

[調査報告]

# 環境大気測定結果にみる 大気汚染物質の動向について

- 第 1 報 -

Trend of air pollution substance recognized by atmospheric monitoring data  
- A first report -

岩崎 英二\* 立石 康彦\* 谷口 三紀生\* 西 隆行\*

Eiji IWASAKI\*, Yasuhiko TATEISHI\*, Mikio TANIGUCHI\* and Takayuki NISHI\*

キーワード：大気汚染物質、データベース化、二酸化硫黄、窒素酸化物、浮遊粒子状物質

## 1. はじめに

大気測定車を用いた環境大気測定業務も約10年を経過し、収集したデータがかなり蓄積されてきている。これらのデータを多方面の条件から比較することにより、ある地域で観測・測定された気象データ及び大気汚染物質濃度を検討・評価する際に資料の一つとしてこれらを利用できるよう、現在、データベース化を進めているところである。今回は、現在までにデータベース化したものから、二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)、一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)及び浮遊粒子状物質(SPM)の各測定データについて時刻別、風向別、大気安定度別に平均、最高、最低値を算出し、検討を行ってみた。なお、本検討にあたっては、データを測定地点別に以下の3通りに分けた。

- ① 測定地点周辺が都市部と考えられるもの：a地区(測定地点数22)
- ② 測定地点周辺は田園地帯と考えられるが、近くに工場群が存在するもの：b地区(測定地点数18)
- ③ 測定地点周辺が田園地帯と考えられるもの：c地区(測定地点数11)

備考1)平成元年～8年までの環境大気測定の実施件数は約60件(測定地点数51)である。

2)データベース化にあたっては、Microsoft Excel及びMicrosoft Accessを使用した。

## 2. 調査方法

各大気汚染物質の測定方法については、以下のとおりであり、測定値は1時間値である。

- ・二酸化硫黄：溶液導電率方式
- ・窒素酸化物(一酸化窒素、二酸化窒素)：吸光光度法
- ・浮遊粒子状物質：ベータ線吸収方式

## 3. 結果

検討した結果は、以下のとおりである。なお、窒素酸化物は、一酸化窒素、二酸化窒素の合計値でコメント及びグラフ化している。

### 1) 全体平均値について

地区別の各物質濃度の全体平均値は、表-1及び以下のとおりである。

#### (1) 二酸化硫黄

a、b、c地区ともほぼ同程度の値である。

#### (2) 窒素酸化物

a地区が最も高く、b、c地区の順となっている。また、a地区の値に対しb地区は約1/2、c地区は約1/7の値である。

#### (3) 浮遊粒子状物質

a、b地区が同値で高く、c地区が低い。また、a、b地区の値に対しc地区は約2/3の値である。

表-1 各物質の全体平均値

	a地区	b地区	c地区
二酸化硫黄 (ppm)	0.006	0.005	0.004
一酸化窒素 (ppm)	0.008	0.003	0.001
二酸化窒素 (ppm)	0.014	0.008	0.002
窒素酸化物 (ppm)	0.021	0.011	0.003
浮遊粒子状物質 (mg/m <sup>3</sup> )	0.036	0.036	0.022

\* 財団法人日本環境衛生センター西日本支局環境科学部

Dept. of Environmental Science, West Branch, Japan Environmental Sanitation Center

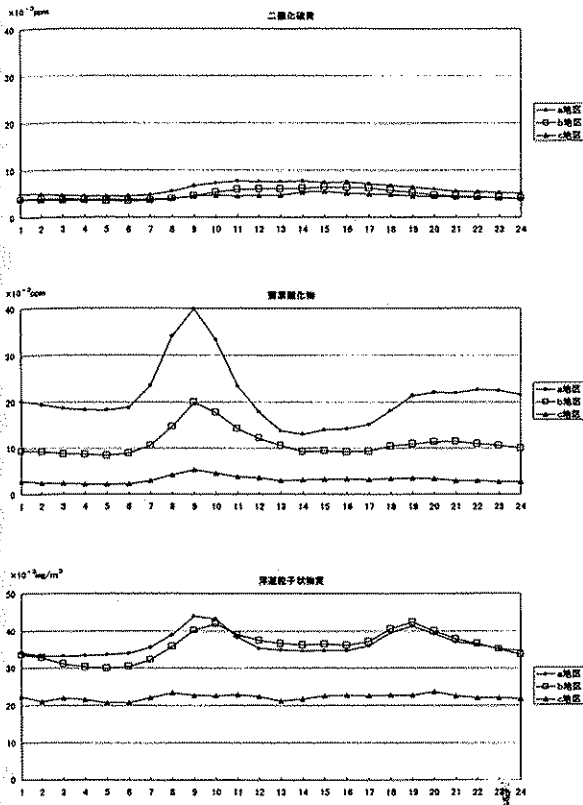


図-1 各物質の時刻別濃度 (平均値)

2) 時刻別変化

各物質濃度の時刻別平均値は、図-1 及び以下のとおりである。

(1) 二酸化硫黄

a、b、c 地区による大きな差は認められないが、日中が夜間に比べやや高くなる傾向が認められた。

(2) 窒素酸化物

全ての時刻において、a 地区 > b 地区 > c 地区の順となっている。各地区とも9時頃にピークがみられ、a、b地区ではピーク時の値が他の時間帯の値に比べて大きく変動しているのに対して、c地区では変動がほとんどない。また、a、b地区では19時頃にも濃度が上昇する傾向がみられる。

これらの変動傾向は、一般に自動車等の交通量が多い地域ほど朝方と夕方にかけて濃度上昇がみられるといわれていることと、よく一致する。

(3) 浮遊粒子状物質

全ての時刻において、a 地区 = b 地区 > c 地区となっている。a、b地区は窒素酸化物

の変化に相似しており、9時頃と19時頃に濃度上昇がみられる。c地区は低い値で推移しており、あまり大きな変化はみられない。

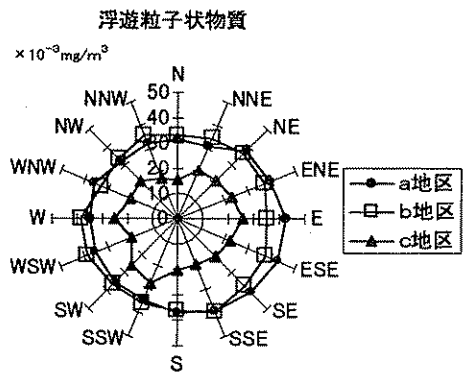
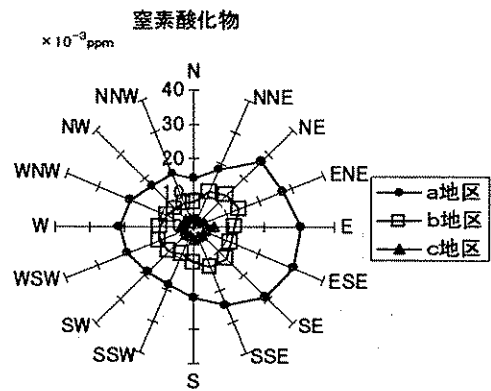
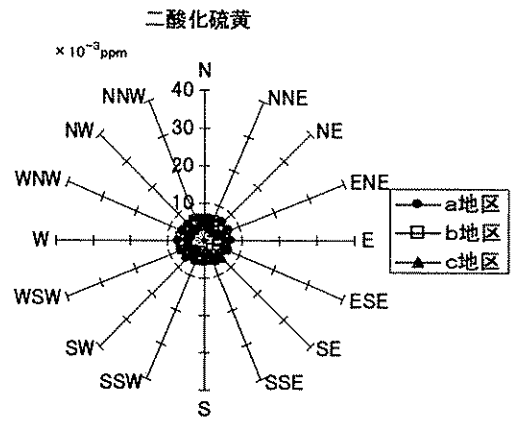


図-2 各物質の風向別濃度 (平均値)

3) 風向別変化

風向別の各物質濃度は、図-2 及び以下のとおりである。なお、図-2 については、各測定地点に対する種々の発生源の方向等は、今回の集計の際の条件には加えていない。

(1) 二酸化硫黄

a、b、c 地区ともにほとんど差は認めら

れないことから、風向的な特徴を限定することはできなかった。

(2) 窒素酸化物

各風向とも a 地区が最も高く、b 地区、c 地区の順である。風向的には、a 地区は東を中心として北東～南東、b 地区は北東～東北東の風向時にやや高い。c 地区については大きな差はみられない。

(3) 浮遊粒子状物質

風向別の濃度平均値でみると、a 及び b 地区はほぼ同レベルであり、c 地区が低い値となっている。風向的には a、b、c 地区ともあまり大きな変化はみられない。

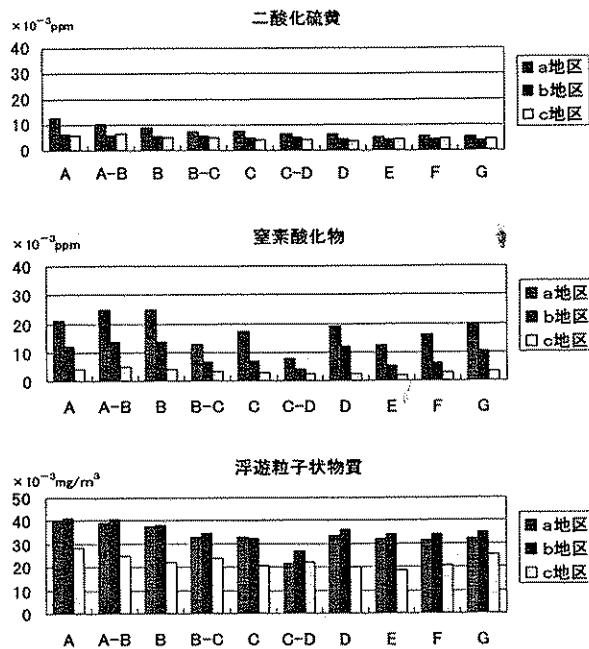


図-3 各物質の大気安定度別濃度 (平均値)

4) 大気安定度別変化

パスケル安定度分類による大気安定度別の各物質濃度は図-3 及び以下のとおりである。大気安定度の区分については下表のとおりである。

大気安定度と大気の状態の関係

大気安定度	A	A-B	B	B-C	C	C-D	D	E	F	G
大気の状態	不安定					中立		安定		

(1) 二酸化硫黄

a、b、c 地区ともに大気安定度 A と A-B の時に高い値となっている。また、濃度は

a 地区が最も高く、b 及び c 地区はほぼ同レベルである。

(2) 窒素酸化物

a、b 地区は大気安定度 A-B 及び B の時、c 地区は、大気安定度 A-B の時に高い。また、濃度は a 地区が最も高く、b、c 地区の順となっており、この濃度差は、都市化の程度の差 (自動車交通量の差が主要因と考えられる。) により生じているものと考えられる。

(3) 浮遊粒子状物質

a、b、c 地区とも大気安定度 A の時に最も高い。また、濃度は a、b 地区はほぼ同レベルであり、c 地区が低い値となっている。

5) 上位 10 位の測定値の出現状況について

二酸化硫黄、窒素酸化物、浮遊粒子状物質の各測定データのうち、上位 10 位までの出現状況についてまとめた結果は表-2 及び以下に示すとおりである。

(1) 二酸化硫黄

- ① 各地区とも高濃度出現状況が特定の 1 日に集中している (例えば a 地区では平成 2 年 4 月 9 日に上位 10 データのうち 6 データが出現している) 傾向がみられる。
- ② a 地区において、経年的変化について検討した結果、経年的に濃度が上昇している傾向は認められない。
- ③ a 地区において、昼夜別の変化について検討した結果、昼夜それぞれの値に大きな差は認められない。

以上 ①～③ より何らかの突発的な原因による可能性があるものと考えられる。また、a 地区及び c 地区では上位 10 までの値の変動がかなりあるのに対して、b 地区での変動は小さい。なお、a 及び c 地区の高濃度の出現の特徴として大気安定度 A、A-B、B の割合が高いことがあげられる。

(2) 窒素酸化物

各地区とも出現時の時刻が 8～10 時となる割合が多い。a 地区及び b 地区は c 地区に比べて濃度がかかなり高い。今回の地区の区分から自動車台数は a 地区 > b 地区 > c 地区の順になると考えられ、このことが経時変化における結果に大きく影響を及ぼしているものと考えられる。なお、a 地区において、経年的変化及び昼夜別の変化についても検討したが、経年的に濃度が上昇している傾向は認められ

表一 2 各地区の高濃度上位 10位までの値 (その1、二酸化硫黄)

a 地区

順位	測定値 (ppm)	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.160	2	4	9	13	W	1.4	A
2	0.149	2	4	9	11	WNW	1.6	A
3	0.146	2	4	9	14	W	2.2	A-B
4	0.098	2	4	9	12	W	2.3	A-B
5	0.079	7	9	2	15	W	1.8	B
6	0.077	2	4	9	15	WNW	2.4	A-B
7	0.067	7	9	6	17	SSE	1.4	B
8	0.063	7	9	7	13	WSW	1.8	B
9	0.061	7	9	2	14	WNW	2.2	B
10	0.057	2	4	9	16	WNW	2.5	A-B

c 地区

順位	測定値 (ppm)	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.050	5	10	21	9	E	2.4	-
"	0.050	5	10	21	10	E	1.7	-
3	0.049	2	1	30	9	NW	0.8	B
4	0.029	3	3	18	9	ENE	1.4	A-B
"	0.029	3	8	6	15	NNE	6.1	C
6	0.026	3	3	18	10	NE	1.6	A-B
7	0.024	3	8	6	3	NNE	7.3	D
"	0.024	5	10	21	8	E	2.4	-
9	0.023	2	1	29	15	NW	4.5	D
"	0.023	3	8	6	16	NE	7.2	D

b 地区

順位	測定値 (ppm)	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.033	1	7	25	11	W	2.0	-
2	0.031	4	6	10	12	SW	3.8	B
3	0.028	1	7	24	15	W	4.6	-
4	0.026	1	7	25	10	ESE	2.2	-
5	0.024	1	7	24	14	WNW	4.8	-
"	0.024	4	6	10	14	SSE	3.2	B-C
7	0.023	1	7	25	17	WSW	1.4	-
"	0.023	4	9	7	10	SSE	0.7	-
"	0.023	4	6	10	15	S	4.0	C-D
"	0.023	4	9	1	17	SSE	1.8	A-B

(その3、浮遊粒子状物質)

a 地区

順位	測定値 (mg/m <sup>3</sup> )	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.263	3	10	3	13	NW	2.3	-
2	0.256	6	11	9	19	WSW	1.6	-
3	0.254	2	8	1	5	NW	0.7	-
4	0.249	3	11	17	10	ESE	1.5	-
5	0.248	1	11	17	22	WSW	0.9	-
6	0.247	2	8	1	10	NE	0.7	-
7	0.242	8	11	25	19	WNW	1.5	-
8	0.232	2	8	1	5	SE	0.5	-
9	0.217	2	4	8	5	N	6.5	D
10	0.207	2	4	9	20	SSW	2.0	F

c 地区

順位	測定値 (ppm)	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.068	2	2	2	15	SE	0.5	A-B
2	0.064	2	2	2	14	ESE	2.4	A-B
3	0.038	2	5	23	15	NE	1.8	A
4	0.036	2	2	2	16	WSW	1.6	A-B
5	0.030	2	1	28	14	ESE	3.3	B-C
6	0.029	2	1	28	13	SE	4.5	C-D
7	0.029	2	2	2	17	WNW	1.0	D
8	0.028	2	2	2	18	E	0.7	D
9	0.027	2	1	28	12	ESE	4.7	D
"	0.027	2	1	28	15	ESE	2.4	B

b 地区

順位	測定値 (mg/m <sup>3</sup> )	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.323	3	9	16	19	W	0.9	D
2	0.289	3	9	16	18	SE	0.5	D
3	0.200	3	9	16	10	ENE	0.9	B
4	0.192	1	10	22	18	SE	0.6	G
5	0.183	3	9	15	19	NNE	0.7	D
6	0.158	3	9	16	19	WNW	0.8	D
7	0.155	5	12	4	11	W	4.3	-
8	0.147	4	9	21	13	W	2.6	A-B
9	0.140	7	3	12	9	W	6.2	-
"	0.140	3	9	13	8	NNW	0.8	D

(その2、窒素酸化物)

a 地区

順位	測定値 (ppm)	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.335	2	12	8	9	W	1.2	-
2	0.258	2	12	6	9	WSW	1.0	-
3	0.208	1	11	16	9	NNW	0.6	-
4	0.195	2	12	17	10	W	1.6	-
5	0.193	8	11	25	9	E	1.0	-
"	0.193	2	4	9	14	W	2.2	A-B
7	0.191	3	11	16	9	SE	0.6	-
8	0.190	2	12	8	8	Calm	0.2	-
9	0.186	3	11	16	9	E	1.0	-
10	0.184	2	4	9	13	W	1.4	A

c 地区

順位	測定値 (mg/m <sup>3</sup> )	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.159	3	8	1	11	SW	5.7	C
2	0.104	3	8	1	12	SW	4.9	C-D
3	0.086	2	4	8	4	NW	9.0	D
4	0.080	3	8	3	8	W	4.0	D
5	0.079	3	8	1	20	SSW	4.1	D
6	0.077	7	6	19	24	ESE	1.7	G
7	0.076	7	6	19	5	E	2.1	B
8	0.074	7	6	19	2	NE	2.0	D
9	0.072	7	10	18	18	NNE	3.3	D
"	0.072	2	4	9	13	WNW	3.0	B
"	0.072	3	8	1	15	SW	4.8	C-D
"	0.072	7	6	19	3	E	2.0	D

b 地区

順位	測定値 (ppm)	測定年	測定月	測定日	測定時刻	風向	風速 (m/s)	大気安定度
1	0.155	1	10	18	13	S	1.6	A
2	0.115	4	1	29	10	ENE	0.5	B
3	0.113	4	11	18	12	W	1.3	A-B
4	0.111	4	2	7	9	E	1.1	B
5	0.109	4	11	18	13	WNW	1.5	A-B
"	0.109	4	11	18	12	ENE	1.5	A-B
7	0.101	4	11	14	9	SE	0.9	B
8	0.097	4	1	29	9	SW	0.5	B
9	0.096	4	11	18	13	NE	3.0	B-C
10	0.091	2	11	24	9	E	0.6	B

ず、また、昼夜それぞれの値に大きな差は認められなかった。

(3) 浮遊粒子状物質

a 地区での変動幅はあまり大きくないのに対し、b 地区での変動幅がかなり大きい。また、a 地区及びb 地区では風速が 2 m/s 以下の時に出現している割合が高い。c 地区で

は、大気安定度Dの時に出現している割合が高い。

6) 各大気汚染物質の濃度別の出現率

各大気汚染物質の濃度別の出現率は、図-4及び以下に示すとおりである。

(1) 二酸化硫黄

a、b、c地区ともほぼ同様な分布を示しており、低濃度での出現率が高く、例えば、0.010ppmまでの出現率が全体の出現率の約90%を占めている。なお、各地区の全体平均値からみて正規分布に近い形であると考えられる。

(2) 窒素酸化物

a地区については、0.010ppmまでの出現率が約40%、0.051ppm以上の出現率が約10%と変動幅が大きい。b地区については、0.010ppmまでの出現率が70%以上あり、高濃度になるに従い出現率が低くなっている。c地区については、0.010ppmまでの出現率が全体の約90%を占めており高濃度の出現がほとんどない。

(3) 浮遊粒子状物質

a、b、c地区とも全体平均値からみて正規分布に近い形であると考えられる。特にa及びb地区の分布は非常に似た形となっている。

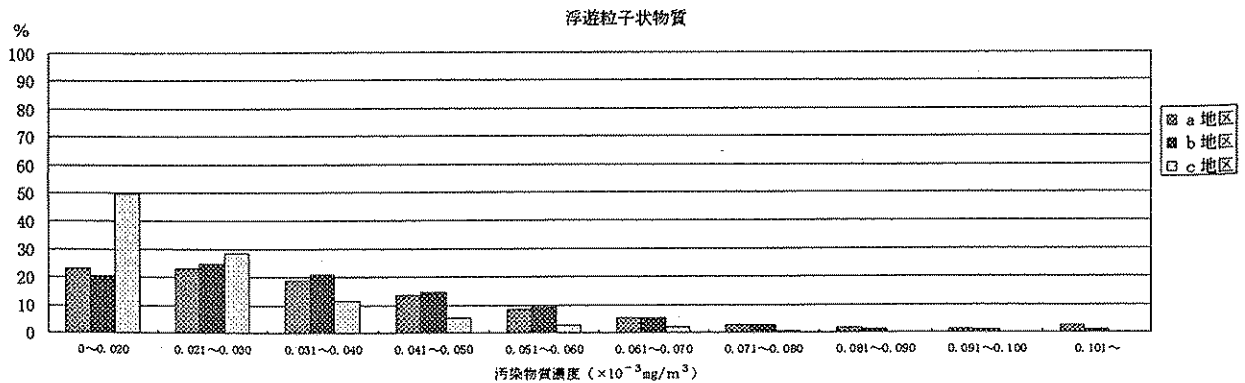
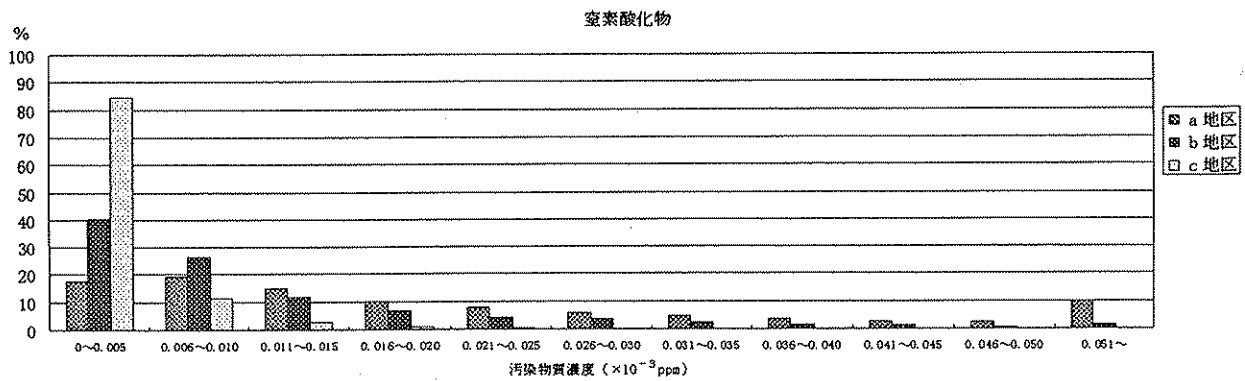
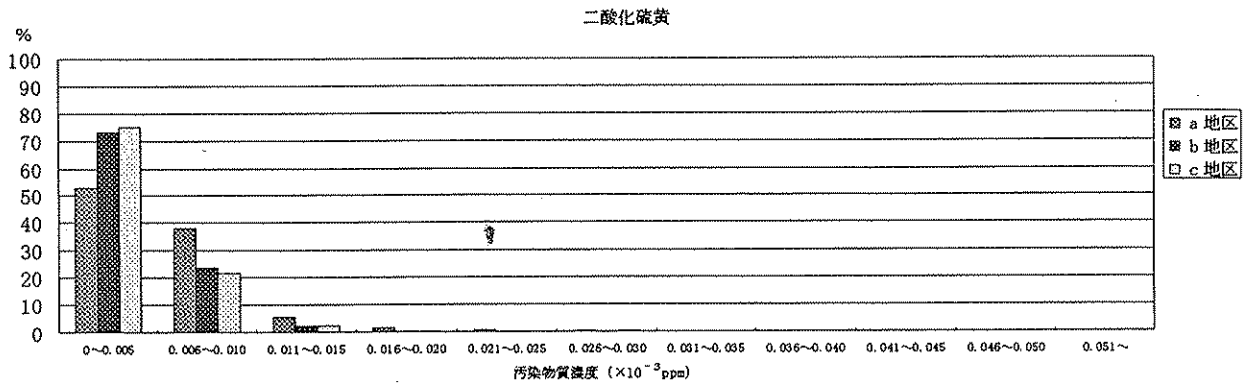


図-4 各大気汚染物質の濃度別の出現率

7) ごみ処理施設からの風の際の測定値について  
 経年的なモニタリング調査を行っている地点  
 (a地区3地点、b地区2地点、c地区1地点  
 の計6地点)においてごみ処理施設からの風向  
 にあたる際の測定値について検討した結果は表-  
 3及び以下に示すとおりである。

(1) 二酸化硫黄

a、b、c地区とも全体平均値とごみ処理  
 施設からの風向時の平均値とは、ほぼ同程度  
 の値である。

(2) 窒素酸化物

a、b、c地区とも全体平均値とごみ処理  
 施設からの風向時の平均値とは、ほぼ同程度  
 の値である。

(3) 浮遊粒子状物質

a、b、c地区とも全体平均値とごみ処理  
 施設からの風向時の平均値とは、ほぼ同程度  
 の値である。

以上のことから、ごみ処理施設が各物質にお  
 ける濃度上昇の要因となっているという明確な  
 傾向は、認められなかった。但し、この結果は  
 風向のみを条件として集計を行ったものである  
 ため、今後は他の項目(大気安定度、測定地点  
 の地形状況等)を含めて検討していく必要があ  
 る。

表-3 経年測定地点における全体平均値とごみ  
 処理施設からの風向時の平均値との比較

	二酸化硫黄 (ppm)			窒素酸化物 (ppm)			浮遊粒子状物質 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
全体平均値	0.005	0.005	0.006	0.020	0.012	0.004	0.036	0.037	0.017
ごみ処理施設からの 風向時の平均値	0.006	0.006	0.007	0.023	0.013	0.003	0.036	0.040	0.022

8) 文献値との比較

各大気汚染物質測定値の全体平均値と「平成  
 7年版 日本の大気汚染状況」による継続測定  
 局(a地区より更に大都市が多い)における平  
 成6年度の平均値とを比較した結果は、表-4  
 及び以下に示すとおりである。  
 全項目とも上記継続測定局の平均値(平成6年  
 度)と比較すると、a、b、c各地区の平均値  
 より高くなっているが、二酸化硫黄及び浮遊粒  
 子状物質ではa地区及びb地区の値とあまり差  
 はみられない。それに対して、窒素酸化物関係  
 項目においては大きな差が認められる。

表-4 各測定値の全体平均値

		a地区	b地区	c地区	*長期間継続測定局における 平成6年度の平均値
		二酸化硫黄 (ppm)	0.006	0.005	0.004
一酸化窒素 (ppm)	0.008	0.003	0.001	0.021	
二酸化窒素 (ppm)	0.014	0.008	0.002	0.029	
窒素酸化物 (ppm)	0.021	0.011	0.003	-	
浮遊粒子状物質 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	0.036	0.036	0.022	0.039	

注1) \*の引用文献：平成7年版 日本の大気汚染状況  
 (環境庁大気保全局大気期生課/監修 ぎょうせい)

注2) 各大気汚染物質の長期継続測定局は以下のとお  
 りである。

二酸化硫黄(計14測定)

東京：千代田区丸の内、江東区大島、大田区大  
 森南、世田谷区世田谷、荒川区荒川

横浜：神奈川区総合庁舎、港北区総合庁舎、中  
 区加曾台、県庁

川崎：大師保健所、公害監視センター、中原保  
 健所

四日市：磯津

堺：錦

一酸化窒素(計28測定局)及び二酸化窒素(計15測  
 定局)…アンダーラインは一酸化窒素のみ

茨城：国設鹿島

埼玉：川口、戸田・蕨

千葉：八幡、岩崎西、国設市原、潮見

東京：国設東京、千代田区丸の内、江東区大島、  
 大田区大森南、世田谷区世田谷、板橋区  
 氷川、荒川区荒川、江戸川区鹿骨、八王  
 子市明神町

神奈川：国設川崎

愛知：国設名古屋

大阪：国設大阪、東大阪市西保健所

兵庫：国設尼崎、城内高校、小田南中学校

島根：国設松江

岡山：国設倉敷

山口：国設宇部

福岡：国設北九州、国設大牟田

浮遊粒子状物質(計38測定局)

東京：国設東京、大田区大森南、世田谷区世田  
 谷、板橋区氷川、練馬区石神井台、立川  
 市錦町、青梅市東青梅

富山：富山芝園、富山岩瀬、高岡伏木、高岡戸  
 出、新湊今井、新湊海老江、婦中速星

京都：市役所、南、久我

大阪：国設大阪、少林寺、錦、石津、三宝、野  
 田、吹田市西消防署

兵庫：東灘、灘、葦合、長田、須磨、垂水

鳥取：衛生研究所

広島：呉西消防署、高等技術専門校寮、南小学  
 校、海田高校

福岡：国設北九州、若松観測局、八幡観  
 測局



## 4. 考 察

## (1) 二酸化硫黄について

全体平均値が各地区ともほぼ同様の値であり、また、時刻別、風向別、大気安定度別のいずれの場合も a、b、c 地区の間で大きな濃度の差はみられなかった。

一般に、二酸化硫黄の発生源として、硫酸製造、じんかい焼却（ごみ処理施設）、紙パルプ製造等の人工発生源及び火山活動等による自然発生源があげられるが、

- ① 5) で述べたように高濃度出現時には何らかの突発的な要因が考えられる。
- ② 7) で述べたようにごみ処理施設が、濃度上昇の要因となっているという明確な傾向は認められない。
- ③ 各測定地点付近に、硫酸製造等の工場が存在しない。
- ④ 測定地点はそのほとんどが九州内に存在する。
- ⑤ 九州内の二酸化硫黄の高濃度出現には、桜島等の火山活動が影響している場合があることは、これまでにいくつかの論文で研究発表がなされている。

以上のことから、今回のデータに関していえば、二酸化硫黄の発生源として人工発生源よりも自然発生源の影響の方が大きいのではないかと考えられる。また、以前に福岡県内の調査において高濃度出現が認められた際、同時間帯に窒素酸化物の大きな上昇がみられなかったこと、福岡県内固定局の測定値が南側から徐々に上昇し、やや遅れて北側でも上昇がみられたこと等から桜島の影響の可能性が高いと判断した事例がある。このように九州エリア内での測定では、火山活動等の影響を受ける場合があることが非常に特徴的であり、測定時には注意が必要である。

なお、「平成7年版 日本の大気汚染状況」による1時間値が0.1ppmを超えた時間数の割合が高い測定局においては、桜島の火山活動の影響を受けていると考えられる測定局が鹿児島地域を中心に10局中6局含まれており、かつ、上位を占めている。

今回の地区分類の方法は、測定地点が都市部、田園地帯に存在するという形で行っているが、例えば、測定地点が火山等に近しい所に

存在するといった形で分けるとより明確な結果を得られる可能性があると考えられる。

## (2) 窒素酸化物について

- ① 自動車の台数は、a地区>b地区>c地区の順となると考えられる。
- ② 一般に自動車の排ガスが、窒素酸化物濃度上昇の人為発生源といわれている。
- ③ 時刻別変化における窒素酸化物濃度は、a地区>b地区>c地区の順で差がみられる。
- ④ ③の時刻別の窒素酸化物濃度の変化は、特にa地区において通勤時間帯である7～9時にかけて急激な濃度上昇がみられる。
- ⑤ a地区より更に大都市と考えられる継続測定局による値がa地区に比べ高い値を示している。

以上のことから、自動車の排ガスによる影響が各地区の窒素酸化物濃度レベル差の要因となっているものと考えられる。

## (3) 浮遊粒子状物質について

今回の結果から、人為発生源である工場や自動車が影響を与えているものと考えられる。工場や自動車が存在するa地区及びb地区では、ほぼ同じ濃度レベルであることに對して、c地区が上記2地区に比べて濃度が低いことからこのことが示されているものと考えられる。

## 5. おわりに

今回使用したデータベースについては、現在も入力作業を進行中である。今年度測定、あるいは今後測定予定のデータ数がある程度追加された時点で、再びこのような検討を行ってみたい。その際には、今回の検討に含めなかった他の大気汚染物質のデータ（塩化水素、一酸化炭素等）についても取り扱い、各大気汚染物質濃度の相関についても検討したいと考えている。

## 参 考 文 献

- 1) 大喜多敏一：大気保全学，産業図書
- 2) 環境庁大気保全局大気規制課：窒素酸化物総量規制マニュアル，公害研究対策センター
- 3) 通商産業省立地公害局：新訂公害防止の技術と法規—大気編—，産業公害防止協会

- 4) 環境庁大気保全局大気規制課：浮遊粒子状物質汚染の解析・予測，日本環境衛生センター
- 5) 環境庁大気保全局大気規制課：平成7年版日本の大気汚染状況，ぎょうせい
- 6) 環境庁大気保全局大気規制課：環境大気常時監視マニュアル（改訂版），日本環境技術協会
- 7) 水野建樹・田中ちえ・藤村満：関東平野で観測された粒子状硫黄濃度の事例解析－桜島からの長距離輸送の影響－，大気環境学会誌 Vol.31, No.1, p20-29 (1996)
- 8) 大石興弘・今村由貴子・宇都宮彬・石橋龍吾：九州北部におけるSO<sub>2</sub>の高濃度現象と気象，全国公害研究誌, Vol.18, p2-7 (1993)
- 9) 今村由貴子・宇都宮彬・大石興弘・岩本真二・大久保彰人・田辺敏久・松浦聰朗：福岡県における二酸化硫黄高濃度現象について，福岡県保健環境研究所年報第19号, p55-59 (1993)