

収着型調湿システムの開発と実践

Development and the practice of the desiccant air-conditioning system

津山工業高等専門学校 校長 稲葉英男
(株)アット東京 技術・サービス本部 部長 戸谷三郎

キ - ワ - ド : 省エネルギー (Energy consevation), デシカント空調 (Deci- Kant air conditioning)
高分子収着材 (Macromolecule sorption materials), ヒ - トポンプ (Heat pump), 制御 (Control)

1.はじめに

新しい省エネルギー技術として顕熱・潜熱分離空調が注目を受けている。顕熱・潜熱分離技術の一つとして、各種の乾燥剤や吸湿剤 (吸着剤) を用いたデシカント (Desiccant) 空調システムがある。デシカント空調システムとは、湿気を含んだ空気から吸湿剤などを利用して調湿し、室内空気の湿度や温度を制御することである。代表的な乾式デシカント剤としてシリカゲルやゼオライトなどの吸着剤がある。吸着 (adsorption) とは、図 -1 のように気相中の気体分子や液体中の溶質分子などが固体表面の細孔に吸着される現象を指し、吸着された水分を再生 (脱着) するためには高温の空気との接触が必要である。これまで再生に工場排熱やコジェネレーションシステムの高温排熱を利用してきた。一方、高分子収着剤は吸着と吸収を兼ね備えた収着現象 (Sorption) により除湿を行うもので、その概要を図-2 に示す。高分子収着剤はシリカゲルなどに比べ、低温空気による再生が可能で、ヒートポンプ廃熱を利用できるようになる調湿空調に適したデシカント材である。

高分子収着剤はシリカゲルなどの既存の吸着剤に比べ2倍以上の吸湿能力を有し35 ~ 80 の低温空気での再生 (水蒸気脱着) が可能なことが大きな特徴である。また、加工性も良いことから様々な形態形状での調湿材料として応用が可能となっている。図-1 は粉末状に加工された収着材料を示す。高分子収着剤は基材に含浸させることで製造でき、多様な形態

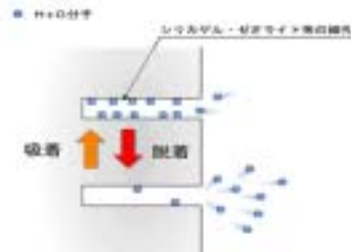


図-1 吸着現象¹⁾

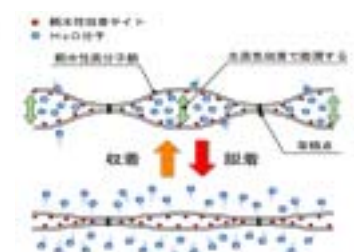


図-2 収着現象¹⁾

に加工でき、より安価な調湿システムの構築ができる。図-4 は繊維に収着剤を担持させたもので調湿機能性材料として衣類などに応用可能である。図-5 は基材に担持させハニカム状に加工したものでデシカントロータ (図-6) に加工されている。さらに空調機器の空気熱交換器アルミフィン基材に担持させることで熱交換と調湿を同時に実現する技術も実用化されている。(図-7)



図-3 粉末状収着剤



図-4 繊維状収着剤

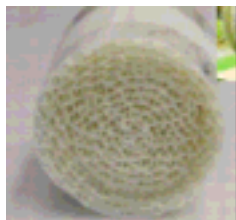


図-5 コルゲ-ト加工剤



図-6 デシカントロータ



図-7 アルミフィン担持加工

図-8 は吸湿作用によるシリカゲルなどの吸着材料と高分子収着剤の20における等温吸着特性である。低湿度で収着特性に優れたA型シリカゲルや高湿度での吸着特性に優れたB型シリカゲルに比べ、低湿度から高湿度まで広い範囲で高い吸湿力を発揮するのが高分子収着剤の特徴である。

図-9 は各種調湿材料の再生温度の比較を示している。図示のように吸着剤が再生に高い温度を必要とするのに対し、高分子吸着剤は 40 前後の低温で再生が可能となっている。ヒートポンプの凝縮廃熱など冷房（調湿）運転で従来廃棄されていた未利用エネルギーを活用して再生することができる。

1.3 デシカントロータと吸着ブロック

デシカント空調システムの調湿（除湿）材料として従来はシリカゲル、ゼオライトなどを塗布・担持させた素材紙をコルゲート加工し円筒形に整形したデシカントロータが広く使われている（図-10）。デシカントロータはロータの半分に処理空気（除湿させる空気）をもう半分に再生（加熱）空気（再生させる空気）を通過させることで、除湿・再生を連続的に実施するもので、高分子吸着剤を担持した低温再生に優れたロータ材料も実用化されている。

これに対して静止切替型吸着ブロックを利用した吸着型調湿空調システムは、従来のデシカントロータを使用せず、高分子吸着剤を塗布・担持させた素材紙をブロック型に整形（図-11）したもので、2 個の吸着ブロックを吸着・再生過程を切替えて連続運転する。

ロータに比べ安価に加工製造でき、調湿装置の大幅なコストダウンや装置の小型化が期待できる。また大きなブロックを使うことで大量の水分を吸着する大容量吸着システムの開発も可能となる。図-12 にロータ方式とブロック方式の比較をまとめてみた。今回、このブロック吸着剤による静止切替型吸着調湿空調システムの実用化を岡山エコエネルギー・技術研究所と岡山大学を中心に民間企業 18 社が参画した共同研究「吸着型調湿空調システム開発プロジェクト」を発足させ実用化研究を実施した。（表-1 参照）

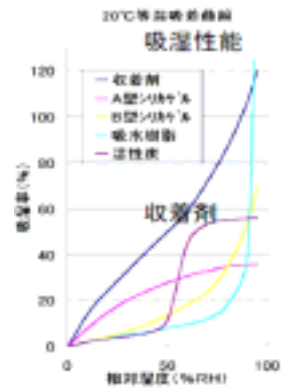


図-8 等温吸着性能

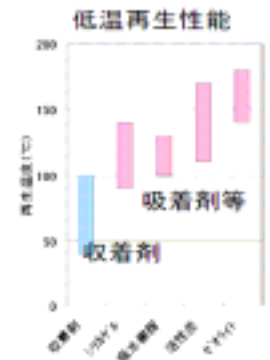


図-9 低温再生特性



図-10 デシカントロータ



図-11 吸着ブロック剤

従来のロータ回転型調湿システム	新しく実用化する吸着型調湿システム
<p>吸着剤ユニット(ロータ)は</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高強度真円加工が必要 ・給排気駆動部の気密が必要 ・加工・製造コストが高い <p>大容量製品は大型となりスペースが必要</p> <p>ロータの回転駆動動力が必要</p> <p>ロータ交換などの保守が難しい</p>	<p>吸着剤ユニット(ブロック)は</p> <ul style="list-style-type: none"> ・単純加工で製造容易 ・給排気切替の付属装置が必要 ・加工・製造コストが低い <p>軽型吸着材で大容量製品もコンパクト</p> <p>駆動動力が不要で信頼性が高い</p> <p>ブロック交換などの保守が容易</p>

図-12 ロータ/ブロック方式の比較

表-1 吸着型調湿空調システム開発プロジェクトの概要

研究実施体制	A 研究参加企業	B 研究参加企業
研究実施体制 研究総括・実施責任者 ・岡山大学工学部 原理レベルの吸着特性実験 ・前田技術士事務所 吸着特性のシミュレーション ・日本イクスン工業(株) ブロック吸着材の開発・製造 ・(株)蒼設備設計 設計手法標準化検討	(株)クボタ 昭和鉄工(株) 新見工業(株) 東芝キャリア(株) 日本ビーマック(株) 日立アライアンス(株) 三菱電機(株) 日本イクスン工業(株) ジャパンエナジー(株)	(株)大気社 (株)竹中工務店 関西電力(株) 三機工業(株) 新日本空調(株) 高砂熱学工業(株) 東京電力(株) 東洋熱学工業(株) 日本BAC(株)
研究期間	21/10 ~ 22/5	

A 研究：空調機器メカで吸着型調湿空調機器の商品化を目指す。

B 研究：エンジニアリング会社、電力会社などで吸着型調湿空調システムの実用化、活用を目指す。

2. 収着ブロックの特性試験

2.1 収着ブロックの特性試験方法（原理モデル試験）

(1) 試験装置概要

原理モデル試験の実験装置の概略を図-13 に示す。実験装置は、処理空気の温度や湿度を制御する機器（アフタークーラー、メンブレンドライヤー、気泡塔加湿器、ヒーター・クーラー）や初期の風量を発生させる送風機器類（コンプレッサー、浮子式流量計、ブローワ）空気質を確保するための機器（エアフィルター・ミストフィルター）そして収着剤を担持したコルゲートハニカムを収納した矩形ブロック型の試験部（Test section）から構成されている。

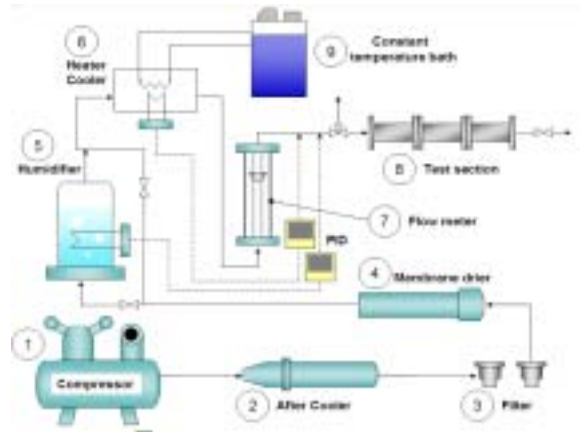


図-13 実験装置概要

(2) 試験部の詳細

試験部の概略を図-14 に示す。試験部である収着ブロックの基本形は、高さ 10 cm、横幅 10 cm の正方形断面で長さは 0.5 m であり、長さ 0.6 m のアクリル製ダクト（厚さ 10mm）内に収納されている。アクリル製ダクトを 1 ユニットとし、1 ユニットのみの場合と 3 ユニートを接続した総長 1.5 m の場合について試験を行った。なお、試験は今回報告する原理モデルの実験と併行して、高さ 80cm 横幅 80cm、奥行き 50cm の実用に近い大きさでのプロト試験も実施した。

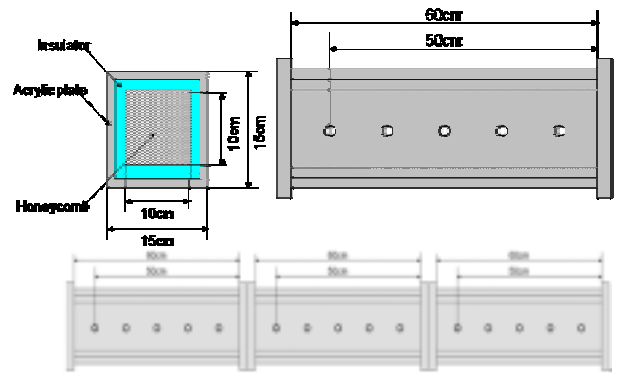


図-14 原理モデル試部概要

(3) 試験条件

原理モデル試験条件を以下に示す。面風速は 0.5 m/s、1.0 m/s、1.5 m/s、収着ブロックの長さは 0.5 m、1.0m、1.5m とした。また、収着試験のプレ冷却条件は 18 DB、90%RH である。一方、再生空気入口条件は（33 DB、33%RH）、（40 DB、40%RH）、（50 DB、21.7%RH）とした。なお、収着試験における初期条件は、これら 3 種類の再生空気条件にて飽和状態にある収着率（収着された水分質量 / 乾燥状態の収着剤質量）とする。また、再生試験における収着剤の初期条件は、収着試験における空気条件での飽和状態となった値とした。

(4) 測定方法と測定精度

本試験における空気温度等の測定は、K 型熱電対（測定精度： ± 0.1 ）、空気湿度の測定には鏡面冷却式露点計（測定精度： ± 0.2 ）を採用した。流動空気の温度や湿度の測定位置は、1 ユニットの場合は試験部入口と出口中央部の 2 箇所とした。ユニット 3 連結の場合は、各ユニットの接続部中央位置（0.5 m、1.0 m、1.5 m）の 3 箇所測定した。経時変化する収着剤の水蒸気収着量は、収着ブロック出入口で測定した空気絶対湿度の差から求めた。このようにして得られた積算収着量の検定は、試験終了後収着剤ハニカムユニットを収めてあるアクリル製試験部全体を試験流路から外し、電子天秤（最大測定質量 12,000g、分解能 0.1g）で測定し、収着又は再生試験前の収着ブロック質量との差との比較によりおこなった。収着ブロック前後の差圧は、各ユニット前後のアクリル製試験部に設けた測定タップにより空気圧を U 型マンオメータに導き測定した。

2.2 収着ブロックの特性試験結果

収着ブロックの長さを変化させた結果を以下に示す。

(1) 収着過程における収着ブロック長さの影響

収着ブロックの長さをパラメータとした時の収着過程における測定結果を図-15 に示す。プレ冷却条件 18 DB、90%RH、再生条件 40 DB 40%RH、面風速は 1.5m/s の場合を示している。入口空気温度は、

ほぼ 18 と一定で入口からの長さ方向の各位置における空気温度は、実験開始の短時間にいずれの位置においても急激に上昇し、その局所最大温度はほぼ等しい値を示しその後時間の経過とともに緩やかに下降している。さらに、長さが小さいほど空気温度の低下する割合が大きくなり、収着現象が速く進行する。さらに、各測定位置における空気温度は入口空気温度に漸近し、最終的に入口空気温度となる。空気絶対湿度の経時変化を見ると、入口空気絶対湿度は一定に保たれているのに対し、出口絶対湿度は実験開始と同時に大きく減少した直後に局所極小値を示した後、時間の経過とともに緩やかに増加する。その後、入口絶対湿度に漸近し、最終的に入口絶対湿度となる。また、長さの大きな試験部出口に向かうほど、その局所極小値を示す時間は遅れる。

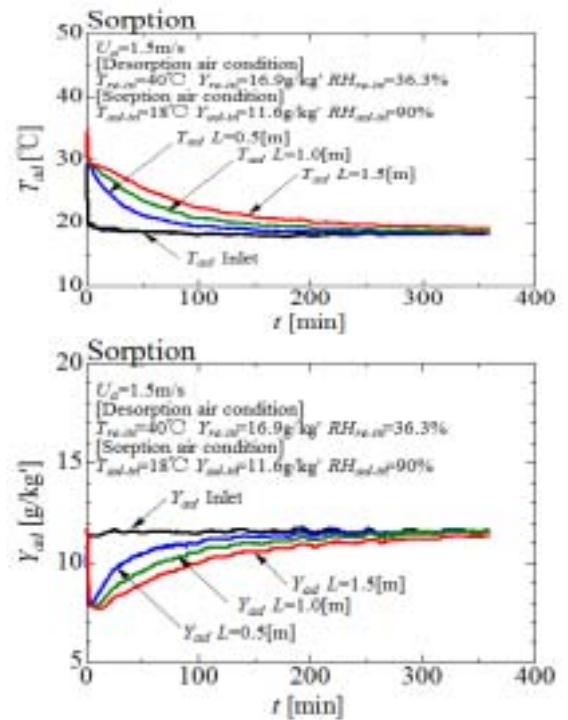


図-15 収着特性

(2)再生過程における収着ブロック長さの影響

収着ブロックの長さをパラメータとした時の再生過程に測定結果を図-16に示す。再生空気条件などは収着過程と同様である。収着ブロックの空気温度は、暫くの間ほぼ一定の温度を保った後、急激な温度上昇が見られる。この急激な温度上昇の時期は、長さ方向の位置の増大とともに遅れて現れるようになる。また、空気絶対湿度の経時変化を見ると、入口空気絶対湿度は一定であるが、いずれの長さ方向位置においても、空気絶対湿度は急激に上昇し、ほぼ一定の局所最大値となっている。再生（脱着）現象では、収着ブロックの前部の入口近傍では収着剤から周囲空気への急速な水分の脱着現象が起こり周囲の再生空気は飽和に近い相対湿度状態となる。再生初期条件での相対空気湿度は90%であり、その状態で収着剤は平衡に達しているため、収着ブロックの前部で高い相対湿度となった空気は、後半部で脱着の駆動力となる相対湿度差が非常に小さくなり、脱着現象が弱い状態で空気が通過していくことになる。そのため、収着ブロックの長さに応じて、ある時間が経過するまでは温度や絶対湿度がほぼ一定値をとるものと考えられる。なお、収着ユニットが長くなると温度上昇までの経過時間は長くなる。

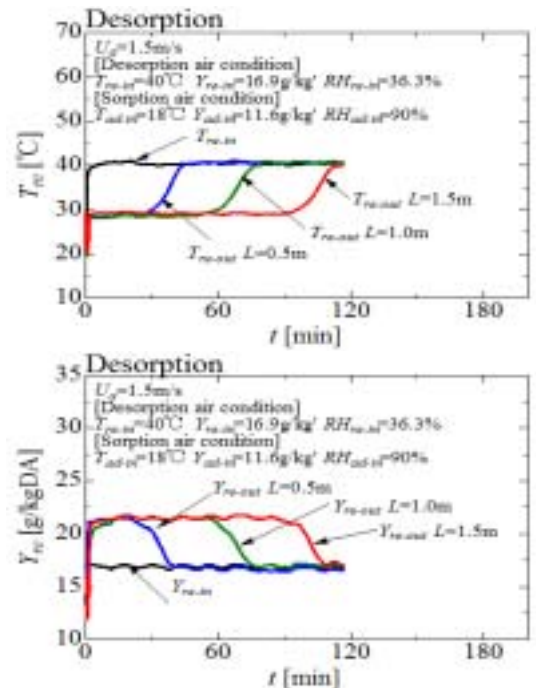


図-16 再生特性

(3)圧力損失特性

収着ブロックの圧力損失と面風速の結果を図-17に示す。なお、層流状態での収着ブロック流路内（ハニカム形状）の圧力損失は、次式(1)のハーゲン-ポアズユの式で表すことができるため、試験結果と比較をした。

$$\Delta P = \frac{32\mu \times L \times U}{D_h^2} \quad (1)$$

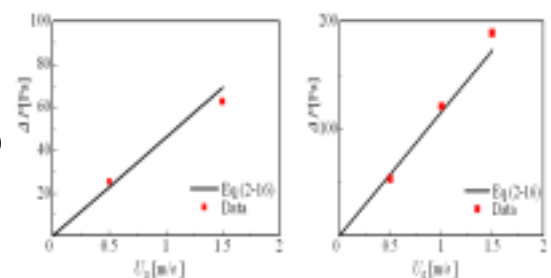


図-17 圧力損失特性

試験結果は実線で示した理論値（式 1）とほぼ同一の値を示し、面風速の増加に伴って直線的に圧力損失は増加する傾向にある。また、収着ブロックの長さに比例して圧力損失は増加する。

4. 収着ブロックの特性のまとめ

収着型調湿空調システムを容易に計画できるように、様々な使用条件での収着・再生の基本特性を整理した。なお、基本特性の整理には、実験できなかった使用条件もありシミュレーションプログラムを用いた。収着特性と再生特性のまとめを図 -18、図-19 に示す。

収着特性

- ・ 収着ブロックの出口絶対湿度は、時間経過とともに緩やかに上昇し入口温度条件を高くすると入口絶対湿度の変化に比例し絶対湿度は高くなる。【線図】
- ・ 収着ブロックの通過面風速を速くすると、収着完了時間は通過面風速に反比例し短くなる。【線図】
- ・ 収着ブロックが長くすると、収着完了時間は比例して長くなる。【線図】

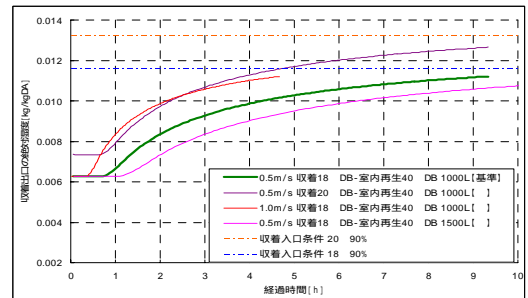


図-18 収着特性

再生特性

- ・ 収着ブロックの出口絶対湿度は、再生条件を変化させても一定時間経過後に急激に下降する傾向がある。
- ・ 再生空気の入口温度条件が低いと、単位時間当りの再生量は小さくなり、再生時間は長くなる。【線図】
- ・ 収着ブロックの通過面風速を速くすると、再生時間は通過面風速に反比例し短くなる。【線図】
- ・ 収着ブロックを長くすると、再生時間は比例して長くなる。【線図】

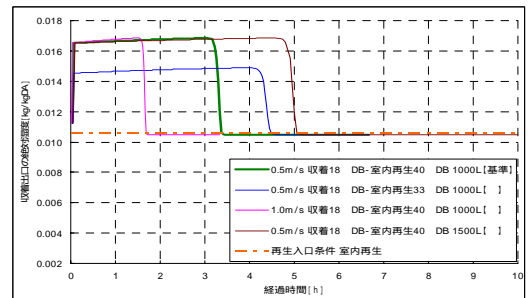


図-19 再生特性

4. 収着ブロックを利用した調湿空調システムの実用化

原理モデルによる実験やシミュレーション解析の結果、収着ブロック材の収着・再生特性が明らかになった。収着の場合には通風開始直後は大きな収着量を示すが時間経過とともに収着量が落ちていく、つまり収着能力が安定化しないことが実用化に当たっての大きな課題である。再生現象は一定時間再生空気を通風することにより一気に脱着が行われる（プレ・クスル）現象が確認でき、脱着に要する時間は再生空気の温度に依存することが確認できた。

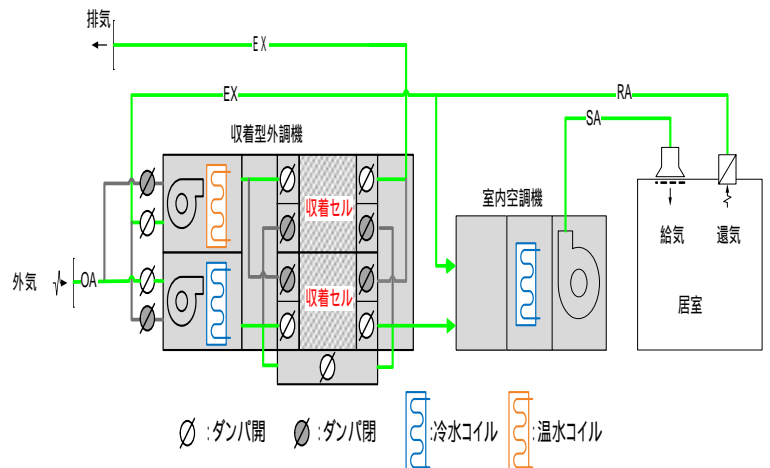


図-20 静止切替型収着調湿空調システム概念図

図-20 に今回実用化を目指している静止切替型収着ブロック調湿空調機のイメージを示す。

図示のように収着用（除湿用）再生用（脱着用）2個の収着ブロックへの処理空気流路を切替えて、収着/再生を連続して運転する空調で外気を調湿して室内空気条件まで処理する外気処理空調機となっている。空調システムとしては室内顕熱負荷処理を行う室内用（顕熱）空調機と組み合わせる熱処理を行う潜熱・顕熱分離処理空調システムとなっている。

この空調機の運転状況を空気線図上でみると図-21の通りで、外気（ ）をプレ冷却後（ ）収着ブロックにより収着（ ）をおこない、収着部バイパス空気との混合による目標収着点（ ）を得る。

最終的には室内レタンエアと混合し、顕熱空調機の coils 入口条件となる MP () を得ることができる。なお、本システムでは従来室内で発生し排気していた水分を収着ブロックで収着させ室内に戻すことが理論上可能となり、加湿用給水量の低減が期待できる。全ての外気条件範囲において無給水加湿が可能となるのが理想であるが、実際には低温度、低湿度域においては収着できる限界が有り、室内で発生する水分量が必要加湿量より少ない場合は加湿器による加湿が必要となる。

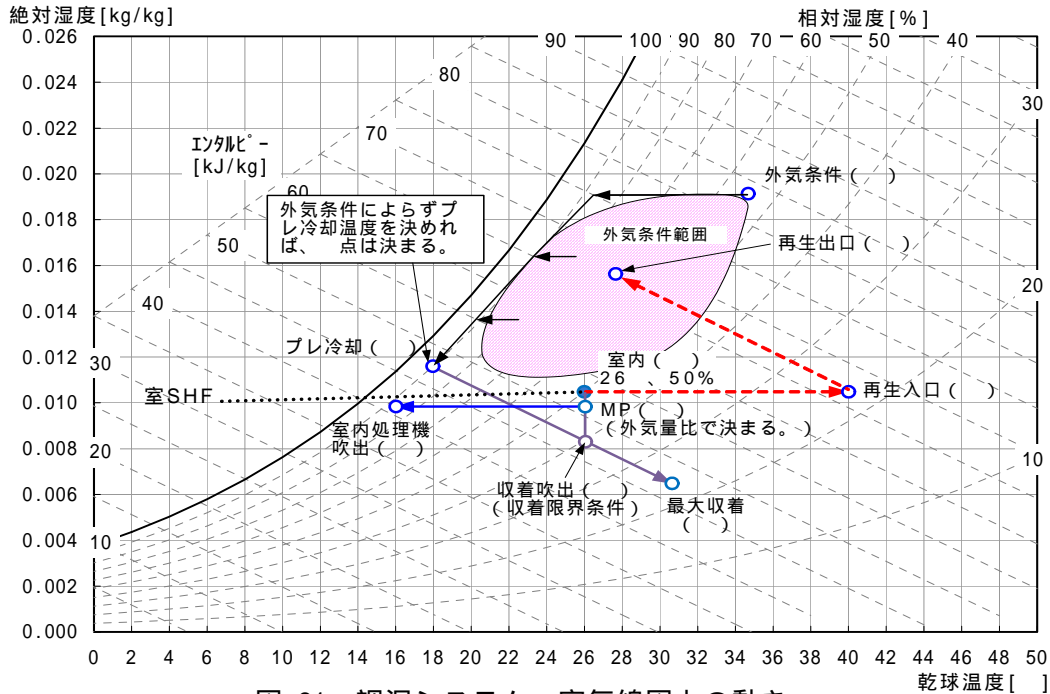


図-21 調湿システム 空気線図上の動き

5. 収着容量の安定化手法

収着ブロックにプレ冷却した空気を通させると図-22 に示すように最初は十分に収着・除湿効果を得られるが、収着量は徐々に減って行き、数時間経過すると収着入口条件に収束（収着不能）していく特性を持っている。空調装置の容量設計に当ってはこの時間軸で変化する収着能力を一定化する必要があるが、本研究では収着ブロックをバイパスさせた未処理空気と処理空気を混合して、一定時間収着量を一定化する手法（バイパス混合法）と収着入口の温度を変化させ、収着出口の状態点を制御する手法（温度制御法）の2案を想定している。本研究プロジェクトはこれらの収着量安定化の実証まで実施できなかったが、プロジェクト参加企業に引き継いで今後、これらの手法の実用化を経て調湿空調機器が商品化されると期待している。

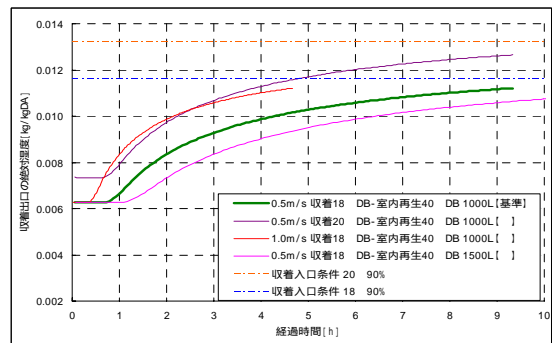


図-22 収着特性グラフ

バイパス混合制御は図-23 に示すように収着出口の状態点の絶対湿度が一定の目標値となるよう収着ユニットを通過する空気とバイパスする空気の流量を調整する。具体的にはバイパス混合の比率から求められる図-24 のようなバイパス補正収着特性曲線を考え、収着可能時間を延長しながら収着量を安定化させる。一方、温度制御法はプレ冷却する収着入口温度を変化させることで、図-22 でわかるように収着の特性が変化することに注目している。収着入口温度が相対的に高いと収着特性曲線は立ち上がってきて短時間に収着能力が減衰する。逆に

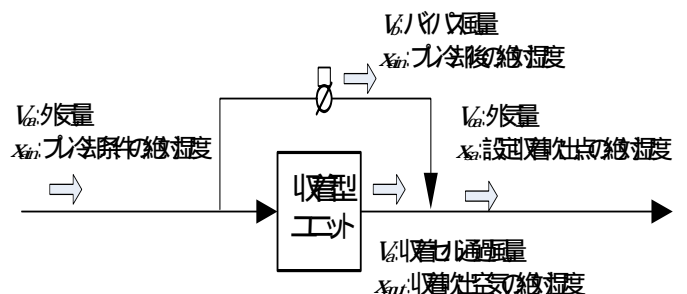


図-23 バイパス混合制御の概念図

収着入口温度を低くすると収着特性曲線は寝てきて、収着可能時間は長くなる特性を持っている。図-25はこの関係を簡略化して表現したイメージ図で、図のように高い収着入口温度空気から徐々に温度を下げていくことで安定した絶対湿度の空気を得ることができる。図-26はこのような状態変化を空気線図上に試みたもので、図示のように収着ブロックの限界収着線（これ以上は除湿できない絶対湿度）に近い高温の空気から収着をはじめ、収着量の低下に連動して、収着入口空気温度を下げて行けば、常に同一の絶対湿度点を横にスライドするような制御が可能と考えられる。変温制御により収着運転時間を数時間程度に延長でき、切替の連続運転に対応できると考えている。

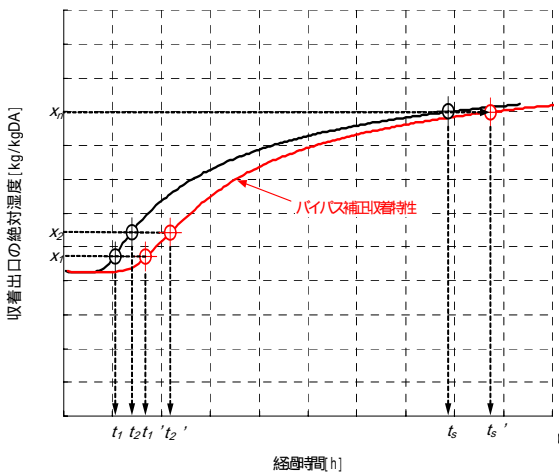


図-24 バイパス補正収着特性曲線

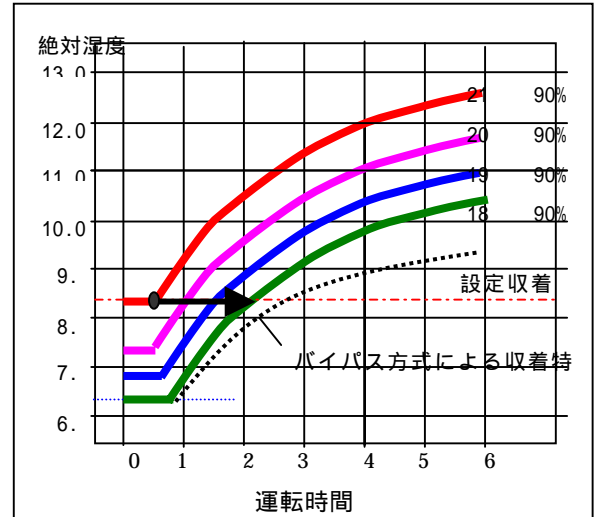


図-25 変温制御による収着出口空気の状態点変化

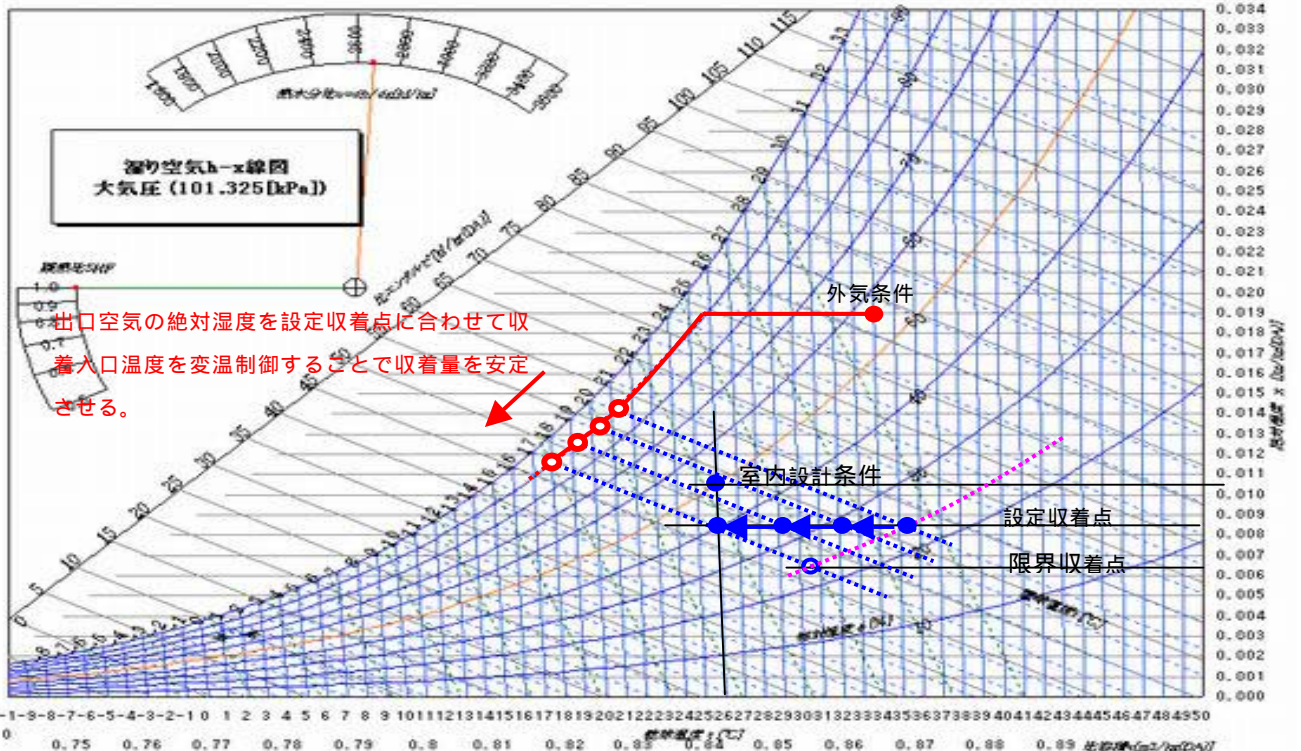


図-25 変温制御方式の空気線図の動き

6. 空調エネルギー性能評価のケーススタディ

一般オフィスビルに収着型ユニットによる調湿空調システムを導入した場合を例に、冷房時の空調エネルギー性能の評価を、表-2の通り、一般事務室と外気導入量が多い会議室を例にケーススタディを実施した。なお、収着型ユニット方式は、図-26に示すものとし、従来方式（過冷却による除湿方式）と比較とした。表 1.2 に室用途条件を、表-3 に試算条件を示す。事務用途は、OA機器など内部発熱負荷が多く窓面積が比較的大きい特徴がある。会議室は、大規模な会議や集会などをおこなう人員

密度が 0.4 人/m² の窓のない室を設定し、外気量は 1 人当り 30m³/h、収着型ユニット方式では全外気を収着型ユニットを用いた外調機で処理する。

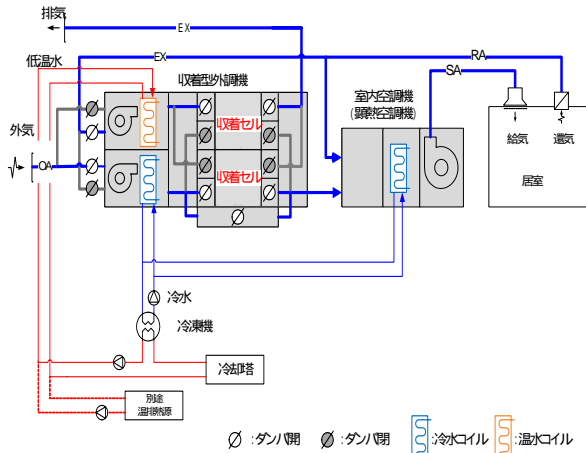


図-26 収着型調湿空調システムの構成

表-2 検討室使用用途の概要

	事務所用途	大会議室用途
室概要	南側に面したオフィスビルの中間階に位置するオープンスペースのオフィス用途	外壁に面さないオフィスビルの中間階に位置する講堂、大会議室、集会室用途
床面積	400m ²	500m ²
階高	4500mm	5000mm
外壁負荷	85 W/m ² (最大)	14 W/m ² (最大)
	南面窓面積比率62%	周囲非空調室
内部発熱負荷		
照明負荷	20 W/m ²	40 W/m ²
OA機器負荷	20 W/m ²	- W/m ²
人員密度	0.15 人W/m ²	0.40 人W/m ²
	69W/人(顕熱),53W/人(潜熱)	64W/人(顕熱),34W/人(潜熱)
使用人員数	60 人	200 人
単位外気量	30 m ³ /h人	30 m ³ /h人
外気量	1,800 m ³ /h	6,000 m ³ /h
室内空調条件	乾球温度26 ,相対湿度50%	乾球温度26 ,相対湿度50%
空調時間	8:00 ~ 18:00 (10時間/日)	8:00 ~ 18:00 (10時間/日)

なお、外皮負荷は年間負荷計算より求め、内部発熱条件は時刻による変動がなく一定としている。空調時間は 10 時間とし平日のみの運転とした。

6.1 システム条件

比較する空調機システムの運転条件・試算条件を表-3 に示す。従来式の冷水供給温度は、一般に設計条件として用いられている 7 とし、収着型ユニット方式では、従来空調方式と同等のコイル列数でも 11 冷水供給にできることを確認し、プレ冷却用、室内側空調機用共に 11 とした。図-27 に代表的な冷凍機の冷水・冷却水温度条件を変化させた時の COP 特性を示す。冷水出口温度 11 時の COP は 7 の約 1.1 倍程度で、収着型ユニット方式では、熱源機の高効率化を図れる。エネルギー試算では、外気条件による冷却水温度条件を月別に変化させ、また、熱源機システムの搬送動力分(冷却塔、冷却水ポンプ、冷水ポンプ)を考慮したシステム COP (冷凍機 COP × 75%) としている。

表-3 ケ-スタディの検討条件

	収着型ユニット方式 (潜顕熱分離型空調)	従来空調方式 (過冷却除湿空調)
冷水温度	11 16	7 12
収着型外調機	・外気をプレ冷却条件(乾球温度18、相対湿度90%)まで冷却。ただし、外気がプレ冷却温度(18)以下の場合は冷却なしに収着運転 ・6列(ウエットコイル)	・室内発生負荷(顕熱、潜熱)及び外気負荷を処理。 ・過冷却操作による除湿 ・室内条件より外気状態が低い場合は外気冷房・除湿 ・6列(ウエットコイル)
室内側空調機	・室内顕熱負荷のみを処理 ・室内発生潜熱は収着型ユニットで処理 ・6列(ドライコイル)	----
ファン能力	事務所用途 室内空調機 4.3kW(460Pa) OAファン 0.4kW(350Pa) EAファン 0.4kW(310Pa) 合計 5.1kW	事務所用途 室内空調機 4.9kW(530Pa) OAファン 0.1kW(110Pa) EAファン - 合計 5.0kW
室内空調機	大会議室用途 室内空調機 2.8kW(460Pa) OAファン 1.4kW(420Pa) EAファン 1.2kW(350Pa) 合計 5.4kW	大会議室用途 室内空調機 3.3kW(530Pa) OAファン 0.4kW(110Pa) EAファン - 合計 3.7kW

建設地 : 東京都
 気象条件 : HAP標準気象データ[東京]
 計算期間 : 冷房期間となる5~10月(10時間単位)
 負荷条件 : 内部発熱 外気量 外気条件は一定 外皮負荷は年別計算による
 冷凍機COP : 月平均外気顕熱温度を考慮した冷水温度条件で運転した時の月平均システムCOP(熱源機COP×75%)
 エネルギー : 熱源機は高効率の水冷チラー相当の単一熱源方式で量算
 再生熱 : 十分に利用可能な顕熱再生熱ありを考慮しない

6.2 調湿運転方法

収着型ユニットの特性を効果的に利用するために、外気条件などによる運転制御が必要である。5月~10月の東京標準気象データによる外気状態と収着運転方式の例を、図-28 に示す。検討では、室内温湿度条件を 26 50%とし、外気の温湿度状態により、外気条件が室内発生潜熱を処理できる湿度条件以上となる場合に、収着型ユニットの運転をおこなうこととした。なお、外気湿度が低く室内発生

潜熱を十分に処理する場合は、収着運転はおこなわない。5月～10月の東京標準気象データによると、収着型ユニットの運転の可能時間は、全空調時間（1300時間）の約66%（事務室）、約70%（大会議室）と、利用期間は長いことが確認できる。

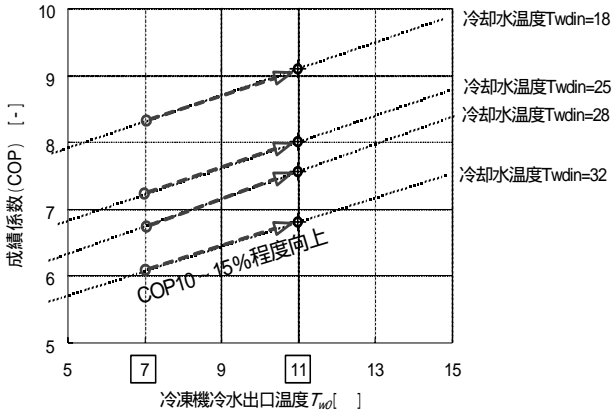


図-27 水冷チラーの COP 特性 (K 社製)

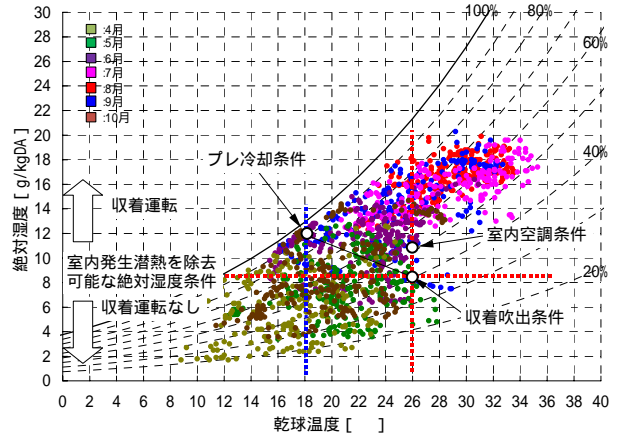


図-28 外気条件 (標準東京気象年)

6.3 試算結果

以上の条件を基に、空調機負荷の簡易エネルギーシミュレーションによるエネルギー性評価をおこなった。なお、エネルギー比較は、熱源とファンエネルギーとし、温熱源は十分な排熱が得られるものとして考慮しない。空調機処理負荷量の比較を図-29に、冷房用エネルギー消費量の比較を図-30に示す。4～10月の年間冷房処理熱量は、室用途に係わらず収着型ユニット方式が小さくなり、事務室用途で86%、大会議室用途で66%と、過冷却除湿の解消による効果が大きく現れている。エネルギー消費量は、冷凍機の冷水温度の緩和により高いCOPで運転できるようになり、収着型ユニット方式は事務室用途で84%、大会議室用途で78%となる。特に、外気量が大きい用途では効果がより大きくなる傾向があり、夏期猛暑期には大きな省エネルギー効果を得られることが確認できる。

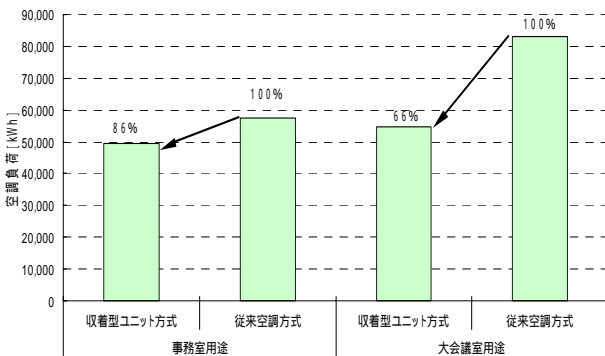


図-29 エネルギー比較

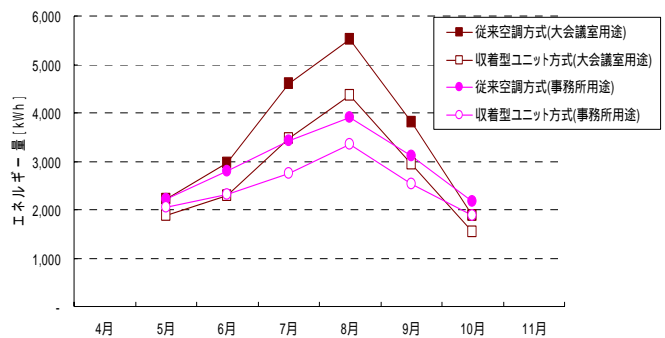


図-30 エネルギー比較 (月別)

7. 収着型ユニットの有効性

今回実用化した「収着型調湿システム」は従来のロ-タ型デシカントユニットに対し、装置をコンパクトにでき、装置コストも圧縮が可能となる。省エネルギー-効果もロ-タ形式と同等に確保できる。ケ-スタディは東京地区の標準気象条件により、一般空調の室内条件で実施したが調湿空調を活用する場合には室内条件においても低湿度・高温環境を考慮する必要がある。すなわち室内条件を26DB、相対湿度50%で規定するのではなく、室温28、相対湿度45%などの調湿室内を考慮する必要がある。低湿度化はビル管法により最低値が40%以上に制限されているが、これは冬季の病原菌（風邪のウイルスなど）対策と言われており、夏季においてはさらなる低湿度化も実用上問題ないと考えられる。低湿度化、高温化を図ることで調湿空調システムに求められる冷水条件はさらに緩和

され、冷凍機の高効率化、冷水利用温度の大温度差化による搬送動力軽減など前項の省エネルギー - 効果を大きく上回る効果を得ることができる。また収着型調湿システムは稼働部がなく、空気流路を切替えることで収着・再生過程を実現しており機器システムとしての利用以外にも建築物のシャフト、各種チャンバ空間などに組み込んで建築化システムとしての利用も可能である。個別の運転条件を最適化する必要がある産業用途の調湿システムとしても有効である。このように収着型調湿システムは顕熱・潜熱を分離して処理することで従来の過冷却除湿方式に比べ高い有効性を持っている。

8．収着ブロック型収着調湿空調システムの技術課題

原理モデルでの実験データや精密なシミュレーション結果をもとに切替型収着調湿システムの実用化の取組みを述べてきた。しかし、実験データやシミュレーションの検討パターンは限定条件であり、本方式を普及させるためには更なる設計データや技術資料の充実が望まれる。最後に普及に当たっての技術課題を以下に述べる。

- ・収着量安定化技術の完成
バイパス混合方式、変温制御法での収着量安定化技術の実証・完成
- ・流路切替機構の効率化
バイパス混合方式では2個のダンパを全開・全閉の逆動作制御を行うもので駆動部の共用化などによる効率化が必要。
- ・シミュレーションによる設計支援
これまでの実験による蓄積データだけでは計画・設計資料としては不十分である。一方、本件の研究でも実験データにより解析精度を向上させたシミュレーションプログラムを実用化してきた。今後は計画・設計にシミュレーションを活用していくことが重要である。
- ・収着型ユニット供給環境の整備
メカによるブロック状収着剤のラインアップ、性能、価格、納期などの供給体制・供給環境の整備、設計支援・技術支援のためのカタログ・技術資料などの整備も必要である。
- ・収着・再生運転データの蓄積・充実
今後も調湿空調システム計画に取り組み多くの技術者に対し、収着型ユニットの最新の詳細特性・データを提供していく必要があり、収着型ユニットによる設計事例・実証事例などを蓄積して広く情報共有できるような環境・体制の整備が重要な課題

本報は、岡山エコエネルギー技術研究所が研究主体となり、共同研究に参加する企業と研究実施機関との共同研究の成果であり、表 - 1 に示した関係各位に謝意を表わすものである。

【参考文献】

- 1) 岡山エコエネルギー技術研究所ホームページ：<http://www.oka-ecoene.com/>
- 2) 空気調和・衛生工学便覧 第14版 基礎編、空調調和編 (社)空気調和・衛生工学会
- 3) 建築設備設計基準 平成21年度版 (社)公共建築協会
- 4) ハイエフミニ技術資料 (株)神戸製鋼
- 5) デシカント製品カタログ (株)西部技研
- 6) 空調機総合カタログ 新晃工業(株)
- 7) 新晃工業(株)ホームページ：<http://www.sinko.co.jp/>