

自然循環式オープンショーケースの冷却ならびに除霜特性

The Cooling and Defrosting Characteristics of the Refrigerated Open Display Case with Natural Convection System

長谷川 武*
Takeshi Hasegawa

内 容 梗 概

オープンショーケースは、冷却方式から分類すると、強制循環方式と自然循環方式とになる。前者については、すでに発表したが⁽¹⁾、今回後者のオープンショーケースを製作した。これは、上部においたフィンパイプ形蒸発器と、下部においた内箱と兼用のプレート蒸発器との2個の蒸発器を有するもので、フィンパイプ形蒸発器に着霜させて、この蒸発器のみ、除霜を行なう。したがって、除霜時においては、プレート蒸発器が食品を保護するため、食品の温度上昇は小さくなる。この除霜回路と冷凍回路の切り換えには、タイマとデフロストサーモスタットを組み込んだ自動除霜方式を採用した。

本文は、このショーケースの仕様、構造および無負荷時、実負荷時における冷却試験、除霜試験などの性能について述べたものである。

1. 緒 言

昭和30年にHS-13形アイスクリームストックを発売して以来、年々改良を加えた新製品を市場に出して好評を得てきたが、アイスクリームストックはその内部の食品を見ることができず、展示効果が小さい。そのため、ガラス窓をつけた冷凍ショーケースが要求され、総内容積180lのNC-180B形を昭和35年と36年とに市場へ出した。さらに、昭和37年にはNC-180B形を改良してRC-1802L形として発売するとともに、新しく、総内容積85l、110lのRC-852L形、RC-1102L形冷凍ショーケースを発売した。このころより、アイスクリームの種類は著しく多くなり、高級のアイスクリームも販売されるようになった。

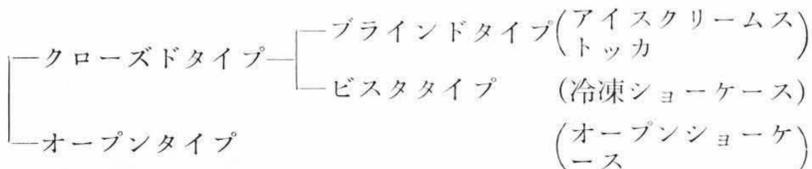
これに伴い、スーパーマーケットなどのセルフサービス店、デパートおよび喫茶店などでは展示効果、売上高の大きいオープンショーケースが望まれるようになった。

この要求に対して、総内容積470lの強制循環方式のRC-4703L形オープンショーケースを製作して、昨年発売したが、続いて製作した総内容積560lのRC-5604LO形オープンショーケースは、庫内の空気が自然循環をして冷却を行なうものである。このオープンショーケースは断熱材として直接発泡の硬質ウレタンフォームを採用した国内最初のショーケースであり、これにより、キャビネット構造を堅ろうにするとともに、今までの断熱材(スチロンパウダー)のショーケースと比較して、有効内容積を約35%大きくすることができた。

以下このショーケースの仕様、構造、性能について述べる。

2. オープンショーケースについて

アイスクリームなどの冷凍食品を貯蔵、販売する冷凍容器を分類すると、次のようになる。



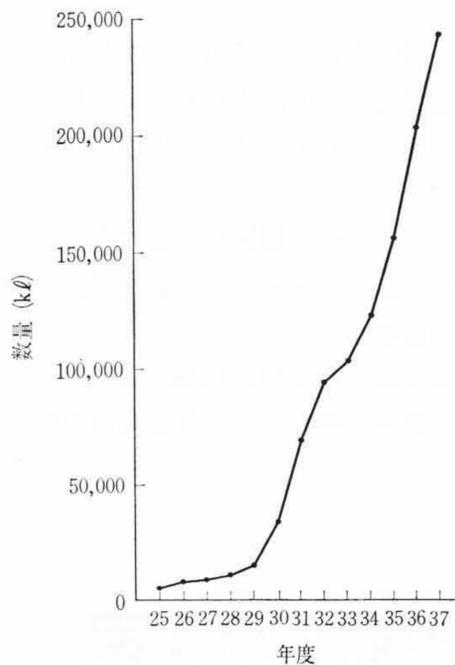
これらの形式の発展順序は

ブラインドタイプ → ビスタタイプ → オープンタイプ

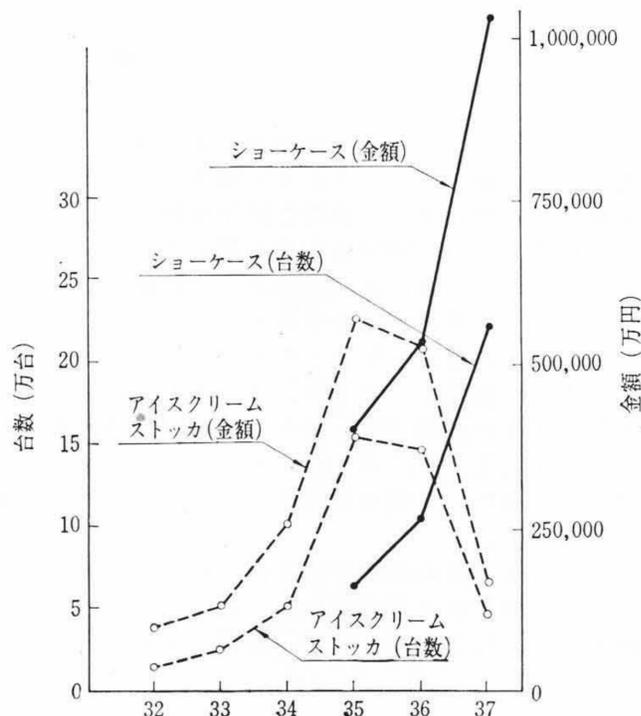
であり、現在ではブラインドタイプの要望は非常に少なくなっており、ビスタタイプおよびオープンタイプが増加してきた。これらの

* 日立製作所栃木工場

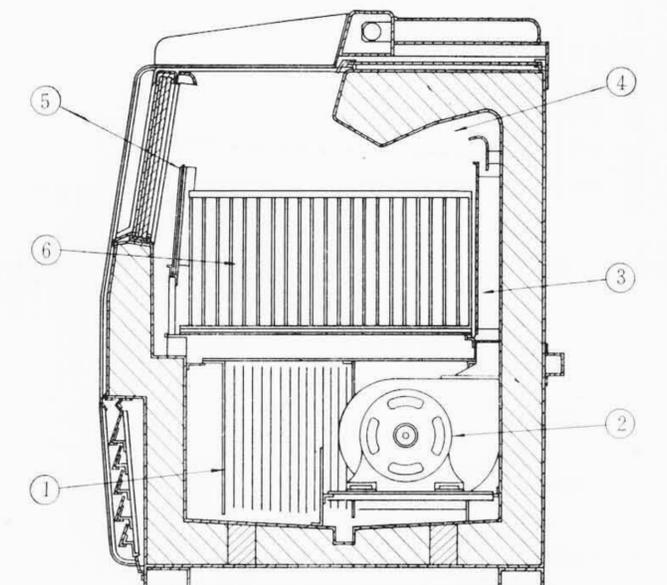
増加した状態は、アイスクリームの生産量の増加にほぼ比例している。第1図はアイスクリーム生産量を年度別に示し⁽²⁾⁽³⁾、第2図はアイスクリームストック、ショーケースの生産量を示した。



第1図 アイスクリーム生産量

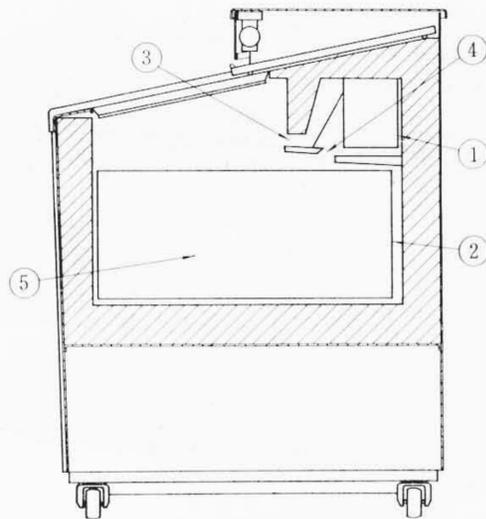


第2図 アイスクリームストック、ショーケースの生産量



① 蒸発器 ② 送風機 ③ 背面板 ④ 吹出口 ⑤ 吸込口 ⑥ 貯蔵庫

第3図 強制循環式オープンショーケースの構造



① 上部蒸発器 ② 下部蒸発器 ③ 吸込口 ④ 吹出口 ⑤ 貯蔵庫

第4図 自然循環式オープンショーケースの構造

第1図によれば、アイスクリームの生産量は昭和30年ころより、急速に伸びており、昭和34年に3,400万lであったものが、昭和37年には、この7.2倍になっている。

一方、アイスクリームストック、ショーケースの生産量は第2図のように、昭和35年を境にして、前者は減少したが、後者は急速に伸びている。

また、ショーケースは昭和36年10月から自由化され、外国製の大型オープンショーケースが輸入され、各地に据え付けられたが、その量は約1,600台といわれており、大型オープンショーケースの要望はまだ多くなるものと見られている。

これらのオープンショーケースを冷却方式から分類すれば、

- (1) 自然循環冷却方式
- (2) 強制循環冷却方式

の2つになる。

第3図は強制循環冷却方式の一例を示したものである。蒸発器①を通った低温の空気は送風機②により、背面板③の後を通り、吹出口④から貯蔵庫⑥にはいり、貯蔵庫内の食品を冷却する。食品を冷却した空気は吸込口⑤を通過して蒸発器①へ戻り、ここで空気中の水分を着霜させて、再び送風機②を通過して貯蔵庫⑥へ行く。このように、冷却空気を強制的に循環させて、食品を冷却する強制循環冷却方式は、一般的に言えば、蒸発器が1個であるために、除霜がむずかしくなるが、冷却速度は速い。

第4図は自然循環冷却方式の一例を示したものである。

上部蒸発器①によって冷却された空気は吹出口④から貯蔵庫⑤へ行き、貯蔵庫内の食品を冷却する。また、下部蒸発器②は貯蔵庫内に設置してあるため、これも庫内の食品を冷却する。このように、2個の蒸発器によって冷却される自然循環冷却方式は、上部蒸発器①のみで除霜を行なう。したがって、下部蒸発器②は除霜時に食品の保冷に役だつため、この方式では、除霜は比較的容易になるが、一般的に冷却速度は遅くなる。

以上、オープンショーケースの冷却方式による構造の相異について簡単に述べたが、これらのオープンショーケースの具備すべき条件をあげると、次に記すとおりである。

- (1) 冷却性能がすぐれており、安定であること。

冷凍容器として、冷却性能がすぐれていることは最も重要なことであり、特に品質のよい高級のアイスクリームを貯蔵することの多いオープンショーケースでは、負荷の変動、電圧の変動などの場合も冷却性能が安定していなければならない。

- (2) 目だつ意匠であるとともに、食品の展示効果が大きいこと。

外観をツートンカラーにするとか、前面をヨロイド形式にするとか、人目をひきつけ、目だつ意匠にすること。また、前面ガラスを使用し、できるだけ低い位置から、容易に貯蔵庫内の食品の見えることが必要である。さらに、庫内照明を行ない、食品の展示効果を大きくして、販売増加に寄与させるようにしなければならない。

- (3) 取り扱いが簡単で便利なこと。

オープンショーケースの最も厄介な問題である除霜を完全な自動方式として、夜間、人の知らない間に除霜できるようにする。また、スイッチ類の操作、ナイトカバーの開閉、商品の出し入れが簡単であり、便利でなければならない。

- (4) サービスが容易で簡単に行なえること。

電気品の点検、冷凍サイクルの各機器の交換が簡単であることを必要とする。

- (5) 維持費が安価なこと。

消費電力量の小さいことが望ましい。特にオープンショーケースでは、クローズドタイプのショーケースより、消費電力量が多くなるため、単相より電気料金の安い3相電源のほうが望ましい。

以上一般のオープンショーケースについて述べてきたが、これより、64年市販製品の中のRC-5604LO形オープンショーケースの構造、性能について述べる。

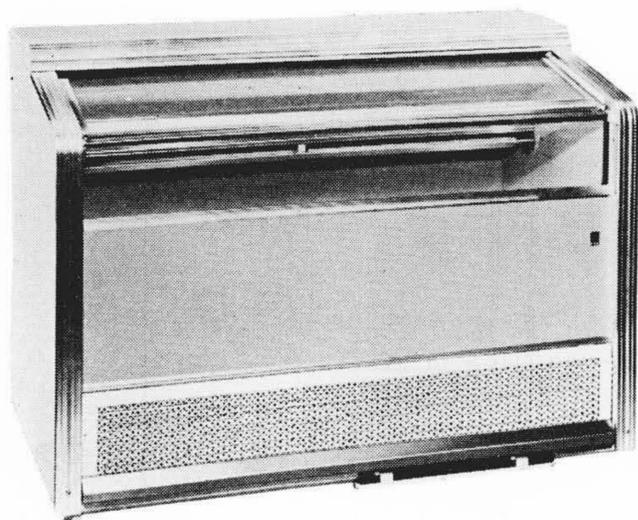
3. 構造

3.1 キャビネット

第5図はRC-5604LO形オープンショーケースの外観図、第1表はその仕様表である。前面上部には、特殊合成樹脂板を使用してツートンカラーにし、前面下部は通風孔を有する構造で、ショーケースにアクセントをつけてある。上面の前側は開放部になっており、食品の出し入れに十分な寸法である。上面の後側には、カウンタテーブルを設置し、販売時のサービスを迅速に行なえるようにした。このカウンタテーブルと貯蔵庫内には、カードホルダを取り付けて、宣伝効果をいっそう増加させることに役だつようにしてある。

さらに、食品の展示効果を増すために、前ガラスを設置するとともに、庫内には、蛍光灯を置いて庫内の食品をくっきりと浮び上がらせるようにしてある。このオープンショーケースのほかの特長は、直接発泡の硬質ウレタンフォームを使用したことである。

硬質ウレタンフォームのかさ比重に対する熱伝導率を第6図に示す⁽⁴⁾。普通、ショーケースで使用するかさ比重は0.030~0.035であり、このかさ比重に対する経日変化は第7図のようである⁽⁵⁾。この



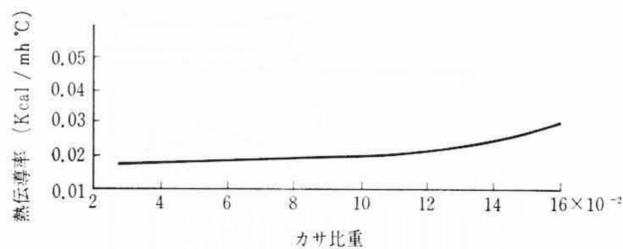
第5図 RC-5604 LO オープンショーケース

第1表 RC-5604 LO 形オープンショーケースの仕様

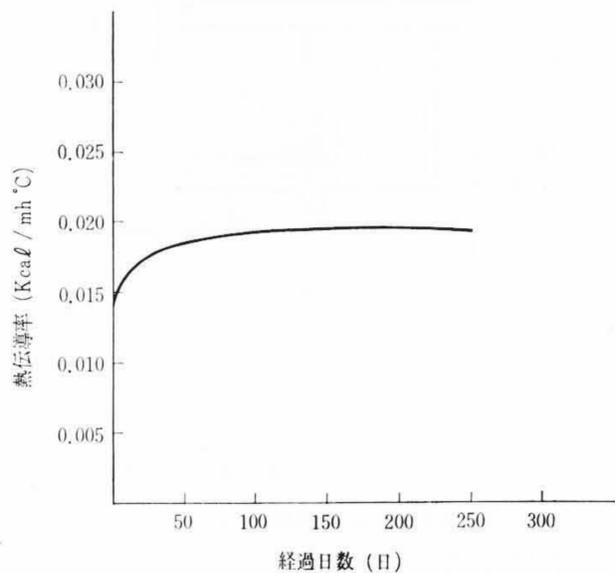
項目	形式	RC-5604 LO
キャビネット	外箱	高級仕上鋼板・白色合成樹脂塗料焼付塗装（前面部特殊合成樹脂板使用）
	内箱	高級仕上鋼板硬質白色合成樹脂塗料高温焼付仕上
	総内容積	560 リットル
	有効内容積	370 リットル
	断熱材	硬質ウレタンフォーム
	透視窓	前面（四重複層ガラス）および上面（オープン）
	照明灯	40W 蛍光灯，グロースタータ，スナップスイッチ，安定器付
	テーブル	カードホルダ付カウンターテーブル
	ナイトカバー	前後開閉式透明合成樹脂製
	冷凍サイクル	圧縮機
凝縮器		強制通風式パイプ形（機械室内蔵）
蒸発器		フィンパイプ形およびプレート形（庫内5面）
冷媒制御方式		キャピラリーチューブ
冷媒		R-22（CHC/F ₂ ）
電源		3相 200V 50/60 c/s
温度調節器		自動温度作動形
過負荷保護装置		自動復帰形過負荷保護装置
除霜方式		定時自動除霜式
性能		庫内温度 $-20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ （外気温度 30°C ，無負荷，直射日光を受けず）
その他	棚網.....1式 庫内カードホルダ.....1式 露付防止ヒータ.....1式 電源コード.....4m	
製品重量	約 240 kg	

経日変化を考慮した硬質ウレタンフォームの熱伝導率は $0.020 \text{ kcal/mh}^{\circ}\text{C}$ であり、これを従来のスチロンパウダ、グラスウールと比較すると、第2表のとおりになる。したがって、従来のスチロンパウダ、グラスウールの断熱材を使用しているショーケースより、硬質ウレタンフォームの断熱材を使用したもののほうが、断熱材の厚みを薄くできる。その結果、同一外法寸法で内容積を比べると、後者の場合が大きくなる。第3表は、内容積を比較したもので、従来のスチロンパウダを使用するよりも、硬質ウレタンフォームを使用した場合のほうが、総内容積で30%、有効内容積で35%増加している。この内容積の増加のほか、

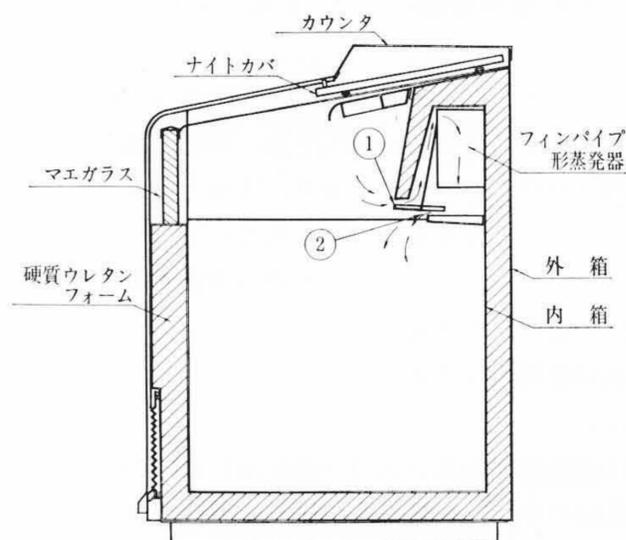
- (1) 外箱、内箱の補強が不必要であること。
 - (2) 断熱材の沈下がなく、性能が安定すること。
 - (3) 露付が少なく、良好なこと。
 - (4) キャビネットの強度が増し、包装強度に強くなること。
- などのすぐれた点がある。しかし、これらの長所に反して不利な点もある。すなわち、冷凍サイクルの交換がむずかしいことであるが、



第6図 硬質ウレタンフォームのカサ比重と熱伝導率



第7図 硬質ウレタンフォームの熱伝導率の経日変化



第8図 オープンショーケース断面図

第2表 断熱材の熱伝導率の比較

項目	断熱材	硬質ウレタンフォーム	スチロンパウダ	グラスウール
熱伝導率 (kcal/mh [°] C)		0.020	0.030	0.045
熱伝導率の比		0.667	1	1.5

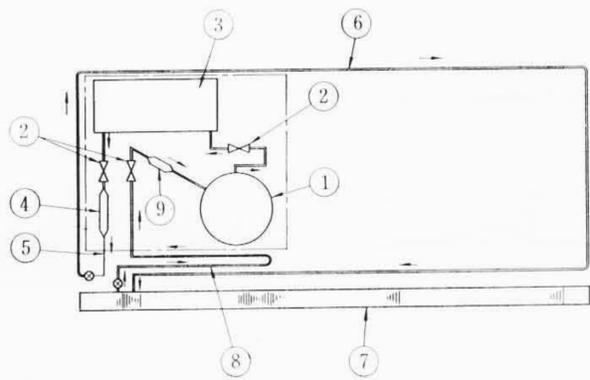
第3表 断熱材の相異による内容積の比較

断熱材	総内容積 (l)	比	有効内容積 (l)	比
硬質ウレタンフォーム	560	1.30	370	1.35
スチロンパウダ	430	1	275	1

コンデンスユニットを引出式にすることおよびサービスバルブを取り付けることにより、圧縮機などの各機器の交換ができるようになる。

第8図は RC-5604LO 形オープンショーケースの断面図である。すでに述べたように、貯蔵庫の食品は内箱と兼用のプレート形蒸発器と上部に設置したフィンパイプ形蒸発器によって冷却される。矢印は空気の循環を示したもので、外部から侵入する空気の大部分は、このフィンパイプ形蒸発器を通るわけで、この蒸発器の除霜を行なうことにより、安定した冷却性能が得られる。

また、前ガラスのまわり、および貯蔵庫の上部には露付防止用の



① 圧縮機 ② バルブ ③ 凝縮器 ④ ドライヤ ⑤ キャピラリ ⑥ プレート形蒸発器 ⑦ フィンパイプ形蒸発器 ⑧ 吸込パイプ ⑨ ストレーナ

第9図 冷凍サイクル構造図

ヒータが取り付けられており、高湿度に対しても、前ガラスの曇りや貯蔵庫上部の露付がないようになっている。さらに、貯蔵庫の上部には、前後引出方式のナイトカバーを設置してある。これは、夜間または、気温の高いとき、クローズにして使用するもので、クローズ状態においても内部の食品が見えるように、ナイトカバーは透明の合成樹脂製である。

3.2 冷凍サイクル

第9図は冷凍サイクル構造図である。一点鎖線内の各機器は機械室にあり、その他の部分は貯蔵庫にある。機械室の各機器は前側へ引き出して点検できる構造を採用しているため、点検、各機器の交換などのサービスにたいへん便利になっている。

圧縮機は全密閉形で、外部に振動が伝わらないようにするとともに、低温度で容積効率を高くした構造になっている。

オープンショーケースは、デパート、スーパーマーケットなどの混雑した場所で使用されることが多い。その結果、凝縮器がフィンパイプ形の場合は、紙くず、ほこりなどのため、熱交換が悪くなり、冷力不足の現象がおきる。そのため、このショーケースでは、上述の事故の起こらない裸管形を採用した。したがって、いつも安定した冷却性能を得ることができた。

蒸発器は2個より成り立ち、一つは内箱と兼用のプレート形で他は上部に設置したフィンパイプ形である。前者は内箱にパイプを取り付けた構造で、プレートとの熱伝導がよくなるように、熱伝導率のよいシールサイが塗布してある。このプレート形蒸発器は、冷却のときはもちろんであるが、除霜時の保冷、停電時の保冷におおいに役だつようになっている。

3.3 除霜機構

一般に除霜方式としては、

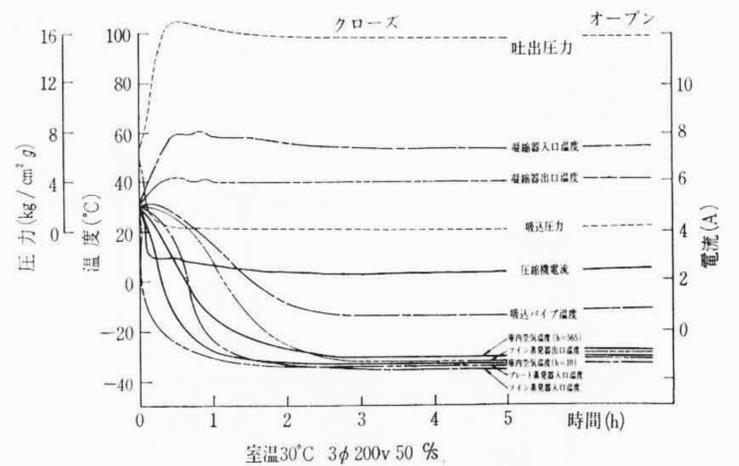
- (1) オフサイクル式
- (2) ホットガス式
- (3) 逆サイクル式
- (4) 自然循環ヒータ式
- (5) 強制循環ヒータ式
- (6) 水噴射式

などがあるが、このオープンショーケースでは、自然循環ヒータ式を採用した。フィンパイプ形蒸発器の霜は、そこに取り付けられたデフロストヒータによって加熱され、溶けた水は露受けに落ちて、ここからドレインパイプを通過して機械室にたまる。この除霜の制御はタイマとデフロストサーモスタットを組み込んだ機構で、これについては、すでに発表したとおりである⁽¹⁾。

4. 性 能

4.1 冷却試験

オープンショーケースでは、運転開始数時間、ナイトカバーを閉



第10図 冷却試験(無負荷)

じた状態で運転し、庫内が十分冷えた後、オープン状態にするのが普通である。第10図は冷却試験の結果で、クローズ状態で5時間運転した後、ナイトカバーを開けてオープンにし、その安定状態を示したものである。hは庫内底面からの高さ(mm)を表わし、h=565 mmにおける庫内中央の空気温度はクローズ時 -30.5°C 、オープン時 -28°C である。また、h=10 mmにおける庫内中央の空気温度はクローズ時 -33°C 、オープン時 -31°C であり、良好な性能である。

冷却速度は、ロードライン(食品を貯蔵できる範囲で庫内底面から最も高い位置)の空気温度が -20°C に達する時間で判断している。このオープンショーケースのそれは、約80分であり、このタイプとしては、かなり早くなっている。

また、60 c/sにおける冷却試験では、50 c/sより、庫内中央の空気温度は $1\sim 1.2^{\circ}\text{C}$ 低くなっている。

わが国のように、電力事情のあまりよくないところでは、定格電圧以外の電圧においても、正常に運転できなければならないが、このオープンショーケースは定格電圧の $\pm 15\%$ の電圧変動に対しても全然異常がなく運転できた。

4.2 庫内温度分布

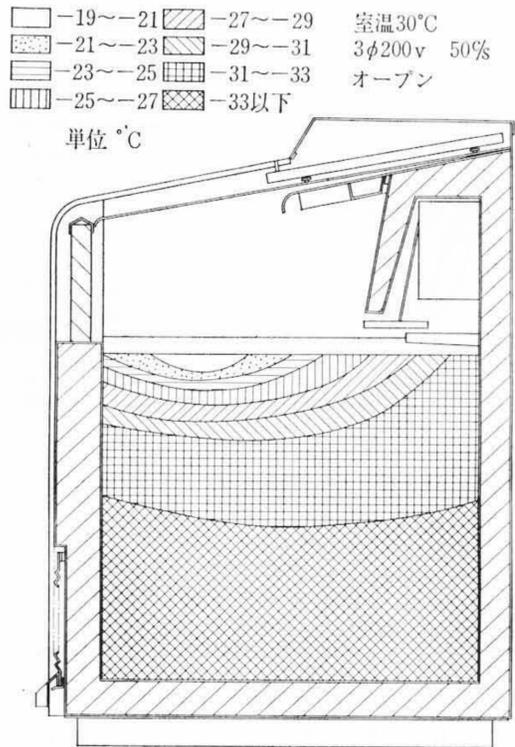
4.1項で述べた試験は無負荷状態の冷却試験であるが、実際にアイスクリームを貯蔵庫に入れて、恒温室で試験した結果について述べる。第11図は、実負荷状態の庫内温度分布を示している。貯蔵庫下部の温度はほとんど変わらず、上部は外気の影響で、当然温度差はできるが、アイスクリームを貯蔵するのに十分な温度になっていることがわかる。

4.3 除霜試験

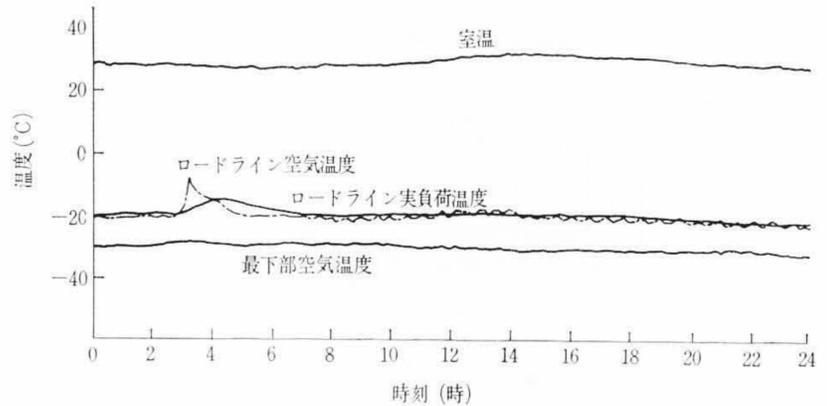
一般に、オープンショーケースを使用するデパート、スーパーマーケットでは、営業時間が8~10時間程度であるので、オープン状態の時間もだいたいその程度であるが、普通の小売店においては、営業時間が12~15時間に及ぶことも考えられるため、オープン状態を約18時間、クローズ状態を約6時間にして、このクローズの時間に除霜を行なうことにした。

第12図はアイスクリームを貯蔵庫内に入れて試験した実負荷状態の除霜試験である。湿度80%という高湿度の中で18時間オープン状態で運転した後、クローズ状態で3時間運転する。この3時間目に、タイマにより、冷凍回路から除霜回路に変わり、除霜が始まる。除霜終了時には、フィンパイプ形蒸発器の入口および出口温度はいずれも 0°C 以上であり、霜は完全に溶けている。しかし、プレート形蒸発器の入口温度は -20°C 以下であり、したがって、ロードラインにおける実負荷温度も除霜時の温度上昇が大きくなり、食品をそこなうことがない。底部、中間部の実負荷温度はいずれもロードラインのそれより低く、除霜性能は良好であった。

しかし、除霜時の空気の流れは、冷却運転時と逆になっており、



第 11 図 温度分布 (実負荷)



第 13 図 実 用 試 験

セットしてあるため、第 13 図も午前 3 時にロードラインの空気温度が上昇しており、ロードラインの実負荷温度も、それと少し時刻がずれて、上昇している。

また、ロードラインの空気温度は、12 時～14 時にかけて、やや上がっているが、実負荷温度の温度上昇は小さく、実用試験を行なった結果も良好であった。

5. 結 言

以上、64 年発売の自然循環式オープンショーケース (冷凍用) の仕様、構造、性能について述べたが、その結果を要約すると、次のとおりである。

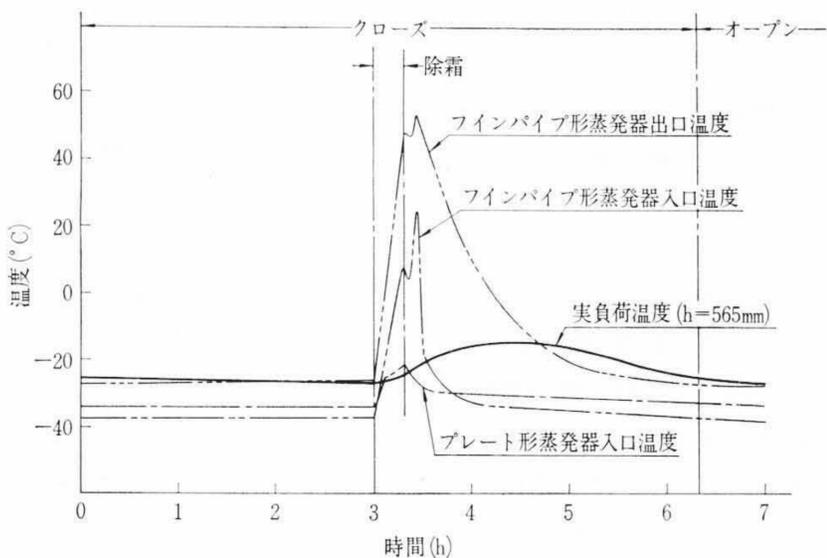
(1) 硬質ウレタンフォームの直接発泡により、据付面積の割りには、内容積の大きい、しかも構造の堅ろうなオープンショーケースを製作することができ、これにタイマとデフロストサーモスタットを組み合わせた除霜制御装置を使用して、完全自動除霜を実施した。

(2) 無負荷状態の冷却試験においては、クローズ時の庫内温度は -30.5°C 以下、オープン時のそれは -28°C 以下であり、貯蔵庫へアイスクリームを入れた実負荷状態の庫内温度分布も良好であった。

(3) 実負荷時の除霜試験においては、プレート形蒸発器入口温度は -20°C 以下であり、除霜時の保冷におおいに役立ち、したがって、実負荷の温度上昇は小さく、貯蔵品の品質をそこなうことがなく、安定した、良好な性能を、また実用試験においても、冷却性能、除霜性能などに、良好な成績をあげているので、今後これらのオープンショーケースの需要はますます高まることが予想されるとともに、そのすぐれた展示効果と販売効果が発揮されるものと考えられる。

参 考 文 献

- (1) 松林, 長谷川: 日立評論 45, 856 (昭 38-5)
- (2) 日本アイスクリーム協会: アイスクリーム 3, 47
- (3) 日本冷凍機製造協会: 冷凍と冷房 9, 15 (昭 35-7)
- (4) 芦田: 工業材料 11, 18
- (5) 高沢: 工業材料 10, 73



第 12 図 除 霜 試 験 (実 負 荷)

第 8 図の吸込口①のほうが吹出口②より高くなっていることがわかった。

この除霜は、夜中の気温の低いときに行なうことが望ましく、毎日 1 回、その一定時刻に自動的に除霜するのが普通である。しかし、もし使用者がその好む時刻に除霜を行ないたいときは、タイマのダイヤルを回転させて時間を合わせれば、任意の時刻に除霜を行なわせることができる。

4.4 実 用 試 験

第 13 図は実用試験の結果を示したもので、ロードラインにおける実負荷温度、空気温度、底部空気温度の 1 日の変化を示したものである。毎日、午前 3 時に除霜を行なうように、あらかじめタイマを