

資料

鹿児島県における微小粒子状物質に関する報告（第I報）

西中須 暁子 四元 聡美 東小蘭 卓志
 福田 哲也 平瀬 洋一

1 はじめに

大気中に浮遊する粒子状物質の中で、粒径が $2.5\mu\text{m}$ 以下のPM2.5は、粒径が小さく呼吸とともに肺の奥まで入りやすいため健康への影響が懸念されていることから、2009年9月に新たに環境基準が設定¹⁾されるとともに、2010年3月に事務処理基準が改正²⁾され、新たに監視項目に追加された。

PM2.5は、発生源から直接排出される一次粒子と大気中の光化学反応や中和反応等によって生じる二次生成粒子で構成されており、PM2.5による大気汚染は、広域的な事象で発生することが多く見られることから、大陸からの越境移流の影響があると考えられている。

本県は、東シナ海を挟んで中国大陸の東側に位置し、活発な火山活動を続ける桜島を有する地域特性がある。桜島の火山噴出物については、火山灰の粒径分布が $100\mu\text{m}$ をピークにした粗大粒子側に大部分が存在する中、 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子が占める割合も数%あることが報告されている³⁾。

本県におけるPM2.5の実態を把握するため、2010年度に環境省が実施したPM2.5モニタリング試行事業を始めとして、PM2.5自動測定機を順次整備し、2013年度までに県内10か所（県局6か所、市局4か所）で測定を開始している。

今回は2010年度から2014年度までの5年間の常時監視における質量濃度測定結果を用いて、県内におけるPM2.5質量濃度についてとりまとめたので報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点

調査地点を図1に示す。PM2.5自動測定機が設置してある県の測定局6局（一般環境大気測定局（以下「一般局」という。）5局、自動車排出ガス測定局（以下「自排局」という。）1局）及び鹿児島市設置の測定局4局（一般局3局、自排局1局）を対象とした。

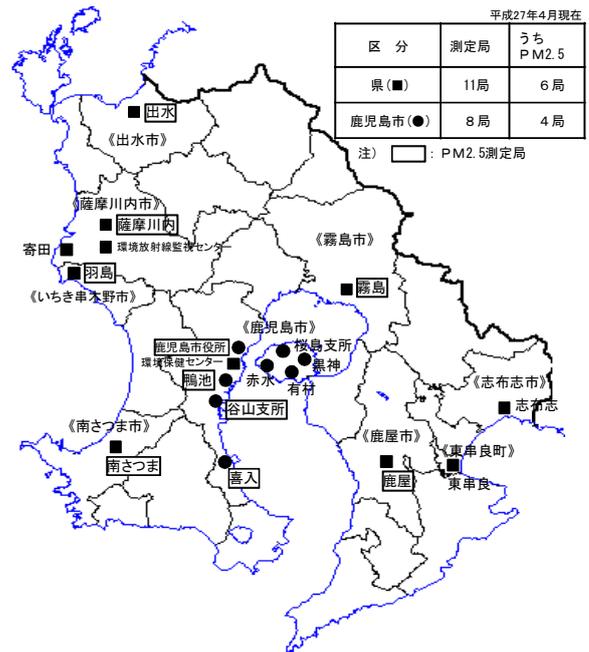


図1 調査地点

2.2 調査期間

2010年4月から2015年3月までの5年間。ただし、各測定局により調査開始時期が異なる。

2.3 調査項目

常時監視測定結果からPM2.5の質量濃度測定結果を用いた。なお、鹿児島市測定局分については、鹿児島市の測定結果を用いた。測定機器は県局は紀本電子工業(株)のPM712を、鹿児島市局のうち鹿児島市役所局においては、東亜DKKのFPM-377-2を、谷山支所局及び喜入局においては紀本電子工業(株)のPM712を、鴨池局においては(株)堀場製作所のAPDA-3750Aを使用した。

後方流跡線については米国海洋大気庁(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)のHYSPLIT Modelを使用し作成した。起点は高度500m、

1000m, 1500mで72時間さかのぼって計算した。

大気現象等については、鹿児島地方気象台における観測結果を用いた。

3 結果及び考察

3. 1 質量濃度の状況

表1に各測定局ごとのPM2.5の質量濃度測定結果を示す。また、図2にPM2.5の月平均値の経月変化を示す。

3. 1. 1 鹿児島市役所局

2011年4月より測定を開始している。鹿児島市設置の一般局であり、鹿児島市の市街地に位置している。年平均値は19.3～20.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2011年5月3日14時の138 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2011年5月3日の104.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の33.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1時間値と日平均値の最大値を記録した2011年5月3日は、黄砂が観測されている。

3. 1. 2 谷山支所局

2012年4月より測定を開始している。鹿児島市設置の一般局であり、住宅街に位置している。年平均値は17.1～18.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2015年3月22日21時の112 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2013年5月22日の68.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の27.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1時間値の最大値を示した2015年3月22日には黄砂が、日平均値の最大値を示した2013年5月22日には煙霧、もやが観測されている。

3. 1. 3 鴨池局

2010年4月より測定を開始している。鹿児島市設置の自排局であり交通量の多い幹線道路沿いに位置している。年平均値は16.2～19.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2010年6月3日17時の168 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2011年5月3日の112.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の30.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1時間値の最大値を示した2010年6月3日には降灰が、日平均値の最大値を示した2011年5月3日は黄砂が観測されている。

3. 1. 4 喜入局

2013年3月より測定を開始している。鹿児島市設置の一般局であり、標高約50mの高台にある運動公園内の一角に位置している。年平均値は14.3～21.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2015年3月22日21時の97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2014年3月19日の47.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の20.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1時間値の最大値を

示した2015年3月22日には黄砂が、日平均値の最大値を示した2014年3月19日には煙霧、もやが観測されている。

3. 1. 5 薩摩川内局

2012年1月より測定を開始している。県設置の自排局であり、国道沿いに位置している。年平均値は19.0～21.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2015年3月22日19時の125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2013年5月22日の72.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の31.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1時間値の最大値を示した2015年3月22日には黄砂が、日平均値の最大値を示した2013年5月22日には煙霧、もやが観測されている。

3. 1. 6 鹿屋局

2012年12月より測定を開始している。県設置の一般局であり、大隅半島の住宅街に位置している。年平均値は17.7～21.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2015年3月22日22時の117 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2013年5月23日の64.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の25.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1時間値の最大値を示した2015年3月22日には黄砂が、日平均値の最大値を示した2013年5月23日には煙霧、もやが観測されている。

3. 1. 7 霧島局

2012年1月より測定を開始している。県設置の一般局であり、県中央部に位置し、電子部品製造工場などが点在している。年平均値は16.9～19.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2013年5月8日17時の106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2013年5月23日の69.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の29.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。日平均値の最大値を示した2013年5月23日には煙霧、もやが観測されている。

3. 1. 8 羽島局

2012年12月より測定を開始している。県設置の一般局であり県内で最も西側に位置している。年平均値は17.6～18.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。1時間値の最大値は2015年3月22日19時の128 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値の最大値は2013年5月22日の76.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、月平均値の最大値は2013年5月の28.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。1時間値の最大値を示した2015年3月22日には黄砂が、日平均値の最大値を示した2013年5月22日には煙霧、もやが観測されている。

3. 1. 9 出水局

2013年9月より測定を開始している。県設置の一般局であり県北西部に位置している。年平均値は15.5～15.6

μg/m³。1時間値の最大値は2015年3月22日19, 20時の113 μg/m³、日平均値の最大値は2015年3月22日の54.1 μg/m³、月平均値の最大値は2014年5月の21.3 μg/m³であった。1時間値と日平均値の最大値を記録した2015年3月22日は、黄砂が観測されている。

3. 1. 10 南さつま局

2013年9月より測定を開始している。県設置の一般局であり薩摩半島南西部に位置している。年平均値は16.5 ~ 17.3 μg/m³。1時間値の最大値は2015年3月22日20時の110 μg/m³、日平均値の最大値は2014年1月31日の55.0

μg/m³、月平均値の最大値は2014年5月の23.4 μg/m³であった。1時間値の最大値を示した2015年3月22日には黄砂が、日平均値の最大値を示した2013年5月22日には煙霧が観測されている。

測定を開始した2010年度以降、2014年度の喜入局をのぞき、有効測定日数を満たしたすべての測定局で環境基準を達成していない（有効測定局 2010年1局、2011年2局、2012年5局、2013年8局、2014年10局）。なお、喜入局については、2013年度の長期基準である年平均値15 μg/m³は下回ったものの、短期基準の98パーセンタイル値35 μg/m³を超過したため環境基準は達成していない。

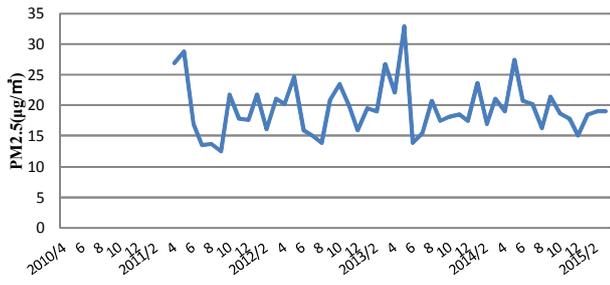
表1 各測定局におけるPM2.5の質量濃度測定結果

(単位：μg/m³)

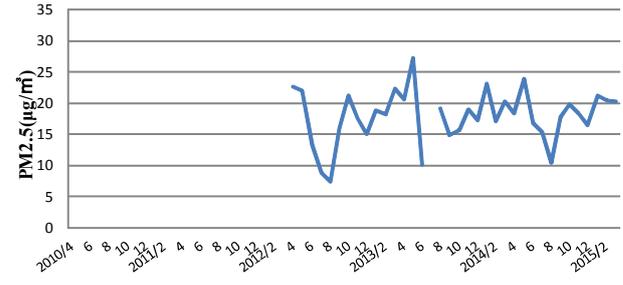
測定局名	年度	有効日数	年平均値	時間値 最大値	日平均			月平均			年間の日平均値の 98パーセンタイル値	日平均値が越えた日数		環境基準達成	
					平均値	最大値	最小値	平均値	最大値	最小値		>35μg/m ³	>70μg/m ³		
鹿児島市役所	2011	360	19.3	138	19.0	104.7	11.8	19.6	28.8	12.5	52.8	22	2	×	
	2012	361	19.8	87	19.7	51.5	6.1	19.9	26.8	13.8	39.5	16	0	×	
	2013	355	20.5	121	20.0	83.2	3.0	19.5	33.0	13.8	49.5	26	3	×	
	2014	358	19.8	127	19.5	56.1	11.2	19.0	27.4	15.0	42.3	21	0	×	
谷山支所	2012	360	17.1	94	17.0	52.3	3.8	17.0	22.7	7.4	37.5	10	0	×	
	2013	311	18.9	83	18.5	68.3	4.0	18.6	27.3	10.1	46.3	18	0	×	
	2014	365	18.2	112	18.2	60.5	4.3	18.3	24.0	10.5	36.7	15	0	×	
鴨池	2010	363	16.9	168	16.9	72.9	0.8	16.9	26.3	9.9	49.2	21	0	×	
	2011	353	16.2	135	16.4	112.5	-0.8	16.4	29.9	7.0	48.4	20	2	×	
	2012	363	16.7	100	16.6	50.2	1.3	16.6	25.2	8.0	37.6	13	0	×	
	2013	358	19.3	106	18.9	84.4	1.6	18.8	30.2	10.1	47.4	33	3	×	
喜入	2012	19	21.4	60	20.4	35.5	10.0	20.5	—	—	35.5	1	0	—	
	2013	349	14.3	85	14.2	47.9	1.2	14.4	20.6	8.8	35.6	9	0	×	
	2014	364	15.0	97	14.9	47.0	3.7	14.9	19.9	10.4	34.4	6	0	○	
	薩摩川内	2011	76	19.4	103	19.4	41.9	0.0	19.4	21.8	16.7	33.0	5	0	—
鹿屋	2012	365	19.0	78	19.0	50.3	3.7	19.0	26.9	8.8	38.8	16	0	×	
	2013	363	21.0	113	20.9	72.4	2.8	20.9	31.7	11.4	50.1	32	1	×	
	2014	365	20.3	125	20.3	62.4	3.8	20.3	28.1	10.9	41.6	26	0	×	
	霧島	2012	116	21.4	109	21.1	40.7	7.9	21.0	23.1	18.6	37.8	8	0	—
羽島	2013	365	17.8	85	17.7	64.7	2.6	17.7	25.7	9.5	43.0	25	0	×	
	2014	365	18.5	117	18.5	56.1	1.3	18.5	24.3	9.8	42.0	27	0	×	
	出水	2011	76	16.9	96	16.9	39.7	0.0	19.4	21.8	16.7	37.9	2	0	—
	2012	365	17.4	76	17.4	49.1	4.4	17.4	25.7	9.2	38.5	15	0	×	
出	2013	363	19.0	106	18.9	69.0	2.5	18.9	29.9	10.7	46.0	29	0	×	
	2014	365	18.9	104	18.8	54.3	3.3	18.9	25.5	11.4	40.4	27	0	×	
	2012	117	18.3	113	18.1	50.6	6.9	18.0	22.9	14.2	35.3	3	0	—	
ま	2013	365	17.6	112	17.6	76.8	1.3	17.6	28.1	9.2	49.4	24	1	×	
	2014	365	18.1	128	18.1	64.0	3.8	18.2	26.3	10.6	40.2	23	0	×	
ま	2013	215	15.5	104	15.4	48.6	2.3	15.5	21.1	11.7	41.7	10	0	—	
	2014	365	15.6	113	15.6	54.1	1.0	15.6	21.3	8.3	34.4	6	0	×	
ま	2013	216	17.3	86	17.2	55.0	2.5	17.2	21.5	13.2	43.3	10	0	—	
	2014	363	16.5	110	16.4	52.9	3.0	16.5	23.4	9.7	36.4	10	0	×	

(注) 有効日数が250日に満たない年度は、環境基準達成判定の対象外

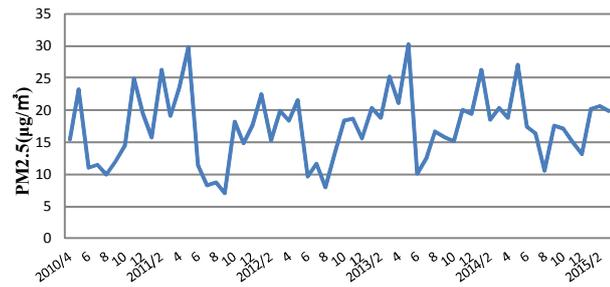
鹿児島市役所



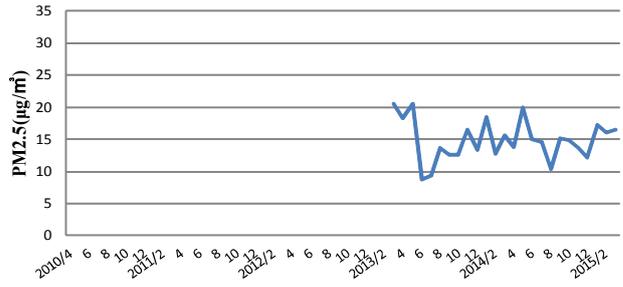
谷山支所



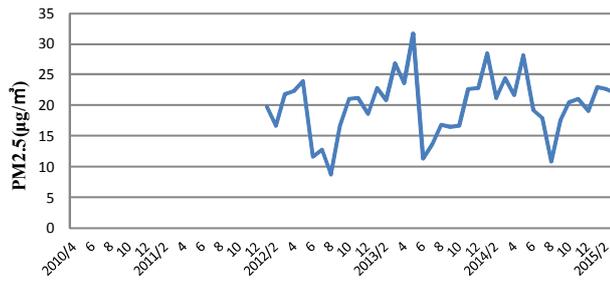
鴨池



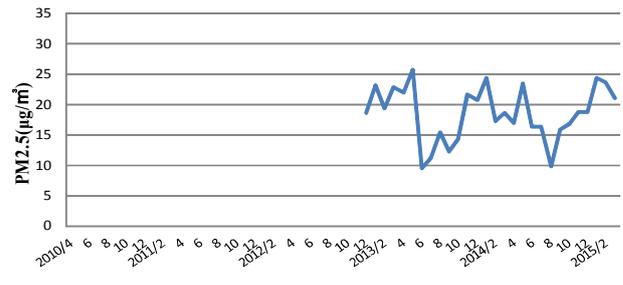
喜入



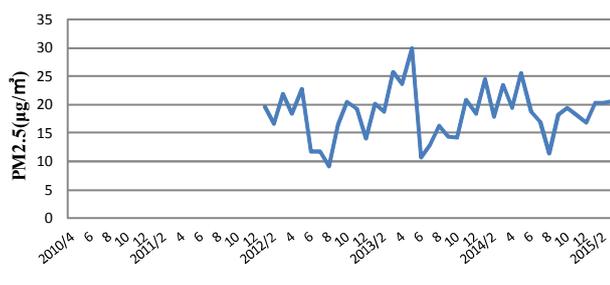
薩摩川内



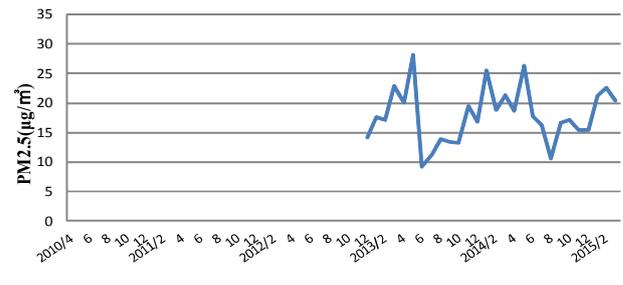
鹿屋



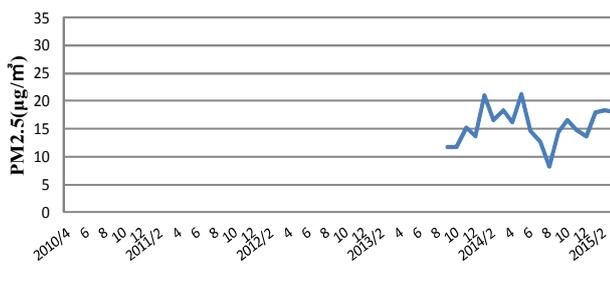
霧島



羽島



出水



南さつま

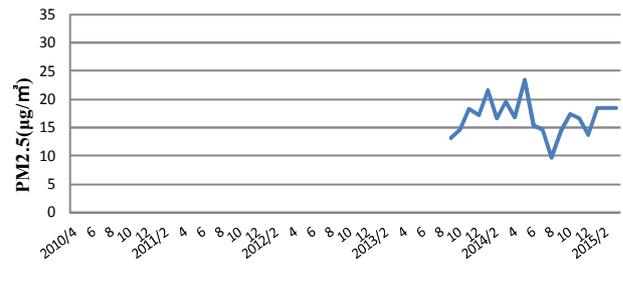


図2 各測定局におけるPM2.5の月平均値の経月変化

3. 6 度数分布

各測定局における日平均値の濃度分布を図6に相対度数で示す。

ほとんどの測定局において、PM2.5の日平均値は25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の濃度帯を中心に分布しており、占める割合は最も高い喜入局で88.5%、最も低い薩摩川内局においても72.3%であった。また、日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越える日の割合は、最も低い喜入局において2.3%、最も高い鹿屋局においても7.1%であることから、本県におけるPM2.5質量濃度は比較的低い日平均値を示す日が大部分であることが分かる。

3. 7 季節ごとの日変動

各測定局における季節ごとの日変動について図7に示

す。

いずれの測定局においても季節に関係なく明け方（3～6時頃）に最小値を示し、その後上昇し、18～20時頃をピークに夜間に減少するという日変動を示している。また、高濃度を示す春季と低濃度を示す夏季において、1時間値の平均値における最大値と最小値の変動幅は小さく、全測定局の変動幅の平均値は4.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。最も大きな変動幅を示す夏季の鴨池局においても、8.45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ である。また、変動幅が最も小さかったのは、夏季の鹿屋局における1.34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

これらのことから、1日の中で時間帯による変動はみられるもののその変動幅は小さく、また、季節に関係なく比較的安定した挙動を示していることが分かった。

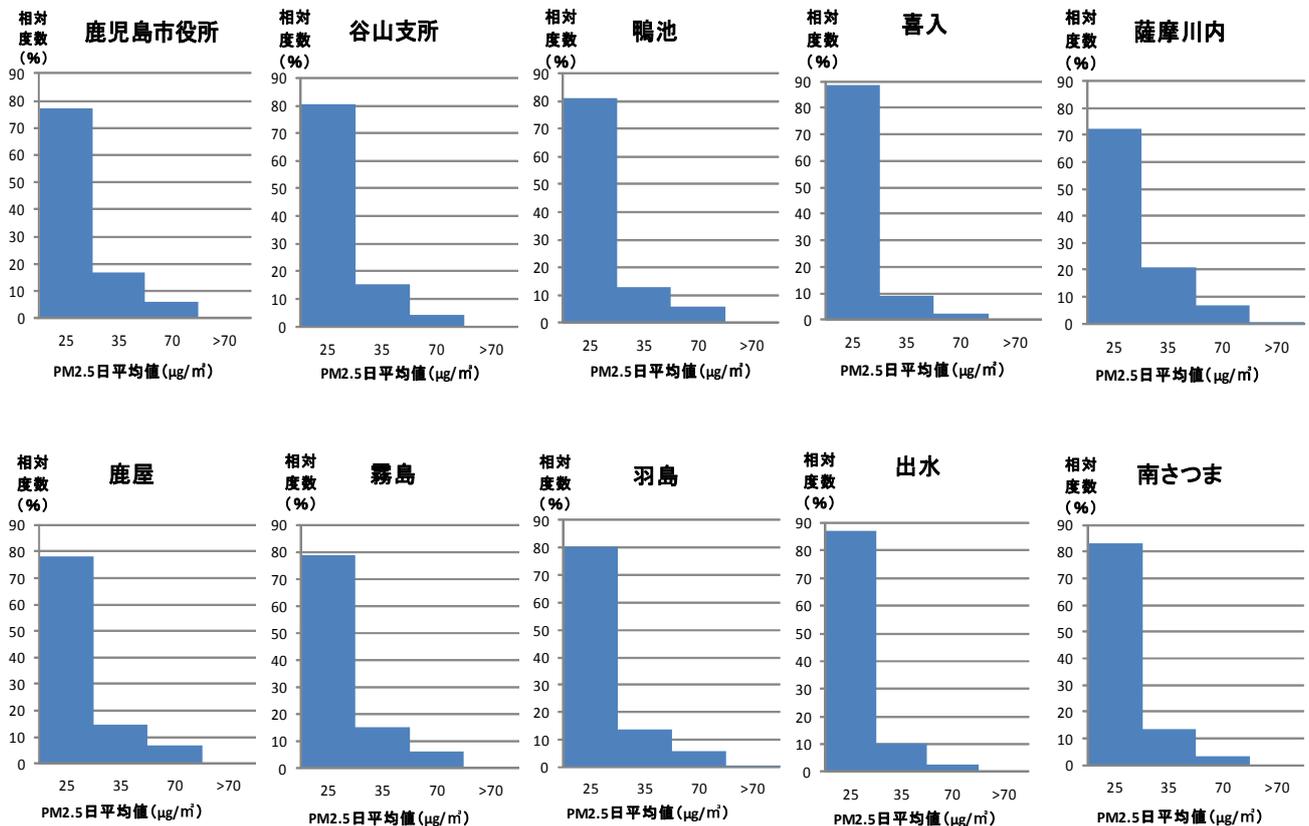


図6 各測定局における日平均値の度数分布

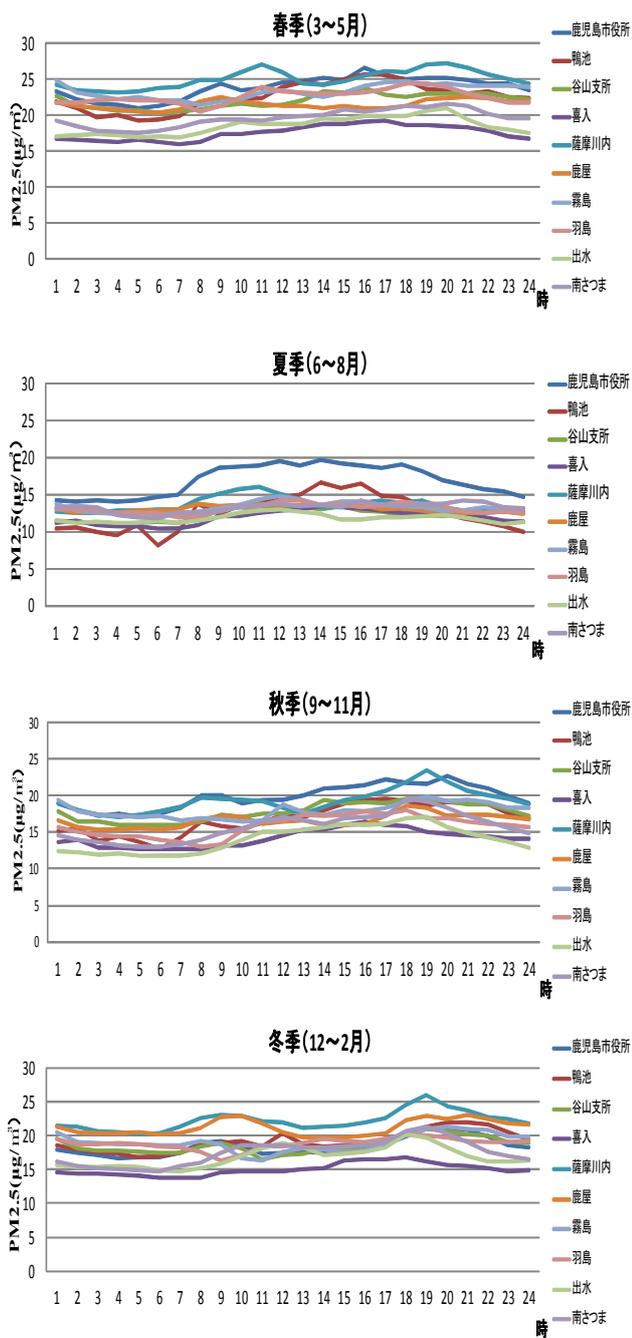


図7 PM2.5の季節ごとの各時刻の日変動

3. 8 高濃度日における要因

3. 8. 1 大陸からの影響

各年度の日平均値において、各測定局で最大値を示した日時について表2に、その日の環境保健センター局における後方流跡線を図8に示した（ただし、有効測定日数に達していない年度の測定局は除く）。既報⁴⁾にあるように、各年度及び測定局においても、最大値を記録した日においては、黄砂等の気象現象が観測されており、また、大陸からの越境汚染による影響が強いことが図8の後方流跡線からもうかがえる。

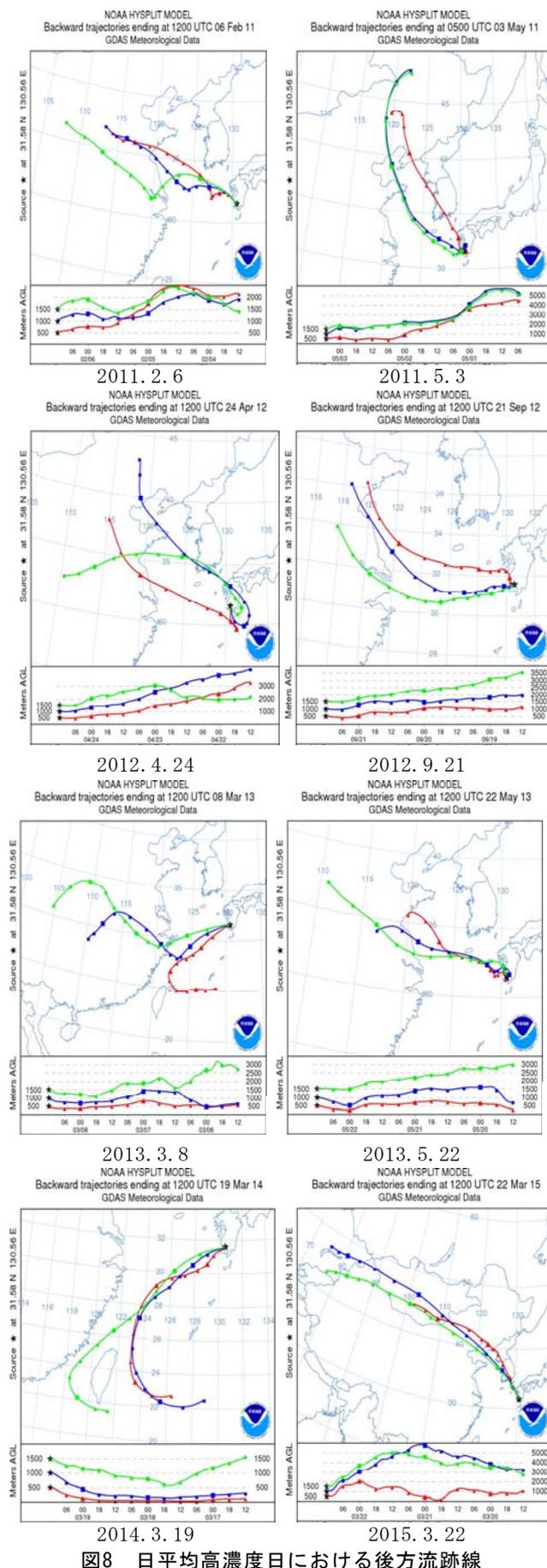


図8 日平均高濃度日における後方流跡線

表2 各年度及び各測定局における日平均最大値

年度	月 日	大気現象	測定局名
2010	2/6	煙霧, もや	鴨池
2011	5/3	黄砂	鹿児島市役所, 鴨池
2012	4/24	煙霧, もや	谷山支所, 鴨池, 霧島
	9/21	もや	鹿児島市役所
	3/8	黄砂	薩摩川内
2013	5/22	煙霧, もや	鹿児島市役所, 谷山支所, 鴨池, 薩摩川内, 羽島
	5/23	煙霧, もや	鹿屋, 霧島
	3/19	煙霧, もや	喜入
2014	3/22	黄砂	全測定局

表3 日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日の大気現象

年度	2010	2011	2012	2013	2014
平均値>35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の日数(日)	21	28	29	44	41
大気現象が観測された割合(%)	71.4	67.9	72.4	72.7	61.0

* 大気現象とは、黄砂、煙霧、もや、降灰

表3に各年度における日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日数と、その日において黄砂等の大気現象が観測された割合を示す。すべての年度において日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越えた日には、61.0～72.7%の割合で、黄砂等の大気現象が観測されている。また、1時間値の最大値を示した日の約53%においても黄砂等が観測されている。

3. 8. 2 桜島による影響

表1における1時間値の最大値を示した日の約27%で降灰が観測されており、PM2.5の高濃度が、短時間かつ特定の測定局のみで観測される要因として桜島の二酸化硫黄及び降灰による影響が考えられる。図9に示すように降灰が観測された2012年10月16日の谷山支所局においては、PM2.5は火山ガスの主成分である二酸化硫黄⁵⁾と同様な濃度変化を示している。

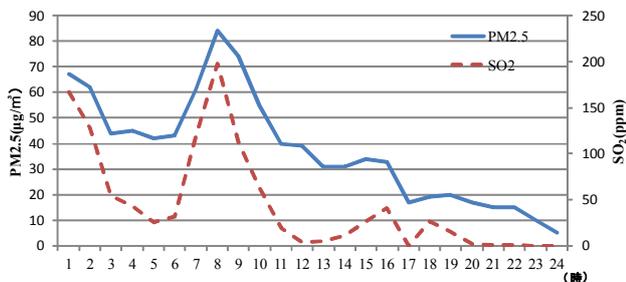


図9 PM2.5と二酸化硫黄の経時変化（谷山支所局）

また、霧島局において1時間値の最大値を示した2013年5月8日のPM2.5と二酸化硫黄の経時変化を図10に示す（11時から12時については欠測）。PM2.5と二酸化硫黄は非常によく似た濃度変化を示しており、短時間で急上昇し、短時間で減少していることが分かる。この日桜島では17時までに3回の噴火が観測されており、そのうち2回は15時～17時の間であった。

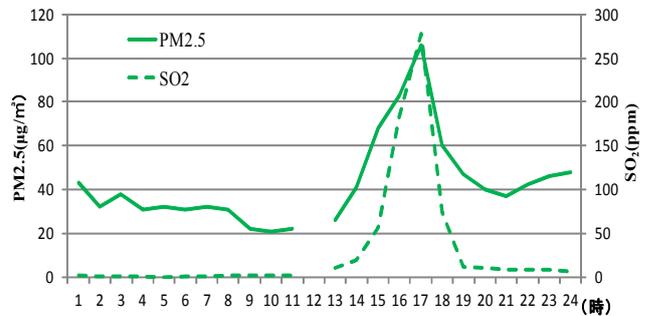


図10 PM2.5と二酸化硫黄の経時変化（霧島局）

次に、鹿屋局のみで高濃度を示した、2015年1月1日と、全局で高濃度を示した2015年3月22日の鹿屋局におけるPM2.5と二酸化硫黄の経時変化を図11に示す。

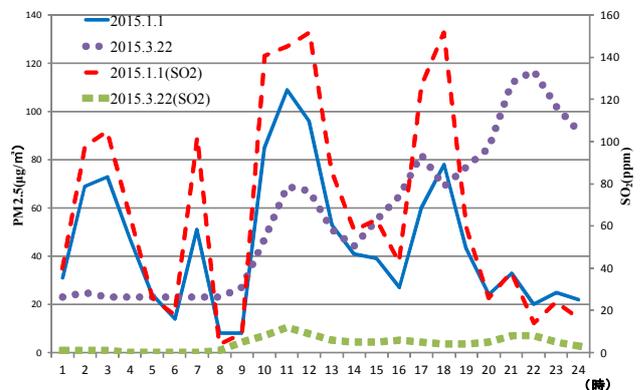


図11 PM2.5と二酸化硫黄の経時変化（鹿屋局）

全局で高濃度を示した2015年3月22日は二酸化硫黄の濃度変化は非常に小さいが、鹿屋局のみが高濃度を示した2015年1月1日のPM2.5と二酸化硫黄は非常によく似た濃度変化を示している。また、桜島においては2015年1月1日1時に噴火が観測されており、その際の噴煙の流向は南東と観測されている。鹿屋局は桜島から南東方向の大隅半島に位置する測定局であり、桜島の影響によりPM2.5が高濃度になったことが窺える。これらのことから、PM2.5が特定の局のみで高濃度を示す場合には、桜島による影響があることが示唆される。

4 まとめ

2010年度から2014年度までの5年間のPM2.5質量濃度について解析した結果、以下のような結果が得られた。

- 1) 各測定局の年平均値による経年変化は、ほぼ横ばい傾向である。ただし、2013年度については、大部分の測定局において高い値を示した。
- 2) 月変化については、全局同じような挙動を示し、春季に高濃度を示し、夏季に低くなり、秋季から春季にかけて高くなるという季節変動を示す。また、5月頃に最も高い値を示す。
- 3) ほとんどの測定局において、PM2.5の日平均値は15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下を示し、日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越える日の割合は、数%程度であることから、本県におけるPM2.5は比較的低い値を示す日が大部分である。
- 4) 日変動については、いずれの測定局においても季節に関係なく明け方に最小値を示し、その後上昇し、18～20時頃をピークに減少していく。また、高濃度を示す春季と低濃度を示す夏季において日平均値における最大値と最小値の変動幅はほとんど変わらない。
- 5) 過去5年間の日平均値の最大値を示した日については、いずれも黄砂等の大気現象が観測されており、また、後方流跡線からも大陸からの越境汚染によるものであることが分かる。

- 6) 短時間、特定の測定局だけが高濃度を示す場合には、桜島による影響を受けていることが示唆された。

参考文献

- 1) 環境省水・大気環境局長通知；微小粒子状物質による大気の汚染に係る環境基準について（環水第総発第090909001号），平成21年9月9日
- 2) 環境省水・大気環境局長通知；「大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について」の一部改正について（環水大大発第100331001号，環水大自発第100331002号），平成22年3月31日
- 3) 宝来俊一，西原充貴，他；桜島火山灰の物理的・化学的性状，鹿兒島県環境センター所報，**9**，73～78（1993）
- 4) 四元聡美，肥後さより，他；2013年度の鹿兒島県におけるPM2.5高濃度事例，本誌，**15**，77～81（2014）
- 5) 宝来俊一，奥園和光，他；桜島火山周辺地域における大気汚染物質に関する調査研究（第Ⅱ報），鹿兒島県環境センター所報，**1**，98～109（1984）