

家庭用デシカント換気システムの省エネルギー効果 に関する研究

金, 日
九州大学大学院人間環境学府空間システム専攻修士課程

藤島, 弘治
西部ガス

高口, 洋人
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

赤司, 泰義
九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門

他

<https://doi.org/10.15017/19067>

出版情報：都市・建築学研究. 8, pp.115-121, 2005-07-15. 九州大学大学院人間環境学研究院都市・建築学部門
バージョン：
権利関係：

家庭用デシカント換気システムの省エネルギー効果に関する研究

Effect of a Desiccant Ventilation System on Residential Energy Saving

金 日*¹, 藤島弘治*², 高口洋人*³, 赤司泰義*³, 渡辺俊行*³

Ri JIN, Koji FUJISHIMA, Hiroto TAKAGUCHI,

Yasunori AKASHI and Toshiyuki WATANABE

Desiccant ventilation system is a dehumidification ventilation system used the dehumidification material. If the air eliminated moisture and cooled down is introduced by the desiccant ventilation system, the cooling load can be decreased. In this paper, we present the effect of desiccant ventilation by comparison with the controled total heat exchange ventilation and total heat exchange ventilation. We studied two cooling patterns in four places (Kagoshima, Fukuoka, Tokyo, and Morioka). One is intermittent cooling and the other is all-room cooling during the whole day. In the case of intermittent cooling, cooling load reduction rates are 9.89% on desiccant ventilation, 0.26% on the controled totaled heat exchange ventilation, and -3.36% on total heat exchange ventilation in Kagoshima, 9.11%, 0.24%, and -3.79% in Fukuoka, 10.30%, 0.39%, and -4.28% in Tokyo, and 6.80%, 0.19%, and -16.76% in Morioka. In the case all-room cooling, 17.8%, 4.62%, and 6.43% in Kagoshima, 17.80%, 3.96%, and 6.49% in Fukuoka, 18.47%, 4.62%, and 6.49% in Tokyo, and 12.43%, 1.03%, and -6.98% in Morioka. As the result, cooling load reduction effect of desiccant ventilation is the highest in every places.

Keywords: Desiccant ventilation system, Total heat exchanger, Cooling load, PMV

デシカント換気システム, 全熱交換器, 冷房負荷, PMV

1. はじめに

2003年度に実施された建築基準法の改正により, 新築物件では居室において24時間換気を行う「常時換気」が義務付けられるようになった。この24時間換気の義務付けにより, 住宅における空調負荷の増大が懸念されている。現在, 住宅の冷房には, 主にヒートポンプ型のルームエアコンが採用されているが, 湿度の制御が難しいというえ, 除湿運転時の効率が著しく低下する他, 冷え過ぎによる冷房症や, 室内機内部の凝縮水によるカビの発生等問題も多い。

一方で, 住宅における個別分散型電熱源の開発が進みつつある。この個別分散型電熱源の排熱を有効に利用し, 24時間換気に対応した換気・除湿を行うシステムとして, デシカント換気システムが注目を集めている。本研究で

は, デシカント換気システムを利用した住宅の夏季冷房負荷削減効果をシミュレーションによって検討する。

2. デシカント換気システムの概要

デシカントとは米国エンゲルハード社により開発された, 水分の吸脱着性能に優れたゼオライト系の乾燥剤のことである。デシカント換気システムとは, デシカント(乾燥剤)を用いて除湿した外気で換気するハニカム吸着式除湿換気システムである。

図1にデシカント換気システムの住宅への導入イメージを示す。家庭用デシカント換気システムは家庭用コージェネレーションシステムと同様に屋外に設置し, 家庭用コージェネレーションシステムの排熱ラインと接続する。図2にデシカント換気システムの概略図を示す。デシカント換気システムはデシカントローター, 顕熱交換ローター, 熱交換コイル, 蒸発冷却器から成り, 他に給排気ファンなどによって構成される。換気方式は第2種機械換気となる。外気を室内に導入する際, まずデシカ

*1 空間システム専攻修士課程

*2 西部ガス

*3 都市・建築学部門

ントローターによる除湿を行うが、同時に吸着熱により空気温度が上昇するため、顕熱交換ローターで外気と顕熱交換を行い、上昇した空気温度を下げる。更に間接蒸発冷却器において、散水により導入空気を室内温度近くまで冷却し、室内に給気する。デシカントローターは除湿後に吸着した水分を蒸発させ、再び使用可能な状態に戻す（再生する）必要がある。顕熱ローターで導入空気と熱交換を行った外気を、熱交換コイルによって加熱し、デシカントローターに通し、再生を行うというシステムとなっている。

3. 計算条件

冷房負荷の計算には多数室室温変動・熱負荷計算プログラムTrP¹⁾を使用した。計算対象地域は次世代省エネルギー基準で第Ⅱ地域の盛岡市、第Ⅳ地域の東京都、第Ⅴ地域の福岡市及び鹿児島市である。表1に示す期間を冷房期間とする。冷房パターンは表2に示す間欠冷房と全室終日冷房の2パターンを想定した。計算対象住宅の換気モデルを図3に示す。換気回数は室内0.5回/h、小屋裏2.0回/h、床下0.5回/hとした。日本建築学会の標準住宅モデル²⁾をもとに、天井断熱と基礎断熱の組み合わせを利用したモデルを使用した。図4に計算対象住宅の平面図を示す。外界気象条件には、標準年拡張アメダス気象データ³⁾を用いた。冷房設定温度は27℃、冷房時の設定相対湿度は60%である。居住者は夫婦および子供2人の4人家族で、1日の生活スケジュールおよび内部発熱量は、生活スケジュール自動作成プログラムSCHEDULE Ver2.0⁴⁾を用いて作成した。以上の条件で、各地域における、一般換気、デシカント換気、制御全熱交換換気、全熱交換換気の4パターンの換気を行った場合の冷房負荷を比較した。制御全熱交換換気とは、外気温度と室内空気平均温度を比較し、室内空気平均温度が外気温度より低い場合には、外気を全熱交換せず、直接室内に供給するという換気システムである。

図5および図6に本デシカント換気システムのシステム冷却温度と除湿量の実測結果を示す^{注1)}。ここで、システム冷却温度とは外気とデシカント換気システムによる給気の温度差、同じく除湿量は両者の絶対湿度差である。デシカント換気システムを通る空気の温湿度変化は外気の相対湿度によって変化する。外気相対湿度が高いほどシステム冷却温度は下がり、システム除湿量は上がる。システム冷却温度は外気相対湿度が約87%以上でOKとなる。

全熱交換換気は、換気風量をデシカント換気と同じ200[m³/h]とし、温度交換効率74%、エンタルピー（冷房）交換率60%と想定し、温度変化と絶対湿度変化を計算した。

制御全熱交換換気の温度交換効率とエンタルピー交換率は全熱交換換気と同じ設定としている。

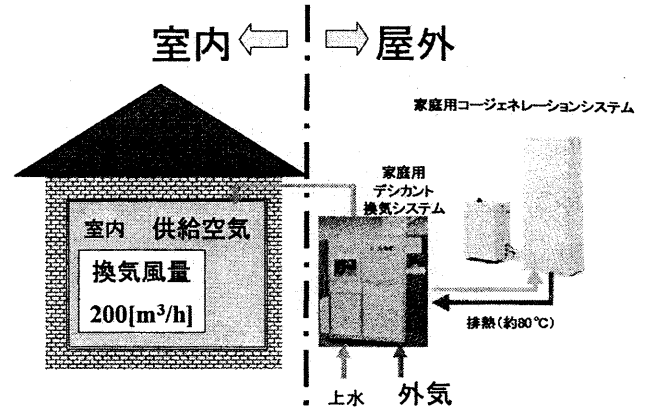


図1 住宅への導入イメージ

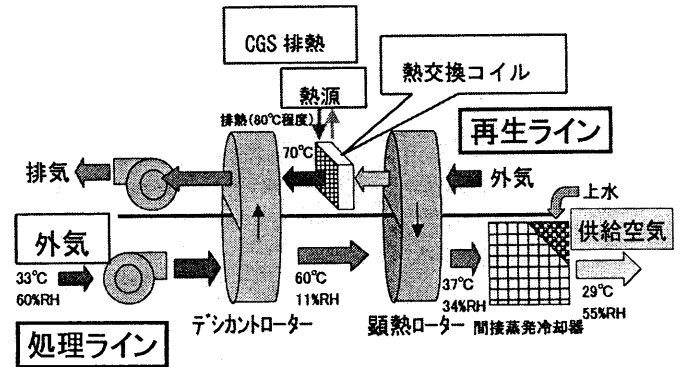


図2 デシカント換気システムの概略図

表1 冷房期間

都市	盛岡	東京	福岡	鹿児島
冷房期間	7月～8月	7月～9月	7月～9月	6月～9月
地域	第Ⅱ地域	第Ⅳ地域	第Ⅴ地域	第Ⅴ地域

表2 冷房パターン

間欠冷房	1:00	6:00	12:00	18:00	24:00
居間					
主寝室					
子供室1					
子供室2					
デシカント					
全熱交換器					
全室終日冷房	1:00	6:00	12:00	18:00	24:00
全室					
デシカント					
全熱交換器					

■：冷房時間帯

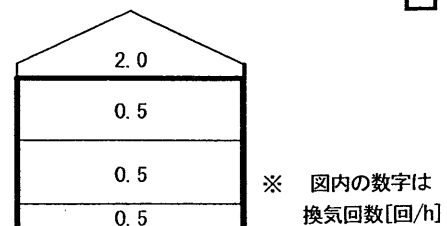


図3 計算対象住宅換気モデル

4. 計算結果

鹿児島県の一般換気、デシカント換気、制御全熱交換換気、全熱交換換気における間欠冷房負荷を図7、同じく全室終日冷房負荷を図8に示す。鹿児島県では間欠冷房時、全室終日冷房時のいずれもデシカント換気時の冷房負荷が最も少ない。表3に鹿児島県における間欠冷房負荷削減率を示す。なお、削減率は一般換気時の顕熱、潜熱、及び冷房負荷との比較である。間欠冷房の場合、デシカント換気では顕熱、潜熱いずれも削減効果は大きく、顕熱負荷が4.48%、潜熱負荷が96.49%削減され、冷房負荷は10.31%の削減となった。制御全熱交換換気の場合、顕熱および潜熱負荷削減率は低く、冷房負荷は0.25%削減（顕熱負荷：0.15%減、潜熱負荷：1.82%減）となった。全熱交換換気では顕熱負荷は8.26%増加し、潜熱負荷が68.98%削減される結果となり、冷房負荷は3.36%増加した。全熱交換換気時に顕熱負荷の増加が見られたのは、冷房期間中に全室の室内空気平均温度が外気温度より高くなり、熱交換後の給気温度が外気温度より高くなる時間帯が多かったためである。

表4に鹿児島県における全室終日冷房負荷削減率を示す。全室終日冷房の場合にも、デシカント換気時の冷房負荷削減効果は大きく、顕熱負荷が4.71%、潜熱負荷が92.12%削減され、冷房負荷では19.69%の削減となった。制御全熱交換換気では顕熱負荷が2.46%、潜熱負荷が31.14%削減でき、冷房負荷は7.38%削減となった。全熱交換換気では顕熱負荷が0.38%の増加、潜熱負荷が45.29%の削減となり、冷房負荷は7.45%の削減となった。制御全熱交換換気時は外気温度が室内空気温度より低い場合のみ全熱交換を行う設定のため、潜熱負荷の削減が小さくなっている。それに対し全熱交換換気時は、全室終日全熱交換換気を行うため、顕熱負荷は増加するものの、潜熱負荷の削減率が高いため、冷房負荷削減率は制御全熱交換換気時よりも高くなっている。これらの結果から、鹿児島県地域では間欠冷房、全室終日冷房のいずれもデシカント換気時の冷房負荷削減効果が非常に高く、全熱交換器を用いる場合は、間欠冷房時は制御全熱交換換気、全室終日冷房の時は全熱交換換気の方が効果的であることが明らかとなった。

図9に福岡県の一般換気、デシカント換気、制御全熱交換換気、全熱交換換気における間欠冷房負荷を、図10に全室終日冷房負荷を、表5に間欠冷房負荷削減率を、表6に全室終日冷房負荷削減率を示す。間欠冷房時、全室終日冷房時ともに、各換気方式の一般換気時に対する冷房時の負荷削減効果は、鹿児島県の場合とほぼ同様の傾向となっている。間欠冷房負荷は、デシカント換気時で9.43%削減（顕熱負荷：4.73%減、潜熱負荷：97.89%減）、制御全熱交換換気で0.24%削減（顕熱負荷：0.16%減、潜熱負荷：1.74%減）、全熱交換換気では3.79%増加（顕

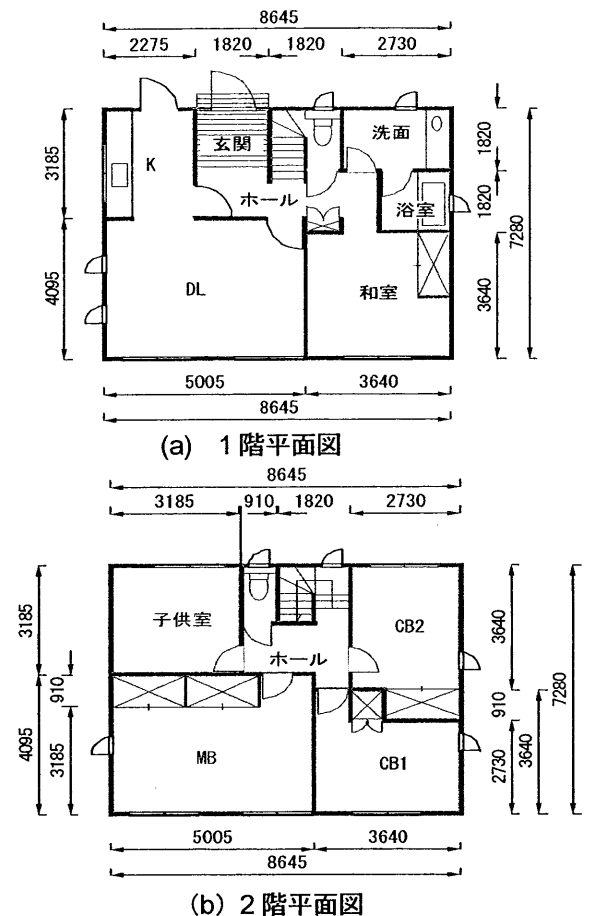


図4 標準住宅モデルの平面図単位：[mm]

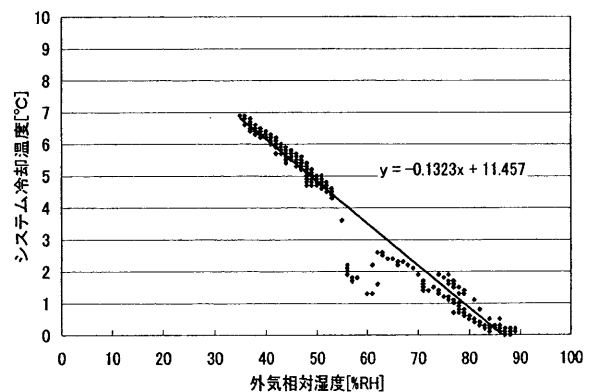


図5 システム冷却温度

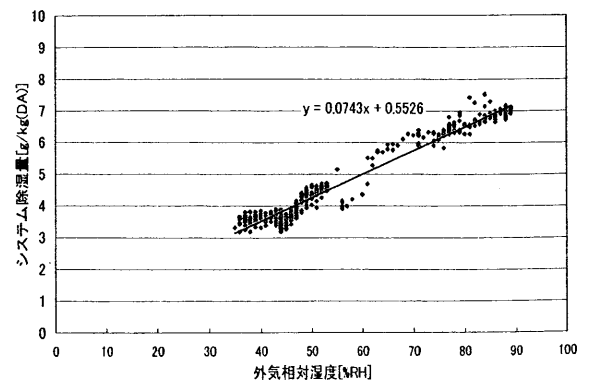


図6 システム除湿量

熱負荷：7.69%増，潜熱負荷：69.76%減）であった。また，全室終日冷房負は，デシカント換気で18.08%削減（顕熱負荷：4.95%減，潜熱負荷：93.76%減），制御全熱交換換気で6.59%（顕熱負荷：2.42%減，潜熱負荷：30.61%減），全熱交換換気で6.43%削減（顕熱負荷：0.06%減，潜熱負荷が43.16%減）という結果が得られた。

図11に東京の一般換気，デシカント換気，制御全熱交換換気，全熱交換換気における間欠冷房負荷を，図12に全室終日冷房負荷を，表7に間欠冷房負荷削減率を，表8に全室終日冷房負荷削減率を示す。東京においても，換気方式別の負荷削減効果は，鹿児島，福岡と同様であり，間欠冷房負荷は，デシカント換気時で10.41%削減（顕熱負荷：6.10%減，潜熱負荷：99.00%減），制御全熱交換換気で0.39%削減（顕熱負荷：0.36%減，潜熱負荷：1.15%減），全熱交換換気では4.28%増加（顕熱負荷：7.77%増，潜熱負荷：67.43%減）であった。また，全室終日冷房負は，デシカント換気で18.56%削減（顕熱負荷：6.37%減，潜熱負荷：96.66%減），制御全熱交換換気で6.36%（顕熱負荷：2.90%減，潜熱負荷：28.57%減），全熱交換換気で6.49%削減（顕熱負荷：1.41%減，潜熱負荷が39.02%減）となった。

図13に盛岡の一般換気，デシカント換気，制御全熱交換換気，全熱交換換気における間欠冷房負荷を，図14に全室終日冷房負荷を，表9に間欠冷房負荷削減率を，表10に全室終日冷房負荷削減率を示す。間欠冷房時は，デシカント換気による負荷削減効果が大きく，顕熱負荷が5.18%，潜熱負荷が99.98%削減され，冷房負荷は8.11%の削減となった。制御全熱交換換気の場合，顕熱および潜熱負荷削減率は低く，冷房負荷は0.19%削減（顕熱負荷：0.19%減，潜熱負荷：0.01%減）となった。全熱交換換気では16.76%増加（顕熱負荷：19.49%増，潜熱負荷：68.75%減）であった。また，全室終日冷房負荷は，デシカント換気で13.61%削減（顕熱負荷：5.53%減，潜熱負荷：99.65%減），制御全熱交換換気で1.83%（顕熱負荷：0.98%減，潜熱負荷：10.88%減），全熱交換換気で6.98%増加（顕熱負荷：10.24%増加，潜熱負荷が27.76%減）という結果が得られた。全熱交換換気時に他地域に比べて顕熱負荷の増加率が高いのは，盛岡が寒冷的な地域であるため，冷房期間中に外気温度が全室平均空気温度より低くなり，熱交換後の給気温度が外気温度よりも高くなる時間帯が多かったためである。

以上，各地域の間欠冷房削減効果を図15に，全室終日冷房負荷削減効果を図16に示す。また，図17から図24に，換気方式別の専業主婦のPMV出現率を示す。PMVの計算にあたっては，気流速度を冷房時は0.2m/s，それ以外は0.1m/s，着衣量を0.33cloの一定値とし，代謝量は表11に示す生活スケジュールに沿った値を用いた。これらの結果からPMV出現率は，全ての換気方式でほぼ同じ

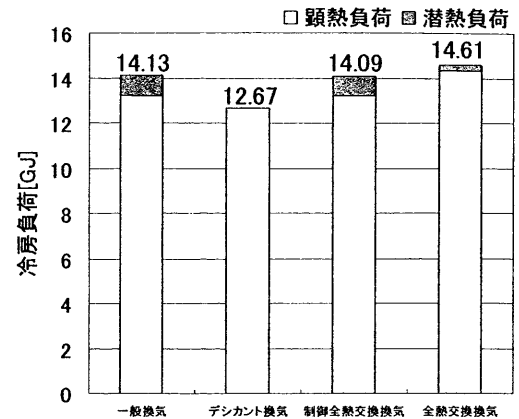


図7 鹿児島間欠冷房負荷

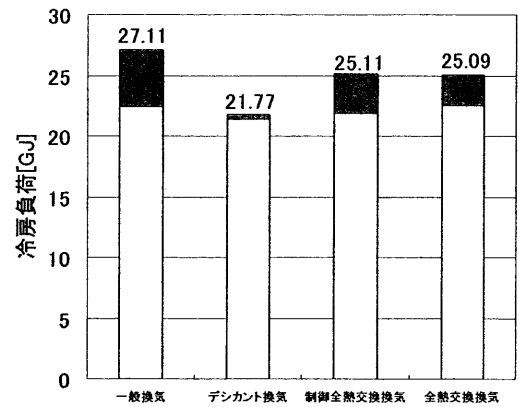


図8 鹿児島全室終日冷房負荷

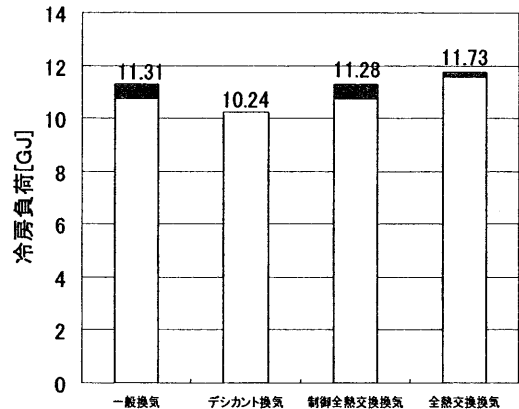


図9 福岡間欠冷房負荷

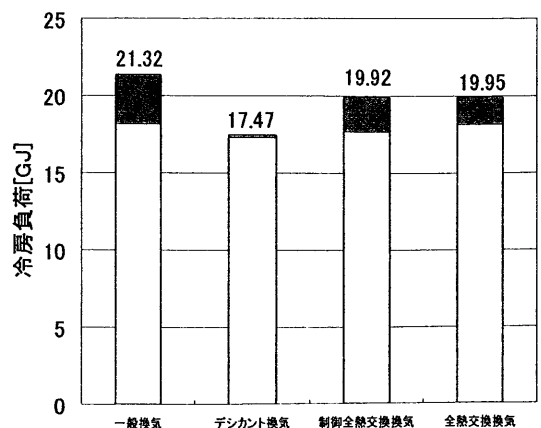


図10 福岡全室終日冷房負荷

曲線となることが確認できた。全ての換気方式で同様の室内温熱環境となっているにも関わらず、間欠冷房時、全室終日冷房時ともに、各地域でデシカント換気システムによる冷房負荷削減効果が最も高いものとなっていることから、デシカント換気システムの有効性が示された。

5. まとめ

標準住宅モデルにおいて、換気方式別の冷房負荷計算を行い、デシカント換気システムの省エネルギー性能を検討した。得られた知見を以下に示す。

- 1) 各地域の間欠冷房と全室終日冷房いずれの場合もデシカント換気システムを導入して換気を行う時の冷房負荷が最も小さく、デシカント換気システムによる間欠冷房負荷削減効果は鹿児島で 10.31%、福岡で 9.43%、東京で 10.41%、盛岡で 8.11%である。全室終日冷房負荷削減効果は鹿児島で 19.69%、福岡で冷房負荷 18.08%、東京で 18.56%、盛岡で 13.61%である。制御全熱交換換気による冷房負荷削減効果は各地域に渡って 0.24%から 6.98%である。全熱交換換気による間欠冷房負荷は他の換気システムと違い、各地域に渡って冷房負荷が増加する。全室終日冷房負荷は鹿児島、福岡、東京で削減し、盛岡では増加する。この結果から間欠冷房と全室終日冷房いずれの場合もデシカント換気システムは蒸暑地域に適した換気システムだといえる。また、デシカント換気では潜熱負荷の削減効果が最も高くなり、除湿効果が高いといえる。なお、デシカント換気システムを導入した場合の室内温熱環境は他の換気方式時の室内温熱環境と各地域に渡って大きな違いはない。
- 2) 今後の課題としてデシカント換気システムの消費エネルギーを求めることにより全体の省エネルギー効果の具体的な研究を行う予定である。

謝辞

本研究は、(株)西部技研及び西部ガス(株)総合研究所と共同で行った“デシカント換気システムに関する研究”によるものである。記して、謝意を表します。

参考文献

- 1) 林徹夫：マイコンによる住宅の多数室室温変動・熱負荷計算システムの開発，住宅総合研究財団研究年報，No.20，pp.337-346，1992。
- 2) 住宅・建築省エネルギー機構：住宅の次世代省エネルギー技術基準の調査報告書，1996。
- 3) 赤坂裕，他：拡張アメダス気象データ，(社)日本建築学会，2000。
- 4) 空気調和・衛生工学会：シンポジウム「住宅における生活スケジュールとエネルギー消費」テキストと付属プログラム「SCHEDULE Ver2.0」，2000。

注 1) 西部ガス総合研究所との共同研究成果

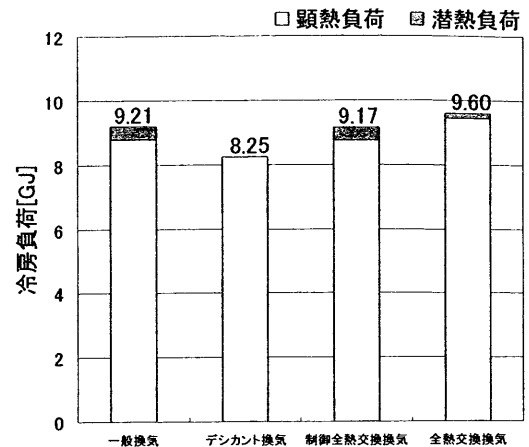


図 11 東京間欠冷房負荷

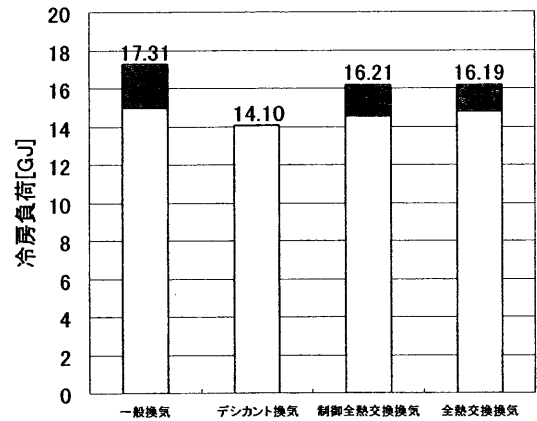


図 12 東京全室終日冷房負荷

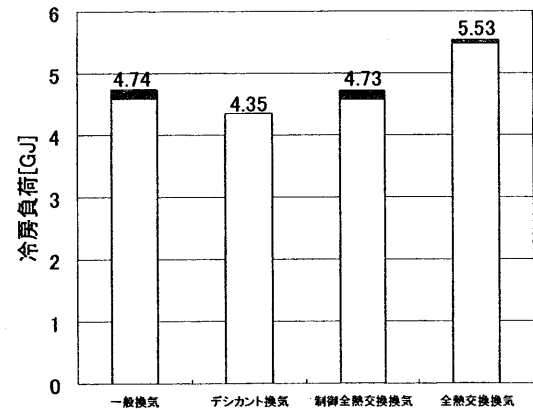


図 13 盛岡間欠冷房負荷

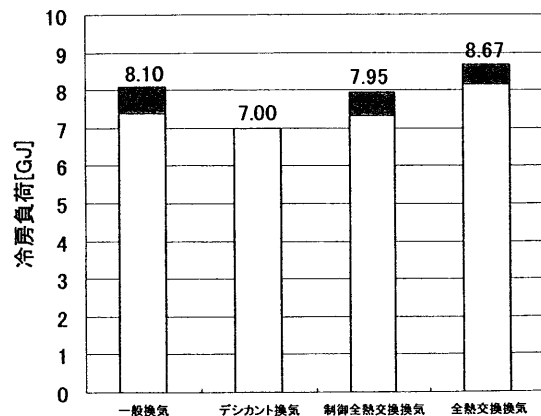


図 14 盛岡全室終日冷房負荷

表 3 間欠冷房負荷削減率（鹿児島）

間欠冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	4.48%	96.49%	10.31%
制御全熱交換換気	0.15%	1.82%	0.25%
全熱交換換気	-8.26%	68.98%	-3.36%

表 4 全室終日冷房負荷削減率（鹿児島）

全室終日冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	4.71%	92.12%	19.69%
制御全熱交換換気	2.46%	31.14%	7.38%
全熱交換換気	-0.38%	45.29%	7.45%

表 5 間欠冷房負荷削減率（福岡）

間欠冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	4.73%	97.89%	9.43%
制御全熱交換換気	0.16%	1.74%	0.24%
全熱交換換気	-7.69%	69.76%	-3.79%

表 6 全室終日冷房負荷削減率（福岡）

全室終日冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	4.95%	93.76%	18.08%
制御全熱交換換気	2.42%	30.61%	6.59%
全熱交換換気	0.06%	43.16%	6.43%

表 7 間欠冷房負荷削減率（東京）

間欠冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	6.10%	99.00%	10.41%
制御全熱交換換気	0.36%	1.15%	0.39%
全熱交換換気	-7.77%	67.43%	-4.28%

表 8 全室終日冷房負荷削減率（東京）

全室終日冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	6.37%	96.66%	18.56%
制御全熱交換換気	2.90%	28.57%	6.36%
全熱交換換気	1.41%	39.02%	6.49%

表 9 間欠冷房負荷削減率（盛岡）

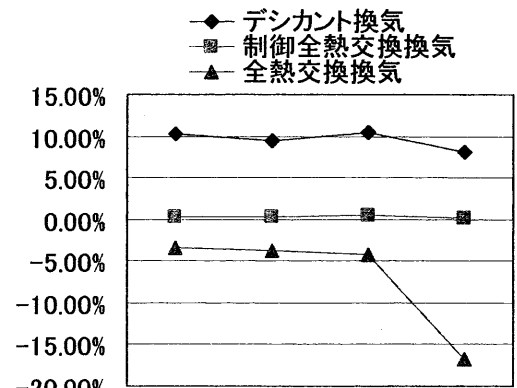
間欠冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	5.18%	99.98%	8.11%
制御全熱交換換気	0.19%	0.01%	0.19%
全熱交換換気	-19.49%	68.95%	-16.76%

表 10 全室終日冷房負荷削減率（盛岡）

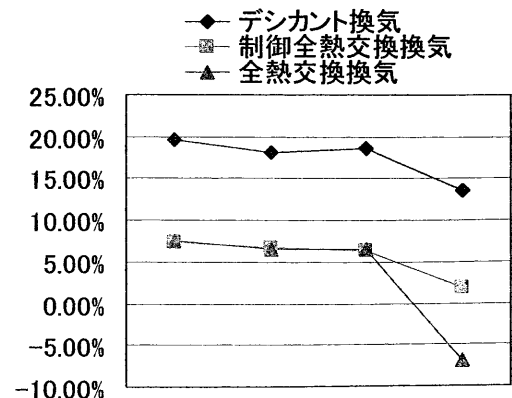
全室終日冷房	顕熱負荷	潜熱負荷	冷房負荷
デシカント換気	5.53%	99.65%	13.61%
制御全熱交換換気	0.98%	10.88%	1.83%
全熱交換換気	-10.24%	27.76%	-6.98%

表 11 生活スケジュール及び代謝量

時刻	行為	対象室	代謝量 [met]
1	睡眠	主寝室	0.8
2	睡眠	主寝室	0.8
3	睡眠	主寝室	0.8
4	睡眠	主寝室	0.8
5	睡眠	主寝室	0.8
6	炊事	厨房	2.2
7	食事	居間	1.4
8	洗濯	洗面	1.6
9	掃除	居間	2.0
10	趣味	主寝室	1.2
11		外出	
12	食事	居間	1.4
13	炊事	厨房	2.2
14	趣味	主寝室	1.2
15		外出	
16	在宅	居間	1.0
17	炊事	厨房	2.2
18	炊事	厨房	2.2
19	食事	居間	1.4
20	アイロンかけ	居間	1.6
21	テレビ	居間	1.2
22	読書	主寝室	1.0
23	睡眠	主寝室	0.8
24	睡眠	主寝室	0.8



鹿児島 福岡 東京 盛岡
図 15 間欠冷房負荷削減率



鹿児島 福岡 東京 盛岡
図 16 全室終日冷房負荷削減率

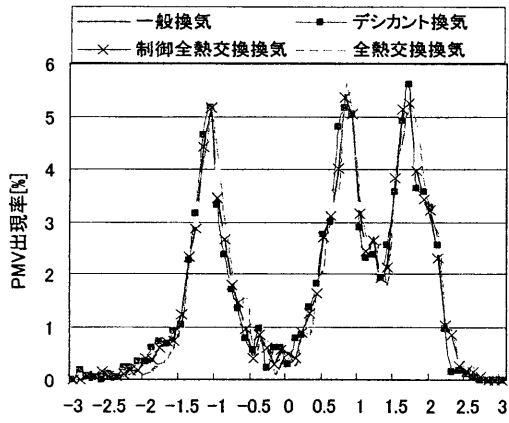


図 17 間欠冷房 PMV 出現率 (鹿児島)

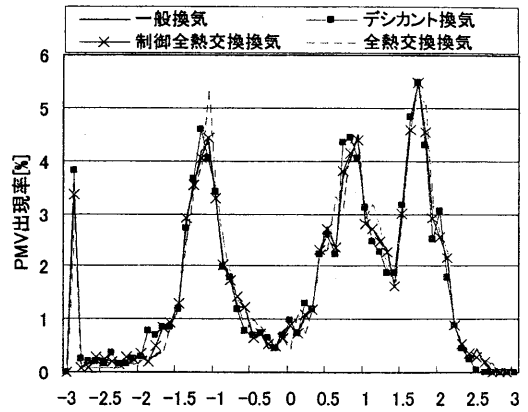


図 21 間欠冷房 PMV 出現率 (東京)

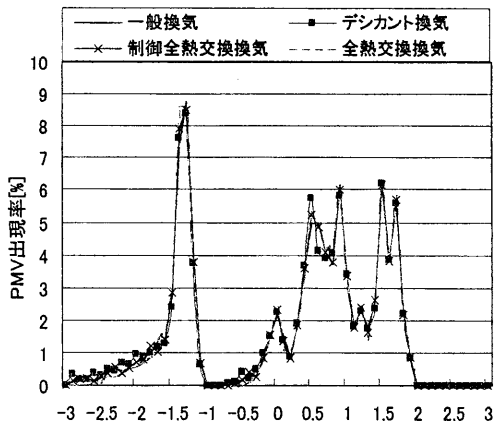


図 18 全室終日冷房 PMV 出現率 (鹿児島)

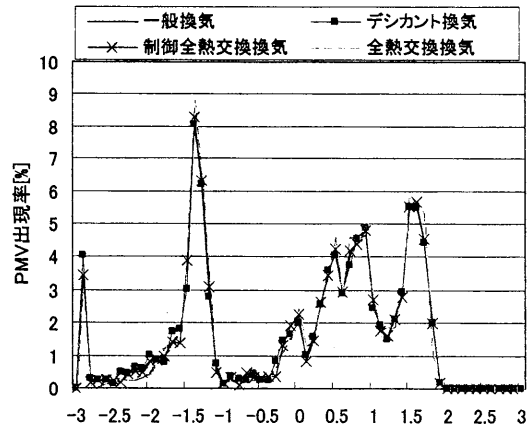


図 22 全室終日冷房 PMV 出現率 (東京)

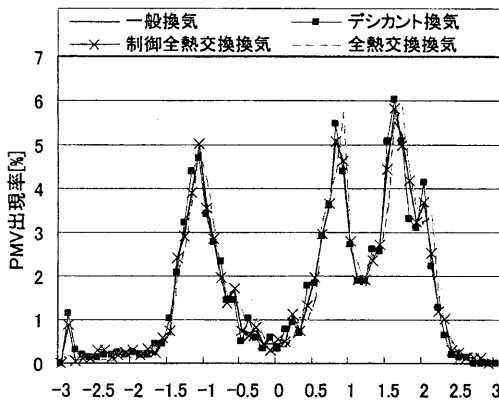


図 19 間欠冷房 PMV 出現率 (福岡)

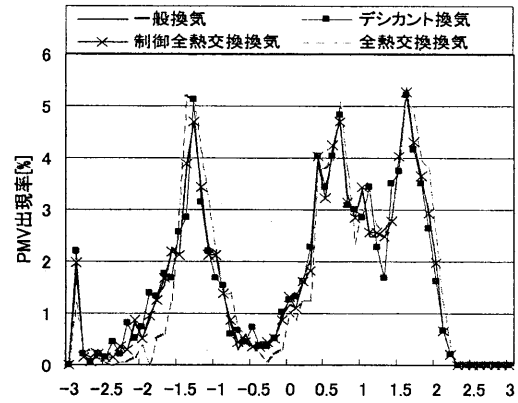


図 23 間欠冷房 PMV 出現率 (盛岡)

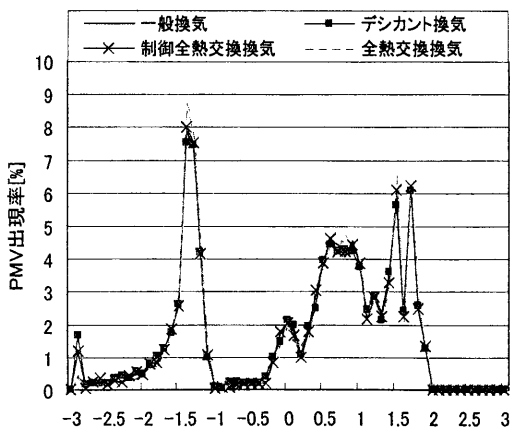


図 20 全室終日冷房 PMV 出現率 (福岡)

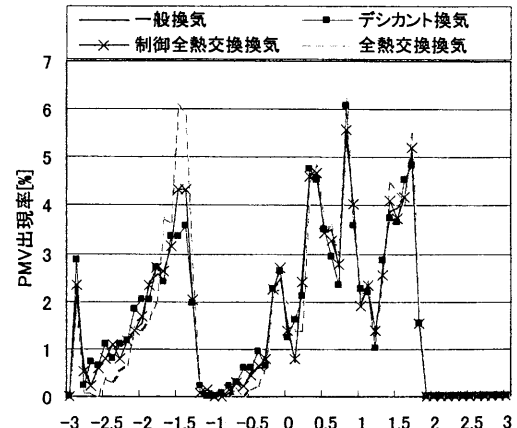


図 24 全室終日冷房 PMV 出現率 (盛岡)

(受理：平成 17 年 6 月 9 日)