

一般・産業分野におけるデシカント空調機・除湿機の適用

星 野 一 人 (ほしの かずと) 新晃工業株式会社 技術本部 研究開発本部 第2課 副主任

DESICCANTとは吸湿剤を意味し、一般的な空調では空気を冷却することにより水分を凝縮させて除湿するのに対して、デシカント空調では吸湿剤に空気を通すことで水分を吸湿して除湿する方式である。デシカント空調では高い省エネ性が期待される一方、吸湿剤を再生するための高温の熱が必要とされ、一部の排熱利用等に用途が限られてきた。しかし近年 50℃程度の低温での再生が可能となり、高効率なヒートポンプの凝縮熱を利用したシステムに期待が広がっている。本連載では、ヒートポンプを活用したシステムを中心に全6回にて解説する。

1. はじめに

「省エネルギー化」および「地球温暖化の抑制」は、今やあらゆる企業や個人にとって避けることのできない課題となっているのは言うまでも無い。その為、現状よりさらに先進的な「省エネルギー・低炭素技術」への取り組みが必要とされている。

「省エネルギー・低炭素技術」の中でデシカント空調機・除湿機は注目を集めている技術の一つである。

一般事務所を始め、各産業分野における製造や貯蔵等は、その空間・工程に応じた温度湿度のコントロールが必要である。従来の空調方式では、冷媒（水、フラインなど）を使ってコイルを冷却し、空気中の水分を結露させることで除湿・減湿を行っており、潜熱と顕熱が一体で処理される。多くの場合は除湿・減湿が優先されるため、必要以上に冷却されてしまい、再加熱が必要となる。デシカント空調機・除湿機は乾燥剤（desiccant）を用いて空気中の水分を吸湿し直接除去する方式で、潜熱を専門に処理し、その後、顕熱を専用のコイル又は空調機で処理するため、再加熱や過冷却によるエネルギーロスが少ない潜熱・顕熱分離空調システムの構築が可能である。

従来、デシカント空調機は吸湿したデシカントを乾燥（再生）するために高温（80～140℃）の空気が必要であり、高温の熱源設備を持つ産業用途に限定されていたが、近年低温（40～80℃）の空気での再生が可能なデシカントが開発されたことで、温水ヒートポンプや未利用排熱が利用可能になり、高温の熱源設備を

持たない一般空調（オフィス等）や産業分野等にも適用が可能となった。

デシカント空調機は、緻密な湿度と温度のコントロールが可能であることから製造過程に水分を嫌う電気、電子、精密機器などはもちろん、食品加工・貯蔵庫の防カビ対策や結露対策等の安定的な湿度管理が必要な空間にも適用範囲が広がっている。

本報では一般空調向けデシカント空調機と産業向けデシカント除湿機の導入事例を紹介すると共に、今後のデシカント空調機の展望について述べる。

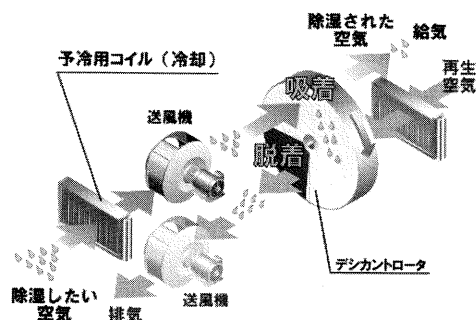


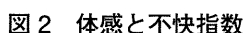
図1 デシカント空調機

2. 一般空調分野のデシカント空調機

2.1 一般空調へのデシカント空調機の適用

現在、一般空調分野は省エネルギー性と快適性の両立という観点から、潜熱（主に外気負荷に由来）と顕熱（主に室内負荷に由来）を分けて別々のプロセスで処理する空調システム「潜熱・顕熱分離空調」に向かっ

この為、オフィス空間ではデシカント空調機を導入することで省エネルギー性の向上と湿度コントロールによる室内の快適性の確保が可能となる。



デシカント空調機には、様々な再生熱源が使用されるが、その中でヒートポンプデシカント方式は、少ない投入エネルギーで大きな熱エネルギーを利用できるヒートポンプとデシカント空調機を組み合わせたハイブリッドシステムであり、高度な潜熱・顕熱分離空調を実現し、さらに熱源も含めた空調システム全体の省エネルギー化を図ることが可能となる。

水冷ヒートポンプデシカント空調機の概要と写真を
図3、図4に、標準的な仕様を表1に示す。

図3 水冷式ヒートポンプデシカント空調機概要

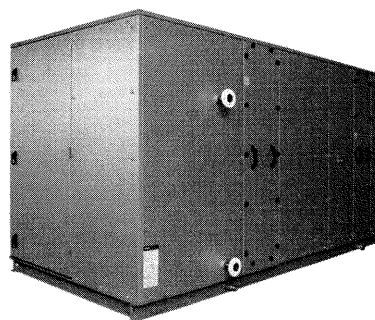


図4 水冷式ヒートポンプデシカント空調機写真

処理側送風機			再生側送風機			水冷ヒートポンプ消費電力	
風量	機外静圧	電動機	風量	機外静圧	電動機	加熱時	冷却時
[m³/h]	[Pa]	[kW]	[m³/h]	[Pa]	[kW]		
2,000	400	0.75	1,400	400	0.75	5.4kW ※3	4.9kW ※4
寸法 [mm]			除湿量※1	加湿量※2	概算質量		
W	H	L	[kg/h]	[kg/h]	[kg]		
2,960	2,150	1,310	30.6	6.1	1,250		

※4: 再生空氣入口 40℃/11%/1,400m³/h 冷水條件 入口冷水溫度40℃/水量70l/min

(1) 水冷ヒートポンプデシカント方式の運転プロセス

1) 夏期：除湿運転

夏期は冷媒の凝縮熱をデシカントロータの再生（乾燥）に利用して除湿する。その際、同時に発生するヒートポンプの蒸発熱は冷房に利用する。

＜給気側＞

プレート式熱交換器（蒸発器）から得た冷水を利用して高温高湿の外気（①）を予冷コイルによって予冷却・予除湿する（②）。その後デシカントロータを通過することで、空気中の湿分を収着（除湿）し、さらに低湿な処理空気を生成する（③）。

＜排気側＞

デシカントロータの再生に使用する還気(④)はヒートポンプの凝縮熱によって加熱され(⑤)、デシカン

トロータを通過することによりロータ内の湿分を排気に放湿する (⑥)。

2) 冬期：加湿運転

冬期は加湿補助としてデシカントを利用し、ヒートポンプの凝縮熱は暖房に利用する。

<給気側>

冬期の低温低湿の外気 (①) を予熱コイルによって加熱する (②)。予熱には凝縮器から得た温水を利用

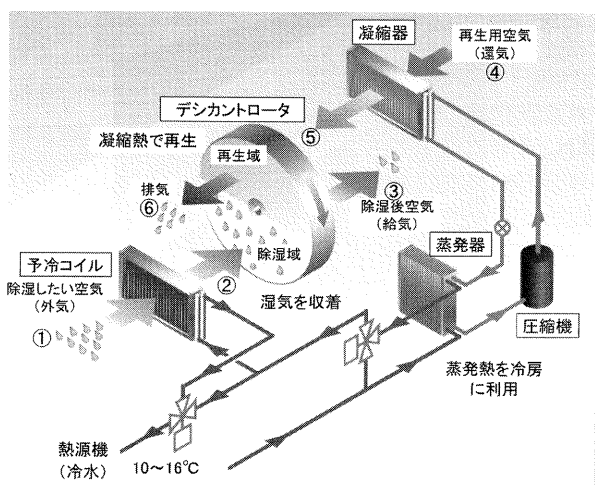


図5 システム構成 (夏期：除湿運転)

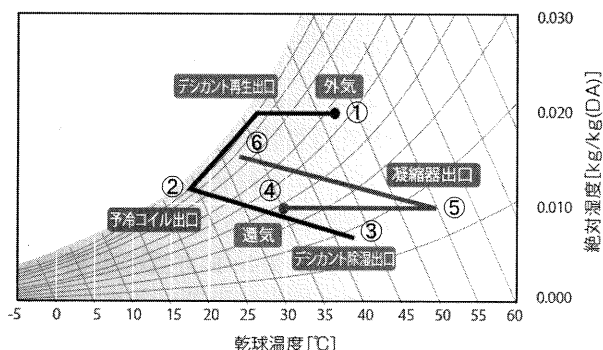


図6 空気状態の変化 (夏期：除湿運転)

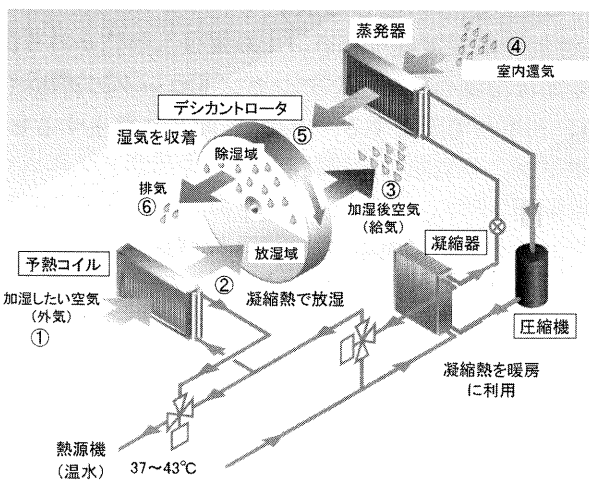


図7 システム構成 (冬期：加湿運転)

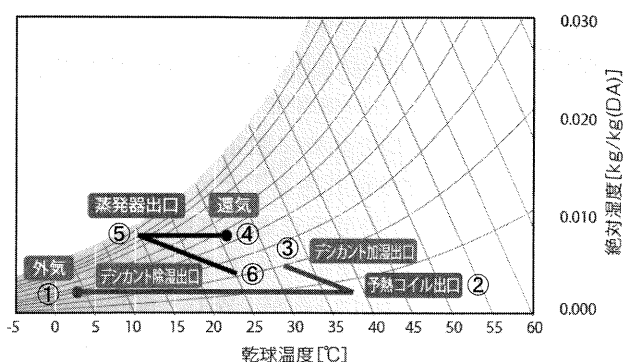


図8 空気状態の変化 (冬期：加湿運転)

する。その後デシカントロータを通過することで、ロータ内の湿分を脱着し、加湿した再生空気を生成する。(③)

<排気側>

還気(④)はヒートポンプの蒸発熱によって冷却され(⑤)、デシカントロータを通過することにより湿分をロータに収着させて、排気される(⑥)。

(2) 水冷ヒートポンプデシカント方式の特徴

1) 年間を通して運転が可能

冬期は中央熱源の切り替えにより室内還気から水分を回収し、加湿補助としての利用が可能となり、加湿水量の低減が見込める。すなわち夏期・冬期を通して湿度調節が実現できる。

また、夏期の蒸発熱を一次冷水に還元することにより、中間期など外気に負荷変動が生じた場合のヒートポンプの熱バランス崩れを吸収させることができ、一年を通し冷凍装置の安定的な運転を可能にしている。

2) 再生熱源をパッケージ化

夏期の蒸発熱は熱交換器により水側に還元されるため、ヒートポンプをユニット化して空調機内に組込むことが可能となり、中温冷水のみの供給で除湿空調ができる。

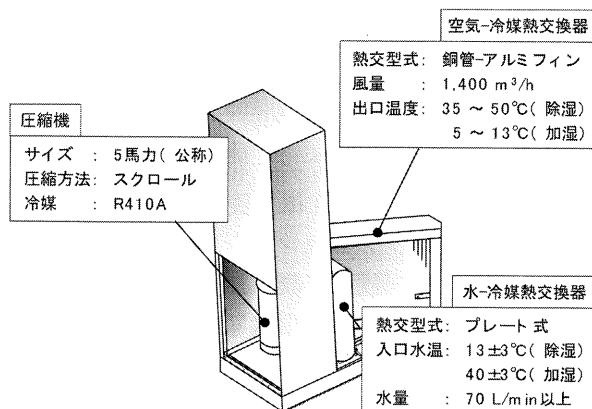


図9 水冷式ヒートポンプユニット

3) 中央冷熱源温度の緩和と省エネ

潜熱・顕熱分離空調とすることにより、従来除湿のために必要であった約7℃の冷水温度を室内環境温度に近い約10℃～16℃に上げることが可能となる。中温冷水で高COPを期待できる機器（例えばターボ冷凍機）と組み合わせることにより、システムCOPの向上が見込める。

ヒートポンプデシカント方式と過冷却除湿方式（冷却コイルにより目標露点温度になるまで空気を冷却し、結露凝縮させて水分を除去する方式）の夏期条件における1次エネルギーの比較を行った試算結果を図10に示す。

デシカントとヒートポンプを効果的に利用することにより、約40%の削減を達成することが可能となる。

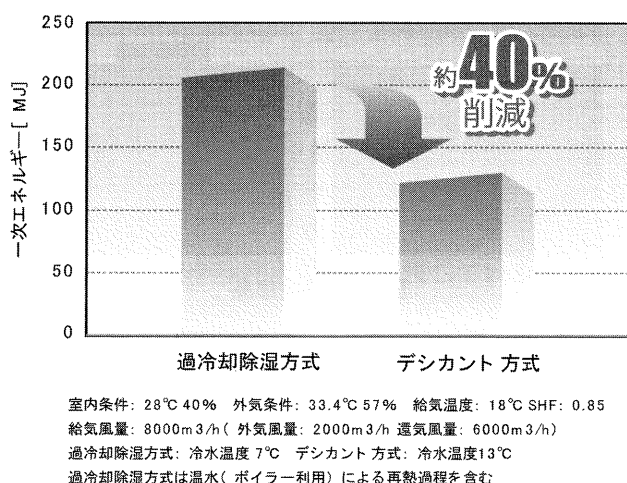


図10 1次エネルギー比較

(3) 納入事例

2013年に納入されたヒートポンプデシカント方式の空調機の適用事例を示す。

潜熱負荷処理用外調機に屋外型の水冷式ヒートポン

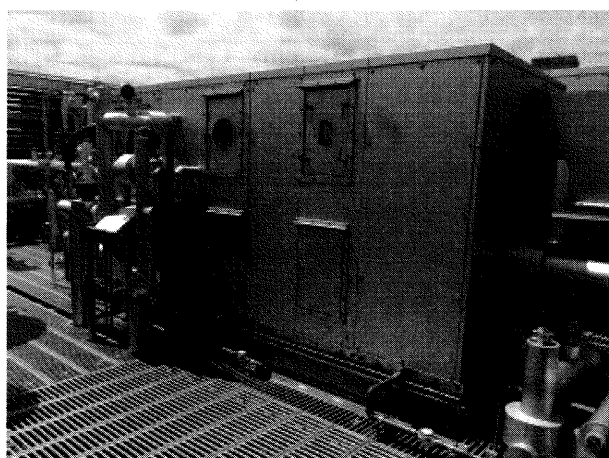


図11 水冷式ヒートポンプデシカント空調機外観

プデシカント空調機を利用した「潜熱・顕熱分離空調」である。デシカントの予冷・予熱に冷温水とヒートポンプ冷媒をハイブリッド化して使用することにより、エネルギー効率を最適化して運転を行う。

オフィス環境の使用エネルギーを削減する、先進空調技術の1つとしてテナントビルに導入し、現在稼働中である(図11)。

3. 産業空調分野のデシカント空調機

3.1 産業分野へのデシカント空調機の適用

産業分野として、除湿空気を必要とする環境はフィルム工場、塗装工場、製薬工場、食品工場、冷蔵・冷凍倉庫など製品・用途によって数多く存在する。その多くは現状のシステムより、デシカント空調機・除湿機を利用することで省エネルギー性の向上や作業環境の改善が実現可能と考えられる。

ここでは、冷蔵倉庫でのデシカント除湿機導入事例を挙げ、デシカント除湿機の導入効果を示す。

(1) 冷蔵倉庫向けデシカント除湿機

冷蔵倉庫は、商品を低温で貯蔵することを目的とした倉庫で、商品を搬入するための荷捌き場が付随している。トラックヤードから荷捌き場を通して倉庫へ外気(湿分)が流入することで、冷却された外気が霧状になり視界が悪くなるホワイトアウト現象や、外気や運搬された商品自体からの湿分放出により、倉庫内が高湿度化し、天井、壁面、床面等の建屋表面で結露が発生し、結露水が滴下することで、商品の品質低下や温調制御機器の故障、床面氷結による荷物運搬時の事故など、多くの問題が懸念される。

上述した問題点はデシカント空調機を利用することで改善が見込まれる。デシカント空調機により荷捌き室及び商品からの増加湿分を除去し乾燥させ、倉庫内の建屋表面での結露を防止することが可能になる。ま

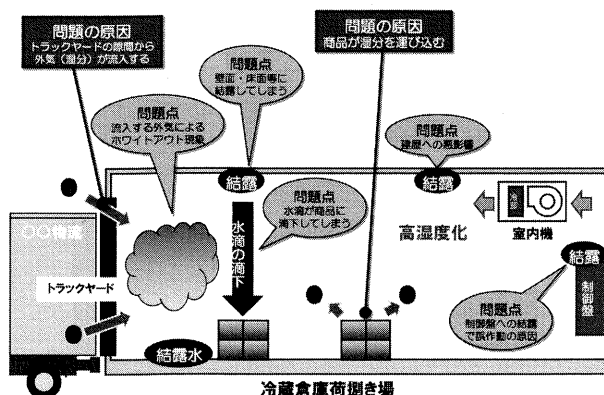


図12 冷蔵倉庫での問題点

た、適正に温湿度調整された外気を導入することで、倉庫内を陽圧化し、トラックヤードからの外気流入を低減し、ホワイトアウト現象の緩和が見込まれる。ただし、再生熱源を別途用意すると設置スペースの確保と多大なエネルギーを消費することになる。したがってデシカント除湿機には温熱源を一体として、設置スペースを最小化し、かつ省エネ性の高い機器が必要となる。

冷蔵倉庫向けデシカント除湿機の仕様を以下に示す。

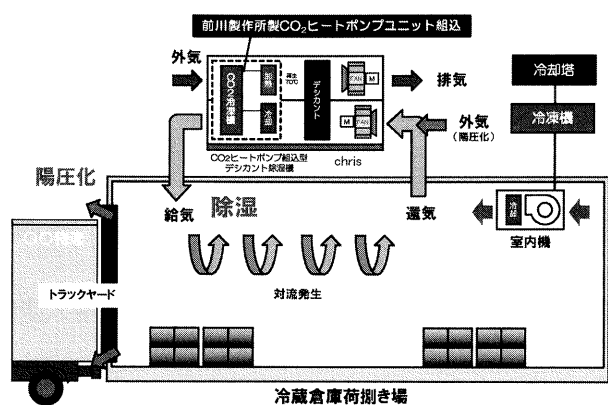


図13 デシカント利用目的

デシカント除湿機：chris（クリス：(株)前川製作所）
（製造協力：新晃工業(株)）

熱源：CO₂ ヒートポンプ

処理風量：7000m³/h

再生風量：5500m³/h

処理空気入口：DB8.9℃／RH95%

再生空気入口：DB32℃／RH74%

処理給気空気：DB7.0℃／RH60.4%

除湿量：25kg/h

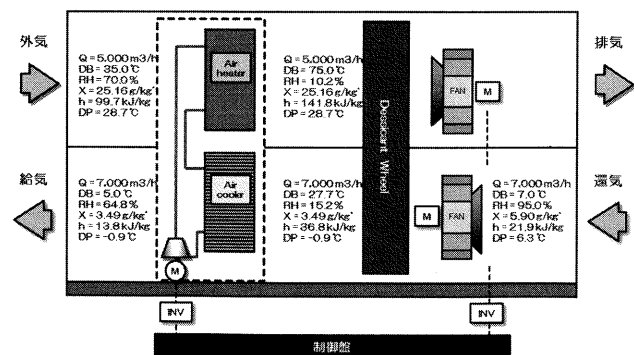


図14 chris 概要

(2) chris の特徴

1) CO₂ ヒートポンプの一体化

デシカント除湿機とCO₂ ヒートポンプを一体とし

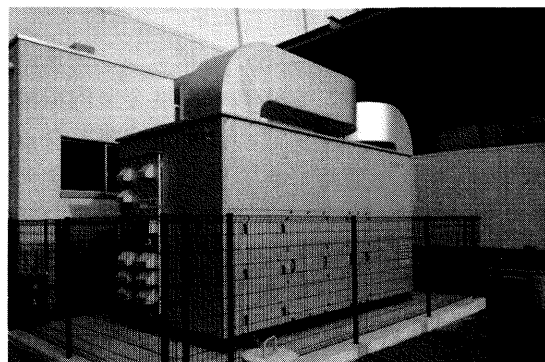


図15 chris 外観

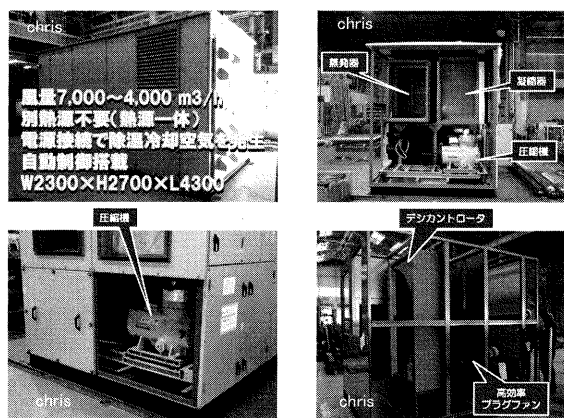


図16 構成部品

たユニットとなっており、従来の様な熱源設備が不要で、ユニット設置とダクト施工のみである。また、冷熱、温熱をCO₂ヒートポンプより取り出し可能なため、従来のデシカント除湿機（電気再生式）COP（＝2）に比べ、高いCOP（＝6）を実現している。

2) 安定した運転制御

chrisの独自技術としてCO₂ヒートポンプの制御技術がある。一体型ヒートポンプにおいては変動する外気条件に応じて再生熱と冷却熱の必要量が変化し、ヒートポンプの凝縮器と蒸発器のそれぞれの処理熱量がバランスせず、稼動状態が不安定となる可能性がある。それを回避するためにchrisは機内各空気条件及び圧縮機の回転数と吐出圧力を検知し、必要熱量がアンバランスな場合でも安定した運転が可能となる制御を行う方法を確立している。

3) 省エネルギー性能の向上

chrisは除湿機内のCO₂ヒートポンプで熱源が完結していることに加え、CO₂ヒートポンプの効率が高いため、高い省エネルギー性能を有している。従来のデシカント除湿機（電気再生式）とchris（CO₂ヒートポンプデシカント）の年間消費電力を比較すると従来の電気再生式デシカント除湿機に比べ約50%も省エネルギーが可能である。従来のデシカント除湿機では

再生熱源、冷房熱源を個別に持つ必要があるため、熱源機器の消費電力が多くなる。

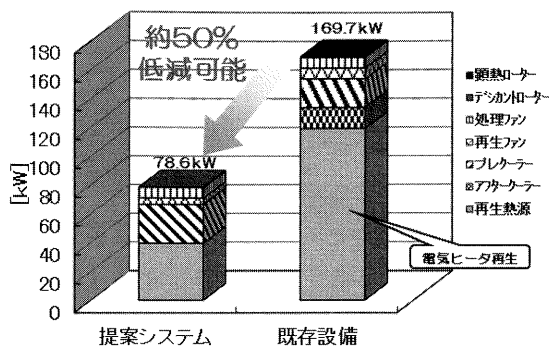


図 17 消費エネルギー比較

(3) 納入事例

デシカント除湿機を冷蔵倉庫に導入した事例を示す。下の写真のように作業環境が大きく改善されていることが明確にわかる。搬入口からの外気流入および湿度上昇が無く、室内を低湿度に保つことが可能となったため、ホワイトアウト現象が緩和されている。また、低湿になったことで、壁、床面の結露が無くなり、衛生的で安全な作業環境を実現している。



図 18 導入前後の効果

4. 今後の展望

省エネルギー性と快適性や作業環境の向上の両立が可能なデシカント空調機であるが、以下のような課題もあり、より一層有効活用していくにはそれらの課題を解消していく必要がある。

1) コンパクト化

デシカント空調機は通常の空調機に比べ、デシカントローター、再生流路と再生コイル、再生ファンが必要となるために、通常の空調機と比べ占有面積が大きくなることもある。先に示した再生熱源のヒートポンプ

をデシカント空調機内にパッケージ化するだけでなく、デシカント空調機内の流路を工夫することにより、さらなるコンパクト化を図ることができる。例えば弊社のコンパクトデシカント空調機は、流路を3次的に構成することにより従来のデシカント空調機に比べ、面積を56%、容積を52%にコンパクト化し、省スペース化を図ることができた。一般空調では各階設置対応や既存設備更新時にも対応可能となり、より快適な空調空間の創造に寄与できる。産業用空調では、生産工程や作業工程に応じた湿度コントロールが必要な場合など、省スペースを生かした分散配置が可能である。

2) 熱源の多様化

デシカント空調機は熱源を含めたシステムとして考慮する必要がある。再生用の熱源設備がない場合は、別途熱源設備が必要となるため、排熱等の未利用エネルギーの活用が課題となる。ヒートポンプデシカント空調機は再生熱源をヒートポンプにより確保するが、再生熱源に排熱を利用することで、システムCOPをさらに向上させることも可能となる。

デシカントに利用可能な排熱として生産設備からの排熱や熱源機冷却塔の排熱等が考えられる。排熱利用のシステムは、排熱の温度により異なり、比較的高温の排熱の場合は、熱交換器を通して直接排熱を再生熱源として利用する(図20)。再生熱源に今まで捨てられていた熱エネルギーを利用するため、高い省エネルギー効果が期待できる(予冷等に熱源は別途必要)。

排熱が比較的低温の場合は排熱回収ヒートポンプ(冷水温水同時取出)等を用い、デシカント空調機で利用可能な温水、冷水を作り、デシカント空調機熱源とする(図21)。この場合、ヒートポンプを用いることで処理側の予冷用の冷水も取出すことが可能のため、高い省エネルギー効果が期待できる。

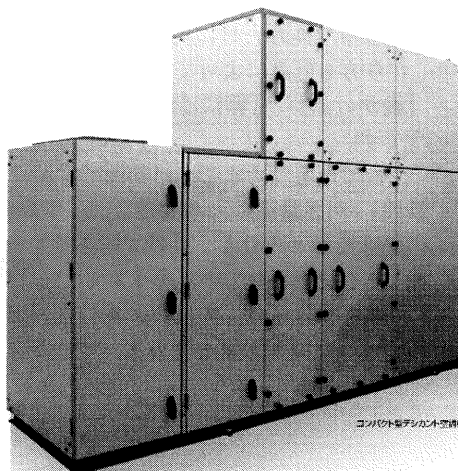


図 19 コンパクト型デシカント空調機

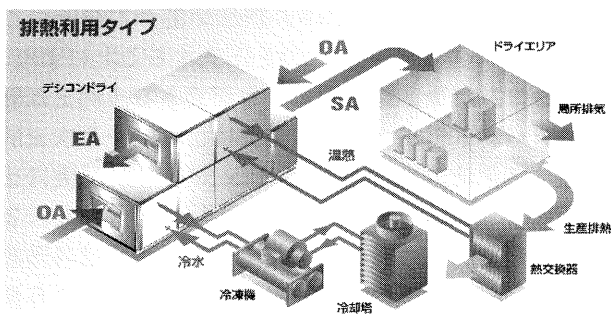


図 20 生産排熱回収システム

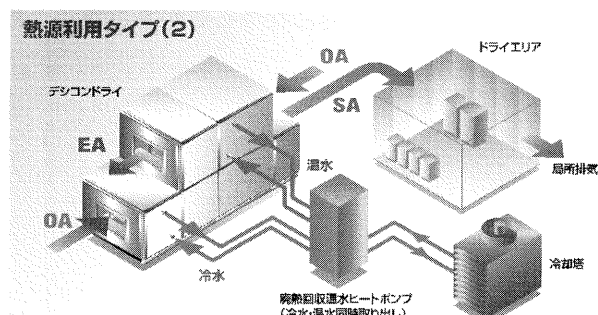


図 21 熱回収ヒートポンプ組込システム

デシカント空調機・除湿機は、一般空調、産業空調共に採用が増えている段階である。デシカント空調機・除湿機の適用の可能性は多くの場所に存在しており、先に示した課題の改善や排熱・未利用エネルギー活用による省エネルギー性の向上を更に進め、今後デシカント空調機がより多くの場所で活躍することを期待している。

参考文献

- 1) 財団法人省エネルギーセンター，オフィスビルの省エネルギー
- 2) 吉田一輝，ヒートポンプデシカント方式による業務用空調，電気計算，株式会社電気書院発行，2014/4，
- 3) 学校及び冷凍倉庫におけるデシカント導入事例，低温排熱利用セミナー，一般財団法人ヒートポンプ・蓄熱センター主催，2013/12