

## 2.3. 物理・化学的性状

### 2.3.1. 物理性状

黄砂粒子の粒径についての、最も古い測定は、1920年に、中国で降塵を顕微鏡観察した結果が残されている。1934年には、中国から日本にかけての詳細な調査が行われ、それによれば、黄砂粒子の粒径は全体として0.5~0.001mmの範囲であるが、中国、韓国、日本の順に小さくなり、八重山諸島では、0.05mm以下となることが報告されている。

また、浮遊しているものでは、1979年に名古屋でアンダーセンサンプラーを用いて詳細に測定された。その結果は、1 $\mu$ m以上の濃度が高く、ピークは、4 $\mu$ mであった。この資料を、X線回折装置により鉱物組成を調べた結果、砂塵中の石英や長石の造岩鉱物さらに雲母(イライト)、カオリナイト、緑泥石などの粘土鉱物が多く、いずれも直径1.0 $\mu$ m~30 $\mu$ mの粒径範囲に分布し、4 $\mu$ m付近に最多直径を示す1山の粒度分布をもつということが分かった。粘土鉱物が2 $\mu$ m以下の土壌構成粒子中に含まれる特性をもつことを考えると、大気中の黄砂粒子は、その多くが純粋な鉱物粒子からなるのではなく、粘土鉱物の構成粒子が相互に凝集したものか、あるいは石英や長石などの粒度の粗い粒子の表面に粘土鉱物が付着した粒子からなるであろうと推定される(石坂 1991)。

一方、中国の黄砂発生地である、タクラマカン砂漠などで土壌の粒径が測定されているが、球と仮定した場合の相当粒径の平均は103 $\mu$ mで最頻値が70~80 $\mu$ mであった(Yamada 他 2002)。

### 2.3.2. 化学性状

日本上空に飛来する黄砂粒子の鉱物組成には、主要鉱物として、石英、長石、雲母(イライト)、緑泥石、カオリナイト、方解石、石膏、硫酸アンモニウムなどを含んでいる。これを、中国の土壌の性質と比較すると、砂漠土壌に特徴的な石膏が含まれている。黄土は石膏を含まないので、黄砂が砂漠土壌に由来していることを示唆している(石坂 1991)。

一方、石膏が黄砂の輸送過程で生成されるとの研究もある(Mori 他 1998)。中国の産業活動に伴う硫黄分を含んだ排気は、硫酸アンモニウムとして大気中に浮遊する。これと、土壌起源の炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )が反応し、石膏となる可能性が示唆されている。実験では、数日で中間生成物のコクタイトを生成し、最終的には石膏が生成された。

黄砂が飛来中に降水があると、その降水は黄色に濁り、pHは7前後と高くアルカリ性を示す場合が多い。また、その化学成分ではカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )濃度が非常に高く、非海塩起源の硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )濃度も高くなった。これらは、降水に含まれていた  $\text{SO}_4^{2-}$ の一部が硫酸として含まれており、黄砂粒子中の  $\text{CaCO}_3$ によって中和された可能性を示している(鶴田 1991)。

日本で採取した黄砂粒子の起源を探る目的で、中国北部の土壌の化学分析を行った結果、ケイ素(Si)のほか、長石や粘土鉱物に由来するアルミニウム(Al)、方解石などに由来するカルシウム(Ca)、イライトなどに由来するカリウム(K)が多くふくまれる特徴がある。日本各地の表層土の化学組成と比較すると、日本の表層土では、Ca含有量が低く、特にCa/Al比では、中国の0.6~1.3と比較して日本では0.2以下と低く、一般的にはCa含有量の高いことが黄砂粒子の特徴であることを示している。

黄砂時にアンダーセンサンプラーによって採取した試料の化学成分分析の結果によれば、Ca/Al比は、1.12と高い値を示している。黄砂をおもに形成する土壌粒子の主成分であるNa、K、Ca、Mg、Al、Tiなどはすべて粒径約4 $\mu\text{m}$ に極大を示し、Ca以外は水不溶性成分が大部分を占め、各粒径の水不溶性成分ではAlと他の主成分との間にきわめてよい直線性が認められた。これは、黄砂粒子の含む砂漠土壌粒子が、粒径の如何にかかわらず同じ化学組成をもっていることを示している(金森他 1991)。それに対し、土壌起源ではないと考えられるアンモニウムイオン( $\text{NH}_4^+$ )、硫酸イオン( $\text{SO}_4^{2-}$ )、硝酸イオン( $\text{NO}_3^-$ )などは対Al比のばらつきが大きく、黄砂粒子が人為起源の大気汚染物質を取り込んでいることが伺われる。