

2007年度における京都府内の SPM 高濃度事例の解析結果*

河 村 秀 一**・日 置 正**・藤 波 直 人**

キーワード ①浮遊粒子状物質 ②黄砂 ③越境大気汚染

要 旨

近年のSPMの傾向は、2日間程度のわずかな期間だけに高濃度が出現することが環境基準非達成の主要原因となっていることから、その動向を評価するには高濃度イベントの解析が有効と考えられる。京都府内においても同様の傾向が認められることから、京都府の2007年度の大気常時監視測定結果を用いて、SPM高濃度事例の解析を行った。その結果、解析対象とした5事例のうち2事例は黄砂が原因と考えられた。他の事例については、光化学反応による2次粒子生成の活性化、地域汚染と越境大気汚染の複合汚染、越境大気汚染とそれぞれ推定され、越境大気汚染が占める割合が多かった。

また、越境大気汚染によりSPM濃度が上昇する時は、SO₂濃度の上昇も連動して見られることが多く、越境大気汚染の影響を評価する上で、SO₂が有効な指標となることが確認された。

1. はじめに

近年SPMの環境基準達成率は高くなっており、年平均値の経年変化も微減傾向にある¹⁾。

SPMの環境基準は長期的評価によると、a. 日平均値の2%除外値が環境基準を超過、b. 日平均値が環境基準を超過する日が2日以上連続のいずれかを満たす場合、非達成と評価される。環境省の大気汚染状況報告書¹⁾から、最近10年間(1997～2006年)における環境基準非達成理由の内訳を抽出した結果を図1に示す。これより、aとb両方を満たすケースが減少する一方でbのみを満たすケースが増加していることが分かる。つまり、近年においては2%除外値が環境基準を超過するケースはほとんどなく、2日間程度のわずかな期間だけに高濃度が出現したために環境基準非

達成となるケースがほとんどを占めているということになる。この原因の一つとして、早崎²⁾は1992～2004年度の常時監視データを用いて、春季

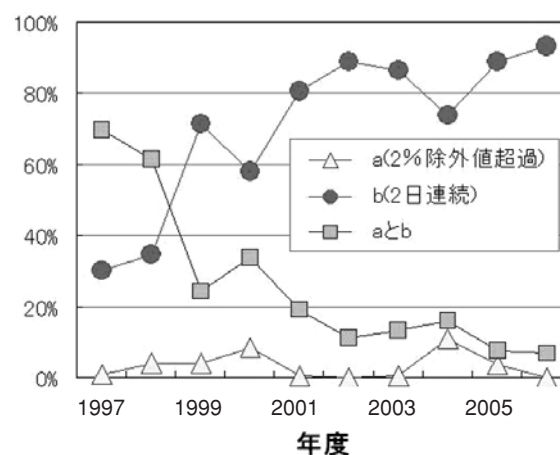


図1 SPMの環境基準の非達成の内訳

*Analysis of high-Concentration Cases of Suspended Particulate Matter in Kyoto Prefecture in 2007 fiscal year

**Shuichi KAWAMURA, Tadashi HIOKI, Naoto FUJINAMI(京都府保健環境研究所)Kyoto Prefectural Institute of Public Health and Environment

に環境基準が非達成となる高濃度イベントが見られた期間は、すべて黄砂の飛来期間に該当していたことを報告している²⁾。近年のSPMの動向を評価するには、年平均値が低下している状況を踏まえると、個々の高濃度イベントを解析することの重要性が高まっていると考えられる。

京都府では2007年度において、環境基準の非達成局こそ1局であったが、高濃度イベントが何度か観察された。これらの高濃度イベントについて、ガス成分の挙動や後方流跡線解析による気塊の動きから、高濃度出現要因を検討した。

2. 方 法

京都府の大気常時監視測定局の配置は、**図2**に示すとおり一般環境大気測定局16局、自動車排出ガス測定局3局の全19局で、SPMは全局で測定している。これら19局のうち、中部の1局を除いた18局の1時間値等を用いて、次の方法で解析を行った。

- 1) 2007年4月1日～2008年3月31日の全日について、各測定局のSPM日最大値の全局平均値を求め、 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の日(以下「高濃度日」という)を抽出した。なお、ここで日平均値ではなく日最大値を用いたのは、日平均値では短時間の高濃度現象や2日間にまたがる高濃度現象が抽出されないおそれがあるた



図2 京都府大気常時監視測定局の配置

めである。また、全局平均値で高濃度日を判断したのは、広域的に高濃度現象が出現したケースを解析対象とし、単一の測定局だけで高濃度が発生したようなケースは、解析対象から除外するためである。

- 2) 抽出した高濃度日ごとに、その前後の日におけるSPM1時間値の推移から、高濃度が継続しているおおよその期間(以下「高濃度期間」という)の目安をつけ、それぞれの事例(以下、「高濃度事例」という)について解析を行った。なお、高濃度日が連続している場合は、一つの高濃度事例と見なした。
- 3) 高濃度事例ごとに高濃度期間におけるSPMおよびガス成分(SO_2 , NO_x , O_x)の挙動を1時間値を用いて調べた。なお、地域性を明らかにするために、1時間値は北部一般環境測定局(**図2**に示す北部局の円に囲まれた4局。以下「北部局」という)、南部一般環境測定局(同、南部局の円に囲まれたうち、自動車排出ガス測定局を除く11局。以下「南部局」という)および南部自動車排出ガス測定局(同、南部局の円に囲まれたうち、自動車排出ガス測定局3局。以下「自排局」という)ごとの平均値を用いている。ただし、自排局については SO_2 および O_x の測定を行っていないため、ガス成分の1時間値を用いた解析は、北部局と南部局について行うこととした。
- 4) 後方流跡線解析³⁾により、高濃度出現時における気塊がどのような経路で府内に到達したかを検討した。この計算には、米国海洋大気圏局(National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA)のHYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory: HYSPLIT Modelを使用している。計算条件は、**図2**に示す府内北部の東舞鶴局(東経135.4度、北緯35.5度)および南部の久御山局(東経135.7度、北緯34.9度)の2地点を、それぞれ北部と南部の代表地点とみなし、これらを起点として、高度1500mで72時間遡って計算した。

3. 結果および考察

2007年度におけるSPM日最大値の全局平均値のトレンドを**図3**に示す。高濃度日は、4月1

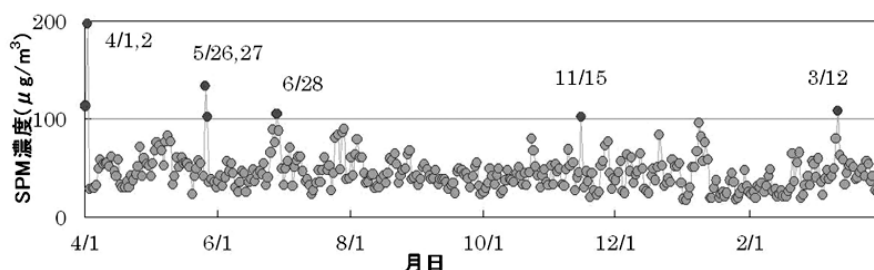


図3 2007年度におけるSPMの日最大値の全局の平均値

日、2日、5月26日、27日、6月28日、11月15日および3月12日の計7日であった。このうち連続している4月1日および2日、5月26日および27日はそれぞれ1事例と見なし、計5事例について解析を行った。

3.1 事例1(4月1日～2日)

両日とも日最大値の全局平均値が $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上であり、とりわけ4月2日は2007年度で最高値の $197\mu\text{g}/\text{m}^3$ を示した。京都府の気象⁴⁾によると、4月1日～3日において京都地方気象台、舞鶴海洋気象台(以下「両気象台」という)ともに黄砂が観測されており、SPM計テープろ紙を確認したところ、高濃度期間とスポットが黄色を呈していた期間が一致していたことから、高濃度の原因は黄砂と考えられた。

図4-1に4月1日～3日における南部局、北部局および自排局のSPMの1時間値の推移を、図4-2、4-3に南部局および北部局のガス成分の1時間値の推移を示す。SPM濃度が上昇や低下を開始した時刻は、南部局や自排局と比べて北部局が若干早いものの、高濃度期間はいずれの測定局もほぼ一致している。

図5はSPM濃度が上昇を開始した直後(4月1日12時)における、後方流跡線解析結果で、モンゴル方面からの気塊の流入を示しており、黄砂によるSPM濃度の上昇を示唆している。

北部局のSPM濃度は、高濃度期間中一定であったのに対して、南部局と自排局のSPM濃度は、4月2日0時頃からさらに上昇が見られた。大都市圏である京阪神地方に近接する南部局や自排局では、北部局と比べると大都市圏からのローカルな発生源の影響を受けやすく、黄砂による高濃度期間中にローカルな影響でさらにSPM濃度が上昇することも十分考えられる。しかし、本事例では図4-2、4-3に示すように、高濃度期間中

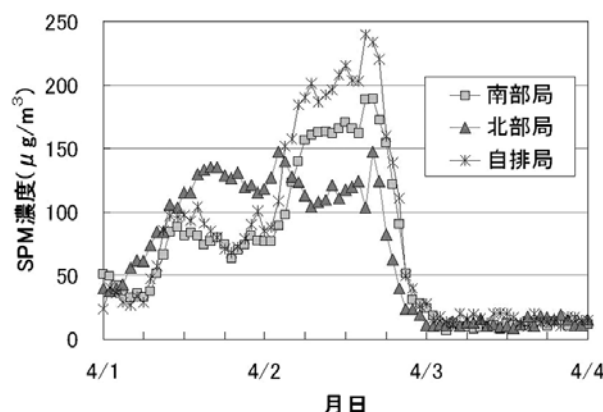


図4-1 SPM 1時間値の推移(4/1～3)

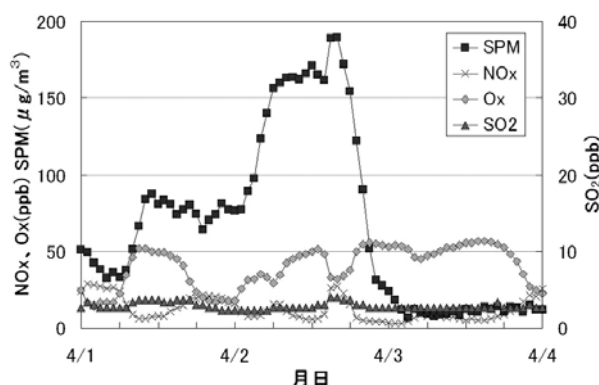


図4-2 ガス成分1時間値の推移(4/1～3, 南部局)

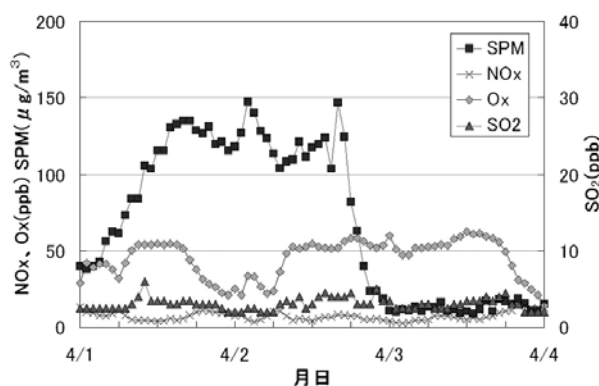


図4-3 ガス成分1時間値の推移(4/1～3, 北部局)

の南部局及び北部局のガス成分の1時間値はSPM以外で目立った差は見られず、各ガス成分とも総じて低濃度で、ローカルな発生源による影

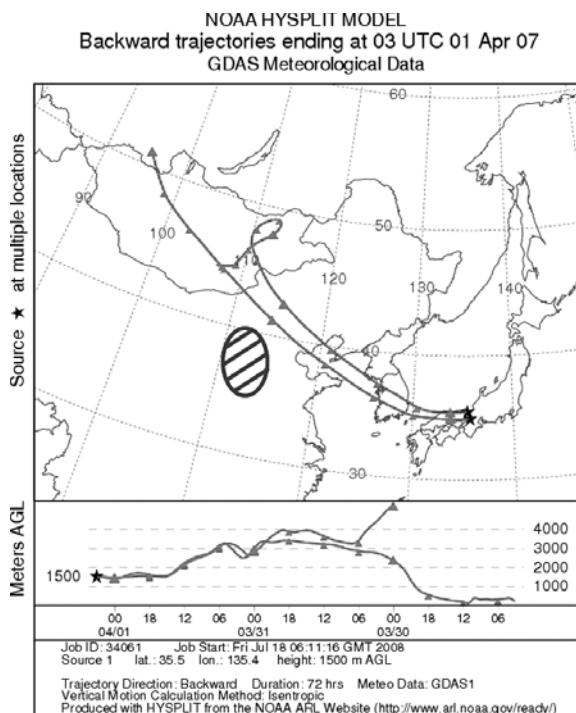


図5 後方流跡線解析(4/1 12時(JST), 1500 m)

響については、否定的であった。

3.2 事例2(5月26日～27日)

京都府の気象⁴⁾によると、両气象台とも5月26日～27日において黄砂が観測されており、SPM計テープろ紙を確認したところ、高濃度期間とスポットが黄色を呈していた期間が一致していたことから、高濃度の原因は黄砂と考えられた。

図6-1に5月25日～27日における南部局、北部局および自排局のSPMの1時間値の推移を示す。全体的な傾向としては、南部局や自排局と北部局は同レベルの濃度であるが、本事例も事例1同様、南部局や自排局と北部局で高濃度期間中にSPM濃度の逆転現象が見られる。ただし、事例1では南部局や自排局で濃度上昇が見られたために逆転現象が生じたのに対して、本事例では北部局の濃度低下により逆転が生じているのが異なる点である。26日～27日には北部での降雨もなく、北部局のみでSPM濃度が低下した原因は不明である。

図6-2、6-3に南部局および北部局のガス成分の1時間値の推移、図7にSPM濃度が上昇を開始した直後(5月26日12時)における後方流跡線解析結果を示す。高濃度期間中におおむね24時間間隔で2回SO₂濃度の上昇が見られる。この濃度上昇の開始時刻は南部局と北部局ではほぼ等しく、濃

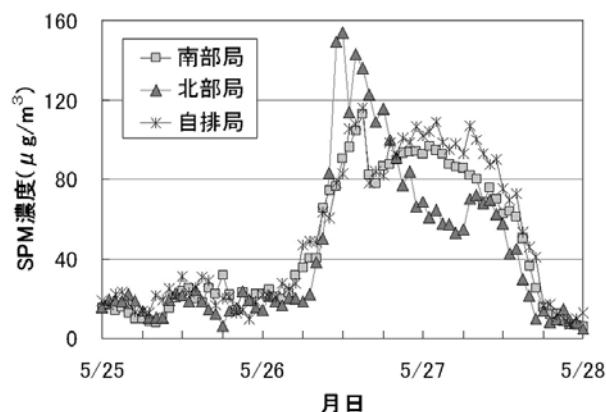


図6-1 SPM 1時間値の推移(5/25～27)

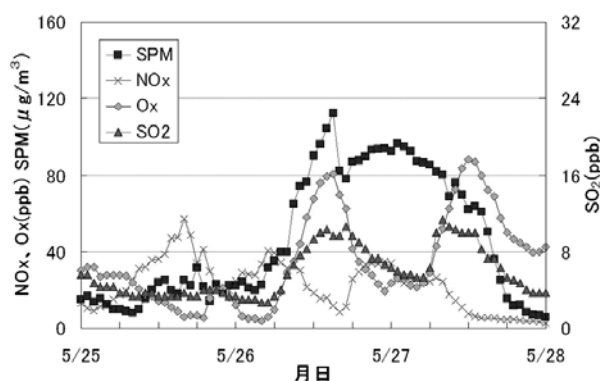


図6-2 ガス成分1時間値の推移(5/25～27, 南部局)

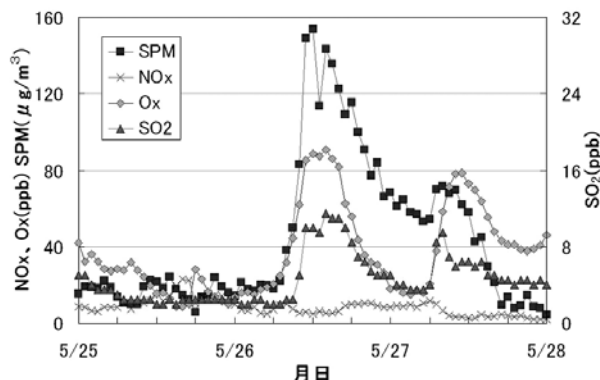


図6-3 ガス成分1時間値の推移(5/25～27, 北部局)

度レベルも同程度である。また、SPM濃度の上昇のタイミングともよく一致している。これらのことから、SO₂濃度の上昇の原因は黄砂をもたらした気塊の流入によるものと推定することができる。

早崎⁶⁾は、1999～2006年の3月～5月における日本国内の大気汚染常時監視結果を用いて、黄砂飛来期間におけるSO₂やNOxといった大気汚染物質濃度に注目して、黄砂飛来時には単にSPM濃度レベルに違いが生じるだけではなく、大気汚染物質濃度レベルにも違いが生じる(大気汚染物

質濃度が低い事例と高い事例がある)ことを明らかにした。事例1と事例2はまさにこの大気汚染物質濃度が低い事例と高い事例に該当すると考えられる。また、袖野⁷⁾によれば、環境省が2002年度から実施している黄砂実態解明調査により、硫酸イオン等の大気汚染物質が飛来過程で黄砂に吸着する可能性が示唆されたこと、大気汚染物質が吸着している黄砂と吸着していない黄砂が見られ、気象条件等によりさまざまな飛来形態があることがわかってきている。事例1の黄砂ではSO₂濃度の上昇は伴わず、事例2の黄砂ではSO₂濃度の上昇を伴ったのも、その原因は黄砂の飛来過程の違いによるもので、SO₂濃度の上昇が人為起源によるものとするならば、SO₂による大気汚染の著しい地域を黄砂を伴った気塊が通過したかどうかが大きく影響すると考えることができる。

図5-1や図7に示した斜線のエリアは、中国の山西省周辺を示している。同省は石炭産業が盛んで中国内でもっとも大気汚染が著しい地域の一つであるといわれている⁸⁾⁻¹⁰⁾。4月1日12時(図5-1)の後方流跡線解析では気塊はこのエリアを通過しておらず、しかも周辺を短時間で通過しているのに対し、5月26日12時(図7)の後方流跡線解析ではこのエリアを比較的ゆっくりと通過したという結果を示している。大気汚染物質の黄砂

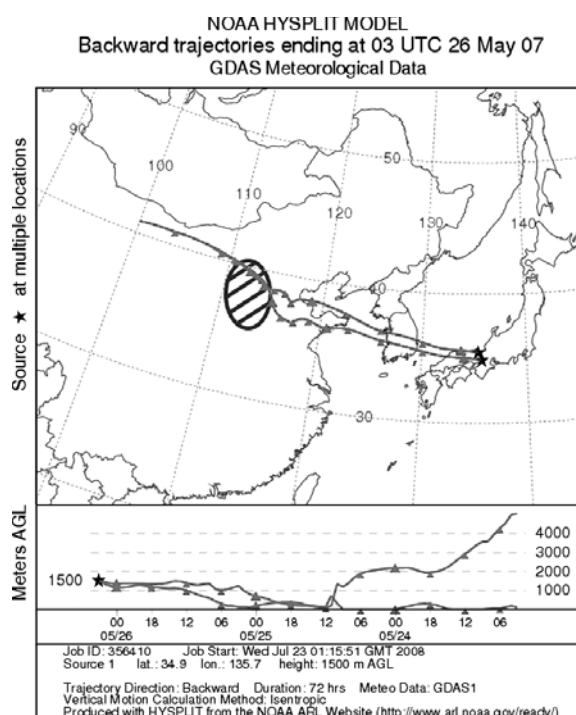


図7 後方流跡線解析(5/26 12時(JST), 1500m)

への吸着は、一地域の通過だけに左右されるものではないであろうが、事例1と本事例の後方流跡線解析結果は飛来過程の違いにより大気汚染物質が吸着している黄砂と吸着していない黄砂が見られるという結果を示唆している。

3.3 事例3(6月28日)

京都府の気象⁴⁾によると、6月26日から30日までの間は両気象台においてもやが観測されており、京都府気象台ではさらに煙霧も観測されていた。図8-1および図8-2に6月26日9時および28日9時における天気図を示す。26日9時の天気図で梅雨前線が日本の南海上から九州南部に見られるが、この前線は27日9時にもほぼ同じ位置に停滞していた。ただし、両気象台ともこの期間の日中に降雨は記録されていない。また、28日には停滞していた梅雨前線は日本の南海上からは消

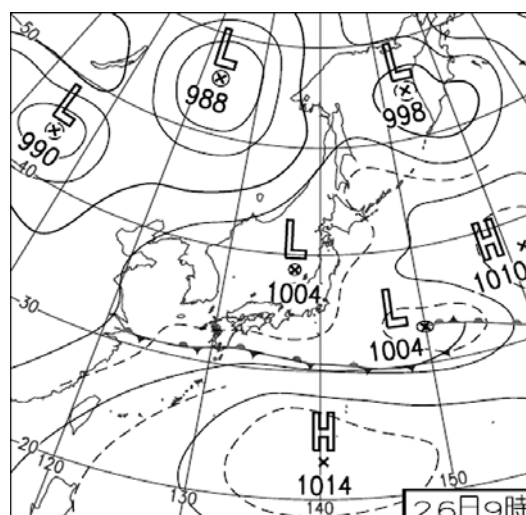


図8-1 天気図 6月26日9時

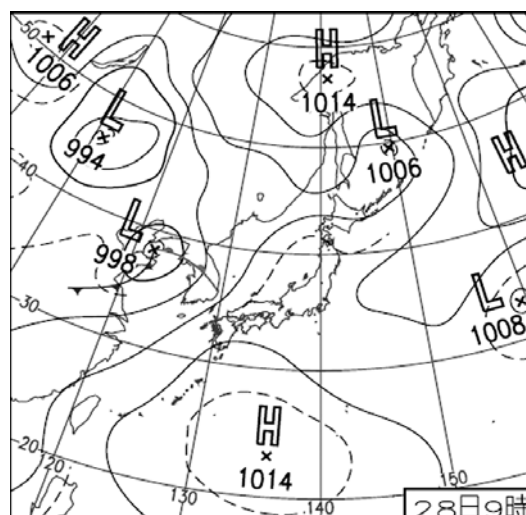


図8-2 天気図 6月28日9時

え去り、日本列島は太平洋上の高気圧の影響が強まり、気温は真夏並みに上昇した。

図9-1に6月26日～29日における南部局、北部局および自排局のSPMの1時間値の推移を示す。これまでの事例と比べると、さほど高濃度は示していないが、高濃度期間はおおむね26日12時頃から29日12時頃までと長めである。また、高濃度期間を通じて北部局のSPM濃度は南部局や自排局より低いのが特徴的である。

図9-2、9-3に南部局および北部局のガス成分の1時間値の推移を示す。SPMだけでなくOx、

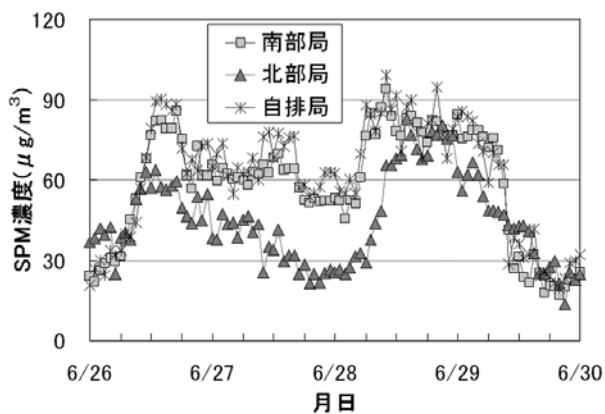


図9-1 SPM 1時間値の推移(6/26～29)

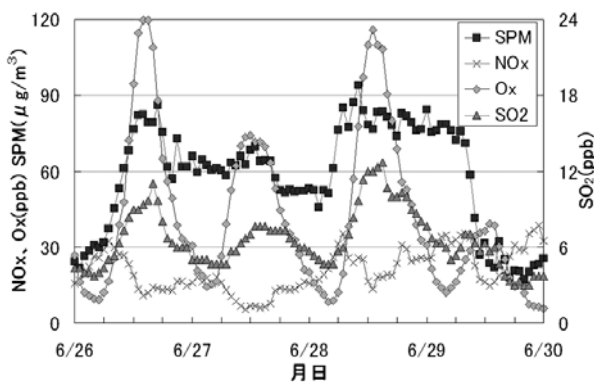


図9-2 ガス成分 1時間値の推移(6/26～29, 南部局)

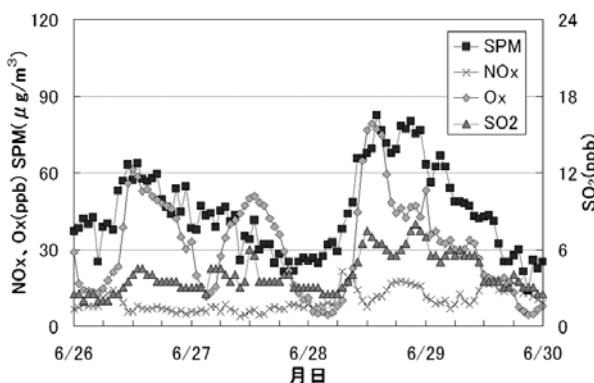


図9-3 ガス成分 1時間値の推移(6/26～29, 北部局)

SO₂も南部局の方が高値を示している。とくに26日と28日は南部局でOx濃度の上昇が著しく、両日とも府内南部の広範囲にわたり光化学スモッグ注意報が発令されている。SPMについても、この両日にとくに濃度上昇が見られる。また、SO₂については、南部局ではほぼ1日周期で濃度変動が見られたのに対し、北部局では南部局ほど明確な濃度変動は見られなかった。

以上のことから、本事例におけるSPMの高濃度の原因は、国内で光化学反応による二次粒子生成が活性化し、SPM濃度が上昇したことによるものと考えられた。ただし、南部局や自排局では夜間においてもSPM濃度はほとんど低下しておらず、SPMがもっとも高濃度を示した28日はいずれの測定局も7時～9時頃から濃度上昇が見られたことから、光化学反応により二次粒子生成が活性化したというだけでは、本事例のSPM高濃度現象を説明するには不十分である。大野¹¹⁾は、6月26日～29日における全国のSPM高濃度現象について、その原因として大陸からの移流が光化学反応の一次原資となったと考えられたこと、光化学反応で二次生成したSPMが、梅雨前線北側に生じた逆転層内の弱風・高温・大気安定の条件下で拡散阻害された結果生じた高濃度現象と考えられたことを報告している。本事例におい

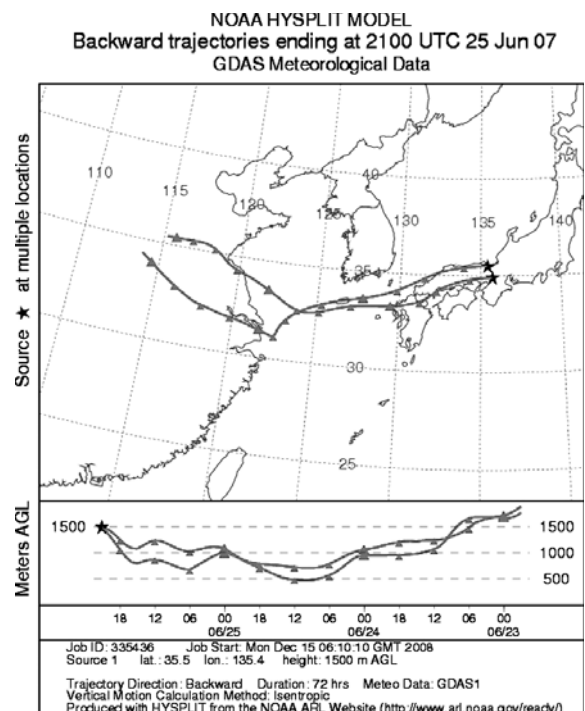


図10-1 後方流跡線解析(6/26 6時(JST), 1500m)

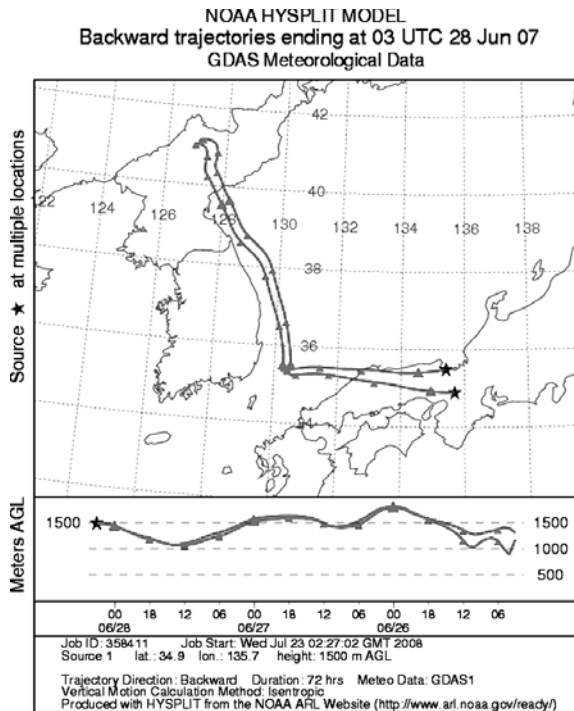


図 10-2 後方流跡線解析(6/28 12時(JST), 1500 m)

ても、大陸からの移流の影響は否定できないが、南部局と北部局の SPM 濃度差から、二次粒子生成と拡散障害が高濃度現象の主原因であったと考えられる。図10-1 に SPM 濃度が上昇を開始した直後(6月26日6時)、図10-2 に SPM 濃度が再度上昇を開始した直後(6月28日12時)における後方流跡線解析結果を示す。この結果も、高濃度期間の初期においては大陸からの移流の影響を受け(図10-1)、その後高濃度が継続したのは国内の発生源による(図10-2)という推定に整合していた。

3.4 事例 4 (11月15日)

京都府の気象⁴⁾によると、この日は京都地方気象台では煙霧が、舞鶴海洋気象台ではもやが確認されており、午前中は全域にわたり濃霧注意報が発令されていた。

図11-1 に11月14日～16日における南部局、北部局および自排局の SPM の1時間値の推移を、図 11-2, 11-3 に南部局および北部局のガス成分の1時間値の推移を示す。南部局や自排局では朝と夕方2回 SPM 濃度の上昇が見られたが、北部局においては濃度上昇は1回だけで、その時間帯も南部局や自排局とは異なっていた。南部局や自排局と北部局の濃度上昇の出現時間帯の違いは、一部の測定局だけで高濃度が出現したことが

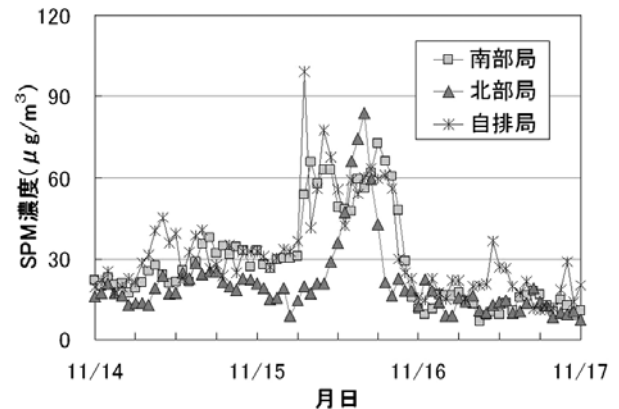


図 11-1 SPM 1時間値の推移(11/14～16)

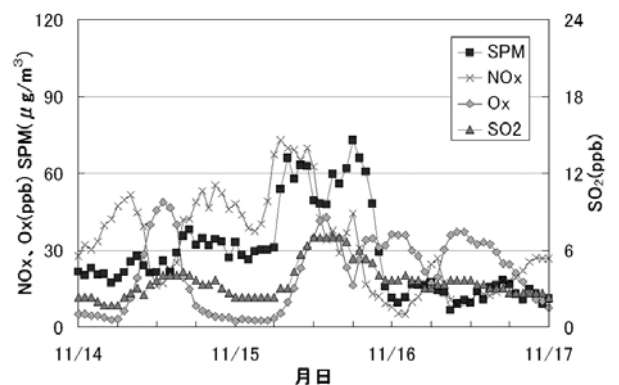


図11-2 ガス成分1時間値の推移(11/14～16, 南部局)

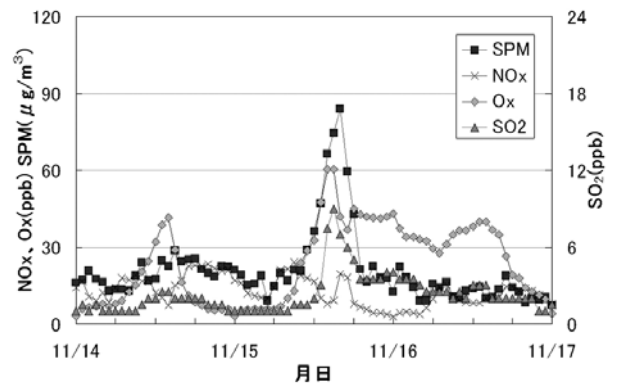


図11-3 ガス成分1時間値の推移(11/14～16, 北部局)

影響したのか、南部局、北部局といった範囲で一様に高濃度現象が出現したことによるものなのかを明らかにするため、本事例については個々の測定局について1時間値の推移を検討した。

個別の測定局の SPM の1時間値の推移は図12-1～12-3のとおりで、15日における SPM の挙動は、地域により異なるパターンを示していたことがわかった。SPM 濃度が上昇した時間帯を測定局の地域区分ごとに表 1 に示す。

これらの高濃度事例について、出現時間帯ごとに検討した結果は次のとおりである。

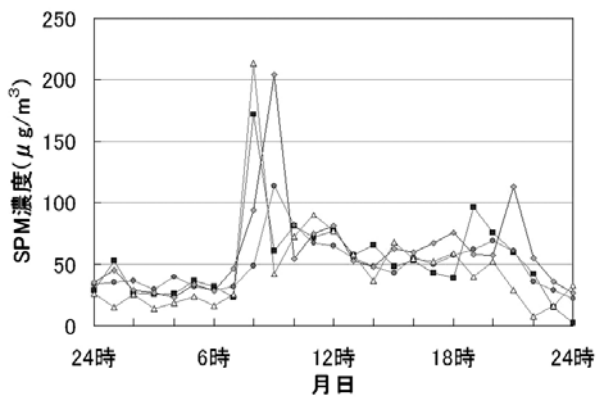


図12-1 SPM1時間値の推移(11/15, 南部エリアA内4局)

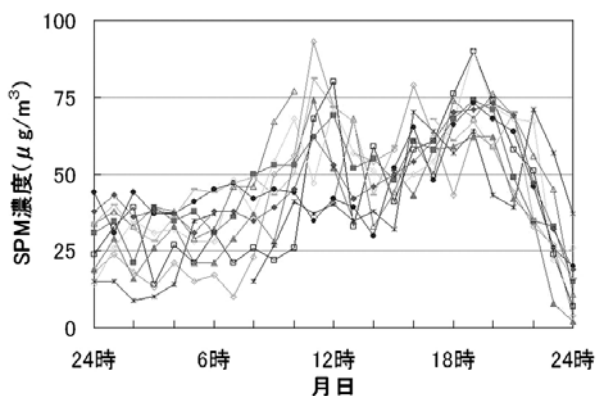


図12-2 SPM1時間値の推移(11/15, 南部エリアA外10局)

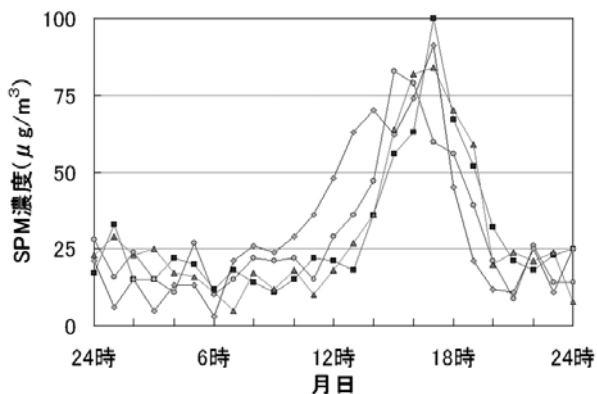


図12-3 SPM1時間値の推移(11/15, 北部4局)

表 1 測定局区分ごとのSPM濃度の上昇の時間帯

測定局区分	南部局および自排局のうち図1に示すエリアA内の測定局(計4局)	南部局および自排局のうちエリアA外の測定局(計10局)	北部局(計4局)
濃度上昇が見られた時間帯	1) 8時～9時		
	2) 10時～12時	2) 10時～12時	
			3) 14時～17時
	4) 18時～22時	4) 18時～22時	

1) 8時～9時の急激な濃度上昇は、南部の中でも限られた地域(以下「エリアA」という。なお、エリアAの場所は図2に示す。)だけに見られた現象である。SPM計テープ紙を確認したところ、高濃度を示した時間帯のスポットは、いずれの測定局とも同系色(褐色)を呈していた。高濃度が継続した時間も1～2時間と短く、特定の発生源による影響が近隣の限られた地域に及んだケースと見られる。なお、図には示していないが、この時間帯のガス成分についてはNO_x、O_xとも顕著な傾向は見られなかった。

2) 10時～12時の濃度上昇は、南部局、自排局全般に見られた現象である。図11-2に示したとおり、南部局においてはNO_xとSPMの1時間値の推移が比較的一致しており、SO₂濃度の上昇も見られ、大気汚染物質濃度が全体的に高くなっている。一般に初冬季には接地逆転層の発達による拡散阻害が大気汚染物質濃度の上昇要因になることがあり、このケースにおいてもその可能性が考えられる。ただし、この日の接地逆転層の形成については不明であり、本推論については明確な根拠が得られているわけではない。

3) 14時～17時の濃度上昇は北部局に見られた現象である。SPMについて北部局4局ともきわめて似た挙動を示しており、同一の原因が広範囲に影響を及ぼしたものと考えられる。ガス成分の挙動については、図11-3に示すとおりSPMと連動してO_x、SO₂濃度の上昇が見られ、O_xについては、その後夜間も濃度が低下せず、翌16日の18時頃まで40ppb前後を維持している。

4) 18時～22時の濃度上昇は、南部局、自排局に見られた現象で、各測定局の最高濃度は北部局と同レベルである。ガス成分については、SO₂は午前中から濃度上昇が見られていたが、濃度低下はSPMと連動していた。また、O_xはSPMに連動してはいないが、15時頃から30ppb前後の値を示し、北部局同様翌16日の18時頃までその値を維持していた。

3)と4)については、SPM濃度が同レベルであること、ともに濃度低下時のSPMとSO₂の挙

動が連動していること、Oxが同時刻まで一定濃度を維持したこと等共通点が多い。そこで、3)と4)についてさらに詳細に解析するため、濃度上昇が見られた時間帯において各測定局でSPM濃度が最大となった時刻を調べた。結果は図13-1のとおりで、府内の最北端に位置する測定局で最も早い時刻(14時)にSPMの濃度上昇ピークが見られた。この測定局はその後一旦濃度が下がり17時に再度濃度が上昇して最大値を示したが、最初に現れた14時の濃度ピークを最大濃度出現時刻とみなすと、以後南に位置する測定局ほどSPMの最大濃度出現時刻は遅くなっていった。この最北端に位置する測定局を起点として各測定局における最大濃度出現時刻と起点との距離を調べたところ、結果は図13-2のとおりで、起点からの距離に応じて最大濃度出現時刻が遅れていたことが確認された。また、この日の京都府内の測定局の風向は、3)、4)の濃度上昇が見られた時間帯にお

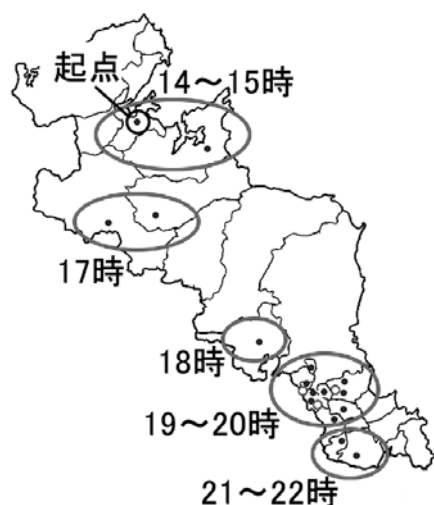


図 13-1 SPM 最大濃度の出現時刻

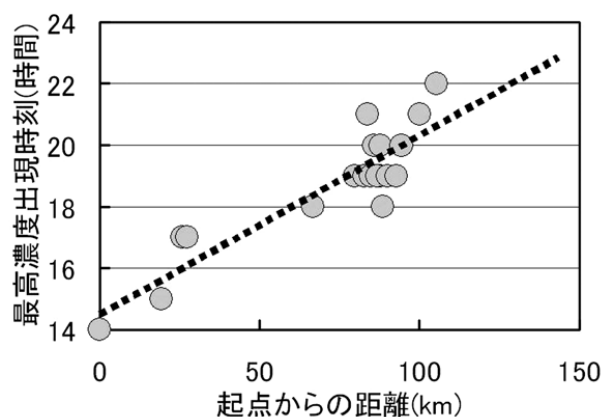


図 13-2 SPM 最大濃度の出現時刻と起点からの距離

いて全局とも北西風が卓越していた。

以上のことから、3)と4)のSPMの高濃度現象の原因は同一のものによると考えられ、各測定局における最高濃度の出現時刻が示すように、北部から南部へ大気汚染物質が移流したものと推定された。

図14は、SPM、SO₂、Oxが上昇を開始した直後(11月15日15時)における、後方流跡線解析結果である。南部、北部とも中国から気塊が流入しており、特に北部に流入している気塊は事例2(5月26日~27日)で述べた大気汚染の著しいエリア付近を通過しているという結果を示している。これは図11-3に示したとおり、この時間帯において北部局は南部局より明確なSO₂濃度の上昇が見られることとも整合している。

岩本¹²⁾は2007年に福岡県で光化学スモッグ注意報が発令された日については、夜間に高濃度が継続する、流跡線が大陸方向を指す、壱岐や五島といった測定局と県内の測定局のOxがほぼ同様の値となる、硫酸イオン濃度が20 μ g/m³前後の高値を示すといった共通の特徴が見られ、このことより大陸からの影響を強く受けてOxが高濃度になったと推定している。3)と4)のケースにおいても、夜間の高濃度継続、流跡線が大陸方向、壱岐や五島と同様付近に発生源が少ない北部局と大

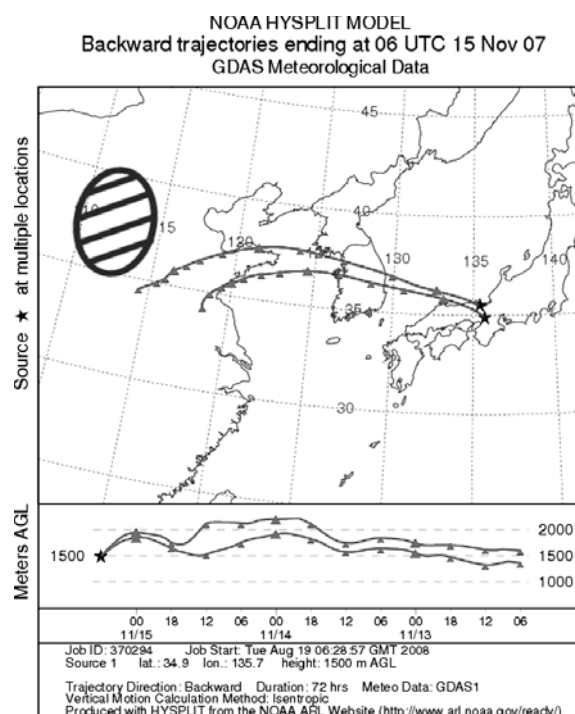


図 14 後方流跡線解析(11/15 15時(JST), 1500m)

都市圏近傍の南部局の Ox 濃度がほぼ同レベル（むしろ北部局の方が高値）、 SO_2 濃度の上昇といった岩本の事例と同様の傾向が見られた。以上のことから SPM 高濃度の原因は越境大気汚染による影響と推定された。

事例 1 や事例 2 で見られた越境大気汚染は、北部局と南部局で SPM 濃度はほぼ同時に上昇していたが、3)と4)のケースでは、北部局と南部局に時間差が見られた。図15は11月15日9時における天気図である。西日本は中国内に位置する高気圧の影響下にあり、等圧線の間隔が比較的大きいことからわかるようにこの日は穏やかな気候を示していた。この気象条件は、3)と4)のケースで見られた、北から南に向かう経時的な SPM 濃度の上昇を支持している。

11月15日の高濃度は、午前中に見られたローカルな汚染と、午後以降に見られた越境大気汚染が同一日に出現した事例であり、個々のケースは他の事例と比べるとそれほど大きな汚染現象ではないが、重複したことにより本論文で定義した高濃度日に該当した事例である。

3.5 事例 5 (3月12日)

京都府の気象⁴⁾によると、京都地方気象台では煙霧が3月11日～13日、もやが11日に、舞鶴海洋気象台では煙霧が12日、もやが11日～12日にそれぞれ観測されていた。なお、いずれの日にも黄砂は観測されていない。SPM 計テープろ紙を確認したところ、高濃度を示した時間帯のスポットは灰色または濃灰色で、やはり黄砂の痕跡は見られ

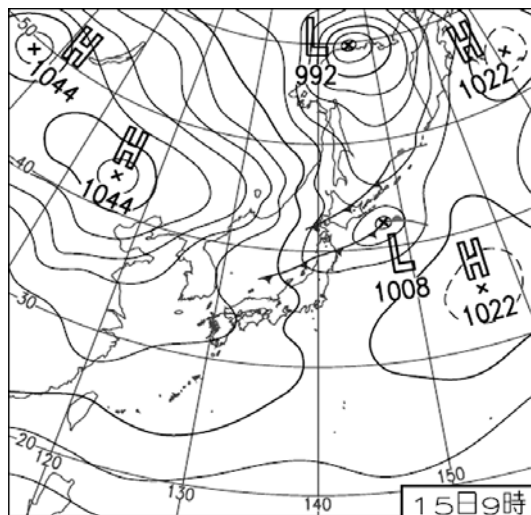


図15 天気図 11月15日9時

なかった。

図16-1に3月11日～13日における南部局、北部局および自排局の SPM の1時間値の推移を示す。本事例では SPM 濃度は比較的緩やかな上昇および低下を示しており、一時的に自排局がやや高くなっているものの、高濃度期間中、南部局と北部局でほとんど濃度差は認められなかった。

図16-2, 16-3に南部局および北部局のガス成分の1時間値の推移を示す。南部局、北部局ともおおむね24時間間隔で2回 SO_2 濃度の上昇が見られる。また、11日の濃度上昇や12日の濃度低下のタイミングは SPM と連動している。

本事例は、南部局と北部局で SPM 濃度に明確な地域差は見られない、高濃度期間がおおむね2日間継続している、SPM 濃度に SO_2 濃度が連動して上昇しているといった点で事例 2 と類似点が多い。図17-1に両事例の SPM の1時間値の推移を、図17-2に両事例の SO_2 の1時間値の推移をそれぞれ示した。図の横軸は、SPM 濃度が上昇を開始した日の0時(1時間値としては前日の24時)を始点とした経過時間を表わしている。たと

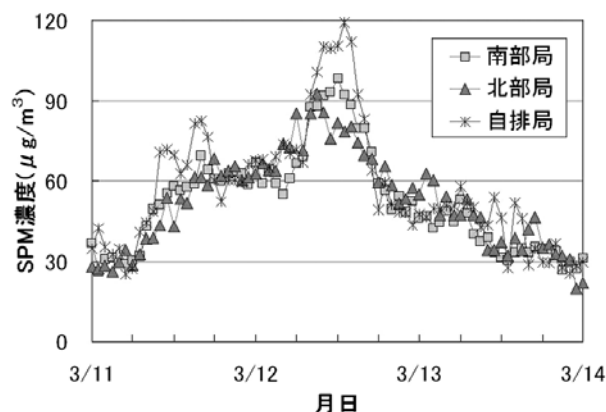


図16-1 SPM 1時間値の推移(3/11～13)

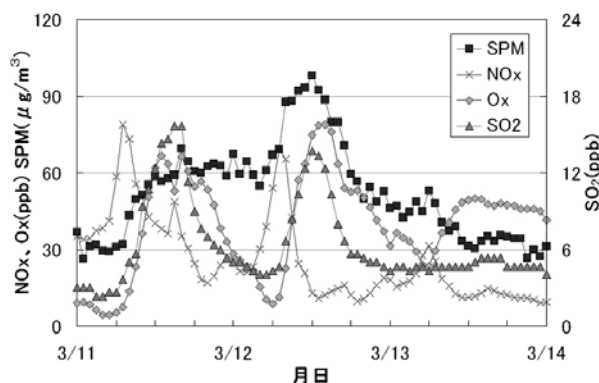


図16-2 ガス成分1時間値の推移(3/11～13, 南部局)

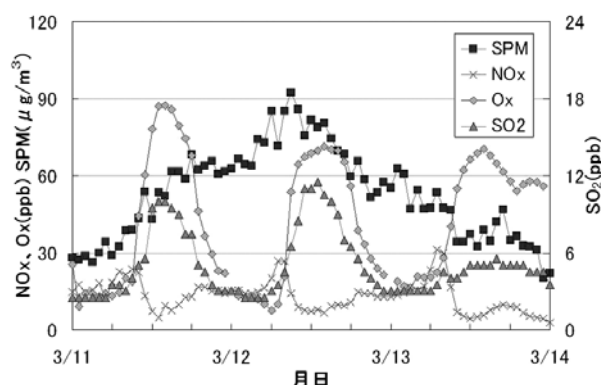


図16-3 ガス成分1時間値の推移(3/11~13, 北部局)

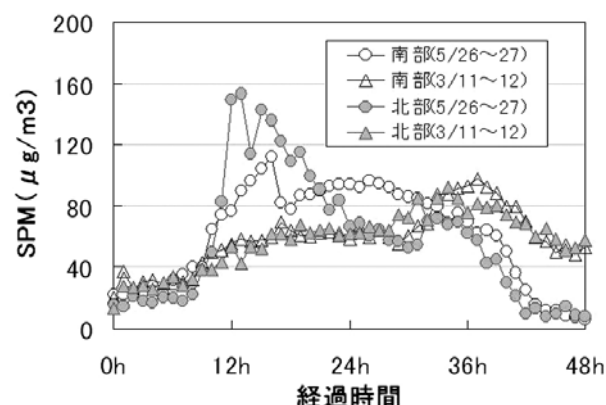


図17-1 SPM1時間値の推移(5/26~27および3/11~12)

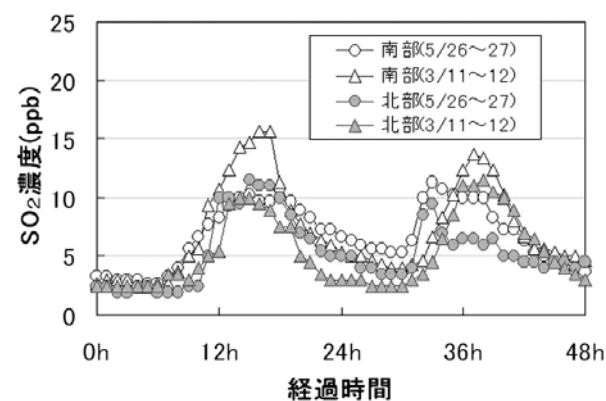


図17-2 SO21時間値の推移(5/26~27および3/11~12)

例えば、横軸の12hは濃度上昇を開始した日の12時を、36hはその翌日の12時を表わすことになる。事例2は黄砂を伴ったこともあり、本事例よりSPM濃度は全体的に高めである。しかし、両事例において、SPM、SO₂ともに濃度上昇の開始時刻、濃度低下の開始時刻、高濃度期間はいずれも酷似していた。これより、本事例におけるSPM高濃度の原因は事例2と同一である可能性が高いと考えられ、黄砂を伴わない越境大気汚染によるものと推定される。

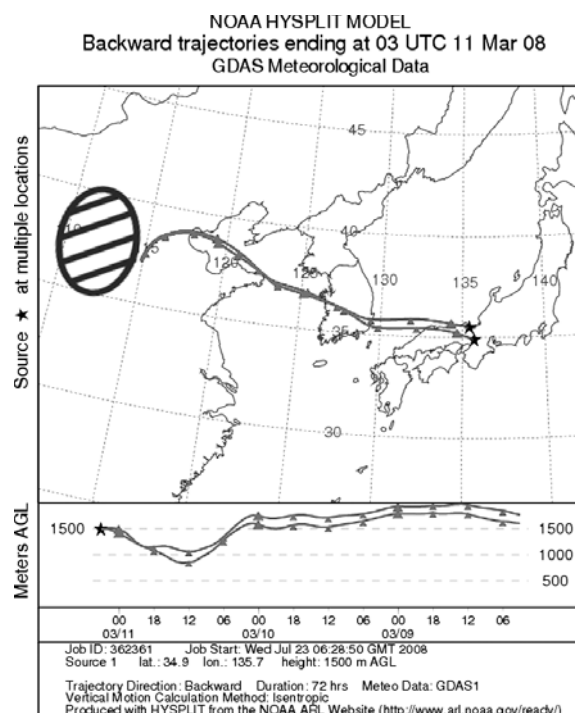


図18 後方流跡線解析(3/11 12時(JST), 1500m)

図18はSPM濃度が上昇を開始した3月11日12時における後方流跡線解析結果である。この結果は、図7に示した事例2の流跡線の山西省から日本国内までの経路とほとんど同じ経路であった。この結果も本事例が越境大気汚染によりSPM濃度およびSO₂濃度が上昇したことを支持している。

4. まとめ

京都府における2007年度のSPM高濃度事例について、ガス成分の挙動や後方流跡線解析による気塊の動きから、高濃度出現要因を検討し、以下の結論を得た。

- 1) 日最大値の全局平均値が100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上となる高濃度事例は、計5事例あった。その出現時期は、3月、4月、5月、6月および11月で、春季～夏季が4事例と多く、秋季が1事例であった。冬季の事例は0であった。
- 2) 高濃度の原因は、4月及び5月の2事例については黄砂と考えられた。

6月の事例は、主に光化学反応による二次粒子生成の活性化と梅雨前線北側に生じた逆転層内での拡散阻害と推定された。ただし、越境大気汚染の影響を否定することはできなかった。

11月の事例は複合事例で、午前中に見られた

高濃度は南部を中心としたローカルな汚染、午後から見られた高濃度は越境大気汚染の影響と推定された。

3月の事例は黄砂は確認されなかったが、SPM および SO₂の挙動が5月の事例に酷似しており、越境大気汚染の影響と推定された。

- 3) 京都府の南部(大都市域)と北部では、高濃度期間を通じて南部が高濃度を示したのは1事例で、残りの4事例は期間中に多少の変動はあるものの北部と南部で同程度の高濃度を示した。また、この4事例はいずれも越境大気汚染が主因と推定された事例であった。

かつては、SPM が高濃度を示すのは秋季～冬季であったが、最近はその傾向が大きく変化してきている。水野¹³⁾は東京都区内の夏季(6月～8月)と初冬季(11月～12月)におけるSPMの平均値の経年変化から、従来初冬季の濃度が夏季を大きく上回っていたのが、最近では逆転していることを示すとともに、その原因として、一般に初冬季は接地逆転層の発達による拡散阻害が高濃度につながるが、SPM 排出対策の進捗が初冬季の濃度低下をもたらしていると考えられること、夏季の光化学反応により生成される二次粒子の寄与が大きくなってきていることを指摘している。また、早崎²⁾は全国のSPM 高濃度イベントは、1990年代(1993年度および1998年度)には大都市域を中心に夏季および晩秋～初冬季に多く見られたのに対し、2000年代(2001年度および2002年度)は大都市域だけでなく広域に渡り見られ、出現時期は春季の一部の期間に限られたことを示している。

今回の解析結果でも、上述の報告と同じような傾向が確認された。多くの事例で越境大気汚染が示唆されていることから、この影響について今後も継続的に監視することが重要と考えられる。

今回の解析では、越境大気汚染を示唆する要素としてSO₂濃度の推移に着目した。黄砂が見られた事例1のように、SO₂濃度がまったく上昇しない事例もあったが、多くの事例で、SO₂は広域にわたり同じタイミングで同じ程度の濃度上昇を示し、SPM 濃度の上昇と非常によく連動していた。

近年全国におけるSO₂の環境基準達成率はほぼ100%で、測定局数もこの10年間ほどで300局以上

減少している¹⁾。京都府でも、環境省が示した事務処理基準¹⁴⁾に基づき、21局から6局へと大幅に削減した。確かに、SO₂の環境濃度はおおむね数ppb程度で推移しており、環境基準と比べても相当低い濃度になっており、一見すると測定の重要度は低くなってきているように思える。しかし、環境濃度の低下は新たにSO₂の越境大気汚染に対する指標としての価値を生み出したといえる。逆説的な言い方になるが、近隣に発生源がなくSO₂が低濃度である地点は、通常SO₂濃度が上昇する可能性が低いために、越境大気汚染の影響を評価するための測定意義が高いということになる。環境濃度の高低だけにとらわれずSO₂測定局を広域に適正配置することは、越境大気汚染の影響を把握するきわめて有効な方法であると考えられる。

—参考文献—

- 1) 環境省：大気汚染状況報告書(1997-2007)
- 2) 早崎将光，菅田誠治，大原利真，若松伸司，宮下七重：1992-2004年度のSPM 環境基準達成率に対する黄砂現象の影響，大気環境学会誌，**42**，190-193(2007)
- 3) National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA) HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory: HYSPLIT Model (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>)
- 4) 京都地方気象台：京都府の気象(2007-2008)
- 5) 気象庁ホームページ：日々の天気図 (<http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html>)
- 6) 早崎将光，西川雅高，菅田誠治：黄砂飛来時のSPM濃度と視程の関係，第24回エアロゾル科学・技術研究討論会(2007)
- 7) 袖野玲子：日本の黄砂モニタリングの現状と課題，環境技術，**36**，234(2007)
- 8) ecxite ニュース：http://www.excite.co.jp/News/china/20080629/Recordchina_20080629005.html
- 9) EIC ネット：<http://www.eic.or.jp/news/?act=view&serial=16152>
- 10) サーチナ NEWS：http://news.searchina.ne.jp/disp.cgi?y=2004&d=0715&f=business_0715_004.shtml
- 11) 大野隆史，山神真紀子，国立環境研究所・C型共同研究グループ：光化学オキシダントと粒子状物質等の汚染特性解明に関する研究(1)，第49回大気環境学会年回講演要旨集，319(2008)
- 12) 岩本真二，大石興弘，田上四郎，力寿雄，山本重一：福岡県における光化学オキシダントの高濃度要因の分類，大気環境学会誌，**43**，175-176(2008)
- 13) 水野建樹：常時監視局の環境濃度の解析による関東都市部における最近のSPM濃度経年変化とその原因に関する考察，大気環境学会誌，**41**，255-256(2006)
- 14) 環境省：大気汚染防止法第22条の規定に基づく大気の汚染の状況の常時監視に関する事務の処理基準について(2007改正)