

図 3 Case4 (4EC-C-4D) の給気濃度経時変化

とすると、点 P での濃度は式 (1) のように表せ、式 (1') と変形できる。

$$C_p(t) = \int_0^{\infty} M(t-\tau)R_p(\tau)d\tau \quad (1)$$

$$C_p(t) = \int_0^{\infty} Q \cdot C_s(t-\tau)R_p(\tau)d\tau \quad (1')$$

一次空気の影響を除去する必要があるため、すべての $C_p(t)$ と $C_s(t)$ は、元の値を減算することを行う。しかしながら、このような減算に対して、 CO_2 発生量の分を $C_s(t)$ に追加する必要がある。最終模擬 $C_s(t)$ を表示された (図 4)。

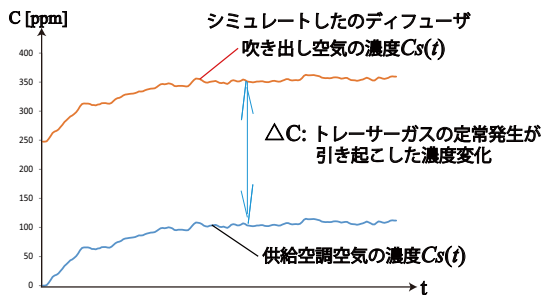


図 4 Case4 (4EC-C-4D) の P1 の 100mm の点の給気濃度 $C_s(t)$

$R_p(t)$ は式 (2) と仮定し、応答関数 $R_p(t)$ の形は図 6 に示す。式 (1') により算出した $C_p(t)$ と P 点での測定濃度が一致するように (図 5)、最小二乗法を用いて a, b, c を同定し、 $R_p(t)$ を求めた。

$$R_p(t) = \begin{cases} b \cdot e^{-c(t-a)} & t > a \\ 0 & t \leq a \end{cases} \quad (2)$$

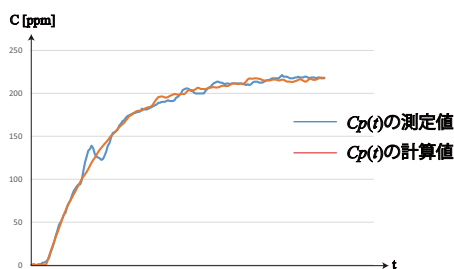


図 5 Case4 (4EC-C-4D) の P1 の 100mm の点の濃度 $C_p(t)$

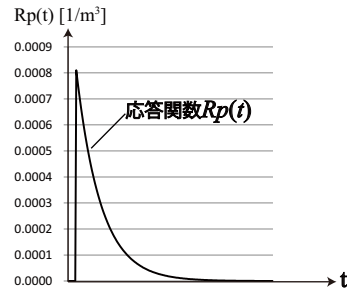


図 6 Case4 (4EC-C-4D) の P1 の 100mm の点の応答関数 $R_p(t)$

式 (3) より局所平均空気齢 τ_p を算出した。こうして求めた局所平均空気齢を室内全体で空間平均すると室平均空気齢 $\langle \tau \rangle$ となる。

$$\tau_p = \frac{\int_0^{\infty} t R_p(t) dt}{\int_0^{\infty} R_p(t) dt} \quad (3)$$

また、室の空間平均的な換気性能は、室平均空気交換効率 η^2 で表され、式 (4) のように求められる。

$$\eta = \frac{\tau_n}{\langle \tau \rangle} \quad (4)$$

ここで、名目換気時間 τ_n は、式 (5) によって求められる。図 7 ~ 図 11 に局所平均空気齢の鉛直分布を示す。

$$\tau_n = \frac{V}{Q} \quad (5)$$

2.1 排気口個数が空気齢に与える影響

(1) カーテンが有る場合 (Case3 と Case4)

Case3 (排気口個数 1 つ) と Case4 (排気口個数 4 つ) とした 2 条件下で、室内局所平均空気齢鉛直分布を図 7 に示す。

給気口から近いポール P3, P4, P7, P8 において、空気齢は概ね一致しているが、給気口から遠いカーテンの外側にあるポール P1, P2, P5 での 2 条件の空気齢の差が大きくなっている。カーテンの内部にあるポール P6 において、排気口個数 4 つの空気齢が小さくなっているため、排気口がカーテンの内部にあることが原因だと考えられる。また、室平均空気交換効率 (表 3) を比較し、排気口個数 4 つの換気効率が大きいことがわかった。つまり、カーテン有る条件下で、排気口が 4 つの場合の換気性能が良いと言える。

(2) カーテンが無い場合 (Case2 と Case5)

Case2 (排気口個数 1 つ) と Case5 (排気口個数 4 つ) とした 2 条件下で、室内局所平均空気齢鉛直分布を図 8 に示す。

鉛直分布において、Case5 (排気口個数 4 つ) の方が、空気齢分布が小さいことがわかる。鉛直分布を見ると、Case5 の高さによる空気齢の差異が Case2 より小さいこ

とが伺える。また、室平均空気交換効率(表3)においても、Case5の値が大きくなっており、排気口個数4つの換気効率が良いと言える。

2.2 排気口高さが空気齢に与える影響 (Case1 と Case4)

カーテン有で、Case1 (4EB: 床面より1150mm上) と Case4 (4EC: 天井面より50mm下) とした2条件下で、室内局所平均空気齢鉛直分布を図9に示す。

鉛直分布において、両条件で空気齢分布の傾向が一致している。また、室平均空気交換効率(表3)を比較し、Case4の室平均空気交換効率の0.83より、Case1の値が大きくなっており、Case1 (4EB: 床面より1150mm上) は換気効率が良いと言える。

2.3 カーテンの有無が空気齢に与える影響

(1) 排気口位置を4ECとする場合 (Case4 と Case5)

Case4 (カーテン有り) と Case5 (カーテン無い) とした2条件での室内局所平均空気齢分布を図10に示す。

2条件での各ポールでの空気齢の差が小さいことがわかる。Case4の条件下で、カーテンの外部にある点の空気齢が大きいことより、空気がカーテンの上部や下部からカーテンの外部に流れることが言える。また、室平均空気交換効率(表3)においては、2条件で概ね同じ値となっている。つまり、室全体としては、カーテンの有無が空気の流れに与える影響は小さいと言える。

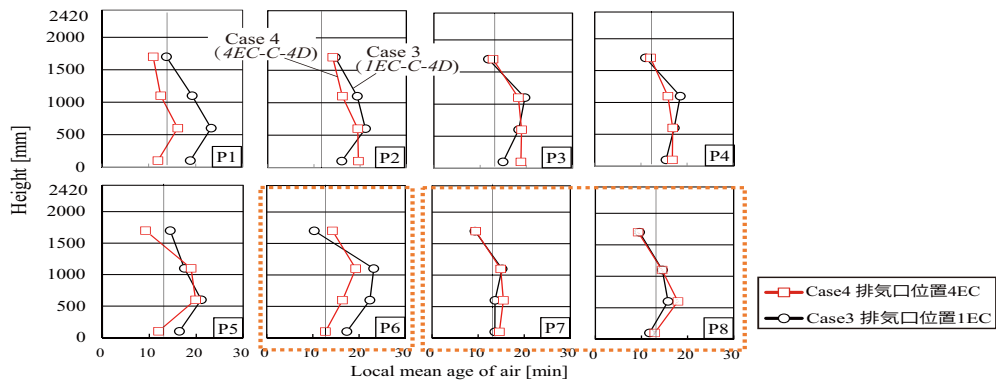


図7 室内局所平均空気齢鉛直分布
(排気口個数: 4つ, 1つ, カーテン有)

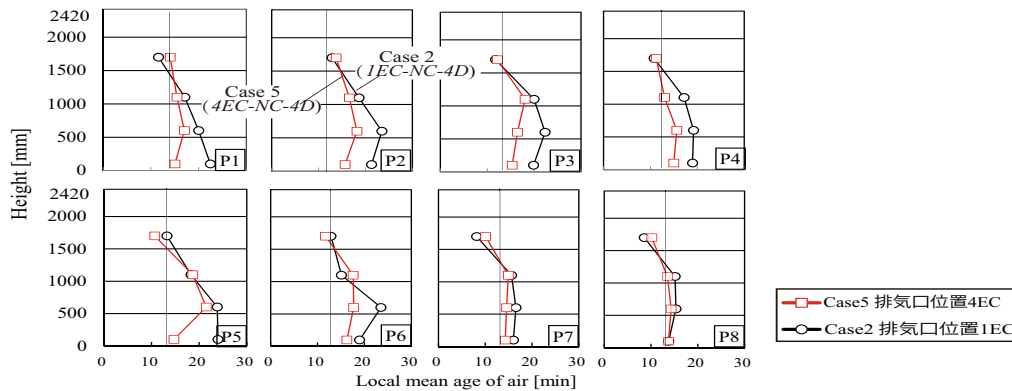


図8 室内局所平均空気齢鉛直分布
(排気口個数: 4つ, 1つ, カーテン無)

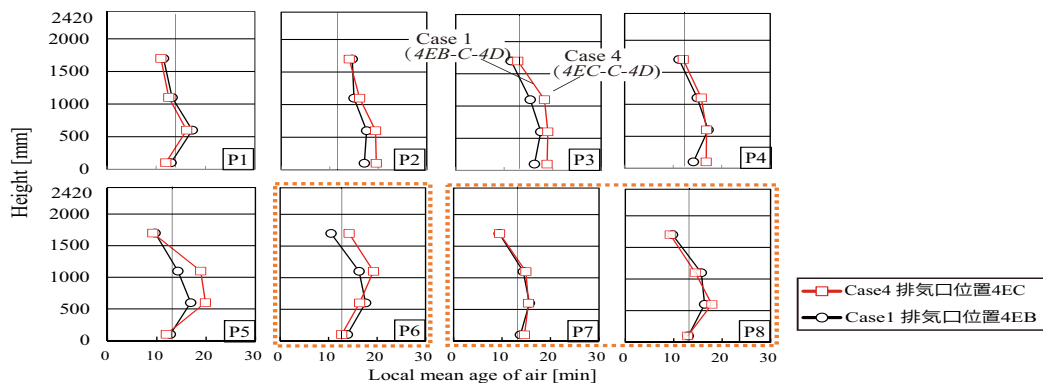


図9 室内局所平均空気齢鉛直分布
(排気口高さ: 4EC, 4EB, カーテン有)

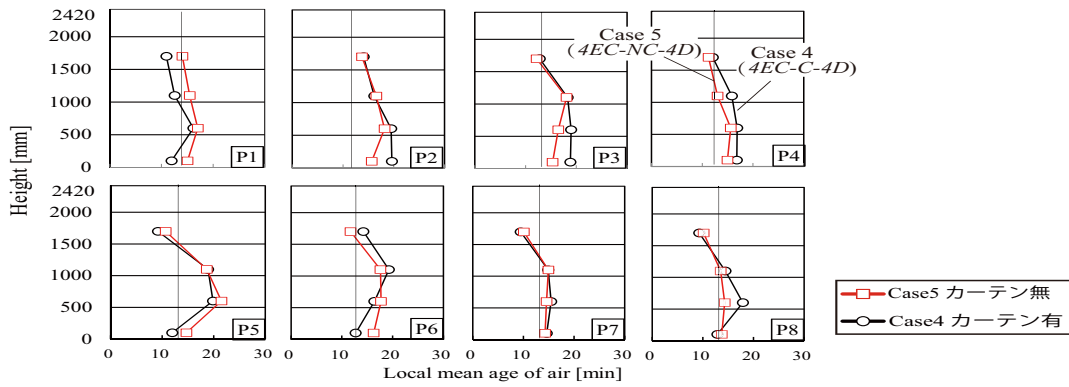


図 10 室内局所平均空気齢鉛直分布
(排気口位置：4EC、カーテン無とカーテン有)

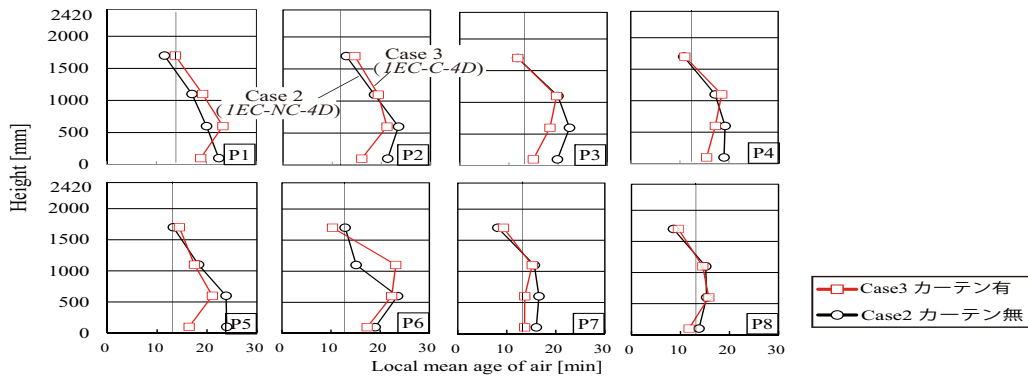


図 11 室内局所平均空気齢鉛直分布
(排気口位置：1EC、カーテン無とカーテン有)

(2) 排気口位置を1ECとする場合 (Case2 と Case3)

Case2 (カーテン無い) と Case3 (カーテン有り) とした2条件での室内局所平均空気齢分布を図 11 に示す。

Case3 (カーテン有り) の場合は、各ポールが一番下の点の空気齢が大きいことがわかる。給気口から吹き出した空気はカーテンの下部からカーテンの外部に流れると考えられる。室平均空気交換効率 (表 3) を比較し、カーテン有の方が大きく、カーテン有る条件下の方が、室全体の換気性能が良い。

おわりに

本報では、排気口個数・高さ、カーテンの有無が、室内空気齢分布や室平均空気交換効率に与える影響について検討し、以下の知見を得ることができた。

- 1) 排気口が4つの方が1つの場合より換気効率が良い。
- 2) 排気口位置4EB (ベッド頭側の壁、床面上1150mm) での換気効率が最も良い。
- 3) カーテンの存在は室内の空気齢分布に影響を及ぼす。
- 4) 既報の冷房実験では、平均空気交換効率が1程度を示したが、暖房実験では、0.8～0.9程度の値となった。これは上下の温度成層の形成のためと考えられる。

今後は、CFD による詳細な解析を進める所存である。

表 3 各条件下での換気性能

	条件記号	室平均空気齢 [min]	室平均空気交換効率 [-]
Case1	4EB-C-4D	14.35	0.87
Case2	1EC-NC-4D	17.04	0.74
Case3	1EC-C-4D	16.14	0.78
Case4	4EC-C-4D	15.08	0.83
Case5	4EC-NC-4D	14.79	0.85

記号表

$C_p(t)$ [m ³ /m ³]: 点 P の濃度	$C_s(t)$ [m ³ /m ³]: 給気濃度
M [m ³ /h]: 発生量	Q [m ³ /h]: 給気量
$Rp(t)$ [1/m ³]: 応答関数	V [m ³]: 気積
$\langle \tau \rangle$ [h]: 室平均空気齢	τ_n [h]: 名目換気時間
τ_p [h]: 点 P の局所平均空気齢	η [-]: 室平均空気交換効率

【謝辞】

本研究の一部は木村工機 (株) との共同研究によるものであり、種々の便宜を図っていただいた関係者各位に深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 蔵永真理、山中俊夫、甲谷寿史、桃井良尚、相良和伸、李莹: 「天井吹き出し型誘引ユニットによる室内環境制御手法に関する研究 (その6) 4床病室暖房時に排気口位置が熱・空気環境特性に及ぼす影響」, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, 2017. 9
- 2) 空気調和・衛生工学会: 「第14版 空調調和・衛生工学便覧」, vol. 3, 2010. SHASE, pp. 134-136