

低騒音ATWヒートポンプ

内野進一*

Low-noise Heat Pump for Residential Air to Water

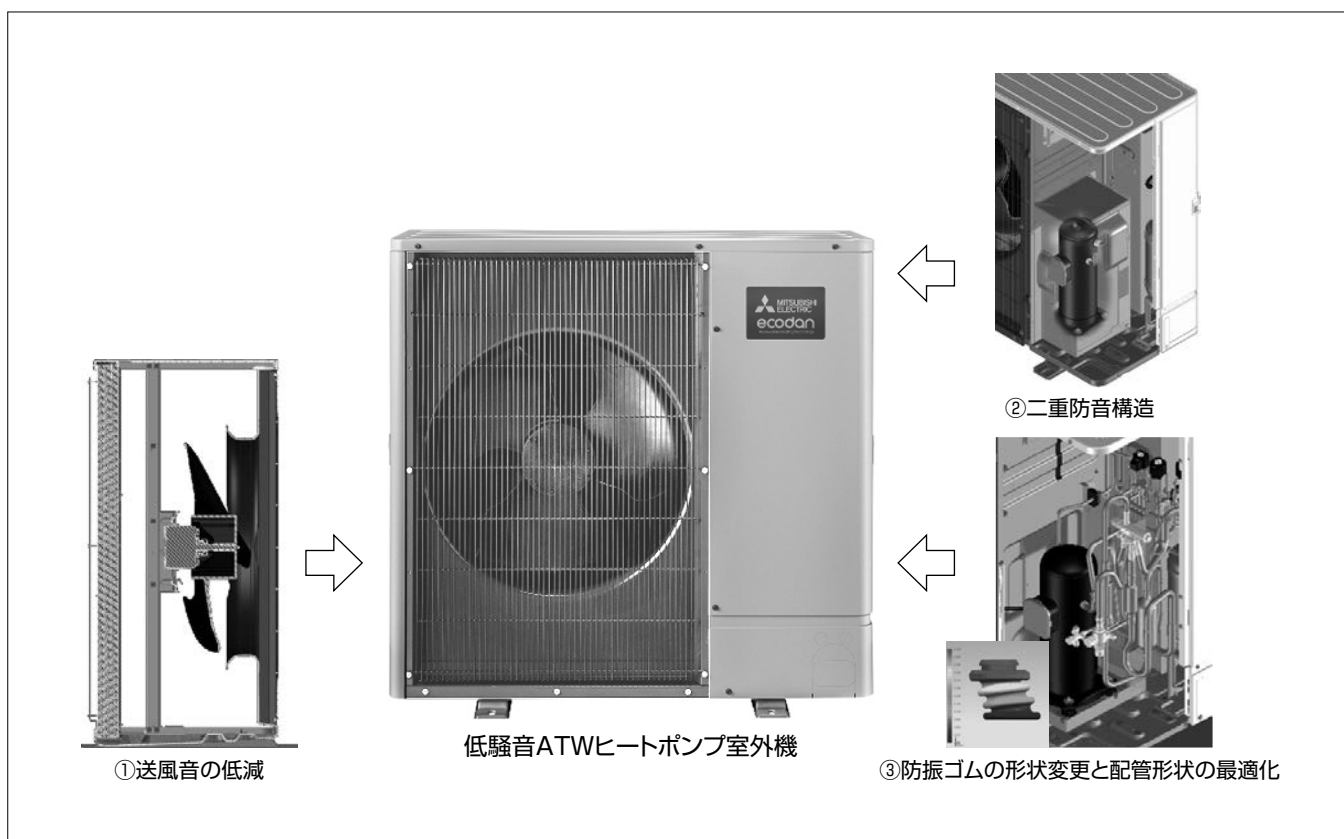
Shinichi Uchino

要旨

欧州各国政府による、CO₂排出量削減施策(建物省エネルギー規制、再生可能エネルギー機器へのインセンティブ)に後押しされ、住宅用温水暖房用途として、従来の化石燃料燃焼系ボイラをヒートポンプ熱源に置き換えた、ATW(Air To Water)ヒートポンプシステムの使用が伸張している。三菱電機は2007年から空調機技術をベースに、ブランド名“ecodan”で、ヒートポンプ室外機をローカルシステムに供給することから市場へ参入し、2011年に自社室内機を開発して自社システムを完成した。

性能改善・快適性・扱いやすさなど日々、ユーザーメリットになる開発を進めてきたが、市場投入から10年を迎えるに当たり、新たな競争軸として低騒音化を目標とし

た開発を行った。欧州ではドイツなどで既にヒートポンプシステムに対して運転制限を設けるガイドラインを設定、今後、周辺各国へも展開されることが予想される。現在の市場に存在するヒートポンプ室外機は“低騒音でサイズが大きい”か“騒音は大きいサイズが小さい”の二極化であるため、“低騒音でサイズが小さい”ことを目的とした開発を行った。当社従来機と比べて-10dBという低騒音を実現した今回の開発は、騒音値58dBを達成したことで他社に対して圧倒的に優位となり、今後の事業拡大に向けて大きな意味を持つ。また、10年目の節目であるこの機会に家庭用市場への適合性を高めるためデザインを一新した。



ATWヒートポンプ室外機の低騒音化の基本要素

ATWヒートポンプ室外機のコンパクト化と低騒音化を目標とし、①風路最適化による送風音の低減、②圧縮機を防音箱で囲って遮音し、かつ室外機のパネルで更に防音する二重防音構造を実現するために電気品冷却の構造、機械室収納性を見直しを行い直接音を低減、③圧縮機振動伝播(でんば)を減衰させるために防振ゴムの形状変更と配管形状の最適化を実施することで振動音を低減した。欧州市場に対して新しいメリットを提供する。

1. ま え が き

欧州各国政府による、CO₂排出量削減施策(建物省エネルギー規制、再生可能エネルギー機器へのインセンティブ)に後押しされ、住宅用温水暖房用途として、従来の化石燃料燃焼系ボイラをヒートポンプ熱源に置き換えた、ATWヒートポンプシステムの使用が伸張している。当社は2007年から空調機技術をベースに、ブランド名“ecodan”で、ヒートポンプ室外機をローカルシステムに供給することから市場へ参入し、2011年に自社室内機を開発して自社システムを完成した。市場参入から10年を迎え、従来の競争軸である“性能”、“価格”に新たな“低騒音”を加え、当社従来機に比べ圧倒的な-10dBという新室外機を開発した。

本稿ではこの製品と低騒音化を実現した技術設計思想について述べる。

2. 欧州市場の現状と製品のコンセプト

ドイツではヒートポンプの騒音に対して表1に示すガイドラインが発行されており、一部の自治体や物件では騒音値レポートの提出が義務付けられている。ヒートポンプ室外機の普及が進む今後の欧州市場で、同ガイドラインの適用がドイツとその周辺国を中心に加速されていくことが予測される。現在販売されている市場のヒートポンプ製品を騒音の観点から分類すると“低騒音でサイズが大きい”か“騒音は大きいサイズが小さい”の二極に分かれており、当社従来機種も後者の分類となる。特に6kW以上の機種についてはガイドラインが示す“制限付き運転”に該当するものであった。制限付き運転とは平日20時～7時、日曜・祝日は運転禁止になるため、法規制へと展開され強制力を持った場合は事業に与える影響は大きい。

表1. ドイツの騒音規制ガイドライン

	6kW以下	12kW以下	30kW以下
運転不可/禁止	>65dB	>70dB	>75dB
制限付き運転(注1)	≤65dB	≤70dB	≤75dB
運転可	≤55dB	≤60dB	≤65dB

(注1) 日曜日、祝日、平日20時～7時の運転禁止

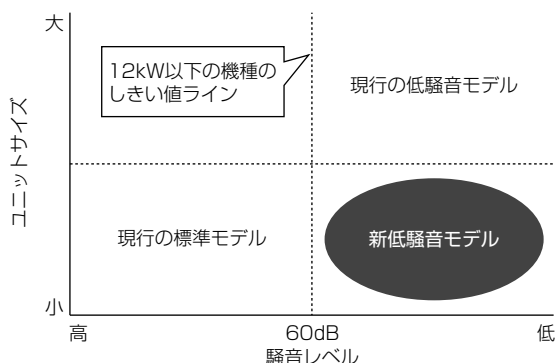


図1. 市場における新製品の立ち位置

そのためこの開発は欧州の主力能力帯である12kW以下の機種に対して“低騒音で省スペース”を目標にガイドラインのしきい値への到達、かつ圧倒的な訴求となるPWL(音響パワーレベル)で現行機種-10dBを目標とした(図1)。

また、家庭用冷房機としてのヒートポンプは普及しているが、暖房用を市場としたATWヒートポンプでは多くのメーカーは業務用エアコンの室外機をベースにしているため、ファンの回転が見えることで視覚的にうるさく感じるという声や、室外機が景観に合わず目隠しをする必要があるなど、見た目への要望も多くあがっていた。そこで市場参入から10年という節目の年であるこの機会に室外機のデザインを一新した。

3. 室外機デザインの変更

従来の室外機は業務用をベースにしており、工業的なデザインであったため、市場の要望から表2の3点のコンセプトで見直しを行って従来の業務用空調機の見目から大幅に変更し、住宅との調和を考慮したデザインとした(図2)。

4. 室外機の騒音

4.1 騒音の分類

室外機の構成要素として、空気と冷媒を熱交換させるために送風を行う送風室と、電気品や圧縮機などの冷媒回路部品を収納した機械室で構成されているため、低騒音化のためには送風室・機械室それぞれの特徴に合わせた改善が必要である。

表2. デザインコンセプト

項目	コンセプト
大きなファンを隠す	フロントパネルとファンを暗い色で目立たなくし、ファンに不慣れで心理的なうらささを感じる欧州ユーザーに配慮
形状の一体感と安全性の確保	ファンを一段奥に下げ、グリルとパネルをフラットにすることで、全体の一体感とユーザーがファンに触ることがない安全性を同時に実現
シンプルで美しいデザイン	正面左右の角Rを大きくとって柔らかい印象を強調。また、ハンドルをサイドに設置し、正面がシンプルで美しくなるようなデザインを採用



図2. 室外機のデザイン

図3は室外機を構成する送風室・機械室それぞれから発生する音の主要構成をまとめたもので、各騒音は表3にまとめた特徴がある。次に、各音に対してどのような設計思想で低騒音を実現したかを述べる。

4.2 送風音の低減

送風音を低減させるためには、ファンの回転数を下げることと風の流れをなるべく整流に近づける必要がある。

この機種では、ファン径を従来使用しているファンより13%拡大、また従来機種よりも少ない風量で同一の熱交換量を生み出せるように、熱交換器の効率改善を実施した。これによってファン回転数を従来比で30%低減した。

風の流れを乱すものは、ファンを支えるためのサポート及びユーザーがファンに触れないようにガードするためのグリルがあるが、ファンとこれらの構造部材の距離を離して設置することで、ファン回転によって発生した風を整流化するだけの距離を確保して乱流による音の発生を低減し、ファン回転数の低減と合わせて10dB以上の送風音低減効果を達成した(図4)。

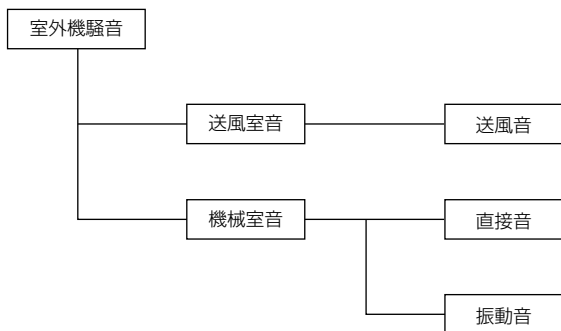


図3. 室外機騒音の分類

表3. 室外機騒音の主な特徴

騒音の種類	主な特徴
送風音	ファンの回転によって発生する空気の流れが要因となる音
直接音	圧縮機の回転音や冷媒の流れる音などの高周波音が主成分になる音
振動音	圧縮機の振動が伝播し、筐体が振動することで発生する低周波音が主成分になる音

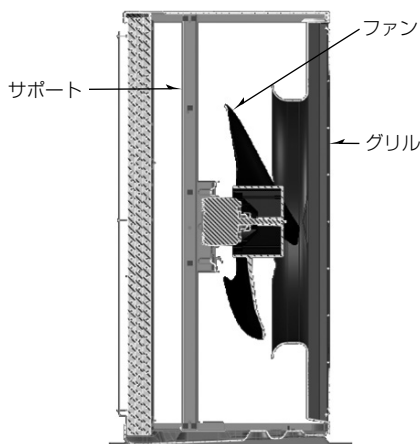


図4. ファンと構造部材の位置関係

4.3 直接音の低減

高周波音が主成分である直接音の低減では、発生した音を漏らさず、遮音・吸音することが重要であるため、二重防音構造を採用した。

二重防音構造とは、従来圧縮機を遮音していた室外機のパネルの他に圧縮機だけを囲う遮音箱を設けた構造であり、遮音箱によって圧縮機から発生する音の大部分を遮音・吸音し、遮音箱の合わせ目などから漏れ出した音を室外機のパネルで遮音する構造である(図5)。この構造を採用するに当たり解決すべき課題は“電気品の冷却”と“遮音箱導入による室外機サイズの拡大”であった。

これら2つの課題を次のように解決したことによって、室外機の二重防音構造を導入し、室外機の寸法の拡大を最小限に抑えながらも直接音の低減が可能となった。

4.3.1 電気品の冷却への対応

従来の室外機では電気品が機械室内に設置されているので、室外機のパネルに通風孔を開けて外気の取り込みを確保し、送風室で回転しているファンの負圧を利用して外気～機械室(電気品)～送風室～排気の経路を確保していた。通風孔は電気品から離れた位置に設置されており雨水が浸入したとしても電気品までは届かないため電気品保護の役割も担っていたが、機械室のパネルに穴が開いているため音が漏れるという不都合があった。

この開発に当たり、機械室から電気品を独立させた電気品室を設け、送風室・機械室・電気品室の3室構成にした。従来と同様、ファンの負圧を利用して外気の取り込みを行うが、電気品室は送風室とだけ連通して外気～電気品室～送風室～排気の経路を持ち、機械室を通ることがないため機械室の通風孔を削減することが可能となった。

電気品の冷却・保護のため、ファンによる外気取り込みを最大限に生かすようにし、負圧領域の明確化とダクトの設計を実施、通風孔から侵入した雨水が電気品に到達しないようにトラップを設けて室外機の外へ排水する通風構造の開発を行った(図6)。

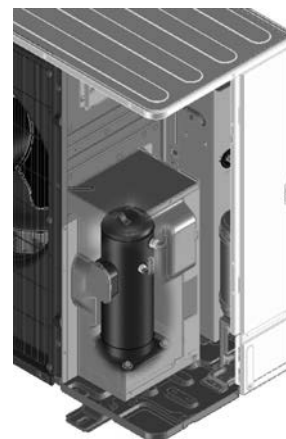


図5. 二重防音構造

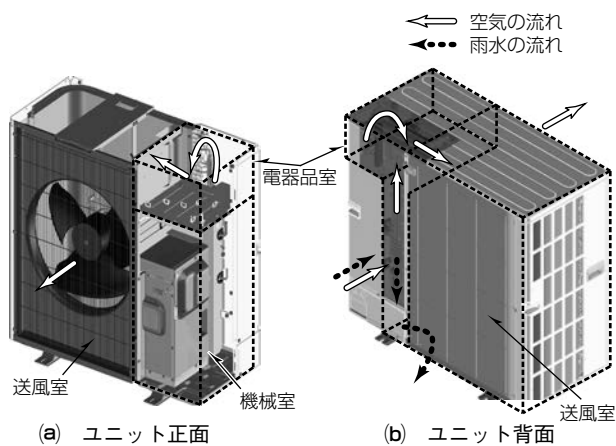


図6. 風路設計

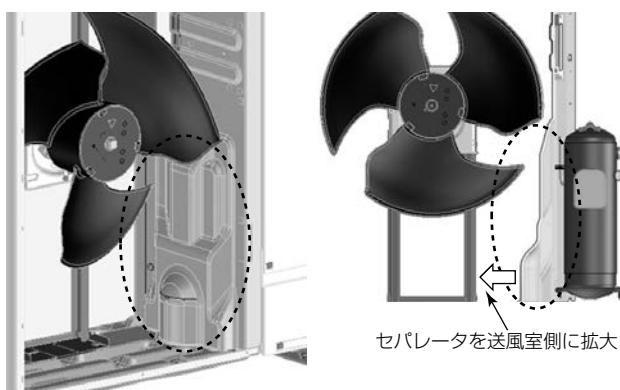


図7. セパレータの形状

4.3.2 遮音箱導入による室外機サイズの拡大への対応

圧縮機を遮音箱で囲うことによって、従来よりも圧縮機の設置スペースが大きくなるデメリットがあった。

そこで、送風室と機械室を隔てているセパレータ板金を遮音箱の一部として活用し、必要以上に圧縮機の設置スペースが大きくなならない構造とした。

従来フラットに近い形状であったセパレータ板金の一部を圧縮機設置のため送風機室側へ広げて機械室の容積を確保し、その空間を利用して機械室内への遮音箱を設置して送風室の風の流れを明確化し、従来空気がよどんでいたデッドスペースを活用することでスムーズな送風と遮音箱の収納性を両立させた(図7)。

4.4 振動音の低減

圧縮機の振動が室外機の筐体(きょうたい)に伝播する経路は、圧縮機を支えている防振ゴムを通じて室外機のベースに伝播する経路及び圧縮機につながる配管を通じてその配管を保持している板金に振動が伝わる経路の2種類が存在する。

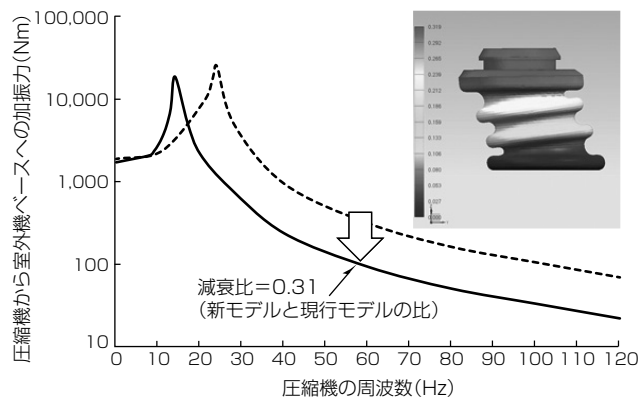


図8. 防振ゴムの設計と振動伝播の効果

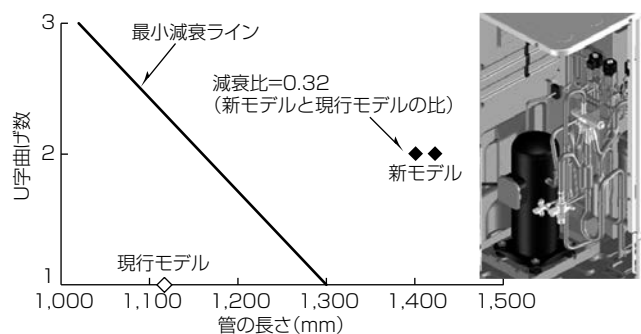


図9. 配管形状の設計

防振ゴムを通じての振動伝播に対しては、防振ゴムの抜本的な形状変更を実施した。圧縮機の加振力から振動が室外機に伝わらないように、目標とするせん断ばね定数を求め、CAE解析で形状を検討した。従来、圧縮機を支えることを主な設計基準にしていた防振ゴムから、騒音を低減させ、かつ圧縮機を支えて製品寿命に耐えられる防振ゴムを目指し、圧縮機からの加振力を31%低減して振動を抑えつつ経年劣化後も圧縮機を支えることが可能な防振ゴムを開発した(図8)。

また配管を通じて振動が伝播する経路に関して配管形状の見直しを実施した。振動を減衰するために必要な長さとし曲げ数をパラメータとして、室外機への収納性・製造作業性を阻害しない配管形状とした(図9)。

5. む す び

ATWヒートポンプ室外機の現行機種から-10dBの低騒音化を達成した。“低騒音”という新しい競争軸を開拓することで事業拡大に貢献する。今後はこの機種をベースとして期間効率の大幅な改善と更なる低騒音化、及び他能力帯へのラインアップ拡大に取り組んでいく。