

## 長崎県における微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)濃度の特徴(2012年度)

田村 圭、山内 康生

2012年度の諫早及び壱岐で測定されたPM<sub>2.5</sub>重量濃度は、短期的にも長期的にも環境基準を達成できなかった。その理由として、春季及び冬季には大陸からの気塊の流入のため、黄砂や越境大気汚染による影響が大きかったと考えられた。しかし一部には後方流跡線が国内を示している事例もあり、地域由来によるPM<sub>2.5</sub>濃度の上乗せを考慮する必要がある。SPMの越境大気汚染の指標とされているSO<sub>2</sub>濃度は、春季や冬季はPM<sub>2.5</sub>濃度と同様に上昇している事例が多かった。しかし夏季は後方流跡線が国内から延びている場合に、PM<sub>2.5</sub>濃度と同様にSO<sub>2</sub>濃度の上昇を伴う事例が多かった。

キーワード: PM<sub>2.5</sub>、黄砂、SO<sub>2</sub>

### はじめに

健康影響が懸念される微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)は、米国での疫学調査等により死亡率等との関連性が認められ<sup>1)</sup>、米国では1997年にPM<sub>2.5</sub>に関する環境基準が定められた。浮遊粒子状物質(SPM)よりも粒径の小さいPM<sub>2.5</sub>は、肺のより深部に達するため、喘息の悪化や肺がんなどの健康被害をもたらす可能性が高いことが報告されている。日本においても環境省によりPM<sub>2.5</sub>に関する疫学調査等が行われ<sup>2)</sup>、2009年に大気環境基準が告示された。環境基準は米国と同じく、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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と定められている。

長崎県の離島地域は、最も大陸に近いことから、東アジア地域からの越境移流を標的に、これまで酸性雨、オキシダントの測定など大気の調査が行われてきた経緯がある。PM<sub>2.5</sub>に関しても、環境基準設定までの調査時に、環境省による国設対馬酸性雨局での観測が行われていた。また、五島列島の福江島においては、国立環境研究所等によりPM<sub>2.5</sub>に関する調査が行われている。

長崎県では、PM<sub>2.5</sub>が大気汚染防止法の常時監視項目に位置づけられたことに伴い、2012年度より諫早市(諫早局)及び壱岐市(壱岐局)で重量濃度の測定を開始している。

本報では、2012年度の長崎県諫早市及び壱岐市で得られたPM<sub>2.5</sub>濃度の特徴を高濃度事例を中心に報告する。

### 調査地点及び方法

調査地点の概要を図1に示す。



図1 調査地点

長崎県諫早市の県大気常時監視測定局(諫早)は、住宅地に位置し、約300mの距離に主要幹線道路である国道34号線と57号線が合流しており、高速道路や諫早インターチェンジがある。壱岐市の県大気常時監視測定局(壱岐)は壱岐市役所近傍に位置し、標高約28mの駐車場一面に設置されている。福岡市中心部から約70km、対馬市中心部から約63kmであり、諫早局との距離は約105kmである。PM<sub>2.5</sub>濃度自動測定器は両局ともに紀本電子工業製のPM-712であり、PM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>2.5-10</sub>、PM<sub>2.5</sub>に含まれるOBC(Optical Black Carbon)が測定可能である。

2012年4月～6月にかけては、II型共同研究調査(PM<sub>2.5</sub>と光化学オキシダントの実態解明と発生源寄与評価に関する研究 平成22年度～平成24年度)に関連して硫酸塩調査を行っていた。調査地点は長

崎県環境保健研究センター(大村市)であり、諫早局から約 12km、壱岐局から約 94km離れた地点である。この方法は全国環境研協議会で定められている乾性沈着成分の調査方法<sup>3)</sup>を改良し、1 段目で粒子状物質、2 段目でガス状物質を捕集する 2 段型の方法である。午前 9 時から 24 時間連続して 10L/min で採取し、使用したろ紙は、純粋で超音波抽出後ろ過し、イオンクロマトグラフ法により分析した。分粒はしていないものの、本報では 1 段目の粒子状物質の分析結果を PM<sub>2.5</sub>重量濃度と合わせて報告する。

後方流跡線解析は、National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Air Resources Laboratory (ARL)を使用し、壱岐局及び諫早局の上空 500m から、72 時間遡った。

年平均値と月平均値

2012 年度に日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過したのは、諫早 14 日、壱岐 15 日であった。また年平均値は諫早 16.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、壱岐 16.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり短期的評価及び長期的評価のいずれも PM<sub>2.5</sub>の環境基準を達成できていない。表 1 に 1 日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日、その際の日平均値及び 1 時間最高値、長崎海洋気象台で観測された大気現象を示す。図 2 には PM<sub>2.5</sub>濃度月平均値の推移と各月の日平均値超過日数を示す。

長崎海洋気象台によれば、2012 年度長崎県で黄砂が観測されたのは 3 月 8 日～10 日、19 日～20 日の計 5 日間である。1 日平均値の目安である環境基準値(35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を 3 月 8 日～9 日は諫早局及び壱岐局で超過しており、19 日は壱岐局で超過している。また黄砂に関連して、4 月 23 日～24 日にかけて長崎県では「もや」や「煙霧」が観測されていた。しかし気象庁のHPによれば福岡県や大分県では黄砂が観測されており、この間長崎県の PM<sub>2.5</sub>重量濃度に黄砂の影響がなかったか、春季の項で硫酸塩調査のイオン分析結果を参考に考察する。

月平均値の推移をみると、PM<sub>2.5</sub>濃度は春季(3 月～5 月)に高い傾向がみられた。諫早と壱岐を比較した場合、春季や冬季はほぼ推移が同程度であり同じ要因により支配されていたと考えられる。しかし夏季は特に 7 月、壱岐が 2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 高く秋季は特に 10 月、諫早が 2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 高かった。兼保ら<sup>4)</sup>によれば五島列島福江島における観測結果が、福岡県の観測結果とほぼ同様の動きを示していたという結果が報告されており、今回観測された 2012 年度の壱岐と諫早との比較においても、ほぼ同様に推移していると言ってもいいだ

ろう。しかし月平均値の差は、長崎県にとって重要であろうと考え、この状況については、夏季から秋季の項で考察する。

表 1 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過日、日平均値、1 時間最高値

日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日	諫早局		壱岐局		1時間最高値		長崎海洋気象台による大気現象(地点:長崎)
	超過	超過	日平均値	日平均値	諫早	壱岐	
2012年 4月23日	○	○	36.7	37.7	71	54	もや、煙霧
4月24日	○	○	48.5	42.0	57	51	もや、煙霧
5月7日	○	○	37.9	54.3	55	67	もや
5月27日	○	○		38.0		52	もや
5月28日	○	○	36.9	41.7	59	52	(地点:厳原)もや、煙霧
5月29日	○	○	42.7		55		もや、煙霧
5月30日	○	○	46.1		58		もや、煙霧
5月31日	○	○	37.8		48		もや
7月12日	○	○		41.4		76	
7月25日	○	○	41.1	37.9	63	52	もや、煙霧
7月26日	○	○	51.3		58		もや、煙霧
11月9日	○	○	43.9	44.0	66	60	もや、煙霧
11月23日	○	○		36.2		66	(地点:厳原)もや、煙霧
2013年 1月24日	○	○		36.0		69	煙霧
1月31日	○	○	44.8	40.6	59	46	(地点:厳原)もや、煙霧
2月22日	○	○	37.5	40.2	54	77	(地点:厳原)煙霧
3月8日	○	○	53.9	52.8	70	79	黄砂、もや
3月9日	○	○	39.3	40.9	50	54	黄砂
3月19日	○	○		78.0		103	黄砂、もや

\*各局が超過した日を「○」で表す。単位は $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。  
\*大気現象 地点:長崎を代表して表示、大気現象のない場合は、地点:厳原(対馬市)を記入。

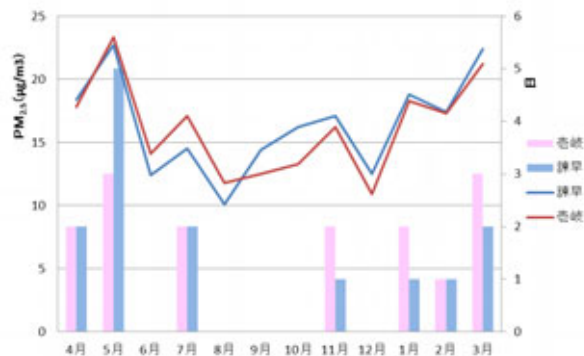


図 2 月平均値推移と日平均 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超過日数

日内変動

年間を通して日内変動を見てみると、諫早は朝 8 時頃、壱岐は 12 時頃に小さなピークがあり、いずれも夕方(18 時～19 時頃)に大きなピークがあった。また、両地点とも朝 7 時が最も低い時間帯であった。図 3 に季節毎に分けた場合の諫早と壱岐の日内変動を示す。春季を 3～5 月、夏季を 6～8 月、秋季を 9～11 月、冬季を 12～2 月とした。

季節毎にみると両地点とも春季が明らかに他の季節に比べ高く、最も低い時期と比べると、諫早では約 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、壱岐では約 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の差があり、その幅は諫早が大きかった。諫早について、春季のピークは朝(8 時)と夕方である。夏季の日内変動ははっきりしており、春季よりも早い時間である日中の 15 時～17 時にピークを迎えていたが、冬季はほぼ一定で午前と夕方に小さなピークはあるものの、日内変動はないように見えた。壱岐について、春季は昼(12 時)と夕方のピークが確認できた。諫早に比べると、夏季～冬季にかけて濃度推移の変動幅は狭かったが、秋季と冬季の夕方(19 時)のピークは顕著であった。

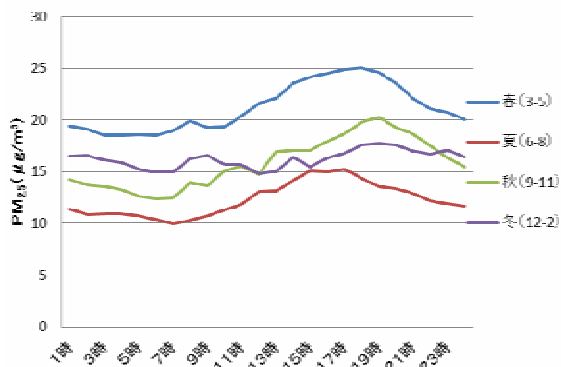


図 3-1 季節毎日内変動(諫早)

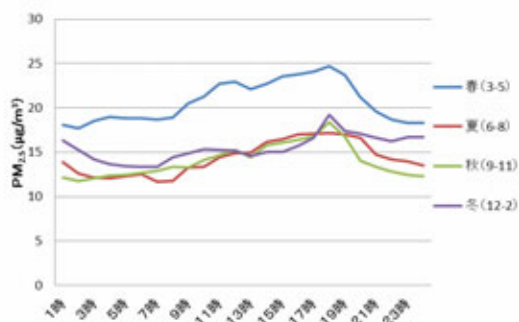


図 3-2 季節毎日内変動(壱岐)

#### 春季(4月～5月)

春季はPM<sub>2.5</sub>濃度の高い時期であり、環境基準値を超過した日数が最も多い時期であった。特に5月末は諫早局で4日連続日平均値が35µg/m<sup>3</sup>を超過した。

諫早におけるPM<sub>2.5</sub>濃度の1日平均値をこの時期の大村市における硫酸塩調査結果(イオン濃度)と合わせて図4に示す(硫酸イオンおよびカルシウムイオンについては非海塩性イオンで表示)。

この調査は4月～6月までの3か月間行っており、調査地点(大村市)は、自動測定器設置場所である諫早市から約12km離れていたが、諫早におけるPM<sub>2.5</sub>濃度推移と大村市における硫酸塩調査の硫酸イオン(粒子状)の推移はほぼ一致していた( $r=0.879$ 、 $p<0.01$ )。データは示していないものの、アンモニウムイオンも同様であり、硫酸イオンモル濃度に対して2対1でよく一致し、その主体は硫酸アンモニウムと推測された。煙霧の主体が硫酸塩であることは、これまでに報告されており、その大部分は微小側に存在することから<sup>5)6)</sup>、今回の調査では分粒を行っていないものの、この時期に観測していたPM<sub>2.5</sub>の主成分が硫酸アンモニウムであったこと示唆していると考えられた。

また2012年4月～5月にかけて長崎県では目視による黄砂は観測されていなかったが、図4の★印部分

については、九州内(沖縄県を除く)で黄砂が観測されていた。★印部分では、この調査間のカルシウムイオン平均値(3か月間、0.46µg/m<sup>3</sup>)に比べカルシウムイオン濃度の上昇が顕著に認められる場合があり、土壌由来粒子の影響があったのではないかと考えられた。

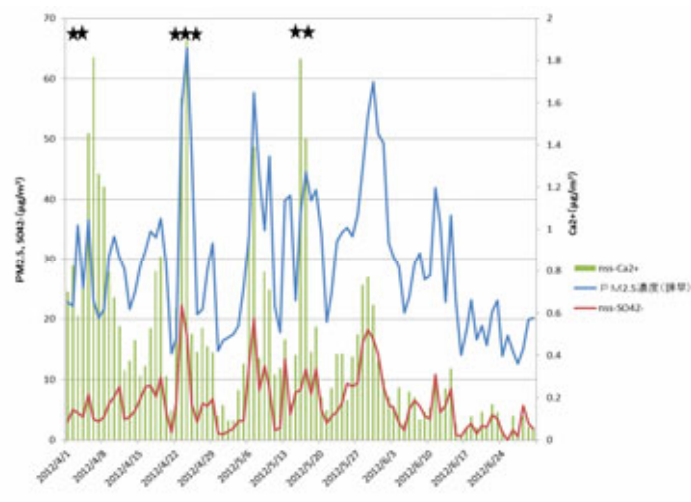


図 4 硫酸イオン、カルシウムイオン濃度とPM<sub>2.5</sub>濃度日平均値

5月末の諫早局における連続した環境基準値超過について、PM<sub>2.5</sub>濃度の経時変化(図5-1)と特徴的な後方流跡線<sup>12)</sup>(図5-2、5-3)を示す。

データは示していないものの、高濃度前半(5/27から5/28にかけて)壱岐局でオキシダント(Ox)が夜間112ppbまで上昇したが、後半(5/29以降)は60ppb程度となっていた。これより、高濃度期前半が光化学反応の活発に生じていた大気汚染系のものであり、後半は異なる要因によると推測した。5月26日は、後方流跡線<sup>12)</sup>によると壱岐のみ気塊の流入高度が低く、朝鮮半島方面から流れこんでおり、特にSO<sub>2</sub>濃度の上昇がみられた。28日になると、壱岐と諫早への流入はほぼ同程度であったように思われるが、その後方流跡線<sup>12)</sup>は複雑な気圧配置の中、朝鮮半島方面から(諫早)、東シナ海方面から(壱岐)達しており、諫早でのみSO<sub>2</sub>濃度上昇がみられた。高濃度期後半29日になると、諫早ではPM<sub>2.5</sub>濃度が下がらず、31日まで連続で環境基準を超過した。この後半の高濃度化は、SO<sub>2</sub>濃度の上昇や夜間のOxの上昇を伴わないものの、壱岐へは関門海峡を通るように流れ込んでおり、諫早へは九州南部から到達しており、この位置の違いから、連続した高濃度が諫早局でのみ観測された可能性がある。兼保らによれば<sup>7)</sup>、春季の連続した高濃度化の要因として、移動性高気圧周回流により、高濃度が維持

される場合があると報告があるが、2012 年のような諫早でのみ高濃度が持続した要因として、特に壱岐で高濃度化が認められなかった後半は、地域による原因または鶴野ら<sup>8)</sup>から説明があるような、九州南部からの移流ではないかと考えられた。

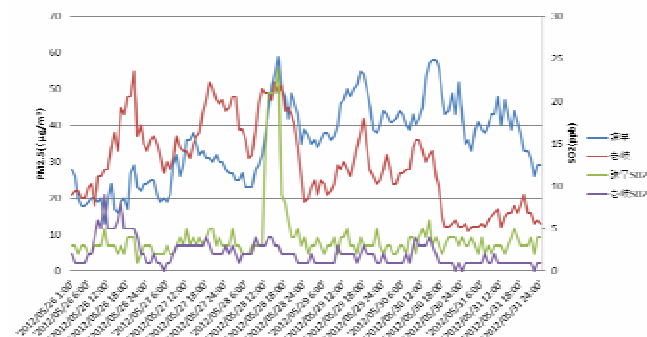


図 5-1 5/26～5/31 のPM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>濃度の経時変化

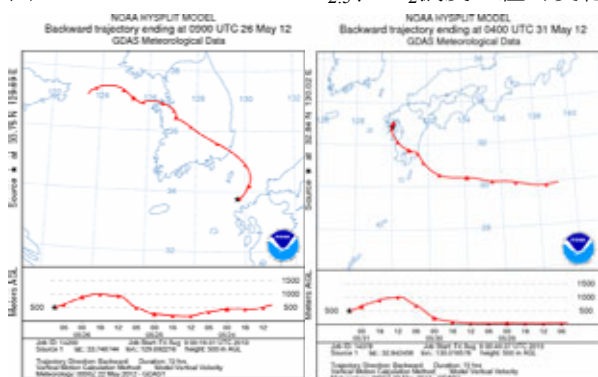


図 5-2 5/26 18時(JST) 壱岐の後方流跡線<sup>12)</sup> 図 5-3 5/31 13時(JST) 諫早の後方流跡線<sup>12)</sup>

夏季(6月～8月)

8 月は 1 年で最もPM<sub>2.5</sub> 濃度の月平均値が低かったが、7 月 12 日及び 25 日～26 日に日平均値が 35µg/m<sup>3</sup>を超過していた。特徴的であった事例について考察する。

日平均値が 35µg/m<sup>3</sup>を超過したのは 7 月 12 日であるが、12 日より以前から、化学天気予報(CFORS)<sup>13)</sup>によれば、日本列島は硫酸塩に覆われていた。7 月 10 日はPM<sub>2.5</sub>濃度が上昇し、SO<sub>2</sub>の上昇も伴って特に壱岐が高かった(図 6-1、2)。後方流跡線<sup>12)</sup>は九州内部から達しており(図 6-3)、その粒子の起源については確かでないものの、大陸からの春季にみられるような移流とは異なることが推測された。

7 月 12 日は、梅雨前線の移動に伴って、大陸側からの気塊が流れ込んでおり、起点が大陸よりであるか否かによって壱岐と諫早の濃度の違いが生じたのではないかと推測された(図 6-4)。諫早よりも壱岐では SPMの上昇についても顕著であり、PM<sub>2.5</sub>上昇と同時に

に年間 1 時間最高値を記録していた。これは、海域を通過しているための粒子の成長が考えられるが、低気圧の移動に伴うため、海塩粒子の影響も推測される。また、諫早局では雨の直後から上昇したが、壱岐局で降雨は観測していない。この際SO<sub>2</sub>の顕著な上昇は壱岐局及び諫早局で確認できなかった。

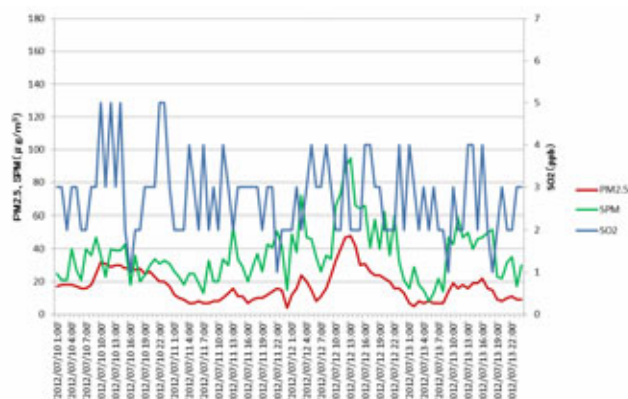


図 6-1 7/10～7/13 の経時変化(諫早)

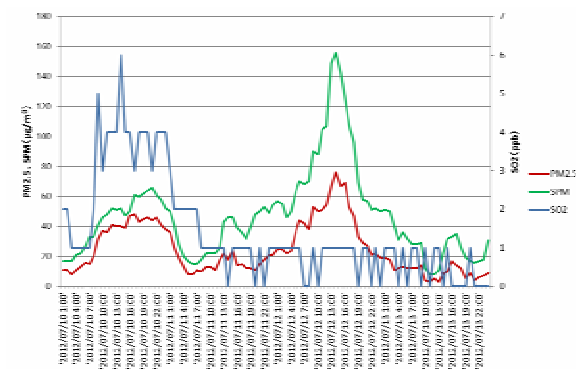


図 6-2 7/10～7/13 の経時変化(壱岐)

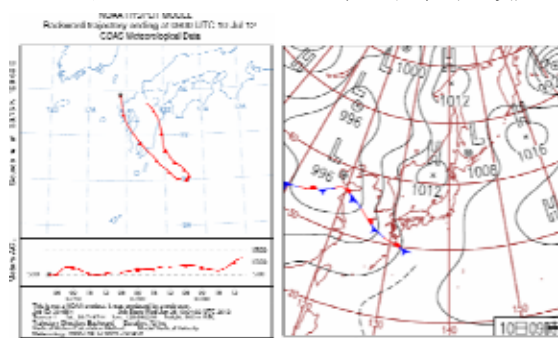


図 6-3 7/10 18時(JST) 壱岐の後方流跡線<sup>12)</sup>と天気図



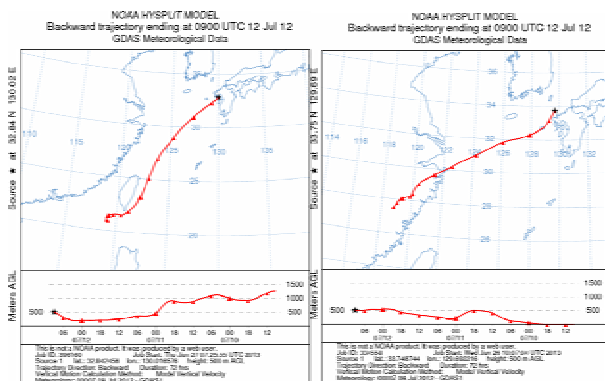


図 6-4 7/12 18 時(JST)の後方流跡線<sup>12)</sup>(諫早、杵岐)

7月20日と22日について、杵岐のみPM<sub>2.5</sub>濃度が上昇した(図7)データは示していないものの後方流跡線<sup>12)</sup>や天気図を見ると、諫早は高気圧に覆われ沖縄方面から流入した気塊であるのに対し、杵岐はより大陸側の台湾方面からの気塊が流入していることから、太平洋高気圧の張り出し具合から濃度差が生じたと考えられ、大陸由来ではなかったかと推測される。この時明確なSO<sub>2</sub>のピークは確認できなかった。

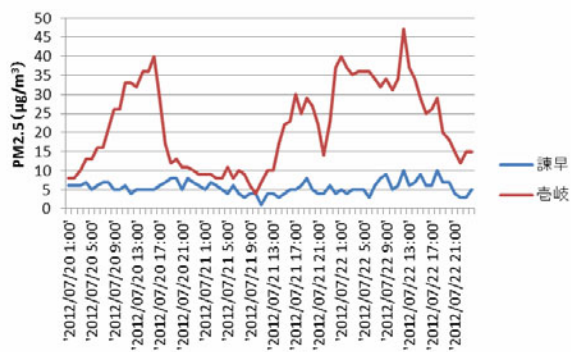


図 7 7/22~7/24 PM<sub>2.5</sub>濃度の経時変化

7月25日から26日にかけてのPM<sub>2.5</sub>濃度高濃度は、梅雨明け後、九州が太平洋高気圧に覆われた際のもので、3日遡った後方流跡線<sup>12)</sup>も九州内を起点としていた。この際、24日から九州南部へ起点が移った際の両地点で、明確なSO<sub>2</sub>のピークが確認できた(図7-1、2)。また、データは示していないものの、諫早局では7月31日にもSO<sub>2</sub>濃度のピークがあり、その際PM<sub>2.5</sub>濃度の上昇もみられた。これら7月末のPM<sub>2.5</sub>高濃度化は九州南部から気塊が流れ込んでおり、台風の位置にも関係するが、大陸由来ではなく、地域由来または鶴野らのいう<sup>8)</sup>状況ではないかと推測された。

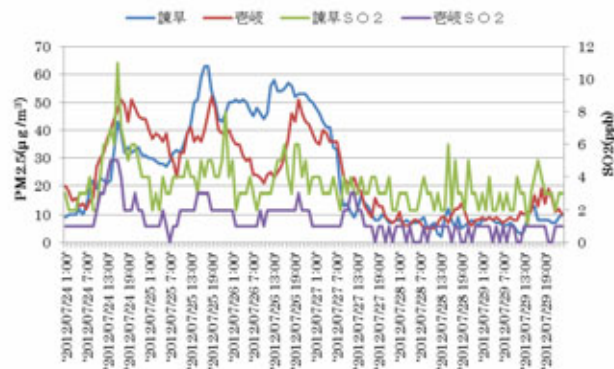


図 7-1 7/24~7/29 の経時変化(PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>)

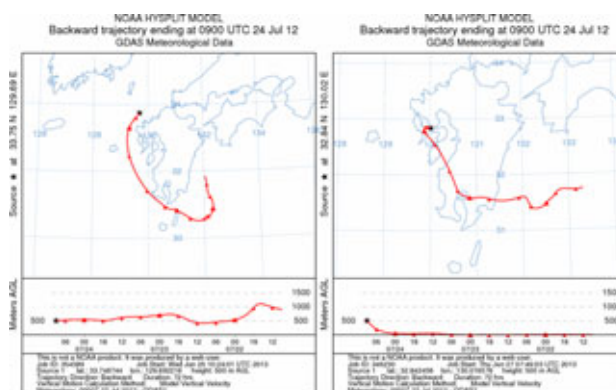


図 7-2 7/24 18 時(JST)後方流跡線<sup>12)</sup>

さらに、8月2日~4日のような濃度(図8-1)は環境基準値を超過することはないものの、杵岐と諫早の平均値の差には影響してくるだろうと考えられた。この場合の後方流跡線(図8-2)<sup>12)</sup>をみると、台風の沖縄接近に伴い、杵岐へは瀬戸内方面から気塊が達し、諫早への気塊は、四国地方の下方から達していた。データは示していないものの、SO<sub>2</sub>濃度は8月3日に杵岐でのみ上昇が明確であり、後方流跡線を見ると杵岐で九州北を通過した低高度からの気塊が到達しており、この時期の杵岐と諫早の濃度差は、国内起源ではないかと推測された。

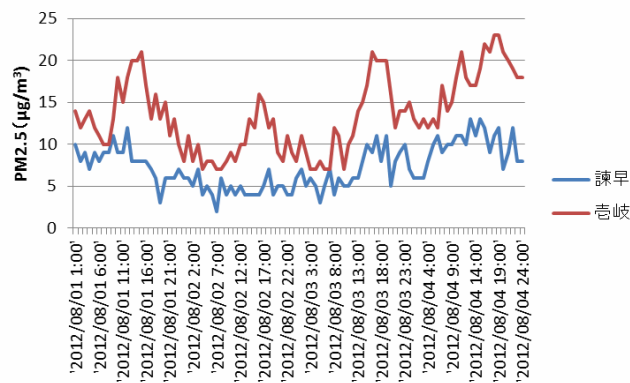


図 8-1 8/1~8/4 PM<sub>2.5</sub>濃度経時変化

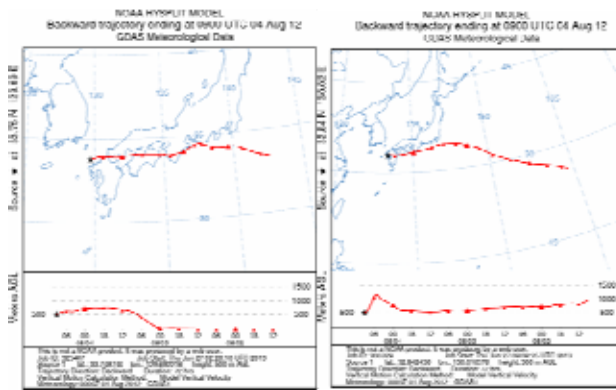


図 8-2 8/4 18 時(JST)の後方流跡線<sup>12)</sup>

これらより、壱岐が諫早よりも夏季に濃度が高い理由として、兼保らの報告<sup>4)</sup>にあるような梅雨前線の位置による気塊の移流状況、梅雨明けの時期に関わる太平洋高気圧の影響などが考えられるが、少なからず、環境基準値を超過するような高濃度の要因としても、国内起源も考慮する必要がある。さらに夏季のSO<sub>2</sub>の明確な上昇については、3日遡ったとしても国内に後方流跡線の起点がある場合が多かったことは、気象とも関係するが、興味深い事例であった。

秋 季(9月～11月)

9月～11月にかけて日平均値が環境基準値を超過したのは、11月9日と11月23日であった。諫早局よりも壱岐がわずかに早く濃度が上昇し、両地点ともSO<sub>2</sub>の上昇を伴っていたが、壱岐がより明確であった。後方流跡線<sup>12)</sup>は両日とも大陸方向であり、9日はゴビ砂漠周辺から朝鮮半島を経由し到達していた。天気図から、移動性の高気圧の張り出しによるものと思われた。それに対し23日は渤海または朝鮮半島付近の気塊が低い位置から達していた。いずれにしても、壱岐と諫早への移流ルートは変わらず、濃度についても大きな差はないことから、11月の高濃度事例は大陸からの影響と推測した。兼保らによれば<sup>4)</sup>、秋は寒冷前線背面からの移流の際に高濃度になるという報告があったが、その現象は、台風発生のない10月後半に壱岐局と諫早局が同期する形で見られた。(図8)。

秋季は壱岐よりも諫早の月平均値が高くなっていたが、台風等の影響もあり、気象も複雑で自動測定機のみ値からその差を説明できるような要因について明らかにできなかったものの、11月前半までの諫早局が高濃度となった主な事例(局差を20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上とした)13ピークのうち(図における↓部分)、後方流跡線<sup>12)</sup>から明らかに大陸方向のルートによる濃度差と考えられるものは1例のみで、瀬戸内方面または九州を巡回

する形で気塊が到達している事例が8例であった。また、SO<sub>2</sub>濃度の上昇を伴うもの、伴わないものさまざまであった。

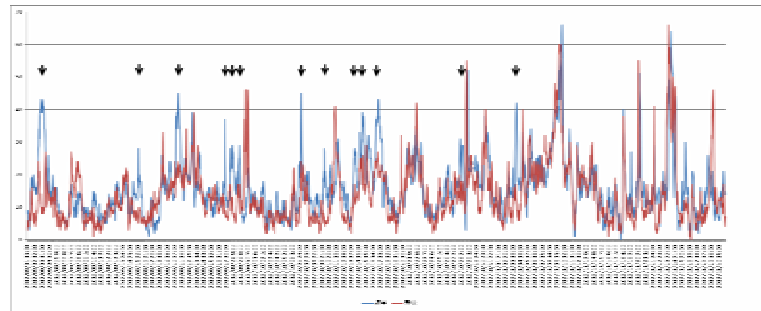


図 8 9/1～11/30のPM<sub>2.5</sub>濃度経時変化

大陸方面で維持された気塊が流れ込むことによって秋季に春季のようなPM<sub>2.5</sub>濃度が上昇することもある<sup>4)</sup>との報告もあることから、明確な起源や要因を推定するには、今後より詳細な観測が必要だろう。

冬 季(12月～2月)

中国でのPM<sub>2.5</sub>高濃度現象が報道されはじめたのは、2013年1月のことであったが、長崎県でも1月24日、31日、2月22日に日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した。冬季は西高東低の気圧配置であり、冬型が緩む際に大陸側から移流がみられるという、移動性高気圧周回流及び寒冷前線後面による輸送パターン<sup>4)</sup>に当てはまっていた。後方流跡線<sup>12)</sup>によれば、ほぼ大陸方向から流れ込んでいるもの、大陸上部渤海経由、またはやや南下した位置からの移流など、汚染気塊が連続して移流してきているように思われた。特徴的であった1月24日の事例を示す(図9-1、2)。

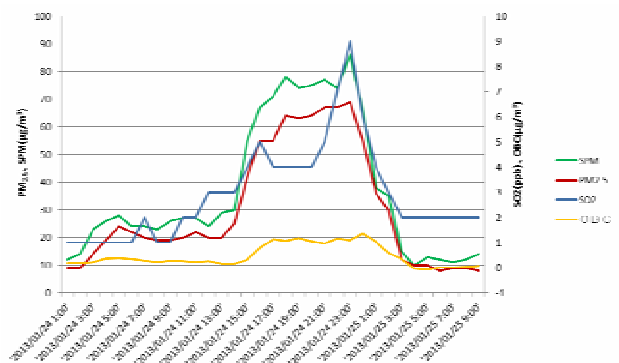


図 9-1 1/24～1/25 日の経時変化(壱岐)

壱岐局で特に明確であったが、PM<sub>2.5</sub>濃度ピークとSO<sub>2</sub>及びOBCのピークがほぼ一致しており、このSO<sub>2</sub>のピークは、後方流跡線<sup>12)</sup>と比較すると、連続した移流の変化状況をよく表しているように推測された。

壱岐局は駐車場内に測定器が設置されており、通勤

時間帯や明らかな短時間の OBC の濃度上昇は確認されていたが、この際確認されたものは夕方から夜中にかけてであり、数時間連続していた。これらは低高度からの移流であったため、明確であったと推測される。

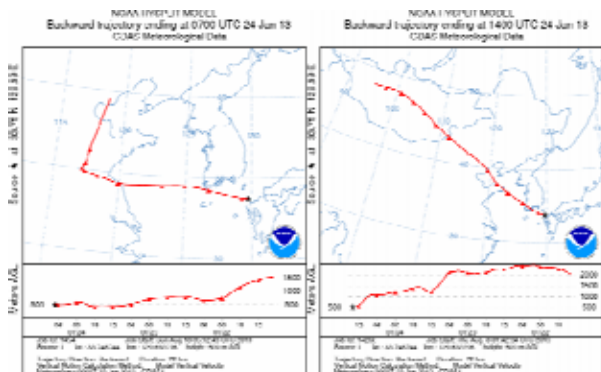


図 9-2 1/24 16 時及び 23 時(JST) 壱岐の後方流跡線<sup>12)</sup>

### 黄砂の影響

黄砂事例である 2013 年 3 月の壱岐における PM<sub>2.5</sub> 重量濃度等の推移、化学天気予報(CFORS)<sup>13)</sup>の画像を示す(図 10-1、2)。SO<sub>2</sub>及びOBCが同時に上昇しており、化学天気予報の状況からも、土壌粒子の影響があったことは明らかであった。さらに 19 日は 2012 年度 PM<sub>2.5</sub>濃度の最高値(日平均値及び 1 時間値)を記録している。兼保らによれば、長崎県での明確な黄砂イベントの場合、SPMとPM<sub>2.5</sub>の日平均値の濃度比([SPM]/[PM<sub>2.5</sub>])は 3 付近を示し、分布としてはその比が 1.5 付近のイベントが最も多かったと報告されている<sup>9)</sup>。2012 年度観測された黄砂の場合、[SPM]/[PM<sub>2.5</sub>]= 1.3~1.8 程度であり、黄砂規模としては明確ではないものの、その比から観測頻度の最も高いイベントに分類できると思われた。つまり、今後も黄砂が観測される場合は、環境基準値(日平均値)を超過する可能性が高い。

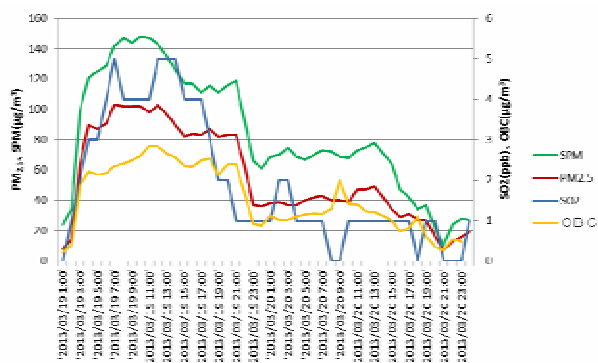


図 10-1 3/19~3/20 の経時変化(壱岐)

U-V&Dust total m/s&µg/m<sup>3</sup> JST  
2013/03/19.09:00:00

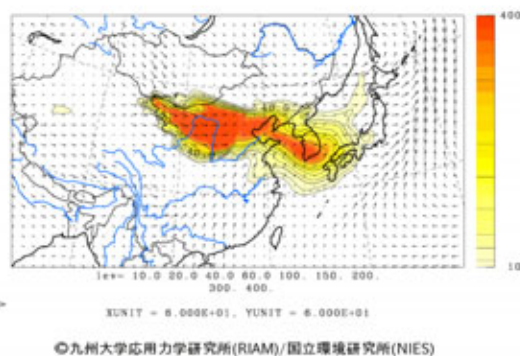


図 10-2 3/19 9 時 化学天気予報<sup>13)</sup>

二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)とPM<sub>2.5</sub>濃度黄砂などのSPM上昇を伴う越境大気汚染の場合、SO<sub>2</sub>濃度の上昇が確認されており、有効な指標となると報告<sup>10)</sup>があるが、本年度の長崎県の観測から、PM<sub>2.5</sub>濃度の上昇に関連して冬季に明らかなSO<sub>2</sub>濃度の上昇が確認されたものの、特に夏季にはピークが一致しない事例があり、明確ではなかった。SO<sub>2</sub>の 1 時間値とPM<sub>2.5</sub>濃度の 1 時間値から求めた相関係数、及びSPMとPM<sub>2.5</sub>濃度の相関係数を表 2 に示す。

表 2 PM<sub>2.5</sub>濃度とSO<sub>2</sub>濃度及びSPM濃度(1 時間値)の相関係数

SO2	春	夏	秋	冬
諫早	0.19	0.27	0.37	0.42
壱岐	0.38	0.31	0.67	0.66
SPM	春	夏	秋	冬
諫早	0.89	0.77	0.67	0.78
壱岐	0.93	0.85	0.90	0.93

P<0.01

年間データから求めた値であるため有意ではあるものの、SPMとPM<sub>2.5</sub>に比べ、また冬季に比べ、夏季のPM<sub>2.5</sub>濃度とSO<sub>2</sub>の相関は低かった。さらに壱岐と諫早を比較すると、諫早がSO<sub>2</sub>のPM<sub>2.5</sub>との相関は低い。夏季のSO<sub>2</sub>濃度が上昇した場合に、PM<sub>2.5</sub>濃度についても上昇していた事例があるが、その場合の後方流跡線は 3 日遡ったとしても、九州地方または瀬戸内方面など近傍、または韓国方面から壱岐局への低い高度での移流の場合に限られた。今後さらにSO<sub>2</sub>濃度の上昇について解析していく必要があるが、気温の高い夏季については、水に溶けやすく、大気中で酸化されやすいSO<sub>2</sub>については、地域からの発生の指標となる可能性が考えられる。



## ま と め

2012 年度の長崎県のモニタリング結果によれば、PM<sub>2.5</sub>濃度は冬季から春季にかけて最も高い傾向を示した。またその際は諫早及び壱岐で同様に推移しており、後方流跡線、気象状況等から大陸由来の影響を強く受けているものと推測された。

気象庁から黄砂と発表された日及び九州地域で黄砂が観測されている日は、例え明らかな大規模黄砂でなくとも、短期評価基準値(日平均 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )を超過する傾向がある。しかし詳細な影響、寄与を評価するには、今後粒子の構成成分を分析していく必要があるだろう。

日最高値は 18 時～19 時にかけて記録することが多く、その由来や原因については、明確にできていない。板野らによれば、NO<sub>x</sub>の変動パターンとPM<sub>2.5</sub>濃度の日内変動パターンは異なっており、1 次汚染粒子以外の影響も考えられるとの報告がある<sup>11)</sup>ことから、今後、他のガス状物質との関係も含め、1 次汚染粒子以外の影響を検討していく必要がある。

PM<sub>2.5</sub>重量濃度が上昇する際は、SO<sub>2</sub>濃度やOBCが上昇している場合があり、特に冬季の壱岐においてほぼ同時刻の上昇であることから、同時に移流してきていると考えられた。夏季のSO<sub>2</sub>濃度上昇については、PM<sub>2.5</sub>濃度上昇や後方流跡線の方向から、国内または地域由来の可能性があり、どの程度寄与しているのかさらに評価していく必要がある。

PM<sub>2.5</sub>問題の重要点は、その健康影響であり、健康影響を評価するためには、PM<sub>2.5</sub>の由来を詳細に把握する必要がある。2012 年度の長崎県のPM<sub>2.5</sub>重量濃度の環境基準値超過現象は、大陸側からの黄砂及び汚染気塊の移流の影響を受けているものと考えられるが、年平均値に影響するであろうPM<sub>2.5</sub>濃度上昇は、大陸側からの影響ばかりでは説明できない現象もあり、さらに詳細解析を進めるため、構成成分の把握も含め今後も注視していく必要がある。

## 参 考 文 献

- 1) Dockery, et al.: An association between air-pollution and mortality in 6 United-States cities New England Journal of Medicine, 329, 1753-1759 (1993)
- 2) 環境省: 微小粒子状物質暴露影響調査報告書 (2007)  
金谷有剛、他: 九州福江島における通年 PM2.5 質量濃度測定値の大気環境短期基準超過 大気環境学会誌 45(6)、(2010)
- 3) 全国環境研協議会: 第4次酸性雨全国調査報告書 (平成 19 年度)(1)、季刊全国環境研会誌、34(3)、196-197(2009)
- 4) 兼保直樹、他: 九州北部の離島及び大都市部における PM2.5 濃度の通年での挙動 大気環境学会誌 46(2)、(2011)
- 5) 山崎誠: アジア大陸から移流した硫酸塩エアロゾルの煙霧による高 SPM 事例の解析 福岡市保健環境研究所報、29、101～104、(2004)
- 6) 森淳子、他: 長崎に飛来した黄砂の実態—最近のトピックスと成分組成— 長崎県衛生公害研究所報 50、(2004)
- 7) 兼保直樹、他: 九州北部における春季の高濃度 PM2.5 と長距離輸送 大気環境学会誌、45(5)、(2010)
- 8) 鶴野伊津志、他: 春期の移動性高気圧通過時の九州地域での二次汚染と火山性 SO<sub>2</sub> の挙動 大気環境学会誌 32、404-424、(1997)
- 9) 兼保直樹、他: ライダー観測によるダストの推定と地上観測によるエアロゾル質量濃度の比較 大気環境学会誌 47(6)、(2012)
- 10) 河村秀一、他: 2007 年度における京都府内の SPM 高濃度事例の解析結果 全国環境研究会誌、34(141-152)、(2009)
- 11) 板野泰之 他: 2011 年度の連続測定結果に基づく全国的な PM2.5 汚染の状況解析
- 12) National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Air Resources Laboratory (ARL): HYSPLIT Trajectory Model Website, [http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\\_traj.php](http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php)
- 13) 九州大学/国立環境研究所 化学天気予報システム <http://www-cfors.nies.go.jp/cfors/index-j.html>



## Characteristics of PM<sub>2.5</sub> mass concentrations in Nagasaki (2012)

Kei TAMURA, Yasuo YAMAUCHI

PM<sub>2.5</sub> mass concentrations observed in Iki and Isahaya of fiscal year 2012, exceeded the national short and long-term air quality standard value.

The reasons, the impact of transboundary air pollution and yellow sand by the influx of air masses from the Asian continent was strong in winter and spring. However, in part, there is also a high concentration cases backward trajectory suggests domestic sources, it is necessary to consider the contribution of local origin.

The SO<sub>2</sub> concentration, which is an indicator of transboundary air pollution of SPM, have increased in conjunction with the PM<sub>2.5</sub> concentration in winter and spring. In summer, the Cases the SO<sub>2</sub> concentration had increased with the PM<sub>2.5</sub> concentration when the backward trajectory extends from Japan is often.

Key words: PM<sub>2.5</sub>, Yellow sand, SO<sub>2</sub>