

においてはその種類も原因も非常に多岐にわたるため、ダクトの汚染問題として一概に論ずることは難しいが、環境衛生的問題としては、非常に重要な要素である。また、においの感じ方は人によって、環境条件によっても大きく異なり、このことにもおのに対する対策を難しくする要因のひとつである。

においの発生源としては、主として、外気からの侵入、建物内での発生、微生物からの発生、VOC からの発生が挙げられる。においというものは単体で存在するものではなく、何らかの物質が鼻腔を刺激しにおいをして感じさせるものであるから、その原因となる汚染物質を特定し、適切な対処法を取ることが重要である。

## 2. 2. 2 防災的問題

防災上の問題としては、ダクト火災の問題と防火ダンパの作動不良による延焼・煙の伝播の問題が挙げられる。

### (1) ダクト火災

東京消防庁でのダクト内付着粉じんの火災実験によれば、ダクト内粉じんの厚みがおおよそ 5mm 以上になると、着火した場合ダクト内で延焼の危険があると報告されている<sup>4)</sup>。特に RA ダクトでは粉じん量が多いことや繊維質粉じんが多いことから危険性は高いと考えられる。

通常、ダクト内部には防火区画ごとに防火ダンパが設けられ、火災が起きた場合ダンパを閉じ延焼を防ぐ役割を果たすが、粉じんの付着・堆積量の増加は防火ダンパの機能低下を生じさせ、ダクト火災時に延焼の要因となる。

### (2) 煙の伝播

ダクトは、ダクトそのものの火災はもちろんのこと、室内の火災においても煙の通り道として被害を拡大させることがある。粉じんによる汚染が進行し、付着・付着粉じんによる防火ダンパの作動不良が、ある区画で起こった火災の煙を他の区画へ伝播することがある。

## 2. 2. 3 機能的問題

空調システムの汚染が進行すると一般的には空調システムの機能も低下し、先述した防災上の問題のみならず、さまざまな問題を引き起こす。

### (1) 種々の性能低下

#### ① 熱交換効率の低下

コイルフィンの表面に粉じんが付着すると、一般的には熱交換効率が低下する。熱交換効率の低下は、冷房・暖房の効きが悪いという感覚上の問題だけではなく、エネルギーロスという問題も引き起こす。

#### ② ろ過能力の低下

フィルタに粉じんが付着すると、ろ過能力が低下する。ろ過能力の低下は、直接室内環境の悪化につながる。

### ③ 風量の低下

フィルタや OA 取り入れ口・RA 吸い込み口に設置された金網、コイルフィンの間隙に粉じんが付着すると圧力損失が大きくなり、風量は低下する。風量の低下は温調能力の低下を招くだけでなく、換気量の低下にもつながる。

### ④ 搬送能力の低下

ダクト内の付着・付着粉じん量が多くなると、その分空気の通り道が細くなり、空気搬送能力が低下する。特に排気ダクトにおいてはスムーズな排気が行われなくなる場合もあるため、十分な注意を要する。

## (2) 日常管理の不備

空調システムのさまざまな問題は、日常管理の不備によって引き起こされることも少なくない。日常管理が容易な部位としては、フィルタが挙げられる。フィルタの汚染を放置すると空調システム全体に粉じん汚染を拡大させることになるが、逆にフィルタのメンテナンスがしっかりなされていれば、空調システム全体の粉じん量は大幅に軽減されることとなるので、定期的に清掃・交換するなどの処置が必要である。

また、ダクト内部など点検が難しい箇所もあるが、吹き出し口周辺を目視確認するなど日常的に可能なかぎりの点検を行うべきであろう。

## 2. 2. 4 経済的問題

経済的問題はダクト汚染の直接的な問題であることは多くなく、ほとんどの場合は、先述した環境衛生的問題や機能的問題の二次的な問題として捉えられる。しかし、長い目で見ると、その問題は無視できないほど大きいと考えられ、特に、企業においては最終的に非常に大きな問題となる。

### (1) エネルギーロス

主として熱交換効率の低下や風量低下によって引き起こされる問題であり、エネルギー費という経済的な問題にもつながる。詳細な研究データは発表されていないが、目詰まりしたフィルタを使用すると約 5% のエネルギーロスがあるといわれている。また、あるエアコンメーカーによれば、エアコンの内部をクリーニングすることで電気代が 10~20% 安くなるということである。

### (2) 生産性の低下

デンマーク工科大学のファンガー教授は、室内空気の清浄度が下がれば在室者の作業能率も低下するというデータを発表している<sup>5)</sup>。また、このようにはっきりと実験的に示されるデータではないが、誰も空気環境の悪い場所では労働意欲が低下することを実感しており、このことは、生産性の低下、ひいては経済的な損失につながる。

### (3) 歩留まりの低下

半導体工場に顕著に見られるように、空気汚染が製品の歩留まりを低下させる。また、食品・医薬品などでも同様なことがいえる。空気汚染は不良製品を増加させ、最

終的には経済的な損失をもたらす。

#### (4) イメージダウン

空調システム内部の汚染は、空調吹き出し口周辺の黒ずみや、机上・床への粉じん落下など美観上の問題につながることも少なくない。また、においやほこりっぽさなどの感覚的な問題も引き起こすことがある。このように美観上の問題点や感覚的な問題のある室内に来訪者を招くことは、対外的なイメージダウンにつながり、大きな損失となる可能性も否定できない。

### 2. 3 空調システムの汚染診断と清掃の必要性

これまで述べてきたように、空調システムの汚染は、室内環境にさまざまな悪影響をもたらす。当然のことではあるが、このようなさまざまな問題に対しては、問題がおきてから対処するのではなく、問題が起きる前に何らかの処置を施すことが重要である。つまり、空調システム汚染は事後保全ではなく予防保全という考え方で捉えなければならない。

従って、適切な汚染診断方法により定期的に汚染診断を行い、汚染状況を正確に把握した上で、汚染状況に応じて空調機内部洗浄やダクトクリーニングなど、適切な空調システム浄化処置を施すことが必要である。

### 2. 4 ダクトクリーニング工法

ダクト清掃は、様々な工法で施工されているが、原理は概ね次の3つに大別することができる。

#### ① 乱打方式

各種清掃ツールやロボットを利用し空気圧によりダクト表面を激しく叩き、ダクト内の付着粉じんを剥離し、送風機または集じん機の搬送空気により集じんする方法。

#### ② はたき方式

ダクトに集じん機を取り付け、その吸引力で清掃ツールやロボットを利用して、はたきのようにダクト内の付着粉じんを剥離・搬送し回収する方法。

#### ③ ブラシ方式

送風機は運転せずブラシ付きロボットを挿入し、内蔵されている真空掃除機や各種清掃ツールにより粉じんを回収する方法。

これらのダクト清掃方法とその概要を表2-8に、清掃機器（集じん機）の概要を表2-9に示す。

表 2 - 8 ダクト清掃方法

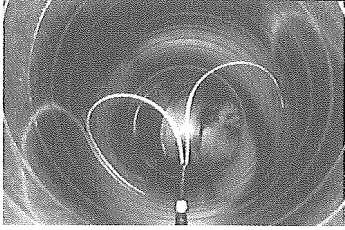
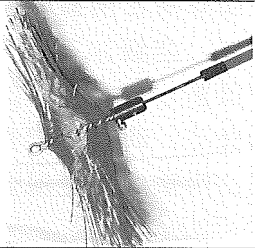
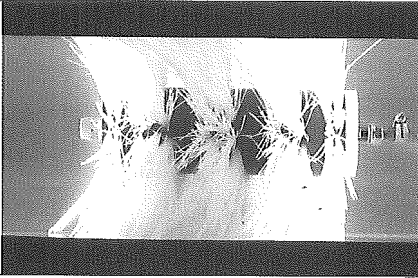
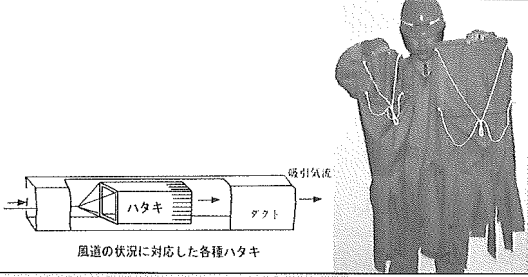
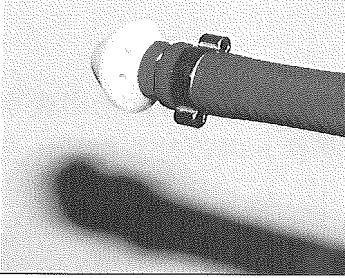
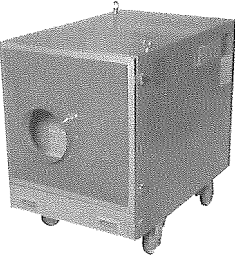
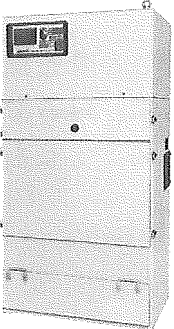
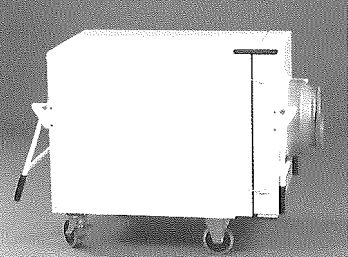
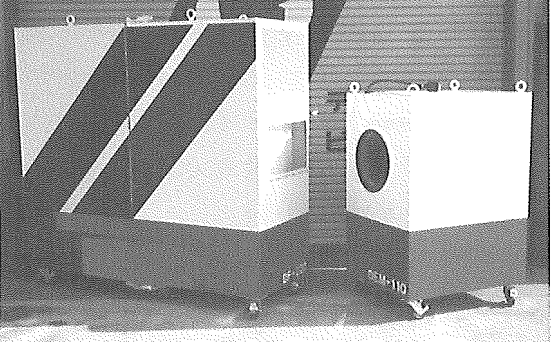
清掃方法	清掃概要	写真 (例)
乱打方式	圧縮空気を利用し、先端部のチューブを激しく動かし、ダクト内面の粉じんを除去し、集じん機に回収する方法	
ブラシ方式	電動ブラシを回転させ、ダクト内面の粉じんを除去し、集じん機に回収する方法	
	エアピストンを利用し、ブラシを自走させ、ダクト内面の粉じんをこすり落とし、集じん機に回収する方法	
ハタキ方式	集じん機の吸引力を利用し、ハタキでダクト内面を強く叩き、集じん機に回収する方法	 <p style="text-align: center;">風道の状況に対応した各種ハタキ</p>
噴射方式	圧縮空気を利用し、噴射ノズルからの突出空気で、ダクト内面の粉じんを吹き飛ばし、集じん機に回収する方法	
	噴射ノズルに回転ブラシを付帯し、突出空気とブラシの回転力により、ダクト内面の粉じんを除去し、集じん機に回収する方法	

表 2-9 ダクト清掃機器（集じん機）

種類	仕様	写真（例）
集じん機	EDJ5 型 720(W) × 1285(L) × 1090(H) 3 相 200V 3.7kw 中性能フィルタ	
	VN-60 型 1100(W) × 700(L) × 2075(H) 3 相 200V 3.7kw 中性能フィルタ	
	WintVac 660(W) × 940(L) × 820(H) 3 相 200V 1.5kw HEPA フィルタ	
	吸引部：DEM110 型 680(W) × 850(L) × 1150(H) 3 相 200V 5.5kw  集じん部：DF220 型 660(W) × 1800(L) × 1600(H)	

## 2. 5 ダクトの汚染診断手法

衛生的な室内環境の確保のためには、空調システムの衛生管理が重要となり、その診断方法も体系的に標準化される必要がある。

ダクト汚染を評価診断する方法は、定性的診断方法と定量的診断方法に分かれる。

### 2. 5. 1 定性的診断方法

定性的に診断を行うには、吹き出し口やダクト開口部から直接目視確認を行い、その状態をカメラなどで記録に撮る。直接目視が困難な場合、ファイバースコープやCCDスコープ、点検ロボットなどをダクト内に挿入し、その状態の確認と記録を撮る。

### 2. 5. 2 定量的診断方法

定量的診断方法として、付着粉じん量を測定するもの、浮遊粉じん量を測定するもの、付着微生物量を測定するもの、浮遊微生物量を測定するものがある。

#### (1) 付着粉じん測定法（拭い取り法）

日本ダクトクリーニング協会で採用している評価法の一つで、ダクト内表面の所定箇所にマグネット拭い取り型枠を貼り付け、その内側（中空部分）を不織布を用いて拭い取り、その不織布の拭い取り前後の重量差よりダクト内の汚染状況を評価する方法である。

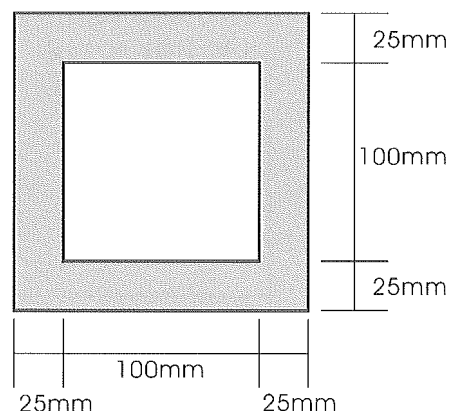


図2-3 拭い取り型枠

#### 1) 使用器材

- ① 拭い取り型枠（マグネットシート製）（図2-3）
- ② 不織布（ポリプロピレン100%のクリーンルーム用ワイプ紙）
- ③ チャック式ビニル袋（120×85mm）
- ④ 電子天秤（最小秤量0.001g）
- ⑤ 使い捨てビニル手袋
- ⑥ 油性ペン
- ⑦ 秤量用ボード
- ⑧ 保管用ケース
- ⑨ 記入用シート



図2-4 不織布の秤量

#### 2) 測定方法

##### 「事前作業」

- ① 1枚の不織布を4等分し、各々2枚をチャック式ビニル袋に入れチャックし、袋表面に必要事項を記入後、重量を安定させるために約1日放置する（不織布を入れた2つの袋を1セットとする）。
- ② 放置後、電子天秤で2回秤量し平均値を求める（拭い取り前の重量）。（図2-4）。

#### 「現場作業」

- ③ ダクト内の測定部位に拭き取り型枠を固定する。
- ④ 型枠内の付着粉じんを、一方のビニル袋に入れた不織布 2 枚できれいに拭き取る。  
その際、型枠内に付着粉じんが残らないように、また、不織布が毛羽立たないように注意する。
- ⑤ 使用した 2 枚の不織布を元のビニル袋に入れ、チャックをし、保管する。
- ⑥ 清掃前の測定では、拭き取った箇所がわかるようにダクト表面にマジックで印をつけておき、清掃後の測定箇所が重ならないようにする。

#### 「事後作業」

- ⑦ 持ち帰った不織布を電子天秤で 2 回秤量し、平均値を求める（拭き取り後の重量）。
- ⑧ 拭き取り前後の不織布の重量差を求め、 $1\text{m}^2$  当りに換算し、その値を付着粉じん量 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) とする。  
注：上記①～⑦の作業には、手の脂等で重量変化を起こさないようにビニル手袋を着用して作業を行う。  
注：他方の不織布を入れたビニル袋は、常時携行し、その重量変化の有無を確認する。明らかな重量変化が認められた場合には、その変化量を元に付着粉じん量を補正する。

### 2. 5. 3 評価判定

日本ダクトクリーニング協会では、ダクト清掃の実施時期の推奨値として、ダクト底面の付着粉じん量が  $3.0\text{g}/\text{m}^2$  以上としており、ダクト清掃後の評価判定基準値として、残留粉じん量が  $1.0\text{g}/\text{m}^2$  以下であること定めている。

日本ダクトクリーニング協会の調査によれば、ダクト底面の付着粉じん量が  $5.0\text{g}/\text{m}^2$  を超えると、吹き出し口からの粉じん飛散が見られる。ダクトの維持管理は予防保全の観点に立つことが必要であるので、粉じん飛散が始まる数値よりも小さい数値を設定する必要があり、ダクト清掃時期の推奨値として  $3.0\text{g}/\text{m}^2$  が設定された。また、ダクト清掃後の付着粉じん量の平均値は  $0.71\text{g}/\text{m}^2$  であった（最小  $0.01\text{g}/\text{m}^2$ 、最大  $5.99\text{g}/\text{m}^2$ 、 $N=180$ ）。目視判定の結果十分な清掃がなされており、また、粉じんの再飛散も見られないことから、ダクト清掃後の評価判定基準値として、 $1.0\text{g}/\text{m}^2$  が設定された。

#### (1) 付着粉じん測定法（光透過法）

光透過法とは、メンディングテープをダクト内部の測定個所に貼り付け、ローラーで一定の圧力を加えた後引き剥がし、照度計を用いた装置で光透過度を計測し、その値によりダクト清掃効果およびダクト内の汚染状況を評価する方法である。光透過法の特徴としては、現場作業のみで評価できる簡易法である点、付着・付着粉じん量を重量ではなく指数で評価するという点があげられ、前述の拭き取り法とはかなり異なる方法である。

### 1) 使用器材 (図 2-5)

- ① 粘着テープ (メンディングテープ)
- ② テープ圧着ローラー (重量 2kg)
- ③ 光透過測定装置  
(照度計を用いたもの)
- ④ テープ固定板  
(アルミ板製: 中空部分 20mm×40mm)

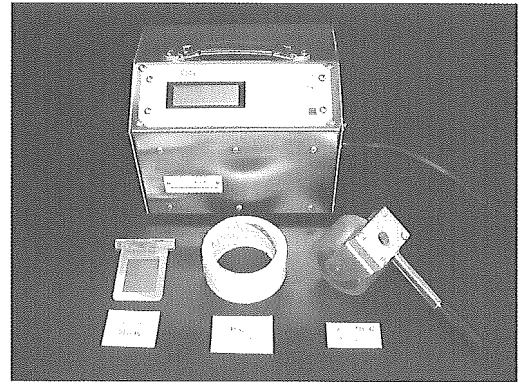


図 2-5 光透過法に使用する測定機器

### 2) 測定方法

「現場作業」

- ① 未使用のメンディングテープをテープ固定板に貼り付け、光透過装置に挿入し、上部より光を当て下部の照度計の測定値を読む。この作業を 2 枚分行い、その平均値を無じんテープの光透過度とする。
- ② ダクト開口部よりダクト内底面の所定箇所に粘着テープを貼り付け、圧着ローラーでテープ上を 5 往復させ、粉じんをテープに付着させる。
- ③ 180 度引き剥がし法により、引き剥がしたテープをテープ固定板に貼り付け、光透過測定装置に挿入し、上部より光を当て下部の照度計の測定値を読む。この作業を 2 枚分行い、その平均値を粉じん付着テープの光透過度とする。
- ④ 上記の基準値および汚染値より下記の式により「光透過率」を算出し、その指数によりダクト内付着・付着粉じん量の評価を行う。

$$\text{光透過指数 (T)} = \frac{\text{粉じん付着テープの光透過度}}{\text{無じんテープの光透過度}} \times 100$$

注: ②、③で行った作業を、ダクト底面 1 箇所につき場所をずらして 2 枚行いそれぞれの測定値の平均値をその部位の測定値とする。

注: 粉じんを付着させたテープを光に当てる際、最も汚染されている部位で測定する。

### 3) 評価判定基準

日本ダクトクリーニング協会では、ダクト清掃の評価として、清掃後の清掃効果指数を 85%以上と定めている。

吉澤らの拭い取り法と光透過法の相関関係の調査によれば<sup>6)</sup>、拭い取り法による付着粉じん量 1.0g/m<sup>2</sup> (ダクト清掃後の評価判定基準値) は光透過法では清掃効果指数 88.11%に相当することから、ダクト清掃の評価として、清掃後の清掃効果指数を 85%以上と設定した。

### (2) 浮遊粉じん測定法

測定方法に関しては、重量濃度法と個数濃度法が挙げられる。

重量濃度法は、建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (いわゆるビル衛生管理法) に定められた測定方法であるが、この方法は、主として室内空気の粉じん濃度



を測定するのに用いられる。ダクトから放出する空気の粉じん濃度を測定するには、主として個数濃度法が使用される。

個数濃度法により測定を行う場合には、測定粒径が問題になるが、現在、一般室内環境で用いられている個数濃度計（パーティクルカウンタ）では、粒径  $0.3\mu\text{m}$ ～ $5.0\mu\text{m}$  を測定できるものが多い（ $0.3\mu\text{m}$ 、 $0.5\mu\text{m}$ 、 $1.0\mu\text{m}$ 、 $2.0\mu\text{m}$ 、 $5.0\mu\text{m}$  の粒径別の同時測定）。粒径が  $0.3\mu\text{m}$  や  $0.5\mu\text{m}$  の粉じんは、外気や室内環境の影響を強く受け測定中の値の変動が大きいため、純粹にダクト汚染を評価するには適さない。また、粒径  $5.0\mu\text{m}$  の粉じんは測定される数値が非常に小さく、汚染評価という点では数値が意味を持たないことがある。したがって、一般環境におけるダクト汚染を評価するには、粒径  $1.0\mu\text{m}$  または  $2.0\mu\text{m}$  の測定値を使用するのが適切であると考えられる。

### 1) 使用器材

#### ① パーティクルカウンタ

空気中の浮遊粒子で粒径  $1.0\mu\text{m}$  以上のものを測定できる光散乱式パーティクルカウンタを使用する。また、測定を一定の間隔で連続して行えるものとし、プリンタやコンピュータなどの記録手段を備えていること。



図2-6 パーティクルカウンタによる浮遊粉じん測定

### 2) 測定方法

- ① 空調機を停止状態にし、十分な時間（概ね 10 分間以上）放置する。
- ② 吸引用チューブを吹き出し口にセットする。チューブの先端は気流の上流方向を向くように固定し、パーティクルカウンタ本体の吸引部に至までの間に  $90$  度以上の折れ曲がりがないようにする。（図 2-6）
- ③ 空調機停止状態のまま測定を開始し、概ね 5 分以上測定を行う。
- ④ 空調機を運転状態に切り替え、概ね 10 分以上測定を行う。
- ⑤ 測定結果を  $1\text{L}$  あたりの個数濃度に換算する。
- ⑥ ピーク時濃度、定常運転時濃度を計算し、その比をとり発じん率を計算する。

### 3) 評価判定方法

浮遊粉じん濃度は温度、湿度、外気汚染濃度などさまざまな状態によって変化するため、測定値を単純に比較するだけでは汚染状況を正しく判断できない。そのため、空調システムに外乱を与えてそのときの粉じん濃度の変化から汚染度を判断する。外乱は、空調機停止状態から空調機運転状態へ切り替えることによって与える。

空調システムを停止状態から運転状態に切り替えると、一時的に粉じん濃度が高

くなり、しばらく運転を続けると粉じん濃度はほぼ一定の値で安定する。空調機起動時の粉じん濃度の最大値と定常運転時の粉じん濃度の平均値を以下の式により計算し、この比を発じん率とする。

$$\text{発じん率} = \frac{\text{起動時の最大値}}{\text{定常運転時の平均値}}$$

発じん率は、ダクト内が汚染されていれば高くなり、ダクト内が清浄であれば低くなる。この発じん率を比較することによって、ダクト内が汚染されているか清浄であるかの判定を行う。

#### 4) 評価判定基準値

日本ダクトクリーニング協会では、ダクト清掃の暫定評価値として、清掃後の発じん率を 2.00 以下と定めている。日本ダクトクリーニング協会の調査では、ダクト清掃後の発じん率の平均は、粒径  $1.0\mu\text{m}$  で 1.08 (最小 0.79、最大 1.33、 $N=6$ )、粒径  $2.0\mu\text{m}$  で 1.39 (最小 0.86、最大 14.16、 $N=61$ ) となっている。目視判定の結果十分な清掃がなされており、また、粉じんの再飛散も見られないことから、ダクト清掃の暫定評価値として 2.00 が設定された。ただし、清掃後は一時的に浮遊粉じん濃度が高くなり、これが安定するには 4 時間程度かかるため、測定タイミングには十分な配慮を必要とする。また、浮遊粉じん濃度は、外気や室内空気の条件に大きく左右されるという問題点もあるため、ダクト清掃効果の客観的な評価に用いる場合は、今後のさらなる研究が必要である。

#### (3) 付着微生物測定法

ダクト内表面の付着微生物をスタンプ法により採取し、培養後発現したコロニー数をカウントする測定方法である。

##### 1) 使用器材

##### ① 培地 (培地盛り付け面直径 60mm のコンタクトプレート)

一般細菌用 : トリプトソイ寒天培地  
真菌用 : クロラムフェニコール  
含有ポテトデキストロース寒天培地

##### 2) 測定方法

###### 「現場作業」

- ① ダクト内の測定部位に、コンタクトプレートを 300g 程度の力で押し付け微生物を採取する。(図 2-7)

###### 「事後作業」

- ② 持ち帰った培地を、一般細菌は  $37^{\circ}\text{C}$  で 24 時間、真菌は  $25^{\circ}\text{C}$  で 72 時間培養する。培養後培地上のコロニー (微生物の培養にともない形成される集落) 数をカウントし写真撮影する。



図 2-7 コンタクトプレートによる付着微生物測定

### 3) 評価判定基準

測定者によるサンプリング方法の違いなど、測定手法に人為的な要素が大きいため、現段階では評価判定基準は設定されていない。

### (4) 浮遊微生物測定法

浮遊微生物濃度の測定は、微生物用エアサンプラを使用して行う。測定器内部にセットした培地に吸引空気中の微生物を捕捉し、培養後発現したコロニー数をカウントする測定方法である。

#### 1) 使用器材

- ① 微生物エアサンプラ
- ② 培地 (90mm シャーレ)
  - 一般細菌用：トリプトソイ寒天培地
  - 真菌用：クロラムフェニコール含有ポテトデキストロース
- ③ ビニルテープ



図 2-8 エアサンプラによる  
浮遊微生物濃度測定

#### 2) 測定方法

##### 「現場作業」

- ① エアサンプラに培地をセットし、吹き出し空気を 200L 吸引する。(図 2-8)
- ② 測定が終了した培地は、コンタミネーション (測定空気以外による汚染) を避けるため、ビニルテープで密封する。

##### 「事後作業」

- ③ 持ち帰った培地を、一般細菌は 37℃で 24 時間、真菌は 25℃で 72 時間培養する。培養後培地上のコロニー (微生物の培養にともない形成される集落) 数をカウントし写真撮影する。
- ④ 吸引空気量から浮遊微生物濃度 (CFU/L) を算出する。

### 3) 評価判定基準

本件実測調査による測定結果を元に、ダクト清掃時期の判断基準を浮遊総菌数 100CFU/m<sup>3</sup> 以上とし、清掃後の判断基準を 30CFU/m<sup>3</sup> 以下とした。

## 2. 6 ダクト汚染実測値

参考データとして、日本ダクトクリーニング協会調査によるダクト内付着粉じん量および付着微生物量のデータを示す。

### 2. 6. 1 付着粉じん量

表 2-10 に付着粉じん量の実測データを示す。これは、63 物件、延べ 180 箇所の測定結果をまとめたものである。

なお、これらの物件のうちのほとんどは、粉じん飛散等の問題があり日本ダクトクリーニング協会会員会社にダクトクリーニングの依頼があり、実際にダクトクリーニングを行った物件であるため、全体的に汚染度が高い方へシフトしている可能性がある。

表 2-10 付着粉じん量

	クリーニング前 (g/m <sup>2</sup> )	クリーニング後 (g/m <sup>2</sup> )	除去率 (%)
最小値	0.08	0.01	25.47
最大値	173.90	5.99	99.99
平均値	18.06	0.71	91.96

図 2-9 に建物の使用経年と付着粉じん量の関係を示す。使用経年が増すほど粉じん量も増加する傾向が見られる。

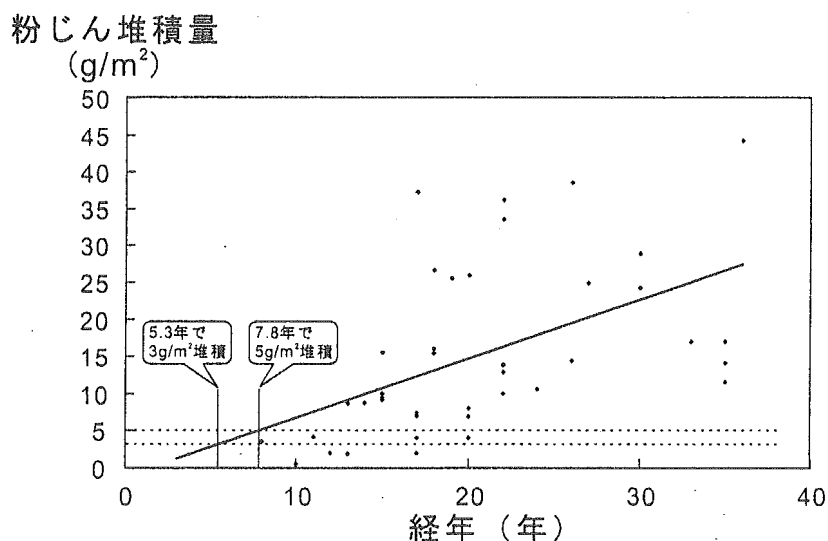
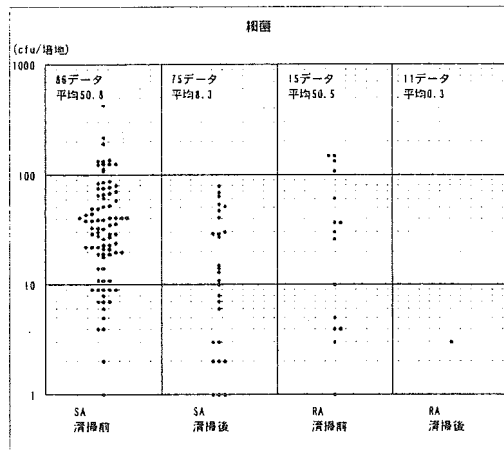


図 2-9 建物の使用経年と付着粉じん量

## 2. 6. 2 付着微生物量

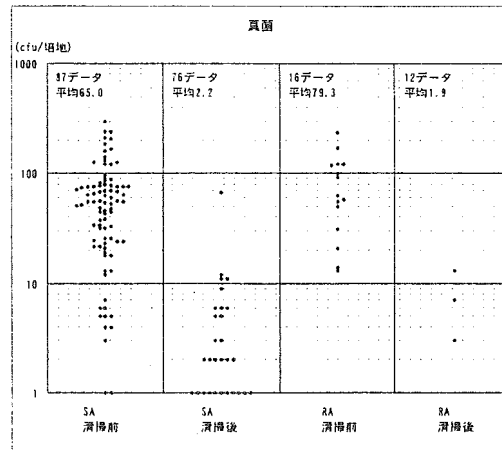
図 2-10、図 2-11 に付着細菌量および付着真菌量の実測データを示す。これは、40 物件、延べ 103 箇所での測定結果をまとめたものである。

プロットした数値は培地上に発現したコロニー数 (CFU) で、培地盛り付け面の直径は 6cm (面積 28.3cm<sup>2</sup>) である。



SA 清掃後の OCFU=47 データ  
RA 清掃後の OCFU=10 データ

図 2-10 付着細菌量



SA 清掃後の OCFU=47 データ  
RA 清掃後の OCFU=10 データ

図 2-11 付着真菌量

### 参考文献

- 1) 佐藤泰仁 他、空調ダクト内付着粉じんの性状について、東京都立衛生研究所年報、1982~1987
- 2) 菅原文子、諸岡信久、空調機ダクト内の微生物汚染、日本建築学会計画系論文集、第 493 号 (55-60) : 99~104、1997
- 3) 朴俊錫 他、微生物由来の揮発性有機化合物 (VOC) による室内空気汚染に関する研究 (その 2)、第 19 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、2001
- 4) 日本ダクトクリーニング協会、ダクト系に見る実態と清掃管理、1992
- 5) P. Ole Fanger、Principles of excellence for indoor air quality in cold climates、COLD CLIMATE HVAC 2000 Proceedings、2000
- 6) 吉澤晋 他、ダクト清掃効果評価方法、JADKA-01、1997. 2

### 3. ダクト清掃作業施工中の室内環境中およびダクト内の浮遊微生物実態調査

#### 3. 1 目的

昨年度調査では、ダクト清掃を施工しているオフィスビルにおいて、浮遊粉じんや浮遊微生物の汚染レベル、浮遊菌の種類、ダクト清掃の効果などについて実態調査を実施した。

本調査では、昨年度調査に引き続きダクト清掃作業施工中のオフィスビルにおいて、浮遊粉じんおよび浮遊微生物の実測調査を行い、測定方法や時期（清掃後の経過時間）について検討すると共に、実測された清掃前後の汚染レベルを把握し、基準値に関しても検討する。

#### 3. 2 調査方法

##### 3. 2. 1 調査対象施設

調査対象施設を表3-1に示す。いずれのビルにおいてもダクト清掃を施工中で、実測対象室内には、原則として居住者はいない。

表3-1 調査対象施設

試料番号	所在地	主用途	調査室床面積(m <sup>2</sup> )	竣工年	空調方式
01-01	東京都中央区	事務所	3,554	昭和61年	単一ダクト方式
01-02	茨城県水戸市	事務所	611	—	各階ユニット方式
01-03	東京都港区	事務所	—	—	単一ダクト方式
01-04	東京都港区	事務所	—	—	単一ダクト方式
01-05	東京都中央区	事務所	8,917	昭和46年	単一ダクト方式
01-06	東京都中央区	事務所	8,917	昭和46年	単一ダクト方式
01-07	東京都中央区	事務所	8,917	昭和46年	単一ダクト方式
01-08	東京都中央区	事務所	8,917	昭和46年	単一ダクト方式
01-09	東京都中央区	事務所	8,917	昭和46年	単一ダクト方式
01-10	東京都中央区	事務所	8,917	昭和46年	単一ダクト方式
01-11	東京都中央区	事務所	8,917	昭和46年	単一ダクト方式
01-12	東京都中央区	事務所	8,917m <sup>2</sup>	昭和46年	単一ダクト方式

##### 3. 2. 2 使用機器

###### (1) 浮遊微生物

ミドリ安全株式会社製空中浮遊菌測定器 BIOSAMP MBS-1000

一般細菌用培地：トリプトソイ寒天培地

真菌用培地：クロラムフェニコール含有ポテトデキストロース寒天培地

###### (2) 浮遊粉じん

リオン株式会社製光散乱式自動粒子計数器 KC-01

### 3. 2. 3 測定条件

- ① 測定項目はダクト内および室内の浮遊微生物濃度および浮遊粉じん濃度である。
- ② ダクト内の汚染物質による室内への汚染の影響について評価する場合、ダクト内のサンプリング位置は、最も汚染された場所に配置することが理想である。そこで、サンプリング位置は空調用給気ダクトの最下流部吹き出し口とした。さらに、吹き出し口外部の気流の巻き込みを防止するため、BioSAMP の吸い込み部分と KC-01 のサンプリングチューブは吹き出し口内部に配置した。
- ③ 微生物測定のサンプル空気量は、昨年度調査での捕集結果を考慮し細菌、真菌共に 200L とした。

サンプリング後の培地は、一般細菌用は 32℃で 3 日間、真菌用培地は 25℃で 7 日間培養し、発現したコロニーを計数した。

### 3. 3 運転状態による汚染濃度変化

空調機停止時、起動時、定常運転時のダクト内における浮遊粉じん、浮遊細菌、浮遊真菌の測定を行った。ダクト清掃後の測定は、クリーニング後 1 週間程度経過してから行った。

細菌、真菌、粒径  $1\mu\text{m}$  および粒径  $2\mu\text{m}$  の浮遊粉じんの測定結果の一部を図 3-1、図 3-2、図 3-3、図 3-4 に示す。全体としては、これまでの実測調査と同様に起動時には定常運転時と比較して微生物、粉じん共に増加する傾向が見られ、また、清掃後には清掃前途比較して減少する傾向が見られた。

しかし、起動時の増加量には検体ごとに大きなばらつきがある。起動時のデータをもって汚染状態を診断することも可能ではあるが、このようなばらつきがあること、また、実際の測定においては、空調機を停止できるとは限らない、つまり、空調機停止から起動への切り替えができるとは限らないことなどから、定常運転時の測定によって汚染度を診断する手法を検討する必要があるだろう。

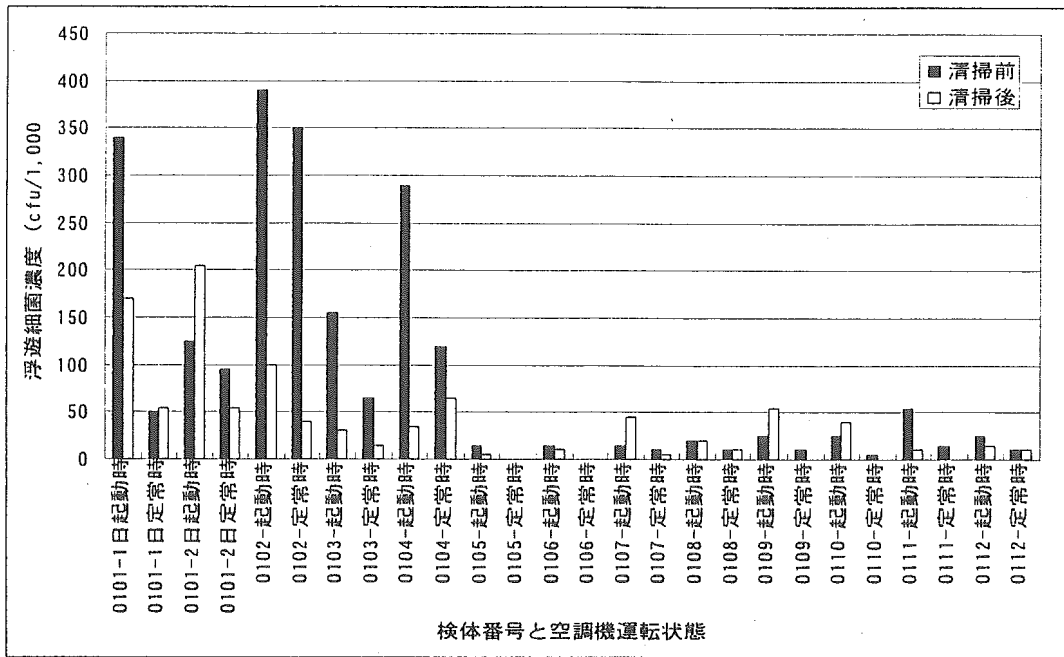


図 3 - 1 浮遊細菌濃度測定結果

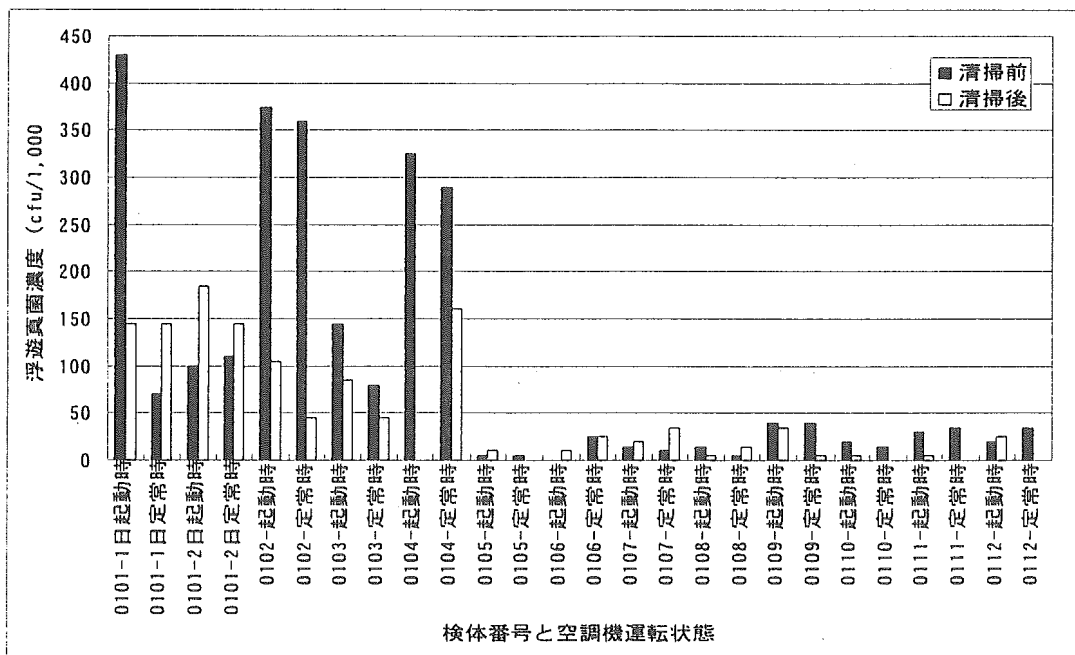


図 3 - 2 浮遊真菌濃度測定結果



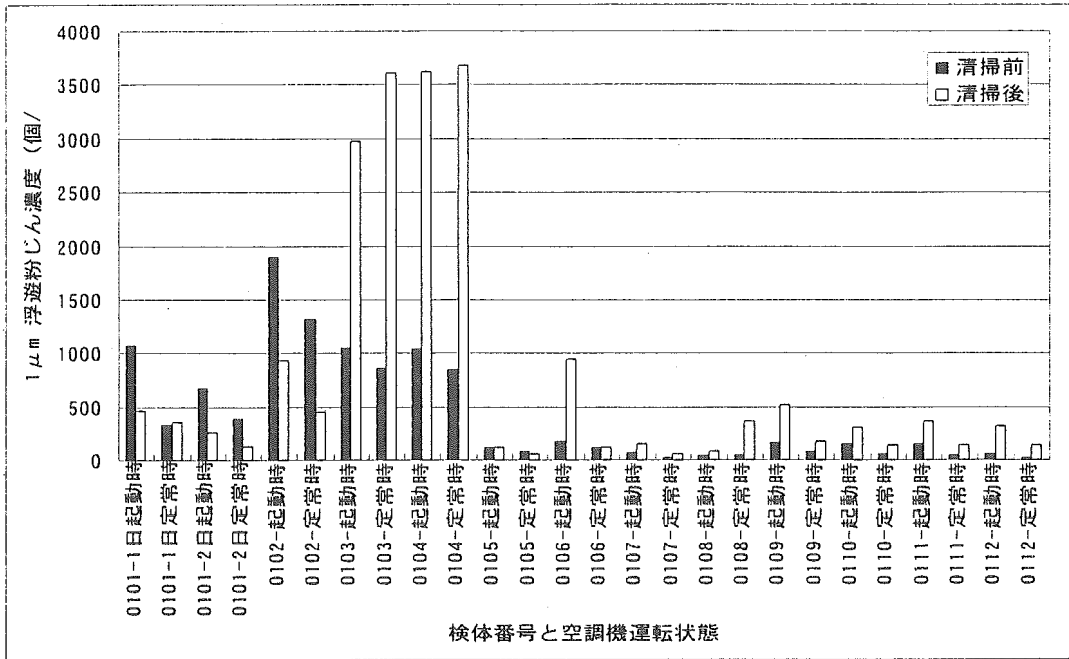


図 3 - 3 浮遊粉じん（粒径 1 μ m）濃度測定結果

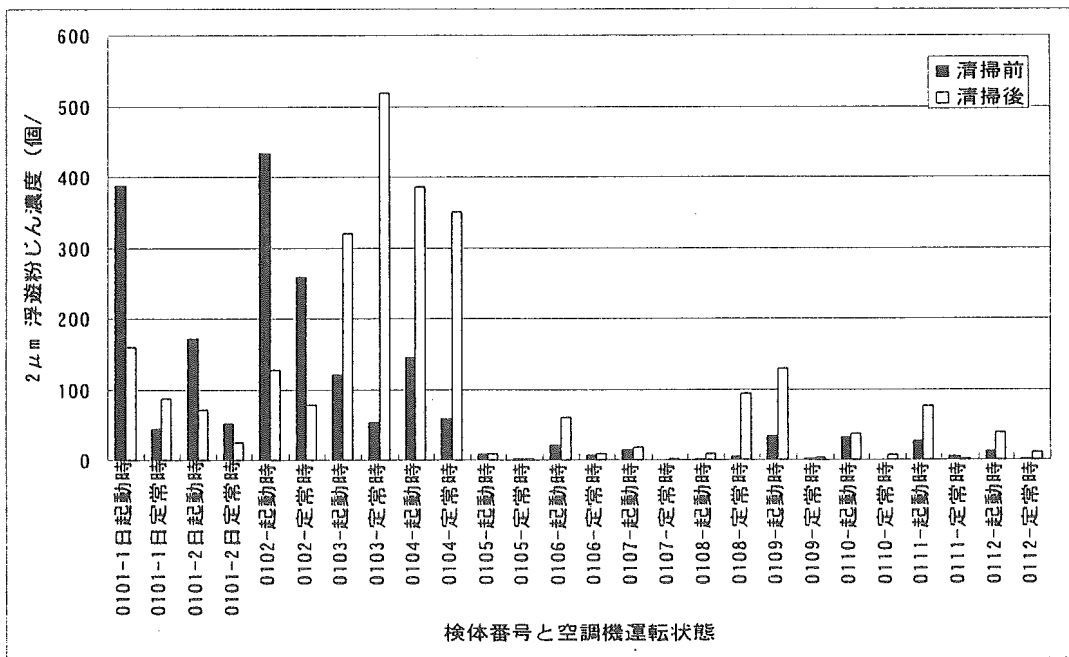


図 3 - 4 浮遊粉じん（粒径 2 μ m）濃度測定結果

### 3. 4 定常運転状態での汚染調査

前項での検討を受け、空調機定常運転時のダクト内における浮遊細菌、浮遊真菌の測定を行った。なお、本測定はすべてダクト清掃前に行った。

測定結果を図 3 - 5 に示す。ダクト内では、真菌より細菌の方が浮遊微生物量は多く、ダクト内と室内を比較すると室内の方が浮遊微生物量は多くなる。調査対象とな

った建物は、いずれもダクト清掃を施工しようとしている建物であり、ある程度汚染された状態であるといえる。したがって、この測定結果から、ダクトの汚染診断基準値を考察することも可能であろう。

また、同様の測定をダクト清掃後にも行うことでダクトクリーニング後の診断基準を検討することも考えられる。しかし、これまでの実測調査結果から、ダクトクリーニング直後には一時的に微生物、粉じん共に濃度が高くなる場合も見られ、清掃後どの程度の時間が経過してから測定を行えばよいかということが問題となる。

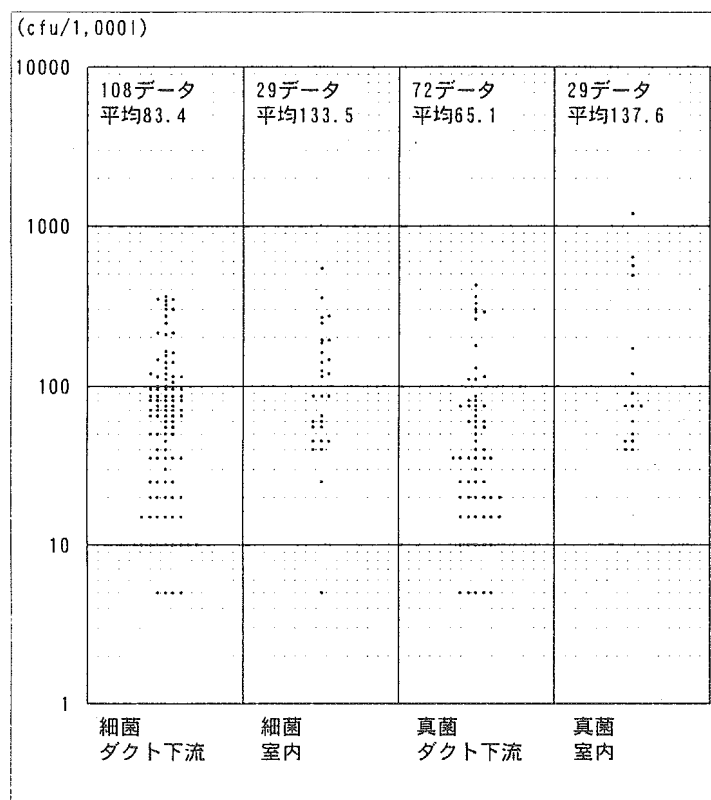


図 3 - 5 定常運転時の浮遊微生物濃度測定結果

### 3. 5 清掃後の経過時間と汚染濃度

ダクト清掃を行った後には一時的に汚染濃度が高くなるという現象が見られ、時間経過と共に濃度は減少する。したがって、ダクト清掃後に汚染度を診断する場合には、どの程度の時間が経過してから測定を行うべきかが問題となる。そこで、ダクト清掃を施工したオフィスビルにおいて、ダクト清掃後の時間経過と微生物濃度の減衰量の関係を調査した。なお、本調査では参考のため、ダクト清掃前にも測定を行った。測定結果を図 3 - 6、図 3 - 7 に示す。ダクト清掃直後には清掃前の菌数を上回るが、時間経過と共に減少し、およそ 4 時間後には安定する傾向が見られた。この結果から、ダクト清掃後の汚染診断のための測定は、ダクト清掃終了後、空調機運転 4 時間経過以降に行うことが適切であるといえる。

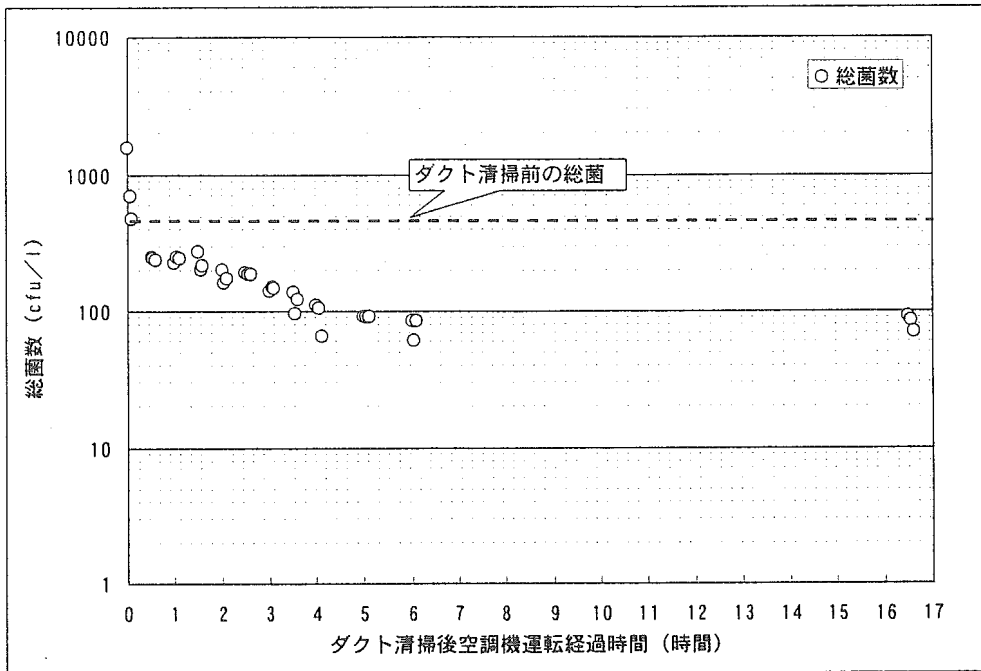


図 3 - 6 ダクト清掃後の浮遊微生物濃度減衰

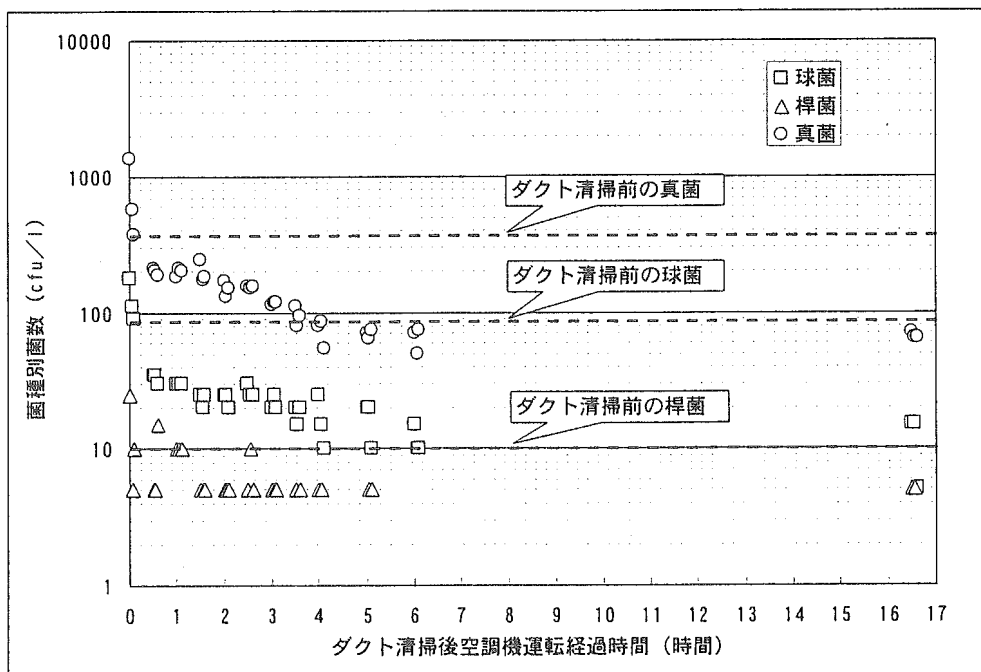


図 3 - 7 ダクト清掃後の浮遊微生物菌種別濃度減衰

#### 4. 空調機及びダクト内における化学物質レベル

##### 4. 1 調査概要

平成12年度「厚生科学研究補助金(生活安全総合研究事業)、室内空気中の汚染物質に関する調査研究」により、不適切管理によっては空調機内とダクトに付着した真菌から特有の揮発性有機化合物(MVOCs)が発生すること、さらにそのMVOCsが空調機を通じて室内へ拡散することを示した。本調査では、平成12年度の調査結果を踏まえてダクトを含む空調機本体における化学物質レベル及びダクトを含む空調機本体の清掃前後における化学物質濃度変化特性について検討を行った。

表4-1には調査ビル(試料番号01-01)と測定条件を、図4-1は化学物質の測定位置の概要を示す。本調査では測定場所別の化学物質濃度変化特性を把握するために、1ヶ所のビルで繰り返し測定を行った。空調機内における化学物質の測定位置は、導入外気上流側(以下、0A上流側)、混合室(以下、MA)、空調後の空気の上流側(以下、SA上流側)と吹出し口側(以下、SA吹出口)、そして室内吸込口(以下、RA吸込口)と返りダクト(以下、RA下流側)等、計6ヶ所とした。なお、サンプリングの際には、0A上流側とMA、SA上流側とSA吹出口、RA吸込口とRA下流側等全システムを三つに分けて、それぞれの系統の上流側と下流側で化学物質を同時に測定した。

調査では空調機内の化学物質濃度変動及び清掃効果を調べるため、空調機の清掃前後の各1日で3回ずつ化学物質のサンプリングを行った。但し清掃前のSA上流側とSA吹出口のみについては4回の測定を行った。表4-2には化学物質のサンプリング及び分析条件を示す。化学物質のサンプリングには昨年度の調査と同様に固体吸着材(Charcoal)を利用し、0.5 L/minの流速で20分間サンプリングした。捕集された化学物質は二硫化炭素を用いて溶媒抽出し、GC-MSDにより定性・定量分析を行った。なお、測定の際にはポンプを捕集管と一緒にダクト内または空調機内に入れてサンプリングを行った。

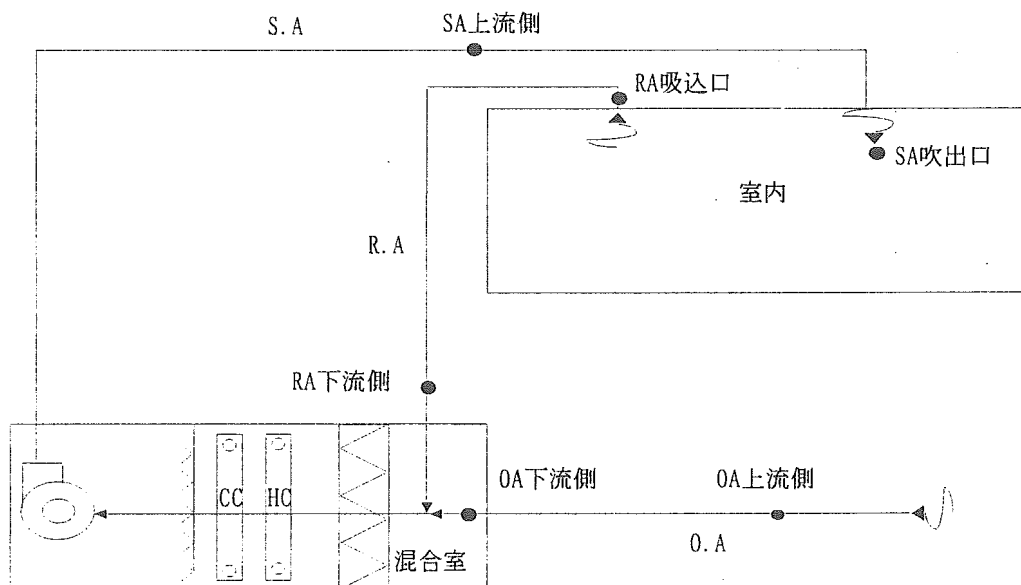


図4-1 空調系統における化学物質測定位置の概要