

結核病室を想定した空気清浄機設置室内の清浄度試験

井上 義雄 (大阪大学) 加賀 昭和 (大阪大学)
近藤 明 (大阪大学) 田中 仁 (ソダ工業)
西山 要輔 (ソダ工業) 曾田 勇作 (ソダ工業)

1. はじめに

最近、結核の罹患者数が増加傾向を示している。特に大阪府の人口 10 万人あたりの罹患者率は 66.7 人 (1998 年) と全国平均 (34.8 人: 同年) を大きく上まわっている。従来、結核菌の排菌者の入院措置は、専用の隔離病棟でなされていたが、近年では既存の施設を専用空気清浄システムの導入により、結核対応病室に改造するケースが多くなってきた。また、空気清浄機から吹き出す清浄空気流を制御することにより、医療従事者への感染を防止することが期待される。

本報では、病室に空気清浄機を設置した場合の汚染制御効果を明らかにする目的で、室内の風速分布、汚染物の拡散、濃度減衰を、実物大模型実験により測定した結果を報告する。

2. 実験の概要

2.1 室形状、機器配置及び測定機器

本研究では、結核対応病棟の病室を想定し、実物大の実験室において測定を行った。Fig.1 に実験室の形状、寸法及びベッド、空気清浄機

の位置関係を示す。空気清浄機は上部に吹き出し口 (幅 620mm × 高さ H: 70, 150mm)、下部に吸い込み口 (幅 510mm × 高さ 300mm) が設けられている。

風速分布測定には、3次元超音波風速計 (カイジョー製 WA-590、以下風速計という) とノートパソコン (NEC 製 PC 9 8 SX-E) を使用した。汚染物の拡散実験と濃度減衰実験には 3 台のパーティクルカウンタ (リオン製 KC-01、KC-01A、KC-03 各 1 台、以下カウンタという) を、トレーサには線香を使用した。気流分布に関して、最も重要と思われる清浄機吹き出し部分とベッド上の患者頭部上方位置の気流は、オイルミストトレーサとレーザライトシートを用いた可視化による観測も行い、検討の参考にした。

2.2 実験条件

実験条件を Table 1 に示す。ただし、病室内から外部へ汚染が漏洩しないように清浄機のリターン空気の一部 (2 回 / h) を排気し、室内を負圧に保っている。

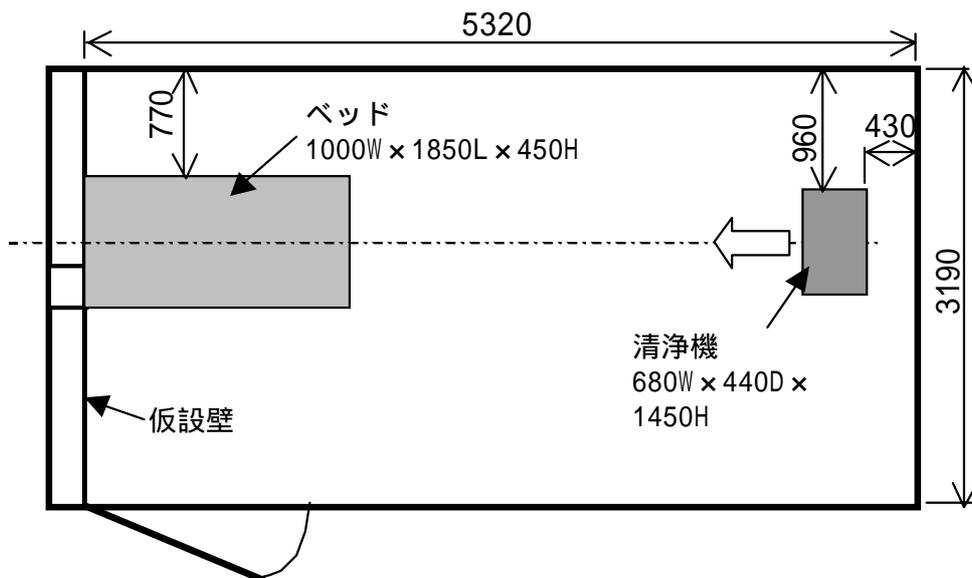


Fig.1 室形状、機器配置

Table 1 実験条件

条件	換気回数 (回/h)	吹出口高 H(mm)	空調機
	15	150	なし
	12	150	なし
	6	150	なし
	12	70	なし
	12	150	清浄機側
	12	150	ベット側

2.3 測定位置、発煙位置

測定位置の平面図を Fig.2 に示す。座標系は出入口から左奥底面を原点とし、手前方向を X、右方向を Y、上方向を Z とした。

X = 1 ~ 4 の実寸法はそれぞれ X = 600, 1210, 1890, 2540mm であり、Y 方向の各点間距離は 500mm 等間隔である。風速分布は X 方向 4 点、Y 方向 8 点、Z 方向 4 点 (Z = 400, 900, 1400, 1900mm: ただし (X, Y, Z) = (2, 1~3, 1) の測定点は除く) の計 125 点において風速計のセンサを順次移動させ測定した。汚染物拡散実験は矢印の 15 点で発煙し、X 方向 4 点、Y 方向 8 点、Z 方向 3 点 (Z = 500, 1000, 1500mm) の計 96 点においてサンプル口を順次移動させ測定した。濃度減衰実験は、図中の ~ 地点における Z = 1000mm の高さで測定した。

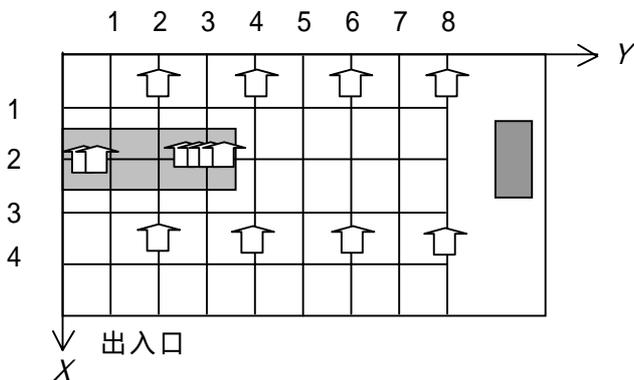


Fig.2 測定位置 (平面図)

3. 結果と検討

3.1 風速分布測定

風速分布測定は、条件 ~ に対する病室内各点の高さ (400, 900, 1400, 1900mm) における風速を測定した。風速分布は各点で測定した 30 秒間の平均風速で表した。風速分布の測定結果の一例として、条件 の場合を Fig.3 に示す。0.1 秒間隔の時系列データから、低速部分では風向が逆転する時間帯も観測されるなど、室全体が概して乱れの大きな不安定な流れとなっているのが伺えた。

風量が多いほど、吹き出し気流が天井に沿って室の反対側の壁にまで達する程度が大きい。同時に、吹き出し気流が占めている空間以外の部分では、気流がベット側から清浄機側に戻る勢いも異なる。室のベット側の部分に関しては、いずれの条件の場合にも汚染が上方まで拡散する流れとはなっていないが、室の右半分に関しては、吹き出し速度の大きい条件ほど、ベッドあるいは床面で反射した気流が上方に向かう部分が見られ、汚染拡散防止の点からは不利であると考えられる。

3.2 汚染物拡散実験

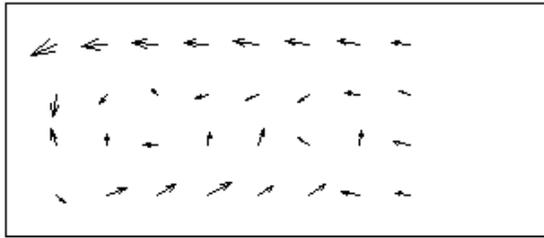
Fig.2 に示すように、ベッド上及び床面に煙粒子発生源を配置し、室内各点の高さ (500, 1000, 1500mm) における濃度を実験条件 ~ で測定した。この実験は、ベッド上 (患者及び寝具を想定) 及び床面から汚染物が発生するとき、室内各所がどの程度の濃度になるかを知るためのものである。

結果の一例として Fig.4 に条件 の場合を示す。図中の値は、室平均濃度と見なせる清浄機の吸い込み口での濃度に対する比を表しており、値が 1 より小さい場合は、室が完全混合の状態にあるときよりもベッド及び床面から排出された汚染の影響が小さいといえる。例えば、医療従事者の呼吸位置と思われるベッドサイドの高さ 1.5m の点における相対濃度が 0.3 となっていれば、その箇所に対する汚染抑制効果は、実際の風量の 3.3 倍の風量で完全混合換気により希釈している場合に相当する。

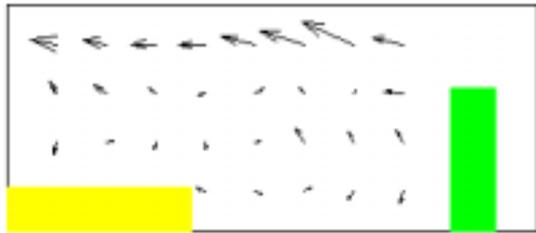
また、空調機の汚染抑制に対する影響は、空



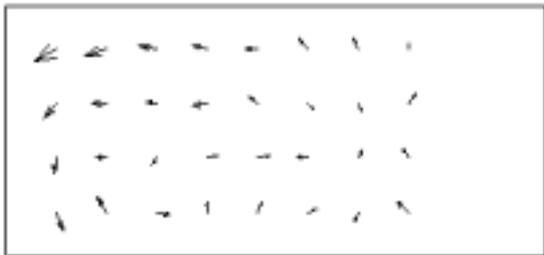
立面図



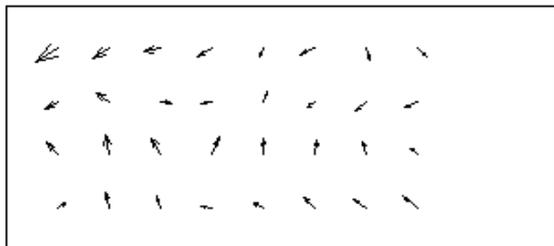
(a) X = 600mm 断面



(b) X = 1210mm 断面



(c) X = 1890mm 断面

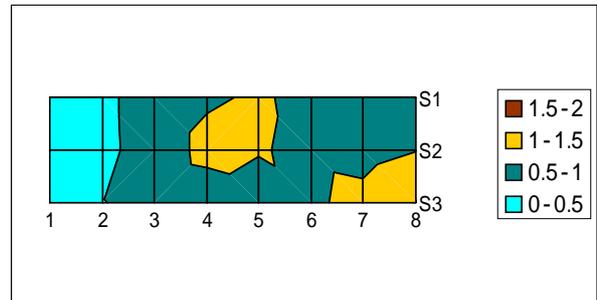


(d) X = 2540mm 断面

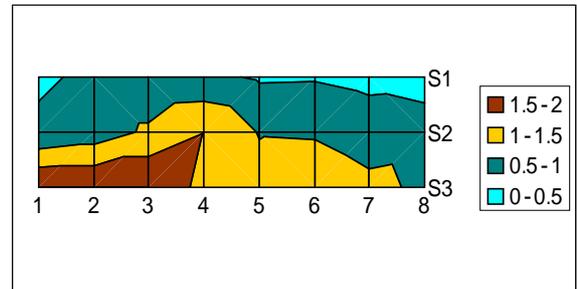
Fig. 3. 実験条件 の風速分布 (Y - Z 面)



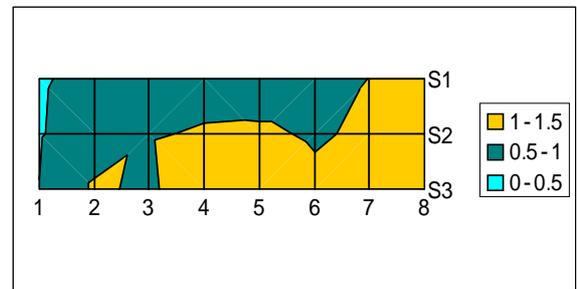
立面図



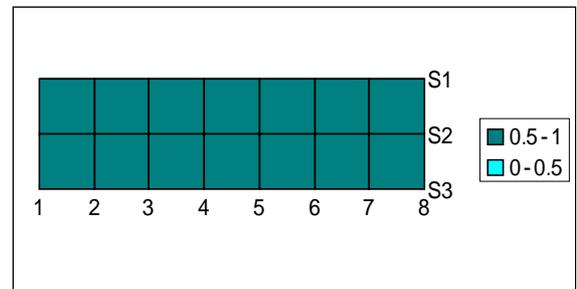
(a) X = 600mm 断面



(b) X = 1210mm 断面



(c) X = 1890mm 断面



(d) X = 2540mm 断面

Fig. 4. 実験条件 の汚染物濃度分布 (Y - Z 面)

調機を作動させると室は完全混合に近づくため、各所に高濃度が現れ、その影響は大である。しかし、ベッド周りの高さ 1.5m での濃度で見れば空調機は清浄機側よりはむしろベッド側に置いた方が結果は良好であった。

3.3 濃度減衰実験

室に煙粒子を一様に満たした後、清浄機の運転を開始し、室内 3 カ所の高さ 1 m における煙濃度の時間減衰を実験条件 ~ で測定した。この実験は換気試験におけるステップダウン法と類似の意味合いをもち、減衰速度が大きいほど換気が良好に行われていることを示す。結果の一部を Fig.5 に示す。

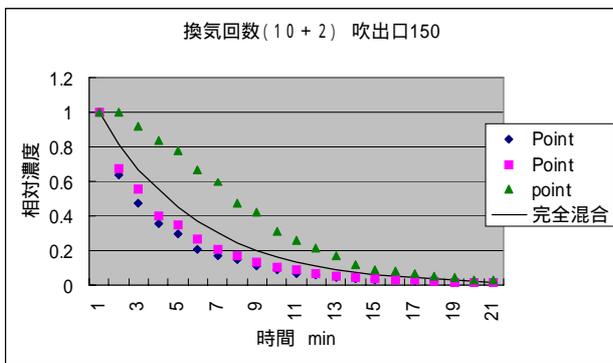


Fig.5 濃度減衰実験結果の一例

図中の曲線は、換気が完全混合で行われているときの濃度減衰式(1)を表しており、この曲線より減衰速度が大きい点は、室内の他の場所に比べて換気が良好といえる。

$$C(t) / C_{init} = \exp(-Nt) \quad (1)$$

ただし、 $C(t)$: 時間 t における煙粒子濃度 [個 / m^3]、 C_{init} : 煙粒子初期濃度 [個 / m^3]、 N : 換気回数 [回 / h]

図中のプロットがつくる曲線を $C(t)$ とすると、 $C(t)$ と時間軸で囲まれた部分の面積

$$\tau = \int_0^{\infty} C(t) dt \quad (2)$$

は、その点の局所空気齢であり、 V : 室容積 [m^3]、 Q : 換気風量 [m^3 / h] とすると、完全混合を表す曲線と時間軸で囲まれた部分の面積

$$n = V / Q \quad (3)$$

で表される公称時定数との比

$$= n / \quad (4)$$

が局所換気指数である。Table 2 はデータから算出した n を示す。

Table 2 局所換気指数

条件	Point	Point	Point
	1.27	1.24	0.77
	1.47	1.31	0.64
	1.54	1.36	0.76
	1.29	1.22	0.71
	1.38	1.26	0.77
	1.00	1.00	0.76

室全体から汚染物が一様に発生 (例えば菌が単位時間に G [個 / h]) するとき、完全混合換気の場合の室内濃度は G / Q [個 / m^3] となるので、局所換気指数が n の点では $G / (Qn)$ [個 / m^3] まで濃度が下がると考えられる。Fig.5 及び Table 2 から、吹き出し風速が小さく、空調機による気流のかく乱がない条件ほど、室の重要部分と他の部分との換気性能の差を大きく保つことができ、清浄空気が有効に利用されることが分かった。

4. まとめ

実験結果から以下のことがいえる。

- (1) 病室内に空気清浄機を設置することは、室内汚染レベルを抑制するうえで有効である。特に、本実験で実施したように、ベッドと対向する位置に清浄機を置いて、清浄空気を上方に向けて吹き出す配置では、室のベッド側半分の床面から 1 m 以上の上方での汚染抑制効果は、完全混合換気の場合の 2 倍以上になる。
- (2) この気流による汚染抑制効果は、空調機の設定などによる気流のかく乱で低減される。
- (3) 同一風量を循環させる場合、吹き出し面積を大きくして吹き出し速度を低くした方が汚染抑制効果は大きい。