

冷暖房ユニットの構造および特性

Structure and Characteristics of the Cooling and Heating Unit

長谷川 武* 須藤 希雄*
Takeshi Hasegawa Mareo Sutô

要 旨

家庭に冷暖房装置を普及させるために、日立製作所では新しく冷房、暖房を兼用できる冷暖房ユニット（ハイコンディショナ）を製品化した。これは、凝縮器を二重管にすることにより、夏期は水冷式凝縮器として使用し、圧縮機を運転する冷房を行ない、冬期は温水を流すことにより暖房を行なうもので、一つのユニットで本格的な冷暖房を行なうことができる従来にない製品である。さらに、この冷暖房ユニットは木目を使用した豪華なキャビネットとするとともに、コンビネーションパネル、オートウインド、冷暖房インジケータなどかすかすのアイデアを織り込んだ製品である。

本論文は、冷暖房ユニット（ハイコンディショナ）の仕様、構造、性能特性などについて述べるものである。

1. 緒 言

従来の家庭用冷房機器としては、ウインド形ルームクーラおよびスプリット形ルームクーラがあり、暖房機器としては、石油ストーブ、ガスストーブなどが多かった。また、冷房と暖房を兼用する製品としては、ルームクーラにヒータを取り付けたもの、あるいはヒートポンプ暖房装置付のものがある。前者は、一般家庭では配線容量が十分大きくとれず、冬期の完全暖房には無理があり、また、維持費が高くなるなどの欠点がある。後者は、外気の温度が5°C以下になると、暖房能力が極度に減少するので、比較的暖かい地方でないで使用できないという欠点を有している。

最近、ファミリーボイラを使用した、いわゆるセントラルヒーティングの認識が深くなり、高級家庭においては給湯とともに、各への暖房もファミリーボイラからの温水によって行なうところが多くなってきた。そこで筆者らは、凝縮器を二重管にして、夏期はこれに水を流し、冬期はファミリーボイラからの温水を流すことにより、一つのユニットで本格的な冷暖房を行なうことができる製品を開発した。以下に本器の仕様、構造および性能特性について述べる。

2. 仕様および構造

2.1 凝縮器兼温水加熱器

図1は、凝縮器兼温水加熱器の詳細を示したものである。

この凝縮器兼温水加熱器は、夏期の冷房運転においては二重管の内管を冷媒が流れ、外管を冷却水が流れて凝縮器として働き、冬期の暖房運転においては二重管の外管を温水が流れて、温水加熱器として働くものである。この凝縮器兼温水加熱器の働きと冷凍サイクルの働きを示したのが、図2および図3である。図2は冷房運転のときの状態、図3は暖房運転のときの状態である。

次に、凝縮器の伝熱面積の計算について述べる。冷媒の熱伝達率は^{(1)~(3)}、液域、飽和域、ガス域により異なっているため、各域における熱貫流率も異なってくる。したがって、各域ごとに面積を求めることにした。

冷媒の液域における伝熱面積は、(1)式で示される。

$$A_l = \frac{Q_l}{K_l \cdot \Delta t_l} \dots \dots \dots (1)$$

- ここに、 A_l : 冷媒の液域における冷却水側伝熱面積 (m²)
- Q_l : 冷媒の液域における凝縮能力 (kcal/h)
- K_l : 冷媒の液域における熱貫流率 (kcal/m²・h・deg)
- Δt_l : 冷媒の液域における冷媒と冷却水の平均温度差 (deg)

* 日立製作所栃木工場

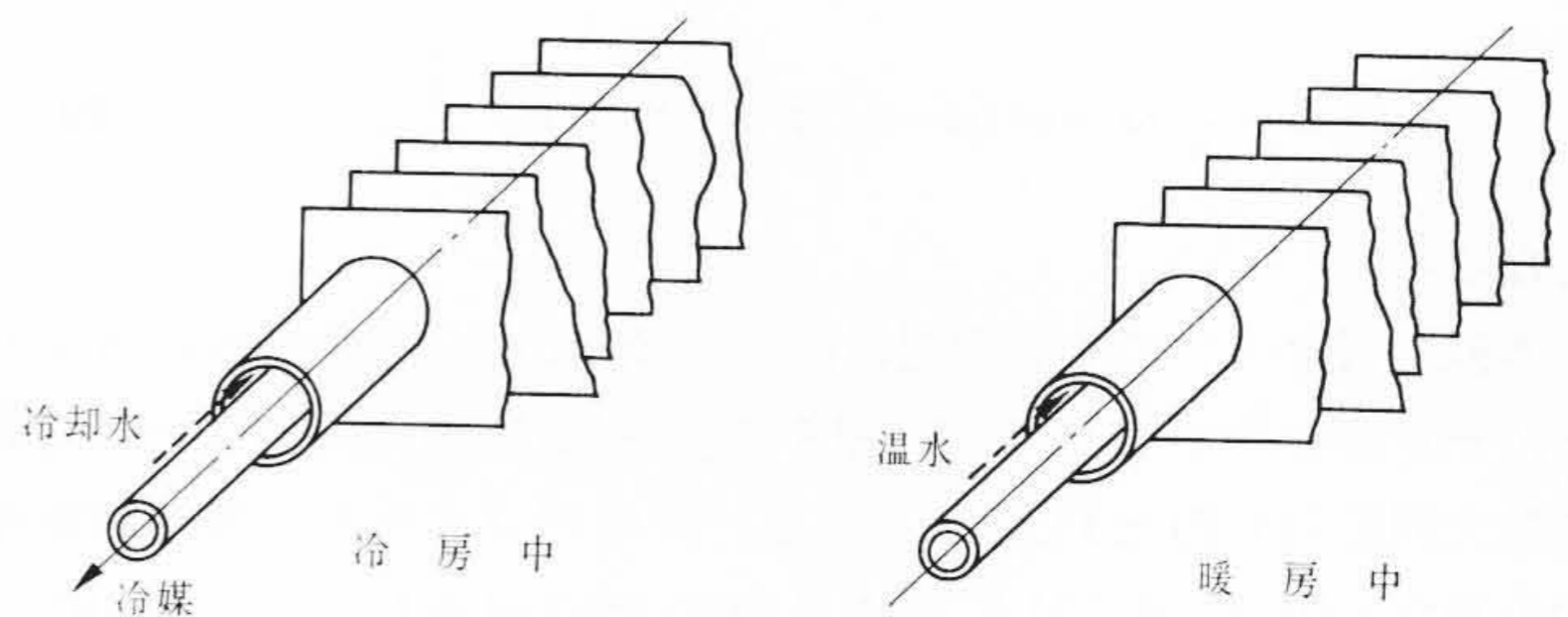


図1 凝縮器兼温水加熱器の詳細

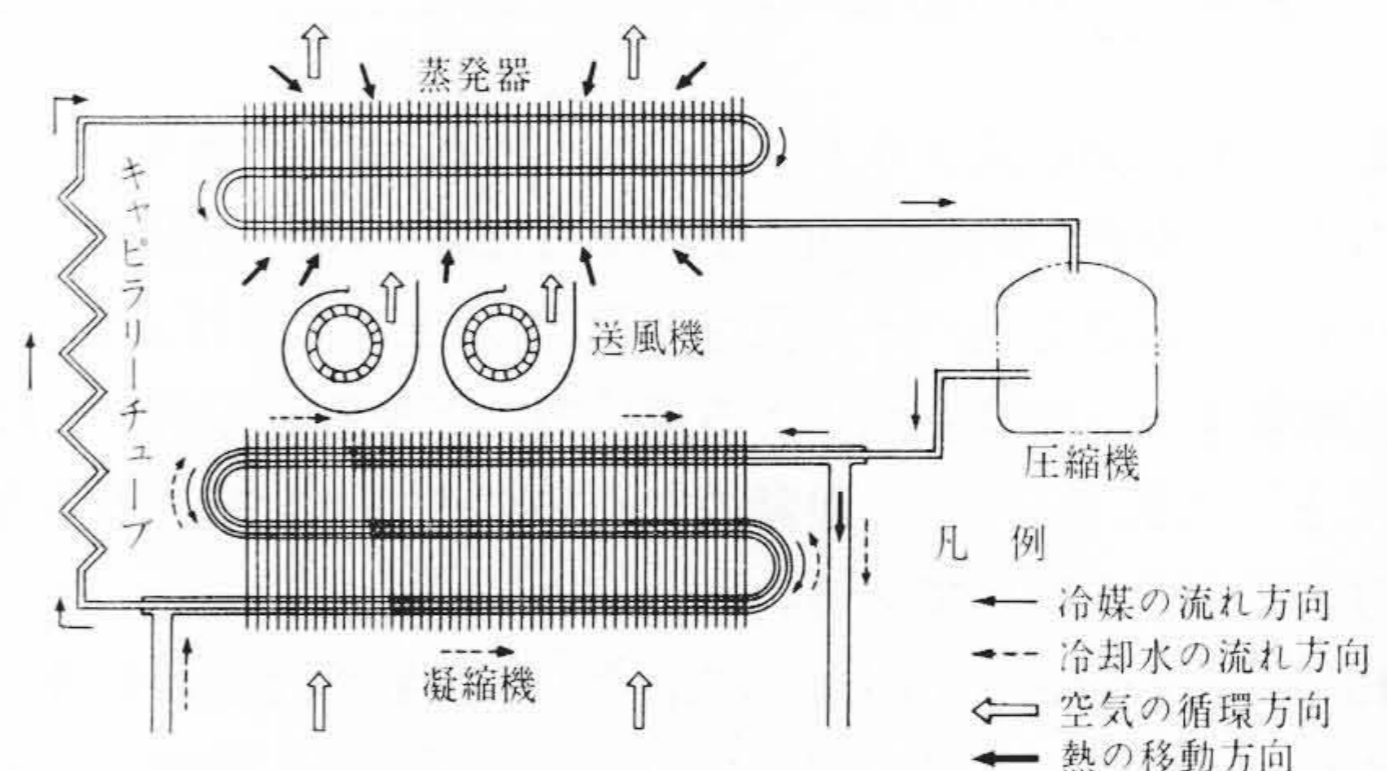


図2 冷房運転のとき

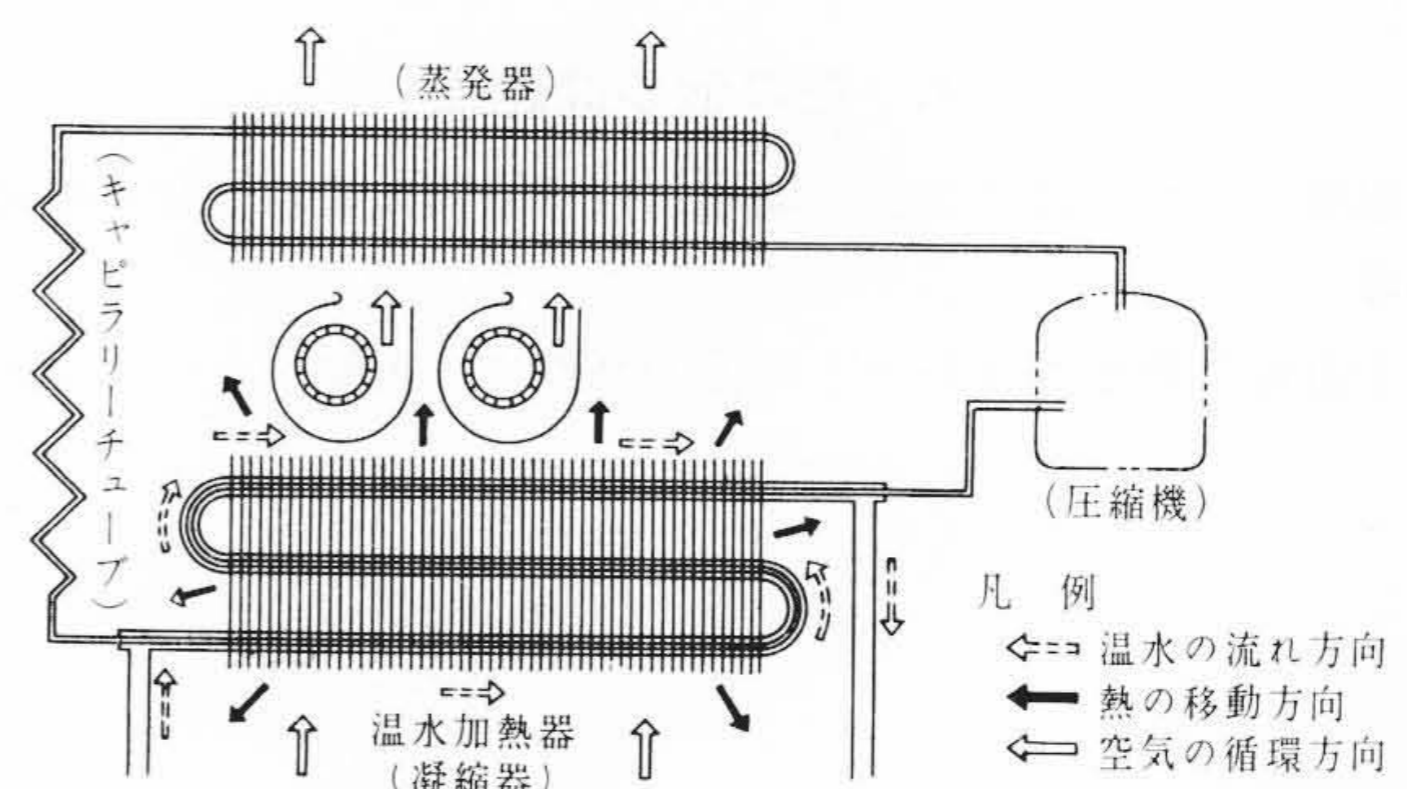


図3 暖房運転のとき

また、冷媒の飽和域、ガス域についてサフィックスを s および g とする。それぞれの式をまとめて示すと、(2)式となる。

$$A_{l(s,g)} = \frac{Q_{l(s,g)}}{K_{l(s,g)} \cdot \Delta t_{l(s,g)}} \dots \dots \dots (2)$$

さらに、熱貫流率は(2)式と同様、サフィックス l, s, g をつけて表わすと、

$$\frac{1}{K_{l(s,g)}} = \frac{1}{\alpha_{0l(s,g)}} + \frac{1}{\alpha_{1l(s,g)}} \cdot \frac{d_2}{d_1} \dots \dots \dots (3)$$

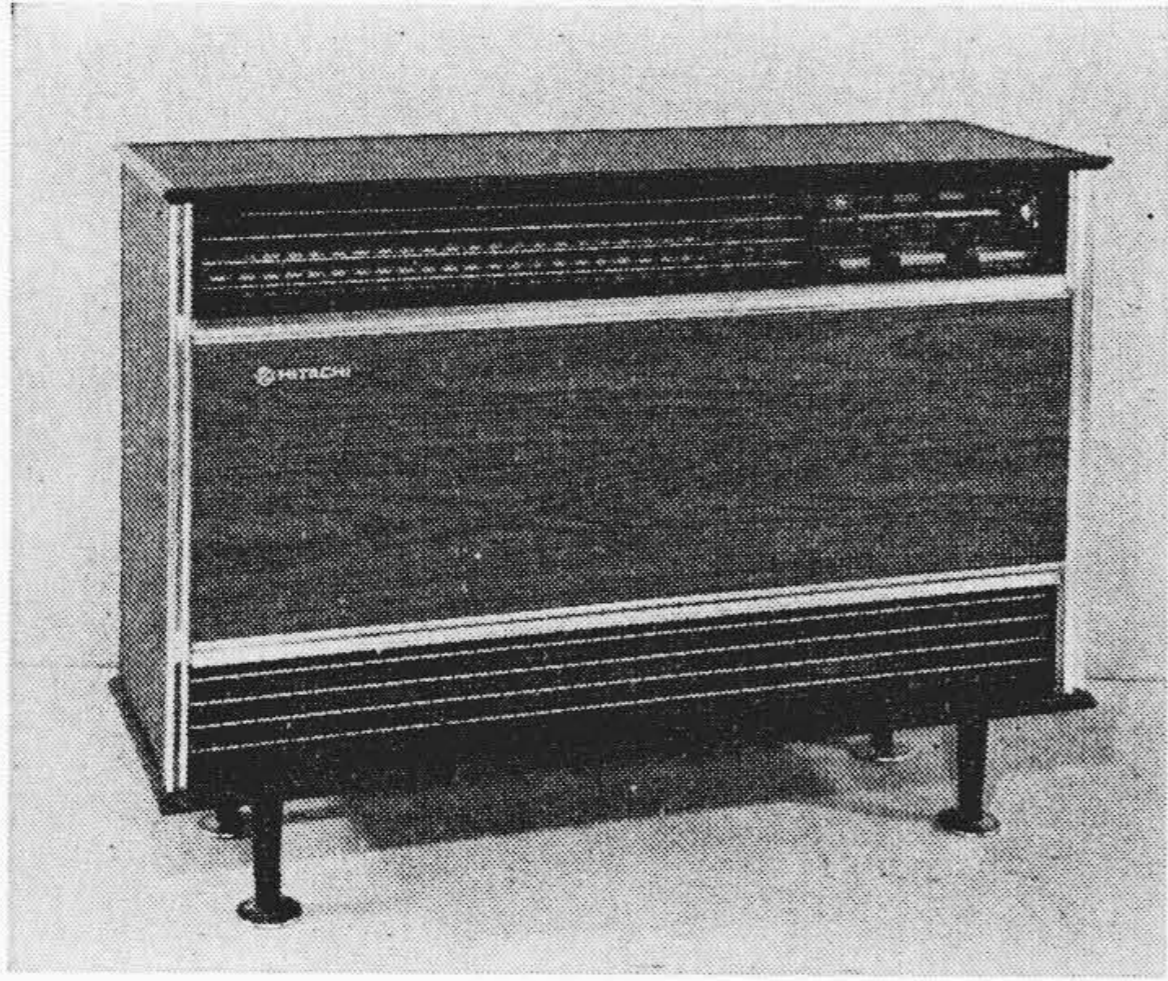


図4 使用中の外観

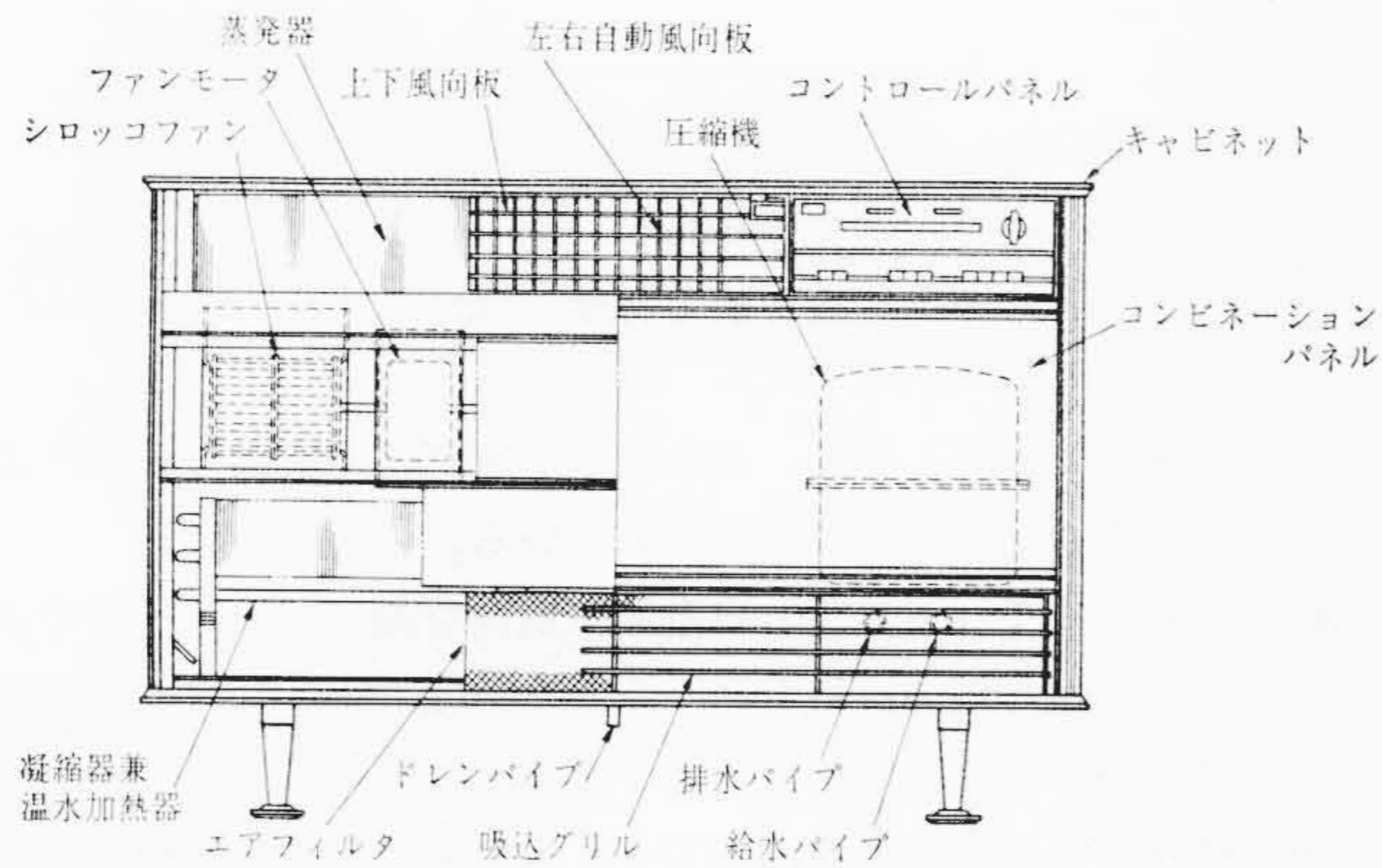


図5 冷暖房ユニットの構造図

ここに、 α_{0l} : 冷媒の液域における冷却水側熱伝達率 (kcal/m²・h・deg)
 α_{1l} : 冷媒の液域における冷媒側熱伝達率 (kcal/m²・h・deg)
 d_1 : 凝縮器内管の内径 (mm)
 d_2 : 凝縮器内管の外径 (mm)

になる。(2),(3)式において、 $Q_{l(s,g)}$ は、モリエル線図から算出されるし、 d_1, d_2 は構造上から、 $\alpha_{0l(s,g)}, d_{l(s,g)}$ は実験から決定される。 $\Delta t_{l(s,g)}$ は、 $Q_{l(s,g)}$ がわかれば算出できるので、 $A_{l(s,g)}$ を求めることができる。

したがって、凝縮器の冷却水側全伝熱面積 A m²は

$$A = A_l + A_s + A_g \dots\dots\dots (4)$$

となる。このとき、全伝熱面積は冷却水の水あかを考慮して、いくらか多くとることにしてある。

一方、温水加熱器の伝熱面積 A_H m²は、次の式で求めることができる。

$$A_H = \frac{Q_H}{K_H \cdot \Delta t_H} \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 Q_H : 暖房能力 (kcal/h)
 K_H : 温水加熱器の熱貫流率 (kcal/m²・h・deg)
 Δt_H : 温水と空気の平均温度差 (deg)

以上により、それぞれの伝熱面積を求め、凝縮器兼加熱器の仕様を一例はベアチューブ、二列はフィン付チューブに決定した。

2.2 外観

図4は冷暖房ユニットの使用中の外観を示したものである。

シーズンオフのときは、上および下パネルが閉じ、ほこりなどはいらぬ構造となっている。

2.3 仕様

表1に冷暖房ユニットの仕様を示す。

表1 冷暖房ユニットの仕様

形 式		RAD-2500	
キャビネット		高級仕上げ鋼板木目模化粧板付	
外法 寸法	高 さ	765 mm	
	幅	1,040 mm	
	奥 行	335 mm	
冷 凍 装 置	圧 縮 機	全 密 閉 形	
	電 動 機	単 相 100 V 2 極 750 W 50/60 Hz	
	凝 縮 器	二 重 管 式 水 冷 形	
	蒸 発 器	フ ィ ン 付 パ イ プ 形	
	冷 媒 制 御 装 置	キ ャ ビ ラ リ チ ュ ー プ	
	冷 媒	R-22	
送 装 風 置	過 負 荷 保 護 装 置	自 動 復 帰 形	
	電 動 機	単 相 100 V 4 極 35 W 50/60 Hz	
電 気 特 性	送 風 機	両 吸 込 二 連 シ ロ ッ コ 形	
	冷 房	運 転 電 流	9.6/11.2 A
		入 力	910/1,110 W
	暖 房	運 転 電 流	0.83/1.1 A
入 力		75/105 W	
製 品 重 量		95 kg	
特 性	冷 房 能 力	2,000/2,240 kcal/h (入口水温 24℃ 流量 5 l/min) 2,500/2,800 kcal/h (入口水温 18℃ 流量 5 l/min) 1,600/1,800 kcal/h (入口水温 32℃ 流量 15 l/min)	
	除 湿 能 力	1.2/1.4 l/h	
	暖 房 能 力	3,000/3,150 kcal/h (入口湯温と室温の差 50 deg 湯量 6 l/min)	
風 量		480/540 m ³ /h	
エ ア フ ィ ル タ		付	
主 ス イ ッ チ		4 点 ピ ア ノ タ ッ チ 式	
風 量 切 換 用 ス イ ッ チ		3 点 ピ ア ノ タ ッ チ 式	
自 動 風 向 用 ス イ ッ チ		2 点 ピ ア ノ タ ッ チ 式	
風 量 変 換 装 置		三 段 切 換	
風 向 変 換 装 置		翼 形 風 向 板	
左 右 風 向 自 動 変 換		付	
温 度 調 節 器		付	
温 度 調 節 イ ン ジ ケ ー タ		付	
冷 房 用 ポ ンプ コ ン セ ント		付	
暖 房 用 ポ ンプ コ ン セ ント		付	
配 管 寸 法	給 水 口	3/4 B (オネジ)	
	排 水 口	3/4 B (オネジ)	
	ド レ ン	外 径 12.7 mm	

冷房能力は冷却水の入口水温が 24℃ のとき、2,000/2,240 kcal/h であるが、18℃ のときは 2,500/2,800 kcal/h、32℃ のときは 1,600/1,800 kcal/h である。また、暖房能力は入口湯温と室温との差が 50 度 のとき 3,000/3,150 kcal/h である。

2.4 構造

図5は冷暖房ユニットの構造を示したものである。

吸込空気は吸込グリル、エアフィルタを通り、凝縮器兼温水加熱器を通してケーシングに吸い込まれる。その後、シロッコファンによって、蒸発器から吐出口へ吹き出された冷却空気は、上下風向板と左右自動風向板により、室内の任意の方角へ送られる。

コントロールパネルには、主操作スイッチ、風量調節スイッチ、オートウインドスイッチ、冷暖房インジケータ、温度調節器、運転表示ランプおよび警告ランプが設置してある。

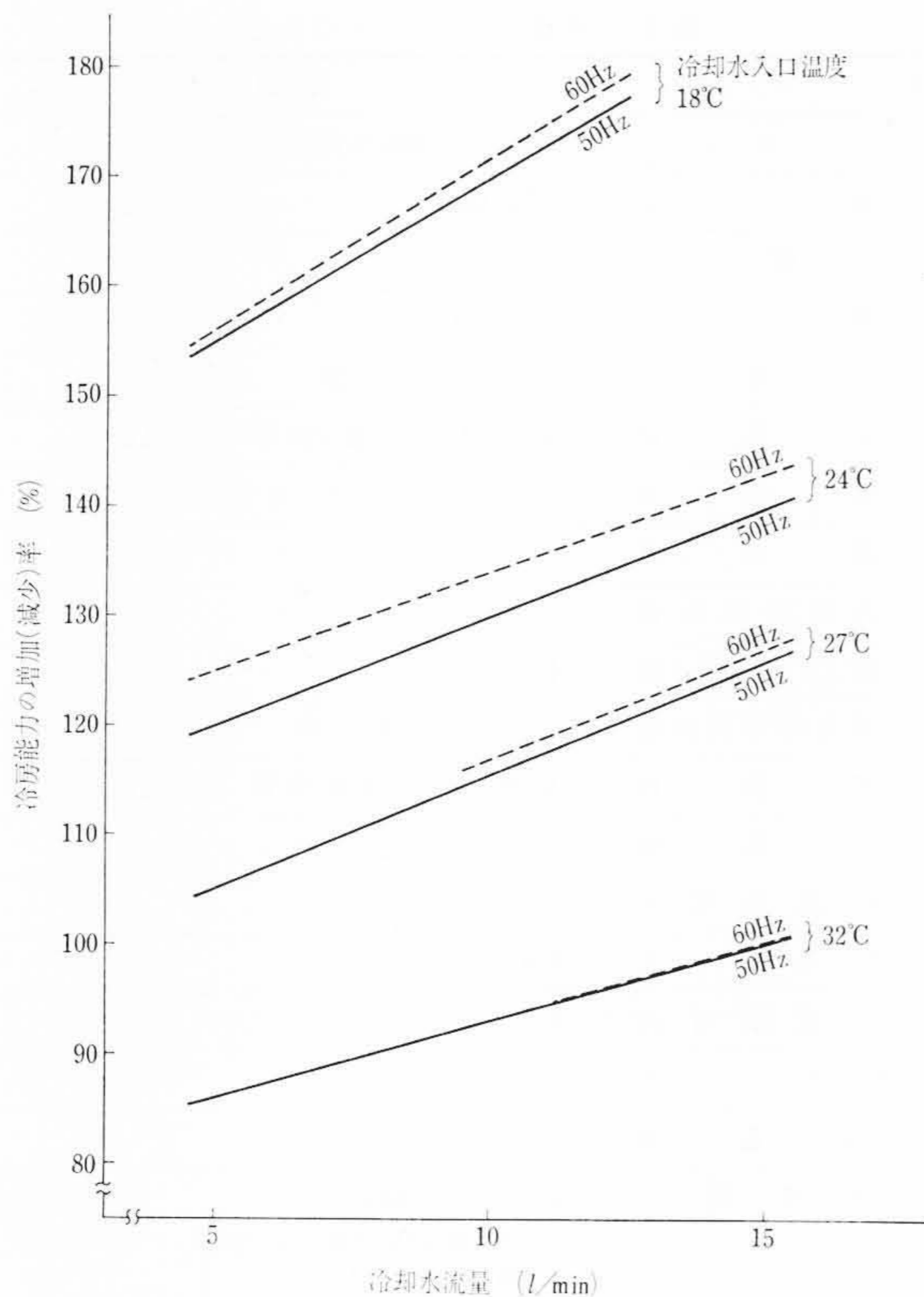


図6 冷房能力特性 (1)

キャビネットの背面には、冷却水用ポンプのコンセントおよび温水循環用ポンプのコンセントがついており、これらを使用することにより、室内側からのポンプの制御ができる。

また、送風機は風速分布をよくするために、両吸込の二連式のシロッコファンを採用した。

3. 特 長

冷暖房ユニットの特長は次のとおりである。

- (1) 凝縮器が二重管になっており、夏期は水を流して水冷式凝縮器として使用し、冬期は温水を流し温水加熱器として使用できる構造である。
- (2) 冷却水用ポンプのコンセントおよび温水循環用ポンプのコンセントがついており、これらのコンセントを使用すると、主操作スイッチによってそれぞれのポンプの運転を室内より制御できる。
- (3) 冷房中に冷却水が断水するなどの過負荷状態になると、ただちに、コントロールパネルにある赤色の警告ランプが点灯して、注意をひく構造になっている。
- (4) キャビネットは木目模様であり、周囲にはブラウン色のサッシュを取り付けた豪華なデザインである。
- (5) フロントパネルもキャビネットと同じように木目模様で、全体は三つに分割され、中央部は固定パネル、上部および下部は可動パネルである。使用中は、上、下パネルを開く。開閉操作は、上または下パネルの一方を開閉すれば、他は自動的に開閉するコンビネーションパネルである。
- (6) コントロールパネルには、主操作スイッチ、風量調節スイッチ、オートウインドスイッチがあり、これらはいずれもピアノタッチの円滑なスイッチである。
- (7) コントロールパネルに取り付けた冷暖房インジケータにより、一目で冷暖房の強弱がわかるようになっている。
- (8) 風量は、強、中、弱の三段切換であり、任意の風量を選ぶ

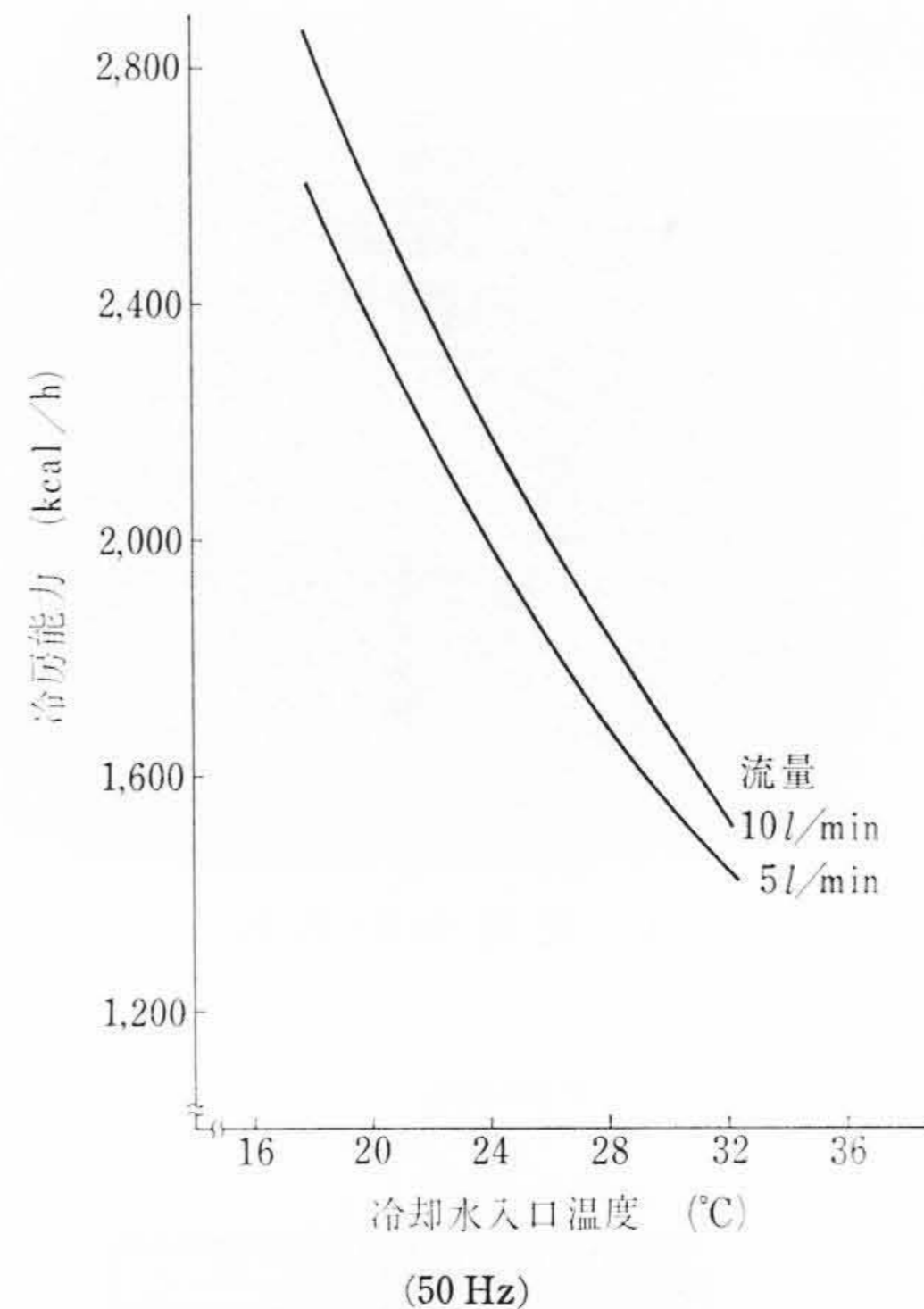


図7 冷房能力特性 (2)

ことができる。また、運転表示ランプは、風量の強弱により明るさが変わるようになっている。

- (9) オートウインドにより自動的に風向を変えることができる。一定の方向に風を送りたいときは、オートウインドのスイッチを操作することにより簡単にできる。
- (10) 吸込グリルは前側に回転でき、エアフィルタの交換が容易にできる構造になっている。
- (11) 吐出グリルは前へ引き出して使用できる構造となっており、これは室内に風を十分循環させたいときに使用すると便利である。

4. 性 能

図6は横軸に冷却水流量を、縦軸に冷房能力の増加(減少)率をとり、冷却水入口温度を18, 24, 27, 32°Cと変化させたときの特性を示したものである。50, 60 Hzともに冷却水流量が15 l/minで、冷却水入口温度が32°Cのときを基準とした。冷却水入口温度が27°Cのときは、それが32°Cのときと比べて、25~30%の冷房能力の増加になっており、冷却水入口温度が24°Cのときは、40~45%の冷房能力の増加になる。

冷却水入口温度が18°Cのときは、流量が5 l/minと少なくとも、約55%の冷房能力の増加になることがわかる。

また、冷却水入口温度が32°Cのときは、流量が少なくなると凝縮器の熱交換が悪くなり、吐出圧力が上がって過負荷運転になりやすいので注意しなければならない。

図7は流量をパラメータとして、冷却水入口温度と冷房能力の関係を示したものである。同じ流量で比較すると、冷却水入口温度が1°C低くなると、約100 kcal/h増加することがわかる。これを一般の水冷式のユニットと比べると、増加率は約2倍であることがわかる。この理由は、凝縮器の冷却水が低いときは凝縮器が吸込空気で冷却する働きをし、高いときは逆に、暖める働きをしているためである。

図8は流量をパラメータとして、湯温と室温の差と暖房能力の関係を示したものである。

流量を、3, 6, 10 l/minと変えれば、湯温と室温の差が1度増すごとに、約55 kcal/h増加することがわかる。また、このときのファンモータの温度は、いずれも85°C以下であり、問題ないことがわかる。

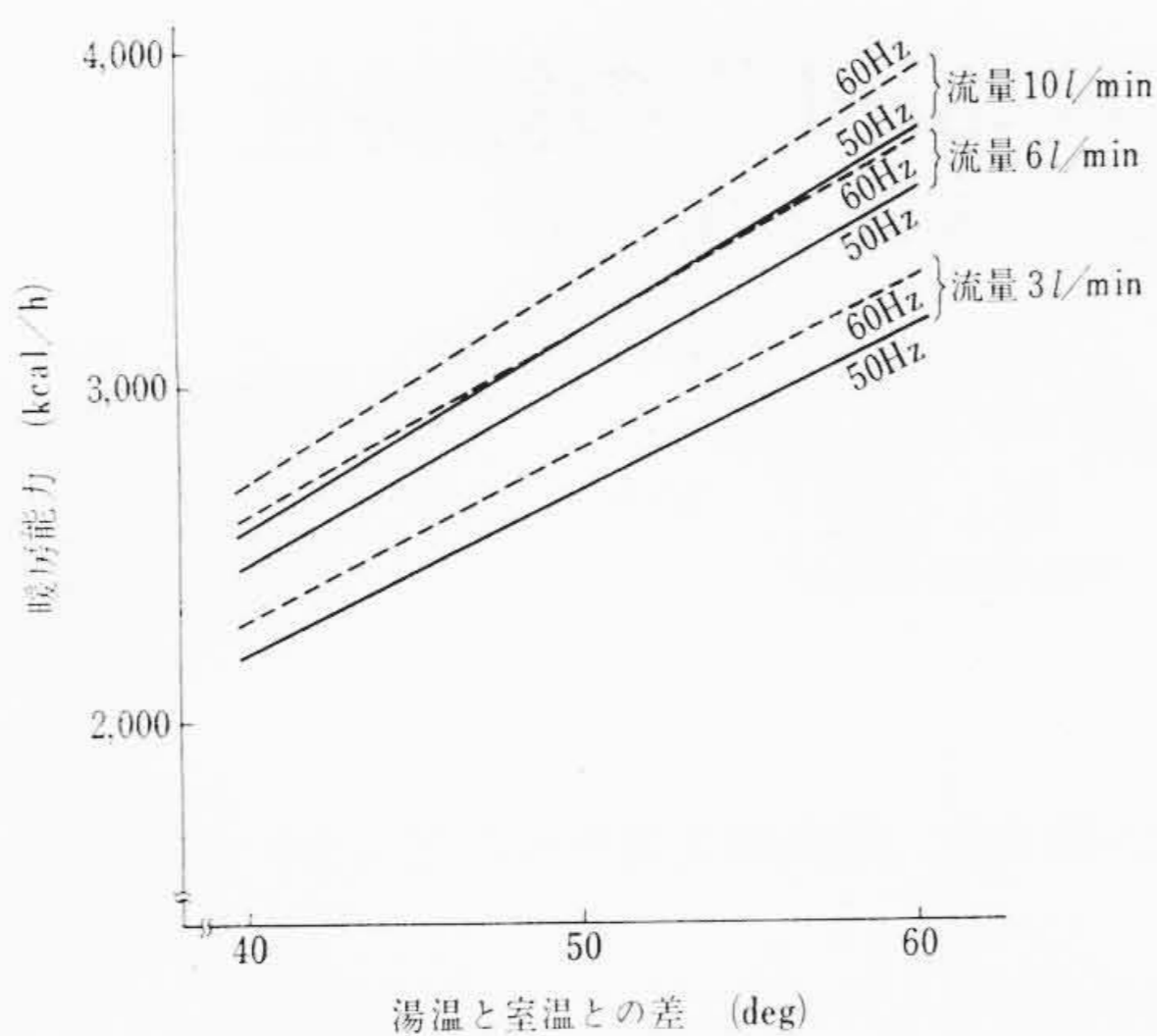


図8 暖房能力特性

5. 冷暖房配管の一例

図9は冷暖房ユニットへ冷暖房配管をした一例である。

MV₁, MV₂は冷房用電磁弁, MV'₁, MV'₂は暖房用電磁弁, Pは井戸ポンプ, P'は温水ポンプである。ここでMV₁, MV₂, Pは冷暖房ユニットの冷房用(冷却水用ポンプ)ポンプのコンセントに, MV'₁, MV'₂, P'は, その暖房用(温水循環用ポンプ)ポンプのコンセントに接続すると室内側から冷暖房をコントロールできる。

すなわち, 冷暖房ユニットのコントロールパネルにある主操作スイッチの冷房ボタンを押すと, 冷房用ポンプコンセントに通電され, ポンプP, 電磁弁MV₁, MV₂が動作する。これにより冷却水が凝縮器に流れるが, このあと圧縮機が運転し冷房を始める。冷房の温度コントロールはサーモスタットが行ない, 圧縮機を運転または停止させる。

次に, 暖房するときは主操作スイッチの暖房ボタンを押す。これによりポンプP, 電磁弁MV₁, MV₂には通電されず, ポンプP', 電磁弁MV'₁, MV'₂に通電される。したがって, ボイラからの温水が冷暖房ユニットの温水加熱に流れ, 暖房を行なうことができる。暖房の温度コントロールも, 冷房と同じくサーモスタットによって行なわれるが, このサーモスタットが働くと, 暖房用ポンプコンセン

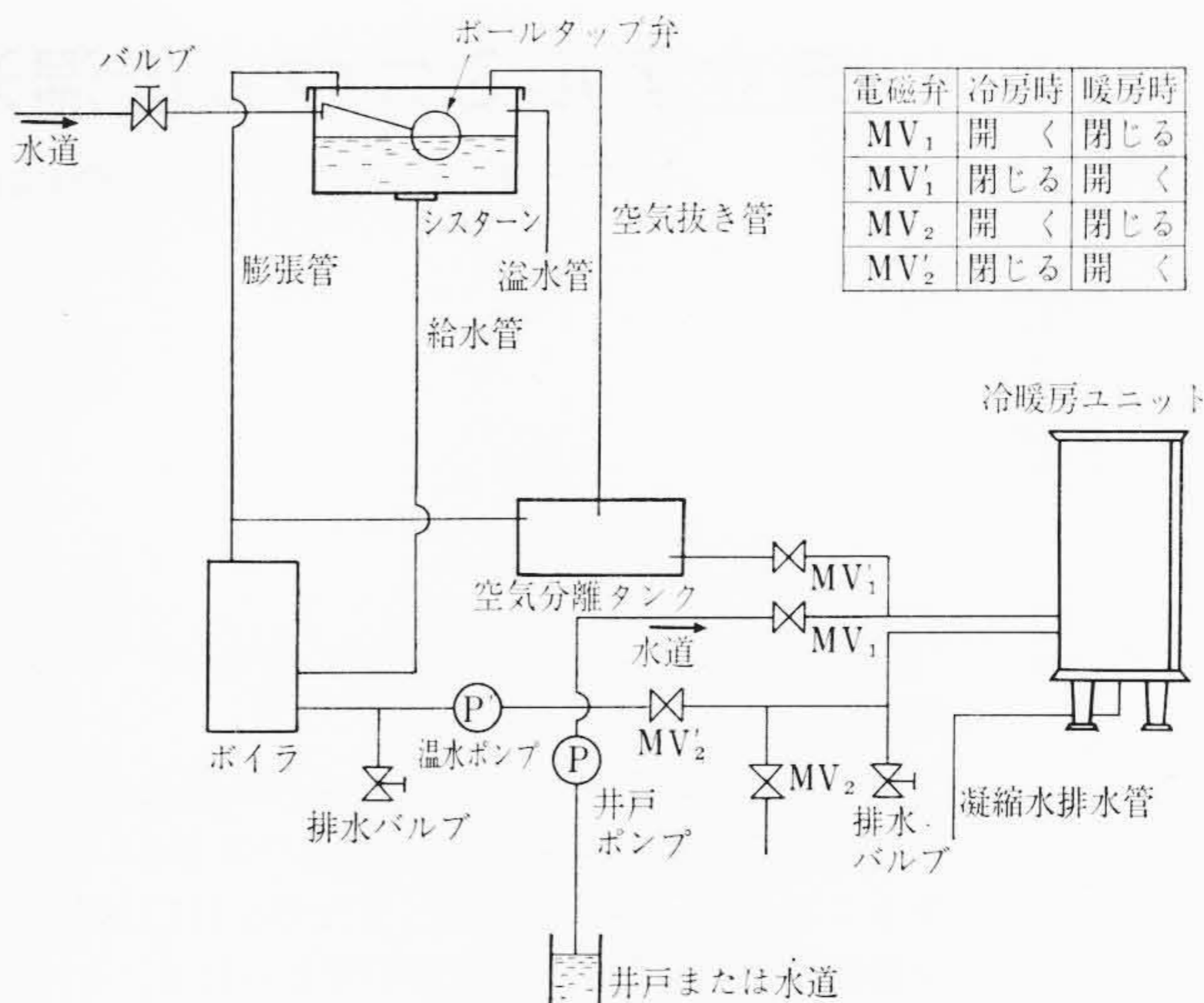


図9 冷暖房配管の一例

トに通電されなくなり, 温水の循環が止まるが, 送風機は運転し室内の空気を循環させる。

なお, この暖房時に注意すべきことは凍結である。凍結によって凝縮器兼温水加熱器を破損させないために,

- (1) 温水を循環させる方法
- (2) 水抜きをする方法

のどちらかをとらなければならない。

6. 結 言

以上, 冷暖房ユニットの構造, 性能, 配管の一例などについて述べたが, 今後, 家庭用にファミリーボイラが給湯, 暖房用に使用される割合が大きくなるとともに, 冷房も暖房も本格的に行なえる冷暖房ユニットがますます多く使用されることが期待される。

参 考 文 献

- (1) McAdams: Heat Transmission 1954
- (2) 松村, 埋橋, 太田: 日立評論 44, 1228 (昭37-8)
- (3) 高橋, 細田, 埋橋: 日立評論 47, 1789 (昭40-11)