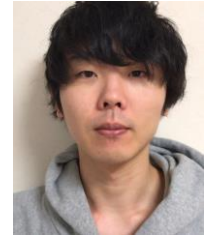


室内 SPM の経時的変化に関する研究
 - 統計的モデルへの適合性 -



浮遊粒子状物質 質量濃度 実測調査
 モデル化 相関係数 ヒストグラム

AJ16110 横田 莉生
 指導教員 西村 直也

1. はじめに

我々が生活している室内空間には、人間の活動や自然発生などにより様々な粒子状物質が存在している。浮遊粒子状物質（SPM）は特に粒径が概ね 10 μ m 以下の粒子状物質を指し、微小なため長期間大気中に留まり、人間の呼吸器系に影響を及ぼしやすいことで問題になる。建築物室内におけるこうした影響を防ぐために我が国では、「建築物における衛生的環境の確保に関する法律（通称：建築物衛生法）」が制定されている。建築物衛生法には特定建築物における様々な規定があり、SPM の質量濃度については 0.15mg/m³以下となることが定められている。また特定建築物において、SPM 濃度を始めとしたいくつかの基準が守られているかを確認する立ち入り検査が定期的に行われている。立ち入り検査時に違反があった場合は、改善が指示されるが、実際に計測される SPM 濃度は十分に低く、建築物衛生法において問題になる事は少ない。ただし計測された結果には時間的な揺らぎが見られ、建物毎で揺らぎは異なる。こうした揺らぎをモデル化することができれば、立ち入り検査時の時間短縮や手順の省略などの成果が見込まれる。

本研究では、これまでに計測された SPM 濃度の実測データを用い、時間的な揺らぎをモデル化することを目的とし、実測データに有効に近似する分布形状を検討する事を目的とした。

2. 手法

本研究では 2012 年~2019 年度に事務所ビル 26 ヶ所を対象に、のべ 51 回計測を行った SPM の実測データを用いた。測定に用いた機器は光散乱式デジタル粉塵計(SIBATA LD-3)であり、建築物衛生法基準に準じて(公財)日本建築衛生管理教育センターにて較正が行われたものである。この機器を用いて、1 回の計測を 6 時間とし、1 分間のデータを取得して、合計 360 データを 1 セットとして用いた。なお、この機器は同法に基づいて、CPM(Count Per Minutes)という単位を用いており 1[cpm]=0.001[mg/cm³]として設定され、測定結果も CPM 値として出力される。なお、実際には較正に用いた粒子と実際の SPM との密度差等をして較正係数 1.3[-]を乗じたものが SPM 濃度として用いられる。

$$(\text{SPM 濃度}[\text{mg}/\text{cm}^3])=(\text{CPM 値}[-])\times 0.001[\text{mg}/\text{m}^3]\times 1.3[-]$$

表 1 特徴のある分布の相関係数

Fig.No	Distribution	Correlation Coefficient
Fig.1	Poisson distribution	0.98
Fig.2	Normal distribution	1.00
Fig.3	Weibull distribution	0.98

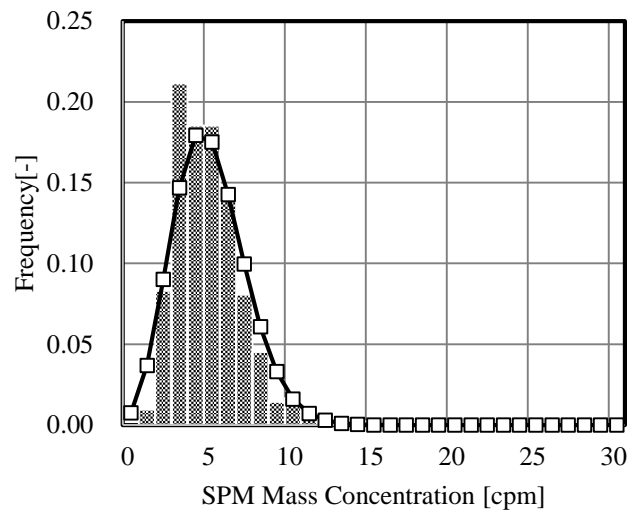


図 1 Poisson 分布との相関が高いヒストグラム

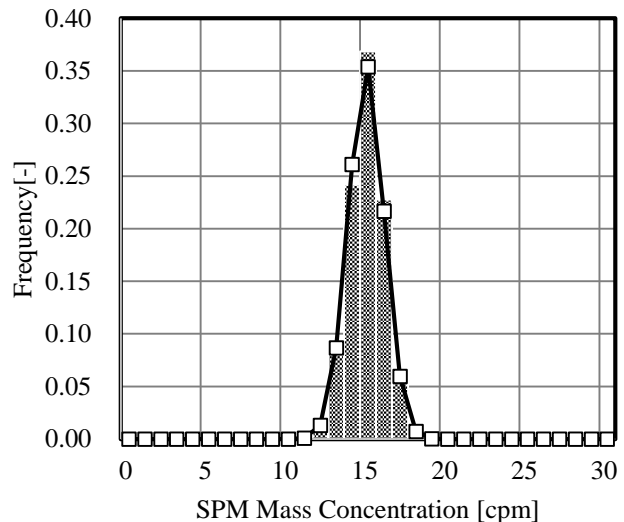


図 2 正規分布との相関が高いヒストグラム

但し、今回の報告では SPM の時系列的な存在確率の分布性情のみを対象としているので、各分布における CPM 値を累積する形で頻度グラフを作成し検討を行った。

こうした形で得られた頻度グラフに対して、Poisson 分布、Weibull 分布、正規分布へのフィッティングを行った。この3つの分布でフィッティングを行った理由としては、1)粒子の発生を偶発的な事象と捉えると Poisson 分布、2)粒子の発生を何らかのトラブルに起因する事象と捉えると Weibull 分布、3)偶発的な事象が連続したものと捉えると正規分布、となるからである。

Poisson 分布について式(1)、正規分布について式(2)、Weibull 分布について式(3)に示す。

$$(1) P(x=k)=\lambda^k e^{-\lambda}/k! \quad (\lambda > 0)$$

$$(2) F(x)=1/\sigma\sqrt{2\pi} \cdot \exp[-(x-\mu)^2/2\sigma^2]$$

$$(\mu \in \mathbb{R}, \sigma^2 > 0)$$

$$(3) F(t)=m/\eta(t/\eta)^{m-1} \cdot \exp[-(t/\eta)^m]$$

(1)式において確率変数 X は母数 λ のポアソン分布に従う。

(2)式において μ は母平均、σ は母標準偏差である。

(3)式において m は形状パラメータ、η は尺度パラメータと呼ばれる。なお、Weibull 分布については、形状に関するパラメータ m は一般解を算出する事は難しいとされている。そのためここでは Weibull 分布の確率分布の累計が、グラフ上で 1 になるように m を変える形でフィッティングを行っている。

3. 結果と考察

以上のプロセスを経て、各データに対して最小2乗法によりフィッティングを行った。なお適合度検定を行う際には通常カイ二乗検定などを使用するが、ここでは正規分布以外の分布に対してもフィッティングを行っているため、相関係数のみでの適合度の度合いの算出した。

図1に Poisson 分布とフィッティングを行った結果を示す。図1が示すように、Poisson 分布との相関係数が高い場合、横に広がったなだらかな山形となることが多い。そのため、そうした形になる場合は Poisson 分布に従うと考えられる。図2に正規分布とフィッティングを行った結果を示す。図2が示すように、正規分布との相関係数は尖った山形でも高くなる傾向にあるが、なだらかな山形でも比較的高いという特徴がある。但し、平均濃度が低い場合は相関係数が低い傾向にあるため、正規分布には従わないと考えられる。図3に Weibull 分布とフィッティングを行った結果を示す。図3が示すように Weibull 分布でも尖った山形は相関係数が高い場合がある。しかし、Weibull 分布においては相関係数が低い場合もあるため、一概に考察できない。これは Weibull 分布、正規分布ともに分布形状を決めるパラメータが2つであり、複雑な式であることが理由として考えられる。図4に SPM の平均質

量濃度とそれに対して各分布にフィッティングを行った際の相関係数を示す。この図より、平均質量濃度と相関係数の間にはあまり関係が無い事が分かる。

4. まとめ

相関係数の高さとしては、正規分布と Weibull 分布が Poisson 分布よりも良い結果となったが、Poisson 分布でも十分に良好な結果となった。しかし正規分布と Weibull 分布は分布形状を決めるパラメータが2つ必要であるため、実測において使用するには必要パラメータの少なさも加味すると、Poisson 分布で十分であると考えられる。

今後の課題として、今回は検定手法として相関係数を用いたが、より多角的な検定手法がないか検討が必要である。また、相関係数が極度に低い場合の検証も必要である。また、今後は粒度分布との比較も併せて検定していく必要がある。

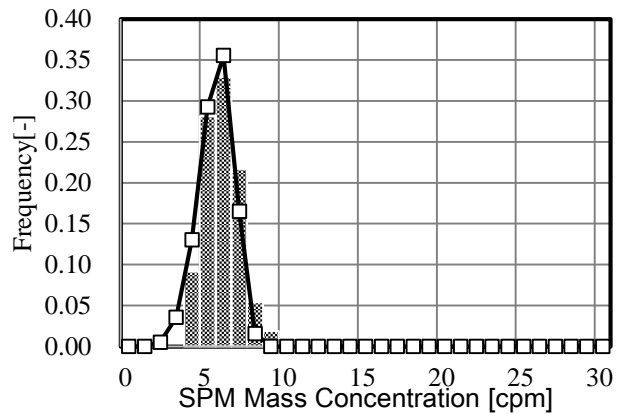


図3 Weibull 分布との相関が高いヒストグラム

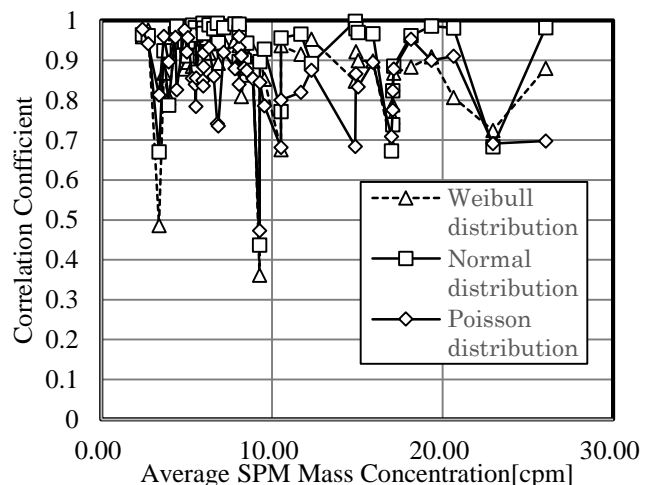


図4 SPM 平均質量濃度と相関係数の関係

引用・参考文献

- 1) I.ガッドマン、S.S.ウィルクス：「工科系のための統計概論」1968年
- 2) 高橋幹二：エアロゾル学の基礎、日本エアロゾル学会2003.7