

建築室内における浮遊粒子状物質の粒度分布に関する研究

建設工学専攻

ME19093 矢口 雄也

建築環境工学研究

指導教員 西村 直也

1. 研究背景・目的

日本では、建築物衛生管理基準によって「おおむね粒径 10 μm 以下の浮遊粉じん (SPM) の質量濃度は 0.15mg/m³ 以下」と定められている。近年、建築室内の浮遊粉じんの質量濃度は室内禁煙や分煙などの影響もあり低濃度化しており、実測値は室内の管理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の大きさによって性質が異なり、粒径別の個数濃度である粒度分布での管理も必要だと考えられる。現在では一般的に、x 軸を粒径、y 軸を個数濃度で示される粒度分布は、粒径 0.1 μm 以下で対数正規分布に近い概形となり、両軸を対数表示にすると二次曲線を描くと言われているが、これは経験則として把握されているにとどまり、一般的な分布特性は確立されていない。

既往の報告^{1),2)}において、室内における浮遊微粒子の実測と粒度分布の概形の把握、一般式作成の検討を行ってきた。昨年度までは粒度分布グラフに対して関数との近似を行い、その近似式の係数を組み合わせてモデルの作成を行った。作成したモデルにおいて、一次関数と二次関数の二種類の関数を組み合わせて粒度分布を表現し、ばらつき度合いも示していたが、実際の測定データに近いばらつき度合いとは若干異なる場合も見られた。

本報告では、粒度分布パターンの存在を明らかにするため、10~1,000nm の範囲について四次曲線で近似を行い尖度・歪度などの既往研究とは異なるパラメータを用いて分析を行った。

2. 手法

測定機器を Table1 に示す。二種類の機器を用いて粒径 10~10,000nm の範囲について個数濃度を測定した。1,000~10,000nm の範囲については「Junge の指数分布則」に従い、両軸を対数表示した際の分布が一次直線に近い概形となることから、昨年までの実測結果からも確認できたため、まだ分布性状がよくわかっていない 10~1,000nm の曲線部分に注目し、その曲線の概形の特徴を分析するため、四次曲線による近似を行った。その際、尖度・歪度を調べた。測定は 2017~2020 年に東京近郊の事務所ビル 19 ヶ所にて各測定場所 2~4 日ずつ行い、平日の通常業務を行う時間帯に実施した。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 239 時間分用い、10~1,000nm の範囲について分析を行った。

3. 粒度分布の分析結果

3. 1 粒度分布の四次曲線近似

例として建物 F、G、H、I における 1 日平均値の粒度分布を Fig.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。室内外の粒度分布を近似した四次式の各係数と決定係数、粒度分布の尖度・歪度の平均と標準偏差を Table2、3 に示す。四次式を $y=ax^4+bx^3+cx^2+dx+e$ と置くと、係数 a~e のばらつきは大きいですが、いずれの場合でも決定係数 R² は室内で 0.99、室外で 0.98 と極めて高い値を示す。このことよ

Table1 Measuring equipments

Subject	Measuring equipments	Object
Particle number concentration	SMPS NanoScan 3910	0.3 μm ~10 μm
	LPC OPS3330	10nm~0.3 μm

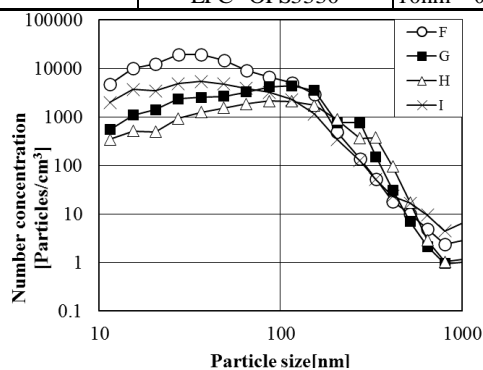


Fig.1 Example of particle size distribution measurement results

Table2 Each coefficient and coefficient of determination, kurtosis/skewness (in)

	a	b	c	d	e	R ²	Kurt	Skew
Mean	0.75	-6.23	16.67	-17.01	8.84	0.99	-0.26	-0.89
Standard deviation	0.87	7.03	20.65	26.01	11.73	0.02	0.76	0.27

Table3 Each coefficient and coefficient of determination, kurtosis/skewness (out)

	a	b	c	d	e	R ²	Kurt	Skew
Mean	1.13	-9.25	25.66	-29.23	15.65	0.98	-0.68	-0.79
Standard deviation	0.84	6.81	20.05	25.38	11.59	0.02	0.59	0.25

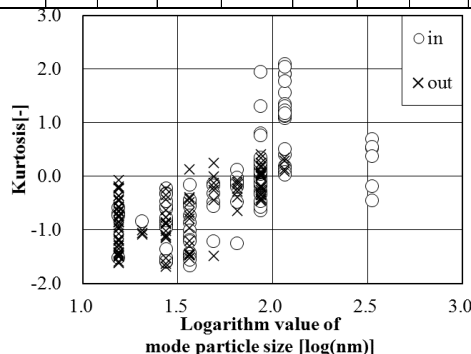


Fig.2 Kurtosis and mode (rasin filter)

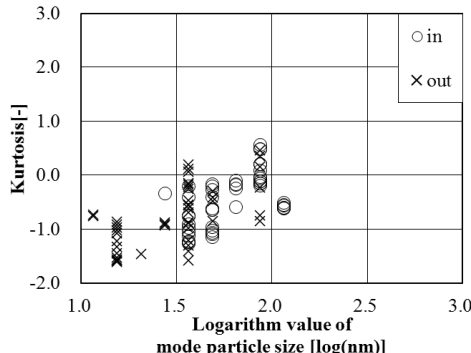


Fig.3 Kurtosis and mode (middle class filter)

り、粒度分布に対して四次関数を用いたモデルとすることは十分な妥当性があると言える。尖度の平均値は室内・室外ともに負の値となっているため、粒度分布は正規分布よりも平坦な形となる傾向がある可能性がある。また、歪度の平均値も室内・室外ともに負の値となり、粒度分布は正規分布よりも右側に歪む傾向がある可能性があることが分かった。

3. 2 尖度と歪度による分析

粒度分布において、尖度・歪度が分布の形状の変化に影響を与えているかを確認するために、曲線のピークとなっている粒径の特性に注目した。そこで、室内外において粒度分布の最大値の粒径と尖度・歪度との関係を調べた。なお、空調機のフィルターの違いによる粒度分布の変化も考慮するために、樹脂フィルターを使用している建物と中性能フィルターを使用している建物で場合分けを行っている。粒度分布の最大値の粒径と、尖度・歪度の関係を Fig.2~5 に示す。Fig.2 と Fig.3 より、室内外ともに最大値の粒径が大きくなるにつれて、尖度の値も大きくなっていることが分かる。Fig.4 と Fig.5 では、最大値の粒径が大きくなるにつれて歪度の値は小さくなっていることが分かった。これより、尖度・歪度の値の変化が粒度分布の概形に直接的に変化をもたらしていることが確認できた。また、フィルター別で比較すると、樹脂フィルターの場合のほうが中性能フィルターの場合の時よりも最大値の粒径のばらつきと尖度・歪度のばらつきが大きくなっており、特に室内でのデータに大きなばらつきが見られた。このことから、中性能フィルターを介した空気では、粒度分布のピークの粒径や、尖度・歪度の値をある程度均一化されている可能性が見られた。また、Fig.2~5 より、尖度に関するグラフでは右肩上がりの傾向があり、歪度に関するグラフでは右肩下がりの傾向があったため、尖度の値と歪度の値にも何らかの関係性がある可能性が見られた。樹脂フィルターの場合の室内外における尖度と歪度の相関関係を Fig.6 に、中性能フィルターの場合の室内外における尖度と歪度の相関関係を Fig.7 に示す。図の右上には、室内・室外それぞれの分布について近似した直線の式と決定係数を示している。Fig.6、Fig.7 より、尖度と歪度には極めて強い相関関係があることが示されている。つまり、粒度分布において、尖度が大きくなる（より尖った分布になる）と、歪度は小さくなる（中心より右に歪む）傾向が明確にみられた。直線近似した際の傾きや切片の変化はあまり見られなかったが、フィルターの違いによるばらつきや決定係数の変化は確認できた。

4. まとめ

本年度では、10~1,000nm の粒度分布について分布特性を調べるために、尖度・歪度・最大値の粒径について分析を行い、尖度・歪度が粒度分布に直接的な影響を与えていることと、フィルター別の室内外の尖度・歪度とピーク時の粒径の関係の特徴について述べ、尖度と歪度には強い相関関係があることを示した。今後の課題として、粒度分布データの蓄積や、尖度と歪度が相関を持つ原因の調査などが挙げられる。

【参考文献】

- 岡村 知明:室内浮遊微粒子の粒度分布の一般式作成に関する研究, 芝浦工業大学修士論文, 2020.2
- 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

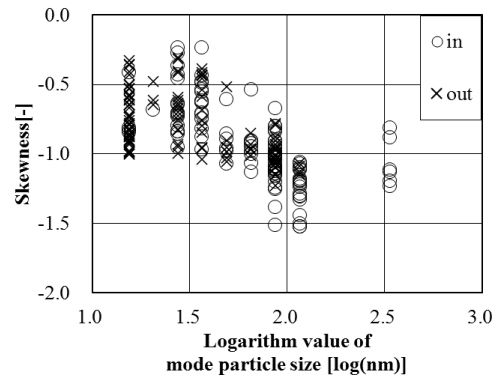


Fig. 4 Skewness and mode(rasin filter)

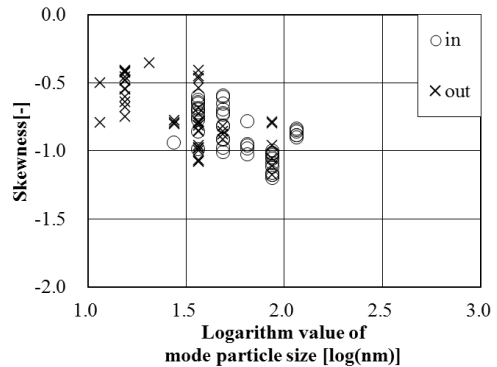


Fig. 5 Skewness and mode(middle class filter)

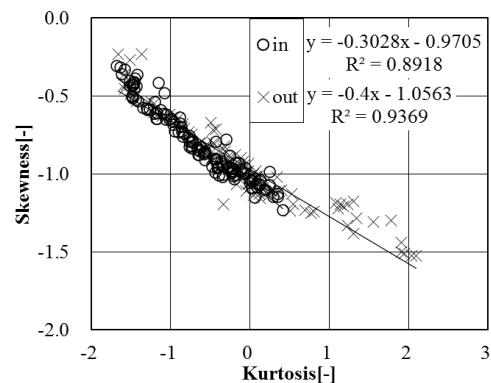


Fig. 6 Correlation between kurtosis and skewness(rasin filter)

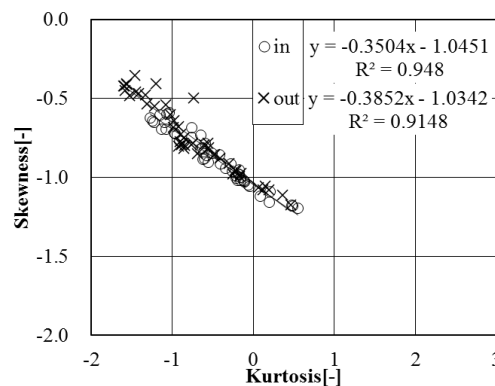


Fig. 7 Correlation between kurtosis and skewness(middle class filter)

- 高橋幹二: エアロゾル学の基礎, 日本エアロゾル学会, 2003.7