

地域環境を考慮した大気汚染物質の 予測式の構築に関する研究

*Study of Construction of a Prediction Model of Nitrogen Dioxide that
Considers the Local Environment*

桐生 崇¹, 光崎龍子²

¹ 千葉大学大学院自然科学研究科, 〒 271-8510 千葉県松戸市松戸 648

² 麻布大学環境保健学部, 〒 229-8501 神奈川県相模原市淵野辺 1 - 17 - 71

Takashi KIRYU¹ and Ryuko KOHZAKI²

¹ Graduate School of Science Technology, Chiba University. 648 Matsudo, Matsudo, Chiba 000-0000, Japan

² College of Environmental Health, Azabu University. 1-7-11 Futinobe, Sagamihara, Kanagawa 229-8501, Japan

Abstract. Since high economic growth was achieved, air pollution in Japan has deteriorated due to smoke from factories caused by industrial development, exhaust gases from the increasing number of automobiles and new pollutants such as dioxins in modern life. Therefore, because the factor is due to economic conditions, a change in life style is necessary.

Sagamihara City is a satellite town of Tokyo and Yokohama and has made a lot of progress with city development and administration accompanying economic growth. It is the purpose of this study to determine the trend in nitrogen dioxide emissions to continually measure them at observation stations to estimate the degree of atmospheric environmental pollution throughout Sagamihara City and to construct a nitrogen dioxide prediction model including traffic density at Futinobe and Kamimizo. And in addition to the results of the previous paper, continuous observation and measurement stations were established at Fuchinobe and Kamimizo to estimate environmental pollution, and when the prediction model was constructed, traffic density was added to explanatory variables, the examination was done, and the following conclusions were obtained:

1. There was a trend toward a lower nitrogen dioxide density in summer and a peak in winter, thereafter, there was a fall again at all observation points. It also showed a trend toward a lower nitrogen dioxide density at the city hall than at other points from April to July, but in winter the atmosphere was stabilized, and the difference has been reduced.
2. Traffic density: Saturday was less crowded, and Sunday more crowded. There was also less crowding from late December to March, and especially a greater difference between weekdays and holidays. As a result of correlation analysis, it was cleared that an up had a close relation to a down. Also, a result of T-test of nitrogen dioxide density, all combination was significant.
3. Wind velocity was lower up to August, and thereafter fluctuation greater for two months, and then stabilized in winter. The temperature range was 0°C to 30°C for the year. The humidity was high till October, and then tended to drop. As for traffic density, the results of T-tests of nitrogen dioxide density, in all combinations were significant.
4. As a result, at two observation points, the following nitrogen dioxide density prediction models were constructed:

Prediction model for nitrogen dioxide from 1988 to 2000.

Prediction model for nitrogen dioxide including traffic density from 1992 to 1995.

Key words: Nitrogen dioxide, Prediction model, Traffic density, Wind velocity, Multiple regression analysis

緒言

わが国の環境問題の中で、大気汚染は昭和30年代から始まった高度経済成長以降、産業の発達により工場・事業場からの排煙、自動車の増加に伴う排気ガス、さらに、生活の高度化に伴うダイオキシンなどの有害化学物質が新たな要因として考えられ、経済状況や人々の生活様式の変化が大気環境を悪化させる要因となってきた。また汚染物質も一次汚染物質に加え、大気環境中の化学的変化や生活環境から派生する化学物質の存在が複雑に関与するとされ、光化学オキシダントのような二次汚染物質が問題となってきた³⁾。大気中における汚染物質の挙動は多面的に考える必要があるが、その対応は困難をきわめる。

「大気汚染防止法」(1968年)、「自動車から排出される窒素酸化物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法(自動車NO_x法)」(1992年)などは総じて効果を上げているが、環境基準を超える観測値を示す観測局が都市部には存在する⁶⁾。自動車の排気ガス中に含まれる二酸化窒素などは交通の激しい都市部や主要な幹線道路が走る郊外の住宅地においても人の健康問題をひきおこし、危険性の高い環境が指摘されており、二酸化窒素問題は、工場地帯周辺地域から交通量の多い都市部へ拡大されている²⁾。ゆえに、局所的な問題ではなく、広い地域を対象とする拡大した対応が必要となっている。

相模原市は東京や横浜からの人口移動によって形成された衛星都市で、その発展は経済成長と並行して、都市計画行政が進められてきた。主要幹線道路の国道16号線と129号線が市内を走り、産業的価値が高いだけでなく、生活道路でもあるため交通量が多く、環境汚染常時監視局が設置されている。地形的には、関東地域の北東方向の多摩丘陵と西方向の丹沢の間に位置する台地にあり、市内の断面図では上段・中段・下段の三つの段差があり、このような高低差のある地形的条件に影響されずに、市内には多くの道路網が整備されている。

本研究では相模原市内を走る国道16・129号線沿道に設置されている環境常時監視局で観測された二酸化窒素濃度のデータから、その動向を観察し、気象要因と交通量の関連をふまえ^{4,5)}、各観測局における

二酸化窒素濃度の予測式の構築を目的に検討を試みた。

また、前報¹⁾では市役所局と橋本局を対象としたが、本研究では自動車排出ガス測定局の淵野辺十字路局と上溝局について検討を試みた。

研究資料および方法

1. 資料

神奈川県相模原市内の環境汚染常時監視局(市役所局・淵野辺十字路局・上溝局)における1988～2000年度の二酸化窒素濃度、気象(風速・温度・湿度)、交通量の毎時観測値を資料とした。また各観測値は、一日平均値を算出して用いた。

2. 方法

1) 時系列動態の観察

二酸化窒素濃度・交通量・気象要因(風速・温度・湿度)について、時間的経過を観察した。

2) 重回帰分析

二酸化窒素濃度予測式を構築するため、いくつかの変数に基づいて重回帰分析を行った。目的変数には二酸化窒素濃度、説明変数には交通量・風速・気温・湿度を用いた。

成績および考察

1. 二酸化窒素・交通量・気象状況の把握

1) 二酸化窒素濃度の時系列・季節動態

前報の市役所では観測機器が庁舎の屋上にあり、周辺に遮るものはなく、物質が流れやすい地点であったが、本研究対象の淵野辺局は国道16号線の幹線道路と交差する沿道に設置してあり、交通量の影響を直接的に受けやすいと考えられる。また上溝局は国道129号線沿道に設置してあり、国道16号線と比較すると沿道の土地利用が密集していなく、建物もまばらな環境である。このような2局は異なった立地環境をもつが、ともに7～8月に減少し、12～2月にピークとする一峰性循環を示した。4～7月は前報の市役所よりこの2局は高い傾向があり、大気が安定する冬季にはその差が縮まる傾向にある。また年

次変化では、いずれもわずかではあるが、淵野辺は減少傾向、上溝では増加傾向がみられた(図 1-1 ~ 3)。

2) 交通量

国道 16 号線で八王子方面への(以下、下り車線という。)交通量が多かった次の日は、横浜方面への(以下、上り車線という。)交通量が多いという傾向を示した。土曜日が下り車線で混雑し、日曜日には上り車線が混雑するパターンである。また、12 月後半から 3 月末にかけて、下り車線の交通量が多くなり、特に平日と休日の差が大きい。交通量全体・上り・下りの相関分析では、下り車線と上り車線の相関($r = 0.72$)が非常に強く、それらの動態は、水平傾向を推移し年末には不規則な変動を示す(図 2)。

また、各観測局の二酸化窒素濃度と交通量の t- 検定では、淵野辺局の二酸化窒素濃度と交通量全体、上溝局の二酸化窒素濃度と交通量全体の組み合わせで有意差がみられ、交通量が増加すると二酸化窒素濃度も増加を示す関係が明らかになった。

3) 気象

時系列動態から、風速は、6~8月にかけて弱まり、その後 1~2ヶ月間は変動幅が大きくなり、冬季に入ってから安定し、春季にかけて強まる傾向を示した。気温は、1年を 0~30℃の間で推移した。湿度は 6~10月まで高く、その後は減少傾向を示した(図 3-1 ~ 図 5-3)。

また、交通量と同様に、二酸化窒素濃度と t- 検定では、2 局の二酸化窒素濃度と風速・気温・湿度の組み合わせで有意であった。

2. 予測式の構築の検討

淵野辺と上溝における予測式に関する要因として交通量・風速・気温・湿度について検討を試みた。そのうち気温は 2 地点に著しい差がみられなかったために除外した(表 1 ~ 2)。

風速の偏回帰係数がすべて負を示したことは、風速が強くなると濃度は減少し、風速が弱くなると濃度が増加することを意味し、濃度変動には風速の強

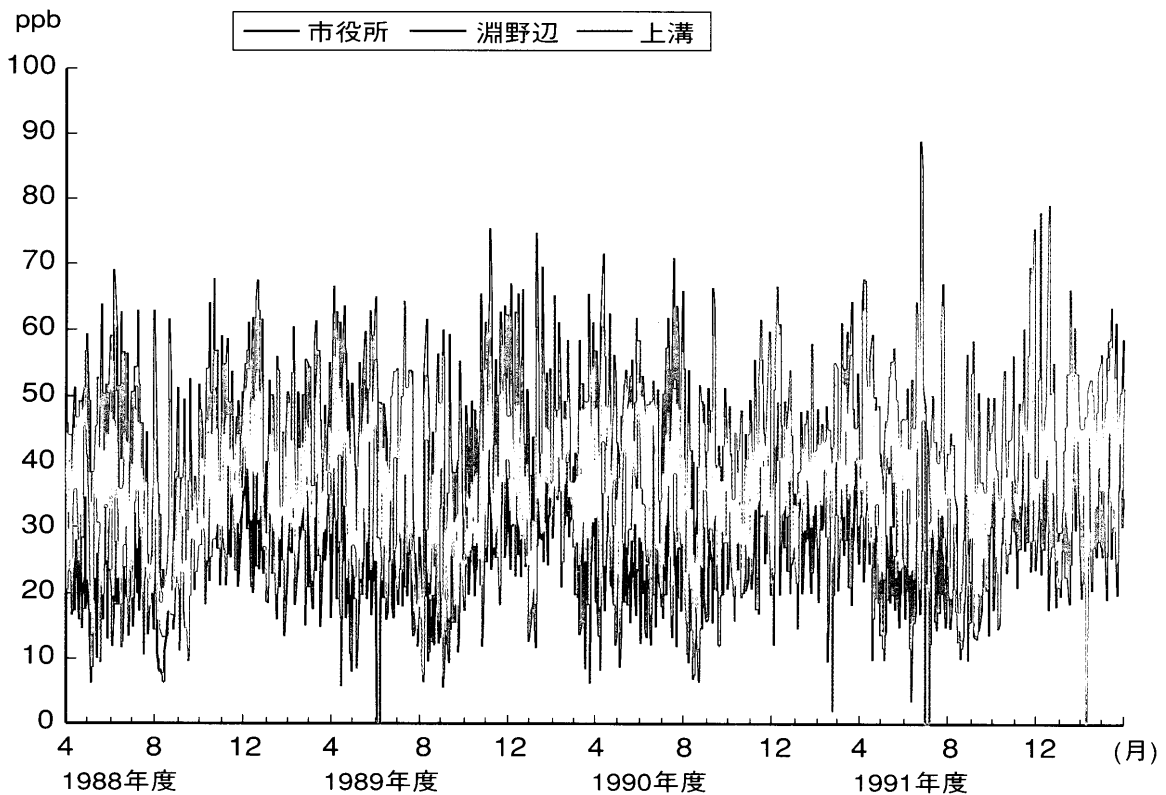


図 1-1 二酸化窒素濃度の時系列動態 (1988 ~ 1991 年度)

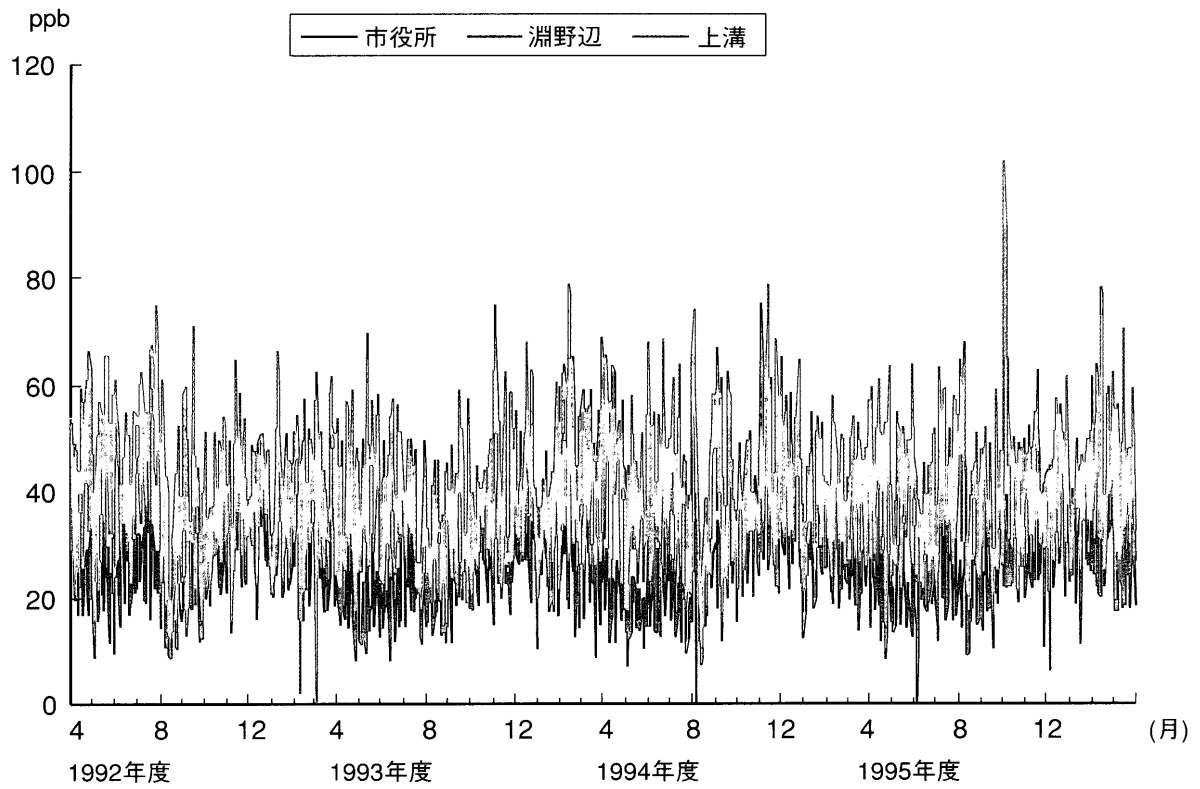


図1-2 二酸化窒素濃度の時系列動態 (1992～1995年度)

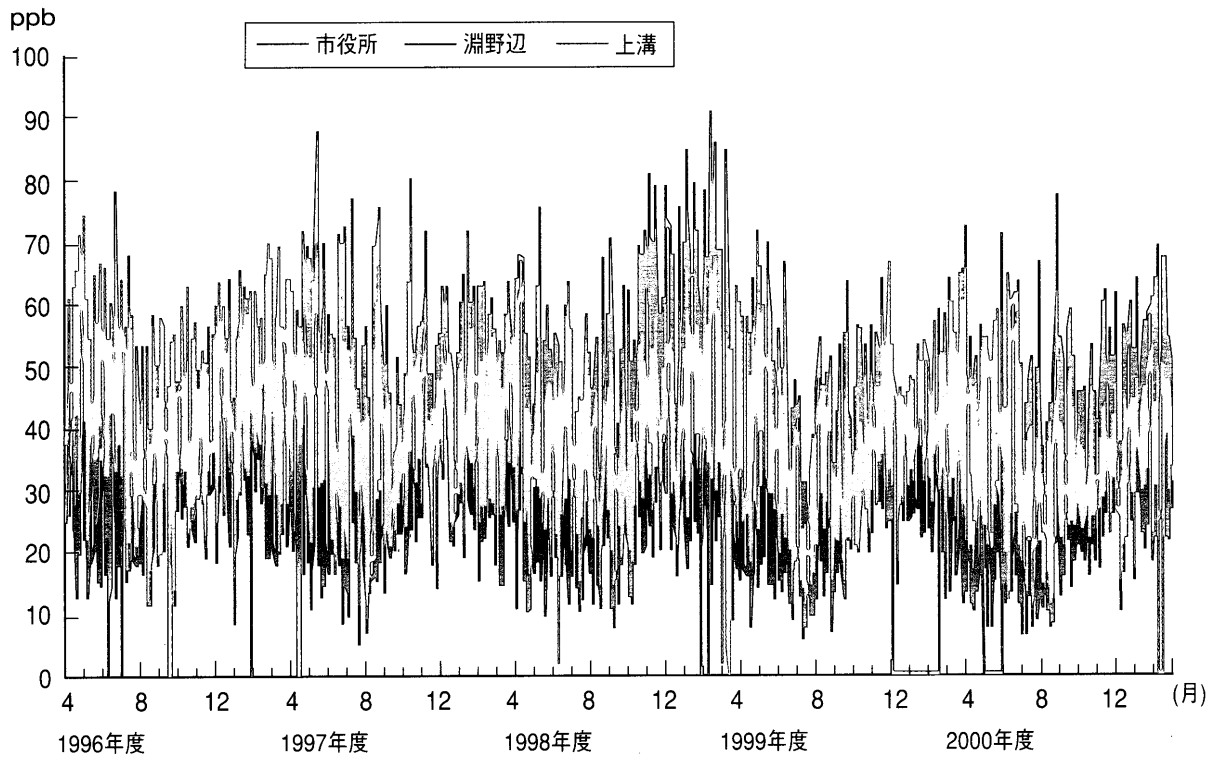


図1-3 二酸化窒素濃度の時系列動態 (1996～2000年度)

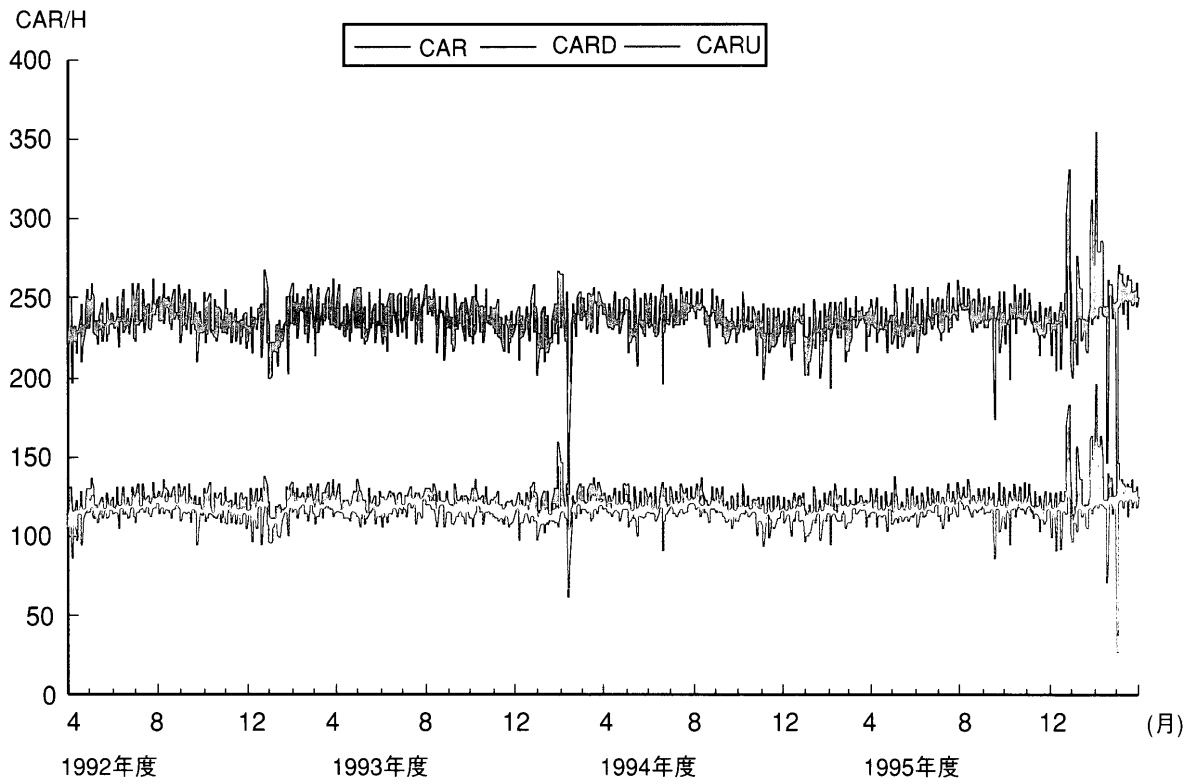


図2 交通量の時系列動態 (1988 ~ 1991 年度)

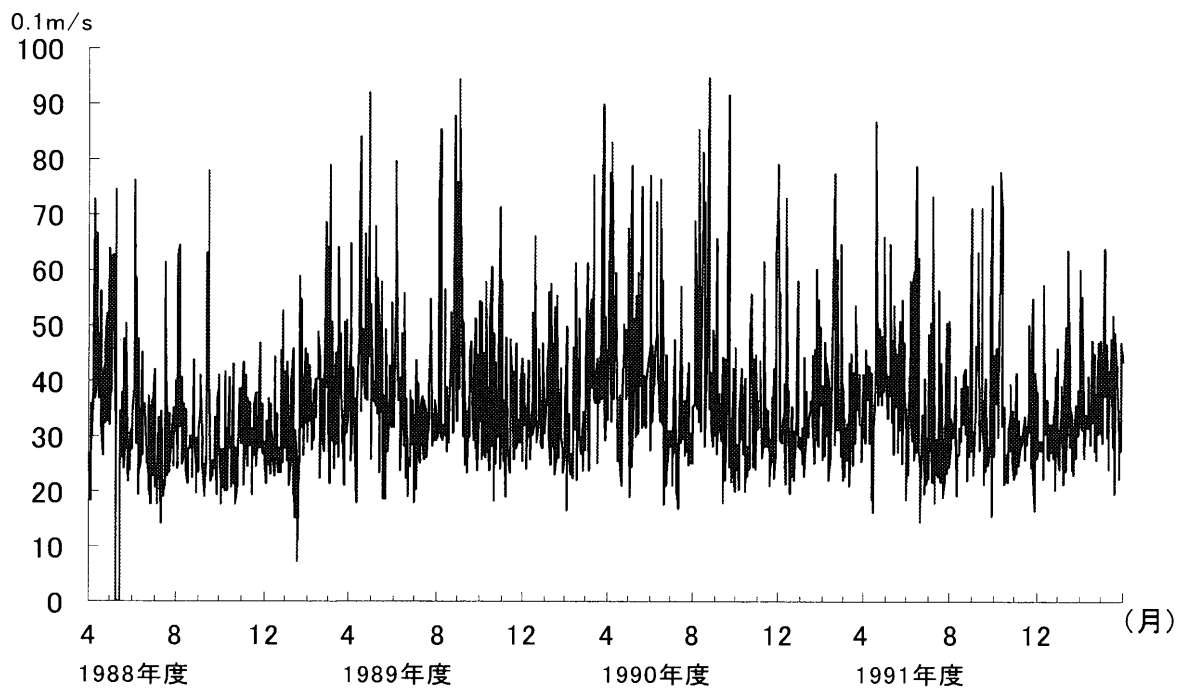


図3-1 風速の時系列動態 (1988 ~ 1991 年度)

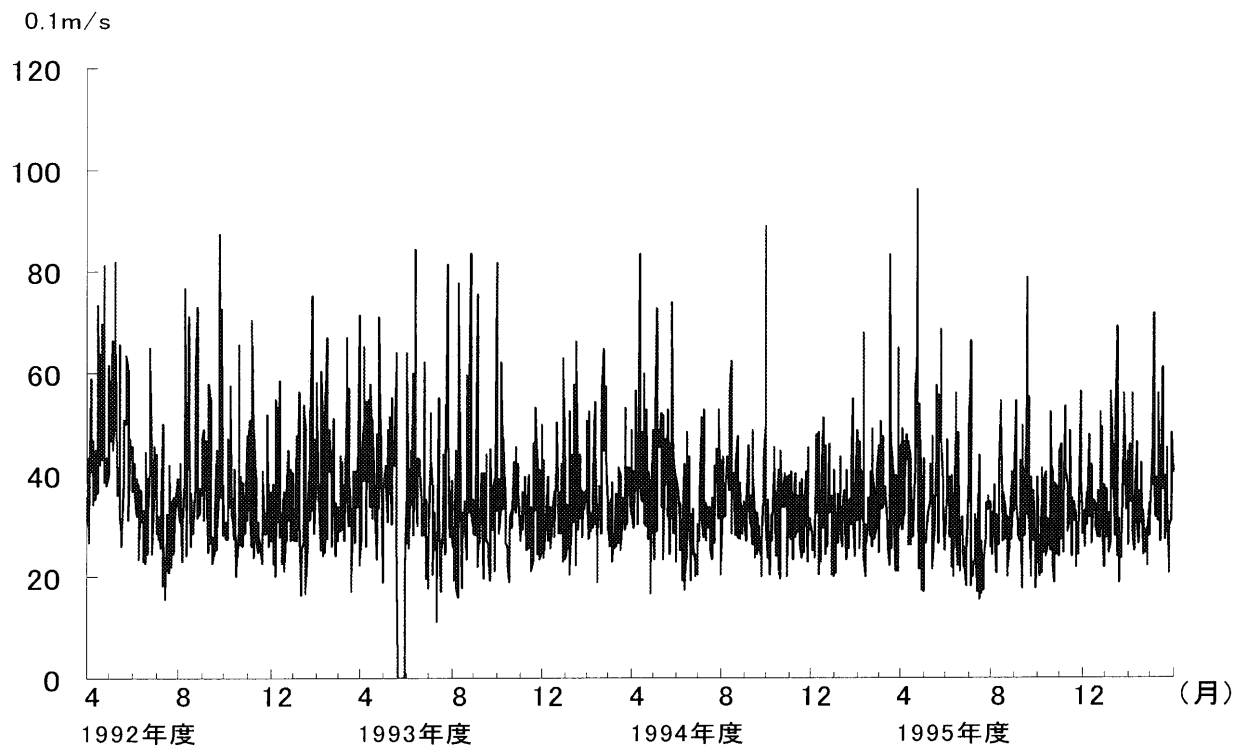


図3-2 風速の時系列動態 (1992～1995年度)

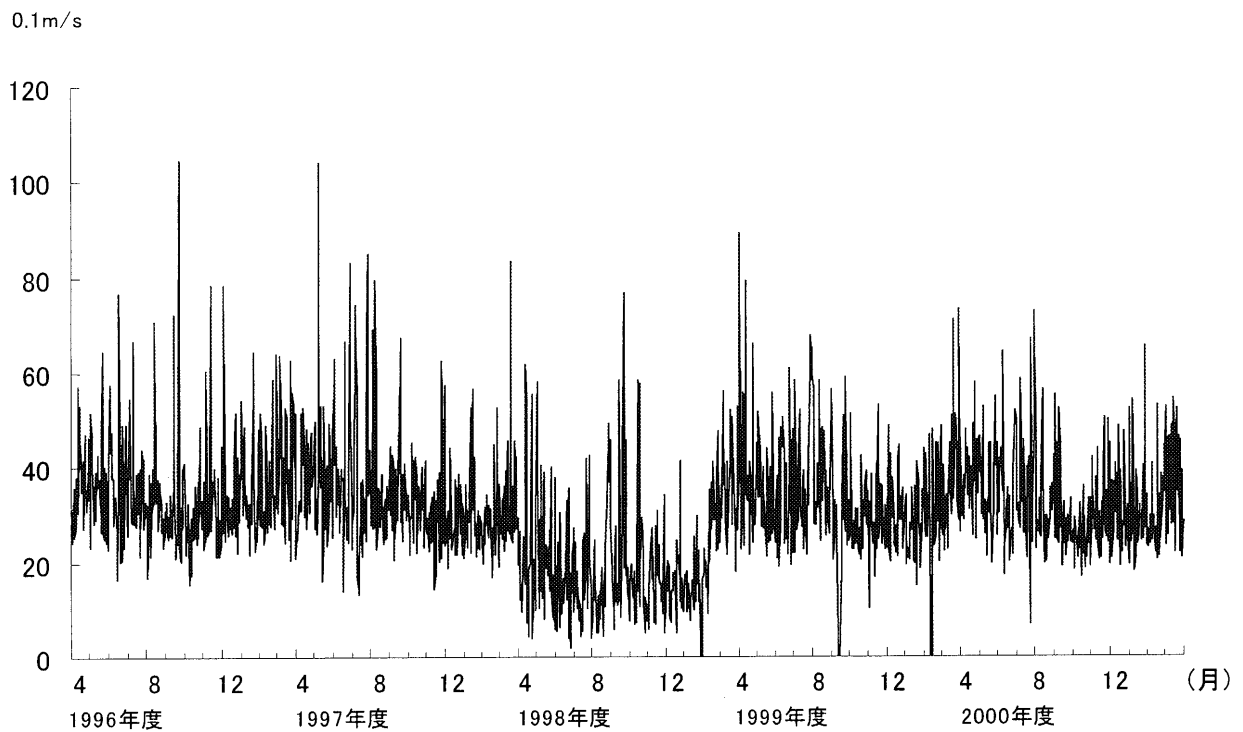


図3-3 風速の時系列動態 (1996～2000年度)

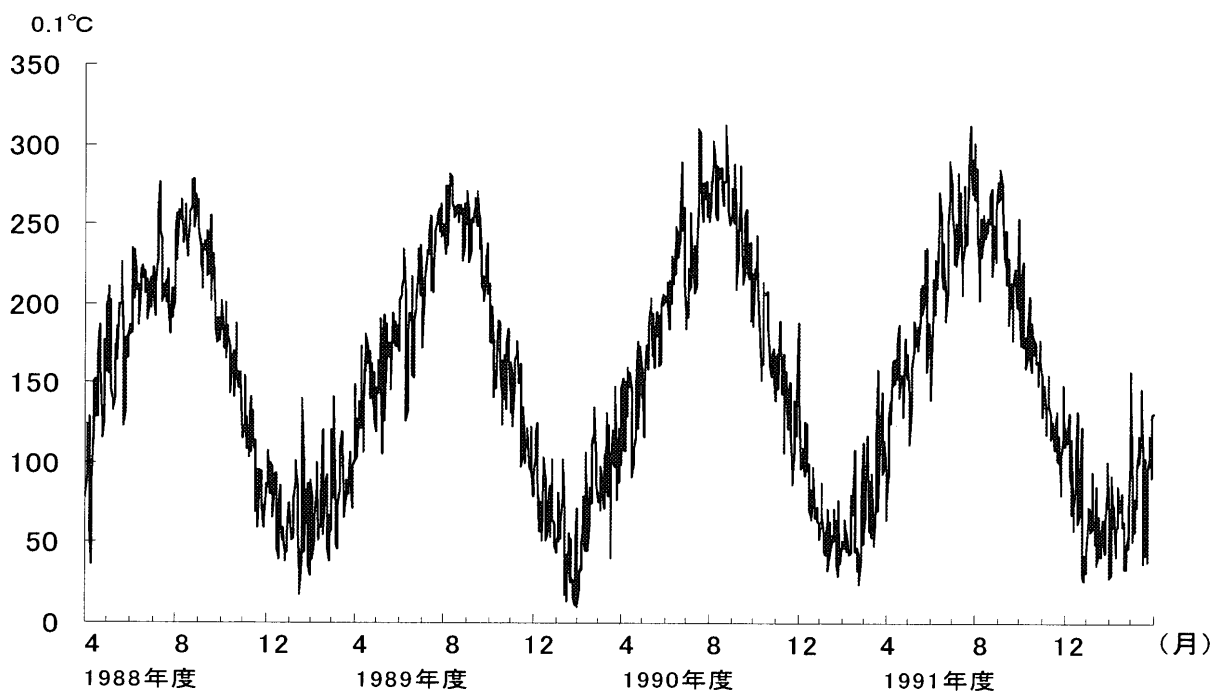


図 4-1 温度の時系列動態 (1988 ~ 1991 年度)

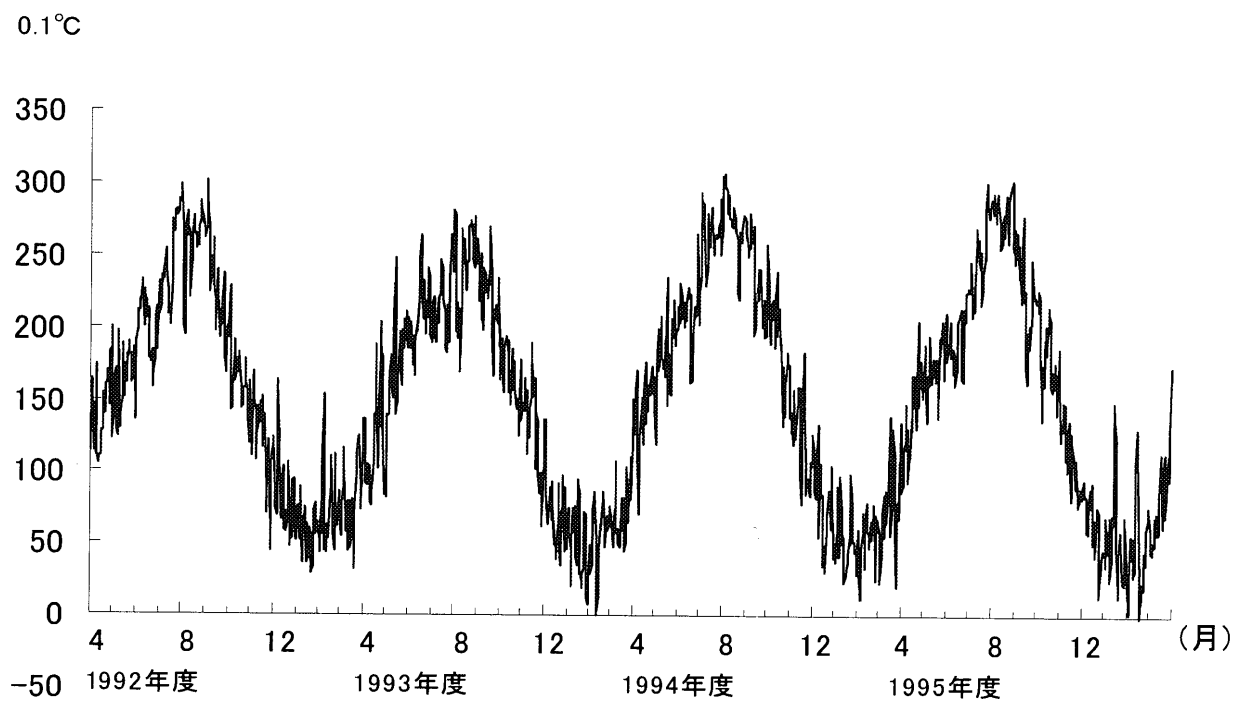


図 4-2 温度の時系列動態 (1992 ~ 1995 年度)

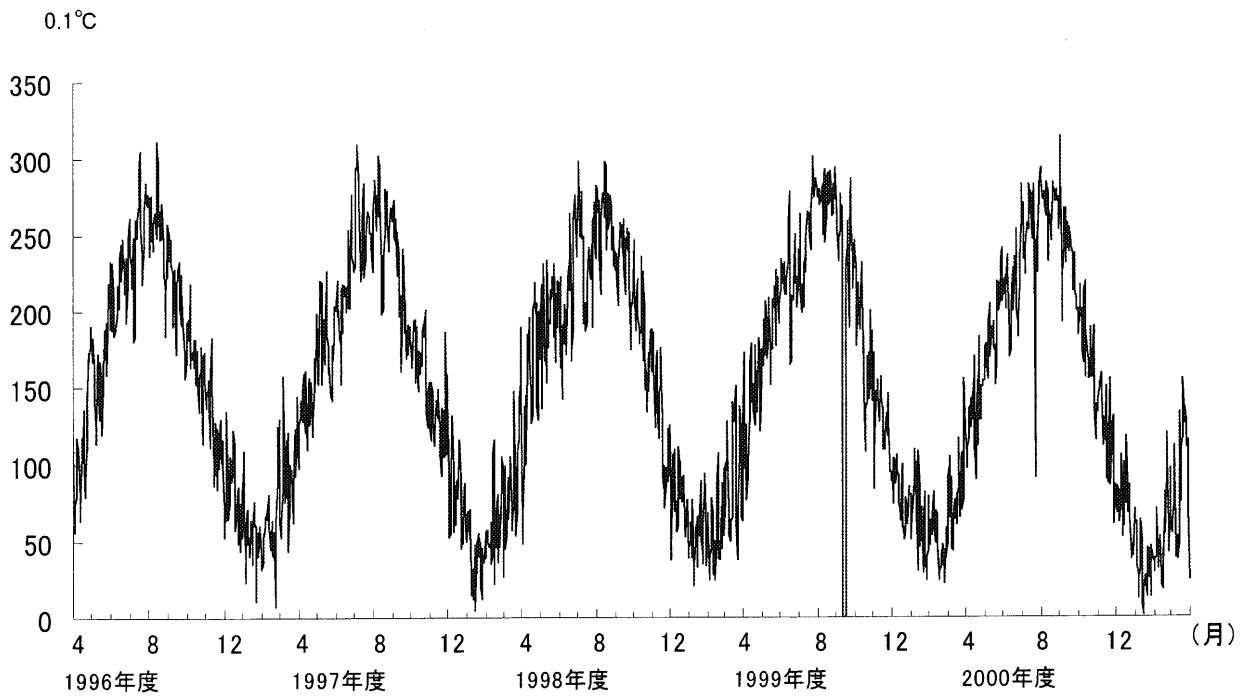


図 4-3 温度の時系列動態 (1996 ~ 2000 年度)

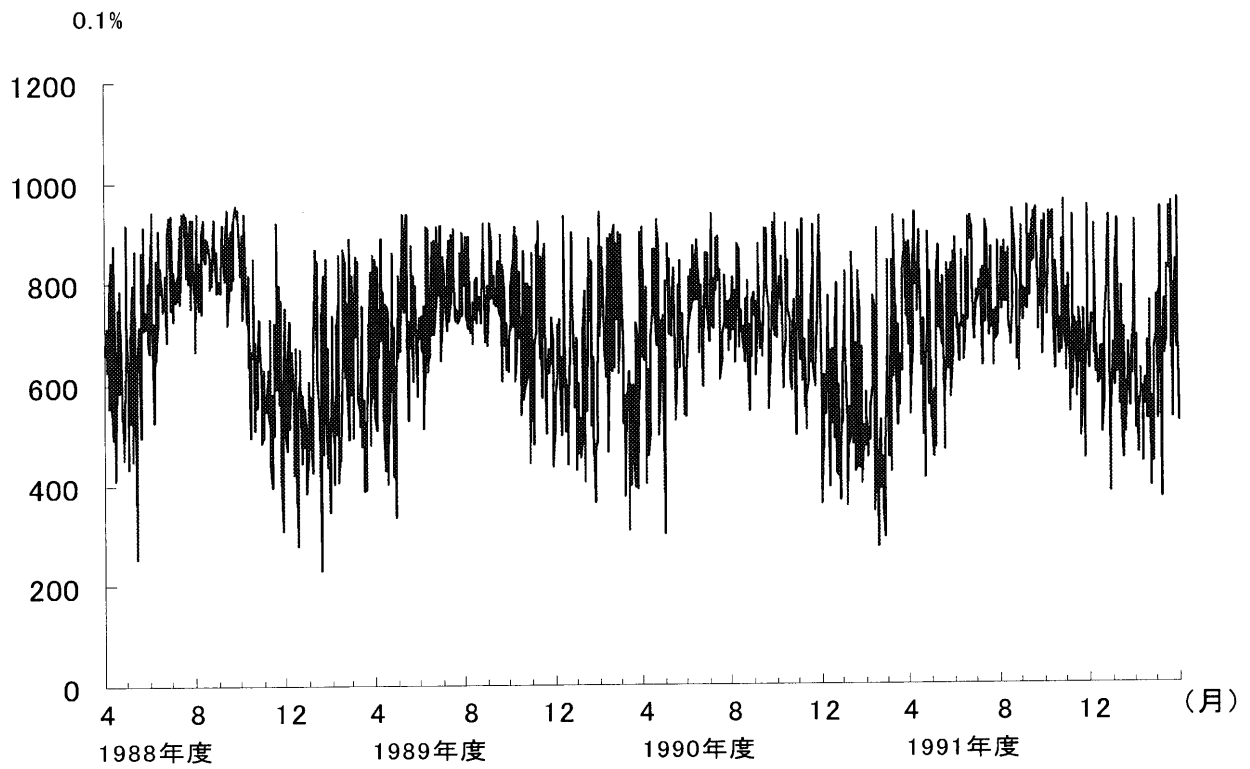


図 5-1 湿度の時系列動態 (1988 ~ 1991 年度)

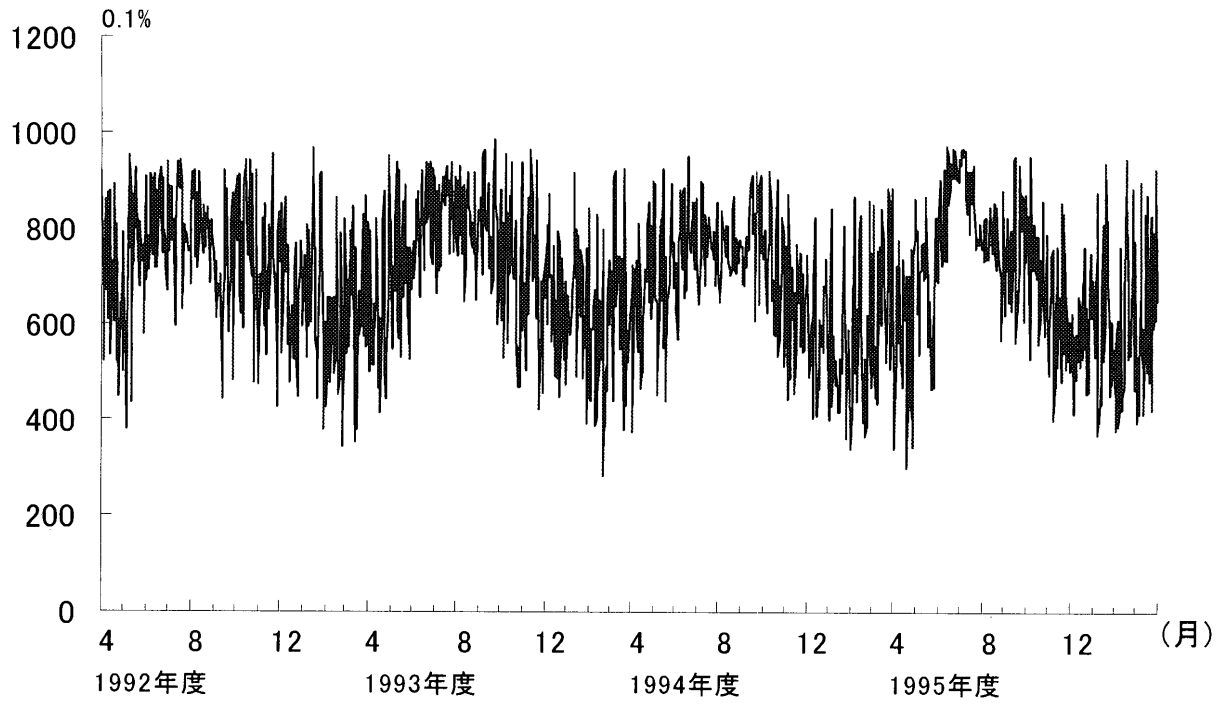


図 5-2 湿度の時系列動態 (1992 ~ 1995 年度)

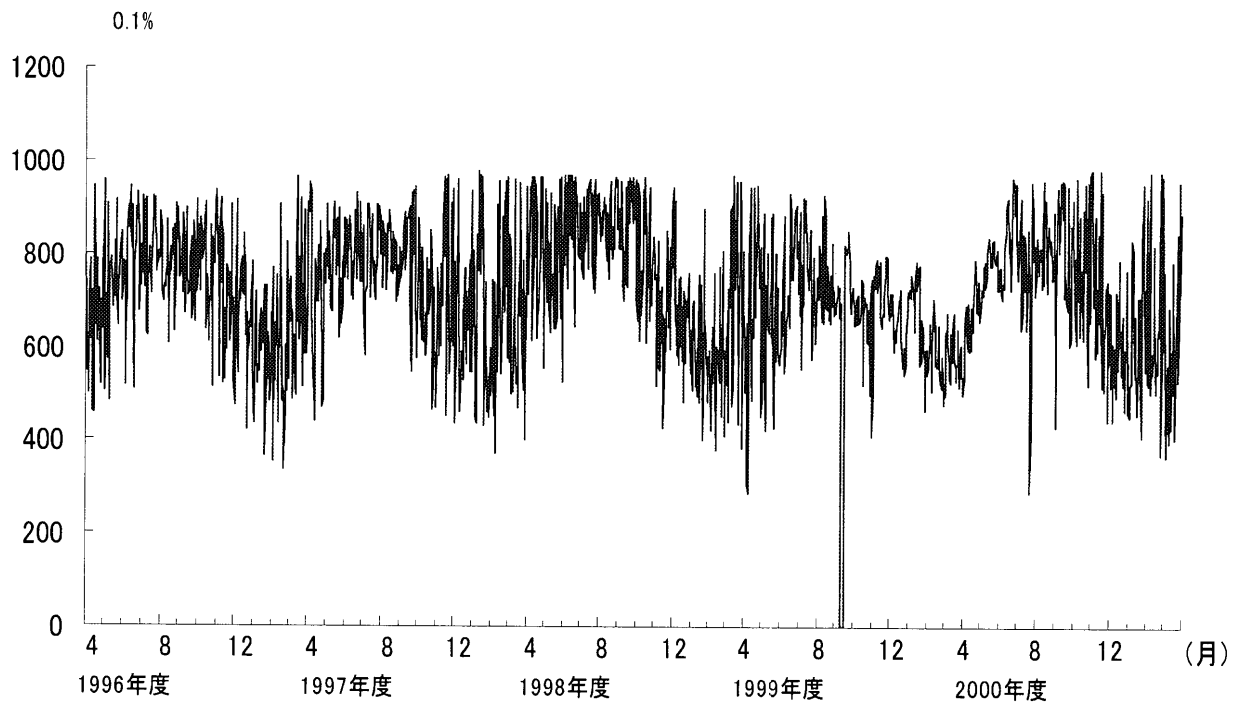


図 5-3 湿度の時系列動態 (1996 ~ 2000 年度)

表1 重回帰分析(淵野辺)

1988～2000年度

重回帰式

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F値	T値	P値	判定	標準誤差	偏相関	単相関	下限値	上限値
風速	-0.292788255	-0.2724	377.7639	19.4361	0.0000	**	0.015064	-0.2716	-0.2607	-0.32232	-0.26326
温度	0.005588807	0.0310	3.8571	1.9640	0.0496	*	0.002846	0.0285	-0.0418	9.93E-06	0.011168
湿度	-0.012611532	-0.1304	67.9745	8.2447	0.0000	**	0.00153	-0.1189	-0.0945	-0.01561	-0.00961
定数項	57.5849651		2560.2531	50.5989	0.0000	**	1.138067			55.35382	59.81611

**:1%有意 *:5%有意

精度

決定係数	0.0820
修正済決定係数	0.0815
重相関係数	0.2864
修正済重相関係数	0.2854

1992～1995年度

重回帰式

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F値	T値	P値	判定	標準誤差	偏相関	単相関	下限値	上限値
交通量	0.107280563	0.1347	28.5775	5.3458	0.0000	**	0.020068	0.1387	0.1657	0.067915	0.146646
風速	-0.247303414	-0.2670	114.0266	10.6783	0.0000	**	0.023159	-0.2694	-0.2505	-0.29273	-0.20187
湿度	-0.010914573	-0.1409	30.6979	5.5406	0.0000	**	0.00197	-0.1436	-0.1296	-0.01478	-0.00705
定数項	29.94818347		31.5767	5.6193	0.0000	**	5.329507			19.49386	40.40251

**:1%有意 *:5%有意

精度

決定係数	0.1075
修正済決定係数	0.1056
重相関係数	0.3278
修正済重相関係数	0.3250

さが影響していると考えられる。また、2局とも交通量の偏回帰係数が正を示したことは、交通量が増加すると二酸化窒素濃度も増加し、交通量に強く影響をうけていると考えられる。両局ともに②の湿度が負を示したことは、湿度が下がると濃度が増加することを意味し、これは湿度が下がる季節は冬季で、大気の安定度が増し、時系列動態でも濃度が上昇している。よって、気象要因が影響を与えられ、発生源である交通量が関与していることが明らかとなった。

いずれの局でも気象要因からの影響は大きいですが、それも地理的・地形的条件からの影響についての検討も必要と考えられる。特に上溝は中段に位置し、周辺環境との関連から、風向・風速などを考慮するとこの

2地点には地形的に差を生じていると考えられるが、その差は顕著でないことから、よって今後はより詳細なデータあるいは、周辺環境が影響をうける気象要因などのシミュレーションの検討が必要となると考えられる。

1) 淵野辺

① 1988～2000年度

$$Y_2 = 57.58 - 2.928 \times 10^{-1}X_5 + 5.589 \times 10^{-3}X_6 - 1.261 \times 10^{-2}X_7$$

Y_2 : 二酸化窒素濃度 (ppb)

X_5 : 風速 (0.1M/S)

X_6 : 気温 (0.1°C)

X_7 : 湿度 (0.1%)

表2 重回帰分析（上溝）

1988～2000年度

重回帰式

変数名	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F値	T値	P値	判定	標準誤差	偏相関	単相関	下限値	上限値
風速	-0.253685979	-0.2142	227.3079	15.0767	0.0000	**	0.016826	-0.2138	-0.2122	-0.28667	-0.2207
温度	-0.012277683	-0.0618	14.9199	3.8626	0.0001	**	0.003179	-0.0560	-0.0996	-0.01851	-0.00605
湿度	-0.006473767	-0.0608	14.3560	3.7889	0.0002	**	0.001709	-0.0549	-0.0726	-0.00982	-0.00312
定数項	53.88634704		1796.9276	42.3902	0.0000	**	1.271199	51.39421	56.37849		

**：1%有意 *：5%有意

精度

決定係数	0.0560
修正済決定係数	0.0554
重相関係数	0.2367
修正済重相関係数	0.2354

1992～1995年度

重回帰式

変数	偏回帰係数	標準偏回帰係数	F値	T値	P値	判定	標準誤差	偏相関	単相関	下限値	上限値
交通量	0.117995253	0.1423	31.7782	5.6372	0.0000	**	0.020931	0.1461	0.1604	0.076936	0.159054
風速	-0.271869952	-0.2819	126.6738	11.2549	0.0000	**	0.024156	-0.2828	-0.2752	-0.31925	-0.22449
湿度	-0.005590355	-0.0693	7.4027	2.7208	0.0066	**	0.002055	-0.0711	-0.0574	-0.00962	-0.00156
定数項	25.53929866		21.1087	4.5944	0.0000	**	5.558758	14.63527	36.44332		

**：1%有意 *：5%有意

精度

決定係数	0.1044
修正済決定係数	0.1026
重相関係数	0.3231
修正済重相関係数	0.3202

② 1992～1995年度

$$Y_2 = 29.95 + 1.073 \times 10^{-1}X_5 - 2.473 \times 10^{-1}X_6 - 1.091 \times 10^{-2}X_7$$

Y₂：二酸化窒素濃度 (ppb)

X₅：交通量 (10CAR/H)

X₆：風速 (0.1M/S)

X₇：湿度 (0.1%)

2) 上溝

① 1988～2000年度

$$Y_3 = 53.89 - 2.537 \times 10^{-1}X_8 - 1.228 \times 10^{-2}X_9 - 6.474 \times 10^{-3}X_{10}$$

Y₃：二酸化窒素濃度 (ppb)

X₈：風速 (0.1M/S)

X₉：気温 (0.1°C)

X₁₀：湿度 (0.1%)

② 1992～1995年度

$$Y_3 = 25.54 + 1.180 \times 10^{-1}X_8 - 2.719 \times 10^{-1}X_9 - 5.590 \times 10^{-3}X_{10}$$

Y₃：二酸化窒素濃度 (ppb)

X₈：交通量 (10CAR/H)

X₉：風速 (0.1M/S)

X₁₀：湿度 (0.1%)

結 論

相模原市内における2観測局の二酸化窒素濃度予測式の構築について検討を試みたところ、

- 1) 二酸化窒素濃度は、夏季に減少し、冬季にピークとなり、その後は減少傾向を示し、大気が安定する冬季にはその差が縮まる傾向にある。
- 2) 八王子方面への車線の交通量が多かった次の日は、横浜方面への車線が多いという傾向を示した。また、12月後半から3月末にかけて、八王子方面への車線の交通量が多くなり、特に平日と休日の差が大きくなった。各観測局の二酸化窒素濃度と交通量のt-検定では、どの組み合わせでも有意であった。
- 3) 風速は6～8月にかけて弱まり、冬季は安定した。気温は、氷点下を下回らず、1年間を0℃～30℃で推移した。湿度は6～10月まで高く、その後は減少傾向を示した。各観測局の二酸化窒素濃度と交通量および気象要因についてt-検定では、どの組み合わせでも有意であった。
- 4) 以上の経過から、重回帰分析により、以下のような二酸化窒素濃度予測式が構築できた。

<淵野辺>

① 1988～2000年度

$$Y_2 = 57.58 - 2.928 \times 10^{-1}X_5 + 5.589 \times 10^{-3}X_6 - 1.261 \times 10^{-2}X_7$$

② 1992～1995年度

$$Y_2 = 29.95 + 1.073 \times 10^{-1}X_5 - 2.473 \times 10^{-1}X_6 - 1.091 \times 10^{-2}X_7$$

<上溝>

① 1988～2000年度

$$Y_3 = 53.89 - 2.537 \times 10^{-1}X_8 - 1.228 \times 10^{-2}X_9 - 6.474 \times 10^{-3}X_{10}$$

② 1992～1995年度

$$Y_3 = 25.54 + 1.180 \times 10^{-1}X_8 - 2.719 \times 10^{-1}X_9 - 5.590 \times 10^{-3}X_{10}$$

5) 相模原市も、夏季に減少し、冬季に増加する日本の典型的な大気汚染状況にあるが、各観測局によって変動の仕方や値に差異が生じた。これは観測条件や観測局の地理的環境が影響を与えたと推察された。このような地理的・地形的条件からの影響の詳細な検討が必要と考えられる。

謝辞

本研究の御指導賜りました千葉大学園芸学部中村攻教授に深謝の意を示します。

参考文献

- 1) 桐生崇・畠山豪・光崎龍子：麻布大学雑誌，1，21-32（2000）。
- 2) 小泉明・山崎公子・資兆慧：都市と廃棄物，27，39-49（1997）。
- 3) 中村貢・米山悦夫：空気清浄，19，16-30（1981）。
- 4) 橋本魁・高津和久・田村章：香川県環境研究センター，19，51-59（1996）。
- 5) 橋本魁・冠野禎男・田村章：香川県環境研究センター，21，71-83（1998）。
- 6) 環境白書，（2000）。