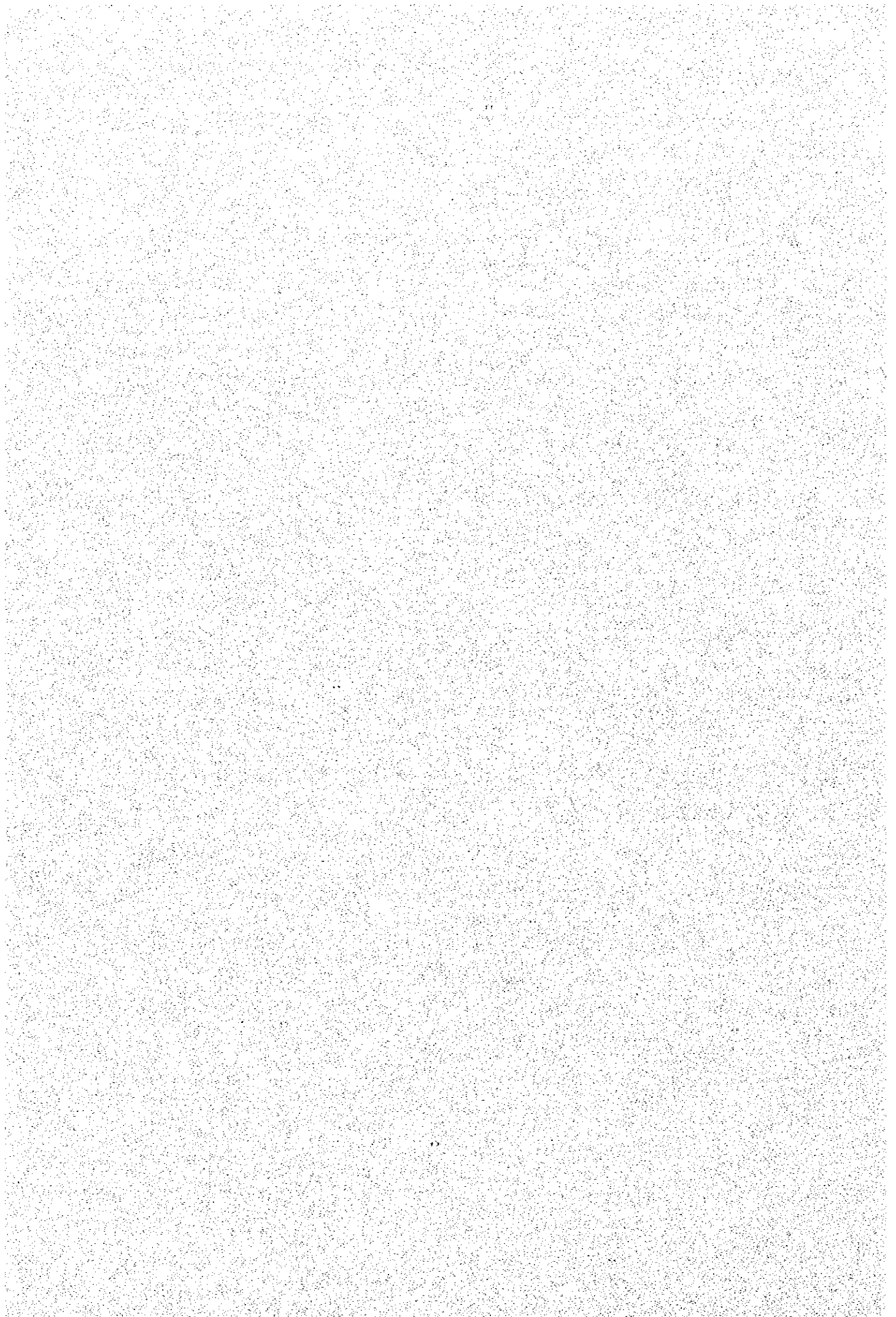


第2章 大気



目 次

第2章	大気	1
2.1	概要	1
2.2	調査の目的と方法	3
2.3	大気汚染の現状	4
2.3.1	日本及び中国（大連市）の大気環境基準の比較	4
2.3.2	既存資料調査	9
2.3.3	現地調査	20
2.4	沿道大気質測定	113
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	127
2.5.1	評価モデル概要	129
2.5.2	現状計算結果	141
2.5.3	現状固定発生源の個別寄与状況	146
2.5.4	将来予測結果	148
2.5.5	ばいじんの計算状況	151
2.5.6	自動車沿道濃度の状況	152

図 表 目 次

【図】

図 2.1	大気環境調査のスキームとアプローチ	2
図 2.3.1-1	環境基準の比較図	8
図 2.3.2-1	1905～1985年の大連地区における年降水量の経年変化	10
図 2.3.2-2(1)	大連市の大気環境濃度の経年変化図	13
図 2.3.2-2(2)	大連市の大気環境濃度の経年変化図	14
図 2.3.2-3	大連市降下ばいじん汚染状況	15
図 2.3.2-4	大連市降下ばいじん汚染状況	15
図 2.3.2-5	大連市における浮遊粒子状物質汚染状況	16
図 2.3.2-6	大連市区における総浮遊粒子状物質汚染状況	16
図 2.3.2-7	大連市における二酸化硫黄汚染状況	17
図 2.3.2-8	大連市区における二酸化硫黄汚染状況	17
図 2.3.2-9	大連市における窒素酸化物汚染状況	18
図 2.3.2-10	大連市における窒素酸化物汚染状況	18
図 2.3.2-11	大連市区における一酸化炭素汚染状況	19
図 2.3.3-1	調査地点（一般大気質及び気象）	21
図 2.3.3-2	調査地点（沿道大気質）	22
図 2.3.3-3	調査地点（大気質簡易測定）	23
図 2.3.3-4(1)	気温の階級別出現頻度	32
図 2.3.3-4(2)	気温の階級別出現頻度	33
図 2.3.3-4(3)	気温の階級別出現頻度	34
図 2.3.3-4(4)	気温の階級別出現頻度	35
図 2.3.3-4(5)	気温の階級別出現頻度	36
図 2.3.3-4(6)	気温の階級別出現頻度	37
図 2.3.3-5(1)	各観測点における風速階級別風配図(全日,上段:1月、下段:8月)	40
図 2.3.3-5(2)	各観測点における風速階級別風配図(1月,上段:昼間、下段:夜間)	41
図 2.3.3-5(3)	各観測点における風速階級別風配図(8月,上段:昼間、下段:夜間)	42
図 2.3.3-6	風速の階級別出現頻度	43
図 2.3.3-7	日射量の階級別出現頻度	44
図 2.3.3-8	放射収支量の階級別出現頻度	45
図 2.3.3-9	紫外線量の階級別出現頻度	46
図 2.3.3-10	大気安定度の出現頻度	48

図 2.3.3-11(1) 温度差の階級別出現頻度.....	51
図 2.3.3-11(2) 温度差の階級別出現頻度.....	52
図 2.3.3-11(3) 温度差の階級別出現頻度.....	53
図 2.3.3-11(4) 温度差の階級別出現頻度.....	54
図 2.3.3-12(1) 推定された接地逆転出現状況.....	56
図 2.3.3-12(2) 推定された接地逆転出現状況.....	56
図 2.3.3-12(3) 推定された接地逆転出現状況.....	57
図 2.3.3-13 気象局データによる最下層を除く逆転の出現状況.....	58
図 2.3.3-14 月別平均濃度 (二酸化硫黄)	65
図 2.3.3-15 月別平均濃度 (窒素酸化物)	66
図 2.3.3-16 月別平均濃度 (浮遊粒子状物質)	67
図 2.3.3-17 月別平均濃度 (オゾン)	69
図 2.3.3-18 月別平均濃度 (一酸化炭素)	70
図 2.3.3-19 時刻別平均濃度 (二酸化硫黄)	71
図 2.3.3-20 時刻別平均濃度 (窒素酸化物)	72
図 2.3.3-21 時刻別平均濃度 (浮遊粒子状物質)	73
図 2.3.3-22 時刻別平均濃度 (オゾン)	73
図 2.3.3-23 時刻別平均濃度 (一酸化炭素)	74
図 2.3.3-24 風向別平均濃度図 (二酸化硫黄)	76
図 2.3.3-25 風向別平均濃度図 (窒素酸化物)	77
図 2.3.3-26 風向別平均濃度図 (浮遊粒子状物質)	78
図 2.3.3-27 風向別平均濃度図 (オゾン)	79
図 2.3.3-28 風向別平均濃度図 (一酸化炭素)	80
図 2.3.3-29 高濃度時風向別平均濃度図 (二酸化硫黄)	88
図 2.3.3-30 高濃度時風向別平均濃度図 (窒素酸化物)	90
図 2.3.3-31 高濃度時風向別平均濃度図 (浮遊粒子状物質)	91
図 2.3.3-32 高濃度時風向別平均濃度図 (オゾン)	92
図 2.3.3-33 高濃度時風向別平均濃度図 (一酸化炭素)	93
図 2.3.3-34 降下ばいじんの測定比較 (上 : 冬季、下 : 夏季)	104
図 2.3.3-35 ローボリュームエアサンプラーによる測定結果.....	112
図 2.4-1 時刻別平均濃度 (泡崖新区)	115
図 2.4-2 時刻別平均濃度 (栄盛広場)	116
図 2.4-3 時刻別平均濃度 (市営処)	117

図 2.4-4	時刻別平均濃度（華宮）	118
図 2.4-5	時刻別平均濃度（口腔医院）	119
図 2.4-6	時刻別平均濃度（春柳）	120
図 2.4-7	時刻別平均濃度（四院前）	121
図 2.4-8	時刻別平均濃度（医大附属二院）	122
図 2.4-9	時刻別平均濃度（付家庄）	123
図 2.4-10	時刻別平均濃度（三八広場）	124
図 2.4-11	時刻別平均濃度（北京街小区）	125
図 2.4-12	時刻別平均濃度（棒垂島）	126
図 2.5-1	調査対象範囲	127
図 2.5-2	大連環境モデル地区大気評価フロー	128
図 2.5.1-1	プルームモデルの概念図	129
図 2.5.1-2	気象ブロック区分	134
図 2.5.1-3	発生源構成割合	137
図 2.5.1-4	各発生源排出量分布（硫黄酸化物）	138
図 2.5.1-5	各発生源排出量分布（窒素酸化物）	139
図 2.5.2-1	硫黄酸化物の観測値と計算値の関係（全期間）	141
図 2.5.2-2	窒素酸化物の観測値と計算値の関係（全期間）	142
図 2.5.2-3	1997年硫黄酸化物濃度計算値（年平均値、全重合濃度）	142
図 2.5.2-4	1997年窒素酸化物濃度計算値（年平均値、全重合濃度）	143
図 2.5.2-5	非暖房期硫黄酸化物濃度	142
図 2.5.2-6	暖房期硫黄酸化物濃度	145
図 2.5.2-7	非暖房期窒素酸化物濃度	142
図 2.5.2-8	暖房期窒素酸化物濃度	145
図 2.5.3-1	地域への寄与濃度ワースト 1（硫黄酸化物）	146
図 2.5.3-2	地域への寄与濃度ワースト 1（窒素酸化物）	147
図 2.5.3-3	地域への寄与濃度ワースト 1（煤塵）	147
図 2.5.4-1	各対策に伴う将来予測結果	147
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）	151
図 2.5.6-1	沿道濃度高濃度地域	152

【表】

表 2.3.1-1	大気質濃度の換算表.....	5
表 2.3.1-2	中国の大気汚染物質の新環境基準 (GB3095-96)	5
表 2.3.1-3	データの有効性についての規程.....	6
表 2.3.1-4	日本の環境基準および指針値.....	7
表 2.3.2-1	大連市の月平均気温 (1951~1980 年)	9
表 2.3.2-2	大連市の月平均降水量 (1951~1980 年)	9
表 2.3.2-10	大連市区における窒素酸化物汚染状況.....	18
表 2.3.3-1	一般大気質及び気象の調査項目.....	21
表 2.3.3-2	沿道大気質測定の測定状況.....	22
表 2.3.3-3	大気質簡易測定の調査項目.....	23
表 2.3.3-4	測器の保守管理上の留意点.....	25
表 2.3.3-5(1)	各気象要素の月別統計値.....	26
表 2.3.3-5(2)	各気象要素の月別統計値.....	27
表 2.3.3-5(3)	各気象要素の月別統計値.....	27
表 2.3.3-5(4)	各気象要素の月別統計値.....	28
表 2.3.3-5(5)	各気象要素の月別統計値.....	28
表 2.3.3-5(6)	各気象要素の月別統計値.....	29
表 2.3.3-5(7)	各気象要素の月別統計値.....	29
表 2.3.3-5(8)	各気象要素の月別統計値.....	29
表 2.3.3-5(9)	各気象要素の月別統計値.....	29
表 2.3.3-5(10)	各気象要素の月別統計値.....	30
表 2.3.3-5(11)	各気象要素の月別統計値.....	30
表 2.3.3-6	パスキル安定度分類表 (原子力安全委員会安全審査指針集: 改訂 5 版)	47
表 2.3.3-7	TV 塔における温度差の統計	50
表 2.3.3-8	平行測定結果表.....	60
表 2.3.3-9	環境基準の不適合状況.....	61
表 2.3.3-14(1)	高濃度日の上位 20 位 (二酸化硫黄)	85
表 2.3.3-14(2)	高濃度日の上位 20 位 (二酸化窒素)	85
表 2.3.3-14(3)	高濃度日の上位 20 位 (窒素酸化物)	86
表 2.3.3-14(4)	高濃度日の上位 20 位 (浮遊粒子状物質)	86
表 2.3.3-14(5)	高濃度日の上位 20 位 (オゾン)	87
表 2.3.3-14(6)	高濃度日の上位 20 位 (一酸化炭素)	87

表 2.3.3-15	測定方法（パッシブサンプラー測定）	98
表 2.3.3-16	調査結果（二酸化硫黄）	99
表 2.3.3-17	調査結果の概要（二酸化硫黄）	99
表 2.3.3-18	調査結果（二酸化窒素）	101
表 2.3.3-19	調査結果の概要（二酸化窒素）	101
表 2.3.3-20	調査結果（窒素酸化物）	102
表 2.3.3-21	調査結果の概要（窒素酸化物）	102
表 2.3.3-22	降下ばいじん測定方法	103
表 2.3.3-23	降下ばいじん測定結果の比較	104
表 2.3.3-24	測定方法及び測定方法	105
表 2.3.3-25	金属測定結果	106
表 2.3.3-26	対象物質の物性等	108
表 2.3.3-27	大連市大気中 PAH 濃度（冬季）	109
表 2.3.3-28	大連市大気中 PAH 濃度（夏季）	110
表 2.3.3-29	大気中ベンゾ[a]ピレン濃度に関する日本との比較	110
表 2.3.3-30	測定項目及び測定方法	111
表 2.4-1	期間平均濃度	113
表 2.5.1-1	上空気象ブロック区分	135
表 2.5.1-2	パスキル安定度階級分類法	135
表 2.5.2-1	計算値と観測値の相関係数	141
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	144
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	144
表 2.5.4-2	将来予測ケース	148
表 2.5.4-3	二酸化硫黄将来予測結果集約表	149
表 2.5.4-2	窒素酸化物将来予測結果集約表	149
表 2.5.6-1	高濃度沿道区間上位 30 位	153

第2章 大気

現在、中国では毎年10%を超える経済成長が続いているが、それに伴って環境汚染が進んでおり、中国国内はもとより近隣諸国にも深刻な影響が及びつつある。このため、中国の政策も経済成長のみを目指したのものから、環境問題にも十分考慮した政策に変わりつつある。

日本においても工場からの煙を繁栄の象徴として考え、環境問題については疑問を抱かなかつた時代があり、重大な産業公害をまきおこした。北九州市でも、石炭の豊富な筑豊炭田、あるいは内水路として利用価値の大きい遠賀川をひかえ、且つ、海外との交通に便利な地理的条件も備えていること等から、明治20年(1887年)には官営の製鉄所が設立される等、製鉄都市として急激な発達をとげた。しかし、同時に製鉄工業都市特有のばい煙等の大気汚染問題をかかえることになり、日本経済の高度成長期にはより深刻な社会問題となった。

このような状況において、北九州市は、国に先立ち公害行政組織の整備・拡充をはかるとともに、法に基づく環境測定、立ち入り調査による基準遵守の指導、公害防止対策事業をすすめ、企業や一般市民と協力して環境を大幅に改善した実績を持っている。

本調査は、北九州市の公害克服の過程で蓄積した様々な技術・経験を大連市に技術移転し、「大連環境モデル地区」の建設をより現実的なものにするために資する目的で実施した。

2.1 概要

大気環境分野では、既存資料の収集と気象・大気質のモニタリングを行ない併せて、移動測定車による道路沿道の環境調査を測定した。また、暖房期、非暖房期を代表する1999年1月と8月にパッシブサンプラーによる簡易観測、降下ばいじん量の測定、併せてハイボリューム・エアースンプラーを用いてばいじん中に含まれる金属、イオン、有害物質の測定を実施した。

現在、大連市は積極的に環境問題に取り組んでおり環境改善の効果が出てきている。また、大連市の観測によれば、1995年以降環境濃度に改善傾向が現れており、降下ばいじんを除いて平均的には環境基準を達成していると報告されている。しかし、本調査により測定機器の老朽化等に起因する測定感度の鈍化等により、特に暖房期の濃度は報告より高いことが判明した。さらに、パッシブサンプラーによる簡易観測の結果、工業区や交通稠密地域を中心により、高濃度地域が存在していることが分かった。

また、観測期間を通じて40%を超える気温の逆転状況が出現しており、その大部分は大気拡散に影響の深い1000m以下の高度であり、気象面からみた大気汚染のポテンシャルは高いと考えられる。

シミュレーションの結果では、大連中心の華北路、長江路、鞍山路等の幹線に沿った周水子、中山公園、中山広場にいたる地域が高濃度ゾーンとなっており、中国の基準で、二酸化硫黄は

第二級基準、窒素酸化物は第三級基準を超える地域が存在している。この地域は、窒素酸化物では自動車幹線道路からの寄与が90%を超えており、大連市の環境汚染も従来型のばい煙型から交通公害型へ移行していることが判明した。硫黄酸化物に対しては工場等の固定発生源からの寄与が50%程度である。また、硫黄酸化物濃度は暖房期と非暖房期では二倍程度の濃度差があり、特に主に暖房用の小規模なボイラーの寄与が大きいことが判明した。

発生源対策を施さない場合には、2010年には排出量で硫黄酸化物は約1.6倍、窒素酸化物は約1.7倍の環境汚染の進行が予想される。これにともない環境基準を超える地域は硫黄酸化物で約4倍、窒素酸化物で約2倍に増加することが予想された。

また、将来固定発生源に様々な対策を講じて、道路沿道を中心に現状よりも環境が悪化することが判明した。大連市においてもモータリゼーションの進展により交通分野からの大気汚染が問題となり、様々な交通公害対策を積極的に推進する必要がある。

本調査のスキーム、アプローチ方法を図2.1に示す。

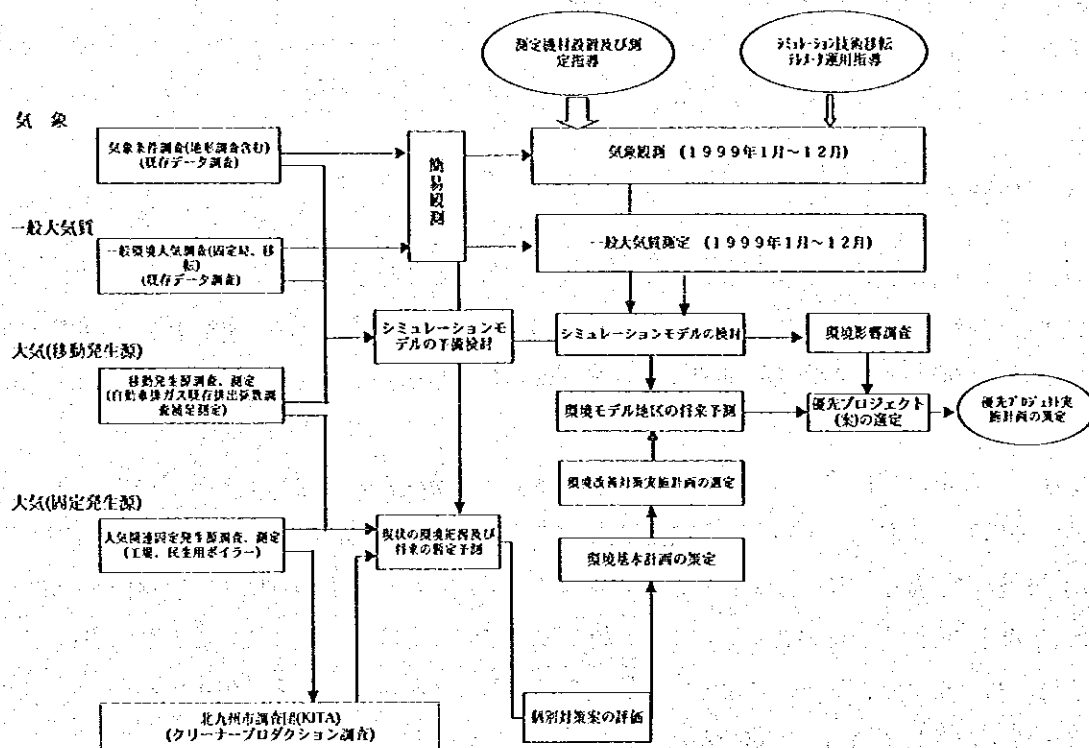


図 2.1 大気環境調査のスキームとアプローチ

2.2 調査の目的と方法

大気汚染に係わる発生源には、工場・民生用施設・一般家庭などの固定発生源と、移動発生源（主に自動車）等がある。これらの発生源は、拡散に影響する要因を含めて、各発生源別に、点源（大工場）・線源（移動発生源）・面源（中小工場・一般民家等）としてモデル化することが可能となる。

また、これらの発生源から排出される大気汚染物質は、気象条件によりさまざまな形態で拡散されて各地域へ到達する。この拡散状況を解析し、モデル化することにより、現状の汚染状況を把握・再現したり、発生源の変化に応じて大気汚染状況の予測をおこなうことが可能である。

実際の調査では、第一に大連市の大気汚染状況を把握するために、大連市の既存関係資料を収集するとともに、持ち込み機材により1999年1月から8月までの8ヶ月間の気象・環境大気質の連続測定を実施し、現地データを収集した。次に、それらデータの解析をとおして、対象地域の汚染機構を把握し、大気拡散シミュレーションモデルを構築した。さらに、このようにして構築されたモデルを用いて、中間年（2005年）、将来（2010年）の大気環境濃度を予測し、大気汚染対策のキーポイント、大気環境の改善効果を定量的に検討し、具体的な環境改善対策案を検討した。

2.3 大気汚染の現状

大連市の大気汚染状況は、工業化の急速な発展や自動車台数の増加で都市部を中心とした地域での大気汚染が一時期悪化の傾向をたどったものの、近年では固定発生源に対する規制や集中暖房の普及によりわずかに低減傾向にある。一方で、各種の環境基準等との比較では、降下ばいじんや二酸化硫黄、窒素酸化物等については、基準を超えるか基準とほぼ同レベルの高い状況にあり、その特徴から固定発生源を主としたばい煙型大気汚染であると判断される。

2.3.1 日本及び中国（大連市）の大気環境基準の比較

大気汚染に係わる日本の環境基準は、二酸化窒素、浮遊粒子状物質、二酸化硫黄、一酸化炭素および光化学オキシダントの 5 物質の基準と非メタン炭化水素に関する指針が定められていたが、最近、有害大気汚染物質からの健康影響を未然防止する考えによりベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンが新たに加えられた。

次に、大気環境に関連する中国の環境基準と日本の環境基準を比較した。

(1) 中国の大気環境基準

中国における大気環境基準は、1996 年に GB3095-82 から GB3095-96 に改訂されている。旧基準からの変更箇所は以下のとおりである。

- ・ 専門用語の定義
- ・ 分類と基準に関する内容の変更
- ・ 対象汚染物質項目の追加、サンプリング時間の規程
- ・ データの有効性の規程

基準の変更に伴って、窒素酸化物については新たに二酸化窒素が設けられ、その他にも対象汚染物質が拡大されている。また、各級基準値もわずかに強化された部分が散見され、測定時間についても年平均値を取り入れる等、より多様な視点から規制をかける構成となっている。

なお、日本は各大気汚染濃度を体積濃度で表示するが、中国は重量濃度で表示されているので比較には換算が必要である。そのための換算表を表 2.3.1-1 に示す。

表 2.3.1-1 大気質濃度の換算表

物質	体積濃度(ppm)	重量濃度(mg/m ³)
SO ₂	1(ppm) = 2.855 (mg/m ³)	1(mg/m ³) = 0.3502ppm
NO	1(ppm) = 1.338 (mg/m ³)	1(mg/m ³) = 0.7471ppm
NO ₂	1(ppm) = 2.052 (mg/m ³)	1(mg/m ³) = 0.4873ppm
CO	1(ppm) = 1.249 (mg/m ³)	1(mg/m ³) = 0.8005ppm
O ₃	1(ppm) = 2.142 (mg/m ³)	1(mg/m ³) = 0.4670ppm

表 2.3.1-2 中国の大気汚染物質の新環境基準 (GB3095-96)

汚染物質	測定時間	第1級基準	第2級基準	第3級基準	濃度単位
二酸化硫黄 SO ₂	年平均	0.02(0.007)	0.06(0.021)	0.10(0.035)	mg/m ³ 標準状態
	日平均	0.05(0.018)	0.15(0.053)	0.25(0.088)	
	1時間平均	0.15(0.053)	0.50(0.175)	0.70(0.245)	
総浮遊粒子状物質 TSP #1	年平均	0.08	0.20	0.30	
	日平均	0.12	0.30	0.50	
浮遊粒子状物質 PM ₁₀ #2	年平均	0.04	0.10	0.20	
	日平均	0.05	0.15	0.30	
窒素酸化物 NO _x	年平均	0.05(0.024)	0.05(0.024)	0.10(0.049)	
	日平均	0.10(0.049)	0.10(0.049)	0.15(0.073)	
	1時間平均	0.15(0.073)	0.15(0.073)	0.30(0.146)	
二酸化窒素 NO ₂	年平均	0.04(0.019)	0.04(0.019)	0.08(0.039)	
	日平均	0.08(0.039)	0.08(0.039)	0.12(0.058)	
	1時間平均	0.12(0.058)	0.12(0.058)	0.24(0.117)	
一酸化炭素 CO	日平均	4.00(3.20)	4.00(3.20)	6.00(4.80)	
	1時間平均	10.00(8.01)	10.00(8.01)	20.00(16.01)	
オゾン・O ₃	1時間平均	0.12(0.056)	0.16(0.075)	0.20(0.093)	
鉛 Pb	季節平均	1.50			
	年平均	1.00			
ベンゾ(a)ピレン	日平均	0.01			μg/m ³ 標準状態
フッ化物 F	日平均	7 ①			
	1時間平均	20 ①			
	月平均 植物成長 季平均	1.8 ② 1.2 ②	3.0 ③ 2.0 ③		μg/(0.1m) ² ・日

(注) #1: TSPは粒径100μm以下 #2: PM10は粒径10μm以下 ()内の数字はppm

- ①: 都市域に適用
- ②: 牧畜業と牧畜業を主とする半農半牧地区、および蚕桑地域に適用
- ③: 農業と森林地区に適用

また、データの有効性についての規程は表 2.3.1-3 のとおりである。

表 2.3.1-3 データの有効性についての規程

汚染物質	測定時間	データの有効基準
二酸化硫黄 窒素酸化物 二酸化窒素	年平均	年間最低 144 日間の均一分布の日平均値 月最低 12 日間の均一分布の日平均値
総浮遊粒子状物質 浮遊粒子状物質 鉛	年平均	年間最低 60 日間の均一分布の日平均値 月最低 5 日間の均一分布の日平均値
二酸化硫黄 窒素酸化物 二酸化窒素 一酸化炭素	日平均	毎日最低 18 時間サンプリングを実施
総浮遊粒子状物質 浮遊粒子状物質 ベンゾ(a)ピレン 鉛	日平均	毎日最低 12 時間サンプリングを実施
二酸化硫黄 窒素酸化物 二酸化窒素 一酸化炭素 オゾン	1 時間	毎時間最低 45 分間実施サンプリングを実施
鉛	季節平均	季節毎に最低 15 日間の均一分布の日平均値 毎月最低 5 日間の均一分布の日平均値
フッ化物	月平均	毎月最低 15 日間サンプリングを実施
	植物成長季平均	1 長季節に、最低 70% の月平均値を取得
	日平均	毎日最低 12 時間サンプリングを実施
	1 時間平均	毎時間最低 45 分間サンプリングを実施

(2) 日本の大気環境基準

日本の大気汚染に係る環境基準及び指針値は表 2.3.1-4 の通りである。

表 2.3.1-4 日本の環境基準および指針値

項目	環境上の条件
二酸化窒素	1 時間値の 1 日平均値が 0.04ppm(0.082)から 0.06ppm(0.123)までのゾーン内又はそれ以下であること
浮遊粒子状物質	1 時間値の 1 日平均値が 0.10mg/m ³ 以下であり、かつ、1 時間値が 0.20mg/m ³ 以下であること
二酸化硫黄	1 時間値の 1 日平均値が 0.04ppm(0.114)以下であり、かつ、1 時間値が 0.1ppm(0.286)以下であること
一酸化炭素	1 時間値の 1 日平均値が 10ppm(12.49)以下であり、かつ、1 時間値の 8 時間平均値が 20ppm(24.98)以下であること
光化学オキシダント	1 時間値が 0.06ppm(0.128)以下であること
ベンゼン	1 年平均値が 0.003mg/m ³ 以下であること
トリクロロエチレン	1 年平均値が 0.2mg/m ³ 以下であること
テトラクロロエチレン	1 年平均値が 0.2mg/m ³ 以下であること
炭化水素 (指針値)	午前 6 時から午前 9 時までの非メタン炭化水素濃度を 0.20ppmC から 0.31ppmC の範囲以下とする

() 内の数字は mg/m³

日本における評価方法は、短期的評価（二酸化窒素を除く）と長期的評価からなり、以下の基準で評価を行っている。

短期的評価は、測定を行った日についての 1 時間値の 1 日平均値若しくは 8 時間平均値又は各 1 時間値を環境基準と比較して評価を行う。

長期的評価は、大気質により次の 2 通りで評価を行っている。二酸化窒素については、1 年間の測定を通じて得られた 1 日平均値のうち、低い方から数えて 98%目に当たる値（1 日平均値の年間 98%値）を環境基準と比較して評価を行う。

浮遊粒子状物質、二酸化硫黄及び一酸化炭素については、1 年間の測定を通じて得られた 1 日平均値のうち、高い方から数えて 2%の範囲にある測定値を除外した後の最高値（1 日平均値の年間 2%除外値）を環境基準と比較して評価を行っている。ただし、環境基準を越える日が 2 日以上連続した場合は非達成とする。

なお、大気中の炭化水素濃度については、光化学オキシダント生成防止のための指針として示されている。

(3) 環境基準の比較

中国と日本の環境基準とで、直接対比できる部分について比較した。図 2.3.1-1 に示すように、日本の環境基準は浮遊粒子状物質では概ね第 2 級基準、二酸化硫黄では第 1 級と第 2 級基準の中間、二酸化窒素では第 1 級および第 2 級がゾーン下限値、第 3 級基準がゾーン上限値と同等、光化学オキシダントないしはオゾンについては第 1 級基準と同等であった。唯一、一酸化炭素については日本の基準は中国の第 3 級基準の倍となっているが、全般的には両国の環境基準設定は概ね同等であることがわかる。

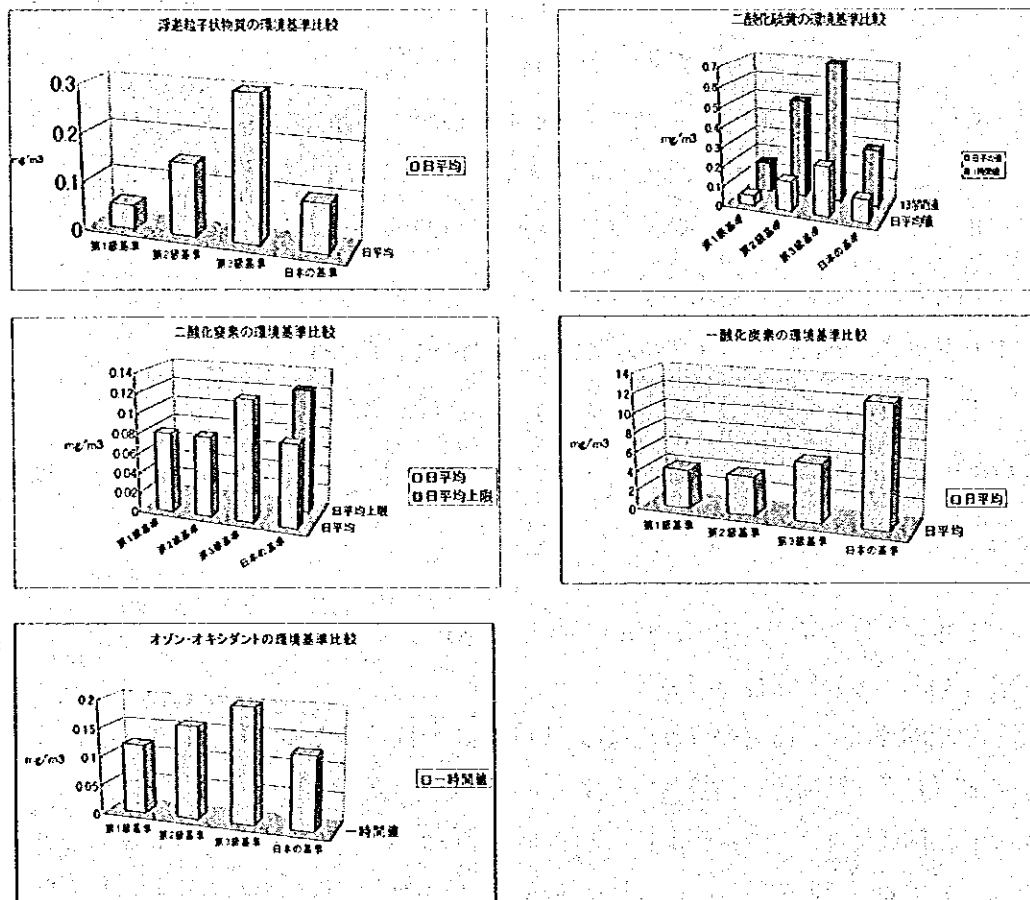


図 2.3.1-1 環境基準の比較図

2.3.2 既存資料調査

(1) 気象の状況

大連市は中国北東部にあり、南西に走る遼東半島の最南端に位置する。東側に黄海、西に渤海湾、南に渤海海峡を挟んで山東半島を臨んでいる。三方を海に囲まれた大連の気候は穏やかで景色が美しく、全国でも有数の観光景勝地の一つである。

大連市は北半球の中緯度の温帯気候区に位置し、中国北東部で最も温暖な地方である。

年平均気温は 10℃前後で、過去に記録された最低気温は-21.1℃（1970年1月4日）、最高気温は 35.4℃（1992年7月6日）である。月平均気温の変動は表 2.3.2-1 に示すとおりで、1月が最も寒冷で8月が最も暑く、気温の年較差は 28.5～31.8℃である。また、霜の降りない時期は 180～200 日間である。

年平均降水量は約 600mm 程度である。降水の季節分布も極端に差があり、夏季は最も多く、主に暴風雨によりもたらされ、平均 350～700mm と年降水量の 60～70%をしめる。冬季は最小で平均 20～40mm であり年降水量の約 5%にすぎない。過去における年最大降水量は 970.8mm（1951年）であり、日降水量の最大値は 231.1mm（1992年9月1日）であった。大連市の月平均降水量を表 2.3.2-2、降水量の経年変化を図 2.3.2-1 に示す。また、大連市の年平均相対湿度は 64～72%、年間蒸発量は 1350～1900mm、年間日照時間は 2500～2900 時間である。

表 2.3.2-1 大連市の月平均気温（1951～1980年）

単位：℃

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
気温	-4.8	-3.1	2.4	9.6	16.0	20.0	23.2	24.0	20.1	13.7	5.7	-1.3

出典：大連市統計局

表 2.3.2-2 大連市の月平均降水量（1951～1980年）

単位：mm

月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
降水量	7.7	7.6	12.6	35.8	44.0	86.2	175.6	153.1	68.4	35.6	21.6	10.8

出典：大連市統計局

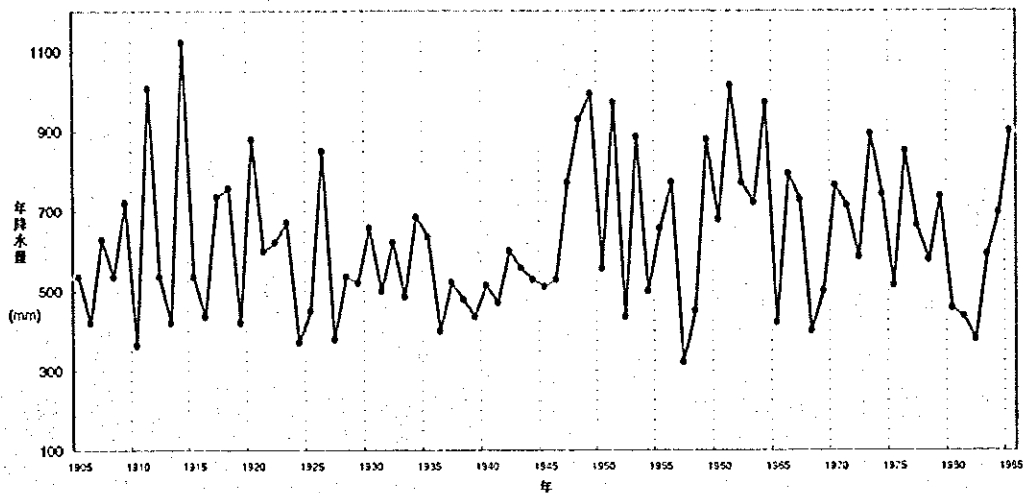


図 2.3.2-1 1905~1985 年の大連地区における年降水量の経年変化

大連市は東アジア季節風の影響で、冬季には北ないし北西風が多く、夏季には南ないし南西風が多い。大連気象台の 1951~1980 年の記録によると、卓越風は北北西~北、南南東~南~南南西の方向で全体の半分以上を占めている。年平均風速は 3~6m/s で（年最大風速は 40m/s 以上に達する）、中国北東部では風速がかなり大きい地区の一つである。風速 10m/s 以上の強風の吹く日数は、島嶼部や沿海地区では毎年 90~140 日、内陸地区では年間 35~50 日あり、長海県の海洋島では 196 日にも達する。

以下、大気汚染調査を行うに当たって、最も重要な気象要素である風の状況について詳述した。

1) 各地の風向出現頻度

年間を通じた風向は、市区では南風の出現頻度が最大で、北風がこれに次いで多い。金州鎮では南東風の出現頻度が最大で、北風と南風が同じくらいで二番目に多い。大長山島では北西風の出現頻度が最大で、北風がこれに次ぎ、南風も比較的多い。普蘭店では南風の出現頻度が最大で、北風と北西風がこれに次いでいる。復州城では北風の出現頻度が多く、南東風がこれに次いでおり、庄河鎮では北東風の出現頻度が最大で、北西風がこれに次いでいる。なお、東風及び西風の出現頻度はいずれの地点でも比較的小さい。

春季には北風の出現頻度は次第に減少し、南風の出現頻度が次第に増大する。4月には、大部分の地区で南～南東風の出現頻度が10～20%まで増大する。庄河県だけは依然として北東風の出現頻度が最大で、10%程度である。

夏季には、全地区で南～南東風の出現頻度が多く、7月には南～南東風の出現頻度が15～30%になる。

秋季には、南風の出現頻度が減り、北風の出現頻度が増大する。10月には南部地区で南風、北風の出現頻度は同じくらいで、それぞれ12～15%である。北部地区では北風、北西風の出現頻度が比較的大きく、15～20%である。

冬季には、北風の出現頻度が最大で、1月には市区、瓦房店市、金県及び長海県では北風の出現頻度が20～26%、新金県及び庄河県では北西風の出現頻度が15～20%である。

2) 平均風速の月別変化

年平均風速は沿海部が内陸部より大きく、西部は東部より大きい。金県、新金県及び庄河県では3.0m/s程度であり、その他の各地は4.5m/sである。その中では長海県が最大で5.5m/sである。季節による風速の状況は、冬、春の二つの季節で大きく、秋がこれに次ぎ、夏には最小になる。

月別の平均風速は4月が最大で3.5～5.5m/s、市区では6.0m/sである。4月以降になると毎月0.2～0.7m/sの幅で減少し、8月が最小で2.0～3.0m/sである。市区では4.2m/sで、9月から毎月0.4～0.7m/sの幅で増大する。11月から翌年3月にかけて各月の風速は、ほぼ一定で沿海地区は4.0～6.0m/s、内陸部は2.0～3.0m/sである。

3) 風速の日変化

各地の風速の日変化は、基本的に気温の日変化とほぼ一致する。即ち、日の出前後の風速が最小で、日の出後2～3時間経つと風速は次第に大きくなる。正午前後に最大となり、午後から夜間にかけては次第に小さくなる。風速の日最大値は、冬季が13～14時、夏季が13～15時に出現する。最小値は、冬季/夏季とも4～6時に出現するが、春季と秋季の風速の日変化は冬季/夏季と異なり、一日に2回の風速の強弱をくり返す場合が多い。

4) 月別の日最大瞬間風速及び最多風向

各地における各月の日最大瞬間風速の差は比較的大きい。市内、金県及び長海県における風速は比較的大きく、庄河県北部の山間地では比較的小さい。

長海県の各月の日最大瞬間風速は 20m/s 以上、その内 1 月から 3 月は日最大瞬間風速が 40m/s、新金県、瓦房店市では 10 月から翌年 7 月まで、各月の日最大瞬間風速は 17~25m/s、8 月~9 月は 12~17m/s である。各月の日最大瞬間風速に関して、庄河県及び旅順では、夏季が冬季及び春季より大きく、7 月~9 月は 20~24m/s、その他の各月は 16~20m/s で、大連と金県では 2 月~7 月の日最大瞬間風速は 30~34m/s、その他の各月では 21~28m/s である。

5) 強風日数

年間を通して見ると、市内及び長海県で強風 (10.8m/s 以上) の吹く日数が最も多くて 131~140 日、瓦房店市及び旅順は 85~95 日、その他の地区は 30~50 日である。

各県 (市)、区で強風の吹く日数は、冬季、春季が最多で、夏季が最少である。5 月から 8 月にかけて、強風の吹く日数は次第に減少し、8 月が最少となる。9 月から翌年 4 月にかけて次第に多くなり、4 月が最多である。強風の吹く日数は、沿海地区では 11 月から次の年の 5 月にかけて毎月 13~18 日、6 月から 10 月にかけて毎月 5~8 日で、内陸地区では 11 月から次の年の 4 月にかけて毎月 3~6 日、5 月~10 月は毎月 1~3 日である。

強風が連続して吹く日数が最も長いのは冬季で、全般的に 4 日~6 日、市内及び長海県は比較的長く、15 日~20 日である。

(2) 気質の状況

大連市の大気質の現状は、例年の測定結果によれば、降下ばいじん、二酸化硫黄、窒素酸化物等のばい煙型大気汚染が特徴となっている。1990年代初頭期には、工業化の急速な発展や自動車台数の増加で、降下ばいじんや二酸化硫黄、窒素酸化物による汚染が深刻な状況であったが、近年、固定発生源に対する規制の強化、集中暖房や都市ガスの普及、経済状況、都市緑化によって、これらの汚染物質濃度は1995年以降、改善傾向にある結果となっている。

1) 大連市大気汚染の経年変化状況

1988年から1998年までの大連市区における大気環境の変化を図2.3.2-2に示した。降下ばいじんや二酸化硫黄は1993年以降緩やかに改善の傾向を示しており、一方で、総浮遊粒子状物質及び窒素酸化物は1994年までは上昇傾向にあったが、1995年以降に急激な低下を示しており、1995年に遼寧省の規定した二級基準の1.5～2倍から、基準値並にまで改善されている。なお、一酸化炭素は基本的に横ばいで、日平均値の二級基準のほぼ半分となっているが、測定値は年平均値であることから、日平均値への換算を考えるとほぼ基準と同レベルの濃度であると推定できる。

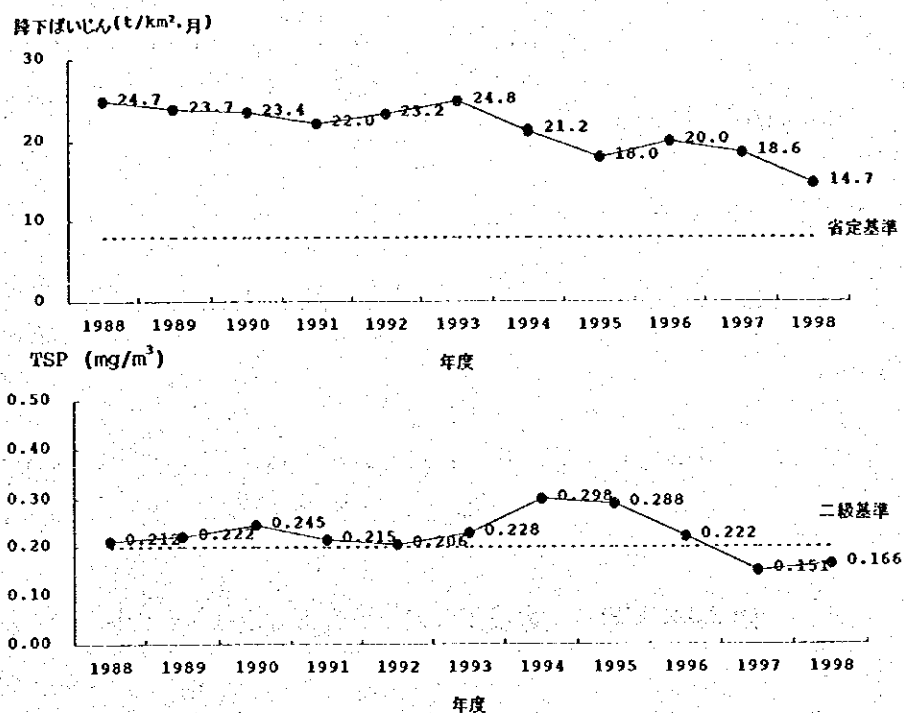


図 2.3.2-2(1) 大連市の大気環境濃度の経年変化図

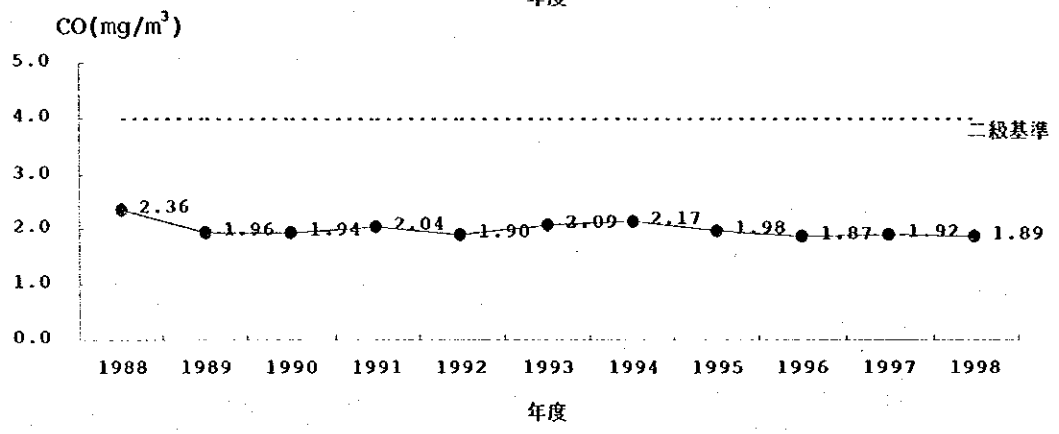
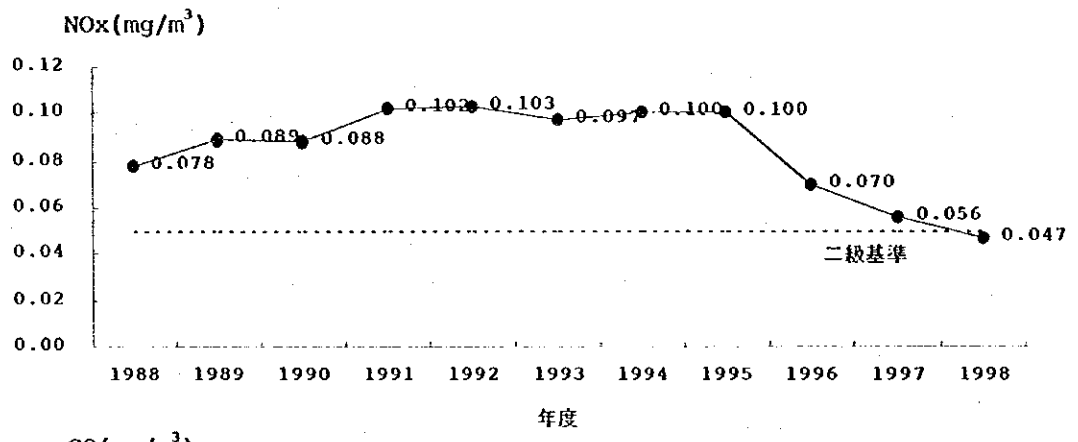
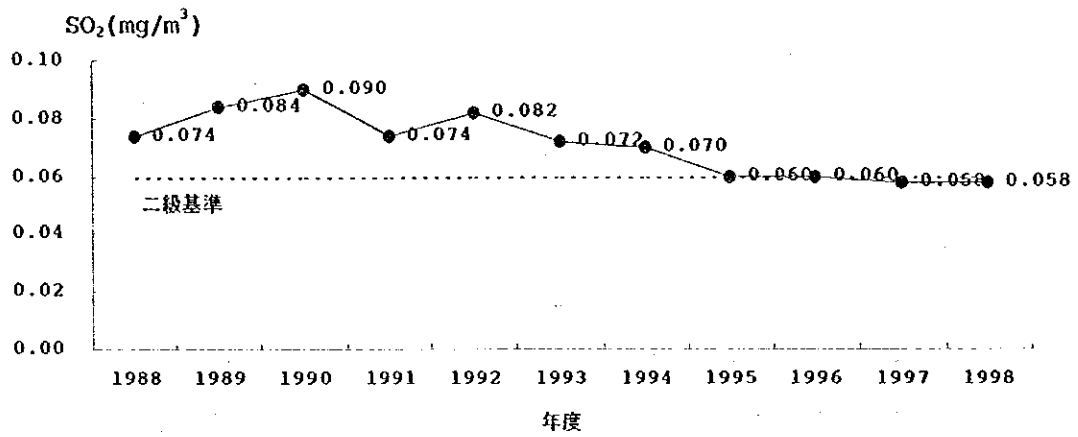


図 2.3.2-2(2) 大連市の大気環境濃度の経年変化図

2) 降下ばいじん

1998年の大連市の各県(市)、区及び市区の降下ばいじんの汚染状況をそれぞれ図2.3.2-3、図2.3.2-4に示した。大連市全体における降下ばいじん月合計の年平均値は $12.1t/km^2 \cdot 月$ で、省定基準の1.5倍となっている。特に、旅順口区や開発区、長海区を除くすべての地域で基準を超えている状況である。

大連市区においては、降下ばいじんの月合計の年平均値は、 $14.7t/km^2 \cdot 月$ で、基準の1.8倍となっており、中でも、青泥窪橋の月合計の年平均値は、 $23.6t/km^2 \cdot 月$ と、基準の3.0倍であり、最も汚染が激しい地区となっている。

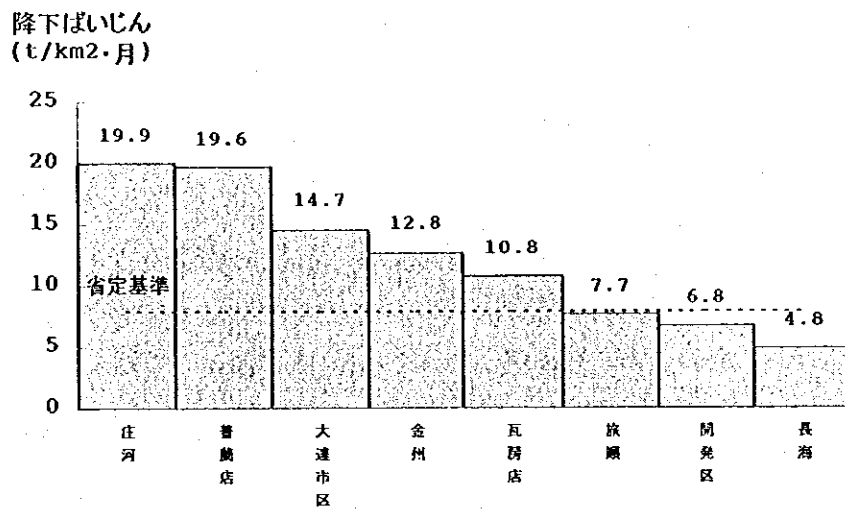


図 2.3.2-3 大連市降下ばいじん汚染状況

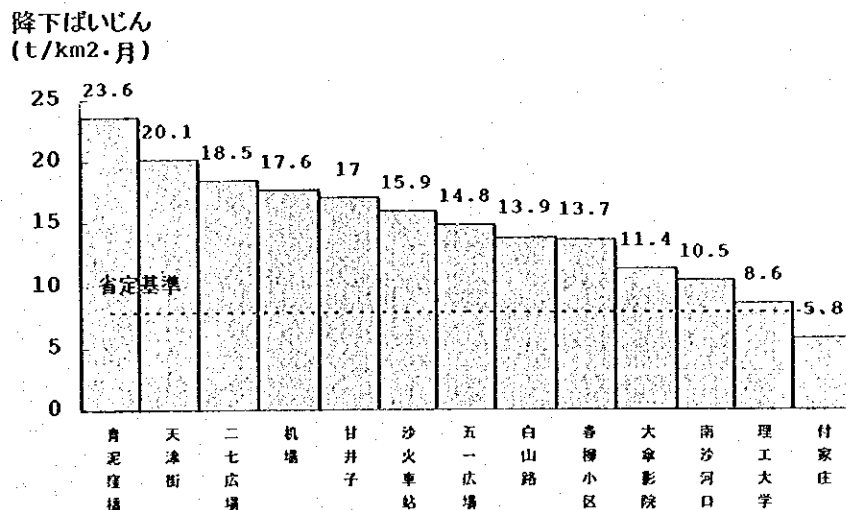


図 2.3.2-4 大連市区降下ばいじん汚染状況

3) 総浮遊粒子状物質 (TSP)

1998年の大連市の各県(市)、区及び市区の総浮遊粒子状物質汚染状況をそれぞれ図 2.3.2-5、図 2.3.2-6 に示した。大連市全体における総浮遊粒子状物質の年平均値は国家大気二級基準と等しく 0.20mg/m^3 である。大連市各県(市)、区の内、基準の1.5倍となっている庄河の汚染が最も激しく、次いで金州区、普蘭店、瓦房店市、旅順口区で基準値を超えている。その他の県(市)、区は国家大気二級基準を満足しており、また、大連市区全体における年平均値についても 0.17mg/m^3 で、いずれの地点においても基準を満足している。

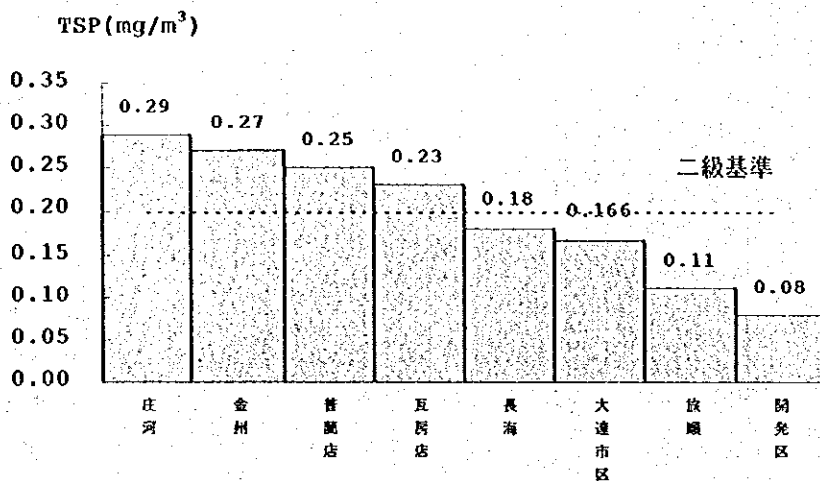


図 2.3.2-5 大連市における浮遊粒子状物質汚染状況

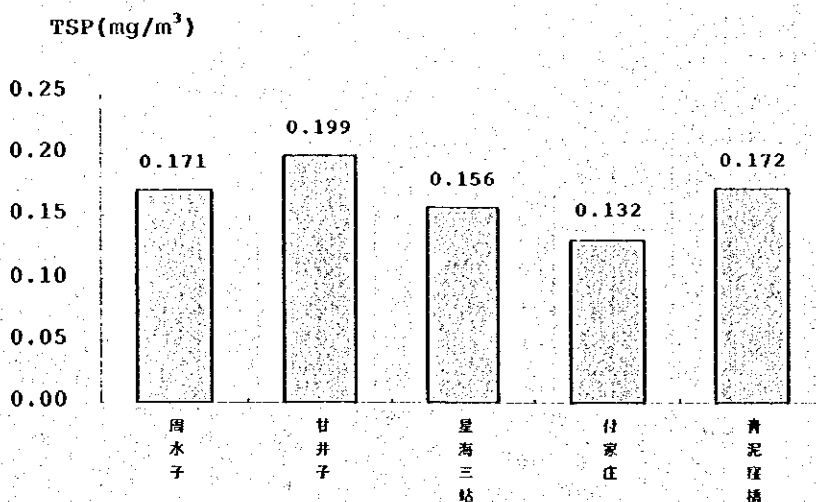


図 2.3.2-6 大連市区における総浮遊粒子状物質汚染状況

4) 二酸化硫黄 (SO₂)

1998年の大連市の各県(市)、区及び市区の二酸化硫黄汚染状況をそれぞれ図2.3.2-7、図2.3.2-8に示した。大連市全体における二酸化硫黄の年平均値は0.030mg/m³であり、国家大気二級基準(0.06mg/m³)を満足しているが、大連市区全体の年平均値は0.058mg/m³となっており、他の地域と比較すると高い値となっている。大連市区では青泥窪橋が0.07mg/m³で、唯一基準を超えており、星海三站、周水子及び甘井子では基準をわずかに下回る程度となっている。

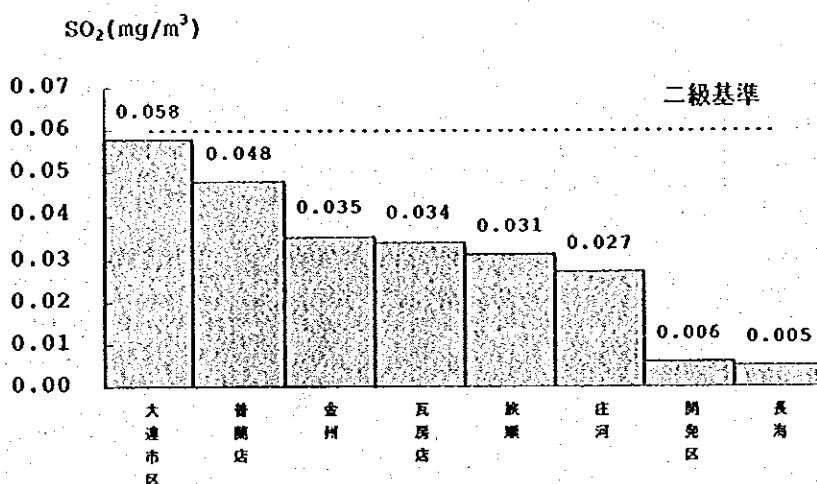


図 2.3.2-7 大連市における二酸化硫黄汚染状況

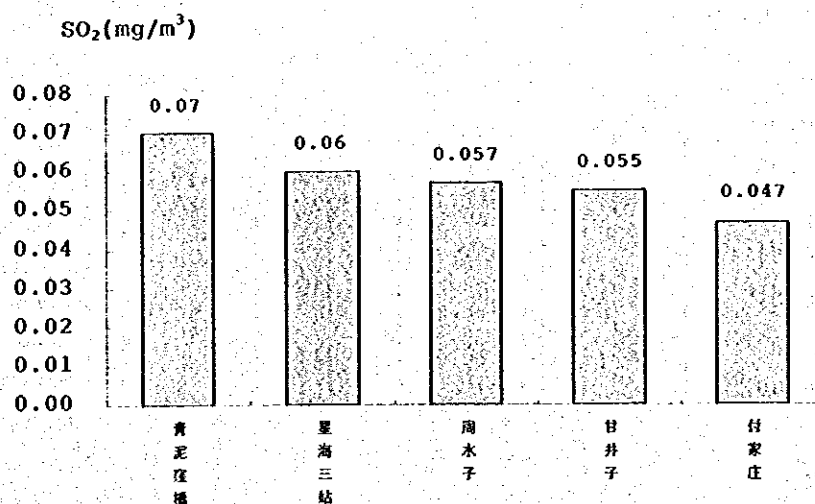


図 2.3.2-8 大連市区における二酸化硫黄汚染状況

5) 窒素酸化物 (NO_x)

1998年の大連市の各県(市)、区及び市区の窒素酸化物汚染状況をそれぞれ図2.3.2-9、図2.3.2-10に示した。大連市全体における窒素酸化物の年平均値は0.031mg/m³であり、国家大気二級基準(0.050mg/m³)を満足しており、この内、金州区では年平均値が0.064mg/m³と、唯一、基準を超えている。また、大連市区全体の年平均値は0.047mg/m³と基準は満たしているが、青泥窪橋の0.052mg/m³と基準を上回っており、市区における他の地点と比較して高い値となっている。

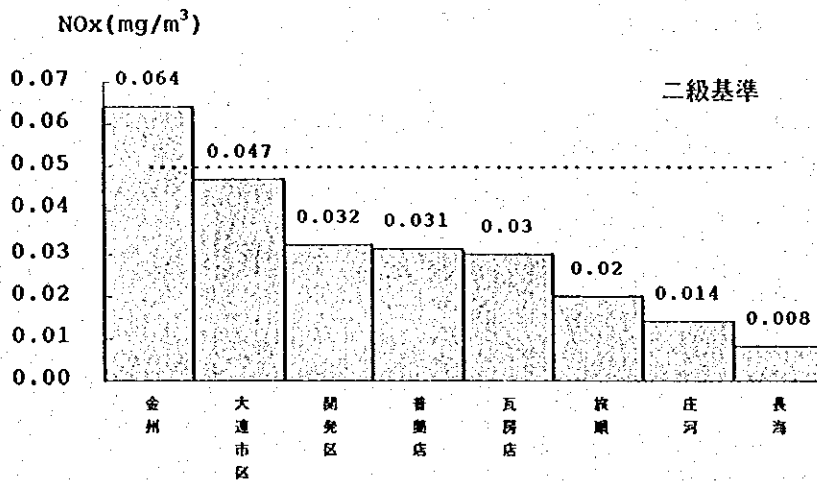


図 2.3.2-9 大連市における窒素酸化物汚染状況

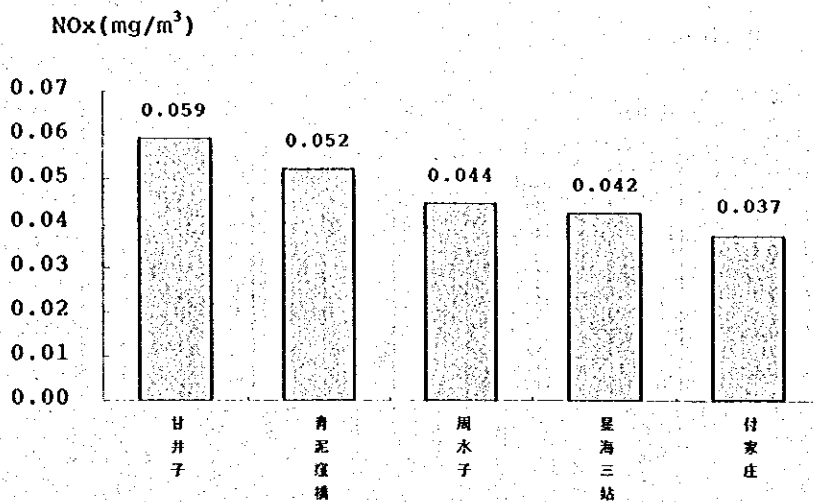


図 2.3.2-10 大連市区における窒素酸化物汚染状況

6) 一酸化炭素 (CO)

1998 年の大連市区の一酸化炭素汚染状況を図 2.3.2-11 に示した。大連市区全体の
一酸化炭素の年平均値は $1.89\text{mg}/\text{m}^3$ であり、この値から類推される日平均値レベル
は約 2 倍の $4.00\text{mg}/\text{m}^3$ 弱と考えられるので、国家大気二級基準 ($4.00\text{mg}/\text{m}^3$) よりわ
ずかに低い状況であると判断できる。このうち年平均値の最高は青泥窪橋で、日平
均への換算を考えると、基準を超えていると思われる。

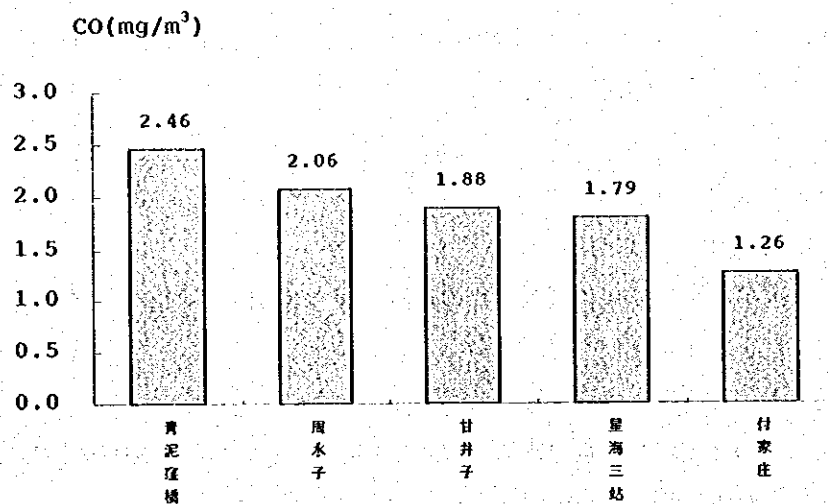


図 2.3.2-11 大連市区における一酸化炭素汚染状況

2.3.3 現地調査

大連市の大気汚染の現状を把握するために、大気質及び気象に関する現地調査を実施した。大気質の測定は、大連市の既存の大気質常時監視局（5局）において新規に大気質と気象の測器を設置し、測定を実施した。また、気象の測定局として6局を新たに設け、測定を行った。道路沿道の大気質に関しては移動観測車による測定を実施した。さらに、大気質の簡易測定として、1月の暖房期と8月の非暖房期を代表する大気質の濃度測定を目的として、パッシブサンプラーによるNO_x、NO₂、SO₂の濃度測定、降下ばいじんの測定、重金属の測定及びその他の測定を実施した。

(1) 調査方法

1) 調査地点及び調査項目

① 一般大気質及び気象測定

一般大気質及び気象の調査地点の位置を図 2.3.3-1 に示し、各調査地点における測定項目を表 2.3.3-1 に示す。

② 沿道大気質測定

大気質の移動観測地点の位置を図 2.3.3-2 に示し、各調査地点の接している道路及び測定期間などの測定状況を表 2.3.3-2 に示す。

③ 簡易測定

パッシブサンプラーによる測定、降下ばいじん、金属測定、その他の項目の簡易測定の位置を図 2.3.3-3 に示し、各調査地点における調査項目を表 2.3.3-3 に示す。

表 2.3.3-1 一般大気質及び気象の調査項目

地点名	大気質	気象
大気1号	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , HC, SPM	風向・風速, 気温・湿度, 気圧
大気2号	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , HC, SPM	風向・風速, 気温・湿度, 気圧, 紫外線, 日射, 放射収支
大気3号	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , HC, SPM	風向・風速, 気温・湿度, 気圧
大気4号	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , HC, SPM	風向・風速, 気温・湿度, 気圧
大気5号	SO ₂ , NO _x , CO, O ₃ , HC, SPM	風向・風速, 気温・湿度, 気圧
気象1号		風向・風速, 湿度
気象2号		風向・風速
気象3号		風向・風速, 湿度
気象4号		風向・風速, 気温・湿度, 気圧
気象5号		風向・風速
TV塔		風向・風速, 温度差(250-300m), 温度差(200-300m), 温度(300m)

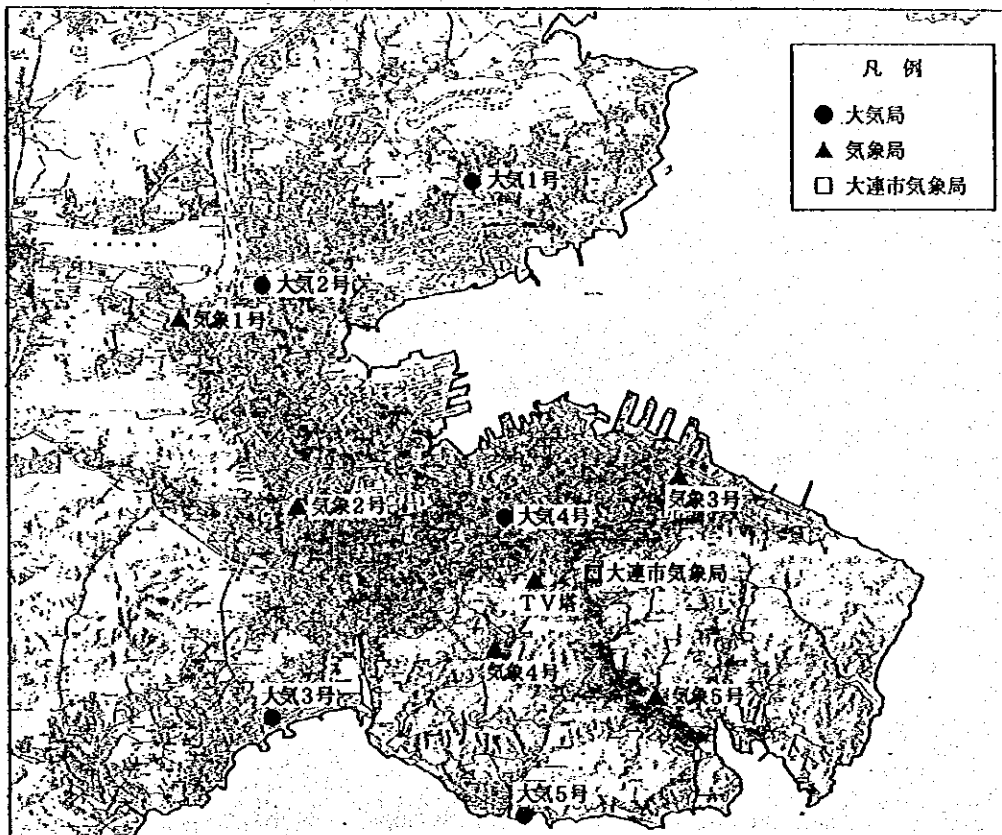


図 2.3.3-1 調査地点 (一般大気質及び気象)

表 2.3.3-2 沿道大気質測定の測定状況

地点番号	調査地点名称	道路名	測定期間
1	泡崖新区	松江路、西北路交差点	1999. 5. 12~20
2	荣盛広場	五惠路、解放路交差点	1999. 5. 24~6. 1
3	市営処	中山路、東北路交差点	1999. 6. 1~6. 9
4	華宮	東北路、黄河路交差点	1999. 6. 9~17
5	口腔医院	西安路、長江路交差点	1999. 6. 17~24
6	春柳	西南路、華北路交差点	1999. 6. 28~7. 6
7	四院前	松江路東段	1999. 7. 6~7. 14
8	医大附属二院	中山路西段	1999. 7. 15~23
9	付家庄	滨海西路	1999. 7. 23~31
10	三八広場	五五路	1999. 7. 31~8. 8
11	北京街小区	九三街	1999. 8. 25~9/2
12	棒垂島	滨海東路	1999. 9. 2~9. 10
13	遼師成教中心	黄河路	(1999. 10. 9~16予定)

注) 地点番号13のデータは未収集 (10月末現在)

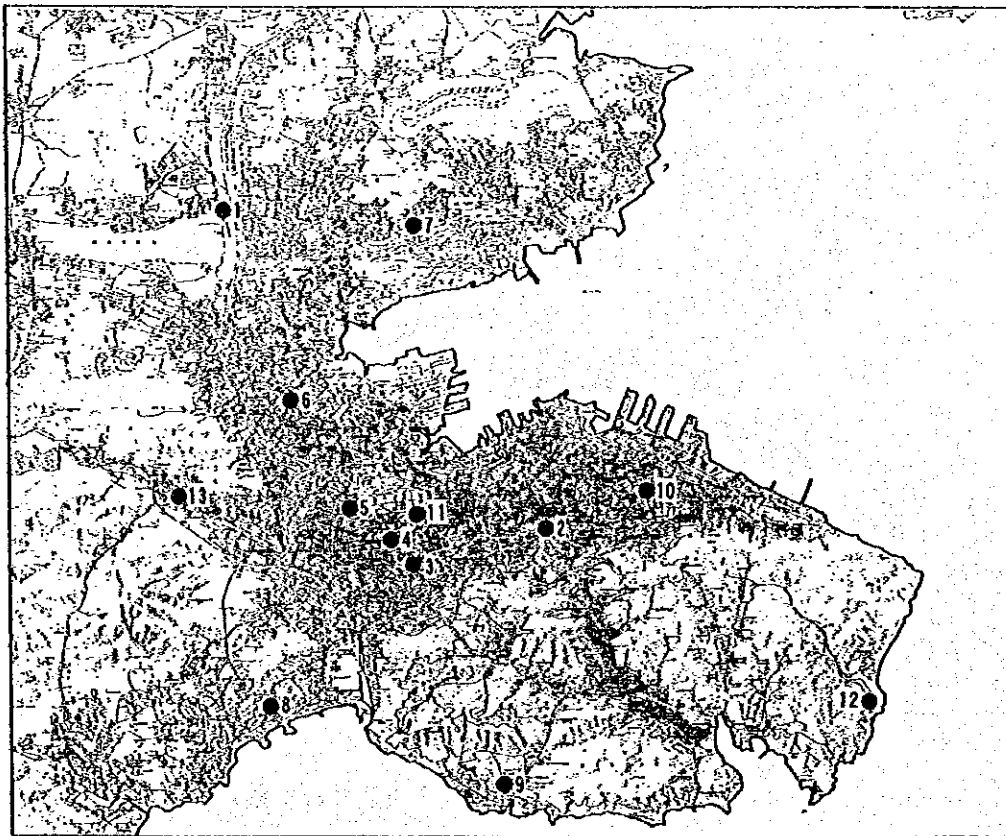


図 2.3.3-2 調査地点 (沿道大気質)

表 2.3.3-3 大気質簡易測定の調査項目

地点番号	場所	PM ₁₀ 測定	降下ばいじん	金属測定	その他
1	甘井子工業区 (大気1号)	○	○	○	○
2	山中村	○	○	○	○
3	第二発電所	○	○	○	○
4	大副液化気站	○	○	○	○
5	金家街	○	○	○	○
6	周水子 (大気2号)	○	○	○	○
7	泡崖小区	○	○	○	○
8	青泥窪橋 (大気4号)	○	○	○	○
9	天津街	○	○	○	○
10	三八広場	○	○	○	○
11	二七広場 (気象3号)	○	○	○	○
12	青泥窪橋	○	○	○	○
13	北港橋	○	○	○	○
14	西崗居民区	○	○	○	○
15	五一広場工業区	○	○	○	○
16	口控医院	○	○	○	○
17	砂河口火車站	○	○	○	○
18	墨海三站 (大気3号)	○	○	○	○
19	理工大学	○	○	○	○
20	南抄工業区	○	○	○	○
21	春柳小区	○	○	○	○
22	第二百貨	○	○	○	○
23	周水子 (気象1号)	○	○	○	○
24	付家庄 (大気5号)	○	○	○	○
25	仲夏香舍	○	○	○	○
26	桃源街 (気象5号)	○	○	○	○
27	石葵路 (気象4号)	○	○	○	○
28	白山路	○	○	○	○
29	大連市体委	○	○	○	○
30	華宮	○	○	○	○

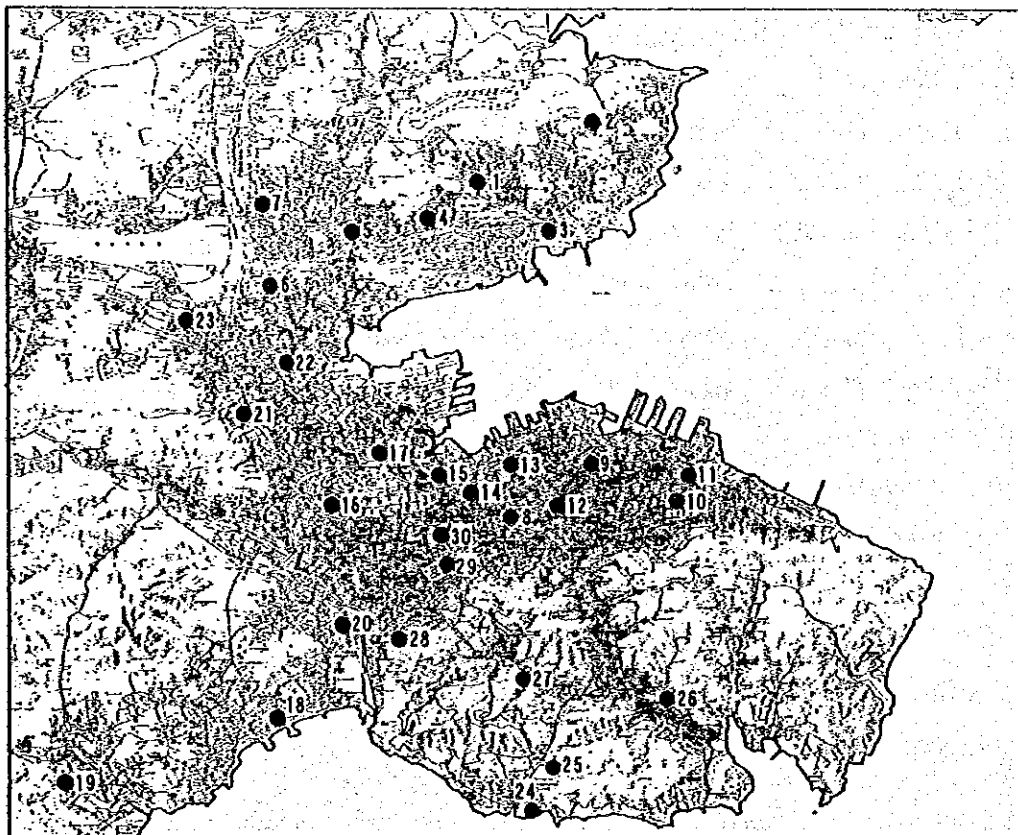


図 2.3.3-3 調査地点 (大気質簡易測定)

2) 測定局の保守管理

本調査実施にあたり正確なデータを収集するために大連市側のカウンターパートに次の点を留意するように提案した。測定局（一般大気質、気象、沿道大気質）の保守管理方法の概要は以下のとおりである。測器の保守管理上、留意する点を表 2.3.3-4 に示す。

① 日常確認

中央監視装置による測定値の確認を、少なくとも午前・午後の 1 日 2 回以上行い、常値を発見した場合は早急に原因を調査し対処する。

② 日常点検

測定器の状況を確認するために最低 1 週間に 1 回は測定局を巡回して、前回点検後の異常の有無を測定記録等により確認するとともに、必要に応じて消耗品の交換を行う。

③ 定期点検

測定器メーカーの管理基準を参考にし、定期的な部品交換を行う。この際、測定地域の環境により交換必要時期が早くなる場合があるため、実際の運用においては適切な期間を把握することが必要となる。

④ 点検簿の管理

点検簿を各測定局に置き、測定器の点検を実施した場合は点検日時・点検者氏名・点検内容・欠測時間等を記入するとともに、測定器別の点検結果表にも点検者氏名・点検内容・欠測時間・故障状況等を記入して、事務所に管理する。

⑤ 点検計画表の作成（月間・年間）

すべての測定器を手落ちなく点検・整備するために、各測定器ごとに定められた管理基準に従って保守計画を立てる。

⑥ 測定値の確定

中央監視装置に収集されたデータには、さまざまな状態のデータが含まれている可能性があり、測定値の信頼性を向上させるためには、測定値の確定作業が必要となる。

中央監視装置の収集データと各測定器の記録紙の照合を行い、必要に応じてデータの修正（測定値修正・欠測処理）を行う。

点検簿の内容を参考にして機器の稼働状況を確認し、必要に応じて欠測処理を行う。異常と思われる測定値を以下の判断基準を参考にして検出（データスクリーニング）して、データの修正処理を行う。

- ・測定値の変化量によるもの。
- ・同測定局の過去の確定データとの比較によるもの。
- ・同測定局の他の測定項目との比較によるもの。
- ・他の測定局の同測定項目との比較によるもの（地域特性を考慮する必要がある）。

表 2.3.3-4 測器の保守管理上の留意点

《二氧化硫黄》

状 況	現 象	対 処
<ul style="list-style-type: none"> ・試料導入管またはフィルターの汚れ ・試料採取管、導入配管に水の付着 ・試料が流れていない ・活性炭不良 ・測定セル汚れ ・光源ランプ不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・指示低下 ・ゼロドリフト ・指示低下または変動が不自然 	<ul style="list-style-type: none"> ・清掃または交換 ・配管清掃 ・ポンプの点検 ・活性炭交換 ・セル清掃 ・ランプ交換

《窒素酸化物》

状 況	現 象	対 処
<ul style="list-style-type: none"> ・試料導入管またはフィルターの汚れ ・試料採取管、導入配管に水の付着 ・試料が流れていない ・O3発生流量低下 ・触媒不良 ・測定セル汚れ ・光源ランプ不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・指示低下 ・NO・NO2の差がなくなる ・指示低下または変動が不自然 	<ul style="list-style-type: none"> ・清掃または交換 ・配管清掃 ・ポンプの点検 ・O3流路等点検 ・触媒交換 ・セル清掃 ・ランプ交換

《一酸化炭素》

状 況	現 象	対 処
<ul style="list-style-type: none"> ・試料導入管またはフィルターの汚れ ・試料採取管、導入配管に水の付着 ・試料が流れていない ・測定セル汚れ ・光源ランプ不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・指示低下 ・指示低下または変動が不自然 	<ul style="list-style-type: none"> ・清掃または交換 ・配管清掃 ・ポンプの点検 ・セル清掃 ・ランプ交換

《オゾン》

状 況	現 象	対 処
<ul style="list-style-type: none"> ・試料導入管またはフィルターの汚れ ・試料採取管、導入配管に水の付着 ・試料が流れていない ・測定セル汚れ ・光源ランプ不良 	<ul style="list-style-type: none"> ・指示低下 ・指示低下または変動が不自然 	<ul style="list-style-type: none"> ・清掃または交換 ・配管清掃 ・ポンプの点検 ・セル清掃 ・ランプ交換

(2) 気象観測結果

1) 気象概況

観測期間中の各気象要素の月別統計値を測定局毎にまとめたものを表 2.3.3-5 に示す。この地域の 1999 年 1 月～8 月の気象概況の主な特徴を挙げると、冬季は気圧が高く、北北西～北の風が卓越し、低温で乾燥している。気温・相対湿度は期間中で 1 月が最も低く平均気温はおよそ-1～0℃程度、平均湿度は 50%強である。春季は、風向が卓越風向が東～南に代わり、気温・湿度は急激に上昇する。ただし、相対湿度は 5 月に急減している。夏季はやはり東～南の風向が多く、風速は弱い。また、気圧が低く、高温多湿である。特に、7 月は気圧が最も低く、気温・湿度はそれぞれ 25～26℃、75%前後と期間中で最も高かった。

以下に各気象要素の季節変化及び地点間の差異について述べる。

表 2.3.3-5(1) 各気象要素の月別統計値

測定局：大気1号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月～8月
平均現地気圧 (hPa)	1017.2	1019.5	1015.7	1011.1	1006.4	1003.3	1000.5	1003.9	1009.6
標準偏差	8.3	5.2	5.6	4.3	4.6	2.8	3.4	3.5	8.3
平均気温 (°C)	-0.8	1.1	4.1	10.4	17.7	22.2	25.9	25.8	13.6
標準偏差	4.5	3.9	4.0	4.3	3.6	4.3	3.5	2.3	11.0
最高気温の平均 (°C)	2.1	4.0	7.6	14.2	21.7	26.0	29.2	28.9	17.2
標準偏差	4.5	3.9	3.7	4.3	3.6	4.7	3.8	1.7	11.1
最低気温の平均 (°C)	-3.3	-2.2	1.1	6.9	14.2	18.9	23.2	23.1	10.7
標準偏差	4.2	3.2	3.7	2.9	2.3	2.7	2.2	1.6	10.7
階級別日数 (日)									
日最低気温 < 0.0°C	18	17	12						47
日平均気温 < 0.0°C	13	9	4						26
日最高気温 < 0.0°C	9	5							14
日最低気温 ≥ 25.0°C						1	7	4	12
日平均気温 ≥ 25.0°C						6	20	25	51
日最高気温 ≥ 25.0°C					4	17	26	30	77
日最高気温 ≥ 30.0°C						7	14	9	30
平均相対湿度 (%)	50.6	53.0	60.5	68.0	54.2	65.0	73.9	69.7	62.1
標準偏差	16.5	20.7	20.2	21.2	23.9	20.1	14.2	14.5	20.7
平均風速 (m/s)	1.6	1.7	2.2	2.1	2.3	2.0	2.0	2.0	2.0
標準偏差	1.5	1.1	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
最多風向と頻度 (%)	WSW 22	WSW 17	SSW 21	ESE 28	ESE 18	ESE 21	ESE 21	ESE 18	ESE 16
階級別日数 (日)									
日最大風速 ≥ 10.0m/s	1								1
≥ 15.0m/s									
≥ 20.0m/s									
≥ 30.0m/s									

表 2.3.3-5(2) 各気象要素の月別統計値

測定局：大気2号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均現地気圧 (hPa)	1018.9	1018.8	1013.9	1009.3	1005.3	1001.9	999.2	1002.5	1008.6
標準偏差	5.8	4.3	6.1	3.7	4.2	2.8	3.3	3.4	8.4
平均気温 (°C)	-1.0	0.9	4.0	10.6	17.6	22.4	26.1	25.8	13.4
標準偏差	4.5	4.1	4.1	4.3	3.8	4.4	3.7	3.0	11.3
最高気温の平均 (°C)	2.3	4.5	7.5	15.1	21.8	26.9	30.3	30.0	17.3
標準偏差	4.4	3.9	3.9	4.0	3.8	4.8	3.8	2.3	11.6
最低気温の平均 (°C)	-4.5	-2.8	0.2	6.9	13.4	18.5	22.9	22.5	9.7
標準偏差	3.8	3.0	3.4	2.8	2.4	2.4	2.1	2.0	11.0
階級別日数 (日)									
日最低気温 < 0.0°C	26	21	11	1					59
日平均気温 < 0.0°C	17	11	4						32
日最高気温 < 0.0°C	10	5	1						16
日最低気温 ≥ 25.0°C							5	2	7
日平均気温 ≥ 25.0°C						6	23	21	50
日最高気温 ≥ 25.0°C					5	18	29	30	82
日最高気温 ≥ 30.0°C						8	19	16	43
平均相対湿度 (%)	53.8	54.4	61.0	68.1	55.3	64.8	73.3	70.8	62.9
標準偏差	16.5	20.1	20.1	20.4	23.7	19.9	14.8	15.1	20.3
平均全日射量 (MJ/m ²)	0.91	0.98	1.10	1.19	1.31	1.30	1.28	1.37	1.20
標準偏差	0.59	0.75	0.87	0.98	1.09	1.06	1.00	0.94	0.95
平均放射収支量 (MJ/m ²)	-0.24	-0.21	-0.15	-0.15	-0.19	-0.19	-0.15	-0.18	-0.19
標準偏差	0.08	0.08	0.10	0.10	0.09	0.07	0.06	0.08	0.09
平均紫外線量 (MJ/m ²)	0.03	0.04	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05
標準偏差	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04
平均風速 (m/s)	2.9	3.4	4.2	3.5	3.2	2.4	2.3	2.6	3.0
標準偏差	1.9	2.4	2.7	2.0	1.7	1.3	1.1	1.4	1.9
最多風向と頻度 (%)	NNW 32	NNW 26	SSE 25	ESE 25	SSE 18	ESE 14	E 18	NW 13	NNW 16
階級別日数 (日)									
日最大風速 ≥ 10.0m/s		3	9	3					15
≥ 15.0m/s									
≥ 20.0m/s									
≥ 30.0m/s									

表 2.3.3-5(3) 各気象要素の月別統計値

測定局：大気3号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均現地気圧 (hPa)	1017.9	1018.9	1013.3	1009.6	1005.0	1001.8	999.0	1002.4	1008.4
標準偏差	5.6	4.3	5.7	4.1	5.1	2.8	3.3	3.4	8.3
平均気温 (°C)	-0.5	1.0	3.7	9.8	16.8	21.0	25.1	25.3	12.9
標準偏差	4.5	3.8	3.6	3.5	2.9	3.3	2.7	2.1	10.5
最高気温の平均 (°C)	2.2	3.7	6.3	13.4	20.3	24.0	27.7	27.9	15.8
標準偏差	4.3	3.8	3.0	3.2	2.8	3.5	3.1	1.8	10.6
最低気温の平均 (°C)	-3.4	-2.0	1.0	6.9	13.8	18.2	22.8	23.0	10.1
標準偏差	4.0	3.2	3.5	2.8	1.9	1.8	1.9	1.6	10.6
階級別日数 (日)									
日最低気温 < 0.0°C	22	17	11						50
日平均気温 < 0.0°C	16	10	4						30
日最高気温 < 0.0°C	9	5	2						16
日最低気温 ≥ 25.0°C							2	4	6
日平均気温 ≥ 25.0°C						2	20	18	40
日最高気温 ≥ 25.0°C						12	27	30	69
日最高気温 ≥ 30.0°C						1	5	5	11
平均相対湿度 (%)	51.8	53.7	62.8	69.5	57.5	69.5	76.0	73.1	64.3
標準偏差	16.4	21.1	20.6	19.2	22.5	17.6	12.7	12.2	20.0
平均風速 (m/s)	2.5	2.7	2.8	2.4	2.3	1.4	1.5	2.0	2.2
標準偏差	1.8	2.1	2.1	2.3	1.9	1.0	1.0	1.3	1.8
最多風向と頻度 (%)	NNW 35	NNW 27	NNW 27	NNW 21	SSE 15	SE 19	SE 15	ESE 14	NNW 18
階級別日数 (日)									
日最大風速 ≥ 10.0m/s		1	2	4	1				8
≥ 15.0m/s					1				1
≥ 20.0m/s									
≥ 30.0m/s									

表 2.3.3-5(4) 各気象要素の月別統計値

測定局：大気4号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均現地気圧 (hPa)	1021.4	1021.5	1016.2	1010.9	1007.1	1003.3	1000.5	1004.0	1010.5
標準偏差	5.9	4.2	5.8	4.8	4.6	2.8	3.4	3.4	8.9
平均気温 (°C)	0.4	1.6	4.6	11.3	18.0	22.6	26.1	25.8	14.0
標準偏差	4.4	3.8	3.8	4.1	3.4	4.0	3.2	2.2	10.7
最高気温の平均 (°C)	2.9	4.2	7.4	15.0	21.5	26.0	29.1	28.6	17.1
標準偏差	4.3	3.7	3.7	3.8	3.1	4.2	3.3	1.8	10.9
最低気温の平均 (°C)	-2.2	-1.4	1.7	7.8	14.3	19.5	23.5	23.5	11.1
標準偏差	4.1	3.1	3.4	3.1	3.5	2.6	2.2	1.5	10.6
階級別日数 (日)									
日最低気温 < 0.0°C	17	18	8						43
日平均気温 < 0.0°C	12	8	4						24
日最高気温 < 0.0°C	8	5							13
日最低気温 ≥ 25.0°C						1	9	5	15
日平均気温 ≥ 25.0°C						7	23	26	56
日最高気温 ≥ 25.0°C					5	19	27	30	81
日最高気温 ≥ 30.0°C						6	15	8	29
平均相対湿度 (%)	51.4	52.0	58.8	63.1	52.6	61.9	71.4	69.6	60.2
標準偏差	15.7	19.4	19.4	20.4	22.8	19.4	14.1	13.6	19.7
平均風速 (m/s)	1.3	1.5	2.1	1.9	1.9	1.5	1.4	1.5	1.6
標準偏差	0.7	1.0	1.4	1.3	1.2	1.0	0.8	0.9	1.1
最多風向と頻度 (%)	WNW 24	WNW 29	SSE 36	SSE 34	SSE 25	SSE 23	SSE 28	SSE 27	SSE 26
階級別日数 (日)									
日最大風速 ≥ 10.0m/s									
≥ 15.0m/s									
≥ 20.0m/s									
≥ 30.0m/s									

表 2.3.3-5(5) 各気象要素の月別統計値

測定局：大気5号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均現地気圧 (hPa)	1019.4	1021.0	1015.6	1011.1	1006.7	1003.3	1000.5	1003.8	1010.1
標準偏差	6.9	4.4	5.8	4.3	4.3	2.8	3.3	3.4	8.6
平均気温 (°C)	0.2	0.6	4.1	9.8	16.2	20.4	24.6	25.1	12.8
標準偏差	2.2	1.8	3.5	3.4	2.6	2.8	2.4	1.9	10.0
最高気温の平均 (°C)	1.6	1.8	6.6	13.2	19.4	23.2	26.9	27.7	15.3
標準偏差	1.9	1.6	3.1	3.5	2.7	3.1	2.6	1.6	10.4
最低気温の平均 (°C)	-1.0	-0.7	1.5	6.9	13.4	18.0	22.5	23.1	10.7
標準偏差	2.1	1.7	3.5	2.7	1.6	1.7	1.8	1.5	9.7
階級別日数 (日)									
日最低気温 < 0.0°C	17	18	9						44
日平均気温 < 0.0°C	13	8	4						25
日最高気温 < 0.0°C	6	5							11
日最低気温 ≥ 25.0°C							3	4	7
日平均気温 ≥ 25.0°C							18	15	34
日最高気温 ≥ 25.0°C						10	25	30	65
日最高気温 ≥ 30.0°C							3	1	4
平均相対湿度 (%)	51.6	55.2	63.1	70.1	59.9	70.3	76.9	73.6	65.2
標準偏差	17.5	22.1	20.5	18.9	22.3	16.7	11.8	11.9	20.0
平均風速 (m/s)	3.4	3.3	3.7	3.1	3.1	2.4	2.3	2.6	3.0
標準偏差	2.0	1.9	2.0	2.1	1.8	1.9	1.7	1.4	1.9
最多風向と頻度 (%)	NNE 23	WNW 19	ESE 25	ESE 29	ESE 23	ESE 23	ESE 22	ESE 22	ESE 20
階級別日数 (日)									
日最大風速 ≥ 10.0m/s	2	2	2	3		1	1		11
≥ 15.0m/s									
≥ 20.0m/s									
≥ 30.0m/s									

表 2.3.3-5(6) 各気象要素の月別統計値

測定局: 気象1号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均相対湿度 (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
標準偏差	-	-	-	-	-	-	-	-	-
平均風速 (m/s)	2.5	2.8	3.2	3.0	2.7	2.0	2.0	-	2.6
標準偏差	2.0	2.5	2.5	2.1	1.7	1.3	1.2	1.2	2.0
最多風向と頻度 (%)	N 19	N 17	N 14	ESE 14	W 16	E 15	E 19	-	W 13
階級別日数 (日)									
日最大風速 \geq 10.0m/s		1	5	2					8
\geq 15.0m/s									
\geq 20.0m/s									
\geq 30.0m/s									

表 2.3.3-5(7) 各気象要素の月別統計値

測定局: 気象2号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均風速 (m/s)	2.7	2.9	3.5	3	2.9	2.1	2.0	2.2	2.7
標準偏差	1.6	1.9	2.1	1.9	1.5	1.3	1.1	1.1	1.7
最多風向と頻度 (%)	NNW 21	NNW 20	S 27	S 24	S 22	S 24	S 24	S 21	S 21

表 2.3.3-5(8) 各気象要素の月別統計値

測定局: 気象3号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均相対湿度 (%)	48.0	47.3	53.4	50.7	46.8	57.8	65.7	65.3	54.6
標準偏差	14.6	16.8	16.9	12.9	19.2	17.0	12.4	12.8	17.4
平均風速 (m/s)	2.3	2.5	3.0	3.4	2.7	2.4	2.0	2.2	2.5
標準偏差	1.2	1.4	1.7	1.8	1.5	1.4	1.1	1.1	1.4
最多風向と頻度 (%)	N 28	N 27	N 27	-	S 19	SW 21	SW 16	SW 16	N 16

表 2.3.3-5(9) 各気象要素の月別統計値

測定局: 気象4号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均現地気圧 (hPa)	1014.4	1014.6	1009.6	1005.3	1000.4	998.6	995.9	999.3	1004.8
標準偏差	5.8	4.3	5.8	4.7	3.0	2.8	3.3	3.4	8.3
平均気温 (°C)	-1.1	0.6	3.4	8.6	17.1	21.6	25.3	25.0	12.7
標準偏差	4.5	3.8	3.9	3.6	3.0	3.9	3.2	2.4	11.3
最高気温の平均 (°C)	1.7	3.6	6.4	-	-	25.4	28.4	28.1	16.0
標準偏差	4.2	3.8	3.6	-	-	4.2	3.3	1.9	11.4
最低気温の平均 (°C)	-4.4	-2.5	0.3	-	-	18.2	22.4	22.3	9.7
標準偏差	3.9	3.0	3.6	-	-	2.2	2.3	1.8	11.2
階級別日数 (日)									
日最低気温 < 0.0°C	26	18	14	1					59
日平均気温 < 0.0°C	17	12	4						33
日最高気温 < 0.0°C	11	5	3						19
日最低気温 \geq 25.0°C							5		5
日平均気温 \geq 25.0°C							19	15	39
日最高気温 \geq 25.0°C							17	26	73
日最高気温 \geq 30.0°C							5	6	20
平均相対湿度 (%)	52.9	54.0	61.4	66.9	61.7	65.6	74.9	73.9	64.0
標準偏差	17.5	21.4	20.8	21.5	20.8	20.4	14.9	14.6	20.5
平均風速 (m/s)	1.6	1.9	2.4	2.2	2.1	1.6	1.5	1.8	1.9
標準偏差	1.0	1.2	1.4	1.3	1.1	1.0	0.8	1.0	1.1
最多風向と頻度 (%)	N 26	N 22	S 26	-	-	S 16	N 17	N 17	N 18

表 2.3.3-5(10) 各気象要素の月別統計値

測定局：気象5号

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均風速 (m/s)	2.0	2.3	2.6	2.4	2.2	1.7	1.7	1.9	2.1
標準偏差	1.3	1.6	1.6	1.5	1.2	1.0	0.9	1.0	1.3
最多風向と頻度 (%)	NW 17	NNW 19	NNW 17	E 16	E 12	SW 13	E 14	E 12	E 11
階級別日数 (日)									
日最大風速 ≥ 10.0 m/s		1							1
≥ 15.0 m/s									
≥ 20.0 m/s									
≥ 30.0 m/s									

表 2.3.3-5(11) 各気象要素の月別統計値

測定局：TV塔

要素	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	1月~8月
平均気温 (°C)	-2.3	-0.6	2.1	9.8	16.4	21.5	24.5	23.8	12.0
標準偏差	4.6	4.2	4.2	4.4	3.1	3.8	3.0	2.1	11.1
最高気温の平均 (°C)	0.1	2.1	4.6	13.4	19.4	24.3	27.0	26.3	14.8
標準偏差	4.4	3.9	4.0	3.9	2.6	3.5	3.2	2.2	11.1
最低気温の平均 (°C)	-4.3	-3.2	-0.5	6.5	13.4	18.9	22.1	21.7	9.4
標準偏差	4.6	3.9	4.1	4.0	2.3	3.5	2.3	1.5	11.0
階級別日数 (日)									
日最低気温 < 0.0°C	22	20	15	2					59
日平均気温 < 0.0°C	18	16	10						44
日最高気温 < 0.0°C	12	7	4						23
日最低気温 ≥ 25.0 °C						1	2		3
日平均気温 ≥ 25.0 °C						6	14	9	29
日最高気温 ≥ 25.0 °C						13	24	24	61
日最高気温 ≥ 30.0 °C						2	4	1	7
平均風速 (m/s)	5.8	6.6	6.9	7.0	6.4	5.6	3.9	4.3	5.8
標準偏差	2.7	3.2	3.9	4.0	3.3	3.1	2.5	2.4	3.3
最多風向と頻度 (%)	NNW 22	N 18	S 22	NNW 16	NNW 11	SSW 16	S 14	NNW 13	NNW 13
階級別日数 (日)									
日最大風速 ≥ 10.0 m/s	12	16	21	22	20	17	6	3	117
≥ 15.0 m/s		1	7	7	4	1			20
≥ 20.0 m/s					1				1
≥ 30.0 m/s									

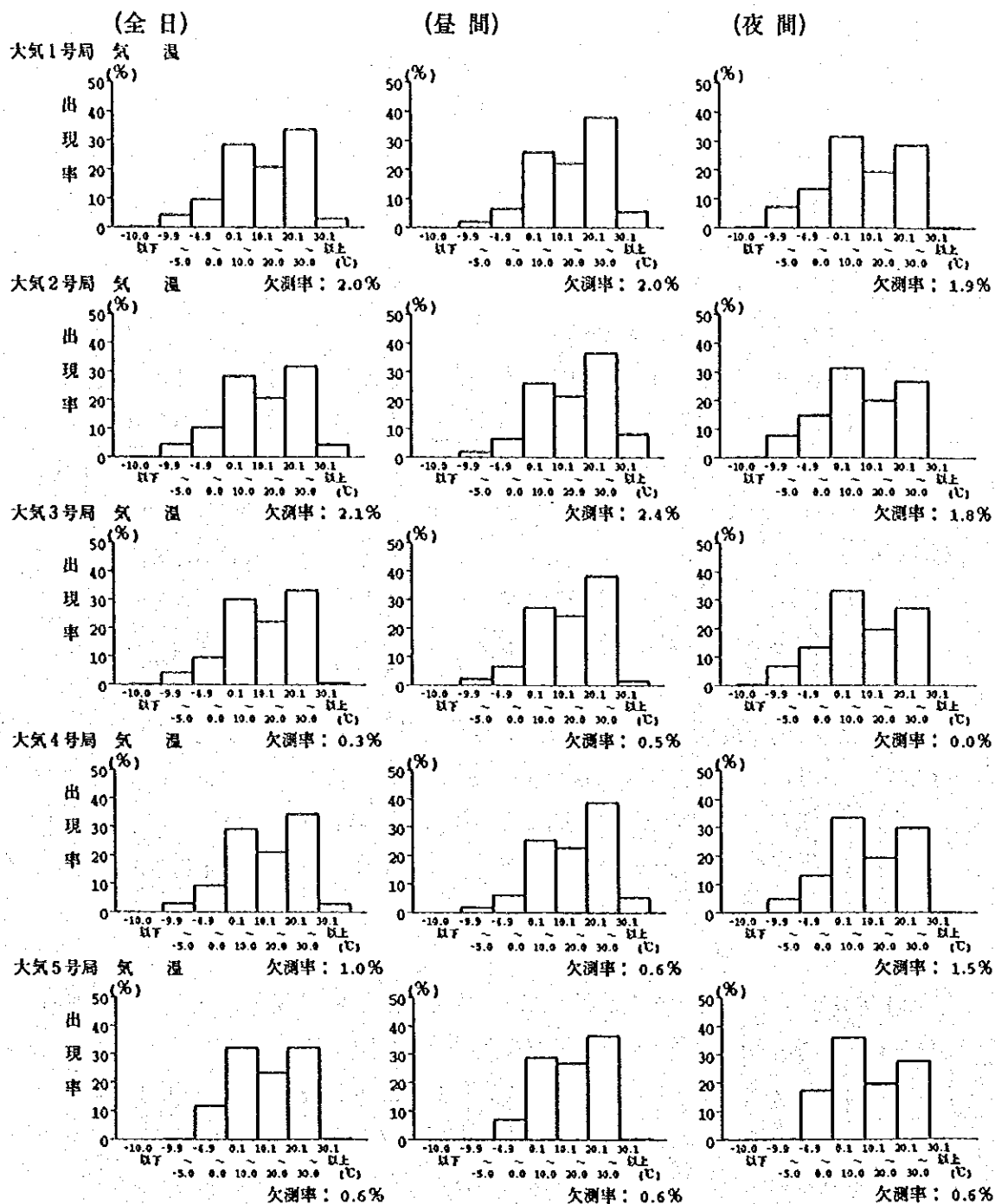
2) 気温

期間中の気温の推移を月平均気温で見ると、最も低温なのは1月で0℃前後、その後も3月までは5℃以下の寒冷な日々が続く。4月から5月にかけては気温が急速に上昇し、6月には20℃を越えるようになる。7月もしくは8月は期間中で気温が最も高く25～26℃である。また、最高気温、最低気温も同様の推移を示し、4月以降の急激な温度上昇が特徴的である。以上の様な気温の推移から、本報告書では1～3月を暖房期、4～8月を非暖房期としている。

TV塔(300m)を除く6つの地点で比較すると、期間中の平均気温で最も気温が低いのは気象4号、最も気温が高いのは大気1号である。暖房期においては、平均気温は気象4号で最も低い値、大気4号で最も高い値を示し、最低気温は大気2号で最も低い値、大気5号で最も高い値を示す。また、最高気温が0℃未満の真冬日の日数は、気象4号で最も多く(19日)、大気5号で最も少ない(11日)。以上に基けば、夜間は標高の低い地点(大気2号、気象4号)で冷却が著しく、商業地区もしくは海岸の地点(大気4号、大気5号)ではあまり気温が下がらない傾向が見られる。これらはそれぞれ、低地での冷気の蓄積、都市構造物および海洋の影響による夜間冷却の緩和によると考えられる。一方、非暖房期についてみると、平均気温では大気4号が最も高く、大気5号もしくは気象4号が最も低い。この傾向は最低気温にも見られるが、最高気温については大気2号が最も高く、大気5号が最も低い。また、最高気温が30℃以上になる真夏日の日数は、大気2号で最も多く(43日)、大気5号で最も少ない(4日)。このような気温の地域差が生じる要因として、大気2号、大気4号については都市構造物あるいは産業活動の影響、大気5号については海洋の影響、気象4号については冷気の蓄積の影響が考えられる。

気温の階級別出現頻度を図2.3.3-4に示す。観測期間全体で見ると、いずれの地点も20.1～30.0℃の階級が最も多く出現し、昼夜間別に見ても同様である。ただし、昼間は30.1℃以上の階級が大気5号とTV局を除く各地点で数%出現し、20.1～30.0℃の階級の頻度のピークがはっきりしているのに対し、夜間は30.1℃以上の階級の頻度はほとんどなく、昼間に比べてより低温側に頻度が分散するのが特徴的である。暖房期は全測定局において0.1℃～5.0℃の階級の頻度が最も多く、非暖房期は全測定局において、20.1℃～30.0℃の階級の頻度が最も多い。暖房期、非暖房期で比較すると、いずれの地点でも、暖房期は全日、昼間、夜間ともに0.1～5.0℃の階級に出現頻度のピークがあり、非暖房期は全日と夜間については20.1～25.0℃の階級、昼間については25.1～30.0℃の階級にピークが見られる。また、非暖房期は暖房期に比べて頻度のばらつきが大きいのが、春の気温の急上昇期を含んでいるためと考えられる。

観測期間：全期間（1999年 1月～ 8月）

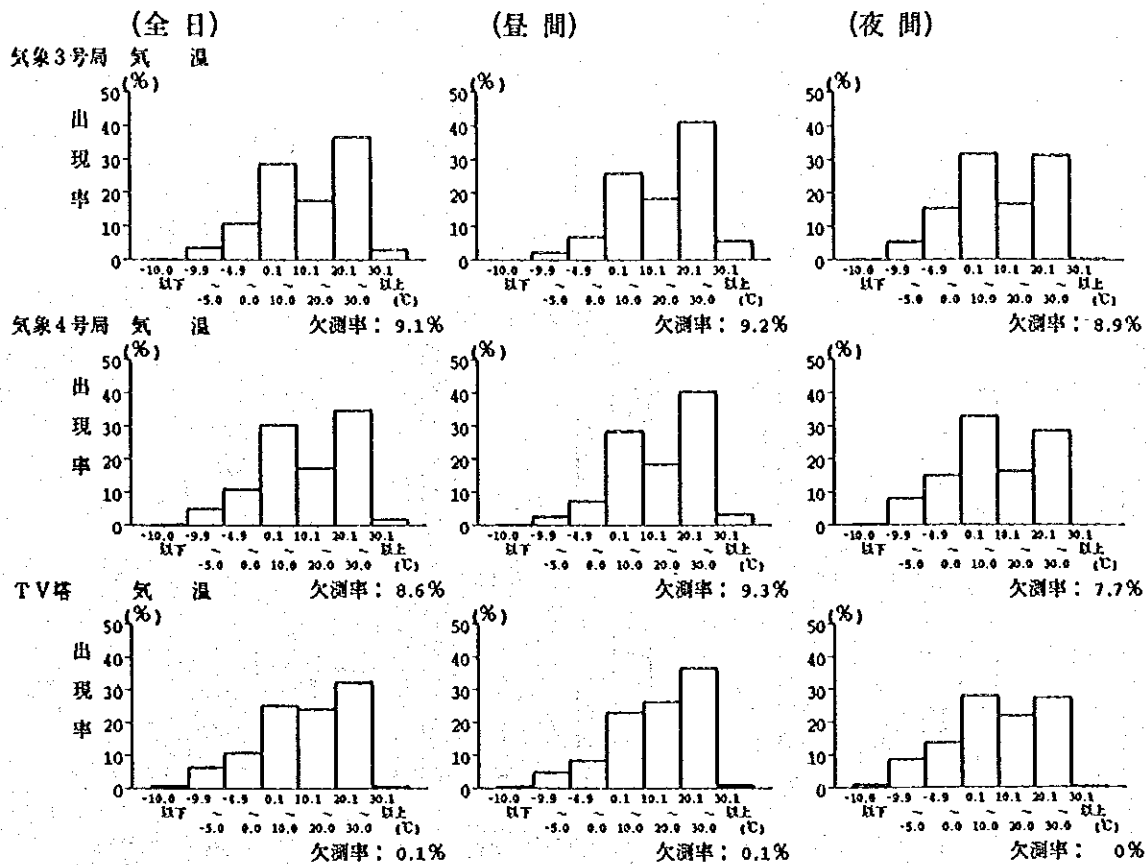


(注) 1. 「0.0」は小数点以下第2位を四捨五入して0.1に満たないものを示す。
 2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-4(1) 気温の階級別出現頻度

観測期間：全期間（1999年 1月～ 8月）

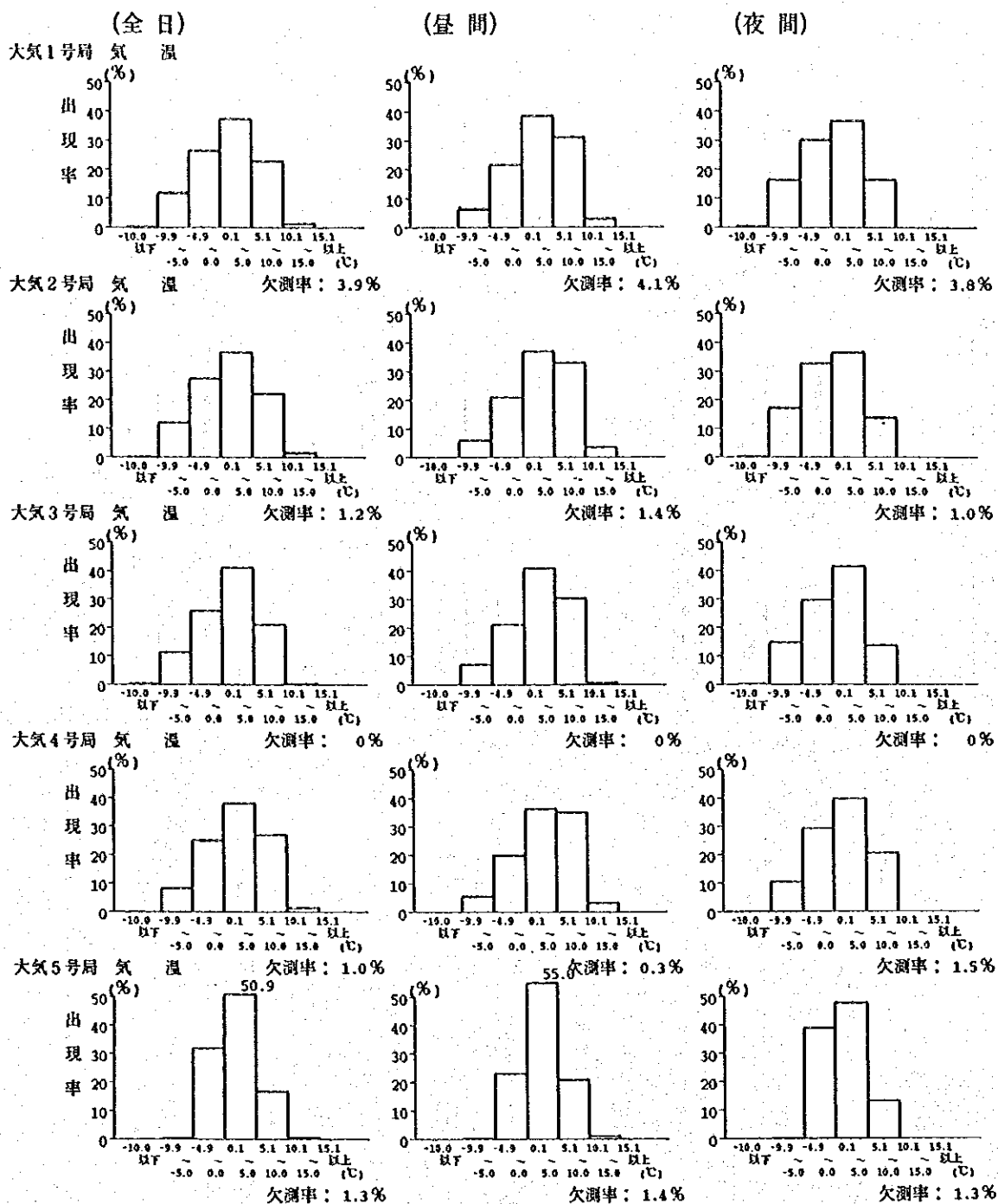


(注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。
 2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-4(2) 気温の階級別出現頻度

観測期間：暖房期（1999年 1月～ 3月）

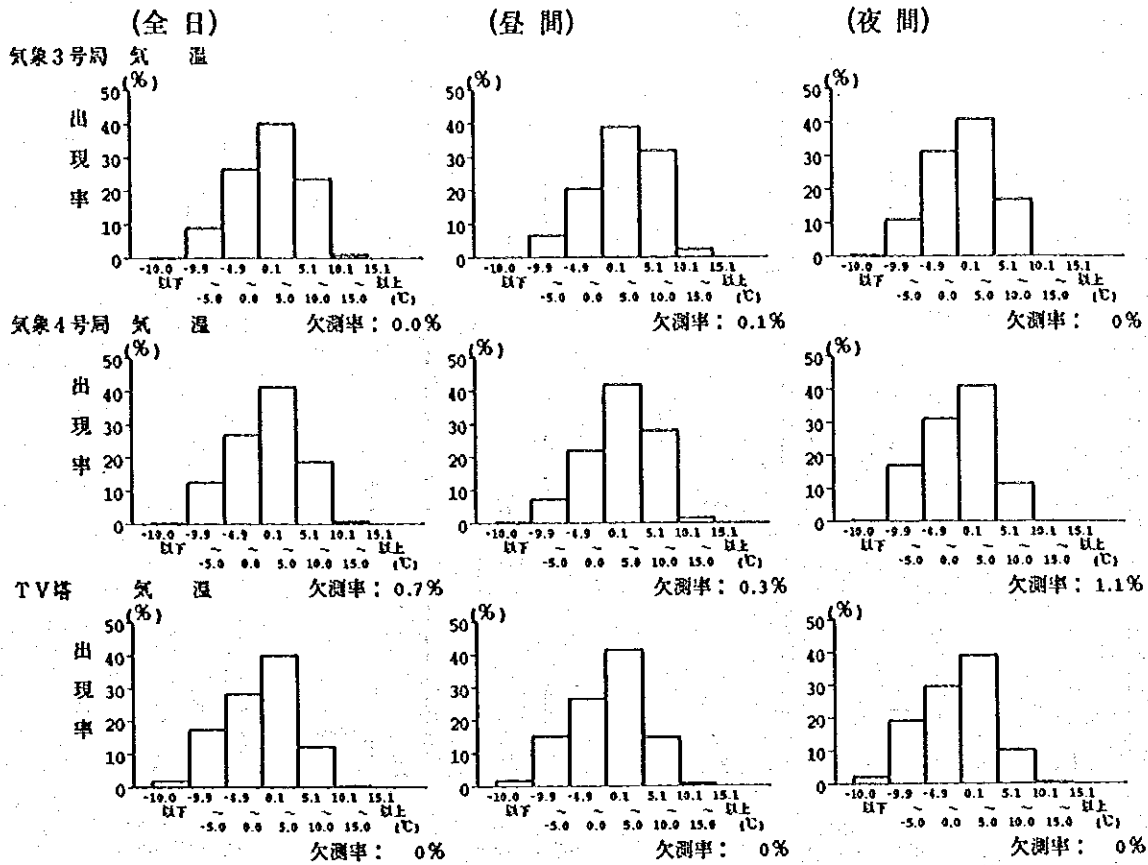


(注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。
 2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時
2月	8時～18時	19時～7時
3月	8時～19時	20時～7時

図 2.3.3-4(3) 気温の階級別出現頻度

観測期間：暖房期（1999年 1月～ 3月）

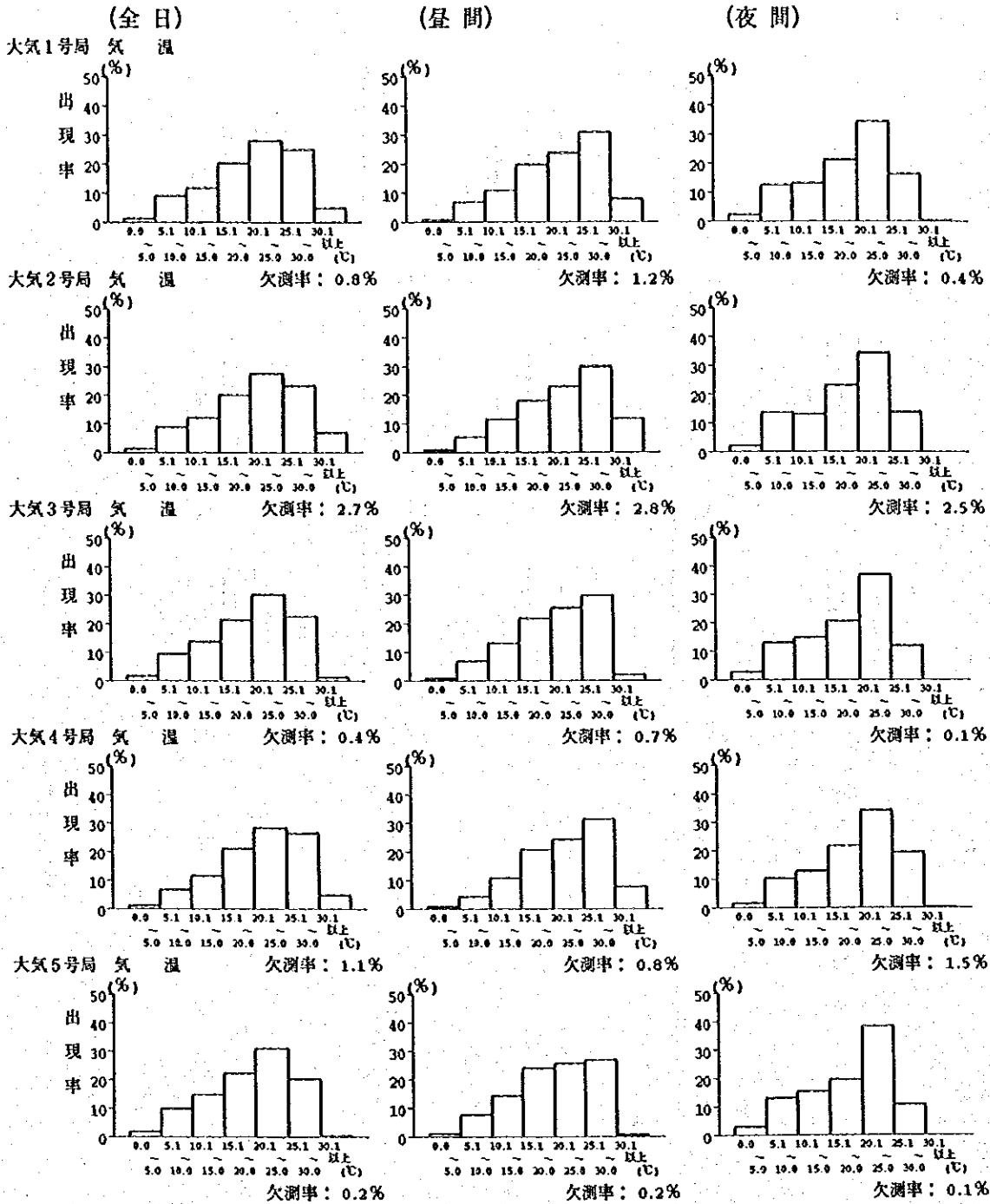


- (注) 1. 「0.0」は小数点以下第2位を四捨五入して0.1に満たないものを示す。
 2. 「0」は出現しなかったことを示す。
 3. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時
2月	8時～18時	19時～7時
3月	8時～19時	20時～7時

図 2.3.3-4(4) 気温の階級別出現頻度

観測期間：非暖房期(1999年 4月～ 8月)

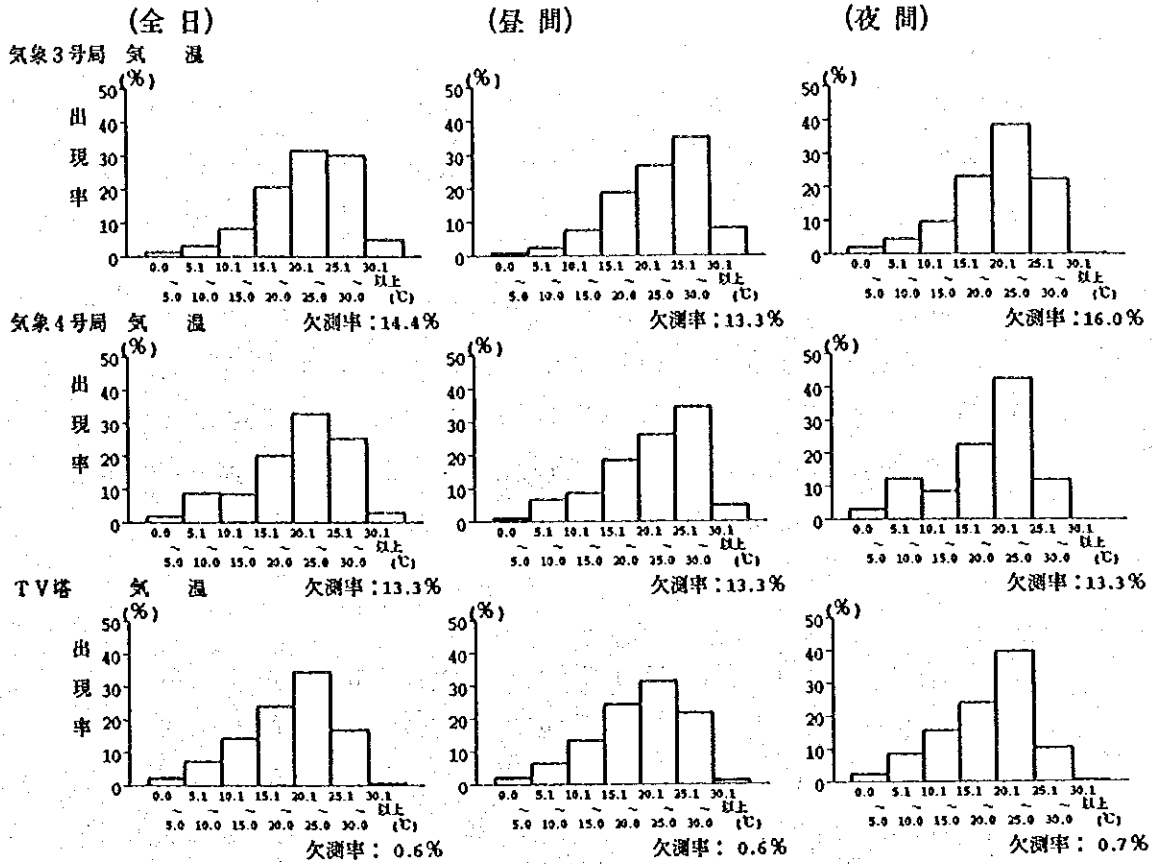


(注) 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
4月	7時～19時	20時～6時	7月	6時～20時	21時～5時
5月	6時～20時	21時～5時	8月	7時～19時	20時～6時
6月	6時～20時	21時～5時			

図 2.3.3-4(5) 気温の階級別出現頻度

観測期間：非暖房期(1999年 4月～ 8月)



(注) 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
4月	7時～19時	20時～6時	7月	6時～20時	21時～5時
5月	6時～20時	21時～5時	8月	7時～19時	20時～6時
6月	6時～20時	21時～5時			

図 2.3.3-4(6) 気温の階級別出現頻度

3) 相対湿度

期間中の相対湿度の推移をみると、1月に最も低く50数%、その後増加して4月には70%近くに達するが、5月には再び50%台に低下する。しかし、6月には回復し、7月はほとんどの地点で70%を越えるピークを迎え、8月はやや低下して70%前後となる。

地点間で比較すると、相対湿度の分布の傾向は主に気温の差異を反映したような特徴を示し、気温の高い大気4号で最も低く、気温の低い大気5号で最も高い。また、水蒸気の供給源を考えると、大気4号は市街地で降水があっても排水されるため、水分が地表面に保持されないこと、一方大気5号は水蒸気の多い海からの気流が入ること、周囲に樹木が多いことも影響していると考えられる。

4) 気圧

気圧は、シベリア高気圧の発達する1月・2月に最も高く1020hPa前後であるが、その後徐々に低下して、長雨の時期である7月には最低の1000hPa前後になる。

地点別に見ると、大気4号で最も高く、気象4号で最も低い。地点間の気圧差は冬に大きく夏に小さい。気圧差の大部分は標高の差に起因すると考えられるが、地表面付近の冷気の堆積の効果も寄与している可能性がある。

5) 風

風の季節変化は地点によってまちまちであるが、3月に最大、7月に最小となる地点が多い。また、冬の季節風はあまり強くない。

地点別にみると、標高の高いTV塔を除けば、大気2号が期間を通して最も風が強く、大気4号で最も風が弱い。観測期間中の平均風速はそれぞれ、3.0m/s、1.6m/sである。大気4号は市街地の中にあり、測定局の周辺が高いビルで取り囲まれていること、大気2号は地形から見て風の通り道に当たっているらしいことが風の強弱に影響していると考えられる。

図2.3.3-5は、各観測地点における風速階級別風配図で、観測全期間と暖房期の1月および非暖房期の8月についてそれぞれ示してある。全期間で見ると、大気1号及び5号は東南東、大気2号及び3号は北北西と南南東、大気4号は南南東と西北西が卓越していることがわかるが、昼夜の差異はあまり見られない。1月は、大気1号で西南西と北北東、大気2号と3号は北北西と西北西、大気4号は西北西、大気5号は北北東、西北西、北北西が多く出現している。昼夜の差は、比較的はっきり

しており、特に大気 2 号と 3 号では、卓越風である北北西の風の頻度が昼間はかなり多く、しかも風速が強いケースが多い。また、大気 1 号、5 号では卓越風の順位が昼と夜で入れ替わる。8 月は 1 月に比べると、特定の風向の卓越があまり顕著ではなく、概して南東系の風と北西系の風の出現が比較的多くなっている。海陸風によると考えられる昼夜の風向の交代が見られ、昼間は南東系、夜間は西～北の風が多い。

図 2.3.3-6 は、風速の階級別出現頻度である。暖房期と非暖房期の差異がほとんどないため、ここでは全期間の統計のみを示す。全日では、大気 1 号、3 号及び 4 号は 1.1m/s～1.9m/s、大気 2 号ならびに 5 号は 2.0m/s～2.9m/s の階級の頻度が最も多く、20 数%を占める。昼間と夜間を比較すると、全体的に夜間は昼間より弱い階級の出現が多く、1 ランク下の階級が多くなっている。

風向の出現頻度には地形が大きく影響しているようであるが、各地点の最多風向を見てみると、概して冬季は WNW～NNW、春季～夏季は ESE～SSE が卓越する。その他、目立った特徴を挙げると、大気 1 号は冬季、他の地点で北よりの風が優勢であるのに対し、南より (WSW、SSW) が卓越すること、3 月・4 月は北よりの風と南よりの風が混在すること、8 月でも北よりの風が卓越する地点が 3 点あることなどである。

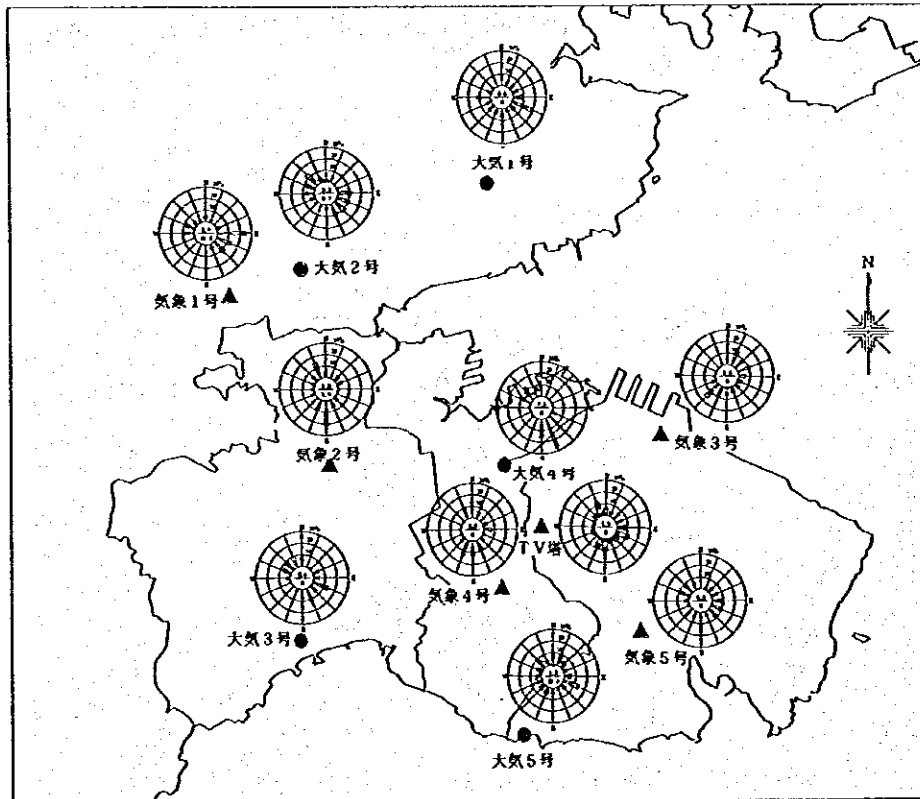
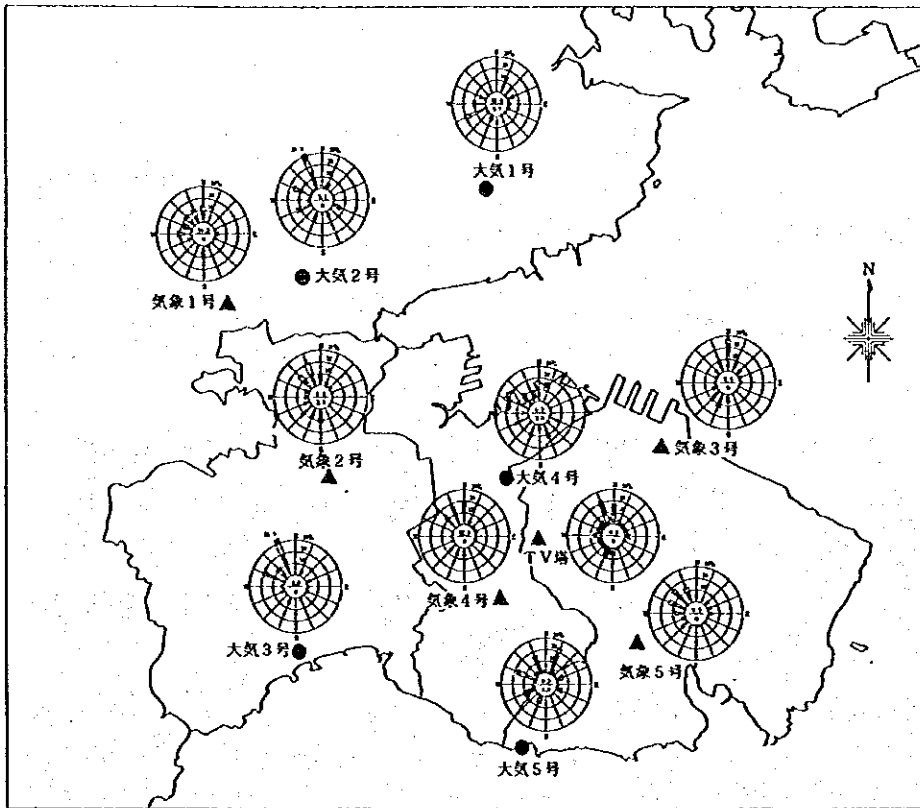


図 2.3.3-5(1) 各観測点における風速階級別風配図 (全日, 上段:1月、下段:8月)

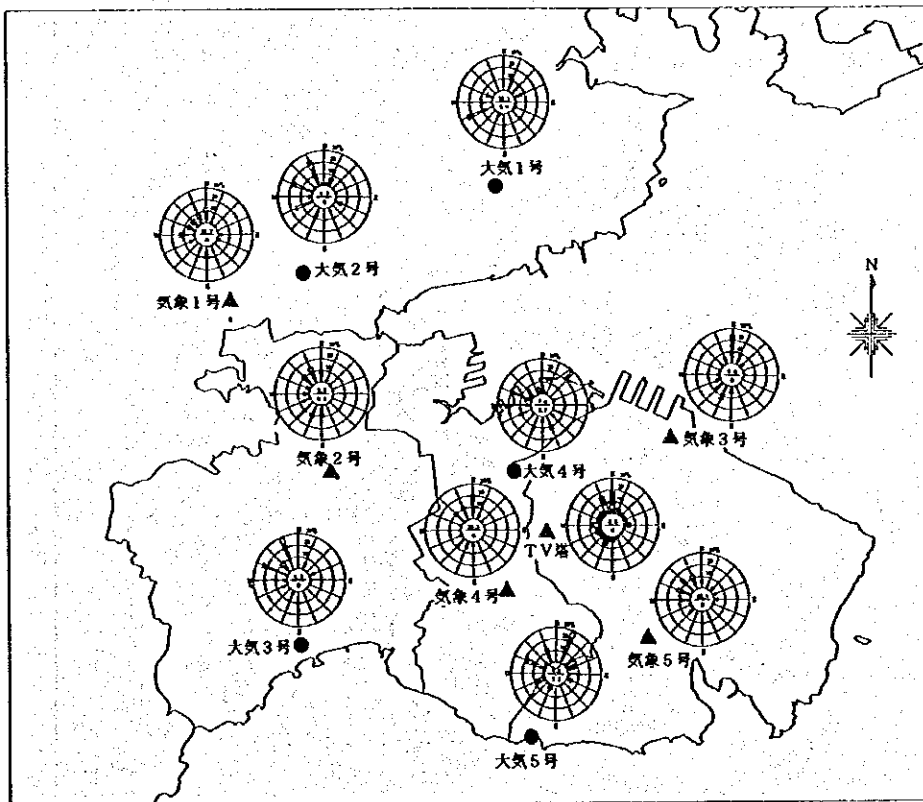
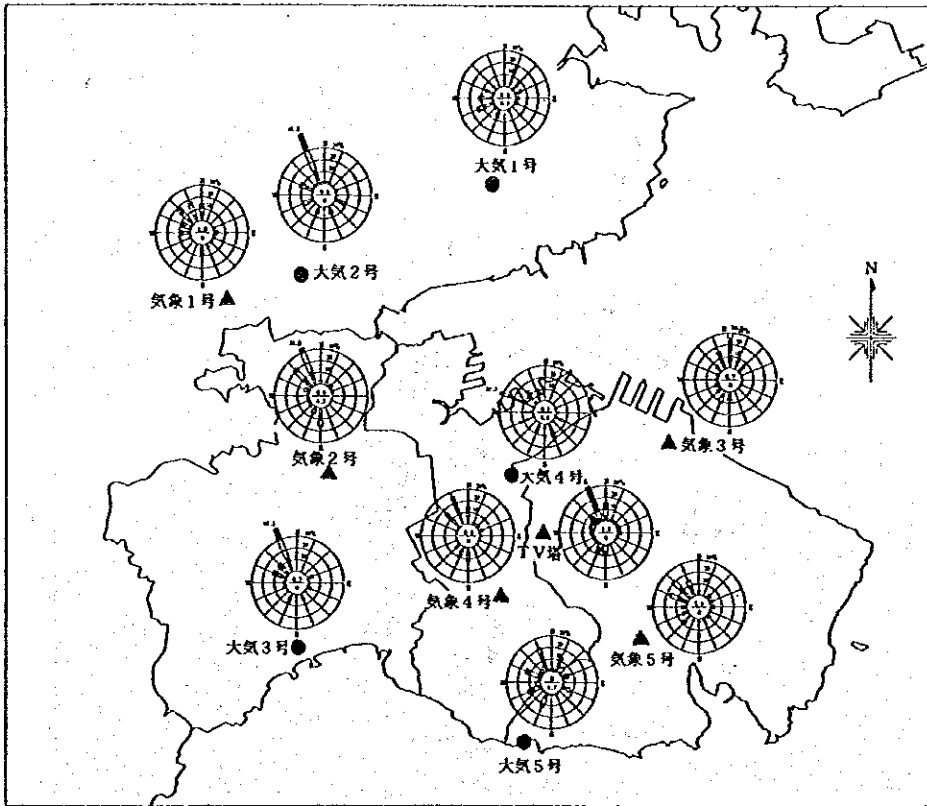


図 2.3.3-5(2) 各観測点における風速階級別風配図 (1月, 上段:昼間, 下段:夜間)

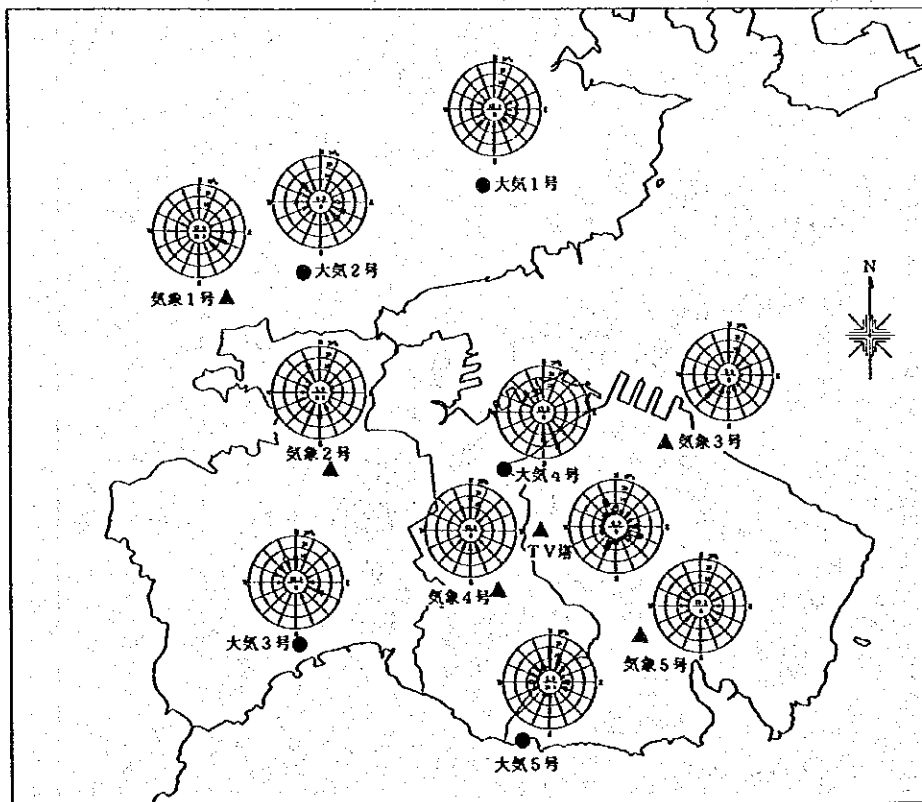
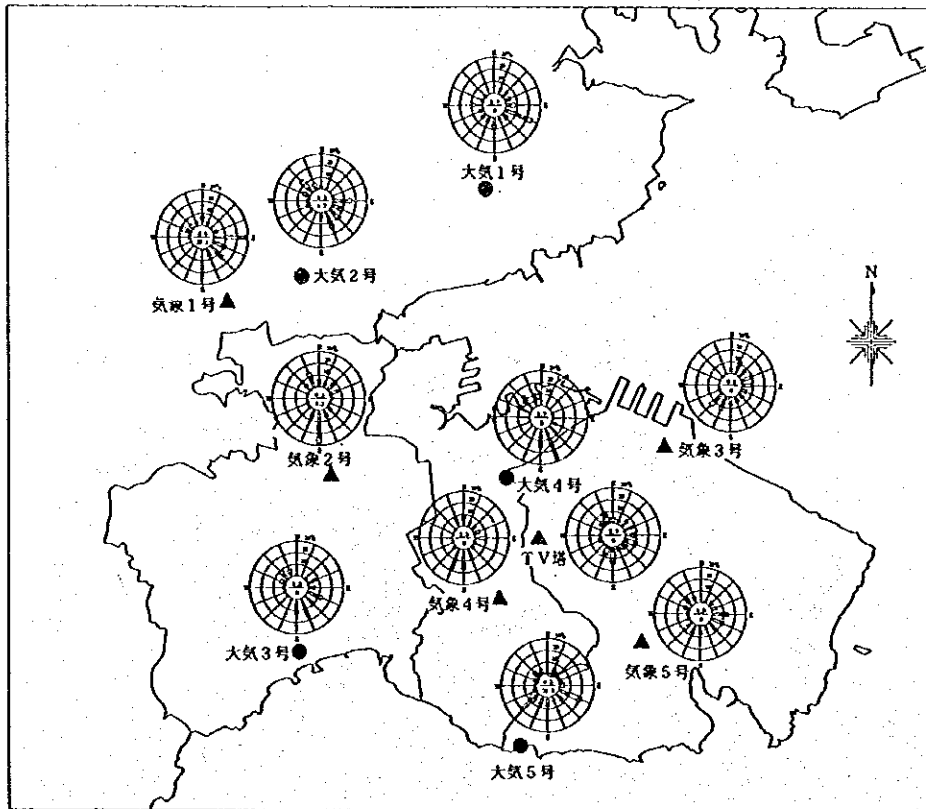
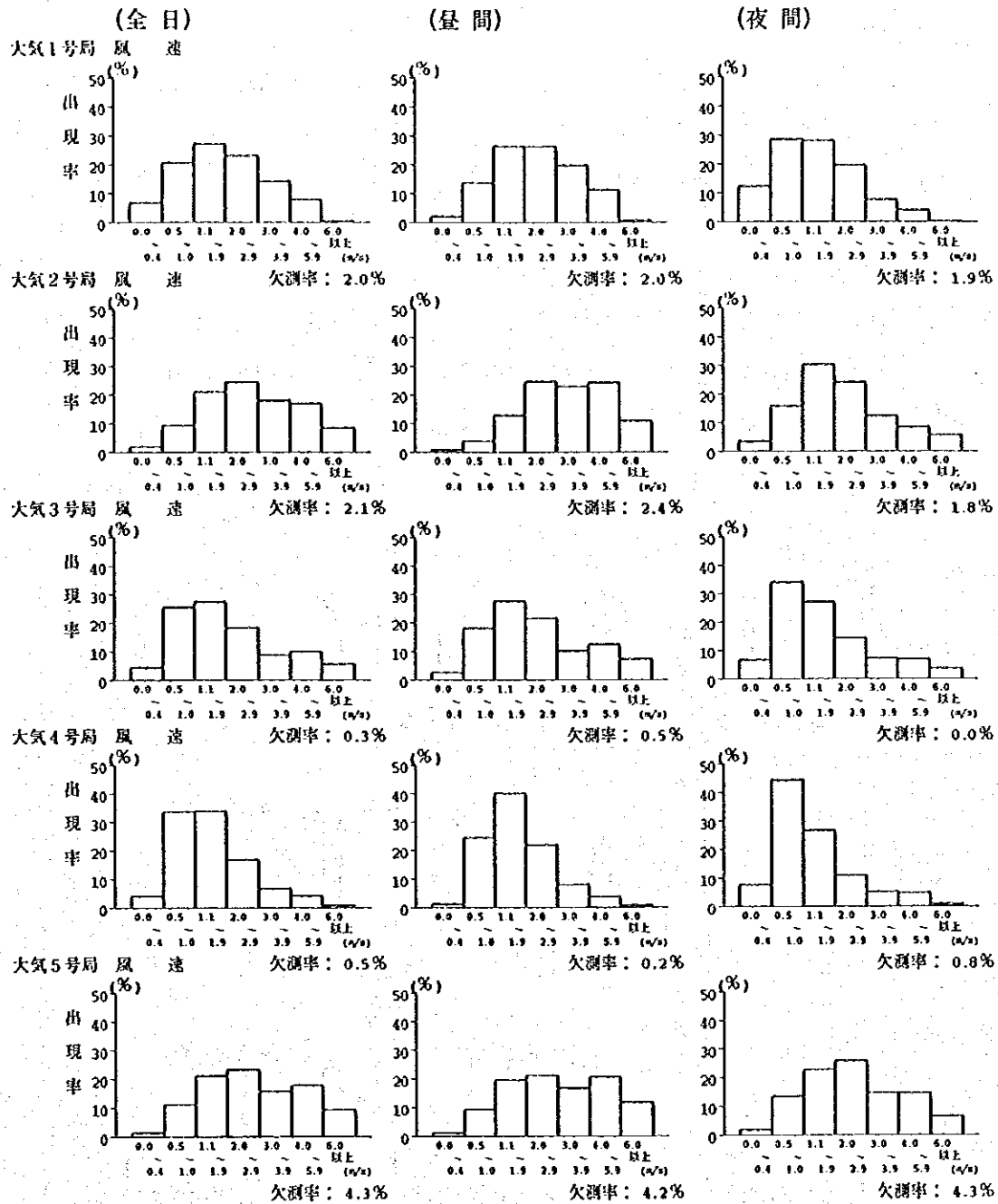


図 2.3.3-5(3) 各観測点における風速階級別風配図 (8月, 上段:昼間, 下段:夜間)

観測期間：全期間（1999年 1月～ 8月）



(注) 1. 「0.0」は小数点以下第2位を四捨五入して0.1に満たないものを示す。
 2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

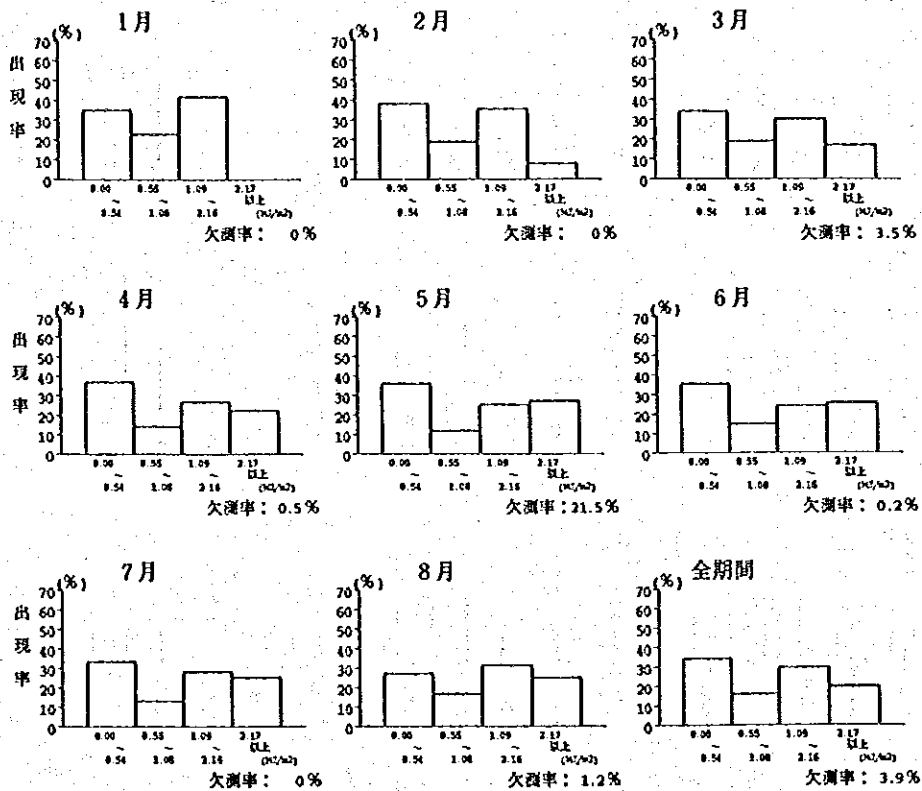
図 2.3.3-6 風速の階級別出現頻度

6) 日射量

大気 2 号における全天日射量の月平均値の最小は 1 月の 0.91MJ/m^2 で、季節の進行とともに増大し、5 月以降は 1.3MJ/m^2 前後であり大きな変化はない。ただし、7 月はやや少なく 1.28MJ/m^2 、8 月は観測期間中最大で 1.37MJ/m^2 である。

日射量の階級別出現頻度を図 2.3.3-7 に示す。階級区分は大気安定度の階級区分にしたがった。季節による差異が最も顕著なのは、 2.17MJ/m^2 以上の階級で、1 月は出現がないが、2 月以降徐々に増加し、5 月には 30% に近い出現率となっている。その他、季節による差異はほとんどみられない。特に、 $0.55\sim 1.08\text{MJ/m}^2$ の階級の出現頻度が少ない点でいずれの月も一致している。

観測地点：大気 2 号局
観測期間：1999 年 1 月～ 8 月
要素名：日射量



- (注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。
2. 日射量は昼間の値を集計したものである。
3. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

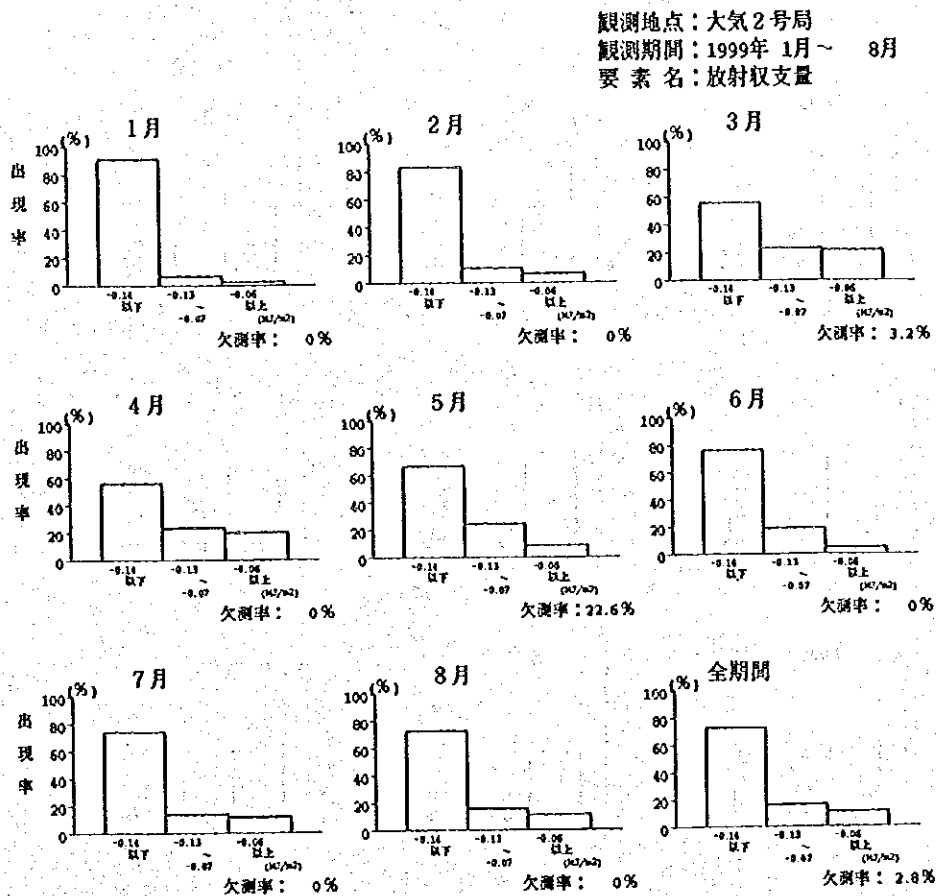
月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～19時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-7 日射量の階級別出現頻度

7) 放射収支量

大気 2 号で測定した放射収支量の月平均値を見ると、上向き放射量が最大となるのは 1 月 (-0.24MJ/m^2) で夜間の放射による冷却がかなり著しいと考えられる。一方、擾乱等により晴の日の少なく湿度の高い 3 月・4 月、及び 7 月は -0.15MJ/m^2 と最小値をとり、晴の日が多い 5 月・6 月は -0.19MJ/m^2 、8 月は -0.18MJ/m^2 である。

放射収支量の階級別出現頻度を図 2.3.3-8 に示す。全天日射量と同様、階級区分は大気安定度の区分にしたがった。全月において -0.14MJ/m^2 以下の頻度が最も多く、特に 1 月・2 月は非常に多い。一方、3 月・4 月はこの階級にも頻度がばらついている。



- (注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。
2. 放射収支量は夜間の値を集計したものである。
3. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

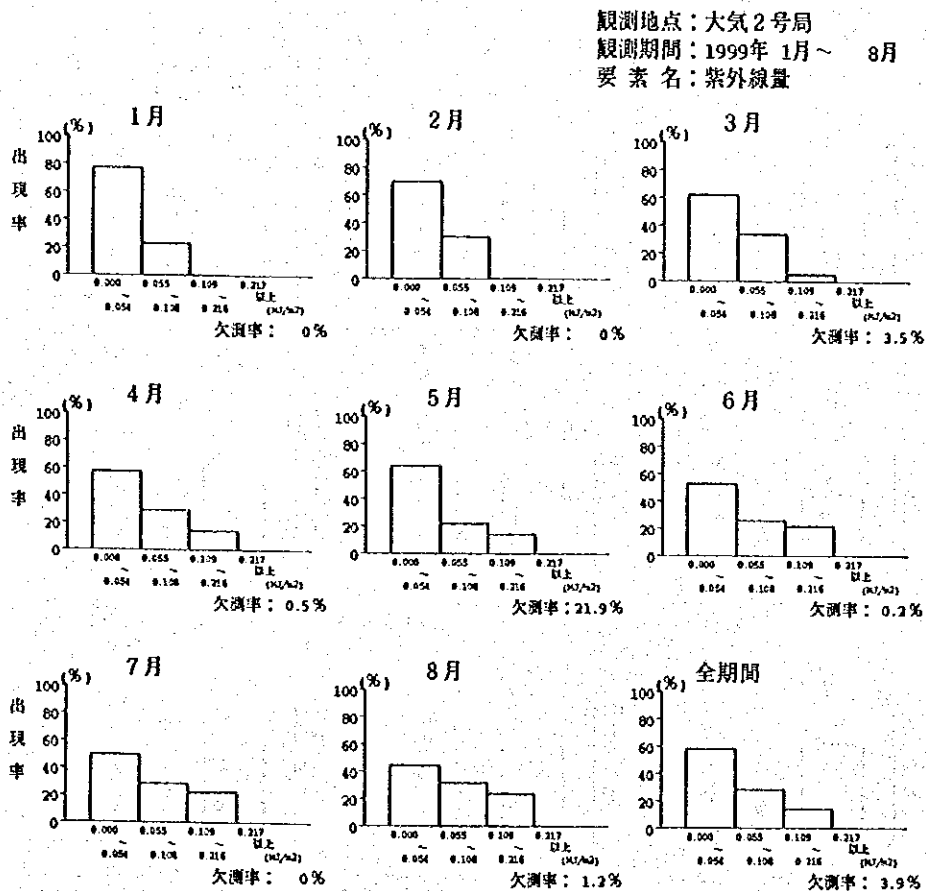
月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-8 放射収支量の階級別出現頻度

8) 紫外線量

紫外線量の月平均値の季節変化はほぼ日射量のそれに対応している。最小は1月の0.03MJ/m²、その後季節の進行とともに徐々に増大し、最大は8月の0.07MJ/m²である。

紫外線量の階級別出現頻度を図2.3.3-9に示す。観測期間全体を通して、0.000～0.054MJ/m²の階級の頻度が最も多いが、頻度分布は季節の進行とともに次第に紫外線量の多い階級へとシフトしている。



(注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。
2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図2.3.3-9 紫外線量の階級別出現頻度

9) 大気安定度

大気安定度の出現頻度を図 2.3.3-10 に示す。大気安定度はパスキルの安定度階級分類表（表 2.3.3-6）にしたがい、風速および日射量（昼間）、放射収支量（夜間）から求めた。大気安定度を長期にわたって連続観測することは困難であるが、この方法は、地表で比較的容易に連続観測できる気象要素から大気安定度を推定でき、広く一般に利用されている。

表 2.3.3-6 パスキル安定度分類表（原子力安全委員会安全審査指針集：改訂 5 版）

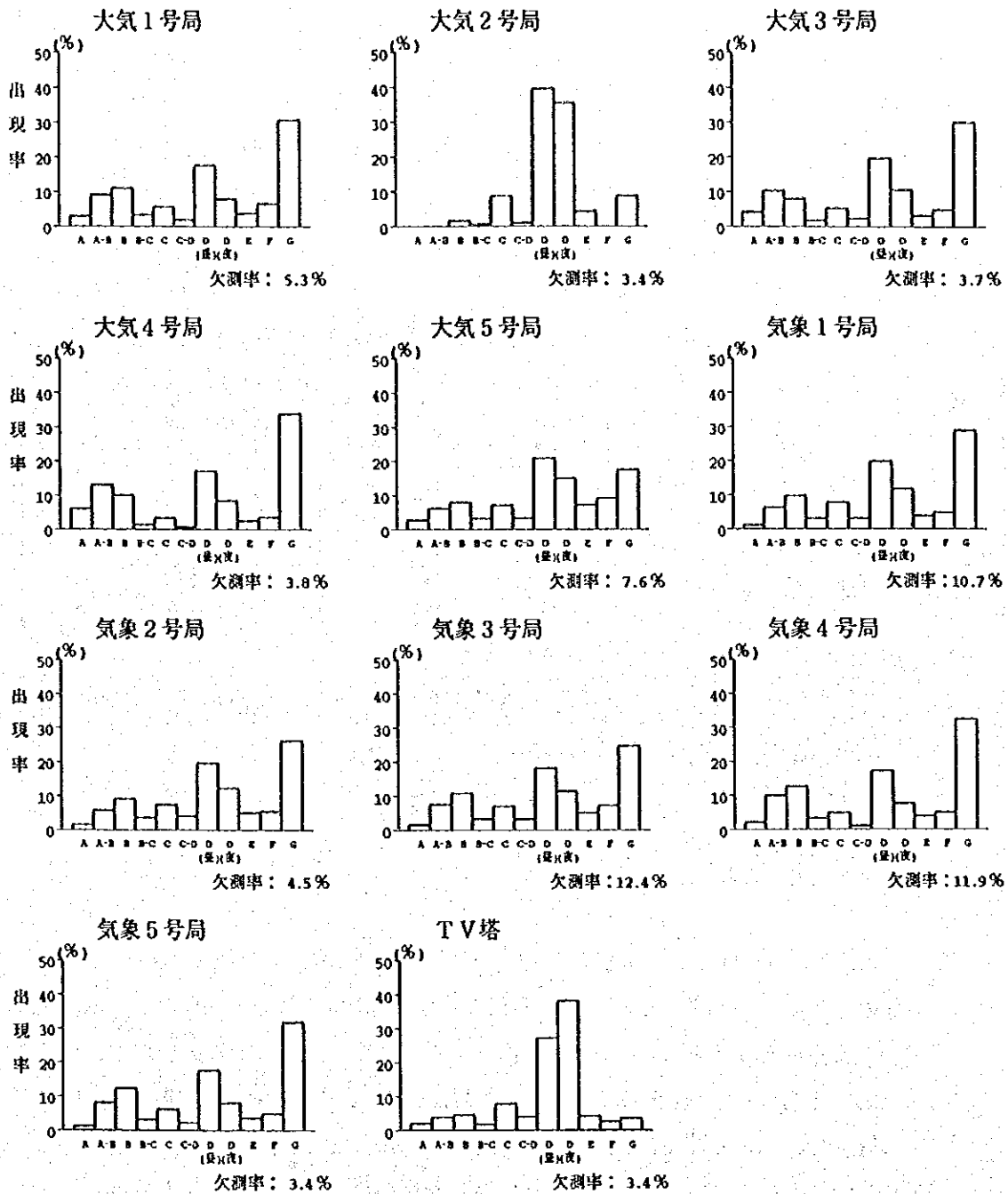
風速 (U) m/s	日射量 (T) MJ/m ²				放射収支量 (Q) MJ/m ²		
	T ≥ 2.17	2.17 > T ≥ 1.09	1.09 > T ≥ 0.55	0.55 > T	Q ≥ -0.07	-0.07 > Q ≥ -0.14	-0.14 > Q
U < 2	A	A-B	B	D	D	G	G
2 ≤ U < 3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ U < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ U < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ U	C	D	D	D	D	D	D

- 注：(1) 放射収支量は地面から上方へ向かう量を負とする。
 (2) 日射量・放射収支量とも正時前 10 分間の平均をとる。
 (3) 昼間（日の出～日の入）は日射量を用い、夜間（日の入～日の出）は放射収支量を用いる。
 (4) 日射量・放射収支量の単位は本来 kW/m² が用いられるが、ここでは MJ/m² に換算した。
 (5) 風速区分はパスキル法（日本式）による。
 (6) 安定度階級が表す安定度区分は以下の通りである。
 A：強不安定 B：並不安定 C：弱不安定
 D：中立
 E：弱安定 F：並安定 G：強安定
 A-B：A と B の中間
 B-C：B と C の中間
 C-D：C と D の中間

この調査では、日射量、放射収支量は大気 2 号でしか観測されていないため、その他の地点については、大気 2 号の日射量・放射収支量およびその地点での風速を用いて安定度を見積もった。観測期間全体で見ると、強安定 (G) の出現が多い地点（大気 1 号、3 号、気象 1 号、2 号、4 号、5 号）と中立 (D) の出現が多い地点（大気 2 号、TV 塔）、特に出現頻度が突出する階級がない地点（大気 5 号、気象 3 号）に大別される。中立が多いタイプは風速が強い地点に対応し、頻度に目立ったピークのないタイプは海岸の地点に対応している。

暖房期は、大気 2 号が夜間の中立 (D)、5 号は夜間の中立 (D)、それ以外の測定局は、強安定 (G) が卓越している。一方、非暖房期は、大気 2 号ならびに 5 号が昼間の中立 (D)、それ以外の測定局は、強安定 (G) が卓越している。

観測期間：全期間（1999年 1月～ 8月）



(注) 昼夜間の時刻区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-10 大気安定度の出現頻度

10) 温度差

TV 塔で測定した温度差の統計結果を表 2.3.3-7 に示す。月別の平均値を見ると、温度差 1 (250m-300m) は、1月~3月及び8月は、昼間、夜間ともに正の値(逆減)で、夜間も接地逆転が発達しないことがわかる。5月は、昼間は正の値(逆減)、夜間は負の値で気温が逆転している。ところが、4月、6月及び7月は、昼間・夜間ともに負の値(逆転)を示しており、このことは、これらの逆転の成因が地表面の放射冷却のみではないことを示唆している。一方、温度差 2 (200m-300m) は、1月~3月及び8月は、昼間、夜間ともに正の値(逆減)で温度差 1 と同様であるが、4月~7月は、昼間は正の値(逆減)、夜間は負の値(逆転)で、昼間の逆転が見られない。以上から類推すると、4月~7月は、250mより上空に時折暖気が侵入する傾向があり、高度 250m付近が相対的に低温になるため、昼間接地していない下層の逆転が形成され、夜間は接地逆転が強まったかのような様相を呈すると考えられる。

温度差の階級別出現頻度を図 2.3.3-11 に示す。温度差 1 の昼間は、1月~5月及び8月は、 0.51°C ~ 1.00°C の階級の頻度が最も多く、6月~7月は 0.01°C ~ 0.50°C の階級の頻度が最も多い。夜間は、ほとんどの月において 0.01°C ~ 0.50°C の階級の頻度が最も多い。

一方、温度差 2 の昼間は、1月~2月は、 1.01°C ~ 1.50°C の階級の頻度が最も多く、3月~8月は 1.51°C 以上の階級の頻度が最も多い。夜間は、1月~3月及び8月は、 0.51°C ~ 1.00°C の階級の頻度が最も多く、4月~6月は -1.00°C 以下の階級の頻度が最も多く、7月は 0.01°C ~ 0.50°C の階級の頻度が最も多い。

表 2.3.3-7 TV塔における温度差の統計

温度差1(250m-300m)

地点名	項目 昼夜別	平均值	標準偏差	期間	
				最大値	最小値
1月	全日	0.41	0.31	0.95	-1.35
	昼間	0.50	0.35	0.95	-1.35
	夜間	0.36	0.27	0.91	-0.81
2月	全日	0.30	0.46	1.06	-2.07
	昼間	0.44	0.43	1.06	-2.07
	夜間	0.17	0.45	0.74	-2.05
3月	全日	0.24	0.58	0.95	-3.13
	昼間	0.40	0.38	0.95	-1.11
	夜間	0.08	0.70	0.92	-3.13
4月	全日	-0.35	1.08	0.90	-7.19
	昼間	-0.11	0.91	0.90	-3.53
	夜間	-0.63	1.20	0.73	-7.19
5月	全日	-0.10	0.79	1.12	-5.09
	昼間	0.01	0.77	1.12	-4.22
	夜間	-0.28	0.79	0.96	-5.09
6月	全日	-0.18	0.67	0.87	-3.25
	昼間	-0.08	0.68	0.87	-2.99
	夜間	-0.35	0.64	0.53	-3.25
7月	全日	-0.07	0.60	1.00	-2.31
	昼間	-0.07	0.67	1.00	-2.31
	夜間	-0.07	0.46	0.77	-1.92
8月	全日	0.11	0.57	0.97	-2.58
	昼間	0.03	0.71	0.97	-2.58
	夜間	0.21	0.32	0.61	-1.03
全期間	全日	0.04	0.71	1.12	-7.19
	昼間	0.10	0.70	1.12	-4.22
	夜間	-0.03	0.72	0.96	-7.19

温度差2(200m-300m)

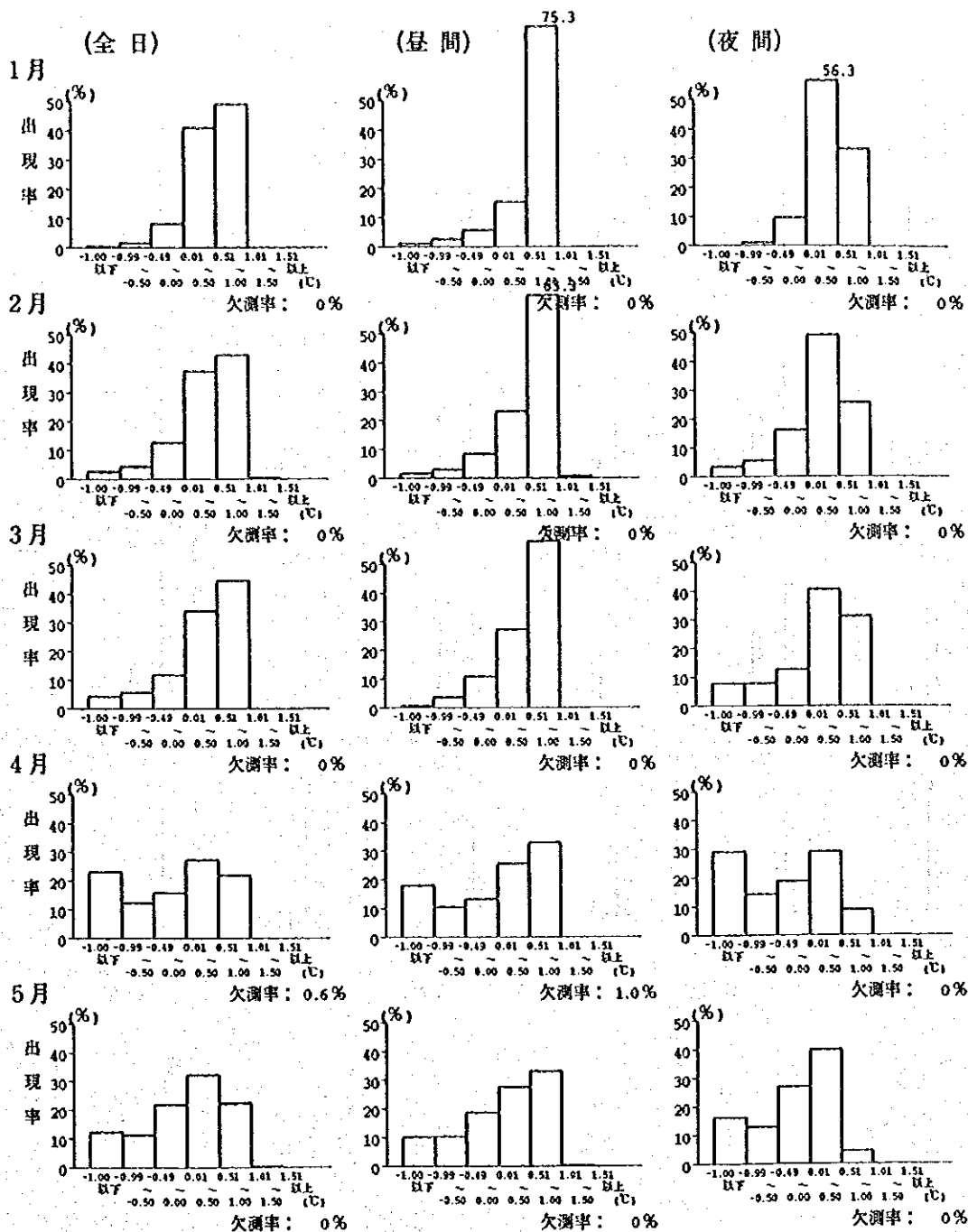
地点名	項目 昼夜別	平均值	標準偏差	期間	
				最大値	最小値
1月	全日	0.62	0.65	2.32	-1.26
	昼間	1.13	0.42	2.32	-1.05
	夜間	0.32	0.56	1.34	-1.26
2月	全日	0.52	0.97	2.67	-3.71
	昼間	1.10	0.62	2.67	-1.06
	夜間	0.02	0.94	1.37	-3.71
3月	全日	0.75	1.19	3.10	-6.02
	昼間	1.38	0.80	3.10	-2.84
	夜間	0.12	1.17	1.67	-6.02
4月	全日	-0.10	1.94	3.09	-8.62
	昼間	0.79	1.41	3.09	-7.26
	夜間	-1.14	1.95	1.34	-8.62
5月	全日	0.40	1.62	3.91	-6.28
	昼間	1.07	1.37	3.91	-5.61
	夜間	-0.71	1.38	1.31	-6.28
6月	全日	0.13	1.42	3.32	-5.50
	昼間	0.75	1.26	3.32	-5.15
	夜間	-0.89	1.02	0.92	-5.50
7月	全日	0.60	1.08	3.45	-3.63
	昼間	1.09	0.90	3.45	-3.16
	夜間	-0.22	0.82	1.07	-3.63
8月	全日	0.80	0.89	3.36	-1.87
	昼間	1.28	0.78	3.36	-1.80
	夜間	0.24	0.65	1.34	-1.87
全期間	全日	0.47	1.31	3.91	-8.62
	昼間	1.06	1.06	3.91	-7.26
	夜間	-0.22	1.24	1.67	-8.62

(注)

1. 昼夜間の時間区分は右表のとおりである。
2. 日処理は1日の観測時間が20時間以上の場合について行った。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時~17時	18時~8時	5月	6時~20時	21時~5時
2月	8時~18時	19時~7時	6月	6時~20時	21時~5時
3月	8時~19時	20時~7時	7月	6時~20時	21時~5時
4月	7時~19時	20時~6時	8月	7時~19時	20時~6時

観測期間：1999年 1月～ 8月



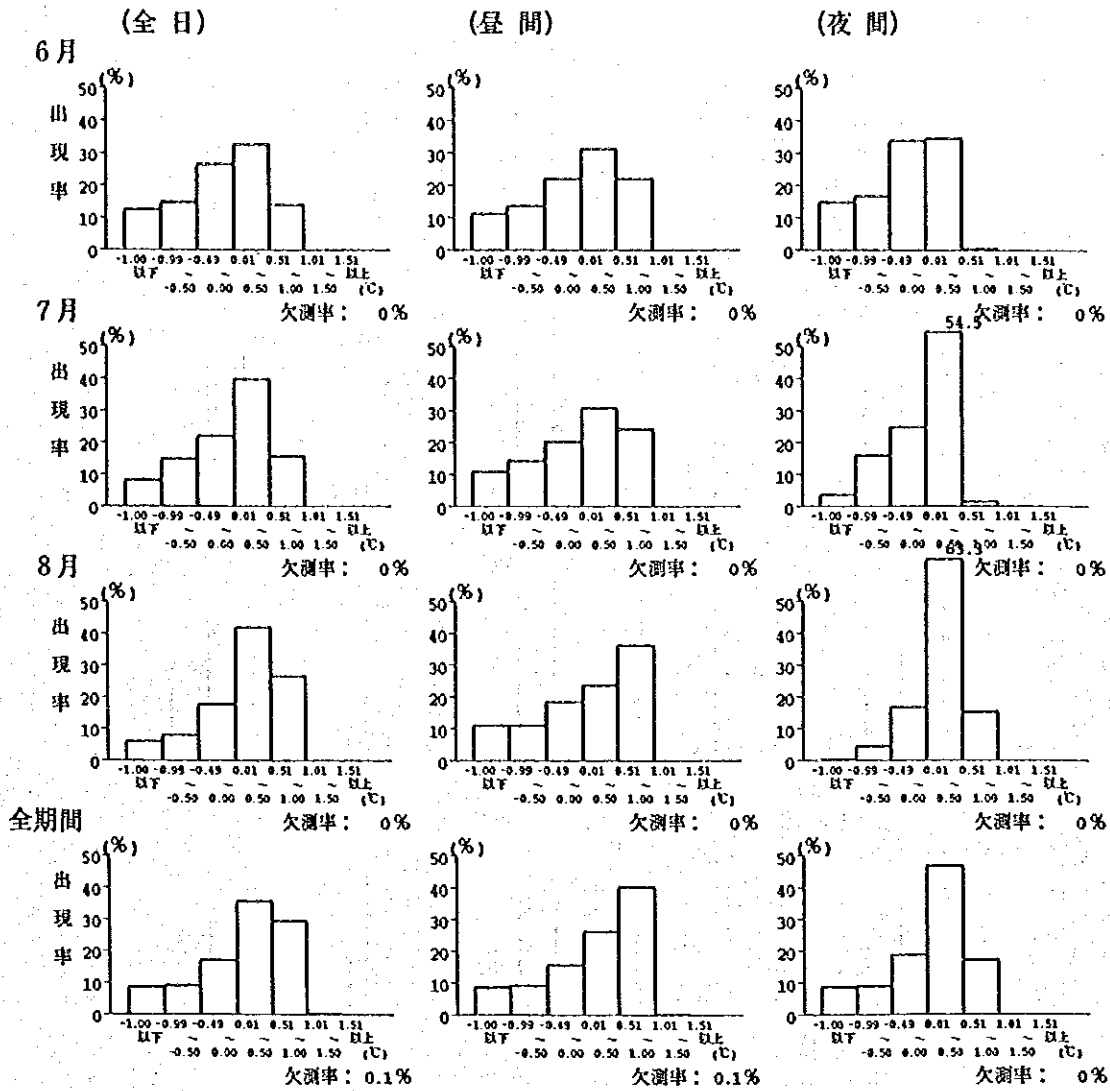
(注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。
 2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

要素名：温度差1 (250m)

図 2.3.3-11(1) 温度差の階級別出現頻度

観測期間：1999年 1月～ 8月



(注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。

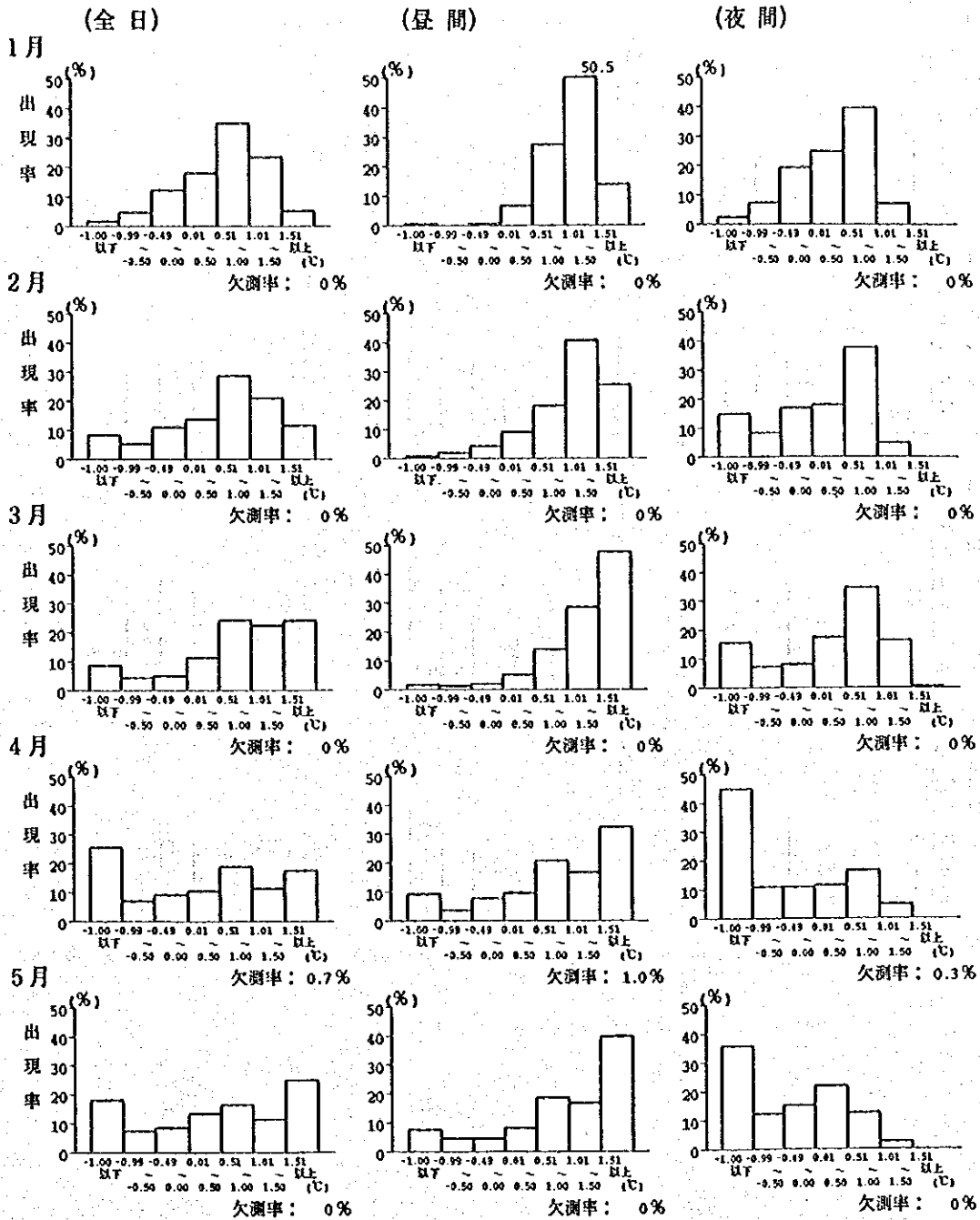
2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

要素名：温度差1 (250m)

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-11(2) 温度差の階級別出現頻度

観測期間：1999年 1月～ 8月



(注) 1. 「0」は出現しなかったことを示す。

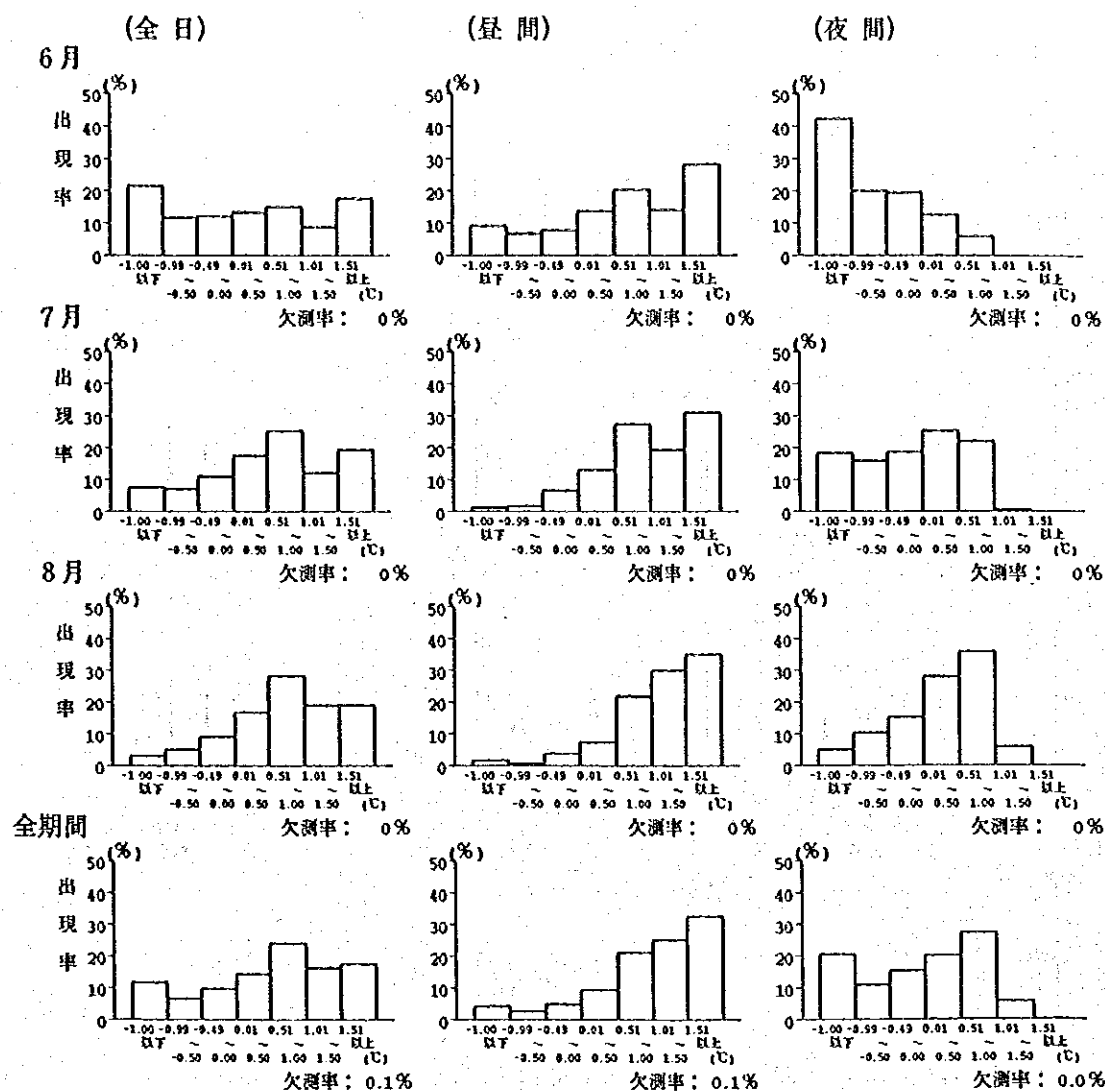
2. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

要素名：温度差2 (200m)

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-11(3) 温度差の階級別出現頻度

観測期間：1999年 1月～ 8月



- (注) 1. 「0.0」は小数点以下第2位を四捨五入して0.1に満たないものを示す。
 2. 「0」は出現しなかったことを示す。要素名：温度差2 (200m)
 3. 昼夜間の時間区分は下表のとおりである。

月	昼間	夜間	月	昼間	夜間
1月	9時～17時	18時～8時	5月	6時～20時	21時～5時
2月	8時～18時	19時～7時	6月	6時～20時	21時～5時
3月	8時～19時	20時～7時	7月	6時～20時	21時～5時
4月	7時～19時	20時～6時	8月	7時～19時	20時～6時

図 2.3.3-11(4) 温度差の階級別出現頻度

11) 気温逆転の出現状況

気温逆転の出現状況を資料編 1 の p.16~23 に示す。ゾンデ観測結果 (8 時および 20 時)、下段が大連市気象局 (海拔 88m)、TV 塔 (海拔 200m、300m) の気温変化で、気象 4 号局 (海拔 25m) からの偏差として表してある。接地逆転については、これらの観測点が近接していることから、海拔高度による観測値の違いが気温の鉛直分布を反映しているとみなし、接地逆転の出現状況を類推する。それ以外の逆転についてはラジオゾンデの観測結果に基づいて考察した。

① 接地逆転

冬季は、接地逆転の出現頻度は多く、強い寒波の時よりむしろ寒波が弱まった時に出現する傾向がある一方、暖気が入ったときも出現しにくいようである。また、逆転強度もそれほど強くはならない。雲が少なく、乾燥しているにもかかわらず接地逆転が発達しにくいのは、風速が強いことに起因していると考えられる。春季は、接地逆転の出現は減少するが、しばしば逆転強度の非常に強いものが見られる。このような強い逆転は、上空あるいは比較的地上に近い下層に暖気の侵入が見られるときに起こっている。夏季になると、接地逆転の出現はより少なくなり、出現したとしても強度は強くない。雨天が多いこと、空気が湿潤であることが原因と考えられる。

図 23.3-12 は、最も人為的な影響が少ないと思われる大気 5 号の気温を基準として、気象台、TV 塔 200m、TV 塔 300mとの気温差をとり、その階級別頻度を見たもので、接地逆転強度の季節変化を見るある程度目安になると考えられる。大気 5 号とおよその高度差は、気象台が 6m、TV 塔 200mが 118m、TV 塔 300mが 218mである。およその特徴として、4~7月は逆転の出現頻度が多いうえ、強度の強い逆転が出現する傾向があること、3月は逆転の出現が他の月に比べ極端に少ないことなどがあげられる。

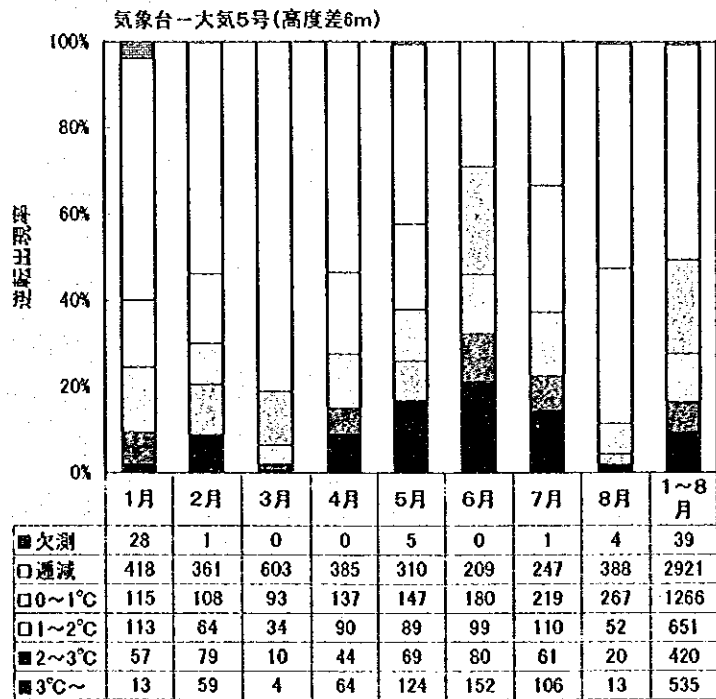


図 2.3.3-12(1) 推定された接地逆転出現状況

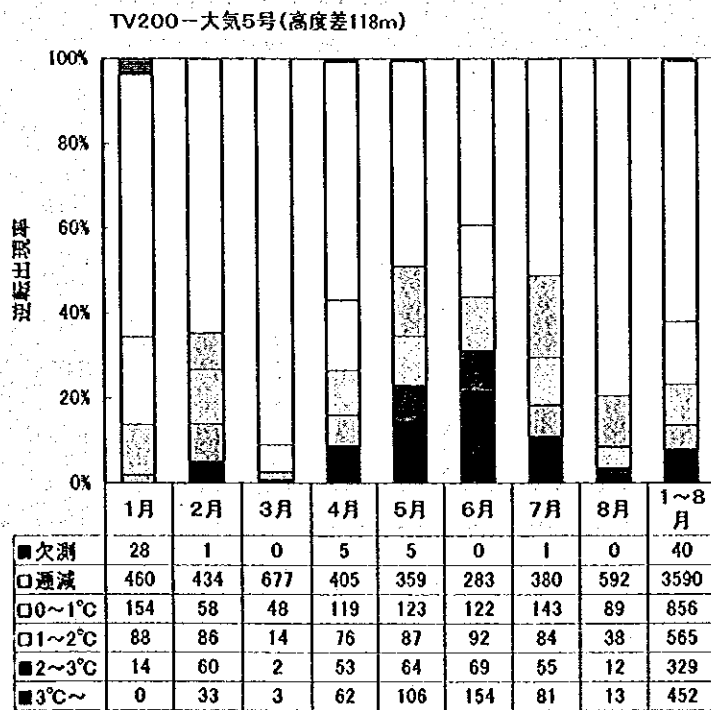


図 2.3.3-12(2) 推定された接地逆転出現状況

TV300—大気5号(高度差218m)

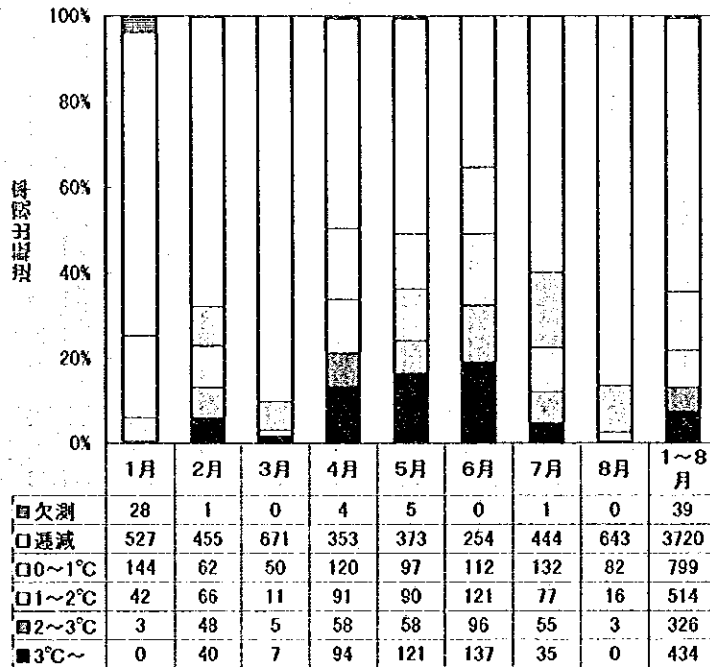


図 2.3.3-12(3) 推定された接地逆転出現状況

② その他の逆転

ある程度の逆転強度と厚さを示す逆転層は、その前後と比較すると気温が高く、多くは暖気の移流によるものと考えられ接地逆転以外の大気下層の逆転は、ほとんど移流性もしくは前線性である可能性が高い。これらは、春季に多くみられた。

図 2.3.3-13 は、ゾンデデータの最下層を用いず、下から 2 つ目のデータより上で 850hPa より下層の逆転の頻度を高度別に調べたものである。ただし、この高度範囲に 2 つ以上の逆転がある場合は、下の方を優先して統計してある。逆転の出現は 1 月および春季に多く、それらの多くは 900hPa 以下である。

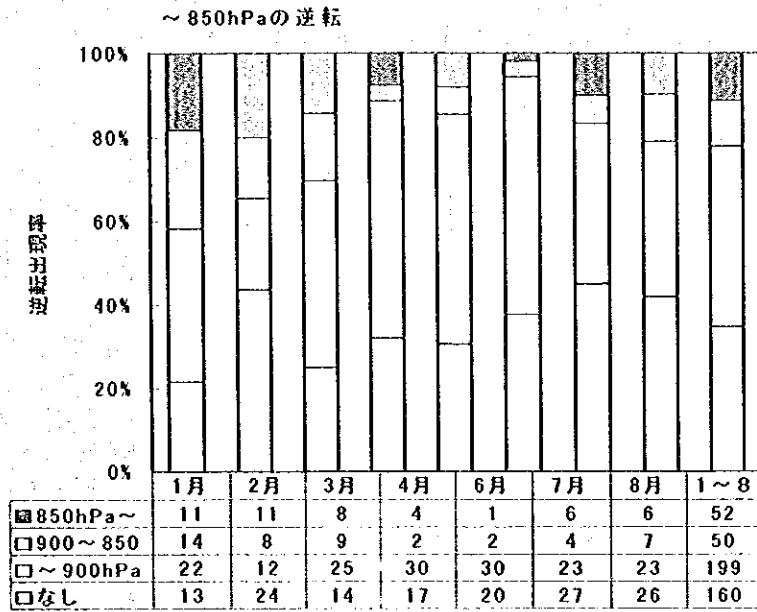


図 2.3.3-13 気象局データによる最下層を除く逆転の出現状況