

実験室用極低温装置

南部 誠一* 瀧川 重幸**

Extra Low Temperature Equipment for Laboratory Use

By Seiichi Nanbu and Shigeyuki Takigawa
Tochigi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

A complete set of extra low temperature equipment for laboratory use consisting of Freon booster was recently supplied to the Central Meteorological Observatory. This machine is intended for the inspection of facilities and instruments for meteorological survey, and designed to change the temperature of the survey room between the lowest -50°C and the highest $+40^{\circ}\text{C}$. In designing, special consideration was paid so as to enable the machine to give the uniform temperature distribution and to maintain the lowered temperature of the room at any rated value.

The factory test has proved that the machine can meet every requirement provided in the given specification. The test result is as summarized below.

(1) Temperature lowering speed—Time spent to lower the survey room temperature from $+15^{\circ}\text{C}$ down to -30°C has not exceed 1.5 hour.

(2) Temperature distribution—When the room temperature has reached and been maintained at -20°C , temperatures measured at any corners of the room have proved to come in the range from -19.25°C to -20.95°C . (temperature outdoors, $+15^{\circ}\text{C}$)

[I] 緒 言

最近各種実験室用の極低温恒温装置の需要が増加する傾向にあるとき、日立製作所に於ては今回中央气象台に気象測器類の検定に使用する実験室用フロン極低温装置を納入した。

本装置は気象測器類の検定に使用するため、測定室内の温度を -50°C から $+40^{\circ}\text{C}$ まで変化させることが出来るものであり、且測定室内の温度分布の均一なることが納入先より要求され、これが設計、製作に当つては特別の考慮が払われた。本装置の工場試験の結果は、上記の要求仕様を十分満足することが確認され、今後この種の実験室用恒温槽製作の技術的確信を得るに至つた。以下本装置の概要を述べる。

[II] 装置の仕様

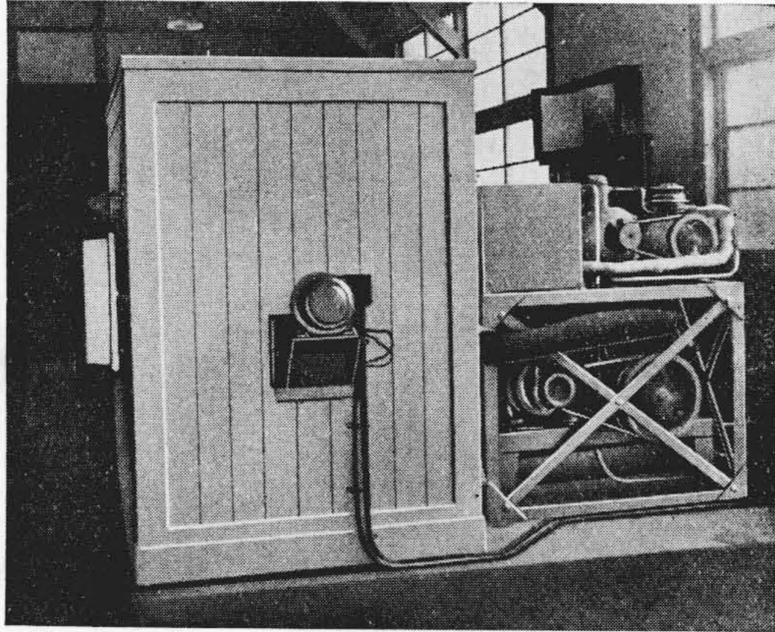
本装置は測定室内の温度が最低 -50°C を要求されるため、低压側冷媒蒸発温度は約 -60°C となり、使用冷凍機はフロン (F-12) の二段圧縮を採用した。本装置は恒温槽、冷凍機並びに自動運転用配電盤よりなりその仕様は次の如くである。尙第1図 (次頁参照) の写真は气象台に据付けられた本装置の外観を示す。

(1) 恒温槽

| | | |
|-------|----|----------|
| 外形寸法 | 巾 | 1,560 mm |
| | 奥行 | 1,170 mm |
| | 高さ | 1,630 mm |
| 測定室寸法 | 巾 | 800 mm |
| | 奥行 | 500 mm |
| | 高さ | 550 mm |

最低到達温度 -50°C (外気温度 $+15^{\circ}\text{C}$)

* ** 日立製作所栃木工場



第1図 極低温装置

Fig. 1. Extra Low Temperature Refrigerating Equipment

| | |
|----------|---|
| 温度変化範囲 | -50°C ~ +40°C (外気温度+15°C) |
| 温度降下速度 | 測定室内温度を +15°C より -30°C 迄降下させるのに要する時間は2.5時間以内であること (外気温度+15°C) |
| 保温性能 | 冷凍機の運転を中止した場合、測定室内の温度上昇率は1.8°C以内であること (外気温度との温度差20°Cの時) |
| 測定室内温度分布 | 測定室内の温度を -20°C に保つ場合、測定室内の温度は常に如何なる場所に於ても必ず -19.25°C から -20.75°C の範囲に入ること (外気温度+15°C) |

(2) 冷凍機関係

(A) 高圧側圧縮機

| | |
|-------|-------------------------------|
| 気筒径 | 50 mm |
| 衝程 | 40 mm |
| 気筒数 | 2 |
| 回転数 | 600 r. p. m |
| 押除け量 | 5.68 m ³ /hr |
| 吸入圧力 | 0.44 kg/cm ² (ゲージ) |
| 吐出圧力 | 7.7 kg/cm ² (ゲージ) |
| 使用電動機 | 1 馬力 |

(B) 低圧側圧縮機 (ブースター)

| | |
|------|-----------------------|
| 気筒径 | 75 mm |
| 衝程 | 58 mm |
| 気筒数 | 2 |
| 回転数 | 650 r. p. m. |
| 押除け量 | 20 m ³ /hr |

| | |
|-------|-------------------------------|
| 吸入圧力 | 580 mmHg (ゲージ) |
| 吐出圧力 | 0.44 kg/cm ² (ゲージ) |
| 使用電動機 | 3 馬力 |

(C) 凝縮器 (受液槽兼用)

| | |
|--------------|------------------------------|
| 横型シエルアンドチープ式 | |
| 外径 | 210 mm |
| 長さ | 900 mm |
| 安全装置 | 可熔栓 |
| 使用圧力 | 7.7 kg/cm ² (ゲージ) |

(D) 中間冷却器

| | |
|------|-------------------------------|
| 外径 | 130 mm |
| 長さ | 350 mm |
| 使用圧力 | 0.44 kg/cm ² (ゲージ) |

(E) 液冷却器

| | |
|------|----------------|
| 外径 | 130 mm |
| 長さ | 350 mm |
| 使用圧力 | 580 mmHg (ゲージ) |

(F) 油分離器

| | |
|------|------------------------------|
| 外径 | 100 mm |
| 長さ | 300 mm |
| 使用圧力 | 7.7 kg/cm ² (ゲージ) |

(G) 使用冷媒

フロン (F-12)

上記機器の耐圧試験は高圧側 25 kg/cm², 低圧側 15 kg/cm², 空圧試験は高圧側 16.5 kg/cm², 低圧側 10 kg/cm² を行つてある。

(3) 自動運転用配電盤 (自立型)

配電盤は鋼板製黒色エナメル仕上で、冷凍サイクルを自動運転するため、下記の電気器具を取り付けてある。この電気配線は第2図に示す通りである。

(A) 電源用

200 V 及び 100 V 標示灯、20 A 及び 30 A 双型開閉器、300 V 及び 150 V 電圧計各1箇

(B) 低圧側圧縮機用

10 A 双型開閉器、電流計及び電磁開閉器 (過負荷継電器付) 各1箇

(C) 高圧側圧縮機用

10 A 双型開閉器、5 A 電流計及び電磁開閉器 (過負荷継電器付) 各1箇

(D) 1 kW 電熱器用

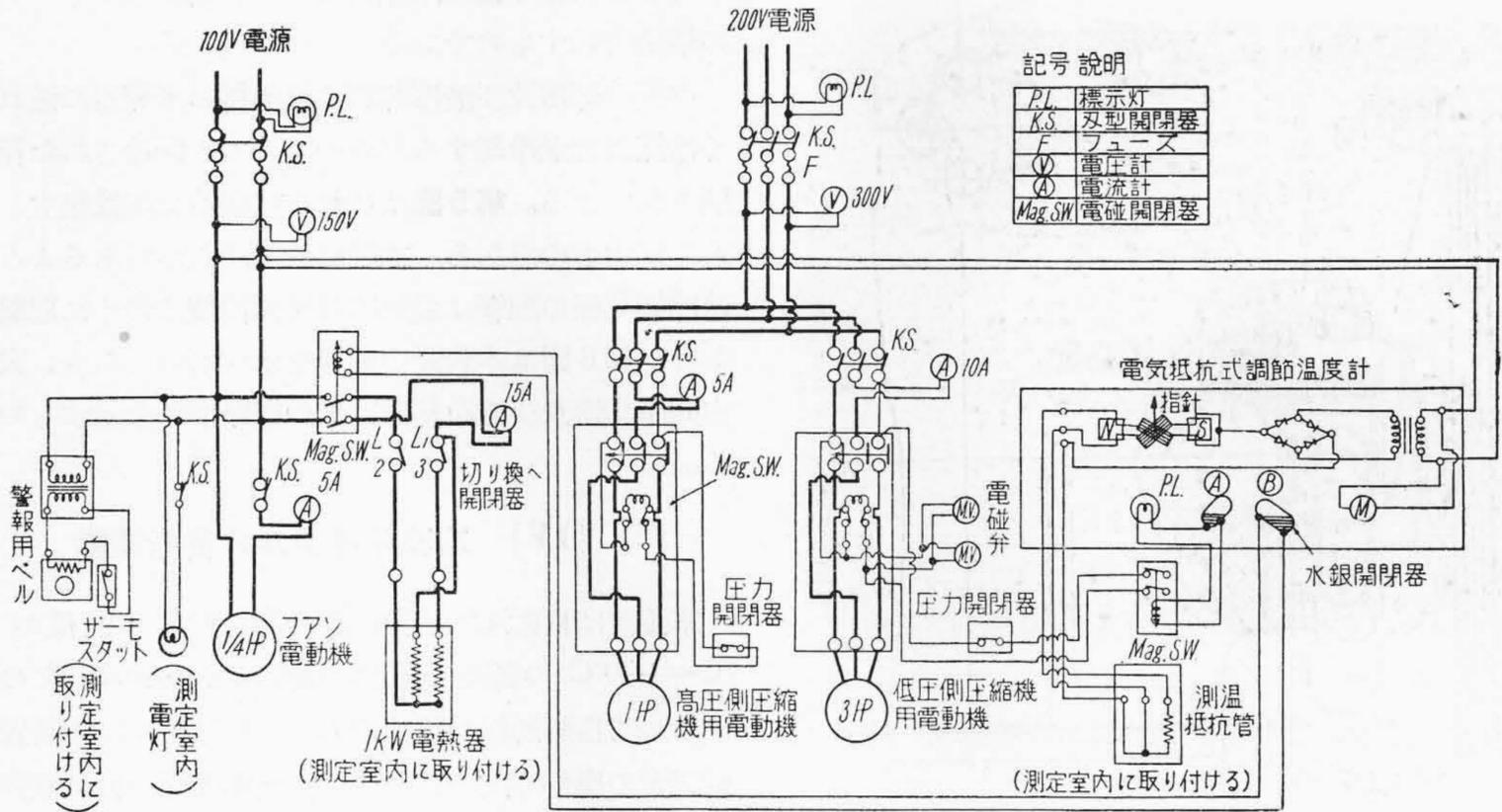
15 A 双型開閉器、切り換え開閉器及び電磁開閉器各1箇

(E) ファン用電動機用

5 A 双型開閉器及び 5 A 電流計各1箇

(F) その他

電気抵抗式調節温度計、測定室内電灯用双型開閉



第2図 極低温装置の電気結線図
Fig. 2. Wiring Diagram of Extra Low Temperature Refrigeration Cycle

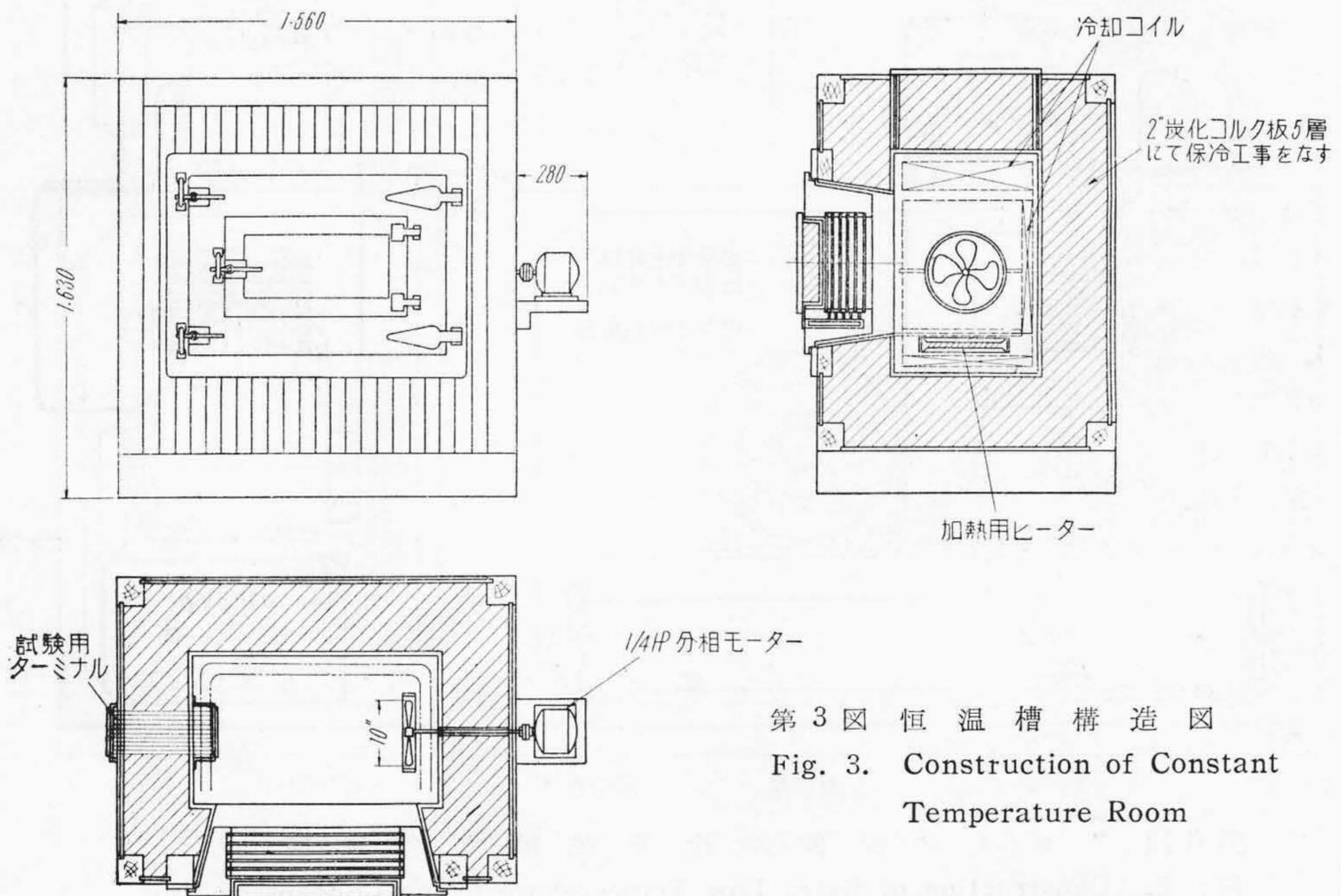
器及び警報ベル用変圧器各1箇

[III] 構造

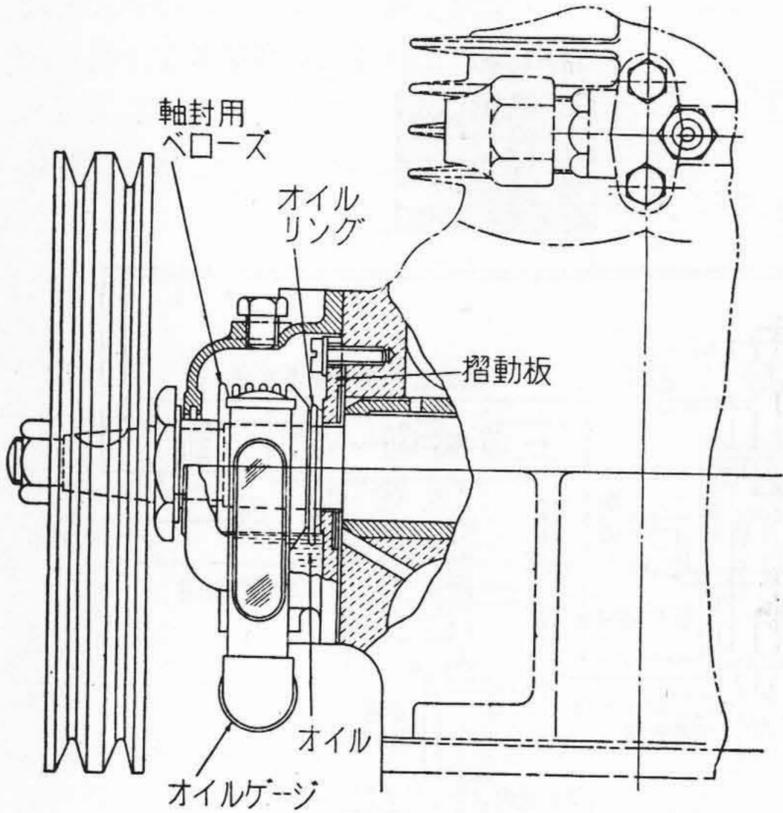
(1) 恒温槽

恒温槽は厚さ 30 cm の炭化コルク板で保冷された木製の冷凍筐で、内筐内が測定室となっており、正面より測定室内部が見えるように、六重の平滑な磨きガラス板

を取付け、曇り防止の考慮が払われた覗き窓がある。測定室内には錫引きした冷却コイル、電灯、容量を変化出来る 1 kW の電熱器並びに試験用ターミナル 20 箇が取付けてある。又測定室内の空気を攪拌し測定室内の温度分布を均一にするため 1/4 馬力分相電動機を直結した外径 10 時のプロペラファン、及び火災予防のため測定室内温度が +50°C 以上になれば警報を発するサーモ



第3図 恒温槽構造図
Fig. 3. Construction of Constant Temperature Room



第4図 軸封装置
Fig. 4. Construction of Shaft Seal

タットが取り付けられている。第3図は恒温槽の構造を示す。

(2) 冷凍機関係

高压側圧縮機は標準型の圧縮機であるが、高真空度で使用される低压側圧縮機は外部空気の侵入を防止するためその軸封装置の設計並びに工作には特別な考慮が払わ

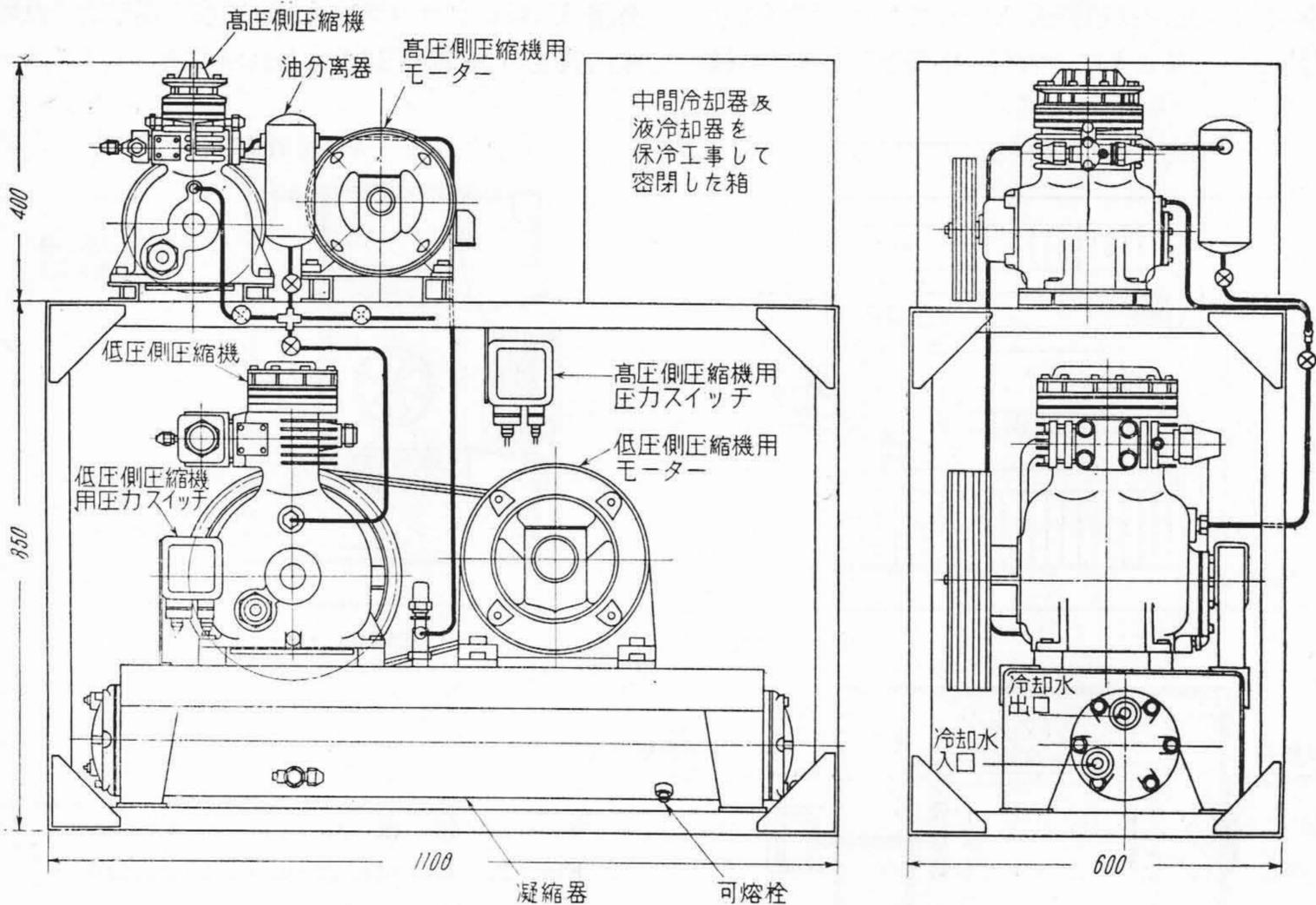
れている。第4図は本軸封装置(実用新案第360844号)の構造を示すものである。

中間冷却器及び液冷却器は恒温槽の蒸発器に流れて行く冷媒液を過冷却するためのもので、保冷された箱に密封されている。第5図はこれら諸機器を配置組立した構造を示すものである。本図に於て明らかであるように、冷凍機関係の配管は最短に且又床面積は最小に取纏めてある。第6図は本装置の配管を示すものであり、図中の中間冷却器及び液冷却器はその概略構造を示すものである。

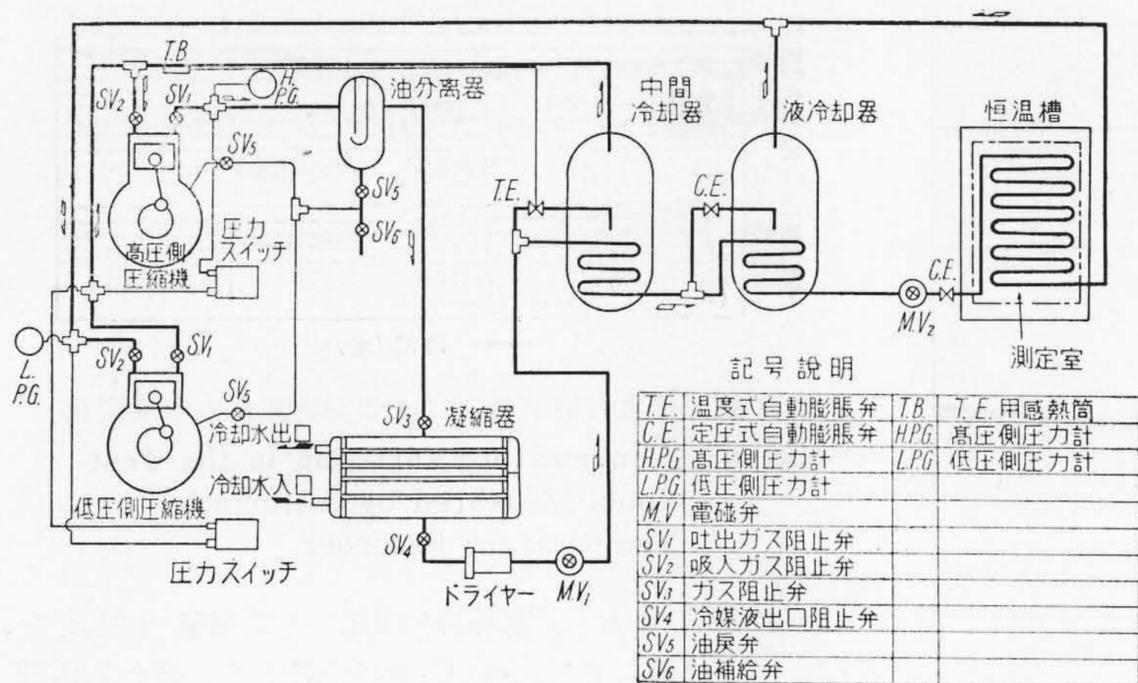
[IV] 冷凍サイクルの自動運転

本装置は自動運転装置により測定室内の温度が $-50^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ の範囲で任意の温度にて $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ の精度をもって自動運転が可能である。以下簡単に本装置の自動運転の操作方式を説明する。(第6図の極低温装置配管図及び第2図の電気配線図を参照のこと。)

先ず全ての刃型開閉器(K.S.)を投入する。(但し測定室内の電灯の開閉器は必要の時のみに使用する。)高压側圧縮機又は低压側圧縮機が異常圧力、即ち高压側の圧力が 10 kg/cm^2 (ゲージ) 以上、低压側が 600 mmHg (ゲージ) 以下でなければ2つの圧力開閉器は接続されているから両圧縮機は運転し初める。今測定室の温度を -50°C に保持したい時は、電気抵抗式調節温度計の指



第5図 フレオン極低温冷凍機組立構造図
Fig. 5. Construction of Extra Low Temperature Freon Condensing Unit



第6図 極低温装置の配管説明図
Fig. 6. Piping Diagram of Extra Low Temperature Cycle

針を -50°C の目盛に合せて置く、温度が -50°C になるまでは電気抵抗式調節温度計に自蔵されている水銀開閉器④によつて低压側圧縮機は運転を続行する。凝縮器により液化した冷媒液は中間冷却器並びに液冷却器により過冷却され恒温槽の定圧式膨脹弁 CE (蒸発圧力を一定にする膨脹弁) により膨脹減圧し、測定室を冷却して、ガス状となり低压側圧縮機に戻る。測定室内の温度が -50°C になれば上記水銀開閉器④は開き、低压側圧縮機は運転を停止する。この時2箇の電磁弁 MV_1, MV_2 は同時に閉じて、冷媒液が凝縮器より中間冷却器、液冷却器及び測定室内の蒸発器に流れて行くのを阻止する。 -50°C より温度が上昇すれば上記水銀開閉器④は閉ぢ、再び低压側圧縮機は運転を始める。

高压側圧縮機は中間冷却器の圧力が冷凍サイクルの中間圧力になるように、(この場合は上述せる仕様の通り 0.44 kg/cm^2 (ゲージ) である) 圧力開閉器により制御されて運転する。即ち 0.44 kg/cm^2 (ゲージ) より圧力が上昇すれば圧力開閉器は閉ぢる故運転を始め、又 0.44 kg/cm^2 (ゲージ) より降下すれば停止する。この運転方法の特長は低压側圧縮機は測定室内の温度により、高压側圧縮機は中間冷却器の圧力に支配されることである。

次に恒温槽の周囲温度より測定室内の温度を高温に保持したい場合は、 1 kW 電熱器の切換え開閉器を適当な位置に投入して置き、電気抵抗式調節温度計の指針を必要とする温度に合せておけば良い。この時は電気抵抗式調節温度計は自蔵せる水銀開閉器⑤を作動して温度を一定に保持する。水銀開閉器④⑤の関係は④が閉じれば⑤は開く如くになっている。即ち⑤が閉じ電熱器に通電して温度が指定温度以上に上昇すれば、⑤は開き逆に④は閉じ、上述せる如く低压側圧縮機は運転を初め測定室内

温度を降下する。即ち指定温度以下になれば水銀開閉器④は開き、⑤は閉じ、かくして指定の温度を確実に保持し、安定した自動運転を行うものである。

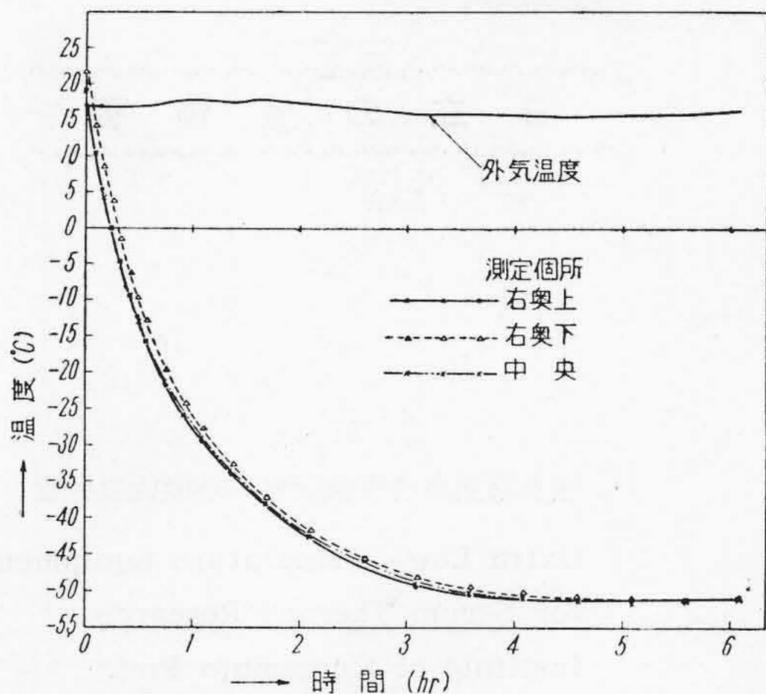
[V] 試験結果

本装置を工場の試験用恒温室に於て、外気温度を仕様の温度にして温度降下速度、保温性能(温度上昇速度)並びに測定室内温度分布試験を行つた。

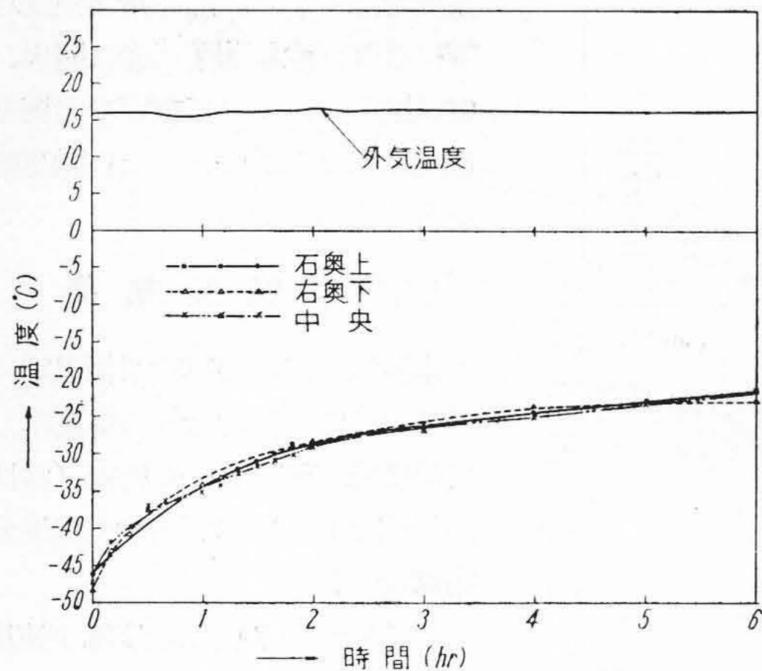
(A) 第7図は温度降下速度曲線で、最初測定室内温度が外気温度より高いのは、この試験を行うため測定室内

下部にある電熱器で、測定室内を暖めたためである。又右奥下の温度が他の箇所の温度より特に高いのは、上記電熱器の残熱の影響である。この影響は測定室内を冷却初めてより約2時間後には大体無くなつている。

この曲線より次のことが判明した。即ち測定室内温度が $+15^{\circ}\text{C}$ より -30°C 迄降下するに要する時間は1時間10分である。又温度精度を含めた温度分布状態、即ち同時刻で異なつた場所に於ける最大温度差は 1.1°C であり、共に納先要求の仕様を満足するものである。尙納先要求の仕様は温度分布(場所的溫度差)を $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以下、温度精度 $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ 以下なる故、同時刻で異なつた場所に於ける最大温度差は 1.5°C である。



第7図 測定室内の温度降下速度曲線
Fig. 7. Curves of Rate of Temperature Drop in the Test Room

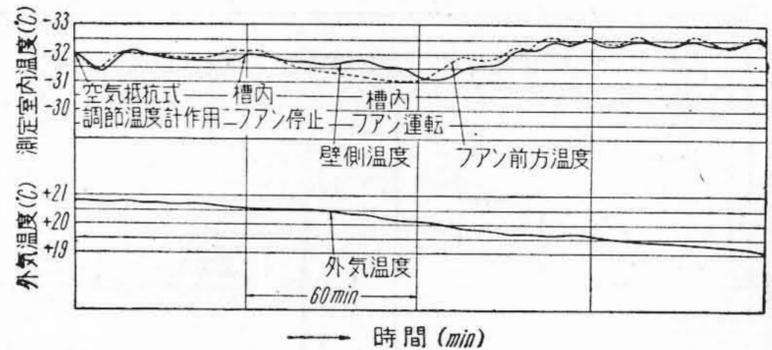


第8図 測定室内の温度上昇速度曲線
Fig. 8. Curves of Rate of Temperature Rise in the Test Room

(B) 第8図は保温性能を表わす温度上昇速度曲線であるが、この曲線より次のことが判明した。即ち外気温度と測定室内温度との温度差 37°C の時温度上昇率は 1.1°C/hr である。又同時刻で異なつた場所に於ける最大温度差は 1.5°C である。

(C) 第9図は据付現地に於て温度自動記録計を使用し測定室内の異なつた場所に於ける温度を記録したものである。同時刻で異なつた場所に於ける最大温度差はファンが回転しておれば、 0.5°C 程度である。

(D) 測定室内温度を $+20^{\circ}\text{C}$ より -50°C 迄降下するに要する時間は外気温度 $+17^{\circ}\text{C}$ の時 3.5 時



第9図 温度自動記録計による測定室内の温度変化
Fig. 9. Temperature Variation in the Test Room Measured by Automatic Temperature Recorder

間である。又電熱器を使用して測定室内温度を -50°C より $+40^{\circ}\text{C}$ まで上昇するに要する時間は外気温度 $+16^{\circ}\text{C}$ の時 1 時間 25 分である。

[VI] 結 言

本装置は -50°C の極低温装置であると共に、実験室用として測定室内の温度分布、温度精度並びに温度降下速度等種々の困難な仕様が要求せられたのであるが、試験結果は要求仕様を完全に満足すると云う好成績を示した。本装置の主なる特長は冷媒蒸発温度が約 -60°C の極低温であり、且自動運転を行い、測定室内の温度分布を $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以下、温度精度を $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$ 以下に調整出来ることである。

尙今後精密機械室、実験測定室等の恒温室の需要が増加の傾向にあるが、本装置の試験の結果は此等恒温室の設計上幾多の資料をもたらしたものであり、今後更に恒温槽に対する研究を進めたいと考えている。

日立の気体機

熊本県立血清療法研究所納極低温装置
Extra Low Temperature Equipment
for Serum-Therapy Research
Institute of Kumamoto Pref.

