

バッチ式デシカント空調システムの住宅への実装と性能評価

第1報——システム概要と冬季加湿暖房時の基本性能評価

樋山 恭助^{*1} 小林 遼一^{*2}
加藤 信介^{*3} 手塚 純一^{*4}
二川 智吏^{*4} 小金井 真^{*1}

住宅における湿気の問題を解決すると共に、太陽熱温水器や燃料電池等からの温水供給や地中熱等の低エクセルギー熱源による冷水供給の有効利用を可能にすることを目的として、住宅に導入可能なシンプルなデシカント空調システムを開発する。本システムは住宅でその活用の余地が残る床下空間を利用し、自然エネルギーによる熱供給の日較差/週較差を許容可能な大容量のデシカント槽を2槽設けることを想定する。この内、1槽が空調空気を除湿する傍ら、もう1槽は加熱により外気へ放湿を行うバッチ方式のシステムとすることで、連続的な調湿を可能としている。冬季は、夏季とは逆に、外気からデシカントに吸湿を行い、加熱により室内へ放湿することで加湿暖房運転を可能とする。なお、デシカント槽の切替え直後に発生する給気温度の乱れは、同じく床下に設けた蓄熱槽をデシカント槽と給気口の間に設置することで緩和する。本報では、システム概要と冬季加湿暖房運転時の性能評価試験の結果を示す。本システムは外気の湿気を吸湿し、空調空気に乗せることで加湿を行う。相対湿度に対応したシリカゲルの吸放湿特性を利用することで、絶対湿度の低い冬季においても、外気から吸湿し、室内を外気と同程度の相対湿度に保つことで、無給水による加湿暖房が可能なが確認された。

キーワード：デシカント空調・住宅・加湿・実証試験・自然エネルギー利用

はじめに

近年、ZEH(ゼロ・エネルギー住宅)やLCCM住宅(ライフサイクルカーボンマイナス住宅)¹⁾の提案が注目を受けるように、住宅におけるエネルギー消費の削減が、喫緊な課題として認識されている。一方で、室内環境を改善することによる間接的便益の重要性も認識されており²⁾、エネルギー消費の削減と室内環境の維持/向上といった、一般的にトレードオフとなる現象を最適化する設計が求められる。この解決方法として、熱負荷の削減を第一義をとした上で、次善の策として自然エネルギー

を有効利用した空調システムの導入が考えられる。しかしながら、自然エネルギーは、一般的にその供給が不安定なこと、また得られるエネルギーのエクセルギーが低い傾向にあることが、有効なシステム提案の障壁となることが多い。そこで、本研究では、床下空間に大容量のデシカント槽を設けることで、自然エネルギーによる熱供給の日較差/週較差を許容し、且つ低温温水によるデシカント再生においても十分な除湿能力を維持することが可能な住宅用バッチ式デシカント空調システムを開発することで、この問題の解決を目指すものとなる。本システムでは、冷却に関しても、除湿時のデシカントの吸着熱を除去する目的等で、地下水の直接利用や地中採熱で得られる比較的湿度の高い(エクセルギーの低い)冷水の利用も期待でき

^{*1} 山口大学工学部 正会員

^{*2} 東京大学工学系研究科 学生会員

^{*3} 東京大学生産技術研究所 正会員

^{*4} J建築システム(株)

る。

日本の気候は、夏季は高温多湿、冬季には低温低湿と湿度に特徴を持つ。このため、湿度の変動が、夏季における温熱快適性の低下や、冬季におけるドライアイや乾燥肌等の健康被害の原因となる。そこで、デシカント空調システム^{3),4)}により室内の湿度を適切に制御することで、快適性や健康維持等の大きな間接的便益を得ることが期待できる。しかしながら、現在主流となるロータ式のデシカント空調システムは、デシカントの再生に多量のエネルギーを消費する他、ロータ再生における加熱が空調(冷房)の顕熱負荷となり得る⁵⁾。このため、オフィスや病院等の大規模建物に導入するスケールメリットを活かしたシステムにおいても、そのエネルギー効率に課題が残る。近年、ZEBの実現等を目指し、デシカント空調システムと放射冷暖房システムを複合させた省エネルギーな空調システムの提案^{6),7)}等も進むが、住宅サイズで同様の手法を用いて室内環境の向上とエネルギー消費量の削減を両立する課題を解決した例は希となる。

エネルギー消費量の削減という問題を解決するためには、熱供給を太陽熱温水器等の自然エネルギーで賄い、化石燃料に依存した一次エネルギー消費量を削減することが有効である⁸⁾。自然エネルギーの多くは、その出力が環境条件の変動に影響を受けるため、そのエネルギー供給量が不安定となりやすい。このため、その供給を安定化させるためには、蓄熱等のバッファ装置が必要となる。この一例として、太陽熱による熱供給が期待できる晴天日に、その後の曇天日/雨天日の調湿を可能にする容量のデシカントを再生しておく「蓄乾⁹⁾」という考え方がある。本研究では、この考え方にない、一般的に未利用空間となることの多い住宅の床下空間を利用し、自然エネルギー供給の日較差/週較差を包含した「蓄乾」を可能にする大容量のデシカント槽を備えたデシカント空調システムを提案する。本システムは冬季には夏季とは逆に、外気から湿気を吸着し室内に放湿する加湿運転を行うため、デシカント槽は「蓄湿」をする装置としての機能も果たす。この際、デシカント槽は2槽以上とし、バッチ式に運転する事で連続的な調湿運転を可能にすると共に、ロータ等の回転に伴う機械装置を省略することで、そのメンテナンスを簡易化し、住宅への導入を促進することを意図する。

近年、直膨コイルに吸着剤を直接塗布した2対の吸着熱交換機器をバッチ式で運用し、そのエネルギー利用効率を飛躍的に向上させた空調システムの開発が進む^{10)~15)}。本システムも、この研究にない、デシカントを冷温水コイル若しくは直膨コイルで直接加熱/冷却することで、そのエネルギー利用効率を向上させることを意図する。

既往の研究では、机上シミュレーションにより本システムを実現するための基本データを収集している^{16),17)}。筆者らは、これらの研究成果を基礎として、住宅の一室を対象としたスケール

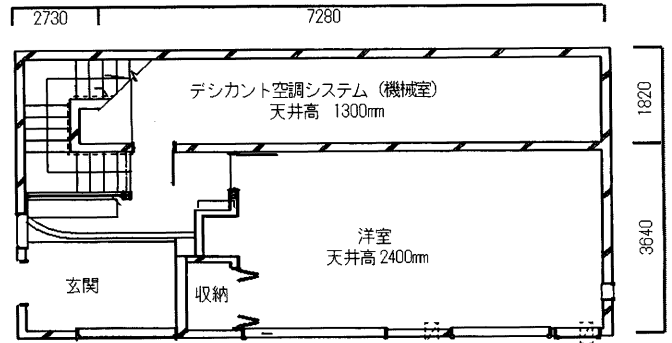


図-1 システム設置住宅の1階平面図

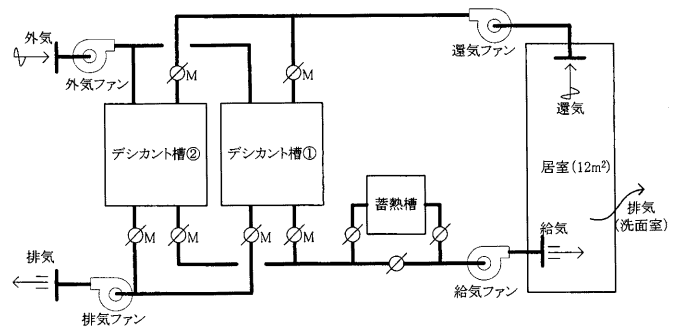


図-2 システム系統図

ダウンさせたバッチ式デシカント空調システムの試作機を作成し、札幌に建設した住宅に設置した。本報告では、この試作機の概要を紹介し、その基本性能として冬季の加湿暖房運転時の性能評価を実施した結果を報告する。今後、夏季における除湿冷房性能評価、及び自然エネルギー利用によるエネルギー消費量の削減可能性に関して検討を進めることで、本システムの社会実装を目指す。

1. バッチ式デシカント空調システムの概要

図-1に本システムを設置した住宅の1階平面図を示す。本住宅は本システムの導入と同時期に施工しており、気密・断熱等は次世代省エネ基準相当以上の性能を持つ。傾斜地に施工したため、北側(図-1の上側)に、天井高が1,300mmとなる空間が発生した。この非居室空間を、2階の床下空間と想定し、本システムを設置する機械室とする。図-2に設置したバッチ式デシカント空調システムの系統図を示す。本システムは住宅3階の一室(床面積12m²,容積26m³程度)を空調する。本システムに導入した装置の仕様を表-1に示す。

システムはデシカント槽2つと蓄熱槽1つを備える。デシカント槽内には冷温水コイルを設置することで、槽内のデシカントを直接加熱/冷却する。デシカントにはシリカゲル(JIS B型)を使用する。風路と冷温水配管を切り替えるバッチ方式とすることで、2つのデシカント槽を交互に利用し、連続的な調湿を可能としている。デシカント槽内のシリカゲル量は既往研究¹⁷⁾を

基に決定した^{注1)}。凍結防止のため冷温水には不凍液(エチレングリコール 40%)を用いている。

夏季除湿冷房利用時における運転方法を、**図-3 (a)** に示す。デシカント槽は除湿冷房利用時に槽内のコイルに冷水を通す。この冷水によりシリカゲルを冷却し除湿性能を向上させると共に、室内の顕熱負荷とシリカゲルの吸着熱を除去する。もう一方の未利用のデシカント槽は、温水により加熱しシリカゲルの放湿再生を行う。この際、槽に外気を通すことで放湿された湿気は屋外へ排出する。本システムは、除湿冷房に利用するデシカント槽へ一定の外気を導入することで、換気の機能も備える。今回、システムの簡略化のため排気は室内の扉等をバイパスし洗面所等から排気するよう設計したが、この排気を放湿再生側のデシカント槽に通すことで、排気の湿気を回収することが期待できる。本試作機では、タイマを用いたスケジュール制御によりデシカント槽の切替えを可能としている。デシカント槽の切替え直後は、シリカゲルが放湿再生のために加熱された状態となる。このため、槽内のシリカゲルが空調空気を冷却可能な状態まで冷却する間、十分な冷却能力が得られず給気温度が乱れる。この乱れを緩和するため、デシカント槽と給気口間に花崗岩の採石を充填した蓄熱槽を設けている。

冬季加湿暖房時における運転方法を**図-3 (b)** に示す。夏季除湿冷房運転時とは逆に、加湿暖房利用側のデシカント槽に温水を供給し加湿暖房を行う。もう一方のデシカント槽は外気を通し吸湿をする。冬季において、外気の相対湿度は、絶対湿度が低い環境においても一般的に室内と比較し高くなる。シリカゲルは、相対湿度に対応した吸放湿特性を持つ傾向にある。このため、本手法により、外気の相対湿度と同程度まで室内の湿度を上昇させることが期待できる。また、冷温水を利用し、加熱によるシリカゲルの放湿と、冷却による吸湿性能の向上を見込むことで、その性能を向上させることが期待できる。

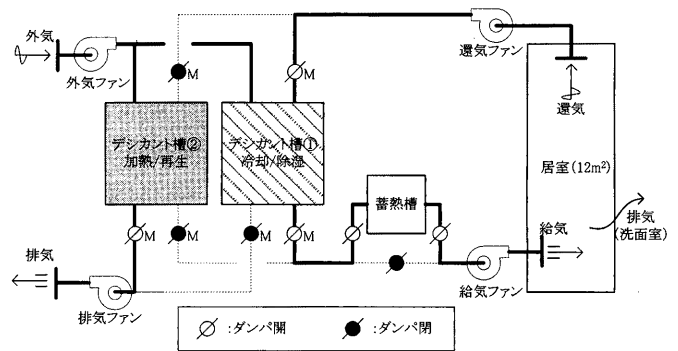
今回、熱源にはヒートポンプを用いる^{注2)}。ヒートポンプは温水と冷水を同時に生成させ、それぞれ別のデシカント槽に供給する。夏季に温水により片方の槽内のデシカントを再生している際は、一方の槽内のデシカントは冷水で冷却することで除湿性能を向上させると共に、空調空気を冷却する。冬季に片方の槽内のデシカントを加熱し放湿させている際は、一方の槽内のデシカントを冷却することで、外気からの湿気の吸着を促進する。また、ヒートポンプを用いることで槽切替え直後において、槽内デシカントの蓄熱を効率よく交換(熱回収)することが期待できる。温熱需要が過多となり、ヒートポンプでデシカントを再生するために十分な温水が生成されない場合は、電気ヒーターを補助熱源として用いる^{注3)}。

2. 加湿暖房性能評価実験の概要

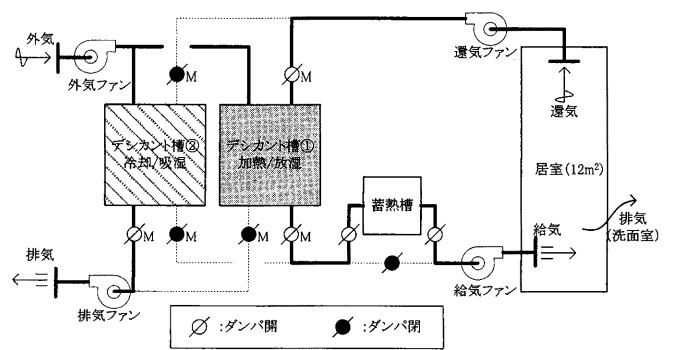
加湿暖房時の性能評価を目的として、2012年1月19~22日に性能評価実験を行った。実験では、デシカント槽を通過し

表-1 システム仕様表

デシカント槽	寸法[mm]: 1000×950×350 デシカント: シリカゲル (JIS B 型), 総重量 88kg, 熱容量 830 J/(kg·K)
蓄熱槽	寸法[mm]: 1650×550×350 蓄熱材: 花崗岩砕石, 総重量 380kg, 熱容量 1,100 J/(kg·K)
ヒートポンプ	冷却能力: 4.1 kW 加熱能力: 5.2 kW 冷媒: R407
電気ヒーター	加熱能力: 3.0 kW
給気/還気ファン	斜流ダクトファン 風量: 100m ³ /h (静圧: 約 85Pa 時)
外気/排気ファン	斜流ダクトファン 風量: 100m ³ /h (静圧: 約 80Pa 時)



(a) 夏季: 除湿冷房運転



(b) 冬季: 加湿暖房運転

図-3 各運転時の動作

た空気の時湿度の変化を測定することで、その性能を評価した。デシカント槽を通過する風量は、システムの出入口風量と、各経路の漏気量の差分から求めた。出入口風量は、**図-2** に示す各ファンの通過風量とし、それぞれファン前後の静圧差を測定し、ファンの製造元から提供された PQ 特性図から同定した^{注4)}。各経路の漏気量は、ダクト内が負圧となり、漏気が流入する場所はトレーサーガスを用いて同定する。ダクト内が正圧となり、

漏気が流出する場所は、出入口風量と漏気量(流入)がバランスするよう同定した。図-4 に各経路における流量・漏気量を示す。実験時のデシカント槽の通過風量は、還気 47m³/h、外気 10m³/h、計 57m³/h となった^{注5)}。

また、加湿暖房側のデシカント槽への投入熱量を計量するため、デシカント槽内の温水コイルを通過する温水の行き/還り温度を測定した。温水の流量は超音波流量計で計測した。なお、今回の実験は厳冬日に実施しているため、外気により吸湿側のデシカント槽が多分に冷却されており、ヒートポンプによる安定的な冷熱供給(温熱回収)が難しいと判断した。このため、温水の供給は補助熱源となる電気ヒーターで行い、ヒートポンプによる冷水供給は行っていない。

表-2 に実験ケースを示す。切替え時間 6 時間の Case1 を基本ケースとする。Case2 は切替え時間を 2 時間としデシカント槽の切替え時間に起因する性能の変化を調査する。Case3 では切替え時間は変えず蓄熱槽を使用することで、切替え直後の給気温度の乱れの緩和効果を検証する。表-3 に実験スケジュールを示す。なお Case1,3 の実験前に、6 時間の準備運転を行った。なお、槽 2 に関しては槽の施工に起因する漏気が大きいいため、今後、基本的には槽 1 を対象に検討を進める。

3. 加湿暖房性能評価実験の結果

3.1 温湿度推移

図-5 に Case1,2 における、還気、給気、外気、機械室空気の温湿度の推移(サンプリング周期:1/60Hz)を示す。図-6 に、Case3 における蓄熱槽前後の空気温湿度を示す。

図-7 に Case1,2 における計測終了時間(Case1: 1/19, 24:00, Case2: 1/20, 16:00)の直前における空調空気の変化を空気線図上に示す。Case1,2 共に、乾球温度と絶対湿度の上昇が見られ、暖房と共に加湿が実現されていることが確認できる。

図-8 に、Case3 におけるデシカント槽の切替え直後の空調空気の変化を空気線図上に示す。Case1,2 にも共通するが、切替え直後、還気/外気の混合空気は、デシカント槽を通過することでその絶対湿度が低下している。デシカント槽の切替え直後は、槽内のシリカゲルが外気による冷熱を蓄熱している。このため、還気/外気の混合空気がデシカント槽内で冷却され、

その相対湿度が上昇し吸湿が発生したことが考えられる。また、この蓄熱のため、給気の加熱性能が一時的に低下していることが確認される。ただし、Case3 では蓄熱槽の通過により給気温度が上昇しており、加熱性能の乱れを蓄熱槽が緩和していることが確認できる。なお、実験時に蓄熱槽への漏気(流入)が確認されており、これが図-6 において蓄熱槽前後で絶対湿度の降下が発生している要因として考えられる。図-6 において、切替え後、一定時間した後に同じく温度の降下が見られるが、これは蓄熱槽による空調空気の温度変化の緩和とともに、漏気による機械室空気の混入が影響したことが考えられる。

3.2 熱量変化

図-9 に、デシカント槽への投入熱量と空調空気の顕熱量変化、潜熱量変化、及びこの積算値となる全熱量変化を示す。Case1 に関しては、槽 1 の後半 1 サイクル(1/19, 18:00-24:00)の時間推移を示す。Case2 に関しては、槽 1 の後半 3 サイクル(1/20, 6:00~8:00, 10:00~12:00, 14:00~16:00)の時間推移を、Case1 との比較のため 6 時間のデータに結合したものを示す。顕熱変化量は式(1)、潜熱変化量は式(2)で計算し、全熱変化量はその積算値(式(3))とする。

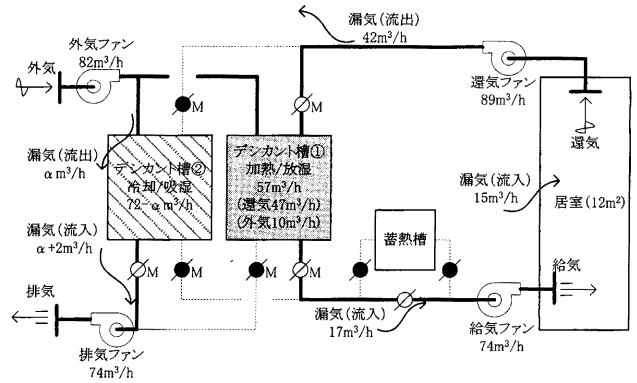


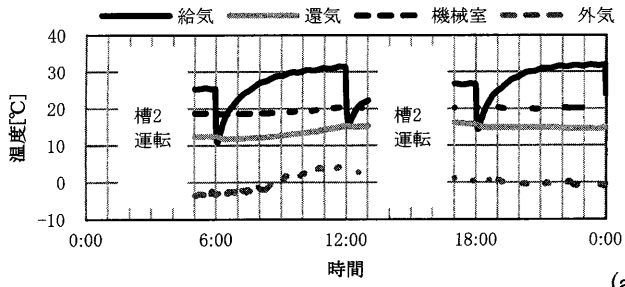
図-4 各経路における流量・漏気量(蓄熱槽無し)

表-2 実験ケース

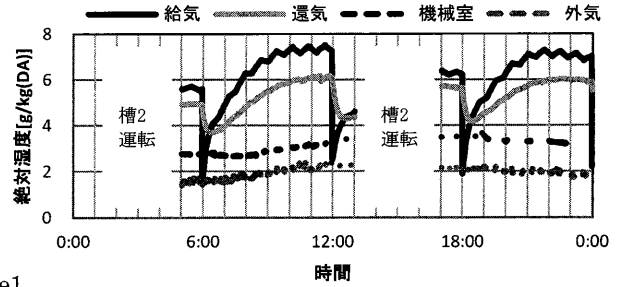
実験ケース	切替え時間[h]	蓄熱槽	測定期間
Case1	6 時間	無	1/19 0:00~1/19 24:00
Case2	2 時間	無	1/20 0:00~1/20 16:00
Case3	6 時間	有	1/21 12:00~1/22 12:00

表-3 実験スケジュール

時間	18:00	24:00	6:00	12:00	18:00	24:00				
CASE1	槽 1	加湿暖房 (準備運転)	吸湿	加湿暖房	吸湿	加湿暖房				
	槽 2	吸湿 (準備運転)	加湿暖房	吸湿	加湿暖房	吸湿				
CASE2	時間	24:00	2:00	4:00	6:00	8:00	10:00	12:00	14:00	16:00
	槽 1	吸湿	加湿	吸湿	加湿	吸湿	加湿	吸湿	加湿	吸湿
	槽 2	加湿	吸湿	加湿	吸湿	加湿	吸湿	加湿	吸湿	加湿
CASE3	時間	6:00	12:00	18:00	24:00	6:00	12:00			
	槽 1	吸湿 (準備運転)	加湿暖房	吸湿	加湿暖房	吸湿	加湿暖房			
	槽 2	加湿暖房 (準備運転)	吸湿	加湿暖房	吸湿	加湿暖房	吸湿			



(a) Case1



(b) Case2

図-5 空調空気の時湿度推移 (槽1を空調加湿暖房に利用した時間帯のみを表示)

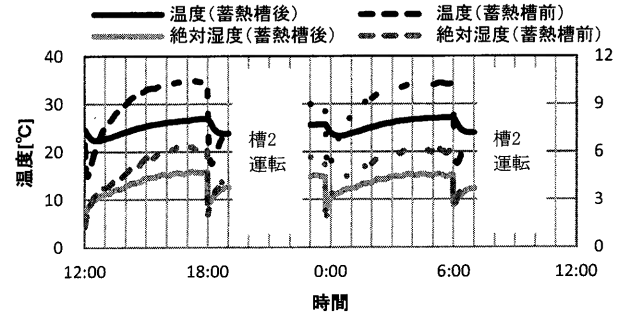


図-6 蓄熱槽前後の時湿度推移

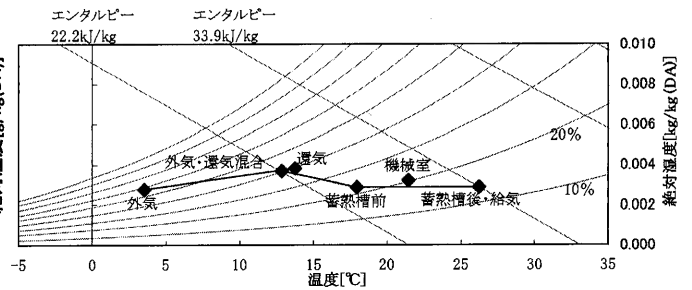
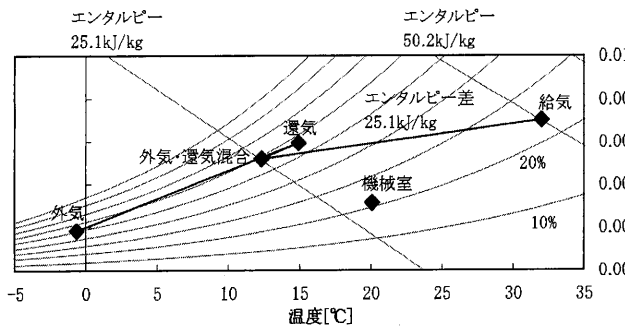
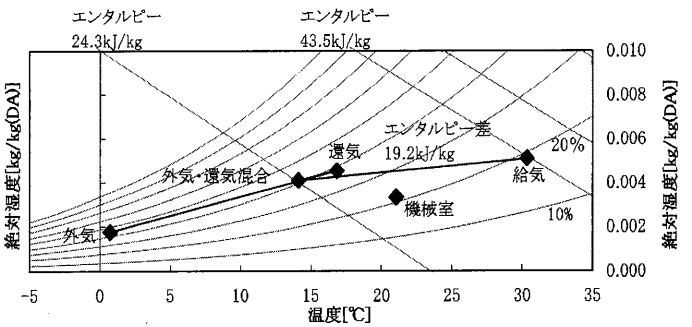


図-8 蓄熱槽前後の空調空気の変化 (Case3)



(a) Case1



(b) Case2

図-7 空気線図上における空調空気の変化 (Case1,2)

$$\Delta q_s = c_a \rho Q (T_{out} - T_{in}) + c_a \rho I (T_{out} - T_{mr}) \quad \dots(1)$$

$$\Delta q_l = L \rho Q (X_{out} - X_{in}) + L \rho I (X_{out} - X_{mr}) \quad \dots(2)$$

$$\Delta q_a = \Delta q_s + \Delta q_l \quad \dots(3)$$

c_a : 空気比熱 [J/(kg·K)]

I : 給気温度測定位置までの漏気量(流入分) [m³/s]

L : 水の蒸発潜熱 [J/kg]

Δq_a : 単位時間あたりの全熱変化量 [W]

Δq_s : 単位時間あたりの顕熱変化量 [W]

Δq_l : 単位時間あたりの潜熱変化量 [W]

Q : デシカント槽通過風量 [m³/s]

T_{in} : 還気の温度 [K]

T_{out} : 給気の温度 [K]

T_{mr} : 機械室空気温度 [K]

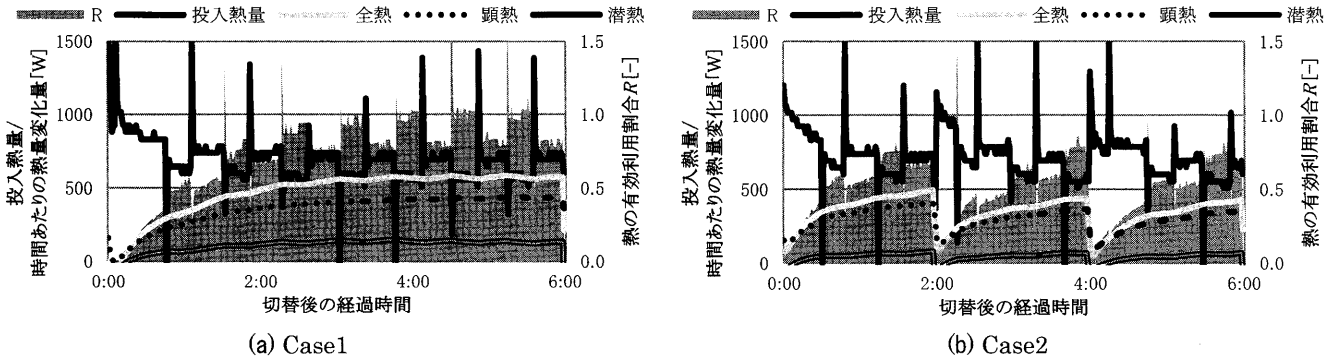


図-9 投入熱量と空調空気の熱変化量

- X_{in} : 還気の絶対湿度 [kg/kg(DA)]
- X_{out} : 給気の絶対湿度 [kg/kg(DA)]
- X_{mr} : 機械室空気の絶対湿度 [kg/kg(DA)]
- ρ : 空気密度 [kg/m³]

図-9 にデシカント槽への投入熱量を併記する。本実験では、平均して約 68℃の温水により加湿暖房を行った。この投入熱量は、温水の行き/還り温度差を用いて式(4)を用いて算出する。

$$q_{hw} = c_b \delta V (T_{bin} - T_{bout}) \quad \dots(4)$$

- q_{hw} : 単位時間あたりの投入熱量 [W]
- c_b : 不凍液比熱[J/(kg・K)]
- T_{bin} : 不凍液往温度 [K]
- T_{bout} : 不凍液還温度[K]
- V : 不凍液流量[m³/s]
- δ : 不凍液密度 [kg/m³]

図-9の第二軸に、全熱変化量 Δq_a の投入熱量 q_{hw} に対する割合を熱の有効利用割合 R として併記する。この有効利用割合 R に着目すると、切替え後の立ち上がりに一定の時間を要する事が確認される。切替え前、デシカント槽は吸湿のために外気を通す。このため、デシカント槽は吸湿と同時に外気により冷却され、冷熱が蓄熱される。この蓄熱分を除去するため、結果的に、切替え直後は熱の有効割合 R が小さくなる。Case1 では2時間程度の時間を要している。この後、有効割合 R の増加量は時間と共に減少し、最終的には平均して 0.8-0.9 程度となる^{注6)}。これにより、Case1 においては十分に時間が経過した後には外気による冷蓄熱が解消され、デシカント槽への投入熱が有効に空調に利用されていることが確認された^{注7)}。Case2 では、外気によるデシカント槽の冷却時間が Case1 と比較して短いため、切替え直後の空調空気の温度低下は小さく、暖房として機能するまでの時間は短い。一方で、有効割合 R が 1 に近づく前に、槽の切替えが行われているため、デシカントの熱容量に起因した熱損失が Case1 と比較して大きくなるものと考えられる。また、全熱変化量のうち、潜熱変化量の割合は、Case1

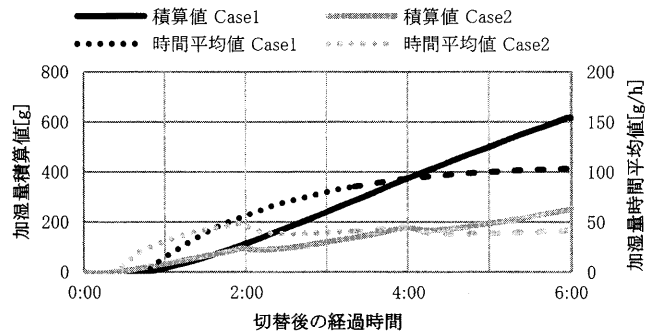


図-10 加湿量の推移

の場合は、2~3 割程度、Case2 では 1~2 割程度となり、Case1 の方が投入熱量に対する加湿の効率が高いことが確認された。

3.3 加湿量

図-10 に加湿量の積算値を示す。Case1(2 サイクル目 6 時間(1/19, 18:00~24:00))と比較を容易にするため、Case2 は後半 3 サイクル (1/20, 6:00~8:00, 10:00~12:00, 14:00~16:00)を結合したものを示す。Case1 では、デシカント槽が十分に加熱された後(立ち上がり後)、その加湿量は Case2 のものを上回る。Case1 の切替え直前までの 6 時間の積算値は Case2 の 2.5 倍程度となる。これは、切替え時間の長い Case1 では、Case2 の場合と比較しデシカント槽内のシリカゲルの含湿量が高く、同程度の空気状態でもより多くの放湿を行っていることを示唆する。Case1 では、外気からの吸湿時間が長く、且つ吸湿時のシリカゲルの温度が Case2 と比較し低くなるため、その含湿率が高くなったものと考えられる。絶対湿度の設計用条件を、室内 6.6g/kg(DA)、外気 1.1g/kg(DA)とした場合¹⁸⁾、Case1 では約 15m³/h、Case2 では約 6m³/h の外気を室内設計用条件まで加湿可能となる。この外気量は、住宅の換気回数を 0.5 回/h とした場合、容積にして Case1 では約 31m³、Case2 では約 13m³の空間の必要換気量に相当する。今後、システムの改良を計画するが、このデータを用いデシカント槽の必要容量が概算できるものと考えられる。

4. まとめ

本報告では、札幌の住宅に実装したバッチ式デシカント空調システムの概要を紹介し、その冬季加湿暖房時の基本性能を評価した結果を報告した。切替え時間を変えた2通りの運転を行い、切替え時の特性とその性能の変化を調査した。結果、シリカゲルが破過する等、デシカントの飽和による極端な吸放湿性能の変化が生じない時間に限られるが、切替え時間の長い運転とすることで、その切替え直後の立ち上がり速度が遅延するものの、立ち上がり後の熱の有効利用割合及び加湿性能が向上することが確認された。

切替え直後、デシカント槽が加湿暖房として安定した性能を示すまでの間は、シリカゲルへの外気の蓄熱により給気温度に乱れが生じることが確認されたが、これはデシカント槽と給気口の間適切な容量の蓄熱槽を設けることで、この乱れを緩和することで解消される。

今後、本システムの社会実装を目指し、夏季における除湿冷房性能評価、一連の実験データを基礎とした数値シミュレーションによる最適運転手法(冷温水温度設定等)の探査、及び自然エネルギー利用によるエネルギー消費量の削減可能性の報告を予定する。

謝辞

本研究の一部は、鹿島学術振興財団研究助成の支援の下で実施された。また、本研究の遂行に際し協力頂いた、神奈川大学の趙旺熙氏に謝意を示す。

注

- 1) 既往研究では住宅用標準問題¹⁹⁾の床面積167m²を対象に972kgの容量を提案しており、本試作機は住宅の一室を対象に、この1/10程度のサイズとなるようデシカント槽を作成した。シリカゲル量は、この槽に収まる重量となる。
- 2) 本システムは、エネルギー消費量削減のため、最終目標としては自然エネルギーによる熱供給を想定するが、今回の試作機に関しては、実験条件を制御することを目的としてヒートポンプと補助熱源としての電気ヒーターによる冷温水供給を行う。全ての熱源を自然エネルギーとする場合は、冬季に吸湿側の槽には冷水を供給しないことを想定するが、ヒートポンプの利用によりデシカント槽間の熱交換を行うことで、運転サイクル全体での熱利用効率が上昇する場合においては、ヒートポンプの併用も検討する。
- 3) ヒートポンプの効率的な運転が困難と判断される条件下では、放湿側の槽への温熱供給を安定させることを目的とし、本補助熱源により温水供給を行う。
- 4) 本システムは狭小空間に施工されたため、そのダクト配管が複雑となり、風量測定に適した直管を確保出来なかったため、ファン前後の差圧とPQ特性図を用いた測定を採用した。

今回の風量測定結果は、実験時にデシカント槽内の熱バランスが概ね整合していることから、その信頼性を担保できるものと判断する。

- 5) 今回、商用建物における一般的なダクトの漏気量(全体風量の1割程度)と比較し、大きい漏気量が確認された。これは、閉所空間におけるダクト配管作業、及び設置を依頼した設備施工業者の本システム施工への熟練度に起因する。この漏気は、システムのエネルギー効率を著しく低下させる要因となる。今後、本システムの市場化と普及を目指すにあたり、システム設置の施工精度の向上が一つの課題となることが浮き彫りとなった。
- 6) 今回、デシカント槽から機械室への貫流熱量を考慮していないため、この有効割合Rは実質的に1を下回る。なお、デシカント槽から機械室への貫流熱量は40W程度と見積もられる(内訳断熱材の熱伝導率0.028W/(m・K)÷厚み0.025m×表面積3.3m²×槽内外温度差10K)。なお、槽内外温度差の代表値は、デシカント槽内で大きな温度分布が発生しているため測定が難しく、ここでは、空調空気温度と機械室温度の差と同等と見積もる。
- 7) 注4で言及したよう、今回の実験では熱バランスを担保することで、風量測定結果の信頼性を担保するものとする。
- 8) 本報告は、既往の発表文献^{20),21)}を加筆/修正したものである。

参考文献

- 1) 建築研究所, 低炭素社会の先進的エコ住宅:LCCM住宅, Epistula (エピストラ) 第52号, (2011-1) pp.1
- 2) 伊香賀 俊治, 江口 里佳, 村上 周三, 岩前 篤, 星 旦二, 水石 仁, 川久保 俊, 奥村 公美:健康維持がもたらす間接的便益(NEB)を考慮した住宅断熱の投資評価, 日本建築学会環境系論文集, Vol. 76 No. 666 (2011), pp. 735-740
- 3) 蔡 耀賢, 加藤 信介, 大岡 龍三, 小金井 真, 生田 紀夫:非結露型次世代空調システムに関する研究:第1報-CO2ヒートポンプを組み込んだデシカント空調システムの提案及び性能検討, 空気調和・衛生工学会論文集(110), (2006-05), pp. 1-8
- 4) 児玉 昭雄, 安藤 幸助, 広瀬 勉, 岡野 浩志, 吸着式デシカント空調機における顕熱および潜熱移動, 熱工学コンファレンス講演論文集(2003), pp. 167-168
- 5) 川本光一, 金政一, 李時桓, 趙旺熙, 加藤信介, 大岡龍三, 小金井真, 河野仁志:非結露型次世代空調システムに関する研究(その18)ロータ熱バージ用ヒートポンプを組み込んだデシカント外調機による夏期除湿性能評価試験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, D-2 分冊(2011.08), pp.1333-1334
- 6) 橋本 健吾, 秋元 孝之, 青笹 健, 宮坂 裕美子, 山本 純子:医療施設における顕熱潜熱分離空調システムの導入効果検証 その1天井放射空調における室内温熱環境の検討, 日本建築学会大会学術講演梗概集, (2012-09), pp979-980
- 7) 野城智也, 大岡龍三, 馬郡文平, 信太洋行, 樋山恭助, 迫博司, 安田大樹, 李榮玲:大学キャンパスにおけるゼロ・エネルギー・ビルディングの取り組み(その1) 概要と基本性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2012-09), pp1175-1176
- 8) 山口 福太郎, 義江 龍一郎, 桃井 良尚, 佐竹 晃, 吉野 博, 持田 灯:太陽熱を利用する床暖房・デシカント空調システムに関する研究(その1)太陽熱床暖房給湯システムの冬期実測による性能評価と数値シミ

- ュレーションモデルの検証, 日本建築学会環境系論文集 77(674), (2012-04), pp.283-292
- 9) 崔 光煥, 木村 建一: 太陽熱利用開放形吸収式除湿乾燥システムの模型再生器に関する実験研究, 空気調和・衛生工学会論文集 (51), (1993-02), pp.43-51
- 10) 朴 炳龍, 李 時桓, 加藤 信介: コージェネレーション排熱利用バッチ式デシカント外気処理システムの開発(その1) エネルギーシミュレーションによる開発システムの適用可能性検討, 日本建築学会環境系論文集 77(678), (2012-08) pp.671-679
- 11) Tolga Nurettin Aynur : Field performance measurements of a heat pump desiccant unit in heating and humidification mode, Energy and Buildings, ENB-2737; No of Pages 6, 2009
- 12) Tolga Nurettin Aynur : Field performance measurements of a heat pump desiccant unit in dehumidification mode, Energy and Buildings 40, (2008), pp.2141-2147
- 13) 北村 純, 宮崎 隆彦, 秋澤 淳, 上田 祐樹, 進藤 伸二, 神戸 正純, 高塚 威: 住宅用コンパクト再生方式省エネ型換気空調システムの開発: 第 24 報 異なる吸着材に対するデシカントユニット直接加熱再生の性能比較, 環境工学総合シンポジウム講演論文集 2009(19) (2009-7), pp.512-513
- 14) 池上周司, 松井伸樹: 高効率コンパクトデシカントを用いた潜熱顕熱分離型新ビル空調システム, (第1報) 実環境下におけるフィールド評価結果, 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集 (2007-09), pp.991-994
- 15) 岡崎 徳臣, 水谷 国男: ヒートポンプ式デシカント除湿空調システムの高湿多湿気候地域への適用可能性に関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(2010-09), pp.1015-1516
- 16) 趙旺熙, 加藤信介: バッチ式デシカント空調システムの概要及びその加湿暖房性能, 住宅用デシカント空調システムの開発及び性能評価に関する研究 (その1), 日本建築学会環境系論文集 No.655 (2010-09), pp.835-844
- 17) 趙旺熙, 加藤信介: 調湿容量と蓄熱容量の違いによる性能変化及び蓄熱槽の役割に関する考察, 住宅用デシカント空調システムの開発及び性能評価に関する研究 (その2), 日本建築学会環境系論文集 No.670 (2011-12), pp. 1051-1060
- 18) 国土交通省大臣官房官庁営繕部設備課監修, 建築設備設計基準 平成14年版, 森北出版
- 19) 宇田川: 日本建築学会環境工学委員会熱分科会, 第15回熱シンポジウム 標準問題の提案—住宅用標準問題, (1985)
- 20) 小林遼一, 加藤信介, 樋山恭助, 手塚純一, 二川智吏: 住宅バッチ式デシカント空調システムの実装と性能評価 (その1) 設備概要と冬季加湿暖房時の基本性能, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 名古屋 (2012-09), pp.973-974
- 21) 小林遼一, 加藤信介, 樋山恭助, 手塚純一, 二川智吏: 住宅バッチ式デシカント空調システムの実装と性能評価 (その2) 冬季加湿暖房時における最適運用方法に関する検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集 (2012-09), pp.2957-2960

(平成 24.12.7 原稿受付)

Implementation of Batch-type Desiccant Air-Conditioning System for Detached House and its Performance Evaluation

Part1—System Outline and Performance Evaluation of Humidification-Heating Mode

by Kyosuke HIYAMA *1, Ryoichi KOBAYASHI *2, Sinsuke KATO *3,
Junichi TEZUKA *4, Satoshi NIKAWA *4 and Makoto KOGANEI *1

Key Words: Desiccant air-conditioning system, Detached house, Humidification, Experiment

Synopsis : It is important to remove excess humidity that causes a decrease in indoor air quality (IAQ) in a detached house. The motivation of this study is the development of a batch-type desiccant air-conditioning system for a detached house. We installed a prototype system in a detached house in Sapporo Japan. The system has two silica gel tanks. One tank is used for air-conditioning whereas the other tank is used for the

regeneration of its silica gel. We switch the roles of the two desiccant tanks based on a controlled schedule. This proposed system has two operating modes: dehumidification-cooling and humidification-heating. In this paper, we report the result of an experiment to evaluate the basic performance of the air-conditioning system operating in the humidification-heating mode. The results of our experiment confirmed that the system works as a heating unit and humidifier without the use or need of a water-supply pipe. Nearly 25% of sensible heat supplied to the desiccant tanks by the heating coil changed to latent heat used for humidification.

(Received December 7, 2012)

*1 Faculty of Engineering, Yamaguchi University, Member

*2 Faculty of Engineering, The University of Tokyo, Student Member

*3 I.I.S., The University of Tokyo, Member

*4 J Architecture System Inc.