

# 気流可視化による机上にヒーターを設置した熱気流システムの 換気効果検証

## Verification of Ventilation Effectiveness of Heated Airflow System with Heater on Desk using Airflow Visualization

R&D センター	酒井 英二 EIZI SAKAI
R&D センター	小島 千里 CHISATO KOJIMA
設備部	紺野 康彦 YASUHIKO KONNO
設備設計部	菰田 裕士 HIROSHI KOMODA
カーボンニュートラル推進部	池原 基博 MOTOHIRO IKEHARA

屋内での新型コロナウイルス感染症の飛沫感染を防ぐために、パーティション (PT) が使用されている。しかし PT を設置すると、机上に汚染質を滞留させ室内換気に悪影響を与える可能性がある。この問題を軽減するために、筆者らはヒーターを使用して上昇気流を誘導する熱気流システムを開発した。本システムの換気効果の検証を目的に、気流の可視化と汚染質量の測定を行った。測定では、汚染質発生源を机上に設置し、室内給気方式を置換換気として、PT とヒーターの組み合わせ 4 種類を行った。その結果、PT だけでは机面上における汚染質の濃度が悪化するが、ヒーターを設置することで机面上に上昇気流が発生し、汚染質の排気が促進されること、また PT とヒーターを設置することで汚染質の排気が一層促進されることも分かった。

**キーワード:** 新型コロナウイルス, 換気効果, 気流可視化, ヒーター, パーティション

Partitions (PT) have been used to prevent the droplet transmission of COVID-19 indoors. However, these PT may interfere with indoor ventilation by allowing pollutants to remain on desks. To mitigate this issue, a heated airflow system has been developed using line heaters to induce an upward airflow. To verify the ventilation effectiveness of this system, airflow visualization and pollutant amount measurements were conducted. A pollutant source was placed on a desk within a room equipped with a displacement ventilation system, and four combinations of PT and heater setups were investigated. The results indicated that PT alone increases pollutant concentrations on the desktop, whereas the installation of a heater, which creates an upward airflow, enhances the exhaust of pollutants. Additionally, the combination of PT and heater installation was found to further promote pollutant exhaust.

**Key Words:** COVID-19, Ventilation effectiveness, Airflow visualization, Heater, Partition

### 1. はじめに

新型コロナウイルス感染症対策のひとつとして、人の会話や咳やくしゃみなどの飛沫防止効果を目的にパーティションの机上設置が広く行われてきた。しかし、パーティションの設置は、机上に汚染質が滞留し室内換気に悪影響を与える可能性がある。今回開発した熱気流システムは、こうしたパーティションの抱える問題解決を目指して開発してきたものである。既報<sup>1),2)</sup>では、気流解析により換気効率を求め、換気性能の高さを示した。本

報では実験により、気流の可視化と換気効果の検証を行ったので報告する。

### 2. 熱気流システムの仕組み

熱気流システムは、従来のパーティションの設置位置にヒーターなどの発熱体を設置し、その近傍の空気を加熱することにより生じる上昇気流を利用して汚染質の排出を促進する仕組みである。

熱気流システムには、ヒーターをパーティションの下

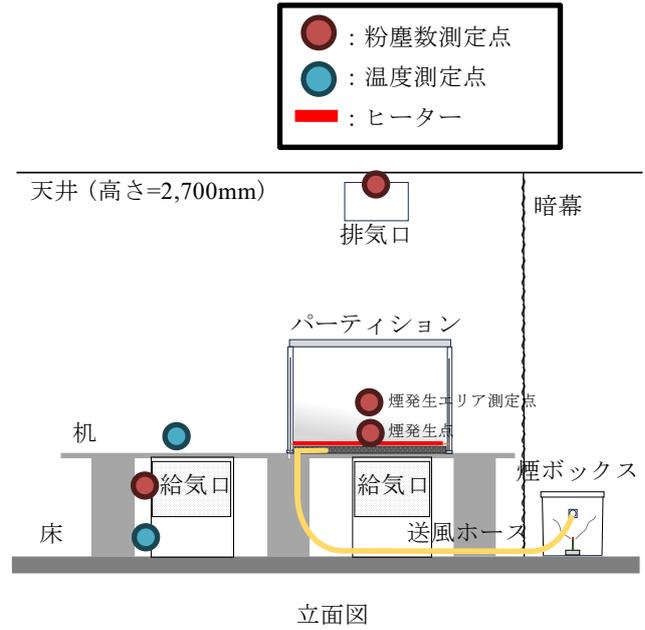
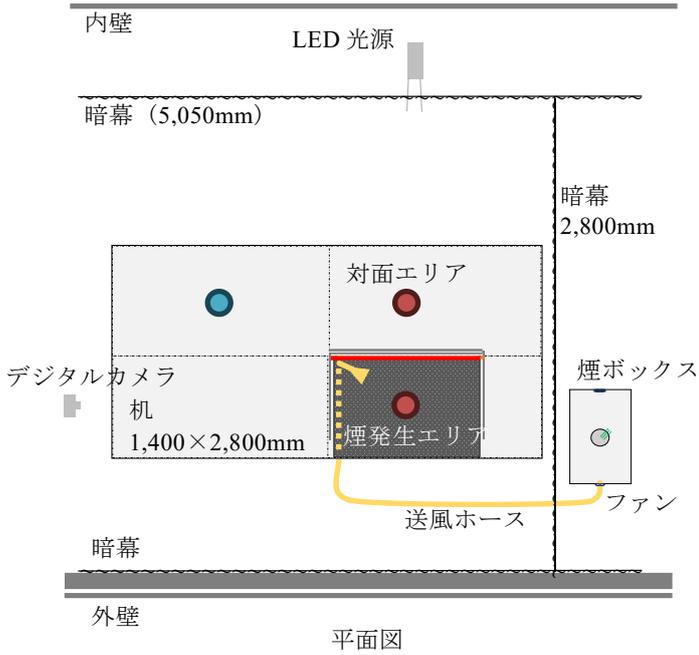


図-1 実験エリア

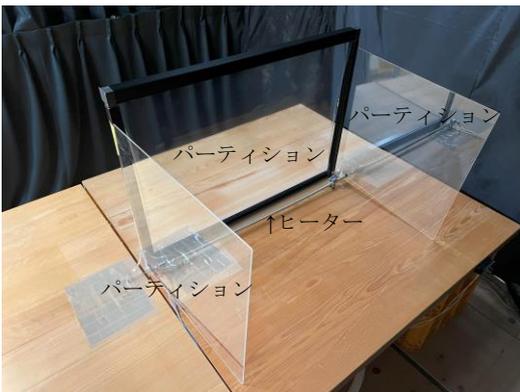


写真-1 ヒーターを設置したパーティション

0分	5分	10分	15分	20分	25分	30分
煙ボックスに煙充填	煙放出部から煙発生	煙発生なし				
実験開始	着火稼働	着火停止				実験終了

図-2 実験1回のスケジュール

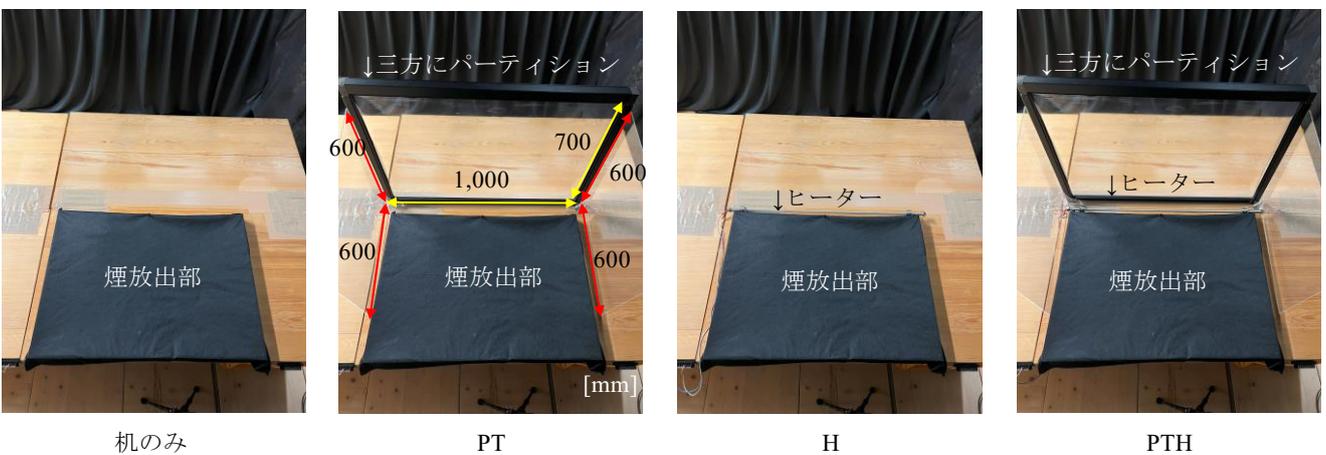


写真-2 実験条件

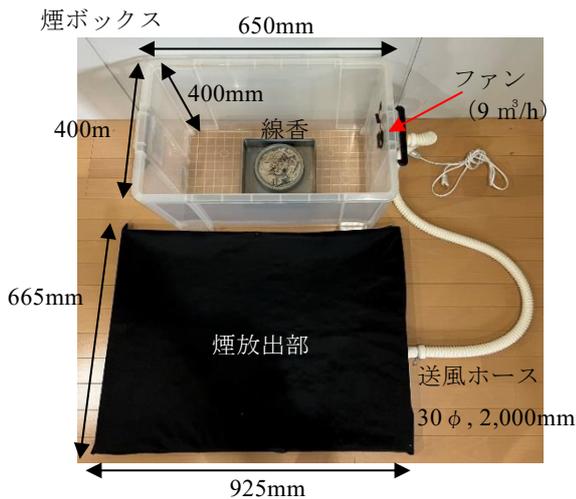


写真-3 煙発生システム

端に設置する方式とパーティションを設置せずにヒーターのみを机上に設置する方式がある。写真-1 は、パーティションの下端にフレキシブル鋼管に入れたヒーターを設置したものである。

### 3. 実験概要

実験では、咳やくしゃみなどの高速で断続的に場が乱れる状況ではなく、呼気による汚染質が滞留している机上空間に着目し、熱気流システムによる汚染質の排出効果を確認すべく、気流可視化と汚染質量の測定による換気効果検証を行った。

#### (1) 実験エリア

実験エリアの構成を図-1 に示す。実験では、可視化を考慮して、机（1,400mm×2,800mm）の周り（2,800mm×5,050mm）を暗幕（高さ 2,700mm）で囲んだ。実験エリア内の給排気（207 m³/h、換気回数約 5.4 回/h）は、既報<sup>1)2)</sup>の気流解析結果からヒーターによる汚染質除去が効率的だと考えられる置換換気を想定し、給気は机の下に全周に給気口のある立方体のチャンバーを 2 台設置（全給気口面積約 1.2 m²）して行い、排気は天井に設置した排気口（200mm×200mm）で行った。

#### (2) 実験条件

実験では、図-1 に示す机上の煙発生エリア（700mm×1,000mm）に、写真-2 に示す設定を行った。設定は、「机のみ」を基本に、パーティションとヒーターの組み合わせとし、PT（パーティション設置）、H（ヒーター設置）、PTH（パーティションとヒーター設置）の計 4 条件とした。パーティションは、写真-2 の正面

（700mm×1,000mm）が透明フィルム製で、左右（600mm×600mm）が亚克力製とした。ヒーターは、シリコンゴムヒーター（2m、25W）を 2 つ折にし、フレキシブル鋼管（15φ、1,000mm）に入れたものを写真-1 のようにパーティション下端に設置した。なお、煙発生エリアとパーティションを境として向かい合うエリアを対面エリアと呼ぶ（図-1 参照）。

#### (3) 汚染質（煙）発生方法

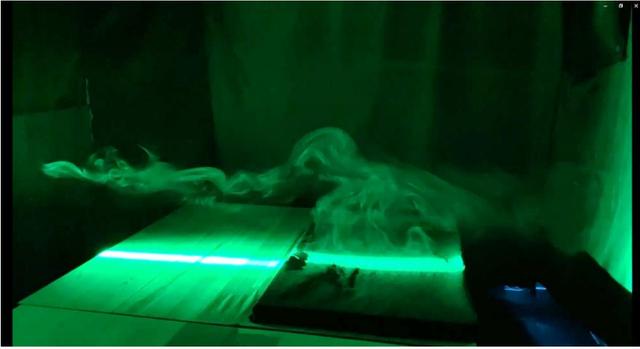
気流の可視化および汚染質量の測定が行え、入手しやすい疑似汚染質として線香の煙を選定した。線香の煙発生時の熱による上昇気流対策および机上に滞留している状況を再現するために、写真-3 に示す煙発生システムを作成した。煙発生システムは、煙ボックス（400mm×650mm×400mm）と煙放出部（665mm×925mm×40mm）を送風ホース（30φ、2,000mm）で繋いでいる。煙放出部から離れた煙ボックスで線香に火をつけて煙を作ることによって線香の煙発生時の熱の影響を除外する。発生した煙を煙ボックスからファン（9 m³/h）で煙放出部に送り、不織布を張った煙放出部上面全面から秒速 4mm 程度で吹出し、初速を抑えることで、煙を机上に滞留させた。なお、1 条件毎に煙ボックスで線香 6 本に火を着け、煙を発生させた。

#### (4) 測定方法

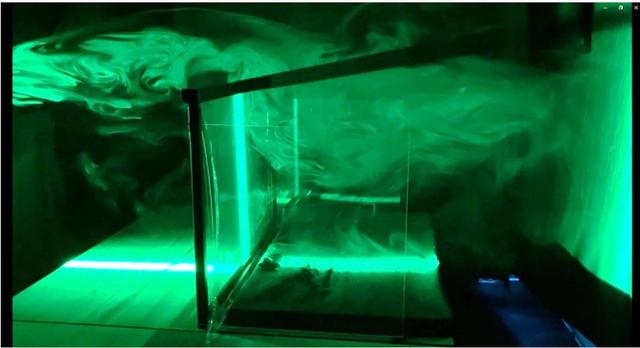
測定点を図-1 に示す。気流可視化実験では、平面図上方の暗幕外から煙発生エリアに LED 光源（パラレルアイ M、新日本空調）からの光を照射することで煙を可視化し、平面図左方からデジタルカメラにて撮影を行った。煙の粉塵数測定実験では、デジタル粉塵計（LD-5R、柴田科学）を用いて 1 秒間の粉塵数（CPM（吸引量 1.7L/分））を測定した。測定点は、「煙発生点（煙放出部上面中央）」と「煙発生エリア測定点（煙発生エリア中央の机上 300mm）」、「対面エリア測定点（対面エリア中央の机上 300mm）」、「排気口」、「給気口」の計 5 点とした。温度は、デジタル温度計（TR-71、T&D）を用いて逐次確認した。測定点は、「机上」と「給気口付近の床上」とした。

#### (5) 実験スケジュール

実験は、気流可視化実験を 4 条件×1 回、煙の粉塵数測定実験を 4 条件×2 回行った。各実験を行う前には、20 分程度扉等を開け実験エリアの換気を行った。実験 1 回のスケジュールを図-2 に示す。煙ボックス内の線香に火を着け、煙ボックス内に煙が充満したと考えられる 5 分後からファンを稼働し煙放出部から煙を 5 分間発生



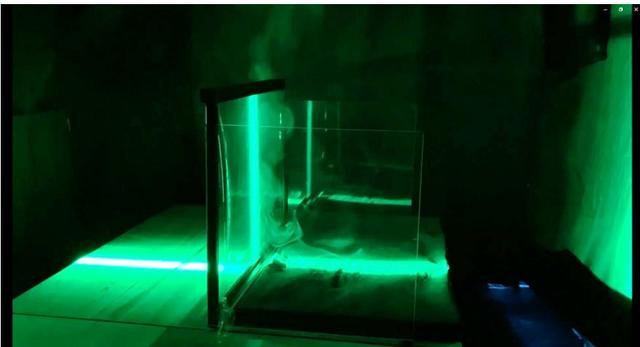
机のみ



PT



H



PTH

写真-4 気流可視化状況

させた。その後、ファンを停止し 20 分間測定を続けた。

#### 4. 実験結果

実験時の温度は、「机上」が 13.0～18.1℃、「給気口付近の床上」が 12.8～16.3℃と若干「机上」の温度が高い状況であった。また、パーティションの有無やヒーターの有無による違いは見られなかった。

##### (1) 気流可視化実験

写真-4に「机のみ」および「PT」、「H」、「PTH」の気流可視化状況を示す。写真は、煙放出部上面全面から煙が発生している状態で、煙発生（ファン稼働）から 2～3 分後の煙の状態が安定したと考えられる時点である。「机のみ」では、煙が煙発生エリア上に 0～30cm 程度の高さまで塊状で存在し、対面エリア上では机上 30cm 程度の高さで層状に漂う様子が確認できた。「PT」では、パーティションにより煙発生エリア上が高濃度になるだけでなく、パーティションがない側に拡散した煙が対面エリア上まで回り込み、パーティションを乗り越えて拡散した煙と合流している様子が確認できた。「H」では、ヒーターによる上昇気流により、周辺の煙が上部へ移動する様子が確認できた。煙発生エリア上では、「机のみ」と同様塊になっている。一方、対面エリア上では煙が確認できない。「PTH」では、ヒーターによる上昇気流がパーティションに沿ってスムーズに煙を上部へ運ぶ様子が確認できた。煙発生エリア上では、「机のみ」や「H」と比較して煙が低い位置に存在している。対面エリア上では「H」と同様煙が確認できない。

##### (2) 煙の粉塵数測定実験

1 秒毎の煙の粉塵数測定は変動を含むため、1 分平均値を測定点毎に図-3 に示す。「煙発生点」の粉塵数は、煙放出部からの発生量の確認を意図して測定したものであるが、2 回目が若干低い値を示した。これは、1 回目と 2 回目を 2 日に分けて行った結果、外乱等の影響で生じたものと考えられる。「煙発生エリア測定点」では、煙発生（ファン稼働）から「PT」の粉塵数が著しく増加した。これは、写真-4 の「PT」の様子からも確認できる。「対面エリア測定点」では、「PT」を除いて「煙発生エリア測定点」と同様の傾向を示した。しかし、写真-4 の「H」の様子から、煙発生エリアと対面エリアの煙の分布状況は異なっているので、煙発生エリアの測定点が煙の塊の上の位置にあったと考えられる。「排気口」では、煙発生（ファン稼働）から「PTH」の粉塵数が著しく増加し、「H」の粉塵数も増加した。これは、写真-

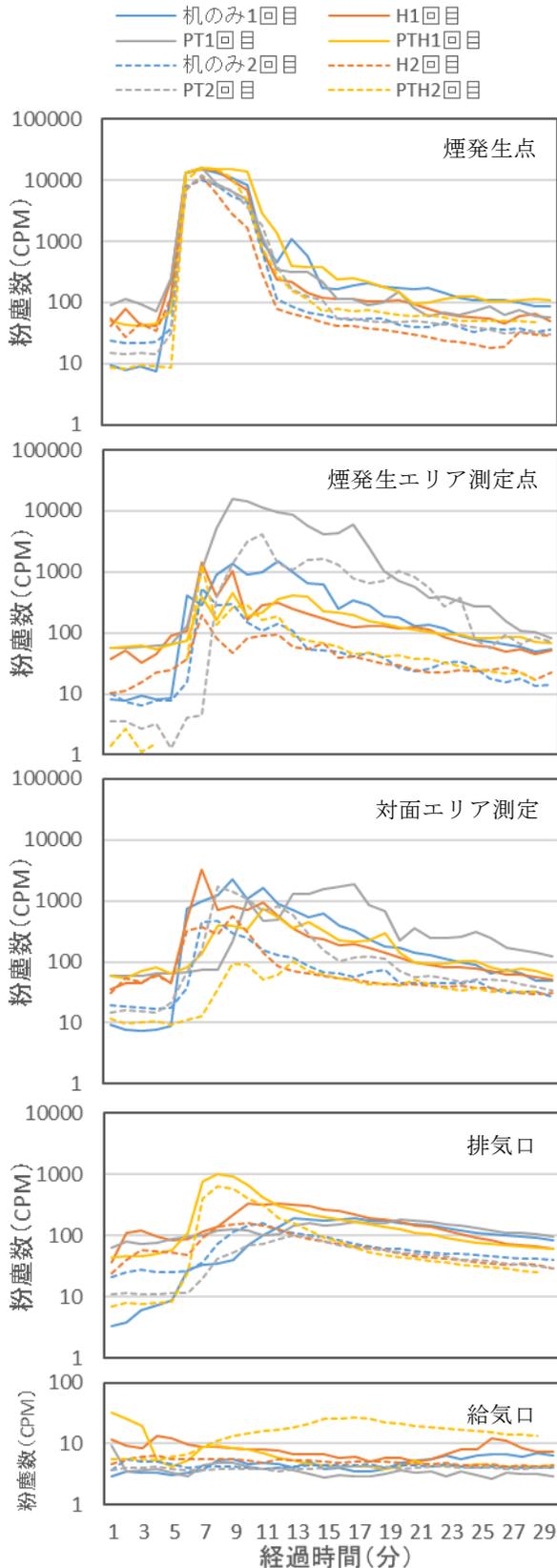


図-3 粉塵数の1分平均値

4の「PTH」と「H」の様子から考えると、「PTH」はヒーターによる上昇気流とパーティションの相乗効果で、「H」はヒーターによる上昇気流で煙が上部排気口へと運ばれて排出されたと考えられる。「給気口」では、「PTH」の2回目が他のデータより高い値を示しているが、最大で27CPMであり、影響は極めて低いと考える。

### 5. まとめ

本報では、咳やくしゃみなどの高速で断続的に場が乱れる状況以外の、呼気による汚染質が滞留している机上空間に着目し、開発した熱気流システムによる汚染質の排出効果を確認すべく、気流可視化と汚染質量の測定による換気効果検証を行った。給気が机の下、排気が天井という置換換気を想定した条件において、以下のような知見を得た。

- ① 机上にパーティションを設置すると机上のパーティションに囲まれた部分の汚染質量の濃度が上昇することについて、可視化と定量化に成功し、パーティションを設置するのみでは課題があることが確認できた。
- ② 机上にヒーターを設置した場合には、パーティションの有無に拘わらず、上昇気流が発生し煙が室外へ排出されていることが確認できた。

### 参考文献

- 1) 紺野康彦, 菰田裕士, 池原基博, 小島千里, 酒井英二: 机上にヒーターを設置した熱気流システムの換気効果に関する解析検討, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, G-28, pp.109-112, 2023.9
- 2) 酒井英二, 小島千里, 紺野康彦, 菰田裕士, 池原基博: 机上にヒーターを設置した熱気流システムの換気効果に関する解析検討, 三井住友建設技術研究開発報告, 第21号, pp.77-83, 2023.10