

PAC を用いた膜天井放射空調の冷暖房性能に関する研究

(その 17) 暖房時立ち上がり運転における室内熱環境の経時変化に関する研究

Cooling and Heating Performance of Ceiling Radiant Membrane Air Conditioning System with PAC

(Part17) Transient Status of Indoor Thermal Environment under Starting Time of Heating

○上村 美美子 (大阪大学) 山中 俊夫 (大阪大学)
 小林 知広 (大阪大学) 崔 ナレ (大阪大学)
 前田 龍紀 (竹中工務店) 新宮 浩丈 (竹中工務店)
 安江 楽人 (竹中工務店)

Fumiko KAMIMURA*¹ Toshio YAMANAKA*¹ Tomohiro KOBAYASHI*¹ Narae CHOI*¹

Tatsunori MAEDA*² Hirotake SHINGU*² Rakuto YASUE*²

*¹Osaka University *²Takenaka Corporation

In the previous study, a cooling experiment was conducted, and the heating performance verification is necessary for practical use. Therefore, the purpose of this study is to investigate the heating performance of this air conditioning system in a full scale room and to develop an optimal method of using this system. In order to clarify the indoor thermal environment under starting time of heating, the temperature and the concentration change were measured under several conditions.

はじめに

本研究では、パッケージエアコン(以下、PAC)を用いた膜天井放射空調¹⁾の冷暖房性能の検討を行うことを目的とする。本報では、前報²⁾と同様の実験室において行った暖房性能の検証実験の結果より、立ち上がり時の温熱環境特性・室内濃度変化について報告する。

1. 実験概要

実験室概要、測定概要については前報²⁾と同様である。実験室平面図を Fig. 1, 断面図を Fig. 2 に示す。各測定点を Fig.1, 2 に示す。温度測定点は前報²⁾と同様であり、CO₂ 濃度は CO₂ 濃度計 (T&D, RTR-576) を用いて、P1 ~ P4, P6 で鉛直方向 4 点、膜上 3 点、外側空間の北 1 点・

南 1 点・西 2 点で測定した。測定間隔は全て 30 秒とした。

実験手順としては、実験当日の朝に PAC 暖房運転を開始した。同時に立ち上がり運転時の濃度変化をみるために PAC 吹出し口から CO₂ を発生させ、CO₂ 濃度測定を開始し、発生開始 3 時間後にガス発生を一時停止した。躯体温度を含めた室内温度が定常に達したと判断した後、定常時の濃度変化をみるために、再度 PAC 吹出し口から CO₂ を発生させた。発生 3 時間後にガス発生を終了し、全実験を終了した。常にガス流量はマスフローコントローラにより 1L/min に調節した。Fig. 3 に測定手順の概要図を示す。

実験条件は前報と同様の 9 条件 + ファン条件の計 10 条件である (Table 1,2,3)。

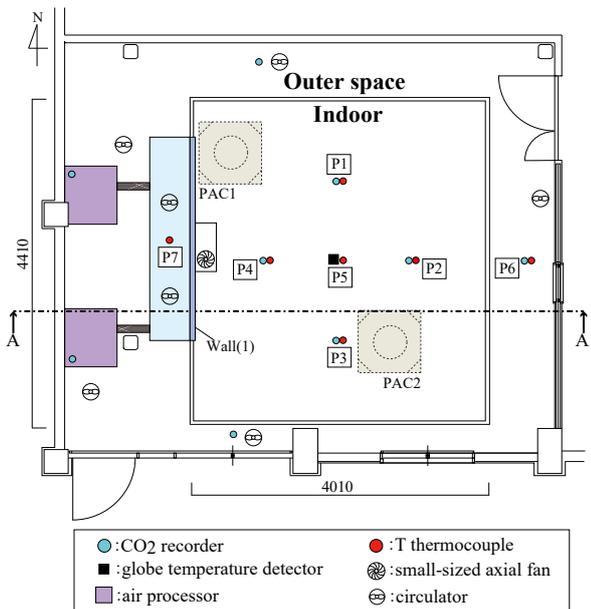


Fig. 1 Plan of experiment room [mm]

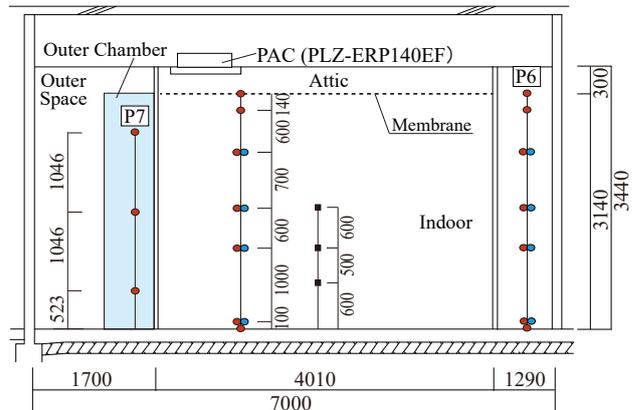


Fig. 2 A-A' cross section [mm]

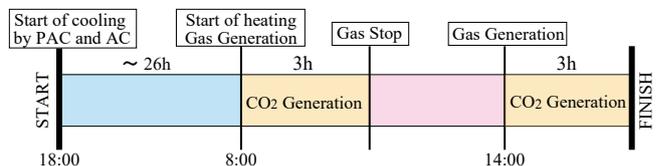


Fig. 3 Experimental procedure

Table 1 The Characteristics of membrane

	Kind of Membrane	Permability [cm ³ /cm ² /s] (Air flow rate at 125Pa)	Materials
CaseMF	Membrane and Fabric	140	Glass fiber, Nonwoven fabric
CaseMO	Membrane Only	452	Glass fiber
CasePO	PAC Only	-	-

Table 2 Set temperature in each case

	Preset Indoor Temperature [°C]	Outer Chamber Temperature [°C]	Temperature difference between PAC and OC [°C]
Case1	28	8	20
Case2	22	8	14
Case3	22	14	8

Table 3 Conditions of experiments

Condition	
Airflow Rate of PAC [m ³ /h]	1016+1002
Angle of supply [°]	60
Total Heat Generation [W]	0

2. 実験結果

2.1 温度経時変化

Fig. 4 に各膜条件の Case1 における、暖房運転開始から 4 時間後までの温度経時変化を示す。温度が周期的に変動するハンチングが発生した。これは、膜があることにより、膜上に到達する暖房負荷に対し、機器容量が過剰になるためと考えられる。ハンチング周期は Case MF のみ 20 分と長く、他の Case MO, PO は概ね 10 分程度であった。これは Case MF は最も膜の通気抵抗が大きい条件であり、暖房負荷となる冷気が膜下空間に溜まっているためと考えられる。ハンチング周期が短いほど多くの熱が処理できていると考えられることから、膜

の通気性が良いほど、暖房効率は向上すると考えられる。また、膜下温度の変化を膜条件間で比較すると、Case MF では緩やかに温度上昇し、4 時間後も PAC 設定温度に到達していない。一方で Case MO, PO では、温度が急激に上昇し、PAC 吹出し温度・吸込み温度と連動して温度変化しながら、4 時間後には PAC 設定温度に近い温度になった。これより、膜の通気性が立ち上がり時間に及ぼす影響は大きいことが考えられる。Case MF でファンを稼働し、膜上の暖気を強制的に膜下へ降ろすと、4 時間後の膜上下の温度差が Case MF よりやや小さくなった。これより、ファン稼働が立ち上がり時間の短縮に繋がる可能性が示唆された。

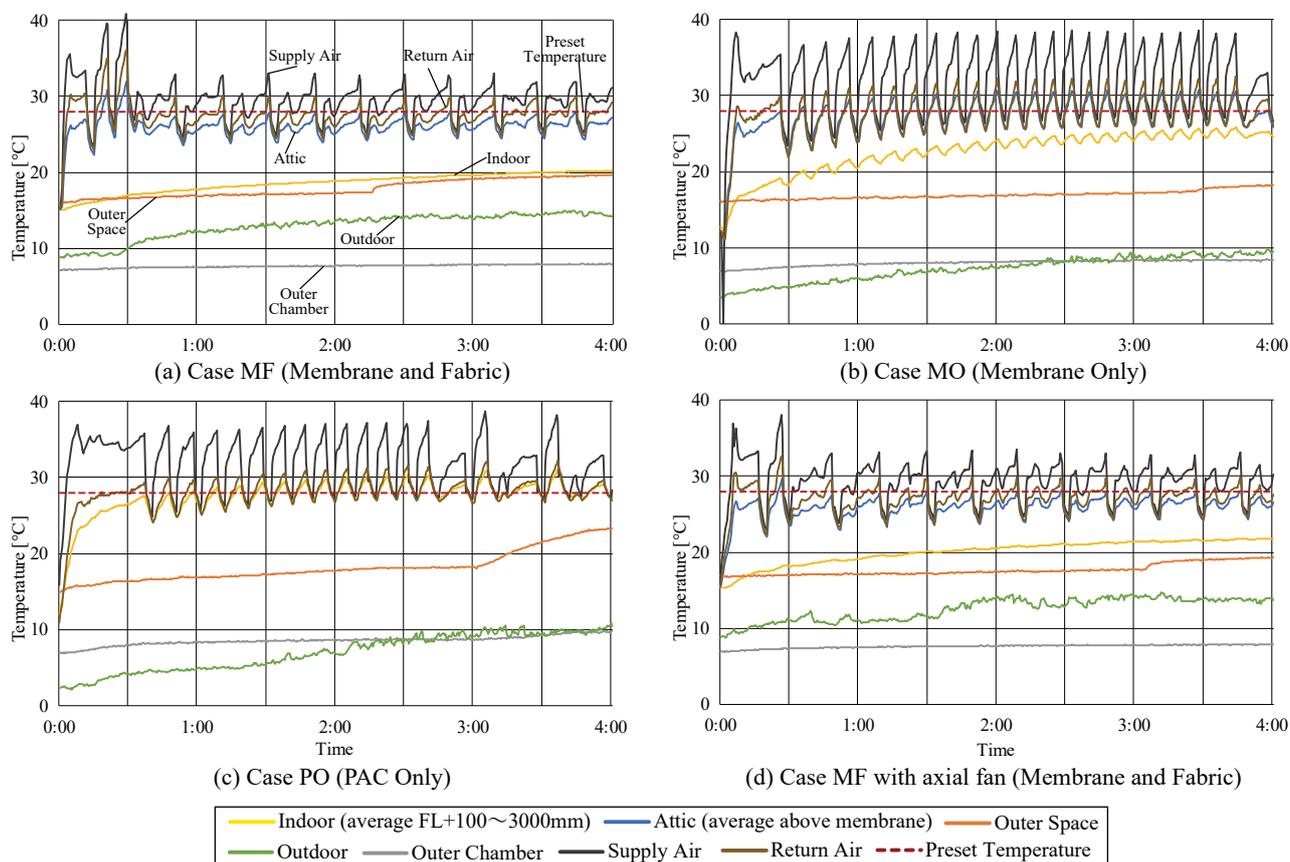


Fig. 4 Change of temperature (Case 1)

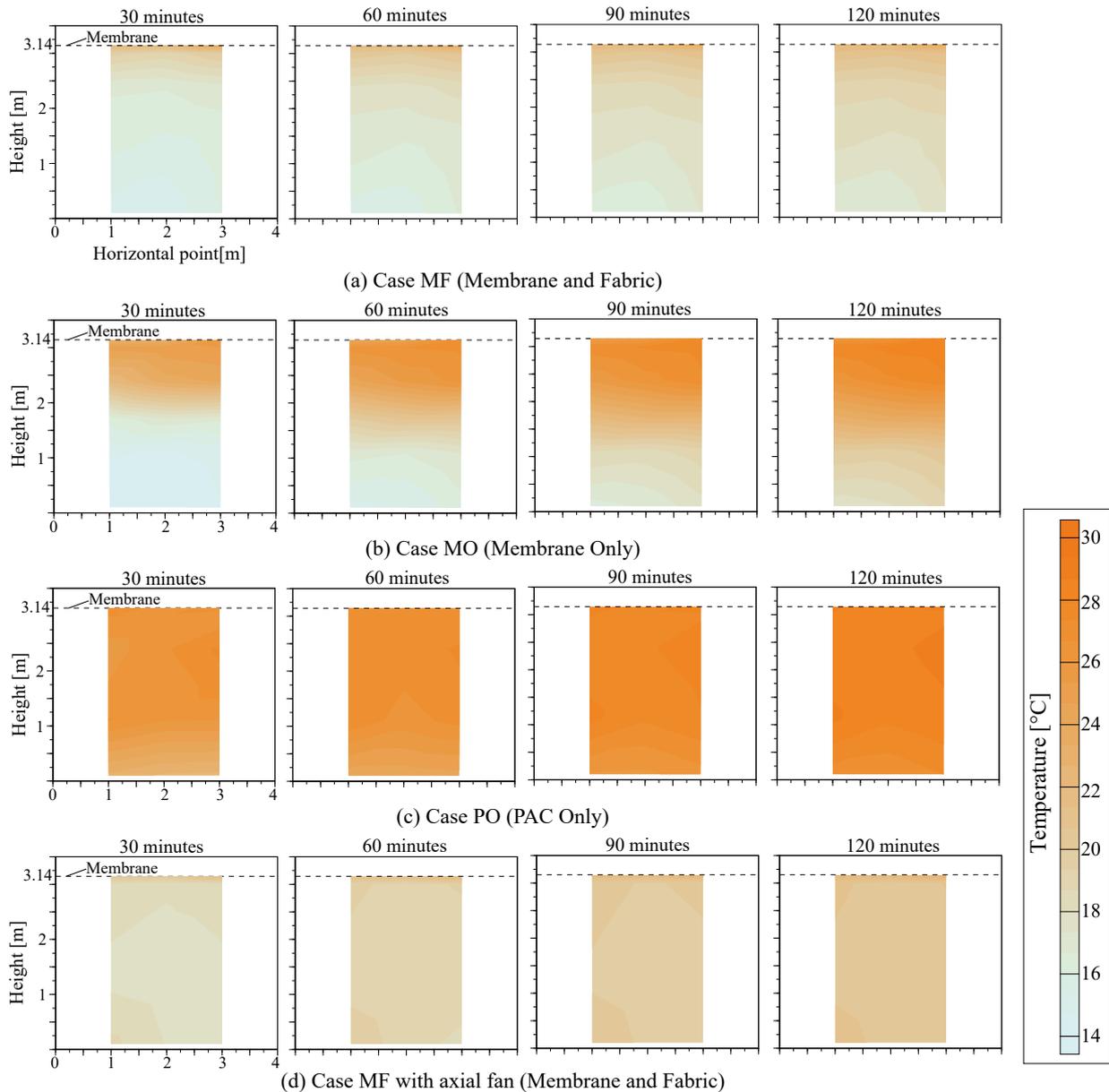


Fig. 5 Vertical distribution of temperature (Case 1)

2.2 温度分布

Fig. 5 に温度分布図を示す。分布図範囲は断面図 Fig. 6 に橙色の四角で示し、P2, P4, P5 の温度測定結果を用いた。立ち上がり時の検討をするために、PAC 暖房運転開始後の 30, 60, 90, 120 分後でのハンチング 1 周期分を平均した結果を示す。

Case MF, MO 共に、室上部から下部の順に温められていることがわかる。また、図中の左壁面に暖房負荷となる冷却壁面があるため、室下部では右側より左側の温度が低いことがわかる。膜の条件間で比較すると、120 分後時点での Case MF は、膜直下では温度上昇しているが、室下部までは温められておらず、PAC 設定温度に達するまでには更に時間を要すると考えられる。一方で Case MO では、色の変化から Case MF よりも室下部まで暖気が降りていることがわかるが、室上下での温度差が大きい点も見受けられた。Case PO, MF-ファンでは室

温は異なるものの室全体が均一に温められた。以上より、膜設置により室全体の暖房には時間を要すること、及びファン稼働により素早く温度ムラの小さい環境の実現に繋がることが示唆される。

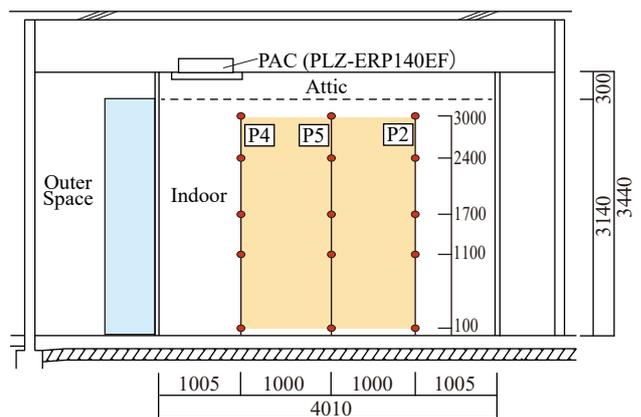


Fig. 6 Cross section [mm]

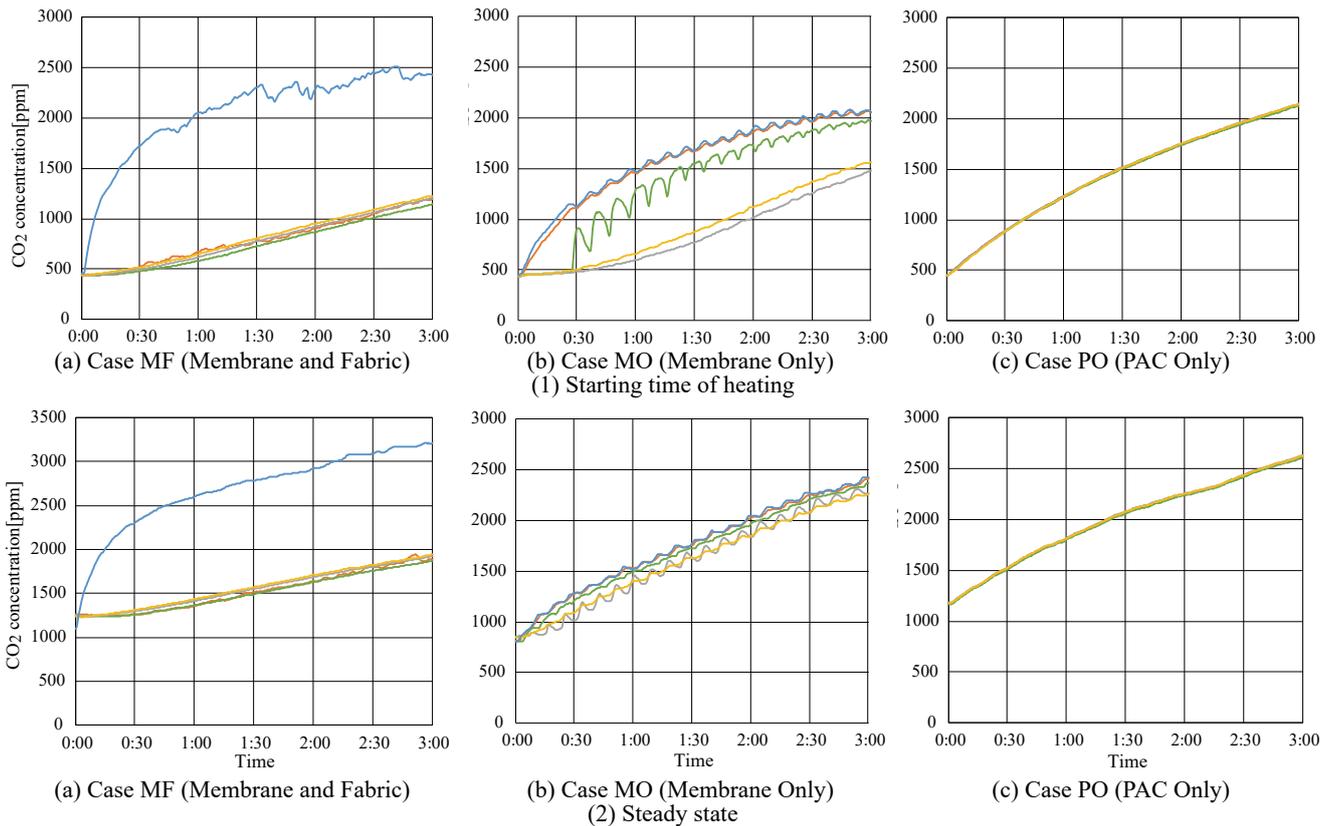
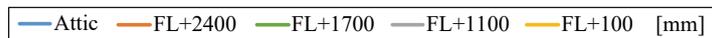


Fig. 7 CO₂ concentration change (Case 1)



2.3 CO₂ 濃度の経時変化

Fig. 7 に各膜条件での Case1 の CO₂ 濃度経時変化を測定高さごとに平均し、(1) 立ち上がり時、(2) 定常時に分けて示す。膜条件間で膜上下の濃度差を比較すると、CasePO < MO < MF の順で濃度差が小さくなっており、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。2.1 温度経時変化の項と併せて比較すると、Case MF, MO で膜上下濃度差が大きいと暖気が膜下空間に行き渡らず、膜上下の温度差も大きくなると考えられる。次に、立ち上がり時と定常時で比較すると、Case MO では立ち上がり時より定常時の方が濃度差が小さく、時間経過と共に膜上下の空気が混合され、膜下空間に暖気が降りたことが示唆される。一方で Case MF では、立ち上がり時と定常時で膜上下濃度差に変化はなく、依然として大きい結果となった。これより、膜の通気性が良いほど膜を通じた交換空気量が大きくなり、膜上下濃度差は小さくなるのがわかる。

Case MF 立ち上がり時では、測定高さ 100 > 1100 ≒ 2400 > 1700mm の順に濃度が高くなった。これより、冷却面由来の下降気流と混合した暖気が、逸早く室下部に到達した可能性が示唆される。同様の現象が Case MO の立ち上がり時でもみられ、測定高さ 2400 > 1700 > 100 > 1100mm の順に濃度が高く、室上部 2400, 1700mm では膜上からの暖気、室下部 1100, 100mm では冷却面に

沿った下降気流由来で濃度変化したことが考えられる。

3. 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、膜条件を変えた実験を行い、暖房立ち上がり運転時において、以下のような知見を得た。

- (1) 膜の通気性が立ち上がり時間に及ぼす影響は大きい。
- (2) ファン稼働により、立ち上がり時間の短縮と温度ムラの小さい環境の実現に繋がる可能性が確認された。
- (3) 膜の通気性が良いほど膜を通じた交換空気量が大きくなり、膜上下濃度差・温度差は小さくなる。
- (4) Case MF では膜を通じた交換空気量は大きくないものの、冷却面由来の下降気流により、室下部に逸早く早く暖気が到達する。

今後は実用化に向け、換気設備併用の実大実験を行い、最適な膜選定についての検討を進めていく所存である。

【謝辞】

本研究は、(株)竹中工務店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) 蔵永真理, 北風晴都, 山中俊夫, 甲谷寿史, 前田龍紀, 中野諒: PAC を用いた膜天井放射空調の冷暖房性能に関する研究 (その 1) ~ (その 5), 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文, pp409-420, 2018.9
- 2) 安江楽人, 山中俊夫, 小林知広, 崔ナレ, 前田龍紀, 上村美美子, 新宮浩丈: PAC を用いた膜天井放射空調の冷暖房性能に関する研究 (その 16) 暖房時において外皮負荷が定常時室内熱環境に及ぼす影響, 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, 2021.6 掲載予定