

鳥取県における黄砂と微小粒子状物質の実態把握に関する 調査研究

【大気・地球環境室、保健衛生室】

湊沙花 上田豊 田中卓実 盛山哲郎 洞崎和徳

Research on actual condition of the particulate matter under 2.5 μ m and Asian dust in Tottori

Sayaka MINATO, Yutaka UEDA, Takumi TANAKA, Tetsuro SEIYAMA, Kazunori HORASAKI

Abstract

In this study, we analyzed the concentrations of metal elements, ionic components, and bacterium contained in Asian dust collected in Tottori (2010). Fe, Ca, Mn and Ni increased as compared to non-Asian dust events. As a result of grouping with the data of metal elements (9 types) and ionic components (6 types) and TSP (over 80 μ g/m³), showed three distinctive routes (based on the backward trajectory analysis). Total fungi and *Cladosporium* had higher concentration in Asian dust events than in non-Asian dust events. Additionally Particulate Matter under 2.5 μ m (PM2.5) were investigated the concentration and ionic components collected through 2010. Concentrations of PM2.5 was easy change in every day.

1. はじめに

黄砂は東アジア大陸の乾燥・半乾燥地帯から巻き上げられた土壌粒子が偏西風に乗って風下に運ばれる気象現象のひとつで、春に多く観察される。近年、東アジア地域の経済成長に伴う都市・工業化などによって大気汚染物質の放出量増加も見込まれており¹⁾ これらの汚染物質が単独もしくは黄砂と共に日本へ長距離輸送されることが懸念されている。また本県は日本海側に位置し、黄砂の飛来が多い地域のひとつである。

当所のこれまでの調査により、黄砂の観測日数は県西部の方が多く²⁾ 環境基準が定められている浮遊粒子状物質(SPM)も黄砂飛来時において、県西部から東へ順に高濃度となる傾向にある。このため、中部に加え西部及び東部を含めた県内全域での重金属類および硫酸化物等の大気汚染物質の実態把握を実施することとした。本報では、2010年を中心に3年分の調査結果の概要を報告する。

また近年、特に粒径が小さい微小粒子状物質(PM2.5)について、その小さな粒径のため、肺の深部にまで入り込み、ぜん息や気管支炎などの健康影響を引き起こすと懸念され、また喘息や鼻炎といった呼吸器系と黄砂との関連性についても疫学的な知見が蓄積されるようになってきている^{3) 4)}

黄砂粒子自身による物理的作用や黄砂粒子とともに長距離輸送される汚染物質などによる健康への影響が疑われるが、それ以外にも黄砂とともに飛来してくる微生物類による影響も懸念されている⁵⁾。そこで、黄砂観測日に本県で採取した粉じん中に微生物類(真菌類を対象)が存在しているかどうか、また、存在している場合は、黄砂観測日と非黄砂日を比較して生育数の増減に違いがあるか等の把握を試みた。

2. 方法

1) 広域的な黄砂実態の把握



図1 調査地点

2010年は西部総合事務所福祉保健局(米子市)、衛生環境研究所(湯梨浜町)、鳥取大学農学部(鳥取市)で大気粉じんの採取を行った(図1)。2007、2009年の西部における採取場所は県立米子工業高校である。

試料はハイボリウムエアサンプラー(SIBATA、HV-1000F)を用いて24時間、流量900L/minとし、石英繊維フィルター(Pallflex、2500QAT-UP)上に捕集した。重金属及びイオン成分を分析するための前処理、分析方法については既報の通りである(2)。黄砂日および煙霧は気象庁発表を参考にした(6)(7)。後方流跡線はNOAAのHYSPLIT Modelを用いて作成した。

2) 微小粒子状物質(PM_{2.5})の実態把握

調査地点は県中部(衛生環境研究所)で1箇所とした。試料はインパクターを装着したローボリウムエアサンプラー(SIBATA、LV-250)を用いて、PTFEろ紙(47mm)に、24時間、流量16.7L/min、週1回採取を行い92試料を得た。イオン成分を抽出するため、脱イオン水20ml加え20分間振とうさせ、孔径0.45μmのフィルターでろ過し、イオン成分分析試料溶液とした。

分析は、イオンクロマトグラフィー分析装置(DIONEX社、DX-320)を用いて行った。

3) 真菌類の実態調査

真菌の調査地点は、県中部(衛生環境研究所)の1箇所とした。試料は、5段階に分粒出来るアンダーセンハイボリウムエアサンプラー

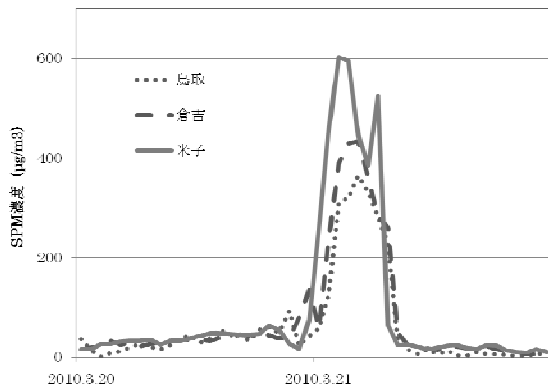
(SIBATA、AH-600)を用いて566L/min、24時間採取した。採取は2010年3月~12月までに黄砂日12回、非黄砂日9回、計21回実施した。使用したフィルターは、石英繊維フィルター(Pallflex、AHQ-630)で、180、30分滅菌したのち使用した。なお、採集器材については、70%エタノールで丁寧に拭き取り後、使用した。

採集後フィルターに滅菌蒸留水を100ml添加しストマッカーを用いて抽出した。その後、滅菌金網で粗大固形物を除去し、そのろ液をクロラムフェニコールを添加したポテトデキストロース培地に広げた。25、7日間培養した後、生育したコロニー数を測定した。菌種の同定はコロニーの形態観察及び菌糸・孢子の顕微鏡観察によって行った。

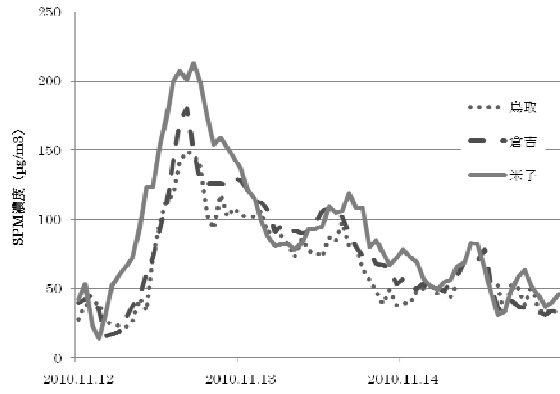
3. 結果および考察

1) 黄砂観測日の粉じん中の金属成分濃度

2010年のSPMデータを見ると、鳥取市(東部)、倉吉市(中部)、米子市(西部)ともに3月21日に最高値を示した。この日は全国的に黄砂を観測しており(6)、鳥取県においても黄砂の影響を受けたことによる上昇と考えられた。各観測地点におけるSPM1時間値は米子市21日午前3時に602μg/m³、倉吉市21日午前5時に433μg/m³、鳥取市21日午前5時に364μg/m³と3地点とも環境基準(1時間値200μg/m³以下)を大きく超過した(黄砂日)。この時以外にSPMが環境基準を超過した日は11月12日米子(218μg/m³)で観測した(黄砂日)(図2)。そこで、環境基準を超過したこの2回の黄砂日を含め2010年の大気粉じん中の金属を図3に示した。



黄砂日（3月20-21日）



黄砂日（11月12-14日）

図2 黄砂日、におけるSPM濃度変化

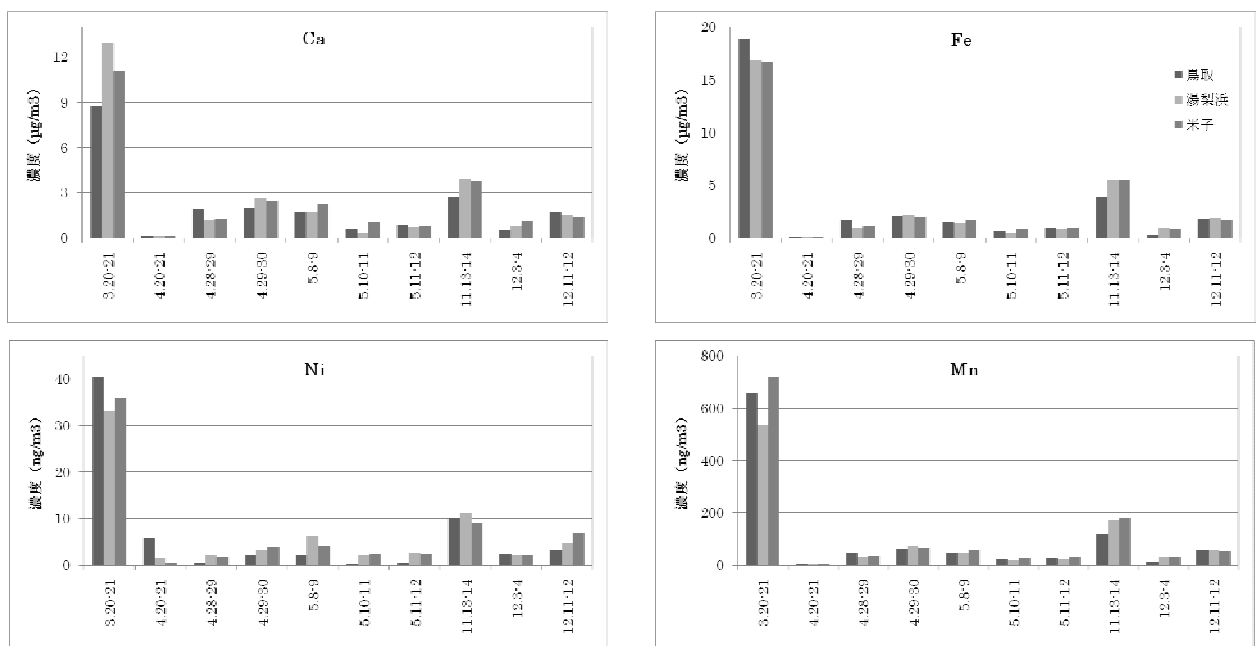


図3 大気粉じん中の各金属成分濃度（一部）(2010年)

黄砂日、は黄砂の影響を受け土壌由来成分の Fe、Ca が3地点とも同程度、高濃度となった。また、長期的な曝露により健康影響が懸念されることから、環境省が定める有害大気汚染物質である Mn、Ni、Cr などについてみると、非黄砂日よりも黄砂日の方が高濃度となったが、日本における健康リスクの低減のための指針値や WHO 欧州ガイドライン値よりもほとんどの日が低濃度であった。

2) 黄砂観測日のグループ分け

黄砂日によって化学成分濃度に差が生じることから、飛来経路の影響が考えられるため、2007、2009、2010年の各3~5月までの湯梨浜

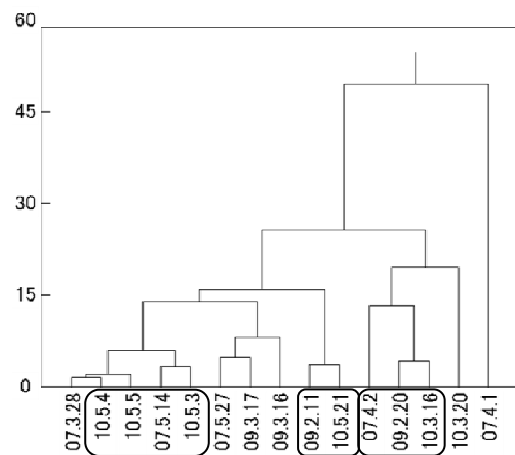


図4 化学成分濃度による黄砂日のグループ分け

町における黄砂日の中から TSP 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の日について、金属成分 (Al、Fe、Ca、Pb、Zn、Cu、Mn、Cr、Cd)、イオン成分 (nss- SO_4^{2-} 、 NO_2^- 、Cl $^-$ 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 NH_3^+) 濃度をもとにグループ分けを行った (図4)。

さらに、それぞれのグループがどのような経路で鳥取県に飛来したのか後方流跡線で推測し比較をした。

その結果、図4のとおり3タイプの特徴的ルートが推測された。

- ・グループ : 国内経由 (図5)
- ・グループ : 中国中部経由 (図6)
- ・グループ : 中国北部経由 (図7)

特に、グループ の成分には次のような特徴が見られた。

硫酸イオン濃度が高い (18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上) 直前に煙霧を観測している

グループ の特徴から、硫酸イオン濃度が 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の非黄砂日の後方流跡線も類似するルートを経由するか確認した。その結果、28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した 2007 年 3 月 22-23 日の後方流跡線も中国中部を経由するルートとなった。また、前日 21 日には煙霧を観測していた。

これらの結果から、中国中部を経由して鳥取県に飛来した黄砂の場合、硫酸塩を多く含

む可能性が考えられる。

3) 鳥取県における微小粒子状物質の実態

(1) 質量濃度

2009 年 5 月 25 日から 2011 年 3 月 25 日まで週 1 日採取した合計 92 試料について、重量濃度を測定したが、気象条件の違いによって日変動が大きく、明瞭な季節変動は見られなかった。1 月から 3 ヶ月毎に平均した結果、10 月~12 月の冬の時期が比較的低濃度となった。

(2) イオン成分濃度

2010 年 4 月 6 日から 2011 年 3 月 24 日の 52 試料についてイオン成分 8 種の濃度を調べた。その結果、粉じん濃度とイオン成分濃度の間に相関は見られなかった。因子分析の結果、海塩起源グループとそれ以外 (硫酸イオン、アンモニウムイオン、カリウムイオン) のグループに分けられた。また、黄砂日においてはカルシウムイオンが増加すると、アンモニウムイオンが減少した。

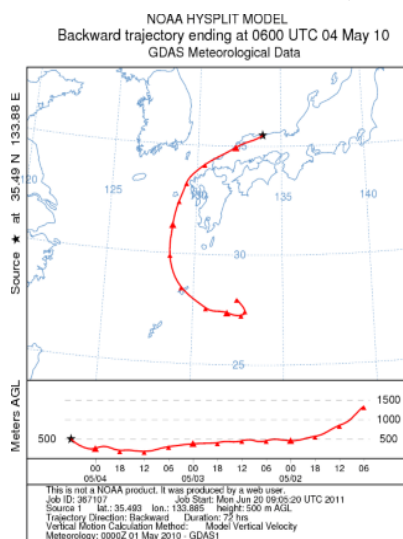


図5 グループ の後方流跡線
【国内経由型】
2010 年 5 月 4 日

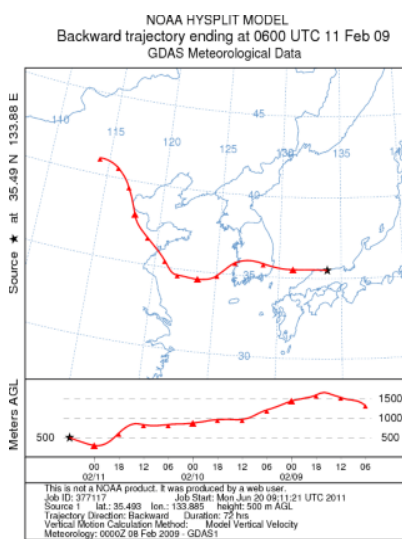


図6 グループ の後方流跡線
【中国中部経由型】
2009 年 2 月 11 日

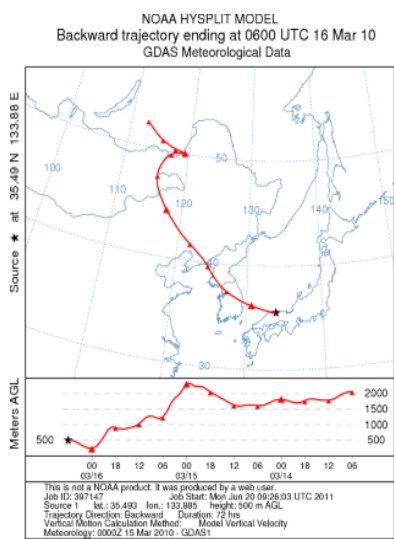


図7 グループ の後方流跡線
【中国北部経由型】
2010 年 3 月 16 日

4) 黄砂日の真菌培養試験

非黄砂日の平均真菌濃度は 106 cfu/m³であったのに対し、黄砂日の平均真菌濃度は 217cfu/m³であり、約 2 倍であった(表 1、図 8)。

表 1 採集年月別真菌濃度

採集年月	黄砂時		非黄砂時	
	試験番号	菌数 (cfu/m ³)	試験番号	菌数 (cfu/m ³)
2010.3	1	92.37	1	20.09
	2	207.17	2	10.46
2010.4	3	188.18	3	14.87
	4	90.70	4	275.34
	5	74.80		
2010.5	6	50.85		
	7	727.36		
	8	498.83		
2010.11	9	531.89	7	319.02
2010.12	10	68.39	8	92.86
	11	58.31	9	11.98
	12	31.41		
平均		218.54		106.35

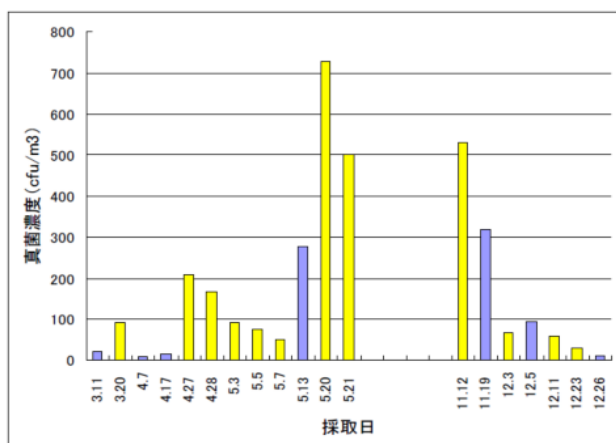


図 8 採取日別真菌濃度

しかし、黄砂日、非黄砂日いずれも日々の変動が大きく、有意差はみられなかった。今回黄砂日、非黄砂日いずれも 10 日ほどサンプリングしたが、日々の変動があることを考慮すると、今後黄砂の予想される 3 月から 5 月は毎日サンプリングする必要があると考えられた。

また、菌種別ではクラドスポリウム属菌等 4 菌種が、いずれも黄砂日の方が高い真菌濃度を示した。特にクラドスポリウム属菌は非黄砂日の菌濃度より構成比にして約 3 倍高く

なっていた(図 9)。クラドスポリウム属菌の胞子はアレルゲンの 1 つであり、粒子径 2~3 μm で人の気管支に侵入し得るものである。近年、黄砂と喘息との関係が指摘されているが 3) クラドスポリウム属菌のような真菌が喘息の悪化要因の 1 つとして関与している可能性も考えられた。

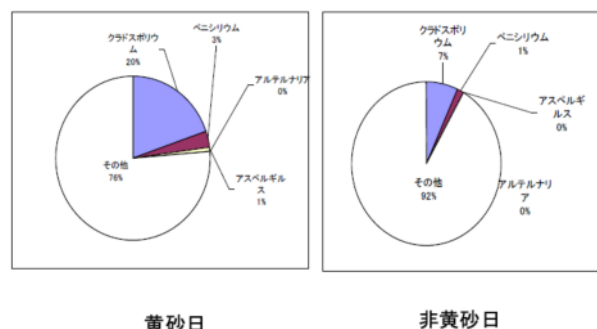


図 9 黄砂日、非黄砂日の菌種別割合

4. まとめ

- 2010 年に県内 3 地点で採取した全粒子状物質の各金属成分濃度について比較した結果、3 地点間に有意な差は見られなかった。
- 2007、2009、2010 年の湯梨浜町における金属、イオン成分をもとに黄砂日をグループ分けした。グループごとの後方流跡線を比較すると、特徴的な 3 種類のルートが推測された。
- 真菌は黄砂日の方が非黄砂日に比べ真菌濃度がやや高く、菌種別ではアレルゲンの 1 つであるクラドスポリウム属菌の濃度が上昇していた。しかし、真菌濃度は日々の変動が大きく、今後黄砂シーズンでは毎日のサンプリングが必要と考えられた。
- PM2.5 の質量濃度は日変動が大きく明確な季節変動は確認できなかったが、冬季が比較的低濃度となった。イオン成分は因子分析の結果、海塩粒子由来以外に硫酸イオン、アンモニウムイオンなどの成分が抽出された。

今後は、複雑な大気環境と健康影響との関係をより明らかにしていくために、多様な化学成分を把握することが大切であると考えます。そこで、特に喘息症状と大気環境の関連性に注目し、喘息症状を悪化させる物質の実態把握も加えて実施していくこととしている。

5. 参考文献

- 1) 経済産業省資源エネルギー庁(2005): エネルギー白書
- 2) 吉田篤史他 鳥取県における過去3年間の黄砂飛来実態に関する調査について(2008)
- 3) Kanatani KT, Ito I, Al-Delaimy WK, Adachi Y, Mathews WC, Ramsdell JW; Toyama Asian Desert Dust and Asthma Study Team. Desert dust exposure is associated with increased risk of asthma hospitalization in children. *Am J Respir Crit Care Med.* 2010 Dec 15;182(12):1475-81.
- 4) Watanabe M, Yamasaki A, Burioka N, Kurai J, Yoneda K, Yoshida A, Igishi T, Fukuoka Y, Nakamoto M, Takeuchi H, Suyama H, Tatsukawa T, Chikumi H, Matsumoto S, Sako T, Hasegawa Y, Okazaki R, Horasaki K, Shimizu E. Correlation between Asian Dust Storms and Worsening Asthma in Western Japan. *Allergol Int.* 2011 Sep; 60(3):267-75.
- 5) Ichinose T, Yoshida S, Hiyoshi K, Sadakane K, Takano H, Nishikawa M, Mori I, Yanagisawa R, Kawazato H, Yasuda A, Shibamoto T. The effects of microbial materials adhered to Asian sand dust on allergic lung inflammation. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2008 Oct;55(3):348-57.
- 6) 気象庁 黄砂観測日および観測地点の表 http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_table_2010.html

7) 気象庁 過去の気象データ検索

<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>

謝辞

大気粉じん採取にあたり、鳥取市の採取にご協力いただきました鳥取大学農学部西原英治准教授そして研究室の皆様、また米子市の採取は鳥取大学医学部エコチル調査鳥取ユニットセンター大西一成助教にご協力いただきました。改めまして御礼申し上げます。