

空 気 調 和 装 置 用 配 電 盤

Control Switchboards for Air Conditioning Equipment

森 井 進*
Susumu Morii

内 容 梗 概

高層ビルディングの建設が盛んになり、空気調和装置は近代的ビルの付帯設備として不可欠のものとなった。

これらに採用されている中央式空気調和装置は、冷凍機、ボイラ、空気調整器など多数の機器からなっている。これら全体の運転状況を、中央制御室にて監視しながら集中制御することにより、始めて完全な機能を発揮することができるので、監視盤にはグラフィックパネルを設けて適確な監視制御を行うものが多くなった。

本文はこれらの概要とその心臓部に相当する日立冷凍機の制御装置、配電盤および自動制御方式について述べる。

1. 緒 言

最近のビルディングでは、その室内を快適にして利用効率を上げるため、適当な空気調和装置を設けることが普及してきた。この空気調和装置には、在室者に快よい空気状態を与えるためのものと、収納精密機器たとえば、電子計算機、自動電話交換機などに適した環境に室内空気を保つ場合などがある。

空気調和装置は、夏季における冷却および減湿、冬季の加熱および加湿はもちろん、四季を通じて空気の清浄と適当な換気を行うことが必要である。

その空気調和方式としては、中央式空気調和と個別空気調和の2種類に大別されるが、これらを併用する場合もある。高層ビルディングのように、室数も多く大容量となると、中央式が採用され、その冷房用としては主としてターボ冷凍機が用いられる。また暖房用としてはボイラを熱源とする場合と、ターボ冷凍機を熱ポンプ⁽¹⁾として暖房に切換えて利用する方式とがある。

これらの冷凍機、ボイラ、空気清浄器、空気調整器などを総括した空気調和装置には、多くのポンプ、ファン、圧縮機などの機械類が含まれ、これを動かし制御する電気機器も多数となる。これらの機能を完全に発揮するには、中央にて集中監視制御を行って始めて達成される。

そのため各種計測器、自動調節器を設け、自動制御を行うとともに、総括監視制御盤には空気調和用グラフィックパネルなどを設けて、多数の機器の運転状況を監視しながら、制御を行うことが最近の傾向である。

以下ビル用空気調和装置の概要と、これに用いる冷凍機の自動制御装置および総括監視制御盤について述べる。

2. 中央式空気調和装置

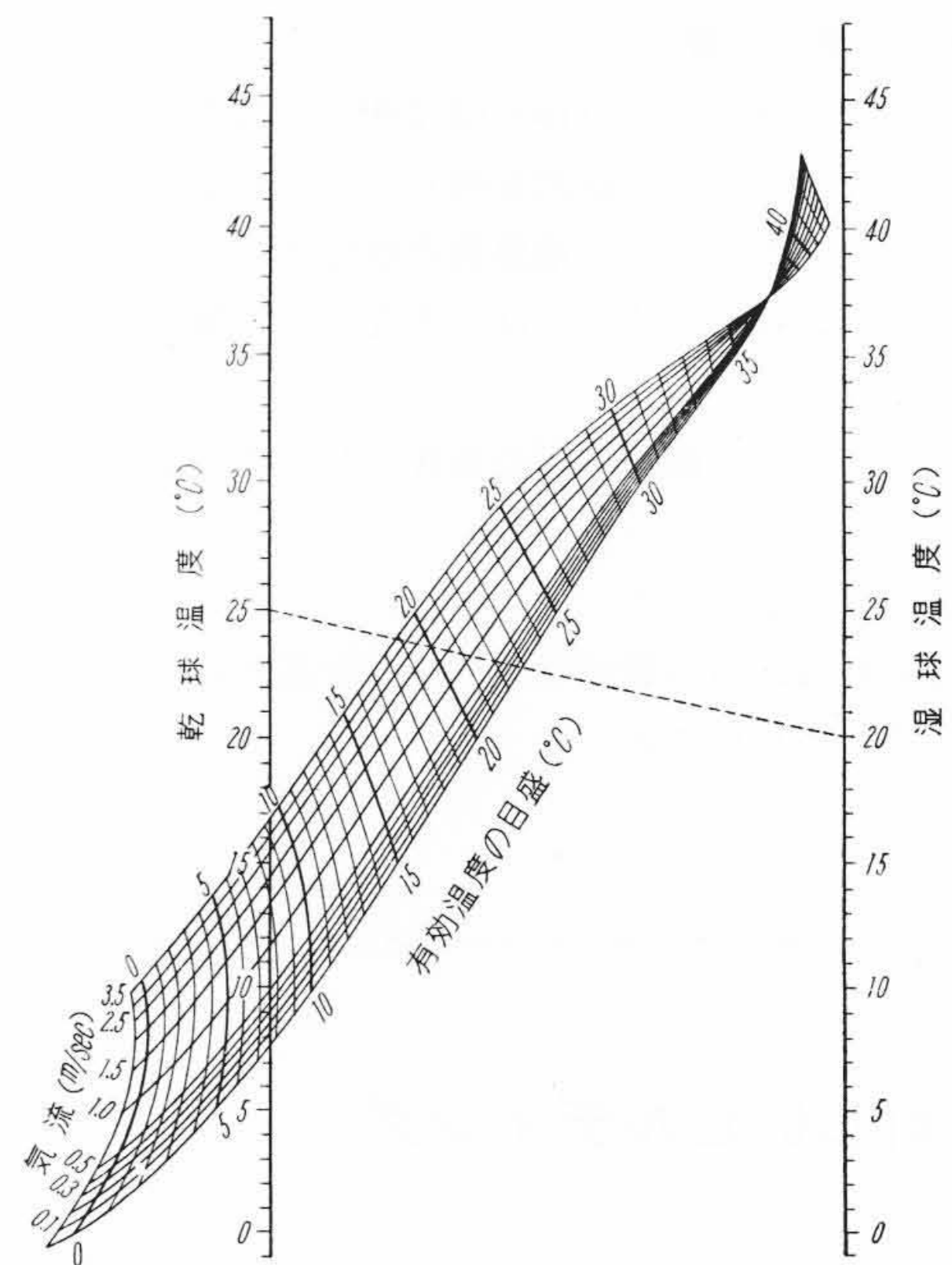
2.1 空気調和の概要

空気状態が在室者に与える快感度は、その空気の温度、湿度、清浄度、気流および四面からの輻射などによって影響されるが、輻射を除いてはすべて空気調和装置によって調整される。

在室者の大多数に快感を与える室内の温度、湿度の範囲を快感帯といい、これを有効温度で表わすことが多い。この有効温度(E. T.)とは、ある室内空気状態と同じ暖かさを与える静止した飽和空気の温度をいう。(これを感覚温度ともいう)

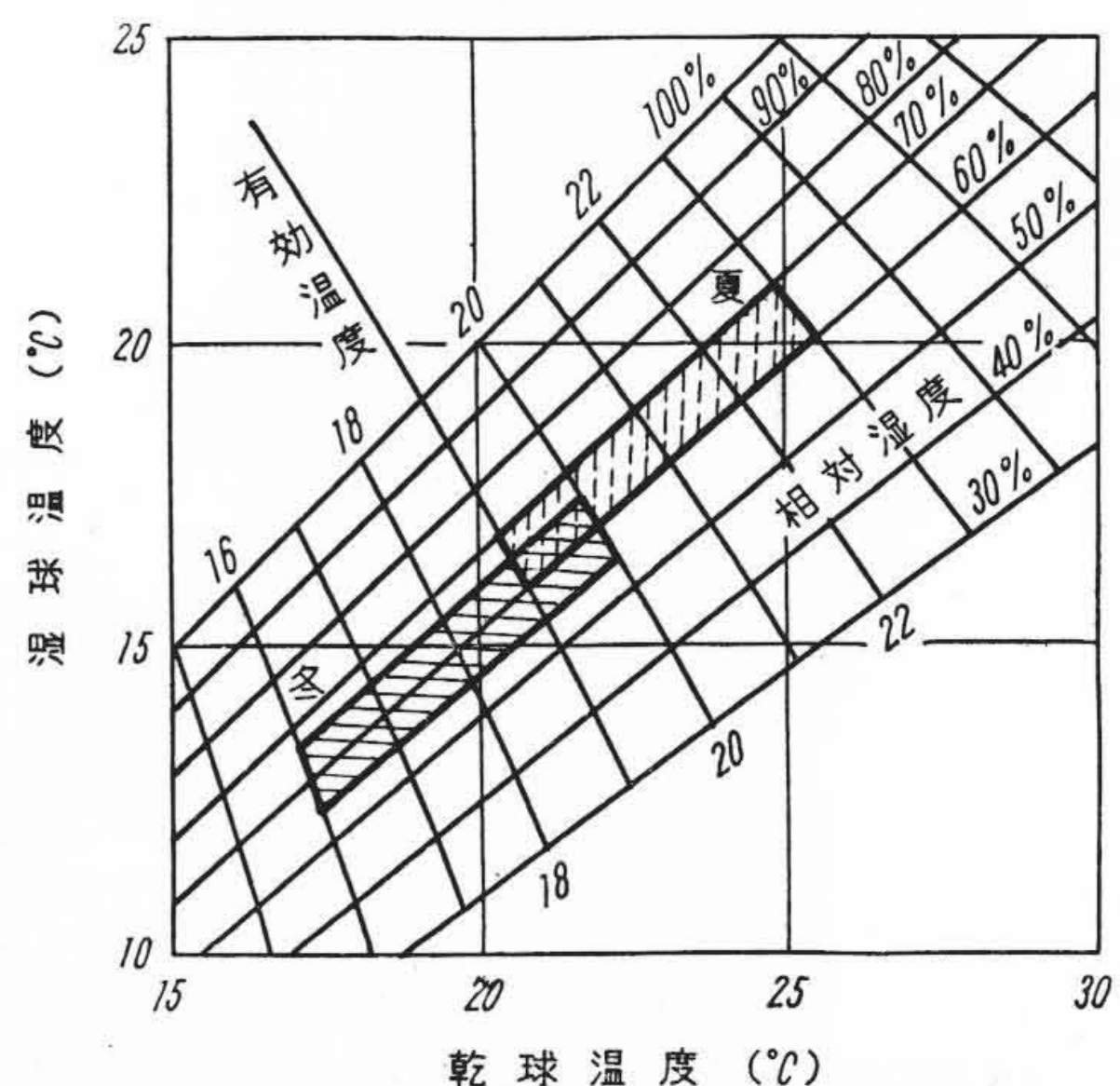
空気の温度、湿度、気流と有効温度との関係は、在室者の着衣状態と作業の種類とによって異なるが、第1図のように表わされる。

第2図は静止で着衣状態の在室者に対する無風に近い空気の快適有



(静止で上衣を着けた状態)

第1図 有効温度図表



第2図 日本人に対する快感帯

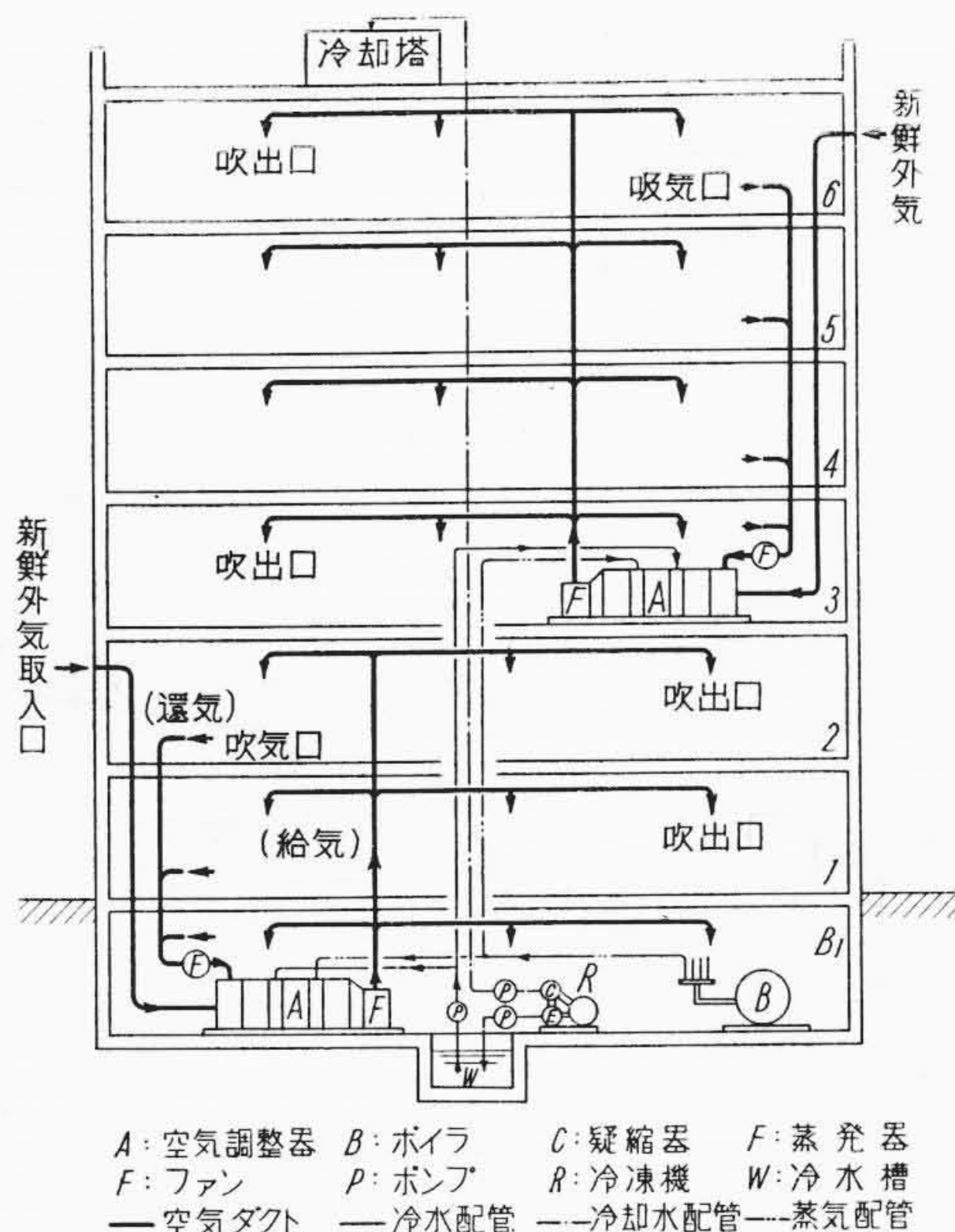
効温度を示したもので、一般に日本人については、

冬期 快感帯 E. T. 16~20°C $\phi=55\sim65\%$

夏期 快感帯 E. T. 19~23°C $\phi=60\sim70\%$

と考えられている(ϕ は相対湿度)。空気調和装置によって、この範囲で、外気温度変化に応じて最もよい状態に保つよう調整される訳

* 日立製作所国分工場



第3図 中央式空気調和方式

である。

また在室者の快感を保つために、新鮮な外気を必要量供給しなければならないが、その量は室内に発生する有害ガス量および人員によって異なる。この換気量は在室者が喫煙しない場合1人当たり少なくとも $13\text{m}^3/\text{h}$ 、喫煙する場合1人当たり最大 $68\text{m}^3/\text{h}$ までの外気量を取入れることが望ましい⁽²⁾。また建築基準法に規定された換気量も合わせ考慮される。

この換気のために増加する熱量を $Q_F \text{ kcal/h}$ とすれば、

$$Q_F = G_F (i_r - i_o) \text{ kcal/h}$$

で表わされる。ここに G_F = 換気量 kg/h (乾燥空気), i_r = 室内空気のエンタルピー kcal/kg , i_o = 室外空気のエンタルピー kcal/kg (いずれも乾燥空気) とする。

空気調整によって、室内空気を必要な状態に保持するために与えるべき熱量、あるいは取去るべき熱量を熱負荷と称しているが、空気調整の全熱負荷を $Q \text{ kcal/h}$ とすれば、

$$Q = Q_c + Q_F + Q_r \text{ kcal/h}$$

であらわされる。ここに Q_c は建築構造を通じ室内外に交換される熱量 Q_r は、室内において発生するかあるいは吸収される熱量である。

この全熱負荷によって、装置容量が選定される。

2.2 空気調和装置の概要

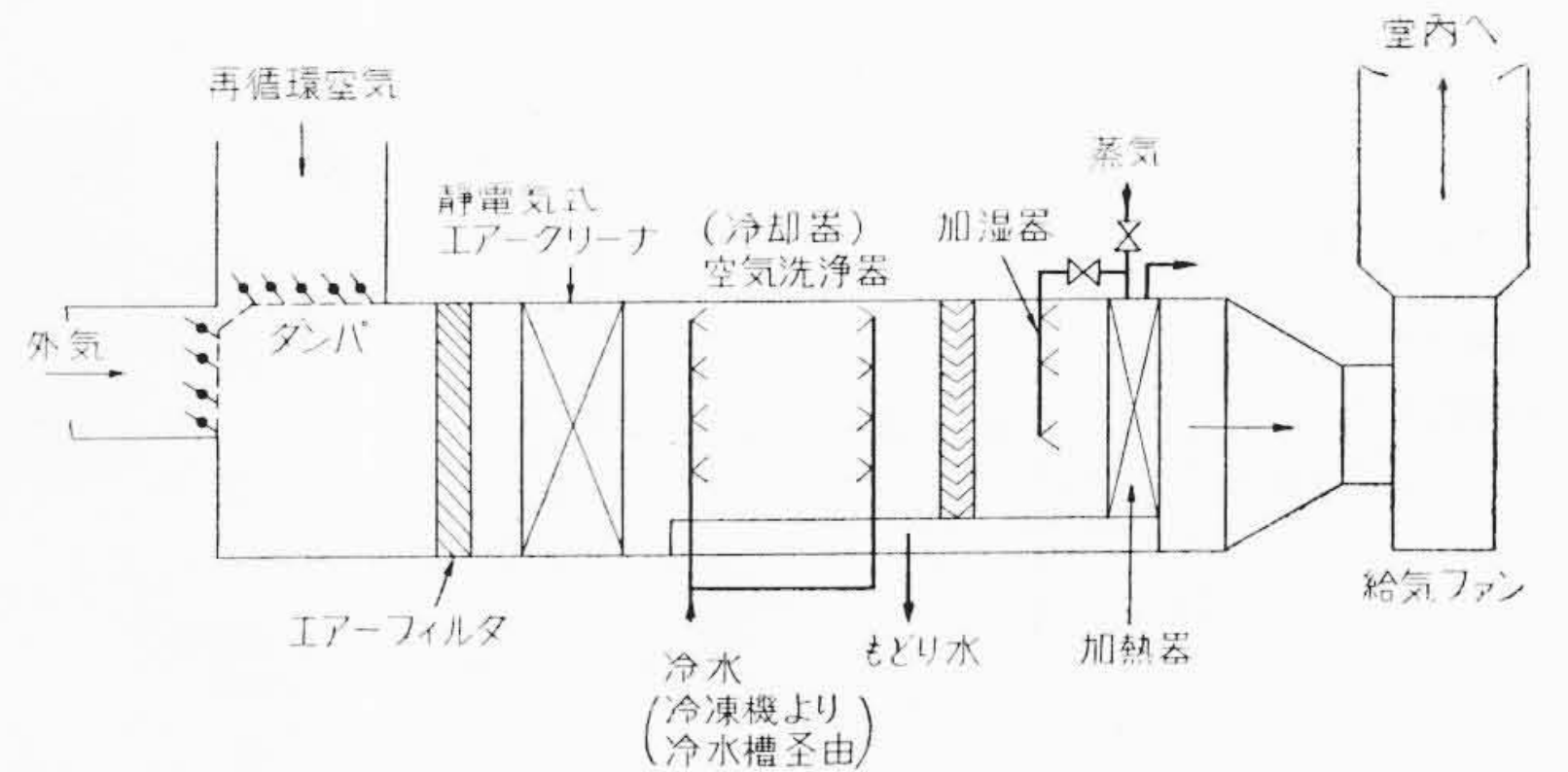
ビル用として一般に採用される空気調和装置は、中央式あるいは集中式と称せられるもので、その一例を第3図に示す。

空気調整器は前節の熱負荷によって決定されるが、室の熱容量に応じて数量を増し、各階に設ける場合もあり、空気状態を異にする場合別個に設ける必要の生ずることもある。

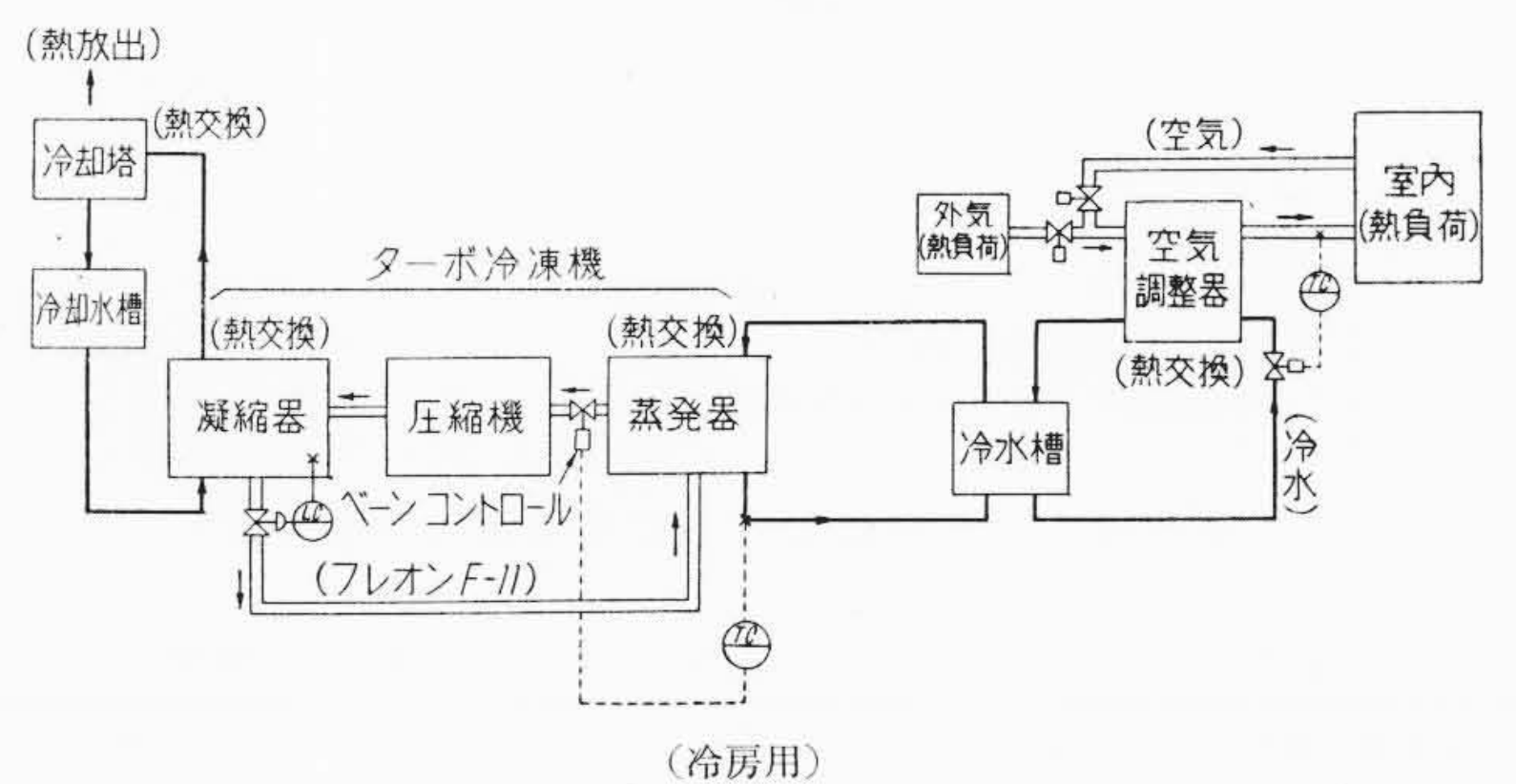
室内の空気は、新鮮な外気を補給しながら空気調整器を経て循環させる。外気と室内からの戻り空気との合流したものが空気調整器を通過する間に、空気中のじんあいが除去され、温湿度も適当に加減され、室内に送られる。特に汚染度のはげしい場合、空気は循環することなく外部に排出される。

第4図は空気調整器の内部構成を示す一例で、除じん、洗浄、冷却、除湿、加熱、加湿などを行う装置および給気ファンから成立っている。また動作の概略を列記すれば下記のとおりである。

(1) ダンパ、戻り空気と新鮮な外気との混合比は、吸込口に設けたそれぞれのダンパの開度を、互に関連する率に整定することにより調整される。また給気ファンの停止時には外気ダンパを全



第4図 空気調整器の構成



第5図 ターボ冷凍機ブロック系統図

閉するなどのインターロックが設けられる。

(2) 空気清浄、空気中の数 μ 以下 0.1μ 程度の極微細な粒子も静電気式エアークリーナにより、効率よくろ過される。

(3) 温湿度調整、夏季は冷凍機により冷却された冷水の噴霧により、空気を冷却すると同時に露点温度の低下をはかり減湿を行う。引続き空気は再熱され適当な湿度に調整される。冬季はボイラからの蒸気により、空気を加熱、増湿する。

空気の湿度および温度は、ダクト出口に設けられた温度および湿度調節計などにより調整される。

なおビルディング内に小部屋が多くあって、室内負荷が異なり、また在室者の快感状態がそれぞれ異なるような場合には、各室ごとに空気状態を調節する必要がある。最近はこのような場合の空気調和方式として、二重ダクト式が採用される傾向にある。この方式は地階などに設置した特殊空気調整器により、高温多湿の空気(温風)と低温低湿の空気(冷風)を同時に作り、これを別々のダクト(二重ダクト)によって各室の手前まで導き、そこに設けられた混合装置によって、温度、湿度が在室者の要求する状態になるように混合して、室内に送気するものである。

3. ターボ冷凍機の制御装置および配電盤

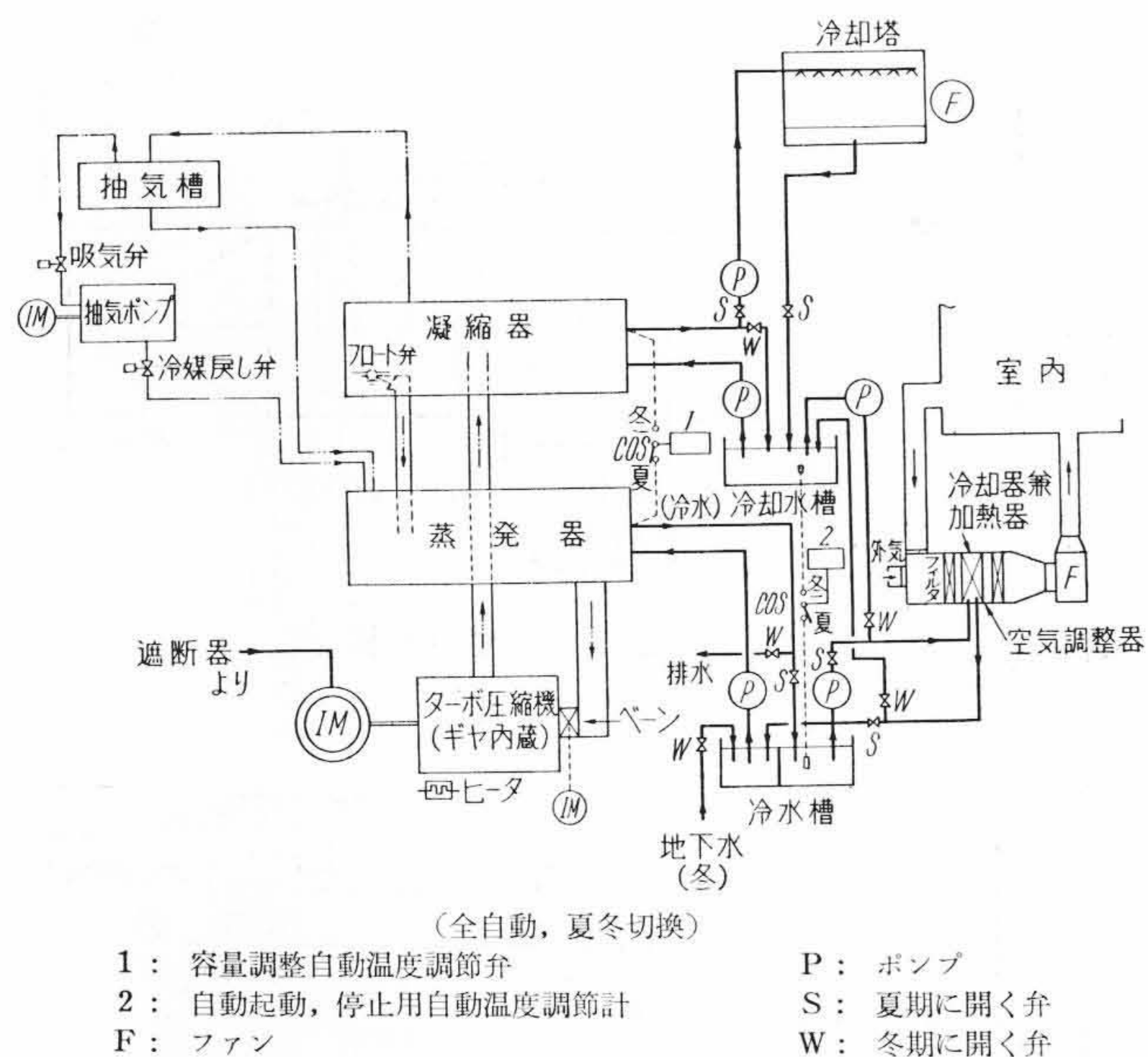
前記空気調整器と冷凍機との関係は、第5図の冷房用ターボ冷凍機ブロック系統図に示すとおり、空気調整器に送られる冷水は空気調整器で熱を吸収した水が冷凍機で約 5°C に冷却され、冷水槽を介して送られるものである。したがって熱交換の主体をなすものは冷凍機である。

日立ターボ冷凍機はギヤ内蔵形⁽³⁾としたため、シャフトシールがきわめて簡易化され、これを標準としているので、運転操作が容易となり、全自動による無人運転も確実にできるようになっている。

第6図はギヤ内蔵形ターボ冷凍機の系統図で、夏冬切換装置付、全自動制御方式のものである。その自動運転の概要を第1表に示す。

3.1 冷凍容量の制御⁽⁴⁾

冷凍サイクルは冷媒フロン F-11 の蒸発、圧縮、凝縮および減圧の工程を反復して行われるが、ターボ冷凍機の容量制御は蒸発器



第6図 ギヤ内蔵形ターボ冷凍機の系統図

第1表 ターボ冷凍機の夏冬切換え全自動運転概要

自動制御の種別	夏 季	冬 季
冷凍機の自動起動、停止	冷水槽冷水温度が調節計の 〔整定値以上で 自動起動 整定値以下で 自動停止〕	冷却水槽温水温度が調節計の 〔整定値以下で 自動起動 整定値以上で 自動停止〕
冷凍機の自動容量調整	蒸発器出口冷水温度が調節計の 〔整定値以上で ベーン開操作 整定値以下で ベーン閉操作〕	凝縮器出口温水温度が調節計の 〔整定値以下で ベーン開操作 整定値以上で ベーン閉操作〕
抽気ポンプの自動運転	抽気槽圧力スイッチの 〔規定値以上で 自動起動 規定値以下で 自動停止〕	抽気槽圧力スイッチの 〔規定値以上で 自動起動 規定値以下で 自動停止〕

の出口冷水温度調節計により、圧縮機の吸込口に設けたベーンまたはスピード(rpm)を制御して吸込風量を調節し、冷水出口温度(5～8℃)が一定の値に保持されるよう行う。暖房用を使用する時は凝縮器の冷却水出口温度を一定に保つよう制御する。

一方、ターボ圧縮機の特性曲線は第7図に示すとおり、吸込風量は回転に比例して変化し、その圧力ヘッドは回転数の2乗に比例して変化する。

回転数を落すと、曲線Aの特性はB、Cのように変化する。1、2、3点はその回転数でのサージングの起る点を示し、吸込風量はaよりb、c点に移り、1、2、3を結ぶ線とa、b、cを結ぶ線との交点近くまですなわち定格容量の約40%まで容量制御ができる。

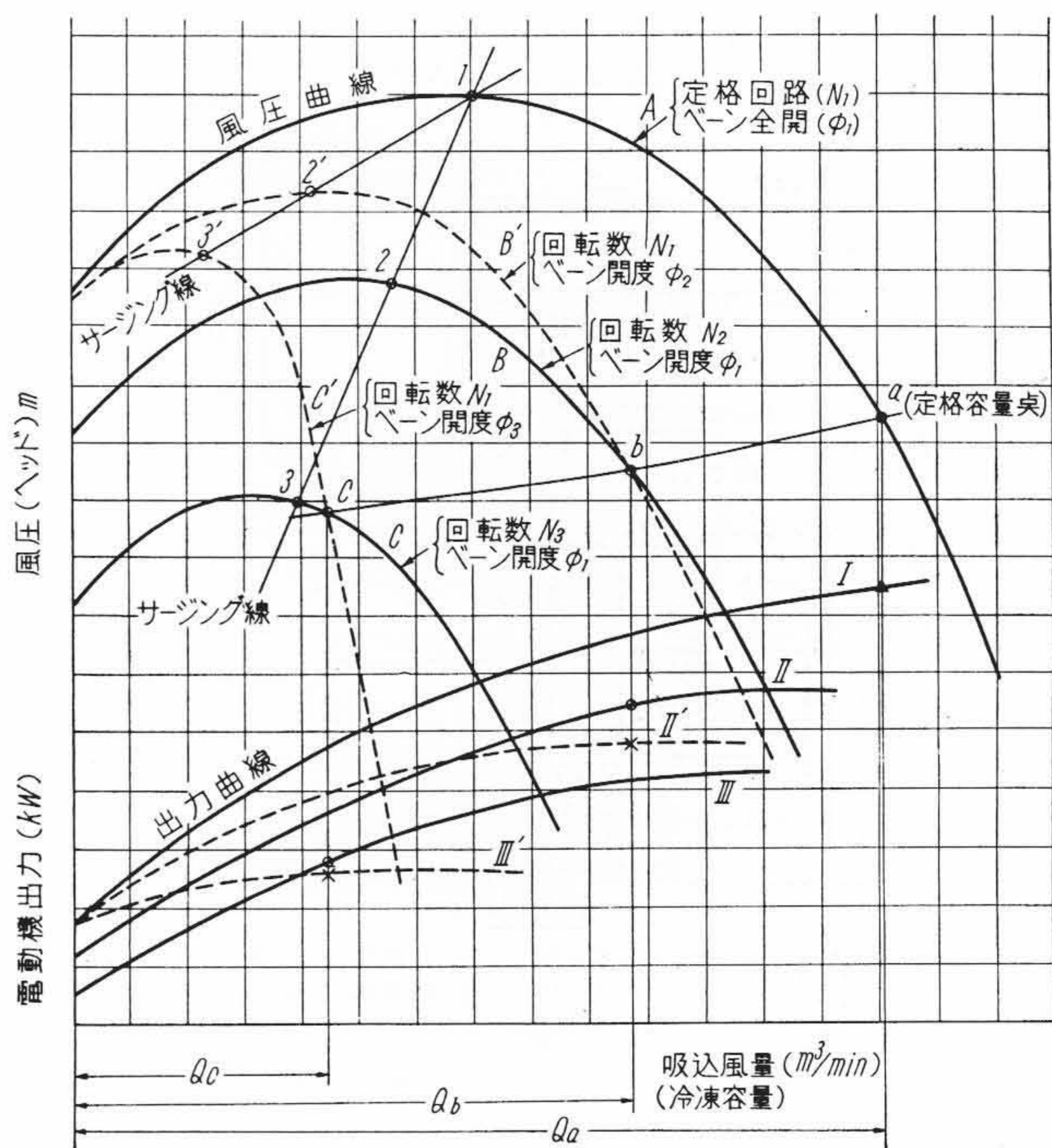
またベーンコントロールの場合は、ターボ圧縮機の回転数は一定とし、ベーンの開度を変化させて吸込風量を制御するが、B'、C'曲線となり、サージング点は2'、3'となり、スピードコントロールの場合より使用点とサージング点とが離れ、容量制御の範囲が拡大し、定格容量の25%程度まで制御できるが、さらに広範な制御が必要のときは、スピードコントロールを併用して10%以下まで行う。

第8図にベーンの開度と冷凍容量および電動機出力(圧縮機動力)との関係を示す。

冷凍容量が単位冷凍機の容量調整のみでは追従できないほど大きく変動する場合には、2台以上の冷凍機の並列、単独運転を行うことはもちろんである。

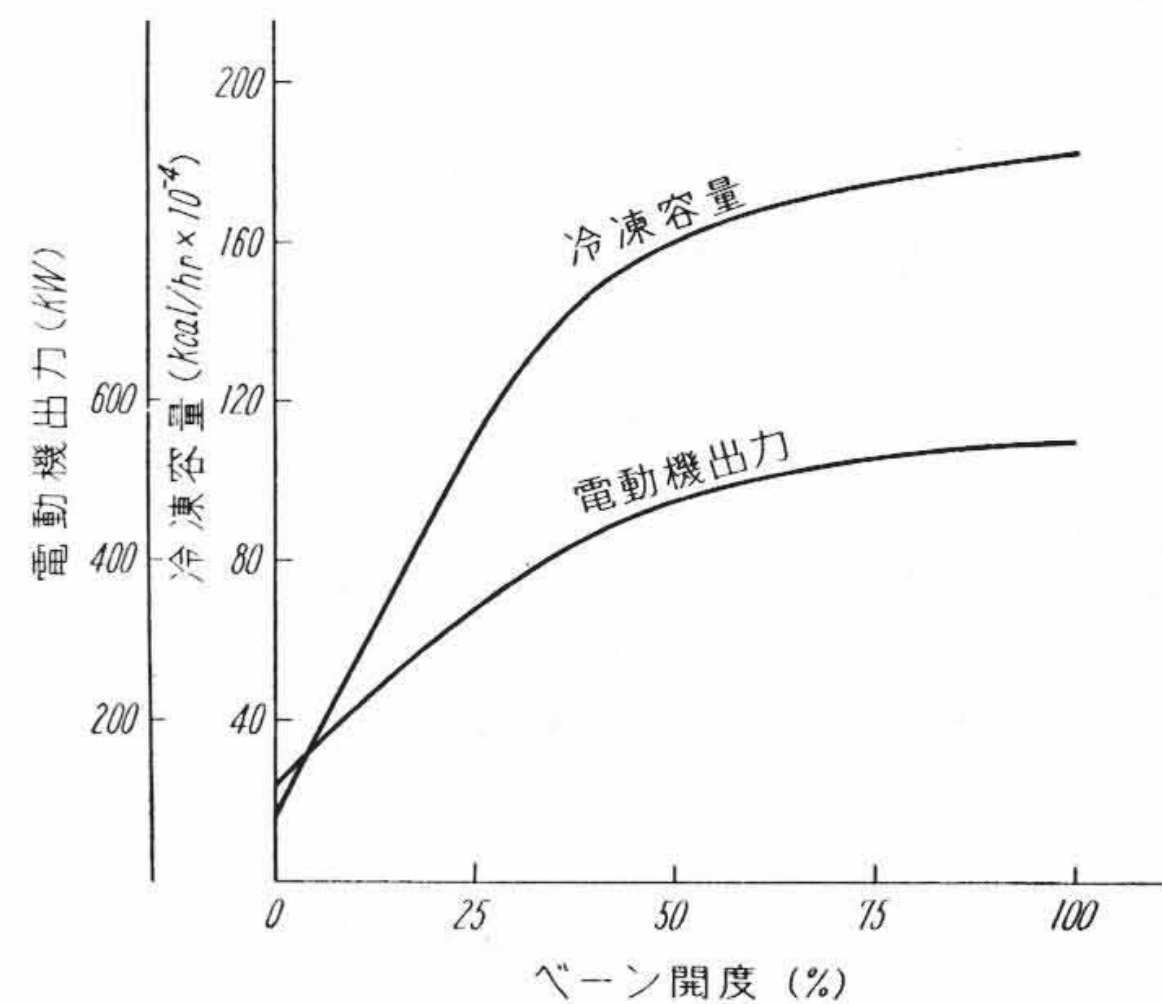
ベーンコントロールによる自動温度調整の一例として第9図にEVB形電子管式温度調節計⁽⁵⁾を使用した接続図を示す。

サーチコイルは測定ブリッジの一边を形成し、復原機構用可動コイルはベーン開度指示計の送信器に取付けられ、ベーンの開度に比例した交流電圧を発生し、復原ブリッジの一边を形成している。両ブリッジにより生じた電圧の差によりサーボモータを正転または逆転させ、右または左の水銀スイッチを閉じベーンを操作し、電圧差

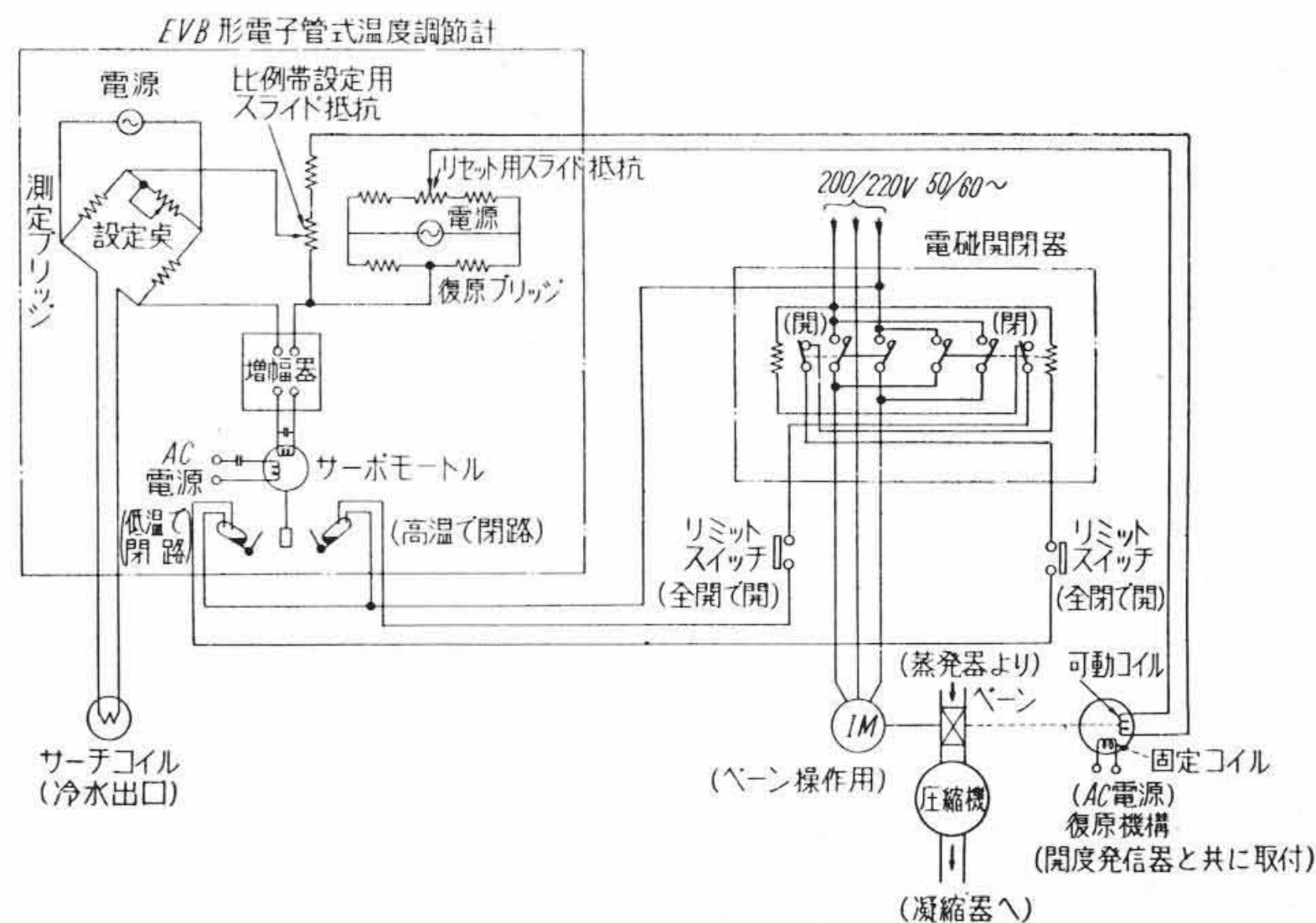


第7図 ターボ圧縮機の特性曲線

600RTターボ冷凍機



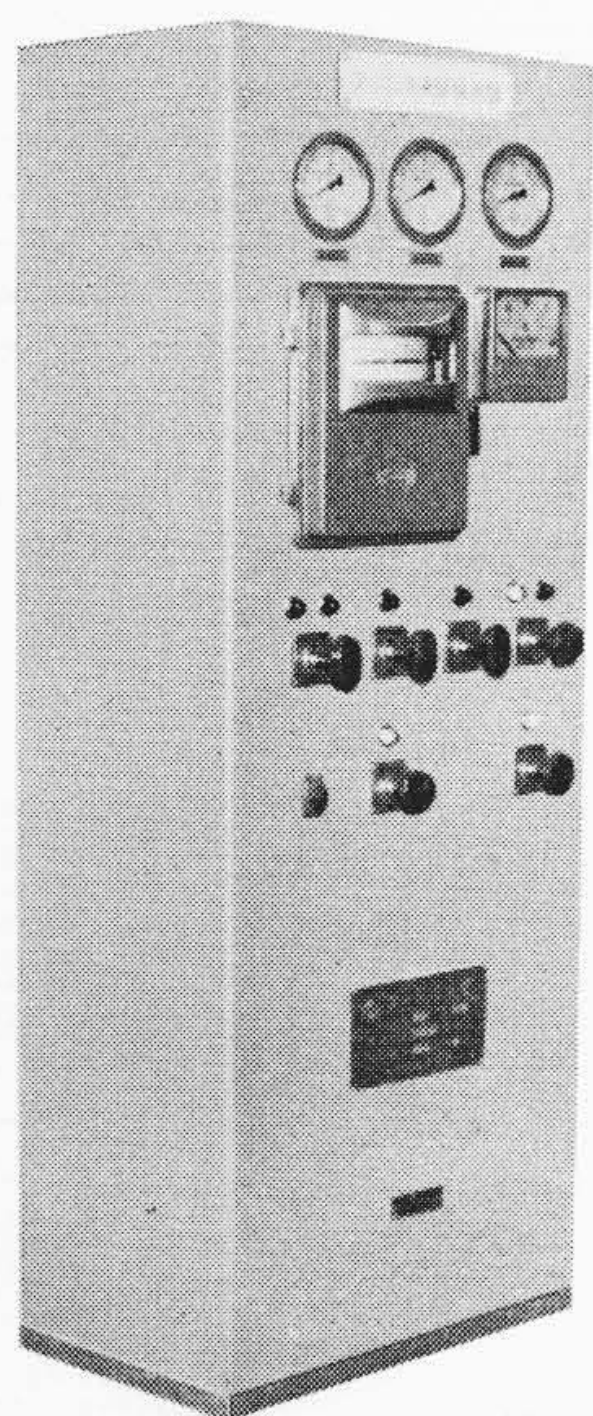
第8図 ベーンコントロールによる容量制御特性



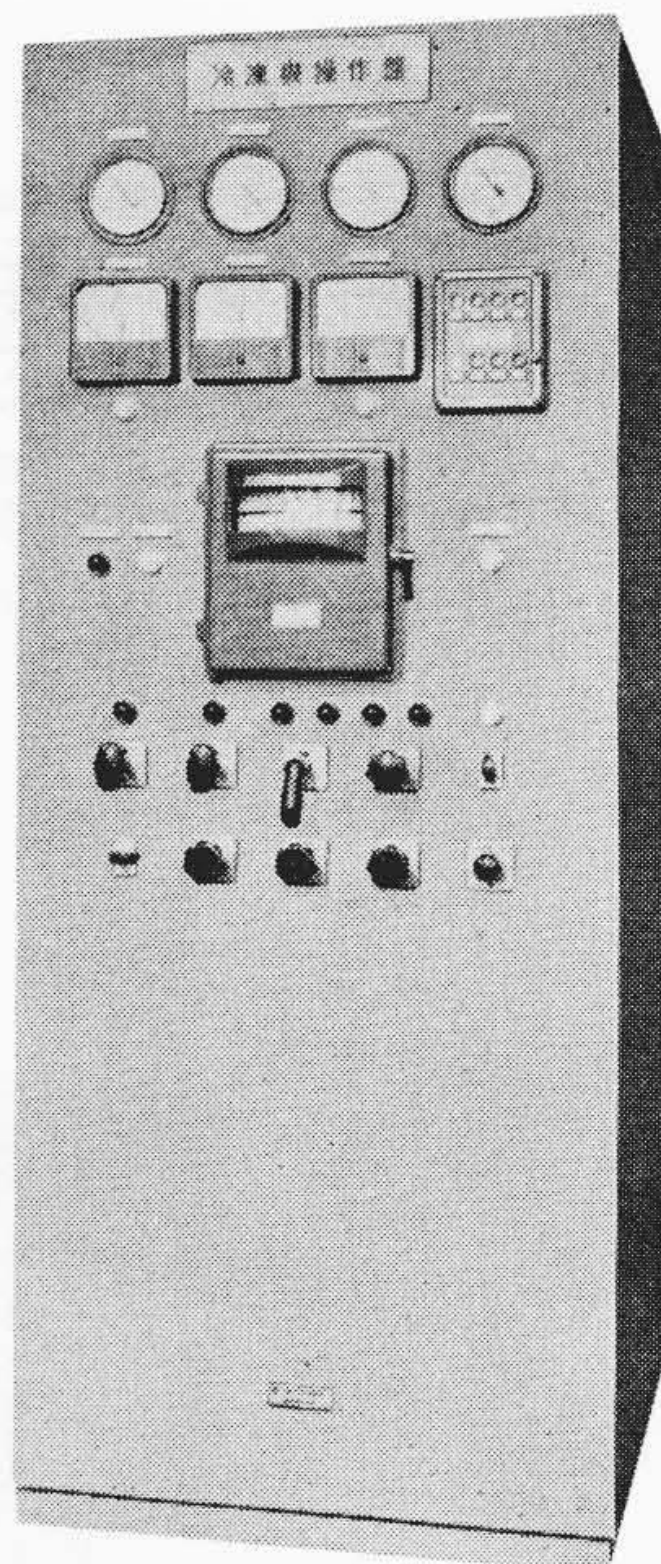
第9図 EVB形電子管式温度調節計を使用したベーンコントロール接続図

が零になるまで動作し続ける。このように設定温度と冷水温度との偏差に比例してベーンを開閉制御する。

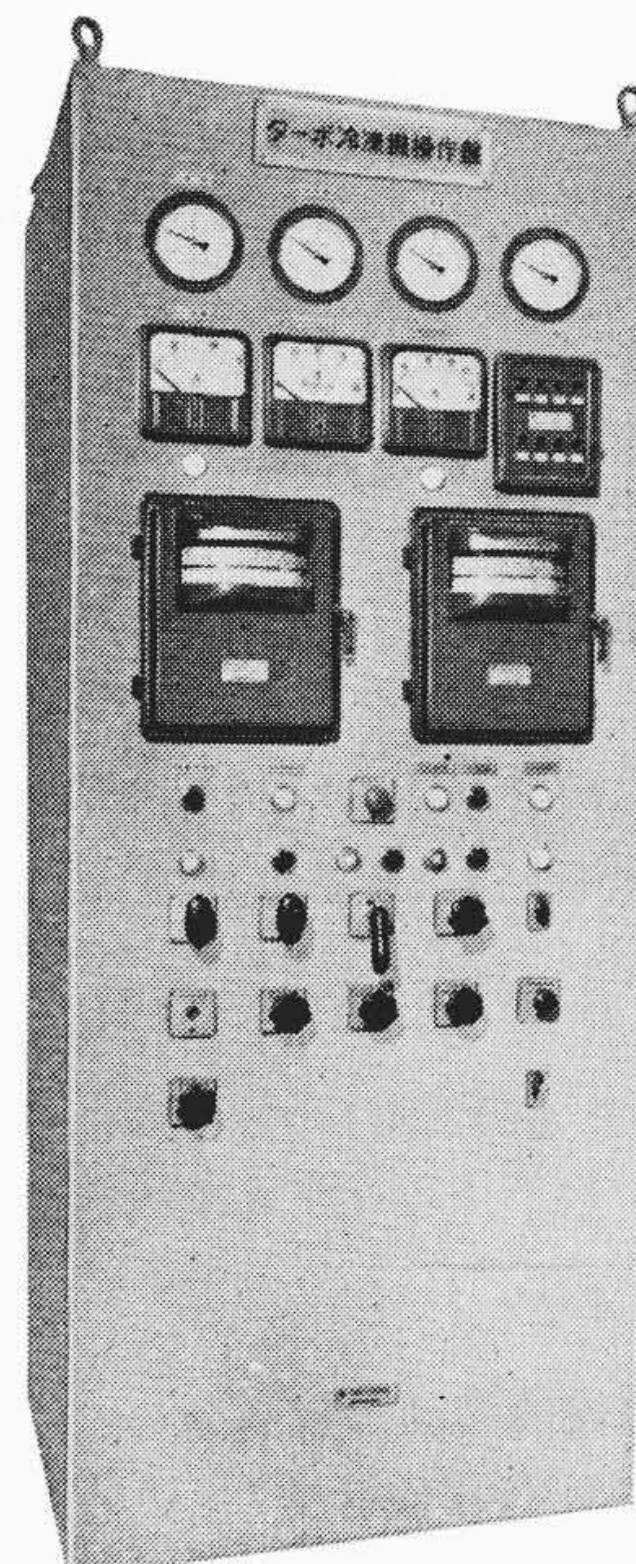
本調節計の動作感度は全目盛の0.1%で、比例帯は比例帯設定ブ



第 10 図(A) 半自動操作盤



第 10 図(B) 自動操作盤



第 10 図(C) 全自動操作盤

第 2 表 ターボ冷凍機自動操作盤の種別 (標準)

操 作 盤 呼 称	制 御 方 式				
	冷凍機の起 動, 停止	容 量 調 整	抽気ポンプ, ヒータ	インターロック 安全装置	集合故障 表示器
半自動操作盤	直接手動	温度調節計 による自動	自 動	付	不 付
自動操作盤	CSによる自動 (一人制御)	温度調節計 による自動	自 動	付	付
全自動操作盤	冷水槽温度 による自動	温度調節計 による自動	自 動	付	付

リッジにより任意に変更でき、手動リセットダイヤルによりオフセットを消すようになっている。

3.2 ターボ冷凍機自動操作盤

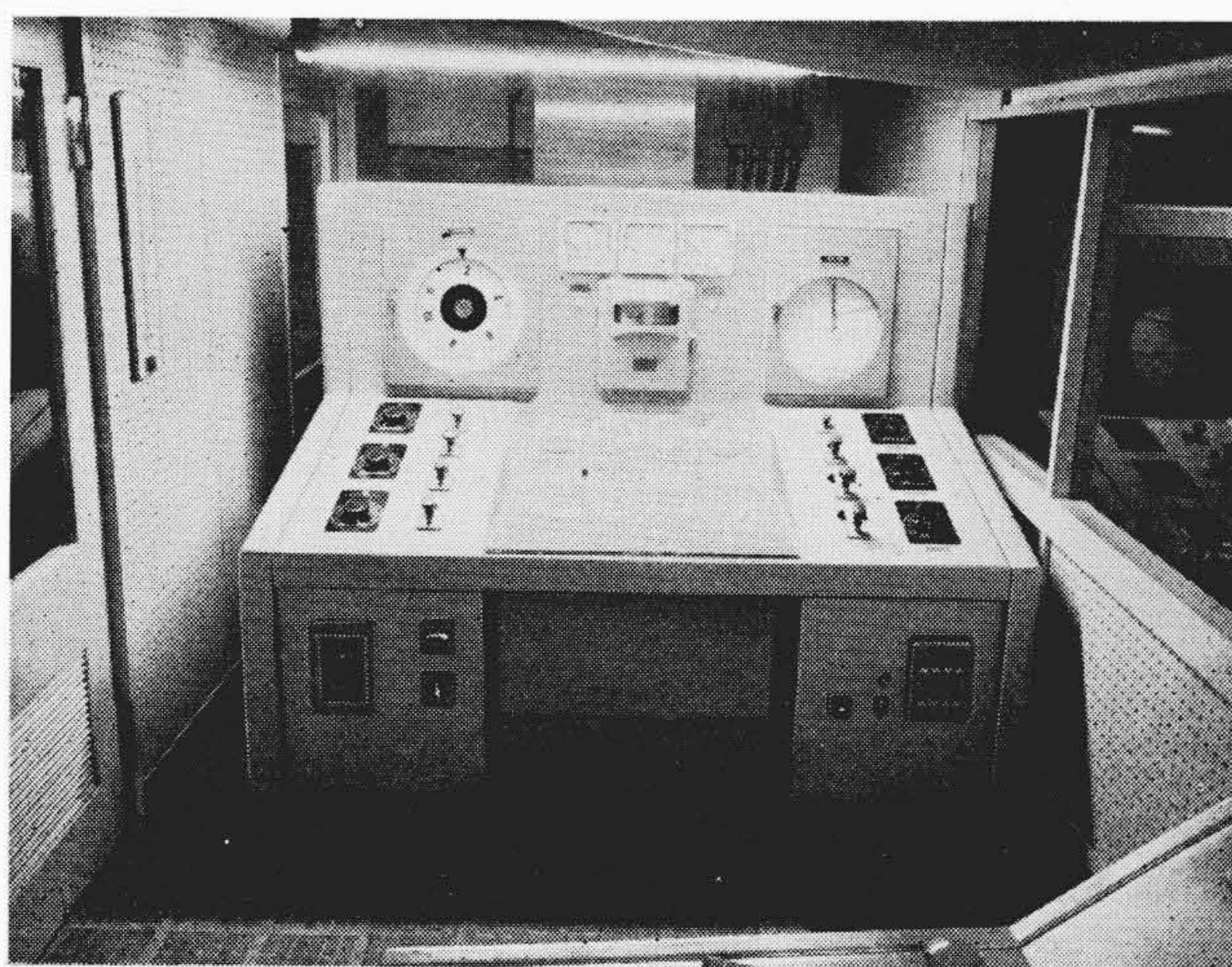
ターボ冷凍機自動操作盤は、第 2 表のとおり 3 種類の標準を設けている。第 10 図はこれらの外観を示す。

第 11 図は有楽ビル納の空気調和用監視盤を兼ねた特殊ベンチボード形操作盤の一例である。

これらターボ冷凍機自動操作盤のおもな特長は下記のとおりである。

- (a) 外皮応力形、背面両開きとびらの構造としたため、コンパクトな小形となり、ビル地階などの狭い機械室に置くのに適している。
- (b) 低圧補機用電磁開閉器類もすべて内蔵しているので、まとまりがよく、保守、点検がきわめて容易である。
- (c) 自動および全自動操作盤には、調整冷凍容量が大きくなりすぎたとき、主電動機が過負荷とならぬように、電流制限装置(特許申請中)が設けてある。
- (d) 冷凍機の起動、停止および容量調整は一つの開閉器を操作することにより、自動的に行われる。
- (e) 全自動操作盤は冷水槽用温度調節計により、冷凍機の自動起動、停止も行うので、無人運転ができる。

ターボ冷凍機駆動用電動機は通常 3kV または 6kV の巻線型誘導電動機を使用するが、起動完了すると前記(c)項の電流制限装置が生き、電動機にかかる負荷が一定値をこえると、たとえ冷凍容量を増加したい要求からベーンをさらに開くように指令されても開かぬようになっており、電動機を焼損する心配はない。したがって安定な自動運転ができる。



第 11 図 有楽ビル納ターボ冷凍機自動操作盤

3.3 インターロックおよび保護装置

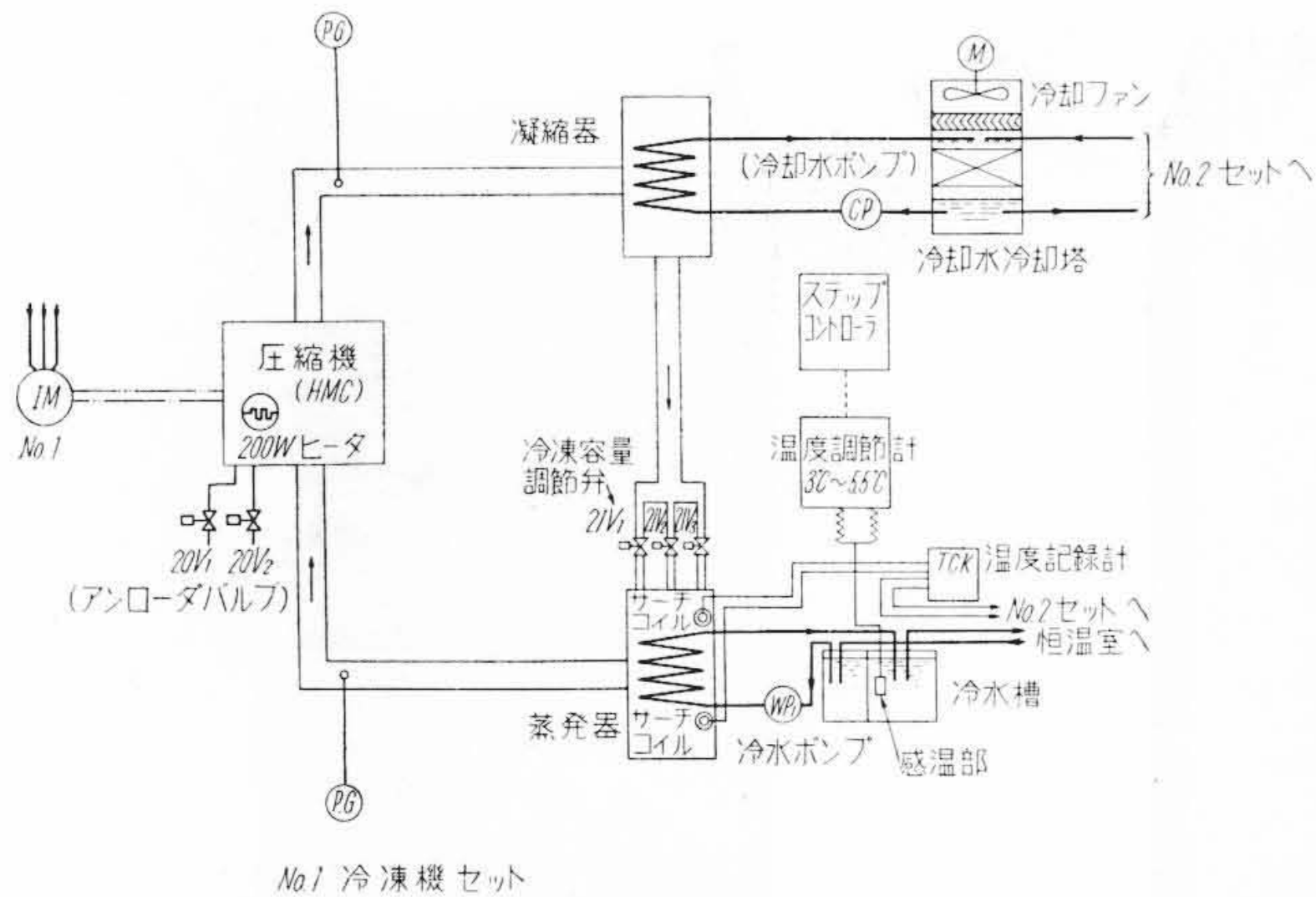
全自動運転の場合は、温度調節計の起動指令により、冷却塔ファン、凝縮器用冷却水ポンプ、蒸発器用冷水ポンプの順で、必要な補機をまず自動起動させ、これらの運転完了後、冷凍機を起動させるが、各機の起動間隔をもたせるためタイマーを設けている。

また冷凍機は下記条件を満足するときに起動できるようになっている。

- (a) 起動制御器が起動の位置にあること。
- (b) ベーンが全閉していること。
- (c) 次に述べる各種保護継電器 (i ~ vii) が平常状態にあること。
- (d) 閉鎖継電器が動作していないこと。

また運転中下記の保護装置が動作したときは、冷凍機を急停止するとともに警報および表示を行う。

- (i) 圧縮機油温異常上昇
- (ii) 蒸発器出口冷水の過冷却
- (iii) 凝縮器圧力異常上昇
- (iv) 圧縮機油圧異常上昇
- (v) 圧縮機油圧異常低下



第12図 気象庁納電子計算機室用
日立HMC冷凍機系統図

- (vi) 凝縮機用冷却水断水
- (vii) 蒸発器用冷水断水
- (viii) 過電流継電器動作
- (xi) 電流制限装置が連続過電流動作したとき

4. HMC 冷凍機の自動制御

比較的小容量の空気調和用としては、日立HMC冷凍機⁽⁶⁾が使用されるが、自動容量調整装置、起動時アンローダ装置など自動運転に必要な機能を完備しているため、確実な自動制御を行うことができる。

容量制御は電磁弁によって風量を調整して行うので、段階的な容量制御となる。

全自動制御を行った一例として、第12図に気象庁納、電子計算機室用日立HMC冷凍機の系統図を示す。

第13図はその自動操作盤である。No. 1 HMC 冷凍機にて基準負荷をとり容量増加にしたがって、No. 2 冷凍機も追加運転し、容量調整を行うもので、2台に共通の冷水槽の冷水温度用温度調節計とステップコントローラによって、段階的に容量制御を行っている。

第14図に本冷凍機を使用した空気調和装置の運転実績を示す。室内温度は外気温の変動にもかかわらず、ほぼ一定に保たれており、冷凍機は容量変動に対しよく追随していることを示している。

5. 空気調和用総括監視制御

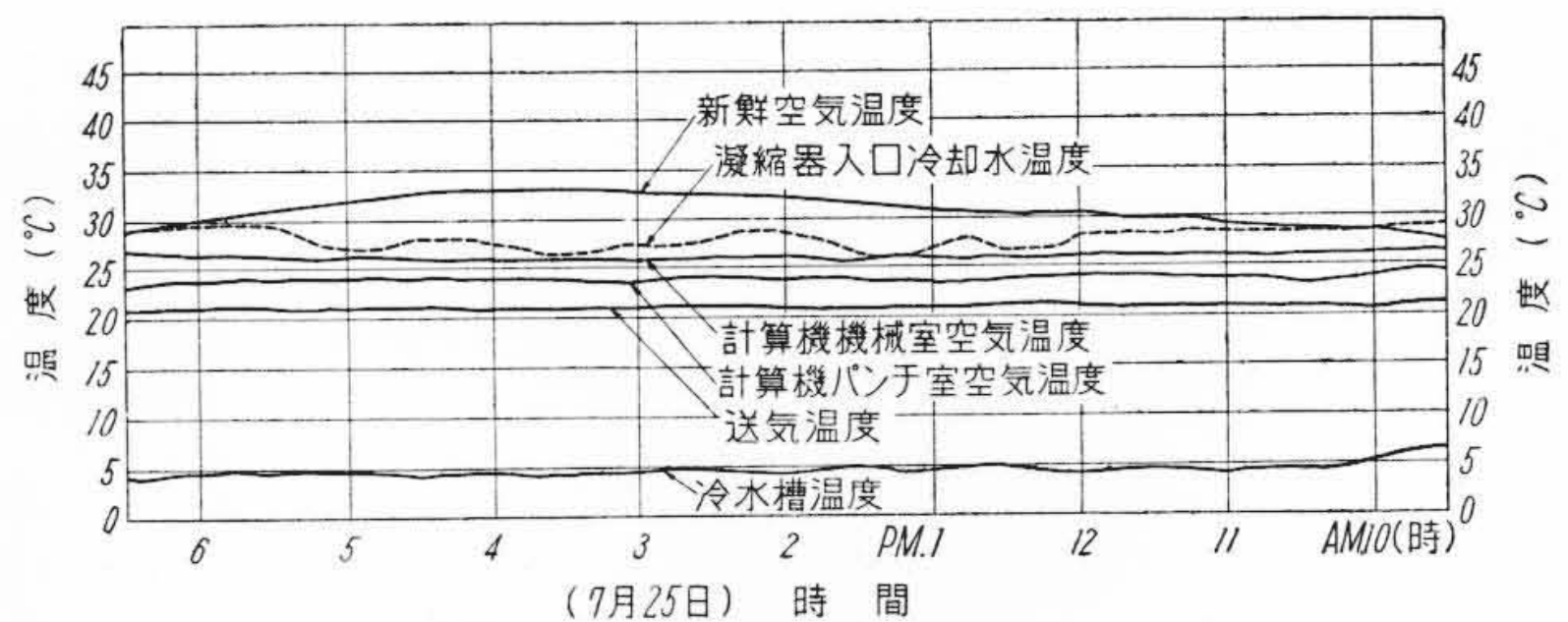
空気調和用機器を大別すると、冷凍機関係、ボイラ関係、空気調整器関係、および各種計測器、調節計など、複雑なものとなる。

したがってこれらを合理的に運用するためには、中央監視室で全体の運転状況を監視しながら総括制御を行うことが必要である。

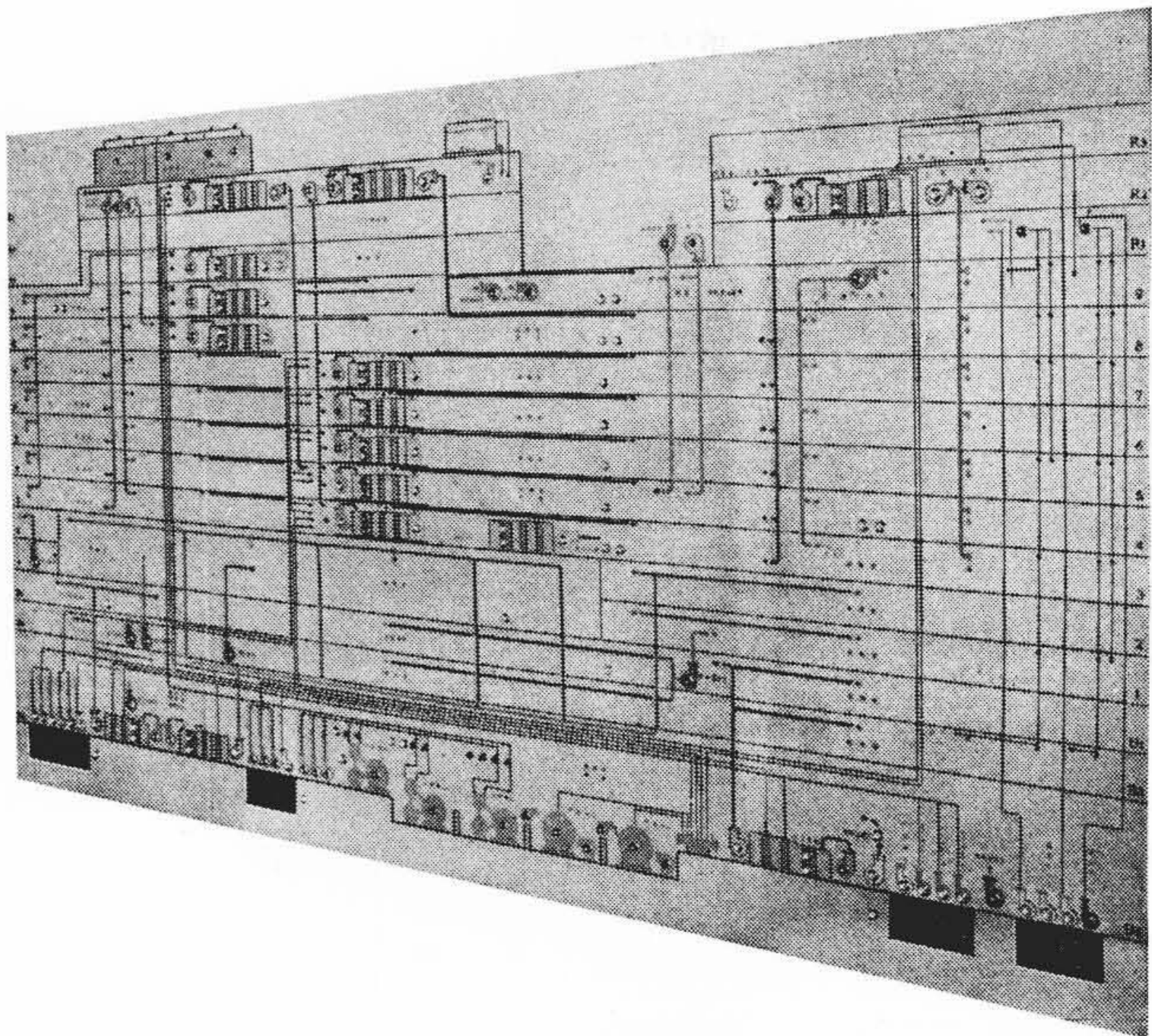
最近の大規模なビルディングでは、上記の要望に従って、グラフィックパネルを設け、多数の機器の運転状況は点灯で明示し、一目で全体の状況が判断できるようにしたものが多くなった。

第15図は大阪富士ビルディング納のグラフィックパネルで、各ポンプ、ファンなどにはその運転表示灯を取付け、事故停止した時には、この表示灯を点滅して表示し、一目で故障機器を判別するようになっている。

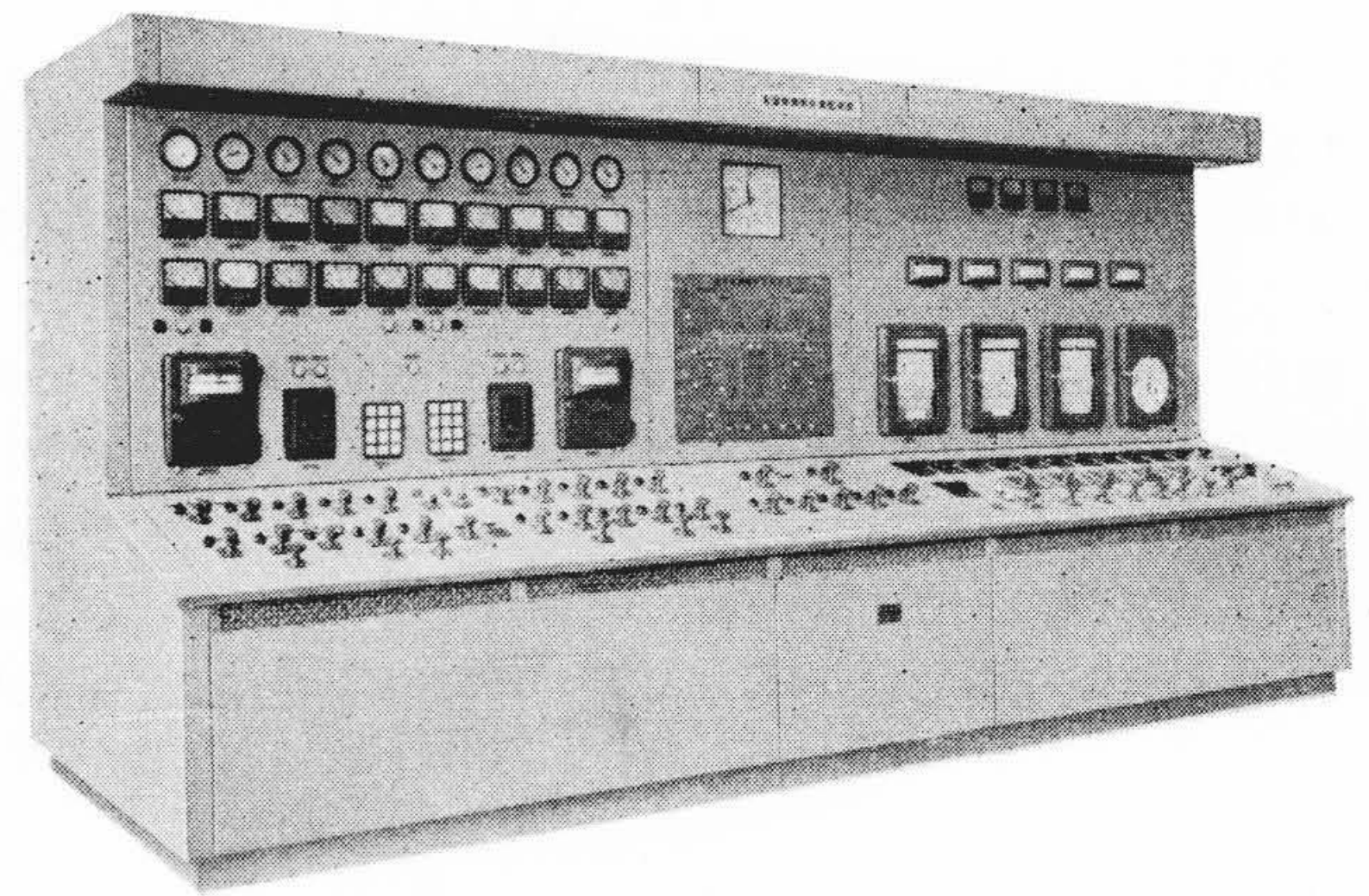
水、空気など多数の温度測定箇所には、測定切換えと連動し、グラ



第14図 気象庁納HMC冷凍機および空気
調整の運転記録



第15図 大阪富士ビルディング納空気調和用
グラフィックパネル



第16図 日本電信電話公社横浜港電報電話局納
空気調和用監視制御盤

フィックパネル上に点灯表示して明示する。また各種水槽に対して平常水位にある時はその水槽を白色表示し、水位変動に対しては、上方あるいは下方に赤色表示して、上下限の警報水位にあることを表示するなどして、監視を容易にしている。

また前述のとおり多数の機器が設置されるので、これらを適確に監視制御するため、ベンチボード形総括制御盤を設け集中監視制御を行っている。

第16図は日本電信電話公社、横浜電報電話局納のもので、空気調和装置全体の運転システム表示盤を中央に設け、冷凍機関係の監視制御および温湿度調整用の各種補機の制御を行うとともに、温度、湿度などの指示および記録を行っている。

6. 結 言

以上、中央式空気調和装置とその冷凍機用自動制御装置および総括制御盤などについて述べたが、全設備の中樞神経である制御装置および配電盤は、少数の保守員にて容易に監視制御できるよう、ますます自動化される傾向にある。

これらは機械部門と電気部門がよく協調して始めて満足な結果が得られるものであるが、幸い日立製作所では電気、機械両部門の総合技術を活用して、この方面の発展のために今後いっそう努力したいと考えている。

終りに、本稿に引用した実施例の設計、製作に当り、多大のご援助をいただいた気象庁および各社の担当者各位に対し、謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 関川：日立評論 別-1, 89 (昭27-11)
- (2) 内田秀雄：空気調整の基本計画, 88 (昭-30 共立出版株式会社)
- (3) 佐藤：日立評論 40, 589 (昭33-5)
- (4) 関川, 王河：日立評論 37, 733 (昭30-7)
- (5) 佐藤, 小野寺：日立評論 別-26, 125 (昭33-10)
- (6) 須藤：日立評論 40, 958 (昭33-8)

新しいビルディング

——日立製品の活躍するビル——



札幌テレビ塔 (札幌)



東銀ビルディング (東京)



名古屋城 (名古屋)