

風洞実験による街路周辺の自動車排気ガスの濃度予測について

大平 俊男 朝来野 国彦 福岡 三郎
宇田 川 満 泉川 碩雄 舟島 正直
伊藤 政志 横田 久司 山本 剛夫*
西田 薫* 大橋 及紀* 荒井 民雄*

(* 京都大学工学部衛生工学科)

1 緒 言

街路周辺の自動車排気ガスによる局地的な高濃度汚染を、発生源である自動車からの排気ガスを制御しないで減少させるには都市改造による拡散希釈効果による方法が考えられる。

都市改造のもつ影響とその効果は、大気汚染問題に限定されないことは論を待たないが、大気汚染面からみた改造計画に対する評価を行なうことが基本的な条件となる。しかし、汚染物質の濃度分布を、計画段階で予測することは、簡単な問題ではない。

大気汚染物質の地表面濃度の予測は、工場建設に際して、かなり広い範囲(10~20km)の濃度分布について行なわれて来た場合が多い^{1)~6)}。これに対して、街路周辺の濃度予測は、スケールがマイクロ(100~200m)であることと、地形の複雑さ、汚染源が線状であること等から単純ではない。現存しない街路周辺の自動車排気ガスによる汚染物質の濃度分布予測は、次の方法が考えられる。

① Sutton, Bosanquet らの拡散式による理論的な方法

② 改造計画に類似した構造をもつ街路周辺の実測値から推測する方法

③ 風洞を用いた模型実験による方法

①の理論拡散式による方法は、理想的な平原上でしか成立しない拡散式を、きわめて複雑な街路周辺に適用することから、精度の点で不可能に近い。②の方法については、類似した街路が少なく、精度の高い情報は期待できない。①、②を併用した数値実験的に算出する方法も考えられるが、現在のところ箱型に近いビル街以外での適用はむずかしい。③の風洞実験による方法は、現場との

相似性について問題が残されており、この方法だけでは濃度予測はむずかしい。

以上の観点から、筆者らは既存街路周辺の実測値と、当該場所の風洞実験値との対比から両者の関係を求め、この関係を、計画街路周辺の風洞実験に適用する方法が現状では濃度予測にはもっとも有効な手段と考え、1970年から調査研究に着手した。

写真1 牛込柳町交差点改造計画案

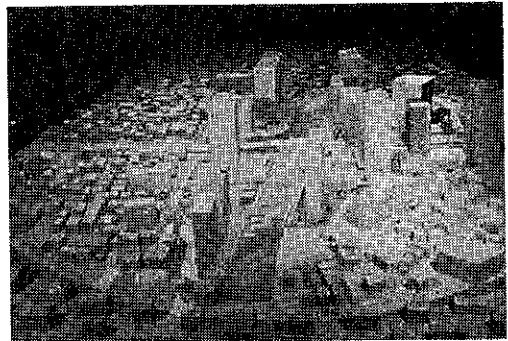
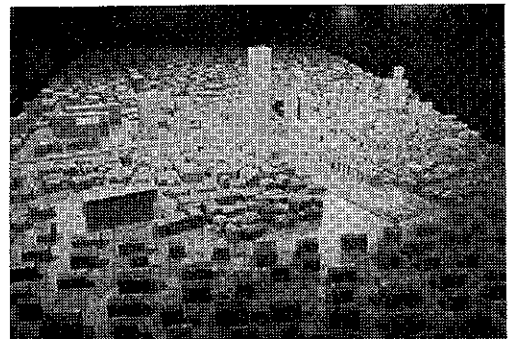


写真2 大原交差点



本報は、京都大学衛生工芸部の協力を得て行なった街路周辺の、排気ガス濃度分布予測に関する風洞実験の適用性と、牛込柳町都市改造計画案に対する予測濃度分布の算出に関する実験結果をまとめたものである。

2 実験装置

実験に使用した風洞は、エッフェル形で吸込式になっている。図1の左より、吸込洞、縮流洞、乱流制御カート、測定部、異形洞、送風機、屈曲洞、放出洞となっている。測定部は、長さ約6m、幅2.5m、高さ1.5mで、送風機は一段動翼可変ピッチの軸流型、プロペラ直径は2mである。平均風速の測定はピトー管とマンメーターを用いて行なった。

模型は縮尺 $1/150$ の大原交差点立体地形模型および縮尺 $1/200$ の牛込柳町交差点周辺改造案の2種類で、写真1、2に示した。2台の模型は直径2.4m円盤状の立体地形模型（実物は大原交差点で半径180m、牛込柳町交差点で半径240mの範囲を含んでいる。）で、模型台に据付けて風洞内に設置した。この模型台の前部と後部は乱流境界層を発達させるために、 $1/150$ の民家に相当する模型をランダムに配置した一種の粗度板である。中央部が交差点模型を据付けた回転円盤で、風向を制御するために任意の方向に回転できるようにになっている。また各交差点模型は、主要道路が面汚染源となるようにトレーサガス放出装置を備えている。このトレーサガス放出装置は十字形の箱であり、箱の中は主要道路の通行方向ごとに仕切板を設けて分割されている。これは主要道路の通行方向ごとにトレーサガスの放出量を流量計で制御できるようにしたものである。またトレーサガスが路面上で均一に放出されるように、放出装置は整流板、70メッシュの金網1枚、150メッシュの金網2枚を備えている。両交差点模型とも、トレーサガスの放出装置への注入口は合計16か所あり、各注入口へのトレーサガス流量は流量計によって1~10 l/min の範囲で任意の流量に調整できる。

各交差点立体地形模型には、地上濃度および建物壁面濃度を測定するためのサンプリング孔が、大原交差点では104か所（地上79か所、建物壁面25か所）、牛込柳町交差点では174か所（地上66か所、建物壁面108か所）設けられている。これらのサンプリング孔の位置は図2、3に示すとおりである。地上のサンプリング孔は原則と

して50m間隔の同心円上に設けられており、大原交差点ではこのほかに、野外拡散調査の測定点と同一の場所にもサンプリング孔が設けられている。建物壁面のサンプリング孔は百番台の番号で示されており、 Δ 印はその位置を表わしている。建物壁面のサンプリング孔は地上より10m間隔で設けられており、一連の番号のうちで、最も小さい番号が建物壁面の地上レベルのサンプリング孔になる。これらのサンプリング孔は内径4mmのビニールパイプを介して風洞外へ導き、ガス分析計に直接接続するか、またはサンプリングバッグと接続した。牛込柳町交差点模型においては、計画されている建物はすべて取り外すことが可能であり、測定点189~208を備えた建物はこの高さの $1/2$ の建物と取り替えることも可能である。これにより、限られた範囲ではあるが、建物の高さや配置が変更でき、計画の修正による濃度分布の変化が把握できるようになっている。

白煙発生装置は、塩酸とアンモニア液とにポンプでそれぞれに空気を送り込み、発生した塩化水素とアンモニアガスを放出口で接触させて、塩化アンモニウムの白煙を発生させるようにした。これにより、気流の動きと汚染物質の拡散状況を観測し、写真撮影を行なった。

トレーサガスとしてエタン (C_2H_6 , 分子量30) を使用し、空気（平均分子量29）との密度差による影響を無視できるようにした。エタンガスは流量検定用ローターメーターを通じてのち面汚染源発生装置より放出した。エタンガスの分析は、FID型全炭化水素測定装置と赤外線式ガス分析計を用いて行なった。

3 実験方法および条件

(1) 白煙による写真撮影

塩化アンモニウムによる白煙を放出し、乱流境界層の発達状況、建物による気流の乱れおよび汚染物の拡散プロセスを定性的に観測し、写真撮影を行なった。

(2) 大原交差点模型による拡散実験

東京都内で主風向と考えられるS~SSW(夏)、N~NNW(冬)の2風向について、模型内に含まれている甲州街道、環状七号線の全道路面よりトレーサガスを放出し、その地上濃度分布および建物壁面濃度を測定した。このときの実験条件は表1-1に示すように、風速は1.0, 3.0m/secの2通りで、トレーサガス放出量は

図1 大型緩速風洞概略図

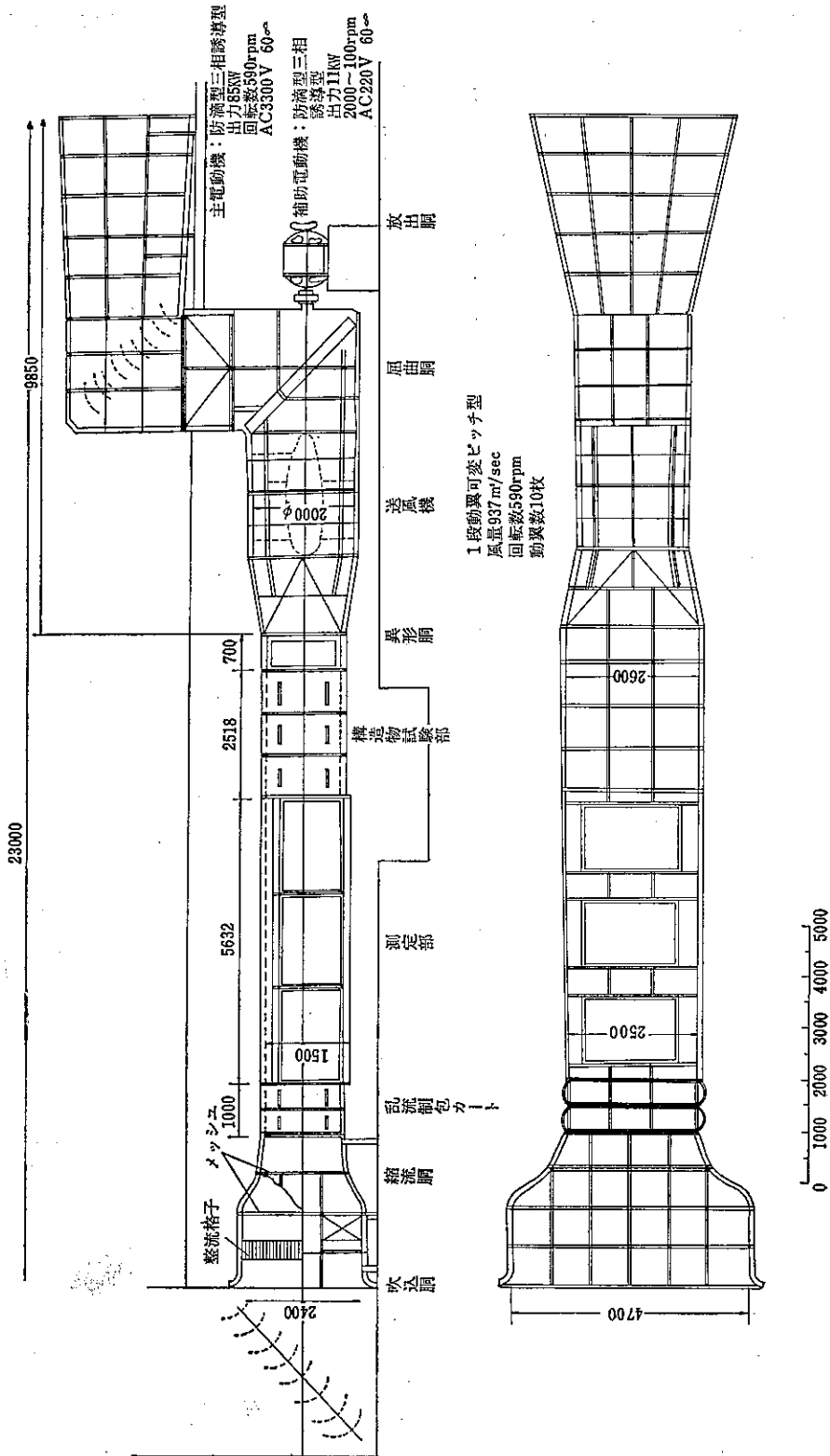


図2 牛込柳町交差点 1~66:地上サンプリング孔
 101~208:建物壁面サンプリング孔(地上より10m間隔)
 ①~⑬:トレーサーガス注入点

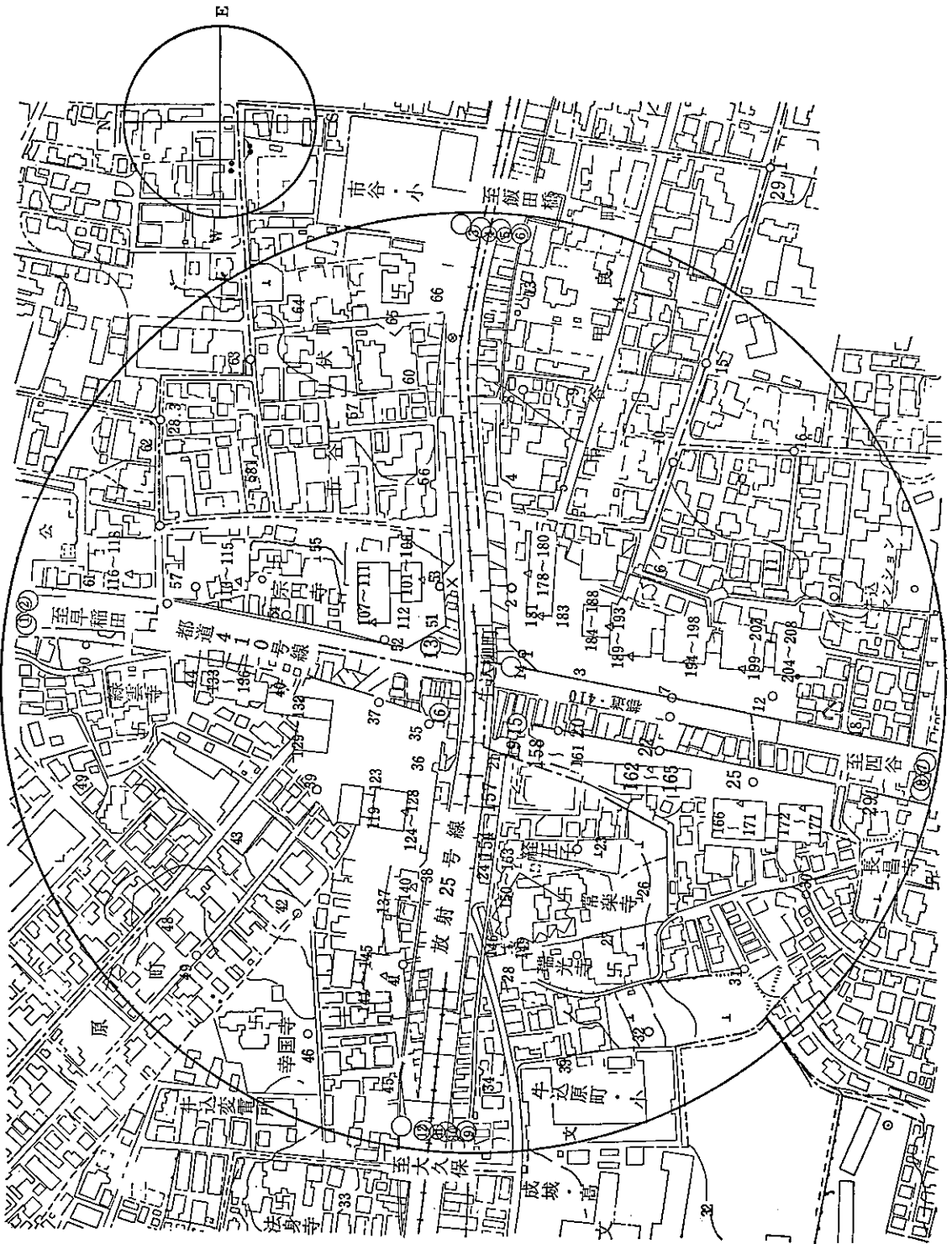
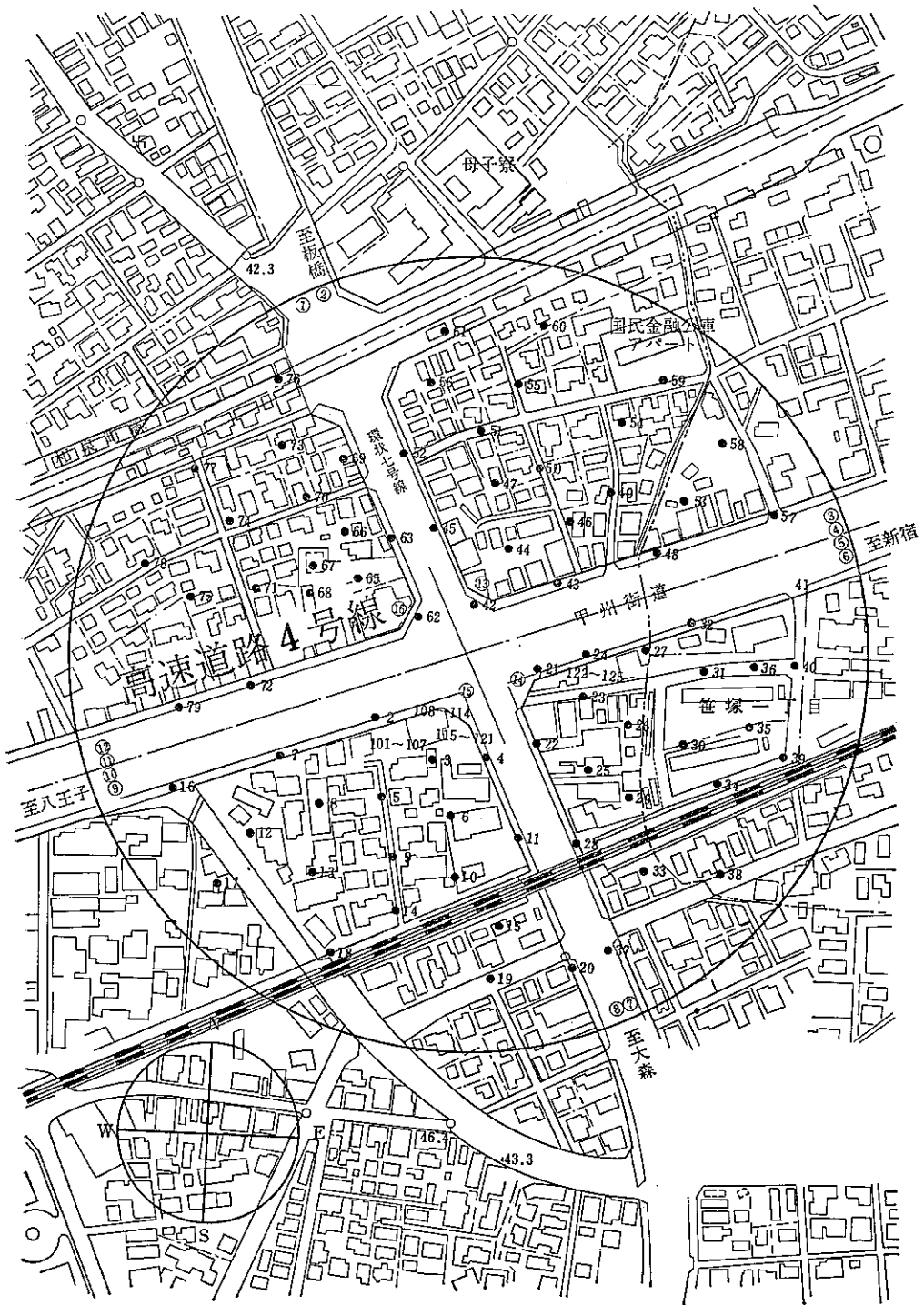


図3 大原交差点 1~79:地上サンプリング孔
 101~125:建物壁面サンプリング孔(地上より10m間隔)
 ①~⑯:トレーサーガス注入口



48.0ℓ/min, エタンガス濃度は3,800~4,400ppmであった。

なお、この実験結果は、昭和45年12月12日~15日までの4日間、大原交差点で行なわれたCO濃度調査資料と比較し、CO濃度とトレーサーガス濃度との関係を検討するために利用した。

(3) 牛込柳町交差点模型による拡散実験

東京都首都整備局の計画案に従って、将来改造される予定の牛込柳町交差点について、自動車排出ガス、特に一酸化炭素濃度を予測する目的で風洞実験を行なった。風向は東京都内の主風向と考えられるN~NNW, S~SSWの2風向と、改造計画案で大気汚染面から考えて最悪と予想されるE, NEの2風向を含めて4風向である。風速は原則として1.0m/secとし、N~NNW, S~SSWの風向に対しては風速による影響を調べるた

めに3.0m/sの風速も採用した。トレーサーガス放出量は44.8ℓ/min, エタンガス濃度は3,200~4,700ppmであった。建物の地上濃度に及ぼす影響を調べるため、測定点189~208を備えた建物を取り外した場合について、風向Eの条件で実験を行なった。これは風向Eの場合に測定点189~208を備えた建物が自動車排気ガスの拡散に大きく影響すると予想されるからである。また交差点の中心点にもっとも接近した建物(測定点178~180を備えた建物)の影響を調べるため、この建物を取り外して風向Sの場合について拡散実験を行なった。最後に改造計画で予定されている建物群をすべて取り外した場合について拡散実験を行なった。これは現在の柳町交差点にもっとも近い形であると考えられ、現状と将来とを近似的に比較するために行なった。以上の実験条件をまとめると表1-2のようになる。

表1-1 大原交差点模型による拡散実験の条件

実験番号	風速 m/sec	風向	放出口	放出量 ℓ/min	放出濃度 ppm	分析機器	備考
9	1.0	NNW	1~16	48	4,400	水素炎	
10	1.0	S	1~16	48	4,000	水素炎	
11	3.0	NNW	1~16	48	3,800	水素炎	
12	3.0	S	1~16	48	3,900	水素炎	

表1-2 牛込柳町交差点模型による拡散実験の条件

実験番号	風速 m/sec	風向	放出口	放出量 ℓ/min	放出濃度 ppm	分析機器	備考
1	1.0	NNW	1~16	44.8	3,200	赤外	
2	3.0	"	"	"	4,000	"	
3	1.0	S	"	"	4,100	"	
4	3.0	"	"	"	3,700	"	
5	1.0	E	"	"	4,100	水素炎	
6	"	NE	"	"	4,200	赤外	
7	"	E	"	"	4,000	水素炎	194~208の建物高さ1/2
8	"	E	"	"	4,700	"	194~198, 204~208の建物除去
9	"	S	"	"	4,000	"	178~180の建物除去
10	"	S	"	"	4,700	"	101~208の建物すべて除去

4 解析方法

風洞実験によって予測を行なう場合、もっとも問題となるのは、現場との相似性である。相似性については、理論的考察がいくつかあるが^{10)~12)}、力学的相似律に関する研究が主体で、拡散の場合に問題となる濃度分布の幾可学的な相似性についての報告は少ない。

本研究では、大原交差点周辺について風洞実験の測定

結果と、現場の実測値との対比から実験的に相似性を検討した。実測は自動車排気ガスの指標としてCOについて行なったもので、測定地点は風洞実験と一致している。風速が異なる条件下で各測定点ごとの濃度を比較し、実験式を求めるには、濃度を無次元化する必要がある。街路を代表する定数として、建物の高さ(H)、道路幅(W)をとり、単位長さ当たり、単位時間当たりの汚染物質の

排出量 (q), 風速 (U), 各測定点の濃度 (C) とすれば, $C U \sqrt{HW}/q$ で無次元化濃度を示すことができる。一般式としては, 一次式を仮定すれば, 関係式は,

$$\frac{C P U \sqrt{H P W}}{q_P} = K_1 \frac{C_M U_M \sqrt{H M W}}{q_M} + K_2 \dots (1)$$

P: 現場 M: 模型 となる。

K_1, K_2 の定数が定まれば, 風洞実験の結果から, 現場の濃度を知ることができる。 K_2 は街路周辺のCOのバックグラウンド濃度を示すものである。また, ここで示した風速 (U) は, 実験対象地域を代表する平均風速で, 野外ではビル屋上の風速, 風洞では境界層外の風速である。また, 排出量 (q) は走行台数 (N), 走行速度 (V), 自動車1台当たりの単位時間排出量 (Q) から次式で求められる。

$$q = \frac{NQ}{V} \dots (2)$$

5 結果と考察

(1) 濃度予測式の決定

大原交差点周辺で行なった実測値と風洞実験の結果を最小二乗法によりまとめると, 結果は風向別に次に示す式で表わすことができる。この場合, 大原交差点周辺の各定数は, $\sqrt{W_p H_p} = 39m$, 交差点を通過する自動車の走行台数 (4方向の合計): 10,000台/hr, 自動車の平均速度⁷⁾ 18km/hrとし, 1台当たりの発生量を $50cm^3/台/sec$ とした。

$$\text{風向: } N \quad L \equiv \sqrt{W \cdot H}$$

$$\frac{C P U \sqrt{H P W}}{q_P} = 1.83 \frac{C_M U_M \sqrt{H M W}}{q_M} + 66.7 \quad r = 0.51 \dots (3)$$

表2 牛込柳町交差点 (改造案) の実験結果

実験番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
風速	m/sec	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
風向		NNW	NNW	S	S	E	NE	E	E	S	S
放出口		1~16	1~16	1~16	1~16	1~16	1~16	1~16	1~16	1~16	1~16
放出量	ℓ/min	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8	44.8
放出濃度	PPm	3,200	4,000	4,100	3,700	4,100	4,200	4,000	4,700	4,000	4,700
分析機器		赤外	赤外	赤外	赤外	水素炎	赤外	水素炎	水素炎	水素炎	水素炎
								階高減	194~198 204~208 除去	178~180 (181~183) 除去	全部除去
測定点	PPm										
1		0	1	4	0	0	0	4	8	24	8
2			1		19	0	1	5	9	0	4
3		1	0	2	0	0	0	7	7	86	10
4		13	4	5	2	0	1			48	80
5		4	4	5	3	0	2				3
6		0	3	2	4	0	2	2	7		6
7		19	4	5	2	208	102	90	10		7
8		18	5	1	1	0	2				10
9		96	17	1	0	0					10
10		3	2	3	2	0	3				2
11		0	5	1	0	0	0	1	7		2

12		2	6	4	2	276	41	25	26		3
13		100	39	9	7	0	9				320
14		18	8	3	1	0	1				3
15		6	5	2	2	0	2				2
16		0	2	5	1	0	1				2
17		0	3	5	3	0	2	1	7		3
18				1	1	27		104	16		3
19		20	7	51	3	2	6	30	42	460	305
20		55	15	7	2	1	4	18	33	4	32
21		22	5	47	2	2	6	8	14	118	11
22		61	14	4	1	6	5	8	13		30
23			5	5	2	0	3	5	12		2
24		19	5	53	21	3	4	10	18		34
25		6	3	5	1	17	22	3	15		9
26		5	3	5	2	7	2	10	13		2
27		15	4	3	2	1	51	6	10		2
28		21	5	8	3	7	105	16	16		2
29		12	9	5	2	142	97	10	130		4
30		2	5	4	1	43	6	11	24		2
31		5	5	4	1	7	7	10	13		1
32		4	5	3	2	1	27	6	10		2
33		13	7	5	2	5	69	24	20		1
34		26	13	19	2	460	117	280	220		380
35		3	1	64	16	11	1	30	38	52	
36		46	1	23	5	11	3	25	30	76	135
37		7	1	73	12	12	2	60	56	82	96
38		2	2	67	20	47	3	310	340	156	152
39		2	1	15	2	10	1	18	20		36
40		40	2	94	14	11	5			56	200
41		122	12	24	10	20	45	46	44		130
42		0	1	30	14	8	2				35
43		1	5	24	7	8	1				25
44		2	1	46	4	7	3			30	56
45		7	7	5	1	18	4	34	60		300
46		1	4	6	3	6	2				34

47		0	2	21	6	6	1				24
48		0	0	21	8	8	1				17
49		1	2	15	3	20	2				22
50		0	2		72	52	1			680	300
51		4	2		85	5	4	5	10	21	152
52		1	1	117	32	6	1		24	38	80
53		8	3	100	31	1	1		6	3	100
54		3	2	163	29	4	8			260	200
55		1	1	48	9	2	1			3	46
56		184	69	48	12	3	0			21	32
57		1	0	47	14	12	16			9	116
58		0	2	30	5	3	1			10	26
59		0	1	17	4	2	1			12	32
60		2	1	33	2	3	1			46	52
61		0	1	63	13	8	2			38	140
62		0	1	25	4	2	1			3	16
63		2	1	15	1	3	0			16	21
64		1	2	19	0	2	0			35	38
65		1	1	19	0	3	0			52	42
66		9	4	47	4	3	1			116	125

101		11	3	17	5	5	1			5	72
102		16	5	21	7	4	1			5	
103		16	4	25	5	4	1			5	
104		23	2	31	6	5	3			5	
105		28	3	51	13	5	1			7	
106		30	2	69	21	4	1			6	
107		1	1	16	5	1	1			0	50
108		1	2	22	5	2	1			2	
109		2		31	6	3	0			5	
110		1	4	43	9	3	1			6	
111		0	1	70	20	3	1			4	
112		2	1	103	28	4	1				
113		2	1	27	7	3	8			3	34
114		1	0	24	9	6	7			4	

115		2	2	45	11	7	7			9	
116		2	0	24	6	16	6			3	32
117		2	1	31	9	32	13				
118		2	1	37	10	80	33			16	
119		20	3	0	0	2	1			3	44
120		15	2	2	1	3	1				
121		4	1	4	0	3	1				
122		2	2	4	1	4	2				
123		0	0	7	1	3	2			35	
124		37	3	2	0	4	2			5	
125		50	6	1	1	3	4				
126		59	5	5	0	1	3				
127		85	8	3	1	1	2				
128		95	10	6	0	1	2			22	
129		3	1	3	1	1	4			6	68
130		3	0	9	1	1	2			12	
131		6	2	23	7	2	2			34	
132		7	2	31	6	2	3			38	
133		1	1	5	2	2	2			9	92
134		2	1	16	3	1	1			18	
135		1	2	34	7	1	3			29	
136		1	5	50	8	1	5				
137		43	9	33	9	1	6				
138		60	13	45	14	1	14				
139		102	24	56	14	1	21				
140		221	54	57	14	1	37				
141		20	9	6	2	1	50				72
142		30	7	6	5	1	24				
143		45	11	10	4	0	89				
144		86	16	16	6	2	129				
145		169	27	20	7	7					
146		0	4	104	42	3	7				1
147		0	4	159	64	3	14				
148		0	3		78	3	24				
149		2	4	137	19	4	14				

150		0	2	119	49	1	4				
151		3	4	120	48	1	5				
152		4	4	164	66	1	7				
153		13	3		11	3	18				
154		9	4	6	2	0	4				2
155		11	6		3	0	3				
156		4	5	5	4	0	4				
157		34	5	44	3	0	6				
158		16	3	0	1	0	2	1	6		
159		9	3	1	1	0	4	2	6		
160		18	4	0	3	0	5	3	8		
161		28	4	0	0	0	6	3	10		
162		8	3	1	1	2	2	1	7		5
163		18	4	0	1	14	4	9	15		
164		27	9		1	13	1	10	17		
165		31	10	2	2	12	5	10	18		
166		10	3	2	1	33	5	10	18		10
167			5	4	3	34	3	10	16		
168		13	2	0	2	30	3	9	18		
169		11	3	3	2	25	6	10	16		
170		15	3	5	2	22	8	11	16		
171		9	3	1	2	22	12	10	16		
172		4	10	2	1	36	7	6	21		13
173		10	2	4	0	33	2	8	17		
174		12	4	2	2	34	4	9	19		
175		16	5	2	2	30	5	9	19		
176		11	6	2	1	32	10	11	24		
177		11	4	6	2	30	13	12	26		
178		0	2	140	27	14	2				11
179		2	2	167	29	14	2				
180		2	3	146	28	15	2				
181		0	1	86	12	0	1	0	6		
182		1	3	44	6	0	1	0	7		
183		4	2	8	2	0	2	3	6		
184		4	2	3	1	1	1		6	0	0

185		5	2	1	2	25	1		8	0	
186		3	0	1	0	30	1		6	0	
187		6	0	1	0	9	3	0	6	0	
188		0	2	1	1	0	4	0	6	0	
189		7	2	1	2	65	17		9		
190		44	2	2	2	68	16		13		
191		2	3	2	2	74	22		10		
192		2	0	0	0	96	34	30	20		
193		4	3	1	0	108	37	50	32		
194		4	3	3	3	72	7		5	0	0
195		5	4	4	1	86	9			0	
196		7	2	5	2	94	19			0	
197		2	1	3	0	116	35			5	
198		3	1	1	1	118	58			0	
199		6	1	0	2	100	6		32		4
200		2	2	1	1	132	8		34		
201		4	2	0	1	176	11		52		
202		4	2	0	1	232	15	33	62		
203		5	2	1	1	244	22	24	72		
204		9	2	1	1	88	8		6		0
205		7	3	1	1	128	10				
206		5	5	2	1	160	11				
207		3	2	1	0	200	23	44			
208		5	4	4	4	210	27	34			

風向：SSW

$$\frac{CpUPLP}{q_p} = 0.89 \frac{CmUMLM}{q_M} + 48.9 \quad r = 0.84 \dots (4)$$

風向：S~SW

$$\frac{CpUPLP}{q_p} = 1.16 \frac{CmUMLM}{q_M} + 38.7 \quad r = 0.59 \dots (5)$$

大原交差点では、NとS~SWの風向について、相関係数(r)は各々0.51、0.59とあまりよくないが、S~SSWの風向については、0.84とかなりよい相関を示している。また、各風向の勾配(K_i)の平均は1.3となる。これは、大阪市御堂筋において、西田ら¹⁴⁾が算出した関係式

$$\frac{CpUPLP}{q_p} = 1.31 \frac{CmUMLM}{q_M} + 36.4 \dots (6)$$

とほぼ一致している。したがって、実測のできない計画段階の牛込柳町交差点については、(3)(4)(5)式でもっとも安全側(現場の予測値が高濃度となる)にK_iの大きい(3)式を選ぶこととした。

(2) 牛込柳町改造計画に対する予測

表2に、実験の結果をまとめて示した。高層建物が群立する場合、街路を流れる風の方向、風速の垂直プロファイルはきわめて複雑であり、現場での実測も困難なことから建物周囲の気流に関する報告は少ない。ここでは、白煙実験の観察結果を含めて、主として定性的に建物条件と濃度分布の関係を述べる。建物に対して垂直方向の風が吹く場合、もっともその影響がでている。NNWの

風向の場合（実験番号1，2）高濃度域は放射25号線の北側の道路沿いにみられる。これは測定点124～128，137～140，141～145を備えた建物の影響で，放出源が建物の後流域に入るためであろう。道路の風上側に建物がない場合には，道路の風下側が高濃度となっている。また，風速は1 m/secと3 m/secとでは高濃度域にそれほど大きな違いはないが，濃度比は3 m/secで大きくなっている。これらの現象は，各風向に共通している。建物の高さを変えた（ $\frac{1}{2}$ にする）実験（実験番号5，7，8）では，建物の高さにより高濃度域が移動し，実験番号8では後流域によると思われる高濃度現象はみられな

くなる。また，改造案で建設が予定されている高層建築物をすべて取り除いた場合（実験番号10）汚染物質は全般的に風下側が高濃度となっており，建物がある場合と比較すると広い範囲で高濃度となっている。これは建物によって生じる垂直方向の広がり幅が小さいためと考えられる。以上，水平濃度分布から建物の影響を考察した結果をまとめると，

- ① 建物の後流域では，汚染物の逆流が見られ，高濃度域を形成する。
- ② 建物が群がっているところでは，気流は抵抗の小さい方に向かって流れる。したがって，道路沿いに

表3 牛込柳町交差点におけるCO予測値

予 測 番 号	1	2	3	4	5	6	7
風 向	—	—	—	NNW	S	E	NE
風 速(m/s)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
走行台数(台/hr)	2,000	6,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
測 定 点 1	2 ^{ppm}	5 ^{ppm}	7 ^{ppm}	7 ^{ppm}	7 ^{ppm}	7 ^{ppm}	7 ^{ppm}
2	4	13	22	12	22	7	7
3	2	4	7	7	7	7	7
4	2	5	8	8	8	7	7
5	2	5	8	8	8	7	7
6	2	4	7	7	7	7	7
7	4	12	21	8	8	21	12
8	2	5	8	8	7	7	7
9	3	8	13	13	7	7	—
10	2	5	7	7	7	7	7
11	2	4	7	7	7	7	7
12	5	15	25	7	7	25	9
13	3	8	13	13	8	7	8
14	2	5	8	8	7	7	7
15	2	5	8	8	7	7	7
16	2	5	8	7	8	7	7
17	2	5	8	7	8	7	7
18	10	30	52	52	7	9	49
19	2	6	10	9	10	8	8
20	2	6	11	11	8	7	7

21	2	6	10	9	10	8	8
22	2	7	11	11	7	8	8
23	2	5	8	—	8	7	7
24	2	6	10	8	10	8	7
25	2	5	9	8	8	9	8
26	2	5	8	8	8	8	7
27	2	6	10	8	7	8	10
28	2	7	12	9	8	8	12
29	3	10	17	8	8	17	12
30	2	6	10	7	7	10	8
31	2	5	8	8	7	8	8
32	2	5	8	8	7	8	9
33	2	6	11	8	8	8	11
34	7	22	37	9	8	37	13
35	2	6	10	7	10	8	7
36	2	6	10	10	8	8	7
37	2	6	11	8	11	8	7
38	2	6	11	7	11	10	7
39	2	5	8	7	8	8	7
40	2	7	12	10	12	8	8
41	3	9	15	14	8	9	9
42	2	5	9	7	9	8	7
43	2	5	8	7	8	8	7
44	2	6	9	7	9	8	7
45	2	5	9	8	8	9	7
46	2	5	8	7	8	8	7
47	2	5	8	7	8	8	7
48	2	5	8	7	8	8	7
49	2	5	9	7	8	9	7
50	8	24	40	7	40	11	7
51	6	18	30	8	30	8	7
52	3	8	13	7	13	8	7
53	2	7	12	8	12	8	7
54	3	9	15	7	15	8	8
55	2	6	10	7	10	8	7

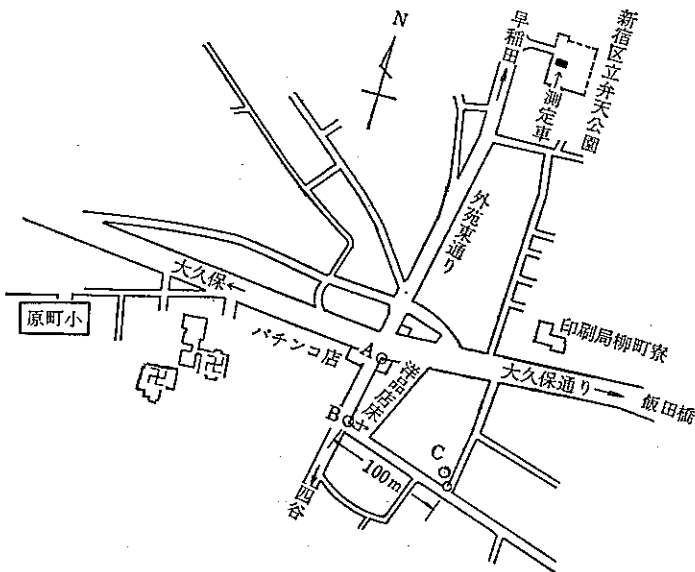
56	4	11	19	19	10	8	7
57	2	6	10	7	10	8	8
58	2	5	9	7	9	8	7
59	2	5	8	7	8	8	7
60	2	5	9	7	9	8	7
61	2	6	10	7	10	8	7
62	2	5	8	7	8	8	7
63	2	5	8	7	8	8	7
64	2	5	8	7	8	8	7
65	2	5	8	7	8	8	7
66	2	6	10	8	10	8	7

汚染物質が移動する傾向がみられる。

③ 建物（高層）がある場合とない場合では、地上では後者の方が高濃度となる。これは垂直方向の拡散場の大きさに関係するものと考えられる。

定量的な濃度予測は、前述のように大原交差点周辺について得られた相似律に関する実験式の中で、もっとも現場が高濃度となる(3)式を用いて算出した。自動車の平均走行台数を2,000台/hrとし、平均走行速度は36km/hr、CO排出量50cm³/台/secとした。さらに、走行台数については、現状では都道410号の方が放射25号線

図4 牛込柳町交差点付近図



より10~20%多いが、近似的に等しいものと仮定して計算した。さらに、6,000台/hr、10,000台/hrについても試算し将来の交通量の増加による影響を検討した。また、気象条件としては年間主風向であるNNWとS成分の風を中心にし、風速はわれわれの行なった観測結果から $U=2\text{m/sec}$ とした。

表3に各条件におけるCO予測濃度を示した。予測番号1~3は、各走行台数について予測点ごとに最も高濃度となる風向について示したもので、その条件は測定点によって異なっている。また、NO.4~7にはNNW、

S、E、NEについて10,000台/hr走行の場合の予測値を示した。現在の走行台数では(2,000台/hr)、CO濃度は、都道410号線の四谷寄り100m地点で、最高値10ppmが予測される以外は、かなり低い濃度を示している。また、交差点の風下側で高濃度となっているが、これは、道路が煙突の役割をすることと、風洞実験では道路が実際の場合のように無限ではないので、風上側の汚染質の影響をバックグラウンドとして扱うことができないためであろう。これは、大原交差点周辺について行なった実測との比較でも認められている。

表4 牛込柳町交差点CO調査結果

測定者		公害研究所																
調査		特別調査							常時調査									
測定所	交差点	A'	A'	A'	A'	B'	C'	A			B			C				
測月	定日	2/10	3/10	5/27 5/28	5/26 6/3	7/13 7/14	7/8 7/14	"	"	8月	9月	10月	8月	9月	10月	8月	9月	10月
測定 時 間	1			8.5		11.5				11.0	12.4	9.0	9.2	11.5	6.3	2.7	3.9	6.1
	2			12.5		8.4				8.7	9.9	7.1	7.4	9.0	4.9	2.3	3.3	4.6
	3			8		6.5				6.8	7.9	5.5	6.1	7.4	4.0	2.1	2.8	3.3
	4			5		3.5				4.8	5.4	3.2	4.6	5.3	2.8	1.9	2.4	2.4
	5			3.5		3.7				3.9	4.4	2.6	3.5	4.1	2.3	1.7	2.3	2.0
	6			3.5		3.0				4.2	4.6	2.8	3.9	4.6	2.5	1.9	2.3	2.2
	7			6		4.8				6.0	6.9	5.4	5.5	6.3	4.6	2.1	2.4	2.6
	8			9.5		12.6				11.2	13.3	11.9	11.2	14.0	10.3	2.8	3.5	4.0
	9			13.5	13.4	17.3	12.9	18.7	3.7	14.6	16.3	14.5	14.6	18.3	14.5	4.8	5.2	6.0
	10	16.8	23.3	18.5		15.3	13.5	16.8	4.4	14.3	15.8	12.6	15.0	18.6	13.5	5.2	5.9	5.7
	11	13.0	18.9	23	14.9	15.0				14.1	15.0	12.6	15.1	19.2	15.2	5.7	6.0	5.8
	12			—	15.0					13.8	14.5	12.8	14.9	16.7	14.7	6.0	5.9	6.1
	13			—	12.8	14.8	13.2	13.4	4.2	12.0	14.0	11.1	11.9	16.1	12.4	5.6	5.7	5.0
	14	10.7	18.9	—	16.0	14.6	14.5	5.6		12.9	15.9	13.7	13.4	18.4	14.6	5.8	6.7	5.8
	15	11.4	16.1	24	15.7	16.8				14.9	17.1	16.0	14.9	20.0	17.2	6.3	6.9	6.3
	16	14.1	18.8	—	18.0					15.2	17.4	16.2	15.7	20.7	17.2	6.0	6.4	6.8
	17			24	19.8	20.0				14.1	17.7	16.8	13.9	20.9	17.2	5.5	6.4	7.1
	18			27.5	19.0	15.6	18.1	5.7		15.0	17.8	18.7	14.4	21.1	17.8	5.0	6.0	8.0
	19			17	21.3	16.2	18.6	6.1		14.4	18.1	17.9	14.4	21.2	18.4	4.8	6.2	8.1
	20			15	14.8					14.6	16.9	15.8	13.8	17.2	15.6	4.2	5.6	6.8
	21			15	10.0					14.0	17.0	16.5	12.0	17.0	15.0	3.8	5.1	6.4
	22			—	8.5					14.8	17.5	15.2	12.3	17.3	12.9	3.7	5.3	6.6
	23			—	6.9					14.3	16.8	13.2	12.1	15.8	9.4	3.5	5.1	8.0
	24			22	6.6					12.5	14.1	11.9	11.4	12.8	7.7	3.2	4.4	7.6
平均					13.5				11.6	13.5	12.1	11.3	14.7	11.7	4.0	4.8	5.6	
最高					22				28	30	33	28	43	32	12	14	21	
最低					3				1	1	1	1	1	1	0	0	1	
測定率%									95	92	73	95	86	74	95	92	72	

6 ま と め

大原交差点の模型を用いた風洞実験と実測値との比較から、ビルの風下側に発生する後流域に発生源がある場合には、風洞実験、実測値とも高濃度となっているが、風洞実験でとくに顕著に現われている。これは、風洞が常に定常状態を扱っているので負圧領域が継続して形成されているためであろう。これに対して実際には、風向・風速の変動があり、定常的な負圧領域を形成しないためであろう。

牛込柳町改造案に対する予測結果から、自動車の走行台数が現状と変わらないとすれば(2,000台/hr)¹⁶⁾、表4、図4に示した現状と比較して、かなり改善されることがわかる。しかし、自動車の走行台数が増加すれば高濃度となり、10,000台/hrでは最高52ppm程度のCO濃度が予測される。しかし、風洞実験は定常状態が持続した場合の予測値であり、実際には後流域に関する実験結果から明らかのように常に風向・風速が変動し濃度も平均化してくる。このことは、表4に示した牛込柳町の現状についての最高値と平均値の関係からも明らかである。

これらの点を考慮すれば、大気汚染面からみた牛込柳町改造計画の完成時に走行可能な自動車は、4,000~5,000台/hr程度であろう。今後、自動車排気ガスの排出規制が実施されれば濃度は当然低下する。

風洞実験による予測は、他の方法と比べて有効ではあるが未解決な点も多い。

- ① 無風状態における分布は得られない。(実験不可能)
- ② 温度成層が設定できない。
- ③ 定常状態(風向・風速が一定)が持続している条件での情報しか得られない。
- ④ 相似律に関する理論的な証明が不十分である。

今後これらの点について改良を加えれば、計画街路周辺の自動車排気ガス濃度予測の方法として、既成街路周

辺の実測値と風洞実験値との関係から、計画街路周辺の風洞実験の解析を行なう手法は有力な手段であろう。

参 考 文 献

- 1) Sutton, O. G. : Micrometeorology, McGraw-Hill, New York (1953)
- 2) Bosanquet, C. H. and Pearson, J. L. : Trans. Faraday Soc., 32, 1249 (1936)
- 3) Sakagami, J. : NSR. O. U., 5, 79 (1954)
- 4) Pasquill, F. : Meteorol. Mag., 90, 33 (1961)
- 5) Taylor, G. I. : Proc. Roy. Soc. London, A, 151, 421 (1935)
- 6) たとえば, Monin, A. S. : Adv. in Geophysics, 6, 331 (1959)
- 7) 日本機械学会:自動車排出ガスによる大気汚染に関する研究(中間報告), (昭和45年3月)
- 8) 東京都公害研究所:自動車排気ガス拡散調査(昭和47年3月)
- 9) 東京都公害研究所大気部:東京都大気汚染現象調査結果の統計処理について(昭和45年2月)
- 10) 井上栄一:農業技術研究所報告, A-2 (1952)
- 11) 谷信輝:農業技術研究所報告, A-6 (1958)
- 12) Nemoto, S. : Meteorology and Geophysics, 12, 30 (1961)
- 13) 日本気象協会:自動車排気ガス拡散調査報告書(昭和46年3月)
- 14) 日本自動制御協会:交通工学的自動車公害の防止策に関する研究(昭和47年3月)
- 15) 東京都首都整備局:自動車排気ガス対策樹立のための基礎調査結果について(牛込柳町交差点周辺), (昭和45年7月)
- 16) 岩崎好陽, 福岡三郎, 大平俊男:東京都公害研究所年報, 2, 62 (1971)