

日本冷凍空調学会賞 技術賞

快適ノンストップ暖房技術を搭載した 寒冷地向けルームエアコン「ズバ暖霧ヶ峰」

“Zubadan Kirigamine” Room Air Conditioner for Cold Regions
with Non-Stop Comfortable Heating Technology

1. はじめに

外気温度が低い条件でルームエアコンを暖房運転すると、室外熱交換器に霜が付着するため、定期的に室内の暖房を停止して霜取りする必要がある。これを回避する技術として、室外熱交換器を2分割し、暖房と霜取りを切り替えるノンストップ暖房技術が実用化されている。しかしこの技術は、霜取りに熱量が小さいガス冷媒の温度変化（顕熱）を利用するため、霜取りに多くの冷媒が必要となり、室内の暖房に十分な冷媒を使用できないという課題があった。

そこで、熱量が大きな冷媒の凝縮潜熱で霜取りする独自技術を発想した。霜取りされる室外熱交換器の上流と下流の2か所に、冷媒の圧力と流量を調整する絞り機構を設置し、0～10℃の範囲でガス冷媒を液に凝縮させるというものである。これにより、ガス冷媒の顕熱を利用する方式と比較して、霜取りに必要な冷媒流量を1/6に抑制でき、多くの冷媒を暖房に使用できるため、霜取り中にも室内の温風温度を低下させない快適暖房を実現した。

2. 開発概要

2.1 新冷媒回路

図1に、一般的な霜取り方式である逆サイクル方式と従来のノンストップ暖房（ガス冷媒の顕熱を利用する方式）および本開発（ガス冷媒を液に凝縮させる方式）の冷媒回路と冷凍サイクルの状態を示す。

図1(i)に示す逆サイクル方式では、四方弁を操作し、圧縮機から吐出されるガス冷媒を室外熱交換器に流入させて、霜取りする。冷媒は図中の(a1)→(b1)→(c1)→(a1)の順に循環する。この場合、室内熱交換器を流動する冷媒の温度が低くなるため、室内の暖房を停止する必要がある。

一方、図1(ii)に示す従来のノンストップ暖房は、室外熱交換器を並列に2分割し、圧縮機の吐出配管と室外熱交換器の液側配管を接続するホットガスバイパス弁を配置する。霜取り時には、一方の熱交換器で暖房し、他方に圧縮機から吐出される高温高圧のガス冷媒を流入させる。室内を暖房する主流の冷媒は、図中の(a2)→



竹中直史* Naofumi TAKENAKA
石村尚平* Shohei ISHIMURA
渡辺和也* Kazuya WATANABE
佐藤雅一* Masakazu SATO
若本慎一* Shinichi WAKAMOTO

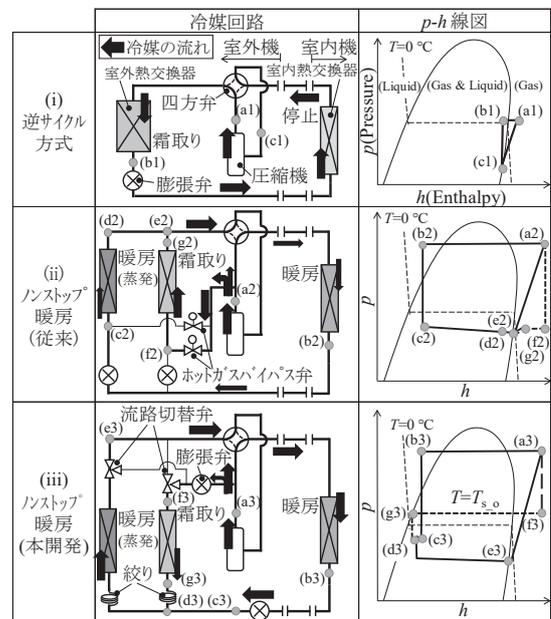


図1 冷媒回路と霜取り運転時の冷凍サイクル

(b2)→(c2)→(d2)→(e2)→(a2)の順に循環し、室外機を霜取りする一部の冷媒は、吐出配管で主流から分岐して(a2)→(f2)→(g2)→(e2)の順に流動し、主流に戻る。ここで、蒸発器として動作する熱交換器で外気から熱を得るため、冷媒の蒸発温度は0℃以下になる。分割した2つの熱交換器の冷媒圧力はほぼ同等であるため、霜取りする冷媒の飽和温度も0℃以下になる。一方、霜は0℃以上で溶けるため、霜取りにはガス冷媒の温度変化による顕熱のみを利用する。したがって、霜取りに多くの冷媒が必要となり、室内に供給できる冷媒流量は限られる。

*三菱電機株
Mitsubishi Electric Corporation
原稿受理 2021年2月22日

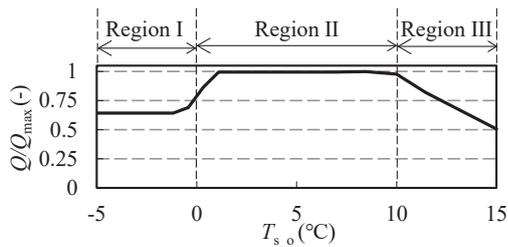


図2 冷媒の凝縮温度 T_{s_o} に対する室内暖房能力 Q

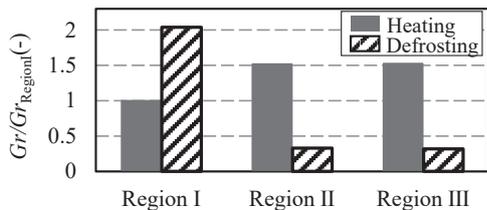


図3 冷媒流量 Gr

そこで、冷媒の凝縮潜熱を霜取りに利用し、霜取りに使用する冷媒流量を削減する方法を考案した。図1(iii)に示すように、霜取り対象の熱交換器の上流と下流に絞り機構を設置し、蒸発器の上流で主流に戻す構成とした。霜取りに利用する冷媒の圧力を適切に制御しつつ、熱交換器に供給する冷媒流量を調整することで、必要最低限の冷媒流量で霜取りすることが可能になる。

2.2 霜取りする冷媒圧力

考案した冷媒回路の具体的な制御方法を数値計算により検討した。図2に霜取りする冷媒の飽和温度 T_{s_o} に対する室内の暖房能力 Q を示す。 T_{s_o} が 0°C 以下の領域 I と、 $0 \sim 10^{\circ}\text{C}$ の領域 II、 10°C 以上の領域 III で暖房能力が異なることがわかる。各領域で室内の暖房能力が変化する要因を考察する。

図3に暖房する室内機と霜取りに利用する冷媒流量 Gr を示す。領域 II、領域 III では、冷媒の凝縮潜熱を利用することで領域 I に比べて $1/6$ の冷媒流量で霜取りできるので、室内の暖房に多くの冷媒を使用できる。

図4に室外熱交換器に貯留される冷媒量 M を示す。なお、熱交換器がすべて冷媒液で満たされた場合を 1 とする。霜取りする冷媒の飽和温度が上昇するにしたがって、熱交換器内で液化、貯留される冷媒が増加する。冷媒の圧力を過度に上昇させると、室外熱交換器に多量の冷媒が貯留されるため、冷媒の移動に時間がかかる。

上記より、効率よく霜取りするには、霜取りする冷媒圧力を領域 II の $0 < T_{s_o} < 10^{\circ}\text{C}$ に制御することが重要であることがわかった。

2.3 残霜レスを実現する霜取り方法

上下に2分割された室外熱交換器では、上側の熱交換器の霜取りで融解した水が、暖房運転される下側の熱交換器に流入して再氷結することが課題であった。そこで、

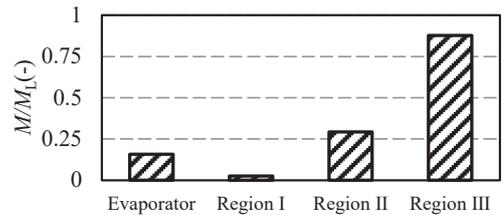


図4 熱交換器内の冷媒量 M



(i)暖房運転 (ii)下側除霜 (iii)上側除霜 (iv)下側除霜

図5 暖房運転中の室外熱交換器

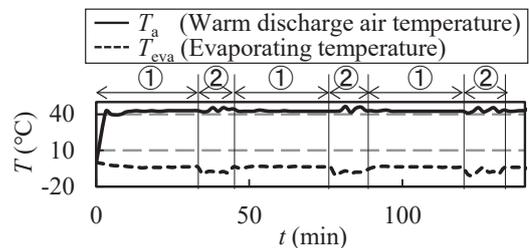


図6 室内の温風温度 T_a と冷媒の蒸発温度 T_{eva} (室外温度 $T_o = 2^{\circ}\text{C}$ の場合、①:暖房、②:霜取り)

下側の熱交換器に付着した霜が上側の熱交換器で融解した水をせき止めて再氷結させるメカニズムを見出し、図5に示すように最初に下側の熱交換器の霜取り、次に上側の熱交換器の霜取り、最後に下側の熱交換器を再度霜取りする一連の霜取り運転によって再氷結を防止した。

2.4 霜取り運転中の温風温度

図6に、外気温度 T_o が 2°C の条件で暖房したときの室内の温風温度 T_a 、冷媒の蒸発温度 T_{eva} の試験結果を示す。 T_{eva} は霜取り運転時に低下するが、冷媒の圧力が変動しても T_a が変化しないように圧縮機や絞りの出力を変化させる冷媒制御を構築し、正常動作することを確認した。

3. おわりに

今回開発した快適ノンストップ暖房技術は、三菱電機製ルームエアコン「ズバ暖霧ヶ峰 VXXV/FD シリーズ、HXV/ZD シリーズ」に搭載された。

寒冷地では、燃焼式の暖房機器が広く使用されてきたが、省エネ性に優れたルームエアコンが普及しつつある。しかし、従来のルームエアコンは、霜取り中の暖房停止による室温低下で、快適性が悪化する課題があった。新たに開発した快適ノンストップ暖房技術でこの課題を解決し、ルームエアコンの寒冷地への普及を促進する。これにより地球温暖化の抑制効果が期待でき、暖房機器の環境負荷軽減に貢献できるものと考えている。