

2-6 事務所建築物における室内環境の実態調査

A. 研究目的

前章のアンケート調査の結果より、測定対象によっては SBS に関わる症状の有症率が高いことが明らかになった。ここでは、有症率と環境要素の関連性について検討を行うために、アンケート調査の対象から協力が得られた一部のオフィスビルを対象に、冬期と夏期における室内環境の実態調査を行った。

B. 研究方法

B.1 調査対象

測定は、2013年の冬期に東京2件、福岡4件、大阪4件、夏期に東京3件（冬期と同じ建物2件）、福岡4件（全て冬期と同じ建物）、大阪6件（冬期と同じ建物1件）を行い、東京の建物の

IDをT-01～03、福岡をF-01～04、大阪をO-01～09とした。表2-6-1に冬期、表2-6-2に夏期の調査対象施設の概要や測定時間帯などをまとめたものを示す。また、アンケートにより、有症者数(NIOSH・MM40と呼ばれる、目の症状、非特異症状、上気道症状、下気道症状、皮膚の症状、これらの症状の発症に関して建築との関連に強い疑いがあるもの)の割合を調べた結果も参考として表に示す。

冬期に調査した建物は、0%がF-01、O-01、21～40%がF-03、F-04、O-03-1、O-03-2、41～60%がT-01、T-02、O-02、O-04、61～80%がF-02であった。

夏期の有症者数は、0%がF-01、1～20%がT-01、O-08、O-09、21～40%がT-02、T-03、O-05～07、41～60%がF-02、F-03、O-04、61～80%がF-04となった。それ以外の対象施設の有症者の割合

表 2-6-1 冬期測定対象ビルの概要

施設名	所在地	竣工年数	階数	測定日	測定時刻	有症者数の割合
T-01	荒川区	1994	地上5階地下2階	3月1日	13:30～	41～60%
T-02	港区	1975	地上26階地下4階	3月1日	15:30～	41～60%
F-01	博多区	1974	地上9階地下2階	3月7日	10:00～	0%
F-02	博多区	1989	地上10階地下2階	3月8日	10:00～	61～80%
F-03	博多区	1968	地上8階地下2階	3月8日	13:30～	21～40%
F-04	博多区	1970	地上5階地下4階	3月8日	15:30～	21～40%
O-01	泉佐野市	2007	地上2階地下1階	3月14日	13:30～	0%
O-02	橿原市	1984	地上1階地下2階	3月14日	15:00～	41～60%
O-03-1	堺市			3月15日	10:00～	21～40%
O-03-2	堺市			3月15日	10:00～	21～40%
O-04	西区	2009	地上17階地下2階	3月15日	15:00～	41～60%

表 2-6-2 夏期の測定対象の概要

施設名	所在地	竣工年数	階数	測定日	測定時刻	有症者数の割合
T-01	荒川区	1994	地上5階地下2階	8月23日	10:00～	1～20%
T-02	港区	1975	地上26階地下4階	8月23日	11:30～	21～40%
T-03	新宿区	1999	地上27階地下2階	8月23日	14:30～	21～40%
F-01	博多区	1974	地上9階地下2階	9月6日	10:00～	0%
F-02	博多区	1989	地上10階地下2階	9月6日	13:30～	41～60%
F-03	博多区	1968	地上8階地下2階	9月6日	15:00～	41～60%
F-04	博多区	1970	地上5階地下4階	9月5日	15:00～	61～80%
O-04	西区	2009	地上17階地下2階	9月11日	10:00～	41～60%
O-05	茨木市	1993	地上5階	9月10日	9:00～	21～40%
O-06	吹田市	1972	地上5階	9月10日	11:00～	21～40%
O-07	箕面市	1996	地上4階	9月10日	14:00～	21～40%
O-08	池田市	2007	地上5階	9月10日	16:00～	1～20%
O-09	池田市	1968	地上5階	9月11日	14:00～	1～20%

表 2-6-3 使用機器と測定時間

測定項目	測定機器	測定時間
温度	IAQモニタ	室内と室外で 各20～30分
相対湿度		
CO		
CO ₂		
浮遊微粒子		
PM _{2.5}	DRX	
VOC	Tenax-TA管	
HCHO	DNPHカートリッジ	
浮遊微生物	バイオサンプ	室内と室外、給気 口で各10分程度

については、調査時点でアンケート対象ではない建物や、アンケートの回答が得られなかった場所もあり、ここで省略とする。これらのデータを元に考察の節で SBS のあるビルとそうでないビルに分け、それぞれの測定項目との関連性について検討した。

B.2 測定方法

表 2-6-1, 2 に示す日時に対象室に入室して行った測定のほか、その測定終了後温湿度データロガー（Thermo Recorder TR-72U T&D 社製）を約 1 か月間置かせてもらい、室内温湿度の 15 分か 20 分間隔の連続測定を行った。また、同時にボタン型温湿度データロガー（ハイグロクロン Kn ラボラトリーズ）を用いて外気の温湿度を測定した。ここでは、入室したときに行った各測定方法について述べる。

(1) CO・CO₂

表 2-6-3 に測定に使用した計測機器と測定時間を示す。一酸化炭素(CO)と二酸化炭素(CO₂)濃度の測定に IAQ モニタを用いた。測定の前に予めゼロガスとスパンガスによる校正を行った。

(2) 浮遊微生物

浮遊真菌の測定には DG-18 培地、浮遊細菌の測定には SCD 培地を用い、バイオサンプラー（MBS-1000 ミドリ安全社製）にて、室内の机上 (IA)、給気口 (SA)、屋外 (OA) の 3 か所でサンプリングした。OA での真菌測定のみ 50L/min で行い、それ以外は 100L/min で行った。

サンプリング終了後、インキュベーターで DG-18 培地は 25 で 5 日間、SCD 培地は 32 で 2 日間培養した。培養後、培地上のコロニー数を計数し、真菌については形態学による同定を行った。

(3) 化学物質

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドなどカルボニル化合物については、DNPH カートリッジを用いて 1 L/min で計 30 L の捕集を行い、HPLC により定量分析を行った。トルエンなど VOCs については、Tenax-TA 捕集剤を用いて 166ml/min で計 5L を捕集し、GC/MS により分析を行った。なお、TVOC はヘキサン (C6) からヘキサデカン (C16) までのピークをトルエン換算して算出しものである。

(4) 浮遊微粒子, PM_{2.5}

PM_{2.5} の測定には、多くの既往の研究において用いられている可搬型の PM_{2.5} 計 (TSI DustTrak DRX 8533) を用いることとした。この装置は、光散乱法を用いており、1 分毎の濃度を記録するものである。ただし、粒子の性状によりこの機器が表示する濃度と実際の質量濃度は異なることが知られており、換算係数を乗じて濃度とするのが一般的である。本研究においては、この係数を 1 として以後表示するが、実際の濃度よりも高い濃度となることに注意が必要である。

また、粒径別個数濃度の測定には、パーティクルカウンタ (RION, KR-12A) を用いて、同様に 1 分毎のデータを記録した。

C. 結果

C.1 温度・相対湿度

(1) 冬期

図 2-6-1, 2 に空調運転時間帯（ヒトが居る時間帯）の室内温度と相対湿度を抽出した結果を示す。図 2-6-1, 2 の箱ひげ図にそれぞれ最大値, 75% タイル値, 中央値, 25% タイル値, 最小値を示している。測定期間中に室内温度は 11 ~ 30 , 相対湿度は 6~65% の範囲で変動するものの, 温度と相対湿度の中央値はそれぞれ 20 ~ 26 , 28~45% であった。O-03_1 は温度, 相対湿度どちらも欠測であった。

建築物衛生法では温度について 17 ~ 28 , 相対湿度について 40 ~ 70% との管理基準を定めている。温度においては, 中央値で全てその基準値を満足していたが, 最小値では T-01, F-03, O-01, O-02, O-03_2 が満足していなかった。相対湿度においては, 中央値で T-01, F-01, F-02, F-04, O-01, O-02, O-03_2, 25% タイル値では, F-03 以外が満足していなかった。

図 2-6-3 ~ 12 に各測定対象の室内温湿度の経時変化を示す。温湿度計は, 東京は 3 月 3 ~ 9 日, 福岡は 3 月 9 日 ~ 4 月 2 日, 大阪は 3 月 16 日 ~ 3 月 31 日の間連続測定を行った。O_03_1

は欠測であった。

温度については, 変動の少ないビル（たとえば図 2-6-12）と変動の大きいビル（たとえば, 図 2-6-9）があった。温度変化の大きい物件の中でも, とくに O-01 は, 温度が急上昇している時間帯を見ると, 室内温度が 10 分で約 10 も上昇していた。温度変化の変動が少ない物件では, 約 20 ~ 25 の間で変化していることが分かる。

一方, 湿度については, O-04 以外の物件は湿度変化の変動が大きく, 特に T-01, T-02 は, 急激な変動が見られた。

図 2-6-13, 14 に福岡, 大阪での長期測定時の温湿度計による外気温度の経時変化を示す。なお, 温湿度計は 10 分間隔でデータを記録し, 室内温湿度の場合と同様に, 福岡は 3 月 9 日から 4 月 2 日, 大阪は 3 月 16 ~ 31 日の間連続の測定を行った。東京のデータは欠測であった。福岡の外気の平均温湿度はそれぞれ 14.7 , 61%, 大阪の外気の平均温湿度はそれぞれ 12.4 , 58% であった。福岡, 大阪の各測定対象の室内と屋外の平均温湿度を比較した結果, 総じて外気に比べ室内温度は 5 ~ 8 ほど高かった。中では O-04 の室内温度差が 12 以上であり, 外気に比べ室内相対湿度は 20% ほど低かった。

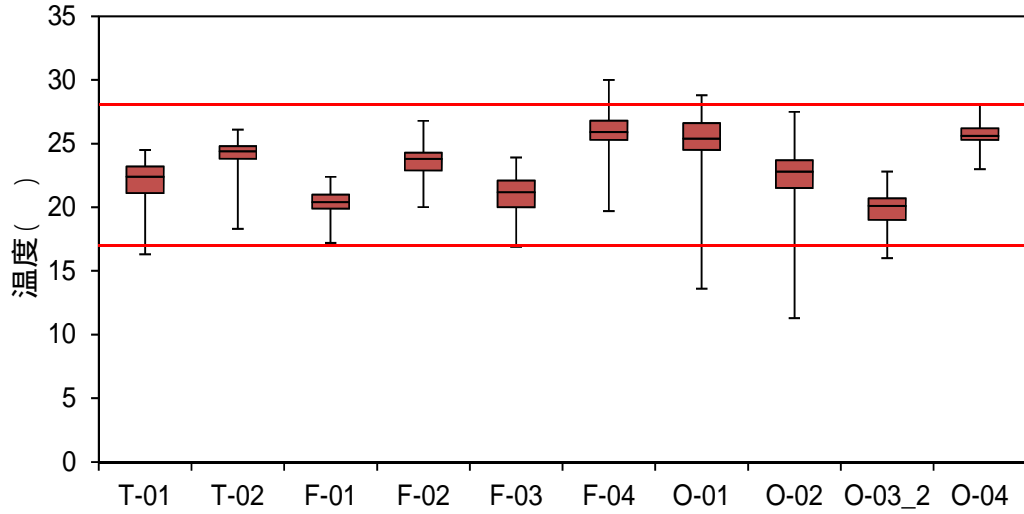


図 2-6-1 空調運転時の室内温度

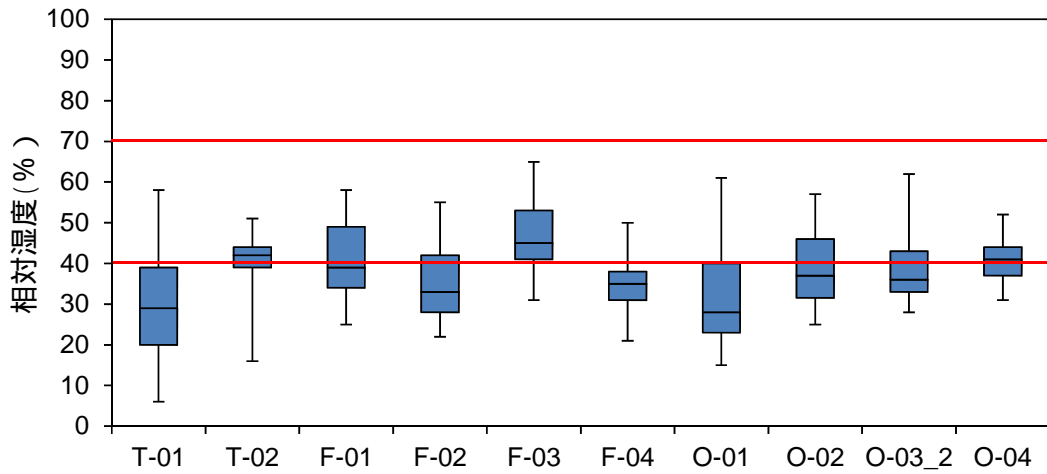


図 2-6-2 空調運転時の室内相対湿度

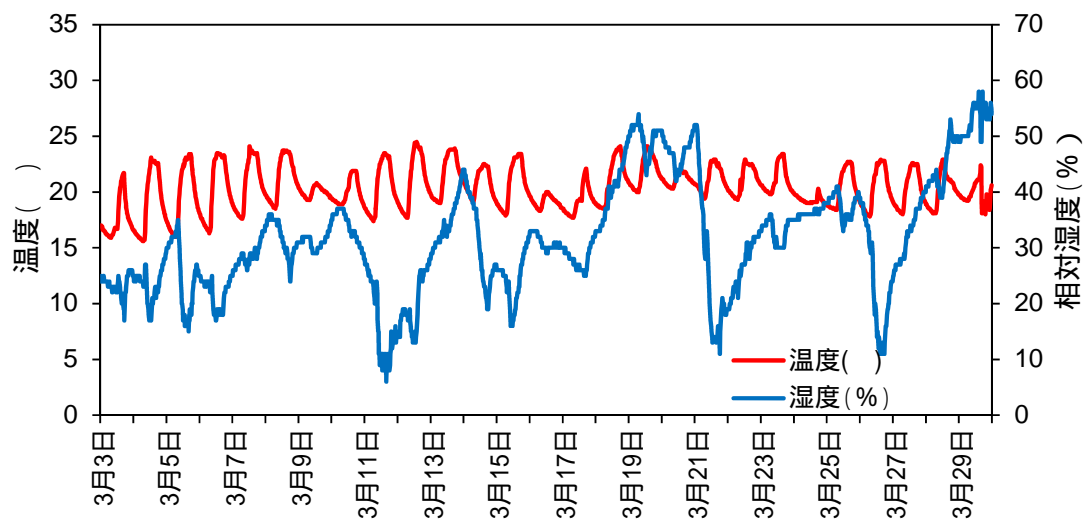


図 2-6-3 T-01 温湿度の経時変化

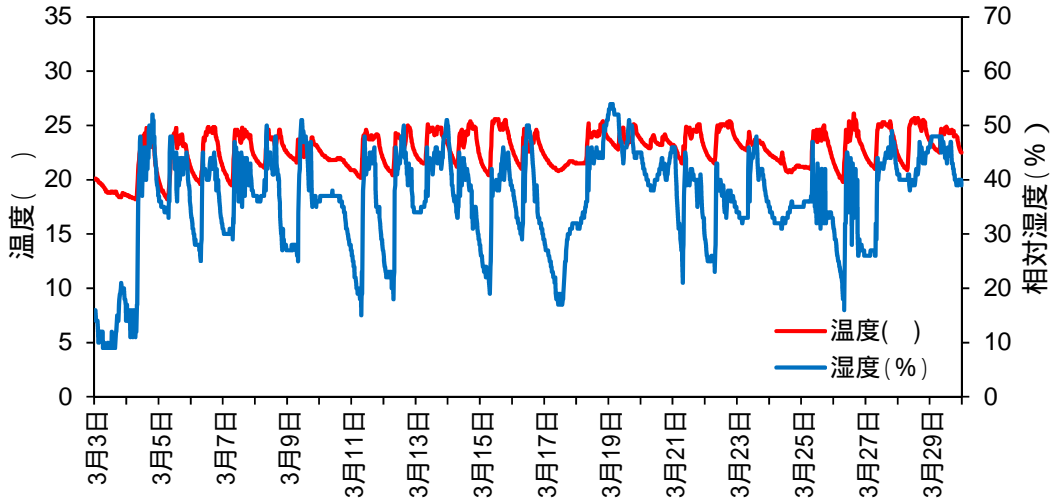


図 2-6-4 T-02 温湿度の経時変化

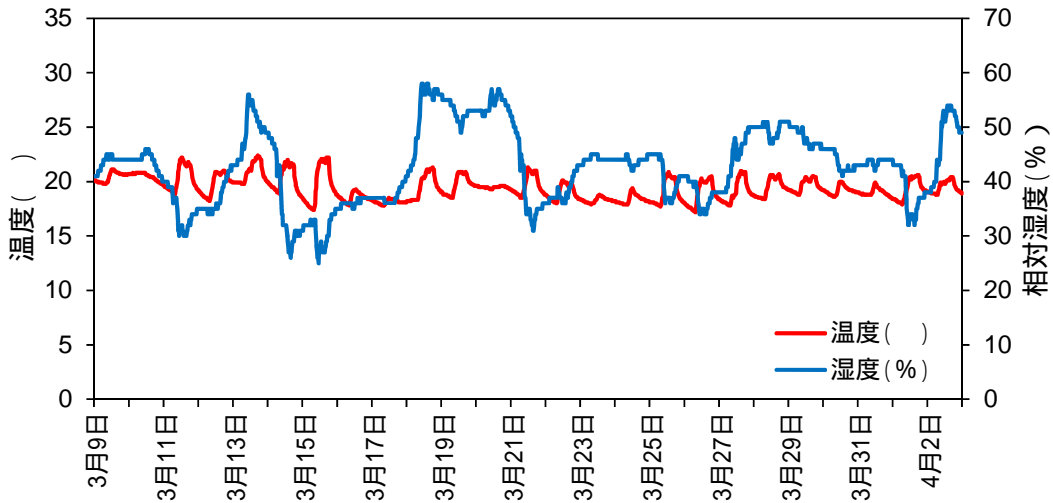


図 2-6-5 F-01 温湿度の経時変化

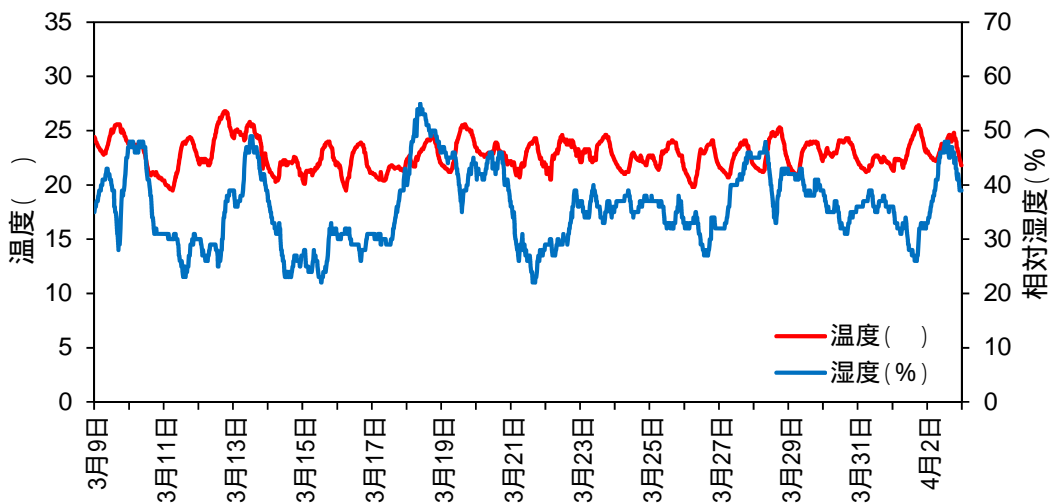


図 2-6-6 F-02 温湿度の経時変化

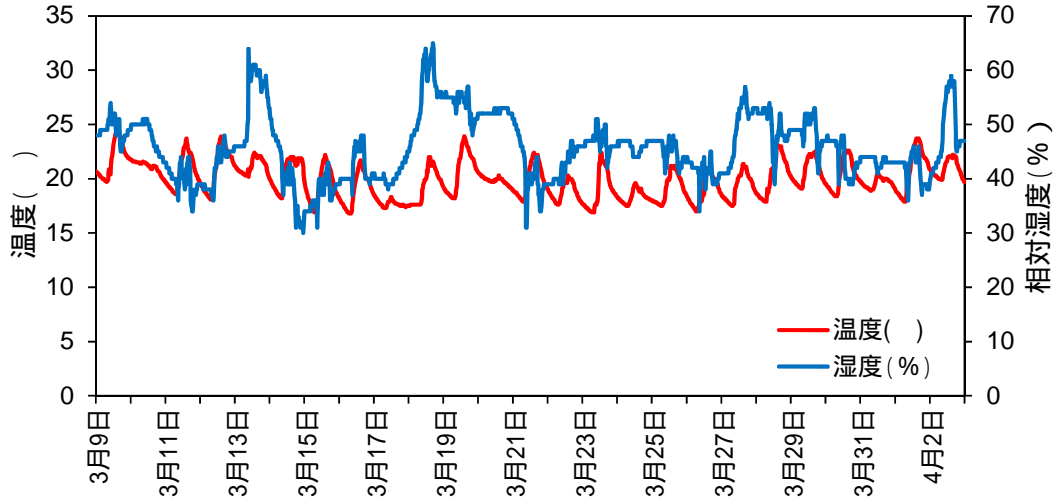


図 2-6-7 F-03 温湿度の経時変化

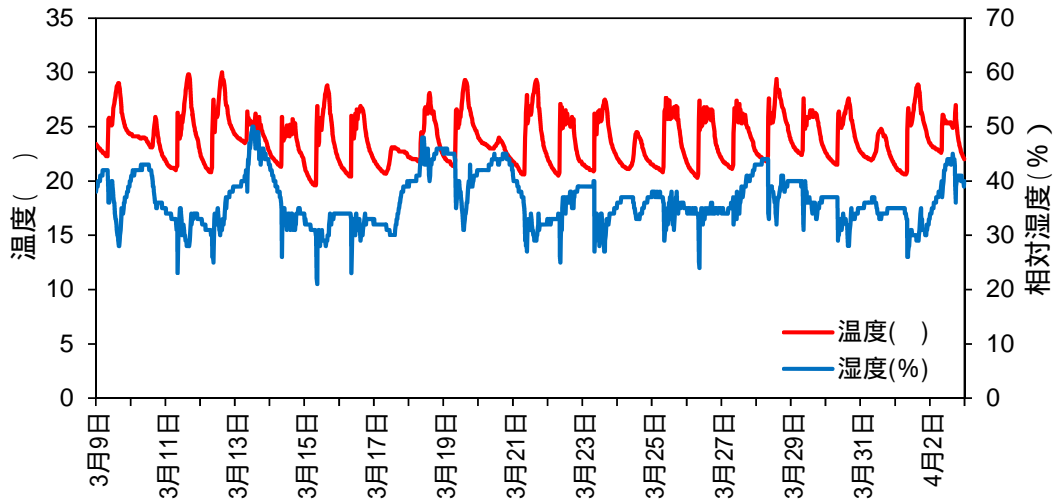


図 2-6-8 F-04 温湿度の経時変化

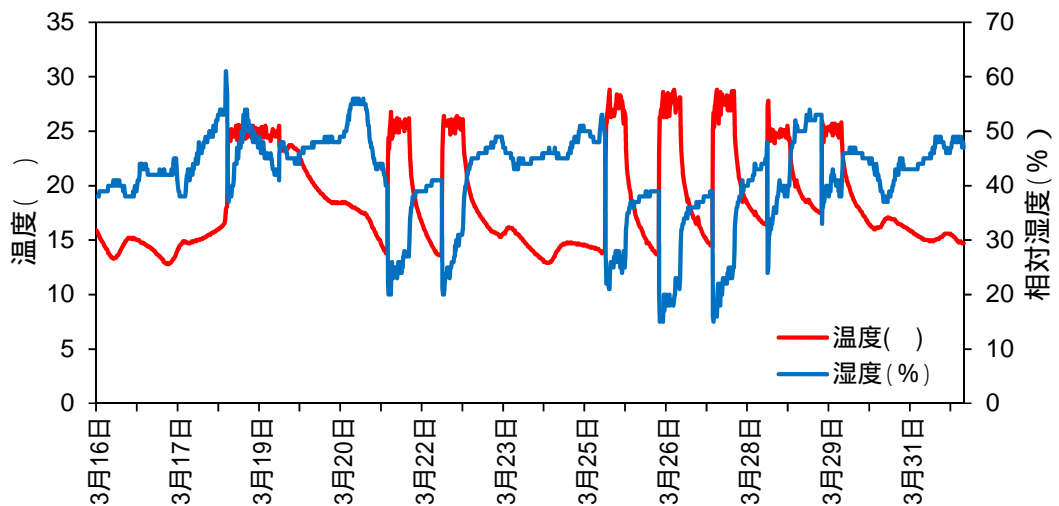


図 2-6-9 O-01 温湿度の経時変化

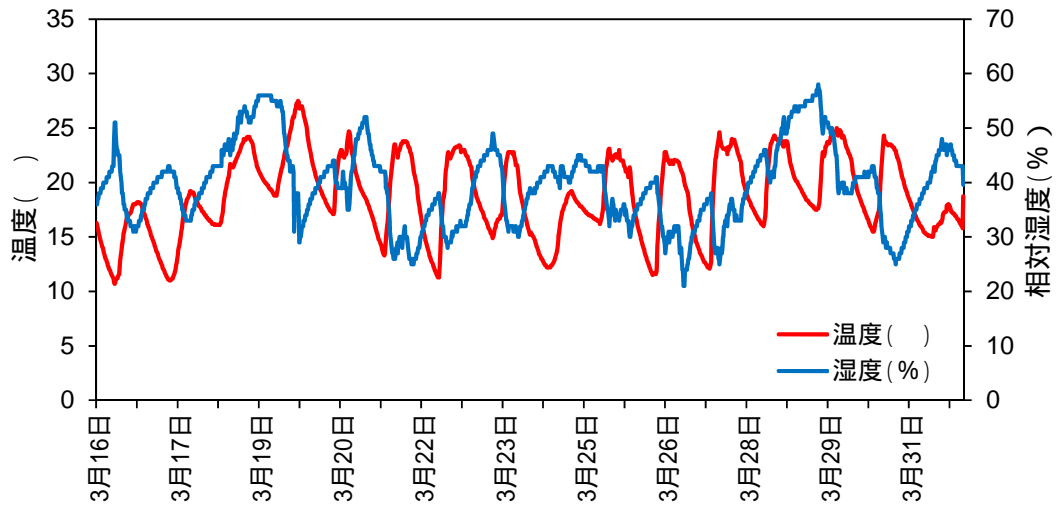


図 2-6-10 O-2 温湿度の経時変化

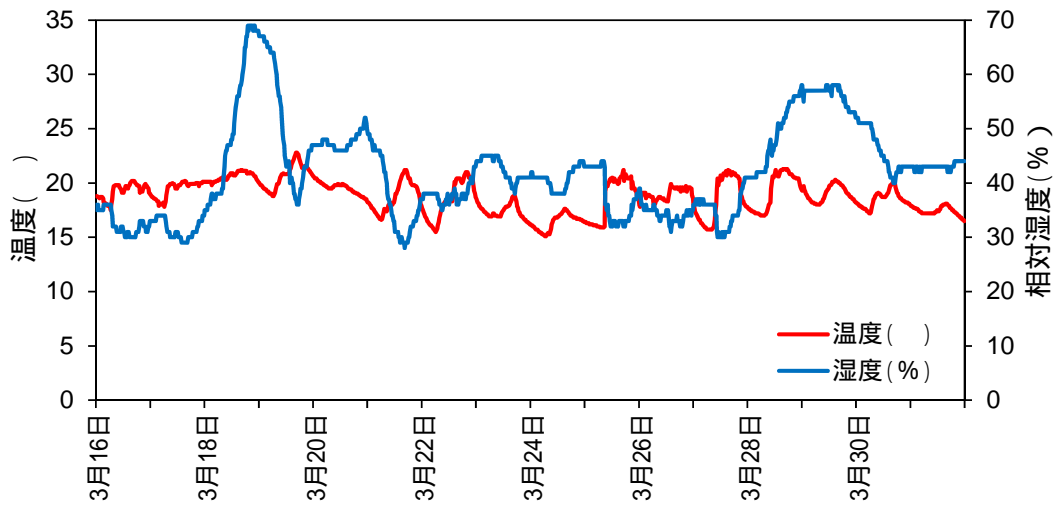


図 2-6-11 O-3-2 温湿度の経時変化

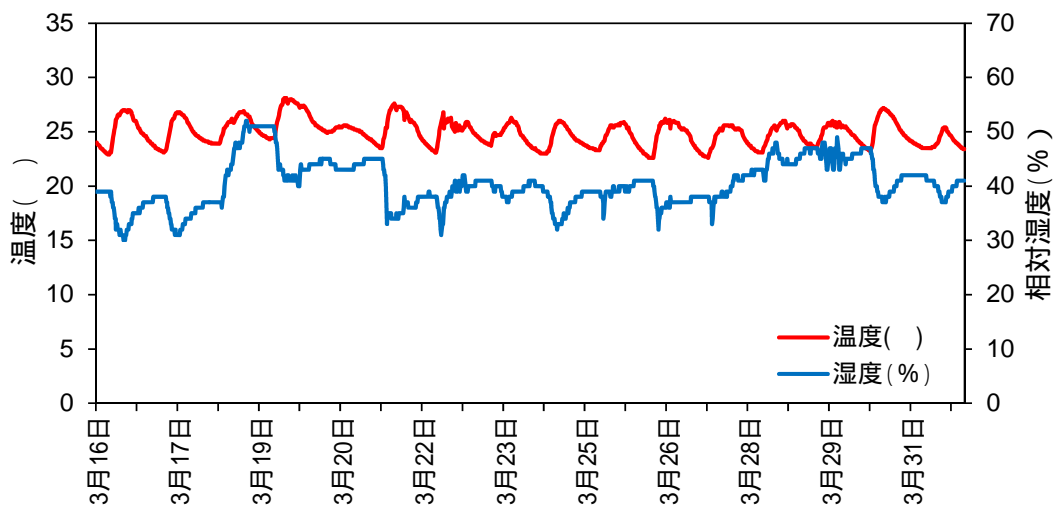


図 2-6-12 O-04 温湿度の経時変化

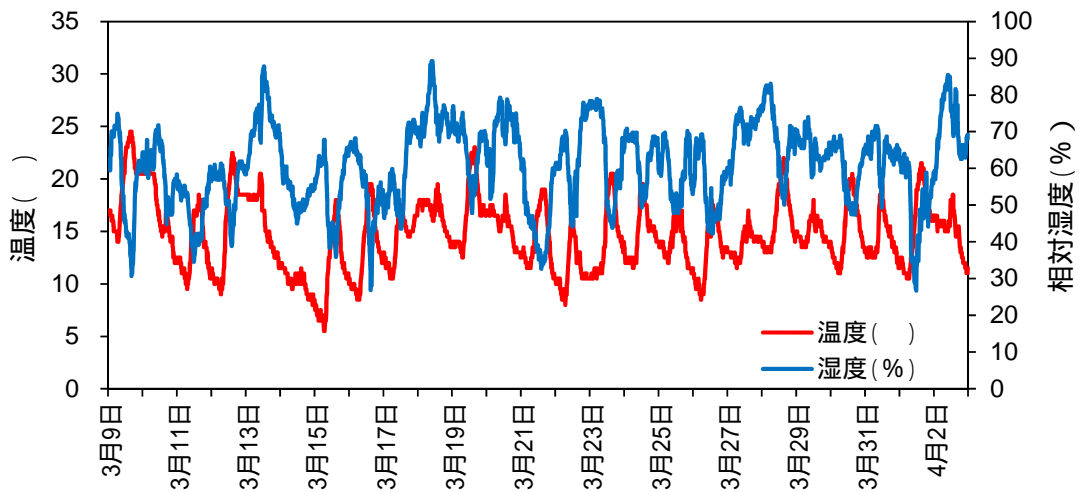


図 2-6-13 福岡の外気温度の経時変化

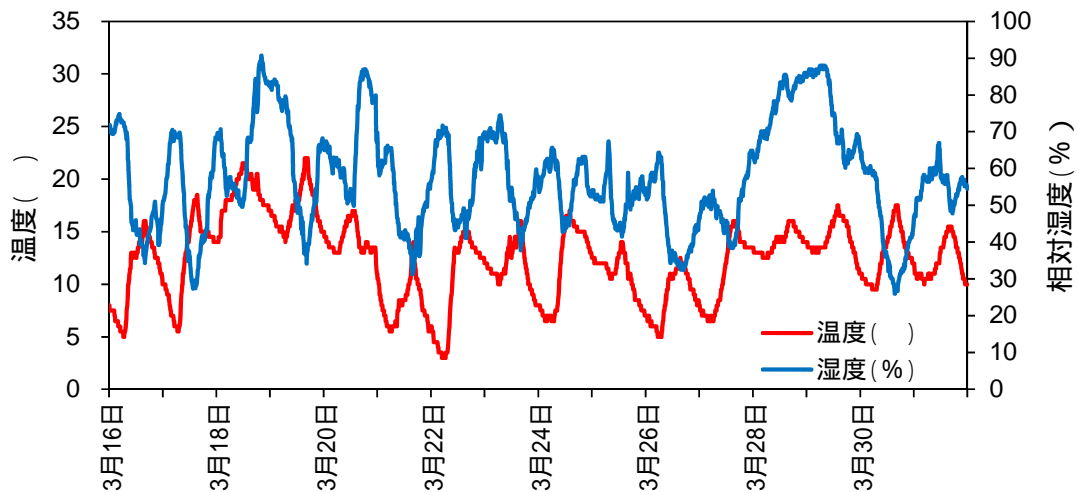


図 2-6-14 大阪の外気温度の経時変化

(2) 夏期

図 2-6-15, 16 に空調運転時間帯(ヒトが居る時間帯)の室内温度と相対湿度を抽出した結果を示す。なお、O-06 は欠測であった。

測定期間中に室内温度は 20~30℃, 相対湿度は 20~70% の範囲で変動するものの、温度と相対湿度の中央値はそれぞれ 24~27℃, 43~55% であった。O-06 は欠測であった。

温度の中央値ではすべて建築物衛生法の管理基準 17~28℃ を満足していたが、最大値では O-08, O-09 以外の 10 件が満足していなかった。

一方、相対湿度では、中央値のすべてが管理

基準値 40~70% を満足していたが、最小値では T-03 以外の 11 件が満足していなかった。

図 2-6-17~28 は各測定対象それぞれの室内湿度の経時変化を示す。温湿度計は、東京、福岡、大阪全て 10 分間隔でデータを記録し、東京は 8 月 26 日から 9 月 23 日、福岡は 9 月 9 日から 10 月 3 日、大阪は 9 月 13 日から 10 月 11 日の間連続測定を行った。なお、O-06 は欠測であった。

温度については、ほとんどのビルが 25~30℃ の範囲で変動していたが、F-03, F-04, O-04 は 30℃ を上回る変動が測定期間中いくつか見られ

た。

相対湿度については、T-03 は湿度変化の変動が小さいが、その他の物件では湿度変化の変動が大きく、T-02、T-03、F-02 で急激な湿度変化が見られた。

図 2-6-29～31 に東京、福岡、大阪、それぞれの長期測定時の外気温度の経時変化を示す。なお、温湿度計は 10 分間隔でデータを記録し、室内温湿度の場合と同様に、東京は 8 月 26 日から 9 月 23 日、福岡は 9 月 9 日から 10 月 3 日、大阪は 9 月 13 日から 10 月 11 日の間連続の測定を行った。東京の外気の平均温湿度はそれぞれ 27.6℃、67.3%、福岡の外気の平均温湿度はそれぞれ 26.4℃、60.4%、大阪の外気の平均温湿度はそれぞれ 25.8℃、61.7%であった。また福岡

の湿度で 9 月 12 日から 17 日で横ばいになる期間があった。東京、福岡、大阪の各測定対象の室内の平均温湿度と外気温度の間の差が小さく、外気平均温度に比べ 2℃前後する範囲内であった。

C.2 CO・CO₂

(1) 冬期

各測定場所の CO₂ の結果を図 2-6-32(冬期)、図 2-6-33(夏期)に示す。CO についてはどの測定場所でも基準値以下になっていたため、ここでは図を省略する。

建築物衛生法では、CO は 10ppm 以下、CO₂ は 1000ppm 以下と定められている。冬期は、CO に関してはどの建物でも基準値を超えることは

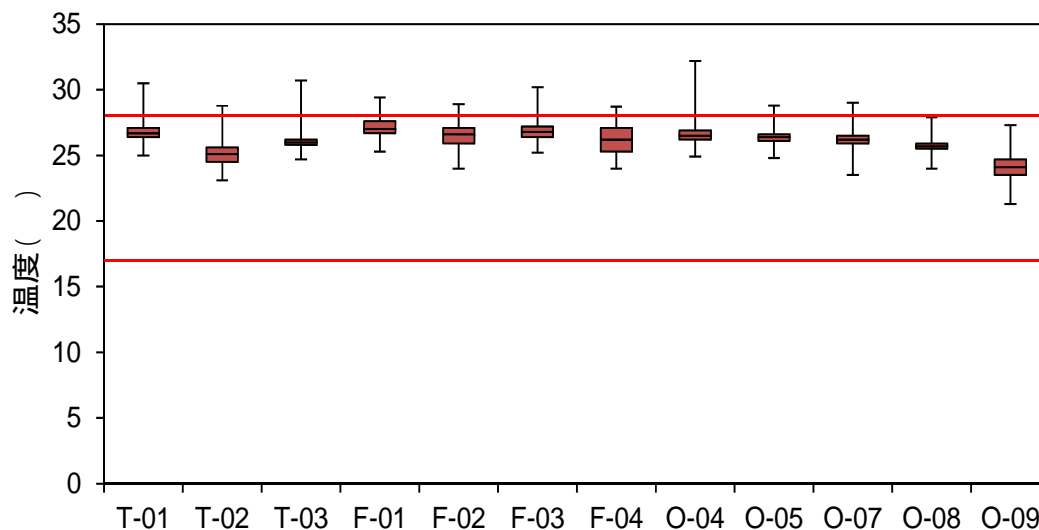


図 2-6-15 空調運転時の室内温度

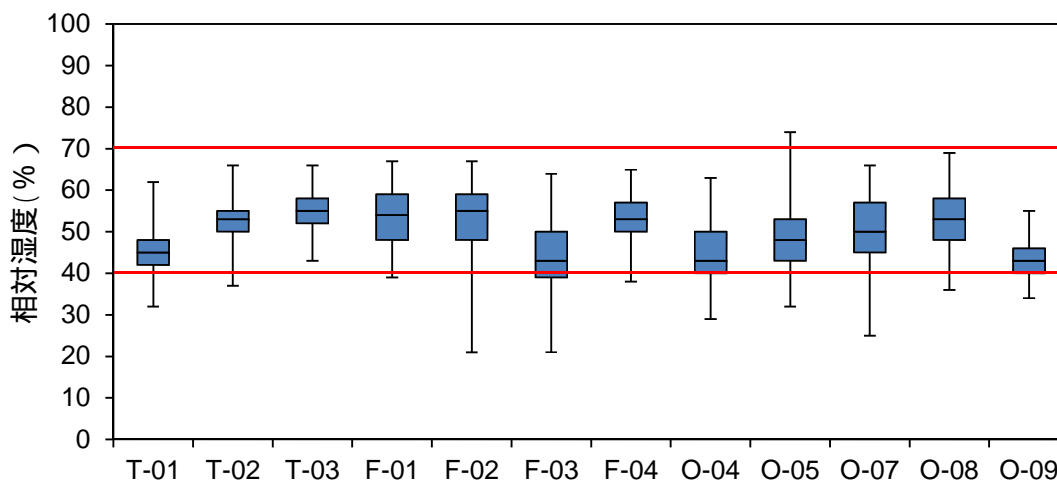


図 2-6-16 空調運転時の室内相対湿度

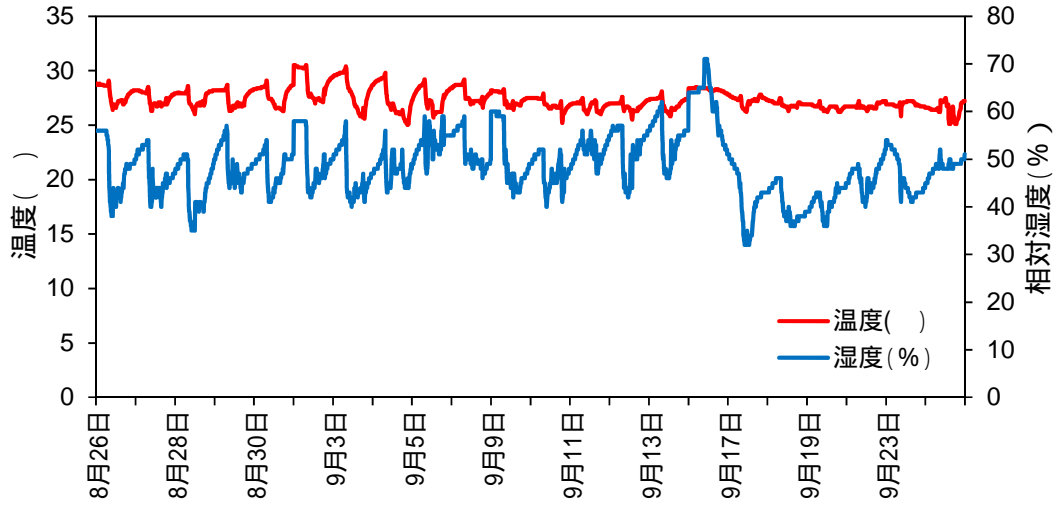


図 2-6-17 T-01 温湿度の経時変化

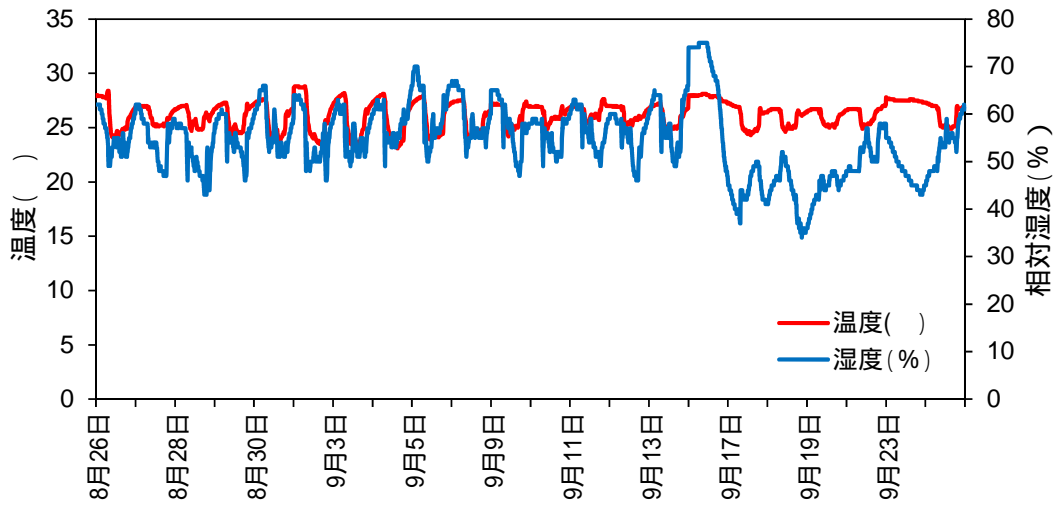


図 2-6-18 T-02 温湿度の経時変化

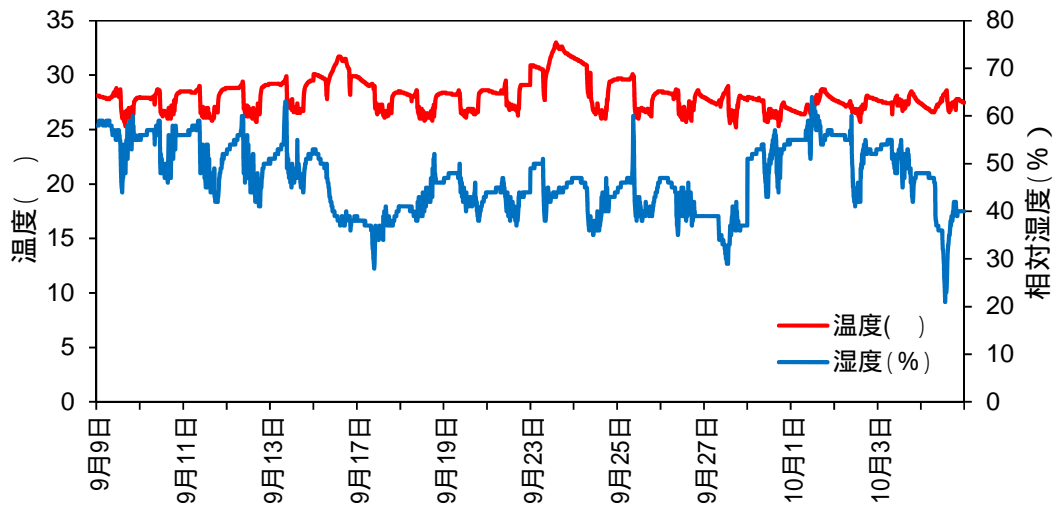


図 2-6-19 F-03 温湿度の経時変化

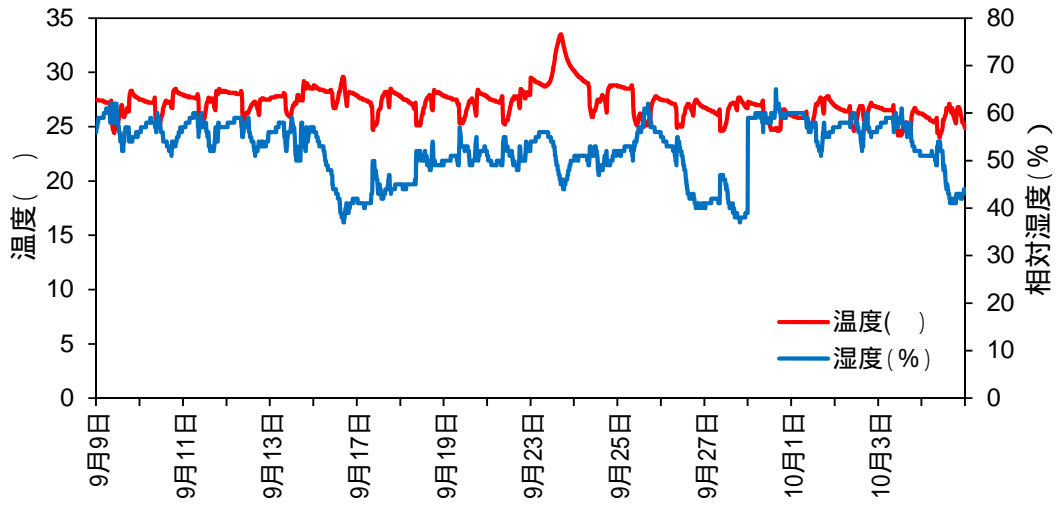


図 2-6-20 F-04 温湿度の経時変化

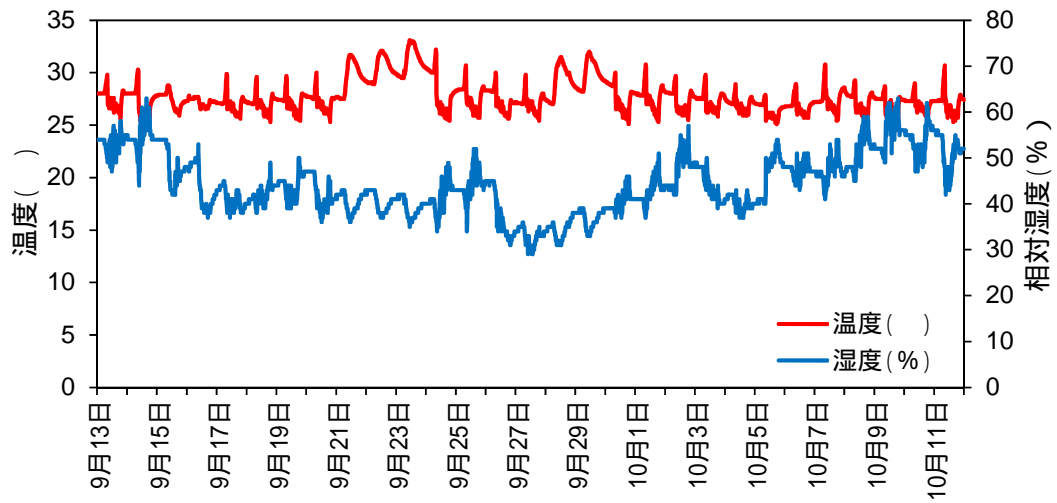


図 2-6-21 O-04 温湿度の経時変化

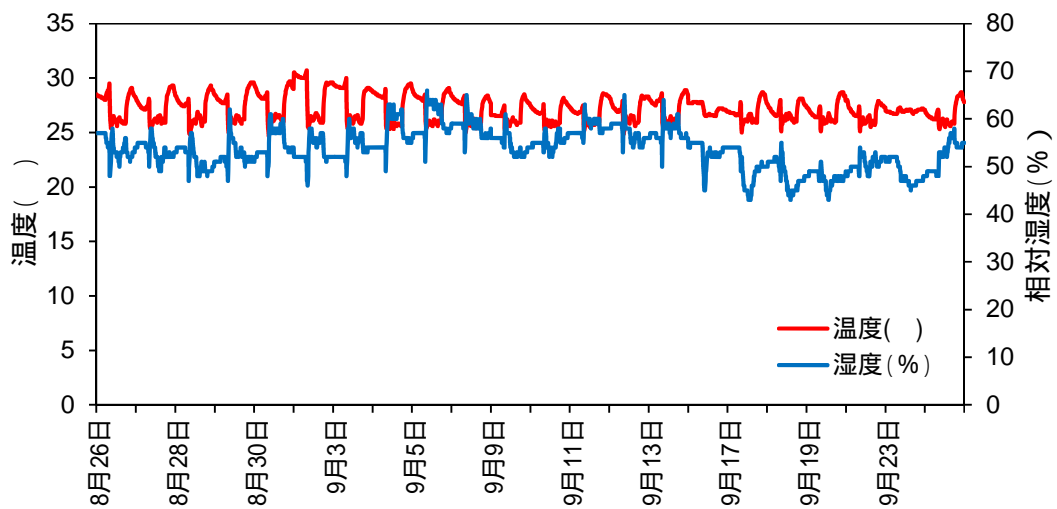


図 2-6-22 T-03 温湿度の経時変化

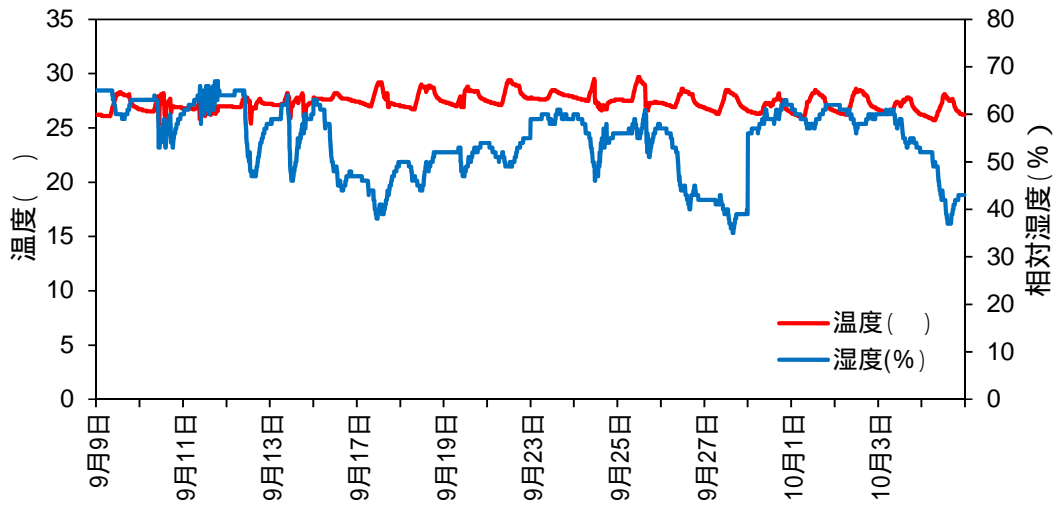


図 2-6-23 F-01 温湿度の経時変化

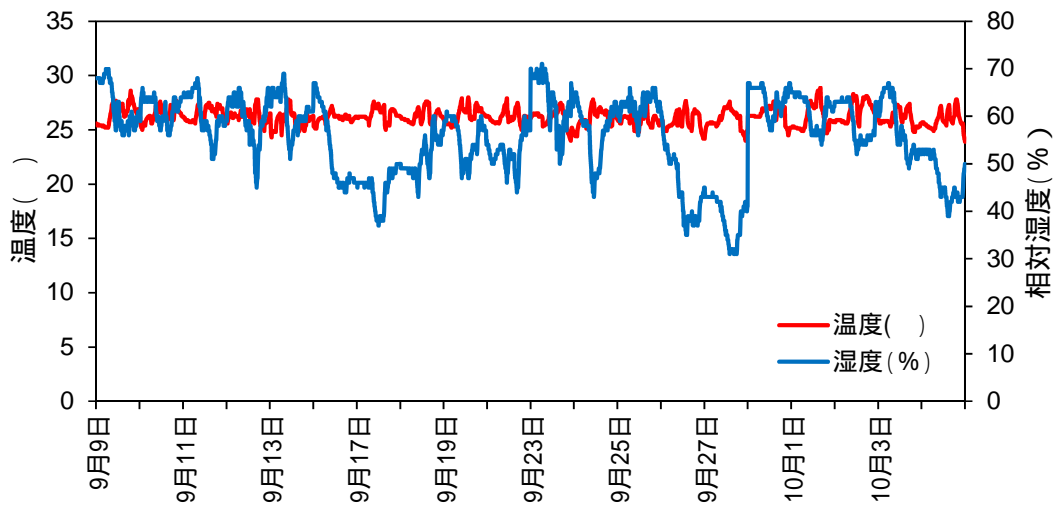


図 2-6-24 F-02 温湿度の経時変化

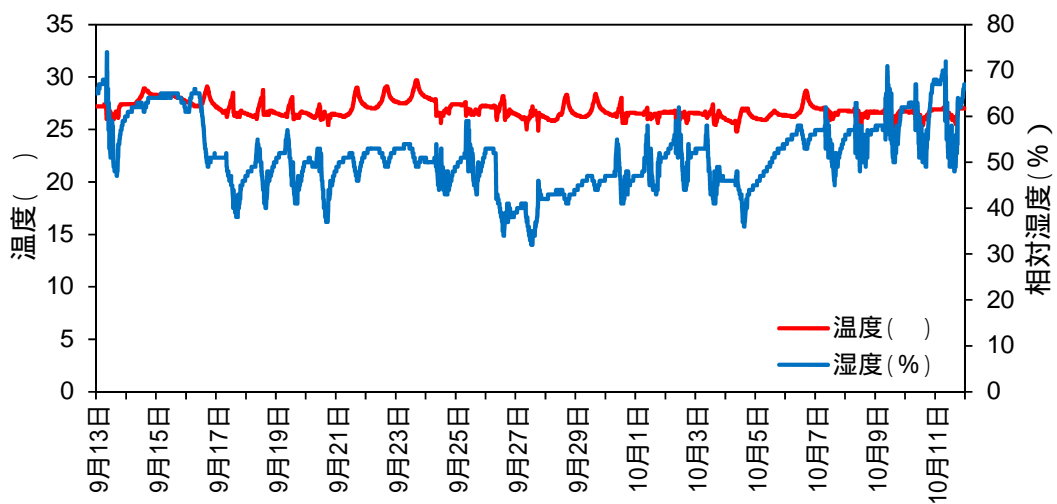


図 2-6-25 O-05 温湿度の経時変化

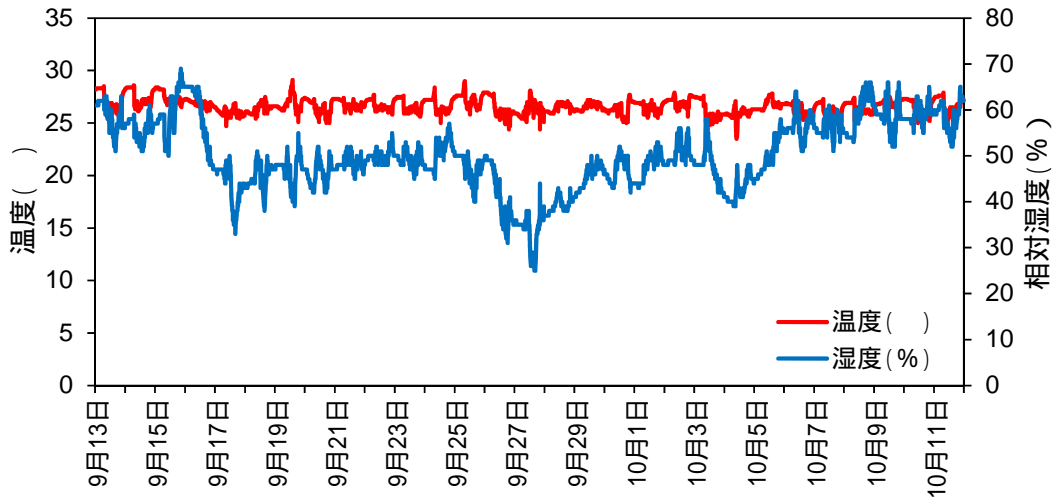


図 2-6-26 O-07 温湿度の経時変化

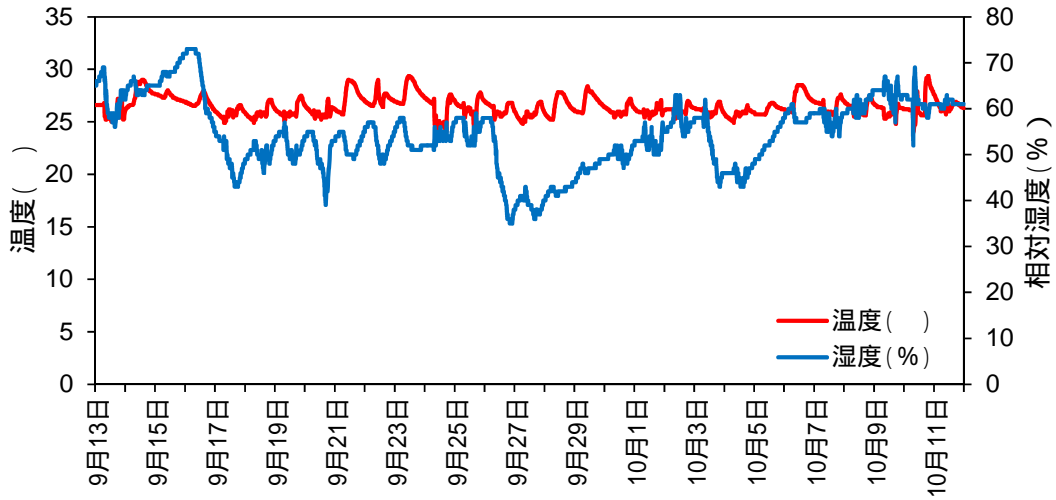


図 2-6-27 O-08 温湿度の経時変化

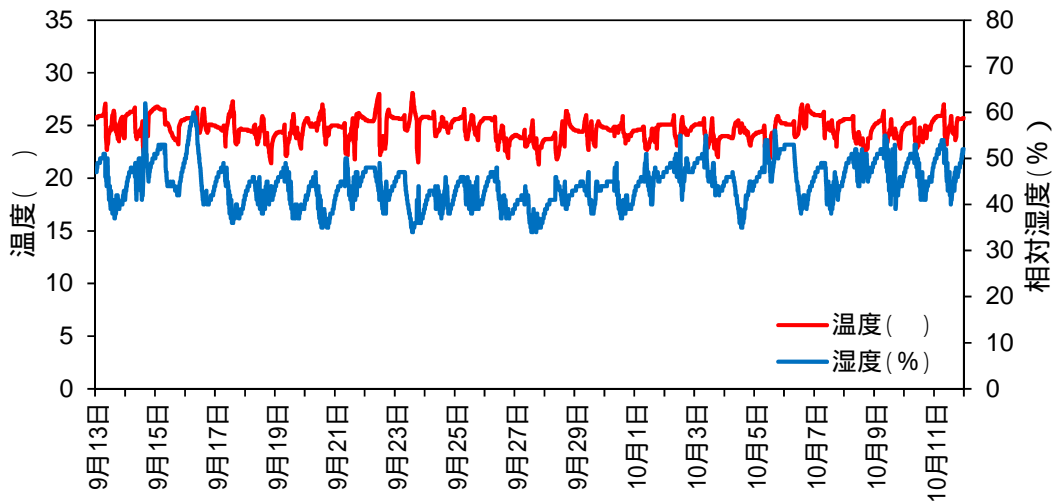


図 2-6-28 O-09 温湿度の経時変化

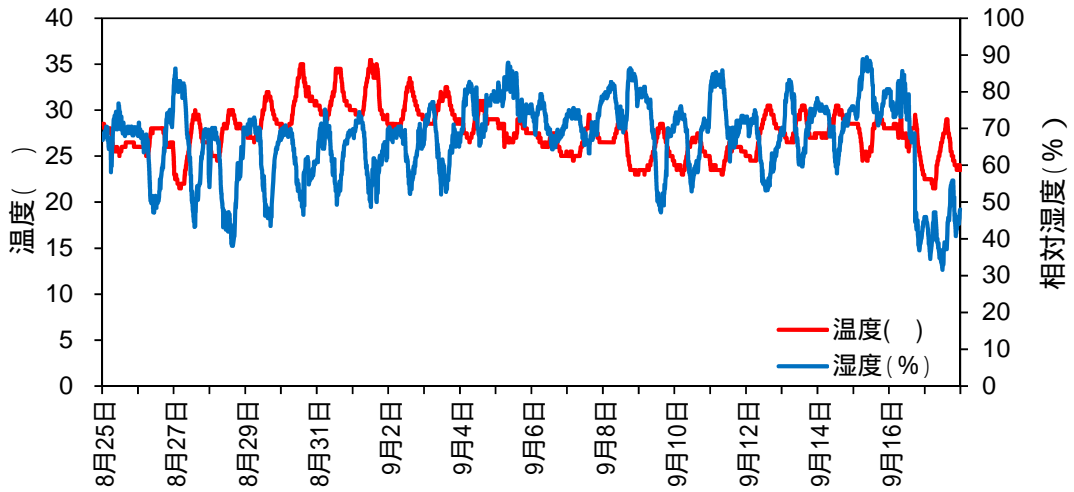


図 2-6-29 東京の外気温度の経時変化

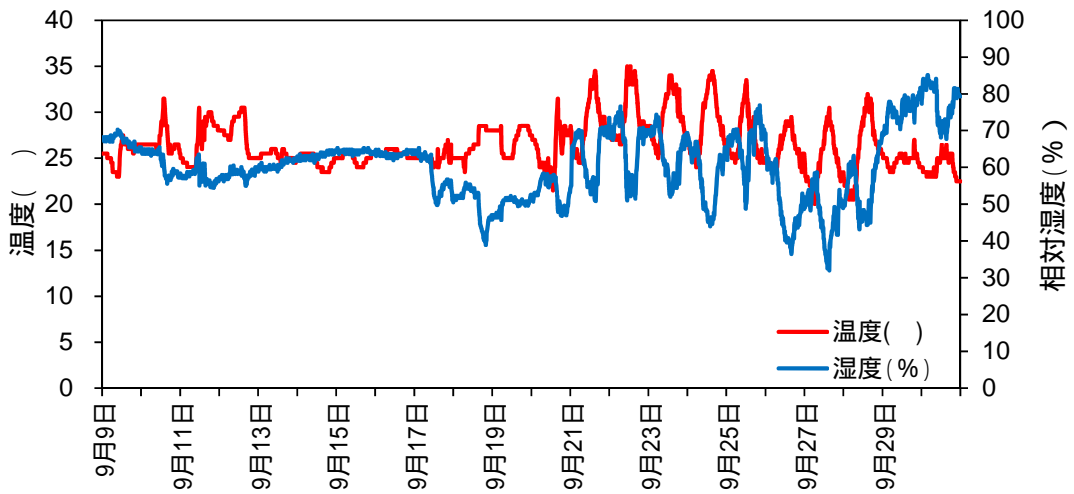


図 2-6-30 福岡の外気温度の経時変化

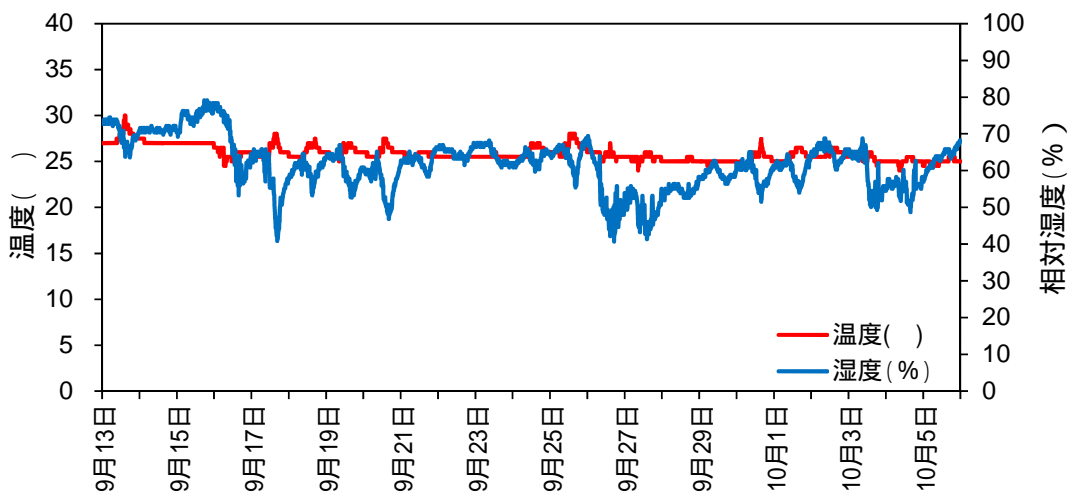


図 2-6-31 大阪の外気温度の経時変化

なかったが、CO₂に関しては、F-02、F-03、O-02、で基準値を上回る結果となった。

(2) 夏期

夏期は、CO₂に関しては冬期よりもやや大きい値がでたが、どの測定場所でも基準値を下回った。CO₂に関しては、O-05とO-06で基準値を上回る結果となった。

C.3 浮遊真菌・細菌

(1) 冬期

図2-6-34、35は、それぞれ空中浮遊真菌濃度、真菌属別の内訳の割合を示す。図2-6-34の赤線は日本建築学会の維持管理基準値である浮遊真

菌濃度 50cfu/m³を表している。浮遊真菌濃度において、測定対象11件中4件で維持管理基準値である真菌 50cfu/m³を超えていた。とくにF-02の室内浮遊真菌濃度が他の物件と比較すると顕著に高い結果となった。T-02の給気口は、真菌が検出されなかったため真菌濃度は0であった。

東京の浮遊真菌属別の内訳において、室内ではYeast(酵母)、外気ではCladosporium spp.(クロカビ)が多く検出された。福岡の浮遊真菌の内訳において、室内、給気口ではAspergillus spp.(コウジカビ)、外気ではA spp.、C spp.が多く検出された。大阪の浮遊真菌属別の内訳において、室内ではYeast、給気口ではA spp.、Penicillium spp.(アオカビ)、外気ではYeast、C

CO₂

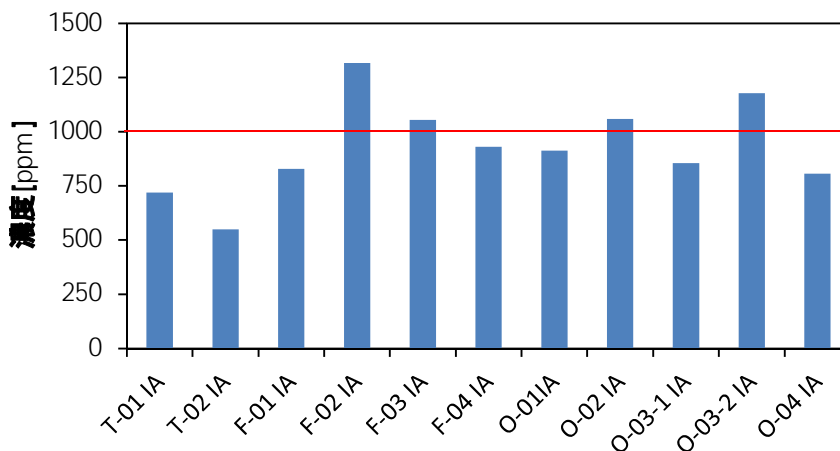


図 2-6-32 CO₂の測定結果 (冬期)

CO₂

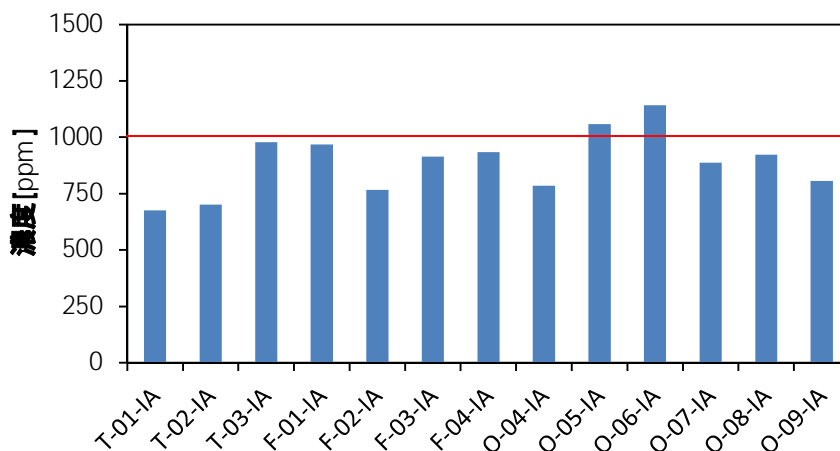


図 2-6-33 CO₂の測定結果 (夏期)

sp.が多く検出された。とくに F-02, F-03, F-04 では A spp., T-01, O-01~05 では Yeast が他の菌に比べ高い割合で検出された。

図 2-6-36 に浮遊真菌の I/O 比を示す。F-02, O-01, O-03_2 の 3 件で I/O 比の値が 1 を上回っていた。このことからこの 3 件では室内に汚染源がある可能性が示唆された。また F-02 の I/O 比の値が 7 を示しており、他と比較すると顕著に高いことが分かる。

図 2-6-37 は浮遊細菌濃度を示す。図中の赤線は日本建築学会の維持管理基準値である細菌 500cfu/m³ を表している。浮遊細菌濃度において、測定対象 11 件中 1 件で維持管理基準値である細菌 500cfu/m³ を超えていた。基準値を超えていた 1 件は F-02 であり、真菌濃度の場合と同様に F-02 の室内細菌濃度の値が顕著に高いことが分かる。また基準値を満たしていた 10 件のうち F-01, O-01, O-03_1 (外調機 SA), O-04 の 4 件が、室内の細菌濃度に比べ、給気口の細菌濃度の方が高い結果となった。F-04 は室内、F-03 は室内、給気口、外気いずれからも細菌が検出されなかったため、細菌濃度は 0 であった。

図 2-6-38 に浮遊細菌の I/O 比を示す。F-02, F-03 は外気の浮遊真菌濃度は 0 であり、F-04 は測定していないため、I/O 比は算出していないが、この内 F-02, F-03 の 2 件については室内で浮遊細菌濃度が確認できたため、室内が汚染源だと示唆される。O-01, O-02, O-03_1, O-03_2, O-04 の 5 件で I/O 比の値が 1 を上回っていた。

(2) 夏期

図 2-6-39, 40 にそれぞれ空中浮遊真菌濃度、真菌の内訳の割合を示す。図中の赤線は日本建築学会の維持管理基準値である真菌 50cfu/m³ を表している。浮遊真菌濃度において、測定対象 13 件中 5 件で維持管理基準値である真菌

50cfu/m³ を超えていた。基準値を超えていた 5 件の中で特に O-05 の室内、給気口の浮遊真菌濃度が顕著に高い結果となった。冬期の測定結果で非常に高い浮遊真菌濃度であった F-02 の室内は、今回の測定では 45cfu/m³ と基準を満たす結果となった。O-04 は給気口で真菌が検出されなかった。F-03, O-06 の給気口は稼働していなかったため測定していない。東京の浮遊真菌の内訳において、室内では A spp., 給気口では Yeast, 外気では C spp., P spp. が多く検出された。福岡の浮遊真菌属別の内訳において、室内では C spp., A spp., 給気口では C sp., P sp., 外気では C sp., Mycelia が多く検出された。大阪の浮遊真菌属別の内訳において、室内では C spp., 給気口では C spp., 外気では、C spp. が多く検出された。図 2-6-41 に浮遊真菌濃度の I/O 比を示す。全ての物件で I/O 比の値が 1 を下回っていた。

図 2-6-42 に浮遊細菌濃度を示す。図中の赤線は日本建築学会の維持管理基準値である細菌 500cfu/m³ を表している。浮遊細菌濃度において、測定対象 13 件中 1 件で維持管理基準値である細菌 500cfu/m³ を超えていた。基準値を超えていた 1 件は F-02 は基準値を 10cfu/m³ 上回る程度であった。また 13 件のすべてが給気口に比べ室内の浮遊細菌濃度の方が高い結果となった。T-02, T-03 の給気口からは細菌が検出されなかった。また F-03, O-06 の給気口は稼働していなかったため測定していなかった。図 2-6-43 に浮遊細菌の I/O 比を示す。F-01, F-02, F-03, F-04, O-04, O-05, O-06, O-07, O-08 の 9 件で I/O 比の値が 1 を上回っていた。浮遊細菌の主な発生源が室内にあることが再確認された。

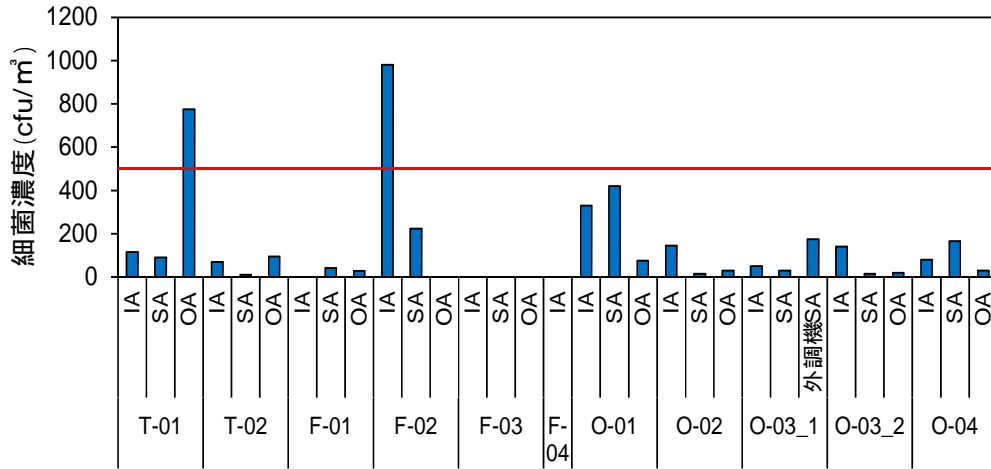


図 2-6-37 浮遊細菌濃度

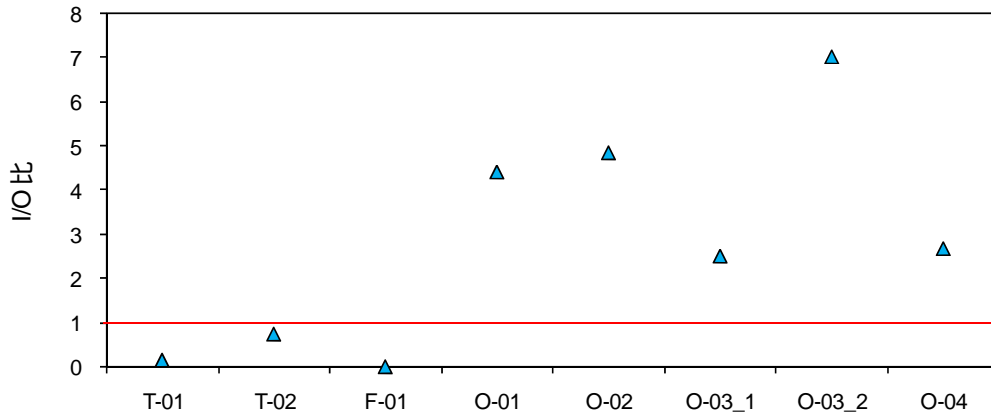


図 2-6-38 浮遊細菌濃度の I/O 比

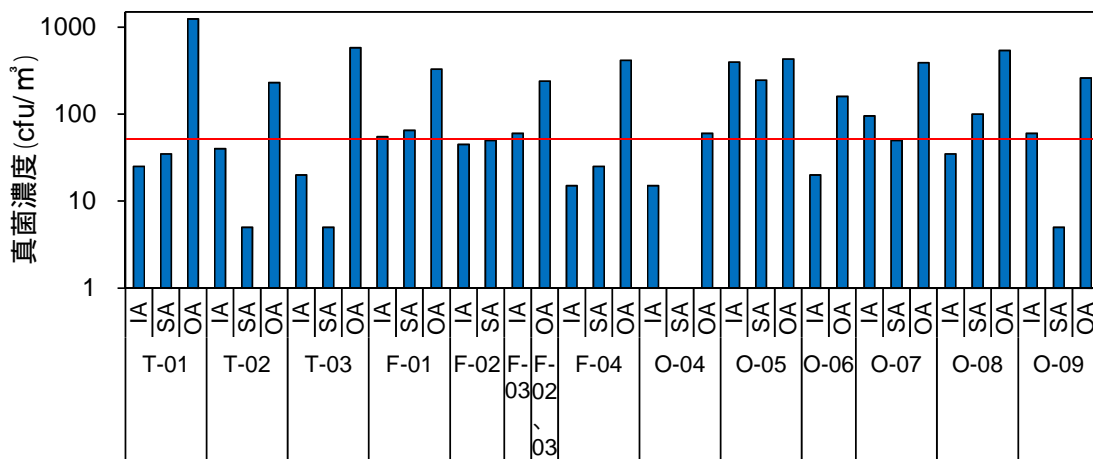


図 2-6-39 浮遊真菌濃度

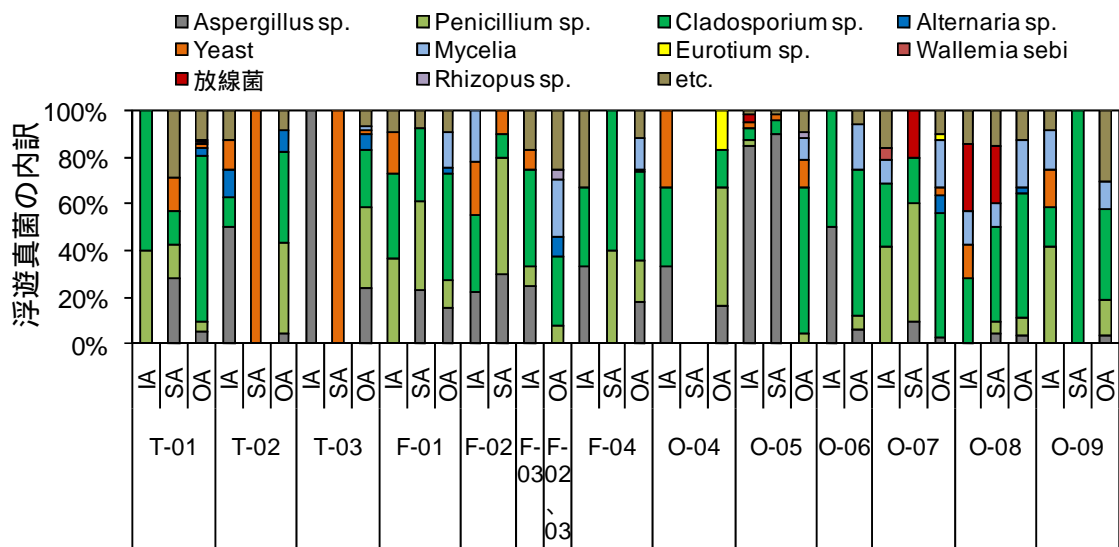


図 2-6-40 浮遊真菌の内訳

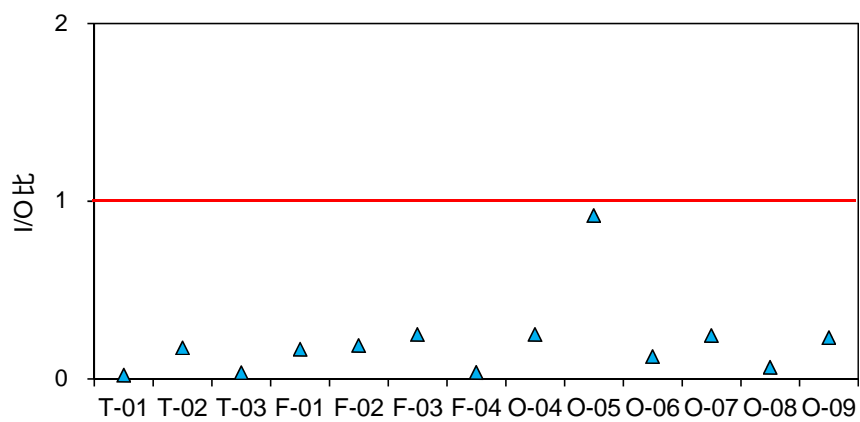


図 2-6-41 浮遊真菌濃度の I/O 比

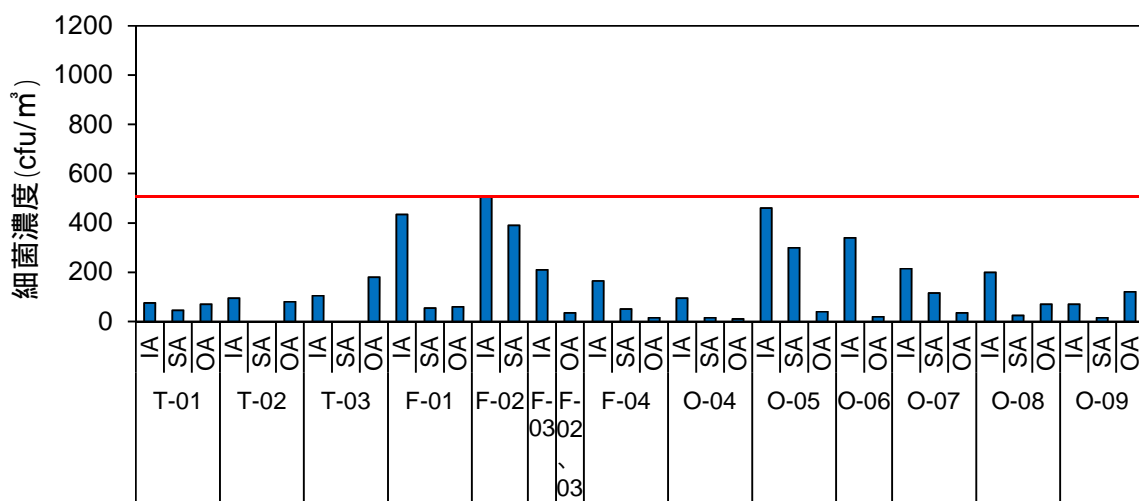


図 2-6-42 浮遊細菌濃度

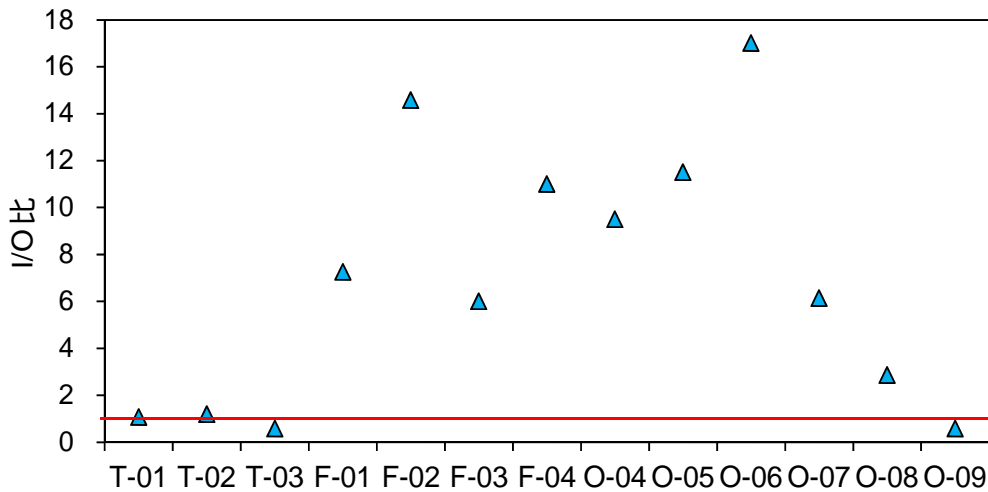


図 2-6-43 浮遊真菌の内訳

表 2-6-4 カルボニル化合物及び VOCs 測定結果 (冬期・夏期測定)

冬期実測	T-01		T-02		F-01		F-02		F-03		F-04	
	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気
ホルムアルデヒド	7.1	ND	3.9	0.4	8.1	0.4	20.7	1.2	21.2	1.5	11.2	1.5
アセトアルデヒド	2.4	1.8	1.0	2.5	3.3	2.4	28.6	2.9	12.2	3.3	6.5	3.3
トルエン	6.5	3.4	7.6	5.1	17.4	46.0	61.4	11.8	196.1	17.2	22.2	17.2
エチルベンゼン	2.7	ND	3.4	2.0	10.4	3.8	14.9	3.6	13.6	ND	9.1	ND
キシレン	1.9	1.0	2.6	1.4	9.9	2.8	15.3	2.7	11.6	2.6	7.5	2.6
スチレン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	11.1	ND	ND	ND	1.6	ND
p-ジクロロベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラデカン	2.3	ND	ND	ND	7.7	1.2	6.2	ND	12.8	1.1	5.8	1.1
TVOC	133.8	57.9	83.6	51.4	446.8	520.7	751.6	104.1	1376.8	122.4	553.6	122.4

冬期実測	0-01		0-02		0-03.1		0-03.2		0-04	
	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気
ホルムアルデヒド	10.8	ND	6.0	ND	3.4	ND	6.2	ND	6.9	ND
アセトアルデヒド	1.9	1.3	3.8	1.4	2.4	2.5	7.1	2.5	6.9	2.5
トルエン										
エチルベンゼン										
キシレン										
スチレン										
p-ジクロロベンゼン										
テトラデカン										
TVOC										

夏期実測	T-01		T-02		T-03		F-01		F-02		F-03		F-04	
	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気
ホルムアルデヒド	45.2	10.2	14.5	13.0	34.6	11.6	30.7	8.3	31.3	6.6	22.8	6.6	23.1	5.7
アセトアルデヒド	ND	ND	ND	ND	ND	ND	9.0	2.1	17.3	3.9	11.4	3.9	18.5	0.7
トルエン	32.5	33.9	44.7	24.3	37.9	20.7	24.1	24.5	37.1	10.7	38.8	7.2	11.5	7.2
エチルベンゼン	9.2	8.4	12.6	7.7	14.6	7.3	9.3	6.8	5.6	4.4	11.0	3.2	3.5	3.2
キシレン	10.6	10.3	13.4	9.5	13.3	9.1	2.0	6.4	ND	ND	1.7	6.4	3.5	6.4
スチレン	5.7	3.1	ND	3.6	ND	5.2	8.4	5.0	8.3	ND	ND	ND	ND	ND
p-ジクロロベンゼン	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラデカン	5.7	2.8	3.7	ND	18.7	2.6	ND	4.5	7.5	ND	12.4	2.2	10.6	2.2
TVOC	192.8	59.3	150.1	75.6	337.6	52.9	456.5	180.6	313.5	12.7	483.3	-	208.0	-

夏期実測	0-04		0-05		0-06		0-07		0-08		0-09	
	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気	室内	外気
ホルムアルデヒド	24.1	7.2	28.8	4.9	25.4	5.7	28.4	6.0	13.7	6.0	12.1	5.1
アセトアルデヒド	17.0	7.6	10.4	2.1	29.4	13.4	13.2	9.2	7.9	8.0	19.6	7.4
トルエン	18.0	11.8	8.9	6.5	20.7	9.4	23.6	10.4	7.7	7.7	7.6	ND
エチルベンゼン	6.3	4.0	6.7	4.0	18.9	2.9	12.5	3.5	3.5	2.9	2.2	ND
キシレン	3.5	3.0	12.3	2.9	16.3	2.1	ND	ND	2.3	2.0	2.4	ND
スチレン	ND	ND	ND	ND	14.5	ND	ND	ND	ND	0.2	ND	ND
p-ジクロロベンゼン	ND	ND	ND	ND	0.0	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
テトラデカン	4.9	ND	3.6	ND	6.6	ND	9.4	ND	ND	ND	ND	ND
TVOC	77.4	-	335.7	-	394.8	-	401.4	112.8	29.1	2.8	-	-

C.4 化学物質

個別物質の測定結果を表 2-6-4 に、統計処理してまとめたものを図 2-6-44 図 2-6-45 に示す。また、濃度が低いもしくは定量限界以下である物質は省略し、冬期大阪の VOCs については欠測のため、カルボニル化合物のみ示した。

(1) 冬期

ホルムアルデヒドについてはいずれも指針値を超えるところはなく、平均値 $9.6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値は $20.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ と全体的に低い水準であった。VOCs の個別物質において主に検出されたのはトルエンで、その他にエチルベンゼン、キシレンが検出されたが、気中濃度は指針値を大きく下回る低い水準であった。天然木材由来の α ピネン、殺・防虫剤成分である p-ジクロロベンゼンは住宅で問題になることがあるが、今回の実測では殆ど検出されなかった。

一方、TVOC については福岡の全ての対象物件でいずれも暫定目標値を超える結果となった。F-01 は外気濃度が高かったため外気由来と考えられるが、他の 3 物件は外気濃度が低いいため室内由来のものと推察される。特に、 CO_2 の結果からも読み取れるよう換気不足若しくは OA 機器からの影響が考えられる。アセトアルデヒドについても低い水準で推移しており、指針値を超える建物はなかった。

(2) 夏期測定結果

ホルムアルデヒドについてはいずれも指針値を超えるところはないが、平均値 $25.7\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、最大値は $45.2\mu\text{g}/\text{m}^3$ と冬期実測より高い傾向を示した。ホルムアルデヒドは気温と湿度が高い夏場に放散が促進されることから夏期の濃度が高くなることがよく知られているが、今回の結果でもそのような気温の影響が考えられる。アセトアルデヒドに関しても冬期実測よりやや高くなっている。

VOCs 個別物質において主に検出されたのはトルエン、その他にエチルベンゼン、キシレンが検出されたが、濃度は低い水準であった。その他に、一部の建物でスチレンとテトラデカンが検出された。

TVOC の暫定目標値を超えた物件は、福岡で 2 件(F-01, F-02), 大阪 1 件(O-07)となった。換気量を絞っていることが原因の一つと考えられる。

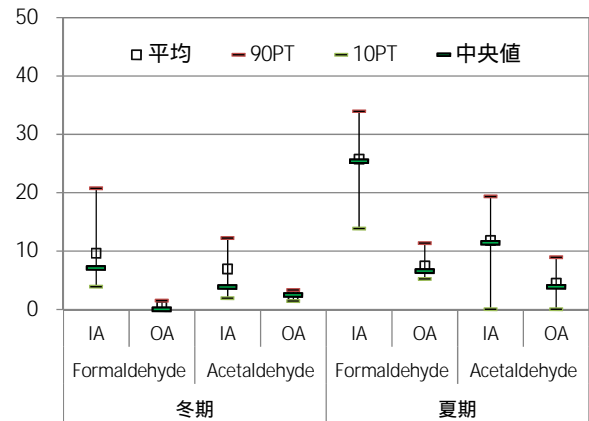
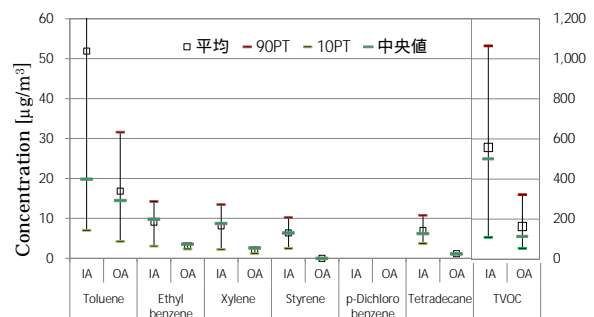
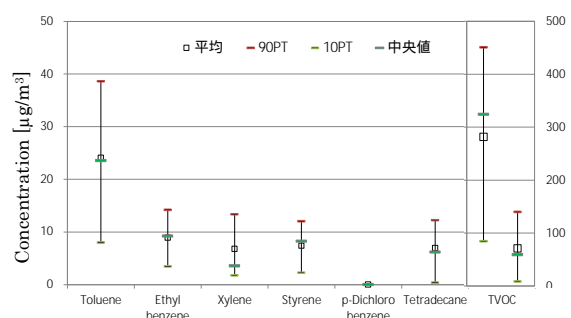


図 2-6-44 カルボニル化合物測定結果



a) VOCs 冬期測定結果



b) VOCs 夏期測定結果

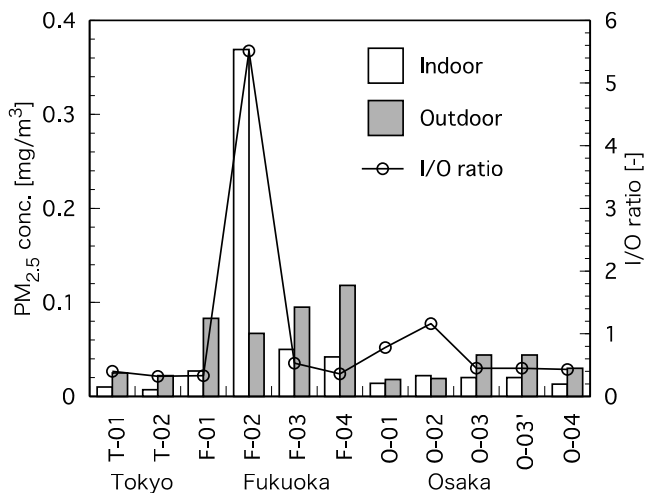
図 2-6-45 VOCs 測定結果

C.5 浮遊微粒子・ $\text{PM}_{2.5}$

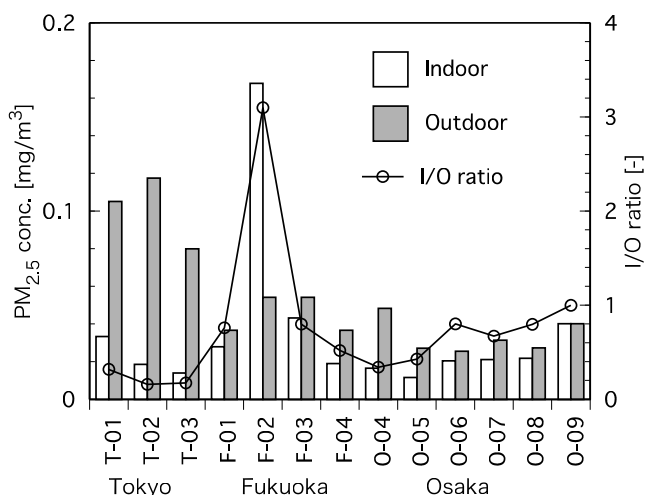
図 2-6-46 に冬期及び夏期における東京、福岡、大阪の事務所建築物及び外気の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の測定結果、及び室内と外気濃度の比を表す I/O 比

を示す。冬期の測定では、中国からの越境汚染で話題となった2013年3月であったため、外気濃度が高く、室内濃度が $10\text{--}370\mu\text{g}/\text{m}^3$ となった。特に福岡においては室内外共に高い値となった。なお、F-02については不完全な喫煙室があり、たばこ煙の影響を強く受けているため、外気よりも高い濃度となった。I/O比については、喫煙室のあるF-02及び小規模建築物で換気装置が不十分なO-01、O-02を除けば、0.5程度となった。

夏期においては、外気濃度が低くなり、喫煙室のあるF-02以外は、 $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下となった。I/O比についても、概ね1以下となっていた。



a) 冬期

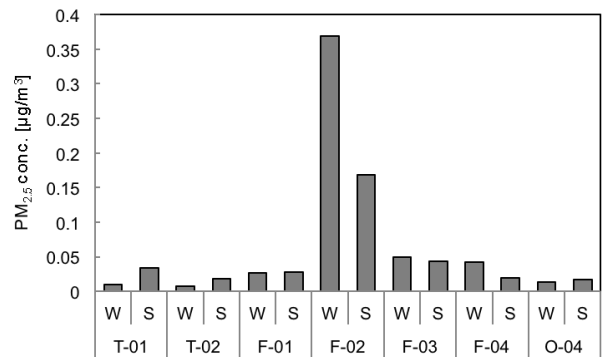


b) 夏期

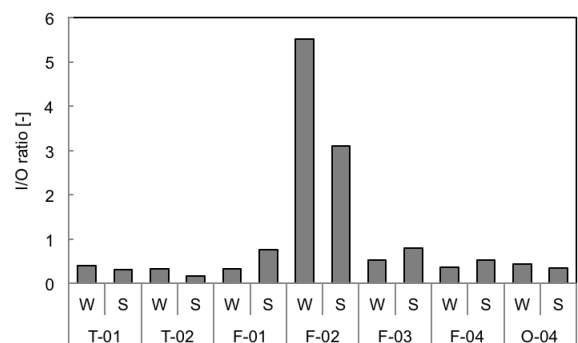
図 2-6-46 各建物における室内及び外気の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度と I/O 比

冬期及び夏期の両方の測定を行った建物の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度及び I/O 比の比較を図 2-6-47 に示す。F-02 を除けば、季節毎には大差はなく、I/O 比に関しても、両季節共に 1 を下回っていた。よって、室内の汚染物質の侵入の指標となる I/O 比については、室内の発生が支配的でない場合には、季節に関係なく建物の特性、即ち外気からの侵入、外調機等の特性によるものと考えられる。

以上のように、室内 $\text{PM}_{2.5}$ 濃度については、室内での燃焼発生源がある場合、また外気からの侵入により、その濃度が高くなる可能性がある。大気環境基準値とは単純に比較はできないが、この基準値を超過する例もあることが分かった。



a) $\text{PM}_{2.5}$



b) I/O 比

図 2-6-47 冬期及び夏期の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度と I/O 比の比較

E. 考察

E.1 温湿度について

個別方式空調では中央方式と異なり、空調運転を在室者に委ねており、執務時間前のウォー

ミングアップ運転ができないため、朝の立ち上がり時の温度、相対湿度が建築物衛生法の管理基準値を満足できないケースが多いことが明らかになった（図 2-6-1, 図 2-6-2, 図 2-6-15, 図 2-6-16）。また、冬期の相対湿度においては 10 件中 6 件の中央値, 9 件の 25% タイル値が 40% を下回っており、東京都のこれまで報告している不適率より倍以上高いことが明らかになった。これは、加湿量が不足していることが強く示唆されており、今後それについての改善策を検討する必要があると考えられる。一方、温湿度の変動においては、一日中定常状態に達していないビルが殆どであり、その改善策の検討も必要である。

E.2 CO・CO₂ について

CO については、全て建築物衛生法の管理基準値を大きく下回った。これは室内に燃焼などによる発生がないほか、近年禁煙・分煙が進んでいることが一因であると推察される。

CO₂ については、総じて良好であった。これは、今回の調査対象ビルの殆どの在室者数（在室率）が低かったことに一因があると考えられる。

E.3 浮遊微生物

浮遊真菌については、冬期と夏期で日本建築学会管理基準値を超えたのは各 4 件であった。冬期の 4 件中福岡の 2 件は好乾性真菌 *A. spp.*, 大阪の 2 件は好湿性真菌 *Yeast*, 夏期の 4 件中 *A. spp.*, *P. spp.*, *C. spp.*, *Yeast* が多く検出された。

また、室内より空調の吹出し口から検出真菌濃度の方が高くなっていることから、室内環境の適正管理や空調機のクリーニングなどを含めた衛生管理が重要であることが示唆された（図 2-6-34, 図 2-6-35, 図 2-6-39, 図 2-6-40）。

E.4 化学物質

本年度の実測では、冬期・夏期実測を通してホルムアルデヒドや個別 VOCs で厚生労働省の指針値を超える項目はなかった。しかし、TVOC に関しては暫定目標値を超える物件が冬期 4 件、夏期 3 件存在した。特に、福岡において TVOC が高くなる傾向が見られたが、外気濃度も他の地域に比したやや高い傾向にあったが、室内濃度と外気濃度の比である I/O 比から考えると外気由来ではなく室内由来のものと考えられ、更に換気不足による濃度上昇がうかがえる。このような現象は個別式空調機の普及拡大、省エネ推進による換気量の減少と室内温湿度の緩和などの影響によるものと考えられる。

2012 年 9 月から、「シックハウス（室内空気汚染）問題に関する再検討会」が開かれ、厚生労働省指針値及び対象物質に関する議論が行われている。基本的には、住宅における室内空気質に関するものであるが、その再検討会で議論されている内容を踏まえ、特定建築物でも問題となる可能性のある物質について考慮してゆく必要がある。

今後は、今までの対象物質に加え、自動車排ガスや喫煙に由来するベンゼンなどについて検討して行く。

表 2-6-5 空調設備別の測定項目の比較

空調方式	冬期		夏期	
	個別方式	中央方式	個別方式	中央方式
温度 ()	22.1	25.4	26.7	25.7
湿度 (%)	38	39	49	45
PM2.5 (µg/m ³)	67	21	51	17
PM10 (µg/m ³)	71	23	52	19
真菌 (cfu/m ³)	47	5	89	9
細菌 (cfu/m ³)	112	88	181	16

(4) 空調方式

表 2-6-5 は調査対象ビルにおいて、空調方式別の温湿度、PM_{2.5}、PM₁₀ (PM_{2.5} と PM₁₀ の結果別節を参照されたい)、浮遊真菌、浮遊細菌の中央値を示す。温湿度については、個別空調では冬期と夏期の温度に 3 の差が見られたが、中方式ではほぼ同じであった。また相対湿度では空調方式による差があまりなかった。

PM_{2.5}、PM₁₀ の粒子濃度、浮遊真菌濃度、浮遊細菌濃度については、全て個別方式が中央方式を上回っていた。個別方式の室内機が分散されているため維持管理が難しいほか、エアフィルタの捕集率も比較的に劣っているためであると考えられる。

中央方式、個別方式、中央・個別併用方式に分類した際の、PM_{2.5} 濃度、I/O 比の箱ひげ図を図 2-6-48 に示す。なお、喫煙所のある F-02 については、室内に発生量が他と比べて多いため、今回の解析からは除いた。

PM_{2.5} 濃度及び I/O 比共に、個別方式及び中央・個別併用方式よりも、中央方式の方が低い値となっていた。即ち、中央式においては、外気の粉じんを外調機により効率よく除去及び室内粉じんを空調機により除去できていることを示しており、効率の良いエアフィルタが寄与していることが考えられる。逆に個別方式においては、中央方式ほどの効率のエアフィルタを備えていないために、比較すると濃度が高く、I/O 比についても高い値になったものと考えられる。

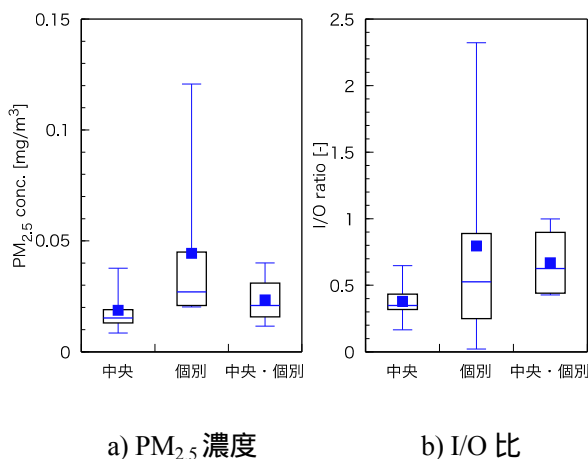


図 2-6-48 空調機別の室内 PM_{2.5} 濃度及び I/O 比

PM_{2.5} 濃度の測定と並行して、パーティクルカウンタ (リオン, KR-12A) による粒径別粒子の個数濃度測定を行った。図 2-6-49 には、各空調機別の粒径 0.3µm 以上及び 2µm 以上の粒径別個数濃度による I/O 比を示す。いずれも個別方式において I/O 比が高くなっていることから、同様にエアフィルタの特性が表れているものと考えられる。更に粒径 2µm 以上については、I/O 比の平均値が 1 以下であったものの、粒径 0.3µm 以上では 1 を超過していた。エアフィルタの捕集効率は粒子の粒径によって大きく異なり、粒径 0.3µm 前後においてはフィルタの最大透過粒径となるので、特に個別方式においては外気の侵入が多いことが考えられる。室内における粉じんの粒径別質量濃度分布は、微小粒径側での粒径 0.2-0.3µm 付近にピークが存在することが確認されており、この主ピークが PM_{2.5} を占めていることから、この粒径範囲を除去することが室内 PM_{2.5} の制御には重要となってくる。

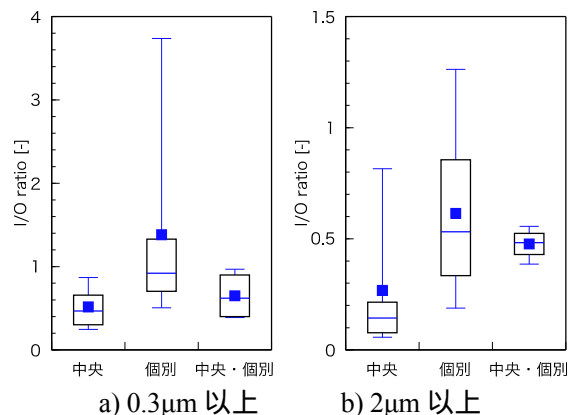


図 2-6-49 パーティクルカウンタによる個数濃度の I/O 比

E.5 測定結果とSBSの関連について

ここでは、測定結果を点数化し、それと有症率の関係について考察を行う。なお、揮発性有機化合物の結果の詳について別節を参照されたい。

表2-6-6と表2-6-7のそれぞれに冬期と夏期のスコア一覧を示す。温度の中央値が21~24の場合には0,17~20 または25~28の場合には1,基準値以外の場合には2,相対湿度の中央値が46~64%の場合には0,40~45%または65~70%の場合には1,基準値以外は2,それ以外のものは測定結果の値が指針値(TVOCの場合は暫定目標値)の0~80%未満の場合には0,80~100%未満の場合には1,指針値以上の場合には2と数値化し,その数値の大小と有症者の割合を比較することで,SBSとの関連性を考察する。また,各項目の数値の合計を算出し,数値の合計が大きい方

が有症者の割合が高いのか,それともある項目に対して影響が大きいのかということも考察する。

表中に示す各項目の合計値からSBSとの関連性についてみると,様々な要因が重なるほど有症者の割合が増えるのではなく,ある特定の物質に関わっている可能性がある。例えば,冬期のT-01とF-01,F-02を比べてみると(表2-6-6),T-01の合計値は小さいが有症者の割合が高く,F-01とF-02の合計値は高いがF-01は有症者の割合が0%に対し,F-02は有症者の割合が61~80%と対極的な結果が得られた。このことから,有症者の割合は原因物質の重複によるものではなく,ある特定の物質,あるいは特定の組み合わせによって有症率が変化する可能性がある。

SBSは症候群であり,医学的に確立した単一の疾患ではなく,環境要素に関わる,居住者に

表2-6-6 冬期の測定結果に基づいたスコア

測定対象	T-01	T-02	F-01	F-02	F-03	F-04	O-01	O-02	O-03-1	O-03-2	O-04	
温度	0	0	0	0	0	1	1	0		0	1	
相対湿度	2	1	2	2	0	2	2	2		2	1	
CO	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	
CO ₂	0	0	1	2	2	1	1	2	1	2	1	
ホルムアルデヒド	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
アセトアルデヒド	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
トルエン	0	0	0	0	0	0						
エチルベンゼン	0	0	0	0	0	0						
キシレン	0	0	0	0	0	0						
スチレン	0	0	0	0	0	0						
パラジクロロベンゼン	0	0	0	0	0	0						
テトラデカン	0	0	0	0	0	0						
ジエチルフタル酸	0	0	0	0	0	0						
ジエチルヘキシルフタル酸	0	0	0	0	0	0						
TVOC	0	0	2	2	2	2						
合計	2	1	5	6	4	6	4	4	1	4	3	

有症者の割合

数

表2-6-7 夏期の測定結果に基づいたスコア

測定対象	T-01	T-02	T-03	F-01	F-02	F-03	F-04	O-04	O-05	O-06	O-07	O-08	O-09	
温度	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	0	
相対湿度	1	0	0	0	0	1	0	1	0		0	0	1	
CO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CO ₂	0	0	1	1	0	1	1	1	2	2	1	1	1	
ホルムアルデヒド	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
アセトアルデヒド	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
トルエン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
エチルベンゼン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
キシレン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
スチレン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ピネン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
パラジクロロベンゼン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
テトラデカン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ヘキサデカン	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TVOC	0	0	1	2	0	2	0	0	1	1	2	0	0	
合計	2	1	3	4	1	5	2	2	4	3	4	2	2	

有症者の割合

数

表 2-6-8 SBS と諸要素の関係

環境測定		ビルファクター	
換気量不足	+	空調	++
CO		加湿	?
TVOC	?	機械換気	?
HCHO		新築ビル	?
総粒子状物質		貧弱な換気メンテナンス	?
吸入性粒子	?	職場ファクター	
床堆積塵	?	イオン化	?
細菌		改善されたオフィスクリーニング	?
真菌		カーペット	+
エンドキシン	?	羊毛のような材料/開放型棚	?
Beta-1,3-glucan	?	室内または近傍に複写機	?
低マイナスイオン濃度	?	ETS	?
高温	?	高い人員密度	+
低湿度	?	凡例	++ 常に高頻度で症状が申告される
気流速度			+ 殆ど高頻度で症状が申告される
照度	?		常に症状との関連が弱い
騒音			? 所見が一貫しない

由来する様々な健康障害の総称を意味している。SBSに関わる諸要因について数多くの調査結果が発表されている。表 2-6-8 に Mendell¹⁾が 1984 ~ 1992 年間で発表された 32 の研究成果について行ったレビューの結果を示す。環境測定値に換気量不足が“+”,ビルファクターに空調が“++”,職場ファクターにカーペット,高い人員密度が“+”となっている。空調が SBS において唯一の“常に高頻度で症状が申告される”の項目になっている。本研究の調査結果は既往の研究成果と整合しており,SBS について今後更なる研究を行う必要がある。

参考文献

- 1) Mendell, M.J. 1993. Non-specific symptoms in office workers: a review and summary of the epidemiologic literature. *Indoor Air* 3: 227-236.

2-7 建築物における換気及び加湿設備のあり方に関するアンケート調査

A. 研究目的

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)による過去約10年間における建築物環境衛生管理基準の相対湿度不適合率は、おおよそ25%から50%近くにまで上昇しており、その不適合率は他の管理基準と比べてもはるかに高い¹⁾。その背景には、加湿器の容量・性能不足や運用・維持管理の不備による問題とともに、建築時における加湿器の設置に関する問題があると考えられる。建築物衛生法では、空調設備を空気調和設備と機械換気設備として規定されている。その中で、空気調和設備は温度・湿度の調整ができるものとしているが、パッケージエアコンなどは、温度調整及び除湿ができたとしても、加湿ができないため機械換気設備を有する建築物として分類されると解釈することもできる。この様な実態と法律の乖離が、加湿器整備、環境衛生監視・指導の妨げとなっている可能性が考えられる。

そこで本研究では、相対湿度不適合率の改善のための空気調和設備のあり方と保健所の指導のあり方を検討するために、全国の保健所の建築物衛生担当者に対して加湿装置及び機械換気設備の解釈に関するアンケート調査を行ったので、その結果と自由記載のコメントについて報告する。

B. 方法

全国495件の全ての保健所に、特定建築物に対する指導や管理等の現況について、組織を代表して建築物衛生の担当者1名に自記式調査票に記入していただき、郵送により回収した。355件(回収率71.7%)から回答を得たが、自治体を代表して回答したものも含まれていた。調査票では表2-7-1に示す通り、空気調和設備や機械換気設備に関する保健所の指導状況、加湿器の設置に関する保健所の指導状況、相対湿度の測定及び報告に関する保健所の状況等を選択式の質問をし、コメントも頂いた。ここに、感謝の意を表す。

表 2-7-1 質問項目の一覧

[1] 共通調査項目 担当者連絡先等
[2] 貴保健所の特定建築物の設備に関わる考え方 Q2.1 建築確認申請時審査の有無。 Q2.2 図面審査で加湿装置設置の指導。 Q2.3 加湿装置のない建築物の分類。 Q2.4 パッケージエアコンの分類。 Q2.5 エアフィルタがない換気扇の扱いについて。 Q2.6 卓上加湿器の判断。 Q2.7 加湿装置のない特定建築物における指導。 Q2.8 衛生行政報告例調査に提供している建物の種類。
Q3 冬期の低湿度の問題についての自由記載

C. 結果

C.1 単純集計結果

図2-7-1に建築確認申請時の図面審査の実施の有無及び実施の際の加湿器設置の指導状況について示す。図面審査を1/3程度実施しているものの、審査において加湿器設置を半数以上は指導を行っている状況であった(図2-7-2)。指導の目的としては、健康影響への配慮、基準値遵守のためとあり、指導しない理由として、加湿器の設置が義務づけられていない、レジオネラ属菌のリスクなどと、法律上及び維持管理上の問題点が挙げられた。

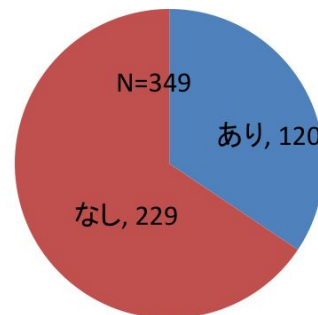


図 2-7-1 図面審査の有無

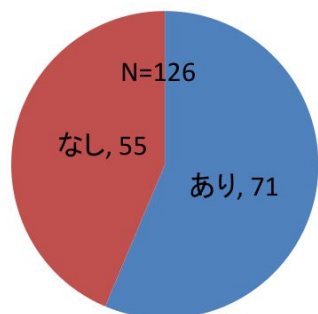


図 2-7-2 図面審査において加湿装置のない建築物へ設置の指導

図2-7-3及び図2-7-4に加湿装置のない設備及びエアコンを有する建物の設備の分類方法について示す。加湿装置がない場合、機械換気としている割合は2/3程度であり、法令の解釈通りということであった。しかし、空気調和設備と分類する際には、加湿機能がなくとも、その他の項目の調整が可能なこと、法令に加湿器設置義務がないことなどが挙げられた。また、エアコンについては、半数以上で空気調和設備とは分類しておらず、温度調整及び除湿のみでは空気調和とは判断していないものの、設備の状況により判断しているようであった。

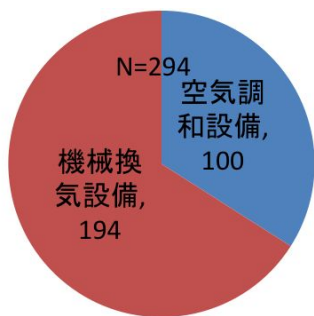


図 2-7-3 加湿装置のない設備の分類

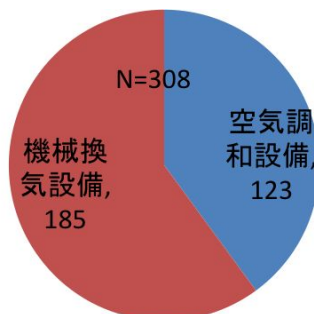


図 2-7-4 パッケージエアコンなど加湿装置のない設備の分類

図 2-7-5 に第 3 種換気設備には可能性のあるエアフィルタのない換気扇について、機械換気と認めているかについて示す。半数以上が機械換気設備と認めており、認める理由として、CO、CO₂については適合可能なため、機械換気設備にエアフィルタを規定していないため、浄化に対し具体的な定めがない、浮遊粉じんが超過する可能性が低いと、という回答があった。また、認めない理由として、浮遊粉じんの制御

ができないため、第 3 種は外気の供給がないためとあり、基準に適合するように指導するという回答もあった。

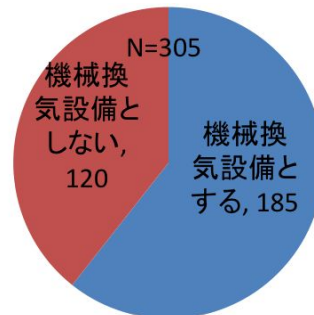
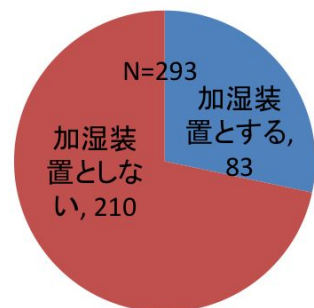
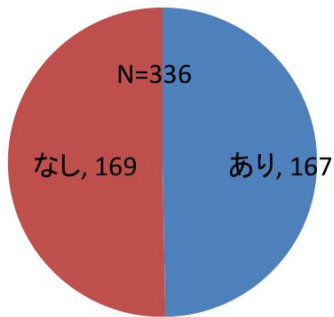


図 2-7-5 エアフィルタのない換気扇を機械換気設備と認めるか

図 2-7-6 a) に卓上加湿器の取り扱いについて示すが、多くが維持管理の困難さ、構造上の設備ではないこと、能力の観点から加湿装置とはしていないが、応急措置として、また基準値適合のため設置を推奨しているところもあった。また、図 2-7-6 b)に加湿装置のない建築物において、相対湿度の基準を適合させる指導を行っているかについては、ほぼ同数となり、加湿器はなくとも、建築物衛生法の趣旨、健康上の理由から、湿度遵守の意義を指導していることが明らかとなった。逆に指導を行っていない理由として、法律上相対湿度の基準が適用されない、湿度調整が不可能なため、ということもあったが、助言は行っていることの見解もあった。ただし、湿度低下に関する健康リスクが少ないこと、コストがかかること、加湿器を設置しても適合するとは限らないなど、現場での指導に苦慮していることが伺えた。



a) 卓上加湿器を加湿器として認めるか



b) 換気設備のない建築物に
指導を行っているか
図 2-7-6 加湿器に関する質問

図 2-7-7 に厚生労働省に提供している特定建築物の温度，湿度の適合・不適合に関する情報については，空調設備のみ，又は空調設備及び機械換気設備の建物の両方を報告しているかについては，2/3 が機械換気設備についても報告しているとのことであった。冬期においては，加湿器がなければ相対湿度を基準の範囲内に制御することは困難である。よって，相対湿度の不適合率の上昇傾向については，このような加湿器を有さない建築物のデータも含まれているため，成績が悪くなっている可能性があることがわかった。

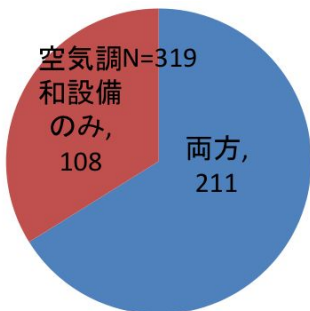


図 2-7-7 厚生労働省に提供している特定建築物の温度，湿度の適合に関する情報の分類

C. 加湿器に関する自由記載

加湿器に関する自由記載については，下記のような項目が挙げられていた。

- ・ 湿度に関する認識が低い
- ・ 建築物管理技術者の発言力が弱い
- ・ 空調設備の大幅な変更，改修が困難
- ・ 近年の空調設備は複雑化している

- ・ 結露の問題もあり，適切な加湿に苦慮
- ・ 個別空調による性能不足(カタログ値との乖離)・維持管理の困難さ
- ・ 全館式の加湿装置が必須，申請時に対応すべき
- ・ 加湿器の設置義務がないならば，管理目標値でも良いのでは。
- ・ 省コストのため，加湿器を削減する
- ・ 基準値を低湿度側に検討する時期ではないか
- ・ 用途・地域により統一的に管理は困難では
- ・ レジオネラ感染症の方が危険
- ・ 適切な指導・マニュアルが望まれる
- ・ 設計温度と実際の温度との乖離で，低湿度に
- ・ 建物自体の断熱性などの性能も向上する必要あり

D.まとめ

本調査では，保健所環境衛生監視員を対象として，建築物衛生法に係わる設備の設置指導についてアンケート調査を行い，その結果概要について報告した。自由記載の中から，湿度に関する認識が低いこと，加湿と共に結露の問題が起ること，運用に関する適切なマニュアル，設置の義務化など法整備に関しても要望があった。第3種のような粉じんの浄化能力のない換気設備についても，半数以上が機械換気設備と認めており，法律が近年の空調設備の複雑化に対応できていない面も見えた。

参考文献

- 1) 東賢一，池田耕一，大澤元毅，鍵直樹，柳宇，斎藤秀樹，鎌倉良太：建築物における衛生環境とその維持管理に関する調査解析，空気調和・衛生工学会論文集，No.179，pp.19-26，2012.2

