

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

本研究で検討した住宅用ダクトレス熱交換換気には、天井内ダクトが不要であるという点と一定間隔で給排気の向きを入れ替えることで、高い熱交換効率で熱負荷を低減できる点に特徴がある。本論文では、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低減効果を確認した。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、冬季エアコン電力負荷低減効果確認実験を行い、電力負荷低減を確認した。

キーワード: ダクトレス, 熱交換, 結露, 換気, 熱負荷

The residential ductless heat exchange ventilation system is characterized by reducing thermal loads at a high heat exchange rate by interchanging the direction of air supply and having no duct under the roof. In this study, identification of the issues in applying the system to the housing complexes in Japan followed by evaluation of the applicability of the system was indicated. The effectiveness of the system in reducing thermal loads in summer was demonstrated, and the condensation test results showed that the ventilation system runs with less condensation at a lower temperature and humidity than normal ventilation fans. And in order to compare power consumption, experiments of air conditioners were conducted in winter.

Key Words: Ductless, Heat Recovery, Condensation, Ventilation, Thermal Load

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、室温調節などの目的があり、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、大きな空調負荷が発生し、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、空調負荷を低減し、光熱費を節約することができ、同時に、除湿や加湿など室内湿度環境の調節を行う機器として、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、施主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。

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）は、高い熱交換効率で熱負荷を低減できる点と、天井内ダクトが不要で機器を壁内部に納めることができる壁埋込型であるという点に特徴がある。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実考

ダクトレス熱交換換気は、換気ファン・蓄熱材で構成される換気ユニットを1つの対象空間に最低2台の1組を設置して行う。運転においては、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、給気と排気が入れ替わる換気方式である。入れ替わり後は、それまで給気ファンとして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、冷房負荷を低減する。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、暖房負荷を低減する。また、室内の湿度が高くなりすぎた場合、給気と排気が入れ替わらない運転に切り替わり、排湿による室内の調湿ができる機能を備えている。

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秒ごとに給気と排気が入れ替わる。

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の有無などの状況確認のための換気効率確認
- ② 夏季および冬季の結露確認
- ③ 外部音に対する遮音性能確認
- ④ 熱負荷低減効果確認
- ⑤ 給気レジスター、ユーティリティおよびキッチン換気とのエアバランス確認
- ⑥ 施工方法確認

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

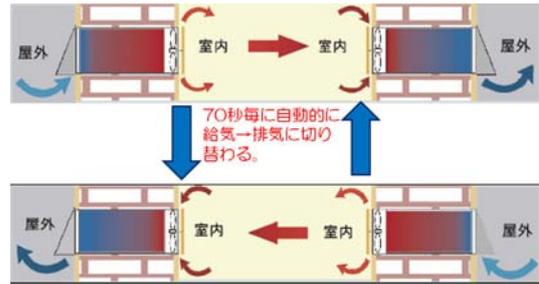


図-1 ダクトレス熱交換換気の実考

表 1 ダクトレス熱交換換気ユニットの仕様¹⁾

	iV150f-350	(参考) iV150f-190
熱回収率	最大91%	
風量	54.4m ³ /h	54.4m ³ /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 壁厚にあわせて切断可能	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¹⁾

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 81.34m²、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)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組とし、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おける性能確認を目的として、「夏季熱負荷低減効果確認実験」、「夏季結露確認実験」、「冬季エアコン電力負荷低減効果確認実験」を行った。

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秒ごとに給気と排気を切り替える運転（以下、熱回収モード）と、通常の換気システムとの比較を行うために、給気と排気の切り替えを行わない運転（以下、給気モード）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、実験に用いたダクトレス熱交換換気ユニットについて、事前に測定した風量を表-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・エアコンの電流である。

LD、洋室（2）、外気に、温湿度測定点として「おんどとり Jr RTR53A」（株式会社T&D）を、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、エアコンの電流を測定するために、クランプロガー3636（日置電機株式会社）を、それぞれ設置した。

（4）設置状況

設置状況を写真-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φ180の穴を開け、塩ビ管のスリーブを設置した。

スリーブ外側にバントキャップを取り付け、内側から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）夏季熱負荷低減効果確認実験

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低減効果について、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、実験日は晴天であり、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、給気運転を行っている時間であり、温度が高い外気が流入している。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、室内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

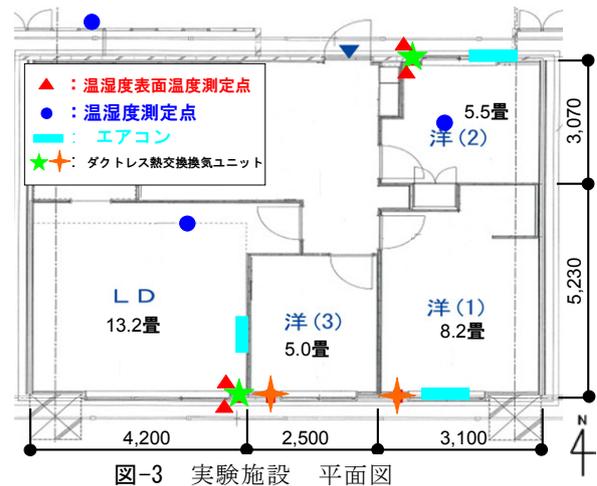


表-2 ダクトレス熱交換換気ユニット風量

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 ³ /h	m ³ /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



バントキャップ設置



蓄熱エレメント設置



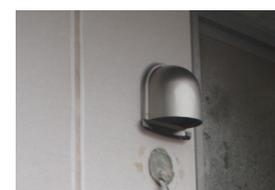
ファン設置



配線工事



配線工事



設置完了概観

写真1 設置状況

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。つまり、**図-4**の斜線部が熱負荷低減量を示すこととなる。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、夏季同様熱負荷低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ことが分かる。

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の最も近い日を選び、温度の上がり方で比較した。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、温度の上がり方が小さくなった。

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、熱負荷低減が期待できる。

(6) 夏季結露確認実験

竣工後に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どうかを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がある。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がある。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。

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(**図-7**の外気絶対湿度量の水分が室内に流入)のに対し、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ことにより、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。

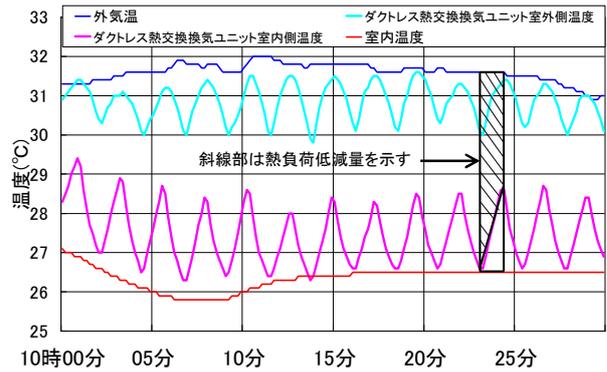


図-4 夏季温度測定結果

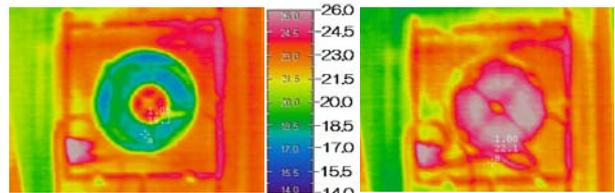


図-5 表面温度熱画像 (左: 給気 右: 排気)

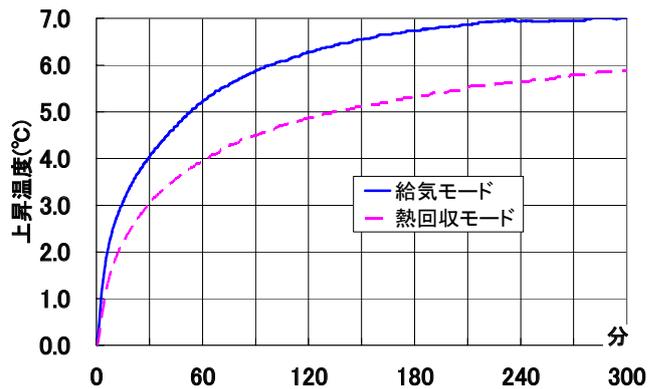


図-6 温度の上がり方による比較

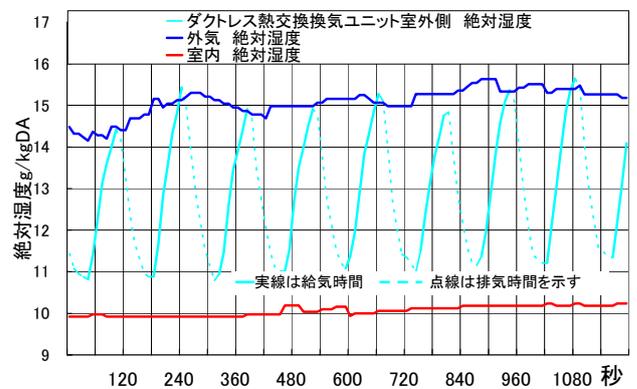


図-7 絶対湿度量の比較

(7) 冬季エアコン電力負荷低減効果確認実験

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、エアコンの電流を測定し、消費電力で比較を行った。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、熱負荷低減による消費電力低減が期待できると考えられる。実験は2月下旬～3月上旬の期間に行った。実験期間中、ダクトレス熱交換換気ユニットおよびエアコンは連続運転とした。また、エアコンは設定温度20℃の自動運転とした。電流の測定値から消費電力の平均値を算出した結果を表-3に示す。なお、いずれのモードの実験も、同等の気象条件と考えられる5日分のデータで比較を行った（最高気温が11～14℃、最低気温が-1～3℃）。

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平均消費電力が19W低下し、省エネ効果が見られた。これは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であると考えられる。

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²⁾、1kWhあたりの電気料金を22円²⁾、暖房使用期間を5.5ヶ月²⁾（165日）とすると、暖房時に低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、今回の実験施設は気密性能が低いため、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 エアコンの平均消費電力比較

	洋室（2）
熱回収	305 W
給気	324 W
低減量	-19.0 W

6. まとめ

今回の検討評価で得られ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低減効果を確認した。
- 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になることを確認した。
- ③ エアコンの消費電力の比較を行うため、冬季エアコン電力負荷低減効果確認実験を行った。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、今回の実験で平均19Wの消費電力低減効果を確認した。ただし、今回の実験施設は気密性能が低いため、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予定である。

- 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有無などの状況確認のための換気効率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