

# 黄砂の実態解明をめざして（日中共同研究プロジェクト） — 観測・解析・モデル研究から見てきた黄砂の実像 —

環境・応用気象研究部 三上 正男

## 1. はじめに

中国大陸の砂漠乾燥域から強風により舞い上がる直径数 $\mu\text{m}$ 以下のダスト（鉱物質エアロゾル）は、わが国では「黄砂」として広く知られている。世界各地の砂漠乾燥域からも毎年莫大な量のダストが放出されており、近年、これらのダストが地球の気候や生態系の中で重要な役割を演じていることがわかり始めた。しかし、ダストの舞い上がり量、粒径情報、光学特性や鉱物特性等の実態が解明されていないため、ダスト粒子の効果の定量的評価は、依然として明らかではない（気候変動に関する政府間パネル第3次評価報告書、IPCC2001）。特に、東アジアは、タクラマカン砂漠をはじめとする砂漠乾燥域が東西に広く分布しているが、現地観測の困難性からダストの発生と長距離輸送に関する実態解明はこれまで大きく立ち後れていた。

こうした事を背景として、日本と中国の科学技術協力による共同研究プロジェクト「ADEC(Aeolian Dust Experiment on Climate Impact)」が2000年4月より開始された（科学技術振興調整費による）。ADECの目標は、ダストの大気中への供給量と放射強制力による気候への影響を定量的に評価することである。気象研究所は日本側のとりまとめ機関として中国科学院傘下の研究所と共同し、観測・解析・モデル研究の三位一体による研究を推進してきた。以下では、気象研究所が中心となって進めているダスト研究の概要と最新の研究成果を紹介する。

## 2. 日中共同ネットワーク観測

ダストの実態を把握するため、中国の発生域から日本に至る領域の10カ所でライダー（鉛直分布）、放射計（光学特性）、サンプラー（粒子情報）ならびに気象衛星（広域分布）による観測・解析を行っている（図1）。

これまで、気象研究所のラマンライダーによるダストの巻雲生成過程の観測、発生域～日本各点でのダストによる光学的厚さのネットワーク観測、さらには気象衛星ひまわりによる日本周辺海域上のダストの光学的厚さ分布などの成果が得られている。

これらの観測および解析結果は、放射強制力評価のためのモデル作成、全球ダストモデルの検証に活用されている。

## 3. 砂漠からの舞い上がり過程

ダストによる放射強制力評価のためには、中国現地

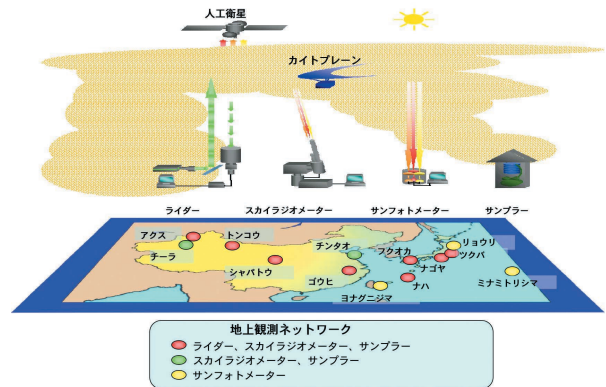


図1 黄砂ネットワーク観測概要図

の砂漠からのダスト舞い上がりの実態とメカニズムを知る必要がある。ダストの舞い上がりには、飛砂と呼ばれる直径 $30\sim 500\mu\text{m}$ の粒子の飛散が大きく関係している。飛砂やダストの量は、気象条件に加え地表条件、土壌水分等に左右されるため、メカニズムを解明するには飛砂やダストの粒径毎の量と共にこれらの諸量を詳しく測定しなければならない。しかし、これまで実際の砂漠でこうした飛砂の飛散やダストの舞い上がりを直接測定することは出来なかった。気象研究所は理化学研究所等と共同で、直径 $0.3\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ の粒子を粒径毎に1秒間隔で精密に測定する装置を開発し、中国タクラマカン砂漠で飛砂の飛散とダストの舞い上がり過程の観測を世界で初めて成功させた（写真1）。その結果、飛砂の発生量は砂漠よりも砂礫砂漠の方

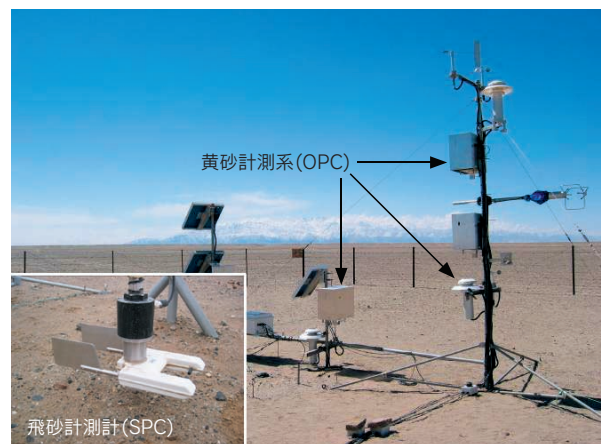


写真1 中国タクラマカン砂漠南部の砂礫砂漠に設置した自動気象ステーションと黄砂観測システム、飛砂計測システム（左下写真）。

が遙かに多いこと、砂礫砂漠、砂砂漠およびオアシス内休耕地の観測により、自然状態の地表面条件に比べ人為的地表面の休耕地ではより飛砂が飛散しやすいことも明らかとなった。

#### 4. 全球ダストモデル

ダストの大気中への供給量やそれによる放射強制力を定量的に評価するためには、全球数値モデルを用いた手法が有効である。気象研究所は、大気中へのダスト供給量と放射強制力を評価するため、全球ダストモデルを開発し、全球ダスト供給量と大気中分布の再現実験を行っている。

これまでに得られている結果（図2）によれば、全球ダスト供給量は2120Tg/year(テラグラム毎年：1Tg=1×10<sup>12</sup>g)、年平均の大気滞留量は17.9Tgとなっている。また、供給量は土壌粒径分布や植生・積雪

等の地表面条件に敏感であること、最大の供給源であるサハラ砂漠からのダストは比較的低高度を移動すること、東アジア内陸砂漠からのダストは、全体量は少ないものの擾乱によっては高度6 km以上にも舞い上がり、大気中に長期間滞留し長距離輸送され極域付近まで達することなどが明らかとなっている。

#### 5. ダストの放射強制力

全球ダストモデルにより再現されたダストの全球空間分布から、放射強制力を評価するためには、ダスト粒子の吸収散乱特性を表す光学モデルを精度良く構築しなければならない。気象研究所では、東アジアのダスト粒子の光学特性について、現地調査とモデル計算を行い、全球モデルに基づくダストの放射強制力評価のための放射伝達モデルを開発した。このモデルによる評価では、同一の大気ダスト条件下でも地表面や大気の状態により放射強制力には大きな違いがあり、海面上ではダストによる冷却効果、雪面上では加熱効果が働く。また、砂漠域では地表面の反射率や大気状態に大きく左右されることがわかった。

#### 6. まとめ

日中共同プロジェクトADECは、地球科学分野では日中間で最大の科学技術協力として、日中の関係各機関の協力により、これまで極めて円滑に進められてきた。こうした協力関係は、気象研究所も参加した日中共同研究「砂漠化機構の解明に関する国際共同研究」(科学技術振興調整費、1989～1994年度)によって醸成された日中双方の研究機関、研究者間の信頼関係がその基礎となっている。

システムとして地球を見た場合、ダストが気候系や生態系に占める役割は、放射強制力の直接効果や海洋への栄養塩供給だけにとどまらず、雲降水系への影響や長距離輸送途上の人為起源物質との内部混合等、依然未解明の部分が多く、ダスト研究はその緒についたばかりである。また、ダストの発生域周辺では防災・環境問題としての側面もあり、近年、東アジアでは関心が高まっている。

日中共同プロジェクトADECは、発生域の観測・解析・モデル研究が有機的に連携した世界でも先進的な研究として進められているが、今後、プロジェクト成果のとりまとめにあたっては、科学的成果の集約に努めると共に、このような社会的要請にも応えられるように努めたい。

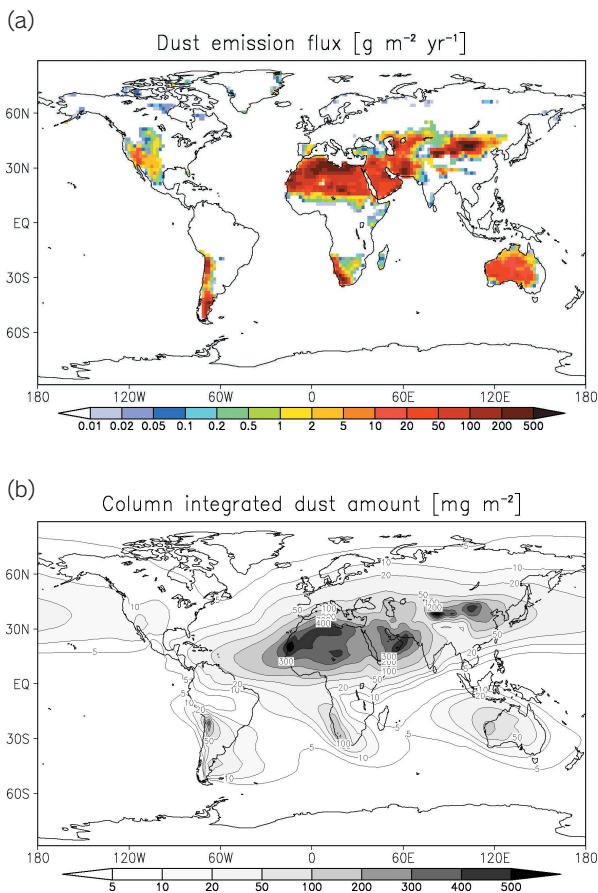


図2 MASINGARにより得られた22年平均(1980～2001年)の(a)年間ダスト発生量(単位はg m<sup>-2</sup> yr<sup>-1</sup>)と(b)大気鉛直カラム量(mg m<sup>-2</sup>)。