
平成 26 年度黄砂飛来状況調査 報告書

平成 28 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	鶴野 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	一般財団法人 気象業務支援センター 国際業務課 課長
委員	吉川 賢	岡山大学 大学院環境生命科学研究科 地域総合センター 特任教授

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	国立研究開発法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 広域大気環境研究室 主任研究員
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	国立研究開発法人 国立環境研究所 地域環境研究センター 特別研究員
委員	原 由香里	九州大学 応用力学研究所 地球環境力学部門 助教
委員	森 育子	京都大学 大学院医学研究科 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 26 年度に飛来してきた黄砂についてその状況をと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 26 (2014) 年度の気象台発表の黄砂日について経年変化を整理する。また、平成 26 (2014) 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する。

2.2. 黄砂の特徴と分類

黄砂の特徴を解析するため、平成 26 (2014) 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する。

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 26 (2014) 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 年度と減少した。2010 年度に再び増加したが、2013 年度はここ 10 年間で最も少ない日数であった。2014 年度は、2008、2009 年度と同程度まで戻った。地点別では中国・九州で多く観測されていた。

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った。

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。2014 年度は 2011、2012 年度と同程度になっていた。月変化では、6 月が最も多く、続いて 7 月、4 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た。

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した。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、混在黄砂に分類した。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、汚染物質の

混在については、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26(2014)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17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。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

2014年度の気象台黄砂日5事例について、単純黄砂、混在黄砂の分類を行った。その結果、単純黄砂が2事例、混在黄砂が3事例に分類された。

各事例の概要は以下の通りである。

(1)平成26(2014)年5月26日～6月2日

全国に拡がり、期間も長い大きな黄砂で、同時に煙霧の観測地点も多い。SPM濃度の上昇は小さいが、PM_{2.5}濃度は高く、後方流跡線の軌跡や硫酸イオンの濃度から、混在黄砂と考えられる。

(2)平成27(2015)年2月22日～25日

九州から東北まで拡がった大きな黄砂である。硫酸イオン濃度は低く、PM_{2.5}/SPMも小さいことから、単純黄砂と考えられる。

(3)平成27(2015)年3月2日

1地点のみの観測で、SPM濃度もさほど上昇していない。後方流跡線、CFORS、黄砂消散係数の上昇など、西日本に小さな黄砂の飛来はみられている。硫酸イオン濃度が上昇していないことやPM_{2.5}濃度の上昇も小さいことから、小規模の単純黄砂と思われる。

(4)平成27(2015)年3月22日～23日

西日本を中心に、東北まで広く黄砂が観測されている。九州北部では、煙霧も同時に観測されており、福岡での硫酸イオン濃度も高濃度で、混在黄砂と考えられる。

(5)平成27(2015)年3月28日～30日

北海道、東北で黄砂が、西日本で煙霧が観測されている。砂塵嵐の発生、札幌での後方流跡線など、北への黄砂の飛来がみられる。同時に、福岡での硫酸塩イオンの高さから、北日本へは主に黄砂、西日本へは主に汚染物質が飛来した混在黄砂と考えられる。

5.3. 煙霧の観測事例

2014年度、全国いずれかの地点で煙霧が観測されたのは209日である。このうち、10地点以上で煙霧が観測された9事例について、その状況を示した。これらのほとんどのケースで、大陸からの越境による影響がみられた。

(1)平成26(2014)年4月10日

西日本、関東の多くの地点で煙霧が観測され、東アジア一帯ではHazeが観測されている。後方流跡線は中国内陸部から次第に沿岸部に移っており、北京のPM_{2.5}と壱岐・福岡での濃度変化に時間差がみられる。硫酸イオンも高く、中国沿岸部からの越境の影響による煙霧と思われる。

(2)平成26(2014)年4月16日～17日

日本列島の中心付近の多くの地点で煙霧が観測され、PM_{2.5}濃度は同じ地域で高くなっている。後方流跡線は、福岡は韓国南岸、東京は中国渤海付近からの流れである。福岡での硫酸イオンの濃度は10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ をやや超える値であり、福井・富山・東京などのPM_{2.5}濃度は35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える値が測定されている。大陸からの越境による影響か、国内影響かは明確ではない。

(3)平成 26 (2014) 年 6 月 3 日～4 日

煙霧は本州中央部から北が中心で、この地域で PM_{2.5} 濃度も高くなっている。硫酸イオン濃度は低く、後方流跡線は大陸方向とは無関係である。黄砂と越境の煙霧が 6 月 2 日まで続いており、その影響が継続していたと考えられる。

(4)平成 26 (2014) 年 6 月 14 日～17 日

西日本を中心に煙霧が観測され、北は新潟まで広がっている。東アジアで Haze が観測されており、後方流跡線は中国沿岸部からである。福岡での硫酸イオン濃度は高く、中国沿岸部からの越境の影響と判断できる。

(5)平成 26 (2014) 年 7 月 1 日

煙霧は西日本が中心で、福岡での後方流跡線は、中国沿岸部からの流れを示している。中国沿岸部・韓国では、広く Haze が観測されており、福岡での硫酸イオン濃度は高い。これらから、中国沿岸部からの越境の影響によるものと思われる。

(6)平成 26 (2014) 年 7 月 23 日

煙霧は関東を中心したもので、福岡、東京の後方流跡線は、いずれも大陸からの影響を示していない。東京近辺では、SO₂、Ox 濃度が高く、国内の発生源による影響が推察される。

(7)平成 26 (2014) 年 12 月 30 日

九州が中心の煙霧で、東アジア一帯で Haze が観測されている。PM_{2.5} 濃度は九州を中心に高くなっている。後方流跡線は、福岡では中国沿岸部からの流れを示している。福岡での硫酸イオン濃度も高く、中国沿岸部からの越境の影響によると考えられる。

(8)平成 27 (2015) 年 1 月 17 日

煙霧は九州が主で、四国、東海でも観測されて、東アジア一帯でも広く Haze が観測されている。後方流跡線は、福岡では中国沿岸部からの流れを示しており、硫酸イオン濃度も高く、中国沿岸部からの越境の影響を受けていたと思われる。

(9)平成 27 (2015) 年 3 月 31 日

煙霧観測は全国に散在しており、東アジア一帯でも広く Haze が観測されている。福岡・東京・北海道の後方流跡線はいずれも中国沿岸部からの流れを示している。福岡での硫酸イオン濃度も高く、直前に黄砂・煙霧が観測されており、大陸からの流れが継続していたと思われる。

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

2014 年度の黄砂日には、PM_{2.5} 平均濃度は 36.3 μg/m³、日平均値 35 μg/m³ の超過率は 52.0% で、煙霧日は、平均濃度 28.2 μg/m³、日平均値 35 μg/m³ の超過率は 26.0% であり、黄砂・煙霧時の PM_{2.5} 濃度上昇を示していた。黄砂では西日本の環境基準超過が多く、煙霧では関東と九州で日数が多いことがわかった。

6.2. 黄砂時・煙霧時の PM_{2.5} 成分濃度

全国の自治体を実施している PM_{2.5} 成分濃度をもとに、黄砂・煙霧日を抽出してその特徴を探った。黄砂時は、5 月のケースに 4 件採取されていたが、主に金属類が含まれている others の割合が多く、さらに硫酸イオンの割合も高くなっていた。

煙霧で PM_{2.5} 高濃度のケースは、越境汚染によるもの、シベリアでの森林火災の影響と思われるもの、国内影響が大きいものなど、それぞれ成分組成に違いがみられた。

6.3. 黄砂時・煙霧時 PM_{2.5} の PMF 法による発生源推定

黄砂・煙霧時に PM_{2.5} 成分濃度調査が実施された期間に、黄砂・煙霧が観測された日、地点を選択して PMF 解析を行った。因子数を 6 としたところ、各因子は、それぞれ黄砂

を含む土壌、重油燃焼、二次硫酸塩、鉄鋼・石炭、二次硝酸塩、バイオマス燃焼・自動車排ガスに想定された。煙霧時の寄与では、二次硫酸塩、バイオマス燃焼が大きな割合を占めていた。また、個別の事例では、発生源の要因に違いがあることが分かった。

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、2014 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 5 日、富山で 5 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、後方流跡線をみたところ、いずれも黄砂の飛来を予測させる流れを示していた。

8. 後方流跡線と PM_{2.5} 濃度

PM_{2.5} の高濃度と後方流跡線の間接関係をみるために、1 時間毎の後方流跡線を PM_{2.5} 時間値と対応して色分けして観察した。黄砂時の PM_{2.5} 上昇では、後方流跡線はおおむね大陸の内陸部と沿岸部の両方の通過を示していた。煙霧時の PM_{2.5} 上昇では、関東地方を中心に PM_{2.5} が上昇した場合、後方流跡線は近い地域からのものになっており、九州地方での PM_{2.5} 上昇は、中国沿岸部の影響であることを示していた。

9. 黄砂の分類

気象台で観測された黄砂や煙霧を対象として、黄砂であることの確認、大きさ、汚染物質の混在とその程度などを分類する方法を検討した。

9.1 黄砂要素項目

黄砂の要素として、①気圧配置、②砂塵嵐の発生、③後方流跡線の軌跡、④CFORS (dust) による予測、⑤黄砂観測地点、⑥ライダー黄砂消散係数、⑦SPM 濃度の地域の上昇、⑧ SPM 最大濃度、⑨PM_{2.5}/SPM 比の 9 項目について、それぞれランク分けし、満点を 6 とし点数化を行った。

9.2 大気汚染要素項目

大気汚染物質の混在の要素として、①煙霧観測地点、②硫酸イオン濃度、③PM_{2.5}/SPM 比、④後方流跡線の軌跡、⑤CFORS (sulfate) の予測の 5 項目について、それぞれランク分けし、満点を 6 とし点数化を行った。

9.3 分類項目の点数化とその表示

2009～2012 年度の 33 の黄砂事例を項目毎に点数化し、黄砂項目と煙霧項目に分けて合計点数を算出した。さらに合計点数を満点で除し、それぞれの指数として集計した。事例毎に、黄砂様相を明確に示しているものとそうでないもの、また混在の程度と黄砂との強度の違いなどをみることが出来た。また、過去の事例の判断と比べたところ、概ねその評価との大きな違いはみられなかった。

さらに、個々の事例毎にチャートを作成することによって、黄砂の明確さ、その特徴、混在の程度などを比較・対照できるようになった。

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
2.2. 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	10
5.1. 黄砂の分類	10
5.2. 黄砂事例の特徴	11
(1)黄砂事例1 平成26(2014)年5月26日～6月2日	12
(2)黄砂事例2 平成27(2015)年2月22日～23日	16
(3)黄砂事例3 平成27(2015)年3月2日	18
(4)黄砂事例4 平成27(2015)年3月22日～23日	20
(5)黄砂事例5 平成27(2015)年3月28日～30日	22
5.3. 煙霧の観測事例	24
(1)煙霧事例1 平成26(2014)年4月10日	26
(2)煙霧事例2 平成26(2014)年4月16日～17日	28
(3)煙霧事例3 平成26(2014)年6月3日～4日	30
(4)煙霧事例4 平成26(2014)年6月14日～17日	32
(5)煙霧事例5 平成26(2014)年7月1日	34
(6)煙霧事例6 平成26(2014)年7月23日	36
(7)煙霧事例7 平成26(2014)年12月30日	38
(8)煙霧事例8 平成27(2015)年1月17日	40
(9)煙霧事例9 平成27(2015)年3月31日	42
6. 黄砂・煙霧日のPM _{2.5} 濃度	44
6.1 黄砂・煙霧時におけるPM _{2.5} 環境基準超過	44
6.2 黄砂・煙霧時のPM _{2.5} 成分濃度	46
6.3 黄砂・煙霧時PM _{2.5} のPMFによる発生源寄与推定	49

7. ライダー消散係数と SPM・PM _{2.5} 濃度	52
7.1 ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度による黄砂の検出	52
7.2 ライダーによる黄砂検出日の状況	53
8. 後方流跡線と PM _{2.5} 濃度	54
9. 黄砂の分類	56
9.1 黄砂要素項目	57
9.2 大気汚染要素項目	62
9.3 分類項目の点数化とその表示.....	65
10. 今後の課題	69
参考文献リスト	71

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26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26(2014)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26(2014)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26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¹¹⁾。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¹²⁾。また、世界気象資料¹³⁾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¹⁷⁾。計算の起点は、SPM濃度が高くなった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500m^{*}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¹⁶⁾ (RIAM/NIES-CFORS) による黄砂イベントとき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¹⁵⁾。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(/km)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。

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²⁷⁾。

^{*} 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26(2014)年度までの13年間について、気象台発表の黄砂日の年間延べ日数を図3-1-1に示している。平成26年度は、25年度に比べ増加し、23、24年度と同程度である。図3-1-2には、平成26(2014)年度の黄砂延べ日数の経月変化を示している。5月に大きな黄砂がみられている。



図3-1-1 黄砂観測日数の経年変化 (黄砂観測：全国60地点)

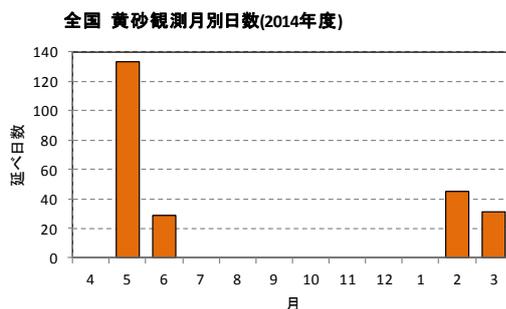


図3-1-2 黄砂観測日数の経月変化

平成26(2014)年度の観測地点毎の黄砂日数を、多い順で図3-1-3に示している。上位は、九州・中国地方でほぼ占められている。

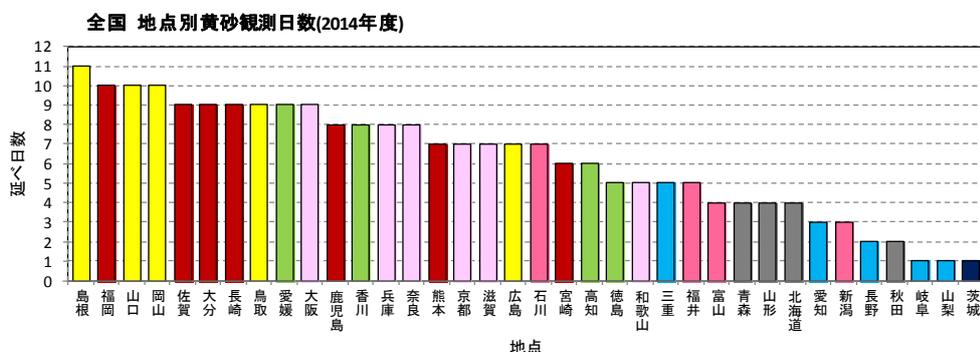


図3-1-3 黄砂日の地点別日数

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2014(平成26)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。

2014(平成26)年は、それ以前と同様に、黄砂日の平均濃度は全体的に西側が東側より、相対的に高くなっているが、例年観測が少ない北海道でも観測されているのが特徴的である。

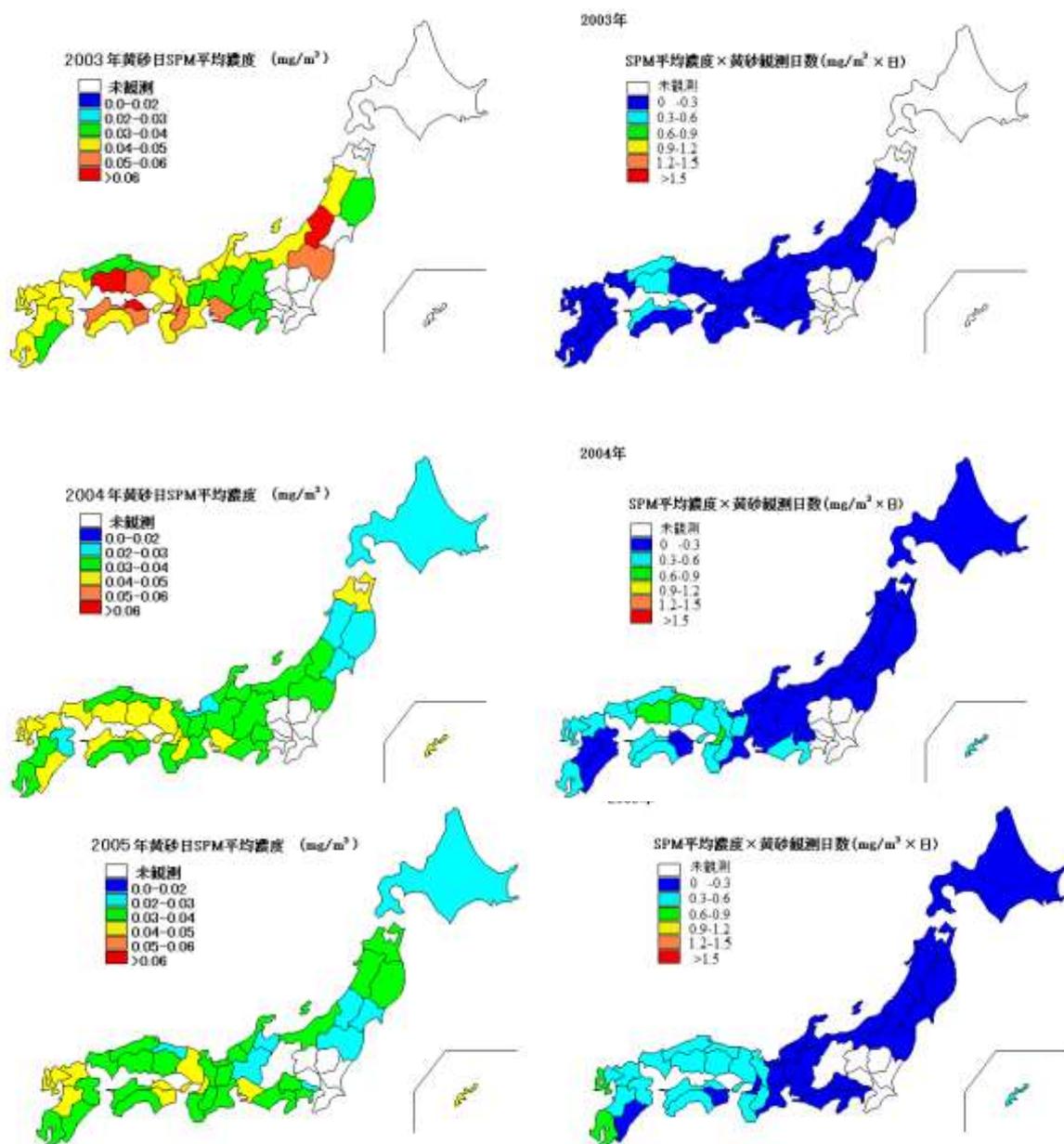


図3-2-1(1) 黄砂日のSPM平均濃度(左)と観測日数との積算値(右)

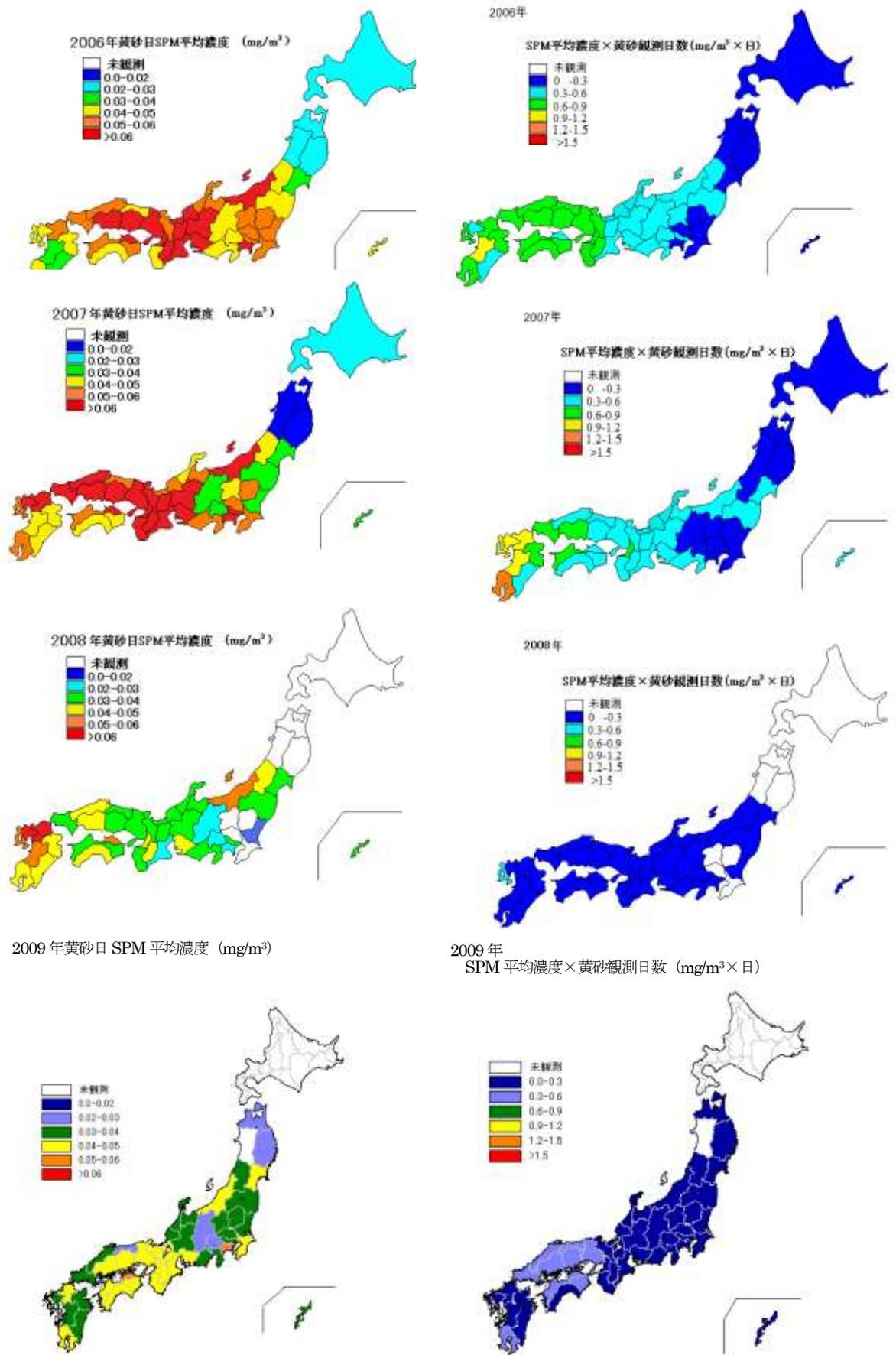
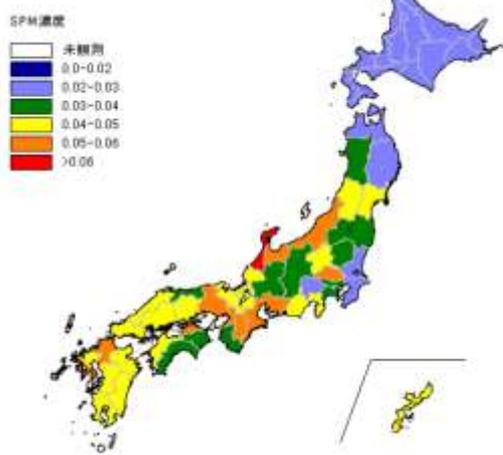
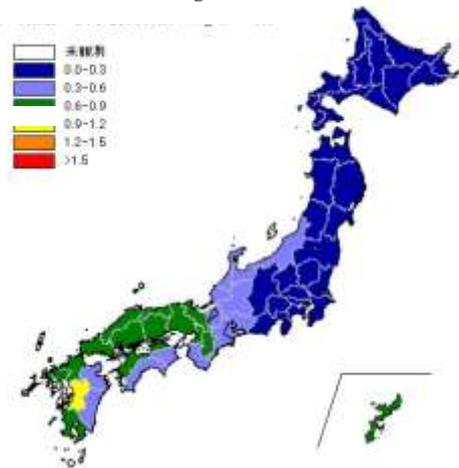


図 3-2-1 (2) 黄砂日の SPM 平均濃度 (左) と観測日数との積算値 (右)

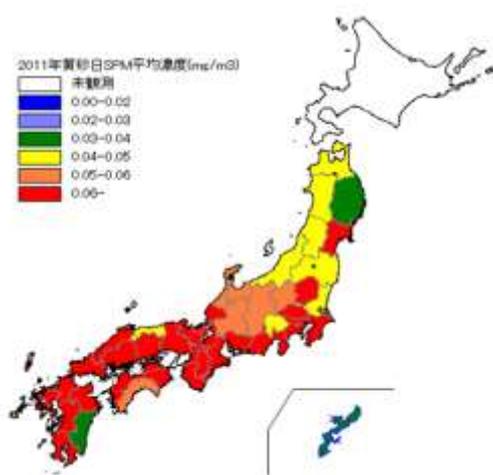
2010年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



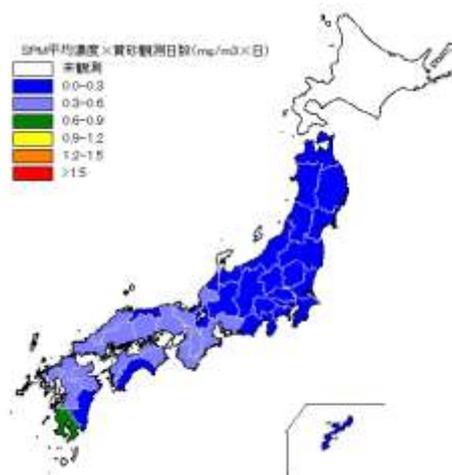
2010年
SPM 平均濃度×黄砂観測日数 (mg/m³×日)



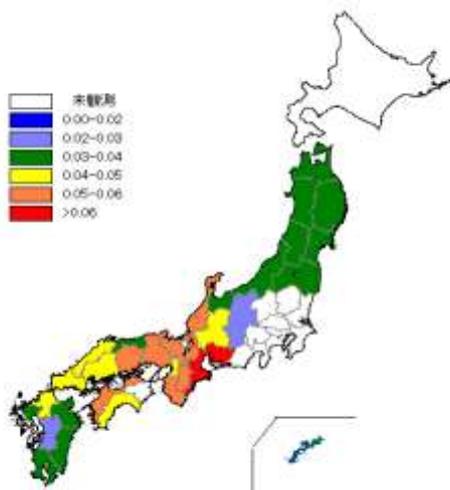
2011年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



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)

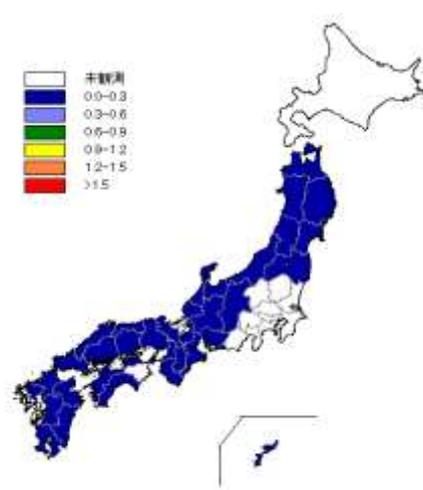
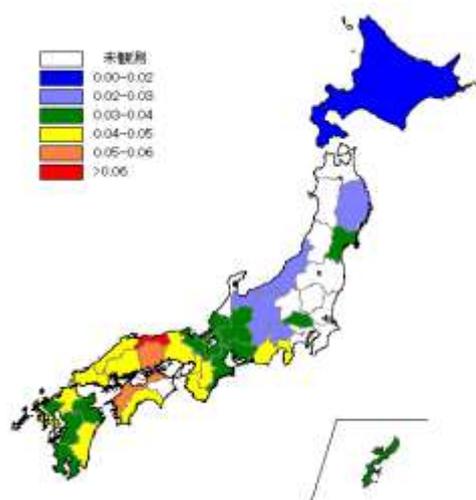
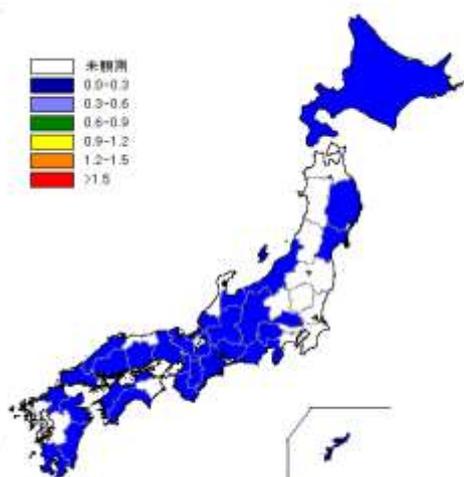


図 3-2-1 (3) 黄砂日の SPM 平均濃度 (左) と観測日数との積算値 (右)

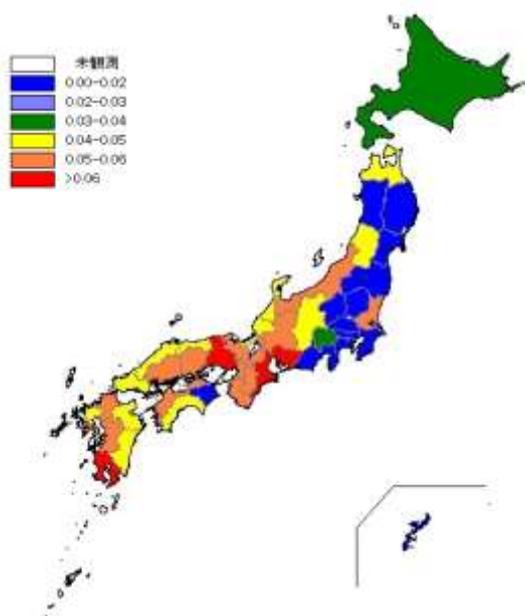
2013年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



2013年
SPM 平均濃度×黄砂観測日数 (mg/m³×日)



2014年黄砂日 SPM 平均濃度 (mg/m³)



2014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26（2014）年度までの12年間について、気象台観測の煙霧日の年間延べ日数を図4-1に示している。

図4-2には、平成26（2014）年度の煙霧延べ日数の経月変化を示している。

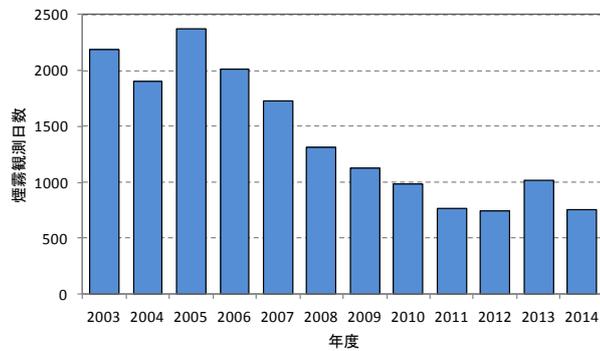


図4-1 煙霧の経年変化

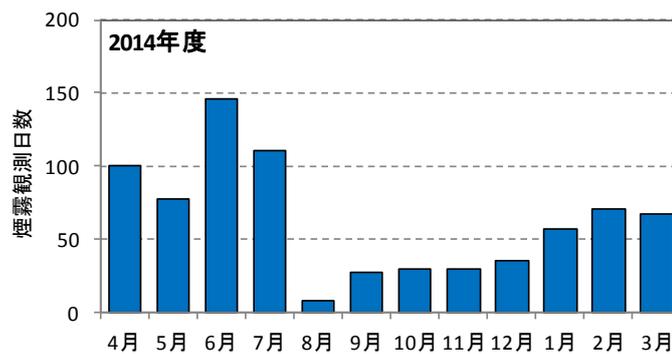


図4-2 煙霧観測の月別日数

平成26（2014）年度の観測地点毎の煙霧日数を、多い順で図4-3に示している。上位は、関東と九州地方が多い。

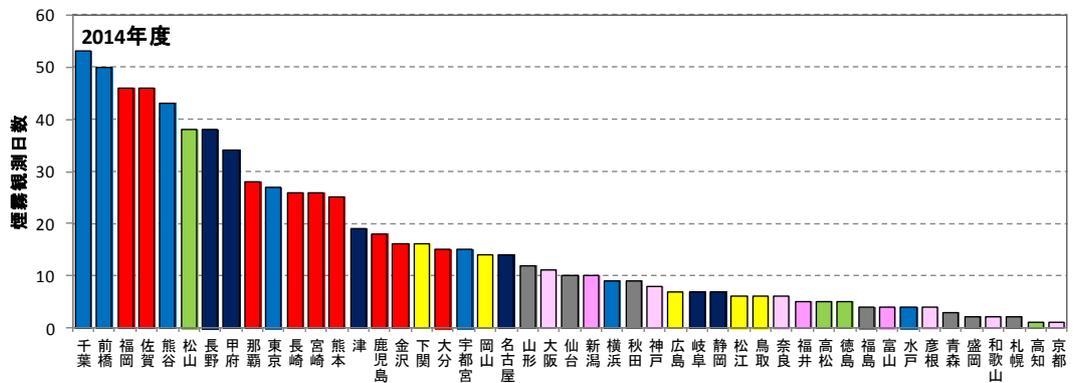


図4-3 煙霧日の地点別日数

煙霧の観測回数が多かった千葉と福岡について、その月ごとの観測回数を比較したものを、図 4-4 に示す。千葉では7月、6月で多く、福岡では2月、12月、1月に多いという違いが出ている。

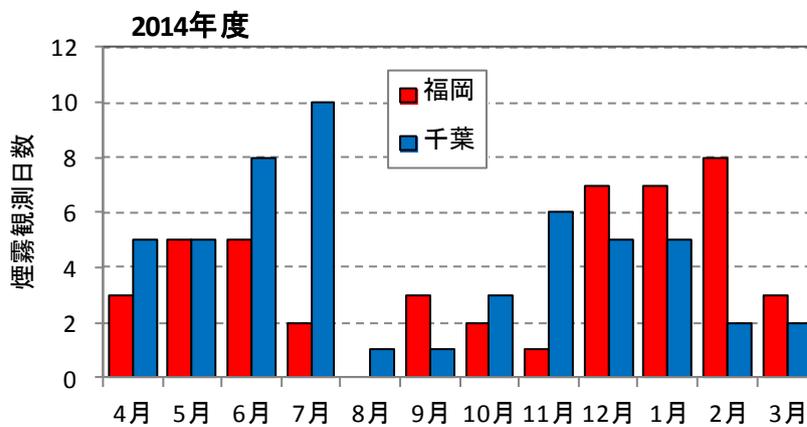


図 4-4 福岡と千葉での煙霧日の月別日数

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¹⁹⁾。

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未滿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以上であつ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未滿となった場合で、乾いたとは湿度75%未滿」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き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。