

大気汚染物質濃度の測定地点の標高差による影響

徳島県立保健製薬環境センター

立木 伸治・平井 裕通・高島 京子

Effect of altitude difference in air pollutant concentration

Shinji TATSUKI, Hiromichi HIRAI and Kyoko TAKASHIMA

Tokushima Prefectural Public Health, Pharmaceutical and Environmental Sciences Center

要 旨

三好市池田町に設置している一般環境大気測定局池田局舎（以下、「池田局舎」という。）に近接しこれより標高が141 m 高い地点に大気移動測定車を設置し大気汚染物質を測定する機会を得たので、同一とみなせる地点において標高差が大気汚染物質濃度にどのような影響を与えるのかを調査した。二酸化硫黄、一酸化窒素、二酸化窒素、オキシダント、浮遊粒子状物質は時間帯により濃度差が発生すること、二酸化硫黄、一酸化窒素、二酸化窒素、オキシダントは測定時の風向による影響があること、微小粒子状物質は標高が高いと低濃度になることがわかった。

Key words : 二酸化硫黄濃度 sulfur dioxide concentration, 一酸化窒素濃度 nitric oxide concentration, 二酸化窒素濃度 nitrogen dioxide concentration, オキシダント濃度 oxidants concentration, 浮遊粒子状物質濃度 suspended particulate matter concentration, 微小粒子状物質濃度 fine particulate matter concentration, 標高差 altitude difference

I はじめに

徳島県では、図 1 に示す箇所では一般環境大気測定局 21 局（うち、徳島市設置局 2 局、阿南市設置局 4 局）及び自動車排出ガス測定局 1 局による大気汚染の状況の常時監視を行っているが、測定局の設置されていない地域の大気汚染の状況を把握するために、大気移動測定車を用いて当該地域における大気汚染物質の濃度測定を行っている。

また、大気移動測定車の機動性を生かし、高濃度事例が予測される箇所でのピンポイント測定や、小学校等で環境啓発事業を実施する際に大気移動測定車を搬入し、内部公開を行うことで啓発資材としても活用している。

今回、池田局舎の近傍で、これより標高が 141 m 高い地点に大気移動測定車を設置し、2 地点の測定データを比較することにより、測定地点の標高差が大気汚染物質の濃度にどのような影響を与えるのかを調査したので報告する。

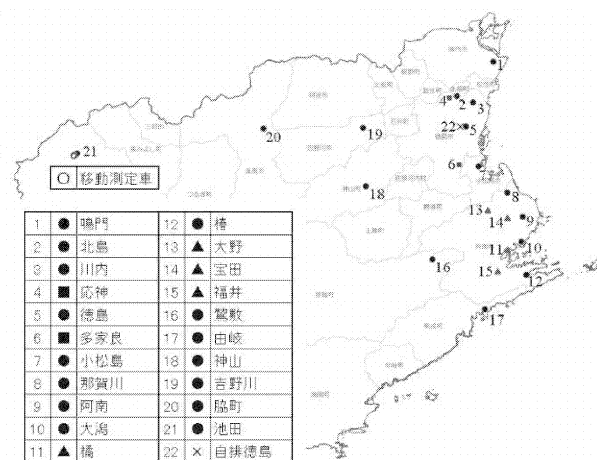


図 1 一般環境大気測定局等の設置箇所

(地理院タイル(白地図)を加工して作成)

II 方法

1 測定地点

池田局舎と大気移動測定車の位置を図2に示す。池田局舎は図中に黒丸で示す三好市池田町の市街地西端に位置し、大気移動測定車は図中に白丸で示す池田局舎南西に位置する丘陵地に設置した。これは、人が多数生活している地点（池田局舎）とそこから標高が141 m高い地点（大気移動測定車）の大気汚染物質の濃度を比較することとなる。なお、2地点の地理情報は以下のとおりである。

池田局舎（三好市池田総合体育館）

北緯 34度1分36.57秒

東経 133度47分54.02秒

標高 123 m

大気移動測定車（三好市新山多目的広場）

北緯 34度1分22.07秒

東経 133度47分30.05秒

標高 264 m

池田局舎と大気移動測定車の距離

池田局舎から西南西へ約760 m

測定地点の気候は瀬戸内海型気候に分類¹⁾され、降水量は春季と秋季の二峰性を示す。風向²⁾は図3に示すとおり年間を通して西と東が卓越しており、測定期間も図4のとおり同様の傾向にあった。これは、図5に示すとおり、北は阿讃山脈、南は四国山地が迫っているという地理的な要因によるものと考えられる。風速²⁾は平均すると2 m/s程度であるが、西から北及び東から風が他の方位の風よりやや強い傾向にある。

2 測定期間

平成31年3月14日13時から令和元年7月2日8時まで

3 測定方法

(1) 測定器（いずれも東亜ディーケーケー(株)製）

二酸化硫黄

池田局舎：GFS-256 大気移動測定車：GFS-212J

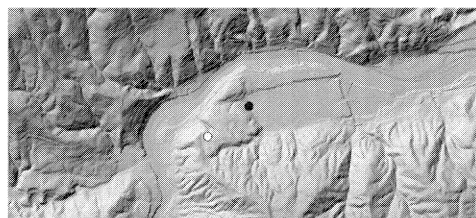


図2 池田局舎と大気移動測定車の位置
(地理院タイル(色別標高図)を加工して作成)

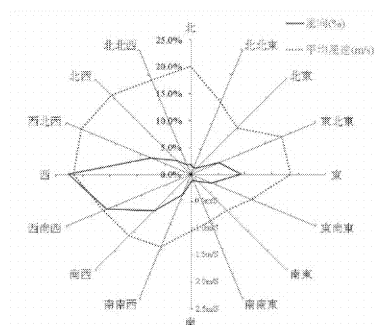


図3 平成30年度の気象庁地域気象観測所池田の風向・風速
(気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

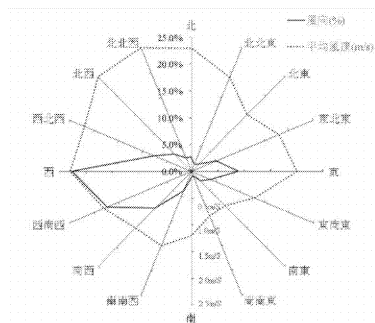


図4 測定期間の地域気象観測所池田の風向・風速
(気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

窒素酸化物

池田局舎：GLN-354 大気移動測定車：GLN-354

オキシダント

池田局舎：GUX-353B 大気移動測定車：GUX-353

浮遊粒子状物質

池田局舎：GFS-256 大気移動測定車：DBU-222

微小粒子状物質

池田局舎：FPM-377-2 大気移動測定車：FPM-377-2

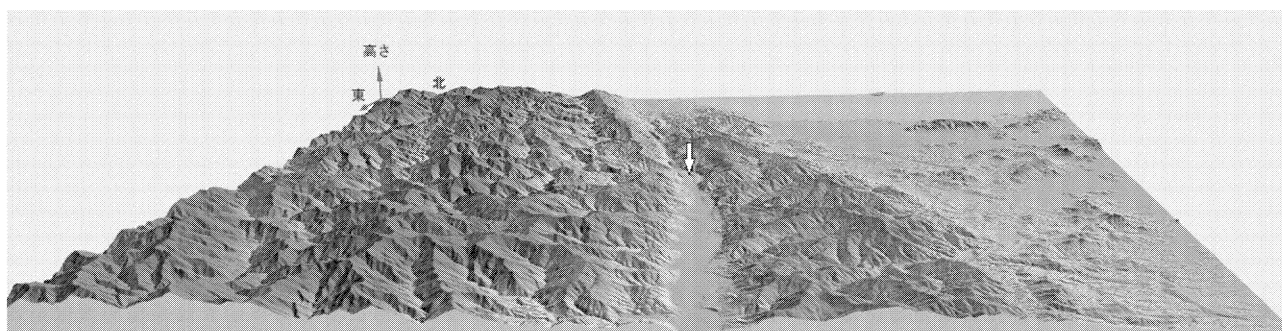


図5 測定地点の俯瞰図 (図中白色矢印が測定地点)

(地理院タイル(色別標高図)を加工して作成)

(2) 測定法

二酸化硫黄	紫外線蛍光法
窒素酸化物	化学発光法
オキシダント	紫外線吸収法
浮遊粒子状物質	ベータ線吸収法
微小粒子状物質	ベータ線吸収法

4 比較方法

2地点でそれぞれ測定された1時間値について最高値、最低値、平均値、最頻値、中央値を算出する。また、1時間値の濃度別の測定回数の分布図、1時間値の測定時間別の平均値の推移図、1時間値の16方位別の平均値のレーダーチャート作成し、これらを比較することにより池田局舎と大気移動測定車の汚染物質濃度の差異について検討する。

Ⅲ 結果及び考察

1 二酸化硫黄

表1に二酸化硫黄の1時間値の集計値を、図6に1時間値の濃度別測定回数を、図7に1時間値の時間帯ごとの平均値を、図8に1時間値の風向ごとの平均値それぞれ示す。なお、7月測定分は期間が短いため6月に組み入れている。(以下、他の大気汚染物質の集計についても同様に扱う。)

表1のとおり、1時間値の平均値は0.5 ppbと0.3 ppbであり、最低値、最頻値、中央値のいずれもが0 ppbとなっていた。

1時間値の濃度別の測定回数は図6のとおり0 ppbの測定回数は大気移動測定車が多く、1 ppb及び2 ppbの測定回数は池田局舎が多かった。

時間帯ごとの1時間値の濃度は図7のとおり、2地点ともに8時から20時にかけての濃度が高く、深夜から早朝の24時から6時にかけての濃度は低かった。また、濃度が最大となるのは池田局舎が15時で大気移動測定車が17時となっていた。

1時間値の風向ごとの平均値を図8に示す。池田局舎が大気移動測定車よりも濃度が高かった。また、2地点とも風向が北西から北東にかけての時に濃度が高く、2地点の濃度差が拡大する傾向にあった。地域の卓越風である風向が東と西の時は濃度が低くなっていた。

二酸化硫黄濃度の高い事例としては、4月21日に1時間値の最高値が20 ppb程度まで上昇したものがあつたので、これについて検証を行った。図9に示すとおり、濃度推移状況は2地点のいずれも12時に10 ppb程度まで濃度が上昇し、その後5 ppb程度まで減少するが再び上昇し、17時に最高値を観測した後は24時に向かうにつれ減少するという推移をたどった。また、最高値は大気移動測定車が高く、常とは逆のパターンになっていた。

表1 二酸化硫黄の1時間値の集計値

測定地点名	1時間値(ppb)				
	最高値	最低値	平均値	最頻値	中央値
池田局舎	20	0	0.5	0	0
大気移動測定局	23	0	0.3	0	0

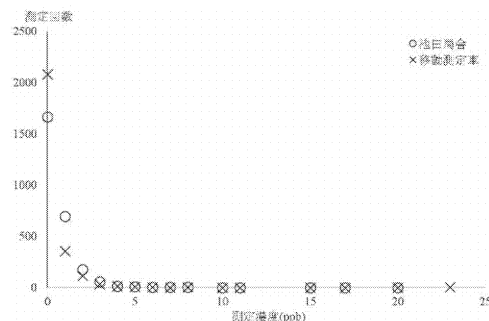


図6 二酸化硫黄の1時間値の濃度別測定回数

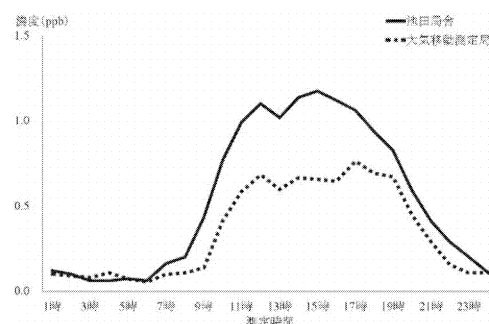


図7 二酸化硫黄の1時間値の時間帯ごとの平均値

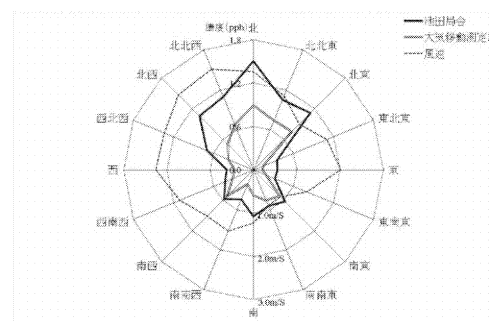


図8 二酸化硫黄の1時間値の風向ごとの平均値
(風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

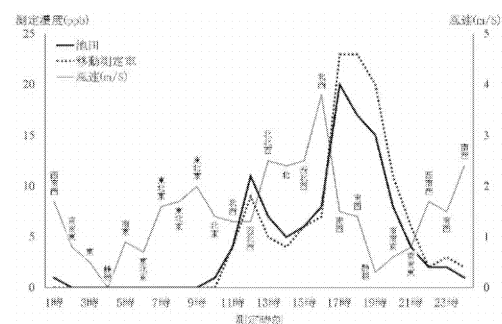


図9 4月21日の二酸化硫黄の1時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

2 一酸化窒素

表2に一酸化窒素の1時間値の集計値を、図10に1時間値の濃度別測定回数を、図11に1時間値の時間帯ごとの平均値を、図12に1時間値の風向ごとの平均値それぞれ示す。なお、4月15日以降のデータは測定機の不調・故障のため、池田局舎と大気移動測定車で並行して稼働した期間がないため、データとして使用していない。（以下、二酸化窒素の集計についても同様に扱う。）

表2のとおり、1時間値の最高値は8ppbと5ppbであったが、平均値はいずれも0.3ppb、最低値、最頻値、中央値のいずれもが0ppbであった。

表2 一酸化窒素の1時間値の集計値

測定地点名	1時間値(ppb)				
	最高値	最低値	平均値	最頻値	中央値
池田局舎	8	0	0.3	0	0
大気移動測定局	5	0	0.3	0	0

1時間値の濃度別測定回数は図10に示すとおり濃度が8ppbの1回を除きほぼ同じであった。

1時間値の時間帯ごとの平均値は、両地点とも6時から8時にかけて濃度が上昇し、最高値に達した後は濃度が低下するという推移をたどっていた。濃度については、7時から16時まではおおむね池田局舎の濃度が高く、それ以外は大気移動測定車の濃度が高くなっていた。

1時間値の風向ごとの平均値は図12に示すとおり、池田局舎は風向が北北東の時が、大気移動測定車は風向が南南西の時が最も高くなっていた。

一酸化窒素濃度の高い事例としては、3月30日に1時間値の日最高値が8ppb程度まで上昇したものがあつたので、これについて検討を行った。図13に示すとおり、濃度推移状況は池田局舎が5時から7時にかけて濃度が上昇し、その後19時に0ppbになるまで減少していたが、大気移動測定車は池田局舎より2時間遅い7時から10時にかけて濃度が上昇し、その後18時に0ppbになるまで減少していた。2地点とも濃度が最高値に達するまでの風速は1m/s以下の状態であり、その後風速が速くなるにつれ濃度が減少した。

3 二酸化窒素

表3に二酸化窒素の1時間値の集計値を、図14に1時間値の濃度別測定回数を、図15に1時間値の時間帯ごとの平均値を、図16に1時間値の風向ごとの平均値それぞれ示す。

表3のとおり、1時間値の平均値は5.0ppbと4.7ppb、最高値は22ppbと24ppb、最低値は1ppbと0ppb、最頻値は4ppbと3ppb、中央値はいずれも4ppbとよく似た値であるが、平均値と最頻値の状況から池田局舎より大気移動測定車が少し低い状況にあることがわかる。

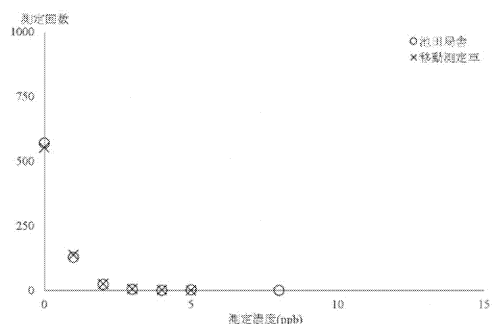


図10 一酸化窒素の1時間値の濃度別測定回数

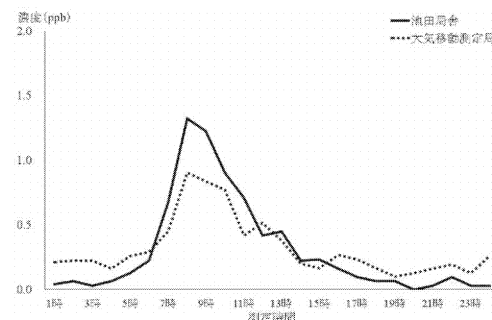


図11 一酸化窒素の1時間値の時間帯ごとの平均値

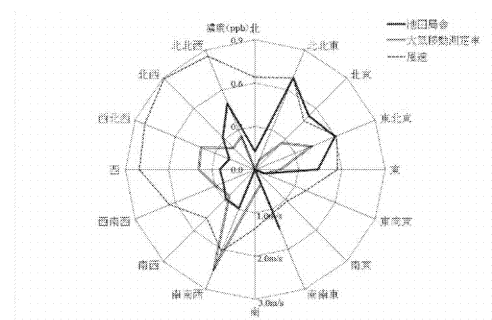


図12 一酸化窒素の1時間値の風向ごとの平均値
(風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

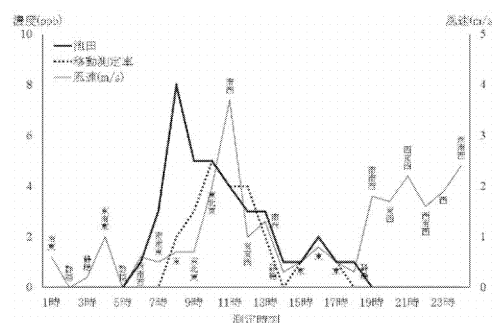


図13 3月30日の一酸化窒素の1時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

表3 二酸化窒素の1時間値の集計値

測定地点名	1時間値(ppb)				
	最高値	最低値	平均値	最頻値	中央値
池田局舎	22	1	5.0	4	4
大気移動測定車	24	0	4.7	3	4

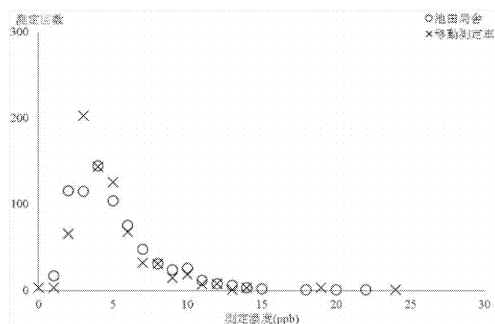


図 14 二酸化窒素の 1 時間値の濃度別測定回数

1 時間値の濃度別測定回数も図 14 に示すとおり濃度が 5 ppb を超える濃度での各測定回数はほぼ同じであるが、5 ppb 以下の濃度では池田局舎の測定回数が大気移動測定車より高濃度側に分布していた。

1 時間値の時間帯ごとの平均値は、図 15 に示すとおり、最大値は一酸化窒素のように 8 時ではなく、池田局舎が 21 時、大気移動測定車が 19 時で最大値に達した。また、池田局舎では一酸化窒素と同様に 8 時のピークがみられたが、大気移動測定車では全くその傾向が現れなかった。

1 時間値の風向ごとの平均値は図 16 に示すとおり、2 地点とも風向が東北東から南南西までの時に濃度が高くなる傾向にあった。

二酸化窒素濃度の高い事例としては、3 月 30 日に 1 時間値の日最高値が 20 ppb 以上まで上昇したものがあつたので詳細を見てみた。図 17 に示すとおり、濃度推移状況は 2 地点とも 12 時に最大値まで上昇し、その後 24 時にかけて減少していた。通勤渋滞発生時間帯のピークは池田局舎では見られたが大気移動測定車ではなかった。また、一酸化窒素では濃度が減少していた時間帯に濃度が上昇しており、一酸化窒素の挙動とは異なっていた。

4 オキシダント

表 4 にオキシダントの 1 時間値の集計値を、図 18 に 1 時間値の濃度別測定回数を、図 19 に 1 時間値の時間帯ごとの平均値を、図 20 に 1 時間値の風向ごとの平均値それぞれを示す。

表 4 のとおり、1 時間値の平均値は 38.0 ppb と 41.4 ppb、最高値は 112 ppb と 118 ppb、最低値は 1 ppb と 2 ppb、中央値は 36 ppb と 41 ppb とよく似た値であるが、最頻値は 24 ppb と 48 ppb でかなりの差があつた。

1 時間値の濃度別測定回数も図 18 に示すとおり濃度が 60 ppb を超える濃度での各測定回数はほぼ同じであるが、池田局舎は最頻値である 24 ppb を中心に分布のピークが存在し、大気移動測定車は最頻値である 48 ppb を中心に分布のピークが存在していた。

1 時間値の時間帯ごとの平均値は、図 19 に示すとおり 2 地点とも朝から濃度が上昇し夜に濃度が低下する傾向を示して

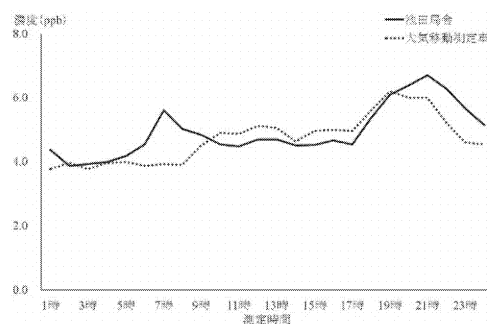


図 15 二酸化窒素の 1 時間値の時間帯ごとの平均値

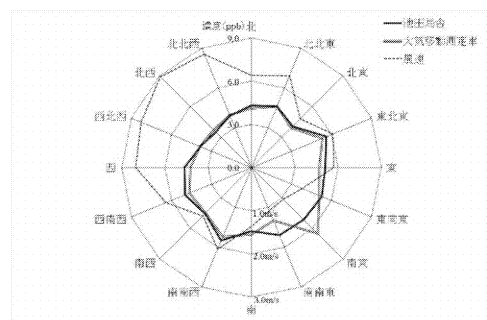


図 16 二酸化窒素の 1 時間値の風向ごとの平均値
(風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

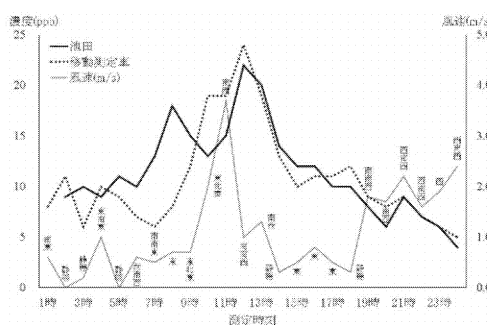


図 17 3 月 30 日の二酸化窒素の 1 時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

表 4 オキシダントの 1 時間値の集計値

測定地点名	1時間値(ppb)				
	最高値	最低値	平均値	最頻値	中央値
池田局舎	112	1	38.0	24	36
大気移動測定車	118	2	41.4	48	41

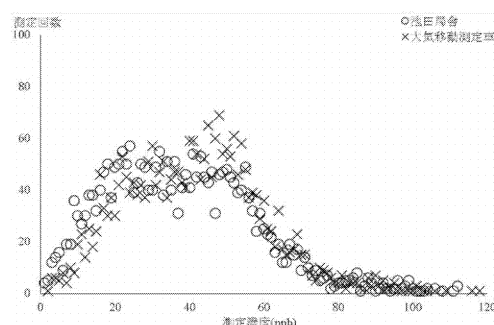


図 18 オキシダントの 1 時間値の濃度別測定回数

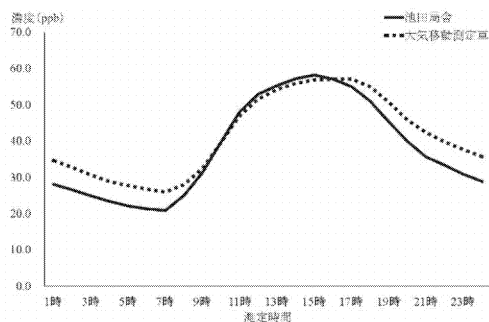


図 19 オキシダントの1時間値の時間帯ごとの平均値

いた。また、日射の強い9時から16時までは値もよく一致していたが、日射の弱いあるいはない時間帯は大気移動測定車の濃度が池田局舎の濃度を上回っていた。

1時間値の風向ごとの平均値は図20に示すとおり、2地点とも風向が北西から北東までの時に濃度が高くなる傾向にあった。

オキシダント濃度の高い事例として、1時間値の日最高値が120ppb以上まで上昇し、県内で11年ぶりにオキシダントの緊急時報の発令を行った5月25日の詳細を見てみた。図21に示すとおり2地点とも9時から12時にかけて濃度が急上昇していたが、池田局舎は13時に濃度が最大値に達したのに対し、大気移動測定車はその後の濃度上昇が緩慢となり最大値に達したのは17時であった。その後、池田局舎は16時に濃度が減少に転じ、大気移動測定車は最大値に達した直後の18時に濃度が減少に転じた。また、2地点の濃度は、1時間値の時間帯ごとの平均値と同様に、オキシダント濃度が減少傾向にある場合に大気移動測定車の濃度が池田局舎の濃度を上回っていた。

5 浮遊粒子状物質

表5に浮遊粒子状物質の1時間値の集計値を、図22に1時間値の濃度別測定回数を、図23に1時間値の時間帯ごとの平均値を、図24に1時間値の風向ごとの平均値それぞれ示す。

表5のとおり、1時間値の平均値は $19.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ と $20.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高値は $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ と $83\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低値はいずれも $0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最頻値はいずれも $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中央値はいずれも $18\mu\text{g}/\text{m}^3$ とよく一致していた。平均値と最高値の状況から池田局舎より大気移動測定車がわずかに高い状況にあることがわかる。

1時間値の濃度別測定回数も図22に示すとおりよく似た分布状況にあった。

1時間値の時間帯ごとの平均値は図23のとおり朝から夜にかけて大気移動測定車が若干高いという傾向を示した。

1時間値の風向ごとの平均値は図24に示すとおり北西から東までで若干の違いがあるが、おおむねよく似た濃度となっていた。

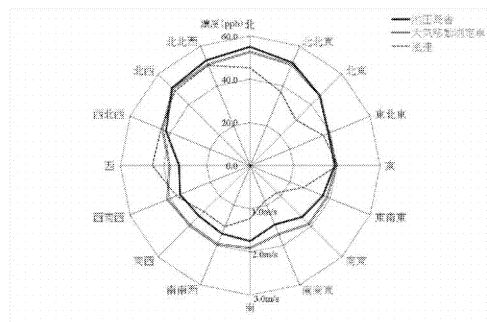


図 20 オキシダントの1時間値の風向ごとの平均値
(風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

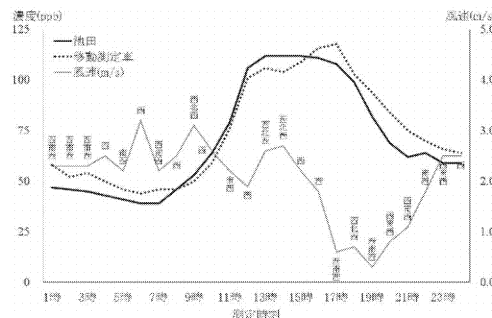


図 21 3月30日のオキシダントの1時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

表 5 浮遊粒子状物質の1時間値の集計値

測定地点名	1時間値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	最高値	最低値	平均値	最頻値	中央値
池田局舎	80	0	19.6	15	18
大気移動測定車	83	0	20.1	15	18

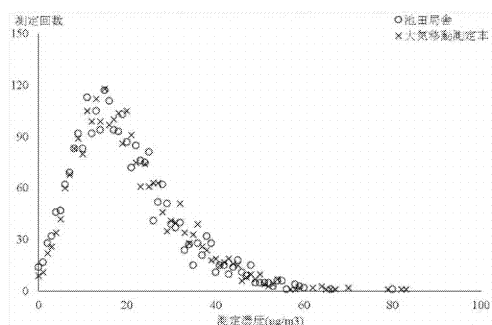


図 22 浮遊粒子状物質の1時間値の濃度別測定回数

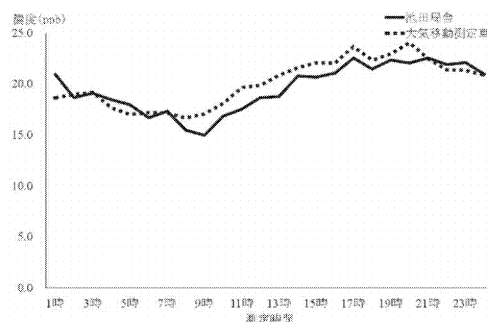


図 23 浮遊粒子状物質の1時間値の時間帯ごとの平均値

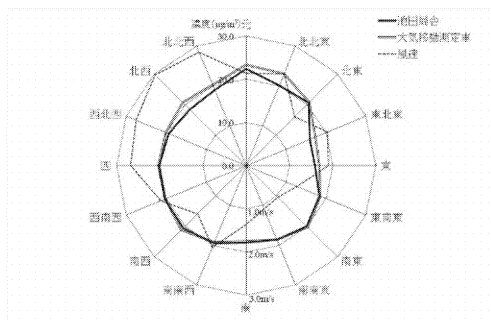


図 24 浮遊粒子状物質の 1 時間値の風向ごとの平均値
(風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

浮遊粒子状物質濃度の高い事例としては、4 月 7 日に大気移動測定車で $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、4 月 23 日に池田局舎で $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を測定したが、両日とも最高値を測定した時間は他の時間より差が大きいが、その他の時間は近似した濃度及び推移を示していた。

6 微小粒子状物質

表 6 に微小粒子状物質の 1 時間値の集計値を、図 27 に 1 時間値の濃度別測定回数を、図 28 に 1 時間値の時間帯ごとの平均値を、図 29 に 1 時間値の風向ごとの平均値それぞれを示す。

表 6 のとおり、1 時間値の平均値は $13.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と $10.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最高値は $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最低値はいずれも $-8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最頻値は $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、中央値は $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、平均値、中央値及び最頻値の状況から大気移動測定車が池田局舎より低い状況にあることがわかる。

表 6 微小粒子状物質の 1 時間値の集計値

測定地点名	1時間値($\mu\text{g}/\text{m}^3$)				
	最高値	最低値	平均値	最頻値	中央値
池田局舎	49	-8	13.7	11	12
大気移動測定車	50	-8	10.8	8	10

1 時間値の濃度別測定回数も図 27 に示すとおり $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上はよく似た分布状況にあったが、 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の測定回数の分布は池田局舎が高めに、大気移動測定車が低めに偏って分布していた。

1 時間値の時間帯ごとの平均値は、図 28 に示すとおり 2 地点のいずれれもが朝に低く夜高いという浮遊粒子状物質に似た傾向にあった。また、大気移動測定車の濃度は明らかに池田局舎の濃度を下回っていた。

1 時間値の風向ごとの平均値は図 29 に示すとおり 2 地点のレーダーチャートは相似していたが、濃度は明らかに大気移動測定車が池田局舎を下回っていた。

微小粒子状物質濃度の高い事例としては、3 月 22 日に池田局舎で $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、4 月 7 日に大気移動測定車で $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を記録したが、両日とも測定値に違いはあるものの、濃度変化の傾向は類似していた。

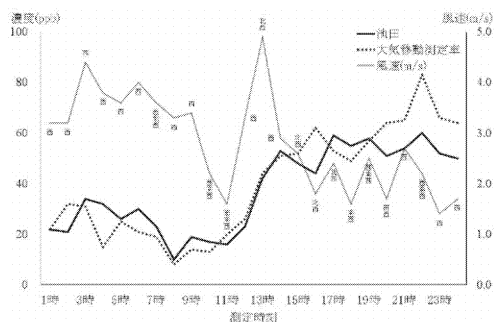


図 25 4 月 7 日の浮遊粒子状物質の 1 時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

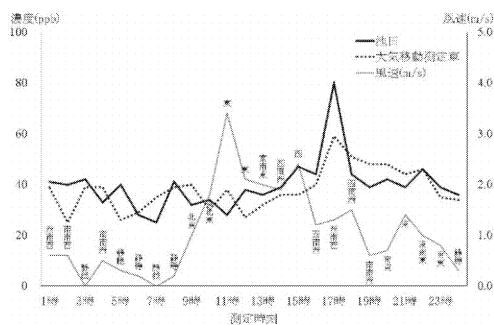


図 26 4 月 23 日の浮遊粒子状物質の 1 時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

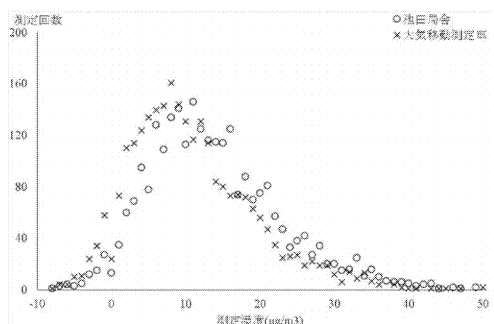


図 27 微小粒子状物質の 1 時間値の濃度別測定回数

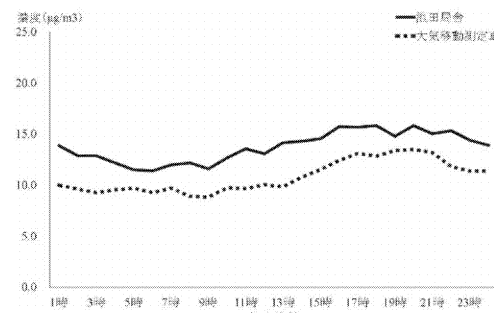


図 28 微小粒子状物質の 1 時間値の時間帯ごとの平均値

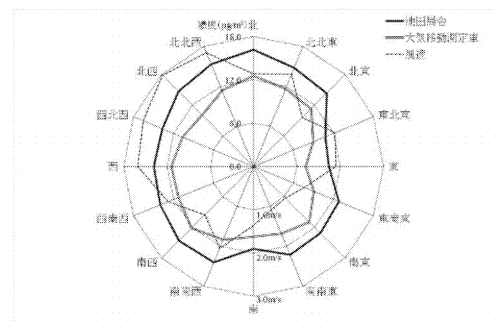


図 29 微小粒子状物質の 1 時間値の風向ごとの平均値
(風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

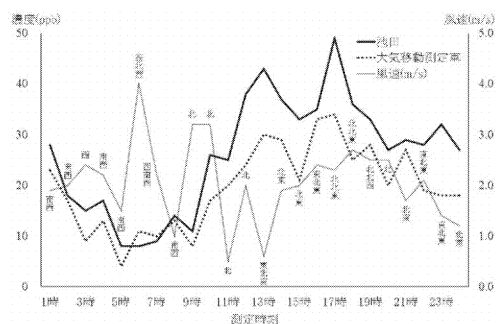


図30 3月22日の微小粒子状物質の1時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

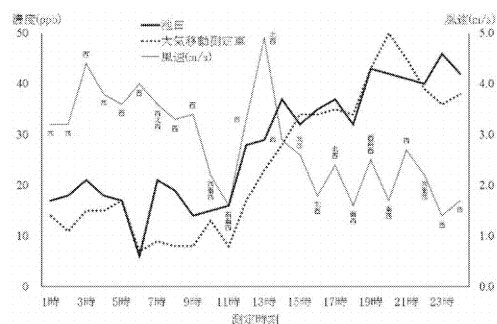


図31 4月7日の微小粒子状物質の1時間値、風向及び風速
(風向・風速は気象庁地域気象観測所池田のデータを加工して使用)

Ⅳ まとめ

今回の池田局舎と大気移動測定車による同時測定において、以下のことが明らかとなった。

- 1 二酸化硫黄濃度は、朝から夜までは標高が高い地点にある大気移動測定車の濃度が低く、早朝は濃度差がなかった。

測定時の風向が北西から北東の場合に濃度差が拡大する傾向にあった。

- 2 一酸化窒素濃度は、朝と昼は標高が低い地点にある池田局舎の濃度が高く、夜間と早朝は大気移動測定車の濃度が高くなっていた。

風向が北北東の場合に池田局舎で濃度が高く、風向が南南西の場合に大気移動測定車で濃度が高くなっており、濃度が高くなる風向が全くの逆であった。

- 3 二酸化窒素濃度は、午前中から夕方までは標高が高い地点にある大気移動測定車の濃度が高く、夜間と早朝は池田局舎の濃度が高くなっていた。

2 地点とも風向が北西の場合に濃度が低く、風向が北西から離れるにつれ濃度が高くなる傾向にあった。

- 4 オキシダント濃度は、朝から夕方までは2地点間の差はなかったが、夜間と早朝は大気移動測定車の濃度が高くなっていた。

2 地点とも風向が北西の場合に濃度が高く、風向が北西から離れるにつれ濃度が低くなる傾向にあった。

- 5 浮遊粒子状物質濃度は、朝から夜までは標高が高い地点にある大気移動測定車の濃度がわずかに高く、深夜早朝は濃度差がなかった。

風向による濃度差は明瞭に現れてはいなかった。

- 6 微小粒子状物質濃度は、時間経過による変動傾向は同じであったが、標高が低い地点にある池田局舎の濃度が高かった。

特定の風向による濃度差はなかったが、2地点の濃度差は風向の如何に関わらず発現していた。

参考文献

- 1) 徳島地方気象台, 日本気象協会編: 徳島の気象 100 年, 10-56, 徳島出版, 徳島 (1991)
- 2) 気象庁, 過去の気象データ・ダウンロード, <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (参照 2019-10-09)