

時田 博之
H.Tokita

蛭間 淳之
A.Hiruma

中村 芳郎
Y.Nakamura

新開発のコンプレッサ、熱交換器などの採用で従来機種よりも年間電気代を15%低減し、低温時(外気温2℃)の暖房能力を4.0kWに向上するとともに室温低下のない高効率の除湿方式を採用した省エネルギー型エアコンGDシリーズを商品化した。室内ユニットには、円弧形状の熱交換器と過冷却熱交換器を採用し、熱交換器性能を向上させた。室外ユニットには、新開発の直流ツインコンプレッサ、冷媒流量制御に電子膨張弁、直流ファンモータを採用した。新除湿方式では、過冷却熱交換器を除湿用熱交換器とし、この熱交換器で冷媒の蒸発がほぼ完了するように電子膨張弁を制御するとともに、吹出し空気をショートサーキットさせることで除湿効率の向上と風をほとんど感じない無意識除湿を達成した。

We have developed a new energy-saving type heat pump which realizes a saving of 15% in annual running costs as well as an improvement in maximum heating power compared to the conventional model. The heat pump also has a new, highly efficient dry operation mode.

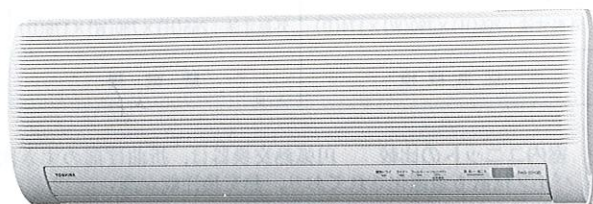
The improvement of performance has been achieved by developing a circular heat exchanger and a sub-cool heat exchanger for the indoor unit, and an electric expansion valve, a DC fan motor, and a new DC compressor for the outdoor unit. During the new dry operation mode, the electrical expansion valve controls the evaporation region only in the sub-cool heat exchanger by short circuit air flow. This method offers highly efficient and draftless dry operation mode without lowering the room temperature.

1 まえがき

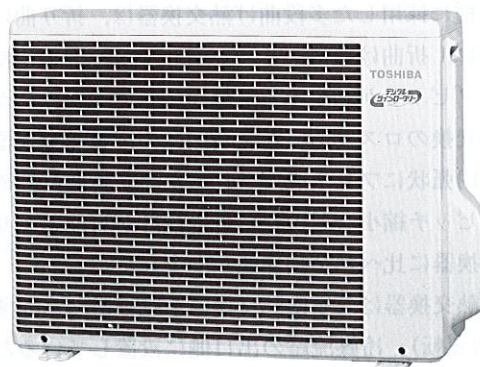
近年、わが国の家庭用消費電力量は著しく増加している。エアコンは、その電力量の約20%を占めており、増加率は家庭用消費電力量の伸びを上回っている。このため、電力需要、地球環境問題の観点から、エアコンの省エネルギー化がよりいっそう求められている。このような環境下で、当社はNTDシリーズ、EDシリーズと2年連続で省エネルギー型のエアコンを開発し、市場で大きな評価を得た。1995年は、コンプレッサ、熱交換器などの新開発、および冷凍サイクルの改良により、省エネルギー性をいっそう高めたエアコンGDシリーズ(RAS-251GD/GADシリーズ)を商品化した(図1)。

新機種は、冷房能力2.5kWクラスで、冷房定格時のCOP(エネルギー消費効率)4.39、暖房定格時のCOP4.65、および低温時の暖房能力4.0kWを達成し、さらに、実運転上もっとも使用される中間～最小能力域においても、大幅な運転効率の改善を達成し、年間電気代は標準で27,900円と従来機種に対して、15%低減した。

また、新しい除湿方式を採用して除湿運転では消費電力100W程度で室温を低下させずに除湿機並みの除湿効率1.5



(a)室内ユニット



(b)室外ユニット

図1. 新省エネルギー型エアコンGDシリーズ 室内ユニットは、2.5kWクラスから4.0kWクラスまで共通サイズのコンパクトタイプとしている。

External view of GD series

ml/Wh(170 ml/108 Wh)を実現した。

ここでは、新型エアコンの省エネルギー技術と新除湿方式の概要について述べる。

2 省エネルギー技術

2.1 円弧熱交換器

室内熱交換器として、製品の省エネルギー効果の大きな円弧熱交換器を採用した。この熱交換器は、図2に示すように製品前面側を円弧形状とし、背面側を平面形状とした。さらに背面側の熱交換器の上側に過冷却熱交換器を設置した。

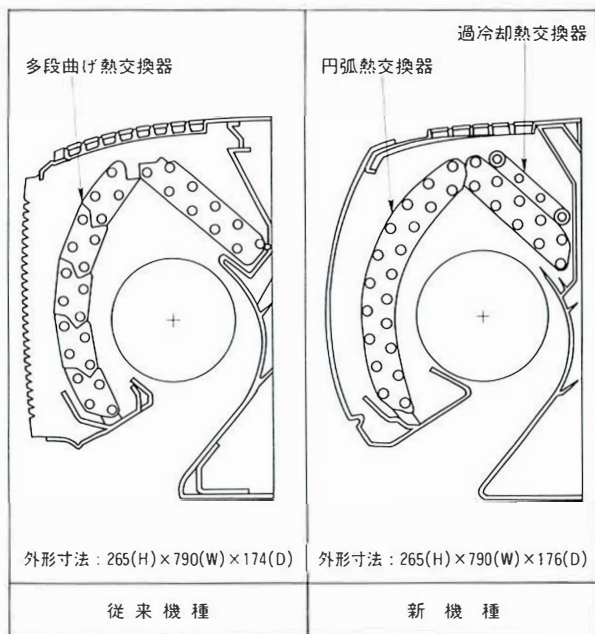


図2. 室内ユニットの比較 円弧熱交換器は、折曲げ部のすき間がなく、パイプ位置も最適化されており、熱交換性能が高い。

Comparison of indoor units

従来機種に採用した多段曲げ熱交換器は、折り曲げて成形するために、折曲げ部にすき間が生じて伝熱面積が減少したり、パイプピッチが縮小する部分が生じて通風抵抗が増加するなど熱交換のロスがあった。新開発の円弧熱交換器は、あらかじめ円弧状にプレス成形されるため、折曲げ部のすき間やパイプピッチ縮小などのない最適設計が可能となり、多段曲げ熱交換器に比べ熱交換性能が向上した。

過冷却熱交換器は、室内熱交換器を凝縮器として使用する場合(暖房運転)、冷媒流路の出口側に設置しているため、冷凍サイクルの過冷却を増加させ、暖房性能を向上させる。また、後述する除湿運転時には入口側となり除湿用熱交換器として機能する。

上述のことから、室内ユニットの寸法を変えずに、熱交換器の熱交換率向上と大型化が図れ、熱交換性能を大幅に向上

表1. 室内熱交換器の性能比較

Comparison of indoor heat exchanger specifications

	従来機種 (RAS-251ED)	新機種 (RAS-251GD)
形態	多段曲げ熱交換器	円弧熱交換器+過冷却熱交換器
ファン	ランダムスクューファン	同左
容積*	100%	121%
熱交換率*	100%	114%

*パーセント表示は従来機種に対する比率を示す。

させることができた(表1)。

2.2 室外ファンモータ

室外ファンモータには、新たに直流モータを採用し、入力での低減とトルクアップに伴う風量増加により、低温性能の向上を図った。また、ファン回転数をコンプレッサ回転数に応じた最適回転数に設定することにより、広い運転範囲にわたり性能の向上が可能となった。また、台風などの突風時に、ファンモータに発生する逆起電力からの保護対策を施し、モータ、インバータに対する信頼性を確保している。

2.3 電子膨張弁

従来機種では、冷媒流量制御にキャピラリチューブの冷房・暖房切換方式を採用したため、冷房・暖房定格能力では最適マッチングとなっている。しかしながら、低流量(低能力)域、あるいは高流量(高能力)域では必ずしも最適なマッチングではなかった。特に、低流量域では、液冷媒の戻り(液バック)による性能低下防止、コンプレッサの信頼性確保のためにタンクの追加が必要であった。

今回は、冷媒流量制御に電子膨張弁を採用し、コンプレッサ吸込温度と蒸発温度を検出し、その温度差であるスーパーヒート量を一定にするように弁を制御している。これにより、低~高流量域で最適なマッチングが可能となり性能が向上した。特に、中~低流量域における運転効率を大幅に改善した(図3)。

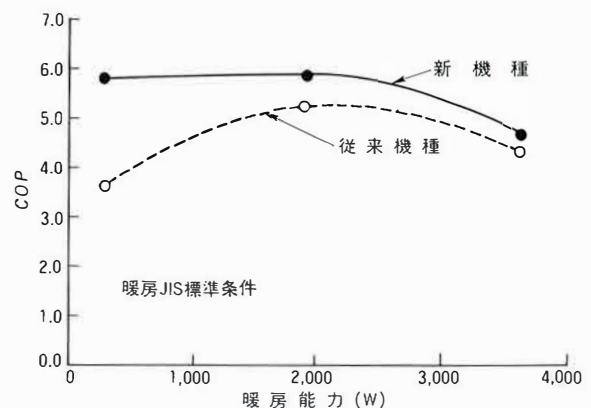


図3. 暖房性能の比較 従来機種に比べて、新機種は低能力から中能力での運転効率が向上している。

Comparison of heating performance

また、高流量域の運転効率向上と着・除霜時の電子膨張弁による冷媒流量制御の最適化により、暖房低温性能が大幅に向上した(表2)。さらに、液バック対策用にタンクを追加することなく、信頼性が確保できるようになった。

表2. エアコン性能の比較
Comparison of heat pump specifications

		従来機種 (RAS-251ED/EAD)	新機種 (RAS-251GD/GAD)
		最小~中間~定格	最小~中間~定格
冷房	能力(kW)	0.4~1.2~2.5	0.4~1.2~2.5
	入力(W)	100~225~640	100~190~570
	COP	4.00~5.33~3.91	4.00~6.32~4.39
暖房	能力(kW)	0.3~1.9~3.6	0.5~1.9~3.6
	入力(W)	85~365~840	85~325~775
	COP	3.53~5.21~4.29	5.88~5.85~4.65
暖房	低温時*の能力(kW)	3.6	4.0
	低温時*の入力(W)	1,140	1,150
	COP	3.61	3.48
	年間電気代	32,900円	27,900円

*外気温2℃

3 新除湿方式

3.1 冷凍サイクル

従来のエアコンの除湿機能は、冷房運転時と同一冷凍サイクルで、室内熱交換器(蒸発器)全面で熱交換させ除湿する方式である。

そのため、顕熱による室温低下を極力抑える必要があり、コンプレッサを低回転させ、室内ファンを微風で運転していた。また、その室温低下を抑えるために、ヒータを搭載した機種もあった。しかしながら、コンプレッサ低回転による除湿不足と室温低下による不快感は解消されておらず、除湿機並みの特性までには至っていない。

新除湿方式では、顕熱による室温低下を抑え、潜熱による除湿効率を向上させるために、前章で述べた過冷却熱交換器を除湿用熱交換器として利用し、この除湿用熱交換器で冷媒の蒸発がほぼ完了するように、室内熱交換器の入口温度と中間温度の差をスーパーヒート量として、この値がある設定となるまで電子膨張弁で制御する方式とした(図4)。

この方式における除湿用熱交換器の温度は、従来の除湿運転における室内熱交換器の温度よりも低温になるため潜熱が増加する。冷媒は、除湿用熱交換器でほぼ蒸発が完了するため、円弧熱交換器の温度は下がらず、吹出空気は室温に近い値まで上昇し顕熱は減少する。

構造的には、図4に示すように円弧熱交換器と除湿用熱交換器を分離した。これにより、両熱交換器間での熱伝導が少なくなり、円弧熱交換器の温度は下がりやすく、除湿用熱交換器の温度は上がりやすくなるため、室温低下を抑え除湿効

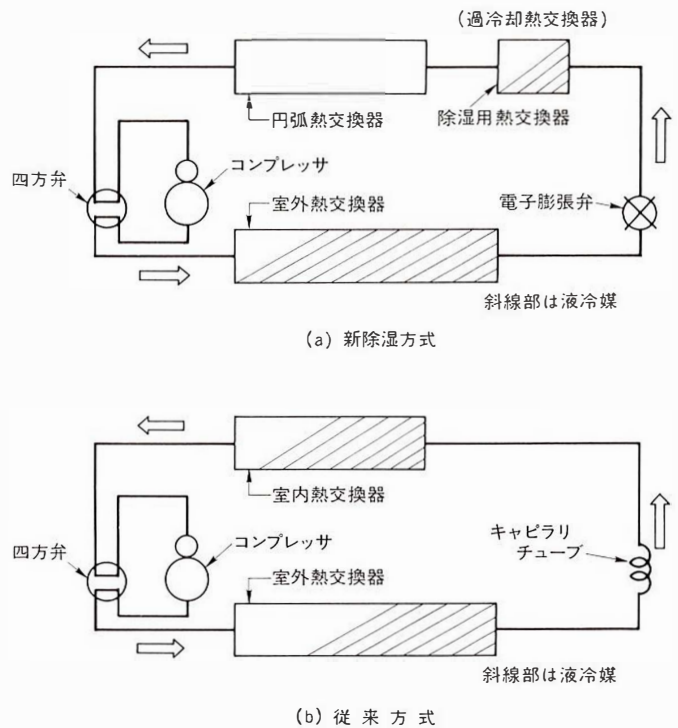


図4. 新除湿方式の冷凍サイクル 除湿用熱交換器で、冷媒の蒸発が完了するように電子膨張弁で制御している。

Refrigerant cycle of new dry method

率を上げる効果がある。また、除湿用熱交換器が円弧熱交換器の上側(風上側)に設置されているため、除湿用熱交換器で除湿され低温になった空気は、ほぼ室内温度にまで上昇している下側(風下側)の円弧熱交換器により、再度暖められて吹き出され、室温低下を抑える効果がある。

また、スーパーヒート量の設定値を室内温度に応じて変化させることにより、低温から高温までの広い運転範囲で除湿可能となる(図5)。

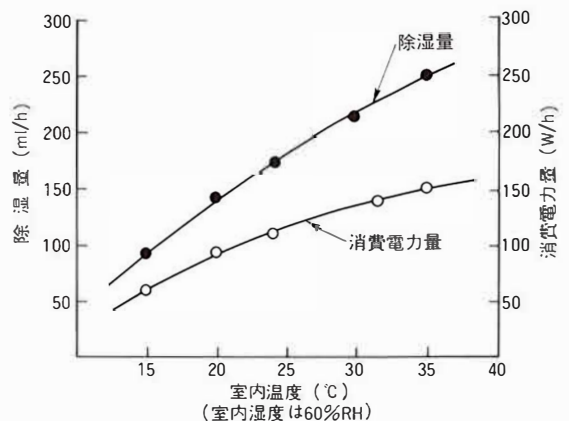
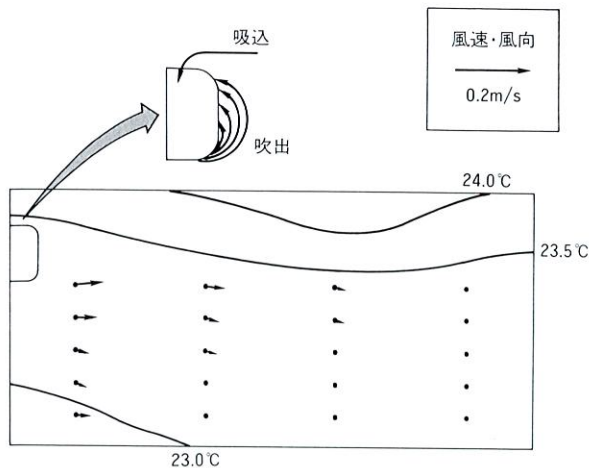


図5. 室内温度と除湿性能の特性 室内低温から高温までの広い運転領域で除湿が可能である。

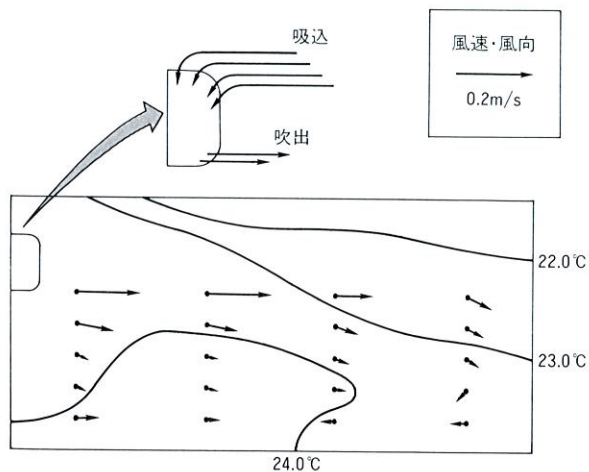
Effect of room temperature on dry operation performance

3.2 気流制御

気流によるドラフト感を改善するため、図6に示すように水平風向グリルの角度を調整して除湿用熱交換器には室内ユニット上面部から室内空気を吸い込ませ、熱交換された吹出空気は室内ユニット前面部にだけショートサーキットさせるように気流制御を行った。これにより、室内はほぼ無風状態となり、吹出風によるドラフトを感じない無意識除湿を達成することができた。さらに、ショートサーキットにより蒸発温度の低下を促進し、除湿量が増加する効果も得た。



(a) 新除湿方式



(b) 従来方式

図6. 新除湿方式の気流制御 吹出空気をショートサーキットすることにより、室内はほぼ無風状態となり、ドラフトを感じない。

Air flow control in new dry method

表3は、除湿機能における総合評価結果である。この新除湿方式は、従来のエアコン除湿方式に比べ、除湿効率、消費電力、快適性、騒音などの評価ポイントにおいて優れている。

表3. 除湿性能の比較

Comparison of dry performance

(1) 性能試験

	従来機種	新機種	当社除湿器
電力	219 W	108 W	150 W
除湿量	155 ml/h	170 ml/h	170 ml/h
除湿効率	0.71 ml/Wh	1.57 ml/Wh	1.33 ml/Wh
温度条件	24 °C/60 %		

(2) 環境試験

	従来機種	新機種	当社除湿器
到達湿度	77 %	58 %	59 %
除湿量	65 ml/h	150 ml/h	140 ml/h
平均温度	22.2 °C	23.1 °C	26.5 °C
室温変化	-1.8 °C	-0.9 °C	+2.5 °C
風速*1	0.1~0.2 m/s	0.1 m/s 以下	—
騒音*1	23.7 dB	22.0 dB	36.0 dB
電力(安定時)	95 W*2	105 W	160 W
室外条件	24 °C/80 %		

*1: 試験室中央部で測定 *2: 断続運転の平均

4 あとがき

円弧熱交換器などの冷凍サイクル要素部品の新開発、および冷凍サイクルの改良により、広い運転領域において運転効率が向上し、年間電気代((社)日本冷凍空調工業会の統一基準)を従来機種より大幅に低減することができた。また、新しい除湿方式の開発により、除湿効率が高く、快適性に優れた除湿運転を実現した。

今後も、省エネルギーと快適性の向上に向けて研究していく所存である。

文献

- (1) 守田慶一, 他: 省エネエアコンの開発と快適性評価, 第28回空調・冷凍連合講演会論文集, pp.65-68 (1994)
- (2) 本郷一郎, 他: 省エネエアコンの開発, 第29回空調・冷凍連合講演会論文集, pp.85-88(1995)



時田 博之 Hiroyuki Tokita

1986年入社。家庭用エアコンの開発設計に従事。現在、富士工場エアコン技術部。
Fuji Works



蛭間 淳之 Atsuyuki Hiruma

1986年入社。家庭用エアコン用インバータの開発設計に従事。現在、富士工場開発技術部。
Fuji Works



中村 芳郎 Yosiro Nakamura

1989年入社。空調用熱交換器の開発設計に従事。現在、富士工場開発技術部。
Fuji Works