

大形オープンショーケースの諸特性

Development and Manufacture of Refrigerated Display Case

田 中 健 二* 小 野 真 幸*
Kenji Tanaka Masaki Ono
岡 部 恭 二* 埋 橋 英 夫*
Kyôji Okabe Hideo Uzuhashi

要 旨

セルフサービス方式の商店向けオープンショーケースの需要が増加しているが、従来から発売していた RC-5603LO 形⁽¹⁾の蒸発器，ナイトカバー，デフロストなどの構造，機能をいちだんと発展させた RC-7008LO 形冷凍オープンショーケースと，ユニット内蔵で汎用性をもつ RC-6MP 1 形冷蔵オープンショーケースの 2 機種を開発し，それぞれ昭和 42 年 11 月，昭和 43 年 8 月に発売した。
本文はこれら 2 機種の特長とするおもな項目について述べたものである。

1. 緒 言

食料品流通の近代化のために昭和 40 年 1 月科学技術庁の出した勧告を契機として生鮮食料品の低温流通体系＝コールドチェーンに対する各方面の関心は急速に高揚された。コールドチェーンの形成には生産，輸送，販売の各段階で冷凍装置を中心とした各種設備が必要とされるが，販売面においてはセルフサービス方式の小売店，いわゆるスーパーの増加とともにお客自らが商品を選択できるオープンショーケースの需要が増加している。これらの需要に応ずるため第一段階としてオープンショーケース 2 機種を開発した。
オープンショーケースの需要背景をみると低温食品関係では冷凍食品の生産量は昭和 42 年では 54,129 t で昭和 37 年の約 3.4 倍となっている。冷凍食品はフリーザ付冷蔵庫の普及により，最高級の生鮮品に匹敵する品質を確保するようになったが，1 人当たりの年間消費量はアメリカの約 1/8 と少ない。しかし生活思想の変化，加工処理方法と保管輸送方法の改善などによって今後めざましい伸長を続けることが予想される。またアイスクリームも乳脂肪分の多い高級品を中心に大きな伸びが期待されている。

冷蔵食品でみると東京中央卸売市場におけるレタスの入荷量は昭和 42 年は昭和 35 年に比べて 3.7 倍，またチーズは同じ年の比較で約 6 倍と著しい伸びを示している。野菜のうちでも葉菜類，果実類は特に痛みやすく低温に保持できる大形オープンショーケースが必要である。
次にスーパーマーケットは最近またいちだんと増しはじめているが，これは既存のスーパーが大規模の利益を得るために店舗の新設と拡大を図っていることと一般小売店が店をセルフサービス方式として経費の節減を図ろうとする表われである。この傾向は今後ますます強まるものと考えられ，それに従ってスーパー用ショーケースの需要も急激な伸びが見込まれている。

2. RC-7008LO 形冷凍オープンショーケース

2.1 設 計 目 標

冷凍オープンショーケースの冷却方式には庫内空気の循環方式により，強制循環式と自然循環式がある。強制循環式は短時間の完全除霜が困難，有効内容積が小さい，構造複雑など不利な点を有している。一方自然循環式は内箱そのものを蒸発器とするとともに内箱上部後方にフィン蒸発器を取り付けて内箱上部の空気を冷却する構造のもので，負荷の温度を上げずに完全に除霜することが可能，有効内容積を大きくすることができる，構造簡単で価格を安くするこ

* 日立製作所栃木工場

表 1 RC-7008LO 形仕様

項 目		仕 様
貯 蔵 庫	外 形 寸 法 (mm)	幅 1,830, 奥行 840, 高さ 1,100
	外 箱, 内 箱	高級仕上鋼板白色アクリル樹脂塗料焼付塗装
	総 内 容 積 (l)	690
	有効内容積 (l)	450
冷 凍 サ イ ク ル	断 熱 材	一体発泡硬質ポリウレタンフォーム
	ナイトカバー	前後開閉式透明合成樹脂製
庫 内 温 度	圧 縮 機	密 閉 形 (750 W)
	凝 縮 器	強制通風式ワイヤチューブ形
	蒸 発 器	フィンチューブ形およびパイプオンシート形 (内箱兼用)
	冷 媒	R-12 (CCl ₂ F ₂)
	電 源	三相 200 V 50/60 Hz
	温度調節器	自動温度作動形
製 品 重 量	除 霜 方 式	定時自動除霜式
	庫 内 温 度	-20℃ 以下 (外気温度 30℃, 無負荷, 直射日光受けず)
製 品 重 量		約 270 kg

とができるなどの長所を有している。また従来より発売していた RC-5603LO 形に対する顧客の要望などを考慮し次のような設計目標を定めた。

- (1) 自然循環式で幅は 1,800 mm 以上とする。また有効内容積は国内で開発されたどのものよりも大きくする。
 - (2) 前面高さを低くし，奥行，開口寸法も大きくする。
 - (3) 前面高さと開口寸法の改良により上部蒸発器への着霜を増すが，これに対し従来以上の冷却性能を発揮する上部蒸発器を開発する。
 - (4) ナイトカバーは立体的で豪華なものとし，展示効果の飛躍的向上を図る。また軽くスムーズな開閉機構を開発する。
- そのほかにゴミ詰りの少ない凝縮器，確実な除霜機構の開発など随所にざんしんな機構を取り入れることにした。

2.2 仕様，構造ならびに機能上の特長

2.2.1 仕 様

本機の仕様を表 1 に，構造寸法図を図 1 に，外観写真を図 2 に示す。ショーケース前面の高さは 840 mm で低く，有効内容積は 450 l で国内のどのショーケースよりも大きくした。前面の高さを下げることにより，ロードラインと前面高さとの間隔が小さくなり，このため熱漏えい量は増加するが，これを補う目的で上部蒸発器を大形化しかつ特殊なものにした。

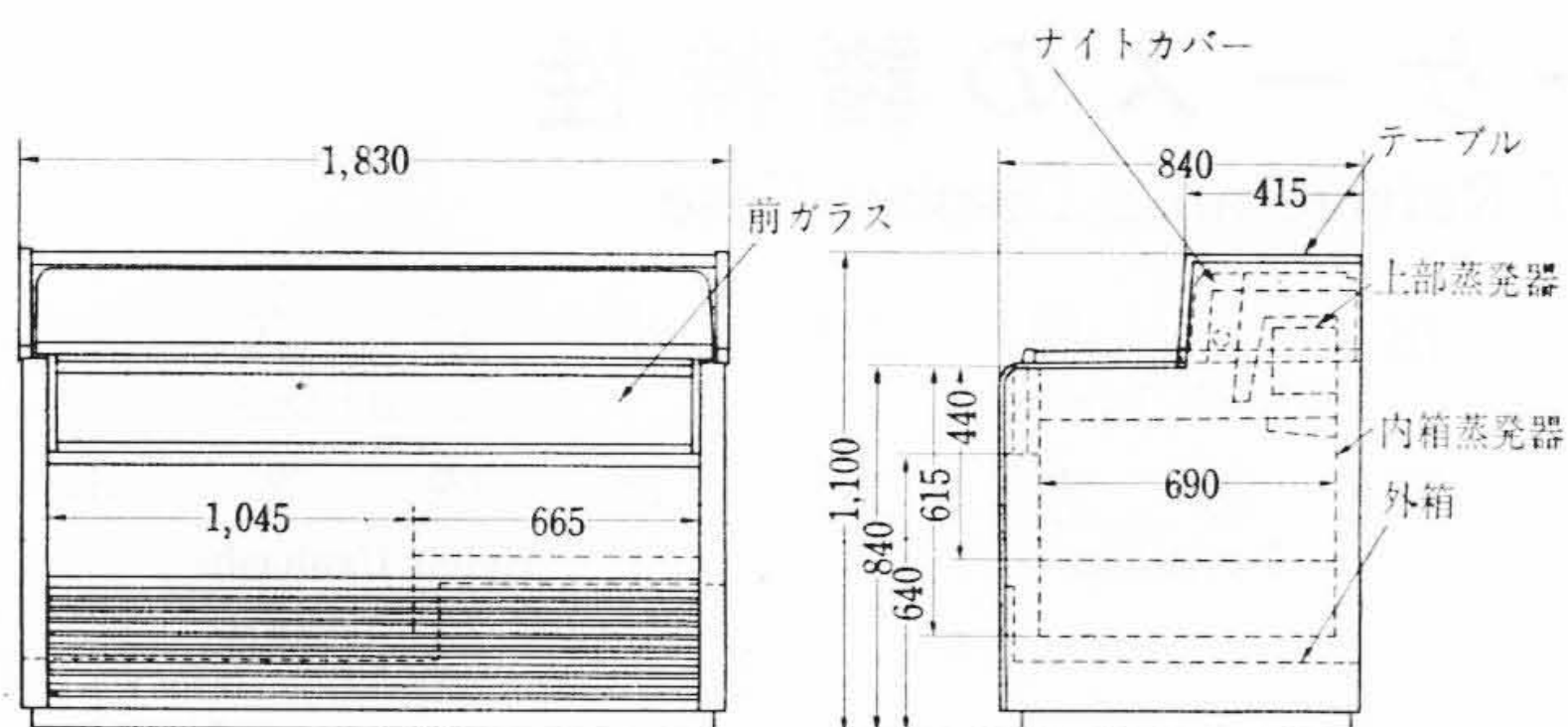


図1 RC-7008LO形 構造寸法図

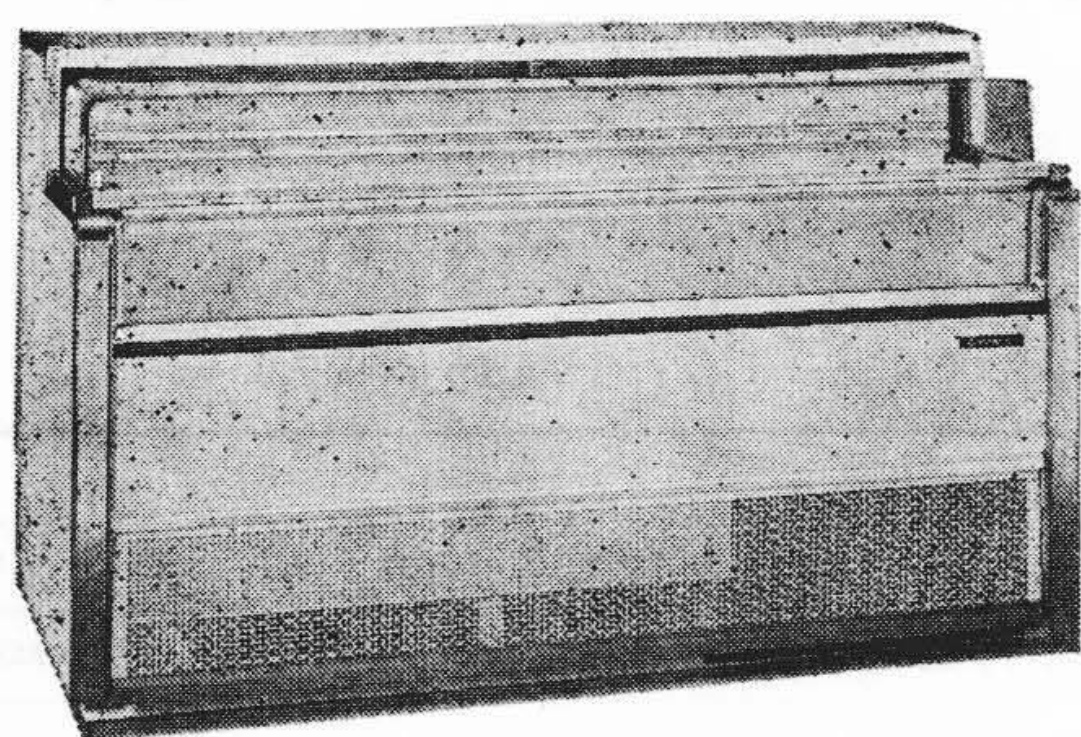


図2 RC-7008LO形外観

2.2.2 上部構造

上部構造は図3に示すとおりで、空気は上部蒸発器で冷却され比重が大きくなって矢印のように庫内の下方へ流れ食品を冷却する。庫内は内箱蒸発器と上部蒸発器で冷却されるが、庫内空気は上部蒸発器で常に冷却乾燥されているため内箱蒸発器には霜がつきにくく除霜を行なう必要はほとんどない。上部蒸発器は後述するように1日1回定時刻に完全自動除霜される。

図4はナイトカバー関係の詳細図である。透明カバーはショーケース全体を豪華にしデラックスな感じを盛り上げるために合成樹脂の中でも透明度のすぐれたアクリル樹脂が使用されている。このナイトカバーは前面のみでなく側面からでも中の商品がよく見え販売容器として展示効果は抜群である。またナイトカバーは開閉時にスムーズに動くことが望まれるが、本機では特に中央のウエールとナイロン製のスライドをもつ中央支持方式が採用されている。

2.2.3 蒸発器

蒸発器は内箱兼用のパイプオンシート式と上部蒸発器の特殊ピッチスタガークロスフィンチューブ式の二つから形成される。ここで問題となるのは上部蒸発器の構造で前述のように本機では特に前面高さを下げたために外気の庫内への侵入が多く上部蒸発器への着霜も多い。そこで本機においては、高湿時においても霜付きによる冷却性能の低下を招来せしめないために、フィン形状とフィンピッチについて種々検討した。伝熱面積を多くしようとしてフィンピッチを小さくすると霜による目づまりを生じ、またフィンピッチを大きくすると所要の伝熱面積が得られない。そこで図5の(イ)～(ホ)5種類のフィン形状について検討した。図5の(ニ)はフィン入口部に霜詰りを避ける目的であり(ホ)は(ハ)の伝熱面積の不足を補いかつ霜詰りを避ける目的をもっている。

設計条件ならびに蒸発器初期寸法を設定しこれら(イ)～(ホ)についてそれぞれ次のように計算した⁽²⁾。

- (1) 霜が付着しない状態における自然対流の流速を求める。
- (2) 自然対流での熱伝達率を求め冷却熱量を求める。
- (3) 霜の生成による気流通過面積の減少値を求め、流速の減少

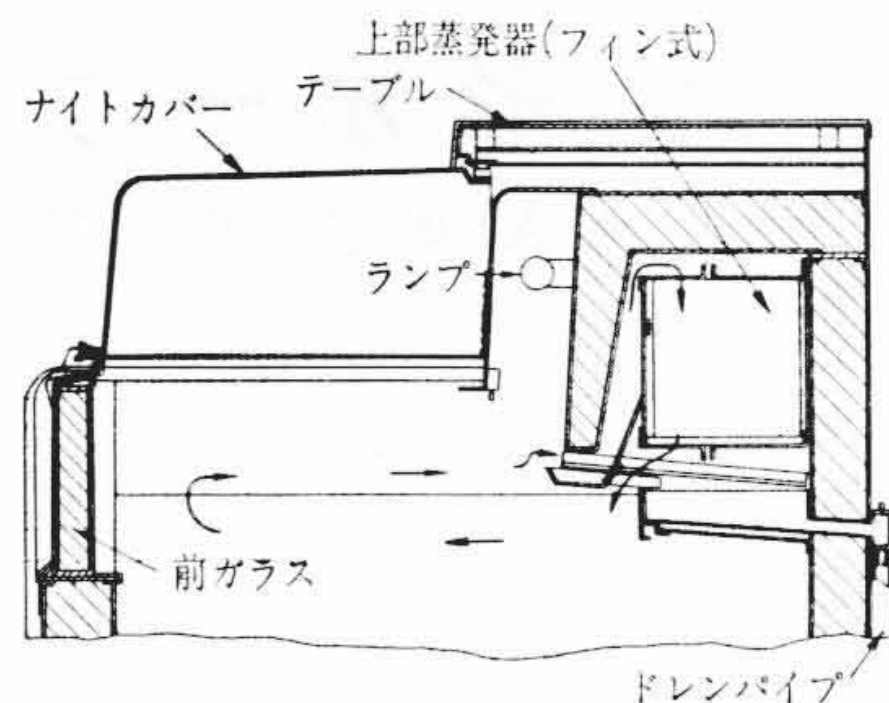


図3 上部構造図

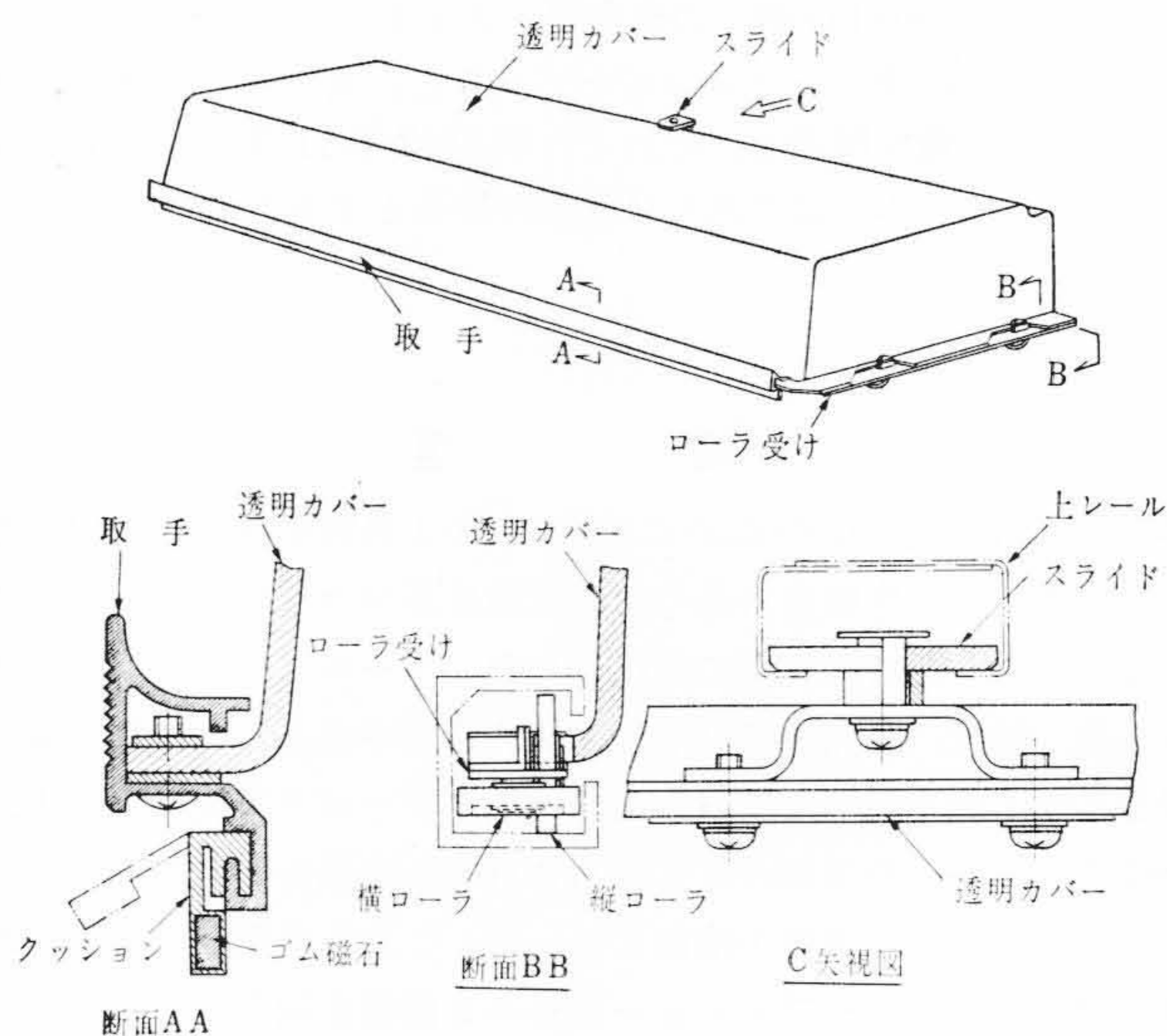


図4 ナイトカバー構造図

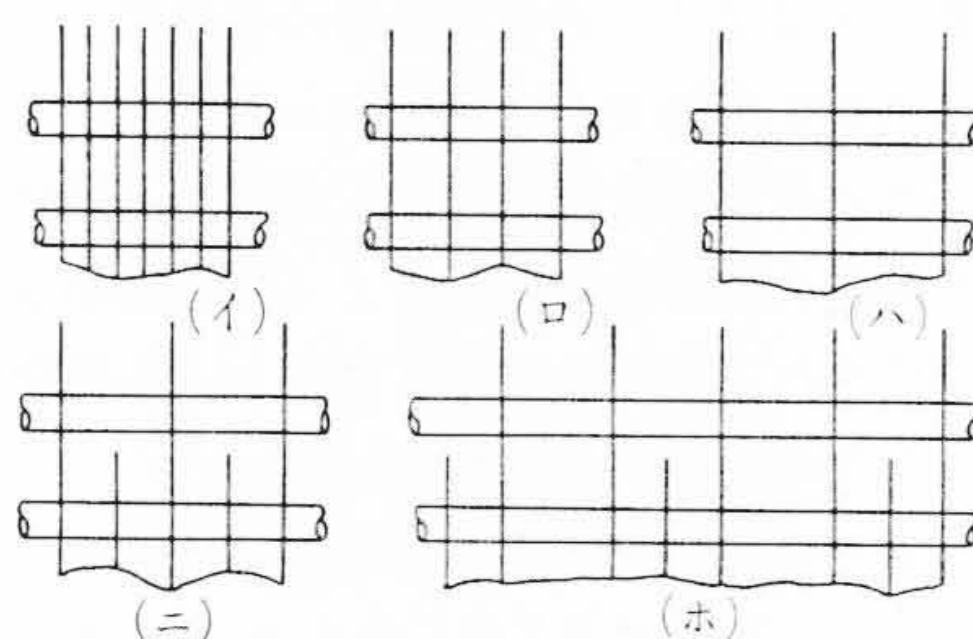


図5 検討用フィン形状

値を求める。

- (4) 霜の生成による熱伝達率の変化を求め冷却熱量を再計算する。
 - (5) フィンの局部熱伝達率は気流入口からの長さの1/4乗に比例して減少するものとし、入口部の霜付着量を計算する。
 - (6) 以上の計算を各フィン形状について24時間目まで行なう。
- 2 平行平板の間の自然対流により発生する流速は次のように計算される。

$$\frac{T_{a2} - T_{a1}}{T_{a1}} = 2.56 V_{\max}^2 + \frac{1.8 \times 10^{-4}}{(P_f - S)} V_{\max} \dots \dots \dots (1)$$

この風速より風量は次のように求められる。

$$M = \frac{\{P_f - (2S_f + S)\} \{P_1 - (d + 2S_f)\} 60 V_{\max}}{P_f P_1} \dots \dots \dots (2)$$

霜が発生した時の霜表面熱伝達率 α_f は霜のない時のほぼ2倍の値であり⁽³⁾したがって霜付着熱貫流率 K ならびに冷却熱量は次のように計算される。

$$K = \frac{\lambda_f \alpha_f}{\lambda_f + S_f \alpha_f} \dots \dots \dots (3)$$

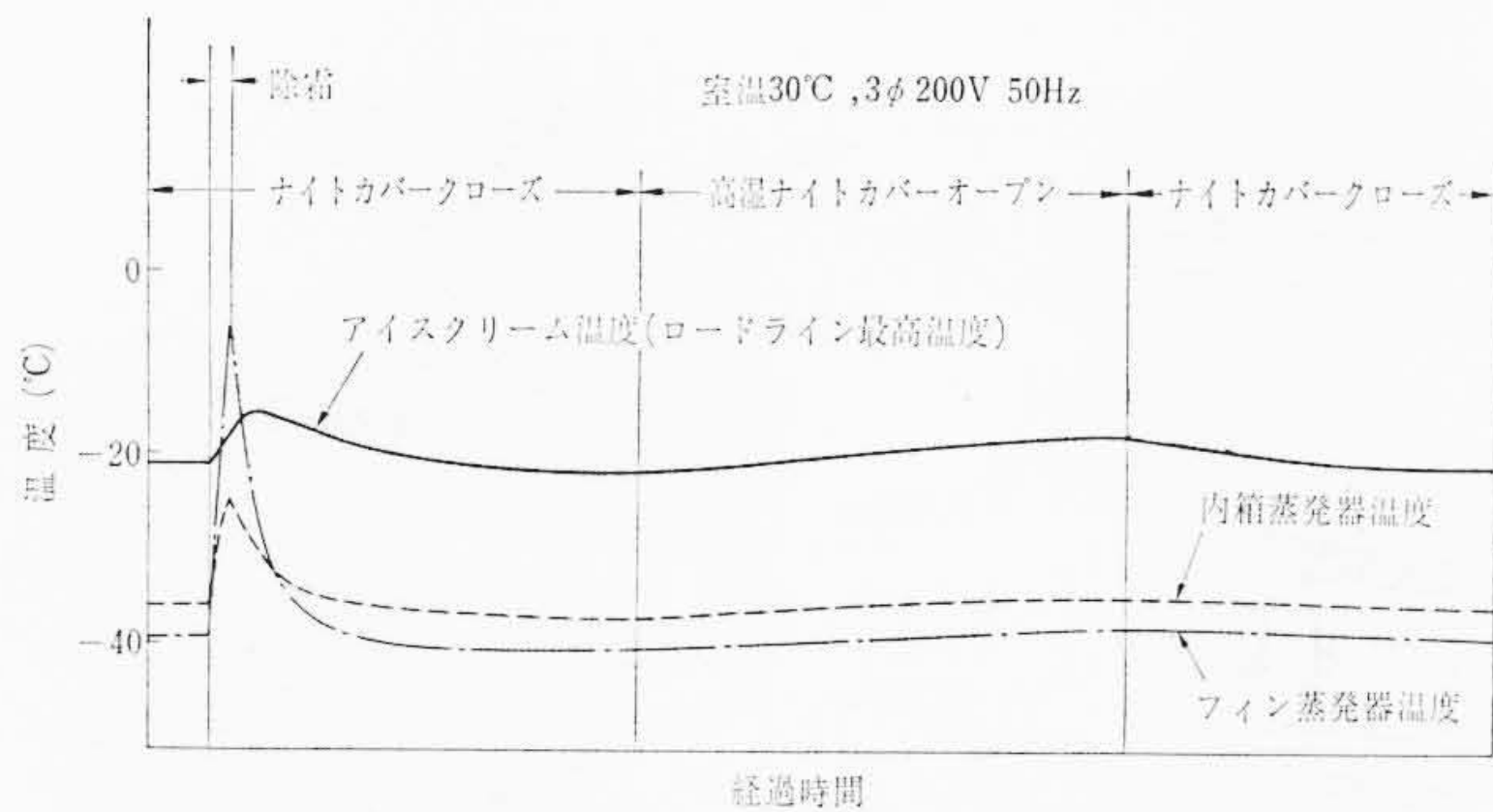


図6 実負荷冷却除霜試験

$$\text{霜熱伝導率 } \lambda_f = 0.0249(1 + 10^{-4} \rho^2) \dots (4)$$

$$\text{霜カサ比重 } \rho = 1,000 |T_E|^{-e^{-(0.0972 V_{\max} + 0.1828)}} \dots (5)$$

$$\text{霜生成量 } W = 60 M \gamma C \rho \cdot (X_{a1} - X_s) \left(1 - e^{-\frac{KA}{60 C \rho \gamma M}}\right) \dots (6)$$

$$\text{霜厚さ } S_f = \frac{\sum W dt}{\rho A} \dots (7)$$

$$\text{冷却熱量 } Q = 60 M \gamma C \rho (T_{a1} - T_E) \left(1 - e^{-\frac{KA}{60 C \rho \gamma M}}\right) \dots (8)$$

(1)～(8)式の計算結果により冷却熱量と霜厚さの変化を比較して次のことが判明した。

- (1) フィンピッチを小さくして伝熱面積を大きくしても気流が流れがたくかえて入口部に霜が付着し霜詰りを生ずる。
- (2) 24時間除霜をしないで所要の冷却能力を発揮するのは(ニ)と(ホ)の形式である。
- (3) (ニ)は(ホ)より冷却能力は大きい霜詰りに対して絶対安全とはいえない。

以上により最終的には(ホ)の形状を採用することにした。

2.2.4 デフロスト機構

冷凍ショーケースの設計の大きな問題点の一つは、除霜をいかにうまく行なうかにある。除霜の際少しでも残霜があればそれは除霜ごとに累積され、庫内温度の上昇を招来する。すなわち絶対に残霜は許されない。また除霜にショーケースの保冷性能以上の長い時間をかければ貯蔵食品は溶解してしまうので、許される時間内に終了しなければならない。さらに除霜水の排水路が氷結して詰まると、水は庫内に滴下してつららとなり貯蔵食品を痛めてしまう結果となる。これらの問題点の解決のため本機では新しく開発した TD7 サーモとヒータの組合せによる完全自動除霜を採用した。TD7 サーモはタイマーによって1日1回除霜を開始し、感熱部の温度により復帰するもので万一感熱部が故障しても時間で復帰できるようセーフティタイムの機構がついている。ヒータは特殊耐熱ヒータとアルミ板を組合せたもので、上部蒸発器に直接接触させて取り付け、その熱が蒸発器に直接伝熱されるようにしたのでヒータ容量は 1,100 W で消費電力が少なく経済的な運転ができる。

2.2.5 試験結果

無負荷冷却試験の結果ロードライン温度はナイトカバークローズ -27°C 、オープン -25.5°C であった。図6はアイスクリームをロードラインまで一杯に入れて行なった実負荷冷却、除霜試験の結果を示したもので、デパート、スーパーでの使用を想定して夜間除霜を行なったのち、昼間はナイトカバーをオープンするという試験を何回も行なったものである。図6に示すアイスクリーム温度はロードラインのうちで最高温度のもので、これは全体の収容個数の1～2%である。最上段を除いた2段目以下のもの、お

表2 RC-6MP1 形仕様

項 目		仕 様
冷 却 方 式		強制循環エアカーテン
貯 蔵	外形寸法 (内は鏡) (mm)	幅 1,910, 奥行 1,110 (1,130) 高さ 1,015 (1,635)
	外 箱	高級仕上鋼板白色アクリル樹脂塗料焼付塗装
庫 内	内 箱	高級仕上鋼板白色アクリル樹脂塗料焼付塗装, 亜鉛鋼板, ガラス繊維強化プラスチック
	展 示 面 積 (m ²)	1.5
庫 断 熱 材	断 熱 材	一体発泡硬質ポリウレタンフォーム
	照 明 灯 (鏡付の時)	30 W×2
冷 凍 サ イ ク ル	圧 縮 機	全 密 閉 形 (750 W)
	凝 縮 器	強 制 通 風 式 ワイヤチューブ形
	蒸 発 器	フィンチューブ形
	冷 媒	R-12 (CCl ₂ F ₂)
	電 源	三 相 200 V 50/60 Hz
	温度調節器	自 動 作 動 形
除 霜 方 式		定時刻自動開始, 温度復帰式
庫 内 温 度		5°C 調 節 可 能 (外気温度 30°C, 無負荷, 直射日光受けず)
製 品 重 量		約 305 kg

よび最上段でも前ガラスより離れた後方のものはこれより低温になっており、したがって大多数のものはこの温度以下に保持されている。高湿時の上部蒸発器の性能および除霜能力をしらべるために本試験ではナイトカバーをオープンした場合には湿度を上げ、高湿条件での除霜を繰り返し行ない庫内温度の変化の状況をしらべ、最後に上カバーを取りはずし上部蒸発器の残霜の有無を調査した。その結果庫内温度はこの一連の試験を何回行なっても変化がなく、アイスクリームの貯蔵にはじゅうぶんであり、また上部蒸発器の霜は完全に融解しており庫内のつららの発生、露受けや排水ドレンの氷結なども認められなかった。本機は前面の高さを低くし開口寸法も大きくしたために外気の庫内への侵入も多くなったが、新たに開発した上部蒸発器とヒータによりじゅうぶんな実負荷性能と消費電力を少なくしながら多量の霜も効率よく除霜できることを確認した。

3. RC-6MP1 形冷蔵オープンショーケース

3.1 設計目標

本機の設計目標を次のように定めた。

- (1) 展示効果を上げるために開口面積を広くし、強制循環によるエアカーテン式を採用した本格的冷蔵オープンショーケースとする。
- (2) 鏡の取り付けと何台もの連結が簡単にできる構造とする。
- (3) デラックスな意匠であるとともに商品を手にとりやすいよう前面の高さを低くしショーケースの下部はつま先のあたらない構造とする。
- (4) 据付工事が不要で本体を据付ければ直ちに使用できるコンデンシングユニット内蔵形とする。
- (5) 除霜は使用状況によってはその回数を適宜に選択できるようにし終了は温度復帰で食品の温度上昇を最小限に押える完全自動除霜とする。

3.2 仕様、構造ならびに機能上の特長

3.2.1 仕 様

本機の仕様表を表2に構造寸法図を図7に、外観写真を図8に示す。前面の高さは 835 mm で低く、前面下部はつま先の当たらない形状にしたのでショーケースに近づきやすい構造である。断

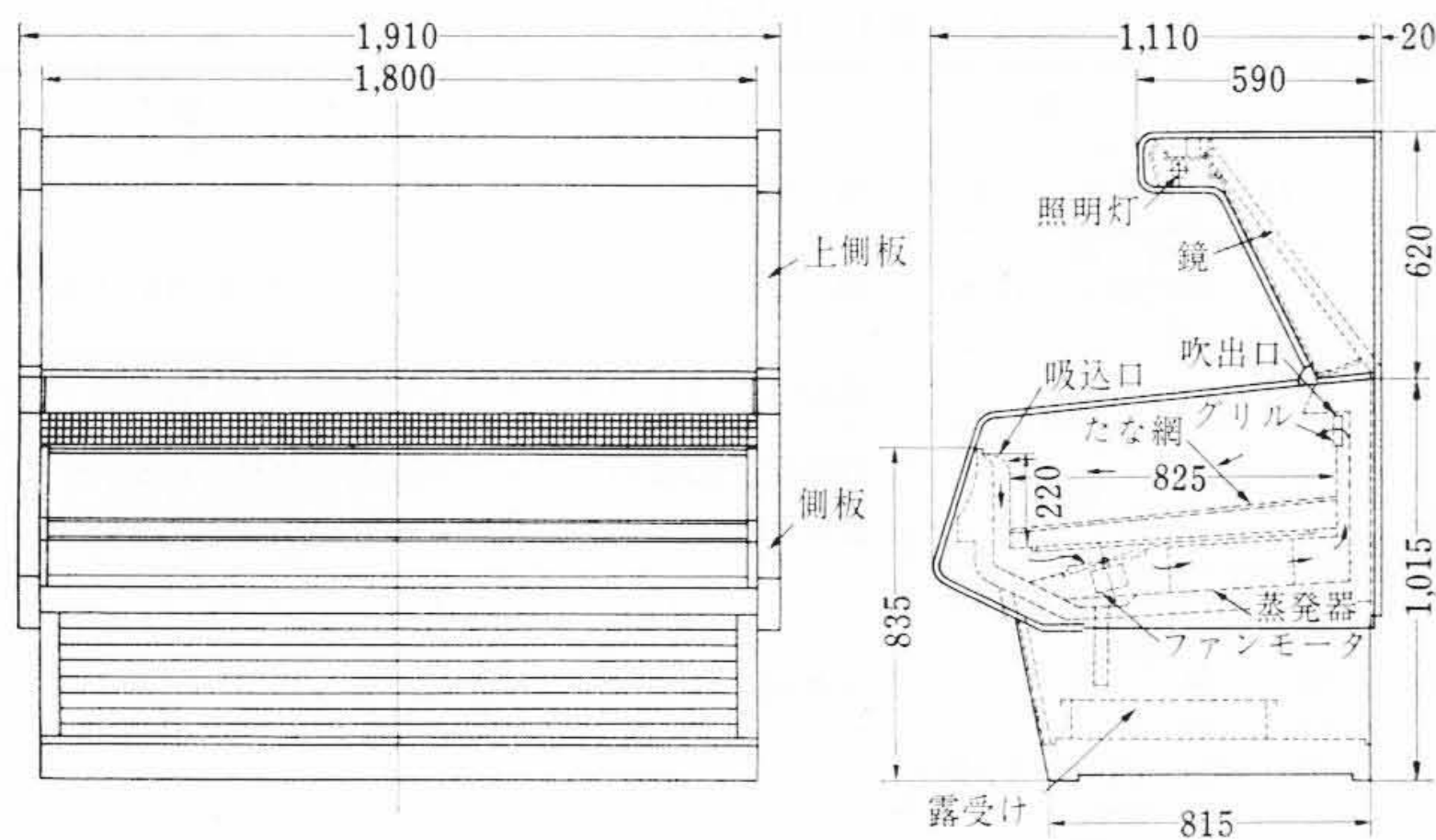


図7 RC-6MP1形構造寸法図

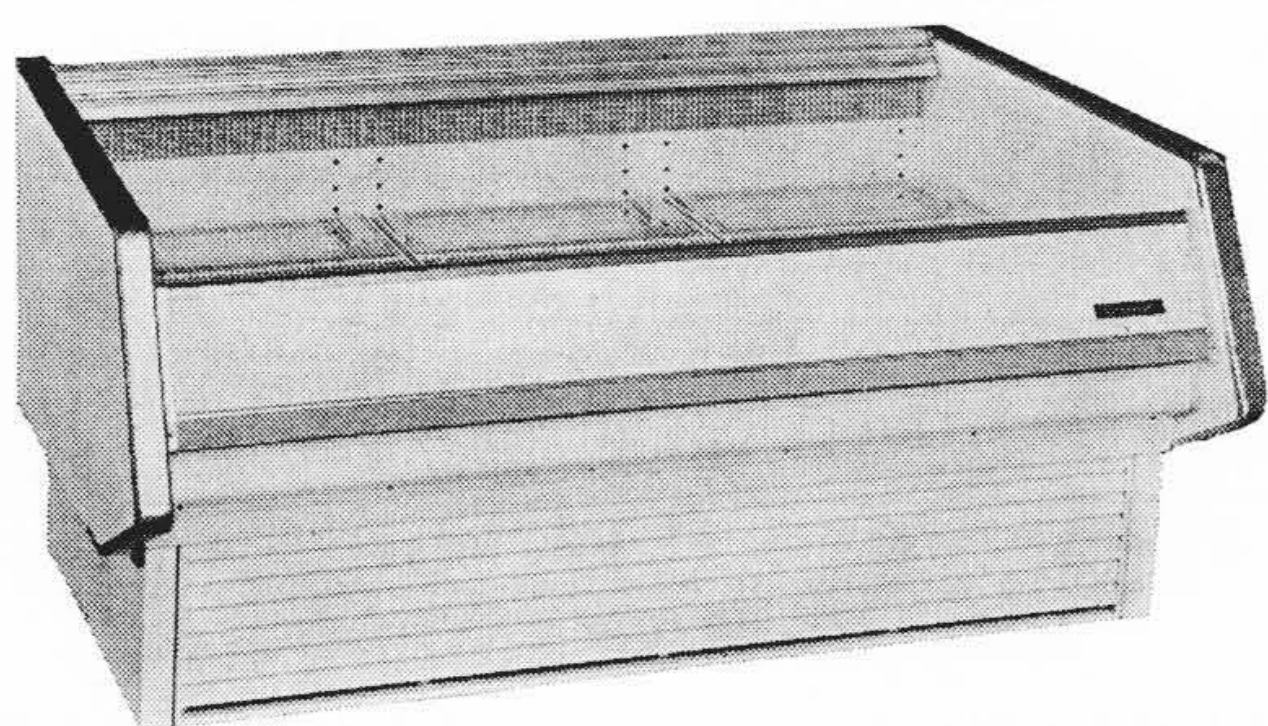


図8 RC-6MP1形外観

熱材の機械的強度，耐湿性，耐久性を増すため一体発泡の硬質ウレタンフォームを採用した。

3.2.2 強制循環冷却

本機の冷気循環経路は図7の矢印の順序に従って行なわれる。庫内を冷却した空気は吸込口より前部のダクトを通り，ショーケース中央にあるファンによって蒸発器へ送り込まれる。循環空気の風量が，庫内冷却性能にどのような影響を与えるかを調査し，冷却した循環空気の損失が少なく負荷温度のばらつきの少ない最適の風量とした。

3.2.3 連結と鏡

本機は小さな店から大きなスーパーにまで据付けができるよう1間単位で何台でも希望の長さにつなぐことのできる連結方式を採用している。図9は本体，鏡連結図を示したものである。連結するには側板をはずしSプレートの前後2個所の連結用穴を利用し，8φボルトナットで互いに締めつけるだけで簡単に行なうことができる。側板と本体の間，連結される部分の間にはポリエチレンスポンジを介在させて，冷気の漏えいを防いだ。本機は鏡の取り付けを可能にしたが，鏡は立体的な商品展示を行なうことによってデラックスなふん囲気をもりたてることのできる。鏡の取付位置については，買物客がショーケースに近づいたときに買物客自身の身体を写し出すことのないよう，商品のみをいつも写していることがたいせつで，本機は成人女子の身長より，最適の高さ，角度にしてある。

3.2.4 蒸発器，コンデンシングユニット

蒸発器はクロスフィンチューブ式で，蒸発器の通風抵抗，フィン間風速，霜表面熱伝達率，霜付熱貫流率，冷却熱量などは次式⁽³⁾により計算される。

通風抵抗

$$\Delta P = 5.88 \times 10^{-4} N \frac{\left[\frac{2}{P_f} \left\{ P_2 - \frac{\pi(d+2S_f)^2}{4P_1} \right\} + \frac{\pi(d+2S_f)}{P_1} \right]}{P_2^{0.30}} \times \left[\frac{P_f P_1}{\{P_f - (2S_f + S)\} \{P_1 - (d+2S_f)\}} \right]^3 V_f^{1.70} \dots (9)$$

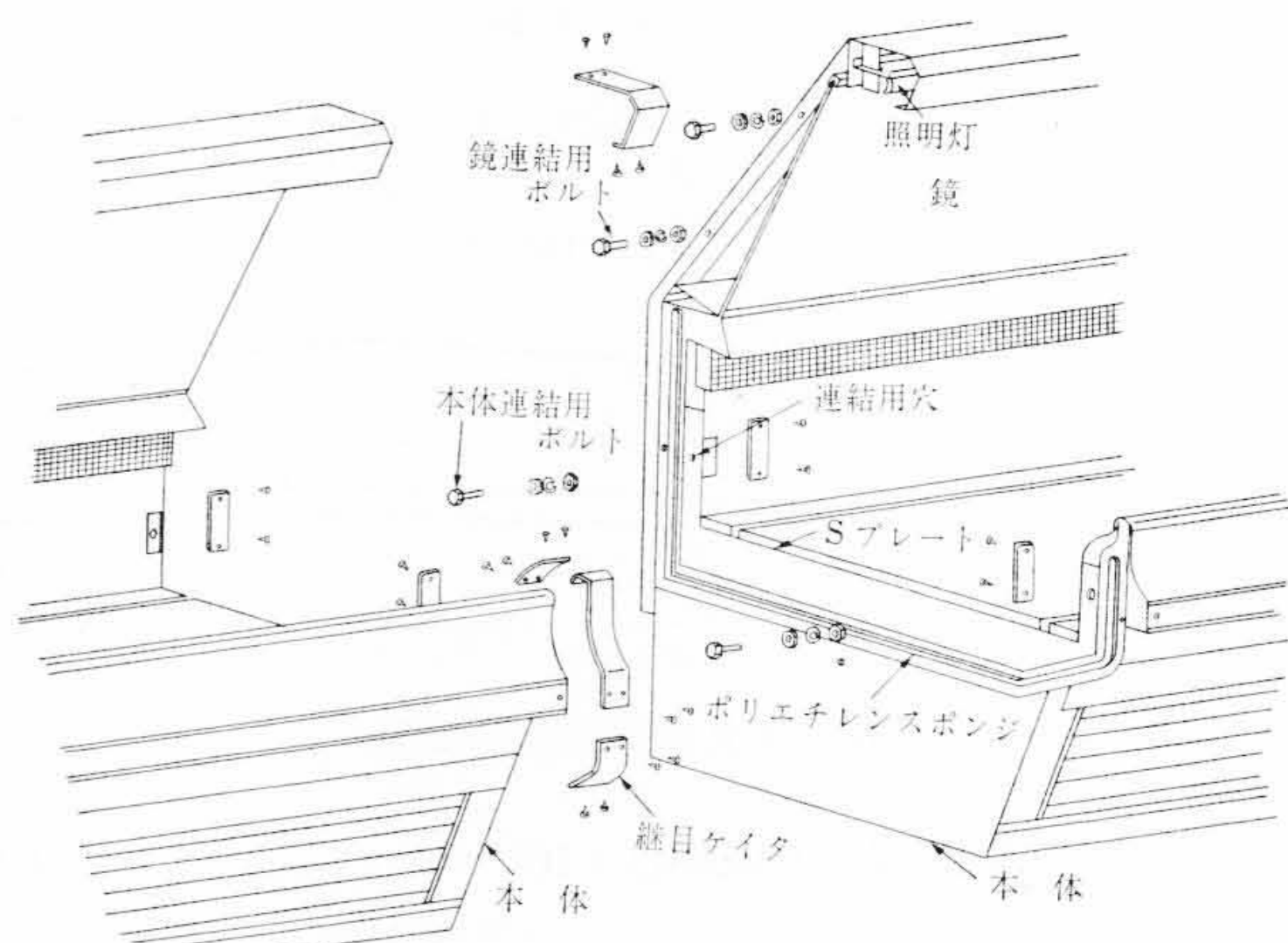


図9 本体，鏡連結図

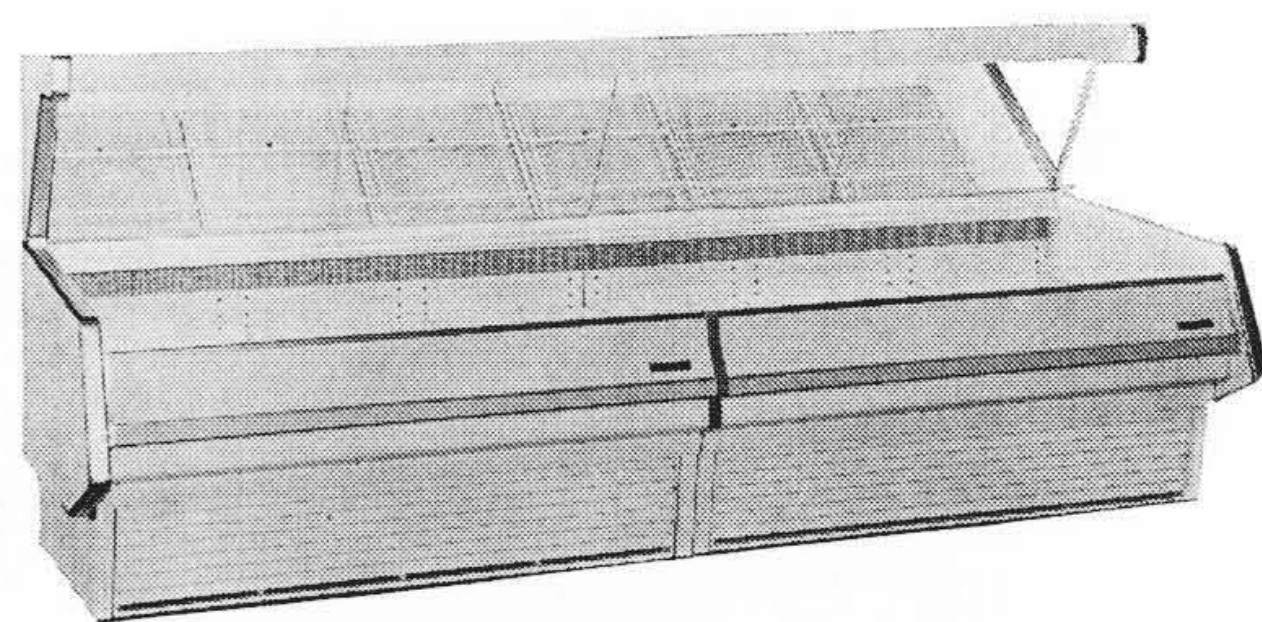


図10 2台連結外観（鏡付）

フィン間最大風速

$$V_{\max} = \frac{P_f \cdot P_1 \cdot V_f}{\{P_f - (2S_f + S)\} \{P_1 - (d+2S_f)\}} \dots (10)$$

$$\text{風量 } M = 60 L_1 L_2 V_f \dots (11)$$

霜付熱貫流率

$$K = \frac{\lambda_f \left(\frac{31 V_{\max}^{0.578}}{1 + \frac{2L^2}{3\lambda S} \sqrt{\frac{P}{d}} \times 31 V_{\max}^{0.578}} \right)}{\lambda_f + S_f \left(\frac{31 V_{\max}^{0.578}}{1 + \frac{2L^2}{3\lambda S} \sqrt{\frac{P}{d}} \times 31 V_{\max}^{0.578}} \right)} \dots (12)$$

(9)～(12)式，(3)～(8)式の繰返し計算により12時間までの冷却熱量，風量，霜厚さの変化を求め霜付きによる冷力低下を最小限に押えるようにした。本機は据付場所の状況によっては，水冷コンデンシングユニットも内蔵できる構造を持っている。

3.2.5 除霜機構

冷蔵オープンショーケースは上面が完全オープン状態であるため外気の影響を受けやすく梅雨期と冬期では霜付量も当然大きく異なる。また野菜を陳列した場合には鮮度保持のために散水することがあり，このときの蒸発器の霜付きは非常に多くなる。これらの種々の条件においても完全に除霜を行なうために，本機の除霜開始はタイマーによる定時刻自動開始で，終了はデフロスターモによる温度復帰という最もすぐれた方式を採用した。特にタイマーは除霜回数，開始時刻，セーフティタイムを任意に選択できるようにした。

3.2.6 試験結果

本機の試験の結果は次のとおりである。

風速分布を庫内の同一断面について測定した結果，中央部と右端の風速では約0.1mの差であり，ほぼ均一な風速が得られている。庫内の風速はかなり遅く，吹出口より出た冷気は底部をほううにして前部へ流れ吸込口に至っている。

図11は実負荷冷却，除霜試験の結果を示したものである。冷蔵オ

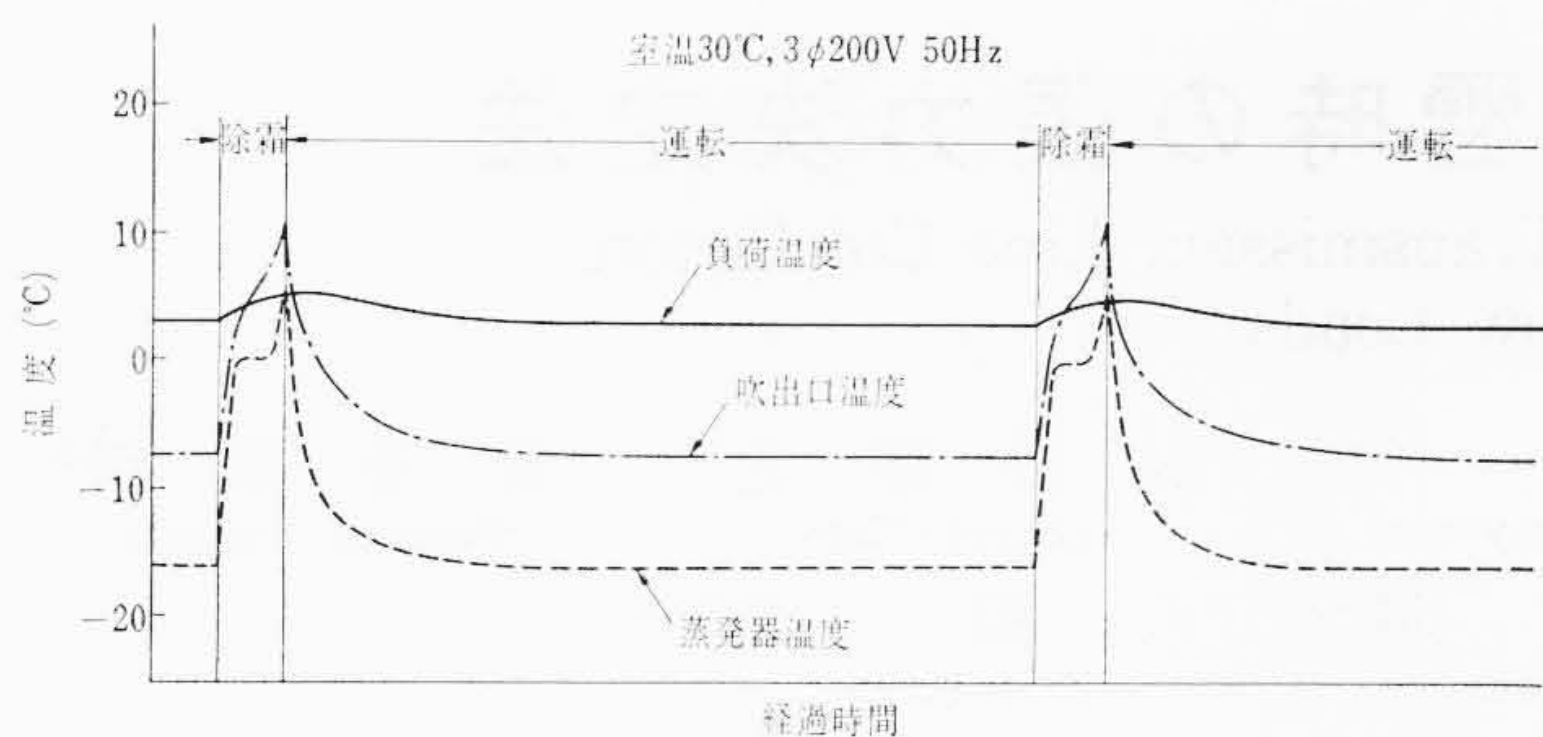


図 11 実負荷冷却除霜試験

オープンショーケースは、開口面積が大きく蒸発器への着霜が多いため通常の使用時には、1日2回以上の除霜を行なう必要がある。蒸発器は霜がすべて融解されると温度は急激に上昇するが、本機は霜が融解すれば、直ちに冷凍運転に戻り除霜時の温度上昇が少ないデフロストサーモによる復帰方式を採用している。試験の結果、除霜による負荷の温度上昇は 2.5°C とわずかで、食品の品質を保証することができる。

次に断続試験について述べると温度調節器のノッチを変えて断続試験を行なった結果、ノッチを変えることにより庫内温度を 3°C から 13°C まで変えることができ、バター、チーズの乳製品、ハムなどの肉製品から野菜、果物などまで広範囲に使用可能であることを確認した。

4. 結 言

以上の結果を要約すると次のとおりである。

(I) 冷凍ショーケース

- (1) 幅が $1,830\text{ mm}$ でいわゆる1間幅のショーケースとしては国内では最大の有効内容積 450 l を有するショーケースを開発した。
- (2) 販売がしやすいように前面高さは 840 mm と低く、また開

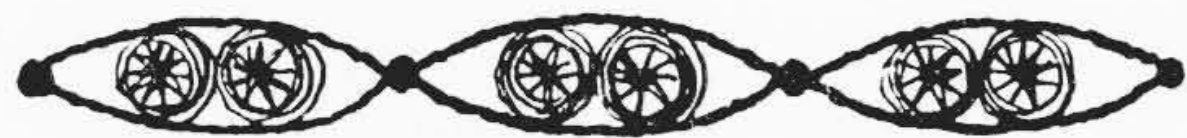
口寸法も 350 mm と大きい。

- (3) 前項の改良により、上部蒸発器への着霜が増加する結果となったが、特殊なフィン形蒸発器と除霜機構により高湿状態においても、従来以上の冷却性能を有することを確認した。
 - (4) 高湿状態における除霜試験を繰り返し行なった結果、上部蒸発器の霜は毎日完全に融解されることを確認した。またドレンパイプの氷結などもなく除霜水の処理も完全であった。
 - (5) ショーケース全体を豪華にする透明アクリル樹脂製ナイトカバーとスムーズな開閉機構を備えている。
- ##### (II) 冷蔵ショーケース
- (1) 循環風量を変化させたときの冷却性能におよぼす影響を調査して適正風量を見出し、これに基づいて完全エアカーテン式のオープンショーケースを開発した。
 - (2) 一間単位で何台でも簡単に連結できる方式を採用し、また鏡の取り付けもできるようにした。
 - (3) 前面の高さが低く、つま先のあたらない、商品を手に取りやすい、デラックスなショーケースである。
 - (4) 使用状況によって自由に回数を選択できる。また温度上昇の少ない温度復帰形の除霜機構を採用し、実負荷試験によって温度上昇のごくわずかなことを確認した。
 - (5) 温度調節器のノッチを変えることにより、乳製品、肉製品から野菜まで広範囲に使用できる。

上記のように冷凍、冷蔵ともに良好な結果を得たが、今後さらに多くの機種を開発し需要家の要求に合ったすぐれたオープンショーケースを製作していくつもりである。

参 考 文 献

- (1) 長谷川：日立評論 46, 642 (昭39-4)
- (2) 細田，埋橋：日立評論 49, 647 (昭42-6)
- (3) 日本機械学会：機械工学便覧，8-33 (昭26)



特 許 の 紹 介



特許第495143号 (特公昭37-901号)

大岡 宏・大西 和夫
大島 修三

超 小 形 回 転 電 機 用 刷 子

いわゆるマイクロモータで代表される超小形直流回転機において、その寿命や効率は整流装置に依存するところが大きい。しかしながら長寿命で低損失の整流装置を得るために機構を複雑化することはこの種の超小形回転電機においては量産性の点で好ましいことではない。

本発明は機構を複雑化することなしに長寿命で低損失の整流装置を実現できる刷子を提供するもので、刷子としてきわめて単純な形状である線状体を用いその一端を固定し自由端を整流子にそれ自体の弾力を利用して接触させる構造を採用するもので、その特長は線状体が貴金属を含む合金で 0.05 mm ~ 0.25 mm の太さに形成されることである。

単純な線状体の一端を固定しその自由端を整流子にそれ自体の弾力で接触させる構造の刷子は玩具(がんぐ)用モータなどにおける整流装置に多く採用されているところであり、構造が簡単であるところからきわめて量産性にすぐれている。しかし従来から用いられて

いるものは短寿命で損失も大きく高級電子機器に採用し得る性能は得られなかった。その原因は接触不良を防止するために大きな接触圧力を与えていること、この大きな接触圧力による摩擦に耐え得る太い線状体を用いているために摩擦損失が大きいことであった。

本発明においては、化学的に安定していて接触による通電を安定に保つ貴金属を含む合金を線状体の材料とすることによって接触圧力を減少し、これに伴って生ずる整流子の振動に対して線状体が整流子面から飛躍するのを防止するために線状体をきわめて細くして柔軟性をもたせたものである。このようにして線状体を細くすると整流子面との摩擦損失がきわめて小さくなる利点が生ずる。線状体の太さの上限は、整流子の振動に対して順応し小さな接触圧力で良好な接触状態を維持できる柔軟性が得られる範囲であり、下限は摩擦折損を考慮した値である。

そして実験例では 0.1 mm の白金イリジウム線を用いて数千時間の寿命を得ている。(仙波)