

現代の事務所における空気環境の実態調査

Actual condition survey of air environment in modern office buildings.

J09083-5 西岡 郁哉

Abstract

Currently, there are many buildings in Japan. The number of buildings is still increasing. We must live in a safe environment to health. So, the standard for building environment was established in Japan in 1974. Building environmental health management criteria includes standards of temperature, relative humidity, wind speed, CO, CO₂, about. However, inside the building environment is different now and long ago. Therefore this study aimed for grasping of the actual situation of office building in this study by investigating an item intended for by building hygiene method.

Keywords 空気質 (indoor air quality) 粉じん (dust) 温度 (temperature) 相対湿度 (relative humidity)

1. 背景・目的

現在、日本には数多くの大規模な建築物が建設されている。特に戦後の経済発展により、都市部では、その数は群を抜き今現在も増加している。建築物は、そこで生活や活動をする人々のために、安全かつ健康で衛生的な環境を保持しなければならない。特に、構造や用途が多様化する高層・大型建築の衛生的環境確保には、竣工後の維持管理が重要となる。そのような社会的背景から 1970 年に建築物における衛生的環境の確保を図り、公衆衛生の向上及び増進に資することを目的として、大規模建築物に対し「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(建築物衛生法、表 1) が制定された。

「建築物衛生管理基準」が設けられたのは 1970 年であり、現代では節電意識の向上や、空調技術の向上、東日本大震災以降の夏場の空調設備の使用制限など、基準制定当時とは建物の使用状況及び環境に著しく変化がみられる。

環境測定において得られる測定値は、空気環境が適正に維持されているかを判断するための重要なものである。しかし、特定建築物をはじめ、現在使用されている建物の多くが法定時とは環境が大きく異なっている。これともなあって、これまでの基準値について再検討する必要性が顕在化してきている。そのため、現代の特定建築物における空気環境の実態を調査し、現状を把握する必要がある。実態調査を行い、測定によるデータを蓄積し、今後の適正な規制値を検討するための基礎資料とする必要がある。

そこで、本調査では延べ床面積が 3000m² 以上の建築物であり、使用用途が事務所ビルの建物を実測対象とし、その室内外において浮遊粉じん量、一酸化炭素 (以下 CO) 含有量、二酸化炭素 (以下 CO₂) 含有量、温度、相対湿度、気流、の実測調査を実施する。そこで得た結果を基に空気質の実態を把握し、基準との比較、検討を行うことを目的とする。

2. 調査概要

実測調査は特定建築物である延床 3000m² 以上の事務所において温度、相対湿度、一酸化炭素 (以下 CO)、二酸化炭素 (以下 CO₂)、浮遊粉じんを室内、外気で計測を行った。実測概要を表 2 に示す。測定は事務所の通常作業が行われる 9:00 から 18:00 の間で行った。各測定機器及び測定対象は表 3 に示す。測定機器の内訳は表 4 に示す。

表 1 建築物環境衛生管理基準

項目	管理基準値
浮遊粉じん量	0.15mg/m ³ 以下
CO含有量	10ppm以下
CO ₂ 含有量	1000ppm以下
温度	17℃以上28℃以下
相対湿度	40%以上70%以下
気流	0.5m/s以下
ホルムアルデヒド濃度	0.1mg/m ³ 以下

表 2 測定概要

測定場所	建物名	調査日	時間	外気の有無	天気
港区	A	2012/7/31	9:40-17:40	○	晴れ
文京区	B	2012/8/27	9:40-17:40	○	晴れ
千代田区	C	2012/9/24	9:30-17:30	○	曇り後晴れ
新宿区	D	2012/9/12	9:50-17:50	×	晴れ時々薄曇り
中央区	E	2012/10/11	9:50-17:50	○	晴れ時々曇り
港区	A(2)	2012/10/22	9:30-17:30	○	晴れ一時薄曇り
港区	F	2012/10/25	9:45-17:45	○	曇り後一時晴れ

表 3 測定機器・測定対象

測定機器	測定対象	測定方式
LD3	浮遊粉じん濃度	1分間の測定を8時間
IAQモニター	CO・CO ₂ 濃度、温度、相対湿度	1分間の測定を8時間
風速計	気流速度	1分間の測定を8時間
LPC	粒径別浮遊粉じん個数濃度	流量2.83Lの測定を480回

表 4 測定機器内訳

測定器	型番	台数
デジタル粉じん計	LD3	室内:2台、室外:1台
IAQモニター	2211	室内:1台、室外:1台
風速計	6543	室内:1台、室外:無し
LPC	KC52	室内:1台、室外:1台

3. 結果・考察

3. 1 測定環境

各測定事務所に対し、測定環境の詳細について把握するため事前にアンケート調査を行った。そこで得た測定事務所の概要について表5に示す。また、測定環境について表6に示す。ほぼ全ての建物が禁煙になっていることが分かる。指定場所喫煙である事務所Eにおいても事務所の中では完全禁煙となっていた。また、移動中に微粒子が発生することが確認されているコピー機・プリンタは各測定室に数台程度で余り大差がない。パソコン数に関しては、かなりのばらつきがみられるが、全体としては室内の延床面積が広さに伴い、パソコン数が多いことがわかる。

なお、事務所Dにおいては測定場所である事務所のフロアが広大であったため、測定に最も影響があると思われる最寄りのブースにおける詳細を表中の()に示した。

3. 2 測定結果

測定結果のうち、全測定場所における各測定対象の最高値及び最低値を表に示す。基本的に測定は室内と外気で行ったが事務所Dにおいては相手先の要望のため外気の測定は行わなかった。

・温度

各事務所における温度の最高値及び最低値を表7に示す。8月から9月までの間に行われた事務所B、事務所C、事務所Dにおいては、室内の最高値が基準の28.0℃を超えてしまっている。最低値は全ての事務所において17.0℃を上回っている。28.0℃を超えてしまっているのは空調機の設定温度が28.0℃に設定されているためだと思われる。室内の最高値を記録している時間はほぼ外気の最高値を記録している時間帯と同じであり、外気の温度に室内の温度が影響を受けていることが分かる。これは空調機が十分に能力を発揮していないものと思われる。

・相対湿度

各事務所における相対湿度の最高値及び最低値を表8に示す。全ての事務所において基準を十分に下回っていると言える。温度に対し、最も影響を受けやすい値であり、空調機の運転率に値が左右されてしまう。そのため、相対湿度における値の変動は、室内の温度を外気に影響されず、なるべく一定に保つため、空調機の運転率が変動しそれに伴い相対湿度も変動してしまうと考えられる。

・気流速度

各事務所における気流速度の最高値及び最低値を表9に示す。事務所Aにおいては気流速度の測定を行わなかったため、測定値は示していない。全ての事務所において基準が十分に満たされていると言える。気流速度における値の変動は、ほとんどが空調機からの送風によるものだと考えられる。そのため各事務所におけるそれぞれの最高値は空調機の運転率が上がった時だと言える。室内温度は外気に影響されるため、温度を一定に保つため、空調機からの送風量も上がっていると考えられる。

表5 建物概要

建物	築年数	室内測定場所(測定室)			
		建物延床面積[m ²]	延床面積[m ²]	天井高[m]	容積[m ³]
A	38年	111650	869.66	2.8	2435.05
B	21~25年	3700	462.35	2.55	1178.99
C	31年以上	10110	127.47	2.4	305.93
D	17年	71300	788.11(95.7)	2.65	2088.49
E	52年	9370	652	2.75	1793.00
F	19年	8900	267.76	2.7	722.95

表6 在室者状況及びアクティビティ

建物名	平均在室者数	喫煙状況 ()は喫煙所面積	喫煙所 空気清浄機	事務機器		
				コピー機	プリンタ	パソコン
A	5	禁煙		2	2	17
B	30	禁煙		未回答	未回答	17
C	8	禁煙		1	1	8
D	100(18)	禁煙		5(1)	10(2)	170(17)
E	40	指定場所喫煙 (20m ²)	なし	3	3	40
F	10	禁煙		1	0	11

表7 各建物における温度の分布状況

測定場所	時刻	最高値		最低値		平均値
		時刻	値	時刻	値	
A	室内	10:00	27.0	15:30	25.7	26.1
	外気	14:45	32.6	10:00	29.6	31.4
B	室内	12:45	28.9	13:15	28.3	28.6
	外気	12:45	33.3	10:00	30.9	32.4
C	室内	12:00	28.1	17:00	24.9	26.2
	外気	12:30	31.7	10:00	28.6	30.6
D	室内	10:15	28.5	17:00	25.5	27.0
	外気		no data		no data	no data
E	室内	12:45	26.9	15:45	24.8	25.8
	外気	12:45	32.5	17:00	22.6	25.0
A(2)	室内	11:00	27.0	17:00	26.0	26.4
	外気	15:45	24.9	10:00	20.8	23.4
F	室内	11:45	25.3	12:45	24.6	25.0
	外気	11:30	22.1	10:15	17.9	19.7

表8 各建物における相対湿度の分布状況

測定場所	時刻	最高値		最低値		平均値
		時刻	値	時刻	値	
A	室内	10:00	53.7	13:15	50.2	51.6
	外気	10:00	61.0	14:30	47.8	54.0
B	室内	10:30	43.7	16:00	37.4	39.6
	外気	10:15	56.2	12:45	44.7	50.1
C	室内	17:00	61.9	15:15	53.4	56.7
	外気	10:00	71.0	12:15	58.1	63.5
D	室内	17:00	60.2	10:45	54.1	56.4
	外気		no data		no data	no data
E	室内	16:30	57.4	12:45	46.4	51.2
	外気	17:00	72.6	12:45	33.9	59.8
A(2)	室内	15:45	47.5	10:00	36.3	43.0
	外気	16:00	57.6	16:00	53.2	55.6
F	室内	16:45	38.7	12:30	33.8	35.8
	外気	17:00	59.6	11:30	38.9	49.5

表9 各建物における気流速度の分布状況

測定場所	時刻	最高値		最低値		平均値
		時刻	値	時刻	値	
A	室内		no data		no data	no data
	外気					
B	室内	16:15	0.16	16:45	0.07	0.11
	外気					
C	室内	14:45	0.16	12:00	0.11	0.14
	外気					
D	室内	14:00	0.15	15:00	0.05	0.11
	外気					
E	室内	17:00	0.18	0.60	0.07	0.14
	外気					
A(2)	室内	14:00	0.14	0.48	0.06	0.08
	外気					
F	室内	16:00	0.14	0.45	0.10	0.12
	外気					

・一酸化炭素濃度

各事務所における一酸化炭素（以下、CO）濃度の最高値及び最低値を表 10 に示す。全ての事務所において基準の 10ppm 以下を十分に満たしていると言える。室内、外気共に最低値は午前、最高値は午後に記載しているが、これは測定場所が都心部であり、人が活動を始める朝方から、活動を終える夕方までの間にたばこの煙や、車の排気ガスなどにより対流し、溜まっていくためだと思われる。また、それにより室内にも外気として流入し、室内の濃度も上がっていると考えられる。なお、事務所 D では CO は測定中検出されず、事務所 A（2 回目）では、ほとんどの時間で 0ppm であったため最低値の記録時間は示していない。

・二酸化炭素濃度

各事務所における二酸化炭素（以下、CO₂）濃度の最高値及び最低値を表 11 に示す。全ての事務所において基準を十分に満たしている。外気は室内と比べ、常に低い値を示している。これは室内では CO₂ がある程度溜まってしまうが、外気では溜まりづらいためである。室内の最低値は 12:00 頃に記録されているものが複数あるが、これは昼休みのためその事務所に在席している人数が減ったことによるものと思われる。

・浮遊粉じん濃度

各事務所における浮遊粉じん質量濃度の最高値及び最低値を表 12 に示す。全ての事務所において基準値を十分に満たしている。また、平均値より、ほとんどの事務所で外気と比べ室内が低くなっている。これは各事務所とも外気取り入れ時に空調機のフィルタによって粉じん除去が十分に行われ、適切な空気質が保たれていると言える。

3. 3 測定結果に対する考察

図 1 に事務所 B における温度経時変化を示す。室内の温度は平均して 28.7℃、最高値 28.9℃、最低値 28.3℃であり、基準の 28.0℃以下を十分に満たしているとは言えない。表 7 より外気の最高値は 33.3℃、最低値 30.9℃、平均値 32.4℃で、室内最高値、外気最高値共に 12:45 である。これは室内の温度が比較的外気に影響されているためだと考えられる。室内の温度が一貫して 28.0℃以上であるのは、空調機の設定温度が 28.0℃に設定されている上に、空調機の温度検知部が、室内の状況を十分に反映できていないためと思われる。

図 2 に事務所 C における CO₂ 濃度経時変化を示す。室内において最高値 580ppm、最低値 457ppm、平均値 515ppm となり、全体で 1000ppm 以下に収まり十分に換気が行われていると言える。グラフより 12:00 から 13:00 にかけて、外気の数値とほぼ等しくなっているが、昼休みにより在室者が減ったことによるものと思われる。外気においては、最高値 484ppm、最低値 449ppm、平均値 471ppm と若干高くなっているが、建物前は工事現場であったため、それによる工事と人の往来の多さによるものと思われる。

表 10 各建物における CO 濃度の分布状況

測定場所	時刻	最高値	時刻	最低値	平均値	
A	室内	16:15	0.97	10:00	0.39	0.85
	外気	15:30	1.30	10:00	0.49	1.01
B	室内	17:00	0.79	10:00	0.21	0.61
	外気	17:00	1.41	10:00	0.34	1.08
C	室内	16:30	0.89	10:00	0.19	0.61
	外気	16:15	1.00	10:15	0.23	0.67
D	室内		0.00		0.00	0.00
	外気		no data		no data	no data
E	室内	16:15	1.11	10:00	0.23	0.88
	外気	12:45	1.85	11:45	0.57	0.92
A(2)	室内	16:15	1.49	10:00	0.54	1.23
	外気		0.05	14:45	0.00	0.003
F	室内	17:00	1.28	10:00	0.11	0.86
	外気	16:45	1.05	10:00	0.35	0.76

表 11 各建物における CO₂ 濃度の分布状況

測定場所	時刻	最高値	時刻	最低値	平均値	
A	室内	15:45	672	12:00	598	626
	外気	10:15	459	16:30	419	439
B	室内	15:30	678	10:00	591	632
	外気	11:00	479	17:00	442	460
C	室内	16:30	580	12:00	457	515
	外気	14:00	484	11:00	449	471
D	室内	13:45	765	12:00	677	720
	外気		no data		no data	no data
E	室内	10:00	672	12:30	549	627
	外気	13:00	431	16:30	385	405
A(2)	室内	12:15	667	10:15	586	620
	外気	10:00	434	17:00	397	412
F	室内	11:30	865	16:15	762	805
	外気	11:30	453	15:00	394	410

表 12 各建物における粉じん濃度の分布状況

測定場所	時刻	最高値	時刻	最低値	平均値	
A	室内	17:00	0.006	14:45	0.002	0.004
	外気	10:45	0.020	14:30	0.010	0.014
B	室内	10:30	0.013	17:00	0.008	0.010
	外気	10:45	0.014	15:30	0.005	0.008
C	室内	12:30	0.010	11:15	0.005	0.007
	外気	12:45	0.023	11:45	0.009	0.013
D	室内	11:00	0.005	15:00	0.003	0.004
	外気		no data		no data	no data
E	室内	13:00	0.009	16:00	0.006	0.007
	外気	10:30	0.024	15:30	0.008	0.014
A(2)	室内	12:00	0.012	11:15	0.007	0.010
	外気	12:15	0.056	17:00	0.027	0.043
F	室内	12:45	0.006	12:30	0.004	0.005
	外気	10:15	0.052	13:00	0.019	0.024

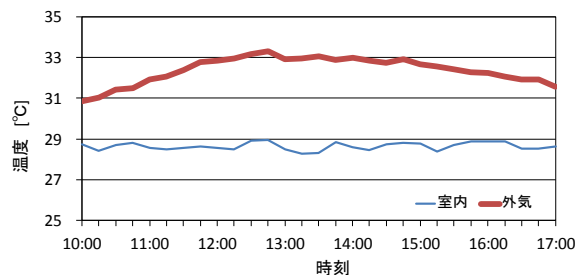


図 1 事務所 B 温度経時変化

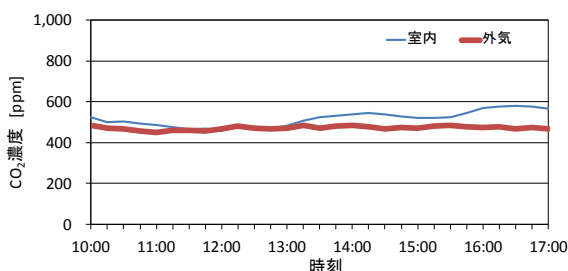


図 2 事務所 C CO₂濃度経時変化

事務所Cにおける気流速度経時変化を図3に、室内における粒径別個数濃度を図4、外気における粒径別個数濃度を図5に示す。グラフ(図4、図5)より室内、外気共に粒径が $5.0\mu\text{m}$ 以下の粒子では全体的に似たグラフを形作っている。 $0.3\text{--}0.5\mu\text{m}$ の粒子では、両者とも数値に大きな差異はないが、それ以上の粒径の大きさになってくると室内よりも外気の方が高くなっている。これは外気が室内に流入される際に、大きな粒子は空調機などに備えられたフィルタによって除去されるためだと考えられる。室内において12:00頃、 $0.3\text{--}0.5\mu\text{m}$ 、 $0.5\text{--}1.0\mu\text{m}$ 、 $1.0\text{--}2.0\mu\text{m}$ 、 $2.0\text{--}5.0\mu\text{m}$ の粒径の濃度は上昇している。これは、事務所が昼休みに入ったため、人の往来により粉じんが舞い上がったためと思われる。また、 $5.0\mu\text{m}$ 以上の粒径がその時間帯に検出されていないが、気流速度のグラフ(図3)より12:00から気流速度が上昇している。つまりこの時間帯に空調は運転効率が上がっていると言える。それにより室内の粒径の大きな粉じんはフィルタによって除じんされたと考えられる。

図6に事務所EにおけるCO濃度経時変化を示す。室内は最高値1.11ppm、最低値0.23ppm、平均値0.88ppmであり、基準値の10ppm以下を十分に満たしている。またグラフより、数値が上がっていく曲線になっているため、外気による影響があると言える。外気では、最高値1.85ppm、最低値0.57ppm、平均値0.92ppmであり、グラフより12:45に最高値を記録しているが、その時刻での測定値が急激に上昇している。建物横の路地では、測定時に喫煙者が確認されたため、恐らくこの時間帯も昼休みということ喫煙者がいたと思われる。

4. まとめ

調査を行った全ての事務所で、建築物衛生管理基準は守られていたが、温度においては基準を超えてしまっている所や、基準を十分に下回っていると言えない測定場所もあった。気流速度、粉じん濃度、CO濃度、CO₂濃度においては全ての事務所で基準を満たしていた。それぞれ測定時の外気環境に影響を受けていることがわかるが、それにより基準を上回ることはなく、室内の環境は良好に維持されていると言える。しかし事務所によって、室内と外気の差が異なる。これは空調機による換気、除じんの効果の差によるものだと考えられる。また、温度において節電意識の向上により夏季における空調機の設定温度は28.0°Cに設定するということが推奨されているが建築物環境衛生管理基準の観点から、節電を実施し、かつ基準を満たすことは難しいのではないだろうか。近年では、地球温暖化の問題をはじめ、環境保全の観点から節電意識が向上している。特に2011年の東日本大震災以降、夏場の空調設備の使用制限など、基準制定当時とは空調機の使用状況がことなりつつある。また、外気という観点からも昔と現在では変化しつつある。そういった実態の上で、既存の基準に対し再度検討が必要なのではないだろうか。

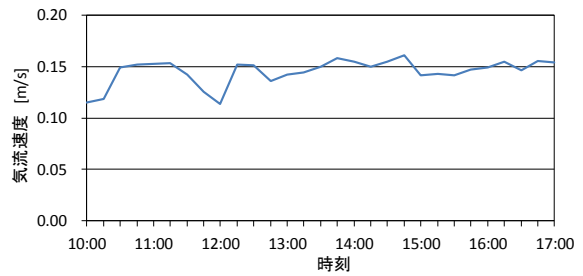


図3 事務所C 気流速度経時変化

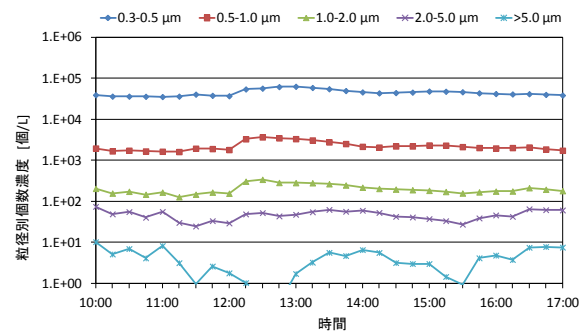


図4 事務所C 粒径別個数濃度 室内

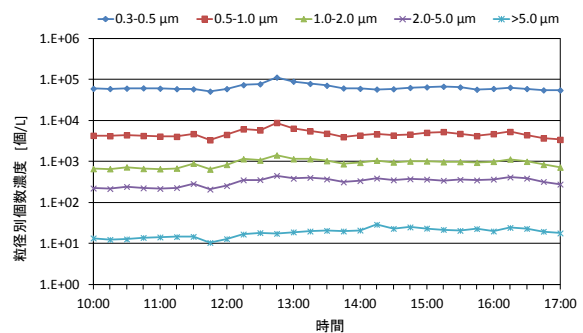


図5 事務所C 粒径別個数濃度 外気

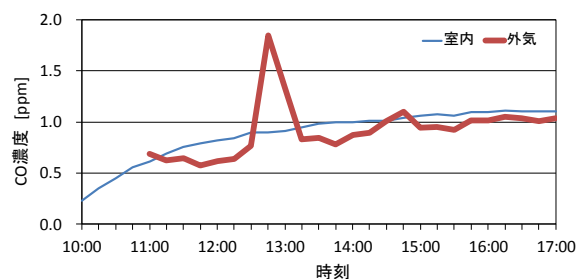


図6 事務所E CO濃度経時変化

5. 今後の課題

空気質の実態をより正確に把握するために更なる情報の蓄積。現代における事務所ビルの環境を、より高度に把握するため調査時の聞き取り項目の詳細設定、及びより正確な測定時の環境を把握するため、調査時の調査項目の詳細設定。社会全体における現代の事務所ビルの空気環境の傾向を把握するため、別対象との比較・考察が必要になるとと思われる。