

不確かさ指標による浮遊微粒子の分布評価



浮遊微粒子 個数濃度 粒度分布
 実測調査 モデル化 不確かさ

AJ15099 矢口 雄也
 指導教員 西村 直也

1. 研究の背景と目的

我が国では、建築物衛生管理基準によって「粒径 10 μm 以下の浮遊粉じん（SPM）の質量濃度については 0.15mg/m³以下」との形で管理されている。粒径 2.5 μm 以下の浮遊微粒子である PM_{2.5} は、排出ガスが光化学反応により粒子化したものである二次粒子が多く割合で含まれているため有害性が高い。また、粒径が 0.1 μm 以下の超微粒子は、気体分子の平均自由行程や可視光線の波長と同等の大きさであるため、それ以上の粒径の粒子とは物理的現象が大きく異なる。このように浮遊微粒子は粒径によって様々な性質を持っており、これらについて取り扱う際には、粒径が小さいものから大きいものまでの粒子の粒度分布や質量を把握する必要がある。したがって粒径というパラメータを持たない質量濃度を環境評価の基準とするのは不十分な可能性がある。また、個数濃度の分布は経験則から似たような形をとることがわかっているが、その標準モデルは確立されていない。

本研究では、近年開発された可搬型の SMPS と詳細に分類可能な LPC を使用し、10nm から 10 μm まで連続的な個数濃度のデータを長時間測定で採取し、個数濃度分布の把握とモデル化の検討を目的として実測を行った。

2. 研究方法

本研究では、実測調査の対象を事務所ビルとし、神奈川県 2ヶ所、東京都 8ヶ所、千葉県 1ヶ所の合計 11ヶ所において、各建物 2日ずつ合計 22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。記録はすべての機器において 1分間ずつ行った。

3. 測定結果・検証

(1) 質量濃度の測定結果

各建物の SPM と PM_{2.5} の質量濃度の測定結果を表 3 に示す。SPM に関しては、管理基準の 0.15mg/m³ を超えている建物はなかった。PM_{2.5} に関しては、管理基準は定められていないとはいえ、建物 A、E、I が他の建物と比べてやや高い値となった。

(2) 個数濃度の測定結果

例として図 1 に、建物 F、G、H、I における 1日の平均個数濃度を示す。図 1 は両軸を対数目盛で表示している。全体的な形は、粒径 10~1000nm までは弧を描くような形で、それ以降は直線的に減少している。

表 1 測定概要

建物	測定日	測定時間	所在地
A	2017/7/3	11:00~16:00	神奈川県
	2017/7/4	10:00~16:00	
B	2017/7/6,7	10:00~16:00	東京都
C	2017/7/11,12	10:00~16:00	千葉県
D	2017/7/14,18	10:00~16:00	東京都
E	2017/7/20,21	10:00~16:00	東京都
F	2018/8/22,23	10:00~16:00	東京都
G	2018/8/27,28	10:00~16:00	神奈川県
H	2018/8/30,31	10:00~16:00	東京都
I	2018/9/4,5	10:00~16:00	東京都
J	2018/9/7,10	10:00~16:00	東京都
K	2018/9/13	10:00~16:00	東京都

表 2 測定機器

測定項目	測定機器	測定対象
粒計別個数濃度	LPC OPS3330	10nm~0.3 μm
	SMPS NanoScan 3910	0.3 μm ~10 μm
質量濃度	LD-3	SPM
	LD-5	PM _{2.5}

表 3 各建物の SPM と PM_{2.5} の質量濃度

建物	SPM	PM _{2.5}	建物	SPM	PM _{2.5}
	[mg/cm ³]	[mg/cm ³]		[mg/cm ³]	[mg/cm ³]
A	0.028	0.027	F	0.010	0.006
B	0.013	0.010	G	0.008	0.003
C	0.014	0.010	H	0.011	0.007
D	0.011	0.009	I	0.025	0.016
E	0.017	0.017	J	0.007	0.003
			K	0.011	0.005

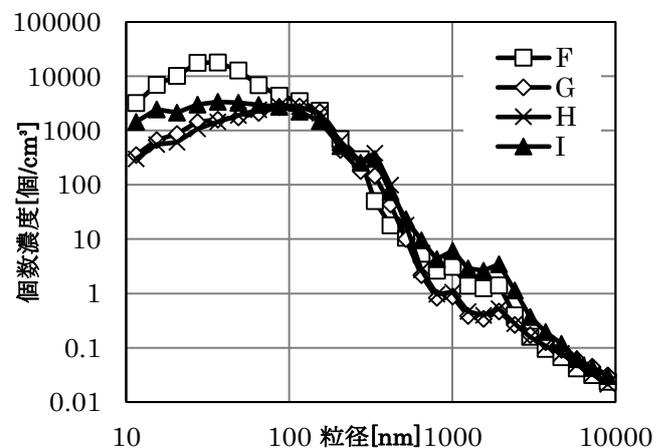


図 1 建物 F、G、H、I における一日の平均個数濃度

(3) モデル化の検討

粒径分布と個数濃度分布に対して対数をとったグラフ上で近似を行った。10~1000nm に対して $y=c-a(x-b)^2$ の二次曲線近似、1000~10000nm に対して $y=dx+e$ の一次直線近似を行い、得られた a~e の平均値を近似式に代入することで平均モデルを作成した。また本研究では各係数の標準偏差の95%信頼区間と不確かさの95%信頼区間を求め、それらの値すべての組み合わせのモデルを用いてばらつきの領域を表現した。標準偏差は今回測定したサンプル自体のばらつきを表し、標準偏差の95%信頼区間とは、データの確率分布が正規分布の場合、データの平均値を m、標準偏差を s とすると、 $m\pm 1.96s$ の区間内に95%のデータが含まれるというもので、データの外れ値をカットできる。不確かさとは、あらゆる測定に存在する疑わしさのことで、区間と信頼水準によって表す。標準不確かさ u の式は標準偏差を s、測定回数を n とすると、 $u=s/\sqrt{n}$ で表され、本研究における不確かさ U は、 $U=m\pm 1.96u$ の式を用いる。本来は、1つの実験を繰り返し、測定における不確かさを求める場合に用いるが、本研究では母平均のばらつきを求めるために用いている。各係数の平均と標準偏差を表4に、各係数の平均と標準不確かさを表5に、平均モデルと標準偏差・不確かさによる領域(補正なし)を図2に示す。中心の黒線が平均モデル、その周りの白色の部分の不確かさの領域、グレーの部分の標準偏差の領域を表す。図2より、不確かさの領域は狭く、母平均を推定するのに十分な実験回数を行うことができたと考えられる。標準偏差の領域は本研究の実測データには明らかに存在しない部分まで含んでいるので、補正を行った。変曲点の粒径における個数濃度の平均値・標準偏差95%信頼区間・不確かさ95%信頼区間をそれぞれ求め、その位置の区間を固定して領域を作成することで一次直線の過度なばらつきを抑えつつ、変曲点付近の領域も表現できた。また、cの範囲を $m\pm 1.96s$ 以内になるような組み合わせに制限することで、二次曲線の過度なばらつきを抑えた。補正後のグラフを図3に示す。これにより、平均モデルのばらつきを標準偏差の95%信頼区間を用いて実際のデータに近い形で表現することができた。

4. 結論

対象の事務所ビルの質量濃度が基準値以内であることを確認した。個数濃度分布を近似式の係数からモデル化し、ばらつきの表現の仕方について検討した。今後の課題として、係数どうしの相関を調べモデルの特性を模索することや、データの蓄積等が挙げられる。

引用・参考文献

- 1) 岡村 知明：ナノオーダー浮遊微粒子の粒度分布に関する研究,2017
- 2) 西村直也, 斉藤敬子：浮遊粒子状物質の粒径別個数濃度分布の実測, 空気調和・衛生工学会論文集,2018

表4 各係数の平均・標準偏差

	a	b	c	d	e
平均(m)	-2.08	1.65	3.77	-2.38	7.60
標準偏差(s)	0.41	0.15	0.42	0.50	1.78
m+1.96s	-1.28	1.95	4.59	-1.41	11.08
m-1.96s	-2.88	1.36	2.96	-3.35	4.12

表5 各係数の平均・標準不確かさ

	a	b	c	d	e
平均(m)	-2.08	1.65	3.77	-2.38	7.60
標準不確かさ(u)	0.04	0.01	0.04	0.04	0.16
m+1.96u	-2.01	1.68	3.84	-2.29	7.91
m-1.96u	-2.15	1.63	3.70	-2.47	7.29

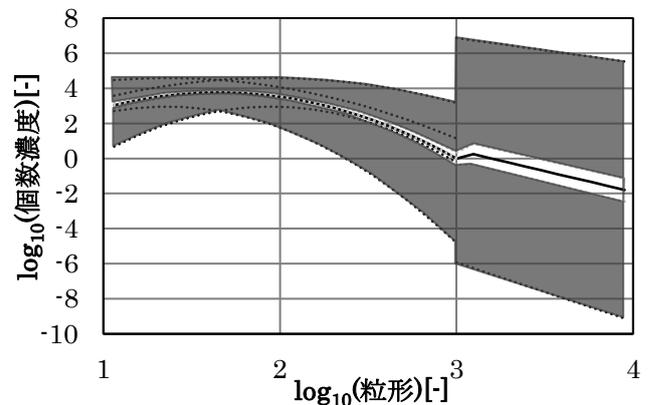


図2 平均モデルと標準偏差・不確かさによる領域(補正なし)

表6 変曲点の粒径における平均値・標準偏差・標準不確かさ

平均(m)	標準偏差(s)	m+1.96s	m-1.96s	標準不確かさ(u)	m+1.96u	m-1.96u
0.40	0.34	1.07	-0.28	0.03	0.46	0.34

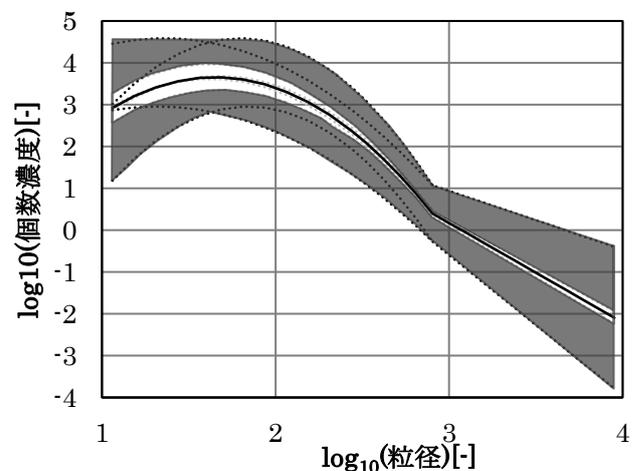


図3 平均モデルと標準偏差・不確かさによる領域(補正あり)