

大学講義室内における置換換気性能に関する研究
(第7報) 実測による在室者の着席パターンが室内温度・濃度分布に及ぼす影響

Performance of Displacement Ventilation in a University Lecture Hall

(Part7) Effect of Occupation Pattern on Distribution of Air Temperature and Contaminant Concentration on Field Measurement

○学生会員 小森 美晴 (大阪大学) 技術フェロー 山中 俊夫 (大阪大学)
正 会 員 小林 知広 (大阪大学) 正 会 員 崔 ナレ (大阪大学)
学生会員 Essa Aya (大阪大学) 学生会員 石川 慎之助 (大阪大学)

Miharu KOMORI^{*1} Toshio YAMANAKA^{*1} Tomohiro KOBAYASHI^{*1}

Narae CHOI^{*1} Aya ESSA^{*1} Shinnosuke ISHIKAWA^{*1}

^{*1} Osaka University

In recent years, with the spread of the new COVID-19, attention has focused on highly efficient ventilation methods. This research focuses on displacement ventilation methods that can achieve both ventilation efficiency and energy efficiency, with the ultimate goal of establishing design guidelines. In this paper, the effects of seating patterns of occupants on room air temperature and contaminant concentration distribution were studied in a lecture room with displacement ventilation. The results show that the contaminant concentration is relatively low except at points close to the contaminant source position, suggesting the effectiveness of the displacement ventilation system.

はじめに

近年の新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、高効率な換気手法に注目が集まっており、本研究では換気効率と省エネ性を両立できる置換換気方式に着目する。しかし、現在日本では実際に置換換気を導入した事例は少なく、建物の断熱性や外界条件などの建物条件を含めた設計手法は確立されていない。そこで本研究では、置換換気が導入された講義室を対象とし、実測とCFD解析を行い、課題点の抽出と設計ガイドラインの確立することを最終目的としている。既報¹⁾ではCFD解析を用いて、在室者の着席パターンが室内温度・濃度分布に及ぼす影響について検討を行っているが、本報では実際に置換換気が導入された講義室において実測を行い、同様の検討を行った結果について報告する。

1. 実測概要

1.1 講義室概要

実測は2022年3月13日から1月14日の期間に、本学新箕面キャンパスの中講義室で行った。空調機は全外気運転、送風モードに設定した。換気方式は図1に示すよう、北・東・西側の天井上部から給気され、ふかし壁下部から開口率39.27%のパンチングパネルを通して室内に流入し、天井の排気口から排気される。

表1 給排気量

		流量 [m ³ /h]
給気	北側	1653
	東側	3170
	西側	3307
排気	Outlet-1	3067
	Outlet-2	1566
	Outlet-3	3402

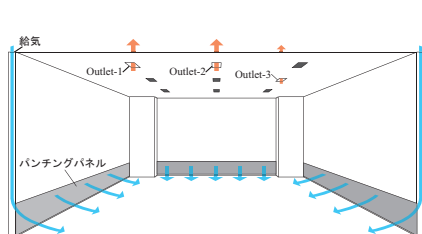


図1 講義室の空調概要図

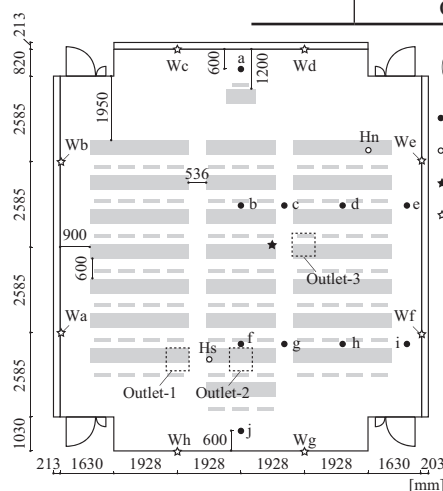
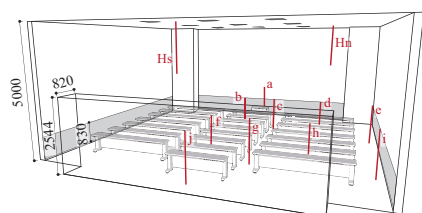
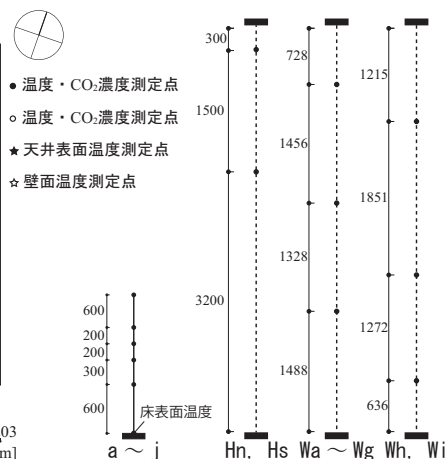


図2 講義室概要



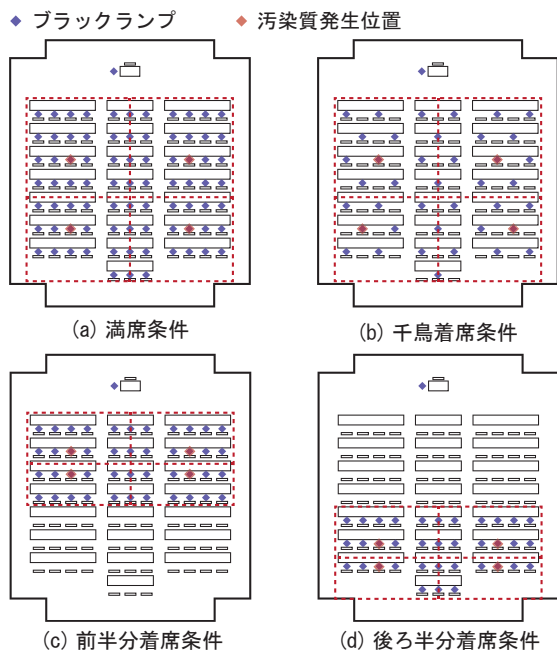


図3 着席パターン

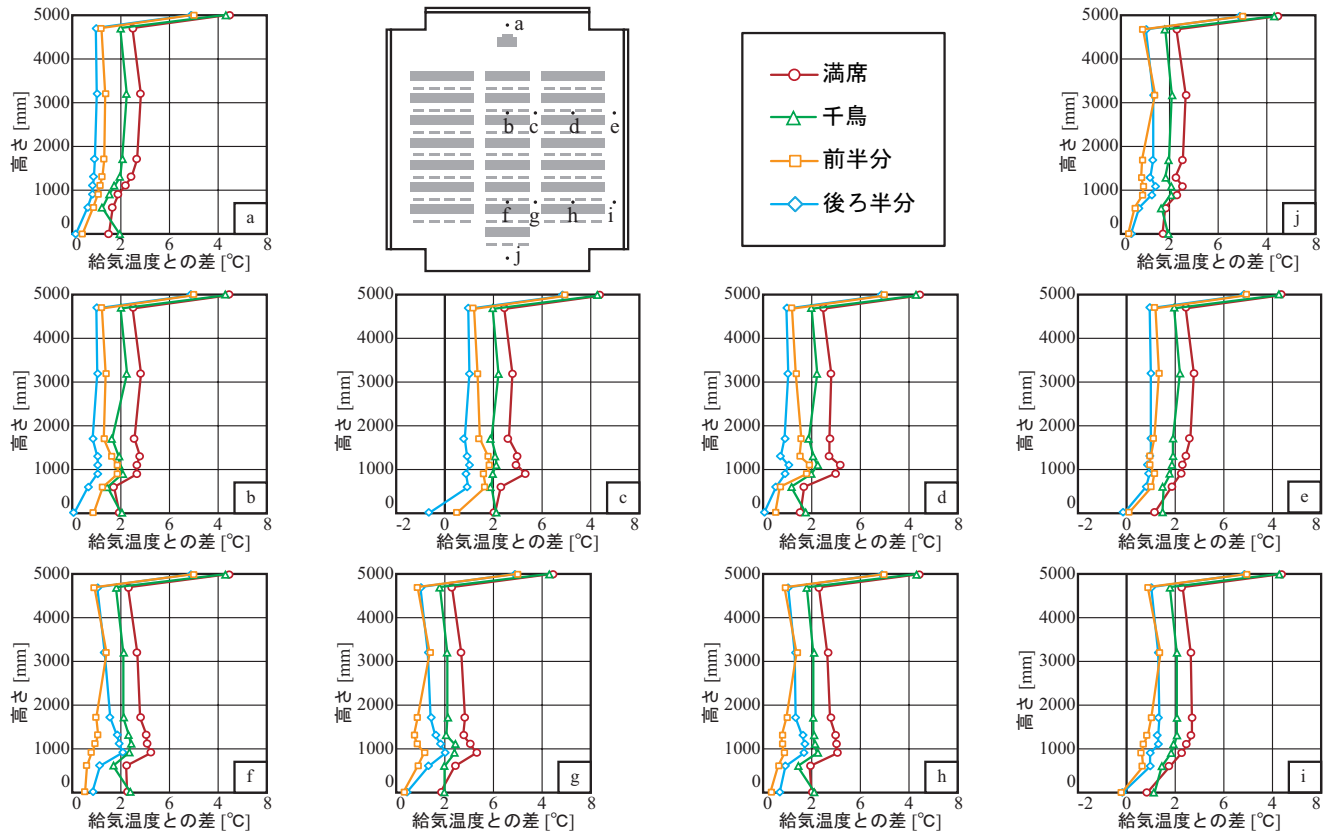


図5 鉛直温度分布の結果

今回行った運転モードでは9つの排気口の内、3つが稼働する(図1参照)。今回の運転モードにおける、各ディフューザー・排気口の給排気量を表1に示す。講義室の概要を図2に示す。対象室内には学生用の席が80席と、教師用の席が1席設置されている。人体発熱として60W/個のブラックランプを使用し、着席した学生は各席の机にクリップで固定し、立位教師は床から1300mmの高さに設置して再現した。空調性能のみの評価を行うため、照明は消して測定を行った。

表2 各条件の測定日時

測定条件	測定日時
満席条件	3/15 14:20 ~ 17:15
千鳥着席条件	3/17 13:20 ~ 16:20
前半着席条件	3/16 9:25 ~ 13:30
後半着席条件	3/16 13:45 ~ 17:15

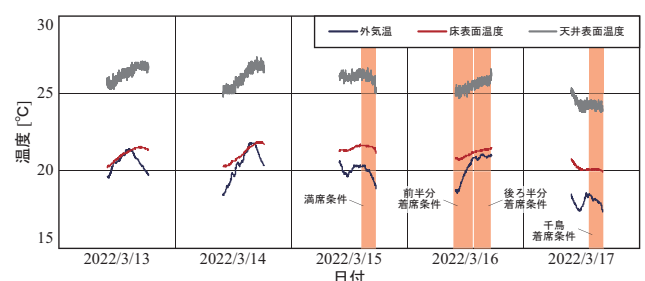
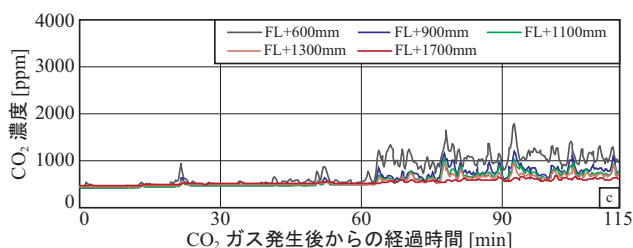


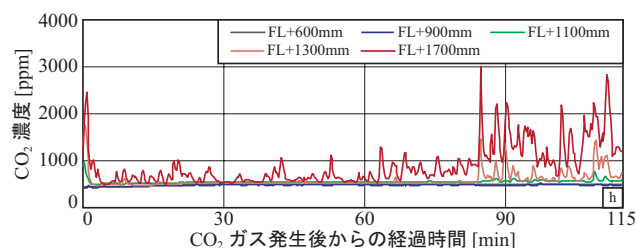
図4 測定期間中の外気温度・天井表面温度・床表面温度の変動

1.2 測定条件と測定概要

ブラックランプの配置を図3の4条件に変えて測定を行った。汚染質は図3に示す位置から1つあたり10NL/minのCO₂を25~35℃で発生させた。鉛直温度・CO₂濃度分布の測定はCO₂・温度データロガー(RTR-576、(株)T&D)を用いて、図2の点a~jにおける、各点鉛直方向6点と、点Hn、Hsにおける各点鉛直方向2点において、測定間隔15秒で行った。壁面温度は点Wa~Wiの各点鉛直方向3点において、K型熱電



(a) pole c



(b) pole h

図6 CO₂発生後からの濃度時間変化（満席条件）

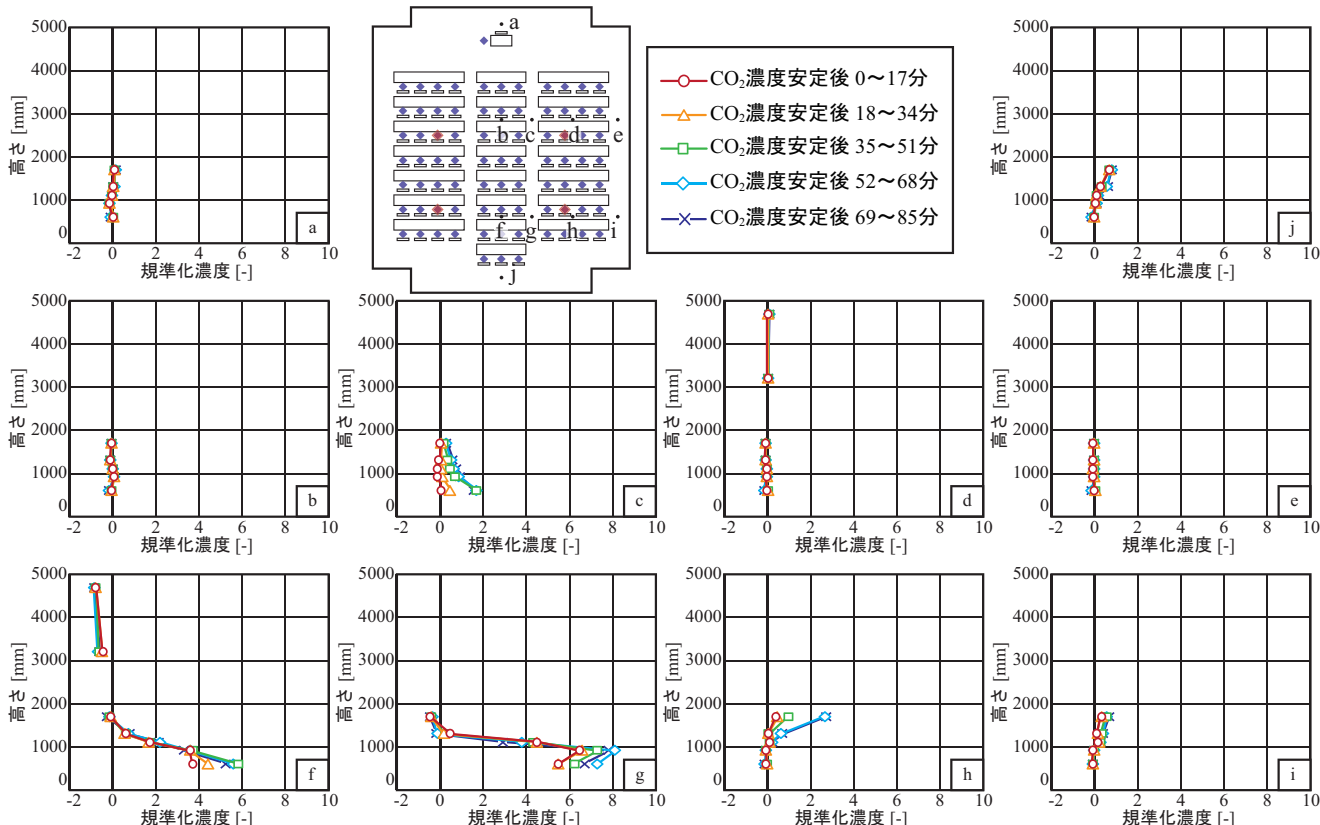


図7 CO₂濃度安定後の濃度時間変化（満席条件）

対を用いて、測定間隔1分で測定した。天井表面温度は天井中央付近において（図2参照）、放射温度計（IT-480F、（株）堀場製作所）を用いて放射率0.95、測定間隔1分で測定した。給排気温度はK型熱電対を用いて測定間隔1分で測定し、また、給気のCO₂濃度はCO₂濃度測定器（GM70PUMP、ヴァイサラ（株））、排気のCO₂濃度はCO₂データロガー（RTR-576、（株）T&D）を用いて測定間隔15秒で測定した。条件間の比較の際、評価には温度・濃度の定常後30分間の平均値を用いた。

2. 測定結果

2.1 鉛直温度分布

図5に各条件における、各点の温度及び天井・床面温度と、給気温度との差の鉛直分布を示す。なお、点Hnで測定した値は点a～eの鉛直分布、点Hsで測定した値は点f～iの鉛直分布とした。図5において、満席条件が全体的に最も温度が高い点、講義室前部であ

る点a～eでは後ろ半分着席条件に比べて前半分着席条件の方が全体として温度が高くなっている点、講義室後部である点f～jにおいては前半分着席条件に比べて後ろ半分着席条件の方が全体として温度が高くなっている点から、ブラックランプの分布による影響が見られた。また千鳥着席条件は、前半分着席条件・後ろ半分着席条件と配置したブラックランプの個数とほぼ同じにも関わらず、前半分着席条件・後ろ半分着席条件よりも全体として高い温度分布の結果が得られた。原因として、千鳥着席条件の測定日の外気温が低く（表2、図4参照）、他の条件と比べて外気温と躯体温度との差が大きかったことが考えられる。

2.2 鉛直濃度分布の時間変動

全条件において、いくつかのポールで図6のようなCO₂濃度の大きな時間変動が見られた。そこで図7に示すように、CO₂濃度が定常化する35分後から、17分間ごとに平均値を算出し評価を行った。図7から、満席条件においては、汚染質発生位置に近い点c、g、h

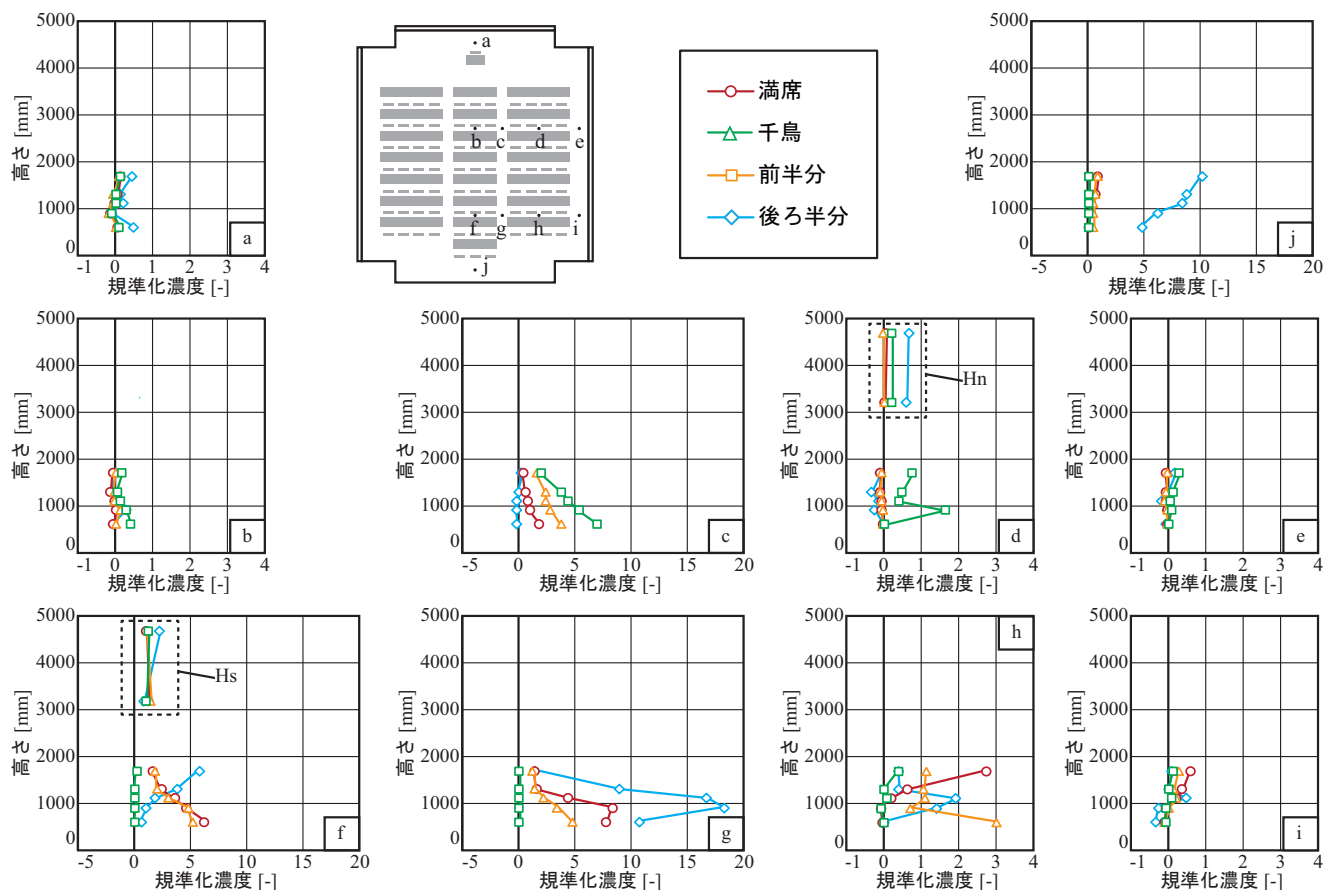


図8 鉛直濃度分布

で大きな濃度変動が見られ、他の条件においても同様に汚染質発生位置に近い点で、大きな濃度変動が見られた。原因として、CO₂ ガスの発生量が多く、上昇気流に乗らず下降した可能性があると考えられる。

また、点 f では汚染質発生源から離れているにもかかわらず高い濃度が見られ、発生した汚染質がディフューザーからの吹出気流によって、講義室中央まで拡散したと考えられる。

2.3 鉛直濃度分布の条件間の比較

図8に各着席条件における鉛直濃度分布の結果を示す。全ての条件において、机の間の通路部分である点 c、g で高い汚染質濃度が見られた。通路には発熱源を設置しておらず上昇気流が発生しないため、通路に流れたCO₂ ガスがそのまま停滞したと考えられる。

また、前半分着席条件と後ろ半分着席条件を比較すると、後ろ半分着席条件の時、講義室前部の汚染質濃度は低い、前半分着席条件の時、講義室後部の濃度も上昇した結果となったことから、前から後ろに流れる気流の存在が示唆される。原因として、講義室には北・東・西側の3面のみディフューザーが設置されていることが考えられる。しかし、全条件において、ブラックランプを配置している範囲では、汚染質発生位置に近い点を除いて、比較的低い汚染質濃度となっており、置換換気の有効性が示唆される。

おわりに

本報では実際に置換換気が導入された講義室において、在室者の着席パターンが室内温度・濃度分布に及ぼす影響について検討を行った。得られた知見を以下に示す。

- ・温度：各着席条件において、ブラックランプの配置に応じた温度分布が見られたことが判明した。
- ・濃度時間変動：汚染質発生位置に近い点で濃度の大きな時間変動が見られた。また、発生した汚染質がディフューザーからの吹出気流によって講義室中央まで拡散し、高い汚染質濃度が見られた。
- ・各着席条件の濃度分布：全ての条件において、通路部分で高い汚染質濃度が見られた。また全条件において汚染質発生位置に近い点を除いて比較的低い汚染質濃度が見られ、置換換気の有効性が示唆された。

今後はCFD解析を行い、給気方法の違いが室内温度・濃度分布に及ぼす影響について検討を行う予定である。

謝 辞

本研究はダイキン工業株式会社との共同研究であり、関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) A. Essa, T. Yamanaka, T. Kobayashi, N. Choi : Performance of displacement ventilation in a lecture hall — Effect of occupation pattern on distribution of temperature and contaminant concentration, 2021, 3, The Society of Heating, Air - Conditioning and Sanitary Engineers of Japan