

低GWP冷媒R290採用ATW室外機

ATW Outdoor Unit Using Low GWP Refrigerant R290

*静岡製作所

要 旨

欧州ではカーボンニュートラルを目指しており、燃焼式からヒートポンプ式への転換が進んでいる。一方でヒートポンプ式に使用されるHFC(ハイドロフルオロカーボン)冷媒に対してフッ素化ガス(以下“Fガス”という。)の総量が規制で強化されている。さらにFガス規制の改正によってGWP(Global Warming Potential)の数値での規制が強化され、HFC冷媒の使用継続が困難になる見込みである。自然冷媒であるR290は高温出湯が可能であり、ボイラーからの置換が有利である一方、強燃性冷媒であり、着火リスクを低減する必要がある。その着火リスクを低減するために省冷媒、着火源を隔離した新しい室外機を開発し、併せて流通、保管からリサイクルまでのライフサイクルでの着火リスク低減のための対応を行った。

1. ま え が き

欧州では、2050年までにカーボンニュートラルを目指しており、居住用の建物でエネルギー消費量の高い暖房、給湯設備では、燃焼式からヒートポンプ式への転換が進んでいる。継続的な高エネルギー価格と燃焼式からの置き換えに対するインセンティブによって、ヒートポンプ市場は更に拡大する見込みである。

一方で、ヒートポンプに使用されるHFC冷媒に対しては、Fガスフェーズダウンが実施され、Fガスの総量で規制が強化されている。さらにFガス規制の改正によって、GWPの数値で規制が強化され、現在のヒートポンプの主要冷媒であるHFC冷媒の使用継続が困難になる見込みである。

そこで、三菱電機は自然冷媒であるR290を用いた空気熱源のヒートポンプ温水暖房機(ATW(Air To Water)ヒートポンプ)を開発した。R290はHFCであるR32と比較して、より低い圧力で凝縮温度が上昇するため、高温出湯が容易でありボイラーの置き換えに有利である一方、強燃性のA3冷媒であるため、着火リスクを低減する対策が必要である。当社は2023年夏に“ecodan”PUZ-WZシリーズ(図1)として、R290ATWヒートポンプを欧州域に発売した。この製品では冷媒量の削減と、製品製造後の保管からリサイクルまでを見越した対策によって、冷媒漏洩(ろうえい)時の着火リスク低減を図っている。本稿ではこの二点を中心に述べる。



図1-“ecodan”PUZ-WZシリーズ

2. ATWヒートポンプシステム

ATWヒートポンプの概要を図2に示す。室外機では、冷媒は空気を熱源として蒸発し、圧縮されて高温になった冷媒と水を熱交換して温水を生成する。このシステムは、室外機と室内機間の熱搬送を水で実施する。室内機では、暖房回路と給湯回路が並列に設置され、バルブによってどちらか一方の回路に温水が循環される。暖房回路を循環する温水は、居室に設置された放熱器の輻射(ふくしゃ)放熱によって暖房を行う。給湯回路を循環する温水は、熱交換器で生活用水を加熱し、生活用水は貯湯タンクに貯(た)められ給湯に用いられる。

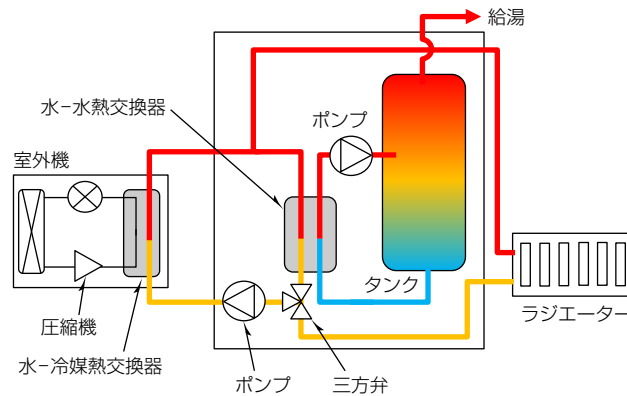


図2-ATWヒートポンプ概要

3. R290の特徴

R290の特徴をR32と比較して表1に示す。R290はGWPが低く、Fガスとしてみなされない一方、燃焼性はクラス3に分類され強燃性である。また、ガス密度が小さいため、圧縮機のピストン容積の大型化が課題になる。

表1-R290とR32の比較

	R290	R32
地球温暖化係数(GWP) ⁽¹⁾	< 3	675
燃焼性	強燃性 クラスA3	微燃性 クラスA2L
飽和ガス密度(0℃)	10.35	22.09

図3に凝縮温度に対する圧力の変化を示す。R290はR32と比較して、より低い圧力で高い凝縮温度を達成できるため、高温出湯が容易である。

図4に今回開発のR290モデルの外気温度に対する最高出湯温度について、従来のR32モデルと比較する。従来モデルの最高出湯温度60℃に対して、今回開発したR290モデルでは、最高出湯温度75℃を実現し、さらに外気温度-15℃まで75℃出湯を可能にした。

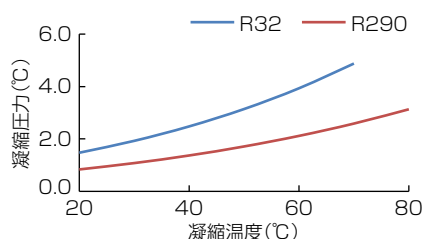


図3-凝縮温度に対する圧力の変化

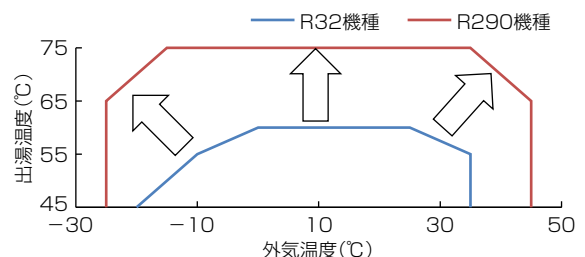


図4-外気温度に対する最高出湯温度

4. 開発機の技術と特徴

R290をヒートポンプに導入するに当たって、流通や据付での取扱いに適応するため、小容量機を対象とした。当社独自のリスク評価による許容可能な冷媒漏洩量から、目標冷媒量を0.6kg以下とし、比較的小さい容量の5～8kW機(暖房能力)を開発した。

4.1 2圧縮機冷媒回路採用

今回、インバーター駆動圧縮機1台を搭載する1圧縮機冷媒回路機種と、インバーター駆動圧縮機1台と一定速圧縮機1台の合計2台を搭載する2圧縮機冷媒回路機種を開発し、8kW機に2圧縮機冷媒回路を採用した。2圧縮機冷媒回路のメリットを述べる。

4.2 1回路当たりの冷媒量削減

2台の圧縮機を、それぞれ独立した二つの冷媒回路でシステムを構成する(図5)。これによって、室外機全体ではR290の充填量が1.0kgになるが、万が一、片方の冷媒回路からの冷媒漏洩が発生しても、漏洩量を最大0.6kgに抑制できる。

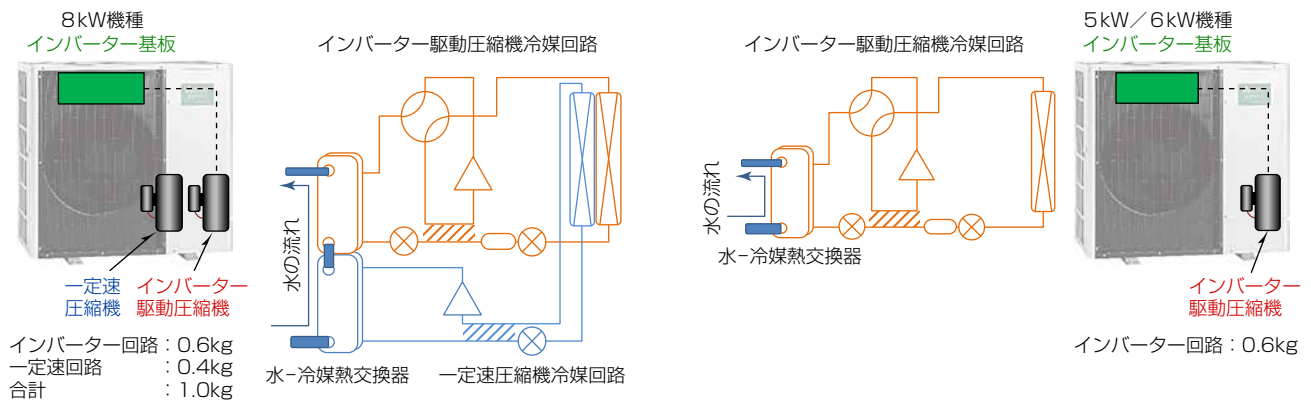


図5-冷媒回路図

4.3 圧縮機個別駆動による運転範囲拡大

片方だけの冷媒回路の運転を可能にするため、冷媒水熱交換器を水側で直列に接続している。外気温度が高く、暖房能力が小さいケースでは、インバーター圧縮機だけが駆動し、外気温度が低く、暖房能力が大きいケースでは、一定速圧縮機を追加で駆動する(図6)。一定速圧縮機のON/OFFと、インバーター駆動圧縮機の回転数制御で、従来のR32モデルと比較して、暖房能力の下限値を35%から18%に低減して、低負荷時の連続運転が可能な範囲を拡大した(図7)。

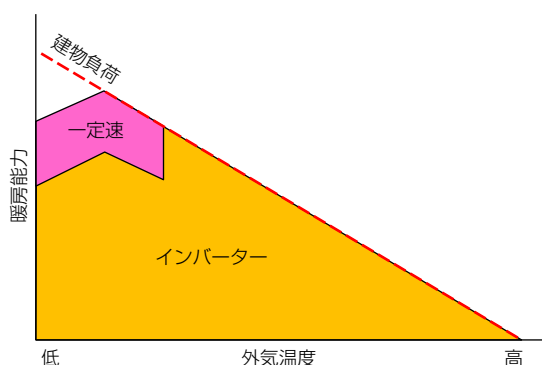


図6-圧縮機運転パターン

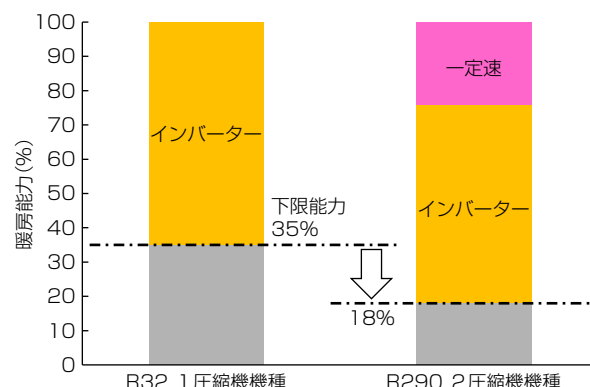


図7-最小暖房能力の比較

4.4 インバーター基板の風路設置

圧縮機を駆動するインバーター基板は、リレーを搭載している。R32モデルでは、冷媒回路部品を収納する機械室にインバーター基板を配置しているが、R290モデルでは、冷媒漏洩時にリレーが着火源にならないように、インバーター基板を基板ボックスに密閉して風路側に設置している。

基板ボックスを風路に置くと、空気熱交換器からファンへの風の通りを妨げて騒音の原因になるため、**図8**のようにユニットの背面に設置する熱交換器側に向けて、基板ボックスの底面を傾斜させる構造にして、風路抵抗を低減した。

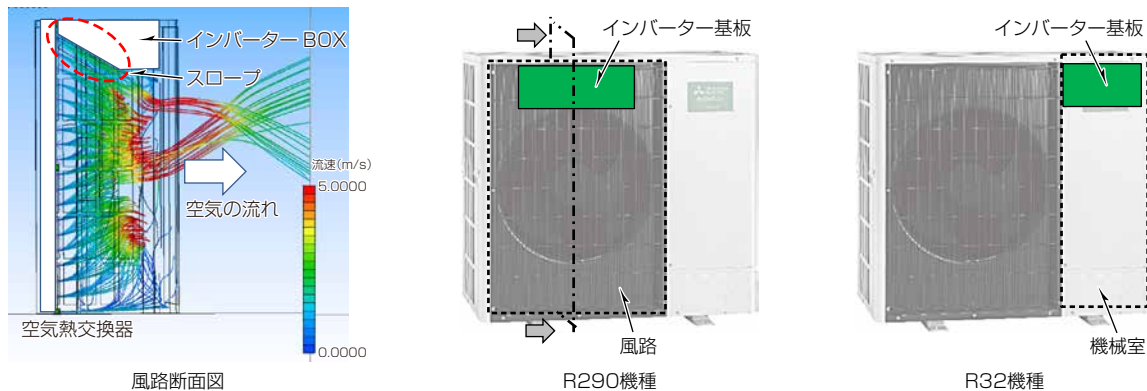




図8-基板ボックスのレイアウト

5. 保管からリサイクルまでの対策

製品を製造した後の保管からリサイクルまでを見越して、R290の漏洩に対する着火リスクを低減するため、製品仕様の改良に加えて、**表2**に示すような取組みを実施している。

表2-R290ユニットの保管からリサイクルまでの対策

	倉庫保管	輸送	据付	サービス	リサイクル
法規・規格	欧州の法規・規格調査と遵守				
安全教育	LMSを活用した安全教育と認定				
トレーニング	トレーニングの実施				
安全表記		車内換気指示 	据付制約 (図9)	R290使用を明示した刻印 	

LMS : Learning Management System

5.1 法律と規制の調査と遵守

イギリスを含む欧州地域と各国の保管・輸送・ビルディングコード・リサイクルの法律や規制を調査し、冷媒量申請など各国の法律・規制への遵守を実施した。

5.2 安全教育

LMSを作成し、販売各国で活用して、R290ユニットを扱う安全教育を行い、教育を受けたことによって販売が可能になる認定制度を導入した。

5.3 視覚的な表示

輸送時の車内換気の必要性を梱包(こんぼう)に印刷し安全に運搬できるように表示した。また、室外機周囲に設けた保護区域内に屋内への開口部を存在させないことを据付け時の注意喚起として表示し(図9)、R290を使用していることをリサイクル時まで半永久的に表示するために、作業者の目に留まりやすい機械室内部の板金に“R290”の刻印を加えた。

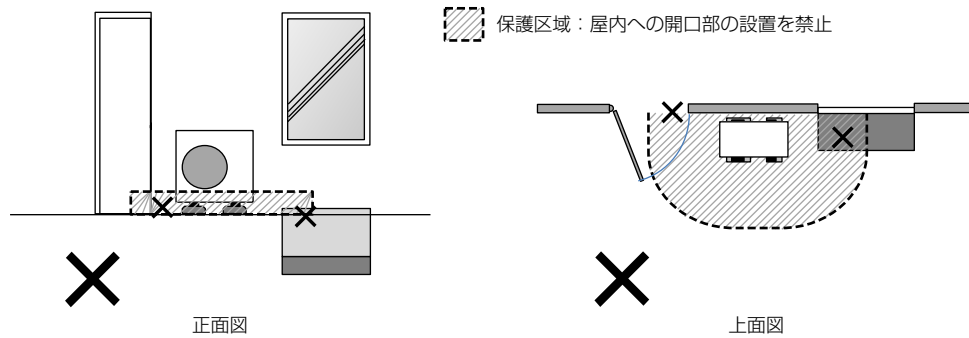


図9-据付制約

6. む す び

欧州で、居住用の建物のエネルギー消費量の高い暖房、給湯に対して、ボイラーからヒートポンプへ容易に置き換えができることを目的として、高温出湯と、Fガス規制への対応を両立するR290を用いたATWヒートポンプを開発した。R290の冷媒特性によって、最高出湯温度75℃を実現し、外気-15℃まで75℃出湯を可能にした。R290をヒートポンプに導入する上で、着火リスクを低減する対策として、当社独自のリスク評価による許容可能な冷媒漏洩量から、目標冷媒充填量を0.6kg以下として、暖房能力8kW機では、二つの独立した冷媒回路で構成することで実現した。また、圧縮機を2台独立して制御することで、暖房低負荷時の連続運転可能な範囲を拡大した。製品製造後の保管からリサイクルまでを見越した対策として、R290冷媒製品の取扱いに対する法規制の調査、LMS活用による安全教育と認定、視覚的な表示による周知方法について述べた。

今後は、ATWヒートポンプの低GWP化を更に進めるため、取扱いをより容易にするための冷媒充填量削減の方針を維持しつつR290ATWヒートポンプの容量ラインアップの拡充に取り組んでいく。また、今回の製品の市場投入後のフィードバックを受けて、教育や周知の方法をアップデートして、R290ATWヒートポンプの使用に対する更なる安全性を確保していく。

参 考 文 献

- (1) IPCC : Fourth Assessment Report (2007)
<https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar4/>