

38 . 風送ダストの大気中への供給量評価と気候への影響に関する研究 (平成12年度～16年度)

気象研究所 三上正男(mmikami@mri-jma.go.jp)

1 . 研究の目的

大陸の乾燥・半乾燥地域から風によって大気中に舞い上がる風送ダストは、発生域の農業生産や生活環境に大きな影響を与えるばかりでなく、自由大気に鉱物質エアロゾルとして浮遊し、日射の散乱・吸収および赤外放射の吸収過程による放射強制力効果や雲・降水過程を通じてグローバルな気象・気候に影響を及ぼしている。風送ダストは海洋へも大量に供給され、海洋表層のプランクトンの増殖を通して海洋の一次生産にも大きな影響を与えている。こうした風送ダストによる地球環境・気候への影響を評価するためには、(1)風送ダストの大気中への供給量を定量的に全球スケールで明らかにすると同時に、風送ダストの粒径分布・物性や濃度分布の三次元的情報が不可欠である。また、(2)気候システムへの風送ダストの影響・効果を明らかにするためには、風送ダストの長期間にわたる放射強制力の評価や海洋への供給量を定量的に見積もる必要がある。

2 . 研究計画

本研究課題は、第 期(平成12年度～14年度)と第二期(平成15年度～16年度)で構成されている。

第 期は、全球統合化ダストモデルと風送ダストの観測ネットワークを構築した。第二期は第 期での成果をふまえ、風送ダスト発生域・長距離輸送過程における風送ダストの大気中への供給量評価、大気中ダストの放射強制力の実態把握を行うと共に、観測結果による全球統合化ダストモデルの評価・改良を行ない、過去半世紀にわたる風送ダストの大気中供給量の全球分布・時間変動を定量的に明らかにした。さらに求められたダスト供給量情報から放射強制力による大気加熱・冷却率および地表面冷却率の定量的な評価をめざしている。

3 . 研究の成果

第 期では、中国の風送ダスト発生域から日本に至る観測拠点で集中観測を二回実施し、全球統合化ダストモデルの開発改良に必要な観測データを収集するとともに、風送ダスト発生と長距離輸

送の実態を明らかにすることを目標としている。さらに、風送ダストの供給量とそれによる放射強制力の評価のための全球統合化ダストモデルの開発を計画した。

全体として、これらの研究目標はほぼ当初の予定通り達成することができた。集中観測は平成14年4月(IOP1)と平成15年3月(IOP2)に実施し、集中観測時にはほぼ全ての機器による観測を行うことができた。

IOP1 は東アジアで例年になく黄砂の発生が多く、反対に一方 IOP2 では例年になく黄砂の発生が少なかった。こうした黄砂発生状況の違いはあったものの、発生域のダスト舞い上がり過程の観測、発生域～輸送途上のライダー観測、放射計観測、並びにダスト粒子サンプリング測定など所期の観測計画はほぼ順調に実施できた。

この結果、モデル検証に用いるデータの取得とデータ解析による数多くの科学的成果を挙げることができた。モデルグループは、集中観測期間に合わせ、全球モデルによるダスト発生移動の予測実験を成功させた。その結果、第 期で掲げた風送ダストの全球スケールのモデル化と風送ダスト発生から長距離輸送の実体に関する研究は当初の予定通りの進捗を見るに至ったと考えている。以下に、これまでに得られている主な研究成果を列挙する。

ダストストーム発生時の飛砂の粒径、粒子数の直接測定に成功した。従来これは間接測定でしかなしえなかったことで、世界初のことである。これにより飛砂過程のより精密なパラメタリゼーションを行うことが可能となった。

また、オアシス周辺の休耕地、砂礫砂漠、砂砂漠での飛砂過程の観測から、ほぼ同一の気象条件下でも飛砂飛散量は10倍から70倍の飛散量の差があることがわかった。

天山山脈と崑崙山脈に挟まれたタリム盆地での観測結果から、山岳～盆地間の循環によってダストが両山脈に輸送されていることがわかり、このダスト輸送量は天山山脈側でおおよそ $8 \times 10^{-6} \text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$ 、崑崙山脈側でおおよそ $17 \times 10^{-6} \text{kgm}^{-1}\text{s}^{-1}$ と求められた。

タクラマカン砂漠で分光放射観測を行い、光学

的厚さに関するデータを取得した。また、現地地表面の土壌組成情報に基づいてダスト粒子の光学パラメータを推定した。これらの結果を基にタクラマカン砂漠でのダストによる放射強制力を試算し、欧米で用いられているダスト光学モデルとの相互比較とアジア域のダストをより良く表現する光学モデルの検討を行った。

中国内陸の砂漠域で初めてライダーによるダスト粒子鉛直分布の観測に成功した。ダストの発生域におけるライダー観測の例は少なく情報の空白域であった。これにより、中国内陸部における混合層内での高濃度のダスト層の変動を明らかにすることが出来た。

日本国内で黄砂飛来時の輸送途上・沈着時のライダー観測に成功した。観測結果は放射計やサンプリングによるダスト量の解析結果と良好一致を示している。また、IOP2 では、バックグラウンド黄砂と呼ばれる大気上層の黄砂層の実態について詳細な観測を行った。

中国 4 カ所、日本 4 カ所のスカイラジオメーターネットワークが順調に稼働し、ダスト発生・輸送・沈着に至る全輸送過程上での光学的厚さの観測に成功した。

ダスト発生域を含む中国 4 カ所でサンプラーによるダスト粒子採取を行い、その粒径分布、鉱物組成等の情報を集めることに成功した。採取したダスト粒子の解析結果から、ダスト発生域の砂漠では鉱物組成が土壌のそれとは大きく異なることが分かり、同時にダスト光学モデル開発に必要な粒径分布に関する情報も得られた。今後、他のグループでの観測データとの総合解析により、ダストの放射モデル、衛星、放射計、ライダー等のリモートセンシングデータの解析アルゴリズムの高度化を進めることが可能となった。

ダストの乾燥域からの飛散過程、移流過程、沈着過程をまとめた全球スケールの風送ダスト統合化モデルの開発を行った。また、これに用いる地表面情報のデータセット（積雪、植生、土壌分布等）を整備した。

開発した風送ダスト統合化モデルを用いて、集中観測期間中に風送ダストの発生移動予測実験を行った。結果は、おおむね観測事実と整合的であり、モデルが風送ダストの全過程を正しく表していることが確かめられた。

今後は、風送ダストの発生量とその粒径分布評

価をより確かなものにするため、ダストの舞い上がり過程の研究について、第 期で解明した飛砂飛散過程に加え、ダスト粒子の舞い上がり過程を、観測とモデルの両手法を有機的に組み合わせて推進する必要がある。また、第 期で確立されたネットワーク観測資源を有効に活用して、それぞれの地域での実際の放射強制力を評価することが、モデルによる評価の検証のためには、重要である。さらに、モデルによる放射強制力評価に必要なダスト光学モデル（ダスト粒径、吸収と散乱特性等）をさらに精度の高いものとして完成することが研究課題の最終目標を達成するために必要である。このため、第 期では、観測ネットワークによる観測を継続するとともに、上記の課題を考慮して、砂漠域からの風送ダスト舞い上がり量の実態解明、砂漠～日本の観測拠点におけるダスト放射強制力の実態把握とダスト光学モデルの構築、ならびに 全球統合化ダストモデルによるダストの気候への影響評価の研究体制とした。これにより、観測、解析、モデル手法が有機的な連携を強め最終研究目標の達成を目指している。

4 . 成果文献

- Yanada, Y., M. Mikami and H. Nagashima, 2002 : Dust Particle Measuring System for Streamwise Dust Flux, *Journal of Arid Land Studies*, 11, 4, 229-234.
- Abe O., Wang L., Wei W., and Zhang X., 2002 : Local Circulation Over Upstream Regions of the Qira River, Kunlun Mountains, China, *Journal of Arid Land Studies*, 11(4), 223-227.
- K.Masuda, Y.Mano, H.Ishimoto, M.Tokuno, Y.Yoshizaki, and N. Okawara 2002 : Assessment of the nonsphericity of mineral dust from geostationary satellite measurements, *Remote Sensing of Environment*, 82, 238-247.
- Aoki, Te., M. Mikami, and W. Liu, 2002 : Spectral albedos of desert surfaces and size distributions of soil particles measured around Qira and Aksu in Taklimakan Desert, *Journal of Arid Land Studies*, 11, 259-266.