

## 二凝縮回路搭載大容量インバータ除湿機

High Capacity Inverter Dehumidifier Equipped with Two Condensation Circuits

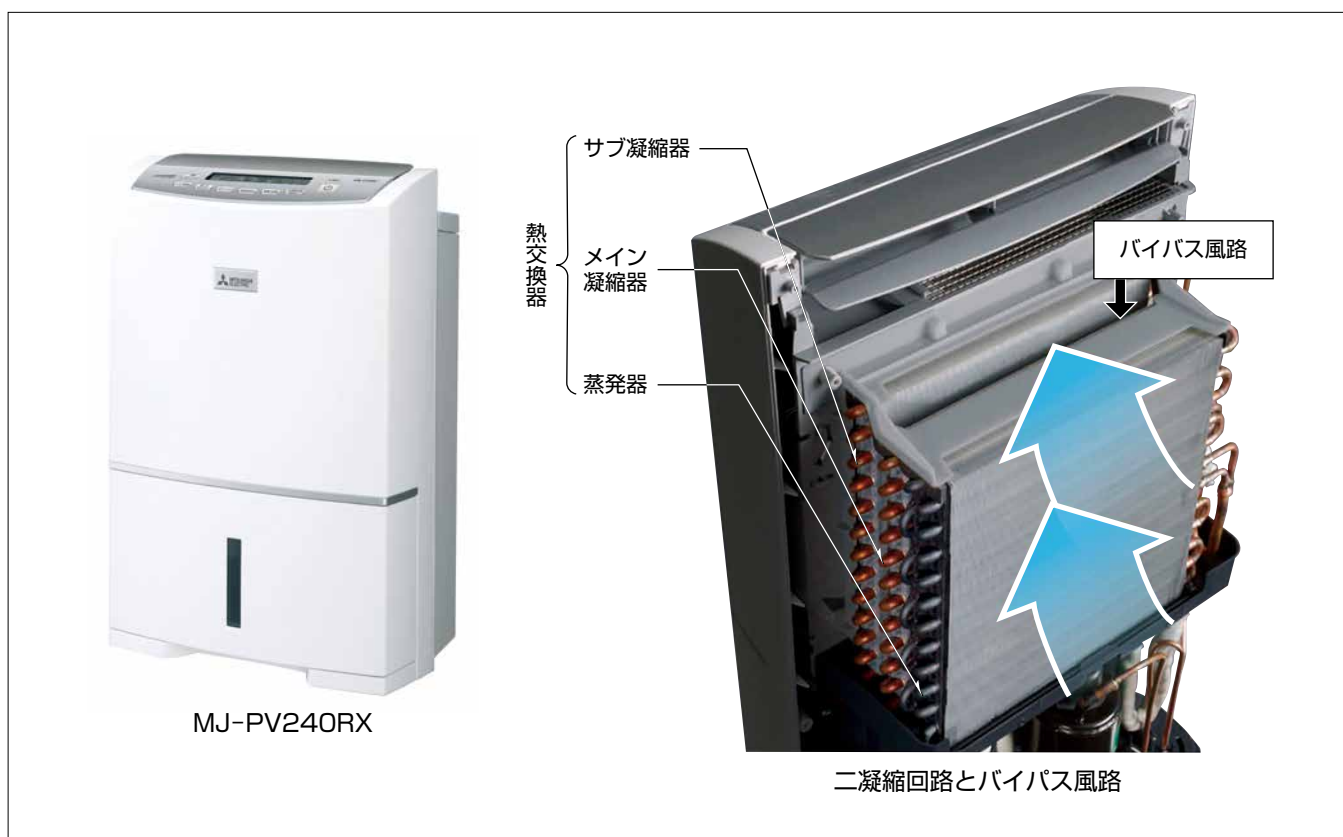
### 要旨

家庭用除湿機市場は、業界全体の出荷台数年間70万台を前後する成熟市場になっている反面、国内の気候は高温多湿の亜熱帯気候に近づきつつある。平均気温は、1996年以降から極端な右肩上がりの傾向にあり、また2010年以降は毎年平均以上の降雨量になっている。

そこで国内の気候変化に対応できるように、今までにない大容量(高い除湿能力)を実現するためインバータ制御方式を採用した大容量インバータ除湿機“MJ-PV240RX”を開発した。単に大容量にすることは消費電力が大きくなりすぎるため、エネルギー効率改善が必要になる。そこで熱交換器の凝縮器容積を大きくするため業界初<sup>(注1)</sup>となる二凝縮回路を搭載した。さらに凝縮器に十分な空気を導く

ためのバイパス風路を設置して凝縮圧力を低減することで、圧縮機の負荷が軽減し、大容量でありながら消費電力の抑制を実現した。二凝縮回路とバイパス風路によって除湿能力24.0L/日で、除湿量1L当たりの消費電力量が従来の機種(21.67W/L)に比べて21%削減の17.08W/Lを実現した。これによって一般財団法人 省エネルギーセンターが主催する2020年度省エネ大賞 製品・ビジネスモデル部門で省エネルギーセンター会長賞を受賞した。2021年度の新モデルではさらに定格除湿能力を24.5L/日と向上させた“MJ-PV250SX”を発売した。

(注1) 2020年3月23日現在、三菱電機調べ



### 二凝縮回路搭載大容量インバータ除湿機“MJ-PV240RX”

三菱電機独自開発の二凝縮回路とバイパス風路を搭載した除湿機は、大容量でありながら消費電力の抑制を実現した。大容量インバータ除湿機MJ-PV240RXでは除湿量1L当たりの消費電力量を従来の機種(21.67W/L)に比べて21%削減した17.08W/Lを実現し、大容量とエネルギー効率改善を実現した。

## 1. ま え が き

家庭用除湿機市場は、業界全体の出荷台数年間70万台を前後する成熟市場になっている反面、国内の気候は高温多湿の亜熱帯気候に近づきつつある。気象庁データ<sup>(1)(2)</sup>によると平均気温は図1に示すように右肩上がりであり、降雨量も図2に示すように2010年以降は毎年平均以上の降水量で年々高温多湿な気候に変化していることを示している。高温多湿になると不快感の上昇以外に、カビが繁殖する・木造家屋がきしむ等の湿害や、洗濯物が乾きにくいといった実害が発生する。一方、除湿機の購入理由(図3)では“室内干し”の衣類乾燥用途が単独で34%を占めているが、“梅雨ジメジメ対策”“カビ対策”などの高温多湿から来る除湿用途を合わせると約80%を占めている。そこで高温多湿状況下で衣類乾燥や除湿で長時間除湿機を使用することを想定し、従来はできなかった20L/日を超える大容量除湿でかつエネルギー効率を高めた除湿機の商品化を目的に研究開発を進めてきた。

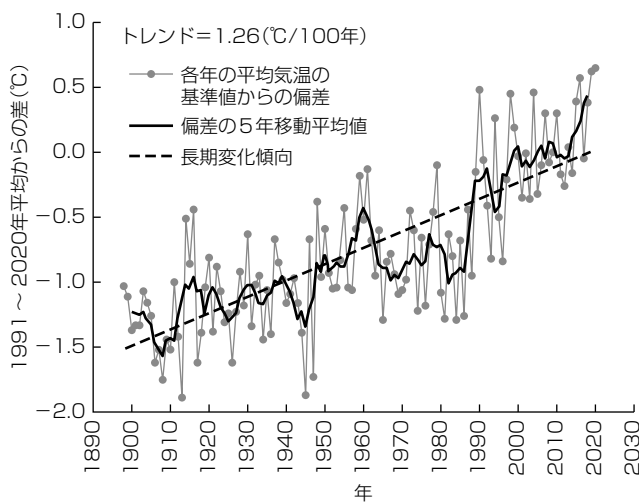


図1. 日本の年平均気温偏差の経年変化(1898~2020年)<sup>(1)</sup>

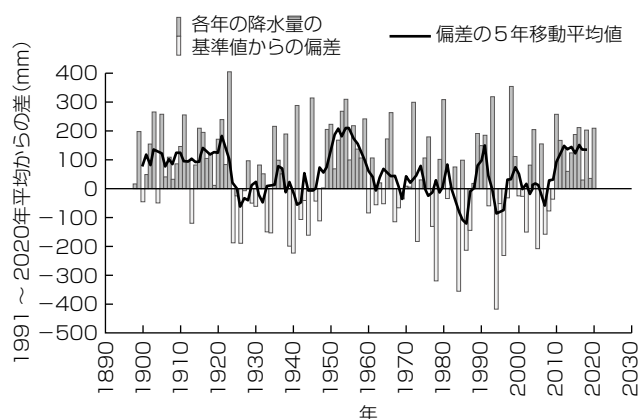


図2. 日本の年降水量偏差の経年変化(1898~2020年)<sup>(2)</sup>

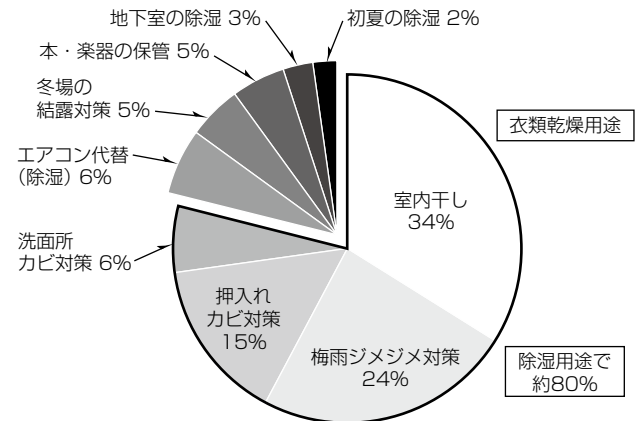


図3. 除湿機購入理由構成比(三菱電機調べ, 2018年)

## 2. 除湿機の基本的な構成

### 2.1 除湿の仕組み

除湿の仕組みは、図4に示す冷凍サイクルによって湿潤空気を露点温度以下まで蒸発器で冷やすことで水分を凝縮させ、蒸発器フィン表面に結露させて水タンクで回収するものである。冷凍サイクルとは気体冷媒を“圧縮→凝縮→膨張→蒸発”を繰り返し処理させることで低温熱源から吸熱し、高温熱源に排熱する熱力学サイクルである。

蒸発器を冷却するためには冷媒を循環させる必要があり、そのためのエンジンの役割を果たすのが圧縮機である。従来の除湿機では回転数が電源周波数と同期する一定速タイプの圧縮機を搭載しているが、今回の開発品では圧縮機の制御にインバータ制御方式を用いた。

また凝縮器は空気を流すことで空気に対して放熱し、冷媒を液化する役割を持つ。放熱を改善することでエネルギー効率の改善につながるため、今回の開発品では図5に示すように凝縮器を二つ並べた二凝縮回路を採用している。

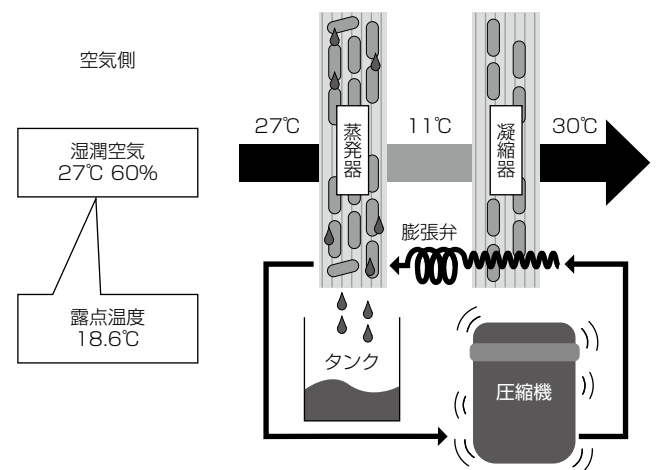


図4. 冷凍サイクルの模式図

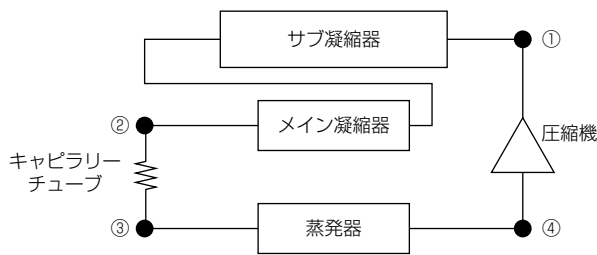


図5. 二凝縮回路の模式図

## 2.2 除湿能力向上技術

従来の除湿機は一定速の圧縮機を使用しており、搭載可能な圧縮機のサイズには限度がある。そのため吐出量を大きくできず除湿量の向上は長い間改善されることがなく、国内向けでは18L/日の能力が最大であった。コンプレッサー式+デシカントの組合せのハイブリッド式が販売されて最大除湿能力は20L/日になったが、最大消費電力量が800Wを超えるなどの課題があった。そこで最大除湿量の向上のために、家庭用除湿機では国内初<sup>(注2)</sup>のインバータ制御の圧縮機を採用した。一定速の圧縮機は電源周波数60Hzで18L/日までしか除湿できないが、インバータ制御で周波数を78Hzまで上げることで除湿能力を24L/日まで向上させた(図6)。

インバータ化するメリットは除湿能力向上だけでなく能力可変が容易になる点である。表1は強運転時と弱運転時の除湿能力と消費電力の従来機種との比較を表している。一定速の圧縮機を用いた除湿機は弱運転にしても除湿能力はさほど低減せずに消費電力はむしろ強運転よりも高くな

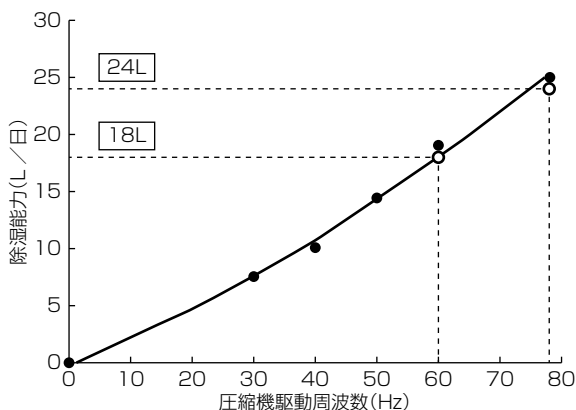


図6. 圧縮機駆動周波数と除湿能力

表1. 強運転時と弱運転時の除湿能力と消費電力の比較

	従来機種	
	MJ-P180PX (2019年度機種)	MJ-80FX (2011年度機種)
開発機種(インバータ)	MJ-PV240RX	MJ-80FX (2011年度機種)
除湿能力強	24.0L/日	8.0L/日(60Hz)
消費電力	410W	245W
除湿能力弱	8.0L/日	14.4L/日(60Hz)
消費電力	125W	405W

る場合がある。インバータであれば能力に比例した消費電力になり、しかも吐出量の大きい圧縮機をインバータ制御で弱運転した場合の方が同じ除湿能力(8L/日)の一定速の小容量タイプの除湿機よりも消費電力は小さくなる(約49%の省エネルギーになる)。また除湿能力を多段階可変にしたため、圧縮機のON-OFF制御しかなかった従来の除湿機よりもきめ細かな湿度コントロールを可能にした。

(注2) 2020年3月23日現在, 三菱電機調べ

## 2.3 エネルギー効率改善技術

一定速の圧縮機をインバータ化することで、弱運転時の省エネルギー効果は大きいですが、最大定格での効率改善効果は少ない。最大定格での消費電力を下げるには圧縮機の負荷を低減する必要がある。そのためには図7のとおり凝縮圧力の低減が必要で、低減させるためには凝縮器の放熱性を高めて十分に冷却させることが必要になる。

凝縮器の放熱性を高めるためには凝縮器の放熱面積を大きくすることが有効になるが、単純に凝縮器を大きくしただけでは放熱するための空気量が不足し、風量を増やすと蒸発器の温度が露点温度を上回るため除湿ができなくなる。その対策として凝縮器を二つ並べた二凝縮回路を、国内家庭用除湿機では初めて開発した。これは凝縮器を高温(サブ)凝縮器と低温(メイン)凝縮器の二つに分割した技術であり、高温の凝縮器にバイパス風路を通して冷却空気を送り込むことで凝縮圧力を低減させるものである(図8)。

蒸発器を流れる風量は露点温度以下になるよう最適化しつつ、凝縮器を冷却するために必要な風量はバイパス風路から供給することで、除湿能力向上と効率改善を両立させることを可能にした(図9)。凝縮器全体を流れる風量と圧縮機の入力の関係は図10に示すとおりで、この機種では運転音との兼ね合いからメイン、バイパス合計で6.0m<sup>3</sup>/minにしている。

MJ-PV240RXでは先に述べた方法で除湿能力改善とエネルギー効率改善の両立を実現した。得られた改善効果に

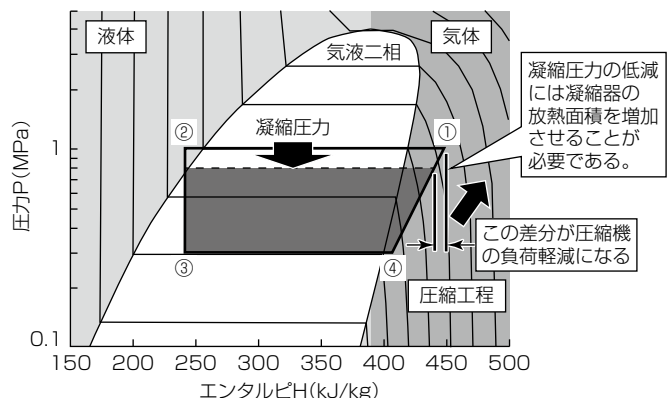


図7. 二凝縮回路の冷凍サイクル(モリエ線図)

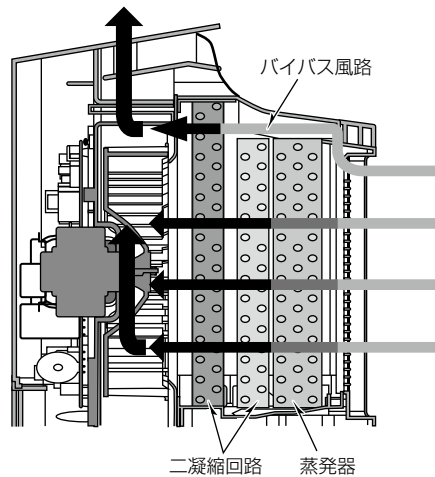


図8. 熱交換器構成と送風経路

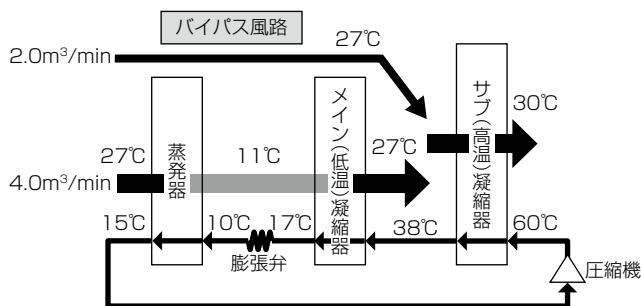


図9. 二凝縮回路模式図

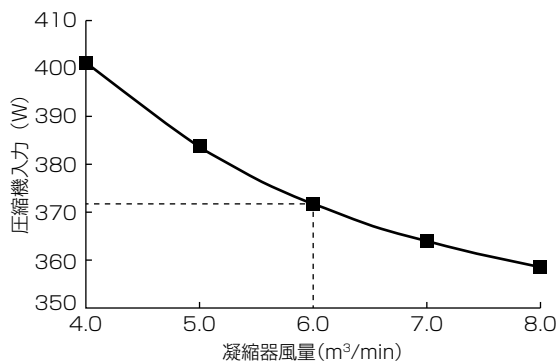


図10. 凝縮器風量と圧縮機入力

表2. 従来機種からの改善率

	従来機種	開発機種	改善率
	MJ-P180PX	MJ-PV240PX	
除湿能力(L/日)	18	24	33.3%
消費電力(W) : 60Hz	390	410	-5.1%
1L当たりの消費電力量 : W/L	21.67	17.08	21.2%
エネルギー効率 : L/kW	1.92	2.44	27.0%

ついて従来機種との比較で表2に示す。除湿能力で33.3%改善し、1L当たりの消費電力量で21.2%の改善になっている。

さらに2021年度の新モデルでは定格除湿能力を24.0L/日から24.5L/日に向上させたMJ-PV250SXを発売した。

表3. 衣類乾燥運転での従来機種からの改善率

	従来機種	開発機種	改善率
	MJ-P180PX	MJ-PV240PX	
衣類乾燥時間(分)	114	86	24.6%
消費電力(W) : 60Hz	390	410	-5.1%
1回当たりの消費電力量(kWh)	0.74	0.59	20.3%

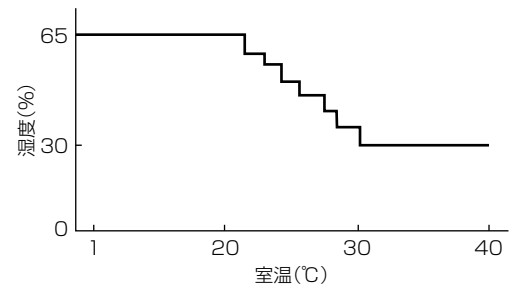


図11. 快適見守り運転の湿度設定イメージ

### 3. 付加機能

#### 3.1 衣類乾燥運転

除湿機の使用用途の中でも高い割合を示す、衣類乾燥のときにかかる消費電力量と乾燥時間について従来機種との比較を表3に示す。消費電力こそ開発機種の方が20W大きいですが、除湿能力が高い分衣類乾燥時間が抑えられ、1回当たりの消費電力量としては従来機種よりも少なく約20%の削減になる。

#### 3.2 快適見守り運転

快適見守り運転では室温20°Cの場合は湿度65%、20~30°Cでは設定湿度を30~65%の間で自動調節と室温に応じて快適な湿度になるよう除湿運転を実施する。インバータ制御によって、よりきめ細かな運転を実現し、従来機種との2段階に比べて多段階の湿度設定を実現した(図11)。

### 4. むすび

三菱電機独自の二凝縮回路とバイパス風路によって大容量でありながら消費電力を抑制した除湿機を開発して2020年度省エネ大賞を受賞できた。今後も省エネルギーに加えて、暮らしに価値をもたらす付加機能の開発に取り組んでいく。

#### 参考文献

- (1) 気象庁：日本の年平均気温偏差の経年変化 (1898~2020年) [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_jpn.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html)
- (2) 気象庁：日本の年降水量偏差の経年変化 (1898~2020年) [https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an\\_jpn\\_r.html](https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn_r.html)