

# 太陽熱と井戸水利用デシカント空調システムにおける 室内温熱環境と省エネルギーの検討

吉川 准平\*<sup>1</sup> 宋 城基\*<sup>2</sup>

本研究では従来の空気集熱式ソーラーシステムに除湿涼房機能を加えた太陽熱と井戸水利用デシカント空調システムの導入による室内温熱環境と省エネルギー\*<sup>3</sup>について検討を行った。夏期の実測調査より、このシステム導入によって室内温湿度が低く保たれ、エアコンの処理負荷が約17%少なくなる事がわかった。また、建物の冷房負荷のうち外気負荷は約40%であり、このシステムではその外気負荷の約10割である約113~136 kW・h/dの外気負荷を処理出来ることがわかった。これより、このシステムは外気負荷を処理するのに効果的な空調システムであり、室内温熱環境性と省エネルギー性の両面に優れた空調システムである事がわかった。

キーワード：デシカント空調・太陽熱・井戸水・室内温熱環境・省エネルギー・外気負荷・実測

## はじめに

建築分野では省エネルギー意識の高まりから建築物の高気密、高断熱化が進んでいる。しかし、気密性の向上により隙間等による室内への導入外気量は減少し、建材などから発生するVOC、一般臭気等による室内空気汚染の問題が深刻化している。室内空気質の維持のために導入外気を増やすことが必要であるが、導入外気を増やすことは空調機負荷の増大を招くため、屋外の新鮮な空気と室内の汚れた空気が持っている熱を効率的に熱交換させる事が重要である。さらに、近年では室内の温度を満足するだけでなく、湿度調整や空気清浄度を高め、室内の快適性を高める事が要求されている。2005年には環境省が中心となり服装を見直すことによって冷房の設定温度を26℃から28℃に上げるキャンペーン“COOL BIZ”が提唱された<sup>1)</sup>。しかし、人間の体感温度は室内の温度だけでなく、室内の湿度や気流等とも深く関係しており、冷房設定温度2℃上昇分の体感温度差を服装の工夫のみで解消することは難しい<sup>2)</sup>。特に、

我が国のような高温多湿環境では湿度が快適感に与える影響は大きく、省エネルギー性、快適性の両面から室内湿度の適切なコントロールが必要である。このような背景の中、デシカント空調は厳密な湿度管理が可能な空調システムとして注目されている。

デシカント空調は、除湿工程にデシカント材と呼ばれる水分の吸脱着性能に優れた除湿材や乾燥材を用いる空調システムである。デシカント空調は80℃もしくはそれ以下の熱源で駆動可能であり、排熱や自然エネルギーの利用により省エネルギー性も期待できる<sup>3)</sup>。また、オープンサイクル空調であるため、換気のニーズも満たしている。現在、デシカント空調は多量の外気を確保出来る事から、大型施

\*1 豊橋技術科学大学 学生会員

\*2 豊橋技術科学大学 正会員

\*3 省エネルギー性に関しては消費電力、COPなどの定量的な評価も必要であるが、今回の実測では消費電力量に関してデータ欠損が多かったため、消費電力やCOPなどの評価を行うことが出来なかった。そのため、本研究ではエアコンの処理負荷が少なくなることが省エネルギーにつながるという事を大前提として評価を行った。

設への導入が進んでおり<sup>4)</sup>、吸着剤やプロセス構成、エネルギー解析など多方面から研究<sup>5)-14)</sup>が行われている。大蔵ら<sup>5)-7)</sup>は太陽熱温水器を利用したデシカント空調プロセスの実証試験を行い、循環水の加熱時と日射量と冷房負荷が最大となる時間帯に十分な日射量を得ることで、安定した性能を維持出来る事を示した。また、システムの性能に与える太陽熱温水器集熱面積を検討し、空調対象床面積に対する集熱器の面積比は0.4~0.5必要である事を示した。蔡<sup>8)-9)</sup>らは、デシカント空調システムの再生および冷却熱源にCO<sub>2</sub>ヒートポンプを利用したシステムを提案し、従来のデシカント空調システムに対しCOPが大きく向上した事を示した。盧ら<sup>10)</sup>はバッチ式のデシカント空調システムにおいて夏季の実証試験を行い、十分にデシカント材の再生を行ってから除湿運転に切り替える方がシステム稼動直後から十分な除湿効果が得られる事を示した。デシカント空調には、除湿ロータを回転させて連続運転を行うロータ式と2台のデシカント空調機を交互に除湿工程、再生工程に使用するバッチ式がある。バッチ式は装置規模が大きくなるため、実用機のほとんどがロータ式のデシカント空調である<sup>3)</sup>。このため、デシカント空調に関する研究の多くはロータ式であり、バッチ式のデシカント空調に関する研究は少ない。

静岡県浜松市の春野地域自治センターには、従来の空気集熱式ソーラーシステムに除湿涼房機能を加えた太陽熱と井戸水利用デシカント空調システム(以下、デシカント空調システム)が導入されている。盧ら<sup>11)</sup>は、このシステム導入により十分な除湿涼房効果があり、エアコンの消費電力が約3割削減された事を示した。また著者ら<sup>12)</sup>は、このシステム1組により外気負荷が3~15W/m<sup>2</sup>処理された事を示した。しかし、これらの研究では室内負荷と外気負荷等の冷房負荷の詳細が示されておらず、このシステム導入による冷房負荷削減効果がどれ程であったかについて詳細な検討は行われていない。

そこで、本研究では春野地域自治センターにおいて室内温熱環境と冷房負荷に関する詳細な実測調査を行い、建物の冷房負荷における室内負荷と外気負荷の割合、全熱交換機およびデシカント空調システムの導入効果について比較検討した。

## 1. 建物概要と空調システム概要

図-1に実測対象建物の外観と内観を、図-2に1階平面図を示す。この建物は2007年3月に竣工し、同年4月から通常業務が開始された。構造は木造一部鉄筋コンクリート造2階建てで、延べ床面積は1560m<sup>2</sup>、建物方位は真南から東に10°傾いている。また、東西の南面屋根には太陽熱集熱板が設置されている。この集熱板は予熱の板金部分30m<sup>2</sup>と



図-1 春野地域自治センター外観(上)と内観(下)

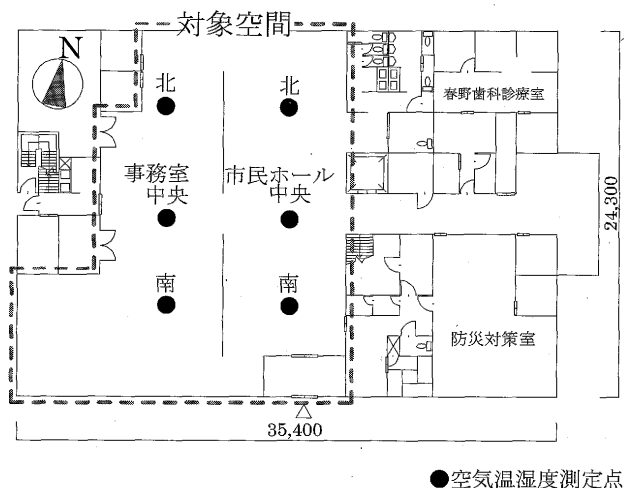


図-2 春野地域自治センター1階平面図

集熱ガラス部分60m<sup>2</sup>から構成され、傾斜角は16.7°である。デシカント空調システムの対象空間は図-2に示す床面積約400m<sup>2</sup>、室容積約2525m<sup>3</sup>の事務室を含む吹抜けの市民ホールである。執務時間である平日の8:00~18:00に、事務室は約15~20人が常駐して作業をしており、市民ホールは住民に開放されている。また、市民ホールの南北には採光のために天井まで大きな窓が設けられており、開放的で明るい空間となっている。

太陽熱と井戸水利用デシカント空調システムにおける室内温熱環境と省エネルギーの検討

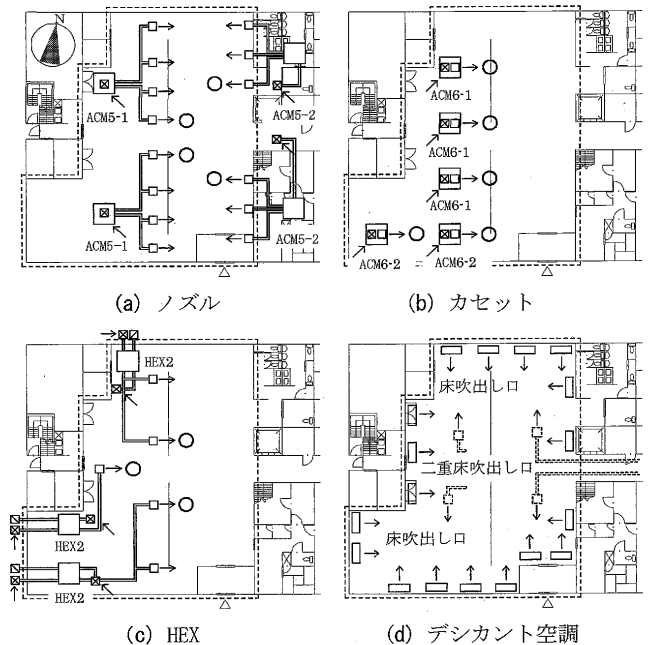
表-1に対象空間に設置されている空調設備の仕様を、図-3に空調設備の系統図を示す。通常、対象空間ではビルマルチエアコン(以下、エアコン)と全熱交換機(以下、HEX)またはデシカント空調システムによる冷暖房・換気が行われている。エアコンは2種類あり、図-3(a)に示す市民ホール用の天井埋めノズル型エアコン(以下、ノズル)が4台と図-3(b)に示す事務室用の天井カセット4方向エアコン(以下、カセット)が5台設置されている。エアコンの風量に関しては、ノズル、カセット共に冷房時は定風量で制御が行われている。図-3(c)に示すHEXは市民ホールに吹出し口を持つものが2台と事務所に吹出し口を持つものが1台の計3台設置されている。また、図-4に示すデシカント空調システムは東西の屋根裏に1組ずつ計2組が設置されている。

この1組は2台のデシカント空調機(3300mm(L)×600mm(W)×500mm(H))から構成され、除湿涼房工程と再生工程<sup>10)11)</sup>では集熱板により高温低湿となった外気が第1デシカントモジュール<sup>\*4</sup>を再生し中温中湿となる。その後、冷却コイル<sup>\*5</sup>で冷却され低温高湿となった外気は第2デシカントモジュールに水分を吸着させてから排気される。除湿涼房工程では免震ピットから取り入れた低温高湿の外気が第1デシカントモジュールで除湿され中温低湿となる。その後、冷却コイルによる冷却と再生工程時に第2デシカントモジュールに吸着された水分による気化冷却により低温中湿になった外気は、二重床に吹き付けられ床吹き出し口から室内に供給される。本システムは室内還気を利用しない全外気利用のデシカント空調システムであり、導入外気と室内還気の混合が一切起こらないシステムとなっている。また、本システムは集熱温度<sup>\*6</sup>が40℃を超えるとシステムが稼動する。工程の切替えには再生工程が優先され、再生側AHUの第1デシカントモジュール出口の相対湿度が10%以下になると再生完了とみなし、工程が切り替わる。また、再生工程が1時間を越えた場合にも工程が切り替わる。

表-1 空調設備仕様

機器名称 (通称)	台数	設置場所	風量(急/強/弱) [m³/h]	冷暖房能力 [kW]	消費電力 (冷/暖房) [kW]
ビルマルチエアコン 室外機 (天埋めノズル型)	1	屋外	10320+10320 (20640)	56/63	16.6/15.2
ビルマルチエアコン 室内機 (天井カセット4方向)	1				
ビルマルチエアコン 室内機 (天埋めノズル型)	4	市民ホール	2220/1860/1500	14/16	0.32(0.41)/ 0.32(0.41)
		事務室	1140/1020/840	7.1/8.5	0.22(0.27)/ 0.22(0.27)
ビルマルチエアコン 室内機 (天井カセット4方向)	5	事務室	960/840/720	5.6/6.3	0.05/0.03
		事務室	1200/1020/900	7.1/8.5	0.06/0.04
機器名称 (通称)	台数	設置場所	風量(急/強/弱) [m³/h]	冷・暖房エンタルピー交換効率 (急/強/弱)[%]	消費電力 [kW]
全熱交換機 (HEX)	3	事務室	800/800/640	64.5/64.5/68.0 71.0/71.0/73.0	0.425
太陽熱と井戸水利用 デシカント空調機 (デシカント空調システム)	2	屋根裏	1100		

注 †を設定風量とした。



図←吸い込み口 □→吹出し口 ○吹出し空気温湿度測定点

図-3 空調設備系統図

\*4 本システムではデシカント材にA形シリカゲルを使用しており、第1デシカントモジュール(1000mm(L)×600mm(W)×500mm(H))には50kg(含水率2%以下の時)、第2デシカントモジュール(700mm(L)×600mm(W)×500mm(H))には26.5kg充填されている。  
\*5 2007年夏季の実測調査<sup>11)</sup>より、システム稼動時の冷却水槽の水温は22~24℃程度、冷却コイルの入口水温は25℃前後であった。また、ポンプの設計水量は66L/minであり、熱交換器の設計仕様は井水側が15→20℃(Δt=5℃)、冷却水側が25→20℃(Δt=5℃)となっている。

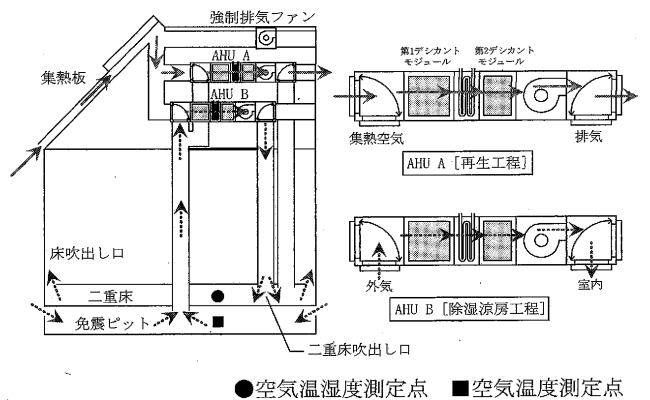


図-4 太陽熱と井戸水利用デシカント空調システム

## 2. 実測概要

実測は2008年7月28日(月)～9月26日(金)の約2ヵ月間行い、デシカント空調システムの導入効果を検討するため7月28日(月)～8月8日(金)の2週間はデシカント空調システムの運転を停止した。停止時にはエアコンとHEXで冷房・換気(以下、一般空調)を行い、その他の期間はエアコンとデシカント空調システムで冷房・換気(以下、除湿空調)を行った。実測期間中、エアコンの設定温度は28℃、風量は強に設定した。また、一般空調8月4日(月)～8月8日(金)と除湿空調8月18日(月)～8月22日(金)には室内温熱環境に関するアンケート調査も行った。

表-2に実測内容を示す。実測内容は空気温湿度、表面温度、放射温度、室内気流、CO<sub>2</sub>濃度、照度であり、空気温湿度、床表面温度、放射温度は実測期間中連続で計測し、それ以外は一般空調と除湿空調で各1日のみ計測した。各空調機の処理した負荷は供給風量と10分間隔で測定した空調機の吹出し・吸込み空気温湿度から算出した。吸込み空気温湿度は吸込み口に近い場所で測定したデータを使用し、吹出し空気温湿度は吹出し口で測定したデータを使用した。ノズルとHEXに関しては1台の空調機に対し複数の吹出し口を有しているが、各吹出し口から様な空気が吹出される事から1ヶ所のみ計測した。また、デシカント空調システムの二重床吹出し口空気温湿度に関しては2007年度実測データより温湿度の類似が確認出来た2重床の空気温湿度で代用した。このため、本研究は免震ピット、デシカント空調機および二重床の蓄熱効果を含めたシステム全体<sup>\*7</sup>の冷房負荷削減効果の評価となる。

## 3. 実測結果

### 3.1 気象

本研究では外気温湿度に静岡県浜松市のアメダス気象データを用い、日射量は浜松市のデータが得られなかったため、日射量の類似が確認出来た浜松市に近い愛知県豊橋市の日射量を参考にした。一般空調と除湿空調の気象データを比較したところ、一般空調8月5日(火)～8月8日(金)と除湿空調8月11日(月)～8月15日(金)の外気温湿度変動が類似していた。図-5と図-6にこの期間の日射量と外気温湿度変動を示す。外気温湿度の類似した期間は、外気温

\*6 集熱面積、傾斜角は多少異なるが、同地域で同じシステムにおける2007年夏季の実測調査<sup>10)</sup>によると、日中の外気温27～33℃、最大時の日射量が1200W/m<sup>2</sup>の快晴日において、7:30～17:30の集熱(再生)空気温度は(40～90℃の間で推移した。)

\*7 システム全体には、集熱板・免震ピット・デシカント空調機(AHU A, B)・二重床・地下水利用設備を含む。

表-2 実測内容

計測項目	計測数	計測場所		計測機器	計測方法
空気温湿度	7	市民ホール	北/中央上・下/南	温湿度計 THERMO RECORDER RS-12	11 長期計測 5分間隔 で計測
		事務室	北/中央/南		
床表面 温度	2	市民ホール	中央	温度計	12 短期計測 10秒間 の平均値を計 測×2
放射温度	4	市民ホール	北/南	グローブ 温度計	
気流分布	6	市民ホール	北/中央/南	風速計 KANOMAX MODEL: 6541	11 長期計測 1分間隔 で3回計測×2
		事務室			
CO <sub>2</sub> 濃度	6	市民ホール	北/中央/南	CO <sub>2</sub> 測定器	12 短期計測 1時間間隔 で2回計測
照度	6	市民ホール	事務室	照度計	
表面温度	2	市民ホール 事務室		サーモカメラ TVS-500	

計測対象	計測数	測定場所		対象空調設備	計測機器	計測方法
空調機 吹出し 空気温湿度	12	市民 ホール	西側北/南	ノズル	ACM5-1	11 長期計測 5分間隔 で計測
			東側北/南	ノズル	ACM5-2	
			西側北/南	HEX	HEX2	
		事務室	北/中央北・南	カセット	ACM6-1	
			南側東/西	カセット	ACM6-2	
			中央	HEX	HEX2	
空調機 吹出し 空気温湿度	1	二重床		デシカント空調 システム		
空調機 吸込み 空気温湿度	6	市民 ホール	北/中央/南	ノズル・カセット		
		事務室				

注 †1: 7月28日(金)～9月26日(金)

†2: 一般空調8月8日(金)、除湿空調8月22日(金)

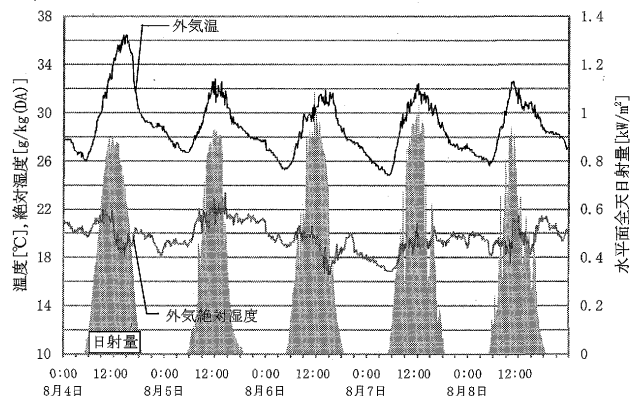


図-5 一般空調の日射量と外気温湿度変動

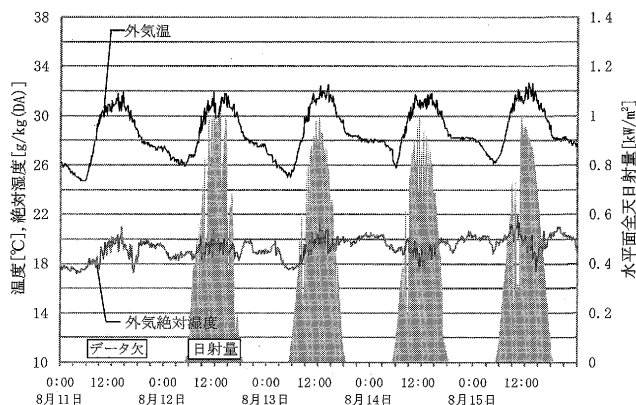


図-6 除湿空調の日射量と外気温湿度変動

太陽熱と井戸水利用デシカント空調システムにおける室内温熱環境と省エネルギーの検討

湿度がそれぞれ 24.7~32.8℃と 16.6~23.3g/kg(DA)で変動し、日中の外気温度が 30℃以上の真夏日であった。また、ピーク時の日射量は 0.9~1.1kW/m<sup>2</sup>であった。

3.2 室内温熱環境

気象データが特に類似していた 8月6日(水)と8月13日(水)および8月7日(木)と8月14日(木)を一般空調と除湿空調の代表日とし、図-7にその室内外の空気温湿度変動を示す。執務時間中、一般空調時の市民ホール中央および事務室中央の室温と相対湿度はそれぞれ 26.0~28.5℃と 57~73%で変動し、除湿空調時は 26.2~28.3℃と 54~73%で変動した。冷房開始時を除けば、両期間の室温はエアコンの設定温度 28℃以下に保たれている事がわかる。また、市民ホール中央および事務室中央の絶対湿度は一般空調時に 12.9~16.9g/kg(DA)、除湿空調時に 11.8~17.3g/kg(DA)で変動した。これらの事から、一般空調と除湿空調において室温に差は見られないが、絶対湿度に関しては冷房開始時を除いた時間帯において除湿空調の方が低く保たれている事がわかる。図-8に一般空調8月5日(火)~8月8日(金)と除湿空調8月12日(火)~8月15日(金)の冷房開始時と停止を除いた、9:00~17:00における室内空気温湿度の平均値を示す。一般空調と除湿空調を比較すると、除湿空調の絶対湿度において市民ホール全体と事務室全体で約 1.1g/kg(DA)の低下が確認出来た。

図-8 から両空調時の市民ホール北、中央、南において、絶対湿度に大きな差は見られないが、室温は市民ホール北、中央、南の順で高い事がわかる。これは市民ホールの南北に設けられた大きな窓による日射の影響であると考えられる。図-1に示したように、建物南面には大きな庇が設けられているため、庇の無い北の室温が一番高くなったと考えられる。一方、事務室の室温と絶対湿度に関しては場所による違いはあまり見られなかった。

市民ホールと事務室の空気温湿度を比較すると、市民ホールに比べ事務室は絶対湿度が少し高い事がわかる。これは、市民ホールに比べ事務室では常駐して作業している作業員がいるため、作業員からの発湿により絶対湿度が高くなっていると考えられる。

3.3 冷房負荷変動

図-9と図-10に一般空調と除湿空調の代表日の執務時間帯における時系列冷房負荷変動を示す。ここで、冷房負荷とはエアコンの処理負荷と HEX またはデシカント空調システムの処理負荷の和である。また、HEX またはデシカント空調システムの処理した負荷は外気負荷と示す。一般空調時はエアコンとHEXにより 25~43kWの冷房負荷が処理され、そのうち顕熱負荷は 13~25kW、潜熱負荷は 11~19kW 処理された。除湿空調時はエアコンとデシカント空調システムにより 28~39kWの冷房負荷が処理され、そのうち顕熱負荷

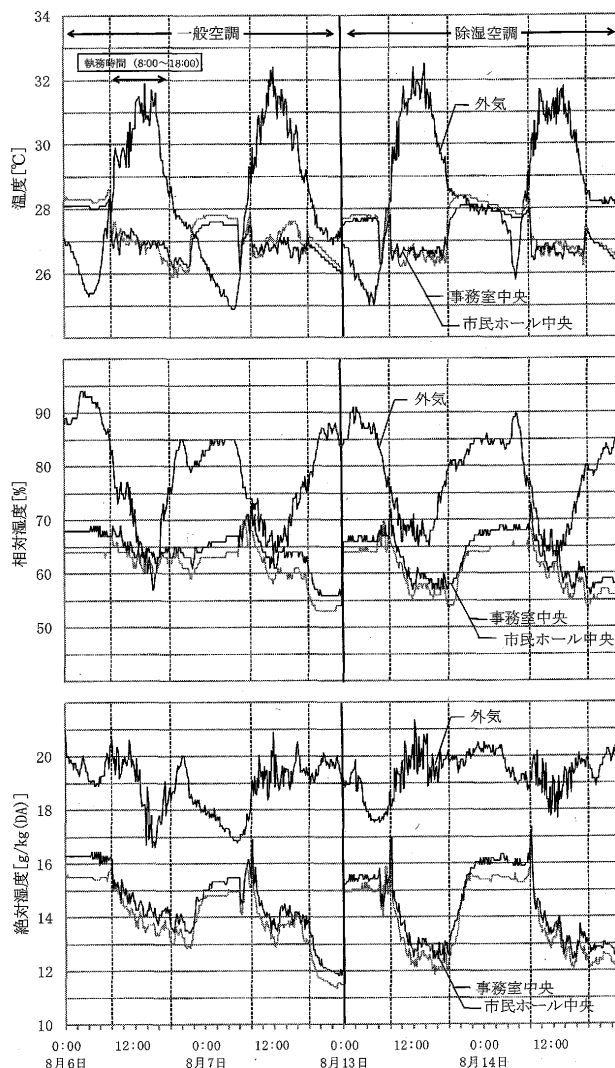


図-7 代表日の室内外の空気温湿度変動

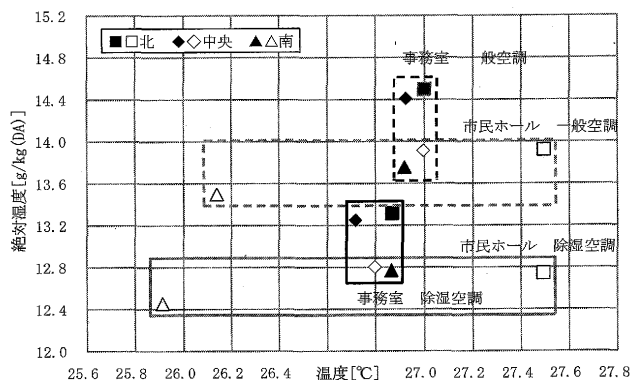


図-8 室内空気温湿度分布

は 13~23kW、潜熱負荷は 13~18kW 処理された。これらの事から、一般空調と除湿空調の代表日における毎時の冷

房負荷はほぼ同じ値で、その変動も類似していた事がわかる。

エアコンの処理負荷を見ると、一般空調は19~36kWの負荷を、除湿空調は15~25kWの負荷を処理している。また、毎時の冷房負荷のうちエアコンの処理負荷の割合を見ると、一般空調は74~91%、除湿空調は54~74%であった。これらの事から、除湿空調は一般空調よりエアコンの処理負荷が少なくなる事がわかる。

一般空調時のHEXと除湿空調時のデシカント空調システムの処理負荷を見ると、HEXは5~10kWの外気負荷を、デシカント空調システムは7~16kWの外気負荷を処理している。この事から、デシカント空調システムはHEXより多くの外気負荷を処理している事がわかる。図-11に図-10で示すデシカント空調システムの処理負荷の内訳を示す。デシカント空調システムが処理した外気負荷の内、免震ピットは2~4kWの外気負荷を処理しており、免震ピットにおいて21~34%の外気負荷が処理されていることがわかる。また、デシカント空調機は5~12kWの外気負荷を処理している。デシカント空調機の処理負荷をみると、デシカント剤によって6~13kWの外気潜熱負荷が処理されている一方で、0.3~1kWの顕熱負荷が加わっていることがわかる。これは、デシカント槽とその周辺の熱容量が影響したためと考えられる。今回の実測では冷却コイルの冷水温度等について実測していないため、冷却コイルの冷却能力を算出することは出来ないが、2007年夏季の実測調査<sup>1)</sup>によると冷却コイルの処理した負荷は2~8kW/台×2であった。これらの事から、デシカント空調機における冷却コイルの処理負荷の割合は約0.40~0.55であると推測出来る。

### 3.4 日積算冷房負荷

#### (1) 日積算冷房負荷と日積算仮想外気負荷

図-12に一般空調8月5日(火)~8月8日(金)と除湿空調8月12日(火)~8月15日(金)の日積算冷房負荷と日積算仮想外気負荷を示す。仮想外気負荷とはHEXまたはデシカント空調システムによる供給風量と室内外温湿度により求めた負荷である。両期間の日積算冷房負荷は約330~391kW・h/dであり、そのうち顕熱負荷と潜熱負荷はそれぞれ約174~203kW・h/dと約141~189kW・h/dであった。また、日積算仮想外気負荷は約114~164kW・h/dであり、そのうち顕熱負荷と潜熱負荷はそれぞれ約27~31kW・h/dと約87~132kW・h/dであった。一般空調8月5日は多少高い値を示したが、比較検討した一般空調と除湿空調の期間による日積算冷房負荷と日積算仮想外気負荷はほぼ同じで、顕熱負荷、潜熱負荷に関してもほぼ同じであった事がわかる。また、冷房負荷に対する仮想外気負荷の割合は約38%であり、対象空間の冷房負荷の内、室内負荷と仮想外気負荷の割合は約6:4である事がわかる。仮想外気負荷の内、顕熱

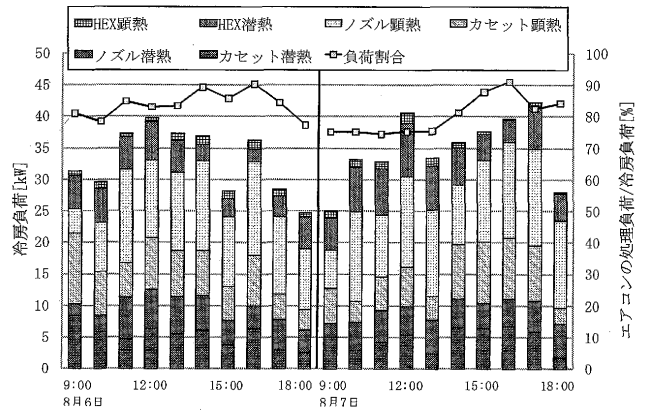


図-9 代表日の冷房負荷変動 (一般空調)

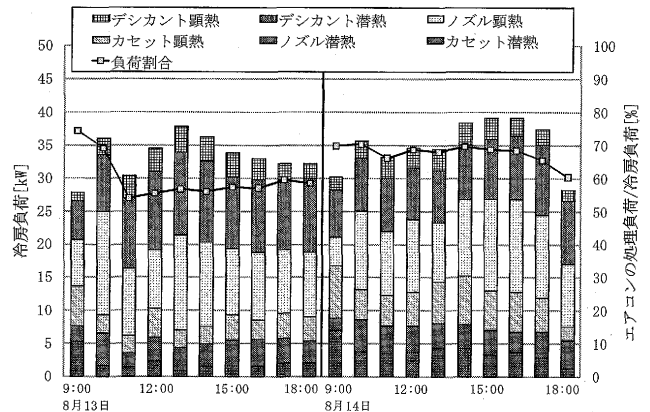


図-10 代表日の冷房負荷変動 (除湿空調)

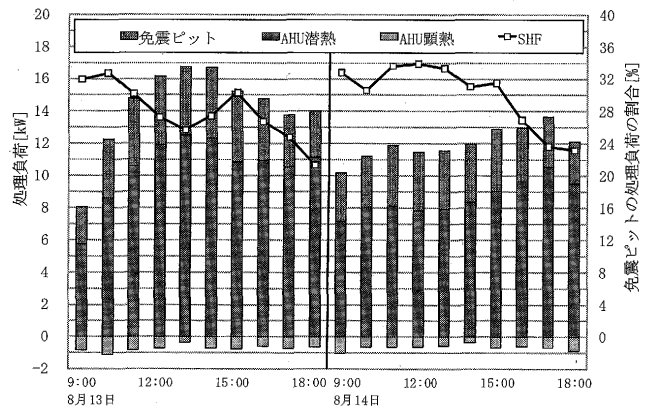


図-11 デシカント空調システムの処理負荷の内訳

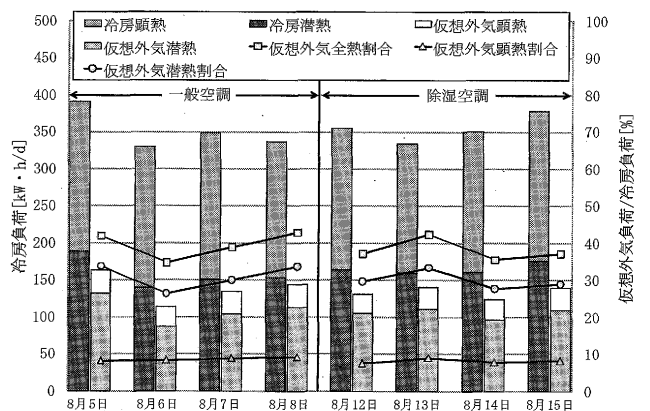


図-12 日積算冷房負荷と日積算仮想外気負荷

太陽熱と井戸水利用デシカント空調システムにおける室内温熱環境と省エネルギーの検討

負荷と潜熱負荷の冷房負荷に対する割合はそれぞれ約 8% と約 30%であった。デシカント空調システムは主に外気潜熱負荷を処理する空調システムであるため、対象空間に対しては有効的なシステムであると考えられる。

(2) エアコンの処理負荷

図-13 に図-12 で示した日積算冷房負荷の空調機毎の内訳を示す。エアコンの処理負荷を見ると、一般空調は約 261~292 kW・h/d、除湿空調は約 199~243 kW・h/d であった。平均値を比較すると、除湿空調のエアコンの処理負荷は一般空調に対して約 49 kW・h/d 少なく、少なくなったエアコンの処理負荷の割合（以下、削減率）を調べると、約 17% であった。また、日積算冷房負荷のうちエアコンの処理負荷の割合を見ると、一般空調は約 79%、除湿空調は約 65% であった。これらのことから、日積算においても除湿空調は一般空調よりエアコンの処理負荷が少なくなる事がわかる。また、エアコンの処理負荷のうち顕熱負荷と潜熱負荷を見ると、一般空調は顕熱負荷を約 174~189 kW・h/d、潜熱負荷を約 87~103 kW・h/d 処理し、除湿空調は顕熱負荷を約 144~171 kW・h/d、潜熱負荷を約 55~75 kW・h/d 処理した。平均値を比較すると、除湿空調のエアコンの処理負荷は一般空調に対して顕熱負荷が約 22 kW・h/d 少なく、その削減率は約 12%、潜熱負荷は約 26 kW・h/d 少なく、その削減率は約 28% であった。これらのことから、一般空調に比べ除湿空調ではエアコンの処理負荷の顕熱負荷、潜熱負荷が共に少なくなり、除湿空調において特に潜熱負荷の処理が少なくなる事がわかる。

(3) HEX とデシカント空調システムの処理負荷

図-13 から一般空調時の HEX と除湿空調時のデシカント空調システムの処理負荷を見ると、HEX は約 53~99 kW・h/d の外気負荷を、デシカント空調システムは約 113~136 kW・h/d の外気負荷を処理している。平均値を比較すると、デシカント空調システムは HEX に比べ外気負荷を約 51 kW・h/d 多く処理した。また、日積算冷房負荷のうち HEX とデシカント空調システムの処理負荷の割合を見ると、HEX は約 21%、デシカント空調システムは約 35% であった。これらの事より、デシカント空調システムは HEX より多くの外気負荷を処理する事がわかる。また、HEX とデシカント空調システムの処理した外気負荷のうち顕熱負荷と潜熱負荷を見ると、HEX は顕熱負荷を約 9~14 kW・h/d、潜熱負荷を約 43~85 kW・h/d 処理し、デシカント空調システムは顕熱負荷を約 26~32 kW・h/d、潜熱負荷を約 86~105 kW・h/d 処理している。このことから、デシカント空調システムは HEX より外気負荷の顕熱負荷、潜熱負荷を共に多く処理する事がわかる。平均値で比較すると、デシカント空調システムは HEX に比べ外気負荷の顕熱負荷を約 18 kW・h/d、潜熱負荷を約 33 kW・h/d 多く処理している事が確認出来、デシカ

ント空調システムは HEX に比べて外気潜熱負荷の処理に優れたシステムである事がわかる。

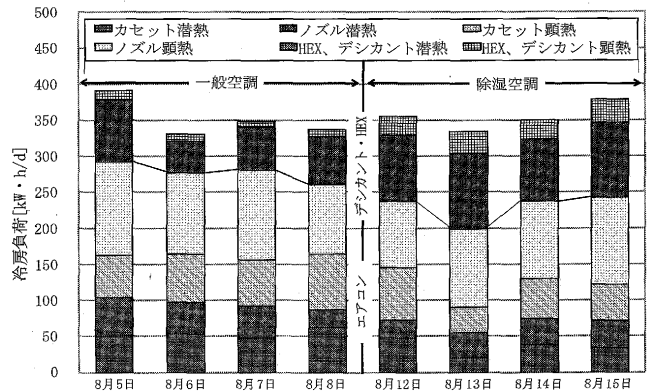


図-13 日積算冷房負荷の内訳

3.5 外気負荷除去率

図-14 に HEX とデシカント空調システムの外気負荷除去率を示す。外気負荷除去率とは仮想外気負荷に対する HEX またはデシカント空調システムが処理した外気負荷の割合である。HEX は約 46~61%、デシカント空調システムは約 89~96% の仮想外気負荷を処理した。HEX の外気負荷除去率は表 1 に示した冷房時の定格熱交換効率 64.5% よりやや小さい値であった。また、外気負荷除去率のうち HEX は顕熱負荷を約 28~44%、潜熱負荷を約 49~65% 処理し、デシカント空調システムは顕熱負荷を約 97~102%、潜熱負荷を約 87~95% 処理した。従って、デシカント空調システムは HEX よりも外気負荷を処理するのに効果的なシステムである事がわかる。また、実測期間においてデシカント空調システムの外気負荷除去率が 100% を超える時も確認出来、デシカント空調システムは外気負荷だけでなく、室内負荷の一部も処理している事がわかる。

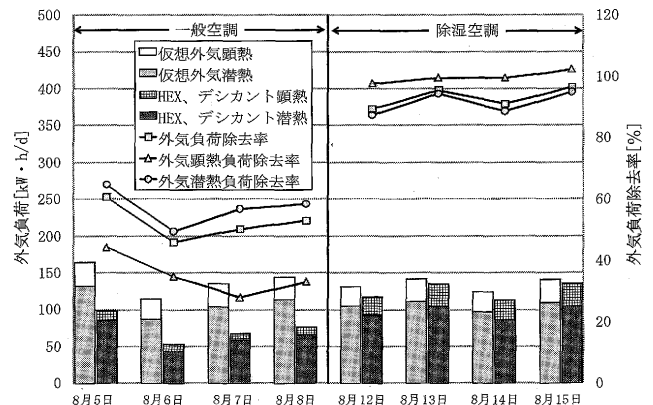


図-14 外気負荷除去率

## 結 論

太陽熱と井戸水利用デシカント空調システムの導入における室内温熱環境と冷房負荷削減効果について実測調査を行った結果、以下の知見を得た。

- 1) 除湿空調を行うと一般空調に対して室内の空気温湿度が低く保たれる事がわかった。特に、湿度の低下が顕著に見られ、比較検討した期間では除湿空調において市民ホール全体と事務室全体で約 1.1g/kg (DA) の絶対湿度の低下が確認出来た。
- 2) デシカント空調システムの対象空間の冷房負荷は、比較検討した一般空調と除湿空調の期間においてほぼ同じで、顕熱負荷、潜熱負荷に関してもほぼ同じであった事がわかった。また、冷房負荷に対する仮想外気負荷の割合は約 38% であり、対象空間の冷房負荷の内、室内負荷と仮想外気負荷の割合は約 6:4 である事がわかった。仮想外気負荷の内、顕熱負荷と潜熱負荷の冷房負荷に対する割合はそれぞれ約 8% と約 30% であり、外気潜熱負荷を主に処理するデシカント空調システムは対象空間に対して有効的なシステムである事がわかった。
- 3) エアコンの処理負荷は一般空調で 19~36kW、除湿空調で 15~25kW であった。また、毎時の冷房負荷に対するエアコンの処理負荷の割合は、一般空調で 74~91%、除湿空調で 54~74% となり、エアコンの処理負荷の割合は一般空調に比べて除湿空調のほうが小さくなる事がわかった。
- 4) エアコンの日積算処理負荷を比較すると、除湿空調のエアコンの処理負荷は一般空調に対して約 49 kW・h/d 少なく、その削減率は約 17% である事がわかった。また、エアコンの日積算処理負荷のうち顕熱負荷は約 22 kW・h/d、潜熱負荷は約 26 kW・h/d 少なくなった。これらの事から、除湿空調ではエアコンの処理負荷の顕熱負荷、潜熱負荷が共に少なくなり、除湿空調において特に潜熱負荷の処理が少なくなる事がわかった。
- 5) 一般空調時の HEX は 5~10 kW の外気負荷を、除湿空調時のデシカント空調システムは 10~13 kW の外気負荷を処理する事がわかった。また、デシカント空調システムが処理した外気負荷の内、免震ピットは 2~4kW、デシカント空調機は 5~12kW の外気負荷を処理しており、免震ピットにおいて約 3 割の外気負荷を処理することがわかった。
- 6) HEX とデシカント空調システムの日積算処理負荷を比較すると、HEX に比べデシカント空調システムは外気負荷を約 51kW・h/d 多く処理し、その内訳は顕熱負荷が約 18kW・h/d、潜熱負荷が約 33kW・h/d であった。これらの事から、デシカント空調システムは HEX より

多くの外気負荷が処理出来、特に外気負荷の潜熱処理に優れたシステムである事がわかった。

- 7) HEX は約 46~61%、デシカント空調システムは約 89~96% の外気負荷を処理することがわかった。また、実測期間においてデシカント空調システムの外気負荷除去率が 100% を超える時も確認出来、デシカント空調システムは外気負荷だけでなく、室内負荷の一部も処理出来る事がわかった。
- 8) 今後、太陽熱や井戸水循環ポンプなどを含めたシステムの効率、消費電力、COP 等のシステムの定量的な性能評価を行うつもりである。

## 謝 辞

本研究の実測調査に協力していただいた静岡県浜松市の春野地域自治センターの皆さんと OM 計画株式会社の盧炫佑氏、豊橋技術科学大学の山口仁士氏ここに記して感謝の意を示す。また、本研究の一部は財団法人トステム建材産業振興財団の助成によるものである。

## 付 録

本研究論文は以下の文献を再検討、再考察し修正してまとめたものである。

- 1) 吉川准平・宋 城基：太陽熱利用デシカント空調システムにおける冷房負荷削減性能に関する研究，日本建築学会東海支部研究報告書，第 47 号(2009-2)，pp. 357-360
- 2) 山口仁士・宋 城基・吉川准平：太陽熱利用デシカント空調システムの性能に関する実測研究(その 2)冷房負荷の検討，空気調和・衛生工学会中部支部学術研究発表会論文集，第 10 号(2009-3)，pp. 129-132

## 参 考 文 献

- 1) <http://www.env.go.jp/earth/info/coolbiz/>
- 2) 鍋島 泰：COOLBIZ を踏まえた今後の空調設備機器，空気調和・衛生工学，80-7(2006)，pp. 29~33
- 3) 加藤：平成 19 年技術動向 2.1 デシカント空調，空気調和・衛生工学，81-12(2007)，pp. 15~16
- 4) 日本工業出版：クリーンエネルギーデシカント空調の最新動向，(2006-1)，pp. 5~39
- 5) 大蔵将史・児玉昭雄・廣瀬 勉：太陽熱温水器を駆動熱源とする吸着式デシカント空調システムの実証試験(第 1 報)日射量および外気湿度の影響，日本冷凍空調学会論文集，Vol. 22, No. 3, (2005)，pp. 269~278
- 6) 大蔵将史・児玉昭雄：太陽熱温水器を駆動熱源とする吸着式デシカント空調システムの実証試験-室内潜熱負荷を考慮した装置規模、システム性能の推算-，日本冷凍空調学会論文集，Vol. 23, No. 1, (2006)，pp. 33~44



## 太陽熱と井戸水利用デシカント空調システムにおける室内温熱環境と省エネルギーの検討

- 7) 大蔵将史・児玉昭雄：太陽熱温水器を駆動熱源とする吸着式デシカント空調システムの実証試験(第2報)日射量を考慮したシステム性能と必要となる熱供給装置規模の推算, 日本冷凍空調学会論文集, Vol. 24, No. 1 (2007), pp. 43~54
- 8) 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) CO<sub>2</sub> ヒートポンプを組み込んだデシカント空調システムに関する研究, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 110 (2006-5), pp. 1~8
- 9) 小金井 真・加藤信介・大岡龍三・蔡 耀賢・生田紀夫・川本光一・西田耕作：非結露型次世代空調システムに関する研究(第1報) CO<sub>2</sub> ヒートポンプを組み込んだデシカント外調機システムの実用化に関する検討, 空気調和・衛生工学会論文集, No. 116 (2006-11), pp. 51~57
- 10) 盧 炫佑・鈴木康司：空気集熱式ソーラー除湿涼房システムの研究開発(その1)除湿涼房システムの研究開発, 太陽・風力エネルギー講演論文集, 2006-10, pp. 309~312
- 11) 盧 炫佑・鈴木康司：空気集熱式ソーラー除湿涼房システムの研究開発(その2)夏季における除湿涼房システムの実証試験, 太陽・風力エネルギー講演論文集, 2007-10, pp. 405~408
- 12) 宋 城基・鈴木康司・盧 炫佑：太陽熱と地下水を利用した除湿涼房システムの性能に関する実測研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), (2008-9), pp. 1209~1210
- 13) 濱本芳徳・村瀬壮介・岡島次郎・松岡文雄・秋澤 淳・柏木孝夫：デシカントローターにおける熱と物質の移動解析, 日本冷凍空調学会論文集, Vol. 21, No. 1 (2004), pp. 63~75
- 14) Thien Nha TRAN・濱本芳徳・秋澤 淳・柏木孝夫：デシカント空調システムの性能に及ぼす外気導入率の影響, 日本冷凍空調学会論文集, Vol. 21, No. 1 (2004), pp. 55~62
- (平成 21. 8. 10 原稿受付)

## Research on the Indoor Thermal Environment and Energy Saving of Desiccant Cooling System Using Solar Thermal and Well Water

by Junpei YOSHIKAWA<sup>\*1</sup>, Sung Ki SONG<sup>\*2</sup>

**Key Words** : Desiccant Cooling System, Solar Heat, Well Water, Indoor Thermal Environment, Energy Saving, Fresh Air Load, Field Survey

**Synopsis** : This study examined indoor thermal environment and energy saving of desiccant cooling system using solar thermal and well water. And this paper describes a result of field survey of desiccant cooling system in summer. As a result of having compared a conventional air conditioning with this system, room temperature and humidity were kept low and about 17% of cooling load of the air-conditioner was reduced. In

addition, the rate of fresh air load to the cooling loads was about 40%, and this system reduced about 113~136kWh/day of fresh air loads and this system reduced about 100% fresh air loads. From these results, this system is effective to reduced fresh air loads and this system is excellent in both indoor thermal environment and energy saving.

(Received August 10, 2009)

\*1 Toyohashi University, Student Member

\*2 Toyohashi University, Member