

平成8年度の二酸化窒素高濃度現象について

— 接地逆転気温の影響 —

Studies on the Phenomenon of the highly Concentrated Nitrogen Dioxides in 1996

— Effect of the Surface Inversion Temperature —

橋本 魁躬

Osami HASHIMOTO

In Kagawa prefecture, the concentration of NO₂ in 1996 became higher than last year at 13 air pollution monitoring stations out of 20 stations. Especially, the concentration of Takamatsu-Keirinjou station, one of which general air pollution monitoring stations was too high, to meet the environmental standard level of NO₂ concentration.

Now, cause of high concentration of NO₂ has been probed, by seeing the relations with some components such as weather conditions, so as to use it to prevent from the highly concentrated air pollution.

As a result, it was estimated that the cause of highly concentrated NO₂ in 1996 was an inversion temperature, which was occurred the most in past 10 years at the height up to 200 meters, and the rate of its appearance was about 1.5~1.8 times higher than last 3 year's.

はじめに

本県の二酸化窒素濃度は、平成3年度に急激な濃度上昇が見られたが、4年度以降、低下してほぼ横這いで推移していた。しかし、8年度には、県下20常時観測局のうち、前年度より濃度が上昇した観測局が13局（1～6ppb、平均2.8ppb）、5～7年度平均値より濃度が上昇した観測局が16局（1～5ppb、平均2.6ppb）あり、低濃度であった観測局の濃度上昇が顕著であった。

3年度には、春期及び冬期の5ヶ月間の平均風速が過去10年間の平均風速に比べ0.3～0.4m/s低下しており、それが濃度上昇をもたらしたことが確認されている¹⁾。

そこで、8年度の濃度上昇の原因を特定するため、風向・風速と二酸化窒素濃度の関係について解析を行うとともに、従来から大気拡散に密接な関係があるとの報告^{2)～6)}がなされている逆転気温の出現状況等について解析を行い、その原因の一部が明らかとなったので報告する。

調査方法

1. 調査項目及び調査内容

表1に示す大気汚染常時観測局の二酸化窒素濃度、風向・風速及び上空気温を用いて、濃度等の推移や項目間

の関係について解析した。濃度等の推移については、昭和62年度からの10年間、項目間の関係については5年度からの4年間のデータを使用した。

2. 大気汚染常時観測局の位置及び立地状況

表1、図1に示す通りである。

表1 調査項目及び大気汚染常時観測局の立地状況

地点 番号	観測局名	調査項目			立地状況
		NO ₂	風向・風速	上空気温	
1	坂出市役所	●	●		市街部(1.1)
2	瀬田居島	●	●		臨海部(0.0)
3	林田出張所	●	●		市郊外(2.0)
4	相模坊神社	●	●		臨海部(0.0)
5	川津	●	●		内陸部(3.0)
6	権石島	●	●		島しょ部(0.3)
7	宇多津町役場	●	●		市街部(0.7)
8	丸亀市役所	●	●		市街部(0.6)
9	丸亀競艇場	●	●		臨海部(0.0)
10	城小	●	●		市郊外(1.0)
11	多度津町役場	●	●		市街部(0.7)
12	善通寺市役所	●	●		市街部(6.5)
13	観音寺市役所	●	●		市街部(2.2)
14	高松競輪場	●	●		臨海部(0.2)
15	勝賀中	●	●		臨海部(1.2)
16	高松東消防署	●	●		市街部(2.8)
17	高松市役所	●	●		市街部(1.2)
18	栗林公園前	●	●		市街部(2.5)
19	花園	●	●		市街部(1.8)
20	直島町役場	●	●		島しょ部(0.5)
21	四国電力坂出発電所		●	●	臨海部(0.1)

※()内は海岸線からの距離(Km)

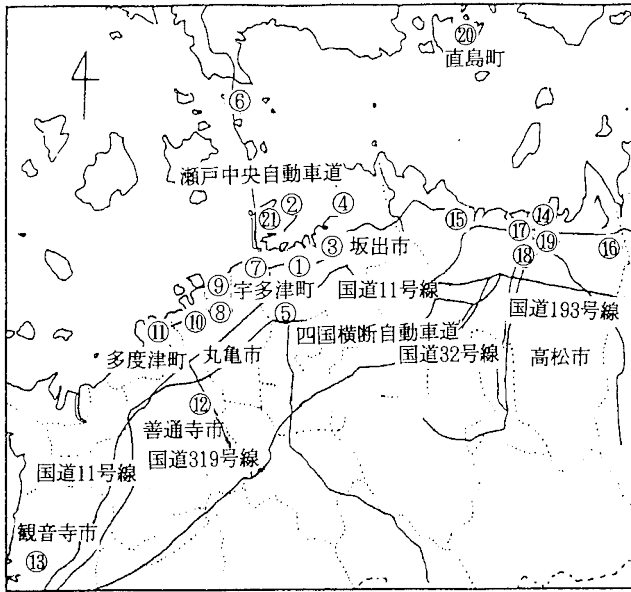


図1 大気汚染常時観測局の位置

結果及び考察

1. 8年度の二酸化窒素濃度の特徴

1-1 年度別特徴

各観測局の年平均値の推移は表2の通りであり、5年度から7年度までの3ヶ年は、20局中16局が1～2ppbの濃度変動の範囲内にあり、この3ヶ年は横這いで推移していたものと考えられる。

そこで、8年度とこの3ヶ年の平均値（以下「3ヶ年平均値」と略す。）を比較すると、多度津町役場が6ppb、瀬居島が5ppb、宇多津町役場、観音寺市役所及び直島町役場が4ppb、丸亀競艇場、高松競輪場、勝賀中学校が3ppb上昇しており、比較的低濃度の観測局で濃度が上昇する傾向が見られた。

一方、坂出市役所、丸亀市役所では2ppb、高松市役所、花園、善通寺市役所では1ppbの上昇に止まり、逆に栗林公園前では1ppb低下するなど、市街部、特に高松市の市街部では横這いで推移していたという特徴が見られた。

図2に3ヶ年平均値に比べ3ppb以上濃度上昇した観測局（以下「濃度上昇局」という。）と2ppb濃度上昇した観測局（以下「濃度上昇傾向局」という。）及びその他の観測局（以下「濃度非上昇局」という。）の3グループに分けて代表局の濃度推移を示した。

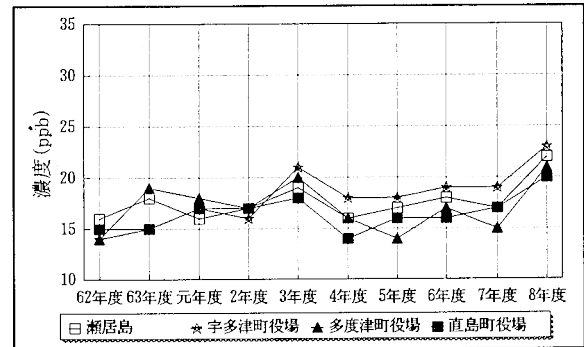
表2 二酸化窒素年平均値推移

観測局	年度										8年度-3ヶ年平均値
	62	63	元	2	3	4	5	6	7	8	
坂出市役所	16	17	17	18	21	18	19	19	22	22	2
瀬居島	16	18	16	17	19	16	17	18	17	22	5
丸亀市役所	14	15	15	16	18	15	15	16	16	13	-3
相模川	11	12	11	13	16	13	14	14	16	15	0
瀬川	14	20	16	18	20	18	19	20	20	20	0
瀬石	15	19	17	17	20	18	20	19	19	20	1
宇多津町役場	14	15	17	16	21	18	18	19	19	23	4
丸亀競艇場	19	18	19	20	23	20	21	22	22	24	2
丸亀競艇場	18	19	18	18	25	22	22	22	22	25	3
城小	14	16	15	14	17	16	16	16	16	18	2
多度津町役場	14	19	18	17	20	16	14	17	15	21	6
善通寺市役所	11	15	14	13	15	13	14	14	12	14	1
善通寺市役所	13	17	14	14	16	14	12	13	14	17	4
高松市役所	23	23	22	22	(26)	24	27	27	28	30	3
勝賀中	18	18	19	19	21	18	19	20	21	23	3
高松市役所	15	18	16	17	18	16	17	18	19	21	2
栗林公園前	27	26	27	31	31	28	29	31	31	31	1
栗林公園前	29	32	27	28	26	31	30	35	33	32	-1
直島町役場	22	23	22	22	21	19	21	24	24	24	1
直島町役場	15	15	17	17	18	14	16	16	17	20	4
平均	17	19	18	18	21	18	19	20	20	22	2

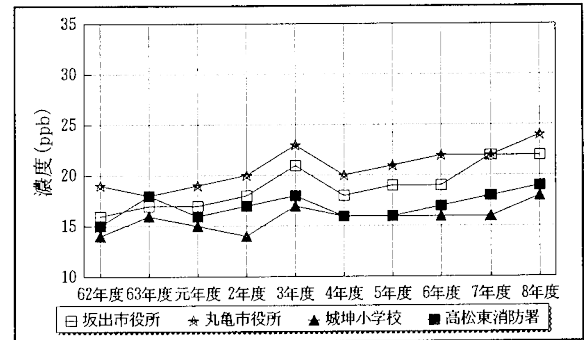
※（ ）は年間測定時間が6,000時間未満、平均は高松競輪場を除外した値。

<濃度上昇局>

<濃度上昇傾向局>



<濃度上昇傾向局>



<濃度非上昇局>

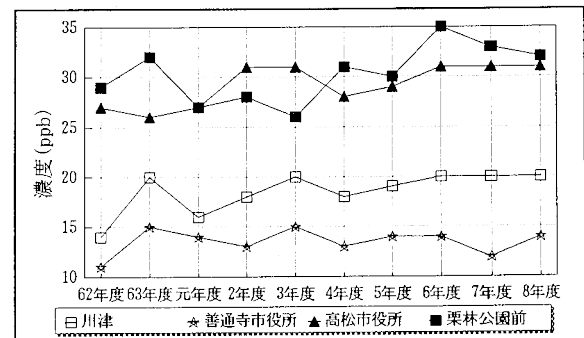


図2 二酸化窒素年平均濃度の推移

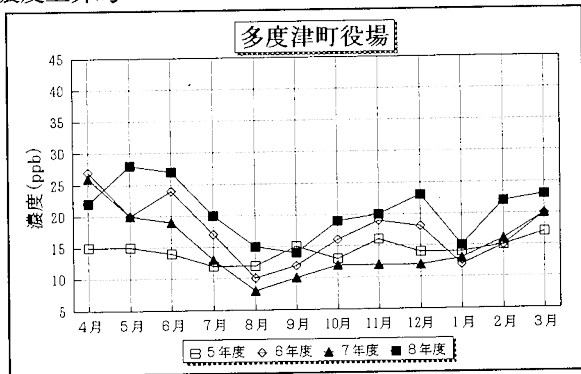
1-2 月別特徴

通年は、ほとんどの観測局で4月、次いで3月又は6月の順に高濃度が出現し、8月～9月に最低濃度となり、11月～12月に再度ピークが出現する二山型の濃度推移となる傾向にあった。

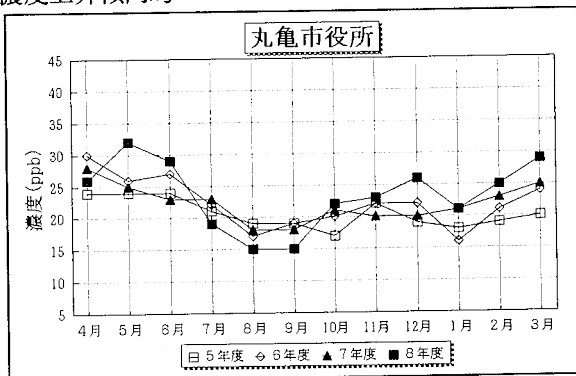
一方、8年度は、20局中15局で5月に最高濃度が出現しており、濃度上昇局の8局では、ほとんどの月で3ヶ年より高い濃度が出現していた。

また、濃度上昇傾向局の4局では、5月、6月、12月、2月、3月で3ヶ年より全般的に高くなっており、その他の月はほぼ同一濃度で推移していた。

<濃度上昇局>



<濃度上昇傾向局>



<濃度非上昇局>

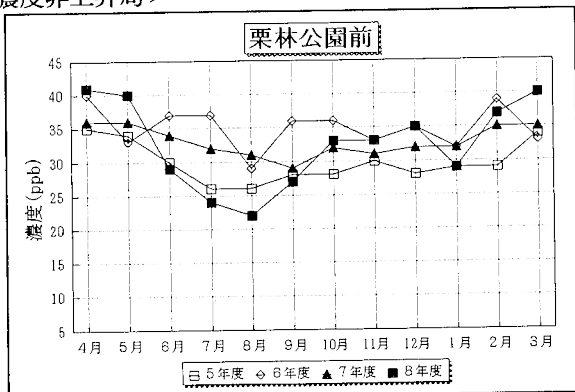


図3 二酸化窒素月平均濃度の推移

濃度非上昇局では、全般に5月が高く、12月、3月にも高くなる傾向が見られた。

図3に代表局の5年度からの4年間の月別濃度推移を示す。

2. 風速の特徴

2-1 年度別特徴

各観測局の年平均風速の推移を表3に示す。7年度に比べて8年度が増加した観測局は、18局中2局のみ(平均0.1m/s)であり、13局が0.1～0.3m/s(平均0.18m/s)低下、全局平均では0.12m/s低下しており、全般にわずかながら風速の低下が見られた。

しかし、3ヶ年平均値と比較すると、7局で0.1～0.3m/(同0.14m/s)低下していたものの、6局が同一風速、善通寺市役所を除く4局が0.1m/s増加しており、全局平均ではほぼ同一風速となっていた。

また、冬期から春期にかけて特異的な弱風が出現した3年度に比べ0.15m/s速く、8年度の風速は年平均値で見た場合、平年並みの風速であったと考えられる。

表3 年平均風速推移

観測局	年度										8年度- 3ヶ年平均
	62	63	元	2	3	4	5	6	7	8	
坂出市役所	1.4	1.4	1.5	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	0.10
瀬居島	1.7	1.7	1.7	1.8	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	1.9	0.00
林田出張所	2.4	2.4	2.5	2.7	2.6	2.8	2.5	2.5	2.6	2.4	-0.13
相模坊神社	1.4	1.4	1.3	1.4	1.4	1.7	1.7	1.6	1.7	1.5	-0.17
川津	1.8	1.7	1.7	1.8	1.5	1.6	1.6	1.8	1.8	1.7	-0.03
横石島	1.7	1.3	1.3	1.4	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	0.00
宇多津町役場	2.4	2.4	2.4	2.6	2.4	2.5	2.4	2.4	2.7	2.5	0.00
丸亀市役所	1.6	1.5	1.6	1.7	1.6	1.7	1.6	1.7	1.7	1.8	0.13
丸亀競艇場	2.3	2.3	2.2	2.2	2.0	2.3	2.2	2.2	2.3	2.3	0.07
城坤小学校	2.3	2.3	2.4	2.6	2.4	2.6	2.6	2.6	2.7	2.5	-0.13
多度津町役場	2.8	2.8	2.7	2.9	2.7	3.0	2.9	3.2	3.3	3.0	-0.13
善通寺市役所	1.9	1.9	1.9	2.0	1.8	1.7	1.4	1.2	2.3	2.1	0.47
観音寺市役所	3.0	2.9	2.9	3.1	2.8	2.9	2.7	2.9	3.1	2.9	-0.00
高松競輪場	1.7	1.6	1.7	1.7	(1.8)	1.9	1.7	1.5	1.6	1.3	-0.30
勝賀中学校	1.7	1.7	1.7	1.6	2.3	2.5	2.4	2.5	2.6	2.5	0.00
高松東消防署	1.8	2.1	2.0	2.2	2.0	2.2	2.2	2.2	2.2	2.1	-0.10
花園	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.5	-0.07
直島町役場	1.8	1.8	1.8	1.9	1.7	1.9	1.8	1.8	1.9	1.9	0.07
平均	1.94	1.92	1.92	2.00	-	2.08	1.99	2.02	2.16	2.04	-0.02
平均	1.96	1.94	1.94	2.02	1.94	2.09	2.01	2.05	2.19	2.09	0.00

※()は年間測定時間が6,000時間未満、下欄の平均は高松競輪場を除外した値。

2-2 月別特徴

全観測局の4年度からの5年間の年間最小月平均風速及び年間最大月平均風速の月別出現頻度を表4に示した。

年間最小月平均風速が出現した月は、4年度では7月、5年度では9月、6年度では6月、7年度及び8年度で

は10月が最も多く、年度によってまちまちであったが、5年間の合計値で見ると、10月、次いで6月、7月、9月の順となっており、高濃度が出現しやすい3月及び4月には、年間最小月平均風速はほとんど出現していなかった。

一方、年間最大月平均風速は、4、5年度には2月、6～8年度には1月に最も多く出現しており、8年度は全局とも1月に出現していた。5年間では1月、2月の順となっていた。

また、8年度の特徴として、他の年に比べて風速変動がやや小さい傾向が見られた。

図4に濃度上昇局の5年度からの4年間の月別風速推移を示した。

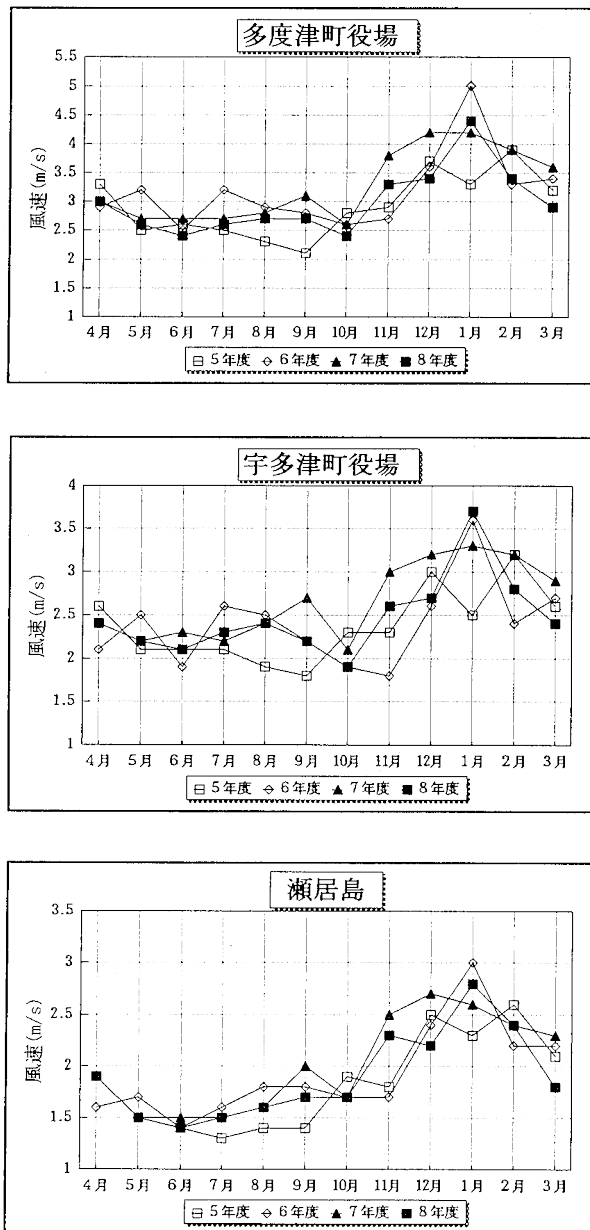


図4 月平均風速推移

表4 月別年間最小風速及び年間最大風速出現頻度 (延べ月数)

年度		月											
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
年間 最小 風速	4	0	0	6	14	0	1	5	6	0	2	0	0
	5	0	0	1	3	4	16	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	10	0	0	0	2	8	0	0	1	2
	7	0	2	5	8	2	0	11	0	0	0	0	0
	8	0	1	6	2	1	1	14	0	0	0	0	1
合計		0	3	28	27	7	18	32	14	0	2	1	3
年間 最大 風速	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	17	0
	5	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	17	0
	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0
	7	0	0	0	0	0	1	0	1	7	14	1	5
	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0
合計		2	2	0	0	2	1	0	1	8	49	35	5

2-3 階級別風速出現頻度

5年度からの4年間の風速は年平均値ではほぼ同一風速であったが、年度によって風速分布が異なっていたらば、汚染質の拡散状況も異なってくるため、8年度の濃度上昇の原因が特定できることとなる。

そこで、観測局毎に0.2m/s毎の階級別の風速出現頻度を求め、風速分布を調査した。代表局の累積出現頻度を図5、風速が1.0m/s以下の弱風の累積出現頻度を表5に示した。

累積出現頻度の形状は観測局毎に異なっていたが、同一観測局では、どの年度もほぼ同じ形状をしており、弱風の累積出現頻度は、5年度、次いで8年度が高くなるという傾向が見られた。特に、1.0m/s以下では5年度、6年度、8年度の順に高くなっていった。

濃度上昇局の傾向をしてみると、最も濃度上昇が顕著であった多度津町役場でも、弱風時には5年度が最も高く、8年度は2.8m/sを超えた時点で累積頻度が最も高くなっており、8年度には、弱風の出現頻度は特に高くなかったことが確認された。

瀬居島でも同じ傾向を示し、8年度は1.8m/sを超えた時点で5年度よりも累積頻度が高くなっていた。

宇多津町役場では4.0m/sで5年度と同じ累積頻度(84.6%)になっていた。

また、1.0m/s以下の累積出現頻度は、風向・風速計の設置場所によって異なっており、高所に設置された多度津町役場、宇多津町役場、勝賀中学校や臨海部の丸亀競艇場などは低く、逆に、坂出市役所、丸亀市役所、花園など市街部の観測局は、周囲の建築物などの影響を受けるため高くなっていた。高松競輪場は臨海部に位置しているものの、頻度が高くなっており、市街部同様、近傍の建物などの影響を大きく受けていることが推定された。

表5 観測局別の風速1.0m/s以下の出現頻度

(%)

観測局	5年度	6年度	7年度	8年度
坂出市役所	51.4	48.0	49.9	46.2
瀬田出張所	36.5	33.4	30.3	33.6
宇多津町役場	22.0	18.8	17.8	19.3
丸亀市役所	30.7	30.1	23.8	27.0
丸亀競艇場	43.8	42.9	44.0	38.6
多度津町役場	24.4	22.1	19.6	18.1
高松競輪学校	18.6	12.2	12.1	13.2
勝賀中	31.6	42.9	34.5	46.9
花直島町役場	20.4	19.3	16.6	18.3
	44.2	40.8	41.1	44.2
	37.4	36.7	33.9	34.7

3. 二酸化窒素と風向・風速の関係

8年度の風速は、7年度に比べ全般に低くなっていたが、3ヶ年平均値ではほぼ同一風速となっていた。

そこで、代表的な観測局の5年度からの4年間の二酸化窒素濃度と風速の関係について解析した。

3-1 風速階級別濃度

0.2m/s毎の風速階級別の平均濃度を求め、図6に示した。二酸化窒素濃度は風速に逆比例してほぼ直線的に低下しており、ある風速に達すると、出現頻度が少なくなるため、バラツキは見られるものの、バックグラウンド濃度に収束し、ほぼ横這いで推移し始めていた。

年度別に見た場合、8年度は3ヶ年と年平均濃度程度の差を保ちながらほぼ並行に推移しており、濃度上昇局にその傾向が顕著であったが、濃度非上昇局の花園などでは、6、7年度とほぼ同濃度で推移していた。

しかし、5年度は、4ヶ年のうちで最も弱風の出現頻度が高かったにもかかわらず、ほとんどの局で最も低い濃度で推移しており、8年度の高濃度は風速以外の要因によってもたらされたことが推定された。

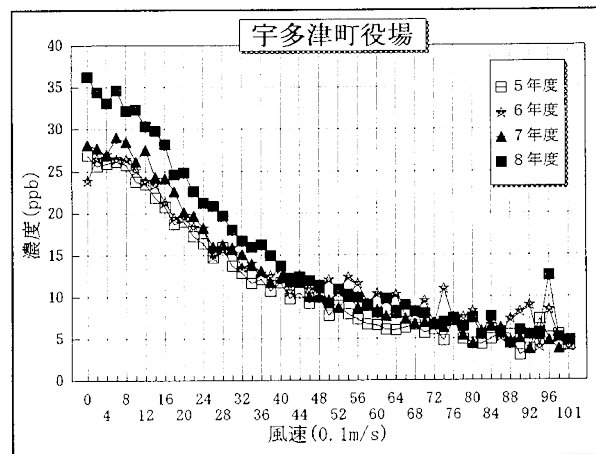
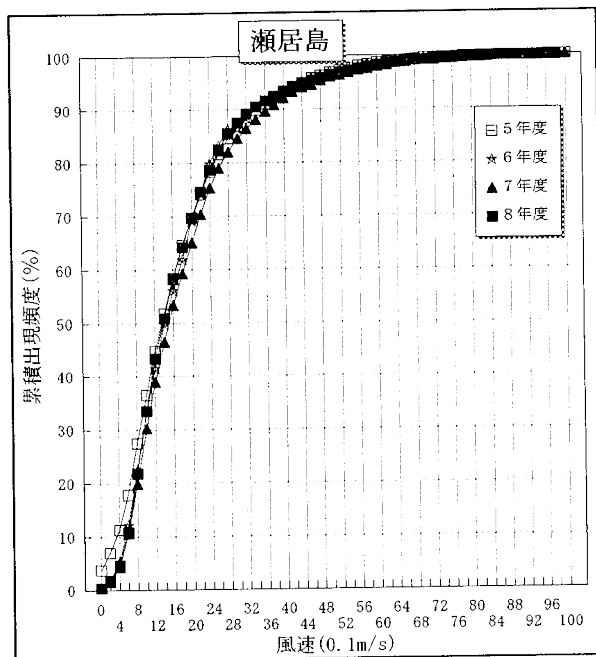
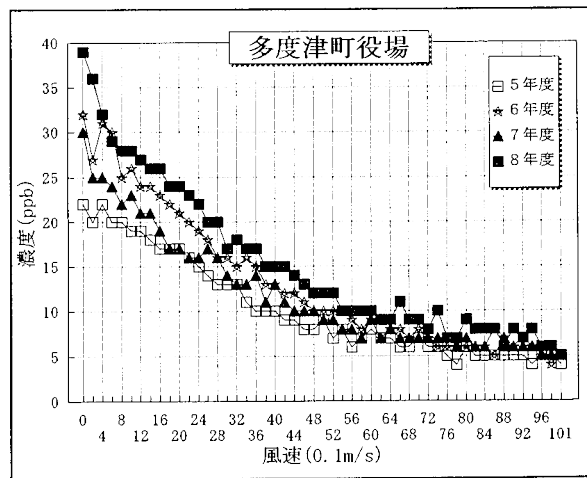
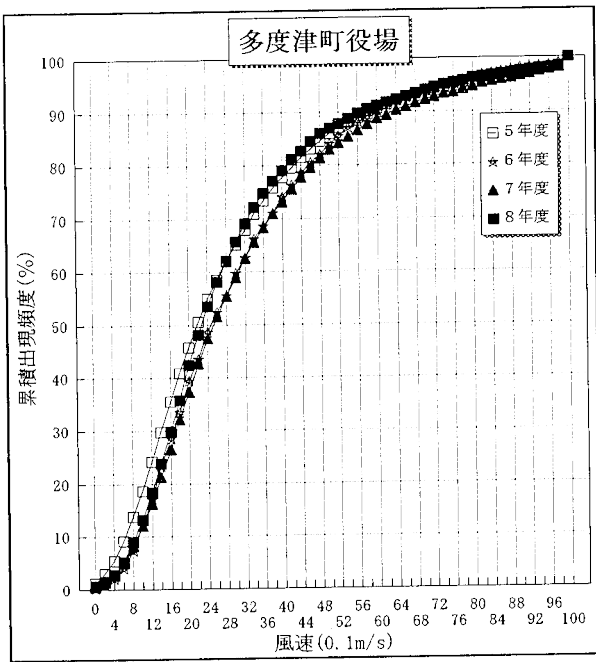


図5 階級別風速出現頻度

図6 風速階級別濃度

3-2 風向別濃度

16方位及び無風(0.4m/s以下)について、それぞれの平均濃度及び出現頻度を求め、さらに、これらの濃度と頻度を加重平均してそれぞれの風向の寄与率を求め、それに年平均濃度を乗じて風向別の濃度を算出した。表6及び図7に代表局の寄与濃度を示す。

濃度上昇局の傾向を見てみると、多度津町役場ではSE, N, E, WNWなどの風向からの寄与が高く、8年度は、5年度に比べNで0.9ppb, SE及びWNWで0.8ppb, 6年度に比べEで0.4ppb, SE, SSEなどで0.3ppb, 7年度に比べSE及びNで0.7ppb, Eで0.6ppb, ESE, SSE, NNEなどで0.5ppb, 3ヶ年平均値に比べSE及びNで0.6ppb, E及びWNWで0.5ppb, NNE, ENE, SSEで0.4ppb上昇していた。

宇多津町役場では、ESE, SE, E, WSWなどの風向からの寄与が高く、ESEで5年度及び6年度に比べ0.9ppb, 7年度に比べ0.6ppb上昇していた。3ヶ年平均値と比較するとESEで0.8ppb, SEで0.6ppb, E, WSW, NNWで0.5ppb上昇しており、E~SEでの上昇が顕著であった。

また、瀬居島では、NW, ESE, NNW, Eなどからの寄与が高く、3ヶ年平均値と比較すると、NWで0.7ppb, NNW, NNE, E, ESEで0.5ppb上昇していた。

観音寺市役所もE~SEからの寄与が高く、3ヶ年平均値よりE及びESEで0.7ppb, SE及びWNWで0.5ppb上昇していた。

直島町役場は、他の濃度上昇局ほど顕著な濃度差は見られなかったが、南系のESE~SWにかけて、0.3~0.5ppbの濃度差が見られた。

また、濃度上昇傾向局の坂出市役所では、3ヶ年平均値に比べNで0.7ppbと顕著であったが、ESE, Sで0.4ppb, E, SSWで0.3ppbと南系の風向で濃度差が見られた。

丸亀市役所でも同様の傾向が見られ、3ヶ年平均値に比べSEで0.9ppb, Sで0.4ppb, ESE, SSEで0.3ppbと南系の風向での濃度差が顕著であった。

花園では北系の風向での濃度上昇が顕著で、NNE~Eで0.2~0.5ppb上昇していたが、SE~Sにかけては、-0.1~0.2ppbの範囲内にあった。

4. 上空の逆転気温の出現状況

3-1で、同一風速でも8年度に最も高い濃度が出現していたことが確認された。

そこで、坂出市番の州町に立地する四国電力坂出發電所の煙突の頂上部(地上195m)と地上50mの高さに設

表6 代表局の風向別寄与濃度及び寄与濃度差

風向	多度津町役場					宇多津町役場				
	5年度	6年度	7年度	8年度	8年度-3ヶ年平均値	5年度	6年度	7年度	8年度	8年度-3ヶ年平均値
	NNE	0.8	1.0	0.8	1.3	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8
NE	0.5	0.6	0.6	0.8	0.2	0.8	0.7	0.7	0.9	0.2
ENE	0.6	0.7	0.6	1.0	0.4	0.8	0.6	0.8	1.0	0.3
E	0.7	0.8	0.6	1.2	0.5	1.1	0.9	1.1	1.5	0.5
ESE	1.2	1.2	0.9	1.4	0.3	1.4	1.4	1.7	2.3	0.8
SE	1.7	2.2	1.8	2.5	0.6	1.6	1.4	1.6	2.1	0.6
SSE	1.0	1.2	1.0	1.5	0.4	1.1	1.1	1.0	1.3	0.2
S	0.4	0.8	0.6	0.7	0.1	0.7	0.6	0.7	0.9	0.2
SSW	0.4	0.4	0.3	0.4	0	0.5	0.4	0.1	0.6	0.3
SW	0.5	0.6	0.6	0.6	0	0.4	0.5	0.9	0.8	0.2
WSW	1.0	1.0	1.0	1.1	0.1	1.1	1.2	1.9	1.9	0.5
W	1.5	1.9	2.0	1.9	0.1	1.6	1.8	2.2	2.0	0.1
WNW	0.9	1.5	1.3	1.7	0.5	1.5	2.0	1.7	1.7	0
NW	0.4	0.6	0.5	0.8	0.3	1.2	1.6	1.2	1.4	0.1
NNW	1.0	1.1	0.8	1.3	0.3	1.1	1.2	1.2	1.7	0.5
N	0.9	1.5	1.1	1.8	0.6	0.8	0.9	0.7	1.0	0.2
無風	0.9	0.4	0.5	0.7	0.1	2.1	1.1	1.5	1.5	-0.3

置された温度計の1時間毎の気温差を求め、大気拡散を妨げる大きな要因である気温の接地逆転層の形成状態について調査した。

4-1 年度別出現状況

昭和62年度からの10年間について、上空の気温が高温となる逆転気温の出現状況を調査した。

7年度までの9年間の536~886時間(6.1~10.2%)、平均709時間(8.2%)に対し、8年度は、962時間(総測定時間の11.0%)と、過去10年間では最も多く出現していた。特に、5年度からの3年間の536~628時間(6.1~7.4%)、平均584時間(6.7%)に対し、8年度は、1.5~1.8倍、平均1.6倍の出現状況となっていた。

また、気温差が-2.0~-1.1℃までの8年度の出現比率は2.2%で、過去10年間で唯一2%台となっており、5年度からの3年間(1.0~1.7%、平均1.3%)の1.7倍と、気温差の大きい階級での比率も高くなっていた。

表7, 図8に10年間の年度別出現状況を示す。

4-2 月別出現状況

5年度からの4年間の月別出現時間を表8, 図9に示す。

5月、次いで4月に出現頻度が高くなっており、3ヶ年平均値では、5月が115時間(日平均3.7時間)、4月が97時間(同3.2時間)であったが、8年度は、5月が146時間(同4.7時間)、4月が111時間(同3.7時間)と増加しており、特に、5月の出現時間は1日当たり1時間増加していた。

また、8年度は、12月の出現時間が162時間と最も多く、3ヶ年平均値の3.4倍の出現となっていた。

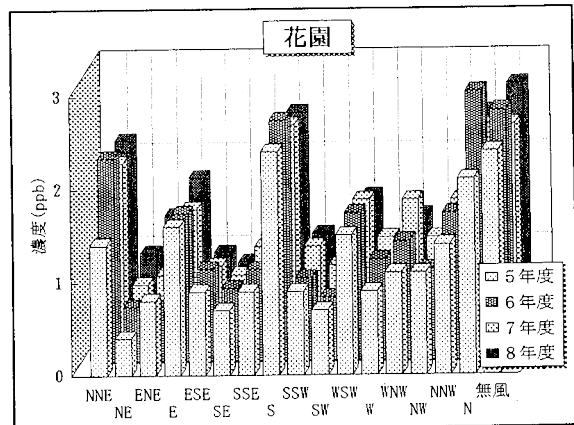
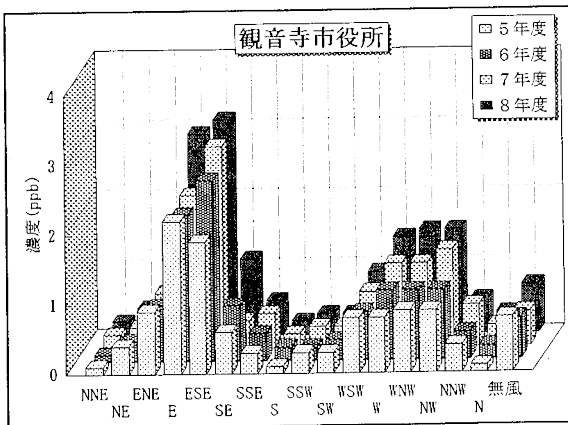
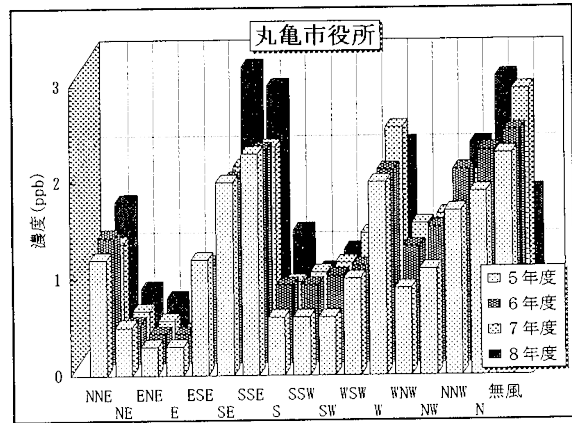
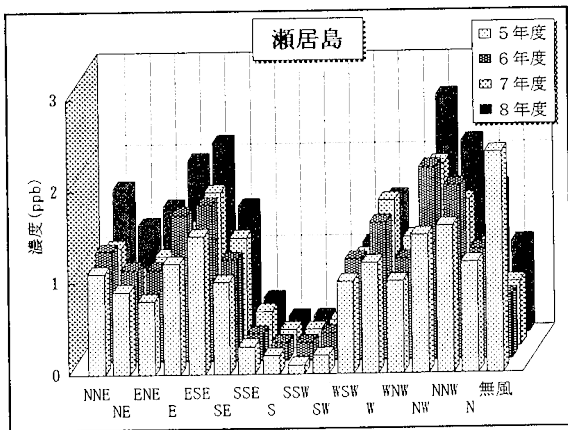
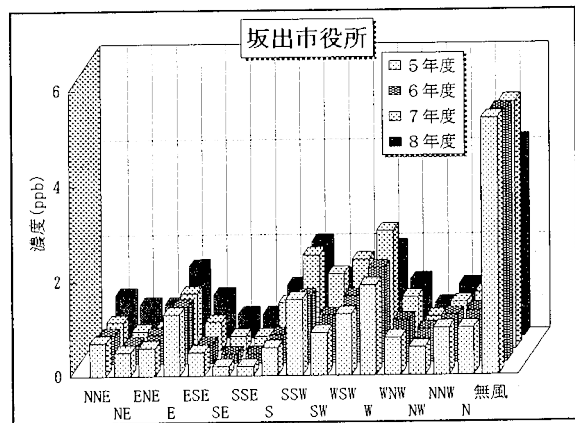
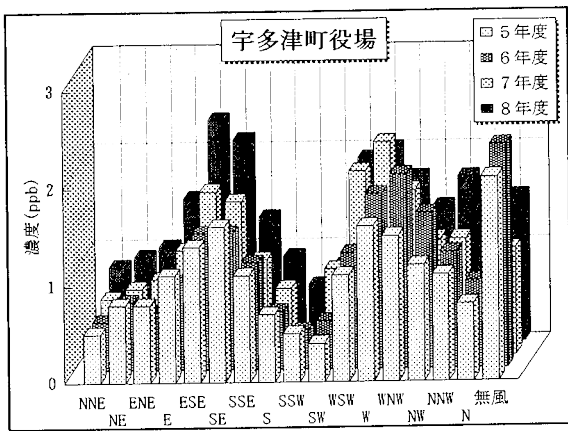
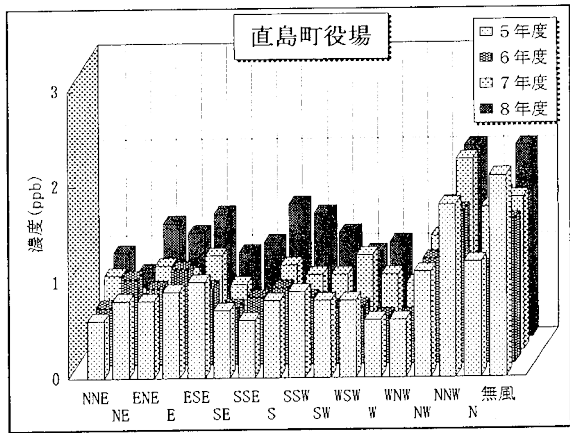
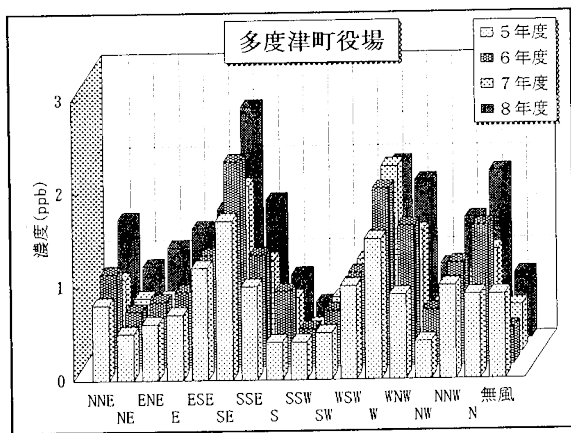


図7 風向別二酸化窒素寄与濃度

表7 逆転気温出現時間数及び逆転気温階級別出現頻度

(%)

区分	62年度	63年度	元年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度	7年度	8年度
-5.1℃以下	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
-5.0~-4.1℃	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
-4.0~-3.1℃	0.07	0.09	0.00	0.00	0.04	0.06	0.02	0.00	0.04	0.02
-3.0~-2.1℃	0.37	0.38	0.29	0.02	0.19	0.29	0.16	0.09	0.28	0.32
-2.0~-1.1℃	1.68	1.64	1.85	1.04	1.34	1.43	1.12	1.04	1.71	2.24
-1.0~-0.1℃	7.74	7.22	8.04	6.31	7.09	6.27	5.42	5.01	5.29	8.40
逆転気温の合計頻度(%)	9.87	9.33	10.17	7.37	8.65	8.05	6.72	6.14	7.35	10.98
0~0.9℃	25.80	27.36	26.42	25.22	26.89	22.81	23.54	16.95	20.26	25.90
1.0~1.9℃	56.89	57.33	57.03	57.38	55.13	59.04	58.14	59.23	61.38	53.72
2.0~2.9℃	7.29	5.84	6.27	9.84	9.25	10.01	11.39	17.32	10.84	9.26
3.0~3.9℃	0.15	0.14	0.09	0.19	0.08	0.09	0.21	0.34	0.18	0.13
4.0~4.9℃	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
逆転気温出現時間数(時)	858	813	886	633	737	703	588	536	628	962
測定時間数(時)	8,697	8,715	8,709	8,590	8,520	8,737	8,745	8,729	8,549	8,759

表8 月別逆転気温出現状況

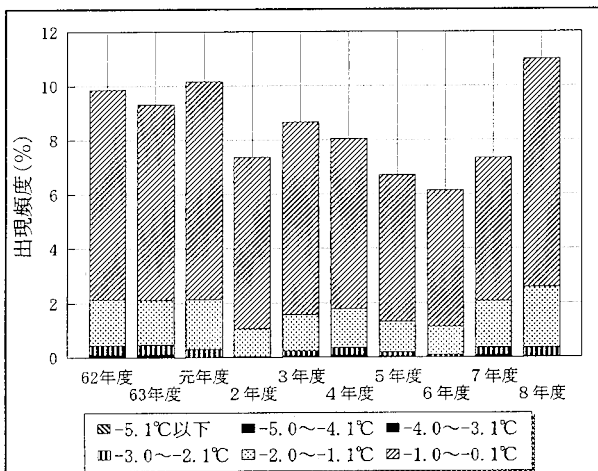


図8 年度別逆転気温出現状況

区分	5年度 (時)	6年度 (時)	7年度 (時)	8年度 (時)	3ヶ年平均値 (時)	8年度/3ヶ年平均値 (%)
4月	91	115	85	111	97.0	1.14
5月	136	109	101	146	115.3	1.27
6月	63	46	49	92	52.7	1.75
7月	34	24	30	70	29.3	2.39
8月	41	11	10	40	20.7	1.94
9月	18	10	2	16	10.0	1.60
10月	29	19	39	70	29.0	2.41
11月	55	41	83	57	59.7	0.96
12月	37	49	57	162	47.7	3.40
1月	44	36	74	65	51.3	1.27
2月	28	32	39	76	33.0	2.30
3月	12	44	59	57	38.3	1.49
合計	588	536	628	962	584.0	1.65

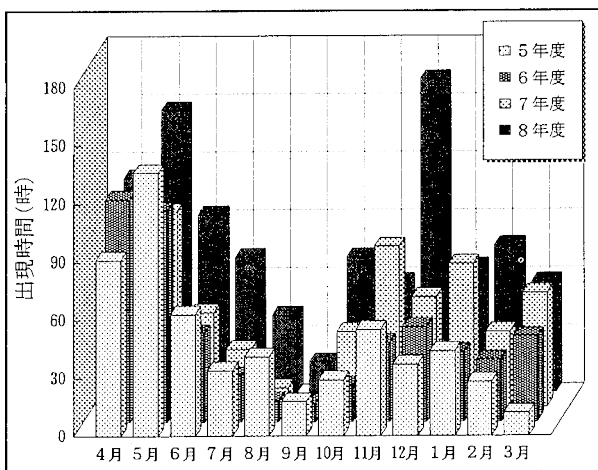


図9 月別逆転出現状況

4-3 時刻別出現状況

5年度からの3ヶ年は、20時頃から増加し始め、5~6時頃にピークとなり、日の出とともに減少して12~13時頃にはほとんど出現しなくなっていた。

8年度は、23~6時までほぼ一定の時間数で推移しており、3ヶ年とはやや異なった特徴が見られた。

また、昼間には3ヶ年との差は認められなかったが、19~7時には、3ヶ年の1.5~2.0倍(平均1.8倍)出現していた。

表9、図10に時刻別出現状況を示す。

表9 時刻別逆転気温出現状況

時刻	5年度 (時)	6年度 (時)	7年度 (時)	8年度 (時)	3ヶ年平均値 (時)	8年度/3ヶ年平均値 (%)
1	41	31	45	73	39.0	1.87
2	33	44	41	69	39.3	1.75
3	40	38	42	71	40.0	1.78
4	43	42	47	67	44.0	1.52
5	46	41	55	83	47.3	1.75
6	44	47	59	79	50.0	1.58
7	40	31	43	64	38.0	1.68
8	22	27	33	38	27.3	1.39
9	9	7	18	17	11.3	1.50
10	6	10	8	2	8.0	0.25
11	6	6	7	4	6.3	0.63
12	7	5	5	7	5.7	1.24
13	8	1	6	6	5.0	1.20
14	11	3	6	6	6.7	0.90
15	12	7	9	10	9.3	1.07
16	14	10	6	11	10.0	1.10
17	10	14	14	16	12.7	1.26
18	17	12	10	18	13.0	1.38
19	10	16	14	25	13.3	1.88
20	18	24	20	41	20.7	1.98
21	26	29	25	52	26.7	1.95
22	39	32	33	64	34.7	1.85
23	40	28	38	71	35.3	2.01
24	46	31	44	68	40.3	1.69
合計	588	536	628	962	584.0	1.65

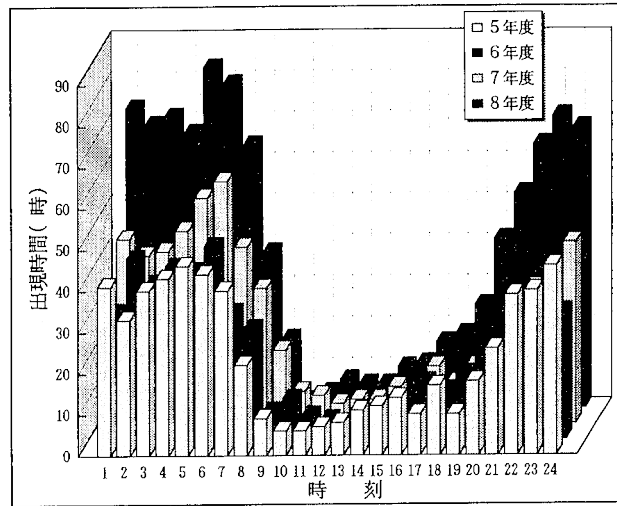


図10 時刻別逆転気温出現状況

そこで、5年度からの4ヶ年について、代表的な13局の日平均濃度と逆転気温の日別出現時間数の相関を求め、表10に示した。

その結果、全局とも日平均濃度と日別出現時間数に有意水準1%で相関が見られ、両者には極めて高い関係があることが確認された。

年度別の相関をしてみると、8年度が最も高く、上空気温の観測地点の近隣にある臨海部の観測局の相関が高い傾向が見られた。また、川津、善通寺市役所などの内陸部や坂出市役所、丸亀市役所、花園などの市街部でも他の年に比べて高い相関が見られた。

このことから、8年度には他の年に比べ、広い範囲に接地逆転層が出現していたものと推察された。

5. 逆転気温と二酸化窒素濃度、風向・風速の関係

5-1 日平均濃度と逆転気温日別出現時間数

図11に、上空気温の観測地点に最も近接した瀬居島の8年度上半期の日別の二酸化窒素濃度と逆転気温出現時間数の推移を示した。これによると、二酸化窒素濃度は逆転気温の出現時間数に対応して変動を繰り返していることが認められる。

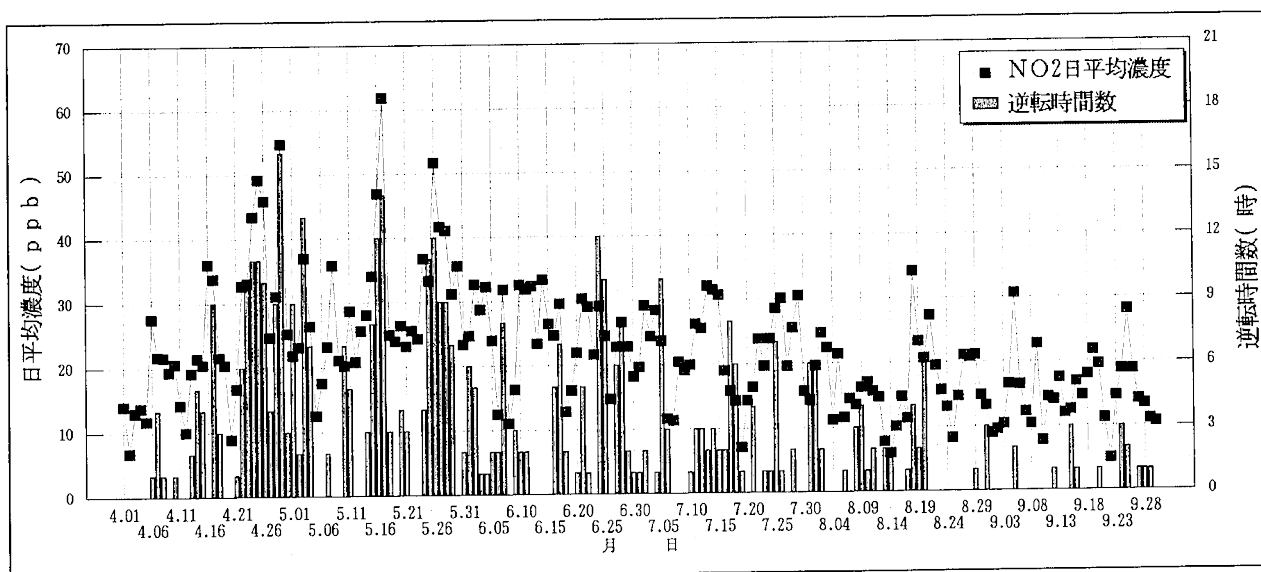


図11 二酸化窒素日平均濃度と上空逆転気温出現時間の関係 (8年度上半期・瀬居島)

<宇多津町役場の経年変化>

<他の観測局の8年度の状況>

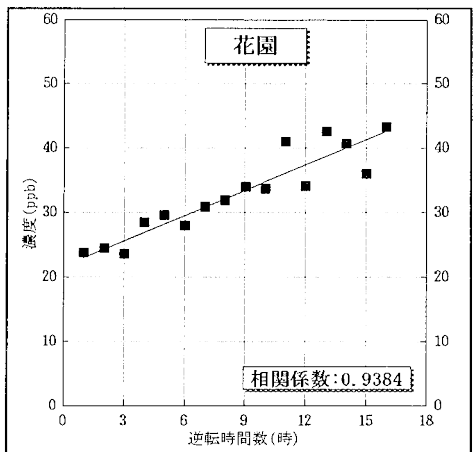
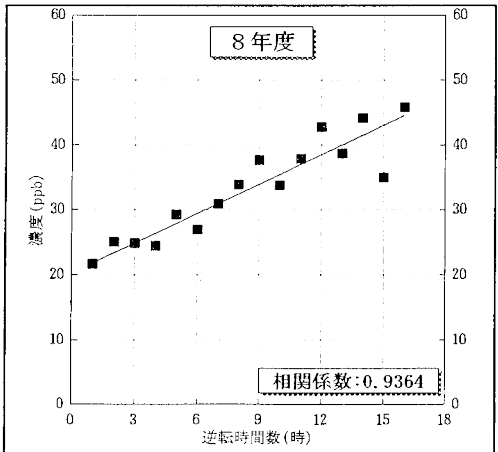
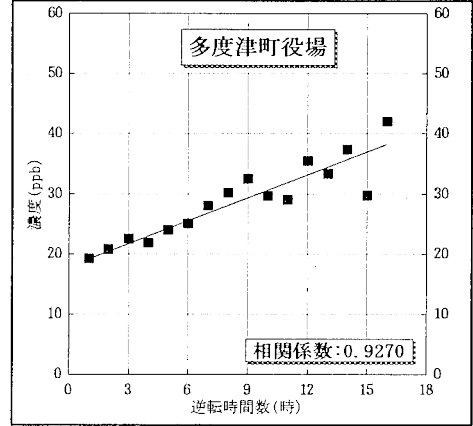
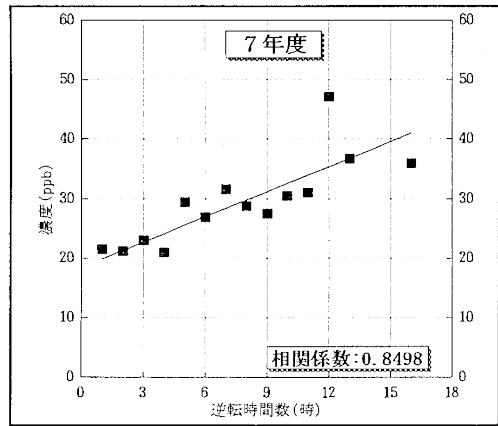
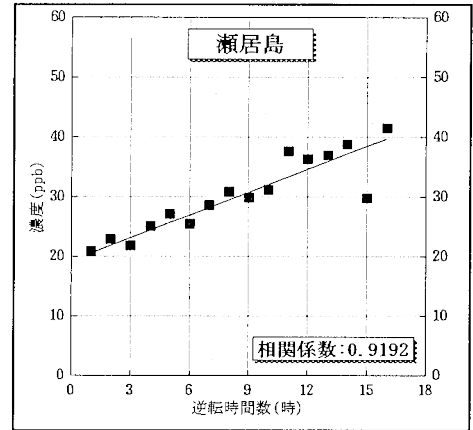
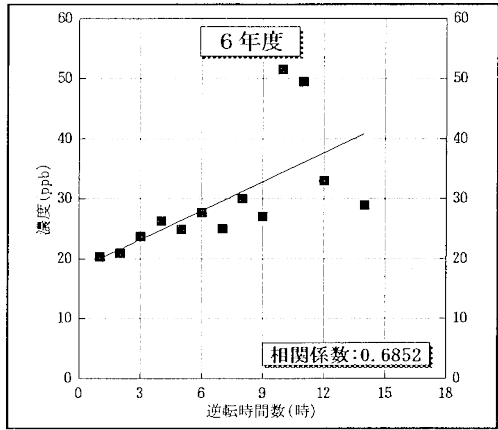
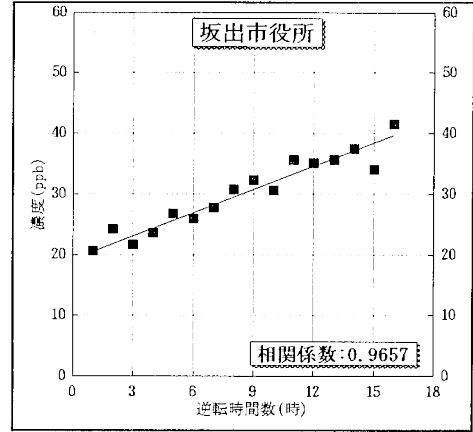
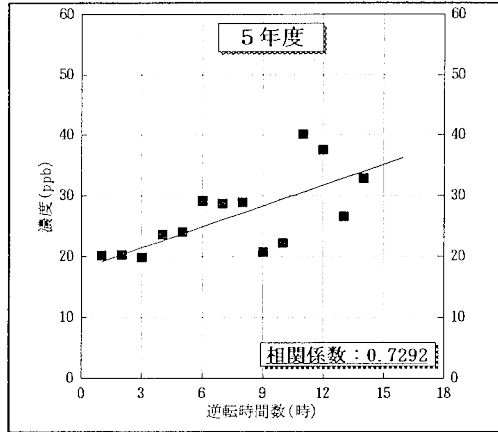


図12 逆転時間数別二酸化窒素平均濃度

表10 二酸化窒素日平均濃度と逆転気温日別出現時数の関係

区分	5年度	6年度	7年度	8年度
坂出市役所	0.4566**	0.3574**	0.5546**	0.5700**
瀬居島	0.5162**	0.4984**	0.5400**	0.5645**
川津	0.4104**	0.4698**	0.4876**	0.4559**
宇多津町役場	0.5084**	0.5125**	0.5514**	0.5707**
丸亀市役所	0.4777**	0.4686**	0.4755**	0.4825**
丸亀競艇場	0.5737**	0.5325**	0.5080**	0.5051**
多度津町役場	0.4338**	0.4954**	0.5035**	0.5382**
善通寺市役所	0.1597**	0.3140**	0.4554**	0.3640**
観音寺市役所	0.3935**	0.2640**	0.4850**	0.4308**
高松競輪場	0.4254**	0.4417**	0.3521**	0.4847**
勝賀中学校	0.4637**	0.5315**	0.5162**	0.5537**
花園	0.3121**	0.4642**	0.4393**	0.5079**
直島町役場	0.4055**	0.4618**	0.3479**	0.4450**

無相関の検定 * : 5%, ** : 1%で有意

表11 逆転気温出現時間別の日平均濃度の平均値と逆転気温出現時間数の関係

区分	5年度	6年度	7年度	8年度
坂出市役所	0.7311**	0.7526**	0.7803**	0.9657**
瀬居島	0.7822**	0.6921**	0.8057**	0.9192**
川津	0.6829**	0.6675**	0.6873**	0.9119**
宇多津町役場	0.7292**	0.6852**	0.8498**	0.9364**
丸亀市役所	0.7695**	0.6706**	0.7470**	0.8611**
丸亀競艇場	0.7661**	0.7237**	0.6638**	0.7969**
多度津町役場	0.5156*	0.5987*	0.7504**	0.9270**
善通寺市役所	0.2329	0.4052	0.6118*	0.8179**
観音寺市役所	0.5208*	0.7013**	0.4799	0.8556**
高松競輪場	0.7200**	0.6982**	0.5597*	0.8011**
勝賀中学校	0.6847**	0.7625**	0.6077*	0.8852**
花園	0.4026	0.6813**	0.5149*	0.9384**
直島町役場	0.5447*	0.5294	0.5896*	0.7152**

無相関の検定 * : 5%, ** : 1%で有意

5-2 逆転気温出現時間数別日平均濃度の平均値と逆転気温出現時間数

二酸化窒素濃度と逆転気温には高い相関が見られたことから、逆転気温の出現時間数別の日平均濃度を平均した値と出現時間数との関係について解析を行った。

8年度は13局全局で有意水準1%で相関が見られたが、他の年度では、臨海部及び上空気温の観測地点の近隣地域の観測局以外では、有意水準5%で相関が見られないところもあった。

これは、逆転気温の出現時間数が大きくなると、出現頻度が大幅に低下するため、平均濃度にバラツキが生じていたからであり、5-1で示した理由のほかに、逆転気温の出現時間数が多くても、出現日が連続しない場合や風速、気圧配置など他の気象要因の影響などにより、必ずしも高濃度が出現するとは限らないということを示唆したものと考えられる。

表11に相関係数、図12に代表局の相関図を示す。

5-3 逆転気温階級別風速推移

代表局の5年度からの4年間について、0.2°C毎の気温差階級別の平均風速を求め、図13に示した。

上空気温と同じ煙突頂部で観測された風速は、逆転気温の出現時から増加し始めており、1.4~1.8°Cでピークに達した後、低下していた。

しかし、地上観測局では、逆転気温が解消し、気温差が0.4~0.6°C程度になるまでほとんど風速に変化はなく、それ以降から増加し始め、2.0~2.4°Cでピークに達した後、低下するという傾向が見られた。

上空気温の観測位置は地上195m及び50mであり、この高さで逆転気温が解消されていても地上風速に変化が見られていないということから、地上では、対流がそれほど生じてない状態、すなわち、逆転気温あるいは等温気温の状態が続いているものと推定された。

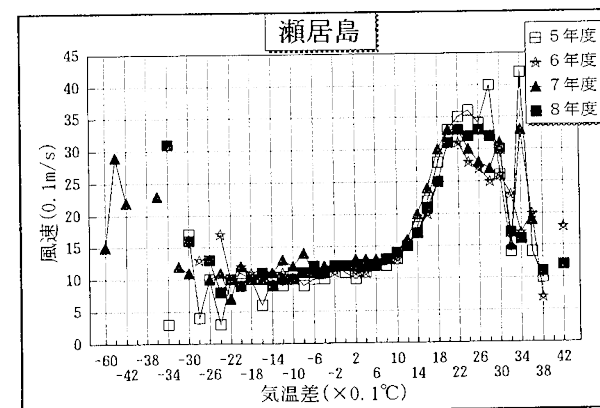
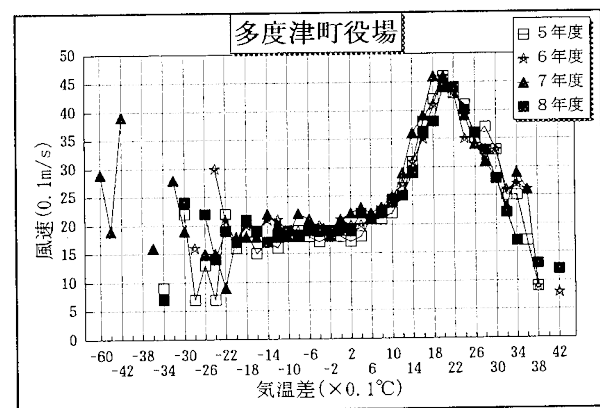
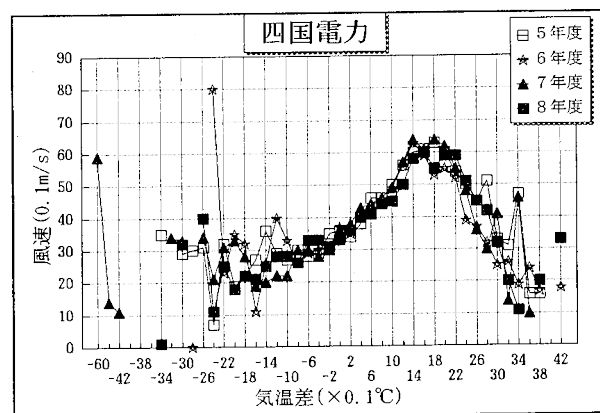


図13 上空気温差別平均風速

5-4 風向別逆転気温出現頻度

代表局の4ヶ年の年度別の出現頻度を表12、図14に示す。

陸風が卓越する夜間から早朝にかけて逆転気温の出現時間が多くなっているため、全般に南系の風向で出現頻度が高くなっている。

そこで、この出現頻度図と風向別二酸化窒素寄与濃度(図7)とを対比させると、どの年度も南系の寄与濃度が高い風向では逆転気温の出現頻度が高く、また、8年度に濃度上昇が顕著であった風向の出現頻度が上昇していた。例えば、多度津町役場ではSE及びSSE、宇多津町役場ではESE及びSE、瀬居島ではE、ESE、SE、観音寺市役所ではE、ESEで顕著な濃度上昇が見られた。

一方、北系の風向では、同様の傾向は見られるものの、逆転気温の出現頻度の低さに比べ、寄与濃度は相対的に高くなっていた。これは、北系の風が進入し始めるのは、逆転気温が解消され始める午前8~9時頃であり、この時間帯には瀬戸内海上に滞留していた汚染質の移流による影響^{7)~8)}が現れてくるからだと考えられる。

表12 風向別逆転気温出現時間 (時)

風向	多度津町役場				宇多津町役場			
	5年度	6年度	7年度	8年度	5年度	6年度	7年度	8年度
NNE	28	22	25	27	14	4	18	24
NE	13	13	16	22	22	15	17	24
ENE	17	18	18	25	17	10	13	24
E	19	23	30	47	24	23	37	67
ESE	61	52	63	74	70	79	129	200
SE	154	133	207	264	81	85	105	133
SSE	67	93	95	176	42	32	37	49
S	22	34	24	47	16	20	18	37
SSW	9	4	6	15	12	6	17	11
SW	12	8	12	23	7	8	21	18
WSW	25	20	11	31	24	20	28	51
W	27	37	18	37	36	26	30	50
WNW	14	14	9	35	27	27	23	45
NW	10	9	12	20	18	22	18	35
NNW	33	18	28	37	21	20	23	33
N	32	27	38	48	21	11	17	19
無風	42	11	16	33	134	128	77	142

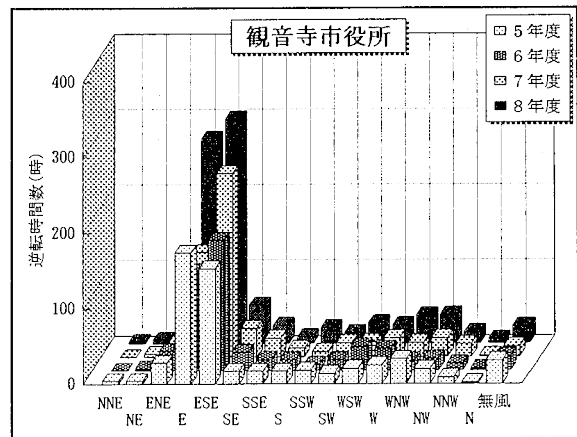
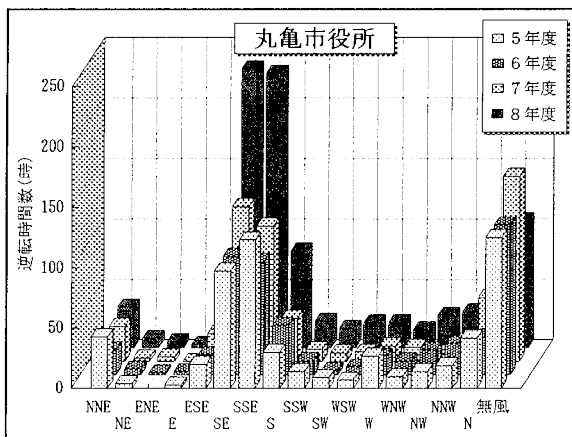
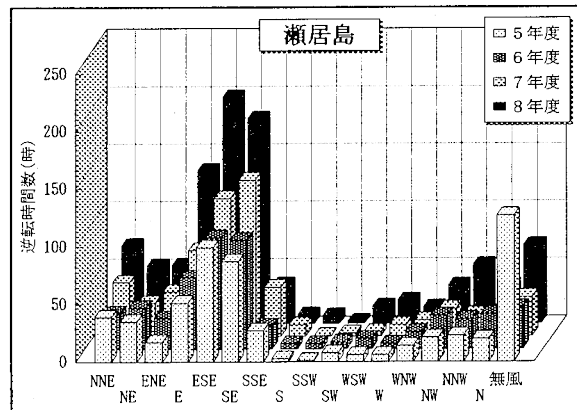
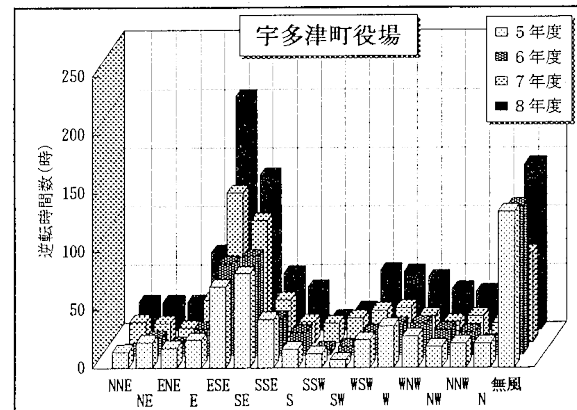
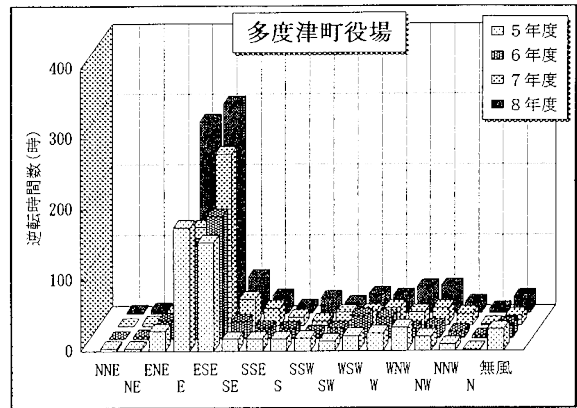


図14 風向別逆転気温出現時間

ま と め

文 献

1. 8年度は、過去10年間で最も逆転気温の出現頻度が高くなっており、気温の接地逆転層の出現頻度の上昇が8年度の濃度上昇の大きな原因となっていたことが解明された。
 2. 8年度の濃度上昇の特徴については、逆転気温の出現状況で説明することができる。
 - (1) 5月及び12月の濃度上昇は、同じ月の逆転気温の出現時間の大幅な増加に対応している。
 - (2) 4月には、最小月平均風速は出現していないが、逆転気温の出現時間が5月(8年度は12月及び5月)に次いで多く、このため月平均濃度が最も高い年度が多くなっている。
 - (3) 濃度上昇が著しかったのは臨海部の観測局であり、高松市などの市街部では濃度上昇は見られていない。これは、臨海部に形成される接地逆転層の出現頻度が増加し、臨海部のバックグラウンド濃度を引き上げたことによる。
 3. 南系の風向からの寄与濃度は逆転気温の出現頻度と密接な関係があり、北系の風向からの寄与濃度は瀬戸内海からの汚染質の移流や循環の影響^{7)~8)}によることが検証された。
 4. 日平均濃度と逆転気温出現時間数の相関結果から、8年度は、他の年に比べ広い範囲で接地逆転層が形成されていた可能性が示唆された。
 5. 上空では、逆転気温時から風速が強まってくるが、地上では、逆転気温が解消され、一定気温差になるまで風速に変化が見られないことから、逆転気温は上空から解消されることが推定された。
- 1) 橋本魁躬, 増井武彦, 三好健治: 香川県環境研究センター所報, 17, 49(1992)
 - 2) 宇田川満, 早福正孝, 伊藤政志: 東京都環境科学研究所年報, 25(1993)
 - 3) 太田久雄, 岡部真一, 菊池立: 千葉県公害研究所研究報告, 12-1, 1(1980)
 - 4) 菊池立: 千葉県公害研究所研究報告, 12-1, 13(1980)
 - 5) 菊池立: 千葉県公害研究所研究報告, 20-2, 7(1988)
 - 6) 西原幸一, 瀬戸義久, 岩崎幹男 他: 香川県環境研究センター所報, 16, 49(1991)
 - 7) 西原幸一, 瀬戸義久, 岩崎幹男 他: 香川県環境研究センター所報, 16, 57(1991)
 - 8) 橋本魁躬, 冠野禎男, 田村章 他: 香川県環境研究センター所報, 18, 55(1993)