

日立ビルトイン形冷蔵庫の構造と性能

Construction and Characteristics of Hitachi "Built-in" Refrigerator

横 田 宣 彦* 福 島 哲 郎*
Nobuhiko Yokota Tetsurô Fukushima

要 旨

ビルトイン形冷蔵庫とは、凝縮器を機械室内に内蔵しファンを使用して強制通風を行ない、凝縮器を冷却させる方式の冷蔵庫をいう。したがって、壁にはめこんで使用できるので据付面積をとらず、さらに強制通風による凝縮温度の低下から冷却性能の向上が見込まれる。

筆者らは、ビルトイン形冷蔵庫を開発するため試作研究を行なっていたが、本格的2温度式冷蔵庫RB-370形ほか1機種をビルトイン化することができ、昭和41年11月より販売している。

本文は、RB-370形ビルトイン形冷蔵庫の設計、構造および性能について述べたものである。

1. 緒 言

従来の冷蔵庫は、冷蔵庫の背面に凝縮器を取り付け自然対流によって放熱させる構造であるため、冷蔵庫の周辺に放熱を妨げない程度の適当な空間が必要であった。この点を改良し、壁にはめ込んで使用できる据付面積の小さな冷蔵庫としてビルトイン形冷蔵庫があげられる。ビルトイン形冷蔵庫は、背面に取り付けられていた凝縮器を機械室内に内蔵し、ファンを使用して強制的に通風し凝縮器を冷却させる方式であって、強制通風により凝縮温度を自然対流に比べ低くとれることから、冷却性能の向上が見込まれている。

日立製作所では、ビルトイン形冷蔵庫を開発するため試作研究を行なっていたが、ビルトイン形RB-370形およびR-270形冷蔵庫を完成することができた。このうち本文に述べるRB-370形冷蔵庫は、本格的2温度式冷蔵庫であり冷凍室側および貯蔵室側にそれぞれ独立した冷凍サイクルを有し、断熱性能のすぐれた硬質ポリウレタンフォーム（以下、ウレタンフォームという）を断熱材に使用した薄壁形である。これは外法寸法を従来のものと同じくしながら薄壁にすることにより、内容積を増加させたもので、ビルトイン化による据付面積の有効化と性能向上の目的に適合するものである。ビルトイン化に当たっては

- (1) 大きさが限られた機械室内に2組の冷凍サイクルを効果的に配置する。
- (2) 長寿命のファンモータを開発する。
- (3) ファンおよびファンモータの騒音低減。
- (4) ファンの形状および取付方法と冷却性能、騒音の関係。

などの問題点につき種々検討を加えた。

その結果、外気温度30℃において、冷凍室-26.0℃、貯蔵室-8.5℃、騒音37.5ホンの性能を有するRB-370形ビルトイン形冷蔵庫を完成することができた。図1および図2はビルトイン形冷蔵庫RB-370形の外観および内観を示したものである。以下RB-370形ビルトイン形2温度式冷蔵庫について、その設計、構造および性能を述べる。

2. ビルトイン形冷蔵庫の構造概要

2.1 冷蔵庫の概要

RB-370形冷蔵庫は、総内容積370 lの本格的2温度式冷蔵庫である。これは一般家庭に使用されるよりは、むしろ旅館、料理店、飲食店などの営業用として使用されることが多い。したがってドアの開閉回数が多く負荷である飲食品の出し入れがひん繁であり、量も多いため強い冷却力と大きい貯蔵空間が必要である。また、近年コ

* 日立製作所栃木工場

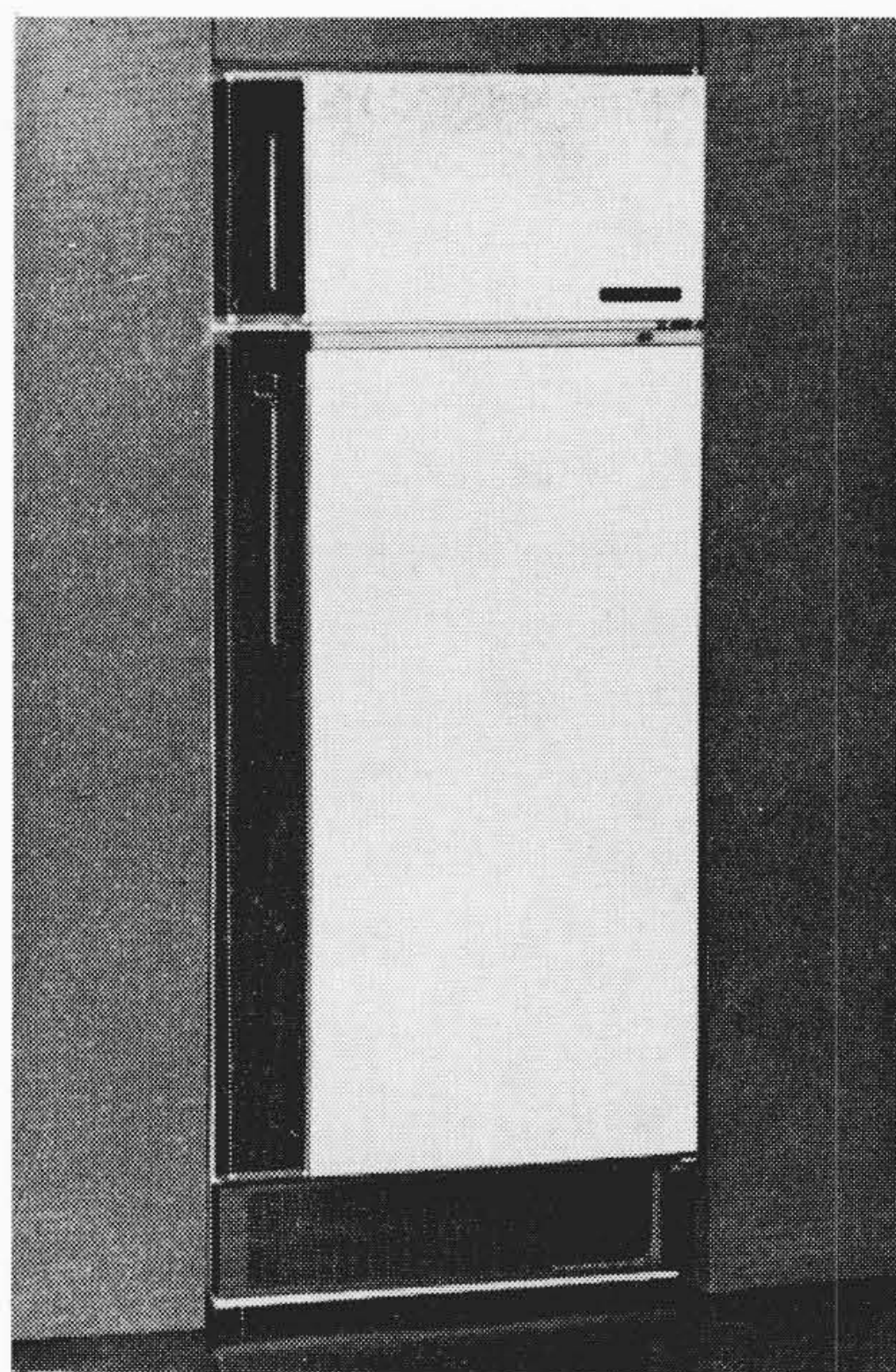


図1 日立ビルトイン形冷蔵庫RB-370形の外観

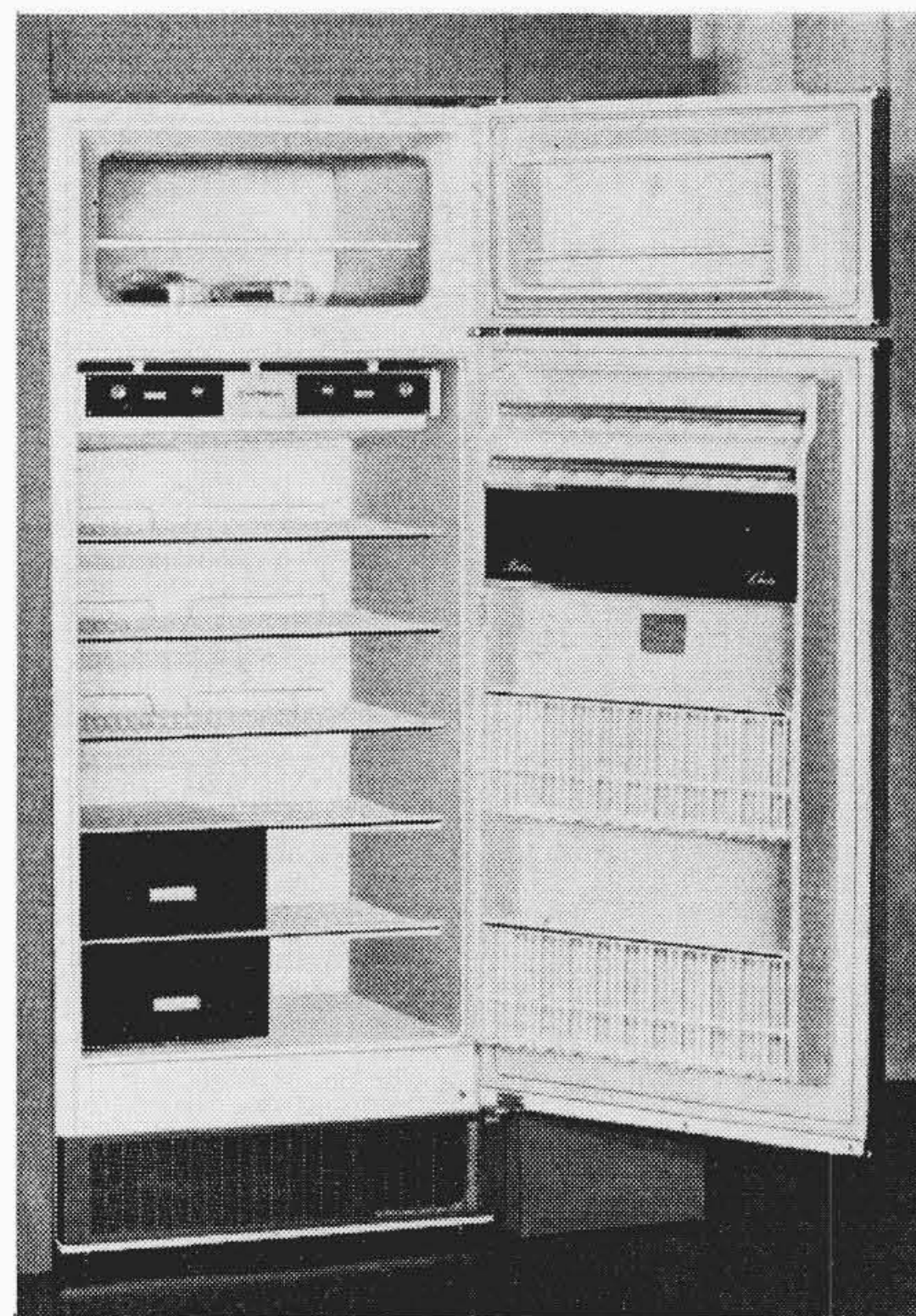


図2 日立ビルトイン形冷蔵庫RB-370形の内観

表1 ウレタン化による比較

機 種 名	RB-370 形	RB-305 形
断熱材質	ウレタンフォーム	グラスウール
外法寸法 (mm)	1,700 (高)×680 (幅)×666 (奥)	1,782 (高)×680 (幅)×770 (奥)
有効内容積 (l)	350	291
据付面積 (m ²)	0.453	0.524
製品重量 (kg)	148	161

ールドチェーンの動きが活発であることから、近い将来の冷凍食品時代に備え、冷凍室の収納力を増し、冷却力も強化する必要がある。

上述の目標を達成するためにRB-370形冷蔵庫では、ウレタンフォーム断熱材を採用することにした。これにより断熱壁を薄くすることができるから、同一外法寸法でも内容積を大きくすることができるほか、断熱特性の向上により熱漏えい量を小さくすることができた。また、ウレタンフォームは外箱と一体に成形されることから、貯蔵庫の機械的強度が向上する。したがって外箱鉄板の板厚を薄くできることなどから製品重量を低減することができた。

表1は、RB-370形冷蔵庫の主要な特性値を1966年度の相当製品であるRB-305形冷蔵庫と対比して示したものである。

RB-370形冷蔵庫の冷凍サイクルは、冷凍室と貯蔵室はそれぞれ独立したサイクルを有する方式で、ビルトイン形である。

冷凍室および貯蔵室の庫内温度は、互いに独立し自由に調節できるようにしてある。また、営業用であるから迅速に除霜を完了することができるように、冷凍室、貯蔵室ともホットガス方式を採用してある。霜付の多い貯蔵室には、1日1回除霜するTD形デフサモを採用してフロストフリー化した。一方冷凍室は、ドアの開閉が少なく霜付も少ないので押ボタン式自動霜取りとしてある。霜とけ水は自動排水蒸発装置で自動的に処理される。また、すべての制御装置は操作しやすいように貯蔵室上部に設けた操作盤にまとめて設置されている。ビルトイン化にともない凝縮器の冷却は強制通風方式となるが、2組の冷凍サイクルのうちどちらの圧縮機が運転しても、ファンモータが連動して運転するように電気回路が設計されている。さらに、ファンモータが万一ロックした場合の保護装置も備えている。

以上の目標達成の具体的設計について述べる。

2.2 冷凍サイクル

冷蔵庫の断熱壁を通過して侵入する熱量は熱貫流率に比例し、(1)式で与えられる。

$$Q=\sum K_i A_i \Delta t \quad \cdots \cdots (1)$$

ここで、 Q ：断熱壁を通過する侵入熱量 (kcal/h)

K_i ：各部の熱貫流率 (kcal/m²hdeg)

A_i ：各部の貫流断面積 (m²)

Δt ：庫内と外気の温度差 (°C)

また、熱貫流率 K_i は(2)式で与えられる。

$$K_i=\left(\frac{1}{\alpha_1}+\frac{1}{\alpha_2}+\sum\frac{\delta_i}{\lambda_i}\right)^{-1} \quad \cdots \cdots (2)$$

ここで、 α_1 ：内箱壁面の熱伝達率 (kcal/m²hdeg)

α_2 ：外箱壁面の熱伝達率 (kcal/m²hdeg)

λ_i ：断熱材の熱伝導率 (kcal/mhdeg)

δ_i ：断熱材の厚さ (m)

この(1)、(2)式より、冷凍室側および貯蔵室側の熱漏えい量が求められ、この熱漏えい量に見合う圧縮機、蒸発器、凝縮器を選定するのである。ここではビルトイン形サイクルとして、従来背面に取り付けられ、自然放熱によっていた凝縮器を強制通風にした場合につき述べる。凝縮器の所要表面積は(3)式で与えられる。

$$A_c=\frac{Q_c}{K_c \Delta t_c} \quad \cdots \cdots (3)$$

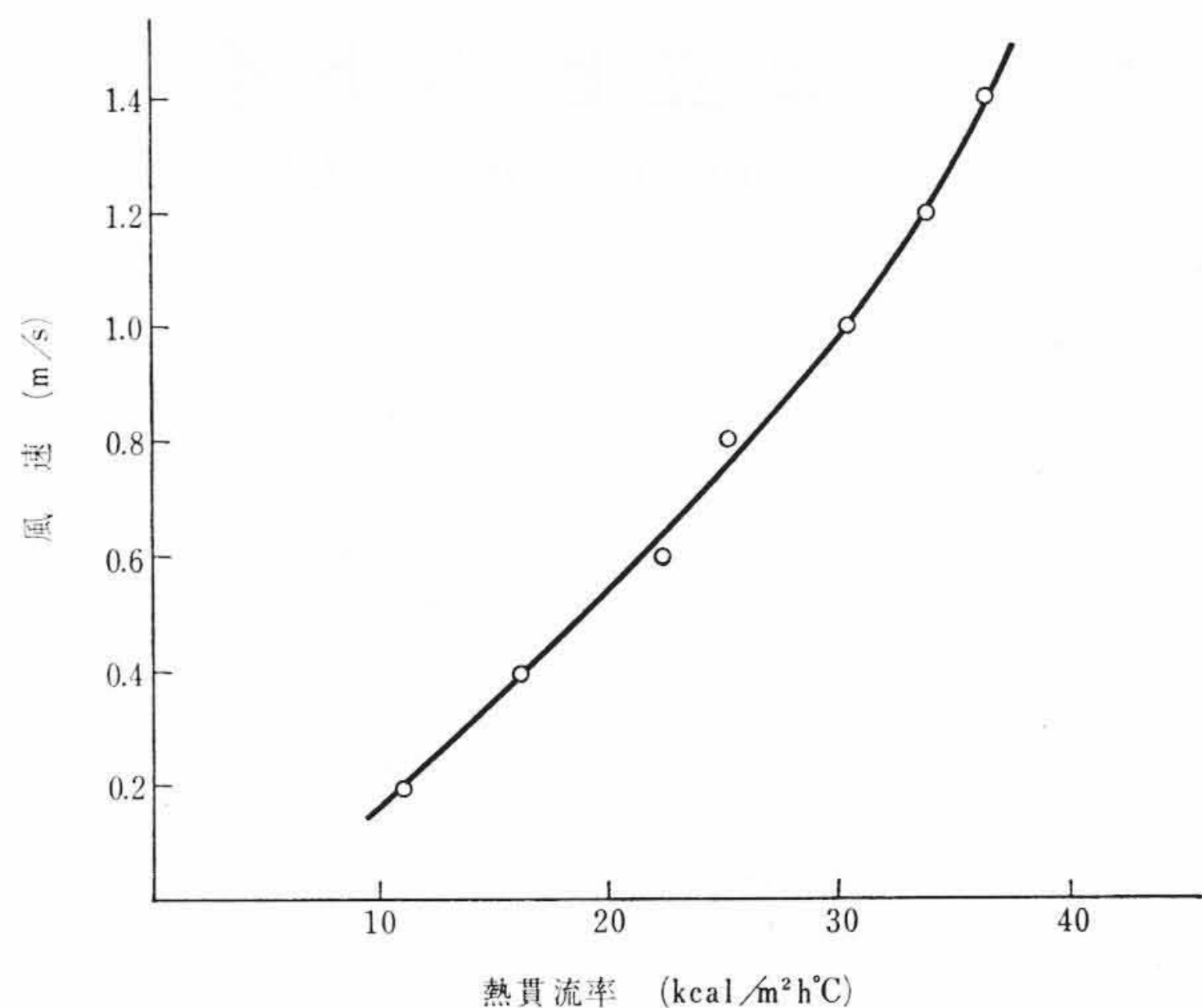


図3 風速と熱貫流率の関係

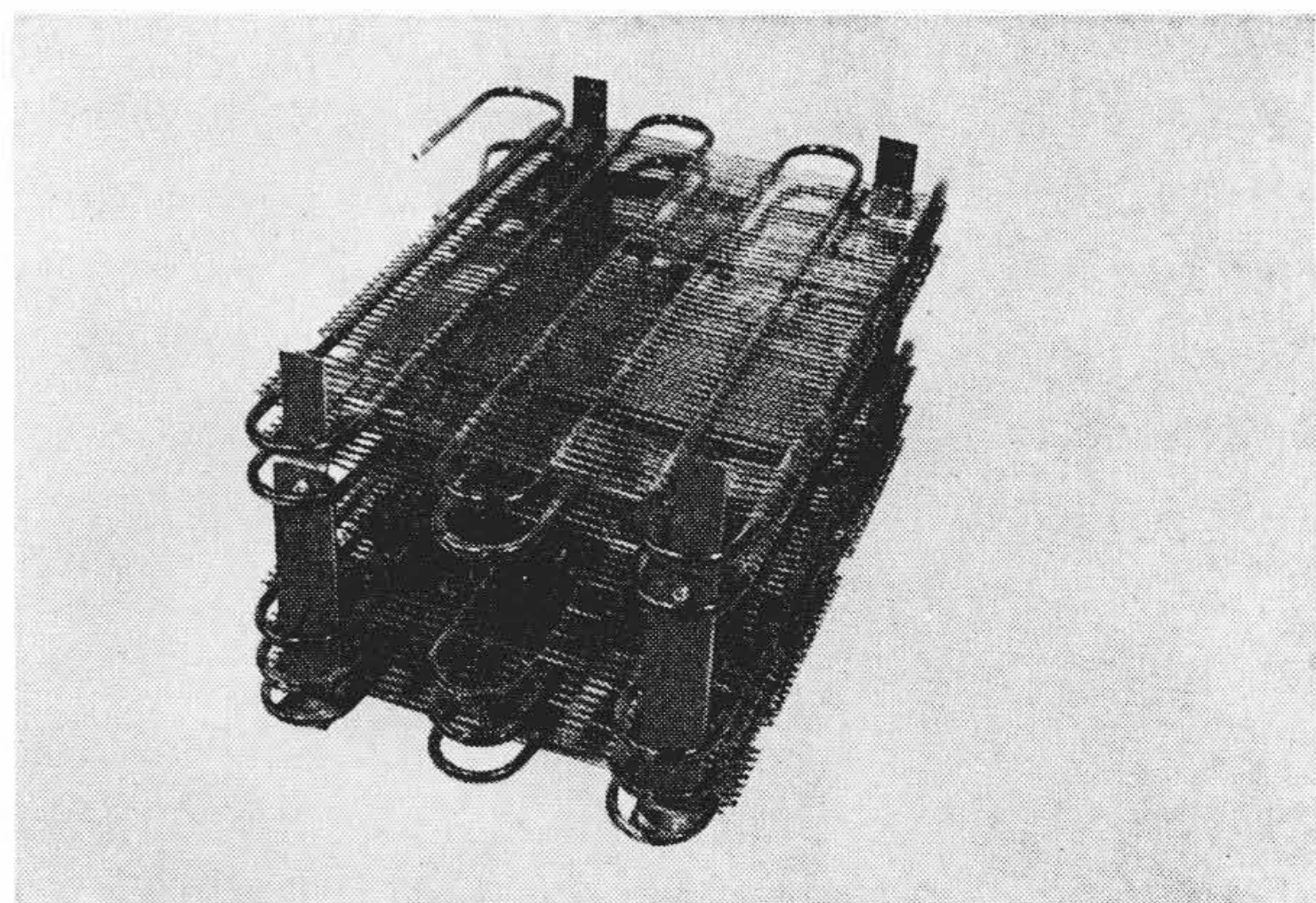


図4 ビルトイン形凝縮器

ここで、 A_c ：凝縮器所要表面積 (m²)

Q_c ：凝縮器放熱量 (kcal/h)

K_c ：凝縮器の熱貫流率 (kcal/m²hdeg)

Δt_c ：凝縮温度と周囲温度の差 (deg)

ビルトイン形では、強制通風によって凝縮器を冷却するのであるから(3)式における K_c は自然放熱の場合に比べ、値が大きくなる。ビルトイン形における K_c は凝縮器の形状、設置方法によりかなり異なるが、RB-370形冷蔵庫における風速の変化に伴う凝縮器の熱貫流率 K_c は図3に示すようになった。これから、冷凍室側および貯蔵室側の凝縮器の所要表面積が求められる。

このようにして設計、製作した冷凍室側凝縮器および貯蔵室側凝縮器は図4に示すとおりである。すなわち、凝縮器は機械室が限定されるのでコンパクトにまとまり、5段に折りたたまれている。上部2段を冷凍室用、下部3段を貯蔵室用に分割し、上部と下部の凝縮器の間には空間を設けて強制排水蒸発皿が設置できるようにした。これは凝縮器の温度と通風により効率よく排水を蒸発させるとともに、低温度の排水によって凝縮器を冷却させようとするものである。さらに、蒸発皿に当たった風は上部と下部に分けられ、ビルトインされたサイクル機械室内を平均に通風するようになされている。冷凍室側および貯蔵室側の凝縮器は図4に示すように、互いにネジで止められており、簡単に別々に分けられるようにし、冷凍サイクルのサービス交換が容易に行なわれるようになっている。

2.3 ファンモータ

ビルトイン形冷蔵庫を開発するにあたって、ファンモータの開発がきわめて重要である。RB-370形冷蔵庫は2組の冷凍サイクルを

持っているため、2組の圧縮機のどちらの圧縮機が運転を開始してもファンモータは連動して運転しなければならない。すなわち、運転率が高いのでファンモータは長寿命のものでなければならない。また、機械室が密閉されるためファンモータは無給油方式であることが望ましい。さらに、除霜された排水は上述のように機械室内の蒸発皿に導かれて、凝縮器の熱と通風とによって蒸発させるように配置されていることから機械室内は高温多湿になる。そこで、ファンモータにはこれに十分耐え得るような絶縁処理を施すとともに密閉形とすることが必要である。上記のように、長寿命、無給油、密閉形の条件のものを種々検討した結果、ウォータークーラ、ジョーケース、除湿機などで実績のある日立製作所製のコンデンサランモータ (TFO-KP モータ) と同一の軸受構造、給油機構を採用することにした。

つぎに、ファンモータに必要な動力を求める。空気動力は(4)式にて与えられる。

$$L_A = \frac{Q P_T}{6.12 \eta_T} \dots \dots \dots (4)$$

ここで、 L_A : 空気動力 (W)

Q : 風量 (m^3/min)

P_T : 全圧 (mmAq)

η_T : 効率

図3の風速と(4)式から空気動力を求めると1.3 Wとなる。これに余裕をみて、ファンモータの出力を2 Wとした。

2.4 通風方式とファン形状

ビルトイン形冷蔵庫の通風方式には、大きく分けると次の2種類がある。

(1) 前面吸込、後面吐出方式

(2) 前面吸込、前面吐出方式

(1)の方式は、冷蔵庫の前面より風を吸込んで凝縮器や圧縮機を冷却して、風を冷蔵庫背面に吐出させるもので、機械室内のスペースを十分使うことができる。しかし、通風のために冷蔵庫の背面にある一定の間隔を必要とするので、壁にはめ込んで使用することはできない。

(2)の方式は、冷蔵庫の前面より吸込み前面に吐出させるもので、完全ビルトイン形として壁にはめ込んで使用できる。しかし限定された機械室内を吸込部と吐出部の二つの部屋に区分しなければならないので、冷凍サイクルの部品の配置に困難をとまう。

両方式ともそれぞれ得失があるが、RB-370形冷蔵庫には完全ビルトイン形を採用することにして、(2)の前面吸込、前面吐出方式とした。

ファンの種類については、ファンの製造原価、ダクトの問題を考え、かつ大きな風圧を要しないということから、4枚羽根プロペラ形ファンを採用することにした。

上述の通風方式とファンを使用して、最適なファンモータの配置とファン形状につき検討を行なった。ファンモータはモータ台に堅固に固定され、そのモータ台はベースに防振ゴムを介して取り付けであり、ファンモータの温度上昇を考慮してモータはファンの吐出側に配置されている。通風方式においても、営業用を主目的とした冷蔵庫であることから冷力に重点をおき、風量の大きい方式を採用することとし、図8のように配置することにした。ファン形状もファンの大きさ130φ、羽根角度30度のものが騒音と風量のバランスも良好であるので、これを採用することにした。

RB-370形冷蔵庫において、種々の形状のファンを組み込んで試験した結果では、130φより大きいファン形状の場合は、風量も増加し凝縮温度も低下するため、冷凍室および貯蔵室とも冷却力はややよくなるが、騒音レベルの増大が著しく満足できなかった。逆に

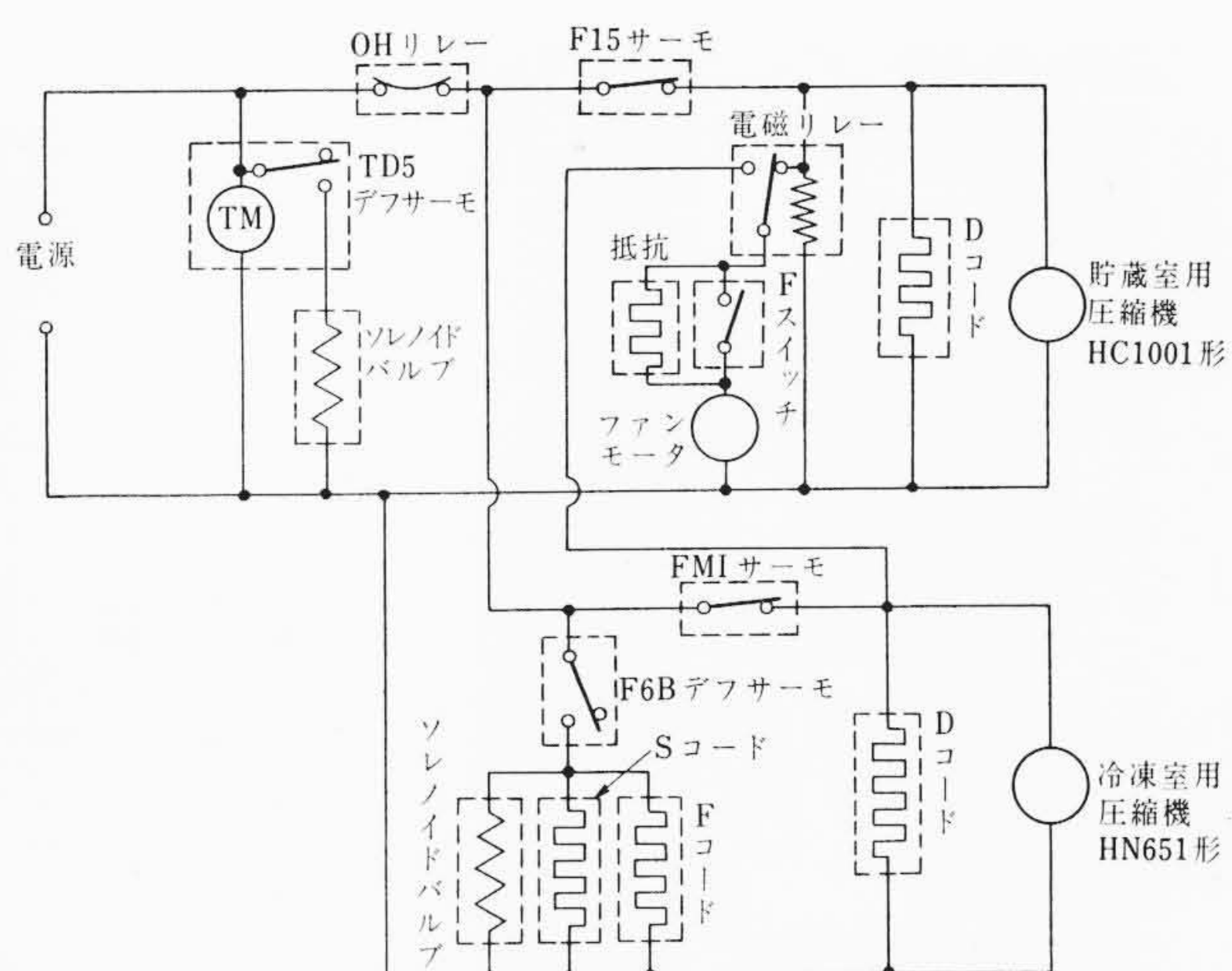


図5 ビルトイン形 RB-370 形冷蔵庫電気配線図

130φより小さいファン形状のものは、騒音レベルは満足すべき範囲にあるが、冷却力が低下するので望ましくない。したがって、130φ、30度のファン形状のものが最も良好な結果を得たのであるが、60 c/sにおける騒音レベルを50 c/sの場合と同等以下にするため、ファンモータの回転数を下げることとし、このために抵抗器をファンモータに直列に接続して電圧降下させることにした。

2.5 電気配線

図5は、ビルトイン形冷蔵庫の主要回路の電気配線図である。RB-370形冷蔵庫をビルトイン形としたため、新たに開発したおもな電気品に電磁リレーとOHリレー (Over Heat: オーバーヒートの略) とがある。電磁リレーは貯蔵室側および冷凍室側のそれぞれの圧縮機が互いに独立して運転されるため、ファンモータのどちらの圧縮機が運転を開始しても連動操作するようにした。ファンモータがロックした場合、機械室内は通風が行なわれず温度が上昇するのでこれを防止するためにOHリレーを採用した。

2.6 フィルタ

ファンにより強制通風を行なうため、機械室内にゴミが侵入することが考えられる。機械室に侵入するゴミは凝縮器に付着して放熱効果を著して阻害するうえに、電気品あるいは他のサイクル部品に対しても悪影響を及ぼす。このゴミの侵入を防止するため、冷蔵庫下部前面に設けた機械室カバーに厚さ5 mmの軟質ポリウレタンフォームのフィルタを採用することにした。フィルタにおけるゴミ付着の影響は、試験の結果、定期的な掃除を行なえば実用上問題がないことがわかったので掃除が可能のように簡単に取はずしができる構造とした。

3. ビルトイン形冷蔵庫の構造

以上述べてきた検討結果に基づいて設計した、RB-370形ビルトイン形冷蔵庫の冷凍サイクル構造および冷蔵庫仕様は、それぞれ図6、7および表2に示すとおりである。図7に示すように、冷凍室は低温のため断熱材を厚くする必要がある。そこで箱形冷凍室蒸発器の外側に直接ウレタンフォームを発泡する新方式を採用して、十分な断熱を行なうと同時に蒸発器の外表面に露が付くのを防止した。機械室内は密閉構造になっていて、通風は冷蔵庫下部前面の機械室カバーからフィルタを通して空気を吸込み、5段に折りたたんだ凝縮器、2組の圧縮機の順に冷却して、ファンにより冷蔵庫下部前面の向かって右側から吐出する。この2組の冷凍サイクルは容易にサービスが行なわれるよう分離しやすい構造とし、さらにビルトイン形として、壁の中にもはめ込みできるよう、また据付移動が容易にできるように移動車輪を取り付けている。

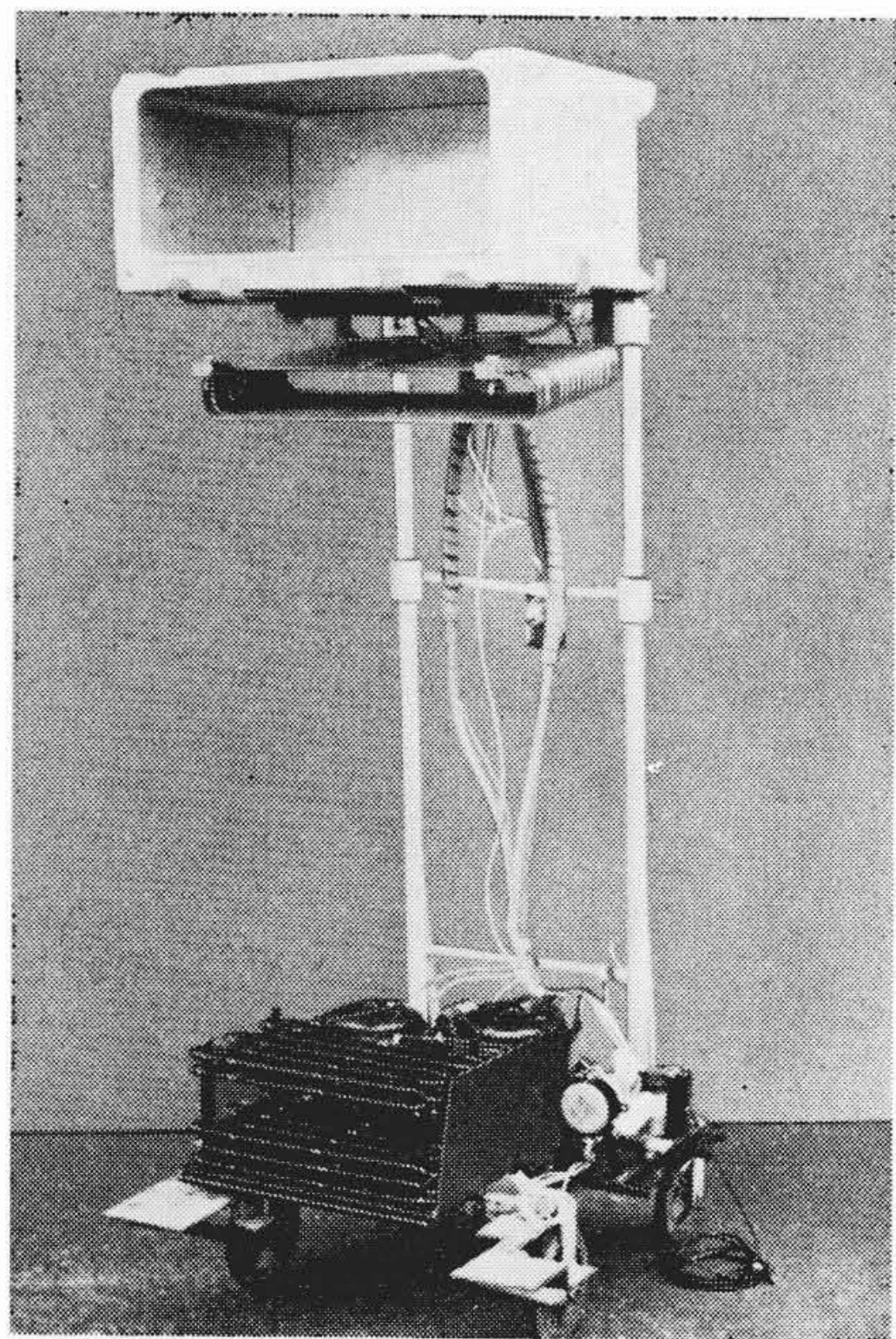


図6 ビルトイン形冷凍サイクル全体図

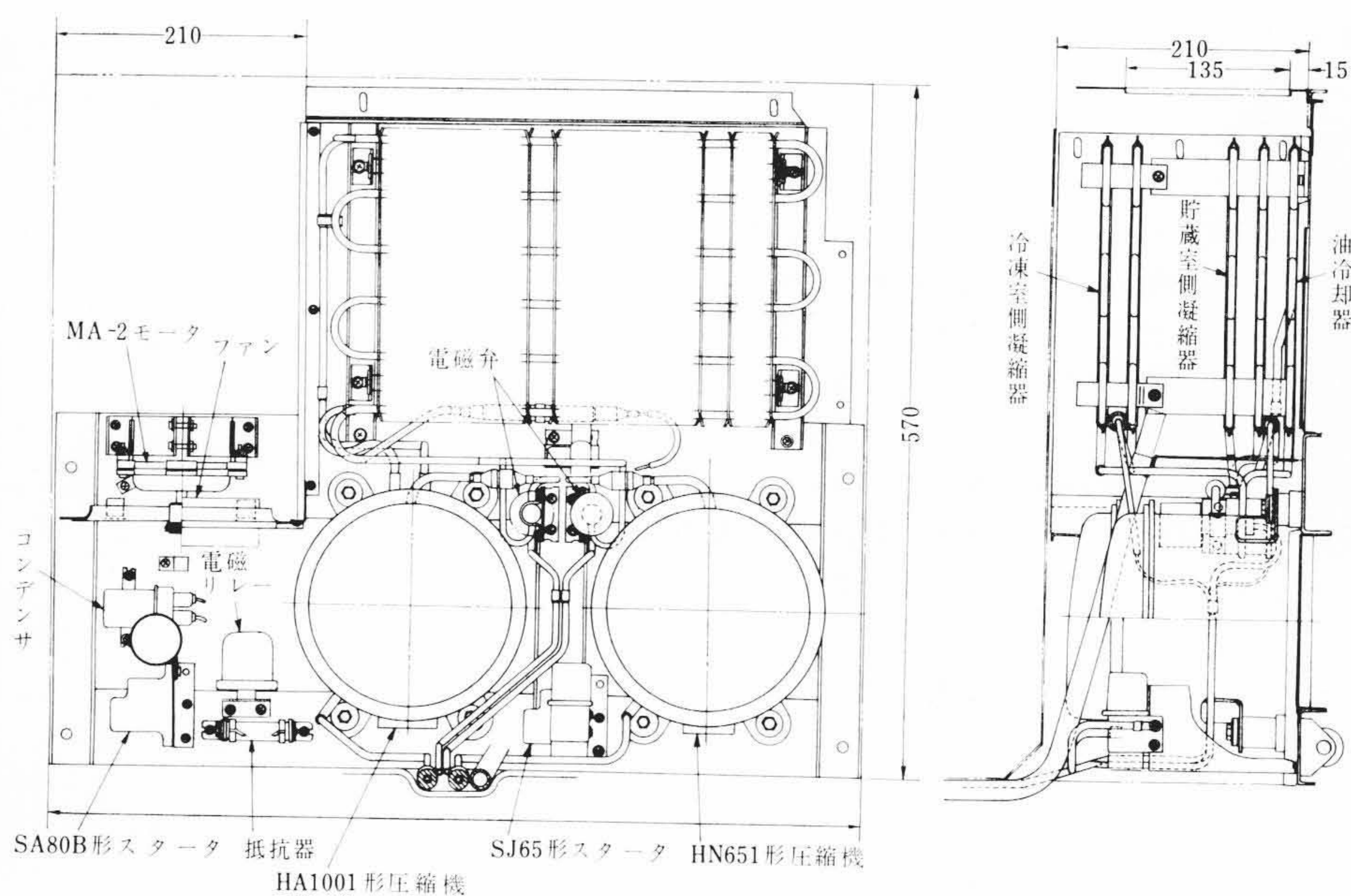


図7 ビルトイン形サイクル機械室内配置図

表2 日立ビルトイン形冷蔵庫仕様

形 式		RB-370	
総 内 容 積 (L)		370	
有 効 内 容 積 (L)		350 (冷凍室 52, 貯蔵室 318)	
外 箱		高級仕上鋼板アクリル樹脂焼付塗装	
外法寸法	高 さ (mm)	1,700	
	幅 (mm)	680	
	奥行(ハンドル含む) (mm)	666 (708)	
内 箱		冷 凍 室	貯 蔵 室
		ア ル ミ	高 級 仕 上 鋼 板
内法寸法	高 さ (mm)	225	1,010
	幅 (mm)	510	590
	奥 行 (mm)	474	538
冷凍サイクル	冷 却 器 (蒸 発 器)	全幅□字形アルミロールボンド	
	凝 縮 器	全幅□字形アルミロールボンド	
	圧 縮 機 (出 力 [W])	ワイヤフィン HN651 (65)	ワイヤフィン HC1001 (100)
	除 霜 方 式	押ボタン式ホットガス付	全自動定時式ホットガス付
消費電力 (W) 50/60 c/s		95/105	140/150
フ ァ ン モ ー タ		2 W T F O - K P	
キ ャ パ シ タ		230 V, 2 μ F	
フ ァ ン		130 ϕ , 30 度, 4 枚羽根アルミプロペラファン	
抵 抗 器		20 W, 350 Ω	
電 磁 リ レ ー		付	
O H リ レ ー		付	
ド ア 開 閉 装 置		ハンドル (マグネットバッキング式)	
ド ア ポ ケ ッ ト		5	
パターコンディショナ		3段調節付	
付 属 品	棚	6 (冷凍室1)	
	製 氷	大小各1個	
	野 菜 容 器	引出式クリスパー2個	
	タ マ ゴ 棚	22個収納	
	セルフターンバスケット	2	
	パターケース	引戸式	
製 品 重 量 (kg)		148	
形 式 承 認 番 号		▽ 91-1943	▽ 91-1581

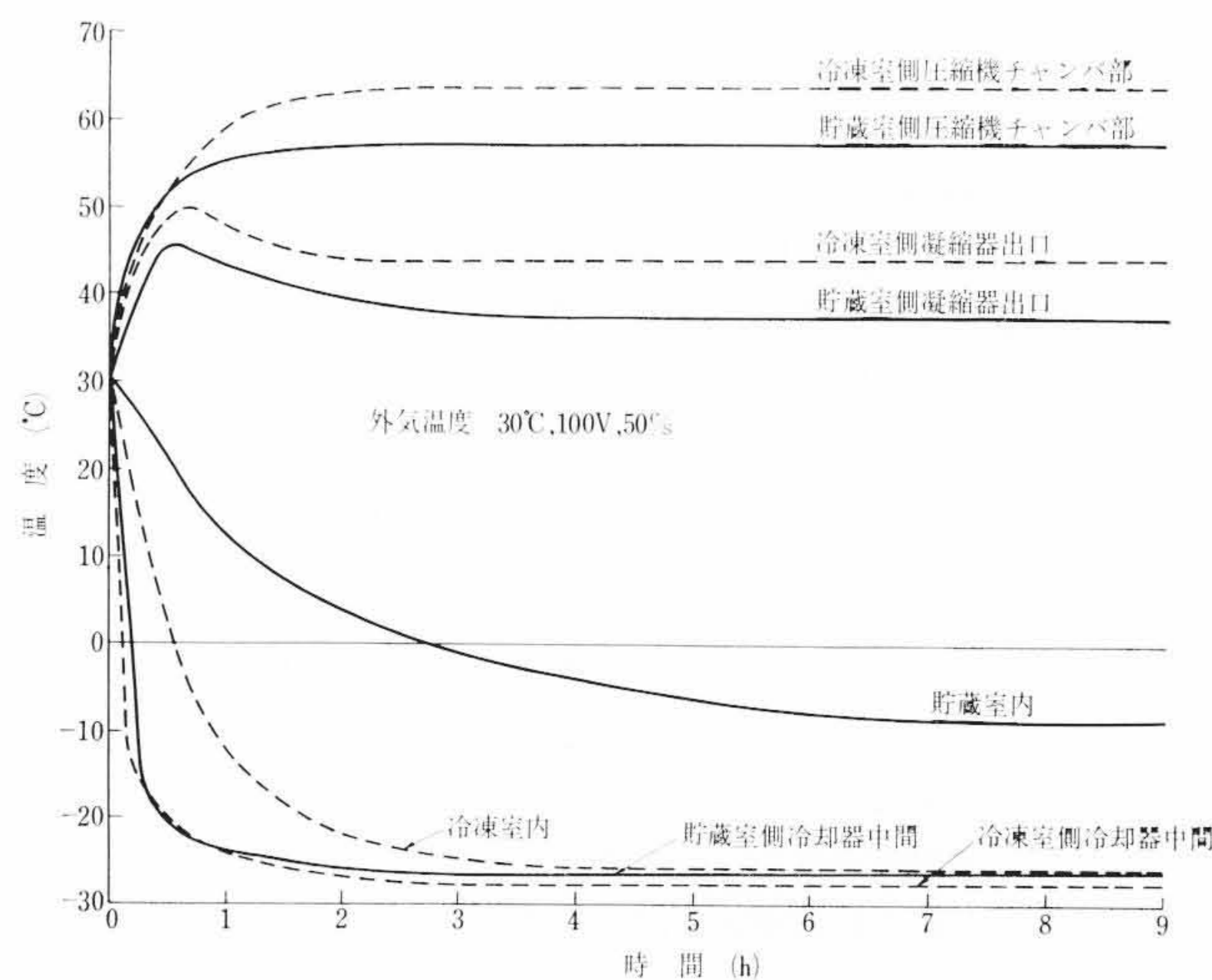


図8 ビルトイン形 RB-370 形冷蔵庫冷却性能曲線

表3 遮へい試験結果

項 目		遮へいなしー遮へいあり (deg)
冷 凍 室	冷 却 器 中 間 温 度	-0.2
	庫 内 温 度	0.2
	圧縮機チャンパ部温度	0.3
	凝 縮 器 出 口 温 度	0.9
貯 蔵 室	冷 却 器 中 間 温 度	-0.2
	庫 内 温 度	0.2
	圧縮機チャンパ部温度	0.1
	凝 縮 器 出 口 温 度	0.5

外気温度 30°C, 100V, 50 c/s

4. ビルトイン形冷蔵庫の性能

4.1 冷力試験および騒音試験

外気温度 30℃、電源 100V、50 c/s における無負荷連続運転の冷却性能曲線は図 8 に示すとおりとなり、目標性能を満足する結果を得た。騒音についても冷蔵庫前方 1 m にて測定した結果は、目標性能を満足する結果を得た。

4.2 遮へい冷力試験

ビルトイン形冷蔵庫の前面を除く周囲を 50 mm のスチロホーム板で遮へいし、外気温度 30℃ における冷却性能を測定した結果は、表 3 に示すとおりである。表より周囲を遮へいしても性能はなんら低下しないことがわかり、壁にぴったりはめ込んで使用できることが確認された。

そのほか、実負荷試験、霜取試験、露付試験などにおいても異常なく良好な結果を得た。

5. 結 言

以上、本文では凝縮器を機械室内に内蔵し、ファンを使用して強制通風を行ない凝縮器を冷却させるビルトイン形冷蔵庫の概要を述べた。このビルトイン形冷蔵庫の構造と性能の結果を要約すると、次のとおりである。

- (1) ビルトイン形を RB-370 形冷蔵庫に採用し、昭和 41 年 11 月より発売しているが据付面積が小さく、冷却性能がすぐれている。
- (2) 遮へい冷力試験の結果、周囲を遮へいしても冷却性能は変わらず、壁にはめ込んで使用できることがわかった。
- (3) ビルトイン形冷蔵庫に適する凝縮器強制通風冷却用ファンおよび長寿命のファンモータ (2 WTFO-KP 形) を開発することができた。
- (4) ファンの大きさ 130φ、羽根角度 30 度、通風方式は正面吸込方式のものが、ビルトイン形冷蔵庫に最適であることがわかった。

据付条件と冷却性能が良好なことから、今後、ビルトイン形冷蔵庫の需要は高まることが予想される。よって今後さらに冷却性能の向上と騒音の低減を図ってビルトイン形冷蔵庫の性能を高めるとともに、機種を増して期待にこたえたいと念じている。

参 考 文 献

- (1) H. J. Karam, H. Krainer ASHRAE (1963. 1)
- (2) General Electric: Technical Data "Refrigerators and Home Freezers"
- (3) 松居, 阿部: 日立評論 45, 847 (昭 38-5)
- (4) 埋橋, 名古屋, 柴田: 日立評論 47, 975 (昭 40-5)

Vol. 49

日 立 評 論

No. 8

目 次

■ 論 文

- ・タービン高圧段翼の軸方向固有振動数
- ・車両制御器用精密位置検出器
- ・HITAC 5020 E/F 電子計算機システム
- ・最近の半導体拡散技術
- ・500 kV 変圧器の絶縁と試験
- ・4 形電磁開閉器の開発
- ・单相誘導電動機速度制御法の考察 (半導体による扇風機速度制御)
- ・日立ルームクーラドライタイプの構造および除湿特性

- ・RSP-2 形日立ラピッドスキャン分光光度計
- ・石綿セメントベンド管を使用した模擬管路へのケーブル引入実験

■ 半導体 IC 特集

- ・半 導 体 IC の 設 計 法
- ・デ ィ ジ タ ル IC の 開 発
- ・リ ニ ャ IC の 開 発
- ・M O S IC の 開 発
- ・半 導 体 IC の 信 頼 度

発行所 日 立 評 論 社

取次店 株式会社 オーム社書店

東京都千代田区丸の内1丁目4番地
振替口座東京71824番
東京都千代田区神田錦町3丁目1番地
振替口座東京20018番