

# 5. 大空間向けダクトレスゾーン空調機の特長と実績

Features and Performance of Ductless Zone AC for Large Space

キーワード：空気調和機器, 除湿, 快感空調, 機械工場, 空調設備, 産業空調

Air conditioning equipment, Dehumidification, Comfort air conditioning, Machine shop, Air conditioning facility, Industrial air conditioning

齊藤 一成 Kazunari SAITO

## 1. はじめに

我が国の人口は2008年にピークを迎えた後、減少に転じており、2050年には1億人程度、2100年には6千万人を割り込むことが予測されている。生産年齢人口（15～64歳）も同じ傾向が見込まれる中、さらなる成長を目指して「第四次産業革命」とも言うべきIoTやビッグデータ、人工知能など新しい技術の大胆な活用による生産性の向上が進められている<sup>1,2)</sup>。

モノづくりを支える製造現場の場合、こうした新しい技術の導入に加え、温度や湿度といった労働環境の改善が生産性の向上や雇用の安定化に大きく寄与する。近年の猛暑や頻発する豪雨による工場内環境の高温多湿化は、労働生産性の低下を招き、熱中症の発症リスクを高める。さらに、高湿度は発錆の原因ともなり、品質管理の観点からも望ましくない。

このような背景の中、環境改善を目的として空調設備の導入が進められているものの、その多くは扇風機や換気扇、小型のスポットクーラーといった簡易的な設備であり、ユーザーからは「冷房が効かない」「蒸し暑く集中できない」「気流が届かず暑い」「汗がひかない」といった不満の声が寄せられている。

そこで本稿では、過冷却した除湿空気を15メートル先まで広範囲に拡散することで労働環境の改善を目指す「工場用ゾーン空調機」の製品概要と導入効果について検証データと納入事例を用いて紹介する。

## 2. 「工場用ゾーン空調機」の概要

### 2.1 製品開発の背景

「工場用ゾーン空調機」（以下、「本装置」）は1983年バブル景気に向かう中、製造現場の職場環境改善を目的として開発された（図1）。

当初は冷温水式のみであり、主に大型機械工場へ採用されていたが、2007年に空冷直膨式も追加したことによ



図1 工場用ゾーン空調機 壁面設置

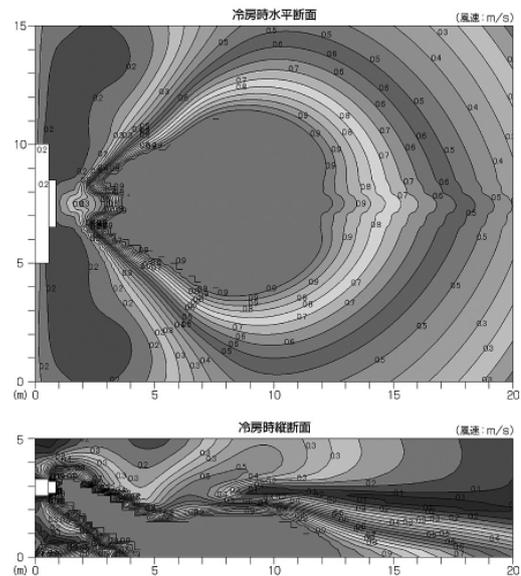


図2 ゾーン空調機の気流シミュレーション  
(上：平面 下：断面)

り、中小規模の工場施設や水熱源をもたない施設の空調増強工事などへの採用も広がった。いずれの機種も結露防止効果のあるパンカーラーバーを備えた大空間ダクト

レス空調である点を最大特徴とする（図2）。

また、今日に至るまで低圧損型熱交換器の採用および大温度差低温吹出設計による送風動力の低減、除湿能力を重視した設計変更など多くの改良を重ねてきた。同時にオイルミストフィルターや風量調整用インバーター、寒冷地仕様室外機など構成部品の充実も図っている。

### 2.2 製品の構成

続いて本装置の構成について、代表機種である壁面設置型を用いて紹介する（図3）。

製品構造上の主な特徴は、パンカールバーを空調機に直接取り付けられた点にある。これにより省スペース化を図り、壁面設置を可能としている。また、直接吹き出すダクトレス設計のため、工場内にダクトは不要である。次にエアフローを説明する。本体側面の還気口より周囲の空気を吸い込み、フィルターで濾過する。給気ファンで押し込んだ空気は整流ガイドにより圧の均一化が図られ、熱交換器のアルミフィン表面を等しく通過し、パンカールバーから工場内へ放出される。

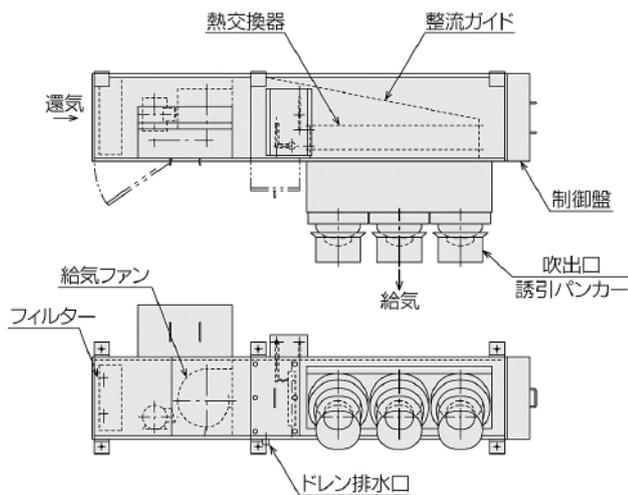


図3 本装置の構成（上：平面図 下：立面図）

## 3. 構成部品

### 3.1 楕円管熱交換器

冷温水式、空冷直膨式ともに採用している楕円管熱交換器（オーバルコイル）は、従来の丸型銅管を楕円形に加工することで熱交換器通風時にかかる空気抵抗を低減したものである（図4）。

さらに空冷直膨式の場合、楕円銅管の内面に溝加工を施した溝付楕円管熱交換器を採用しており、総合的な熱伝達率を高めている（図5）。

### 3.2 誘引パンカー<sup>3)</sup>

次に大型機種に搭載した吹出口「誘引パンカー」（図6）について触れる。このパンカールバーは、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。最大の特徴は、付属された誘引リングによって周囲の空気を自然に誘引する点にあり、これにより以下のような効果が得られる。

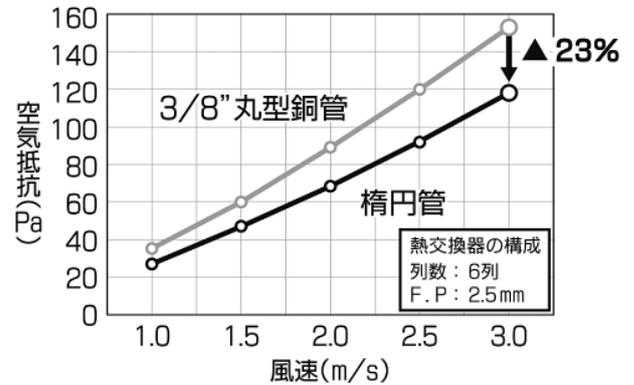


図4 銅管形状による空気抵抗比較（当社比）

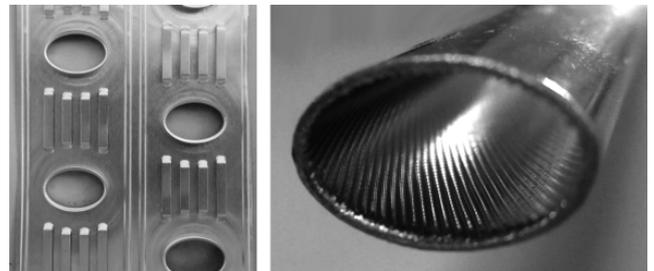


図5 楕円管熱交換器（左：アルミフィン 右：溝付楕円管）

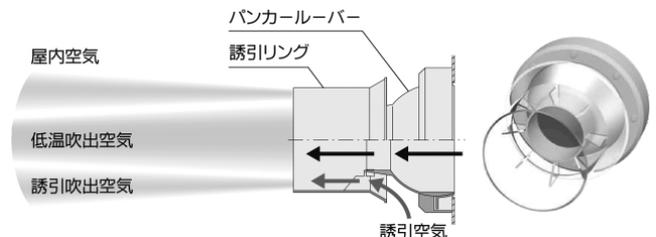


図6 誘引パンカー

#### 3.2.1 低温送風への対応と結露防止

同じ冷房能力の場合、給気温度を低温化し温度差を大きく取ることにより少風量化が図れる。少風量化は送風動力の削減につながり、省エネ効果を得ることができる。また、低温送風は除湿効果もあるため、湿気の少ない爽やかな温熱環境を形成することができる。しかし一方で、低温化により吹出口に結露が発生しやすくなる側面をもつ。

本装置に搭載する誘引パンカーは周囲の空気を誘引リング内に引き込み、リング内側の表面温湿度を周囲と同程度とする。これにより低温空気との直接的な接触がなくなり、結露は防止される。

図7は誘引パンカーの使用限度を調査したものであ

る。この調査では周囲の空気条件を DB = 25 ~ 35℃, RH = 75 ~ 90% と変化させる中で、冷房吹出温度を 13, 15, 17℃ の 3 条件として結露の発生状況を目視により確認した。検証では、13℃ 低温送風時も DB = 30℃, RH = 85% まで結露は認められなかった。

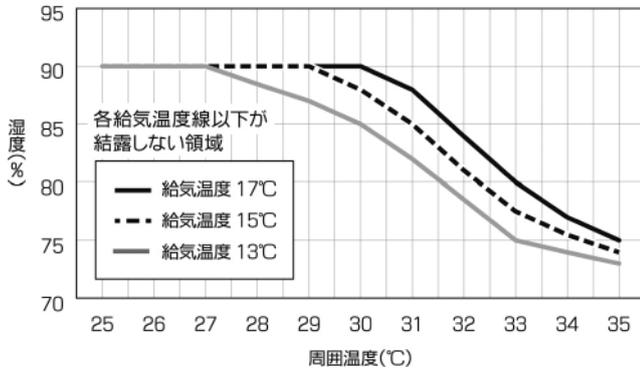


図7 誘引パンカーの結露調査

### 3.2.2 風量の増加

図8は誘引パンカーの吹出風量と誘引量との相関を示したものである。吹き出した空気量に比例しておよそ20%程度の周囲空気を誘引してリング内に引き込み風量増加を図っている。この誘引吹出空気は低温吹出空気と別の空気層を形成しながら機外に放出される(図6)。本装置は、誘引空気分を省風量化し、給気温度を低温化することで同等能力時の送風動力削減につなげている。

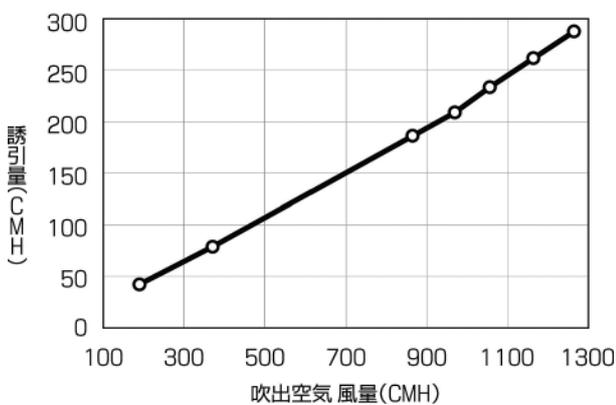


図8 誘引パンカーによる誘引量

### 3.2.3 低温空気の遠距離搬送

形成される空気層は低温空気の遠距離搬送にも効果が期待できる。この効果を明らかにするため、誘引リング付きと無しのケースにおいて冷風温度の比較調査を行った。検証は本装置から吹き出された冷風について、①~⑤の各ポイントにおける測定温度の平均を用いた。それぞれの平均温度は、1秒間隔で5分間採取した計300点の和を除して求めた。

②~⑤の各ポイントにおいて誘引リング付きの方が低い温度(平均0.5℃程度)を示し、冷風の遠距離搬送における有意差を確認した(図9)。

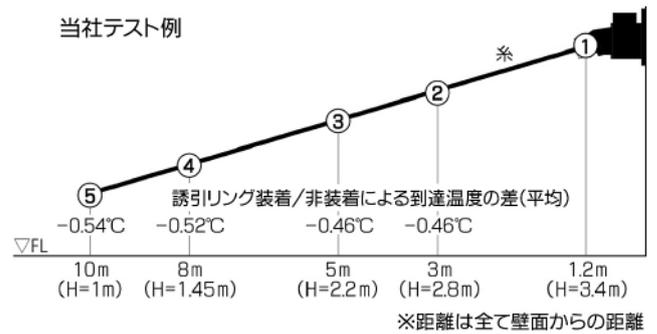


図9 誘引パンカーによる到達温度の低温化

## 4. 製造現場に適した温熱環境

### 4.1 WBGT 値と熱中症リスク

製造現場に適した温湿度基準を定める上で着目されているのが、暑さ指数 WBGT (湿球黒球温度) である。この数値が 28℃ を超えると熱中症患者が著しく増加する(図10)。この数値は湿度が大きく影響するため、熱中症予防には除湿による汗の蒸発促進が効果的とされる。特に長時間にわたり集中力が求められる製造現場では、作業エリア全体を広く除湿することが望まれる。

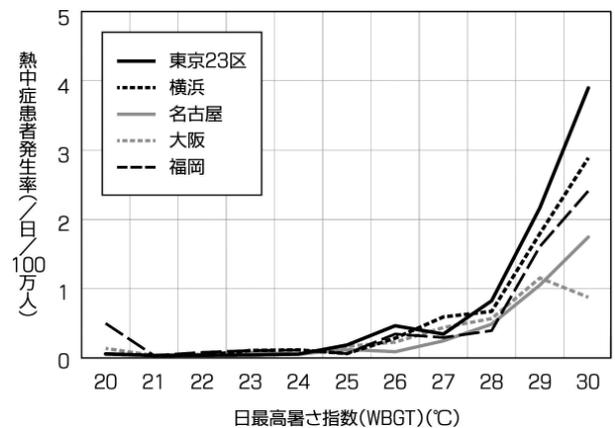


図10 暑さ指数 WBGT と熱中症患者発生率<sup>4)</sup>

## 5. 導入事例紹介<sup>5)</sup>

続いて、本装置の代表的な納入事例を紹介する。主な用途は機械工場であるが、整備場や体育館、展示場といった大空間施設へも多く採用されている。

### 5.1 整備場における採用事例

ヘリコプターやセスナを中心とする航空事業と、航空運送代理店業および旅行業を展開する四国航空(株)(香川県高松市)では2015(平成27)年、航空機の整備作業を行う格納庫へ本装置が導入された(図11)。

同社へのヒアリング調査において、「精密機器の整備には集中力が欠かせない。熱中症対策として導入したが、作業効率も向上した」「除湿されるので、汗の引きが今ま

でと違う」「蒸し暑さがなく大量に汗をかかずに過ごせている。そのためか体のだるさもなくなった」「安全衛生管理に貢献している。温度だけでなく、湿度が重要だと実感している」「 airflowが遠くまで届くため、広い格納庫全体が涼しくなる」と評価された。



図11 四国航空(株)格納庫に導入された本装置

## 5.2 体育館における採用事例

大崎電気工業(株)埼玉事業所(埼玉県入間郡)内の体育館には2015(平成27)年、本装置が導入された。この体育館は同社所属の男子ハンドボールチームが練習する施設である(図12)。

一般的に体育館は「面積が広く天井が高い」「密閉度が低く扉の開閉が多い」といった特徴があり、利用者は運動による発熱量が多い。このため、発汗エリア全体に「除湿した風」を広く拡散し、汗の蒸発を促進することが重要だといえる。また、活動域となる床付近を短時間で除湿する「即効性」も重要な要素といえる。同社ハンドボールチームへのヒアリング調査では、「導入後は夏場の汗によるスリップ、寒い中でのダッシュによる肉離れなど、選手の怪我が減少した」との評価を得た。



図12 大崎電気工業(株)埼玉事業所体育館に導入された本装置

## 5.3 展示場における採用事例

あいち航空ミュージアム(愛知県西春日井郡)は、航

空機や小型ジェット機を展示する施設である。同施設1階の航空機展示ゾーンは45メートルスパンの鉄骨メガフレームによる無柱の大空間となっている。

ダクトレスで設置場所の制限を受けにくいといった本装置の特徴を活かして、壁面各所に設置されている(図13)。



図13 あいち航空ミュージアムに導入された本装置

## 5.4 菓子物流センターにおける採用事例

(株)丸高商会(茨城県石岡市)では2018(平成30)年、本社に隣接する物流センターに本装置が導入された(図14)。

倉庫内では、仕分け、ピッキング、梱包、検品などの作業が行われ、気温上昇を考慮し既設の大型シーリングファンに加えて、空調の導入が進められた。

同社より、「壁面に2台設置し、両方向から必要なエリアをカバーしている。また、除湿効果も実感があり、湿気を吸いやすい段ボールの箱潰れが減少した」との評価を得た。



図14 (株)丸高商会物流センターに導入された本装置

## 6. おわりに

近年の猛暑は健康を脅かす程となり、これまで「空調は不要」と認識されていた施設を含め、あらゆる人間活動の場において適切な温熱環境の管理が求められるよう

になってきた。

本稿で紹介した事例は施設の規模や用途は異なるものの、いずれも除湿空気を広く拡散させることで温熱環境改善に取り組んだ先進的な事例である。

「工場用ゾーン空調機」は大空間を隅々まで効率良く空調することを目的に開発された。本装置が広く普及することにより、健康で活力ある労働環境づくりに役立てられれば幸甚である。

#### 文 献

- 1) 国土交通省国土政策局：「最近の国土をとりまく情勢について」, (2018).
- 2) 経済産業省：「2050年までの経済社会の構造変化と政

策課題について」, (2018).

- 3) 安部誠：近冷工 これからの技術情報, (3), 46-49(2016).
- 4) 環境省熱中症予防情報サイト, <https://www.wbgt.env.go.jp/> (2020).
- 5) 木村工機(株)：「導入事例集」, (2020).



齊藤 一成 Kazunari SAITO

木村工機(株)  
Kimura Kohki Co., Ltd.  
事業推進本部営業推進部部长

原稿受理 2020年4月20日