

2.4 沿道大気質測定

大連市内の沿道 13 地点において、1 週間の大気質測定調査を実施した。ここでは、1999 年 10 月末現在で入手済みの 12 地点分のデータを対象に解析を行う。

(1) 期間平均濃度

表 2.4-1 に要素別、地点別の期間平均濃度を示す。各地点の期間平均濃度は、観測期間が異なることとなることから単純には比較できないが、特徴をまとめると以下のとおりとなる。

表 2.4-1 期間平均濃度

地点名	単位:mg/m ³						
	二酸化硫黄	一酸化窒素	二酸化窒素	窒素酸化物	浮遊粒子状物質	一酸化炭素	オゾン
泡崖新区	0.034	0.021	0.051	0.072	-	0.48	0.124
榮盛広場	0.036	0.020	0.041	0.060	0.101	1.06	0.155
市営処	0.029	0.079	0.067	0.146	0.119	0.43	0.074
華宮	0.019	0.024	0.055	0.078	0.107	0.09	0.128
口腔医院	0.019	0.016	0.050	0.066	0.086	0.11	0.118
春柳	0.044	0.019	0.055	0.075	0.149	0.23	0.188
四院前	0.038	0.073	0.051	0.123	0.087	0.03	0.052
医大附属二院	0.005	0.017	0.023	0.039	0.137	-	-
付家庄	0.002	0.002	0.015	0.017	0.098	0.37	-
三八広場	0.012	0.010	0.025	0.034	0.058	0.74	0.030
北京街小区	0.014	0.006	0.030	0.036	0.098	0.38	0.093
棒垂島	0.003	0.000	0.006	0.005	0.037	0.18	0.100

1) 二酸化硫黄

幹線道路である西南路の華北路の交差点に面する春柳が 0.044mg/m^3 と最も高く、郊外の道路である浜海東路に面する棒垂島が 0.003mg/m^3 と最も低い値となっている。二酸化硫黄の日平均値の環境基準と比較すると、全地点で第 1 級の環境基準 (0.05mg/m^3) を満たしている。

2) 窒素酸化物

幹線道路である中山路と東北路の交差点に位置する市営処が 0.146mg/m^3 と最も高く、郊外の道路である浜海東路に位置する棒垂島が 0.005mg/m^3 と最も低い値となっている。窒素酸化物の日平均値の環境基準と比較すると、市営処と四院前を除く全ての地点で、第 1 級の環境基準 (0.10mg/m^3) を満たしている。二酸化窒素に関しては、全ての地点で第 1 級の環境基準 (0.08mg/m^3) を満たしている。

3) 浮遊粒子状物質

幹線道路である西南路と華北路の交差点に面する春柳が 0.149mg/m^3 と最も高く、郊外の道路である浜海東路に面する棒垂島が 0.037mg/m^3 と最も低い値となっている。

日平均値の第1級環境基準 ($0.05\text{mg}/\text{m}^3$) を満たしているのは棒垂島のみであるが、その他の地点においても、第2級基準 ($0.15\text{mg}/\text{m}^3$) は満たしている。

4) オゾン

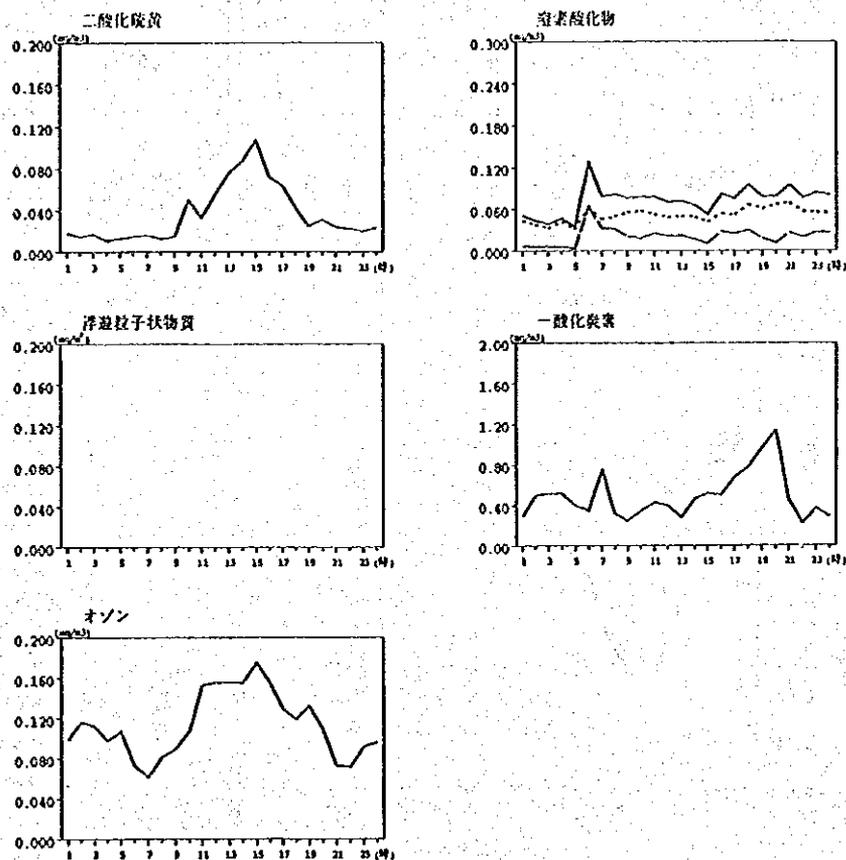
幹線道路である西南路と華北路の交差点に面する春柳が $0.188\text{mg}/\text{m}^3$ と最も高く、市街地の幹線道路の五五路に面する三八広場が $0.030\text{mg}/\text{m}^3$ と最も低い値となっている。オゾンを除く全ての要素に関して、最低の平均濃度を示した棒垂島地点は $0.100\text{mg}/\text{m}^3$ と比較的高い値を示した。

(2) 時刻別平均濃度

地点別に、各大気汚染物質の時刻別平均濃度を算出し、各測定地点における各汚染物質の変化の特徴を示す。

1) 泡崖新区

泡崖新区の時刻別平均濃度を図 2.4-1 に示す。窒素酸化物と一酸化炭素の濃度のピークが朝夕の通勤時刻にでる二山形の傾向を示しており、一酸化炭素の夕刻のピークは鋭いが、窒素酸化物の夕方から夜間にかけてのピークは明瞭でない。このことから、自動車—特にガソリン車—の影響が大きいものと推察する。一方、二酸化硫黄は、15 時頃にピークがある一山形のパターンを示していることから、窒素酸化物や一酸化炭素とは異なり、周辺の工場・事業所等の固定発生源からの影響が大きいものと考えられる。オゾンに関しては、午後の 15 時頃にピークを持つ一山形になっている。これは、昼間における光化学オキシダントの生成と、混合層の発達による上層からのバックグラウンドオゾンの供給といった要因とが考えられる。

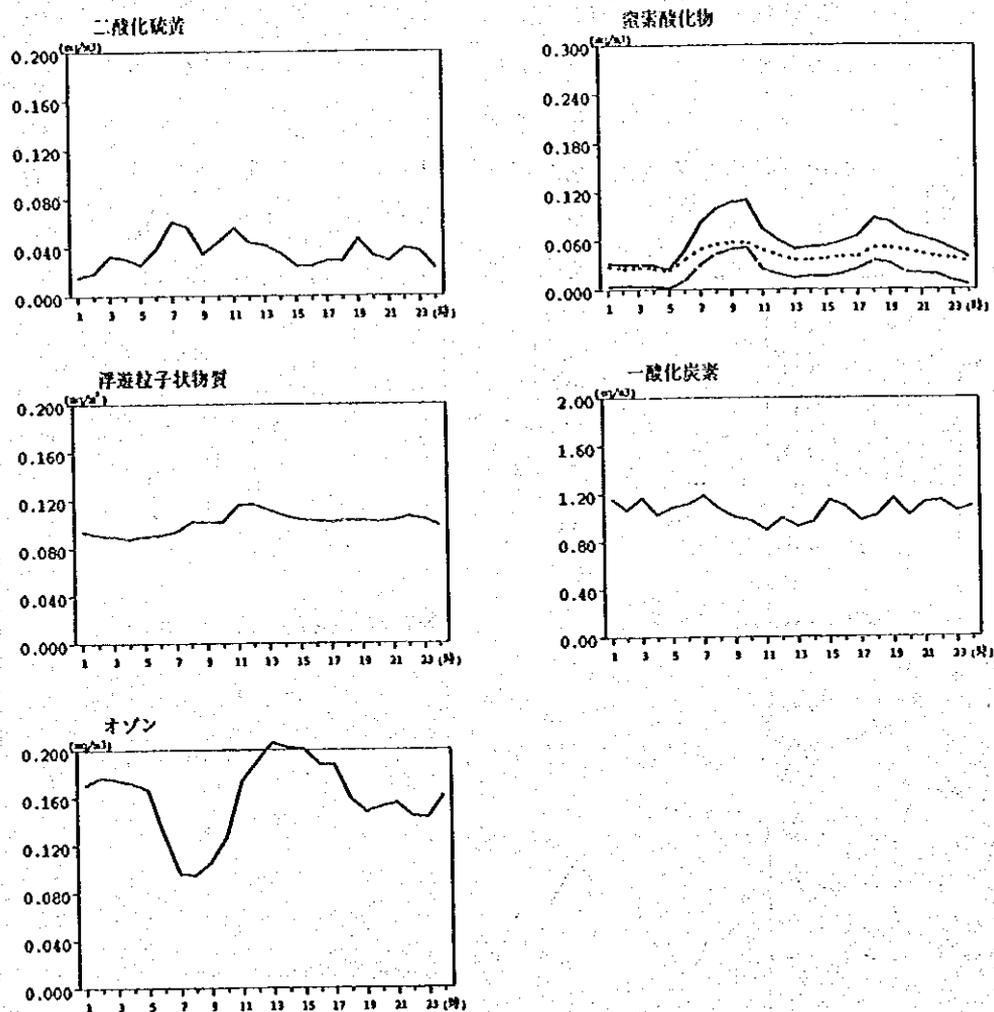


(注) 一—は一酸化窒素、……は二酸化窒素、—は窒素酸化物を示す。

図 2.4-1 時刻別平均濃度 (泡崖新区)

2) 栄盛広場

栄盛広場の時刻別平均濃度を図 2.4-2 に示す。泡崖新区と同様、窒素酸化物の濃度変化は二山形であるが、朝のピーク時間帯はやや遅く、夕刻のピークは鮮明で 18 時頃に出現している。また、二酸化硫黄、浮遊粒子状物質、一酸化炭素の時刻変化は小さいことから、単に自動車等の移動発生源だけでなく、周辺の固定発生源からの影響が重なっているものと推察する。また、オゾン濃度が深夜においても比較的高い濃度で推移していることも特徴的であり、本観測期間中の 5 月 28 日における、優勢な移動性高気圧圏内の下降流に伴う成層圏オゾンの下降による影響の可能性が示唆される。

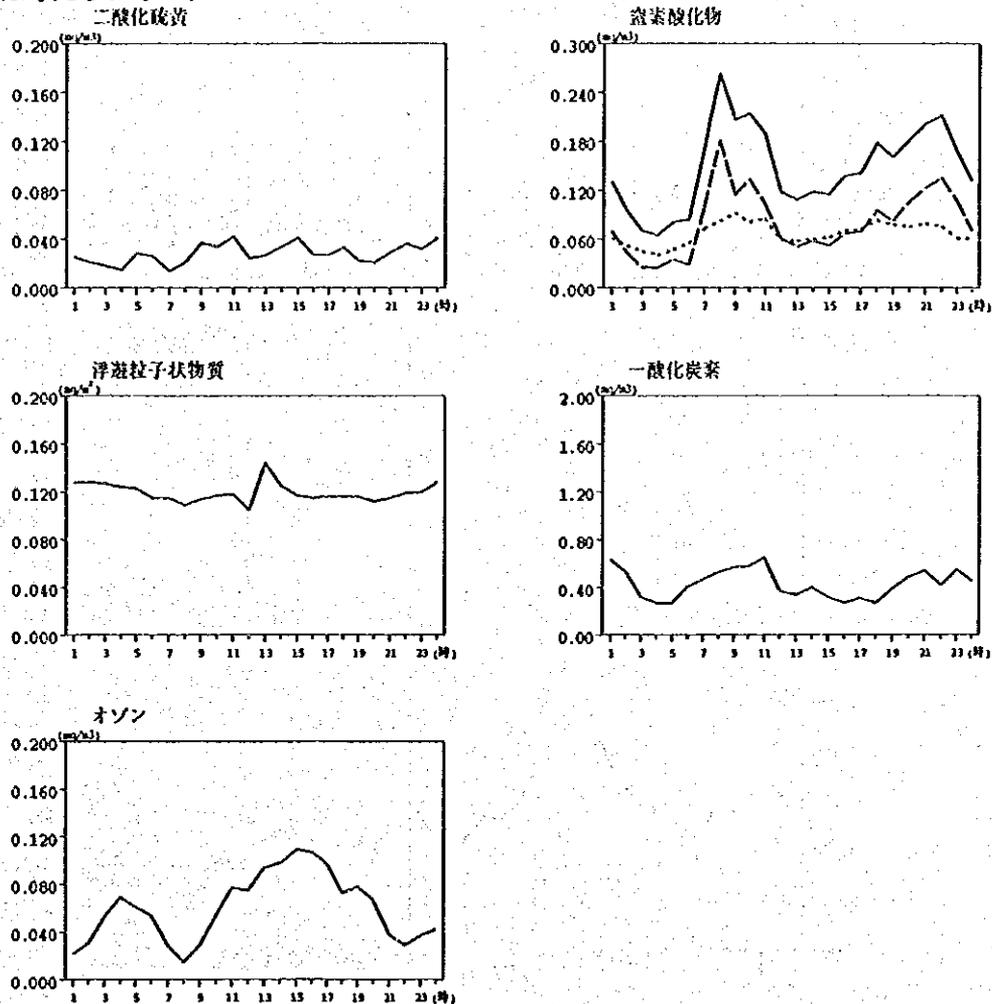


(注) 一線は一酸化窒素、二線は二酸化窒素、三線は窒素酸化物を示す。

図 2.4-2 時刻別平均濃度 (栄盛広場)

3) 市営旭

市営旭の時刻別平均濃度を図 2.4-3 に示す。窒素酸化物および一酸化炭素に二山形の特徴が顕著に現れているが、浮遊粒子状物質に時刻変化が明瞭でないこと、窒素酸化物と比較して一酸化炭素の濃度変化が小さいこと、夕方から夜間にかけての濃度ピークが 22 時頃となっていることから、自動車の影響も考えられるが、ビルの厨房設備等、近傍発生源の影響を受けているものと考えられる。二酸化硫黄については濃度の時間変化は明瞭でなく、特に特定の工場・事業場等の高所源の影響を受けているとは判断できない。また、オゾンの変化傾向は、他の地点と同様、午後の 15 時にピークがあるが、濃度レベルは低く、それほど盛んな光化学反応が起きているとは考えられない。

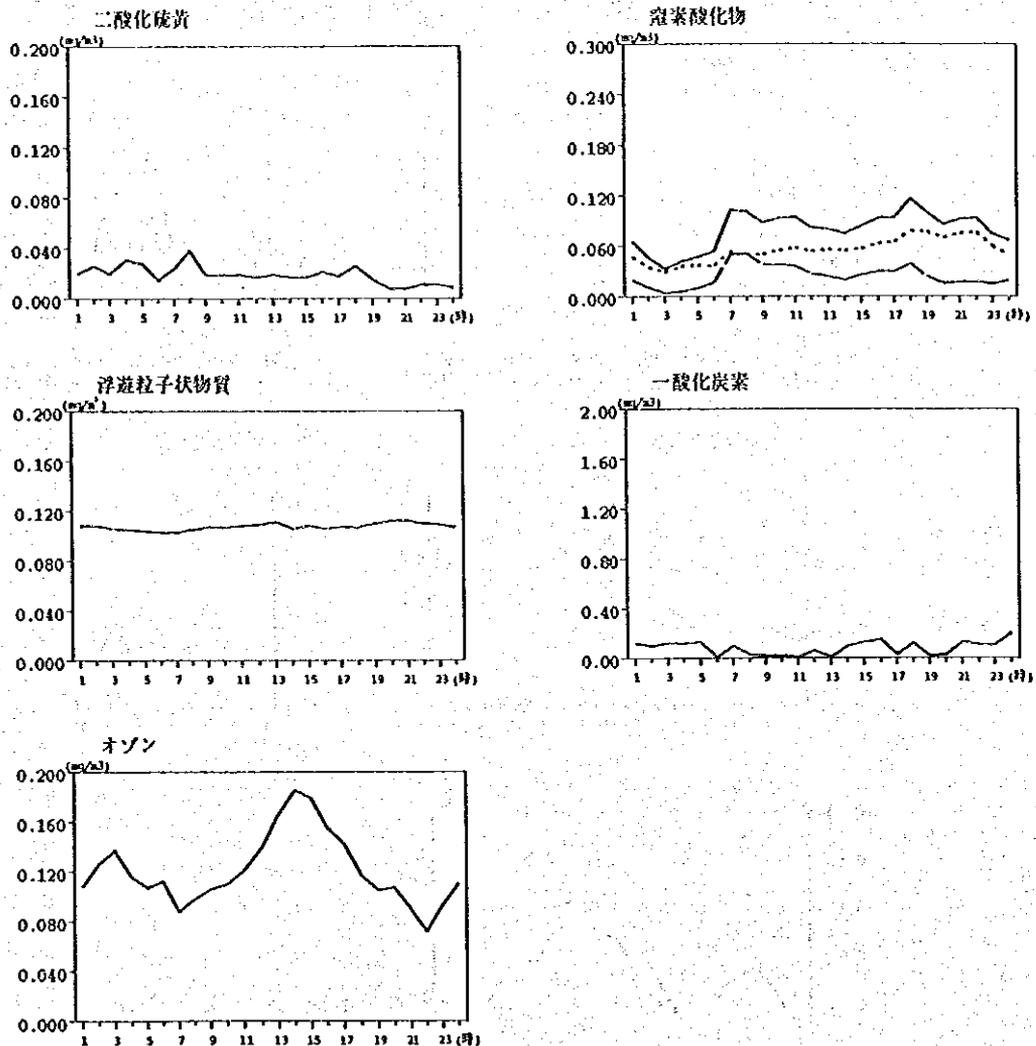


(注) 一線は一酸化炭素、二線は二酸化炭素、三線は窒素酸化物を示す。

図 2.4-3 時刻別平均濃度 (市営旭)

4) 華宮

華宮の時刻別平均濃度を図 2.4-4 に示す。窒素酸化物濃度が二山形であり、二酸化硫黄や浮遊粒子状物質の濃度時間変化が明瞭でない点で、市営処と類似している。一方で、窒素酸化物の濃度ピークは明瞭でなく、昼間の濃度が比較的高い等、また、一酸化炭素の濃度レベルが非常に低い状況である等から、自動車の影響よりもビルの厨房設備等、近傍発生源の影響がほとんど考えられる。また、オゾンのピークは日中の 14 時頃であり、その濃度レベルから考えて、光化学オキシダントの生成が寄与しているものと推察される。

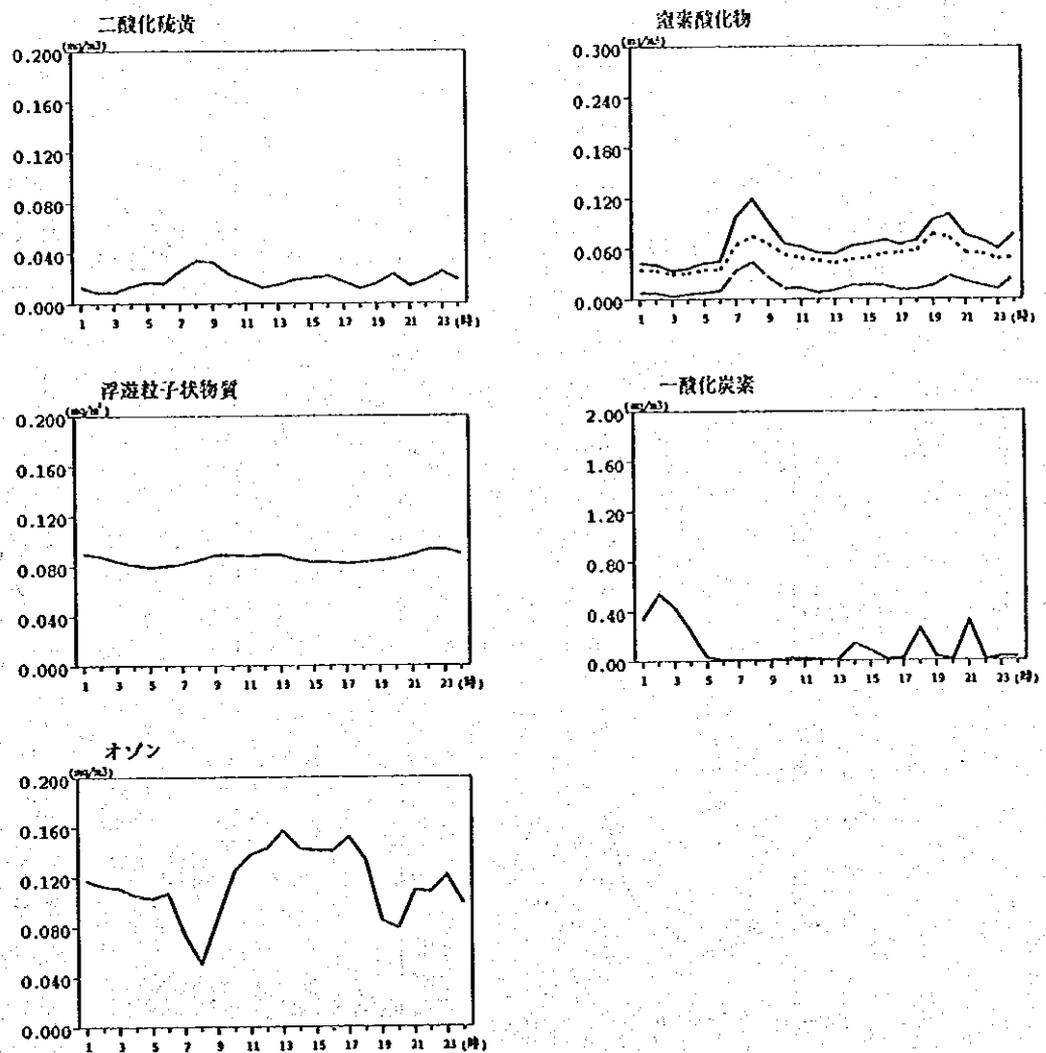


(注) ——は一酸化窒素,は二酸化窒素, ——は窒素酸化物を示す。

図 2.4-4 時刻別平均濃度 (華宮)

5) 口腔医院

口腔医院の時刻別平均濃度を図 2.4-5 に示す。各物質の濃度レベル変化傾向とも、華宮とほぼ同様であることから、窒素酸化物や一酸化炭素の時間変化傾向から、自動車の影響よりも、ビルの厨房設備等、近傍発生源の影響が大きいと考えられる。オゾンについては日中の 11 時～17 時頃まで鈍いピークとなっているが、濃度レベルは低く、混合層によるバックグラウンドオゾンの取り込みによる影響がほとんどで、本観測期間中の光化学オキシダントの生成はわずかであると推察される。

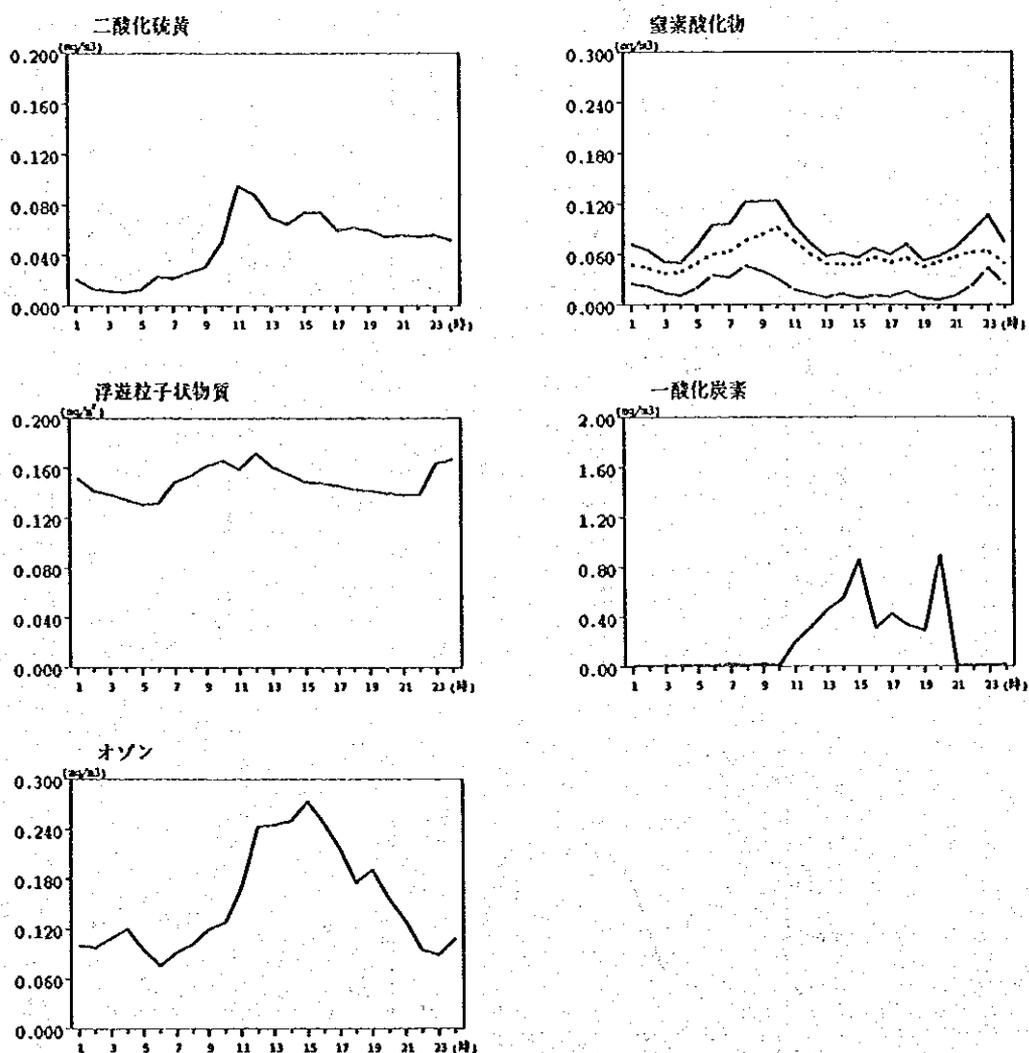


(注) 一―は一酸化窒素、……は二酸化窒素、―は窒素酸化物を示す。

図 2.4-5 時刻別平均濃度 (口腔医院)

6) 春柳

春柳の時刻別平均濃度を図 2.4-6 に示す。窒素酸化物の変化傾向は、二山形ではあるが、午後のピークが 23 時時となる点が他の地点とは異なる。また、二酸化硫黄、一酸化炭素の変化傾向も他の地点とは異なることから、局地的な発生源の存在が推定される。オゾンのピークは比較的鋭く、ピーク濃度もバックグラウンドオゾンの濃度レベルと比較してかなり高くなっていることから、日中の光化学オキシダントの生成によるものと推察する。

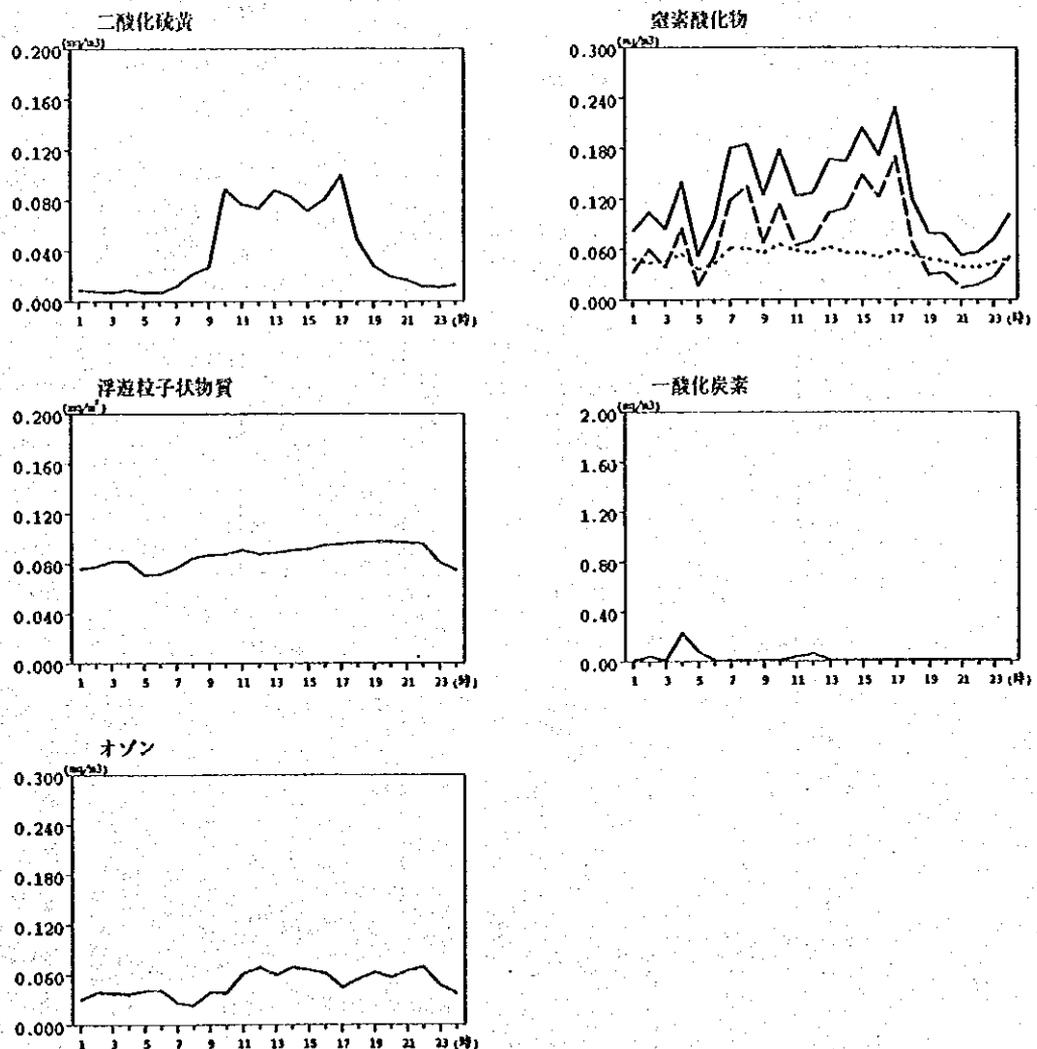


(注) ---は一酸化窒素,は二酸化窒素, ——は窒素酸化物を示す。

図 2.4-6 時刻別平均濃度 (春柳)

7) 四院前

四院前の時刻別平均濃度を図 2.4-7 に示す。二酸化硫黄の濃度レベルが日中 (9 時 ~19 時) に高いことがわかる。調査地点が、工業地帯に近いことから、工場からの発生源寄与が大きいものと推察される。窒素酸化物も、日中 (7 時から 17 時) に高く、ピークもはっきりしないことから、二酸化硫黄同様、工場からの発生源寄与が大きいものと推察する。オゾンに関しては、他の測定局に見られるような日中のピークが存在しない。これは、窒素酸化物の日中の濃度が高いことを考慮すると、一酸化窒素によるオゾンの消費によるものと考えられる。

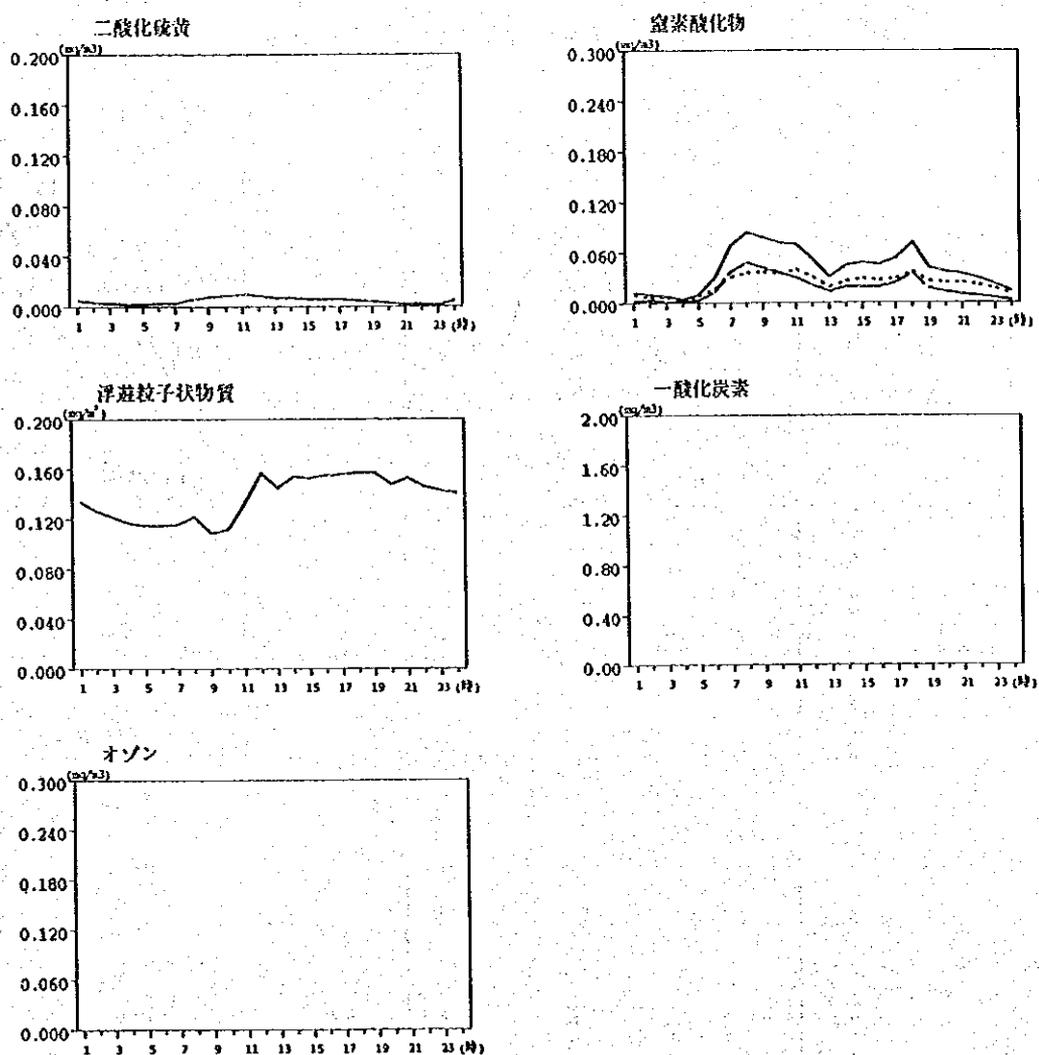


(注) 一線は一酸化窒素, 二線は二酸化窒素, 三線は窒素酸化物を示す。

図 2.4-7 時刻別平均濃度 (四院前)

8) 医大附属二院

医大附属二院の時刻別平均濃度を図 2.4-8 に示す。二酸化硫黄は、低い濃度レベルで顕著な変化傾向はみられない。窒素酸化物については濃度レベルは低いが二山形を示しており、発生源としては自動車の影響が大きいものと推察される。一方、浮遊粒子状物質は濃度レベルが高い。これは、他の物質の傾向と観測期間の風向とを考慮すると、海塩粒子によるものと判断される。

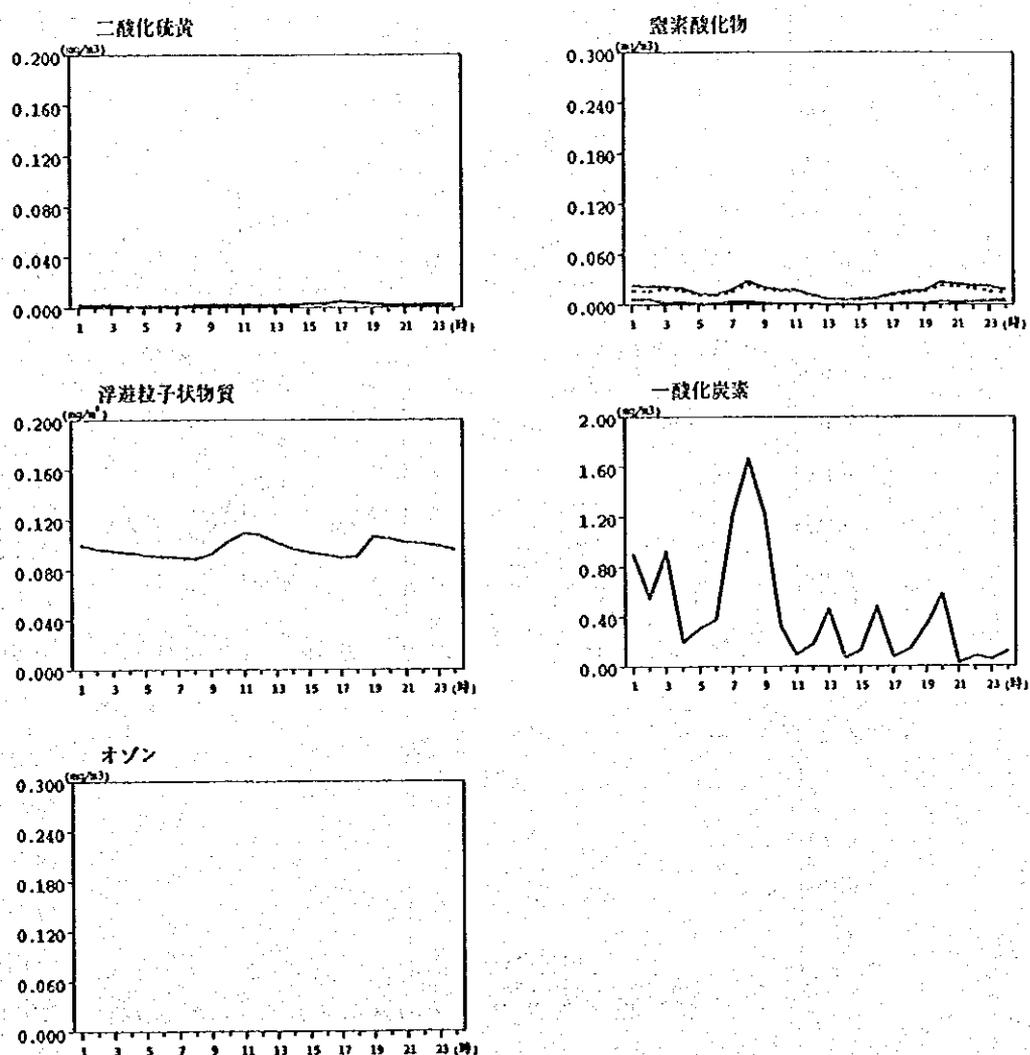


(注) 1. ---は一酸化窒素,は二酸化窒素, —は窒素酸化物を示す。

図 2.4-8 時刻別平均濃度 (医大附属二院)

9) 付家庄

付家庄の時刻別平均濃度を図 2.4-9 に示す。二酸化硫黄の濃度レベルは非常に小さく、窒素酸化物は、低い濃度レベルながら、朝・夕にピークを持つ二山形の傾向を持っている。一酸化炭素に関しては、午前 7 時に鋭いピークがあり、他に 3 時、13 時、16 時、20 時にピークが存在することから、低温な炉による小規模なバッチ式操業形態を持つ局地的な発生源の存在が推定される。

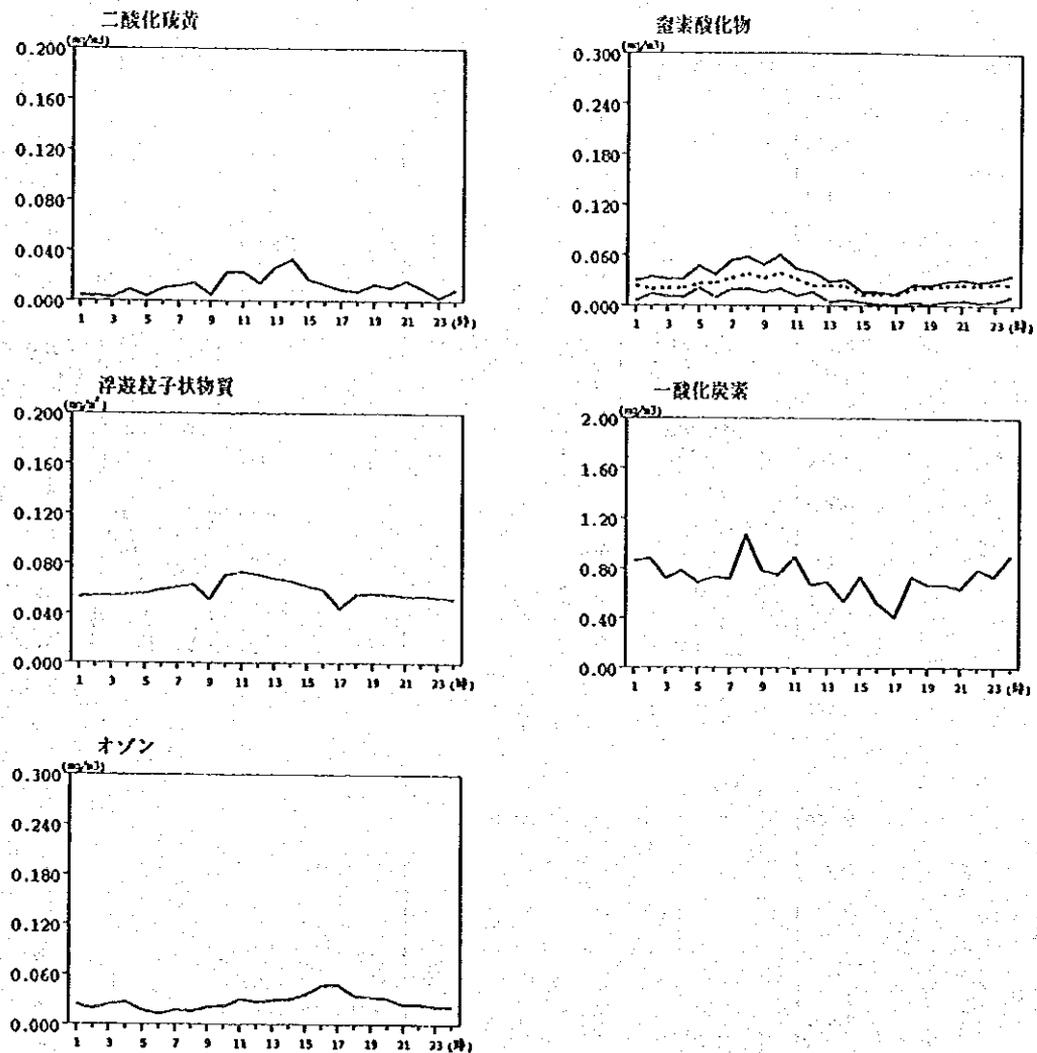


(注) 1. --- は一酸化窒素, は二酸化窒素, —— は窒素酸化物を示す。

図 2.4-9 時刻別平均濃度 (付家庄)

10) 三八広場

三八広場の時刻別平均濃度を図 2.4-10 に示す。各大気汚染物質とも顕著な変化傾向は存在しないことから、自動車等の影響は小さく、定常な地表付近の固定発生源の寄与が比較的大きいと推察される。

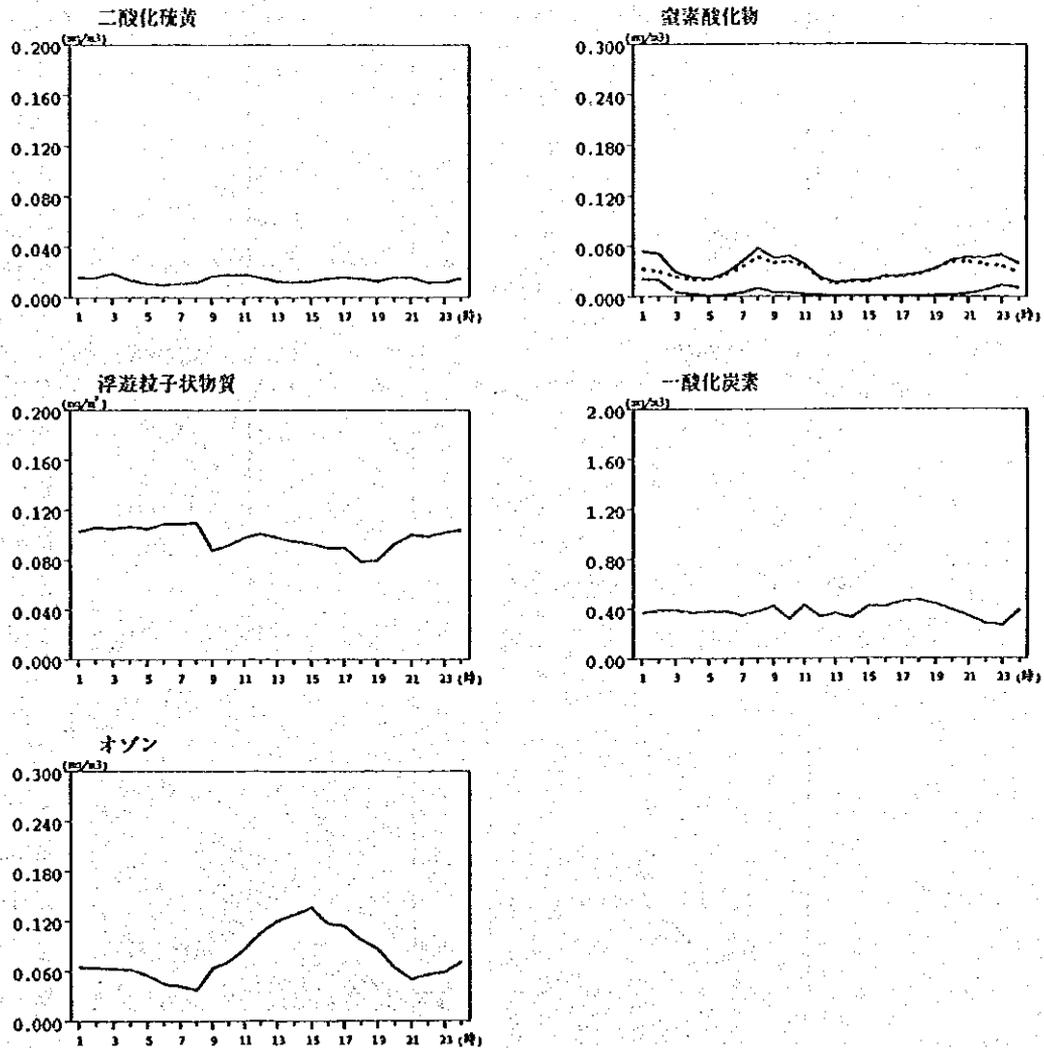


(注) 一―は一酸化窒素, ……は二酸化窒素, —は窒素酸化物を示す。

図 2.4-10 時刻別平均濃度 (三八広場)

11) 北京街小区

北京街小区の時刻別平均濃度を図 2.4-11 に示す。窒素酸化物とオゾンを除く物質には顕著な変化傾向は存在しない。窒素酸化物には二山形の分布が見られ、朝と夜に濃度ピークを持っている。一酸化炭素に対応するピークが見られないこと、夜のピークが 20 時以降高いままとなっていることから、ビルの厨房設備等、近傍発生源の影響が大きいと考えられる。オゾン濃度には日中のピークが見られるが、濃度レベルは低く、混合層によるバックグラウンドオゾンの取り込みによる影響がほとんどであると考えられる。

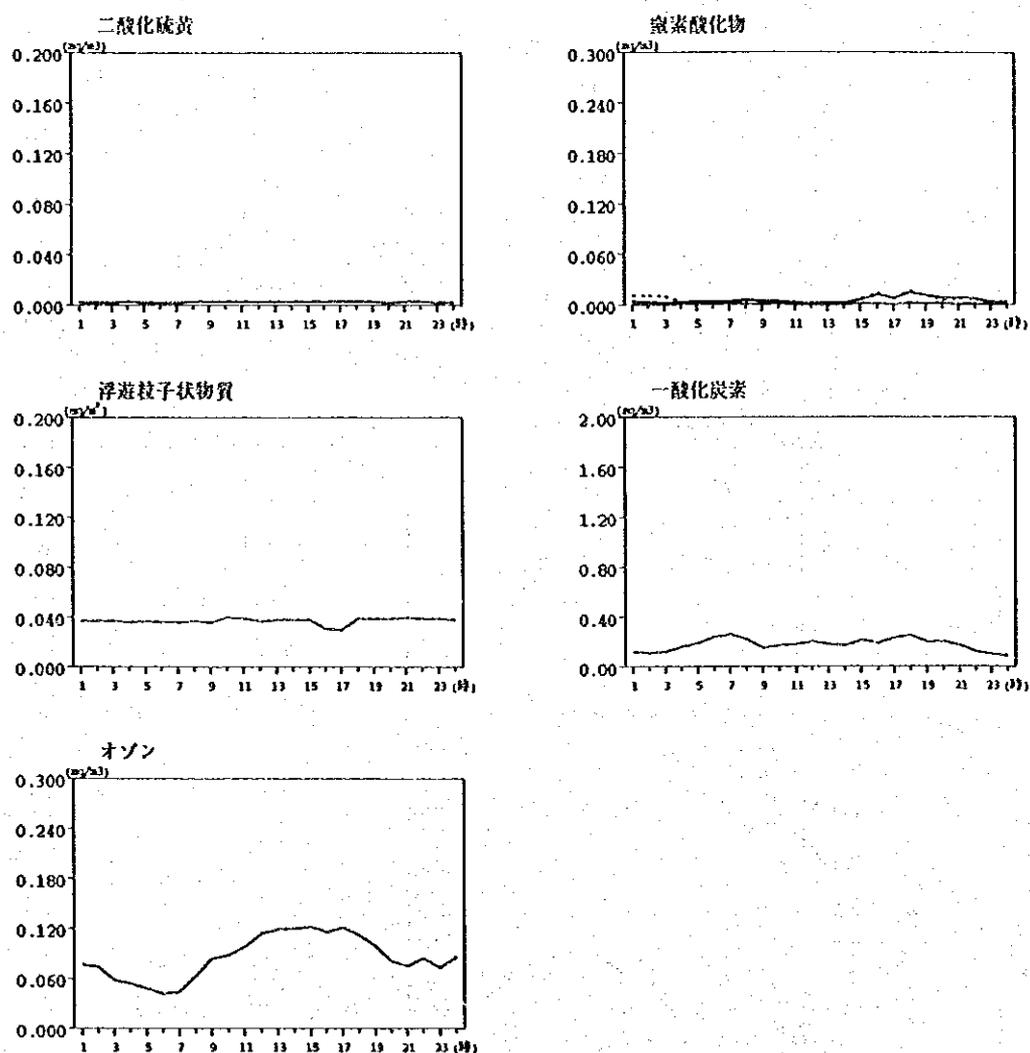


(注) 一―は一酸化窒素, ……は二酸化窒素, —は窒素酸化物を示す。

図 2.4-11 時刻別平均濃度 (北京街小区)

12) 棒垂島

棒垂島の時刻別平均濃度を図 2.4-12 に示す。オゾンを除き他の地点よりも濃度レベルが低く、変化も比較的フラットである。窒素酸化物に夕刻のピークが、また、一酸化炭素に朝から昼、夕刻に至る濃度の高まりが見られる程度で、これらはいずれも遠方の発生源寄与によるものと推察される。オゾン濃度には日中のピークが見られるが、濃度レベルは低く、混合層によるバックグラウンドオゾンの取り込みによる影響がほとんどであると考えられる。



(注) 一—は一酸化窒素, ……は二酸化窒素, ———は窒素酸化物を示す。

図 2.4-12 時刻別平均濃度 (棒垂島)

2.5 大連環境モデル地区大気評価シュミレーションモデル

現地調査により取得した工場・事業場の固定発生源や、自動車等の移動発生源からの大気汚染物質排出量、および現地で観測した気象・大気質のデータを用いて、大気拡散式を用いた理論計算による物理的な手法で当該地域の実情に合う評価モデルを構築した。

本モデルにより現況年（1997年）、中間年（2005年）、目標年（2010年）の大気環境を再現、予測して大気汚染のキーポイントならびに改善効果を定量的に検討した。

□対象大気汚染物質

対象汚染物質は SO_2 、 NO_x とした。また、近年急激に自動車保有台数が増加しており、道路沿道における環境悪化が懸念される。このため、幹線道路沿いの SO_2 、 NO_x 、 CO について計算を実施した。さらに、ばいじんについても計算したが、ばいじんはガス状として取り扱い、2次粒子生成等は考慮していない。なお、優先案件の環境影響評価で用いられる年平均値は本モデルでの計算結果である。

□評価期間

今回のプロジェクトが原則として長期対策を目的としていること、発生源データの精度を考慮して、予測濃度は長期平均値（年平均値）とした。

□対象範囲

大連市中心4区を含む南北約18km×東西約21kmの範囲とした。

図2.5-1に対象範囲を示す。

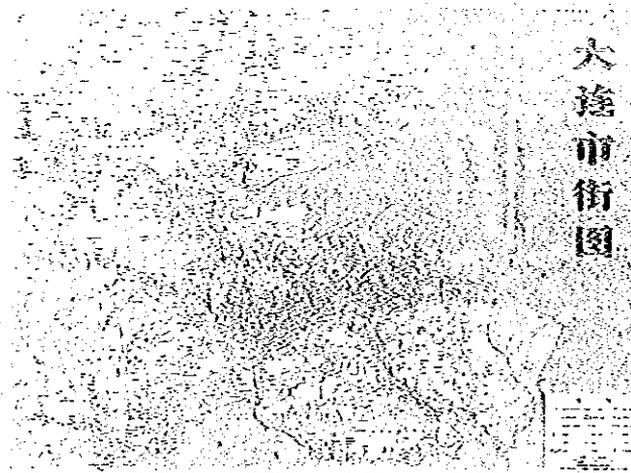


図 2.5-1 調査対象範囲

本手法は、日本における硫黄酸化物や窒素酸化物に対する総量規制を効果的に実施するために、長期にわたって検討され確立した手法であり、日本国内各地で多数の実績がある。特に、都市計画や工場の増築・設備変更計画、港湾計画等の大規模開発による環境評価に用いられている。

中国国内においても二酸化硫黄総量抑制の動きがあるが、本手法は非常に有効な手段と考える。

図 2.5-2 に本調査での環境評価フローを示す。

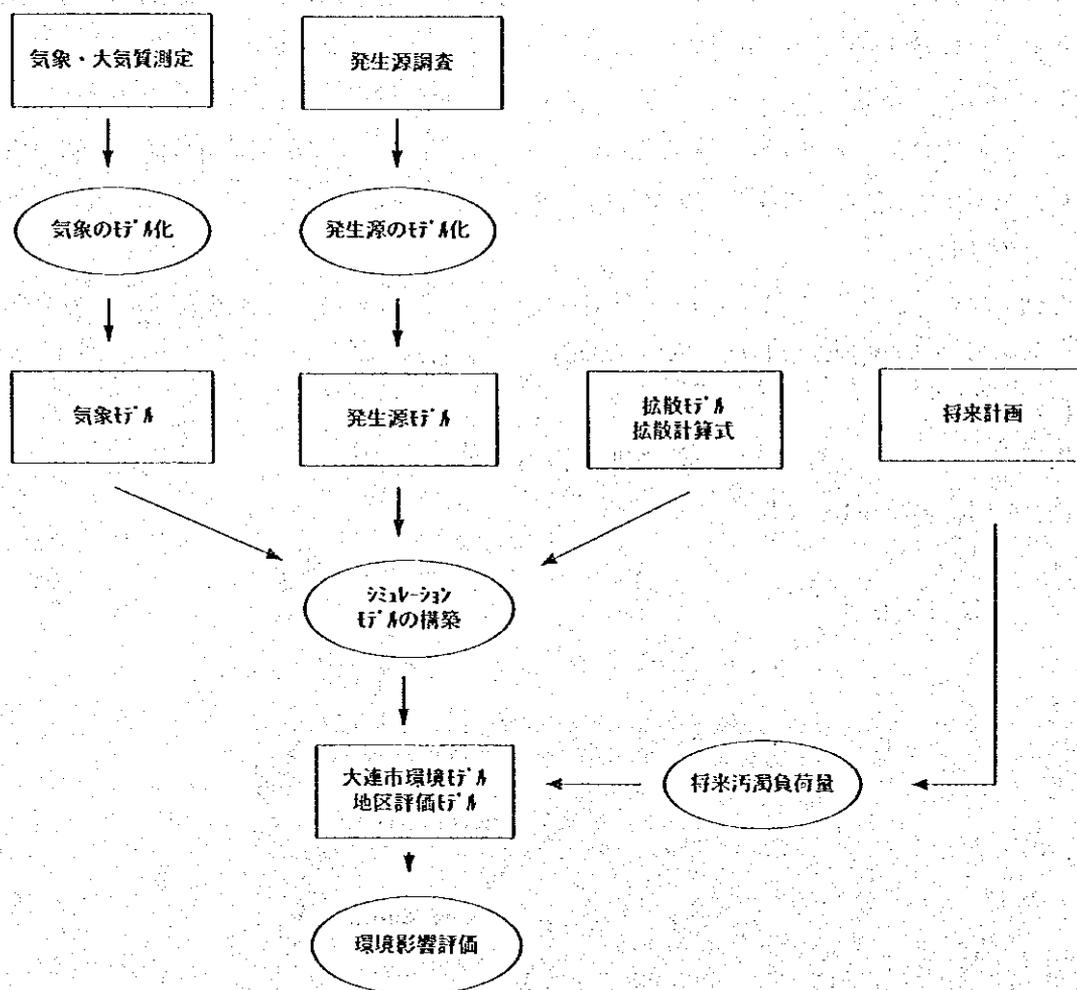


図 2.5-2 大連環境モデル地区大気評価フロー

2.5.1 評価モデル概要

(1) 拡散式

拡散式として、以下に示す正規型のプルームモデルを用いた。

$$c(x, y, z) = \frac{q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left\{-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$

ここで、

- C : 計算点濃度
- x, y, z : 計算点の座標 (m) (x 風下方向、 y 風下方向に直角な水平方向、 z 高さ方向)
- q : 発生源強度 (Nm^3/h)
- σ_y, σ_z : y 方向、 z 方向の拡散パラメータ
- U : 風速 (m/s)
- He : 有効煙突高 (m)

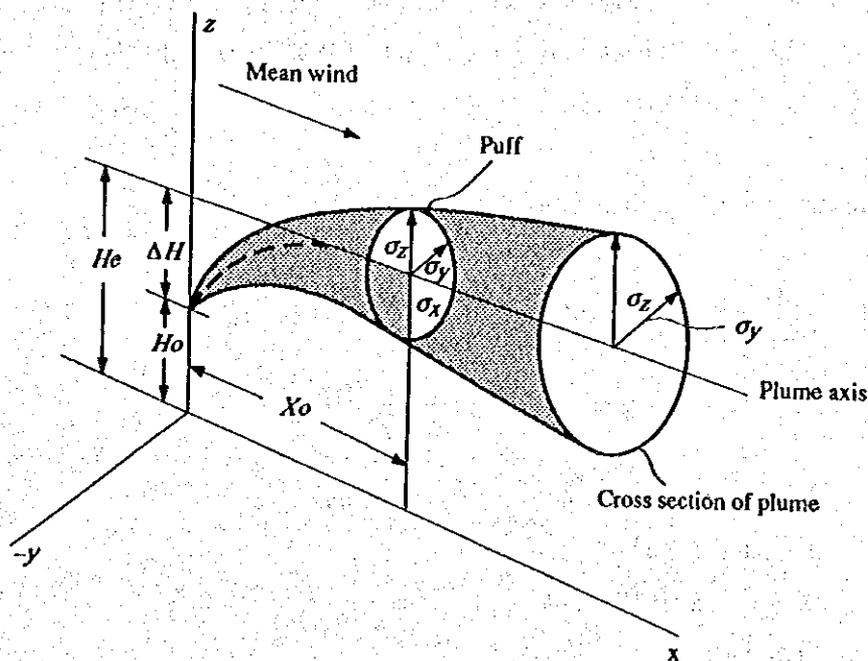


図 2.5.1-1 プルームモデルの概念図

静穏時の拡散式は次のパフ式を用いた。

$$c(R,z) = \frac{q}{(2\pi)^{3/2} \gamma} \left[\frac{1}{R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (He-z)^2} + \frac{1}{R^2 + \frac{\alpha^2}{\gamma^2} (He+z)^2} \right]$$

ここで、

R : 煙源と計算点の水平距離 (m)

α : $\alpha_y = \alpha_x = \alpha \cdot t$

γ : $\alpha z = \gamma \cdot t$

なお、上に示した拡散方程式は発生源位置に特異点を持つために道路沿道など発生源近傍での計算は再現性におとる。したがって、道路沿線を対象とした計算については次の JEA 式を採用した。

JEA (Japan Environment Agency) モデルは大阪府において実施された拡散実験等の調査の結果を踏まえて、環境庁が作成した自動車排出ガス用拡散モデル (線源用モデル) である。

JEA モデルには、有風時 (風速 1m/s 以上) についての直角風時の式 (風と線源の作る角度が 40 度以上の場合) と平行風時の式 (角度が 40 度未満の場合) および無風時 (風速 1m/s 未満) の式がある。以下に式を示す。

1) 直角風時 (40 度 $\leq \theta \leq 90$ 度)

$$C(x,y) = \frac{Q_L}{(U \sin \theta)^{0.5}} \cdot \frac{A}{x^3} \cdot \exp\left(-B \frac{Z^p}{x}\right) \times W(x; y_1, y_2)$$

ここで、

X : 計算点から線煙源までの (垂直) 距離 (m)

Z : 計算点高さ (m)

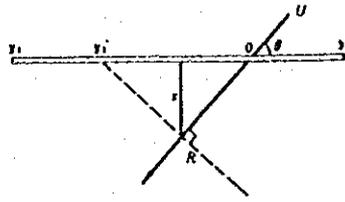
Q_L : 線煙発生源強度 (Nm³/h)

U : 風速 (m/s)

θ : 線煙源と風のなす角度 (40 度 $\leq \theta \leq 90$ 度)

W : 有限効果

$$W(x; y_1, y_2) = \frac{1}{2} \left[\operatorname{erf}\left(G \frac{y_2}{\sqrt{x}}\right) - \operatorname{erf}\left(G \frac{y_1}{\sqrt{x}}\right) \right] \quad \operatorname{erf}(w) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^w e^{-\eta^2} d\eta$$



y_1, y_2 : 有限線煙源の端点座標で、計算点 R を通る風の線と線煙源又はその延長との交点を原点とし、 $\theta \neq 90$ 度のときには風上側を y_2 とする。

また R を通り直角の線が線煙源と交わる場合には y_1 の代わりにその点 y_1 を採用する。

S, G: 次式で示されるパラメータである。

$$S = \alpha \cdot \exp\left(0.89 \frac{L}{U \sin \theta}\right) \quad G = \gamma \cdot \exp\left(-2.45 \frac{L}{U \sin \theta}\right)$$

地域区分	P	A	α	γ	B
平坦地	1.5	2.4	0.86	0.16	$1.47 \times f_B$
低層住宅散在	2.5	5.4	1.03	0.12	0.036
低層住宅密集	2.5	1.07	0.71	0.107	0.018
中層ビル散在	1.5	4.4	0.86	0.12	$0.94 \times f_B$

$$f_B = \exp\left(-3.12 \frac{L}{U \cdot \sin \theta}\right)$$

θ : 風と線煙源のなす角度

L: 放射収支量 (kW/m^2)

2) 平行風時 ($0 \leq \theta < \text{約 } 40^\circ$)

$$C(x, y) = \frac{Q_L}{(U \cos \theta)^{0.5}} \cdot \frac{A}{\sqrt{y^2 + G_z Z^2}} \times W(y; x_1, x_2)$$

ここで、

X: 計算点から線煙源までの(垂直)距離 (m)

Z: 計算点高さ (m)

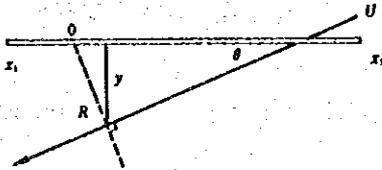
QL: 線煙発生源強度 (Nm^3/h)

U: 風速 (m/s)

θ : 線煙源と風のなす角度 ($40 \text{ 度} \leq \theta \leq 90 \text{ 度}$)

W : 有限効果

$$W(y : x_1, x_2) = \operatorname{erf}\left(G_1 \frac{\sqrt{y^2 + G_2 Z^2}}{\sqrt{x_1}}\right) - \operatorname{erf}\left(G_1 \frac{\sqrt{y^2 + G_2 Z^2}}{\sqrt{x_2}}\right)$$



x_1, x_2 : 有限線煙源の端点座標で、計算点 R を通る風の線と直角な線が線煙源又はその延長との交点を原点とし、風上側を x_2 とする。

S, G_1, G_2 : は次式で示されるパラメータ

$$S = 3.29 \exp\left(-2.80 \frac{L}{U \cos \theta}\right) \quad G = \gamma \cdot \exp\left(-1.61 \frac{L}{U \cos \theta}\right)$$

地形区分	γ	G_2
平坦地	0.16	$1.47 \times f_B$
低層住宅散在	0.12	0.036
低層住宅密集	0.107	0.018
中層ビル散在	0.12	$0.94 \times f_B$

3) 無風・弱風時

風速が 1m/s 未満の無風時・弱風時に使用する。

$$C(x, y) = \frac{\pi \cdot A \cdot Q_L}{(x^2 + Gz^2)^s} \times W(x : y_1, y_2)$$

$$W(x : y_1, y_2) = \frac{1}{\pi} \left[\tan^{-1} \left(\frac{y_2}{\sqrt{x^2 + Gz^2}} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{y_1}{\sqrt{x^2 + Gz^2}} \right) \right]$$

A, s, G : は次式で示されるパラメータである。

$$A = 0.76 \exp(-2.76L) \quad s = 0.38 \exp(1.29L)$$

$$G = 5.5 \exp(-4.3L) \quad L \geq 0, \quad 5.5 \exp(-77.6L) \quad L < 0$$

(2) 二酸化窒素変換式

一般に知られているように、環境大気中に放出される窒素酸化物 (NO_x) はその大部分が一酸化窒素 (NO) の形をしており、放出後、大気中で酸化されて二酸化窒素 (NO₂) となる。短時間における反応は NO とオゾン (O₃) によるものとされるが、大気中には炭化水素、アルデヒド、OH 等のフリー・ラジカルが複雑にかみ合った反応系を構成している。

ここでは、日本で一般的に使用される指数近似式を用いた。

$$[NO_2] = [NO_x] \cdot \left[1 - \frac{\alpha}{1 + \beta} \{ \exp(-Kt) + \beta \} \right]$$

ここで、 $K_{\text{固定点}} = 0.0062U [O_3]_{\beta}$

$K_{\text{固定面}} = 0.062U [O_3]_{\beta}$

$K_{\text{移動}} = 0.23U [O_3]_{\beta}$

$[O_3]_{\beta}$ は「窒素酸化物総量規制マニュアル：日本環境庁」に例示されている次表を用いた。

昼夜	昼		夜	
	不安定	中立	中立	安定
有風無				
有風時	0.028	0.023	0.013	0.01
無風時	0.015	0.013	0.008	0.007

(ppm)

(3) 気象条件

1999年1月より現地で観測を開始した気象および一般大気質観測機材のデータ(1999年1月~8月)を用いた。なお、安定度計算に必要な日射量・放射収支量の観測データは大気2号局のみで実施されているが当該地域を十分代表するものである。気象データ(風向、風速、日射量、放射収支)は次のカテゴリーに分類した。

1) 風向・風速

風向は16方位+静穏(風速0.4m/s以下)、風速を(0~0.4、0.5~0.9、1.0~1.9、2.0~2.9、3.0~5.9、6.0m/s以上)の6階級に分類した。また、比較的規模の大きい煙突の場合、有効煙突高は煙突実高の2倍程度となり地上の風と異なる場合が多い。従って、約300m付近に設置したTV塔の風向・風速計のデータを上層の風として採用した。

なお、本モデルは発生源の位置における風向・風速で汚染物質が拡散希釈されながら運ばれるというソースオリエンテッドモデルで風のデータが非常に重要である。市内各所の風のデータを地域の状況を判断して気象ブロックに割り当てたが、大気4号地点の風データは観測所付近のビルの影響を強く受けているため気象ブロックとして採用しなかった。図2.5.1-2に気象ブロック区分を示す。

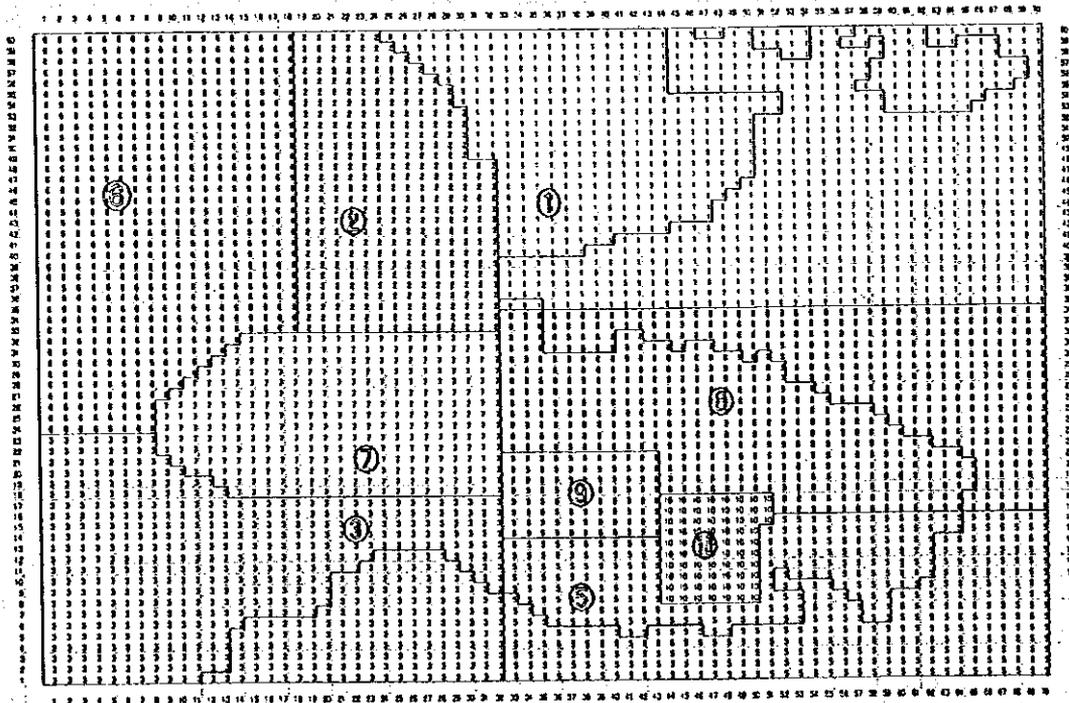


図 2.5.1-2 気象ブロック区分

上層の気象ブロックは表 2.5.1-1 のように、100m を超える煙源は TV 塔のデータを
使用した。

表 2.5.1-1 上空気象ブロック区分

地上 100m 以上	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
地上 60~100m	1	2	3	8	5	6	7	8	9	10
地上 30~60m	1	2	3	8	5	6	7	8	9	10
地上 ~30m	1	2	3	8	5	6	7	8	9	10
気象ブロック区分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

大気 1 号局 → 1 大気 2 号局 → 2 気象 5 号局 → 10 TV 塔 → 11

2) 安定度階級

パスキルの安定度階級を用いた。パスキル階級の日射の定性的な分類を、日射量
として量的に表し、さらに夜間の雲量観測の代わりに放射収支量を用いる「原子力
安全委員会気象指針、1982 年」分類方法を採用した。表 2.5.1-2 にパスキル安定度階
級を示す。

表 2.5.1-2 パスキル安定度階級分類法

風速(U) m/s	日射量(T) kW/m ²				放射収支量(Q) kW/m ²		
	T ≥ 0.60	0.6 > T ≥ 0.30	0.30 > T ≥ 0.15	0.15 > T	-0.020 > Q ≥ -0.040	-0.040 > Q	
U < 2	A	A-B	B	D	D	G	G
2 ≤ U < 3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ U < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ U < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ U	C	D	D	D	D	D	D

3) 拡散パラメータ

拡散式で用いられている拡散幅は、有風時は *Pasquill-Gifford* 線図、無風時は *Turner*
線図より求められた拡散パラメータを使用した。

(4) 有効煙突高さ

煙突からは燃焼に伴う排ガスが排出されるので、吐出速度による慣性効果や排ガス熱量による浮力効果をもっている。これらの効果を ΔH とすると、煙突実高 H に ΔH を加えた高さが大気拡散式による煙突高さで有効煙突高さ H_e と呼ぶ。

有風時の有効煙突高推定式は、世界的に一般に使用される CONCAWE 式を使用した。

$$\Delta H = 0.175 \cdot Q_H^{1/2} \cdot u^{-3/4}$$

ここで、 ΔH : 排ガス上昇高さ (m)

Q_H : 排出熱量 (cal/s)

u : 煙突頭頂部における風速 (m/s)

無風時の有効煙突高推定式としては Briggs 式を使用した。

$$\Delta H = 1.4 \cdot Q_H^{1/4} \cdot (d\theta/dz)^{-3/8}$$

ここで、 $d\theta/dz$ は温位傾度 ($^{\circ}\text{C}/\text{m}$) である。

なお、面源については対象地域を市街密集地域、市街地、郊外に分類し市街密集地域は H_e を 40m、市街地、郊外は一律に 20m とした。自動車については、一律 4m、船舶については 20m と設定し、航空機は一般的な離陸・上昇・進入モードを仮定した。

(5) 発生源モデル

発生源は工場・事業場の発生源の中で石炭燃料消費 1 トン/h 以上を点源、それ以下を面発生源としてとり扱い、移動発生源として自動車（幹線・細街路）、船舶（係留中）、航空機についてもモデル化を行なった。

図 2.5.1-3 に示すように、硫黄酸化物、窒素酸化物排出量ともに、主要点発生源、面発生源、自動車発生源からの寄与がほとんど大部分（98%）を占める。船舶、飛行機については発生量からみても評価には殆ど影響しない。

図 2.5.1-3 に各発生源の構成割合、図 2.5.1-4～5 に各発生源の排出量分布を示す。

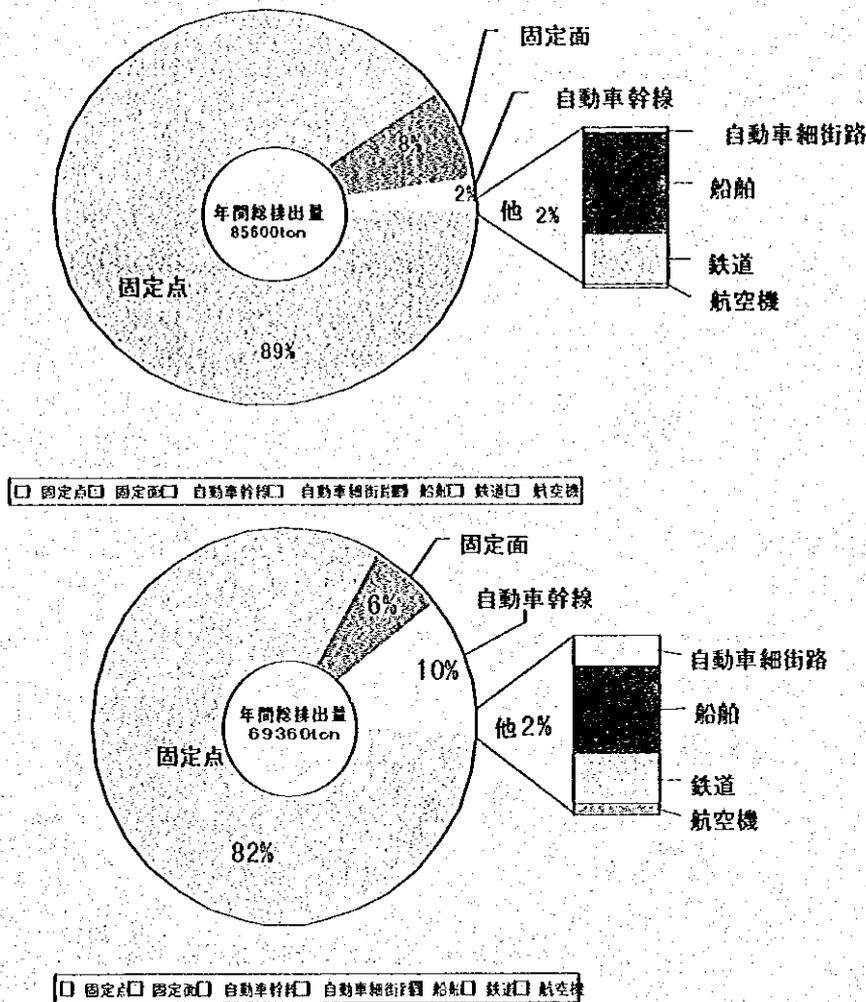


図 2.5.1-3 発生源構成割合

(5) 発生源モデル

発生源は工場・事業場の発生源の中で石炭燃料消費 1 トン/h 以上を点源、それ以下を面発生源としてとり扱い、移動発生源として自動車（幹線・細街路）、船舶（係留中）、航空機についてもモデル化を行なった。

図 2.5.1-3 に示すように、硫黄酸化物、窒素酸化物排出量ともに、主要点発生源、面発生源、自動車発生源からの寄与がほとんど大部分（98%）を占める。船舶、飛行機については発生量からみても評価には殆ど影響しない。

図 2.5.1-3 に各発生源の構成割合、図 2.5.1-4～5 に各発生源の排出量分布を示す。

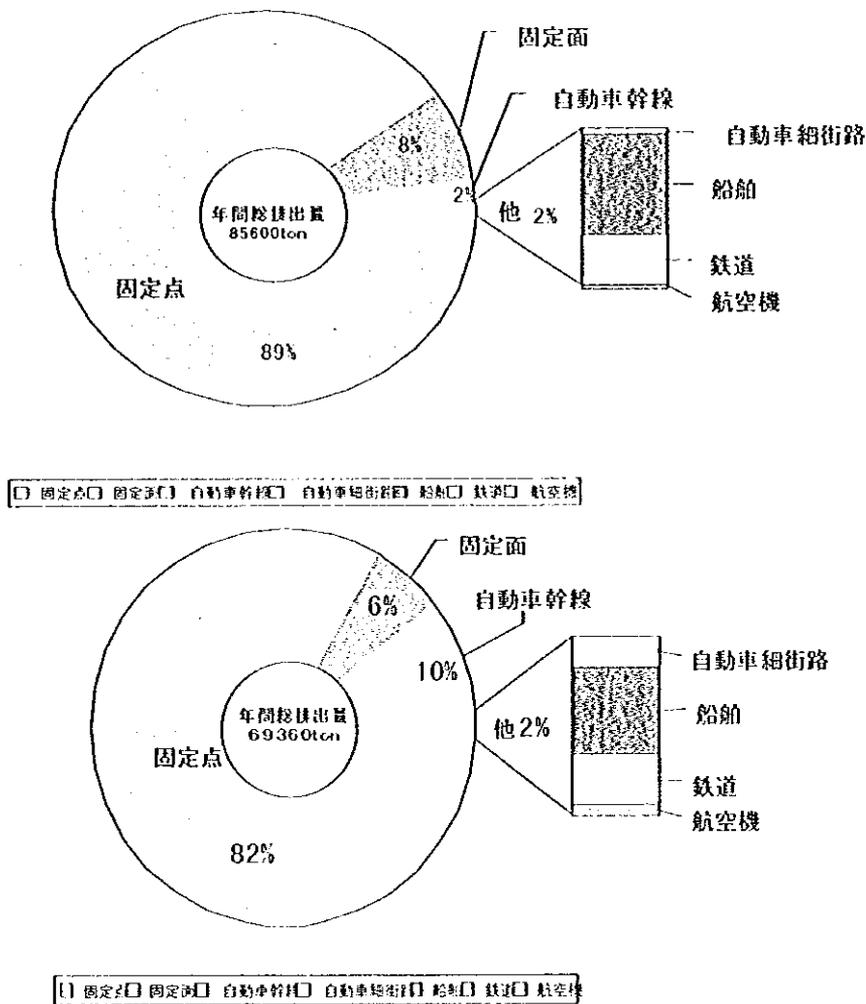
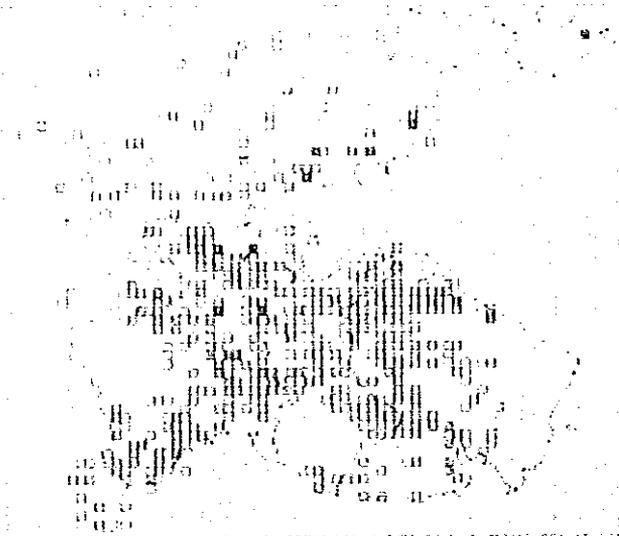


図 2.5.1-3 発生源構成割合



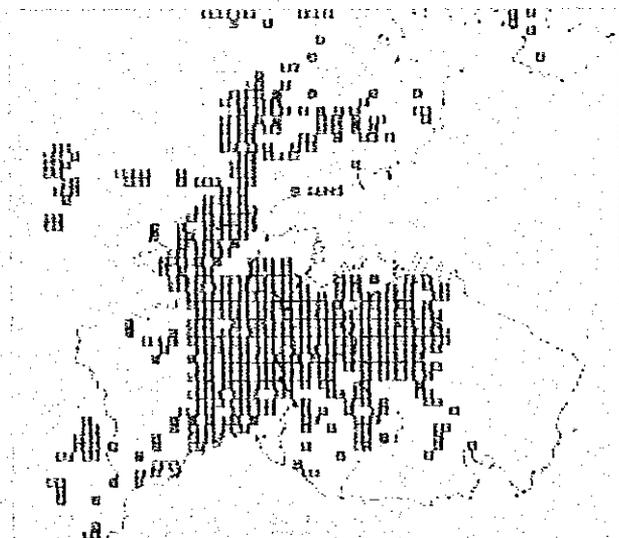
固定源硫黄酸化物排出量分布



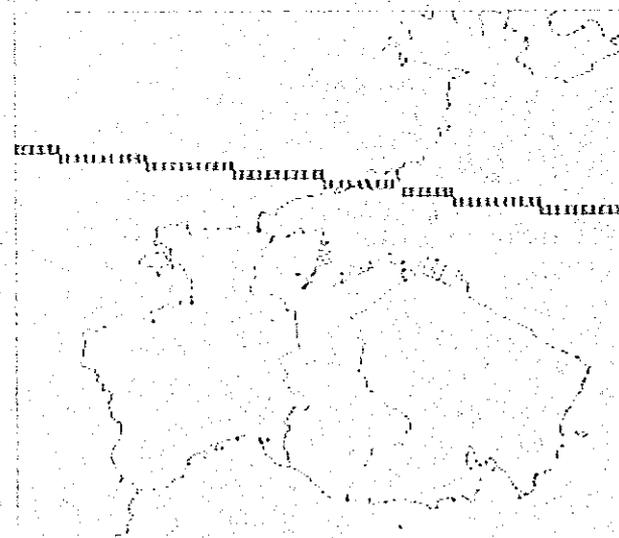
固定面源排出量分布



幹線道路硫黄酸化物排出量分布



細街路硫黄酸化物排出量分布



航空機硫黄酸化物排出量分布



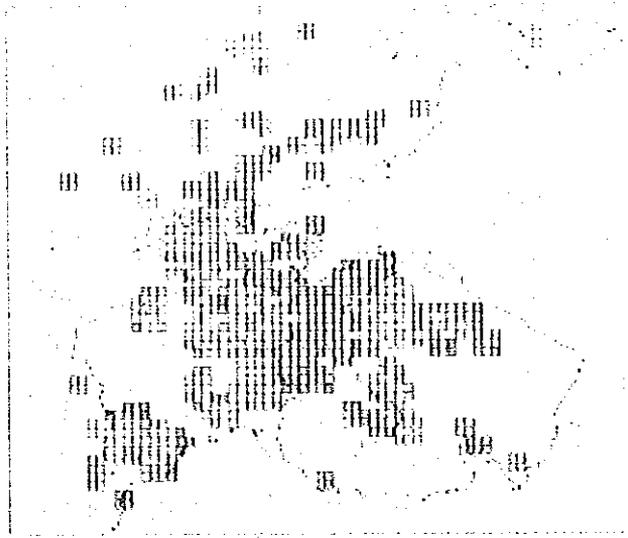
船舶硫黄酸化物排出量分布



图 2.5.1-4 各発生源排出量分布 (硫黄酸化物)



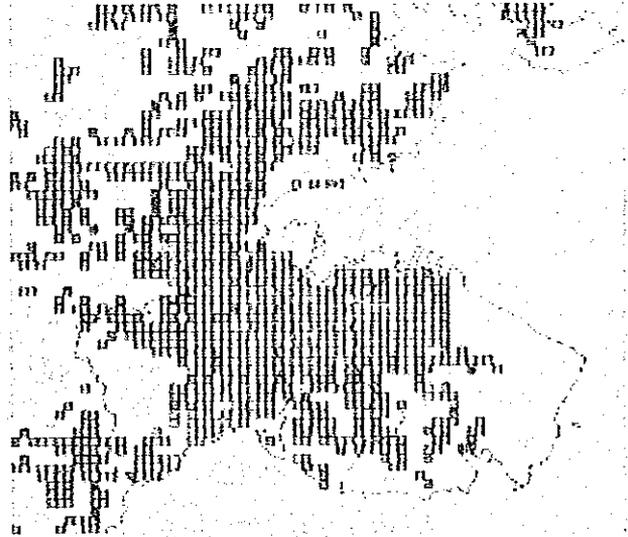
固定点源氮氧化物分布



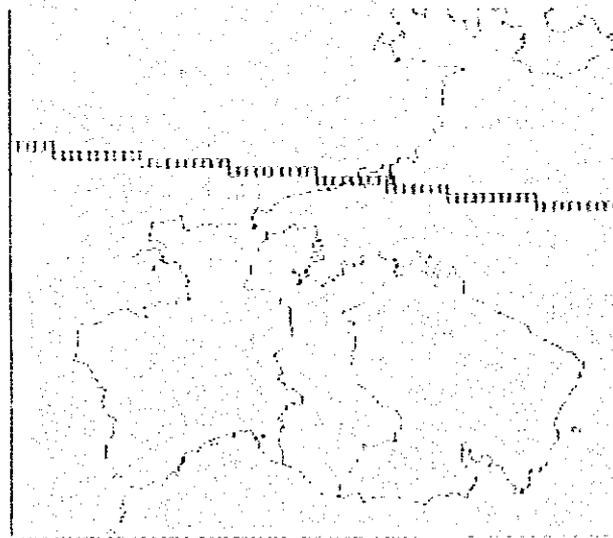
固定面源氮氧化物排出量分布



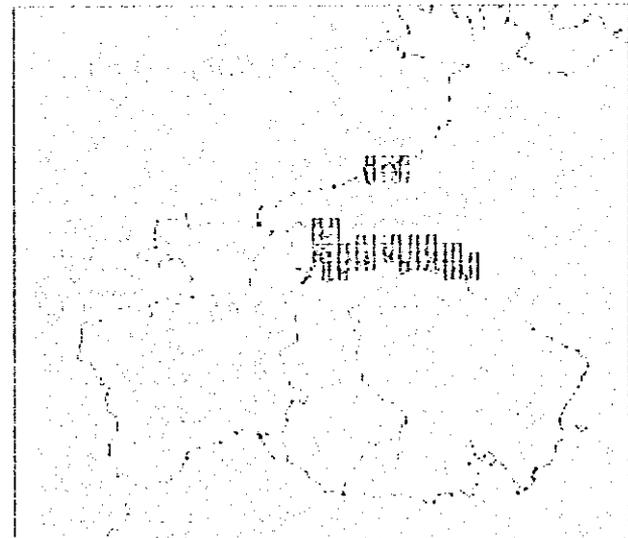
自動車幹線氮氧化物排出量分布



自動車細街路氮氧化物排出量分布



航空機氮氧化物排出量分布



船舶氮氧化物排出量分布

图 2.5.1-5 各発生源排出量分布 (氮素酸化物)



(6) 季節区分・年平均濃度計算方

暖房期（11月～3月）、非暖房期（4月～10月）についてカテゴリー化した気象条件、大気汚染物質の排出量を求めて期間平均濃度を求め、各期間の時間比率を考慮した年平均濃度を求めた。使用したデータが1月～8月までの期間であるので年間と比較すると多少変化する可能性があるが、大勢に変化はないと考える。

計算手法は以下のとおりである。

$$C_{jm} = \sum_k \left[\sum_j \sum_l C_w(i, j, k) \times f_w(i, j, k, l, m) + C_c(k) \times f_c(k) \times f_c(k, l, m) \right]$$

C_{jm} : 季（期） m 、時間帯 l の平均濃度

$C_w(i, j, k)$: 有風時の風向 i 、風速階級 j 、大気安定度 k のときの l 時間濃度

$f_w(i, j, k, l, m)$: 季（期） m 、時間帯 l における有風時の風向 i 、風速階級 j 、大気安定度 k の出現率

$C_c(k)$: 無風時、大気安定度 k のときの l 時間濃度

$f_c(k, l, m)$: 季（期） m 、時間帯 l における無風時、大気安定度 k の出現率

年平均濃度の計算方法は以下のように各季（期）と時間帯（昼夜）の濃度を求め各時間割合の重みを乗じて算出した。

ここで、

$$C = \sum_m \sum_l C(l, m) \cdot w(l, m)$$

C : 年平均濃度

$C(l, m)$: 季（期） m 、時間帯 l の平均濃度

$w(l, m)$: 季（期） m 、時間帯 l の年間に対する時間割合

2.5.2 現状計算結果

(1) シミュレーション再現性

本シミュレーションに用いた発生源データは、1997年を対象年として調査されたものであるが、拡散計算に用いた気象データと結果の照合に用いた大気環境データは1999年1月から8月までのデータである。現在、大連市では工場移転・道路整備、小規模ボイラー改善等がめざましく進行している。さらに、経済状況により工場の稼働率が下がっている実情があり再現期間の排出量、特に固定発生源を多少過大に評価している可能性がある。

表 2.5.2-1、図 2.5.1~2 に計算値と観測値の相関を示すが、全期間、暖房期ではよい相関を持ち、特に大連市の大気汚染状況が悪化する暖房期の再現性がよく、環境評価モデルとして再現対象地域の実情に合うモデルと評価する。

表 2.5.2-1 計算値と観測値の相関係数

期間 \ 大気質	二酸化硫黄	窒素酸化物
全期間	0.86	0.81
暖房期(1月~3月)	0.91	0.85
非暖房期(4月~8月)	0.62	0.71

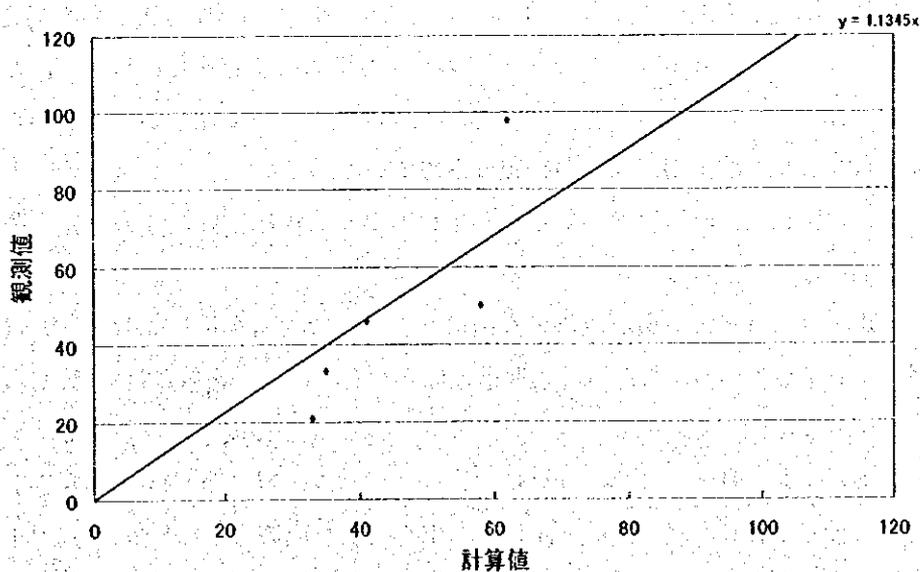


図 2.5.2-1 硫黄酸化物の観測値と計算値の関係 (全期間)

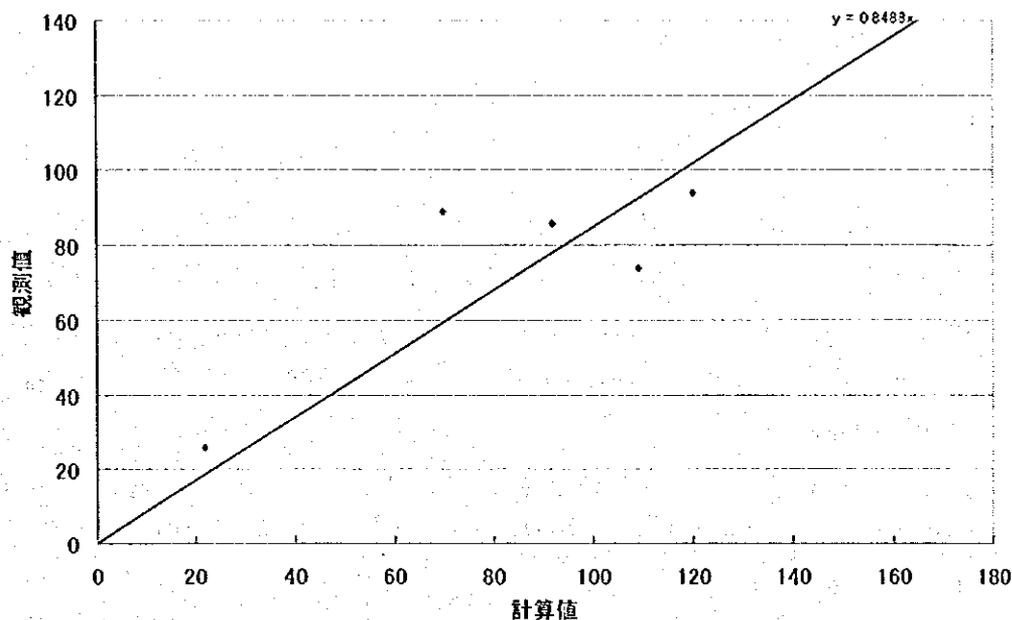


図 2.5.2-2 窒素酸化物の観測値と計算値の関係 (全期間)

(2) 現状再現結果

図 2.5.2-3~4 に硫黄酸化物濃度、窒素酸化物濃度の各発生源からの全重合濃度を示す。

硫黄酸化物、窒素酸化物とも華北路、長江路、鞍山路などの幹線に沿った周水子から中山公園、中山広場にいたるゾーンが高濃度地域となっている。このゾーンは、中国の環境基準で二酸化硫黄は第 2 級基準を、窒素酸化物では第 3 級基準を超える地域である。表 2.5.2-2~3 に高濃度メッシュの発生源別寄与割合をしめしたが、この地域は幹線道路からの寄与割合が高く、窒素酸化物濃度については移動発生源からの寄与が 90%程度、硫黄酸化物で 50%前後程度占めている。

また、桃源街にも高濃度ゾーンが生じているがこの地域は固定源の面発生源からの寄与が高い地域である。

大連市では、近年大気環境改善のためにさまざまな対策を講じており、大気環境濃度は低下してきている。しかし、大連市のほとんどの地域で適用される第 2 級基準に対してで硫黄酸化物で地域の約 4%、窒素酸化物で 30%程度の地域が環境基準を超過していると考えられる。また、計算値で比較して結果、暖房期と非暖房期では 1.5~2 倍近い濃度差があり、暖房期は上記地域を中心により高濃度となっている。図 2.5.2-5~8 に暖房期、非暖房期の濃度図、資料編 4 の p1~p6 に 1997 年時点での各発生源別濃度を示す。

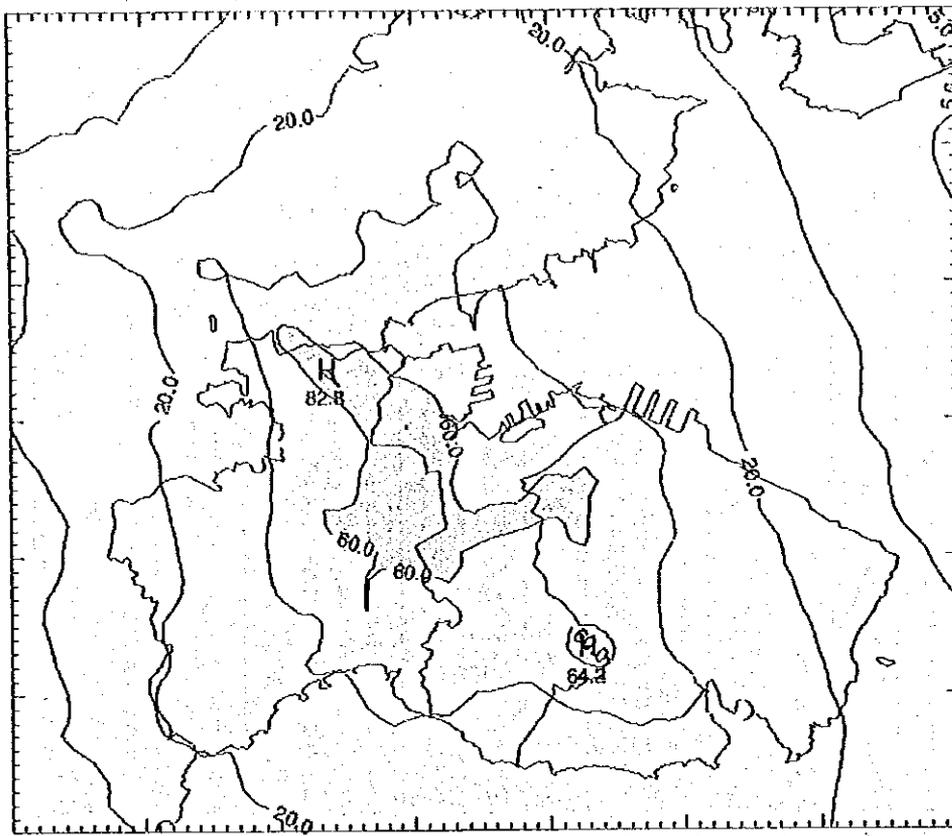


圖 2.5.2-3 1997 年硫黃氧化物濃度計算值 (年平均値、全重合濃度)

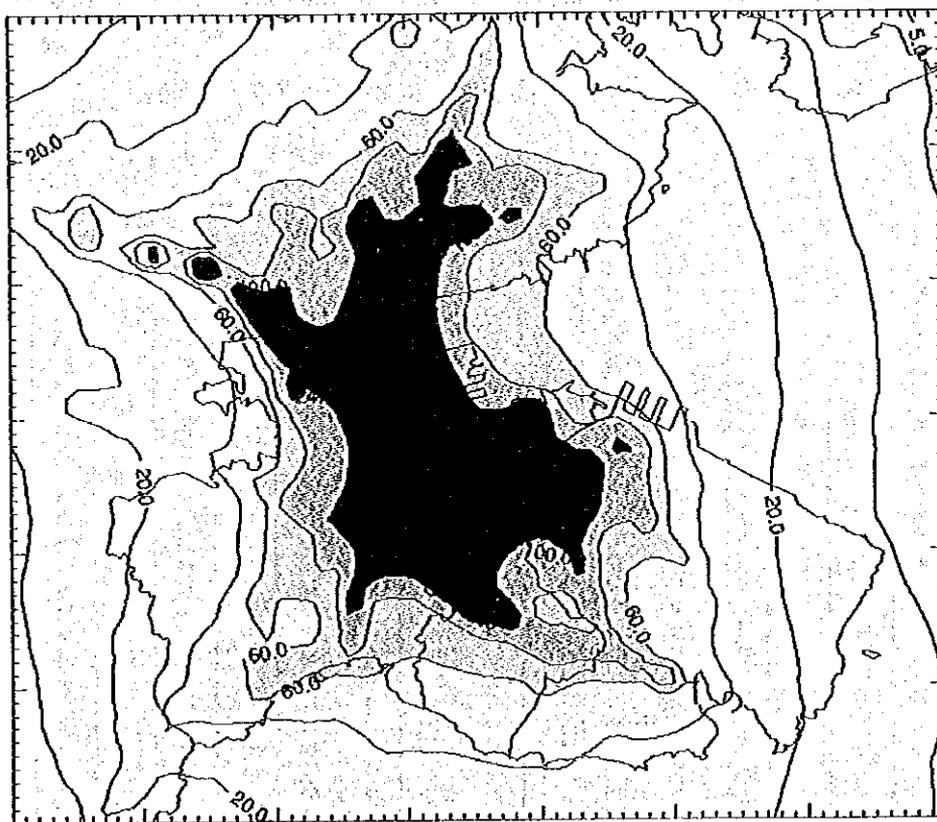


圖 2.5.2-4 1997 年窒素氧化物濃度計算值 (年平均値、全重合濃度)



圖 2.5.2.3 1997 年懸浮化物的濃度計算值 (年平均值、全重金屬)

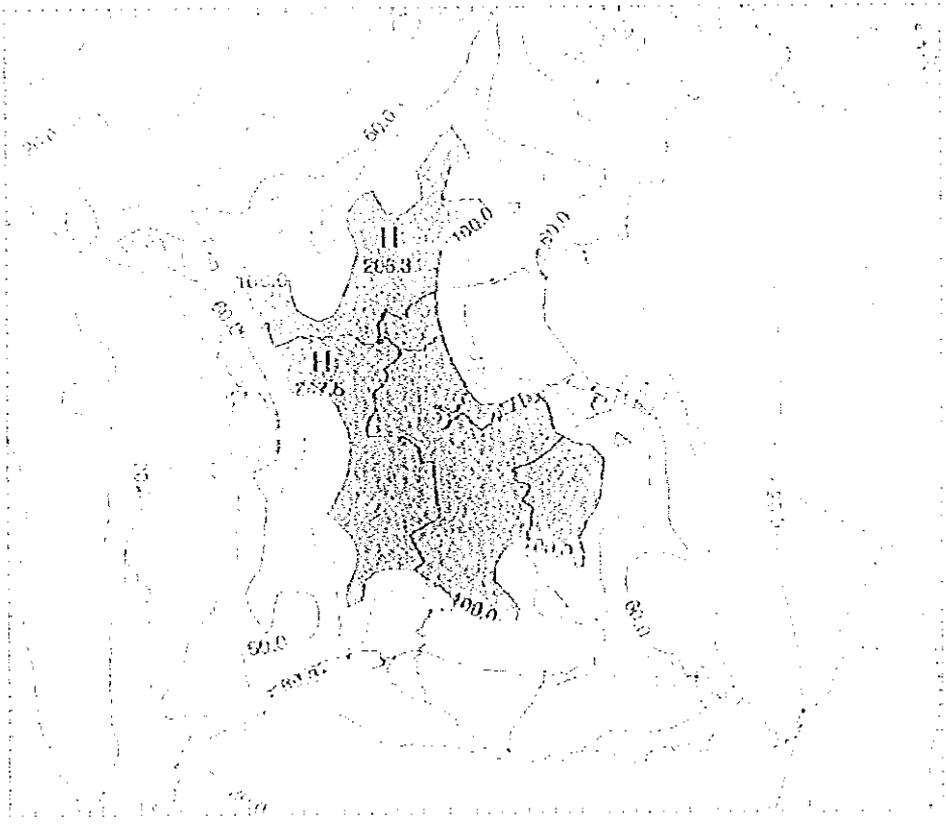


圖 2.5.2.4 1997 年臭氧的濃度計算值 (年平均值、全重金屬)

表 2.5.2-2 二酸化硫黄高濃度上位 30 地点の濃度寄与割合

順位	X/Yの番号	Yの番号	観測年度	固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置	
				寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合
1	24	34	2474	188	7.6%	16	1.3%	9.5%	24.6%	67.8%	68	2.7%	0.1	0.2%	0.0	0.0%	30.3%				
2	25	33	2251	213	9.4%	42	1.9%	10.6%	24.4%	66.6%	51	2.2%	0.4	0.2%	0.0	0.0%	69.7%				
3	34	31	2255	172	7.6%	34	1.5%	9.1%	21.0%	67.6%	65	2.6%	1.2	0.3%	0.0	0.0%	34.1%				
4	30	32	2252	186	8.1%	33	1.5%	9.3%	20.5%	67.3%	56	2.3%	0.9	0.4%	0.0	0.0%	30.4%				
5	32	25	2259	174	7.8%	30	1.4%	9.2%	19.2%	65.8%	92	4.1%	2.0	0.2%	0.9	0.4%	31.2%				
6	37	23	2227	187	7.9%	29	1.2%	8.2%	18.5%	63.3%	152	6.2%	2.4	1.1%	0.0	0.0%	31.2%				
7	31	32	2222	173	7.8%	32	1.5%	9.2%	19.0%	63.7%	54	2.2%	1.1	0.5%	0.0	0.0%	30.7%				
8	28	33	2190	202	12.2%	33	1.5%	14.4%	18.2%	63.2%	15	2.1%	0.6	0.2%	0.0	0.0%	65.1%				
9	33	23	2185	177	8.1%	29	1.2%	9.4%	17.4%	61.2%	184	8.4%	2.0	0.6%	0.0	0.0%	33.4%				
10	32	29	2174	189	7.8%	33	1.5%	9.3%	18.9%	65.7%	89	4.1%	1.8	0.2%	0.0	0.0%	30.7%				
11	32	28	2161	187	7.7%	32	1.5%	9.2%	18.7%	65.4%	96	4.3%	1.9	0.2%	0.0	0.0%	30.3%				
12	27	34	2159	245	11.4%	36	1.7%	12.1%	18.4%	64.6%	46	2.2%	0.5	0.2%	0.0	0.0%	66.4%				
13	23	25	2156	182	8.3%	45	2.1%	10.6%	19.0%	65.6%	73	3.4%	0.4	0.2%	0.0	0.0%	29.4%				
14	32	28	2134	186	7.8%	30	1.4%	9.2%	18.1%	65.2%	97	4.3%	2.1	1.0%	0.0	0.2%	30.2%				
15	32	30	2114	170	8.1%	32	1.6%	9.7%	18.2%	66.2%	71	3.4%	1.7	0.2%	0.0	0.0%	30.2%				
16	33	22	2113	171	8.2%	30	1.5%	9.2%	17.9%	66.3%	179	8.3%	1.9	0.3%	0.0	0.0%	30.2%				
17	36	23	2095	171	8.1%	26	1.2%	9.4%	17.4%	62.2%	153	6.5%	2.3	1.1%	0.0	0.0%	35.4%				
18	27	33	2084	205	13.6%	35	1.7%	15.2%	17.2%	62.2%	45	2.2%	0.6	0.2%	0.0	0.0%	64.7%				
19	29	30	2081	263	12.6%	33	1.5%	14.5%	16.9%	61.1%	24	1.1%	6.8	0.4%	0.0	0.0%	29.3%				
20	25	34	2080	205	9.2%	41	2.3%	11.6%	17.7%	65.1%	59	2.8%	0.4	0.2%	0.0	0.0%	68.2%				
21	32	23	2084	189	9.1%	32	1.6%	10.7%	16.8%	61.6%	155	7.5%	1.8	0.2%	0.0	0.0%	62.7%				
22	22	26	2081	175	8.2%	38	1.8%	13.2%	18.7%	66.2%	56	2.7%	0.3	0.2%	0.0	0.0%	63.7%				
23	37	24	2072	184	7.9%	26	1.2%	9.2%	17.8%	62.2%	137	6.2%	2.5	1.2%	0.0	0.0%	34.2%				
24	29	24	2066	176	8.3%	31	1.5%	10.5%	18.4%	74.9%	285	13.2%	2.4	1.2%	0.0	0.0%	33.6%				
25	29	43	2069	122	5.2%	29	1.3%	6.9%	18.2%	91.2%	29	1.4%	0.5	0.2%	0.1	0.1%	37.1%				
26	32	24	2061	183	8.2%	31	1.5%	10.4%	17.4%	63.2%	112	5.3%	1.9	1.3%	0.0	0.0%	29.4%				
27	29	33	2042	228	11.2%	32	1.6%	12.2%	17.2%	64.2%	45	2.2%	0.7	0.4%	0.0	0.0%	67.2%				
28	32	27	2035	165	8.1%	31	1.6%	9.7%	17.5%	64.2%	103	5.2%	2.0	1.0%	0.0	0.0%	30.2%				
29	32	31	2022	189	8.4%	31	1.6%	10.2%	17.4%	66.2%	55	2.6%	1.4	0.3%	0.0	0.0%	32.6%				
30	27	31	2021	291	14.4%	39	2.4%	16.4%	18.2%	66.4%	57	2.8%	0.6	0.2%	0.0	0.0%	32.6%				

濃度の単位は、0.001mg/m³

表 2.5.2-3 窒素酸化物高濃度上位 30 地点の濃度寄与割合

順位	X/Yの番号	Yの番号	観測年度	固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置		固定装置	
				寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合	寄与率	寄与割合
1	24	34	824	290	35.2%	118	14.3%	14.2%	43.2%	53.7%	10	1.2%	0.6	0.3%	0.0	0.0%	57.3%				
2	25	33	805	250	31.1%	109	13.2%	14.7%	44.2%	39.1%	14	1.8%	0.4	0.2%	0.0	0.0%	55.7%				
3	23	35	783	241	30.7%	115	15.1%	15.2%	35.3	45.3%	16	2.1%	1.0	1.4%	0.0	0.0%	54.2%				
4	28	30	759	274	36.1%	88	11.2%	13.6%	49.1%	37.3	50.4%	11	1.5%	0.5	0.2%	0.0	0.0%	52.4%			
5	25	34	741	242	32.8%	106	14.4%	17.2%	26.6	36.1%	24	3.2%	1.5	2.1%	0.0	0.0%	52.3%				
6	29	28	717	331	46.2%	87	12.2%	12.2%	26.2%	34.3	48.2%	11	1.5%	0.8	1.2%	0.0	0.0%	41.4%			
7	27	31	714	274	38.4%	98	13.4%	13.4%	50.2%	37.8	51.2%	14	2.5%	1.5	3.3%	0.9	0.0%	49.2%			
8	32	25	713	240	33.8%	70	9.5%	12.1%	37.8	43.2%	31	4.3%	2.2	3.0%	0.0	0.0%	37.2%				
9	32	22	713	281	39.5%	76	10.3%	10.3%	33.1	43.2%	30	4.2%	2.3	3.2%	0.0	0.0%	50.7%				
10	32	23	712	270	37.9%	73	10.2%	10.2%	38.6	52.2%	11	1.5%	0.4	0.5%	0.0	0.0%	51.4%				
11	22	36	712	229	32.1%	100	13.2%	13.2%	45.2%	40.0	54.2%	11	1.5%	1.1	1.6%	0.0	0.0%	51.4%			
12	30	32	711	224	31.5%	82	11.2%	12.2%	39.3	40.2%	21	3.0%	1.9	1.3%	0.9	0.0%	56.4%				
13	29	29	710	301	42.4%	80	11.2%	11.2%	54.2%	40.0	54.2%	12	1.6%	1.5	2.1%	0.0	0.0%	45.1%			
14	31	31	710	285	40.1%	81	11.6%	11.6%	41.2%	34.8	47.2%	0.8	1.2%	0.7	1.0%	0.0	0.0%	54.2%			
15	26	32	710	283	39.2%	83	11.7%	11.7%	36.8	50.2%	0.9	1.3%	0.7	1.0%	0.0	0.0%	50.1%				
16	27	34	715	244	34.1%	91	12.6%	12.6%	35.1	48.2%	34	5.0%	2.4	3.4%	0.0	0.0%	51.4%				
17	33	23	713	248	34.8%	81	11.2%	11.2%	37.8	47.2%	24	3.4%	1.6	2.2%	0.0	0.0%	54.2%				
18	29	27	712	311	43.7%	94	13.2%	13.2%	36.1	50.2%	30	4.2%	2.9	4.1%	0.0	0.0%	43.8%				
19	37	23	710	230	32.5%	81	11.2%	11.2%	35.1	45.2%	0.8	1.2%	0.7	1.1%	0.0	0.0%	53.7%				
20	27	33	710	259	36.3%	80	12.4%	12.4%	39.2%	36.9	51.2%	0.8	1.2%	0.8	1.2%	0.0	0.0%	51.2%			
21	29	33	710	247	34.6%	82	11.6%	11.6%	35.2%	47.2%	35	5.0%	2.9	4.2%	0.0	0.0%	51.2%				
22	33	22	710	249	34.9%	80	11.2%	11.2%	33.9	47.2%	22	3.1%	2.4	3.4%	0.0	0.0%	53.6%				
23	32	24	714	254	35.6%	71	10.2%	11.2%	34.1	45.2%	14	2.0%	2.3	3.3%	0.0	0.0%	51.4%				
24	31	25	713	261	36.6%	84	12.1%	12.1%	34.1	51.2%	19	2.7%	2.4	3.4%	0.0	0.0%	51.2%				
25	32	28	712	222	31.2%	79	11.2%	12.2%	36.9	50.2%	17	2.5%	2.3	3.3%	0.0	0.0%	57.2%				
26	32	29	710	218	30.7%	81	11.2%	12.2%	36.8	55.2%	10	1.4%	1.4	2.0%	0.0	0.0%	57.2%				
27	31	32	710	211	30.0%	80	11.4%	11.4%	36.0	51.2%	19	2.7%	2.4	3.7%	0.0	0.0%	56.8%				
28	32	26	714	228	32.1%	71	10.1%	11.2%	33.2	47.2%	0.9	1.3%	0.6	1.0%	0.0	0.0%	57.3%				
29	26	33	714	255	35.2%	98	13.2%	13.2%	34.1	43.2%	27	3.8%	2.9	4.2%	0.0	0.0%	50.1%				
30	36	23	713	242	34.1%	59	8.1%	12.2%	34.6	43.2%	0.3	0.3%	0.5	0.2%	0.0	0.0%	57.2%				

濃度の単位は、0.001mg/m³

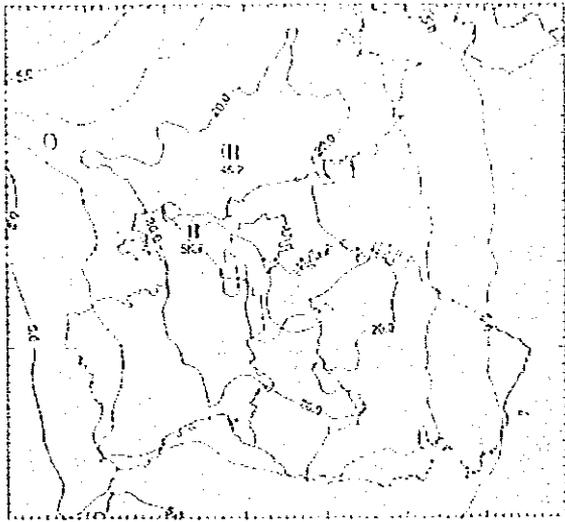


图 2.5.2-5 非暖房期硫黄酸化物濃度

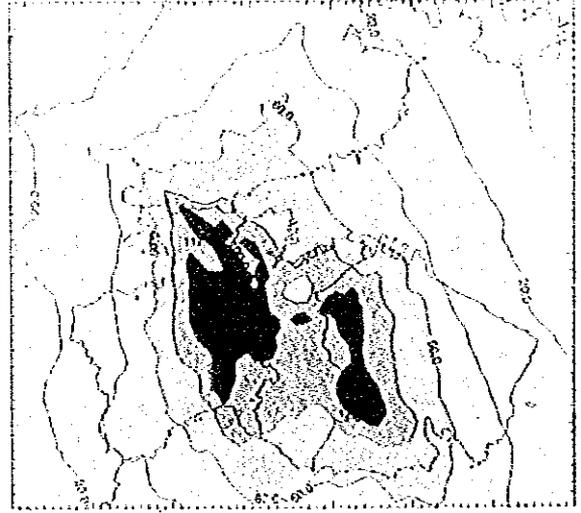


图 2.5.2-6 暖房期硫黄酸化物濃度

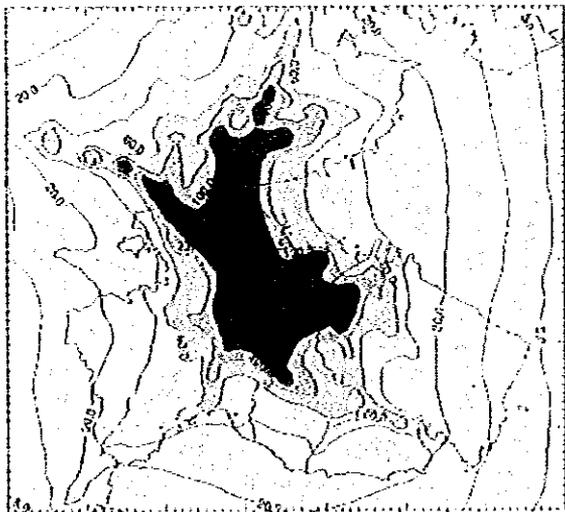


图 2.5.2-7 非暖房期窒素酸化物濃度

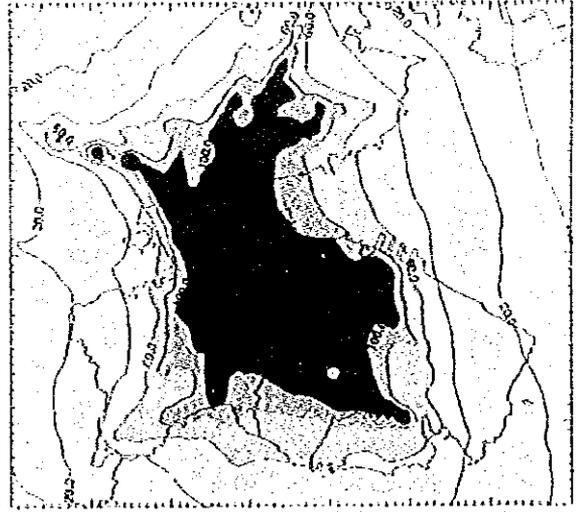


图 2.5.2-8 暖房期窒素酸化物濃度

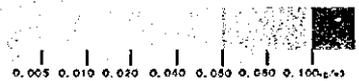




图 2.5.2.5 非暖房期硫酸化物浓度



图 2.5.2.6 暖房期硫酸化物浓度



图 2.5.2.7 非暖房期硝酸盐化物浓度



图 2.5.2.8 暖房期硝酸盐化物浓度

2.5.3 現状固定発生源の個別寄与状況

今回の調査では約 1100 本の煙突の発生量を把握した。この煙突群の中で特に地域に対して広域的な影響を与えている煙突をピックアップした。これら煙突群からの個別の寄与は $0.001\sim 0.010\text{mg}/\text{m}^3$ オーダであるが気象条件によっては地域に高濃度を発生させている可能性があり重点的に対処することが望ましい。

資料編 4 の p.7~p.25 に寄与ワースト 5 を示すが、硫酸化物濃度については大連化学(発電)、大連ガス公司、大連熱電公司、大連供暖総公司、大連白灰廠、前革セメント小廠からの影響が大きい。寄与濃度は 0.001 から $0.010\text{mg}/\text{m}^3$ 程度である。

また、窒素酸化物濃度については、大連化学、大連華能発電所、大連ガス公司二廠の影響が大きい。寄与濃度は 0.001 から $0.020\text{mg}/\text{m}^3$ 程度である。特にメッシュ番号で $X=28, Y=31$ 付近の春柳街付近には大連ガス公司二廠、大連駅北側地域の $X=40, Y=28$ 付近へは大連ガス公司の煙突からの排ガスが特に寄与している。これら発生源は、地域に与える影響が非常に大きく早急な対策が必要であろう。(なお、これらの資料 1997 年時点であり現在は操業を停止している工場が含まれている。)

ばいじんについては、大連セメントの製造プロセスが周辺地域に非常に影響を与えているのは自明であるが、排出の実態が不明であり点源としての計算からは除外している。なお、参考のために、大連セメントの製造プロセスからの排出量を面源として計算した結果を、資料編 4 の p.50 に示した。それを除くと、大連鉄廠と大連ガス公司二廠からの煙突が地域に大きく影響を与えていることがうかがえる。いずれにしても、これら施設・煙突からは地域に対して広域的に寄与しており、対策は非常に効果的である。地域で最も寄与の大きいしている工場・事業場を図 2.5.3-1~3 に示す。

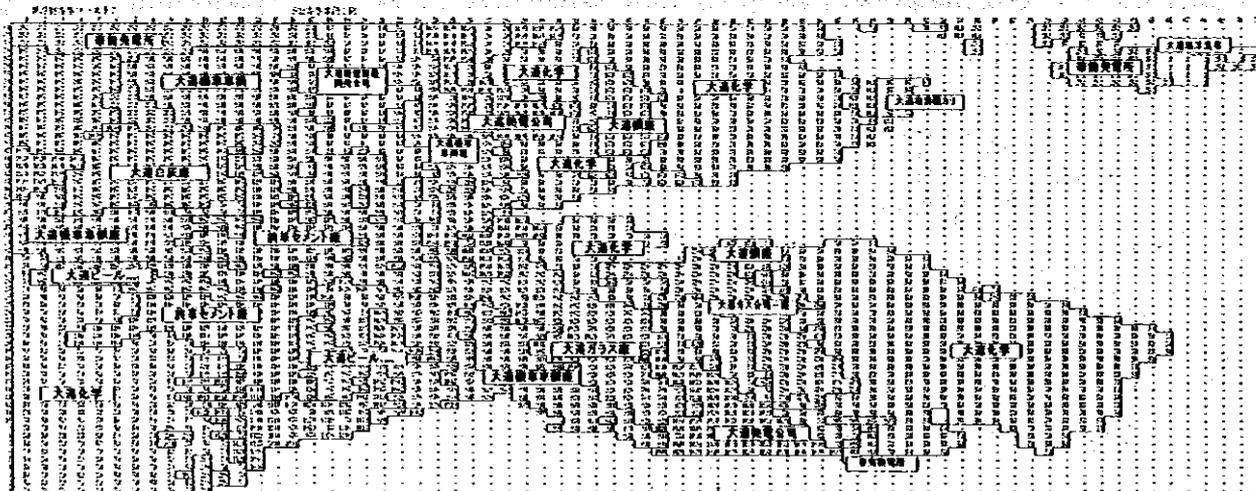


図 2.5.3-1 地域への寄与濃度ワースト 1 (硫酸化物)

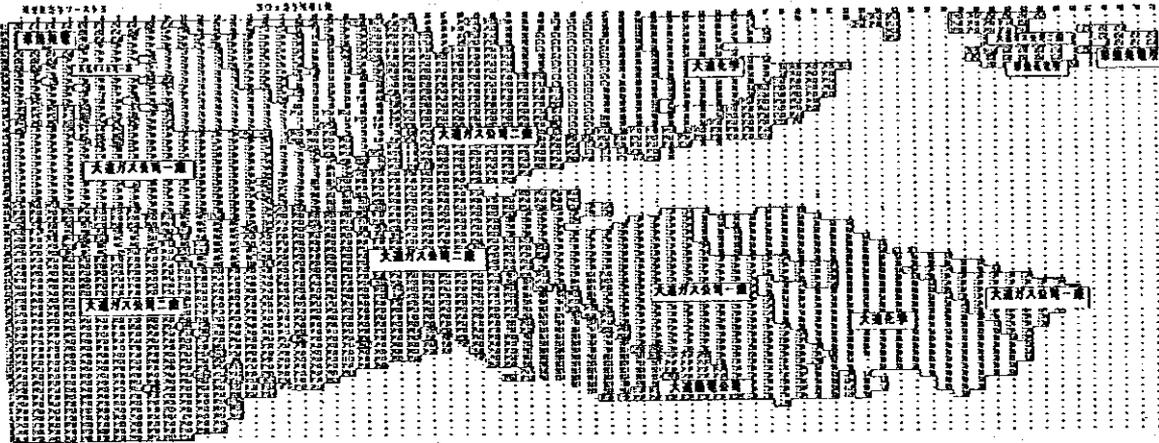


図 2.5.3-2 地域への寄与濃度ワースト 1 (窒素酸化物)

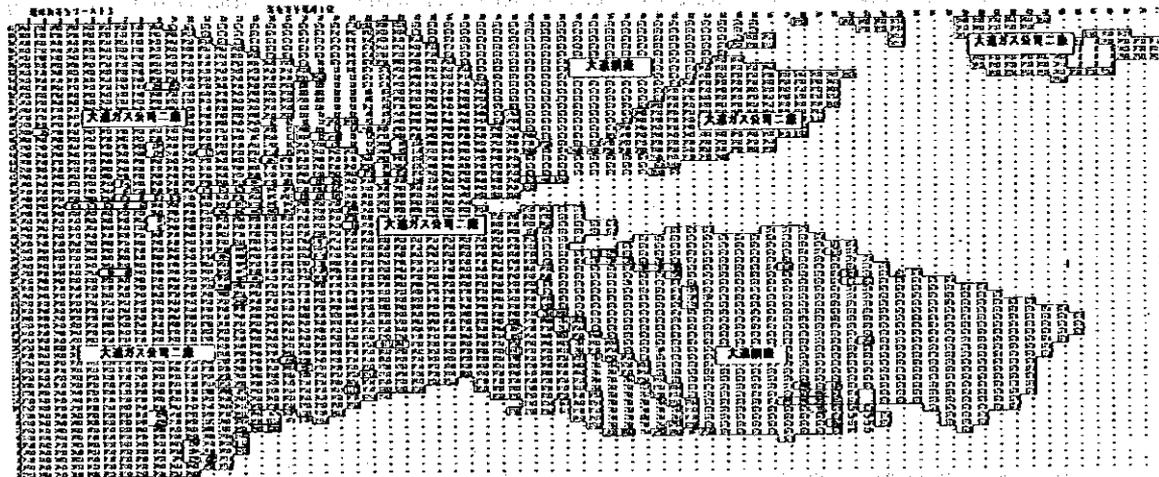


図 2.5.3-3 地域への寄与濃度ワースト 1 (煤塵)

2.5.4 将来予測結果

2005年、2010年段階での排出量予測をもとに環境濃度の予測を実行した。予測のケースは表2.5.4-1の通りである。

表 2.5.4-1 将来予測ケース

予測年	1997年	2005年		2010年	
		ケース名	対策内容	ケース名	対策内容
対策内容	現状	2005X	未対策	2010X	未対策
		2005Z	省エネ-CP	2010Z	省エネ-CP
				2010E	2010Z+自動車排ガス対策

各予測年の排出量算定根拠は、本報告書の固定発生源、移動発生源の章に詳細に記されている。なお、船舶、航空機は評価に殆ど影響がなく、バックグラウンド的な取り扱いとして将来の排出量の伸びは考慮していない。2010年の排出量は対策がなされない場合には、2010年には硫黄酸化物排出量で約1.6倍、窒素酸化物排出量で約1.7倍の増加が見込まれる。

また、移動発生源からの排出量は、その発生量自体の絶対量は固定源に対して少ないが周辺環境に与える影響が大きく将来の環境対策のキーポイントとなる。

表2.5.4-2に予測結果の集約表を示すが、各大気質の第2級基準を超える地域は二酸化硫黄濃度で約4倍、窒素酸化物濃度で約2倍に増加すると考えられる。さらに、固定発生源に様々な対策を行なったとしても、移動発生源の伸びにより、現状よりも道路沿道を中心に環境がさらに悪化することを示している。現在、大連港湾周囲の重工業を中心とする工場は移転中、もしくは操業を停止しているが、今後モータリゼーションの進展に伴い、ばい煙型の公害から交通分野からの大気汚染が問題となると思われる。

「移動発生源」の章に提言されているように、自動車の排出係数を日本程度に規制した場合には、二酸化硫黄について環境基準を超過する地域は無くなり、大気環境は交通量の伸びを見こんでも現状よりも改善されることが予想される。しかし、窒素酸化物については幹線道路沿を中心に環境基準が達成できず、更なる交通量対策などを強力に進める必要がある。

2010年時点での対策なしのケースと、省エネ対策+排煙脱流・脱硝対策、自動車排出ガス対策など総合的に対策を施したケースの予測を図2.5.4-1に示す。

表 2.5.4-2 二酸化硫黄将来予測結果集約表

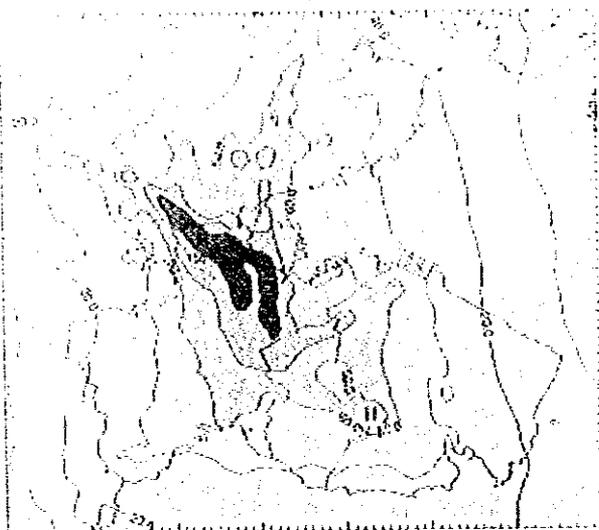
年度	1997年現状	2005X	2005Z	2010X	2010Z	2010E	
177最高濃度	82.8	122.0	105.0	156.0	137.4	33.1	
177平均濃度	25.7	32.1	25.0	34.5	27.2	13.8	
中国第2級基準	オーバー・マッチ数	162	506	189	645	331	0
	オーバー・マッチ平均	65.5	74.0	71.5	77.7	74.7	-
	点発生源平均	26.4	24.4	16.7	21.2	17.4	-
	(寄与割合)	40.0%	33.6%	23.9%	28.1%	23.9%	-
	面発生源平均	9.4	11.5	4.0	12.6	2.1	-
	(寄与割合)	14.6%	15.9%	5.7%	16.7%	3.0%	-
	移動発生源平均	29.6	38	50.7	43.9	55.2	-
(寄与割合)	45.4%	50.5%	70.4%	55.2%	73.1%	-	
中国第3級基準	オーバー・マッチ数	0	25	0	58	18	0
	オーバー・マッチ平均	-	107	-	114.4	109.3	-
	点発生源平均	-	25.9	-	22.6	17.4	-
	(寄与割合)	-	24.1%	-	19.9%	16.1%	-
	面発生源平均	-	12.9	-	14.1	2.5	-
	(寄与割合)	-	12.1%	-	12.4%	2.4%	-
	移動発生源平均	-	68.2	-	77.6	89.3	-
(寄与割合)	-	63.8%	-	87.7%	18.5%	-	

濃度の単位は、0.001mg/m³

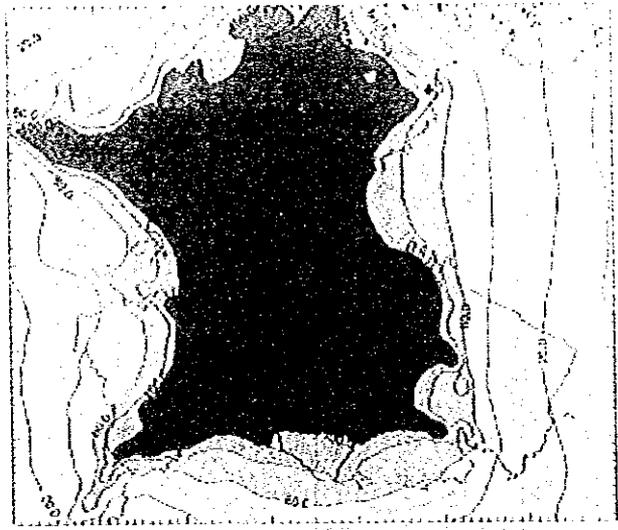
表 2.5.4-3 窒素酸化物将来予測結果集約表

年度	1997年現状	2005X	2005Z	2010X	2010Z	2010E	
177最高濃度	244	411.8	408.6	576.6	565	184.2	
177平均濃度	45.1	70.9	70.2	88.6	82.4	31.1	
中国第2級基準	オーバー・マッチ数	1352	2042	2025	2462	2238	788
	オーバー・マッチ平均	91.6	120.0	118.5	131.9	131.8	73.9
	点発生源平均	16.9	14.0	14.5	16.7	11.8	14.2
	(寄与割合)	20.4%	13.9%	14.6%	15.6%	11.0%	20.4%
	面発生源平均	3.0	3.2	1.2	3.3	0.6	0.9
	(寄与割合)	3.6%	3.1%	1.2%	3.0%	0.7%	1.3%
	移動発生源平均	71.7	101.4	102.7	89.7	119.8	58.9
(寄与割合)	76.0%	83.0%	84.2%	81.4%	88.3%	78.3%	
中国第3級基準	オーバー・マッチ数	398	1006	979	1362	1243	92
	オーバー・マッチ平均	139.8	166.1	165.9	180.9	179.8	118.4
	点発生源平均	18.7	15.7	16.1	18.5	13.2	14.9
	(寄与割合)	14.1%	10.3%	10.7%	11.4%	8.2%	12.5%
	面発生源平均	3.2	3.7	1.4	4.0	0.8	1.0
	(寄与割合)	2.4%	2.5%	1.0%	2.5%	0.5%	0.9%
	移動発生源平均	117.9	146.7	148.4	108.2	165.8	102.6
(寄与割合)	83.5%	87.2%	88.3%	86.1%	91.3%	86.6%	

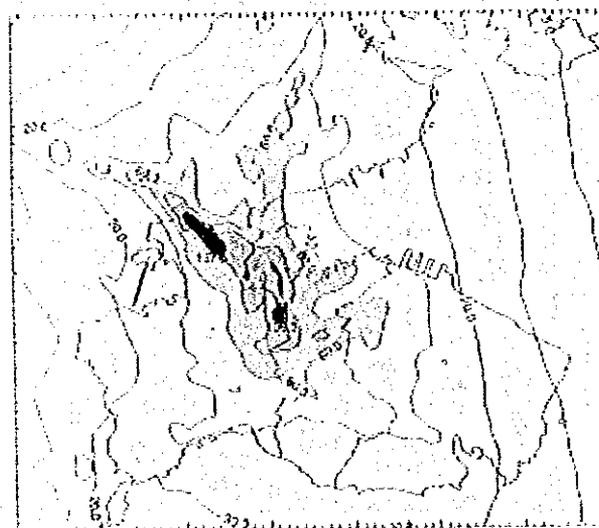
濃度の単位は、0.001mg/m³



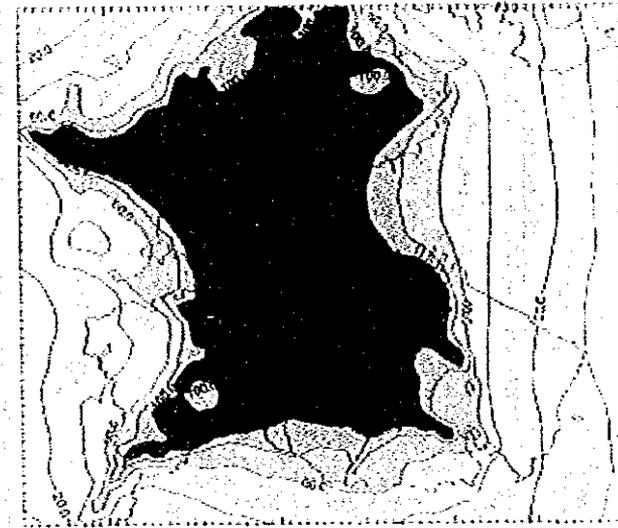
未対策硫黄酸化物年平均濃度 (2010X)



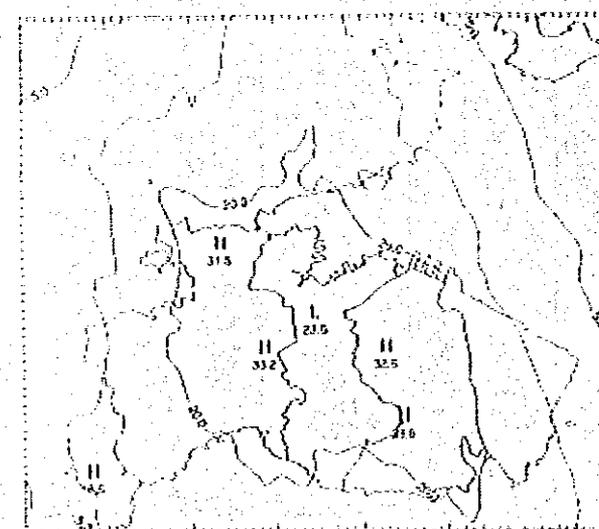
未対策窒素酸化物年平均濃度 (2010X)



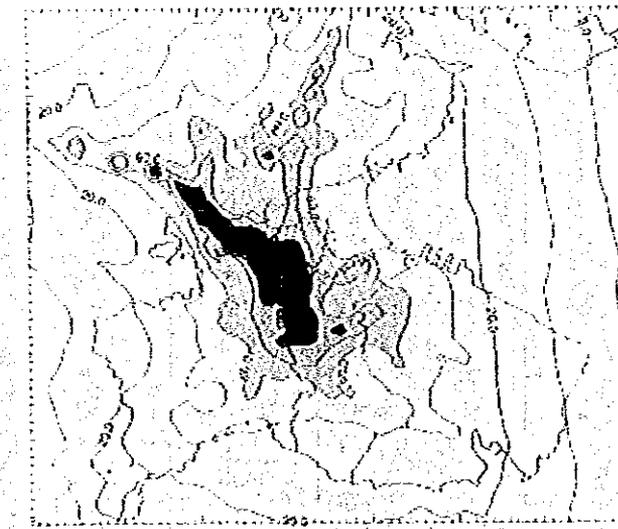
固定源対策硫黄酸化物年平均濃度 (2010Z)



固定源対策窒素酸化物年平均濃度 (2010Z)



総合対策硫黄酸化物年平均濃度 (2010E)



総合対策窒素酸化物年平均濃度 (2010E)

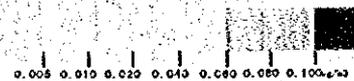
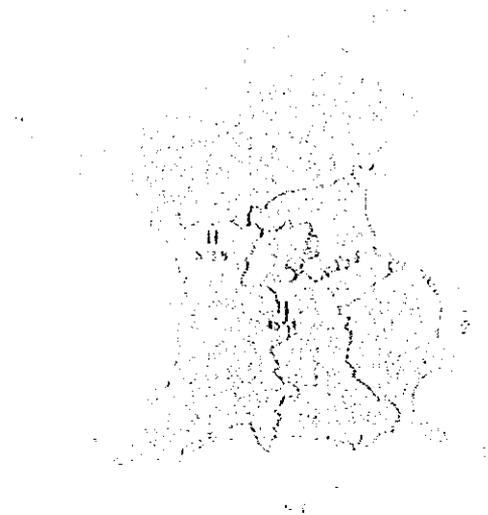


図 2.5.4-1 各対策に伴う将来予測結果



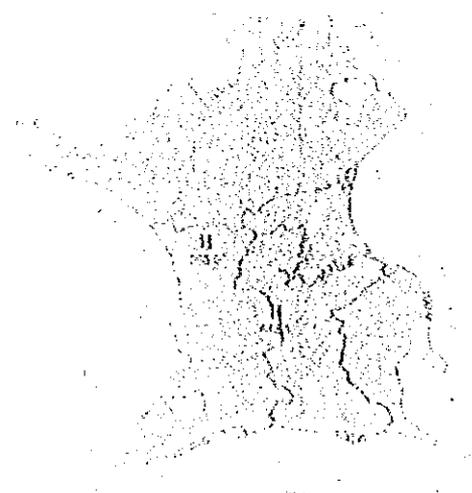
各対策なしの平成20年(2010年)の平均稲作(2010(X))



平成20年(2010年)の平均稲作(2010(X))



平成20年(2010年)の平均稲作(2010(Z))



平成20年(2010年)の平均稲作(2010(Z))



平成20年(2010年)の平均稲作(2010(E))



平成20年(2010年)の平均稲作(2010(E))

図25-4-1 各対策に伴う将来予測結果

2.5.5 ばいじんの計算状況

ばいじんの予測は、本来であれば 2 次粒子の生成や沈着を考慮すべきで、硫酸化物、窒素酸化物の拡散と同様に扱うのは問題があるが、全てガス状として取り扱い沈着は考慮していない。したがって、精度の問題に留意する必要があるが、ひとつの判断基準としては充分参考となる資料である。

図 2.5.5-1 に 1997 年の固定発生源（点源+面源）の計算結果を示す。

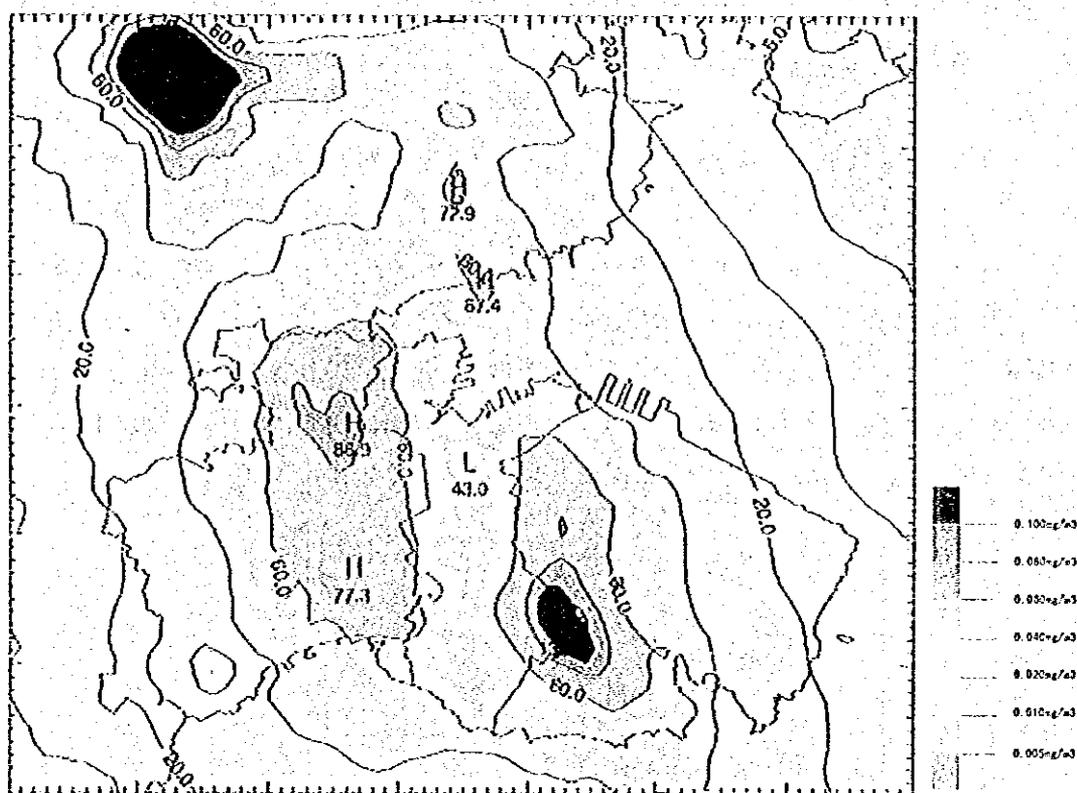


図 2.5.5-1 1997 年固定発生源からのばいじん濃度（年平均値）

なお、ばいじんについても個別の寄与状況を調査しているが（資料固定発生源ワースト 5）地域への寄与が大きいのは、大連セメント、大連鉄廠、大連ガス公司、大連化学などであるが、面源の寄与も大きい。

2.5.5.1 HGM-6aの計算結果

図2.5.5.1は、1997年固定発生源からのばいじん濃度（年平均値）を示している。この図は、1997年の固定発生源からのばいじん濃度（年平均値）を示している。図中の数値は、各地点でのばいじん濃度（年平均値）を示している。図中の数値は、各地点でのばいじん濃度（年平均値）を示している。

図2.5.5.1 1997年固定発生源からのばいじん濃度（年平均値）

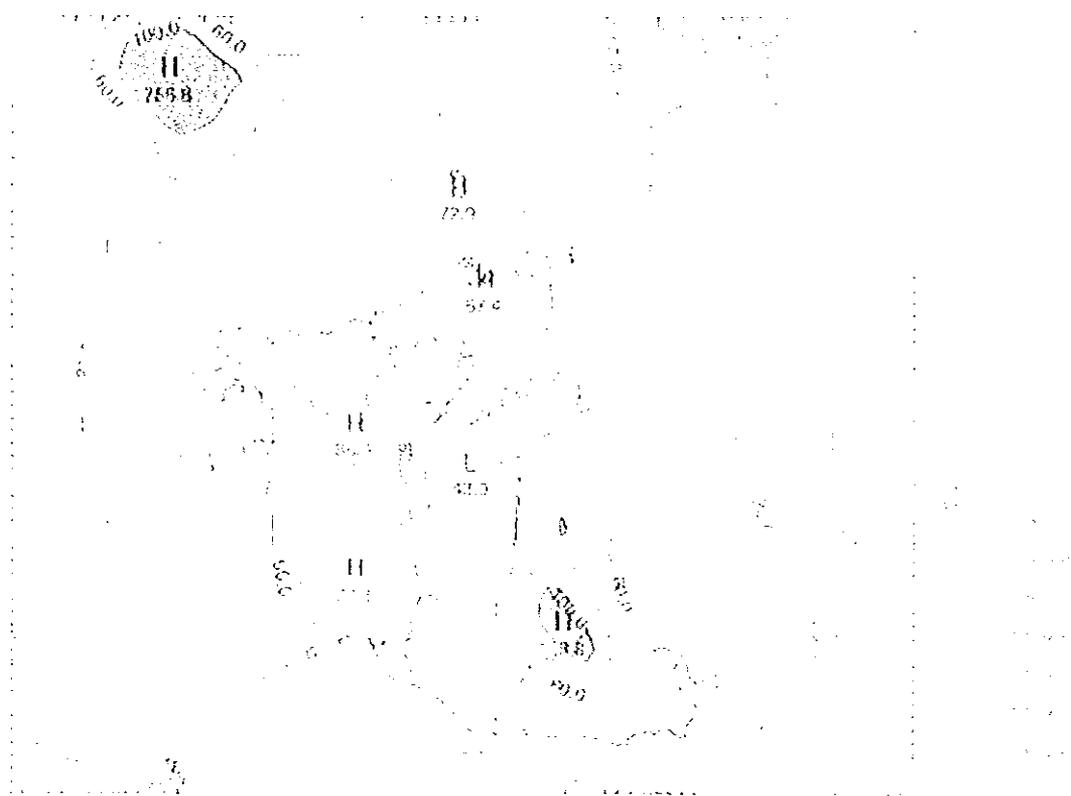


図2.5.5.1 1997年固定発生源からのばいじん濃度（年平均値）

なお、この図は、1997年固定発生源からのばいじん濃度（年平均値）を示している。図中の数値は、各地点でのばいじん濃度（年平均値）を示している。図中の数値は、各地点でのばいじん濃度（年平均値）を示している。

2.5.6 自動車沿道濃度の状況

自動車排出ガスは、個々の汚染物の排出量は少なく遠方での濃度は低いですが、地表面付近で排出されるため高濃度を発生させる。本調査でも、大連市の大気汚染に大きな比重を占めていることが判明したが、特に将来は交通公害問題が顕在化することが予想される。固定発生源に様々な対策をこうじて、自動車公害に抜本的な対策をこうじなければ環境基準を達成・維持するのは困難である。

各対策については本報告書の移動発生源の章で提言をしているが、ここでは、道路沿道環境の具体的な状況把握のためにシミュレーションを実施した。

大連の幹線道路に沿って、100m 間隔で道路に直交して両側 25m、50m、100m、200m の地点評価点として全区間について計算を実施し、その結果を調査区間毎に平均して沿道環境濃度とした。

移動観測車での観測と直接比較するのは困難であるが二酸化硫黄、窒素酸化物、一酸化炭素の濃度比をよく表現しており排出係数設定の妥当性がうかがえる。

図 2.5.6-1 に、濃度が高い沿線地域 ($\text{SO}_2 \geq 0.02\text{mg}/\text{m}^3$ $\text{NO}_x \geq 0.05\text{mg}/\text{m}^3$ のゾーン) を示す。濃度は当然交通量の多い幹線道路沿いが高いが、比較的交通量の少ない道路でも交差点に高濃度が生じている。実際には、交差点付近では交通渋滞によりさらに高い濃度となつていると考えられる。道路区間は、「大連市都市総合交通計画調査、国際協力事業団」のリンク番号である。資料編 4 の p.44~p.49 にリンク別濃度図を示す。

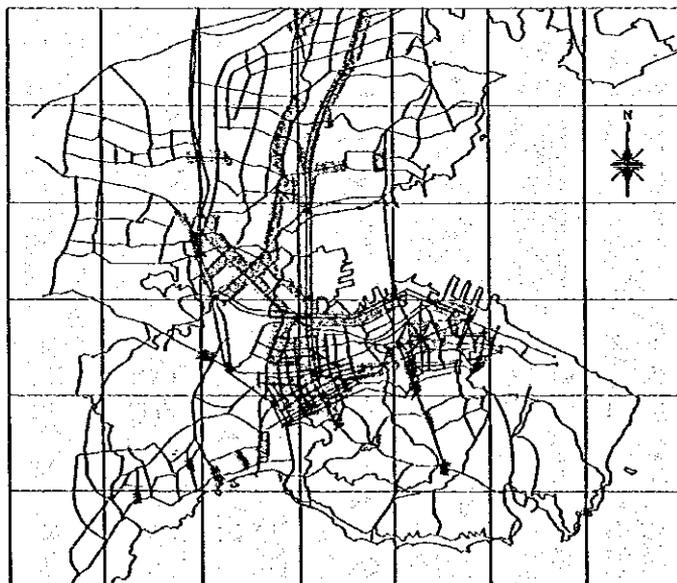


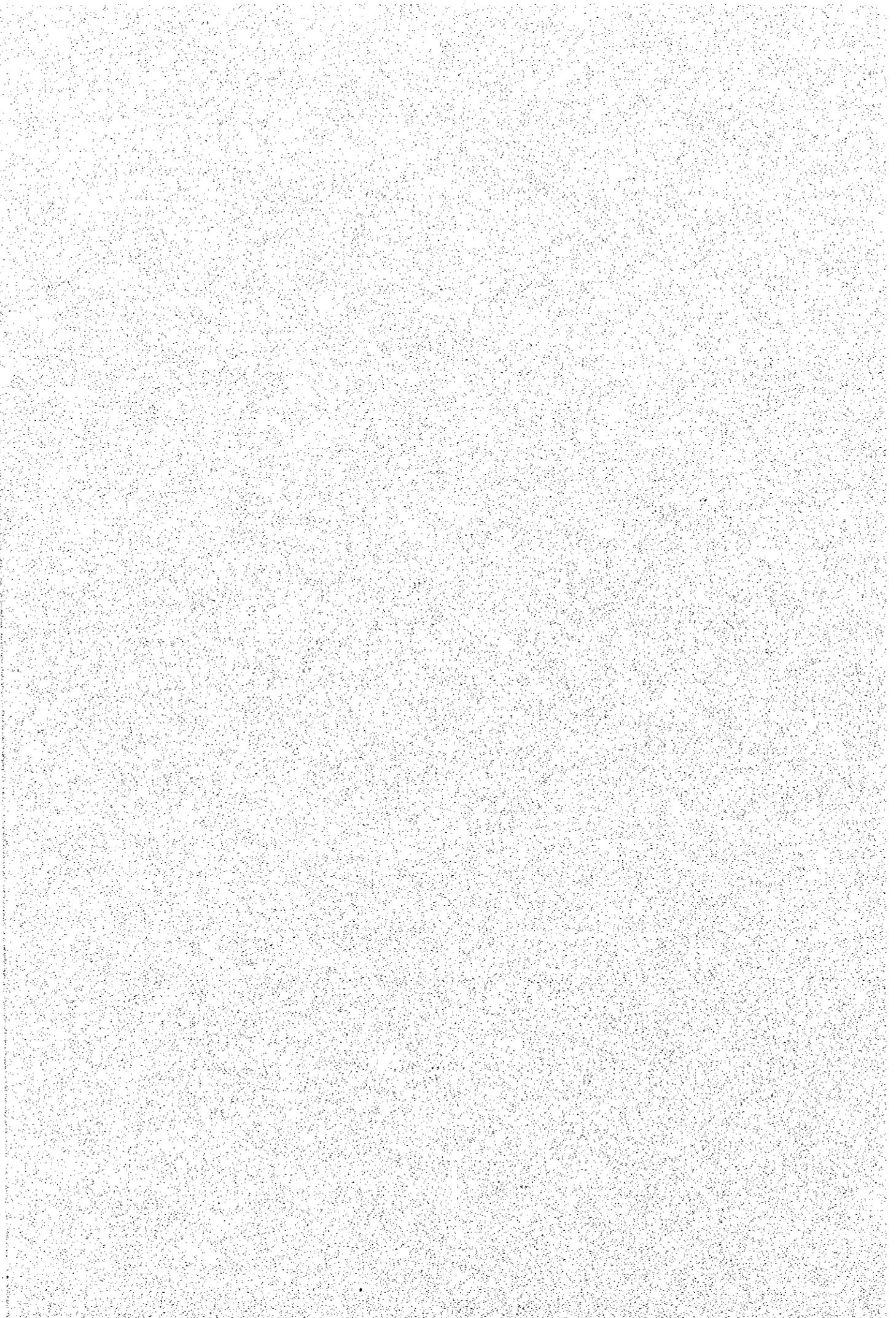
図 2.5.6-1 沿道濃度高濃度地域

表 2.5.6-1 高濃度沿道区間上位 30 位

順位	SO ₂		NO _x		CO	
	道路区間	平均沿道濃度	道路区間	平均沿道濃度	道路区間	平均沿道濃度
1	900	58.75	900	297.59	900	1723.29
2	268	54.38	268	275.40	268	1594.16
3	479	52.29	479	264.83	479	1532.67
4	245	47.13	245	238.69	245	1381.65
5	278	45.87	278	232.29	278	1344.49
6	908	45.15	270	225.16	270	1303.11
7	270	44.46	900	218.18	900	1263.40
8	900	43.07	234	212.23	234	1228.85
9	818	43.00	286	208.58	286	1207.63
10	234	41.90	818	207.58	624	1197.40
11	908	41.44	624	206.82	900	1194.86
12	286	41.18	900	206.35	229	1189.14
13	624	40.83	229	205.50	246	1147.08
14	900	40.74	246	198.16	872	1066.81
15	229	40.58	908	194.92	371	1059.87
16	246	39.13	872	184.33	636	1006.78
17	580	38.22	371	183.10	641	996.09
18	872	36.40	908	177.90	818	982.38
19	371	36.15	580	174.16	898	981.13
20	636	34.37	636	174.04	208	945.18
21	579	34.00	641	172.12	809	934.62
22	641	33.99	898	169.44	307	906.82
23	898	33.45	208	163.43	664	904.24
24	208	32.28	809	161.43	636	899.60
25	96	32.22	307	156.80	241	887.19
26	809	31.87	664	156.21	310	873.67
27	583	31.38	636	155.55	243	864.04
28	307	30.97	96	154.03	286	842.31
29	664	30.84	241	153.27	171	833.15
30	636	30.72	310	151.01	627	832.56
31	241	30.26	243	149.30	232	827.49
32	97	29.98	579	146.33	628	825.62
33	648	29.93	286	145.52	98	824.87
34	553	29.85	171	143.90	228	801.90
35	310	29.82	627	143.85	901	796.48
36	243	29.48	97	143.17	207	787.71
37	286	28.73	232	142.98	269	780.84
38	171	28.41	628	142.66	256	773.72
39	627	28.40	98	142.45	96	695.06
40	232	28.23	648	141.24	97	641.71
41	628	28.17	583	139.16	217	602.50
42	98	28.12	228	138.55	648	594.36
43	585	27.82	901	137.64	580	589.76
44	583	27.78	207	136.18	585	532.20
45	228	27.36	269	134.99	583	495.07
46	901	27.18	256	133.68	908	400.45
47	207	26.89	585	130.53	583	378.98
48	269	26.66	553	129.66	908	339.87
49	256	26.40	583	129.00	579	289.22
50	217	26.37	217	127.30	553	286.92

濃度単位:0.001mg/m³

第3章 水質



目 次

第3章 水質.....	1
3.1 調査の目的と方法.....	1
3.2 水質汚濁の現状.....	6
3.2.1 水理・水文特性.....	6
3.2.2 水質環境基準.....	13
3.2.3 水質・底質・生物に関する既往調査成果.....	19
3.2.4 海洋水質・底質・生物調査結果.....	44
3.2.5 水質汚濁状況のまとめ.....	87
3.3 水質汚濁発生源の現状.....	88
3.3.1 生活排水.....	88
3.3.2 工場排水.....	92
3.4 水質保全対策の現状と計画.....	96
3.4.1 排水水質規制.....	96
3.4.2 下水道整備の現状と計画.....	101
3.5 現状における水質保全上の課題整理.....	105
3.5.1 河川および海域水質環境の保全.....	105
3.5.2 発生源対策の実施.....	106
3.5.3 水質モニタリング体制の強化.....	106
3.5.4 排水の循環再利用.....	107
3.6 水質汚濁機構解析.....	108
3.6.1 発生汚濁負荷量の分布と構成.....	108
3.6.2 流達率.....	124
3.6.3 水質拡散解析.....	127
3.6.3 モデルによる水質拡散解析.....	130
3.6.4 水質汚濁機構のまとめ.....	130
3.7 将来水質予測.....	150
3.7.1 将来発生汚濁負荷量の推定.....	150
3.7.2 将来水質予測.....	170
3.7.3 将来における水質問題点の整理.....	172

3.8	水質保全対策案の検討.....	182
3.8.1	検討方針.....	182
3.8.2	水質保全目標の設定.....	183
3.8.3	各水質保全対策案の内容.....	185
3.8.4	水質保全対策案による負荷削減効果の評価.....	187
3.8.5	対策実施後の将来水質予測.....	189
3.9	水環境改善対策実施計画の策定.....	193
3.9.1	基本方針.....	193
3.9.2	水環境改善計画の内容.....	196
3.9.3	実施工程計画.....	202

図 表 目 次

【図】

図 3-1-1-1	調査全体フローシート.....	5
図 3-2-1-1	大連市における年平均流出高分布図（多年平均）.....	7
図 3-2-1-2	大連市主要河流径流年内分配示意图.....	8
図 3-2-1-3	大連市における用排水量収支（生活系・工場系）.....	12
図 3-2-2-1	大連市近岸海域機能区分図.....	16
図 3-2-3-1	大連湾海域調査地点位置図.....	23
図 3-2-3-2	各海域における水質の季節変化（pH、SS、DO、COD、 T-N、NH ₄ -N、NO ₃ -N、NO ₂ -N）.....	24
図 3-2-3-3	各海域における水質の季節変化（PO ₄ -P、油分、フェノール シアン、ヒ素、水銀、鉛、カドミウム）.....	25
図 3-2-3-4	各海域における水質の経年変化（pH、SS、DO、COD）.....	26
図 3-2-3-5	各海域における水質の経年変化（無機態窒素、NH ₄ -N、NO ₃ -N、 NO ₂ -N）.....	27
図 3-2-3-6	各海域における水質の経年変化（PO ₄ -P、油分、フェノール、 シアン）.....	28
図 3-2-3-7	各海域における水質の経年変化（ヒ素、水銀、鉛、カドミウム）.....	29
図 3-2-3-8	対象水域内の SS 濃度分布図（1997 年 7 月）.....	30
図 3-2-3-9	対象水域内の COD 濃度分布図（1997 年 7 月）.....	31
図 3-2-3-10	対象水域内の無機態窒素濃度分布図（1997 年 7 月）.....	32
図 3-2-3-11	対象水域内のアンモニア態窒素濃度分布図（1997 年 7 月）.....	33
図 3-2-3-12	対象水域内のリン酸態リン濃度分布図（1997 年 7 月）.....	34
図 3-2-3-13	対象水域内の油類濃度分布図（1997 年 7 月）.....	35
図 3-2-3-14	大連湾における各底質項目の経年変化図.....	37
図 3-2-3-15	植物プランクトン調査結果.....	39
図 3-2-3-16	大腸菌群数の経年変化図.....	40
図 3-2-4-1	大連湾、南部沿岸における水質・底質・生物調査地点位置図.....	46
図 3-2-4-2	海域別にみた経時変化特性（季節変化）.....	50
図 3-2-4-3	海域別にみた経時変化特性（季節変化）.....	51
図 3-2-4-4	海域別にみた経時変化特性（季節変化）.....	52
図 3-2-4-5	海域別にみた経時変化特性（季節変化）.....	53
図 3-2-4-6	対象水域内の SS 濃度分布図（1997 年 10 月）.....	54

図 3-2-4-7	対象水域内の SS 濃度分布図 (1998 年 4 月)	55
図 3-2-4-8	対象水域内の SS 濃度分布図 (1998 年 7 月)	56
図 3-2-4-9	対象水域内の COD 濃度分布図 (1997 年 10 月)	57
図 3-2-4-10	対象水域内の COD 濃度分布図 (1998 年 4 月)	58
図 3-2-4-11	対象水域内の COD 濃度分布図 (1998 年 7 月)	59
図 3-2-4-12	対象水域内の無機態窒素濃度分布図 (1997 年 10 月)	60
図 3-2-4-13	対象水域内の無機態窒素濃度分布図 (1998 年 4 月)	61
図 3-2-4-14	対象水域内の無機態窒素濃度分布図 (1998 年 7 月)	62
図 3-2-4-15	対象水域内の NH ₄ -N 濃度分布図 (1997 年 10 月)	63
図 3-2-4-16	対象水域内の NH ₄ -N 濃度分布図 (1998 年 4 月)	64
図 3-2-4-17	対象水域内の NH ₄ -N 濃度分布図 (1998 年 7 月)	65
図 3-2-4-18	対象水域内の総窒素濃度分布図 (1997 年 10 月)	66
図 3-2-4-19	対象水域内の総窒素濃度分布図 (1998 年 4 月)	67
図 3-2-4-20	対象水域内の総窒素濃度分布図 (1998 年 7 月)	68
図 3-2-4-21	対象水域内の PO ₄ -P 濃度分布図 (1997 年 10 月)	69
図 3-2-4-22	対象水域内の PO ₄ -P 濃度分布図 (1998 年 4 月)	70
図 3-2-4-23	対象水域内の PO ₄ -P 濃度分布図 (1998 年 7 月)	71
図 3-2-4-24	対象水域内の総リン濃度分布図 (1997 年 10 月)	72
図 3-2-4-25	対象水域内の総リン濃度分布図 (1998 年 4 月)	73
図 3-2-4-26	対象水域内の総リン濃度分布図 (1998 年 7 月)	74
図 3-2-4-27	対象水域内の油分濃度分布図 (1997 年 10 月)	75
図 3-2-4-28	対象水域内の油分濃度分布図 (1998 年 4 月)	76
図 3-2-4-29	対象水域内の油分濃度分布図 (1998 年 7 月)	77
図 3-2-4-30	底質調査結果	79
図 3-2-4-31	各地点別植物プランクトン細胞数、多様性指数、 出現数及びクロロフィル a 濃度の経時変化	82
図 3-2-4-32	各地点別植物プランクトン細胞数、多様性指数、 出現数及びクロロフィル a 濃度の経時変化	83
図 3-2-4-33	各地点別植物プランクトン細胞数、多様性指数、 出現数及びクロロフィル a 濃度の経時変化	84
図 3-2-4-34	各地点別一般細菌、大腸菌群数の経時変化	85
図 3-2-4-35	各地点別動物プランクトン、底生動物及び付着生物の経時変化	86
図 3-3-1-1	生活系汚濁負荷量原単位の 日本標準値との相対比較	90

図 3-6-1	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (排水量現況 1997年)	111
図 3-6-2	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (BOD 現況 1997年)	112
図 3-6-3	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (COD 現況 1997年)	113
図 3-6-4	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (SS 現況 1997年)	114
図 3-6-5	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (T-N 現況 1997年)	115
図 3-6-6	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (T-P 現況 1997年)	116
図 3-6-7	ランドサット画像による水質拡散状況 (水温: 1996年10月15日)	132
図 3-6-8	ランドサット画像による水質拡散状況 (水温: 1996年12月18日)	133
図 3-6-9	ランドサット画像による水質拡散状況 (水温: 1997年4月25日)	134
図 3-6-10	ランドサット画像による水質拡散状況 (水温: 1997年7月7日)	135
図 3-6-11	ランドサット画像による水質拡散状況 (濁度: 1996年10月15日)	136
図 3-6-12	ランドサット画像による水質拡散状況 (濁度: 1996年12月18日)	137
図 3-6-13	ランドサット画像による水質拡散状況 (濁度: 1997年4月25日)	138
図 3-6-14	ランドサット画像による水質拡散状況 (濁度: 1997年7月7日)	139
図 3-6-15	水質拡散モデル検討対象水域.....	140
図 3-6-16	均衡モデル.....	128
図 3-6-17	臭水套水域ブロック分割図.....	141
図 3-6-18	甜水套水域.....	141
図 3-6-19	老虎灘湾.....	141
図 3-6-20	各水域の現況水質計算結果 (COD)	142
図 3-6-21	各水域の現況水質計算結果 (SS)	143
図 3-6-22	各水域の現況水質計算結果 (T-N)	144
図 3-6-23	各水域の現況水質計算結果 (T-P)	145
図 3-7-1	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (排水量将来 2010年)	154
図 3-7-2	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (BOD 将来 2010年)	155
図 3-7-3	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (COD 将来 2010年)	156
図 3-7-4	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (SS 将来 2010年)	157
図 3-7-5	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (T-N 将来 2010年)	158
図 3-7-6	排水区域別発生汚濁負荷量のまとめ (T-P 将来 2010年)	159
図 3-7-7	発生汚濁負荷量の現況と将来の比較.....	160
図 3-7-8	発生汚濁負荷量の現況と将来の比較.....	161
図 3-7-9	各水域の将来水質予測計算結果 (COD)	174
図 3-7-10	各水域の将来水質予測計算結果 (SS)	175

図 3-7-11	各水域の将来水質予測計算結果 (T-N)	176
図 3-7-12	各水域の将来水質予測計算結果 (T-P)	177
図 3-9-1	下水道整備計画区域図.....	197
図 3-9-2	大連湾水質モニタリング地点 (案)	204
図 3-9-3	水質環境改善対策実施工程計画 (案)	206

【表】

表 3-2-1-1	大連市の月間平均降水量 (1951~1980 年)	6
表 3-2-1-2	各主要流域における年平均流出高.....	7
表 3-2-1-3	各 天然経流量年内変化.....	8
表 3-2-2-1	地表面水の水質基準 (GB3838-88)	14
表 3-2-2-2	排水水質環境基準 (GB3097-1997)	15
表 3-2-3-1	大連湾海域調査 (1991 年~1995 年) の概要.....	23
表 3-2-3-2	海水水質環境基準値.....	20
表 3-2-3-3	大連湾における底質調査の概要.....	36
表 3-2-3-4	大連湾海域における底質測定結果.....	36
表 3-2-3-5	大連湾海域における生物調査の概要.....	38
表 3-2-3-6	植物プランクトン優占種の遷移状況 (1988 年~1995 年)	43
表 3-2-3-7	大連湾海域で観測された赤潮の発生状況 (1988 年~1991 年)	43
表 3-3-1-1	生活排水水質測定結果.....	91
表 3-3-1-2	浄化槽入/出口水質調査結果「調査対象：教師大夏 7 号棟浄化槽」	91
表 3-3-1-3	生活系汚濁負荷量原単位.....	89
表 3-3-2-1	業種別排水量・汚濁負荷量.....	92
表 3-3-2-2	排水処理設備一覧表.....	94
表 3-3-2-3	工場排水水質測定結果 (97/9~11)	95
表 3-4-1-1	第 I 類汚染物質の許容最高排出濃度 (mg/l)	98
表 3-4-1-2	第 II 類汚染物質の許容最高排出濃度 (mg/l)	98
表 3-4-1-3	一部の業種の水質汚染物の許容最高排出濃度 (mg/l)	99
表 3-4-1-4	一部の業種の許容最高排水量定率.....	100
表 3-4-2-1	馬欄河流入下水水質 (計画値)	104
表 3-4-2-2	主要水質の除去率計画値 (馬欄河 2 次処理)	104
表 3-6-1	生活排水汚濁負荷量原単位 (現況)	108
表 3-6-2	下水道排水区域別工場排水負荷量 (現況 1997 年)	117

表 3-6-3	春柳下水処理場の流入および放流量・水質（1997年現況）	109
表 3-6-4	中心4区排水量のまとめ（現況 1997年）	118
表 3-6-5	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（BOD 現況 1997年）	119
表 3-6-6	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（COD 現況 1997年）	120
表 3-6-7	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（SS 現況 1997年）	121
表 3-6-8	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（総窒素現況 1997年）	122
表 3-6-9	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（総リン現況 1997年）	123
表 3-6-10	大連湾等流入排水路別汚染負荷量（現況）	126
表 3-6-11	流達率	125
表 3-6-12	海域ブロック別取水量・排水量（現況 1997年）	146
表 3-6-13	海域ブロック別排出汚濁負荷量（現況 1997年）	147
表 3-6-14	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（COD）：現況 1997年	148
表 3-6-15	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（SS）：現況 1997年	148
表 3-6-16	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（総窒素）：現況 1997年	149
表 3-6-17	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（総リン）：現況 1997年	149
表 3-7-1	生活排水汚濁負荷量原単位（将来）	150
表 3-7-2	中心4区別第2次産業成長率（2010年）	151
表 3-7-3	下水道排水区域別工場排水負荷量（将来 2010年）	162
表 3-7-4	下水処理場の流入および放流量・水質（将来 2010年）	152
表 3-7-5	中心4区排水量のまとめ（将来 2010年）	163
表 3-7-6	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（BOD 将来 2010年）	164
表 3-7-7	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（COD 将来 2010年）	165
表 3-7-8	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（SS 将来 2010年）	166
表 3-7-9	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（総窒素将来 2010年）	167
表 3-7-10	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（総リン将来 2010年）	168
表 3-7-11	中心4区発生汚濁負荷量のまとめ（総リン将来 2010年） （洗剤無リン化）	169
表 3-7-12	海域ブロック別取水量・排水量（将来 2010年）	178
表 3-7-13	海域ブロック別排出汚濁負荷量（将来 2010年）	179
表 3-7-14	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（COD）：将来 2010年	180
表 3-7-15	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（SS）：将来 2010年	180
表 3-7-16	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（総窒素）：将来 2010年	181
表 3-7-17	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（総リン）：将来 2010年	181

表 3-7-18	現況と将来の水質計算結果の比較.....	171
表 3-7-19	日本の海域水質環境基準（総窒素・総リン）.....	171
表 3-8-1	水質保全対策手法の分類.....	182
表 3-8-2	将来 2010 年における水質保全目標.....	184
表 3-8-3	大連市下水道整備計画（案）.....	185
表 3-8-4	各工場における排水処理対策と負荷削減量.....	186
表 3-8-5	必要負荷削減量（将来 2010 年）.....	187
表 3-8-6	各水質保全対策案の負荷削減効果評価.....	188
表 3-8-7	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（COD）将来 2010 年.....	191
表 3-8-8	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（SS）将来 2010 年.....	191
表 3-8-9	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（総窒素）将来 2010 年.....	192
表 3-8-10	各区画の移動水量・汚濁負荷量・計算濃度（総リン）将来 2010 年.....	192
表 3-8-11	2010 年将来水質予測結果のまとめ.....	190
表 3-9-1	将来 2010 年における水質保全目標.....	194
表 3-9-2	下水道整備計画.....	196
表 3-9-3	工場排水処理計画.....	199
表 3-9-4	水質モニタリング体制（案）.....	203
表 3-9-5	大連湾等の水質保全のために実施すべき水質保全対策案.....	205

第3章 水質

3.1 調査の目的と方法

大連市では人口の増加や産業活動の活発化、市民の生活水準の向上に伴い生活排水量・工場排水量が増加し、そのほとんどは無処理のまま直接または間接的に海域に排出されている。その結果、大連湾等の沿岸海域において水質汚濁が深刻化している。

とくに、大連湾では工場排水による油分、アンモニア性窒素、COD等の水質汚濁が著しく、また、南部沿岸では主に生活排水による窒素、リン濃度の増加により富栄養化が進行し、両水域とも赤潮が頻繁に発生している。

これに対し、大連市では事業所排水の水質規制と監視、下水処理場の建設、排水路網の改善整備（雨水と汚水の分流化）、海域の水質モニタリングなど水質汚濁問題の改善に鋭意取り組んでいるところであるが、未だ著しい効果がみられるまでには至っていない。

本調査は、これらの状況を踏まえ、生活排水や工場排水の水質調査、大連湾等沿岸海域の水質・底質・生物調査を実施し、既往検討成果とあわせて水質汚濁の現状を把握し、汚濁機構について検討するとともに、大連湾等の将来水質予測を行ない、大連市環境モデル地区の水質環境の改善に今後有効と考えられる対策案について検討を行なうものである。なお、調査対象地域は大連湾・南部沿岸海域とそれに関連する流域とする。

調査全体フローシートを図3-1-1-1に示す。以下、各項目ごとの調査方法について述べる。

(1) 既存資料の収集・分析

対象地域の現況把握や水質汚濁機構の解析、対策検討のために必要な資料、過去に中国側で実施してきた既存の水質環境観測データの収集・分析を行なう。

(2) 水質環境観測調査の実施

水質汚濁機構の解析のために必要な以下の観測調査を現地にて実施し、水質環境現況データを収集するとともに、現在中国側で行われている観測データのクロスチェックを行なう。

- ① 調査対象海域の水質・底質・生物調査
- ② 固定発生源調査（生活排水・工場排水）

(3) 水質環境の現状把握

1) 水質汚濁の現状

調査対象海域の水質環境特性として、以下の項目について中国側の既存データおよび現地観測データをもとに整理し、水質汚濁の現状を把握する。

(a) 水理・水文特性

降雨量、河川流量、潮位・潮流、水利用・排水状況等

(b) 水質環境基準

河川・海域の水質環境基準と類型指定状況

(c) 水質・底質・生物特性

- ・ 海域の水質・底質の空間分布、経時変化特性
- ・ 植物プランクトン・動物プランクトン・底生生物・付着性生物等の種構成、生物量の経時変化、赤潮発生状況等

2) 水質汚濁発生源の現状

(a) 生活排水（下水道処理計画関連分野）

尿浄化槽等、住民の生活排水処理形態について整理するとともに、現地にて実施される生活排水水質調査結果等をもとに、1人あたりの生活系汚濁負荷量原単位を推定する。

(b) 工場排水（固定発生源関連分野）

工場排水に関する既往調査データをもとに、大連湾等沿岸海域の水質汚濁に大きな影響を及ぼしていると考えられる工場を抽出し、現地にて実施される工場排水水質調査結果等をもとに、工場系汚濁負荷量を推定する。

(c) その他

生活系・工場系排水以外に考慮すべき水質汚濁発生源（面源汚濁、船舶等）の現状について、既往調査結果等をもとに整理する。

3) 水質保全対策の現状と計画

調査対象地区において現在実施されている水質保全対策の現状と計画について、収集した既存資料をもとに整理する。

(a) 排水水質規制等の法的整備状況（固定発生源関連分野）

(b) 下水道整備の現状と計画（下水道処理計画関連分野）

(c) その他：水質環境モニタリング、汚泥浚渫計画等

(4) 水質保全上の課題整理

前項(3)での水質環境に関する現状把握を踏まえ、調査対象地区の水質汚濁に問題点や水質保全上の課題を整理する。

1) 水質汚濁問題

- ・ 有機汚濁、富栄養化（赤潮発生状況）、底質汚染状況等

2) 水質保全上の課題

- ・ 水質環境基準の達成

・発生源対策、その他の対策

(5) 水質汚濁機構の解析

調査対象海域の水質汚濁機構について、汚濁負荷の発生・流達・海域内水質変化といった流れに沿って検討し、モデル化を行う。

1) 汚濁負荷量解析

前項(3) 2)で整理した水質汚濁発生源の現状を踏まえ、調査対象地域内で発生する汚濁負荷量の分布と構成、各海域への流入汚濁負荷量等の分析を行う。

2) 海域内水質変化機構の検討

調査対象海域内での汚濁物質の拡散、内部水質反応など、水質変化機構について、現地水質観測結果や衛星画像のランドサット解析結果等をもとに検討する。

3) 水質モデルの検討・作成

上記の解析結果を踏まえ、汚濁負荷の発生・流達・湾域での拡散を考慮した水質モデルの検討・作成を行う。

なお、本調査で取り扱う水質モデルの型式については、湾内の水理・水質観測データ等資料の整備状況を勘案し、潮位・潮流などの時間的変化を考慮せず、平均化された一定の状態として取り扱う定常水質モデルとする。

(6) 将来汚濁負荷発生量の推定

都市計画分野の調査において設定される 2010 年を目標年次とした人口等の社会経済フレームや工場移転計画等をもとに、流域内で発生する将来汚濁負荷量を推定する。

1) 生活排水・下水処理場排水（下水道処理計画関連分野）

- ・生活水準の向上に伴う将来汚濁負荷量原単位の推定
- ・下水道整備計画にもとづく将来下水処理場排水負荷量の推定

2) 工場排水（固定発生源関連分野）

- ・製造品出荷額の伸び（経済成長率）や工場移転計画等を考慮した将来汚濁負荷発生量の推定

3) その他

(7) 将来水質予測

前項(6)で推定した将来汚濁負荷量を主な入力条件として、前項(5)で検討した水質モデルを用いて、2010 年を目標年次とした調査対象海域の水質予測・評価を行い、将来の水質汚濁に係る問題点を整理する。

なお、ここでは前項(3)-3 で整理した水質汚濁対策のうち、2010 年までに実施が計画されているものは予測条件に取り込むものとする。

(8) 水質保全目標の設定

現行の水質環境基準ならびに将来の水質予測結果や汚濁問題点を踏まえ、2010年までに達成すべき水質保全目標（項目・水準）を設定する。あわせて目標達成のために必要な負荷削減量を設定する。

(9) 水質保全対策案の検討

将来の水質予測・評価、問題点および設定した水質保全目標を踏まえ、調査対象地域の水質改善のためにとるべき対策について検討する。

- 1) 生活排水・下水処理計画（下水道処理計画関連分野）
- 2) 工場排水対策（固定発生源関連分野）
- 3) その他の水質保全対策（水質モニタリング、排水の再利用等）

(10) 対策実施による水質改善効果評価

前項(9)で検討した水質保全対策案のうち下水処理、工場排水対策を対象として、対策実施による負荷削減効果を、前項(8)で設定した必要負荷削減量に対する達成度により評価するとともに、対策実施後の将来水質予測を行う。

(11) 水環境改善対策実施計画の策定

これまでの検討成果、ならびに固定発生源や下水道処理計画等、水質に関係する他の調査分野での検討成果、中国側との協議結果にもとづき、今後大連市において実施すべき水環境改善対策とその実施スケジュールを提案し、水環境改善実施計画としてとりまとめる。

計画の主な内容は以下のとおりである。

- 1) 基本方針
- 2) 水環境改善計画の内容（下水道整備、工場排水処理、その他の対策）
- 3) 実施工程計画

図 3-1-1-1 調査全体フローシート

