

圧電天秤式粉じん計の特性に関する実測調査



粉じん計 実測調査 質量濃度
測定精度 浮遊粉じん

AJ15075 萩野 広大
指導教員 西村 直也

1. 研究の目的と背景

日本では建築物環境衛生管理基準において、おおむね粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん（以下 SPM）については質量濃度 $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ 以下に維持することが必要とされている。しかし数年前から、この SPM よりもさらに小さい粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の浮遊粉じん（以下 $\text{PM}_{2.5}$ ）による健康への影響が懸念されている。また近年、建物の高気密化、空調設備技術の発展、禁煙・分煙の推進などによって室内の空気環境の清浄化が進行し、室内粉じん量は低濃度化している。そのため、浮遊粉じんの測定をする機器にはより高い精度が要求されている。

浮遊粉じんの測定法として、建築物衛生法や大気汚染防止法などでは、ローボリウム・エアサンプラ（以下 LV）を用いた測定が標準的測定法として規定されている。原理としては、ポンプを用いて空気を吸い込み、浮遊する粉じんをろ紙に捕集、質量の増加量を秤量して質量濃度を算出するものである。しかし、空気中の粉じん量は極めて少なく、ろ紙上に捕集しても秤量できるだけの量を得るには非常に長時間の測定をしなければならない。また、ろ紙の秤量には高精度の電子天秤を必要とし、測定自体に熟練した技術が求められる。そのため、実際の現場での浮遊粉じん濃度の測定には、測定操作が容易かつ測定値時間が短い、デジタル粉じん計（以下 DDC）が用いられる。特に光散乱方式による DDC が一般に広く用いられている。粉じんの物性がほぼ一定の場合、粉じんの質量濃度と散乱光の強さが比例することを利用し、光散乱式粉じん計は浮遊粉じんにレーザーを照射、反射した散乱光の強さを測定することで、空気中の粉じんの質量濃度を求めることが可能である。しかし、光散乱式粉じん計はその測定原理上、粉じんの大きさや形状、色といった物性によって測定値に誤差が生じてくる。

（財）日本建築衛生管理教育センターが公表している「粉じん計較正規格」では、粉じん計の性能や構造等に関して技術上の基準を定めている。そこでは光散乱方式とは異なった原理の圧電天秤方式による粉じん計が言及されている。吸引した粒子の付着による水晶振動子の振動数低下から質量濃度を得る圧電天秤式粉じん計は、粉

じんの物性による影響がないため、光散乱式粉じん計よりも高精度の測定が可能であるとされている。しかしながら、圧電天秤式粉じん計に関する研究はわずかであり、実際のさまざまな粉じんが混在する建築空間において、正確な測定を行うことが可能であると評価するには不十分である。

以上の課題を踏まえ、本研究では、LV 法・光散乱法・圧電天秤法の異なる測定方法によって得られる浮遊粉じんの質量濃度の差から、圧電天秤式粉じん計の特性を調査し、時代変化に適した合理的な粉じん測定法を模索することを目的として、事務所ビルにおける浮遊粉じんの実測調査を行った。

2. 研究方法

本研究では、東京近郊の事務所ビル3ヶ所において、各建物2日ずつ合計6回の実測調査を行った。測定概要を表1に示す。測定は平日の通常業務を行う中で実施した。使用した測定機器を表2に示す。

表1 測定概要

建物名	測定日	測定時間	所在地
A1	2018/8/27	10:00~16:00	川崎市
A2	2018/8/28		
B1	2018/8/30		目黒区
B2	2018/8/31		
C1	2018/9/12		墨田区
C2	2018/9/13		

表2 測定機器

測定機器	測定対象	粉じん測定法	
LV	SPM	LV 法	
LD-3B	SPM	光散乱法	
LD-5	$\text{PM}_{2.5}$		
LD-5R	SPM		
DustTrak II 8532	$\text{PM}_{2.5}$		
圧電天秤式 粉じん計	1	SPM	圧電天秤法
	2	$\text{PM}_{2.5}$	

3. 結果

DDC による PM_{2.5} と SPM の質量濃度の測定結果を表 3 に示す。すべての建物において基準値 0.15mg/m³ を大きく下回っていた。また、ほとんどの建物において圧電天秤方式が、光散乱方式による測定値よりも大きな値をとる傾向にあった。

例として、建物 A2 での DDC による測定値のばらつきを図 1 に示す。箱ひげ図の描画には統計量「四分位数」を用い、四分位範囲(IQR)の 1.5 倍をひげの上下限に設定することで外れ値を検出した。測定対象 SPM および PM_{2.5} のどちらの測定機器においても、各 DDC の中央値に大きな差は見られなかった。しかし圧電天秤式粉じん計の測定値は、光散乱式粉じん計の測定値よりも変動が大きく、分散が大きくなっていることを示した。

本研究では LV による測定によって得られた質量濃度を実空間の粉じん量の真値とし、この値に DDC の測定によって得られる質量濃度が近づけばより良いと考える。LV と同じ SPM を測定対象とする 3 台の DDC の測定値を比較する。図は DDC と LV の質量濃度の測定結果を、縦軸を DDC の測定値、横軸を LV の測定値としてプロットし、機種ごとに回帰直線を求めたものである。これらの回帰直線の傾きが 1 に近いほど DDC の測定値が LV の測定値に近いということになる。表 4 に各 DDC の回帰直線の傾き、決定係数を示す。図 2 と表 より、圧電天秤式粉じん計の回帰直線の傾きは、比較的 1 に近いことが確認できる。しかし、決定係数が低く、測定値のばらつきが大きいので、圧電天秤式粉じん計の測定精度が高いとは言えない。既往の研究では、特定の試験粒子を一定の濃度に満たした空間での測定が行われ、その際には圧電天秤式粉じん計は LV に対して 1:1 に近い相関が得られることが確認されている。しかし本研究では、さまざまな種類の粉じんが混在する実空間での測定だったため、精度の良い測定が行えなかったと考える。

4. 結論

圧電天秤方式は、LV 法による浮遊粉じん質量濃度の真値に比較的近い値をとるものの、光散乱方式に比べると測定値のばらつきが大きくなることを示した。今後の課題として、圧電天秤式粉じん計の測定値の取り扱いの検討、測定データの収集・貯蓄を行う必要がある。

引用・参考文献

- 植山幸司, 横山辰巳: ピエゾバランス式粉じん計 MODEL3521 について, 作業環境/日本作業環境測定協会編, 26(5) pp. 26-30 2005. 9
- 公益財団法人 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 (第 3 版第 3 刷), pp140-161 2014. 3

表 3 DDC による質量濃度 [mg/m³]

建物名	SPM			PM _{2.5}		
	圧電天秤方式	光散乱方式		圧電天秤方式	光散乱方式	
		LD-3B	LD-5R		LD-5	DustTrak II
A1	0.012	0.008	0.003	0.019	0.003	0.005
A2	0.010	0.008	0.004	0.006	0.003	0.003
B1	0.010	0.011	0.006	0.013	0.008	0.006
B2	0.009	0.011	0.007	0.015	0.007	0.007
C1	0.003	0.011	0.005	0.007	0.005	0.006
C2	0.008	0.012	0.007	0.010	0.008	0.006

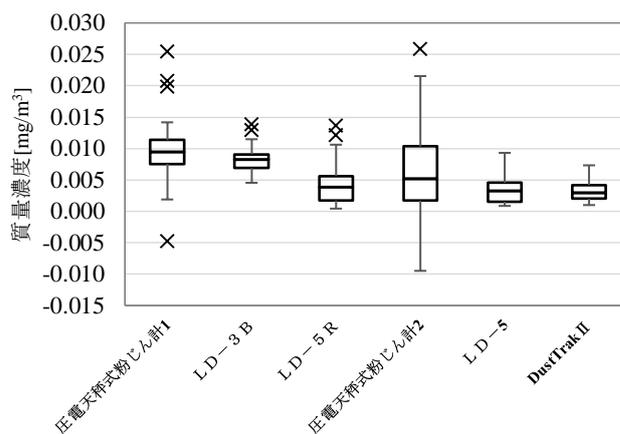


図 1 建物 A2 での測定値のばらつき

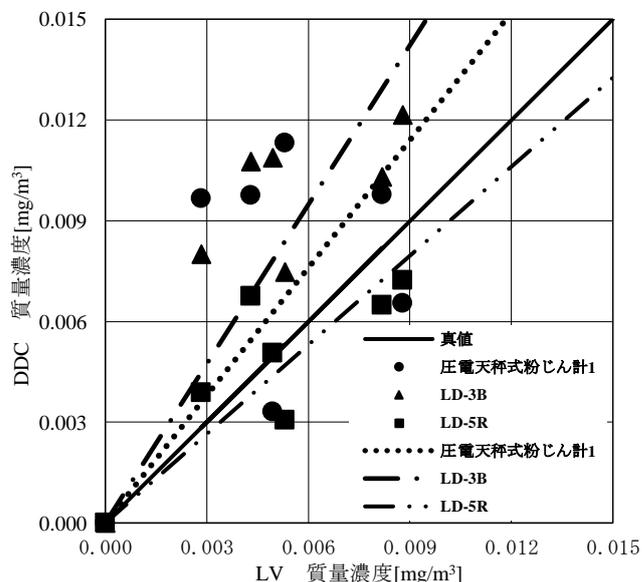


図 2 SPM における DDC と LV の測定値の関係

表 4 DDC と LV の測定値の関係の比較

測定機器	回帰直線	決定係数	傾き
圧電天秤式粉じん計 1	y=1.2661x	R ² =0.2830	1.2661
LD-3B	y=1.5799x	R ² =0.7064	1.5799
LD-5R	y=0.8839x	R ² =0.7494	0.8839