

建築室内におけるPM_{2.5}の実態に関する研究

建設工学専攻
建築環境工学研究

ME13063 なかざわけんこ
指導教員 中沢健吾
西村直也

1. 背景と目的

現在、浮遊粒子状物質に関する管理のあり方が見直されつつある。浮遊粒子状物質には一次粒子と二次生成粒子が存在する。一次粒子は自然崩壊によって発生するが、二次生成粒子は工場排気などのガス状物質として排出され大気中の光化学反応により発生するものであり、二次生成粒子には有害性が強いものが多く存在する。また、一般的に一次粒子は粒径が2.5 μm 以上の粗大粒子が多いが、二次生成粒子は2.5 μm 以下の微小なものが多い。我が国では「建築物における衛生的環境確保に関する法律」(通称建築物衛生法)が定められた1970年代と比べ概ね10 μm 以下の粒子状物質(SPM)の質量濃度は大幅に減少しているが、近年浮遊粒子状物質は小さくなる傾向が見られる。その代表例として2.5 μm 以下の微小粒子状物質(PM_{2.5})がある。PM_{2.5}は粗大粒子と比較すると肺の奥深くまで入りやすく、血管を通り全身に入り込むため人体への影響について懸念されている。さらに動物実験では奇形児の誕生など次世代にまで影響が及ぶことが分かっている。2009年に施行されたPM_{2.5}の大気における環境基準を超えることが多くなってきたため、2013年には注意喚起のための暫定的な指針が示されている。

特定建築物の室内は建築物衛生法によりSPMについては、粉じん計を用いて法定点検が行われている。一方でPM_{2.5}は大気に関する環境基準があり、モニタリングされ多くのデータがあるが、室内におけるPM_{2.5}濃度の報告は少ない。本研究では、有害性が高いとされるPM_{2.5}の実測調査を建築室内で行い、PM_{2.5}の現状把握とデータの蓄積を行う。また、環境省認証測定器である5030 SHARP Monitor (以下SHARP)を基準とし、SPM測定器を改造したPM_{2.5}測定器と比較測定することによりこれらの機器の示す測定値を検討することを目的とする。

2. 測定概要

本研究では、東京都と福岡県の事務所ビルを対象に室内と外気の測定を同時に行なった。表1に測定機器及び項目を示す。表2に各事務所の概要、表3に空調方式及びフィルタ捕集効率を示す。測定は対象の建物に各測定器を設置し約1週間の連続測定を行う。8時間の連続測定の機器に関しては、事務所の通常業務が行われている9:00から18:00の間で行う。外気の測定に関しては、外部に機器を設置出来ないため、各機器にチューブを取り付け窓から外に出し測定を行う。また、実測調査を行う事務所に対して、空調設備など概要について把握するために事前にアンケート調査を実施した。表4、5に冬季と夏季の測定期間を示す。

3. 結果・考察

3.1 測定結果

今回の実測調査では、建築物衛生法により定められた項目に関して、相対湿度、二酸化炭素濃度、気流速度で基準を超える建物がいくつかあったが、実測を行う室内は概ね良好な環境になっていると言える。

PM_{2.5}濃度に関して、環境省認証測定器であるSHARPによる測定値を大気における環境基準と比較し評価を行う。表6に大気におけるPM_{2.5}の環境基準を示す。今回の実測調査では基準値を超えたのは冬季の建物Hのみだった。その時の日平均値は38.27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。図1に建物Hの測定値を示す。1日を通して測定値は高めになっていたが、17時の測定値が急に高くなっていた

表1 測定機器及び項目

機器	測定対象	測定方法
IAQmonitor	温度	1分間の測定を連続8時間
	相対湿度	
	一酸化炭素	
	二酸化炭素	
Climomastar	気流速度	1分間の測定を連続1週間
LD-3	浮遊粉じん濃度	
LD-5	PM _{2.5} 総質量濃度	1分間の測定を連続1週間
Dust Trak II		1時間の測定を連続1週間
Sharp Monitor		1分間の測定を連続1週間
OPS3330	粒径別個数濃度	1分間の測定を連続1週間

表2 建物概要

建物名	場所	築年数	延床面積 [m ²]	室内測定場所(測定対象)		
				床面積[m ²]	天井高[m]	容積[m ³]
A	東京	40年	110,000	900	3.0	2,700
B		40年	10,000	130	2.5	325
C		54年	10,000	40	2.0	80
D		30年	3,500	50	3.0	150
E	福岡	41年	7,000	65	3.0	195
F		43年	47,000	160	2.5	400
G		45年	7,500	130	2.5	325
H		25年	1,400	40	2.5	100
I		27年	16,000	50	2.5	125

表3 空調方式及びフィルタ補修効率

建物名	空調方式	フィルタ捕集効率	換気の種類
A	AHU(CAV)	中性能フィルタ(82%)	第1種
B	AHU(CAV)	中性能フィルタ(65%)	第1種
C	AHU(CAV)	中性能フィルタ(85%)	第2種
D	AHU(CAV)	プレフィルタ(80%)	第1種
E	測定時故障中		
F	AHU(CAV)	プレフィルタ(50%)	第1種
G	未使用		
H	H E X	プレフィルタ(50%)	第1種
I	未回答		

表4 測定期間(冬季)

建物名	測定期間	夜間の外気測定
D	3月4日9:00 ~ 3月7日13:00	×
E	3月11日9:00 ~ 3月24日10:00	○
F	3月25日9:00 ~ 3月31日13:00	×
G	4月1日9:00 ~ 4月7日13:00	○
H	4月8日9:00 ~ 4月14日14:00	×
I	4月15日9:00 ~ 4月21日13:00	○

表5 測定期間(夏季)

建物名	測定期間	夜間の外気測定
A	8月6日9:00 ~ 8月8日16:00	×
B	8月12日9:00 ~ 8月14日16:00	×
E	8月26日9:00 ~ 8月31日13:00	○
D	9月2日9:00 ~ 9月4日13:00	×
I	9月6日9:00 ~ 9月12日13:00	○
C	9月19日9:00 ~ 9月25日16:00	×

表6 大気におけるPM_{2.5}の環境基準

	基準値
1年平均値	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下
1日平均値	35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下

ため、日平均の基準値を超えたとと言える。基準を超えてはいたが、瞬間的な測定値の影響なのであまり問題はないと考えられる。図2に建物Dの測定値を示す。建物Dでは基準値を超えることはなかったが、1日を通して基準値に近い測定値になっている日もあった。また、今回得た測定値は、2013年に施行された暫定的な指針に基づけば行動を制約する必要はないとされる日平均値 $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下になっていた。図1、2より室内の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は外気と同様の変動していることが分かる。他の建物においても同様の結果が見られた。室内の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の変化の主な原因は外気の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の変化によるものだとと言える。

冬季に測定を行った各建物の測定値を平均した値と、そのI/O比を図3に示す。建物DのみI/O比は1を超えていたが、基準値を超えた日があった建物Hは0.89であり1以下になっていた。他の建物は1に近い値も見られるが外気に比べ室内の方が $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は低くなっていた。夏季に測定を行った各建物の測定値を平均した値とそのI/O比を図4に示す。建物D、EではI/O比が1を超えていた。冬季の測定ではI/O比が1以下になっていた建物Eが、夏季の測定で1を超えた理由として、空調機が故障しているため十分な換気が行われず室内に滞留した可能性が考えられる。他の建物に関しては外気に比べ室内の方が $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は低くなっていた。冬季、夏季の測定でI/O比が1を超えていた建物Dは、外気の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度が高くなると室内の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度が基準値を超える危険性があると考えられる。その他の建物に関しては、建物Hでは基準を超える日もあったが、実測調査を行なった建築室内の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度は概ね低く保たれていることが確認できた。

図5にフィルタの種類毎の個数濃度のI/O比を示す。Optical Particle Sizer (以下OPS)により得た粒径別個数濃度を使用しているフィルタの種類毎に個数濃度の比較を行った結果、中性能フィルタ、プレフィルタ、無しの場合にI/O比は低くフィルタの効率通りになっていた。外気に比べ室内の個数濃度が低くなっていることから空調設備により除じんが行われていることが確認できた。但し、OPSのI/O比が1以下でもSHARPの測定値のI/O比が1を超えることもあった。

3. 2 SHARP と他 2 機種の関係性

今回はSHARPと同時に $\text{PM}_{2.5}$ 測定器であるDust Trak II (以下DT)とLD-5での測定も行なった。DT、LD-5により得た測定値は、SHARPの測定値と比較するとDTは室内外気ともに高く、LD-5は室内では低く、外気では高いという結果だった。次に各機種における粒径別個数濃度との相関関係の検証を行った。全ての機種が粒径依存性は粒径が小さくなるにつれて強くなることが分かった。図6に各機種の粒径依存性を示す。SHARPの測定値とDT、LD-5の測定値に差が生じた理由として、SHARPの粒径依存性が弱い粒径の個数濃度が影響していることが推測できる。3機種の中でもLD-5は他の2機種に比べ個数濃度との相関関係が強い。そのためLD-5の測定値が個数濃度と同様の変化し、SHARPの測定値と差が生じやすいと考えられる。

4. まとめ及び今後の方針

今回の実測調査では、建物Dの室内の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度が外気より高くなっていた。その他の建物では概ね良好な環境だと言える。比較測定を行った結果DTの方がSHARPに近い測定値になることが分かった。

$\text{PM}_{2.5}$ 濃度の調査を続けることで室内の測定データを蓄積する。SHARPと比較測定を行うことで、SHARPの測定値に近い測定機器を探る。

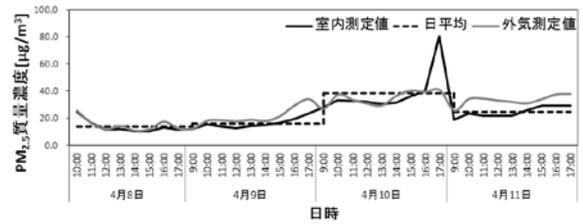


図1 建物Hの計測値

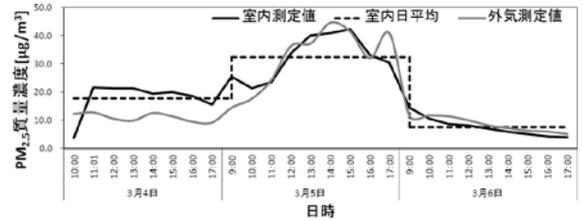


図2 建物Dの計測値

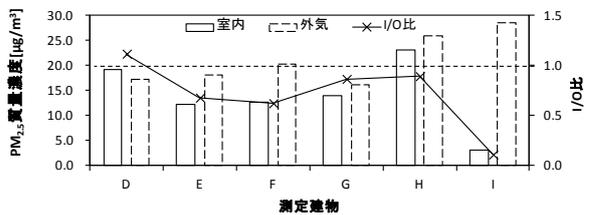


図3 冬季の各建物の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の平均値及びI/O比

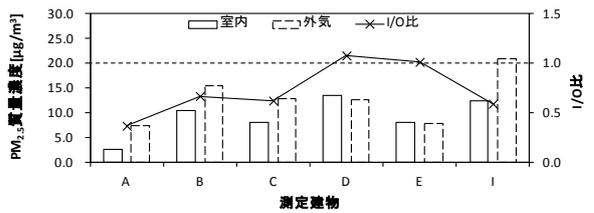


図4 夏季の各建物の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の平均値及びI/O比

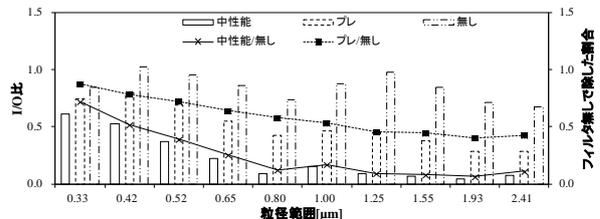


図5 フィルタの種類毎のI/O比

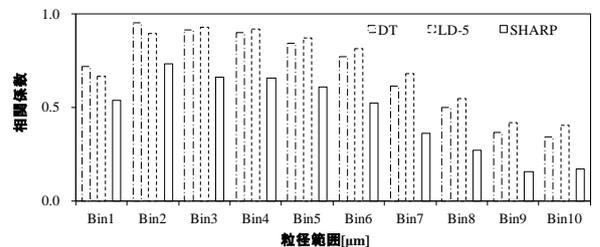


図6 各機種の粒径依存性

【参考文献】

- 1) 新版建築物の環境衛生管理編集委員会：新版建築物の環境衛生管理上巻、財団法人ビル管理教育センター、2009.4
- 2) 内山宗大：建物内における $\text{PM}_{2.5}$ の実測調査-冬季との比較のための予備調査、芝浦工業大学学士論文、2014.3
- 3) 根本智之：室内浮遊粉じんの個数濃度と質量濃度の関係に関する考察、第26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、2008
- 4) 鍵直樹 他：粒径分布と $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の特性：事務所室内における浮遊微粒子濃度の調査 その2、日本建築学会大会学術講演梗概集D-2、pp.917-918、2007