

---

# 黄砂実態解明調査

## 中間報告書

—平成20～22年度—

---

平成24年3月

環境省



## はじめに

近年、中国、モンゴルからの黄砂の発生が大規模化しており、北東アジア地域において共通の関心事となっている。従来、黄砂は自然現象と理解されてきたが、近年の黄砂の発生頻度及び被害の甚大化は、過放牧や農地転換による土地の劣化等の人為的要因も影響しているとの指摘もある。

また、わが国への黄砂の飛来頻度の増加に伴い、黄砂の環境影響への関心が高まっている。物質循環に関連する黄砂の影響は、科学的に明らかでない部分が多く、特に黄砂粒子が大気汚染物質を吸着し輸送する現象等、他の現象との複合効果・影響についてはほとんど解明されていない。黄砂の環境影響を把握するためには、黄砂の物理的性質(粒径分布、粒子の形状、表面構造等)や化学的性質(化学組成、鉱物組成、吸着・付着した酸性物質や農薬等大気汚染物質等)を明らかにする必要がある。

環境省では、平成14年度から、黄砂の飛来実態を科学的に把握するため、黄砂飛来時に国内の複数地点で一斉にエアロゾルを捕集し、粒径分布や化学成分の分析を行う黄砂実態解明調査などを実施している。本報告書は、平成20年度から平成22年度にかけて実施したこれらの黄砂実態解明調査の結果をとりまとめたものであり、今後とりまとめる平成20年度から平成24年度までの5年間の実態解明調査の中間報告となるものである。

なお、本報告書の作成にあたっては、黄砂問題検討会の指導を仰ぎ、併せてワーキンググループには黄砂実態解明作業に関し、多大なご協力をいただいた。ご指導、ご協力いただいた各委員の皆さま、サンプリング調査を実施いただいた地方公共団体の皆さま、その他関係者の皆さまにお礼を申し上げます。

平成24年3月

環境省水・大気環境局

## 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	金沢大学 サイエンスフロンティア機構 特任教授
委員	植松 光夫	東京大学 海洋研究所付属 国際連携研究センター センター長・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 准教授
委員	西川 雅高	独立行政法人 国立環境研究所 環境計測研究センター 環境計測化学研究室長
委員	三上 正男	気象庁 気象研究所 環境・応用気象研究部長
委員	吉川 賢	岡山大学 大学院環境学研究科 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	独立行政法人 国立環境研究所 環境計測研究センター 環境計測化学研究室長
委員	早崎 将光	富山大学大学院 理工学研究部 研究員
委員	森 育子	財団法人 東京都環境整備公社 東京都環境科学研究所

## 報告書の要旨

### 1. 概要

環境省では、平成 14 年度から、黄砂の飛来実態を科学的に把握するため、黄砂飛来時に国内の複数地点で一斉にエアロゾルを捕集し化学成分の分析を行うなど黄砂実態解明調査を実施している。本報告書は、平成 20 年度から平成 22 年度にかけて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 15 (2003) 年度から 22 (2010) 年度の気象台発表の黄砂日について経年変化、観測地点別の飛来回数などを整理した。また、平成 13 (2001) 年から 22 (2010) 年の黄砂観測日の観測地点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を地図上で示した。さらに、平成 15 (2003) 年度から 22 (2010) 年度の日別の黄砂の規模を示すために、観測地点の都道府県における SPM 平均濃度に観測都道府県数を乗じたものを算出した。

#### 2.2. 成分分析調査

##### 2.2.1. 調査期間

平成 20 年度から平成 22 年度までの黄砂飛来シーズン (2 月から 6 月)

##### 2.2.2. 調査地点

国設新潟巻酸性雨測定所 (新潟県)、富山県環境科学センター (富山県)、  
国設松江大気環境測定所 (島根県)、福岡県保健環境研究所 (福岡県)  
長崎県環境保健研究センター (長崎県) 計 5 地点

なお、農薬成分の分析に係るサンプリングは、巻、富山、松江の 3 地点

##### 2.2.3. エアロゾル捕集方法

以下の 3 方法により、基本的に 24 時間単位で 2 日間連続捕集を行った。

###### 1) ハイボリウムサンプラー (HV)

目的：浮遊粉じん濃度、エアロゾル中の主に金属成分の分析

###### 2) 二段型ローボリウムサンプラー (LV)

目的：2.5 $\mu$ m で分級したエアロゾル中の主にイオン成分の分析

###### 3) ハイボリウムサンプラー (ポリウレタンフォーム、活性炭繊維をろ紙後段に装着したもの)

目的：エアロゾルに吸着した農薬成分の分析

##### 2.2.4. 分析項目

浮遊粉じんの重量を測定したほか、金属成分 1 項目 (HV)、イオン成分 5 項目 (LV)、農薬成分 9 項目 (異性体を含めると 17 種類) (HV) を分析した。

#### 2.3. 黄砂の特徴と分類

黄砂の特徴を解析し分類を行うために、気圧配置、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<sub>2.5</sub>/SPM 比などのデータを集約した。

### 3. 黄砂の飛来状況

#### 3.1. 気象台発表の黄砂日

平成 15 (2003) 年度から 22 (2010) 年度までの黄砂日観測数の経年変化では、2007 年度まで年々増加していたが、2008、2009 年度と減り、2010 年度再び増加している。この間の経月変化では 3~5 月の飛来が顕著であった。地域的には、九州、山陰への飛来回数が上位を占めていた。

### 3.2. 黄砂日の SPM 濃度

SPM 平均濃度と黄砂日数ともに西日本で高い傾向がみられた。2008 年から 2010 年の 3 年間では、2009 年には全体的に低い傾向がみられたが、2010 年には西日本で高い傾向であった。

### 3.3. 黄砂日の黄砂規模

黄砂飛来日の黄砂の規模を、観測された都道府県での SPM 平均濃度に観測地点都道府県数を乗じて算出した。その値が、1000 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3 \times$  都道府県数) を超える大規模な黄砂は、2003 年度から 2010 年度で全黄砂日のうち 14% を占めていた。

## 4. 成分分析結果

### 4.1. 黄砂採取状況

#### 4.1.1. 浮遊粉じん (TSP) 濃度

採取した試料のうち、黄砂を観測したものは 27 件あり、その TSP 濃度の平均は  $86 \mu\text{g}/\text{m}^3$  で、全試料の平均濃度  $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の 1.5 倍となっていた。

### 4.2. 黄砂の化学分析結果

アルミニウム (Al) の分析結果は、黄砂の影響がみられる件体では (黄砂が観測され且つ TSP が  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上あるもの 5 件)、 $3.7 \sim 7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  の値で平均は  $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (組成 4.6%) であった。これは、黄砂の影響がみられない件体の平均  $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (組成 2.5%) と比べると大きな値となっていた。

二段型 LV により捕集した粒径  $2.5 \mu\text{m}$  以下 (微小粒子 ( $\text{PM}_{2.5}$ )) 中のイオン成分分析結果では、黄砂の影響が見られる件体で硫酸イオン濃度は、 $3.0 \sim 7.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (平均  $5.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) となっていた。

農薬の分析結果では、各物質とも大気管理参考濃度よりもかなり低かった。また、検出された農薬は日本でも使用されており、大陸からの飛来の影響をみることはできなかった。

## 5. 黄砂の特徴と分類

### 5.1 分類の方法

黄砂の特徴をみるために、気圧配置、砂塵嵐の発生状況、SPM 濃度全国分布、後方流跡線、CFORS、ライダー黄砂消散係数、消散係数と SPM 濃度の同期の有無、硫酸イオン濃度時間値、 $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$  比などを集約した。これらのデータを基に、単純黄砂、硫酸塩エアロゾル、これらの混在したもの大きく 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  $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$  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、硫酸イオン濃度上昇、中国沿岸部からの方向を示す後方流跡線、大きな  $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$  比などをもとに判断した。

### 5.2. 黄砂事例の特徴

平成 20 (2008) ~ 22 (2010) 年度の 3 年間の黄砂日を中心に合計 30 事例について、気圧配置、砂塵嵐の発生状況、SPM 濃度全国分布、後方流跡線、CFORS、ライダー黄砂消散係数、黄砂消散係数と SPM 濃度の同期の有無、硫酸イオン濃度時間値、 $\text{PM}_{2.5}/\text{SPM}$  比などのデータを各事例毎に整理して特徴付けを行った。

### 5.3. 分類結果

30 事例について、単純黄砂、硫酸塩エアロゾル、硫酸塩エアロゾルとの混在黄砂の 3 つに分類を行った。その中で、特徴が明確であった単純黄砂 4 事例、硫酸塩エアロゾル 3 事例、混在黄砂 8 事例を抽出した。混在黄砂については、硫酸塩エアロゾルが黄砂と同時に飛来しているケース、硫酸塩エアロゾルが先に飛来しその後黄砂が来るケース、さらに、南に硫酸塩エアロゾル北に黄砂と地域で分かれるケースに分類できるような特徴がみられた。(以下事例の期日毎の括弧は事例番号)

#### 単純黄砂

(15)平成 22 (2010) 年 3 月 16 日～17 日

九州から山陰を中心に SPM が上昇しており、中規模の黄砂で、硫酸イオンの濃度も低く硫酸塩エアロゾルの影響は少ない。

(26)平成 22 (2010) 年 12 月 11 日～12 日

九州・中国へ飛来してきた黄砂。

(17)平成 22 (2010) 年 4 月 2 日～3 日

北日本に飛来してきた黄砂で、3 日には九州へも来ている。硫酸エアロゾル飛来の様子は無い。

(9)平成 21 (2009) 年 4 月 25 日～26 日

沖縄を中心に飛来してきた黄砂。

(29)平成 23 (2011) 年 3 月 20 日

東北地方を中心に飛来してきた黄砂。

#### 混在黄砂

(同時飛来)

(22)平成 22 (2010) 年 5 月 20 日～22 日

全国的に広がり濃度も高い黄砂であるが、同時に九州には濃い硫酸塩エアロゾルも飛来している。

(4)平成 21 (2009) 年 2 月 11 日～13 日

九州・中国・関西まで広範囲に黄砂が飛来している。同時に福岡での硫酸イオン濃度も非常に高い。

(8)平成 21 (2009) 年 3 月 16 日～19 日

大きな黄砂であるが、硫酸塩エアロゾルの上昇もみられる。中国、韓国で PM<sub>10</sub> が高濃度を示し。更にソウルでは 17 日に Haze と黄砂を観測している。

(25)平成 22 (2010) 年 12 月 3 日～4 日

3 日は、福岡で SPM の上昇と同時に硫酸イオンも上昇している。黄砂とともに到来したと考えられる。

(硫酸塩エアロゾル先行)

(16)平成 22 (2010) 年 3 月 20 日～24 日

硫酸イオンは 19 日 21 時に 19.6  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  となり、20 日に次第に減少した後、20 日 18 時頃から、過去最大級の黄砂 (最高 800  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  超) が飛来している。その後、SPM 高濃度は北上し北海道まで広がった。濃度のピークは 2 時間毎に北に移動し、21 日 18 時頃に千葉県付近を最後に終了している。

(24)平成 22 (2010) 年 11 月 12 日～15 日

黄砂飛来直前に 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超える硫酸イオンが飛来し、その後は黄砂のみと考えられる。

(13)平成 21 (2009) 年 12 月 26～27 日

関東や東北など全国的に広がった黄砂。硫酸イオンの上昇は 20 日の夜中の 1 時まででその後減少した。中国及び韓国で高濃度の PM<sub>10</sub> が観測されており、韓国では 25 日に Haze が観測されている。

(地域分離)

(11)平成 21 (2009) 年 5 月 19 日

東北を中心に飛来した小さな黄砂。九州で硫酸塩エアロゾル飛来の様子がある。

硫酸塩エアロゾル

(28)平成 23 (2011) 年 2 月 4 日～9 日

東アジア全域で Haze が観測され、SPM 濃度も最高で 400  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  を超す地点があり、全国的に広がる大規模な煙霧であり、硫酸イオン濃度も高い。

(2)平成 20 (2008) 年 5 月 22 日～23 日

東北・北海道は黄砂の可能性はあるが、全体としては硫酸塩エアロゾルの影響が大きい。

(10)平成 21 (2009) 年 5 月 8 日

松江で夜に黄砂の痕跡はみられるが、オキシダント (Ox) も大きく上昇しており、硫酸イオンの上昇から主に九州地方に影響を与えた硫酸塩エアロゾルが中心である。

## 6. ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度による黄砂検出の検討

気象台の黄砂の観測は主に目視によって行われているが、これとは別に黄砂飛来を確認するために、ライダー黄砂消散係数をベースに検出する方法を検討した。黄砂時にライダー消散係数と SPM 時間値の変化が同期するケースが多いことから、両者の相関係数や SPM 濃度などの条件を設定し、黄砂飛来の可能性のある日を抽出した。そのうち、気象台の観測した黄砂日でない日は 3 年間で 28 日あり、これらの事例について天気図、後方流跡線などのデータをもとに黄砂の飛来について検証した。その結果、概ねその飛来を確認でき、気象台の黄砂日でない日に検出された黄砂は、夜間に飛来していることが多く、全体的な黄砂飛来把握の方法として有効と思われた。

## 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. 成分分析	1
2.2.1. 調査期間と調査地点	1
2.2.2. エアロゾル捕集方法	3
2.2.3. 分析項目	4
2.3. 黄砂の特徴と分類	5
3. 黄砂の飛来状況	6
3.1. 気象台発表の黄砂日	6
3.2. 黄砂日のSPM濃度	7
3.3. 黄砂日の黄砂規模	11
4. 成分分析結果	12
4.1. 黄砂採取状況	12
4.2. 黄砂の化学分析結果	13
4.2.1. 金属とイオン	13
4.2.2. 農薬成分	15
5. 黄砂の特徴と分類	16
5.1. 黄砂の分類	16
5.2. 黄砂事例の特徴	20
(1) 平成20(2008)年4月26日～27日	22
(2) 平成20(2008)年5月22日～23日	24
(3) 平成20(2008)年5月31日～6月1日	27
(4) 平成21(2009)年2月11日～13日	30
(5) 平成21(2009)年2月15日	33
(6) 平成21(2009)年2月20日～22日	35
(7) 平成21(2009)年3月10日	38
(8) 平成21(2009)年3月16日～19日	40
(9) 平成21(2009)年4月25日～26日	43
(10) 平成21(2009)年5月8日	46
(11) 平成21(2009)年5月19日	48
(12) 平成21(2009)年10月19日～22日	50
(13) 平成21(2009)年12月26～27日	53
(14) 平成22(2010)年3月13日～14日	55

(15)	平成 22 (2010) 年 3 月 16 日～17 日 .....	57
(16)	平成 22 (2010) 年 3 月 20 日～24 日 .....	59
(17)	平成 20 (2010) 年 4 月 2 日～3 日 .....	63
(18)	平成 20 (2010) 年 4 月 27 日～5 月 2 日 .....	66
(19)	平成 22 (2010) 年 5 月 2 日～9 日 .....	71
(20)	平成 22 (2010) 年 5 月 9 日 .....	75
(21)	平成 22 (2010) 年 5 月 11 日～12 日 .....	77
(22)	平成 22 (2010) 年 5 月 20 日～22 日 .....	79
(23)	平成 22 (2010) 年 5 月 24 日～26 日 .....	82
(24)	平成 22 (2010) 年 11 月 12 日～15 日 .....	85
(25)	平成 22 (2010) 年 12 月 3 日～4 日 .....	89
(26)	平成 22 (2010) 年 12 月 11 日～12 日 .....	92
(27)	平成 22 (2010) 年 12 月 23 日～24 日 .....	95
(28)	平成 23 (2011) 年 2 月 4 日～9 日 .....	98
(29)	平成 23 (2011) 年 3 月 20 日 .....	103
(30)	平成 23 (2011) 年 3 月 22 日 .....	105
5.3.	分類結果 .....	107
6.	ライダー黄砂消散係数と SPM 濃度による黄砂の検出 .....	111
7.	まとめ .....	116
8.	今後の課題 .....	117
	参考文献 .....	118
	資料編 .....	119
	用語解説 .....	132