

別 刷

# 設計工学

公益社団法人 日本設計工学会誌

2013年 第48巻 第6号

---

( P. 272 ~ P. 279 )

デシカント空調システムの進展（潜熱・顕熱分離空調における  
湿度制御設計の最新動向）

眞下 克之, 宮内 彦夫

Advances in Desiccant Systems (The Latest Humidity Control  
Design in Air Conditioning of Latent/Sensible Heat Separation)

Katsuyuki MASHIMO and Hikoo MIYAUCHI

***jsde***

公益社団法人 日本設計工学会

## 解説

# デシカント空調システムの進展\* (潜熱・顕熱分離空調における湿度制御設計の最新動向)

Advances in Desiccant Systems

(The Latest Humidity Control Design in Air Conditioning of Latent/Sensible Heat Separation)

眞下 克之\*<sup>1</sup>宮内 彦夫\*<sup>2</sup>

(Katsuyuki MASHIMO)

(Hikoo MIYAUCHI)

**Key Words :** humidity control, humidity moderation, desiccant, heat operated, adsorption

## 1. はじめに

東日本大震災を契機として、エネルギーの在り方が低炭素社会の実現に向けての論議とあいまって、活発化している昨今、排熱などの比較的低温・低質の未利用エネルギーを活用し、一次エネルギーの削減をはかる熱駆動型空調システムがエクセルギー効率の高さから注目を集めている。一方、最近の空調システムは、潜熱と顕熱の分離独立制御を行うことによる効率向上が期待されている<sup>1)</sup>。

デシカント空調システムは、潜熱・顕熱分離独立制御において潜熱を処理する代表的な手法で、省エネルギー性と除湿を主とする空調の快適性に加え、空気清浄性(除菌・除臭)を併せ持つ熱駆動型システムである。その適用は、外気処理(外気調湿空調)を中心に、一般空調のみならず、スケートリンクに代表されるアイスアリーナの低温空調域、食品加工工場、配送センタ等の中温空調域、室内プール空間等の高温空調域まで広がっている。また、このシステムは、冷凍・冷蔵における低露点制御にて着霜・結氷を防止できるので、デフロスト減、蒸発温度低下の少ない省エネルギー運転が可能となり、結果として貯蔵商品の品質安定をもたらす。

一方、デシカント空調システムによる湿度制御(Humidity Control)とは異なるが、吸放湿性を有する多孔質材料を用いて湿度を調整する調湿

(Humidity Moderation)は、快適性と省エネルギー化に資するパッシブな手法で、除加湿が可能な湿度緩和技術として有効である。湿度制御を主とする室内空調(Space Conditioning)の分類をFig.1に示す。

歴史的背景を見ると、吸着式のSolid Desiccantはスウェーデンにおいて1950年に製品化された。このシステムは現在のような湿度処理を目的としたものではなく、地域暖房用温水の夏場における利用促進をはかるための低温熱駆動Desiccant Coolingであった。

1970年代、これを基盤技術として太陽熱利用冷房システムが開発されたが、太陽熱で得られる再生熱源温度と除湿量、デシカント除湿ロータの最適化が困難であったため、バルキーで高価なシステムとなり普及には至らなかった。

1980年代、Solid Desiccantは、米国においてGRI(Gas Research Institute)主導の下に、駆動熱源をガス化することによって、太陽熱では困難を極めた再生温度の高温化が可能となり、効率が向上し、普及

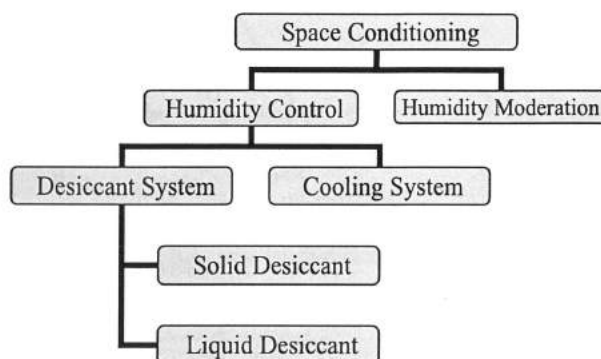


Fig.1 Classification of space conditioning

\* 原稿受付 2013年2月21日

\* 1 非会員, 早稲田大学大学院環境・エネルギー研究科  
(〒367-0035 本庄市西富田1011)\* 2 非会員, ダイナエア株式会社  
(〒101-0054 千代田区神田錦町3-4-2)

するところとなった。我が国のデシカント空調システムは、空調領域において、排熱回収とリンクしたガス直火式の高温熱駆動Solid Desiccantが主流である。

低温排熱利用デシカント技術は日米でそれぞれ開発が続けられ、1995年に米国New Jerseyのスーパーマーケットにおいて再生温度54℃台で運転可能なシステムが稼動し、日本では2000年代初頭、新デシカント素材として架橋ポリエチレンが開発され、2004年にこの架橋ポリエチレン吸着材を用いた50℃レベルの低温再生デシカントシステムが商用運転に入った。

一方、吸収式のLiquid Desiccantの歴史は古く、Solid Desiccant開発以前の1930年代まで遡る。塩化リチウム水溶液を用いたこの除湿システムは、1934年～1937年にかけて、Kathabar Processの名称で実用化されたが、腐食、防錆、溶液の取り扱いに難点があったことから1950年代以降Solid Desiccantに主役の座を譲った。しかしながら、製薬、食品、病院空調等一部の限られた分野では現在も使われており、最近、日本と米国において、新世代型の登場で脚光を浴びつつある。

## 2. 除湿の概念

除湿における熱移動と熱量の概念を空調機(エアコン)による冷却除湿・再加熱とデシカントを対比しながらFig.2に示す。

空調機による冷却除湿は、蒸発器表面にて湿り空気を冷却して温度を下げた後に、その湿分を結露(凝縮)させて排出し、絶対湿度を低下させる。所定

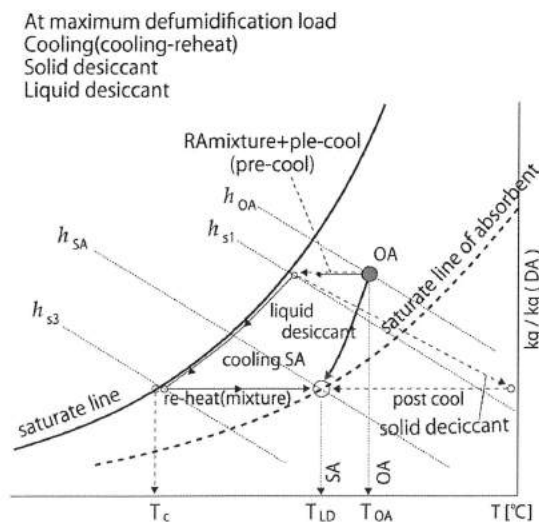


Fig.2 Comparison of dehumidification concept

の温湿度状態を得るためには再加熱が必要となるが、この再加熱は凝縮器排熱で行うことが多い。

これに対して、デシカント除湿は、吸湿材表面の蒸気圧が湿り空気の蒸気圧より低いので、これを直接接触させることで除湿材は水蒸気を吸引し、絶対湿度が低下する。この過程で、除湿後の温度は、除湿前の空気の比エンタルピに除湿分の吸水熱あるいは希釈熱を加えた比エンタルピと除湿後の絶対湿度から求められるが、使われる吸湿材の種類、装置構造により乖離が生ずる。Solid Desiccantにおける吸着は物質移動のみであり、ほぼ等エンタルピ変化となる、したがって、除湿後に温度上昇が生じ、所定の温湿度状態を得るためには冷却(Post Cool又はAfter Cool)が必要となる。

一方、Liquid Desiccantにおける吸収は、塩化リチウム水溶液などの液体吸収材を冷却しながら用いる装置構造なので熱と物質の同時移動が生じ、見かけ上、除湿後の温度上昇なしに所定の温湿度状態を得ることができるため理想的といえる。

## 3. 吸着材(収着材)

Solid Desiccantの性能は、デシカントロータの素材、構造と製法に負うところが大きい。ロータ素材である吸着材は、適用温湿度域を基準に、駆動熱源と再生温度から決定し、ロータの再生面積と風速、処理面積と風速、厚さ、回転数が決まる。Fig.3は、吸着材の種別と最適運転範囲を湿り空気線図上に示したものである。

Solid Desiccantの主流は高温再生であるため、吸着材はシリカゲル系のチタン強化シリカゲルが一般的であるが、近年、低温再生用新素材の開発が進められている。これらは、スポンジ状酸化チタン、ゼオライト系のAQSOA-FAM-Z 01, AQSOA-FAM-Z 02,

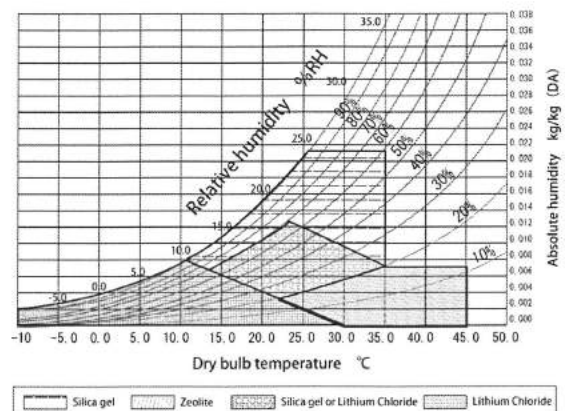


Fig.3 Optimal process air operating ranges

AQSOA-FAM-Z 05や、多孔性配位高分子、架橋ポリエチレン(収着材)などである。

架橋ポリエチレン(収着材)における収着現象は、無機系のゼオライトやシリカゲルが固体表面に低分子蒸気を吸着する現象とは異なる。高分子化合物であるポリアクリル酸ナトリウム架橋体は三次元網目構造を有するもので、その親水基であるカルボン酸ナトリウム基(-COONa)のナトリウム原子近傍に水蒸気が結合する。この架橋点を支点としてポリアクリル酸ナトリウムが膨潤しながら多量の水蒸気を吸着(この現象を収着と定義)する。このように、極性物質を重合した高分子架橋体が変形しながら、水蒸気が毛管凝縮のように弱い結合力で付着することになる。このため、50℃～80℃の低温で脱着しその速度も速い。さらに、この収着材は収着と脱着の繰り返しによる性能劣化が無く、デシカントロータの長寿命化が図れる。

Fig.4は、高分子収着材の吸着等温線を示している。また、Fig.5はデシカント材の除湿特性を示し

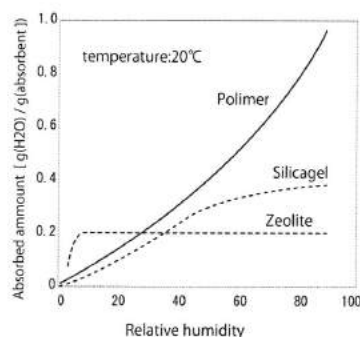


Fig.4 Adsorption isotherm of water

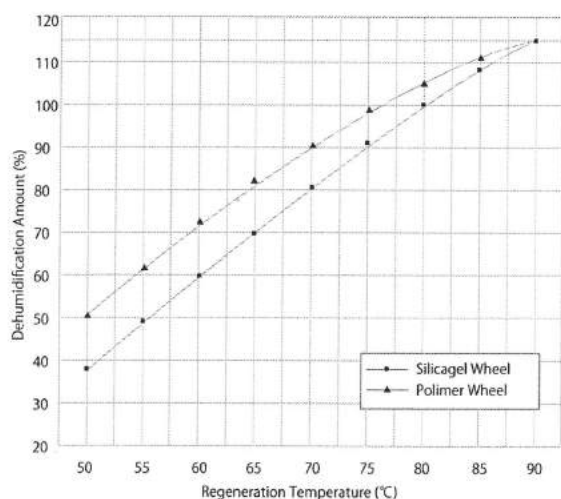


Fig.5 Dehumidification performance of desiccant materials

ており、これは夏季条件下における従来型シリカゲルと新型ポリマーの性能を測定した結果である。50℃～60℃の低再生温度において、従来型(シリカゲル)と比べ新型(架橋ポリエチレン)は20%～30%の効率アップである。

#### 4. 快適性と空気質

デシカント空調システムは、空調因子を温度ではなく湿度とするものであり、ASHRAEの修正有効温度線図<sup>2)</sup>を基本にすることが多い。これによれば冷房時の快適ポイントは気温26℃、相対湿度50%と想定されるが、若干気温が高めでも相対湿度が低ければ快適さは変わらないことがわかる。湿度が快適性と省エネルギーの鍵であり、空気清浄性と室内空気質の確保もデシカント空調システムの効果が顕著な領域である。IAQ問題の最大の要因は導入外気量不足にあるが、生外気導入が増えれば湿度レベルが高く(60%RH以上)なり、Fig.6に示すように菌類、空中浮遊菌の増殖を許す環境となる、したがって、導入外気を処理して湿度レベルを維持する外気調湿が要求される。

#### 5. 適用機器

##### 5.1 Solid Desiccant (ロータ式)

冷蔵・冷凍域への代表的な適用例<sup>3)</sup>として、次頁の図に示すスーパーマーケットシステムについて述べる。

スーパーマーケットは年間を通じて常に冷凍機が運転されており、いずれの系統も蒸発温度は-10℃以下、-40℃以下と低く、また、蒸発器コイルへの霜つきが発生するため、空調機以上に蒸発圧力の影響は大きく、COP向上のためには、着霜による圧力低下と除霜によるエネルギーロス如何に減らすかが重要であるとともに、通年稼働の冷凍機

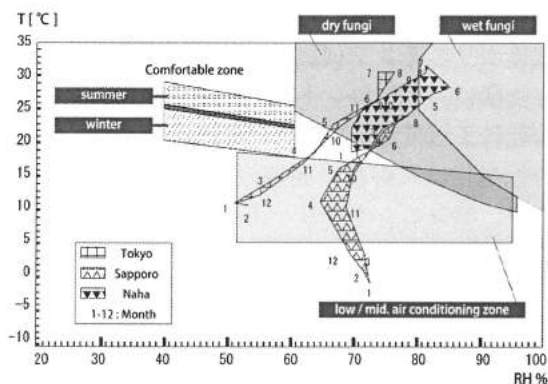


Fig.6 Mold proliferation conditions

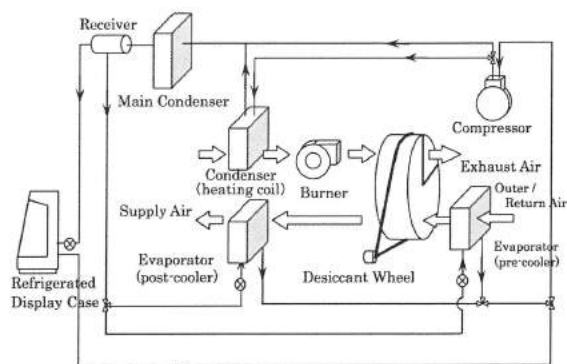


Fig.7 System schematic

凝縮熱の回収と利用を図ることが省エネルギーの鍵となる。デシカント空調システムによる潜熱の分離独立制御は、着霜の減少とそれによる除霜(デフロスト)回数・時間の減少、蒸発圧力の上昇となり、冷蔵・冷凍トータルシステムとしての省エネルギーが達成される。

Fig.7においては種々の運転パターンがあるが、システムの高効率化のためには、再生温度の高温化が必須である。デシカント空調システムの再生熱源は冷凍機凝縮熱とガスバーナの組み合わせによって得られる120℃～140℃であり、使われる冷凍機凝縮熱は冷凍機容量と運転率から冷凍システムを選択するのが一般的である。この高温再生に適した吸着材はチタン強化シリカゲルであり、この吸着材では、全面積の1/4のみが再生に使われるのでコストメリットが大きい。

もう一方のテーマである駆動熱源温度の低温化は、50℃レベルの冷凍機凝縮熱のみで駆動させるシステム構築となる。熱駆動システムの性能は、熱源温度レベルに大きく依存するため、従来、50℃レベルの駆動熱源では運転はできるものの除湿能力、COPともに満足できるものでなく、バルキーで高価格であった。

この低温再生に適した吸着材として、新素材である架橋ポリエチレン(収着材と呼ぶ)が開発されたことを契機に、デシカント入口空気の前冷却とのシステム化によって性能向上が可能となったが、再生温度の低温化は収着材全面積の1/2を再生に使わねばならず、ランニングメリット(省エネルギー効果)は大きいもののコスト高であることは否めない。Fig.7におけるDesiccant Wheel(除湿ロータ)とPre-cooler(予冷却装置)の関係は、処理空気が高温高湿(約30℃、約60%)であるため、Pre-coolerで相対湿度100%としたあとにDesiccant Wheelに導入する

ことが除湿性能向上の要点である。

低温排熱駆動の考え方に沿った、ハイブリッド型Solid Desiccant(パッケージ型湿度制御ユニット)も商品化されている。

冷凍機(空調機)凝縮熱による低温再生と、蒸発器を予冷却に用いたこのシステムは冷凍サイクルとデシカントのハイブリッドシステムとして新たな省エネルギー技術分野を開くことができそうである。デシカント空調システムで潜熱を分離処理し、室内を低湿度(40%)に保つことで快適性を損なわずに室温をクールビズ温度(28℃)とすることができる利点は大きい。

## 5.2 Liquid Desiccant (液式)

取り扱い上の難点から、特殊分野でのみ使われてきたLiquid Desiccantは、現行のデシカント空調システム(Solid Desiccant)の課題である低コスト化、高効率化、駆動熱源の低温化を同時に満足できるシステムとして注目されつつあるが、この背景には、改良されたシステムと、構成部品の機能性向上、安価で耐久性のある素材、防錆材、腐食抑制剤(インヒビタ)の出現がある。米国DOEのDistributed Energy Programの下に研究開発が進められた結果、新世代型Liquid Desiccantとして登場し脚光を浴びつつある。

我が国においてもLiquid Desiccantの研究開発は活発で、基礎研究とともに、商品化もなされているので6章にて詳述する。この商品化は、キャリーオーバー防止策、エリミネータの設計、処理風速や溶液流量の設定に関する熱流体力学のアプローチ等、研究成果の賜物である<sup>4)</sup>。

## 6. 新世代Liquid Desiccantと潜熱・顕熱分離空調

### 6.1 湿度制御設計の概念

Liquid Desiccantは、これまでにSolid Desiccantと同様に除湿を主眼とした製品構成・運用が行われてきた。これは、主に工業用プロセス利用を意図したものであった。しかし、最近登場した新世代型Liquid Desiccantは、低温再生排熱利用型として広く空調用に用いられている。それも最も負荷の大きな潜熱処理が必要な外気処理用として、その蒸気圧特性を利用した除・加湿両用タイプで通年の湿度制御を目指している。このため、従来のDesiccant=除湿のみではなく加湿も加えた湿度制御システムと解されている。Liquid Desiccantは、液体調湿剤のポテンシャルは大きいですが、再生駆動熱量も大きい

め、これまで他の方式に比べて効率の点で不利であった。Fig.8に示すように、低温再生化を行うことで広範な廃熱利用が可能となり、代表的なものは、専用ヒートポンプを内蔵＜Hybrid＞化し、その凝縮熱を液体調湿剤の再生に充てている。このため、入力熱量が半減することになり、運転効率の改善は著しい。一方、同時に必要とされる冷熱側は液冷却温度が20℃前後と空気冷却温度に比べて高温であり、一般空調用ヒートポンプの蒸発温度を5～10℃近く高めている。専用ヒートポンプは蒸発温度が高めでヒートポンプサイクルの圧縮比が小さいため、汲み上げ温度差も小さく、高効率運転が可能である。Fig.9に示すように、これらの低位熱利用は、前述のスーパーマーケットにおけるSolid Desiccantでも行なわれているが、大きな違いは、Solid Desiccantは再生温度低下によって除湿性能も低下するが、Liquid Desiccantでは必要性能を維持できる点にある(Fig.2参照)。したがって、通常の空調領域における外気処理に適性を見出すことができ、一般空間における＜外調機＞と呼べる新しい製品ジャンルおよび換気方式を生み出しつつある。

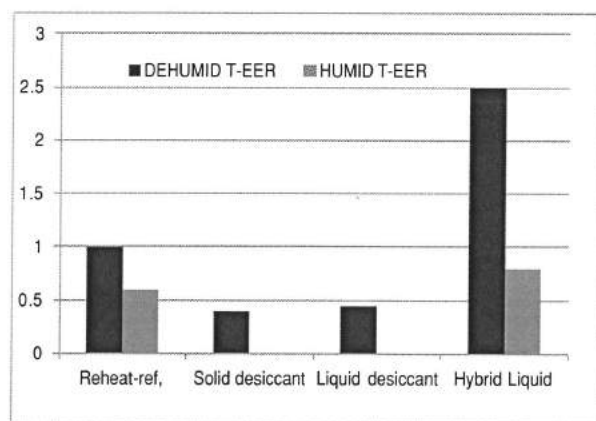


Fig.8 Comparison with latent load processing

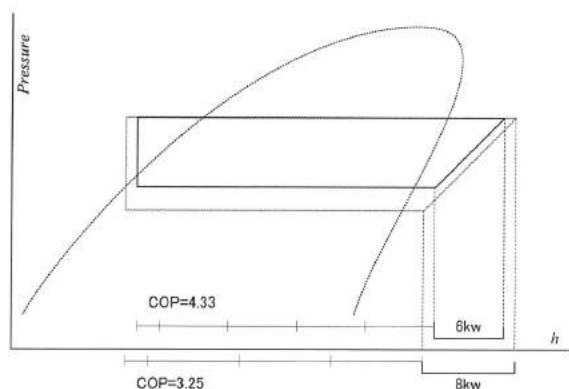


Fig.9 Small differential heat-pump cycle with COP

## 6.2 換気方式への影響

一般的な空調空間における最も大きな負荷は、外気潜熱負荷である。従来の一般居室における換気は建築基準法上の第3種換気(排気換気)であったが、潜熱・顕熱分離空調を行う上で＜生＞外気の常時侵入は屋内の湿度制御設計にとって大きな障害となる。従来の換気方式の場合、流入する外気潜熱は、屋内に拡散され再処理を行う前に集約方法を講じなくてはならない。そのためには、より大きな風量処理とより高いまたはより低い露点空気を醸成する必要がある。このため、潜熱・顕熱分離空調における換気方式は、給気換気、すなわち建築基準法上の1種あるいは2種換気方式とする必要がある。潜熱処理装置に必要な能力は、外気－内気までの除湿・加湿能力を有すること、加えて調湿装置の重複設置を避けるために室内発生潜熱の処理能力も兼ね備える必要がある。つまり、工業用外気調和においては外気－目標＝内気であったが、汎用外気調和においては外気－目標＝内気発生潜熱を見込んだ給気である。概数値で言えば、外気処理分＝ $\Delta \times 10\text{g/kg}$ ＋内気発生分＝ $\Delta \times 2\text{g/kg}$ であり、内気発生分については建物の気密性による遡上外気潜熱侵入によってもたらされる潜熱の割合が大きく、Fig.10に示すようになる。

## 6.3 多機能性

新世代型機は、医療・介護関係への納入実績が多い。理由は幾つか挙げられるが、工業用では除・加湿基本機能のみが求められることが多いのに対して、医療・介護関係では他の併機能である除菌(Table 1)・除塵(Fig.11)や消臭機能が必要とされ、また、重く評価されている。実績として本装置設置下の対象員数は数年間で延数千人に及ぶが、大規模な集団感染の発生は見られない。予防因子はいくつ

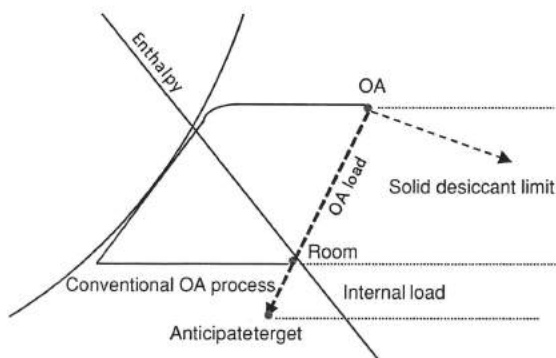


Fig.10 OA & internal load processing (New process)

Table 1 The bactericidal power of lithium chloride solution

| Microorganisms tested species (amount 0.1mg) | <i>Escherichia coli</i> | <i>Proteus</i> | <i>Staphylococcus aureus</i> | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> |
|----------------------------------------------|-------------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------|
| 37°C Sterilization time (>min)               | 10                      | 60             | 60                           | 10                            |
| Concentration (>%)                           | 20                      | 20             | 30                           | 20                            |

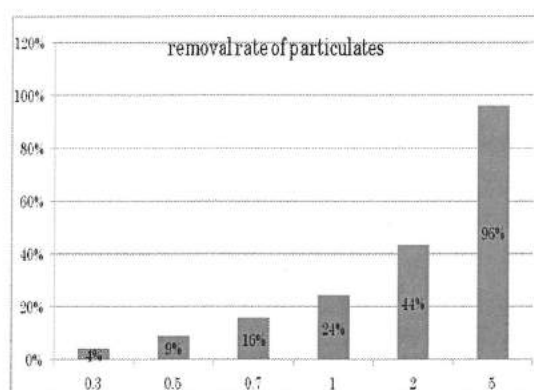


Fig.11 Dust removal rate by Liquid Desiccant processor

か想定可能であるが、湿度制御により粘膜部の乾燥が回避され、生理抵抗力が低下し難いところが注目されている。

除塵についてはフィルタリング効果同様であるが、同等性能のフィルタに比較して①圧力損失が少なく液の洗浄効果により初期圧損が増大しない、②集塵面の衛生性が保たれる等のメリットが考えられる。

消臭についてはSolid Desiccantと同様、水分子以外にも作用するが、Solid Desiccantは水分子選択性が高めであるのに比べて、Liquid Desiccantでは低い。一般の空調においては、この消臭力よりも給気先二次空間で発生する臭気処理が問題であり、多くの場合、効率的な換気が解決すべき課題である。

#### 6.4 空間伝熱（拡散）

潜熱の拡散・是正は水蒸気分圧差に由来するので、給気口から空間へ放出された分圧差の大きな潜熱給気は顕熱のように対流を伴わないで拡散する。これは、現実的な施工上、特に改築などの場合に重要な要素である。使用中の建物において、居住に極力影響を与えないで、ほぼ外構のみの造作で設置工事を完了することが可能である。また、広大な空間では、伝熱設備も相対して規模が拡大するが、潜熱の拡散では必ずしも相対しない。伝熱に要する動力は、熱源機器のように稼働中変動を繰り返す場合は少なく、一般には運転開始から停止まで定量運転を続けることが多い。このため、エネルギー消費に与える影響は大きく、搬送量が増大しないことはエネ

ルギー削減に貢献する。

#### 6.5 熱利用の多様性

熱利用傾向は、Table 2に示すように、より低温（低位）熱利用に焦点が当てられることが多い。しかし、利用熱媒体の多様性あるいは熱交換方式の多様性も重要であり、この低温（低位）熱領域ではコスト・変換効率によって利用度合いが制約されることが多い。新世代型機は水・空気・ガスといった広範な熱媒体での熱利用が可能であるが、これは当該機の処理・再生機構が液・ガス（空気）熱交換器であり、これに加えて、複数の熱交換器も多様な熱形態導入に備え設けられているためである。

#### 6.6 制御

液体調湿剤は固有の水蒸気分圧特性を持ち、十分な熱交換後の出口空気は液濃度と液温度で決定される。この特性を生かすことで、冷温熱が併給される限り、入口吸気の状態如何に拘わらず一定の温湿度で給気が行われる。これは、従来機と新世代型Liquid Desiccant機の制御特性上の大きな相違点である。

屋内空間の潜熱制御は雰囲気湿度と給気湿度によって行われることが多いが、6.2節で述べたように拡散やレスポンスを考慮して、給気はしばしばオーバーシュート状態(Fig.12)で行われる。

#### 6.7 利用の実績と傾向

国内ではSolid Desiccantが空調に利用され始めた

Table 2 Energy form variations

| System                              | Form            | Utilized temp. (°C) | Remarks                                                     |
|-------------------------------------|-----------------|---------------------|-------------------------------------------------------------|
| Waste heat utilization              | Hot water       | ≥ 45°C              | waste hot water・steam drain・warm air・hot spring・solar heat  |
|                                     | Chilled water   | ≤ 20°C              | ground water・river water・waste cooled air                   |
| Internal heat utilization           | Condensing heat | E.T. at 15°C        | regeneration with heat pump condensing heat                 |
| Combined heat & refrigerant circuit | Chilled water   | ≤ 30°C              | combination on the above & sub cool system for peak shaving |

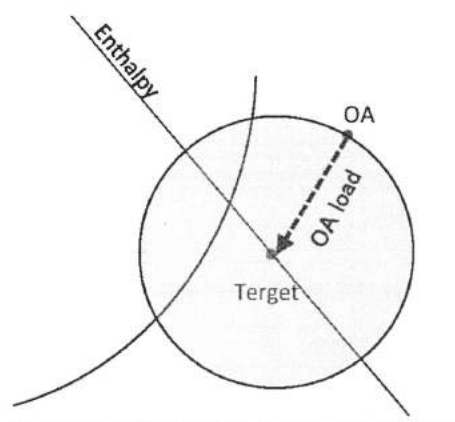


Fig.12 Supply air astringency

のは1995年前後であるが、それに15年近く遅れて登場した新世代型Liquid desiccantは、機能性が異なることもあって、適用分野を異にした実績を築いている。前述のように、Solid Desiccantは、スーパーマーケットなどで一時期、著しい普及を示したが、近年、伸びが鈍化しているようである。要因として冷凍・冷蔵冷凍機器の消費電力を抑制することを期待されたが、ガスなどの除湿剤再生用エネルギー消費が大きく、総合的なエネルギー抑制の観点から十分な効果が出せなかったのではないかと考えられる。特に、Solid Desiccantの空調領域における適性が、加湿機能を含め十分ではないためである。Fig.3, Fig.12に示したように、Solid Desiccantは極低露点領域では優れた特性を発揮するが、露点0℃以上の一般空調領域においては除湿性能が限定され、加湿機能を付加することが困難である。これに対して、Liquid Desiccantは、6.3節で述べたように、基本を成す加湿の多機能を有する上に、空調領域において大きな除・加湿性能を示す。むしろ極低露点においては、液粘性の増大、結晶化などの点で不適である。一般建築物に利用する場合、設置性も大きな問題である。Solid Desiccantの多くが一体不可分のロータ式を使用するのに比べて、Liquid Desiccantでは要素機器毎の分割設置が可能で、機器間接続は溶液管などで行うことができる。なお、Liquid Desiccantの腐食抑止剤として、過去の一時期使われたクロム酸リチウムは、現在では使用されておらず、溶液については、製造元のMSDS安全データも公開されている。毒物・劇物には該当しないし、自治体条例等に該当する例もない。

Fig.11およびTable 3に示すように、キャリーオーバー問題は解決済みであり、最近話題の微小浮遊粒子の観点からは、むしろSolid Desiccantのロータ擦過、劣化によって起こり得る破砕片飛散について検討の余地がありそうである。ローターメーカによっては、既に肺胞に侵入しない大きさに破砕する素材を標準化しているようである。

新世代型Liquid Desiccantシステム設置実績の建物種別をTable 4に示す。これまでの設置実績では、エネルギー削減効果も期待される一要素ではある

Table 3 Verification of carry over

| Test Items                                  | Inlet  | Outlet |
|---------------------------------------------|--------|--------|
| (Li <sup>+</sup> ) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | <0.08  | <0.08  |
| (Cl <sup>-</sup> ) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 0.64   | 0.82   |
| Sample ambient air                          | a 0.47 | b 0.87 |

が、空気質向上が主要素と思われる設置先が多い。また、長時間稼働する居住系施設が多いことがわかる。昨今の電力供給力が社会問題化する中、今後は、Table 5に示すように、再生可能エネルギー利用を導入要素とする案件の増加が期待される。

## 6.8 今後の展開

Liquid Desiccant新世代型は、その特性を活かして外気処理(外気調湿空調)機として展開してきたが、多機能性に鑑みれば、その利用は一般空調分野に留まらず併機能であるエネルギー再生利用、清浄機能の活用発展が期待される。これまで外調(外気処理)が主流であった要因は、他方式に比べて大きな性能差があるためコストの点で優位性があったからである。しかし、有害なガス体の除去、あるいは微小塵埃の除去についても有効性があるため、今後の開発改良および運用法の確立が期待されるであろう。

### 6.8.1 エネルギー再生利用

既述のように、エネルギー再生利用では、単に低位熱の有効利用化だけでは実現は困難であり、取出利用プロセスの多様性が必須である。その一例としてFig.13は、冷凍機コンデンサ凝縮熱利用であるが、その要点は、夏季の室外機排熱(温排風)が利用できる他に、冬季には、冷排風を利用して大気から潜熱を回収し、加湿用水に利用することができる。

Table 4 Installed sites

| Sites              | Ratio |
|--------------------|-------|
| Nursing home       | 43%   |
| Hospital           | 27%   |
| Super market       | 8%    |
| Food factory       | 4%    |
| Office             | 10%   |
| Plantation factory | 2%    |
| Exhibition hall    | 2%    |
| Residence          | 2%    |
| Arena              | 2%    |

Table 5 Elements of energy saving

| Elements                       | At energy saving        | Remarks                                                                                               |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fresh air conditioning(type 2) | blower, fan             | possibility of minimum fresh air volume                                                               |
| High COP heat pumps (st.)      | Heat pump efficiency    | higher evaporative temp. & smaller compression ratio                                                  |
| Outside heat supply            | waste heat utilization  | possibility of 100% output running at cooling $\leq 17^\circ\text{C}$ heating $\leq 50^\circ\text{C}$ |
| Unit pressure drop             | blower, fan             | pressure drop of 1/2 compare to ordinal system                                                        |
| Partial pressure               | blower, fan & duct      | energy saving due to vapor pressure difference                                                        |
| Indoor due point               | with refrigerating unit | input energy saving of 2% at $1^\circ\text{C}$ due point down (by EPRI of U.S.A.)                     |

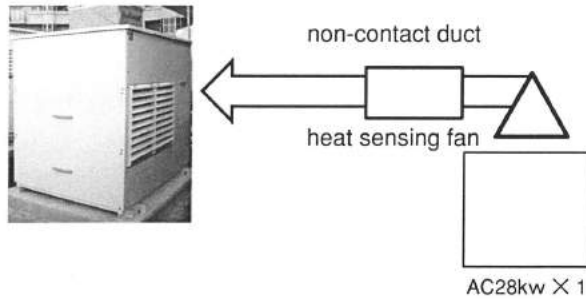


Fig.13 An instance of Renewal energy application

### 6.8.2 浄化機器として

Liquid Desiccantはその熱交換部に使用されるメディアが細密な風洞で構成されており、液の粘性とあいまって集塵に効果的である(6.3節参照)。液滴によるクリーニング効果は保守機能のない一般建築物設備にとって重要である。飛来する微小浮遊粒子物質の対策として、まず、屋内侵入を防ぐため外調機能を使用して与圧し、その上で除塵を行う必要があるが、Liquid Desiccant新世代型機はここにも適性があると言える。見直しが進む防災拠点では、いわゆるNuclear Biological Chemical 防護に準拠した空調設備を備えることが好ましく、こうした場所への設置にも適していると思われる。

Table 6は、VOC(揮発性有機化合物)の吸収試験結果であるが、Solid Desiccant系溶剤吸着は気中潜熱の影響を受け易いものに対して、Liquid Desiccantでは安定した吸収性を示している。また、再生処理方法によっては、吸収溶剤の分離取り出し、液中分解なども期待できる。したがって、化学工場、印刷、塗装工程への適用も可能性がある。

## 7. おわりに

デシカント空調システムとは、潜熱と顕熱を分離・独立制御し、除湿を主とする室内空調(Space Conditioning)というコンセプトである。既存のデシカント空調システムの普及阻害要因は、ハード面では、主流であるSolid Desiccantがシリカゲルやゼオライト系の無機吸着剤を使用しているために熱・物質移動、吸着量に限界があり、効率の低さゆえに機器の大型化、高コスト化が避けられないこと、再生温度の低温化がなされないこと等にあったが、新規吸着材や除湿操作の最適化などによって、これらは取り除かれようとしている。また、Liquid Desiccantが期待されるところである。

一方、潜熱と顕熱の分離独立制御は、湿度制御用

Table 6 VOC removal rate

| Items        | HCHO test24 | NH3 test23 | C7H8 test23 | C6H6 test21 |
|--------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Removal rate | 94.3%       | 89.1%      | 61.5%       | 94.8%       |

外調機が登場し、新たな市場を創成しつつあり、また、設計・製造技術を駆使して新素材の特徴を生かしたロータも使われ始めた。

我が国では、熱駆動型である吸収式冷凍機、ヒートポンプに関する技術水準が高く、デシカント空調システムへの技術移転を期待できることが大きな強みであり、デシカント空調システムの環境調和性が認識されることによって、今後の普及に期待したい。

## 参考文献

- 1) 眞下克之：湿度設計におけるデシカントシステムのポジショニング，2009年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集，A-312，(2009)。
- 2) ASHRAE 出版(藤田稔彦監修)，湿度制御設計ガイド，日本冷凍空調学会，(2006)。
- 3) Mashimo, K. and Tanaka, T.: "Practical Study on Desiccant Air Conditioning Systems in Supermarkets", Proc., 8th IEA Heat Pump Conf., 2-7, (2005)。
- 4) 伊藤卓，山口誠一，斎藤潔，河合素直，宮内彦夫，原田政利：ヒートポンプ駆動型ハイブリッドリキッドデシカント空調システムの性能評価と特性解析，2009年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集，A-325，(2009)。

眞下 克之



平成16年12月三洋電機(株)定年退職。これまで、吸収式冷凍機/ヒートポンプ、デシカント空調、コージェネレーション等のシステム開発に従事。その後、平成17年1月東邦ガス(株)を経て、平成18年9月芝浦工業大学工学部、平成20年9月早稲田大学理工学術院。客員教授。趣味 謡/仕舞、剣道。

宮内 彦夫



平成7年よりデシカント空調に従事。平成16年10月ダイナエアー株式会社設立。平成17年(愛・地球博)にはガスバビリオンに参考機を運転展示。液式低位熱利用デシカント機の開発・製造を進め現在に至る。趣味 早朝ジョギング MC ツーリング等。