

事務所ビルにおけるアクティビティが IAQ に与える影響

W O 2 0 2 0 根本 摩耶

指導教員 西村 直也

1. 背景・目的

近年、エネルギー消費量の観点より建築物の換気量は抑制される傾向にあり、室内空気質 (IAQ) の悪化が懸念されている。また、情報化社会の進展に伴い、OA 機器の使用頻度が増加したことでその設置密度が上昇し、それらから発生する汚染物質が IAQ に悪影響を及ぼすとの懸念が示されている¹⁾。

室内環境中には外気由来以外にも汚染物質を発生させる要因が幾つも存在している。主な発生源としては、人間・たばこ・調理器具・掃除機・コピー機・建材・内装塗料などがある。

これら汚染物質に対し浮遊粒子状物質 (SPM) については、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) では相対沈降径が概ね 10 μm 以下の浮遊粉じんの重量濃度についてのみ規定がされている²⁾。

しかし、SPM の生体影響は粒径が小さい粒子ほど人体に与える影響が大きいことが近年の疫学調査によって明らかとなった²⁾。これをうけ、大気環境分野では 2.5 μm 以下の粒子 (PM2.5) に対する規制が検討されている。そのため、室内環境でも詳細な実態把握と、粒径別個数濃度に関する知見、問題となる粒子の発生源についての研究が必要とされている。

本研究では、建築物のなかでも実測例の少ない事務所ビルにおいて空気環境の精密測定を行った。事務所ビルは OA 機器や空調設備などさまざまな発じん要因が混在する環境でありながら、労働者にとっては非常に滞在時間が長く、場合によっては住宅で過ごす時間よりも長い場所である。よって、より室内の空気質汚染による人体への影響が心配される。測定は浮遊粒子状物質の質量濃度・粒径別個数濃度に加えて、これらの発生源の一つとなる室内での人間や OA 機器の動作・作業量 (=アクティビティ) も同時に計測した。

更に、このような実労働環境中の測定から得られた結果より、アクティビティの変化が各濃度に与える影響を、それらの相互関係や変化量の違いから比較検討する。またアクティビティが粒子濃度に及ぼす作用の傾向や特徴を把握し、また各要因がどの程度発生量に起因しているのかを推測する事を目的とする。

2. 実測調査

測定は、都内の事務所ビル2件を対象として4回(東京1:3回, 東京2:1回)、いずれも平日昼間の実使用時間に室内外の SPM 濃度・温湿度の測定を行い、併せてアクティビティの調査および空調設備に関する聞き取り調査を行った。(表1参照)

SPM 粒径別個数濃度については、レーザーパーティクルカウンタ (LPC) と走査型モビリティ粒径分析器 (SMPS) を用いて、また、SPM 質量濃度についてはデジタル粉じん計とピエゾバランス粉じん計を用いて測定を行った。アクティビティについては、室内の在室者の数と、パソコン、プリンタ (コピー機含む) の使用変化を、また、聞き取り調査については、建物概要と測定環境、空調設備について実施した。(表2参照)

ここで測定時間を24時間と定めているが、今回の解析に用いるのは空調時間帯のみとした。これは通常、非空調時間帯は労働時間外であり、アクティビティに関係なく著しい濃度変化が起こることを考慮したためである。また、開始時間は空調の立ち上がりを考え、空調開始後30分以後のデータを対象とした。

表1 調査概要

	東京1-1	東京1-2	東京1-3	東京2
調査日	2005. 8. 23-24	2005. 10. 17-18	2005. 12. 12-13	2005. 10. 24-25
測定時間	23H	24H	24H	24H
天候	雨	晴れ	晴れ	雨のち曇
空調時間	7:30~20:00	7:30~18:00	7:30~18:00	8:00~18:00
室内側測定場所	執務室	執務室	執務室	執務室
室外側測定場所	エントランス	エントランス	エントランス	同層階窓

表2 測定項目

測定項目	測定対象	概要
SPM濃度測定	個数濃度	SMPS...3分間隔で連続測定 LPC...10L (=3.53分) の連続測定
	質量濃度	デジタル粉じん計...1分間隔で連続測定 ピエゾバランス粉じん計...2分間測定を2回連続(1時間毎)
温湿度測定		自己記録温湿度計...1分毎の連続測定
アクティビティ調査	人	10分間隔で在室者の活動状況を計測
	パソコン	10分間隔でパソコンのON・OFF台数を計測
	プリンタ	10分間のプリンタの印刷枚数を計測
聞き取り調査	建物概要	竣工年・建物延床・測定室延床
	測定環境	開口部方位・主要材料・喫煙状況・事務機器
	空調設備	空調方式・設計換気量、給気量・換気の種類等

3. アクティビティの定義

室内環境での粒子濃度には、外気由来以外に室内にその発生源を持つとされる粒子状物質が加わる。測定に際し、室内空間における人体や事務機器等からの発じんによる影響を考慮するにあたっては、室内の発生源をアクティビティとして定義する必要がある。

そこで今回は、既往の研究^{1) 3) 4)}より、比較的発じん量が多く、人体への影響が大きいとされる在室者・パソコン・プリンタ（コピー機も含む）を室内のアクティビティを示す指標として取り上げ、数の変動や作業量の変化を調査する。それぞれの状態と定義の詳細については表3に示す。

4. 測定結果

LPCによるSPM粒径別個数濃度の測定結果を図1に示す。今回は、粒径区分が0.3,0.5,0.7,1.0,2.0,5.0 μm の6段階の累積値を差分値に変換し、対数目盛をとった

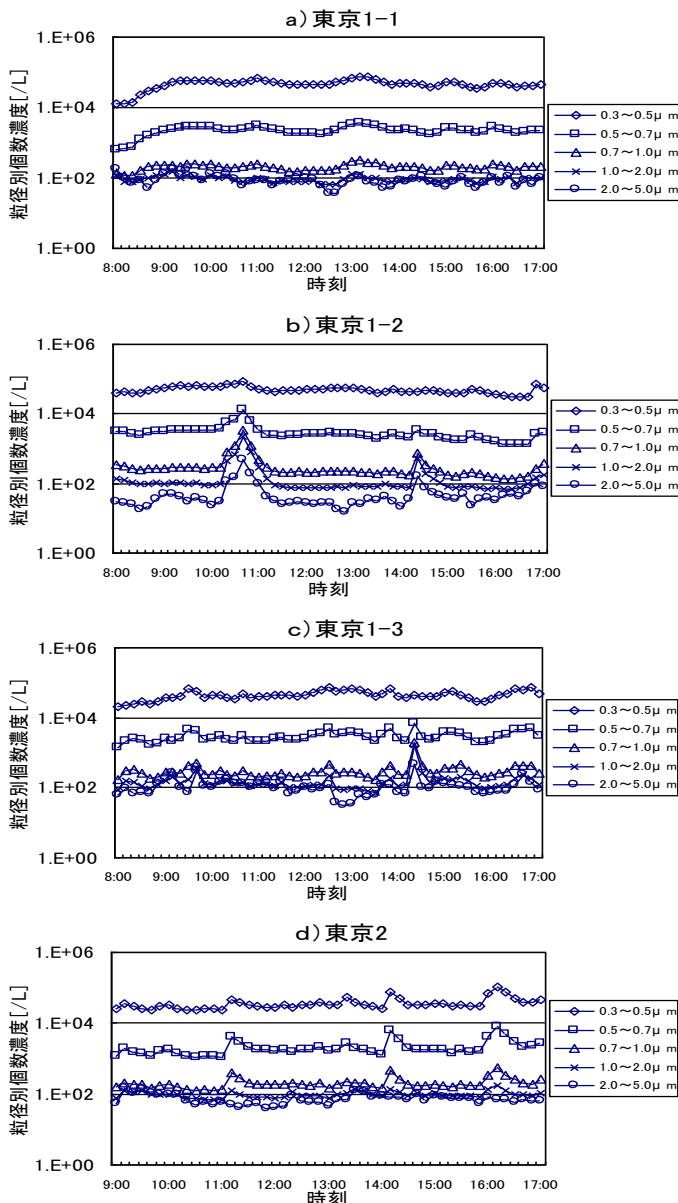


図1 LPCのSPM粒径別個数濃度

ものをLPCのSPM粒径別個数濃度とした。

SMPSによるSPM粒径別個数濃度の測定結果を図2に示す。今回の測定は14.3~649nmで32チャンネルに分割しているが、そのうち5つの粒径を取り上げ比較を行っている。

LPCは3.53分間隔、SMPSは3分間隔で計測を行ったが、共に測定間隔が10分間隔に最も近いものを取り出し測定結果とした。各測定結果を図1, 2に示す。

表3 アクティビティの定義

	対象	区分	概要
在室者	測定室内にいる全ての人	A	座っている
		B	その他
パソコン	測定室内に設置された全てのパソコン	ON	電源が入っている（待機中も含む）
		OFF	電源が入っていない
プリンタ	測定室内に設置されたレーザー出力機器（カラー・白黒）		印刷された紙の枚数（白紙は含まない）

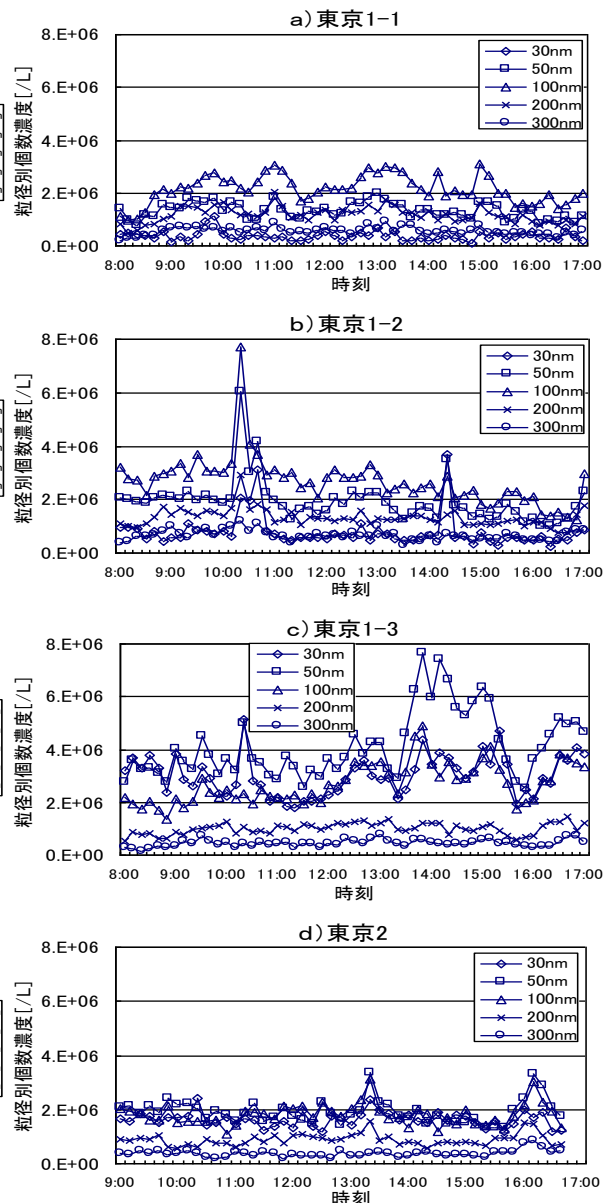


図2 SMPSのSPM粒径別個数濃度

5. 粒子個数濃度とアクティビティの相関

SPM 濃度とアクティビティの相関を図3, 4に示す。在室者については、各時間のA,B 合計人数で相関をとった。全体的に相関の殆どは弱いものであった。その中から、比較的相関の強くみられた箇所について以下に述べる。

まず在室者について粒径別にみると、50~500nm (0.5 μ m) の範囲では、在室者の数が増すにつれて個数濃度も高くなるような傾向がややみられる。また、30nm 以下になるとその相関は弱まっている。

パソコンについては、全般的に在室者と同じかそれ以上に強い傾向が著しく見られるが、これはパソコンの使用にあたっては人間の存在が欠かすことが出来ず、一般的に各個人のパソコンは執務者の帰宅時間まで電源が消されることがない。そのため計測されたデータは変化量の少ないものが多かった。これらのことを相関の強くなった素因として考慮すると、パソコンから直接の発じんがあることを示すものかは不明な点もある。

プリンタについては、相関図からはほとんど関係がみられない。そこで相関係数により評価を試みた。0.5~0.7 μ m 以下では弱い正の相関が見られた計測もあった。また、200nm 以下の粒径でもやや弱い正の相関が測定環境によってみられた。プリンタの印刷枚数は、

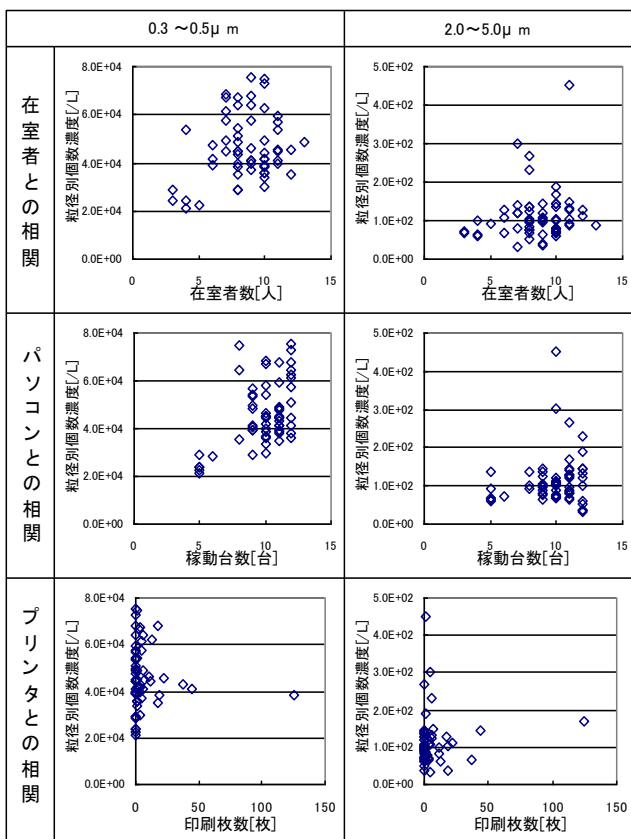


図3 粒径0.3~5.0 μ mの粒子の個数濃度との相関

その変化の差が顕著に現れるが、一日の中で使用される回数がまばらであり、ある程度以上の印刷が連続して行われないとその影響はみられないのではないかとされる。また、測定機器から遠い位置に設置されていたことも、相関が現れにくくなった原因の一つではないかと考える。

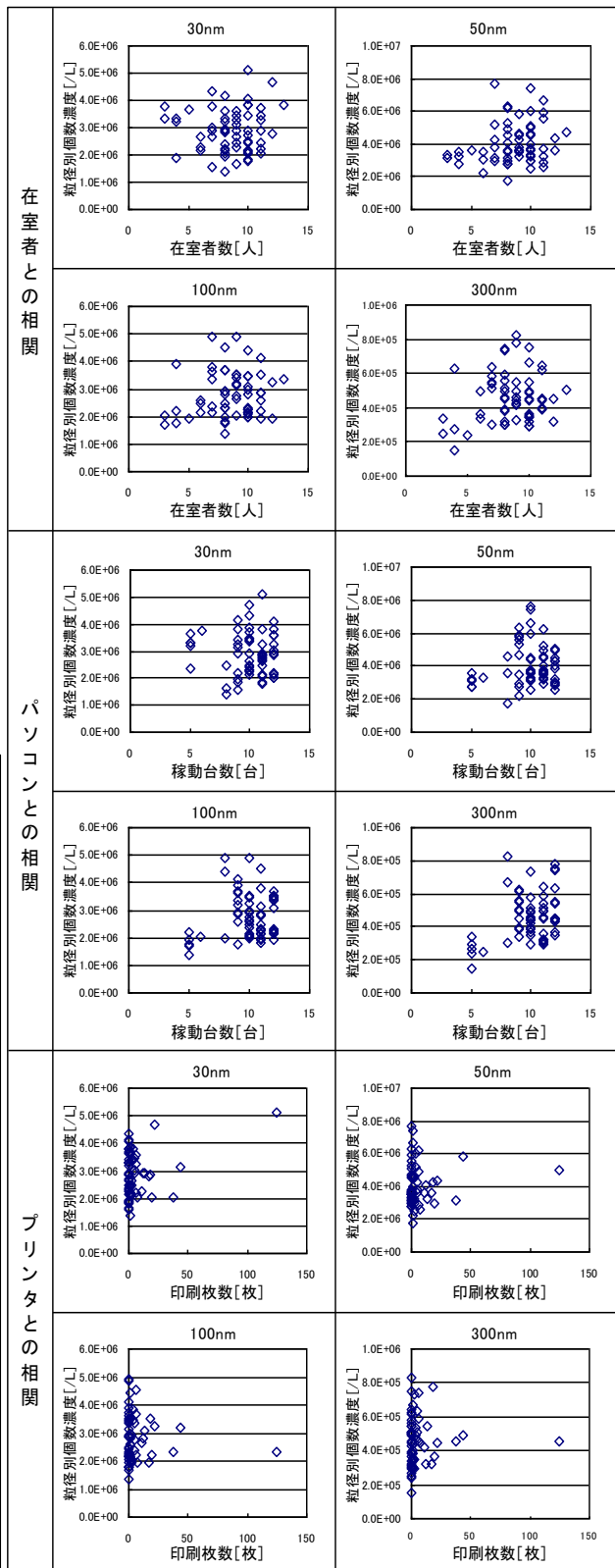


図4 粒径0.1 μ m以下の粒子の個数濃度との相関

6. 時系列変化による検討

粒径別の個数濃度に対して、アクティビティが与える影響について、時系列での変化から検討した。図5より、東京1-1における時刻 T_1 、 T_2 では、プリンタの使用枚数が増えると粒径50nmの粒子個数が大きくなる傾向が明確に見られる。東京1-3での時刻 T_4 においてもやや同様の傾向が見られる。

一方で、東京1-2における時刻 T_3 では、人間の数の急増に伴って粒径0.3 μm の粒子個数の急増が見られるが、粒径50nmの粒子個数はあまり変わらない。

ここでは、顕著にあらわれている例のみを図示したが、同様の傾向は今回の測定全般に見られた。但し、東京1に比べ東京2の方がその現れ方が明確ではない傾向がある。

これらのことより、プリンタから粒径50nmの粒子が、あるいは人間から粒径0.3 μm の粒子が発生している様子が伺える。但し、これらは空調方式や部屋のレイアウトなどに大きく左右されることが想定されるので、更に詳細な検討が必要と思われる。

7. 研究の成果と今後の課題

本調査より以下のような知見を得た。

- 1) SPM濃度変化には室内の活動状況の変化が著しく影響している。
- 2) 人間には粒径0.3 μm 付近の粒子が、プリンタには粒径50nm付近の粒子が関係している。

今後の課題としては、事務所空間に対応するアクティビティ毎の詳細かつ正確な発じん特性の把握、また空調の実運転環境下での換気の影響把握が必要である。

【謝辞】

本研究は平成17年度厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)「建築物における環境衛生に関する研究(代表者:目黒克巳)」により行った。記してここに感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 並木則和: 第21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, P112-114, 2003
- 2) 平成16年度厚生労働科学研究費補助金(健康科学総合研究事業)「建築物における環境衛生に関する研究」報告書
- 3) 堀場容平: プリンタの科学物質特性と室内空気汚染, P115-117, 2003
- 4) 堀場容平: 室内空間における超微粒子および微粒子の粒径別把握とモデル化, 東京工業大学大学院情報理工学研究科情報環境学専攻, 修士論文, 2003

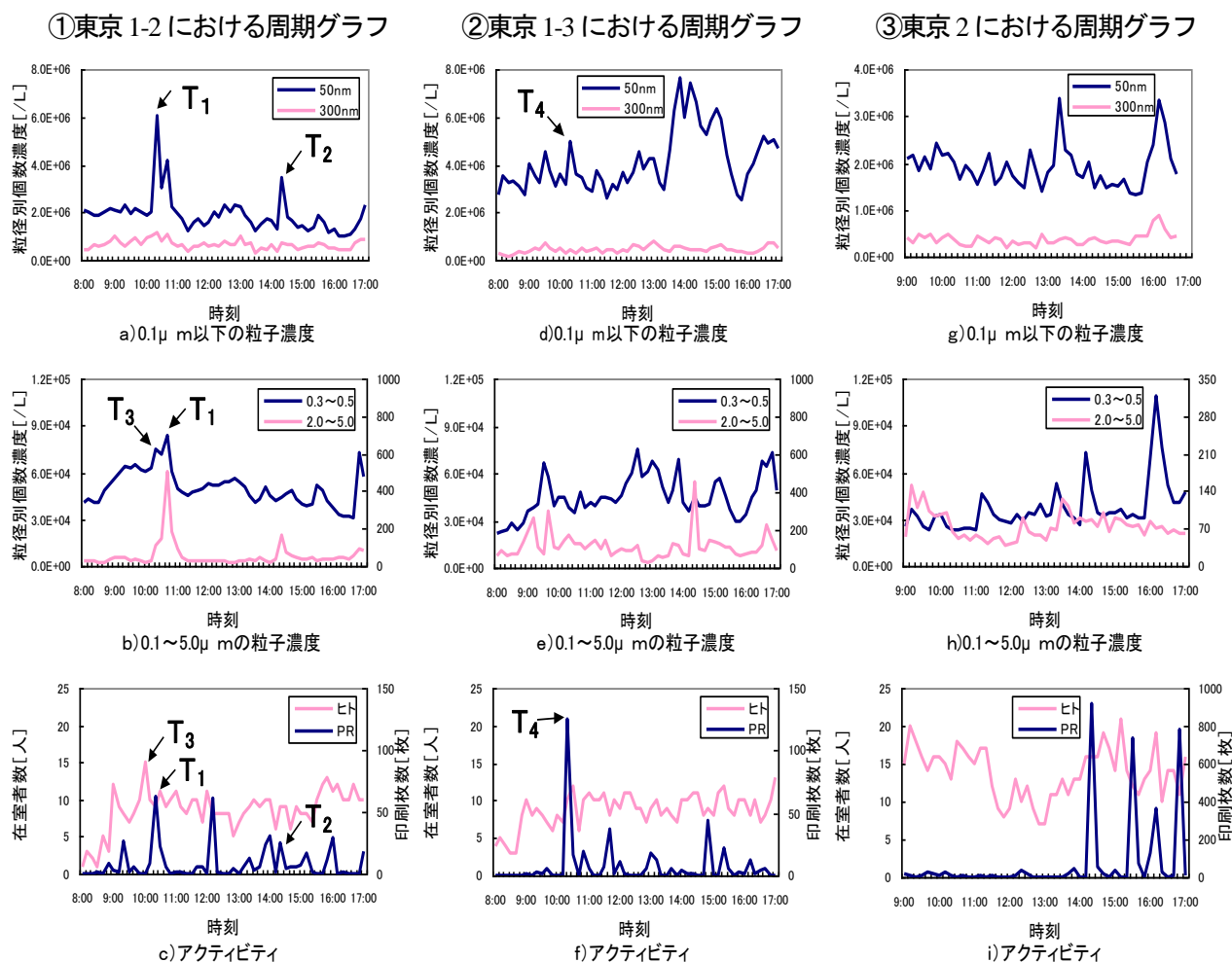


図5 アクティビティと粒度別個数濃度の関係