

## 公開データを用いた黄砂の輸送経路の解析

藤原 亘<sup>1</sup> 常友 大資<sup>1</sup> 中坪 良平<sup>1</sup> 平木 隆年<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 兵庫県環境研究センター 大気環境科 (〒654-0037 神戸市須磨区行平町 3-1-27)

### Characterization of Asian Dust transport route by published data

Wataru FUJIWARA<sup>1</sup>, Daisuke TSUNETOMO<sup>1</sup>, Ryouhei NAKATSUBO<sup>1</sup>,  
Takatoshi HIRAKI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Atmospheric Environmental Division, Hyogo Prefectural Institute of Environmental Sciences,  
3-1-27, Yukihiro-cho, Suma-ku, Kobe, Hyogo 654-0037, Japan

兵庫県の一般環境大気測定局である兵庫南部局(神戸), 飾磨局(姫路), 洲本市役所(洲本), 豊岡市役所(豊岡)において, 大気汚染常時監視データ, ライダーデータ, 気象データ, HYSPLIT Trajectory Model を用いて 2011 年 5 月 2 日から 5 月 4 日にかけて神戸で観測された黄砂現象の解析を行った. 黄砂による SPM 濃度の増加は 5 月 1 日から 5 月 4 日にかけて見られ, 5 月 2 日は神戸, 洲本, 豊岡で, 5 月 3 日は全地点で環境基準を超過した. 5 月 1 日の後方流跡線を作成したところ, 黄砂の発生源は中国大陸内陸部と推定され, 神戸, 洲本, 豊岡においては後方流跡線と SPM 濃度の増加が一致していた. 姫路では 5 月 1 日 23 時頃まで地表付近において安定層が形成されており, SPM 濃度の増加は他の地点に比べて遅かった.

### I はじめに

黄砂は, 中国大陸内陸部の砂漠や黄土高原など乾燥・半乾燥地域で, 風によって数千メートルの高度にまで巻き上げられた土壌・鉱物粒子が偏西風に乗って日本に飛来し, 大気中に浮遊あるいは降下する現象である. 黄砂が飛来すると SPM が環境基準を超過することがあり, 大気環境に及ぼす影響が懸念されている. さらに, 近年では 2000 年~2002 年にかけて黄砂の年間観測回数の最大値を 3 年連続で更新したことや<sup>1)</sup>, 九州地方では黄砂による健康被害や市民生活への影響も少なからず認められるなど<sup>2)</sup>, 社会的な関心も高まっている.

環境省は, 日本に飛来する黄砂の実態解明のため国立環境研究所や地方自治体と協力し, 黄砂のサンプリングや分析をしており, さらに数値モデルや大気汚染常時監視測定局の測定結果等を用いて総合的な解析を行っている<sup>3)</sup>. 解析に用いられ

ているそれらのデータやプログラムの一部は Web 上で公開されており, 誰でも入手が可能な状態である. そこで, 本調査では Web 上で入手が可能な公開データのみを用いて簡便に解析することに焦点を置き, 兵庫県において黄砂の飛来が観測された時間を推定し, その際の気塊の輸送経路について解析を行った.

### II 方法

#### 1. 解析対象地点及び対象日

解析対象地点は兵庫県内に設けられている一般環境大気測定局の中から兵庫南部局(神戸), 飾磨局(姫路), 洲本市役所(洲本), 豊岡市役所(豊岡)の 4 地点とした (Fig. 1).

気象庁の観測によれば, 平成 23 年度に神戸で観測された黄砂は 5 月 2 日~4 日, 13 日の 4 日間であった<sup>4)</sup>. 特に 5 月 2 日~4 日にかけては全地点において

SPM濃度が大幅に増加し、環境基準を超過したことから、解析対象日は5月2日～4日とした。

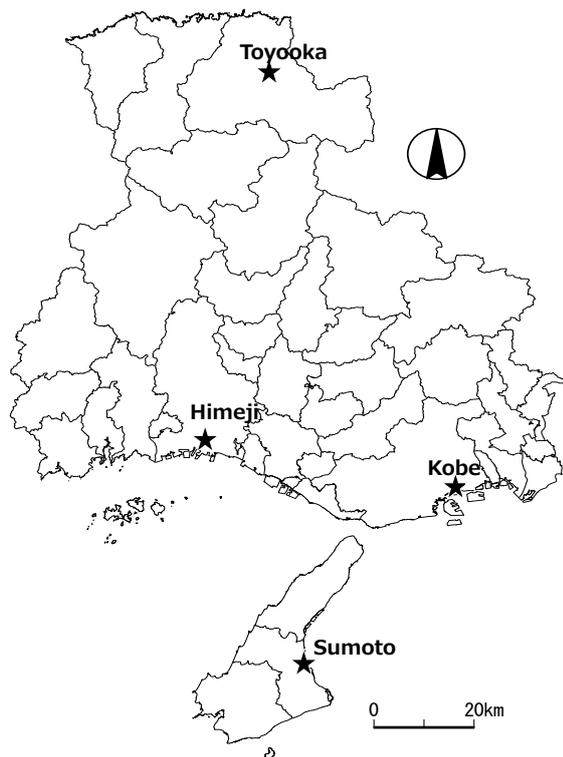


Fig.1 Monitoring stations for analysis.

## 2. 解析に用いたデータ及びプログラム

### 2.1 大気汚染常時監視データ

大気汚染常時監視データから、全地点のSPM濃度、NOx濃度の1時間値を用いた<sup>5)</sup>。

### 2.2 ライダーデータ

2011年4月29日から5月9日の大阪における散乱強度と偏光解消度を用いた<sup>6)</sup>。ライダーとは可視及び近赤外のレーザー光を地上から上空へ射出して黄砂粒子から散乱されてくる光を捉える装置で、その散乱の度合いによりエアロゾル鉛直濃度分布を測定できる。また、レーザー光の偏光状態を利用して、粒子が球形か非球形かを判別できる<sup>7)</sup>。

### 2.3 気象データ

解析対象地点近隣の神戸海洋気象台、姫路特別地域気象観測所、洲本特別地域気象観測所、豊岡特別地域気象観測所における降水量、風速および風向の1時間値を用いた<sup>8)</sup>。

## 2.4 HYSPLIT Trajectory Model

米国海洋気象庁(NOAA)のHYSPLIT Modelを用いた<sup>9)</sup>。期間を1日(3時間毎×8本)、起点高度は1200mとし、3次元法により48時間遡って作成した。

## III 結果および考察

### 1. SPM濃度の時系列変化とライダー観測

5月1日0時から5月5日23時までの全地点におけるSPM濃度の時系列変化をFig. 2に示す。5月1日は全地点において $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移していたが、豊岡では17時頃からSPM濃度が増加し、続いて洲本、神戸(いずれも21時)、姫路(23時)の順にSPM濃度の増加が見られた。その後、神戸、洲本、豊岡では5月2日及び3日、姫路では5月3日に環境基準である日平均値 $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を超過した。5月4日からSPM濃度は徐々に減少し、5月5日0時以降は再び $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 程度で推移した。

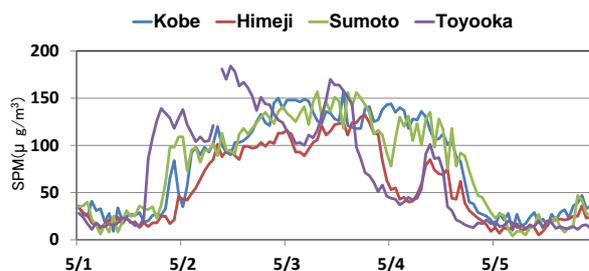


Fig.2 Hourly variations of mass concentrations of SPM from May 1 to 5, 2011.

4月29日9時から5月9日9時の大阪におけるライダー測定結果をFig. 3に示す。上の図は散乱強度を示しており、赤に近づくほどエアロゾルが多く、青の部分は少ないことを示す。下の図は偏光解消度を示しており、赤に近づくほど粒子は非球形であり、青は球形の粒子である<sup>10)</sup>。また、横軸の時間は世界標準時間である。

大阪の地表付近では5月1日21時頃から地表付近のエアロゾルが増加し、5月4日21時まで同程度で推移した。また、エアロゾルが増加した5月1日21時頃から非球形の粒子が増加していることから、5月1日21時頃から5月4日21時頃まで黄砂が飛来していたと推測された。

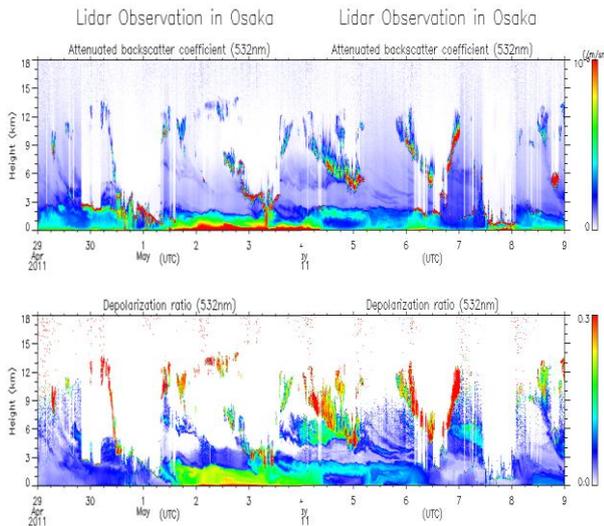


Fig. 3 Lidar observation at Osaka in May, 2011.

全地点でSPM濃度が高い値を示していた期間と、大阪で黄砂が飛来していたと推測される期間が概ね一致していることから、5月1日から5月4日のSPM濃度の増加は黄砂によるものと考えられる。以降は、黄砂が観測され始めた5月1日について解析を進める。

## 2. 気象状況

Fig. 4に5月1日15時及び21時の地上天気図<sup>11)</sup>を示す。またFig. 5には各気象庁測候所における5月1日の気圧、風速および風向を示す。低気圧が日本海を東へ進み、低気圧から伸びる寒冷前線が5月1日15時から21時にかけて兵庫県を通過した。全地点において前線が通過した際に気圧が下がり、風速が弱まると同時に風向が西寄りに変化した。また、正午以降に降水は計測されておらず、降水による黄砂の沈着はない状況であった。

(a)

(b)



Fig. 4 Surface weather charts at (a) 15:00 on May 1, and (b) 21:00 on May 1, 2011

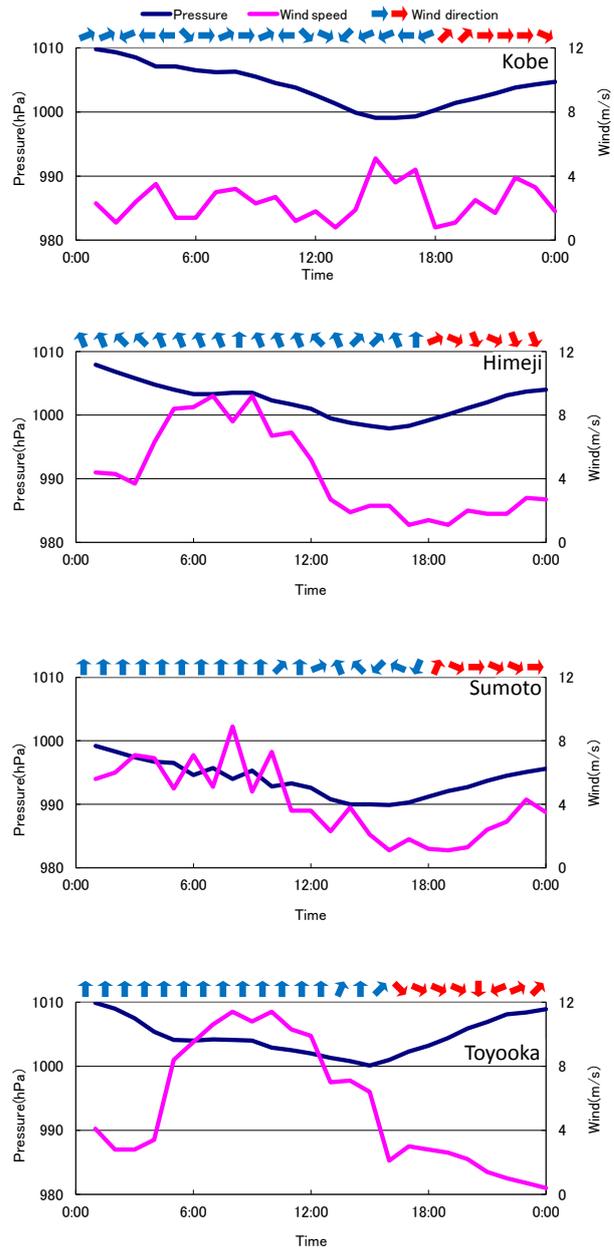
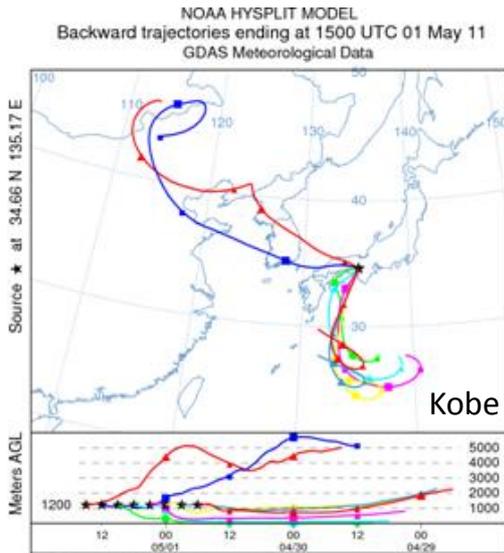


Fig. 5 Hourly variations of atmospheric pressure, wind speed and direction on May 1, 2011

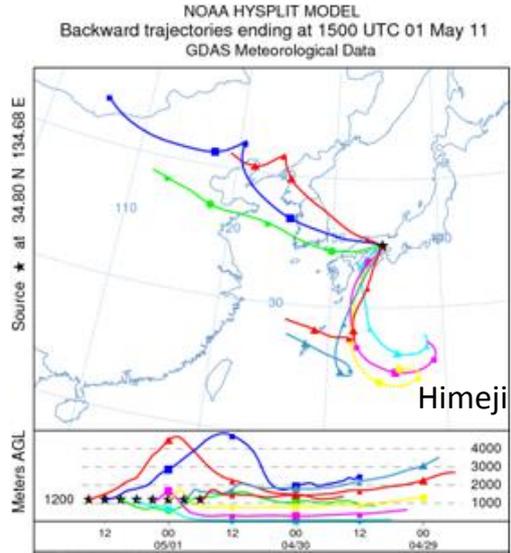
## 3. 後方流跡線解析

全地点の5月1日における後方流跡線をFig. 6に示す。豊岡では黄砂の発生源と推測される中国大陸内陸部上空を通過した気塊が5月1日18時に到達しており、SPM濃度が増加した時間と一致していた。また、神戸、洲本では中国大陸内陸部上空を通過した気塊が21時に到達しており、これらもSPM濃度が増加した時間と一致していた。しかし、姫路では中国大陸内陸部上空を通過した気塊が21時に到達するも、SPM濃度の増加は23時まで見られなかった。

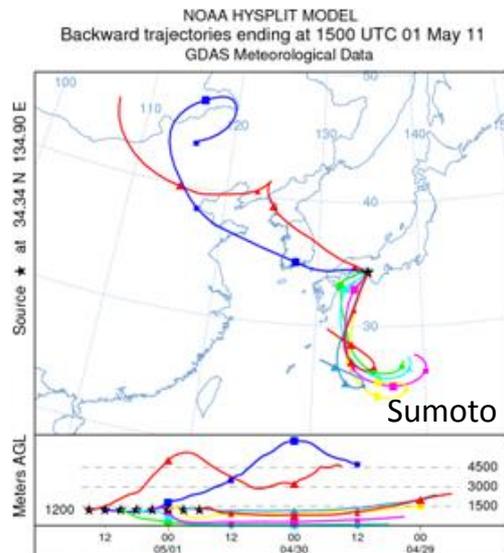
(a)



(b)



(c)



(d)

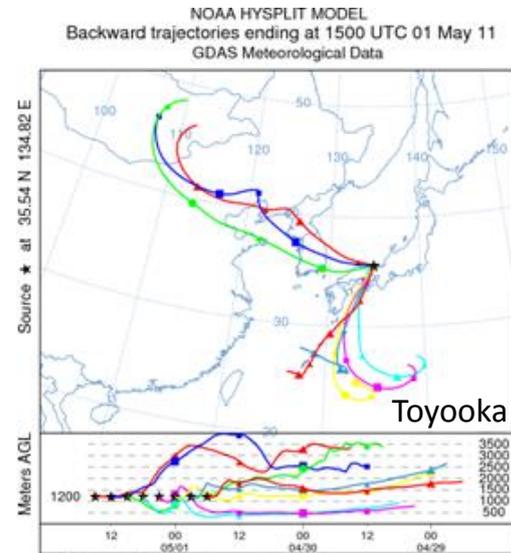


Fig. 6 Backward trajectories of air mass on May 1, 2011 (a)Kobe (b)Himeji (c)Sumoto (d)Toyooka

#### 4. 安定層の形成

大気は通常地表付近の気温が高く、上空になるほど気温が低くなっている。この状態では地表付近のより暖かい空気が上空に向かおうとするとともに、上空のより冷たい空気が地表付近に向かおうとして大気の上方向の対流がおり、これに伴い大気の汚染物質も攪拌されて大気拡散が盛んにおこる。しかし、夕方から夜間にかけて地表付近の温度が一時的に低下し、気温の上下分布が逆転する場合がある。この状態に風が弱い条件が加わると大気は上下方向で対流せず、大気汚染物質も拡散しない<sup>12)</sup> (安定層の形成)。

5月1日における全地点のSPM濃度およびNO<sub>x</sub>濃度の時系列変化をFig. 7に示す。Fig. 5を見ると、全地点とも5月1日15時以降は風が弱い状態であり、神戸、洲本では15時、姫路では18時以降にNO<sub>x</sub>濃度が増加していた。仁平ら<sup>13)</sup>は地表付近の風が弱まって、NO<sub>x</sub>濃度等が増加したことから安定層の形成を判断しており、安定層が形成されている場合は黄砂は安定層内に侵入しないとしている。当解析においてもFig. 5及びFig. 7から5月1日15時以降において神戸、姫路、洲本では安定層が形成されていた可能性が考えられる。神戸、洲本ではNO<sub>x</sub>濃度が減少した21時頃に安定層は消失し、それ以降は地表

と上空の対流がさかんに行われたため、上空の黄砂が地表付近に下降しSPM濃度が増加したと推測される。姫路ではNO<sub>x</sub>濃度が減少した23時頃まで安定層が形成されていたため、SPM濃度の増加が神戸や洲本に比べて遅かったと推測された。

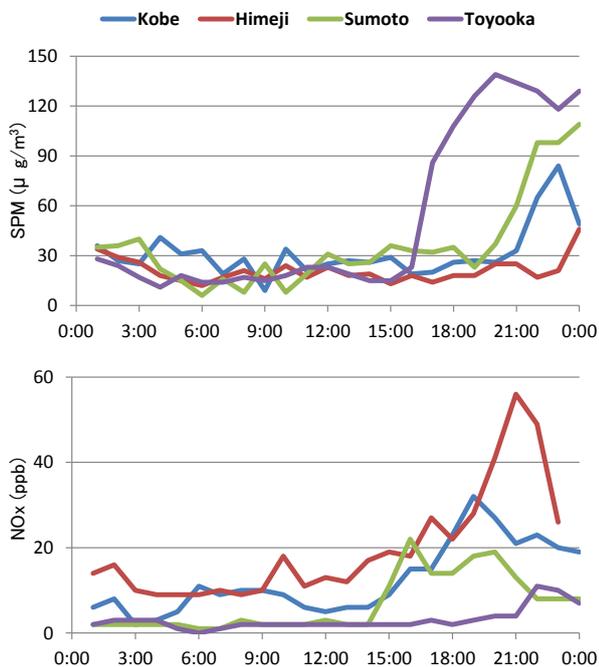


Fig. 7 Hourly variations of SPM and NO<sub>x</sub> concentration on May 1, 2011

#### IV 結論

兵庫県的一般環境大気測定局である兵庫南部局、飾磨局、洲本市役所、豊岡市役所において、大気汚染常時監視データ、ライダーデータ、気象データ、HYSPLIT Trajectory Modelを用いて2011年5月2日から5月4日にかけて神戸で観測された黄砂現象の解析を行い、以下の結論を得た。

- ① 黄砂によるSPM濃度の増加は5月1日から5月4日にかけて見られ、神戸、洲本、豊岡では5月2日及び5月3日、姫路では5月3日に環境基準を超過した。
- ② 黄砂によるSPM濃度の増加は豊岡、洲本、神戸、姫路の順で見られ、後方流跡線から黄砂の発生源は中国大陸内陸部と推定された。また、神戸、洲本、豊岡では後方流跡線とSPM濃度の増加が一致していたが、姫路では21時に気塊が流入しているにもかかわらずSPM濃度の増加は見られなかった。
- ③ 神戸、洲本では5月1日21時頃まで、姫路では23時頃まで地表付近では安定層が形成されてお

り、その時間の差により姫路ではSPM濃度の増加が遅かったと推測された。

#### 文献

- 1) 気象庁: 異常気象レポート2005  
<[http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate\\_change/2005/3.2.html](http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/climate_change/2005/3.2.html)>  
(参照2013. 3. 13)>
- 2) 福岡市の環境: 福岡市黄砂情報  
<[http://www.city.fukuoka.lg.jp/kankyo/k-hozen/life/kankyohozen/kousajouhou\\_2\\_2.html](http://www.city.fukuoka.lg.jp/kankyo/k-hozen/life/kankyohozen/kousajouhou_2_2.html)>  
(参照 2013. 3. 13)>
- 3) 環境省: 黄砂実態解明調査  
<<http://www.env.go.jp/air/dss/torikumi/chosa/index.html>>(参照 2013. 3. 13)>
- 4) 気象庁: 2011年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\\_2011.html](http://www.data.kishou.go.jp/obs-env/kosahp/kosa_table_2011.html)>(参照2013. 3. 13)>
- 5) 兵庫の環境: 兵庫県大気環境の状況  
<<http://www.kankyo.pref.hyogo.lg.jp/taiki/index.html>>(参照2013. 3. 13)>
- 6) 国立環境研究所: NIESライダーネットワークの各地の観測状況<<http://www-lidar.nies.go.jp/>>  
(参照2013. 3. 13)>
- 7) 国立環境研究所: ライダーネットワークによる黄砂の3次元構造と輸送状態の把握  
<<http://www.nies.go.jp/kenkyusaizensen/200904/200904.html>>(参照2013. 3. 13)>
- 8) 気象庁: 過去の気象データ検索  
<<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>>(参照2013. 3. 13)>
- 9) NOAA(米国海洋気象庁): HYSPLIT Model access via NOAA ARL READY Website  
<<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>>  
(参照2013. 3. 13)>
- 10) 国立環境研究所: ライダーネットワークによる黄砂観測 —モンゴル編—  
<<http://www.nies.go.jp/kanko/news/27/27-1/27-1-03.html>>(参照2013. 3. 13)>
- 11) 財団法人日本気象協会: 過去天気  
<<http://tenki.jp/past/>>(参照2013. 3. 13)>
- 12) 国土交通省国土技術政策総合研究所: 大気安定静穏発生による沿道大気質濃度及び沿道大気質予測への影響に関する検証
- 13) 仁平明, 佐藤直樹, 中村栄一, 菊地秀夫(2011)

平成22年11月12日の黄砂飛来によるSPM高濃度,  
宮城県保健環境センター年報, 第29号, 59-64

## **Abstract**

The influences of the Asian Dust at the Kobe city, Himeji city, Sumoto city and Toyooka city, Hyogo prefecture were analyzed using air pollution monitoring, LIDAR(Light Detection And Ranging), meteorological data and HYSPLIT Trajectory Model(backward trajectories of air mass). SPM concentration was increased with Asian Dust event and exceed the air quality standard value at all stations. Backward trajectories of air mass suggested the source of Asian Dust was located in the inland continent of China. SPM concentration was increased with inflow Asian Dust through boundary layer, on the contrary, stable state of the atmosphere cause low concentration.