

【5B-1202】PM2.5 規制に影響する汚染混合型黄砂の組成的特徴と飛来量/降下量に関する研究  
(H24～H26；累計予算額 115,102 千円)

杉本 伸夫 ((独) 国立環境研究所)

## 1. 研究実施体制

- (1) メガシティにおける PM2.5 黄砂の複合汚染に関する三次元的実態解明とその越境飛来観測 ((独) 国立環境研究所)
- (2) メガシティにおける PM2.5 黄砂と人為汚染物質による複合汚染の化学的特徴の解明 (東京都環境公社東京都環境科学研究所)
- (3) 汚染混合型の黄砂沈着フラックス量を推計する黄砂予報モデルの応用研究 (国土交通省気象庁気象研究所)
- (4) 黄砂沈着のネットワーク観測と組成変化に関する研究—海洋に沈着する黄砂— (東京大学)
- (5) 黄砂沈着のネットワーク観測と組成変化に関する研究—陸地に沈着する黄砂— (名古屋大学)

## 2. 研究開発目的

微小黄砂 (PM2.5 黄砂と呼ぶ) は、大気汚染物質とよく混合することが定性的に判ってきた。そのような汚染混合型黄砂は黄砂そのものに比べ健康影響が大きいと指摘されている。黄砂発生源に近いアジア大陸のメガシティでは、汚染混合型黄砂が新たな都市大気環境問題となり、日本でも PM2.5 規制値を超える汚染混合型黄砂の飛来が目立ってきた。PM2.5 領域に存在する汚染混合型黄砂の日本への飛来・沈着に関する科学的知見は非常に少なく、対応する数値モデルの開発も遅れている。本プロジェクトは、ライダーネットワーク観測や沈着量観測ネットワークなど各分野において先行する観測手法を基に新たな独創的研究手法を加え、今まで未解明の PM2.5 黄砂と沈着量の実態解明と国際貢献的研究の両方を実行する。

本研究サブ課題(1)では、ライダーネットワークを中心とする観測により PM2.5 に含まれる黄砂量および大気汚染性エアロゾルとの混合状態 (内部混合、外部混合) を明らかにする。(2)では発生源に近いメガシティにおける PM2.5 の化学組成と混合状態を明らかにする。(3)では黄砂予報モデルを、大気汚染物質を含む予測システムへと高度化するとともに、黄砂の沈着量推定のための手法を開発し日本周辺域を対象に飛来量及び沈着量分布を明らかにする。また、観測データと組み合わせたデータ同化、逆解析といった数値解析手法を有機的に結合することによって、黄砂予報モデルおよび予報精度を改良する。これによって、環境省・気象庁が共同運用する黄砂ホームページの質的向上等に貢献する。(4)では、海洋大気を通して日本へ、また日本を越えて飛来・沈着する汚染混合型黄砂に関する科学的知見を得ること目的とし、黄砂および人為起源物質の海洋上における観測を行う。(5)では、沈着量観測ネットワークを再構築し、今まで未解明の PM2.5 黄砂と沈着量分布の実態解明を行い、沈着量の地理的分布や時系列変化を明らかにする。

## 3. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

内部混合状態の黄砂 (汚染された黄砂) の光学特性を偏光 OPC によって初めて観測した。また、汚染された黄砂の光学モデル構築のための方法を示した。さらに、2 波長偏光ライダーにより汚染された黄砂の分布を遠隔計測する手法を検証した。汚染された黄砂をリアルタイムで測定する手法の開発により、黄砂と大気汚染粒子の濃度に加えて黄砂の汚染度のデータを疫学研究等へ応用研究に提供することが可能となった。

黄砂発生源に近いウランバートルと東京の大気粉じん中の化学成分の特徴を把握し、土壌粒子と汚染物質の混合状態がウランバートルでは東京とは異なる特徴を持つことを明らかにした。

汚染混合型黄砂予測システムの開発により PM2.5 汚染混合型黄砂の飛来予測が可能となった。また、

黄砂発生源や大気汚染（火山噴火なども含む）の組成と発生源の推定を行うことが可能となった。MASINGAR を用いた 30 年以上における長期シミュレーションの結果、大陸における黄砂発生量の変動や日本付近への沈着量が推定された。さらに、逆解析により MASINGAR の改善すべき領域に関する知見が得られた他、PM2.5 汚染混合型黄砂のデータ同化計算を行うための環境を整えることができた。

洋上を輸送される黄砂粒子が海洋大気中で海塩タイプ粒子と内部混合し、粒径が増加し、乾性沈着が促進されること、より吸湿性の高い粒子となって湿性沈着が促進されることが示された。

陸上のネットワーク観測により、湿性・乾性沈着する黄砂量と粒径分布を週毎、イベント毎に調べることにより、黄砂の輸送・沈着現象の全体像を明らかにした。特に、黄砂の報告が少ない年においても年間で 4~7g/m<sup>2</sup> も沈着しており、沈着ダストの体積粒径分布は 10~15 μm にモード径があることがわかった。さらに、PM2.5 黄砂が、夏にも飛来していたことを明らかにした。

## (2) 環境政策への貢献（研究者による記載）

<行政が既に活用した成果>

ライダーネットワーク観測で捉えた黄砂の動態を、準リアルタイムで環境省黄砂飛来情報ホームページに提供した。

本研究で開発し検証した気象研究所の汚染混合型黄砂予測システムに基づいて気象庁の黄砂予報モデルが更新された（2014 年 11 月）。

三国環境大臣会合の黄砂に関する研究第 1 ワーキンググループにおいて、ライダーネットワーク観測データを共有するとともに、黄砂予測モデル結果や観測結果など本研究の成果を含む研究情報を提供した。

<行政が活用することが見込まれる成果>

PM2.5 に含まれる黄砂量の推定手法 (PM2.5/PM10 比を用いる手法およびライダーで得られる黄砂消散係数、大気汚染粒子消散係数から変換する手法) を開発し、PM2.5 における黄砂の影響を準リアルタイムで推定可能となった。これは PM2.5 規制に有用な情報となると期待される。また、ライダーおよび偏光 OPC による汚染された黄砂の検出手法は、黄砂および大気汚染粒子の飛来状況に加えて、黄砂の汚染度の情報を（純粋な黄砂、大気汚染粒子と共存、汚染された黄砂の 3 レベル程度で）影響研究や一般に準リアルタイムで発信するための手法として活用できると期待される。

汚染混合型黄砂予測システムの開発により、PM2.5 汚染混合型黄砂の飛来を予測することが可能となった。また、黄砂発生源や大気汚染（火山噴火なども含む）の組成と発生源の推定を行うことが可能となった。本研究で改良したモデルは黄砂の飛来の監視、影響評価、対策などの面で環境施策に貢献できる。

黄砂の沈着量の地理的分布や粒径分布が観測研究により明らかにされた。これは、黄砂予測モデルによる沈着量の検証、改良に役立つ。また、黄砂の環境影響評価に（従来は黄砂の濃度のみが用いられてきたが）沈着量を用いることが可能となる。

## 4. 委員の指摘及び提言概要

PM2.5 に含まれる黄砂重量の推定、黄砂と大気汚染物質の混合状況の把握、PM2.5 黄砂の予測モデルの改良等により、我が国における PM2.5 測定値および汚染における黄砂の影響の把握に資する貴重で新たな成果が得られており、今後の活用が期待される。しかし、黄砂発生量や沈着量のシミュレーションの信頼性に問題があり、また研究成果の PM2.5 規制への結び付け方やサブテーマ (4)、(5) を含めて研究成果をどのように役立てようとしているのか不明である。研究経費、研究体制から研究成果に物足りなさがある。

5. 評点

総合評点： A