

光散乱式デジタル粉じん計の較正に関する研究  
 ー較正用粒子径の違いによる検討ー



粉じん計                      較正体系                      光散乱  
 ステアリン酸                感度調整                      実測調査

AJ12065                      高島 彰良  
 指導教員                      西村 直也

1. 概要

時代変化に適合した合理的な粉じん測定法の発見を目的に、既存の較正用粒子である 0.3 $\mu\text{m}$  の粒子に代わり、より較正に適した粒径を検討する。本研究では、第一段階として 1.0 $\mu\text{m}$  の SA 粒子にて較正を行う。結論として、機種により測定精度が異なることから、機種毎に粒径特性がある可能性があげられる。

2. 研究の背景と目的

現在の室内粉じん量は、禁煙の増進や設備面の改善により低濃度化している。その一方、近年では PM<sub>2.5</sub> などの微小な粒子に対する認識が高まってきている。以上のことから測定に高い精度が要求され始めている。

現在空気環境の測定の内浮遊粉じん量の測定に使用されているものは、標準測定法としてロウポ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。一般的にはデジタル粉じん計(以下 DDC) が使用される。光散乱方式の粉じん計は、短時間での測定が可能、リアルタイムに反応することから、粉じん計としては最も使用されている。DDCは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。しかし、実空間内での浮遊粉じんとその比重、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こととしている。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。

光散乱には、0.3 $\mu\text{m}$  以下の領域で起きるレイリー散乱とそれ以上の範囲で起きるミー散乱があり、レイリー散乱領域では散乱光強度が極端に劣化する事はよく知られている。現在の較正体系では 0.3 $\mu\text{m}$  の粒子を使用しているが、較正を行う上で、0.3 $\mu\text{m}$  はミー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、0.3 $\mu\text{m}$  の粒径の粒子での較正は適切ではない可能性が考えられる。本研究では、現在の粒子径よりもさらに大きくし、第一段階とし

て 1.0 $\mu\text{m}$  較正することを考える。さらに実測調査を行うことで、粉じん計の較正精度の優劣を検討する。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と共に、測定の精度を高める事を目的とする。

3. 手法

1.0 $\mu\text{m}$  の SA 粒子を用いて粉じん計の較正を行う。現状の粉じん計(0.3 $\mu\text{m}$  の粒子で較正)を用いて、1.0 $\mu\text{m}$  の SA 粒子を適正な濃度に調整したのち、LV との同時測定をする。これは、較正前の段階であり 0.3 $\mu\text{m}$  の粒子にて 1cpm = 0.001mg/m<sup>3</sup> に調整済みの粉じん計に対し、1.0 $\mu\text{m}$  の SA 粒子を較正に用いた場合、質量濃度がどう変化するか把握するものである。その結果をもとに感度の上げ下げを行い 1cpm = 0.001mg/m<sup>3</sup> になるように調整する。このときの 0.001mg/m<sup>3</sup> を質量濃度変換係数と呼ぶことにする。

本研究では、1.0 $\mu\text{m}$  の SA 粒子を用いて較正された粉じん計が実際にどのような結果を示すのかを検証するため実測調査を行う。今回の実測の狙いは、測定対象建物の空気環境の実態調査ではなく、較正された粉じん計の動向を探ることである。測定場所の詳細を表 1 に測定日時を表 2 に示す。測定機器を表 3 に示す。なお、対象建物および DDC は守秘義務のため明かさない形とする。DDC1、DDC3 は 0.3 $\mu\text{m}$  の粒子で較正したものであり、DDC2、DDC4、DDC5 は 1.0 $\mu\text{m}$  の SA 粒子で較正したものである。なお、DDC1、DDC2 は同機種であり DDC-A とし、また DDC3、DDC4 についても同機種であり DDC-B として扱う。DDC5 は、機種が 1 台しかなく較正用粒子の違いによる比較ができないため、今回は参考までの測定とする。

表 1 測定場所

建物	築年数	所在地区	延べ床面積	実測地点
A	41年	港区	110000m <sup>2</sup>	a
				b
B	10年	江東区	60000m <sup>2</sup>	c
				d
				e

表 2 測定機器

測定項目	測定機器	較正用粒子	測定方法	
浮遊粉じん	LV		8時間連続測定	
	質量濃度	DDC1	PSL	1分間の測定を連続8時間
		DDC2	SA	1分間の測定を連続8時間
		DDC3	PSL	8時間連続測定
		DDC4	SA	8時間連続測定
		DDC5	SA	1分間の測定を連続8時間
個数濃度	OPS		1分間の測定を連続8時間	

## 4. 結果

### 4.1 感度調整結果

校正前の測定結果を表 3 に、校正後の測定結果を表 4 に示す。この 3 機器の感度の優劣を比較すると、DDC2、DDC5 では 1cpm を示すために必要な粉じんの質量濃度がそれぞれ 0.00041mg/m<sup>3</sup>、0.00045mg/m<sup>3</sup> であるのに対し DDC4 では 0.00124mg/m<sup>3</sup> と他 2 つよりも多くの粉じんを必要としている。つまり、感度の良い順に並べると DDC2、DDC5、DDC4 ということになる。1cpm=0.001mg/m<sup>3</sup> になるように調整するには、DDC2、DDC5 は感度を下げ、DDC4 は感度を上げる事になる。感度の調整中、DDC5 が粉じん計の感度調整下限に達してしまい 1cpm=0.001mg/m<sup>3</sup> には調整できないことが分かった。そこで、DDC5 を感度下限までもっていき、それに DDC2 と DDC4 を合わせる形で 3 機種とも 1cpm=0.0008mg/m<sup>3</sup> に調整した。つまり、今回の粉じん計の校正における質量濃度変換係数は 0.0008 ということになる。

### 4.2 実測調査の測定結果

LV および DDC の質量濃度を表 5、図 1 に示す。DDC-A/LV 比を図 2 に、DDC-B/LV 比を図 3 に示す。簡単に言えば、DDC/LV 比は採じん率を表しており 1 に近い方が測定精度が高いということになる。5 か所の平均値を表 6 に示す。比較すると、DDC-A では、0.3μm の校正用粒子にて校正した粉じん計の方が、1.0μm の校正用粒子にて校正した粉じん計よりも測定精度が高いという結果になった。それに対して、DDC-B では、1.0μm の校正用粒子にて校正した粉じん計の方が、0.3μm の校正用粒子にて校正した粉じん計よりも測定精度が高いという結果になった。このような結果が出た原因として考えられるのが、粒径特性の問題である。粒径ごとの個数濃度の分布を図 4 に示す。横軸は粒径で縦軸は個数濃度である。作業空間は粒径によって個数濃度にばらつきがあることが分かる。粒径分布に差がある中で実測を行っているため、粉じん計に反応しやすい粒径と反応しにくい粒径、いわゆる粒径特性があるとすれば今回の結果も納得できる。DDC-A では、0.3μm の粒子に対する感度が高く、DDC-B では、1.0μm の粒子に対する感度が高い可能性がある。

## 5. まとめ

本研究のまとめを以下に示す。

- 1) いずれにしても LV に対する採じん率が不十分である。
- 2) DDC の機種により測定精度が異なる。
- 3) 0.3μm の校正用粒子と 1.0μm の校正用粒子での結果に差があることから粒径特性がある可能性が出てきた。

今後の課題としては以下のものが挙げられる。

- 1) 0.5μm や 2.0μm など様々な粒径の SA 粒子の作成を行い、より校正に適した粒径を検討したい。
- 2) 自然塵であるアリゾナダストなど SA 粒子以外の粒子による校正の検討をしたい。

表 3 校正前測定結果

機種	S値	測定時間(分)	総カウント数	cpm	mg/(m <sup>3</sup> ・cpm)
DDC2	580	30	11570	385.7	0.00041
DDC4	1690	30	3863	128.8	0.00124
DDC5	470	30	10685	356.2	0.00045

表 4 校正後測定結果

機種	S値	測定時間(分)	総カウント数	cpm	mg/(m <sup>3</sup> ・cpm)
DDC2	460	60	22093	368.2	0.00078
DDC4	2690	60	22102	368.4	0.00078
DDC5	400	60	22597	376.6	0.00076

表 5 質量濃度 (DDC と LV)

測定機器	A-a [mg/m <sup>3</sup> ]	A-b [mg/m <sup>3</sup> ]	B-c [mg/m <sup>3</sup> ]	B-d [mg/m <sup>3</sup> ]	B-e [mg/m <sup>3</sup> ]
DDC1	0.00094	0.00544	0.00051	0.01024	0.00513
DDC2	0.00072	0.00360	0.00022	0.00640	0.00303
DDC3	0.00043	0.00314	0.00062	0.00463	0.00230
DDC4	0.00029	0.00349	0.00066	0.00542	0.00209
DDC5	0.00030	0.00178	0.00012	0.00497	0.00759
LV	0.00339	0.01019	0.00340	0.01444	0.00663

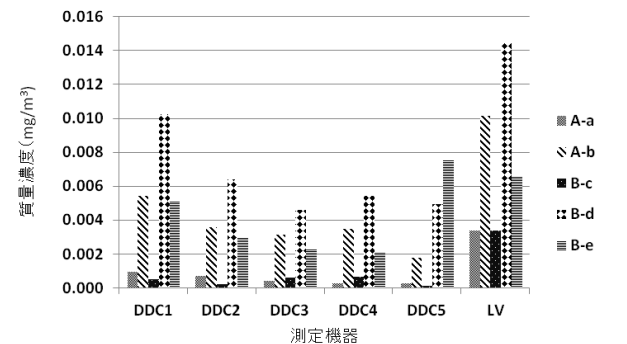


図 1 質量濃度 (DDC と LV)

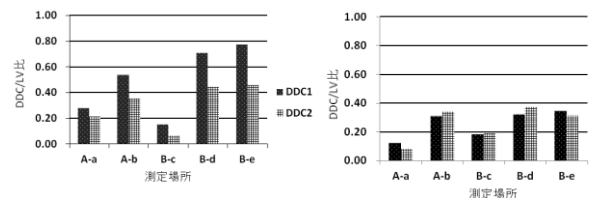


図 2 DDC/LV 比 (DDC-A) 図 3 DDC/LV 比 (DDC-B)

表 6 DDC/LV 比 (平均)

機種	平均値	
DDC-A	DDC1	0.58
	DDC2	0.37
DDC-B	DDC3	0.29
	DDC4	0.31
LV	1	

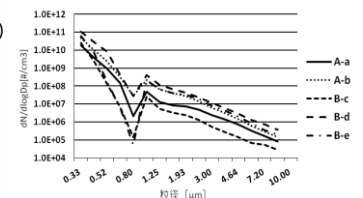


図 4 粒径別個数濃度

## <引用・参考文献>

- 1) 建部直弥：光散乱式粉じん計の校正に関する研究，芝浦工業大学 学士論文，2015.3
- 2) (財)日本建築衛生管理教育センター：空気環境測定実施者講習会テキスト，日本建築衛生管理教育センター，2013.4
- 3) (財)ビル管理教育センター調査研究部：浮遊粉じん測定器 校正規格，ビル管理教育センター，2013.