

環境中の大気汚染物質に関する研究（粒子状物質による大気汚染）

－第3報 微小粒子（PM2.5）秤量精度の検討－

Studies on Pollutants in Atmospheric Environment

(Air Pollution by Suspended Particulate Matter (SPM))

－The Third Report (Examination of PM2.5 Weight Precision)－

門田 実, 石井 学, 野村 茂, 中桐基晴, 前田 泉 (大気科)

Minoru Kadota, Manabu Ishii, Shigeru Nomura, Motoharu Nakagiri and Izumi Maeda

【資 料】

## 環境中の大気汚染物質に関する研究（粒子状物質による大気汚染）

—第3報 微小粒子（PM2.5）秤量精度の検討—

Studies on Pollutants in Atmospheric Environment  
(Air Pollution by Suspended Particulate Matter (SPM))  
—The Third Report (Examination of PM2.5 Weight Precision)—

門田 実, 石井 学, 野村 茂, 中桐基晴, 前田 泉 (大気科)  
Minoru Kadota, Manabu Ishii, Shigeru Nomura, Motoharu Nakagiri and Izumi Maeda

### 要 旨

[キーワード：微小粒子, PM2.5, ウルトラマイクロ天秤, アンダーセン エアーサンプラー, 黄砂]

#### 1 はじめに

エアロゾル（空气中に浮遊している粒子状物質）のうち粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の微小粒子（PM2.5）の人へ健康影響が懸念され、その実態把握のため、秤量精度など基礎的検討を行ってきた<sup>1-4)</sup>。その結果、採取時間を48時間以上に設定すれば、PM2.5の挙動を把握することが可能であることを確認した<sup>2)</sup>。

今年度（2005年）は、大気自動車排ガス測定局で、PM2.5の48時間と72時間の連続採取測定を行い、浮遊粒子状物質（SPM自動測定機（ $\beta$ 線））との比較を行ったので報告する。

#### 2 調査方法

調査は、長津大気（自動車排ガス）測定局にPM2.5 ローボリューム エアーサンプラー（以下PM2.5と言う）と $10\mu\text{m}$ カットサイクロン付きローボリューム エアーサンプラー（以下LSと言う）を設置し、SPM自動測定機との比較を行った。また、約5km離れた水田地域の環境保健センター屋上にアンダーセン ローボリューム エアーサンプラー（以下ALSと言う）、LS及びPM2.5 カスケードインパクター（以下SCIと言う）を設置し、並行測定を行った。

##### 2.1 秤量装置

- 1) フィルタ専用ウルトラマイクロ天秤SE2-F（ザルトリウス：読取り限度 $0.1\mu\text{g}$ ）  
秤量皿 $90\text{mm}$ ，秤量範囲： $2.1\text{g}$ ，静電気対策<sup>241</sup>Am，

ザルトインVer1.4.23(秤量値の表計算ソフト(Excel)への自動取り込み)

- 2) セミマイクロ天秤AT261（メトラー：読取り限度 $10\mu\text{g}$ ）  
秤量皿 $80\times 80\text{mm}$ ，秤量範囲： $62\text{g}$

##### 2.2 調査日時、採取装置及びフィルタ秤量方法

調査日時は、I期：2005年6月13日(月)～6月20日(月)，II期：2005年9月12日(月)～9月20日(火)，III期：2005年12月12日(月)～12月19日(月)及びIV期：2006年3月6日(月)～13日(月)の4期とし、採取時間は、平日48時間、休日を含む時は72～96時間とした。

エアロゾル採取は、前報と同様の装置を使用した<sup>2)</sup>。

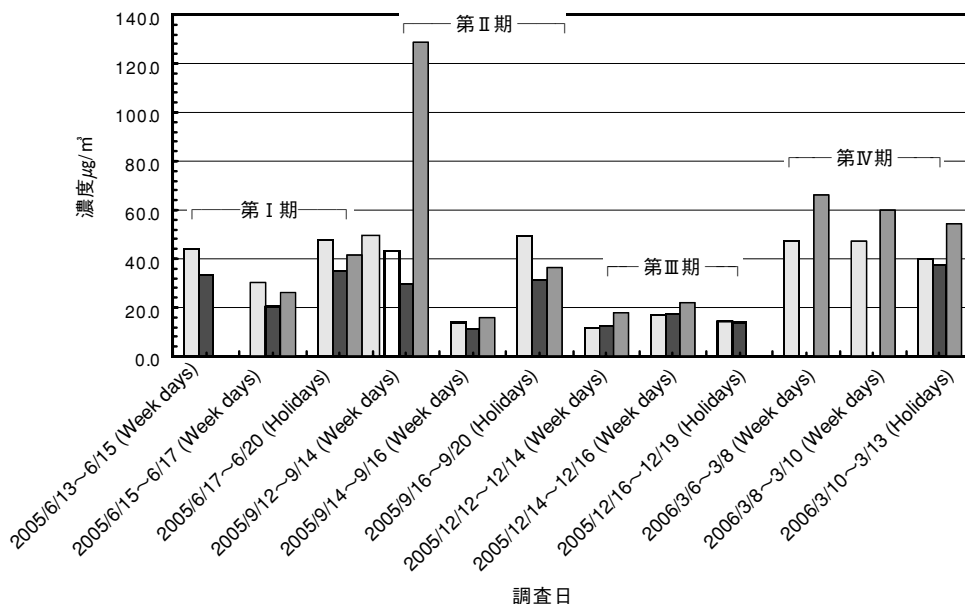
フィルタは、静電気の影響を受けやすいが、石英繊維フィルタに較べて吸湿性が低く、ガス状成分を吸着しにくい、秤量安定性の良いテフロンフィルタを使用した。フィルタは捕集前、恒温恒湿室( $21.3\pm 2.3^\circ\text{C}$ ， $43.4\pm 7.1\%$ )で24時間放置後、3回秤量した。エアロゾル捕集後も同様の操作を行った。エアロゾル捕集前後のブランクフィルタ秤量値の標準偏差を比較し、高い偏差値の3倍を検出下限、10倍を定量下限とした。

#### 3 結果及び考察

##### 3.1 自動車排ガス測定局におけるPM2.5濃度とSPM濃度

全調査期間中、PM2.5とSPM濃度は、ほぼ同一挙動を示した。

表1に長津大気測定局におけるPM2.5、SPM (LV)、



調査日  
図1 エアロゾル経時変化 (長津大気(自動車排ガス)測定局)

□ SPM(自動測定機(β線)) ■ PM2.5 ▨ SPM(LV)

表1-1 粒径別エアロゾル調査結果 (調査地点:長津大気(自動車排ガス)測定局)

No				1	2	3
調査日				2005/6/13 11:00~ 6/15 11:00 (Weekdays)	2005/6/15 13:00~ 6/17 13:00 (Weekdays)	2005/6/17 14:00~ 6/20 14:00 (Holidays)
試料採取時間				48	48	72
エアロゾル 測定機	PM2.5 Air Sampler	採取 粒径	2.5 μm以下	33.2	20.4	35.0
			定量下限*	2.0	1.5	0.4
	自動測定機(β線)	Low Volume Air Sampler	10 μm以下	44.3	30.4	47.6
			定量下限**	欠測	26	41
風配図						
平均風速				1.5m/s 静穏10.2%	0.8m/s 静穏26.5%	1.0 m/s 静穏17.8%
平均気温				25.4	25.1	26.3
相対湿度				56.0	65.9	61.2
平均気圧				753	753	751
天候				晴れ時々曇り	曇り時々晴れ	曇り後晴れ
No				4	5	6
調査日				2005/9/12 11:00~ 9/14 11:00 (Weekdays)	2005/9/14 13:00~ 9/16 13:00 (Weekdays)	2005/9/16 14:00~ 9/20 14:00 (Holidays)
試料採取時間				48	48	72
エアロゾル 測定機	PM2.5 Air Sampler	採取 粒径	2.5 μm以下	29.6	11.2	31.2
			定量下限*	0.2	0.3	0.4
	自動測定機(β線)	Low Volume Air Sampler	10 μm以下	43.0	13.8	49.1
			定量下限**	129	16	37
風配図						
平均風速				0.7m/s 静穏53%	1.3 m/s 静穏18%	0.8m/s 静穏40%
平均気温				28.1	23.5	25.7
相対湿度				68.4	62.4	69.8
平均気圧				759	759	761
天候				晴れ時々曇り	曇り後晴れ	曇り

註) 定量下限: プランクフィルターを試料採取前後で各3回秤量し、標準偏差を求め、高い偏差値の10倍

\*: ウルトラマイクロ天秤、\*\*: セミマイクロ天秤

表1-2 粒径別エアロゾル調査結果（調査地点：長津大気（自動車排ガス）測定局）

No				7	8	9		
調査日				2005/12/12 11:00~ 12/14 11:00 (Weekdays)	2005/12/14 13:00~ 12/16 13:00 (Weekdays)	2005/12/16 14:00~ 12/19 14:00 (Holidays)		
試料採取時間				48	48	72		
エアロゾル 測定機	PM2.5 Air Sampler	採取 粒径	2.5 μm以下	12.3	17.2	13.8		
			定量下限*	0.3	0.7	0.1		
	自動測定機(β線)	10 μm以下	11.8	17.0	14.4			
			18	22	欠測			
Low Volume Air Sampler	10 μm以下	20	28	13				
		定量下限**						
気象条件				風配図 				
				平均気温	°C	1.7	2.4	1.7
				相対湿度	%	59.5	57.5	58.1
				平均気圧	mmHg	760	763	762
				天候		曇り後晴れ	曇り時々晴れ	晴れ時々曇り
No				10	11	12		
調査日				2006/3/6 11:00~ 3/8 11:00 (Weekdays)	2006/3/8 13:00~ 3/10 13:00 (Weekdays)	2006/3/10 14:00~ 3/13 14:00 (Holidays)		
試料採取時間				48	48	72		
エアロゾル 測定機	PM2.5 Air Sampler	採取 粒径	2.5 μm以下	欠測	欠測	37.2		
			定量下限*	0.2	0.3	0.3		
	自動測定機(β線)	10 μm以下	47.3	47.4	40.0			
			66	60	54			
Low Volume Air Sampler	10 μm以下	23	5.7	22				
		定量下限**						
気象条件				風配図 				
				平均気温	°C	8.9	10.0	10.2
				相対湿度	%	76.9	60.0	76.6
				平均気圧	mmHg	762	764	758
				天候		雨後曇り後晴れ後雨	晴れ後曇り後雨	曇り後晴れ後雨後時々晴れ

SPM(自動測定機), 定量下限値及び調査期間中の気象状況を示し, 図1にエアロゾル経時変化を示した。

調査第I期(2005/06/13-06/20)は, 主風向は道路からの直接影響を受けやすい北東~東北東であった。従って, PM2.5濃度は20~35 μg/m<sup>3</sup>で, SPM濃度の67

~75%と他の調査日に比べて高濃度を示した。

調査第II期(2005/09/12-09/20)は, 主風向は道路からの直接影響を受けにくい西南西と東北東の風であった。PM2.5濃度は11~31 μg/m<sup>3</sup>で, SPM濃度の64~70%と第I期に比べてやや低濃度であった。

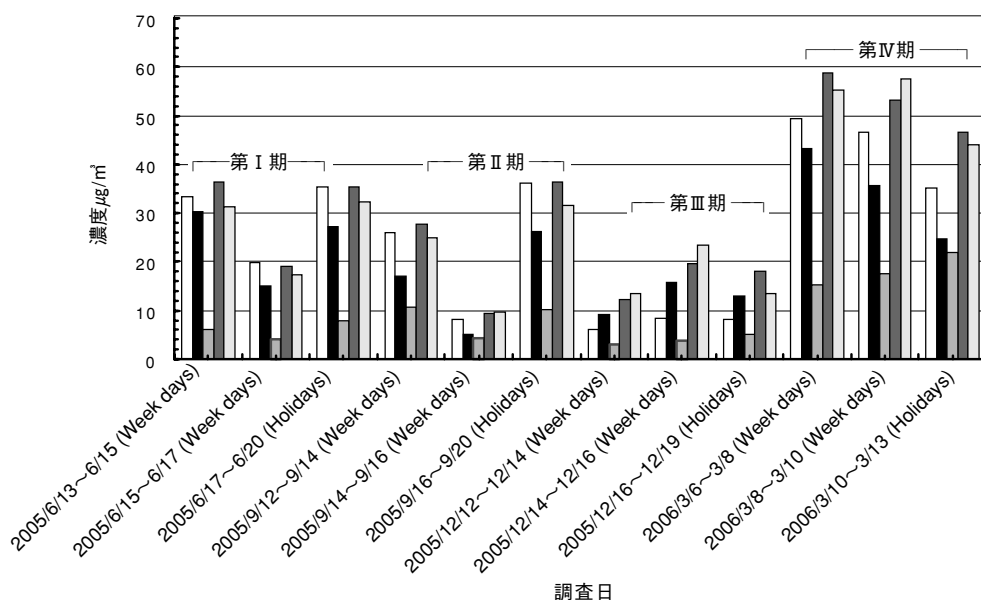


図2 エアロゾル経時変化(岡山県環境保健センター屋上)

□ SPM(興除測定局) ■ 微小粒子(2 μm以下ALS) ▨ 粗大粒子(2~9 μmALS) ▩ SPM(9 μm以下ALS) □ SPM(LV)

調査第Ⅲ期(2005/12/13-12/19)は、第Ⅱ期と同様、道路からの直接影響を受けにくい西南西の風が主風向で平均風速は2.5m/sであった。PM2.5濃度は12~17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で低濃度を示し、SPM濃度とほぼ同じレベルであった。

調査第Ⅳ期(2006/03/06-03/13)は、調査前半、初日は雨模様で曇り空であったが、二日目午後から晴れた。道路沿いの風(北北東~東北東)が主風向で平均風速

0.8m/sの穏やかな天候であった。後半は、西南西の風が主風向で平均風速1.5m/sであった。全調査期間を通じて、SPM濃度は道路沿いの風(北東)で、高く、道路逆方向の風(南西)で、低くなる傾向が認められた。調査前半、PM2.5サンプラーのPM10カットフィルターが目詰まりし、自動停止したため、欠測となった。しかし、フィルターを交換した後半72時間値は37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、全調査期間中最高濃度であった。

表2-1 粒径別エアロゾル調査結果(調査地点:岡山県環境保健センター屋上)

No				1	2	3		
調査日				2005/6/13~6/15 (Weekdays)	2005/6/15~6/17 (Weekdays)	2005/6/17~6/20 (Holidays)		
試料採取時間				48	48	72		
エアロゾル 測定機	Andersen Low Volume Air Sampler	採取 粒径	9 $\mu\text{m}$ 以上	3.0	1.7	2.7		
			2.1~9.1 $\mu\text{m}$	6.0	4.1	8.0		
			2.1 $\mu\text{m}$ 以下	30.4	15.1	27.3		
	自動測定機( $\beta$ 線)興除局		定量下限*	1.53	0.99	0.15		
	Low Volume Air Sampler		10 $\mu\text{m}$ 以下	33	20	35		
			10 $\mu\text{m}$ 以下	31.4	17.3	32.4		
	PM2.5 Sioutas Cascade Impactor		定量下限**	34	30	12		
			2.5 $\mu\text{m}$ 以上	7.2	6.9	14.9		
			1~2.5 $\mu\text{m}$	4.3	1.2	10		
			0.5~1 $\mu\text{m}$	13	2.3	8.4		
			0.25~0.5 $\mu\text{m}$	33	5.2	28		
			定量下限* (0.25 $\mu\text{m}$ 以上)	16	3.7	10		
			0.25 $\mu\text{m}$ 未満	26	13	44		
定量下限* (0.25 $\mu\text{m}$ 未満)	9.3	1.8	14					
気象条件				<p>平均風速1.6m/s 濃度6.6%</p> <p>平均風速1.3m/s 濃度11%</p> <p>平均風速1.1m/s 濃度21%</p>				
				平均気温	°C	25.2	24.7	26.2
				相対湿度	%	56.0	65.9	61.2
				平均気圧	mmHg	756	755	754
				天候	晴れ時々曇り			晴れ後曇り一時小雨
No				4	5	6		
調査日				2005/9/12~9/14 (Weekdays)	2005/9/14~9/16 (Weekdays)	2005/9/16~9/20 (Holidays)		
試料採取時間				48hr	48hr	96hr		
エアロゾル 測定機	Andersen Low Volume Air Sampler	採取 粒径	9 $\mu\text{m}$ 以上	4.6	4.0	2.4		
			2.1~9.1 $\mu\text{m}$	10.6	4.4	10.2		
			2.1 $\mu\text{m}$ 以下	17.1	5.0	26.2		
	自動測定機( $\beta$ 線)興除局		定量下限*	0.43	0.19	0.069		
	Low Volume Air Sampler		10 $\mu\text{m}$ 以下	26	8.2	36		
			10 $\mu\text{m}$ 以下	25	9.7	31.5		
	PM2.5 Sioutas Cascade Impactor		定量下限**	42	17	14		
			2.5 $\mu\text{m}$ 以上	14.4	9.1	26.1		
			1~2.5 $\mu\text{m}$	2.4	1.6	8.1		
			0.5~1 $\mu\text{m}$	1.6	1.4	5.6		
			0.25~0.5 $\mu\text{m}$	5.9	3.0	21		
			定量下限* (0.25 $\mu\text{m}$ 以上)	1.5	0.4	1.4		
			0.25 $\mu\text{m}$ 未満	20	11	48		
定量下限* (0.25 $\mu\text{m}$ 未満)	1.2	0.23	1.2					
気象条件				<p>平均風速 1.1m/s 濃度25%</p> <p>平均風速 2.0m/s 濃度2.0%</p> <p>平均風速 1.4m/s 濃度3.1%</p>				
				平均気温	°C	28.7	23.8	26.1
				相対湿度	%	68.4	62.4	69.8
				平均気圧	mmHg	762	762	764
				天候	晴れ時々曇り			曇り時々晴れ

### 3.2 水田地域における粒径別エアロゾル濃度とSPM濃度

表2に岡山県環境保健センター屋上における粒径9.1 $\mu$ m以上,9.1-2.1 $\mu$ m,2.1 $\mu$ m以下PM(ALS),SPM(LV),SPM(興除測定局),粒径2.5 $\mu$ m以下分別採取装置(SCI),定量下限値及び調査期間中の気象状況を示し,図2にエアロゾル経時変化を示した。

調査第I期(2005/06/13-06/20)は,主風向は南東~東南東であった。ALSによるSPM(粒径9.1 $\mu$ m以下のPM)濃度(19~36 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)は近傍の興除測定局SPM濃度(20~35 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)とほぼ一致した。

調査第II期(2005/09/12-09/20)は,主風向は第1回目南南西,2回目北寄り,3回目東~西と変化した。ALSによるSPM濃度(9~36 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)は第I期と同様近

表2-2 粒径別エアロゾル調査結果(調査地点:岡山県環境保健センター屋上)

No				7	8	9	
調査日				2005/12/12~12/14 (Weekdays)	2005/12/14~12/16 (Weekdays)	2005/12/16~12/19 (Holidays)	
試料採取時間				48hr	48hr	72hr	
エアロゾル測定機	Andersen Low Volume Air Sampler	採取粒径	9 $\mu$ m以上	3.2	3.7	6.5	
			2.1~9.1 $\mu$ m	3.0	3.9	5.2	
			2.1 $\mu$ m以下	9.2	15.7	12.9	
			定量下限*	0.25	0.20	0.051	
	自動測定機( $\beta$ 線)興除局 Low Volume Air Sampler		10 $\mu$ m以下	6.1	8.3	8.1	
			10 $\mu$ m以下	13.5	23.3	13.5	
			定量下限**	18	11	61	
			2.5 $\mu$ m以上	5.8	7.4	10.9	
	PM2.5 Sioutas Cascade Impactor		1~2.5 $\mu$ m	3.7	3.2	6.0	
			0.5~1 $\mu$ m	1.5	2.7	3.4	
			0.25~0.5 $\mu$ m	4.3	13	11	
			定量下限*(0.25 $\mu$ m以上)	0.6	0.7	0.9	
			0.25 $\mu$ m未満	16	19	29	
			定量下限*(0.25 $\mu$ m未満)	12	0.9	1.2	
気象条件			風配図				
			平均気温	°C	1.9	2.7	2.1
			相対湿度	%	59.5	57.5	58.1
			平均気圧	mmHg	762	765	764
			天候		曇り時々晴れ	曇り時々晴れ	晴れ時々曇り
No				10	11	12	
調査日				2006/3/6~3/8 (Weekdays)	2006/3/8~3/10 (Weekdays)	2006/3/10~3/13 (Holidays)	
試料採取時間				48hr	48hr	72hr	
エアロゾル測定機	Andersen Low Volume Air Sampler	採取粒径	9 $\mu$ m以上	7.9	14.9	6.9	
			2.1~9.1 $\mu$ m	15.4	17.5	22.0	
			2.1 $\mu$ m以下	43.4	35.7	24.7	
			定量下限*	0.27	0.59	0.16	
	自動測定機( $\beta$ 線)興除局 Low Volume Air Sampler		10 $\mu$ m以下	49	47	35	
			10 $\mu$ m以下	55.3	57.6	44	
			定量下限**	17	11	7.7	
			2.5 $\mu$ m以上	24.3	30.1	45.6	
	PM2.5 Sioutas Cascade Impactor		1~2.5 $\mu$ m	10.9	20.1	28.4	
			0.5~1 $\mu$ m	17.5	11.8	15	
			0.25~0.5 $\mu$ m	41	38	39	
			定量下限*(0.25 $\mu$ m以上)	4.9	3.5	20	
			0.25 $\mu$ m未満	35	33	47	
			定量下限*(0.25 $\mu$ m未満)	1.6	7	34	
気象条件			風配図				
			平均気温	°C	9.4	10.5	10.6
			相対湿度	%	76.9	60.0	76.6
			平均気圧	mmHg	765	767	761
			天候		雨後曇り後晴れ	晴れ後曇り後雨	雨後曇り時々晴れ

表3 エアロゾル採取装置別定量下限値と目標定量下限値

採取装置	採取流速(L/min)	24時間値	48時間値	72時間値	240時間値	目標定量下限値
	L/min	$\mu\text{g}/\text{m}^3$				
PM2.5 Air Sampler (Partisol-FRM Model 2000)	16.7	<u>3.9</u>	2.0	1.3	0.4	8
FKS型ローボリュームエアサンプラー	20	80	40	27	<u>8.0</u>	
アンダーセンローボリュームエアサンプラー	23.8	<u>2.5</u>	1.2	0.8	0.2	
PM2.5 Sioutas Cascade Impactor (SKC社製)	9	24	12	<u>7.8</u>	2.4	

目標定量下限値：米国 PM2.5 の環境基準値（年平均値 $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）の1/2とした。

傍SPM濃度(8~36 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )とほぼ一致した。

調査第Ⅲ期(2005/12/13-12/19)は、西~西北西の風が主風向で平均風速3.8m/sであった。粒径2.1-9.1 $\mu\text{m}$ の粗大粒子濃度は $5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と調査期間中の最低濃度付近にあったが、粒径2.1 $\mu\text{m}$ 以下の微小粒子(PM2.1)濃度は9~16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と、近傍SPM濃度(6~8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )より高く、前2期とは異なり、微小粒子の局所的高濃度現象が認められた。環境保健センター屋上のエアロゾル採取地点は、冬期暖房用煙突の真横にあり、その影響が無視できないと考えられた。

調査第Ⅳ期(2006/03/06-03/13)は、調査前半は、北と南東の風が主風向で後半は、西~西北西の風が主風向で平均風速1.1m/sであった。PM2.1濃度は、初回43 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と全調査期間の最高で、36, 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と減少傾向を示した。この傾向は近傍SPMでも認められた。一方、粗大粒子(PM2.1-9.1)濃度は15, 18, 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と増加傾向を示した。3/11と3/13は西日本地域は黄砂現象<sup>3)</sup>に見舞われ、その影響を反映しているものと考えられた。

### 3.3 エアロゾル採取装置別定量下限値

調査期間中の各エアロゾル採取装置の定量下限最高値を表3に示した。この表よりPM2.5とALは、24時間採取で、前報で報告した暫定定量下限値 $8\mu\text{g}/\text{m}^3$ を満たしており、24時間測定が可能であると考えられた。一方、この目標値を満たすためには、LVは240時間以上、SCIは72時間以上の採取時間が必要であると思われた。

## 4 結論

- 1) 自動車排ガス測定局でPM2.5エアサンプラーにより4期にわたる測定を行い、SPM(自動測定機)との比較を行った。SPMの60%以上がPM2.5であり、その相関は、0.9以上であった。しかし、その挙動は、第Ⅰ期(6月)と第Ⅱ期(9月)は、PM2.5とSPMは一定の濃度差があった。第Ⅲ期(12月)と第Ⅳ期(3月)のSPMの大部分は、PM2.5であると推定された。SPM, PM2.5は、道路沿いの風で高く、道路逆方向の風で低い傾向が認められた。
- 2) 調査第Ⅳ期初日、PM2.5エアサンプラーのPM10カットフィルターが目詰まりし、採取装置が停止する状況が発生した。秤量精度に加え、採取装置の適切な保守管理が必要と考えられた。
- 3) エアロゾル捕集装置別定量下限値の考察からPM2.5ローボリューム エアサンプラーとアンダーセン ローボリューム エアサンプラーは、採取時間を24時間に設定しても岡山県のPM2.5の挙動を把握できることを確認した。

## 文 献

- 1) 門田 実, 植木昭博, 中桐基晴, 前田 泉：環境中の大気汚染物質に関する研究(粒子状物質による大気汚染)－微小粒子採取方法の検討－, 岡山県環境保健センター年報, 28, 9-11, 2004
- 2) 門田 実, 石井 学, 野村 茂, 中桐基晴, 前田 泉：環境中の大気汚染物質に関する研究(粒子状物質による大気汚染)－第2報 浮遊粒子状物質(SPM)秤量精度の検討－, 岡山県環境保健センター年報, 29, 19-26, 2005

- 3) 環境庁大気保全局企画課：大気中微小粒子状物質 (PM2.5)質量濃度測定法暫定マニュアル，2000
- 4) 根津豊彦，坂本和彦：大気中微小粒子 (PM2.5) 質量濃度の測定，大気環境学会誌，37(1)A1-A12，

2002

- 5) 気象庁：2006年黄砂観測日および観測地点一覧 ([www.data.kisho.go.jp/obs-env/hp/kosa\\_table\\_3.html](http://www.data.kisho.go.jp/obs-env/hp/kosa_table_3.html))