

ハイブリッド除湿機“DEH-SP3A”

伊藤慎一*

Hybrid Dehumidifier "DEH-SP3A"

Shinichi Ito

要旨

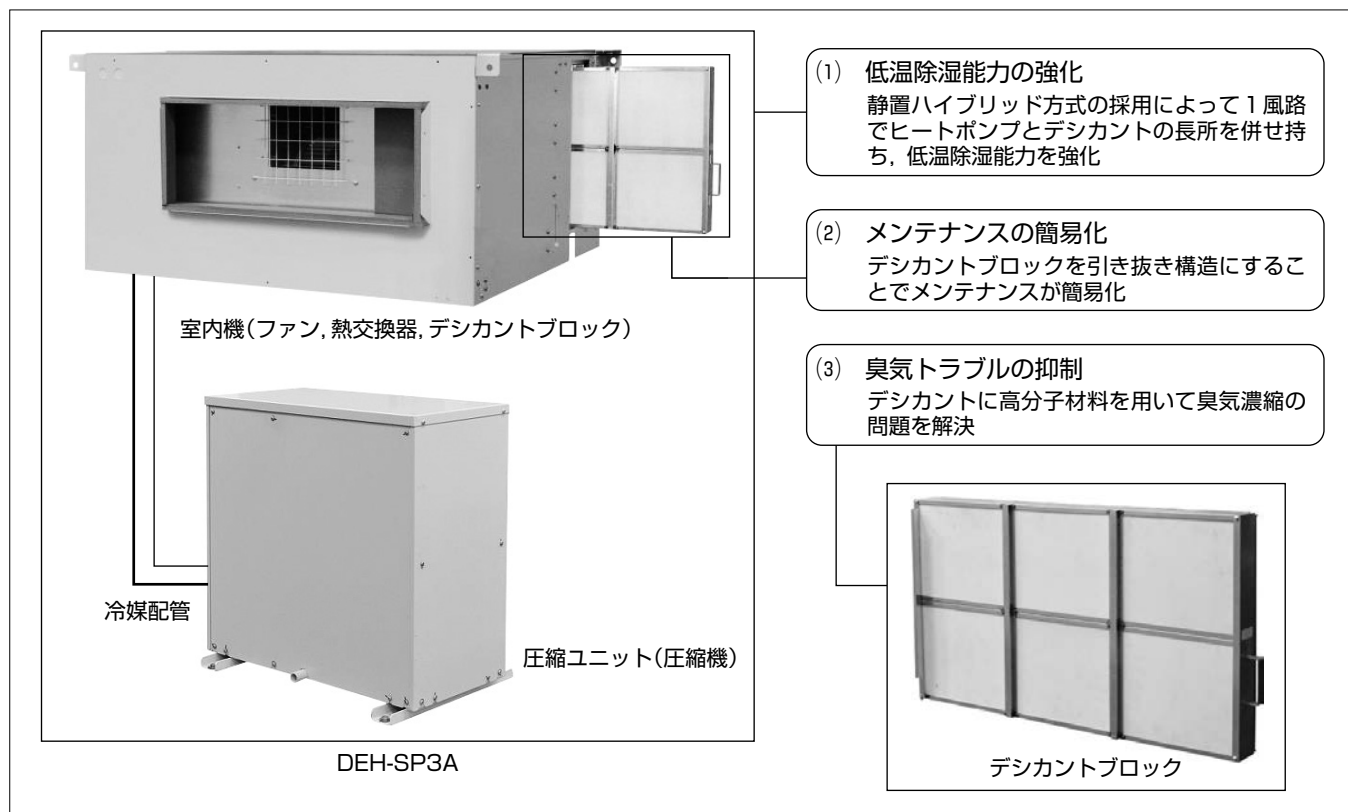
近年、“衛生管理”“食の安全”への意識の高まりから環境改善用途で除湿機の採用が増加傾向にある。しかし、低温環境では、ヒートポンプ方式は除霜運転が頻発して除湿量が低下するため、デシカントロータ方式が採用されていた。今回、ヒートポンプ方式とデシカントロータ方式の長所を併せ持ち、短所を克服する静置ハイブリッド方式の除湿機“DEH-SP3A”を開発した。新方式では世界初^(注1)となる“除霜中の高効率除湿運転”を実現し、低温時に現行の5馬力の除湿機と比較して57%の省エネルギーを達成した。

常温環境下でのヒートポンプ方式による除湿は省エネルギー性が高いが、低温時には除湿量が低下する課題があった。一方、デシカントロータ方式は低温除湿が可能だが、脱着反応には60℃以上の空気加熱が必要であり、ヒ-

ターを使用していた従来方式では、省エネルギー性に課題があった。

デシカントブロックによる静置ハイブリッド方式は低温で脱着可能なデシカント材を熱交換器で挟む構成とした。また、四方弁の切替えて熱交換器の加熱と冷却を切り替え、連続除湿を実現した。ヒートポンプ方式と比較すると、従来では除湿できなかった除霜時にデシカント脱着反応を利用して高湿化した空気を除湿できるため、除湿量が大幅に上昇し、室温10℃/湿度50%の条件では3馬力の圧縮機で5馬力同等の除湿量(1.67L/h)を達成し、消費電力57%の省エネルギーを実現した。

(注1) 2016年2月10日現在、当社調べ



低温向けハイブリッド除湿機“DEH-SP3A”の特長

低温向けハイブリッド除湿機“DEH-SP3A”は、デシカントブロックを用いた静置ハイブリッド方式によって低温時(3~10℃)でも高い除湿能力を1風路で発揮し、省エネルギーと省工事コストを両立させた。さらにデシカントブロックを引き抜き構造にすることで、メンテナンスが簡易になる。また、デシカントに高分子吸着剤を使用することで臭気吸着時にも臭気濃縮が発生せず、臭気トラブルを抑制する。

1. ま え が き

近年，“衛生管理”“食の安全”への意識の高まりから低温環境での除湿需要が増加している。三菱電機は低温除湿能力を強化するために、ヒートポンプとデシカントを組み合わせた静置ハイブリッド方式を採用した除湿機DEH-SP3Aを開発した。その特長は、通常は除湿ロスとなるヒートポンプ除霜運転でも、デシカントに一時貯留した水分を除霜排熱によって高湿度で放出し、下流の蒸発器で大量に結露させて除湿することで、高除湿能力を実現することである。

本稿では、低温除湿の課題、静置ハイブリッド方式の原理と動作、従来方法との比較について述べる。

2. 従来の除湿方式

従来のヒートポンプ方式による機器構成を図1に示す。除湿機はヒートポンプと蒸発器、凝縮器の順に室内空気が通過する1つの風路で構成している。室内空気は蒸発器の通過時に冷却除湿し、その後、凝縮器で加熱して室内に供給する。

デシカントロータを用いた従来の機器構成を図2に示す。この方式は、シリカゲルやゼオライト等の無機材料を担持しハニカム形状に加工したデシカントロータに湿った室内空気を通過させて除湿する給気経路と脱着用空気を60℃以上に加熱する加熱用ヒーター、ヒーター通過後空気がデシカントロータを通過する排気経路で構成している。

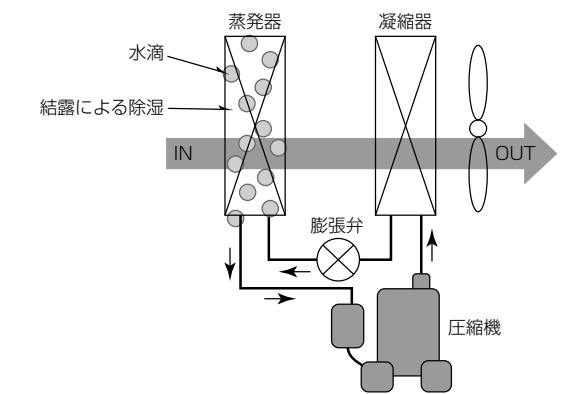


図1. ヒートポンプ方式による除湿

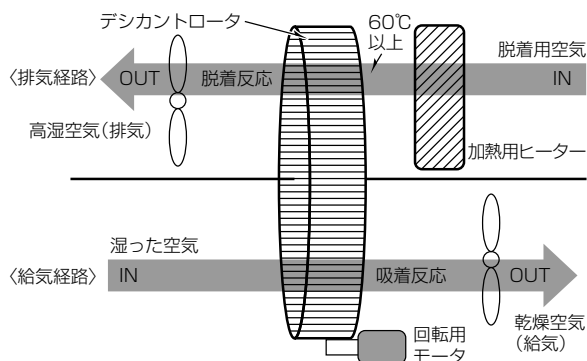


図2. デシカントロータ方式による除湿

3. 静置ハイブリッド方式

3.1 静置ハイブリッド方式

世界初となる静置ハイブリッド方式を採用し，“除霜中の高効率除湿運転”を実現した。静置ハイブリッド方式による除湿を図3に示す。静置ハイブリッド方式ではデシカント材をハニカムブロックに成型したものを風路内に配置し、その上流、下流に熱交換器1, 2を配置した構成となる。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。

3.2 従来除湿方式との比較

従来除湿方式との比較を表1に示す。ヒートポンプ方式は低温時の着霜によって除湿能力が低下する。加えて、除霜運転時には除湿できず、圧縮機容量に対して除湿量が低下する課題があった。一方、デシカントロータ方式は低温除湿時に着霜しないが、脱着空気の排気用にダクト工事が必要であり、さらに、脱着空気をヒーターで60℃以上に加熱するため設置コストと省エネルギーとに課題があった。静置ハイブリッド方式では、低温脱着可能なデシカント材の採用からヒーターレスとし、除霜時の排熱をデシカント脱着に利用して“除霜中の高効率除湿運転”を実現することで除湿量増加と省エネルギーを両立させた。

3.3 除湿運転

四方弁の切替で発生する2つの運転状態をデシカントの吸着運転、脱着運転として述べる。

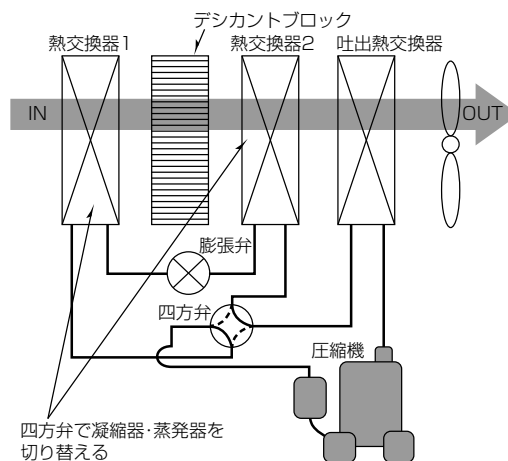


図3. 静置ハイブリッド方式による除湿

表1. 除湿方式の比較

方式	長所	短所
ヒートポンプ	①ヒートポンプ除湿で省エネルギー ②1風路で設置が容易	低温度域で除湿量低下
デシカントロータ	低温度域で性能低下なし	①デシカント脱着に60℃必要 ②排気用ダクトが必要 ⇒設置コスト、省エネルギーが課題
静置ハイブリッド	①ヒーターレス ②除霜排熱で高効率除湿 ③1風路で設置が容易	四方弁切替が必要

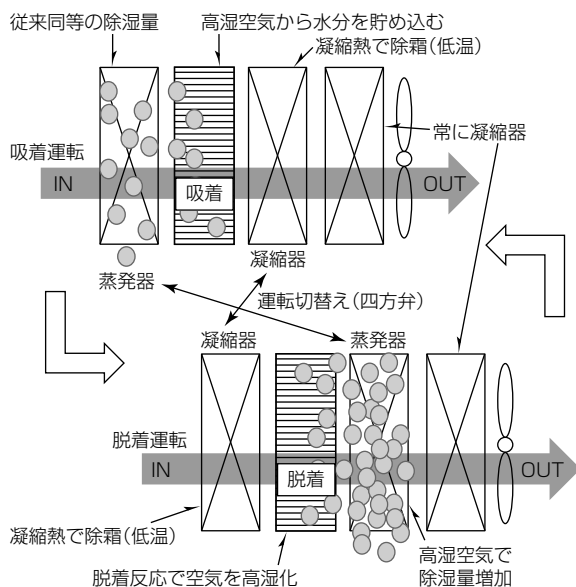


図4. 除湿運転

3.3.1 吸着運転

図4に示すように熱交換器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後に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、更に除湿される。その後、凝縮器を通過して室内に供給される。デシカント剤は相対湿度が高い空気ほど、水分を多く吸着する特性があり、吸着運転では蒸発器出口の高い相対湿度の空気と吸着反応させることによって、多くの水分がブロック内に保持される。

3.3.2 脱着運転

図4に示すように熱交換器1が凝縮器、熱交換器2が蒸発器として機能する。室内空気は凝縮器で加熱され、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を起こし、吸着運転時に保持した水分を放出することで通過空気を加湿し、高湿空気となって蒸発器に流入する。蒸発器では空気が冷却除湿された後、室内に供給される。

3.3.3 除霜中の高効率除湿

脱着運転での凝縮器は、吸着運転で発生した着霜を凝縮熱で除霜する。一方、蒸発器では、室内空気より高湿な空気が流入するため、通常よりも除湿量が増加する。つまり、従来のヒートポンプ方式ではロスとなっていた除霜運転中に、デシカントの脱着反応を利用した高効率除湿を実現する。

3.4 高分子材料の採用

従来のデシカント材はシリカゲルやゼオライトであったが、脱着(再生)に60℃以上の高温が必要⁽¹⁾であり、臭気濃縮の問題もあった。この開発では、吸着原理が従来の物理吸着と異なる分子間結合であり、原理的に臭気濃縮が発生しない高分子材料を採用した。また、低温環境下(約5℃)での脱着(再生)が可能⁽²⁾であるため、ヒーターレスが実現可能となった。

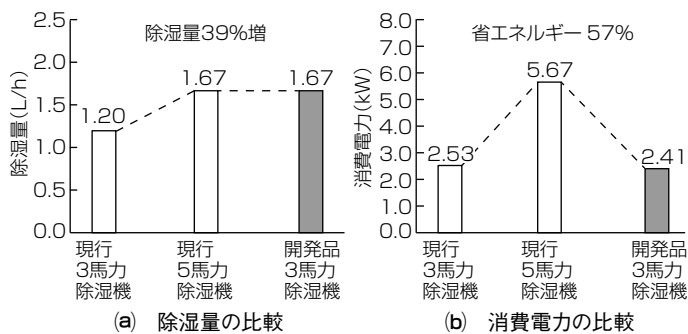


図5. 低温除湿特性(室温10℃, 湿度50%)

3.5 吐出熱交換器

静置ハイブリッド方式の脱着運転では、ヒートポンプの凝縮熱が脱着熱源となる。デシカント材は通過空気温度が高いと脱着水分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。この開発では風路最下流に吐出熱交換器を配置し(図3)、脱着時の加熱量を吐出熱交換器で抑制して脱着水分量を制御した。

4. 省エネルギー・省工事コスト・簡易メンテナンス

4.1 省エネルギー

静置ハイブリッド方式は図5から室温10℃, 湿度50%では開発品の3馬力の圧縮機で現行5馬力除湿機と同等の除湿量1.67L/h(39%増加)、同等除湿量での比較では57%の省エネルギーを達成した。

4.2 省工事コスト

静置ハイブリッド方式は、一風路でデシカントの吸着、脱着を行うため、排気経路が不要となり、工事コストを削減できる。

4.3 簡易メンテナンス

デシカント材が平板状であり、機体側面から引き抜き可能な構造のため、簡易メンテナンスを実現した。

5. むすび

低温向けハイブリッド除湿機DEH-SP3Aの低温除湿性能強化、省エネルギー、省工事コスト、簡易メンテナンスを実現するために採用した静置ハイブリッド方式の除湿原理、高分子収着剤、吐出熱交換器の効果について述べた。低温除湿の要求はますます高まると考えられ、今後もデシカントを応用した除湿技術の開発を行っていく。

参考文献

(1) (財)ヒートポンプ・蓄熱センター 低温排熱利用機器調査研究会：デシカント空調システム，日本工業出版社，36～52 (2006)
 (2) 伊藤慎一，ほか：デシカントブロックを搭載したハイブリッド除湿機の開発，日本冷凍空調学会年次大会講演論文集，No.D121 (2016)