

大気環境のモニタリング

— 微小粒子状物質（PM2.5）の常時監視測定結果 —

宮野愛子・三田村徳子・水嶋清嗣・園 正・服部達明

要約

滋賀県では、微小粒子状物質の常時自動測定を平成24年1月より順次開始している。平成24年度および平成25年度は自動測定局6局が環境基準の評価対象となり、平成24年度は3局で、平成25年度は1局で環境基準を達成した。濃度の月変化を見ると、春季や夏季に高く冬季に低くなる傾向があり、冬季には測定局間に差があった。高濃度観測日の上昇の仕方は、春季より夏季で緩やかであった。他項目との関係を見ると、光化学オキシダントの日最高値との相関係数が最も大きかった。月ごとには、夏季に光化学オキシダントの日最高値と、冬季に非メタン炭化水素の日平均値との間で、ある程度の相関が見られた。

1. はじめに

微小粒子状物質（以下「PM2.5」という。）とは、「大気中に浮遊する粒子状物質であって、粒径が2.5 μm の粒子を50%の割合で分離できる分粒装置を用いて、より粒径の大きい粒子を除去した後に採取される粒子」（環境省，2010）と定義されており、呼吸器系疾患や循環器系疾患といった健康影響が懸念されている。

大気汚染防止法第22条においては、「都道府県知事は、大気汚染の状況を常時監視しなければならない」と定められているが、平成21年9月、PM2.5の環境基準が新たに設定され、平成22年3月には事務の処理基準に常時監視項目として追加された。

PM2.5の環境基準：1年平均値が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であり、かつ、1日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であること。

これを受けて、滋賀県においてもPM2.5の監視体制を整備し、平成24年1月より順次測定を開始したところである。（ただし、自排草津局については、モニタリング試行事業として平成21年度から測定している。）

また、平成25年2月には、環境省の微小粒子状物質（PM2.5）に関する専門家会合において、「広範囲の地域にわたって健康影響の可能性が懸念される場合に、参考情報として広く社会一般に注意を促す」ために、「注意喚起のための暫定的な指針となる値」として、日平均値70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ が設定された。

PM2.5の測定については歴史が浅く、今後、データが蓄積されるものと考えられるが、これまでの測定結果から分

かったことを、他の常時監視項目の測定結果とあわせて報告する。

2. 調査地点および調査項目

滋賀県では、平成26年3月末現在、一般環境大気自動測定局（以下「一般局」という。）8局および自動車排出ガス自動測定局（以下「自排局」という。）1局を設置して、大気汚染の状況を常時監視している。本研究では、これらの測定局における測定値を使用した。（一部、廃止局の測定値も含む。）

測定項目は微小粒子状物質（PM2.5）、二酸化硫黄（SO₂）、浮遊粒子状物質（SPM）、光化学オキシダント（Ox）、窒素酸化物（NO_x）、一酸化炭素（CO）、炭化水素（HC）である。その詳細について表1、図1に示す。なお、PM2.5の測定方法は、自排草津局では光散乱法とベータ線吸収法のハイブリッド方式、その他の測定局ではいずれもベータ線吸収法を用いている。

各測定局において、データは連続測定されているが、環境大気常時監視マニュアル（環境省，2010）に記載があるとおり、1日20時間以上の測定時間を有する測定日を有効測定日とし、本研究においてもこれに満たない測定日は評価対象外とした。環境基準の評価についても同マニュアルに従い、PM2.5は有効測定日が250日以上、SO₂、SPM、NO₂、COは年間測定時間が6000時間以上の場合を対象とした。なお、草津局、守山局、甲賀局のPM2.5については測定機の設置が平成25年度終盤であり、データ数が少ないため、本研究での解析対象から除外した。

表1 調査地点および調査項目

種別	測定局	設置場所	測定項目						
			SO ₂	SPM	O _x	NO _x	CO	HC	PM [※] 2.5
一般環境 大気測定局	草津	草津市草津町1839 (滋賀県立湖南農業高校敷地内)	○	○	○	○			○ H26.3-
	守山	守山市守山五丁目130-5 (保健医療ゾーンみどりの広場内)	○	○	○	○			○ H25.12-
	甲賀	甲賀市水口町水口6200 (滋賀県甲賀合同庁舎別棟1階)			△	△			○ H26.3-
	八幡	近江八幡市中村町25 (近江八幡市立市民保健センター敷地内)	○	○	○	○			○ H24.3-
	東近江	東近江市春日町1-15 (滋賀県立八日市南高校敷地内)	○	○	○	○			○ H24.1-
	(旧)彦根	彦根市芹川町443 (彦根市立東中学校敷地内)	▽	▽	▽	▽			
	彦根	彦根市西今町800 (滋賀県立盲学校敷地内)	△	△	△	△			○ H24.3-
	長浜	長浜市分木町8-5 (滋賀県調理短期大学敷地内)	○	○	○	○			○ H24.1-
	高島	高島市今津町南新保地先 (旧今津水質自動測定局舎内)				○			○ H24.1-
	排出ガス 自動車 測定局	自排草津	草津市草津三丁目14-75 (滋賀県南部合同庁舎敷地内)	○	○	○	○	○	○
自排水口		甲賀市水口町新城地先 (国土交通省水口雪寒基地敷地内)			▽	▽	▽	▽	

※ PM2.5については、測定開始時期を下段に示す。
 △：彦根局は平成24年3月より、甲賀局は平成25年1月より測定開始。
 ▽：(旧)彦根局は平成23年9月まで、自排水口局は平成24年9月まで測定。
 ◎：自排草津局のPM2.5は環境省モニタリング施行事業による。

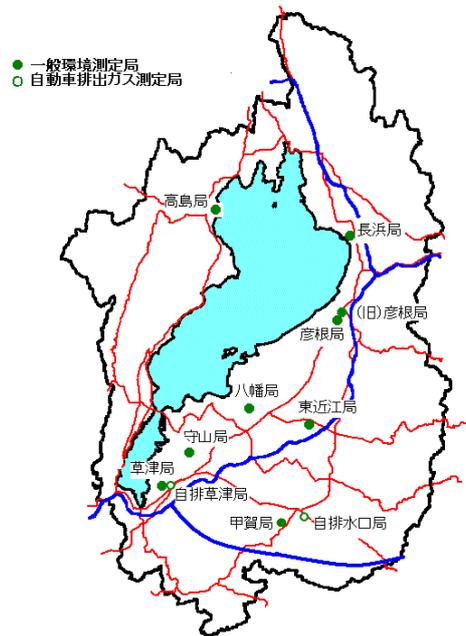


図1 調査地点 (測定局の設置場所)

3. 結果と考察

3.1. 環境基準達成状況

測定項目のうち、PM2.5をはじめ、環境基準が設定されているSO₂、SPM、O_x、NO_x、COについて、最近10年間の結果を図2にまとめた。まず、PM2.5については、平成21~25年度の自排草津局、平成24~25年度の八幡局、東近江局、彦根局、長浜局、高島局が評価の対象となった。

PM2.5の評価は長期基準(年平均値)と短期基準(日平均値の年間98パーセンタイル値)の両方でおこなうが、一般局5局のうち、両基準を達成できたのは平成24年度で彦根局、長浜局、高島局の3局(達成率60%)、平成25年度で高島局1局(達成率20%)であった。自排局はいずれの年度も達成できなかった。詳細については表2のとおりである。環境基準を達成できなかった測定局のうち、多くは長期基準を達成したが、短期基準を達成できていなかった。

なお、平成24年度の全国の達成率は、一般環境大気測定局で43.3%、自動車排出ガス測定局で33.3%であった。

次に、その他の項目について見ると、SO₂、SPM、NO_x、COについては、いずれも環境基準を継続して達成していることが分かる。一方で、O_xについてはこれまで環境基

準を達成できた年度、測定局はなく、全国的に見てもほとんどの地点で環境基準を達成できておらず(環境省, 2014)、滋賀県も同様の状況である。

3.2. PM2.5の季節変化

図3は平成24~25年度のPM2.5月平均値の変化を示したものである。2年間の測定結果ではあるが、どの測定局も同様の変動パターンであることが分かる。傾向として春季(3月から5月)に高濃度、冬季(12月)に低濃度を示しているが、平成25年度においては夏季(7月から8月)にも高濃度が観測された。また、12月から2月にかけては、彦根局、長浜局、高島局といった県北部に位置する測定局で低濃度となっていた。ここで、各月の月平均値について、最大値を示す測定局と最小値を示す測定局間の濃度比(最大値/最小値)をとったところ、両年度において12月の比率が最も大きかった(平成24年度は1.9、平成25年度は1.5)。つまり、12月は低濃度にもかかわらず測定局間の濃度比が高く、他の月より局所的な影響があると言える。

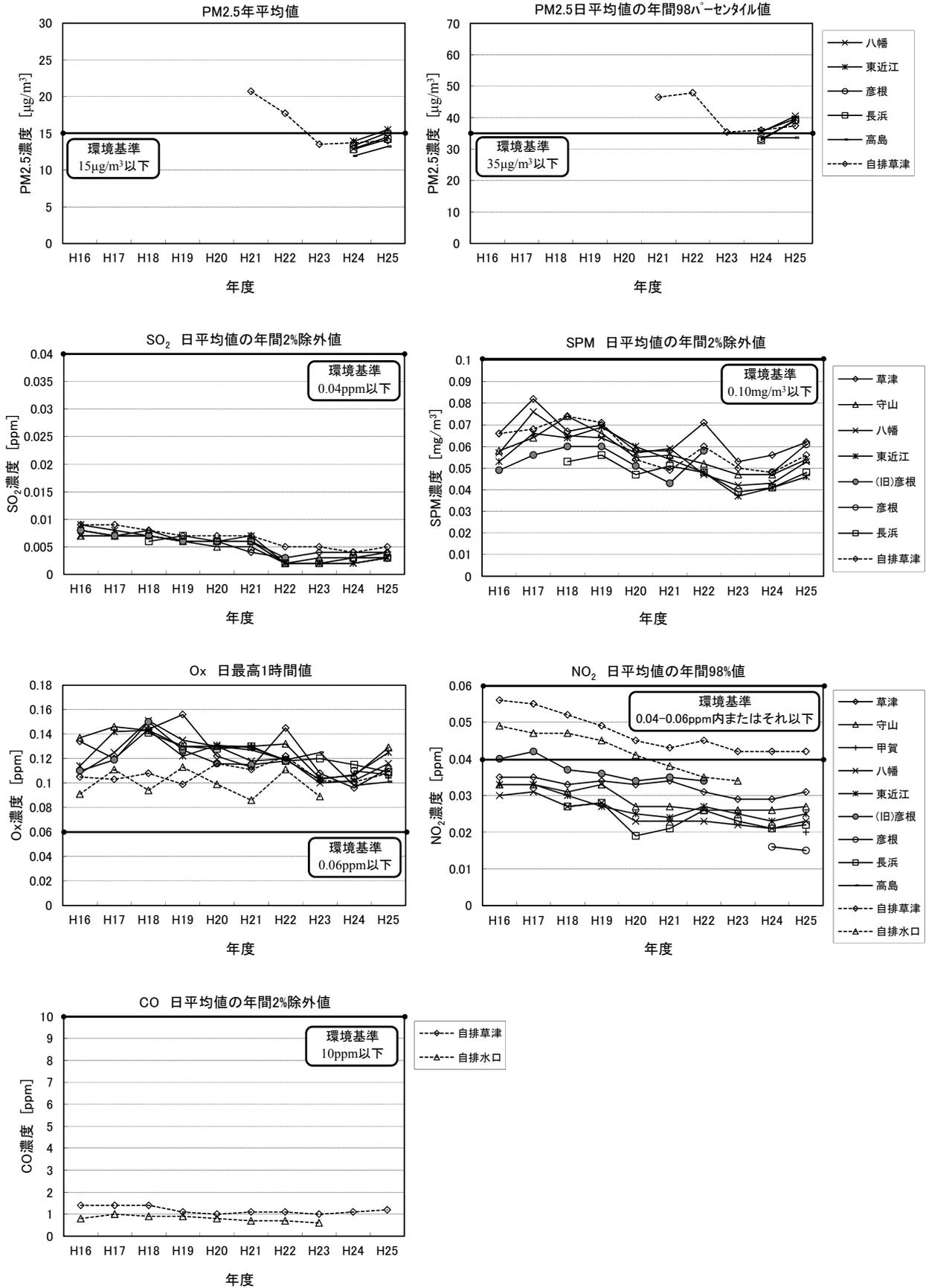


図2 各測定項目の経年変化（平成16～25年度）

表 2 PM2.5 の年間値と環境基準達成状況

年度	測定局	有効測定 日数 日	年平均値 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	日平均値が $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ を 超えた日数 とその割合		日平均値 の年間98 パーセント 値 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	環境基準 達成状況	
				日	%		長期 基準	短期 基準
H21	自排草津	362	20.7	37	10.2	46.5	×	×
H22	自排草津	350	17.7	21	6.0	47.9	×	×
H23	自排草津	359	13.5	8	2.2	35.4	○	×
H24	八幡	365	12.9	8	2.2	35.4	○	×
	東近江	365	13.9	8	2.2	35.6	○	×
	彦根	361	13.3	4	1.1	33.2	○	○
	長浜	364	12.8	6	1.6	32.8	○	○
	高島	363	11.9	6	1.7	33.6	○	○
	自排草津	361	13.7	9	2.5	36.0	○	×
H25	八幡	363	14.5	12	3.3	40.5	○	×
	東近江	357	15.5	14	3.9	39.6	×	×
	彦根	365	15.1	14	3.8	39.0	×	×
	長浜	352	14.2	14	4.0	39.3	○	×
	高島	365	13.2	6	1.6	33.6	○	○
	自排草津	362	14.0	10	2.8	37.4	○	×

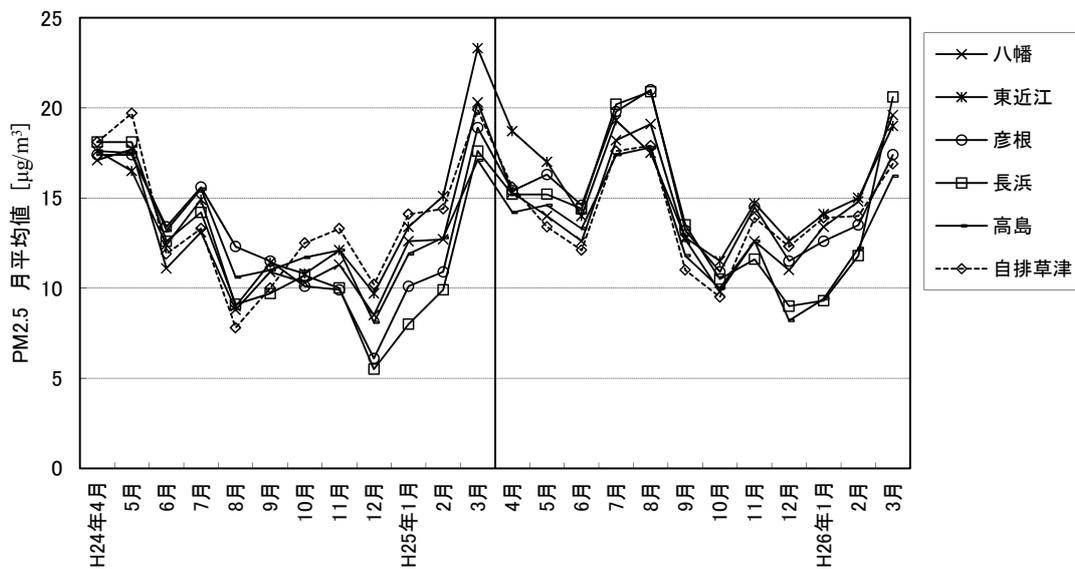


図 3 PM2.5 月平均値の変化（平成 24～25 年度）

次に、平成24～25年度において日平均値が35 µg/m³を超過した日とその濃度を表3に示す。高濃度観測日には、平成24年4月24～25日、平成25年3月9日のように黄砂観測日と一致する場合もあるが、黄砂以外の要因によって濃度が高くなっている場合のほうが多かった。ただし、注意喚起を行うレベル（日平均値70 µg/m³）には達した日はなかった。

ここで、連続して高濃度が観測された平成25年度の夏季と春季について、PM2.5の日平均値変化を図4に示す。夏季については、緩やかに濃度変化しているのに対し、春季については、20 µg/m³を下回っていた次の日でも急激に高濃度になることが分かった。

3.3. PM2.5 とその他項目との関係

PM2.5には、物の燃焼などによって直接排出されるものと、硫酸化物(SO_x)・窒素酸化物(NO_x)・オゾン(O₃)・揮発性有機化合物(VOC)等のガス状大気汚染物質が化学反応により粒子化したものがある。また、その発生源は人工起源のものと同様に自然起源のものを含む。これら発生源の模式図を図5に示す。

ここで、PM2.5とその他の大気常時監視測定項目との関係を見ていく。使用するデータは平成24～25年度の一般

局の測定値とした。ただし、図2から分かるようにSO₂濃度は非常に低く、正確な相関がとれないことから、SO_xについては対象外項目とした。

図6は東近江局におけるPM2.5日平均値と各項目との関係を示した図である。解析の対象は大気中で化学反応しやすい項目とし、NO_xについては一酸化窒素(NO)、二酸化窒素(NO₂)を、VOCについては非メタン炭化水素(NMHC)を対象とした。これらにO₃を加えた4項目の日最高値と日平均値との関係を調べたところ、O₃の最高値とNMHCの平均値で他項目より相関係数が大きかった。しかし、相関係数は0.5以下であり、決して高い相関といえるものではなかった。全測定局において同様の相関をとった結果を表4に示すが、いずれの測定局においてもO₃の日最高値との相関係数が最も大きいことが分かった。

ここで、O₃は季節変化が大きい項目であることから、月ごとに相関係数を算出したところ、表5に示すとおりとなった。(東近江局について算出した。)5～9月はO₃の最高値と、4月および10～2月はNMHCの日平均値と比較的相関が高く、季節によってPM2.5の主な発生源が異なることが分かる。しかしながら、相関係数は高くても0.7程度であり、PM2.5の生成には複数の項目の様々な反応過程が起因していることが改めて示唆された。

表3 PM2.5日平均値が35 µg/m³を超過した日とその濃度

	平成24年								平成25年			
	4月				5月				1月		3月	
	9日	10日	24日	25日	9日	17日	25日	29日	13日	7日	9日	17日
八幡			47.7	45.5	40.1	35.4		37.3	36.6		47.4	38.4
東近江			46.0	47.2	38.8	35.8			36.7	35.6	50.4	40.0
彦根			45.3	48.7	41.8						43.8	
長浜		35.3	44.5	48.5	40.5						48.3	36.3
高島			47.1	47.2	40.3			35.5			53.6	35.5
自排草津	35.4		46.0	46.6	47.8	36.5	36.0	39.9	38.6		45.2	

	平成25年															
	4月		5月		7月		8月				9月		11月		12月	
	17日	22日	27日	28日	9日	10日	11日	15日	16日	13日	3日	6日				
八幡			37.1	36.3	40.5	36.8				40.5						
東近江	39.6	37.9	36.4	38.5	40.0	41.5	—	—		38.5	36.8					
彦根			38.3	39.0	39.0	40.1	38.5	37.3	36.2	38.9						
長浜			38.2	38.8	39.2	42.8	40.6	38.6	35.5	39.4						
高島			36.4													
自排草津	37.4					38.4			35.9						38.7	

	平成26年							
	1月		2月		3月			
	25日	25日	26日	16日	17日	18日	24日	
八幡	36.6	53.3	64.9	42.2	55.9	41.2	42.6	
東近江		51.5	59.5	39.1	52.5	40.3	41.7	
彦根		44.8	52.0	35.3	48.4	40.3	39.3	
長浜		42.4	46.9	37.3	49.7	43.7	39.3	
高島		42.5	54.3		47.5	42.0	37.9	
自排草津		47.6	68.9	36.4	49.3	39.2	41.8	

濃度単位: µg/m³

■ 黄砂観測日(気象庁発表)
— 未測定

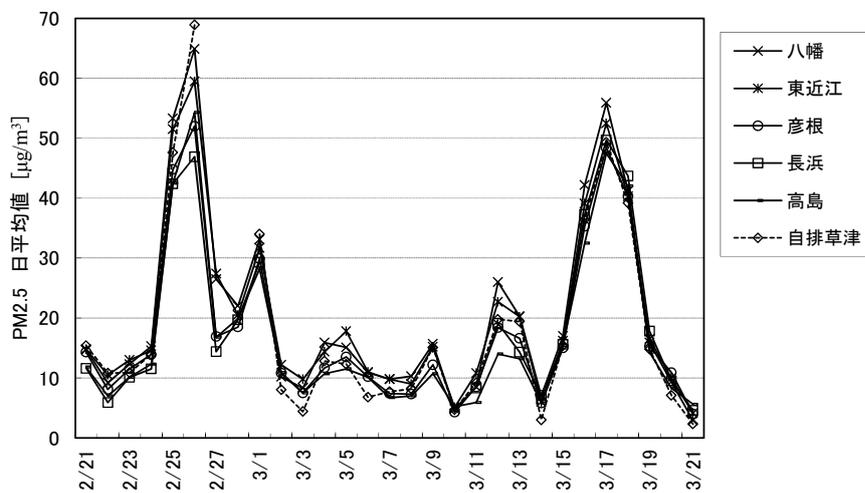
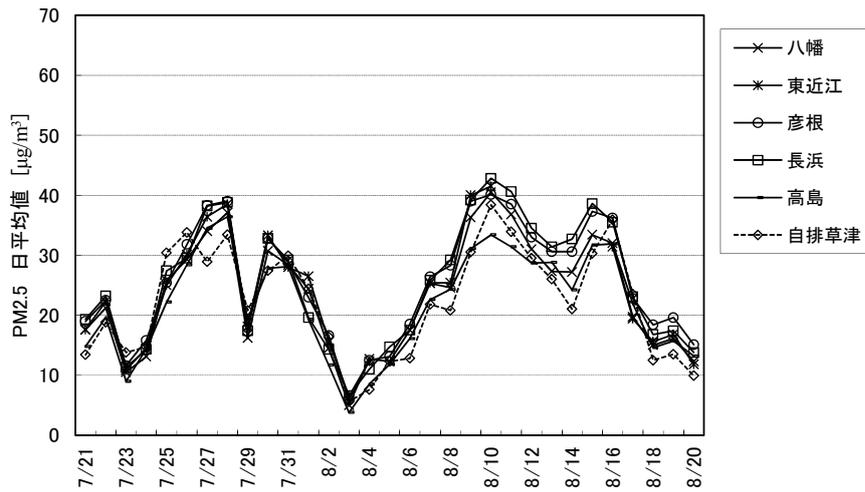


図4 PM2.5日平均値の変化（上段：平成25年7月21日～8月20日、下段：平成26年2月21日～3月21日）

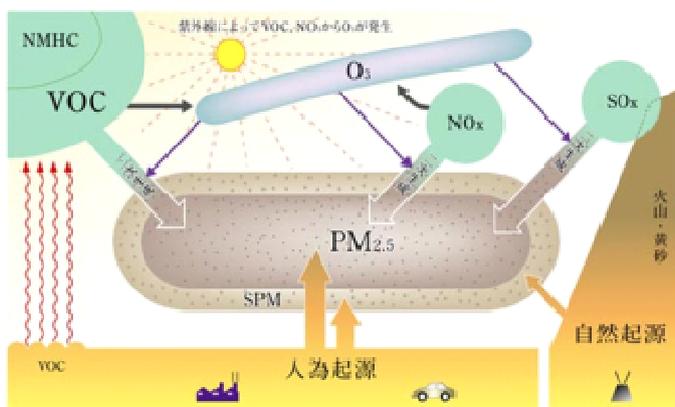


図5 PM2.5発生源（出典：独立行政法人 国立環境研究所「環境儀」）

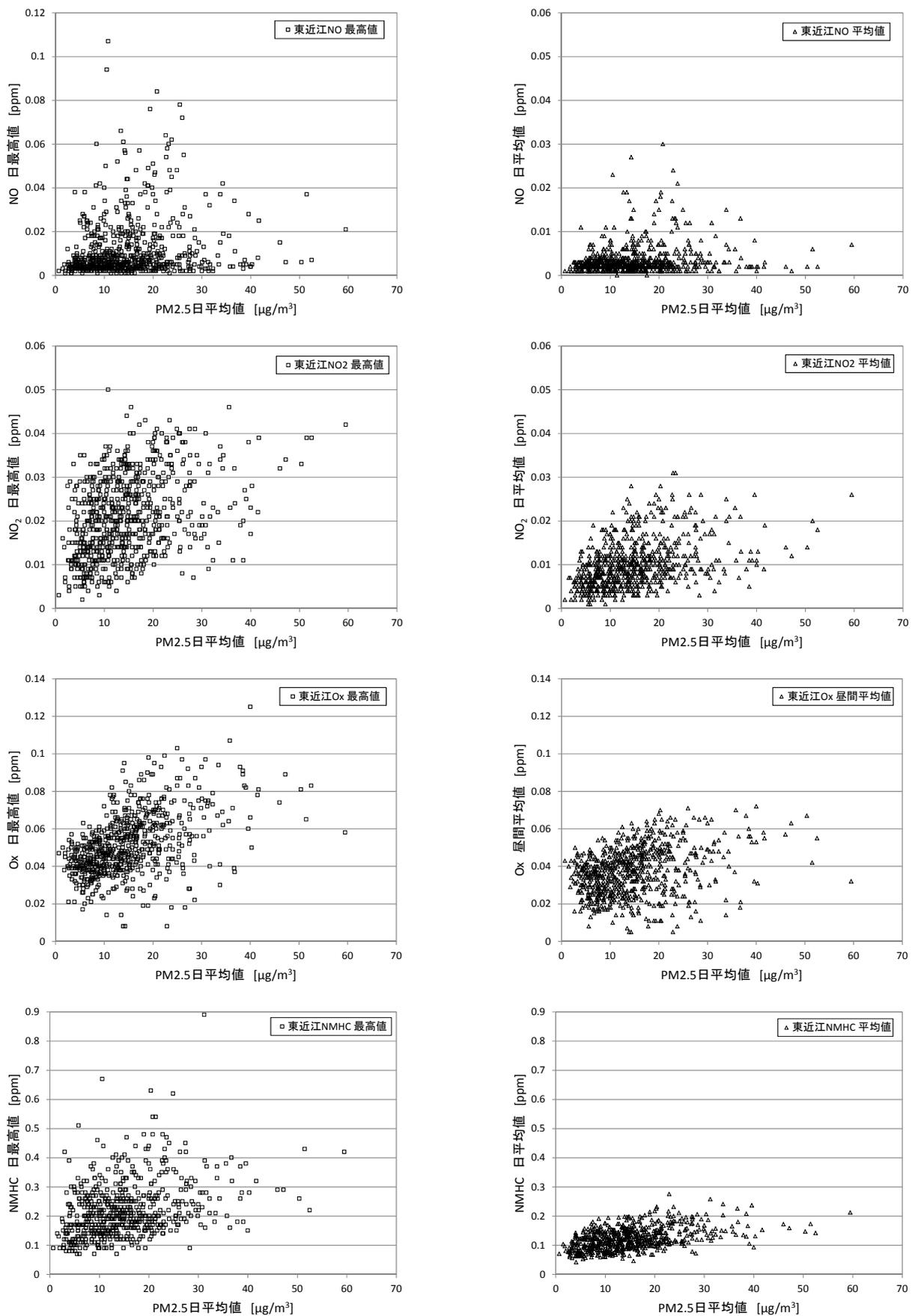


図 6 東近江局における PM2.5 日平均値と各項目との関係

表4 各測定局におけるPM2.5日平均値と各項目との関係（上段に相関係数、下段にデータ数を示す。）

測定局	NO	NO	NO ₂	NO ₂	Ox	Ox屋間※	NMHC	MNHC
	最高値	平均値	最高値	平均値	最高値	平均値	最高値	平均値
八幡	0.168	0.148	0.334	0.425	0.466	0.287		
	719	719	719	719	714	714		
東近江	0.166	0.169	0.380	0.425	0.500	0.315	0.283	0.462
	705	705	705	705	708	708	637	637
彦根	0.120	0.101	0.294	0.333	0.557	0.368		
	719	719	719	719	708	708		
長浜	0.030	-0.027	0.123	0.175	0.615	0.438	0.107	0.281
	677	677	677	677	703	703	705	705
高島					0.389	0.307	0.179	0.295
					717	717	347	347

※ 屋間とは5時から20時までの時間帯をいう。

表5 東近江局における月ごとのPM2.5日平均値と各項目との関係（相関係数を示す。太字は0.6以上。）

	NO	NO	NO ₂	NO ₂	Ox	Ox屋間※	NMHC	MNHC
	最高値	平均値	最高値	平均値	最高値	平均値	最高値	平均値
4月	0.362	0.338	0.540	0.588	0.554	0.141	0.248	0.682
5月	0.110	0.117	0.340	0.420	0.702	0.541	0.384	0.536
6月	0.019	-0.022	0.341	0.257	0.647	0.530	0.137	0.174
7月	-0.186	-0.027	0.259	0.311	0.665	0.675	0.145	0.373
8月	-0.135	0.007	0.493	0.458	0.722	0.759	-0.008	0.049
9月	0.000	-0.020	0.277	0.502	0.707	0.626	0.455	0.522
10月	0.343	0.389	0.451	0.636	0.491	0.137	0.481	0.689
11月	0.429	0.380	0.326	0.441	0.286	-0.082	0.473	0.649
12月	0.463	0.484	0.546	0.565	-0.034	-0.330	0.515	0.624
1月	0.358	0.432	0.509	0.632	-0.267	-0.568	0.422	0.710
2月	0.210	0.359	0.426	0.576	0.482	-0.022	0.698	0.702
3月	0.059	0.107	0.469	0.505	0.506	0.131	0.425	0.534

※ 屋間とは5時から20時までの時間帯をいう。

4. まとめ

大気常時監視測定項目のうち、PM2.5は平成24年度には6局中3局が、平成25年度には6局中1局が環境基準を達成した。一方、Oxは最近10年間で環境基準を達成できた測定局はなかった。それ以外の項目については、継続して環境基準を達成している。

過去2年間のPM2.5の月変化を見ると、春季や夏季に高濃度、冬季に低濃度になる傾向があった。また、濃度の低い冬季には測定局間に差が見られ、局所的な影響があると考えられた。高濃度観測日の濃度上昇の仕方は、春季より夏季のほうが緩やかであった。

PM2.5の日平均値と他項目との関係を見ると、いずれの測定局においても、Oxの日最高値との相関係数が最も大きかった。月ごとに見ると、5～9月はOxの日最高値と、4月および10～2月はNMHCの日平均値とである程度の相関が見られたが、相関係数は0.7程度で高い相関関係にはなかった。

以上のように、PM2.5は環境基準を達成できておらず、他項目との関係も明瞭になっていないことから、今後もデータ監視およびデータの蓄積を進めていく必要がある。

5. 引用文献

環境省（2010）：環境大気常時監視マニュアル第6版。

http://www.env.go.jp/air/osen/manual_6th/index.html

環境省（2014）：平成24年度大気汚染状況について。

http://www.env.go.jp/air/osen/jokyo_h24/full.pdf
気象庁：黄砂観測日および観測定点の表。

http://www.data.jma.go.jp/gmd/env/kosahp/kosa_data_index.html