

ビルおよび住宅における除湿・加湿空調制御の問題点と最新の技術動向

Problems and Recent Technology Trends

Regarding Dehumidification/Humidification Air-Conditioning Control in Buildings and Homes

トータルシステム研究所
Total System Laboratory
北原 博幸
Hiroyuki Kitahara

キーワード： 除湿 (Dehumidification), 加湿 (Humidification), 再熱 (Reheat),
デシカント (Desiccant), 動向 (Trend)

1. 概要

エアコンの冷房運転に比較して除湿運転の電力消費量が極めて大きくなる理由を示すとともに、省エネ調湿を実現する可能性のある技術として、吸着剤を用いた乾式デシカント技術および吸収液を用いた湿式デシカント技術について紹介し、それらを低温の熱源で駆動する場合の問題点と今後の可能性について説明する。

2. 現状 (エアコン・室内環境)

「省エネエアコンを高気密高断熱住宅で冷房運転すると室内の湿度が高くなる。」、また「最近のビル用マルチエアコンで冷房するとオフィスの湿度が高くなる。」などの声が聞かれるようになった。今まで温度を中心に温熱環境を整えてきたが、最近湿度が重要視されるようになってきている。

冷房時の室内湿度の上昇は、エアコンの効率改善の影響が大きいいため、①どのように COP を向上させてきたか説明し、②冷房時の COP 向上と除湿不足との関係について示すとともに、③エアコンによる除湿の方法や、④除湿運転と消費電力の関係について概説する。

2.1 COP 向上の取り組み

エアコンの冷暖房運転時の効率改善には著しいものがあるが、ここではまずエアコンの仕組みについて概説した後、どのように効率改善を行っているか簡単に紹介する。

a) エアコン冷房運転の仕組み

室内機と室外機が別置きのセパレートタイプのエアコンの模式図を図1に示す。

エアコンには室内機と室外機にそれぞれ熱交換器があり、室外機に圧縮機と膨張弁がある。そしてこれらは管でつながれ、その中に冷媒が封入されている。

圧縮機が動き出すと室内機側の熱交換器の管の中の圧力が低くなるので、冷媒の液が蒸気になるが、その際、

周りから熱を奪う。一方、圧縮機に吸われた冷媒の蒸気は室外機の熱交換器の中に押し込まれる。この際、蒸気が液に戻って熱が放出される。このまま圧縮機が動くと室内機の熱交換器の中の冷媒が無くなってしまいうので、膨張弁を介して室外機側から室内機側に冷媒の液が送られる。圧縮機が正常に動いている間、室内機では周囲の空気から熱を奪い、室外機では熱を放出するため、冷房することができる。

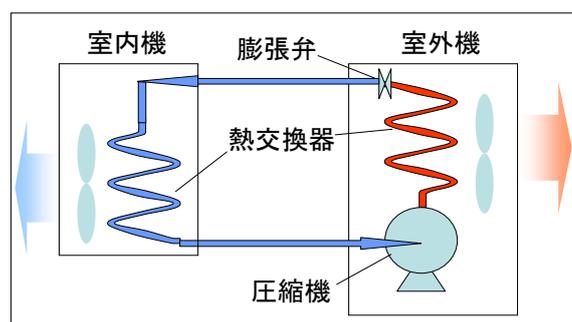


図1 エアコン冷房運転のしくみ

b) エアコンの効率改善

エアコンの冷暖房運転時の効率改善は著しいが、どのように効率改善を行ってきたか簡単に紹介する。省エネ法でトップランナ方式が採用され、その中でもルームエアコンの効率が注目されると、メーカー各

社はエアコンの高効率化のための研究開発を加速した。例えば熱交換器や圧縮機、さらにモータなど部品の効率改善はもちろん、吹出風量および伝熱面積の増大やインバータの搭載による「ヒートポンプの温度差（温度リフト：熱落差）の低減」による効率改善が行われた。

ここでは、温度リフトの低減について簡単に説明する。

最近の省エネタイプのルームエアコンでは室内機が厚くなってきている（一部に運転時のみ厚くなるものもある）。実は最近の省エネエアコンは熱交換器の伝熱面積が大きくなってきており、15年前の2倍程度となっている。また、これに合わせて吹出風量も大きくなっている。

図2に示すように伝熱量が同じ場合、風量を2倍とすると、出入り口の温度差が半分で済むことになり、冷房時を例にとると室内機の熱交換器の温度を高くすることができる。

室外機についても同様に熱交換器の温度を低くすることができるので、温度リフト（熱落差）が小さくなる。

また図3に示すようにインバータを搭載したことで圧縮機の回転数（周波数）を任意に調整できるようになり、熱負荷が小さい場合に回転数を抑え、温度リフトを小さくすることもできるようになった。

従来はJIS条件（室内側DB:27℃、WB:19℃、室外側DB:35℃、WB:24℃）で、蒸発温度（室内機における冷媒の蒸発温度）が5℃程度、凝縮温度（室外機における冷媒の凝縮温度）が50℃程度であり、両者の差の温度リフト（熱落差）が45℃程度であったものが、伝熱面積（風量）の増加などにより、例えば定格能力の条件で蒸発温度13℃、凝縮温度42℃と、温度リフトが29℃程度に減少するとともに、さらに、インバータの搭載により中間能力時には例えば蒸発温度19℃、凝縮温度38℃と温度リフトは19℃程度まで低減されている（図4参照）。

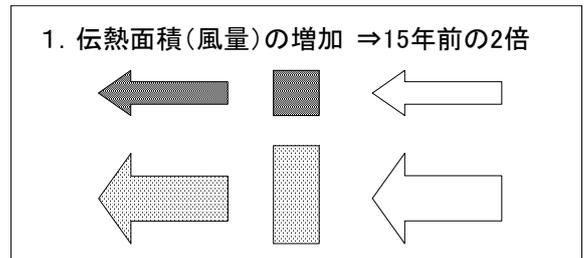


図2 伝熱面積(風量)と蒸発温度の関係

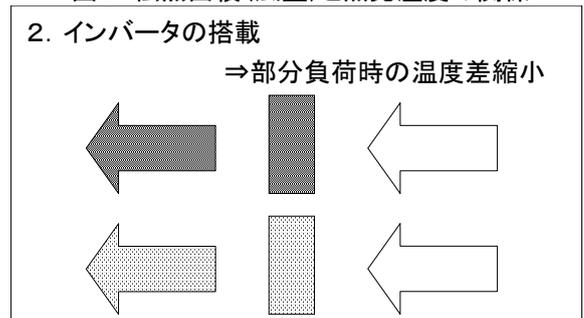


図3 インバータの搭載と蒸発温度の関係

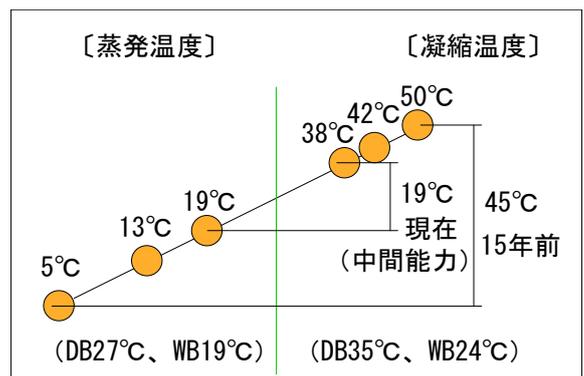


図4 蒸発温度と凝縮温度の15年前との比較

c) 温度リフト（熱落差）と効率

ヒートポンプ（冷凍機）の熱力学的な理論効率は図5に示す逆カルノーサイクルの効率で示される。

図5中の式は冷房運転での理論効率を示す式であり分子が蒸発温度となっているが、暖房の場合は分子が凝縮温度となる。従来のエアコンの蒸発温度と凝縮温度がそれぞれ5℃、50℃の場合、理論効率は6.2となるが、温度リフトの減少とともに、理論効率が高くなる。

例えば、蒸発温度と凝縮温度がそれぞれ、19℃、38℃の場合、理論効率は従来の2.5倍の値を示すことになり、室内を同じだけ冷やす場合の電気代は理論的には従来の40%で済むことになる。

図5に示した値は熱力学的な理論値であり、実際には冷媒サイクルに関連した損失や、インバータ、モータなどでの損失などがあるので、理論効率より低い効率になる。また、エアコンの効率を表すために使われ

蒸発温度(内機)[K]	
凝縮温度(外機)[K]	− 蒸発温度(内機)[K]
5°C − 50°C	$278.15 / (323.15 - 278.15) = 6.2$ (従来機) [実機]
13°C − 42°C	$286.15 / (315.15 - 286.15) = 9.9 \Rightarrow 5.2$ (省エネエアコン: 定格能力)
19°C − 38°C	$292.15 / (311.15 - 292.15) = 15.4 \Rightarrow 6.3$ (省エネエアコン: 中間能力)

図5 逆カルノーサイクルの効率

ているエネルギー消費効率（COP）は冷房や暖房能力を消費電力で除した値であり、その消費電力には送風ファンでの電力（全消費電力の2～3割程度）も含まれているため、実際のCOPの値は図中の理論的な効率よりさらに小さな値となる。

このように、熱交換器や圧縮機など個々の要素機器の効率改善と並んで、伝熱面積や風量の増加やインバータの搭載などによりエアコンの冷房COPは大幅に向上した。

しかしこれに伴って新たな問題が発生した。

2.2 COP 向上と除湿不足との関係

a) 蒸発温度と除湿量

例えば 27°C60%の空気を冷却した場合の除湿量は、図6に示すように 18°C前後を境として、それ以下では除湿量が急激に増加することになる。従来の5°C程度の蒸発温度ではかなりの除湿量が得られていたが、現在のように冷房での効率化のため蒸発温度が高くなったエアコンでは冷房運転時の除湿が期待できない。

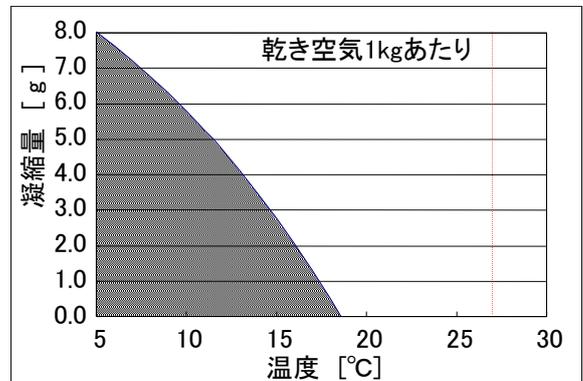


図6 27°C60%の空気を冷却した場合の除湿量

b) 建物の断熱化と室内湿度

一方近年、省エネ住宅として高気密高断熱住宅が多く建設されている。高断熱住宅では壁や窓などからの熱の侵入が抑えられ、熱負荷の内でも顕熱負荷を大幅に抑えることができる。このような住宅では一般に室内の温度調節をエアコンが行うが、顕熱負荷が小さくなるとエアコンでの消費電力を抑えることができる。このように高気密高断熱住宅はエネルギー消費の面で優れているが、一方で室内の湿度が高くなりやすい問題点が指摘されている。

冷暖房COPの高いエアコンで顕熱負荷の小さな高気密高断熱住宅の冷房を行う場合、インバータにより圧縮機の回転数が低い値に押さえられて温度リフトが小さくなるため、効率の良い運転となる。一方、蒸発温度が高い値となるため、先に示したように除湿量が減少して室内が高湿度になる。

このように、エアコンの高効率化と建物の高気密高断熱化に伴い、冷房時の室内の相対湿度が従来よりも高くなり、除湿ニーズも大きくなってきた。

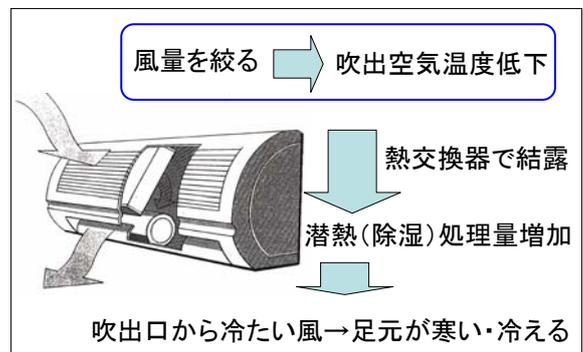


図7 ドライ(弱冷房)運転

2.3 エアコンの除湿運転

10年ほど前まではエアコンでの除湿といえば図7に示すドライ方式（弱冷房方式）が一般的だった。

これは、風量を絞った冷房運転であり、風量を絞ることで、室内機の熱交換器と接触した空気の温度をなるべく低くして、熱処理時の顕熱比を小さくする除湿方法である。ただし、ゆっくり吐き出された冷たい空気は床面にたまりやすく、「足元が冷える」、「室温が下がる」などの問題点があった。

そこで最近、よく用いられるようになったのが図8に示す再熱除湿方式（熱リサイクル方式）と呼ばれる方法である。この方法では、室内機の熱交換器に低温部分と、高温部分をつくり、低温部分で結露、除湿した空気と、

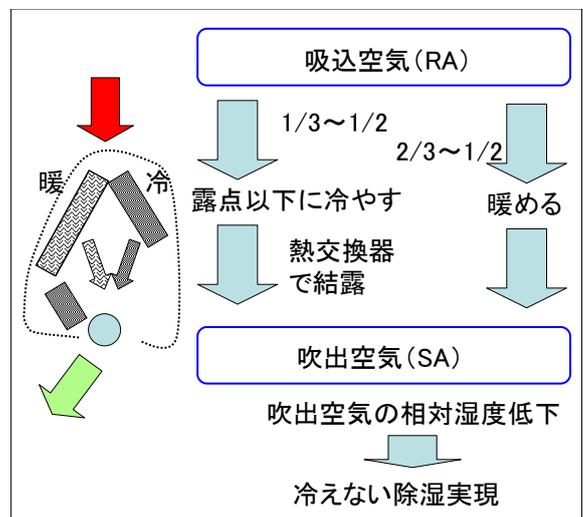


図8 再熱除湿運転

高温部分で温めた空気を混ぜ合わせることで、吹出空気の相対湿度を低下させ冷えない除湿を実現できる。

このように、以前よく用いられていましたドライ方式での「足元が冷える」、「除湿量を大きくしよう」とすると室温が低下する」などの問題点に対して、再熱方式では、「室温を下げずに除湿できる」ため快適性が向上し、エアコンによる本格除湿が可能となった。

・再熱除湿の仕組み

再熱除湿のためには、室内機の熱交換器の一部を低温に、一部を高温にする必要があるが、図9のように、室内機の熱交換器での冷媒流路に膨張弁を設置し、圧縮機から膨張弁までを高温に、膨張弁から圧縮機までを低温にすることで実現している。

なお、冷房が目的の場合、室内機内の熱交換器の高温部分は不要になるので、室外機に取り付けてある従来の膨張弁を作動させることで、室内機の熱交換器全体を低温にする。

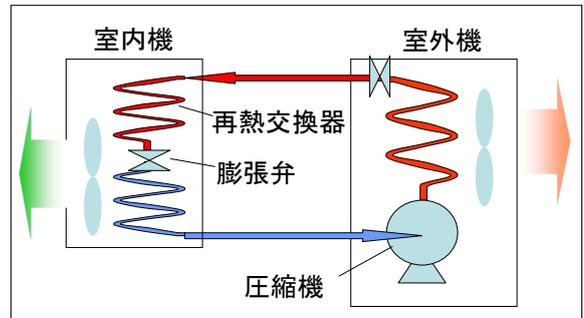


図9 エアコン再熱除湿運転のしくみ

2.4 再熱除湿運転の効率と消費電力

a)消費電力の測定例

2000年夏、外気の温湿度がほぼ同じ条件の日に冷房運転と除湿運転を行った場合の消費電力の経時変化の一例を図10に示す。

冷房運転ではお昼頃の熱負荷の増大に伴い消費電力が増加するが、除湿運転では常に大きな値を示していることがわかる。

このように冷房運転に比較して除湿（再熱除湿）運転では消費電力が大きくなる。

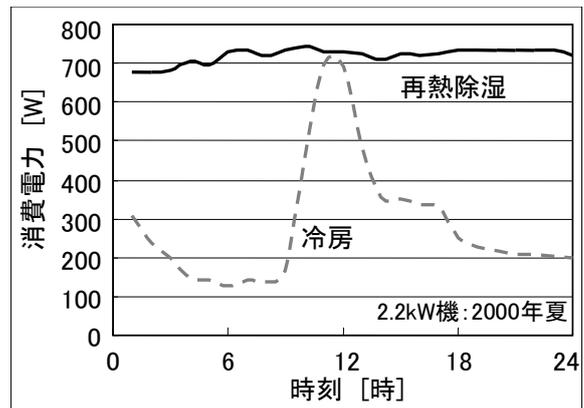


図10 冷房運転と除湿運転での消費電力

b)再熱除湿の効率

ルームエアコンのカタログからも除湿運転での効率を求めることができる。

右図は15年前にエアコンの再熱除湿運転を開発したH社の2007年11月2日のホームページの表示内容である。データが示されたエアコンは4.0kW機であり、14畳程度の広めの部屋に対応する。

除湿運転での性能評価には(社)日本冷凍空調工業会の基準が使われ、図11に示すように、外気24°C80%、室内24°C60%の条件で吹出温度24°Cで除湿運転した場合の除湿量と消費電力が求められている。なお、室内24°Cで吹出24°Cなので顕熱処理を行わず、潜熱処理(除湿)のみの値となる。

この機種の場合、除湿量が1,500ml/hであるので、24°Cでの蒸発潜熱を乗じると潜熱処理量が1,013Wとなり、これを消費電力600Wで除した値を除湿COPとすれば、その値は1.70となる。

14年目の実績 熱リサイクル方式 再熱方式だから、寒くならず[※]除湿できます。

暖めて 室温に調節
冷やして 運気をとる

室外機の排熱を利用 カラッとした 快適な空気 静音 18dB[※]

2007年11月2日

条件: (社)日本冷凍空調工業会基準。RAS-X40W2。
 室外温度24°C・湿度80%、室内温度24°C・湿度60%の
 恒温室で連続運転。消費電力600W、除湿量1,500ml/h、
 吹き出し温度24°C。

http://kadenfan.hitachi.co.jp/ra/aircon/xseries/07_joshitsu.html

24°Cでの蒸発潜熱: 2442J/g
 除湿量: 1,500ml/h → 潜熱処理量: 1,013W
 顕熱処理量: 0W

消費電力: 600W → 熱処理量: 1,013W
 除湿COP: 1.70

顕熱処理量0kWのとき、潜熱処理量/消費電力と定義した場合

図11 再熱除湿の効率(カタログより)

なお、この機種の場合冷房定格条件での冷房能力は4,000W、消費電力は785Wであるので、COPは $4,000/785=5.10$ となる。

従って図12に示すように冷房運転と比較して除湿運転のCOPは1/3程度であり、同じ熱処理量に対する消費電力は冷房運転の3倍程度となり、極めて効率が低下することがカタログ上からもわかる。

快適性や健康のために、冷房運転より除湿運転が好んで利用され、さらに除湿運転が冷房運転より省エネと誤解されている場合も多い現状もある。CO₂削減の意味からも省エネ除湿技術が求められている。

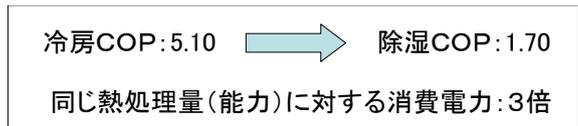


図12 除湿運転と冷房運転の効率

3. 調湿技術の動向

3.1 除湿方法の種類

空調に用いられる主な除湿方法を図13に示す。最も一般的なのが空気を露点以下に冷やす冷却減湿方式であり、エアコンに利用されている。また、北陸地方では冬期に吸着剤ロータを搭載した除湿機が好んで使われており、この方式を吸着減湿方式と呼ぶ。このほか、産業用には塩化リチウム水溶液などの吸収液を用いた吸収減湿方式があり、さらに、空気を直接圧縮して、全圧を高めることで空気中の水蒸気圧を飽和状態とし、結露除去させる圧縮減湿方式もある。なお、吸着式減湿を乾式デシカント除湿、吸収式減湿を湿式デシカント除湿とも呼ぶ。

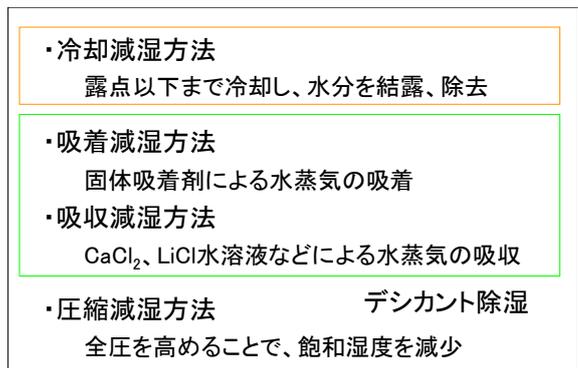


図13 空調に利用される除湿方法

3.2 加湿方式の分類

空調に用いられる主な加湿方法を図14に示す。蒸気吹き出し方式は蒸気を被処理空気に吹き出して空気に吸収させることで加湿する方式、水噴霧方式は水を霧状に吹き出して被処理空気を加湿する方式、また、気化方式は水と空気との接触面を多くして接触面で水を気化させて加湿する方式である。いずれの方式も水道水やイオン交換水あるいは純水など、水を直接気化させる加湿方式であり、従来から実績の多い加湿方式である。

これに対してデシカント加湿方式は、吸放湿材に吸湿された水分を被処理空気に放湿させることで加湿する方式である。

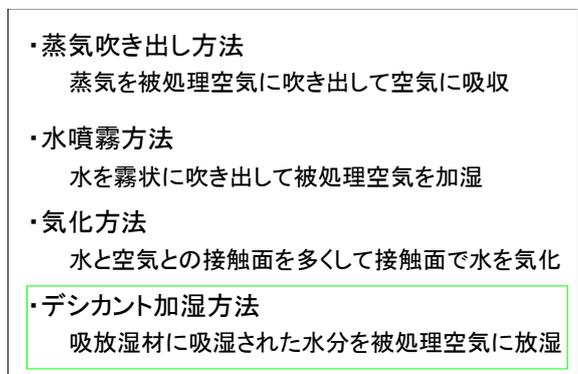


図14 空調に利用される加湿方法

4 調湿技術の動向

ここではビルや住宅で主に利用される冷却除湿技術およびデシカント除湿・加湿技術について著者が把握している範囲で動向を概説する。

4.1 冷却除湿技術の動向

2.3 に示した再熱除湿の場合、暖めた空気が再び室内機に入ると露点以下まで冷却するのに必要な動力が増加するため、冷房運転と比較して効率が低下し消費電力が大きくなる欠点がある。そこで最近では、図15に示すように弱冷房方式による除湿と再熱除湿方式による除湿

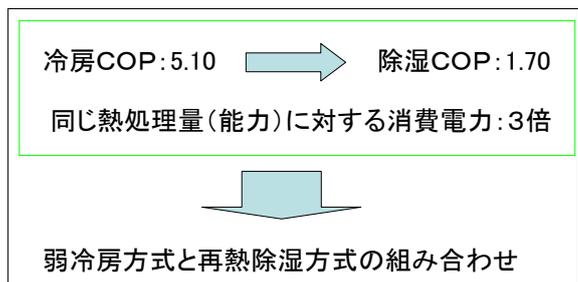


図15 除湿運転の省エネ化

とを自動的に切り替えることで、冷えすぎを防止しつつ消費電力を抑える試みがなされ、そのソフトがエアコンに搭載されるようになった。

4.2 デシカント除湿・加湿技術の動向

吸湿材として吸着材を用いた乾式デシカント除湿装置や加湿装置は産業用から住宅用まで幅広い分野で利用されつつある。吸湿材を再生するための熱源としては、電気ヒータによる発熱を用いるもの、コジェネレーションやガスエンジンなどの排熱を用いるものなどが実用化され、さらに太陽熱のような自然エネルギーを熱源としたものの研究開発も進められている（図16参照）。

デシカント除湿・加湿技術の主な動向は図17に示すように①再生熱源の低温化と②電気式ヒートポンプを組み込んだハイブリット化と考えられる。

a)再生熱源の低温化

排熱の中でも60℃以下の低温排熱は利用価値が小さく、そのまま捨てられやすい。そこで低温排熱を再生用熱源とすることで省エネを図ったデシカント除湿あるいは加湿技術の開発が進められている。

デシカント除湿あるいは加湿では、吸湿材の湿気容量を利用して高湿側で吸湿（除湿に利用）、低湿側で放湿・再生（加湿に利用）を行うが、再生温度が低いと吸湿側と放湿側の相対湿度の差が小さくなるため除湿あるいは加湿能力が低下する。そこで、湿気容量の大きい材料の開発が進められている。例えば図18に示す高分子吸着材は飽和時の水分容量自体が従来の吸着材に比べて大きく、どの相対湿度域でも平均的に大きな湿気容量を示す材料である。また図19に示す材料は飽和時の水分容量はそれほど大きくないものの低温で再生する際の相対湿度の変化領域で湿気容量が大きくなるように調整したものなどが用いられている。

これらは材料の湿気容量を大きくする取り組みであるが、吸放湿速度を高めるために吸湿材を微細粒状化する取り組みも行われている。

一方、再生熱源の低温化に対応するためのプロセス側のアプローチも行われており、1段目のデシカントユニットで得られた空気を2段目でさらに乾燥させる多段除湿型プロセスの他、吸着熱を除去して吸湿側の温度上昇を抑え、再生（放湿）側との温度差および相対湿度差の低下を防ぐ技術の開発も進められている。

b)電気式ヒートポンプを組み込んだハイブリット化

ヒートポンプの低温出力を利用して吸着側（吸湿側）の温度を低くし、再生側と吸着側の温度差および

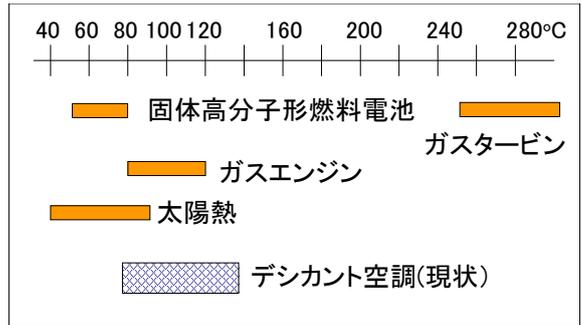


図16 デシカント除湿作動温度域と各種熱源温度

- ・再生熱源への排熱利用
マイクロガスタービン、ガスエンジン、固体高分子燃料電池などの排熱
- ・再生熱源への自然エネルギー利用
太陽熱の利用(特にヨーロッパ中心)
- ・低温再生化
- ・電気式ヒートポンプ(EHP)とのハイブリット化
吸着・再生用にEHPの冷熱・温熱出力を利用
EHPによる高効率運転

図17 吸着減湿方式の動向

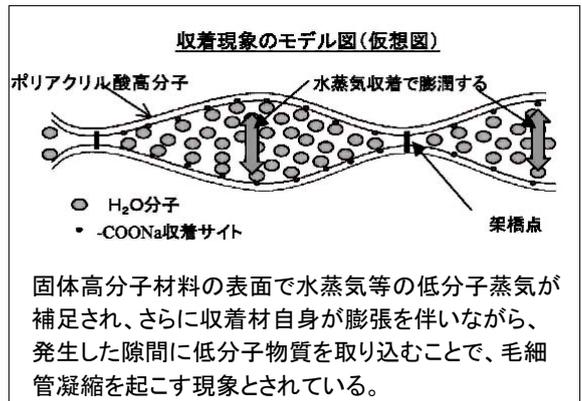


図18 高分子吸着材

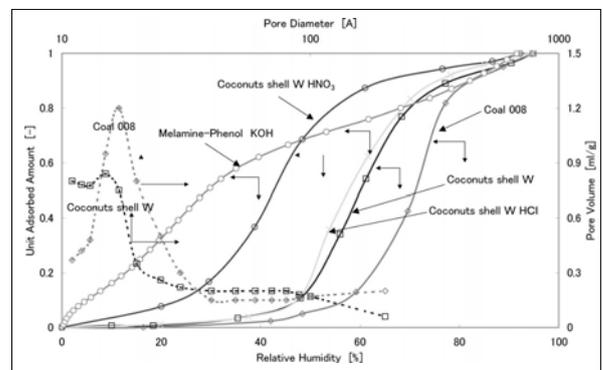


図19 空調湿度域で水分容量変化の大きな材料

び相対湿度差を大きくするシステムの開発も進んでおり、複数のメーカーから上市されている。

家庭用デシカント除湿機の場合、最近では図20に示すように再生側の予熱にヒートポンプの高温側を利用して再生能力を高めるとともに、吸着側でも低温側の冷熱を利用して空気を冷却し、吸着剤と接触する空気の相対湿度を高めることで吸着能力を高めたハイブリットタイプが開発された。

一方、オフィス用の調湿装置として、図21に示すように電気式ヒートポンプ（EHP）の40~60℃程度の熱を利用して再生する新たな乾式デシカントシステムも開発されている。先の家庭用ハイブリット除湿機と同様、ヒートポンプの低温側を用いて、空気を冷却して相対湿度を高めることで吸着を促進する。これにより40℃程度の再生温度でも除湿を行い、冷房時の除湿の他、暖房時の加湿を行うことができる。この装置は、従来のデシカント装置のように吸着剤がロータ状に形成されてこれが回転することで連続的に吸着、再生を行う構造ではなく、2つの熱交換器に吹き付けられた吸着剤に対して、冷媒流路と風路をそれぞれ替えることで吸着と再生を交互に行うパッチタイプの構造となっており、通常のデシカント除湿機よりも低い温度での再生を実現している。

電気式ヒートポンプとのハイブリット化では再生用に温熱出力をするだけでなく、吸着側に冷熱出力を利用している。吸着剤は相対湿度が高いほど水分を吸着し、相対湿度が低くなると脱着（放湿）する。例えば図22に示すように、35℃30%の空気を13℃まで冷却すると相対湿度は100%となる。このように温度を下げることで吸着量を増大させることができる。

外気処理機として用いられるデシカント除湿・加湿装置は、オフィスのように外気負荷が室内発湿負荷よりも極めて大きな場合に威力を発揮する。これに対して、例えば住宅など室内発湿負荷が大きい場合には対応が難しくなる。

（社）日本冷凍空調工業会の基準：外気 24℃80%、室内 24℃60%の条件で、一般的な除湿機の除湿能力 200g/h（8畳間に換算）を実現する場合を想定すると、8畳間（3.6×3.6×2.4=16m³）において0.5回/hの換気量の場合1時間あたり16m³の空気が還気として室内から排出されるが、この空気中には水分が209g含まれている。一方室内には除湿負荷である200g/hの水分が発生する。室内への給気により室内に入る水分量と負荷200g/hの合計が還気による排出量209g/hとならないと室内の湿度を一定に保つことができない。従って、図23に示すように給気により室内に供給する水分を9g/hとする必要があり、給気のを24℃とすると相対湿度2.7%のからからの空気を室内に供給する必要がある。24℃80%の外気から24℃2.7%の空気を得るためには、からからに乾いた吸着剤で水分を除去する必要があり、40℃の再生温度では実現できない。

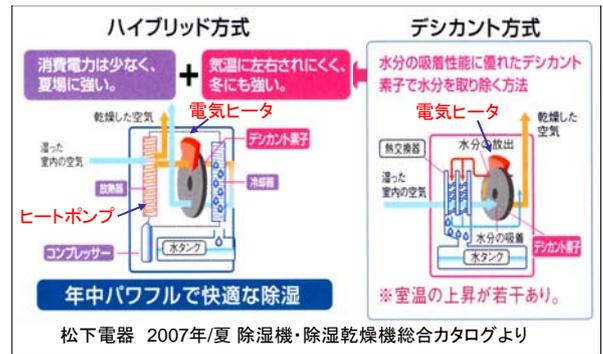


図20 ハイブリット方式家庭用除湿機

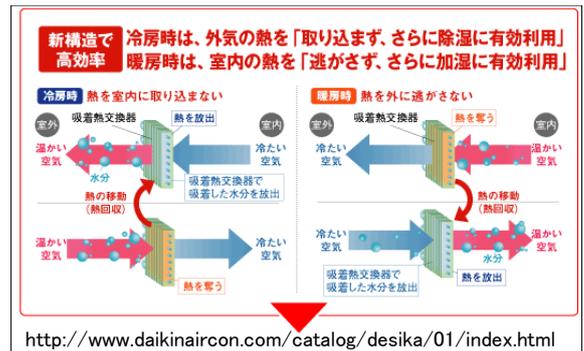


図21 電気式ヒートポンプ駆動デシカント調湿機

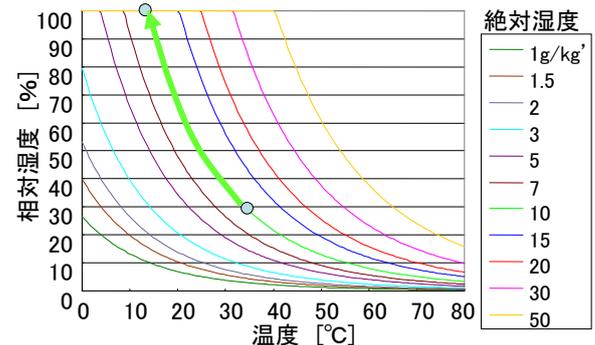


図22 EHP冷熱利用による相対湿度の変化

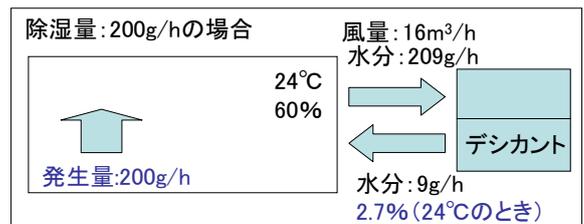


図23 外気処理で室内を24℃60%に保つ場合

これはひとえに吸湿材と接触する風量が小さいことに起因している。風量が大きくなれば必要な除湿量あるいは加湿量を得るための給気の絶対湿度をより現実的な値に緩和することができる。

そこで、図24に示すように0.5回/hの換気量に比べて1桁以上風量の大きなエアコンの吹出空気を利用する方法も検討されている。これはエアコンの室内機および室外機内の熱交換器の下流に設置した吸湿材により吸湿および放湿を行うものである。室内機で吸湿した吸湿材を室外機で再生させるなど、吸湿材を室内機-室外機間で移動させる必要があるが、液体の吸湿材を用いると容易に移動できる。冷房定格能力2.2kWのルームエアコンに吸湿材として塩化リチウム水溶液を用いた湿式デシカント装置を搭載してエアコンを冷房運転した場合の計算結果を図25に示す。ここで、外気は24°C80%、室内は24°C60%であり、顕熱負荷1000W、顕熱負荷140W(200g/h)を仮定した。室内機の熱交換器では結露せず、吸放湿材を通過する際に絶対湿度が0.29g/kgDAと僅かであるが低下する。室内機吹出風量は10m³/min(700kgDA/h)と大きいので両者を乗じた除湿量は約200g/hとなる。この時の室外機熱交換器と室内機熱交換器の温度差は10°C程度と小さく、ルームエアコンを冷房

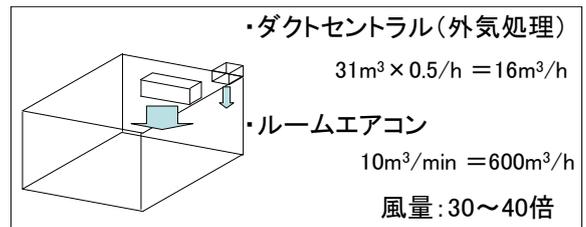


図24 外気処理とエアコン吹出での風量の違い

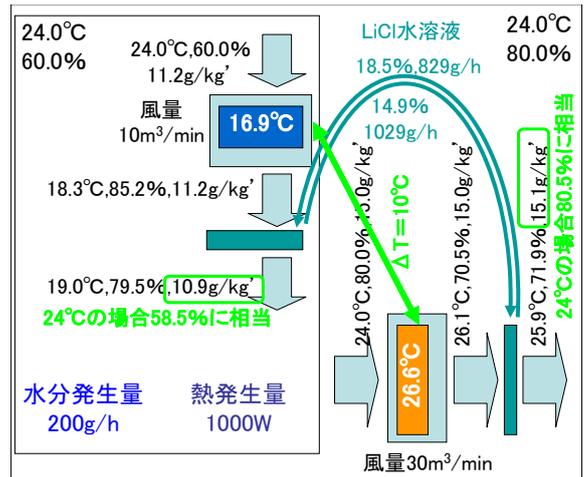


図25 塩化リチウム水溶液を用いた場合

運転するだけで要求された除湿量が得られることになる。

塩化リチウム水溶液など液体吸湿材を用いる場合、キャリーオーバーの防止など新たな技術開発が必要となるが、冷媒の凝縮温度と蒸発温度の差が小さいエアコンの高効率運転時でも十分な除湿量および加湿量が得られる可能性があり、今後期待される技術と考えられる。

c)新たな系の探索

湿式デシカントを用いた調湿技術としては更なる効率化の検討もされており、例えば表1は広島大学にて検討されているケミカル調湿材の熱力学的検討結果の一例である。吸着および吸収のみならず広く化学反応を含め、さらに成績係数についても理論的に求めている。

表1 ケミカル調湿材料としての反応検索結果

反応系	冷却温度	再生温度
$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	29.2°C	39.8°C
$\text{CuSO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	109.1°C	122.1°C
$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CuSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	35.6°C	45.7°C
$\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	24.0°C	33.2°C
$\text{BaCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	34.7°C	45.9°C
$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 9\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	18.3°C	28.6°C
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	17.8°C	27.8°C
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	21.4°C	36.2°C
$\text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.7°C	30.2°C
$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + 5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ZnSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	21.6°C	32.8°C
$\text{SrCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	35.1°C	45.9°C
$\text{SrCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{SrCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	48.3°C	59.4°C
$\text{Na}_2\text{SO}_4 + 10\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	17.4°C	27.5°C
$\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 7\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	32.5°C	44.5°C
$\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	33.9°C	44.9°C
$\text{FeCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	82.0°C	95.7°C
$\text{CuCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	55.2°C	66.3°C
$\text{CaSO}_4 + 0.5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaSO}_4 \cdot 0.5\text{H}_2\text{O}$	99.7°C	114.0°C
$(\text{COOH})_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	44.9°C	55.9°C
$\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	47.3°C	57.8°C
$\text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4\text{Al}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	48.3°C	57.7°C
$\text{NaCH}_3\text{COO} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NaCH}_3\text{COO} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	32.3°C	42.9°C
$\text{LiBr}_{\text{CONQ}} + n\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{LiBr}_{\text{AQ}}$	濃度依存	濃度依存
$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Ca}(\text{OH})_2$	339.4°C	363.6°C
$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Mg}(\text{OH})_2$	171.1°C	184.4°C

参考文献

三菱総合研究所：NEDO エネルギー有効利用基盤技術先導研究開発における戦略技術(民生部門)に係る調査研究(2003)