

香川県中部地域における浮遊粒子状物質と気象について (第3報)

— 全地域の調査 —

Suspended Particulate and Weather in the Central Part of Kagawa Prefecture — In whole Area —

岩崎 幹男 西原 幸一 藤岡 博文 山田 由紀
Mikio IWASAKI Kouichi NISHIHARA Hirofumi FUJIOKA Yuki YAMADA

三好 健治 浮田 和也 中野 智
Kenji MIYOSHI Kazuya UKITA Satoru NAKANO

今回の調査は3年目に当たり、島しょ部から内陸部の全地域において浮遊粒子状物質（以下SPM）の分布状況と高濃度現象について調査した。その結果を以下に示す。

1. SPM濃度分布は発生源による地域性にほぼ一致した。
2. SPM濃度変動は周辺環境の発生源が影響し、島しょ部においてもその傾向が見られた。
3. 高濃度出現日と気象との関連性については風速、霧、接地逆転層の影響が考えられるが、特に濃霧との関連性は強いものと考えられた。

はじめに

SPMは大気中に比較的長時間滞留し、人の健康や生活環境に及ぼす影響が大きく、大気汚染物質の代表的なものの一つである。本県におけるSPMは光化学オキシダントと同様にほとんどの観測局で環境基準を達成しておらず、その原因の究明と対策が急がれている。

本県ではSPM常時監視局が19局設置されているが、発生源の集中している臨海部が主体で全県的な汚染質と気象のデータが不足している。

そこで、昭和61年度より3年計画で本県の中部地域において、SPMと気象についての調査研究事業を実施している。今回はその3年目に当たり、全県的な調査を実施したのでその結果を報告する。

調査方法

1. 調査期間

昭和63年6月～平成元年3月

2. 調査地点

常時監視局 14局、未テレメータ局 6局（特別観測局3局）、上空気象観測地点2局、計22局で行った。

臨海部のSt3～St12は本県の主要幹線道路が配置し、St20には大規模固定発生源がある。St15、St16は内陸部でも讃岐山脈の麓であり、発生源としては県道以外にはほとんどない。St6は瀬戸大橋、船舶、St18は船舶、St2、St4は固定発生源、船舶からの汚染が考え

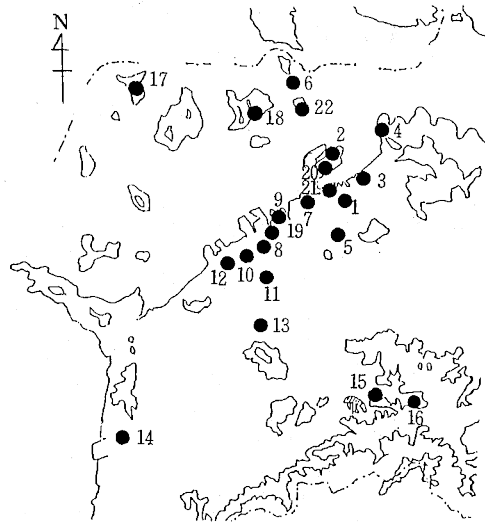


図1 調査地点図

られる地点である。

図1と表1にこれらの地点と地点名を示す。

3. 調査項目

各地点における調査項目を表1に観測方法を表2に示す。また気象の資料としては高松地方気象台のデータも用いた。

表1 調査地点及び調査項目一覧

	地点番号	地点名	項目					
			SPM	SP	地上風	上層風	温度	上空温度
常時監視局	1	坂出	●		●		●	
	2	瀬居	●		●			
	3	林田	●		●			
	4	相模坊	●		●			
	5	川津	●		●			
	6	岩黒	●		●			
	7	宇多津	●		●			
	8	丸亀	●		●			
	9	競艇	●		●			
	10	城坤	●		●			
未常時監視局	11	郡家		○				
12	多度津	●		●				
13	善通寺	●		●				
14	観音寺	●		●				
未テレメ局	15	満濃		●	●		●	
	16	琴南		●				
	17	手島		○				
常時監視局	18	本島		○	●			
	19	城北		○				
	20	四電				●	●	
	21	坂出保健所				●	●	
	22	与島				●		

備考 SPの●はF値換算をしたもの。
F値 St15及びSt16=0.85

表2 測定方法一覧

項目名	測定機器名	方法
SPM	β線法自動測定機	連続24時間
SP	光散乱法自動測定機	〃
地上風	光パルス式風車型自動測定機	〃
上層風	パイロットバルーン	2日間連続3時間置き
温度、湿度	電気式温度計、毛髪式湿度計	連続24時間
上空温度	低層ラジオゾンデ	午前、午後各1回

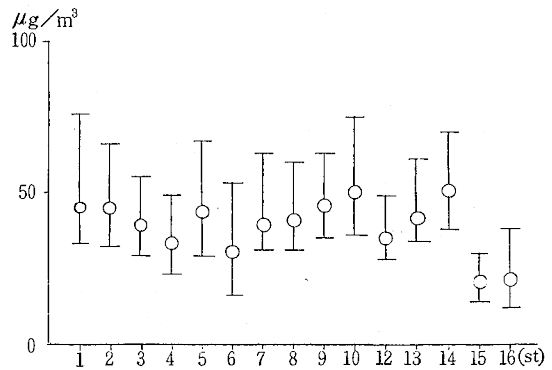


図2 局別月別平均値の最高、最低、平均値

表3 SPM局別月平均値

(単位: µg/m³)

月	St. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Ave.	Max.	Min.	
6	76	66	55	49	67	51	63	60	63	75	49	61	67	39*	38	61	76	38			
7	43*	62	52	46	59	37	46	50	56	70	47	50	70	17*	19*	54	70	37			
8	65	63	51	46	59	53	36	50	54	66	37	48	67	22	27	50	67	22			
9	42	36	36	31	40	31	36	40	41	51	31	41	53	14	24*	37	53	14			
10	39	39	34	26	33	26	38	39	40	45	31	40	46	16	19	34	46	16			
11	33	32	32	25	33	20	31	31	35	36	28	37	38	16	15	30	38	15			
12	44	40	39	29	41	16	40	38	45	45	31	39	44	21	12	35	45	12			
1	36	36	31	28	34	21	36	34	44	38	31	36	41	30	20	33	44	20			
2	35	33	29	23	29	25	33	34	40	36	32	35	41	28	27*	33	41	23			
3	36	41	30	25	30	28	31	34	37	37	28	34	40	31*	30*	33	37	25			
Ave.	45	45	39	33	43	31	39	41	46	50	35	42	51	23	23	40					
Max.	76	66	55	49	67	53	63	60	63	75	49	61	70	30	38		76				
Min.	33	32	29	23	29	16	31	31	35	36	28	34	38	14	12			12			

*は測定日が20日以下。

結果及び考察

1. SPM (SP) の濃度分布と変動

1-1 濃度分布

調査期間の測定局別月平均値を表3に、その最高値、最低値及び平均値を図2に、日平均値のクラスター分析

の結果を図3に示す。

観測期間中の全観測局の月平均値の平均値は40 µg/m³であり、6月が61 µg/m³と最も高く、続いて7、8月の順となり、夏期に高い値を示した。9月以降は40 µg/m³以下で濃度変動も10 µg/m³以下と少ない。局別にはSt10、St14が50 µg/m³以上と高濃度であるが臨海部としては比較的発生源の少ない地点である。臨海部のそれ以外の地点は40~45 µg/m³で濃度差は見られない。内陸部のSt15、St16は調査期間中の月平均値がいずれも23 µg/m³であり、月平均値の最高値も40 µg/m³以下と低い値を示した。鳥しよ部のSt6

は濃度の低いグループに入るが、月平均値の変動は大きく、市街化地域とあまり変わらない。

日平均値の局間の濃度差からクラスター分析でグループ分けをすると次のようになる。

St15、St16は他の観測局と別のグループを作り、発生源の違いが明瞭に出ている。鳥しよ部のSt6は臨海

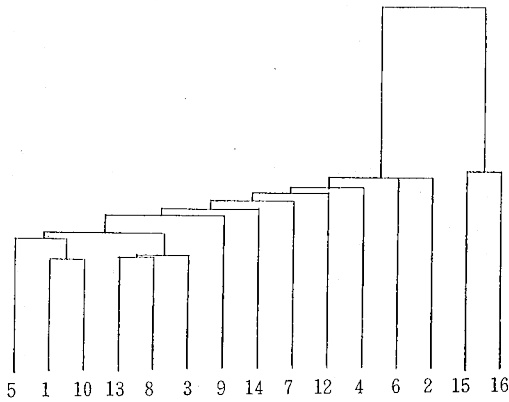


図3 SPM日平均値のクラスター分析

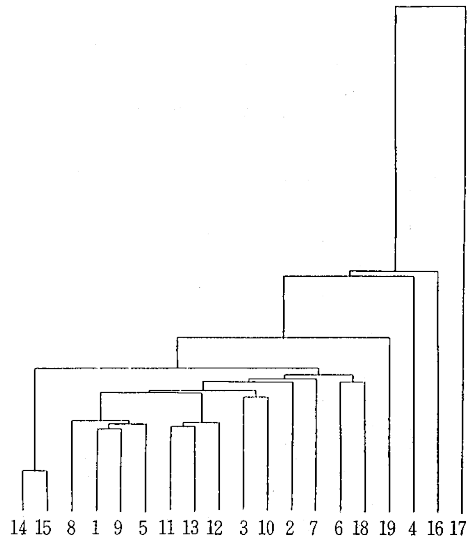


図4 SPM日最高値出現時間帯別頻度数のクラスター分析

表4 局別日平均値の相関係数

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
(1)	1.000																	
(2)	.879	1.000																
(3)	.918	.895	1.000															
(4)	.915	.914	.917	1.000														
(5)	.942	.862	.907	.897	1.000													
(6)	.822	.823	.776	.840	.790	1.000												
(7)	.885	.795	.839	.798	.843	.654	1.000											
(8)	.955	.877	.917	.888	.914	.810	.923	1.000										
(9)	.914	.884	.913	.875	.876	.749	.924	.951	1.000									
(10)	.954	.892	.928	.909	.930	.827	.876	.957	.926	1.000								
(11)	.816	.731	.785	.694	.773	.614	.861	.866	.859	.796	1.000							
(12)	.864	.806	.838	.791	.810	.689	.889	.902	.928	.881	.828	1.000						
(13)	.879	.809	.861	.813	.876	.727	.882	.919	.876	.888	.885	.855	1.000					
(14)	.903	.829	.868	.829	.882	.741	.825	.894	.879	.913	.772	.840	.889	1.000				
(15)	.591	.557	.561	.579	.564	.475	.655	.622	.674	.564	.693	.652	.669	.553	1.000			
(16)	.678	.561	.562	.574	.560	.731	.540	.637	.584	.600	.595	.593	.605	.540	.717	1.000		
(17)	.744	.695	.707	.700	.696	.738	.738	.792	.782	.738	.714	.725	.717	.710	.545	.663	1.000	
(18)	.548	.313	.388	.307	.314	.265	.482	.440	.515	.314	.529	.411	.390	.258	.393	.278	.507	1.000
(19)	.836	.773	.815	.727	.764	.612	.908	.892	.923	.803	.939	.853	.844	.743	.671	.544	.749	.588

部のグループからは大規模固定発生源が近傍に位置する St 2 と共に最もはずれている。市街化区域の St 1, St 8, St 13 は前回までと同様^{1), 2)}に同一グループに入っている。今回の調査では昨年度と比較すると、地域の違いがより明確に出ているものと思われる。

1-2 濃度変動

各観測地点間の日平均値の相関係数を表 4 に、日最高値出現時間の頻度数をクラスター分析した結果を図 4 に示す。

SPMの日変動は地域的な特徴が出ている。即ち、臨海部の St 1 ~ St 14 は 0.9 前後の高い相関を示し、中でも St 1, St 8, St 5 の相関は 0.95 前後と良好であった。St 15, St 16 は他の地域とは 0.6 前後であったが、両地点間では 0.717 と比較的高い相関を示した。島しょ部の St 6, St 17 は共に St 8 と、St 18 は St 19 と相関が最も高く、島しょ部の 3 地点間における変動の類似性の特徴は認められなかった。

一方、日最高値出現時刻から汚染状況の特徴を推察す

ると次のようになる。

日最高値出現時間帯は (St 11, St 12, St 13), (St 6, St 18), (St 8, St 9, St 1, St 5) がグループを形成しているように発生源の類似性よりも観測地点間の距離の方がより大きな因子となる。St 17 は最もグループから外れており汚染携帯に特異性があるものと思われる。St 16 は讃岐山脈に最も近く、St 4 は半島に位置しているため、日最高値出現時間帯は特異な地点となっている。

以上のことから、日変動については発生源の特徴が、日最高値出現時間帯は観測地点間の距離が大きな要素になるものと考えられる。

2. 高濃度出現日の特徴

表 5 に環境基準を超えた日と局数を、表 6 に高濃度日の気象要素を、図 5 に全観測局の日平均値の平均値を、図 6 に全期間中と高濃度日の風配図を、図 7 に調査期間中の主風向を、図 8 に 12 種天気図型のモデルを、図 9 に

表5 SPMが環境基準を超えた日と局数 (日)
(局数)

月	環境基準を超えた日と局数																			
	1	2	5	7	8	11	12	13	14	15	16	18	19	20	21	22	26	27	28	29
6	1	1	1	1	9	4	2	3	2	2	5	1	3							
	2	3	7	8	9	12	14	15	16	17	18	22	25							
	1	7	3	5	5	1	1	1	1	1	2	1	1							
	4	2	4	1	1	1	1	1	2	1	7	2	1							
7	1	4	11	18	29															
	1	1	1	2	1															
8	17	18	21																	
	4	1	4																	
9	16	23	27	30																
	1	3	1	1																
10	2	4	8	9	12	13	14	24												
	1	8	4	4	1	1	1	4												
11	19	31																		
	12	1																		
12	16	21																		
	1	1																		
1	1	13																		
	1	1																		

上層風のプロファイルを示す、図10に上空温度の変動図を示す。

環境基準を1局でも超えた日は延べ72日あり、その内3局以上超えた日は21日あり、この日を高濃度日として解析した。

天気概況は晴れの日はずか4日で曇りの日がほとんどであった。雲量も9.0以上の日が13日あった。気圧配置は天気図型分類の12種に適合させると、H₁とF₃が各々5日、F₁が3日で南高北低型、停滞前線が南海上にある場合、前線の通過が高濃度になっている³⁾。期間中湿度が低い乾燥した日は高濃度出現日が多かった。湿度と関連したものとして瀬戸内海によく発生する濃霧との関係については次のように考えられた。全観測局の日平均値が100 μg/m³を超えた日は3日共に濃霧注意報が発令されており、調査期間中の濃霧注意報発令日の全観測局日平均値の平均値は68 μg/m³で調査期間中の40 μg/m³に比較すると1.7倍になる。このことは霧が高湿度になることと、霧が発生することは風速が弱く、逆転層も発生しやすい気象条件によるものと思われる。

地上風についての特徴は風速は弱まり、高濃度日の平均風速はSt14の2.0m/sが最高値であり、0.4m/s以下の風速は通常約2倍になる。風向は島しょ部では地形の影響が大きく、St6はE系が、St18はN系が支配的になる。臨海部のSt2、St7、St3、St8、St10、St14は海陸風が主風向となり、高濃度日はさらに顕著になる傾向が見られる。さらに内陸部のSt5、St13になるとW系の頻度が殖え、高濃度日には海陸風の影響は臨海部に比

表6 高濃度日の気象要素

月	日	環境基準を超えた局数	全観測局の日平均値 (μg)	日平均気温 (°C)	日相対湿度 (%)	日平均雲量 (2層)	日平均風速 (m/s)	全日射量 (mm)	降水量 (mm)	天気型	接逆転層の時間数	ルの日平均風速 (m/s)	最大混層高度 (m)	濃霧注意報発令の有無	天気概況	
																上層
6	8	9	105	20.3	91	10.0	1.1	4.6	33.0	L ₁	18	2.8	1,000	○	●	
	11	4	77	21.1	74	8.5	1.6	20.2	1.0	H ₁	12	2.3	—	—	○→○	
	13	3	81	22.7	74	1.0	1.1	25.7	—	F ₃	4	2.2	1,600	—	○	
	16	5	95	22.9	76	10.0	1.1	14.8	—	F ₃	1	2.7	1,700	—	○→○	
	19	3	83	23.7	69	8.5	1.9	20.0	—	F ₃	—	4.8	—	—	○/○	
7	20	3	84	23.4	73	7.5	1.3	19.5	—	F ₃	1	2.6	1,400	—	○/○	
	3	7	111	23.1	86	10.0	1.1	9.2	14.5	L ₂	9	1.2	1,500	—	○/●	
	7	3	81	26.1	72	4.0	1.2	23.8	—	H ₁	1	2.9	1,200	—	○	
	8	5	94	27.6	71	9.5	1.7	16.0	—	H ₁	3	5.1	1,100	—	○→○	
	9	5	90	27.2	74	10.0	1.7	20.5	—	H ₁	2	5.7	1,300	—	○	
8	2	4	81	27.0	70	5.0	1.6	22.7	—	T	2	3.2	—	—	○→○	
	4	4	90	27.2	82	5.5	1.4	13.7	0.0	H ₁	6	2.1	1,600	—	○→●	
10	22	7	92	27.2	89	9.0	1.1	11.2	2.0	F ₁	—	2.9	1,400	—	○→○	
	17	4	82	17.7	78	10.0	0.8	3.7	0.0	F ₃	1	2.0	800	—	○	
	21	4	86	19.1	79	10.0	1.0	6.5	—	F ₁	—	2.7	1,000	—	○	
12	11	23	3	76	10.9	77	10.0	1.2	6.6	4.5	F ₁	8	2.3	—	—	○/○
	4	8	72	9.4	78	10.0	1.3	2.8	—	L ₂	2	4.0	—	—	○	
	8	4	77	8.2	80	0.0	1.2	9.3	—	H ₂	13	1.7	600	—	○	
	9	4	48	7.9	77	10.0	3.3	1.6	4.0	F ₂	5	6.2	900	—	○→○	
1	24	4	81	7.7	80	10.0	1.1	4.1	—	F ₁	5	3.1	800	—	○	
	1	19	12	107	10.7	91	10.0	0.8	5.0	25.0	L ₁	9	2.0	500	—	○/●

較すると減少する。さらに山間部のSt15は地形の影響が大きく、その違いはほとんど見られなかった。

上層風及び上空温度については次の事が考えられる。St20の観測結果では風向は通常約5m/sから3.1m/sに減少し、0.4m/s以下の風も2倍に増加する。風向は通常はNWとSWであるが、高濃度日はSWが支配的になる特徴がある。パイボルの観測結果ではSPMの全観測局の日平均値の平均値が84 μg/m³となった8月3日は上空1,000mでも風速は2~3m/sで風向は三層の構造を呈している。上空温度も逆転層はないが、通常約乾燥断熱減率は勾配は約2倍になり、終日、大気は安定している。8月18日はSPM日平均値が60 μg/m³で比較的高濃度日である。上層風は午前中は8月3日とほぼ同様であるが、午後から次第に上層からのEの卓越風に支配され、上空温度も午前中には700mと1,000mに形成されていた逆転層も午後には解消されている。12月はSt21とSt22で13~15日まで昼夜連続して観測したもので、SPMの平均値も61、52、13 μg/m³と次第に減少し、SPM濃度の変動と上層風との関連性がよく分かる。即ち、12月13日の午後までは大気は安定していたが夜間から高気圧の張り出しと共に、上層からの一般風が上層700m付近にまで影響を与え、14日の午後からは完全にWの一層構造となり、15日まで続いている。上空温度も14日

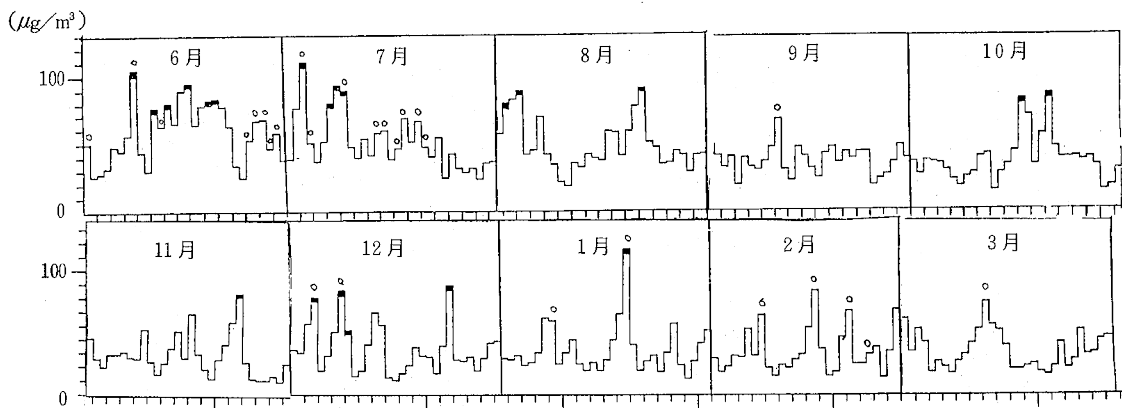


図5 全観測局の日平均値の平均値の推移 (○濃霧注意報発令日 ■高濃度日)

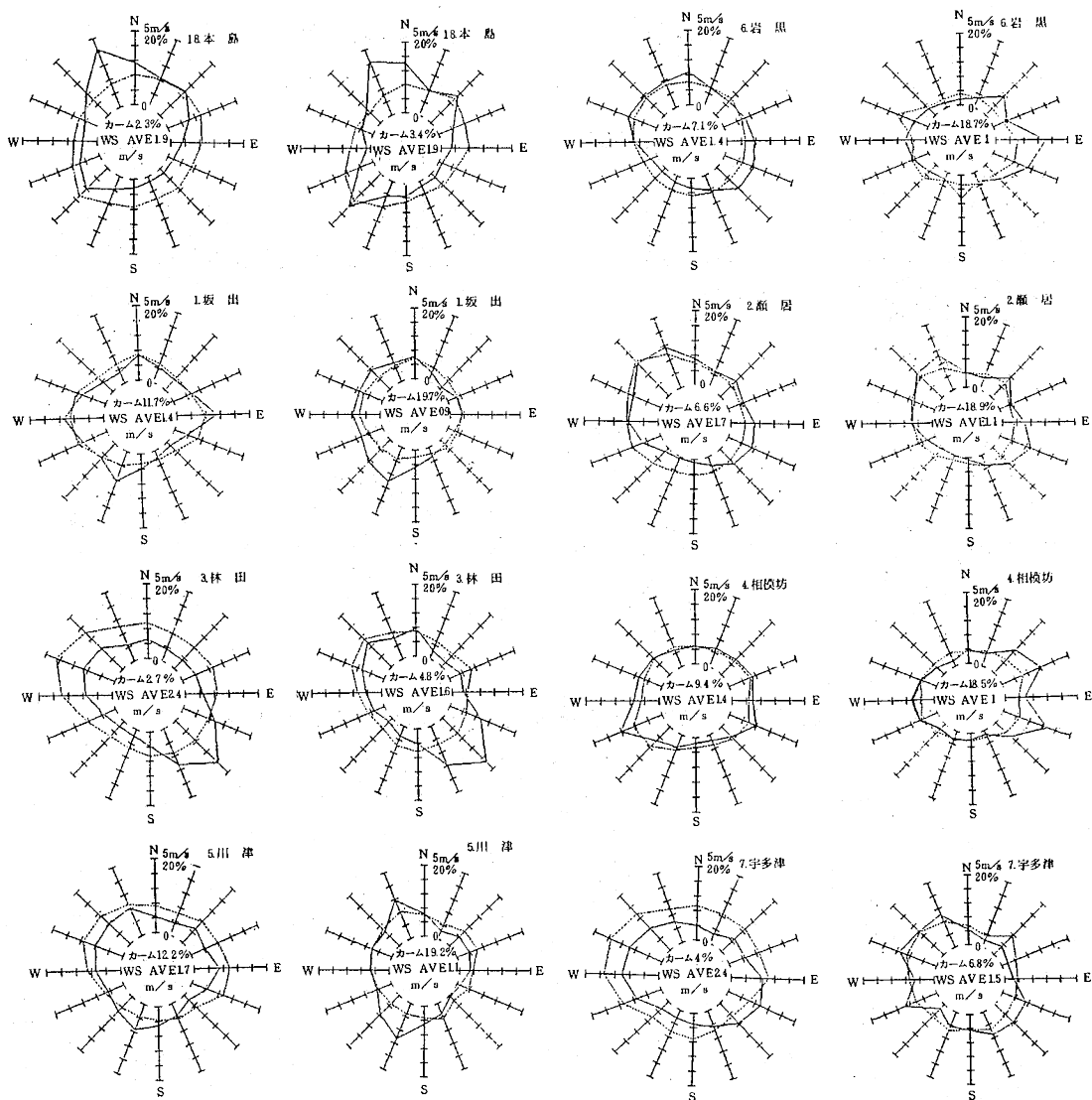


図6 調査期間中と高濃度日の風配図 (左図が全期間、右図が高濃度日)

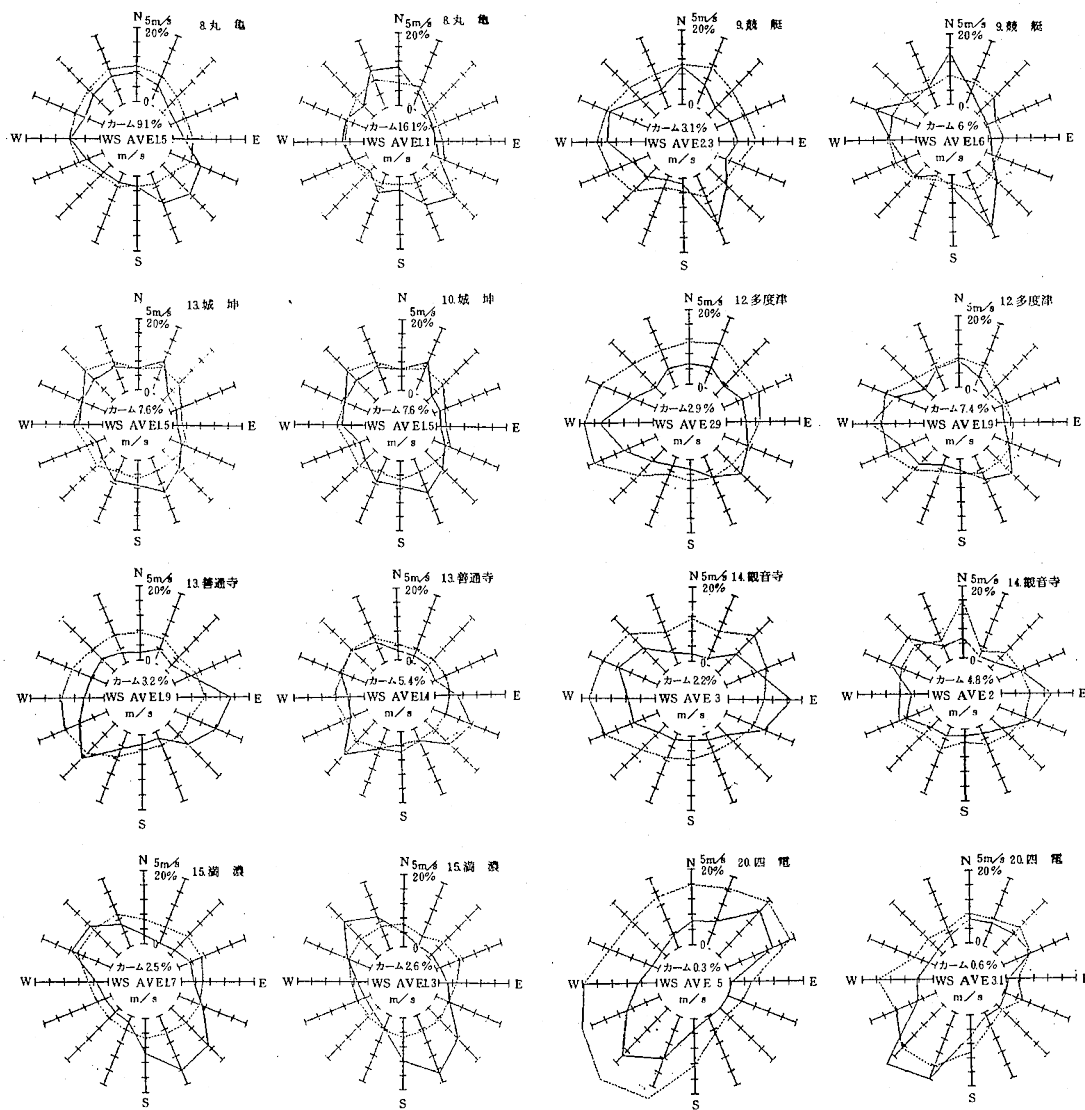


図6 調査期間中と高濃度日の風配図 (左図が全期間, 右図が高濃度日)



図7 高濃度日の主風向図

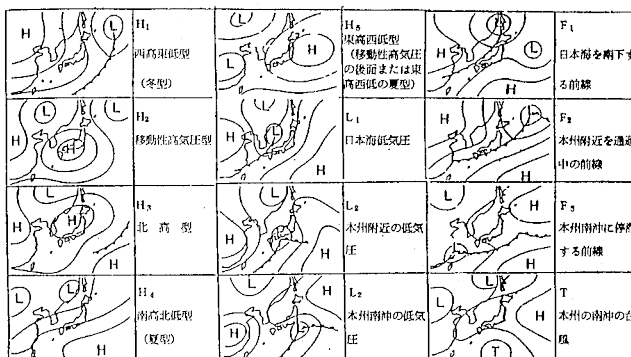


図8 12種天気図型(H: 高気圧, L: 低気圧, T: 台風)

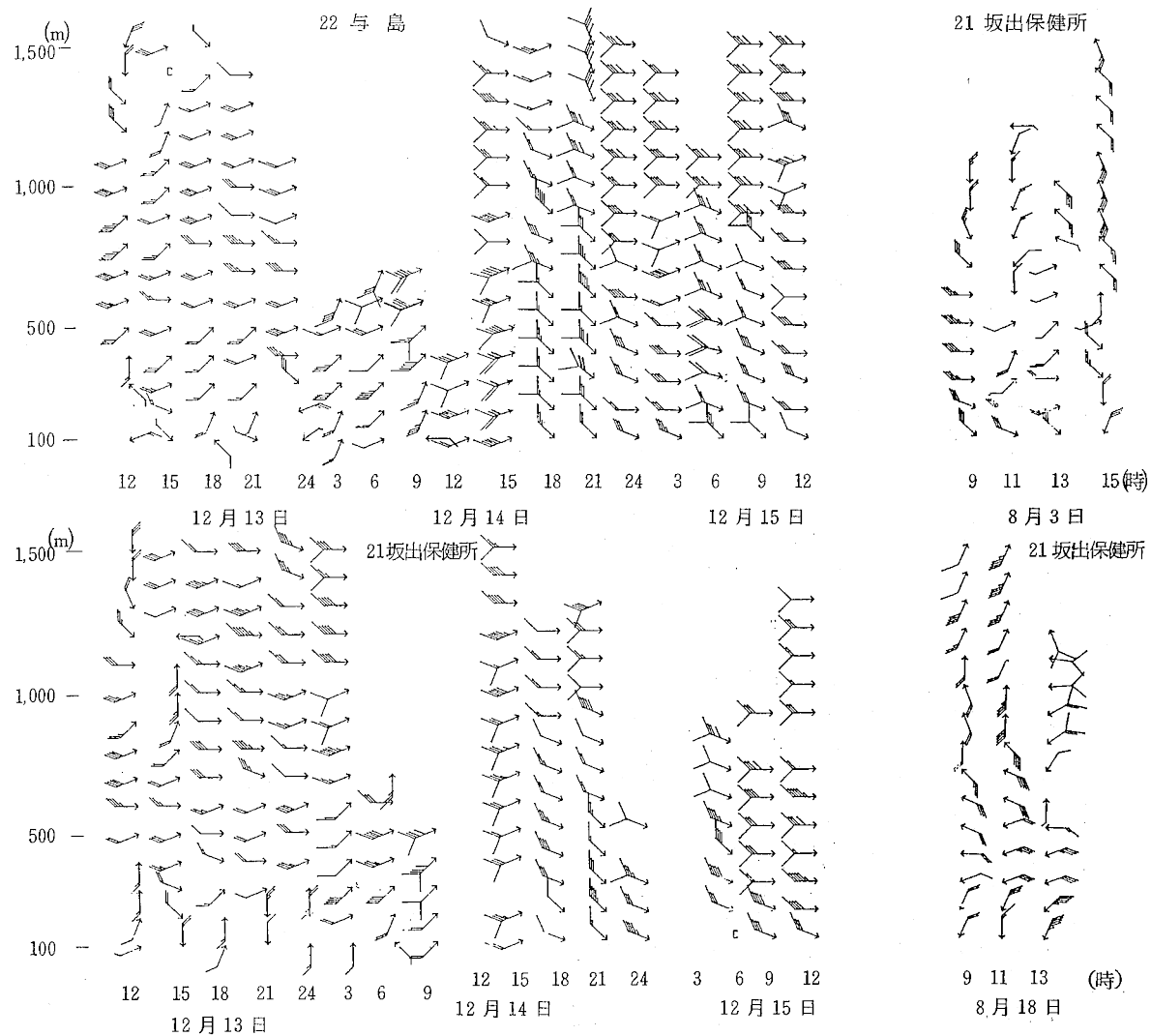


図9 上層風のプロファイル

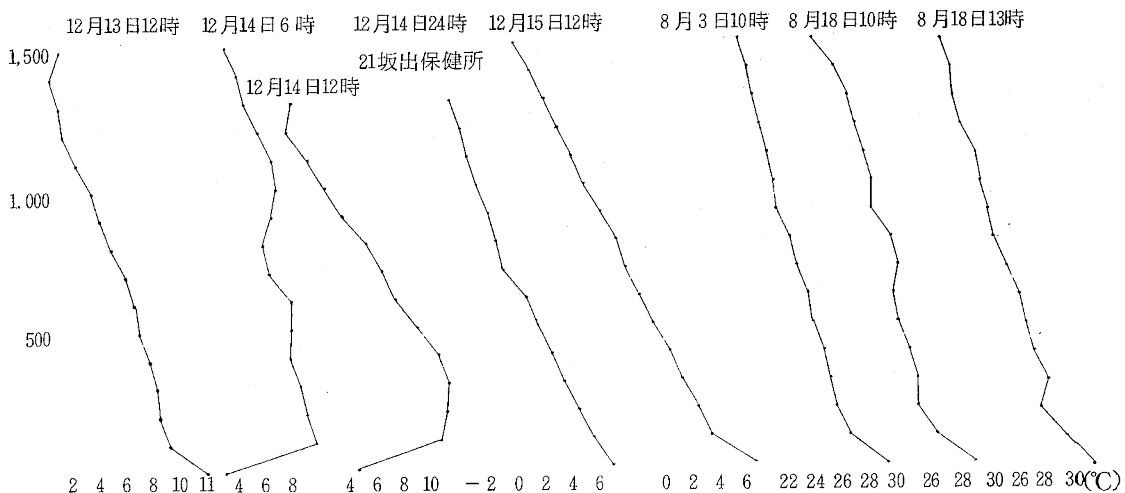


図10 上空温度の変動

の12時までは逆転層が観測されているが、14日の24時から、乾燥断熱減率からも拡散が良いことが分かる。

ま と め

1. SPM濃度は夏期に高い値を示し、9月以降からは濃度変動は少ない。濃度分布は臨海部>島しょ部>内陸部の順に減少し、発生源の規模による地域的な分布が出ていた。

2. 島しょ部3地点の日変動の相関は他の地点とあまり変わらず、地域内の2地点の類似性は見られなかった。臨海部、内陸部は昨年同様に地域的な特徴が出ていた。日最高値出現時刻は観測地点間の距離との関連性が強いものと思われた。

3. 高濃度日は連続して出現する傾向があり、気圧配置は曇りの天気が持続する停滞前線が南海上にある型や南高北低型が多い、濃霧発生日とSPM高濃度日はよく合致した。霧とSPMの関連性についてはさらに検討の必要がある。

4. 高濃度日と地上風との関係は、風速は各地点共に通常の約 $\frac{1}{2}$ に弱まり、風向は臨海地域が海陸風、内陸部は海陸風よりもW系の風向頻度が殖える。島しょ部や山間部は局地的な風向になり、St6はE、St18はN、St15はNEである。

5. 上層風は高濃度日にはプロファイルが三層構造になり、風速は弱まり上層1,000m以上でも2~3 m/sである。上空200mではSW系で2~3 m/sの風が高濃度日の指標となるものと思われる。上空気温については乾燥断熱減率が0.5℃以下のケースが多い。

文 献

- 1) 藤井裕士, 福山由里, 岩崎幹男, 他: 香川県公害研究センター所報, 11, 59 (1986)
- 2) 岩崎幹男, 藤井裕士, 福山由里, 他: 香川県公害研究センター所報, 12, 65 (1987)
- 3) 水野建樹, 北林興二: 公害19, 6, 65 (1984)