

光散乱式デジタル粉じん計の較正に関する研究  
-粒径依存性に関する考察-



ステアリン酸 較正体系 粒径依存性  
光散乱 粉じん計 0.3μm

AJ11068 建部 直弥  
指導教員 西村 直也

1. 概要

建築物内の環境測定は、空気環境の調整が適正に維持されているかを判断するための重要な手段であり、正確な測定値を得られなければならない。さらに、近年建物内での禁煙化の増進などによって、室内空気環境は大幅に改善されたため、現在の室内粉じん量は低濃度化しており、微細な粒子に対する認識も高まってきている。そのため、測定には高い精度が要求され始めている。

2. 研究の背景と目的

現在、使用されている浮遊粉じん測定法の中で最も基本的なものはロウボリウムエアサンプラ(以下 LV)を用いた重量法である。しかし、LV は測定に長時間を要すること、秤量には熟練した技術が必要であるなどの問題がある。一般的には光散乱式デジタル粉じん計 (以下 DDC) が高感度で扱いやすく、小型軽量、リアルタイムに測定できることから通常の測定用として用いられる。ただし、DDC は粉じんの質量濃度と散乱光の強弱として間接的に測定するものである。散乱光が粉じん濃度と比例することを利用して、カウント値 (CPM) として積算される。通常 1 カウント値はステアリン酸粒子 (以下 SA 粒子) を基準に 0.001mg/m<sup>3</sup> と設定されているが、実空間内での浮遊粉じんととの比重、形などの違いを考慮し、較正係数を乗じることで質量濃度を求める事としている。しかし、これまでの測定により DDC の示す値は LV の値と比較すると低い傾向がある事や DDC は機種毎に異なる値を示す事がしばしば確認されている。その原因に、較正に使用されている粒子径=0.3μm の SA 粒子の可能性が考えられる。

光散乱にはミー散乱・レイリー散乱がありそれぞれに対象領域が存在する。ミー散乱の散乱域は、粒子径が 0.3μm~100μm、レイリー散乱は 0.3μm 以下である。0.3μm はミー散乱の散乱域からレイリー散乱境界域に入る過渡期の値であり、測定精度が劣化すると言われている。よって、散乱光の強度は粒子の大きさに依存する事から、粒子径=0.3μm は最良ではない可能性がある。

本研究では、DDC の持つ特性を機種毎に明確にする。また、較正体系についても、ロバスト性を持った較正体系を提案するし測定の精度を高める事を目的とする。

3. 手法

今回、実測調査と実験室内での実験の 2 つにより検討を行った。表 1 に示す建物を対象に夏季と冬季の 2 回、表 2 に示す測定機器を用いて質量濃度及び個数濃度の実測調査を行った。また、実験室にて凝縮型粒子発生器 TSI 製 model3475 を使用し SA 粒子を個数濃度と電子顕微鏡による形状の確認を行いながら建築物衛生法で標準粒子と定める、粒子径=0.3μm、幾何標準偏差=1.4 以下の SA 粒子と粒子径=1.0μm の SA 粒子を作成した。作成された粒子を表 3 に示す測定機器を用いて感度比較実験を行った。また DDC は守秘義務の為、それぞれ DDC0-4 と表記する。

表 1 測定場所・期間(実測調査)

測定場所	測定期間		気象観測地点
A1	3月 4日 9:00	~ 3月 7日 13:00	前原
B1	3月11日 9:00	~ 3月24日 10:00	大宰府
C	3月25日 9:00	~ 3月31日 13:00	博多
D	4月 1日 9:00	~ 4月 7日 13:00	
E	4月 8日 9:00	~ 4月14日 14:00	
F	4月15日 9:00	~ 4月21日 13:00	
G	8月 6日 9:00	~ 8月 8日 16:00	東京
H	8月12日 9:00	~ 8月14日 16:00	
B2	8月26日 9:00	~ 8月31日 13:00	太宰府
A2	9月 2日 9:00	~ 9月 4日 13:00	前原
F2	9月 6日 9:00	~ 9月12日 13:00	博多
I	9月19日 9:00	~ 9月25日 16:00	東京

表 2 測定機器(実測調査)

測定項目		測定機器	測定範囲	測定方法
浮遊粉じん	質量濃度	SPM	LV	8時間連続測定
			DDC1	<10μm
		DDC2		8時間連続測定
		DDC3		1分間の測定を連続8時間
	PM <sub>2.5</sub>	DDC4	<2.5μm	1分間の測定を連続1週間
		Sharp Monitor		1時間の測定を連続1週間
		個数濃度	OPS	0.3μm-10μm 16ch

表 3 測定機器(感度比較実験)

測定項目		測定機器	測定範囲	測定方法	
浮遊粉じん	質量濃度	SPM	LV	30分間連続測定	
			DDC0	<10μm	1分間の測定を連続30分
			DDC1		1分間の測定を連続30分
			DDC2		5分間の測定を連続30分
			DDC3		1分間の測定を連続30分
	個数濃度	OPS	0.3-10μm 16ch	1分間測定を連続30分	
		SMPS	14.3-697.8nm 108ch	3分間測定を連続30分	

### 3. 結果

#### 3.1 実空間内の粒径依存性

実測調査により、DDC4 は図 1 より  $0.3\mu\text{m}$  をピークに右肩下がりに相関係数が落ちていくことがわかった。また、大気環境省認証装置である Thermo 社製 SharpMonitor(以下 SM)はどの粒径範囲でも低い値であり、個数濃度に対して依存性が低い可能性がある。しかし、DDC4 と SM は SA 粒子による較正ではないため、他の DDC とは違った特性を持つ可能性が考えられる。図 1 より DDC1 においては最も高い相関を示したのは  $0.58\sim 0.72\mu\text{m}$  の範囲、DDC3 では  $0.47\sim 0.58\mu\text{m}$  の範囲であり、この粒径範囲で感度が高いと考えられる。2機種は似たような挙動をしているが、絶対値としては DDC1 の方が DDC3 よりも相関係数が低く示されているなど、機種によってばらつきがあることがわかった。

#### 3.2 感度比較実験

図 2、図 3 に、今回作成した中で最も粒度の揃った SA 粒子の画像とその時の個数濃度について示す。SA 粒子の作成にあたり、測定した個数濃度のピークと実際の電子顕微鏡での大きさや粒子数について差異が見られることがしばしば見受けられ作成が難しい事がわかったが、比較的球形で単分散の SA 粒子を作成する事が出来た。これにより、図 2、図 3 に、示す SA 粒子の設定を基に作成した粒子で感度比較実験を行った。

実験には 30 分間測定の同時測定を 2 回行い、その時の各 DDC の質量濃度と LV との器差を図 4 に示す。また、OPS 及び SMPS から算出された個数濃度から各 DDC の粒径別の相関を図 5 に示す(図 4、図 5 において左  $0.3\mu\text{m}$ ・右  $1.0\mu\text{m}$  時)。これより、 $0.3\mu\text{m}$  時では、全くばらつきがなく同じ挙動で  $0.31\sim 0.41\mu\text{m}$  の粒径範囲で相関係数が 0.9 を超えており、 $0.3\mu\text{m}$  での較正は正確に行われていると考えられる。また、 $1.0\mu\text{m}$  時では  $0.3\mu\text{m}$  時と比べるとばらつきはあるが同じような挙動をしていた。しかし、図 4 からわかるように粒子の発生としては  $1.0\mu\text{m}$  時の方が安定していたのに対して、 $0.3\mu\text{m}$  よりもばらつきが大きくなるということは、発生量に関わらず機種によって  $0.3\mu\text{m}$  付近以外の粒径範囲では、ばらつく可能性がある。

### 5. 結論

#### 5.1 まとめ

- 1) 各機種の DDC で測定される値には差が生じる
- 2) DDC1、DDC3 は  $0.5\mu\text{m}$  近辺の粒径に依存し、DDC3 は  $0.3\mu\text{m}$  近辺の粒径に依存していると考えられる。
- 3) レイリー散乱域では測定精度は急激に落ちる。
- 4)  $0.3\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$  では相関のばらつきが異なる。

#### 5.2 今後の課題

- 1) SA 粒子の安定した発生と再現性
- 2)  $1.0\mu\text{m}$  で較正した DDC の実空間での測定
- 3) SA 粒子以外での較正の検討

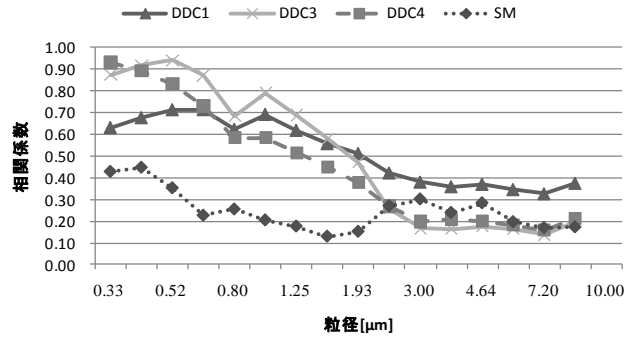


図 1 OPS と各機種の相関

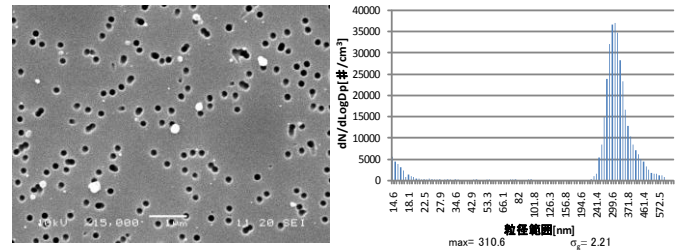


図 2  $0.3\mu\text{m}$  時のステアリン酸粒子

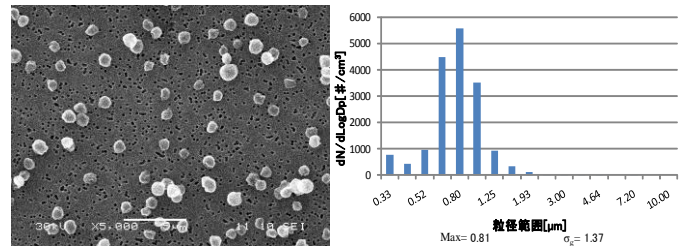


図 3  $1.0\mu\text{m}$  時のステアリン酸粒子

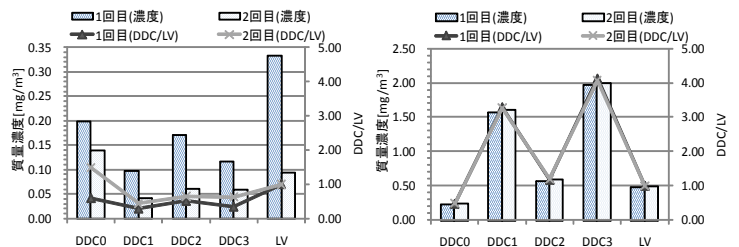


図 4 各 DDC の質量濃度と LV との器差 (実験時)

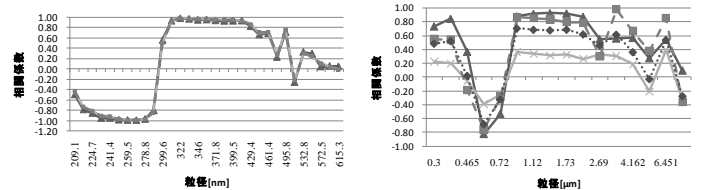


図 5 SMPS 及び OPS 各 DDC との相関 (実験時)

### 6. 引用・参考文献

- 1) 阿部亮太：光散乱式粉じん計の較正係数に関する調査，芝浦工業大学学士論文，2013.03
- 2) 川野裕基：光散乱式デジタル粉じん計の特性に関する調査
- 3) 平成 18～19 年度(財)ビル管理教育センター調査研究事業：室内浮遊粒子状物質の規制のあり方に関する調査研究総合報告書、財団法人ビル管理教育センター、2009.3