

図-11 浮遊粒子と浮遊微生物粒子の関係

者間に有意な相関関係が認められた ( $p < 0.01$ )。

また、一例としてA病院における $1\mu\text{m}$ 以上、 $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以上、及び $10\mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子濃度と微生物粒子濃度の関係を図-11に示す。何れにおいても両者間に有意な相関関係が認められた ( $p < 0.01$ )。また、 $1\mu\text{m}$ 以上、 $2\mu\text{m}$ 以上、 $5\mu\text{m}$ 以上、及び $10\mu\text{m}$ 以上の浮遊粒子に占める微生物粒子の割合がそれぞれ1%、10%、44%、75%であり、粒径が大きいほど、微生物粒子の占める割合は高くなることが分かった。

#### C-4 オフィス環境におけるIMDの適応に関する検証

##### (1) 浮遊細菌濃度の経時変化

図-12にIMDとMGサンプラーでの測定結果を示す。MGサンプラーの結果は、5分間隔で計数したものである。また、MGサンプラーの結果と比較するために、IMDでの測定結果から各5分間の平均値を求めた。図-12に示しているように総じて両計測器

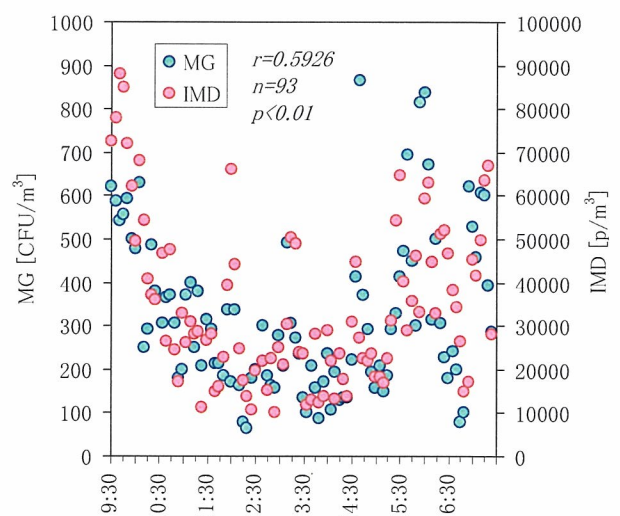


図-12 オフィス室内浮遊細菌濃度と微生物数の経時変化

から得られた経時変化のパターンは同様であった。即ち、IMDの結果はMGサンプラーの濃度と同じ

ように経時的に上下する。また、MG サンプラーに比べ、IMD は約 100 倍の値を示した。

(2) 浮遊微生物粒子と浮遊粒子の関係

図-13に IMD の測定結果から求めた各粒径範囲における浮遊粒子濃度と浮遊微生物粒子濃度の相関係数を示す。2 $\mu\text{m}$  以上になると、両者間の相関係数が次第に大きくなり、5 $\mu\text{m}$  以上になると両者間に 0.70 以上の強い相関関係が示された。

図-14に 1 $\mu\text{m}$  上, 2 $\mu\text{m}$  以上, 5 $\mu\text{m}$  以上, 及び 10 $\mu\text{m}$  以上の浮遊粒子濃度と微生物粒子濃度の関係を示す。両者間に有意な相関関係が認められ、1 $\mu\text{m}$  以上, 2 $\mu\text{m}$  以上, 5 $\mu\text{m}$  以上, 10 $\mu\text{m}$  以上の浮遊粒子に占める微生物粒子の割合がそれぞれ 3%, 14%, 45%, 73%であり、前記の病院での測定結果と同様に粒径の大きいほど、微生物粒子の占める割合が高くなることが明らかになった。

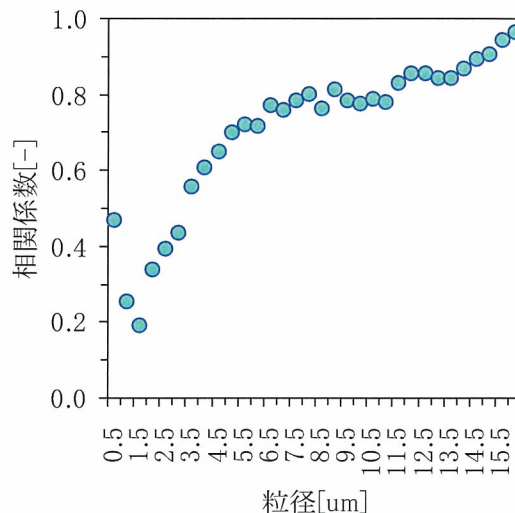


図-13 粒径別粒子と微生物粒子の相関係数

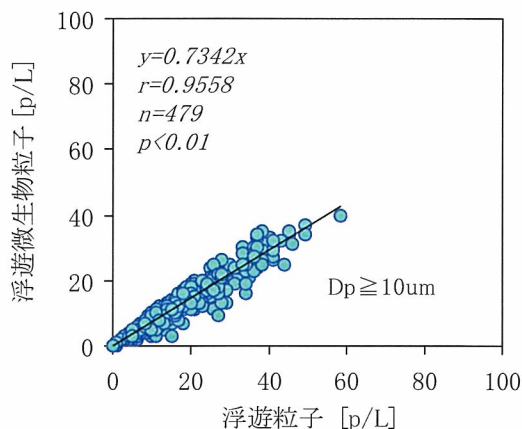
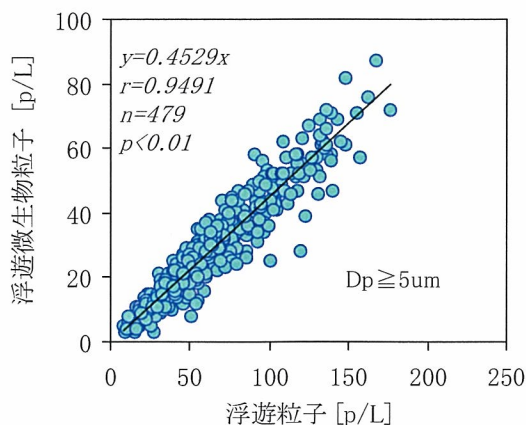
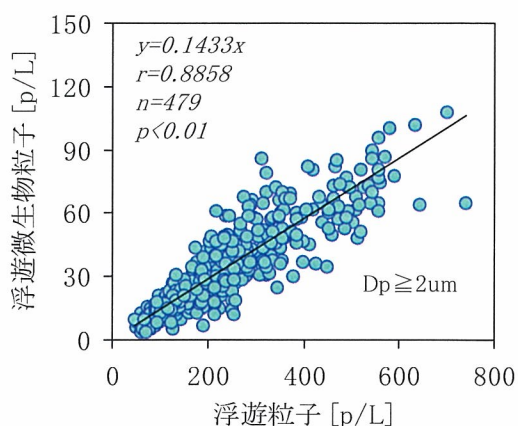
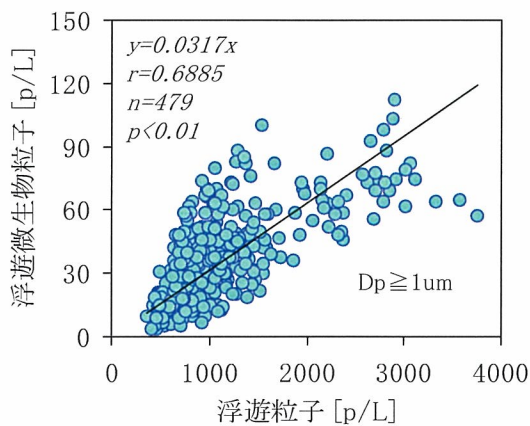


図-14 浮遊粒子と浮遊微生物粒子の関係

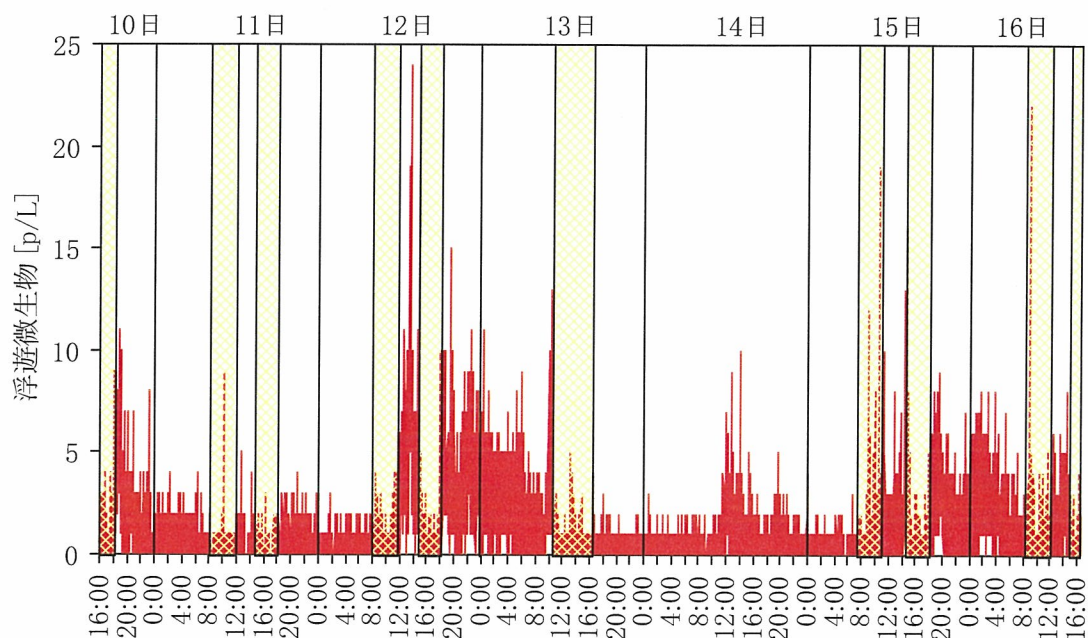


図-15 給気中浮遊微生物粒子濃度の連続測定結果

#### C-5 執務室給気濃度の連続測定結果

図-15に執務室空調給気中の浮遊微生物粒子濃度の連続測定結果を示す。空調運転時間帯を網掛けで示している。

15日の午前では空調機の点検口を開閉するなどの乱し行為を行った結果、給気中の濃度の上昇が見られたが、全体的に空調運転時の給気中浮遊微生物粒子濃度が高くて20p/L程度であった。

#### D 考察

##### D-1 微生物粒子と非生物粒子に対する応答特性

IMDの測定結果では、試験室(クリーンルーム)内に *Wallemia sebi* 胞子を放出することによる室内濃度の上昇とその後の低下を全て正確に測定できないものの、ほぼゼラチンフィルタを用いた培地法と同程度の濃度が得られ、その濃度は20p/L以下であった。一方、非生物粒子であるラテックス粒子に対して、IMDはそれを生物粒子としてカウントすることはなかった。

以上の結果から、生物系粒子のバックグラウンド濃度の低い環境への適応が可能であることが示唆された。

##### D-2 一般環境におけるIMDの適応について

6病院の待合室及び1オフィスビルにおけるIMDの測定結果は、MGサンプラーによる室内浮

遊細菌濃度の変動特性とほぼ同じ傾向を示したことから、IMDは浮遊細菌濃度の変動をリアルタイムで測定できることが示唆された。しかし、IMDがMGサンプラーの約100倍の値を示した。これは、SCD培地は限られた一部の細菌しか測定できないのに対して、IMDは一部の細菌のみならず、蛍光を放出するほかの生物粒子を測定することも可能であるためと考えられる。この結果は在来言われている“環境微生物のうち人工培地に生育できるものは1%程度である”という報告<sup>[2]</sup>と整合する。

以上の結果から、室内浮遊微生物濃度のモニターとして使用できることが示唆された。

##### D-3 IMDの適応について

室内浮遊微生物粒子濃度をリアルタイムで計測するには、以下に示す性能を有する必要があると考えられる。

- ① 低濃度の浮遊微生物粒子の測定が可能であること。
- ② 非生物粒子に対して、生物粒子としてカウントしないこと。
- ③ 室内浮遊微生物濃度とその変動をリアルタイムで測定できること。

上記の①と②については試験室およびチャンバ一試験の結果からIMDの可能性が示唆された。ま



た、上記の③については、実環境における検証を行った結果、IMD の測定値は培地法での結果とほぼ比例していることが分かった。即ち、室内空中微生物濃度のモニタリングという意味で IMD は使用可能であることが分かった。

一方、バイオテロ対策のツールとして用いる場合においては、低濃度での正確な検知が必要となる。今回の測定対象である病院の待合室やオフィスなどの室内環境においては、バックグラウンド濃度は数百 p/L であり、1L 当たり数個の生物粒子の上昇を正確に検知することが難しいと思われる。しかし、中性能エアフィルタを備えられている空調の給気中の濃度が高くて 20p/L であり、このレベルでは IMD での検知が可能であることが試験室を用いた実験の結果より確認された。

## E 結論

IMD を用い、①微生物粒子に対する感度の実験、②非生物粒子に対する応答特性の実験、及び③一般環境（6 病院の待合室、1 オフィスビル室内、1 執務室の空調給気）における培地法での測定結果と比較し、IMD の適応について検討を行った結果、以下のことが明らかになった。

- [1] 実環境における IMD を用いた測定結果は培地法計測器での測定結果との間に有意な相関関係 ( $p < 0.01$ ) が認められたことから、室内浮遊微生物濃度のモニターとして使用できるが示唆された。
- [2] IMD は培地法で測定できない一般環境中の生物系粒子を感知することがあるため、バックグラウンド濃度の高い環境中に極微量の微生物（病原体）が放出された場合においてはその適用が難しい。
- [3] IMD は数 CFU/L の濃度レベルの浮遊微生物（*Wallemia sebi* 孢子）の測定が可能で、なおかつ非生物粒子（ラテックス粒子）を生物粒子としてカウントしない（誤認知しない）ことから、バイオテロ対策のツールとしての可能性が示された。この場合はセンサーを空調用エアフィルタの下流の給気中に設置する必要がある。

## 参考文献

- [1] C Este et al. Biosensors and Bioelectronics 18, 511-9, 2003
- [2] R Amann. et al., Microbiol. Rev., 59, 143-69,

1995

## F 健康危険情報

なし。

## G 研究発表

### 1. 原著論文

- [1] 柳 宇, 池田耕一: 空調システムにおける微生物汚染の実態と対策に関する研究, 第 2 報—エアフィルタによる浮遊微生物粒子の捕集率とその評価方法, 日本建築学会環境系論文集(投稿中)

### 2. Full paper

- [2] Yanagi U, Yamada K, Ikeda K: A Study on the Filtration Efficiency of an Air Filter over Airborne Bacteria and Fungi vs Elapsed Time. *Proceeding of Healthy buildings 2006*, Nol.4, 479-82, 2006
- [3] Yamada K, Yanagi U, Kagi N, Ikeda K: A Study about Microbes on the Surface of Air Filter in an Air Conditioning System. *Proceeding of Healthy buildings 2006*, Nol.2, 443-6, 2006.

### 3. 総説・解説

- [4] 柳 宇: 病院環境と微生物, 臨床環境医学, 第 15 巻, 第 2 号, 91-100, 2006.12
- [5] 柳 宇: 事務所ビルにおけるバイオエアロゾルの挙動とその制御方法, クリーンテクノロジー, Vol.17(5), 2007.05
- [6] 柳 宇: エアフィルタによる浮遊微生物粒子の捕集性能の評価について, 室内環境学会誌, Vol.10, No.2, 2007.06

### 4. 学会発表

- [7] 柳 宇, 山田花菜, 池田耕一: エアフィルタによる細菌と真菌の捕集特性に関する研究 (その 1) 捕集率の経時変化. 第 24 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. 60-2. 2006
- [8] 山田花菜, 柳 宇, 鍵 直樹, 池田耕一: エアフィルタによる細菌と真菌の捕集特性に関する研究 (その 1) エアフィルタに捕集された細菌と真菌について. 第 24 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. 63-5, 2006
- [9] 柳 宇, 山田花菜, 池田耕一: 浮遊真菌の測

定における PDA・DG18・M40Y 培地の比較, 日本防菌防霉学会第 33 回年次大会要旨集. 135, 2006

[10] 柳 宇: 室内空気中の微生物－細菌・カビ・ウイルス, 平成 18 年度室内環境学会総会講演集, 32-3, 2006

[11] 柳 宇, 池田耕一: 柳 宇, 池田耕一: 空中浮遊微生物粒子の測定における瞬間微生物計測器の適応に関する研究, その 1 オフィス環境でのリアルタイム測定, 平成 18 年度室内環境

学会総会講演集, 128-9, 2006

[12] 柳 宇, 池田耕一, 鍵直樹, 山田花菜: 空中浮遊微生物粒子の測定における瞬間微生物計測器の適応に関する研究, その 2 病院環境でのリアルタイム測定, 第 25 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, 2007.4 (印刷中)

H 知的財産権の出願・登録状況  
なし。

空調機エアフィルタの汚染物質の捕集と発生

分担研究者 鍵 直樹 国立保健医療科学院 研究員

研究要旨

本研究では、空調機通過空気の VOCs 及び微小粒子のエアフィルタの発生・透過（除去）に関して、実空調機において実測を行った。

空調機通過空気の VOCs の測定では、トルエンや TVOC に関しては、若干後流側の濃度が高い傾向となっており、エアフィルタなど空調機による発生が認められた。また、季節毎の違いの要因については、除湿による結露水及び加湿水への溶解による影響、フィルタ温度の上昇による発生、オゾンなどの酸化性物質によるホルムアルデヒドの生成、フィルタの汚れの堆積による影響が考えられた。

エアフィルタによる微小粒子の透過特定については、室内と外気濃度の I/O 比の特性と同様に、粒径 100nm 前後で透過率が大きくなった。また、空調吹出口と室内粒子濃度の関係から、微小粒子においては室内濃度よりも室内空調吹出口の濃度が非常に高い傾向となった。空調機から吹出口までの間に何らかの発生源又は大気の流れなどがあるものと考えられる。

A 研究目的

室内環境中の揮発性有機化合物(VOCs)の発生源として、内装材料などの建築材料からの放散に関する多くの検討が行われている。そして、厚生労働省により室内の濃度指針値が示され、ホルムアルデヒドなどは新築の住宅においてこの指針値を下回るような対策が行われている。また、粒子状物質に関しては、建築物衛生法により 10 $\mu$ m 以下の浮遊粉じんの重量濃度による規制が行われているが、人体に影響が大きい粒径範囲の粒子は更に微小なものであり、重量測定では評価することが困難である。現実的には大気中には、自然発生源、ディーゼル排気ガスなど微小粒子が多く存在し、建築物内では換気が行われることにより室内に侵入すること、室内での発生も含めて室内の空気を作り上げているために、微小粒子について考慮に入れることも重要となる。

オフィスビルなどの建築物や住宅にも換気が行われることにより、更に空調機及びエアフィルタ由来の VOCs の発生についても考慮に入れる必要があると考えられる。特にオフィスビルなどに使用されるエアフィルタについては、外気及び環気空気が必ずエアフィルタを通過し、室内環境中へ供給される。

またエアフィルタの機能として、ある程度の粒径の粒子は除去することが可能であるが、ガス状物質については除去することはない。逆にこれからの発生にも注目する必要があると考えた。

通常建築物に使用されるエアフィルタは粗じんフィルタ及び中性能フィルタで、通常ガラス繊維又は高分子樹脂で加工されている素材を接着剤などでつないでフィルタろ材としているため、VOCs の発生が危惧される。また、既往の研究<sup>1-3)</sup>では使用されダストを捕捉しているエアフィルタから発生する臭気成分について、独自の装置を用いて評価を行っている。

また、粒子状物質の除去についても、粗じんフィルタ及び中性能エアフィルタの除去効率の評価は、日本においては重量法又は比色法により行われ、粒径毎の微小粒子の除去率については評価の対象にはなっていないため、人体に影響が大きいとされる微小粒子の粒径分布毎の除去性能について超微粒子を対象とする際には、別に考慮する必要がある。

そこで本研究では、実空調機通過空気の VOCs 及び微小粒子のエアフィルタの発生・透過（除去）特性に関して、実空調機において実測を行った。なお、昨年度までの成果では、化学物質については、多く

の物質に関して下流側の方が低い値となっていた。この原因としては、フィルタへの付着ではなく夏期にコイルなどで除湿することによる結露水の生成による VOC の除去の効果などで、低減されることとなったと推測した。本研究では、空調機に通常通りエアフィルタを装着している状態と装着していない状態における空調機前後段の濃度を季節毎に測定することにより、エアフィルタからの化学物質の発生・付着の有無を結露水又は加湿の影響を考慮に入れて確認することとした。また、粒子については、室内と外気濃度の I/O 比の特性と同様に、粒径 0.1  $\mu\text{m}$  前後で透過率の特性が異なることにより、室内の濃度に影響を及ぼしているものと考えられるが、本年は化学物質同様に経時的な変化と空調吹出口における超微粒子の計測を行った。

## B 研究方法

### B-1 実空調システムにおけるエアフィルタの VOCs 発生・透過の測定

図1に示すような空調システムにおいて、空調機の上流・下流の空気の測定を行った。ここでは、還気と外気を混合し、プレフィルタ、エアフィルタを通してコイルで冷却、除湿又は加湿・加湿をするものであり、本研究では、春（4月）、夏（8月）、秋（10月）、冬（1月）において測定を行った。夏は除湿、冬の時期は加湿を行っている。測定には、プレフィルタの上流側(P1)及び加湿器の下流側(P2)を測定点とした。また、エアフィルタ以外のコイル等の影響を把握するために、通常通りエアフィルタを装着した状態及びプレフィルタ及び中性能エアフィルタを取り除いた場合の測定を行った。

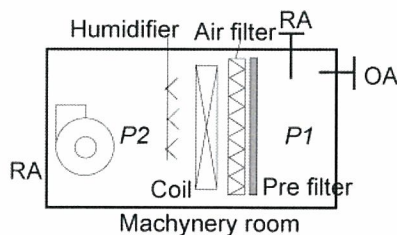


図1 空調システムの概要

### B-2 実空調システムにおけるエアフィルタの微粒子透過の測定

微小粒子のエアフィルタによる透過率の計測についても、上記と同様に上流側(P1)、下流側(P2)及び外気、居室において行った。計測には、粒径 10nm から 500nm に 32 チャンネルの粒径範囲の個数濃度

が計数可能なワイドレンジ粒子スペクトロメータ (MPS 社: WPS Model 1000XP) を用いた。これは微分モビリティ分離技術および凝縮核測定技術を用いた粒径分布及び粒子個数濃度の計測を行うことのできる装置である。

測定には、各季節において P1, P2, 外気, 室内の順で、20 分間ずつ計測を行い、各測定点における濃度データを算術平均値として求めた。また、測定は化学物質同様に経時的な変化と空調吹出口における超微粒子の計測を行った。

## C 研究結果

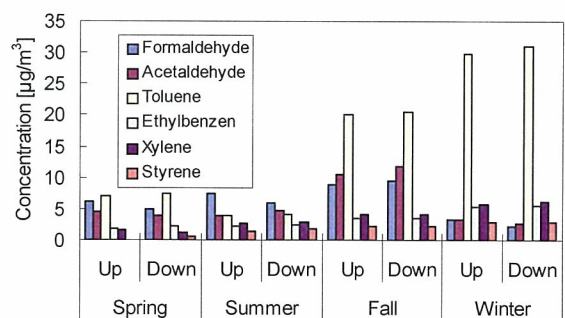
### C-1 実空調システムにおけるエアフィルタの発生・透過量

表1に各測定時期における空調機フィルタの上流側(P1)、加湿器の下流側(P2)及び室内の温湿度条件を示す。夏期は冷却・除湿、冬期は過熱・加湿を行っているが、中間期である春期にも若干の加湿を行っている。秋期については、特に熱処理を行っていない。

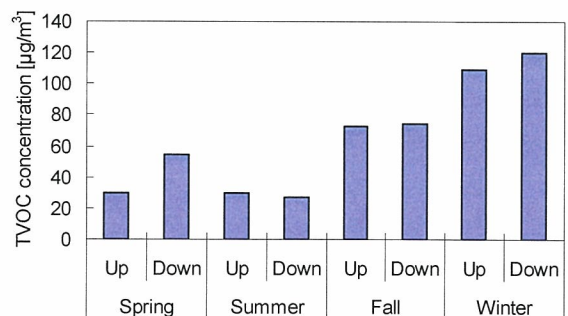
図2に季節毎の空調機の上流・下流側の VOCs 濃

表1 実測時の各温湿度条件

	Spring		Summer		Fall		Winter	
	Temp.[°C]	Humid.[%]	Temp.[°C]	Humid.[%]	Temp.[°C]	Humid.[%]	Temp.[°C]	Humid.[%]
Up-stream	17.8	28.9	27.8	59.3	21.3	49.8	11.1	33.3
Down-stream	20.4	34.4	22.1	79.4	21.9	48.9	20.4	11.3
Room	22.7	36.8	24.8	59.3	23.4	25.1	21.9	27.1



(a) VOCs 濃度



(b) TVOC 濃度

図2 季節毎の上流・下流側の VOCs 濃度



度及び TVOC 濃度の測定結果を示す。季節毎に各 VOC 濃度が異なり、それに伴って上流・下流側の濃度が変動する傾向にある。トルエンを除けば、多くの物質は  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  以下であり、室内の循環空気を外気空気で希釈しているため、比較的低濃度となっている。トルエンや TVOC に関しては、若干後流側の濃度が高い傾向となっており、エアフィルタなど空調機による発生が認められるものである。

図3に空調機の下流濃度に対する上流濃度の比率について示す。濃度比 1 以上は発生側、1 以下は除去されていることになる。春期には TVOC が大きな値を示しているほかは、1 程度の値となった。トルエンなど主要な物質は、上流・下流で変化はないが、下流にヘキサンが多く検出されているものがこの TVOC 濃度に反映されているもので、その理由は不明である。詳細を見ると、トルエンについては 1 を超える値で一定なのに対し、ホルムアルデヒドは、春期、夏期、冬期に 1 を下回り、除去の傾向に、アセトアルデヒドも、春期、冬期に 1 を下回った。

図4に季節毎のフィルタ装着時とプレフィルタ及び中性能フィルタの非装着時の空調下流側各 VOC 濃度について示す。エアフィルタから発生していれば、非装着時には下流側の濃度が低下するが、同等か若干増加の傾向に、TVOC は春期と冬期に減少する傾向となったが、概ね上流・下流共に同様の傾向となった。

図5に季節毎のフィルタ非装着時における空調機下流/上流側の濃度比を示す。図3と同様に 1 前後に値が集まっていることは同様であるが、例えば、ホルムアルデヒドについては、夏期に 1 を下回り除去側となるものの、他の季節では 1 を上回っていた。1 を上回る原因として、フィルタを除くコイルや空調機内面からの発生も考えられる。

図6にフィルタ装着時と非装着時の濃度比を示す。ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドについては、春期にフィルタ非装着時の方が濃度が高い傾向にあるが、その他に特に変化はなく、夏期に発生側にある。トルエン及び TVOC については、季節毎にフィルタ装着時の方が高くなる傾向となった。

## C-2 実空調システムにおけるエアフィルタの微粒子透過の測定

図7に空調機前段(Up)、空調機後段(Down)、外気(Outdoor)、室内(Indoor)の粒径別粒子濃度を示す。外気については微小粒子の濃度が高く、またピークがダブルモードとなった。濃度レベルは各粒径におい

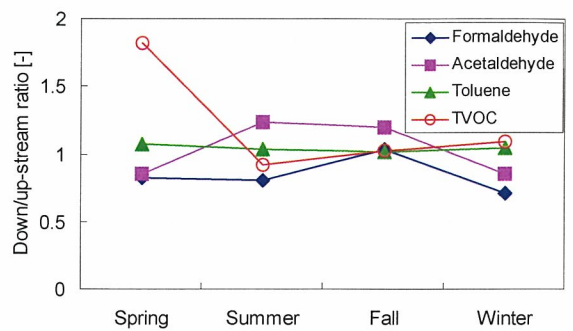
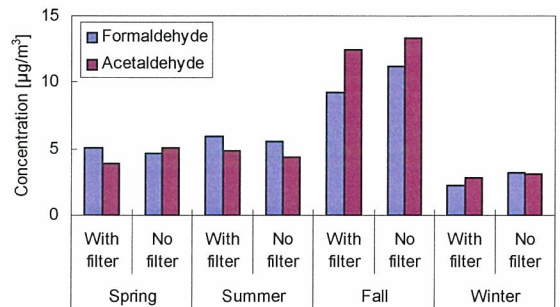
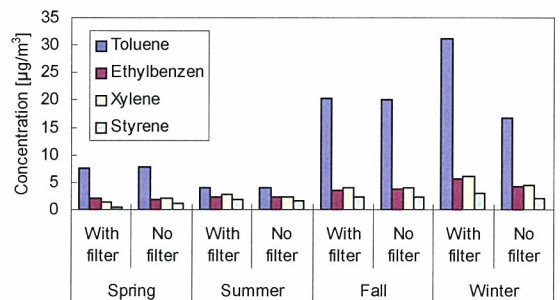


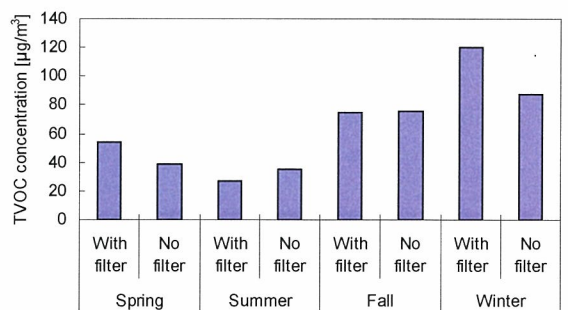
図3 季節毎の空調機下流/上流濃度比



(a) ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒド



(b) VOCs 濃度



(c) TVOC 濃度

図4 フィルタ有無による下流側濃度

て、外気が高く、外気と室内の還気が混合する ( $P1:Up$ )、エアフィルタにより粒子が捕集された空気の ( $P2:Down$ )、そして室内(Indoor)となった。

図8にフィルタ前後段の濃度比 (フィルタの透過率) 室内濃度と外気濃度の比 ( $I/O$  比) 及び下流濃度と室内濃度の比を示す。室内と外気の濃度比については、過去にも研究<sup>4,5)</sup>が行われており、本研究で



行った部屋は、室内でのたばこ煙など微粒子を発生させる人間の活動がない条件であったために、I/O比は1を切り、今回の粒径範囲では微小になるほど低い値、大気よりも濃度が低い傾向となった<sup>4,5)</sup>。また、フィルタにより0.1 $\mu\text{m}$ 前後では捕集されておらず、それよりも微小粒子は徐々に捕集される傾向となり、フィルタの捕集理論と矛盾していない。また、下流濃度と室内濃度の比についても、粒径0.2 $\mu\text{m}$ 程度では、I/O比と同様の傾向になっており、ダクト、室内壁面などに沈着しにくく、空間中に浮遊する傾向にあること<sup>6)</sup>、それ以下の粒子については、フィルタ下流濃度よりも室内濃度の方が低い値となっていた。

## D 考察

### D-1 実空調システムにおけるエアフィルタの発生・透過量

実空調機によるエアフィルタ前後でのVOC濃度の実測については、空調機に流れる空気は外気と多く混合するため、比較的低濃度であるが、トルエンやTVOCに関しては、若干後流側の濃度が高い傾向となっており、エアフィルタなど空調機による発生が認められた。この中でもトルエンについては発生量は少なく季節を通じて一定なのに対し、ホルムアルデヒドは、春期、夏期、冬期に1を下回り、除去の傾向に、アセトアルデヒドは、春期、冬期に1を下回った。これには、除湿による結露水及び加湿水への溶解による影響が考えられる。表1に示したとおり、本研究の測定時期では、春期・冬期に加湿、夏期に除湿を行っていた。また、フィルタ非装着時においては、概ね上流濃度と同等であったが、ホルムアルデヒドについては、夏期に除去側となるものの、他の季節では発生側であり、フィルタを除くコイルや空調機内面からの発生も考えられる。フィルタ装着時と非装着時の関係からは、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドについては、春期にフィルタ非装着時の方が濃度が高い傾向にあるが、その他に変化はなく、夏期に発生側にある。この結果には、どちらにも結露・加湿の影響が含まれているため、その他の影響が考えられ、例えばフィルタ温度の上昇による発生量の増加及び夏期の外気からのオゾンなどの酸化性物質によるホルムアルデヒドの生成なども理由として考えられる<sup>1)</sup>。トルエン及びTVOCについては、季節毎にフィルタ装着時の方が高くなる傾向となった。この空調機は、実験期間中

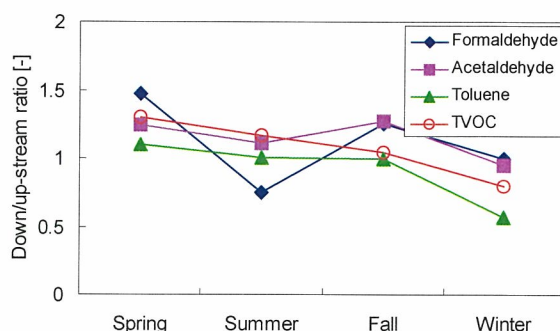


図5 季節毎の空調機下流/上流濃度比

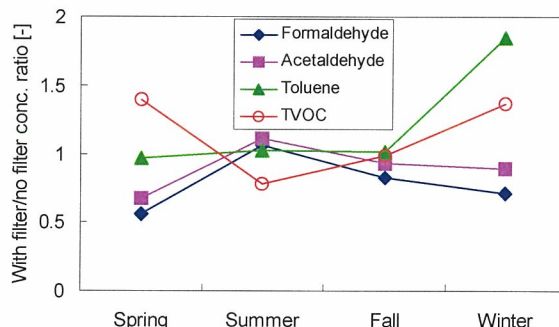


図6 フィルタ装着時と非装着時の濃度比

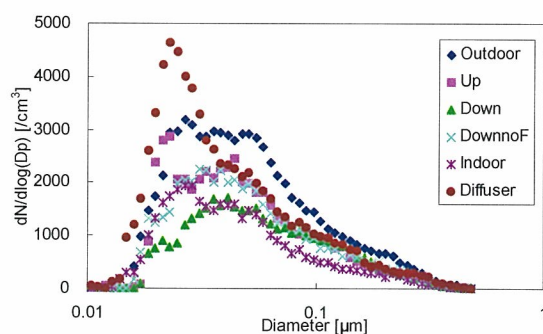


図7 各測定点における粒径別粒子濃度

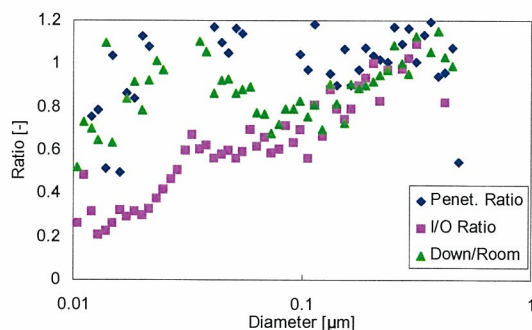


図8 超微粒子の透過率、I/O比及び空調下流・室内濃度比

プレフィルタは毎月洗浄交換をしているものの、中性能フィルタについては、交換されていない。フィルタの汚れの堆積による影響も考えられる。

## D-2 実空調システムにおけるエアフィルタの微粒子透過の測定

エアフィルタ前後での濃度変化では、エアフィルタの粒子の沈着により、粒径  $0.1 \mu\text{m}$  前後をピークとして、微小・粗大になると透過率が下がり（除去率が上がり）、粒径  $0.1 \mu\text{m}$  程度がこの環境下でもフィルタで除去することが困難であることが分かる。また、先に示した室内と外気濃度の I/O 比からも、エアフィルタの特性による影響が強く現れていると言える。

図9に季節毎によるエアロフィルタの透過率について示す。この期間には、プレフィルタは毎月洗浄交換をしているものの、中性能フィルタについては、交換されていない。そのため、フィルタの捕集理論からすれば、徐々に捕集効率が上昇する傾向となるはずであるが、春期及び秋期には捕集効率が落ち（透過率が上がる）、夏期及び冬期に捕集効率が若干上がる傾向となった。空調機の除湿・加湿を含めた熱処理の関係については、不明である。

図10に空調吹出口と室内粒子濃度の関係を示す。図7における測定においても、微小粒子においては室内濃度よりも室内空調吹出口の濃度が非常に高い傾向となった。ここでも、室内よりも全粒径範囲において空調吹出口の濃度が高くなった。図11にフィルタ下流と吹出口、吹出口と室内濃度の関係を示す。エアフィルタを通過した空気よりも、室内における空調吹出口の方が濃度が高くなっていった。そして、吹出口から出た空気は、室内中の内装に沈着又は排気されることにより、低減されるのは、既往の研究の通りである<sup>4,5,6</sup>。よって、空調機から吹出口までの間に何らかの発生源又は大気の流れなどがあるものと考えられ、この原因については、今後の検討課題としたい。

## E 結論

実空調機通過空気のVOCs及び微小粒子のエアフィルタの発生・透過（除去）率に関して、実空調機において実測を行った。

- 1) トルエンやTVOCに関しては、若干後流側の濃度が高い傾向となっており、エアフィルタなど空調機による発生が認められた。また、季節毎の違いの要因については、除湿による結露水及び加湿水への溶解による影響が考えられる。
- 2) フィルタ装着時と非装着時の関係からは、フィルタ温度の上昇によるホルムアルデヒドなどの発生量の増加及び夏期の大气からのオゾンなど

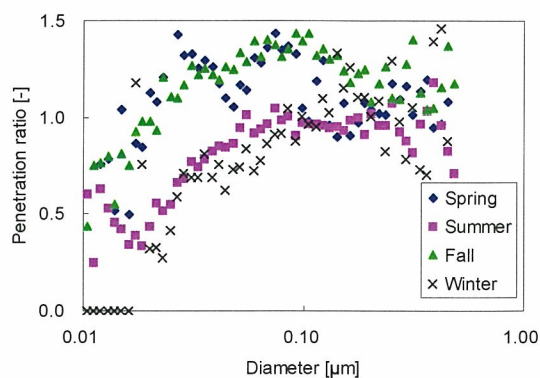
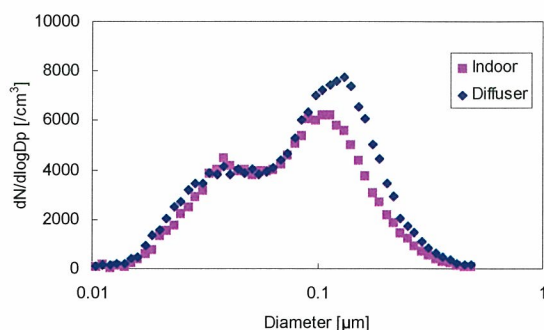
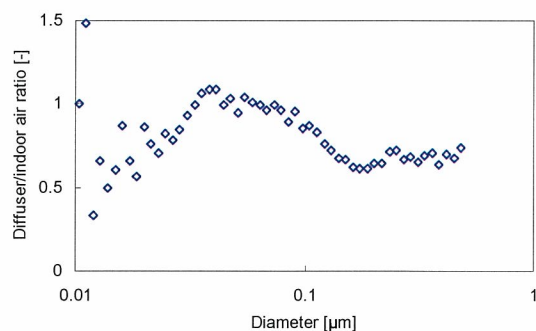


図9 季節毎によるエアフィルタの透過率



(a) 室内と吹出口の粒子濃度



(b) 吹出口/室内濃度比

図10 空調吹出口と室内粒子濃度の関係

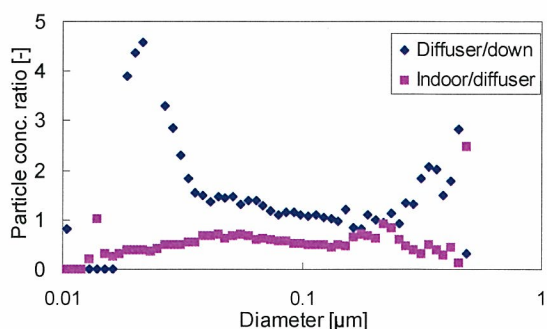


図11 フィルタ下流、吹出口及び室内粒子濃度の関係

の酸化性物質によるホルムアルデヒドの生成なども理由として考えられた。トルエン及び

TVOC については、フィルタの汚れの堆積による影響が考えられた。

- 3) 粒子についてのエアフィルタ前後での濃度変化では、エアフィルタの粒子の沈着により減少する傾向がみられた。室内と外気濃度の I/O 比の特性と同様に、粒径 0.1  $\mu\text{m}$  前後で透過率の特性が異なることにより、室内の濃度に影響を及ぼしているものと考えられる。
- 4) 空調吹出口と室内粒子濃度の関係から、微小粒子においては室内濃度よりも室内空調吹出口の濃度が非常に高い傾向となった。空調機から吹出口までの間に何らかの発生源又は大気の流れなどがあるものと考えられ、この原因については、今後の検討課題としたい。

#### 参考文献

- 1) G. Beko et al.: Initial studies of oxidation processes on filter surfaces and their impact on perceived air quality, *Indoor Air*, 16, 56-64, 2006
- 2) P. Stream-Tejsen et al.: Sensory pollution load from a used ventilation filter at different airflow rates, *Healthy Buildings 2003*, 257-261
- 3) H. Schlievinger et al.: Air filters from HVAC system as possible source of volatile organic compounds

(VOC)-laboratory and field assays, *Atmospheric Environment* 33, 4571-4577, 1999

- 4) I.K.Koponen et al.: Indoor air measurement campaign in Helsinki, Finland 1999 -the effect of outdoor air pollution on indoor air, *Atmospheric Environment*; 35: 1465-1477, 2001.
- 5) De-Ling Liu, William W. Nazaroff: Modeling pollutant penetration across building envelopes, *Atmospheric Environment*; 35: 4451-4462, 2001
- 6) Congrong He, Lidia Morawska and Dale Gilbert: Particle deposition rates in residential houses, *Atmospheric Environment*; 39: 3891-3899, 2005

#### F 健康危険情報

なし。

#### G 研究発表

鍵直樹, 柳宇, 池田耕一, 山田花菜, 堀越玲子 : 各種チャンバーによるエアフィルタから発生する揮発性有機化合物, 第 24 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, pp. 270-272, 2006.4

#### H 知的財産権の出願・登録状況

なし。



厚生労働科学研究費補助金（健康科学研究事業）  
分担研究報告書

建築物内給水システムにおける飲料水の安全性確保に関する研究

分担研究者 伊藤雅喜 国立保健医療科学院 水道工学部 水道計画室長

研究要旨

本研究では建築物内給水システムにおける飲料水の安全性確保のための検討を行った。日本を含めた 11 カ国 26 編の事例を調査した結果、以下の事柄が明らかになった。  
[1] 殆どの事例が微生物によるものであり、原因物質としてはレジオネラが最も多く、そのほかはクリプトスポリジウム、ジアルジアなどがあった。  
[2] 特殊な例としては事故による飲料水からのスチレンの曝露についての報告があった。  
[3] 建築物内の発生箇所では配水系等におけるものが最も多く、そのほかでは貯水槽、冷却塔の事例が複数報告されている。

A 研究目的

本研究では建築物内給水システムにおける飲料水の安全性確保のための検討を行う。

B 研究方法

本年度の研究では WHO で行っている“Water Safety in Building”の作成作業において情報収集を行っているケーススタディの情報を整理し、建築物内で発生しうる水質事故、感染症などの健康危機の事例およびその原因についてまとめた。

系統立てた収集を行っているものではないので（専門家から随時提出してもらったもの）統計的な処理をすることはできないが、日本を含む世界各国（ドイツ、イギリス、ベルギー、スペイン、米国、アルゼンチンなど）から 26 編の事例を収集

表-1 国別事例報告数

国名	事例数
アルゼンチン	2
ベルギー	2
ドイツ	7
英国	4
インド	1
日本	3
ノルウェー	1
南アフリカ	1
スペイン	2
スウェーデン	1
米国	2

した（表-1）。

C 研究結果

原因物質としてはレジオネラの報告事例が最も多く、そのほかの原因物質ではクリプトスポリジウム、ジアルジアなどがあり、ほとんどの事例が微生物によるものであった（表-2）。

表-2 原因または原因に関連する物質（微生物）

原因(または関連する)物質	事例数
<i>Cryptosporidium parvum</i>	1
<i>Giardia</i>	1
<i>Legionella bozemanii</i>	1
<i>Legionella pneumophila</i>	11
<i>Microsporidia</i>	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5
スチレン	1
指標細菌の存在	1
細菌(不明)	1
その他	3

特殊な例としては事故による飲料水からのスチレンの曝露についての報告があった。発生場所では病院および療養施設（nursing home）の事例が最も多く、ついでホテル、高層ビルなどでの事例が報告されている（表-3）。

表-3 建築物の種類

建築物の種類	事例数
アパート・高層ビル	4
病院・療養施設	11
ホテル(遊技・スポーツ施設を含む)	5
多目的ビル	2
学校・幼稚園	1
別荘(summer cottage)	1
その他	2

建築物内の発生箇所では配水系等におけるものが最も多く、そのほかでは貯水槽、冷却塔の事例が複数報告されている。発生原因は多岐にわたりまとめるのは難しいが、冷却塔における微生物汚染、不十分な貯水槽の管理、配管内の滞留、温度管理の不徹底、間欠給水、逆流などが報告されている(表-4)。

表-4 事故のあったシステムまたは装置

システムまたは装置	事例数
屋内配管および給水システム	11
冷却塔	3
高層ビル用受水槽	4
温泉/ジャグジー	2
空調システム配管	1
風呂用給湯装置	1
消火栓、スプリンクラーと配管	1
その他	3

#### D 考察

微生物による事故の報告事例が大半であり化学物質による汚染事例が少ないが、化学物質の場合には資機材からの溶出により汚染物質が増加することも考えられるが、基本的には水質基準を満たしている水道水を受け入れている場合には化学物質の汚染がおこることは少ないためと考えられる。微生物の場合には水道水にもともと存在していたもの、または外部から受水槽等へ混入したものが配管や水槽内で再増殖することによりリスクが高くなることが原因として考えられる。化学物質は一部の急性毒性を示す物質を除くと、建築物内の飲料水による健康影響は慢性毒性的傾向を示すものと考えられ、特定の化学物質による健康影響事例は報告されにくいこともあろう。これに対し微

生物汚染の場合には影響が急性で現れるため事故事例としての報告件数が多くなっているものと考えられる。また今回の専門家会議は微生物学者の割合が高いため、微生物関連の事例報告が多いことも一因であるかもしれない。

#### E 結論

- [1] 殆どの事例が微生物によるものであり、原因物質としてはレジオネラが最も多く、そのほかはクリプトスポリジウム、ジアルジアなどがあつた。
- [2] 特殊な例としては事故による飲料水からのスチレンの曝露についての報告があつた。
- [3] 建築物内の発生箇所では配水系等におけるものが最も多く、そのほかでは貯水槽、冷却塔の事例が複数報告されている。

#### F 健康危険情報

なし。

#### G 研究発表

なし

#### H 知的財産権の出願・登録状況

なし。