

室外機向けVFT熱交換器による ビル用マルチエアコンの省エネルギー性向上

八柳 暁*
Akira Yatsuyanagi
藪内宏典*
Hironori Yabuuchi
尾中洋次†
Yoji Onaka

足立理人†
Rihito Adachi
岸田七海†
Nanami Kishida

Improved Energy Efficiency of Multi-Air Conditioners for Buildings
Using VFT Heat Exchangers for Outdoor Units

*冷熱システム製作所
†先端技術総合研究所

要 旨

業界最高クラスの伝熱性能を実現するVFT(Vertical Flat Tube)熱交換器を開発し、ビル用マルチエアコン室外機への実装を実現した。VFT熱交換器の室外機への実装時には、伝熱管である扁平(へんぺい)管内部の冷媒の流れ方向が従来の水平方向から垂直方向へ変更になったことによって、冷房運転で冷媒が扁平管の内部を上昇する際に、ガスから液へと相変化した冷媒が持ち上がりず熱交換器下部に滞留する点、暖房運転で熱交換器に流れる冷媒の分配を制御する分配器内での冷凍機油の滞留によって冷媒分配が悪化する点の2点が課題であった。

今回、冷房運転時の課題に対しては、冷媒の流速を高い状態に維持しながら、冷媒を均等に分配できる流路構造を採用することで解決した。暖房運転時の課題に対しては、分配器内に返油経路を設けることで解決し、良好な冷媒分配を実現した。これらの技術の適用によって、省エネルギー性の向上を実現した。

1. ま え が き

昨今の空調機に対しては、グローバルなカーボンニュートラルの意識の高まりによって省エネルギー性の更なる改善が求められている。日本国内の建築業界では、ZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)対応がトレンドであり、今後、建築物省エネ法による省エネルギー基準適合義務等でZEBの更なる拡大が見込まれる。2050年までのカーボンニュートラル(温室効果ガス排出量正味ゼロ)実現に向けて、2025年4月から、原則全ての新築住宅・非住宅に対して、省エネルギー基準への適合が義務化される。

また、世界的な冷媒規制強化の中で、空調冷熱機器の低GWP(Global Warming Potential)化・省冷媒化も急務になっている。日本国内では、フロン排出抑制法によって製造事業者に対して低GWP冷媒の採用を求める指定製品化⁽¹⁾が規定されており、空調機では先行する家庭用や店舗用に加えて、ビル用マルチエアコンについても2025年に指定製品化されることが決定し、対象機種での目標GWP達成が求められる。

2. 機 種 戦 略

世界的な脱炭素化の加速に伴う冷媒規制、国内ZEB対応や各国のMEPS(Minimum Energy Performance Standards: 最小エネルギー性能標準)規制の強化に対応し、省冷媒化を実現してグローバルな社会課題の解決に貢献していくためには、キーパーツである熱交換器の性能改善が重要である。

熱交換器の高性能化には伝熱管の細径高密度化が効果的であり、これまでも扁平管を採用したHFT(Horizontal Flat Tube)熱交換器の導入を進めてきた。しかしながら、従来のHFT熱交換器では、省エネルギー性改善のために伝熱管とフィンを高密度に実装すると、狭い間隔で配置された伝熱管に対して冷媒を適切に分配するために冷媒分配器の構造が複雑化する。さらに、従来の熱交換器では上下方向に配置された多数の伝熱管に対する冷媒分配方式のため、重力の影響によって低負荷での冷媒分配性能が悪化して省エネルギー性が低下することが課題であった。そこで、この課題を解決し省エネルギー性を向上するVFT熱交換器を開発した。

図1に、HFT熱交換器を使用した従来の機種とVFT熱交換器を使用した新機種での冷暖平均COP(Coefficient Of Performance)の比較を示す。また、HFT熱交換器とVFT熱交換器それぞれの構造と冷媒の流れを図2に示す。

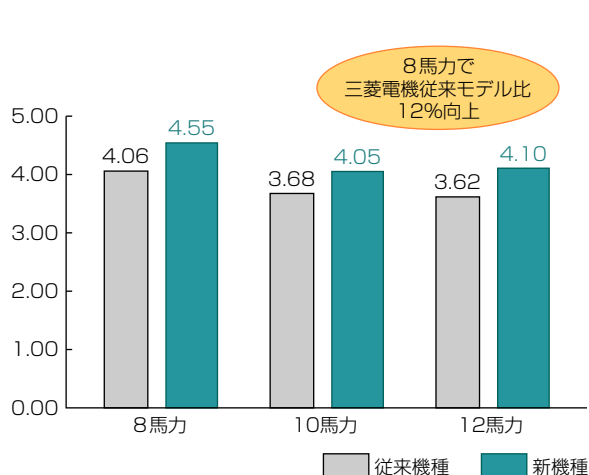


図1-冷暖平均定格COP 従来機種と新機種の比較

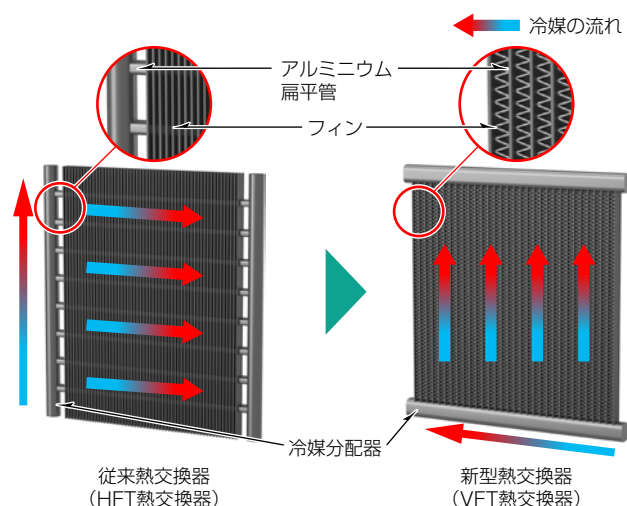


図2-従来熱交換器 (HFT) と新型熱交換器 (VFT)

3. VFT熱交換器の要素技術

VFT熱交換器を実装することで、冷媒分配器の構造を過度に複雑化することなく省エネルギー性を向上できる要素技術について述べる。扁平管を狭い間隔で配置し、フィンに伝熱を促進する切れ込み(ルーバー)を多数設けることで、熱交換器の伝熱性能を大幅に向上させることができる。また、冷媒分配器を水平方向に延びるように配置することで、重力の影響による冷媒分配の悪化を抑制する。このことから、VFT熱交換器は、細径高密度化に伴う課題を解決しながら、省エネルギー性を向上可能な熱交換器形態と言える。しかしながら、VFT熱交換器には、暖房運転で室外機の熱交換器内部を低温のガス冷媒と液冷媒が流れる場合に生じる技術課題が大きく二つある。それらの技術課題を解決した取組みについて述べる。

暖房運転では熱交換器の内部を低温の冷媒が流れるため、空気と熱交換したときに結露や着霜が発生することがある。VFT熱交換器ではルーバーを設けたコルゲートフィンを上方向に延びるように配置するため、結露水や除霜運転で発生する融解水を排出する際は、重力による水の落下方向に多数存在するフィンを通過しなければならず、排水が著しく遅くなるという課題がある。そこで、排水時に水分に作用する表面張力の影響を抑制するルーバー形状、排水スリット構造を開発してスムーズな排水を実現した。さらに、水分をまとめて下方に落下させる中央スリットを形成することで、従来のHFT熱交換器並みの排水性を実現した(図3)。

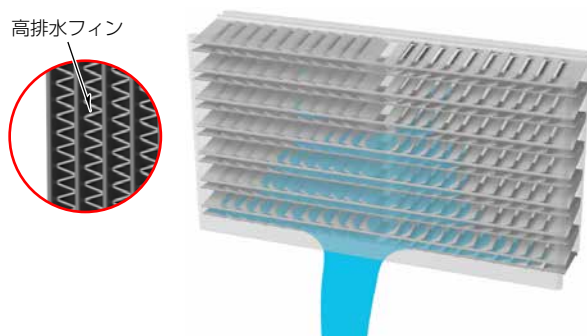


図3-コルゲートフィンの排水

冷媒分配器については、水平方向に延びるように配置することで、細径高密度化に伴う課題であった重力の影響による冷媒分配の悪化を解決した。しかし、液冷媒が慣性の影響でヘッダー奥側に集中することで、冷媒分配が偏るという課題があった。そこで、小穴を持つ配管(シャワーパイプ)をヘッダー内部に配置して、冷媒分配の偏りを抑制する構造を開発し、ロバスト性が高く良好な冷媒分配を実現した(図4)。

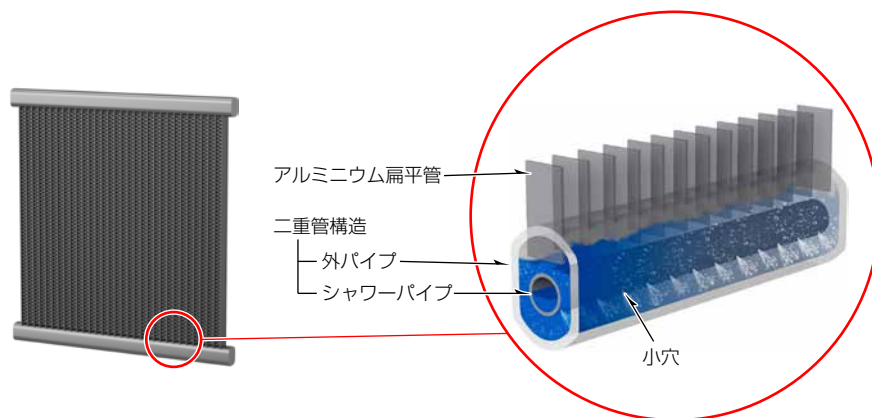


図4-水平分配器の構造

4. VFT熱交換器の実装技術

空調機に熱交換器を実装する際には、要素技術の改善だけでなく、運転モードによる冷媒流れ方向の変化や、運転条件による冷媒状態、負荷の大小など、様々な使用環境で熱交換器の性能を損なわないようロバスト性を持った構造を採用する必要があります。今回、VFT熱交換器をビル用マルチエアコン室外機に搭載するに当たって、冷房運転・暖房運転のそれぞれで、良好な冷媒分配を実現する上での課題を解決した取組みについて次に述べる。

4.1 冷房運転時の液冷媒滞留改善

VFT熱交換器では、従来の熱交換器とは異なり、伝熱管の内部を下側から上側へ向かって冷媒が流れる領域を持つ。冷房運転時の室外熱交換器では、内部を流れる冷媒はガス状態から液状態へと変化するため、冷媒が上昇するには液状態の冷媒を上部まで持ち上げる力、すなわち冷媒の流速が必要である。冷媒の流速が小さい場合は、液状態の冷媒が上部まで持ち上がらず伝熱管内部で滞留が発生し、伝熱性能が損なわれるという課題があった。

この課題に対して、図5に示すように室外機の3面にそれぞれ独立した構造のVFT熱交換器を配置した。冷房運転時は左右面に配置した熱交換器に対して並列に冷媒を流した後、合流させた冷媒を後面に供給し、暖房時には全ての熱交換器に対して並列に冷媒を流す、冷暖可変パスを採用した。冷暖可変パスによって、冷房運転時の熱交換器の全領域で冷媒の流速を十分に確保し、液冷媒の滞留を抑制した。また、この構成を採用する場合には、後面のガス分配器で液冷媒の分配が発生するため、液分配器と同様にシャワーパイプを導入し、良好な冷媒分配を実現した(図6)。これらの技術によって、従来熱交換器を搭載したビル用マルチエアコンに対する省エネルギー性の改善を実現した。

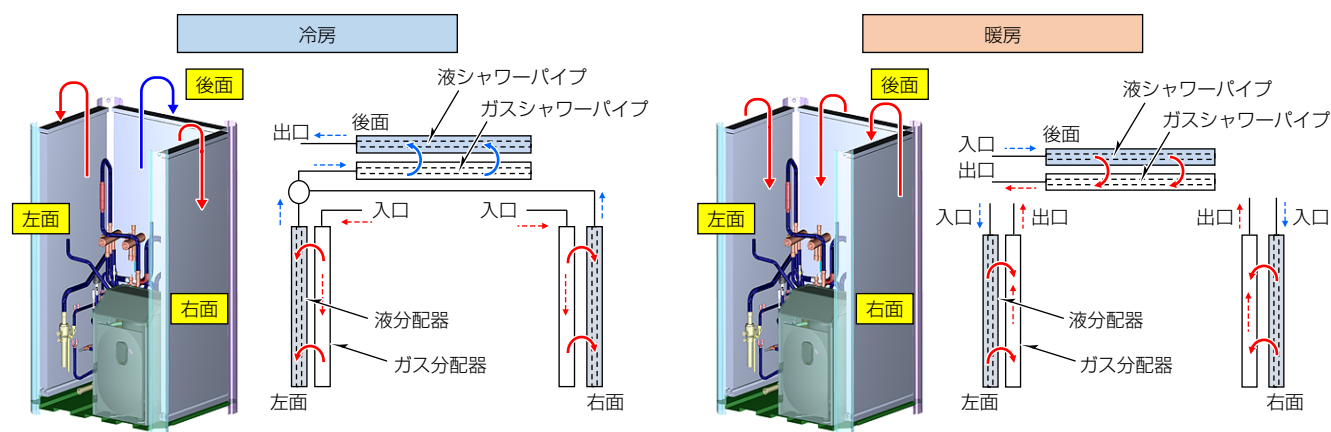


図5-VFT熱交換器の実装構造

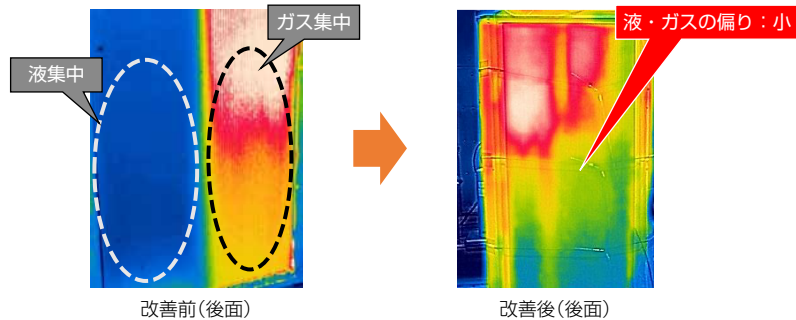


図6-VFT熱交換器後面の液冷媒滞留改善(実機サーモグラフィー)

4.2 暖房運転時の油滞留改善

VFT熱交換器では、4.1節で述べたとおり、冷房運転時の下流側での良好な冷媒分配のため、後面のガス分配器にシャワーパイプを導入している。シャワーパイプを固定するための仕切り板が必要であり、内部は幾つかの仕切られた空間に分けている。このとき、分配器の出口から遠いほど、冷凍機油の滞留量が大きくなり、その影響で、冷媒分配が不均一になるという課題があった。

この課題を解決するため、後面ガス分配器内部の仕切り板に対して冷凍機油を流すための穴を設けて、そこから返油が可能になる構造を採用した。その結果、冷凍機油の滞留による冷媒の分配悪化を抑制し、暖房運転時についても良好な冷媒分配を実現した(図7)。

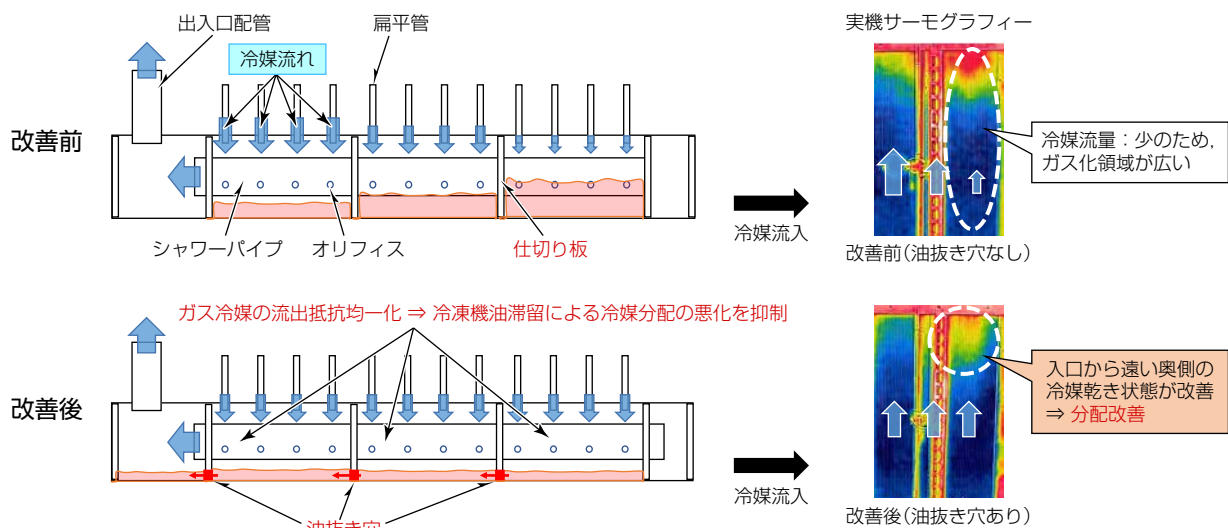


図7-水平冷媒分配器の冷凍機油滞留抑制構造

5. む す び

グローバルなカーボンニュートラルの加速に要求される高性能な空調機に対して、VFT熱交換器を開発し、ビル用マルチエアコンへ搭載した。冷房運転時の課題である液冷媒の滞留に対して、冷暖可変パス構成としながらガス分配器にシャワーパイプを設けることで解決した。暖房運転時は、分配器内に冷凍機油を流すための油抜き穴を配置することで、良好な冷媒分配を実現した。これらの技術の適用によって省エネルギー性を向上させた。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省：エアコンディショナーの製造業者等の判断の基準となるべき事項，平成27年経済産業省告示第50号
https://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/ozone/files/law_furon/law_furon_laws/230331_aircon_handan.pdf