

# 天井吹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3) 4床病室における冷房時室内換気性能に関する検討

## Controlling Method of Indoor Environment in Sickroom with Ceiling Induction Diffusers (Part3) Ventilation Performance under Cooling Condition in Sickroom with Four Beds

○陳 賢 (大阪大学)  
甲谷 寿史 (大阪大学)  
相良 和伸 (大阪大学)

中山 俊夫 (大阪大学)  
桃井 良尚 (大阪大学)  
李 瑩 (大阪大学)

Yun CHEN<sup>\*1</sup> Toshio YAMANAKA<sup>\*1</sup> Hisashi KOTANI<sup>\*1</sup>

Yoshihisa MOMOI<sup>\*1</sup> Kazunobu SAGARA<sup>\*1</sup> Ying LI<sup>\*1</sup>

<sup>\*1</sup> Osaka University

In sickrooms, there is the odor problem from patients and diapers. In this study, as a method of obtaining high indoor air quality in sickrooms, the authors propose the air-conditioning method with Ceiling Induction Diffuser (CID) on the ceiling. In previous studies, thermal environment and thermal comfort of occupants in the room with this diffusers were investigated by experiments. However, the distributions of contaminant concentration and temperature were not clarified. In this study, the effect of various parameters on indoor environment was examined by experiemnt.

### 1. はじめに

近年、病室の空調設備として、快適性と省エネルギーのバランスの取れたシステムの開発が求められている。天井放射空調もその要求を満たすシステムの一つであるが、水や冷媒の配管が積極的導入の障害になることもある。配管が不要な空気式のシステムとして、低風速天井吹出し型誘引空調 (CID : Ceiling Induction Diffusers) がある。これは、ディフューザーで室内空気を誘引し、混合空気を低速で吹き出すものであり、風量の削減による搬送動力の削減が可能となり、低速故にドラフト感の少ない快適な空調システムと言える<sup>1)</sup>。また、面積次第では、放射効果が期待できる可能性はある。

前報<sup>2)</sup>では、低風速天井吹出し型誘引空調方式を有する4床病室を模擬した実大実験を行い、その実験概要及び汚染源発生位置、換気回数、カーテンの位置、立位人

体が室内温度分布に与える影響について検討を行った。本報では、汚染源発生位置、換気回数、カーテンの位置、立位人体が患者から発生した汚染物の室内濃度分布に与える影響について検討を行った結果について報告する。

### 2. 低風速天井吹出し型空調システムの特徴

空調機で冷却除湿、加熱加湿した空気を低風速天井吹出し型誘引ユニットに搬送・給気する。Fig.1 に示すように、空調空気は給気チャンバーに入り、帯状のノズルから高風速 (3 ~ 5m/s) で吹き出すことにより、誘引チャンバーを通して室内空気を誘引する仕組みである。誘引比 (インダクション比) は風量比で、給気 6 : 誘引 4 になるように設計されている。例えば、給気温度 13°C、室内温度 26°C のときには、吹出温度は 18°C となる。この混合空気はアルミの放射プレートで整流され、初速 0.2 ~ 0.8m/s で整流パネルを通った後、小孔より吹き出される。実験では、ディフューザーとして、ADu-180 (木村工機株式会社製) を用いた。

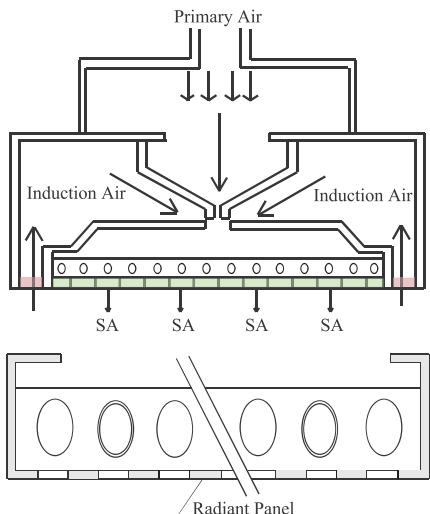


Fig.1 Section of CID

### 3. 実験結果と考察

前報<sup>2)</sup>で示した通り、OA の換気回数、ベッド廻りのカーテンの有無、CO<sub>2</sub> 発生源位置および立位人体の有無の 4 つのパラメータの組み合わせにより、全 32 条件下で実験を行った。本報では Table.1 に示す 8 条件について検討を行う。

各条件において、人体から発生する汚染物を二酸化炭素で模擬し、各模擬人体上部で発生させた。本報では、この人体発生汚染物の室内での分布性状について検討、考察を行うこととする。

Table.1 Experimental of conditions

case	Air change rate[1/h]	Positions of tracer gas	Curtain	Two standing person
case1	2	PR	○	-
case2	2	PR	-	-
case3	2	IR	-	-
case4	2	PR	-	○
case5	4	PR	-	-
case6	2	IR	○	-
case7	4	IR	○	-
case8	2	IR	-	-
case9	2	IR	○	○

P: Perimeter I: Interior

実験室の平面図、断面図および温度測定点は前報<sup>1)</sup>に記す。濃度測定点はFig.2に示すように、P1～P9の9点とし、それぞれ鉛直方向の4点における濃度を測定した。各点は床上から100mm,600mm,1100,1700mmの位置に温湿度も計測できる小型のCO<sub>2</sub>濃度計(TR-76Ui、T&D Corporation)を設置して室内各点の濃度を測定した。また、外気濃度は室外空気をポンプにてサンプリングすることで測定した。実験時の排気口は床とドアのアンダーカットとしたので、このアンダーカット部分から空気をサンプリングすることで、排気濃度の測定を行った。

実験手順としては、室内温度が時間的に安定状態になることを確認した後、各模擬人体からCO<sub>2</sub>を発生させ(発生量：1.5L/min)、室内各点での濃度の測定を開始した。定常濃度となる時間と比較し、測定時間は十分ではないと考えたため、排気濃度を含めた各測定点における濃度変化から指數関数を用いて回帰曲線を求め、定常濃度を推定した。回帰による定常濃度の求め方については、Fig.3に例を示す。

得られた定常濃度の推定値から以下の式(1)を用いて基準化濃度C<sub>n</sub>を求めた。ここで、C<sub>n</sub>は規準化濃度[-]、C<sub>R</sub>は各測定点における定常濃度、C<sub>OA</sub>は外気濃度、C<sub>EA</sub>は排気濃度である。

$$C_n = \frac{C_R - C_{OA}}{C_{EA} - C_{OA}} \quad \dots (1)$$

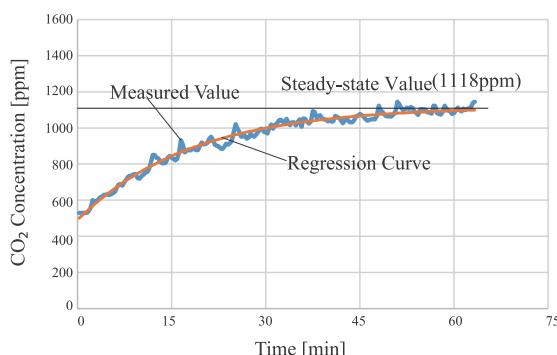
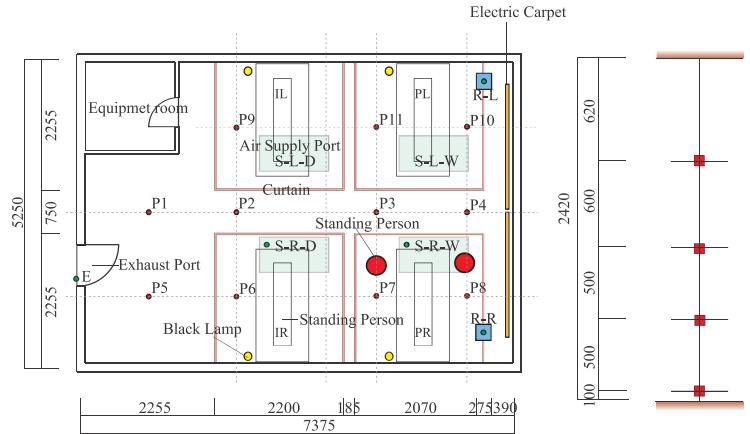
Fig. 3 Example of CO<sub>2</sub> concentration changes

Fig.2 Measurement points [mm]

### 3.1 換気回数が温度・濃度分布に及ぼす影響

CO<sub>2</sub>発生源位置 PR(ペリメータ側模擬人体、Fig.2 参照)、カーテン「無」の条件下で、換気回数(外気の換気量/室容積)2回/hで実験を行った case2 と換気回数4回/hで実験を行った case5について比較する。

上記の条件下におけるCO<sub>2</sub>の鉛直濃度分布をFig.4に示す。Fig.4より発生源近く以外の測定点では、換気回数2回/hと換気回数4回/hの規準化濃度はほぼ同じであることがわかる。CO<sub>2</sub>の発生源付近であるP8では、床上高さ1100mm～1700mmの範囲で、やや高い濃度となっており、換気回数の増加に伴い規準化濃度が高くなっている。P8点における換気回数とCO<sub>2</sub>濃度との関係については、現段階では説明できていない。

CO<sub>2</sub>発生源位置 IR(インテリア側模擬人体、Fig.2 参照)、カーテン有とした条件下で、換気回数2回/hで実験を行った case6 と換気回数4回/hで実験を行った case7について、CO<sub>2</sub>の鉛直濃度分布比較図をFig.5に示す。Fig.5より、発生源に最も近いP6以外の測定点においては、2条件とも規準化濃度は1以下になっているが、換気回数の増加に伴い、CO<sub>2</sub>規準化濃度が若干低くなることがわかる。CO<sub>2</sub>を発生させたベッドのカーテン内部では、床上高さ1000mm～1700mmの領域で高濃度となっていることがわかる。換気回数の増加により、汚染物の室内での移流・拡散性状が異なったことが示唆されるが、現段階では一概には説明できていない。

### 3.2 カーテンの有無が温度・濃度分布に及ぼす影響

換気回数2回/h、CO<sub>2</sub>発生源位置 PR(ペリメータ側模擬人体、Fig.2 参照)とした条件下で、カーテン有で実験を行った case1 と、カーテン無で実験を行った case2について比較検討する。

上記の条件下におけるCO<sub>2</sub>の鉛直濃度分布をFig.6に示す。Fig.6より、発生源に最も近いP8以外の測定点においては、2条件とも規準化濃度はほぼ変わらず、1に近くなっていることがわかる。また、CO<sub>2</sub>の発生源付近

のP8ではカーテン有の方が規準化濃度が高く、カーテン有の方が規準化濃度が2に近くなっていることがわかる。しかし、他の点における濃度にカーテン有無の差異があまりないことから、カーテンは、発生源近くの濃度を上昇させるが他のベッド近くでの濃度を低減する効果は見られないと言えることができる。

換気回数2回/h、CO<sub>2</sub>発生源位置IR(インテリア側模擬人体、Fig.2参照)とした条件下で、カーテン有で実験したcase6とカーテン無で実験したcase3についてCO<sub>2</sub>の鉛直濃度分布を比較したものをFig.7に示す。Fig.7より、発生源に最も近いP6以外の測定点においては、2条件とも規準化濃度はほぼ変わらず、ペリメータのベッドでは、濃度がやや低い傾向が読み取れ、カーテンによる濃度低減効果が少し見られることがわかる。

CO<sub>2</sub>の発生源付近のP6点では、カーテン有の方が規準化濃度が高いことがわかり、弱い濃度境界面が床上高さ600mm～1100mmの範囲に形成されている。カーテン有では規準化濃度が高く、2に近くなっている。カーテンがない場合には、他の点と比較して大きな差はないことがわかる。このことからも、汚染物の発生位置による違いを比較すると、カーテンによる汚染物拡散防止効果は小さいものと言える。

### 3.3 発生源位置が温度・濃度分布に及ぼす影響

換気回数2回/h、カーテン無とした条件下で、CO<sub>2</sub>発生源位置PR(ペリメータ側模擬人体)で実験を行ったcase2とCO<sub>2</sub>発生源位置IR(インテリア側模擬人体)で実験を行ったcase3について検討する。CO<sub>2</sub>の鉛直濃度分布をFig.8に示す。

発生源に最も近いP8以外の測定点においては、CO<sub>2</sub>の発生源位置による差が見れない。ペリメータ側ベッドにCO<sub>2</sub>発生源がある場合では、発生源に最も近いP8を除いて、他のほとんどの点において、規準化濃度が1をやや下回っていることがわかる。CO<sub>2</sub>発生源に近いP8では床上1100mmから規準化濃度は1を超えることがわかる。インテリア発生の場合は、いずれの場所においても、高濃度の部位は見られず、CO<sub>2</sub>が室内全体に拡散している状況が見られる。発生源に最も近いP8においては、2条件とも規準化濃度はカーテンがある場合ほどは高くない。以上より、カーテンがない場合には、CO<sub>2</sub>の発生位置による影響はほとんどないものと言えることができる。

次に、換気回数2回/h、カーテンがある場合を対象として、CO<sub>2</sub>発生源位置PR(ペリメータ側模擬人体)で実験を行ったcase1とCO<sub>2</sub>発生源位置IR(インテリア側模擬人体)で実験を行ったcase6についてCO<sub>2</sub>の鉛直濃度分布を比較したものを、Fig.9に示す。Fig.9より、CO<sub>2</sub>の発生位置の違いが大きくでているのは、P6、P7、

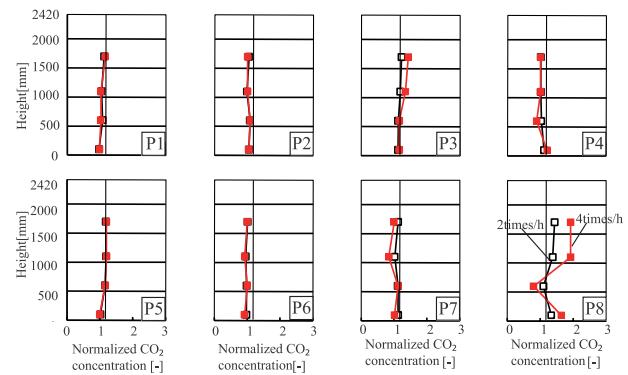


Fig.4 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:PR, without curtain, without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup> and 4 times•h<sup>-1</sup>)

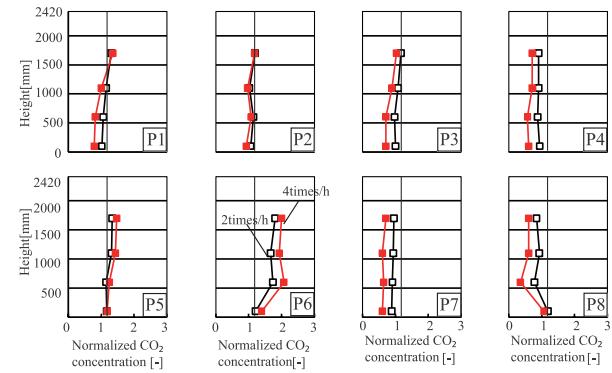


Fig.5 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:IR, with curtain, without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup> and 4 times•h<sup>-1</sup>)

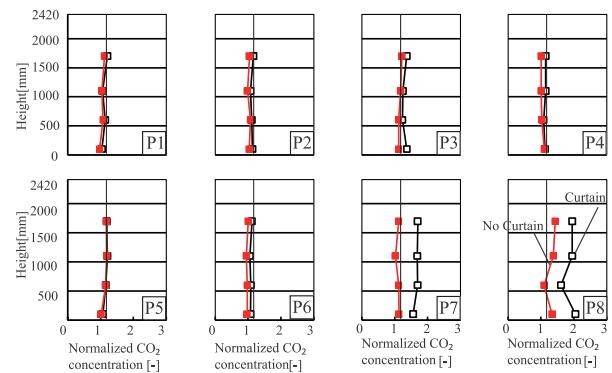


Fig.6 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:PR, with and without curtain, without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup>)

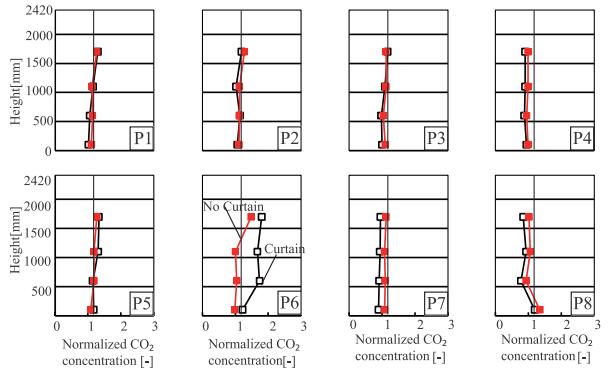


Fig.7 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:IR, with and without curtain, without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup>)

P8 であり、カーテンがあることによる影響が見られていると言える。他のベッドへの汚染物の拡散という観点から言えば、ペリメータ側での模擬人体の発生の方が、室内への影響がやや大きいと言うことができる。これは、窓面近くでの発熱カーペット表見での上昇気流の影響であるかもしれない。

### 3.4 立位人体有無が温度・濃度分布に及ぼす影響

換気回数 2 回 /h、カーテン無、CO<sub>2</sub> 発生源位置 PR(ペリメータ側)とした条件下で、立位人体有で実験を行った case4 と立位人体無で実験を行った case2 について CO<sub>2</sub> の鉛直濃度分布を Fig10 に示す。

また、換気回数 2 回 /h、カーテン有、CO<sub>2</sub> 発生源位置 IR(インテリア側)とした条件下で、立位人体無で実験を行った case6 と立位人体有で実験を行った case9 について CO<sub>2</sub> の鉛直濃度分布を Fig11 に示す。

Fig. 10、Fig. 11 いずれにおいても、立位人体の有無による差異は殆どみられないことがわかる。ただし、Fig. 11 の発生源近くの P6 において、規準化濃度がやや低下する傾向がみられる。これは、立位人体の上昇気流の影響によるものと推察できる。

## 4. まとめ

本報では、換気回数、カーテン有無、発生源位置、立位人体有無 4 条件で濃度について検討し、以下の知見を得ることができた。

- 1) 患者を模擬した人体から発生させた汚染物はカーテンがない場合は室全体に拡散し、ほぼ完全混合の状態が維持される。カーテンがある場合は、発生源のあるカーテン内の濃度が高くなる傾向があるが、インテリア発生の場合は、汚染物の拡散の防止効果がみられた。
- 2) 換気回数による汚染物濃度分布への影響は小さい。
- 3) 立位人体の汚染物濃度分布への影響は殆どない。

今後は排気口位置の影響、放射効果の測定、暖房実験を行うとともに、CFD による詳細な解析を進める所存である。

### 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同社関係者各位に深く感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 丸山茜、齋藤輝幸：「病室における全空気式誘引放射空調の熱的快適感評価に関する研究（第 1 報）冬期着座姿勢と就寝姿勢における検討」、平成 26 年度空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 CD, C-43, 2014 年
- 2) Ying Li, Yamanaka Toshio, Kotani Hisashi, Momoi Yoshihisa, Sagara Kazunobu, Yun Chen. Controlling Method of Indoor Environment in Sickroom with Ceiling Induction DiffusersPart.2) Indoor Thermal Environment under Cooling Condition) in Sickroom with Four Beds 空気調和・衛生工学近畿支部学術論文発表会論文集、2016. 3 掲載予定

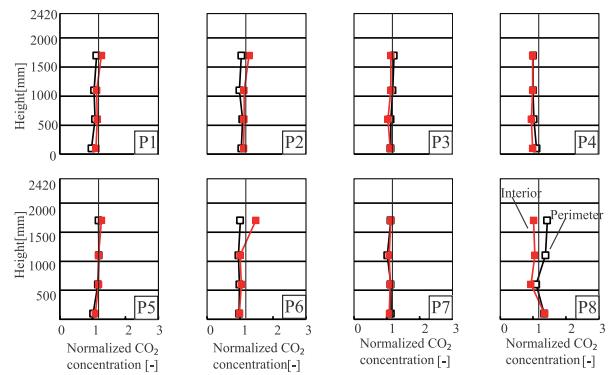


Fig.8 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:PR and IR, without curtain, without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup>)

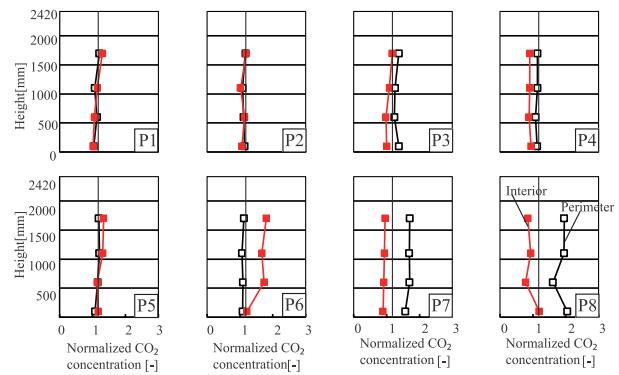


Fig.9 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:PR and IR, with curtain, without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup>)

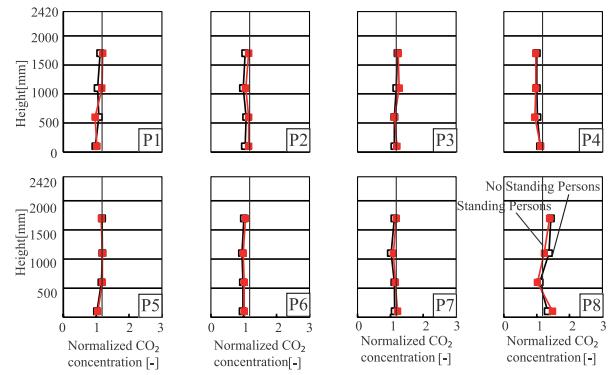


Fig.10 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:PR, without curtain, with and without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup>)

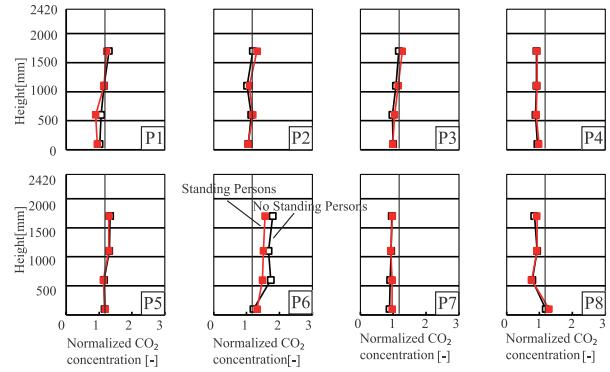


Fig.11 Vertical normalized CO<sub>2</sub>concentration distribution  
(contaminant source position:IR, with curtain, with and without standing persons, air change rate is 2 times•h<sup>-1</sup>)