

アジア大陸から移流した硫酸塩エアロゾルの煙霧による 高SPM事例の解析

山崎誠

福岡市保健環境研究所環境科学部門

Analysis of High SPM Event Caused by Smoke Fog of Sulfate Aerosol Transported from Asian Continent

Makoto YAMASAKI

Environmental Science Division, Fukuoka City Institute for Hygiene and the Environment

要約

福岡市におけるSPM高濃度現象を時系列、エアロゾル成分、気塊の移流の3つの視点から解析した。2002年度から2003年6月までの煙霧、黄砂、エアロゾルのイオン成分、SPM日平均データを整理した。その結果、煙霧が観測され高SPMの時にはエアロゾルの主成分は硫酸アンモニウムであった。後方流跡線解析から、その時の気塊がアジア大陸の人口密集地をゆっくり経由して来たことが判った。福岡市においてSPMが環境基準を達成できない原因としてこれまで明らかにされていた黄砂、自動車排ガス、稲ワラ焼却の煙以外に、大陸からの大気汚染物質の移流も一要因であることが判った。

Key Words : 黄砂 yellow sand, 煙霧 smoke fog, エアロゾル aerosol, 浮遊性粒子状物質 SPM, 移流 transport, 後方流跡線解析 backward trajectory

はじめに

福岡市では浮遊粒子状物質濃度（以後、SPM）の環境基準は大気汚染常時監視測定局のうち一般局（以後、一般局）においても過去20年のうち8年達成できなかった。本市におけるSPMの発生源については、過去の調査で自然・移流由来が47%、自動車由来が31%とされている¹⁾。一般局におけるSPMは自動車排ガスの寄与は少なく、広域的なSPMの上昇現象によるものと思われる。その原因として、黄砂や秋の稲ワラ焼却による煙²⁾が明らかにされている。しかし、それ以外の時期にもSPMが上昇することがあるため、その原因について解析した。

解析方法

1. 使用したデータ

1) 一般局測定データ

1982年度から2002年度まで：この20年間の一般局全局の年間平均値を用いた。（解析期間1）

2002年4月から2003年6月まで：一般局のうち西区の郊外にあり、自動車排ガスや事業場などの影響が少ないと思われる元岡局のSPM日平均値を用いた。（解析期間2）

2) エアロゾル

解析期間1について、福岡市早良区の曲淵ダムで実施している酸性雨調査の乾性沈着物のうちエアロゾル成分を用いた。孔径0.8 μmのPTFEろ紙上に捕集し水抽出の後イオンクロマトグラフで定量している。原則として1週間単位での調査である。

3) 黄砂・煙霧

福岡管区气象台で観測された日を気象月報から抽出した。³⁾

2. 解析手法

1) 時系列解析

過去の環境基準達成状況および黄砂・煙霧の観測状況を時系列グラフとした。

また、SPM濃度が上昇した時の特徴を抽出するため、黄砂、煙霧、エアロゾル、SPMを時系列グラフとした。

2) エアロゾルの成分解析

SPM高濃度イベント時のイオン成分の特徴を明らかにする目的でエアロゾルのイオンバランスを検討した。

3) 広域的移流の解析

SPM高濃度イベント時の気塊の由来を明らかにするため、NOAAのホームページで公開されているHYSPLIT Model⁴⁾を用い、福岡市上空1000mを起点として4日間の後方流跡線解析を行った。

平均値の2%カット値の一般局平均値を示す。環境基準を超過する年はほとんどの局で超過し、超過しない年は全局で超過しない傾向がある。また、平均的な濃度の上下により超過しているわけではないことも判る。また、ここには示していないがSPM濃度が上昇するときは、全市的に上昇する傾向があった。つまりSPMが環境基準を超過するほど高濃度になるのは測定局周辺の局地的現象ではなく広域的な現象によりもたらされるものと考えられる。

図2に期間1の黄砂と煙霧の観測日数を示す。年により変動は大きいですが、20年間の傾きは黄砂が+0.58日/年、煙霧が+1.83日/年でいずれも上昇傾向にあり、この期間の平均日数は黄砂10.4日/年、煙霧28.5日/年であった。つまり煙霧は黄砂の約2.7倍の頻度で観測されている。

図3に期間2の黄砂・煙霧観測日、SPM濃度、エアロゾル中の硫酸塩濃度（以後、SO₄）を示す。黄砂は2002年3月下旬から4月下旬まで断続的に長期にわたり観測され、その後は11月12、13日、3月25、26日、4月13、17日に

結果および考察

1. 時系列解析

図1に期間1の一般局でのSPMの環境基準超過率、日

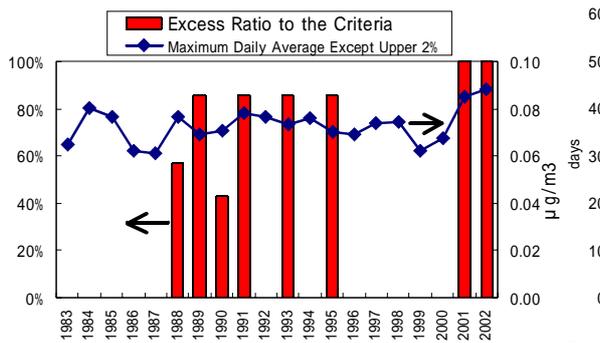


Fig.1 Annual Change of SPM and its Excess Ratio to the Environmental Criteria in Fukuoka city

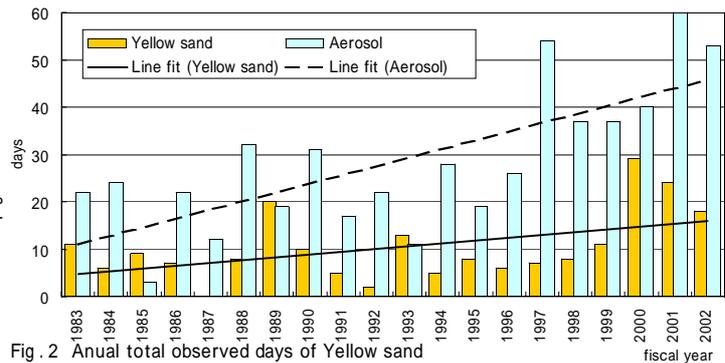


Fig. 2 Annual total observed days of Yellow sand and Aerosol in Fukuoka city

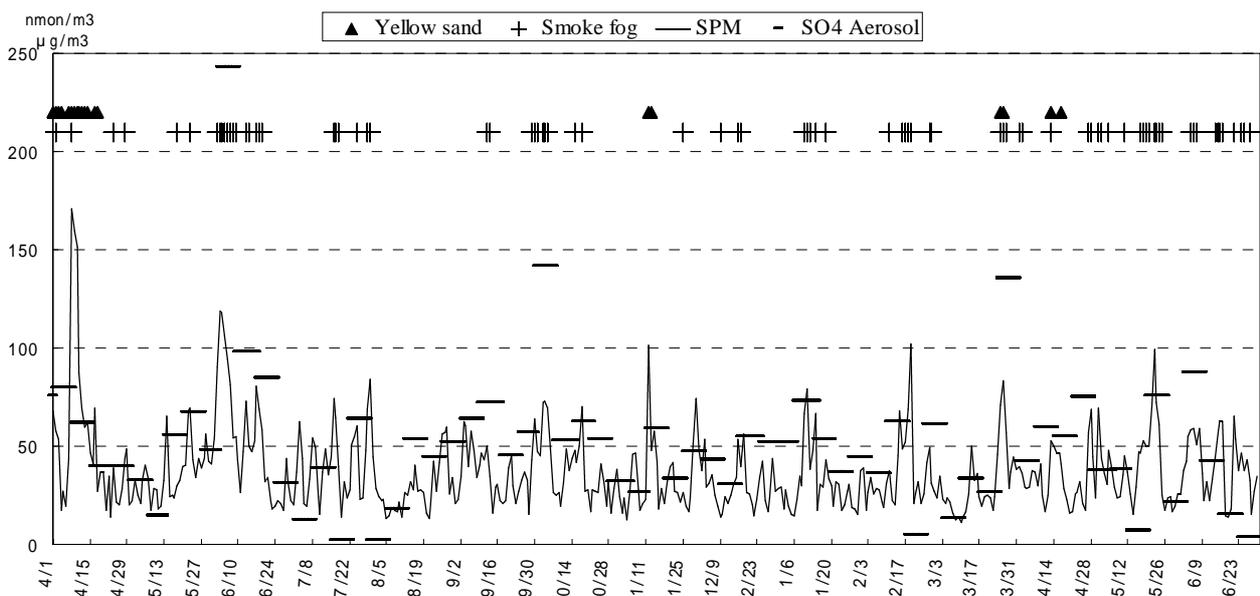


Fig. 3 Daily fluctuation of Yellow sand, Smoke fog, SPM and Aerosol (2002/4 ~ 2003/6)

観測された。煙霧は黄砂同様春季にやや多いが、ほぼ1年中観測され、数日間引き続いて観測されることも多い。

表1にSPM濃度階級ごとの黄砂・煙霧の観測日数と、SO₄が50nmol/m³を超えた日数を示す。SPMが高濃度になるほど黄砂の発生割合は増加するが、煙霧はSPMが50、100 μg/m³超過で同じ割合であった。SPMが環境基準値の100 μg/m³を超えた日は必ず黄砂が煙霧が観測された。またSO₄が50nmol/m³を超える割合は煙霧と同様な傾向にあった。このことは煙霧とSO₄の関連性を示しているものと思われる。

2. SPM成分

図4に黄砂や煙霧が連続して観測され、SPMが上昇した時の水溶性エアロゾル成分のイオンバランスを示す。SPMは粒径10 μm以下の粒子であり、ここでいうエアロゾルは0.8 μm以上の粒子という違いはあるが、イオン成分については近似できるとと思われる。左端の調査期間中の中央値と比較して、2002年4月の大規模な黄砂の時はCa²⁺、Mg²⁺、NO₃⁻が多かった。図示はしていないが2002年11月、2003年3、4月の黄砂でも同様であった。環境基準超過となる2002年6月の煙霧時のエアロゾルはSO₄、NH₄⁺が非常に多く、他のイオン成分が非常に少なかった。つまりこの時のSPM成分はほとんどが硫酸アンモニウム粒子であった。2003年2月の煙霧の様中央値と大差ないこともあったが、連続した煙霧の時はSO₄、NH₄⁺が大部分を占めることが多く、2003年6月の煙霧も同様であった。

このように、煙霧と高SPMが重なった時、水溶性エアロゾルは硫酸アンモニウムの割合が非常に大きくなる傾向が認められた。

3. 広域的移流

2002年6月の煙霧による高SPMイベント時の天気図を図5に示す。SPMが上昇する以前の5月31日に低気圧が日本列島を通過し、その後面の高気圧は動きが遅く、発達しながら日本列島をゆっくり広く覆いながら帯状高気圧となり、太平洋に抜けていった。高気圧の動きとSPM高濃度現象が良く一致していたことから、NOAAのHYSPLIT Model⁴⁾を用い、福岡市上空1000mを基点とした4日間の後方流跡線解析を行った。その結果を図6に示す。5月31日は太平洋方面から来た気塊であったが6月に入ると方向が変わり、しかも2、3、4日と、大陸のNO₂やNH₃発生量が多い地域をゆっくり通過してきた気塊であった。その後SPMが100 μg/m³以下に低下した5日からはさらに北方から変わった。この結果と前述の成分解析を併せて、この時の高SPM現象は、大陸方面から

Table 1 SPM, SO₄ and Atmospheric phenomenon (days)

SPM	>100 μg/m ³	>50 μg/m ³	≤50 μg/m ³
days	8	88	368
Yellow sand	3 (38%)	10 (11%)	5 (1%)
Smoke fog	4 (50%)	47 (53%)	31 (8%)
both	1 (13%)	5 (6%)	0 (0%)
none	0 (0%)	26 (30%)	332 (90%)
SO ₄ >50nmol/m ³	6 (75%)	64 (73%)	155 (42%)

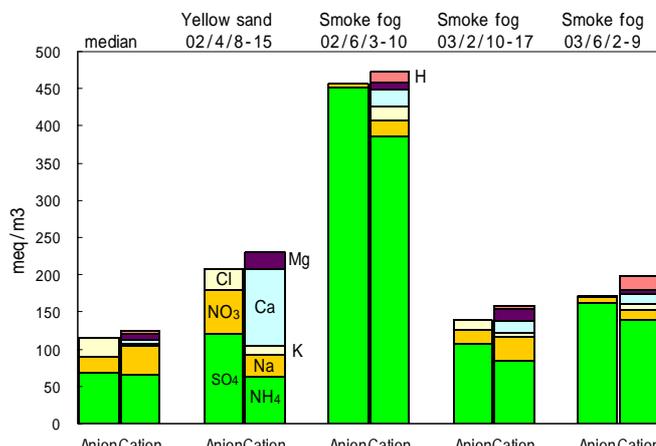


Fig. 4 Ion balance of water soluble aerosol component

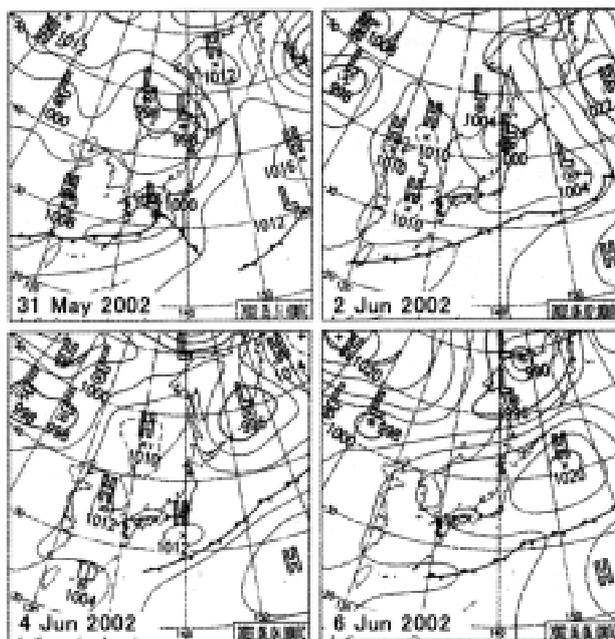


Fig. 5 Weather map in dense smoke fog periods

(NH₄)₂SO₄エアロゾルが移流してきたことが原因であることが明らかになった。

このように福岡市における高SPM現象に大陸の発生源が与える影響としては、黄砂に限らずエアロゾルの移流もあるため、大陸の大気環境状況に留意する必要がある。そのための一例として、九州大学/国立環境研究所が、東アジア地区の大気汚染物質濃度の状況を最大3日間予報している化学天気予報システム⁵⁾の活用が考えられる。図7に、エアロゾル中硫酸塩濃度が高くなった2003年6月9日の硫酸塩エアロゾル濃度分布図を示すが、高濃

度硫酸塩エアロゾルの一部が移流してきた様子がシミュレートされていた。このように、化学天気予報を活用することで、ある程度SPM高濃度現象の予測が可能になるものと思われる。

なお、本報は第4回大気環境学会九州支部研究発表会で発表済みである。

参考文献等

- 1) 福岡市環境局：浮遊粒子状物質解析調査報告書，1999.3
- 2) 福岡県大気汚染対策協議会：福岡県での浮遊粒子状物質調査報告書，1997.3
- 3) (財)気象業務支援センター：気象月報，1983 - 2003
- 4) HYSPLIT(Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model：NOAA/Air Resources Laboratory，
<http://www.arl.noaa.gov/ready/open/hysplit4.html>
- 5) 九州大学/国立環境研究所：化学天気予報システム，
<http://www-cfors.nies.go.jp/cfors/index-j.html>

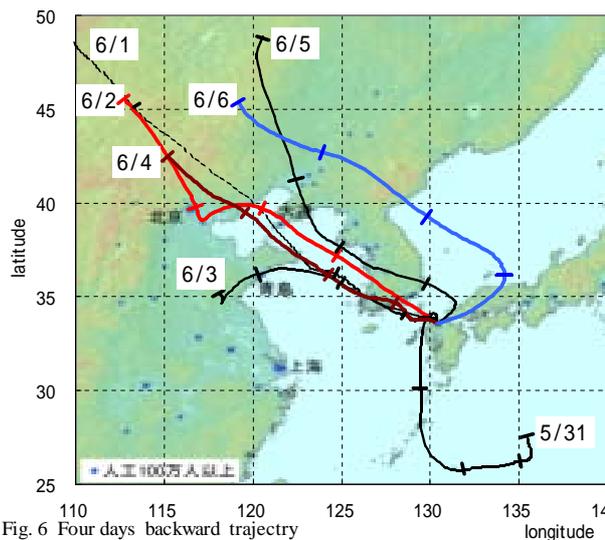


Fig. 6 Four days backward trajectory started at 1000m above of Fukuoka city

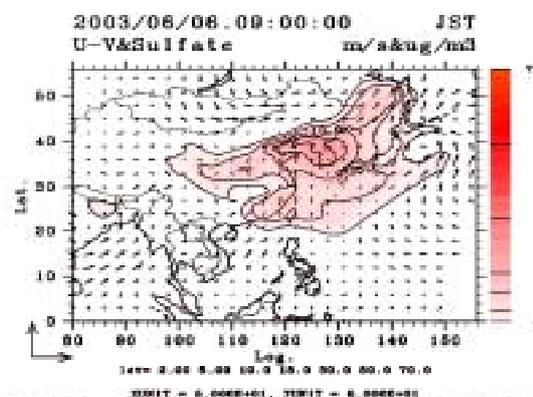


Fig.7 Contour map of Sulfate aerosol by GFORCE