

## 住宅用ダクトレス熱交換換気の適用性検討評価

池原 基博 西尾 新一 酒井 英二 小林 誠

キーワード：ダクトレス, 熱交換, 結露, 換気

### 研究の目的

本研究で検討する住宅用ダクトレス熱交換換気(以下ダクトレス熱交換換気と記述)は、高い熱交換率で、熱負荷を低減し、天井内ダクトが不要である

壁埋込型であるという特徴がある。本論文では、ダクトレス熱交換換気の熱負荷低減効果、結露、省エネ効果について述べる。

### 研究の概要

ダクトレス熱交換換気は2台の換気ユニットを1組として設置し、1台の換気ユニットは換気ファンと蓄熱材で構成される。運転の際、片方のユニットが給気、もう片方が排気として運転し、図1に示すように、一定間隔で、換気ファンが切り替わる。排気運転の際に、温熱・冷熱を蓄熱材に蓄えるため、暖房負荷、冷房負荷を低減する。今回実験に使用した製品は、セラミック蓄熱エレメント・換気ファン・スリーブ(塩ビ管)から構成され、70秒ごとに換気ファンが切り替わる。(図2)

マンション模擬住宅に設置し、「夏季熱負荷低減効果確認実験」、「夏季結露確認実験」、「冬季エアコン省エネ比較実験」を行った。

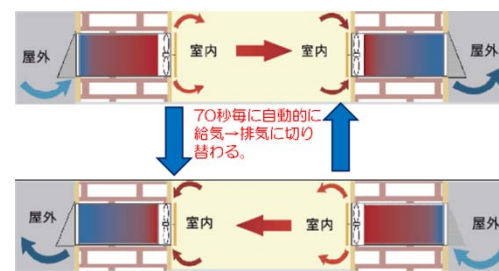


図1 ダクトレス熱交換換気の仕組み



図2 ダクトレス熱交換換気ユニット

※ パッシブエネルギージャパン(株)

### 研究の成果

「夏季熱負荷低減効果確認実験」を行い、温湿度を測定した。通常の換気システムの場合、外気が直接室内に流入するため、室外側の温度と外気温は等しくなり、外気温と室内温度の差が熱負荷となる。ダクトレス熱交換換気ユニット付近の温度変化は波形となり、「外気温>室外側温度>室内側温度>室内温度」という結果となった。ダクトレス熱交換換気ユニット室内側温度と室内温度の差が熱負荷となり、熱負荷削減効果が得られたと考えられる。(図3)

また、同時に「夏季結露確認実験」を行い、結露がおこらないことを確認した。

「冬季エアコン省エネ比較実験」を行い、エアコンの電流値を測定し、消費電力で比較を行った。ダクトレス熱交換換気ユニット、通常の換気システム

それぞれ5日分(似たような気象条件)のデータを用いて、比較を行った。今回の実験では、ダクトレス熱交換換気を用いることで、19Wの消費電力削減効果が得られた。

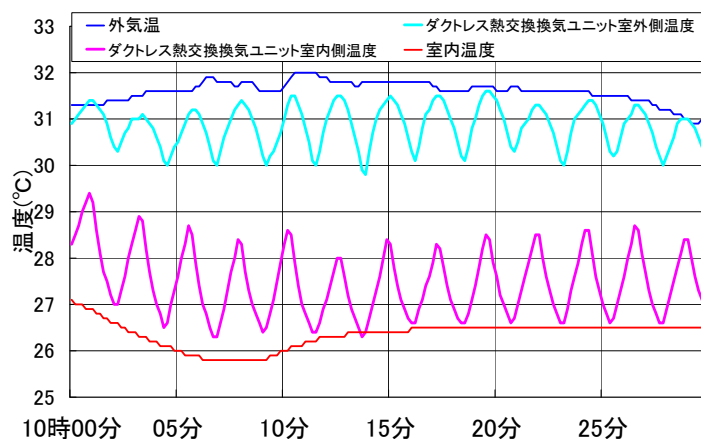


図3 熱負荷低減効果確認実験

Evaluation of the Applicability of the Residential Ductless Heat Exchange Ventilation System

MOTOHIRO IKEHARA SHIN-ICHI NISHIO EIZI SAKAI MAKOTO KOBAYASHI

Key Words : Ductless, Heat Recovery, Condensation, Ventilation

# 住宅用ダクトレス熱交換換気の適用性検討評価

## Evaluation of the Applicability of the Residential Ductless Heat Exchange Ventilation System

池原 基博 MOTOHIRO IKEHARA

西尾 新一 SHIN-ICHI NISHIO

酒井 英二 EIZI SAKAI

小林 誠 MAKOTO KOBAYASHI

本研究で検討する住宅用ダクトレス熱交換換気は、一定間隔で給排気の向きを入れ替えることで、高い熱交換率で熱負荷を削減し、天井内ダクトが不要であるという特徴がある。本論文において、国内集合住宅に適用するための課題を抽出し、検討評価を行った結果を示す。夏季において、ダクトレス熱交換換気の熱負荷削減効果を確認した。夏季結露確認実験を行い、通常の換気システムよりも結露がおこりにくい温湿度で運転されることを確認した。エアコンの消費電力の比較を行うため、冬季エアコン省エネ比較実験を行い、電力削減効果を確認した。

キーワード：ダクトレス、熱交換、結露、換気

The residential ductless heat exchange ventilation system reduces thermal loads at a high heat exchange rate by interchanging the direction of air supply and exhaust at constant intervals. The system requires no duct to be installed under the roof. This study evaluated the applicability of the system to housing complexes, after identifying issues to be solved. The effectiveness of the system in reducing thermal loads in summer was also confirmed. An experiment was conducted to check whether the system causes condensation in summer, and the results showed that the ventilation system runs at a lower temperature and humidity than with normal ventilation fans, resulting in less condensation. A comparison experiment to measure the power consumption used by the air conditioner in winter showed that energy consumption is reduced.

**Key Words:** Ductless, Heat Recovery, Condensation, Ventilation

### 1. はじめに

昨今、汎用化されつつある環境技術に対して、革新的でエンドユーザーの目を引くような新しい技術の提案が求められている。本論文において、換気設備に着目し、今後さらに高まる環境配慮型建築の要素とすることを目的とする。

建築物における換気は、新鮮空気の導入、脱臭、除塵、排湿、室温調節といった目的があり、適切に換気が行われない場合、人体や建物への影響が生じる可能性があり、重大な問題となりかねない。一方で、換気は、夏季においては温度の高い空気を、冬季においては温度の低い空気を室内に導入するので、快適に過ごすためには、空調を行い、適正な温度に調節する必要がある。そのため、大きい空調負荷が発生し、機器容量の増大・環境への負

荷が大きくなり、熱ロスが発生する。

給排気時の空気の熱（顕熱、潜熱）を無駄なく入れ替えること（熱交換）により、空調負荷を削減し、光熱費を節約することができ、その際、除湿や加湿など室内湿気環境の調節を行う方式として、全熱交換器がある。天井内に本体を設置し、内外をダクトでつないで熱交換を行うものであり、一般的な換気設備と比較して、熱ロスが小さくなる点で有利であるが、天井高など、建築の設計に制限が生じる可能性があり、施工提案に対する制約が生じ、設計が難しく、施工が容易ではない。

そこで、本研究で検討する住宅用ダクトレス熱交換換気（以下、ダクトレス熱交換換気と記述）は、高い熱交換率で、熱負荷を低減し、天井内ダクトが不要の壁埋込型であり、機器を壁内部に納めることができるという特

徴がある。本論文では、ダクトレス熱交換換気の適用性検討評価について示す。

## 2. ダクトレス熱交換換気の方

ダクトレス熱交換換気は、1つの対象空間に、最低2台の換気ユニットを1組として設置し、1台の換気ユニットは換気ファン・蓄熱材で構成される。運転の際、片方が給気、もう片方が排気として運転し、図1に示すように一定間隔で、換気ファンが切り替わる換気方式である。切り替え後は、それまで給気ファンで動いていたファンが排気ファン、排気ファンとして動いていたファンが給気ファンとして運転する。夏季においては、排気時に冷熱を蓄熱材に蓄え、給気時に蓄えた冷熱を放出し、冷房負荷を削減する。冬季においては、排気時に温熱を蓄熱材に蓄え、給気時に蓄えた温熱を放出し、暖房負荷を削減する。また、通常の換気システムと同様に、換気ファンが切り替わらない運転を行うことにより、調湿機能を備えている。

今回、実験に使用したダクトレス熱交換換気ユニット(iV150f-350)の仕様を表1に、構成を図2に示す。1台のダクトレス熱交換換気ユニットは屋外側フード・セラミック蓄熱エレメント・換気ファン・スリーブ(塩ビ管)・室内側フードから構成される。スリーブ内に換気ファン・セラミック蓄熱エレメントを設置し、外部に防風防水対策として屋外側フードを設置する。室内側は防塵フィルター・室内側フードを設置し、集中コントローラーとの間を配線で接続する。本製品は70秒ごとに換気ファンが切り替わる。

## 3. 国内集合住宅に適用するための課題

ダクトレス熱交換換気を検討するにあたり、課題の抽出を行った。設計施工する上での課題は以下のようなものが考えられる。

- ① 新鮮空気の導入、脱臭、除塵、排湿、室温調節、ショートサーキットといった換気効率の評価
- ② 夏季冷房時および冬季の結露
- ③ 外部音に対する遮音性能
- ④ 熱負荷削減効果
- ⑤ ユーティリティ・キッチンの換気のアバランス
- ⑥ 施工方法

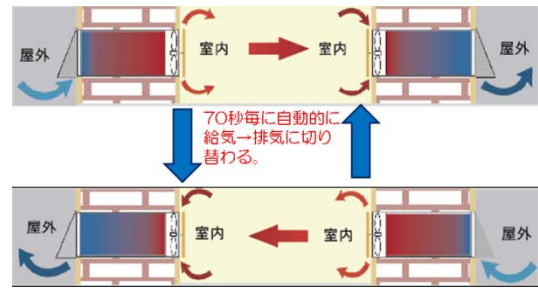


図1 ダクトレス熱交換換気の方

表1 ダクトレス熱交換換気ユニットの仕様<sup>1)</sup>

	iV150f-350	(参考) iV150f-190
熱回収率	最大91%	最大82%
風量	54.4m <sup>3</sup> /h	54.4m <sup>3</sup> /h
消費電力	最大3W	最大3W
セラミック蓄熱エレメント	長さ150mm	長さ125mm
スリーブ管寸法 <small>壁厚にあわせて切断可能</small>	長さ350mm	長さ190mm
防音効果	36dB	36dB
ノイズレベル	運転モード弱 19dB(A) 運転モード中 28dB(A) 運転モード強 38dB(A)	運転モード弱 19dB(A) 運転モード中 28dB(A) 運転モード強 38dB(A)



図2 ダクトレス熱交換換気ユニット<sup>1)</sup>

## 4. 実験と結果

### (1) 実験施設

マンション模擬住戸にダクトレス熱交換換気ユニットを設置し、実験を行った。図3に平面図を示す。住戸の面積は約 81.34 m<sup>2</sup>、天井高は約 2.95m である。洋室(1)、洋室(2)、リビングダイニング(以下LDと記述)にはエアコンが設置されている。ダクトレス熱交換換気ユニットは2台で1組であるが、洋室(2)とLDに1組、洋室(1)と洋室(3)に1組それぞれ設置した。

### (2) 実験概要

ダクトレス熱交換換気の課題について、重要と考えられる項目について、性能を確認した。

実験を行った項目について、ダクトレス熱交換換気の一定間隔ごとの空気の入替わりを確認する「夏季熱負

荷削減効果確認実験」, 結露を回避するための「夏季結露確認実験」, 省エネ比較のための「冬季エアコン省エネ比較実験」を述べる。

実験は、2010年8月中旬～9月中旬, 2011年1月中旬～2月中旬に行った。70秒ごとにファンを切り替える運転(以下, 熱回収モードと記述)と, 通常の換気システムとの比較を行うために, ファンの切り替えを行わない運転(以下, 給気モードと記述)の2つの運転モードで実験を行い, 比較検討を行った。今回, 実験の際のダクトレス熱交換換気ユニットの設定風量について, 表2に示す。なお, 今回は, 温度センサーを設置するため, 防塵フィルターおよび室内側フードを取り外した状態で実験を行った。また, LDと洋室(2)のダクトレス熱交換換気ユニットのみ稼働し, 実験を行った。

### (3) 測定項目

測定するデータは温湿度・エアコンの電流値である。LD, 洋室(2), 外部に, 温湿度測定点として, 「おんどとり Jr RTR53A」(株式会社T&D)を設置した。ダクトレス熱交換換気ユニット表面温度(室内側室外側表面温度)を測定するために「おんどとり Jr TR52」(株式会社T&D)を設置した。エアコンの電流値を測定するために, クランプロガー 3636(日置電機株式会社)を設置した。

### (4) 施工方法

施工の状況を写真1に示す。ダクトレス熱交換換気ユニットを外壁内に取り付けるため, 外壁ALCに, 180φの穴を開け, 塩ビ管のスリーブを取り付けた。

スリーブの外側にペントキャップを取り付け, 内側に向けて順に, セラミック蓄熱エレメントと換気ファンを挿入し, 間にスペーサーを介し, 室内側フードを取り付けた。

電気配線は仮設配線とし, 壁表面に配線し, 電源とコントローラー, ファンを接続した。

### (5) 夏季熱負荷削減効果確認実験

ダクトレス熱交換換気の, 一定間隔ごとに空気が入れ替わる機能による熱負荷削減効果について, 実験を行った。図4に熱回収モード時における代表的な夏季温度測定結果を示す。なお, 実験日は, 9月2日晴天日で, 室内では, 26℃設定でエアコンの運転を行っている。

70秒ごとに空気の流れが逆転するため, ダクトレス熱交換換気ユニット付近の温度変化は波形となった。波形の中で, 温度が上昇している時間は, 温度が高い外気が流入している時間であり, 給気運転を行っている時間で

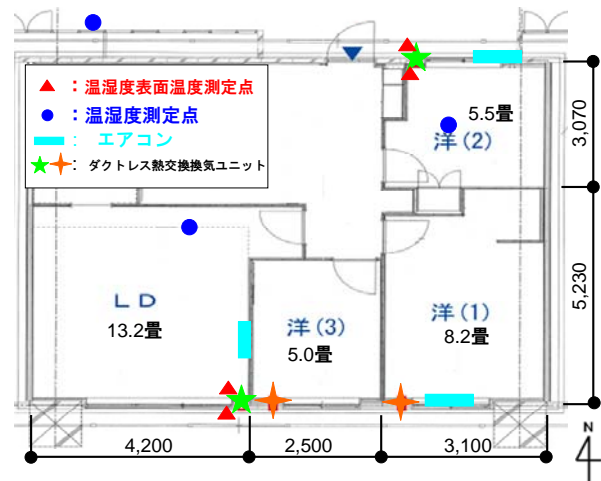


図3 実験施設 平面図

表2 今回の実験における設定風量

対象空間	室	ユニット風量	風量平均値	室面積	気積	換気回数
		m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h			
LD+洋室(2)	LD	64.0	63.2	30.1	88.7	0.71
	洋室(2)	62.4				
洋室(1)+洋室(3)	洋室(1)	63.5	63.9	24.0	70.8	0.90
	洋室(3)	64.2				
(参考) 住戸全体			127.1	81.3	240.0	0.53



各部品



スリーブ工事



ペントキャップ設置



蓄熱エレメント設置



ファン設置



配線工事



配線工事



設置状況

写真1 施工写真



ある。

通常の換気システムの場合、外気が直接室内に流入するため、室外側の温度と外気温は等しくなり、外気温と室内温度の差が熱負荷となるのに対し、ダクトレス熱交換換気ユニットの場合、「外気温 > 室外側温度 > 室内側温度 > 室内温度」という結果となり、図4のダクトレス熱交換換気ユニット室内側温度と室内温度の差が熱負荷となる。これは、70秒ごとに給排気が入れ替わり、蓄熱が行われているためだと考えられ、熱負荷削減効果が得られたと考えられる。なお、図4の外気温とダクトレス熱交換換気ユニット室外側温度の差が熱ロスであると考えられる。

一方、冬季の場合、「室内温度 > 室内側表面温度 > 室外側表面温度 > 外気温」となり、夏季同様熱負荷削減効果が得られると考えられる。

図5に冬季における表面温度熱画像を示す。給気時は温度が低下し、排気時は温度が上昇した。

次にダクトレス熱交換換気の蓄熱性能を確認するために、夏季において、給気モード、熱回収モードそれぞれにおいて、エアコンを停止させた後の、室内温度変化で比較実験を行った。それぞれ実験日の外気条件が異なり、温度絶対値での比較ができないため、温度勾配で比較した。結果を図6に示す。熱回収モードの方が、給気モードよりも、温度勾配が小さくなったことから、室内の温度が上がりにくくなっていると考えられる。

以上より、ダクトレス熱交換換気は、通常の換気システムと比較し、熱交換で有利であると考えられる。

(6) 夏季結露確認実験

竣工後、クレームとなりやすい結露について、ダクトレス熱交換換気ユニットを用いることで、結露が発生しないか事前検討しておく必要がある。夏季においては、給気の際、温度の高い水蒸気を含んだ外気がエアコンで冷やされた室内に流入し、室内側表面での結露の可能性はある。一方、冬季においては、室内の暖房で暖められた空気が温度の低い外部に流出し、室外側表面で結露の可能性はある。そこで、温度・相対湿度を測定し、絶対湿度を算出することで検証を行った。図7に夏季の結果を示す。グラフにおいて、ダクトレス熱交換換気ユニット室外側の表面温度の測定結果のうち、給気運転の時間のみ実線で表記し、排気運転の時間は点線で表記している。また、参考値として、26℃50%での絶対湿度の値、室内温湿度測定結果における絶対湿度の値をグラフ中に示している。

今回の実験では、結露はおこらなかった。ダクトレス熱交換換気ユニットを用いると、通常の換気システムよ

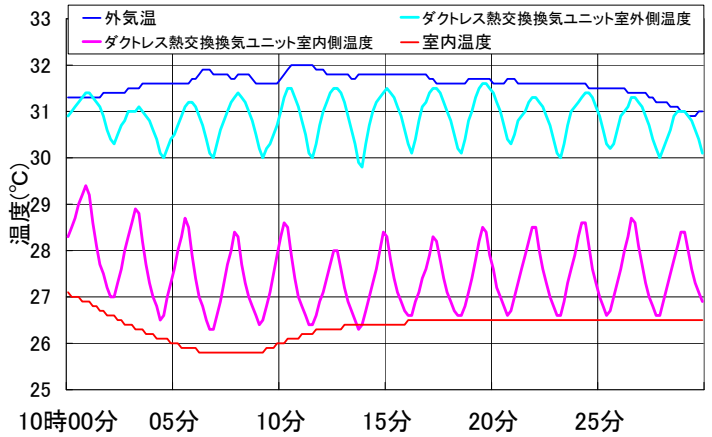


図4 温度変化による熱負荷削減効果

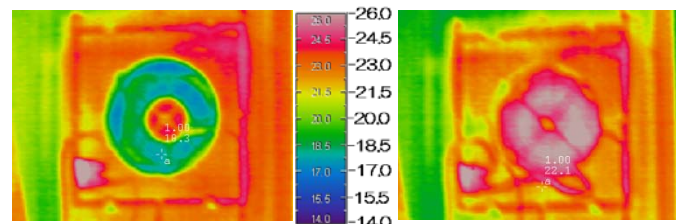


図5 表面温度熱画像（左が給気 右が排気を示す）

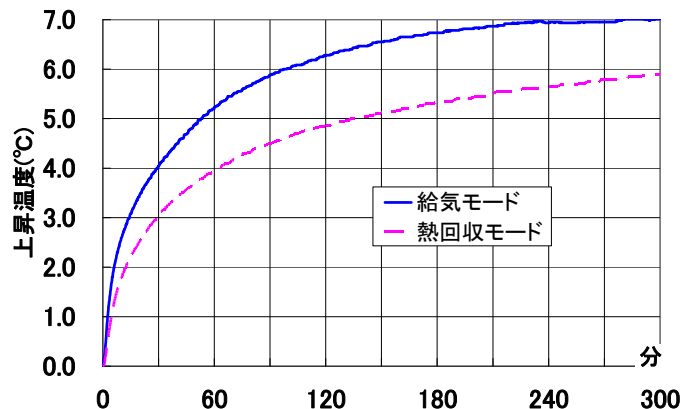


図6 温度勾配による比較

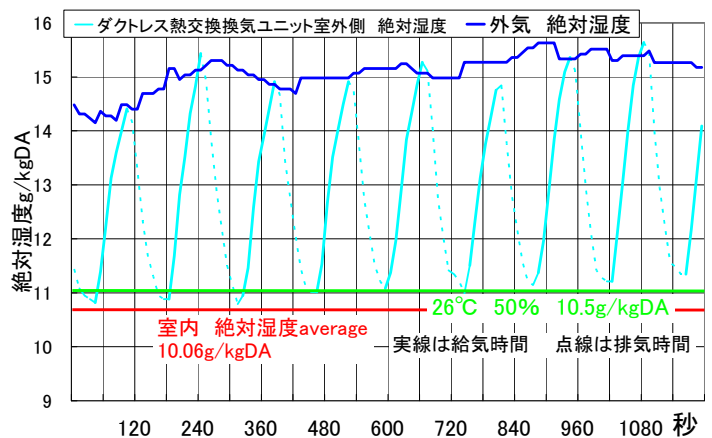


図7 絶対湿度量の比較

り、結露が発生しにくい条件で運転され、有利であると考えられる。これは、通常の換気システムの場合、外気がそのまま流入し、外気条件の絶対湿度量の水分が室内に流入するのに対し（図7の外気絶対湿度量の水蒸気が室内に流入）、ダクトレス熱交換換気ユニットの場合は、給気運転時に外気からの水分がセラミック蓄熱エレメントに吸着し、排気運転時に室内からの排気と一緒に外部に排出されるため、室内に流入する水分量が少なくなったためと考えられる。

#### （7）冬季エアコン省エネ比較実験

ダクトレス熱交換換気の顧客に対する明確なメリットの提示として、省エネ効果が考えられる。そこで、省エネ効果を比較するために、洋室(2)において、給気モード・熱回収モードそれぞれにおいて、エアコンを運転し、エアコンの電流値を測定し、消費電力で比較を行った。熱回収モードでは、給気モードと比較して、熱負荷の低減が期待され、消費電力の減少が期待できると考えられる。実験期間中はダクトレス熱交換換気ユニットおよびエアコンは常時稼働とした。実験は2月下旬～3月上旬の期間に行った。エアコンは設定温度を20℃とし、室温が20℃以上となれば、運転が一時的にOFFになる。熱回収モードでは、ダクトレス熱交換換気ユニットの熱交換によって、給気モードと比較して、室温を維持しやすく、省エネ効果が期待できる。電流値の測定結果から消費電力を算出した結果を表3に示す。なお、実験日の気温に関しては、最高気温が11～14℃、最低気温が-1～3℃程度で、同じような気象条件で比較を行った。

北側の洋室(2)では、熱回収モードは給気モードと比較して消費電力が19W低下し、省エネ効果が見られた。これは外気条件や室内温度の状況に応じてエアコンのON/OFFが行われ、熱回収モードの方がOFFの時間が長かったためと考えられる。

消費電力で比較すると、今回の実験結果では、19Wの低減となったが、1日の暖房使用時間を18時間<sup>2)</sup>、1kWhあたりの電気料金を22円<sup>2)</sup>、暖房使用期間を5.5ヶ月<sup>2)</sup>(165日)とすると、暖房時に削減できる電気料金は式(1)、式(2)のように試算できる。

$$19W \times 18\text{時間} \times 165\text{日} = 56.43\text{kWh} \quad (1)$$

$$56.43\text{kWh} \times 22\text{円/kWh} = 1,241\text{円} \quad (2)$$

エアコン1台につき、冬季において、約1,250円の削減効果があると考えられる。ただし、今回の実験施設は、室の気密性能が低く、実案件適用時は今回の実験結果以上の効果が得られると考えられる。

表3 エアコンの消費電力比較

	洋室(2)
熱回収	305 W
給気	324 W
削減量	-19.0 W

## 6. まとめ

今回の検討評価で、ダクトレス熱交換換気について、実験を行った。結果を以下にまとめる。

- ① 夏季において、ダクトレス熱交換換気の熱負荷削減効果を確認した。
- ② 夏季結露確認実験を行い、通常の換気システムよりも結露がおこりにくい温湿度で運転されることを確認した。
- ③ エアコンの消費電力の比較を行うため、冬季エアコン省エネ比較実験を行った。ダクトレス熱交換換気ユニットと通常の換気システムで測定し、電流値の結果より、今回の実験で19Wの消費電力削減効果を確認した。ただし、今回の実験施設は、室の気密性能が低く、実案件適用時は今回の実験結果以上の効果が得られると考えられる。

## 7. 今後の課題

未実施の課題について、以下にまとめる。今後、課題解決に向け、さらに検討を進めていく所存である。

- ① 換気効率についての評価が必要であり、トレーサーガスSF<sub>6</sub>を用いた濃度測定実験を行う必要がある。
- ② 外部からの騒音による遮音性能について検証が必要である。
- ③ 給気レジスター・ユーティリティ・キッチンの換気との連動をエアバランスの面からシステムを構築する必要があるなど、他設備や建築を含めた総合的なシステムを検討する必要がある。

謝辞：今回の検討評価において、販売代理店パッシブエネルギー・ジャパン(株)ドイティンガー・クリスティアン氏に御協力いただきました。御礼申し上げます。

## 8. 参考文献と引用リスト

- 1) パッシブエネルギー・ジャパン株式会社 技術資料
- 2) 社団法人日本冷凍空調工業会  
[http://www.jraia.or.jp/product/home\\_aircon/select\\_02\\_04.html](http://www.jraia.or.jp/product/home_aircon/select_02_04.html)