
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	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	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、黄砂発生源池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。

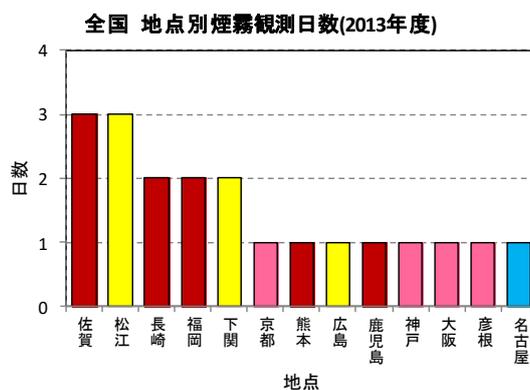


図 3-1-3 黄砂日の地点別日数