

2012年度 沖縄県における微小粒子状物質 (PM_{2.5})

城間朝彰・岩崎綾・比嘉良作・田崎盛也・友寄喜貴

Results of PM_{2.5} in Okinawa Prefecture FY2012

Tomoaki SHIROMA, Aya IWASAKI, Ryosaku HIGA, Moriya TASAKI, Nobutaka TOMOYOSE

要旨：一般環境大気測定局の沖縄局における2012年度PM_{2.5}質量濃度測定結果は1年平均値が14.9 μg/m³、1日平均値の98%タイル値が33.5 μg/m³であり環境基準を達成した。月平均値の経月変化は4月および10月から3月にかけて高く、11月と3月にピークとなる2山型を示したが、前年度(2011年度)とはやや異なる傾向を示した。日平均値が35 μg/m³を超過した高濃度日は5日あり、春季または冬季にみられた。高濃度日における後方流跡線解析や天気図により、中国大陸由来の気塊による越境汚染が示唆された。浮遊粒子状物質(SPM)との比較では、日平均値の経日変化は挙動が類似しており強い相関がみられた。PM_{2.5}濃度の経月変化および7日移動平均はやや上昇傾向を示した。

Key words：微小粒子状物質 (PM_{2.5})、浮遊粒子状物質 (SPM)、後方流跡線解析

I はじめに

2013年1月に中国における高濃度の微小粒子状物質(PM_{2.5})による大気汚染問題が大きな話題となってから日本への同物質による影響が懸念されている。沖縄県では2013年4月から「微小粒子状物質(PM_{2.5})注意喚起対応マニュアル」を施行しており、国において注意喚起の新たな判断基準が示されたことに伴い、同マニュアルを2014年3月に改正した。なお、同マニュアルの施行および改正後、2014年9月現在までに注意喚起を実施した事例はない。

沖縄県では、環境省の「PM_{2.5}モニタリング試行事業」により沖縄局(一般大気環境測定局)にPM_{2.5}質量濃度自動測定機(PM_{2.5}計)を設置し、2011年4月から測定を開始している。昨年度、同報にて報告した2011年度の測定結果¹⁾に引き続き、本報では2012年度の測定結果について検討したので報告する。

II 方法

PM_{2.5}濃度およびSPM濃度は沖縄局(沖縄県中部福祉保健所内にあり、沖縄本島中部の沖縄市に位置する)のデータを用いた(図1)。PM_{2.5}計は同庁舎屋上(3階)に、SPM質量濃度自動測定機(SPM計)は同庁舎屋内(2階)に設置されている。PM_{2.5}計は東亜ディーケーケー株式会社製FPM-377-1型(β線吸収法)を、SPM計は同社製DUB-222型(β線吸収法)を用い通年測定を実施している。また、風向・風速および降水量データについては気象庁の観測所のうち沖縄局に最も近い観測所(風向・風速は宮城島観測所、降水量は胡屋観測所)における1時間値をそれぞれ用いた²⁾。

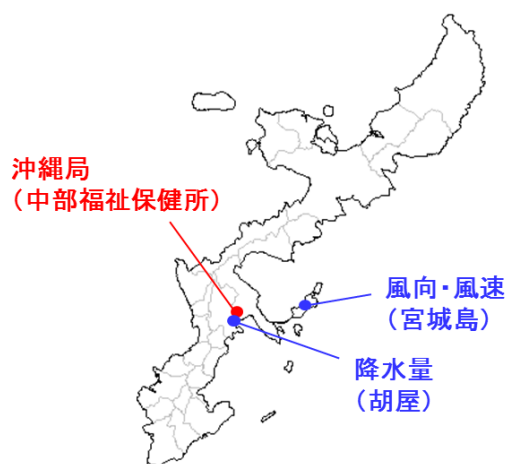


図1. 調査地点 (PM_{2.5}: 中部福祉保健所, 風向・風速: 宮城島観測所, 降水量: 胡屋観測所)

III 結果と考察

1. 環境基準の達成状況

沖縄県における2012年度のPM_{2.5}質量濃度測定結果は、年平均値が14.9 μg/m³、日平均値の年間98%タイル値が33.5 μg/m³であり、長期基準と短期基準の環境基準をともに達成した。2011年度と比較し、長期基準はやや高く短期基準はやや低い結果となった。なお、同年度全国における環境基準(両基準)の達成率は、一般環境大気測定局が43.3%、自動車排気ガス測定局が33.3%であった³⁾。

2. 季節変動

PM_{2.5}日平均値及び月平均値の推移を図2に示す。月平均値の経月変動は、4月および10月-3月に高く、5月-9月に低くなっていた。2011年度と同様、春季と秋季にピークとなる2山型を示したが、ピークとなった月が

異なる (2011 年度のピーク : 4 月と 9 月, 2012 年度のピーク : 3 月と 11 月) ことや冬季における濃度低下があまりみられない点でやや異なる傾向を示した。春季および秋季における濃度上昇は交互に通過する移動性高気圧と温帯低気圧による影響と考えられ, 夏季における濃度低下は太平洋高気圧による影響と考えられる。

1 日平均値が $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した日 (以下「高濃度日」という) は 5 日 (4/12, 1/23, 1/24, 1/25, 3/12) あり, 春期または冬季であった。月平均値でピークとなった秋季に高濃度日はみられなかった。高濃度日における天気図では春季に移動性高気圧の通過が, 冬季に西高東低の気圧配置が確認できた。また, 後方流跡線解析を実施したところ, 5 日全てで中国大陸由来を示した (図 3)。4/12 は 1 - 2 日前の上海経由の気塊が, 1/23 および 1/24 は 2 - 3 日前の上海および北京経由の気塊が, 1/25 は 1 - 2 日前の上海付近経由の気塊が, 3/12 は 3 - 4 日前の北京経由の気塊がそれぞれ沖縄へ移流して来たことを示した。北京や上海を経由した際の両都市の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度を在中国米国大使館公開データ (環境省大気汚染物質広域監視システムからダウンロード) ⁵⁾ で確認したところ, 両都市で高濃度であったことから, 中国大陸由来の気塊による越境汚染が示唆された。冬の西高東低の安定した気圧配置では大陸からの季節風により汚染物質が運ばれてくるが, 広い領域に拡散するため著しく高濃度にはならないと言われている⁶⁾。例年であれば 2011 年度と同様, 沖縄へ移流して来る間に濃度が低減したかもしれないが, 2012 年度は北京で非常に高濃度となったため濃度が下がりきれずに移流して来たと考えられる。なお, 北京で大気汚染物質が高濃度となった要因は大気汚染物質の放出量の増加ではなく, 中国において非常に気温の低い日が続く, かつ風が弱く, 上下の対流が起らずに大気汚染物質が地表付近にたまったままになってしまったためと考えられている^{7,8)}。

3. 風向・風速との関係

宮城島観測所における風向・風速の 1 時間値の風向別年平均風速および年最多風向の割合を図 4 に, $\text{PM}_{2.5}$ 高濃度日における日最多風向と日平均風速, 日間降水量との関係について表 1 に示す。沖縄における風向は 2011 年度と同様, 多くが北東方向を占めており西方向の風速もやや弱いことから, 中国大陸からの直線的な飛来は比較的少ないことが考えられるが, 前述のとおり 2012 年度の冬季は中国において大気汚染物質が非常に高濃度となったため, 沖縄への飛来量が増え, 冬季における濃度低下が少なく高濃度日もみられたと考えられる。

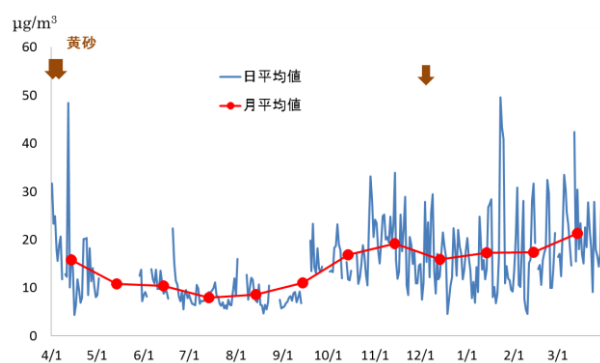


図 2. $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の日平均値および月平均値の推移。季節変動は春季と秋季に高濃度となる 2 山型。

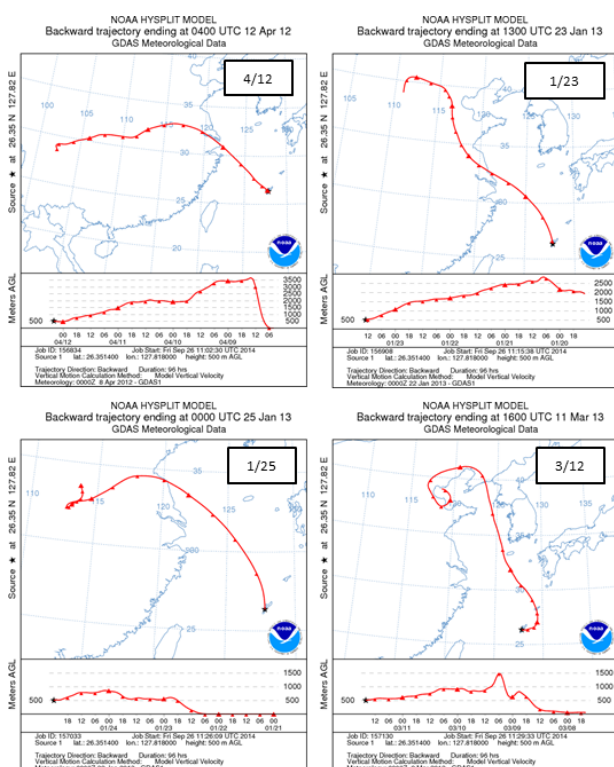


図 3. NOAA HYSPLIT Model⁴⁾による高濃度日の後方流跡線 (起点高度 : 500 m, 遡及時間 : 96 時間, 起点時間 : 高濃度日における最高濃度となった時間)。1 月 23 日の最高濃度は 22 時, 24 日は 1 時であるため, 23 日 22 時の後方流跡線を両日分として用いた。全てが中国大陸由来を示し, 1 - 4 日で上海や北京の気塊が移流して来ていた。

$\text{PM}_{2.5}$ 高濃度日における日最多風向は表 1 に示すとおり冬季の 3 日 (1/23, 1/24, 1/25) は北西方向の風であり季節風の影響による中国大陸からの越境汚染を示した。春季の 2 日 (4/12, 3/12) は南東方向の風 (中国大陸と逆) であるが, 図 3 の後方流跡線が示すとおり中国大陸から

の移流を示した。4/12 は移動性高気圧通過前後で風向の変化があり、午前は北西方向からの風（図3の後方流跡線解析結果と一致）が、午後からは東南東方向の風が多く観測され、日最多風向は東南東となっていた。

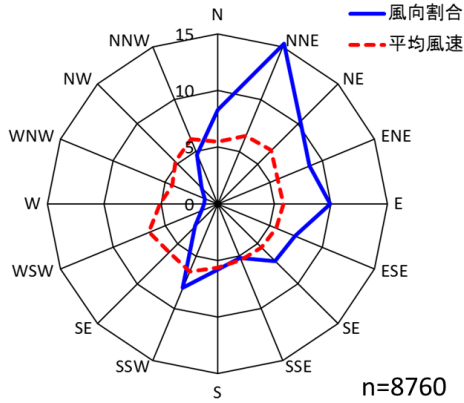


図4. 風向別年平均風速(m/s)および年最多風向(%). 風速は北東や南西方向が比較的強く西側はやや弱い。風向は北北東が最も多い。

表1. 高濃度日と気象状況.

日付	PM _{2.5} 濃度 日平均値 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	日平均 風速 (m/s)	日間 降水量 (mm)	日最多 風向	黄砂
2012/4/12	48.0	3.2	2	東南東	-
2013/1/23	49.6	6.8	0.5	北北西	-
2013/1/24	43.3	3.2	0	北西	-
2013/1/25	40.9	5.7	0	北	-
2013/3/12	42.4	4.6	0	南東	-

※高濃度日に黄砂は観測されなかった

4. 降水量との関係

PM_{2.5}濃度の日平均値と日間降水量の関係およびPM_{2.5}濃度と降水量の時間推移を図5(1)(2)に示す。日間降水量が多い日はPM_{2.5}濃度が高くなる日は少なく、降水量がゼロまたは少ない日は濃度の高い日がみられた（図5(1)）。丸で囲った部分は日間降水量が30mm以上かつPM_{2.5}濃度が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上であるが、降雨が短時間であったことからPM_{2.5}濃度があまり下がらなかったと考えられる。その一例として11月4日と3月31日前後における時間帯推移を図5(2)に示す。PM_{2.5}濃度のピークと降雨のピークの時間帯が異なっており、一時的な降雨によりPM_{2.5}濃度が低下していることが確認できる。仮に、一時的でも降雨がなければPM_{2.5}濃度はさらに高くなっていたと考え

られる。また、経日変化でも高濃度ピークと降水量のピークは概ね逆の挙動を示しており、降水量はPM_{2.5}高濃度抑制因子として働くことが期待できる。なお、表1でも高濃度日において降水量は少ないか観測されていない。

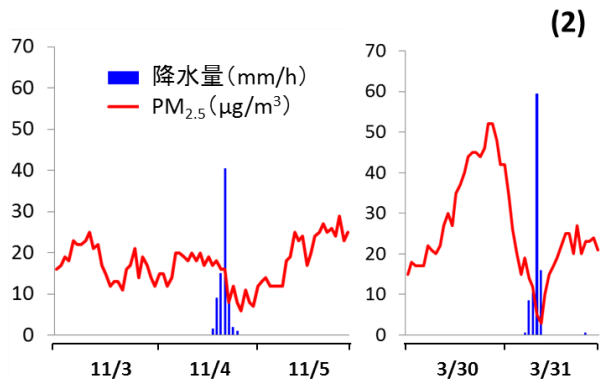
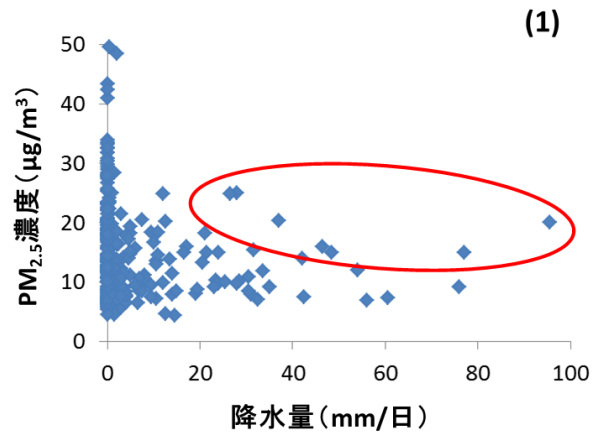


図5. (1)PM_{2.5}濃度と日間降水量の関係および(2)PM_{2.5}濃度と降水量の時間推移。(1)の丸で囲った部分は降水量が30mm/日以上かつPM_{2.5}濃度が15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上であるが、時間帯別にみると(2)に示すように高濃度ピークと降水ピークにずれがあった。(2)では降水によりPM_{2.5}濃度の低下が確認できた。

5. SPM との比較

PM_{2.5}とSPMの日平均値の経日変化は2011年度と同様概ね一致し高濃度ピークについては特に顕著にみられ、PM_{2.5}とSPMの相関関係は、相関係数 $r=0.88$ で強い相関を示した。PM_{2.5}とSPM年平均値のPM_{2.5}/SPM比は0.91であり、季節別では春季が0.91、夏季が0.66、秋季が0.87、冬季が1.01であり、夏季に低く冬季に高くなる傾向（夏季<春季<秋季<冬季）を示し2011年度と同様の傾向を示した。SPM計の計数誤差の影響は無視できないが、移動性高気圧の影響を受ける春季と秋季が近い値を示し、

夏季や冬季は異なる値を示していることから、PM_{2.5}とSPMの割合は気象条件により異なると考えられる。

6. 経月変化と移動平均

PM_{2.5}濃度の変動をみるため経月変化および7日移動平均を実施した(図6(1)(2))。経月変化および7日移動平均はともに増加傾向を示したが、2012年度の秋季から冬季にかけての高濃度が大きく影響している。年平均値の上昇も秋季と冬季の高濃度が影響したと考えられる。

仮に2012年度の秋季と冬季の高濃度が異例であったならば、今後は規則的な上下変動(春季と秋季に高濃度ピークとなる2山型)を示しながらほぼ横ばいで推移すると考えられるが、図6に示すような増加傾向がこのまま続いていく可能性もある。中国における大気汚染物質排出対策が進まない限り気象条件により大気汚染物質の越境汚染が起こると考えられることから、今後も継続して監視測定調査を実施する必要がある。

IV 参考文献

- 1) 城間朝彰・岩崎綾・比嘉良作・田崎盛也・渡口輝(2013) 2011年度沖縄県における微小粒子状物質(PM_{2.5})。沖縄県衛生環境研究所報, 47: 119-122.
- 2) 気象庁(2013) 過去の気象データ検索。
(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>).
2014年8月アクセス.
- 3) 環境省(2013) 大気環境モニタリング実施結果。
(<http://www.env.go.jp/air/osen/monitoring.html>).
2014年9月アクセス.
- 4) NOAA(2013) HYSPLIT-WEB。
(<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>).
2014年8月アクセス.
- 5) 環境省大気汚染物質広域監視システム(通称「そらまめ君」)(<http://soramame.taiki.go.jp>)
2014年9月アクセス.
- 6) 畠山史郎(2014) 越境する大気汚染。PHP新書, pp. 129-131.
- 7) 畠山史郎(2014) 越境する大気汚染。PHP新書, pp. 25-27.
- 8) 嵯峨井勝(2014) PM2.5 危惧される健康への影響。本の泉社, pp. 7-10.

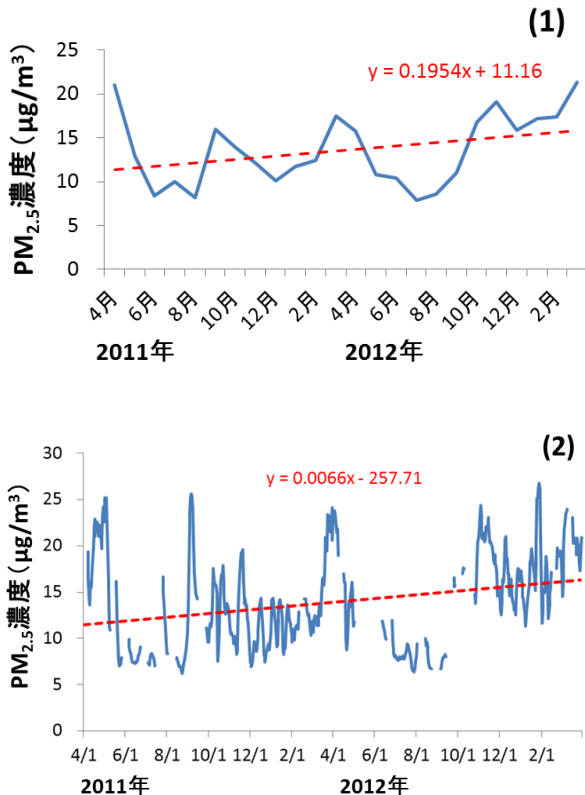


図6. PM_{2.5}濃度の経月変化(1)および7日移動平均(2). 2011年度および2012年度の夏季はともに濃度が低下しているが、2012年度の秋季から冬季に高濃度となったため上昇傾向となっている。