

住宅向小形チラーユニットの性能

Performance of Small-capacity Water Chiller for Residential Use

春川 恒雄* 森 克彦*
Tsuneo Harukawa Katsuhiko Mori

要 旨

小形チラーユニットとファンコイルユニットで組合せた空調設備はウインドタイプやセパレートタイプのルームエアコンに比較して据付が容易、取扱いが簡単、空調部屋(へや)の切替え可能などの理由から比較的部屋数の多い住宅、医院、病院、店舗付き住宅などに使用され、その販売量は年々増加している。数年前、住宅向け小形チラーユニットとしては3.75kWおよび5.5kWの水冷式2機種のみであったが、その後おのおのの需要に応じて2.2kWの水冷式、1.5kW、2.2kW、3.75kWおよび5.5kWの空冷式が開発され、現在では7機種の住宅向け小形シリーズをそろえている。これら7機種はすべて屋外据付形あるいは屋上据付形に設計されており、さらに3.75kWおよび5.5kWの水冷式には今回開発した新しいタイプの多管コイル式熱交換器を採用している。本報告ではこれら7機種の仕様、構造および性能について述べる。

1. 緒 言

チラーユニットは昭和36年から昭和38年にかけて水冷却用の冷凍装置として3.75kWから60kWまでの9機種が開発され、おもにファンコイルユニットと組合せた個別方式の空調設備として、また、冷水を必要とする工業装置の水冷却設備として使用されてきた。その後年々空調用の需要が増加してきたが、その機種は11kW、15kWおよび22kW程度で、当時のダクト専用のパッケージ形空調機に相当する機種が最も多く、その需要先は小規模のビル、事務所、ホテル、旅館、病院などでダクト施工が困難な建物に集中されていた。

昭和42年に至って、チラーユニットとファンコイルユニットを組合せた空調設備の特長である小部屋の多い建物に適していること、空調する部屋の騒音が小さいこと、空調する部屋の切替えが可能であることなどが需要家に認められ、前年度の約3倍と大幅な伸びを示した。これは国内経済の高度成長、建設ブーム、消費ブームなどによるものであるが、なかでも3.75kWおよび5.5kW程度の小形機種種の伸びに著しいものがあった。

これらの小形機種は従来、医院、病院、小規模の事務所などの空調に用いられる程度であったが、温水ボイラによるセントラルヒーティングの普及に伴って、一般住宅、店舗付き住宅に多く使用されるようになってきた。一般住宅、医院、病院、店舗付き住宅などの空調が多くなるに従って、地価の高騰、商店街で庭がないなどの理由から据付場所の制限がきびしくなってきた。このため、水冷式は据付面積を小さくすることが要求されるとともに、クーリングタワーの据付場所があれば据付可能な空冷式チラーユニットの開発が要求された。なかでも比較的容量の大きい3.75kWおよび5.5kW程度のものを必要とする店舗付き住宅などで、庭のないところでは、屋上に据付け直射日光を受けてもさしつかえない機種種の開発が必要となってきた。そこでこれらの需要に応じて2.2kW、3.75kWおよび5.5kWの水冷式3機種と1.5kW、2.2kW、3.75kWおよび5.5kWの空冷式4機種の合計7機種を開発した。

2. 冷暖房方式について

現在使用されている住宅の空調設備として使用されている方式には種々あるが、その代表的なものとして次の三つの方式がある。

- (1) ウインドタイプのルームエアコンによる冷房と温水ボイラとルームヒートの組合せによる暖房。

- (2) 1台の室外ユニットと数台の室内ユニットと組合せたセパレートタイプのルームエアコンによる冷房とルームエアコンの室内ユニットに組み込まれた温水ラジエータと温水ボイラの組合せによる暖房。
- (3) チラーユニットとファンコイルユニットの組合せによる冷房と温水ボイラによる暖房。

上記の3とおりの冷暖房方式において暖房はすべて温水ボイラと放熱器の組合せによるセントラルヒーティングになっており、冷房方式のみ異なっているものであるが、これらの冷房方式を比較すると次のようになる。

(1)のウインドタイプのルームエアコンによる冷房は各部屋ごとにルームエアコンを取り付ける必要があり、ほかの方式に比較して室内の騒音が大きいというにルームエアコンの稼働率が低いため、全部屋の合計容量が大きくなる。(2)のセパレートタイプのルームエアコンによる冷暖房の方式は図1に示すようになり室外ユニットと室内ユニットとの間に冷媒配管が必要となるため、据付がほかの方式に比較してめんどろになる。また室外ユニット1台で運転できる室内ユニットは数台のため部屋数の多い住宅には不向で、さらに冷房する部屋の切替えには切換弁を操作する必要がある。(3)のチラーユニットによる冷暖房の方式は図2に示すようになり、ファンコ

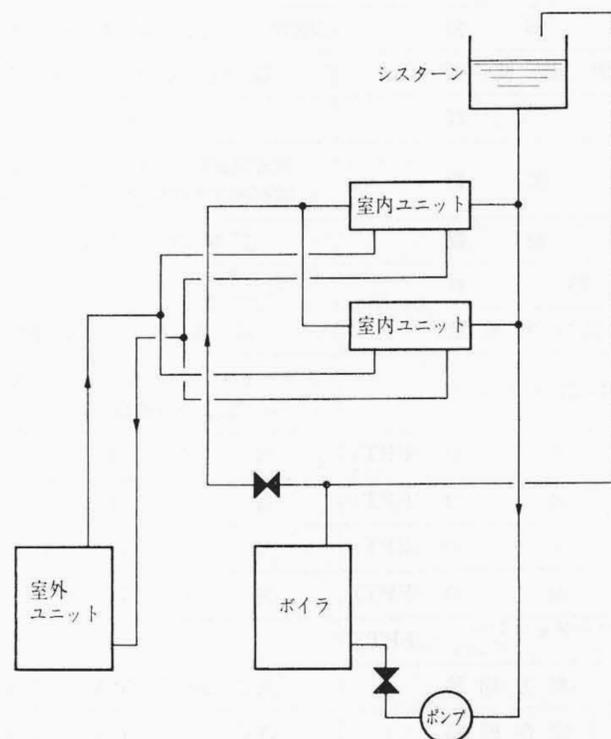


図1 ルームエアコン使用冷暖房系統図

* 日立製作所清水工場

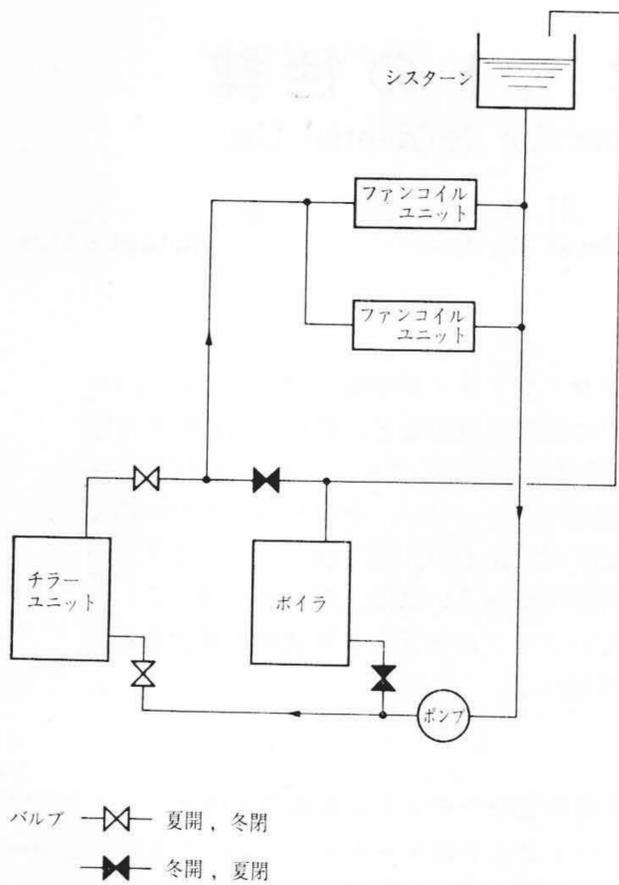


図2 チャラーユニット使用冷暖房系統図

イルユニット, 冷温水循環ポンプ, シスターンおよびチャラーユニットとファンコイルユニット間の水配管のほとんどが暖房用機器と共用になるため据付けは最も簡単で, かつ室内ではファンコイルユニット内のファンが運転されるのみであるから室内の騒音は小さい。ま

表1 水冷式チャラーユニット標準仕様表

項目 (単位)		形式	RCU 302	RCU 502	RCU 752
外装	仕上	高級仕上鋼板製合成樹脂塗料焼付塗装			
	塗 装 色	ダークグレー			
外法寸法	幅 (mm)		550	620	620
	奥行 (mm)		620	500	500
	高さ (mm)		600	1,000	1,000
圧縮機			301 FH ₂	501 FH ₂	751 FH ₄
圧縮機用電動機 (kW)			2.2	3.75	5.5
凝縮器			二重管コイル式	多管コイル式	
水冷却器			二重管コイル式	多管コイル式	
冷媒制御装置			温度式自動膨張弁		
冷媒			R-22		
安全装置			電磁開閉器 (オーバードリレ付) 高低圧圧力開閉器, 断水リレー		
防振装置			圧縮機用防振ゴム台		
断熱材			ポリウレタンフォーム	不付	
運転装置	温度調節装置		冷水温度調節器		
	運転用スイッチ		リモートコントロールスイッチで冷水冷却水のポンプおよび冷凍機の運転停止を行なう。		
水配管	凝縮器	入 口 (FPT)	3/4	1	1 1/4
		出 口 (FPT)	3/4	1	1 1/4
	水冷却器	入 口 (FPT)	3/4	1 1/4	1 1/2
		出 口 (FPT)	3/4	1 1/4	1 1/2
エマージェンシードレン (FPT)			1/2		
電源	動力回路		AC 3φ	200 V	50/60 Hz
	操作回路		AC 1φ	100 V	50/60 Hz
製品重量 (kg)			130	200	220

たチャラーユニット1台で運転できるファンコイルユニットの台数は何台でもよい。部屋数の多い住宅にも適しており, さらに冷房する部屋の切替はファンコイルユニットの運転, 停止の操作のみでよい。ため取扱いも簡単である。

3. 仕様ならびに構造

3.1 仕様

住宅向け小形チャラーユニットの仕様は表1および表2に示すとおりである。

空冷式チャラーユニットを屋外に据付けるように設計するのは当然のことであるが最近の土地価格の高騰を考えると水冷式チャラーユニットにおいても単に製品の外法寸法を小さくして据付面積を小さくするだけではなく, 空冷式と同様に, 機械室を必要としないで屋外にも据付けられるようにすることが必要で, そのような設計を採用することにした。運転操作は水冷式, 空冷式ともリモートコントロールスイッチにより住宅内の居間, 台所などから行なえるようにしてある。

3.2 外観ならびに外法寸法

水冷式チャラーユニットの外観および内部構造は図3および図4に示すとおりである。図5は空冷式チャラーユニットの外観を, 図6は内部構造を示した写真である。

従来の小形チャラーユニットは水冷式, 空冷式ともに外法寸法は幅寸法が大きく, 奥行寸法が小さい薄形であった。温水ボイラと組合せて住宅の冷暖房兼用のセントラルシステムに用いられるとき, 温水ボイラは幅寸法と奥行寸法とがほぼ同じで正方形に近い据付面積形状をしているため, チャラーユニット単体の据付面積が小さくても,

表2 空冷式チャラーユニット標準仕様表

項目 (単位)		形式	RCU202A	RCU302A	RCU502A	RCU752A
外装	仕上	高級仕上鋼板製合成樹脂塗料焼付塗装				
	塗 装 色	ダークグレー		ライトグリーン		
外法寸法	幅 (mm)		550	550	1,120	1,120
	奥行 (mm)		620	620	1,510	1,510
	高さ (mm)		1,340	1,340	805	805
圧縮機			201 FH ₂	301 FH ₂	501 FH ₂	751 FH ₄
圧縮機用電動機 (kW)			1.5	2.2	3.75	5.5
凝縮器			多通路クロスフィン式			
送風装置	送風機		プロペラファン			
	電動機		0.25 kW, 3φ 200 V, 8P	0.25 kW 3φ 200 V 6P	0.4 kW 3φ 200 V 6P	0.4 kW 3φ 200 V 6P
水冷却器			二重管コイル式			
冷媒制御装置			キャピラリチューブ			
冷媒			R-12	R-22		
安全装置			圧縮機用および送風機用電磁開閉器 (オーバードリレ付) 高低圧圧力開閉器, 断水リレー			
防振装置			圧縮機用防振ゴム台			
断熱材			ポリウレタンフォーム			
運転装置	温度調節装置		冷水温度調節器			
	運転スイッチ		リモートコントロールスイッチで冷水循環ポンプおよび冷凍機の運転停止を行なう。			
水配管	水却冷器	入 口 (FPT)	3/4	3/4	1	1 1/4
		出 口 (FPT)	3/4	3/4	1	1 1/4
	エマージェンシードレン			FPT 1/2		1/4
	電源	動力回路		AC 3φ, 200 V	50/60 Hz	
操作回路			AC 1φ, 100 V	50/60 Hz		
製品重量 (kg)			145	150	265	315

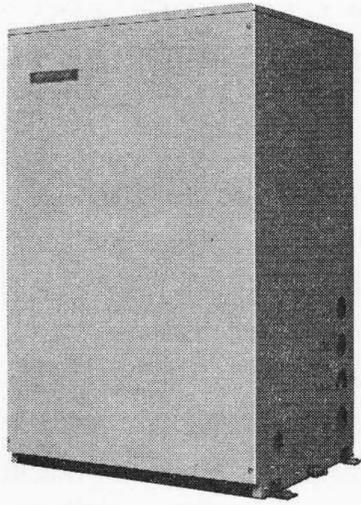


図3 水冷式

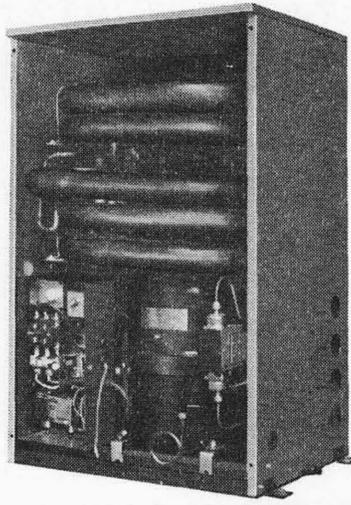


図4 水冷式の内部構造

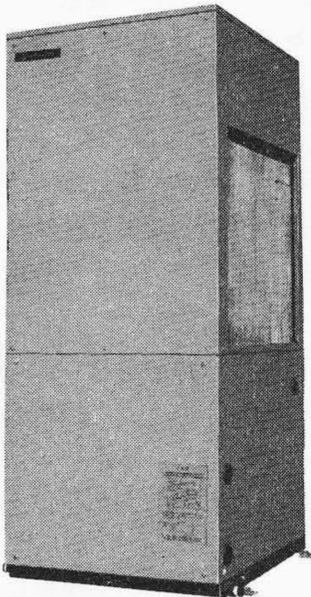


図5 空冷式

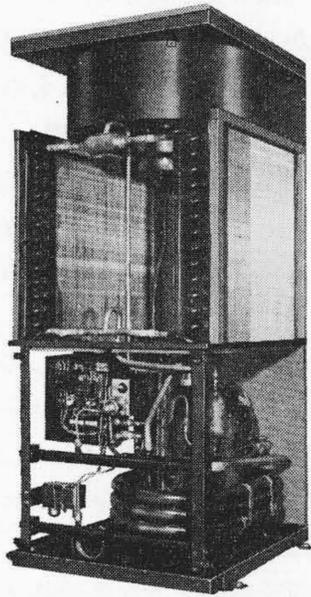


図6 空冷式の内部構造

チラーユニット、温水ボイラ、ポンプなどの総合床面積、すなわち機械室の面積が大きくなっている。そこで新シリーズでは幅および奥行を550 mm×620 mmあるいは620 mm×500 mmとして据付面形状を温水ボイラと同様に正方形に近いものにしてボイラ、ポンプなどと組合せたときの総合床面積を小さくした。また高さの最も高いもので1,340 mmとし、前述の屋外据付形とともに、据付場所の選択を容易にしている。

3.75 kW および 5.5 kW の空冷式はほかの機種と異なり、空冷式凝縮器が大きく据付面積が大きくなるため、圧縮機、凝縮器、水冷却器などの機器を平面的に配置し、高さ寸法を小さくするとともに、直射日光にさらされても高圧側圧力が異常上昇しないように凝縮器の伝熱面積に余裕を持たせ、屋根の上に据付けられるようにしてある。このため、外法寸法中、幅寸法および奥行寸法は1,121 mm×1,510 mmと大きくなっているが、機械を据付けるための土地は不用で、商店街の店舗付き住宅、小規模事務所、医院などで庭がまったくないところでも据付けが可能である。なお高さ寸法は806 mmと低くなっている。またこの空冷式2機種は国内では初めての製品である。

3.3 各部の仕様、構造

3.3.1 圧縮機

圧縮機は全機種とも2極全密閉形圧縮機を採用している。空冷式チラーユニットにおいては直射日光にさらされても、また外気温度43℃になっても電動機の巻線温度が異常に上昇しないように電動機を設計している。

3.3.2 凝縮器

2.2 kW の水冷式に使用している二重管コイル式および空冷式に使用している多通路クロスフィン式はすでに各種の冷凍機に使

用され、その性能も安定している。3.75 kW および 5.5 kW の水冷式には新しいタイプの熱交換器である多管コイル式凝縮器を採用している。多管コイル式凝縮器は二重管コイル式とシェルアンドチューブ式の中間的構造をしているもので、1本の外管の中に数本のローフィンチューブをそう入してコイル状に成形したのち、ローフィンチューブの両端を外管の両端にある管板にロー付けし、ローフィンチューブの内側を冷却水が、ローフィンチューブの外側を高圧冷媒が流れる。

次項に述べる多管コイル式水冷却器とともに多管コイル式熱交換器は次のような構造上の特長を有している。

- (1) 部品点数が少なく、加工個所が少ないため製品重量は軽く、加工が容易である。
- (2) シェルアンドチューブ式に比較してチューブ本数が少なく、そのうえチューブをロー付けで固定するため冷媒漏れが少ない。
- (3) コイル状に加工して使用されるため、ユニットとしてまとまりやすく、ユニット全体がコンパクトになる。
- (4) 二重管コイル式に比較してチューブ本数が多いため、水側圧力損失が小さい。

多管コイル式凝縮器も二重管コイル式と同様に、冷媒が凝縮器内を通過する間に、外管全長を、過熱ガス域、飽和域、過冷却液域に分けることができ、各領域の占める割合はそれぞれ20~30%、60~70%、5~10%程度である。多管コイル式あるいは二重管コイル式凝縮器において、過熱ガス域、過冷却液域のような单相流の冷媒側熱伝達率およびローフィンチューブ内を流れる水側熱伝達率はよく知られた次式で示される⁽¹⁾。

$$\alpha = 0.023 \left(\frac{\lambda}{d_e} \right) \left(\frac{V d_e}{\nu} \right)^{0.8} P_r^{0.4} \dots\dots\dots (1)$$

ここに

- α : 单相流冷媒あるいは水の熱伝達率 (kcal/m²h°C)
- λ : 流体の熱伝導率 (kcal/mh°C)
- d_e : 相当直径 (m)
- V : 流体流速 (m/s)
- ν : 流体の動粘性係数 (m²/s)
- P_r : プラントル数

また、飽和域の冷媒のように2相流の状態にある場合、すなわち冷媒の凝縮熱伝達率は、空冷式多通路クロスフィン式のように管内で凝縮する場合と、多管コイル式のように管外で膜状凝縮する場合とで異なりそれぞれ次式で示される⁽²⁾⁽³⁾。

$$\alpha_R = 0.0005 \left(\frac{4G}{\eta \pi d_i} \right)^{0.75} \left(\frac{\lambda^3 \gamma g}{\eta^2} \right)^{1/3} \dots\dots\dots (2)$$

$$\alpha_R = 0.725 \left(\frac{\gamma^2 \lambda^3 r}{n \eta d_e \Delta t} \right)^{1/4} \dots\dots\dots (3)$$

ここに

- α_R : 冷媒の凝縮熱伝達率 (kcal/m²h°C)
- G : 冷媒流量 (kg/h)
- d_i : パイプ内径 (m)
- η : 液冷媒の粘性係数 (kg/ms)
- γ : 液冷媒の比重量 (kg/m³)
- r : 液冷媒の蒸発熱 (kcal/kg)
- g : 重力の加速度 (m/s²)
- Δt : 冷媒の飽和温度とチューブ外表面との温度差 (°C)
- n : チューブの段数

これらの各部の熱伝達率から熱通過率を求めるわけであるが、多管コイル式凝縮器の熱通過率は二重管コイル式に対してはもちろんのこと、シェルアンドチューブ式に比較しても20~30%高

くなっている。これはシェルアンドチューブ式と同様に凝縮した冷媒液がチューブから離れるため二重管コイル式よりすぐれておりさらに、(3)式においてチューブの段数 n がシェルアンドチューブ式と比較して小さいため凝縮した冷媒液がほかのチューブに接触することがなく、チューブ外表面が常に凝縮作用に有効に使われているためである。

3.3.3 水 冷 却 器

2.2 kW の水冷式および空冷式全機種には水冷式凝縮器とまったく同じ構造の二重管コイル式を使用し、内管(フィンチューブ)内に冷水が、外管内に低圧冷媒がそれぞれ流れる。3.75 kW および 5.5 kW の水冷式には凝縮器の場合と同様に今回開発した多管コイル式水冷却器を採用している。多管コイル式水冷却器は凝縮器の場合と同様に 1 本の外管の中に数本のインナーフィンチューブをそう入してコイル状に成形したのち、インナーフィンチューブの両端を外管の両端にある管板にロー付けしている。インナーフィンチューブの内側には低圧冷媒が、インナーフィンチューブの外側には冷水がそれぞれ流れる。

多管コイル式水冷却器は前項で述べた構造上の特長を有している反面、コイル状に成形したとき、内部のインナーフィンチューブが外管内の外周にかたよってしまうためインナーフィンチューブ間のすきまがほとんどなくなり、チューブ間を流れる冷水は冷媒のわずかな圧力低下でも凍結する恐れがある。したがって多管コイル式熱交換器を水冷却器として使用する場合にはこの点をじゅうぶんに検討する必要がある。冷水の凍結を防止する方法としては水冷却器の冷媒の圧力あるいは温度がわずかに低下しても、圧力スイッチあるいは温度調節器によって圧縮機の運転を停止する方法と、構造を検討して水冷却器内部のチューブがかたよらないようにする方法とがある。3.75 kW および 5.5 kW の水冷式に使用している多管コイル式水冷却器は後者の方法を取り、シェルアンドチューブ式と同等以上に凍結しにくい構造になっている。

多管コイル式水冷却器も二重管コイル式と同様に、冷媒が水冷却器内を通過する間にインナーフィンチューブ全長を飽和域と過熱ガス域とに分けることができる。過熱ガス域の占める割合は水冷却器出口における冷媒の過熱度によって異なるが冷媒過熱度が 5~10deg のとき 25~40% 程度になる。多管コイル式および二重管コイル式水冷却器において過熱ガス域のように单相流の冷媒側熱伝達率およびインナーフィンチューブの外側を流れる冷水側熱伝達率は(1)式で示される。

また、飽和域の冷媒のように 2 相流の状態にある場合、冷媒の蒸発熱伝達率は Bo, Pierre の式として次式が示されている⁽⁴⁾。

$$\alpha_R = 0.0009 \left(\frac{\lambda}{d_e} \right) \left(\frac{V d_e}{\nu} \right) \left(\frac{J \Delta x \gamma}{L} \right)^{0.5} \dots\dots\dots (4)$$

ここに

- α_R : 冷媒の蒸発伝達率 (kcal/m²h°C)
- J : 熱の仕事当量 (kg•m/kcal)
- Δx : 水冷却器内の冷媒の乾き度の変化
- L : 冷媒通路長さ (m)

この式は冷媒流量が多く、乾き度の大きいところでは誤差が大きいといわれる⁽⁵⁾。また、定数 0.0009 が 0.0007 になる⁽⁴⁾ともいわれているが、3.75 kW および 5.5 kW 水冷式に使用されている多管コイル式水冷却器の熱通過率は(1)式および定数を 0.0007 にした(4)によりそれぞれ求めた冷水側、過熱ガス冷媒側および冷媒の蒸発熱伝達率より低くなっている。

このタイプの蒸発器は冷水と冷媒の流れが平行流になるため、冷水と冷媒との流れが直交流になっているシェルアンドチューブと比較して熱通過率が低く、またコイル状に成形すると、インナ

ーフィンチューブの銅管部分とアルミフィンとの間に部分的でかつ、わずかではあるがハク離を生ずるため、直管の場合よりも熱通過率は低下する。

3.3.4 冷 媒 制 御 装 置

水冷式チラーユニットは住宅の空調のみならず工業用としてもその応用範囲が広く、またあらゆる用途に対しても安定した運転が行なわれるように冷媒制御装置として温度式自動膨張弁を使用している。

空冷式チラーユニットはそのほとんどが住宅の空調に用いられ、その使用温度も安定しているため冷媒制御装置としてキャピラリチューブが使用されている。空冷式チラーユニットは使用温度が安定しているとはいえ、冷房シーズンの初期および終期あるいは夜間などにおいては外気温度が低く、また最盛期の昼間においては外気温度が高く、高圧側圧力にいくぶんかの変動がある。しかしこの程度の圧力変動であればキャピラリチューブはじゅうぶんに自己補償できるものである。

3.3.5 送 風 機

空冷式チラーユニットに用いられる送風機は、前述のようにユニットの据付面形状を正方形に近い長方形にして温水ボイラとのマッチングを考慮したため、全機種にプロペラファンを採用している。

送風機の所要風圧としては凝縮器および凝縮器以外の通路抵抗とがあるが、空冷式チラーユニットに対してはダクト接続を行わず、機外抵抗をゼロにしている。したがって、送風機の所要風圧は凝縮器とユニットのケーシングの抵抗とを加えた値以上であればよいことになる。

凝縮器のような多通路クロスフィン式熱交換器の通風抵抗は次式により求めることができる⁽²⁾。

$$\Delta P = aN \frac{\left\{ \frac{b}{P_f} \left(P_2 - \frac{\pi D^2}{4P_1} \right) + \frac{\pi D}{P} \right\}^d}{P_2^g} \left\{ \frac{P_f P_i}{(P_f - S)(P_1 - D)} \right\}^h V_f^k \dots\dots\dots (5)$$

ここに

- a, b, d, g, h は定数
- N : パイプ列数
- P_1 : パイプピッチ (m)
- P_2 : パイプ列ピッチ (m)
- D : パイプ外径 (m)
- P_f : フィンピッチ (m)
- S : フィン板厚 (m)
- V_f : 熱交換器前面風速 (m/s)

上式で求めた凝縮器の通風抵抗とケーシングの通風抵抗との和は小さいため、大きな抵抗がとれないプロペラファンが使用できる。プロペラファンを使用すれば、空冷式チラーユニットの騒音にとって大きなウェイトを占める送風機の騒音を小さくするために、送風機回転数も小さくすることができる。

3.3.6 操 作 回 路

小形チラーユニットは住宅の空調用として開発されたもので、その運転操作はリモートコントロールスイッチによって住居内から行なえるようになっている。住居内の電気設備は対地電圧 150 V 以下と規定されているため、操作回路電源としては単相交流 100V 50/60 Hz を使用している。

リモートコントロールスイッチとしては図 7 に示すようなロータリースイッチを使用して、チラーユニット本体はもちろんのこと、冷水循環ポンプおよび水冷式の場合の凝縮器冷却水用ポンプまで運転できるようになっている。さらに暖房給湯用に温水ボイ

ラを並用している場合に、温水循環用ポンプの運転およびボイラの着火操作までできるようになっている。

小形チラーユニットの操作回路は水冷式が図8に、空冷式が図9に示すとおりである。安全装置として電動機用過電流継電器、冷凍サイクル用として高低圧圧力開閉器、冷水の凍結防止用として差圧式断水リレーが、運転調整装置として冷水用温度調節器が付属している。運転操作スイッチにロータリースwitchを用いた場合は一般に安全装置を手動復帰にして、安全装置が作動した場合は作動した安全装置をリセットしているが、小形チラーユニットでは安全装置を自動復帰式にして補助継電器と組合せてロータリースwitchでリセットするようにしている。

4. 性能

4.1 冷却能力

チラーユニットはルームエアコンやパッケージ形空調機のようにJISが規定されていないため、表3に記す条件を標準として冷却能力を測定した。その結果を示したのが表4である。

また、冷水温度条件を変化させた場合の冷却能力、入力、冷却能力/入力などの変化は図10に示すとおりである。図10は3.75kW水冷式のRCU 502の試験結果である。

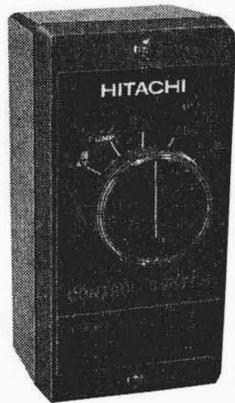
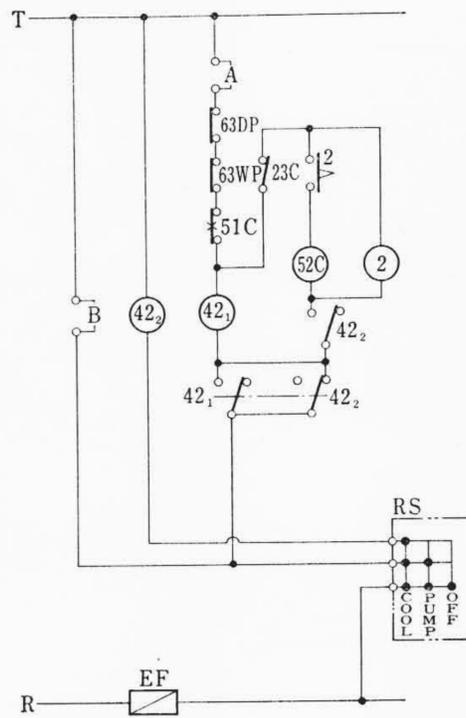


図7 リモートコントロールスイッチ

表3 標準試験条件 (単位 °C)

項目	標準試験条件 (単位 °C)	
	水冷式	空冷式
冷水入口温度	10	10
冷水出口温度	5	5
冷却水入口温度	32	—
冷却水出口温度	37	—
周囲空気温度	—	32

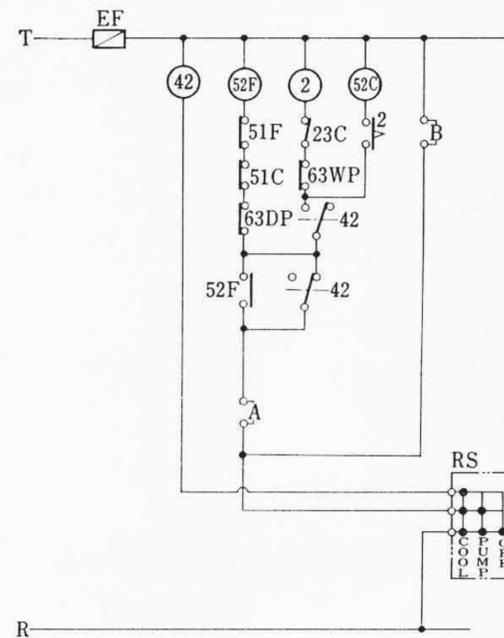
表4の試験結果から水冷式の2.2kWから5.5kWの50Hzで12坪から33坪程度の住宅に、60Hzで14坪から38坪程度の住宅の空調に使用でき、空冷式の1.5kWから5.5kWの50Hzでは7坪から29坪程度の、60Hzで8坪から31坪程度の住宅の空調に使用できることがわかる。また、冷凍サイクル各部の状態は良好であり、凝縮



記号	名称
52C	圧縮機用電磁開閉器
51C	過電流継電器
2	限時継電器
23C	冷水用温度調節器
63DP	高低圧圧力開閉器
63WP	水冷却器用断水リレー
RS	リモートコントロールスイッチ
42 _{1, 2}	補助継電器
EF	操作回路ヒューズ

注： A部は冷水および冷却水ポンプ用インターロックの接点に接続し、B部は冷水および冷却水ポンプ用マグネットスイッチのコイルに接続する。

図8 水冷式の操作回路



記号	名称
52C	圧縮機用電磁開閉器
52F	送風機用電磁開閉器
51C	圧縮機用過電流継電器
51F	送風機用過電流継電器
2	限時継電器
23C	冷水用温度調節器
63DP	高低圧圧力開閉器
63WP	水冷却器用断水リレー
RS	リモートコントロールスイッチ
42	補助継電器
EF	操作回路用ヒューズ

注： A部は冷水ポンプ用インターロックの接点に接続し、B部は冷水ポンプ用マグネットスイッチのコイルに接続する。

図9 空冷式の操作回路

表4 標準冷却能力試験結果

機種 項目(単位)	水 冷 式						空 冷 式							
	RCU 302		RCU 502		RCU 752		RCU 202 A		RCU 302 A		RCU 502 A		RCU 752 A	
周波数 (Hz)	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60	50	60
電圧 (V)	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
冷却能力 (kcal/h)	6,100	6,900	11,300	13,000	16,500	18,900	3,400	3,900	5,000	5,800	9,700	10,700	14,400	15,300
総合入力 (kW)	2.5	3.1	4.1	5.0	6.6	8.0	1.8	2.2	2.8	3.3	5.1	6.2	7.7	8.7
総合電流 (A)	7.9	9.8	14.0	15.5	21.7	25.4	5.8	7.5	9.5	10.9	15.8	19.7	26.5	27.5
冷却能力/入力 (kcal/h)	2,440	2,230	2,760	2,600	2,500	2,370	1,890	1,780	1,790	1,760	1,910	1,730	1,870	1,760
吸入圧力 (kg/cm ² G)	4.0	3.95	4.0	4.0	4.1	3.9	1.8	1.75	3.7	3.4	3.95	3.9	3.75	3.8
吐出圧力 (kg/cm ² G)	15.3	15.6	15.3	15.5	15.5	15.5	9.5	9.6	17.0	17.0	16.5	17.4	17.2	18.4
圧縮機吸入パイプ温度 (°C)	4.5	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	8.0	5.8	5.0	10.5	2.5	7.0	2.5	5.0
圧縮機吐出パイプ温度 (°C)	91.0	100	87.0	82.0	83.0	80.5	69.0	71.0	86.0	97.0	80.0	98.0	89.5	82.0
膨張弁前パイプ温度 (°C)	32.5	35.0	33.0	33.0	35.0	39.0	35.0	35.0	42.5	42.0	39.0	41.0	40.3	39.5

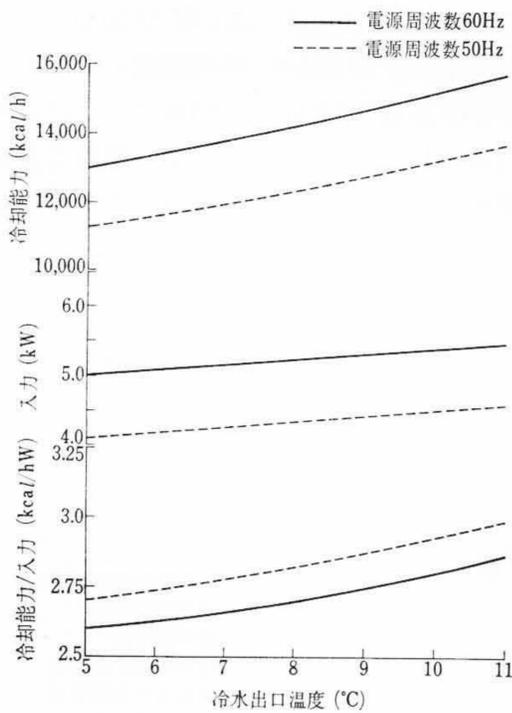


図10 RCU 502の冷却能力, 入力冷却能力/入力

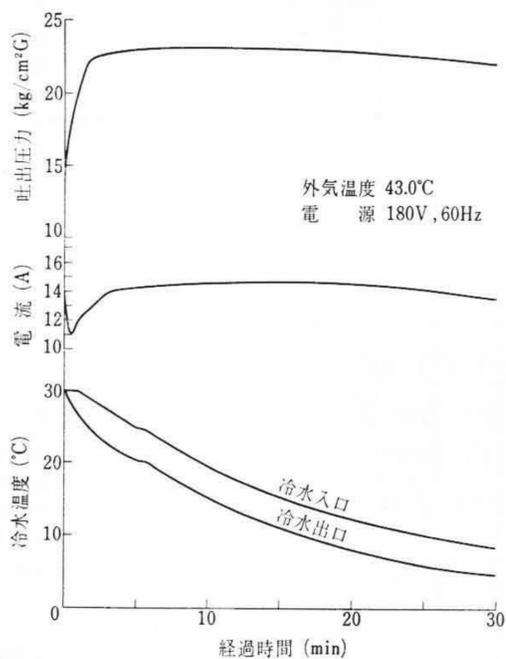


図11 水温降下試験結果

表5 騒音試験結果

(単位 ホン)

機種 周波数	水 冷 却			空 冷 式			
	RCU 302	RCU 502	RCU 752	RCU 202A	RCU 302A	RCU 502A	RCU 752A
50 Hz	44.5~44.8	53.5~53.8	57.0~57	53.3~53.8	55.7~56	60~60.5	66.8~67.2
60 Hz	46.0~46.5	52.5~53.0	54.7~55	57.7~58.2	58~59	66.6	67.1~67.5

測定位置：ユニット前方 1m

なく短時間の間に冷水を所定の温度まで低下させて冷房に供する必要がある。そこで実用温度よりも過酷な条件であるが外気温度43°C, 冷水温度30°Cの条件下でチラーユニットを起動させ冷水温度が標準条件の入口10°C, 出口5°Cになるまでの時間とその間の吸入圧力, 吐出圧力, 運転電流などの変化を測定した。図11は2.2kW空冷式のRCU 302Aの試験結果である。なお負荷は表4の冷却能力に見合うものを電気ヒータで与え, 冷水系統の水量を過去に据付けた装置を調査のうえ決めた。

図11の試験結果から冷水出口温度が10°Cに達するまでの時間は約15分で, 冷水出口温度が所定の5°Cで安定するまでの時間が約30分となっている。またこの間, 吐出圧力は最高23.2kg/cm²で安全装置である高低圧圧力開閉器の作動値である24kg/cm²より低く, また運転電流も14.5Aで電動機過電流継電器の作動値19Aより低くなっており, じゅうぶん上記条件における起動に耐えうるということがわかった。

冷水温度10°Cは上限に近い値ではあるが実際の冷房にじゅうぶん使用できる冷水温度であり, 外気温度43°C, 起動直前の冷水温度30°Cという過酷な条件下においても起動後15分でじゅうぶん冷房効果を発揮することができる。

5. 結 言

以上述べたように2.2kWから5.5kWまでの水冷式3機種および1.5kWから5.5kWまでの空冷式4機種の住宅用小形チラーユニットシリーズを他社に先がけて完成させたわけであるが, 上述の仕様, 性能などを要約すると次のようになる。

- (1) 多管コイル式熱交換器の開発によって, 据付面積が0.31m²と小形の水冷式チラーユニットを開発することができた。
- (2) 性能についてはじゅうぶんな冷却能力を有するとともに騒音については水冷式で57/55ホン, 空冷式で56/59ホンと低騒音の製品を得ることができた。
- (3) 外気温度43°C, 起動直前の冷水温度30°Cという過酷な条件下においても起動後15分でじゅうぶん冷房効果が発揮できる製品を得ることができた。

参 考 文 献

- (1) 日本機械学会：伝熱工学資料 27 (昭38)
- (2) 埋橋：日立評論, 51, 455 (昭44-5)
- (3) 日本機械学会：伝熱工学資料 52 (昭38)
- (4) R. C. Johnston, J. B. Chaddock：ASHRAE Journal 6-5, 91 (May-1964)
- (5) 長岡：冷凍, 45, 586 (昭45-6)

器, 水冷却器, キャピラリチューブ, 送風機などの選定が適正であったといえる。

4.2 騒 音

小形チラーユニットの前方1mの騒音レベルは表5に示すとおりである。水冷式は最大で57/55ホン, 空冷式の1.5kWおよび2.2kWで56/59ホンとなっている。空冷式の3.75kWおよび5.5kWではいくぶん大きくなっている。

4.3 水温降下特性

チラーユニットは冷却能力がすぐれているほかに外気温度が高く, かつ冷水温度が高い状態で起動しても安全装置が作動すること