

# PM<sub>2.5</sub>とPM<sub>10-2.5</sub>の2粒径観測によるPM<sub>2.5</sub>高濃度要因の推定

高倉 尚枝 谷口 延子 平澤 幸代 日置 正 齋藤 義弘

A Study of PM<sub>2.5</sub> Air Pollution Episode by Size-Segregated Observation of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10-2.5</sub> Particles

Naoe TAKAKURA Nobuko TANIGUCHI Yukiyo HIRASAWA  
Tadashi HIOKI Yoshihiro SAITO

微小粒子状物質（粒径2.5μm以下の粒子、PM<sub>2.5</sub>）高濃度時には、PM<sub>2.5</sub>のみが高濃度になる場合と、PM<sub>2.5</sub>と粗大粒子（粒径2.5~10μmの粒子、PM<sub>10-2.5</sub>）の両方が高濃度になる場合がある。後者の場合、黄砂・土壌・石炭燃焼粒子に含まれる微小部分がPM<sub>2.5</sub>質量濃度に影響していると考えられる。今回、PM<sub>2.5</sub>高濃度の要因を速報的に判断するため、府内5測定局で2012年4月1日から2014年3月31日までPM<sub>2.5</sub>と同時にPM<sub>10-2.5</sub>を測定した。PM<sub>2.5</sub>の年平均値は11.2~16.1μg/m<sup>3</sup>、PM<sub>10-2.5</sub>の年平均値は6.0~8.7μg/m<sup>3</sup>であった。PM<sub>2.5</sub>が1局でも環境基準を超えた日は33日あり、これらの日のPM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比の各測定局の平均値は0.38~0.58であった。最高値を示したのは2013年3月9日の0.85~1.10で、この日は府内で黄砂が観測されていた。また、33日のうち、黄砂・土壌・石炭燃焼粒子の影響があったと考えられる日は11日あり、3~5月に集中していた。これらの日は複数の局でPM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比が0.4以上になっていた。

キーワード：微小粒子状物質、粗大粒子、環境基準、越境大気汚染、黄砂、石炭燃焼粒子

key words : PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10-2.5</sub>, Environmental quality standard, Trans-boundary air pollution, Asian dust, Coal combustion particles

## はじめに

大気中の粒子の健康影響や挙動を考える上で、粒子の大きさは最も重要な特性のひとつである。健康影響が大きいと考えられている微小粒子状物質（粒径2.5μm以下の粒子、PM<sub>2.5</sub>）については、平成21年9月に環境基準（年平均値が15μg/m<sup>3</sup>以下、かつ、日平均値が35 μg/m<sup>3</sup>以下）が設定され、全国の自治体で自動測定機による常時監視が実施されている。一方、粗大粒子（粒径2.5~10μmの粒子、PM<sub>10-2.5</sub>）は、主として土壌の巻き上げ、波しぶき、火山の噴煙などの自然由来の粒子と、長距離輸送される石炭燃焼粒子からなっていると考えられている<sup>1)</sup>が、自動測定機による測定は、2、3の自治体を除きほとんど実施されていない。実効性のあるPM<sub>2.5</sub>対策を行うためには、質量濃度の把握はもちろんのこと、その起源が、自然由来か、人為起源か、あるいは日本国内起源か、大陸起源かなどを明らかにする必要があり、そのためには成分分析が必須である。わが国では「微小粒子状物質（PM<sub>2.5</sub>）の成分分析ガイドライン」（平成23年7月29日、環境省）を根拠に、平成25年度は全国115地点で成分分析が実施されている（環境省.<http://www.env.go.jp/press/100798.html>）。しかしながら「本日のPM<sub>2.5</sub>高濃度の原因はなにか。」といった行政ニーズに応えるためには、成分分析は即応性に欠けることから、テレメータシステムにより収集されている常時監視の測定値をベースにして、高濃度になっ

た原因を判定する方法が必要となる。

当所では、これまで一連の長距離輸送エアロゾルに関する研究において、PM<sub>2.5</sub>高濃度事象をもたらした原因によってPM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>10-2.5</sub>の質量濃度及び成分濃度はそれぞれ特徴を持つことを見いだした。すなわち、PM<sub>2.5</sub>と同時にPM<sub>10-2.5</sub>の質量濃度を測定することにより、PM<sub>2.5</sub>の高濃度事象をもたらしたものが、越境大気汚染であるか、黄砂であるか、地域汚染であるか、あるいはこれらの影響が輻射したものであるかを、成分分析に先立って速報的に判別することがある程度可能であることを明らかにした<sup>2)</sup>。今回、京都府では、PM<sub>2.5</sub>を測定している18測定局のうち5測定局で、PM<sub>2.5</sub>とPM<sub>10-2.5</sub>の同時測定を実施し、それぞれの質量濃度を用いてPM<sub>2.5</sub>高濃度要因の推定を行ったので報告する。

## 調査方法

### 1. 調査地点

調査地点は図1に示す府内5測定局である。

久御山局は府南部の都市近郊域、木津局は府南端の田園地域、亀岡局は府中部の田園地域、東舞鶴局は府北部の都市域、京丹後局は府北端の田園地域に立地している。

### 2. 調査期間

2012年4月1日から2014年3月31日の測定値を解析した。

### 3. 測定方法

PM<sub>2.5</sub>自動測定機（紀本電子工業株式会社製PM-712。大

（平成27年7月31日受理）

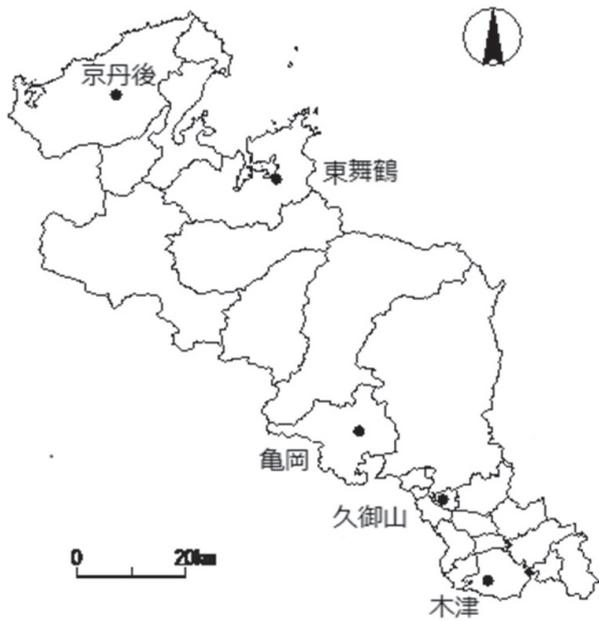


図1 調査地点

気エアロゾルをPM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>10-2.5</sub>に分粒し、ポリテトラフルオロエチレン製テープろ紙上に捕集すると同時に、β線吸収法により質量濃度を自動測定する装置)で1時間毎にろ紙送りしてPM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>10-2.5</sub>を測定した。この測定機は、PM<sub>2.5</sub>について環境省が標準測定法と等価性を有すると認定した自動測定機である。なお、風向風速については、京都府大気常時監視測定結果の1時間値を用いた。

## 結果及び考察

### 1. 測定結果の概要

PM<sub>10-2.5</sub>とPM<sub>2.5</sub>の測定結果の概要を表1に示す。2012年度の年平均値は、PM<sub>10-2.5</sub>は6.0~7.7μg/m<sup>3</sup>、PM<sub>2.5</sub>は11.2~14.7μg/m<sup>3</sup>、2013年度の年平均値は、PM<sub>10-2.5</sub>は6.5~8.7μg/m<sup>3</sup>、PM<sub>2.5</sub>は12.0~16.1μg/m<sup>3</sup>となっており、いずれの年もPM<sub>10-2.5</sub>はPM<sub>2.5</sub>に対して5~6割程度の値であった。PM<sub>10-2.5</sub>、PM<sub>2.5</sub>とも最も高いのは久御山局、PM<sub>10-2.5</sub>が最

も低いのは東舞鶴局、PM<sub>2.5</sub>が最も低いのは京丹後局であった。月別平均値について、図2に示す。PM<sub>10-2.5</sub>は全体的に春季に高い傾向があり、京丹後局と東舞鶴局は2月~5月及び9~10月以外はおおむね他の局より低く、久御山局は他の局より高い月が多かった。PM<sub>2.5</sub>は、春季及び夏季に高い傾向があり年間を通じて南部の測定局が比較的高かった。曜日別平均値について、図3に示す。PM<sub>10-2.5</sub>は、南部の局で日曜日に低い傾向があった。PM<sub>2.5</sub>は、久御山局と東舞鶴局の都市部の測定局で、火曜日から金曜日にやや高い傾向があった。田園地域の測定局では、曜日による変動の傾向はみられなかった。時間別平均値を図4に示す。PM<sub>10-2.5</sub>は、全測定局で17~19時に濃度ピークがみられ、久御山局が最もピークが大きかった。PM<sub>2.5</sub>は、夜間から早朝は低く、昼間に高い傾向があったが、日内変動はPM<sub>10-2.5</sub>の方が大きかった。各測定局における風向別濃度平均値を図5に示す。PM<sub>10-2.5</sub>は、北部は北系風の時に、亀岡以南は南~西風の時にやや高い傾向があった。PM<sub>2.5</sub>は、南部の測定局で南西方向がやや高いものの、いずれの測定局も、風向による濃度の違いはあまりなかった。

PM<sub>10-2.5</sub>は、春季、特に3月に高くなっており、また、他の月に比べて最北端の京丹後局が比較的高くなっていることなどから、春季は、黄砂や石炭燃焼粒子等の越境輸送の影響が、他の季節より大きいと考えられる。春季以外の季節で南部の測定局が若干高くなっているのは、南部測定局の近傍には交通量の多い生活道路があり、自動車の走行に伴う道路堆積物の影響と考えられる<sup>3)</sup>。これは、南部で日曜日のPM<sub>10-2.5</sub>が他の週日より低いことや、夕方にPM<sub>10-2.5</sub>が最も高くなっていることとも整合する。最も自動車交通の影響を受けやすいと考えられる久御山局で、夕方にPM<sub>10-2.5</sub>が顕著な高濃度を示すのは、PM<sub>10-2.5</sub>はPM<sub>2.5</sub>に比べて粒径が大きいため、重力沈降しやすく鉛直方向の大気拡散の影響を受けやすいため、対流境界層が発達する日中は交通量の増加に伴って高濃度になり、日没から朝にかけては、安定境界層の出現により低濃度になると考えられる。風向別濃度平均値で北部は北系、南部は南~西系の時に高いのは、北部の局は越境大気汚染、南部の局は地域汚染の影響を受けやすいことを反映していると推測される。以上より、京都府のPM<sub>10-2.5</sub>

表1. PM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>10-2.5</sub>の測定結果 (2012年度及び2013年度)

年度	項目	久御山局	木津局	亀岡局	東舞鶴局	京丹後局	
2012	PM <sub>2.5</sub>	有効測定日*数	361	360	363	359	
		年平均値	14.7	13.4	13.0	12.3	11.2
	日平均値の最高値	51.9 (2013/3/9)	47.2 (2012/4/25)	44.7 (2012/4/25)	45.7 (2013/3/9)	51.8 (2013/3/9)	
	日平均値が35 μg/m <sup>3</sup> を超えた日数	9	8	8	5	5	
	PM <sub>10-2.5</sub>	年平均値	7.7	6.5	7.2	6.0	6.9
2013	PM <sub>2.5</sub>	有効測定日*数	360	362	361	356	357
		年平均値	16.1	14.3	14.9	13.0	12.0
	日平均値の最高値	57 (2014/2/26)	47.5 (2014/2/26)	56.6 (2014/2/26)	54.1 (2014/2/26)	49 (2014/2/26)	
	日平均値が35 μg/m <sup>3</sup> を超えた日数	16	10	13	8	7	
	PM <sub>10-2.5</sub>	年平均値	8.7	7.9	7.7	6.5	7.4
日平均値の最高値	54.9 (2013/9/26)	30.2 (2014/3/17)	30.8 (2014/3/17)	23.5 (2013/4/17)	31.8 (2014/3/16)		

\*:有効測定日は、1日20時間以上測定した日

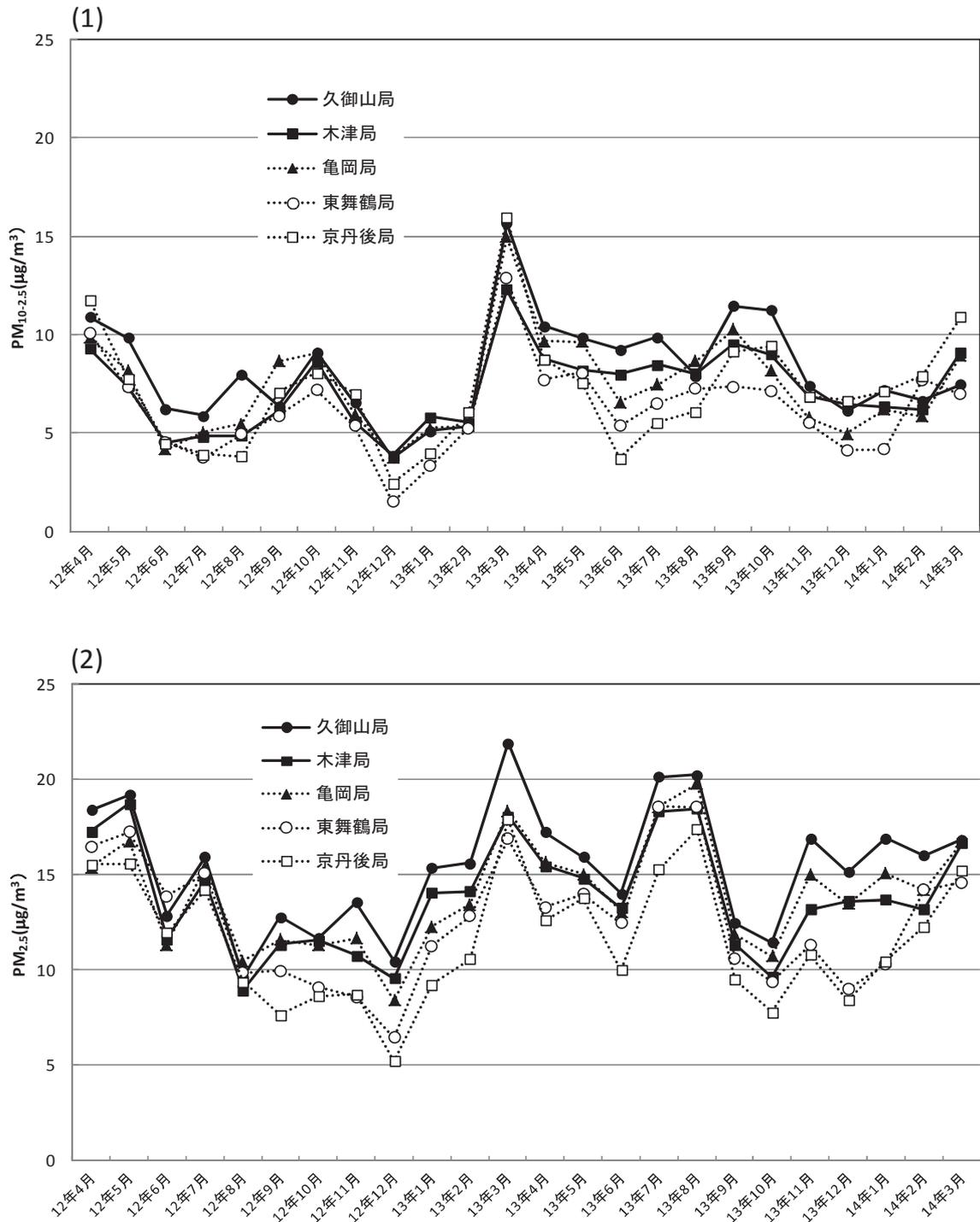


図2. 質量濃度月別平均値 (1) PM<sub>10-2.5</sub> (2) PM<sub>2.5</sub>

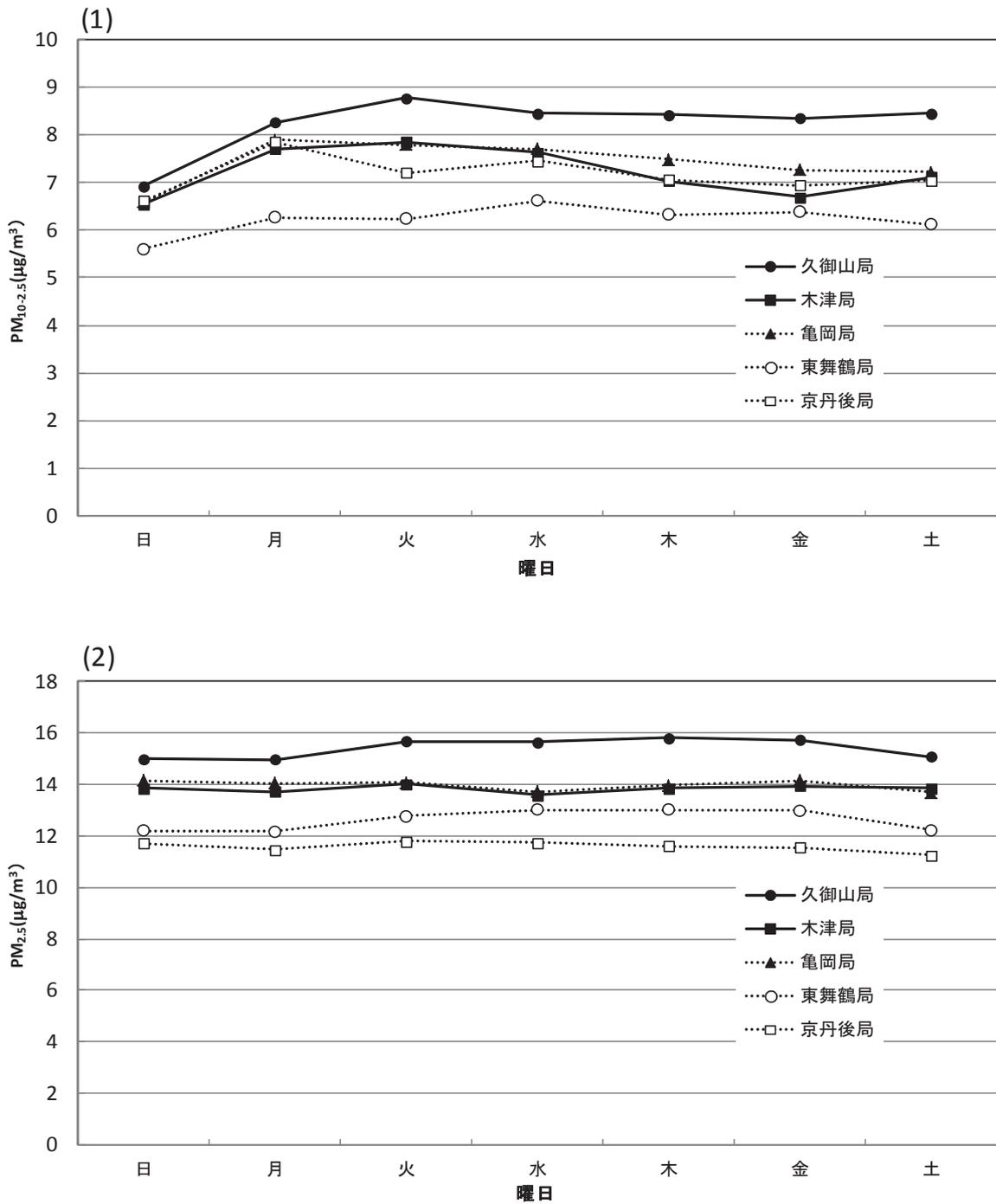


図3. 質量濃度曜日別平均値 (1) PM<sub>10-2.5</sub> (2) PM<sub>2.5</sub>

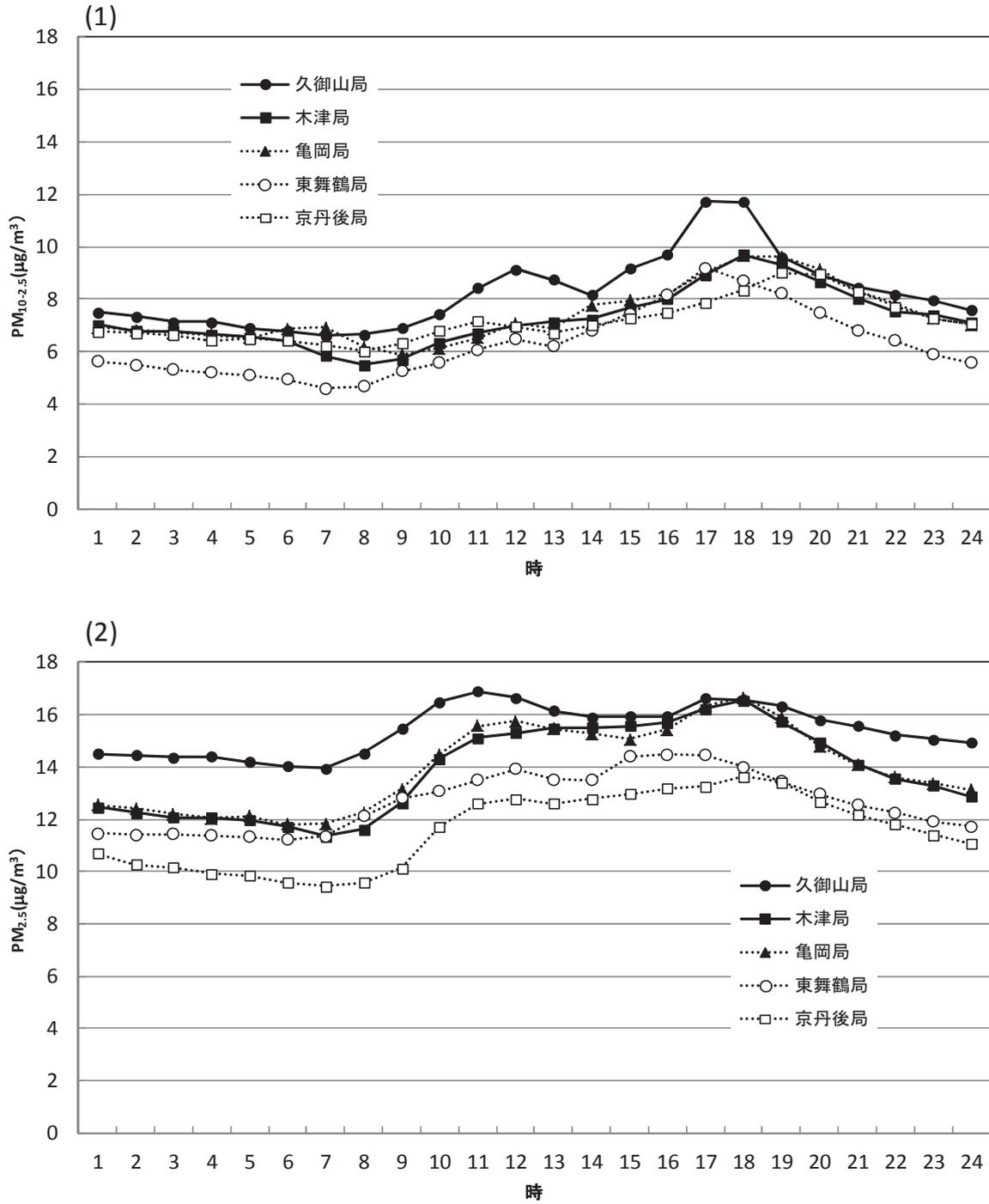


図4. 質量濃度時刻別平均値 (1) PM<sub>10-2.5</sub> (2) PM<sub>2.5</sub>

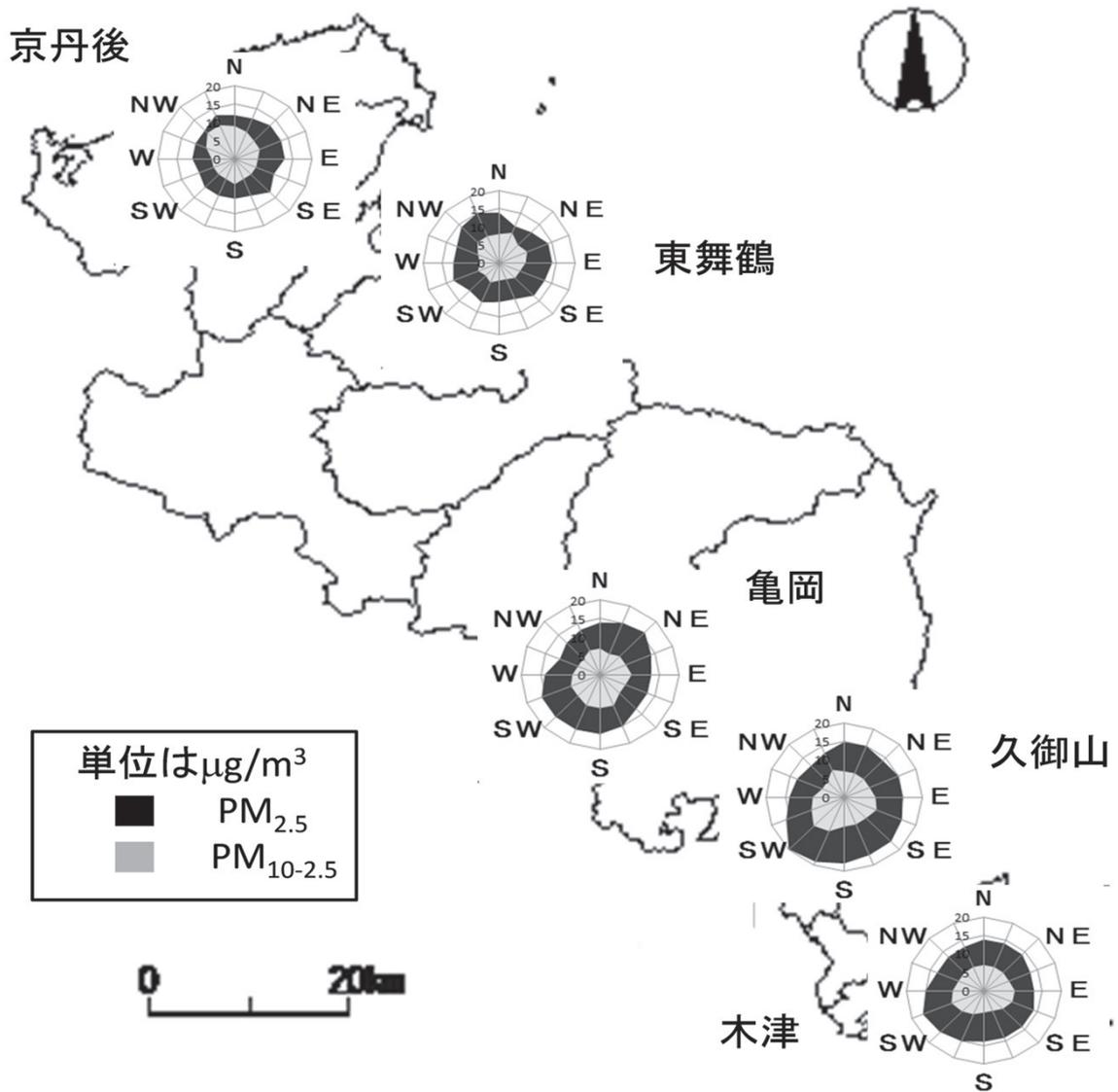


図5. 風向別濃度平均値

については、黄砂、石炭燃焼粒子等の越境輸送、道路堆積物の影響を受けていると考えられる。

PM<sub>2.5</sub>は、既報<sup>4)</sup>のとおり春季及び夏季が高く、春季は越境大気汚染、夏季は光化学二次生成の影響が大きいと考えられた。

## 2. PM<sub>2.5</sub>とPM<sub>10-2.5</sub>の関係について

各測定局のPM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>10-2.5</sub>の日平均値の散布図を図6に示す。相関係数は0.47～0.56ですべての測定局で正の弱い相関があった。切片は、2.47～3.14、傾きは、0.30～0.36で、測定局による差は小さかった。PM<sub>2.5</sub>が35µg/m<sup>3</sup>を超えた日のPM<sub>10-2.5</sub>についてみると、低濃度から高濃度まで濃度幅が大きく、越境大気汚染、黄砂、地域汚染のいずれの事例もあると考えられた。なお、図6中の●は3月～5月であり、PM<sub>10-2.5</sub>の高濃度日は春季に集中していることがわかる。また、PM<sub>10-2.5</sub>が最も高い日(A)は、いずれの測定局も2013年3月9日であった。これらのPM<sub>2.5</sub>が35µg/m<sup>3</sup>を超えた日の

要因については、次節で述べる。久御山局については、PM<sub>2.5</sub>が低い日でもPM<sub>10-2.5</sub>が高い日(B)があるが、この日は北系の比較的強風の日であり、北側に隣接する中学校グラウンドの砂の影響を受けたと考えられた。なお、PM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>10-2.5</sub>の各局間の日平均値の相関係数は、PM<sub>2.5</sub>は0.84～0.96、PM<sub>10-2.5</sub>は0.64～0.89と高く、地域汚染より広域汚染の影響が大きいと考えられた。

## 3. PM<sub>2.5</sub>の日平均値が35µg/m<sup>3</sup>を超えた日について

PM<sub>2.5</sub>の日平均値がいずれかの測定局で35µg/m<sup>3</sup>を超えたのは33日間であり、その33日間の全測定局のPM<sub>10-2.5</sub>及びPM<sub>2.5</sub>並びにPM<sub>2.5</sub>が35µg/m<sup>3</sup>を超過した測定局のPM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比を表2に示す。33日間のPM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比の平均値は、0.38～0.58であり、春季(3～5月)は0.54～0.69、夏季(6～8月)は0.19～0.31、秋季(9～11月)は0.22～0.29、冬季(12～2月)は0.21～0.29と春季は他の季節の2倍程度であった。PM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比が最も高くなったのは、2013年3

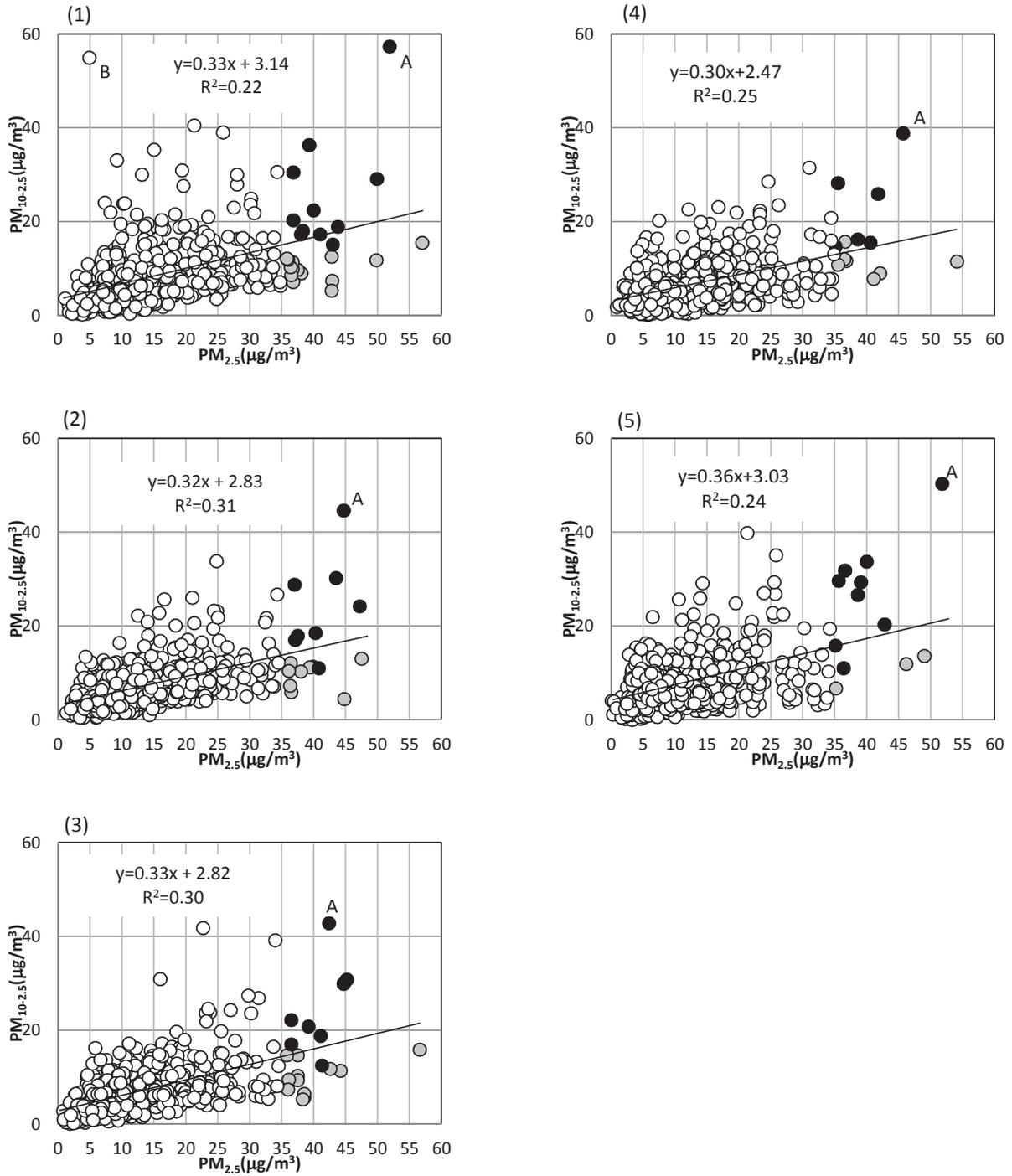


図6 PM<sub>2.5</sub>日平均値-PM<sub>10-2.5</sub>日平均値散布図

(1)久御山 (2)木津 (3)亀岡 (4)東舞鶴 (5)京丹後

●は春季、●はそれ以外の季節でPM<sub>2.5</sub>が35μg/m<sup>3</sup>以上になった日

Aは2013年3月9日、Bは2013年9月26日

表2. PM<sub>2.5</sub>日平均値が35mg/m<sup>3</sup>を超えた日

年月日	PM <sub>10-2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )					PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )					PM <sub>10-2.5</sub> /PM <sub>2.5</sub> 比					SO <sub>2</sub> (ppb) NO <sub>x</sub> (ppb) O <sub>3</sub> (ppb)			黄砂	
	久御山局	木津局	亀岡局	東舞鶴局	京丹後局	久御山局	木津局	亀岡局	東舞鶴局	京丹後局	久御山局	木津局	亀岡局	東舞鶴局	京丹後局	平均	平均	最高	京都	舞鶴
20120410	<b>36.3</b>	33.0	<b>36.5</b>	34.4	34.2	18.0	16.3	17.0	16.0	19.4	<b>0.47</b>	-	<b>0.47</b>	-	-	4.4	14.0	84		
20120424	<b>40.0</b>	<b>40.9</b>	<b>39.2</b>	<b>38.8</b>	<b>42.9</b>	22.4	18.5	20.8	16.2	20.3	<b>0.56</b>	<b>0.46</b>	<b>0.53</b>	<b>0.42</b>	<b>0.47</b>	4.0	14.6	91	○	○
20120425	<b>46.8</b>	<b>47.2</b>	<b>44.7</b>	<b>41.8</b>	<b>39.1</b>	29.1	24.2	29.9	25.9	29.3	<b>0.58</b>	<b>0.51</b>	<b>0.67</b>	<b>0.62</b>	<b>0.75</b>	4.6	13.4	95	○	○
20120508	<b>41.0</b>	<b>38.6</b>	34.5	29.3	31.7	17.3	11.2	12.4	7.4	11.0	<b>0.42</b>	0.28	-	-	-	3.4	12.8	87		
20120509	<b>43.0</b>	<b>40.8</b>	<b>41.3</b>	<b>40.6</b>	33.0	15.1	11.0	12.5	15.5	13.9	0.35	0.27	0.30	0.38	-	4.0	12.8	84		
20120517	<b>36.8</b>	<b>37.0</b>	31.4	31.3	30.2	30.5	28.8	26.9	17.3	19.5	<b>0.83</b>	<b>0.78</b>	-	-	-	4.0	13.4	104	○	
20120728	34.8	<b>36.5</b>	<b>38.5</b>	29.2	23.2	6.3	5.9	5.6	2.9	3.3	-	0.16	0.15	-	-	5.0	7.8	110		
20120729	<b>42.8</b>	<b>44.8</b>	<b>35.5</b>	23.0	18.8	5.3	4.4	4.1	3.2	3.2	0.12	0.10	0.12	-	-	3.8	6.0	100		
20130113	34.7	33.8	<b>38.5</b>	20.5	14.4	7.1	7.1	6.5	4.1	5.5	-	-	0.17	-	-	2.8	27.2	46		
20130308	34.3	-	29.8	<b>35.5</b>	<b>40.0</b>	30.6	-	27.4	28.2	33.7	-	-	-	<b>0.79</b>	<b>0.84</b>	4.8	20.8	75		
20130309	<b>51.9</b>	<b>44.7</b>	<b>42.4</b>	<b>45.7</b>	<b>51.8</b>	<b>57.3</b>	<b>44.6</b>	<b>42.8</b>	<b>38.8</b>	<b>50.3</b>	<b>1.10</b>	<b>1.00</b>	<b>1.01</b>	<b>0.85</b>	<b>0.97</b>	5.4	19.0	93	○	○
20130317	<b>36.3</b>	34.3	34.0	31.0	<b>35.8</b>	<b>36.3</b>	26.7	<b>38.2</b>	31.5	29.6	<b>0.92</b>	-	-	-	<b>0.83</b>	3.6	9.2	71		18~19日が○
20130514	25.0	24.8	25.3	<b>38.1</b>	<b>38.4</b>	13.3	10.7	14.6	14.7	11.0	-	-	-	<b>0.42</b>	0.30	4.2	14.4	118		
20130522	<b>38.0</b>	<b>37.5</b>	33.7	30.1	26.7	17.3	17.9	16.5	11.1	11.2	<b>0.46</b>	<b>0.48</b>	-	-	-	4.2	11.2	124		
20130710	<b>35.8</b>	27.2	28.1	24.8	17.0	12.1	7.8	6.8	4.0	4.3	0.34	-	-	-	-	5.2	10.0	85		
20130726	<b>36.7</b>	<b>36.4</b>	<b>37.5</b>	<b>35.5</b>	31.5	9.9	12.1	10.3	10.8	6.5	0.27	0.33	0.27	0.30	-	4.4	11.0	102		
20130727	33.8	31.9	33.6	<b>41.1</b>	<b>35.2</b>	13.1	10.8	8.0	7.8	6.7	-	-	-	0.19	0.19	3.2	7.2	87		
20130728	32.6	30.1	<b>38.0</b>	34.6	31.7	7.4	8.5	7.4	7.8	4.4	-	-	0.21	-	-	2.8	6.0	85		
20130731	<b>36.5</b>	29.4	26.4	24.3	19.8	8.6	12.7	8.0	8.9	8.2	0.24	-	-	-	-	2.6	9.4	85		
20130809	<b>36.4</b>	34.0	<b>37.5</b>	30.1	29.3	10.3	11.6	9.4	10.7	9.6	0.28	-	0.25	-	-	3.4	10.2	108		
20130810	<b>42.8</b>	<b>38.8</b>	<b>44.2</b>	<b>38.6</b>	30.3	12.5	11.3	11.4	15.7	11.8	0.29	0.28	0.26	<b>0.43</b>	-	4.0	9.0	119		
20130811	<b>38.1</b>	<b>38.0</b>	<b>38.1</b>	<b>38.8</b>	34.0	9.0	10.3	9.5	11.6	10.3	0.24	0.27	0.26	0.32	-	3.0	5.8	110		
20130815	<b>36.8</b>	<b>38.3</b>	34.3	28.5	27.9	7.1	7.3	8.1	4.5	5.3	0.19	0.20	-	-	-	2.8	5.6	111		
20130816	32.5	31.3	<b>35.8</b>	34.5	33.8	8.2	6.7	14.7	4.6	4.7	-	-	<b>0.41</b>	-	-	2.0	5.6	83		
20130913	<b>37.5</b>	<b>38.1</b>	<b>37.5</b>	34.9	29.3	9.7	10.4	14.7	13.0	8.3	0.26	0.29	0.39	-	-	3.8	11.8	102		
20131103	<b>42.9</b>	33.5	<b>38.8</b>	21.9	21.1	7.4	7.2	5.3	3.3	5.2	0.17	-	0.14	-	-	2.0	15.8	35		
20131206	<b>36.7</b>	33.7	31.3	28.0	22.2	11.4	14.0	8.0	6.3	7.6	0.31	-	-	-	-	3.8	24.6	48		
20140125	<b>36.0</b>	20.6	27.6	17.0	14.4	11.9	5.9	12.8	4.6	5.3	0.33	-	-	-	-	3.8	34.4	41		
20140225	<b>49.8</b>	<b>38.4</b>	<b>42.8</b>	<b>42.1</b>	<b>48.2</b>	11.8	11.2	11.8	9.0	11.9	0.24	0.28	0.28	0.21	0.26	4.6	21.0	65		
20140226	<b>57.0</b>	<b>47.5</b>	<b>58.8</b>	<b>54.1</b>	<b>49.0</b>	15.5	13.0	15.9	11.5	13.6	0.27	0.27	0.28	0.21	0.28	4.2	18.6	56		
20140316	<b>36.8</b>	32.6	<b>38.5</b>	34.4	<b>38.8</b>	20.3	21.7	22.2	20.8	31.8	<b>0.55</b>	-	<b>0.81</b>	-	<b>0.87</b>	3.6	11.4	84		
20140317	-	<b>43.5</b>	<b>45.2</b>	-	<b>38.8</b>	-	30.2	30.8	-	26.6	-	<b>0.89</b>	<b>0.88</b>	-	<b>0.89</b>	3.6	15.4	88		
20140324	<b>43.8</b>	<b>37.1</b>	<b>41.1</b>	<b>38.5</b>	<b>35.1</b>	18.9	17.0	18.8	12.0	15.8	<b>0.43</b>	<b>0.46</b>	<b>0.46</b>	0.33	<b>0.45</b>	5.4	18.0	91		
春季平均	39.9	37.9	36.8	35.7	36.6	25.1	21.4	23.7	19.6	23.1	0.61	0.55	0.59	0.54	0.69					
夏季平均	36.6	34.7	35.3	31.6	27.7	9.2	9.1	8.6	7.7	6.5	0.25	0.22	0.24	0.31	0.19					
秋季平均	38.4	34.5	38.1	25.8	21.6	8.1	8.2	8.8	6.8	6.3	0.22	0.29	0.27	-	-					
冬季平均	44.9	35.3	39.5	35.3	33.2	12.7	11.0	12.1	7.9	9.6	0.29	0.28	0.24	0.21	0.27					
全体平均	39.1	36.0	36.7	33.2	31.6	16.0	14.3	15.5	12.5	13.9	0.41	0.40	0.38	0.42	0.58					

太字斜体は35μg/m<sup>3</sup>を超える日  
 PM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比は、PM<sub>2.5</sub>日平均値が35μg/m<sup>3</sup>を超える日のみ。太字は0.4以上の日  
 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>は5局の平均値。O<sub>3</sub>は5局の1時間値の最高値  
 黄砂の日は京都府の気象(京都地方気象台)による

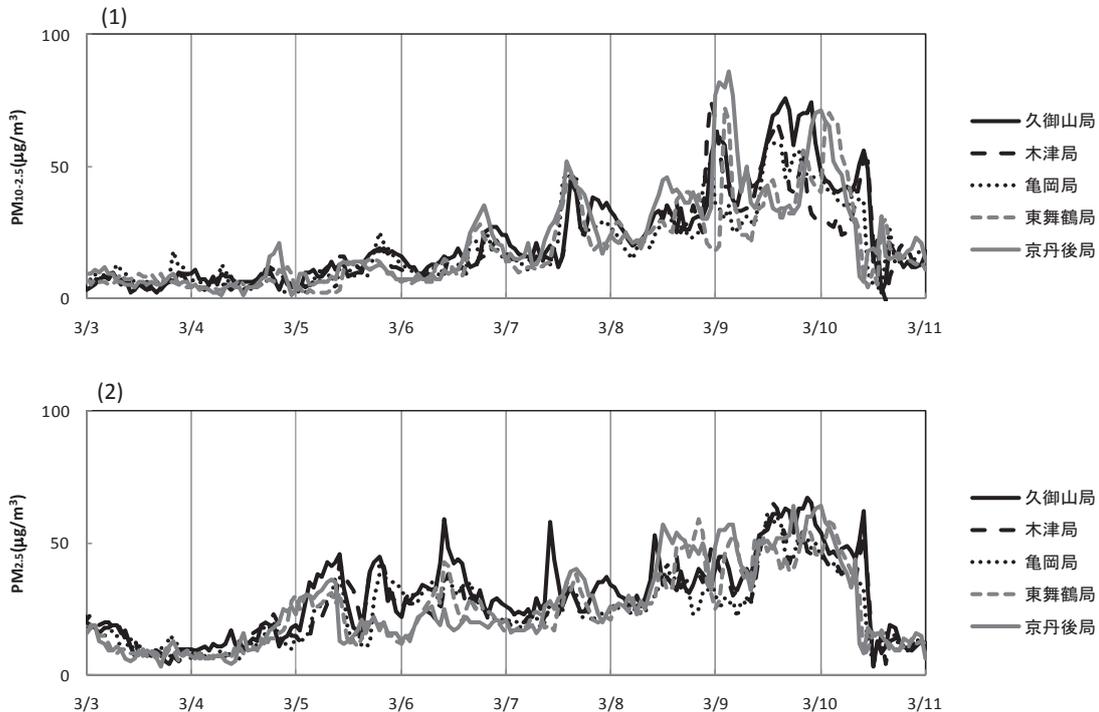


図7. 2013年3月3日~10日の質量濃度1時間値  
 (1) PM<sub>10-2.5</sub> (2) PM<sub>2.5</sub>

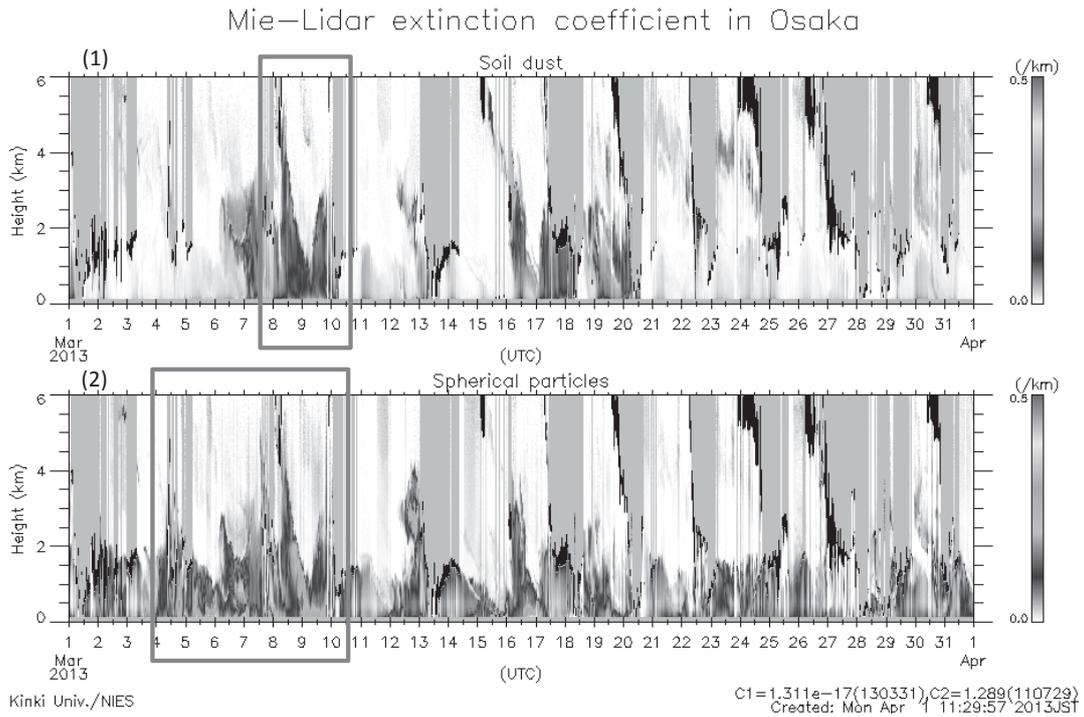


図8. 国立環境研究所ライダー観測結果 (2013年3月大阪)  
(1)非球形粒子 (2)球形粒子

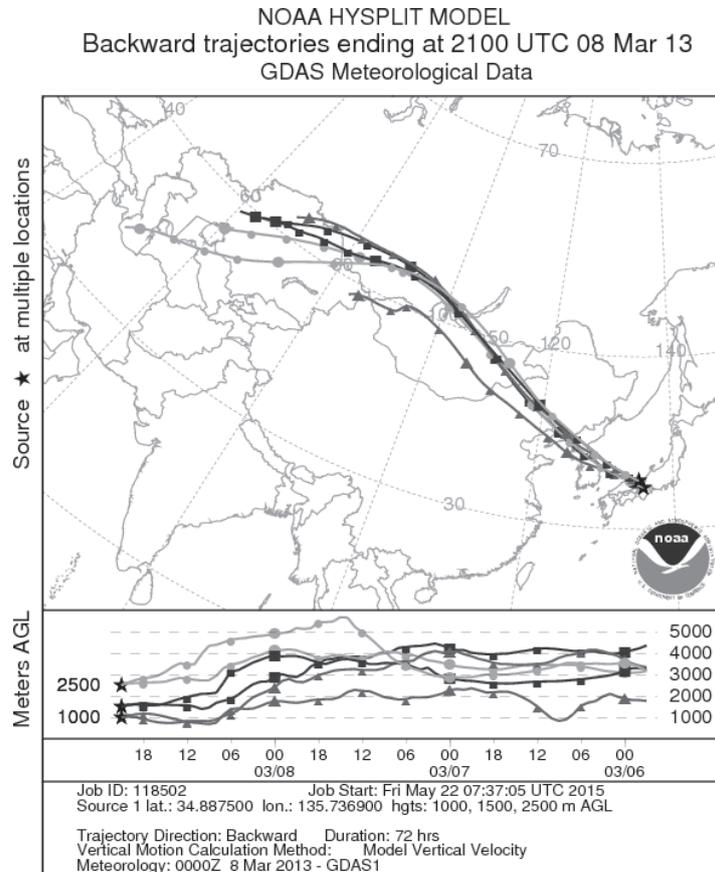


図9. 久御山局及び京丹後局を起点とする2013年3月9日6時の後方流跡線解析結果(72時間)  
(ツール: NOAA HYSPLIT Model)

月9日(0.85~1.10)で、この日は期間内でもっともPM<sub>10-2.5</sub>が高くなった日であった。

2013年3月9日前後のPM<sub>2.5</sub>及びPM<sub>10-2.5</sub>の1時間値の推移を図7、国立環境研究所の大阪のライダー観測結果による非球形粒子及び球形粒子の消散係数 (<http://www-lidar.nies.go.jp/Osaka/archives/1303-ds.png>) を図8に示す。この図は、532nmの偏光消度を利用して、非球形粒子(黄砂・土壌粒子等)と球形粒子(人為起源微小粒子)を分離して、それぞれの散乱への寄与を推定したもので、数値データとして示されている消散係数(/km)は、光が物質に衝突したとき、物質への吸収や散乱によって単位長さ当たりで消失する割合を示したものである<sup>5)</sup>である。3月9日は、京都地方気象台、舞鶴海洋気象台(2013年10月1日から舞鶴特別地域気象観測所)で黄砂が観測されており<sup>6)</sup>、ライダー観測結果をみると、非球形粒子(黄砂・土壌粒子等)の消散係数が3月7日から10日頃、球形粒子(人為起源微小粒子)の消散係数が3月4日から10日頃まで上昇していた。また、久御山局、京丹後局を起点とする後方流跡線解析<sup>7)</sup>でも、図9に示すとおり気塊は中国大陸内陸部の戈壁砂漠や黄土高原の砂漠地帯付近から大気汚染物質の排出量が多いと考えられている中国の渤海湾岸を経由し、両測定局に到達していた。これらのことから、3月9日のPM<sub>2.5</sub>の環境基準超過は、黄砂や黄砂とともに輸送された汚染物質が原因と考えられた。

33日のうち、上記の2013年3月9日を含む2012年4月10日、24~25日、5月17日、2013年3月8~9日、17日、5月22日、2014年3月16~17日、24日の11日は、ライダーの観測結果や後方流跡線解析の結果などから、PM<sub>2.5</sub>の環境基準超過は、黄砂や黄砂とともに輸送された汚染物質が原因と考えられた。その他の22日(5月3日、7月7日、8月5日、9月、11月、12月1日、1月2日、2月2日)は、ライダーの観測結果では、非球形粒子の消散係数の上昇は見られず、ガス成分の濃度や後方流跡線を併用した検討から<sup>8)</sup>、越境大気汚染もしくは地域汚染が主な原因と考えられた。PM<sub>2.5</sub>の環境基準超過日のうち、黄砂や黄砂とともに輸送された汚染物質が原因と考えられた11日については、2014年3月24日を除いてPM<sub>2.5</sub>が35 $\mu$ g/m<sup>3</sup>を超えたすべての測定局でPM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比が0.4以上となっており、また、2014年3月24日についてはPM<sub>2.5</sub>が35 $\mu$ g/m<sup>3</sup>を超えた測定局5局中4局でPM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比は0.4以上となっていた。それに対し、その他の22日はPM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比が複数の局で0.4以上になる日はなかった。

大気常時監視で広汎に測定されているSPMとPM<sub>2.5</sub>を用いても粗大粒子を評価できるとも考えられるが、SPMは、大気の採取方法、湿度補正の有無、テープろ紙の材質、分粒性能などがPM<sub>2.5</sub>と違うため、同列に比較することは困難である。今回はPM<sub>2.5</sub>と同時にPM<sub>10-2.5</sub>を測定することにより、精度の良い比較ができたと考えられる。

#### 4. まとめ

PM<sub>2.5</sub>とPM<sub>10-2.5</sub>を同時に測定することにより、黄砂・土壌・石炭燃焼粒子の影響の有無をリアルタイムで判別するこ

とができた。PM<sub>2.5</sub>が環境基準を超過した日のうち、黄砂・土壌・石炭燃焼粒子の影響があった日は33日中11日であり、越境大気汚染のみや地域汚染でPM<sub>2.5</sub>が上昇した日の方が多いと考えられた。また、PM<sub>2.5</sub>が環境基準を超過した日のうち、PM<sub>10-2.5</sub>/PM<sub>2.5</sub>比が複数の局で0.4以上になった日に黄砂・土壌・石炭燃焼粒子の影響がみられると推測された。

なお、越境輸送されてくるPM<sub>10-2.5</sub>には、黄砂・土壌と石炭燃焼粒子が混在しており、これらを判別するためには、粒径別の元素組成観測が必須であり<sup>1)</sup>、PM<sub>2.5</sub>だけでなくPM<sub>10-2.5</sub>の成分分析も必要となってくる。

## 謝辞

本研究で使用したPM<sub>2.5</sub>自動測定機は、地域活性化交付金(住民生活に光をそそぐ交付金)の「知の地域づくり」の一環により整備されたものです。また、各広域振興局及び保健所、関係機関の皆様には常時監視業務の実施にあたりひとかたならぬお世話になりました。関係者の皆様に心より感謝いたします。

## 引用文献

- 1) 日置正, 国立環境研究所 II 型共同研究グループ. 2011. 大気エアロゾル中の無機元素のICP-MS分析と元素濃度比による起源の推定. 第52回大気環境学会年会講演要旨集, 200-201.
- 2) 日置正. 2012. 京都府における微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)モニタリングの実際と起源解析の試み. 日中環境産業2012年10月号, 27-37.
- 3) 吉岡秀俊, 芳住邦雄. 1989. 環境大気における粒子状物質中の金属成分への土壌寄与. 東京都環境科学研究所年報1989, 75-78.
- 4) 高倉 尚枝, 谷口 延子, 平澤 幸代, 日置 正, 齊藤 義弘. 2013. 京都府における微小粒子状物質(PM<sub>2.5</sub>)質量濃度(II). 京都府保健環境研究所年報, 58, 51-55.
- 5) 環境省. 2012. 黄砂実態解明調査中間報告書, 5.
- 6) 京都地方気象台. 2013. 京都府の気象. 平成25年3月(2013年)
- 7) Draxler, R. R. and Rolph, G. D., 2015. HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT.php>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD.
- 8) 河村秀一, 日置正, 藤波直人. 2009. 2007年度における京都府内のSPM高濃度事例の解析結果. 全国環境研究会誌, 34, 141-152.