

# 黄砂中の含有成分に関する一考察

【大気・地球環境室】

田中卓実

## 1 はじめに

黄砂現象は、春先にしばしば観測される我が国を含む東アジア特有の気象現象の一つであり、現在までに黄砂の起源や飛来量、主成分鉱物に関する研究が主に行われてきた。しかし、微量に含まれる微細な物質（粘土鉱物、酸化物、有機物など）は、化学反応性が高く、表面積が非常に大きいことから、大気圏で様々な反応や運搬役として重要な役割を果たしていると考えられるにも関わらずあまり研究されてこなかった。

当研究所では、平成14年度から黄砂飛来中の有害大気汚染物質等の濃度を測定し、大気環境への影響を調べるとともに、黄砂が飛来途上で大気汚染成分を取り込んでいるのかどうか検証を行っている。

今回、平成16年2月～5月に飛来した黄砂の成分分析結果と流跡線解析結果を基にこの問題について検証を行った。

## 2 方法

### 1) 試料採取

鳥取県東伯郡湯梨浜町にある鳥取県衛生環境研究所屋上で平成16年2月～5月の黄砂現象時に大気浮遊塵を採取した。捕集装置は、ハイポリウムエアサンプラー（柴田科学器械工業製 吸引流速 900l/min）を用い、捕集時間は24時間とした。ハイポリウムエアサンプラーの捕集濾紙には石英濾紙（ダイレック製 TISSUQUARTZ 2500QAT-UP）を使用した。

### 2) 試料分析

項目

#### (a) 金属等

Be, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Al, Cu, Ca, ベンゾ[a]ピレン

#### (b) 水溶性（イオン）成分（大気汚染ガスや海塩粒子に由来するもの） $SO_4^{2-}$ , $NO_3^-$ , $NH_4^+$ , 海塩成分などハイポリウムエアサンプラーで採取した浮遊粉塵試料の半分を金属分析用、直径1.6cmの円形に打ち抜いたものをベンゾ[a]ピレン分析用、また2cmに打ち抜いたものを水溶

性成分分析用に使用した。

金属分析用試料は、圧力容器法により全分解し、ICP-AES（島津製作所製 ICPS 1000）でBe, Cr, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Al, Cu, Caについて分析を行った。また、ベンゾ[a]ピレン分析用試料は、超音波抽出し分析を行った。一方、水溶性成分用試料は20mlの蒸留水に入れ、20分間振とうさせた後、直ちに孔径0.2 $\mu$ mのメンブランフィルターで濾過した。この操作で溶出した成分量を水溶性成分量として、イオンクロマトグラフ（ダイオネクス社製）により分析を行った。

### 3) 飛来経路、飛来高度

国立環境研究所が公開している流跡線解析プログラムソフトCGER-METEXを使用して浮遊塵採取時における衛生環境研究所の上空大気（1,500m）の飛来経路、飛来高度を5日間遡って解析した。

### 4) 検証方法

いくつかの大気汚染成分が黄砂に取り込まれると仮定すると、例えば次の2つの事が予想される。それらの成分の含有濃度は正の相関関係を示すであろうこと。飛来高度と含有成分濃度の間で負の相関関係を示すであろうこと。

そのため、これらを検証して確認できれば黄砂が特定の大気汚染成分を取り込んでいる状況証拠になると考えた。

## 3 結果及び考察

図1は、採取した浮遊塵（黄砂）28検体を飛来経路別に分けた場合の各経路別の件数を示したものである。半数以上の19検体がエリア3（中国中部と朝鮮半島を含むエリア）を通過したものであった。

今回はこのエリア3を通過したものを黄砂として扱い、解析に使った。

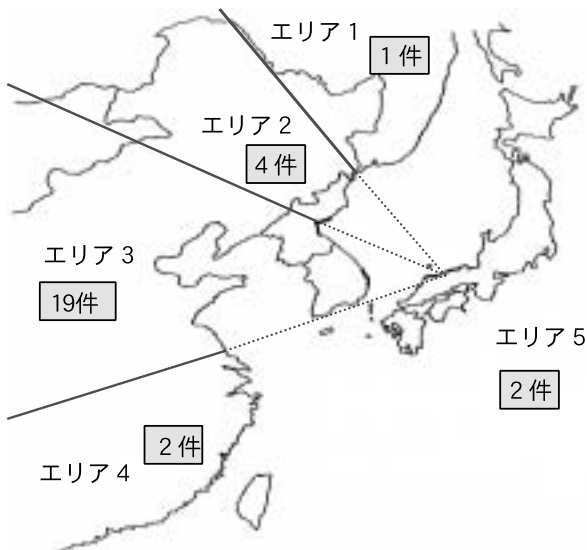


図1 浮遊塵の飛来経路別検体数

まず、の検証のため、成分間の相関関係について調べた。表1はその相関表である。斜体字が正の相関関係、太字が負の相関関係を表している。しかし、これではわかりにくいので模式図にしたものが図2である。

これより正の相関関係のある2つのグループがあることがわかった。一方はnss (非海塩性)  $-SO_4^{2-}$ 、 $NH_4^+$ 等を含むことから人為的な大気汚染に由来するグループ、他方はnss- $Ca^{2+}$ を含むことから土壌に由来するグループではないかと考えられた。<sup>1)</sup>

次に の検証のため、飛来高度と含有成分濃度の関係

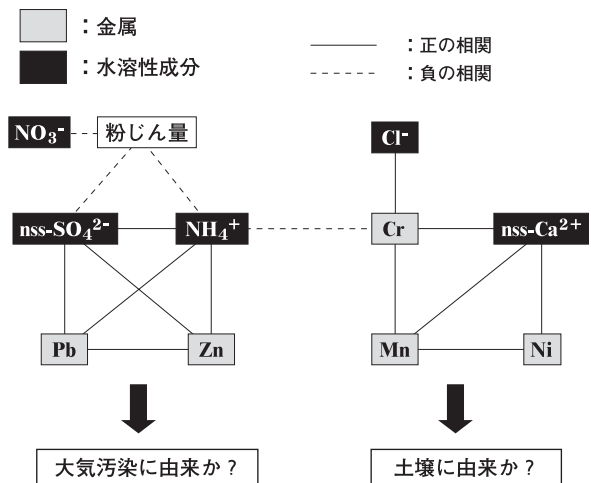


図2 黄砂中成分の相関関係の模式図

について調べた。図3はエリア3を通過した浮遊塵(黄砂)の飛来経路と飛来高度を2月から3月と4月から5月に分けて示したものである。飛来前の時間と高度の関係を表した下のグラフから24時間前の高度を読みとって、その高度と含有成分濃度の相関関係を調べた。なお、図4は飛来する24時間前の黄砂の位置を表したものであるが、概ね朝鮮半島周辺から北京あたりまでに多く分布していた。解析の結果、高度と含有成分濃度の間に相関が認められた成分について、その関係をグラフにしたのが、図5である。負の相関が認められたのは、金属ではPb、Znの2成分、水溶性成分ではnss- $-SO_4^{2-}$ 、 $NH_4^+$ 、 $NO_3^-$ の3成分で計5成分あることがわかった。逆に正

表1 黄砂成分中の相関関係

単相関	粉じん量	Be	Cr	Mn	Ni	Pb	Zn	Cd	Al	Cu	Ca	B P	Cl-	$NO_3^-$	nss- $-SO_4^{2-}$	$NH_4^+$
粉じん量	1.000															
Be	0.136	1.000														
Cr	0.162	0.205	1.000													
Mn	0.077	0.291	0.594	1.000												
Ni	-0.024	0.328	0.439	0.733	1.000											
Pb	-0.360	-0.082	-0.213	-0.087	0.248	1.000										
Zn	-0.410	-0.146	-0.366	-0.195	0.028	0.813	1.000									
Cd	0.100	0.020	-0.114	0.349	0.330	0.192	-0.064	1.000								
Al	-0.015	-0.089	0.036	0.336	0.166	-0.131	-0.168	0.367	1.000							
Cu	-0.341	-0.088	0.248	0.011	0.077	0.125	-0.081	0.186	0.019	1.000						
Ca	-0.212	-0.291	-0.050	0.075	-0.033	-0.051	0.049	0.179	0.266	-0.162	1.000					
B P	-0.426	-0.042	-0.172	0.028	0.017	0.457	0.317	0.362	0.299	0.253	0.012	1.000				
Cl-	-0.032	0.272	0.513	0.477	0.251	-0.388	-0.328	-0.158	-0.004	-0.042	0.304	-0.41	1.000			
$NO_3^-$	-0.495	-0.084	-0.086	0.006	0.241	0.424	0.219	-0.118	-0.157	0.053	-0.026	0.027	-0.049	1.000		
nss- $-SO_4^{2-}$	-0.582	-0.172	-0.469	-0.371	-0.191	0.711	0.764	-0.002	-0.295	0.260	-0.100	0.320	-0.329	0.372	1.000	
$NH_4^+$	-0.572	-0.131	-0.480	-0.305	-0.163	0.692	0.728	-0.039	-0.309	0.218	-0.151	0.274	-0.302	0.402	0.948	1.000

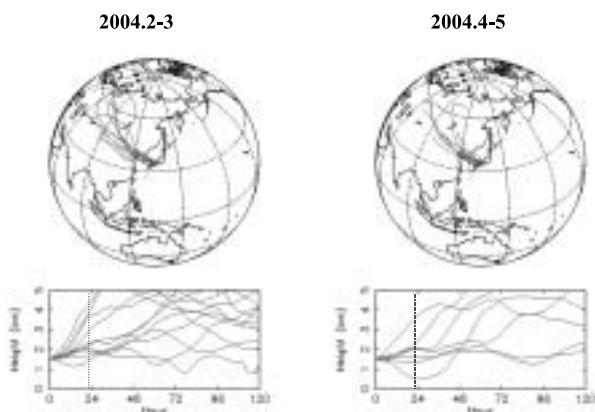


図3 黄砂の飛来経路と飛来高度



図4 飛来24時間前の黄砂の位置

の相関が認められた成分としてMnがあった。

#### 4 まとめ

有害大気汚染物質のベリリウム、クロム、マンガン、ニッケル、ベンゾ [ a ] ピレンの黄砂時における大気中濃度は、非黄砂時の濃度レベルより、やや高いものの国の指針値やその他の参考値を上回るものはなかった。

成分間の相関関係は鉛、亜鉛、非海塩性硫酸イオン、アンモニウムイオンの成分間で正の相関、また、別にク

ロム、マンガン、ニッケル、非海塩性カルシウムイオンの成分間でも概ね強い正の相関が認められ、2つのグループがあることがわかった。その構成成分から前者は大気汚染に由来するグループ、後者は土壌に由来するグループと考えられた。

鉛、亜鉛、非海塩性硫酸イオン、アンモニウムイオン、硝酸イオンの含有成分濃度と飛来高度との間に負の相関が認められ、黄砂がこれらの成分を取り込んで飛来している可能性が示唆された。

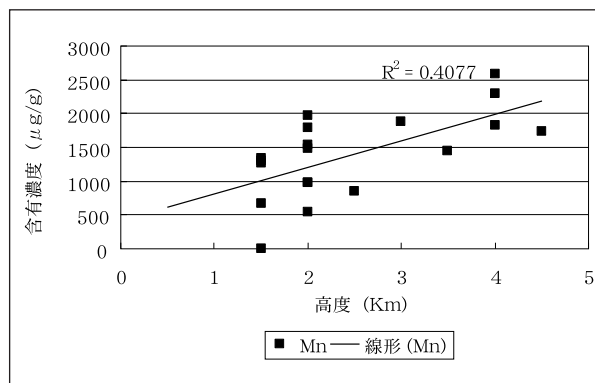
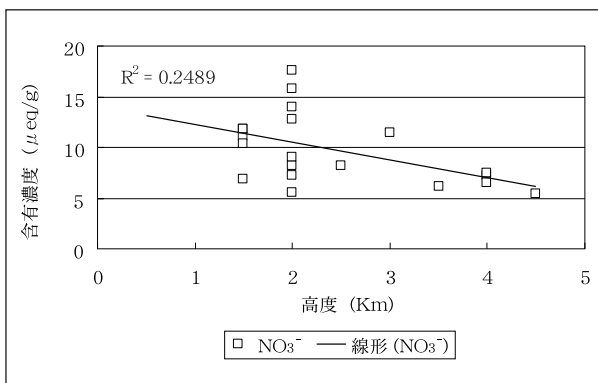
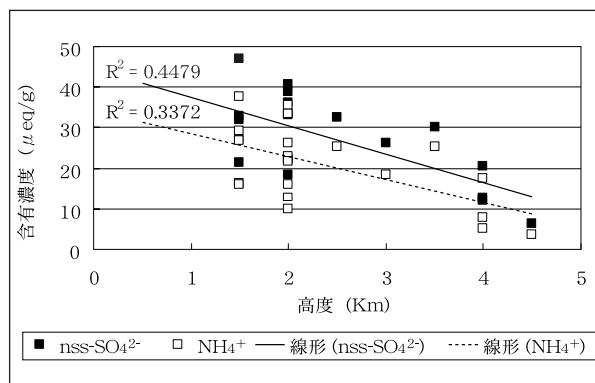
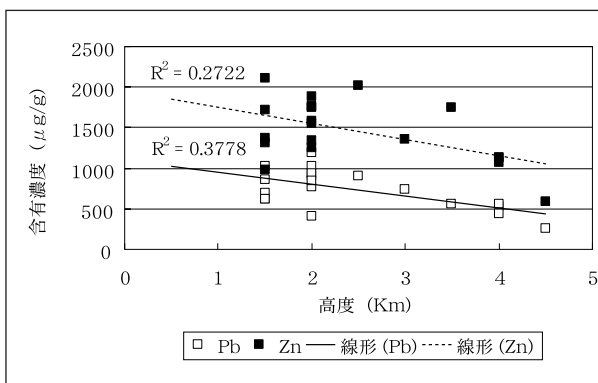


図5 飛来高度と含有成分濃度の関係 (相関が認められたものについて)

参考文献

- 1 名古屋大学水圏科学研究所：大気水圏科学 - 黄砂