

高松市及びその周辺地域における 窒素酸化物高濃度現象に関する研究 (I)

— 窒素酸化物の濃度分布 —

Studies on the Phenomenon of the highly Concentrated NO_x at Takamatsu district (I)

— Distribution of Nitrogenoxides Concentrations at Takamatsu district —

橋本 魁躬 大津 和久 田村 章 冠野 禎男
Osami HASHIMOTO Kazuhisa OOTU Akira TAMURA Yoshio KANNO

高松地域では、近年、四国横断自動車道、国道 193号線、国道11号線高松東バイパスなど、主要幹線道路の開通により、高松市内及びその周辺地域の交通の流れに大きな変化が生じてきている。

そこで、二酸化窒素の高濃度が出現しやすい春季から梅雨期を調査期間として、自動測定機及び簡易測定法により窒素酸化物の分布調査等を実施した。

この結果、船舶及び自動車の影響を最も大きく受けていると考えられる高松港周辺に最高濃度が出現し、市街部、臨海部、内陸部の順に濃度が低下する濃度分布となっていることなどが判明した。

はじめに

調査方法

高松市及びその周辺地域には、大規模な工場が立地しておらず、窒素酸化物による大気汚染は主として自動車に起因するものと推定される。

しかし、高松市には一日平均約 227隻¹⁾のフェリー等が入出港する高松港があり、東備讃航路にも面していることから、中讃地域と同様²⁾、船舶による汚染も予想される。

そこで、高松港を中心に半径10km程度の周辺地域の26地点で、窒素酸化物の濃度分布を調査するとともに、主要地点について風向別濃度を解析し、発生源の推定を行った。

この結果、船舶からの影響を最も受けていると考えられる高松港に最高濃度が出現しており、また、内陸部になるに従って濃度が低下する分布となっていることが確認された。

また、風向別濃度から北系の風向で高濃度が出現する傾向が見られたが、風向・風速を測定している地点が少なかったため、中讃地域のように船舶が主要発生源³⁾となっているかどうかを明確にすることはできなかった。

1. 調査期間

平成6年5月16日～7月25日

2. 調査地点

大気汚染常時観測局6地点を含む26地点で実施した。表1及び図1に調査地点の状況を示す。

3. 調査項目及び測定方法

ザルツマン法による自動測定機及びTEA 試薬及びPT10試薬を用いた簡易測定法(分子拡散法)により窒素酸化物濃度を測定するとともに、大気汚染常時観測局の風向・風速を用いて風向別濃度等を算出した。表1に調査項目及び測定方法を示す。

なお、簡易測定法による測定値の自動測定機の測定値への換算係数は、平均値で0.97～1.07^{3)～5)}であり、本調査では1として換算し、分布調査に用いた。

表1 調査地点及び調査項目

区分	地点番号	地点名	項目			備考	
			窒素酸化物		地上風		
			自動測定機	TEA, PT10法			
市街部	1	高松市役所	●			高松市	
	2	栗林公園前	●			〃	
	3	花園	●		●	〃	
	4	松島町		○		〃	
市街部・臨海部	5	高松港		○		〃	
	6	高松競輪場	●		●	〃	
	7	環境研究センター		○		〃	
臨海部	8	春日町		○		〃	
	9	高松東消防署	●		●	〃	
	10	郷東町		○		〃	
	11	勝賀中学校	●		●	〃	
	12	生島町		○		〃	
	13	牟礼町役場		○			
	14	志度町役場		○			
	15	庵治町役場	○	○			
	内陸部	16	伏石町		○		高松市
		17	身障センター	○			〃
18		林町		○		〃	
19		仏生山町		○		〃	
20		十川東町		○		〃	
21		国分寺町役場	○				
22		国分寺町福家		○			
23		香川町浅野		○			
24		香川町役場		○			
25		三木町役場	○				
26		三木町下高岡		○			

(注) 1. ●は大気汚染常時監視測定局である。
2. 自動測定機の測定方法：ザルツマン法

結果及び考察

1. 窒素酸化物の濃度分布

自動測定機の測定地点については、平成6年5月16日13時から7月25日12時までの平均値、簡易測定法の測定地点については、1週間毎にサンプリングを行ったため、調査期間中の測定時間と濃度を加重平均して、それぞれの地点の濃度とした。

表2に地点毎の窒素酸化物の平均濃度を示す。

1-1 一酸化窒素

高松港をピークとして高松市市街部の幹線道路※沿いの栗林公園前や高松競輪場、高松市役所などに高い濃度が出現した。次いで、市街部及び臨海部の地点が高く、内陸部になるに従って濃度の減衰が見られた。(※幹線道路：国道、主要県道を指す。)

また、幹線道路の近傍にある地点について比較した場合、臨海部の地点が高く、内陸部の地点が低くなる傾向が見られた。

図2に4ppb毎にランク分けした分布図を示す。

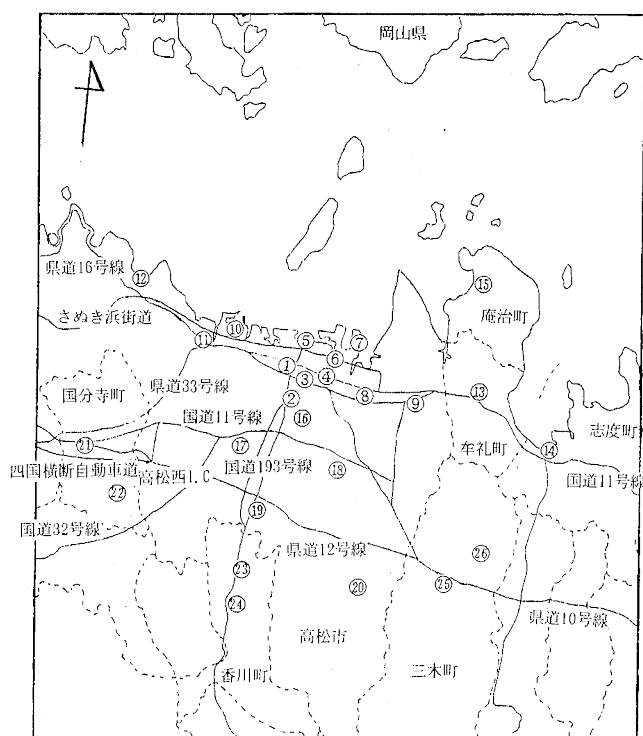


図1 調査地点

1-2 二酸化窒素

一酸化窒素とほぼ同様の傾向を示した。しかし、一酸化窒素と異なり、海に隣接し、幹線道路から直接的影響を受けにくい環境研究センターや郷東町では幹線道路に面した高松競輪場と同程度の濃度となっており、また、臨海部で幹線道路に隣接していない庵治町役場や生島でも比較的高い濃度が出現するという特徴が見られた。

図3に4ppb毎にランク分けした分布図を示す。

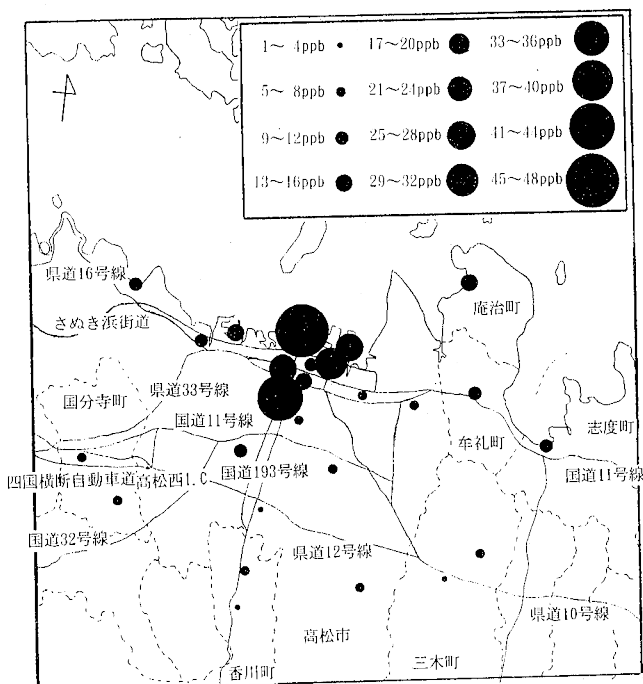


図2 一酸化窒素の濃度分布

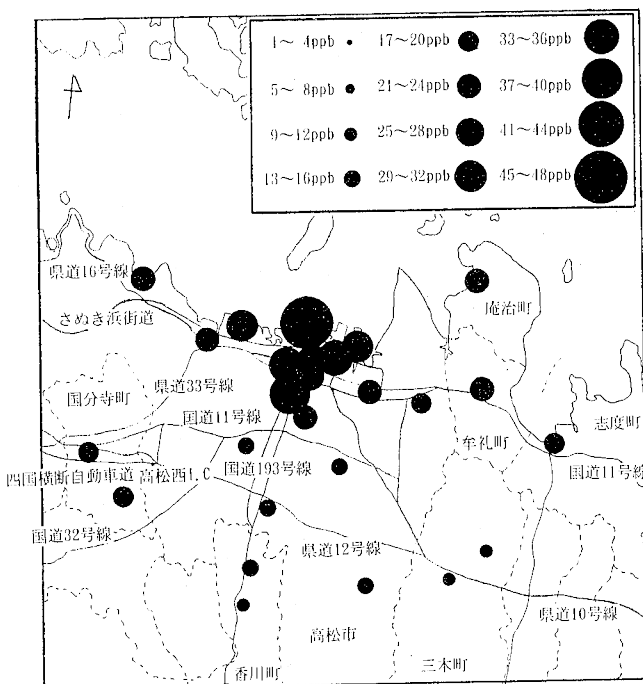


図3 二酸化窒素の濃度分布

表2 調査期間中の窒素酸化物平均濃度

地点番号	地点名	一酸化窒素	二酸化窒素	備考
1	高松市役所	26	35	市街部
2	栗林公園前	41	37	
3	花園	13	26	
4	松島町	12	30	
5	高松港	48	47	市街部・臨海部
6	高松競輪場	30	33	
7	環境研究センター	20	32	臨海部
8	春日町	8	22	
9	高松東消防署	5	17	
10	郷東町	13	31	
11	勝賀中学校	12	22	
12	生島町	12	22	
13	牟礼町役場	10	23	
14	志度町役場	12	20	
15	庵治町役場	13	21	
16	伏石町	6	21	
17	身障センター	9	14	内陸部
18	林町	6	15	
19	仏生山町	3	14	
20	十川東町	5	13	
21	国分寺町役場	6	17	
22	国分寺町福家	6	17	
23	香川町浅野	7	14	
24	香川町役場	2	10	
25	三木町役場	3	10	
26	三木町下高岡	5	12	

2. 発生源からの影響

自動車等の発生源が近傍にある場合、一酸化窒素濃度の割合が高くなることから、地点毎に一酸化窒素と窒素酸化物との濃度比率を求め、発生源からの影響を調査した。

表3に地点毎の濃度比率、図4に分布図を示したが、全般的に臨海部が高く、内陸部が低くなる傾向が見られた。地点毎に見た場合、栗林公園前や高松市役所などの市街部や高松港、高松競輪場などの市街部・臨海部の地点では発生源の影響を大きく受けていた。特に、栗林公園前と高松港では50%以上の濃度比率となっており、発生源からの影響が極めて大きいことが推定された。

表3 一酸化窒素と窒素酸化物の濃度比率

地点番号	地点名	濃度比率 (%)	備考
1	高松市役所	42.6	市街部
2	栗林公園前	52.6	
3	花園	33.3	
4	松島町	28.5	
5	高松港	50.5	市街部・臨海部
6	高松競輪場	47.6	
7	環境研究センター	38.3	臨海部
8	春日町	27.1	
9	高松東消防署	22.7	
10	郷東町	29.9	
11	勝賀中学校	35.3	
12	生島町	34.0	
13	牟礼町役場	31.0	
14	志度町役場	37.5	
15	庵治町役場	37.4	
16	伏石町	22.2	
17	身障センター	39.1	
18	林町	28.2	
19	仏生山町	19.1	
20	十川東町	28.3	
21	国分寺町役場	26.1	
22	国分寺町福家	25.1	
23	香川町浅野	33.5	
24	香川町役場	18.7	
25	三木町役場	23.1	
26	三木町下高岡	29.0	

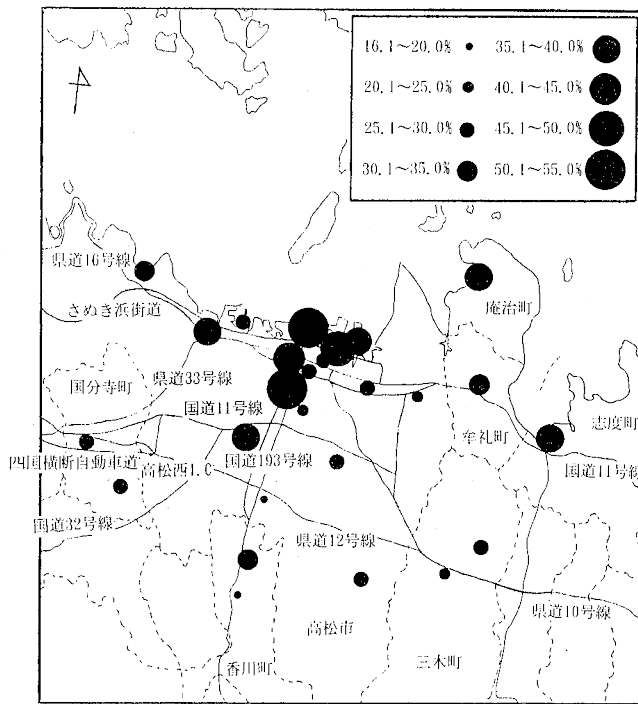


図4 一酸化窒素と窒素酸化物の濃度比率分布

3. 時刻別濃度及び風速推移

自動測定機で測定した10地点について、時刻別濃度推移を求め、地点毎の汚染パターンを解析するとともに、風向・風速を測定している4常時観測局について時刻別風速を解析した。

3-1 一酸化窒素

幹線道路から離れている6地点では、9時~10時頃にピークが出現する一山型となっていた。

一方、最も自動車排ガスの影響を受けている栗林公園前では、22時に最高濃度が出現し、9時にもピークのある二山型となっており、高松市役所では17時に最高濃度が出現し、9時~10時及び22時にもピークが出現する三山型となっていた。

また、高松競輪場及び志度町役場では、夜間にも小さなピークが出現する二山型となっていた。

最低濃度は、高松市役所では4時に出現していたが、その他の地点では中讃地域²⁾より2時間ほど早い14時~17時頃に出現していた。

表4、図5に濃度推移を示す。

3-2 二酸化窒素

全地点とも9時~10時頃と19時~24時頃にピークが出現する二山型の濃度パターンとなっていた。特に、交通量の多い栗林公園前、高松市役所、高松競輪場では、夜間に最高濃度が出現しており、他の地点では両ピークがほぼ同濃度となっていた。

また、栗林公園前、高松市役所、高松競輪場では6時、その他の地点では13時~16時頃に最低濃度が出現しており、朝のピーク濃度と夜間のピーク濃度が同程度であれば、6時と13時~16時頃に最低濃度が出現する傾向が見られた。

表5、図6に濃度推移を示す。

表4 一酸化窒素の時刻別濃度推移

区分	時刻 地点名	(ppb)																								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均
一山型	花園	15	13	12	11	11	11	14	19	27	25	18	13	10	9	8	8	8	10	10	10	10	13	13	15	13
	高松東消防署	5	5	6	5	4	5	7	10	11	10	7	5	3	3	3	3	3	2	2	3	4	4	4	5	5
	勝賀中学校	13	13	14	13	13	14	17	21	26	22	15	11	7	6	5	5	6	7	6	8	9	9	11	14	12
	身障センター	10	10	9	9	9	8	9	10	11	12	11	9	7	7	7	6	7	7	7	8	9	9	9	9	9
	国分寺町役場	5	4	4	5	5	6	6	8	11	10	9	6	5	5	4	4	4	5	4	5	5	5	5	4	6
	三木町役場	2	1	1	2	1	2	3	4	6	6	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3
二山型	栗林公園前	51	39	37	33	30	38	39	43	52	49	39	32	25	23	24	26	28	38	46	50	59	61	57	55	41
	高松競輪場	34	34	33	29	27	23	33	41	45	42	32	25	23	21	22	21	24	23	27	30	37	31	33	34	30
	志度町役場	7	7	7	8	7	11	15	33	30	21	17	14	9	8	7	7	9	14	11	10	9	10	9	8	12
三山型	高松市役所	21	21	19	17	18	18	22	29	35	35	29	27	22	22	23	31	40	37	29	25	25	31	25	23	26

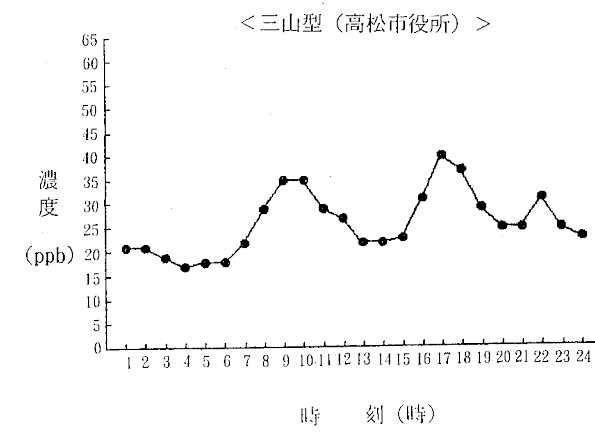
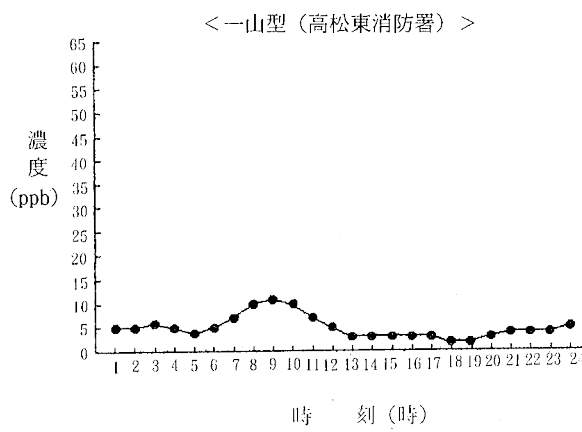
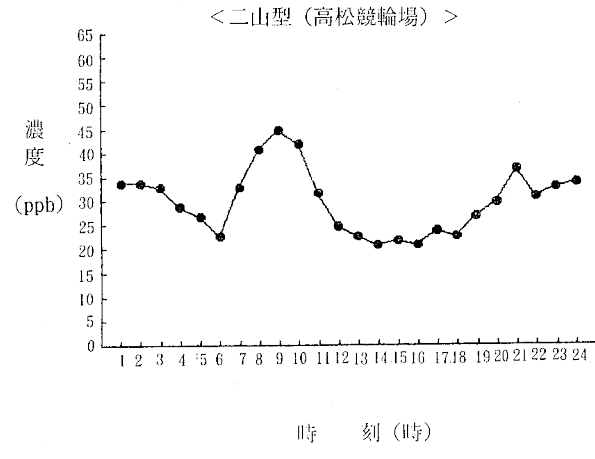
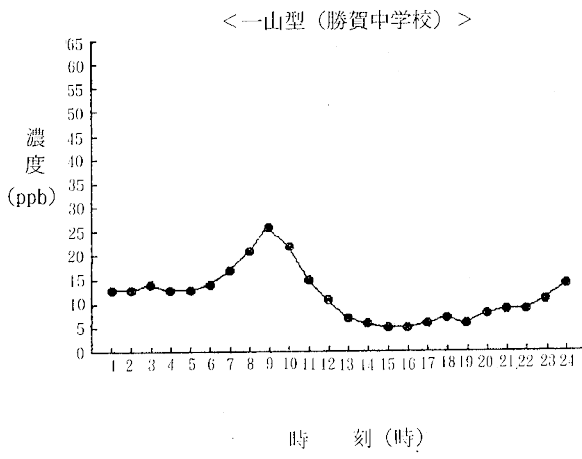
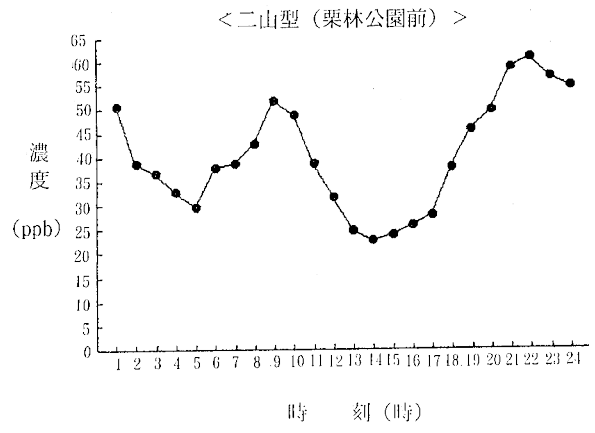
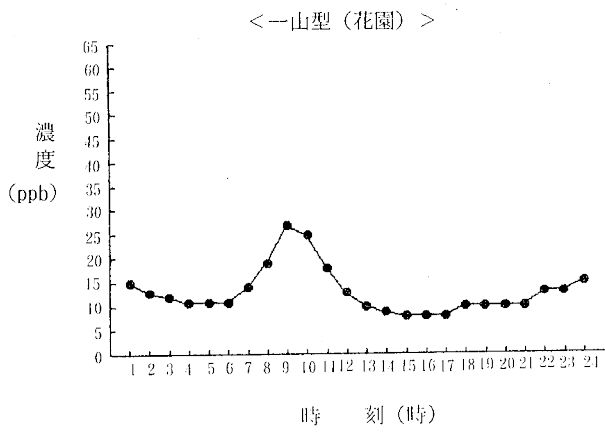


図5 一酸化窒素の時刻別濃度推移例

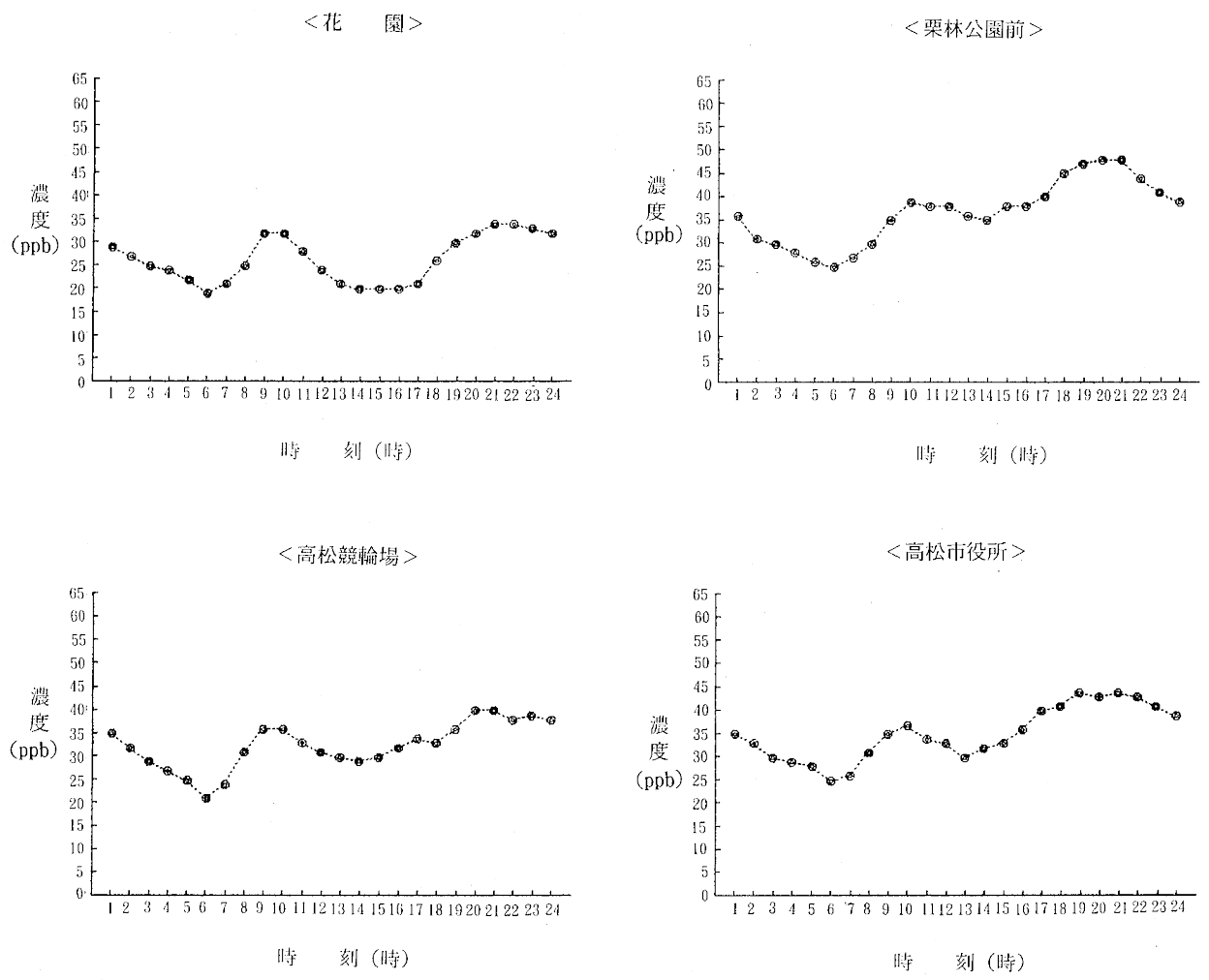


図6 二酸化窒素の時刻別濃度推移例

表5 二酸化窒素の時刻別濃度推移

時刻 地点名	(ppb)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	平均
高松市役所	35	33	30	29	28	25	26	31	35	37	34	33	30	32	33	36	40	41	44	43	44	43	41	39	35
栗林公園前	36	31	30	28	26	25	27	30	35	39	38	38	36	35	38	38	40	45	47	48	48	44	41	39	37
花園	29	27	25	24	22	19	21	25	32	32	28	24	21	20	20	20	21	26	30	32	34	34	33	32	26
高松競輪場	35	32	29	27	25	21	24	31	36	36	33	31	30	29	30	32	34	33	36	40	40	38	39	38	33
高松東消防署	21	19	18	18	17	16	16	18	20	20	17	14	11	10	9	10	11	12	16	21	23	22	23	22	17
勝賀中学校	28	27	26	25	23	22	21	22	25	25	23	19	14	13	12	12	14	16	18	24	26	26	28	29	22
志度町役場	20	18	16	16	15	16	18	25	26	24	22	20	16	15	14	14	16	21	23	25	25	24	22	20	20
身障センター	16	15	15	17	16	13	13	14	16	17	16	14	11	11	10	10	11	11	12	14	16	16	16	17	14
国分寺町役場	18	17	17	17	16	16	16	18	20	21	20	18	15	14	14	14	14	16	17	19	20	20	19	19	17
三木町役場	10	9	8	9	8	10	10	12	13	12	13	11	10	9	8	8	8	9	10	12	13	12	11	10	10

3-3 風速

4地点とも12時～15時頃に最大風速、1時～6時頃に最小風速が出現していた。

また、高松競輪場や花園では、夜間から早朝にかけて平均風速が1m/s以下となっており、これらの時間帯は、汚染質が滞留しやすい状況にあるものと推定された。

図7に時刻別の風速を示す。

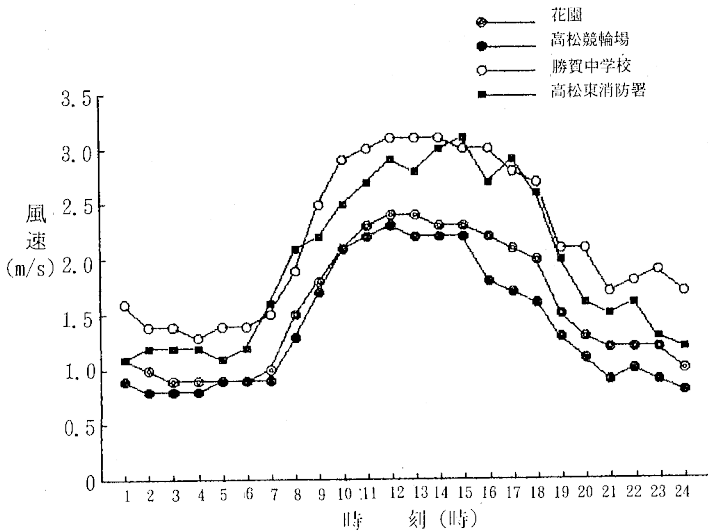


図7 風速の時刻別変化

4. 風向別濃度及び風向別寄与度

発生源の方向や高濃度の汚染質が移流してくる風向を把握するため、風向・風速を測定している4常

時観測局について風向別濃度を解析するとともに、風向別濃度を風向毎の出現頻度で重みづけした風向別寄与度を算出した。

表6及び図8～図10に風向別濃度及び風向別寄与度を示す。

4-1 一酸化窒素

風向別濃度で見た場合、高松競輪場及び花園は北系の風向、勝賀中学校は北系と南系の風向で高濃度が出現していたが、高松東消防署は全風向ともほぼ同濃度であった。

一方、風向別寄与度で見た場合、幹線道路の南に隣接する高松競輪場では北北西の風向からの寄与が卓越しており、幹線道路からの影響を大きく受けていることが推定された。しかし、幹線道路の北方約50mに位置する花園や南北に幹線道路が通過している勝賀中学校でも北北西～北北東の風向の寄与が大きくなっていた。

これらのことから、幹線道路に面していない市街部や臨海部の地点では、自動車からの直接的な影響よりも移流してきた汚染質の影響を大きく受けていることが推定された。

4-2 二酸化窒素

風向別濃度、風向別寄与度とも一酸化窒素と同じ傾向を示した。高松競輪場、花園、勝賀中学校の3地点では、北西～北北東の風向で高い濃度が出現していた。

表6 一酸化窒素、二酸化窒素の風向別濃度及び寄与率

測定地点	風 向	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	CALM	雑(計)	
花 園	出現頻度(時)	161	47	68	219	75	27	36	102	38	60	147	64	64	50	110	249	163	1,680	
	濃 度 (ppb)	一酸化窒素	20	18	9	6	7	10	9	10	11	8	6	8	14	15	19	19	18	13
		二酸化窒素	36	33	19	17	18	23	24	27	22	18	16	19	27	31	35	34	31	26
	寄与率 (%)	一酸化窒素	14.8	3.9	2.8	6.0	2.4	1.2	1.5	4.7	1.9	2.2	4.0	2.3	4.1	3.4	9.6	21.7	13.4	100
二酸化窒素		13.1	3.5	2.9	8.4	3.1	1.4	2.0	6.2	1.9	2.4	5.3	2.8	3.9	3.5	8.7	19.2	11.5	100	
高松競輪場	出現頻度(時)	43	19	53	143	61	28	81	64	14	21	91	54	53	205	405	116	180	1,631	
	濃 度 (ppb)	一酸化窒素	28	27	13	10	9	11	20	13	25	19	12	17	25	44	45	35	37	30
		二酸化窒素	36	29	21	17	17	20	25	23	25	23	15	21	33	44	43	39	36	33
	寄与率 (%)	一酸化窒素	2.4	1.0	1.4	2.9	1.1	0.6	3.3	1.7	0.7	0.8	2.2	1.9	2.7	18.3	37.0	8.3	13.5	100
二酸化窒素		2.9	1.0	2.1	4.6	1.9	1.1	3.8	2.8	0.7	0.9	2.6	2.1	3.3	16.9	32.7	8.5	12.2	100	
高松東消防署	出現頻度(時)	44	68	117	224	274	57	21	51	38	82	120	106	69	138	115	31	120	1,675	
	濃 度 (ppb)	一酸化窒素	4	5	5	3	4	3	4	6	3	5	5	5	7	8	6	5	7	5
		二酸化窒素	18	21	18	13	13	15	21	20	18	17	16	13	19	21	19	16	22	17
	寄与率 (%)	一酸化窒素	2.1	4.1	7.0	8.0	13.1	2.0	1.0	3.7	1.4	4.9	7.2	6.3	5.8	13.2	8.3	1.9	10.1	100
二酸化窒素		2.8	5.1	7.5	10.4	12.7	3.1	1.6	3.6	2.4	5.0	6.9	4.9	4.7	10.2	7.8	1.8	9.4	100	
勝賀中学校	出現頻度(時)	221	98	40	59	61	45	72	103	98	77	106	75	65	91	182	194	94	1,681	
	濃 度 (ppb)	一酸化窒素	15	11	11	9	4	8	12	12	10	7	3	3	5	8	16	19	23	12
		二酸化窒素	25	19	19	15	12	18	22	24	23	13	9	7	13	21	29	27	37	22
	寄与率 (%)	一酸化窒素	16.6	5.4	2.2	2.7	1.2	1.8	4.3	6.2	4.9	2.7	1.6	1.1	1.6	3.7	14.6	18.5	10.8	100
二酸化窒素		15.3	5.2	2.1	2.5	2.0	2.2	4.4	6.8	6.2	2.8	2.6	1.5	2.3	5.3	14.6	14.5	9.6	100	

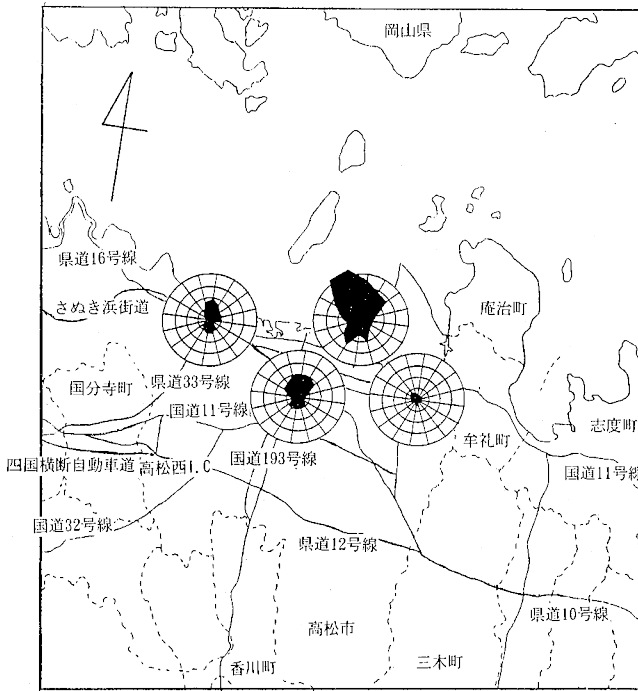


図8 一酸化窒素の風向別濃度

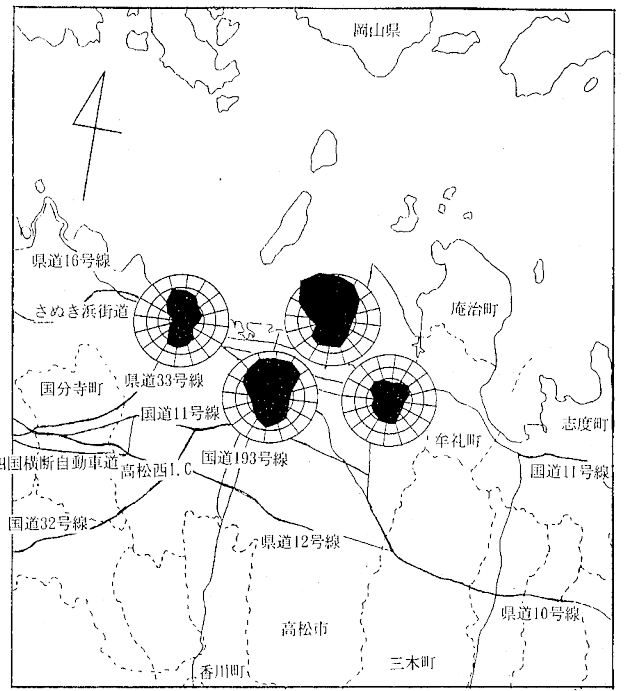


図9 二酸化窒素の風向別濃度

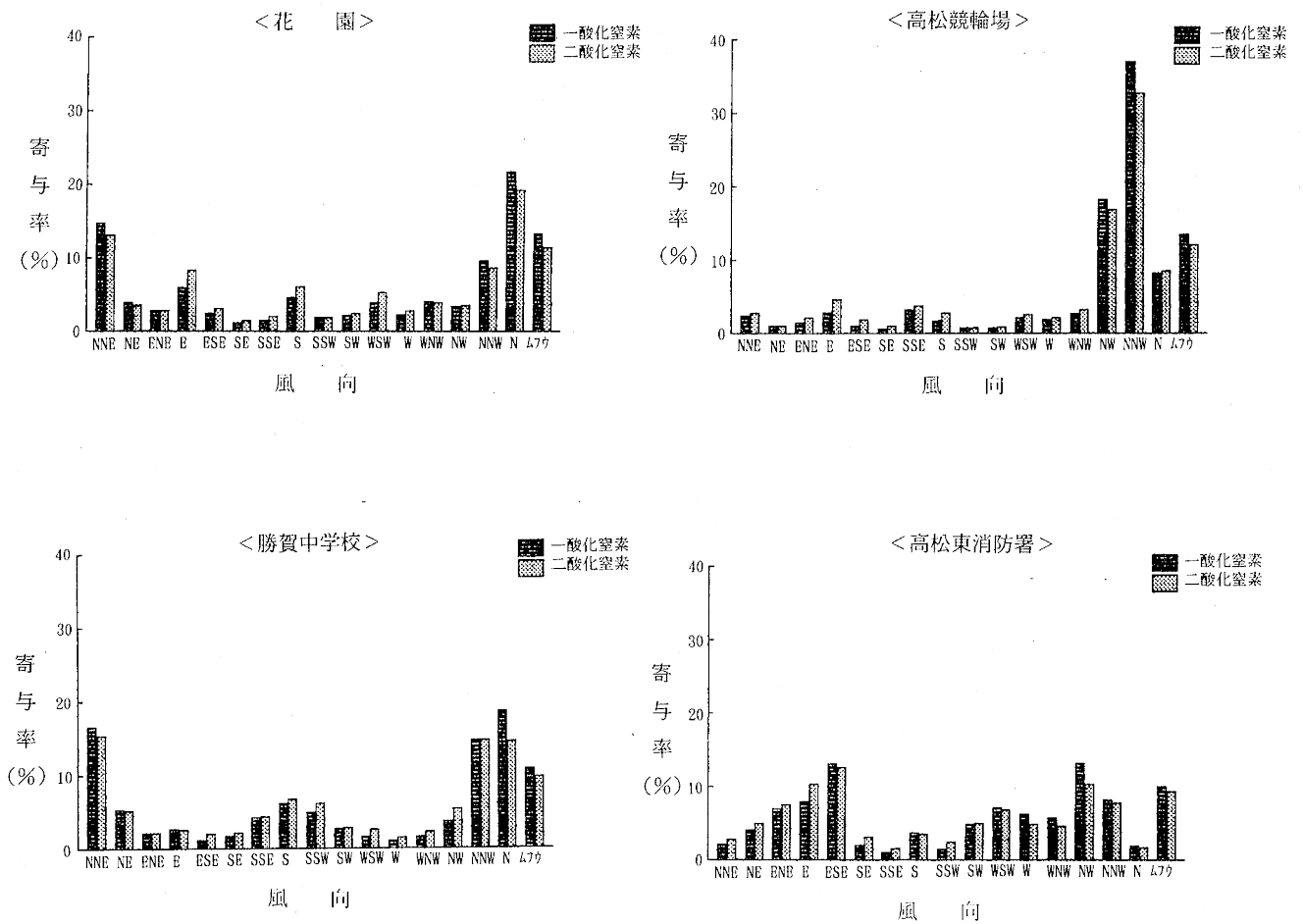


図10 風向別寄与度

ただ、風向別寄与度は、一酸化窒素に比べ、平均化される傾向にあり、幹線道路に面していない市街部や臨海部では、中讃地域と同様に²⁾、陸海風の循環によって海上から汚染質が移流して高い濃度が出現しているものと推定された。

ま と め

1. 一酸化窒素、二酸化窒素ともほぼ同様の濃度分布となっており、交通量の多い市街部や臨海部に高い濃度が出現した。
2. 二酸化窒素は、臨海部では幹線道路に面していない地点と幹線道路に面する地点が同程度の濃度となる傾向が見られ、北系の風向の寄与度が高くなっていったことから、二酸化窒素は、陸海風によって、循環や移流が起きていることが推定された。
3. 一酸化窒素は、大多数の地点では9時～10時頃にピークが出現する一山型であったが、二酸化窒素は、全地点とも9時～10時頃と19時～24時頃にピークが出現する二山型となっており、二酸化窒素の夜間の高い濃度は陸海風の循環による移流によってもたらされているものと推定された。
4. 一酸化窒素と窒素酸化物との濃度比率は、臨海部が高く、内陸部になるに従って低くなる傾向が見られた。特に、交通量が同程度の地点でも、臨海部の方が内陸部より濃度比率が高かったことから、臨海部では一酸化窒素も陸海風による循環や移流が生じているが、内陸部までは移流していないことが推定された。

文 献

- 1) 運輸省運輸政策局：港湾統計(年報、平成5年)
- 2) 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)
- 3) 小山健，瀬戸義久，中野智：香川県公害研究センター所報，12，56(1987)
- 4) 西川恵，小山健，瀬戸義久：香川県公害研究センター所報，13，69(1988)
- 5) 西川恵，山本務，高橋敏夫：香川県公害研究センター所報，14，69(1989)