

日立全自動冷蔵庫の開発

Development of Hitachi Full Automatic Refrigerator

藤橋保二*
Yasuji Fujihashi

藤沼善三郎*
Zenzaburô Fujinuma

笹本信彦*
Nobuhiko Sasamoto

要 旨

最近の工業技術の進歩は著しく、人間を機器の直接操作から解放して制御装置を自動化する傾向に進んでいる。最近の全自動洗濯機、自動演奏ステレオなどの出現からみても、この傾向が他の家電品に波及していくことは容易に推察できる。

日立製作所はこのような情勢に対処して温度調節器の操作をいっさい必要としない全自動冷蔵庫を開発し、昭和43年度製品として発売した。本文はこの冷蔵庫の開発の過程ならびにその主要性能について述べたものである。

1. 緒 言

日立製作所がさきに発売したR-125形冷蔵庫は、新機構の冷氣3段切換を備え、雪木立デザインのスリースター冷蔵庫として市場の好評を得ることができたが、全国の普及率がすでに76.2% (昭和42年9月)に達している現在、買替え買増しという2台目の需要も徐々に増しており、最新のメリットを持った冷蔵庫の開発が望まれる。

一方、最近の工業技術の進歩は著しく、人間を機器の直接操作から解放して制御装置を自動化する傾向に進んでいる。これは家電品についてもいえることで、全自動洗濯機、自動演奏ステレオなどの改良進歩の経過を顧みれば明らかである。

このような観点から、昭和43年度製品として新たに開発されたものがR-135形全自動冷蔵庫である。これは高感度のF16形温度調節器を庫内に設置して庫内温度を直接感知することにより、外気温度の変化に関係なく常時庫内温度を一定とする制御方式で温度調節器の操作をいっさい必要としない完全な自動化を図った冷蔵庫である。以下全自動冷蔵庫の開発の過程ならびにその主要性能について述べる。

2. 庫内感知方式の検討

2.1 目標性能

図1および図2はR-135形全自動冷蔵庫の外観および内観を示したものであるが、その目標性能は次のように設定されている。

- (1) 庫内温度は[全自動][冷凍]いずれの場合でも外気温度の変化にかかわらず一定の温度(2°C)を維持できること。
- (2) 毎夜半に自動霜取りが行なわれる[全自動]運転と、自動霜取りが中止されて冷凍室温度を低下させる[冷凍]運転とに使い分けができること。
- (3) 連続運転した場合、冷力性能はR-125形冷蔵庫と同等以上であること。
- (4) British Standard 3739:1964に準拠した試験を行なった場合、スリースターの性能を有すること。

すなわち、R-125形冷蔵庫と同等以上の性能を持ち、さらに庫内感知方式の採用により常時一定の庫内温度を維持するもので、以下これについて詳述する。

2.2 温度調節器感熱管の設定位置

温度調節器の感熱管を蒸発器底面に取り付け、庫内および冷凍室の温度を制御するR-125形冷蔵庫の断続性能は図3のようになり、庫内を一定の温度に保つには外気温度の変化に応じてダイヤルノッ

* 日立製作所栃木工場

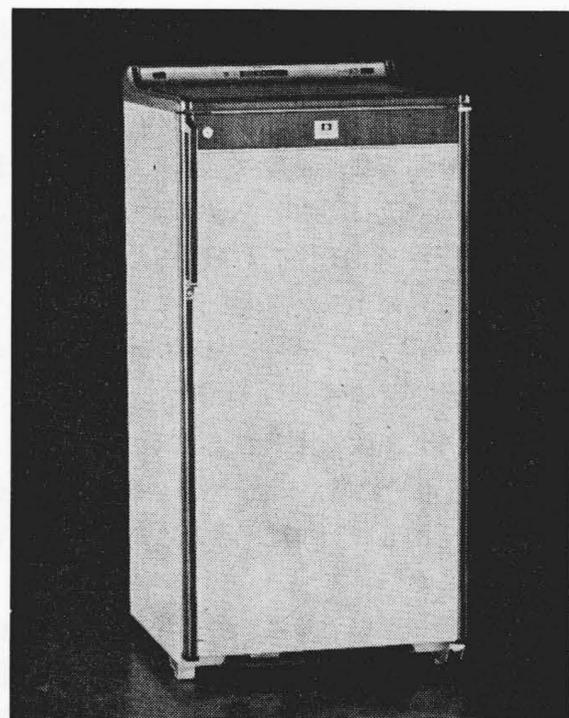


図1 R-135形全自動冷蔵庫

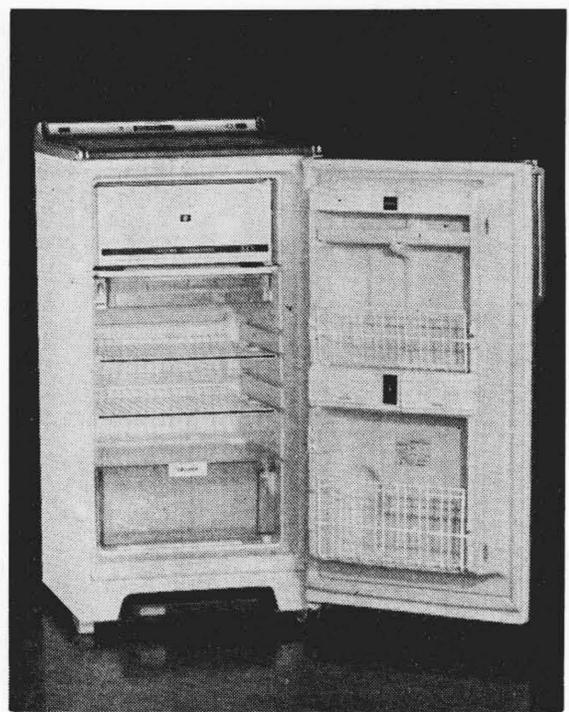


図2 R-135形全自動冷蔵庫の内観

チを操作する必要がある。

ここでダイヤルを1ノッチに固定し、外気温度が変化したときの庫内温度を図3より求めてみると図4の実線で示され、庫内温度は外気温度10°Cのとき約0°C、30°Cのとき約7°Cと大きく変化する。

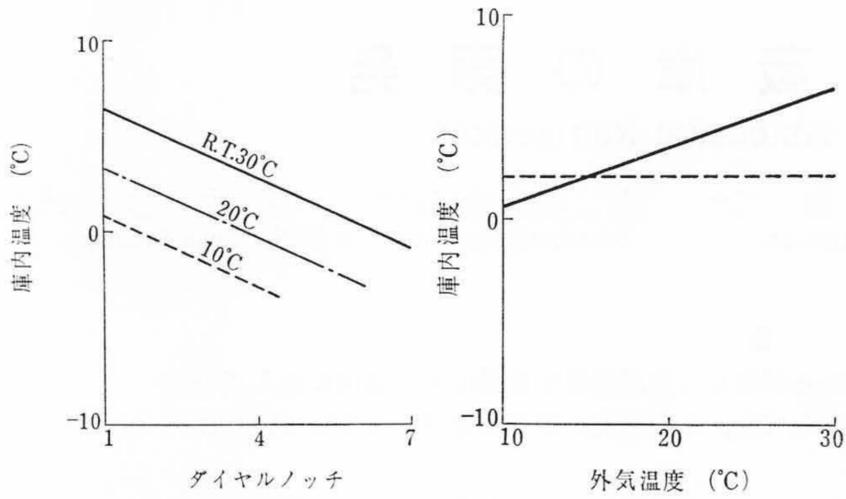


図3 R-125形冷蔵庫の断続性能

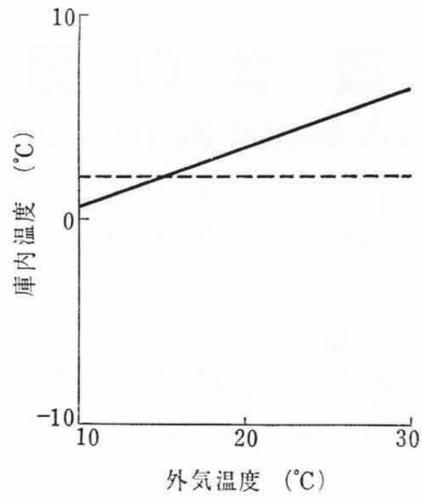


図4 外気温度による庫内温度の変化

これに対し、R-135形冷蔵庫は図4の破線のように、温度調節器の操作を行なうことなく外気温度の変化に対し常時庫内温度を一定とするもので、このような特性を得るために温度調節器の感熱管の位置は庫内空間のどの箇所が最も適しているかの検討を行なうことにする。

図5は冷蔵庫の縦断面図で、通常蒸発器により冷却された空気は矢印で示される方向に対流して庫内を冷却している。ここで温度調節器の感熱管取付位置をA、B、C、Dと変えたとき、庫内温度が外気温度の変化に対してどのような傾向を示すかを考察してみる。

蒸発器の底面(図5のA点)に感熱管を取り付けて各部の温度を外気温度を変えて測定すると図6の(a)に示すようになり、C点で表わされる庫内温度は外気温度に比例して高くなる(このA点がR-125形冷蔵庫の感熱管取付位置に相当する)。またB点に感熱管を設置して制御した場合も図6の(b)に示すようにA点で制御した場合とほぼ同じ傾向となる。

次に庫内温度を測定しているC点に感熱管を設けて制御すると図6の(c)に示すように、外気温度が変化しても常時庫内温度を一定とすることができる。しかしC点は庫内の中央であり、貯蔵する食品を考慮すると好ましい設定位置とはいえない。これに対しD点であれば位置的に問題なく、しかも図6の(d)に示すように外気温度が高くなるに従って庫内C点の温度をわずかではあるが低くすることができ、望ましい特性が得られることがわかった。そこで食品の貯蔵を制約せず庫内を有効に利用でき、また意匠効果のよい位置ということでD点すなわち低温容器の左側内箱面に感熱管を取り付けることにした。

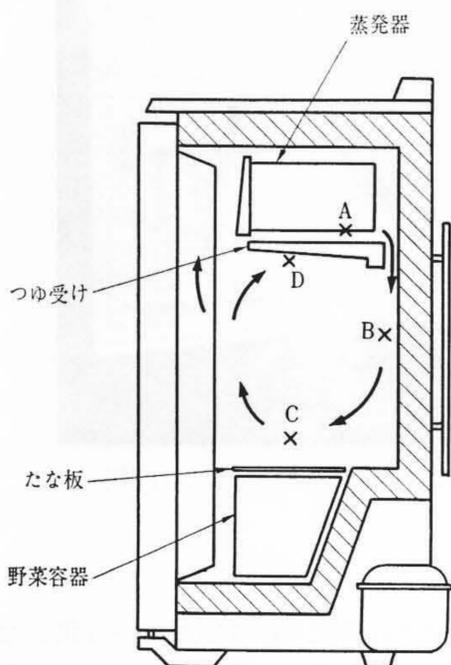


図5 冷蔵庫の縦断面図

2.3 庫内温度に関する理論解析

低温容器の横に感熱管を設置して温度制御を行なっても、庫内JIS指定点の断続温度変動幅を従来の冷蔵庫と同程度の4度以下とし、それに必要な温度調節器の作動温度幅(ON-OFF幅)を調べた結果、0.3度以下でなければならないということがわかった。しかし現在安定して量産可能なのは2.5~3.5度程度の作動幅をもつ温度調節器である。そこでこの温度調節器の感熱管をコイル状に形成し、熱伝達をよくして空気温度感知の感度を上げるとともに、その中心にコードヒータ(以下Sコードと称す)をそう入して圧縮機が停止したときのみ通電加熱することにした。この結果、感熱管を運転中は外周から冷却し、停止中は内部から加熱するので感熱管の温度を急速に変化でき、見かけ上の作動温度幅を縮小できることがわかった。そこで、この温度調節器(以下F16形温度調節器と称す)の感熱管を前述した低温容器の左側内箱面に設置した場合、どのような断続性能が得られるかを理論的に解析することにする。

- (1) 計算におけるおもな仮定
 - (a) 圧縮機が運転するとすぐに蒸発器内で冷媒の蒸発が始まり冷凍能力を発生する。また圧縮機が停止するとすぐに蒸発器内で冷媒の蒸発が止まり冷凍能力が無くなるものとする。
 - (b) 各部分の温度(蒸発器、庫内、庫内ヒータ、感熱管)は均一に冷却および加熱されるものとする。また感熱管とSコードとは同一温度とする。
 - (c) 各ヒータは通電が始まると内部の導線がまず加熱され、次に表面の被覆にその影響が現われるが、このタイムラグを無視する。
 - (d) 蒸発器温度の変化はその表面に霜が付着していると、霜の融解により0°C付近である時間一定となるが、その時間は霜の量によって種々異なってくるため霜の付着は無いものとする。

(2) 計算の方法

(a) 貯蔵室に関する熱平衡式

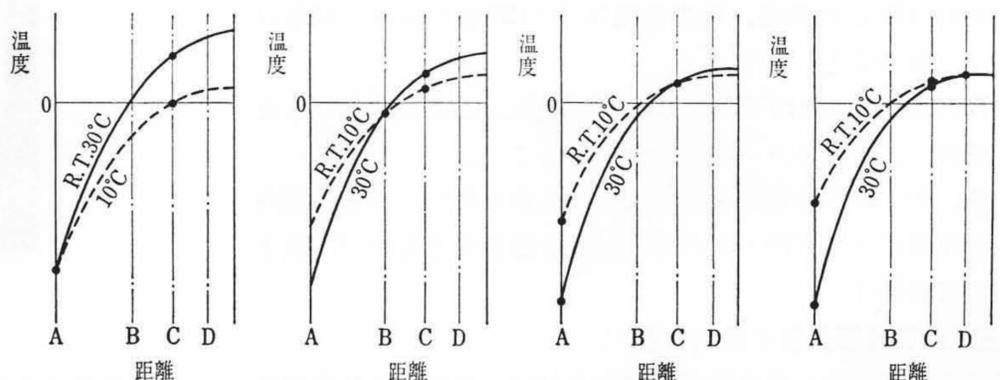
図7は熱平衡式の説明図で、これより熱平衡状態では次式が成立する。

$$K_1(T_i - T_e) + K_3(T_0 - T_e) = Q + C_e \frac{dT_e}{dt} \dots\dots\dots (1)$$

$$K_2(T_0 - T_i) + K_h(T_h - T_i) + K_t(T_i - T_i') = K_1(T_i - T_e) + C_i \frac{dT_i}{dt} \dots\dots\dots (2)$$

$$W_h = K_h(T_h - T_i) + T_h'(T_h - T_0) + C_h \frac{dT_h}{dt} \dots\dots\dots (3)$$

$$W_t = K_t(T_i - T_i') + C_t \frac{dT_t}{dt} \dots\dots\dots (4)$$



(a) A点で制御した場合 (b) B点で制御した場合 (c) C点で制御した場合 (d) D点で制御した場合

[横軸には庫内の対流を考慮して蒸発器からの相対的な距離をとった。]

図6 感熱管設定位置と庫内温度

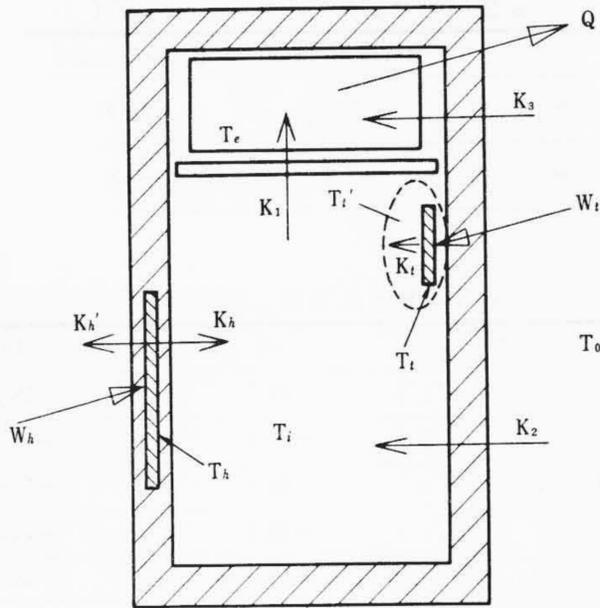


図7 熱平衡式の説明図

- ここで、 K_1 : 蒸発器と庫内との間の熱貫流係数 (kcal/h°C)
 K_2 : 庫内と外気との間の熱貫流係数 (kcal/h°C)
 K_3 : 蒸発器と外気との間の熱貫流係数 (kcal/h°C)
 K_h : 庫内ヒータと庫内との間の熱貫流係数 (kcal/h°C)
 K_h' : 庫内ヒータと外気との間の熱貫流係数 (kcal/h°C)
 K_t : 感熱管の周辺への放熱係数 (kcal/h°C)
 C_i : 庫内の熱容量 (kcal/°C)
 C_e : 蒸発器の熱容量 (kcal/°C)
 C_h : 庫内ヒータの熱容量 (kcal/°C)
 C_t : 感熱管の熱容量 (kcal/°C)
 Q : 冷凍能力 (kcal/h)
 W_h : 庫内ヒータの容量 (kcal/h)
 W_i : Sコードの容量 (kcal/h)
 T_i : 庫内温度 (°C)
 T_e : 蒸発器温度 (°C)
 T_h : 庫内ヒータ温度 (°C)
 T_t : 感熱管温度 (°C)
 T_t' : 感熱管周囲温度 (°C)
 T_0 : 外気温度 (°C)
 t : 経過時間 (h)

ただし上記方程式の Q および W_h, W_i は次のとおりである。

圧縮機運転中…… $Q=Q_1$ (冷凍サイクルにより発生する冷凍能力)

$$W_h=0, W_i=0$$

圧縮機停止中…… $Q=0$

W_h =庫内ヒータの容量

W_i =Sコードの容量

また、 $T_t'=T_i+P_i(T_0-T_i)$

ここで、 P_i : 内箱温度が感熱管周囲に与える影響度を表わす係数

(b) 冷凍サイクルに関する熱平衡式

$$Q_1=G(i_2-i_1) \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_c=G(i_3-i_1) \dots\dots\dots (6)$$

$$Q_c=K_c(T_c-T_0) \dots\dots\dots (7)$$

$$G=\frac{V}{v} \cdot \eta \dots\dots\dots (8)$$

$$\eta=F(P_s, P_d) \dots\dots\dots (9)$$

$$\left. \begin{aligned} v &= F(P_s, T_s) \\ i_1 &= F(T_c) \\ P_s &= F(T_e) \\ P_d &= F(T_c) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

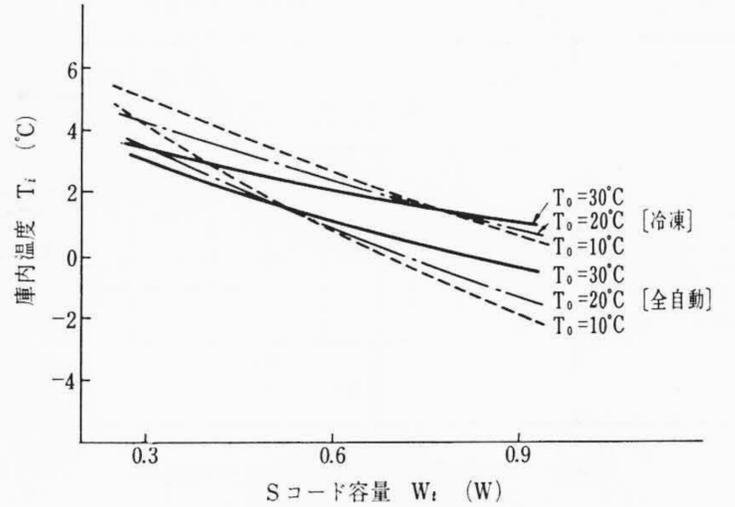


図8 Sコード容量と庫内温度との関係

表1 R-135形冷蔵庫の仕様

項	目	仕	様
キャビネット	外法寸法	高さ1,069, 幅505, 奥行638 mm (ハンドル含む)	
	内法寸法	高さ786, 幅380, 奥行440 mm (最深部)	
	内容積	総内容積115 l, 有効内容積108 l	
	ドア開閉機構	ハンドル式 (マグネットパッキング)	
冷凍サイクル	テーブル	高級メラミン化粧板 (ヒッター)	
	あとわく	冷凍ボタン, コンセント2個付	
	凝縮器	ワイヤ形 (自然通風式)	
	蒸発器	アルミロールボンド, 全閉形	
付属機能	温度調節器	F16形	
	除霜装置	定時タイマー式, 強制式	
	庫内ヒータ	アルミプレート形	
	製氷皿	レバー式1, 仕切板式1	
機能	低温容器	全幅引出式	
	排水蒸発装置	付	
	たな網	3段 (上2段可変式)	
	野菜容器	透明回転式	
	卵ケース	13個入	
	バターケース	回転式 コンディショナー付 (3段切換式)	
	チーズケース	回転式	
セルフター	2段		
製品重量	51 kg		

- ここで、 Q_1 : 冷凍能力 (kcal/h)
 Q_c : 凝縮器の放熱量 (kcal/h)
 K_c : 凝縮器の放熱係数 (kcal/h°C)
 G : 冷媒循環量 (kg/h)
 i_1 : 蒸発器入口の冷媒のエンタルピ (kcal/kg)
 i_2 : 蒸発器出口の冷媒のエンタルピ (kcal/kg)
 i_3 : 凝縮器入口の冷媒のエンタルピ (kcal/kg)
 V : 理論押除量 (m³/h)
 η : 圧縮機の容積効率
 v : 吸込冷媒の比体積 (m³/kg)
 T_c : 凝縮器の温度 (°C)
 T_s : 吸込冷媒の温度 (°C)
 P_d : 吐出圧力 (kg/cm² abs)
 P_s : 吸込圧力 (kg/cm² abs)

(3) 計算結果

以上の関係式を用い、[全自動]運転の場合 $W_h=0$ 、[冷凍]運転の場合 $W_h=30W$ として外気温度およびSコード容量を変えて庫内温度を求める計算(電子計算機 HITAC3010 を使用)を行なった結果が図8である。

[冷凍]における庫内温度は、[全自動]と比べ同じSコード容量ならば庫内ヒータの影響を受けて高くなる。しかし[全自動]、[冷凍]ともに外気温度の変化に対して庫内温度が一定となる点は

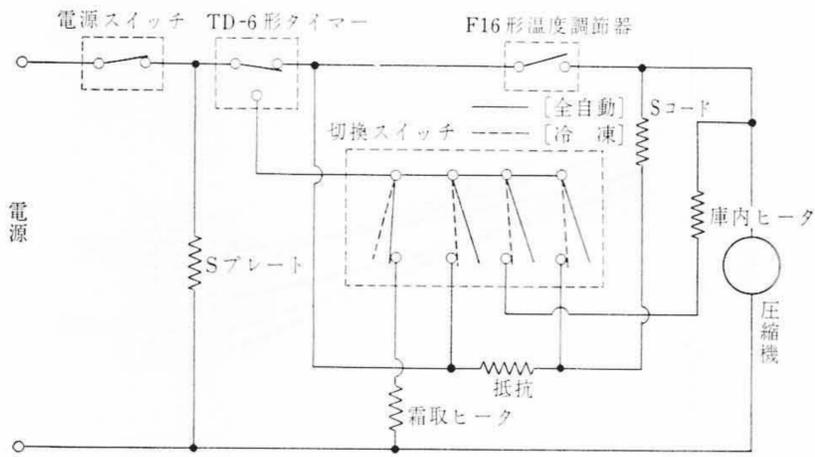


図9 R-135形冷蔵庫の電気回路図

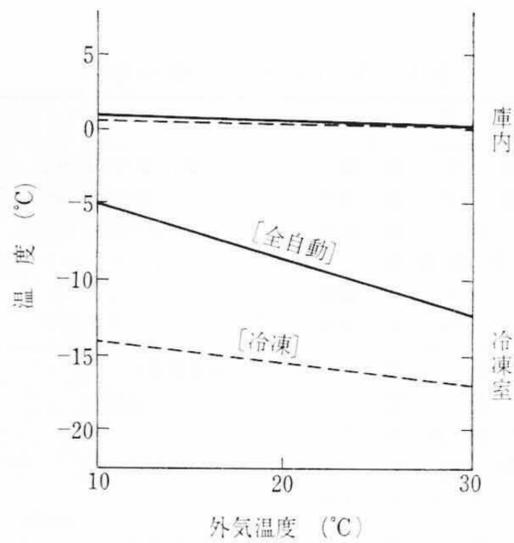


図10 断続試験結果

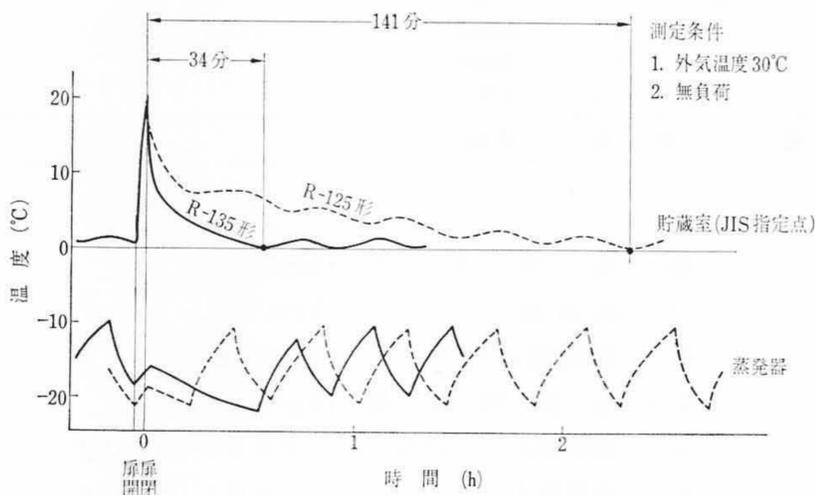


図11 プルダウン試験

存在し、図からそのSコード容量は「冷凍」で0.8W、「全自動」で0.55W程度と求められる。

3. 構造

以上のような解析に基づき次に述べる仕様ならびに電気回路を決定した。

3.1 仕様

R-135形全自動冷蔵庫のキャビネット、冷凍サイクル、付属機能などの詳細仕様を表1に示す。操作機器がないので従来テーブル前面に設けてあった操作パネルを除くことができ、この空間を利用して総内容積を5l増して115lとした。また冷凍室には全閉形フリーザを採用して冷却性能を向上し、容積も10lに増して冷凍食品保存の便を図った。

表2 冷力試験結果〔外気温度30℃〕

	R-135形冷蔵庫	R-125形冷蔵庫
冷凍室	-21.6℃	-21.4℃
庫内	-7.5	-6.3

表3 B.S.に準拠した試験結果

外気温度(℃)		32	16
冷凍室内負荷(℃)	T ₁	-18.7	-18.4
	T ₂	-19.0	-18.4
	T ₃	-18.3	-18.0
	T ₄	-19.3	-19.0
	平均	-18.8	-18.4
貯蔵室温度(℃)	T ₅	0.7	0.2
	T ₆	0.2	-0.2
	T ₇	0.2	-0.2
	平均	0.4	-0.1
運転率(%)		83.8	42.2

3.2 電気回路

図9はR-135形冷蔵庫の主要電気回路である。抵抗を用いてSコード容量を切替える方法を採用し、「全自動」の場合は0.5W、「冷凍」の場合には0.8Wになるようにした。また「冷凍」運転のときには庫内ヒータに通電し、庫内温度を補償するようにした。なおSプレートはF16形温度調節器のダイヤフラム部に使用しているヒータで、周囲温度の変化に対する誤作動を防止する役目をしている。

4. 性能試験

4.1 冷力性能

外気温度30℃において冷力試験を行ない、R-125形冷蔵庫と比較したのが表2である。これによりR-135形冷蔵庫は冷却能力に一段と余裕ができたことがわかる。

4.2 断続性能

切換スイッチの操作で「全自動」と「冷凍」とに使い分けられるので、外気温度30℃、10℃の場合についておのこの断続試験を行なった。その結果を図10に示す。庫内温度は「全自動」、「冷凍」ともに外気温度の変化にかかわらず一定となり目標性能を満足することができた。

4.3 B.S. 試験

B.S.に準拠した模擬負荷8個を冷凍室内に入れ、貯蔵室平均温度をほぼ0℃にしたときの模擬負荷4点の温度を測定した結果が表3である。外気温度16℃、32℃いずれにおいても、冷凍室内負荷温度は-18℃以下となり、B.S.の最高性能であるスリースターの性能を満足している。

4.4 プルダウン試験

R-135形冷蔵庫は庫内感知方式であるため、庫内温度の変化に対してどの程度敏感に働くかをR-125形冷蔵庫と比較試験してみた。試験は外気温度30℃で庫内温度を約2℃に安定させ、次にドアを2分間開放して庫内温度を上昇させ、その後ドアを閉じて運転した場合の庫内温度の低下度合を比較したもので、その結果が図11である。庫内温度が2℃に戻るまでの経過を見ると、庫内温度が上昇したにもかかわらずR-125形冷蔵庫は運転率がほとんど変わらないのに対し、R-135形冷蔵庫は庫内温度の上昇をとらえて約30分間連続運転し、以後徐々に運転率が元の値に減少していくという経過をたどった。したがって庫内温度の回復時間はR-125形冷蔵庫が

141分を要するのに対し、R-135形冷蔵庫は約4倍速い34分であった。これよりR-135形冷蔵庫は庫内温度の変化に敏感に作動し、目標温度まで急速に冷却するというきわめて回復能力のすぐれた冷蔵庫であるといえる。

5. 結 言

以上をまとめると次のようになる。

- (1) F16形温度調節器と、圧縮機が停止したときのみ感熱管を加熱するSコードを使用した庫内感知方式の採用により、温度調節器の操作をいっさい行なわずに夏冬とも常時庫内温度が一定となる全自動冷蔵庫を完成することができた。
- (2) 庫内感知方式の採用により、ドア開閉や食品を投入したこ

とによる温度上昇に対して温度調節器が敏感に作動して運転を開始し、かつ一定の庫内温度に達するまでフルに冷却運転を続けるというすぐれた冷却能力を有している。

- (3) [全自動]と[冷凍]とに使い分けることができ、[冷凍]ではB.S.の最高性能であるスリースターの性能を備えている。
- (4) R-125形冷蔵庫よりも冷却能力に余裕があるとともに、冷凍室の容積を10lに増して冷凍食品保存の便を図った。

参 考 文 献

- (1) 藤橋, 藤沼, 石川: 日立評論 49, 546 (昭42-7)

特許の紹介

特許第450226号(特公昭40-1626号)

田 附 修・北 野 豊・谷 越 敏 彦

同期一同期周波数変換機の並列運転装置

同期一同期周波数変換機を並列運転する場合、電動機と発電機との回転子は機械的に連結固定されているので、その極数によっては電動機側が同期位置にあっても発電機側の位相が必ずしも同期位置とはならない。そこで従来は電機子巻線と磁極との関係位置を調整するために、電動機または発電機の電機子側を軸のまわりに回転させるような電機子移動装置、すなわち移相装置を備える必要があった。しかしながら大容量の周波数変換機においてこのような移相装置を設けることは、構造が複雑になりかつ装置が大形となるため実施困難な場合がある。

本発明は移相装置をもたない同期電動機 M_a, M_b と同期発電機 G_a, G_b をそれぞれ直結した同期一同期周波数変換機の並列運転において、上記周波数変換機と機械的に結合された移相装置を備えた誘導同期電動機と同期検定を容易にするための永久磁石発電機、またはパルス発振器を主機と機械的に連結せしめたものである。

周波数変換機においては電動機 M と発電機 G の極数が異なるため2組 a 組, b 組が並列運転し、それぞれの容量に見合った負荷 L を分担するには、電動機 M および発電機 G の無負荷誘起電圧の位相が各組間で一致しなければならないから、誘導同期電動機 ISM の同期投入後、永久磁石発電機 PMG_a と PMG_b の出力電圧 EP_a と

EP_b の位相差を検出して、この出力電圧 EP_a と EP_b の位相差を小さくするように誘導同期電動機 ISM の固定子を軸のまわりに回転させる。そしてこの出力電圧 EP_a と EP_b の位相差が所定値以下になったとき、同期電動機 M_b に励磁を与えて EM_b なる電力を発生させ、電源電圧 ES と比較して両者の位相が一致するように上記誘導同期電動機 ISM の固定子をさらに回転して同期をとるものである。(石原)

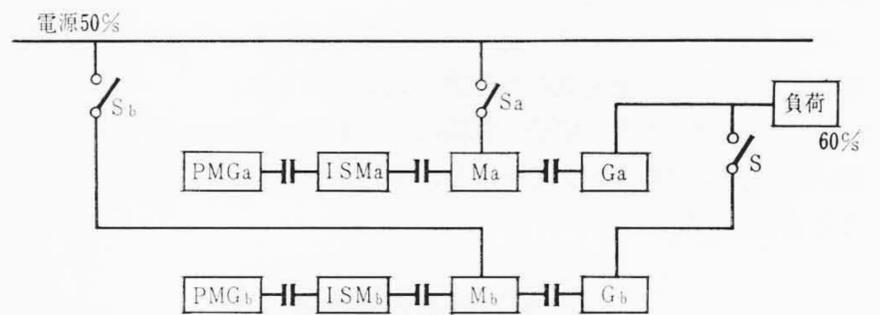


図 1

新案の紹介

登録実用新案第822566号

八 田 達・五十嵐 高

トンネル内通信装置

この考案は、トンネル内を通過する列車と無線固定局との無線通信を可能としたもので、その要旨は図1および図2に示すように、トンネル1の内部に設置した開放同軸ケーブル2の両端にアンテナ4, 6を設け、一方のアンテナ4はトンネル内部に配置し、他方のアンテナ6はトンネル外部に存在するように設置したものであり、図1は短いトンネルに、図2は長いトンネルに適する。

この考案によると、トンネル外の固定局より発射された電波はアンテナ6により受信され増幅器5により増幅されたのち、トンネル1内に設置した開放同軸ケーブル2の電波漏えい孔3より漏えいさ

せるとともに、アンテナ4からも電波を発射させて、トンネル内を通過する列車と固定局との通信を効果的に行なわせることができる。

この考案の特長は、トンネル内の全長に開放同軸ケーブルを布設することなく、ケーブルの一部を指向性を有するアンテナに置換することにより、経済的にしかもトンネル内全長にわたって均一な電波を分布させることができる。またケーブルの先端において余分の伝送エネルギーが残存するとケーブル特性上好ましくないが、この考案においては先端に設置したアンテナより電波を発射するので、ケーブル終端における電気的問題は解消される。なお、アンテナ6に到来する電波が強力な場合には増幅器を省略してさしつかえない。(斎藤)

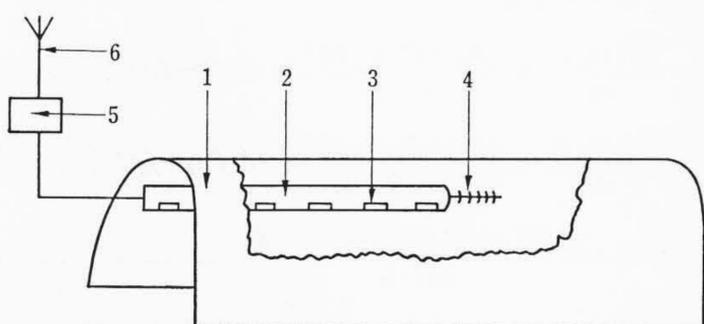


図 1

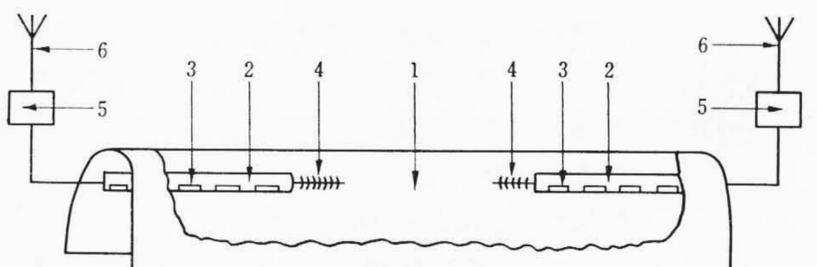


図 2