

図 2-1-34 浮遊真菌濃度

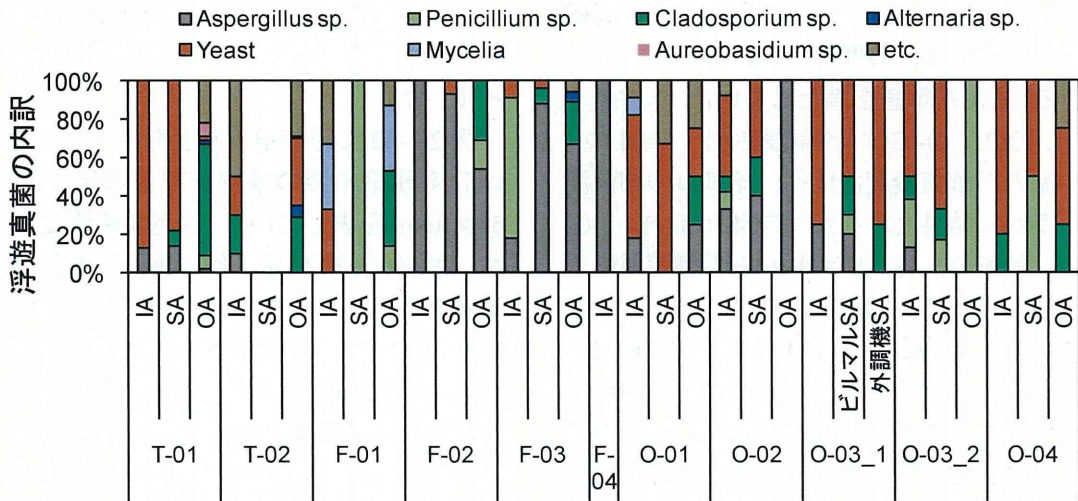


図 2-1-35 浮遊真菌属別の内訳

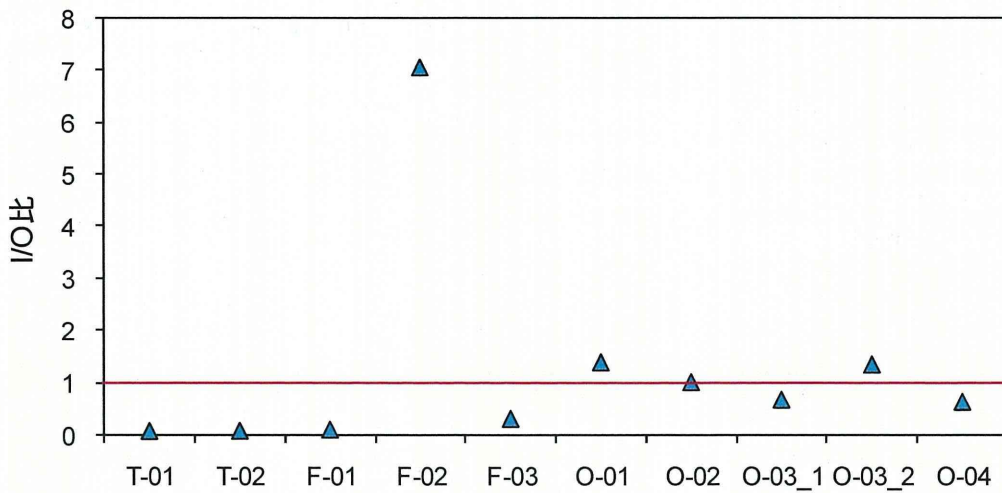


図 2-1-36 浮遊真菌濃度の I/O 比

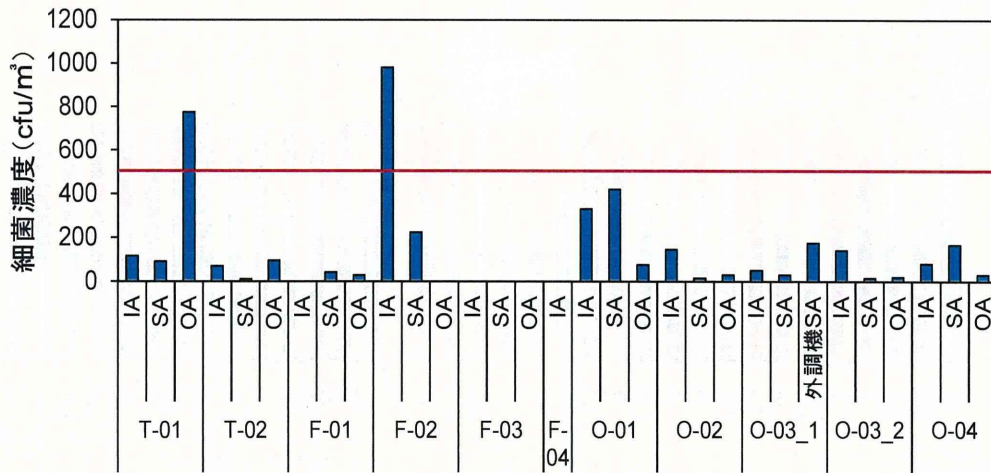


図 2-1-37 浮遊細菌濃度

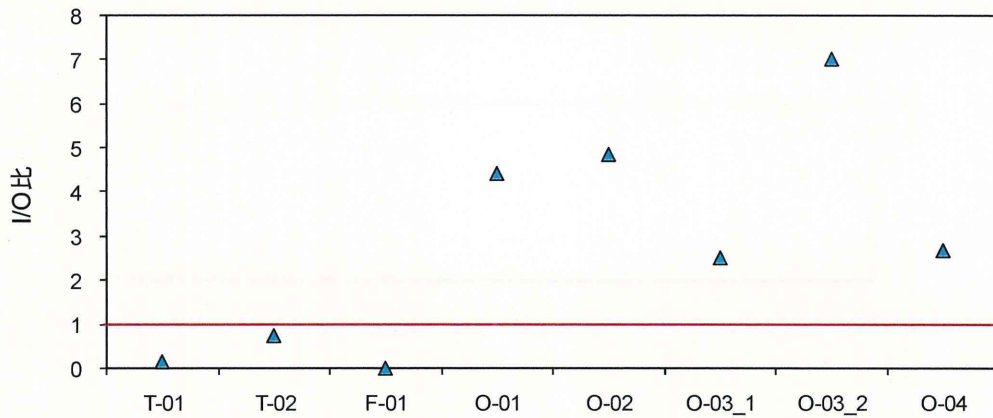


図 2-1-38 浮遊細菌濃度の I/O 比

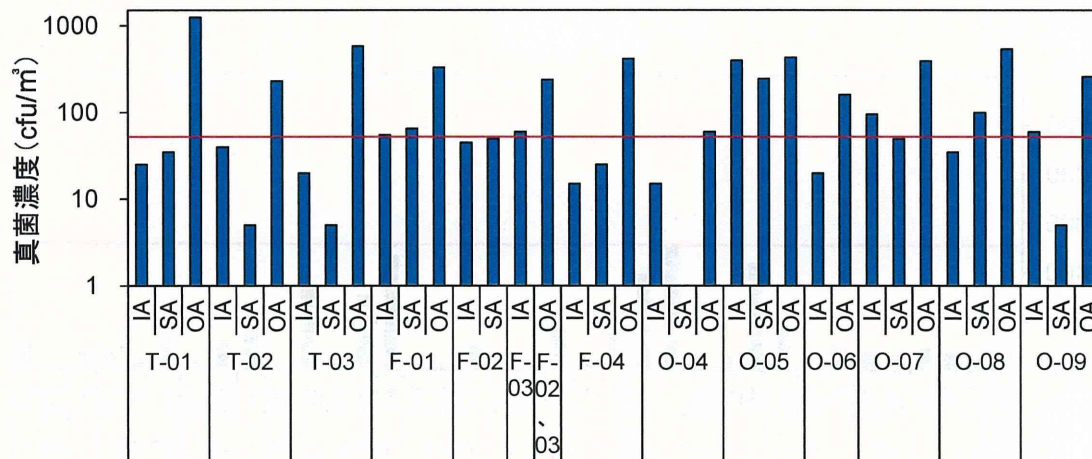


図 2-1-39 浮遊真菌濃度

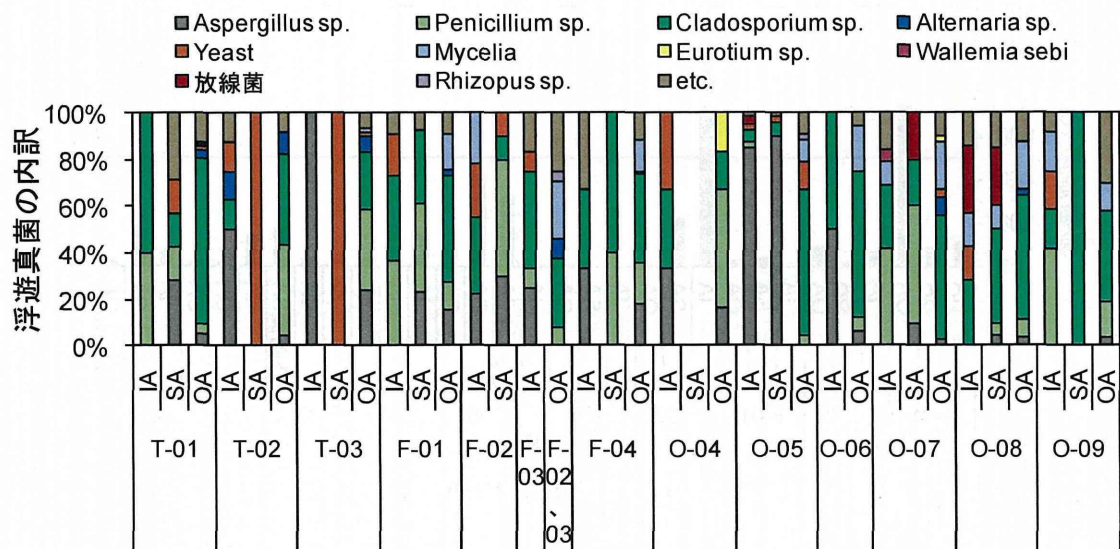


図 2-1-40 浮遊真菌の内訳

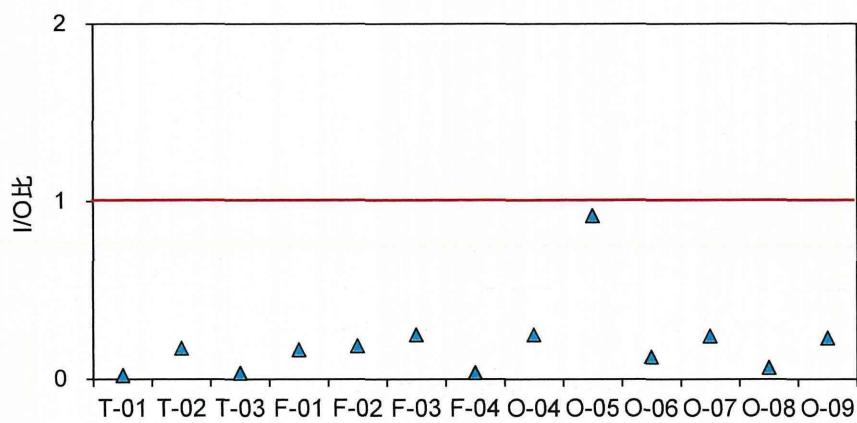


図 2-1-41 浮遊真菌濃度の I/O 比

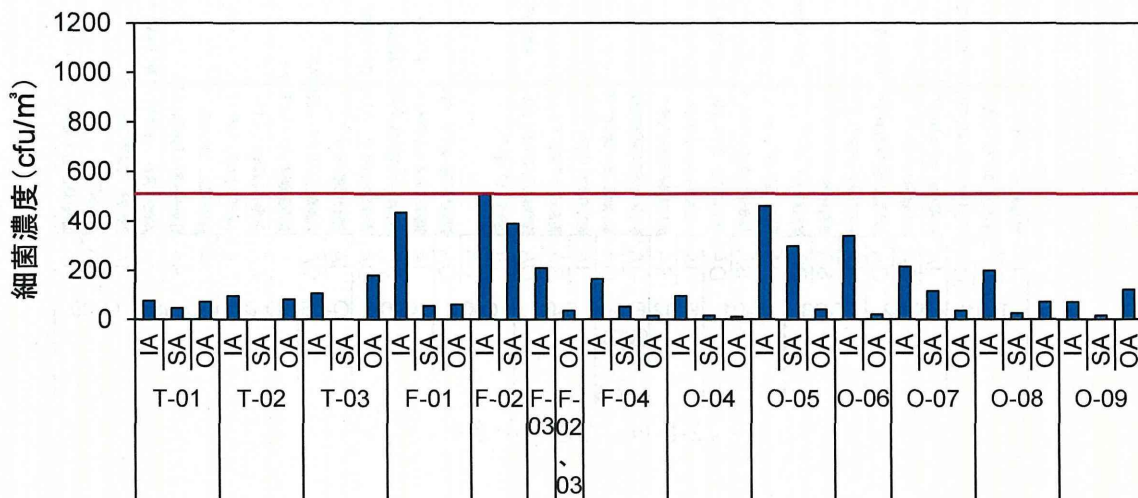


図 2-1-42 浮遊細菌濃度

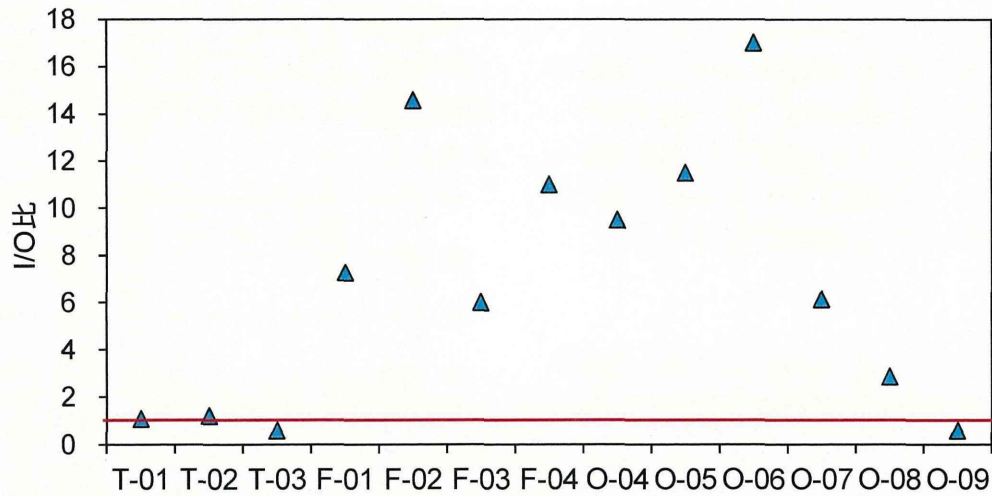


図 2-1-43 浮遊真菌の内訳

表 2-1-4 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	N.D.	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	N.D.	3.4	2.0	10.4	3.8	14.9	3.6	13.6	N.D.	9.1	N.D.
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	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	11.1	N.D.	N.D.	N.D.	1.6	N.D.
p-ジクロロベンゼン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
テトラデカン	2.3	N.D.	N.D.	N.D.	7.7	1.2	6.2	N.D.	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①	外気	室内②	外気	室内	外気
ホルムアルデヒド	10.8	N.D.	6.0	N.D.	3.4	N.D.	6.2	N.D.	6.9	N.D.
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	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	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	N.D.	N.D.	1.7	6.4	3.5	6.4
スチレン	5.7	3.1	N.D.	3.6	N.D.	5.2	8.4	5.0	8.3	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
p-ジクロロベンゼン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
テトラデカン	5.7	2.8	3.7	N.D.	18.7	2.6	N.D.	4.5	7.5	N.D.	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	N.D.
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	N.D.
キシレン	3.5	3.0	12.3	2.9	16.3	2.1	N.D.	N.D.	2.3	2.0	2.4	N.D.
スチレン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	14.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.2	N.D.	N.D.
p-ジクロロベンゼン	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	0.0	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
テトラデカン	4.9	N.D.	3.6	N.D.	6.6	N.D.	9.4	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
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 2-1-4 に、統計処理してまとめたものを図 2-1-44、図 2-1-45 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 VOC 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

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。

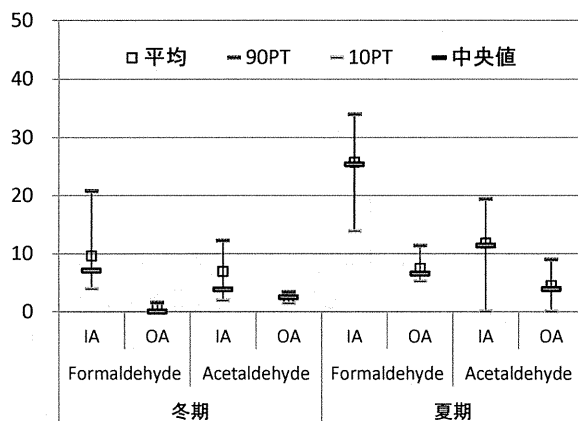
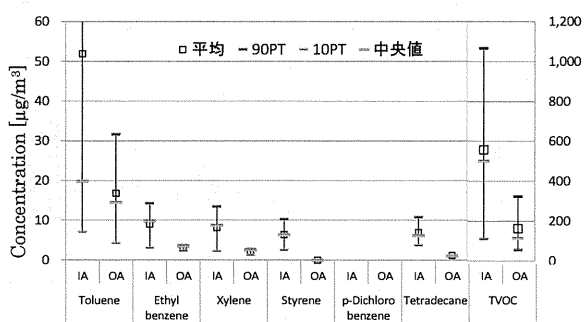
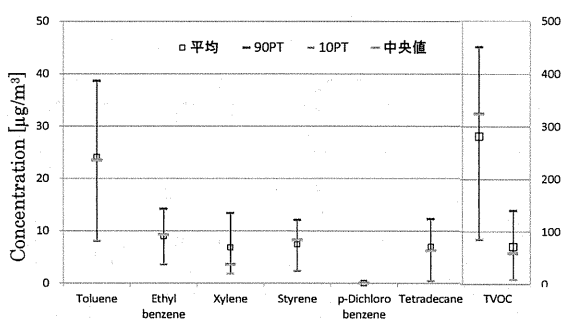


図 2-1-44 カルボニル化合物測定結果



a) 冬期測定結果



b) 夏期測定結果

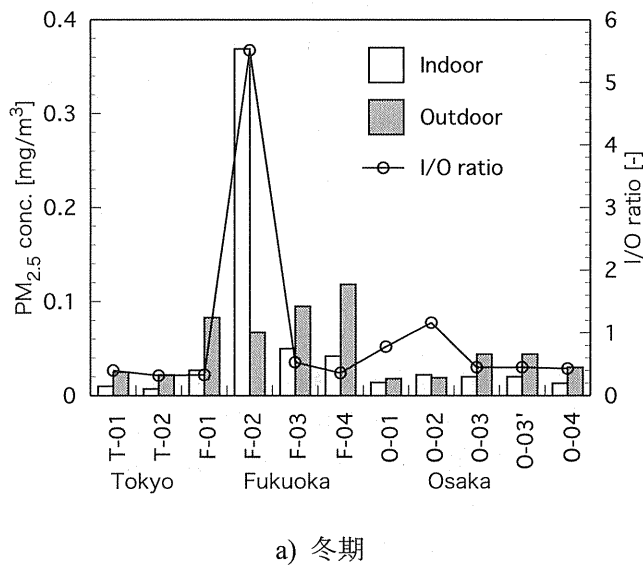
図 2-1-45 VOCs 測定結果

C.5 $\text{PM}_{2.5}$

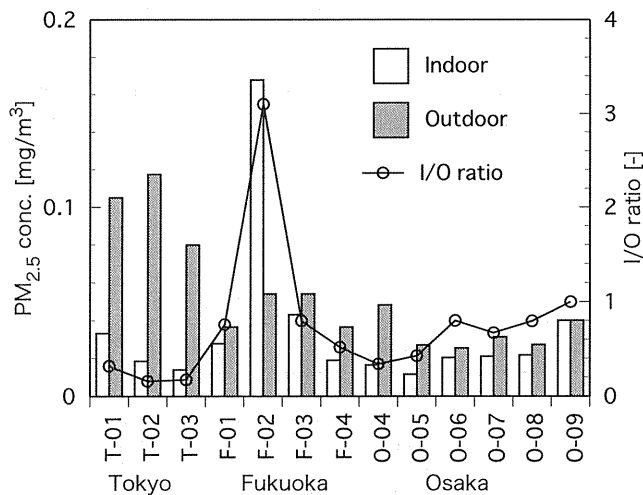
図 2-1-46 に冬期及び夏期における東京、福岡、大阪の事務所建築物及び外気の $\text{PM}_{2.5}$ 濃度の測定結果、及び室内と外気濃度の比を表す I/O 比

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

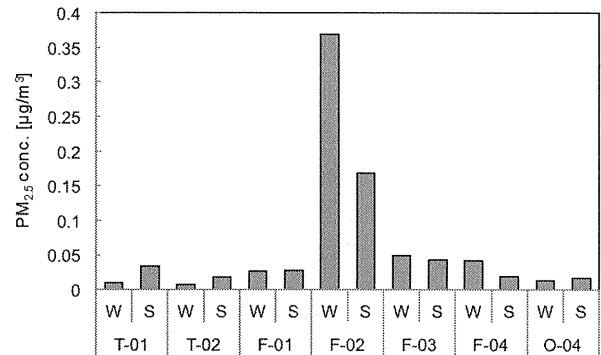


b) 夏期

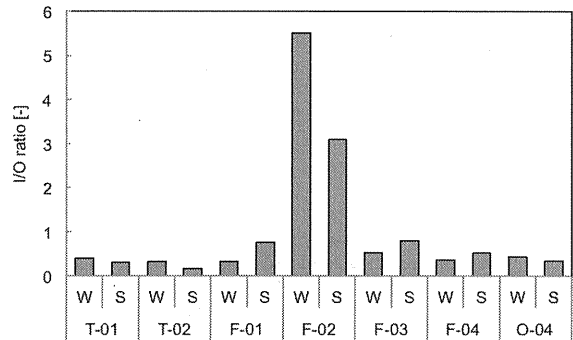
図 2-1-46 各建物における室内及び外気のPM_{2.5}濃度とI/O比

冬期及び夏期の両方の測定を行った建物のPM_{2.5}濃度及びI/O比の比較を図2-1-47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) PM_{2.5}



b) I/O比

図 2-1-47 冬期及び夏期の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 2-1-1, 図 2-1-2, 図 2-1-15, 図 2-1-16）。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 2-1-34, 図 2-1-35, 図 2-1-39, 図 2-1-40）。

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べ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

表 2-1-5 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 (°C)	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

討して行く。

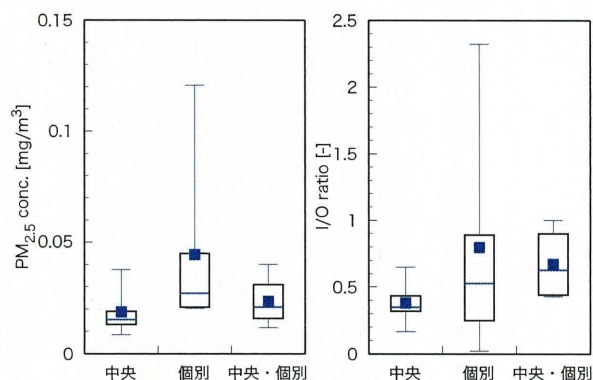
E.5 空調方式

表 2-1-5 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 2-1-48 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良い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。



a) PM_{2.5}濃度

b) I/O比

図 2-1-48 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 2-1-49 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。

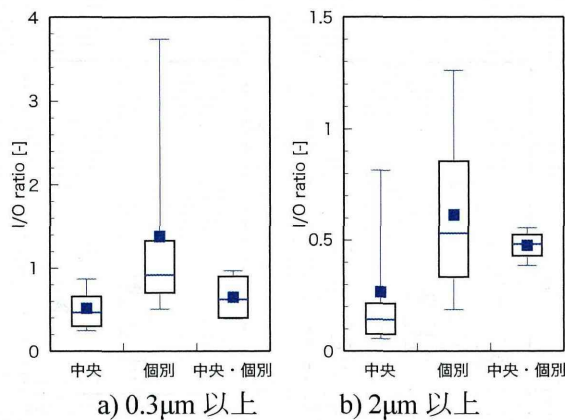


図 2-1-49 パーティクルカウンタによる
個数濃度の I/O 比

E.6 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 2-1-6 と表 2-1-7 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℃ の場合は 0, 17~20℃ または 25~28℃ の場合は 1, 基準値以外の場合は 2, 相対湿度の中央値が 46~64% の場合は 0, 40~45% または 65~70% の場合は 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% 未満の場合は 0, 80~100% 未満の場合は 1, 指針値以上の場合は 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

表 2-1-6 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	



表 2-1-7 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	0	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	
α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	



表 2-1-8 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	+
エンドトキシン	?	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

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 2-1-6), 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 2-1-8 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.