

# 光散乱式粉じん計の較正に関する研究

建設工学専攻  
建築環境工学研究

ME13002 阿部亮太  
指導教員 西村直也

## 1. 背景

近年室内における浮遊粉じん濃度は、分煙等の増進により大幅に改善されている。その一方で、PM<sub>2.5</sub>に代表されるように、問題となる浮遊粉じんの粒径はより小さく、軽くなる方向にある。微細な粒子に対する認識や健康に対する意識も高まってきていることから、測定に高い精度が要求され始めている。

粉じん濃度の測定時には、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(以下 DDC)が用いられる事が多い。一般的に用いられる DDC の原理は光散乱式である。粉じんに光を照射した際に、粉じんの物理的性状が同一条件であれば粉じんによる散乱光の量が質量濃度に比例することを利用して、空气中に浮遊している粉じんの質量濃度を散乱光の量として間接的に測定するものである。室内環境中に浮遊している粒子の性状は、比較的安定しているため粒子数に比例した散乱光強度が得られるとされている。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の粒径が異なる。ミー散乱の対象領域である散乱域は、粒径が0.3-100 μm の領域であり、レイリー散乱は0.3 μm 以下の領域である。レイリー散乱域では散乱光強度が極端に弱まる事が知られている。

## 2. 現在の較正体系

粉じんの測定には基準となる測定法として Low Volume Air Sampler(以下 LV)が用いられており、DDC の感度は0.3 μm のステアリン酸(以下 SA)粒子に対し、標準測定法により得られる値が0.001mg/m<sup>3</sup>のとき、1CPMを示すように設定される。ただし、実空間内での粉じんと物理的性質等の違いなどを考慮し、較正係数(K 値)を乗じることで質量濃度が求められる。較正には何らかの形で基準器が用いられており、基準器は粒径=0.3μm、幾何標準偏差=1.4 の SA 粒子を標準粒子として較正する事が、JISZ8901 の試験用粒子 2 に定められている。現在較正時に用いられている0.3 μm の粒子はレイリー散乱の散乱域からミー散乱境界域に入る過渡期の大きさである。0.3μm 以下では散乱光強度が弱まることから、測定精度が劣化することが考えられる。

## 3. 目的

室内における粉じんの性状を知ると共に、その性状に対して DDC がどのような特性を持つかについて検討する。また、SA 粒子を用いて各 DDC の感度比較、粒子の大きさの違いによる DDC の特徴を検討する。実測調査と比較実験を通してロバスト性を持った較正体系を提案することを目的とする。

## 4. 調査概要

本研究では夏季、冬季において、東京都と福岡県の事務所ビル9棟で計12回の浮遊粉じんの質量濃度、粒径別個数濃度の測定調査を実施した。また、DDC の粒径依存を確認するための実験として、粒径の異なる2種類のSA粒子を用いて基準器、DDC の感度の比較実験を行った。今回の実験では較正時に用いる0.3μm及び1.0μmの粒径のSA粒子を用いて測定を行った。粒子は核凝縮型単分散粒子発生器を用いて作成を行い、Optical Particle Sizer Spectrometer(以下 OPS)及び、Scanning Mobility Particle Sizer Spectrometer(以下 SMPS)を用いて粒径別個数濃度の分布、電子顕微鏡を用いて粒子形状の確認を行った。測定は30分間測定を各粒子に対して2

表1 調査概要

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
C2	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 測定機器及び測定項目(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
			DDC1
			DDC2
	PM <sub>2.5</sub>	DDC3	
		DDC4	
		SHARP	
個数濃度	OPS	0.3μm-10μm 16ch	1分間測定を8時間

表3 測定機器及び測定項目(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
			DDC0
			DDC1
			DDC2
			DDC3
	個数濃度	OPS	0.3-10μm 16ch
	SMPS	0.3μm-10μm 16ch	3分間測定を連続30分

表4 各 DDC と LV の器差 (DDC/LV)

測定場所	DDC1/LV	DDC2/LV	DDC3/LV	DDC4/LV	SHARP/LV
A1	1.01	0.55	0.53	0.93	2.67
B1	1.08	0.47	0.34	0.69	0.70
C	1.58	0.78	0.79	1.18	1.27
D	0.88	0.59	0.58	0.85	0.60
E	0.89	0.46	0.46	0.53	0.83
F	1.12	0.36	0.33	0.64	0.45
G	0.46	0.20	0.12	0.24	0.32
H	0.94	0.61	0.72	1.06	0.69
B2	2.12	1.19	1.61	1.55	1.60
A2	1.78	1.04	1.61	1.41	1.61
C2	0.76	0.29	0.23	0.42	0.26
I	1.04	0.74	0.74	1.32	0.97

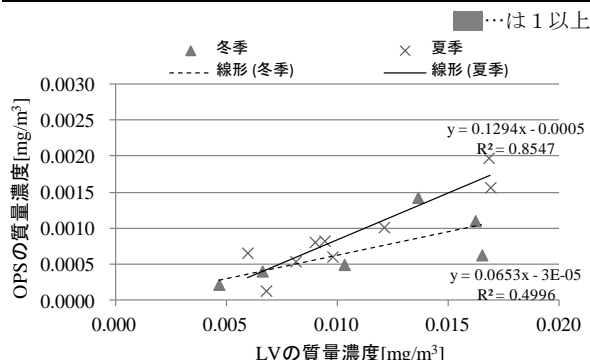


図1 LV と OPS の質量濃度の関係

回ずつ行った。実測調査、比較実験に使用した機器、測定項目を表 1,2 に示す。ただし、測定期間は状況により若干変更した場合もある。今回の調査では計 5 機種種の DDC を用いて質量濃度の測定を行った。なお、5 機種種の DDC についてはここでは機種毎に各々 DDC1、DDC2 等と呼ぶ事とする。

## 5. 測定結果と考察

### 5.1 実測調査

実測調査では表 1 に示す様に LV、DDC1,2 は SPM を、DDC3,4、SHARP Monitor(以下 SHARP)は PM<sub>2.5</sub> を測定対象としている。表 4 に実測調査の測定結果を基準となる LV での測定値で除した値を示す。各 DDC は各建物においてばらつきが見られる事、DDC1 は DDC2 に比べ半分程度の値しか示さない事があった。特に DDC1 は LV より 0.5-2.0 倍の値とばらつきが大きい事が分かる。また、PM<sub>2.5</sub> の測定器は LV よりも低い値を示しているが測定場所の違いにより高い値を示す所もあった。

OPS で測定した粒径別個数濃度から質量濃度を算出し、LV の測定値との関係性の検討を行う。質量濃度の算出には密度を 1.0mg/m<sup>3</sup> として算出した。一般的に個数濃度と質量濃度の相関はあまりないとされている。図 1 に LV で測定した質量濃度と OPS から算出した質量濃度の相関関係を示す。冬季、夏季共にある程度相関が見られるが、LV に較べて 1/10 程度の値しか示していない事が分かる。これは OPS の測定範囲が 0.3μm 以下では範囲外である事がある程度影響していると考えられる。

DDC の粒径依存について検討を行う。図 2 に DDC1,2、LV と粒径別個数濃度との相関係数を示す。なお、夏季、冬季の相関係数を求め平均した値である。LV、DDC はともに近い相関関係を示しており、大粒径になると LV の方が比較的よい事が分かる。

### 5.2 比較実験

図 3,4 に 0.3,1.0μm の電子顕微鏡画像と個数濃度を示す。発生器の設定を同一にした場合でも測定日により、形状や大きさのばらつきがみられたが、比較的球形に近く単分散の粒子を作成する事が出来た。比較実験では図 3,4 の結果の時の設定で測定を行った。

図 5 に 0.3μm、図 6 に 1.0μm の粒子の質量濃度とその値を LV で除した値をそれぞれ示し、表 5 に基準器である DDC0 との相関係数を示す。図 5 より 0.3μm の粒子では各測定機器でばらつきがある事、特に、2 回目の DDC0 を除き、各 DDC は LV と比べ 0.2-0.5 倍の値しか示さなかった事が分かる。また、DDC0 は他の DDC よりも高い値であるが、比較的近い値を示している事が分かる。また、1 回目の測定では DDC0 との相関係数が 0.9 以上と相関が良く、2 回目の測定では 1 回目と比べて相関が悪くなった事が分かる。これは、2 回目の測定の際には粒径のピークが 0.3μm 以下となり、散乱光強度が小さくなった事が理由として考えられる。

図 6 より 1.0μm の粒子においても 0.3μm の粒子と同様に測定結果にばらつきが見られる。DDC2 は LV と近い値を示したが、DDC1,3 では 2 倍以上も高い値を示した。また、DDC1-3 は DDC0 よりも高い値を示し、相関係数も 0.3μm に比べ良くない事が分かる。

0.3μm の 2 回目を除き、DDC0 は LV よりも 0.37-0.46 倍の値を示したが、器差は安定している事が分かる。DDC1-3 は 0.3μm の粒子では LV、DDC0 よりも小さい値を示し、DDC1,3 は 1.0μm の粒子では LV、DDC0 よりも大きい値を示した。また、DDC2 は DDC1,3 よりも LV、DDC0 との器差が小さい事が分かる。DDC1-3 は粒径の違いにより LV との器差に違いが出る事が分かる。

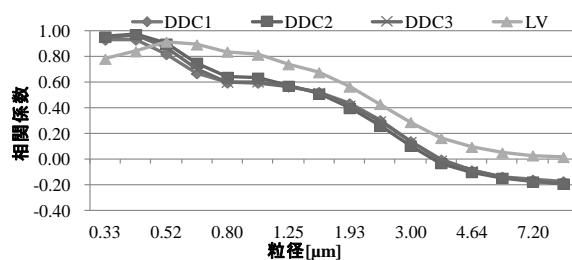


図 2 各 DDC の粒径依存 (相関係数)

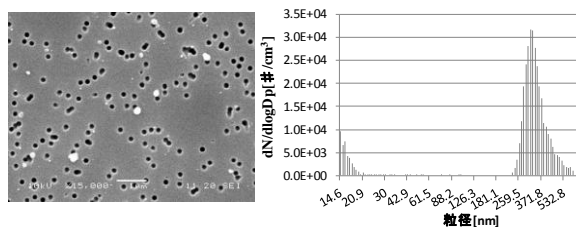


図 3 電子顕微鏡画像 (15000 倍) と個数濃度 (0.3μm)

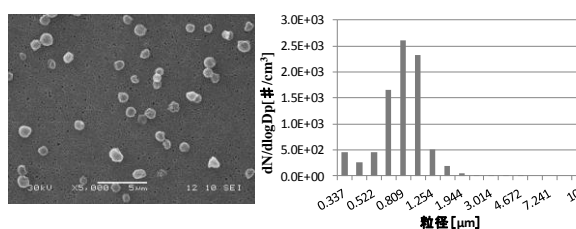


図 4 電子顕微鏡画像 (5000 倍) と個数の濃度 (1.0μm)

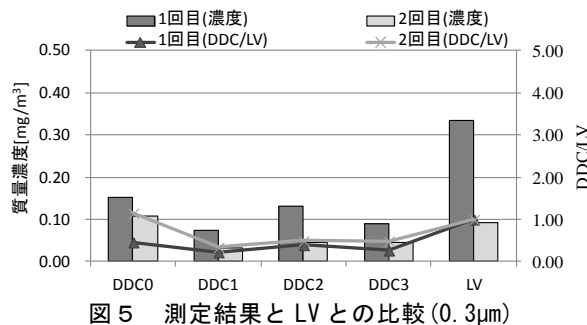


図 5 測定結果と LV との比較 (0.3μm)

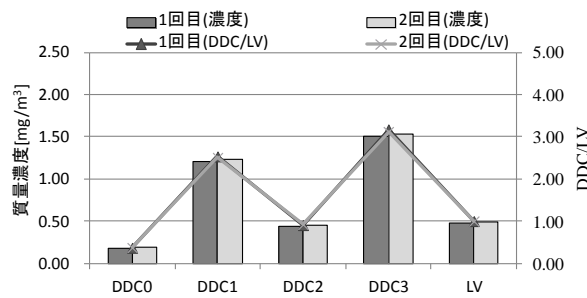


図 6 測定結果と LV との比較 (1.0μm)

表 5 DDC0 との相関係数

	0.3μm			1.0μm		
	DDC1	DDC2	DDC3	DDC1	DDC2	DDC3
1回目	0.988	0.989	0.988	0.322	0.169	0.651
2回目	0.734	0.347	0.690	0.353	0.910	0.670

## 6. まとめ及び今後の課題

実測調査及び、比較実験を通して、粉じん計の粒径別個数濃度の依存性について把握することが出来た。測定状況により測定器が示す値が異なるので実測調査、比較実験を繰り返し、さらなるデータの蓄積解析が必要であると考える。

### 【参考文献】

- 1) 上野祐司：建築物における衛生的環境の確保に関する法律(建築物における衛生的環境の確保に関する法律(建築物衛生法)における浮遊粉じん測定について、日本エアロゾル学会 p.341-245(2008)
- 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、芝浦工業大学学士論文、2013.03