

室内浮遊微粒子の粒度分布の一般式作成に関する研究

建設工学専攻
建築環境工学研究

ME18023 岡村 知明
指導教員 西村 直也

1. 研究背景・目的

我が国では浮遊微粒子の基準として質量濃度について、建築室内ではおおむね 10 μm 以下 (SPM) で 0.15mg/m³ 以下、大気では 2.5 μm 以下 (PM_{2.5}) で 1 日 平均値 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下と定められている。近年、室内の質量濃度は低濃度化しており、実測した値は基準を大きく下回ることが多い。しかし浮遊微粒子は粒径によって有害性が異なり、粒径別の個数濃度である粒度分布での管理が必要と考えられる。粒度分布は 0.1 μm 以下で対数正規分布に近い分布性状となり、0.1~10 μm では「Junge の指数分布則」に従い両対数軸をとったグラフで一次直線的な分布となると言われているが、これらは経験則として把握されているにとどまり、また広範囲の粒度分布に関する報告は少ない。

既往の研究において室内における粒度分布の実態の把握及び分布についての一般式の作成を目的とし、事務所ビルにおける実測を行ってきた。昨年度までは粒度分布グラフの形状に着目して関数との近似を行い、近似式における係数を算出しグラフモデルの作成を行った。しかし作成したグラフモデルにおける標準偏差の領域について実際の分布のとりうる範囲を示しているが、非常に広い領域をとっているため粒度分布には異なる条件下における分布パターンが存在する可能性が見られた。本研究では、粒度分布パターンの存在を明らかにし、より精度の高い一般式作成を行うため、近似データの分析および空調フィルターによる影響の調査を行った。

2. 手法

測定機器を表 1 に示す。2 つの機器を使用することにより、10~10,000nm の粒度分布について粒径幅を 28ch に分級して測定することが可能となった。測定は 2017~2019 年度に東京近郊の事務所ビル 16 ヶ所にて各測定場所 2 日ずつ行い、平日の通常業務を行う 10~16 時に実施した。測定結果は 1 分間ごとに記録され、データの分析には 1 時間ごとの平均値を 185 時間分用いた。

3. 近似による一般式作成の検討

3. 1 近似グラフモデルの作成

昨年度までに行った粒度分布と関数との近似について記す。実測結果の例として 4 つの建物における 1 日 平均値の粒度分布を図 1 に示す。この図において横軸は粒径、縦軸は各粒径における個数濃度を表しており、両軸を対数表示した形で示している。この表示での粒度分布について近似することにより一般式を作成を試みる。対数表示の理由は、小粒径で対数正規分布をとるとすると両対数軸上では二次曲線の形をとるため、また大粒径では両対数軸上では一次直線の形をとるとされているためである。両軸に常用対数をとったグラフに対し 10~800nm で $y=c+a(x-b)^2$ の二次曲線、800~10,000nm で $y=dx+e$ の一次直線と近似を行った。a は曲率、b は個数濃度が極大値となる粒径に対数をとったもの、c は個数濃度の極大値に対数をとったもの、d は傾き、e は一次直線の切片を示す。二次曲線と

表 1 測定機器

測定項目	測定機器		測定対象
粒計別	SMPS	NanoScan 3910	0.3 μm ~10 μm
個数濃度	LPC	OPS3330	10nm~0.3 μm

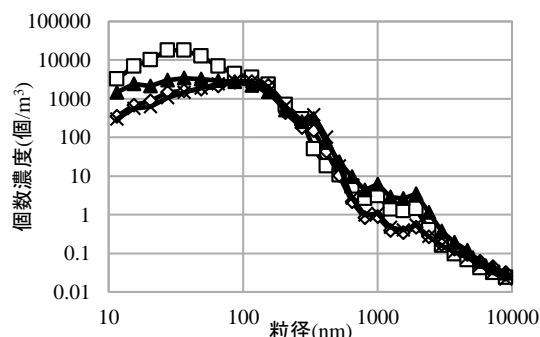


図 1 粒度分布の測定結果の例

表 2 近似式における各係数と決定係数

	a	b	c	R ²	d	e	R ²
平均	-2.33	1.68	3.75	0.97	-2.11	6.48	0.95
標準偏差	0.38	0.11	0.39	0.04	0.62	2.22	0.03
標準不確かさ	0.03	0.01	0.03		0.05	0.16	

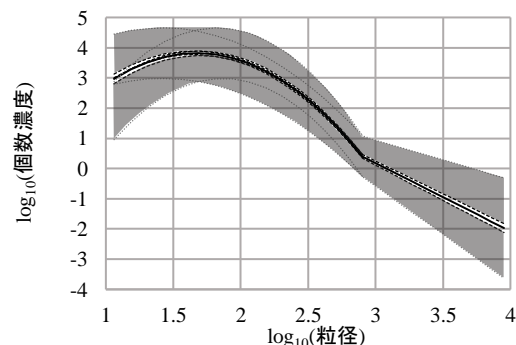


図 2 不確かさ、標準偏差を含む近似グラフモデル

一次直線の区切りを 800nm とした理由は、近似グラフモデル作成の際に変曲点を 800nm としたとき、実際の粒度分布グラフに最も近い形状をとると判断したためである。近似式から得られた係数と決定係数の平均、標準偏差、標準不確かさを表 2 に示す。粒度分布と関数との決定係数は平均で 0.97、0.95 と高い相関を示しており、近似によって一般式を作成することには正当性があると考えられる。

近似式における各係数 a~e の平均、標準偏差、標準不確かさを用い、粒度分布の近似グラフモデルの作成を行った。不確かさは今回用いた実測データの平均から、粒度分布の母平均の位置する範囲を推定するのに用いた。粒度分布の近似グラフモデルを図 2 に示す。この図において横軸は粒径に、縦軸は個数濃度にそれぞれ常用対数をとったものを示している。グレーの部分は標準偏差の範囲であり、使用し

たデータの95%分が分布する領域を示しているが、非常に広い領域をとっていることがわかる。これは各係数の標準偏差の値が大きく、その組み合わせにより領域を作成していることによるものである。よって、各係数同士の関係を考慮に入れて再度検討を行うことが必要である。

3. 2 分布パターンの調査

本年度では、より精度の高い一般式の作成を試みるため、実測した粒度分布の近似式において各係数同士の関係を調査した。室内の各係数同士の相関を表3に示す。aとb、aとdでそれぞれ-0.53、-0.54と高めの相関が見られることから、粒度分布には分布のパターンがあると仮定した。また室内に対する外気の影響を確認するため室内外の同係数同士で相関係数を調べた。室内外の相関を表4に示す。aは0.56、bは0.76とそれぞれ相関係数が異なり、dは相関が見られなかった。これにより粒度分布は室内と外気で異なる分布をとることを確認した。

分布パターンについて空調機のフィルターに着目し、樹脂フィルターと中性能フィルターでそれぞれ各係数について室内と外気を比較したところ、主に中性能フィルターにおいて係数の変化が大きい傾向が見られた。中性能フィルターにおける室内外のa、b、dのヒストグラムを図3(i)~(iii)に示す。a、bでは外気に比べ室内の分布の横幅が半分程度になり、数値のばらつきが小さいことがわかる。dでは室内でも広く分布しているが、全体的に0に近い方にずれ、グラフにおける傾きが小さくなる傾向がある。樹脂フィルターについては各係数でばらつきが大きく特徴的な傾向は見られないため省略する。

中性能フィルターにおける各係数の平均、標準偏差、標準不確かさを算出し、モデルを作成した。各係数を表5、モデルを図4に示す。表5より表2に示した値と比べ、各係数で標準偏差が小さく、dでは平均値についても大きく異なっている。図4より、中性能フィルターの分布では図2に示した室内全体のグラフと異なる分布をとっていることがわかり、標準偏差の領域についてもより小さい範囲をとっていることがわかる。これにより中性能フィルターを使用した建物における分布パターンの存在を示した。

4. まとめ

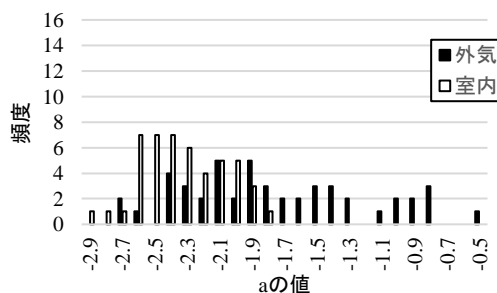
本年度では、粒度分布に分布パターンがあると仮定し、近似式における各係数の関係、空調フィルターによる影響の調査を行った。その結果、粒度分布は室内と外気で異なる分布をとること、室内において空調に中性能フィルターを用いた建物では特徴的な分布をとることを示した。また中性能フィルターについて粒度分布の近似式における各係数を算出し、近似モデルグラフを作成した。今後の課題として、中性能フィルターに関して、粒度分布データの蓄積、dの値のばらつきの原因調査が挙げられる。

【参考文献】

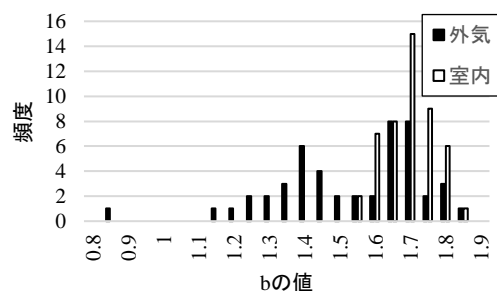
- 1) 矢口雄也[他]: 不確かさ指標による浮遊微粒子の分布評価, 第36回空気清浄とコンタミネーションコントロール研究大会予稿集, p95-97, 2019.4
- 2) 西村直也[他]: 浮遊粒子状物質の粒径別個数濃度の実測, 空気調和・衛生工学会論文集, p59-64, 2018.5

表4 室内の各係数の相関 表5 室内外の相関

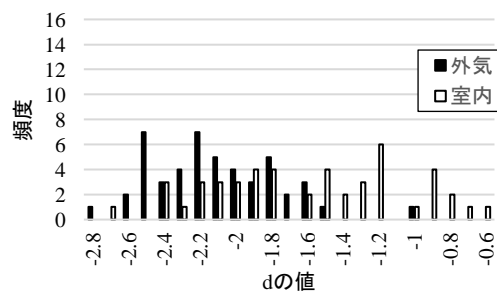
表4 室内の各係数の相関		表5 室内外の相関	
	相関係数		相関係数
aとb	-0.53	a: 室内と外気	0.56
aとc	-0.19	b: 室内と外気	0.76
aとd	-0.54	c: 室内と外気	0.42
bとc	-0.38	d: 室内と外気	0.09
bとd	0.20		
cとd	-0.28		



(i) aの分布の室内外の比較



(ii) bの分布の室内外の比較



(iii) dの分布の室内外の比較

図3 中性能フィルターでの各係数のヒストグラム

表5 中性能フィルターにおける各係数

	a	b	c	d	e
平均	-2.37	1.67	3.57	-1.65	4.74
標準偏差	0.25	0.07	0.25	0.52	1.79
標準不確かさ	0.04	0.01	0.04	0.08	0.26

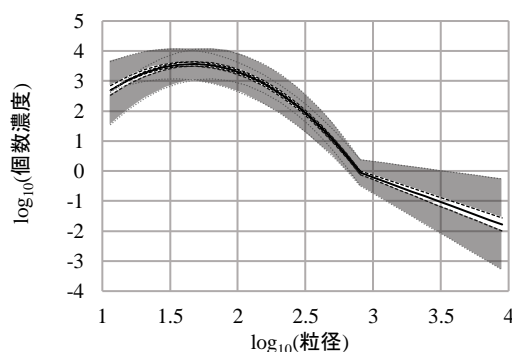


図4 中性能フィルターにおける近似グラフモデル