

中国からの黄砂の衛星広域観測 ～グローバルな地球環境問題・酸性雨の解明に向けて～

長崎大学工学部 学生員 〇川原 直樹
同 上 正 員 後藤 恵之輔
長崎大学大学院海洋生産科学研究科
学生員 サム・ウオットソン
近畿大学九州工学部 森 正寿

1. まえがき

近年の大きな社会問題化とした環境破壊問題。その中でも最近よく耳にする酸性雨は、地球温暖化やオゾン層破壊と共に全地球的な問題になりつつある。しかし酸性雨の歴史は以外に古く、1960年代にスウェーデンなどの北欧から始まったものである。80年代に入ると欧州全域に広がり、西ドイツでは有名な「黒い森（シュワルツバルト）」の7割以上が枯れたり弱ったりしている。酸性雨の被害は酸性の雨が降った後すぐ影響が出るというものではなく、土壌や植物に影響が出るまでには時間がかかる。従って被害が出始めてから対策を立てるのでは手遅れになってしまう。最近、日本でも全国的に降っていることが明らかになっている。特に都市部や日本海側では酸性雨の原因となる硫酸化合物の降水量が他の場所に比べ多くなっているが、日本海側で酸性雨が降っている原因として中国大陸からの影響ではないかと考えられている。幸い日本の土壌はカルシウムやカリウムを多く含んでいるため酸性を中和する働きがあるが、それにも限界があるので早急な対策が必要である。本研究は環境に重大な影響を与える酸性雨が日本海側に降っている原因およびそれらが与える影響を知るため、中国からの「春の使者」としての黄砂に目を付けた。黄砂の飛散状況を人工衛星NOAAのAVHRR（改良型高分解能放射計）データを用いて広域的に解析するものであり、あわせてAVHRRのバンド3（中間赤外）とバンド4（熱赤外）の波長域で黄砂を捕えることができないかを試みたものである。

2. 酸性雨とは

汚れていない大気中の雨の水素イオン指数（ pH =ペーハー）値は5.6前後で、5.6以下の酸性度の強い雨を酸性雨という。工場や火力発電所、自動車などから排出される硫酸化合物（ SO_x ）や窒素化合物（ NO_x ）などの大気汚染物質が原因で発生する。森林や農作物に直接、あるいは土壌変化を通じて被害をもたらす。また湖沼や河川を酸性化させて魚類を死滅させるなど生態系に大きな影響を与えるほか、建物や文化財が被害を受けることもある。スウェーデンでは約4000箇所の湖で魚が死滅したほか、東・西ドイツ、カナダ、中国などで深刻な森林、田畑被害が出ている。

3. 使用したデータとバンドの特性

使用したデータの観測年月日（表-1）、各バンドの特性（表-2）を以下に示す。

表-1 データの観測年月日

センサ	観測日	備考
AVHRR	1988.4.15	
AVHRR	1988.4.19	黄砂を観測(長崎)

表-2 NOAAのバンド特性

センサ	観測波長帯	観測項目	分解能
AVHRR	1 0.58 ~ 0.68 μm	雲および地表面マッピング	1.1km
	2 0.725 ~ 1.10 "	陸水分布	
	3 3.55 ~ 3.93 "	海面温度、雲マッピング(夜間)	
	4 10.30 ~ 11.30 "	海面温度、雲マッピング(昼夜)	
	5 11.50 ~ 12.50 "	海面温度	

4. 解析方法

NOAA/AVHRRセンサーは、可視光線から熱赤外線領域の電磁波波長域 ($0.58 \sim 12.50 \mu\text{m}$) を5つのバンドに分けて収集観測している。今回はこの中のバンド3とバンド4を用いて解析を行った。バンド3の特徴として、バンド3の波長域 ($3.55 \sim 3.93 \mu\text{m}$) は可視 (太陽光の反射) と赤外放射の両者が同程度に入っているため、太陽反射光の卓越した部分では反射光の情報を収集してしまう。従って、反射率が低い海面の上空を飛翔中の黄砂粒子による散乱光が検知されることにより黄砂の状況が分かるはずである。実際にバンド3のCCT値が空気中の浮遊物質によりどうなっているかを桜島・諏訪瀬島からの火山噴煙箇所を例に取って調べ、これらの関係が得られたのちに合成カラー画像を作成した。

5. 解析結果

1988.4.15の噴煙部分と海域におけるバンド4とバンド3の関係を図-1に示す。図中に付した番号は噴煙箇所からの距離を表わしたもので、噴煙箇所に近い方が①で、一番遠いのが⑦である。この図-1から言えることは、海域の部分ではバンド4とバンド3の関係が直線的であるのに対し、噴煙の部分ではバンド4の値が小さいほどバンド3の値が大きくなっているということである。温度を表わすバンド4の値が小さいほどバンド3の値が大きいうこと、さらに噴煙箇所に近い所ほどバンド3の値が大きいうことは、噴煙濃度が濃い部分ほど反射率が高くなり、その結果放射よりも反射が上回ったためにバンド3の値が大きくなったと考えることができる。これはバンド3の特徴とよく一致している。このような結果を考慮して合成カラー画像を作成し、その合成カラー画像をスケッチしたのが図-2である。このスケッチ図より、九州・中国地方に黄砂が飛散している様子が分かる。また次の黄砂が中国の黄海付近に確認できる。今回解析した時期は断続的に黄砂が飛来して来っていた時期であり、4月20日にも黄砂が観測されていることを考えると、黄海付近に黄砂が見られるのは妥当な結果だと思われる。

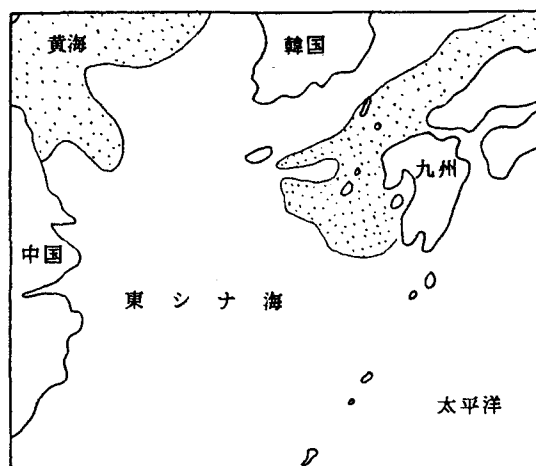


図-2 4月19日における黄砂の飛散状況
(カラー画像からのスケッチ図、点線部が黄砂分布域)

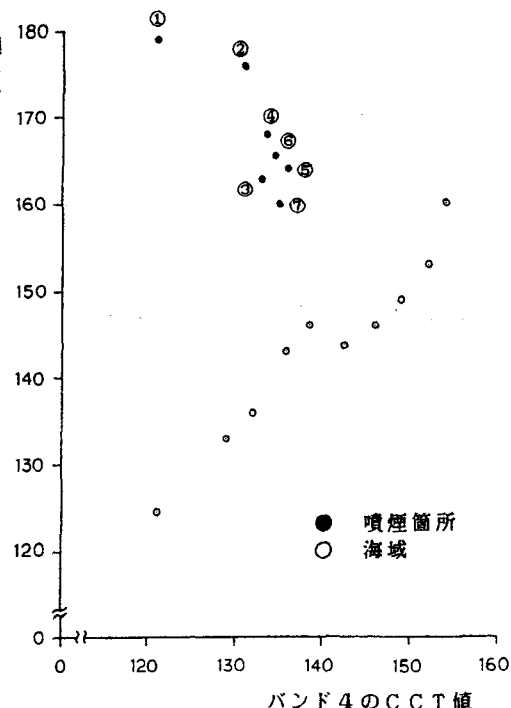


図-1 4月15日の噴煙部分と海域における
バンド4とバンド3の関係

6. まとめ

可視画像を用いなくてもNOAAのバンド4とバンド3を用いて黄砂を捕えることができた。しかしこれには問題点がある。それは黄砂と思われる部分のバンド3の値とバンド4の値が等しければ黄砂を識別できないという点である。この点がバンド4とバンド3を用いて浮遊物質を捕える際の問題点として残ったが、この点は可視域のバンドを用いないと解消できない点だと思われる。また今回は黄砂のその時点での状況を把握したものであるから、今後は黄砂の時間的な流れを解析する必要があると思われる。今回の解析により、九州・中国地方に黄砂が飛散している様子が分かった。黄砂は中国の黄土地帯が発生源であるから、中国の汚染物質も黄砂と同様な飛散状況であることは間違いない。従って、中国の汚染物質が九州・中国地方を含んだ日本へ飛んできていることになる。酸性雨の酸性度が全国でさほど差がないにもかかわらず、日本海側で酸性雨の原因となる酸性降水物の降水量が多いのもこのためであろう。まだ日本では酸性雨の表立った被害は発生していないが、越境汚染である酸性雨がいつ深刻な被害を引き起こすかはわからない。酸性雨の問題は自国だけで片付けることができるものではない全地球的な問題であるので、各国が協力し合い総合的な対策を立てていく必要がある。