



黄砂の研究と光学

岩坂泰信

名古屋大学水圈科学研究所 〒464 名古屋市千種区不老町

1. はじめに

黄砂は、春の風物詩を飾るものとしてなじみ深い。アジア大陸の乾燥地帯に発生する砂塵嵐は、大気中に多量の土壤粒子を巻き上げる。これらの粒子は、春特有の移動性の高低気圧の作り出す大気の流れに乗って、西へ西へと移動する（図1）。黄砂が、近年、急速に多くの研究者の関心を引くようになったのは、移動する空間の広大さによる。

1970年代の後半、地球化学あるいは海洋化学の研究者の間で、太平洋を舞台に起きている化学元素や化学物質の収支や循環を明らかにしようとする動きが活発になってきた。海底の沈殿物の化学分析の結果は、大気を“通り道”にして土壤粒子が「大気圏から海洋へ大量に輸送」されていることを示した。土壤粒子は、大気圏をどのようにして移動していくのであろうか？ また移動中にそれらの粒子は、周りの大気とどのように反応するのであろうか？ 等に、大きな関心が寄せられた。なぜなら、“黄砂粒子の化学分析は、地表付近に落下・沈殿してきた粒子を採集することによっており、黄砂粒子が活発に輸送されている高度で採集されたものによっているのではないからである。

2. 1979年の黄砂

1979年の4月に、まれにみる規模の大きい黄砂が発生した。また、黄砂の光学観測にとっても記念すべきときとなった。1970年代の後半、ミー散乱方式のレーザーレーダー（ライダー）は、完全に実用段階に達し、応用面の拡大を意図してさまざまなターゲットが求められていた。名古屋大学では、偶然この4月の黄砂を観測した。「黄砂の飛来高度は、どれだけか？」という、一見素朴な疑問に答えるにも、複雑で仮定の多い解析をしなければならなかったのに、ライダーはいとも簡単に答えを出してくれた。のみならず、ライダー観測から、黄砂層の厚さ、単層か多層か、等について容易に答えを出すことができるるのである。

黄砂観測におけるライダーの貢献をまとめてみると、次のようになるであろう。

- i) 黄砂層の高度を知ることによって、黄砂の輸送されてくる経路を知ることができる。
- ii) 気象衛星‘ひまわり’が捕らえた映像と組み合わせることによって、3次元的な輸送のイメージを得ることができる。
- iii) さらに、黄砂層の厚さを加味して、黄砂粒子の輸送量や、気候への影響を見積もる際に重要な光学的厚みを知ることができる。

さて、この偶然の観測がもう一つの偶然を重ねることになった。われわれが、観測していた黄砂を、ハワイでも観測していたのである。後日、ハワイで観測していた研究者がわれわれを訪問してくれた。黄砂研究が、世界的広がりをもってなされていることを実感した。この観測結果を発表するにあたって、論文中で、黄砂を英語でKOSAとした¹⁾。それまでは、Asian dust, Asian dust storm等が使われていた。KOSAなる単語は、以後しばしばアメリカの研究者達にも使われるようになったのは、面白いといえば面白い。

3. 日中共同観測

研究が進むにつれて、「黄砂粒子は、発源地で大気中に放出された後、いささかも姿も変えずに運ばれているのだろうか？」という疑問が、関係者の間で話題になった。名古屋大学のキャンパスで採集した黄砂粒子は、粒子の周りにはなはだ鉱物らしからぬものをつけていたのである。それは、SO₄²⁻を含むものと考えられ、大気中を漂っているうちに、粒子表面で亜硫酸ガスを酸化させてできたものかもしれない。あるのである。

発源地での黄砂粒子は、どのような表面をもっているのであろうか？ 中国大陸の乾燥地帯で巻き上げられた直後の粒子と、日本で採集された黄砂の比較観察が、構想されるにいたった。1985年、中国科学院・大気物理研究所との共同研究が、スタートした。また、ほぼ同じ時期、アメリカのロードアイランド大学の研究グループ

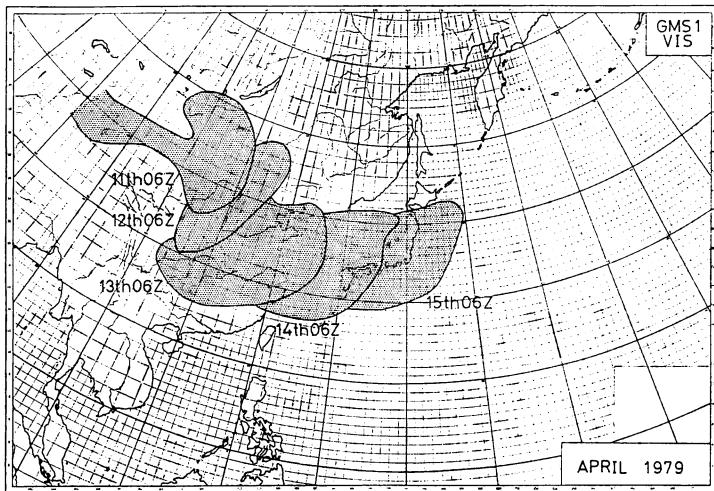
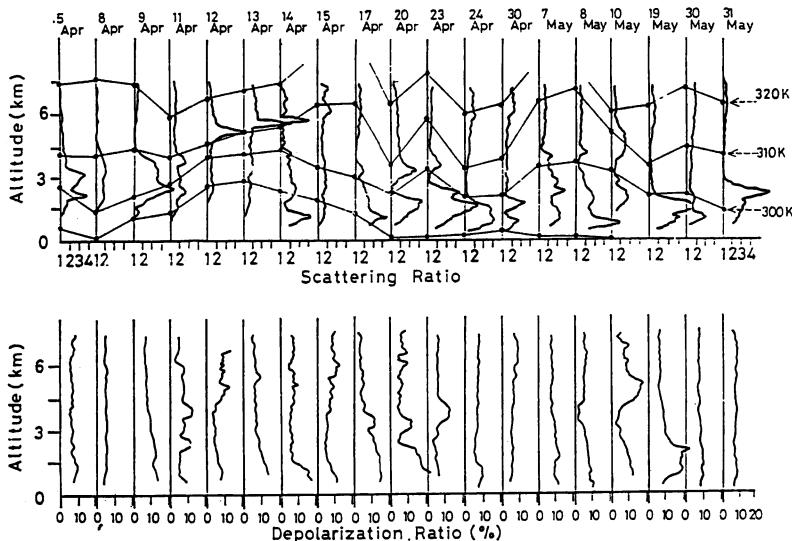


図1 人工衛星ひまわりをもとにして得られた黄砂域の移動のようす

図2 ライダーによって得られた黄砂層の変化
観測期中、地上では黄砂の報告はなかった。上は混合比、下は偏光解消度

とも共同研究が、始まった。中国の大気物理研究所は、ライダーによる大気観測を本格的に運用はじめ、研究目標の一つに、黄砂を取り上げたのである。以後、水圈科学研究所では、春になると屋上には多種多様の採集装置が所狭しと並べられ、近くの牧牛港からは週に一回の割合で観測用の飛行機が飛び立つことになった。晴れ間があれば、夜昼の区別なくライダー観測が行なわれる。国外からは、時々の黄砂情報が舞い込んでくる。

観測を通してわれわれが、到達した「黄砂観」は、次のようなものである。

1. 黄砂は、地上で観測されないときでも、かなり頻

繁に上空を移動している

2. 黄砂は空飛ぶ化学工場である

これまで、地上にへばりついて観測していたため、上空の様子はほとんど知られていない。われわれは「地上では黄砂の報告がないときにも、数キロメートル上空が黄砂で覆われている状態」を、しばしば観測した（図2）。ライダー観測から予測はされていたが、航空機観測によってはっきりと裏打ちされた。この状態を「バックグラウンド黄砂（background KOSA）」と名付けた^{2,3)}。

黄砂粒子表面は、時には大気中の亜硫酸ガス等によっ

て作られたと推定される硫黄化合物や、 NO_x からできたりと考えられる硝酸イオンを含む皮膜に覆われている。発源地近くの黄砂にはこのようなことはないらしく、大気中を移動する間に、その表面で汚染ガスが関与する反応が進行した結果と考えられる。このことが、空飛ぶ化学工場をイメージさせたのである。黄砂が通らなければ、ガス状の汚染物質として漂っていたものが、黄砂粒子のおかげでゾル化し黄砂とともに海や陸地に落下する運命になったといえる^{3,4)}。誤解を恐れずに言うなら、黄砂粒子は空気中の亜硫酸ガス等を掃除してくれているのかもしれない。

中国でのライダー観測の結果は、われわれの想像以上に複雑な黄砂の空間・時間変化を示しており、単純に日本の結果と比較できない。局地的な大気の運動の効果が、強くでているためであろう。もう少し、両者の間に観測点があればと思う。とくに、黄海もしくは日本海にライダー基地があれば、と願っている。

ライダー観測によって黄砂粒子の移動状況は、詳しくわかるようになってきているが、この数年で意識されるようになった「移動する化学工場」の姿を解明する作業は、緒についたばかりである。この化学工場では、どのような気体がゾル化しているのか、工場の能力は何によっているのか、できた生産物で覆われると粒子の形や大きさはかなり変わるので、など興味ある問題である。

これらを、光を使ったリモートセンシングで解決できないかと、名古屋大学では検討している。

4. おわりに

黄砂研究は、ここしばらくの間、多方面から注目される標的になるだろう。リモートセンシングによって多様な情報を得ることは、研究上きわめて大きい貢献をなすはずである。

文 献

- 1) Y. Iwasaka, H. Minoura and K. Nagaya: "The transport and spacial scale of Asian dust-storm clouds: a case study of the-dust storm event of April 1979," Tellus, 35B (1983) 189-196.
- 2) Y. Iwasaka, M. Yamato, R. Imasu and A. Ono: "Transport of Asian dust particles and its atmospheric chemical effect," 5th Int. Symp. CACGP on Global Atmospheric Chemistry, Ontario Canada (1987).
- 3) Y. Iwasaka, M. Yamato, R. Imasu and A. Ono: "Transport of asian dust (KOSA) particles; importance of weak KOSA events on the geochemical cycle of soil particles," Tellus, (1988) in press.
- 4) K. Okada, A. Kobayashi, Y. Iwasaka, H. Naruse, T. Tanaka and O. Nemoto: "Features of individual Asian dust-storm particles collected at Nagoya, Japan," J. Met. Soc. Jpn., 65 (1987) 515-521.

(1988年11月15日受理)

南極ライダー観測奮戦記

野 村 彰 夫

信州大学工学部 〒380 長野市若里 500

南極の昭和基地において、1983年から85年の3年間にわたって極域高層大気のライダー（レーザーレイダー）観測を実施した。この観測は、国際中層大気観測計画（middle atmosphere program, MAP）というそれまで未知の領域であった高度10～120kmの大気の状態を国際的に調査研究するプロジェクトの一環として行なわれたものである。ライダー観測はこの大きなテーマのなかで、成層圏エアロゾル（高度10～30km）の観測（1983～1985）と中間圏ナトリウム原子層（高度70～110km）の観測（1985）を行ない、その高度分布の夜間あるいは季節変化から極域中層大気の状態について解明を行うことを目的とした。

最初は、名古屋大学の岩坂さんが1983年にルビーレーザーをベースとしたライダーを南極に設置して、ミーセン乱による成層圏エアロゾルの越冬観測を開始した。筆者は、1985年に新たに色素レーザーを持ち込み、ナトリウムのD₂線の共鳴散乱を利用してナトリウム原子層の観測を行なった。これらの観測から、エルチジョン火山の噴火により成層圏に注入された火山灰の挙動、オゾンホールとの関係、大気波動の様子およびオーロラの下層大気への影響等いくつかの興味ある結果が得られたが、ここでこれらの点について詳しく述べることは題意に反するので、本稿では別の観点から（平たくいえば、裏話を科学的に）南極のライダー観測について述べる。