

日本冷凍空調学会賞 技術賞

# ビル用マルチ空調システム 「スーパーマルチ u シリーズ」

“Super multi u” Air Conditioner for Buildings

## 1. はじめに

近年、圧縮機ヒートポンプは省エネルギーシステムとして期待されている。しかし、暖房運転時には室外機の除霜運転が必要であり、除霜運転中は、室内機からのコールドドラフトによる室温低下が発生していた。

また除霜運転では、ビル用マルチシステムのように封入冷媒量が多いシステムでは、圧縮機への液バックによる故障リスクが高まることも課題となっている。

そこで、暖房運転時の快適性と圧縮機信頼性向上のため、連結された室外システムにおいて、除霜を個別に行う除霜方式を開発し、ビル用マルチ空調機「スーパーマルチ u」に搭載した。



三浦 賢\*  
Ken MIURA



清水克浩\*  
Katsuhiko SHIIMIZU



山根宏昌\*  
Hiromasa YAMANE



青木俊公\*  
Toshimasa AOKI



平野浩二\*  
Kouji HIRANO

## 2. 開発概要

### 2.1 除霜方式の選定

図 1 に、従来の逆サイクル方式と本開発の個別除霜方式の除霜運転の冷凍サイクルと  $p-h$  線図を示す。逆サイクル方式の除霜運転では、一斉に四方弁を切り替え、圧縮機から吐き出される高温高压のガス冷媒を室外熱交

換器に流入させ、室外熱交換器の除霜を行う。除霜のための熱源は、圧縮機の出力和室内熱交、渡り配管の熱容量が使われるため、 $p-h$  線図上は  $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow a$  の順に冷媒状態が遷移する。室内機は除霜中、送風停止するが、熱交換器温度が低压圧力の飽和温度まで低下するため、室内へコールドドラフトが発生してしまっていた。

今回開発した個別除霜運転では、室外機が複数台ある場合に、着霜検出された室外機のみの方弁を切り替え、もう一方の室外機は暖房運転を継続する方弁位置を維持し、除霜を行う室外機は自ユニットの圧縮機から吐き出される高温高压のガス冷媒を室外熱交に流入させて除霜を行う。その際、除霜を行わない室外機の高温高压のガス冷媒が室内機と除霜ユニットの圧縮機吸込み側に流入するため、室内熱交温度低下もなく、除霜ユニットの循環量増加により除霜能力の向上が可能となる。また、高温高压ガス冷媒のため、除霜ユニットへの液戻りも発生しない。 $p-h$  線図上では、除霜ユニットは  $b \rightarrow c \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow b$  の順に冷媒状態が遷移し、暖房ユニットは  $a \rightarrow d \rightarrow e \rightarrow f \rightarrow a$  の順に冷媒状態が遷移する。除霜ユニットの低压圧力と暖房ユニットの高压圧力は同圧力となるため、中間圧力制御が室温低下抑制と圧縮機信頼性の確保に重要である。

### 2.2 中間圧力制御の課題

除霜運転中の室内熱交温度を高く維持するためには、中間圧力を上げることが重要である。しかし、除霜ユニットの除霜能力確保には除霜ユニットの冷媒循環量を上昇させることが必要であるが、除霜ユニットの圧縮機周波数は中間圧力を下げる運転となってしまうため、快

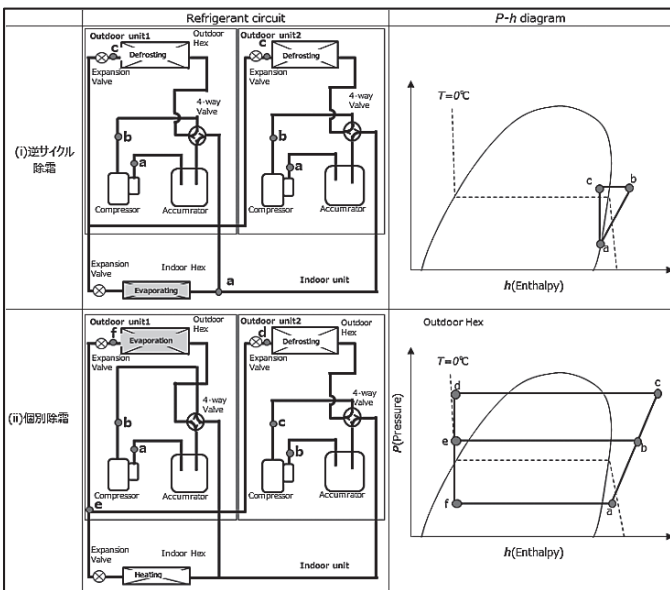


図 1 逆サイクル除霜と個別除霜比較 (サイクル,  $p-h$  線図)

\* 東芝キヤリア㈱  
Toshiba Carrier Corporation  
原稿受理 2022年2月18日

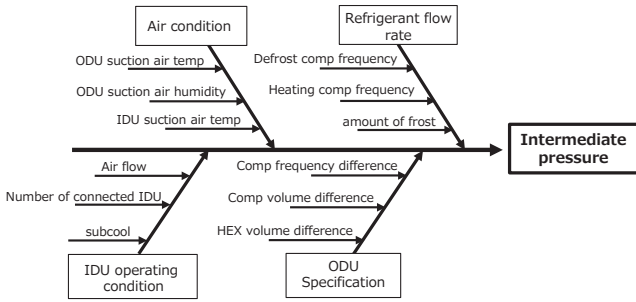


図2 中間圧力要因特性図

表1 圧縮機周波数影響

	Heating unit comp frequency		Defrost unit comp frequency	
	Up	Down	Up	Down
Intermediate pressure	↗	↘	↘	↗
Defrosting performance	↗	↘	↗	↘

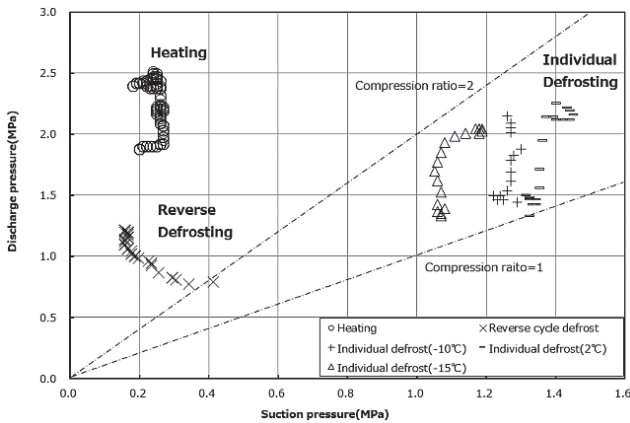


図3 各運転時の圧縮比プロット図

適性と除霜能力を考慮した中間圧力制御が重要である。

中間圧力は、図2に示すように様々な要因によって決まっているが、製品側で制御可能で中間圧力へ影響の大きいパラメータは、各室外ユニットの圧縮比周波数である。各ユニットへの中間圧力への影響は表1の関係となっている。

一方、図3は暖房運転中と個別除霜中の圧縮機の吐出圧力と吸込圧力をプロットした図である。暖房運転中と比較して、個別除霜中の除霜ユニットは条件によって圧縮比が大きく変動するため、圧縮機は吐出弁がついており、圧縮比変動に追従性の良いロータリー圧縮機を採用している。各室外ユニットの圧縮機周波数を圧縮比によって調整することで、全運転範囲での個別除霜実施を実現している。各圧縮機の周波数は、式(1)、(2)に示すパラメータにて行っており、圧縮比を確保したうえで室内側凝縮温度を高く保てるように制御している。

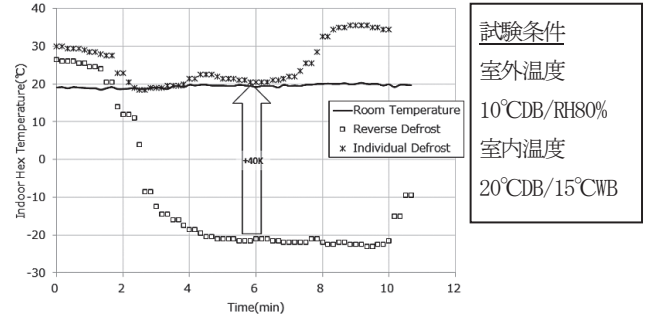


図4 除霜中室内熱交温度

表2 室内機ファン停止時間

	Individual defrost	Reverse defrost
Indoor Fan stop time	4.7 min	11.3 min

$$Comp_{rps}(def) = f\left(P_s, P_d, \frac{P_d}{P_s}\right) \quad (1)$$

$$Comp_{rps}(heat) = f\left(IDU_{required\ capacity}, \frac{P_d}{P_s}\right) \quad (2)$$

### 3. 効果

逆サイクル除霜制御と個別除霜制御の室内熱交温度の比較トレンドを図4に示す。

暖房ユニット、除霜ユニットの圧縮機周波数にて中間圧を調整することにより、逆サイクル除霜に対して+40 K室内熱交温度を上昇させられることを確認できている。

表2に、除霜中に室内機のファンが停止している時間の比較を示す。室内機ファンは室内熱交温度に応じて調整している。個別除霜の場合、逆サイクル除霜に対して室内ファン停止時間が短くなっており、室内環境の快適性も向上することを確認できている。

また、室外機が連結される場合の除霜は、すべて個別除霜を行うことにより、除霜運転時の液バックリスクを回避しており、圧縮機の信頼性向上にも寄与している。

### 4. おわりに

今回開発した中間圧制御式個別除霜は、ビル用マルチエアコン「スーパーマルチuシリーズ」(標準、高効率、寒冷地)に搭載されている。

本シリーズでは、今回開発した個別除霜に加え、大容量トリプルロータリーコンプレッサと空調機の運転状態に応じて動作するインバータ数を変化させるデュアルステートインバータを搭載することで、業界トップクラスの省エネ性を実現している。

本製品にて、省エネ機器の普及を促し、環境負荷軽減に貢献できるものと考えている。