
平成 25 年度黄砂飛来状況調査 報告書

平成 27 年 3 月

環 境 省

黄砂問題検討会委員名簿

(50音順)

	氏名	所属・職名
委員	市瀬 孝道	大分県立看護科学大学 人間科学講座生体反応学研究室 教授
座長	岩坂 泰信	滋賀県立大学 理事
委員	植松 光夫	東京大学 大気海洋研究所 附属国際連携研究センター 教授
委員	鵜野 伊津志	九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門 教授
委員	大黒 俊哉	東京大学 大学院農学生命科学研究科 生圏システム学専攻 緑地創成学研究室 教授
委員	西川 雅高	東京理科大学環境安全センター センター長
委員	三上 正男	気象庁 気象研究所 研究総括官
委員	吉川 賢	岡山大学 大学院環境生命科学研究科 森林生態学 教授

黄砂実態解明調査解析ワーキンググループ委員名簿

	氏名	所属・職名
委員	清水 厚	独立行政法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 広域大気研究室 主任研究員
委員	高菅 卓三	株式会社 島津テクノリサーチ 取締役 環境・食品本部 本部長 兼 研究開発部長
座長	西川 雅高	東京理科大学環境安全センター センター長
委員	早崎 将光	筑波大学生命環境系 研究員
委員	森 育子	一般社団法人 海外環境協力センター 研究員

報告書の要旨

1. 調査目的

環境省では、平成 14 年度から、我が国に飛来してきた黄砂について、その実態を科学的に把握するために黄砂実態解明調査を実施している。本報告書は、平成 25 年度に飛来してきた黄砂についてその状況を取りまとめたものである。

2. 調査方法

2.1. 黄砂の飛来状況

平成 14 (2002) 年度から 25 (2013) 年度の気象台発表の黄砂日について経年変化を整理した。また、平成 25(2013)年の経月変化と黄砂観測日の都道府県における SPM 平均濃度に黄砂日数を乗じたものについても整理した。

2.3. 黄砂の特徴と分類

黄砂の特徴を解析するため、平成 25(2013)年度の各黄砂事例を対象に、黄砂観測地点、気象概況(天気図、大陸における砂塵嵐の発生)、SPM 濃度全国分布、後方流跡線、CFORS (Chemical weather FORecasting System) の予測結果、ライダー観測結果、PM_{2.5} 日平均値分布、PM_{2.5}/SPM の比、硫酸イオン濃度などについて考察した。

3. 黄砂の飛来状況

3.1. 気象台発表の黄砂日

平成 14 (2002) 年度から 25 (2013) 年度までの気象台発表黄砂日数は、2003 年度から 2005 年度まで年々増加していたが、2008、2009 年度と減少し、2010 年度に再び増加した。しかし、2013 年度はここ 10 年間で最も少ない日数である。観測地点毎の黄砂日数では、上位は九州、中国が占めており、九州、中国地方への黄砂の影響の大きさを示している。

3.2. 黄砂日の SPM 濃度

黄砂日の SPM の平均濃度は、西日本の方が北・東日本よりも相対的に高濃度である。

4. 煙霧の観測状況

煙霧の観測日数は 2005 年度から年々減少していたが、2013 年度はやや増加した。月変化では、8 月が最も多く、続いて 5 月、2 月、3 月となっていた。地点別では、関東と九州で多く観測されている。

5. 黄砂の特徴と分類

5.1 黄砂の分類

黄砂を多角的に把握するため、天気図、砂塵嵐の発生状況、SPM 濃度全国分布、後方流跡線、CFORS 予測結果、ライダー黄砂消散係数、黄砂消散係数と SPM 濃度の関係、硫酸イオン濃度時間値、PM_{2.5}/SPM の比などのデータを比較して飛来状況を解析する。これらの結果から、各黄砂事例の特徴を明らかにし、単純黄砂、硫酸塩エアロゾル、混在黄砂の大きく 3 つのパターンに分類することを試みた。黄砂飛来の把握には、アジア中央部での黄砂の発生状況、日本南岸に前線が位置する気圧配置、モンゴルからの方向を示す後方流跡線、ライダーでの黄砂消散係数と SPM 濃度の同時上昇、小さな PM_{2.5}/SPM の比などがその判断として有効と思われた。また、硫酸塩エアロゾルの飛来については、硫酸イオン濃度の上昇、中国沿岸部からの方向を示す後方流跡線、大きな PM_{2.5}/SPM の比などをもとに判

断した。平成 25(2013)年度に気象台が日本国内のいずれかの地点で黄砂を観測した日は合計で7日である。連続した日を1つの黄砂現象とすると5事例になる。これは、昨年度(2012年度)の黄砂観測日数21日と比較すると1/3である。黄砂5事例について詳細にその状況を示した。

5.2. 黄砂事例の特徴

2013年度の気象台黄砂日5事例について、単純黄砂、混在黄砂、硫酸塩エアロゾルへの分類を行った。その結果、単純黄砂1事例、混在黄砂1事例、観測されているが黄砂の影響はあまりみられていないのが3事例に分類された。

黄砂事例

(1)平成 25(2013)年 4月 16日

SPM 濃度の上昇は小さく、後方流跡線の軌跡や黄砂消散係数の値などをみると黄砂でなかった可能性が高い。

(2)平成 25(2013)年 4月 18日～19日

後方流跡線の軌跡や砂塵嵐の発生など黄砂の可能性はあるが、SPM 濃度、黄砂消散係数が低いなど、地上での黄砂の状況はあまりみられていない。

(3)平成 25(2013)年 10月 11日～12日

西日本でのPM_{2.5}濃度は高く、気圧配置、後方流跡線など黄砂の様相もあることから混在黄砂と考えられる。

(4)平成 26(2014)年 1月 1日

前々日の砂塵嵐の発生、後方流跡線の軌跡、黄砂消散係数の上昇などから単純黄砂と考えられる。

(5)平成 26(2014)年 1月 21日

観測は松山のみで、SPM 濃度の上昇も顕著でなく、黄砂飛来の可能性は低い。

5.3. 煙霧の観測事例

2013年度、全国いずれかの地点で煙霧が観測されたのは206日ある。このうち、多くの地点で連続して煙霧が観測された5事例について詳細にその状況を示した。

煙霧事例

(1)平成 25(2013)年 5月 21日～25日

この期間、西日本を中心に最大25地点で煙霧が観測されている。後方流跡線は中国沿岸部からで、その時硫酸イオン濃度も25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上になっており、中国沿岸部からの越境汚染による煙霧の影響が大きい。

(2)平成 25(2013)年 8月 9日～17日

長期間にわたり高濃度が続いている。中国沿岸部からの影響と思われる後方流跡線での気塊の流れもみられているが、SPM 濃度も高く、その原因については各方面で議論されている。

(3)平成 26(2014)年 2月 1日～3日

九州を中心に西日本では中国沿岸部からの影響の煙霧と考えられるが、関東でも同時にPM_{2.5}は上昇しており、国内影響も強く出ていると思われる。

(4)平成 26(2014)年 2月 25～3月 1日

26日は観測地点30地点に及ぶ大きな煙霧である。PM_{2.5}濃度の上昇は西日本で大きく、越境による汚染質の飛来と考えられる。

(5)平成 26 (2014) 年 3 月 17～3 月 19 日

西日本から関東に及ぶ広い煙霧であるが、後方流跡線や上海と五島、福岡での時間的変化の対応から、越境汚染による煙霧の影響が大きいと思われる。

6. 黄砂・煙霧時の PM_{2.5} 濃度

6.1. 黄砂・煙霧時における PM_{2.5} 環境基準超過

2013 年度は黄砂日が極端に少なく、PM_{2.5} 環境基準超過率、平均濃度ともに低かった。煙霧日では、平均濃度 32.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超の超過率は 37.6%であった。煙霧については、関東地方で日数が多いこと、西日本では関東地方に比べて日数は若干少ないが煙霧時の PM_{2.5} 環境基準超過については頻度が高いことが特徴となっている。

煙霧日で PM_{2.5} 日平均値が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日について、PM_{2.5}/SPM の比の値を県別にまとめたところ、平均で 0.8～0.9 で、西日本でやや高い傾向がみられた。

6.2. 煙霧時の PM_{2.5} 成分濃度

多くの地点で煙霧が観測され、PM_{2.5} 濃度も上昇していた 2014 年 2 月 2～3 日の NO₃⁻と SO₄²⁻は地域によってその濃度割合が異なり、福岡で SO₄²⁻が高く、東京では NO₃⁻が高くなっていた。煙霧時でかつ PM_{2.5} 重量濃度が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えたものの NO₃⁻/SO₄²⁻の平均値を比較すると関東で高く、それ以外で低くなっていた。

7. ライダー消散係数と SPM・PM_{2.5} 濃度

7.1 ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度による黄砂の検出

黄砂飛来の判定方法として、ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度の時間変動から、黄砂を検出する方法について検討した。気象台黄砂日でのライダー消散係数と SPM 濃度の相関係数などを参考に、相関係数 (0.6 以上)、SPM 濃度 (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上) などの条件を設定した。それをもとに、2013 年度の黄砂飛来の可能性がある日を抽出したところ、長崎で 8 日、松江で 2 日抽出された。

7.2 ライダーによる黄砂検出日の状況

ライダーによって黄砂が検出された日について、黄砂飛来の可能性を、天気図、後方流跡線などのデータをもとに検証した。6 事例では概ね黄砂の飛来を確認できた。このように、黄砂全体の把握には、気象台が発表する黄砂日に加えて、ライダーを使った黄砂日の検出の方法も加えて解析の対象とすることも有効であると思われる。

7.3 ライダー球形消散係数と PM_{2.5} の関係

長崎県の五島での、球形消散係数と PM_{2.5} 濃度関係をみた。その結果、1 日での両者の相関がよかった 3 事例については、後方流跡線から、大陸からの影響により球形消散係数が上昇していると思われる。

8. 後方流跡線と PM_{2.5} 濃度

長崎県五島での年間の後方流跡線の方位と PM_{2.5} との関係について検討した。後方流跡線は主に NNW と WNW とで半分を占めていた。しかし、PM_{2.5} の濃度が最も上昇するのは WSW であった。また、年間の毎時間後方流跡線とその時の PM_{2.5} 濃度から、5° メッシュ通過時の PM_{2.5} 平均値を算出したところ、五島へは中国沿岸部の江蘇省付近からの影響が大きいことが分かった。

9. 日中韓黄砂共同研究WG I との連携

9.1. ヒアリング内容

日中韓黄砂共同研究 WG I（モニタリング・早期警報システム）と連携を強化することを目的に、WG I 検討委員のメンバー5名に対して、ヒアリングを実施した。

9.2. ヒアリング結果

WG I 検討委員による複数の共通した意見としては、「成分分析の重要性」、「PM_{2.5} への拡充」などが挙げられた。このほかモデル、ライダーなど、その有用性についての意見もあり、また新たな視点による提案としては、最近開発された測定器（例えば、偏光 OPC やエアロゾルの自動分析装置）などの観測結果の検討や、黄砂の観測の標準化・機器の統一化についての検討も挙げられた。また、同時に、黄砂問題検討会による WG I データの活用と状況把握の方法についても指摘があった。

9.3. 今後の方針

黄砂問題検討会では、WG I とのさらなる連携を強めるため、WG I に対して成分分析と PM_{2.5} の情報を提供するなどのアウトプットと、モデルやモニタリングデータなどにおける WG I の情報を中間報告に盛り込むなどのインプットを行うことが望ましい。

黄砂飛来状況報告書 目次

1. 調査目的	1
2. 調査方法	1
2.1. 黄砂の飛来状況	1
2.3. 黄砂の特徴と分類	1
3. 黄砂の飛来状況	3
3.1. 黄砂の観測状況	3
3.2. 黄砂日のSPM濃度	4
4. 煙霧の観測状況	8
5. 黄砂の特徴と分類	11
5.1. 黄砂の分類	11
5.2. 黄砂事例の特徴	13
(1)黄砂事例1 平成25(2013)年4月16日	14
(2)黄砂事例2 平成25(2013)年4月18日～19日	16
(3)黄砂事例3 平成25(2013)年10月11日～12日	18
(4)黄砂事例4 平成26(2014)年1月1日	20
(5)黄砂事例5 平成26(2014)年1月21日	22
5.3. 煙霧の観測事例	24
(1)煙霧事例1 平成25(2013)年5月21日～26日	26
(2)煙霧事例2 平成25(2013)年8月9日～17日	28
(3)煙霧事例3 平成26(2014)年2月1日～3日	30
(4)煙霧事例4 平成26(2014)年2月25日～28日	32
(5)煙霧事例5 平成26(2014)年3月18日～19日	34
6. 黄砂・煙霧日のPM _{2.5} 濃度	36
6.1 黄砂・煙霧時におけるPM _{2.5} 環境基準超過	36
6.2 煙霧時のPM _{2.5} 成分濃度	38
7. ライダー消散係数とSPM・PM _{2.5} 濃度	41
7.1 ライダー黄砂消散係数とSPM濃度による黄砂の検出	42
7.2 ライダーによる黄砂検出日の状況	42
7.3 ライダー球形消散係数とPM _{2.5} 濃度の関係	48
8. 後方流跡線とPM _{2.5} 濃度	50
9. 日中韓黄砂共同研究WG Iとの連携	53
9.1 ヒアリング内容	53
9.2 ヒアリング結果	53
9.3 今後の方針	53
10. 今後の課題	56
参考文献リスト	57

1. 調査目的

近年、北東アジア地域（モンゴル、中国、韓国、日本等）では黄砂現象が頻発しており、その影響等に対する関心が高まっている。黄砂は従来から黄河流域や既存の砂漠等から発生する自然現象としてとらえられてきたが、近年急速に拡大しつつある過放牧や農地転換などによる耕地の拡大も原因とされ、人為的影響により、その規模が拡大している環境問題として再認識されつつある。黄砂は、植物や交通機関に影響を与えるほか、呼吸器疾患等の健康影響の可能性が指摘されているが、飛来した黄砂の物理的、化学的な実態については必ずしも解明されていない。また、黄砂の飛来と同時に、中国大陸における産業活動に伴う人為的発生源からの影響も懸念される。

本報告書は、わが国における黄砂エアロゾルの飛来状況を科学的に把握するとともに、わが国に飛来した黄砂の実態解明に資することを目的として、平成 25 年度に飛来してきた黄砂についてその状況をまとめたものである。

2. 調査方法

2.1. 黄砂の飛来状況

平成 14(2002)年度から 25(2013)年度の気象台発表の黄砂日について経年変化、黄砂地点別の飛来回数などを整理した。

また、浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度と黄砂現象の関係を比較検討するために、平成 13(2001)年から平成 25(2013)年にかけて、気象台が発表している黄砂観測日について都道府県ごとの SPM 平均濃度及び都道府県ごとの同平均濃度に気象台の黄砂観測日数を乗じて算出し、各都道府県における黄砂現象を被る概略的な量的指標の推移を示した。

2.2. 黄砂の特徴と分類

黄砂の特徴を解析するために、平成 25 年度の各黄砂事例を対象に、黄砂観測地点、気象概況 (天気図・大陸における砂塵嵐の発生)、SPM 濃度全国分布、後方流跡線、CFORS (Chemical weather FORecasting System) の予測結果、ライダー観測結果、PM_{2.5} 日平均値全国分布、PM_{2.5}/SPM の比、硫酸イオン濃度などについて考察した。

黄砂観測地点は、気象台が黄砂を観測したと発表した地点を示した。また、黄砂現象の規模の相対的な比較の目安とするために、黄砂を観測した都道府県の全測定局の SPM 濃度日平均値を平均した値に、観測した都道府県数を乗じた積算値 (以下「黄砂規模」) を算出した。また、気象台から煙霧の観測が記録されている地点はそれを記している。

気象概況 (天気図) は、気象庁のホームページから天気図と天気概況を引用した。また、世界気象資料を基に、東アジアでの砂塵嵐の発生について地図上に表示した。有人観測地点における気象コード 33, 34, 35 を Severe duststorm、30, 31, 32 を Slight duststorm、07, 08, 09 を Dust、05 を Haze として分類した。

SPM 濃度全国分布は、全国で行われている常時監視局の SPM 測定データから地域的に高濃度になっている時間の値を地図上に示した。

後方流跡線は、アメリカ NOAA の HYSPLIT のデータを使用した。計算の起点は、SPM 濃度が高くなっ地点を考慮して決め、後方 72 時間とした。出発高度は、SPM 濃度との関連を評価するため地表面に近い 500m¹とし、1 日の時間毎の流跡線を一括して地図上に表示した。

CFORS は、九州大学応用力学研究所の鶴野らによって開発された化学物質輸送領域数値モデルである。本報告書内の図は、国立環境研究所で定常運用を行っているバージョン (RIAM/NIES-CFORS) による黄砂イベント当時に予測された黄砂等土壌性ダストと硫酸塩の高度 0~1km における平均重量濃度の推定分布を表示している。

ライダー観測結果は、国立環境研究所公開のライダー観測結果でみることができる。国立環境研究所ではライダー観測結果から消散係数を算出し、そのデータと画像を公開している。画像は 1 ヶ月毎に非球形粒子 (黄砂) と球形粒子 (大気汚染性エアロゾル) の消散係数の大きさが高度 6km まで示されている。これは、黄砂モニタリングのため 532nm の偏光解消度を利用して、非球形の黄砂と球形の大気汚染性エアロゾルを分離して、それぞれの散乱への寄与を推定したものである。数値データとして示されている消散係数 (/m) は、光が物質に衝突し物質への吸収や散乱によって単位長さ当たりに消失する割合である。この非球形粒子の消散係数 (以下、「黄砂消散係数」) のうち、下層である 150m~270m のデータを 1 時間毎に平均したものを経時変化グラフとして示した。さらに、下層での黄砂消散係数と SPM 時間値を経時変化グラフで表し、その類似性を検討した。必要に応じて、球形粒子の係数 (以下「球形消散係数」) についても同様の検討を行った。

硫酸イオン等の大気汚染物質の飛来を観察するために、硫酸イオンの 1 時間値を随時使用した。硫酸イオンの 1 時間値は、福岡県が太宰府市 (福岡県保健環境研究所) で測定しているデータを提供いただいた (機種 : SPA 5020i Thermo Fisher Scientific 社)。

PM_{2.5} 日平均値濃度による評価は全国分布図を作成し、微小粒子による汚染の広がりを見た。PM_{2.5} 濃度は、全国の常時監視局で測定しているものを使用した。また、PM_{2.5} 濃度、SPM 濃度及び PM_{2.5}/SPM の比の経時変化をグラフで表し、粗大粒子と微小粒子の比をみることで、黄砂の影響を観察した。また、中国での PM_{2.5} 濃度は、アメリカ国務省が公表しているデータを使用した。

¹表示した計算結果のうち、地表付近のみを経由する流跡線については、解析に用いなかった。

3. 黄砂の飛来状況

3.1 黄砂の観測状況

平成 14 (2002) 年度から平成 25 (2013) 年度までの 12 年間について、気象台発表の黄砂日の年間延べ日数 (観測日×観測した気象台数) を図 3-1-1 に示している。平成 25 年度は、これまでと比較しても黄砂の観測が非常に少ない年となっている。平成 25 (2013) 年度に黄砂の観測が激減した理由については、未だ明らかになっていない。この原因について何らかの結論を得るには、黄砂発生源地の地表面状況や長距離輸送される経路の変化具合さらには輸送途中で生じる気塊からの黄砂除去などを総合的に検討される必要がある。図 3-1-2 には、平成 25 (2013) 年度の黄砂延べ日数の経月変化を示している。



図 3-1-1 黄砂観測日数の経年変化



図 3-1-2 黄砂観測日数の経月変化

2013 年度の観測地点毎の黄砂日数を、図 3-1-3 に多い順で示している。

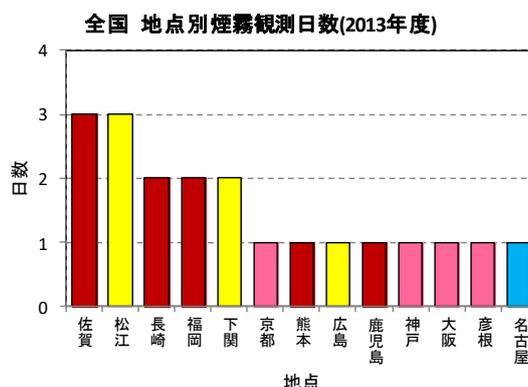


図 3-1-3 黄砂日の地点別日数

3.2. 黄砂日のSPM濃度

SPM濃度と黄砂現象の関係を比較検討するために、2003(平成15)年から2013(平成25)年について、気象台が発表している黄砂観測日における都道府県ごとのSPM平均濃度、及び都道府県ごとの同平均濃度に気象台の黄砂観測日数を乗じたものを図3-2-1(1)～(4)に示している。気象台黄砂観測日におけるSPM平均濃度は、各都道府県における黄砂の強度を、また、その値に当該年の黄砂観測日数を乗じたものは、各年の各都道府県における黄砂現象を被る概略的な量的指標を示すと考えられる。

2013(平成25)年は、それ以前と同様に、黄砂日の平均濃度が西日本の方が北・東日本よりも相対的に高濃度であることがわかる。

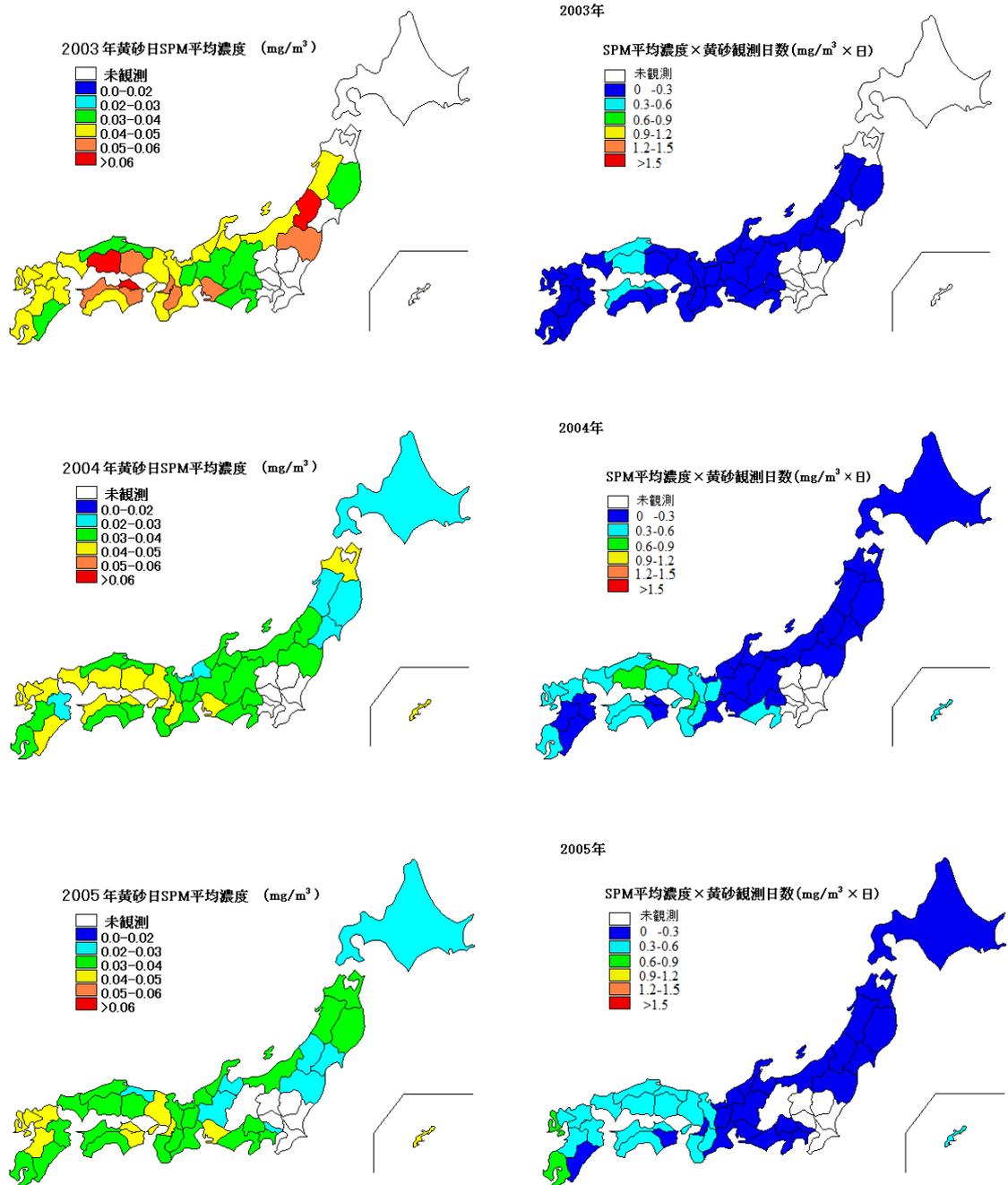


図3-2-1(1) 黄砂日のSPM平均濃度(左)と観測日数との積算値(右)

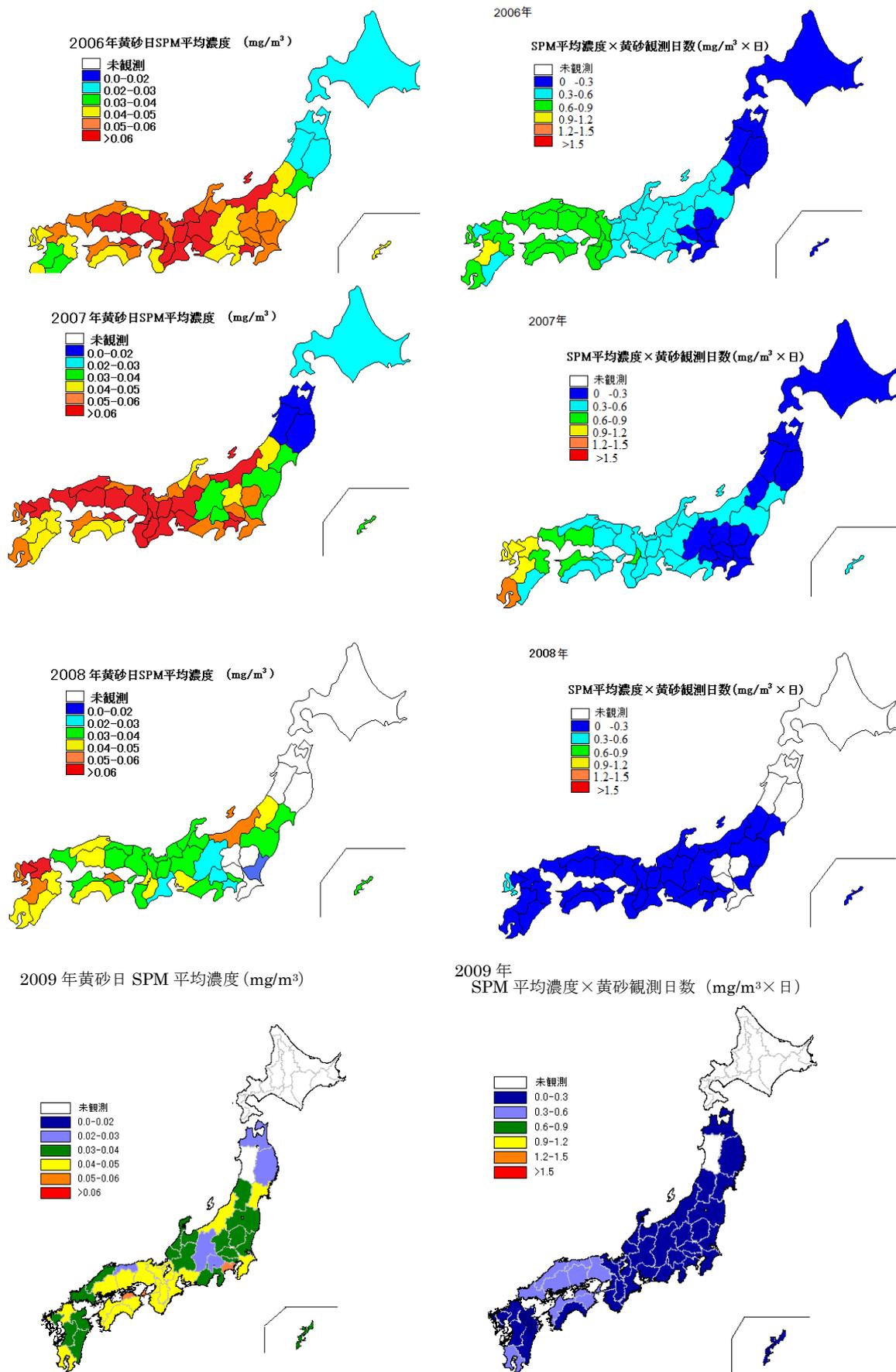
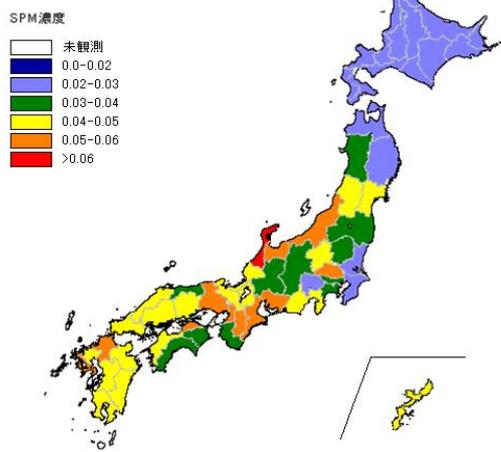
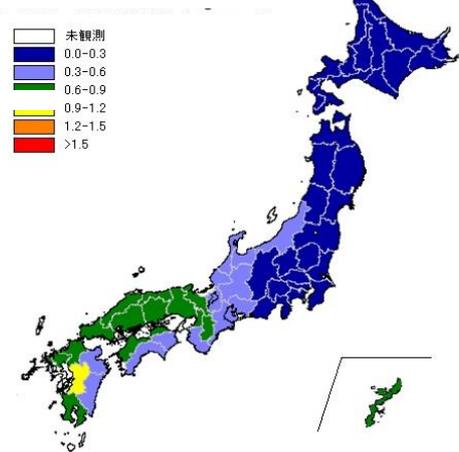


図 3-2-1 (2) 黄砂日の SPM 平均濃度 (左) と観測日数との積算値 (右)

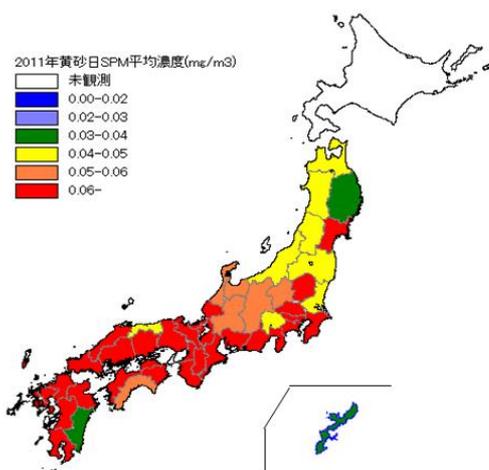
2010年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



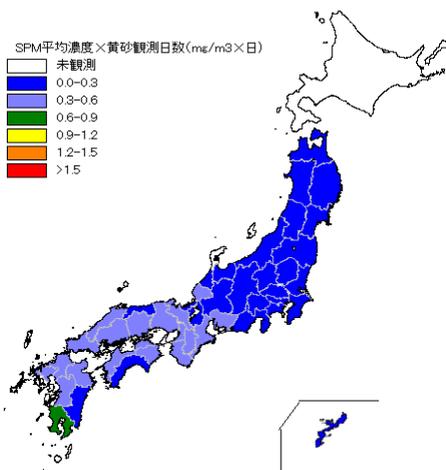
2010年 SPM 平均濃度×黄砂観測日数 (mg/m³×日)



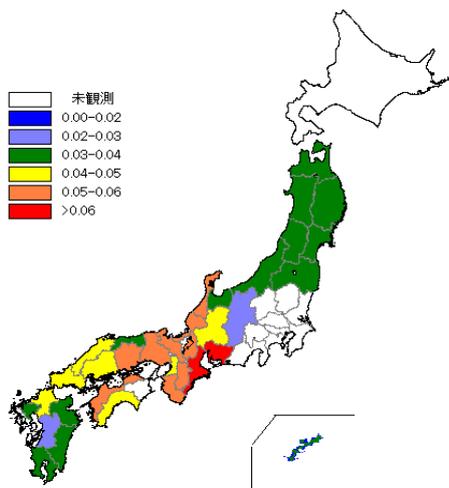
2011年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



2011年 SPM 平均濃度×黄砂観測日数 (mg/m³×日)



2012年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



2012年 SPM 平均濃度×黄砂観測日数 (mg/m³×日)

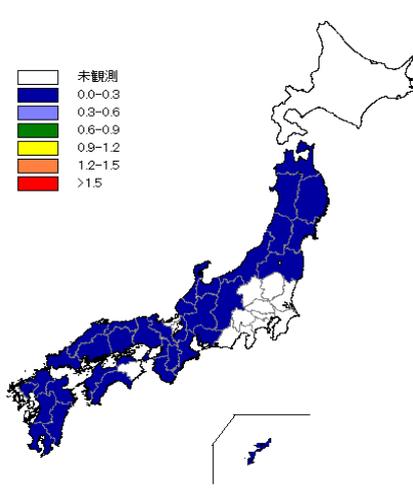
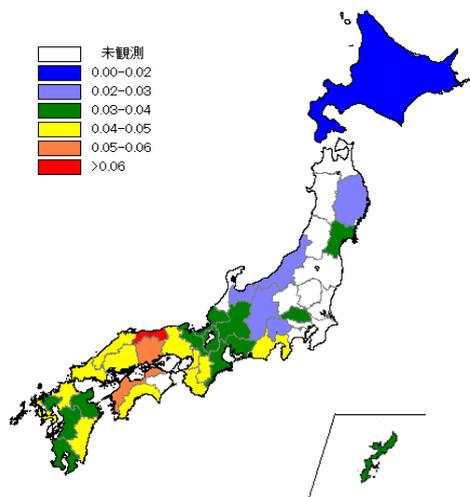


図 3-2-1 (3) 黄砂日の SPM 平均濃度 (左) と観測日数との積算値 (右)

2013 年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



2013 年
SPM 平均濃度×黄砂観測日数 (mg/m³×日)

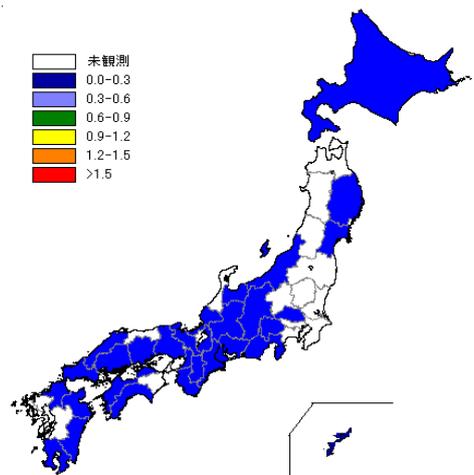


図 3-2-1(4) 黄砂日の SPM 平均濃度 (左) と観測日数との積算値 (右)

4. 煙霧の観測状況

黄砂と同様に、平成 15 (2003) 年度から平成 25 (2013) 年度までの 11 年間について、気象台観測の煙霧日の年間延べ日数 (観測日×観測した気象台数) を図 4-1 に示している。煙霧の観測日数は 2005 年度から年々減少していたが、2013 年度はやや増加した。図 4-2 には、2013 年度の煙霧延べ日数の経月変化を示している。8 月が最も多く、続いて 5 月、2 月、3 月となっている。

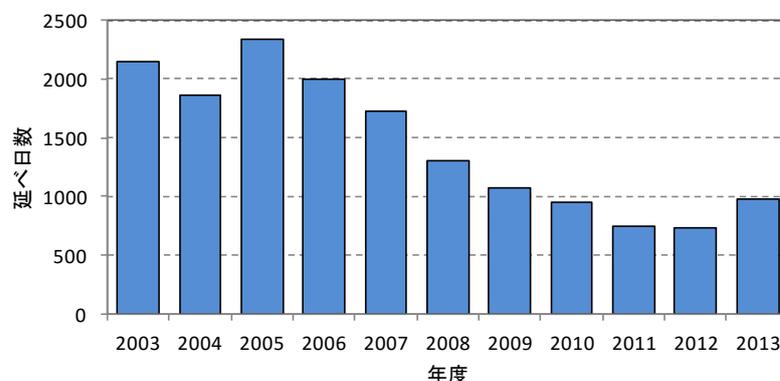


図 4-1 煙霧の経年変化

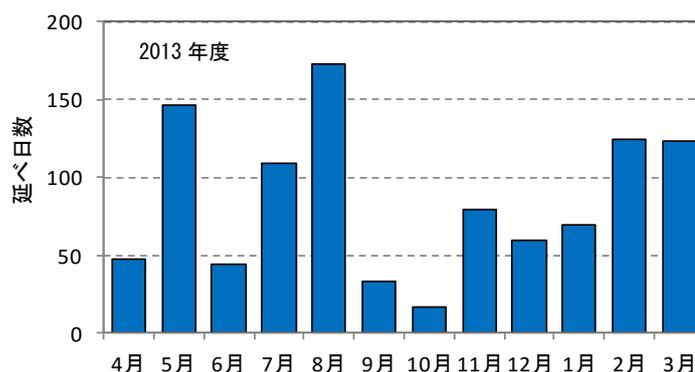


図 4-2 煙霧の経月変化

2013 年度の観測地点毎の煙霧日数を、図 4-3 に多い順で示している。関東と九州で多く観測されている。

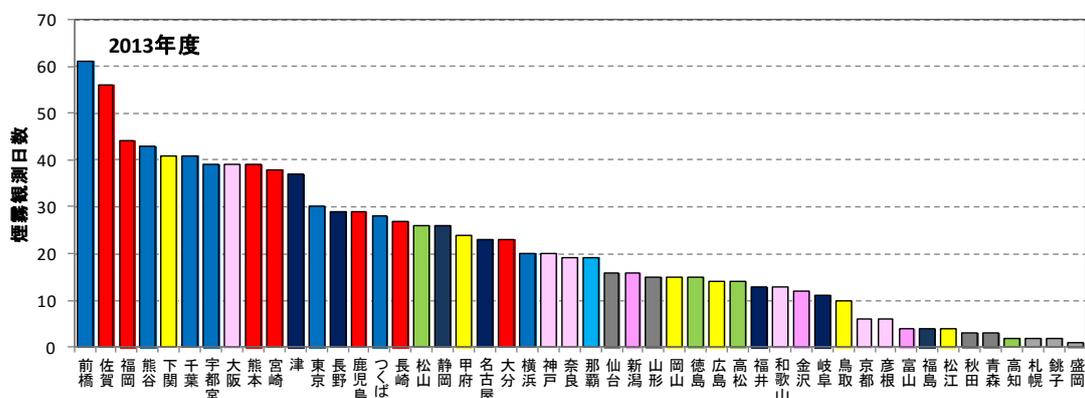


図 4-3 煙霧日の地点別日数

例年、群馬県前橋市での煙霧観測が多いため、前橋市と福岡市での煙霧観測の月変化と時間変化を集計し、図 4-4 に示した。前橋の煙霧は 8 月に最も多く、5 月に最も多い福岡とはその変化パターンに違いがみられた。これは、福岡が越境の影響を受けやすく、前橋は主に首都圏からの影響を強く受けていることを示していると思われる。経時変化では、両地点とも午後に次第に増えていくというパターンは似ているが、福岡では夜中に観測されているケースも多い。

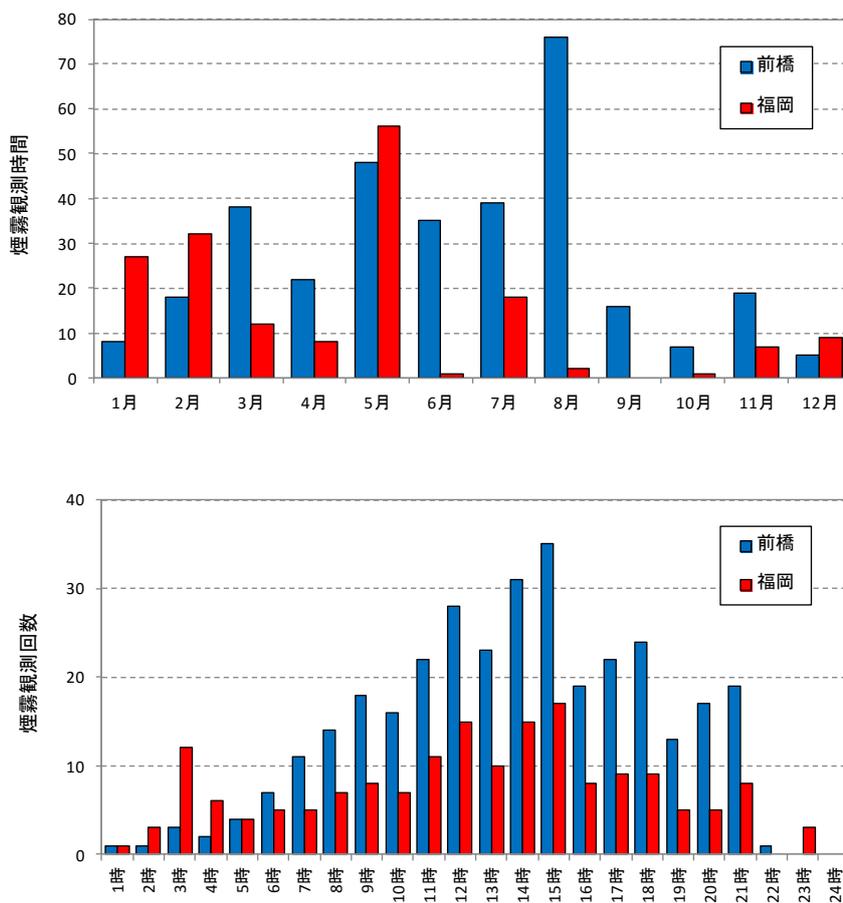


図 4-4 前橋市と福岡市での煙霧観測の経月・経時変化

図 4-5 に煙霧の観測が多かった 5 月と 8 月の経時変化を示している。前橋 5 月は朝に多く、福岡 5 月は昼間平均して観測されているが、前橋 8 月は午前から午後にかけて次第に増えているという特徴がみられる。

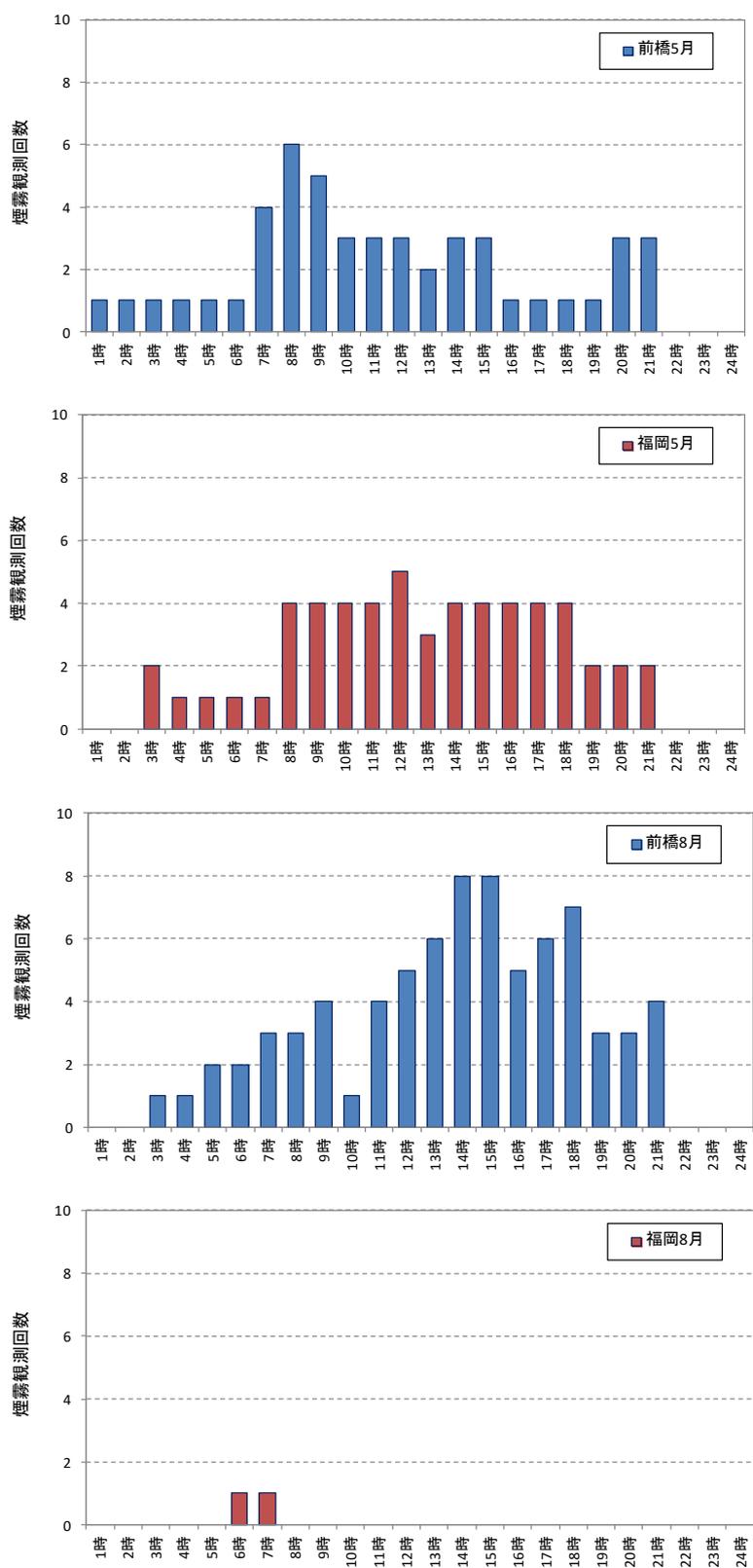


図 4-5 5 月と 8 月の前橋・福岡での煙霧観測の経時変化

5. 黄砂の特徴と分類

黄砂は、個々の事例によって、発生位置、経路、広がり、濃さ、成分など様々な形態が考えられる。これらはそれぞれ異なった様相を呈しており特徴にも違いがみられることから、それぞれの特徴から共通性を抽出し、分類を試みた。

5.1. 黄砂の分類

黄砂の分類を考える時の大きなテーマは、人為的発生源からの大気汚染物質の混在である。ここでは、黄砂及び越境大気汚染の一つと考えられている煙霧についてその特徴を整理した。

(1) 黄砂

気象庁では黄砂を「主として、大陸の黄土地帯で吹き上げられた多量の砂の粒子が空中に飛揚し天空一面を覆い、徐々に降下する現象」と定義しており、目視により黄砂現象を判断している。以前は、視程が10km未満となるような黄砂現象を記録していたが、1989年以降、視程が10km以上であっても明らかな黄砂は記録されている。

一般に、日本へ飛来してくる黄砂は、大陸の黄土地帯で低気圧が発生し巻き上げられた砂が、日本付近にある前線の東への移動に伴って地上付近へ降下し視程の低下をもたらしているケースが多い。

これまでの調査から、気象台の黄砂日には概ね次のような特徴がみられている。

- 後方流跡線がモンゴル付近を起点とする
- 気圧配置で、日本南岸に前線が延びる
- ライダーの黄砂消散係数とSPM濃度が同時に上昇する
- SPM濃度が地域で同時に上昇する
- CFORSの「土壌性ダスト（黄砂）」(dust)の予想分布で黄砂の飛来が予測されている
- PM_{2.5}/SPMの比が小さくなる（粗大粒子の割合が大きくなる）

(2) 煙霧

黄砂と同様に、粒子の影響で視程の低下をもたらしているものに煙霧がある。気象庁での煙霧の定義は、「乾いた微粒子によって視程が10km未満となった場合で、乾いたとは湿度75%未満」としている。

長距離移流を原因とした煙霧の特徴としては、概ね次のようなことが考えられる。

- 後方流跡線が中国沿岸部を起点とする
- 気圧配置で、移動性高気圧が日本を通過している
- ライダー球形消散係数と硫酸イオンに同時上昇の傾向がみられる
- 硫酸イオンの濃度が上昇する
- CFORSの「硫酸塩エアロゾル（大気汚染物質）」(sulfate)の予想分布で、硫酸塩の移流が予測されている
- PM_{2.5}/SPMの比が大きい（粗大粒子の割合が小さい）

これらの要素を集約して次のような分類をおこなった。

①単純黄砂

硫酸塩エアロゾルの存在が少ない黄砂の飛来とした。硫酸イオン濃度が低いことから人為起源からの影響は小さく、自然起源による黄砂のみの飛来が主であると判断されるものである。

②混在黄砂

硫酸イオン濃度の上昇があり、硫酸塩エアロゾルが黄砂に混在しているものとした。硫酸イオンの増加は、人為的な汚染物質を含む微小粒子も同時に飛来していると想定される。なお、大陸に近い福岡県では、硫酸イオン濃度の時間値を常時監視しており、この値を混在黄砂の判断に利用した。

5.2. 黄砂事例の特徴

平成 25(2013)年度中に気象台で観測された黄砂は、表 1-1 に示した 7 日である。
連続した日をまとめた全 5 事例について、それぞれの状況を示し、分類をおこなう。

表 5-2-1 平成 25(2013)年度の黄砂日一覧

(SPM 濃度 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

年度	事例	日	期日			黄砂観測 点数	黄砂の規模			
			年	月	日		SPM平均 濃度	県数	SPM積算	SPM積算 合計
2013	1	1	2013	4	16	1	37.5	1	37.5	37.5
	2	2	2013	4	18	1	28.4	1	28.4	71.8
		3	2013	4	19	2	21.7	2	43.4	
	3	4	2013	10	11	5	33.7	5	168.5	385.4
		5	2013	10	12	9	24.1	9	216.9	
	4	6	2014	1	1	1	37.1	1	37.1	37.1
	5	7	2014	1	21	1	28.0	1	28	28

(1) 平成 25 (2013) 年 4 月 16 日

黄砂の観測は鹿児島のみである。同日に煙霧も観測されているが、観測地点は神戸、佐賀と離れている。天気図では、日本南岸に前線は見られない。また SPM の地域的な上昇はみられず、ライダー黄砂消散係数の値も低い。砂塵嵐は中国中央部でやや観測されているが、後方流跡線はこの地域からの流れを示していない。以上のようなことから、このケースは黄砂ではないと判断される。一方、PM_{2.5}が九州・中国地方で環境基準を超過した地点がみられており、PM_{2.5}/SPM の比が高い割合で推移している。

表 5-2-1-1 黄砂・煙霧観測地点

年	月	日	地点数	黄砂観測地点
				1
2013	4	16	1	鹿児島

年	月	日	地点数	煙霧観測地点	
				1	2
2013	4	16	2	神戸	佐賀

黄砂・煙霧観測地点：2013年4月16日

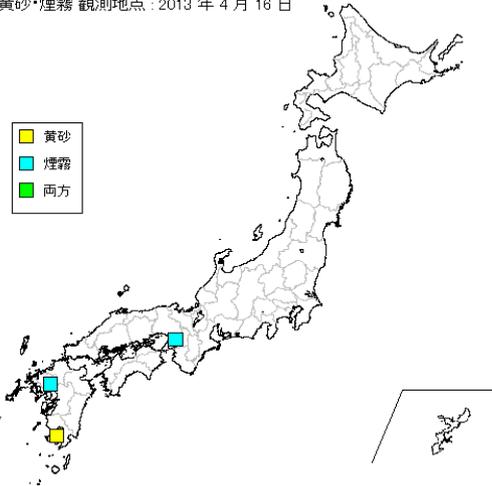
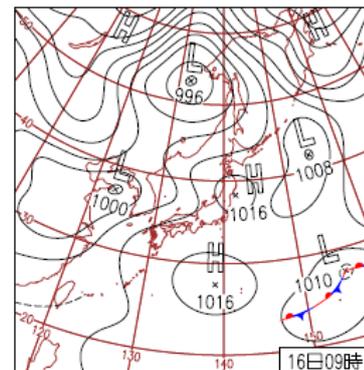


図 5-2-1-1 黄砂・煙霧観測地点



16日(火)山陰～北陸、7月上旬並
日本付近は概ね晴れたが、日本海の低気圧により北日本は夜に雨。南寄りの風により山陰～北陸で気温上昇、最高気温が7月上旬並に。沖縄県粟国空港で69.5mm/1h。鹿児島で黄砂。

図 5-2-1-2 天気図

SPM Date: 2013年4月16日 18時

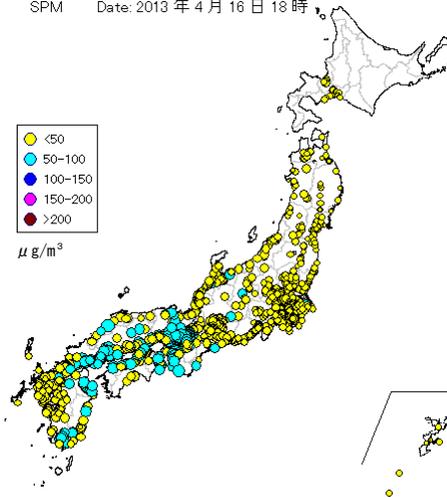


図 5-2-1-3 SPM 濃度全国分布

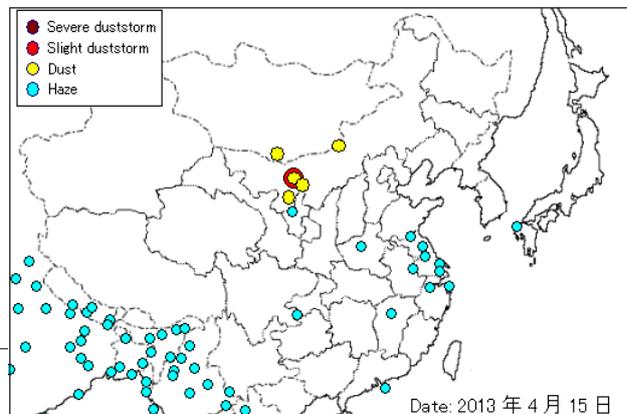


図 5-2-1-4 砂塵嵐発生状況

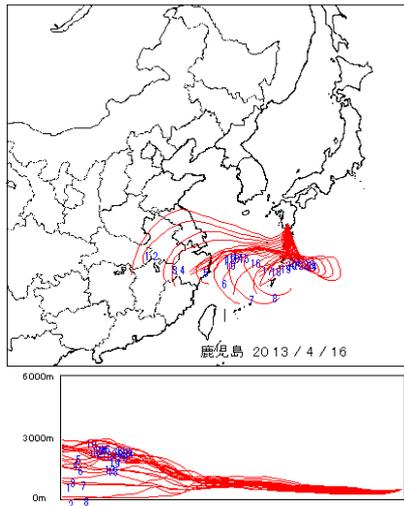


図 5-2-1-5 後方流跡線

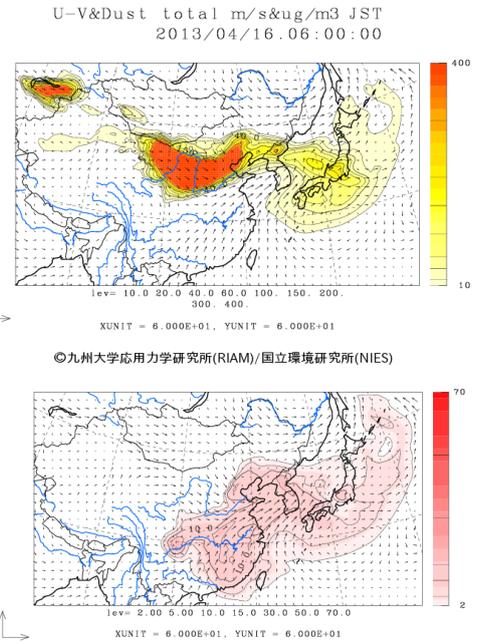


図 5-2-1-6 CFORS (dust) 予測結果

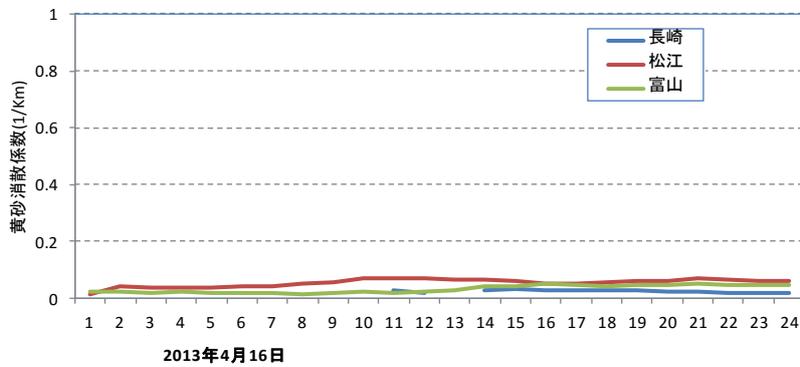


図 5-2-1-7 ライダ-黄砂消散係数の経時変化

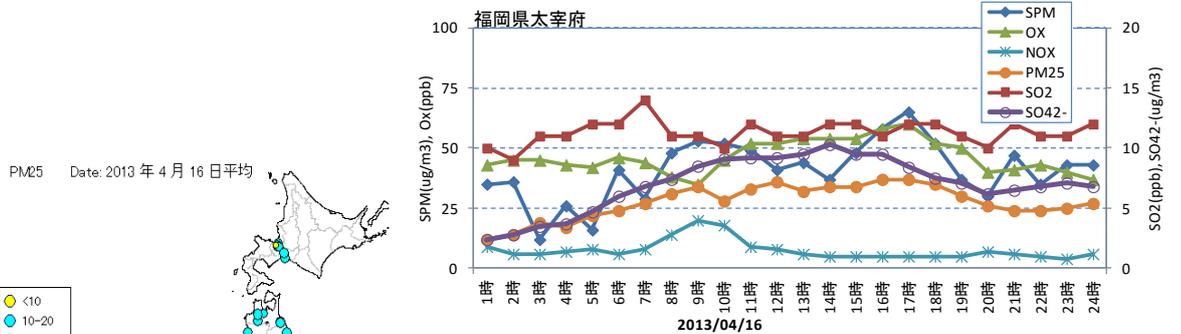


図 5-2-1-9 硫酸イオン濃度(時間値)

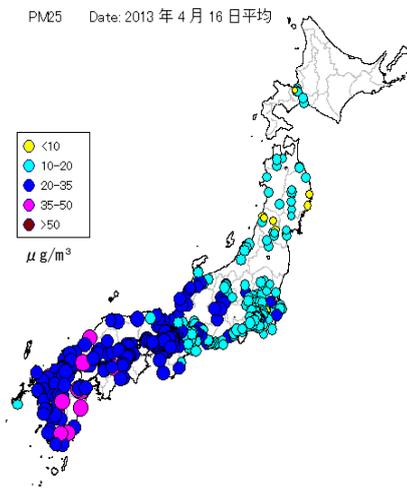


図 5-2-1-8 PM_{2.5} 日平均値全国分布

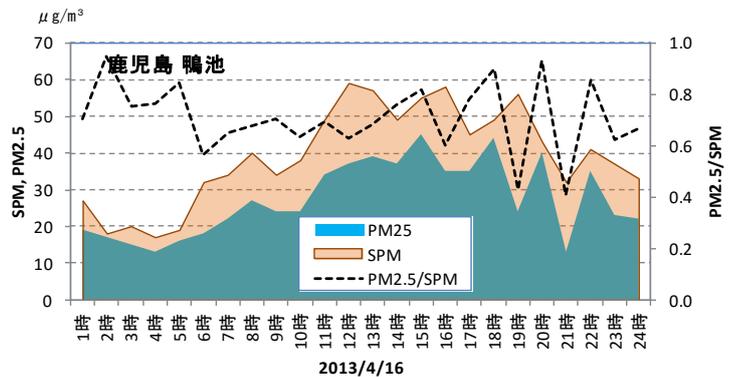


図 5-2-1-10 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

(2) 平成 25 (2013) 年 4 月 18 日～19 日

黄砂は佐賀と熊本の 2 地点で観測されており、煙霧は 18 日に西日本を中心に 9 地点で観測されている。この 1 日前にはタクラマカン砂漠から内モンゴル付近で砂塵嵐の発生が観測されており、後方流跡線も中国内陸部からの流れを示しているが、SPM 濃度の地域的な上昇はほとんどみられず、ライダー黄砂消散係数の値も低く推移している。以上のように、地上で黄砂の影響はあまりみられていない。

表 5-2-2-1 黄砂・煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	黄砂観測地点		SPM平均濃度	県数	SPM積算値	積算値合計
					1	2				
2013	2013	4	18	1	佐賀		28.4	1	28.4	71.8
2013	2013	4	19	2	佐賀	熊本	21.7	2	43.4	

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点								
					1	2	3	4	5	6	7	8	9
2013	2013	4	18	9	前橋	津	大阪	佐賀	長崎	大分	宮崎	高松	徳島
2013	2013	4	19	3	熊谷	福岡	鹿児島						

黄砂・煙霧観測地点：2013年4月19日

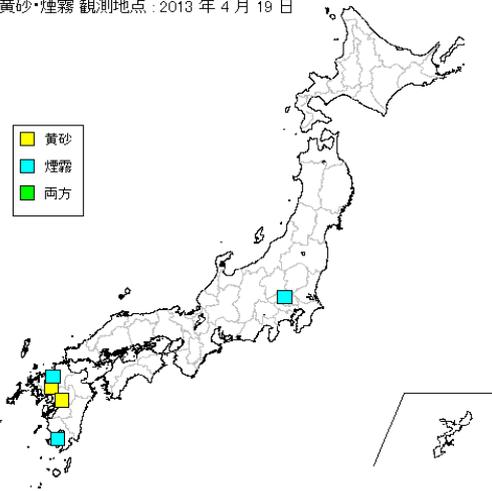
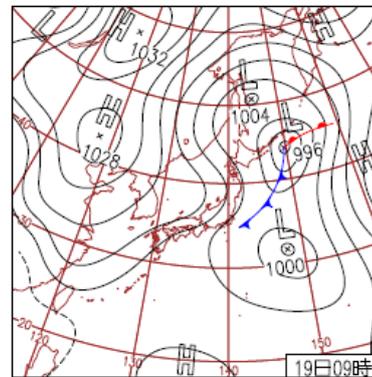


図 5-2-2-1 黄砂・煙霧観測地点



19日(金)北陸～北日本で雨や雪
低気圧が日本の東に進み、日本付近に寒気入る。北日本～北陸で雨や雪、西日本～東海は晴れ。佐賀・熊本で黄砂。山形市でサクラ満開。千葉県と北海道で震度4の地震。

図 5-2-2-2 天気図

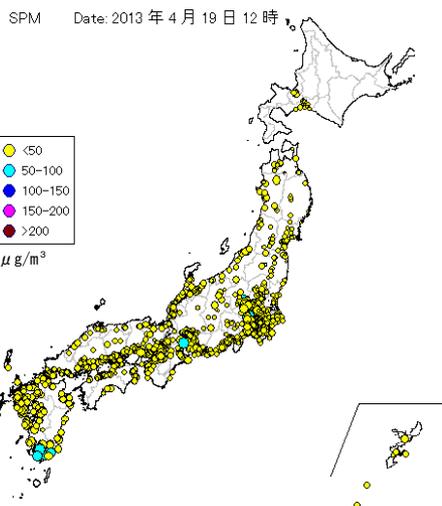


図 5-2-2-3 SPM 濃度全国分布

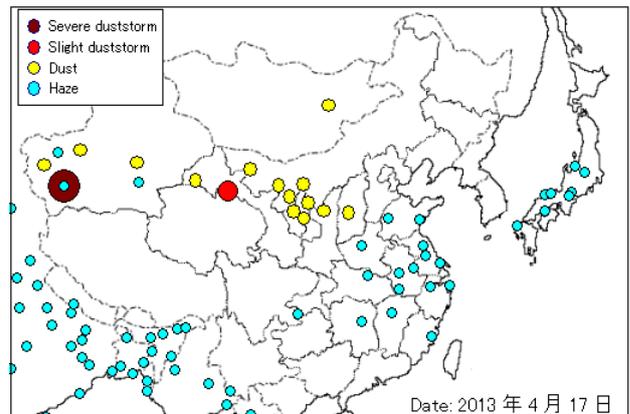


図 5-2-2-4 砂塵嵐発生状況

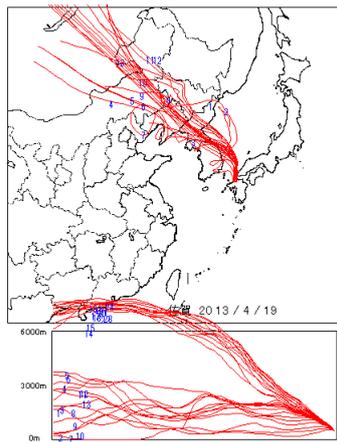


図 5-2-2-5 後方流跡線

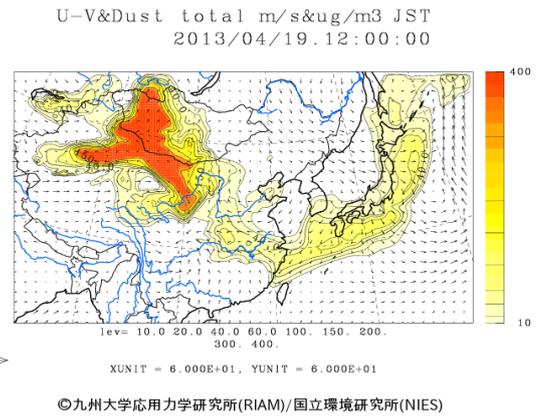


図 5-2-2-6 CFORS (dust) 予測結果

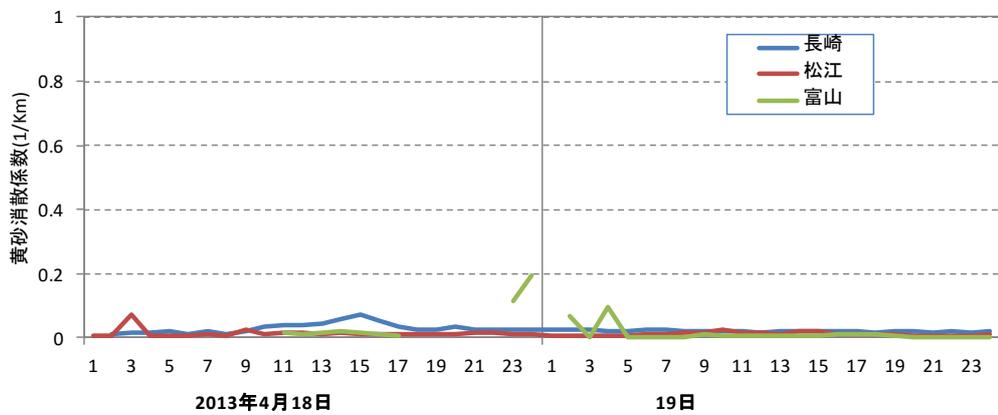


図 5-2-2-7 ライター-黄砂消散係数の経時変化

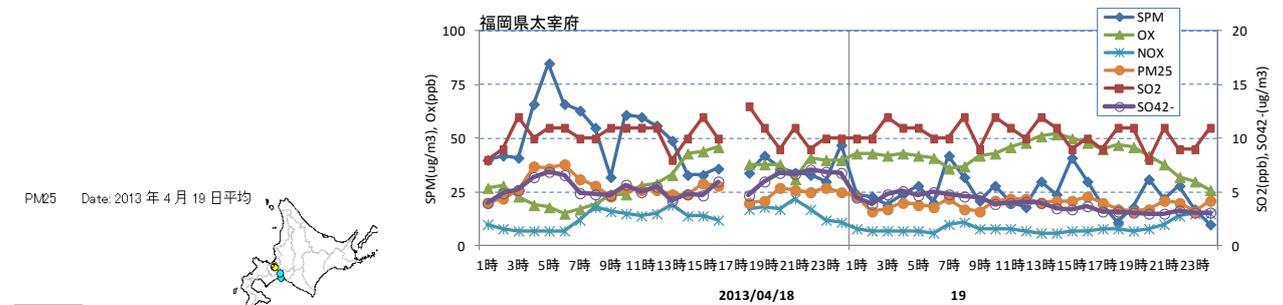


図 5-2-2-9 硫酸イオン濃度(時間値)

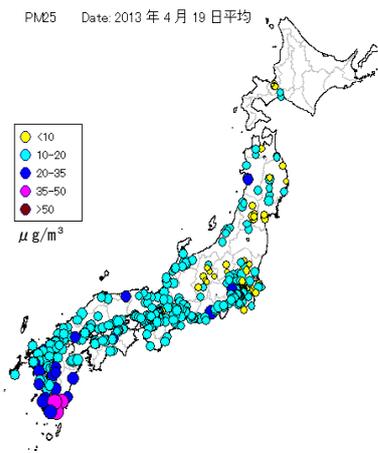


図 5-2-2-8 PM_{2.5} 日平均値全国分布

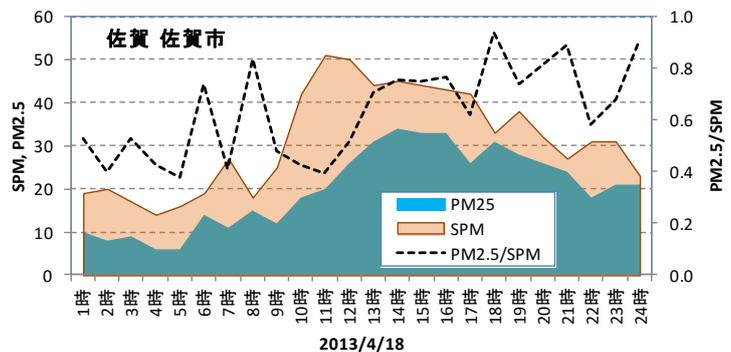


図 5-2-2-10 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

(3) 平成 25 (2013) 年 10 月 11 日~12 日

本事例の 12 日は、黄砂が西日本の 9 地点で観測された。9 地点の観測は本年度で最も多い観測地点数である。気圧配置は日本東岸に前線があり、後方流跡線も中国内陸部から流れを示している。CFORS では前日にモンゴル南部からの黄砂を予測している。PM_{2.5}/SPM の比は高い水準で推移している。黄砂消散係数の値が上昇しており、福岡での硫酸イオンのデータが欠測であるが、その他の要素をみると混在黄砂である可能性が高い。

表 5-2-3-1 黄砂・煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	黄砂観測地点									SPM平均濃度	県数	SPM積算値	積算値合計	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9					
2013	2013	10	11	5	松江	下関	福岡	佐賀	長崎						33.7	5	168.5	385.4
2013	2013	10	12	9	名古屋	松江	京都	彦根	下関	広島	神戸	大阪	福岡	24.1	9	216.9		

年度	年	月	日	煙霧観測地点	
				地点数	地点
2013	2013	10	11	1	前橋

黄砂・煙霧 観測地点 : 2013 年 10 月 12 日

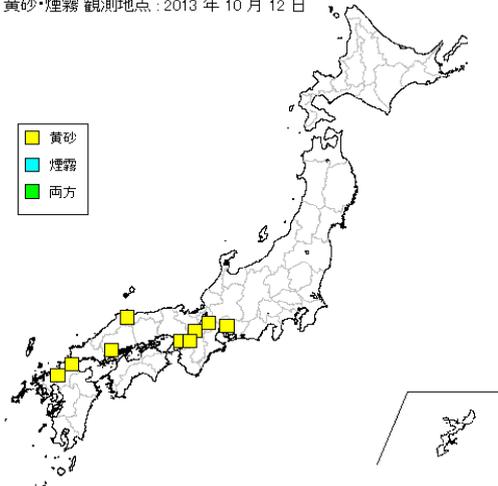
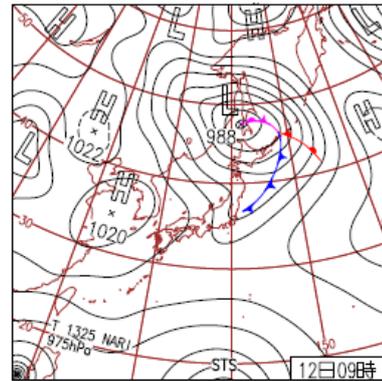


図 5-2-3-1 黄砂・煙霧観測地点



12日(土)東京の真夏日最晩更新
北陸や北日本は前線の影響で曇りや雨。沖縄・奄美~東海・関東は晴れ。よく晴れた関東を中心に気温上昇、57地点で真夏日。東京は31.3°Cで、前日に続き真夏日最晩記録を更新。

図 5-2-3-2 天気図

SPM Date: 2013 年 10 月 12 日 6 時

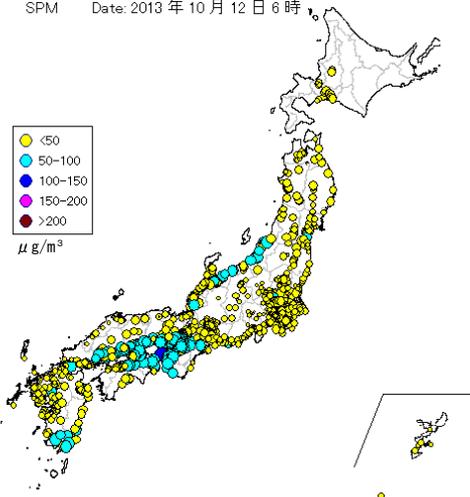


図 5-2-3-3 SPM 濃度全国分布

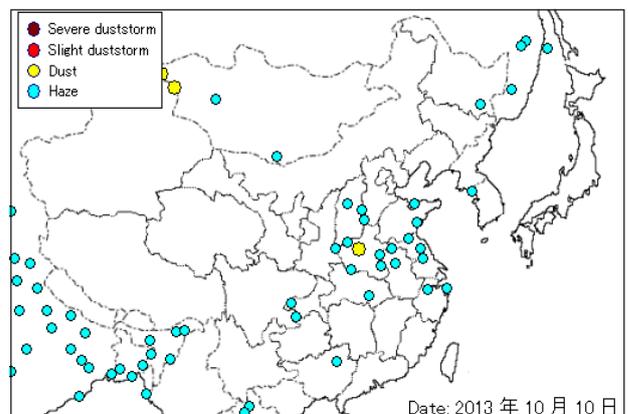


図 5-2-3-4 砂塵嵐発生状況

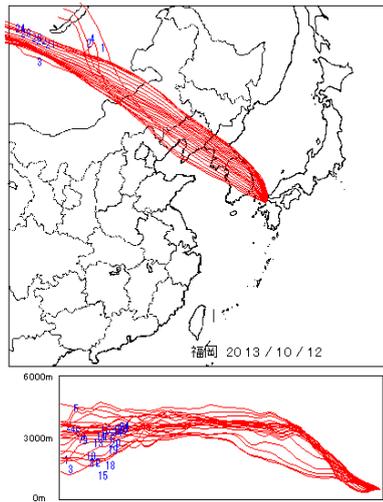


図 5-2-3-5 後方流跡線

U-V&Dust total m/s&ug/m³ JST
2012/10/12.06:00:00

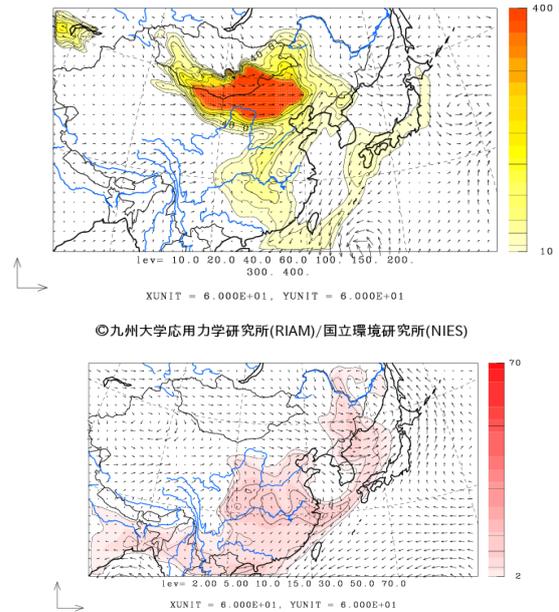


図 5-2-3-6 CFORS (dust) 予測結果

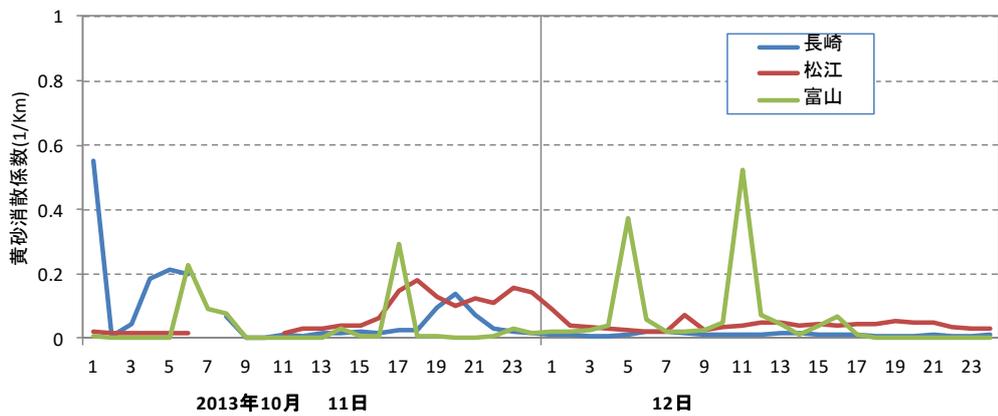


図 5-2-3-7 ライト-黄砂消散係数の経時変化

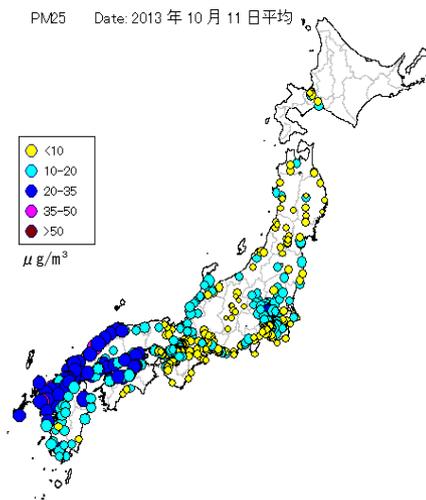


図 5-2-3-8 PM_{2.5} 日平均値全国分布

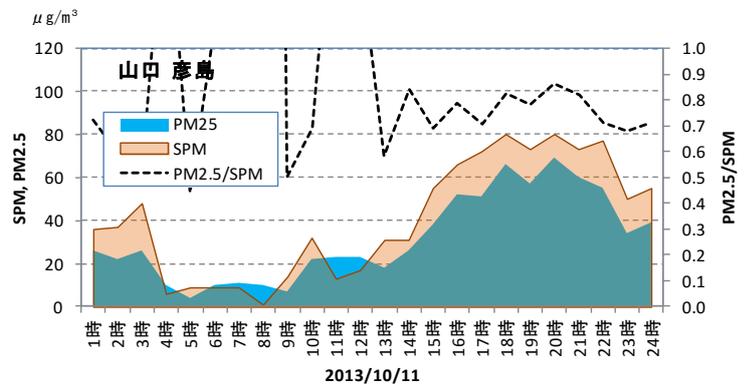


図 5-2-3-9 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

(4) 平成 26 (2014) 年 1 月 1 日

黄砂の観測は長崎のみである。天気図では前線が日本の北側に位置している。この2日前にモンゴル付近で砂塵嵐の発生がみられ、後方流跡線はその方向からの流れを示している。また同日に別の3地点で煙霧が観測されているが、福岡での硫酸イオン濃度は高くない。これらからこの事例は単純黄砂と思われる。

表 5-2-4-1 黄砂・煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	黄砂観測地点	平均SPM濃度	県数	積算値
					1			
2013	2014	1	1	1	長崎	37.1	1	37.1

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点		
					1	2	3
2013	2014	1	1	3	津	下関	松山

黄砂・煙霧観測地点：2014年1月1日

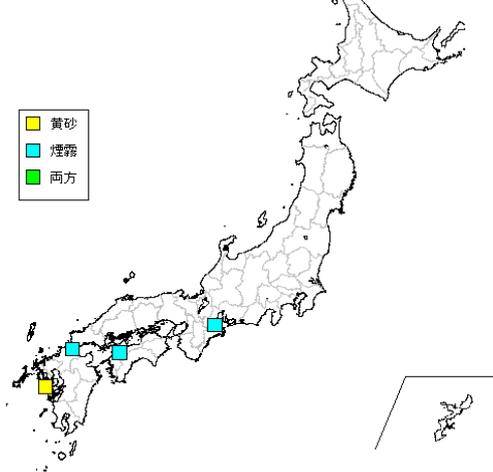
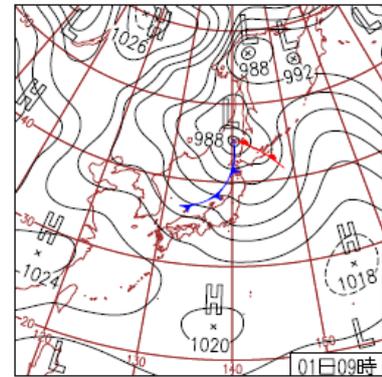


図 5-2-4-1 黄砂・煙霧観測地点



1日(水)暖かい元旦

宗谷海峡付近の低気圧に向かって暖気が流れ込み、全国的に気温上昇。最高・最低気温は全国的に3月上旬～4月上旬並の所が多い。北日本は風が強く、北海道を中心に暴風雪に。

図 5-2-4-2 天気図

SPM Date: 2014年1月1日9時

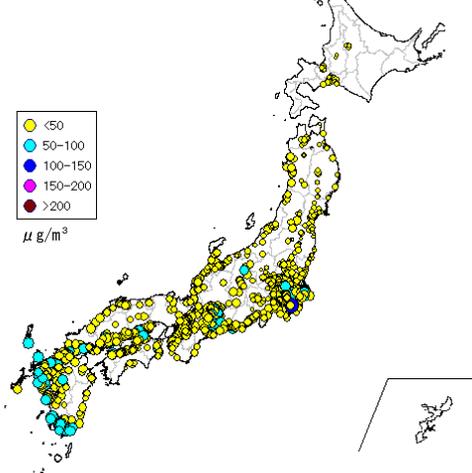


図 5-2-4-3 SPM 濃度全国分布

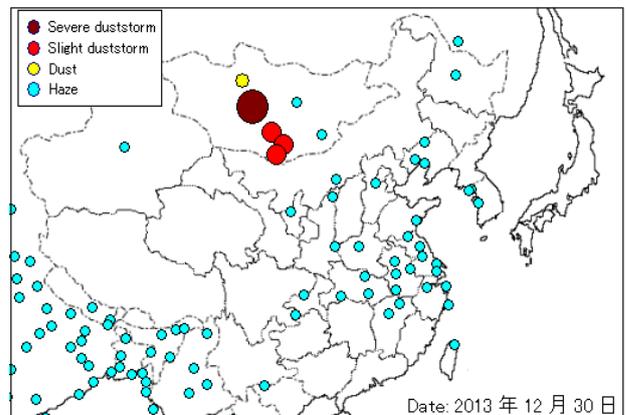


図 5-2-4-4 砂塵嵐発生状況

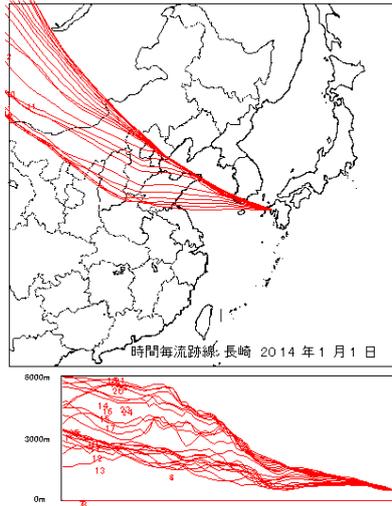


図 5-2-4-5 後方流跡線

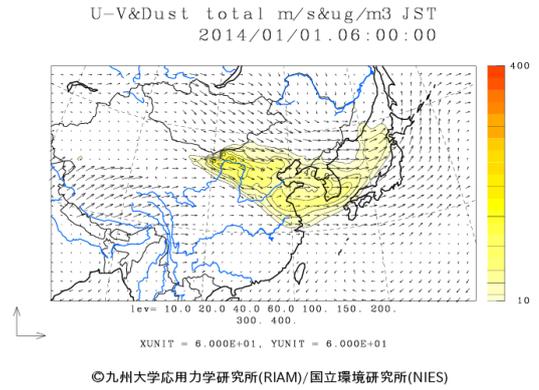


図 5-2-4-6 CFORS (dust) 予測結果

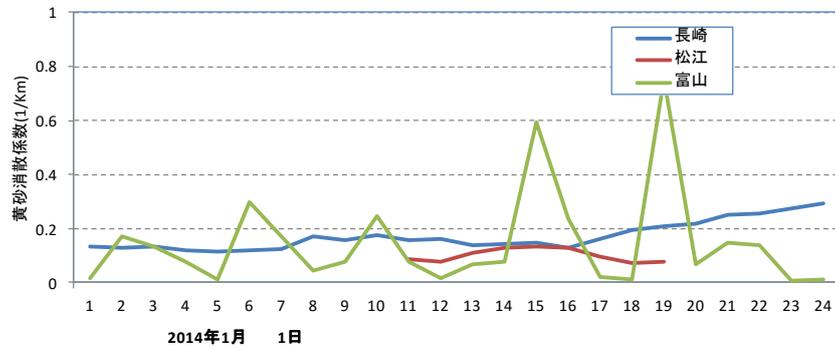


図 5-2-4-7 ライタ`-黄砂消散係数の経時変化

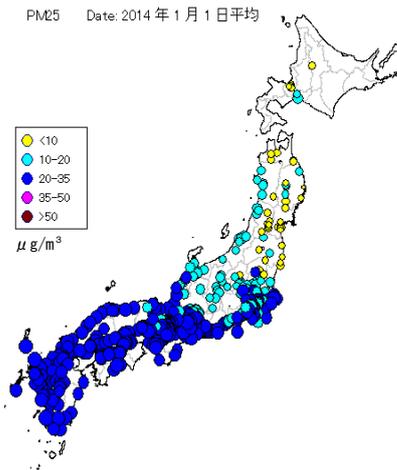


図 5-2-4-8 PM_{2.5} 日平均値全国分布

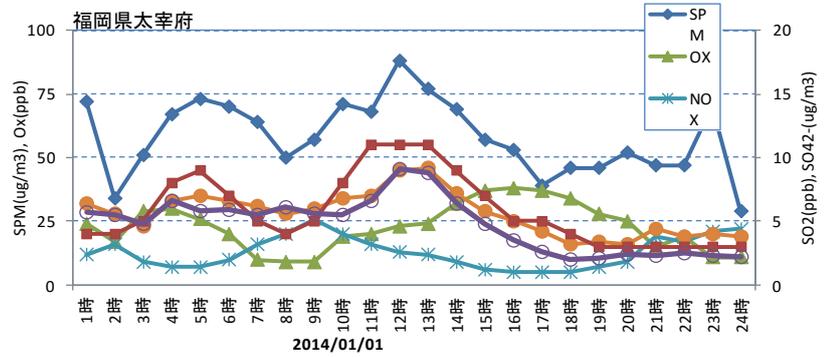


図 5-2-4-9 硫酸イオン濃度(時間値)

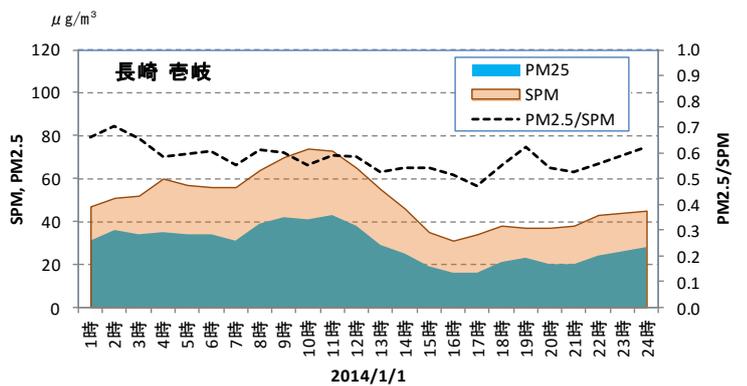


図 5-2-4-10 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

(5) 平成 26 (2014) 年 1 月 21 日

黄砂は松江のみで観測されている。天気図では日本南岸に前線が位置しており、後方流跡線はモンゴルからの流れであるが、砂塵嵐の発生は観測されていなく、ライダー黄砂消散係数も上昇していない。また、煙霧の観測地点は多いが、福岡での硫酸イオンの濃度は低い。PM_{2.5}の環境基準超過が西日本を中心に複数地点で見られ、SPMと比較すると、そのほとんどがPM_{2.5}でPM_{2.5}/SPMの比は極めて高い。以上から、PM_{2.5}が高濃度で観測されたものの黄砂の飛来はないと考えられる。

表 5-2-5-1 黄砂・煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	黄砂観測地点	平均SPM濃度	県数	積算値
					1			
2013	2014	1	21	1	松江	28	1	28

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点						
					1	2	3	4	5	6	7
2013	2014	1	20	7	下関	福岡	大分	長崎	熊本	鹿児島	宮崎
2013	2014	1	21	6	仙台	下関	大阪	和歌山	大分	那覇	

黄砂・煙霧観測地点：2014年1月21日

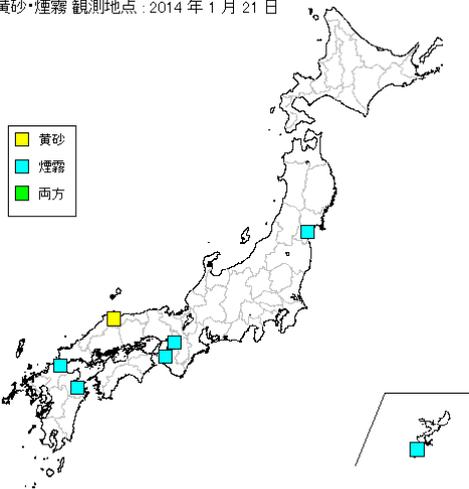
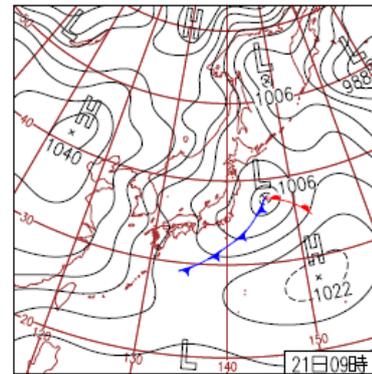


図 5-2-5-1 黄砂・煙霧観測地点



21日(火)網走で流氷初日
低気圧が日本の東に去り冬型の気圧配置に。日本付近では寒気に伴う筋状雲域が拡大し、日本海側は雪。はじめ晴れた太平洋側も所々で雨や雪。佐賀市・福岡市でスイセン開花。

図 5-2-5-2 天気図

SPM Date: 2014年1月21日3時

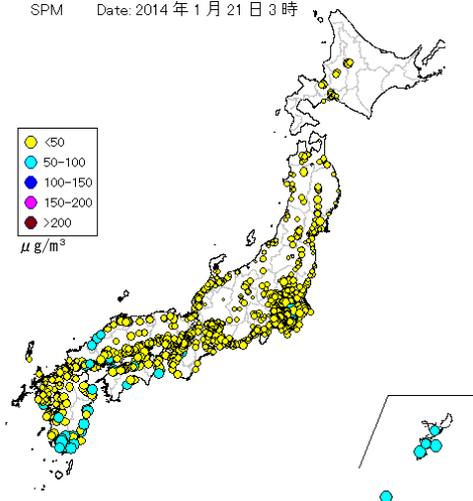


図 5-2-5-3 SPM 濃度全国分布

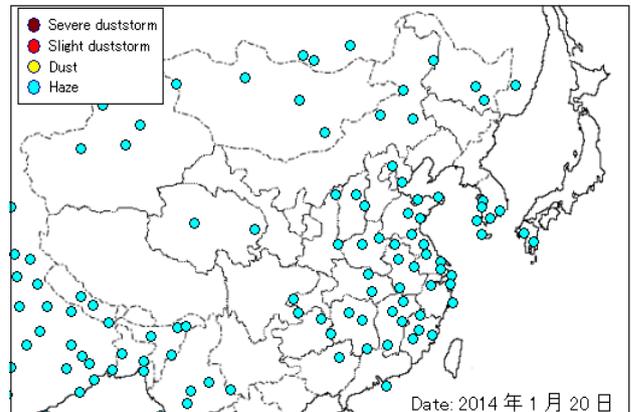


図 5-2-5-4 砂塵嵐発生状況

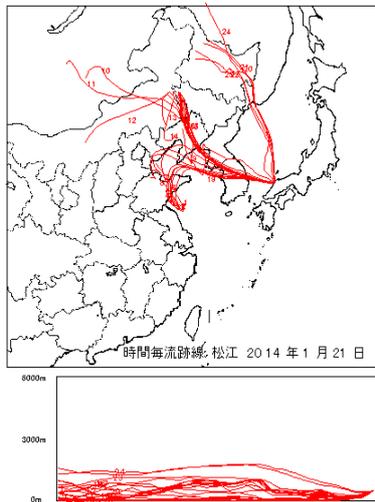


図 5-2-5-4 後方流跡線

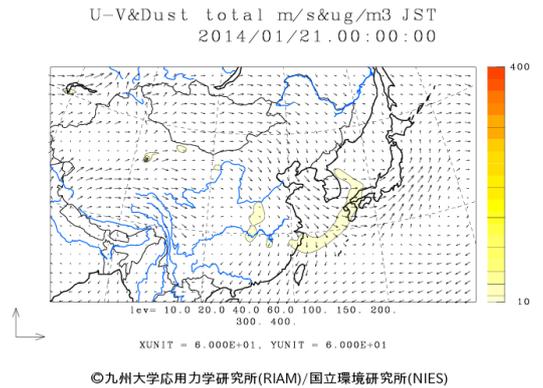


図 5-2-5-5 CFORS (dust) 予測結果

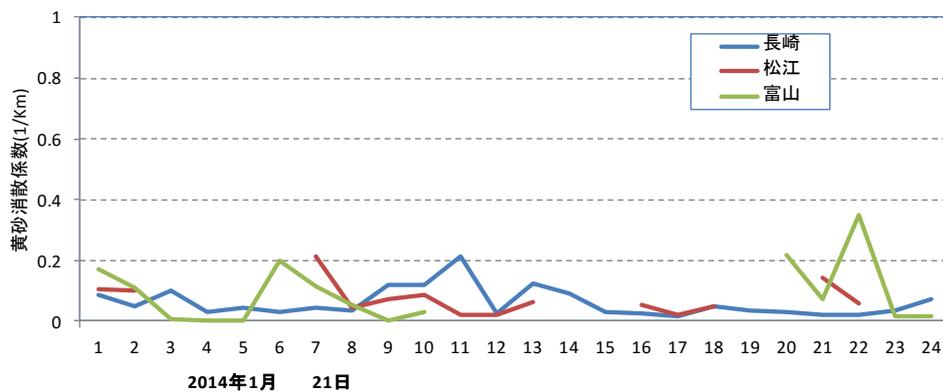


図 5-2-5-5 ライト-黄砂消散係数の経時変化

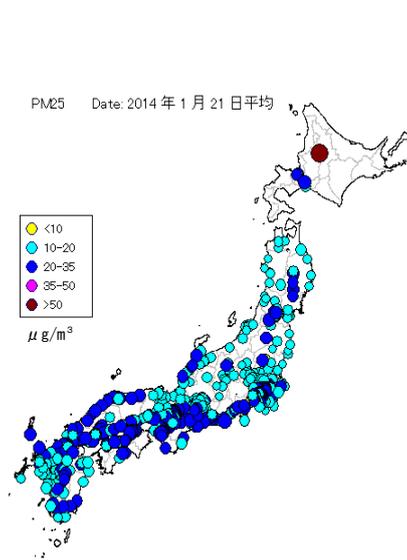


図 5-2-5-6 PM_{2.5} 日平均値全国分布

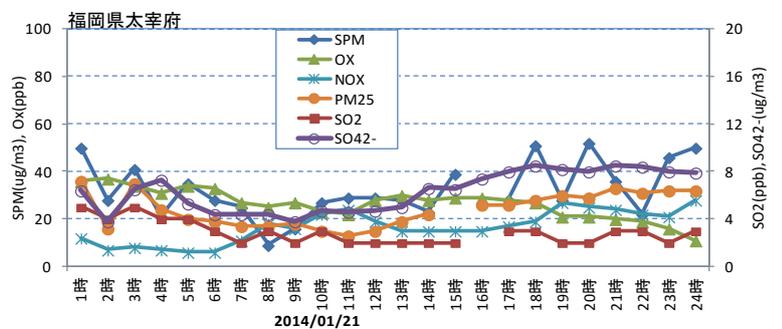


図 5-2-5-7 硫酸イオン濃度(時間値)

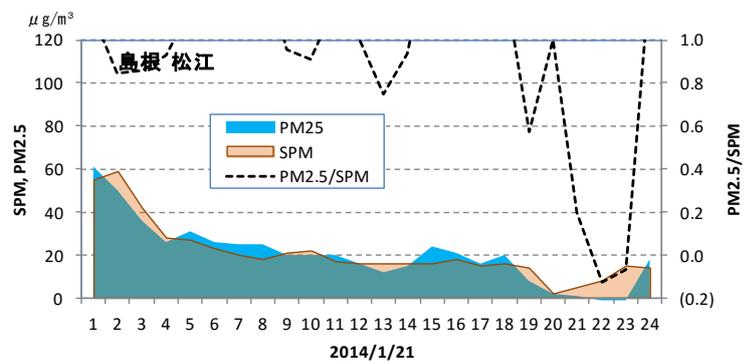


図 5-2-5-8 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

5-3 煙霧の観測事例

平成 25(2013)年度に気象台で観測された煙霧は、表 5-3-1 に示す 206 日である。

表 5-3-1 平成 25 年度に観測された煙霧

No.	年	月	日	地点数
1	2013	4	2	2
2	2013	4	3	2
3	2013	4	5	2
4	2013	4	6	2
5	2013	4	14	1
6	2013	4	15	3
7	2013	4	16	2
8	2013	4	17	7
9	2013	4	18	9
10	2013	4	19	3
11	2013	4	25	4
12	2013	4	26	7
13	2013	4	30	2
14	2013	5	1	1
15	2013	5	6	1
16	2013	5	9	2
17	2013	5	10	1
18	2013	5	11	3
19	2013	5	12	5
20	2013	5	13	8
21	2013	5	14	14
22	2013	5	15	6
23	2013	5	16	7
24	2013	5	17	2
25	2013	5	18	1
26	2013	5	19	1
27	2013	5	20	3
28	2013	5	21	11
29	2013	5	22	25
30	2013	5	23	13
31	2013	5	24	7
32	2013	5	25	10
33	2013	5	26	1
34	2013	5	27	2
35	2013	5	29	8
36	2013	5	30	11
37	2013	5	31	1
38	2013	6	3	1
39	2013	6	4	1
40	2013	6	5	2
41	2013	6	6	4
42	2013	6	7	1
43	2013	6	8	3
44	2013	6	9	2
45	2013	6	10	4
46	2013	6	11	2
47	2013	6	13	1
48	2013	6	14	3
49	2013	6	15	2
50	2013	6	18	3
51	2013	6	19	1
52	2013	6	22	1
53	2013	6	23	1
54	2013	6	24	1
55	2013	6	25	3
56	2013	6	28	1
57	2013	6	29	1
58	2013	6	30	2
59	2013	7	1	1
60	2013	7	3	2
61	2013	7	4	1
62	2013	7	5	1
63	2013	7	9	3
64	2013	7	10	4
65	2013	7	11	7
66	2013	7	12	5
67	2013	7	13	1
68	2013	7	14	4
69	2013	7	15	2
70	2013	7	16	1
71	2013	7	17	2
72	2013	7	20	1
73	2013	7	21	1
74	2013	7	22	2
75	2013	7	23	1
76	2013	7	25	10
77	2013	7	26	9
78	2013	7	27	11
79	2013	7	28	9
80	2013	7	30	7
81	2013	7	31	16
82	2013	8	1	6
83	2013	8	2	2
84	2013	8	3	1
85	2013	8	4	1
86	2013	8	5	1
87	2013	8	7	1
88	2013	8	8	5
89	2013	8	9	12
90	2013	8	10	15
91	2013	8	11	19
92	2013	8	12	13
93	2013	8	13	15
94	2013	8	14	14
95	2013	8	15	19
96	2013	8	16	19
97	2013	8	17	13
98	2013	8	18	3
99	2013	8	20	1
100	2013	8	21	1
101	2013	8	22	2
102	2013	8	23	1
103	2013	8	25	1
104	2013	8	29	1
105	2013	8	30	2
106	2013	9	2	1
107	2013	9	3	1
108	2013	9	10	1
109	2013	9	11	1
110	2013	9	12	5
111	2013	9	13	9
112	2013	9	14	11
113	2013	9	15	1
114	2013	9	22	1
115	2013	9	23	2
116	2013	10	3	3
117	2013	10	4	1
118	2013	10	8	2
119	2013	10	11	1
120	2013	10	12	1
121	2013	10	29	1
122	2013	10	30	1
123	2013	10	31	6
124	2013	11	1	7
125	2013	11	2	15
126	2013	11	3	10
127	2013	11	4	1
128	2013	11	5	1
129	2013	11	6	8
130	2013	11	7	3
131	2013	11	8	6
132	2013	11	9	2
133	2013	11	10	1
134	2013	11	16	2
135	2013	11	17	9
136	2013	11	18	3
137	2013	11	24	1
138	2013	11	25	5
139	2013	11	27	1
140	2013	11	28	3
141	2013	11	29	1
142	2013	12	1	1
143	2013	12	2	3
144	2013	12	3	2
145	2013	12	4	2
146	2013	12	5	6
147	2013	12	6	20
148	2013	12	7	5
149	2013	12	8	1
150	2013	12	9	3
151	2013	12	10	4
152	2013	12	13	1
153	2013	12	26	3
154	2013	12	27	3
155	2013	12	31	5
156	2014	1	1	3
157	2014	1	4	1
158	2014	1	9	1
159	2014	1	12	3
160	2014	1	13	9
161	2014	1	17	7
162	2014	1	18	10
163	2014	1	20	7
164	2014	1	21	6
165	2014	1	24	2
166	2014	1	25	5
167	2014	1	26	2
168	2014	1	28	1
169	2014	1	29	2
170	2014	1	30	4
171	2014	1	31	6
172	2014	2	1	6
173	2014	2	2	6
174	2014	2	3	13
175	2014	2	4	6
176	2014	2	17	2
177	2014	2	21	1
178	2014	2	22	1
179	2014	2	25	28
180	2014	2	26	30
181	2014	2	27	18
182	2014	2	28	13
183	2014	3	1	14
184	2014	3	2	2
185	2014	3	3	1
186	2014	3	5	1
187	2014	3	6	1
188	2014	3	8	2
189	2014	3	9	7
190	2014	3	12	4
191	2014	3	13	2
192	2014	3	14	2
193	2014	3	16	5
194	2014	3	17	13
195	2014	3	18	14
196	2014	3	19	15
197	2014	3	20	4
198	2014	3	23	1
199	2014	3	24	4
200	2014	3	25	5
201	2014	3	26	9
202	2014	3	27	5
203	2014	3	28	5
204	2014	3	29	2
205	2014	3	30	2
206	2014	3	31	1

※表中の網掛けは、次頁以降の解析対象事例であることを示す。

表 5-3-1 に示した煙霧観測日のうち、地点数が多かった事例を抽出してその詳細について検討した。表 5-3-2 に、抽出した 5 事例を示す。

表 5-3-2 平成 25 年度の大きな煙霧 (PM_{2.5}濃度 : $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

年度	事例	期日			煙霧観測 点数	煙霧の規模			
		年	月	日		PM _{2.5} 平均 濃度	県数	PM _{2.5} 積算	PM _{2.5} 積算 合計
2013	1	2013	5	21	11	40.2	10	402	2466
		2013	5	22	25	39.4	25	985	
		2013	5	23	13	36.7	11	404	
		2013	5	24	7	51.5	7	361	
		2013	5	25	10	35	9	315	
	2	2013	8	9	12	40.1	10	401	4558
		2013	8	10	15	45.5	13	592	
		2013	8	11	19	43.2	17	734	
		2013	8	12	13	39.2	11	431	
		2013	8	13	15	35	13	455	
		2013	8	14	14	33	14	462	
		2013	8	15	19	33.6	17	571	
		2013	8	16	19	33.8	17	575	
	3	2014	2	1	6	35.4	6	212	906
		2014	2	2	6	32.6	6	196	
		2014	2	3	13	38.2	13	497	
	4	2014	2	25	28	42.9	28	1201	3902
		2014	2	26	30	52.1	27	1407	
		2014	2	27	19	37	16	592	
		2014	2	28	13	28.1	10	281	
2014		3	1	14	32.4	13	421		
5	2014	3	17	12	44.1	12	529	1458	
	2014	3	18	14	31.3	12	376		
	2014	3	19	15	39.5	14	553		

(1) 平成 25 (2013) 年 5 月 21~26 日

全国的に多くの地点で煙霧が観測されている。PM_{2.5}濃度は、九州と、中国・四国地域で高濃度になっている。後方流跡線は、気流が 21 日中国内陸部からであるが、次第に沿岸部に移り、再び中国東北部へと変化していることを示している。硫酸イオンは流跡線が沿岸部になった 22 日午後、最高 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ まで達している。この時、上海の PM_{2.5}と福岡での濃度変化に時間差をみる事が出来る。長崎での黄砂消散係数と SPM の変化に同期がみられ、黄砂の影響も考えられるが、主には中国沿岸部からの越境汚染による煙霧の影響と思われる。

表 5-3-1-1 煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	2013	5	21	11	前橋 徳島	津	下関	福岡	佐賀	大分	長崎	熊本	鹿児島	松山
2013	2013	5	22	25	長野 広島 熊本	福井 岡山 鹿児島	前橋 神戸 宮崎	熊谷 大阪 高知	岐阜 和歌山 徳島	津 奈良 福岡	東京 福岡	松江 佐賀	京都 大分	下関 長崎
2013	2013	5	23	13	長野 鹿児島	甲府 宮崎	東京 松山	下関	和歌山	福岡	佐賀	大分	長崎	熊本
2013	2013	5	24	7	下関	福岡	佐賀	大分	熊本	鹿児島	宮崎			
2013	2013	5	25	10	長野	宇都宮	前橋	名古屋	福岡	佐賀	長崎	熊本	鹿児島	宮崎

黄砂・煙霧 観測地点 : 2013 年 5 月 22 日

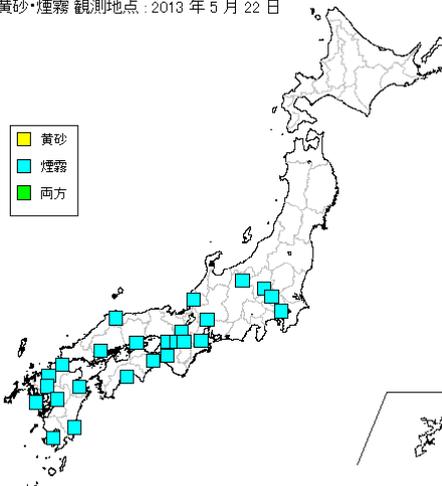
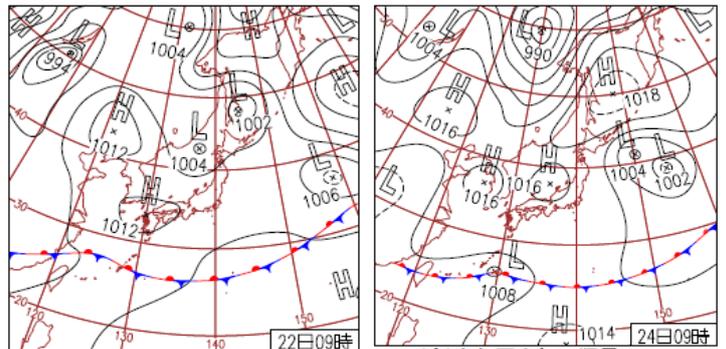


図 5-3-1-1 黄砂・煙霧観測地点



22日(水)広範囲で気温上昇
沖縄は梅雨前線による曇り。北海道は気圧の谷の影響で曇りや雨。九州～東北は晴れて気温が上昇し北海道を除く570地点(全国の61%)で夏日、西日本を中心に105地点で真夏日。

24日(金)今年国内初の猛暑日
低気圧が影響した北日本の一部を除き、西～北日本は高気圧に覆われて晴れ。大分県日田で最高気温35.4℃。沖縄は梅雨前線の影響で曇りや雨。オホーツク海でMw8.3の地震。

図 5-3-1-2 天気図

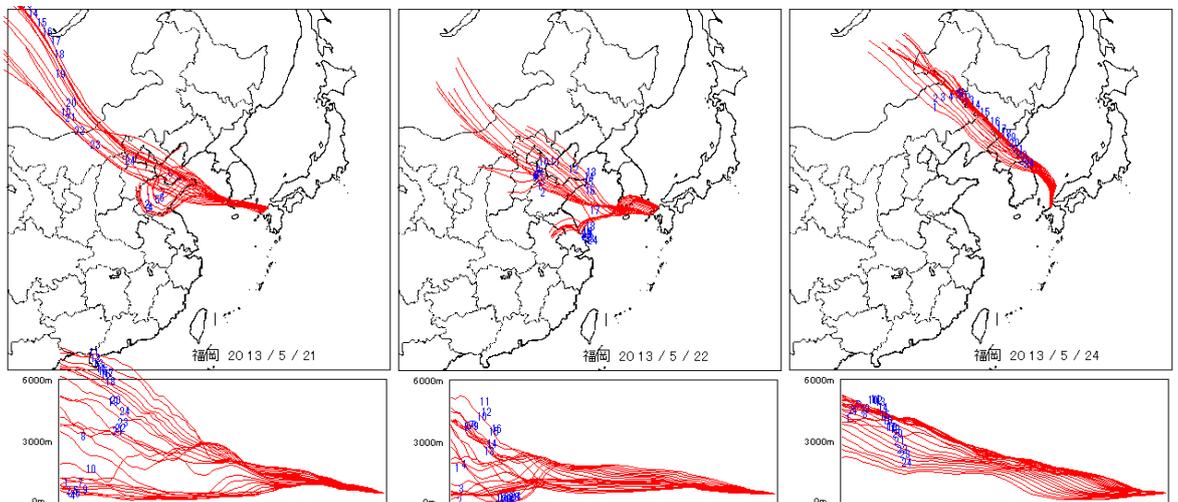


図 5-3-1-3 後方流跡線

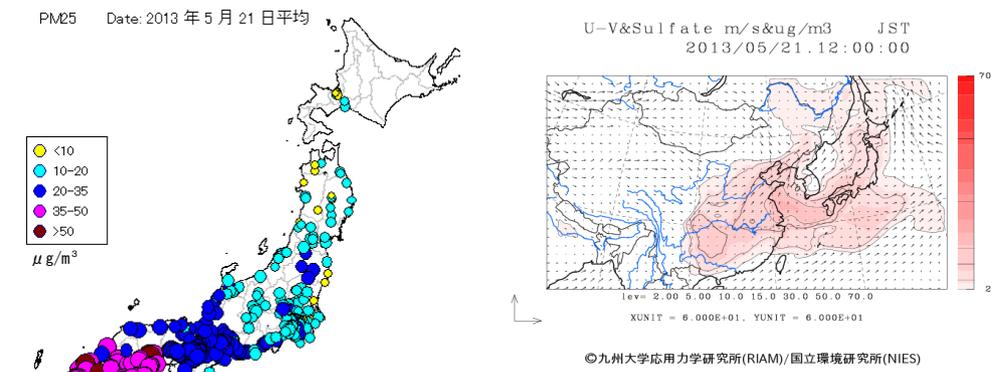


図 5-3-1-5 CFORS 予測結果

図 5-3-1-4 PM_{2.5} 日平均値全国分布

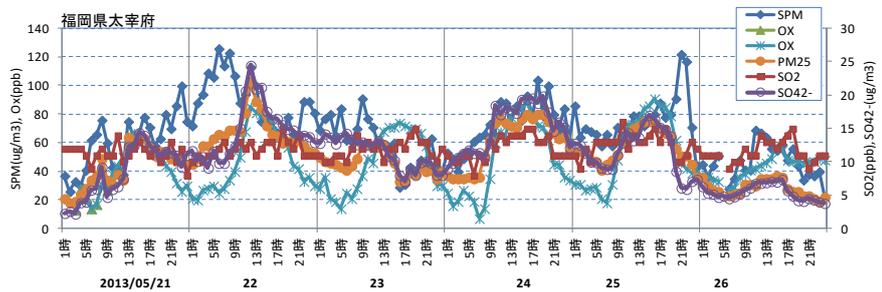


図 5-3-1-6 硫酸イオン濃度

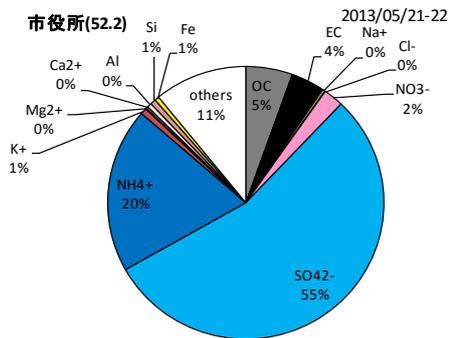


図 5-3-1-7 PM_{2.5} の成分濃度構成(福岡市役所)

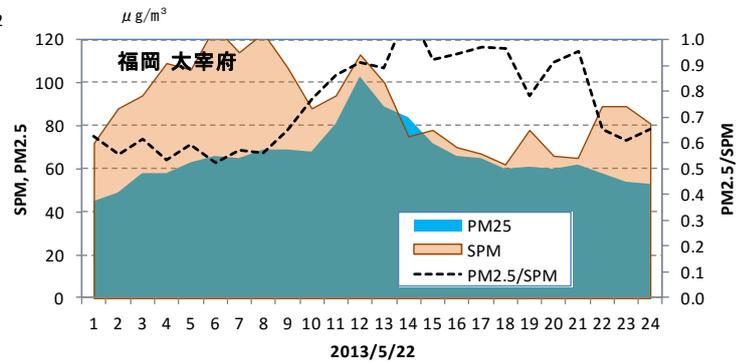


図 5-3-1-8 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

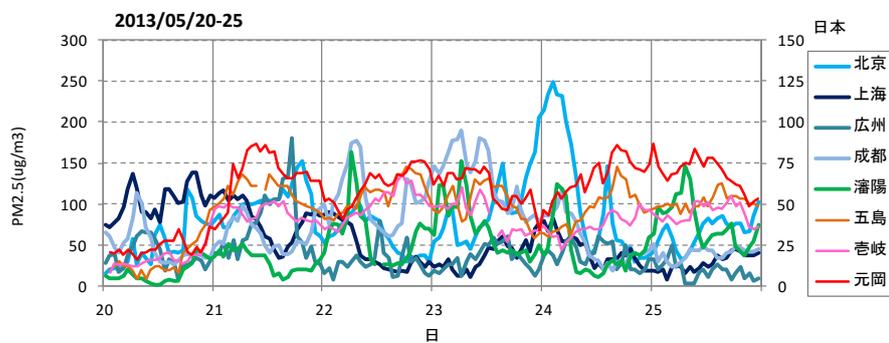


図 5-3-1-9 中国・離島・福岡での PM_{2.5} 濃度

(2) 平成 25 (2013) 年 8 月 9~17 日

8 月 9 日から 17 日までの 9 日間、全国のいずれかの地点で煙霧が観測され、その地点数もそれぞれ 10 を超えている。PM_{2.5} の上昇は全国に及んでいる。後方流跡線は、中国沿岸部からの流れを示し、CFORS も同様である。硫酸イオンの濃度も 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超す値になっている。中国上海では、PM_{2.5} 濃度が 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える値になっている。PM_{2.5}/SPM の比が低いのが黄砂消散係数などから黄砂飛来の様子はみられていない。この事例については、学会で多く発表^{25~28)} がなされているが、まだその要因は解明されていない。

表 5-3-2-1 煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
2013	2013	8	9	12	宇都宮 大阪	前橋 奈良	つくば	甲府	津	静岡	東京	横浜	鳥取	神戸	
2013	2013	8	10	15	金沢 横浜	長野 彦根	宇都宮 神戸	前橋 大阪	熊谷 奈良	つくば	岐阜	甲府	静岡	東京	
2013	2013	8	11	19	山形 甲府	仙台 銚子	福島 東京	新潟 横浜	長野 下関	宇都宮 神戸	前橋 大阪	熊谷 奈良	つくば 佐賀	岐阜	
2013	2013	8	12	13	山形 佐賀	新潟 熊本	金沢 鹿児島	富山 高松	長野 宮崎	宇都宮 高松	熊谷	甲府	銚子	静岡	横浜
2013	2013	8	14	14	山形 熊本	長野 鹿児島	前橋 宮崎	熊谷 高松	岐阜	名古屋	津	静岡	横浜	佐賀	
2013	2013	8	15	19	山形 津	仙台 静岡	新潟 大阪	長野 奈良	宇都宮 佐賀	前橋 熊本	熊谷 鹿児島	岐阜 宮崎	名古屋 高松	甲府	
2013	2013	8	16	19	山形 下関	仙台 神戸	新潟 奈良	前橋 佐賀	熊谷 大分	つくば 熊本	甲府 鹿児島	津 宮崎	鳥取 松山	京都	
2013	2013	8	17	13	秋田 鹿児島	山形 宮崎	仙台 松山	前橋	甲府	津	下関	奈良	福岡	佐賀	

黄砂・煙霧観測地点：2013 年 8 月 15 日

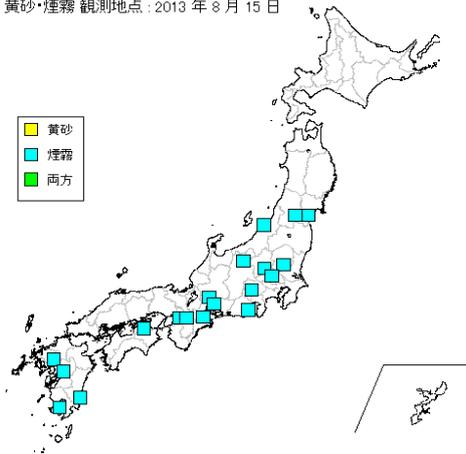
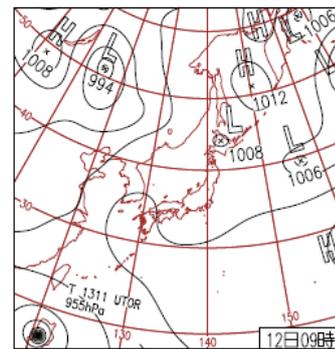


図 5-3-2-1 黄砂・煙霧観測地点



12日(月)高知県で最高気温41℃
各地で猛暑継続。高知県四万十市江川崎で最高気温41.0℃、国内の観測史上1位の記録を更新。関東で大気の状態が不安定となり、激しい雨。東京都練馬区石神井台で49mm/1h。

図 5-3-2-2 天気図

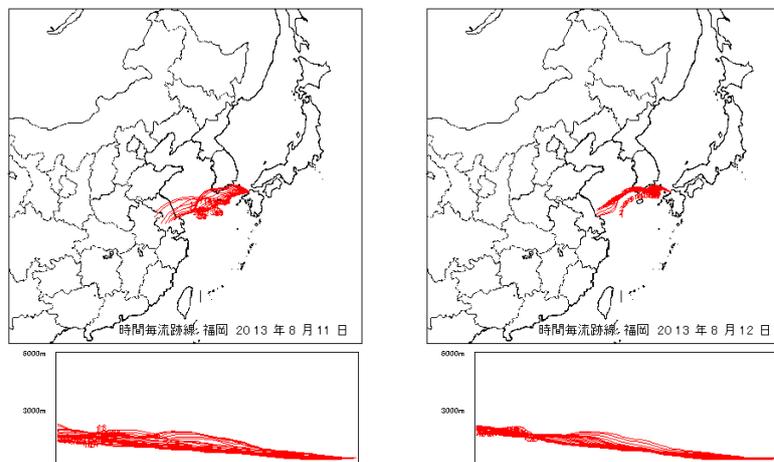
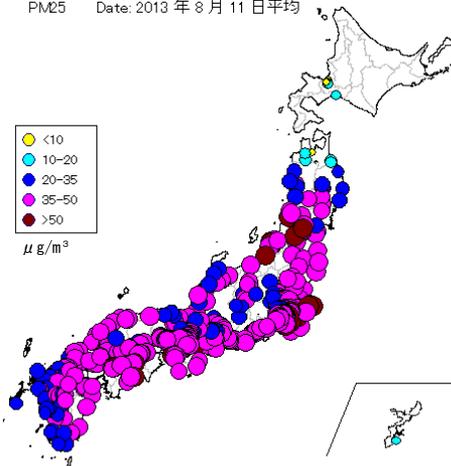
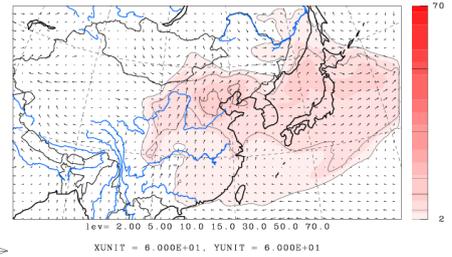


図 5-3-2-3 後方流跡線

PM25 Date: 2013年8月11日平均



U-V&Sulfate m/s&ug/m3 JST
2013/08/11.03:00:00



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-2-5 CFORS 予測結果

図 5-3-2-4 PM_{2.5} 日平均値全国分布

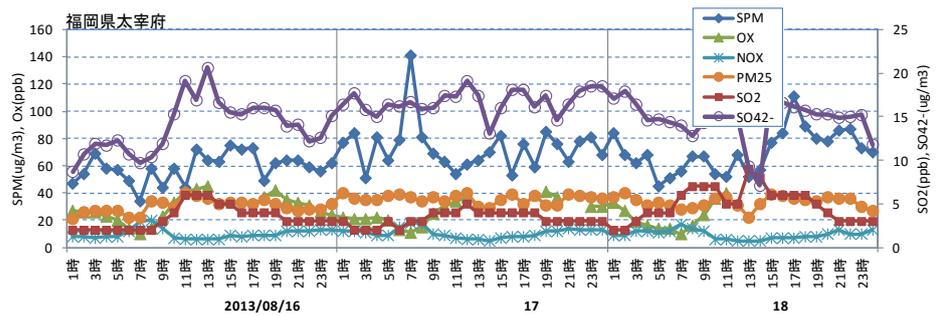
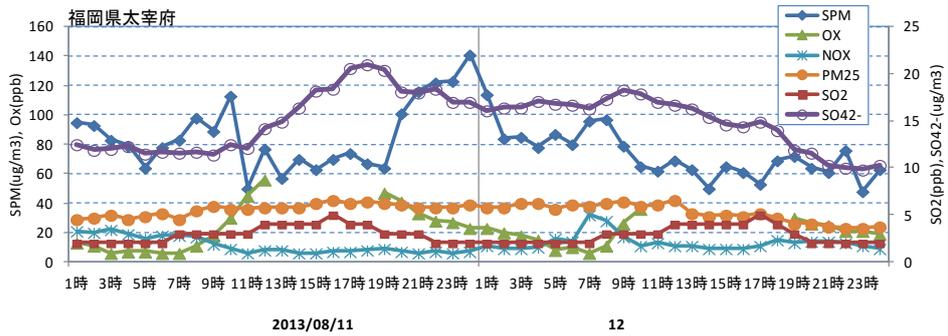


図 5-3-2-6 硫酸イオン濃度

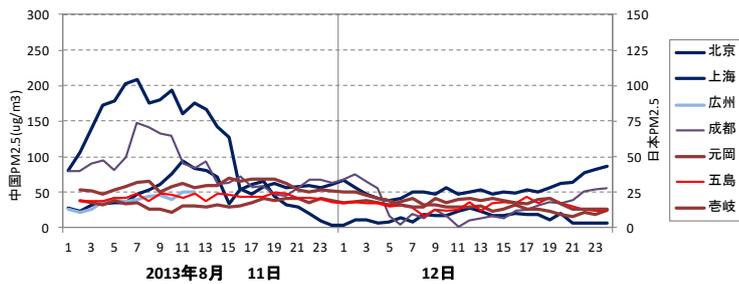


図 5-3-2-7 中国・離島・福岡での PM_{2.5} 濃度

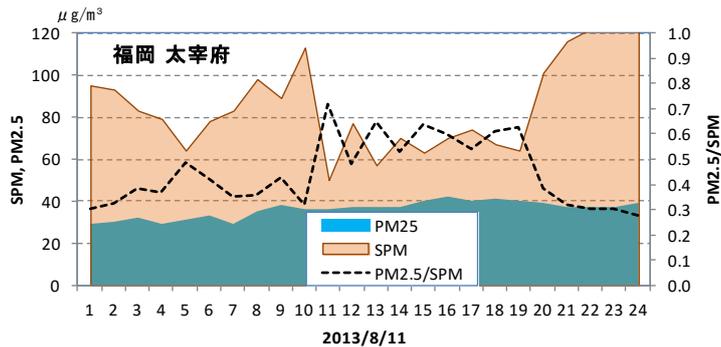


図 5-3-2-8 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

(3) 平成 26 (2014) 年 2 月 1~3 日

煙霧の観測は、九州が中心で、この地域でPM_{2.5}濃度も高くなっている。後方流跡線は中国沿岸部からで、硫酸イオンも20μg/m³を超している。上海で250μg/m³近くのPM_{2.5}濃度を示し、五島、壱岐、福岡とその濃度と対応している。関東でもPM_{2.5}濃度の上昇が広くみられ、この地域における硝酸イオンの濃度も高いことから (p. 38 参照)、中国沿岸部からの越境汚染による煙霧と国内の両方の影響が考えられる。

表 5-3-3-1 煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点											
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2013	2014	2	1	6	宇都宮	福岡	佐賀	長崎	熊本	宮崎						
2013	2014	2	2	6	千葉	東京	横浜	大阪	高松	福岡						
2013	2014	2	3	13	宇都宮	前橋	つくば	熊谷	千葉	東京	横浜	名古屋	大阪	福岡		
					佐賀	宮崎	鹿児島									

黄砂・煙霧観測地点：2014年2月3日

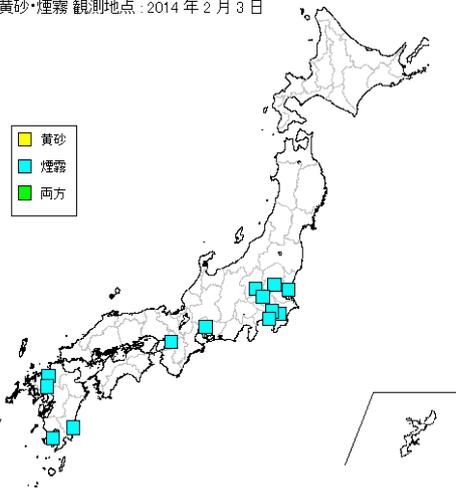
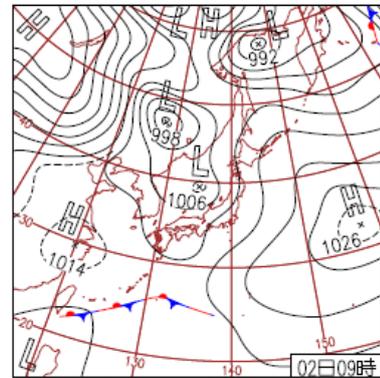


図 5-3-3-1 黄砂・煙霧観測地点



2日(日)暖かい西～東日本

南寄りの風で西～東日本を中心に気温上昇。長崎県雲仙岳で最高気温が18.2℃、鹿児島県瀬戸内町古仁屋で24.7℃など、2月の1位記録を計5地点で更新。奄美地方で震度4。

図 5-3-3-2 天気図

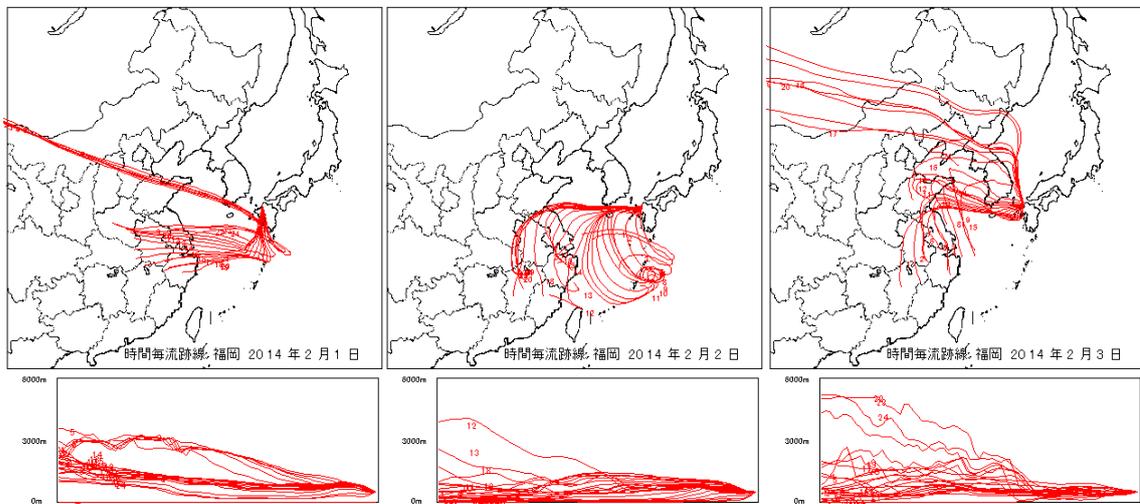
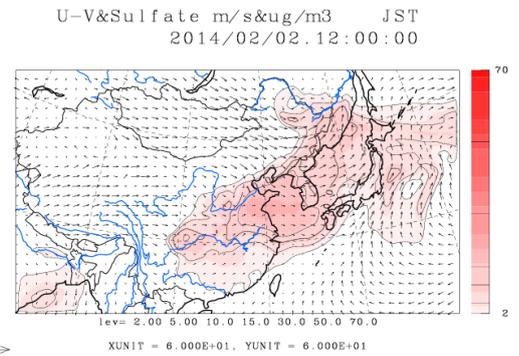
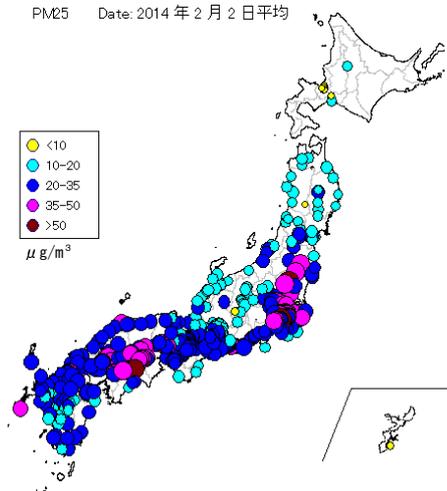


図 5-3-3-3 後方流跡線



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-3-5 CFORS 予測結果

図 5-3-3-4 PM_{2.5} 日平均値全国分布

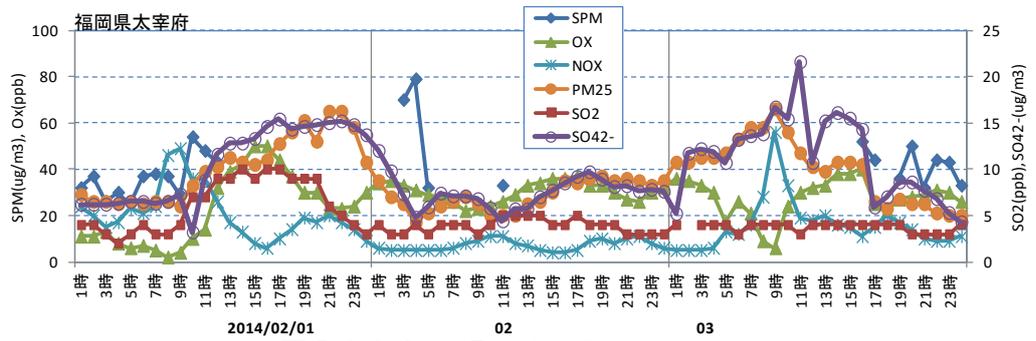


図 5-3-3-6 硫酸イオン濃度

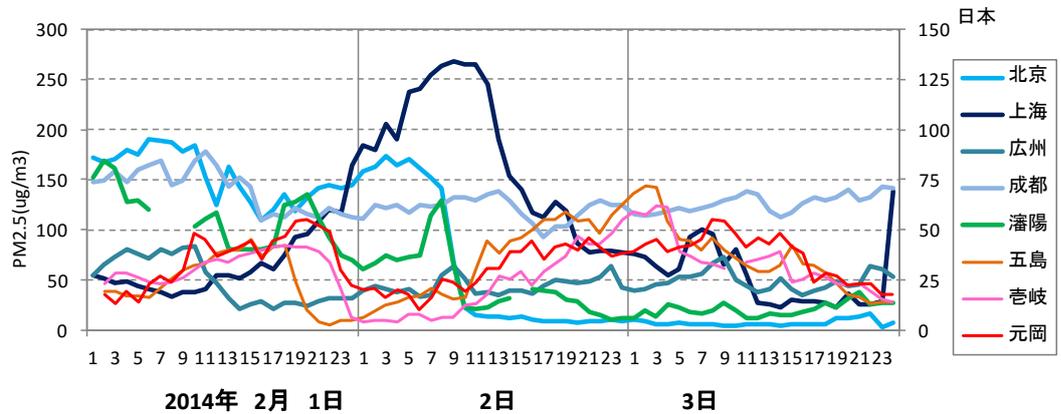


図 5-3-3-7 中国・離島・福岡での PM_{2.5} 濃度

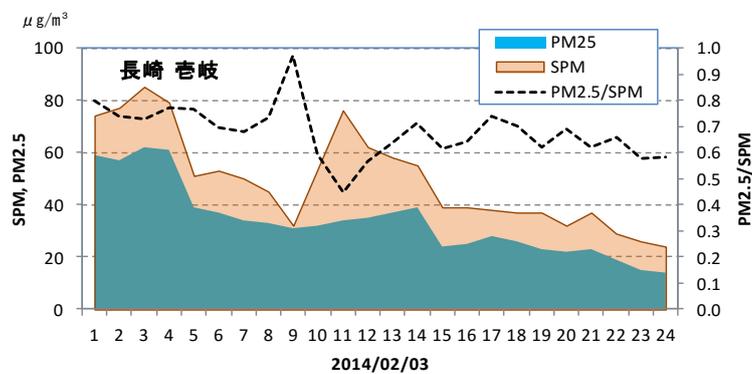


図 5-3-3-8 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

(4) 平成 26 (2014) 年 2 月 25~28 日

煙霧の観測も広く多地点で、PM_{2.5} 高濃度域も広い。後方流跡線は、中国沿岸部からで、CFORS でも濃い sulfate を予測している。福岡での硫酸イオン濃度は 15μg/m³ を超している。北京での PM_{2.5} は 500μg/m³ になっており、中国からの大きな越境汚染による煙霧の影響であると考えられる。一方、関東地方では NO₃⁻ の上昇により PM_{2.5} 濃度が上がっていることから、都市汚染も加わっていると報告²⁹⁾ されている。

表 5-3-4-1 黄砂・煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	2014	2	25	28	山形	仙台	福島	新潟	金沢	福井	前橋	岐阜	名古屋	津
					松江	鳥取	彦根	下関	広島	岡山	神戸	大阪	和歌山	奈良
					福岡	佐賀	大分	長崎	熊本	宮崎	高松	徳島	宇都宮	福井
2013	2014	2	26	30	千葉	山形	仙台	福島	新潟	金沢	富山	長野	宇都宮	福井
					熊谷	つくば	岐阜	名古屋	津	静岡	松江	京都	彦根	広島
					岡山	神戸	大阪	和歌山	奈良	福岡	大分	松山	高松	徳島
2013	2014	2	27	18	盛岡	山形	福島	山形	仙台	福島	新潟	富山	長野	宇都宮
					福井	前橋	熊谷	岐阜	名古屋	静岡	東京	神戸	和歌山	
2013	2014	2	28	13	千葉	山形	福井	甲府	下関	神戸	奈良	福岡	佐賀	長崎
					熊本	鹿児島	松山							
2013	2014	3	1	14	福井	名古屋	甲府	津	静岡	東京	下関	広島	岡山	神戸
					大阪	奈良	宮崎	高松						

黄砂・煙霧観測地点：2014年2月25日

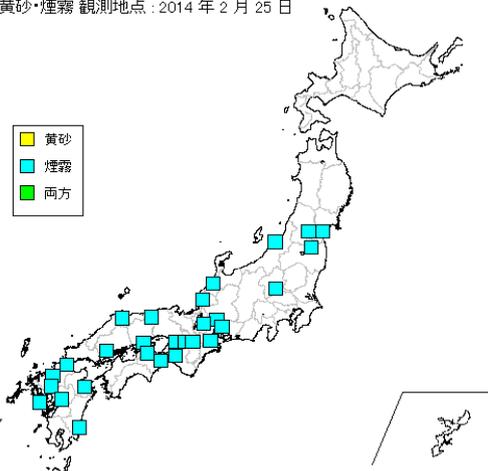
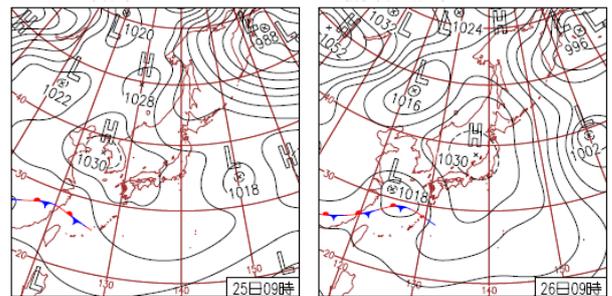


図 5-3-4-1 黄砂・煙霧観測地点



25日(火)3週間ぶりに春の陽気
北陸～東北日本海側と九州南部では曇りや雨、その他は概ね晴れ。最高気温は全国的に平年より高く、3月下旬～4月上旬並となった所も多い。銚子市と熊谷市でヒバリ初鳴。

26日(水)各地で気温4月並
低気圧が九州に接近し西日本は天気下り坂、九州は一日中雨。鹿児島県肝付町内之浦で61.5mm/1h。東～北日本は晴れ。暖気が入って全国的に気温上昇、最高気温は4月並の所も。

図 5-3-4-2 天気図

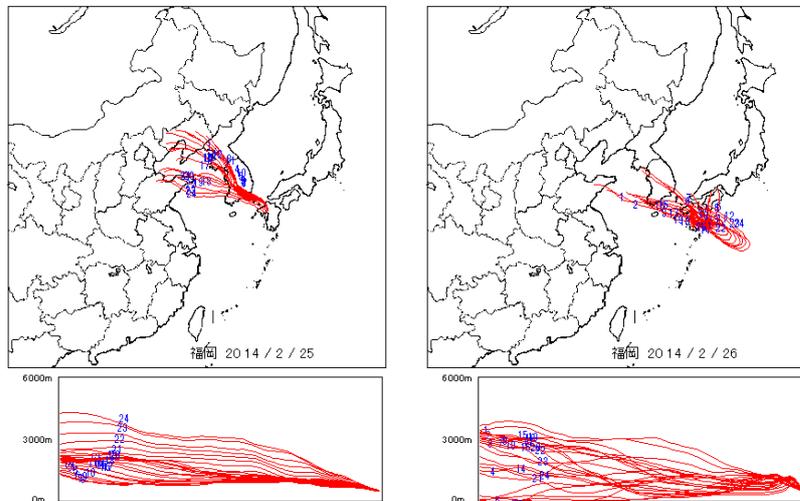
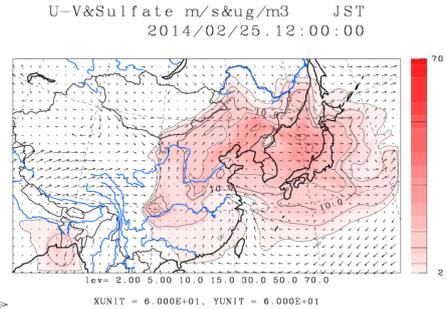


図 5-3-4-3 後方流跡線



図 5-3-4-4 PM_{2.5} 日平均値全国分布



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 5-3-4-5 CFORS 予測結果

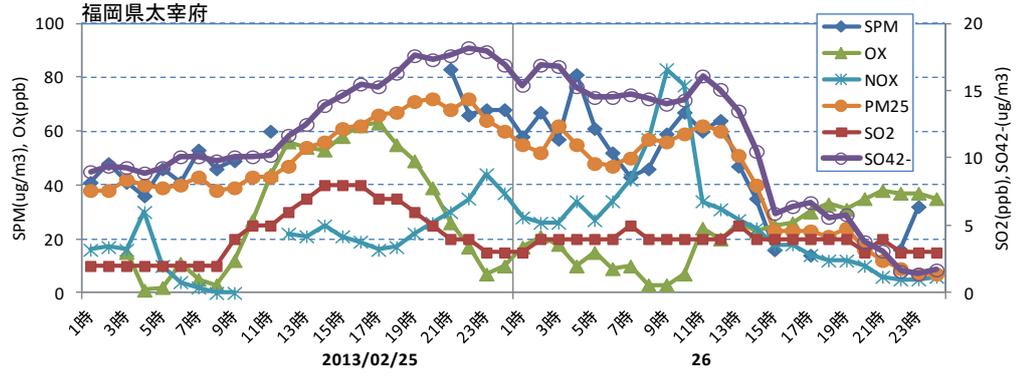


図 5-3-4-6 硫酸イオン濃度

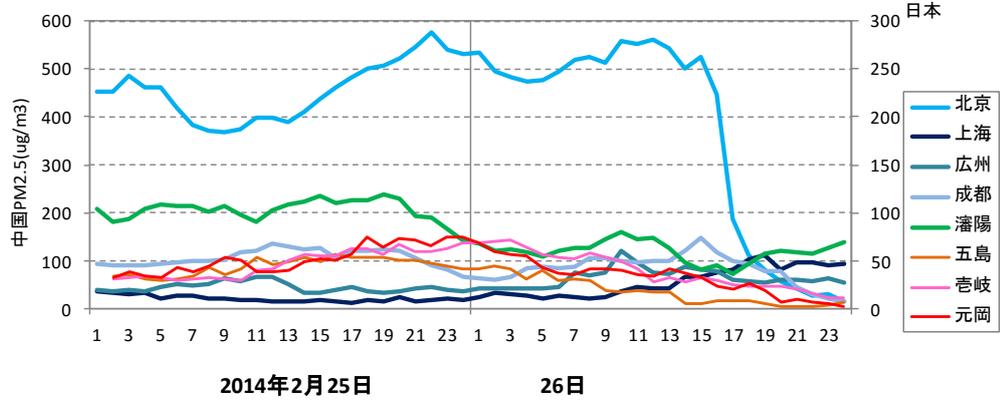


図 5-3-4-7 中国・離島・福岡での PM_{2.5} 濃度

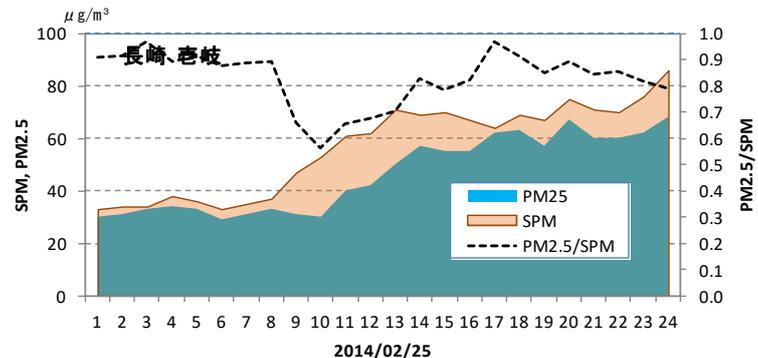


図 5-3-4-8 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

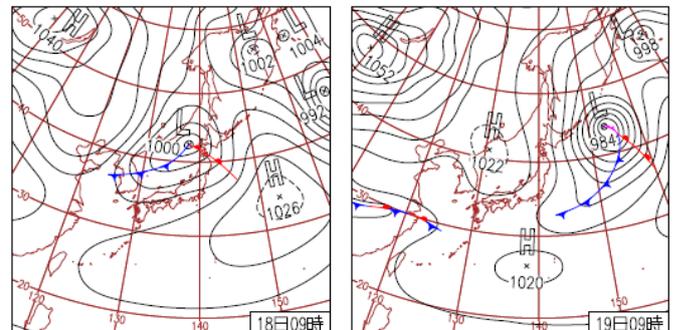
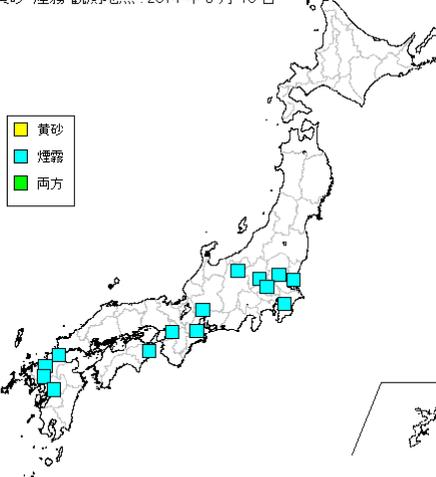
(5) 平成 26 (2014) 年 3 月 18~19 日

煙霧は、九州、関西、関東と広く観測されている。後方流跡線は中国沿岸部上海方面からの流れを示しているおり、福岡での硫酸イオン濃度は $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超す値である。上海での $\text{PM}_{2.5}$ の上昇と、五島、壱岐、福岡（元岡）のピークが時間経過とともに移動しているのが特徴的である。従って、煙霧は、中国沿岸部からの影響が強いと思われる。

表 5-3-5-1 黄砂・煙霧観測地点

年度	年	月	日	地点数	煙霧観測地点									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2013	2014	3	17	12	新潟	長野	岐阜	名古屋	津	彦根	下関	岡山	神戸	大阪
					和歌山	奈良								
2013	2014	3	18	14	長野	宇都宮	前橋	熊谷	つくば	岐阜	津	千葉	下関	大阪
					福岡	佐賀	熊本	徳島						
2013	2014	3	19	15	岐阜	津	下関	岡山	福岡	佐賀	大分	長崎	熊本	鹿児島
					宮崎	松山	高松	高知	徳島					

黄砂・煙霧 観測地点：2014年3月18日



18日(火)春一番
日本海側中心に雨。低気圧に南風が吹き込み、四国と関東で春一番。関東は各地で 20°C を超え最高気温は4月下旬並。高知市で平年より4日早くソメイヨシノ開花、今季国内初。

19日(水)関東南部は曇り
高気圧に覆われ広く晴れたが、関東南部では朝から下層雲広がる。西日本では東シナ海の前線の影響を受け夕方以降雨域拡大。宮崎市、佐賀市、福岡市でサクラ(ソメイヨシノ)開花。

図 5-3-5-2 天気図

図 5-3-5-1 黄砂・煙霧観測地点

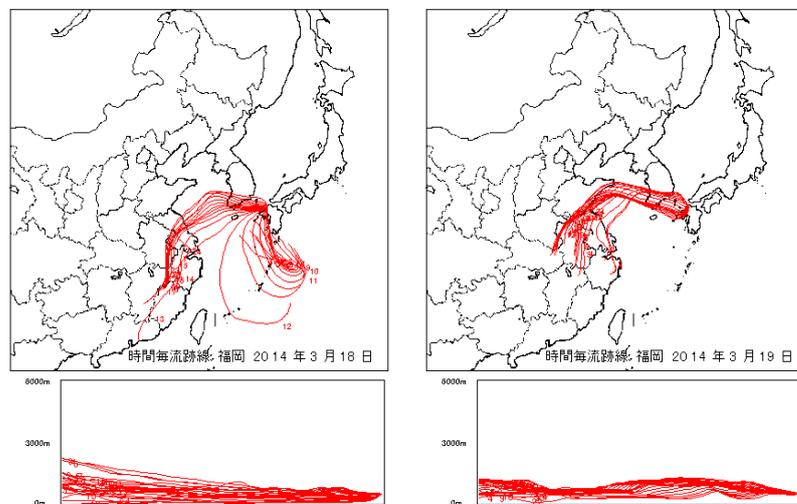


図 5-3-5-3 後方流跡線

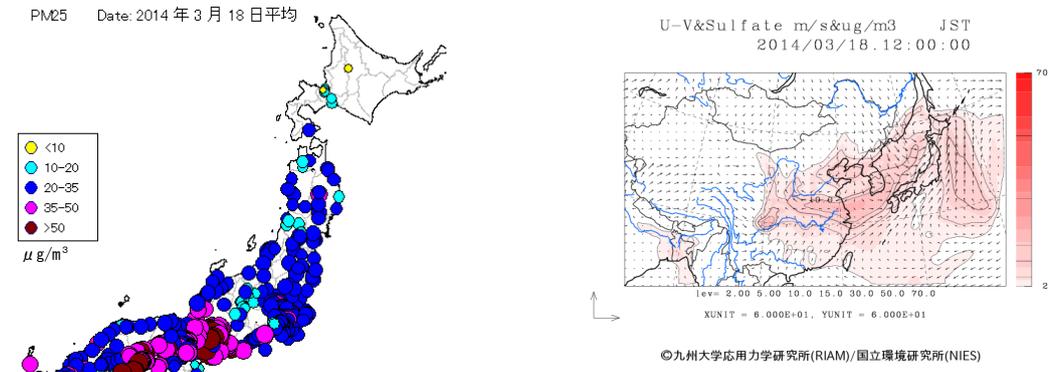


図 5-3-5-5 CFORS 予測結果

図 5-3-5-4 PM_{2.5} 日平均値全国分布

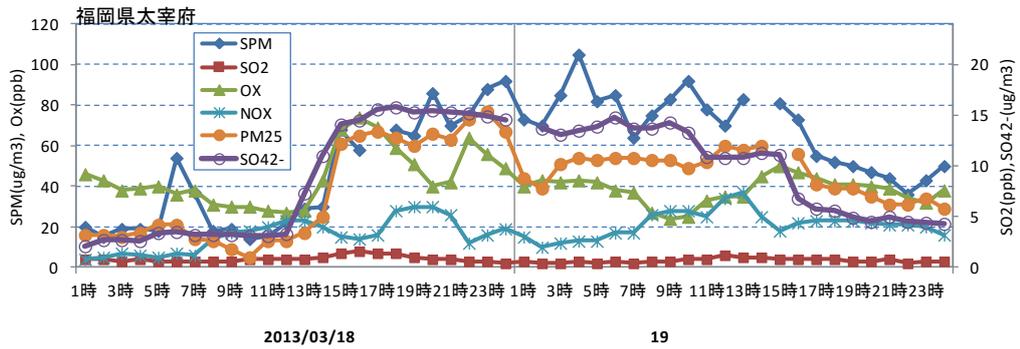


図 5-3-5-6 硫酸イオン濃度

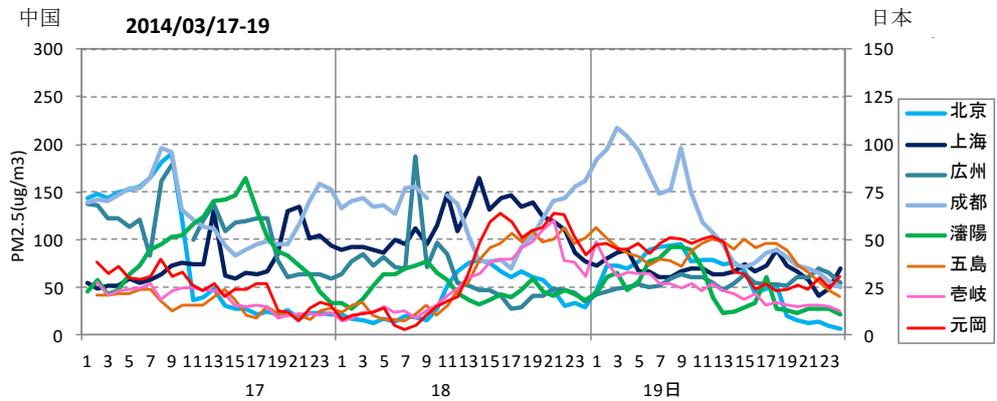


図 5-3-5-7 中国・離島・福岡での PM_{2.5} 濃度

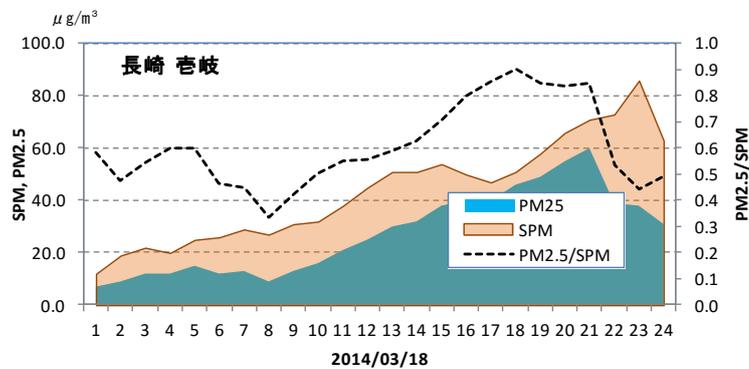


図 5-3-5-8 SPM、PM_{2.5} 濃度と PM_{2.5}/SPM の比

6. 黄砂・煙霧日のPM_{2.5}濃度

黄砂は、PM_{2.5}の環境基準達成に大きな影響を与えていると思われる。また、越境汚染による煙霧の存在も、黄砂と同程度かそれ以上に大きな影響を与える可能性がある。そこで、平成 25（2013）年度の黄砂、煙霧時のPM_{2.5}濃度との関係を検討した。

6.1 黄砂時・煙霧時におけるPM_{2.5}環境基準超過

評価対象測定局は、全国の820局である。2013年度に環境基準値1日平均値35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日数 \times 局は10901で、全体237385（日 \times 局）の4.6%である。図6-1-1には、全体と黄砂日および煙霧日でのPM_{2.5}平均濃度と環境基準超過率をグラフで示している。測定局における黄砂観測日は337（日 \times 局）、黄砂時の平均濃度は20.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、このうち、環境基準値を超えた日数は4（日 \times 局）（1.2%）である。2013年度は、黄砂の飛来回数が非常に少なく、規模も小さかったため、その割合は例年に比べ低くなっている。一方、測定局における煙霧観測日は15217（日 \times 局）、煙霧時の平均濃度は32.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、このうち、環境基準値を超えた日数は5729（日 \times 局）（37.6%）である。

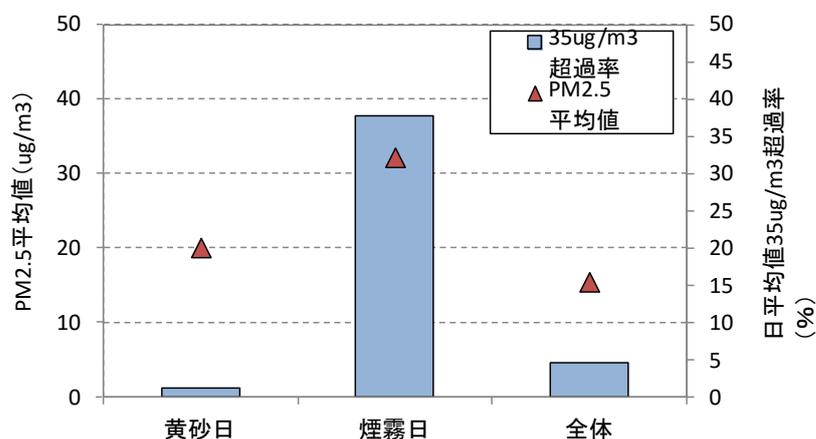


図 6-1-1 黄砂日、煙霧日のPM_{2.5}平均濃度と環境基準超過率

2013年度の地点別に煙霧観測日数と、煙霧日のPM_{2.5}環境基準超過日数を図6-1-2に示す。煙霧については、西日本では東日本に比べて煙霧時の環境基準超過については頻度が高いことが特徴となっている。

図6-1-3に、PM_{2.5}環境基準超過日数と、そのうちの煙霧日数を地点別に示している。この図から、関東以西で環境基準超過日数が多いことが分かる。

図6-1-4には、煙霧時でPM_{2.5}日平均値が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日のPM_{2.5}/SPMの比の平均を県別に示している。全体の平均は0.84で、西日本でやや高い傾向がみられる。

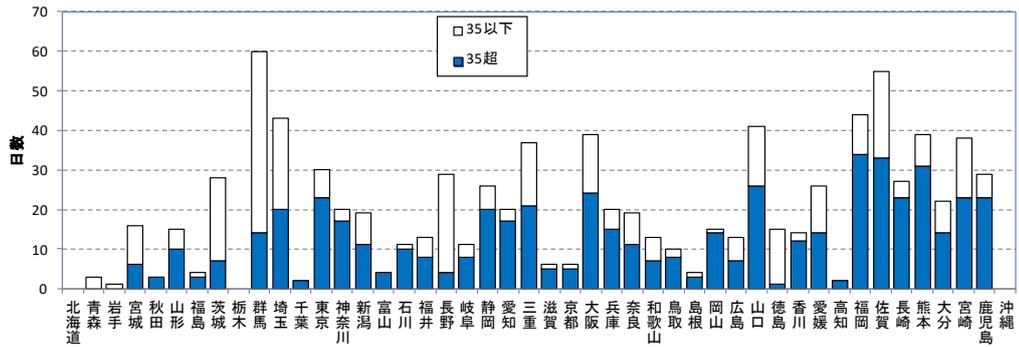


図 6-1-2 地点別の煙霧日数に占めるPM_{2.5}環境基準超過超日数（2013年度）

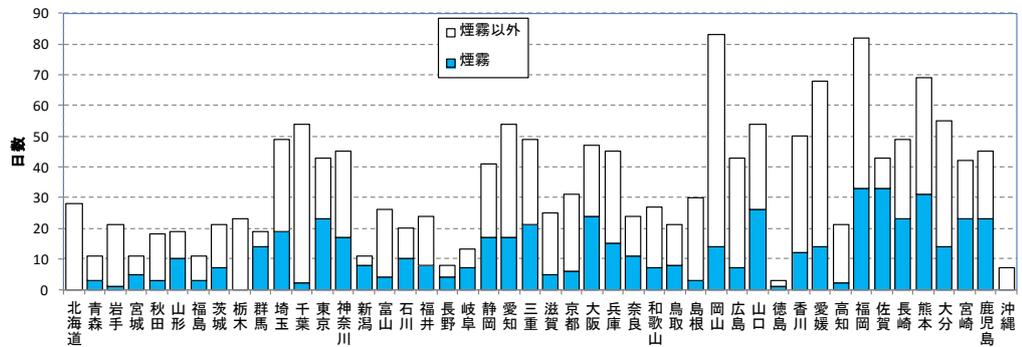


図 6-1-3 地点別のPM_{2.5}環境基準超過日に占める煙霧の割合（2013年度）

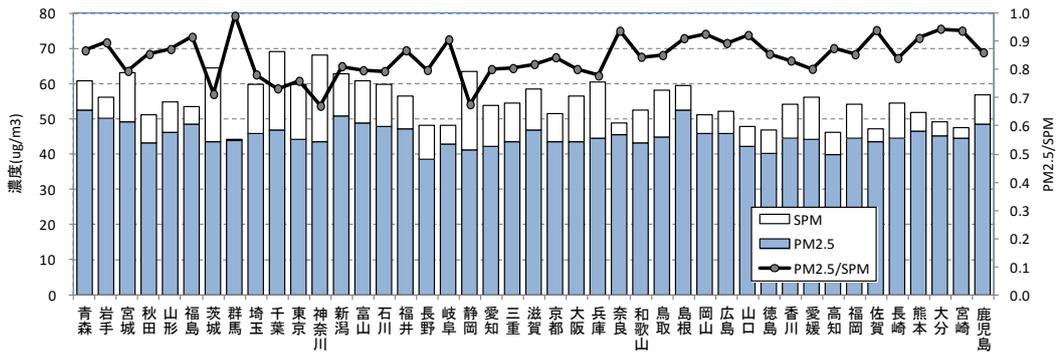


図 6-1-4 煙霧・PM_{2.5}濃度 35µg/m³超時のPM_{2.5}/SPMの比の県別平均

6.2 煙霧時のPM_{2.5}成分濃度

PM_{2.5}成分分析のための試料が採取された2014年2月2～3日は、多くの地点(2日6地点、3日13地点)で煙霧が観測され、PM_{2.5}濃度も上昇していた(煙霧の事例(3)参照)。この時、硝酸イオンと硫酸イオンは、地域によって大きく異なる濃度を示した。図6-2-1に、福岡、大阪、東京での主要成分の濃度構成グラフと後方流跡線を示している。大陸に近い福岡で、硫酸イオン濃度が高く、越境の影響が窺えるが、大阪、東京と東側であるほど、その影響は少ないと思われる。

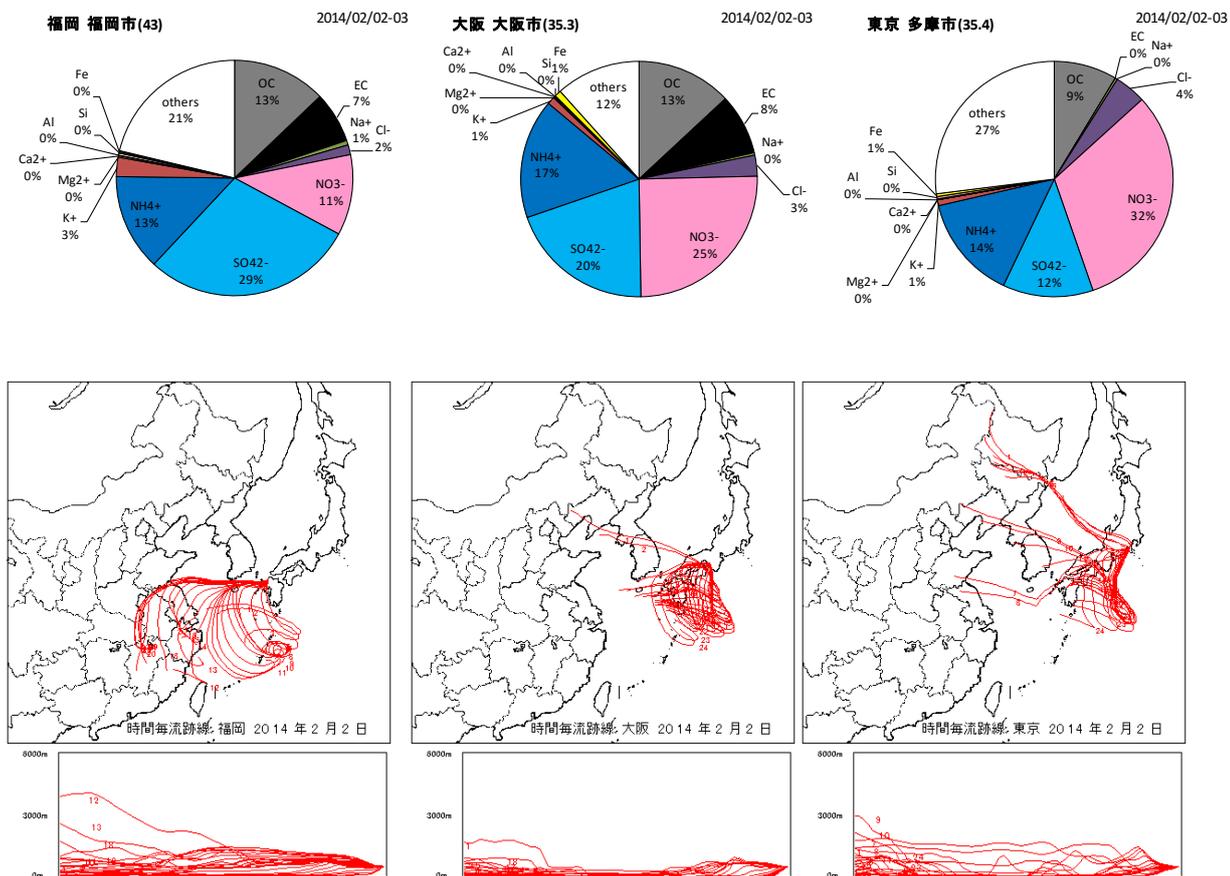


図 6-2-1 煙霧時の地域別のPM_{2.5}成分構成と後方流跡線

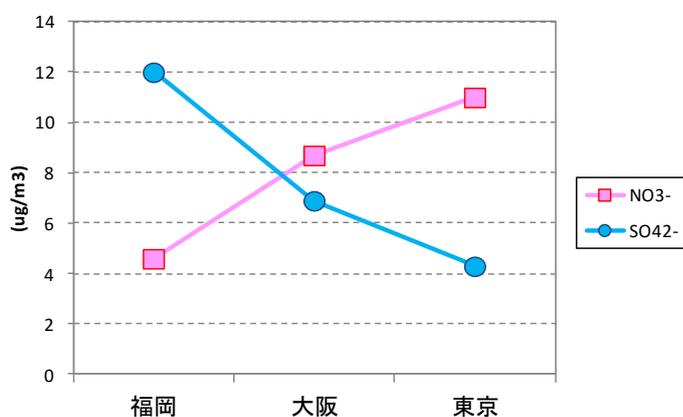


図 6-2-2 地域ごとのNO₃⁻とSO₄²⁻濃度

2013年度において、煙霧時で且つPM_{2.5}重量濃度が35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた件体について、NO₃⁻とSO₄²⁻の散布図を、関東とそれ以外に分けて図6-2-3示している。さらに、NO₃⁻/SO₄²⁻の比を県別に平均し図6-2-4に示している。件体数は地点によって異なるが、おおむね関東でその比が大きく、西日本では小さいことがわかる。図6-2-5には、代表的な例として4府県の平均成分組成を示している。

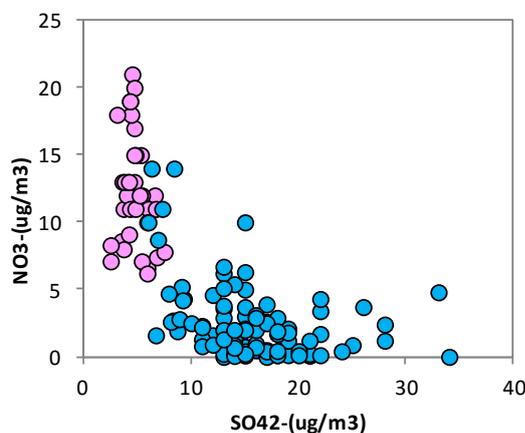


図6-2-3 煙霧時でPM_{2.5}濃度35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超におけるNO₃⁻とSO₄²⁻の散布図
(ピンクは関東、青はそれ以外)

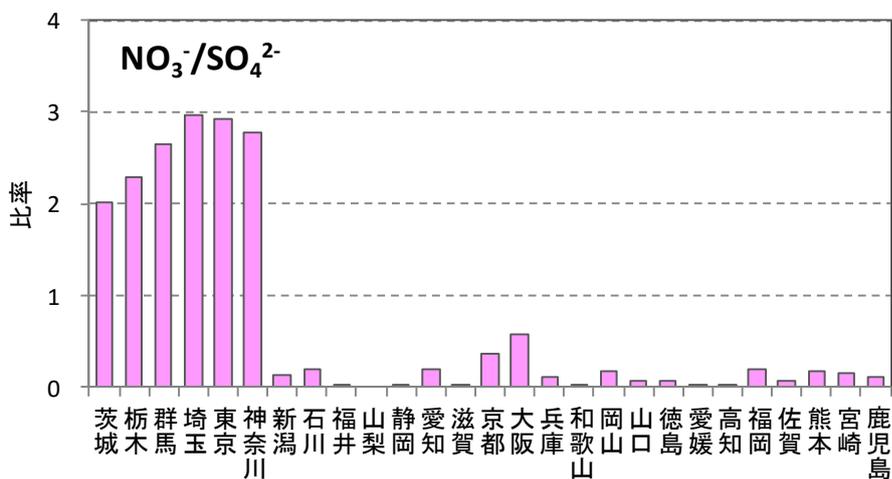


図6-2-4 煙霧時でPM_{2.5}濃度35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 超におけるNO₃⁻/SO₄²⁻の県別平均

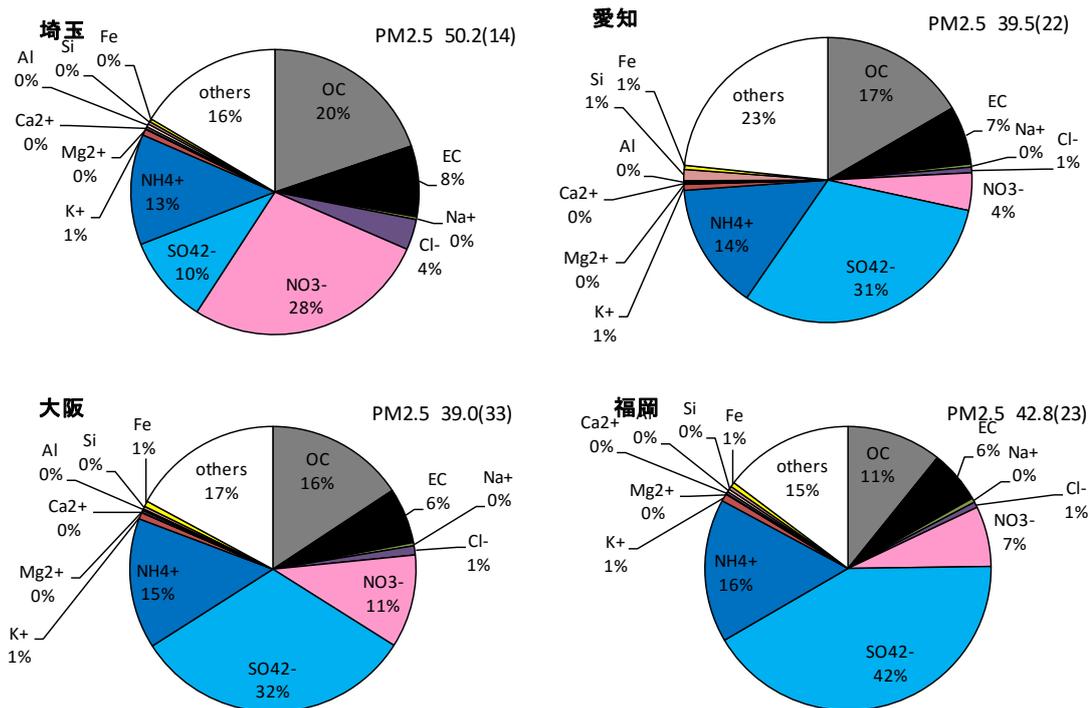


図 6-2-5 各地点における煙霧時で PM_{2.5} 濃度 35μg/m³ 超における成分平均濃度構成
 (図中右 PM_{2.5} の次は平均濃度を示す。カッコ内は件数を示す)

7. ライダー消散係数と SPM・PM_{2.5} 濃度

7.1 ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度による黄砂の検出

ライダーによる観測では、気象台が観測した黄砂日（以下気象台黄砂日）でない日にも黄砂粒子の飛来を示唆するデータが見られることから、ライダー観測データによって得られる下層での黄砂消散係数と SPM 時間値との関係を使って黄砂を検出する方法について、2013 年度データを検討した。

使用したデータは、国立環境研究所ライダー計測値から導き出された黄砂消散係数について、高度 150m～270m の 1 時間平均値（長崎、松江、富山）を算出したものと、ライダー設置地点に隣接する常時監視局での SPM 濃度時間値である。期間は、平成 25（2013）年度の 1 年間である。

黄砂によって SPM 濃度が上昇した場合、ライダーにおける黄砂消散係数と SPM 濃度には、相関関係の存在が予想される。そこで、毎日の黄砂消散係数 1 時間平均値と SPM 時間値との関係をみるために、両者の相関係数、回帰式（傾き、切片）について、24 時間単位で計算を行った。その中から、次の条件に合致するものを抽出した。

- ①1 日のデータが 12 時間以上揃っていること
- ②測定時間が 16 時間以上あるものは、黄砂消散係数と SPM 濃度時間値との相関係数が 0.6 以上、12～15 時間のものは相関係数が 0.7 以上であること
- ③SPM 濃度の日最大値が 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上であること
- ④黄砂消散係数が日最大値 0.05/km 以上であること

表 7-1-1 に、3 地点で抽出した日を示している。1 年間で、長崎 8 日、松江 2 日で、富山では検出されなかった。

表 7-1-1 黄砂消散係数 1 時間平均値と SPM 時間値の相関等の条件による抽出日

長崎													
年	月	日	時間数	消散最大	消散平均	SPM最大	SPM平均	相関係数	傾き	切片	ライダー黄砂	気象台黄砂	気象台煙霧
2013	5	14	24	0.070	0.0355	58	39.1	0.813	543.6	19.8	◎		○
2013	5	21	23	0.067	0.0444	89	61.2	0.790	736.6	28.5	◎		◎
2013	5	23	24	0.109	0.0641	86	71.2	0.658	519.6	37.9	◎		◎
2013	11	17	24	0.254	0.0841	122	44.8	0.841	383.3	12.5	◎		◎
2013	12	4	24	0.053	0.0404	52	36.3	0.719	965.3	-2.7	◎		◎
2014	1	12	24	0.076	0.0389	67	40.3	0.811	590.7	17.4	◎		◎
2014	1	13	24	0.069	0.0314	60	33.8	0.774	794.9	8.8	◎		◎
2014	1	17	24	0.072	0.0348	64	40.2	0.811	759.1	13.7	◎		◎
2014	1	20	22	0.327	0.0800	130	39.3	0.640	176.8	25.1	◎	○	◎

松江													
年	月	日	時間数	消散最大	消散平均	SPM最大	SPM平均	相関係数	傾き	切片	ライダー黄砂	気象台黄砂	気象台煙霧
2014	2	1	24	0.111	0.0551	51	25.7	0.641	405.3	3.4	◎		○
2014	2	25	24	0.103	0.0562	88	56.0	0.813	609.1	21.8	◎		◎

単位) SPM : $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、消散係数 : km^{-1}

7.2 ライダーによる黄砂検出日の状況

黄砂として検出された長崎の 8 事例、松江の 2 事例について、その時の状況を後方流跡線や SPM 濃度分布などで検討したところ、主に次に示す 6 事例（7 日）に黄砂の可能性が確認された。特に、③2013 年 11 月 17 日は、黄砂消散係数と SPM 濃度の変化パターン、SPM の地域での上昇、後方流跡線の軌跡、CFORS の予測など、黄砂の様子が明確にみられている。

①2013 年 5 月 21 日

煙霧の事例(1)に示すように、西日本を中心に煙霧が多地点で観測された時である。SPM 濃度は $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ とあまり高くなっていないが、モンゴルでのダストの観測や後方流跡線、SPM の地域的な上昇など黄砂の可能性は高い。

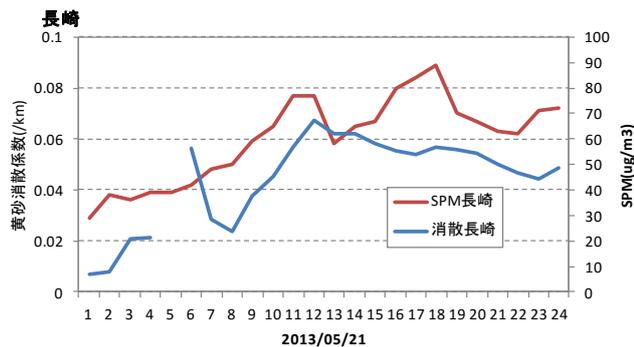


図 7-2-1-1 黄砂消散係数と SPM の経時変化

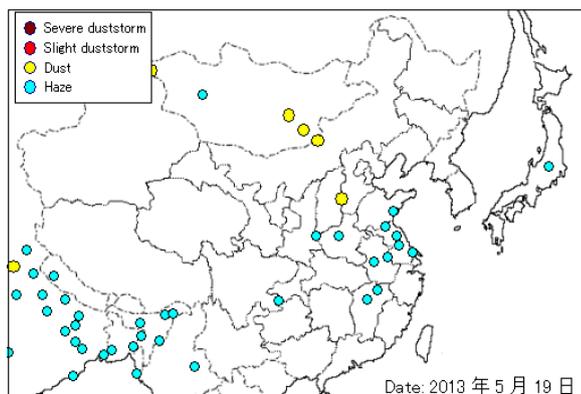


図 7-2-1-2 砂塵嵐発生状況

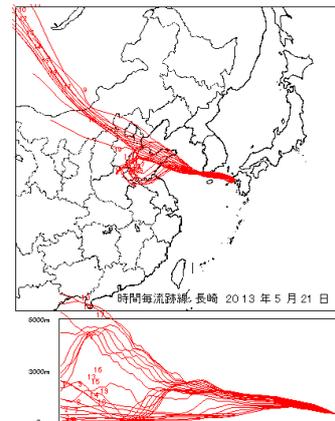


図 7-2-1-3 後方流跡線

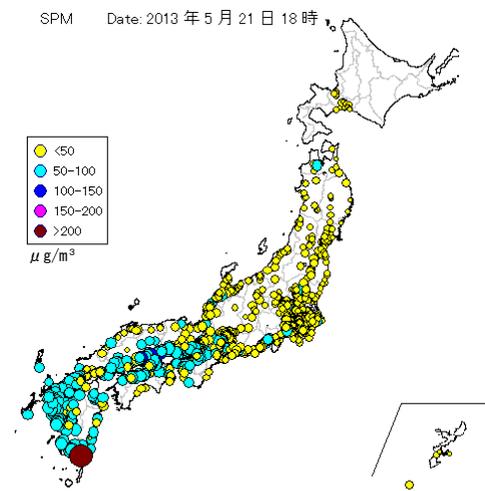


図 7-2-1-4 SPM 濃度全国分布

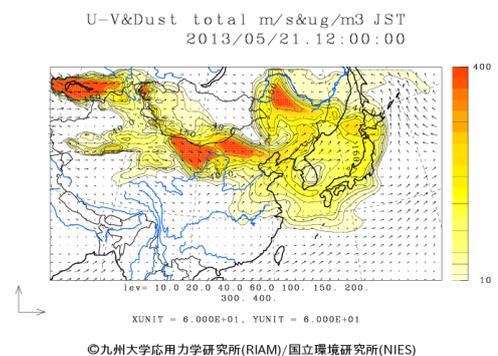


図 7-2-1-5 CFORS (dust) 予測結果

② 2013年5月23日

SPM濃度が $80\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上になり、後方流跡線の流れはあまり明確でないが、砂塵嵐の発生、地域的なSPMの上昇など、煙霧(5.3. 事例01)とともに黄砂も飛来してきたことが考えられる。

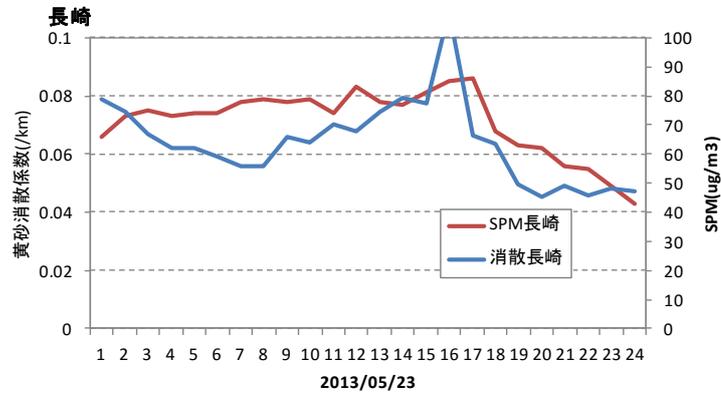


図 7-2-2-1 黄砂消散係数と SPM の経時変化

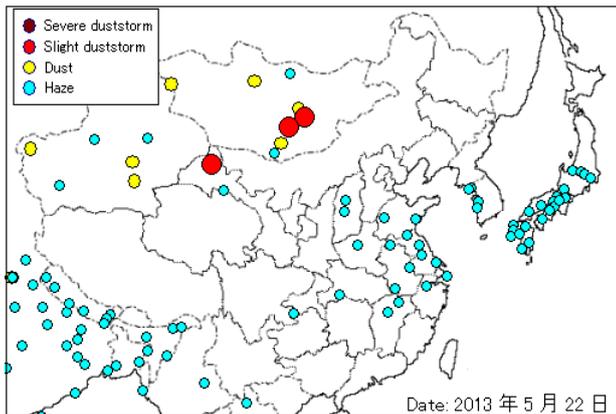


図 7-2-2-2 砂塵嵐発生状況

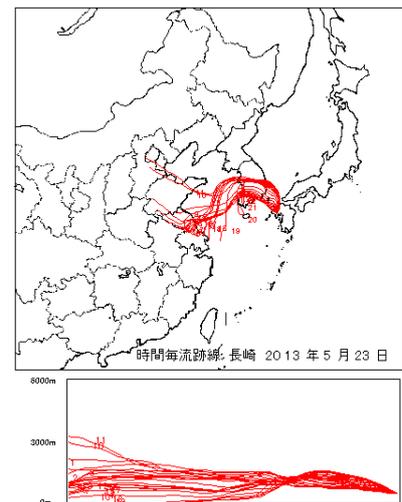


図 7-2-2-3 後方流跡線

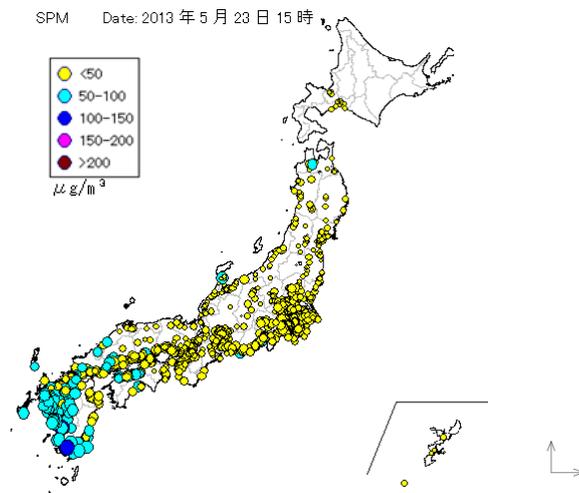


図 7-2-2-4 SPM 濃度全国分布

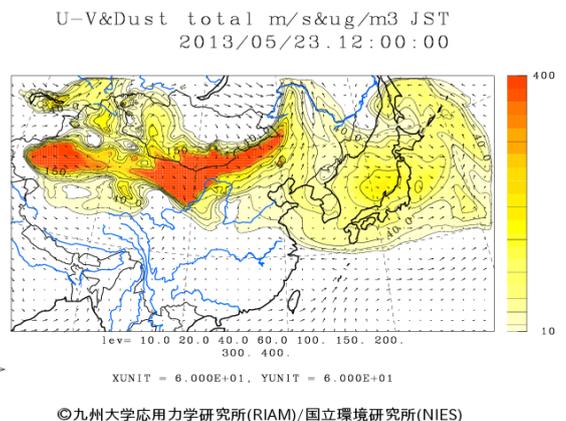


図 7-2-2-5 CFORS(dust) 予測結果

③ 2013年11月17日

SPM濃度の高さと北部九州での地域的な上昇、後方流跡線、CFORSなどから北部九州に限定的に飛来してきた黄砂と考えられる。

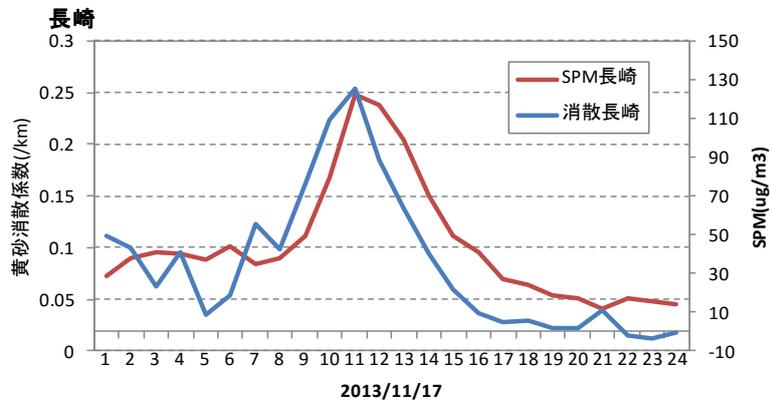


図 7-2-3-1 黄砂消散係数と SPM の経時変化

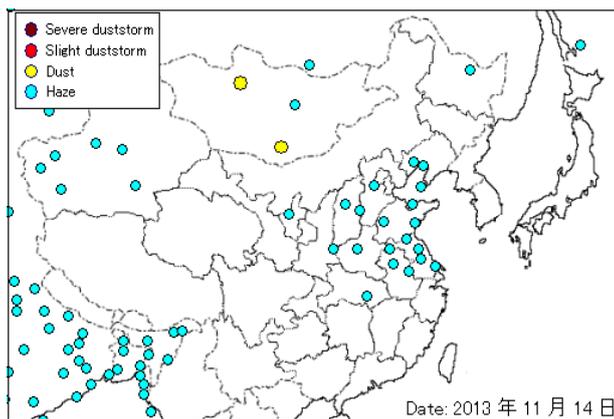


図 7-2-3-2 砂塵嵐発生状況

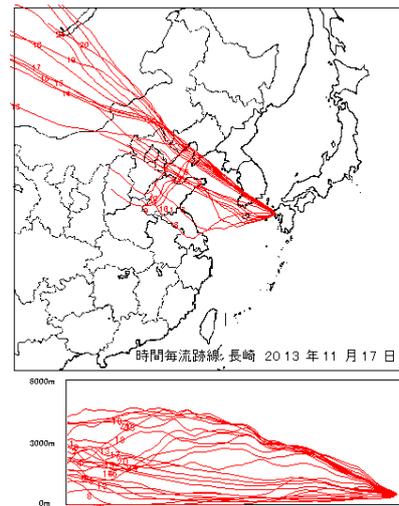


図 7-2-3-3 後方流跡線

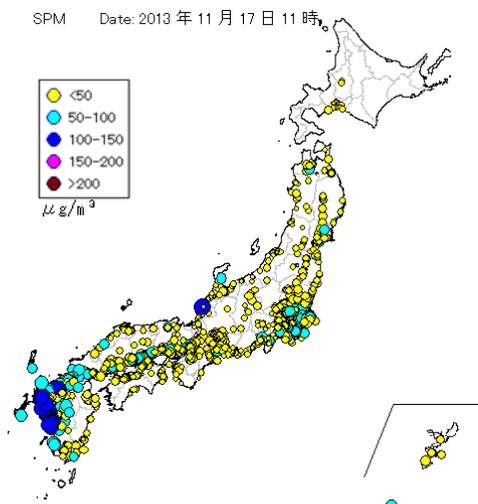


図 7-2-3-4 SPM 濃度全国分布

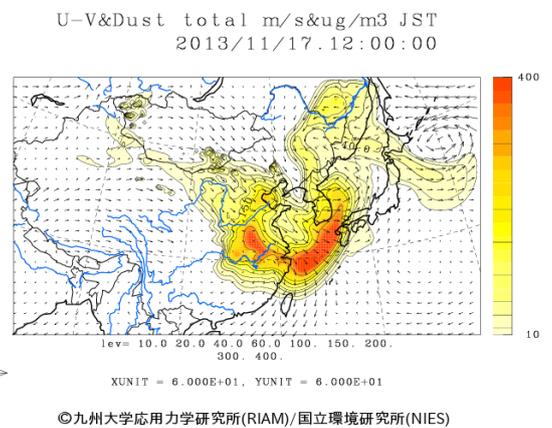


図 7-2-3-5 CFORS (dust) 予測結果

④ 2014年1月12～13日

煙霧も多地点で観測されているが、SPMの地域的な上昇や後方流跡線から黄砂も同時に飛来してきている可能性は高い。

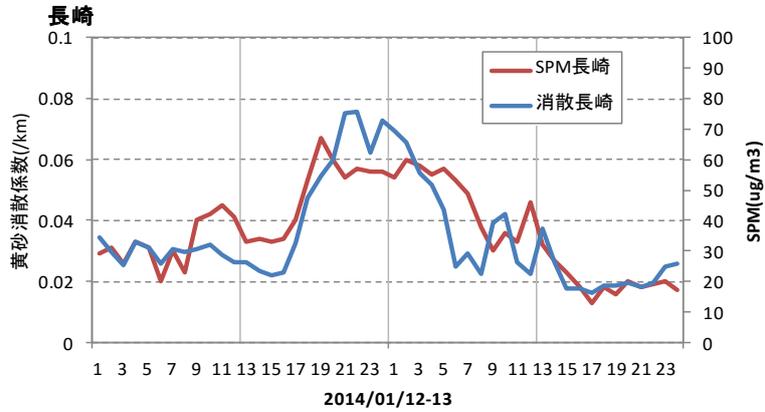


図 7-2-4-1 黄砂消散係数と SPM の経時変化

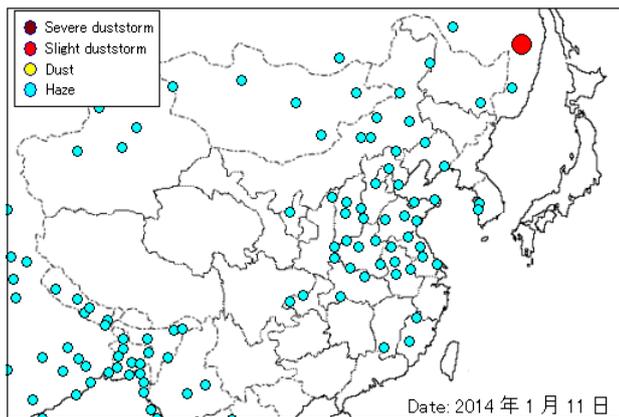


図 7-2-4-2 砂塵嵐発生状況

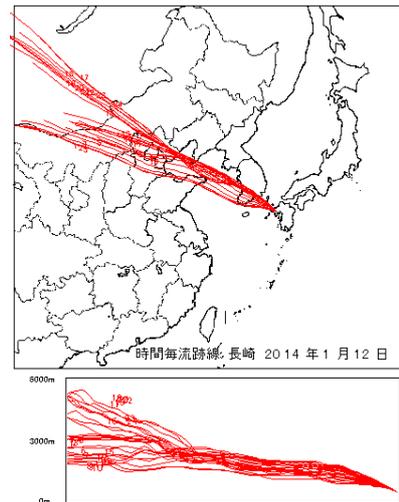


図 7-2-4-3 後方流跡線

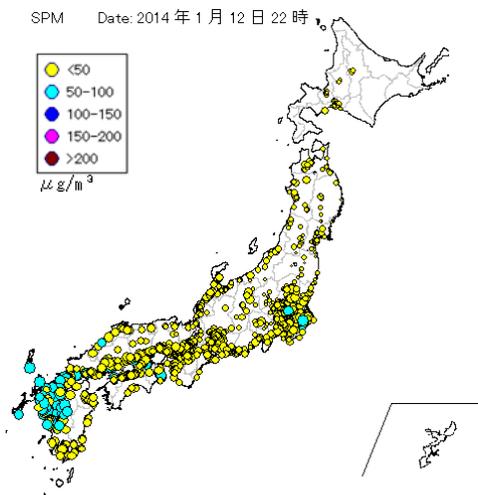
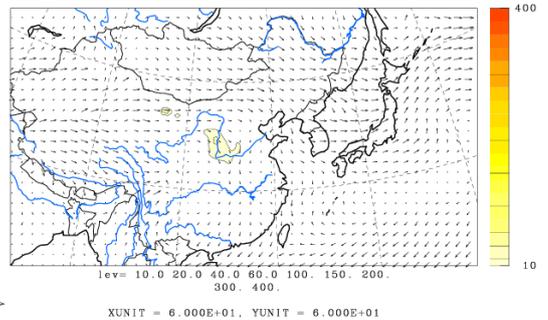


図 7-2-4-4 SPM 濃度全国分布

U-V&Dust total m/s&μg/m³ JST
2014/01/12. 12:00:00



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 7-2-4-5 CFORS (dust) 予測結果

⑤ 2014年1月20日

前例と同様に煙霧が多地点で観測されているが、SPMが $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ を越す高濃度であり、後方流跡線からも同時飛来が考えられる。

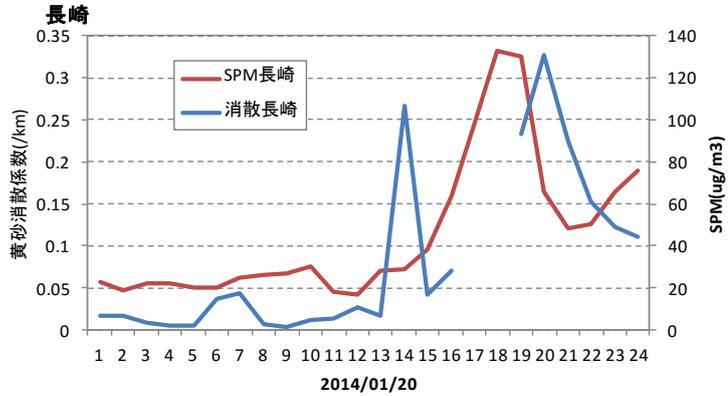


図 7-2-5-1 黄砂消散係数と SPM の経時変化

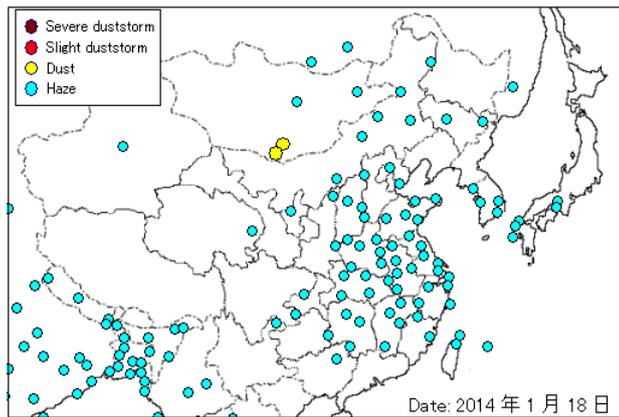


図 7-2-5-2 砂塵嵐発生状況

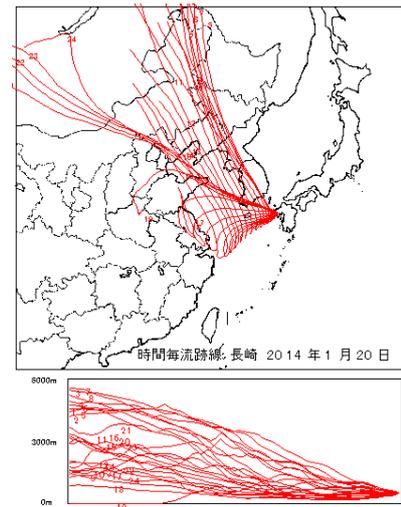


図 7-2-5-3 後方流跡線

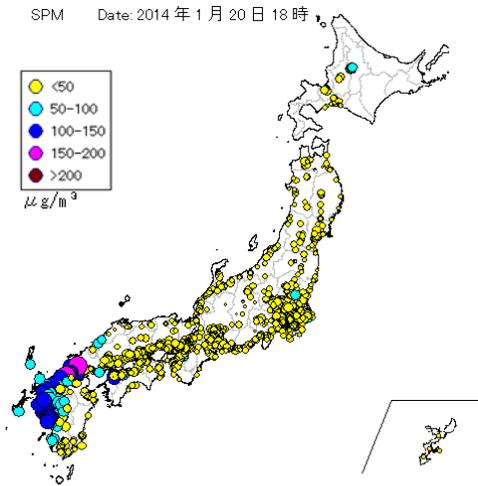


図 7-2-5-4 SPM 濃度全国分布

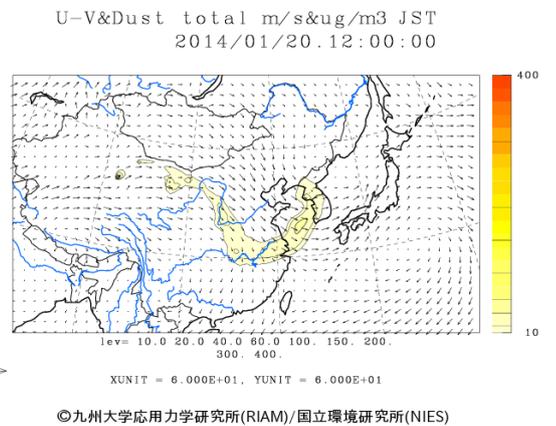


図 7-2-5-5 CFORS (dust) 予測結果

©2014年2月25日

松江での事例である。SPM濃度も高く山陰を中心に広く広がっている。後方流跡線や砂塵嵐の発生はそれほど明確ではないが、黄砂飛来の可能性は高い。

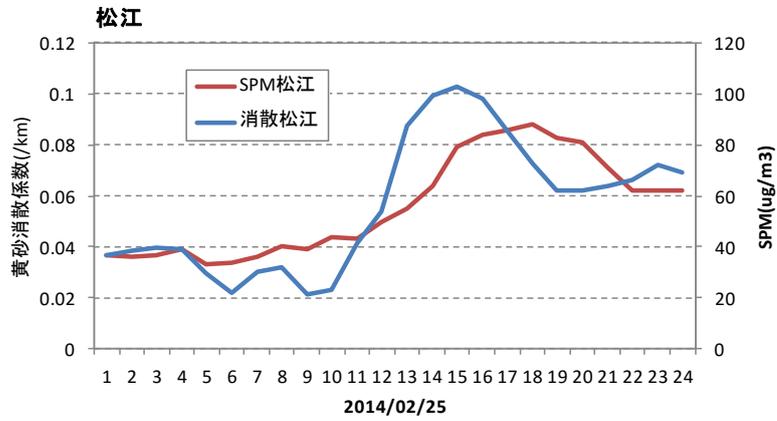


図 7-2-6-1 黄砂消散係数と SPM の経時変化

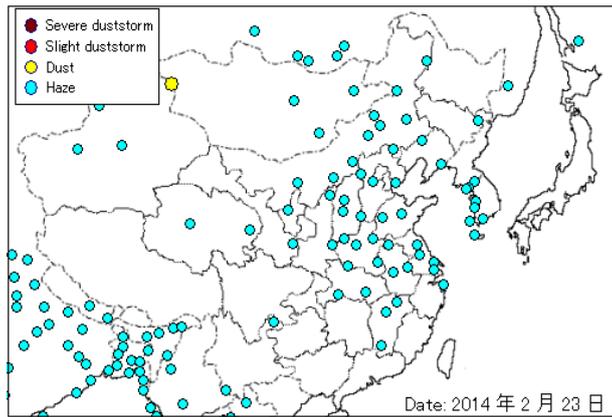


図 7-2-6-2 砂塵嵐発生状況

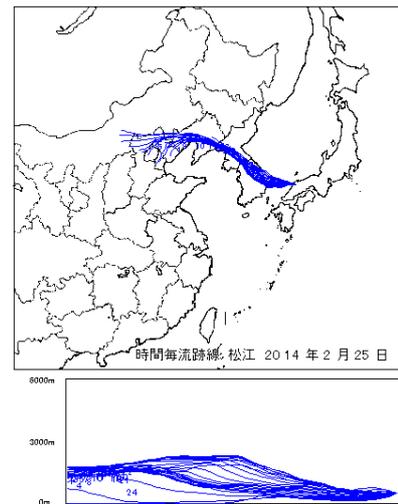


図 7-2-6-3 後方流跡線

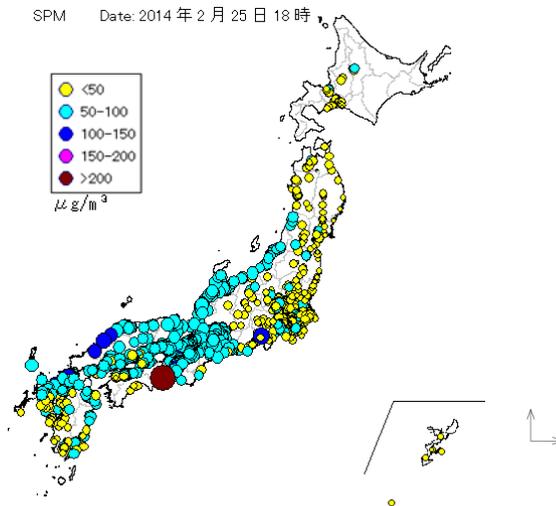
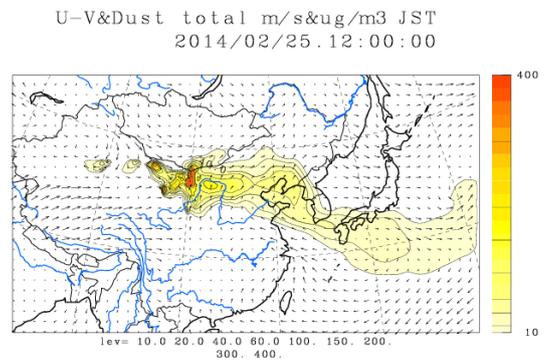


図 7-2-6-4 SPM 濃度全国分布



©九州大学応用力学研究所(RIAM)/国立環境研究所(NIES)

図 7-2-6-5 CFORS (dust) 予測結果

7.3 ライダー球形消散係数と PM_{2.5} 濃度の関係

長崎県五島は、九州本土から西約 70km、中国江蘇省から東約 680km に位置し、大陸からの長距離輸送での通過点と考えられる。

五島におけるライダー球形消散係数と PM_{2.5} 濃度の 1 年間の推移を図 7-3-1 に示す。両者が比較的対応している様子を見ることができる。

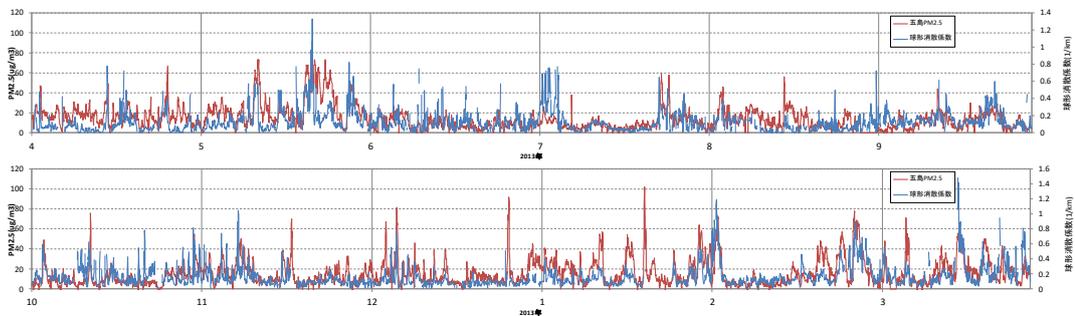


図 7-3-1 五島におけるライダー球形消散係数と PM_{2.5} の経時変化（2013 年度）

前節の黄砂消散係数と SPM 濃度との関係と同様に、球形消散係数と PM_{2.5} 濃度関係をみた。その結果、1 日での両者の相関がよかった 3 事例について、散布図、後方流跡線図を示している。いずれも PM_{2.5} 濃度が高く、大陸からの影響により、球形消散係数が上昇している様子を見ることができる。

2013 年 12 月 6 日

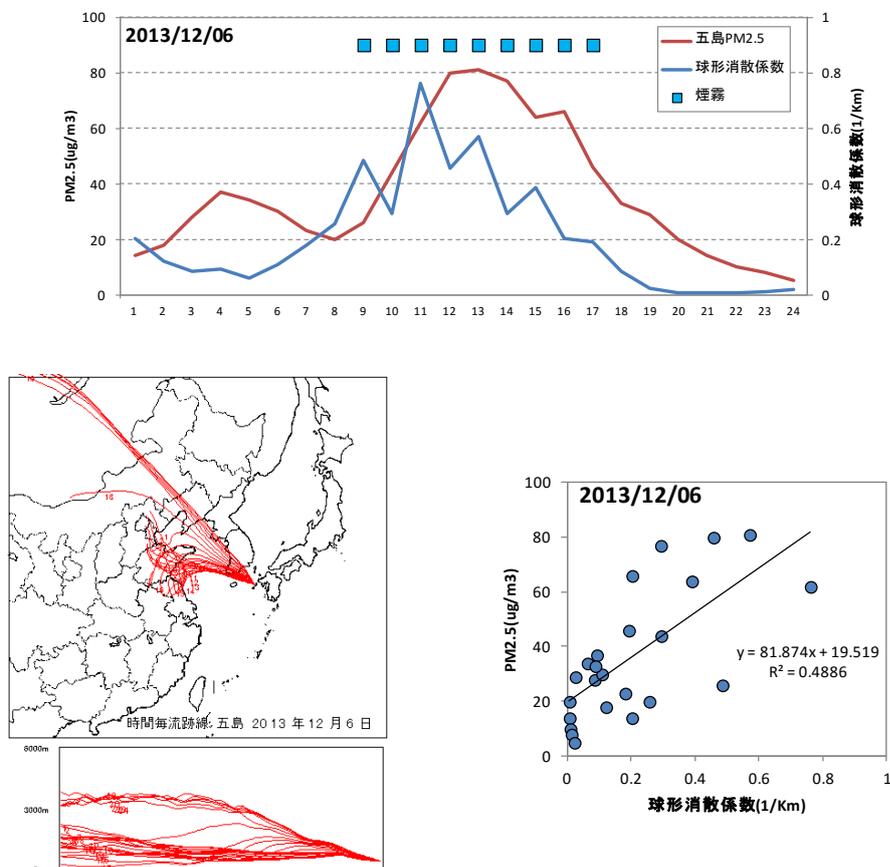
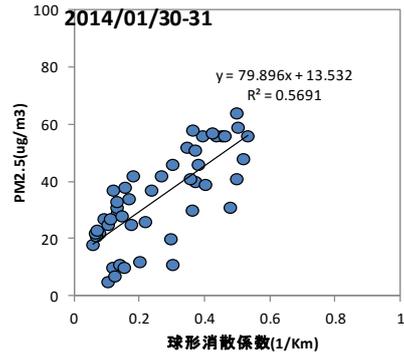
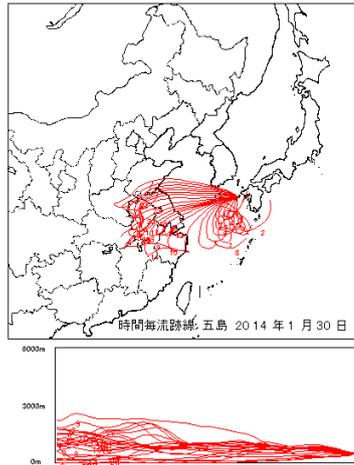
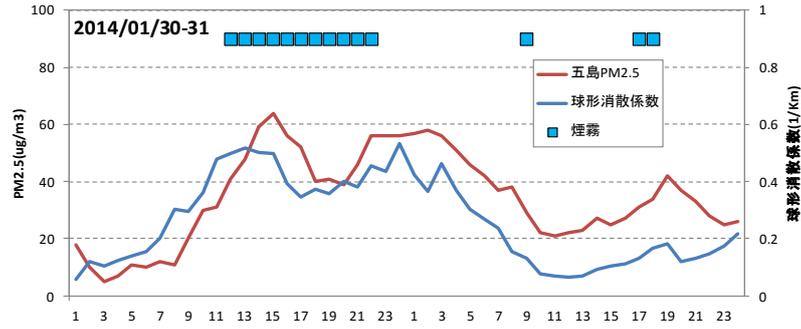


図 7-3-2(1) 黄砂球形消散係数と PM_{2.5} の相関と後方流跡線

2014年1月30~31日



2014年2月27~28日

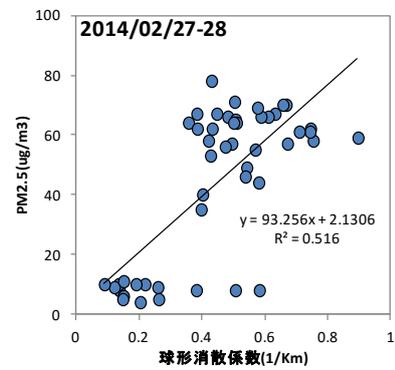
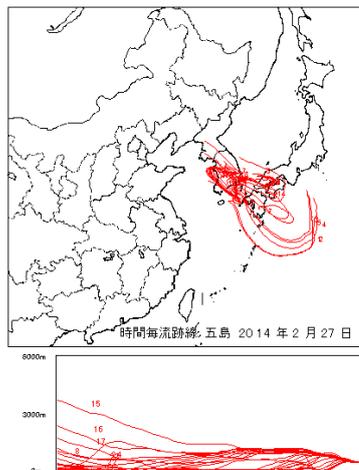
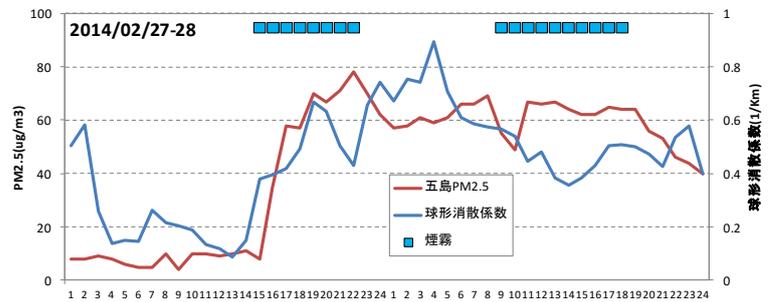


図 7-3-2(2) 黄砂球形消散係数と PM_{2.5} の相関と後方流跡線

8. 後方流跡線と PM_{2.5} 濃度

後方流跡線の方位と PM_{2.5} 濃度の関係について、中国大陸に近く、かつ付近の影響を受けにくい離島である長崎県五島を対象に検討した。

日毎の後方流跡線の主方位（24h データをもとに判定）の年間日数の割合と、方位別の PM_{2.5} 平均濃度を図 8-2-1 に示している。図 8-2-2 の方位別の日数と平均濃度を円グラフで示している。両方のグラフから、年間の飛来頻度としては NNW 方向が多く、また PM_{2.5} 濃度の上昇が顕著なのは WSW 方向であることが分かる。

図 8-2-3 は、月毎の割合と PM_{2.5} 平均濃度である。6～8 月の方位が他の月とは大きく異なっていること、PM_{2.5} 濃度が高くなっている 5 月は NNW、WNW、WSW 方位の割合が高くなっていることが分かる。

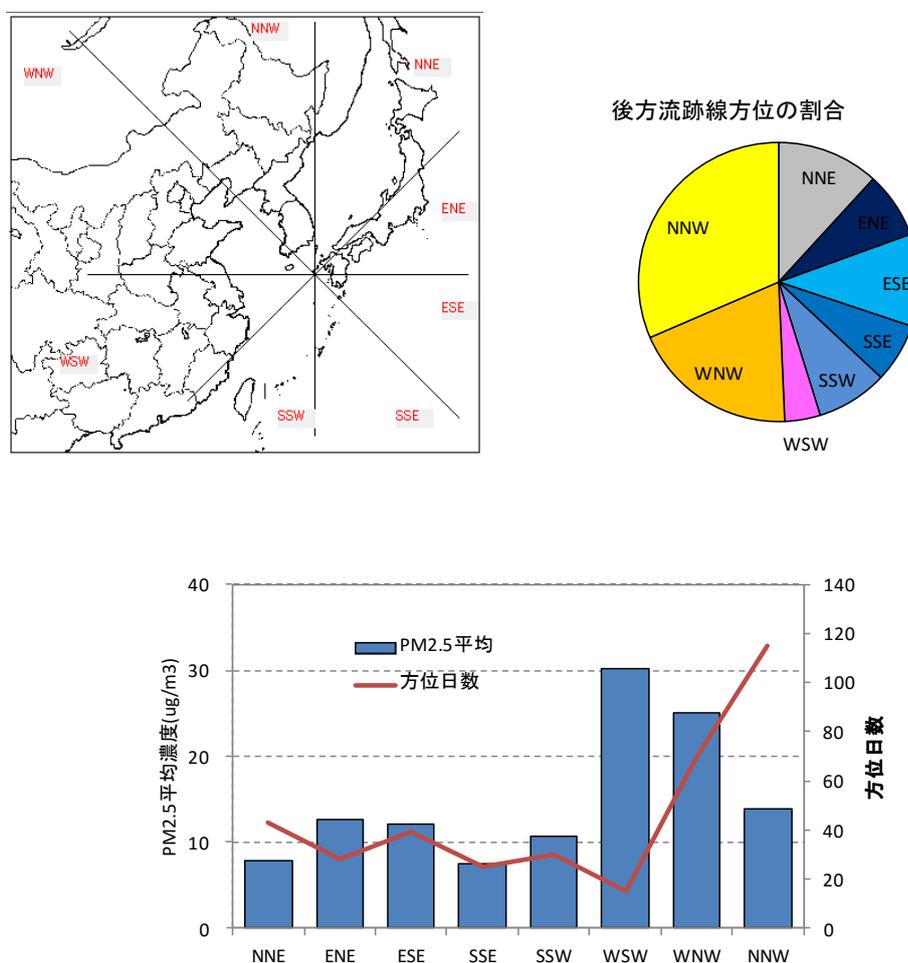


図 8-2-1 五島での方位別の後方流跡線日数と方位毎の PM_{2.5} 平均濃度

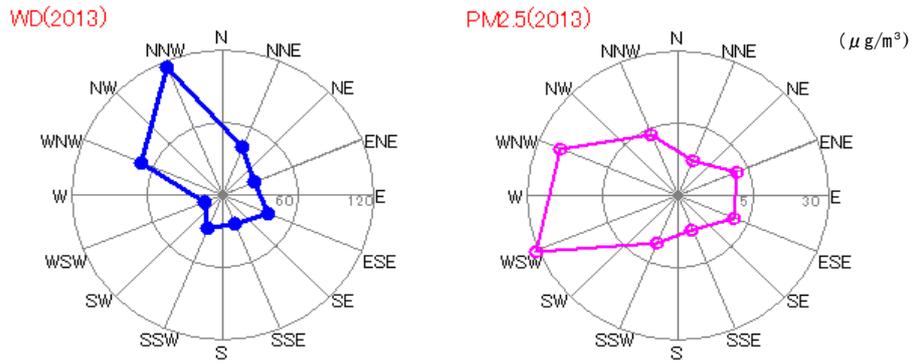


図 8-2-2 後方流跡線の方位別日数と PM_{2.5} 方位別平均濃度

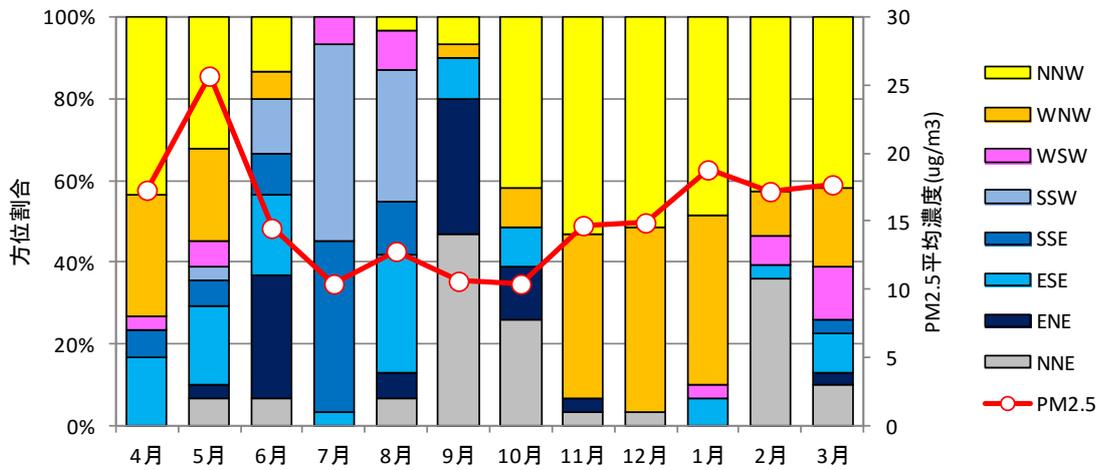


図 8-2-3 五島での月別後方流跡線方向と PM_{2.5} 平均濃度

年間の毎時間後方流跡線とその時の PM_{2.5} 濃度から、5° メッシュ通過時の PM_{2.5} 平均値を算出し、図 8-2-5 に示した。棒グラフは PM_{2.5} の平均濃度であるが、図 8-2-6 に示したメッシュ地図の色と対応している。この値から、五島へは中国沿岸部の 10、13、14、15 エリアからの影響が大きいことが分かる。

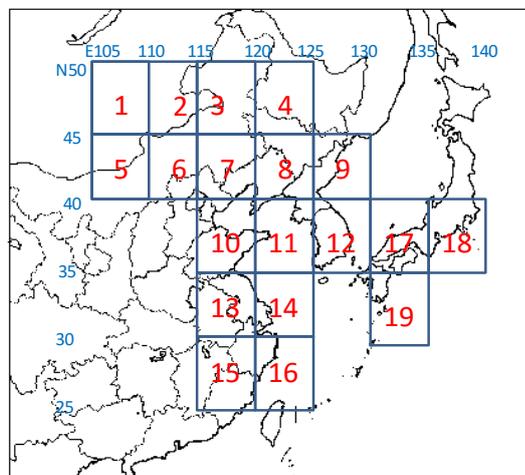


図 8-2-4 東アジアでの地域メッシュ (5°)

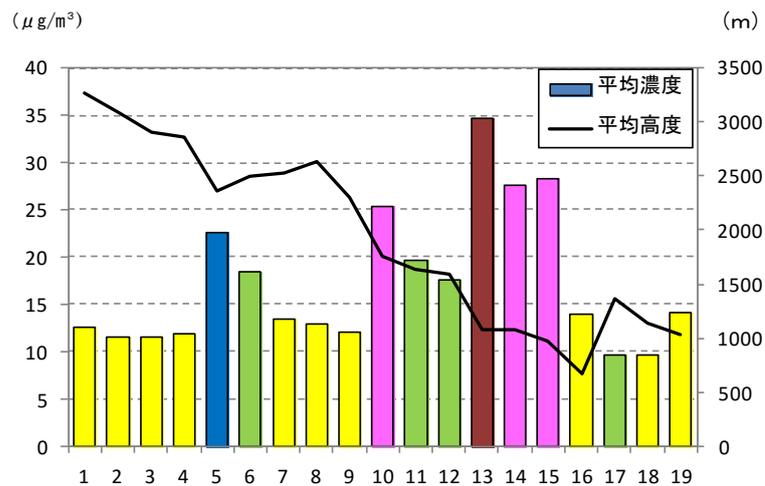


図 8-2-5 後方流跡線軌跡のメッシュ毎 PM_{2.5} 平均濃度
 (棒グラフの色は図 3-2-6 の地図上の色と対応している)

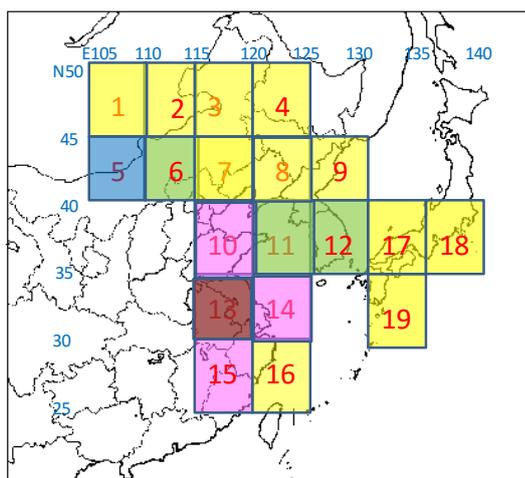


図 8-2-6 メッシュごとの PM_{2.5} 寄与濃度

9. 日中韓黄砂共同研究WG I との連携

日中韓黄砂共同研究 WG I（モニタリング・早期警報システム）と連携を強化することを目的に、WG I 検討委員のメンバー（下表参照）に対してヒアリングを実施した。

9.1. ヒアリング内容

ヒアリングを実施した WG I 検討委員は下表のとおりである。

No.	氏名	所属	備考
1	西川 雅高	東京理科大学	モニタリング、分析、黄砂問題検討会
2	杉本 伸夫	国立環境研究所	モデル、ライダー
3	鶴野 伊津志	九州大学	モデル、黄砂問題検討会
4	三上 正男	気象研究所	モニタリング、モデル、黄砂問題検討会
5	眞木 貴史	気象研究所	モデル

なお、黄砂問題検討会と WG I では、それぞれ議論とする対象年が異なることに留意する必要がある。黄砂問題検討会では 1 年前の黄砂事例を対象としているが、WG I では 2 年前の黄砂事例を対象としている。

9.2. ヒアリング結果

WG I 検討委員のヒアリング結果は表 9-1 でまとめたとおりであり、複数の検討委員の共通した意見として「成分分析の重要性」、「PM_{2.5} への拡充」などが挙げられた。

このほかモデル、ライダーなど、その有用性についての意見もあり、また新たな視点による提案としては、最近開発された測定器（例えば、偏光 OPC やエアロゾルの自動分析装置）などの観測結果の検討や、黄砂の観測の標準化・機器の統一化についての検討も挙げられた。また、同時に、黄砂問題検討会による WG I データの活用と状況把握の方法についても指摘があった。

9.3. 今後の方針

以上から、黄砂問題検討会では、WG I とのさらなる連携を強めるため、以下のように WG I に対してアウトプットとインプットを行うことが望ましい。具体的な内容については、今後の課題とする。

【WG I へのアウトプット】

○成分分析 (PM_{2.5})

成分分析は、現状、他の国からの情報が少ない。一方で、日本では全国各地で PM_{2.5} の成分分析が実施されており、情報が豊富にある。黄砂問題検討会では国内における黄砂時、煙霧時の事例解析の結果を集積しつつ、各事例に PM_{2.5} の成分分析結果を加え、WG I に情報提供することが可能である。これらの情報を WG I を通じて日本から他の国に発信することにより、成分分析の議論を活発化させることも期待される。

○PM_{2.5}

PM_{2.5} は、WG I においても関心が高い。日本で黄砂や煙霧が見られる場合には、高濃度の PM_{2.5} が観測されるケースが多い。したがって、これらの状況における PM_{2.5} 汚染の把握、発生の要因等について検討を加えていくことが望ましい。その方法として、後方流

跡線などの解析手法を加えて解析することも考えられる。また、将来的には国内だけでなく、東アジア域での情報を集約することができれば十分な情報が提供できると考えられる。

【WG I からのインプット】

WG I の解析対象年は、黄砂問題検討会のものより過去のものとなる。黄砂問題検討会では数年に1回、中間報告をとりまとめていることから、WG I の情報は、中間報告に盛り込むこととする。その内容としては、モデルの評価・比較や他国のモニタリングデータの利用等が考えられる。

表 9-1(1) WG I 検討委員ヒアリング結果

検討委員	成分	PM2.5	モデル	ライダー
国内の検討会とWG I との連携	<ul style="list-style-type: none"> 成分分析は他の国からの情報もあまりないため、これらの提供は役に立つのではないか。成分分析は西川先生が詳しく、過去に成分について幾つか発表されている。 	<ul style="list-style-type: none"> PM2.5は近年社会的関心も高いため、将来的には黄砂だけではなく、PM2.5まで含め、さらに国内から東アジア地域に広げて議論すると良いのではないか。 	<ul style="list-style-type: none"> 各国のモデル(日本マジンガー、韓国アダム、中国モデル)の結果についても共有しており、ホームページ上に情報をあげている。 	
黄砂問題検討会で関連し役立つ情報	<ul style="list-style-type: none"> 過去の黄砂の統計的な解析や事例解析は非常に有用です。また、ヘイズと黄砂の解析、特に実態説明調査における化学分析は黄砂と人間活動の相互作用の観点から非常に有用です。 	<ul style="list-style-type: none"> PM2.5観測所のデータ情報があれば良い。人為的な発生源などの出どころがわかる。 TEMW-WG I における各国共通の地上観測結果は、PM2.5、視程、気象観測成分である。PM2.5対象の黄砂とヘイズの区分については、今後も重要な調査項目となるはずである。 流跡線の情報に加えて、PM2.5の高濃度時のものを載せるとなお良い。 		<ul style="list-style-type: none"> 我が国が絶対的に優位に立つライダーネットワークデータは、黄砂やヘイズの判定に大きな特色がある。ライダーネットワークデータと他の高時間分解能観測データ、モデル解析結果との複合的解析を充実させていくことが望まれる。
国内として対応するために黄砂問題検討会で議論した方が良い内容	<ul style="list-style-type: none"> しばらくは、黄砂とヘイズの実態調査結果の集積が大事だろうと思う。それに加えて近い将来、黄砂とヘイズの化学成分の特徴についても調査対象に加えるべきかもしれない。 		<ul style="list-style-type: none"> マルチモデルアンサンブルについての検討。マジンガーの結果はWG I で共有しており、入手も可能と思う。これらの結果を入手できる事例について、マジンガー、CFORS、VENUSなどを並べたものがあった方が良い。 韓国の黄砂予報モデルとの連携や共同のモデル予報・解析センターの可能性の検討。 	

表 9-1(2) WG I 検討委員ヒアリング結果

検討委員	海外データ	その他
国内の検討会とWG I との連携	<p>・WG I では、日中韓に加えてモンゴルも参加しており、これらの国で観測データの共有をしている。黄砂は主な発生源がモンゴルで、韓国を経由して日本に飛来している例も多く、そういったデータについて国内検討会でも共有できれば、黄砂の実態解明に役立つと思う。</p> <p>・WG I で共有された観測データも活用して、海外も含めた視点の解析も今後の課題と考えられる。</p>	<p>・WG I はミッションがある程度決まっており、また日中韓三カ国で協調する場であるため、WG I は、国内の動きにあまり縛られず、できるだけ独立したものとしたい。</p> <p>・黄砂問題検討会あるいは解析WGとWG I に関連している検討委員、もしくは環境省が、黄砂問題検討会で情報共有としてWG I の報告をしてもらい、黄砂問題検討会は国際的な動きを把握した上で議論しているといったもので良いのではないかと。</p> <p>・国内検討会の結果については、委員の何人かが学術論文として発表しており、情報共有という意味では非常に役立っている。</p> <p>・黄砂問題検討会は、国内の事例解析が多いという印象がある。事例解析の積み上げは重要であるが、成果を活用するという視点からは、WG I の解析期間について独自やWG I 委員との共同の解析を考えても良いと思う。</p>
黄砂問題検討会で関連し役立つ情報		<p>・黄砂の観測の標準化、機器の統一化などがWG I でも議論になっており、黄砂問題検討会の中でもそういった議論になるのではないかと。</p> <p>・今後は時間分解能が短い観測データの活用がポイントとなるが、時間分解能が短くなるとデータの信頼性が低下する。実態調査で採択するデータの信頼性(QAQC)について考慮しなければならない。</p> <p>・最近開発された測定器(例えば、偏光OPCやエアロゾルの自動分析装置)などの観測結果をもとに、粒径変化や組成変化を加味した解析が次のステップの情報として、有効と考えられる。</p> <p>・数年ごとの中間成果のとりまとめにおいて、TEMM-WG I の共有データ(過去分)も再解析として加えられると、飛来した黄砂の解明に大きく寄与するものと思われる。(WG,SCで調査報告への活用が認められた場合)</p>
国内として対応するために黄砂問題検討会で議論した方が良い内容		<p>25最終報告書案の「今後の課題」に書かれている内容はいずれも妥当であると思います。WG I において「日本における黄砂問題」を明確に示すという意味では、黄砂(および越境大気汚染粒子)の影響に関する検討との連携を強めて問題を分かりやすくするというような方向もあるのかと思います。</p>

10. 今後の課題

- 黄砂の飛来は気象条件や発生源の状況によって大きくその態様が異なるため、特徴や影響を把握することが難しい。本報告書では、平成25年度に飛来してきた黄砂と大きな煙霧の観測データを気象学的、環境科学的に検討し、それぞれの現象における共通的な特徴や傾向を明らかにした。今後、黄砂飛来を示す要素について、カテゴリズを測り、要素のプライオリティについて検証する必要がある。さらに、混在黄砂が含まれる空気塊についても、その成分、PM_{2.5}への影響など、さらに多くの事例を解析し、空間的な把握や汚染経路などの詳細を明らかにしていくとともに、黄砂と汚染物質の混在状態変化や黄砂粒子表面に付着する成分にも着目し検討を進めていく必要がある。
- 黄砂現象や煙霧現象時に PM_{2.5}濃度が上昇し、環境基準値である日平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過する事例が多いことが明らかになってきている。また、煙霧現象と黄砂現象をリアルタイムに区別するために、PM_{2.5}/SPM の比の変化を調べていくことも有効なことと思われる。全国においてPM_{2.5}の常時監視局の拡大、成分分析データの蓄積を進めることにより、PM_{2.5}濃度の上昇に対する黄砂の寄与、長距離輸送された気塊による煙霧の寄与を解明していく必要がある。
- 汚染混在型黄砂やPM_{2.5}に関する地域レベルでの地上濃度を予測することが社会的に期待されている。そのような予測に役立つ指標成分や常時監視手法の検討を進める必要がある。
- 現在、日本・中国・韓国でのモニタリング・予測などの黄砂共同研究が進行している。黄砂問題検討会と日中韓黄砂共同研究(DSS-WG1)との連携を深め、海外情報の取り込みや、日本の状況の反映など情報共有を進める必要がある。このような研究が、アジア地域全体の黄砂発生源対策、さらには黄砂の汚れ度を低減化できるような技術協力へと進展することが望まれる。

参考文献リスト

1. 「環境省」2007：黄砂実態解明調査中間報告書
2. 「環境省」2009：黄砂実態解明調査報告書
3. 「環境省」2010：黄砂飛来状況報告書
4. 「環境省」2011：平成22年度黄砂飛来状況報告書－平成21年度における黄砂実態解明調査
5. 「環境省」2012：黄砂実態解明調査中間報告書－平成20～22年度－
6. 「環境省」2013：平成23年度黄砂飛来状況調査報告書
7. 「環境省」2014：黄砂実態解明調査報告書（平成15～24年度）
8. 「環境省」HP（環境省大気汚染物質広域監視システム）：<http://soramame.taiki.go.jp/>
9. 「環境省」HP（POPsモニタリング結果）：<http://www.env.go.jp/chemi/pops/index.html>
10. 「気象庁」HP（地球環境のデータバンク黄砂）
http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_data_index.html
11. 「気象庁」HP（日々の天気図）：<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>
12. 「気象業務支援センター」：世界気象資料、気象庁月報
13. 「気象庁」HP（過去の気象データ）：<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
14. 「国立環境研究所」HP（ライダー（レーザーレーダー））：<http://www-lidar.nies.go.jp/>
15. 「国立環境研究所」HP（東アジア域黄砂・大気汚染物質分布予測（CFORS））：
<http://www-cfors.nies.go.jp/~cfors/index-j.html>
16. 「アメリカ海洋大気圏局 NOAA」HP ARL HYSPLIT（後方流跡線）
<http://ready.arl.noaa.gov/hysplit-bin/trajasrc.pl>
17. A. Shimizu, N. Sugimoto, I. Matsui, I. Mori, M. Nishikawa, M. Kido : Relationship between Lidar-derived Dust Extinction Coefficients and Mass Concentration in Japan, SOLA, Vol7A, 1-4, 2011
19. 後藤隆久、岩本真二、日下部正和：日本に飛来する黄砂の分類について、第53回大気環境学会年会講演要旨集、487（2012）
20. 日下部正和、後藤隆久、岩本真二：ライダー黄砂消散係数とSPM濃度による黄砂検出の検討、第53回大気環境学会年会講演要旨集、488（2012）
21. 日下部正和、岩本真二：黄砂・煙霧時におけるPM_{2.5}の環境基準超過について、第54回大気環境学会年会講演要旨集、491（2013）
22. 日下部正和他：日本における黄砂飛来の影響－平成25年度黄砂実態解明調査結果概要（10年間のまとめ）－、第55回大気環境学会年会講演要旨集、475（2014）
23. 島山史郎他：中国から東シナ海を経て沖縄まで輸送されるエアロゾル中の主要イオンの関係、エアロゾル研究、21、2、147-152（2006）
24. 兼保直樹、杉本伸夫、清水厚、山本重一、河本和明：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、285-291（2012）
25. 平山学他：神奈川県におけるPM_{2.5}高濃度事例の解析(1)、第55回大気環境学会年会講演要旨集、201（2014）
26. 小松宏昭他：神奈川県におけるPM_{2.5}高濃度事例の解析(2)、第55回大気環境学会年会講演要旨集、202（2014）
27. 武田麻由子他：神奈川県におけるPM_{2.5}高濃度事例の解析(3)、第55回大気環境学会年会講演要旨集、203（2014）
28. 橋本貴世他：2013年8、9月におけるPM_{2.5}高濃度事例の解析、第55回大気環境学会年会講演要旨集、269（2014）
29. 熊谷貴美代他：2014年2月におけるPM_{2.5}高濃度事例の解析、第55回大気環境学会年会講演要旨集、401（2014）