

PACを用いた膜天井放射空調における室内環境特性に関する研究 (その13) グローブ温度及び膜上下交換空気量の同定

正会員 ○新宮 浩丈*¹ 同 山中 俊夫*² 同 小林 知広*³ 同 袁 継輝*⁴
同 崔 ナレ*⁵ 同 前田 龍紀*¹ 同 上村 芙美子*⁶ 同 安江 楽人*¹

膜天井
事務所空調

放射空調

天井カセット

1.はじめに

前報¹⁾では省エネルギー性・快適性の向上を目指した放射空調と省力化・省人化の高い天井カセット方式を組み合わせた膜天井放射空調について、既報²⁾で用いた膜よりも空気透過率が高い2種類の膜を用いた実大実験を行い、温度経時変化、鉛直温度分布の結果について報告した。本報では、同実験により得られたグローブ温度、交換空気量の結果について報告する。

2.実験概要

実験条件については前報と同条件とし、PACの運転開始と同時に温度の測定を開始し、定常状態を確認後、CO₂ガス(1L/min)をPACの吹出し口で発生させ、CO₂濃度測定を開始した。CO₂ガスの発生開始3時間後に測定を終了した。

3.実験結果

3.1 グローブ温度

図1に各膜条件のCase1のグローブ温度を示す。全ケースを通して、高い位置ではグローブ温度が低く、低い位置では高くなっており、室上部では膜からの冷放射、室下部では発熱体からの放射熱の影響が大きいと考えられる。

(a)膜なし・(b)膜(不織布なし)条件では、室上部でグローブ温度と空気温度が概ね近い値をとっており、対流成分による熱処理の割合が大きく、膜による冷放射効果は小さいと示唆される。一方で、(c)膜(不織布あり)条件では室上部でグローブ温度が空気温度よりも低く、これは膜の

冷放射による影響と考えられる。また、(c)膜(不織布あり)条件では、床面温度が空気温度より低く、(a)膜なし・(b)膜(不織布なし)条件と比較しても膜による冷放射効果が大きいと考えられる。したがって、(c)膜(不織布あり)条件では膜の冷放射による快適性の向上が期待できる。

3.2 CO₂濃度の経時変化

図2に(a)膜(不織布なし)、(b)膜(不織布あり)条件でのCase1のCO₂濃度の経時変化を後述の算定値と併せて示す。(b)膜(不織布あり)条件より(a)膜(不織布なし)条件の方が、膜上下の濃度差が小さいことがわかり、濃度差が小さいほど、膜上下の空気がより混合していると考えられる。

3.2 交換空気量

図3に膜を通した交換空気量算定のための概要図を示す。膜上空間でCO₂ガスを発生させたときのCO₂濃度の収支を考え、膜上・膜下空間のCO₂濃度を式(1), (2)を用いて算定し、得られた濃度が一致するように最小二乗法を用いて $Q_1 \sim Q_6$ を求めた。その際、膜上・膜下空間の流量収支を合わせるため、式(3), (4)を満たすようにした。

$$C_a^{n+1} = C_a^n + (C_i^n Q_2 + M - C_a^n Q_1 + C_0^n Q_5 - C_a^n Q_6) \frac{\Delta t}{V_a} \quad (1)$$

$$C_i^{n+1} = C_i^n + (C_a^n Q_1 + C_0^n Q_4 - C_i^n Q_3 - C_i^n Q_2) \frac{\Delta t}{V_i} \quad (2)$$

$$Q_1 - Q_2 - Q_3 + Q_4 = 0 \quad (3)$$

$$-Q_1 + Q_2 + Q_5 - Q_6 = 0 \quad (4)$$

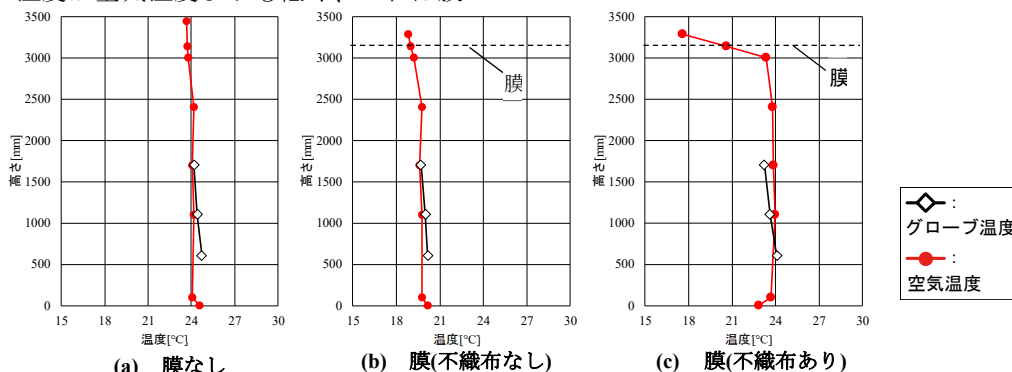


図1 グローブ温度の鉛直温度分布

Indoor Environment of a Room using Ceiling Radiant Membrane Air Conditioning System with PAC (Part 13) Globe Temperature and Identification of Exchange Airflow through Membrane

SHINGU Hirotake, YAMANAKA Toshio, KOBAYASHI Tomohiro, YUAN Jihui, CHOI Narae,

MAEDA Tatsunori, KAMIMURA Fumiko, and YASUE Rakuto

表 1 各ケースにおける交換空気量

条件			流量 [m ³ /h]					
			Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6
膜 (不織布なし)	Case1	基準	1105.9	1105.9	0.0	0.0	28.2	28.2
	Case2	低熱負荷	1105.5	1105.5	0.0	0.0	28.7	28.7
	Case3	風量最小	1110.8	1110.8	0.0	0.0	24.8	24.8
	Case4	高温設定	1103.7	1103.7	0.0	0.0	28.3	28.3
	Case5	60°吹出し	1107.2	1107.2	0.0	0.0	27.6	27.6
	Case6	高熱負荷	1107.5	1107.5	0.0	0.0	26.9	26.9
膜 (不織布あり)	Case1	基準	202.6	204.6	0.0	2.0	25.6	27.6
	Case2	低熱負荷	223.2	228.5	0.0	5.3	25.1	30.3
	Case3	風量最小	136.4	142.5	0.0	6.1	16.1	22.2
	Case4	高温設定	216.9	222.0	0.0	5.1	20.4	25.6
	Case5	60°吹出し	205.9	211.3	0.0	5.5	20.9	26.4
	Case6	高熱負荷	239.7	246.6	0.0	6.9	20.0	26.9

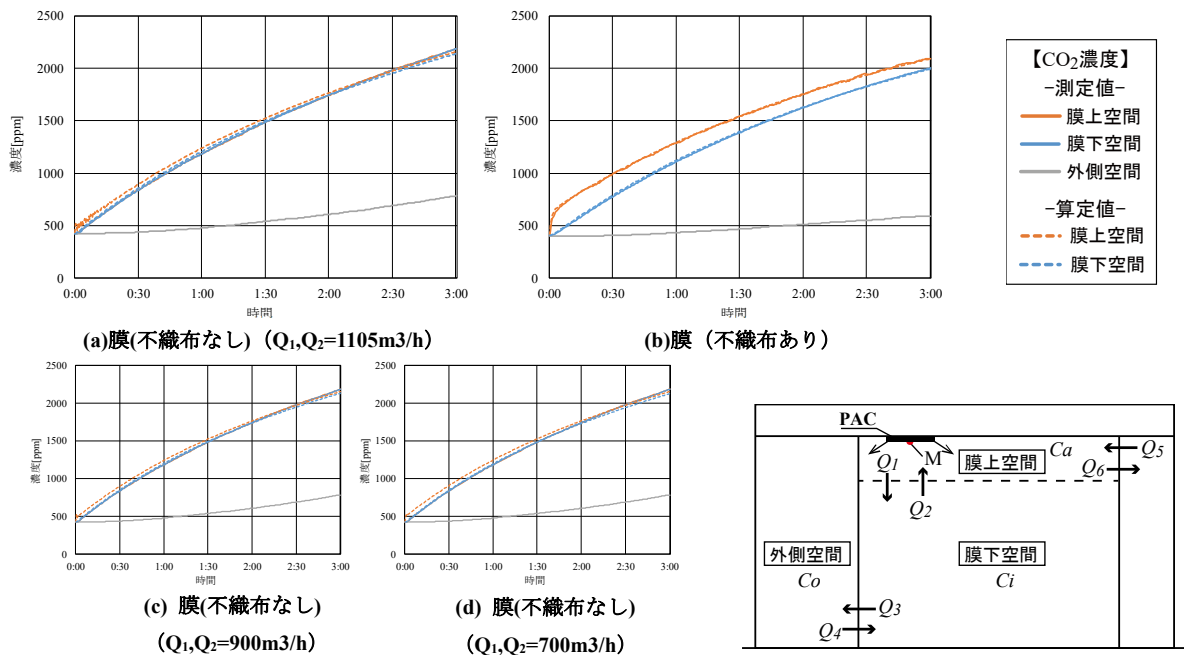
図 2 CO₂濃度経時変化 (Case1)

図 3 交換空気量算定の概要図

算定結果を表1に示す。膜(不織布なし)条件においては、図2(c),(d)に示すように、 Q_1 , Q_2 に任意の流量を与えても、算定グラフにはほぼ差が無く、解の持つ精度が低い、次報で参考値として利用するため算定流量を示した。

Case 1(PAC風量: 1016m³/h)とCase 3(PAC風量: 712m³/h)を比較すると、PAC風量と Q_1 , Q_2 が概ね等しい割合で減少しており、PACのファン動力が交換空気量に与える影響は大きいと考えられる。

4.まとめ

本報では、PACを用いた膜天井放射空調方式において、膜の条件を変えた実験を行い、室内の温熱環境特性、膜の交換空気量に関する知見を得た。

放射効果は、膜(不織布あり)条件では膜の冷放射による冷房効果が期待できることを確認し、膜(不織布なし)条件では対流成分による熱処理の割合が大きいと示唆される。

【記号表】Ca: 膜上空間 CO₂ 濃度 [-] Co: 外側空間 CO₂ 濃度 [-]

Va: 膜上空間体積 [m³] Δt: 測定間隔 [h] Ci: 膜下空間 CO₂ 濃度 [-]

M: CO₂ 発生量 [m³/h] Vi: 膜下空間体積 [m³]

【謝辞】本研究は大阪大学との共同研究であり関係者各位に謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 安江楽人、山中俊夫、小林知広、袁継輝、崔ナレ、前田龍紀、上村英美子、新宮浩丈:PACを用いた膜天井放射空調における室内環境特性に関する研究(その12)膜の通気抵抗が冷房時の室内鉛直分布に与える影響、日本建築学会研究報告書、2020.9 掲載予定
- 2) 新宮浩丈、山中俊夫、小林知広、袁継輝、崔ナレ、前田龍紀、蔵永真理、上村英美子、小林佑輔、中野諒:PACを用いた膜天井放射空調における室内環境特性に関する研究(その7)小型軸流ファンによる膜上下交換換気の効果検証、日本建築学会研究報告書、2019.9

*1 株式会社竹中工務店

*2 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

*3 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

*4 豊橋技術科学大学 建築・都市システム学系

*5 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

*6 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻

教授・博士(工学)

准教授・博士(工学)

助教・博士(学術)

特任助教

博士前期課程

Takenaka Corporation

Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng

Associate Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University, Dr. Eng

Assistant Prof., Dept. of Architecture and Civil Eng., Toyohashi University of Technology, Ph.D

Specially Appointed Assistant Prof., Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University

Graduate Student, Division of Global Architecture, Graduate School of Engineering, Osaka University