

## 33 冬の札幌の大気汚染（第2報）

### 地域別亜硫酸濃度分布について

道立衛生研究所 向後 鉄太郎 遠藤 良作  
管原 直紀 大宅 辰紀

#### 1. 緒 言

札幌市の大気汚染については、すでに数多くの報告もあり<sup>1)2)3)</sup>、その汚染源が主として市民生活に必要不可欠の暖房施設であることが明らかにされている。われわれはこのような特異な大気汚染について、市内に多数の測定点を設けて、その広がりと分布を明らかにし、これによってその影響する要因さらには発生源との関連をみようとした。

一般にある地域における汚染を把握する場合に、その気象および地形を考慮に入れることはもちろんあるが、測定点の場所および数が問題になる。ナッシュビルで U. S Public Health Service<sup>4)</sup> が行なったサンプリング網は、直径 9 マイルの市街地区に同心円状に 119 カ所の測定点をもうけ、さらに郊外地区に 4 カ所の対照測定点をとって行なった。しかしこのような多数の測定点により、細域にわたって調査したものは、あまり多くなく、一般にわが国では 10~20<sup>5)6)</sup> カ所程度の測定点によって行なわれている。大阪市が環境管理基盤設定のための基礎調査として、市内約 1 km<sup>2</sup> に一点づつ測定を設け、浮遊粉じんおよび硫黄酸化物濃度の測定を行なったが、これはわが国で数少ない例の 1 つである。

そこでわれわれは、札幌の大気汚染は市民の暖房に原因があり、その汚染源は市内にその人口密度に応じて散在しているので、本調査の測定点は、市内に均等に設置することとした。すなわち市の中心部にある北海道庁を中心として、市街地形成密度の高い約 30 km のうち東北および西部地域の 1 部を除いた 25 km の地域をそれぞれ 1 km のマスで機械的に区分し、その中心部に測定点を設け、この測定値を、当該 1 km の汚染の代表値とし汚染の状況をみようと考えた。以下この結果を報告する。

#### 2. 調査方法

##### 2-1 対象地域および測定点

対象地域は、札幌市の市街地形成地域のうち、道庁を中心とした人口密度の高い東西 5 km、南北 7 km の 25 km<sup>2</sup> とした。この地域をさらに 1 km に細分し、25 地区を定めそれぞれのほぼ中心点に、1 つづつ測定点を設置した。

(図-1) 測定点の決定にあたっては、測定器機の設置場所よりみて仰角 15° 以上に建築物等遮蔽物のない広場をえ

らんだ。なおこれら 25 測定点のうち南部と北部の 5 測定点は、測定日の気象により変更する移動点とし、その日の風向により 20 カ所で測定を行なった。

##### 2-2 調査期日

昭和 42 年 12 月、43 年 1 月および 2 月の 3 カ月間。2 日間の連続測定。1 日 6 回、8 時より 20 時まで行なう。

##### 2-3 測定方法

亜硫酸ガス濃度測定：ロザニリン・ホルマリン法<sup>8)</sup> により、ハンディサンプラー（紀本）を使用して大気を 1 時間吸入、分析をする。吸入口は風上にむけ、その高さは地上

表-1 測定点別濃度分布

測定点	1 日	2 日	3 日	4 日	5 日	6 日	平均値
1	—	12	—	—	—	8	10
2	—	10	—	—	—	8	9
3	—	9	—	—	—	9	9
4	—	10	—	—	—	8	10
5	9	8	1	7	6	9	7
6	—	11	—	—	—	11	11
7	11	7	4	8	8	9	8
8	14	11	2	10	7	12	9
9	12	15	2	12	6	9	9
10	9	9	2	7	7	12	8
11	10	9	2	11	7	12	9
12	13	17	2	11	10	13	10
13	16	18	5	17	10	20	14
14	9	7	9	10	9	13	10
15	8	6	3	8	4	9	6
16	9	5	4	8	7	10	7
17	8	6	3	6	6	9	6
18	6	4	7	7	7	9	7
19	7	5	4	9	5	8	6
20	6	—	2	5	6	—	5
21	7	4	3	6	5	7	6
22	5	—	4	5	6	—	5
23	4	—	2	4	4	—	4
24	5	—	2	5	5	—	4
25	5	—	3	4	4	—	4

P-ロザニリン法

単位 PPHM.

1~1.5 m とした。

### 3. 結 果

#### 3-1 各地域の平均値の分布

6日間の各測定値の平均濃度は、表一にしめすとおりで、その地域分布は図一2のとおりである。その濃度は予想したように、中央地区が高いが、北部は南部に比し高い値をしめし、南部にゆくにつれて濃度は低くなっている。全体として、中央から北西部にかけての汚染がみられることが特長である。

#### 3-2 全地域平均値の経時変化

8時より20時に至る各地点の平均濃度の経時変化は、図一3にみるとおりで、朝の第1回測定が最も高く、ついで第2回である。しかし12時より13時の第3回は1日中で最低濃度となり、15時からは濃度は上昇し、17時~18時で再び最高となり、以後やや下降しながらこの状態がつづく。この亜硫酸ガス濃度の変化は、前報にのべた自働測定器がしめした測定値<sup>2)</sup>と傾向は変わりなかった。

#### 3-3 各地域最高値の分布

各地域の6日間測定のうち最高値のみをそれぞれとりだしてみると、図一4にみるとおりとなる。道庁の所在する中央部の地区は、34 ppm の最高値をしめし、ついでその北側の地区が31 ppm で、この2つの地点が0.3 ppm をこえた。そしてこの2つの地域の南側を除く地域は、1地区を除いてすべて0.2 ppm 以上であった。さらに中央の南に0.1 ppm の地帯があり、その南は0.1 ppm 以下である。このことから、札幌市の亜硫酸ガス濃度は、中央部を中心として、4段階にこれを分けることができる。

#### 3-4 気象(とくに風向)による亜硫酸ガス濃度の影響

札幌市の冬の気象は、札幌気象台の過去10カ年の測定値によると<sup>9)</sup>、風速は12月2.9 m/s、1月2.8 m/s、2月3.0 m/sで、年平均値3.4 m/sより低く冬は夏春に比して風速は弱い。風向は12月で最も多い頻度はNW(12%) NNW(10%)である。1月にはNW(11%)、SE(10%) SSE(9%)でS方向が多くなり、静おんは7%で年中で最高値である。2月は、NW(11%) SE(10%) SSE(9%)で1月

図一1 札幌市調査測定地区分割図

(斜線は移動地区)

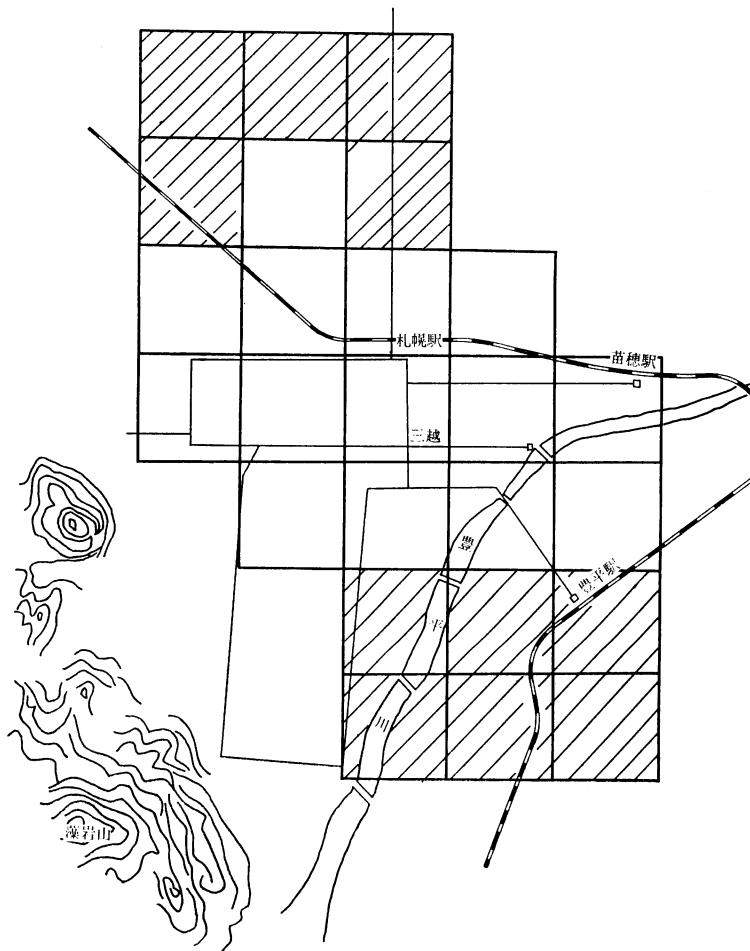


図-2 各地点の全平均値分布

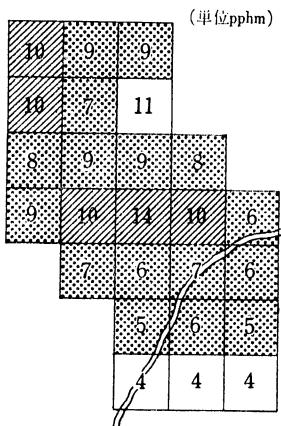


図-3 全地区平均経時変化

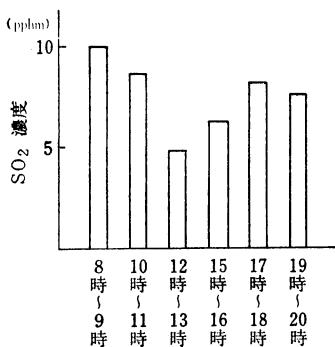


図-4 各地点の最高値分布

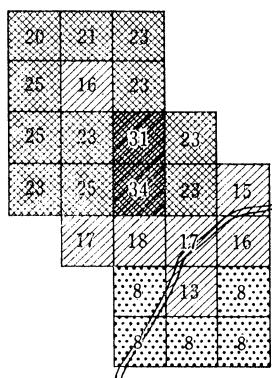
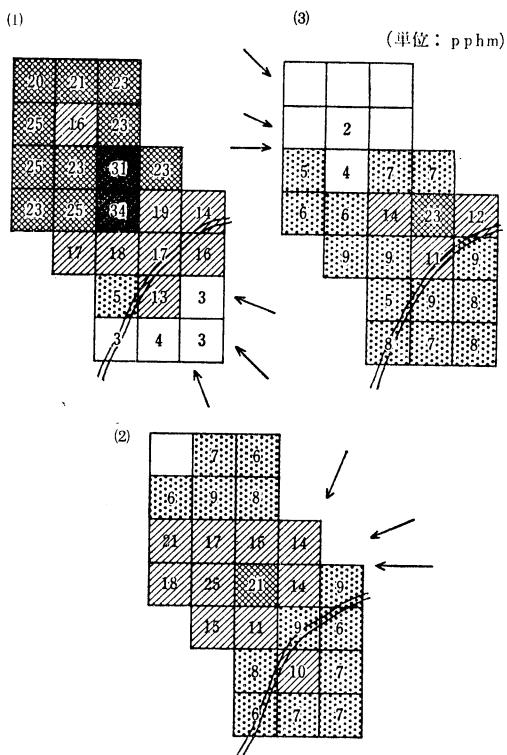
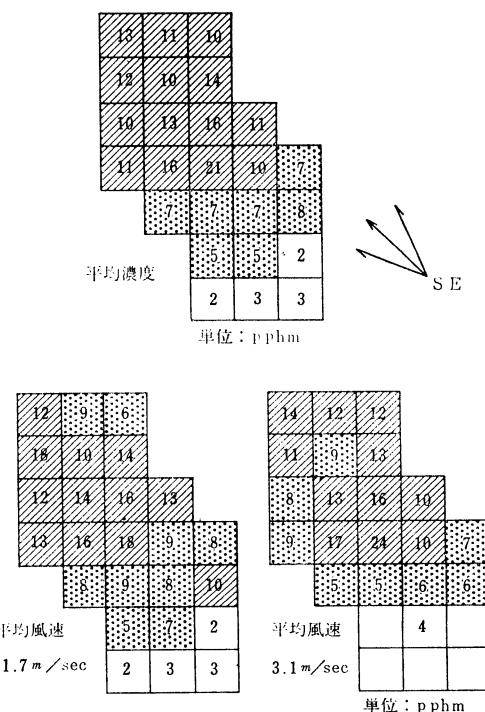


図-5 主要風向時の最高値分布

図-6 風向、風速による SO<sub>2</sub> 濃度分布

と変わりない。(図-9)

さてわれの測定した時刻のうち、風向にしたがってこれをわけ、その最も高い亜硫酸ガスの値のみをそれぞれ抽出して分布図を作つてみた。図-5(1)は南東方向風のとき、図-5(2)は北東方向風のとき、図-5(3)は北西方向風のときのそれぞれの地点の亜硫酸ガス濃度の最高値をしめしたものである。

まず、南東方向の風のときであるが、このときは風速は2 m/s 以下のこと多かった。図-5(1)をみると、図-4 の分布とほとんど一致している。このことは、札幌の亜硫酸ガスの最高値をしめすときは、南東の風のときであるということをしめすものである。つぎに北東方向の風の場合であるが、このときの汚染分布は、高濃度地域が中央部の西の方向にかたまって出現している所に特長がある。とくに中央地点の西側の地点の測定値が 25 pphm で、中央地点の 21 pphm を上回っている。これは明らかに東よりの風の影響を考える。全体として、各地区的汚染濃度は、西よりの地域を除けば図-2 の平均値分布とほとんど一致している。北西方向の風のときの汚染濃度の最高値分布は、前者のいづれよりも汚染濃度が低い。この場合にも中央地点は 14 pphm で、その東となりの地点が 23 pphm と高い値が測定され、比較的高い濃度地域が、東にかたよつて出現しているのは、風向の影響である。もっともわれわれ

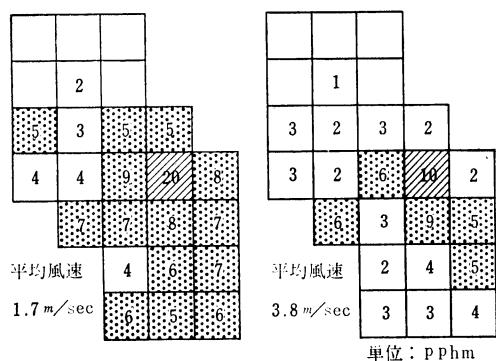
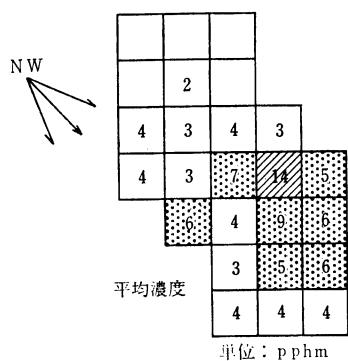
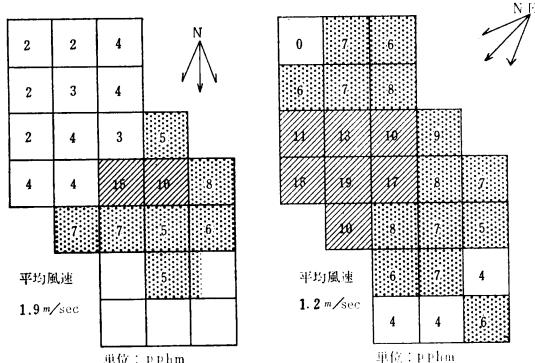
の測定した北西または西よりの風のときは、表-2 にみるように、風速は大きく、かつ雪もあった気象であったことも、全体的に亜硫酸濃度を低くしている原因と考えられる。一般に札幌の冬において、西北よりの風は、日本海より来る季節風で、風速も大きく、雪をともなうことがしばしばである。測定日はそのモデル的な例に遭遇したといつてよい。

さらに同じ風向でも、風速がことなると亜硫酸ガス濃度が変化することが明らかに捕捉された。図-6, 7, 8 はそれぞれ S-E 方向、N-W 方向、N-E 方向の風の場合、風速によって、地域の亜硫酸ガス濃度をしめしたものである。まづ SE 方向の風の場合、平均風速が 2 m/s 以下の場合と、3 m/s 以上の場合とを比べてみると、汚染の範囲は明らかに前者に大きい。このことは、NW, NE 方向の場合も全く同じ傾向である。汚染濃度は、風速の弱いときの方が上昇しているが、とくに N-W の場合のような汚染濃度が全体として低い場合に著しい。すなわち図-7 にみるように、中心部において、風速 2 m/s 以下のときは、20 pphm をしめしているが、3 m/s 以上になると半減し 10 pphm となっている。

以上札幌における大気汚染は、静おん型汚染と判定できる。

表-2 各測定日の気象(札幌気象台)

	天気	気温	湿度	風向	風速	視程		天気	気温	湿度	風向	風速	視程
時刻	12月18日						時刻	12月19日					
8~9	煙む	-5.0	87	E NE	1.2	0.8	8~9	煙む	-4.6	74	S E	3.5	1.7
10~11		-3.8	85		1.3		10~11		+0.2	62	S E	3.7	
12~13	煙む	-3.0	77	N NE	1.6	0.8	12~13	煙む	+2.9	64	S E	3.0	1.8
15~16	煙む	-3.2	75	S E	1.1	1.0	15~16	うすぐもり	+1.7	70	S E	1.9	2.0
17~18	煙む	-5.8	88	S	0.9	0.5	17~18	快晴	+0.0	76	S E	3.2	3.0
19~20	煙む	-7.0	89		0.6		19~20		-0.8	77	S S E	2.1	3.0
	1月11日							1月12日					
8~9	雪	-4.2	91	W	3.2	10.0	8~9	晴	-3.1	65	N W	1.5	3.5
10~11		-3.0	77	N W	4.0		10~11		0.2	55	N W	0.9	
12~13	雪	-3.0	66	W	3.7	8.0	12~13	快晴	0.2	57	E S E	3.4	3.0
15~16	雪	-5.0	82	W NW	4.0	2.3	15~16	晴	-0.2	59	E S E	1.7	2.5
17~18	雪	-5.2	78	W	3.6	5.0	17~18	煙	-3.0	72	E S E	1.2	0.8
19~20		-5.4	80	W NW	4.3		19~20	煙	-4.3	85	S W	0.9	
	2月8日							2月9日					
8~9	晴	-4.5	75	S	1.9	3.5	8~9	煙	-8.3	67	S E	2.3	1.5
10~11		-2.9	72	S E	2.0		10~11		-4.2	63	E S E	1.3	
12~13	高ぐもり	-0.5	60	N	1.6	2.3	12~13	うすぐもり	-1.9	51	N	1.8	2.5
15~16	高ぐもり	-1.3	69	N W	2.0	8.0	15~16	晴	-0.7	50	N	2.1	5.0
17~18	快晴	-3.1	67	W	1.9	2.3	17~18	うすぐもり	-4.3	58	N E	0.8	2.5
19~20		-4.7	68	S S E	0.8		19~20		-6.8	72	S S E	0.9	

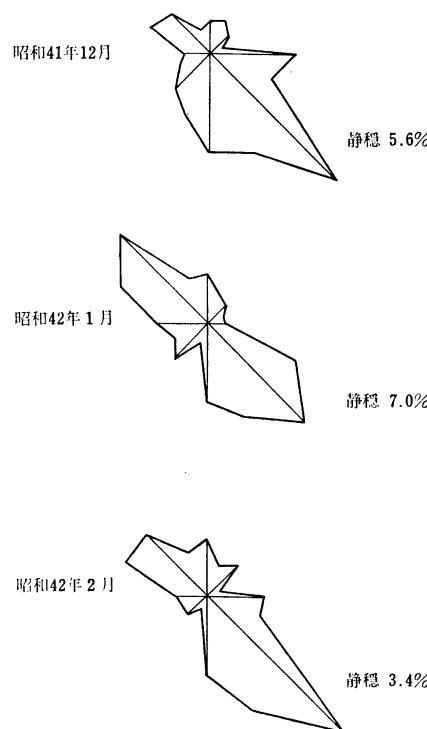
図-7 風向、風速による  $\text{SO}_2$  濃度分布図-8 風向、風速による  $\text{SO}_2$  濃度分布

#### 4. 考察および要約

札幌市の冬の大気汚染は、主として暖房によるものと考えられている。したがってその発生源の数はきわめて多く燃焼施設も不完全であり、かつ排煙についてもわずか3~5m程度の低い煙突を用いているなど、大気汚染の条件としてはまことに劣悪なものである。このような環境において、全市的な視野よりどのような汚染分布にあるか亜硫酸ガス濃度を指標として解明をこころみた。すでに安倍<sup>1)</sup>は市内の雪を採取し、雪の汚染濃度より市全体のばい煙汚染分布を推定している。これによると都心部が最も高く、郊外にゆくにつれ汚染は低くなっているが、北より南が比較的きれいである。また航空機により上空よりばい煙の流れ

図-9 測定月別（力月）風配置図

(札幌市)



を観察し、風向によってこれを4型に分類している。これによるとI型はW方向の風のときで、汚染部は東部の地区のみでその被蔽率は全市の10%である。II型はSWS方向の風のときで、このときは市は中央部より北部がばい煙で被われ、被蔽率は60%にもなるという。III型はNよりE方向にかけての風のとき、N風のときは被蔽率は30%，N NWでは50%であるが、E方向の場合は、中央より西北一帯が被われ、被蔽率は90%にもなる。IV型はSE方向の風で、濃度は最高で、被蔽率は100%であるとしている。そして札幌で大気汚染の強い日は、(強ばい煙日)

1) 気温が低く、日較差が大きくかつ風速が弱い、SSE風のときに多い。

と結論して、札幌の大気汚染が気象に支配されていることを強調している。

われわれの測定した結果については、前述のとおりであるが、市の汚染状況を亜硫酸ガス濃度により判断してみると

1) SE方向の風のときはその汚染濃度が最も高く、かつ範囲も広い。

2) 時刻は8時~9時のときに最高値をしめし、とくに煙霧のときに濃度は最高をしめた。

3) NW方向の風のときは風速も強いので、亜硫酸ガス濃度は最低となる。さらにこれに雪が加わることがしばし

ばなので、この場合はさらに濃度は低下する。

4) 同じ方向の風の場合でも、風速によりその濃度は変化する。たとえば、NW 方向の風のとき風速 2 m/s 以下で 20 pphm の濃度をしめす地点が、風速 2 m/s 以上になると 10 pphm となっている。

一般に地域的な大気汚染の特長として、静おん型と疾風型とに大別できるが、札幌の場合は、われわれの調査より静おん型に判定される。そしてこの汚染の最大値の現われる時刻は、大気の安定度のよい朝 7 ~ 9 時と夜の20時付近である。これは、比較的低い汚染源より排出される汚染物質の拡散が弱いことからくる現象である。とくに中央部に高い濃度をしばしばみることは、汚染物質の排出量が多くビル等によって地上の局地風の流線が収束され、ここに停滞し汚染度が高くなると考える。ちなみに札幌市が調査した<sup>10)</sup>(41年) 燃料消費密度は、札幌市全域と都心部とを比較してみると、石炭で全市の約16%，重油は約30%が都心部で消費され、その単位面積当たりの消費量は、石炭は全市の 120 倍、重油は実に 220 倍になっている。さらに近年経済的な理由が主となって、燃料は石炭より重油に転換されており、亜硫酸ガスの発生量はますます増加の傾向にあるのである。

なお市全体としてみた場合、汚染はこれを 4 つの区域にわけることができる。市の南東方面の汚染度は最も低く、とくに中心部より約 3 km 以上はなれた地域は、亜硫酸ガス濃度が常に 0.05 ppm 以下である。これは環境基準より判断してもまづきれいな地域と考えられよう。次いで中心部より 2~3 km の南西部の地域が汚染度が少なく最高濃度でも 0.2 ppm 以下で、平均濃度は 0.07 ppm 以下である。市の北西部は中心部について汚染度が高く、最高濃度は 0.2 ppm をこえ、平均濃度でも 0.1 ppm 前後である。都心部の道庁を中心として約 4 km<sup>2</sup> の地域は、前述したとおり最も汚染がひどく、最高 0.3 ppm をこえ、平均値でも 0.1 ppm をこえる。このような汚染度の地域区分は、主として発生源の数、排出濃度および気象によって形成されると考える。したがってわれわれは今回の測定結果と発生源との関連をさらに詳細に明らかにすることが必要であり、これによって、このような特異な汚染形態の発明ができると思うので、今後その方向で本調査を進めてゆく考えである。

終りにのぞみ本調査にご協力を得た北大工学部衛生工学科、道企画部、衛生部および札幌市の関係職員の方々に謝意を表します。

なお本研究の一部は、全国大気汚染研究協議大会(第9回神戸)および日本公衆衛生学会(第26回京都)で発表したので、付記します。

## 文 献

- 1) 安倍：労働の科学 **17**, 12 (1962) **23**, 1 (1968)
- 2) 向後：大気汚染ニュース **44** (1968) 本誌 **18**集, 123 (1968)
- 3) 渡辺：大気汚染研究 **1**, 2, 57 (1966) 札幌市公衆衛生研究業績集(昭和42年) 395 (1967)
- 4) Jean J Schueneman : Atmospheric Environment, **2**, 353 (1968)
- 5) 大気汚染年報：大気汚染研究 **1**, 3 (1967)
- 6) 大阪市公害部：大阪市の公害の現況とその対策(1968)
- 7) 大気汚染研究全国協議会：大気汚染の測定 コロナ社 (1962)
- 8) 北海道気象協会：北海道の気象 (1964)
- 10) 水上：産業公害 **5**, 1, 33 (1969)

### 33 Air pollution in Sapporo in the Heating Season (Part-2)

#### On the Survey of SO<sub>2</sub> Concentration of the Atmosphere

Tetsutarō Kohgo, Ryōsaku Endō, Tatsunori Ōyake and Naoki Sugawara  
(Hokkaido Institute of Public Health)

In Part-1, it was reported that the airpollution in Sapporo was due to the smoke from the heating. In this report, the SO<sub>2</sub> concentration of atmosphere has been investigated at 25 survey points in this city by West-Gaeke method.

The results are summarized as follows :

- 1) The maximum concentration of SO<sub>2</sub> was found in the central parts of the city, where the values were over 0.3 ppm. In the outskirts of the city the concentrations were low.
- 2) The SO<sub>2</sub> concentration of the atmosphere was correlative to the amount of the spending of fuel.
- 3) The SO<sub>2</sub> concentration was effected by wind. When the direction of wind was S-E, most of the north-western areas of the city were contaminated with high concentration of SO<sub>2</sub>.