

光散乱式デジタル粉じん計の較正に関する研究
 ー較正用粒子の作成ー



粉じん計 浮遊粉じん 光散乱
 ステアリン酸 較正用粒子 較正体系

AJ12060 住谷 司
 指導教員 西村 直也

1. 概要

現在、空気環境の測定には光散乱式のデジタル粉じん計(以下 DDC)が広く使われている。DDC 較正時に用いられる較正用粒子の 0.3 μ m という粒径は適当な粒径でない可能性があり、較正に適切な粒径の検討が必要である。本報告では較正に適する様々な粒径のステアリン酸粒子(以下 SA 粒子)作成のための諸条件の検証及び 1.0 μ m の粒子の作成を行った。

2. 研究の背景と目的

近年、建物内での室内空気環境は、禁煙・分煙の推進、空気清浄技術の向上等によって大幅に改善され、室内粉じん量は低濃度化している。また、PM_{2.5} などの有害性のある微粒子に対する関心も高まってきている。このため高精度な測定と同時に正確な較正も求められている。

現在の浮遊粉じん測定法において基本となるのは、ロウポリウムエアサンプラ(以下 LV)を用いて、ろ過捕集を行い質量濃度の測定をする重量法である。しかし、LV は測定に長時間を要すること、捕集装置や精密天秤等の機械器具が必要であると同時に、ろ紙の秤量には熟練した技術が必要であることなどの問題がある。

そこで、現在実際の現場において広く使われるのは短時間で測定値が得られ、操作が容易である光散乱式 DDC である。光散乱式は、粉じんに光を照射した際に生じる散乱光量を測定することにより、空気中の粉じんの質量濃度を間接的に測定する方式である。

DDC の較正に用いられる粒子径 0.3 μ m の SA 酸粒子の粒子径は較正用粒子として適切ではない可能性がある。こういった経緯で SA 粒子が使用され始めたのかということに関して、過去の文献において明確な記述が見受けられない。粒子径に関しては Sinclair-La Mer の行った化学実験において作成されたものが 0.3 μ m であったこと、また現行の較正手法が始まった昭和 48 年頃において、SA 粒子は、粒度が均一であること、球形であること、大量に発生可能であることなど当時使用できる粒子としては優れている点が多かったため、較正用粒子として用いられるようになったと考えられる。そこで、より較正に適した粒子の検討を行う必要がある。

既往研究¹⁾において様々な粒径の粒子を作成可能な凝縮型粒子発生器(以下粒子発生器)を用いて粒子の作成を行ったが粒子発生器の設定を同一に行った場合でも形状や粒径分布が異なる粒子が発生するなど安定性に欠けていた。そこで、様々な粒径の SA 粒子を作成し、それを用いて較正に適切な粒径の把握を行うためにも好条件の粒子を安定して発生させる方法を検討する必要がある。

本報告においては、SA 酸粒子の形状の改善ならびに安定的発生のための諸条件の検証を行う。

さらに、浮遊粉じん測定器のロバスト性を持つ論理的な較正体系を提案する。

3. 手法

粒子発生器を使用して粒子を作成し、表 1 に示す測定機器を用いて粒径別個数濃度分布、電子顕微鏡を用いて形状の確認を行った。既往研究¹⁾でのデータがあること、また詳細な測定結果が得られる測定機器を用いることができることから粒径 0.3 μ m の SA 粒子作成をもとに各種設定要素の検討を行う。これによって得られた条件をもとに、粒径 1.0 μ m の SA 粒子の作成も行う。また、粒子形状の改善が期待できる外部ヒーターを粒子発生経路に取り入れ、好条件の粒子作成を目指す。外部ヒーターを図 1 に示す。

表 1 測定機器

測定項目	測定機器	測定範囲	測定方法
個数濃度	SMPS	0.3 - 10 μ m: 16ch	3分間測定を連続
	OPS	14.3 - 697.8nm: 108ch	1分間測定を適宜

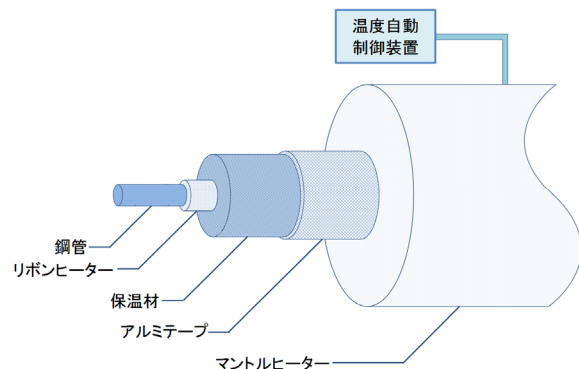


図 1 外部ヒーター

4. 結果

主に「粒子径」と「形状」の2つの観点から各要素の検討を行った。まず、粒子発生装置の5つの設定値について検討を行った。Total Flow と Saturator Flow の値によって粒子径が変動し、その変動幅は Total Flow の方がより支配的であるとわかった。Screen Flow の値により濃度がわずかに変動した。Saturator Temp. の値によって粒子径が大きく変動し、Total Flow 及び Saturator Flow と比べて、温度の上げ下げによる粒子径の変動は顕著である。このことから、目標とする粒子径に近い粒子が発生できる温度に設定した後に、Total Flow、Saturator Flow を操作し、粒子径を微調整するのが望ましいと考えられる。Reheater Temp. の値を変更することによって発生する粒子の粒子径及び形状が変化した。温度が高いと球形に近くなるが、粒子同士の溶着などが見られるようになり、逆に温度が低いと粒子の溶着は見られないが、粒子の形状が悪くなると同時に粒子径も小さくなった。また、粒子の核となる NaCl 溶液は新しいものを使用しないと、形状に悪影響を与えることがわかった。これは、放置することによって溶液の濃度が変化したことによると考えられる。シリカゲルも乾燥状態のものを使用することで、粒子形状の向上、粒子径の安定が見られた。最後にステアリン酸に関して、Saturator Temp. を 120℃以上に設定するとステアリン酸の変色、変質が起り粒子の形状に悪影響を与えることがわかった。また、外部ヒーターを取り入れると粒子形状が飛躍的に向上した。これは粒子発生器において作られた粒子がヒーター内で再加熱され成形されたためと考えられる。以上9項目をまとめた粒子の安定的発生のための諸条件を表1に示す。

ここで、既往の研究において最も良い結果だったものを 0.3μm 粒子を図2、1.0μm 粒子を図4に示す。また表1の条件を踏まえて作成した 0.3μm 粒子を図3、1.0μm 粒子を図5に示す。これより諸条件を調整によって 0.3μm と 1.0μm とともに粒径及び形状の改善が確認できた。

5. 結論

5.1 まとめ

- 1) 粒子発生器の設定値の他に NaCl 溶液、シリカゲル、ステアリン酸の状態によって粒子形状が影響されることがわかった。
- 2) また、これらの要素を検証し較正作業に適した SA 粒子を安定して発生させるための条件を提示した。
- 3) この条件のもとに粒径 1.0μm のステアリン酸粒子の作成を行い良好な粒子が得られた。

5.2 今後の課題

- 1) 今回得られた設定をもとに様々な粒径の SA 粒子の作成を行いより較正に適した粒径の検討をしたい。
- 2) 発生させた SA 粒子の濃度が不安定だったのでより正確な較正を行うための濃度調整方法の検証が必要である。

表1 SA 粒子の安定的発生のための諸条件

要素	条件
Total Flow	
Saturator Flow	求める粒子径に応じて適宜調整する。 Total FlowとSaturator Flowはできる限り近い値にする。
Screen Flow	
Saturator Temp.	求める粒子径に応じて適宜調整する。
Reheater Temp.	300℃(メーカー推奨値) ~ 330℃の範囲で設定する。
NaCl溶液	古くなったもの使用は避け、毎回新しく作り直したものを使用する。
シリカゲル	吸湿状態にあるもの使用は避け、よく乾燥させたものを使用する。
ステアリン酸	高温によって変質したもの使用は避ける。
外部ヒーター	55±5℃の範囲内で設定する。

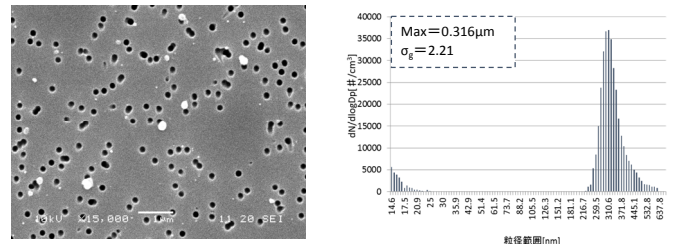


図2 既往研究での 0.3μm の SA 粒子画像及び個数濃度

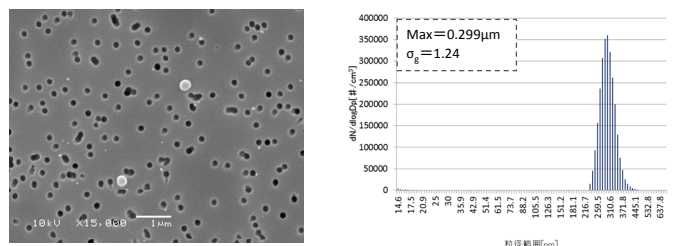


図3 本研究での 0.3μm の SA 粒子画像及び個数濃度

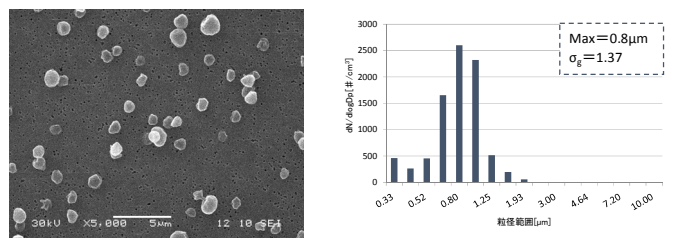


図4 既往研究での 1.0μm の SA 粒子画像及び個数濃度

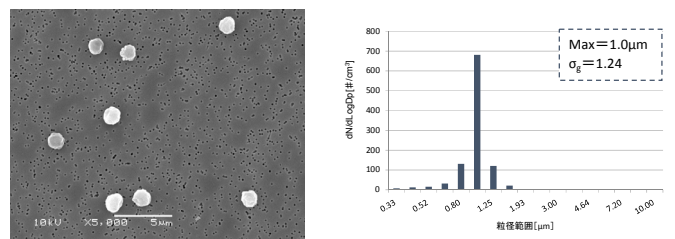


図5 本研究での 1.0μm の SA 粒子画像及び個数濃度

6. 引用・参考文献

- 1) 建部直弥：光散乱式粉じん計の較正に関する研究, 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 較正規格, ビル管理教育センター, 2013.4