、滑らかに減少するが、2.0 ~ 2.3 m の間で再び増大し、2.3 m 以上ではゆるやかに減少またはプラトーな曲線を描いて変化する。

織協ビルにおける測定例ではすべてN~NNW（時にW）の風が吹いていた。このため測定点は風下方向に位置し、風向と旧国道8号線のなす角度は0~30°の範囲にあった。

Georgii⁵⁾らの行った建物壁面を利用した長期にわたるCOの垂直分布調査によれば、風下側の濃度は風速とともに滑らかに減少するのに対し、風上側では風速2~3 m/sの間で濃度が急に増加する現象が認められている。（図-11 Fig 2）これについてGeorgiiは図-11のFig 3のような流れの場を考えた。織協ビルで得られた結果は、Georgiiらの示した風上、風下側の2つのタイプの間位置するように思えるが、今回の調査では測定例も多くなく、また、風上側での測定例もないのでGeorgiiらの示した曲線に基き検証を行うには到らなかった。

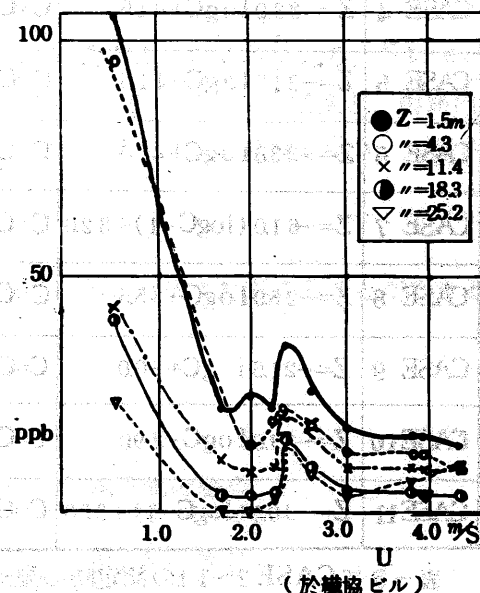


図-12 高度別NO濃度と風速の関係

4-3 織協ビルにおけるNOの垂直分布に関する計算式（経験式）の検討

道路沿いでのある高度におけるNO濃度に対して次の一般式を仮定して検討を行う。

$$C = C_0 (U \cdot Q) \cdot G(Z)$$

式中、 C_0 は道路端地上付近の濃度（調査では1.5 m地点の濃度）で4-2で述べたように汚染負荷量 Q と風速 U の関数として表わすことができる。 $G(Z)$ は C_0 が高さとともに減少する割合を示す関数であり風速には依存しないとする。

本調査では C_0 に対する Q の関係を把握できなかったため、ここでは、汚染負荷量 Q は一定であったと仮定したうえで、織協ビルにおける測定結果である濃度 C を U と Z の関数として表わす式につい

て検討した。

図-13に道路端の濃度 C_o と風速 U の関係を示す。但し、 C_o は Q に比例するとして、平均的な交通量で標準化してある。

この結果

$$C_o = \exp\{4.88 - 0.61 \cdot U\} \dots\dots\dots ①$$

が得られた。

一方、織協ビルにおける測定例であるCASE2~11について、高さ Z と濃度 C との関係を求めその結果を表-4に示した。

表-4 道路沿におけるNOの垂直分布と高度の関係について

於 織協ビル		
CASE 2	$Z = -29.5 \log C + 38.0$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{29.5} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 3	$Z = -48.0 (\log C - 1) + 19.0$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{48.0} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 4	$Z = -33.0 \log C + 41.5$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{33.0} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 5	$Z = -34.5 \log C + 41.5$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{34.5} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 6	$Z = -33.0 \log C + 43.0$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{33.0} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 7	$Z = -61.0 (\log C - 1) + 32.0$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{61.0} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 8	$Z = -25.0 \log C + 35.5$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{25.0} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 9	$Z = -21.5 \log C + 30.0$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{21.5} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 10	$Z = -19.0 \log C + 2.90$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{19.0} (1.5 - Z)\right\}$
CASE 11	$Z = -30.5 (\log C - 1) + 33.0$	$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{30.5} (1.5 - Z)\right\}$

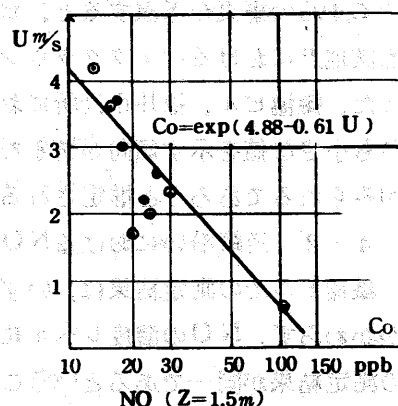


図-13 道路端NO濃度(C_o)と風速(U)との関係

注、CASE3の交通量を2500台/HとしてCASE2~11の交通量の平均2613台/Hで標準化したNO濃度をプロット

それぞれのケースの回帰直線の傾きの平均値として、 -33.5 が得られたので、この値をもとに平均的に

$$C = C_o \exp\left\{\frac{\ln 10}{33.5} (1.5 - Z)\right\} \dots\dots\dots ②$$

を得た。

従って、道路沿いのある高度における濃度 C は①と②式より

$$C = 14555 \exp\left\{-2.303 \left(\frac{U}{3.80} + \frac{Z}{33.5}\right)\right\} \dots\dots\dots ③$$

として表わすことができる。

表-5にCASE2~11の測定時の風速 U をもとに③式を用いて計算した結果を、図14には実測値と計算値の比較をそれぞれ示した。

表-5 NO濃度の計算値

CASENo	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
高度										
1.5m	13	27	14	10	15	33	35	39	47	91
4.3m	11	22	12	8	12	27	29	32	39	75
11.4m	7	14	7	5	8	17	18	20	24	46
18.3m	4	9	4	3	5	10	11	12	15	29
25.2m	3	5	3	2	3	6	7	8	9	18

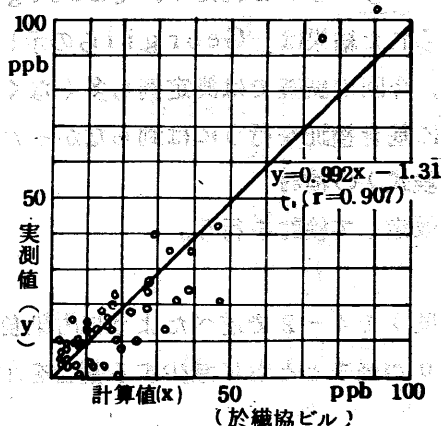


図-14 NO濃度実測値と計算値の比較

この結果、相関係数 $r = 0.907$

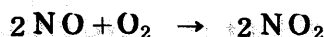
$y = 0.992x - 13.1$ (x : 計算値, y : 実測値) と非常によい一致がみられた。

この式には、汚染負荷量の項が導入されておらず、③式はあくまでも、汚染負荷量を一定とした場合の織協ビルでの測定結果についてのみあてはまる経験式にすぎないが、両者が

良い一致を示したことから、垂直分布の風速に対する依存度よりも初期濃度に対するそのの方が大きいとの仮定はほぼ妥当であったと考えられる。

4-4 拡散モデルによる検討

自動車排出ガスによる大気汚染、特に道路周辺での汚染現象に対するモデルとしては、大部分、拡散モデルが利用されている。それらの中で代表的なものとしては日本機械学会が中心となって作成した差分型モデル（APPSモデル）とスタンフォード研究所が開発した半経験的なSRIモデルがある。⁶⁾⁷⁾ これらのモデルは厳密な意味ではCOのように化学的に安定な物質についてのみ適用可能であり



あるいは



なる反応を考慮しなければならないNOについて無条件に適用することには問題が残るが、ここではこれらの反応過程を一応無視したうえで、織協ビルにおける測定結果をSRIモデル、および単純な線源モデルに従って検討してみた。

4-4-1) SRIモデルによる検討

SRIモデルは、道路をビルにはさまれたStreet Canyonと考えて作られている。Street Canyon内で測定される濃度は、離れたところからくるいわゆるバックグラウンド濃度と、街路内で排出されるものの和であらわされる。測定される濃度をC、バックグラウンド濃度をC_b、街路内の影響によるものをΔCとすると次のようになる。

$$C = \Delta C + C_b$$

ΔCは、測定点が風下、風上側に位置する場合で異なり、表-6に示した式で計算することができる。

表-6 SRIモデルと試算結果

SRIモデル

$$\begin{aligned} \Delta C_L &= \frac{Q}{K_1 K_2 (U + 0.5) (\sqrt{X^2 + Z^2} + 2)} \quad \text{風下側の場合} \\ \Delta C_W &= \frac{Q(H-Z)}{K_1 K_2 (U + 0.5) \cdot W \cdot H} \quad \text{風上側の場合} \\ \Delta C_I &= \frac{1}{2} (\Delta C_L + \Delta C_W) \quad \text{風上風下の区別ができない場合} \end{aligned}$$

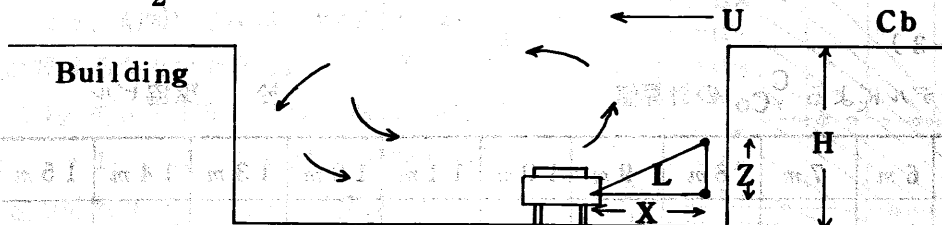


表-6-1 X=10m W=36m H=29mとして次の計算を行う。

$$1) \frac{1}{\sqrt{X^2 + Z^2} + 2}$$

$$\frac{(H-Z)}{W \cdot H}$$

	$\frac{1}{\sqrt{X^2 + Z^2} + 2}$	$C_Z / C_0 (Z=15)$	$\frac{(H-Z)}{W \cdot H}$	$C_Z / C_0 (Z=15)$
Z=1.5m	0.083		0.026	
4.3m	0.078	0.94	0.023	0.88
11.4m	0.058	0.70	0.016	0.62
18.3m	0.044	0.53	0.010	0.38
25.2m	0.034	0.41	0.004	0.15

表-6-2) X=2, 3, 4, 5, 6 mの時の $\frac{1}{\sqrt{X^2+Z^2+2}}$

	X = 2 m		X = 3 m		X = 4 m		X = 5 m		X = 6 m	
	$\frac{1}{\sqrt{X^2+Z^2+2}}$	$C_{Co}(Z=15)$	$\frac{1}{\sqrt{X^2+Z^2+2}}$	$C_{Co}(Z=15)$	$\frac{1}{\sqrt{X^2+Z^2+2}}$	$C_{Co}(Z=15)$	$\frac{1}{\sqrt{X^2+Z^2+2}}$	$C_{Co}(Z=15)$	$\frac{1}{\sqrt{X^2+Z^2+2}}$	$C_{Co}(Z=15)$
Z = 1.5 m	0.222		0.187		0.166		0.139		0.122	
Z = 4.3 m	0.148	0.67	0.138	0.74	0.127	0.77	0.116	0.83	0.107	0.88
Z = 11.4 m	0.074	0.33	0.073	0.39	0.071	0.43	0.069	0.50	0.067	0.55
Z = 18.3 m	0.049	0.22	0.049	0.26	0.049	0.30	0.047	0.34	0.047	0.39
Z = 25.2 m	0.037	0.17	0.037	0.20	0.036	0.22	0.036	0.26	0.036	0.30

今、高度別濃度の比 C/C_0 (但し、 C_0 は基準高度-織協ビルでの測定の場合 1.5 m - の濃度、 C はある高度における濃度とする。) を求めるとすると、 C_b を 0 と仮定すれば、(NO の C_b として最上部の濃度を用い実測値より C_b を差し引いて以下と同様の検討を行ったが、満足すべき結果は得られなかった。) Q, U, K, K_2 は各高度に同一の値を代入して計算できるので、 C/C_0 は結局、 $\frac{1}{\sqrt{X^2+Z^2+2}}$ (風下側の場合)、 $\frac{(H-Z)}{W \cdot H}$ (風上側の場合) の比として計算することができる。表-6-1) に $X=10$ m, $W=36$ m (旧国道 8 号線), $H=29$ m (織協ビル) とした時の風上側、風下側それぞれの場合について C/C_0 を計算した結果を示す。また表-6-2) には $W=36$ m, $H=29$ m とした X を 2 ~ 6 m と変動させた時の C/C_0 を示し、表-7-2) に織協ビルでの測定結果をもとに計算された C/C_0 を示す。この場合、CASE 2, 3, 4 のように C_0 の値がないものについては、高さで濃度の傾向線から外挿される値を用いて計算を行った。

表-7-2) の結果は、測定例によってかなりのばらつきがみられるが、これらの平均値と表-6-2) を比較すると、実測値は風下側に位置した場合の $X=4$ m の時の結果とほぼ一致する。

織協ビルでの測定点の位置は、車の走行する車線から約 10 m 離れているにもかかわらず、 $X=4$ m とした時に最も一致が良かった理由については明らかでない。なお $NO+NO_2=NO_x$ についても同様に C/C_0 を計算し (表-7-3)) SRI モデルと比較したが、一致はみられなかった。

4-4-3) 線源モデルによる検討

道路を連続放出の無限線源と考え、風向がこの線に直角の場合の風下濃度は

$$C(x, y, z, H) = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_z \cdot u} \exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{z}{\sigma_z}\right)^2\right\} \dots\dots\dots (2)$$

と表わすことができる。(但し排出口の高さを " 0 " m とする)

表-7-1) ~ 3)

1) 線源モデルによる C/C_0 の計算値

於 織協ビル

σ_z	6 m	7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	15 m
$\frac{C(Z=4.3m)}{C_0(Z=1.5)}$	0.80	0.85	0.88	0.90	0.92	0.93	0.95	0.95	0.96	0.96
$\frac{C(Z=11.4m)}{C_0(Z=1.5)}$	0.17	0.27	0.37	0.45	0.53	0.59	0.64	0.69	0.72	0.75
$\frac{C(Z=18.3m)}{C_0(Z=1.5)}$	0.01	0.03	0.07	0.13	0.19	0.25	0.31	0.37	0.43	0.48
$\frac{C(Z=25.2m)}{C_0(Z=1.5)}$	÷ 0	÷ 0	0.01	0.02	0.04	0.07	0.11	0.15	0.20	0.24

2) 織協ビルにおけるNOの垂直方向の濃度比 C/C_o

CASE No.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ave
$C(Z=4.3m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.82	0.87	0.81	0.86	0.81	0.93	0.78	0.71	0.70	0.80	0.81
$C(Z=11.4m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.47	0.65	0.53	0.54	0.50	0.69	0.42	0.36	0.31	0.47	0.49
$C(Z=18.3m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.26	0.43	0.31	0.33	0.30	0.53	0.20	0.16	0.13	0.27	0.29
$C(Z=25.2m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.16	0.32	0.19	0.21	0.19	0.41	0.11	0.08	0.06	0.17	0.19
風速 m/s	3.0	2.6	3.7	4.2	3.6	2.3	2.2	2.0	1.7	0.6	

3) 織協ビルにおけるNOxの垂直方向の濃度比 C/C_o

CASE No.	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ave
$C(Z=4.3m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.88	0.90	0.77	0.80	0.86	0.69	0.82	0.63	1.16	0.89	0.84
$C(Z=11.4m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.79	0.98	0.84	0.83	0.76	0.56	0.69	0.59	0.73	0.51	0.73
$C(Z=18.3m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.48	0.63	0.58	0.57	0.54	0.50	0.49	0.43	0.47	0.57	0.53
$C(Z=25.2m)$ $Co(Z=1.5m)$	0.45	0.67	0.58	0.87	0.65	0.54	0.37	0.27	0.24	0.36	0.50

また風向軸に対し ϕ なる角度を有する(但し $\phi > 45^\circ$) 場合には、(1式の右辺に $\frac{1}{\sin\phi}$ を乗じて求めることができる。

SRIモデルによる検討と同様、 C/C_o の計算時には、 σ 、 q 、 u 、 $\sin\phi$ は各高度において同一の値を使用することができ、結局 C/C_o は $\exp\left\{-\frac{1}{2}\left(\frac{Z}{\sigma_z}\right)^2\right\}$ の比として計算することができる。(表-7-1)および図15に σ_z を6~15mとした場合の C/C_o を示した。表-7-1)、表-7-2)の比較から明らかにように特定の拡散巾 σ_z によっては実測値による C/C_o を説明し得なかった。

V 結 語

市街地における建物壁面を利用した窒素酸化物の垂直分布調査の結果、次のことが明らかになった。

1. 道路沿いではNOは高さとともに指数関数的に減少するが、その後背地ではこのような傾向は認められない。一方NO_xは道路沿、後背地ともに垂

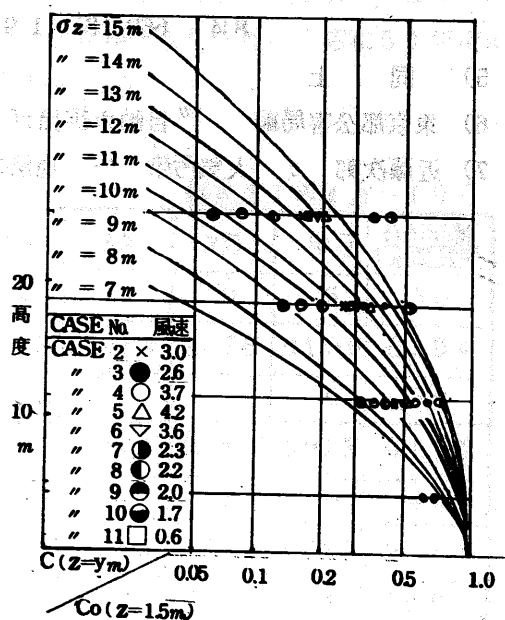


図-15 高度別 C/C_o の理論値(線源モデル)と実測値

直方向の顕著な濃度差はみられなかったが、建物屋上における濃度を当該地点のバックグラウンド濃度と見做せること、および道路内発生源の直接の影響は18.3 m～22.0 m（通常の建物で5階の高度に相当）以下の高度にみられると推定された。この点については、TGS 浮紙法等による多数の測定例で今後共確認をする必要がある。

2. 道路沿いにおけるNOの測定結果と気象条件との関係を検討したところ、汚染負荷量を一定と仮定した場合には、濃度レベルを決定する因子として、風速が特に重要と考えられる推論を得た。このことをもとに作成した経験式と実測値の照合では、 $r=0.907$ で、回帰直線の傾きが1に近い有意な相関を得た。また既存の拡散モデルによる検討では、測定点と発生源の距離を実際より少なめに評価した場合、平均的にはSRIモデルに一致した。しかし、線源モデルとの比較では良い一致をみなかった。

今回の調査では、移動発生源に関するデータの収集が不十分であり、一定のモデルで気象条件、負荷量をパラメータとした場合の計算値と実測値の照合を行うことができなかった。

今後の調査にあたっては、汚染負荷量を推定するために、車種別交通量、車速、渋滞強度等を必要な精度で測定することを検討するとともに、負荷量や気象条件ごとに統計的処理が行えるよう多数の測定例を確保する必要があると考えられる。

Ⅵ 謝 辞

本報告をまとめるにあたり、福井市環境保全課、福井県交通管制センターの皆様にも多大の御協力を賜りましたことを深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) "窒素酸化物等に係る環境基準専門委員会報告・大気汚染研究 7(3) 46(14) 1972
- 2) 同 上
- 3) 森口 実 : 窒素酸化物総量規制へのアプローチ 大気汚染研究 11(2) 26(84) 1976
- 4) 小川 靖 : 建物の拡散におよぼす影響その2 連続した建物, 大気汚染研究 8(4) 662(18) 1973
- 5) 同 上
- 6) 東京都公害局編 "自動車排出ガスによる大気汚染予測モデル" 昭和51年2月
- 7) 近藤次郎 : 大気汚染 - 現象の解析とモデル化 - コロナ社