

冷 房 用 チ ラ ー ユ ニ ッ ト

Chiller-Unit for Air-Conditioning

越 智 昌 夫*
Masao Ochi

内 容 梗 概

近年、中ないし大容量の空気調和装置の方式は冷凍機で冷却した冷水を使用し、各階あるいは各室で空気調和装置により温湿度調整を行なう方式になりつつある。従来この冷水を作る水冷却装置は冷凍機、補器、制御装置をそれぞれ製作し現地で組み合わせられていたが、今度これを一つのユニットにまとめたチラーユニットを完成した。

ここにチラーユニットの構造、性能について述べ、さらにその空調設備への応用について説明する。

1. 緒 言

近年、空気調和装置の発展はめざましく、大容量のターボ冷凍機を使用する装置から、小容量のルームクーラにいたるまで、その容量、使用目的に応じて種々の方式のものが使用されている。

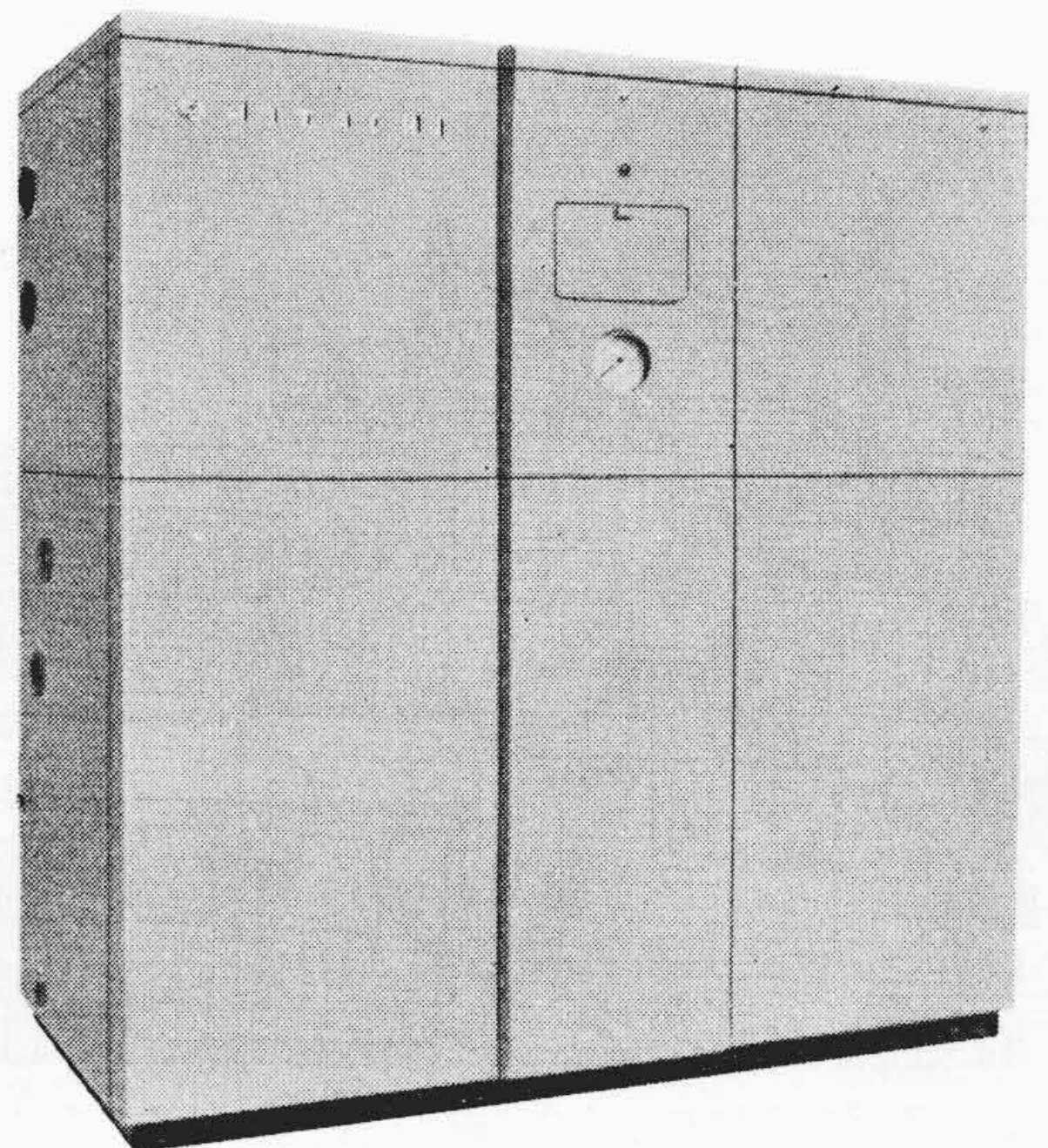
従来 20～150 冷凍トン程度の中容量の空気調和装置では空気調和器中の冷媒蒸発コイルで直接空気を冷却し、その空気を建物の各階各室にダクトで配るいわゆる直膨式で、ダクトによるセントラル方式という例が多かった。この方式は直接空気を冷媒で冷却するため効率よく運転できると考えられるが、一方この方式にすると、どうしても圧縮機、冷却コイルなどの機器をそれぞれ別に据付け、施工に相当の熟練を要する冷媒配管を現場で行なって冷凍サイクルを組立てなければならないという不便さがあった。また、さらにダクトによるセントラル方式をとると、一定条件に調和された空気が各室に配られるが、日射などにより各室の条件が刻々に変化するので、各室の温湿度は一定にたもたれないことが多く、これを解決するため冷、温 2 本のダクトを使用し各室の条件により混合し使用するデュアルダクト方式もあるが、装置が複雑になり実用的ではない。

このダクトによるセントラル式以外の方式として各階、さらには各室に機械室の冷凍機によって冷却された冷水を送り、そこでエアハンドリングユニット、ファンコイルユニットなどを使用して空気と熱交換し、各室の温度調節を各室において行なう、いわゆるユニット方式がある。この方式は空気を冷却するのに一度必ず冷水を作らなければならないが、しかし、相当建物の空間をつぶすダクトが必要なくなり、各室を独立に、自由に空気調和できるという利点があるので最近この方式が伸びてきている。

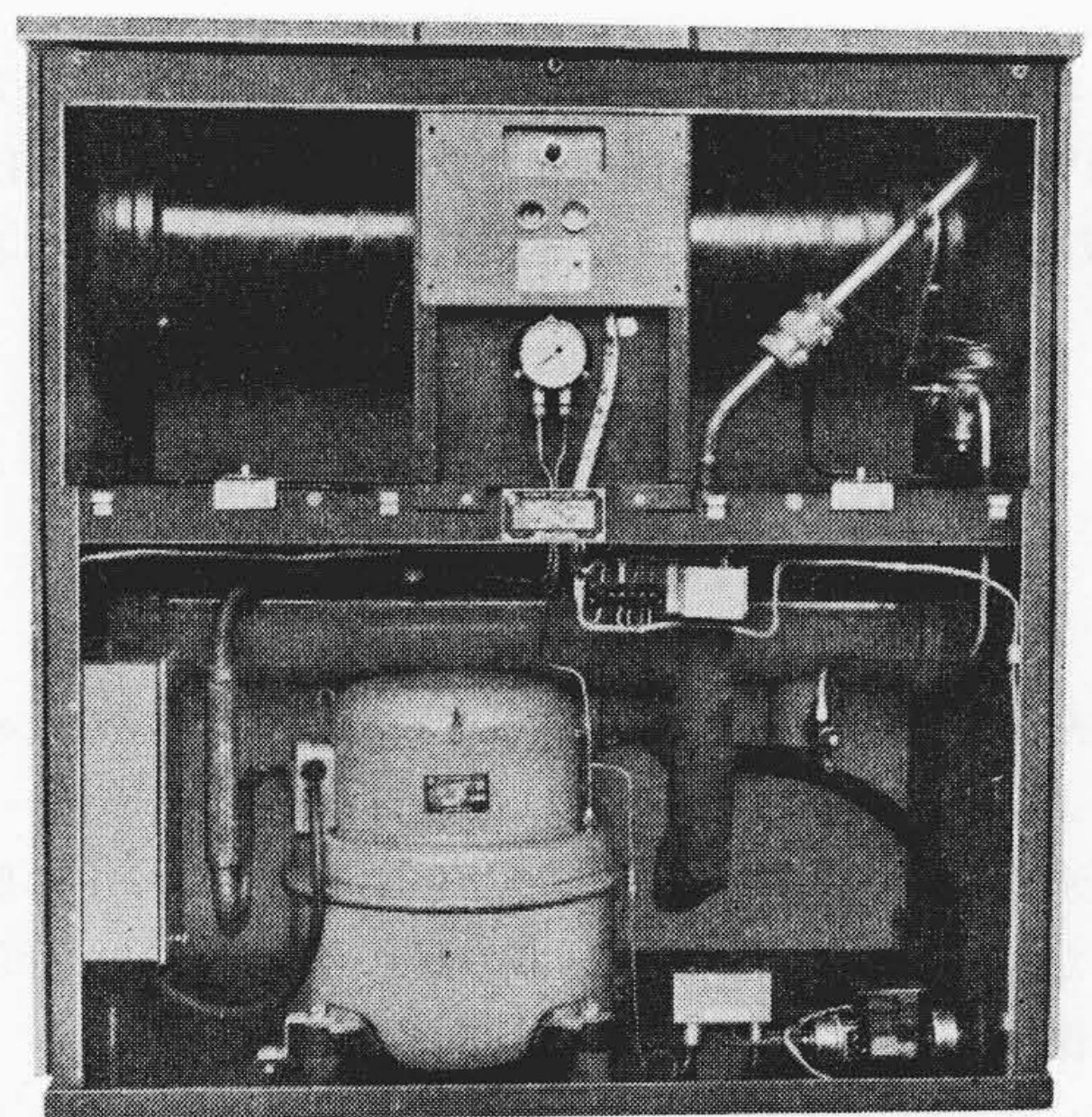
チラーユニットは冷水冷却用に圧縮機、凝縮器、水冷却器、制御装置などをコンパクトに組み合わせ冷媒配管を施し、冷凍サイクルをユニットにまとめたものである。したがって前述のユニット方式による空気調和をこのチラーユニットを使用して行なえば現場における工事は他のどのような方式よりも簡単になり、工期も短縮できる。また、ダクトによるセントラル方式でもチラーユニットを使用し冷水により空気を冷却するようにすれば、据付現場における冷媒配管工事を行わなくてすむので、従来の直膨式よりも工費、工期を短縮することができる。

さらにチラーユニットを使用した場合の利点として蓄熱運転ができることがあげられる。すなわち、空気を直接冷却する場合の冷凍装置の冷凍容量はいちばん暑い季節のしかも一日のうちのピークの冷凍容量に合わせなければならないが、チラーユニットの場合は空気を冷却する前に一度冷水を作るのであるからその冷水を蓄える水槽を作りその熱容量を利用して蓄熱すればピーク時の冷凍容量より

* 日立製作所清水工場



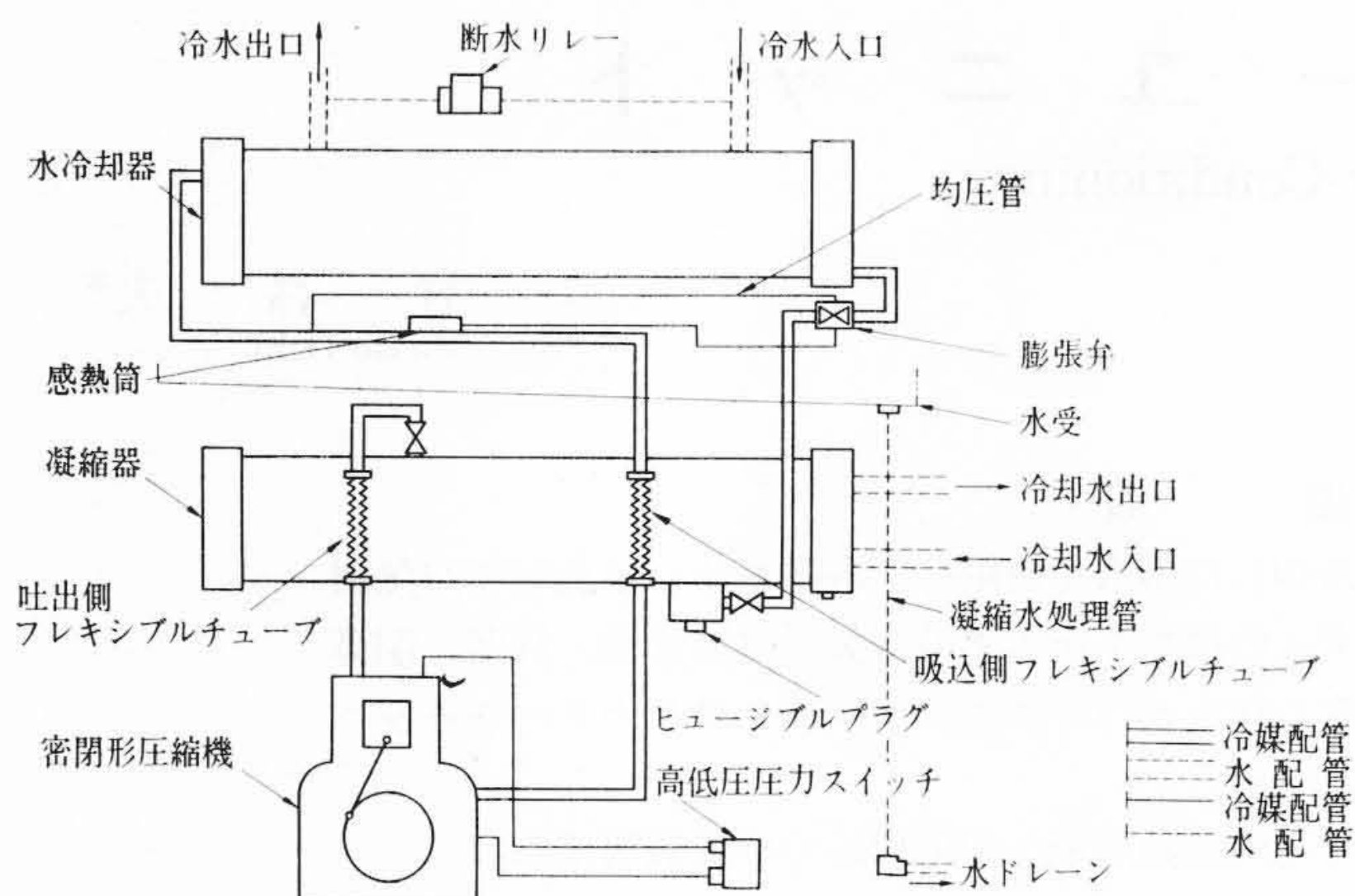
第 1 図 RCU 750 形チラーユニット



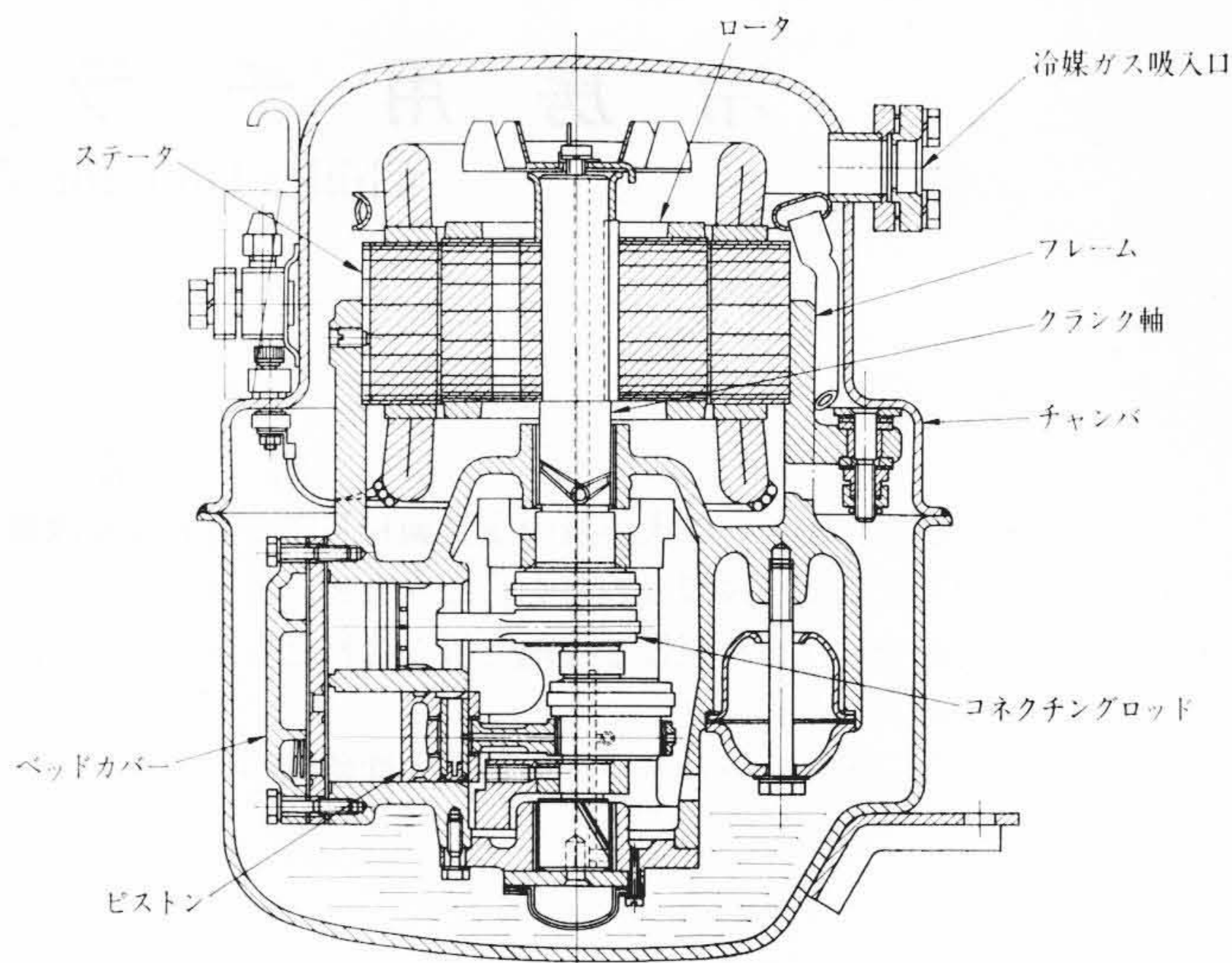
第 2 図 RCU 750 形チラーユニットの内部構造

もチラーユニットの容量を相当小さくすることが可能である。

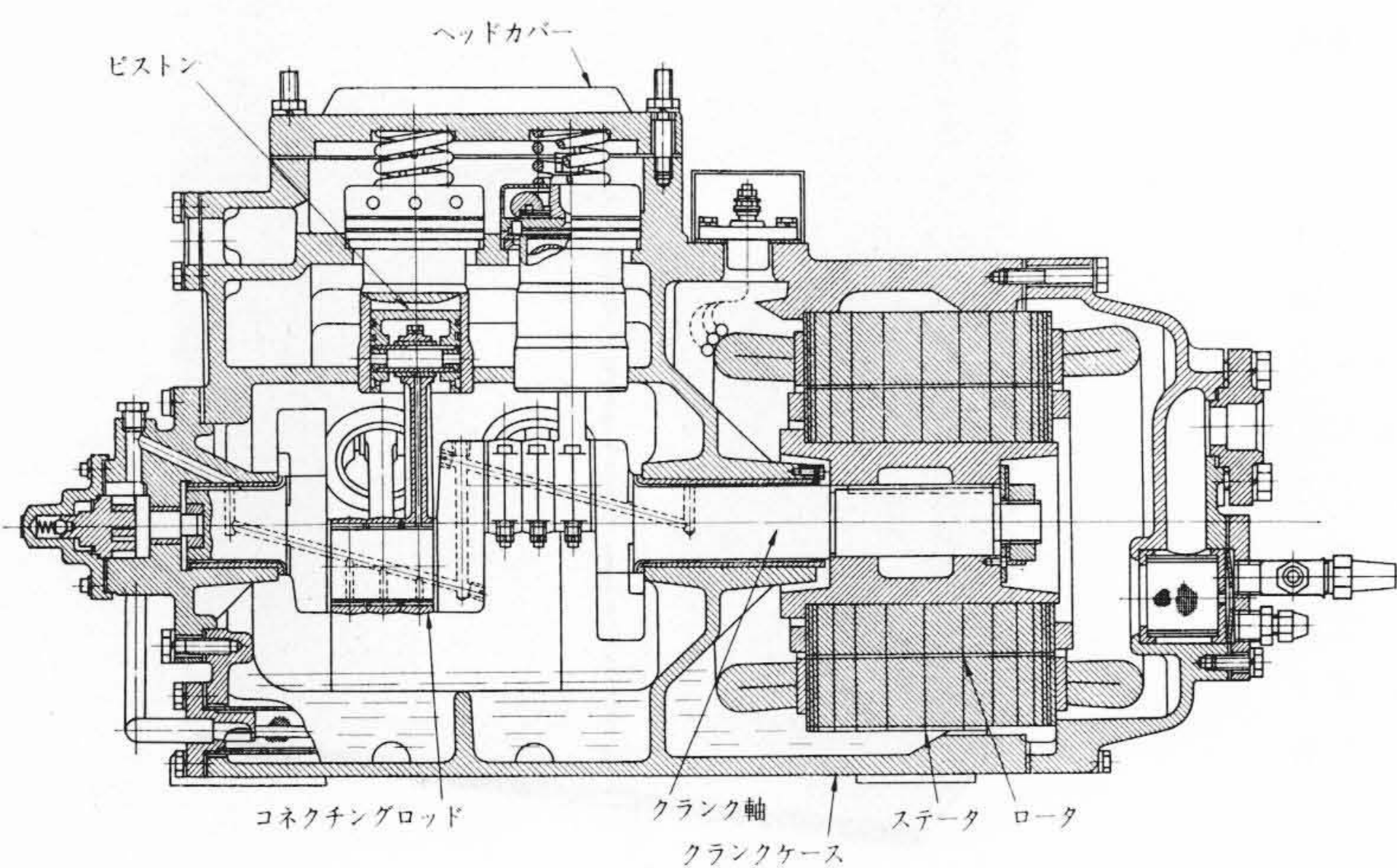
冷凍機の冷却水に井水を利用できる場合には冬期にこの井水を逆に熱源として利用し、暖房を行なうことができることはよく知られているが、チラーユニットでも水冷却器に井水を通して熱を吸収し、その熱エネルギーを使用して凝縮器で温水を加熱して暖房に使用できる。チラーユニットに温水用の制御装置その他をつけ加え、暖房に使用できるようにしたものをヒートポンプユニットと名づけ同時に製作している。



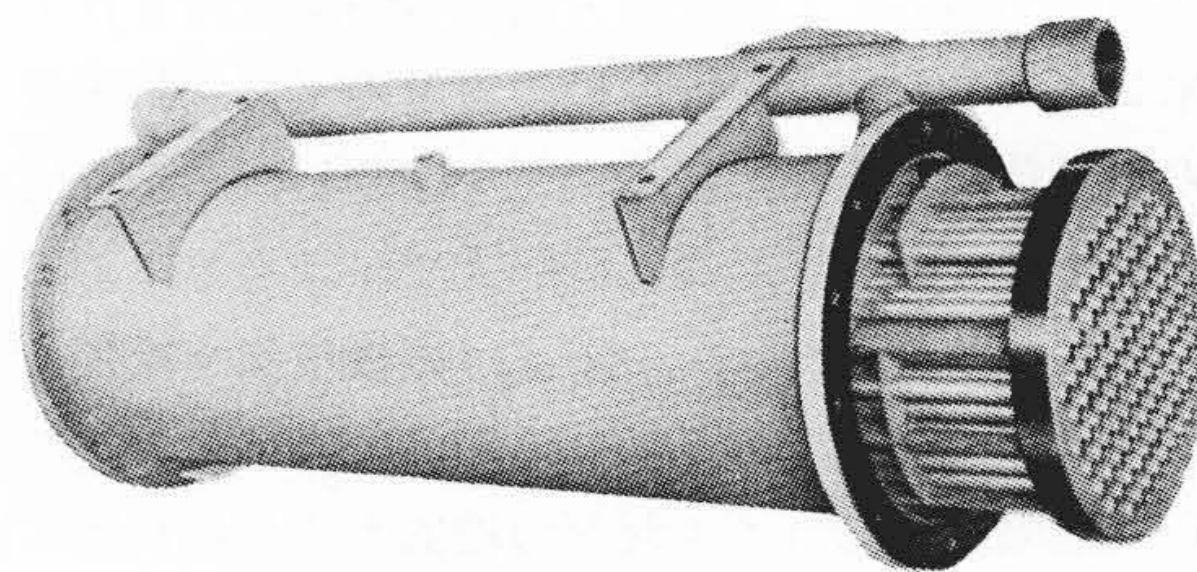
第3図 冷凍サイクル系統図



第4図 全密閉形圧縮機構造図



第5図 半密閉形圧縮機構造図



第6図 水冷却器構造

示す。

運転用押ボタンスイッチ、サーモスタットなど運転操作に必要な機器を中央の操作盤にまとめ、マグネットスイッチなどはキャビネット内に内蔵してある。

冷水および冷却水配管はすべてキャビネットの側面で行なわれ、左右いずれの方向でも都合のよいほうに配管できるようになっている。

3.2 冷凍サイクル

RCU 750 の冷凍サイクルは第3図に示すとおりである。サイクルとしては最も簡単なものであり、無駄と思われる機器は極力省略してある。水冷却器の冷媒側の圧力損失の影響を避けるために外部均圧管付きのダイヤフラム形温度式膨張弁を使用した。

3.3 圧縮機

5.5 kW 以下の機種には全密閉形圧縮機を使用し、7.5 kW 以上の機種には半密閉形圧縮機を使用した。第4図は全密閉形圧縮機の構造を、第5図は半密閉形圧縮機の構造を示したものである。全密閉形は立軸で全体を製罐チャンバで密閉しており、半密閉形は横軸でクランクケース自体を密閉構造としているが、いずれも圧縮機のクランク軸の軸端にモータが直結された構造になっている。

これらの圧縮機はいずれも防振支持され、配管はフレキシブルチューブで接続されているため外部に圧縮機の振動を伝えることはない。

3.4 水冷却器

水冷却器の構造を第6図に示す。水冷却器には冷却管内に冷媒を通すドライエクспанション式とその逆の冷却管内に水を通すフラデット形があるが、フラデット形は操作あやまりなどにより水が氷結した場合には破損しやすいという欠点があり、さらには潤滑油の圧縮機への戻りが悪いという欠点もあるのでドライエクспанシ

チラーユニットおよびヒートポンプユニットはそれぞれ 3.75 kW から 75 kW までの 9 機種が標準化されているが、本稿では主として 5.5 kW のヒートポンプユニット RHU 750 について述べることにする。

2. 特 長

チラーユニットの特長は次のとおりである。

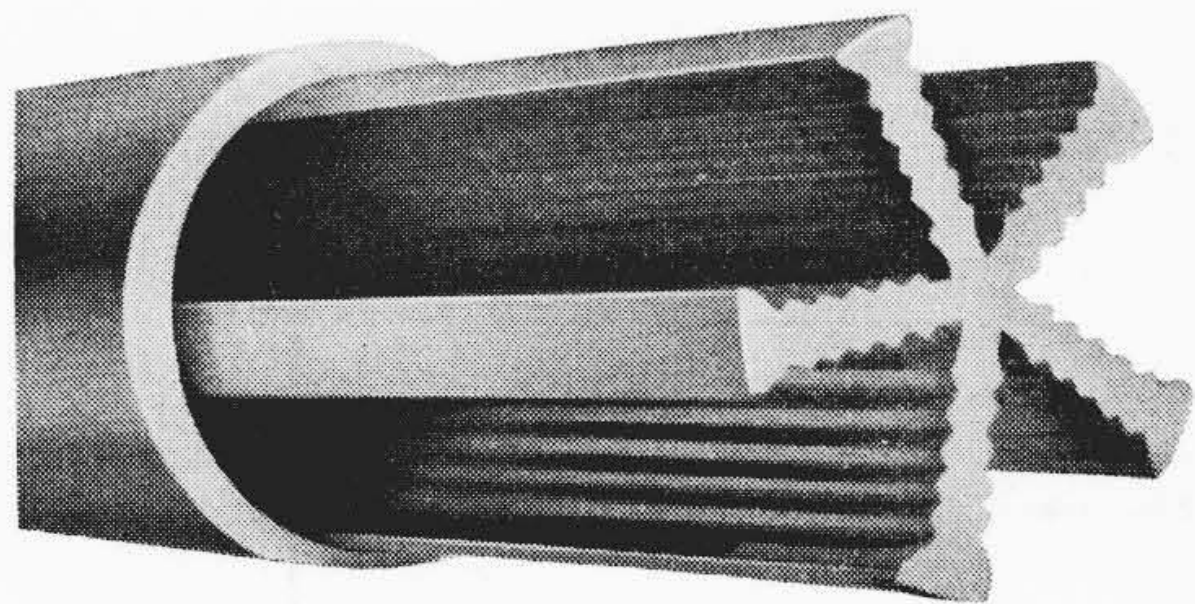
- (1) コンパクトにまとめたパッケージタイプであること。
- (2) 密閉形圧縮機を使用し防振支持を行なっているため振動および騒音が少なく、また、冷媒漏れが少ない。
- (3) 水冷却器自身には保冷を行わずキャビネットに保冷を行なっているために水冷却器の漏れ点検、清掃を行なう際に保冷をこわす必要がない。
- (4) ヒートポンプユニットの場合は水配管の切換のみで簡単に冷暖房共通の空気調和装置にすることができる。
- (5) 蓄熱水槽を設けた場合には空気調和に要する冷凍容量または暖房容量に比べてチラーユニット（またはヒートポンプユニット）の容量を小さくすることができる。

3. 構 造

3.1 キャビネット

22 kW 以下のチラーユニットおよびヒートポンプユニットはすべてキャビネット付のパッケージタイプである。

第1図は RCU 750 チラーユニットの外観図、第2図は内部構造を



第7図 水冷却器用インナーフィンチューブ

ン式を採用した。

通常ドライエクスパンション式の水冷却器は固定管板式であり、シェル側の水あかの清浄は薬液による洗浄しかできなかったが、本機に使用する水冷却器はシェルとチューブを分離し、チューブネストをシェルから引出せる構造としたため、チューブネストの引出しにより水側の清掃を行なうことができる。

水冷却器に使用した冷却管は第7図に示す構造のもので、内側の冷媒側にアルミのフィンを押入し、熱通過率の向上をはかっており、このため水冷却器を小形化することができた。

水冷却器の保冷は水冷却器の本体に断熱材をはりつけて行なうのが普通である。しかし、水冷却器の本体に保冷を行なうと水冷却器の漏れテスト時あるいはチューブネストを引き出して水側の清掃を行なわなければならない場合はいちいち保冷をこわし、処置後またその保冷の補修を行なわなければならない。この手数をなくするために水冷却器自身には保冷を行わず、水冷却器を収納するキャビネットに断熱材をはりつけて保冷を行なうことにした。このような構造にしても内部の空気は密閉されて外部の空気とほとんど流通しないため、高湿度のふん囲気中で運転しても冷却器表面には露があまりつかず、また断熱の目的も十分果たすことができる。

3.5 凝 縮 器

凝縮器は冷却管に銅のローフィンチューブを使用したシェルアンドチューブ式である。

3.6 運 転 操 作

チラーユニットとヒートポンプユニットの操作回路を第8図に示す。使用者の操作は押ボタンによる運転停止のみであり、運転中圧縮機は水冷却器の出口に設けられたサーモスタット（ヒートポンプユニットで冬期運転の場合は凝縮器の温水出口に設けられたサーモスタット）により冷水（または温水）の温度を一定に保つように自動的に起動停止を行なう。また圧縮機の異常低圧，異常高圧，あるいは冷水量が減少して冷水の温度が下がりすぎ氷結の恐れのある場合などには冷凍機を自動的に停止させるようなそれぞれの保護リレーがついている。

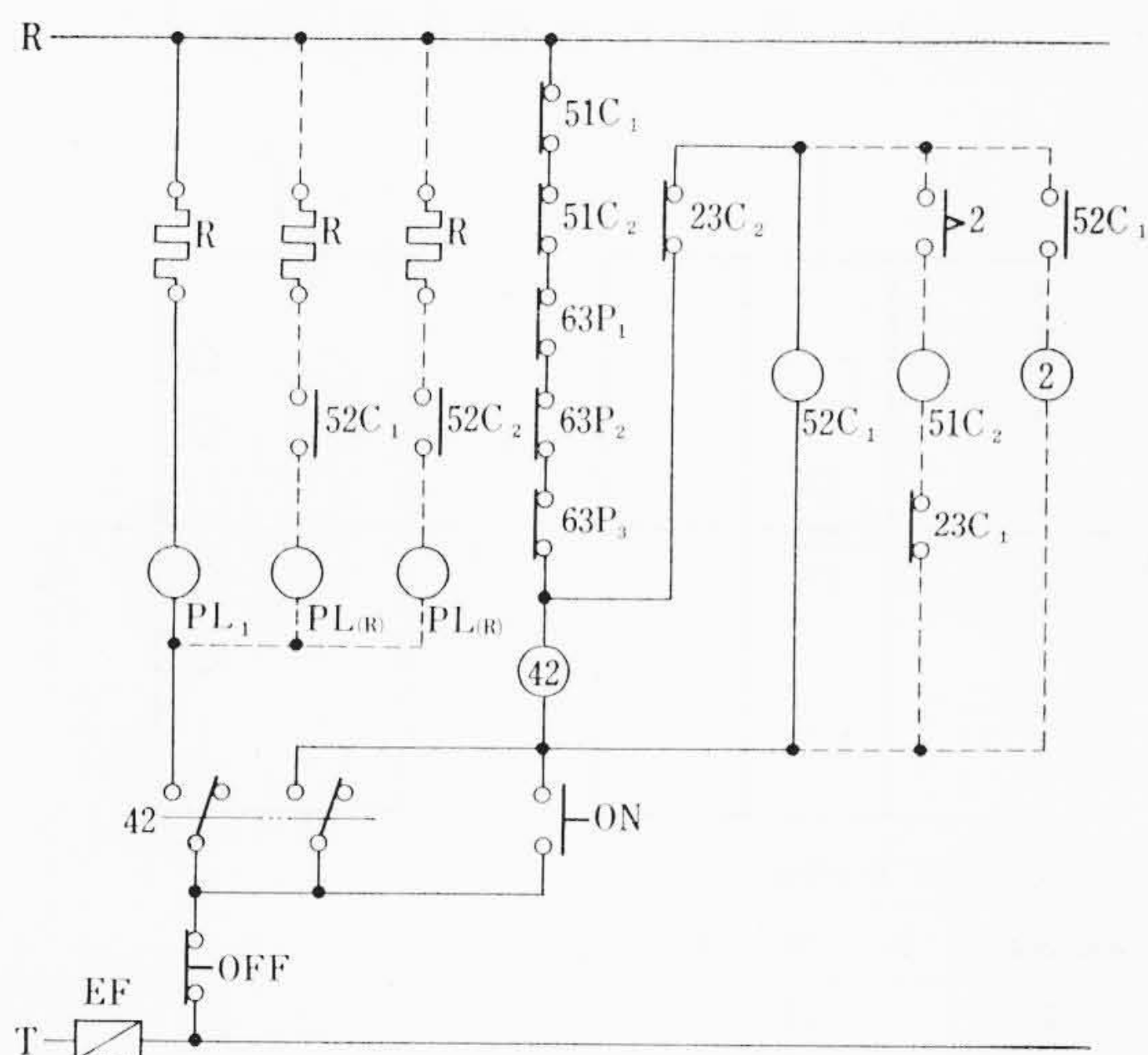
4. 性 能

4.1 冷 却 性 能

冷却性能を測定する場合の標準状態として冷却水の条件は、冷却水が井水の場合とクーリングタワーを使用する場合を想定し、入口18℃，出口25℃の場合と入口32℃，出口36.5℃の2条件とした。

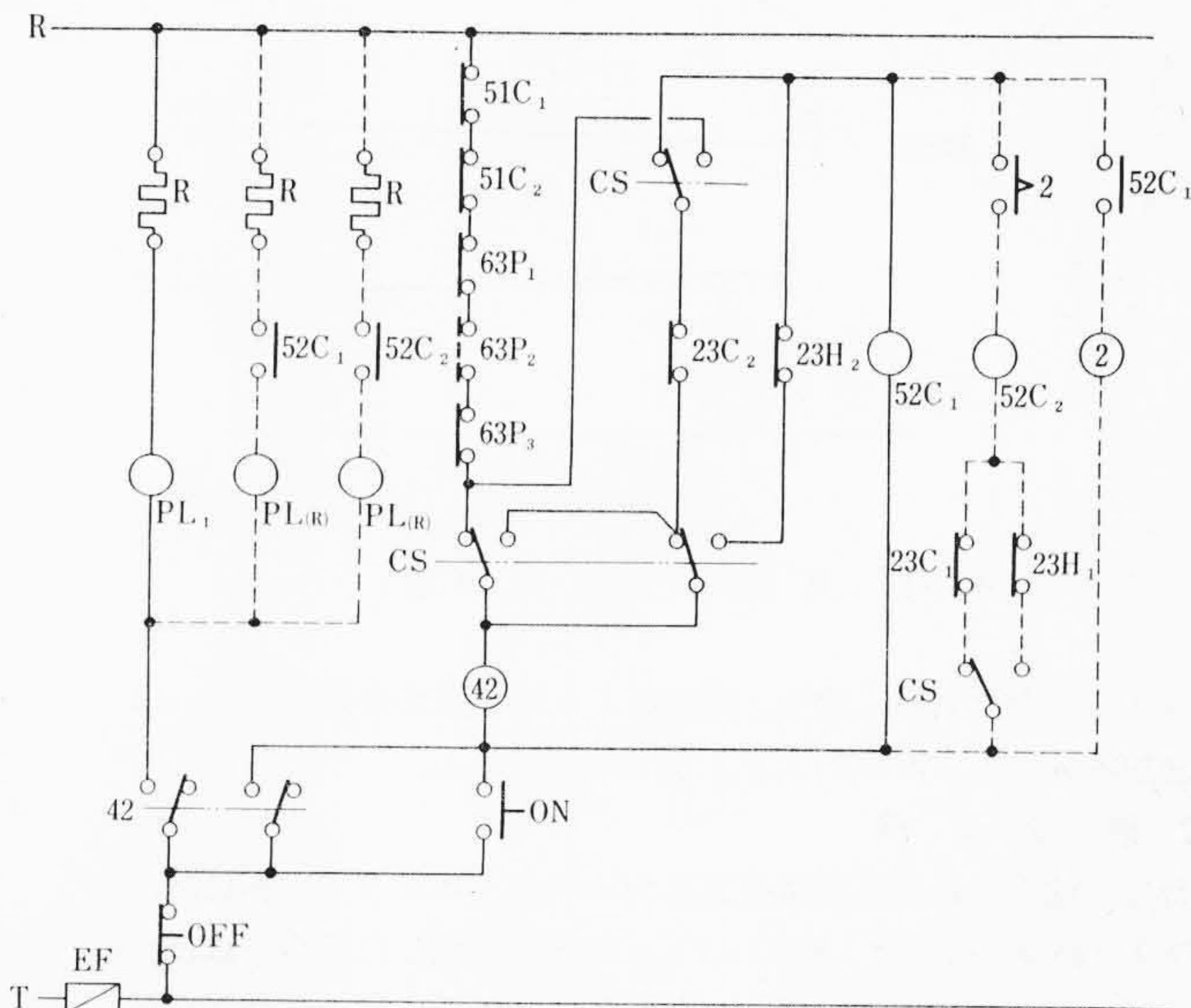
また、冷水の出口温度は5℃から11℃まで変化させ、冷水出入口温度差は5℃一定とした。この場合の冷凍容量などの変化の状態は第9図のとおりである。図に示すとおり冷水の温度が高いほど冷凍容量／入力比が大きくなる。ファンコイルユニットなどの冷水を使用するほうの要求から冷水の温度は低目に要求されがちであるが、冷水温度は高いほうが冷凍容量が大きく、容量あたりの消費電力は小さくてすむことになる。

加熱能力の標準状態としては熱源の井水の温度を入口18℃，出口を10℃とした。温水の出口温度を40℃から45℃まで変化させ、温水の出入口温度差を5℃一定とした。この場合の加熱容量などの



A チラーユニット

- 52C₁, 52C₂: 電磁開閉器 (No.1, No.2 圧縮機)
- EF: 操作回路ヒューズ
- 63P₁, 63P₂: 高低圧圧力開閉器 (No.1, No.2 圧縮機)
- 63P₃: 断水リレー
- R: 抵抗器
- PL₁: 表示灯
- PL(R): 赤色表示灯
- ON, OFF: 2点押ボタンスイッチ
- CS: 冷暖房切換スイッチ
- 23C₁, 23C₂: 冷水用温度調節器
- 23H₁, 23H₂: 温水用温度調節器
- 2: 限時継電器
- 42: 補助継電器
- 51C₁, 51C₂: 過電流継電器 (No.1, No.2 圧縮機)

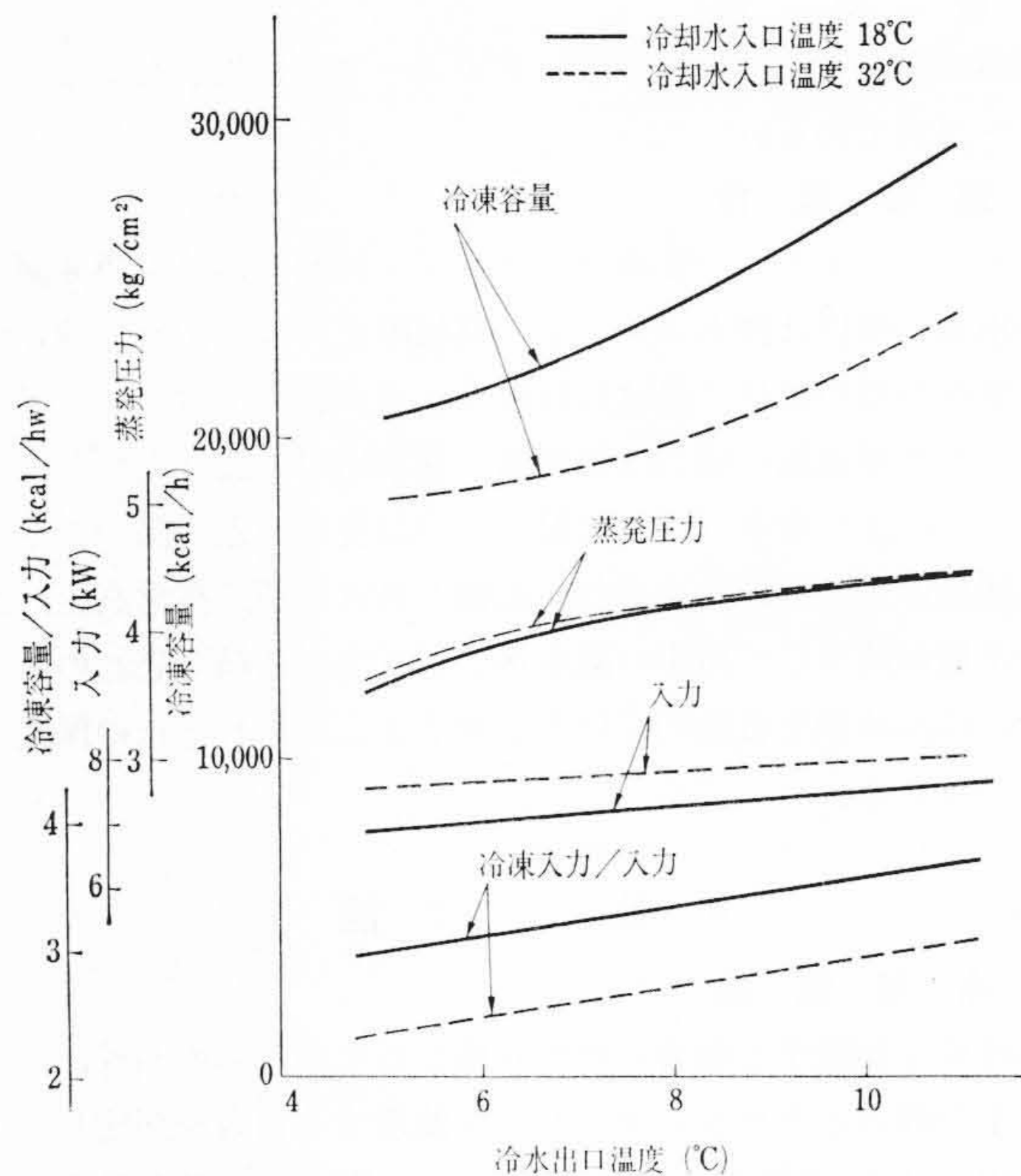


B ヒートポンプユニット

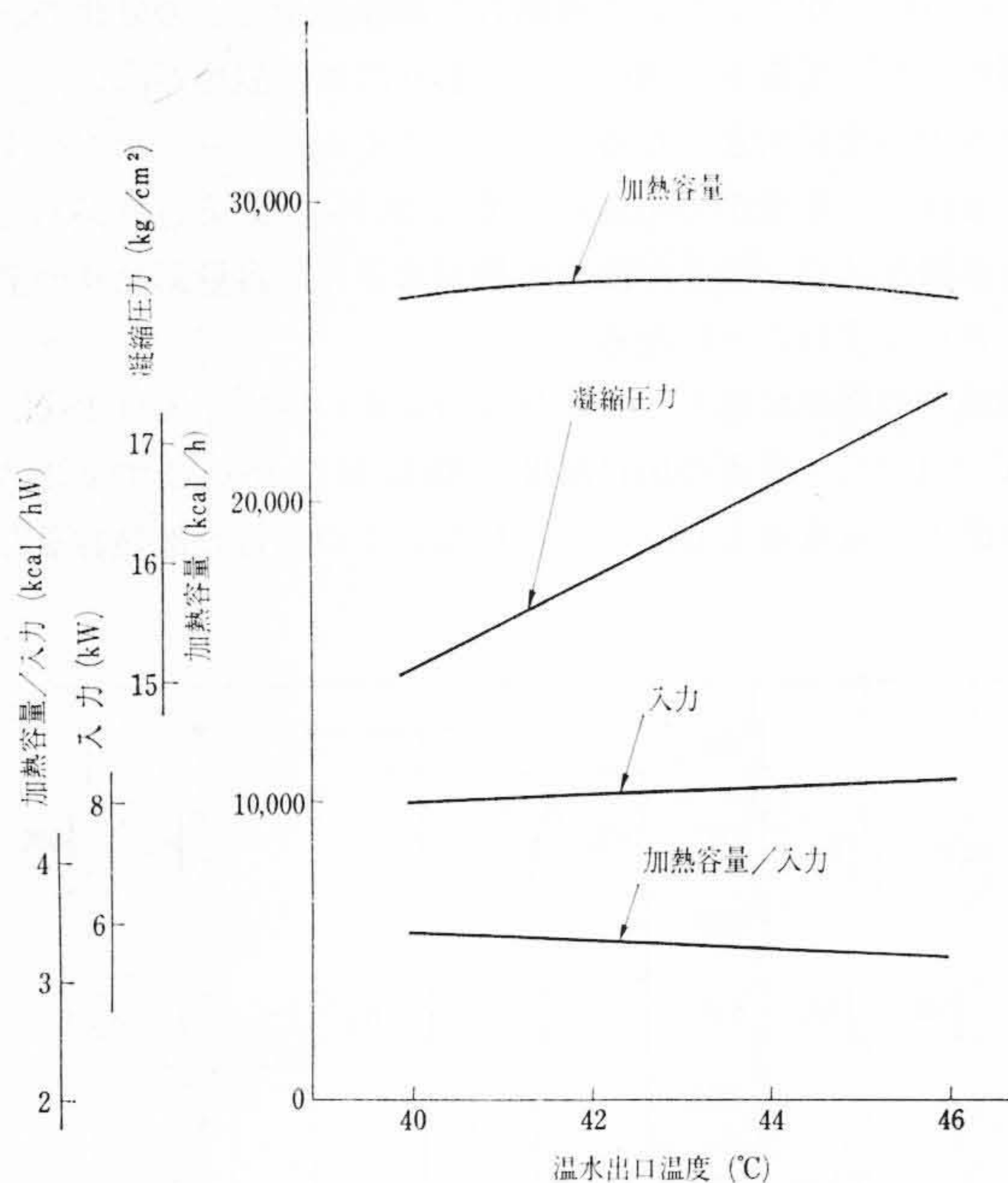
注 記

1. RCU500～RCU1500 の場合はAの実線で示す回路になっている。
2. RCU2000, RCU3000 の場合はAの点線の回路が追加接続される。
3. RHU500～RHU1500 の場合はBの実線で示す回路になっている。
4. RHU2000, RHU3000 の場合はBの点線の回路が追加接続される。
5. PL₁はRCU500～RCU1500 および RHU500～RHU1500 が赤色で、RCU2000, RCU3000, RHU2000 および RHU3000 が緑色である。

第8図 チラーユニットおよびヒートポンプユニット操作回路



第9図 冷凍容量性能曲線

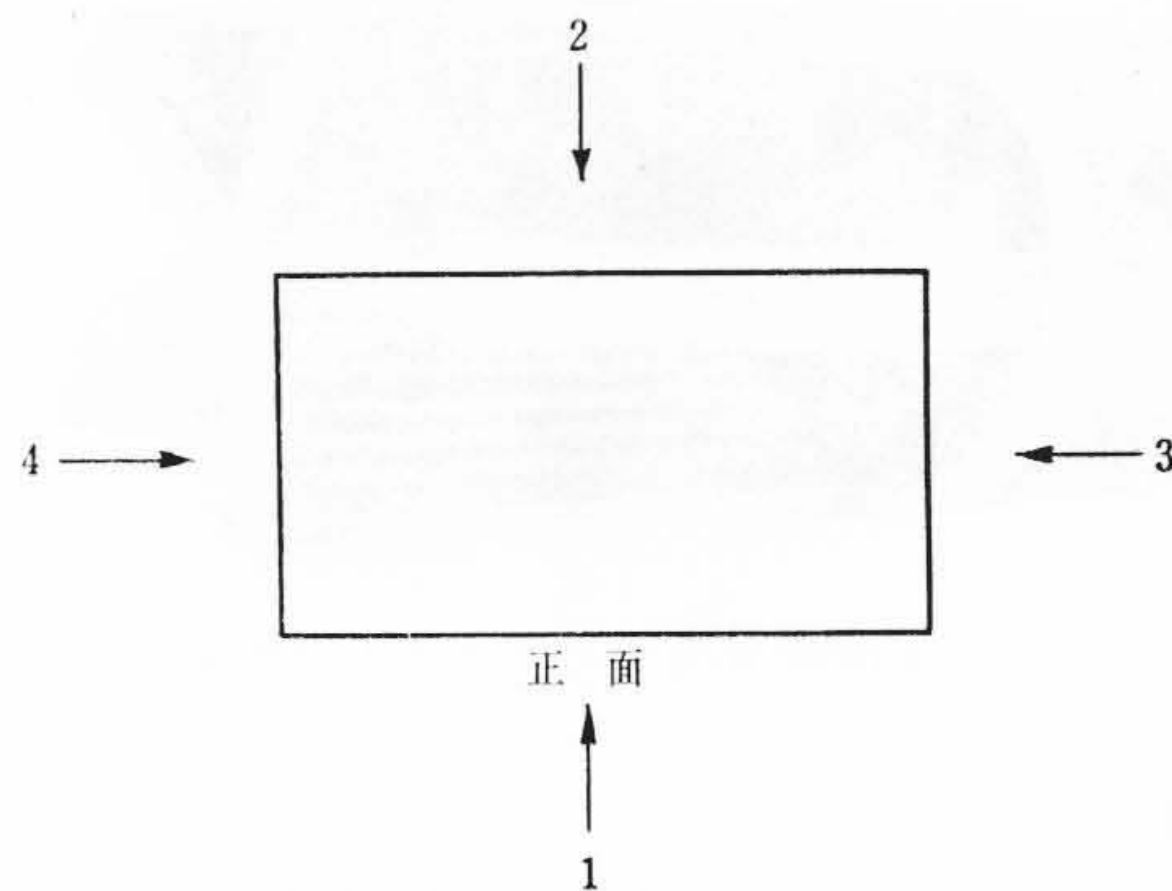


第10図 加熱容量性能曲線

変化の状態を第10図に示す。図に示すとおり温水の温度は低いほうが加熱容量／入口の比が大きくなり有利になる。

4.2 騒音試験

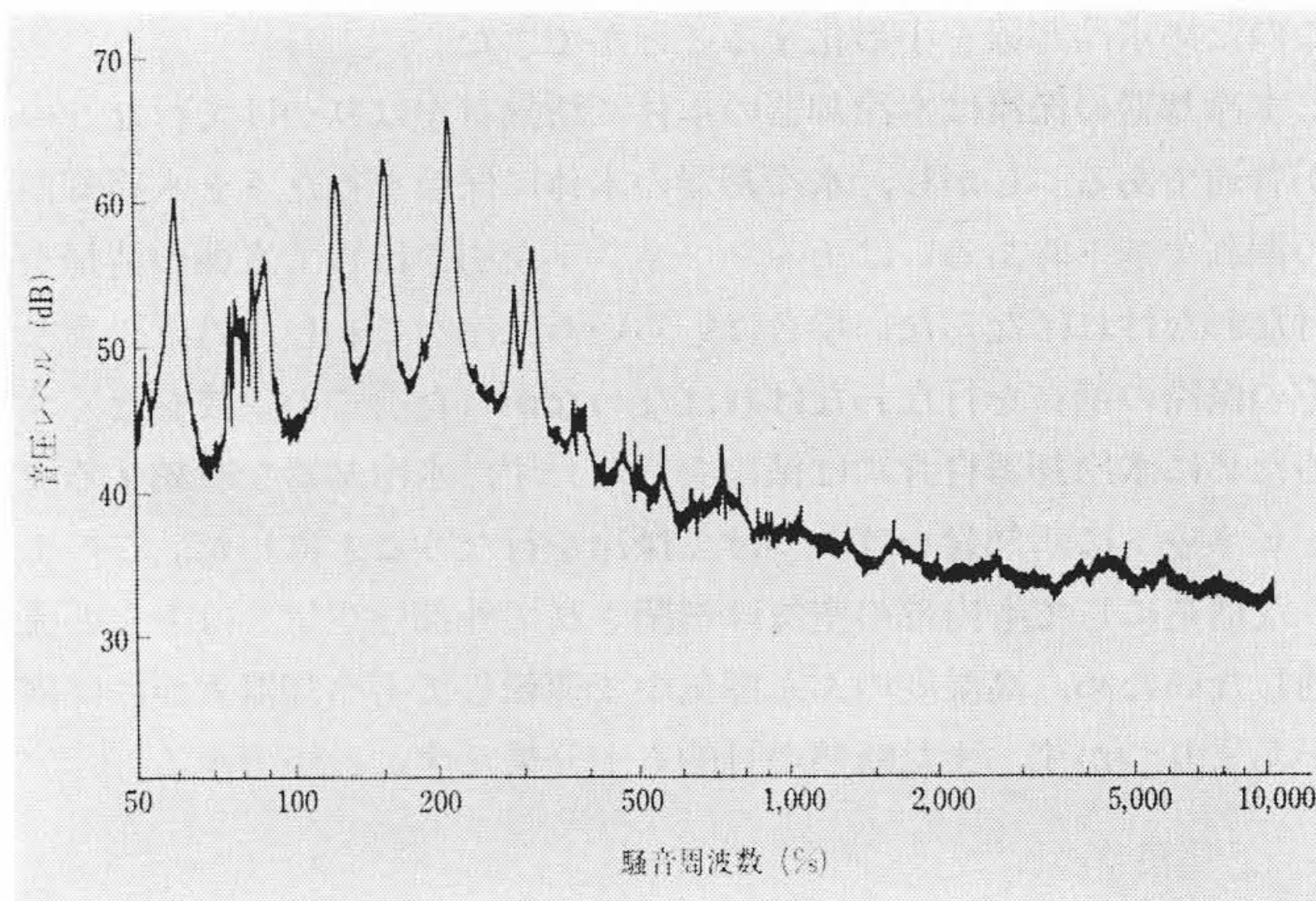
吸音材で壁をおった騒音測定室内にチラーユニットを据付け、吐出圧力 14 kg/cm²、吸入圧力 4.4 kg/cm² で運転した場合（ほぼクーリングタワーを使用した場合の運転条件に等しい）の騒音測定値を第11図に示す。騒音測定位置はチラーユニット表面から 1 m はなれた距離で床面から高さ 1 m の所で測定した。次にこの騒音がどのような特性を有するかを知るために周波数分析を行なった。第12図はさきに示した運転条件の場合の周波数分析の結果である。騒音レベルで大きな値を示すものは 150～250 c/s の低周波領域に属するもので、居住者に与える不快感は少ないといえる。また 66 ホーンという最大値はチラーユニットが据付けられる場所が居住区とは区別された場所に据付けられるということから考えると製品としては十分静粛であるといえることができる。



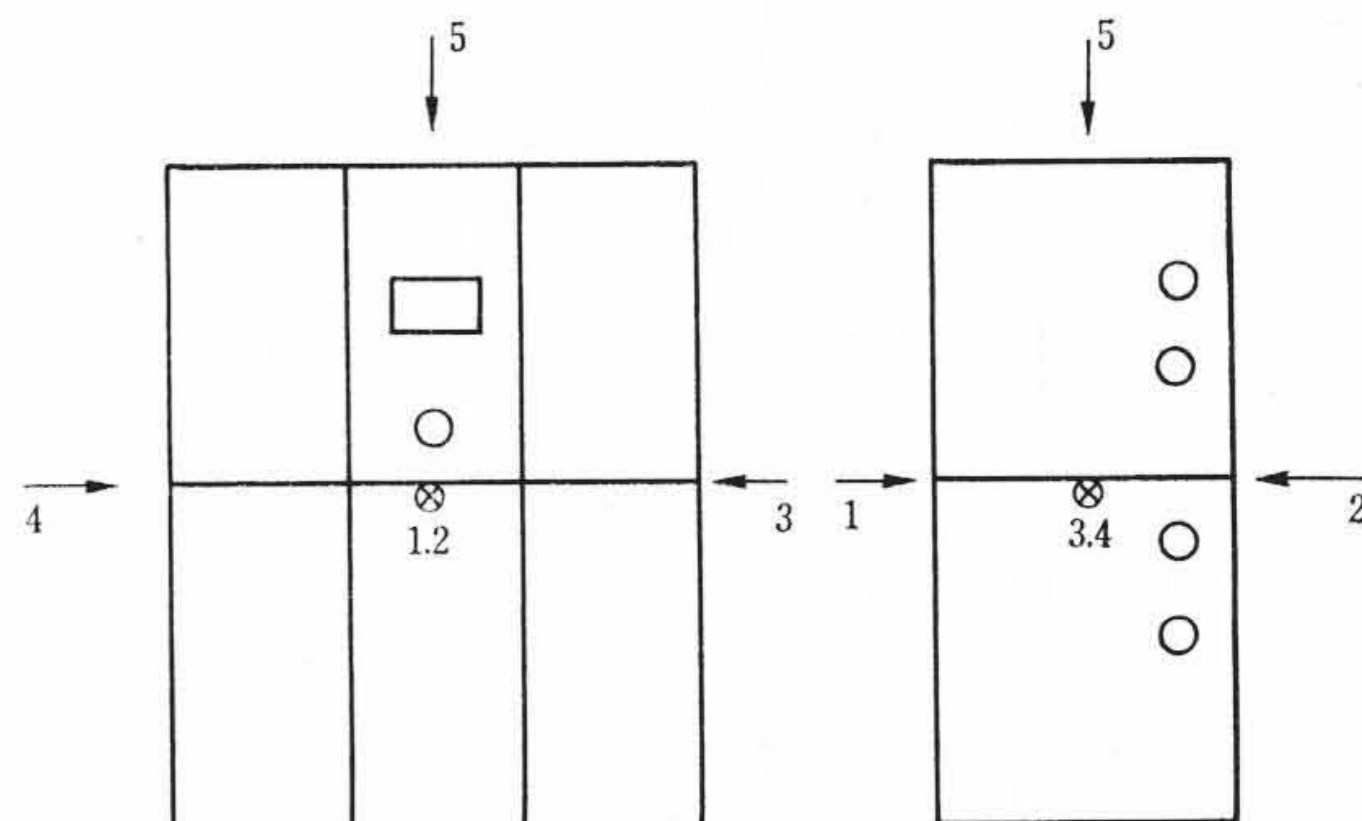
(単位 Bスケールホン)	
測定位置	騒音値
1	66
2	66.3
3	66
4	64.8

第11図 騒音試験結果

運転条件 60 c/s 暗騒音 A36, B 44.5, C 51.5



第12図 騒音周波数分析結果



(単位両振幅 0.001mm)	
測定位置	振動値
1	23
2	6.6
3	16.2
4	13.6
5	14.2

第13図 振動試験結果

運転条件 60 c/s

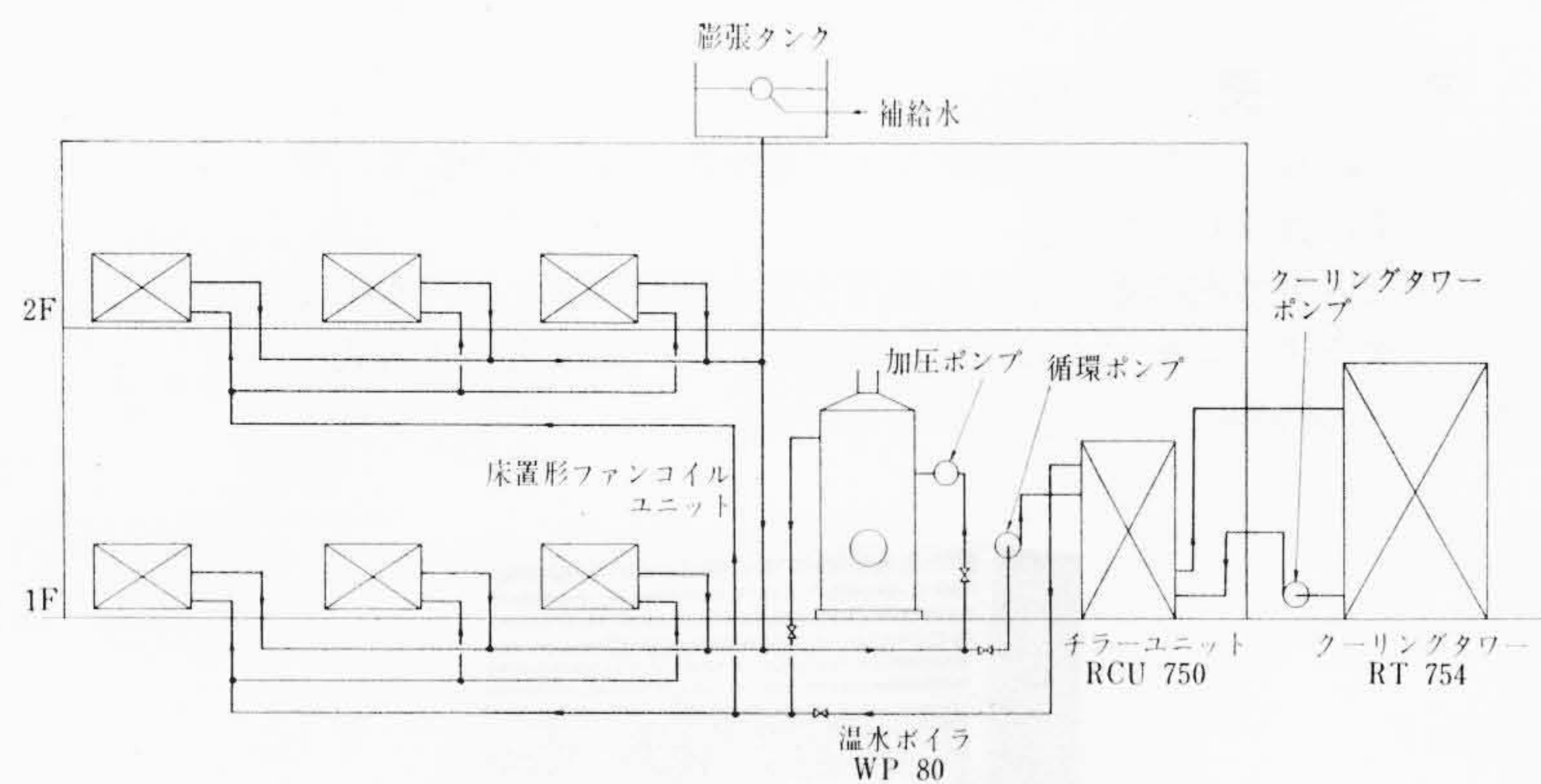
4.3 振動試験

コンクリート床の上にチラーユニットを置き、騒音試験の場合と同一の運転条件で運転した場合の振動試験結果を第13図に示す。図に示すとおり振動値は十分に低い、これは圧縮機のバランス取りの管理が十分に行なわれ、圧縮機の吸入側と吐出側のフレキシブルチューブおよび防振ゴムによる支持が十分効果を発揮していること

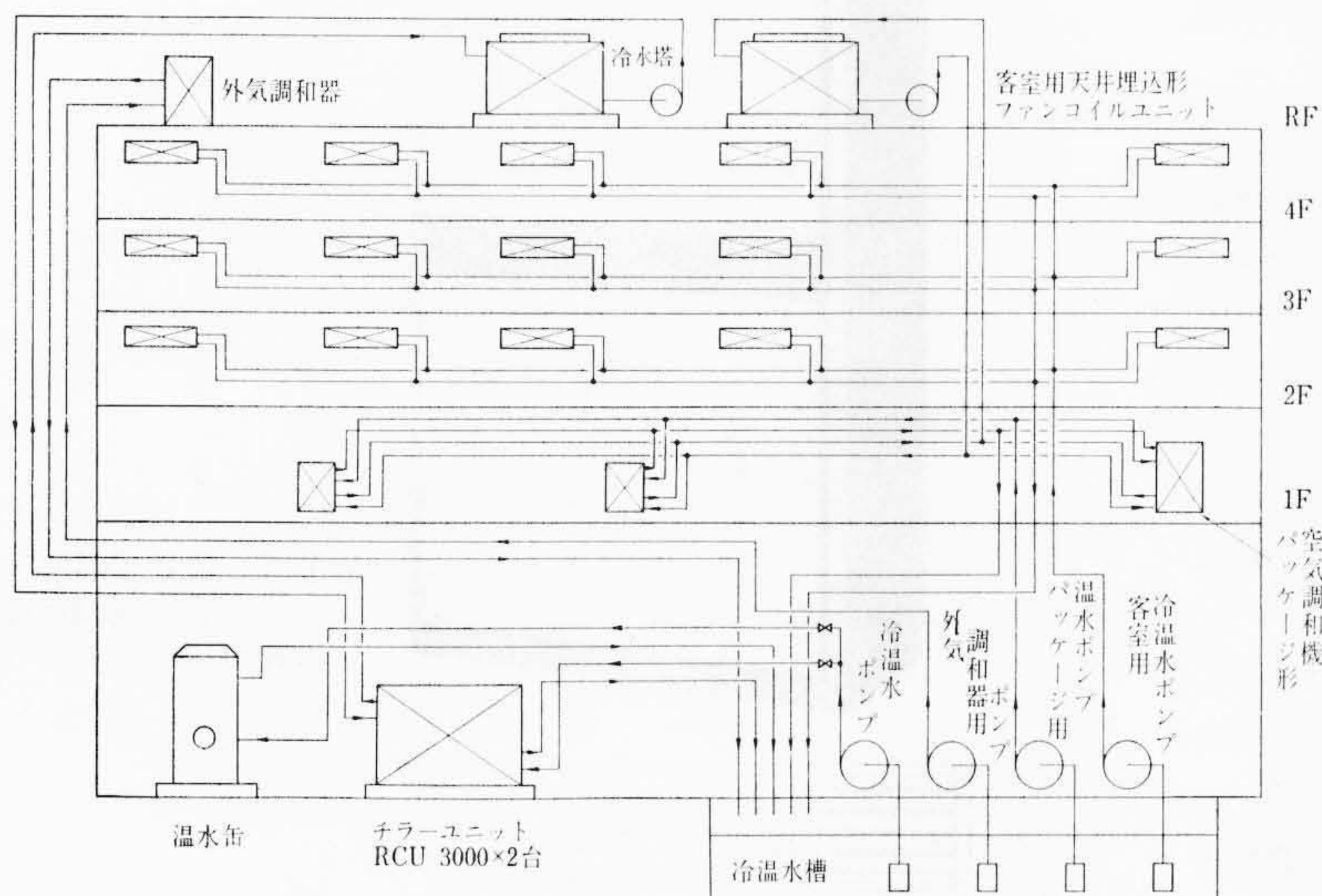
を示す。また、キャビネットなどに有害な共振を起こしていないことを示す。

5. チラーユニットの使用例

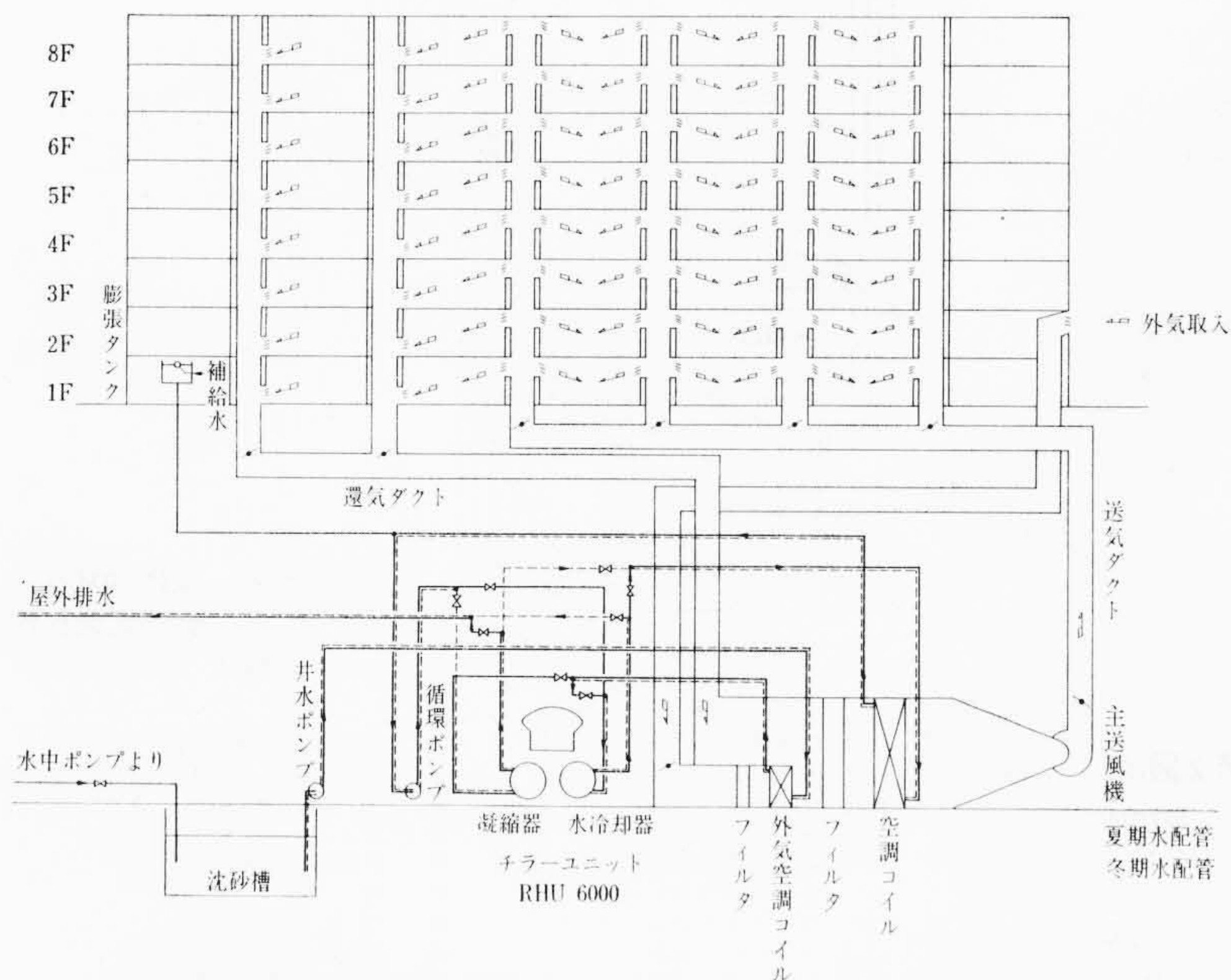
チラーユニットを空調設備に使用する場合はファンコイルユニット



第14図 住宅を空気調和した場合の水配管系統図



第15図 旅館を空気調和した場合の水配管系統図



第16図 事務所用ビルを空気調和した場合の水配管およびダクト系統図

と組み合わせられて使用することが多く、旅館、住宅など小室の多い場合は特にこの方法が適している。また、既設の建物に冷房を施す場合にもチラーユニットとファンコイルユニットまたはエアハンドリングユニットを組み合わせ使用すれば各階あるいは各室へは冷水配管のみを行なえばよく、ダクト方式に比べて工事が非常に簡単

になる。さらにダクトによるセントラル式の場合でもチラーユニットを使用すれば機械室における冷媒配管の手間をはぶくことができるので経済的に施工でき、また、工期を短縮することができる。

次に2～3のチラーユニットを使用した空気調和装置の例を述べる。

(1) 個人住宅

総面積200m²の住宅があり、各室に設けられたファンコイルユニットにより冷暖房を行なっている場合、水配管はクローズドサイクルであり、ポンプの吸入側にタンクを設け水の膨張収縮を吸収し、空気ぬきを兼ね、また、補給水用のフロート弁をそなえている。冷却水にはクーリングタワーによる循環水を使用する。冬の暖房には温水ボイラの温水を使用している。

(2) 旅館の空気調和

総面積5,600m²の旅館で客室にはチラーユニットとファンコイルユニットの組み合わせを使用し、広間食堂などにはパッケージ空調機を使用している。なお、新鮮空気はダクトで各室に別途送気しており、新鮮空気調和機としてエアハンドリングユニットを屋上に設けている。また、冷却水にはクーリングタワーを使用している。冬期には温水ボイラを使用し、これをファンコイルユニット、エアハンドリングユニット、およびパッケージ空調機のヒータコイルに通して暖房を行なっている。

(3) 事務所用ビル

本例は地下水を利用したヒートポンプ方式であり、RHU 7500 ヒートポンプを使用し、総面積4,300m²の事務所用ビルを冷暖房している。地階に空気調和器を置き、そこで全量の空気を処理し、各階にダクトで送気している。ダクトとしては各階へ送気4本、還気2本の垂直のコンクリートダクトが設けられているのみである。地下水はまず、新鮮空気を夏は予冷、冬は予温してから凝縮器、水冷却器に使用されるようになっている。循環水（夏の冷水、冬の温水）はクローズドサイクルであり住宅の例の場合と同様に、ポンプの吸入側にタンクを設けている。

6. 結 言

チラーユニットの構造、性能および使用例について述べたが、チラーユニットは空気調和装置の現場における施工をできるだけ工場生産に置きかえ、簡便に使用されることを目的に作られたものである。使用例はその一部を述べたに過ぎない。そのほかにも種々の応用が考えられ、今後ますます多く使用されることが期待される。