



## 2. 調査地点

図1のとおりで、特別観測地点7地点（うち窒素酸化物観測地点6地点）・常時観測局12局及び気象関係の2地点で行った。

また海からの距離により3地域に区分し表1に示した。

## 3. 調査項目及び測定方法

調査項目は表1に示した。測定方法は、前報<sup>2)</sup>と同様である。また高松地方気象台の気象データ<sup>9)</sup>、大気汚染気象通報に記載された高層気象資料等を参考にした。

表1 調査地点及び項目

地域	地点番号	地点名	項 目							
			窒 素 酸 化 物		オキシダント	気 象 関 係				
			ザルツマン法	化学発光法		地上風	上層風	気温	上層気温	
海から 1 km以下	2	瀬 居 島	○			○				
	4	榎 椋 坊 神 社	○			○				
	6	榎 石 島	○			○		●		
	9	丸 亀 競 艇 場	○			○				
	11	多 度 津 町 役 場	○		○	○				
	13	岩 黒 島	●			○				
	14	与 島	●							
	15	沙 弥 島	●							
	16	大 東 川 事 務 所	●			●				
	17	丸 亀 市 浄 化 セ ン タ ー		●		●				
	19	丸 亀 市 広 島 町 江 の 浦				●				
海から 1～2 km	21	瀬 居 中 学 校					○(煙突195m)		○(煙突50m・195m)	
	1	坂 出 市 役 所	○		○	○		○	●(低層ゾンデ)	
	3	林 田 出 張 所	○		○	○				
	7	宇 多 津 町 役 場	○		○	○				
	8	丸 亀 市 役 所	○		○	○				
	10	城 坤 小 学 校	○		○	○				
	海から 2 km以上	5	川 津	○		○	○			
		12	善 通 寺 市 役 所	○		○	○			
		18	郡 家 公 民 館		●					

注) ○は常時監視項目, ●は特別観測項目

## 結果及び考察

### 1. 平成4年度のNO及びNO<sub>2</sub>濃度の特徴

平成4年と前年の調査期間中のNO及びNO<sub>2</sub>の平均濃度を表2に、日平均値の変化を図2、図3に示した。4年は高濃度であった3年と比べて、低濃度で特にNOが低かった。

表2 期間中のNO及びNO<sub>2</sub>の平均濃度 (ppb)

		海から1km以下の 10地点平均 (最低～最高)	海から1～2kmの 5地点平均 (最低～最高)	海から2km以上の 3地点平均 (最低～最高)	全地点平均 (最低～最高)
NO	平成4年	9 (5～13)	6 (4～8)	3 (2～5)	7 (2～13)
	平成3年	23 (9～39)	15 (10～21)	8 (4～13)	18 (4～39)
NO <sub>2</sub>	平成4年	22 (18～26)	19 (15～23)	15 (12～20)	20 (12～26)
	平成3年	27 (16～33)	24 (19～30)	20 (17～25)	25 (16～33)

中讃地域の5～7月の島しょ部と沿岸から2km以下の常時監視局11局の平均風速は、4年が1.8m/s。3年が1.6m/sで3年が弱かった。

また調査期間中の四国電力坂出發電所（以下四電と略する）の高度50mと195mの気温から見た気温の逆転現象

は、表3のとおりである。これによれば平成4年は前年のほぼ半分の時間数となっていて、接地逆転があまり起こらなかったことがわかる。

表3 期間中の四電50mと195mの気温の逆転時間

		(時間)			
		5月13日～31日	6月	7月1日～15日	全期間
平成4年		32	81	16	129 (2.0時間/日)
平成3年		84	93	77	254 (4.0時間/日)

陸地部の坂出市役所と島しょ部の榎石島の気温は表4のとおりである。3年は榎石島が2.2℃も大幅に低かったが、4年は榎石島が0.4℃低いのみであった。

表4 期間中の坂出市役所と榎石島の気温 (℃)

		(時間)			
		5月13日～31日	6月	7月1日～15日	全期間
平成4年	坂出	18.4	21.8	24.4	21.4
	榎石	18.2	21.3	24.0	21.0
平成3年	坂出	20.0	23.0	25.5	22.9
	榎石	17.6	21.2	23.7	20.7

海水温が低いこの時期は、風速が弱くなると榎石島で気温が下がり、このような気温差になったと考えられ、

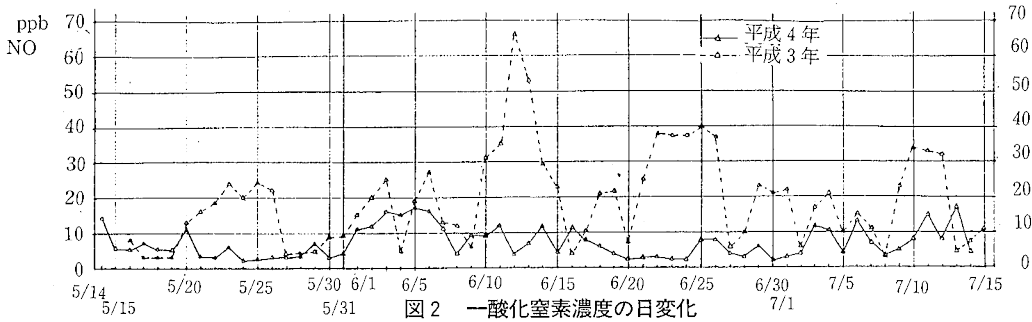


図2 一酸化窒素濃度の日変化

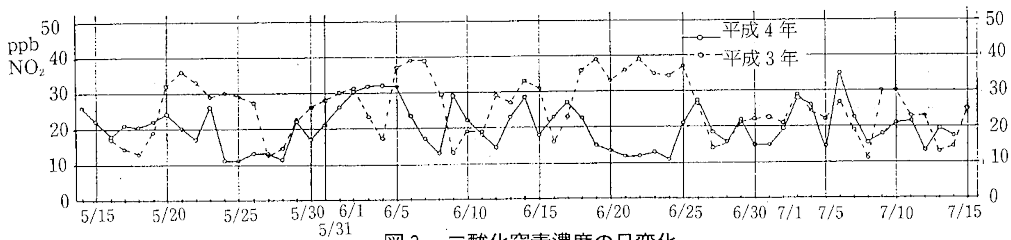


図3 二酸化窒素濃度の日変化

4年は強い接地逆転層があまり形成されなかったことが、このことから示されている。

NO・NO<sub>2</sub>の高濃度の出現機構について、前報<sup>2)</sup>では次のように結論づけている。すなわちNOは接地逆転層内の地表発生源から排出されたものが、そのまま酸化されずに出現し、NO<sub>2</sub>は昼間の混合層内のNO<sub>2</sub>と、夜間接地逆転層内のNOが昼間混合層内で生成したOX等により酸化され出現する。この点から見れば4年は接地逆転層の形成が少なかったため、3年と比較してNOは低濃度になったことが説明できる。またNO<sub>2</sub>は酸化反応が関与するためにNO程は顕著ではなかったと考えられた。

## 2. 上空気象調査日における窒素酸化物及びオキシダントの経時変化

NO<sub>2</sub>は発生源からの直接寄与は1割程度<sup>6)</sup>とされており、夜間のNO<sub>2</sub>の高濃度は、OX等により酸化され起こる<sup>7)</sup>と言われていることから、NO<sub>2</sub>・OX・NOの経時変化と、その時の上空気象について、5～7月に月1回の割合で実施した。調査日は調査期間の項で記した日の12時から翌日12時の各1日、計3日間である。窒素酸化物等の変化を図4～6に示し、上空気象を図7～9に示した。NOとNO<sub>2</sub>は特別観測点を含め、海から1km以下10地点・1～2km 5地点・2km以上3地点計18地点の平均で、OXは常時監視局の各々1地点・5地点・2地点計8地点の平均である。

5月26日～27日は、上空に寒気が入って不安定な気象

が5月上旬から連続していた時期で、この日も2000mで気温が1～3℃と低く地上との差は大きく、大気の鉛直拡散は良く、また風も夜間の下層を除いて強く水平拡散も良い状態であった。昼間はNO・NO<sub>2</sub>ともに低く、夜間も四電の気温からすると逆転層は無く、低層ゾンドの結果からも24時～6時に逆転が起こったのみで、NO・NO<sub>2</sub>とも低かった。OXは拡散が良かった日としては高かった。

この結果から、鉛直拡散が良い状態ではNO・NO<sub>2</sub>とも低いことが示された。しかしOXは低くはなく、上空からの移流が考えられた。このような時には後日拡散が悪くなった場合、NO<sub>2</sub>が急増する可能性があり今後の検討課題と考えられる。

6月16日～17日は、鉛直方向の気温差はやや大きく、昼間は鉛直拡散は悪くないと考えられたが、風が弱く水平拡散は悪く、夜間には四電では22時～4時の間、低層ゾンドでは18時～6時の間気温の逆転が起こっていた。20時～22時にNO・NO<sub>2</sub>とも濃度が増加し、OXは急に減少した。22時以後はNO・NO<sub>2</sub>はゆっくり減少しOXは低濃度が続いた。

この日は前線の北側で昼間は日射があり風が弱く、夜間接地逆転が起こっていた。これらの条件から考えるとNO<sub>2</sub>が高濃度となる形であったが、最も高濃度の地点でも16日が38ppb、17日が40ppbで特に高濃度とは言えなかった。この原因は低層ゾンドの測定結果からわかるとおり気温差が比較的大きく、昼間の拡散が良かったため

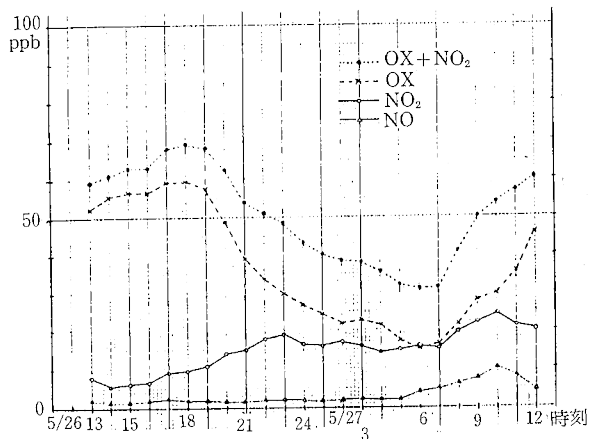


図4 5月26日～27日の窒素酸化物等の経時変化

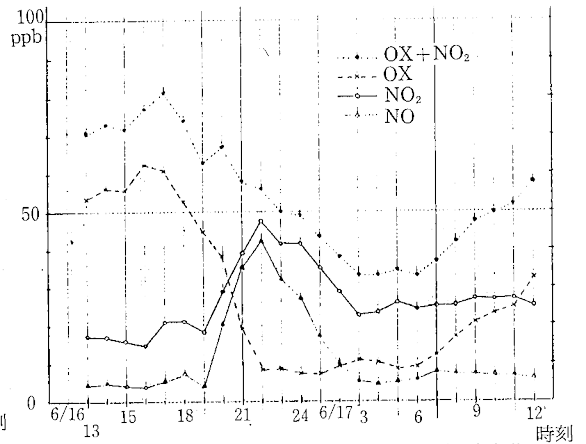


図5 6月16日～17日の窒素酸化物等の経時変化

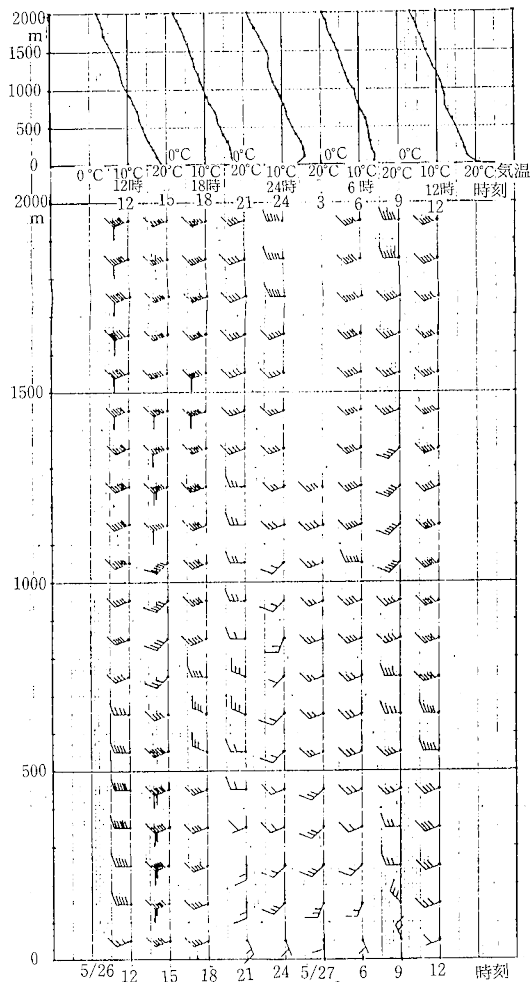


図7 5月26日～27日の上空気象

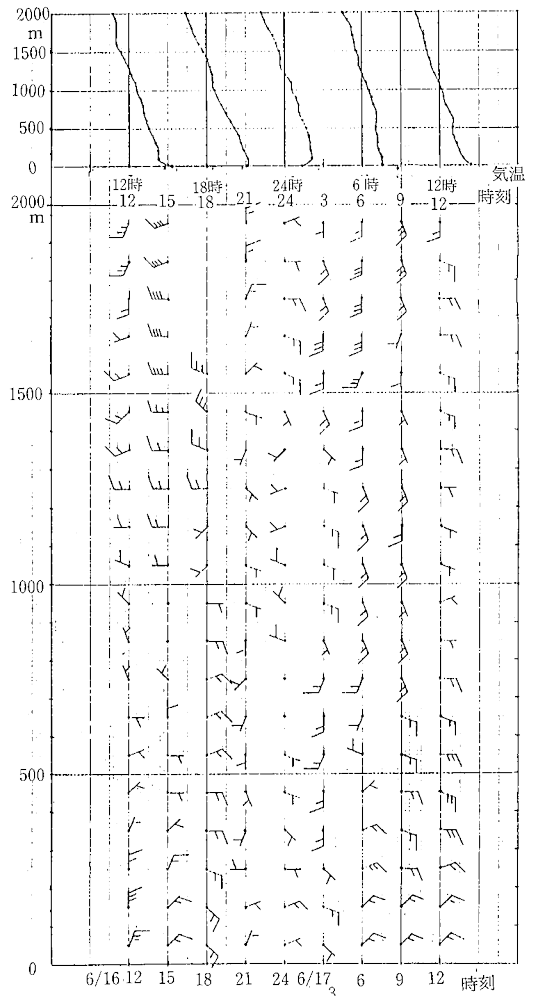


図8 6月16日～17日の上空気象

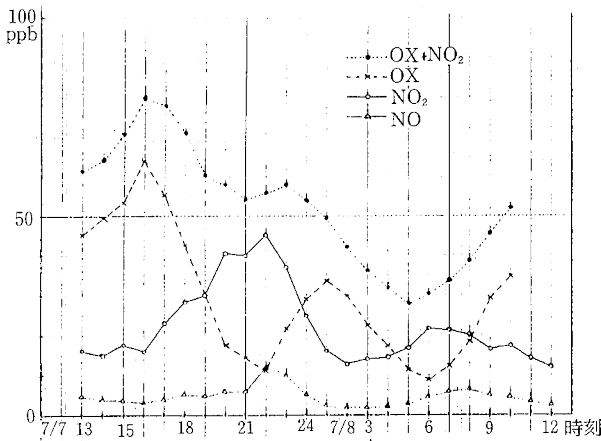


図6 7月7日～8日の窒素酸化物等の経時変化

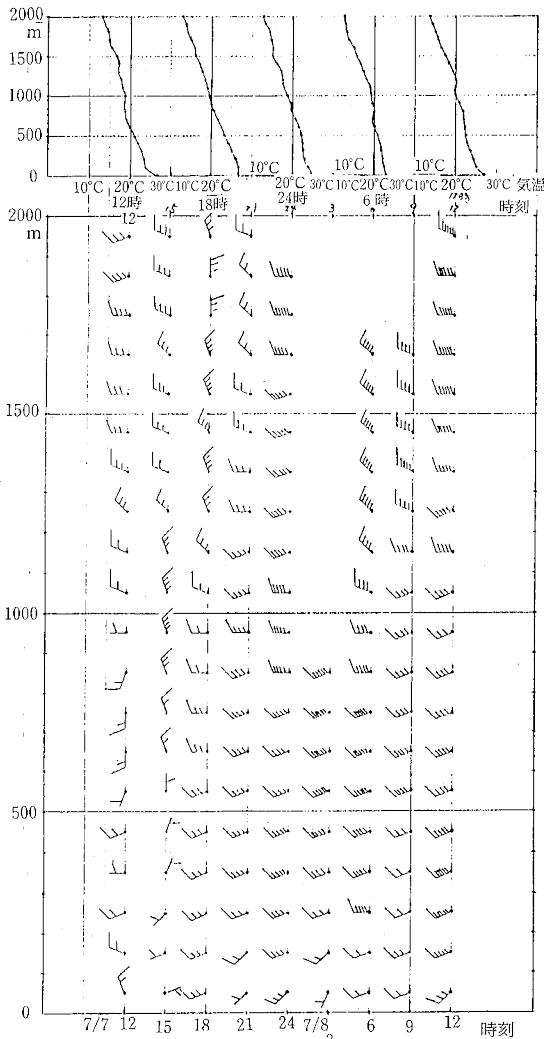


図9 7月7日～8日の上空気象

混合層内のNO<sub>2</sub>やOX等の量が少なかったものと推定された。

7月7日～8日は、21時までは地上では風が弱かった。しかしその後風が強くなり、四電の気温の逆転は18時～22時に起こりその後解消し、低層ゾンデでは18時に逆転していたが24時には、解消していた。17時～22時頃まではNO<sub>2</sub>の濃度が増加しOXが急に減少したが、その後NO<sub>2</sub>が急に減少しOXが増加した。

この結果から、風が強くなると接地逆転層が解消し、NO<sub>2</sub>は低くなり上空の消費されていないOXが流入してOXが増加することが示された。

この3日間の気象と汚染の状態から、表5に示す条件が推定でき、6月の調査時のように夜間の条件は揃っていても、昼間にNO<sub>2</sub>とOXの合計量が多くなければ、特に高濃度にはならないことがわかった。

表5 調査日の状況と高濃度の条件

	昼			夜	汚染質濃度
	上空との気温差	上層の風速	日照	接地逆転	
5月26日～27日	大	強	有	無(四電) 24時～6時(ゾンデ)	低い
6月16日～17日	大→中	弱	有	22時～4時(四電) 18時～6時(ゾンデ)	少し高い
7月7日～8日	小	中→強	有	18時～22時(四電) 18時(ゾンデ)	少し高い → 低い
高濃度の条件	小	弱	有	18時以前から有(ゾンデ)	/
高濃度時の状態	NO <sub>2</sub> とOXの合計量の増加			NO <sub>2</sub> 急増	

### 3. NO<sub>2</sub>濃度経時変化の解釈

NO<sub>2</sub>の高濃度は夜間の接地逆転層の形成時刻と、昼間の混合層内のNO<sub>2</sub>とOXの合計量が重要であることがわかった。またNO<sub>2</sub>とOXの合計量は蓄積することも考えられた。そこで図3の平成4年のNO<sub>2</sub>の日変化で、拡散が良く低濃度であった5月30日から、4年では高濃度になった6月5日までの7日間の経時変化を詳細に調査した。

NO<sub>2</sub>とOXは両項目とも測定を行っている8監視局の平均を用い、風速及び気温差は四電の測定値を用いた。調査結果は図10のとおりである。

毎日の変化の特徴は、5月30日は上空に寒気を伴った低気圧が通過し、風もやや強く接地逆転は形成されにくかったと考えられ、NOはほとんど無く夜のNO<sub>2</sub>の増加及びOXの減少も幅が小さかった。

31日は風は弱くなったが、接地逆転層の形成は遅く、NO<sub>2</sub>は少し増加しただけであった。

6月1日は17時頃から風が弱くなり、接地逆転層が形成され、2日朝までこの状態が続いた。NO濃度は高くなり、NO<sub>2</sub>は急増しOXは急減した。NO<sub>2</sub>+OXの量は13～20時までほぼ一定で推移し、21時22時は高くなりその後6

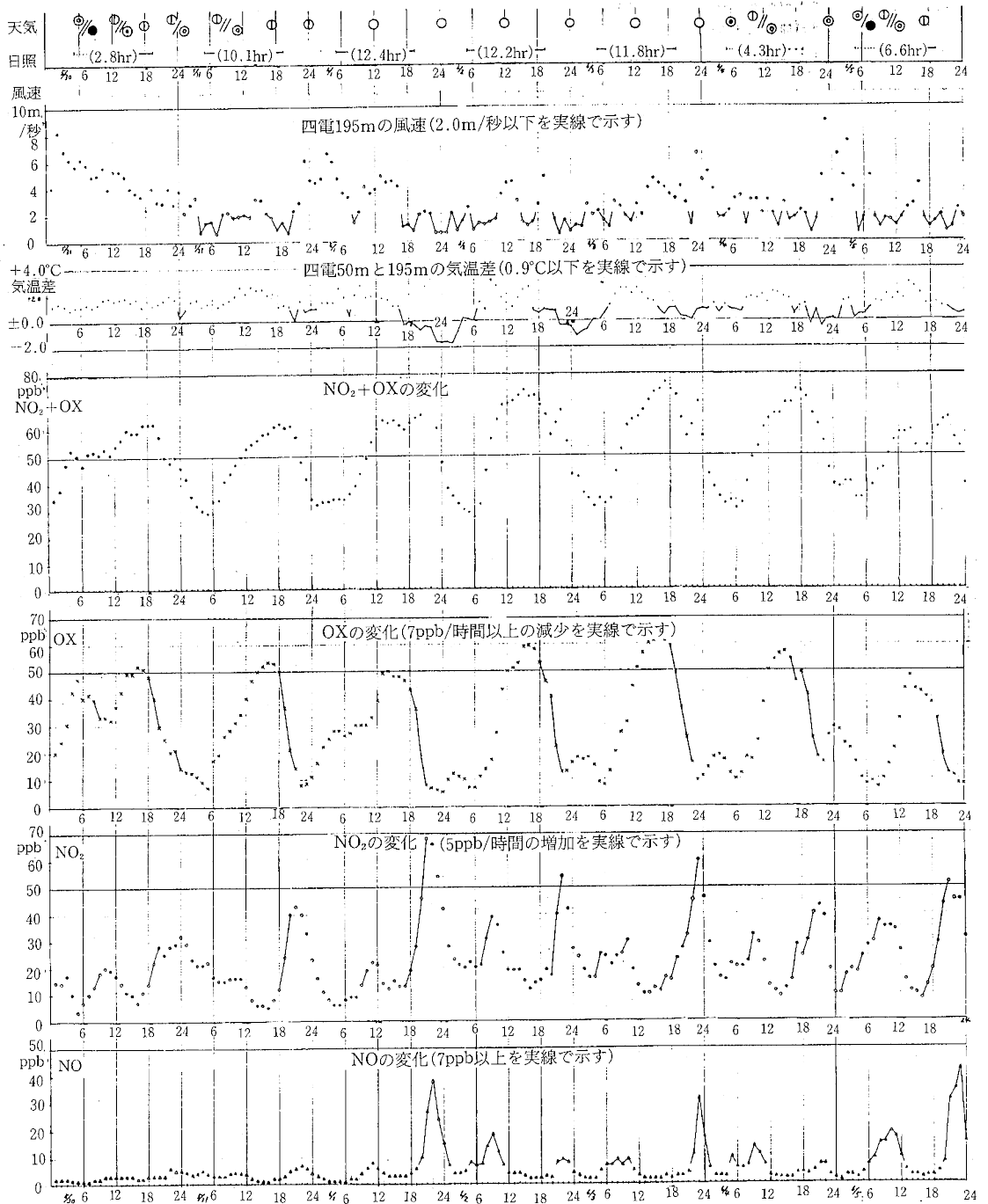


図10 5月30日～6月5日の汚染質及び気象の経時変化

時まで減少した。

2日の夜は1日とほぼ同様な気象状態であったが、NO<sub>2</sub>は1日程高濃度にはならなかった。18時～19時に風が少し強かったことから、この時間に接地逆転層が形成されなかったためと考えられ、NOが高濃度になっていないことからこのことが示されている。この時間帯は夜遅くより車などの負荷量が多いと考えられ、この時間帯の接地逆転層の有無が、その後のNO<sub>2</sub>濃度に影響することが示されている。

3日も1日からほぼ同様な気象状態であり、午後のNO<sub>2</sub>+OXの量は多くなった。またOXも最も高濃度になり汚染質が蓄積してきていることが示されている。しかし風が強いため接地逆転の程度が弱く、夜間のNO<sub>2</sub>の急増は1日より小さかった。この日は最も汚染質が蓄積している事から、1日の夜の気象状態であれば最もNO<sub>2</sub>が高濃度になったと推定された。

4日は朝は霧で昼は晴れたり曇ったりで日照は少なく、NO<sub>2</sub>+OXの量はほぼ同じであったが、OXはやや下がっていた。そこでNO<sub>2</sub>の夜間の増加は少なかったが、日平均は変わらなかった。

5日は朝に弱い雨があり昼過ぎまで雲が多かった。NO<sub>2</sub>は午前中にやや高く夜の増加は少なかったが、日平均はほとんど変わらなかった。

7日間の経時変化をまとめると、NO<sub>2</sub>+OXの量は7時から昼まで増加しその後20時頃まで横ばい状態で夜中から6時まで減少するという日変化を繰り返しながら、3日まで徐々に増加していた。4日はほぼ同じで5日は減少した。これは汚染質の蓄積状況の指標になると考えられた。

つぎに夜間にNO<sub>2</sub>が急増したのは1日で3日と2日もやや少ないが同様な傾向であった。この日の夜間、NO<sub>2</sub>が急増した時にNO<sub>2</sub>+OXの量が一時的に増加していた。夜間のNO<sub>2</sub>の急増はNO+O<sub>3</sub>→NO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>の酸化反応が重要<sup>7)</sup>とされており、この反応式であればNO<sub>2</sub>+O<sub>3</sub>は一定となり、増加したのは内陸側又は上空からOX等が接地逆転層内に取り込まれたものと考えられた。

又NO<sub>2</sub>は31日以外の9時頃にOXに先行して少し増加している。これは混合層の発達に伴って上空から取り込まれたオゾンにより、NOが酸化されたものと考えられ、このことは鶴野<sup>9)</sup>によって報告されている。

## ま と め

本県の春から梅雨期にかけて、沿岸部や島しょ部ではNO<sub>2</sub>が夜間に高濃度になる。そこでNO<sub>2</sub>・OX・NOの汚染質と気象の経時変化を詳細に検討したところ、次のことがわかった。

1. 4年度はNOは低濃度で、NO<sub>2</sub>も高濃度になることは

少なかった。気温の接地逆転の時間数が少なく、前報の機構が確認できた。

2. NO<sub>2</sub>が高濃度になるには、昼間は上空との気温差が小さいこと、上層風が弱いこと、夜間は地上風が弱く早い時間から気温の接地逆転が起こること、の三つの気象条件がある。

このような気象となった時、昼間に混合層内のNO<sub>2</sub>+OXの量が増加し、夜間に接地逆転層内で排出されたNOが酸化され、NO<sub>2</sub>が急増する。

またこのような気象状態が継続した場合、NO<sub>2</sub>+OXの量は徐々に蓄積してくる。

本県のNO<sub>2</sub>高濃度の条件はこのことで説明できたが、春に同様に高濃度になる阪神間の自排局について池沢<sup>9)</sup>の報告では、10時～17時の日中の時間帯に高濃度になっており、汚染質の量も今後検討する必要があると考えられた。

## お わ り に

この調査研究の実施に際し、多大の協力を頂いた坂出市役所、丸亀市役所、瀬居中学校、岩黒小中学校、与島開発総合センター、沙弥海の家、香川県下水道公社大東川事務所、丸亀市広島支所、丸亀市浄化センター、郡家公民館の方々に深謝いたします。

## 文 献

- 1) 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).
- 2) 西原幸一、瀬戸義久、藤井裕士 他：香川県環境研究センター所報、16, 57 (1991).
- 3) 小木曾毅、近藤照明、金子正洋：第31回大気汚染学会講演要旨集、230、大気汚染研究協会 (1990).
- 4) 池沢正、鳥橋義和、森口祐一：第31回大気汚染学会講演要旨集、236、大気汚染研究協会 (1990).
- 5) 高松地方気象台：香川県気象月報
- 6) 木村富士男、相川光明：天気、38, 315、日本気象学会
- 7) 環境庁大気規制課：窒素酸化物総量規制マニュアル、公害研究対策センター (1982).
- 8) 鶴野伊津志、若松伸司：大気汚染学会誌、27, 246、大気汚染研究協会 (1992).
- 9) 池沢正、森口祐一：大気汚染学会誌、28, 244、大気汚染研究協会 (1993).