

PM<sub>2.5</sub> の発生源別寄与割合に係る文献調査と直近の測定データを用いた解析結果1. PM<sub>2.5</sub> 濃度に対する発生源別寄与割合に関する既往の研究

わが国における PM<sub>2.5</sub> 濃度に対する国内発生源と越境汚染の寄与割合の評価を行った既往研究で得られた知見として、茶谷ら(2011)、Ikeda et al.(2015)及び板橋と速水(2016)の知見を表 1 に整理した。ここで、それぞれの寄与割合の計算方法、対象年、分類した地域、発生源の分類等が厳密には異なることに留意すべきであるが、越境汚染の寄与は西日本で高く、東日本（東北及び北海道を除く。）は低くなることが示されている。また、板橋と速水(2016)については、環境基準の非達成局における寄与割合の推計を行っているが、非達成局においては国内発生源の寄与が高い傾向にあることが示されている。

さらに、板橋と速水(2016)は、環境基準の非達成の要因が、瀬戸内では製造業や船舶、関東では自動車や製造業等、地域毎に異なること示している（表 2）。

表 1 既往研究によるわが国の PM<sub>2.5</sub> 質量濃度に対する越境汚染／国内発生源の寄与割合 (%)<sup>1)</sup>

	対象年	九州	中国	四国	近畿	北陸	東海 甲信	関東	東北	北海道
茶谷ら(2011) <sup>2)</sup>	2005	—	—	—	48/50	—	41/57	31/68	—	—
Ikeda et al.(2015) <sup>3)</sup>	2010	71/21	70/25	68/23	57/36	61/33	48/46	39/51	63/30	73/19
板橋と速水(2016) <sup>4)</sup>	2010	41/30	29/41	—	22/49	30/40	—	12/68	—	—

1) 表中の値は「越境汚染の寄与又は感度 / 国内発生源の寄与又は感度」である。表に示した値以外にも計算対象領域全体に存在する船舶やその他の寄与又は感度が存在するため、合計は 100 %にならない。

2) 表中の国内発生源の寄与は自動車、自動車以外の燃焼及び NH<sub>3</sub> の合計。原典では VOC、バイオマス燃焼も国内起源としての感度がわずかに存在する。

3) 表中の越境汚染の寄与は中国と朝鮮半島の合計。

4) 表中の越境汚染の寄与は中国と韓国の合計。長期基準を超過した測定局のみを対象にした寄与割合である。

表 2 わが国の環境基準非達成測定局における主な発生源

地域	主な発生源
九州	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国外の寄与が国内汚染の寄与よりも大きく、それは短期基準の非達成の要因の方がより顕著であった。
瀬戸内	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国内汚染の寄与が支配的であった。内訳としては製造業が卓越しており、船舶の寄与も大きかった。
近畿	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国内汚染の寄与が大きく、それは短期基準の非達成の要因の方がより顕著であった。内訳としては製造業と自動車で半分程度を占め、さらに船舶の寄与も大きかった。
関東	長期基準と短期基準の非達成の要因として、いずれも国内汚染の寄与が 7 割前後で支配的であった。長期基準の観点では自動車の寄与が最重要であると評価された一方で、短期基準の観点では自動車と製造業の双方が重要であると評価された。
北陸	国内外の寄与の両者が非達成の要因と評価されたが、短期基準の非達成の要因にはより中国の寄与が大きかった。国内汚染の寄与の中では自動車と製造業のほか、この地域で排出量が大きな飼料施肥の寄与も大きかった。

板橋と速水(2016)を基に作成

また、豊永ら(2017)は2013年及び2014年のPM<sub>2.5</sub>成分測定結果を基にPMF法<sup>1</sup>を用いて熊本市内の発生源寄与割合を推計しており、越境汚染の寄与が大きいとされる九州であっても市内の都市部では国内の地域汚染の寄与が38~48%を占めること、道路沿道では地域汚染の寄与がさらに増加し、その割合は51~57%となることを示している。

さらに、鵜野ら(2017a)はソース・レセプター解析<sup>2</sup>により、福岡における2014年度時点の中国全域からの寄与が60%であることと、福岡における2014年から2016年のPM<sub>2.5</sub>濃度(年平均値)の低下量(2.6 µg/m<sup>3</sup>)は、ソース領域の濃度変化、すなわち中国におけるPM<sub>2.5</sub>濃度が近年の大気汚染政策により約25%低下したことで説明できることを示した。鵜野ら(2017b)は、今後も中国の排出量の減少が継続した場合、日本国内のPM<sub>2.5</sub>濃度がさらに低下することも予想されるとしている。

## 2. 2017年度における発生源別寄与に係る解析

上述のように、中国の大気汚染対策の進展によって、近年の日本のPM<sub>2.5</sub>濃度は越境汚染の寄与が低下し、国内発生源の寄与が相対的に増加していることが示唆されていることから、最近の観測データを活用して、発生源寄与に関する解析を実施した。

### (1) PM<sub>2.5</sub>成分自動測定機による国内外寄与の地域的な傾向

環境省においては、2017年度から全国の10地点(測定地点と測定成分については別添参照。)においてPM<sub>2.5</sub>成分自動測定機による観測を開始。その成分濃度と測定地点の経度との関係からPM<sub>2.5</sub>成分の国内発生源による影響を解析した。

図1にPM<sub>2.5</sub>、硫酸イオン(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、硝酸イオン(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)、光学的元素状炭素(OBC)、水溶性有機炭素(WSOC)の年平均濃度について、ACSA-14が設置された10地点を経度に応じて非都市部(五島、隠岐、巻、籠岳)と都市部(福岡、赤穂、大阪、名古屋、東京、札幌)に分けて示す。図中の線は非都市部における回帰直線であり、越境汚染を含むバックグラウンド濃度を示していると考えられるが、PM<sub>2.5</sub>及びいずれの成分でも東ほど濃度が低下する傾向にある。一方、都市部の濃度はバックグラウンド濃度よりも高くなる傾向があり、特に大阪、名古屋、東京でその傾向が顕著であった。

個別の成分で見えていくと、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は特に西高東低の傾向が強く、越境汚染の影響が強く現れていると考えられる。赤穂を除く都市部のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>はバックグラウンド濃度に比べてわずかに高い程度であるが、赤穂ではバックグラウンド濃度からの上乘せ分が大きく、国内の発生源による影響が大きいと考えられる。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>は、都市部の名古屋、大阪、赤穂ではバックグラウンド濃度に比べて2倍程度、東京では3倍程度高く、国内の影響が大きいと考えられる。OBCやWSOCも影響の程度は地域毎に違いが見られるものの、都市部については国内の影響が大きいことが示唆された。これらの結果は、板野ら(2013)や山神ら(2013)の報告と同様の結果であった。なお、ACSA-14によるPM<sub>2.5</sub>濃度は、装置の特性

<sup>1</sup> PMF法：観測値の統計処理により発生源寄与割合を算出する手法

<sup>2</sup> ソース・レセプター法：化学輸送モデルを用いて、大気汚染物質の受容領域(レセプター)に対する汚染物質の発生源(ソース)の寄与の関係を推定する手法。

上、海塩粒子が多い場合には高濃度となる傾向もあるので、離島や沿岸の地点ではその影響を受けている可能性が考えられることに留意が必要である。

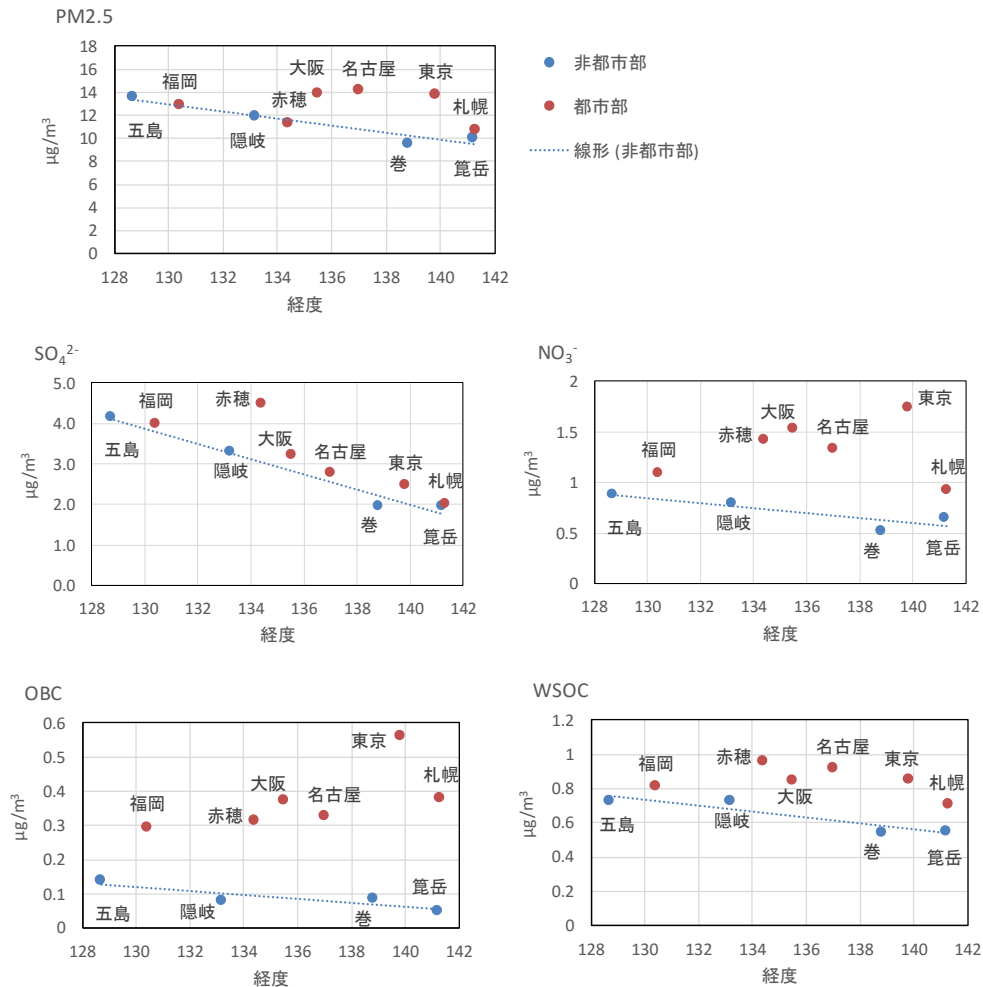


図 1 成分自動測定機による測定地点（経度）と PM<sub>2.5</sub> 質量濃度及び成分濃度（年平均値）との関係

## (2) PM<sub>2.5</sub> 成分測定（手分析）による高濃度時における発生源寄与割合の推計結果

地方公共団体が常時監視として実施している PM<sub>2.5</sub> の成分測定（手分析）の結果を活用してレセプターモデルにより、高濃度時（PM<sub>2.5</sub> 濃度が日平均 30 µg/m<sup>3</sup> 以上）における発生源寄与割合を推計した。対象は 2017 年度で、環境省に報告されたデータのうち、解析に必要な各成分の測定値がある 9190 件を解析に用いた。解析に使用した成分は PM<sub>2.5</sub>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Al、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Zn、As、Sb、Pb、EC 及び OC である。

解析は PMF 法により行い、7 因子を抽出した。各因子の解釈は表 3 のとおりである。

表 3 抽出された因子が示す発生源

因子(Factor)	発生源
Factor 1	V、Ni が高いことから、重油燃焼
Factor 2	Al、Fe、Mn、Ca <sup>2+</sup> が高いことから、土壌
Factor 3	Zn、Sb、Fe、Pb、Mn、Cr などの金属類が高いことから、金属工業及び石炭
Factor 4	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> 、Zn、Pb が高いことから、二次生成硫酸塩
Factor 5	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、Cl <sup>-</sup> が高いことから、二次生成硝酸塩
Factor 6	Na <sup>+</sup> 、Mg <sup>2+</sup> が高いことから、海塩
Factor 7	OC、EC、K <sup>+</sup> が高いことから、自動車排出ガス及びバイオマス燃焼

発生源寄与割合の解析結果を図 2 に示す。なお、今回の解析結果では、本来存在すると考えられる有機二次粒子等が自動車・バイオマス燃焼と重油燃焼の因子に割り当てられたため、これらが過大に評価されている可能性があることに留意が必要である。

高濃度出現時においては、重油燃焼の寄与割合が関東地方(26%)及び東海地方(22%)で大きく、自動車とバイオマス燃焼を合わせた寄与割合が北陸地方(34%)や近畿地方(26%)で大きい。ただし、北陸地方では件数が 2 件と解析データが少ないことに留意が必要である。金属工業及び石炭は近畿地方(12%)で最も寄与割合が大きく、続いて東海地方(10%)、関東地方(9%)が同程度の寄与割合である。これらの結果は、地域の高濃度に対して影響する発生源が異なることを示している。

PMF 解析等のレセプターモデルでは、各発生源が越境由来か国内由来かを明確に区別することは困難である。しかしながら、重油燃焼、金属工業及び石炭、自動車・バイオマス燃焼の合計は主に国内の人為起源として、また二次生成硫酸塩は主に越境由来として反映しているものと仮定して各地域の寄与割合を評価する。国内の人為起源の割合は、九州地方で 34%、中国・四国地方で 38%、近畿地方で 48%、北陸地方で 49%、東海地方で 50%、関東地方で 54%となり、北海道・東北地方(38%)を除くと東の地域ほど高くなる。一方、越境由来を表す二次生成硫酸塩の寄与割合は、九州(44%)、中国・四国地方(47%)で卓越していた。

さらに、九州地方と関東地方における濃度範囲別の寄与割合を図 3 に示す。濃度が高くなるにつれて寄与割合が大きくなる発生源は、関東地方では重油燃焼、九州地方では二次生成硫酸塩となっており、高濃度時と低濃度時では PM<sub>2.5</sub> 濃度に寄与する主な発生源が異なることが示唆された。

これらの結果は、解析対象が 2017 年度と最近のデータであるものの、上述したこれまでの研究による知見とおおむね同様であり、越境の影響は西高東低で、高濃度時の国内の人為起源は関東で高いという結果であった。

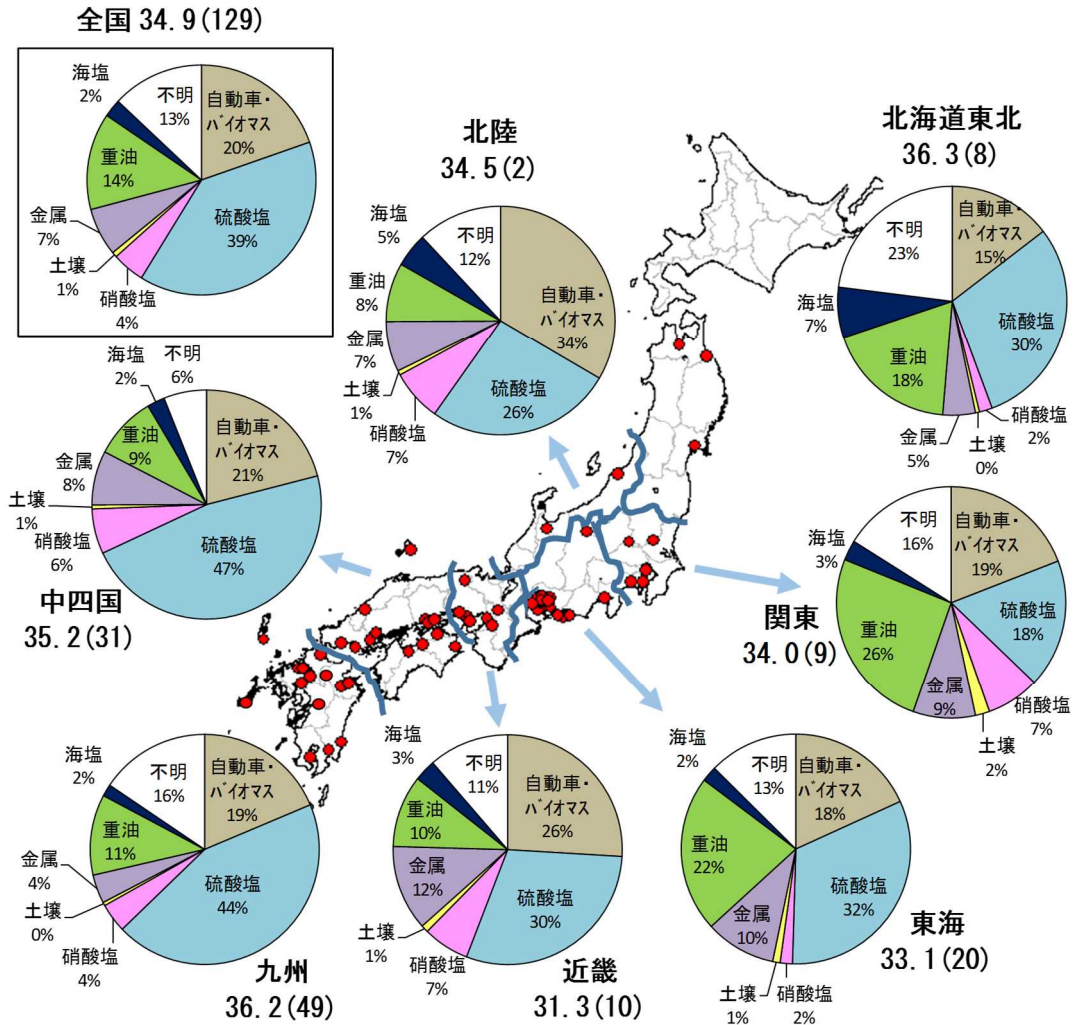


図2 レセプターモデル (PMF法) による地域別の発生源寄与割合の推計結果  
 PM<sub>2.5</sub>濃度 (日平均) が 30 μg/m<sup>3</sup> を超過した時の地域別平均寄与率。同一測定局で 30 μg/m<sup>3</sup> 超過の件数が複数回の場合もある。  
 地域名の下の数値は平均 PM<sub>2.5</sub> 濃度、括弧内の数値は件数。

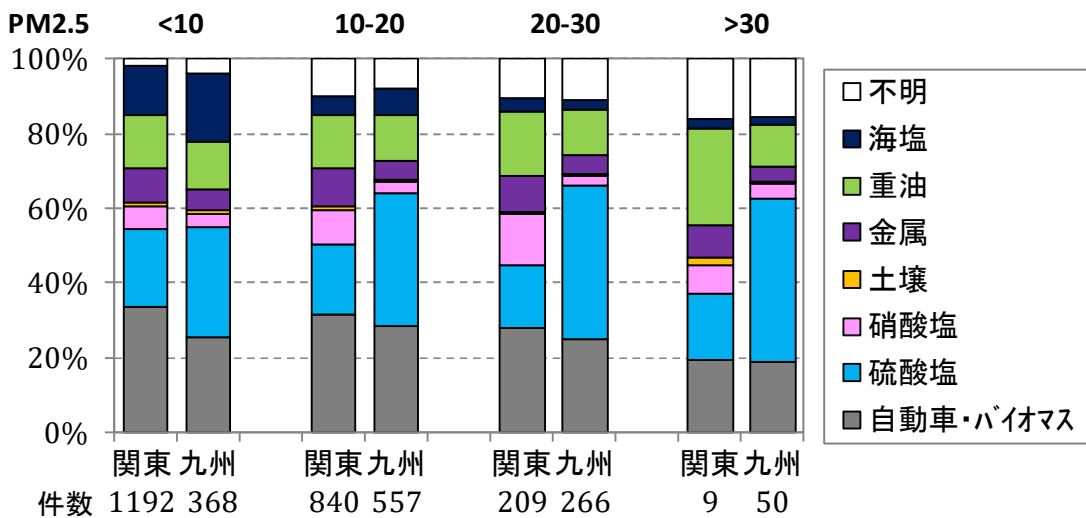


図3 濃度階級別の発生源寄与割合の推計結果

### (3) PM<sub>2.5</sub>の成分や元素濃度の経年変化

越境由来又は国内由来の発生源の寄与割合の経年的な推移を評価するために、一般的に指標元素とされる成分について、2012年度から2017年度にかけての全国のPM<sub>2.5</sub>成分測定（手分析）の結果から経年変化を図4に整理した。ただし、四季毎に14日間の測定であることや、年度毎に地点数や測定地点が異なることに留意が必要である。

硫酸イオン（SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>）、鉛（Pb）及びヒ素（As）のように越境汚染の影響が強いとされる成分については、九州地方や中国・四国地方の西日本で減少傾向にあり、越境による影響が低下していることが示唆される。ただし、濃度は減少しているものの、2017年度においても西日本ほど高濃度である。

バナジウム（V）は重油燃焼の指標であり、いずれの地域の経年変化も年々変動はあるものの横ばい状態であることから、重油による影響が継続して続いていることが示唆される。

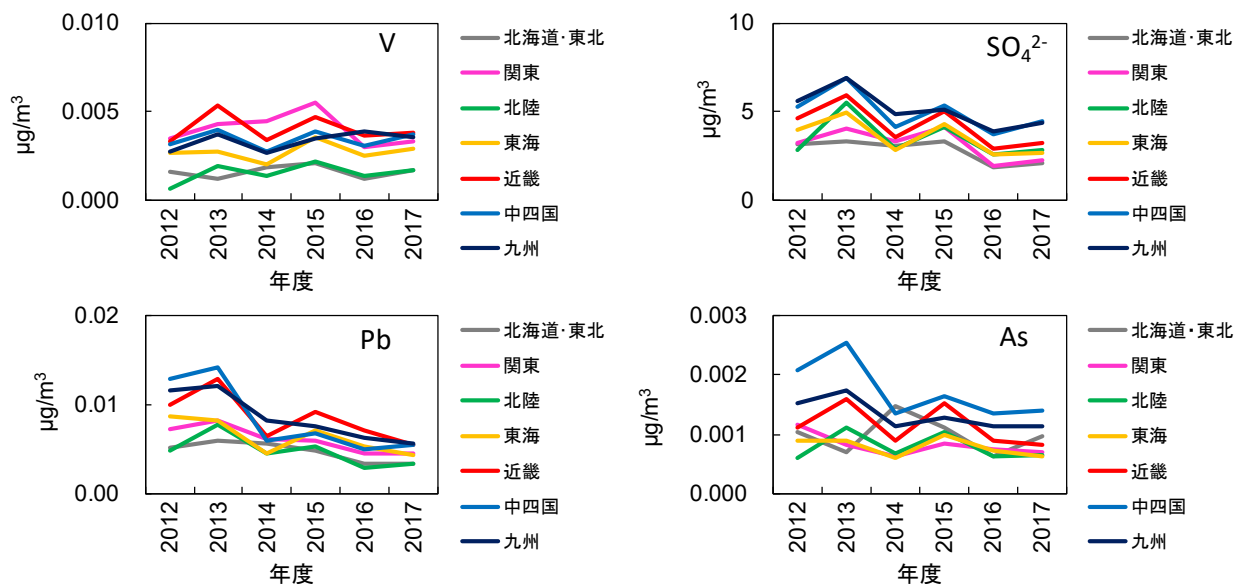


図4 成分濃度の経年変化

## 3. 高濃度事例の解析

### (1) PM<sub>2.5</sub>高濃度と大陸方向からの移流との関連

前述のように、PM<sub>2.5</sub>の高濃度に対しては、地域毎に国内外の寄与が異なることが示唆されている。そこで、成分自動測定機の測定地点毎にPM<sub>2.5</sub>高濃度日（ここではACSA-14によるPM<sub>2.5</sub>の1時間値が35 µg/m<sup>3</sup>を超えた日とする）に対する後方流跡線解析<sup>3</sup>を実施して大陸方向からの移流の有無を判定し、その日数を集計した（図5）。

赤穂、大阪、名古屋、東京の都市部では、PM<sub>2.5</sub>高濃度日に対して大陸方向からの移流の割合は少なく、他の地点に比べて国内の影響が大きいことが分かる。札幌、福岡に

<sup>3</sup> 気象データを用いてある地点に到達した空気塊の移流経路を計算する方法。本資料ではNOAA HYSPLIT MODELにより気象データはGDAS、流跡線モデルは三次元流跡線、出発高度は500 m、遡及時間は72時間として計算した。

についても、他の非都市部に比べると、国内の影響が大きいと考えられる。ただし、後方流跡線が大陸を経由していても、高濃度の要因が越境汚染とは限らず、国内の発生源による影響が大きい場合もあり得ることに注意が必要である。

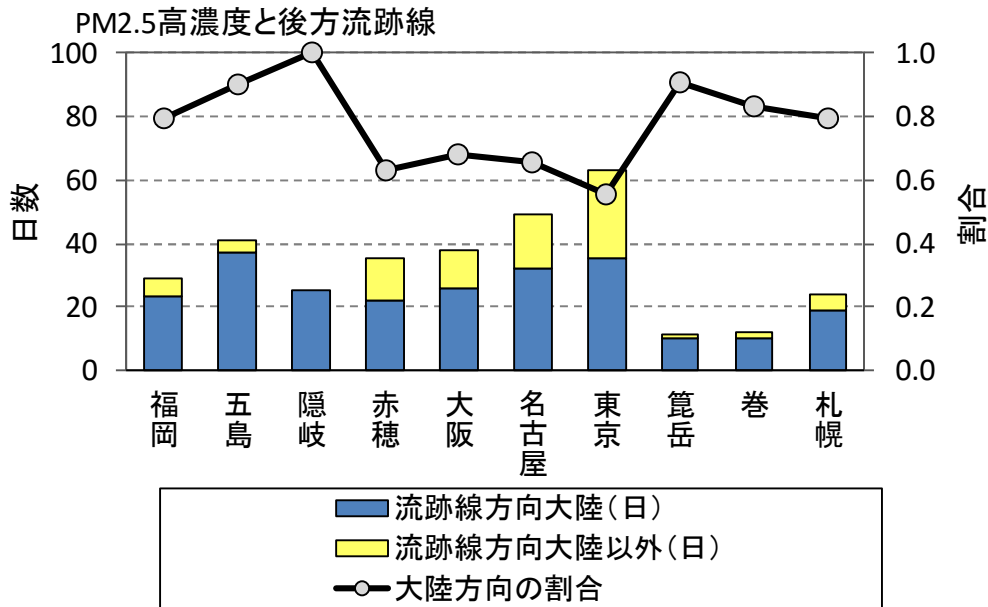


図5 PM<sub>2.5</sub>高濃度日の後方流跡線解析結果

## (2) 2017年度の高濃度事例の概要

2017年度のPM<sub>2.5</sub>高濃度事例について、成分自動測定結果のほかに、天気図、気象台による気象現象、常時監視局のPM<sub>2.5</sub>濃度、大陸の砂塵嵐やHazeの発生状況と気流なども含めて高濃度汚染の主な要因を推定し、その概要を表4に整理した。ここで対象とした高濃度事例は、3(1)の事例のうち、成分自動測定機が設置された都道府県における常時監視測定局の10局以上でPM<sub>2.5</sub>日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日(10事例)に限定した。このため、今回解析した高濃度事例については、局所的な地域汚染をとらえきれず、比較的広範囲の汚染を対象としていることに留意が必要である。

対象とした10事例のうち、多くの事例で、PM<sub>2.5</sub>高濃度の主要因は国内の地域汚染と越境汚染が混在している状況であった。一方で、地域汚染の影響が卓越している事例もみられた。また、後方流跡線が大陸経由であっても、成分濃度の変化から、地域汚染もあると判断される事例も見られた。これらの要因とPM<sub>2.5</sub>高濃度に合わせて濃度上昇が見られた成分を整理すると、表5のようになる。



表4 高濃度事例の解析結果の概要

事例	地域汚染	状況		PM2.5 高濃度の 主な要因	高濃度の成分
		越境汚染	人為起源		
(1) 2017年5月6日 ～5月9日	×	△	○	黄砂による越境汚染	全国的に Ca, Fe, Al, Ti, Si などの土壌成分の濃度が高く、Pb などの重金属や WSOC も高い。
(2) 2017年5月30日 ～6月1日	○	○	×	中部と近畿は地域汚染、北日本と九州は越境汚染、関東は地域汚染と越境汚染の混合	全国的に SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> が高い。 東京では Fe, Ni, Zn などが高い。
(3) 2017年10月9日 ～12日	○	△	×	地域汚染	赤穂、大阪は SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> が高い。 東京では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、Mn, Fe, Zn, Pb, Ni が突出して高い。また SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> も高い。
(4) 2017年11月2日 ～11月10日	△	○	△	北海道と九州は越境汚染、関東と近畿は地域汚染。また、九州北部では黄砂の影響もみられた。	札幌では SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> が高い。 東京では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> が突出し、Fe, Ni, Pb などが高い。 五島などでは Fe, Ca などの土壌成分が高い。
(5) 2017年11月29日 ～11月30日	○	○	×	近畿は地域汚染と越境汚染が混合。関東は地域汚染。	大阪では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> が高い。 東京では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、Cr, Mn, Fe, Ni が高い。
(6) 2017年12月15日 ～12月18日	○	×	×	地域汚染	名古屋では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> が高い。 東京では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、OBC, WSOC, Mn, Fe, Cu, Pb が高い。
(7) 2018年1月15日 ～1月23日	○	○	×	1月17日までは関東を中心に地域汚染。それ以降は越境汚染。	東京では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、OBC, WSOC が高い。 大阪と隠岐では SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> が高い。 五島と福岡では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、Zn, Pb, Al, Ca が高い。
(8) 2018年2月23日 ～2月28日	△	○	×	越境汚染	離島の五島と隠岐では、SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> が高い。 また、大阪では SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、赤穂では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> が高い。
(9) 2018年3月11日 ～3月16日	○	○	△	3月12日までは越境汚染。それ以降は地域汚染。	隠岐、五島及び東京では NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> が高い。 大阪では SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> が高い。 全国的に Fe, Pb, Al, Si, S, K, Ca が高い。
(10) 2018年3月24日 ～3月30日	×	○	○	越境汚染 (後半は黄砂の影響もある。)	全国的に SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> 、NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> 、Cr, Fe, Cu, Pb が高い。 黄砂時には Ti, Ca が上昇。

備考 ○：影響大、△：影響中、×：影響小



表 5 高濃度要因と関連する成分・元素

高濃度要因	成分濃度の特徴
地域汚染	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 東京、赤穂、大阪などの都市部で <math>\text{NO}_3^-</math> や <math>\text{SO}_4^{2-}</math> が高くなる傾向。</li> <li>・ 東京では特に金属成分 Mn、Fe、Zn、Pb が高い。</li> </ul>
越境汚染 (人為起源)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 西日本を中心に <math>\text{PM}_{2.5}</math> とその成分が上昇する。</li> <li>・ <math>\text{SO}_4^{2-}</math> が高くなることが多い。</li> <li>・ 頻度は少ないが <math>\text{NO}_3^-</math> が高くなることもある。</li> <li>・ Zn、Pb などが上昇する傾向。</li> </ul>
越境汚染 (黄砂)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 西日本を中心に <math>\text{PM}_{2.5}</math> とその成分が上昇する。</li> <li>・ 特に Ca、Fe、Al、Ti、Si が突出して高い。</li> </ul>

### (3) 国内の地域汚染による高濃度事例の解析 (一例)

地域汚染の例として、2017年10月9日から12日にかけて近畿、東海、関東地方の広域で  $\text{PM}_{2.5}$  の高濃度が出現した事例(表4(3))の解析結果を示す。

$\text{PM}_{2.5}$  は関東地方と西日本で高い傾向が見られ、特に近畿地方では複数地点で環境基準の超過が見られた。一方で、日本海側では高濃度が見られなかったことから、越境移流による影響は小さいと思われる。また、後方流跡線では、この期間の空気塊が72時間前までいずれの地点も日本周辺で留まるものであったことを示していた。東京では11日に大陸から空気塊が輸送されたことを示していたが、そのうちの一部で濃度が上昇しているのみで、濃度上昇と大陸影響との関係性は乏しい。以上から、本事例は地域的な汚染が主な要因であったと考えられる。

この期間の  $\text{PM}_{2.5}$  成分濃度の経時変化を図6に示した。大阪、赤穂では10日及び11日に、東京では、11日及び12日のそれぞれで、 $\text{PM}_{2.5}$  が  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を超える時間帯が見られた。大阪、赤穂では、 $\text{SO}_4^{2-}$  が  $\text{PM}_{2.5}$  と同調した変化を示していた。東京の  $\text{SO}_4^{2-}$  も同様の濃度変動が見られるが、12日には  $\text{NO}_3^-$  が高濃度となっており、他の地点と比較すると著しく高い状況であった。無機元素では日別で上昇した成分に差異が見られるものもあり、これについては後述する。

これらの  $\text{PM}_{2.5}$  成分の挙動からも、この事例は越境汚染ではなく、国内の発生源の影響を受けて広範囲に濃度が上昇したものと考えられる。

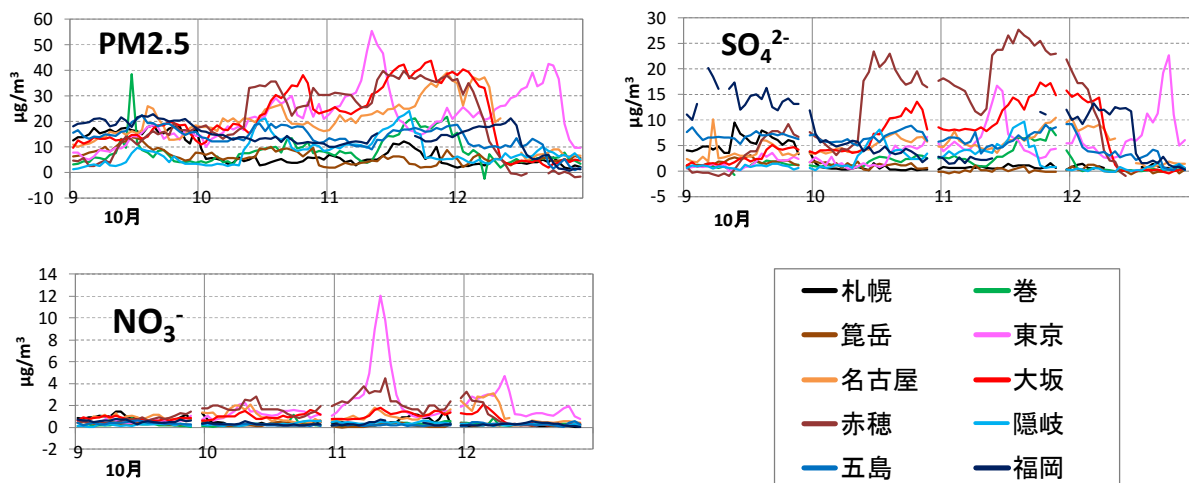


図6 PM<sub>2.5</sub>成分の全国的な挙動(2017/10/9~12)

東京において、日別に特徴的な挙動が見られたことから、この期間のPM<sub>2.5</sub>成分濃度の経時変化と風向との関係を図7に示した。東京では、PM<sub>2.5</sub>が11日及び12日に高濃度となったほか、10日もやや高い濃度が見られたが、いずれの日もOBC、WSOCなどが上昇する様子が見られた。一方で、硝酸イオン及び無機元素には、卓越する風向により挙動が異なる傾向が見られた。Ni、Fe、Cr、Mnは主に南寄りの風向の時に濃度が上昇し、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Zn、Pb、Cuは主に北寄りの風向の時に濃度の上昇が見られた。主風向により元素や成分の挙動が異なることから、周辺に存在する異なる発生源の影響を受けていることが示唆される。

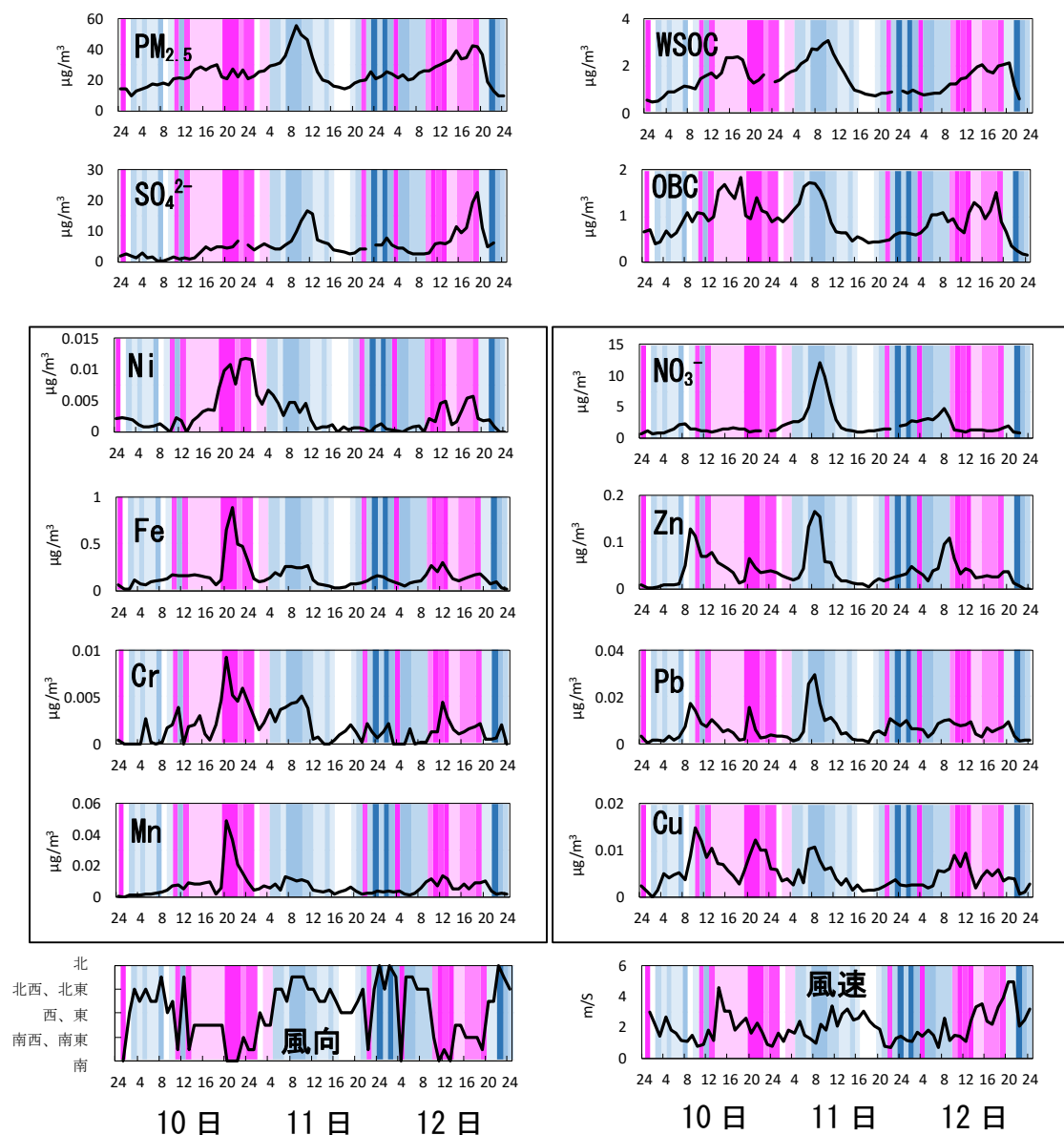


図7 東京における各成分の挙動と風向との関係 (2017/10/10~12)

桃色が強いほど南寄りの風を、青が強いほど北寄りの風を表す

#### (4) 越境汚染及び黄砂による高濃度事例の解析 (一例)

越境汚染の例として、2018年3月24日から30日において全国的に高濃度となった事例(表4(10))の解析結果を示す。PM<sub>2.5</sub>濃度は全国的に高濃度となり、さらに環境基準値の超過地点も多く見られた。図8に3月24日の大陸の気象状況と、その2日後に東京に到達した気塊の移流経路を示した。大陸の沿岸部を中心に広くHaze(煙霧)が観測され、後方流跡線解析では大陸からの気流を示していた。東京以外の地点でも、気塊が到達した時刻は異なるものの、いずれも大陸を經由していた。以上から、本事例は、全国的に越境汚染の影響を強く受けた事例と考えられる。また、図9に示すように、PM<sub>2.5</sub>及

び Pb の濃度は西から順に上昇する様子が見られ、両者は同様の濃度変化を示していた。この他の金属イオンでは、Cr、Fe、Cuなどが全国的にPM<sub>2.5</sub>と相関が高い状況であった。

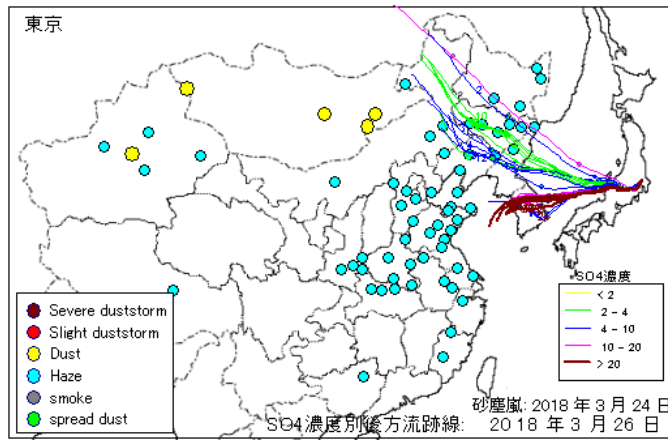


図8 大陸におけるHaze等の発生状況と後方流跡線

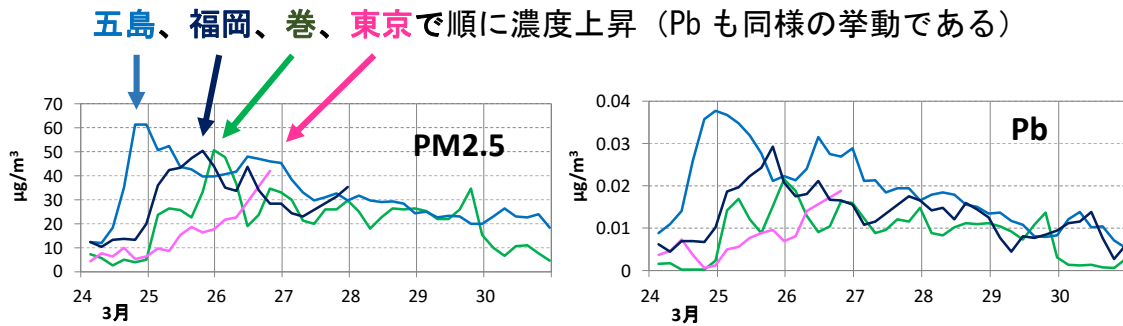


図9 PM<sub>2.5</sub>及びPbの挙動 (2018/3/24~30)

黄砂の事例として2017年5月6日から8日にかけて全国的に観測された黄砂時の解析結果を示す。この期間中のPM<sub>2.5</sub>が高濃度になった時間帯においては、五島と東京で、同じ無機元素 (Fe、Si、Ca等) が年間平均濃度に対し高濃度となっており、両地点とも同一の要因 (黄砂) による高濃度であったことが示された (図10)。

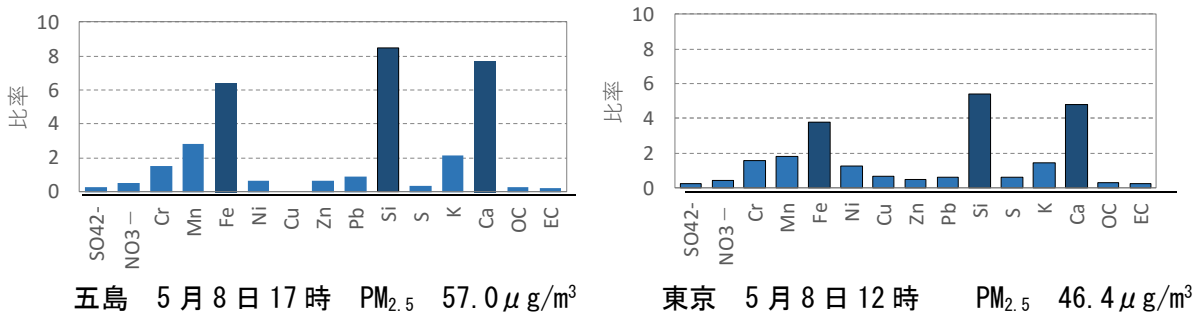


図10 五島と東京における高濃度に関連する元素の抽出

#### 4. まとめ

既往研究を整理した結果、発生源別寄与割合については、西ほど越境汚染の寄与が大きい傾向にあること、また、大都市圏等においては国内発生源の寄与の方が大きい地域があることが確認された。また、比較的近年を解析対象とする研究では、近年の中国での大気汚染対策の進展により越境汚染の影響が経年的に低下し、相対的に国内発生源の寄与が増加していることが指摘されている。

さらに、近年の傾向を把握するために2017年度を対象に解析を実施したところ、年平均的な解析では、過去の研究と同様に、越境汚染の寄与は西高東低の傾向にあり、かつ大阪、名古屋、東京などの都市部で国内発生源の寄与が大きい傾向が見られた。また、これまでの成分分析の結果から、経年的には越境汚染の寄与が低下傾向にあることが示唆された。高濃度事例の解析においては、今回抽出した事例は比較的広範囲に汚染が生じた事例を対象としているにもかかわらず、国内発生源の影響が卓越している事例があることがわかった。また、高濃度が生じた際にどのような成分が上昇しているかについて考察した。

PM<sub>2.5</sub>対策に当たっては、引き続き、国内の発生源対策と国際協力の双方を進めていくことが重要であるとともに、国内において効果的な対策を行うためには、発生源寄与解析に資するデータの測定・整備を継続しつつ、地域毎の特徴を踏まえて進めることが重要である。

#### 【参考文献】

- Ikeda et al., Source region attribution of PM<sub>2.5</sub> mass concentrations over Japan, *Geochem. J.*, 49, 185-194 (2015)
- 板橋と速水, 2010年度を対象としたトレーサー法によるわが国の微小粒子状物質 (PM<sub>2.5</sub>) の発生源寄与評価, *大気環境学会誌*, 51, 197-217 (2016)
- 板野ら, 2011年度の連続測定結果に基づく全国的なPM<sub>2.5</sub>汚染の状況解析, *大気環境学会誌*, 48, 154-160 (2013)
- 鵜野ら, ソース・レセプター手法を用いた西日本・日本海沿岸へのPM<sub>2.5</sub>越境輸送の解析, *エアロゾル研究*, 32, 188-198 (2017a)
- 鵜野ら, PM<sub>2.5</sub>越境問題は終焉に向かっているのか?, *大気環境学会誌*, 52, 177-184 (2017b)
- 豊永ら, レセプターモデルを用いた熊本県におけるPM<sub>2.5</sub>発生源寄与の推定—離島との比較による越境/地域汚染の影響の解析—, *大気環境学会誌*, 52, 151-165 (2017)
- 茶谷ら, 3次元大気シミュレーションによる2005年度日本三大都市圏PM<sub>2.5</sub>濃度に対する国内発生源・越境輸送の感度解析, *大気環境学会誌*, 46, 101-110 (2011)
- 山神ら, 2011年2月上旬に観測された広域的なPM<sub>2.5</sub>高濃度エピソードの要因推定, *大気環境学会誌*, 48, 196-205 (2013)

## PM2.5 成分自動測定機の設置箇所及び測定項目

各測定局に設置されている成分自動測定機の種類を図1に、各成分自動測定機の測定対象成分を表1に示す。

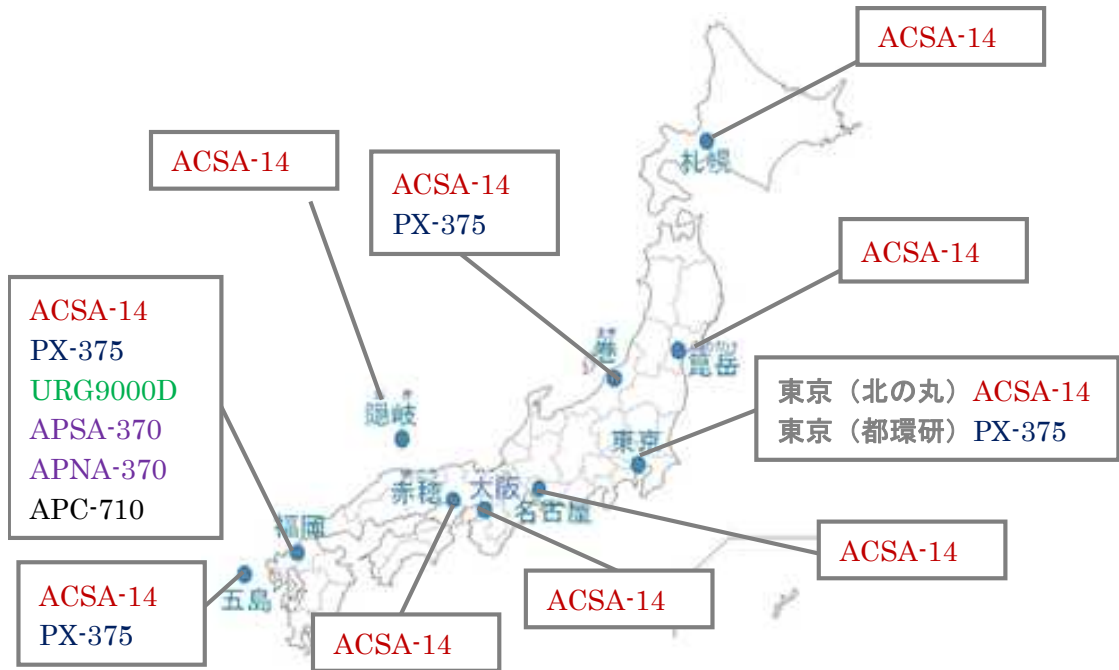


図1 各測定局に設置されている自動測定機の種類

表1 成分自動測定機と測定対象成分

装置名	測定成分
ACSA-14	PM <sub>2.5</sub> 質量濃度及び PM <sub>2.5</sub> 中の成分：SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , WSOC <sup>1,2</sup> , H <sup>+</sup> , OBC <sup>3</sup> PMcoarse 質量濃度及び PMcoarse 中の成分：SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , WSOC <sup>1,2</sup> , H <sup>+</sup>
PX-375	PM <sub>2.5</sub> 質量濃度及び無機元素：Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Al, Si, S, K, Ca
APC-710	有機炭素、元素状炭素（光学的に計測したもの）
URG9000D	粒子状成分：Cl <sup>-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Na <sup>+</sup> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> ガス成分：HCl, HNO <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub>
APSA-370	SO <sub>2</sub>
APNA-370	NO, NO <sub>2</sub>

※1 マレイン酸として測定

※2 測定原理が吸光光度法である

※3 ここでは、光学的元素状炭素のこと