

# 工場用陽圧換気空調システム

## 到達距離 20m超の「ゾーン空調」と「陽圧外調」で強化する暑熱対策

木村工機株式会社  
齊藤 一成

### 1. はじめに

2025年8月5日、群馬県伊勢崎市で観測史上最高となる気温41.8℃を記録した。この年はその他にも、静岡県静岡市で41.4℃、兵庫県丹波市で41.2℃となり、さらに北海道北見市では39.0℃を記録。全国的に最高気温が40℃に迫るまたは超える時間帯が頻出した。大阪でも35.0℃を超える猛暑日が45日間、30.0℃を超える真夏日は5月22日から10月8日に至る間で102日を数えるなど、実に一年のおよそ三分の一が真夏日を超える年となった<sup>1)</sup>。

年々、夏が長く暑くなる中、2025年6月には労働安全衛生規則（安衛則）が改正され、企業など事業者に対し、熱中症対策が罰則付きで義務化された。今回の改正は暑さ指数WBGTが28℃以上または気温31℃以上の作業環境下において連続1時間以上、または1日4時間を超える作業が対象となる。尚、本改正に先立ち2021年3月には特定化学物質障害予防規則（特化則）が改正され「溶接ヒューム」を特定化学物質として追加、金属アーク溶接作業について全体換気装置による換気の実施等、健康障害防止措置が義務付けられている。

### 2. 工場用陽圧換気空調システムの概要

このような社会背景の中、製造現場では対人として「暑熱対策と換気」が、対製品として「サビやカビの防止」が、経営面では「省エネであること」が強く求められている。当社はこれらの課題に対し、「工場用陽圧換気空調システム（以下：本システム）」

を提案。様々な製造現場の空気環境課題を解決する具体策として推進している。

本システムは“除湿気流の到達距離20m超”を最大特長のひとつとする工場用ゾーン空調機と工場用陽圧外調機からなる大空間向け潜顕分離式空調換気システムである。天井扇を用いた排気主体の従来換気方式に対し、外調機により温湿度調整された外気を供給することで室内を陽圧に保ち、排気を行なう。これにより快適な室内環境による作業効率の向上や快適性の確保、作業域の十分な換気、中間期の外気冷房による外気負荷の低減などに貢献する。尚、熱源方式は熱搬送媒体に水を用いる中央熱源方式とフロン冷媒を用いた個別熱源方式を揃えている（図1）。

#### 2-1. 工場用陽圧外調機

本システムの要である「工場用陽圧外調機（以下：陽圧外調機）」は、冷房時に外気（DB=33℃/WB=28℃）を約DB=16℃RH=95%まで冷却除湿して場内に供給する。工場内の陽圧化により汚染物質を排出し、屋外の高温多湿空気や塵埃の侵入を防ぎ清浄度を保つ役割を持つ。天井扇を用いない「陽圧換気」のほか、溶接ヒュームなど特定化学物質の排気設備と併用することで安全で快適な空気環境を保つことができる。空冷直膨式の陽圧外調機は室外機を2系統に分離する2Way回路を採用している。低負荷時には片側を停止して、きめ細やかな容量制御を行なうほか、ローテーション運転による製品の長寿化



図1. 工場用陽圧換気空調システムの気流テスト

を図っている。真冬の着霜時には2系統の室外機を交互にデフロストして給気温度の極端な低下を抑制する機能を持つ。中間期は外気冷房運転により省エネ運用が可能である。インバータによる風量変更に対応、必要に応じて防火ダンパーを組み込むことができる仕様とした(図2)。

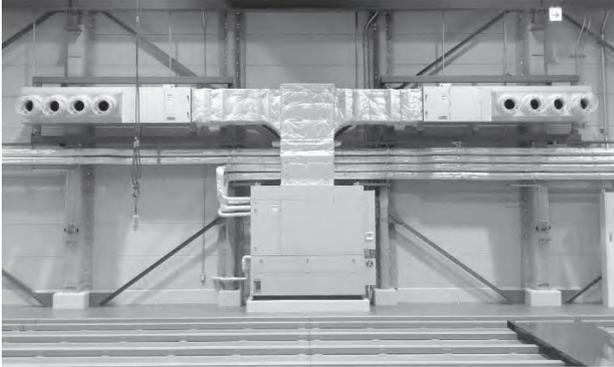


図2. 冷温水式陽圧外調機

## 2-2. 工場用ゾーン空調機

次に工場内の温度調節と工場内で発生した潜熱を除湿する役割を持つ「工場用ゾーン空調機(以下:ゾーン空調機)」について触れる。本システムでは冷房時の室内温度をDB=30°C/RH=60%と定めている。これは工場内外へ頻繁に出入りする製造現場において、冷房温度を下げ過ぎないことによる省エネ

と従業員の身体的負荷の軽減を考慮したものである。尚、DB=30°C/RH=60%時の暑さ指数WBGTは26°Cであり、安衛則改正により熱中症対策が義務付けられたWBGT 28°Cを下回る(図3)。

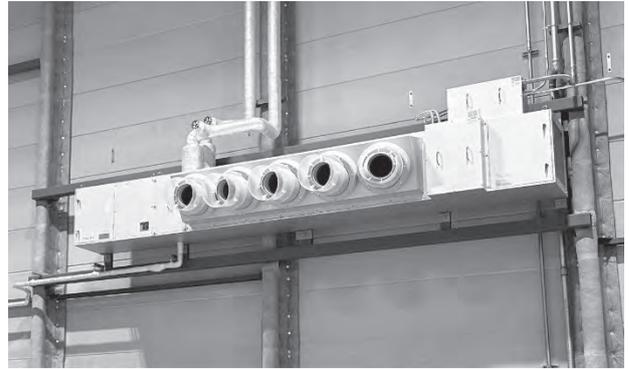


図3. 冷温水式工場用ゾーン空調機

## 2-3. 気流シミュレーション

ゾーン空調機ならびに陽圧外調機はともに“到達距離20m超の除湿気流を広く拡散できる”特長を持つ。図4はゾーン空調機の代表機種である壁面設置型CRV2-6900型を床上3mに設置した際の冷房時気流シミュレーションである。壁面から前方へ20m、高さ1mの居住域における風速は0.5m/s程度を示している。また、横方向には10~15m程度の幅まで涼風が広く拡散していく様子を読み取れる。

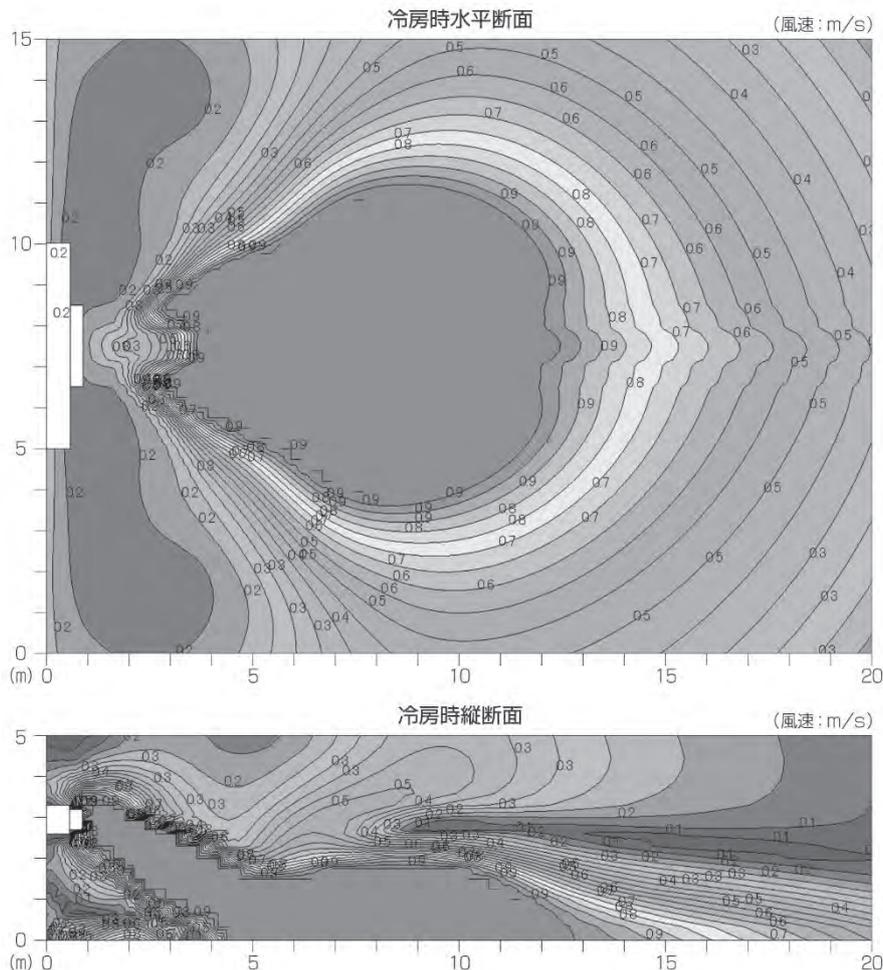


図4. 冷房時気流シミュレーション

## 2-4. 誘引パンカーの効果

“除湿気流の長距離搬送”を可能にしたのは、独自のダクトレス構造設計に加え、結露を防ぎながら低温空気を吹き出す「誘引パンカー」の効果による。このパンカールーバーは発泡成形品に樹脂コーティングを施したものであり、軽量で耐久性や断熱性に優れた設計となっている。最大特長は、付属された誘引リングによって周囲の空気を約 20%誘引する点にある。これにより、リング内側の表面温湿度が周囲と同程度となり、低温空気との直接的な接触を回避して結露を防ぐ。また、周囲に誘引空気層を形成することで低温空気との混合を抑え、冷気を遠方へ搬送する。

尚、ゾーン空調機ならびに陽圧外調機は誘引空気分を省風量化して給気温度を低温化、同等能力時の送風動力を削減する省エネ設計としている（図 5）。

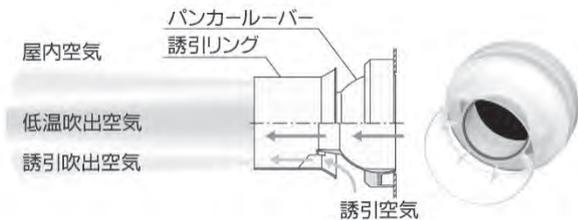


図 5. 誘引パンカー

## 2-5. KD 式空調制御盤

本システムを大規模工場へ設置する際にはゾーン空調機や陽圧外調機、空冷 HP 式熱源チラー（他社製）など各機器の状態監視や運転スケジュールを設定、管理する「KD 式空調制御盤」を提案。空調管理の省力化やシステム全体の省エネ化に貢献する

ものとして開発、機能拡張を進めている。この制御盤には最大 30 台の空調機や外調機が接続でき、グループ登録することにより 930 台まで管理が可能となる。また、工場のみならず事務所に設置した冷温水式うす型空調機や空冷 HP 式熱回収外調機と接続することで「事業所まるごと空調監視&省エネ運用」を実現できる（図 6）。



図 6. KD 式空調制御盤

## 3. 温湿度分布と換気状況の確認<sup>2)</sup>

続いて本システムを導入した弊社高井田工場（大阪府東大阪市）で実施した検証実験より、工場内温湿度と換気状況の経時変化について説明する。図 7 は工場平面図と測定位置を示す。温度は①～⑪で計測し、柱 1 と柱 2 の高さ 1, 2, 3, 4, 5.3m については温度および湿度を計測した。空気の流れを可視化するため線香の煙を使用し、A～F 地点におけるその濃度を測定した。尚、ゾーン空調機①～⑤の設定室温は 27.0°C、場内空気を取り込んで主に顕熱を処理する。陽圧外調機①②の給気温度は 15.0°C とし、導入する外気量は合計 17,000 m<sup>3</sup>/h である。これは工場の容積と同等であり、名目換気回数 1 回/h を満足する設計となっている。

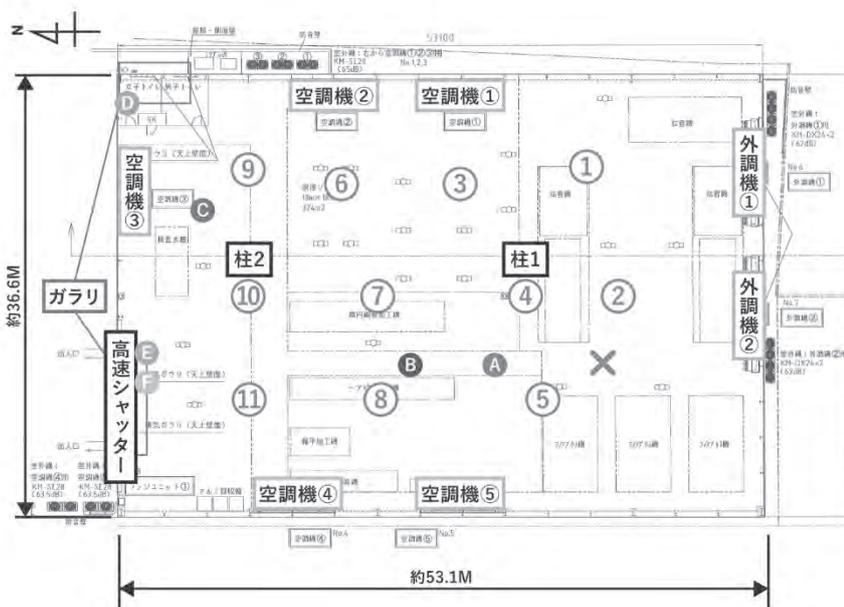


図 7. 工場平面図と測定位置

項目	測定場所 (図1参照)	測定機器	測定 間隔
温度	①～⑪地点 全空調機の 吸込口と吹出口 全外調機の 吹出口	サーモ クロン	5分
	柱1、柱2の高さ 1,2,3,4,5.3m 全外調機の 吸込口	ハイグロ クロン	5分
粉塵 濃度	①～⑪地点	パーティクル カウンター	4秒

- ①～⑪：温度測定点
- ⑩(柱1),④(柱2)：温湿度測定点
- ①～⑥：線香の煙 濃度測定点
- X：線香の煙 発生点

### 3-1. 作業域における室内温湿度の経時変化

図8は作業域における室温および絶対湿度の経時変化の例を示す。空調機や外調機の吹き出し気流の影響を直接受ける場所以外の室温は設定温度±1.0℃付近であった。終日、空調機が稼働していたため、極端な室温変化は認められないものの、外調機を送風運転とした11:45～13:00間は絶対湿度が上昇、外調機稼働後に低下する様子が分かる。

### 3-2. 線香の煙濃度の変化による換気状況の把握

図9に線香の煙発生地点からの直線距離と煙到達時間t1の関係を示す。煙発生点から5mの場所では平均約22秒で煙が到達し、煙発生点から離れるほど煙の到着に時間がかかり40.5mの場所では平均約8分30秒で到達した。また、煙発生点から38mほ

ど離れた位置では、高さ5.3mの位置より高さ1.5mの作業域へ早く煙が届いている。これは陽圧外調機から供給した新鮮外気は、居住域により早く到達することを示している。

### 3-3. 線香の煙を用いた換気状況の確認

図10に煙到達時間t1と濃度低下時間t2の関係を示す。煙発生点から5mの位置では煙到達後平均14分35秒で煙の濃度が低下し、40.5mの位置では平均27分8秒で低下する。距離が近く、到達までの時間が短いほど早く空気が入れ替わっている。また、煙発生点から38m以上離れた場所では、高さや位置の違いによる時間差がなくなり、高さ5.3mの空間上部でも30分以内に空気が入れ替わっている。

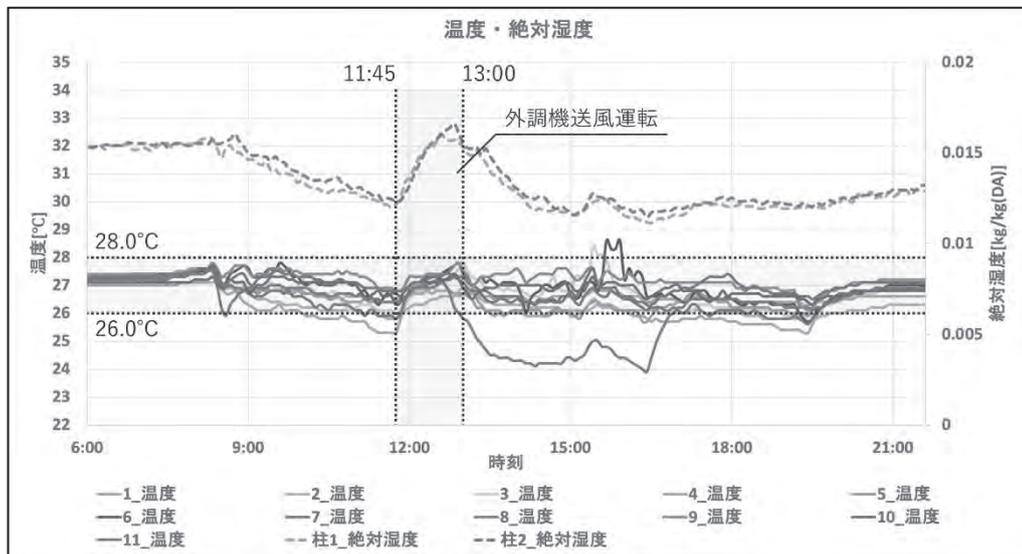


図8. 工場平面図と測定位置

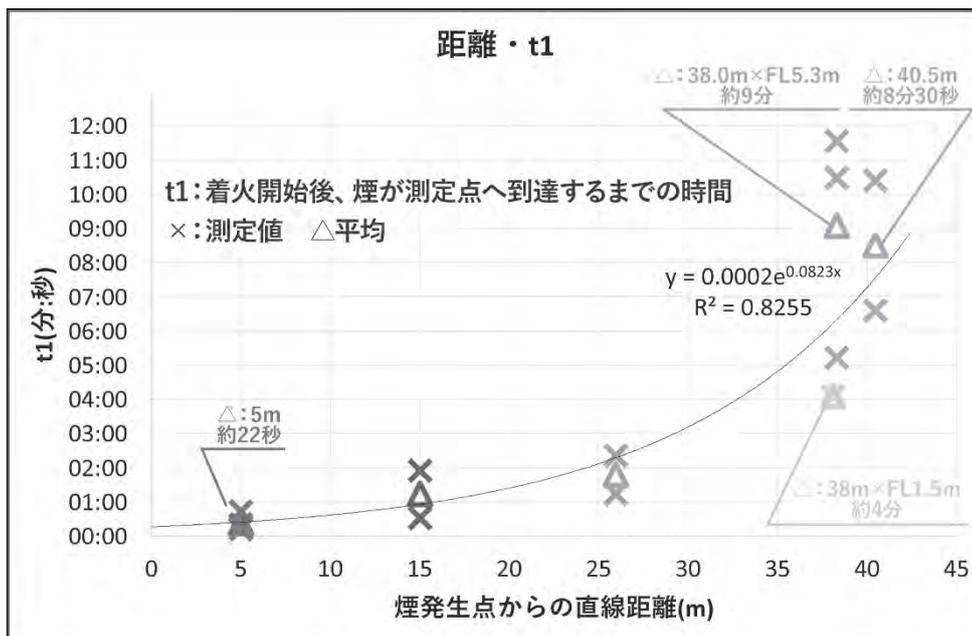


図9. 煙発生点からの直線距離とt1の関係

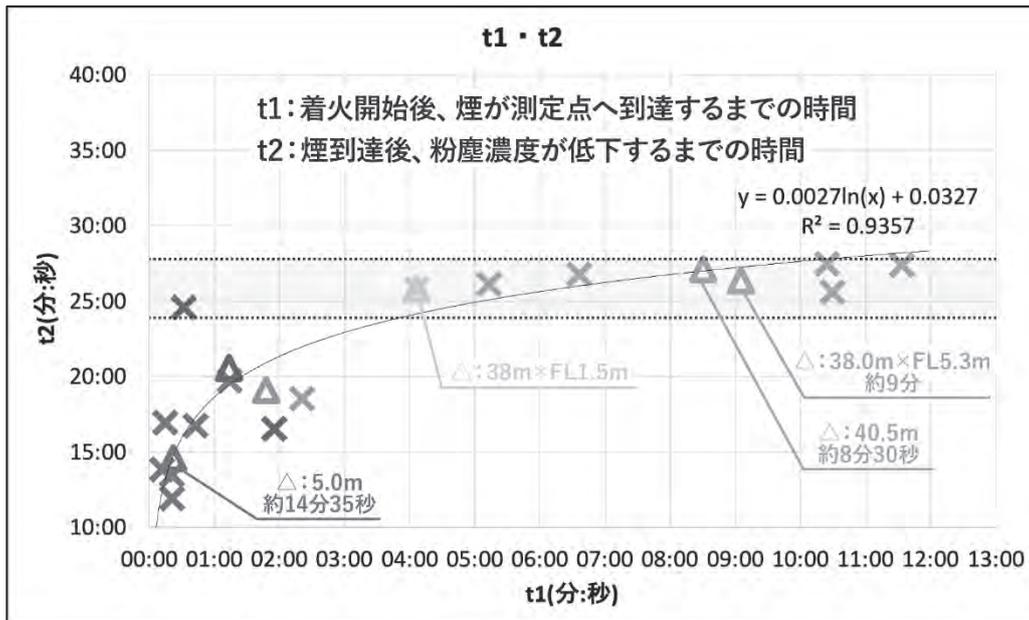


図10. 煙到達時間と濃度低下時間

#### 4. 導入事例<sup>3)</sup>

続いて、本システムの導入事例を紹介する。陽圧外調機他、機種が異なる外調機とゾーン空調機を組合せた事例や、陽圧外調機のみを導入した事例についても触れる。

##### 4-1. 自動車精密部品工場における事例

株式会社三恵シーアンドシー様の横根工場（愛知県大府市）では、「作業エリアのどこに移動しても快適な空間の実現」「工場内の精密機器を湿気や塵埃から守るための陽圧化」を目的としてゾーン空調機と陽圧外調機を導入（図11）。「以前に比べて工場内の“空気の鮮度”が高く感じる」「同じくらいの温度であっても、除湿感が全然違う」「一人ひとりが気流感を得られるようになった」との評価を得た。



図11. 導入された空冷直膨式工場用陽圧換気空調システム

##### 4-2. 精密ベアリング工場における事例

能瀬精工会社様の奈良第二工場（奈良県五條市）の生産エリアには空調機としてオイルミストフイ

ルタを装着したゾーン空調機（図12）を、外調機として熱源一体型の空冷 HP 式立形ルーフトップ外調機（図13）を導入。工場内の温湿度と清浄度の管理を行なっている。個別熱源方式のゾーン空調機適切配置により「生産設備の稼働状況や室内環境に応じて、数台の空調機だけを冷房運転してその他を送風運転するなど、きめ細かい運用ができています」との評価を得た。



図12. オイルミストフィルタ付ゾーン空調機両方向吹き出し



図13. 導入された空冷HP式立形ルーフトップ外調機（右）

#### 4-3. 溶接ヒュームが発生する工場における事例

イーエヌシステム株式会社様（新潟県燕市）では溶接ヒュームが発生する作業エリアの全体換気と暑熱対策の強化を計画。「ファンユニット（図 14）」と「コイルユニット（図 15）」を分離して設置する空冷直膨式の陽圧外調機を導入。「湿度感がまるで変わった」との評価を得た。また、厳冬期は交互デフロスト機能により極端な温度降下を抑制、「暖房シーズンも予想以上に暖かい」との評価を得ている。

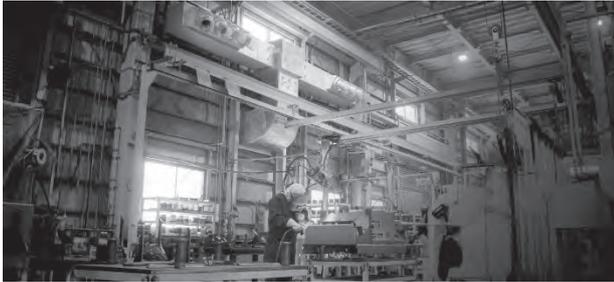


図 14. 空冷直膨式工場用陽圧外調機  
「ファンユニット」



図 15. 空冷直膨式工場用陽圧外調機  
「設備用室外機（2Way 仕様）」と「コイルユニット」

#### 5. おわりに

近年の猛暑は健康を脅かすほどとなり、これまで「空調は不要」、「涼しい労働環境は不可能」と認識されてきた工場などの施設を含め、あらゆる人間活動の場において確実な温熱環境の管理が求められるようになってきた。本稿で紹介した工場用陽圧換気空調システムは、対人には「暑熱対策と換気の強化」を、対製品には「サビやカビの防止」を、経営面では「省エネであること」を目指した大空間向けの潜頭分離式空調換気システムとして開発した。

速効性のある“20m 超除湿気流と工場内陽圧換気”でこれら課題を解決する本システムが広く普及し、安全で健康的な活力ある労働環境づくりに役立てられれば幸甚である。

#### 参考文献

- 1) 気象庁ホームページ：過去の気象データ
- 2) 齋藤輝幸（名古屋大学）、倉田真由（名古屋大学）、岩村かな子（名古屋大学）：工場空間における陽圧換気空調システムの換気性能と冷房用エネルギーの削減可能性に関する研究，空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集第24号 2023年3月
- 3) 木村工機ホームページ：導入事例 vol. 60 株式会社三恵シーアンドシー，vol. 66 能瀬精工株式会社，vol. 65 イーエヌシステム株式会社，参照 2025，10，28 [WEB]，  
[https://www.kimukoh.co.jp/case\\_study/](https://www.kimukoh.co.jp/case_study/)

#### 連絡先

〒542-0062  
大阪府大阪市中央区上本町5丁目3番5号上六Fビル  
木村工機株式会社 事業推進本部 営業推進部 齊藤 一成  
TEL 050 (3772) 3054 E-mail k-saito@kimukoh.co.jp