

8) 九州・山口地方有害大気汚染物質共同調査結果について

村岡 俊彦 豊永 悟史 古澤 尚英 林 英明* 北岡 宏道

要 旨

九州・山口地方における有害大気汚染物質について、越境移流の影響を把握することを目的に解析を行った。その結果、越境移流の影響を受けた高濃度日事例は出現するものの、光化学オキシダント、酸性雨の様に越境移流の影響が経年的に増加し、懸念される状況となっているわけではなく、むしろ測定地点周辺の影響の方が大きい状況であるものと結論づけられた。ただし、1,2-ジクロロエタンについては、経年的に増加傾向にある可能性も見られたことから、今後のモニタリングにおいて、その挙動には注意すべきである。

キーワード：有害大気汚染物質，越境移流，経年変化，九州・山口地方

はじめに

2006年度に長崎・熊本県で県観測史上初の光化学スモッグ注意報が発令されるなど、近年、高濃度光化学オキシダント発生の広域化が問題となっており、その要因として大陸からの越境移流による影響が指摘されている^{1,2)}。酸性雨についても、九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査において、酸性成分の増加傾向が認められ、大陸からの越境移流が要因である可能性が報告されている³⁾。このような状況の中、有害大気汚染物質についても同様に越境移流の影響が懸念されることを背景にして、2007年10月の第130回九州地方知事会において政策連合「有害大気汚染物質観測及び緊急時対策の体制整備」が承認され、これに基づき、九州衛生環境技術協議会大気分科会と山口県環境保健センターとの共同調査として、「九州・山口地方有害大気汚染物質共同調査」が開始された。

本共同調査において、過去の調査結果による経年変

化、季節変化等を調べると共に、参加研究機関による同日採取を行い広域的な汚染状況を解析した結果、幾つかの知見が得られたので報告する。

調査方法

1 調査参加機関

本共同調査は次の参加機関により実施された。山口県環境保健センター、福岡県保健環境研究所、福岡市保健環境研究所、北九州市環境科学研究所、佐賀県環境センター、長崎県環境保健研究センター、熊本県保健環境科学研究所、熊本市環境総合センター、大分県衛生環境研究センター、宮崎県衛生環境研究所、鹿児島県環境保健センター、沖縄県衛生環境研究所

2 調査地点

全ての調査地点は、大気汚染防止法に基づき各関係自治体が発行している有害大気汚染物質の大気環境モニタリングにおける一般環境地点である(2009年度時点)。調査地点図を図1に示した。

*天草地域振興局保健福祉環境部

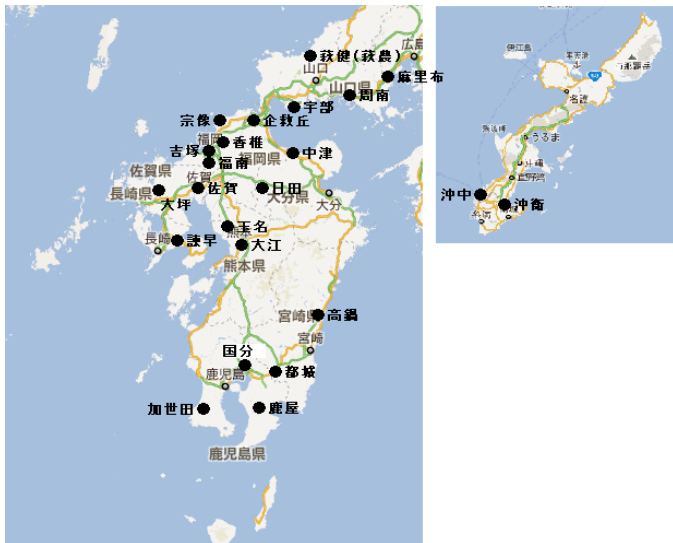


図1 調査地点図

3 解析対象期間

経年・季節変動解析については、測定地点数が極端に少ない場合を除き、原則として調査開始日1997年度からのデータを使用した。

広域的な汚染状況の解析については、同日採取を実施した2008,2009年度の全調査日のデータを使用した。

4 解析対象物質

有害大気汚染物質の内、環境省報告対象(2011年度時点)である次の19物質を解析対象とした。

アクリロニトリル、アセトアルデヒド、塩化ビニルモノマー、クロロホルム、酸化エチレン、1,2-ジクロロエタン、ジクロロメタン、水銀及びその化合物(以下「水銀」という)、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ニッケル化合物(以下「ニッケル」という)、ヒ素及びその化合物(以下「ヒ素」という)、1,3-ブタジエン、ベリリウム及びその化合物(以下「ベリリウム」という)、ベンゼン、ベンゾ(a)ピレン、ホルムアルデヒド、マンガン及びその化合物(以下「マンガン」という)、クロム及びその化合物(以下「クロム」という)

5 サンプルング及び分析方法

サンプルング及び分析法は有害大気汚染物質測定方法マニュアル⁴⁾に従って実施した。なお、サンプルングは、2008年度以降、原則として、あらかじめ設定した日に同日採取を行った。

6 データ取扱

共同調査県・市から収集したデータは確定値である

ために、異常値の棄却は行っていない。ただし、ND値については、原則として環境省報告通りのNDの1/2値を使用した。調査開始当初のND値で現行ND値レベルよりも著しく高い場合については棄却した。

7 越境移流の指標

越境移流の有無を判断するために、国立環境研究所地球環境研究センターのMETEX⁵⁾のデータを用い、広域高濃度日のサンプルング開始日のPM12時、終了日のPM12時の後方流跡線(起点高度1000m、遡及時間72時間)を作成し、大気汚染物質の移流経路を求めた。また、調査日に硫酸塩濃度が測定されている場合は、このデータを越境移流の指標の一つとした。

結果および考察

1 各調査地点における地域内汚染の影響

越境移流の影響を把握するためには、地域内汚染の影響が出来るだけ低い地点を選定し解析する必要がある。そこで、各調査地点における有害大気汚染物質濃度に対する地域内汚染の影響を把握するために、各地点の2009年度までの有害大気汚染物質測定データに基づく統計値(90%値,80%値,50%値,10%値,平均値)を求めた。例として、1,2-ジクロロエタン、テトラクロロエチレン、及び水銀に関する結果を図2に示した。なお、項目調査データが少なく統計値が算出できない地点については平均値(図中黒色)のみ示し、データが最大目盛りを超過した場合は最大目盛りまでの表示としている。

1,2-ジクロロエタン、テトラクロロエチレンの各地点毎の統計値の比較から明らかとなり、有害大気汚染物質は、地域間の差が大きく、地域発生の影響をかなり受けていることが分かる(図2)。ほとんどの物質については、同様の大きな地域間差が認められた。これらのことから、越境移流による影響を評価する場合、この地域発生分と可能な限り区別することが重要であると言える。

一方で、水銀については、地域間の差が比較的小さかった(図2)。水銀に関するPRTR(化学物質排出移動量届出制度)大気排出量届出データ(2009年度)では、全地点排出が無いこと⁶⁾、及び地球規模での水銀の循環がある⁷⁾ことがこの要因と考えられた。同様の傾向はベンゼン、酸化エチレン、アセトアルデヒドについても認められた。

2 有害大気汚染物質濃度の経年変化及び季節変動からみた越境移流の影響

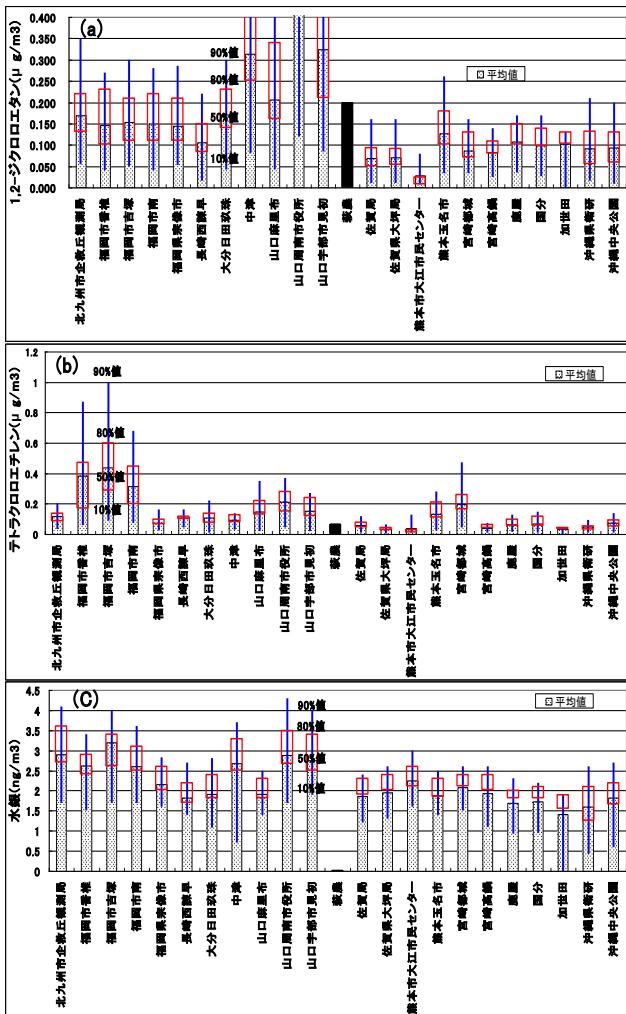


図2 有害大気汚染物質の各調査地点における濃度レベル (a) 1, 2-ジクロロエタン, (b) テトラクロロエチレン, (c) 水銀

九州地域では、Ox、酸性雨について、特に越境移流による影響が大きいことが報告されており、Ox 平均濃度の経年変化が増加傾向にあること²⁾、nss-SO₄²⁻の湿性沈着量が増加傾向にあるなど、酸性成分で経年的増加傾向が大きいことが報告されている³⁾。

そこで、有害大気汚染物質についても経年変化及び季節変動の傾向から、越境移流の影響を把握することを検討した。

(1) 経年変化

先の1で述べたとおり、有害大気汚染物質は地域内汚染の影響を相当受けている。そこで、2009年度までのデータに基づく50%値が一定の値以下の低濃度地点を選定し、これら地点についての年度毎の統計値（最大値、最小値、平均値、90%値、80%値、50%値、10%値）の経年変化を見ることで、地域内汚染の影響を出

来るだけ取り除き、越境移流の影響がより明確に把握できるようにした。環境基準設定物質、指針値設定物質に関する経年変化を図3-1～3-3に示した。

また、表1に、全物質について、2000～2009年度の期間における経年変化率を示した。経年変化率は、有害大気汚染物質濃度（80%値、50%値）の経年変化の回帰直線の傾きを求め、次の式で算出した。

$$\text{経年変化率 (\%)} = (\text{回帰直線の傾き} / \text{期間平均値}) \times 100$$

併せて、回帰直線の相関係数を表1に示している。さらに、経年変化における越境移流の影響がより明確に把握できるように、低濃度地点のうち、越境移流の影響が大きいと考えられる九州北部（沖縄県・鹿児島県・宮崎県を除く県）・山口の地点のみをさらに選定し、これら地点についての経年変化率、相関係数を併せて示した。

図3-1～3-3及び表1より、1,2-ジクロロエタン以外の物質については、経年的な増加傾向は見られず、経年変化率がプラスの場合も数%程度であり、相関係数も低く、統計的に有意（有意水準5%）な増加傾向を示したものは認められなかった。むしろ、テトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、ベンゼン、アクリロニトリル、1,3-ブタジエン、及び、ベンゾ(a)ピレンについては、経年変化率がマイナスであり、相関係数からも統計的に有意（有意水準5%）な経年的減少傾向（表1）が認められた。

このことは、環境省による2009年度調査結果における全国の調査地点の平均値の経年変化⁸⁾の挙動と一致しており、国内の排出削減効果によるものと推察された。

これらのことから、九州・山口地方の有害大気汚染物質については、Ox、酸性雨の様に越境移流の影響が経年的に増加し、懸念される状況となっているわけでは無いことが結論づけられる。

一方で、1,2-ジクロロエタンの経年変化では、90%値、80%値、平均値が2004年度から増加傾向にある（図3-2）。表1においても、80%値が有意（有意水準5%）な増加を示している。越境移流の影響をより受けやすいと考えられる九州北部のみの地点でも、統計的に有意ではないが、80%値において依然として他の物質よりも大きなプラスの経年変化率が見られる。

この傾向は、前述の環境省による全国の調査地点の平均値の経年変化でも同様であり、1,2-ジクロロエタンのみが、他の物質と異なり、2002年度頃から幾分増加傾向が見られる。

図4に示した1,2-ジクロロエタンのPRTR排出量⁶⁾

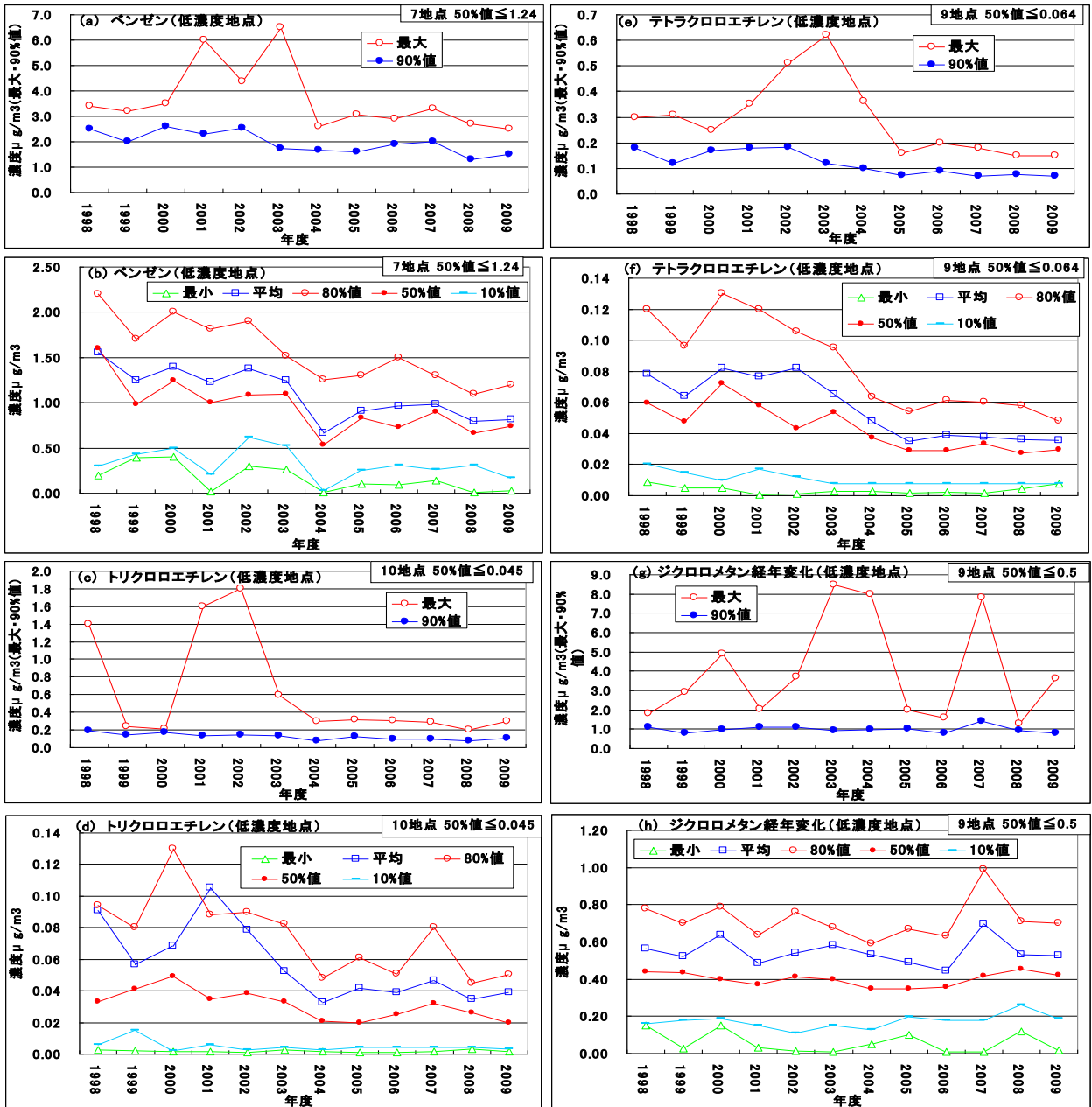


図3-1 有害大気汚染物質の低濃度地点における経年変化 (a), (b)ベンゼン, (c), (d)トリクロロエチレン, (e), (f)テトラクロロエチレン, (g), (h)ジクロロメタン)

(届出量と届出外量の合計値)の経年変化からは、2002年度以降ほとんどの県で排出量が大幅に減少する傾向となっており、上記の経年変化傾向と矛盾する。一方で、この1,2-ジクロロエタンの挙動は全国的なものであることを考えると、PRTRに計上されていない排出の影響の可能性も否定できないことから、今回の解析結果から、越境移流が要因と判断するのは早計であり、今後より詳細な検討が必要である。

(2) 季節毎の経年変化

2002～2009年度にかけての季節毎の経年変化(80%値,50%値)を調べた。例として、幾つかの有害大気汚染物質について、図5に示した。

なお、地域的汚染の影響を出来る限り除くために、(1)と同様に低濃度地点(低50%値地点)のデータを使用している。また、春季は4～6月、夏季は7～9月、秋季は10月～12月、冬季は1～3月としている。

図5より、夏季に低濃度となる傾向が、テトラクロロエチレン、ベンゾ(a)ピレン、1,2-ジクロロエタン(50%値)に明確に認められる。クロロホルムについて

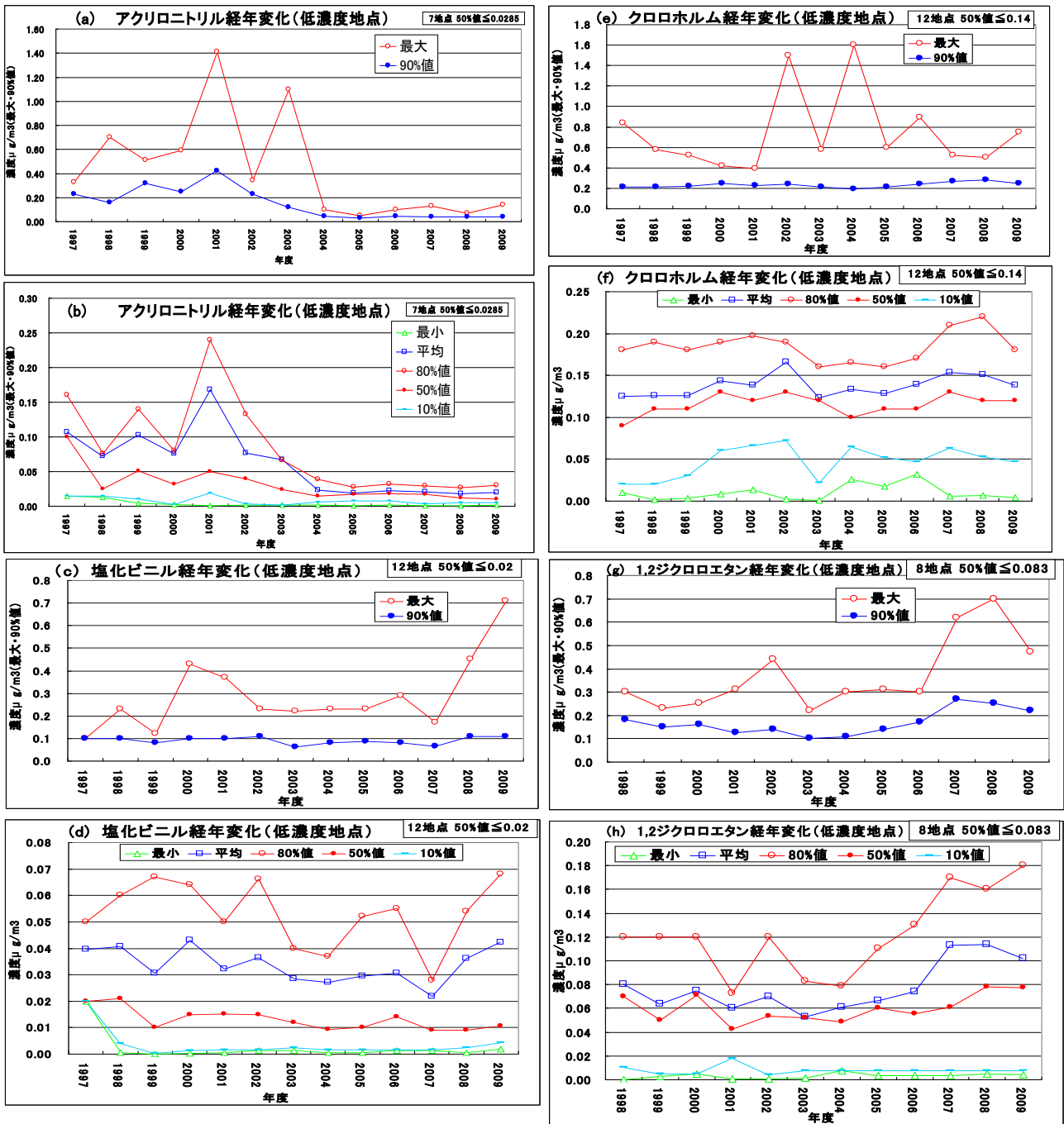


図 3-2 有害大気汚染物質の低濃度地点における経年変化 ((a), (b)アクリロニトリル, (c), (d)塩化ビニルモノマ, (e), (f)クロロホルム, (g), (h)1,2-ジクロロエタン)

ては、特に季節による違いは見られなかった。他の物質についても、夏季に高濃度となる傾向が見られたホルムアルデヒド、アセトアルデヒドを除けば、大別すると、夏季に低濃度の傾向がある季節変動が認められる物質と季節変動が明確に見られない物質に分かれた。

夏季は、清浄な海洋性気団に覆われるため、越境移流の影響を受けている物質の濃度は夏季に低くなる挙動を示す傾向にある。そこで、表 2-1,2-2 に、夏季

に濃度が低くなる傾向が明確に認められた物質について、2002～2009 年度の期間における各季節毎の 80% 値、50% 値の経年変化率及び相関係数を示した。経年変化率及び相関係数は、先の(1)で説明したとおりである。

表 2-1,2-2 より、1,2-ジクロロエタン以外の物質については、春、秋及び冬季において、経年変化率がプラスの場合もあるが、相関係数も低く、統計的に有意(有意水準 5%) な増加傾向を示したものは認められな

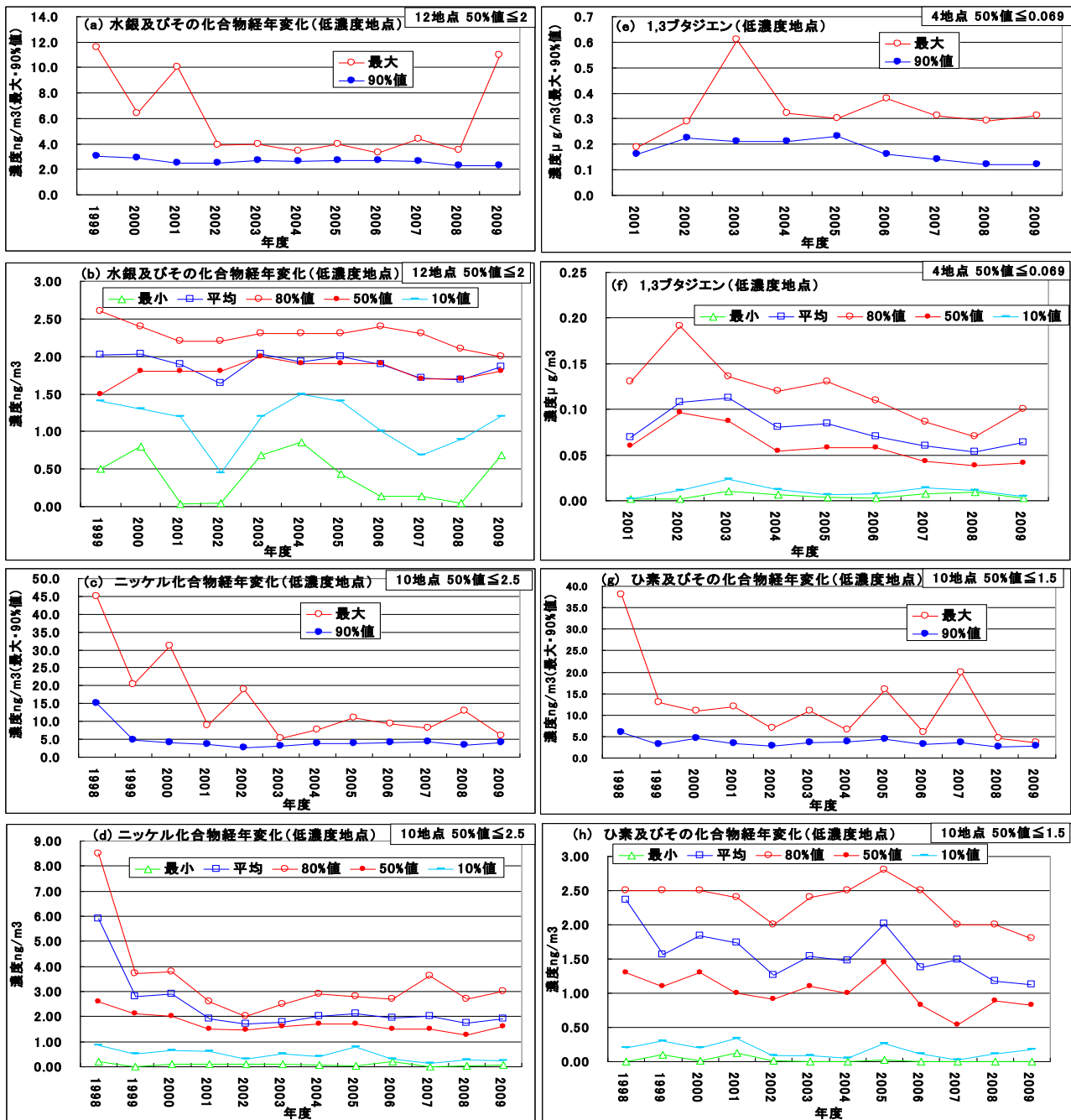


図 3-3 有害大気汚染物質の低濃度地点における経年変化 (a), (b)水銀, (c), (d)ニッケル, (e), (f)1,3-ブタジエン, (g), (h)ヒ素)

った。むしろ、1,3-ブタジエン、テトラクロロエチレンについては、相関係数からも統計的に有意（有意水準 5%）な経年的減少傾向が認められた。

春季、冬季は、その気圧配置に伴い、大陸からの気流が到達する割合が高いことから、春季に Ox、春季・冬季に酸性雨について、越境移流の影響が高くなることが報告されている¹⁻³⁾。しかし、上記有害大気汚染物質濃度がこれら季節に増加する理由は、経年的増加傾向が見られないことから、越境移流よりもむしろ、

冬季等の逆転層の発生に伴う地表汚染物の滞留、もしくは夏季の盛んな鉛直混合による地表汚染物の拡散に伴う濃度低下、及び夏季の高い気温及び強い紫外線により分解し低濃度となる可能性⁹⁾が要因と考えられた。

1,2-ジクロロエタンについてのみは、2004 年度以降、春、秋及び冬の 80%、50% 値が経年的に増加する傾向が見られた（図 5）。さらに、表 2-1.2-2 に示すとおり、80% 値の冬季、50% 値の春季・冬季において統計的に有意（有意水準 5%）な経年的増加傾向が認められた

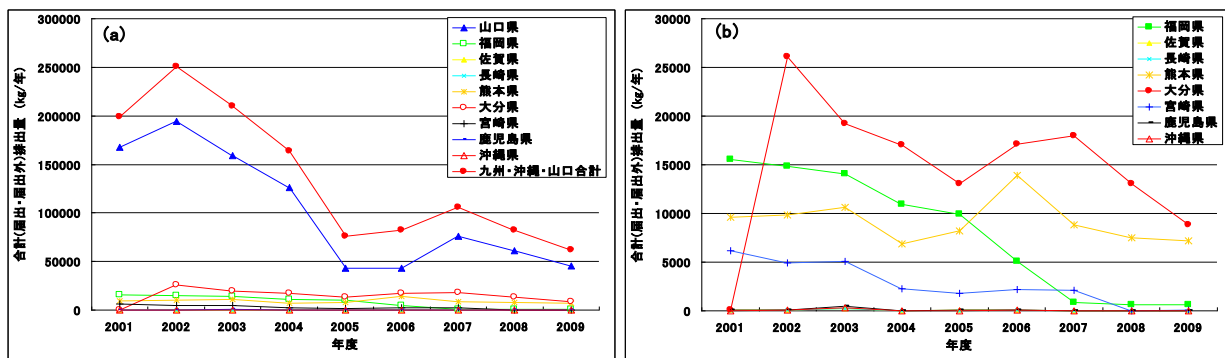


図4 1,2-ジクロロエタンの排出量 (PRTRに基づく) の経年変化 ((a) 九州・沖縄・山口地域の各県及び合計排出量, (b) 九州・沖縄地域の各県排出量)

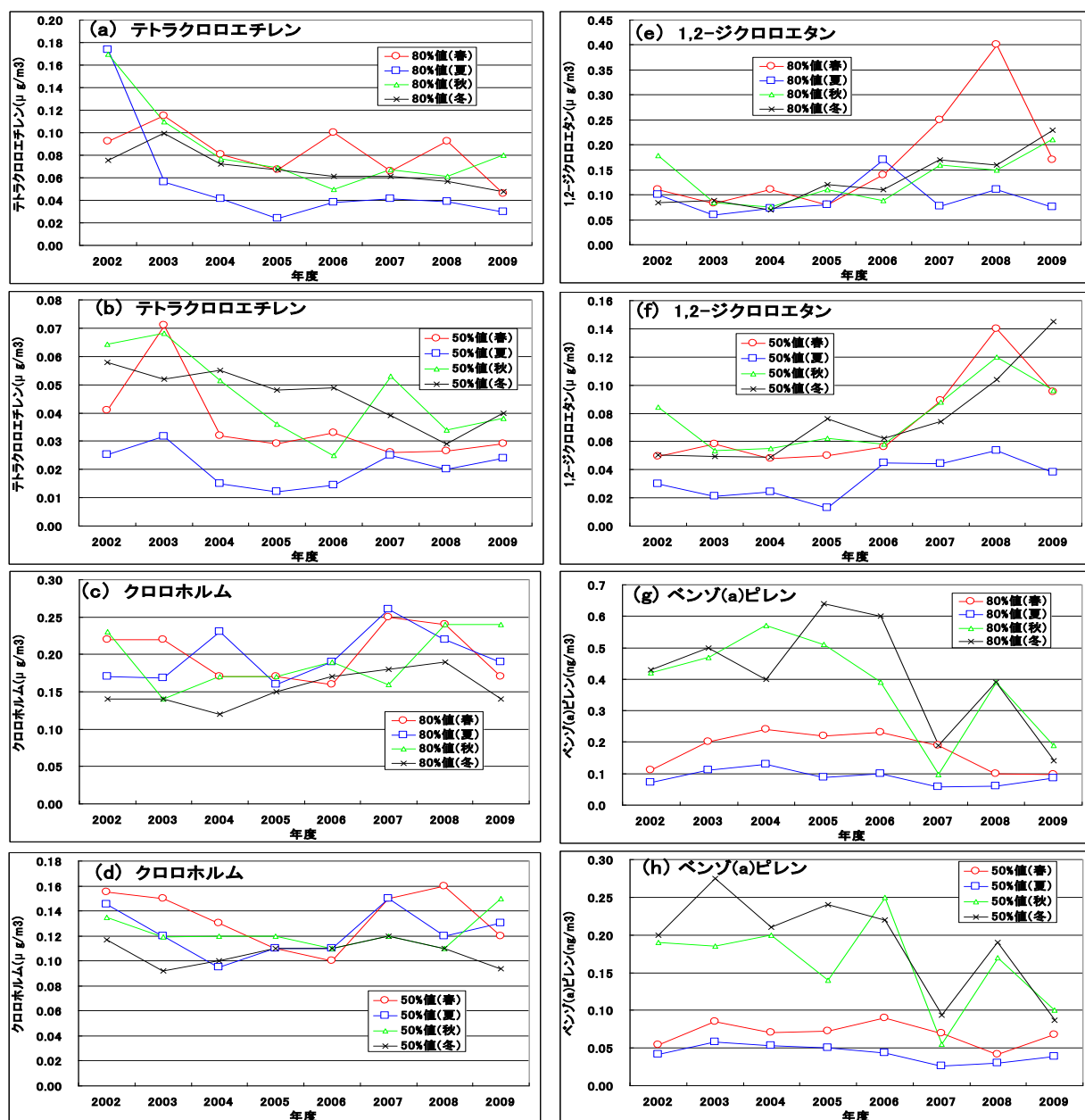


図5 有害大気汚染物質濃度の季節毎の経年変化

(a), (b)テトラクロロエチレン, (c), (d)クロロホルム, (e), (f)1,2-ジクロロエタン, (g), (h)ベンゾ(a)ピレン

表 1 各物質の統計値の経年変化率及びその相関係数

	低濃度地点				九州北部及び山口 低濃度地点			
	80%値		50%値		80%値		50%値	
	変化率	相関係数	変化率	相関係数	変化率	相関係数	変化率	相関係数
【1】アクリロニトリル	-22.2	-0.690	-15.1	-0.828	-15.7	-0.709	-12.0	-0.751
【2】アセトアルデヒド	1.8	0.452	1.2	0.304	-0.9	-0.156	-1.7	-0.399
【3】塩化ビニルモノマー	-0.8	-0.093	-5.4	-0.739	-3.2	-0.276	-5.4	-0.442
【4】クロロホルム	0.6	0.169	-0.6	-0.203	-1.4	-0.388	-2.1	-0.500
【6】酸化エチレン	0.5	0.116	0.2	0.047	1.5	0.416	2.2	0.486
【7】1,2-ジクロロエタン	7.8	0.756	3.7	0.558	4.2	0.369	0.8	0.127
【8】ジクロロメタン	0.7	0.125	1.0	0.340	-1.7	-0.366	-1.4	-0.349
【9】水銀及びその化合物	-0.9	-0.506	-0.5	-0.293	0.6	0.207	0.03	0.016
【12】テトラクロロエチレン	-11.5	-0.919	-10.7	-0.876	-10.0	-0.821	-11.5	-0.800
【13】トリクロロエチレン	-9.6	-0.789	-7.7	-0.741	-8.0	-0.797	-10.9	-0.793
【14】ニッケル化合物	0.4	0.070	-2.1	-0.502	1.1	0.212	1.8	0.385
【15】ヒ素及びその化合物	-2.2	-0.491	-4.5	-0.522	-1.9	-0.493	-5.1	-0.651
【16】1,3-ブタジエン	-8.3	-0.779	-9.3	-0.759	-8.3	-0.617	-12.5	-0.885
【17】ベリリウム及びその化合物	1.0	0.077	-13.3	-0.605	1.4	0.101	-2.2	-0.348
【18】ベンゼン	-6.2	-0.884	-5.9	-0.712	-4.1	-0.431	-4.7	-0.330
【19】ベンゾ(a)ピレン	-8.2	-0.748	-7.5	-0.708	-8.5	-0.726	-10.0	-0.744
【20】ホルムアルデヒド	1.6	0.626	0.7	0.220	1.0	0.348	-0.8	-0.204
【21】マンガン及びその化合物	2.5	0.270	0.0	-0.001	1.7	0.184	-0.3	-0.067
【22】クロム及びその化合物	2.7	0.419	3.6	0.357	2.7	0.618	2.7	0.422

注1) 2000～2009年度の経年変化データを使用(1,3-ブタジエンのみ2001(2003:九州北部・山口)～2009年度)

注2) 太字・塗りつぶし表示は $p < 0.05$ (有意水準5%)

表 2-1 各物質の統計値の季節毎の経年変化率及び相関係数 (80%値)

	80%値							
	春季		夏季		秋季		冬季	
	変化率	相関係数	変化率	相関係数	変化率	相関係数	変化率	相関係数
【3】塩化ビニルモノマー	-8.2	-0.304	-1.2	-0.052	8.1	0.414	-3.2	-0.269
【12】テトラクロロエチレン	-6.5	-0.594	-23.1	-0.645	-12.9	-0.702	-7.8	-0.837
【15】ヒ素及びその化合物	-0.3	-0.049	2.5	0.171	-3.5	-0.357	-9.2	-0.544
【16】1,3-ブタジエン	-10.8	-0.466	-22.3	-0.861	-9.4	-0.740	-10.4	-0.737
【17】ベリリウム及びその化合物	5.4	0.239	-1.8	-0.097	2.1	0.318	-3.8	-0.199
【18】ベンゼン	-3.1	-0.552	-9.3	-0.816	-1.3	-0.253	-4.5	-0.454
【19】ベンゾ(a)ピレン	-5.0	-0.350	-4.8	-0.409	-11.1	-0.647	-9.4	-0.535
【7】1,2-ジクロロエタン	17.6	0.665	2.3	0.148	7.1	0.460	15.4	0.901

注1) 2002～2009年度の経年変化データを使用

注2) 太字・塗りつぶし表示は $p < 0.05$ (有意水準5%)

表 2-2 各物質の統計値の季節毎の経年変化率及び相関係数 (50%値)

	50%値							
	春季		夏季		秋季		冬季	
	変化率	相関係数	変化率	相関係数	変化率	相関係数	変化率	相関係数
【3】塩化ビニルモノマー	-4.4	-0.353	3.4	0.278	0.3	0.019	2.8	0.183
【12】テトラクロロエチレン	-10.6	-0.625	-2.0	-0.153	-9.3	-0.685	-7.4	-0.873
【15】ヒ素及びその化合物	2.8	0.170	11.1	0.668	-6.7	-0.468	-7.8	-0.390
【16】1,3-ブタジエン	-13.1	-0.724	-17.4	-0.972	-15.2	-0.619	-4.5	-0.324
【17】ベリリウム及びその化合物	4.6	0.243	8.3	0.587	-7.3	-0.401	0.2	0.019
【18】ベンゼン	-5.5	-0.551	-11.2	-0.704	-4.6	-0.401	-5.6	-0.484
【19】ベンゾ(a)ピレン	-1.9	-0.199	-6.8	-0.647	-7.6	-0.490	-10.0	-0.695
【7】1,2-ジクロロエタン	14.0	0.768	11.0	0.653	7.8	0.619	15.5	0.868

注1) 2002～2009年度の経年変化データを使用

注2) 太字・塗りつぶし表示は $p < 0.05$ (有意水準5%)

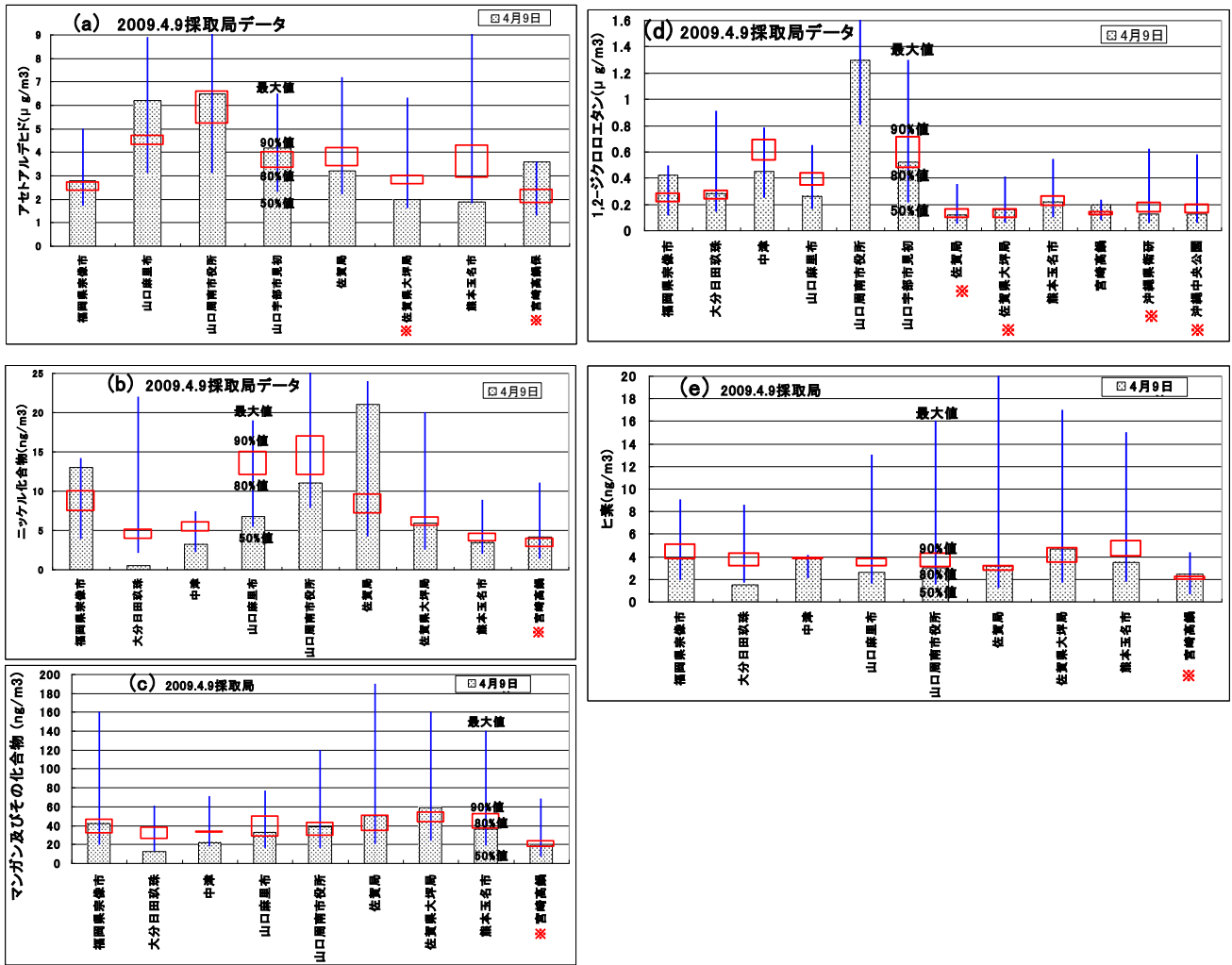


図6 2009年4月9日の各調査地点における有害大気汚染物質濃度及び80%値等各統計値 (a)アセトアルデヒド, (b)ニッケル, (c)マンガン, (d)1,2-ジクロロエタン, (e)ヒ素

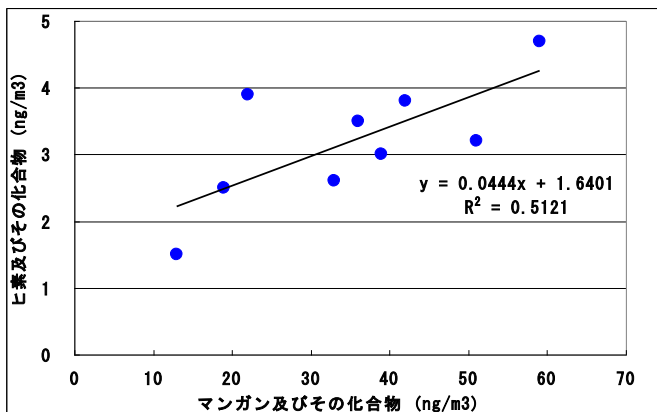


図7 2009年4月9日の各調査地点におけるマンガンとヒ素濃度の相関

ことから越境移流の影響を受けている可能性も考えられた。しかし、この挙動は、先の(1)の経年変化と同様に、全国的な挙動を反映したものと推測されることから、さらなる検証を要する。

3 高濃度事例

各県同日採取調査を行った2008,2009年度において広域的に高濃度が観測された事例として、2009年4月9日の解析結果を示す。この時の後方流跡線は大陸を經由しており、硫酸塩濃度(熊本県宇土市にて測定)が $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過しており、越境移流の影響を受けた可能性が高いものと考えられる。

この調査日における地点毎の濃度を、2009年度までのデータに基づく統計値(最大値,90%値,80%値,50%値)と比較した結果を図6に示した。なお、観測地点の半数以上で80%値を超過した項目についてのみ示してお

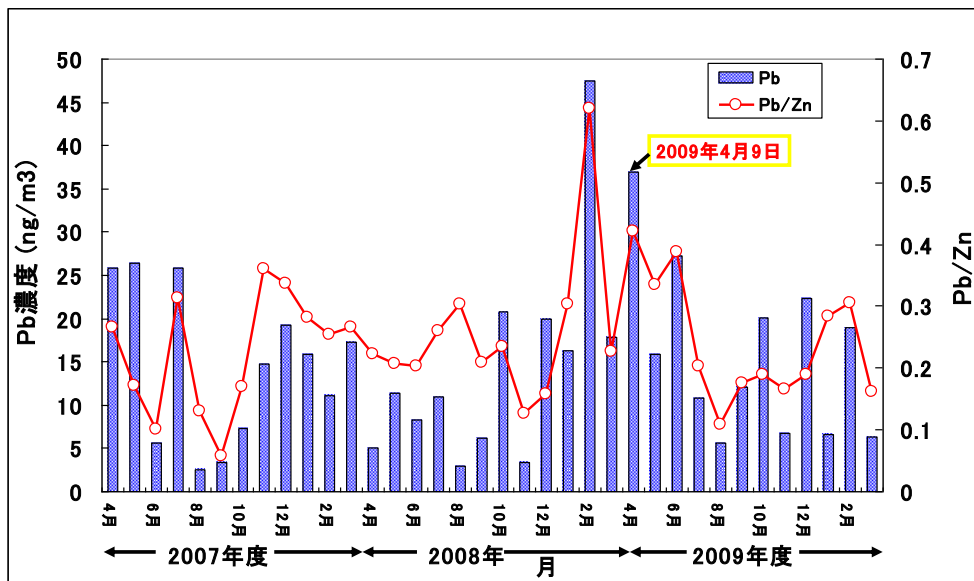


図8 鉛濃度及び鉛-亜鉛濃度比の経月変化 ※熊本県玉名市における調査データ使用

り、低濃度地点（50%値が全地点で低い順に5番目までの地点）には、図中※を示した。

また、データが最大目盛りを超過した場合、最大目盛りまでの表示としている。

1,2-ジクロロエタンについて見てみると、低濃度地点（図中※印）についてはいずれも80%値を超過しており、同レベルの濃度が観測されていることから、越境移流の影響の可能性が高いものと考えられる。その他の地点については地域内発生分の影響が加味されているために、地点間の濃度差が大きくなったものと推測される。アセトアルデヒド、ニッケルについても同様の理由で地点間の濃度差が大きくなったものと考えられる。一方、マンガンとヒ素については、比較的地点間の濃度差が小さかった。マンガンの散布図を取ると有意(有意水準5%)な相関が認められ（図7）、同一の気塊の通過により各地点の濃度が上昇したものと考えられることから、各地点とも越境移流の影響が大きかったものと判断された。

また、越境移流時には鉛と亜鉛濃度比が大きくなることが報告されている¹⁰⁾。

そこで、熊本県玉名における鉛-亜鉛濃度比の2007年度からの経月変動を図8に示した。図8から、この調査日において、この濃度比(図中Pb/Znとして表示)がかなり高いことから越境移流の影響が見てとれる。

なお、同日採取調査において、同様の解析により、越境移流の可能性が認められた調査日及び広域の高濃度が観測（観測測定局の半数以上で80%値を超過し、かつ2県以上の測定局で80%値超過）された項目の一

覧を表3に示した。

1,2-ジクロロエタン、マンガンについてはほとんどの場合において、広域的に高濃度が観測されていたことから、越境移流の頻度が他の物質よりも高い可能性が示唆された。

表3 同日採取調査において広域的な高濃度が観測された項目一覧

調査日(サンプリング開始日)	2008年 8月5日	2009年 2月12日	2009年 4月9日	2009年 6月1日
【1】アクリロニトリル				
【2】アセトアルデヒド			○	○
【3】塩化ビニルモノマー				
【4】クロロホルム				
【6】酸化エチレン				○
【7】1,2-ジクロロエタン	○	○	○	○
【8】ジクロロメタン				
【9】水銀及びその化合物		○		
【12】テトラクロロエチレン				
【13】トリクロロエチレン				
【14】ニッケル化合物			○	
【15】ヒ素及びその化合物		○	○	
【16】1,3-ブタジエン				
【17】バリウム及びその化合物				○
【18】ベンゼン		○		
【19】ベンゾ(a)ピレン				
【20】ホルムアルデヒド	○			○
【21】マンガン及びその化合物		○	○	○
【22】クロム及びその化合物				

○:80%値超過局数/同日測定局数≥1/2, かつ2県以上で80%値超過した項目

まとめ

今回の共同調査より、九州・山口地方の有害大気汚染物質については、越境移流の影響を受けた高濃度日事例は出現するものの、Ox、酸性雨の様に越境移流の影響が経年的に増加し、懸念される状況となっているわけでは無いものと判断された。

その要因の一つとして、各自治体のモニタリング地点（一般環境）は人の生活圏内に設置されており、周辺からの人為的汚染の少ないバックグラウンド地点ではないことから、今回検討した低濃度地点においてさえも、そのほとんどの地点で地域内汚染の影響の方が、越境移流の影響よりも大きくなっていることが考えられた。

1,2-ジクロロエタンについては、増加傾向にある可能性もあるが、全国的な挙動でも同様であることから、現時点で越境移流の影響と判断することはできなかった。現状では指針値（ $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を大幅に下回っており健康的影響のあるレベルではないものの、高濃度日事例解析から、越境移流の頻度が他の物質よりも高いと判断されたことから、今後のモニタリングにおいて、1,2-ジクロロエタンの挙動は注意すべきとあると考えられる。

謝辞

本論文は、九州衛生環境技術協議会大気分科会と山口県環境保健センターとの共同調査である、「九州・山口地方有害大気汚染物質共同調査」の研究成果の一部をまとめたものであり、データ提供、解析の助言等を頂いた関係機関の皆様に謝意を表します。

文献

- 1) 岩本真二，大石興弘，田上四郎，力寿雄，山本重一：大気環境学会誌，**43**，173-179(2008).
- 2) 大原利真編：光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究-国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究最終報告(平成19～21年度),国立環境研究所研究報告第203号,p.55-61(2010).
- 3) 九州衛生環境技術協議会大気分科会・山口県環境保健センター：九州・沖縄・山口地方酸性雨共同調査研究第Ⅱ期調査報告書，p.11-12(2011).
- 4) 環境省水・大気環境局大気環境課：「有害大気汚染物質測定方法マニュアル」（平成20年10月）.
- 5) METEX（Meteorological Data Explorer）：国立環境研究所地球環境研究センター
(<http://db.cger.nies.go.jp/metex>).

/index.jp.html).

- 6) 環境省 環境保健部環境安全課：PRTR インフォメーション広場
(<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>).
- 7) 福崎紀夫：大気環境学会誌，**21**，1-12(1986).
- 8) 環境省水・大気環境局：有害大気汚染物質モニタリング調査結果平成21年度調査結果
(<http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring/index.html>).
- 9) 田島洋介，加藤俊吾，Jeeranut Suthawaree，梶井克純：大気環境学会誌，**45**，56-65(2010).
- 10) 日置正，中西貞博，向井人史，村野健太郎：大気環境学会誌，**43**，100-111(2008).

9) 阿蘇地域における光化学オキシダント濃度調査（平成24年度）

古澤 尚英 村岡 俊彦 北岡 宏道

要 旨

光化学スモッグ発令地域における発令局との光化学オキシダント濃度類似性の検証を目的とし、阿蘇市一宮及び南阿蘇村河陽において、大気環境測定車により光化学オキシダントの調査を行った。測定地点と常時監視局との相関性、日最大濃度到達時間及び濃度レベルについて解析を行った結果、両地点は現行発令局である阿蘇保健所局に類似性が見られた。このことから、阿蘇保健所局は両地点の発令局として適切であることが確認された。

キーワード：光化学オキシダント，光化学スモッグ注意報発令地域，阿蘇地域

はじめに

平成18年6月に熊本県の観測史上初の光化学スモッグ注意報が発令され、平成19年には計7回（4日間計7地域）光化学スモッグ注意報が発令されるなど、最近、本県においても高濃度の光化学オキシダント（以下「Ox」という）が観測されるようになり、社会問題となっている。この様な背景の下、これまで、光化学スモッグ注意報等の発令地域は、大気汚染常時監視局が所在する市町村域が対象であったが、平成20年2月に熊本県環境審議会にて策定された「光化学スモッグ緊急時対策基本方針」に基づき、発令地域が県下全域に拡大され、現在は発令対象地域16地域23地点で観測を行っている。また、既報¹⁾のとおり、南阿蘇村及び高森町の発令局は平成24年度に、それまでの益城町役場局から阿蘇保健所局に編入された。

大気環境測定車を設置した場所の阿蘇市一の宮及び南阿蘇村長陽は、標高1000m前後の阿蘇外輪山に囲まれた東西約18km、南北約25kmの広大な阿蘇カルデラの中にあり、カルデラの中央付近に位置する高岳（標高1592m）等阿蘇五岳の、それぞれ北及び西に位置する。

阿蘇市一の宮及び南阿蘇村長陽において、Ox濃度が高濃度となる春季に大気環境測定車（以下「測定車」という）によるOx濃度調査を行い、発令局（阿蘇保健所局）とのOx濃度類似性の検証を行ったので報告する。

調査方法

1 一の宮調査

平成24年4月21日～6月10日の期間にかけて、図1に示す標高531mの阿蘇市一の宮町宮地2823番地「一の宮社会教育センター」（以下「一の宮」という）に測定車みどりIV世を設置し、光化学オキシダント（Ox）、窒素酸化物（NO、NO₂、NO_x）、浮遊粒子状物質（SPM）、硫黄酸化物（SO₂）、非メタン炭化水素（NMHC）、一酸化炭素（CO）、温度、湿度、日射量及び風向・風速を測定した。なお、Ox計、NO-NO₂-NO_x計、SO₂計は乾式である。



図1 地点図

2 長陽調査

平成24年4月20日～6月10日の期間にかけて、図1に示す標高427mの阿蘇郡南阿蘇村大字河陽4964番地「長陽西部小学校」(以下「長陽」という)に測定車みどりⅢ世号を設置し、光化学オキシダント(Ox)、浮遊粒子状物質(SPM)、硫酸化物(SO₂)及び風向・風速を測定した。なお、Ox計、SO₂計は湿式である。

結果及び考察

Oxに関する発令局と発令地域との類似性を検証する場合、最も重要となるのは、光化学スモッグ注意報等発令に至る高濃度Oxとなった際のOx濃度及びその時刻について、発令局と対象地域間でどの程度の類似性があるかどうかを検証することである。そこで、一の宮、長陽においてOx日最大濃度が80ppb以上となった日について、次の項目について検証を行った。

- ・Ox濃度挙動の類似性 → Ox濃度相関係数にて検証
- ・高濃度Oxとなる時刻 → 日最大濃度に到達した時刻の差にて検証
- ・高濃度時のOx濃度レベル → 日最大濃度の差にて検証

1 Ox濃度挙動の類似性の検証

一の宮、長陽のOx日最大濃度が80ppb以上となった期間のOx濃度時系列変化グラフを示す(図2)。一の宮、長陽は阿蘇保健所局とOx濃度が同じ濃度レベルで推移する傾向にあること、並びにその変動パターンも類似性が高いことが分かる。

一の宮、長陽Ox濃度の各常時監視局との相関係数を表1に示した。相関係数は、一の宮、長陽の両地点で、全調査期間及び最大値が80ppb以上となった期間のいずれにおいても、阿蘇保健所局が最も高い相関(0.9056～0.9660)を示した。

2 高濃度Oxとなる時刻の検証

一の宮、長陽のOx日最大濃度が80ppb以上となった日について、一の宮、長陽のOx日最大濃度となった時刻(日最大到達時刻)と各測定局の日最大到達時刻の差[一の宮(長陽)日最大到達時刻-各局日最大到達時刻]の絶対値を算出し、対象日を通しての平均を求め、一の宮、長陽それぞれのOx日最大濃度到達時刻からの各局の差の程度を評価した(表2)。

この結果、Ox日最大濃度到達時刻について、一の宮、長陽との差が最も小さい測定局は菊池市役所(それぞれ1.1時間)であり、一方現行発令局である阿蘇保健所局との差はそれぞれ1.4、2.2時間であった。

この原因としては図2に示す様に、5/6深夜～5/7早朝、5/17深夜～5/18早朝に阿蘇地域が他地点とは異なる特異的な挙動を示した事例が考えられる。5/6は阿蘇地域で5/6の深夜から5/7の早朝まで濃度が上がり、この期間で観測された最大濃度時刻は阿蘇保健所局が5/6の24時、一の宮と長陽は日をまたいで5/7の1、2時であった。このため5/6の日最大濃度時刻は、阿蘇保健所局は24時、一の宮、長陽は深夜よりも日中の濃度が高かったため17時となり、大きな差が生じた。5/17は阿蘇地域で朝から深夜までの間で70～80ppb付近の一定レベルを保ったままの濃度が続き、挙動は3地点とも類似していたが、最大濃度となった時刻が異なっていたため、最

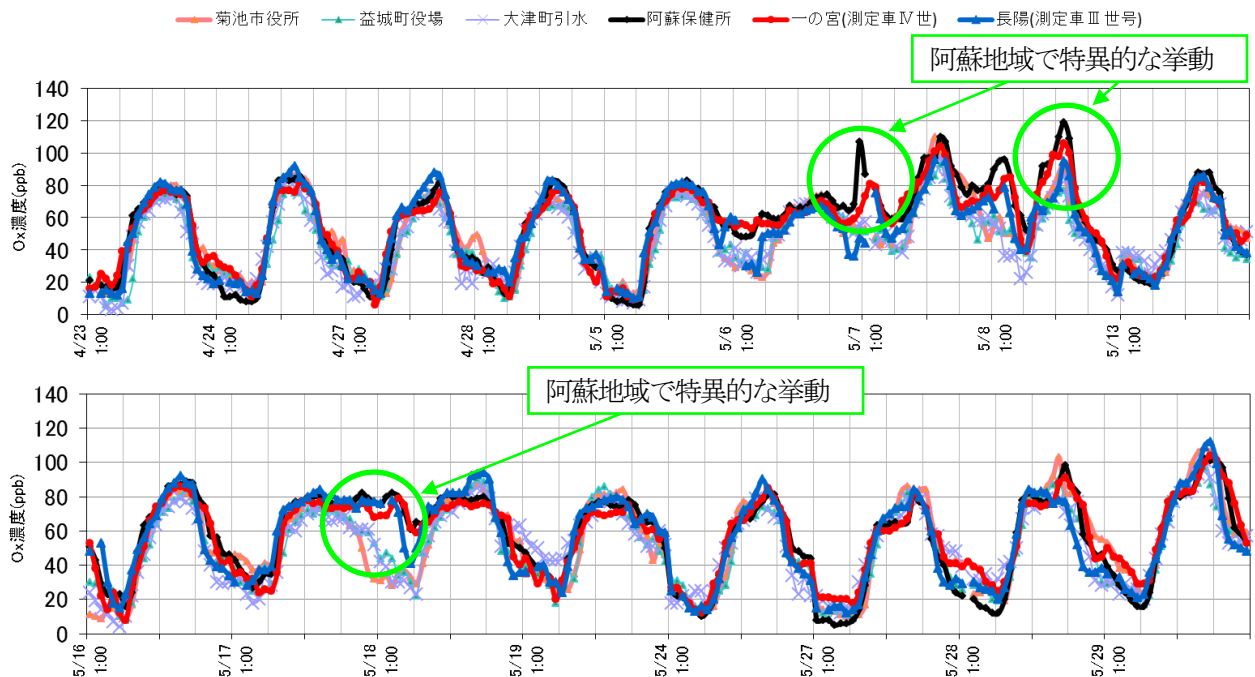


図2 Ox濃度時系列グラフ

表1 一の宮、長陽Oxの各常時監視局との相関係数
※網掛け部分は、阿蘇地域と隣接する測定局

阿蘇一の宮(IV世号)				阿蘇長陽(III世号)			
全測定期間		Ox日最大80以上		全測定期間		Ox日最大80以上	
一の宮(測定車IV世)	1.0000	一の宮(測定車IV世)	1.0000	長陽(測定車III世号)	1.0000	長陽(測定車III世号)	1.0000
阿蘇保健所	0.9413	阿蘇保健所	0.9660	阿蘇保健所	0.9056	阿蘇保健所	0.9234
長陽(測定車III世号)	0.8940	長陽(測定車III世号)	0.9146	一の宮(測定車IV世)	0.8940	益城町役場	0.9163
楡木	0.8363	天明	0.8977	大津町引水	0.8514	一の宮(測定車IV世)	0.9146
京町	0.8347	楡木	0.8967	菊池市役所	0.8466	大津町引水	0.9057
菊池市役所	0.8222	京町	0.8956	楡木	0.8447	甲佐町岩下	0.8967
益城町役場	0.8190	益城町役場	0.8886	京町	0.8408	楡木	0.8952
古町	0.8138	古町	0.8870	益城町役場	0.8404	京町	0.8938
天明	0.8108	宇土運動公園	0.8782	古町	0.8178	天明	0.8907
大津町引水	0.8102	菊池市役所	0.8778	山鹿健康センター	0.8154	古町	0.8895
錦ヶ丘	0.8016	大津町引水	0.8757	天明	0.8119	上天草合津	0.8875
山鹿健康センター	0.8012	山鹿健康センター	0.8715	錦ヶ丘	0.8012	菊池市役所	0.8854
有明保健所	0.7841	有明保健所	0.8629	甲佐町岩下	0.7970	山鹿健康センター	0.8783
宇土運動公園	0.7819	錦ヶ丘	0.8563	有明保健所	0.7865	宇土運動公園	0.8773
甲佐町岩下	0.7688	甲佐町岩下	0.8537	宇土運動公園	0.7811	有明保健所	0.8673
天草保健所	0.7450	天草保健所	0.8528	河浦	0.7769	小田浦公民館	0.8664
上天草合津	0.7335	上天草合津	0.8446	上天草合津	0.7737	人吉保健所	0.8640
小田浦公民館	0.7321	八代市役所	0.8317	天草保健所	0.7729	水俣保健所	0.8633
水俣保健所	0.7311	人吉保健所	0.8182	小田浦公民館	0.7672	天草保健所	0.8625
八代市役所	0.7218	小田浦公民館	0.8158	水俣保健所	0.7661	錦ヶ丘	0.8606
苅北志岐	0.7216	水俣保健所	0.8148	苅北木場	0.7541	河浦	0.8554
苅北木場	0.7057	河浦	0.7866	人吉保健所	0.7537	八代市役所	0.8509
人吉保健所	0.7046	苅北木場	0.7830	苅北志岐	0.7407	苅北木場	0.8443
河浦	0.6975	苅北志岐	0.7787	八代市役所	0.7369	苅北志岐	0.7926
荒尾市役所	0.6692	荒尾市役所	0.7628	荒尾市役所	0.6683	荒尾市役所	0.7600

大濃度時刻に大きな差が生じた。

以上のことから、現行の解析方法で、より適切に評価するため、5/6と5/17の観測値を除いて解析した結果を表3に示す。一の宮と阿蘇保健所局は最も差が小さくなった(0.5時間の差)。また、長陽と阿蘇保健所局は差が最も小さくなるまで至らなかったものの、2.2時間から1.5時間に差が小さくなった。

3 高濃度時のOx濃度レベルの検証

一の宮、長陽のOx日最大濃度が80ppb以上となった日について、一の宮、長陽のOx日最大濃度に対する各測定局との日最大濃度差の割合(%) [(一の宮(長陽)Ox日最大濃度-各局日最大濃度) / 一の宮(長陽)Ox日最大濃度 × 100] の絶対値を算出し、対象日を通しての平均を求め、一の宮、長陽それぞれのOx日最大濃度からの各局の差の程度を評価した(表4)。この結果、Ox日最大濃度について一の宮、長陽との差が最も小さい測定局は菊池市役所局であり、それぞれ6.2%、8.4%の差であった。一方、現行発令局である阿蘇保健所局との差はそれぞれ8.4%、10.5%であった。

この原因としては、5/6の夜間に阿蘇地域で高濃度となった事例が考えられた。この期間阿蘇地域で同じ挙動を示したものの、5/6と5/17に濃度のピークの出現日が分かれていた。加えて阿蘇保健所局では特異的にこの期間高いOx濃度が観測された。このことで5/6の最大濃度は、一の宮では70ppb、長陽では67ppb、阿蘇保健所局は107ppbであり阿蘇保健所局と

一の宮、長陽の濃度差は最大40ppbとなり、最大濃度に大きな差ができた。この結果から現行の解析方法で、より適切に評価するため、5/6の観測値を除いて検証すると、一の宮、長陽の両地点で最大濃度の差が最も小さい地点は阿蘇保健所局となった(表5)。

4 阿蘇地域の深夜における特異的な挙動について

先に述べた阿蘇地域の特異的な挙動のうち、夜間における観測値の比較を行うため、阿蘇保健所局に対する菊池市役所局、一の宮、長陽の夜間の観測値の相関図を示す(図3)(時刻の検証と濃度レベルの検証において、比較的類似性の高い菊池の観測値も比較した)。図3より、菊池市役所局は一の宮、長陽と比べて観測値のばらつきが大きく、低濃度側に多く分布し、一の宮、長陽の観測値とは相関が悪い結果となった。また、回帰直線の傾きが0.5194と小さいことから、菊池市役所局は夜間に低濃度になる傾向にあった。このことから夜間のOx濃度挙動は阿蘇地域の3地点は他地点と明らかに異なる挙動を示していることが分かった。

5 考察

一の宮、長陽は、現行発令局である阿蘇保健所局と相関性が高く、明確な類似性が見られた。Ox日最大濃度到達時間と濃度レベルについては菊池市役所局に類似性が見られたが、これは夜間に高濃度となってその時間帯の最大濃度が阿蘇保健所局と一の宮、長陽で日をまたいで観測され、日最大濃度

表2 一の宮、長陽それぞれのOx日最大到達時刻からの各局の差(時間)

※網掛け部分は、阿蘇地域と隣接する測定局

阿蘇一の宮との最大濃度時刻差の絶対値 (局データ-阿蘇一の宮データ)	阿蘇長陽との最大濃度時刻差の絶対値 (局データ-長陽データ)
一の宮(測定車IV世)	0.00
菊池市役所	1.06
長陽(測定車III世号)	1.35
櫛木	1.41
甲佐町岩下	1.41
上天草合津	1.41
阿蘇保健所	1.41
益城町役場	1.47
山鹿健康センター	1.53
大津町引水	1.53
京町	1.71
古町	1.76
人吉保健所	1.76
水俣保健所	1.82
河浦	1.82
天明	1.88
有明保健所	2.47
苅北木場	2.53
小田浦公民館	2.65
荒尾市役所	2.76
宇土運動公園	2.76
天草保健所	2.76
櫛ヶ丘	3.12
苅北志岐	3.24
八代市役所	3.29
長陽(測定車III世号)	0.00
菊池市役所	1.12
大津町引水	1.12
益城町役場	1.18
人吉保健所	1.24
山鹿健康センター	1.35
古町	1.35
一の宮(測定車IV世)	1.35
上天草合津	1.47
京町	1.53
天明	1.59
櫛木	1.59
甲佐町岩下	1.59
河浦	1.65
水俣保健所	1.76
荒尾市役所	2.00
小田浦公民館	2.00
苅北木場	2.00
阿蘇保健所	2.18
櫛ヶ丘	2.24
宇土運動公園	2.35
有明保健所	2.41
天草保健所	2.59
八代市役所	3.00
苅北志岐	3.06

表3 5/6・5/17を除いた一の宮、長陽それぞれのOx日最大到達時刻からの各局の差(時間)

※網掛け部分は、阿蘇地域と隣接する測定局

阿蘇一の宮との最大濃度時刻差の絶対値 (局データ-阿蘇一の宮データ)	阿蘇長陽との最大濃度時刻差の絶対値 (局データ-長陽データ)
一の宮(測定車IV世)	0.00
阿蘇保健所	0.53
上天草合津	1.00
菊池市役所	1.20
水俣保健所	1.33
長陽(測定車III世号)	1.40
天明	1.47
櫛木	1.47
益城町役場	1.47
甲佐町岩下	1.47
山鹿健康センター	1.60
河浦	1.60
大津町引水	1.60
京町	1.67
人吉保健所	1.67
古町	1.73
苅北木場	2.00
有明保健所	2.13
小田浦公民館	2.33
荒尾市役所	2.40
天草保健所	2.40
宇土運動公園	2.47
櫛ヶ丘	2.73
苅北志岐	2.87
八代市役所	3.00
長陽(測定車III世号)	0.00
人吉保健所	0.93
菊池市役所	1.13
大津町引水	1.13
上天草合津	1.20
山鹿健康センター	1.27
天明	1.27
櫛木	1.27
益城町役場	1.27
水俣保健所	1.40
一の宮(測定車IV世)	1.40
京町	1.47
櫛木	1.53
苅北木場	1.53
河浦	1.53
甲佐町岩下	1.53
阿蘇保健所	1.53
荒尾市役所	1.67
小田浦公民館	1.73
櫛ヶ丘	1.97
宇土運動公園	2.13
有明保健所	2.20
天草保健所	2.33
八代市役所	2.80
苅北志岐	2.80

時刻と最大濃度に大きな差が生じてしまった事例や、阿蘇地域での朝から深夜まで高濃度レベルで推移した事例に起因する結果であり、これらの特異的な事例を除いて解析すると、総合的には阿蘇保健所局と最も高い類似性を示した。これらのことから、一の宮、長陽を含む阿蘇地域の発令局としては、阿蘇保健所局が適切であると判断された。

まとめ

光化学スモッグ注意報等の発令局(阿蘇保健所)と発令地域内のOx濃度類似性の検証を目的として、一の宮、長陽に大気環境測定車を設置してOx濃度調査を行った。

表4 一の宮、長陽それぞれのOx日最大濃度からの各局の差の割合(%)

※網掛け部分は、阿蘇地域と隣接する測定局

絶対値最大濃度差比率(阿蘇一の宮最大Ox-局最大Ox)/阿蘇一の宮最大Ox(×100)(%)	絶対値最大濃度差比率(阿蘇長陽最大Ox-局最大Ox)/阿蘇長陽最大Ox(×100)(%)
一の宮(測定車IV世)	0.0
菊池市役所	6.2
大津町引水	6.6
有明保健所	7.9
京町	8.1
櫛木	8.1
長陽(測定車III世号)	8.3
阿蘇保健所	8.4
山鹿健康センター	8.6
益城町役場	8.7
古町	9.0
甲佐町岩下	9.3
天明	9.9
上天草合津	10.3
天草保健所	11.2
苅北木場	11.6
人吉保健所	12.0
河浦	13.4
八代市役所	13.7
苅北志岐	14.2
小田浦公民館	15.0
宇土運動公園	15.5
水俣保健所	16.1
荒尾市役所	16.8
櫛ヶ丘	17.3
長陽(測定車III世号)	0.0
一の宮(測定車IV世)	7.8
菊池市役所	8.4
大津町引水	9.1
櫛木	10.1
京町	10.3
有明保健所	10.4
阿蘇保健所	10.5
山鹿健康センター	10.9
甲佐町岩下	11.0
益城町役場	11.0
上天然草合津	11.6
苅北木場	11.8
古町	12.2
天明	12.2
河浦	13.5
天草保健所	13.8
苅北志岐	13.9
人吉保健所	15.3
八代市役所	16.3
小田浦公民館	17.2
水俣保健所	17.4
櫛ヶ丘	17.8
宇土運動公園	17.9
荒尾市役所	18.2

表5 5/6を除いた一の宮、長陽それぞれのOx日最大濃度からの各局の差の割合(%)

※網掛け部分は、阿蘇地域と隣接する測定局

絶対値最大濃度差比率(阿蘇一の宮最大Ox-局最大Ox)/阿蘇一の宮最大Ox(×100)(%)	絶対値最大濃度差比率(阿蘇長陽最大Ox-局最大Ox)/阿蘇長陽最大Ox(×100)(%)
一の宮(測定車IV世)	0
阿蘇保健所	5.6
菊池市役所	6.2
大津町引水	6.9
京町	8.2
有明保健所	8.4
長陽(測定車III世号)	8.5
櫛木	8.6
山鹿健康センター	8.7
益城町役場	9.1
古町	9.4
甲佐町岩下	9.8
天明	10.3
上天草合津	10.5
天草保健所	11.0
苅北木場	11.6
人吉保健所	12.5
河浦	12.9
八代市役所	14.5
苅北志岐	14.8
小田浦公民館	15.7
宇土運動公園	15.8
水俣保健所	16.6
荒尾市役所	17.3
櫛ヶ丘	18.1
長陽(測定車III世号)	0
阿蘇保健所	7.4
一の宮(測定車IV世)	8.0
菊池市役所	8.3
大津町引水	9.5
京町	10.3
櫛木	10.4
有明保健所	10.8
山鹿健康センター	10.9
甲佐町岩下	11.4
苅北木場	11.5
益城町役場	11.5
上天然草合津	11.6
天明	12.5
古町	12.5
河浦	12.7
天草保健所	13.4
苅北志岐	14.2
人吉保健所	15.7
八代市役所	17.0
水俣保健所	17.7
小田浦公民館	17.7
櫛ヶ丘	18.3
荒尾市役所	18.5
宇土運動公園	18.6

一の宮、長陽のOx濃度は、時系列グラフから阿蘇保健所局に近い挙動を示しており、相関係数も高い値を示した。

Ox濃度の挙動と、Ox日最大濃度到達時刻について類似性を検証した結果、一の宮、長陽は菊池市役所局と最も高い類似性を示した。この原因は、日付が変わる時刻にOx日最大濃度が観測された日が測定期間中に数日あり、正しく比較できていないことが分かった。そのため、夜間にOx日最大濃度が観測された日の観測値を除いて比較を行った。その結果、Ox濃度の挙動と、Ox日最大濃度到達時刻について、一の宮、長陽は阿蘇保健所局と最も高い類似性を示した。また、夜間における相関を示す図3から、一の宮、長陽は菊池市役所局

よりも阿蘇保健所局に高い類似性を示した。

これらのことから、一の宮、長陽を含む阿蘇地域の発令局としては、阿蘇保健所局が適切であると判断された。

参考

- 1) 村岡俊彦, 林英明, 北岡宏道: 熊本県保健環境科学研究所報, 41, 55(2012)

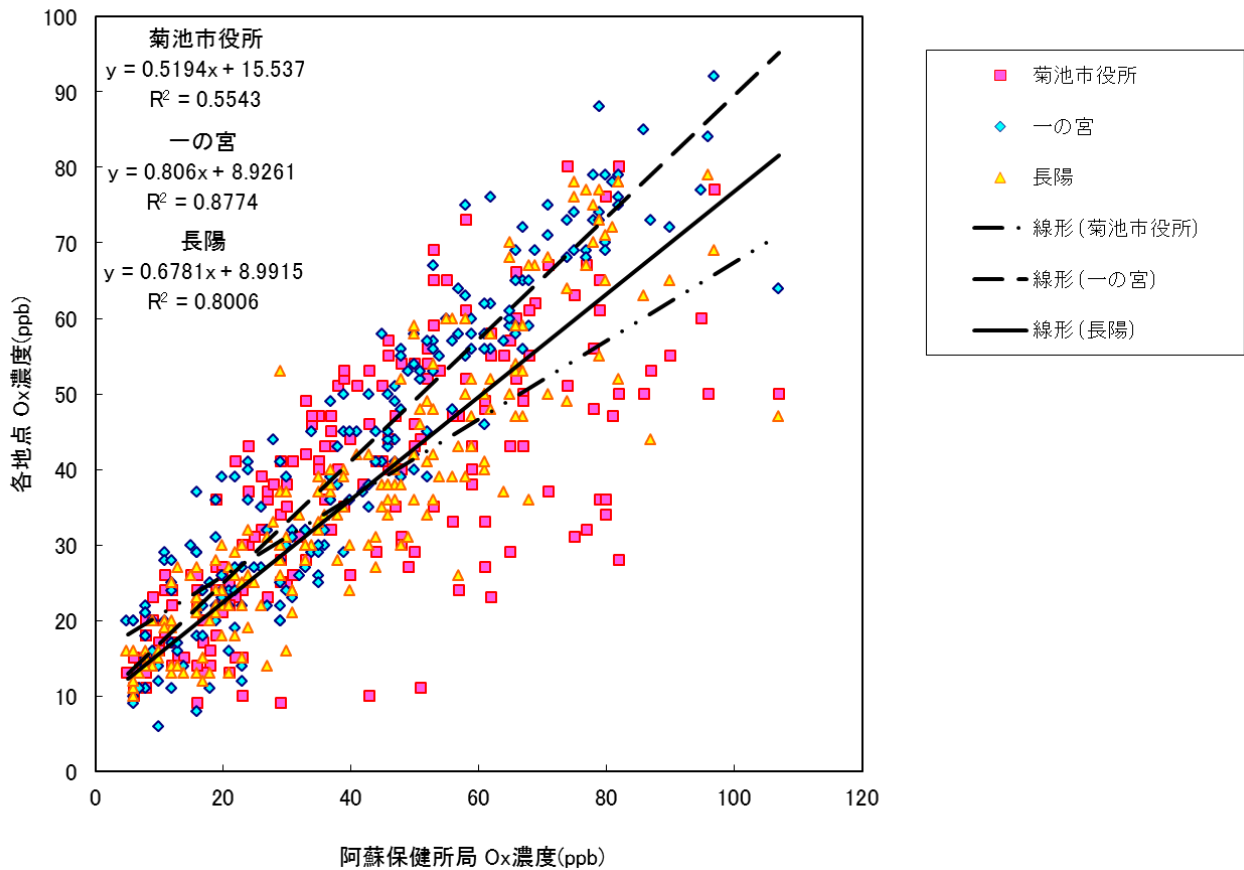


図3 夜間における阿蘇保健所局に対する各測定局のO₃濃度相関図

10) 阿蘇地域高濃度オキシダント観測事例の解析

古澤 尚英 村岡 俊彦 北岡 宏道

要 旨

平成24年5月7日に九州一円で高濃度光化学オキシダントが観測され、福岡等で光化学スモッグ注意報が発令された。翌日の5月8日は九州のほとんどの地域で光化学オキシダント濃度が低下したにも関わらず、阿蘇保健所局では前日より高濃度となり、九州内で唯一100ppbを超える値が観測され、光化学スモッグ予報が発令された。後方流跡線解析の結果からは、九州に到達した気塊の経路に地域差は見られなかった。しかし、この日の境界層高度は低く、九州の監視局の中では最も高い地点にある阿蘇保健所（標高約500m）は、上層のオゾンや越境移流による光化学オキシダントの影響を受けやすかったことが考えられ、気象条件や地形的条件から、阿蘇保健所局で高濃度光化学オキシダントが観測されたと推察された。

キーワード：光化学オキシダント，光化学スモッグ注意報発令，後方流跡線解析

はじめに

阿蘇地域は阿蘇外輪山に四方を囲まれたカルデラ内に存在しており、平成24年5月8日の光化学オキシダント（以下「Ox」とする。）の観測で、九州の他の地点では観測されなかった高濃度が観測され¹⁾。この事例を解析するために九州7県のOx観測値を使用して解析を行い、気象や地理的条件を踏まえて考察を行ったので報告する。

解析方法

各県で観測されている監視局の観測値は、環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」²⁾に掲載されるようになっており、ここから九州7県（沖縄を除く）のOx測定値の観測値を取得した。また、後方流跡線（国立環境研究所のCGER METEX³⁾）を、5月7日の21時から5月8日14時の期間で作成し、九州に到達する気塊の経路を辿った。これらの観測値と気象庁の発表する気象統計情報⁴⁾を参照し、当日の大気の状態を踏まえてOxの発生要因を推測した。

結果と考察

1. Ox濃度挙動の地域差の検証

図1に5/6～5/8のOx濃度の挙動を示した。5/7の深夜から5/8の早朝にかけて阿蘇保健所局においてOx濃度が他の地域と異なり高濃度となっている。この挙動は九州の中でも阿蘇地域において特に顕著に見られた現象であり、阿蘇保健所より北西約6kmの標高約900m地点（草地畜産研究所にオキシダント計を設置して測定）のOx濃度は5/8の早朝5時に既に100ppbを超える値が観測されている（図1）。

この時間帯のOx濃度の挙動を九州各県の観測値と比較する。測定地点が多いため、九州を北部（福岡県、佐賀県、長崎県）、中部（熊本県、大分県）、南部（宮崎県）に分けて図2～図4に示した。なお、鹿児島県はOx濃度上昇が顕著に現れなかったため除外した。九州北部ではOx濃度の上昇が見られない地域が多く、九州中部、南部で上昇が見られる（図2～図4）。また、5/8の14時のOx濃度の分布図（図5）と図2～図4とを比較すると、東シナ海に面している長崎県、佐賀県の有明海沿岸、熊本県の有明海、八代海沿岸でOx濃

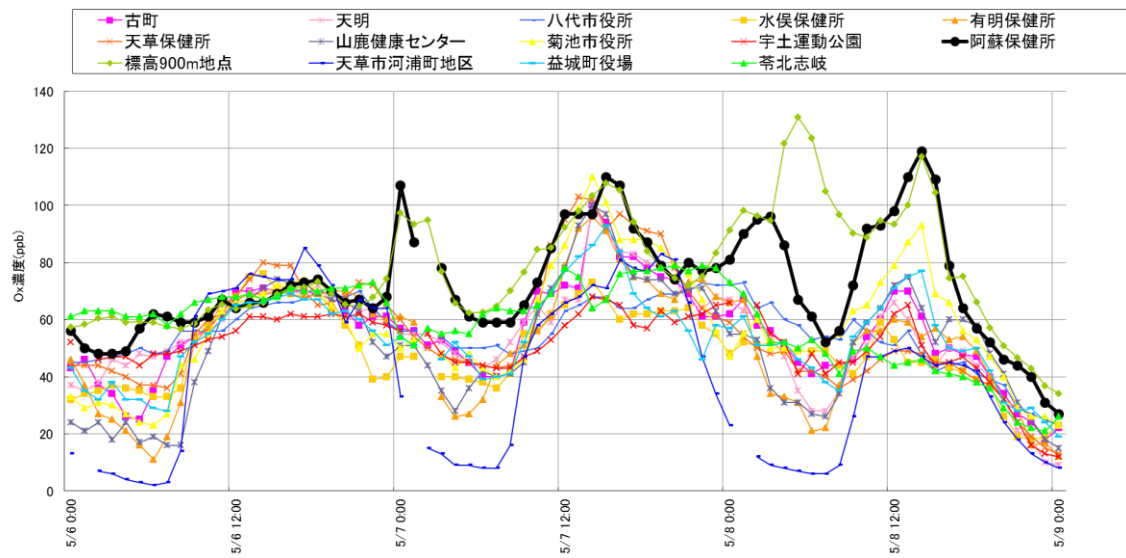


図1 5/7~5/8における熊本県内のO₃濃度挙動

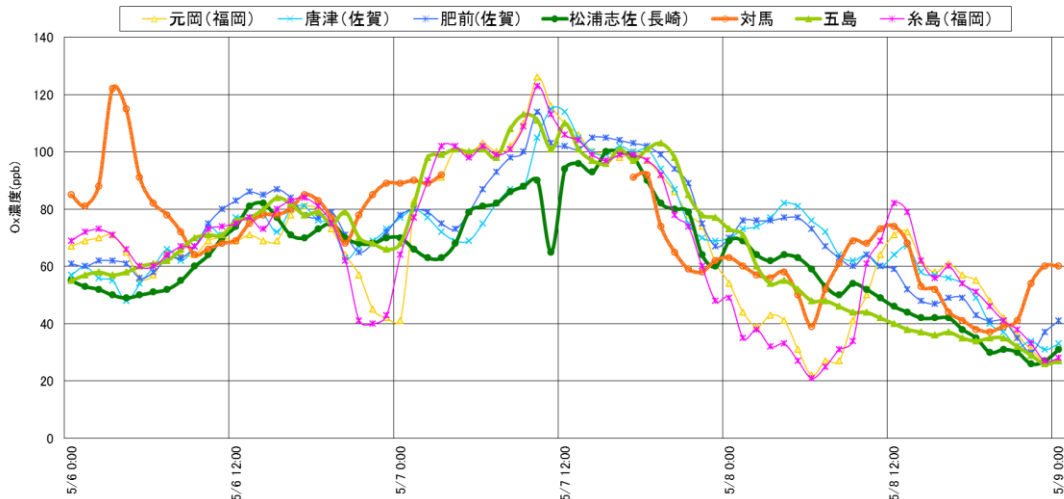


図2 九州北部(福岡, 佐賀, 長崎)の5/6~5/8における九州内O₃濃度挙動

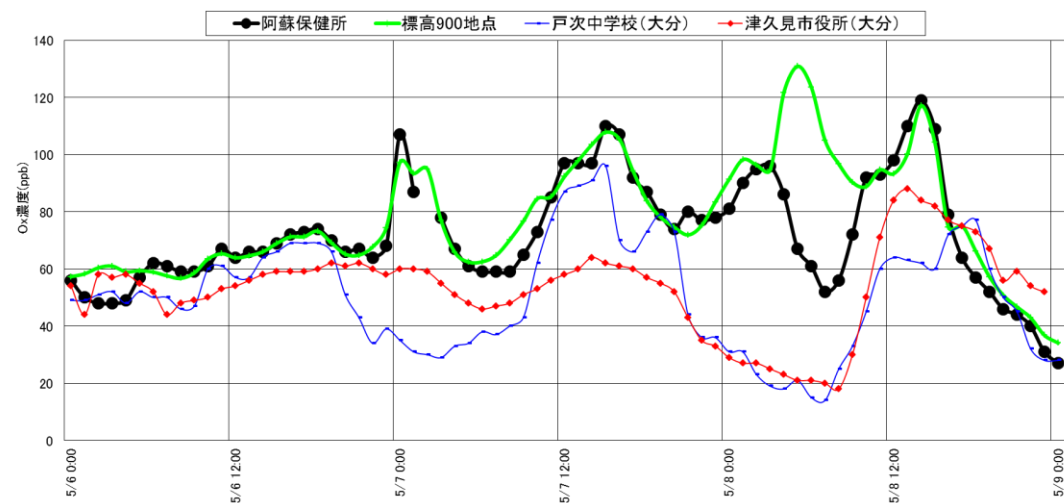


図3 九州中部(熊本, 大分)の5/6~5/8における九州内O₃濃度挙動

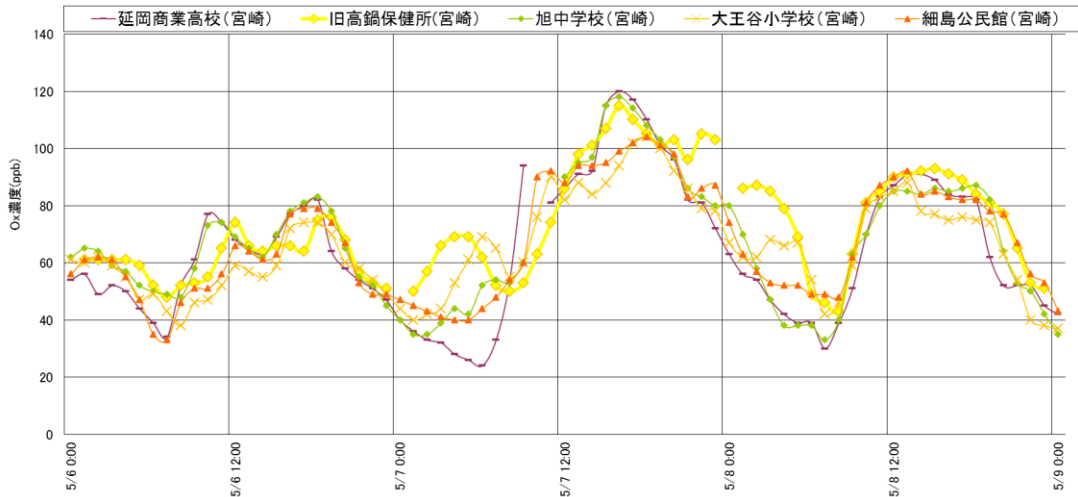


図4 九州南部（宮崎）の5/6～5/8における九州内Ox濃度挙動

度が低い値が観測され、熊本県の阿蘇地域、大分県の内陸部、宮崎県の宮崎市以北で比較的高い値が観測された。このことは図2～図4でも確認することができる。

2. 後方流跡線による解析

5/7の21時、5/8の3時、6時、14時について後方流跡線解析を行った。後方流跡線解析は国立環境研究所のCGER METEX³⁾から起点高度1500m、72時間前まで行った(図6)。図6に示した5/7～5/8の流跡線結果より、先に述べた地域的なOxの差は見られるものの、各地点の流跡線には明確な差は見られず、特に到達する気塊の経路の違いによりOx濃度差が生じている訳ではない。Oxが高濃度となった原因には、大陸からの越境移流の他に、前日の昼間に生成されたOxが滞留して高濃度になる場合も考えられたため、後方流跡線上に6時間毎にマーカーを示し、前日昼間の気塊の位置を確認した。

阿蘇地域で夜間に高濃度となった5/8の3時、6時の結果(図6-b, 6-c)から、6時間前には長崎県沖付近に存在していることがわかる。このことから、昼間に九州県内で高濃度となったOxが滞留し、夜間のOx濃度に影響を与えたとは考えづらい。また、阿蘇保健所局で日最大値となった5/8の14時の結果(図6-d)でも同様に、18時間前には長崎県五島沖に気塊があり、九州内に長時間滞留しておらず、前日に発生したOxの影響はないものと考えられる。

流跡線の起点高度の違いによる影響を確認するため、5/8の6時と5/8の14時について、糸島(福岡県)、阿蘇保健所、都城高専(宮崎県)で高度500m、1500mで同様に後方流跡線解析を行った(図7)。この結果から、起点高度の違いで気塊の流れてくる方向は違うものの、いずれの高度でも到達する気塊経路の地域的な差は明瞭ではなかった。

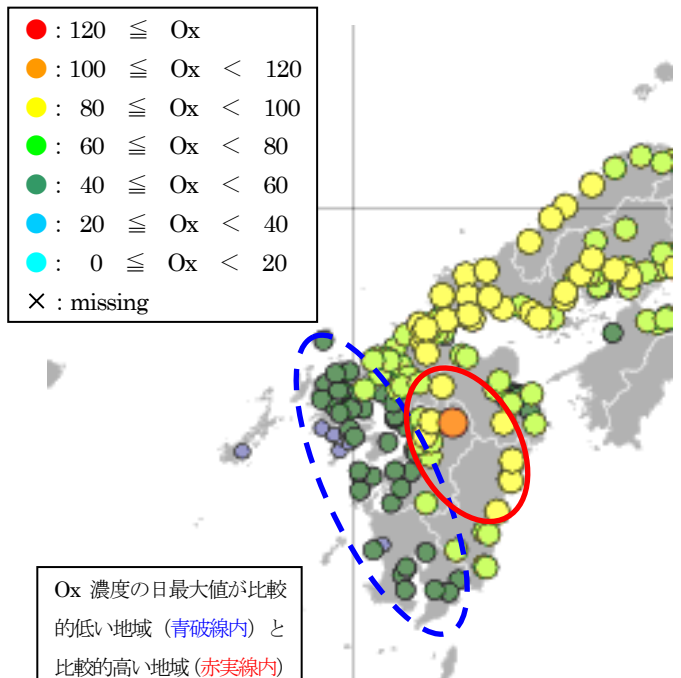


図5 5/8の14時におけるOx濃度の分布図(環境省)

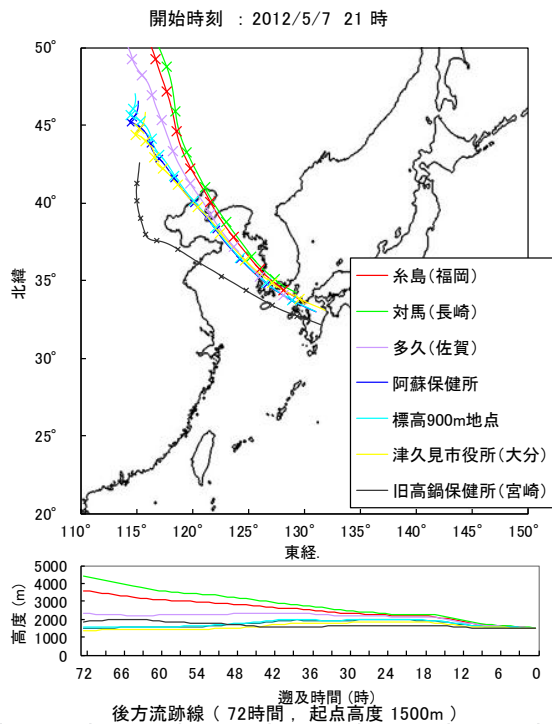
3. 5月8日の気象条件

表1に当日の福岡、熊本、大分、宮崎における気象情報を、表2に阿蘇保健所におけるCGER METEXの出力結果を示す。表1より、天気は概ね曇りで日射量が特に高いわけではなく、高濃度のOxが生成される条件を満たしていなかった(Oxの生成には日射量、気温、風速が関係している⁴⁾)。

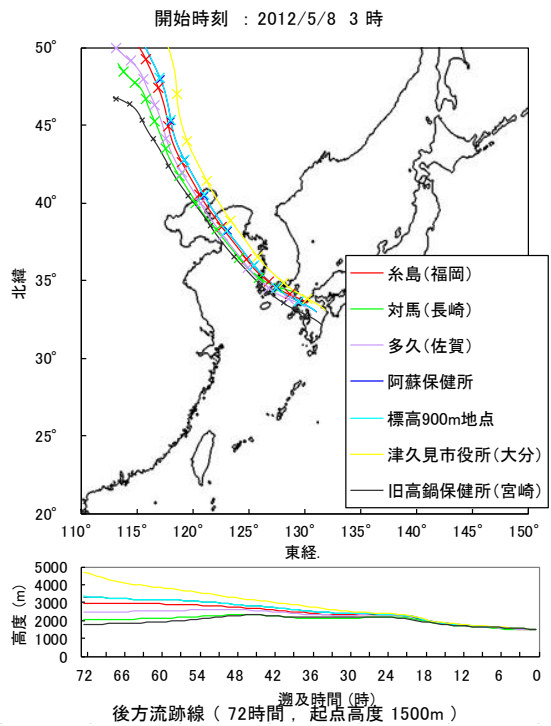
表2のCGER METEXで算出された境界層高度は500m以下の低い位置にあり、九州北部、中部の他の地点も同様の高度であった。

4. 考察

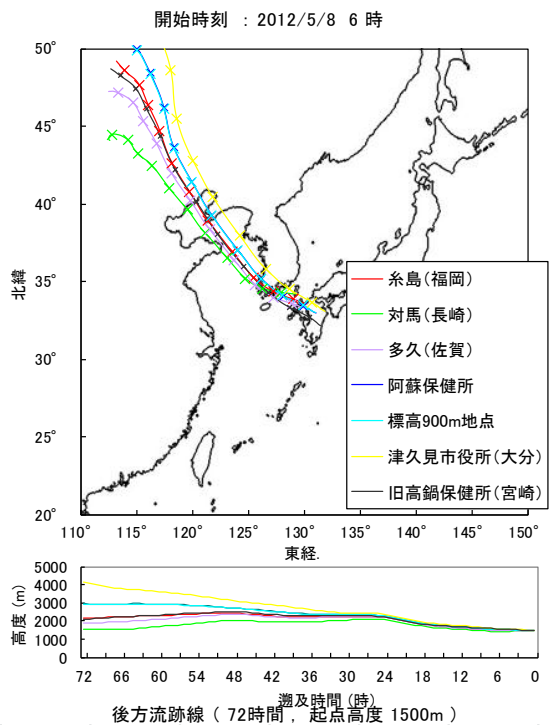
標高900m地点でのOx濃度観測値と当日の気象情報から、越境移流により上層に流入していた高濃度Oxは九州北部では境



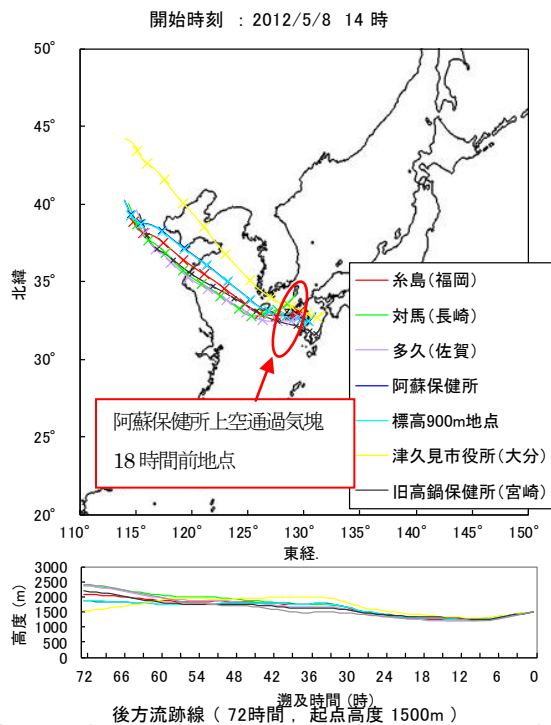
6-a



6-b



6-c



6-d

図6 (a~d) 5/7 21時~5/8 14時の後方流跡線解析 (起点高度1500m)

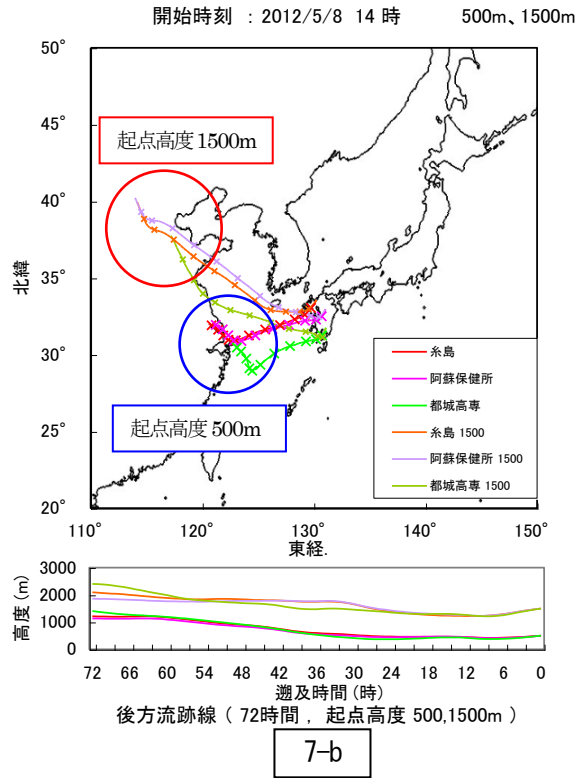
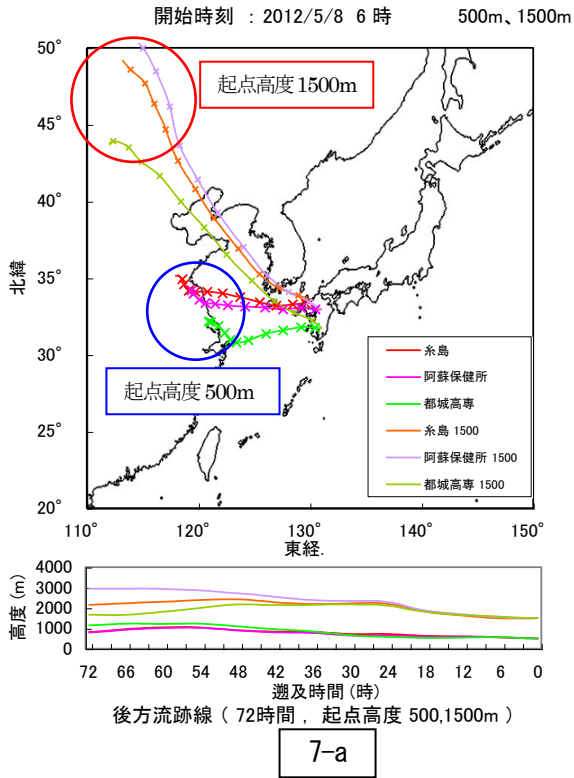


図7(a, b) 5/8 6時と5/8 14時における500m, 1500m上空での後方流跡線解析

表1 福岡、熊本、大分、宮崎における平成24年5月の気象情報⁴⁾

日	風向・風速(m/s)								日照時間(h)	全天日射量(MJ/m ²) 合計	雪(cm)		雲量 平均	天気概況	
	平均風速	最大風速		最大瞬間風速			最多風向	降雪合計			最深積雪値	昼 (06:00-18:00)		夜 (18:00-翌日06:00)	
		風速	風向	時分	風速	風向									時分
福岡 2012年5月															
6	3	6.4	西南西	6:24	13.9	西	6:03	北	9.2	24.06	--	--	3.8	晴一時曇	曇後晴
7	2.8	6.6	北西	13:36	12	北西	13:06	南	6.4	17.5	--	--	6.3	曇後晴	晴後曇
8	3	5.8	西南西	18:42	9.3	南西	17:15	南東	4.3	15.96	--	--	10	曇後一時晴	晴時々曇
9	3.6	7.7	北	15:21	10.5	北	15:17	北	11.6	25.26	--	--	2	晴	晴時々曇
10	5.4	8.4	北	13:34	12.2	北	13:32	北	6.4	18.29	--	--	6.3	曇後晴	晴後一時曇
熊本 2012年5月															
6	2.7	4.7	西南西	17:22	7.8	南西	7:46	南西	10	24.87	--	--	2	晴一時薄曇	晴後一時曇
7	3.9	8.2	西南西	14:25	12.9	西南西	14:12	南西	8.8	22.05	--	--	6	晴後一時曇	曇
8	1.8	5.1	西南西	13:39	9	南西	14:25	西南西	4.4	18.39	--	--	9.5	薄曇時々晴	曇後晴
9	2.1	5.1	北西	17:01	7.7	北西	16:55	北	11.4	27.41	--	--	3.8	晴	晴
10	2.6	7.2	北北西	17:42	11.3	北北西	17:36	北北西	11.5	24.31	--	--	2.3	晴	快晴
大分 2012年5月															
6	3.1	5.6	西南西	9:11	11.9	西南西	9:03	南南西	9.6	23.3	--	--	3.3	晴一時薄曇	晴
7	2.9	8.6	西	13:23	14.3	西	13:15	南南西	8	20.91	--	--	4.8	晴一時薄曇	薄曇
8	1.6	3.7	北北西	13:39	6.1	北北西	23:14	北	1.3	13.78	--	--	10	薄曇	曇後一時晴
9	2.4	6	北東	12:32	9.2	北北東	13:00	北西	11.4	25.24	--	--	2.8	晴	晴
10	3.7	7.2	北北西	23:22	12.8	北北西	23:14	北北西	10.5	21.36	--	--	4.8	晴時々薄曇	晴一時曇
宮崎 2012年5月															
6	4.7	8.8	西南西	9:52	14.7	西南西	8:09	西	12.4	27.08	--	--	0.5	晴一時薄曇	快晴
7	6	9.6	西	15:44	14.1	西南西	13:43	西南西	9.6	22.7	--	--	2.8	晴	曇時々晴
8	2.7	5	西南西	0:55	7.4	西南西	0:38	西北西	2.5	15.89	--	--	10	曇	曇
9	2.5	5.8	東	15:29	7.8	東北東	17:31	西北西	7.7	22.75	--	--	6.5	曇後晴	晴後一時薄曇
10	2.6	5.1	東南東	13:31	7.7	東	13:47	東	10.4	23.66	--	--	5	薄曇後時々晴	晴

表2 阿蘇保健所（熊本県）の高度1500mにおけるCGER METEXの出力結果

※ 日時：協定世界時（UTC）表示, longitude：東経, latitude：北緯

※ height：気塊の高度, boundary layer height：境界層高度

year	month	day	hour	longitude [deg]	latitude [deg]	height [m] above sea-level	boundary layer height [m]
2012	5	8	5	131.05	32.97	1500	375
2012	5	8	4	130.95	32.86	1471	337
2012	5	8	3	130.86	32.75	1438	308
2012	5	8	2	130.76	32.66	1404	287
2012	5	8	1	130.66	32.58	1366	273
2012	5	8	0	130.56	32.51	1325	264
2012	5	7	23	130.46	32.46	1289	266
2012	5	7	22	130.36	32.42	1261	268
2012	5	7	21	130.25	32.41	1242	267
2012	5	7	20	130.13	32.42	1233	264
2012	5	7	19	130.02	32.44	1233	259
2012	5	7	18	129.89	32.48	1240	253
2012	5	7	17	129.75	32.53	1252	250
2012	5	7	16	129.57	32.58	1261	251
2012	5	7	15	129.38	32.62	1269	253
2012	5	7	14	129.16	32.66	1277	255
2012	5	7	13	128.92	32.7	1286	256
2012	5	7	12	128.66	32.74	1296	257
2012	5	7	11	128.4	32.77	1307	278
2012	5	7	10	128.14	32.81	1320	294
2012	5	7	9	127.87	32.85	1334	304
2012	5	7	8	127.61	32.89	1352	309
2012	5	7	7	127.35	32.95	1374	319
2012	5	7	6	127.1	33.01	1399	334
2012	5	7	5	126.84	33.08	1425	324
2012	5	7	4	126.58	33.16	1453	311
2012	5	7	3	126.31	33.25	1483	297
2012	5	7	2	126.03	33.36	1518	281
2012	5	7	1	125.75	33.49	1560	266
2012	5	7	0	125.47	33.65	1610	254
2012	5	6	23	125.18	33.83	1664	251
2012	5	6	22	124.88	34.02	1710	250
2012	5	6	21	124.56	34.2	1746	250
2012	5	6	20	124.24	34.39	1768	250
2012	5	6	19	123.89	34.58	1777	250
2012	5	6	18	123.54	34.78	1773	250
2012	5	6	17	123.19	34.99	1764	250
2012	5	6	16	122.85	35.18	1760	251
2012	5	6	15	122.52	35.38	1762	255
2012	5	6	14	122.2	35.57	1768	273
2012	5	6	13	121.89	35.75	1776	306
2012	5	6	12	121.59	35.92	1785	358
2012	5	6	11	121.29	36.08	1791	543
2012	5	6	10	120.98	36.25	1791	794
2012	5	6	9	120.66	36.42	1787	1111
2012	5	6	8	120.34	36.59	1782	1490
2012	5	6	7	120	36.77	1778	1929
2012	5	6	6	119.64	36.95	1777	2475
2012	5	6	5	119.29	37.14	1778	2371
2012	5	6	4	118.95	37.33	1777	2164
2012	5	6	3	118.62	37.51	1772	1850
2012	5	6	2	118.29	37.7	1765	1392
2012	5	6	1	117.97	37.88	1758	854
2012	5	6	0	117.66	38.07	1751	250
2012	5	5	23	117.34	38.25	1748	250
2012	5	5	22	117.02	38.4	1748	250
2012	5	5	21	116.7	38.53	1751	250
2012	5	5	20	116.39	38.63	1755	250
2012	5	5	19	116.09	38.7	1758	250
2012	5	5	18	115.78	38.73	1759	250
2012	5	5	17	115.5	38.75	1762	291
2012	5	5	16	115.26	38.79	1769	325
2012	5	5	15	115.05	38.85	1778	351
2012	5	5	14	114.87	38.93	1789	373
2012	5	5	13	114.74	39.03	1800	390
2012	5	5	12	114.63	39.16	1812	402
2012	5	5	11	114.54	39.31	1822	656
2012	5	5	10	114.44	39.46	1831	918
2012	5	5	9	114.35	39.61	1838	1188
2012	5	5	8	114.26	39.76	1844	1467
2012	5	5	7	114.16	39.92	1849	1755
2012	5	5	6	114.07	40.07	1854	2105
2012	5	5	5	113.98	40.23	1861	1891

界層上を通過したため、地上での濃度上昇が見られず、標高約500mの阿蘇保健所局では上層Oxの影響を受けやすかったと考えられる。そのため、Ox濃度の上昇が見られたのだと推察した。また、九州南部の宮崎県の一部地域では九州山脈を気塊が通過する際に高度が上下することによる影響から、Ox濃度が上昇したと推測された。

まとめ

平成24年5月8日の阿蘇保健所局におけるOx濃度は、他の観測地点と比較して高濃度の値が検出されたため、解析を行った。解析には九州各県で観測されたOxの値を比較し、後方流跡線を用いた。

Ox濃度を地域ごとに比較すると、九州の東シナ海沿岸地域でOx濃度はかなり低く、中部、南部の東側地域ではOxが高濃度となる地域的な差が見られた。後方流跡線解析結果から、九州には概ね同一の気塊が到達しており、阿蘇地域を通過した気塊だけ経路が異なっていることは確認できなかった。このことについて、起点高度を1500mと500mに変えて後方流跡線解析を行ったが、高度によって気塊の経路は異なっているものの、地域的な差は見られなかった。

阿蘇保健所局で高濃度のOxが観測された時刻から18時間前(5月7日20時)の気塊は長崎県五島沖にあった。そのため、5月7日に九州内で発生したOxが、5月8日の観測に影響を与えたとは考えられなかった。また、標高約900m地点の観測値及び流跡線を見ると、当日は大陸からの越境移流による高濃度Oxが流入していたことが分かった。

当日の気象情報によれば、Oxが発生しやすい天候ではなく、また、CGER METEXで算出された境界層高度は、5月8日の九州北部、中部で500m以下であった。

これらのことから、越境移流により上層に流入していた高濃度Oxは九州北部では境界層上を通過したため、地上での濃度上昇が見られず、標高約500mの阿蘇保健所局では、この上層Oxの影響を受けやすかったと考えられる。また、九州南部の宮崎県の一部地域では、九州山脈を気塊が通過することによる影響から、Ox濃度が上昇したと推測された。

文献

- 1) 古澤尚英, 村岡俊彦, 北岡宏道: 熊本県保健環境科学研究所報, 42, 71 (2013)
- 2) 環境省大気汚染物質広域監視システム「そらまめ君」
(<http://soramame.taiki.go.jp/>)
- 3) CGER METEX (Meteorological Data Explorer): 国立環境研究所地球環境研究センター
- 4) 気象庁: 気象統計情報
(<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>)