

間仕切りカーテンが置換換気を導入した4床病室の 温度・汚染物濃度分布に与える影響に関する研究

崔 ナ レ^{*1}
小林 知 広^{*3}

山 中 俊 夫^{*2}
伊 濱 大 晟^{*4}

日本の病室は多床室が主流であり、患者の身体やおむつから発生する臭気は室内空気環境の快適性を損ねる大きな要因の一つである。本研究では、室内の汚染物を効率的に排出し、室下部の居住域を給気と同程度の清浄さに保つことが可能な置換換気を病室に導入することを提案する。置換換気内の給気は低温・低速で供給され、床面に沿って室全体に広がる。しかし、実際の病室には間仕切りカーテンが存在し、給気の挙動に影響を及ぼすことが予想される。本報では、間仕切りカーテンが設置されている4床室を模擬した実大実験室において置換換気を導入し、間仕切りカーテンが室内温度・汚染物濃度分布に与える影響について調べた結果を報告する。

キーワード：置換換気・病室換気・汚染物濃度・間仕切りカーテン・臭気

はじめに

病室は入院患者にとって治療空間であると同時に生活空間でもあるため、高い清浄性と快適性が要求される。病室の不快感な室内環境は患者の治療状況や医療スタッフの生産性にも悪影響を及ぼすことが知られている¹⁾。日本の病室は主に多床室であり、他の患者の身体やおむつから発生する臭気は、病室内の空気環境を悪化させる要因の一つである²⁾。板倉ら³⁾が全国の看護師を対象に行った調査では、67.2%の看護師が病室内のにおい環境について改善が必要であると回答している。病室の臭気除去のために様々な方法が提案されているが、導入されているものは一部であり⁴⁾、解決には至っていないのが現状である。

置換換気は北欧を中心に発展し⁵⁾、近年北米でも活発に研究が行われている高効率換気方式である⁶⁾。置換換気室内において、床面付近から低温・低速で供給された

給気は、室内の発熱源周りに発生するブルームに誘引され、室上部まで上昇し排気される。そのため、特に汚染源が発熱源でもあるとき、汚染物を効率的に排出することができる⁷⁾。室内に下降気流が存在しない場合、置換換気室内では上昇気流量と給気量が等しくなる高さに汚染物の境界面が形成され⁸⁾、境界面下部の居住域は給気と同程度の空気質となる。病室の臭気は主として人体から発生しており、人体は発熱源でもあるため、置換換気を導入することで室内から効率的に臭気を排出し、居住域内を清浄に保つことが可能であると考えられる。

置換換気を病室へ導入するための研究は以前から行われているが、主に院内感染防止に関する研究であり⁹⁾、臭気排出に着目した研究は少ない。本研究では、病室内臭気問題の解決策として置換換気方式を導入することを提案し、その有効性について検討する。

鈴木ら¹⁰⁾、篠崎ら¹¹⁾の研究では、置換換気を導入した病室において、室内に汚染物境界面が形成され、室下部の居住域空気質が高く保たれていることが確認でき、居住域における臭気問題解決の可能性が見られた。しかし、置換換気室内において、給気は低い高さから供給され、

^{*1} 大阪大学 正会員

^{*2} 大阪大学 SHASE 技術フェロー

^{*3} 大阪大学 正会員

^{*4} 関西電力(株)

床面に沿って室全体に広がるため、室内の空気性状は室内のレイアウトやパーティションなどに影響を受けるとされている⁷⁾。Ahn ら¹²⁾は、間仕切り壁が設置された置換換気室内について CFD 解析を行い、給気口の位置やパーティションが空気質とエネルギー消費量に影響を及ぼすことを報告した。また、Lin ら¹³⁾はドア等の開口部が存在する置換換気室内の温熱環境と空気質について調べ、室内の給気口・発熱源・開口部等の位置が室内空気質に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。多床病室には一般的にプライバシー保護のために間仕切りカーテンが設置されるため、置換換気を導入する場合、その影響について明らかにしておく必要がある。

そこで本稿では、4床病室を再現した実大実験室において、間仕切りカーテンを設置し、カーテンの存在が置換換気室内の温度・汚染物濃度分布に与える影響について調べた結果と得られた知見を述べる。

1. 実験概要

1.1 実験室と測定概要

実験は大阪大学構内の給排気量と給気温度が制御可能な人工気候室(幅 5,545 mm × 奥行き 5,000 mm × 高さ 2,770 mm)にて行なった。実験室の平面図と断面図を図-1に示す。実験室内部は4床病室を模擬しており、壁面4箇所には設置された給気口(幅 285 mm × 高さ 590 mm、HEPA フィルター装着)から低温・低速の新鮮な空気を給気し、天井面の排気口から排気を行った。実験時の給排気量は 395 m³/h である。排気量を小型風量計により測定し、CO₂ 発生時の給排気濃度差からその妥当性を確認した。給気口における面風速は約 0.16 m/s である。各ベッドの上には、仰臥人体を模擬するために、亜鉛鉄板製の円筒に PVC 被覆ヒータケーブルを巻き付け、ポリエステル製の布で全体を覆ったシリンダー状の発熱体(直径 300 mm、長さ

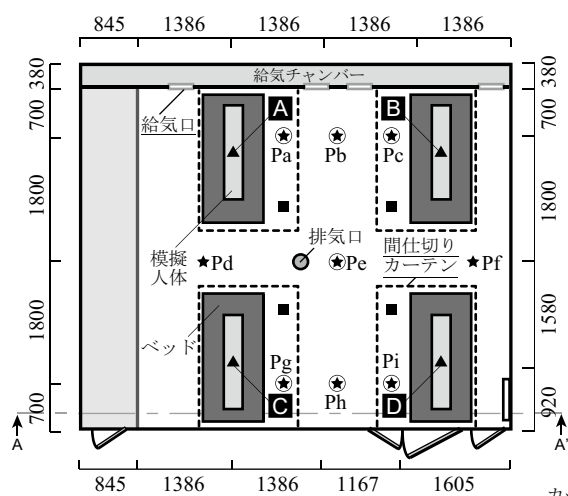
1,500 mm)を設置した。1個当たりの発熱量は寝ている患者の顕熱負荷を想定し 40 W に調整した。また、機器発熱を想定したブラックランプを各ベッドの横に設置し、各々の発熱量を 60 W とした。室内発熱体の総発熱量は 400 W である。また、人体からの臭気を模擬するために、シリンダー上部中央のスポンジ内部に設置したチューブ先端から CO₂ を発生させた。CO₂ は一度に1つの発熱体のみから発生させ、発生量は 1 L/min とした。間仕切りカーテンにはポリエステル 100% の病院用ネット付きカーテンを用いた。温度は各測定位置 Pa-Pc, Pe, Pg-Pi において、床面と天井面を含む鉛直方向 24 点で測定を行った。汚染物濃度は Pa-Pi において鉛直方向に 9 点、計 81 点において測定を行った。温度は T 型熱電対 (JIS C 1602-2015 クラス 2)、CO₂ 濃度は小型 CO₂ データロガーを用いて測定した。なお全ての CO₂ 測定器において校正を行っている。実験結果には、温度と汚染物濃度が定常に達した後の測定データを用いた。測定間隔は 1 分であり、温度については 20 分間、汚染物濃度については 10 分間の測定値の平均を用いた。

1.2 実験条件

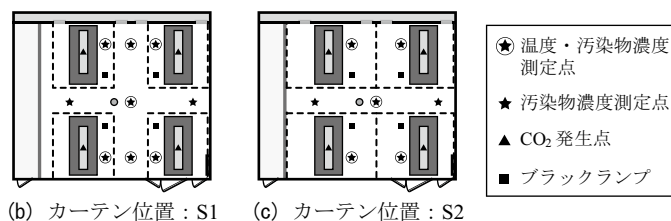
実験条件を表-1に示す。カーテン内部における給気口

表-1 実験条件

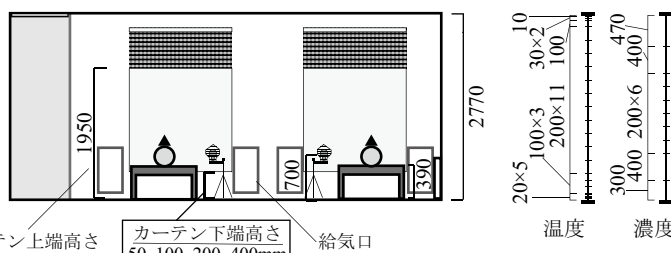
カーテン位置	カーテン下端高さ h_c [mm]	CO ₂ 発生場所				給排気温度差 [°C]
カーテンなし		A	B	C	D	4.29
S0	50	A	B	C	D	4.63
	100	A		C		4.36
	200	A	B	C	D	4.49
	400	A	B	C	D	4.48
S1	50	A	B	C	D	5.19
	100	A		C		4.33
	200	A		C		4.34
	400	A	B	C	D	4.40
S2	50	A	B	C	D	4.04
	100	A		C		4.12
	200	A		C		4.40
	400	A	B	C	D	4.25



(a) 実験室平面図と水平方向測定点 (カーテン位置: S0)



(b) カーテン位置: S1 (c) カーテン位置: S2



(d) 実験室断面図 (カーテン位置: S0)

(e) 鉛直方向測定点

図-1 実験室概要 [mm]

の有無が気流性状に影響を及ぼすことが予想されたため、カーテン A と B 内部の給気口数が 0, 1, 2 個になるようカーテンの位置を変化させた (図-1)。カーテン A と B 内部に給気口を含まない条件を S0 (カーテン外部の給気口数: 4 個)、1 個ずつ含む条件を S1 (カーテン外部: 2 個)、2 個ずつ含む条件を S2 (カーテン外部: 給気口なし) とする。また、1 床病室を模擬した既往研究¹⁴⁾において、カーテンの下端高さによりカーテン内部への給気量が変化することが知られているため、床面からカーテン下端までの高さ (以下、カーテン下端高さ h_c) を 50, 100, 200, 400 mm と変化させた。CO₂ はカーテン A, B, C, D の内 1 個所から発生させた。カーテン B と D はそれぞれカーテン A と C と対称関係であったため、B と D からは CO₂ を発生させていない条件も存在する。実験室は断熱されているが、それでも外部温度の影響を受けた。条件ごとの熱損失と熱取得の差を小さくするために、日本気象協会が発表する予想気温を参考に、室内の上下温度分布を考慮し、給気温度は当日の予想平均気温 - 2 °C に設定した。なお給気の湿度調節は行っていない。各条件における給排気温度差を表-1 に併せて示す (測定機器の発熱を考慮しない場合、断熱条件での給排気温度差は 3 °C)。概ね同様の給排気温度差になったが、S1 の $h_c = 50$ mm の条件が他の条件より外部からの熱取得が大きかった。

2. 実験結果

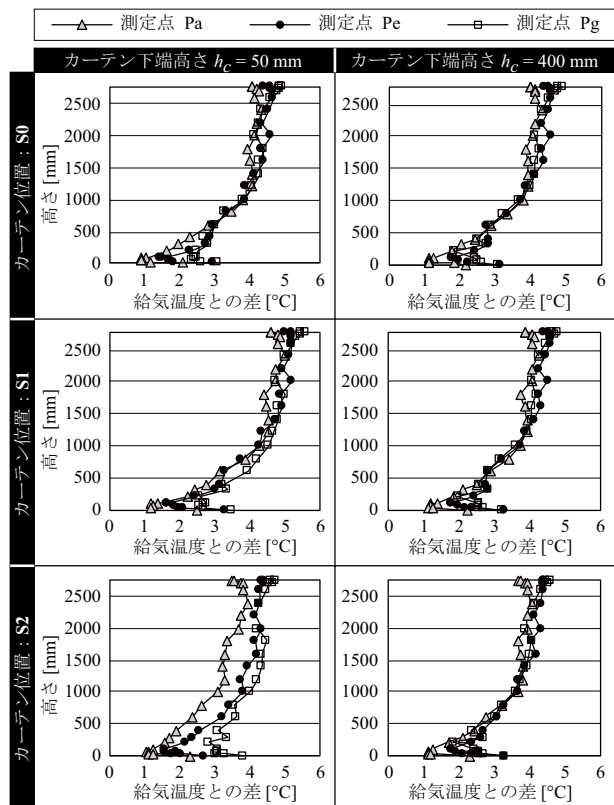


図-2 室内鉛直温度分布 (測定点 Pa, Pe, Pg の比較)

2.1 室内温度分布

図-2 に $h_c = 50, 400$ mm における各カーテン位置条件の室内温度の測定結果を給気温度との差で表す。給気口側のカーテン内部の Pa、通路内部の Pe、給気口から離れているカーテン内部の Pg の結果を代表として示す。給気口から遠い測定点 Pg の床面付近の温度が他の測定点より高い傾向が見られる。カーテン位置 S2 の $h_c = 50$ mm の条件においては、給気口から近いカーテン内部と遠い方のカーテン内部の温度差が他の条件に比べ大きい。全ての給気口が片側のカーテン内部にあり、カーテン下部の隙間が小さいため、給気口が存在しない側に到達するまでの時間が他の条件より長く、床面からの熱取得が大きくなっていると考えられる。他の条件においては、床付近より上部においては水平温度分布に大きな差は見られない。

測定点 Pa, Pe, Pg において各カーテン位置条件の温度分布を比較した結果を図-3 に示す。各条件における給気温度と給排気温度差が異なるため、測定温度と給気温度の差を給排気温度差で除した規準化温度で表す。 $h_c = 50$ mm の場合、各条件間に差が見られ、特に S2 の条件では、給気口が存在するカーテン内部ではカーテンなしの条件より規準化温度が低く、給気口が存在しないカーテン内部では高い結果となった。しかし、 $h_c = 400$ mm の条件では、カーテンの有無やカーテン内の給気口数に関係なくほぼ同様の温度分布を示した。また、測定点 Pa では床付近の規準化温度が約 0.2 程度、Pe では約 0.5 程度、Pg では約 0.6 程度

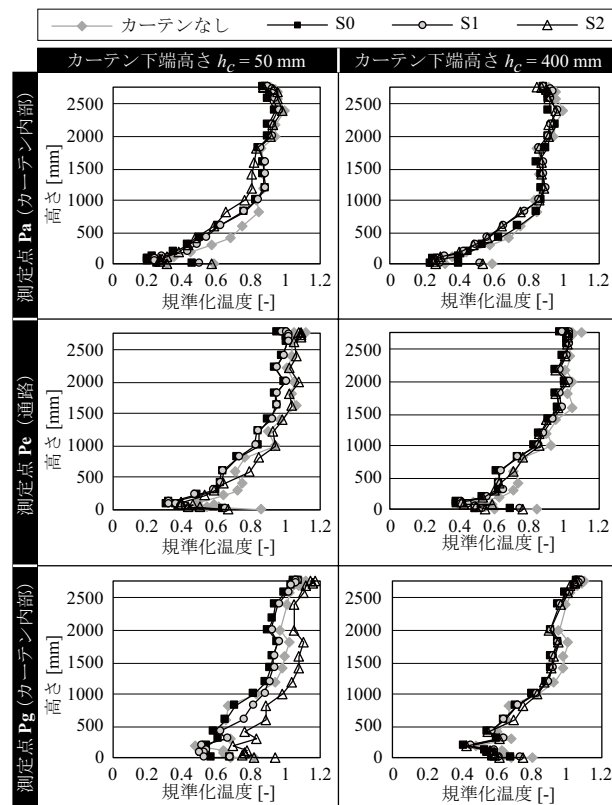


図-3 規準化温度分布 (カーテン位置の比較)

であり、給気口から離れるほど給気温度からの温度上昇が大きいことが明らかである。一般的に置換換気室では給気されてから排気されるまでの全体温度上昇の約 50% が床付近で行われるとされている⁷⁾が、給気口に近い測定点では温度上昇が少ないため上下温度差が大きくなり、給気口から遠いほど小さくなっていることがわかる。

2.2 室内汚染物濃度分布

カーテン下端高さ $h_c = 100$ mm、カーテン A 内部のシリンダー状発熱体上部から CO_2 を発生させた条件における各測定点の鉛直汚染物濃度分布を図-4 に示す。汚染物濃度は測定濃度と給気濃度の差を排気濃度と給気濃度の差で除した規準化濃度で表す。汚染物が発生しているカーテン内部（測定点 Pa）はカーテンなし条件に比べ、室上部の規準化濃度が非常に高い。しかし、汚染源が存在しないカーテン内部（Pc, Pg, Pi）と通路（測定点 Pb, Pd-Pf, Ph）においてはカーテンなし条件より濃度が低く、給気濃度に近い空気質が保たれており、カーテンの存在により汚染物の流入が防止できていることがわかる。カーテン位置 S2 の条件で、カーテン A 内部（Pa）における汚染物濃度が最も高く、通路（Pe）と汚染物が発生していないカーテン内部の測定点（Pg）の室下部汚染物濃度も他の条件より高い。カーテン A 内部に給気口がある場合、一旦供給された給気が汚染物と共にカーテンの外部に流出しており、カーテン A 内部の温度が通路や給気口に遠いカーテン内部より低いため、流出後下部まで下降している可能性が考えられる。

カーテン位置 S1 における各カーテン下端高さ条件でカーテン A から汚染物を発生させた場合の汚染物濃度分

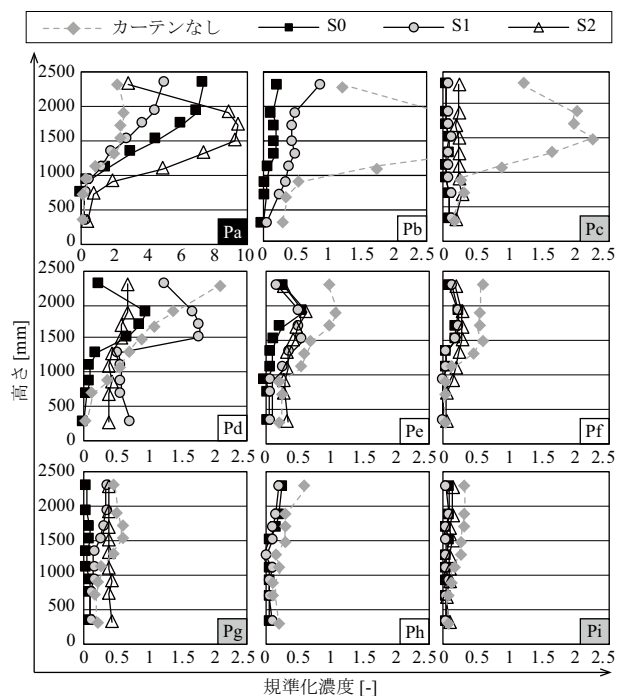


図-4 室内汚染物濃度分布（カーテン位置の比較）

布を図-5 に示す。カーテン A 内部 Pa と通路の Pd 以外の測定点では、カーテンなし条件より汚染物濃度が明らかに低い。同じ通路内部であっても、Pd は他の通路の測定点より高い汚染物濃度分布を示している。排気口に近い測定点であり、排気口までの経路に位置していることが原因として考えられる。Pa では、 $h_c = 50, 400$ mm の条件で同様の汚染物濃度を示しているが、Pd では $h_c = 50$ mm の条件の汚染物濃度が最も高く、カーテンの下端高さが低いとカーテン内部の汚染空気が上部から外部に流出しやすくなることが予想される。

2.3 立位・座位・仰臥位の呼吸高さにおける汚染物濃度

全条件の立位・座位・仰臥位人体の呼吸高さ（立位：FL+1,500 mm、座位：FL+1,100 mm、仰臥位：FL+700 mm）における汚染物濃度を図-6 に示す。置換換気室内の立位と座位人体の場合、呼吸時人体周りに発生している上昇気流内の空気を吸気するため、上昇気流外部の同じ高さの汚染物濃度より低い濃度の空気を吸引するとされている¹⁵⁾。しかし、ここではその影響については考慮せず、呼吸高さにおける規準化汚染物濃度を比較する。結果は汚染物（ CO_2 ）発生源が存在するカーテン内部、汚染物が発生していないカーテン内部、通路の3箇所に分けて表す。通路においては立位人体の呼吸高さの濃度のみを示す。汚染源が存在しないカーテン内部の結果は、汚染物を発生させていない3つのカーテン内部測定点の平均、通路の結果は通路内5つの測定点（ただし、S2の条件では3つ）の平均である。

汚染源が存在するカーテン内部は、立位人体の呼吸高さにおける汚染物濃度が高い。しかし、汚染物境界面が

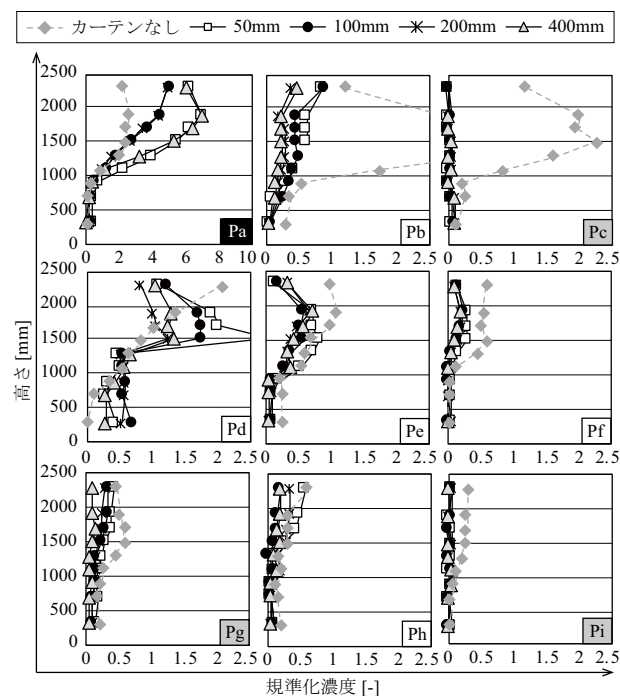


図-5 室内汚染物濃度分布（カーテン下端高さの比較）

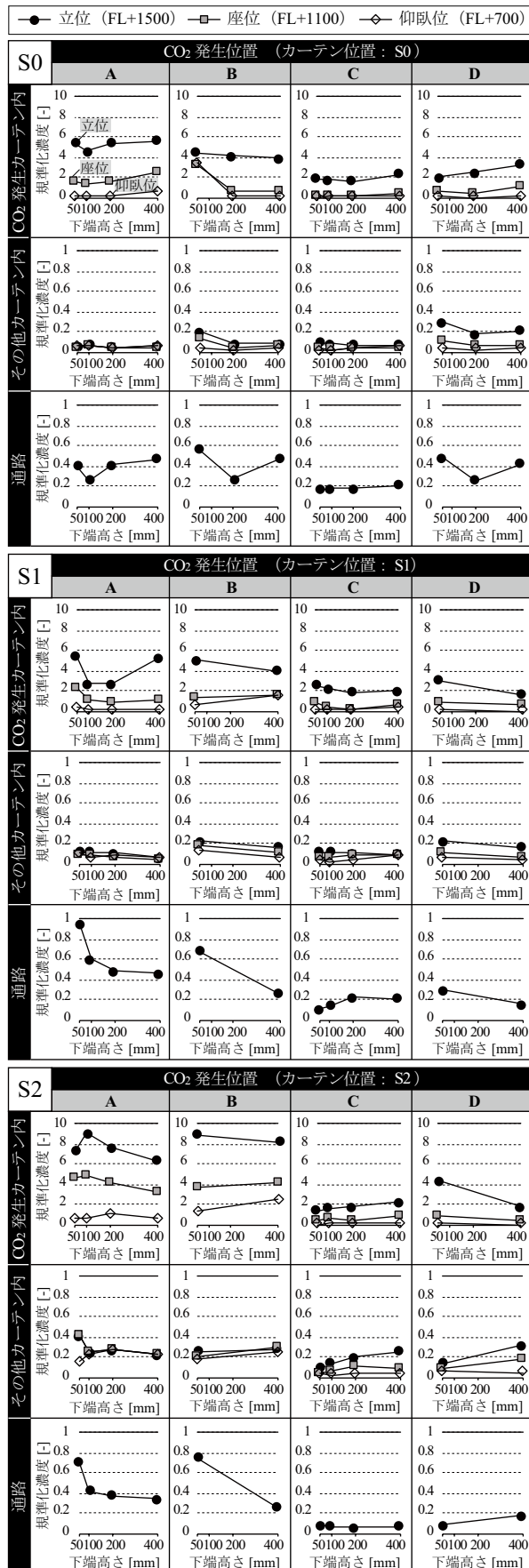


図-6 立位・座位・仰臥位の呼吸高さにおける汚染物濃度 (上からカーテン位置 S0, S1, S2)

形成されているため、室下部の仰臥位・座位人体の呼吸高さにおいては、ほとんどの条件で汚染物濃度が比較的低い結果となっている。カーテン下端高さが低いほど汚染物濃度が高くなる傾向が見られるが、カーテン位置 S1 で A 内部に汚染源がある場合、A 内部の立位人体の呼吸高さにおける汚染物濃度は $h_c = 100, 200 \text{ mm}$ の条件が $h_c = 400 \text{ mm}$ の条件より明らかに低い。カーテン下端高さが低いとカーテン内部に給気が供給されにくくなるが、下端高さが高すぎてもカーテン内部に給気が通り抜けやすくなることが予想される。

汚染源が存在しないカーテン内部については、全条件においてどの呼吸高さでも高い清浄度が保たれており、カーテン位置と下端高さによる影響もほとんど見られない。通路内部についても立位人体の呼吸高さにおいて低い汚染物濃度を示している。カーテン位置 S1 と S2 条件ではカーテン A と B に汚染源がある場合、カーテンの下端高さが高くなるほど通路の汚染物濃度が低くなる傾向が見られるが、下端高さが高い条件でも C と D に汚染源がある場合より通路の汚染物濃度が高い。カーテン内部に給気口が存在している場合、供給された空気が汚染物と共に上部からカーテン外部に流出するため、カーテン内部に汚染源がある場合はカーテン外部に給気口を設置した方が望ましいと予想される。ただし、今回の実験では給気口が全て片側の壁面に存在しており、大きさも限定されていたため、給気口の配置や形状を変えた条件についても検討する必要があると考えられる。

2.4 カーテン内部に到達する給気量

汚染源があるカーテン内部における全条件の鉛直汚染物濃度分布を図-7に示す。ほとんどの条件において、明確な汚染物境界面が形成され、汚染源が存在するカーテン内部であっても境界領域下部は汚染物濃度が給気濃度と同程度であることがわかる。

カーテン内部へ流入する給気量が多くなるほど、カーテン内汚染物境界面高さは高くなり、上部汚染物濃度は低くなる。汚染源が存在するカーテン内部を一つの空間として考えると、カーテン内部に供給される給気量は以下の式により同定できる。

$$Q_s' = Q_s / C_u \quad \dots\dots (1)$$

Q_s'	: カーテン内部に供給される給気量	[m ³ /h]
Q_s	: 室全体給気量	[m ³ /h]
C_u	: 各カーテン内上部の規準化汚染物濃度	[-]

上式により同定した各カーテン内部に到達する給気量を図-8に示す。給気口がある側のカーテン A と B の給気量が、全条件においてカーテン C と D より少ない。A と B 内部をカーテン下部から通過した給気と、A と B 内部に流入せず通路に流れた給気両方がカーテン C と D 内部に到達するため、給気量が A と B より多く、汚染物濃度が低くなっていると考えられる。カーテン下端高さと

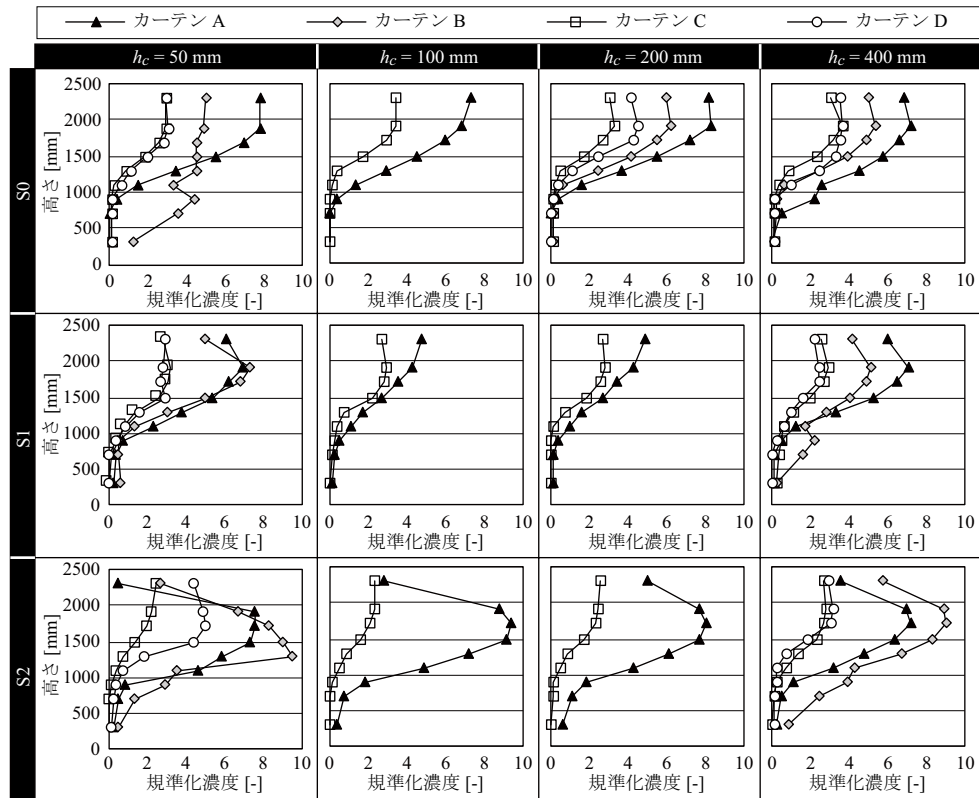


図-7 汚染源が存在するカーテン内部の汚染物濃度

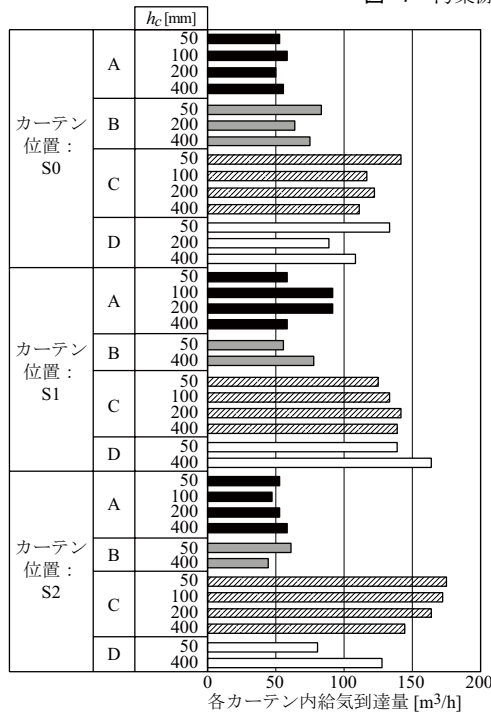


図-8 カーテン内部給気到達量

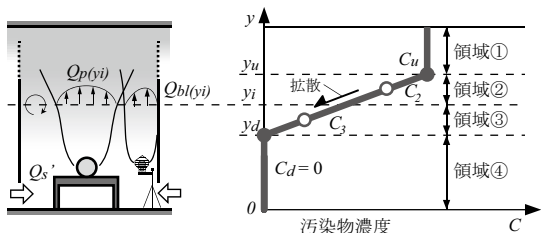


図-9 境界領域モデル

内部の給気口の数によりカーテン内に流入する給気量が変化するが、給気口に近いカーテン内部の方が給気量が明らかに少なく、給気口とカーテンの位置関係の方が大きく影響を及ぼしていることがわかる。

3. 境界領域モデルによる汚染物濃度分布予測

3.1 境界領域モデル

鈴木ら¹⁰⁾により提案された境界領域モデルは、室内を鉛直方向に4つの領域に分け、移流による領域間での汚染物の移動と、境界面における汚染物の乱流拡散を考慮し、各領域において汚染物収支式を導く。本実験ではカーテン内表面に上昇・下降気流は発生しないとし、汚染物濃度の予測を行った(図-9)。

室内壁面・カーテン内表面に上昇・下降気流が存在しない場合、給気量と室内発熱体からのプルーム流量が等しくなる高さ y_i に汚染物境界面が形成される⁸⁾。

$$Q'_s = Q_p(y_i) + Q_{bl}(y_i) \quad \dots\dots (2)$$

領域②と③の汚染物収支から以下の式が成り立つ。

$$Q_{dr}(y_u)C_2 = Q_{dr}(y_u)C_u - (D + D_t) \frac{\partial C}{\partial y} A \quad \dots\dots (3)$$

$$Q_{ur}(y_d)C_3 = (D + D_t) \frac{\partial C}{\partial y} A \quad \dots\dots (4)$$

シリンダーからのプルーム流量は、篠崎ら¹¹⁾の研究で測定により求めた近似式を用いる。S0条件ではシリンダーがカーテンに隣接しており、他のカーテン条件に比べプルームが広がらない可能性があるため、既往研究^{6,7)}を参考に、0.64倍したプルーム流量を用いた計算も行う。

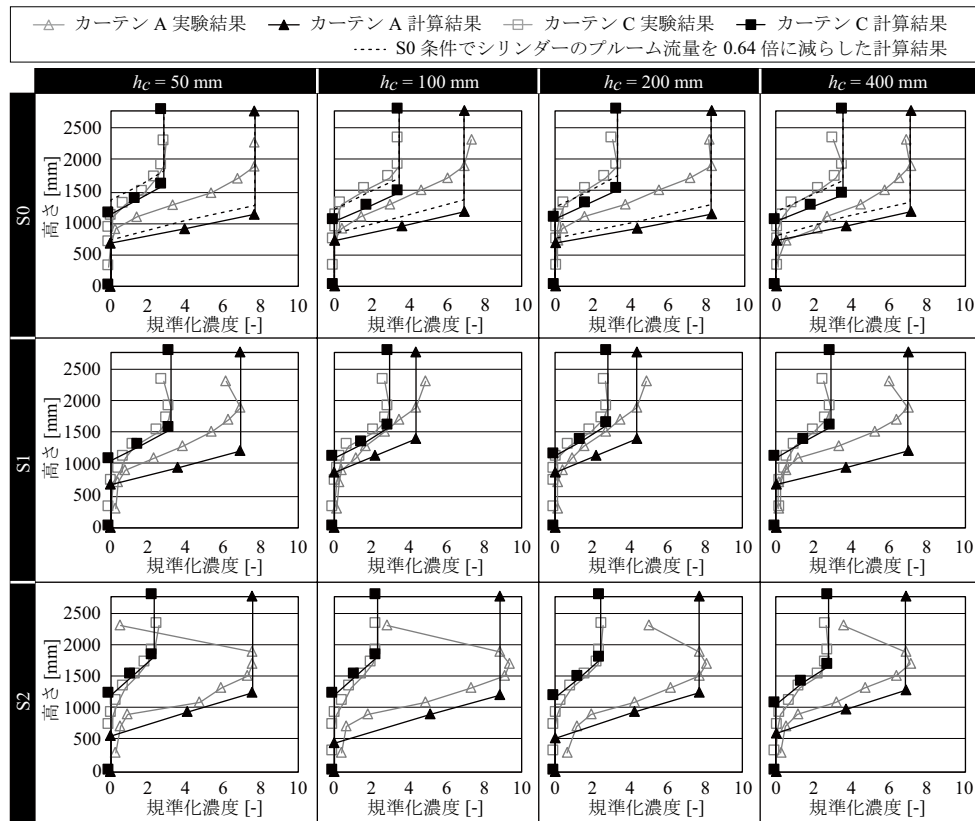


図-10 計算結果と実験結果の比較

$$Q_p(y) = 0.04y - 0.0245 \quad \cdots \cdots (5)$$

ブラックランプは点熱源とみなし、次式^{7,8)}によりブルーム流量を求める。対流熱量は総発熱量の半分とした。

$$Q_{bl}(y) = 0.005P_{bl-c}^{1/3}y^{5/3} \quad \cdots \cdots (6)$$

室上部の濃度 C_u は Q_s/Q_s' であり、拡散係数 $D + D_t$ は既往研究¹⁰⁾により $0.0005 \text{ [m}^2/\text{s]}$ とした。

A	: カーテン内部床面積	[m ²]
C_2	: 領域②の汚染物濃度	[-]
C_3	: 領域③の汚染物濃度	[-]
D	: 分子拡散係数	[m ² /s]
D_t	: 乱流拡散係数	[m ² /s]
P_{bl-c}	: ブラックランプの対流熱量	[W]
$Q_{dr}(y)$	: 高さ y における下向き流量	[m ³ /s]
$Q_{bl}(y)$	: 高さ y におけるブラックランプのブルーム流量	[m ³ /s]
$Q_p(y)$	: 高さ y における模擬人体のブルーム流量	[m ³ /s]
$Q_{ur}(y)$	: 高さ y における上向き流量	[m ³ /s]
$\partial C/\partial y$	: 境界領域内の鉛直濃度勾配	[1/m]
y_d	: 境界領域上端高さ	[m]
y_i	: 汚染物境界面高さ	[m]
y_u	: 境界領域下端高さ	[m]

3.2 計算結果

境界領域モデルにより、汚染源があるカーテン内部の鉛直濃度分布を予測した結果を図-10に示す。カーテン内部に流入する給気量には2.4で同定した給気量を用いた。カーテンC内部の汚染物濃度については、計算結果と実験結果がほぼ一致しており、カーテン内部への給気到達量が

分かれば、内部の汚染物濃度分布が高い精度で予測可能であることが示唆された。S0条件では、シリンダーのブルーム流量を減らして計算した予測結果の方が実験結果と一致しており、発熱体がカーテンと隣接していたことでブルーム流量が通常より少なく、同じ給気量でもより高い位置に境界面が形成されていたことがわかる。カーテンCに比べカーテン内部への到達給気量が少ないカーテンAについては、全条件において計算による汚染物境界層の高さが実験結果より低い傾向が見られる。ブルーム流量算出時に近似式を用いているが、シリンダー上部付近の低い高さにおいてブルーム流量が過大に算出され、汚染物境界面の高さが実際より低く算出されている可能性も考えられる。低い高さにおける計算精度を高めるためには、ブルームの性状をより詳しく把握する必要があると考えられる。

まとめ

本研究では、置換換気を導入した病室において間仕切りカーテンが室内温度・汚染物濃度分布に与える影響を調べた。実験により示された知見を以下にまとめる。

- 1) 間仕切りカーテンの存在により、汚染源がないカーテン内部と通路において給気同等の空気質が保たれることが確認できた。病室内に臭気が発生しても、他の患者や医療従事者はほとんど臭気を感じないことが予想され、間仕切りカーテンが設置されている病室における置換換気の有効性が検証された。

- 2) 温度分布については、カーテン下端高さが低い条件において、給気口に近い側のカーテン内部の温度が遠い側のカーテン内部より低い傾向が見られた。給気口が全て片側のカーテン内部に存在する場合、その差が最も大きかった。
- 3) 給気口に近い側のカーテン内部における給気到達量が少なく、給気口からの位置がカーテン内に流入する給気量に大きい影響を及ぼすことが確認された。各カーテン内部へ供給される給気量を均等にするためには、給気口の配置に留意する必要がある。
- 4) カーテンの下端高さが低い場合、カーテン内部に給気が供給されにくくなり、通路にも汚染物が流出する傾向が見られた。しかし、下端高さが高すぎても給気がカーテン内部を通り抜けやすくなる可能性があるため、今回の実験結果からは 200mm 程度の下端高さが適当であると予想される。
- 5) カーテン内部に流入する給気量が予測できれば、鈴木ら¹⁰⁾の境界領域モデルによりカーテン内部の汚染物濃度分布を概ね予測できることが確認された。しかし、予測精度を高めるためには仰臥人体からのブルーム性状を詳しく調べる必要がある。

本実験では実験室の都合により給気口の位置に制限があったため、今後は CFD 解析により給排気口とカーテンの最適な位置関係について検討する予定である。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 JP17H01308 の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- 1) R. Ulrich, X. Quan, C. Zimring, A. Joseph, R. Choudhary : The role of the physical environment in the hospital of the 21st century: A once in a lifetime opportunity, The Center for Health Design, Concord, CA, (2004).
- 2) 佐藤公美子, 首藤英里香, 堀口雅美, 齋若奈, 中村円, 大日向輝美 : 病院環境における臭気に対する看護職者の主観的評価と対策に関する調査 - 北海道の 3 医療施設を対象として -, 札幌保健科学雑誌, 4(4) (2015), pp.25-32.
- 3) 板倉朋世, 光田恵 : 医療施設における病室内の臭気のレベルに関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 73(625) (2008), pp.327-334.
- 4) 鈴木利幸, 大平真史, 加藤武志, 五来英一, 佐藤秀幸, 篠原史彦, 中島朗, 中村友久 : 病院における空調・衛生設備の技術・運用に関する実態調査 (第 2 報) アンケート調査結果 (空調設備編), 平成 29 年度空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 第 8 巻, (2017-9), pp.77-80.
- 5) A.G.L. Svensson : Nordic experience of displacement ventilation systems, ASHRAE Trans. 95 (1989), pp.1013-1017.
- 6) Q. Chen, L. Glicksman : System performance evaluation and design guidelines for displacement ventilation, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2003.
- 7) R. Kosonen, A. Melikov, E. Mundt, P. Mustakallio, P. V. Nielsen : REHVA Guidebook No. 23: Displacement Ventilation, REHVA, Brussels (2017).
- 8) P. V. Nielsen : Displacement ventilation: Theory and design, Aalborg University, Aalborg (1993).
- 9) Y. Li, P.V. Nielsen, M. Sandberg : Displacement ventilation in hospital environments, ASHRAE J. 53(6) (2011), pp.86-88.
- 10) 鈴木智也, 相良和伸, 山中俊夫, 甲谷寿史, 岩村集, 山下植也 : 置換換気される病室の放射パネル設置時における室内鉛直汚染物濃度分布予測に関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No.140 (2008-11), pp.21-28.
- 11) 篠崎真志, 山中俊夫, 相良和伸, 甲谷寿史, 桃井良尚, 稲垣達也 : 置換換気を導入した 4 床病室内の温度・汚染物濃度分布に関する研究 (第 3 報) 実大室実験結果及び仰臥姿勢模擬人体の熱上昇気流性状, 平成 29 年度空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 第 2 巻, (2012-9), pp.1747-1750.
- 12) H. Ahn, D. Rim, L. J. Lo : Ventilation and energy performance of partitioned indoor spaces under mixing and displacement ventilation, Building Simulation, 11 (2018), pp 561-574.
- 13) Z. Lin, T. T. Chow, C. F. Tsang : Effect of door opening on the performance of displacement ventilation in a typical office building, Building and Environment, 42 (2007), pp.1335-1347.
- 14) 稲垣達也, 山中俊夫, 相良和伸, 甲谷寿史, 桃井良尚, 山下植也, 崔ナレ : 置換換気時における病室の間仕切りカーテンが室内換気性状に与える影響に関する研究, 日本建築学会環境系論文集, 76(661) (2011), pp.377-383.
- 15) H. Brohus, P. V. Nielsen : Personal exposure in displacement ventilated rooms, Indoor Air 6 (1996), pp.157-167.

(令和 2. 5.10 原稿受付)

Impact of Partition Curtains on Temperature and Contaminant Concentration Profiles in a Displacement Ventilated Four-bed Hospital Ward

by Narae CHOI^{*1}, Toshio YAMANAKA^{*2}, Tomohiro KOBAYASHI^{*3} and Taisei IHAMA^{*4}

Key Words: Displacement Ventilation, Contaminant Concentration, Hospital Ward, Partition Curtain

Synopsis : Unpleasant odor from a patient's body and excreta is a critical problem in hospital wards. Since displacement ventilation (DV) is known for its high ventilation effectiveness, its use is proposed for solving the odor problem in wards. In this study, a full-scale experiment was carried out to investigate the impact of an internal partition curtain on the

indoor environment of a ward with DV. The experimental room was setup as a four-bed hospital ward and the temperature. The contaminant concentration were measured under three different locations of supply inlets and at four different bottom heights of curtains. In addition, the zonal model was validated to predict the contaminant concentration inside the partition curtain.

(Received May 10, 2020)

^{*1} Division of Global Architecture, Osaka University, Member

^{*2} Division of Global Architecture, Osaka University,
Fellow Engineer

^{*3} Division of Global Architecture, Osaka University, Member

^{*4} The Kansai Electric Power Co., Inc.