

# 霜取りに冷媒の凝縮潜熱を活用した 寒冷地向けノンストップ暖房技術の開発

三菱電機株式会社

代表執行役 執行役社長 漆間 啓

三菱電機(株)	先端技術総合研究所	竹中 直史
三菱電機(株)	先端技術総合研究所	石村 尚平
三菱電機(株)	静岡製作所	渡辺 和也
三菱電機(株)	静岡製作所	佐藤 雅一
三菱電機(株)	静岡製作所	川島 惇

## はじめに

北海道や東北などの国内寒冷地では、燃焼式の暖房機器が広く利用されている。燃焼式の暖房機器では最大でも投入エネルギーと同等の熱量しか得られないが、ヒートポンプ技術を活用した空調機では、室外機で外気から採取した熱を冷媒と呼ばれる流体で室内機へ搬送し、室内を暖房する。室外空気の熱を利用することで電気入力に対して5倍の熱量を得ることができるので、燃焼式の暖房機器よりも省エネ性に優れる。

図1に、冷媒の流れと室外熱交換器の状態を示す。室外機で熱を採取するときに外気を冷却するため、外気温度が低い条件では、空気中の水蒸気が凝縮し、室外熱交換器に霜として付着する(図1(i))。この状態で暖房が継続されると、霜が室外熱交換器の風路を閉塞するため、定期的な霜取りが必要となり、室内の暖房が停止される(図1(ii))。暖房停止による居住者の快適性の悪化が寒冷地におけるヒートポンプの普及を妨げる唯一の弱点であった。そこで、ヒートポンプの一層の普及に向けてノンストップ暖房技術の開発に着手した。

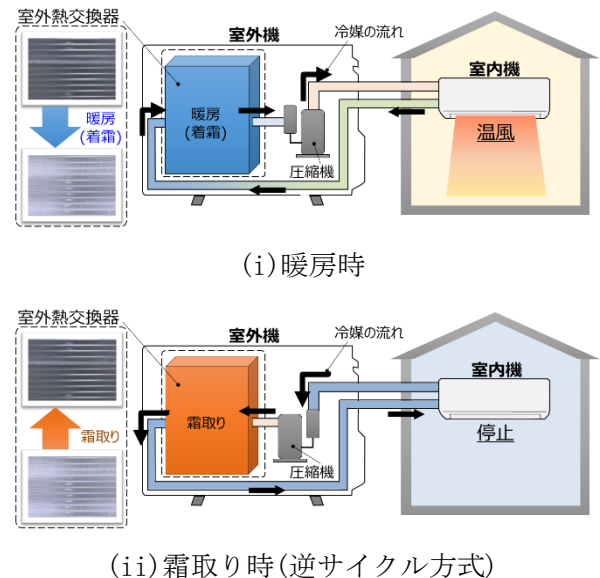


図1 冷媒の流れと室外熱交換器の状態

## 開発のねらい

霜取り中に室内の暖房を停止させない方法として、室外熱交換器を上下に2分割し、交互に暖房と霜取りするノンストップ暖房技術が、ルームエアコンや店舗用のパッケージエアコンの一部で実用化されている。図2に、室外熱交換器を分割したノンストップ暖房技術を示す。しかし、霜取りに熱量が小さいガス冷媒の顕熱を利用し、霜取りに多くの冷媒が必要であるため、室内の暖房に使用できる冷媒流量が制限される。そ

のため、霜取り中に室内の温風温度が低下することが課題であった。

温風温度を低下させないためには、霜取りに使用する冷媒流量を可能な限り削減し、室内の暖房に多くの冷媒を使用することが効果的である。そこで、本開発では霜取りにガス冷媒が液体に凝縮される時に放出する凝縮潜熱を利用することに着目した。潜熱とは、物質が状態変化するときに周囲へ放出、または、周囲から吸収する熱であり、水の蒸発潜熱を利用する打ち水に連想されるように、顕熱よりも熱量が大きいことが特徴である。図3に従来と本開発の霜取り方式を示す。

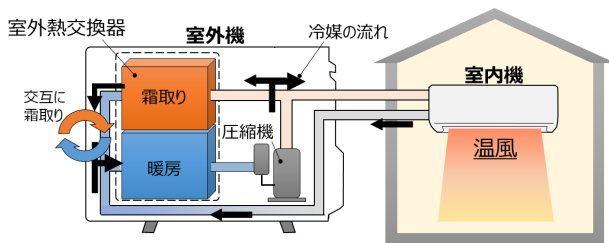
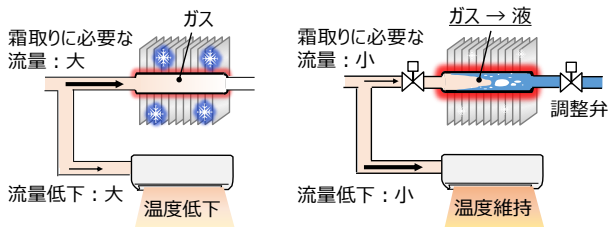


図2 ノンストップ暖房技術



(i) 従来(顕熱利用) (ii) 本開発(潜熱利用)

図3 霜取り方式

また、一般的に霜は0°Cで融解するため、冷媒の凝縮潜熱を利用する霜取りでは、霜の融解温度である0°Cよりも高い温度で冷媒をガスから液体に凝縮させる必要がある。周囲の圧力によって物質が状態変化する温度も変化するため、霜取りされる熱交換器の冷媒圧力を適切に制御することで、凝縮潜熱を利用することが可能となる。

### 装置の概要

図4に、本技術を搭載したルームエアコンとパッケージエアコンの室外機を示す。ノンス



(i) ルームエアコン (ii) パッケージエアコン

図4 本技術を搭載した室外機

トップ暖房を実現するために増設した冷媒配管やセンサ、アクチュエータは、室外機にコンパクトに収納され、従来モデルと同等のサービス性が確保されている。また、室外機の寸法や重量も従来モデルと同程度であり、室外機の運搬や設置作業性に従来モデルからの差はない。

### 技術上の特徴

#### ① 新たな冷媒回路の開発

現行空調機の改良で霜取りに冷媒の凝縮潜熱を利用できる新たな冷媒回路を考案した。図5に冷媒回路を示す。室外熱交換器は冷房能力や暖房能力を最大化する従来の熱交換器パス設計を踏襲するため、上下で分割した。霜取り対象の熱交換器前後に圧力調整機構(膨張弁と毛細管)を設置し、冷媒がガスから液体に凝縮するように冷媒圧力を調整する。また、霜取り後の冷

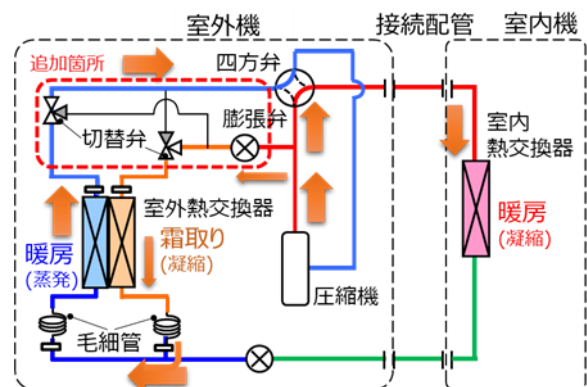


図5 本開発の冷媒回路

媒は、暖房後の冷媒と合流させて、蒸発器に流入させることで無駄なく外気から吸熱する。

② 冷媒圧力の最適な制御範囲

図6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  $0^{\circ}\text{C}$  以下の領域Ⅰと、 $0^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$  の領域Ⅱ、 $10^{\circ}\text{C}$  以上の領域Ⅲで暖房能力が異なることがわかる。そこで、エンタルピー変化量、冷媒流量、熱交換器内の冷媒の液量をもとに要因を調べた。

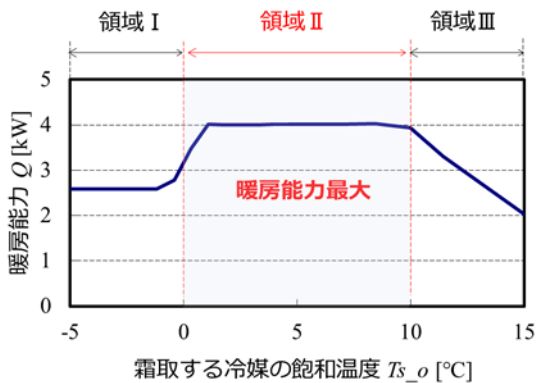


図6 冷媒の飽和温度に対する暖房能力

図7に、霜取りに利用する冷媒のエンタルピー差  $\Delta h$  を示す。霜は  $0^{\circ}\text{C}$  以上で溶けるため、領域Ⅰでは霜取りに利用できるエネルギーは、冷媒ガスの温度変化のみで、冷媒から得られるエネルギー量が少ない。一方、領域Ⅱ、領域Ⅲでは凝縮潜熱を利用するため、領域Ⅰに比べて6倍のエネルギーを得ることができる。図8に、暖房する室内機と霜取りに利用される冷媒流量  $Gr$  を示す。領域Ⅱ、領域Ⅲでは、領域Ⅰよりも少ない冷媒流量で霜取りするため、暖房する室内機で多くの冷媒流量を使用できる。

図9に、室外熱交換器に貯留される冷媒量を示す。なお、熱交換器が全て冷媒液で満たされ

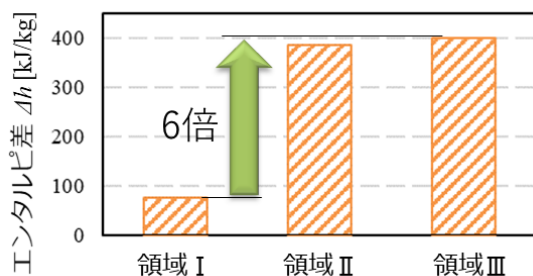


図7 霜取りに利用する冷媒のエンタルピー差

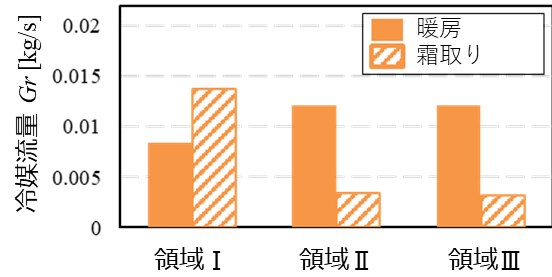


図8 暖房と霜取りに利用される冷媒流量

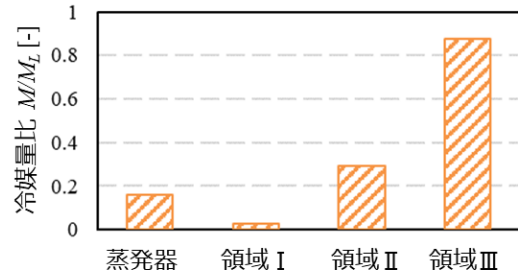


図9 室外熱交換器に貯留される冷媒量

た場合を1とする。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ためには霜取りする冷媒の圧力を、領域Ⅱの  $0 < T_{s\_o} < 10$  に制御することが重要である。

③ 残霜レスを実現する霜取り制御

本技術を実用化する上で、いかなる室外環境においても溶け残りのない霜取りが必要である。上下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最大の課題であった。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た。図10に室外熱交換器の除霜の様子を示す。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を終えた後、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り再氷結を防止した。

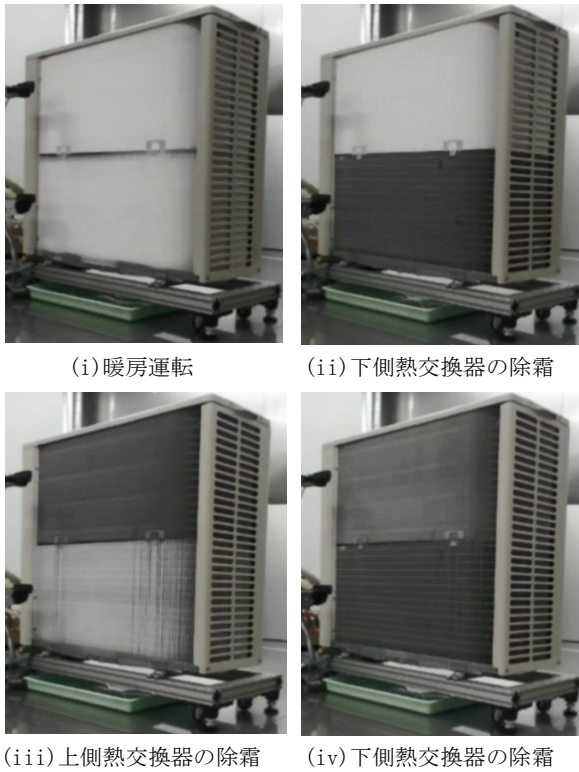


図10 室外熱交換器の除霜

表1 性能比較

	本開発	逆サイクル方式
平均暖房能力比[%]	103	100
平均電気入力比[%]	103	100
室温変動[°C]	0.6	5.4

す。平均暖房能力比と平均電気入力比は従来方式の暖房と霜取り時の平均値を 100%とした。本開発による霜取りは、周波数を増速し暖房能力を増大させるため一時的に電気入力が上昇するが、温風温度は維持され室温低下しない。一方、逆サイクル方式は霜取り中に室内暖房が停止され、室温が大きく低下する。暖房復帰後に圧縮機周波数が大きくなり電気入力が上昇する。従来と比較して、平均暖房能力と平均電気入力の上昇幅は同等となり、霜取り時の室温変動を抑制しながら省エネ性を維持できることを確認した。

## 知的財産権の状況

本開発品の装置に関する代表特許は下記の通りである。合計 19 件出願、18 件登録。

- ①日本国特許第 6021940 号  
名称:空気調和装置  
概要:冷媒回路に関する特許
- ②日本国特許第 6661843 号  
名称:空気調和装置  
概要:冷媒制御技術に関する特許

## 実用上の効果

図 11 に、当社試験室における外気 2°C/1°C の試験結果を示す。背景が橙色の時間帯は本開発、青色の時間帯は逆サイクル方式の霜取り運転である。また、表 1 に、本開発と逆サイクル方式の平均暖房能力比と平均電気入力比、室温変化を示

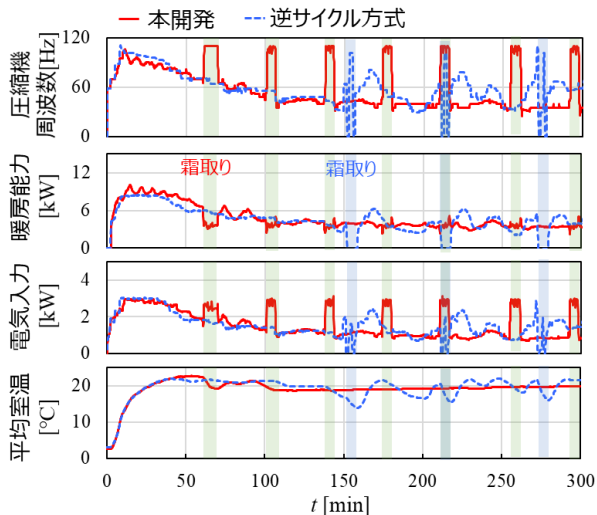


図11 実機試験結果

## むすび

今回、寒冷地でのヒートポンプの唯一の弱点であった霜取りによる暖房の停止を克服し、室内の居住者が寒さを感じることなく暖房を継続できる暖房機器を開発した。

燃焼式の暖房機器と同等の快適性を確保した上で、省エネ性に優れたヒートポンプへ置換えを促進することで、地球温暖化への抑制効果が期待でき、暖房機器の環境負荷軽減に貢献する。