

全熱交換素子の高効率化

Development of Enthalpy Exchanger Core which Saves Energy with High Efficiency

村山 拓也*
Takuya Murayama

勝見 佳正*
Yoshimasa Katsumi

熱交換形換気設備は排気中の熱や湿度を回収することにより、快適性を維持しつつ空調負荷を削減できるものであり、その省エネルギー効果はキーデバイスである全熱交換素子の性能に依存する。伝熱板材料の透湿性能の向上や素子風路構造の最適化を図ることにより、全熱交換効率を向上することができる。

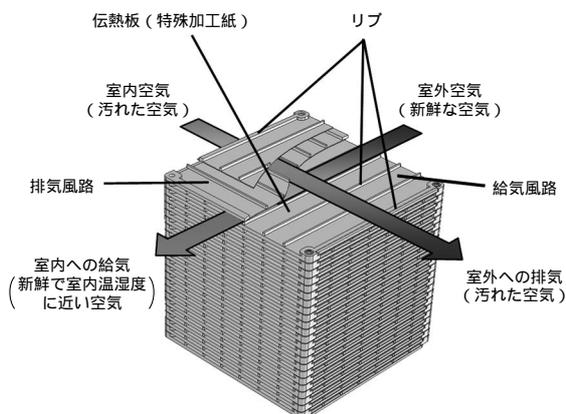
Energy-recovery ventilator recovers sensible heat and latent heat from air exhausted from a room. It therefore reduces energy loss during ventilation without sacrificing comfort. Its performance of energy-saving effect depends on the key component, the "Enthalpy Exchanger Core". By developing a heat-transfer plate with higher moisture permeability, and by optimizing the structure of the enthalpy exchanger core, it was possible to improve the energy recovery efficiency of the enthalpy exchanger core.

1. 全熱交換素子の原理

近年、地球環境保護や二酸化炭素削減の観点から、居住空間の快適性を維持しつつ、空調エネルギーの削減が可能な熱交換形換気設備が注目されている。熱交換形換気設備は、排気中の熱や湿度を全熱交換素子によって回収することにより、換気に伴う熱ロスを低減するものである。

全熱交換素子は、所定の間隔を設けて積層された複数枚の伝熱板から構成されている。この伝熱板が気体遮蔽性と透湿性を有しているため、室内の汚れた空気と室外の新鮮な空気を伝熱板の間に交互に流すことで、換気を行いながら伝熱板を介して熱と湿度を回収できる（第1図）。

この全熱交換素子において、熱および湿度をより効率的に回収するには、伝熱板材料の透湿性能の向上や、通気抵抗の上昇を抑制しつつ伝熱面積を増加させる風路構造の検討が有効である。



第1図 全熱交換素子の構成

Fig. 1 Structure of enthalpy exchanger core

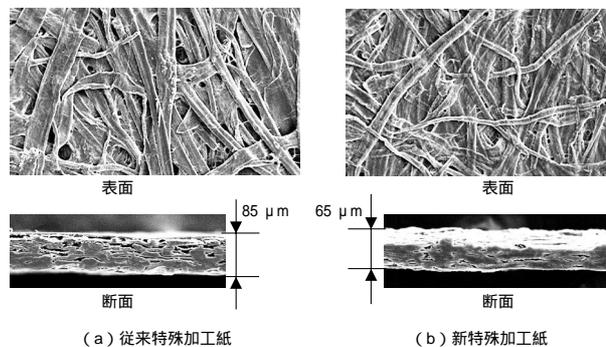
2. 伝熱板材料の透湿性能の向上

伝熱板材料には、気体遮蔽性と透湿性を兼ね備えた特殊加工紙が用いられており、二酸化炭素や臭気成分は通さず水分のみを選択的に透過させることで、確実な換気を行いつつ湿度の交換が可能となる。

この特殊加工紙の気体遮蔽性能は、基材となる紙の繊維構造を細密化して細孔径を小さくし、その基材表面に吸湿性とガスバリア性（気体の透過を抑制する性質）を併せもつ薬剤をコーティングすることで向上できる。

また、特殊加工紙の透湿性能は、繊維構造の細密化により基材を薄膜化するとともに、水分を吸着する薬剤を基材に添加して、空気中から伝熱板（特殊加工紙）表面への水分授受速度を速めることで向上できる。

新たに開発した伝熱板材料は、紙厚を従来の85 μm から65 μm に約24%薄膜化し、従来よりも吸湿性の高い薬剤を添加した（第2図）。その結果、従来同等の気体遮蔽性（給排気間の二酸化炭素の移動量を2%未満に抑えられる遮蔽性能）を維持しつつ、潜熱交換効率¹⁾（湿度交換効率）を従来の46%から64%まで高めることができた。



SEM : Scanning Electron Microscope

第2図 伝熱板（特殊加工紙）のSEM画像

Fig. 2 SEM images of heat transfer plate (paper)

* パナソニック エコシステムズ（株）
Panasonic Ecology Systems Co., Ltd.

3. 素子風路構造の検討

全熱交換素子の外形寸法を変えずに熱交換効率を向上する方法として、伝熱板の積層間隔を詰めて伝熱板の枚数を増やすことが考えられる。しかしながら、全熱交換素子に使用している特殊加工紙は、気体遮蔽性を確保するために高密度に紙の繊維が形成されているため、紙の繊維が水分を吸収して膨張することにより紙自身が伸びてしまい、リブの間の風路にたわみが発生して通気抵抗が極端に上昇するという課題がある。

このため、全熱交換素子の効率向上には、通気抵抗の上昇を抑制しつつ、伝熱面積を増加させることが可能な風路構造の開発が必要である。本検討では、特殊加工紙のたわみを抑制しつつ、積層間隔を詰めて伝熱面積を増やすため、従来のL字型風路構造の全熱交換素子を基本に、リブで隔てられた風路直線部のアスペクト比（風路幅／積層間隔）を指標として風路構造の最適化を行った。

従来のL字型風路構造の全熱交換素子を積層間隔1.5 mmから1.0 mmまで詰めた場合、アスペクト比を17.3から10.0まで縮小することで、紙のたわみによる極端な通気抵抗の上昇を伴わずに、全熱交換素子の効率向上を図ることができた（第1表）。

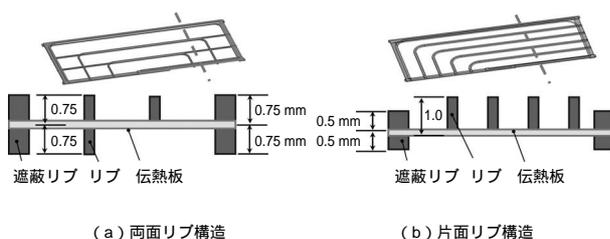
以上のように伝熱板の積層間隔を1.0 mmに設定して、第3図（a）に示すような従来と同様のリブ構造、すなわち伝熱板の表裏両面にリブを成形する構造（両面リブ構造）を採用した場合、リブ成形高さが低いため金型内の

第1表 全熱交換素子の性能比較

Table 1 Performance comparison of enthalpy exchanger core

	従来全熱交換素子	新全熱交換素子
素子寸法	D65 mm × W145 mm × H225 mm	
積層間隔	1.5 mm	1.0 mm
アスペクト比	17.3	10.0
通気抵抗	47 Pa	98 Pa
顕熱交換効率	66 % / 65 %	73 % / 73 %
潜熱交換効率	37 % / 39 %	64 % / 63 %
全熱交換効率	44 % / 54 %	66 % / 69 %

冷房時の熱交換効率（%）／暖房時の熱交換効率（%）



(a) 両面リブ構造

(b) 片面リブ構造

第3図 L型対向流全熱交換素子のリブ構造

Fig. 3 Rib structure of L turn-counterflow enthalpy exchanger core

樹脂流動性が悪化し、所望の形状に成形できないという課題が発生した。そこで、伝熱板の片面側にリブを成形する構造（片面リブ構造）に変更することで、積層間隔を1.0 mmまで詰めた場合でもリブ成形高さを確保して良好な成形性を得ることができた（第3図）。

4. 省エネルギー効果

換気量250 m³/hの熱交換形換気設備を例に、夏期冷房条件における省エネルギー効果を試算した。全熱交換効率が従来の44 %から66 %に向上することにより、排気からの熱回収量が、1370 Wから2050 Wに増加する。一方、全熱交換素子の通気抵抗は、従来の47 Paから98 Paに上昇するので、送風機の搬送動力、すなわち消費電力が150 Wから175 Wに増加する。したがって、総合的な省エネルギー効果としては、熱回収量の増加分680 Wから消費電力の増加分25 Wを差し引いた655 W分が向上したことになる。

また、年間を通じた省エネルギー効果を一般換気扇と比較すると、床面積40 m²の建物を250 m³/hで換気した場合には、熱交換形換気設備は冷房期間で約1.9 kW、暖房期間で約1.5 kWの空調負荷を低減でき、年間電気代として約8000円削減することができる。

（電気代の試算条件：換気負荷5.6 kW、冷房時のエアコンCOP 3.33、暖房時のエアコンCOP 3.45、夏冬各1000 h エアコン運転、一般換気扇の消費電力60 W、熱交換形換気設備の消費電力175 W、各3000 h運転、電気料金20円 / kW/h）

5. 今後の展望

快適な暮らしと地球環境との共存を図るには、熱交換形換気設備のように省エネルギーで快適な住空間を実現できる環境対応機器が必要となる。とりわけ、そのキープデバイスである全熱交換素子の高効率化は、省エネルギー効果を高める上で極めて重要な技術開発である。

今回、高効率化の技術ポイントに、伝熱板の透湿性能の向上と素子風路構造を述べたが、国内では、熱交換形換気設備が住宅版エコポイントの対象となるなど、省エネルギー型換気システムのニーズはグローバルに拡大している。今後、世界各国の気候や住宅性能に適合したより高度な高効率化技術の開発が望まれている。

参考文献

- 1) 日本規格協会：JIS B 8628（全熱交換器）。