

れている場合、建物 B の様に、設定温度近辺で細かい変動を繰り返す傾向が見られるはずであるが、今回の計測においてはそのような傾向が見受けられなかった。また建物 B 及び D については、28°Cを超過していた。冷房期の測定においては、建物 C のみ 4°C程度の変動があったものの、他の建物についてはほぼ 2°C程度の変動幅に収まっていたが、暖房期についてはそれを上回っており、適切でこまめな温度設定が行われていない可能性がある。また、図 3-2-4 に室内の相対湿度の経時変化を示す。相対湿度が常時 40%を超えたものは、2 件のみであり、残りの 3 件は計測時間を通して常に 40%以下の低湿な状態であった。加湿量の不足の他にも設定温度が高いこともその要因となっているものと考えられる。

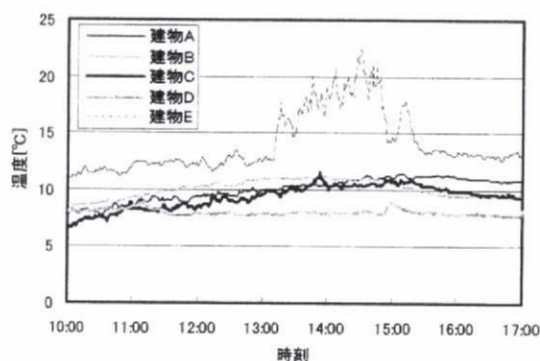


図 3-2-1 室外における温度の経時変化

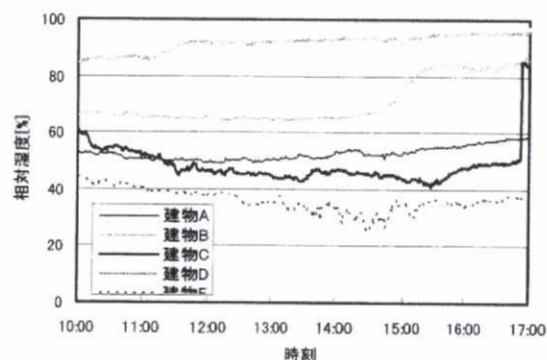


図 3-2-2 室外における相対湿度の経時変化

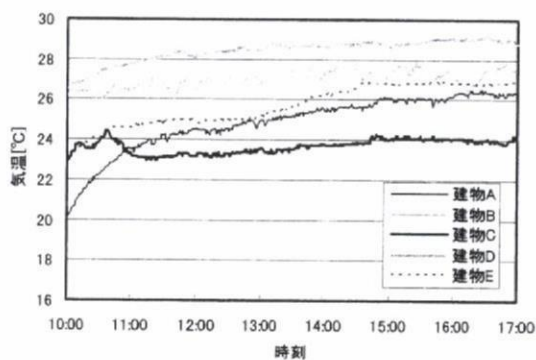


図 3-2-3 室内の温度の経時変化

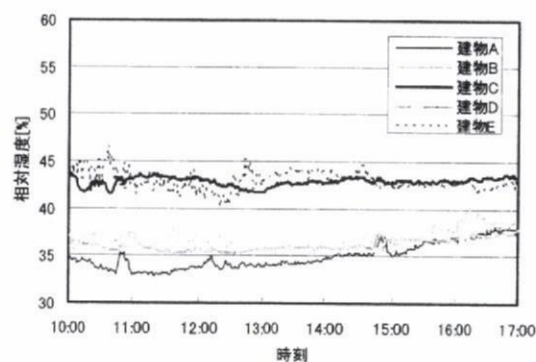


図 3-2-4 室内の相対湿度の経時変化

図 3-2-5 に室内の CO 濃度の経時変化を示す。室内濃度は 1ppm 以下であり基準濃度 10ppm を大きく下回っている。外気の CO 濃度はいずれの場所でも 1~1.5ppm 程度であった。外気に比べて室内の方の濃度が高い理由としては、外気の測定ではいずれも地上階のエントランス付近で、幹線道路に面していることによる沿道の排ガスの影響を受けているものと考えられる。室内空気は、各階より取り入れているため、測定位置の違いによるものと考えられる。CO の傾向に関しては、冷房期とは変わらない。

図 3-2-6 に室内の CO<sub>2</sub>濃度の経時変化を示す。外気はいずれの建物でも 400~500ppm 程度である。それに対して、室内での CO<sub>2</sub>濃度は、全ての建物で計測中、常に上昇し続けている。基準値 1,000ppm を超え、最も高い所では 2,800ppm にも達していた。なお、いずれの建物でも 11:00 頃と 14:30 頃に一時的に上昇しているが、これは、連続測定と平

行して行われた移動測定の際に、一時的に計測器周辺に測定者が増えたためである。いずれにしても、換気量不足、換気量に対して居住者が多いことが原因である。冷房期においても、建物Cにおいては恒常的に1,000ppmを上回っていたが、この時期は窓開けなどが行われたために、大きく1,000ppmを超過することはなかったが、表2-2-3にも示した通り、特に暖房期では換気回数が測定建物いずれも低いことが問題である。なお、測定期間中徐々に濃度が上昇するのは、発生源である人の数が増加したのではなく、平衡状態に達するまでに時間がかかっていることから、換気回数が非常に小さいことを示している。

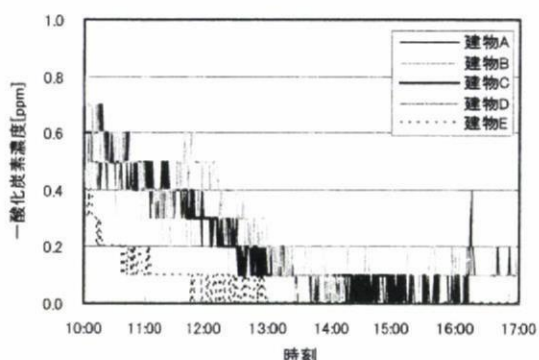


図 2-3-5 室内の一酸化炭素濃度の経時変化

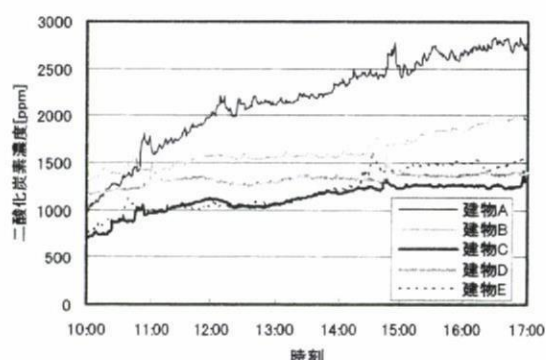


図 3-2-6 室内の二酸化炭素濃度の経時変化

図 3-2-7 に、室内における粉じんの重量濃度の経時変化を示す。基準値  $0.15\text{mg}/\text{m}^3$ からは大きく下回って、 $0.005\text{mg}/\text{m}^3$ から  $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ の間で推移していることが分かる。建物Eでは16:00以降、濃度の上昇があったが、その原因は不明である。

図 3-2-8 に、粉じん重量濃度の I/O 比（室内での濃度を外気での濃度で除したもの）の変化を示す。建物 B、D では、他に比べて I/O 比が非常に低く、建物 C、E は比較的高い値となった。建物 B、D の空調機のフィルタは、中性能フィルタ及び全熱交換器に付随しているもので、有効に機能しているものと考えられる。一方、建物 C、E については常に高く、室内発生が少なくとも外気の影響を受けていることが分かる。なお、建物 E は自然換気であり、夕方の濃度の上昇が I/O 比でも同様の傾向を示しており、外気からの侵入ではなく、室内での発生が示唆される。図 3-2-9 に LPC による浮遊粒子個数濃度の計測結果を基に、 $2.0\mu\text{m}$ 以下の微小粒子と  $2.0\mu\text{m}$ 以上の粗大粒子に区分して算出した I/O 比の変化を示す。建物 E で見られた 16:00 頃の急速な発じんは、微小なものに限られており、人間の動作によるホコリなどではなく、タバコ煙の様な微小なものであることが考えられる。また、建物 C および E は 1 を常に超え、特に建物 C においては、粗大な粒子が室内で発生していることが分かる。建物 D では外調機としてパッケージエアコンを利用しているが、そのフィルタの性能不足、建物 E は自然換気であるため、室内で発生した粒子を取り除くことはできない。逆に建物 B、D では微小粒子、粗大粒子ともに常に I/O 比が低く、十分に除じんされた良好な環境を維持していることが分かり、建物の空調設備の違いにより、室内の浮遊粉じんの状況に差異が見られる。

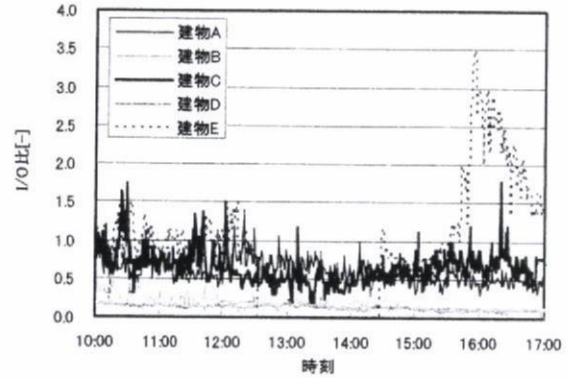
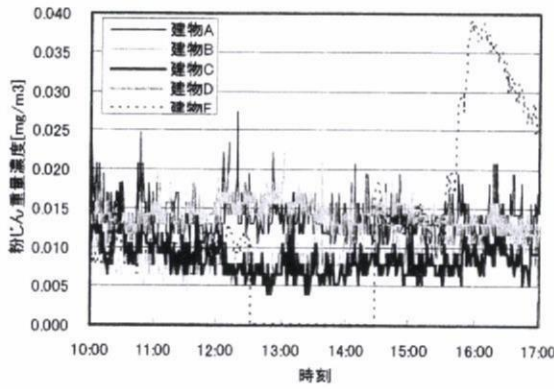
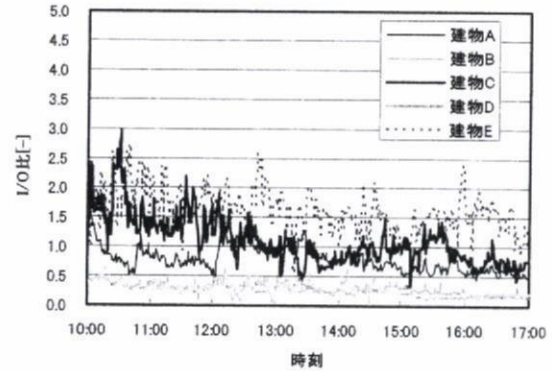
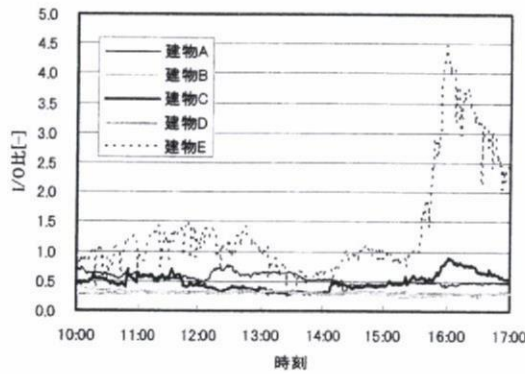


図 3-2-7 浮遊粉じん濃度の経時変化 図 3-2-8 粉じん濃度の I/O 比の経時変化



a)微小粒子

b)粗大粒子

図 3-2-9 LPC による浮遊粉じん個数濃度による I/O 比

図 3-2-10 に室内での気流の速度を示す。0.2m/s 以下であり、建築物衛生法で定める 0.5m/s を大きく下回っている。しかし、建物 C、D などでは常に 0.15m/s 程度の風速があり、AHU を用いた大規模な建物に較べると風速はかなり大きい。これは天井カセット型の空調機から吹き出す気流の影響を受けているため、冷房期でもほぼ同等の結果を得ている。

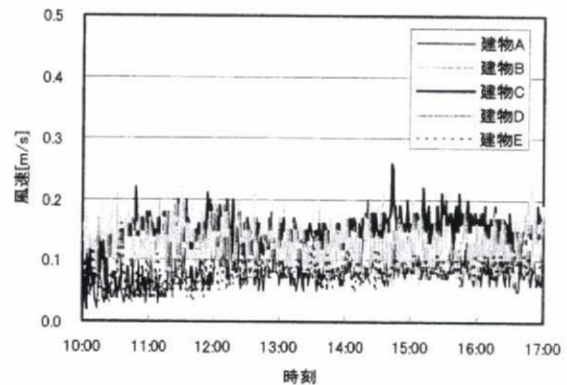


図 3-2-10 気流速度の経時変化

### 3.3 微生物の測定結果

#### 3.3.1 浮遊細菌

各建物における室内浮遊細菌濃度と I/O 比を、2007 年度冷房期の測定結果と併せて図 3-3-1 に示す。室内浮遊細菌濃度は概ね AIJES-A0002-2005 規準値の 500cfu/m<sup>3</sup> を満足した。I/O 比については、冷房期の B 建物と暖房期の A 建物は 6 を超えているが、他は 1~2 の範囲にあった。この結果をフィルタによるろ過の効果と併せて考えれば、浮遊細菌の主な発生源は室内にあることが再確認された。

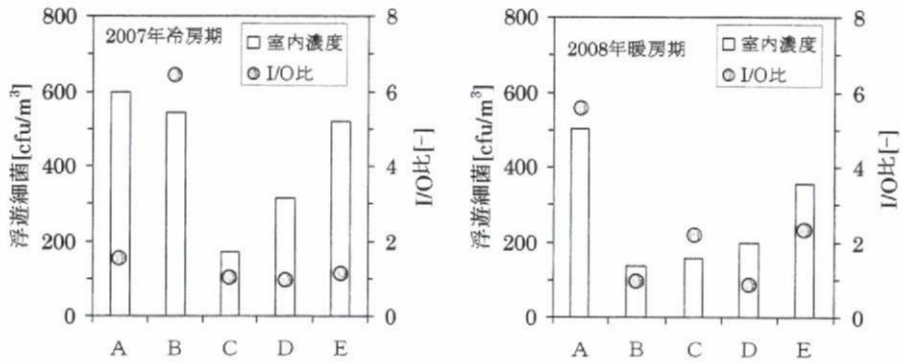


図 3-3-1 室内浮遊細菌濃度

### 3.3.2 浮遊真菌

各建物における室内浮遊真菌濃度と I/O 比を、2007 年度冷房期の測定結果と併せて図 3-3-2 に示す。C 建物と暖房期の B 建物を除けば、他は全て AIJES-A0002-2005 規準値の 50cfu/m<sup>3</sup> を上回った。各建物の室内外から分離された真菌の種類を表 3-3-1 に示す。I/O 比については、全て 1 を下回ったが、値の違いが見られた。特に、暖房期の D 建物の室内空中から *Penicillium rugulosum* (ペニシリウムルグロサム) のみが分離され、室内に汚染源が存在するものと考えられる (写真 3-3-1)。 *P.rugulosum* は中温・耐乾性かびであり、かび毒のルグロシン生産することが知られている。

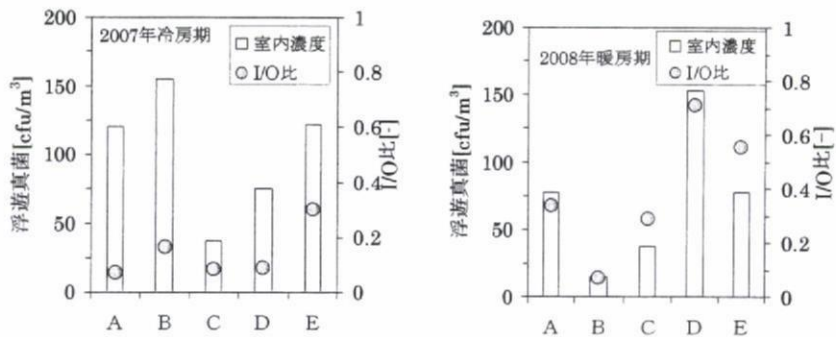


図 3-3-2 室内浮遊真菌濃度

表 3-3-1 各建物の室内外から分離されたカビの種類

	A		B		C		D		E	
	室内	屋外	室内	屋外	室内	屋外	室内	屋外	室内	屋外
<i>Cladosporium</i> spp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Penicillium</i> spp.	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Aspergillus</i> spp.		○		○		○		○		○
<i>Fusarium</i> spp.		○		○		○		○		○
<i>Alternaria</i> spp.		○		○		○		○		○
Yeast	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
<i>Cladosporium</i> spp.	○	○	○	○	○	○		○	○	○
<i>Penicillium</i> spp.	○	○	○	○	○	○		○	○	○
<i>Aspergillus</i> spp.	○	○		○		○		○		○
<i>Fusarium</i> spp.				○				○		○
<i>Alternaria</i> spp.				○				○		○
Yeast	○	○		○	○			○	○	○

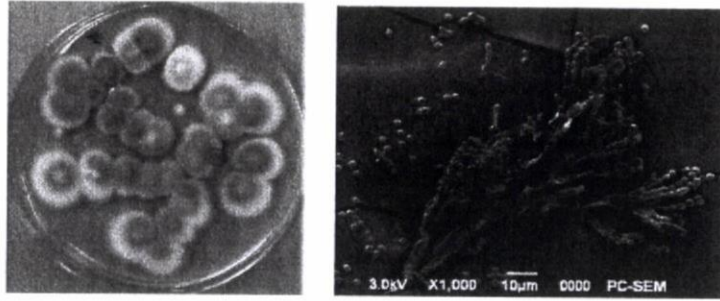


写真 3-3-1 D 建物の室内空中から分離された *Penicillium rugulosum*

### 3.3.3 浮遊微生物粒子

図 3-3-3 に暖房期における各建物の室内浮遊微生物粒子濃度の経時変化を示す。また、図 3-3-3 に示す結果から求めた平均値と浮遊細菌の測定値の関係を図 3-3-4 に示す。両者間に強い相関関係にあることが分かった。従って、図 3-3-3 に示す微生物粒子濃度の変動特性が室内浮遊細菌濃度の経時変化特性を表しているものと考えられる。

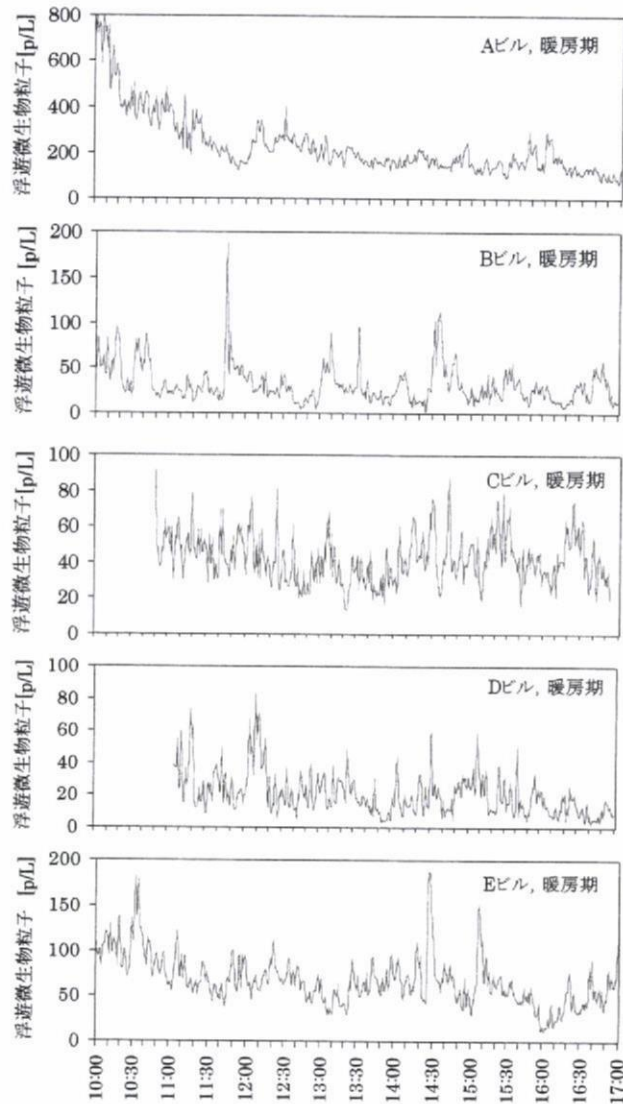


図 3-3-3 室内浮遊微生物粒子の経時変化

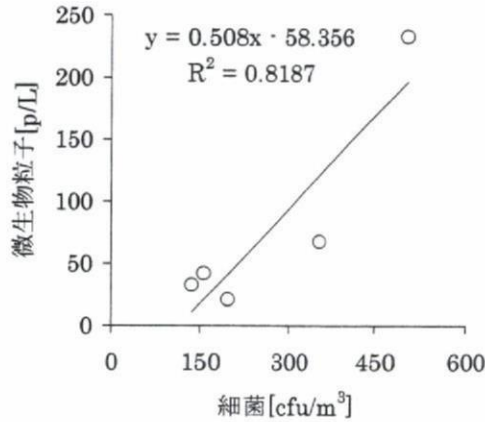


図 3-3-4 浮遊細菌と浮遊微生物粒子の関係

### 3.4 化学物質濃度

#### 3.4.1 各指針値に対する評価

図 3-4-1 に暖房期の各建物における外気及び室内の TVOC 濃度を示す。厚生労働省で暫定目標値として示されている  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  を全ての建物で超過していた。外気についても、冷房期の測定と同様に目標値を超過していることがあり、室内における発生と共に外気の影響も受けている。

図 3-4-2 に暖房期の各建物における午前及び午後を平均した VOCs 濃度を示す。各 VOCs に対する厚生労働省の室内濃度指針値を超過した場所はなかったが、トルエン濃度が外気と共に高く、 $60\text{-}160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。また、床接着剤と床材の二次生成により事務所ビルによく見られる 2-エチル-1-ヘキサノールは、 $15\text{-}29 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。TVOC 濃度の高かった原因として、各建物で trimethyl Benzene などの芳香族炭化水素類、Decane 及び Undecane などの脂肪族炭化水素類、低分子シロキサン類の検出された種類が多く、かつ濃度が軒並み高かった。建物別には、建物 A では、低分子シロキサンである D5 が  $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、Decane が  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、建物 B では多種類の芳香族及び脂肪族炭化水素類に加え、D5 が  $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、Decane が  $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、建物 C では D5 が  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、Dodecane が  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、建物 D では D5 が  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、建物 E では D5 が  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  であった。

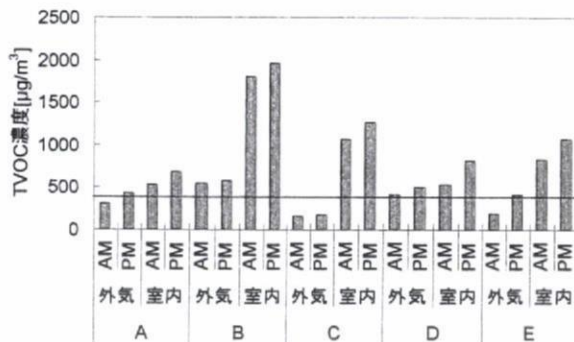


図 3-4-1 各建物の TVOC 濃度

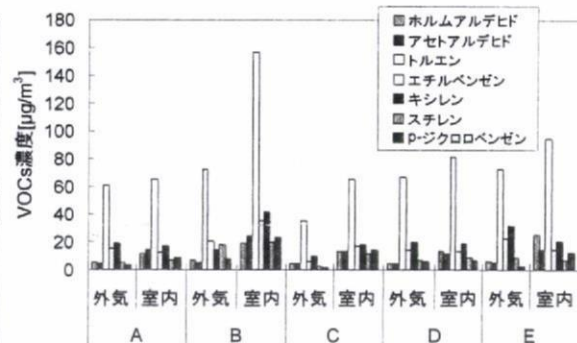


図 3-4-2 各建物の VOCs 濃度

### 3.4.2 冷房期との比較

図 3-4-3 に各 VOCs 濃度の暖房期の濃度を冷房期の濃度で割った値を示す。ホルムアルデヒド以外は、1 を上回り、暖房期の方が高い傾向となり、特に建物 B、D、E で顕著であった。また、図 3-4-4 に各季節の TVOC 濃度と暖房期/冷房期の割合を示すが、建物 A 以外は 2 倍以上の濃度の上昇が確認された。建物 A は居住者が多くなったものの、換気回数は 1 から 0.7 回/h の減少であったが、その他の建物は激減していることが要因であることが考えられる。また、ホルムアルデヒドについては特段変化がないことから、室内の発生が極端に増加したことではないものと考えられる。

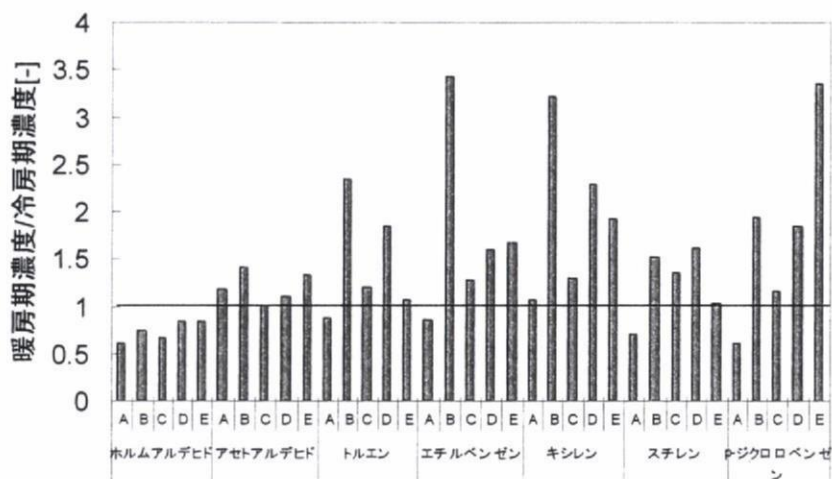


図 3-4-3 各 VOCs の暖房期と冷房期の濃度の割合

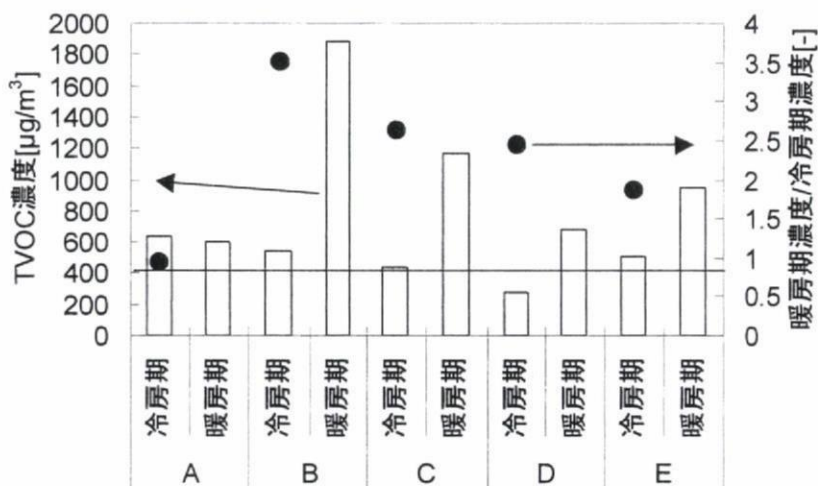


図 3-4-4 TVOC の濃度と冷房期と暖房期の割合

### 3.4.3 換気回数との関係

図 3-4-5 に換気回数と TVOC 濃度の関係を冷房期の測定値も含めて示す。換気回数が少ない暖房期には、極端に TVOC 濃度が高くなり、冷房期のデータとあわせると反比例の関係が描けた。各建物の発生量は異なっているものの、換気の少ないことが、暖房期の濃度の上昇に寄与していることが示唆される。

TVOC 濃度を下げるには、発生源の除去と共に外気導入による希釈が基本となる。今回測定した建物外気では、既に  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以上となっており、室内において換気のみで暫定目標値まで下げることが困難である。一方、建築物衛生法で基準とされている  $\text{CO}_2$  濃度  $1000\text{ppm}$  を適合した建物は今回の調査では存在せず、慢性的に換気量が足りていないことが言える。そこで、 $\text{CO}_2$  濃度を基準値にまで低下させるのに必要な換気量を確保させた際に、TVOC 濃度がどれほど低減できるかを検討した。図 3-4-6 に  $\text{CO}_2$  濃度を  $1000\text{ppm}$  とするために必要な換気量の増加率と TVOC 濃度の現状及び換気量を増加させた際に予想される TVOC 濃度について示す。室内  $\text{CO}_2$  濃度により、各建物で換気量の増加率が異なるが、建物 A では 5 倍強必要となる。一方 TVOC 濃度についても、外気濃度により減少する割合が異なるが、濃度の高い建物ほどその減衰は大きくなる傾向となった。もちろん、外気濃度が相当低下しなければ換気のみでは TVOC 濃度の低減は困難であるが、 $\text{CO}_2$  濃度を少なくとも建築物衛生法に適合する濃度に管理するだけでも、その効果は得られるものと考えられる。

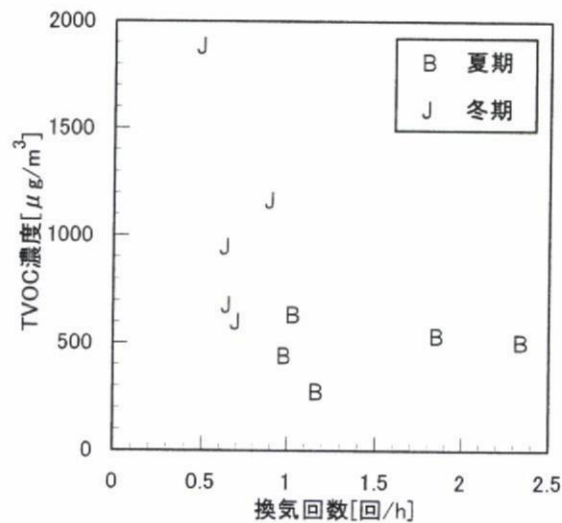


図 3-4-5 換気回数と TVOC 濃度の関係

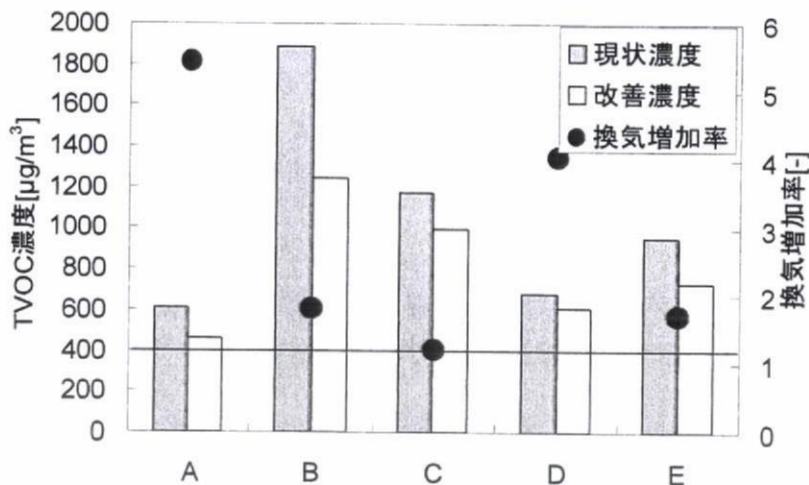


図 3-4-6 必要換気量の増加率と TVOC の改善濃度



### 3.5 聞き取り調査及び立入検査

#### 3.5.1 聞き取り調査

##### 1)一般事項

調査対象ビルの管理業務形態は常駐が3施設、巡回が2施設であった。空調関係をはじめ管理業務は全て外部委託していた。なお、何れの建物においても建築物衛生法で定めるビル管理技術者による管理は行われていなかった。

##### 2)維持管理記録類の整備状況

病院等と同様な調査票を用いて、建築物衛生法を標準とした場合の維持管理記録類の整備状況と設備などに関する点検・清掃・測定の高頻度の遵守率を調査した。

維持管理記録類の整備状況の施設別の得点率は0.57～0.85であり、特に空気環境測定は全施設で未実施であった。設備などに関する点検・清掃・測定の高頻度については、施設別の得点率は0.46～0.73であった。項目別では、5施設とも貯水槽の清掃は行っているが、残留塩素の測定や水質検査、ねずみ・害虫等に対する措置についての実施率が低かった。

##### 3)空調設備関係の概要

空調設備に関する調査結果を表3-5-1に示す。何れも個別空調で換気は全熱交換器あるいは換気扇などにより各階より外気を導入している。これらの運転管理は全てテナントに任されており一元管理はされていない。

表 3-5-1 空調設備に関する聞き取り結果

施設	空調方式	換気方式	加温方式	運転	外気取入れ			冷却塔	冷却水のレジオネラ菌対策
				時間・温度	位置	高さ[m]	量[CMH]		
A	個別PAC	自然換気	気化・水スプレー	テナント毎	各階外壁	3.8(1F)		なし	—
B	個別PAC	HEX	気化・水スプレー	テナント毎	各階外壁	3.5(1F)	2F=5,040 3F=1,680	なし	—
C	個別PAC	不明	気化・水スプレー	テナント毎	各階外壁	—		あり	なし
D	個別PAC	HEX	気化・水スプレー	テナント毎	各階外壁	4.9		なし	—
E	個別PAC	換気扇	なし	テナント毎	—	—	—	なし	—

##### 4)給水・給湯設備関係の概要

給水設備は、何れも貯水槽方式であり、Bを除き小規模貯水槽水道であった。Bは水道法に基づく簡易専用水道の法定検査の受検義務の生ずる施設であるが、未受検であった。点検のために受水槽・高置水槽へ至る動線(アプローチ)は、受水槽については問題なかったが、高置水槽については垂直タラップと梯子であり、危険な構造であった。給湯設備は何れも局所方式であった。

##### 5)その他の設備

雑用水設備は何れの施設も所有しておらず、廃棄物保管場所は専用区画を持つ施設が1施設、区画が不十分な施設が3施設、搬出日のみの臨時置き場を持つ施設が1施設であった。

### 3.5.2 立入検査

前項で述べたとおり、空調設備は全て個別パッケージ、冷却塔が有る施設は1施設、給湯設備は全て局所式であった。また、雑用水設備は全施設で所有しておらず、排水槽が有る施設は2施設で、総じて特定建築物に比べて設備が簡単であるため点検する項目は少なかった。

施設別では、D施設の得点率が最も低い0.64、その他は0.8～0.9の範囲にあった。

D施設の廃棄物保管場所は駐車場の一画であり、専用区画にはなっていなかった。つまり、防虫・防そ構造になっていないことや貯水槽の構造が一部不十分であったことが「不備・不良」と判定され、得点率を低くした。廃棄物保管場所の不備はD施設に限らずBを除く他施設でもみられた。

項目別では、「廃棄物保管場所の状態」が0.6、「居室の空気環境の状態」が0.8と低得点であり、これに続き「貯水槽等の状態」が1.2とやや低得点でありこれらの問題が明らかとなった。

今回調査した小規模建築物で見られた具体的な不具合事例を示す。

- ・外気取入口と排気口の接近
- ・物置化した空調機室、空調機室の還気口前の障害物
- ・梯子で昇降する高置水槽
- ・周囲に植木鉢の置かれた受水槽
- ・直上部に排水管が布設された受水槽
- ・吐水口空間のとれていない高置水槽、排水口空間のとれていない受水槽
- ・ホースがとりつけられたままの散水栓
- ・破損しているオーバフロー管防虫網
- ・清掃不足で汚れている受水槽
- ・エレベータホール前の区画
- ・駐車場隅の区画のない廃棄物保管場所のない廃棄物保管場所
- ・区画が不十分な屋外型の廃棄物保管場所

### 3.5.3 考察

小規模建築物の問題点としては、建物面積が小さいため廃棄物保管場所として専用の場所を確保出来ないことや、定期的な空気環境測定が行われないうえに管理者、在室者ともに環境状態を把握していないことなどがあげられる。また、給水管理に関しては、水質検査結果からは特に基準値を超過する項目は見られず問題は無かったが、貯水槽に関しては構造上問題のある施設や衛生状態の点検が不良とされた施設が多かった。これは、1施設を除き法的規制のかからない小規模貯水槽であるため、簡易専用水道のような法定検査を受検していないことにより専門的な助言を得られなかったことも原因の一つと考えられる。

一方、小規模建築物で問題があるのではないかと想定された空調の外気取入口の位置や高さについては、大きな問題点は見出されなかった。

#### 4. 結論

室内空気環境については、CO、浮遊粉じん質量濃度、温度、気流、HCHO など良好な項目があった一方、換気量不足問題（CO<sub>2</sub>濃度が 1,000ppm を超過：冷房期 50%，暖房期 70%）、暖房期の低湿度（40%未満：70%）問題、フィルタ捕集性能不足明らかになった。

暖房期の低湿度は特定建築物も同様であり（例えば、東京都の立ち入り調査結果：80%）、室内の温度は設計より高めであること（調査対象：平均 24℃）、加湿を行っていないかまたは行っても外調機に組み込まれる気化式であるため、十分な加湿が出来ていないことなどに起因するものと考えられる。

換気量不足、特に暖房期の換気量不足については、東京都の立ち入り調査の不適合率 20～30%を大きく上回っており、小規模建築物が抱えている独自の問題であることが窺えた。換気量が低下すると、諸汚染物質の濃度が上昇する結果を招く。本研究では、調査対象全ての室内 TVOC 濃度が厚生労働省の指針値 400ug/m<sup>3</sup> を超過していた。

また、フィルタの捕集性能については、捕集率が低いと、微生物のような大きい粒子のろ過能力が落ち、空調機内・室内の微生物汚染増大の原因となる。本研究の調査対象ビル内の浮遊真菌濃度が同様な方法で行った特定建築物内の浮遊真菌濃度より顕著に高いことが明らかになっている。1 例であるが、暖房期の D ビルの室内空中から *Penicillium rugulosum*（ペニシリウムルグロサム）のみが分離され、空調機内または室内に汚染源が存在することが推察された。

以上のように、小規模事務所においては、特定建築物と同様な暖房期の低湿度の問題に加え、特有な問題（換気量・フィルタ捕集性能の不足）も明らかとなった。これらの問題は設備の特性、維持管理の体制などに関わるものであると思われるが、何れにせよ、居住者の健康リスク低減の視点からも、特定建築物に準じた環境の衛生管理を施す必要があると考えられる。

資料7. 地下街における環境衛生に関する研究

## VI 地下街における環境衛生に関する研究

### 1. 研究目的

地下街に関しては、消防法の第八条の二に“地下街とは、地下の工作物内に設けられた店舗、事務所その他これらに類する施設で、連続して地下道に面して設けられたものと該当地下道とを合わせたもの”と定義されている。従って、一定規模以上の店舗・オフィス（延べ床面積 3,000m<sup>2</sup>以上）が含まれているのであれば、それが特定建築物となる。一方、小規模な店舗・オフィス、地下通路や広場は建築物衛生法で定義されている特定建築物に該当しなくても、建築物衛生法では、特定建築物に準拠して維持管理を行うことが求められている。これまで、地下街の環境衛生の実態に関してはいくつかの調査研究結果が発表されているが、地下街の室内諸汚染物質の経時変化・平面分布などに関する詳細な検討を行ったものは殆どなく、また、維持管理の実態が把握されていないのは現状である。

そこで、本研究では地下街の環境実態を把握するために、既往文献調査を行った上で、東京都内にある、大型の地下街（特定建築物）を対象に実態調査を実施し、実態を明らかにするとともに問題点の抽出を行う。

### 2. 方法

#### 2.1 文献調査

地下街における衛生環境上の課題を調査するにあたり、以下の方法で文献調査を行った。

- (1) 独立行政法人科学技術振興機構の文献データベース J-Dream II による検索
- (2) インターネット検索によるホームページからの情報収集及び関連資料の入手
- (3) 関連書籍および文献の入手

既存の書籍および上記検索で入手した文献や資料に掲載されている参考文献等を入手した。文献データベースによる検索結果の概要を表 2-1-1 に示す。

表 2-1-1 文献検索結果

検索日	検索式および検索結果
2008年11月11日	(1) 地下街 AND 衛生=29件 (2) 地下? AND (空気 OR 汚染 OR 環境 OR 衛生 OR 給水 OR 排水 OR 空気調和 OR 粒子状物質 OR 衛生害虫 OR 微生物)=92,314件 (3) 地下街 AND (空気 OR 汚染 OR 環境 OR 衛生 OR 給水 OR 排水 OR 空気調和 OR 粒子状物質 OR 衛生害虫 OR 微生物)=463件

?：前方一致検索

上記の検索結果のうち、下線部の件数のものからタイトルおよび抄録を確認し、関連文献を抽出し、購入した。そしてさらに内容を確認して関連文献のみを抜粋した。

#### 2.2 実態調査

病院等と同様な空気環境、水質検査、施設全般の維持管理状況の調査を実施した。また、小規模ビルと同様な衛生設備や清掃・廃棄物保管状況の現場検査を実施した。

## 2.2.1 対象施設の概要

### ①測定概要および測定日程

測定概要および測定日程を表 2-2-1 に示す。測定対象とした地下街 A は、延べ床面積が約 6 万 m<sup>2</sup> と都内の中でも大規模なものである。定点連続測定を屋内外で各 1 か所及び移動測定を屋内 10 箇所で行った。空調は通路部分が外気処理 AHU、店舗内が FCU によるものであった。

表 2-2-1 測定概要および測定日程

所在地	竣工[年]	延べ床面積[m <sup>2</sup> ]	主用途	規模	連続測定	移動測定	外気測定	調査日	天候
関東圏	1970年代	約60,000	店舗・ 駐車場	B3F	屋内外 各1箇所	10箇所	路上	2008/11/28	曇り 一時雨

### 2.2.2 測定項目と方法

空気環境は、図 2-2-1 に示す場所で移動測定と定点連続測定を行った。移動測定については、地下街の通路部 10 箇所および外気に対して、一酸化炭素濃度、二酸化炭素濃度、浮遊粉じん濃度、温度、相対湿度、気流速度、ホルムアルデヒド及び浮遊細菌、浮遊真菌について、午前と午後各 1 回測定した。なお、ホルムアルデヒドなどの VOCs については、定点場所にて捕集を行った。また、飲料水 2 系統、冷却塔水 2 系統について建築物衛生法に基づく水質検査およびレジオネラ属菌検査を実施した。

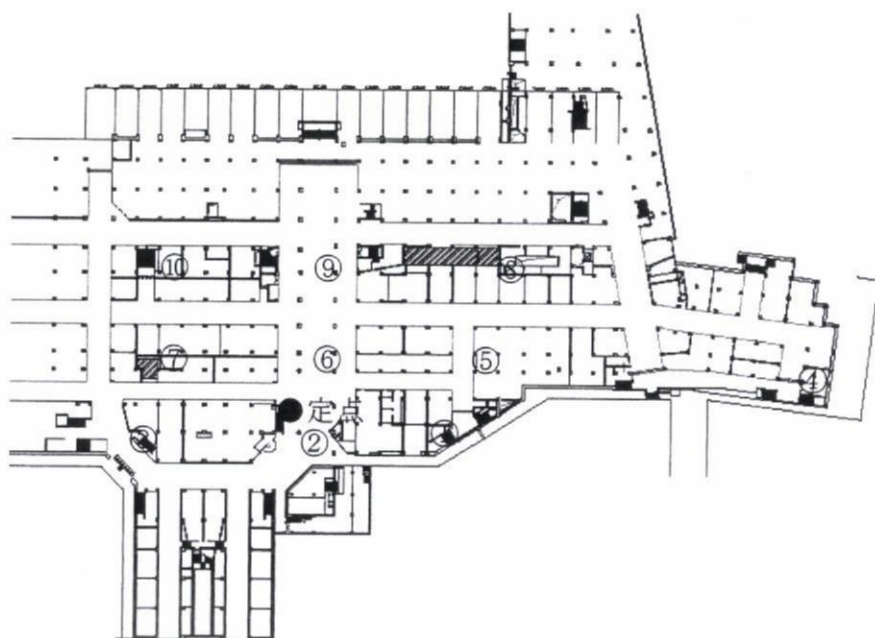


図 2-2-1 測定場所

### 3.結果

#### 3.1

現存の法令では、消防法で地下街の定義が定められている。この法律では、防災上の観点から「地下街」と「準地下街」に分けて定義している。平成19年3月31日現在における全国の防火対象物によると、全国に地下街は64箇所、準地下街は7箇所存在する。これらのうち、16大都市（政令指定都市及び東京都特別では、地下街は52箇所、準地下街は6箇所である（消防庁、2007）。

建築物衛生法では、特定建築物について、「建築物環境衛生管理基準」を定めている。地下道や地下広場などはこの法律の適用範囲外であるが、延べ床面積3000m<sup>2</sup>以上の店舗や事務所はこの法律の適用範囲に入る。東京駅の八重洲地下街は、建築物衛生法に基づく空気環境調査が月2回実施されている(三好、1990)。

このような状況から、これまで空気環境に関する測定がいくつか報告されている。表2-2-2に建築物衛生法の空気管理基準項目及びその他の化学物質、表2-2-3に微生物、表2-2-4にラドン、表2-2-5に衛生害虫に関する調査結果の概要をまとめた。

表 2-2-2 建築物衛生法の空気管理基準項目及びその他の化学物質の調査結果

調査時期	調査場所	結果の概要	出典
1974年	東京（銀座、新宿）、大阪（新梅田、南）、札幌、名古屋（栄）、博多駅前	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下街の二酸化硫黄(SO<sub>2</sub>)とCO<sub>2</sub>はほとんど外気並みであった。</li> <li>CO、NO、炭化水素(HC)は地下駐車場や道路脇の吸気口等のため自動車排気ガスの影響で濃度が高い。</li> <li>一部では地下店舗での燃料の燃焼によってCOやNOが上昇した。</li> <li>浮遊粉じんはいずれも地下が外気より高く、特に地下鉄のあるところでは重金属が多い。</li> <li>古い地下街は換気が不十分で内部で発生する汚染がこもりやすい。</li> </ul>	吉川(1976)
1975年 (推定)	名古屋市内の地下街と地下駐車場	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下街は地下駐車場に対して陽圧になるよう空調設計されており、駐車場の汚染空気は地下街へ入らないよう設計されているため、NO、NO<sub>2</sub>、COともに地下街は地下駐車場よりも濃度は減少していた。</li> <li>地下街連絡路のCOは駐車場との境界点での風向や風速が影響しており、地下街への影響を避ける努力が必要。</li> </ul>	青山(1980)
1957年12月 1967年2月、8月 1979年2月	名古屋駅前地下街、栄地下街	<ul style="list-style-type: none"> <li>1957年はCO<sub>2</sub>濃度1200ppm、気流0.2m/secの地点があり換気が不足していたが、1967年には全ての測定点で1000ppm未満、気流も上昇し、換気が改善された。</li> <li>1979年はCO<sub>2</sub>(500~700ppm)、CO(4~8ppm)で比較的良好な環境であった。</li> </ul>	青山(1980)
1978年	有楽町のオフィ	<ul style="list-style-type: none"> <li>NO(0.01~&gt;0.5ppm)、NO<sub>2</sub>(0.016~0.173ppm)であり、ほぼ外気と</li> </ul>	松村ら(1981)

11～12月	スビルの地下街	<p>連動していた。</p> <p>・NO<sub>2</sub>については、昼頃や夕刻に高濃度になることがあったが、食堂の厨房の燃焼器具の影響などによると考えられた。</p>	
1982年7月 1983年2月	大阪市内のビルの地下街	<p>・CO(3～7ppm), CO<sub>2</sub>(500～1000ppm), NO(0.08～0.394ppm), NO<sub>2</sub>(0.041～0.076ppm), 粉じん(0.02～0.07mg/m<sup>3</sup>)いずれも夏期より冬期が高い傾向にあり、戸外の空気に大きく影響されていた</p> <p>・CO<sub>2</sub>はビル内が戸外より高く、NO, NO<sub>2</sub>は外気とほぼ同程度であった。</p>	黒田ら(1986)
1981年～ 1985年	名古屋市内の地下街	<p>・NO(0.02～0.122ppm), NO<sub>2</sub>(0.043～0.065ppm)濃度は外気と同程度が高くCO濃度と相関したが、一般のビルと同程度であった。</p> <p>・NO<sub>x</sub>の濃度変動は外気と類似していた。</p> <p>・重金属濃度は外気とほぼ同程度であった。</p> <p>・浮遊粉じんは管理基準未満であった。</p>	三谷ら(1985), 三谷 (1986)
1988年7月	札幌市地下街 (地下道, 地下広場)	<p>・CO, CO<sub>2</sub>, SPMはほぼ管理基準未満</p> <p>・CO<sub>2</sub>濃度は通行人数と相関</p> <p>・CO濃度は屋外濃度と相関</p> <p>・粉じん濃度は屋外に比べて2～4倍</p> <p>・NO濃度は屋外とほぼ同じ</p> <p>・NO<sub>2</sub>濃度は大気基準未満で屋外より低い。</p> <p>・非空調時には喫煙によるCO, NO, 粉じん濃度が上昇した。</p>	落藤ら(1988)
1988年11月	川崎駅前地下街 アゼリア地下駐車場	<p>・温度(20.4～22.2℃), 湿度(33.8～38.6%), 浮遊粉じん(3～4mg/m<sup>3</sup>), CO<sub>2</sub>(500ppm), 気流(0.01～1.0m/sec), 酸素(20.9%)は外気と同程度であった。</p> <p>・窒素酸化物(NO:0.44～0.96ppm, NO<sub>2</sub>:0.11～0.15ppm), CO(7～12.1ppm), 非メタン系炭化水素(3.9～5.1ppmC)は自動車排気ガスの影響で高いところがあった。</p>	竹沢ら(1988)
1989年頃 (推定)	北九州市の公共地下街, 地下駐車場	<p>・SPMは地下街0.049mg/m<sup>3</sup>, 地下駐車場0.054mg/m<sup>3</sup>で外気と同程度であった。</p> <p>・ベンゾ-a-ピレンは地下街0.53ng/m<sup>3</sup>, 地下駐車場1.7ng/m<sup>3</sup>で外気と同程度であった。</p>	門上ら(1992)
1986年～ 1988年	東京, 横浜, 川崎の地下街4箇所(地下道, 地下広場)	<p>・建築物衛生法の温湿度管理基準を夏期は達成しているが、冬期の温度は低く、場所による差が大きい。</p> <p>・冬期は冷風の吹き込みが激しく外気温度との相関性が顕著であった。</p> <p>・CO<sub>2</sub>がほぼ管理基準未満だが通行人数が多いと管理基準を超過することがある。</p> <p>・COは管理基準未満、浮遊粉じんは喫煙所付近のみ管理基準を超過。</p>	尾島ら(1994)



1989年8月 1989年11月 1990年2月	東京都内の地下鉄2箇所（ホーム、コンコース）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コンコースの熱環境は外気に比べて季節変動や日変動が少なく安定しているが、場所によって不均一であり、夏期で最大5℃、冬期で最大10℃の温度差がある。</li> <li>・熱環境は場所によって地上開口部からの外気、ホーム部からの列車の排熱、歩行者や乗降客からの人体の熱などの影響を受ける。</li> <li>・CO<sub>2</sub>濃度は全体的に高濃度で管理基準を超えることが多い。</li> <li>・CO<sub>2</sub>の発生源は歩行者で朝夕ラッシュ時に高い。</li> <li>・CO、粉じん濃度は管理基準未満</li> </ul>	尾島ら(1994)
1988年夏	東京都内の地下駐車場3箇所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・COは自動車の発進に伴い瞬間的に大きな値を示すことがあるが、平均濃度は全て管理基準未満(10ppm)であった。</li> <li>・熱環境は概ね外気温度より高く自動車からの排熱の蓄積が影響している。</li> <li>・粉じん濃度は0.01~0.05mg/m<sup>3</sup>、CO<sub>2</sub>は213~425ppmで安定している。</li> </ul>	尾島ら(1994)
1991年頃 (推定)	首都圏ターミナル駅地下街	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下の平均濃度はピレン 23.3ng/m<sup>3</sup>、ベンゾ-a-アントラセン 3.4ng/m<sup>3</sup>、ベンゾ-k-フルオランテン 1.0ng/m<sup>3</sup>、ベンゾ-a-ピレン 2.1ng/m<sup>3</sup>、外気はそれぞれ 19.9 ng/m<sup>3</sup>、2.8 ng/m<sup>3</sup>、1.0 ng/m<sup>3</sup>、1.5 ng/m<sup>3</sup></li> <li>・地下空間の多環芳香族炭化水素(PAH)濃度は地上より著しく高くなかったが、空調設備や内部発生源の状況が地下の気中濃度に影響した。</li> </ul>	溝口ら(1994)
1992年2月	九州地区の大規模地下街、地下駐車場	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SPM濃度は地下街：0.02~0.04mg/m<sup>3</sup>、地下駐車場：0.02~0.04mg/m<sup>3</sup>、外部路上0.02~0.04mg/m<sup>3</sup></li> <li>・起源解析結果より、地下のSPMには外部大気由来と内部起源のいずれもが混在していた</li> <li>・地下空間の構造や換気システムの設計の重要性が地下空気汚染制御において重要。</li> </ul>	富安ら(1996)
1996年5~8月	営団地下鉄銀座線駅構内	<ul style="list-style-type: none"> <li>・SPM濃度は0.06~0.12mg/m<sup>3</sup>であり、建築物衛生法の管理基準未満であった、駅間の変動は換気状態や空調システムによるものと考えられた。</li> </ul>	Okinaga et al (2000)
1999年9月	名古屋駅前ビル地下街通路	<ul style="list-style-type: none"> <li>・NO<sub>2</sub>濃度は0.03~0.09ppmで、地上の濃度と大差はなかった。</li> </ul>	岩田(2000)
2005年10月~11月	JR札幌駅地下道、地下鉄名古屋大学駅	<ul style="list-style-type: none"> <li>・気温、湿度、CO<sub>2</sub>、CO、HCHO、浮遊粉じんは管理基準未満</li> <li>・総揮発性有機化合物(TVOC)は100μg/m<sup>3</sup>程度</li> </ul>	増田ら(2006)
2005年~ 2007年	名古屋駅前地下街、栄地下街(地下道、地下広場)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冷房期、中間期、暖房期において、CO<sub>2</sub>、CO、浮遊粉じんは、ほぼ管理基準未満</li> <li>・暖房期の相対湿度は外気の湿度が雨天等で高くならなければ</li> </ul>	上野(2008)

		<p>大部分の地点で管理基準内</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・地下街の一部では外気の影響を強く受けるため、冷房期や暖房期で管理基準不適合率が向上</li> <li>・地下街への風の吹き込みが強いところでは気流の管理基準不適合率が高い。</li> </ul>	
--	--	---	--

表 2-2-3 微生物の調査結果

調査時期	調査場所	結果の概要	出典
1972年	大阪市内地下街 4箇所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮遊細菌濃度は通行人数だけでなく歩行状態も影響される。</li> <li>・夏期は冬期に比べて浮遊細菌の濃度が高い。</li> <li>・地下通路内の浮遊細菌濃度は空調設備である程度制御可能。</li> </ul>	本田(1977)
1972年	地下街	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地下街(細菌: 1.22~4個/l, 真菌: 0.35~0.67個/l), 事務所ビル(細菌: 0.1~0.2個/l, 真菌: 0.02~0.03個/l), 病院(細菌: 0.3個/l, 真菌: 0.03個/l)など, 地下街は日照がない閉鎖された空間を多人数が通過するため濃度が高い。</li> <li>・地下空間では濃度のピークは通過人数のピークと一致するが, 人数のピークが過ぎても濃度は急には低下しない。</li> </ul>	菅原(1975), (1988)
1988年7月	札幌市地下街 (地下道, 地下広場)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮遊細菌濃度の平均値は通行路 2157個/m<sup>3</sup>, 吹き出し口 665個/m<sup>3</sup>, 外気導入口 203個/m<sup>3</sup>であり, 主たる発生源は人間。</li> <li>・浮遊細菌濃度は通行人数と相関。</li> <li>・浮遊真菌濃度の平均値は通行路 348個/m<sup>3</sup>, 吹き出し口 183個/m<sup>3</sup>, 外気導入口 800個/m<sup>3</sup>で外気の方が高い。</li> </ul>	落藤ら(1988)
2005年~ 2007年	名古屋駅前地下街, 栄地下街(地下道, 地下広場)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・落下細菌数が学校環境衛生の基準の 10CFU を超えた地点は冷房期 15%, 中間期 2%, 暖房期 2%。</li> </ul>	上野(2008)
2006年7月 2006年10月 2007年2月	名古屋市栄地下街	<ul style="list-style-type: none"> <li>・カビ用フードスタンプで床面と壁面を調査した結果, 壁面より床面でカビが多く採取され, 外気の壁面からはほとんどカビが採取されなかった。</li> <li>・秋期(10月)と夏期(7月)にカビが多く採取され, 冬期(2月)は少なかった。</li> <li>・クラドスポリウム菌が多く採取されたが, CO<sub>2</sub>濃度と反比例の関係にあった。</li> </ul>	名古屋市中保健所(2008)

表 2-2-4 ラドンの調査結果

調査時期	調査場所	結果の概要	出典
1988年7月	札幌市地下街 (地下道, 地下広場)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・空調時のラドン濃度(最大値 21.5Bq/m<sup>3</sup>, 平均値 17.9Bq/m<sup>3</sup>), 非空調時は(最大値 32.1Bq/m<sup>3</sup>, 平均値 22.9Bq/m<sup>3</sup>)で空調停止後に上昇。</li> </ul>	落藤ら(1988)
1998年~	福岡市天神地下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ラドン濃度の平均値は 6.9±2.4Bq/m<sup>3</sup>で季節変化はなかった。</li> </ul>	楢崎(2000)

1999年	街	・空調システム稼働中はラドン濃度が低下し、システムが停止するとラドン濃度は上昇。	楢崎(2003)
2005年10月～11月	JR 札幌駅地下道, 地下鉄名古屋大学駅	・ラドンは 20Bq/m <sup>3</sup> 未満	増田ら(2006)

表 2-2-5 衛生害虫の調査結果

調査時期	調査場所	結果の概要	出典
1975年～ 1985年	大阪駅前地下街 (飲食店, 食料 品店)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・優占種はチャバネゴキブリ, トビイロゴキブリ</li> <li>・飲食店街における平均捕獲率は両種で拮抗</li> <li>・洋食店や喫茶店ではチャバネゴキブリが優占</li> <li>・和食店, 酒房, 寿司屋ではトビイロゴキブリが優占</li> <li>・両種ともに棲息密度は減少傾向</li> </ul>	Yano et al (1994)

一般的に地上では、公共通路は屋外に、店舗は屋内に設置されていた。しかし地下街では、公共通路と店舗が地下という同一の閉鎖空間に設置された形態を有する。公共通路は、多人数の通行人が利用する。従って地下街は、一般の建築物とは異なり、公共通路による大きな負荷が加わる。また、公共通路としての安全性を確保するために、地下街には出入口が多数設置されている。従って、地下街の空気質は外気の影響を受けやすい。尾島ら(2004)が地下街の管理上の問題をまとめている。

表 2-2-2 に示すように、1950年代から1970年代にかけて、建築物衛生法の空気環境管理基準項目を中心に、空気質の調査が実施されてきた。CO<sub>2</sub>濃度が管理基準を超過する地点があったが、その後換気状況が改善されるなど、地下街の空気質は向上してきた。

1980年代から1990年代にかけても同様の調査が実施されてきた。CO<sub>2</sub>濃度と通行人との相関、COと屋外濃度との相関、喫煙の影響など、地下街の空気質に特徴的な結果が得られている。通行人が多いとCO<sub>2</sub>の管理基準を超過することがある、喫煙所付近で浮遊粉じんの管理基準を超過することがあるなど、地下街の利用状況に影響される問題が散見されていた。しかし、CO、CO<sub>2</sub>、浮遊粉じんでは、概して管理基準を超過するほどのことはなかった。外気の影響を受けやすい温度においては、出入口に近いところなどで管理基準を達成できない地点があるなど、場所による差が散見されていた。2000年代にも引き続き同様の調査が実施されているが、温湿度は外気の影響を強く受ける場所が散見されていた。

地下鉄の調査では、熱環境が地上開口部からの外気、ホーム部からの列車の排熱、歩行者や乗降客からの人体の熱などの影響を受けていた。CO<sub>2</sub>濃度は全体的に高濃度で管理基準を超えることが多く、歩行者の多い朝夕ラッシュ時に特に濃度が高かった。地下鉄では、歩行者の影響をより受けやすく、熱環境ではさらに列車の影響も加わっていた。

地下駐車場では、COが自動車の発進に伴い瞬間的に高い濃度を示すが、CO、粉じんともに概ね建築物衛生法の空気環境管理基準項目を満たしていた。

尾島ら(2004)は、東京、横浜、川崎の地下街4箇所(地下街就労者(配付数1368人、回答者数1055人、回答率76.4%))に対してアンケート調査を実施している。熱環境は概ね実

測結果が反映されていた。しかし、空気環境に関しては、実測結果に反して地下街の空気が汚れていると就労者は感じていた。図 2-2-2、図 2-2-3 に空気環境のアンケート調査結果を示す。空気の清潔度のみならず、悪臭や異臭に対する評価も低く、人が感じる空気の清潔度は、CO、CO<sub>2</sub>、粉じんが必ずしも評価対象とはなっていないと言える。

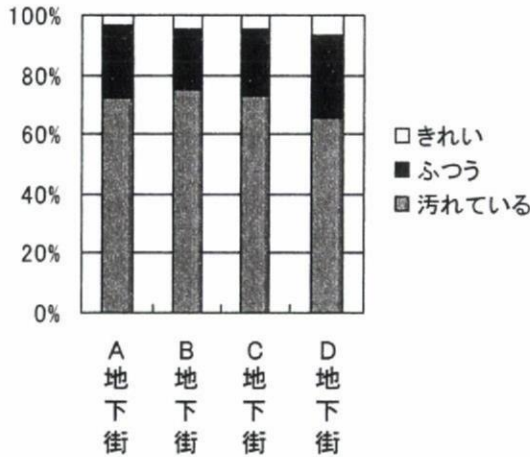


図 2-2-2 空気の清潔度 (尾島, 1994)

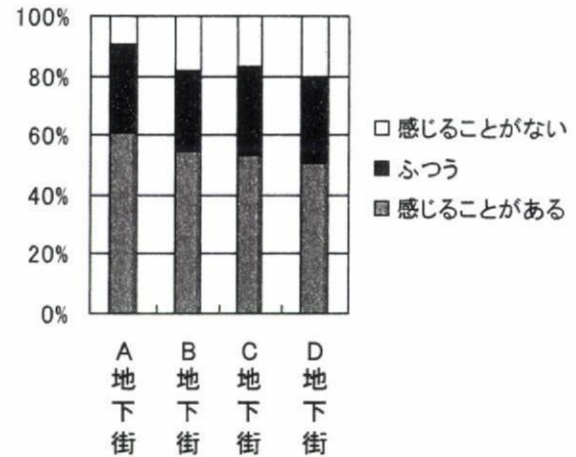


図 2-2-3 悪臭や異臭 (尾島, 1994)

以上より、建築物衛生法の空気環境管理基準項目において、大きな問題は認められなかったが、外気の影響を強く受ける場所、地下街の利用状況の影響を大きく受ける場所については、引き続き調査を行う必要があると考えられる。また、空気の清潔度や、悪臭や異臭に対する地下街就労者の評価は低く、人が感じる空気の清潔度は、CO、CO<sub>2</sub>、粉じんが必ずしも評価対象になっておらず、評価項目の検討も必要と考えられる。

表 2-2-3 に微生物の調査結果を示す。地下街は、日照がない閉鎖された空間を多人数が利用するため、浮遊細菌や浮遊真菌の濃度が事務所ビルなどの建築物に比べて高い。浮遊細菌は通行人に由来し、浮遊真菌は外気に由来している可能性が示唆されている。2005年～2007年にかけて名古屋駅前の地下街で行った調査では、落下細菌数が学校環境衛生の基準の 10CFU を超えた地点が冷房期 15%、中間期 2%、暖房期 2%であった。浮遊細菌や浮遊真菌については、地下街の利用状況、場所の違い、季節の違いなどを把握し、人の健康に対するリスクの程度を明らかにする必要があると考えられる。

表 2-2-4 にラドンの調査結果を示す。1988年から最近では 2005年まで調査が行われている。ラドンの空気中の管理基準や指針値は日本では定められていない。米国環境保護庁 (USEPA, 2007) は、室内のラドン濃度を 4 pCi/L (148Bq/m<sup>3</sup>) よりもさらに低減させるよう勧告している。これまでの調査結果は、米国環境保護庁の勧告値よりも十分に低かった。

表 2-2-5 に衛生害虫の調査結果を示す。1975年から 1985年にかけての古い調査であるが、ゴキブリの棲息密度は減少傾向にあったと報告されている。