

# 光散乱式デジタル粉じん計の特性に関する調査

デジタル粉じん計 浮遊粉じん 光散乱  
 空気環境 環境測定 測定機器

J10036 川野 裕基  
 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。しかし、現在の室内粉じん量は低濃度化しており、微粒子に対する認識も高まってきていることから、測定により高い精度が要求され始めている。空気環境の維持管理の際、通常使用される光散乱式デジタル粉じん計(以下 DDC)の特性を空気環境調査の結果より明らかにする。

## 2. 背景と目的

現在、空気中の浮遊粉じん量の測定機器にはロウボリウムエアサンプラ(以下 LV)等が存在する。しかし、LV は測定に長時間を要する等の問題がある為、通常の測定には測定操作が容易で、かつ測定値が短時間で得られる粉じん計が用いられる。DDC は、高感度で扱い方も簡便かつ比較的小型軽量、リアルタイムに測定出来ることから粉じん計としては最も使用されており、空気中の浮遊粉じんの質量濃度を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、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を基準に  $0.001\text{mg}/\text{m}^3$  と設定されている。しかし、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、質量濃度変換係数を乗じることで質量濃度が求めることとしている。現在の室内粉じん量は低濃度化しており、また微粒子に対する認識も高まってきていることから、これらの測定により高い精度が要求され始めている。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。その為、現在までの基準値や測定方法を再検討する必要性が顕在化してきている。

光散乱には、ミー散乱、レイリー散乱がありそれぞれには対象領域が存在する。ミー散乱の対象領域である散乱域は、 $0.3\mu\text{m}$  よりも大きく  $100\mu\text{m}$  よりも小さい粒子の領域である。しかし、近年の粉じん量の減少や、粉じんの微細化により、 $0.3\mu\text{m}$  以下のレイリー散乱の散乱域である粒径が多くなってきていると考えられる。したがって、

精度管理が課題である。故に、空気環境の維持管理の際、通常使用される DDC の特性を把握し、検討していくことを本調査の目的とする。

## 3. 手法

基礎的な調査として DDC 較正時の基準であるステアリン酸粒子、及び実際に機器を較正している較正用粒子に対し、SMPS を用いて粒径別個数濃度の測定を行う。また、電子顕微鏡を用いて粒子の形状の確認を行った。

表 1 に示す建物を対象に空気環境調査を行い、浮遊粉じんの質量濃度、及び個数濃度について測定を行った。なお、ここでは前年度のデータに関しても同様な検討を行う。また、表 2 に使用機器、及び測定方法に関する詳細を示す。浮遊粉じんの質量濃度測定の基準として、LV を、個数濃度の測定にはレーザーパーティクルカウンタ(以下 LPC)、及びオプティカルパーティクルサイザー(以下 OPS)を使用した。DDC に関しては、最大 3 機種を使用し、守秘義務の為、ここでは機種毎に各々 DDC1、DDC2、DDC3 と呼ぶ事とする。また、1 箇所でも 2 台使用した際、同機種の区別は DDC1①、DDC2②等と表記する。

表 1 測定場所

測定場所	建物名	調査日	測定時間	測定日天候	外気測定
東京	A1	2012/7/31	9:40-17:40	晴れ	有
東京	B1	2012/8/9	9:45-17:45	晴れ	有
東京	C1	2012/8/23	9:30-17:30	晴れ	有
東京	D	2012/8/27	9:40-17:40	晴れ	有
東京	E	2012/9/4	9:30-17:30	曇り時々晴れ	有
東京	A2	2012/9/6	9:30-17:30	晴れ	無
東京	A3	2012/9/10	9:40-17:40	晴れ	無
東京	B2	2012/9/12	9:50-17:50	晴れ	無
東京	C2	2012/10/11	9:50-17:50	曇り時々晴れ	有
東京	A4	2012/10/22	9:30-17:30	晴れ	有
東京	F	2012/10/25	9:45-17:45	晴れ	有
福岡	G	2013/8/6	8:45-16:45	晴れ	有
福岡	H	2013/8/13	9:00-17:00	晴れ	有
福岡	I	2013/8/20	9:15-17:15	晴れ	有

表 2 測定項目

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	DDC1	$<10\mu\text{m}$
		DDC2	$<10\mu\text{m}$
		DDC3	$<10\mu\text{m}$
	LV	$<10\mu\text{m}$	
	個数濃度	LPC	$0.3\mu\text{m}-10\mu\text{m}$ 5ch
OPS		$0.3\mu\text{m}-10\mu\text{m}$ 16ch	

## 4. 結果

### 4.1 DDCの実態

ミー散乱とレイリー散乱の一般式より、粒径別の散乱強度を導き出したところ、レイリー散乱域で精度が低いことがわかった。また、粒径が小さくなるほど散乱強度が小さくなるため、粉じんの微細化により、高い精度での測定が困難になっていることがわかった。図1にステアリン酸粒子画像を示す。ステアリン酸粒子は球体も存在しているが、完全な球体で存在することは難しいことがわかった。また、 $0.3\mu\text{m}$  を目標として生成を試みたが、大きさにはばらつきが多く、小さな粒子も多く存在した。校正用粒子は比較的球体で存在しているが、粒径は DDC の感度が低いと考えられるレイリー散乱域である粒子が多く、校正用粒子には適していない可能性が考えられる。

表3にLVで得た粉じんの測定結果を、各 DDC で得た粉じんの質量濃度で除すことによって算出した器差を示す。器差は同じ機種毎に測定される値に差が生じることが確認できた。DDC1はDDC2、DDC3に比べ測定値が高く示された。また、DDC2とDDC3は相対的に近い値を示すことが分かった。図2に、各機種における平均の粒径別決定係数を示す。粒径依存性は、DDC1、DDC2は $1.0\mu\text{m}$  近辺の粒径に一番相関し、依存していると考えられるが、DDC3は小さい粒径である $0.5\mu\text{m}$  近辺で一番相関し、依存していると考えられる。3機種とも $5.0\mu\text{m}$  を超えると相関が弱いことから、依存性が小さいと考えられる。また、DDC1とDDC2は似た特性を示すことがわかった。

### 4.2 光散乱と質量濃度

図3に、建物Hで測定された散乱光強度と質量濃度の関係を示す。既往研究<sup>1)</sup>において、測定時間の経過とともに DDC の感度が落ちていくという報告がされているが、今回の測定では図3に示す通り、DDC の質量濃度と OPS から算出した散乱光強度を比較したところ、時間による感度の違いを観測することは出来なかった。

## 5. 結論

### 5.1 まとめ

- 1) 同機種の DDC で測定される値には差が生じる
- 2) DDC1、DDC2 は  $1.0\mu\text{m}$  近辺の粒径に依存し、DDC3 は  $0.5\mu\text{m}$  近辺の粒径に依存していると考えられる
- 3) 粒径が  $5.0\mu\text{m}$  を超えると測定結果にばらつきが出る
- 4) DDC の測定値は散乱光強度とある程度一致している

### 5.2 今後の課題

- 1) 同機種による測定データの収集
- 2) 蓄積したデータによる質量濃度と散乱光強度の比較
- 3) 時代変化に適合した合理的な粉じん測定法の検討

## 6. 引用・参考文献

- 1) 石橋孝介：浮遊粒子状物質の光散乱特性とその測定時の特性に関する研究、芝浦工業大学学士論文、2008.03
- 2) 阿部亮太：光散乱式粉じん計の校正係数に関する調査、芝浦工業大学学士論文、2013.03

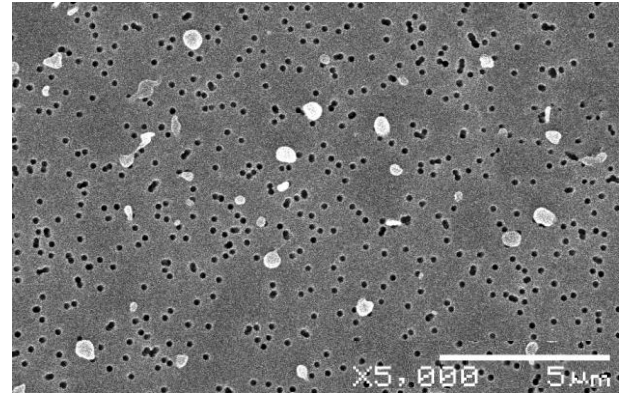


図1 ステアリン酸粒子画像

表3 LVとDDCの比較

	DDC1①	DDC1②	DDC2①	DDC2②	DDC3①	DDC3②
A1	1.32	1.94	2.98	2.92	-	-
B1	-	1.43	2.37	3.20	-	-
C1	0.72	-	1.11	1.15	-	-
D	1.14	1.64	1.81	1.72	2.63	2.97
E	1.08	1.36	1.75	1.53	1.52	1.82
A2	0.96	1.34	1.54	1.78	1.81	2.02
A3	0.91	2.09	1.87	1.96	1.83	1.78
B2	0.81	1.45	1.78	2.53	1.62	2.45
C2	0.89	1.45	1.28	1.37	1.45	1.83
A4	1.14	1.26	1.80	2.02	1.98	2.43
F	1.05	1.20	2.56	3.80	1.77	2.20
G	1.27	-	-	-	1.64	-
H	1.19	-	-	-	1.48	-
I	1.20	-	-	-	1.72	-
Ave.	1.05	1.52	1.90	2.18	1.77	2.19
Ave.	1.28		2.04		1.98	

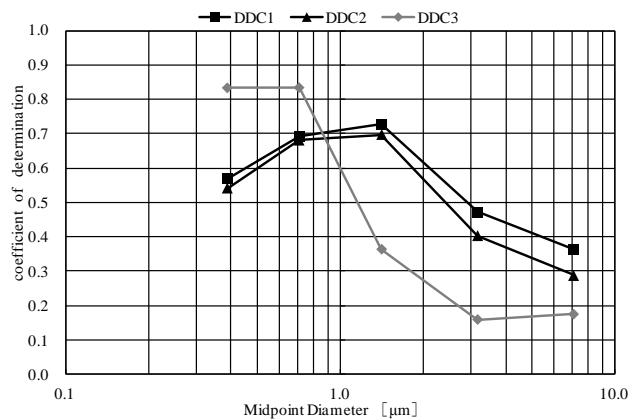


図2 LPCとDDCの相関

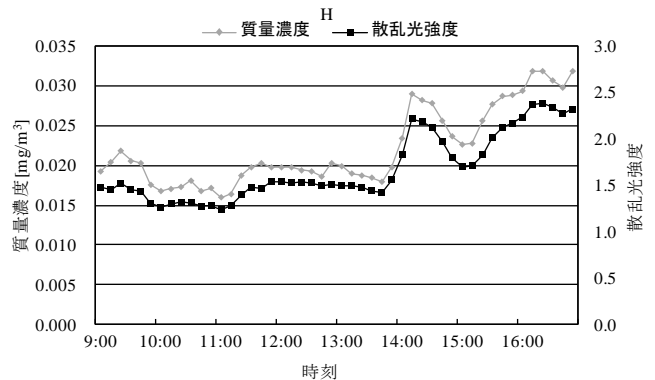


図3 散乱光強度と質量濃度