

K0604-02
0385-9851/06/¥500/論文/JCLS

[解説]

空調機用ドレン管を通じた病室間における空気流出入 < PFT法 (パッシブ換気量測定法) による実測 >

早稲田大学 田辺 新一・谷 英明
Shin-ichi Tanabe Hideaki Tani
株竹中工務店 角 晴輝・岡部 繁明
Haruki Sumi Shigeaki Okabe

1. はじめに

近年、SARS やインフルエンザの流行を経験し、疾患感染メカニズムの解明や感染予防策に対する関心が高まっている。また、抵抗力の低下した患者はアスペルギルス感染等、非常に一般的な菌にも感染しやすいことが知られている。一方、CDC (米国疾病管理センター) のガイドラインに示されている「エビデンスに基づいた」感染対策は、広く医療福祉施設の計画に採用され、今日に至っている。空気を介した院内感染の防止策として、空気中の浮遊飛沫や浮遊塵埃などの除去・排出のためにHEPA フィルターの設置や室圧制御などが通常行われている。

今般、関西医科大学附属枚方病院（病床数700床、延床面積約70,000m²）において、開院前の期間に実測する機会を得た。PFT法という新しい方法を用いて測定を行った。これまで積極的な対策がなされていなかった、空調機用ドレン管を通じた病室間の空気の交差汚染の可能性を示唆する結果と対策案の有効性が確認されたので報告する（写真1）。

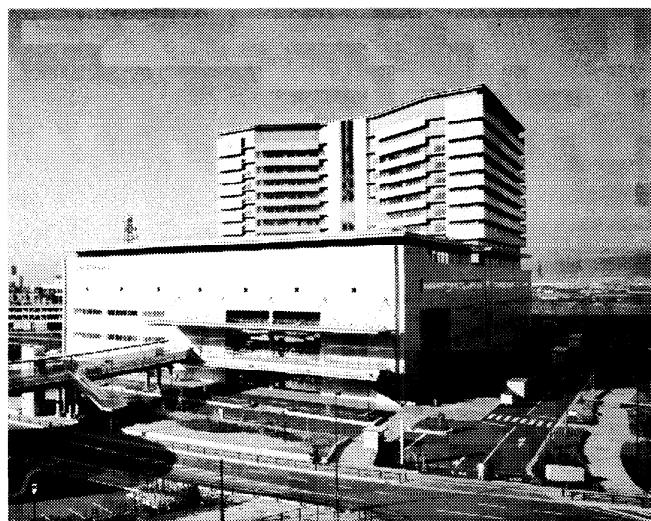
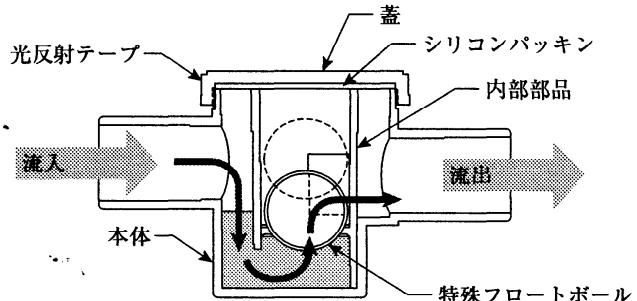


写真1 関西医科大学附属枚方病院

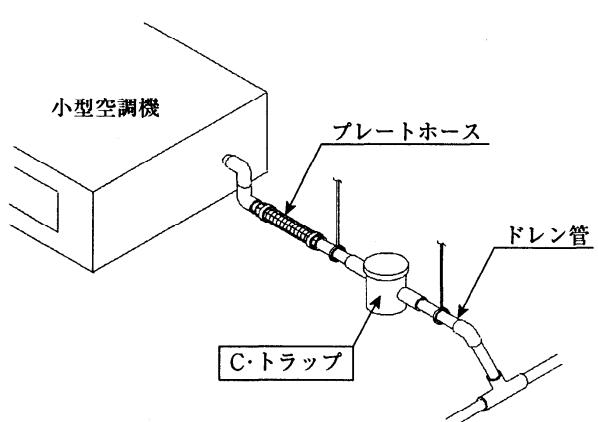
2. 流出入を防止するトラップ

本実験で使用したC・トラップ（コンドーFRP工業株製）は、小型空調機のドレン管を通じた居室間の空気流出入を防止する弁であり、関西医科大学附属枚方病院では、病室を初めとして全面的に採用された。

C・トラップの構造は第1図に、取り付け例については、第2図に示すが、空調機ドレンパンからの排水が流入すると、排水は一旦本体内に留まり封水を形成し、溢れ出しレベルを超えた分だけ流出口より排出されるものとなっている。また、自然蒸発等によって本



第1図 C・トラップ断面図



第2図 C・トラップ取り付け例

体内の排水がなくなった場合や、暖房期のドレン水の無い場合でも、特殊フロートボールがフロート受けに密着し、空気の逆流が防止される特長を持っている。

3. 実測実験概要

3-1 目的

空調機ドレンパンが最も汚染の著しい部位の一つであることはよく知られている。そこで、空調機用ドレン管を通じた近傍の空気の移動を、隣接した病室間、上下階の病室間、及び空調機用ドレン管の末端（雑排水槽等を想定）と上階の病室間において測定することとした。

実測については、早稲田大学で開発したPFT法により行った。PFT法に関しては、Perfluorocarbonを一定発生させることで、換気量や空気流入などを測定する新しい方法である。簡便に精度高く測定を行うことができる。

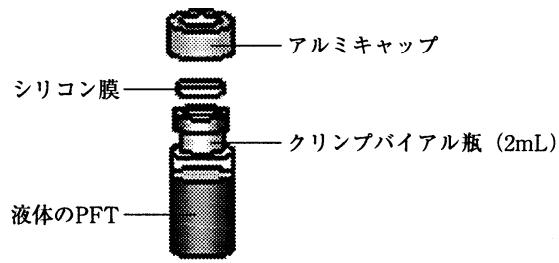
また、空調機用ドレン管を通じた居室間の空気流入を防止する弁（C・トラップ）による効果も確認した。

3-2 PFTとは

PFTは、自然界には存在しないPerfluorocarbon（過フッ化炭素類）である。Perfluoroalkylcyclohexane族の完全にフッ素化された有機化合物が用いられる。本実測で用いた3種類のPFTの特徴を第1表に示す。PFT放散源として用いた、クリンプバイアルを第3図に示す。クリンプバイアルを工夫することで、一定量のPFTを環境中に放散することが出来る。放散量は環境温度によって変化するため、その時の温度を同時に測定して、放散量を補正することになる。今回用いたPFTは自然界に存在しない化学物質である。測定に用いた濃度では人体影響は非常に低いことが知られている。

第1表 本実測で用いた3種類のPFTの特徴

	perfluoro benzene	perfluoro methyl benzene	perfluoro methylcyclohexane
略名	PFB	PMB	PMCH
化学式	C ₆ F ₆	C ₇ F ₈	C ₇ F ₁₄
分子量	186.06	236.06	350.05
CAS No.	392-56-3	434-64-0	355-02-2
融点 [℃]	3.7～4.1	-65.6	-37.0
沸点 [℃]	81～82	103～105	76.3 ± 0.4
密度 [g/cm ³]	1.612	1.666	1.788
蒸気圧 [atm]	-	-	0.14

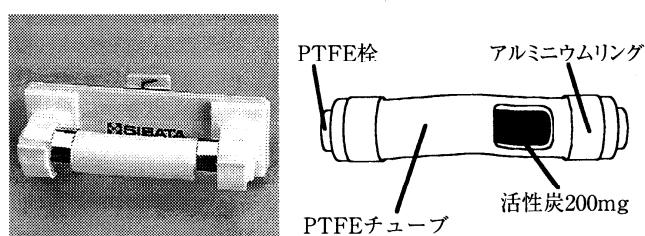


第3図 PFT放散源

3-3 サンプラー概要

原理としては、一定量で放散されたPFTの濃度をパッシブサンプラーで測定することで換気量を逆算する。すなわち、定常発生する化学物質の放散量をM[μg/h]とし、室内濃度をC[μg/m³]とすると、定常状態では換気量Q[m³/h] = M/Cとして求めることができる。一方、本実測で用いたような出入りを確認する場合には、予測される流路で対象となるPFTがどの程度捕集できるかによって判断できる。これまで、住宅などの換気量の測定⁽¹⁾や感染病棟における空気漏出⁽²⁾などの評価に早稲田大学で広く用いてきた実績がある。

本測定では、放散されたPFTを捕集するサンプラーとして、パッシブガスチューブ（柴田化学製）を用いた。拡散チューブ内に捕集剤として粒状活性炭を充填した無指向性のサンプラーである。寸法は約φ8 × 54 ± 3mmで、重量は約2.3mgである。第4図にパッシブガスチューブの概要図を示す。



第4図 パッシブガスチューブ

3-4 分析方法

パッシブガスチューブによって捕集したPFTは、溶剤にて抽出した後、GC/MS（ガスクロマトグラフ/質量分析計）で分析を行った。

3-5 濃度の算出方法

平衡状態の系に特定の分子を選択的に吸着する捕集剤を投入して、その分子を系から取り除くと、捕集剤近辺ではその気体の濃度が小さくなり非平衡状態にな

る。非平衡状態の系は分子の拡散により平衡状態に移行するように働きかける。すなわち、濃度が均一になるように分子の拡散が生じる。この現象がパッシブサンプラーの基本原理である。

“分子の移動量は濃度勾配に比例する”という拡散法則であるFickの第1法則より、PFT気中濃度は次式で表される。

$$C = M / (K \times t)$$

C : PFT気中濃度 [μg/m³]

M : PFT捕集量 [μg]

K : サンプリングレイト [m³/h]

T : サンプリング時間 [h]

4. 実験①：隣接した病室間の空気流出入

4-1 実験概要

隣接した病室間において、空調機用ドレン管を通じた空気流出入を確認することを目的として、PFT (C₆F₆ : 以下A) を用いた実験を行った。

実験を行った病室としては、空調機用ドレン管が通じており、左右に隣接している1257室と1258室を用いた。室内の気圧状態は、各病室の排気ファンやOAダンパーの操作によって、1257室は正圧、1258室は負圧となるよう調整した。空調機は両室とも運転を行

わず、病室への出入りは必要最小限とした。放散源の設置場所、及びサンプラーの設置場所を第5図に示す。

また、C・トラップを両室の空調機用ドレン管にそれぞれ設置した場合も同様の操作により確認した。

実験に際しては、C・トラップ内のフロート弁を取り外した状態をC・トラップなしの場合とし、フロート弁を取り付けた状態をC・トラップを設置した場合とした。また、空調機用ドレン管内の測定には、C・トラップ内にサンプラーを設置し、空調機用ドレン管内の温度は空調機ドレンパン内の温度を用いた。

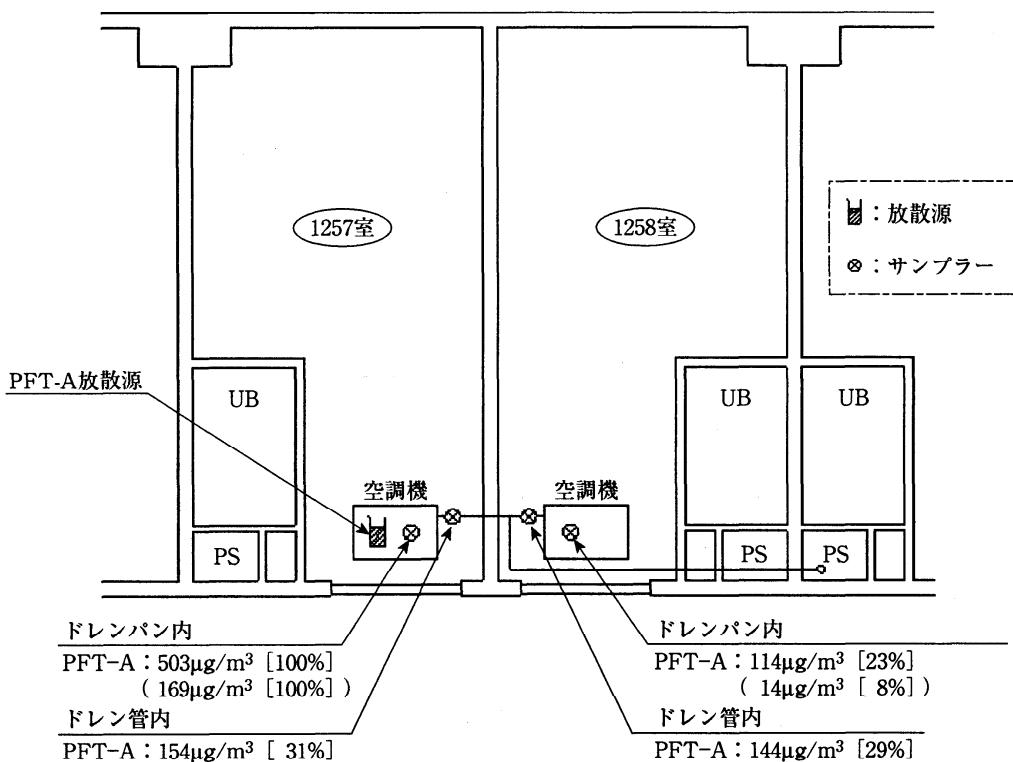
4-2 実験結果

実測①の結果を第5図に示す。これらの通り、隣接した病室間において、放散源から放散されたPFTの空調機用ドレン管を通じた流出入が確認された。また、C・トラップを設置した場合には、空調機用ドレン管を通じた流出入を大幅に減少させる効果が確認された。

5. 実験②：上下階の病室間の空気流出入

5-1 実験概要

上下階の病室間、及び空調機用ドレン管の末端と上階の病室間において、煙突効果による空調機用ドレン



※ [] 内の数値は、放散源を設置した場所のPFT気中濃度に対する比率
() 内の数値は、C・トラップを設置した場合（別途測定）

第5図 1257室と1258室間の空気流出入実験

管を通じた空気流出入を確認することを目的として、3種のPFT (C_6F_6 : 以下A、 C_7F_8 : 以下B、 C_7F_{14} : 以下C) を用いた実験を行った。

実験を行った病室としては、空調機用ドレン管が通じており、左右に隣接している12階の1257室、1258室と、これらと上下階に位置する11階の1158室、1160室、及び6階の658室を用いた。6Fと12Fでは、その高低差は約22mである。

室内の気圧状態は、各病室の排気ファンやOAダンパーの操作によって、658室、1158室、1160室は大気圧、1257室、1258室は負圧となるよう調整した。空調機は全室とも運転を行わず、病室への出入りは必要最小限とした。PFT-A、B、Cの各放散源の設置場所、及びサンプラーの設置場所は第6図に示す。

また、1158室と1257室の空調機用ドレン管にはC・トラップをそれぞれ設置し、同時に確認した。

但し、実験に際しては、C・トラップ内のフロート弁を取り外した状態をC・トラップなしの場合とし、フロート弁を取り付けた状態をC・トラップを設置した場合とした。

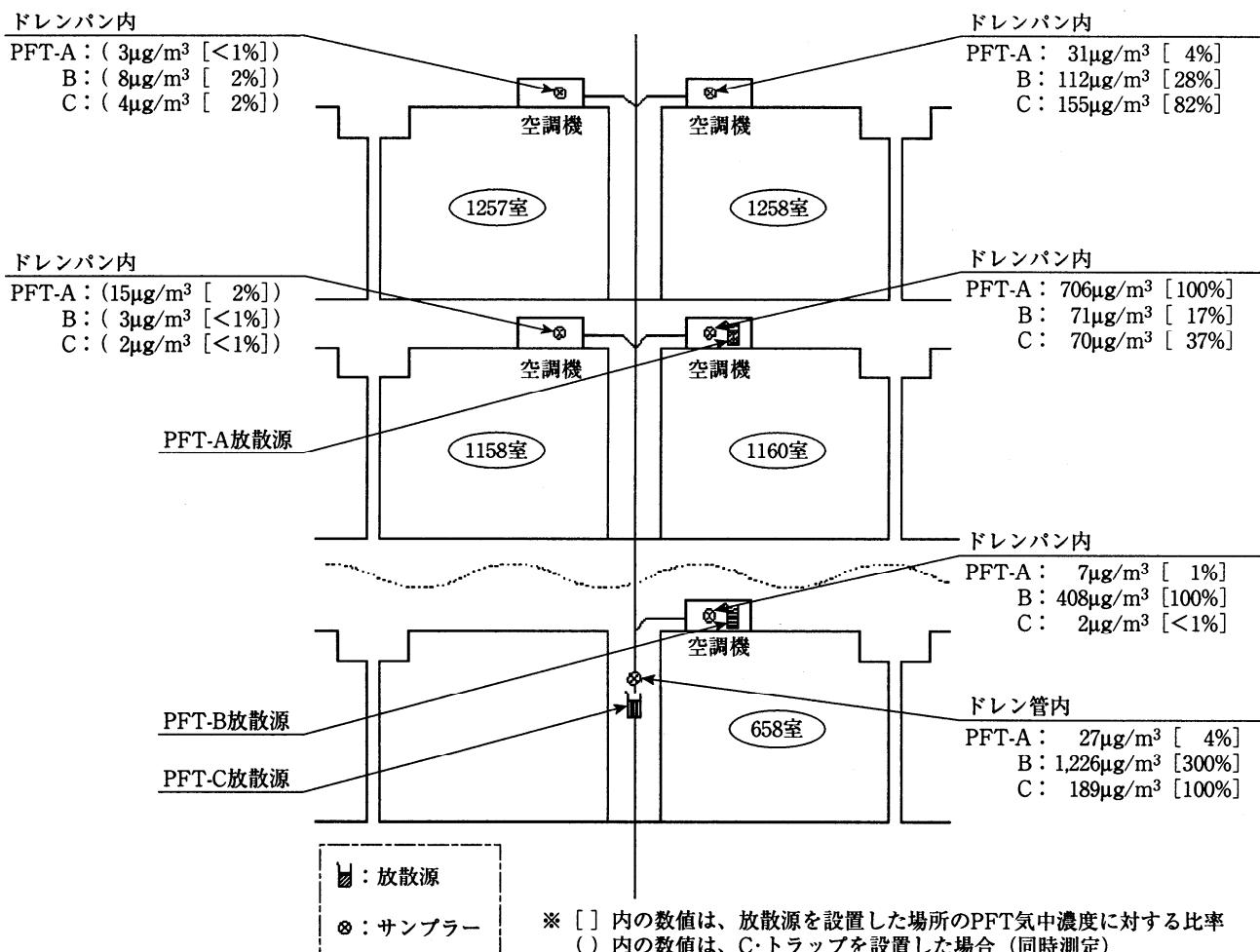
5-2 実験結果

実験②の結果を第6図に示すが、これらの通り、上下階の病室間、及び空調機用ドレン管の末端と上階の病室間（高低差約22m）において、放散源から放散されたPFTの煙突効果による空調機用ドレン管を通じた流出入が確認された。また、C・トラップを設置した場合には、空調機用ドレン管を通じた流出入を大幅に減少させる効果が確認された。

6. おわりに

実験によって、隣接した病室間、上下階の病室間、及び空調機用ドレン管の末端と上階の病室間において、空調機用ドレン管を通じた空気流出入が確認されたが、C・トラップを設置した場合には、空気流出入を大幅に減少させる効果も確認された。

これらの実験は、病棟の夜間の状態を想定し、出入口を閉鎖し、空調機の運転を停止して実施した結果であるが、病院以外の建築物でも、居室毎の個別空調が用いられることが多く、空調機の動作によってドレンパン内が負圧となるタイプ（空調機類の大半を占め



第6図 上下階・左右病室間の空気流出入実験

る) では、各居室の空調機の運転状況によって、大量の空気流出入が発生することは容易に推定できる。以上のことでより、病院において、感染症患者のための治療室や病室内に存在する浮遊菌や浮遊塵埃を含む空気は、空調機用ドレン管が汚染空気流出入経路となって、院内感染の発生原因の一つとなり得ると言える。

従って、病室毎に空調機用ドレン管を通じた空気流出入を防止することは、院内感染防止対策の要素の一つとして挙げることが出来る。

今回の実測結果により、浮遊菌や浮遊塵埃のみならず、臭気も空調機用ドレン管を通じて居室間を流出入していることは、容易に推定される。今後は、病室のみならずホテルや集合住宅などの宿泊を伴う施設や一般の高層事務所ビルにおいても、空調機用ドレン管を通じた空気流出入の有無の確認が必要であると同時に、空調機用ドレン管を通じた居室間の空気流出入を防止する対策の必要性が認識され、具体策が広く普及することが望まれる。

〔謝辞〕

開院前のトレーニングや医療機器の搬入、調整業務など多忙を極める時期にもかかわらず、今回の実測の場を提供して頂いた関西医科大学様並びに同附属枚方病院開院準備室の皆様に誌面をお借りして深く感謝致します。

＜参考文献＞

- (1) 田渕・田辺他、パッシブ測定法を用いた室内空気質評価、その19 PFT法を用いた換気量簡易測定法検討実測、日本建築学会学術講演集、pp.913-914、2005
- (2) www.jata.or.jp/rit/rj/0402nakajim.htm (結核予防会複十字病院)

【筆者紹介】

田辺新一

早稲田大学 理工学部 建築学科 教授
〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1
E-Mail : tanabe@waseda.jp

谷 英明

元・早稲田大学 大学院 建築学専攻
2006年4月から(株)竹中工務店勤務

角 晴輝

(株)竹中工務店 医療福祉本部
〒541-0053 大阪市中央区本町4-1-13
TEL : 06-6252-1201
E-Mail : sumi.haruki@takenaka.co.jp

岡部繁明

(株)竹中工務店 大阪本店 設計部 設備部門
〒541-0053 大阪市中央区本町4-1-13
TEL : 06-6252-1201
E-Mail : okabe.shigeaki@takenaka.co.jp