

平成3年度における二酸化窒素高濃度と気象について

Studies on the highly Concentrated Nitrogen dioxide and Weather conditions in 1991

橋本 魁躬 増井 武彦 三好 健治
Osami HASHIMOTO Takehiko MASUI Kenji MIYOSHI

本県では、ここ数年、窒素酸化物に係る発生源の状況が顕著に変化していないにもかかわらず、平成3年度にはほとんどの観測局で二酸化窒素濃度が上昇した。このため、この濃度上昇が主として3年度の気象の特異性によってもたらされたものと考え、3年度の気象状況や気象要因と高濃度の関係などについて調査・解析を行った。

この結果、3年度の風速は、年平均値では昭和56年度からの10年間とほぼ同風速であったが、二酸化窒素濃度が高濃度となっていた3～6月には月平均値が $0.4 \sim 0.5\text{m/秒}^1$ 低下していた。

そこで、昭和56年度からの10年間の月平均風速を母集団とする風速分布を用いて、観測局毎に3年度の月平均風速の有意水準を求めると、過半数の月に有意水準1%で有意差が見られ、3年度の風速に特異性が認められた。

はじめに

本県では、島しょ部及び臨海部を中心に二酸化窒素濃度の分布や風の特性などについて各種調査^{2)~5)}を実施しており、二酸化窒素濃度は、春期から梅雨期にかけて高濃度域となる^{2)~4)}、内陸部に比べ臨海部が高濃度となっている⁵⁾などの特徴が確認されている。これは、本県が瀬戸内海に面しているため、これらの季節には陸上と海面の温度差による弱い陸海風サイクルが発生し、汚染質が長距離輸送されずに臨海地域全体に蓄積される⁵⁾とともに、陸上よりも冷たい海面の影響で形成された接地逆転層により鉛直方向の拡散が抑制されるため⁴⁾であると考えられている。

このような状況下で、昭和56年度から平成3年度までの11年間連続して有効測定局であった16観測局の二酸化窒素年平均濃度の単純平均値は、61年度から2年度までの5年間は16～18ppbとほぼ横這いで推移してきたが、3年度には20ppbへと上昇した。これに伴い、日平均値の年間98%値が環境基準のゾーン内濃度に達した観測局は、61年度から2年度までは3～6局(平均4局)で推移していたが、3年度には10局と大幅に増加した。

しかし、4年度には17ppbへと低下しており、また、3年度には観測地域内で大規模な工場の操業開始や新たな幹線道路の開通などの汚染要因が特に存在しなかったことから、3年度の気象に何らかの特異性があつたものと推定された。

そこで、3年度の気象の特徴や気象要因と高濃度との関係について解析を行ったので、その結果を報告する。

解析方法

1. 解析対象期間

昭和56年度から平成3年度までの11年間

2. 解析項目及び観測地点

解析項目及び観測地点は表1、図1の通りである。

ただし、表1の●印は昭和56年度から平成3年度まで11年間連続して有効測定局であった観測局(以下「連続観測局」と略す。)及びその他の観測地点、○印は62年度から3年度までの連続観測局及びその他の観測地点、△印はそれ以外の観測局である。

3. 解析方法

3-1 二酸化窒素濃度

3-1-1 年平均値、月平均値及び日平均値の年間98%値

16有効観測局の56年度から2年度までの10年間の二酸化窒素濃度を平年の濃度(以下「平年濃度」と略す。)と見なし、年度毎又は月毎に3年度と対比させ、3年度の特徴を調査した。

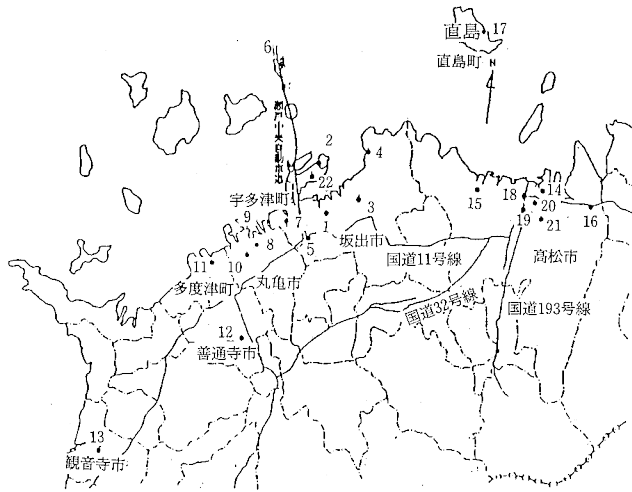


図1 観測地点図

表1 解析項目及び観測地点

番号	名称	解析項目				
		二酸化窒素	風速	無風頻度	降水量	気温
1	坂出市役所	●	●	●		
2	瀬居島	●	●	●		
3	林田出張所	●	○			
4	大相模坊神社	●	●	●		
5	川津	●	●	●		
6	櫛石島	△	△			
7	汚字多津町役場	●	●	●		
8	染丸亀市役所	●	●	●		
9	常丸亀競艇場	●	●	●		
10	時城坤小学校	●	●	●		
11	多度津町役場	●	●	●		
12	普通寺市役所	●	●	●		
13	観測局 観音寺市役所	△	●	●		
14	高松競輪場	△	△			
15	勝賀中学校	●	●	●		
16	高松東消防署	●	●	●		
17	直島町役場	●	●	●		
18	※高松市役所	●				
19	※粟林公園前	△				
20	※花園	●	○			
21	高松地方気象台		●		●	
22	四国電力坂出發電所					○

※は自動車排出ガス観測局（自排局）である。

3-1-2 日平均値40ppb以上の濃度日の出現状況

16有効観測局について、56年度から2年度までの10年間に日平均値が40ppb以上の濃度であった日（以下「40ppb以上」と略す。）の月別出現頻度と3年度の40ppb以上の月別出現頻度を対比させ、3年度の出現頻度の特徴を調査した。

3-2 気象

高松地方気象台¹⁾及び14有効観測局の56年度から2年度までの10年間の風速、無風頻度（14有効観測局）、降水量をそれぞれ平年の風速、平年の無風頻度、平年の降水量（以下「平年風速」等と略す。）と見なし、月毎に3年度と対比させ、3年度の気象の特徴を調査した。

3-3 風速の特異性

14有効観測局について、観測局毎、月毎の10年間の月平均風速をそれぞれの母集団する風速分布を用いて、観測局毎又は月毎の3年度の風速の有意水準を求め、3年度の風速の特異性について調査した。

3-4 気象と濃度との関係

3-4-1 40ppb以上の出現要因

春期において、40ppb以上が出現する気象状況を把握するため、62年度から3年度までの3～6月の全観測局（20局）について、40ppb以上の出現頻度（40ppb以上出現日数/総測定日数）を風速別、逆転層出現時間別、降水量別に調査した。

また、40ppb以上が出現する可能性の高い風速などを「一日にいずれかの局で40ppb以上が出現する出現率」を用いて算出した。

なお、風速は62年度から3年度までの16有効観測局（表1の●印局及び○印局）の日平均風速の平均値、逆転層出現時間は四国電力坂出發電所煙突の50mと195mに設置した温度計の逆転気温の1日の出現時間である。

3-4-2 主要観測局毎の風速別40ppb以上出現頻度及び40ppb以上出現風速

40ppb以上の出現頻度が高い7観測局（坂出市役所、川津、櫛石島、丸亀市役所、丸亀競艇場、高松競輪場、花園）について、62年度から3年度までの3～6月の日平均風速毎の40ppb以上の出現率や40ppb以上が出現する日平均風速の最大値（以下「最大出現風速」と記述する。）などを解析した。

3-5 主要観測局毎の風速と濃度との相関

7観測局の62年度から3年度までの3～6月の月平均風速と月平均濃度との無相関の検定をr表で行い、両者の関係を解析した。

結果及び考察

1. 二酸化窒素濃度

1-1 年平均値、月平均値、日平均値の98%値

1-1-1 年平均値

環境局は、平年濃度の15ppb（14～17ppb）に対し3年度には19ppbへと上昇した。自排局は、平年濃度の24ppb（20～27ppb）に対し3年度には26ppbとやや上昇していたが、56年度及び60年度を除けばほぼ横這いで推移していた。（表2、図2）

表2 年平均値の推移 (ppb)

区分	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	元年度	2年度	3年度
環境局平均	16	14	14	14	14	15	15	17	16	17	19
自排局平均	21	23	24	24	20	24	25	25	25	27	26
全局平均	16	16	15	15	14	16	16	18	17	18	20

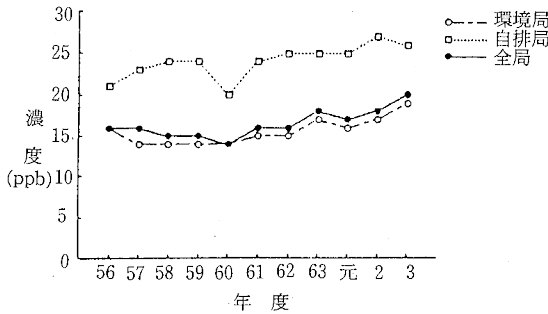


図2 年平均値の推移

1-1-2 月平均値

平年は、環境局、自排局いずれも3~4月、11~12月が高濃度域、8~9月が低濃度域となる二山型で推移していた。3年度もほぼ同様の傾向にあったが、6月にもピークが出現していた。3年度は平年濃度に対し、環境局では3月、4月、6月、12月が5~8ppb高く、自排局では4月、6月、12月が5ppb高くなっていた。(図3-1、3-2)

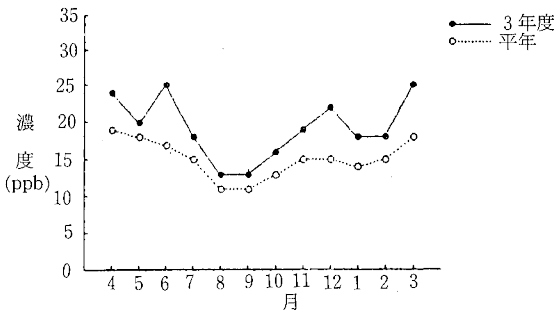


図3-1 月平均値の推移 (環境局)

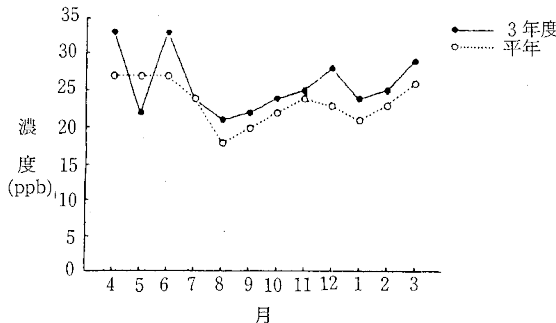


図3-2 月平均値の推移 (自排局)

1-1-3 日平均値の年間98%値

環境局、自排局とも61年度頃までは横這いで推移しており、環境基準のゾーン内局数は16局中で0~3局であったが、62年度から上昇し始め、3年度には環境局の単純平均値もゾーン内濃度となり、ゾーン内局数は10局に増加した。(表3、図4)

表3 日平均値の年間98%値の推移及び40ppb以上の局数 (ppb)

区分	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度	63年度	元年度	2年度	3年度
環境局平均	33	29	30	31	31	31	34	39	35	36	43
40ppb以上の局数	1	0	0	1	0	1	1	4	4	1	9
自排局平均	41	40	39	42	38	43	45	46	42	47	46
40ppb以上の局数	1	1	1	1	0	2	2	2	1	2	1
全局平均	34	31	31	32	32	33	35	40	36	37	44
40ppb以上の局数	2	1	1	2	0	3	3	6	5	3	10

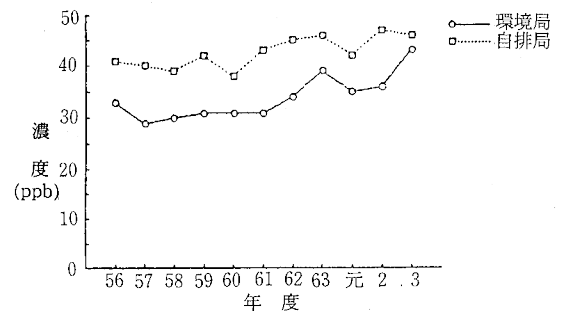


図4 日平均値の年間98%値の推移

1-2 40ppb以上の出現状況

1-2-1 年度別

3年度は、環境局では平年の2.0~21.6倍、平均5.0倍、自排局では0.9~8.4倍、平均2.1倍の出現率であった。(図5)

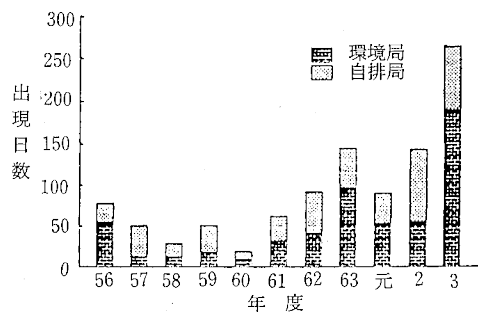


図5 年度別40ppb以上の出現日数

1-2-2 月別

春期に多く出現しており、平年は4月(21.9%)、3月(17.9%)、6月(13.9%)の順に、3年度は3月(31.0%)、4月(23.2%)、6月(17.6%)の順に出現率が高く、また、3年度の3月から6月の4ヵ月間の出現率は、平年の66%に対し80%を占めており、この期間の出限が顕

著であった。

また、3年度と平年を比較すると、年間では、3年度は平年の4.2倍の出現率であり、月別では、3月、4月、6月、12月が平年の4.5～7.3倍の出現率となっていた。(表4、図6)

表4 3年度と平年の月別40ppb以上の出現日数 (日)

区分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	計	
平年 (合計値)	40～60ppb	166	93	105	53	9	6	18	22	46	32	71	136	757
	61ppb以上	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	合計	166	93	105	53	10	6	18	22	46	32	71	136	758
3年度	40～60ppb	72	26	53	6	1	1	1	5	27	1	22	97	312
	61ppb以上	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	2	7	7
	合計	74	26	56	6	1	1	1	5	27	1	22	99	319
3年度/平年	4.5	2.8	5.3	1.1	1.0	1.7	0.6	2.3	5.9	0.3	3.1	7.3	4.2	

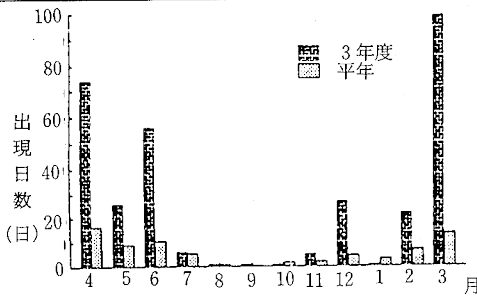


図6 月別40ppb以上の出現日数

2. 風速, 無風頻度, 降水量

2-1 風速

(1) 高松地方気象台

3年度は、年平均値では平年風速とほぼ同じ風速であったが、月別では5月及び7～9月を除く8カ月が平年風速より低下していた。特に、1月、3月、4月、6月は0.4～0.5m/秒低く、しかも、3月、4月は平年風速の最小値よりも低くなっていた。(表5、図7)

なお、棒グラフは平年風速の出現範囲である。

表5 3年度と平年の月別風速 (高松地方気象台) (m/秒)

区分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均
平年	最大	2.9	2.5	2.4	2.6	2.6	2.2	2.4	3.2	3.3	3.4	3.4	2.8
	最小	2.2	1.9	1.5	1.8	1.8	1.7	2.0	1.9	2.3	2.3	2.0	2.0
	平均	2.5	2.2	2.1	2.1	2.3	2.0	2.2	2.4	2.5	3.0	2.9	2.4
3年度	2.1	2.5	1.7	2.2	2.6	2.2	2.1	2.1	2.3	2.5	2.7	2.1	2.3

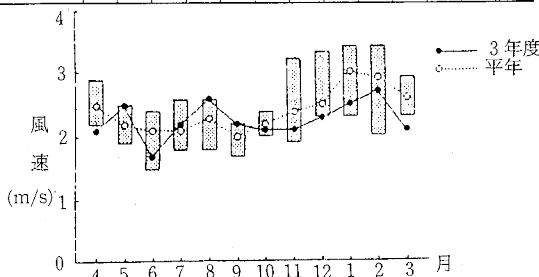


図7 3年度と平年の月別風速 (高松地方気象台)

(2) 観測局

3年度は、年平均値では平年風速とほぼ同じ風速であったが、1月、3月、4月、6月、12月の5カ月は0.3～0.4m/秒低く、また、3月、4月、6月は平年風速の最小値と同一風速であった。高松地方気象台と同様の傾向を示しており、平年、3年度とも両者には良好な相関(相関係数:平年:0.93, 3年度:0.95)が見られた。(表6、図8、9)

なお、図8の棒グラフは平年風速の出現範囲である。

表6 3年度と平年の月別風速 (観測局平均値) (m/秒)

区分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	平均	
平年	最大	2.4	2.0	1.9	2.0	2.2	2.1	2.3	2.9	3.2	3.3	3.2	2.4	2.5
	最小	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6
	平均	2.0	1.8	1.7	1.7	1.8	1.7	1.9	2.2	2.5	2.7	2.6	2.2	2.1
3年度	1.7	2.0	1.4	1.9	2.3	1.8	1.8	1.9	2.1	2.3	2.4	1.8	2.0	

*最大(最小)は、局毎の10年間の最大値(最小値)の平均値である。

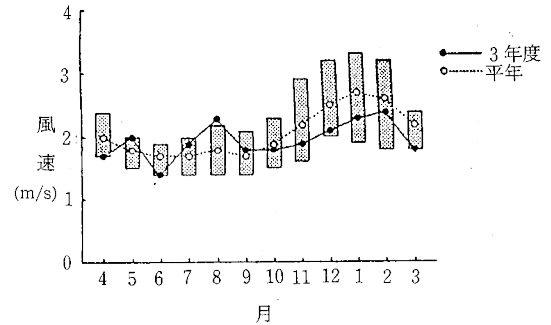


図8 3年度と平年の月別風速 (観測局)

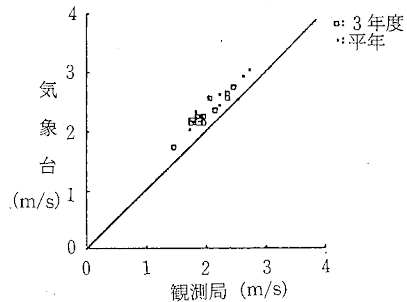


図9 高松地方気象台と観測局の月平均風速の関係

2-2 無風頻度

3年度は、年平均値ではほぼ平年と同じであったが、月別では1月、3月、4月、6月、12月が平年平均値より高くなっていた。特に、6月、12月は平年平均値のそれぞれ1.3倍、1.5倍あり、平年最大値にも近似していた。(図10)

なお、棒グラフは平年無風頻度の出現範囲である。

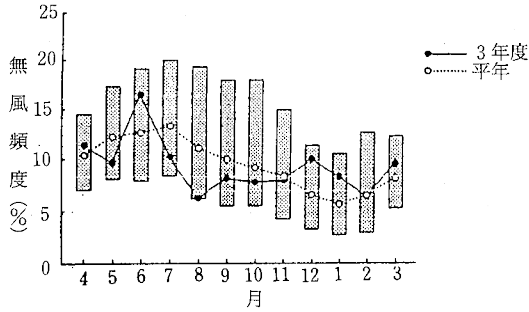


図10 3年度と平均の無風頻度

2-3 降水量

3年度は、年平均値では平年に比べてやや多めであった。月別では、9月は年平均値の半分以下であったが、3月、4月、12月の3カ月は年平均値の2倍以上であった。(図11)

なお、棒グラフは平均降水量の出現範囲である。

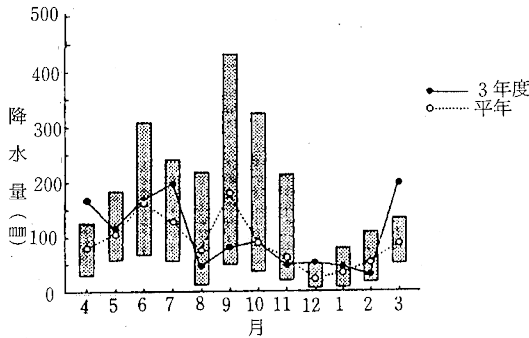


図11 3年度と平均の降水量

3. 風速の特異性

平均の月平均風速に対し有意水準1%で有意差が見られたのは、弱風側では延べ168局中58局(34.5%)、強風側では33局(19.6%)であり、過半数の月が特異的な風速となっていた。

これを月別に見てみると、弱風側では、3月が12局(85.7%)と最も多く、次いで6月の11局(78.6%)、1月の10局(71.4%)、4月の9局(64.3%)、12月の8局(57.1%)の順に、強風側では、8月の11局(78.6%)、次いで5月の9局(64.3%)、7月の7局(50.0%)の順に有意水準1%で有意差が見られた。年平均値では、弱風側では6局、強風側では1局に有意水準1%で有意差が見られた。(表7)

観測局別に見てみると、弱風側では、川津、丸亀競艇場、普通寺市役所の各7カ月、瀬居島、宇多津町役場、城坤小学校、観音寺市役所の各5カ月、坂出市役所、丸亀市役所の各4カ月などに有意水準1%で有意差が見られた。一方、強風側では、勝賀中学校の5カ月、城坤小学校、高松東消防署の各4カ月などに有意水準1%で有意差が見られた。(表8)

表7 3年度月平均風速の月別有意水準 (局)

区分	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	計	年平均	
	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月	月			
弱風側	1%で有意差あり	9	0	11	0	0	1	4	2	8	10	1	12	58	6
	5%で有意差あり	2	0	1	1	0	0	1	3	3	1	3	0	15	1
	10%で有意差あり	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	0	6	0
強風側	1%で有意差あり	0	9	0	7	11	3	0	1	1	0	1	0	33	1
	5%で有意差あり	0	1	0	3	1	2	2	1	0	1	1	0	12	1
	10%で有意差あり	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0
10%で有意差なし	3	4	1	3	1	8	5	5	2	1	7	2	42	5	

表8 3年度月平均風速の局別有意水準 (月)

有意水準	弱風側 (有意差あり)			強風側 (有意差あり)			10%で有意差なし
	1%	5%	10%	1%	5%	10%	
坂出市役所	4	3	1	0	0	1	3
瀬居島	5	0	1	3	0	0	3
相模坊神社	2	0	0	2	4	0	4
川津	7	1	0	1	0	0	3
宇多津町役場	5	1	1	2	2	0	1
丸亀市役所	4	0	0	2	2	0	4
丸亀競艇場	7	3	0	1	0	0	1
城坤小学校	5	0	0	4	0	0	3
多度津町役場	3	1	1	3	0	0	4
普通寺市役所	7	1	0	1	1	0	2
観音寺市役所	5	2	1	3	0	0	1
勝賀中学校	0	0	0	5	2	1	4
高松東消防署	2	2	1	4	0	0	3
直島町役場	2	1	0	2	1	0	6
合計	58	15	6	33	12	2	42

4. 気象と濃度との関係

4-1 40ppb以上の出現要因

4-1-1 風速別40ppb以上出現頻度

(1) 環境局

ごく弱い風速では、その風速の出現頻度が少ないため、40ppb以上の出現率にばらつきが見られたが、各月ともほぼ風速に逆比例して出現率の低下が見られた。月別では、4月が最も高く、3月、6月、5月の順に出現率が低くなっていた。日平均風速の平均値1.4m/秒を境として出現率の低下に変化が見られたが、4月は比較的速い風速でも出現率が高くなっていた。

「一月にいずれかの局で40ppb以上が1日以上出現する出現率」は5.9%以上(1日/17局)であり、この時の日平均風速の平均値は、月によってやや異なっていたが、1.2~1.4m/秒以下であった。(表9, 図12)

(2) 自排局

月別出現率、風速別出現率いずれも環境局と同じ傾向にあった。日平均風速の平均値1.5m/秒を境として出現率の低下に変化が見られた。「一月にいずれかの局で40ppb以上が1日以上出現する出現率」は33.3%以上(1日/3局)であり、この時の日平均風速の平均値は1.2~1.3m/秒以下であった。(表9、図12)

表9 日平均風速の平均値別40ppb以上出現頻度 (%)

区分	風速 (m/秒)												平均		
	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9		2.0以上	
環境局	3月	0	62.5	-	48.2	26.5	13.8	6.6	1.1	1.3	3.7	0.5	1.1	0	5.1
	4月	-	33.3	42.4	29.1	15.7	18.4	10.1	5.4	4.0	0	0	1.0	0.3	6.1
	5月	-	0	0	13.4	19.0	8.5	3.9	1.5	0	1.2	0	0.5	0	2.8
	6月	-	12.5	10.2	20.7	14.6	4.4	2.7	1.2	0.4	0.5	0.8	0	0	3.0
	計	0	25.5	16.4	28.8	19.1	10.3	4.8	2.0	1.4	1.5	0.3	0.7	0.3	4.3
	自排局	3月	0	66.7	-	46.7	33.3	28.6	33.3	18.2	22.2	23.1	8.3	18.2	3.5
4月		-	50.0	50.0	61.9	71.4	41.0	29.6	18.5	11.1	28.6	18.2	16.7	4.2	20.1
5月		-	0	0	25.0	29.4	15.0	19.4	23.5	5.1	7.0	7.1	3.2	0	10.1
6月		-	66.7	12.5	23.1	31.8	22.6	24.6	11.3	4.8	2.6	8.3	0	1.1	12.9
計		0	50.0	20.0	42.6	41.7	26.1	25.0	17.0	9.7	12.8	10.7	10.8	2.8	14.7
全局		3月	0	63.2	-	48.0	27.6	16.1	10.7	3.8	4.5	6.6	1.7	3.7	0.8
	4月	-	35.9	43.6	34.1	24.3	21.9	13.1	7.4	5.1	4.4	2.8	3.4	0.9	8.3
	5月	-	0	0	15.2	20.5	9.5	6.0	4.7	0.8	2.0	0.9	0.9	0	3.9
	6月	-	21.1	10.5	21.1	17.1	7.2	5.8	2.6	1.0	0.8	1.9	0	0.2	4.4
	計	0	29.3	16.9	30.8	22.5	12.7	7.7	4.2	2.6	3.2	1.8	2.2	0.6	5.8

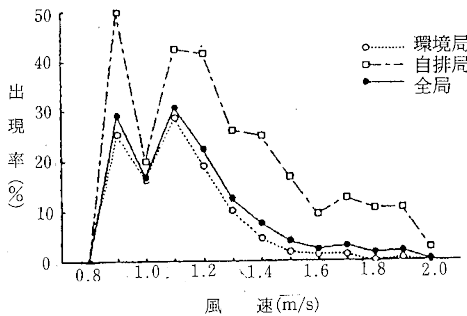


図12 日平均風速の平均値別40ppb以上出現頻度

4-1-2 逆転層出現時間別40ppb以上出現頻度

観測場所が臨海部のため、必ずしも県下全域を代表しているとは言えず、また、逆転強度(温度差の大きさ)も考慮に入れていないため、傾向を見るに止まっている。

(1) 環境局

風速ほど顕著な関係は見られなかった。4カ月平均値では明らかに増加していたが、月別では、出現時間の増加に伴って増加していたのは3月のみであった。また、3月及び4月は、逆転層が出現していない場合と1~5時間出現している場合と同程度の出現率となっていた。

これらのことから、逆転層は高濃度をもたらす一つ要因となるが、風速ほど直接的な要因でないものと考えられた。

4カ月平均値から算出した「一月にいずれかの局で40ppb以上が1日以上出現する時間」は、6~10時間以上であった。(表10、図13)

表10 逆転層出現時間別40ppb以上出現頻度 (%)

区分	逆転層出現時間(時)						計	
	0	1~5	6~10	11~15	16~20	21以上		
環境局	3月	2.0	2.5	23.5	27.4	53.1	-	5.1
	4月	1.5	1.2	8.0	22.6	2.9	-	6.1
	5月	0	1.5	4.3	9.4	3.1	-	2.8
	6月	2.7	4.2	2.5	6.8	29.4	-	3.0
	計	1.2	2.5	7.0	16.1	20.9	-	4.3
	自排局	3月	8.0	17.0	45.5	40.0	83.3	-
4月		7.0	7.6	28.2	58.7	16.7	-	20.1
5月		0	8.2	15.7	27.7	16.7	-	10.1
6月		1.6	13.6	21.3	40.0	50.0	-	12.9
計		5.2	11.6	24.5	44.1	40.0	-	14.7
全局		3月	2.9	4.7	26.9	29.3	57.9	-
	4月	2.4	2.2	11.1	28.2	5.0	-	8.3
	5月	0	2.5	6.0	11.8	5.3	-	3.9
	6月	0.5	5.6	5.2	11.7	31.6	-	4.4
	計	1.8	3.9	9.6	20.1	23.7	-	5.8

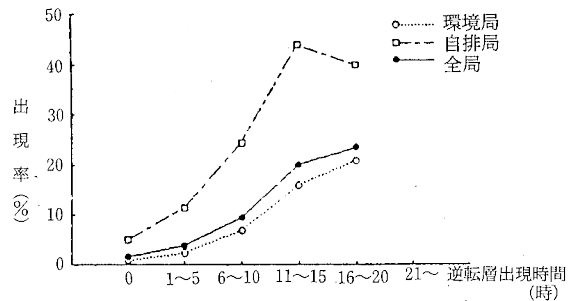


図13 逆転層出現時間別40ppb以上出現頻度

(2) 自排局

月別では3月及び6月は出現時間の増加に伴い出現率も増加していたが、4月及び5月は増加の傾向が必ずしも顕著でなかった。

4カ月平均値では増加の傾向が見られたが、11時間以上ではほぼ同程度の出現率となっており、環境局ほど大きな出現要因となっていないものと考えられた。

4カ月平均値から算出した「一月にいずれかの局で40ppb以上が1日以上出現する時間」は、11~15時間以上であった。(表10、図13)

4-1-3 降水量別40ppb以上出現頻度

環境局、自排局いずれも日間降水量と40ppb以上の出現には顕著な関係は見られなかった。従って、降雨は二酸化窒素濃度を低下させる大きな要因ではないものと考えられた。(表11、図14)

表11 降水量別40ppb以上出現頻度 (%)

区分	降水量 (mm)										計	
	0	1~5	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	36~40	41以上		
環境局	3月	4.1	2.9	10.5	10.1	4.5	16.0	2.0	0	-	-	5.1
	4月	6.0	8.2	9.6	0	0	0	0	-	-	0	6.1
	5月	3.3	1.5	6.0	1.2	0	0	0	0	0	0	2.8
	6月	3.2	3.4	0.5	0	1.2	8.5	0	2.0	9.8	0	3.0
	計	4.2	4.2	6.6	3.3	1.6	8.6	0.5	0.8	7.4	0	4.3
自排局	3月	11.5	13.1	37.8	16.7	25.0	16.7	11.1	33.3	-	-	15.3
	4月	20.9	24.7	14.3	0	0	0	0	-	-	33.3	20.1
	5月	11.7	6.0	3.8	15.4	9.1	0	11.1	16.7	0	0	10.1
	6月	17.5	8.5	5.6	0	7.7	7.1	0	0	12.5	0	12.9
	計	15.5	14.2	18.0	9.1	11.9	8.7	5.6	13.6	10.0	11.8	14.7
全局	3月	5.3	4.5	14.7	11.1	7.6	16.1	3.3	5.3	-	-	6.7
	4月	8.2	10.7	10.3	0	0	0	0	-	-	5.3	8.3
	5月	4.6	2.1	5.6	3.1	1.3	0	1.7	2.5	0	0	3.9
	6月	5.3	4.2	1.3	0	2.1	8.3	0	1.8	10.2	0	4.4
	計	5.9	5.7	8.3	4.1	3.1	8.6	1.3	2.6	7.7	1.7	5.8

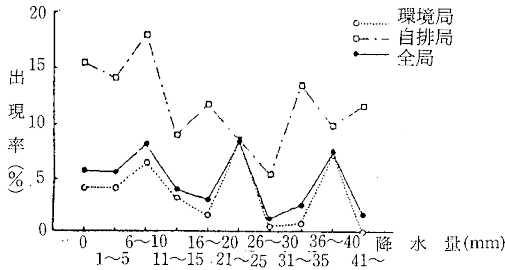


図14 降水量別40ppb以上出現頻度

4-2 主要観測局の風速別40ppb以上出現頻度及び40ppb以上の出現風速

ごく弱い風速ではその風速の出現日数が少なく、40ppb以上の出現率にばらつきが見られたが、どの観測局もほぼ日平均風速に逆比例して低下していた。

また、最大出現風速は、発生源の違い、風向・風速計と窒素酸化物計の測定位置の違いなどにより観測局でそれぞれ異なっていた。例えば、風向・風速計の設置位置が低く、窒素酸化物計のサンプリング口に近接している坂出市役所、川津、榎石島、花園の4観測局では、最大出現風速は0.9~1.3m/秒と遅く、しかも狭い範囲にあった。

一方、風向・風速計を高所に設置している丸亀競艇場及び高松競輪場では、最大出現風速は1.4~2.6m/秒と速く、しかも広い範囲にあった。(表12, 13, 図15)

そこで、特異的な40ppb以上の出現を除外するため、4か月間の40ppb以上が20日中19日出現する日平均風速(以下「95%出現風速」と記述する。)と4か月平均風速との関係を調べてみると、丸亀競艇場、高松競輪場は95%出現風速と4か月平均風速が同一風速となっていたのに対し、その他の観測局は95%出現風速が4か月平均風速より0.2~0.5m/秒遅くなっていた。(表13)

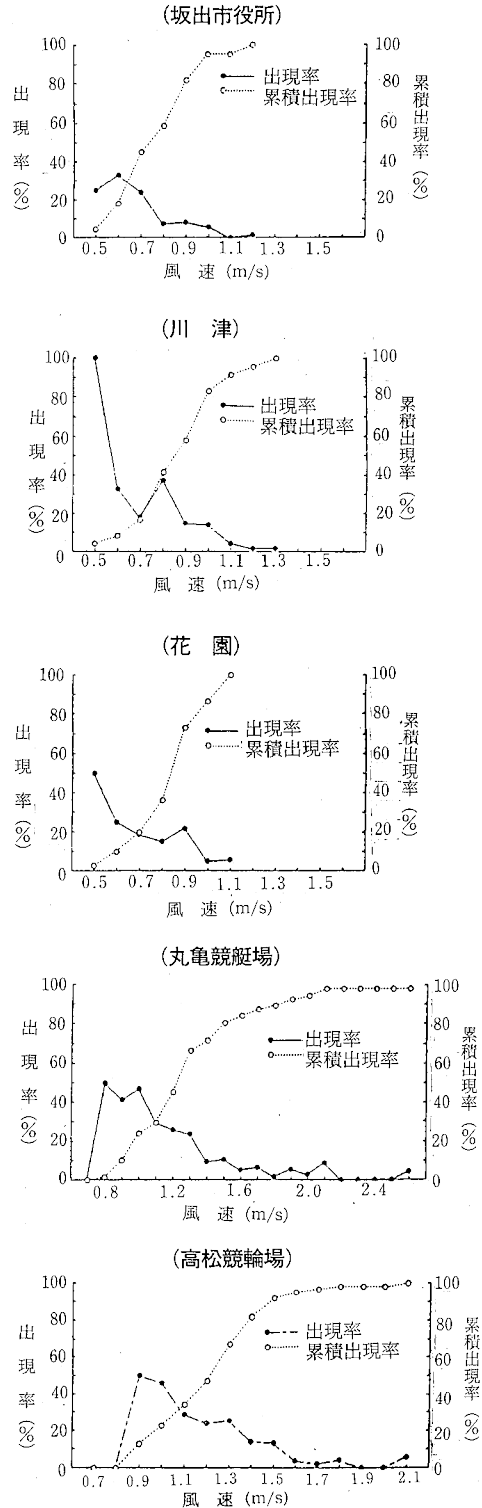


図15 主要観測局の日平均風速別40ppb以上出現頻度

表12 主要観測局の日平均風速別40ppb以上出現頻度

(%)

局名	区分	風速 (m/s)																		計
		0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.6	
坂出市役所	出現率	25.0	33.3	24.0	7.5	8.3	5.6	0	1.8											3.6
	累積出現率	4.5	18.2	45.5	59.1	81.8	95.5	95.5	100											-
川津	出現率	100	33.3	18.2	37.5	14.8	14.0	4.2	1.7	1.6										3.9
	累積出現率	4.2	8.3	16.7	41.7	58.3	83.3	91.7	95.8	100										-
櫃石島	出現率		0	18.5	25.0	21.4	17.7	2.1	2.2											8.6
	累積出現率		0	11.9	40.5	69.0	95.2	97.6	100											-
丸亀市役所	出現率		0	33.3	27.8	28.0	13.2	12.3	13.3	7.4	0	1.8								6.7
	累積出現率		0	2.4	14.6	31.7	43.9	61.0	85.4	97.6	97.6	100								-
丸亀競艇場	出現率			0	50.0	41.7	47.1	30.0	26.4	24.0	9.7	10.9	5.3	6.9	2.1	5.7	3.2	9.1	4.5	9.4
	累積出現率			0	1.8	10.5	24.6	29.8	45.6	66.7	71.9	80.7	84.2	87.7	89.5	93.0	94.7	98.2	100	-
高松競輪場	出現率			0	0	50.0	46.2	29.2	24.2	25.5	14.1	13.3	4.0	2.5	4.3	0	0	5.9		12.6
	累積出現率			0	0	13.1	23.0	34.4	47.5	67.2	82.0	91.8	95.1	96.7	98.4	98.4	98.4	100		-
花園	出現率	50.0	25.0	18.8	15.2	22.0	5.3	6.0												4.9
	累積出現率	3.3	10.0	20.0	36.7	73.3	86.7	100												-

※ 出現率：(風速毎の40ppb以上出現日数/風速毎の総日数) × 100
 累積出現率：(40ppb以上累積出現日数/40ppb以上総出現日数) × 100

表13 40ppb以上の出現風速 (m/秒)

区分	最大出現風速				95%出現風速	4か月平均風速
	3月	4月	5月	6月	3~6月	
坂出市役所	1.0	1.2	1.0	0.9	1.0	1.4
川津	1.0	1.2	1.3	1.0	1.2	1.7
櫃石島	1.2	1.0	1.1	1.0	1.0	1.2
丸亀市役所	1.1	1.5	1.3	1.3	1.3	1.5
丸亀競艇場	2.1	2.6	2.0	1.9	2.0	2.0
高松競輪場	2.1	1.8	1.6	1.4	1.6	1.6
花園	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	1.4

表14 月平均風速と月平均濃度の相関係数の局別有意水準 (月)

区分	有意差あり				10%で有意差なし	計
	1%	2%	5%	10%		
坂出市役所	19	0	1	0	0	20
川津	20	0	0	0	0	20
櫃石島	13	1	2	0	0	16
丸亀市役所	15	2	1	1	1	20
丸亀競艇場	16	1	0	3	0	20
高松競輪場	14	1	1	0	0	16
花園	20	0	0	0	0	20
合計	117	5	5	4	1	132

5. 主要観測局毎の風速と濃度との相関

延べ月数132月のうち、有意水準1%で相関が見られた月が117月(88.6%)、有意水準2%及び5%がそれぞれ5月(3.8%)あった。一方、有意水準10%で相関が見られなかった月は1月のみであり、風速と濃度には高度の相関が見られた。

特に、川津、花園はすべての月で、坂出市役所は1月を除いて有意水準1%で相関が見られた。この3局は4-2で述べたように、風向・風速計の設置位置と窒素酸化物計のサンプリング口が近接していることから、他の観測局に比べ、より有意な相関が見られたものと考えられた。

また、月別では、6月に相関の低い月が見られたことから、6月の高濃度は風速以外の要因によっても引き起こされていることが推定された。(表14, 15)

表15 月平均風速と月平均濃度の相関係数の月別有意水準 (月)

有意水準	3月	4月	5月	6月	計
1%で有意差あり	30	33	32	22	117
2%で有意差あり	1	0	1	3	5
5%で有意差あり	2	0	1	2	5
10%で有意差あり	0	0	0	4	4
10%で有意差なし	0	0	0	1	1

ま と め

文 献

1. 3年度の月平均風速は、5月、7～9月を除く8カ月が平年より低かった。ことに、1月、3月、4月、6月、12月は、平年の月平均風速に対し有意水準1%で有意差のある弱風が高頻度で出現している観測局が多かった。
2. 月平均風速と月平均濃度には高い相関が見られ、しかも、風速と濃度の測定位置が近接しているほど良好な相関が見られたこと、風速別の40ppb以上の出現頻度は観測局毎に異なっていたが、いずれも日別風速に逆比例して低下していたことなどから、高濃度の出現は風速と極めて密接な関係があるものと考えられた。
3. 逆転層の存在は、高濃度が出現する一要因であったが、風速ほど直接的な関係はないものと考えられた。
4. 降水量と40ppb以上の出現には顕著な関係は見られず、しかも、40ppb以上が高頻度で出現した3年度の3月及び4月には平年の2倍以上の降水量があったことから、降雨は二酸化窒素濃度を低下させる大きな要因ではないと考えられた。
5. 3年度の3月、4月、6月、12月の40ppb以上の出現日数は、平年同月の4.5～7.3倍に達していたが、これは、これらの月の風速が特異的な弱風であったことに起因しているものと考えられた。

特に、春期には、14観測局の日平均風速が1.2～1.4m/秒以下で40ppb以上が出現しやすくなっていたが、3年度の3月、4月、6月には月平均風速が1.4～1.8m/秒と日平均風速に近く、40ppb以上が出現しやすい日平均風速の出現頻度が高くなったため、40ppb以上が高頻度で出現したものと考えられた。
6. 丸亀競艇場と高松競輪場は他の観測局に比べ40ppb以上の出現頻度が高かった。これは3～6月の4カ月の月平均風速と95%出現風速とが同一風速であり、40ppb以上が出現しやすい日平均風速が高頻度で出現したためであると考えられた。
7. 3年度の40ppb以上の高出現頻度の原因を現象面から考察すると、春期には弱い陸海風サイクルが発生するが、3年度は特異的な弱風であったため、平年に比べて汚染質の内陸部への移送が少なくなり、臨海部付近に多く蓄積したためであると考えられた。
8. 14観測局の平均風速と高松地方気象台の風速には良好な相関が見られたことから、高濃度の出現予測等を行う際、同気象台の風速を指標風速として用いることが可能であると考えられた。

- 1) 高松地方気象台：香川県気象月報 (1981～1991)
- 2) 藤岡博文，瀬戸義久，中野智：香川県公害研究センター所報，6，79 (1981)
- 3) 藤岡博文，三好健治：香川県公害研究センター所報，12，111 (1987)
- 4) 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)
- 5) 藤岡博文，三好健治，山本務 他：香川県公害研究センター所報，5，63 (1980)