

2011 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・渡口輝

The results of PM_{2.5} in Okinawa Prefecture FY2011

Tomoaki SHIROMA, Aya IWASAKI, Ryosaku HIGA, Moriya TASAKI, Akira TOGUCHI

要旨：一般環境大気測定局の沖縄局における 2011 年度 PM_{2.5} 質量濃度測定結果は、1 年平均値が 13.0 μg/m³、1 日平均値の 98% タイル値が 34.1 μg/m³ であり環境基準を達成した。月平均値の経月変化は、春期 (4 月 - 5 月および 3 月) と秋季 (9 月 - 11 月) に高くなる 2 山型を示し、過去における Ox の季節変動パターンに類似していた。日平均値が 35 μg/m³ を超過した高濃度日は 7 日あり、春季または秋季にみられた。高濃度日における後方流跡線解析の結果や天気図、春季における高濃度日と黄砂観測日の一致により、中国大陸由来の気塊による越境汚染が示唆された。沖縄における風向は北東方向が多くを占めるが、後方流跡線解析により中国大陸由来の気塊が朝鮮半島や日本本土 (特に九州) などを経由し沖縄へ移流することが示され、北東方向からの風でも越境汚染が起こることが示唆された。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、やや強い相関がみられた。PM_{2.5}/SPM 比は年平均値で 1.0 であり、SPM 自動測定機の低濃度域における測定精度上の問題が示唆された。

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、黄砂

I はじめに

2013 年 1 月、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り、日本への影響が懸念された。同年 2 月に環境省では各自治体による注意喚起の実施体制整備のため、「注意喚起を行うための暫定的な指針となる値」を策定した¹⁾。これを受け、沖縄県では環境保全課において「微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 注意喚起対応マニュアル」を作成し、同年 4 月から施行しているが、同年 8 月現在まで、注意喚起を行うような高濃度は観測されていない。

PM_{2.5} とは大気中に浮遊する大気汚染物質のうち、直径が 2.5 μm (1 μm = 0.001 mm) 以下の非常に小さな粒子 (毛髪の太さの約 30 分の 1) のことを言い、炭素や硫酸塩、硝酸塩など、様々な成分からなる。発生源により成分や粒径が異なり、地域や季節、気象条件などによってもその組成が変動する。粒径が非常に小さいことから肺の奥深くまで入り込みやすく、呼吸器疾患や循環器疾患、肺がんの疾患など、健康への影響が懸念されている²⁾。

これら健康リスクの低減と健康の保護を目指すため、環境省において「微小粒子状物質による大気汚染に係る環境基準」(平成 21 年 9 月環境省告示第 33 号) が設定され³⁾、地方自治体による常時監視測定が義務づけられた。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、平成 23 年 4 月から測定を開始した。本報では、平成 23 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 濃度は沖縄局のデータを、風向・風速および降水量については気象庁⁴⁾の 1 時間値データを用いた。沖縄局は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 (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。風向・風速および降水量データは沖縄局に最も近い観測所である宮城島観測所 (風向・風速) および胡屋観測所 (降水量) における観測値をそれぞれ用いた。

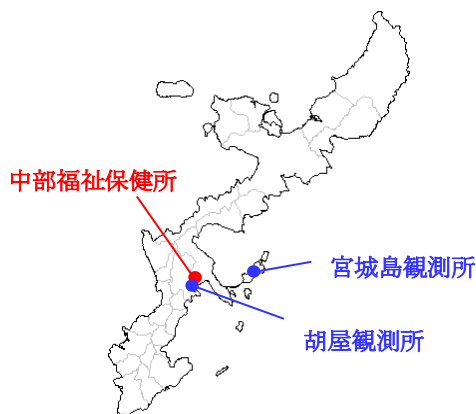


図 1. 調査地点 (PM_{2.5}: 中部福祉保健所, 風向・風速: 宮城島観測所, 降水量: 胡屋観測所)

Ⅲ 結果と考察

1. 環境基準

沖縄県における2011年度のPM_{2.5}質量濃度測定結果は、年平均値が13.0 μg/m³、日平均値の年間98%タイル値が34.1 μg/m³であり、環境基準を達成した。なお、同年度、全国における環境基準の達成率は、一般環境大気測定局が27.6%、自動車排気ガス測定局が29.4%であった⁵⁾。

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、概ね春季(4月-5月および3月)と秋季(9月-11月)に濃度が高く、夏季(6月-8月)と冬季(12月-2月)に濃度が低くなる2山型の季節変動を示し、過去における光化学オキシダント(Ox)測定結果⁶⁾と同様の挙動を示した。春季および秋季は交互に通過する移動性高気圧と温帯低気圧による越境汚染の影響と考えられ、夏季は太平洋高気圧が北上することで海洋性の清浄な気塊に覆われることで低濃度となり、概ね梅雨入り後から真夏の期間まで低濃度日が続くと考えられる。1日平均値が35 μg/m³を超過した日(以下「高濃度日」という)は7日(4/11, 5/2, 5/13, 9/2, 9/3, 10/8, 3/24)あり、春期または秋季であった。高濃度日における後方流跡線解析の結果、図3に示すとおり、5月2日を除く全てで中国大陸由来を示し、天気図では移動性高気圧または低気圧が九州付近を通過中であった。また、春期には黄砂が観測され高濃度日と一致したことから、中国大陸由来の気塊による越境汚染が示唆された。なお、日本へ飛来する黄砂は粒径が2-5 μmと考えられており⁸⁾、PM_{2.5}濃度へ直接的な影響を及ぼすと考えられるが、黄砂観測日と一致した春期の高濃度日と秋季の高濃度日におけるPM_{2.5}濃度にほとんど差がないことから、黄砂によるPM_{2.5}濃度への影響は比較的小さいものと思われる。

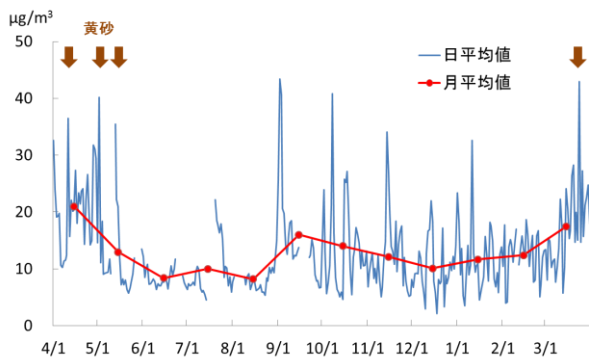


図2. PM_{2.5}濃度の日平均値および月平均値の推移。季節変動は春季と秋季に高濃度となる2山型。

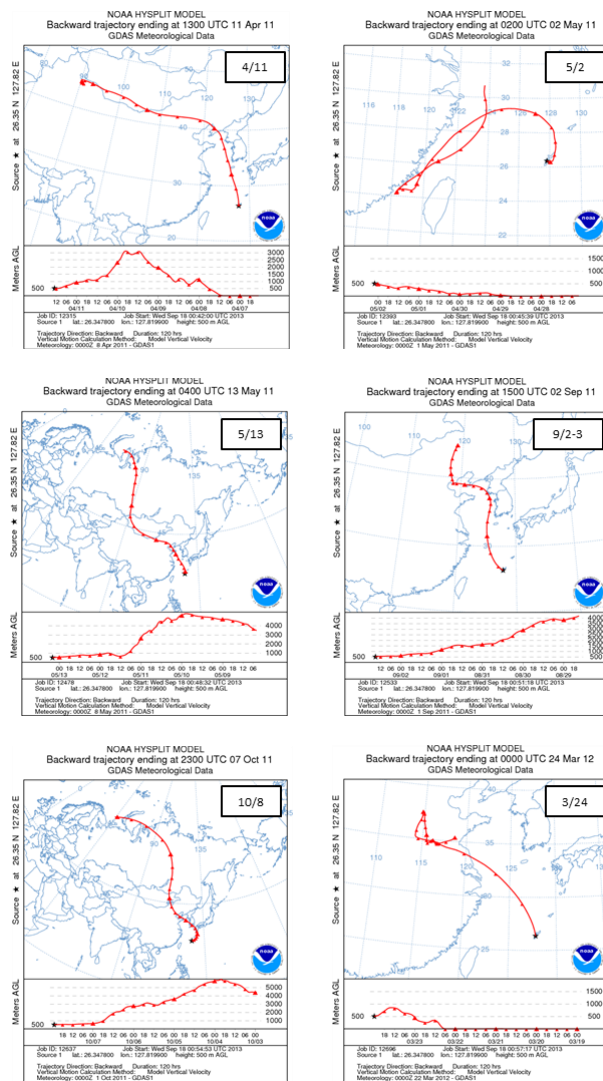


図3. NOAA HYSPLIT Model⁷⁾による高濃度日の後方流跡線(起点高度:500 m, 遡及時間:120時間, 起点時間:高濃度日における最高濃度となった時間)。9月2日の最高濃度は24時、3日は1時であるため、2日24時の後方流跡線を両日分として用いた。5月2日を除く全てが中国大陸由来を示す。10月8日のように、中国大陸由来の気塊が朝鮮半島や日本を経由し、北東方向から沖縄へ移流しているパターンが存在した。

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、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多くが北東方向を占めており、中国大陸側である西南西-北北西の方角については全体の約11%と少なく、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

較的少ないことが示唆された。PM_{2.5} 高濃度日における風向は、表 1 に示すとおり、3 日 (5/2, 5/13, 10/8) は東-北北東からの風で中国大陸方向とはほぼ逆の方向であるが、図 3 の 10 月 8 日の後方流跡線が示すとおり、中国大陸由来の気塊が弧を描き朝鮮半島や九州を經由して北東方向から沖縄へ飛来していた。5 月 2 日の後方流跡線は東方向から飛来したことを示している。また、2011 年度全日数分 (366 日) の後方流跡線解析を行った結果、夏季は南東-南南西から海洋性気塊が移流して来るパターンが多いが、夏季以外では中国大陸由来の気塊が朝鮮半島や日本 (特に九州) を經由して北東方向から沖縄へ移流して来るパターンが多くみられた。春期や秋季は日本を通過する移動性高気圧からの気流が、夏季は太平洋高気圧からの気流がコリオリの力により曲げられ、それぞれ北東方向や南方向から移流して来るためと考えられる。これらのことから、沖縄では北東方向の風であっても中国大陸由来の気塊である可能性が高いことが示唆された。

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を図 5 に示す。降水量が多い日は PM_{2.5} 濃度が高くなることなく、少ない日は高濃度日のみられた。表 1 でも高濃度日において降水量は少ないかゼロ (0.5 mm 未満) であった。経日変化では、高濃度ピークと降水量のピークが重なることはなく概ね逆の挙動を示しており、降水量の値 (ゼロを除く) とそれに対する PM_{2.5} 最大濃度における相関関係は、相関係数 $r = -0.47$ で負の相関が認められた。また、5 月 16 日における経時変化では PM_{2.5} 濃度の下がり始めと降水量ピークの始まりがほぼ重なっており、降雨により PM_{2.5} 濃度が下がることが示唆された。降水量は PM_{2.5} 高濃度抑制因子として働き、図 5 に示すとおり、日間降水量が 30-40 mm を超えると PM_{2.5} 濃度 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下の達成が期待できると考えられる。

5. SPM との比較

PM_{2.5} と SPM の日平均値の経日変化を図 6 に示す。PM_{2.5} と SPM の挙動は概ね一致しており、高濃度ピークについてはそれが顕著にみられた。PM_{2.5} と SPM の相関関係は、実測値では相関係数 $r = 0.75$ で強い相関を示した。しかし、対数による相関では相関係数 $r = 0.68$ となり相関関係はやや弱くなり、低濃度域におけるばらつきが大きいことが示唆された。

PM_{2.5} と SPM 年平均値の PM_{2.5} / SPM 比は 1.0 であり、季節別では春季が 1.1, 夏季が 0.7, 秋季が 0.9, 冬季が 1.3 であり、夏季に低く冬季に高くなる傾向を示した。こ

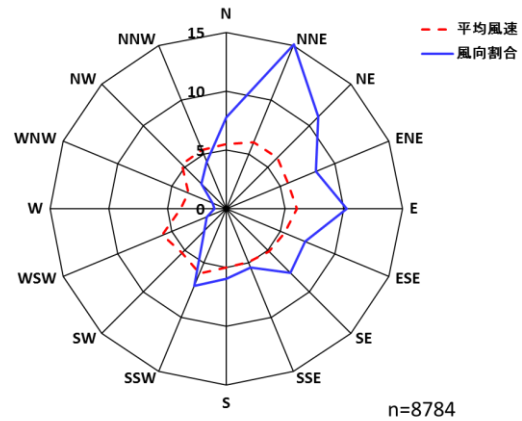


図 4. 風向別年平均風速 (m/s) および年最多風向 (%).
西側がやや風速が弱く、風向は北北東が最も多い。

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
2011/4/11	36.5	4.1	3.5	北北西	○
2011/5/2	40.1	4.4	0.5	東	○
2011/5/13	35.4	4	0.5	北北東	○
2011/9/2	43.4	5.3	0	北西	
2011/9/3	40.7	5	0	北西	
2011/10/8	40.8	6.1	0	北東	
2012/3/24	43.0	7	0.5	北	○

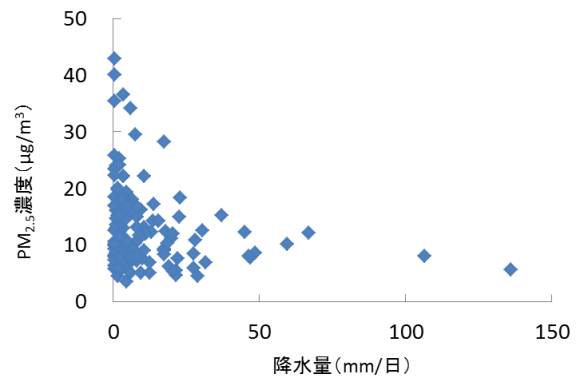


図 5. PM_{2.5} 濃度と降水量の関係

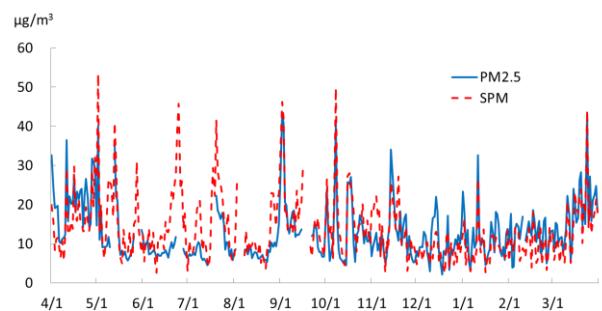


図 6. PM_{2.5} と SPM 日平均値の経日変化

れは過去に報告⁹⁾された標準法(ろ紙捕集-質量測定)による測定結果で得られた $PM_{2.5}/SPM$ 比 (0.6-0.9) とは異なり, 季節別比較(夏季は冬季に比べ高い)では逆の傾向を示した. 同様に季節別で標準法と逆の結果(夏季<冬季)を示した報告^{10,11)}もあり, SPM 計の低濃度域における精度上の問題が指摘された. 沖縄局における $PM_{2.5}/SPM$ 比と SPM 濃度の関係においても, 図 7 に示すとおり, SPM の低濃度域における $PM_{2.5}/SPM$ 比に大きなばらつきが見られ, SPM 計の低濃度域における計数誤差の影響が示唆された. また, 沖縄局の SPM 計はサンプリングチューブの長さが約 4 m であり, SPM 粒子のチューブ内壁への吸着により濃度にばらつきが生じた可能性も高いと考えられる.

沖縄県における $PM_{2.5}$ 質量濃度の測定は沖縄局 1 局のみで平成 23 年度に開始したばかりであり測定データが乏しい状況にある. また, 沖縄県は県土総面積が比較的小さい割に広範囲な県域を持つことから, 地域により大陸や海域から受ける影響が異なる可能性が考えられる. 今後, 主要離島なども含めた広範囲な測定データの蓄積および測定データの比較検討が必要である.

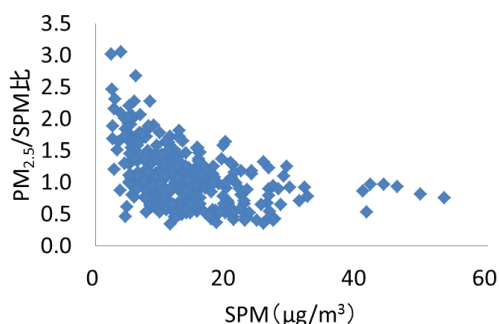


図 7. $PM_{2.5}/SPM$ 比と SPM 濃度の関係. $PM_{2.5}/SPM$ 比は SPM 濃度の低濃度側でばらつきが大きく, 高濃度側で 0.5-1.0 に収束.

IV 参考文献

- 1) 環境省 (2013) 最近の微小粒子状物質 ($PM_{2.5}$) による大気汚染への対応, 微小粒子状物質 ($PM_{2.5}$) に関する専門家会合, pp: 3-7.
- 2) 環境省 (2008) 微小粒子状物質健康影響評価検討会報告書 第 1 章, pp: 1.
- 3) 環境省 (2009) 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, 環境省告示第 33 号.
- 4) 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>).
2013 年 8 月アクセス.
- 5) 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>).
2013 年 8 月アクセス.
- 6) 友寄喜貴・嘉手納恒・城間朝彰・與古田尚子・与儀和夫 (2010) 沖縄島と石垣島における光化学オキシダント濃度の比較. 沖縄県衛生環境研究所報, 44:53-56.
- 7) NOAA (2013) HYSPLIT-WEB.
(<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>).
2013 年 8 月アクセス.
- 8) 三上正男 (2007) ここまでわかった「黄砂」の正体. 五月書房, pp:19.
- 9) 根津豊彦・坂本和彦 (2002) 大気中微小粒子 ($PM_{2.5}$) 質量濃度の測定. 大気環境学会誌, 37-1:A1-A12.
- 10) 菅原隆一・高橋正人・中村栄一・鈴木康民 (2005) 宮城県における $PM_{2.5}$ の測定結果について. 宮城県保健環境センター年報, 23:68-70.
- 11) 中村栄一・菅原隆一・高橋正人・加賀谷秀樹 (2006) 宮城県における $PM_{2.5}$ 自動測定結果について(2). 宮城県保健環境センター年報, 24:91-93.