

日本冷凍空調学会賞 技術賞

ハイブリッド式産業用除湿機 (DEH-SP3A)

Hybrid Commercial Dehumidifier (DEH-SP3A)

日本冷凍空調学会
技術賞

1. はじめに

衛生管理、食の安全への意識の高まりから、低温環境下の環境改善用途として除湿機の採用が増加傾向にある。特に食の安全・安心確保のため食品工場や保冷倉庫の低温化が進んできており、より低温で安定かつ省エネ実現できる除湿機が市場から望まれていた。

低温物流倉庫や食品工場では、前室に設置したクーラの霜付改善をすることで、省エネ、温度維持、さらに扉の結露防止、冷凍庫内の壁面や製品への霜・露付軽減が可能となる。しかし低温環境下では、ヒートポンプ方式で除湿すると熱交換器が着霜し、風路が徐々に閉塞して除湿能力が低下する。このため頻繁な除霜運転が発生し、除湿量が低下する課題がある。一方、デシカントロータ方式では、低温除湿時に着霜しないが、脱着空気をヒータで60℃以上に加熱するため、消費電力が非常に大きくなり省エネ化が難しい課題がある。また、脱着空気用のダクト工事が必要となり、施工面にも課題がある。

そこで、ヒートポンプ方式とデシカント方式の長所を併せ持ち短所を克服するハイブリッド方式の除湿機を開発した。開発したハイブリッド式産業用除湿機は、温度10℃、相対湿度50%の条件で、3馬力の圧縮機で5馬力同等の除湿量1.67L/h(39%増加)を発揮し、消費電力量は3HP以下の57%省エネを達成した。

2. 製品の概要

2.1 高効率除湿運転の実現

本製品は「除霜中の高効率除湿運転」を実現するため

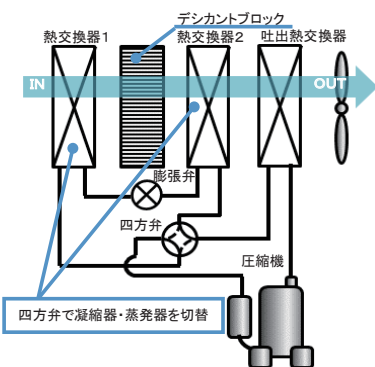


図1 製品外観および特徴



田中 学* 岡島圭吾* 伊藤慎一* 藤本 肇*
Manabu TANAKA Keigo OKAJIMA Shinichi ITO Hajime FUJIMOTO

ハイブリッド方式を採用した。ハイブリッド方式ではデシカントをハニカムブロックに成型したもの（以下デシカントブロックと呼ぶ）を風路内に配置し、その上流、下流に熱交換器1, 2を配置した構成となる(図1)。熱交換器1, 2は膨張弁、四方弁に接続され、四方弁は、一定時間で熱交換器1, 2の加熱(凝縮器)と冷却(蒸発器)を切り替える。さらに、除湿量増加のために風路の最下流に常に凝縮器として機能する吐出熱交換器を配置した。

ヒートポンプ方式と比較すると、四方弁が追加されて熱交換器の機能を切り替える点が異なる。また、デシカントロータ方式と比較すると、デシカントブロックを採用し、ヒータレスとなっている点が異なる。四方弁の切り替えで発生する二つの運転状態をデシカントの吸着運転、脱着運転とし、除湿原理は以下となる。

(1) 吸着運転

図2の吸着運転では、熱交換器1が蒸発器、熱交換器2が凝縮器として機能する。室内空気は蒸発器で冷却除湿されたのちに低温高湿空気となってデシカントブロックに流入する。ブロック内では吸着反応を起こし、さらに除湿される。その後、凝縮器を通過して室内に供給される。デシカントは高温高湿空気ほど、水分を多く保持する特性がある。吸着運転では蒸発器出口の高温高湿空気に吸着反応が発生するため、多くの水分をデシカントブロック内に保持することが可能となる。

(2) 脱着運転

図2の脱着運転では、熱交換

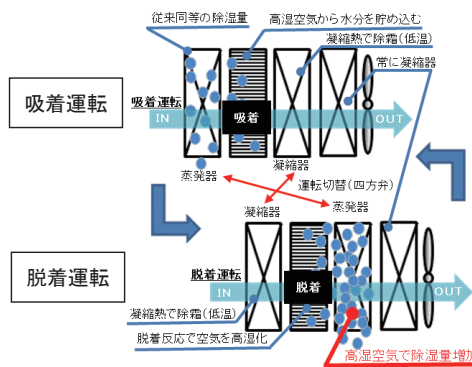


図2 除湿原理

*三菱電機株式会社
Mitsubishi Electric Corporation
原稿受理 2020年2月25日

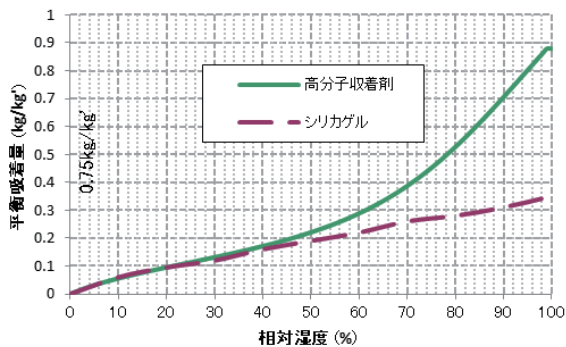


図3 空気の相対湿度に対する吸着量変動

器1が凝縮器，熱交換器2が蒸発器として機能する。室内空気は凝縮器によって加熱され，相対湿度が低下した状態でデシカントブロックに流入する。ブロック内では脱着反応が発生し，吸着運転時に保持した水分を放出して通過空気を加湿し，高温空気となって蒸発器に流入する。蒸発器では高温空気が冷却除湿された後，室内に供給される。蒸発器は高温空気ほど除湿量が増加する特性がある。脱着運転では高温空気が蒸発器を通過するため，除湿量が増加する。

また，低温環境下の脱着運転ではヒートポンプの凝縮熱は除霜熱源と脱着熱源を兼ねているため，「除霜中の高効率除湿運転」を実現する。

一方，デシカントは通過空気温度が高いと放湿量が増加する特性があり，加熱過多の場合には，脱着水分量が除湿能力を超え，ロスが発生する課題があった。そこで，本製品では風路最下流に吐出熱交換器（図2）を配置し，脱着時の加熱量を吐出熱交換器で制御し，脱着水分量を制御した。

2.2 高分子吸着剤の採用

従来，デシカント素材としてはシリカゲルやゼオライトを使用していたが，脱着（再生）に60℃以上の高温が必要であり，臭気濃縮の問題もあった。本製品では，吸着原理が従来と異なる分子間結合で，低温環境下でも吸着が相対湿度に依存する高分子吸着剤（ポリアクリル酸ナトリウム架橋体）を採用することで，温度を過度に上昇させずに脱着が可能となった。これにより，低温環境下（約5℃）での脱着（再生）が可能となり，ヒータレス化が実現できた（図3）。また，シリカゲル，ゼオライトは水分と同時に臭気物質も吸着し，臭気物質の極性によっては臭気物質の濃縮が発生してしまう場合があるが，本製品は高分子吸着剤を採用することにより，臭気物質の濃縮を回避し，運転時に嫌な臭いが発生するトラブルも抑制できた。

2.3 省工事・サービス性，信頼性向上

本製品では，一風路でデシカントの吸着，脱着を行う特性上，排気風路がないため，ダクト工事が不要になり

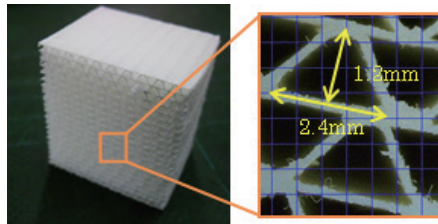


図4 デシカントブロック

省工事化を実現した。また，デシカントを静置式（図4）とすることでロータ駆動用のモータが不要になり，併せて空調機において高い信頼性を誇る四方弁回路を採用し，機器の信頼

性を向上させた。デシカントは平板状の分割配置とし，機体側面から引き抜き可能，かつブロックの膨潤による変形を緩和し，簡易メンテナンスと信頼性の向上を両立した。

さらに，当社の空調冷熱総合管理システム“AE-200J”と接続することで，空調機と低温機器および除湿機を一元管理することが可能となる。“AE-200J”では設備全体の操作・監視のみならず，機器異常発生時に異常コードとともに発生号機情報をモニター可能となる。また，運転データを帳票として簡単に出力および保存ができるので，ISOやHACCPサポート機能として利用することもできる。

2.4 主な納入先

ハイブリッド式産業用除湿機は，16年2月からの販売で388台を出荷済みで（20年1月末時点），食品加工工場や冷蔵倉庫の前室などに採用されている。食品加工工場においては，天井，床面の結露がおさまりに，作業員の安全（転倒防止）改善や加工場に配置された印字機器などの電子機器類の故障が大幅に削減できたことで評価を頂いている。また，冷蔵倉庫においても，保管品に使用している梱包段ボールの湿気防止や，前室の冷却装置の霜取回数削減による省エネ化などで大きな評価を頂いている。

3. おわりに

食品工場においてはISO 22000など，より高度な食品安全管理が求められるようになってきている。そして現在，多くの食品工場の加工場では10℃前後の温度で管理されているが，さらなる低温度化の流れもささやかれている。また，浮遊菌の発生抑制のため室内温度管理がより重要となり，低温度下における除湿を効率よく安価に実現することが望まれている。本製品は，効率面については上述のとおり従来方式に対して定格条件で57%の低減が図られている。また，定格除湿性能のみ同等の機器とほぼ同じ販売価格とすることで，容易に導入することが可能である。さらに，ダクト工事を不要とすることで設置コストの低減，施工性の大幅な向上をはかることができおり，従来のヒートポンプ式機器と同じ感覚で納入・施工ができ，非常に普及性，経済性に優れた機器であると考えられる。今後も機器の性能向上はもちろんのこと，顧客のソリューションを解決できる機器を開発することで，ワールドチェーンの発展に貢献していきたい。