

2018 年度

微小粒子状物質成分分析結果報告書

2020 年 1 月



地方独立行政法人
大阪府立

環境農林水産総合研究所

Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture

目 次

1. はじめに	1
2. 調査内容	2
(1) 測定地点	2
(2) 試料捕集	3
(3) 成分の分析	4
3. 調査結果	5
(1) 年間の状況	5
(2) 季節別の状況	8
①季節平均	8
②各季節の日ごとの状況	11
4. 2018年7月における高濃度事例の解析	21
5. まとめ	24

巻末資料

- 資料1 分析方法の概要
- 資料2 成分分析結果

1. はじめに

大気中に浮遊する $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子状物質（以下、「PM_{2.5}」と記す。）は、呼吸器系への影響に加え、循環器系への影響が懸念されている。PM_{2.5}は発生源から直接排出された粒子（一次粒子）と、大気中に排出されたガスが反応して生成した粒子（二次粒子）から成り、発生源も多岐にわたっているが、それぞれの発生源のPM_{2.5}生成への寄与については明らかになっていない。

2018年度は大阪府域の一般環境大気測定局（以下、「一般局」と記す。）38局と自動車排出ガス測定局（以下、「自排局」と記す。）17局を合わせた55局中48局でPM_{2.5}の環境基準を達成し（達成率87.3%）、2017年度の82.1%からやや改善した。しかし、依然として環境基準が非達成の測定局があり、成分分析結果をはじめとする発生源や汚染メカニズムに関する知見の蓄積に努める必要がある。

2010年3月に改正された「大気汚染防止法の常時監視に関する事務処理基準」に基づき策定された「微小粒子状物質（PM_{2.5}）の成分分析ガイドライン（以下、「ガイドライン」と記す。）」によって、各都道府県及び政令市は2013年度を目処に成分分析の実施体制を整備するように求められた。これを受け大阪府では、2011年度からPM_{2.5}成分分析を実施している。当研究所では、大阪府からの依頼を受け、大気汚染の常時監視の一環としてPM_{2.5}に含まれる成分の分析を行っているところである。

本報告書では、PM_{2.5}の成分分析結果等を用いて解析を行い、府内におけるPM_{2.5}の構成成分の実態について季節的な特徴を中心にとりまとめた。

2. 調査内容

PM_{2.5}成分分析は、ガイドライン¹および「大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル² (平成 24 年 4 月 (平成 25 年 6 月一部改訂、平成 26 年 7 月一部追加、平成 28 年 4 月一部改訂)、環境省) (以下、「マニュアル」と記す。)」に準拠して実施した。

試料捕集は研究所で準備した試料捕集用のフィルタを用いて大阪府の委託業者が行い、試料中の成分の分析は研究所が実施した。

(1) 測定地点

大阪府では、泉大津市役所 (以下、「泉大津」と記す。) を毎年度測定する地点としている。2018 年度は、泉大津及び岸和田中央公園 (以下、「岸和田」と記す。) の一般局 2 地点で試料を捕集した。なお、本報告書では大都市に位置する大阪市が測定した地点 (一般局の聖賢小学校 (以下、「聖賢」と記す。)) および自排局の出来島小学校 (以下、「出来島」と記す。)) の分析結果もあわせて、PM_{2.5}に含まれる成分濃度の特徴についてとりまとめた。図 1 に測定地点の位置を示した。

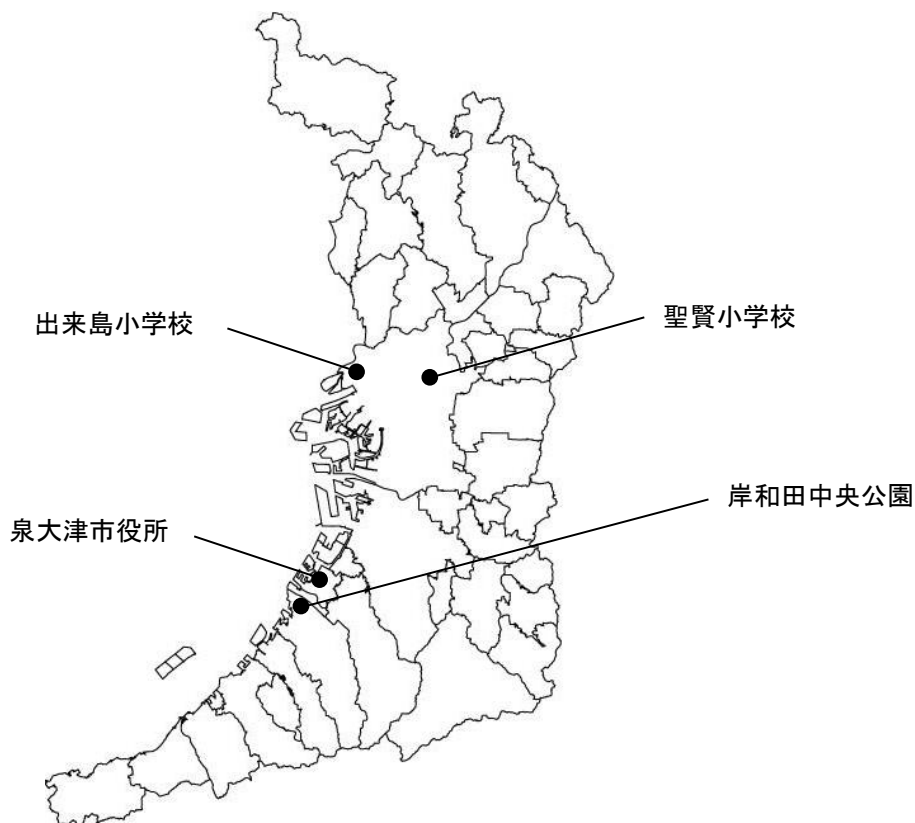


図 1 測定地点の位置図

¹ 環境省; http://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/110729/no_110729001b.pdf

² 環境省; <http://www.env.go.jp/air/osen/pm/ca/manual.html>

(2) 試料捕集

試料捕集は、季節ごとに14日間実施した。表1に大阪市の測定期間もあわせて示し、過年度の泉大津の測定期間を表2に示した。本報告書では、例えば2018年5月9日から5月10日の1日間に測定した場合、5/9と表記する。なお、岸和田の冬における測定期間は16日間のため、測定項目が揃っている1/17～1/25および1/28～2/1の14日間の値を使用した。

大阪府では、捕集装置は1地点につき2台設置した。1台にはテフロンフィルタを、もう1台には石英繊維フィルタを装着し、大気を23時間（10時から翌日9時）連続吸引してPM_{2.5}を捕集した。捕集後にフィルタは自動で交換され、装置内で保管された。フィルタの充填及び捕集後のフィルタの回収は試料捕集期間中の月・水・金曜日に大阪府の委託業者が行った。

表1 測定期間（2018年度）

所管	区分	測定地点	試料捕集				時間
			期間				
			春	夏	秋	冬	
大阪府	一般	泉大津市役所	2018年5月9日 ～ 5月23日	2018年7月19日 ～ 8月2日	2018年10月18日 ～ 11月1日	2019年1月17日 ～ 1月31日	10時～翌日9時
		岸和田中央公園				2019年1月17日 ～ 2月2日	
大阪市	一般	聖賢小学校	2018年5月9日 ～ 5月17日、 5月19日～5月23日、 5月24日～5月26日			2019年1月17日 ～ 1月31日	
	自排	出来島小学校					

表2 測定期間（2011～2017年度）

季節	2011年度	2012年度	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
春	2012年3月9日 ～ 3月23日	2012年4月18日 ～ 5月2日	2013年5月8日 ～ 5月22日	2014年5月8日 ～ 5月22日	2015年5月8日 ～ 5月22日	2016年5月7日 ～ 5月21日	2017年5月10日 ～ 5月24日
夏	2011年7月29日 ～ 8月12日	2012年7月26日 ～ 8月9日	2013年7月24日 ～ 8月7日	2014年7月23日 ～ 8月6日	2015年7月22日 ～ 8月5日	2016年7月21日 ～ 8月4日	2017年7月20日 ～ 8月3日
秋	2011年11月4日 ～ 11月18日	2012年11月1日 ～ 11月15日	2013年10月23日 ～ 11月6日	2014年10月22日 ～ 11月5日	2015年10月21日 ～ 11月4日	2016年10月20日 ～ 11月3日	2017年10月19日 ～ 11月2日
冬	2012年1月27日 ～ 2月10日	2013年1月24日 ～ 2月7日	2014年1月22日 ～ 2月5日	2015年1月21日 ～ 2月4日	2016年1月20日 ～ 2月3日	2017年1月19日 ～ 2月2日	2018年1月18日 ～ 2月1日

(3) 成分の分析

PM_{2.5} を捕集したテフロンフィルタは PM_{2.5} 質量濃度を求めた後に無機元素の分析に用いた。石英フィルタは無機元素以外の成分の分析に用いた。解析には分析した項目のうちガイドラインに掲げた項目を用いた（表 3）。それらの分析方法の概要と分析結果は巻末資料に示した。

数値の取り扱いには環境省からの通知に従い、1 日ごとの値は 2018 年度からは有効数字 2 桁から 3 桁に変更している（ただし、定量下限値の有効数字 2 桁目の位までとする）。定量下限値は有効数字 2 桁とし、検出下限値は定量下限値の有効数字 2 桁目の位までの桁数とした。検出下限値未満の値は検出下限値の 1/2 の値として図示および平均値の計算に用いた。なお、平均値の桁数については環境省の定めがなく、大阪府の指示により有効数字 2 桁とした。

なお、本報告書では、フィルタを秤量して求めた PM_{2.5} 質量濃度と区別するために、自動測定機の値は PM_{2.5} 濃度と表記した。

表 3 解析に用いた項目

成分	項目数	項目
イオン成分	8 項目	塩化物イオン (Cl ⁻)、硝酸イオン (NO ₃ ⁻)、硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)、ナトリウムイオン (Na ⁺)、アンモニウムイオン (NH ₄ ⁺)、カリウムイオン (K ⁺)、マグネシウムイオン (Mg ²⁺)、カルシウムイオン (Ca ²⁺)
無機元素	29 項目	ナトリウム (Na)、アルミニウム (Al)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、スカンジウム (Sc)、チタン (Ti)、バナジウム (V)、クロム (Cr)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ヒ素 (As)、セレン (Se)、ルビジウム (Rb)、モリブデン (Mo)、アンチモン (Sb)、セシウム (Cs)、バリウム (Ba)、ランタン (La)、セリウム (Ce)、サマリウム (Sm)、ハフニウム (Hf)、タンタル (Ta)、タングステン (W)、鉛 (Pb) 及びトリウム (Th) ※ガイドラインの実施推奨項目のうち、ケイ素 (Si) は分析していない。
炭素成分	2 項目	有機炭素 (Organic Carbon : OC)、元素状炭素 (Elemental Carbon : EC)

3. 調査結果

(1) 年間の状況

大阪府 2 地点（泉大津、岸和田）および大阪市 2 地点（聖賢、出来島）における年間 56 日間³（14 日間×4 季）の PM_{2.5} 質量濃度および成分濃度の年平均値を表 4 に示した。PM_{2.5} 質量濃度は 10.7～12.5 μg/m³ で、成分濃度ではいずれの地点も OC 濃度（2.6～2.9 μg/m³）と SO₄²⁻濃度（2.9～3.5 μg/m³）が高かった。

図 2 に示したように泉大津における 2018 年度の PM_{2.5} の成分構成割合は、過年度の構成割合と大きな変化はなく、OM（Organic Matter：有機物）⁴が 39%と最も多く、続いて、SO₄²⁻の 29%で、EC、NO₃⁻および NH₄⁺とあわせて 90%程度を占めていた。なお、OC は有機物に含まれる炭素のみを表しているため、成分構成割合を示す場合は炭素に結合している水素や酸素などを含む OM を用いている。

ガイドラインに掲げられた無機元素のうち、調査実施が望まれる実施推奨項目の 17 項目を除く 13 項目について、各地点における 56 日間の中央値を表 5 に示した。数値の位はほぼ同じであるものの、地点間で値に差がみられた。この要因としては、無機元素は他成分と比較して近傍発生源の影響を受けやすかったことも考えられる。図 3 に示したように泉大津における項目ごとの年間の濃度分布（例えば、Fe：8.6～363 ng/m³）には幅があり、項目によって濃度レベルが異なっていた。

なお、4 地点の PM_{2.5} 濃度（自動測定機による時間値）の年平均値は、図 4 に示したように、泉大津では大阪府内 54 局（2014～2018 年度の継続局）の中央値付近から 75%値付近で推移しており、岸和田では 25%値付近、出来島では 75%値付近で推移していた。聖賢では、2014～2017 年度は 15 μg/m³ より大きく環境基準を達成できていなかったが、2018 年度は 12.2 μg/m³ で短期基準（日平均値 35 μg/m³）を含め環境基準を達成した。聖賢以外は 2016 年度以降は環境基準を達成している。

³ 岸和田と出来島は調査日が一部異なる。岸和田では 1/26、1/27 の値は使用せずに 1/31、2/1 の値を用いた。出来島の春季は 5/9～5/16、5/19～5/22、5/24、5/25 に調査を実施した。

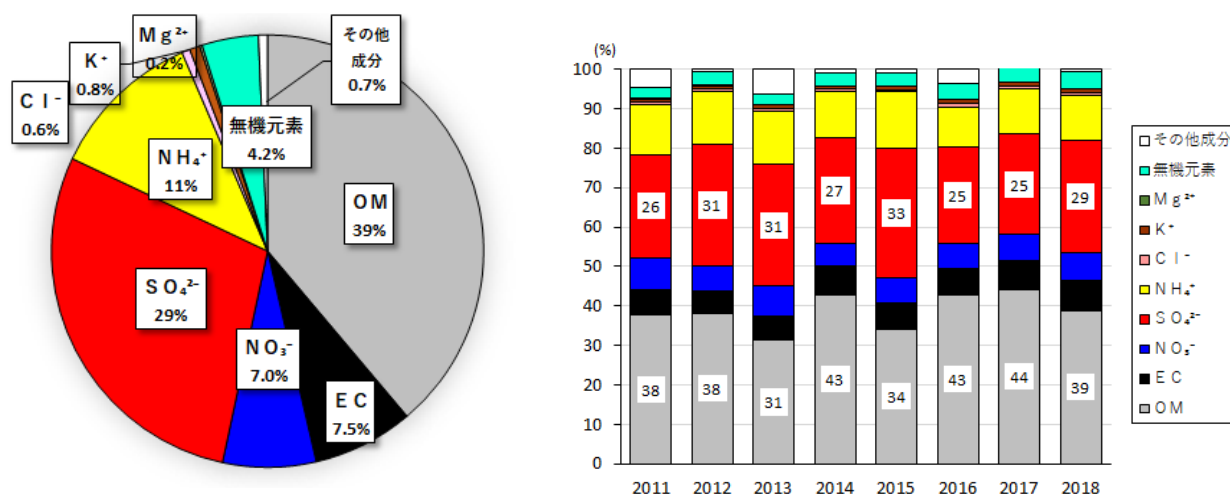
⁴ OM (Organic Matter) は、有機炭素 (OC) と OC に結合している水素や酸素などを含む有機物。OM は「OC×1.634」として算出した。OC に乗じる係数について、有機物のエージングの度合いは地点（一般環境、道路沿道、バックグラウンド）や季節（夏季、冬季等）で異なることから、係数も地点や季節によって異なる。ここでは、マニュアル*に示されている 1.634 を用いた。

* 環境省：大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル 精度管理解説 (2019 年 5 月)

表 4 各地点におけるPM_{2.5}質量濃度および成分濃度の年平均値

地点	PM _{2.5} 質量濃度	成分濃度								
		OC	EC	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Mg ²⁺	無機元素
泉大津	12.2	2.9	0.92	0.85	3.5	1.4	0.075	0.095	0.023	0.52
岸和田	12.5	2.6	0.88	0.68	3.2	1.3	0.076	0.082	0.017	0.45
聖賢	11.2	2.7	0.75	0.90	3.4	1.5	0.14	0.081	0.019	0.37
出来島	10.7	2.6	0.94	0.81	2.9	1.3	0.12	0.066	0.019	0.30

※無機元素はSiを除く29項目の合計値である。
 ※無機元素にNaおよびCaが含まれるため、Na⁺およびCa²⁺は表記していない。



※OMは「OC×1.634」として算出した。

図 2 泉大津における2018年度のPM_{2.5}の成分構成割合（円グラフ）と経年変化（棒グラフ）

表 5 各地点における無機元素濃度の年間中央値

地点	無機元素濃度 (ng/m ³)												
	Na	Al	K	Ca	Sc	V	Cr	Fe	Ni	Zn	As	Sb	Pb
泉大津	138	40	82	36	0.0065	3.7	1.1	98	2.3	28	0.83	0.68	5.2
岸和田	103	28	75	27	0.0035	3.2	1.7	90	1.7	51	0.79	0.64	4.8
聖賢	86	17	53	22	0.45	1.9	0.69	76	1.0	14	0.46	0.52	3.6
出来島	56	17	47	21	0.35	2.6	0.89	83	1.2	18	0.49	0.49	4.2

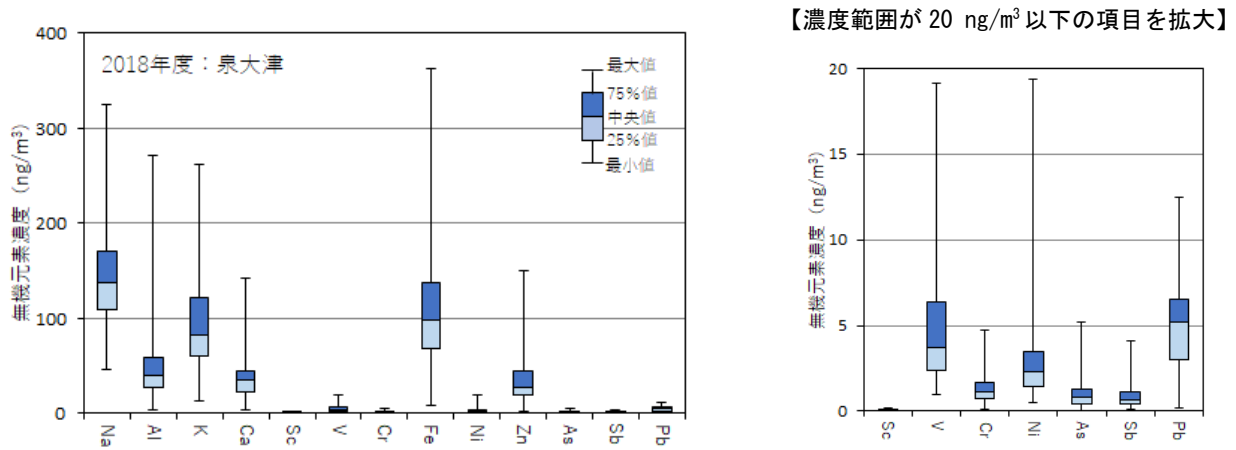


図3 泉大津における無機元素の年間56日間の濃度分布

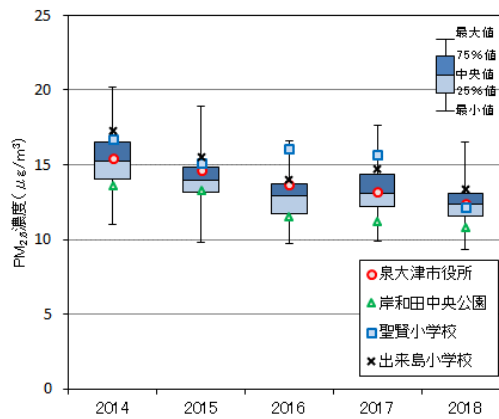


図4 大阪府内54局(5年継続局)におけるPM_{2.5}濃度(自動測定機)の年平均値の分布

(2) 季節別の状況

①季節平均

各地点における各季 14 日間の季節平均値について、PM_{2.5} 質量濃度および成分濃度を表 6 に、PM_{2.5} 質量濃度を図 5 に、成分構成割合を図 6 にそれぞれ示した。PM_{2.5} 質量濃度は泉大津および岸和田では春に最大 (14.2 μg/m³、14.0 μg/m³) となり、聖賢および出来島では冬に最大 (12.2 μg/m³、11.6 μg/m³) となった。成分濃度は年平均同様にいずれの地点・季節も OC 濃度と SO₄²⁻濃度が高かった。OC は出来島以外では秋に濃度が最大 (2.9~3.2 μg/m³) となり、PM_{2.5} 質量濃度に占める割合も秋に最大 (OC として 43~48%) となった。SO₄²⁻は聖賢以外では夏に濃度が最大 (4.2~4.8 μg/m³) となり、割合も各地点で夏に最大 (34~39%) となった。NO₃⁻および Cl⁻濃度はいずれの地点でも夏に低く、冬に高かった。これは、気温が低いと硝酸アンモニウム (NH₄NO₃) および塩化アンモニウム (NH₄Cl) 等の粒子が二次生成するが、気温が高いとガス状で存在するためである。

泉大津における 2011 から 2018 年度の PM_{2.5} 質量濃度季節平均値の濃度分布を図 7 に、主要成分 (OC、EC、NO₃⁻、SO₄²⁻および NH₄⁺) の季節平均値の濃度分布を図 8 に示した。図中の箱ひげ図の中央値でみると、2011 から 2018 年度の 8 年間では、PM_{2.5} 質量濃度は春に高く、成分濃度では OC が春・秋に、NO₃⁻が冬に、SO₄²⁻が春・夏に、NH₄⁺が春・冬に高い傾向にあった。EC は各季の濃度範囲が同じで季節的な特徴はなかった。また、夏は PM_{2.5} 質量濃度と SO₄²⁻濃度について最大値と最小値の差が大きく、年度ごとの変動が大きかった。表 7 および図 9 に示したように PM_{2.5} 質量濃度は SO₄²⁻濃度と夏に相関 (r=0.97) が高く、夏は SO₄²⁻濃度が PM_{2.5} 質量濃度の上昇に寄与していたと考えられる。

2018 年度は、PM_{2.5} 質量濃度が春・冬についてはこの 8 年間の最小値となり (図 7 マーカー(×))、秋も 25%値より低く、成分では PM_{2.5} 質量濃度に占める割合の大きい OC と SO₄²⁻濃度が中央値より低かった (図 8 マーカー(×))。夏は PM_{2.5} 質量濃度と SO₄²⁻濃度が中央値付近であった。

なお、4 地点の PM_{2.5} 濃度 (自動測定機による時間値) の月平均値は、図 10 に示したように、4 月および 2 月に高く、9 月に低かった。11 月から 3 月にかけては地点間の濃度に差があった。

表 6 各地点における PM_{2.5} 質量濃度および成分濃度の季節平均値

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

季節	地点	PM _{2.5} 質量濃度	成分濃度								
			OC	EC	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺	Cl ⁻	K ⁺	Mg ²⁺	無機元素
春	泉大津	<u>14.2</u>	3.0	1.0	0.80	4.3	1.6	0.041	0.087	<u>0.026</u>	<u>0.58</u>
	岸和田	<u>14.0</u>	2.4	0.98	0.46	3.7	1.4	0.028	0.065	0.017	0.47
	聖賢	11.8	2.3	0.65	0.45	<u>4.4</u>	1.6	0.051	0.053	0.016	0.24
	出来島	10.6	<u>2.8</u>	0.97	0.53	2.9	1.2	0.063	0.047	0.016	0.34
夏	泉大津	12.8	2.8	0.84	0.14	<u>4.8</u>	1.5	0.023	0.088	<u>0.026</u>	0.46
	岸和田	12.9	2.6	0.82	0.12	<u>4.4</u>	1.4	0.021	0.066	<u>0.019</u>	0.37
	聖賢	11.0	2.8	0.69	0.13	4.3	1.5	0.035	0.076	0.021	0.25
	出来島	11.2	2.5	0.91	0.11	<u>4.2</u>	1.5	0.041	0.036	<u>0.023</u>	0.21
秋	泉大津	10.9	<u>3.2</u>	<u>1.0</u>	0.70	2.5	1.1	0.071	0.089	0.019	0.54
	岸和田	11.1	<u>3.1</u>	<u>1.0</u>	0.58	2.3	0.99	0.058	0.090	0.017	<u>0.55</u>
	聖賢	10.0	<u>2.9</u>	0.69	0.68	2.3	1.0	0.080	0.087	0.019	<u>0.51</u>
	出来島	9.5	2.5	0.82	0.57	2.1	0.98	0.076	0.083	0.018	<u>0.36</u>
冬	泉大津	11.0	2.7	0.75	<u>1.8</u>	2.6	<u>1.6</u>	<u>0.17</u>	<u>0.12</u>	0.021	0.47
	岸和田	11.8	2.4	0.70	<u>1.6</u>	2.4	<u>1.6</u>	<u>0.20</u>	<u>0.11</u>	0.014	0.44
	聖賢	<u>12.2</u>	2.8	<u>0.97</u>	<u>2.4</u>	2.5	<u>1.8</u>	<u>0.41</u>	<u>0.11</u>	<u>0.022</u>	0.46
	出来島	<u>11.6</u>	2.5	<u>1.1</u>	<u>2.0</u>	2.3	<u>1.6</u>	<u>0.31</u>	<u>0.099</u>	0.017	0.30

※下線は各地点での項目ごとの最大値を示した。

※無機元素は Si を除く 29 項目の合計値である。

※無機元素に Na および Ca が含まれるため、Na⁺および Ca²⁺は表記していない。

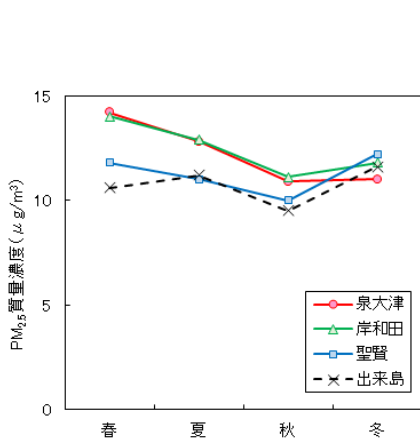
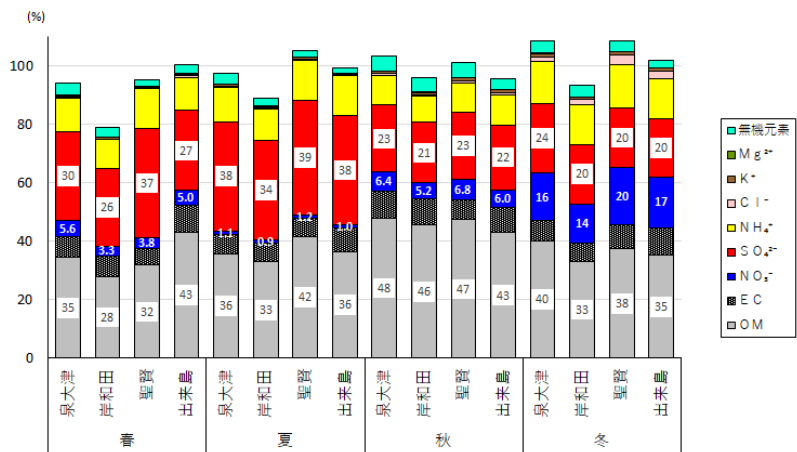


図 5 各地点における PM_{2.5} 質量濃度の季節平均値



※OMは「OC×1.634」として算出した。

図 6 各地点における PM_{2.5} の成分構成割合の季節平均値

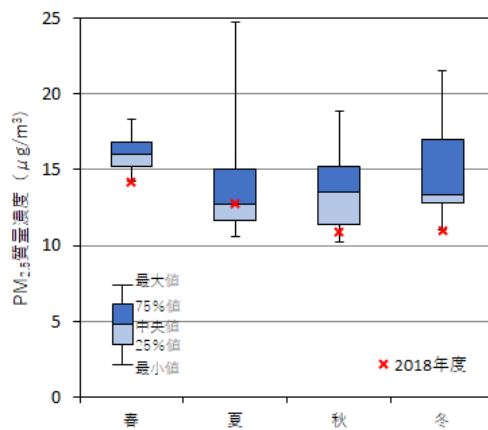


図 7 泉大津における 2011 から 2018 年度の PM_{2.5} 質量濃度季節平均値の濃度分布

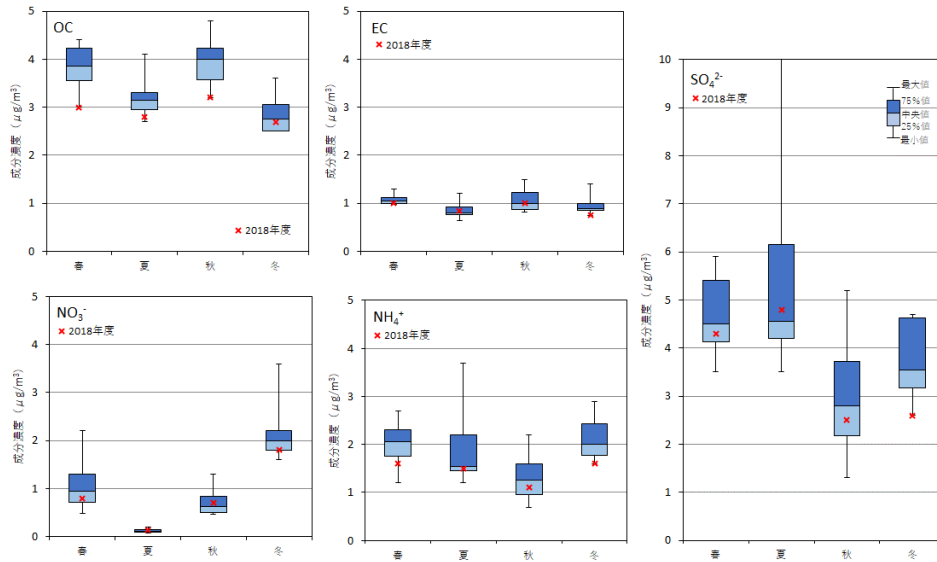


図8 泉大津における2011から2018年度の主要成分の季節平均値の濃度分布

表7 泉大津におけるPM_{2.5}質量濃度と主要成分濃度の相関係数（日データ、2011から2018年度）

	OC	EC	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	NH ₄ ⁺
春	0.54	0.73	0.47	0.84	0.85
夏	0.74	0.77	0.27	0.97	0.97
秋	0.79	0.85	0.61	0.80	0.90
冬	0.90	0.90	0.86	0.85	0.98

※有意水準 5%

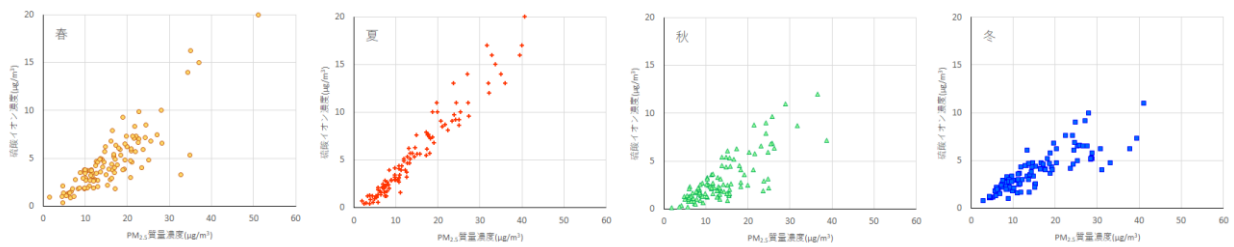


図9 泉大津におけるPM_{2.5}質量濃度と硫酸イオン濃度の相関図（日データ、2011から2018年度）

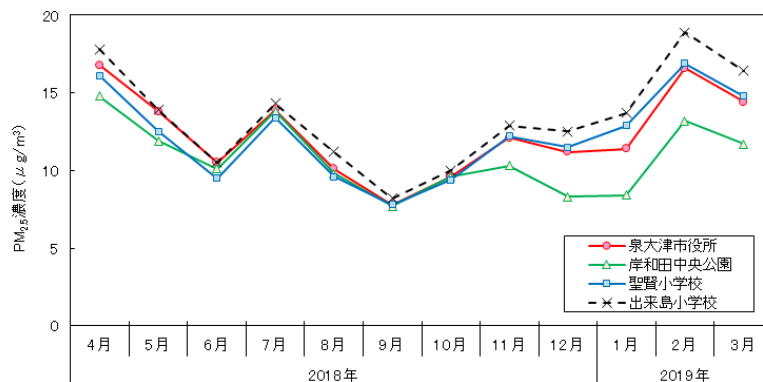


図10 各地点におけるPM_{2.5}濃度（自動測定機）の月平均値

②各季節の日ごとの状況

a 春

5/9 から 5/22 (出来島は 5/24、5/25 を含む) の各地点における PM_{2.5} 質量濃度の経日変化を図 11 に示した。この期間の経日変化パターンは 4 地点で概ね類似しており、5/17 に極大 (29.9~35.1 μg/m³)、5/19 に極小 (3.3~4.8 μg/m³) を持つ変動パターンであった。5/15 から 5/18 の間以外は 15 μg/m³ 以下で推移した。35 μg/m³ を超過したのは 5/17 の泉大津 (35.1 μg/m³) であった。

PM_{2.5} 質量濃度が比較的高かった 5/15 から 5/18 の成分濃度では、図 12 に示したように、SO₄²⁻濃度が高くなっていた。5/17 は泉大津、岸和田および聖賢の SO₄²⁻濃度の占める割合が 46~53%と春の平均 (26~37% : 図 6) と比べて高かった。NH₄⁺濃度も上昇しており、硫酸アンモニウム ((NH₄)₂SO₄) などの硫酸塩の濃度上昇により PM_{2.5} 質量濃度が高くなったと考えられた。大阪府内の各地点でも 5/17 の PM_{2.5} 質量濃度および SO₄²⁻濃度は上述の 3 地点と同程度であった (図 13)。

5/15 から 5/18 は大阪管区気象台の最高気温が 28℃台となり 5 月の最高気温の平年値 (24.5℃) を大きく上回っていた。図 14 に示した後方流跡線解析の結果では、5/16 から 5/18 の大阪府周辺には九州・四国・中国地方方面からの気塊が流れていたことを示唆した。図 15 に示した全国の PM_{2.5} 濃度 (自動測定機による速報値) の日平均値 (1時から 24時) の推移をみると、35 μg/m³ 超過の地点は 5/16 には九州地方や瀬戸内海周辺にあり、5/17 から 5/18 にかけて東へ広がっていた。

以上から、泉大津で PM_{2.5} 質量濃度が 35 μg/m³ を超過した 5/17 前後の期間は、二次生成が促進され、生成した硫酸塩が西から流れてきたことが示唆された。さらに、5/17 は暖候期にしては NO₃⁻濃度が高い地点があり、ガス化していない硝酸塩の濃度が高ったことが示唆され、大気が滞留しやすい状況であったと考えられた。

b 夏

7/19 から 8/1 の各地点における PM_{2.5} 質量濃度の経日変化を図 16 に示した。この期間の経日変化パターンは 4 地点で概ね類似しており、期間初めの 7/19 に最大 (22.8~29.5 μg/m³) となり、翌日には 10 μg/m³ 以下まで下降した。その後は、7/25 に極大 (20.1~22.4 μg/m³)、7/29 あるいは 7/30 に極小 (3.8~4.5 μg/m³) を持つ変動パターンであった。35 μg/m³ を超過した日はなかった。

前述 (3. (2) ①) のとおり、夏の PM_{2.5} 質量濃度は SO₄²⁻濃度と変動パターンが類似していた (図 17)。この期間、OC 濃度も高かったが、PM_{2.5} 質量濃度がやや高かった日 (7/19、7/25 など) は、SO₄²⁻濃度が OC 濃度よりも高く、その比の値 (OC/SO₄²⁻) は 1 より小さかった (図 18)。

無機元素は各種発生源のよい指標となる項目が多く、バナジウム (V) は石油燃焼を主たる起源とする元素として知られている⁵。図 19 に各季節における V 濃度の経日変化を示した。秋・冬は V 濃度がほぼ 5ng/m³ 以下であったが、夏や春は V 濃度が 5ng/m³ よりも高くなることが多く、石油燃焼の影響が大きかったことが示唆された。

c 秋

10/18 から 10/31 の各地点における PM_{2.5} 質量濃度の経日変化を図 20 に示した。この期間は比較的低濃度で推移し 15 μg/m³ を超過したのは 10/23、10/24 のみであった。経日変化パターンは泉大津・岸和田、聖賢、出来島でやや異なっていたが、総じて 10/23 または 10/24 に極大 (16.3~22.3 μg/m³)、10/20 に極小 (4.1~6.1 μg/m³) を持つ変動パターンであった。

図 21 に成分濃度の積み上げグラフを示した。この期間は OC 濃度が高い傾向にあり、OC/SO₄²⁻比

⁵ 環境省：大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル 無機元素測定法第 2 版 (2019 年 5 月)

は1より大きくなるが多かった(図22)。PM_{2.5}質量濃度がやや高かった日(10/23、10/24)は日によって成分の構成割合が異なっていた。OC/SO₄²⁻比は10/23は1より大きかったが、10/24は泉大津以外は1より小さかった。NO₃⁻濃度は4地点とも10/23のみ高く(1.83~3.30 μg/m³)、10/24を含め他の日は1.00 μg/m³より小さかった。

d 冬

1/17から1/30(岸和田は1/31、2/1を含む)の各地点におけるPM_{2.5}質量濃度の経日変化を図23に示した。この期間の経日変化パターンは1/19を除き4地点で概ね類似していた。他の季節とは異なり、濃度の増減が短い期間で繰り返し起こり、1/19(12.0~18.4 μg/m³)、1/23(17.7~21.0 μg/m³)および1/30(18.8~21.4 μg/m³)に複数の地点で15 μg/m³を超過した。

図24に成分濃度の積み上げグラフを示した。冬のPM_{2.5}質量濃度はNO₃⁻濃度と変動パターンが類似していた。PM_{2.5}質量濃度がやや高かった日(1/19、1/23、1/30)はNO₃⁻/SO₄²⁻比が地点によって異なり、大阪市内>泉大津>岸和田の順で、大阪市内では1より大きく(図25)都市大気汚染の影響を受けていた⁶ことが示唆された。

⁶ 山神ら(2013): 2011年2月上旬に観測された広域的なPM_{2.5}高濃度エピソードの要因推定、大気環境学会誌、48(4)、196-205

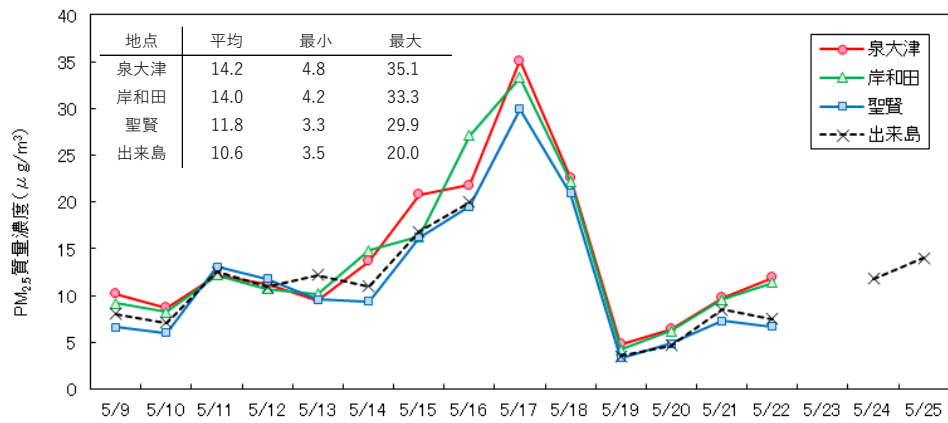


図 11 各地点における PM_{2.5} 質量濃度の経日変化（春）

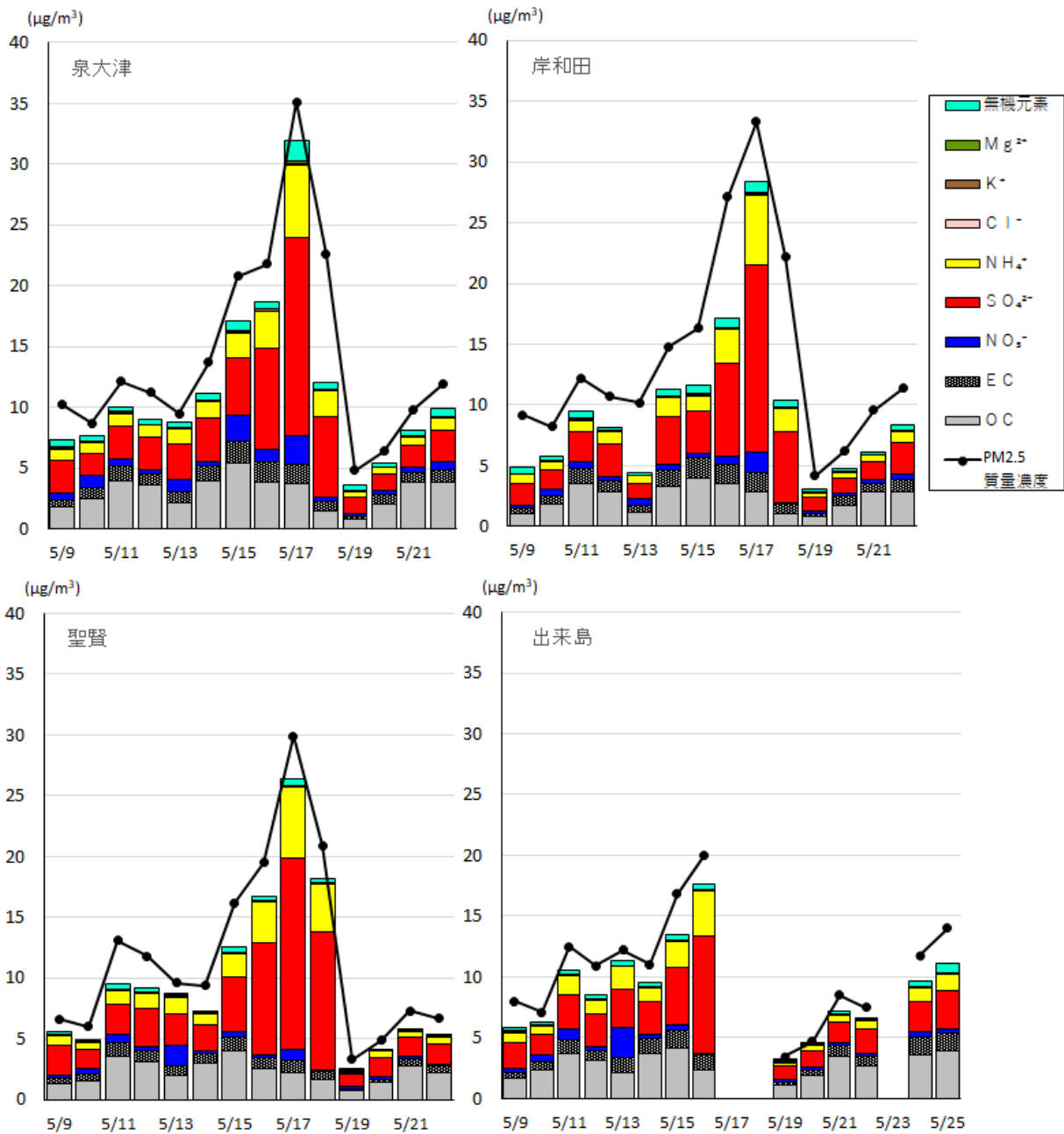


図 12 各地点ごとの PM_{2.5} 質量濃度と成分濃度の積み上げグラフ（春）

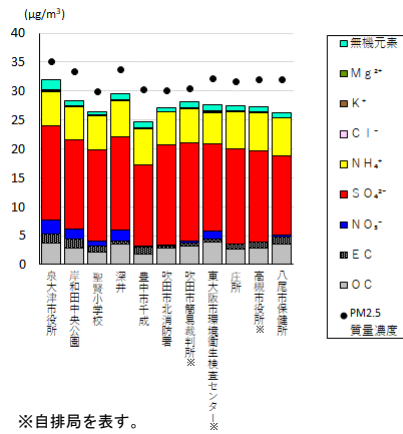


図 13 各地点ごとの PM_{2.5} 質量濃度と成分濃度の積み上げグラフ (5 月 17 日)

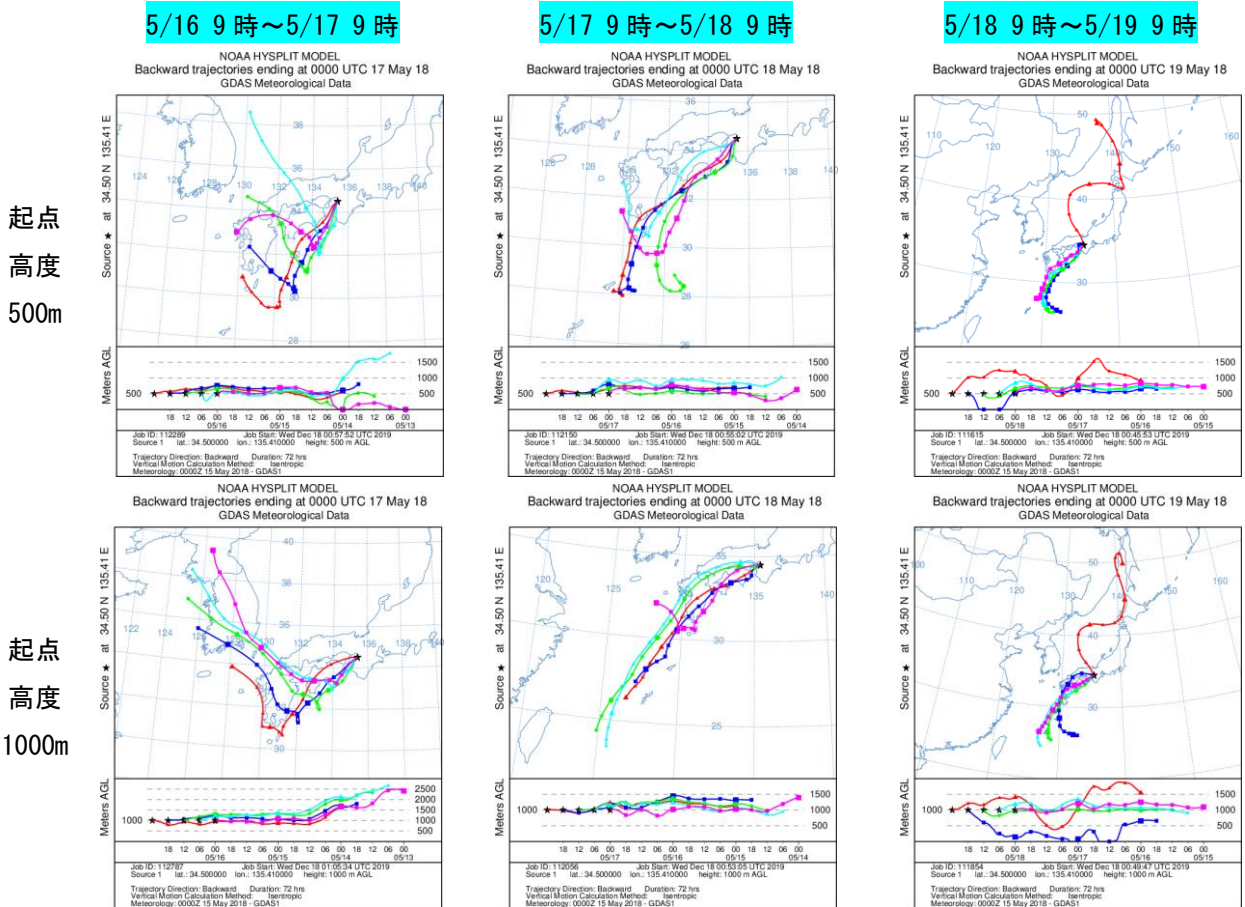


図 14 泉大津の高度 500m および 1000m を起点に 6 時間ごとに算出した後方流跡線
 ※NOAA HYSPLIT Trajectory Model (https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php) を使用

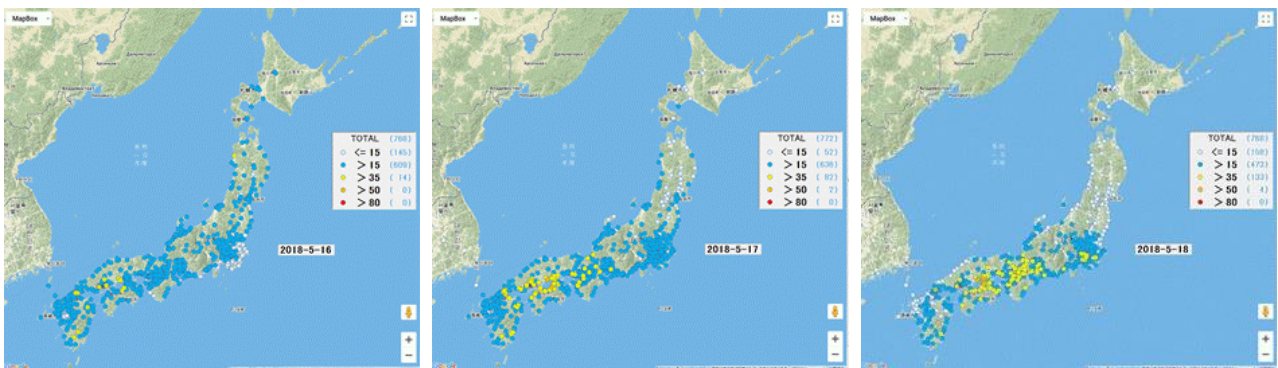


図 15 全国の一般局における 2018 年 5 月 16 日~18 日の PM_{2.5} 濃度の日平均値 (1 時から 24 時) の推移
 ※そらまめ君 (<http://soramame.taiki.go.jp/>環境省大気汚染物質広域監視システム) から入手した速報値を使用

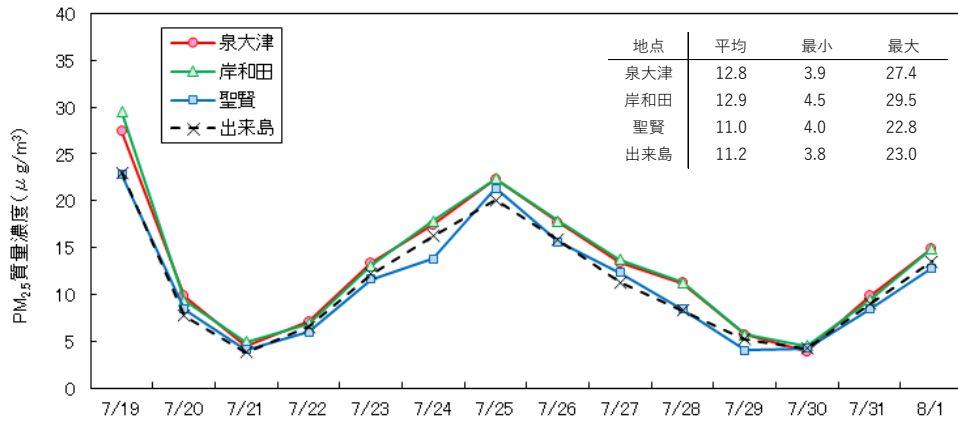


図 16 各地点における PM_{2.5} 質量濃度の経日変化 (夏)

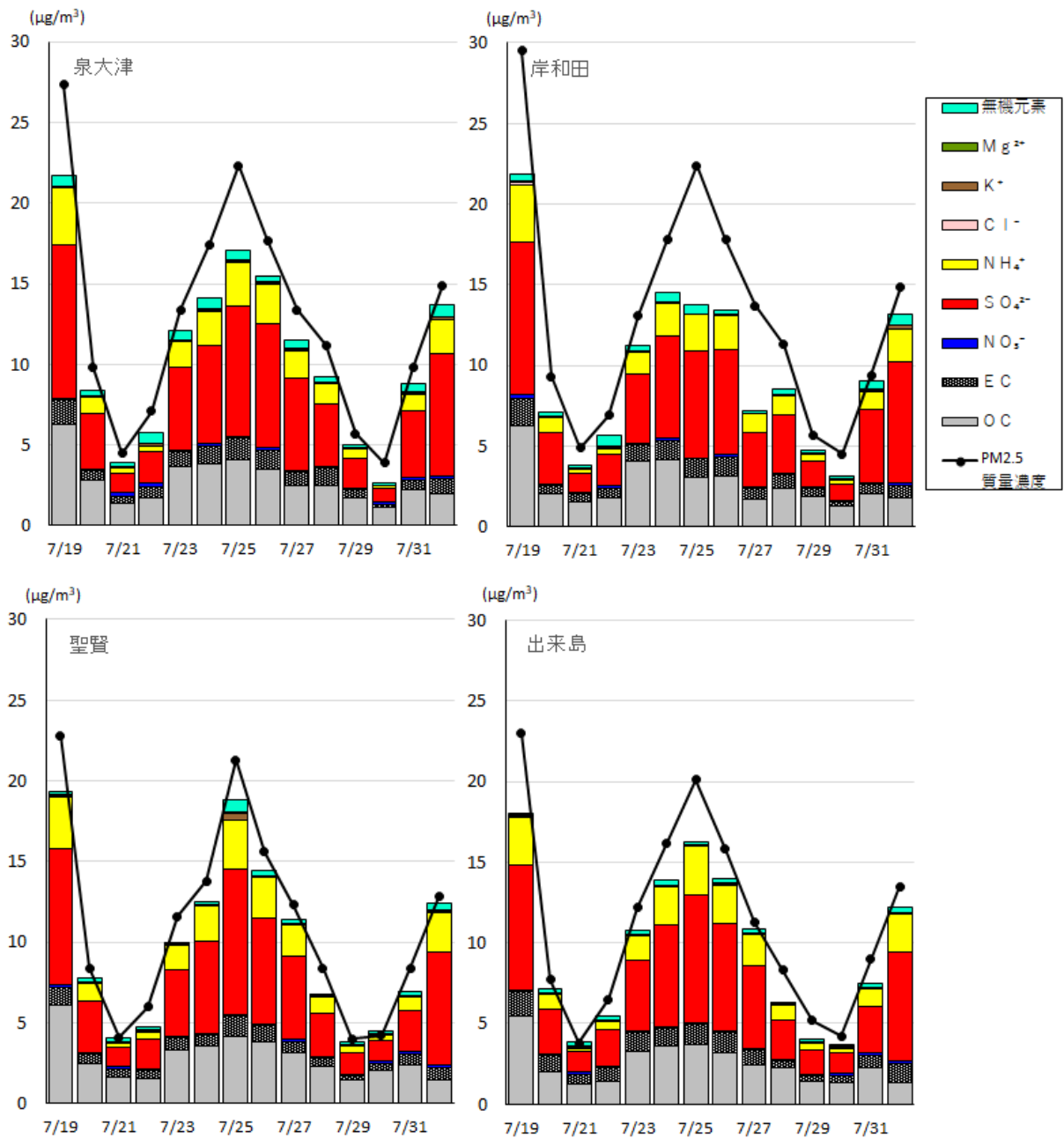


図 17 各地点ごとの PM_{2.5} 質量濃度と成分濃度の積み上げグラフ (夏)

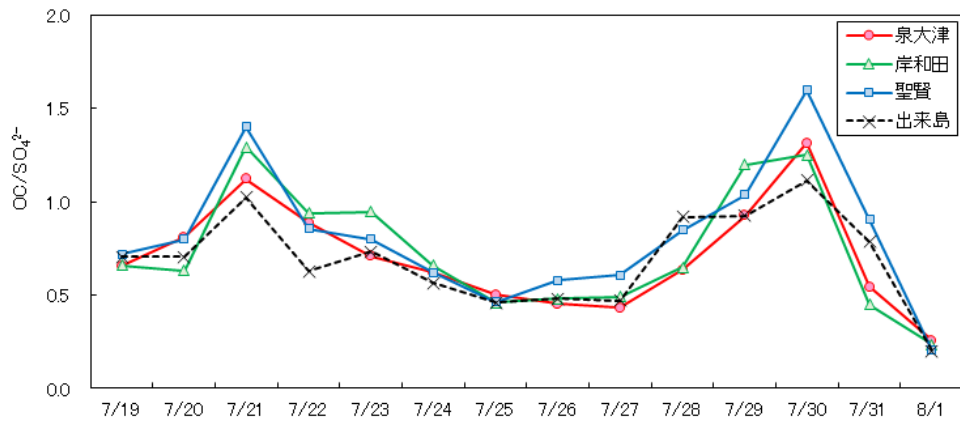


図 18 各地点における OC 濃度/SO₄²⁻濃度比の経日変化（夏）

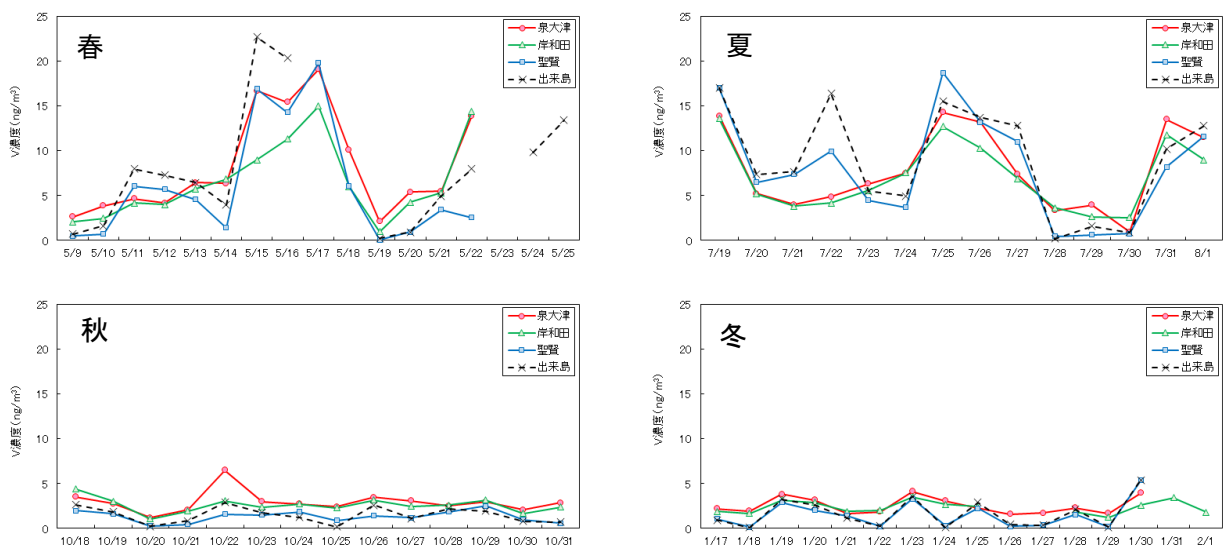


図 19 各地点におけるバナジウム (V) 濃度の経日変化

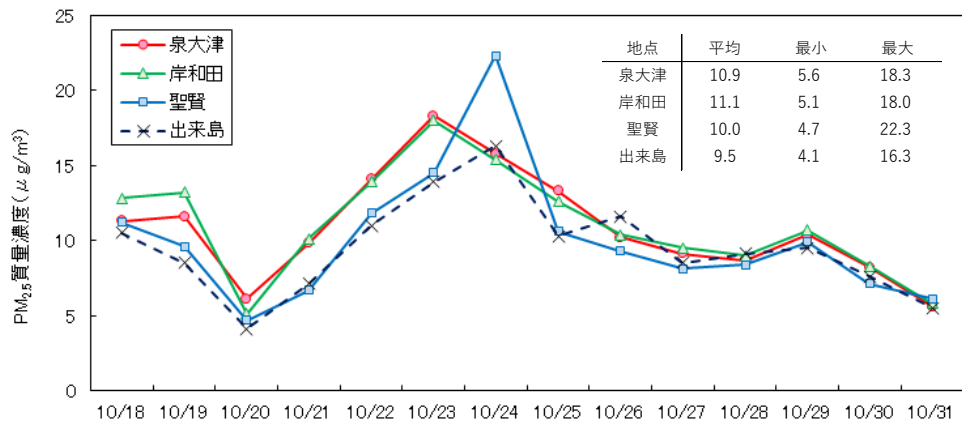


図 20 各地点における PM_{2.5} 質量濃度の経日変化 (秋)

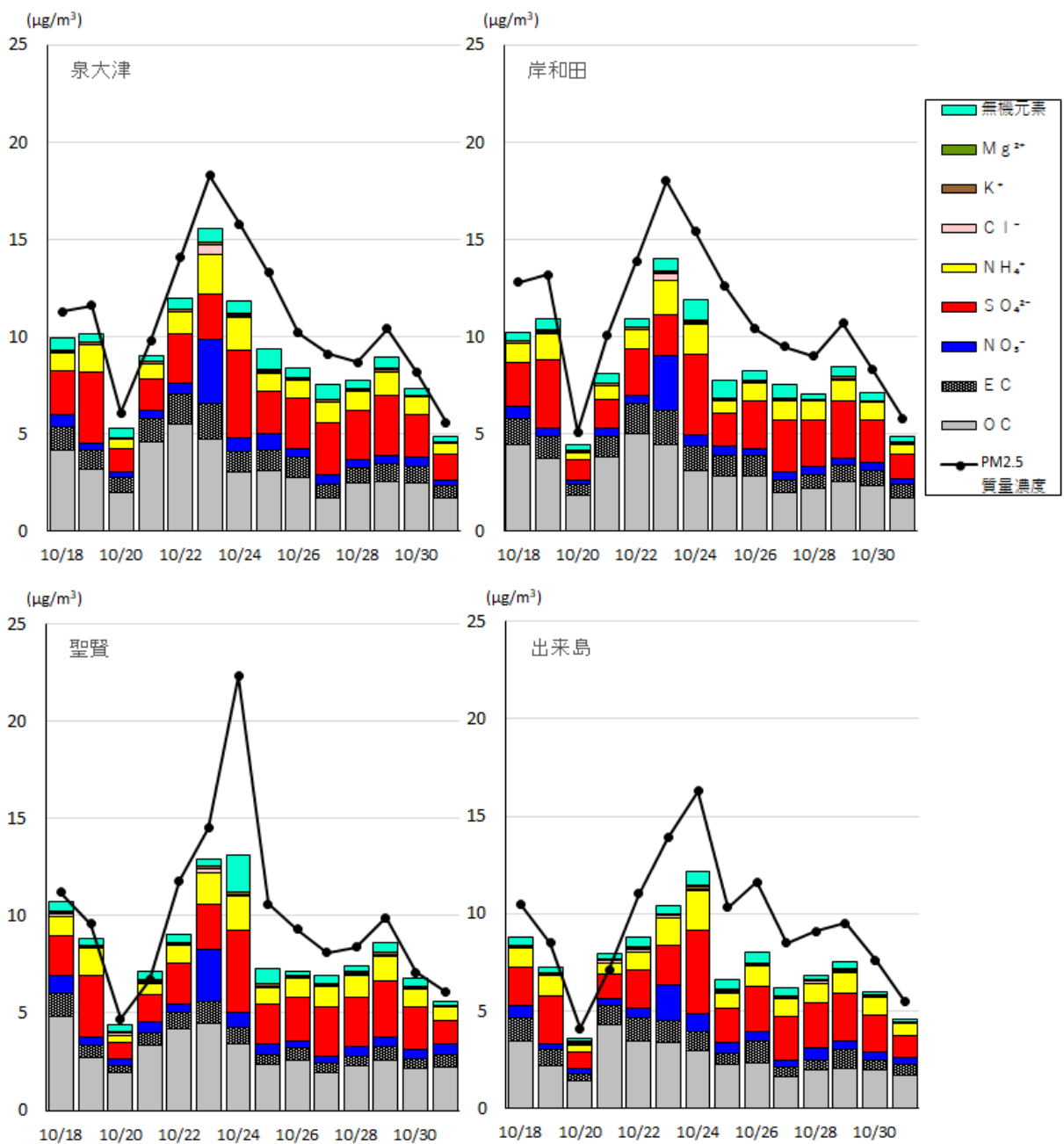


図 21 各地点ごとの PM_{2.5} 質量濃度と成分濃度の積み上げグラフ (秋)

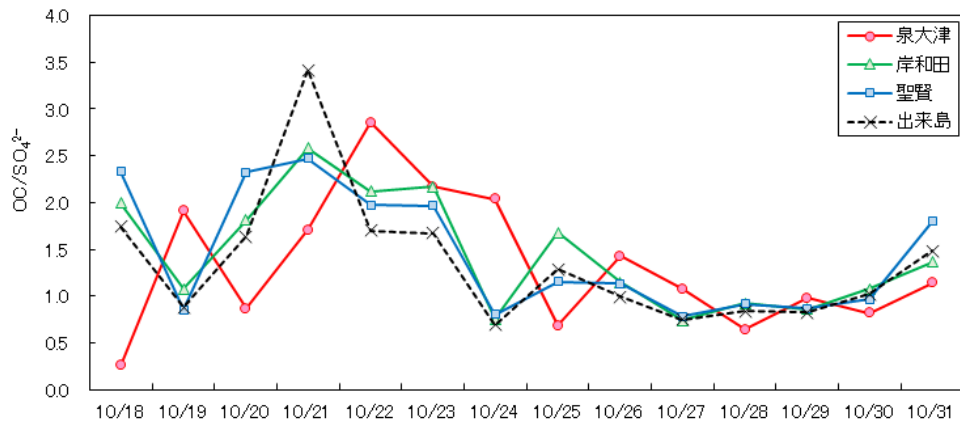


図 22 各地点における OC 濃度/SO₄²⁻濃度比の経日変化 (秋)

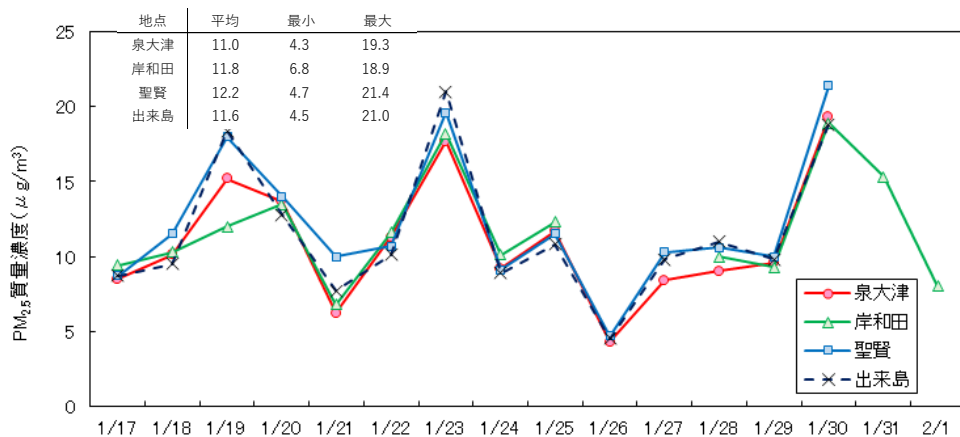


図 23 各地点における PM_{2.5} 質量濃度の経日変化 (冬)

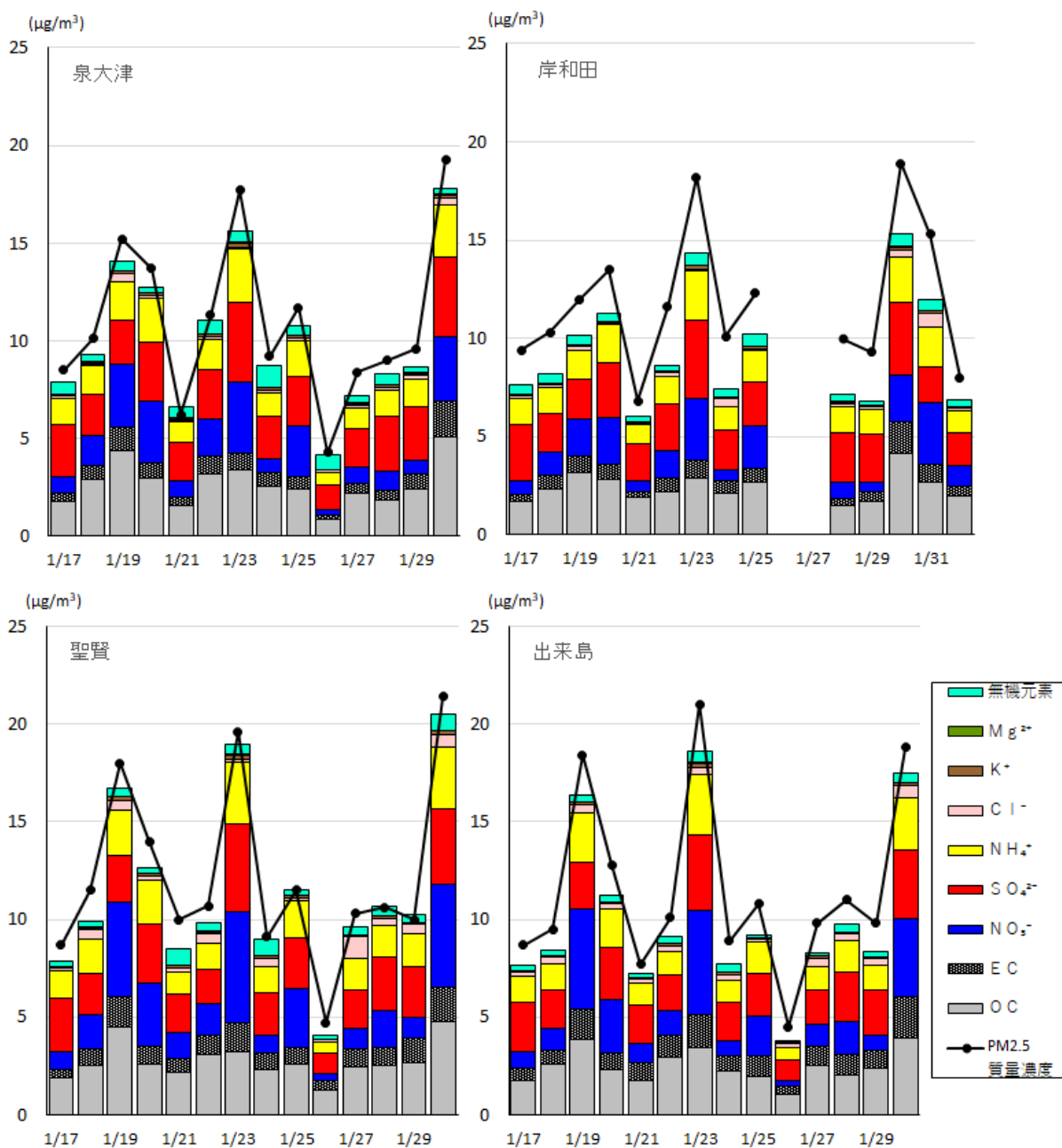


図 24 各地点ごとの PM_{2.5} 質量濃度と成分濃度の積み上げグラフ (冬)

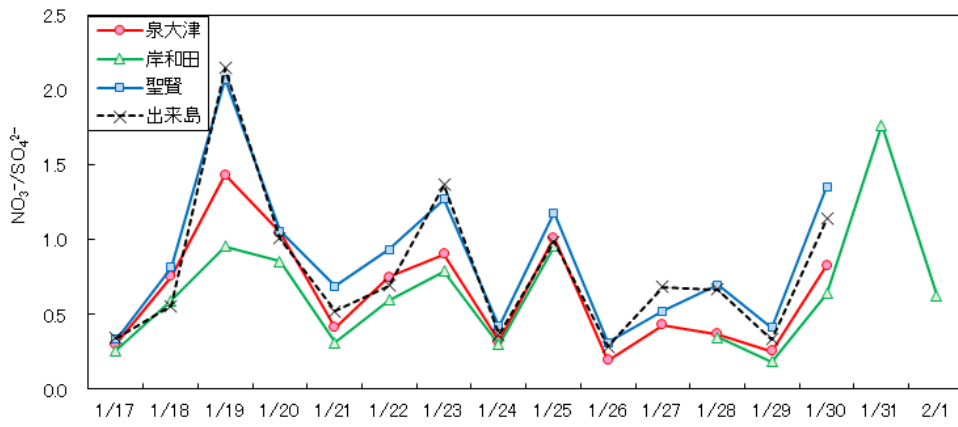


図 25 各地点における NO_3^- 濃度/ SO_4^{2-} 濃度比の経日変化 (冬)

4. 2018年7月における高濃度事例の解析

(1) はじめに

2018年7月15日～19日にかけて、大阪府内の複数の測定局でPM_{2.5}濃度の日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した(図26)。この期間、九州・山陰・瀬戸内・北陸等の複数の測定局においても日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過する高濃度となった(図27)。この高濃度現象について、国立環境研究所と地方環境研究所によるII型共同研究の一環として、全国の地方環境研究所が2018年7月13日～21日にかけてPM_{2.5}質量濃度及び成分濃度の同時観測を行った。その解析結果を中心に、本高濃度現象の要因について検討する。

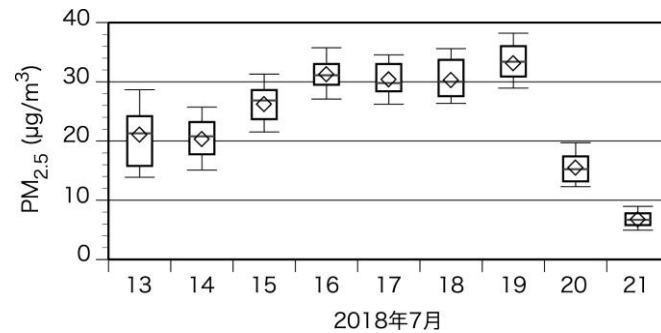


図26 大阪府内の一般局における2018年7月13日～21日のPM_{2.5}濃度の日平均値の推移

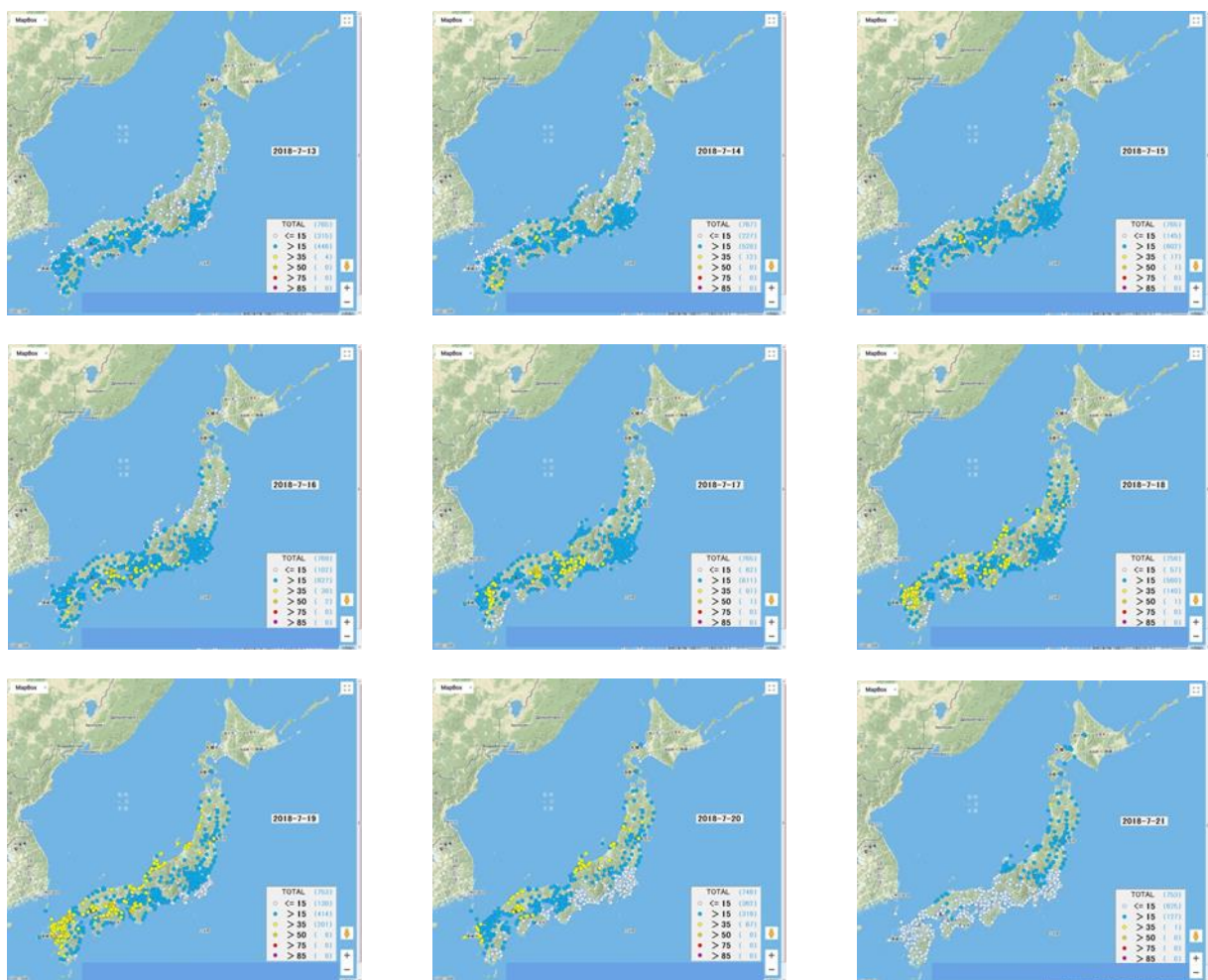


図27 全国の一般局における2018年7月13日～21日のPM_{2.5}濃度の日平均値の推移

※そらまめ君 (<http://soramame.taiki.go.jp/環境省大気汚染物質広域監視システム>) から入手した速報値を使用

(2) 方法

解析に使用した測定地点は、山形県村山市、富山県射水市、宮城県仙台市、茨城県土浦市、群馬県前橋市、埼玉県加須市、千葉県市川市、愛知県名古屋市の、三重県尾鷲市および津市、大阪府大阪市、兵庫県神戸市、奈良県桜井市および天理市、島根県松江市および隠岐郡、福岡県福岡市・北九州市および太宰府市、長崎県東彼杵郡の 20 地点であった。大阪府内の測定地点は国設大阪局であった。調査期間は、地点によるが、7/13～7/21 の全日もしくは数日であった。試料捕集の開始時刻は加須が 0 時、その他の地点が 10 時で、1 試料あたりの捕集時間は 23～24 時間であった。試料捕集および成分分析の方法はマニュアルに従った。

(3) 結果

7/13～7/21 の間の PM_{2.5} 質量濃度の経日変化は地点によって異なっていた (図 28)。大阪・神戸においては、7/16 と 7/18 に PM_{2.5} 質量濃度が 30 μg/m³ 以上となった。太宰府・隠岐・射水の 3 地点においては、7/17～7/20 の間に 30 μg/m³ 以上の比較的高い PM_{2.5} 質量濃度が観測された。名古屋では、7/17～7/18 に PM_{2.5} 質量濃度が 30 μg/m³ 以上となった。東日本の加須や市原では、本観測期間中に PM_{2.5} 濃度が 30 μg/m³ 以上となった日はなかった。主要成分である SO₄²⁻ 濃度と OC 濃度とを比較すると、PM_{2.5} 濃度が高かった日は、SO₄²⁻ 濃度が OC 濃度より高かった。しかし、その比の値 (OC/ SO₄²⁻) は、地点により異なっていた。観測期間中に各地点において PM_{2.5} 濃度が最大となった日の OC/ SO₄²⁻ は、加須・神戸・大阪・名古屋では 0.6～0.9、太宰府・隠岐・射水・市原では 0.2 前後であった。

この期間、大阪府においては、7/14、7/15、7/18 および 7/19 に光化学スモッグ注意報が発令された⁷。国設大阪局の常時監視項目のうち、7/13～7/21 の平均値が 2018 年 7 月の平均値より高かった項目 (カッコ内は期間平均値) は、光化学オキシダント (36 ppb)、SPM (32 μg/m³)、日射量 (0.94 MJ/m²H)、PM_{2.5} (23.2 μg/m³) であった。それら 4 項目の平均値は 7 月の平均値のそれぞれ、1.5、1.5、1.3、1.9 倍であった。日射量が比較的大きく、光化学反応により二次粒子の生成が促進されたため、PM_{2.5} や SPM 濃度が高くなったと考えられる。

なお、大阪と PM_{2.5} 質量濃度の変動のピークが異なっており、かつ、PM_{2.5} 濃度が最大となった日の OC/ SO₄²⁻ が 0.2 前後と大阪と比較して低かった太宰府・隠岐・射水においては、前方流跡線解析の結果 (図 29) およびモデル計算⁸ 結果から、7 月 16 日に噴火した桜島⁹ の噴煙の影響により PM_{2.5} 濃度が高かったことが示唆された。しかし、大阪府近傍の赤穂 (兵庫県) において、火山からの SO₂ の排出量を 0 と仮定してモデル計算を行っても、SO₄²⁻ 濃度の上昇がみられたことから、瀬戸内では桜島の噴火ではない要因により硫酸イオン濃度が上昇したと山村らは推定している。この結果は、前述と矛盾しない。

⁷ <http://taiki.kankyo.pref.osaka.jp/0aussIssue/hatsurei/PC/2018.html>

⁸ 山村ら (2019): 太平洋高気圧勢力下における PM_{2.5} 濃度上昇要因の化学輸送モデルを用いた解析、第 60 回大気環境学会講演要旨集、3A0915.

⁹ https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/volinfo/VK20180717160000_506.html

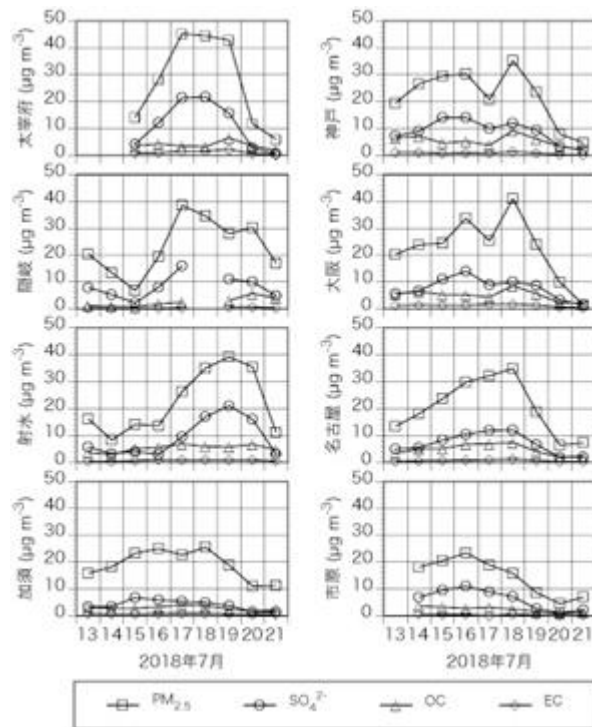


図 28 各地点における PM_{2.5} 質量濃度、SO₄²⁻濃度、OC 濃度、EC 濃度の推移

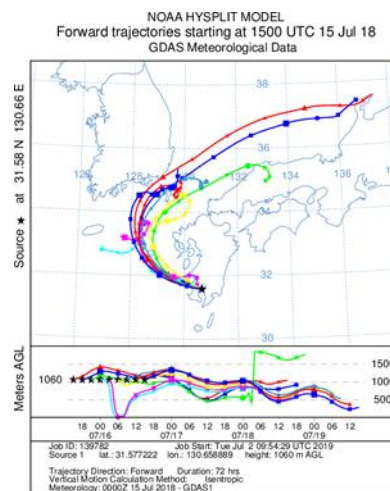


図 29 桜島が噴火した日（2018年7月16日）の高度1060m（桜島の標高）を起点に算出した前方流跡線

※NOAA HYSPLIT Trajectory Model (https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php)を使用

4. まとめ

(1) 調査結果

2018年度は、泉大津・岸和田の一般局2地点においてPM_{2.5}の成分測定を実施した。大阪市の測定地点（一般局の聖賢および自排局の出来島）の成分分析結果とあわせて解析した結果は以下のとおりであった。

○年間の状況

- ・ 年間56日間（14日間×4季）の調査期間中のフィルタ法によるPM_{2.5}質量濃度の年平均値は、10.7～12.5μg/m³であった。
- ・ 成分濃度ではいずれの地点もOC濃度（2.6～2.9μg/m³）とSO₄²⁻濃度（2.9～3.5μg/m³）が高かった。
- ・ 泉大津における2018年度のPM_{2.5}の成分構成割合は、過年度の構成割合と大きな変化はなく、OM（Organic Matter：炭素（OC）に結合している水素や酸素などを含む有機物）が39%と最も多く、続いて、SO₄²⁻の29%で、EC、NO₃⁻およびNH₄⁺とあわせて90%程度を占めていた。

○季節別の状況（季節平均）

- ・ PM_{2.5}質量濃度の季節平均値（1日×14回）は、泉大津・岸和田では春に最大（14.2μg/m³、14.0μg/m³）となり、聖賢・出来島では冬に最大（12.2μg/m³、11.6μg/m³）となった。
- ・ 成分濃度は年平均同様にいずれの地点・季節もOC濃度とSO₄²⁻濃度が高かった。
- ・ OCは出来島以外では秋に濃度が高く、PM_{2.5}質量濃度に占める割合も秋に最大（OMとして43～48%）となった。
- ・ SO₄²⁻は聖賢以外では夏に濃度が高く、割合も各地点で夏に最大（34～39%）となった。
- ・ 半揮発性成分のNO₃⁻およびCl⁻濃度はいずれの地点でも夏（暖候期）に低く、冬（寒候期）に高かった。
- ・ 2011年度から測定を実施している泉大津では、2018年度は、PM_{2.5}質量濃度が春・冬についてはこの8年間で最も低かった。秋も2011年度～2018年度の25%値より低く、成分ではPM_{2.5}質量濃度に占める割合の大きいOCとSO₄²⁻濃度が中央値より低かった。夏はPM_{2.5}質量濃度とSO₄²⁻濃度が中央値付近であった。

○季節別の状況（各季節の日ごとの状況）

- ・ 春は5/17の泉大津（35.1μg/m³）で35μg/m³を超過した。PM_{2.5}質量濃度が比較的高かった5/15から5/18は、二次生成が促進され、生成した硫酸塩が西から流れてきたことが示唆された。硫酸アンモニウム（(NH₄)₂SO₄）などの硫酸塩の濃度上昇によりPM_{2.5}質量濃度が高くなったと考えられた。
- ・ 夏のPM_{2.5}質量濃度はSO₄²⁻濃度と変動パターンが類似していた。バナジウム（V）は濃度が高くなることが多く、石油燃焼の影響が大きかったことが示唆された。
- ・ 秋のPM_{2.5}質量濃度の経日変化パターンは泉大津・岸和田、聖賢、出来島でやや異なっていた。OC濃度が高い傾向にあり、OC/SO₄²⁻比は1より大きくなるが多かった。15μg/m³を超えるようなPM_{2.5}質量濃度がやや高かった日（10/23、10/24）は日によって成分の構成割合が異なっていた。10/23はOCとNO₃⁻濃度が高く、10/24はSO₄²⁻濃度が高かった。
- ・ 冬は他の季節とは異なり、PM_{2.5}質量濃度の増減が短い期間で繰り返し起こり、1/19、1/23およ

び 1/30 に複数の地点で $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した。PM_{2.5} 質量濃度は NO₃⁻濃度と変動パターンが類似していた。

(2) 2018 年 7 月における高濃度事例の解析

大阪府内の複数の測定局において PM_{2.5} 濃度の日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した 2018 年 7 月 15 日～19 日は九州・山陰・瀬戸内・北陸等の複数の測定局においても日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過する高濃度となった。この高濃度現象について、全国の地方環境研究所が 2018 年 7 月 13 日～21 日にかけて PM_{2.5} 質量濃度及び成分濃度の同時観測を行った結果等を用いて解析を行った。その結果、PM_{2.5} 濃度が高かった日は、SO₄²⁻濃度と OC 濃度が高かった。この期間は、日射量が比較的大きく、光化学反応により二次粒子の生成が促進されたため、PM_{2.5} 濃度が高くなったと考えられた。

巻末資料

資料 1 分析方法の概要

(1) フィルタの保管

テフロンフィルタ (PALL 製 PTFE Teflo Filter) は、秤量後、試料捕集までの間、気温 $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ の恒温室で保管したものを使用した。石英繊維フィルタ (PALL 製 PALLFLEX FIBER FILTERS) は、炭素成分のブランク値 (有機物の吸着による) を低減するために、試料捕集前に 350°C で 1 時間加熱処理後、試料捕集まで -4°C 以下の冷凍庫で保管したものを使用した。試料捕集後のフィルタは、分析に供するまでの間、 -4°C 以下の冷凍庫で保管した。

(2) $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度

テフロンフィルタを気温 $21.5 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $35 \pm 5\%$ の条件下で恒量し、試料の捕集前後に電子天秤 (ザルトリウス社製 MSA2.75-000-DF) で $1 \mu\text{g}$ の単位まで秤量を行った。試料捕集前後の重量差と捕集量から大気中の $\text{PM}_{2.5}$ 質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) を算出した。なお、濃度表示は、JIS Z 8401 によって丸め、小数第 1 位の値までとした。

(3) イオン成分

イオン成分は、イオンクロマトグラフ法で定量した。

試料捕集した石英繊維フィルタ (2 分の 1) から炭素成分分析用に直径 8mm (面積 0.531cm^2) のポンチで 2 枚くり抜いた残りのフィルタをポリプロピレン製の容器に入れ、超純水 15mL を加え、20 分間超音波抽出を行った。容器内の溶液をディスポーザブルフィルター (アドバンテック社製 DISMIC[®]-25HP、孔径 $0.2\mu\text{m}$) でろ過後、ろ液をイオンクロマトグラフ (Thermo 社製 DIONEX ICS-2100 (陰イオン)、DIONEX ICS-1600 (陽イオン)) 法による測定に供した。測定条件を表 1-1 に示す。フィルタの有効捕集面積を 11.86cm^2 として、定量結果と捕集量からイオン成分の大気中濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) を算出した。なお、濃度表示は JIS Z 8401 によって丸め、有効数字 3 桁 (ただし、定量下限値の有効数字 2 桁目の位までとする) とした (以下の項目も同じ)。

表 1-1 イオンクロマトグラフ法によるイオン成分の測定条件

	陰イオン	陽イオン
分離カラム	IonPac AS19	IonPac CS16
ガードカラム	IonPac AG19	IonPac CG16
オートサプレッサー	ASRS-500 4 mm	CSRS-500 4 mm
溶離液	水酸化カリウム溶液 9 mM→20 mM (グラジエント)	30mM メタンスルホン酸水溶液
流量	1.0 mL/min	1.0 mL/min
サンプル量	25 μL	25 μL
検出器	電気伝導度検出器	電気伝導度検出器

(4) 無機元素

無機元素は、マイクロウェーブ分解装置（アントンパール社製、MultiwavePro）を用いて分解後、分解液中の無機元素濃度を誘導結合プラズマ質量分析法（ICP/MS法）で定量した（表1-2）。分解にはサポートリングを除去したフィルタ1/2枚を使用した。フィルタ1/2枚をフッ化水素酸2mL、硝酸5mL及び過酸化水素水(30%)1mLとともに専用の分解容器に入れて密栓し、マイクロウェーブ分解装置で約55分間分解処理した。その後、濃縮装置を用いて分解液を0.5mL程度まで濃縮すると同時にフッ化水素酸を除去した。濃縮液をポリプロピレン製のメタルフリータイプ遠沈管に移し、硝酸(2+98)を加えて10mLに定容したものをICP/MS法による測定に供した。定量結果と捕集量から大気中濃度（ng/m³）を算出した。

表1-2 ICP/MS法による無機元素の測定条件

機種	Agilent Technologies 社製 7700x
RF周波数	27.18 MHz
RF出力	1.55 kW
キャリアガス(Ar)流量	1.09 L/min
コリジョンガス(He)流量	4.3 mL/min
リアクションガス(H ₂)流量	6.0 mL/min
プラスマガス(Ar)流量	14.99 L/min
サンプルリング深さ	8.0 mm
測定元素(質量数)	Na (23)、Al (27)、K (39)、Ca (44)、Sc (45)、Ti (47)、V (51)、Cr (52)、Mn (55)、Fe (56)、Co (59)、Ni (60)、Cu (63)、Zn (66)、As (75)、Se (78)、Rb (85)、Mo (95)、Cd (111)、Sb (121)、Cs (133)、Ba (137)、La (139)、Ce (140)、Sm (147)、Hf (178)、Ta (181)、W (182)及びPb (208)
内標準元素(質量数)	In(115)

(5) 炭素成分

有機炭素(OC)および元素状炭素(EC)は熱分離光学補正法を用いて定量した。試料捕集した石英繊維フィルタを直径8mm(面積0.531cm²)のポンチでくり抜き、熱分離・光学補正式炭素分析計(DRI社製Carbon Analyzer 2001A)による測定に供した。IMPROVEプロトコルにより段階的に昇温を行い、550℃まではHeガス雰囲気下で発生する炭素を有機炭素(OC1、OC2、OC3、OC4)、550℃からはHe/O₂(2%)ガス雰囲気下で試料から発生する炭素を元素状炭素(EC1、EC2、EC3)として、発生した炭素をメタンに変換し、水素炎イオン化検出器(FID)により検出した。

Heガス雰囲気下では、加熱による有機物の炭化が起こるため、有機炭素の補正を行った。サンプルに対して垂直にHe-Neレーザーを照射して反射光を観測し、550℃でHe/O₂(2%)ガスを導入してから分析開始時と同じ反射光強度に戻るまでの間に検出された炭素成分を熱分解有機炭素(OCpyro)として、有機炭素の炭化物と同等であるとして補正した(式1、2)。測定条件を表1-3に示す。

ろ紙の有効捕集面積を11.86cm²として、定量結果と捕集量から大気中濃度(μg/m³)を算出した。

OC、ECは、式(1)により各フラクション値(OC1~OC4、EC1~EC3)から算出した。各フラクション

値が検出下限値未満の場合は、ゼロとしてOC、ECの濃度を算出した。

$$OC = OC1 + OC2 + OC3 + OC4 + OC_{pyro} \dots \dots \dots (式 1)$$

$$EC = EC1 + EC2 + EC3 - OC_{pyro} \dots \dots \dots (式 2)$$

表 1-3 有機炭素および元素状炭素の測定条件

試料分析炉	OC		EC	
	温度 (°C)	OC1:120, OC2:250, OC3:450, OC4:550	EC1:550, EC2:700 EC3:800	
	雰囲気	He	He (98%), O2 (2%)	
流速	He-1 : 40 mL/min He-2 : 10 mL/min He-3 : 50 mL/min 10%O ₂ /He : 10 mL/min Air : 350 mL/min H ₂ : 35 mL/min 5%CH ₄ /He : 2-5 mL/min			
触媒	酸化炉 (900°C) : MnO ₂ メタン化炉 (420°C) : Ni (NO ₃) ₂ ·6H ₂ O			
検出器	水素炎イオン化検出器 (105°C)			

(6) 検出下限値及び定量下限値

① 装置検出下限値、装置定量下限値

検量線作成時の最低濃度 (装置定量下限付近) の標準溶液について、所定の操作により測定を行い、得られた測定値を濃度の算出式により大気濃度に換算した。5回以上測定して、その標準偏差 (si) を算出し、その3倍を装置検出下限値、10倍を装置定量下限値とした。

$$\begin{aligned} \text{装置検出下限値} &= 3si \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} \\ \text{装置定量下限値} &= 10si \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

② 方法検出下限、方法定量下限

5試料以上の操作ブランク試料について所定の操作により測定を行い、得られた測定値を濃度の算出式により大気濃度に換算した。その標準偏差 (sm) を算出し、その3倍を方法検出下限値、10倍を方法定量下限値とした。

$$\begin{aligned} \text{方法検出下限値} &= 3sm \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} \\ \text{方法定量下限値} &= 10sm \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} \end{aligned}$$

③ 検出下限、定量下限

①および②で得られた下限値をそれぞれ比較し、大きい方を検出下限値、定量下限値とした。

なお、測定結果が検出下限値未満である場合は、炭素成分の各フラクション値はゼロ、その他は、検出下限値の1/2の値を用いた。

資料 2-1 成分分析結果 (春)

測定地点名	季節	サンプリング実施時期		質量濃度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	イオン成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																無機元素 (ng/m^3) (*は実施推奨項目を表す)																		炭素成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
					Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na	Al	Si*	K	Ca	Sc	Ti*	V	Cr	Mn*	Fe	Co*	Ni	Cu*	Zn	As	Se*	Pb*	Mo*	Sb	Cs*	Ba*	La*	Ce*	Sm*	Hf*	W*	Ta*	Th*	Pb	OC	EC
		年 月 日 時 分 ~ 年 月 日 時 分	年 月 日 時 分	測定値																																								
東大津市役所	春	2018 5 9 10 0 ~ 2018 5 10 9 0	2018 5 10 9 0	10.2	0.080	0.532	2.66	0.339	0.946	0.0449	0.0412	0.060	278	87.9	-	68.7	46	<0.026	6.30	2.66	0.76	4.93	94.4	0.0418	3.49	3.76	19.9	0.242	0.209	0.210	0.402	0.336	0.0163	1.7	0.073	0.140	0.0073	<0.15	0.167	0.70	0.015	1.66	1.77	0.62
		2018 5 10 10 0 ~ 2018 5 11 9 0	2018 5 11 9 0	8.7	0.036	0.975	1.88	0.146	0.872	0.0450	0.0199	0.051	144	53.4	-	61.3	45	<0.026	5.37	3.86	1.11	4.92	101	0.0618	5.01	2.19	20.4	0.289	0.207	0.185	0.764	0.684	0.0141	3.2	0.064	0.116	0.0044	<0.15	0.129	0.14	<0.007	1.83	2.51	0.85
		2018 5 11 10 0 ~ 2018 5 12 9 0	2018 5 12 9 0	12.1	0.020	0.639	2.66	0.118	1.07	0.0986	0.0187	0.077	84	40.0	-	85.6	32	<0.026	3.77	4.67	1.03	7.29	124	0.0418	1.68	2.58	32.4	0.544	0.743	0.326	0.618	0.852	0.0549	3.0	0.089	0.149	0.0030	<0.15	0.125	0.07	<0.007	3.38	3.97	1.15
		2018 5 12 10 0 ~ 2018 5 13 9 0	2018 5 13 9 0	11.2	0.021	0.315	2.66	0.116	1.01	0.0634	0.0169	0.057	110	41.6	-	72.1	30	<0.026	3.85	4.18	0.45	3.89	78.8	0.0349	1.19	2.14	22.0	0.328	0.500	0.215	0.575	0.577	0.0301	2.1	0.086	0.163	0.0085	<0.15	0.098	<0.04	0.010	2.93	3.56	0.95
		2018 5 13 10 0 ~ 2018 5 14 9 0	2018 5 14 9 0	9.5	0.020	1.00	2.91	0.042	1.28	0.0560	0.0040	0.014	47	26.6	-	64.4	23	<0.026	3.74	6.44	1.07	6.31	133	0.0504	2.89	3.57	63.2	0.693	0.682	0.249	0.671	0.664	0.0574	1.2	0.075	0.099	0.0028	<0.15	2.93	<0.04	<0.007	6.44	2.11	0.96
		2018 5 14 10 0 ~ 2018 5 15 9 0	2018 5 15 9 0	13.7	0.005	0.289	3.60	0.060	1.33	0.0907	0.0125	0.047	65	64.4	-	111	35	<0.026	6.11	6.38	2.36	12.7	181	0.0943	2.83	5.71	59.1	1.25	0.836	0.380	1.48	1.86	0.0541	2.9	0.074	0.122	0.0071	<0.15	0.348	0.16	0.008	12.5	3.89	1.32
		2018 5 15 10 0 ~ 2018 5 16 9 0	2018 5 16 9 0	20.8	0.027	2.18	4.72	0.181	2.07	0.147	0.0265	0.123	140	69.8	-	169	43	<0.026	8.45	16.7	2.16	13.5	213	0.104	4.93	6.21	77.1	1.24	1.22	0.542	1.51	1.46	0.0453	3.8	0.153	0.323	0.0080	<0.15	2.03	<0.04	0.009	11.1	5.43	1.72
		2018 5 16 10 0 ~ 2018 5 17 9 0	2018 5 17 9 0	21.8	0.018	0.981	8.33	0.162	3.06	0.136	0.0234	0.091	134	49.5	-	133	40	<0.026	6.02	15.4	1.43	9.14	135	0.0883	5.01	6.23	45.8	1.05	1.27	0.448	1.19	0.948	0.0440	2.1	0.133	0.270	0.0047	<0.15	0.347	<0.04	0.008	6.01	3.83	1.70
		2018 5 17 10 0 ~ 2018 5 18 9 0	2018 5 18 9 0	35.1	0.086	2.43	16.3	0.346	5.92	0.212	0.0564	0.164	325	244	-	262	141	0.039	15.2	19.1	2.48	19.6	363	0.149	7.72	76.2	151	1.76	1.70	0.972	1.76	1.54	0.0752	4.6	0.358	0.636	0.0163	<0.15	0.190	<0.04	0.035	12.2	3.67	1.58
		2018 5 18 10 0 ~ 2018 5 19 9 0	2018 5 19 9 0	22.6	0.062	0.265	6.68	0.200	2.10	0.0478	0.0307	0.132	142	87.2	-	78.9	50	<0.026	6.99	10.1	0.62	5.93	111	0.0552	4.90	2.66	44.6	0.737	0.496	0.291	0.608	0.356	0.0255	2.5	0.090	0.171	0.0068	<0.15	0.067	<0.04	0.008	3.71	1.48	0.80
2018 5 19 10 0 ~ 2018 5 20 9 0	2018 5 20 9 0	4.8	0.103	0.262	1.34	0.280	0.442	0.0264	0.0331	0.033	259	12.5	-	27.6	21	<0.026	1.70	2.14	0.44	2.19	35.1	0.0324	19.4	2.20	8.8	0.104	0.163	0.058	1.02	0.126	0.0056	0.9	0.053	0.034	0.0028	<0.15	0.029	<0.04	<0.007	0.823	0.76	0.23		
2018 5 20 10 0 ~ 2018 5 21 9 0	2018 5 21 9 0	6.4	0.025	0.310	1.39	0.145	0.505	0.0308	0.0238	<0.008	121	10.4	-	26.9	14	<0.026	1.12	5.42	0.37	2.67	45.7	0.0159	1.73	1.32	33.2	0.162	0.217	0.067	0.325	0.251	0.0077	1.4	0.058	0.108	0.0016	<0.15	0.093	<0.04	<0.007	2.38	2.03	0.81		
2018 5 21 10 0 ~ 2018 5 22 9 0	2018 5 22 9 0	9.8	0.021	0.362	1.86	0.189	0.639	0.0885	0.0231	0.062	158	20.6	-	82.9	24	<0.026	3.41	5.51	0.95	5.39	77.2	0.0313	2.09	2.45	22.8	0.285	0.283	0.230	0.457	0.551	0.0135	2.2	0.058	0.086	0.0035	<0.15	0.097	<0.04	<0.007	2.67	3.78	0.87		
2018 5 22 10 0 ~ 2018 5 23 9 0	2018 5 23 9 0	11.9	0.050	0.614	2.64	0.239	0.920	0.127	0.0291	0.080	212	29.6	-	129	37	<0.026	3.33	13.9	1.01	7.77	98.6	0.0647	6.35	4.92	48.5	0.415	0.477	0.384	0.575	0.736	0.0175	2.4	0.144	0.260	0.0030	<0.15	0.095	<0.04	<0.007	3.77	3.86	1.03		
岸和田中央公園	春	2018 5 9 10 0 ~ 2018 5 10 9 0	2018 5 10 9 0	9.2	0.019	0.157	1.86	0.055	0.719	0.0326	0.0062	0.033	245	57.7	-	64.0	30	<0.026	4.83	2.09	0.98	4.08	65.5	0.0310	1.46	4.60	16.1	0.264	0.185	0.204	0.412	0.282	0.0149	1.1	0.051	0.100	0.0050	<0.15	0.178	0.09	0.011	1.31	1.11	0.45
		2018 5 10 10 0 ~ 2018 5 11 9 0	2018 5 11 9 0	8.2	0.019	0.562	1.57	0.123	0.665	0.0503	0.0161	0.047	111	39.5	-	56.0	27	<0.026	3.20	2.47	3.24	5.09	70.1	0.0710	2.38	1.95	19.9	0.284	0.177	0.180	0.577	0.481	0.0123	1.7	0.028	0.052	0.0025	<0.15	0.115	<0.04	<0.007	1.25	1.89	0.62
		2018 5 11 10 0 ~ 2018 5 12 9 0	2018 5 12 9 0	12.2	0.018	0.574	2.42	0.104	0.925	0.123	0.0158	0.088	103	42.2	-	136	45	<0.026	5.18	4.16	5.39	14.4	186	0.106	4.75	4.20	58.4	0.787	1.03	0.397	1.73	1.25	0.0683	2.6	0.077	0.137	0.0025	<0.15	0.198	<0.04	<0.007	4.72	3.56	1.24
		2018 5 12 10 0 ~ 2018 5 13 9 0	2018 5 13 9 0	10.7	0.018	0.257	2.73	0.103	1.00	0.0581	0.0168	0.078	83	38.8	-	59.6	25	<0.026	3.26	4.01	0.59	2.92	64.9	0.0226	1.04	1.47	15.6	0.297	0.506	0.183	0.710	0.474	0.0245	1.3	0.065	0.125	0.0032	<0.15	0.112	<0.04	<0.007	2.51	2.85	0.95
		2018 5 13 10 0 ~ 2018 5 14 9 0	2018 5 14 9 0	10.2	0.024	0.487	1.28	0.008	0.651	0.0176	<0.0015	<0.008	18	8.1	-	25.1	<5	<0.026	1.13	5.74	0.89	2.49	52.7	0.0306	1.11	1.37	27.0	0.522	0.416	0.111	0.555	0.310	0.0300	<0.4	0.025	0.038	<0.0005	<0.15	1.30	<0.04	<0.007	2.97	1.18	0.59
		2018 5 14 10 0 ~ 2018 5 15 9 0	2018 5 15 9 0	14.8	0.006	0.397	3.92	0.068	1.58	0.119	0.0121	0.055	70	55.6	-	130	43	<0.026	4.65	6.84	3.61	13.9	155	0.115	4.55	3.77	58.0	1.23	0.828	0.458	1.24	1.19	0.0543	1.8	0.067	0.105	0.0041	<0.15	0.194	<0.04	0.008	7.32	3.30	1.41
		2018 5 15 10 0 ~ 2018 5 16 9 0	2018 5 16 9 0	16.3	0.026	0.309	3.49	0.069	1.29	0.0864	0.0183	0.102	86	97.3	-	136	74	<0.026	8.36	9.01	3.89	14.8	203	0.127	5.37	5.71	108	1.29	1.05	0.436	1.86	1.61	0.0480	2.8	0.169	0.260	0.0070	<0.15	0.920	<0.04	0.015	7.82	3.98	1.70
		2018 5 16 10 0 ~ 2018 5 17 9 0	2018 5 17 9 0	27.1	0.015	0.662	7.56	0.101	2.86	0.118	0.0193	0.096	98	88.8	-	130	63	<0.026	6.32	11.3	2.56	15.7	181	0.110	4.91	6.43	83.0	1.24	1.35	0.426	1.17	1.29	0.0482	2.3	0.217	0.347	0.0067	<0.15	0.405	<0.04	0.013	7.94	3.49	1.66
		2018 5 17 10 0 ~ 2018 5 18 9 0	2018 5 18 9 0	33.3	0.098	1.74	15.4	0.195	5.69	0.115	0.0416	0.143	163	125	-	143	74	0.026	11.0	15.0	3.83	13.7	231	0.128	6.13	6.40	69.8	1.53	1.67	0.506	1.27	1.72	0.0529	2.2	0.180	0.376	0.0084	<0.15	0.161	<0.04	0.016	6.68	2.83	1.57
		2018 5 18 10 0 ~ 2018 5 19 9 0	2018 5 19 9 0	22.2	0.017	0.146	5.87	0.132	1.91	0.0365	0.0167	0.095	127	124	-	80.5	70	<0.026	7.17	6.03	2.20	5.32	118	0.0562	3.51	1.85	29.9	0.765	0.505	0.288	0.538	0.334	0.0											

資料 2-3 成分分析結果 (秋)

測定地点名	季節	サンプリング実施時期		質量濃度 測定値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	イオン成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																	無機元素 (ng/m^3) (*は実施推奨項目を表す)																	炭素成分 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
					Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na	Al	Si*	K	Ca	Sc	Ti*	V	Cr	Mn*	Fe	Co*	Ni	Cu*	Zn	As	Se*	Rb*	Mo*	Sb	Cs*	Ba*	La*	Ce*	Sm*	Hf*	W*	Ta*	Th*	Pb	OC	EC
		年 月 日 時 分 ~ 年 月 日 時 分	年 月 日 時 分	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)																																								
泉大津市役所	秋	2018 10 18 10 0 ~ 2018 10 19 9 0	2018 10 19 9 0	11.3	0.030	0.674	2.19	0.097	0.958	0.113	0.0114	0.056	92.2	68	-	121	40.7	0.007	5.01	3.53	2.59	13.3	173	0.105	2.37	6.30	43.7	0.918	0.747	0.388	1.07	1.48	0.0443	2.70	0.0714	0.126	0.0045	<0.028	0.47	0.39	0.0138	8.05	4.19	1.17
		2018 10 19 10 0 ~ 2018 10 20 9 0	2018 10 20 9 0	11.6	0.013	0.338	3.67	0.096	1.43	0.096	0.0089	0.047	78.6	30	-	83.8	27.6	<0.007	4.08	2.77	1.38	8.70	110	0.0411	1.45	5.95	37.3	0.928	0.749	0.293	0.659	0.891	0.0461	1.93	0.0634	0.113	0.0019	<0.028	0.20	0.04	0.0035	6.44	3.18	0.99
		2018 10 20 10 0 ~ 2018 10 21 9 0	2018 10 21 9 0	6.1	0.040	0.314	1.17	0.116	0.476	0.058	0.0142	0.054	114	60	-	76.1	39.7	0.009	4.92	1.19	0.750	5.09	89.9	0.0361	1.70	2.53	40.4	0.359	0.239	0.199	0.766	0.564	0.0161	1.71	0.0580	0.076	0.0031	<0.028	0.08	0.09	0.0085	7.31	2.00	0.75
		2018 10 21 10 0 ~ 2018 10 22 9 0	2018 10 22 9 0	9.8	0.020	0.471	1.62	0.061	0.743	0.086	0.0082	0.046	46.9	43	-	73.9	19.9	<0.007	2.96	2.06	0.452	2.61	58.3	0.0184	0.71	1.50	19.1	0.601	0.256	0.174	0.286	0.941	0.0186	1.74	0.0390	0.071	0.0028	<0.028	0.06	<0.03	0.0056	5.11	4.62	1.15
		2018 10 22 10 0 ~ 2018 10 23 9 0	2018 10 23 9 0	14.1	0.029	0.562	2.54	0.084	1.11	0.107	0.0160	0.103	85.5	50	-	122	47.9	0.008	6.95	6.50	1.57	11.0	148	0.0649	2.29	5.58	41.6	5.20	0.565	0.329	0.963	4.13	0.0377	2.96	0.0807	0.138	0.0049	<0.028	0.88	0.04	0.0073	7.10	5.51	1.53
		2018 10 23 10 0 ~ 2018 10 24 9 0	2018 10 24 9 0	18.3	0.494	3.30	2.31	0.091	2.01	0.133	0.0114	0.036	107	48	-	157	37.5	0.012	7.46	2.98	3.74	18.0	200	0.114	2.89	8.39	67.6	0.820	0.919	0.387	3.07	3.30	0.0418	3.49	0.152	0.331	0.0024	0.042	9.22	0.05	0.0069	9.47	4.71	1.88
		2018 10 24 10 0 ~ 2018 10 25 9 0	2018 10 25 9 0	15.8	0.041	0.693	4.45	0.137	1.72	0.114	0.0391	0.151	111	111	-	126	84.9	0.058	10.2	2.74	1.19	5.85	132	0.0623	1.43	2.68	20.3	1.51	0.768	0.396	0.761	0.879	0.0360	1.89	0.0766	0.122	0.0064	0.274	0.42	<0.03	0.0131	5.32	3.06	1.07
		2018 10 25 10 0 ~ 2018 10 26 9 0	2018 10 26 9 0	13.3	0.077	0.868	2.19	0.137	0.878	0.083	0.0449	0.164	163	272	-	169	142	0.054	17.6	2.44	1.38	12.5	258	0.109	2.24	4.63	27.3	2.41	0.422	0.654	1.22	1.31	0.0572	4.04	0.172	0.316	0.0199	<0.028	0.17	<0.03	0.0463	6.07	3.13	1.03
		2018 10 26 10 0 ~ 2018 10 27 9 0	2018 10 27 9 0	10.2	0.029	0.391	2.58	0.129	0.961	0.063	0.0226	0.086	104	71	-	80.2	51.1	0.011	6.59	3.46	1.33	6.54	119	0.0584	2.14	3.33	21.9	0.902	0.551	0.265	1.37	0.662	0.0237	1.78	0.0805	0.125	0.0046	<0.028	1.12	<0.03	0.0093	3.74	2.77	1.08
		2018 10 27 10 0 ~ 2018 10 28 9 0	2018 10 28 9 0	9.1	0.061	0.504	2.71	0.267	0.999	0.083	0.0304	0.090	270	85	-	98.1	66.6	0.012	5.43	3.09	1.03	8.70	158	0.0627	1.27	3.40	27.6	0.669	1.02	0.409	1.01	0.529	0.0927	1.80	0.0667	0.107	0.0060	<0.028	0.06	<0.03	0.0130	5.33	1.74	0.65
		2018 10 28 10 0 ~ 2018 10 29 9 0	2018 10 29 9 0	8.7	0.031	0.424	2.52	0.142	1.02	0.077	0.0163	0.038	150	31	-	81.9	21.9	<0.007	2.54	2.53	0.79	3.38	83.0	0.0438	1.05	2.87	23.6	0.799	0.982	0.244	0.697	0.667	0.0566	2.61	0.106	0.156	0.0022	<0.028	0.08	<0.03	0.0033	5.72	2.46	0.80
		2018 10 29 10 0 ~ 2018 10 30 9 0	2018 10 30 9 0	10.4	0.035	0.405	3.12	0.178	1.17	0.138	0.0193	0.077	150	44	-	132	36.3	<0.007	3.39	2.94	1.67	8.57	126	0.0777	1.63	2.95	56.1	1.07	1.07	0.454	0.695	0.847	0.0835	1.70	0.0998	0.148	0.0027	<0.028	0.10	<0.03	0.0047	7.22	2.55	0.93
		2018 10 30 10 0 ~ 2018 10 31 9 0	2018 10 31 9 0	8.2	0.057	0.501	2.17	0.150	0.906	0.053	0.0159	0.044	92.0	14	-	49.8	18.5	<0.007	2.54	2.08	0.988	5.55	71.1	0.0256	1.35	3.29	26.5	0.844	0.426	0.151	0.485	0.559	0.0171	1.41	0.0338	0.063	0.0009	<0.028	0.09	<0.03	<0.0016	4.61	2.47	0.84
		2018 10 31 10 0 ~ 2018 11 1 9 0	2018 11 1 9 0	5.6	0.034	0.306	1.34	0.096	0.551	0.039	0.0081	0.050	89.6	29	-	43.5	25.2	<0.007	2.74	2.85	1.28	6.15	70.9	0.0658	1.06	5.85	28.3	1.09	0.328	0.153	0.636	0.427	0.0160	1.24	0.0419	0.057	0.0017	<0.028	0.25	<0.03	0.0026	3.82	1.72	0.60
		岸和田中央公園	秋	2018 10 18 10 0 ~ 2018 10 19 9 0	2018 10 19 9 0	12.8	0.056	0.636	2.24	0.082	0.968	0.091	0.0089	0.057	70.6	24	-	79.9	32.9	<0.007	3.09	4.41	3.47	8.89	115	0.0853	2.71	3.92	44.5	0.783	0.543	0.267	1.21	1.03	0.0293	1.46	0.0364	0.062	0.0022	<0.028	0.23	0.07	0.0103	5.83
2018 10 19 10 0 ~ 2018 10 20 9 0	2018 10 20 9 0			13.2	0.026	0.370	3.51	0.086	1.39	0.115	0.0085	0.059	102	49	-	135	34.7	<0.007	4.24	3.05	2.50	14.9	165	0.0695	1.92	3.86	85.2	1.31	0.956	0.474	0.911	1.44	0.0717	2.37	0.0569	0.084	0.0035	<0.028	0.18	<0.03	0.0083	11.7	3.77	1.14
2018 10 20 10 0 ~ 2018 10 21 9 0	2018 10 21 9 0			5.1	0.034	0.202	1.02	0.073	0.401	0.040	0.0114	0.045	94.1	31	-	56.7	28.6	<0.007	3.89	1.08	0.557	4.15	67.1	0.0272	0.57	3.05	19.7	0.356	0.213	0.149	0.695	1.22	0.0137	1.41	0.0457	0.066	0.0019	<0.028	<0.05	<0.03	0.0060	5.00	1.85	0.59
2018 10 21 10 0 ~ 2018 10 22 9 0	2018 10 22 9 0			10.1	0.041	0.408	1.49	0.060	0.702	0.077	0.0103	0.087	74.3	79	-	102	53.1	0.010	4.64	1.96	0.927	4.93	139	0.0444	1.29	3.55	64.3	0.851	0.360	0.249	0.491	1.33	0.0268	2.57	0.0699	0.112	0.0050	<0.028	0.07	<0.03	0.0098	10.3	3.85	1.02
2018 10 22 10 0 ~ 2018 10 23 9 0	2018 10 23 9 0			13.9	0.023	0.431	2.37	0.091	1.00	0.118	0.0149	0.100	74.8	47	-	102	44.3	<0.007	5.17	3.08	1.29	7.53	107	0.0465	1.37	3.64	24.6	0.539	0.387	0.276	0.690	1.21	0.0271	1.86	0.0549	0.075	0.0024	<0.028	0.43	<0.03	0.0052	7.81	5.02	1.52
2018 10 23 10 0 ~ 2018 10 24 9 0	2018 10 24 9 0			18.0	0.296	2.83	2.07	0.078	1.81	0.123	0.0097	0.048	95.2	50	-	151	41.4	0.008	6.75	2.39	3.64	18.5	200	0.108	3.89	5.69	65.7	0.829	0.807	0.367	2.25	2.36	0.0346	2.99	0.123	0.239	0.0027	<0.028	6.36	<0.03	0.0056	7.31	4.49	1.72
2018 10 24 10 0 ~ 2018 10 25 9 0	2018 10 25 9 0			15.4	0.050	0.560	4.11	0.125	1.57	0.136	0.0313	0.115	175	215	-	222	107	0.036	16.1	2.74	2.27	11.3	248	0.238	1.80	4.21	32.6	2.16	1.14	0.805	0.837	2.84	0.0699	3.76	0.159	0.281	0.0143	<0.028	1.11	<0.03	0.0352	8.39	3.11	1.28
2018 10 25 10 0 ~ 2018 10 26 9 0	2018 10 26 9 0			12.6	0.040	0.472	1.71	0.111	0.659	0.081	0.0288	0.157	145	197	-	168	93.2	0.033	15.8	2.29	1.42	10.4	205	0.0953	1.17	8.50	24.4	2.57	0.399	0.609	0.586	1.83	0.0444	2.68	0.108	0.227	0.0117	<0.028	0.17	<0.03	0.0272	6.09	2.87	1.01
2018 10 26 10 0 ~ 2018 10 27 9 0	2018 10 27 9 0			10.4	0.030	0.334	2.48	0.129	0.910	0.087	0.0221	0.093	105	56	-	86.9	37.1	0.007	6.22	3.16	2.06	8.73	117	0.0551	1.56	2.72	30.3	1.010	0.507	0.309	1.20	0.600	0.0248	1.50	0.074	0.112	0.0030	<0.028	0.91	<0.03	0.0067	3.63	2.85	1.07
2018 10 27 10 0 ~ 2018 10 28 9 0	2018 10 28 9 0			9.5	0.059	0.433	2.68	0.230	0.943	0.076	0.0319	0.085	245	59	-	96.5	39.6	0.040	5.77	2.48	1.58	11.7	146	0.0674																				

