
黄砂実態解明調査
中間報告書

平成19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いたが、近年の黄砂の大規模化については、過放牧や農地転換による耕地の拡大等の人為的要因も影響しているとの指摘もある。

我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。黄砂の物質循環に関連する影響は、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)を調査する必要がある。

このため、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、黄砂現象観測時に国内の多地点で一斉にエアロゾルを捕集し、粒径分布や成分の分析を行う黄砂実態解明調査を実施している。本報告書は、平成14年度から17年度までに実施された黄砂実態解明調査の結果をとりまとめたものである。

本報告書の作成に当たっては、黄砂問題検討会の指導を仰いだ。ご指導、ご協力いただいた検討会委員の皆さま、地方公共団体の皆さま、関係者の皆さまにお礼を申し上げます。

平成19年3月
環境省地球環境局

黄砂問題検討会

- 座長 岩坂 泰信 金沢大学自然計測応用研究センター
エコテクノロジー研究部門
教授
- 委員 天谷 孝夫 岐阜大学応用生物科学部農地環境工学研究室
教授
- 植松 光夫 東京大学海洋研究所海洋科学国際共同研究センター
教授
- 鵜野 伊津志 九州大学応用力学研究所海洋大気力学部門
教授
- 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
助教授
- 中島 映至 東京大学気候システム研究センター
センター長・教授
- 西川 雅高 独立行政法人国立環境研究所
環境研究基盤技術ラボラトリー 環境分析化学研究室
室長
- 三上 正男 気象庁気象研究所環境・応用気象研究部
室長
- 吉川 賢 岡山大学農学部森林保全学研究室
教授

(五十音順)

報告書の要旨

背景

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いたが、近年の黄砂の大規模化については、過放牧や農地転換による耕地の拡大等の人為的要因も影響しているとの指摘もある。

我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。黄砂の物質循環に関連する影響は、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の大気汚染物質等)を調査する必要がある。

このため、環境省では、地方公共団体、独立行政法人国立環境研究所の協力を得て、平成14年度から「黄砂実態解明調査」を実施し、「黄砂問題検討会」(座長：岩坂金沢大学教授)の議論を経て調査結果をとりまとめた。

1 調査方法

1) 調査方法

本調査では、黄砂の飛来が予想される日に、原則 24 時間連続で、以下の捕集装置を用いて浮遊粉じん試料を捕集した。

- ① 八段型ローボリウムアンダーセンサンプラー (平成 14～16 年度)
 - － 粒径分布の把握を主な目的とする。
- ② ハイボリウムサンプラー (平成 14～17 年度)
 - － 重金属成分、農薬成分等の成分分析等を主な目的とする。

2) 調査期間

平成14年度から平成17年度までの黄砂飛来シーズン(3月から5月)の22回

3) 調査地点

9 地点

札幌市（国設札幌大気環境測定所）、つくば市（(独)国立環境研究所）、新潟市（国設新潟巻酸性雨測定所）、富山市（立山測定所）、金沢市（石川県保健環境センター）、犬山市（国設犬山酸性雨測定所）、松江市（国設松江大気環境測定所）、太宰府市（福岡県保健環境研究所）、長崎市（式見ダム酸性雨測定所）

4) 分析項目

捕集した浮遊粉じんの重量を測定したほか、金属成分、イオン成分、農薬成分を分析した。

2 主な調査結果

1) 黄砂の飛来状況

- 浮遊粉じん濃度については、長崎、太宰府、巻において平均値より高くなるが多かった。また同一調査日において比較すると東日本に比べて西日本、太平洋側に比べると日本海側の浮遊粉じん濃度が高くなる傾向が見られた。
- 本調査で浮遊粉じん濃度が最も高かったのは、2004年3月11日の巻で $233\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、観測地点付近の大気環境測定所における本調査期間中の浮遊粒子状物質（SPM）濃度を調べたところ、韓国の黄砂注意レベルに達した日はなかった。本調査期間以前に大規模な黄砂が観測された際には、SPM濃度が $400\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えることがあり、本調査期間中に大規模な黄砂は飛来しなかった。
- 本調査結果を、気象庁黄砂観測情報、浮遊粒子状物質濃度、ライダー装置による黄砂観測結果等を用いて、「黄砂」、「弱い黄砂」、「非黄砂」に分類を試みたところ、黄砂47回、弱い黄砂53回、非黄砂85回であった。それぞれの浮遊粉じん濃度の平均値は、黄砂時 $91.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、弱い黄砂時 $66.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、非黄砂時 $51.4\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。
- 浮遊粉じん中の成分濃度の分布が特徴的な調査日(2003年3月25日、2004年3月11日、2004年5月7日)について、大気汚染物質等の輸送を数値計算により予測する大気拡散モデル(CFORS)の結果と比較したところ、よく一致しており、黄砂は飛来したが、燃焼起源物質は飛来していない日、黄砂はあまり飛来しないが、燃焼起源物質が多く飛来した日、黄砂と燃焼起源物質の両方が多く飛来した日がみられ、気象条件等により様々な飛来形態があることが分かった。

2) 黄砂の化学的性質

- 観測期間中最も規模の大きかった黄砂の飛来時（2004年3月11日）における浮遊粉じん中の成分濃度の特徴は、非黄砂時と比較して、①鉍物由来と考えられる金属元素（Mg、Al、Ca、Feなど）の濃度が特に高いこと、②硫酸イオン濃度が低いこと、③フッ化物イオンが検出されていること（非黄砂時試料では検出限界以下。石炭はフッ化物の含有量が多い化石燃料である。）、が見られた。他方、別の黄砂飛来時（2004年5月7日）には、①同様に金属元素濃度が高いものの、②硫酸イオン濃度が比較的高いこと、③フッ化物イオン濃度は検出下限値ぎりぎり程度に濃度が低いことが見られた。なお、この硫酸イオンの大部分は、黄砂発生源地域の土壤に含まれていたというより、黄砂と同時に飛来した。または、飛来過程で黄砂に吸着されたものと考えられる。
- 13種類（異性体を含めると21種類）の農薬について分析したところ、過去に実施された環境モニタリング調査結果と比較すると、本調査結果は同レベルまたは小さな値であった。また、本調査結果で検出された農薬は日本で使用されているものが多く、また、国内において使用が禁止されている農薬についても、土壤中に残留していることが考えられることから、本調査で検出された農薬は大陸から飛来したものとはいえない。
- 黄砂の構成成分を解析するため、多変量解析（因子分析）により捕集した浮遊粉じんの成分を推定したところ、鉍物粒子由来、燃焼由来、海塩由来の3つの因子が抽出された。本調査の期間中に捕集された浮遊粉じんは、平均的には、約45%が鉍物由来、約17%が燃焼由来、約6%が海塩由来と計算された。また、鉍物粒子由来因子は西日本、日本海側が高い傾向にあり、燃焼由来因子は西日本、首都圏、中京圏が高い傾向があった。さらに、黄砂の有無による比較をしたところ、鉍物粒子由来の成分は黄砂時に濃度が高く、弱い黄砂時、非黄砂時になるに従って濃度が低くなっていった。一方、燃焼由来及び海塩由来の成分の濃度は、黄砂の有無による差異はあまりなかった。

3) 黄砂の物理的性質

- 黄砂の粒径については、多くの調査地点で4段目（粒径3.3~4.7 μm ）がピークとなる頻度が高かった。ただし、長崎では、2004年3月30日（黄砂時）に2段目（7.0~11 μm ）がピークとなったことから、黄砂発生源に近い西日本地方では、飛来黄砂の粒径が大きめとなる可能性が示唆された。また、比較的規模の大きな黄砂飛来時（2004年3月11日）について、粒径分布を計算したところ、長崎を除いて何れも4 μm 付近にピークをもつ分布であることが分かった。

3 今後の課題

- 黄砂の飛来には、様々な形態（規模、飛来過程等）があるものの、本調査は年に3回から6回と回数に限られたものであり、半分近くの試料が「非黄砂」と判定されるなど、黄砂のみを的確に捕集したとは言い難い。また、本調査期間中に大規模な黄砂の飛来はなかった。こうしたことから、今後も調査を継続し、様々な形態の黄砂を捕集することが必要である。なお、調査を継続する際には、これまでの調査結果を踏まえ、分析項目を見直すなど効果的な調査方法を検討すべきである。
- 本調査結果では、硫酸イオン等大気汚染物質が黄砂に吸着している可能性が示唆されている。しかし、本調査では、捕集された硫酸イオン等が大気汚染物質の形態として捕集されたものか黄砂に吸着したものかを判別することができなかった。このため、本調査結果により得られた黄砂の粒径などを活用して、今後は捕集方法を工夫し、黄砂に吸着した大気汚染物質が判別できるように調査を行う必要がある。
- ガス状あるいはガス化しやすい有機化合物が物理吸着によってフィルター試料上に保持されている場合、一般的には、大流量の空気が通過することによって捕集フィルターから脱離する。ハイボリューム試料上でも強く保持されている農薬を中心に実態調査を行ったわけであるが、脱離したあるいはガス状で通過した農薬との存在比を直接確かめる必要がある。
- 黄砂の飛来ルートや黄砂と大気汚染物質との関係等についてより詳細に検討するため、中国や韓国など関係国との共同研究について協力を進めるべきである。
- 本調査結果では、硫酸イオン等の大気汚染物質が、飛来過程で黄砂に吸着している可能性が示唆され、また、黄砂の粒径が $4\mu\text{m}$ 付近にピークをもつ分布であることが明らかになった。このため、今後、これらの基礎情報を基に、黄砂の環境及び健康への影響に関する調査研究が必要である。

黄砂問題検討会中間報告書 目次

1. 調査の目的	1
2. 調査の方法	2
2.1 調査期間	2
2.2 調査地点	2
2.3 調査方法	4
2.4 分析項目	6
3. 調査の結果	7
3.1 飛来状況	7
3.2 金属成分及びイオン成分	11
3.3 農薬成分	18
3.4 物理的性質	22
4. 調査結果の解析	24
4.1 飛来状況の分類	24
4.2 飛来状況の解析	31
4.3 化学的性質の解析	34
4.4 特徴的な黄砂現象の解析	49
4.5 黄砂沈着量の試算	61
5. 調査結果のまとめと今後の課題	63
5.1 調査結果のまとめ	63
5.2 今後の課題	64