

実測調査 SPM MPPS
I/O 比 透過率 フィルター

AJ16106 村上 優介
指導教員 西村 直也



1. 研究の背景と目的

現代、都市部に事務所ビルが集中し、1日の多くを事務所内で過ごす人々が大半である。特定建築物に指定される大規模な建物は、開閉できる窓が少なく、ほとんどが空調システムで建物内の空気を循環させている。そうした中で、空調や換気設備に不良があると、清浄度の低い空気が循環することになり、健康影響に及ぶ可能性がある。そのため、建物内部での空気環境が良好か懸念される。空気環境は、人的要因、外的要因、また空調機などによって影響される。通常、我々が使用している空調機は室内に空気を流入する際に外気を取り込むが、その際フィルターを通す。しかし室内の空気の全てがフィルターを通過している訳ではない。また室内で発生する浮遊粒子状物質(Suspended Particulate Matter, SPM)もある。

本研究では、室内の空気と室外の空気の比較をして、その際のフィルターの影響や10nm~10μmまでの粒度分布を把握し、I/O比などから検討を行うことを目的とする。

2. 手法

2019年度に東京近郊における事務所4ヶ所において、各建物二日間ずつ室内外の空気環境の実測調査を行った。建物名の数字は何日目かを表している。比較対象として2018年度に測定を行った建物(A~E)の実験データも使用する。2019年度の夏季に行ったF~Iの建物において室内の環境測定は平日の通常業務が行われる時間帯(10時~16時)に測定を行った。外気においてF~Hでは測定機器にチューブをつなぎ、室内の空気が影響されないように配慮して、窓の外から測定を行った。建物Iでは屋外の雨や風の影響が比較的少ない場所に機器を置いて測定を行った。測定されたデータは1分間ずつ記録され、合計6時間分のデータの記録を行った。粒径別個数濃度を測定する際には、10nm~0.3μmまではNanoScan SMPS3910、0.3μm~10μmはOPS3330を使用した。(表2参照)

また、I/O比は(1)式より求める。

$$I/O \text{ 比} = \text{室内濃度(I)} \div \text{屋外濃度(O)} \quad (1)$$

I/O比が1より大きくなると、室内濃度(I)が高いことを示すため、その汚染物質は室内で発生している可能性が高いか、または外気の影響を受けていることになる。このI/O比を透過率と見なし、粒径ごとの理論式の透過率との比較も行っていく。またその際に、透過率が最大

表1 建物概要

Building	Total floor area [m ²]	Completion year	Filter	Air conditioning system
A(1,2)	-	-	粗塵	-
B(1,2)	-	1997	粗塵	-
C(1,2)	-	1986	粗塵	-
D(1,2)	12,215	1988	粗塵	中央式
E(1,2)	-	-	粗塵	-
F(1,2)	111658	1975	中性能	中央式
G(1,2)	111272	1958	中性能	中央式
H(1,2)	-	-	中性能	中央式
I(1,2)	98536	0.403	中性能	中央式

表2 測定機器

Measurement item	Measurement equipment	Measurement target	Measurement time
粒径別個数濃度	NanoScan SMPS3910	10nm~0.3μm	1分間毎に1回
	OPS3330	0.3μm~10μm	

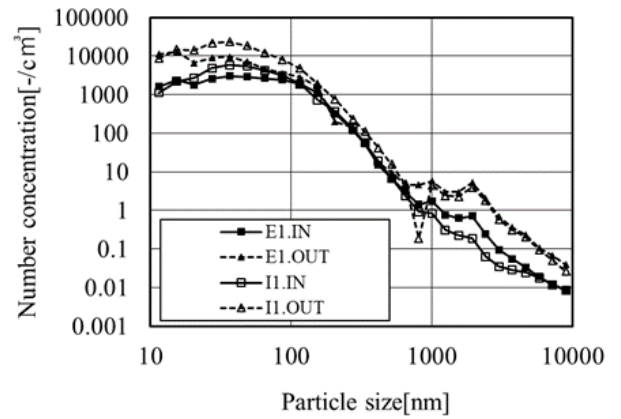


図1 E1とI1の室内外の個数濃度

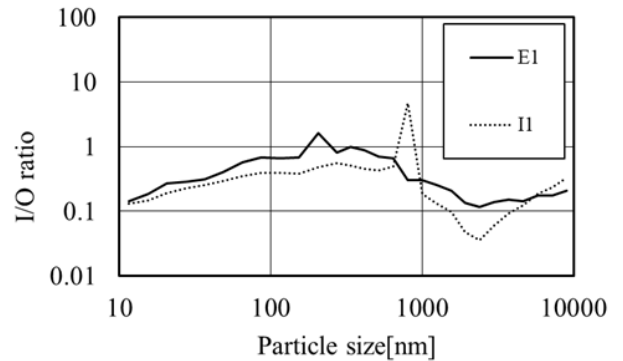


図2 E1とI1のI/O比

となる粒径、最大透過粒径(Most Penetrating Particle Size,MPPS)についても着目する。これは、全てのエアフィルターにMPPSが存在しており一般的に0.2~0.3 μm の粒径が最も透過しやすく、これより小さい粒子や大きい粒子は捕集されやすいと言われているためである。

3. 実測結果

以下に結果の一例としてE1とIIの結果を示す。

(1) 個数濃度の測定結果

室内外ともに全ての建物が図1,2と同様に11.5~115nmまでは個数濃度が上がる傾向があり、154nm以降下がる傾向があった。IIの外気において804nmで急に減少しているのは、機械の不具合であると考えられる。また2018年度と2019年度との違いは見られなかった。

(2) I/O比

IIの804nmにおいてかなり大きな値になっているのは、機械の不具合により外気の個数濃度が測定できなかったのが原因であると考えられる。E1とIIを比較すると、IIの方がE1より全体的にI/O比が下回っている。これは粗塵フィルターよりも中性能フィルターの捕集率が高いためだと考えられる。しかし粗塵フィルターの捕集率は45~82%、中性能フィルターの捕集率は60~90%であるが、I/O比より全ての建物において最低捕集率を下回っている。これはフィルターの劣化が発生していると考えられる。また18件中14件で0.2~0.3 μm 近くの粒径が多数検出されたが、この傾向については(3)にて検討する。(表3参照)

(3) I/O比と透過率の相関

理論式による透過率とE1、IIの各粒径のI/O比を表4に示す。また各建物のI/O比と透過率の相関を表5に示す。I/O比と透過率の相関は、全ての建物で相関が見られた。これらの傾向は、室内の空気は外気がエアフィルターを通過して侵入していることを示しており、ドアや窓などからの直接侵入分や室内での発生が小さいことを示唆している。そのため全ての建物においてフィルターの依存があったと言える。しかしE2も機械の不具合により室内外ともに205nmの個数濃度を微少の測定値だったため、205nmを除いた粒径で相関を調べたところ、0.677であり、他の建物と同様の値を算出できた。

【引用・参考文献】

- 1) ウィリアム C.ハインズ,早川一也監訳. (1985) ,エアロゾルテクノロジー : 井上書院
- 2) 岡村 知明 (2017) .ナノオーダー浮遊粒子の粒度分布に関する研究. 芝浦工業大学学士論文
- 3) 東京ダイレック株式会社
<https://www.t-dylec.net/service/ops3330/> (閲覧日:1月6日)
https://www.t-dylec.net/service/nanoscan_smps3910/ (閲覧日:1月6日)
- 4) 日本メックス株式会社
<https://www.meccs.co.jp/column/93/> (閲覧日:1月26日)

4. まとめ

本研究によって得られた知見を以下に示す。

- 1) 室内の空気環境は10nm~2000nmまでは外気に依存しており、2000nm~10000nmは室内において発生しているSPMである可能性が高い。
- 2) 3の(1)、(2)より実際に空調機のフィルターにおいても0.2~0.3 μm 付近にてすり抜けが発生していることが明らかになった。
- 3) 2018、2019年度に実測を行った建物の空調機のフィルターの劣化が発生している恐れがあると推察ができる。
 今後の課題として、2018、2019年度ともに実測において機械の不具合が生じ、特定の粒径に対して正常なデータを採取できていないため、再度正常なデータをもとに検証する必要がある。またデータ蓄積のために他のフィルターが使用されている空調機の建物においても実測を行い検証して比較する必要がある。

表3 各建物のMPPS

Building	Most penetrating size[nm]	I/O ratio
A1	273	1.31
A2	646	0.602
B1	205	0.331
B2	205	0.205
C1	205	0.764
C2	205	0.770
D1	205	2.58
D2	205	0.961
E1	205	1.62
E2	154	0.850
F1	86.6	0.579
F2	154	0.611
G1	205	0.683
G2	86.6	0.258
H1	273	0.920
I2	154	0.403

表4 各粒径のE1とIIのI/O比

Particle size [μm]	I/O ratio(Logarithm)		Collection rate(Logarithm)
	E1	II	
0.01	-0.840	-0.886	-9.62
0.02	-0.569	-0.719	-2.81
0.05	-0.392	-0.530	0.382
0.1	-0.178	-0.403	1.18
0.2	0.211	-0.318	1.40
0.5	-0.151	-0.371	0.396
1	-0.521	-0.730	-4.56
2	-0.863	-1.32	-20.6

表5 I/O比と透過率の相関

2018年		2019年	
Building	Correlation	Building	Correlation
A1	0.849	F1	0.953
A2	0.904	F2	0.906
B1	0.55	G1	0.422
B2	0.233	G2	0.512
C1	0.787	H1	0.834
C2	0.744	H2	0.938
D1	0.742	I1	0.972
D2	0.865	I2	0.954
E1	0.802		
E2	0.387		