

モイストプロセッサのご説明：補足資料

リキッドデシカント機の除湿・加湿の仕組みと特徴

目次

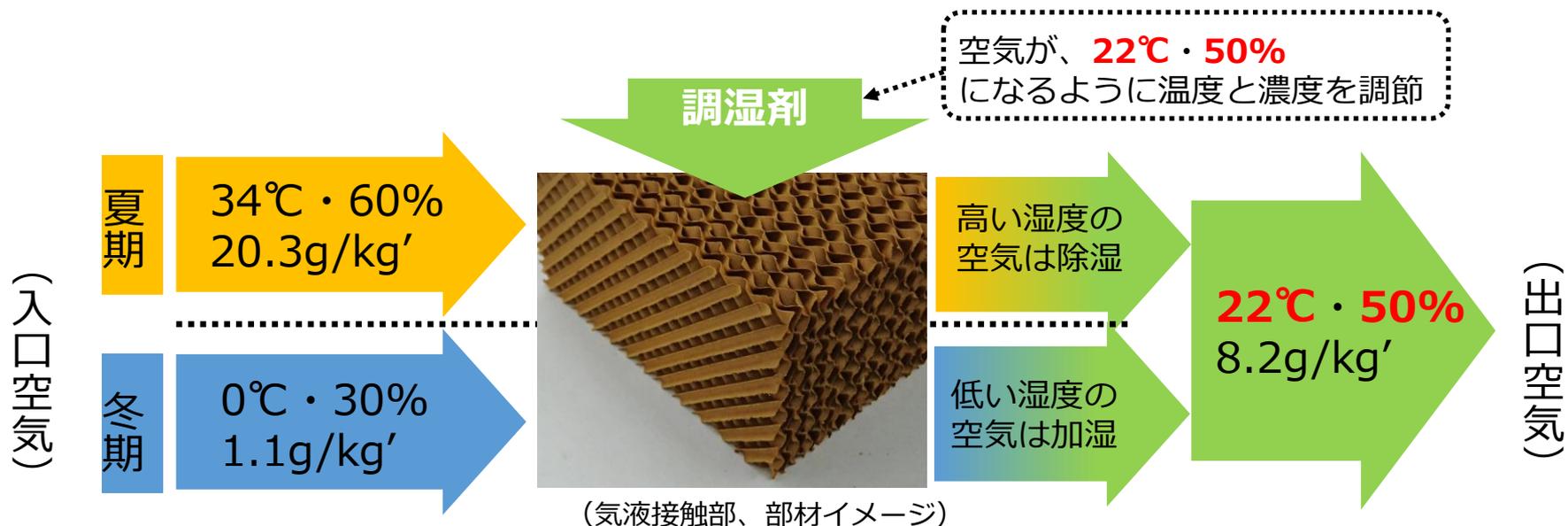
- I リキッドデシカント空調機とは
- II 液体調湿剤による調湿原理
- III リキッドデシカント機の運転イメージ
- IV 他の除湿方式との比較
- V 他の加湿方式との比較
- VI リキッドデシカント空調機の特長（まとめ）
- VII 補足

I リキッドデシカント空調機とは

液体調湿剤の温度と濃度で空気の温湿度を制御する

リキッドデシカント空調機は、液体調湿剤によって調湿（除湿と加湿）を行う空調機です。濃度によって気液平衡蒸気圧が変化する液体調湿剤の性質を利用して、任意の温度と湿度の空気を作ることができます。

以下の例では、接触した空気が22℃・相対湿度50%になるように調節された調湿剤と空気を十分に接触させることで、入口の空気との湿度（水蒸気圧）の大小関係で除湿または加湿がされることを示しています（空気の水蒸気圧と調湿剤の水蒸気圧の平衡）。



気液接触材は親水性・吸水性に優れた素材（セルロース等）からなり、その構造によって気液接触を十分に行うことが可能であり、また、調湿剤は気液接触材表面を液膜状に流下するため、液をスプレーする方法と異なり液飛沫が生じません。

II 液体調湿剤による調湿原理

1. 調湿剤の濃度と蒸気圧の関係

水と空気が十分に接触すると、空気中の水分は飽和し、相対湿度は100%になります。ここで、水に調湿剤（例えば塩化リチウム）を加えてゆくと、ラウールの法則にしたがい、濃度に応じて空気と溶液が平衡したときの空気の相対湿度は低下してゆきます（図1）。これは、液体調湿剤の濃度を調節することで湿度（気液平衡蒸気圧）をコントロールできることを意味しています。また、調湿剤の濃度に対応した空気の相対湿度の関係は温度が変わってもほぼ一定です（図2）。

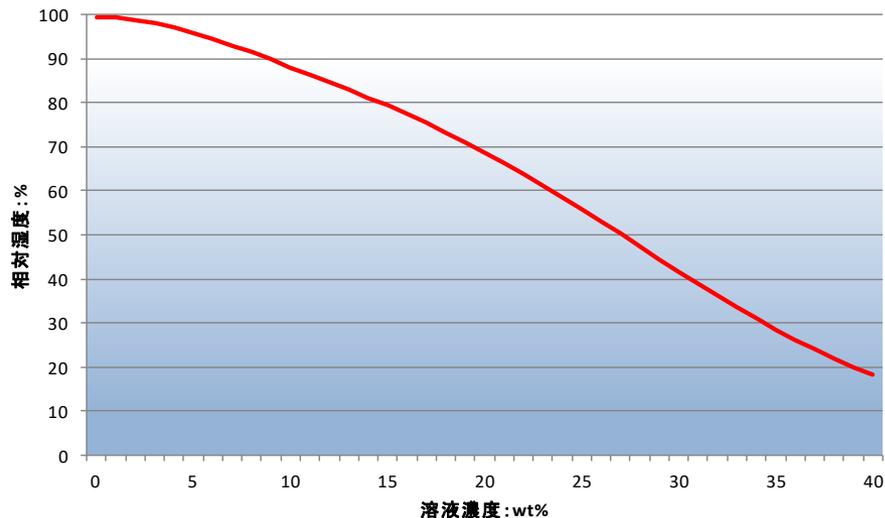


図1 平衡状態にある溶液の濃度と空気の相対湿度の関係(20°C)

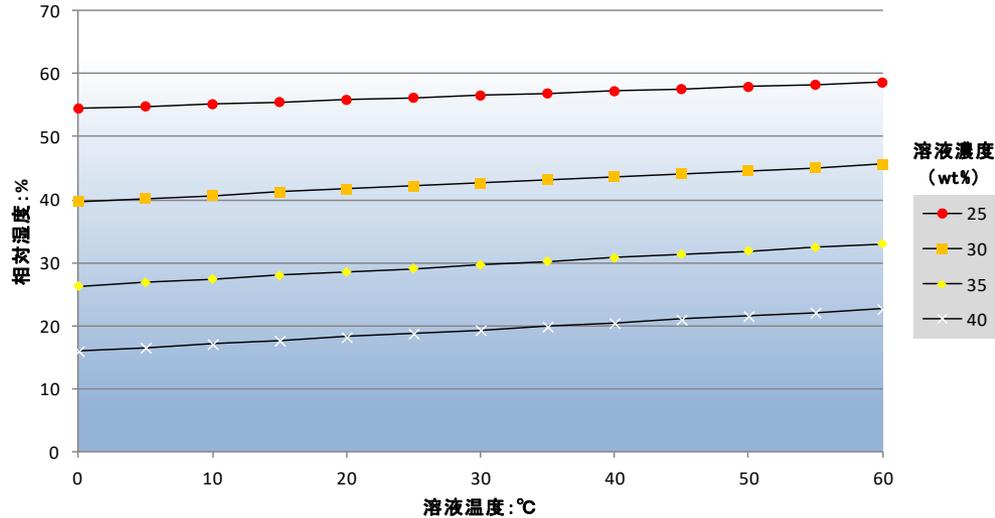


図2 濃度ごとの相対湿度と温度の関係

リキッドデシカント空調機は、液体調湿剤のこのような性質を利用して、さまざまな温度と湿度の組合せを安定して実現することができます。

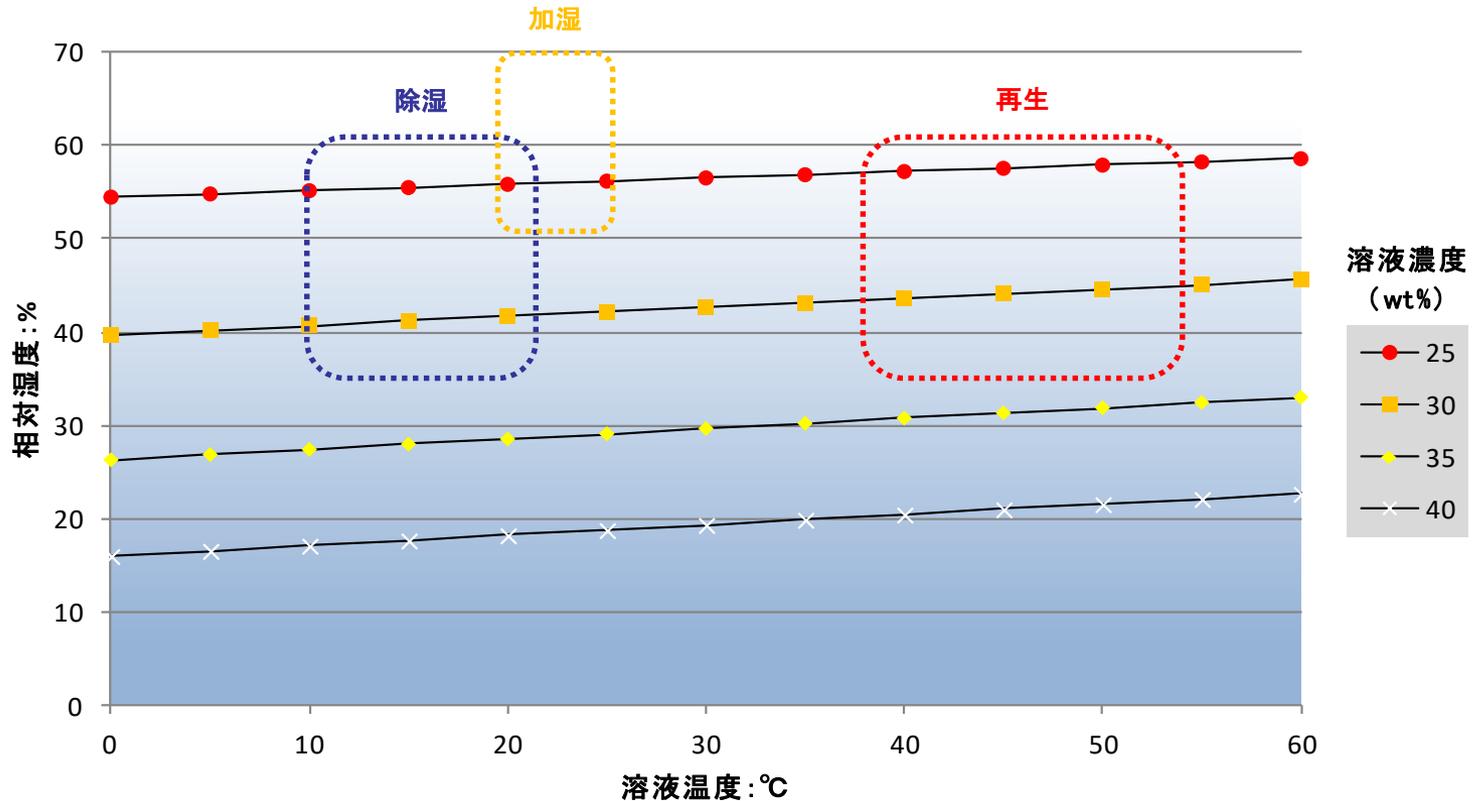
II 液体調湿剤による調湿原理

2. 除湿、加湿、再生の標準的な運転範囲

調湿剤に塩化リチウムを使用しているモイストプロセッサーでは、40~70%程度の相対湿度を除湿・加湿の標準的な運転範囲としています。

これは、湿度が低すぎる(濃度が高すぎる)と調湿剤の析出が発生する可能性があり、湿度が高すぎる(濃度が低すぎる)と溶液の清浄性を維持できなくなる可能性があるためです。

除湿、加湿、再生の標準的な温度、相対湿度・溶液濃度の範囲は下図の通りです。



II 液体調湿剤による調湿原理

2. 調湿剤の濃度と気液平衡線の遷移

空気線図 (t-x線図) に、溶液の濃度と温度に対して平衡する空気の状態 (気液平衡線) をプロットすると下記図3のようになります。

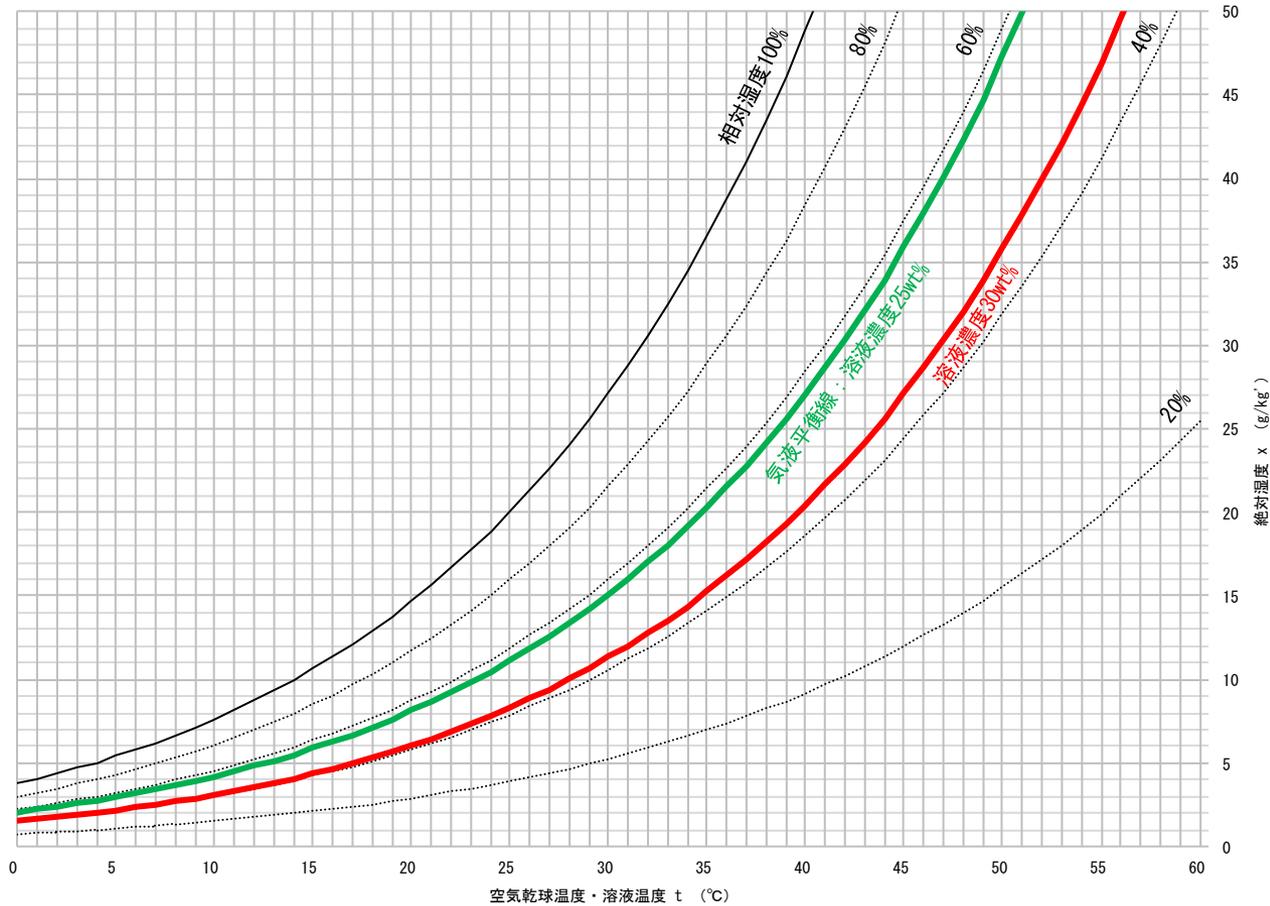


図3 気液平衡線を空気線図(t-x線図)にプロットしたもの

II 液体調湿剤による調湿原理

3. 液体調湿剤のその他の特長

モイストプロセッサーでは液体調湿剤として塩化リチウム（LiCl）を使用しています。塩化リチウム（水溶液）は無色透明の外見で、以下のような特長を持っています。

除菌能力があります

塩化リチウム水溶液には除菌作用があり、液中で細菌等が繁殖することはありません。

溶液の劣化がありません

塩化リチウムは安定的な物質で、他の物質と反応して性質が変化することはほとんどなく、細菌等の生物による汚染の心配もありません。また、蒸気圧がほぼゼロであることから塩化リチウムが気化することはありません（加湿等で空気中に放出されるのは塩化リチウム水溶液中の水で、塩化リチウムは気化しません）。したがって、空気から液中に捕集された塵埃等を濾過することで溶液の清浄度を維持することができ、交換や補充の必要はありません。

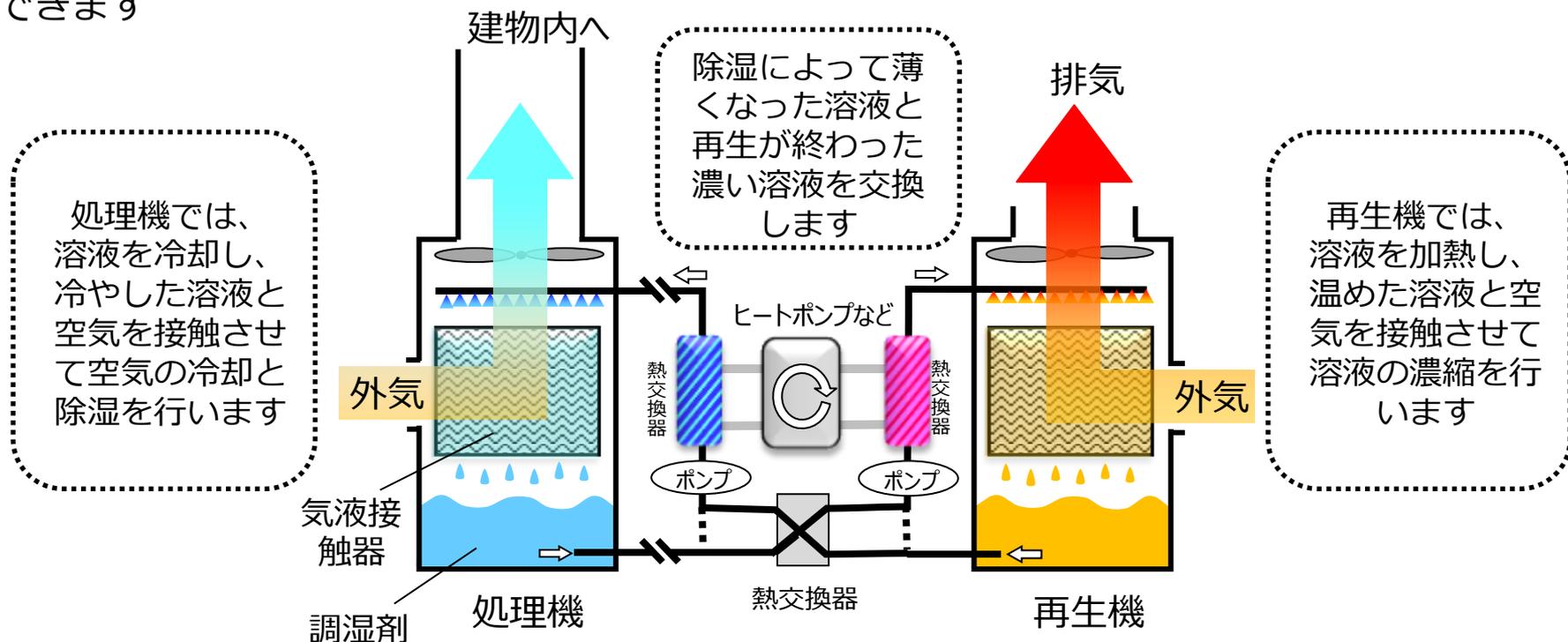
安全です

塩化リチウムは毒物及び劇物取締法や化学物質管理促進法等の規制を受ける物質ではありません。大量に摂取すると健康に影響はありますが、これは食塩（塩化ナトリウム）でも同じことです。

Ⅲ リキッドデシカント機の運転イメージ

1. 装置の構成と除湿時の運転イメージ

除湿を行うと、空気中の水分（水蒸気）が調湿剤に吸収され、調湿剤の濃度が下がることから除湿能力が低下します。そこで、濃度が低下した調湿剤を加熱することで吸収した水分を空气中に放出し、濃度を回復（濃縮）する必要があります。これを調湿剤の『再生』といいます。そのため、リキッドデシカント空調機は、除湿（加湿）を行う処理機と調湿剤の再生を行う再生機の2ユニットから構成されます。処理機は溶液の温度をコントロールし、再生機は濃度をコントロールすることで、供給する空気の温度と湿度を一定に維持しています。なお、加湿時の調湿剤の濃度は加湿によって失われた水分を補給（給水）することで容易に回復することができます

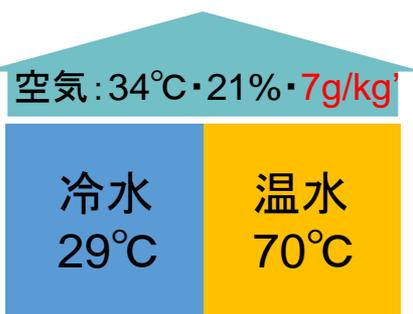


Ⅲ リキッドデシカント機の運転イメージ

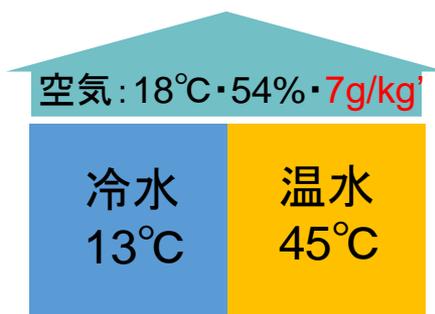
2. 除湿時の溶液の再生について

液体調湿剤の濃度は、再生に使う空気（外気など）が一定の場合、再生に用いる温熱源の温度によって決まります。温度が高いほど調湿剤の濃度を高くすることができ、除湿量が同じであるならば、空気の温度、すなわち冷水の温度を高くすることができます。

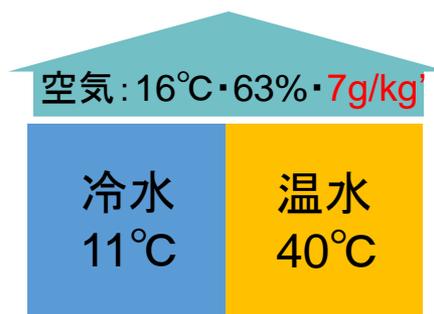
例) $34^{\circ}\text{C}\cdot 60\%\cdot 20.3\text{g/kg}'$ の外気を $7\text{g/kg}'$ まで除湿する場合の熱源等の組合せ



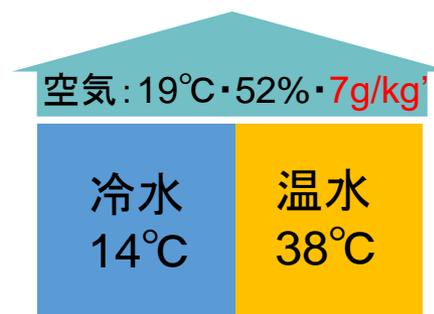
排熱 + 冷却塔



ヒートポンプ or
低温排熱 + 地下水(地熱)



ヒートポンプ



ヒートポンプ +
還排気 ($26^{\circ}\text{C}\cdot 50\%$)

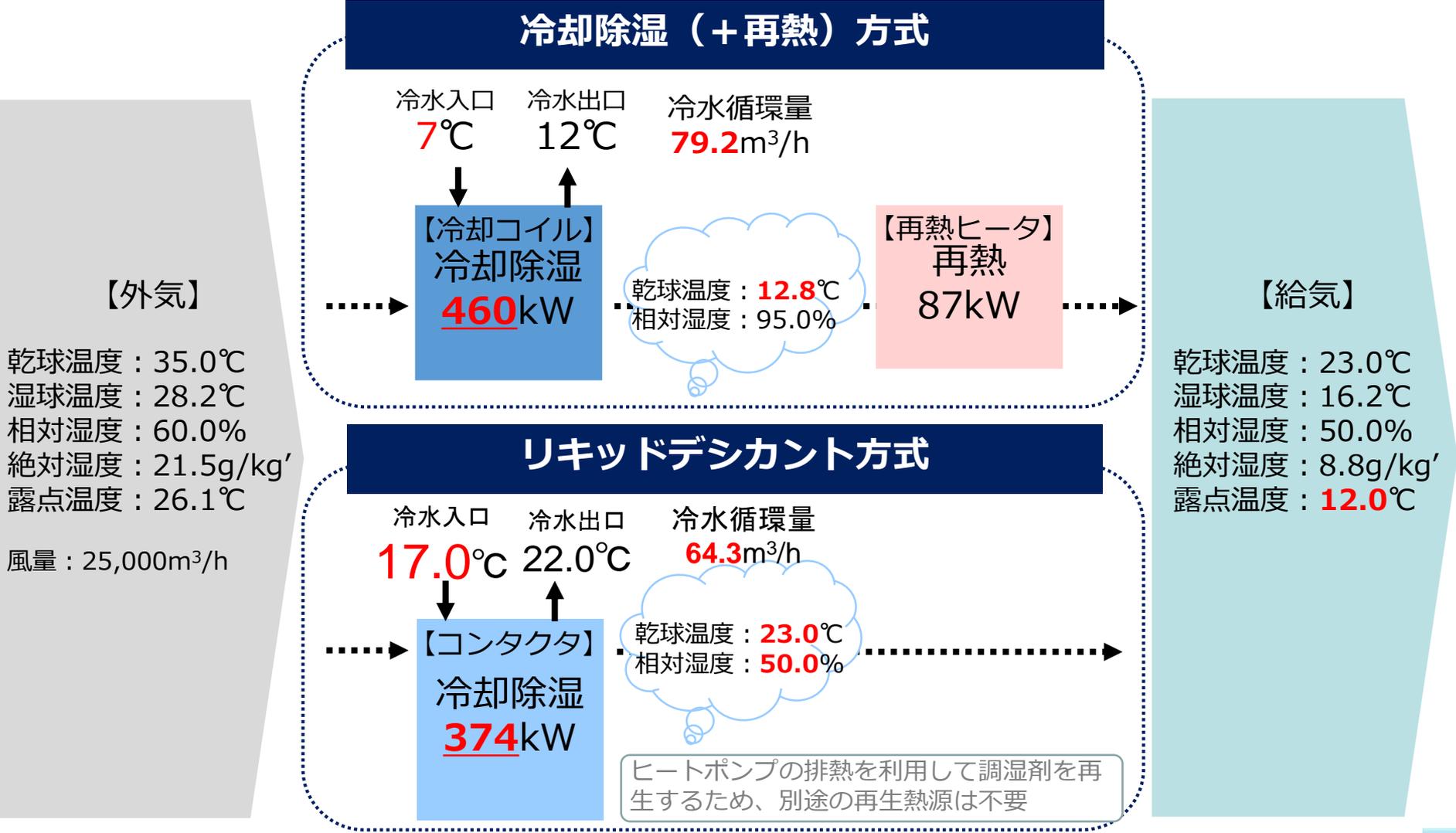
70°C程度の排熱や自然熱が利用可能な場合、冷却塔等から得られる冷却水レベルの温度で十分な除湿を行うことが可能です。

液体調湿剤は溶液の再生に消費したエネルギーを濃度で蓄積することができますので、除湿運転と排熱や自然熱による再生に時間的なズレがあっても対応可能です。また、熱の供給場所と除湿を行う場所が離れていても対応可能です。さらに、再生用の熱源は温水でなくてもよく、温風でも構いません。

IV 他除湿方式との比較

1. 冷却除湿（再熱）方式とリキッドデシカント方式の比較

リキッドデシカント方式では必要となる冷水温度が高く、チラーの効率的な運転が可能となることから、省エネルギーとなるだけでなく、冷凍機器容量のサイズダウン（150kW→100kWなど）も可能です。



IV 他の除湿方式との比較

2. リキッドデシカントとローター式（ソリッド）デシカントの比較

	リキッドデシカント	ローター式デシカント
加湿	強力な加湿が可能	別途加湿ユニットが必要
再生	空気を加熱しながら再生することができるため、低い温度で再生が可能。このため、ヒートポンプの排熱や低温排熱（40～50℃）の利用が可能	再生によって大きく空気温度が低下することから、ローター通過の事前に大幅に空気を加熱する必要がある。このため、再生には通常100℃以上の熱源が必要
処理と再生の分離	処理機と再生機は分離設置が可能。また、複数台の処理機に対して1台の再生機という構成も可能	一つのローターで除湿と加湿を切り替えて使用することから常に一体となる
還排気の利用	再生に室内からの還排気を使用することで再生熱源温度を下げる事が可能であるが、必ずしも必要ではない。排気を利用しないことで2種換気（陽圧空調）が可能	還排気を使用しない場合、再生に必要なエネルギーが非常に大きくなる
機内圧力損失	200Pa～400Pa	600Pa～1500Pa

V 他の加湿方式との比較

リキッドデシカント方式では蒸気式と同等のクリーンな加湿を、気化式加湿よりも高いエネルギー効率で実現できます。

	蒸気加湿			水加湿		
	二次蒸気 スプレー	電極式	電熱式	スプレー	気化式	リキッド デシカント
概要	ボイラで製造した蒸気を用いてリボイラでクリーン蒸気を作る	電極間を流れる電流により蒸気を発生させる	ヒータの発熱により蒸気を発生させる	圧縮空気と水を衝突させることにより微細な霧を生成する	加湿モジュール(不織布等)に水を滴下させ蒸発させる	調湿液の温度と濃度を調節することで任意の温度、湿度で加湿
給水	軟水(ボイラ)工水・水道水(リボイラ)	水道水 導電性要 12.5~35mS/m	軟水またはRO水 0.1~1.0mS/s	RO水	水道水 軟水は不適	RO水
制御	供給蒸気側による	水位調整 20~100% タイムラグ有り	SSR他 20~100% 精密湿度制御	On/Off制御	減圧弁、電磁弁 On/Off制御	比例制御
メンテナンス		4,000hrで シリンダーを交換	タンク、ヒータの清掃 10,000hrでヒータ交換		5,000hrで加湿 モジュールを交換	年に1回の 定期点検実施
エネルギー 効率	△	×	×	○	○	◎※
制御性	△	×	○	△	△	◎

※ 加湿と加湿を同時に行うため、通常気化式のように加湿前に給気温度以上に加湿する必要がなく、より低い温度の熱源で同等の加湿が可能である。そのためヒートポンプをより高い効率で運転できる。

VI リキッドデシカント空調機の特長（まとめ）

①強力な除湿・加湿能力

複数の装置を組み合わせることなく、 $\Delta 12\text{g/kg}$ 以上の除湿及び加湿が可能です。
室内湿度条件(夏季： $26^\circ\text{C}50\%$ 冬季： $23^\circ\text{C}50\%$)を維持するために必要な給気量は、
冷却除湿・気化式加湿の一般的なエアハンドリングユニットと比べて1/3程度となります。

②高い温度の冷水で除湿ができます

45°C 程度の温熱があれば、排気（リターンエア）を利用しなくても 15°C の冷水で、 $20^\circ\text{C} \cdot 8\text{g}$
（露点温度 10.7°C ）の空気を作ることができます（夏期ピーク・ $34^\circ\text{C} \cdot 60\% \text{Rh}$ のとき）。

③低い温度の温水でクリーンな加湿ができます

調湿剤には除菌作用があることから、気化式加湿のように菌が繁殖するリスクがありません。
ヒートポンプを使用して蒸気式と同等のクリーンな加湿を実現できます。
また、気化式加湿よりも低い温度の温水で同等の加湿を行えます。

④潜熱顕熱分離空調を容易に実現

リキッドデシカント空調機が室外だけでなく室内を含む全ての潜熱負荷（除湿及び加湿）を処理することによって、様々な組み合わせの潜顕分離空調を実現することができます。

例えば、高顕熱タイプのエアコン（除湿をしないエアコン）と組み合わせることで高い効率の空調システムを構築することができ、また、輻射パネルと組み合わせることで気流を感じない空調システムを構築することができます。

Ⅶ 補足

1. 除湿時の空気線図上の運転イメージ①

空気の除湿と溶液の再生のプロセスを空気線図上で表現すると図4のようになります（運転濃度は25wt%）。除湿も再生も基本的には運転濃度に対応した気液平衡線に沿って行われます。当例では、処理風量と再生風量が1:1となっているため、除湿量と再生量は等量となっています。

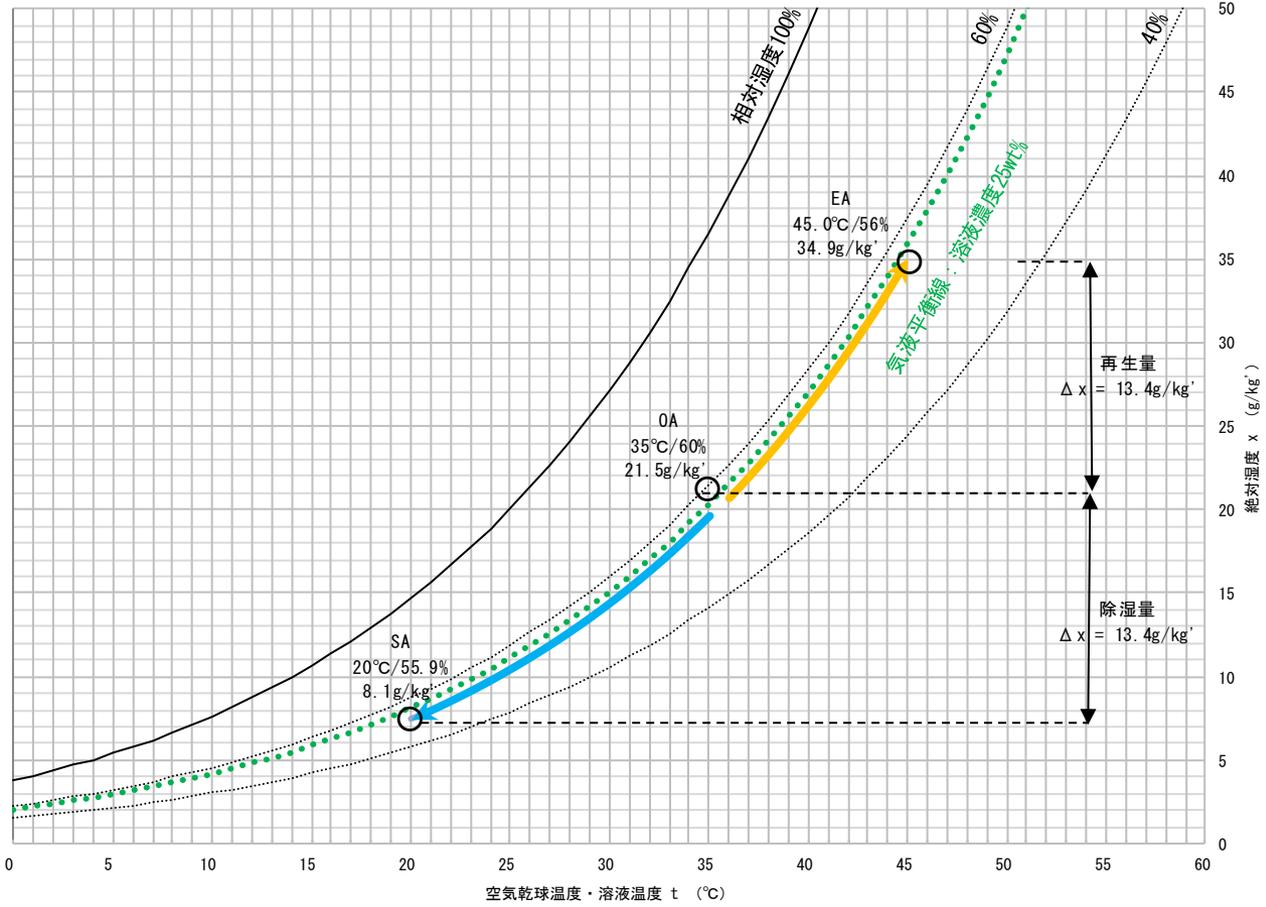


図4 空気線図上での除湿運転のイメージ



Ⅶ 補足

2. 除湿時の空気線図上の運転イメージ②

溶液の運転濃度を25wt%から30wt%に上げた場合のプロセスは図5のようになります。気液平衡線が下方にシフトし、再生温度が6℃程度上昇する一方で、給気絶対湿度が2.1g程度低下します。このように、再生温度が高くなると濃度が上昇し、気液平衡線が下方にシフトすることから、給気の相対湿度とともに絶対湿度が低下します。

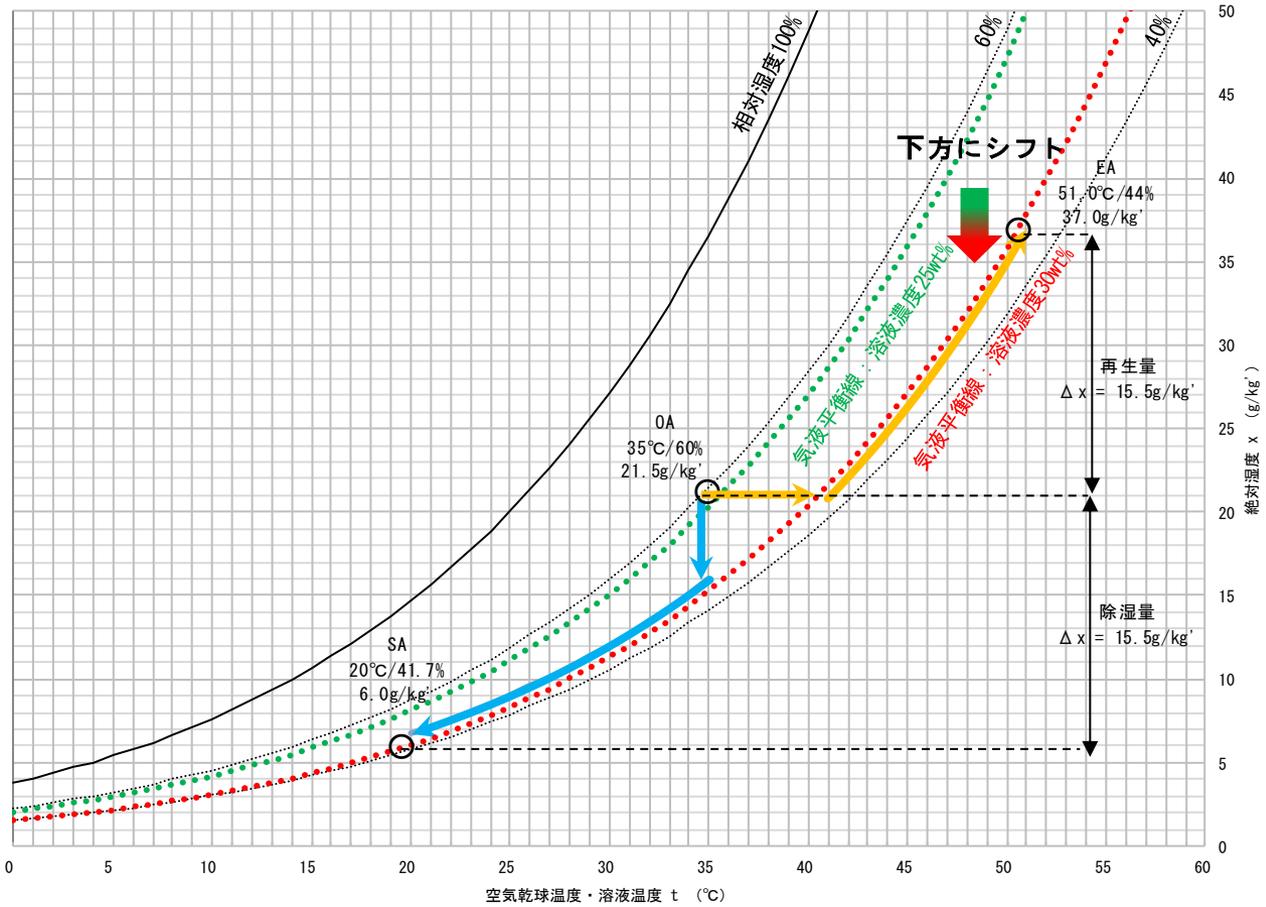


図5 空気線図上での除湿運転のイメージ



Ⅶ 補足

3. 除湿時の空気線図上の運転イメージ③

気液接触器の前段にプレコイルを配置し、プレコイルにて15℃の冷水で冷却除湿を行った後に、気液接触器にて除湿を行った場合の運転イメージは図6となります。プレコイルで除湿した分は再生の必要がないことから、再生必要量が減り、再生温度が低下します。

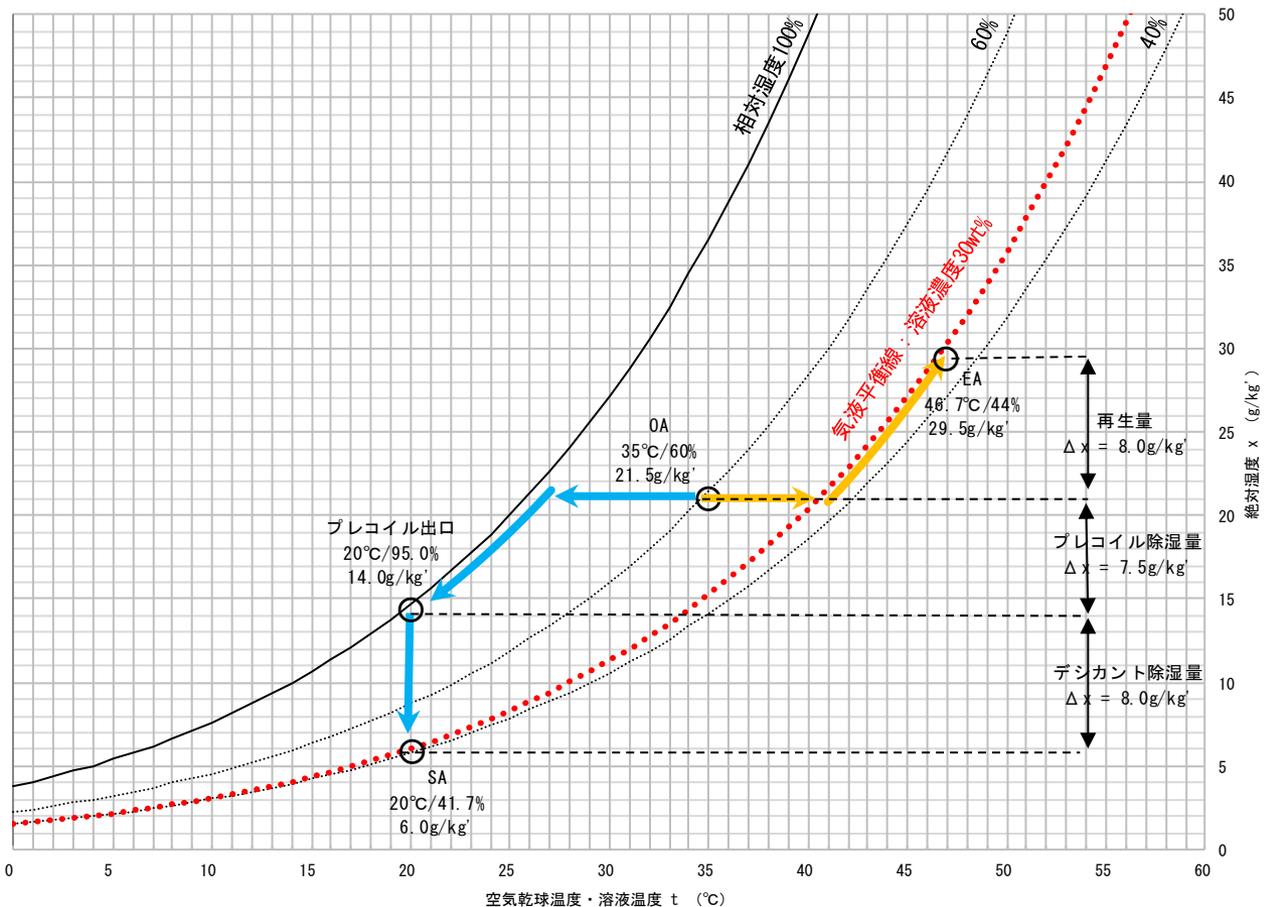


図6 空気線図上での除湿運転のイメージ(プレコイルがある場合)



Ⅶ 補足

4. 加湿時の空気線図上の運転イメージ

加湿運転のイメージは図7の通りとなります。任意の濃度となるように液体調湿剤へ加水を行うことで給気相対湿度は容易に制御可能です。処理対象空気（図ではOA）の温度及び湿度は単純に気液平衡線に沿って上昇します。

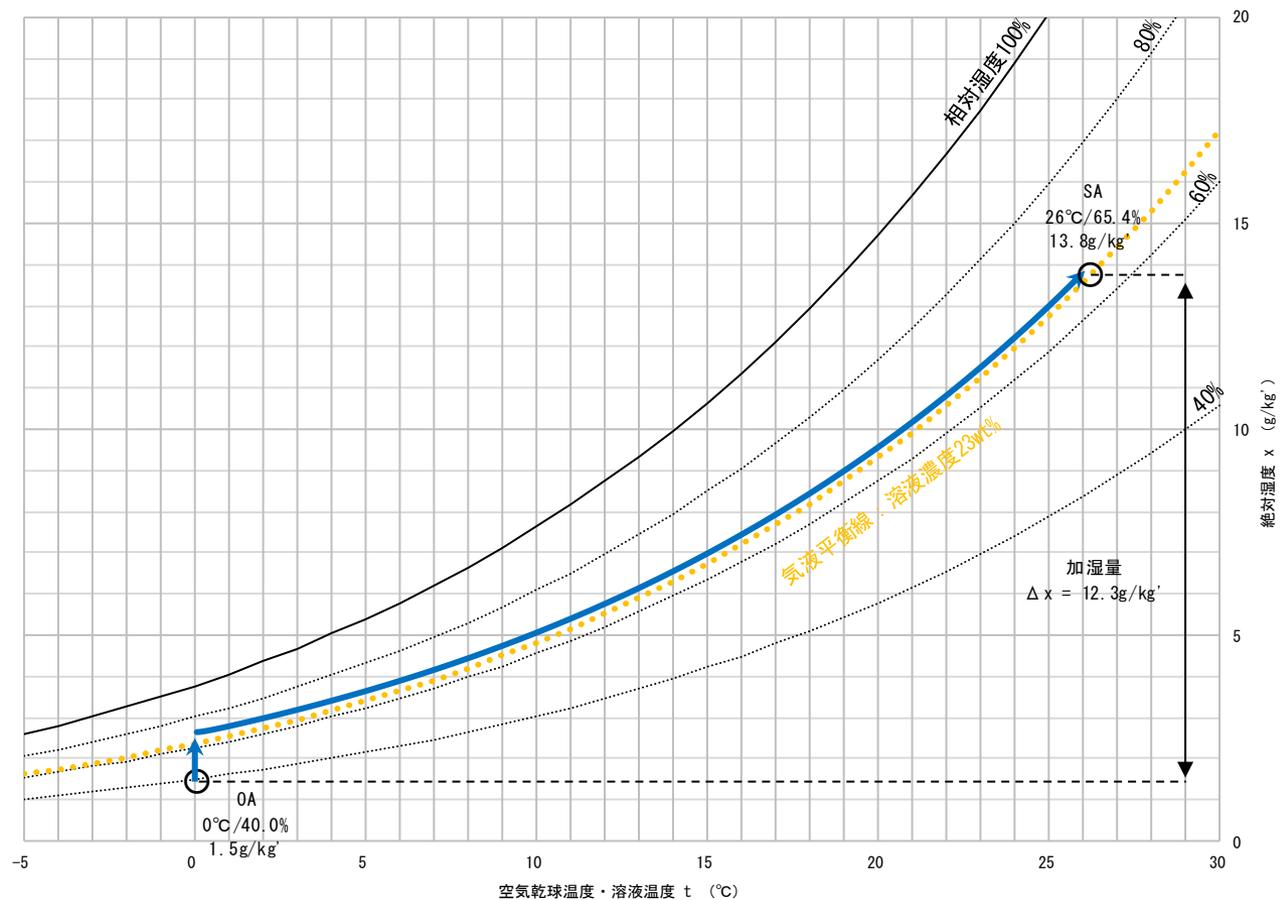


図7 空気線図上での加湿運転のイメージ



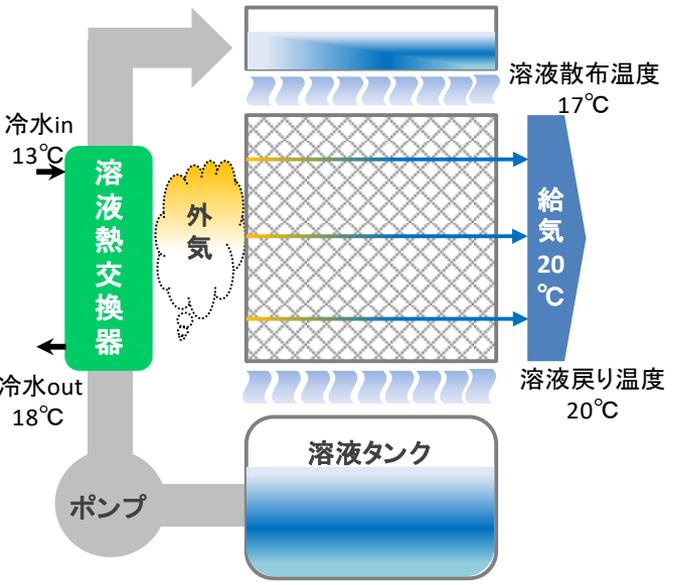
VII 補足

5. 次世代型リキッドデシカント空調機の開発について

環境省『CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業』において次世代型リキッドデシカント空調機が開発されました。

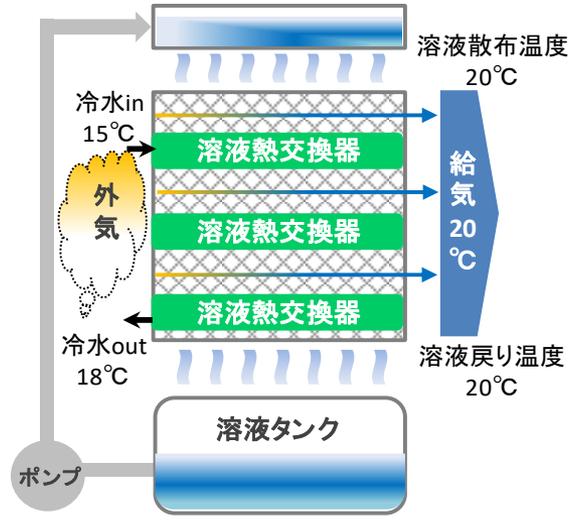
【従来型方式】

除湿中は溶液を冷却することができないため、除湿の前に溶液を冷却する



【次世代型方式】

気液接触部に溶液冷却用の熱交換器を組み込んだため、除湿中に溶液の冷却が可能



従来の方式では除湿中に溶液の温度を調節することができないことから事前に溶液を冷却する必要があり、かつ、空気を除湿冷却することによる溶液の温度上昇（除湿能力の低下）をカバーするために十分な量の溶液を流す必要がありました。今回開発された次世代型方式では、除湿中も溶液の冷却が可能となり、溶液温度上昇による除湿能力の低下がないことから、少ない量の溶液で従来方式と同等以上の除湿を行うことができます。（もちろん、溶液の加熱によって従来と同様に強力な加湿も可能です）

改良点

- 溶液流量を**90%以上削減し、ポンプ動力を大幅に低減**
- 溶液流量の削減により溶液搬送用ポンプや配管、タンク等の**コンパクト化**
- 配管システムがシンプルになり、**メンテナンス性が向上**
- コンパクト化や構造がシンプルになったことで**装置価格が低下**
- 給気に混入する溶液（キャリアオーバー）を**ゼロ(※)に**
- 従来よりもさらに**冷水温度を高く、温水温度を低く**することが可能

16 ※実施した試験では、検出下限値：給気1m3あたり100万分の1g未満で溶液成分は不検出



END