

# オープンショーケースの冷却特性について

## The Cooling Characteristics of the Refrigerated Open Showcase

松 林 功\* 長 谷 川 武\*  
Isao Matsubayashi Takeshi Hasegawa

### 内 容 梗 概

最近、アイスクリームや冷凍食品の販売容器について従来のブラインドタイプのストックに代わり、上面をガラスまたは透明な合成樹脂製のドアでおきかえたピスタタイプのショーケース、さらに進んで、ドアを持たないオープンショーケースへと発展してきた。本論文は、冷凍食品、アイスクリームなど、低温を必要とする食品の陳列販売用の冷風循環式オープンショーケースについてその冷却特性や除霜時の運転特性などの諸問題について述べたものである。

### 1. 緒 言

外国における冷凍食品の普及はめざましく、驚くほどの伸びを示しているが、わが国においてもその発達は大きく、特に乳製品関係の伸びは著しく、今後もさらに発展する可能性がある。

しかるに、冷凍食品は、他の商品と異なり、それ自体の貯蔵、陳列、販売に当たって、低温度に維持する装置が必要である。近年、この装置として、冷凍ショーケースが多量に生産されているが、これからはすべてドアを有するクロズドタイプである。

一方、販売方式は、スーパーマーケットを中心とするセルフサービス方式によって、顧客が手軽に食品を取り出せるオープンショーケースに変わりつつあり、その需要も多くなってきている。

この要求にこたえるために日立製作所においてもRC-4703Lオープンショーケースを製作したが、このオープンショーケースについての構造、冷却性能、特に問題である除霜方式ならびにその運転特性について下に述べる。

### 2. 構 造

#### 2.1 外 観

ショーケースの具備すべき条件として、性能がよいこと、使いやすきこと、意匠がよく顧客の目を引きやすきことなどがある。このショーケースにおいても、その外観形状に特に意を用い幅を広く、高さを低くし安定感のあるものとし、両側にはその化粧わくを取り付け、豪華さを増し、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、前面下部は特殊構造にして、ショーケースにアクセントをつけてある。使用しやすくするために、食品の出し入れに十分な開放部を有し、上面後部には特別製のカウンタテーブルを設置して、販売時のサービスを迅速に行なえるようにしてある。

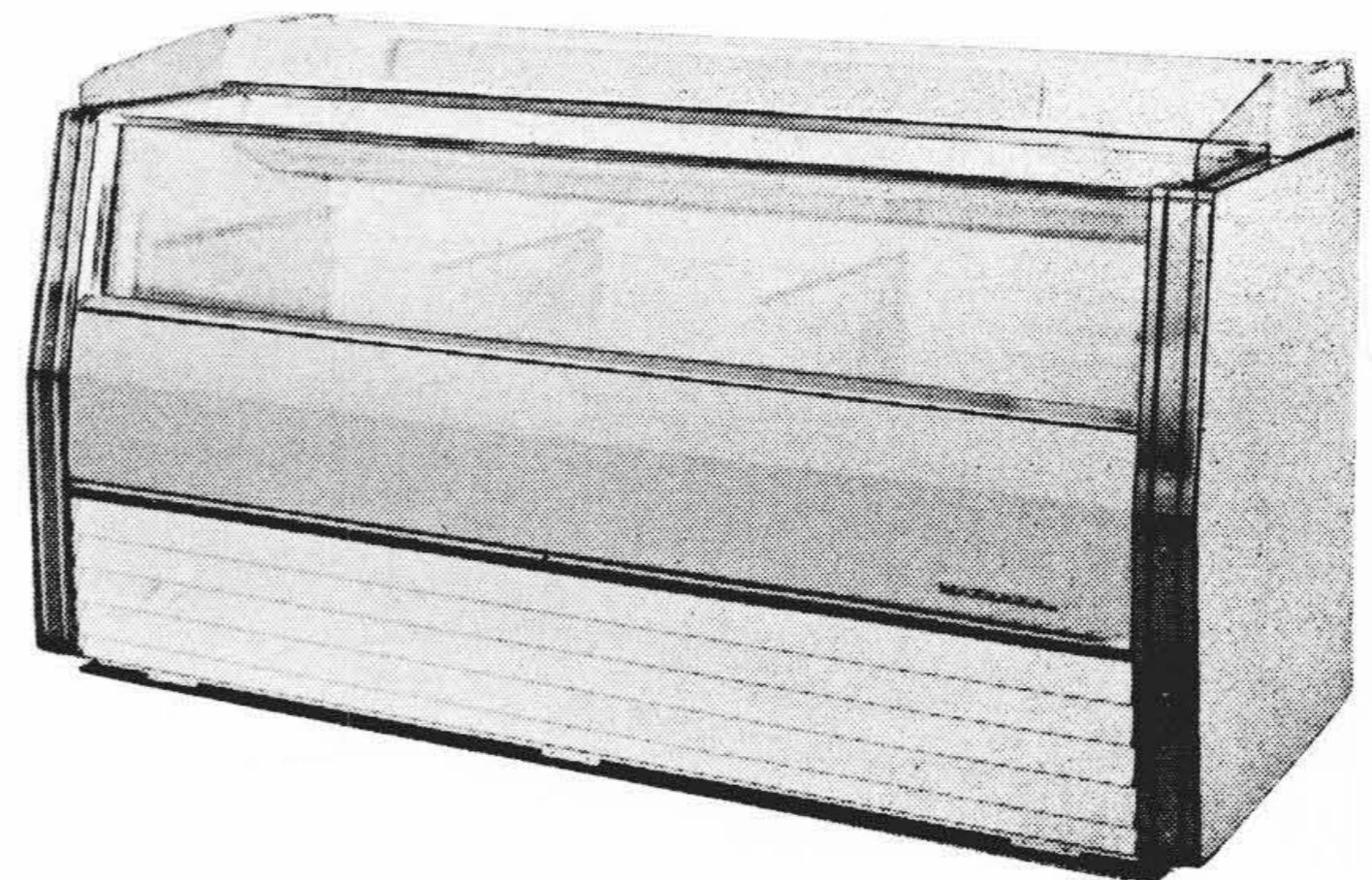
さらに、食品の陳列効果を増すために、正面のガラス面積を大きくするとともに、上部には蛍光灯を置いて隅々(すみずみ)の食品まで照明が行き渡るようになっており、ランプケースには、スライドをそう入することが可能で宣伝効果をいっそう増加させることに役だつようにしてある。第1図はこのショーケースの外観写真を示している。

#### 2.2 冷凍サイクル

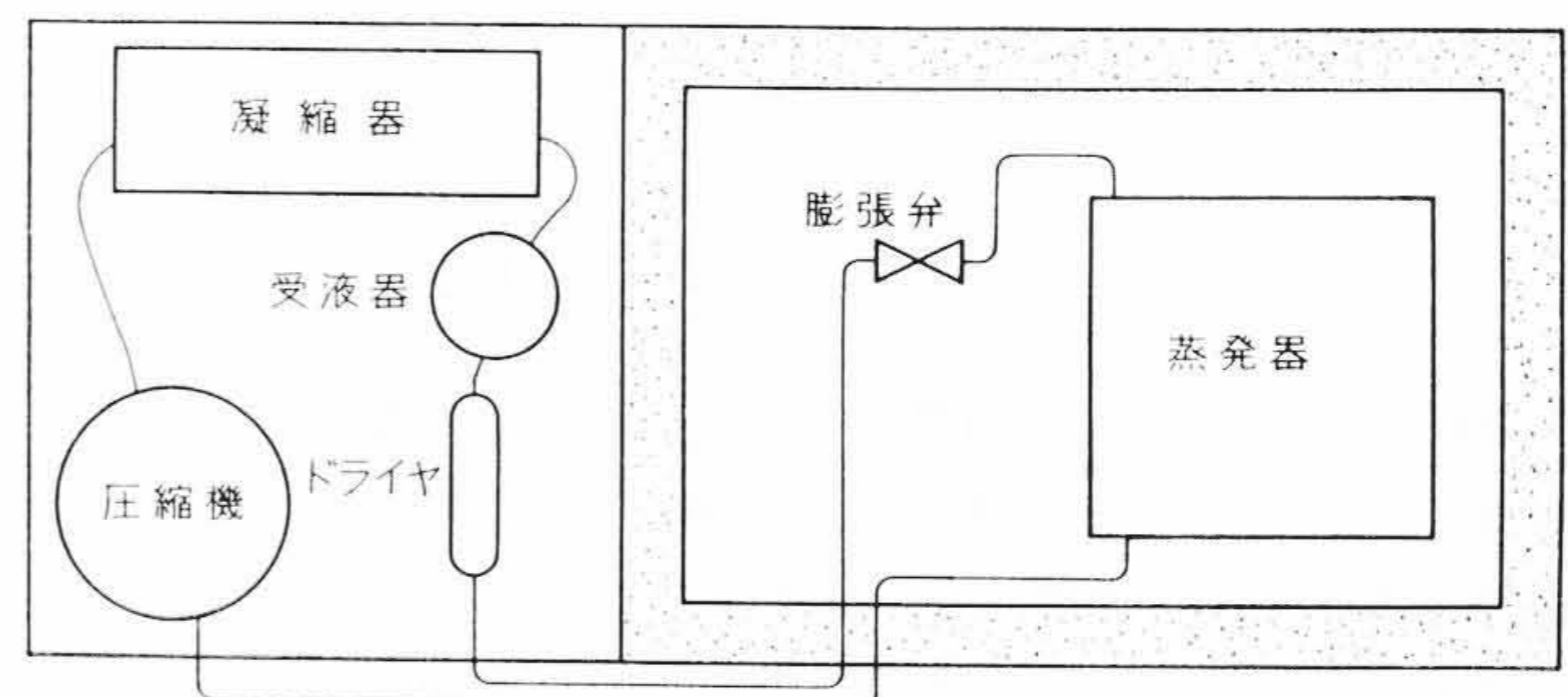
このショーケースは、冷風循環式の冷却方式であるから、今までの小形冷凍ショーケースの構造とおのずから違っている。

第2図はその冷凍サイクルの説明略図を示している。この半分は機械室で、ここには圧縮機、凝縮器、受液器、ドライヤなどを置き、キャビネット内に蒸発器および膨張弁を設置した構造となっている。キャビネット内にある蒸発器、膨張弁は、断熱材によって断熱

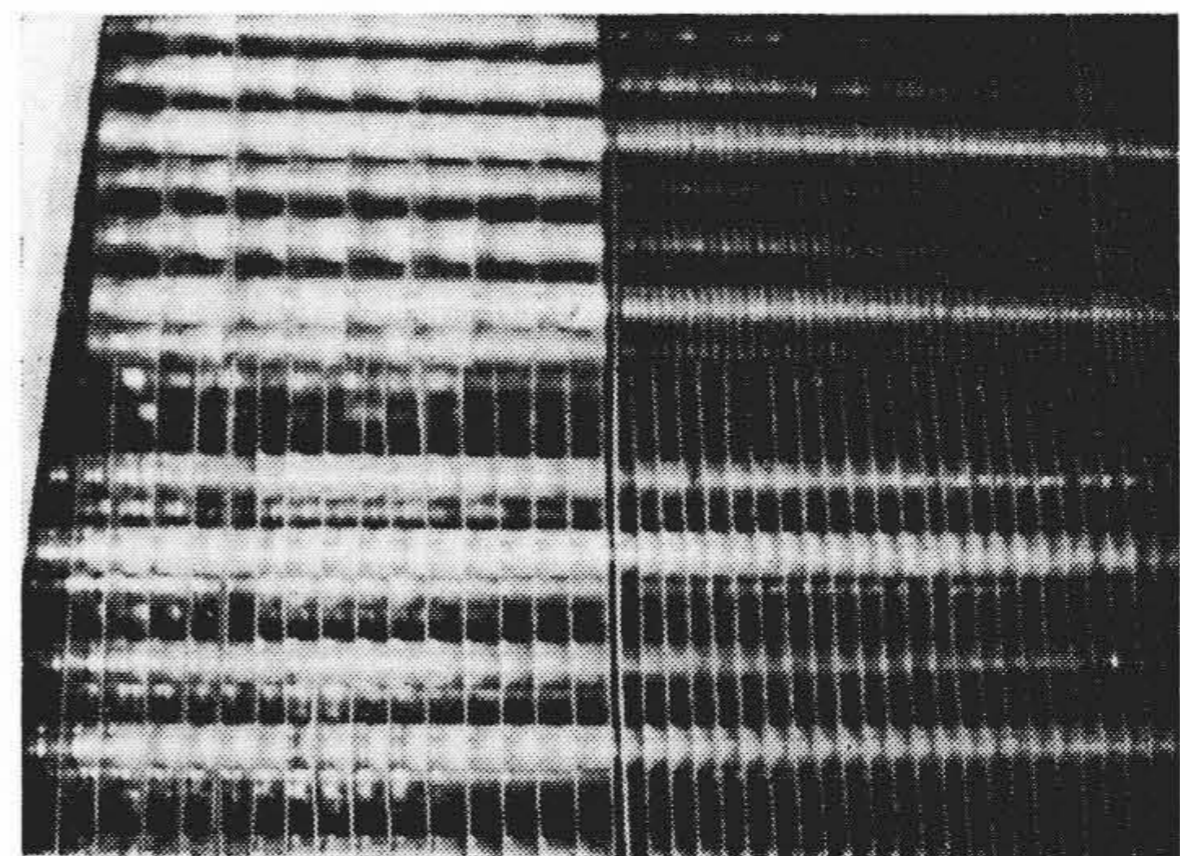
\* 日立製作所栃木工場



第1図 RC-4703Lオープンショーケース外観



第2図 冷凍サイクル配置図



第3図 蒸発器外観

され、ショーケースが十分な性能を発揮できるようになっている。

オープンショーケースにおいては、除霜が大きな問題となる。したがって、冷凍サイクルの各機器の中でも、蒸発器の構造は最も重要であり、このショーケースの蒸発器には漸狭ピッチ形多通路クロスフィン式を採用している。これは第3図に示すように、循環空気の入口側のフィンピッチを広く、出口側に行くにしたがって狭くした4種類のフィンピッチを有する蒸発器である。この特殊構造の採用によってショーケースの開放部より侵入した空気による着霜は、蒸

蒸发器の循環空気入口側に片寄らず、蒸发器一面に付着する。したがって、循環空気の通路を遮断せず、ショーケースの性能に影響を及ぼすことなく、比較的長時間除霜しないで運転することができるのでわが国のように、湿度の高い気象条件下の運転に適した構造を持っている。

2.3 除霜方式

上述した蒸发器を使用した除霜方式は種々考えられる。その二、三について述べる。

2.3.1 熱風循環式

この方法は、送風機出口側のダクト中にダンパを設けて、除霜時には、このダンパを作動させて除霜用ヒータによる熱風を蒸发器だけに循環させ、貯蔵庫へは熱風が行かないようにしたもので、強制的に熱風を送るので、蒸发器は一様に除霜できるが、デフロスト機構と連動するダンパが必要である。

2.3.2 水噴射式

蒸发器の上部に、適当間隔をおいてパイプを並べ、このパイプに穴をあけておいて、そこから水を噴射させて、蒸发器の霜取りを行なうもので、貯蔵庫の温度上昇が少なくすむが、水の配管および除霜時に使用する水の処理などの構造が複雑となる。

2.3.3 加熱式

除霜用ヒータで蒸发器を加熱し、霜取りを行なうもので、この方式は第4図の結線図に示すとおり、一定時刻になると、タイマによって冷凍回路から除霜回路へ自動的に切りかわる。

タイマには、デフロストサーモスタットが組み込んであり、除霜時において着霜の量が少なく、短時間で除霜が完了した場合、その温度上昇によつて直ちに除霜用ヒータの通電を停止し、冷凍機の運転を開始するようにしてある。すなわちタイマとデフロストサーモの作動の組み合わせによって第1表に示すように冷凍回路はA<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、A<sub>3</sub>除霜回路Bになるようにすればまず冷凍運転時A<sub>1</sub>の回路よりタイマのカムの働きで、デフロストサーモは2aより2bに変わり、A<sub>2</sub>の状態となり、次に一定時間すぎると、タイマが作動して1aより1bに変わり、B回路の状態となって除霜を開始する。

蒸发器に付着していた霜が完全に溶け去り、温度がある点に達すると、デフロストサーモが作動して、2bから2aに変わり、除霜が完了しA<sub>3</sub>回路状態となり、再び冷凍運転を開始する。デフロストサーモが作動しない場合でも、一定時間が経過すればタイマは1bより1aに変わりA<sub>2</sub>回路にもどり、自動的に冷凍運転を開始するようになっている。

タイマは1aより1bに変わった後、一定時間経過後、再び1aに戻るようになっており、A<sub>1</sub>の状態に戻る。

したがってタイマ、デフロストサーモスタットの組み合わせは

$$A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow B \rightarrow A_3 \rightarrow A_1$$

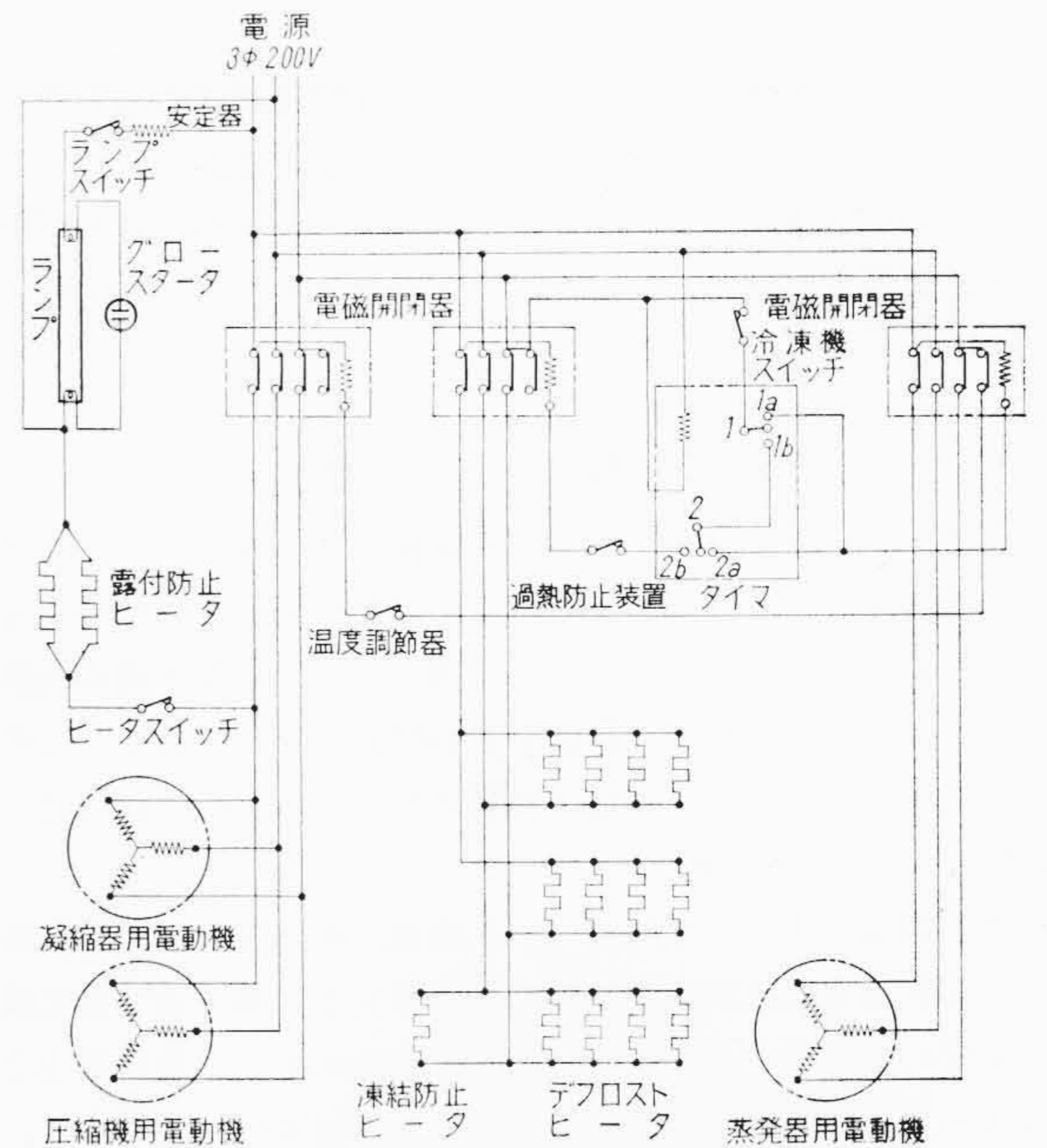
かあるいは  $A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow B \rightarrow A_2 \rightarrow A_1$

を繰り返すが、この切り替えにより除霜時においてデフロストサーモの働きかあるいはタイマの働きかいずれの場合でも自動的に冷凍運転を開始し、サイクリックに除霜を行なうことができるようになっている。ただ簡単にタイマだけでも、冷凍回路と除霜回路を切り替えることができるが、この場合は着霜の量により除霜時間を自動的に早めに完了させることはできない。

2.4 貯蔵庫

このショーケースは、上部に開放部を有し、前面上部に透視窓を有するオープンタイプで、第5図はその断面図である。

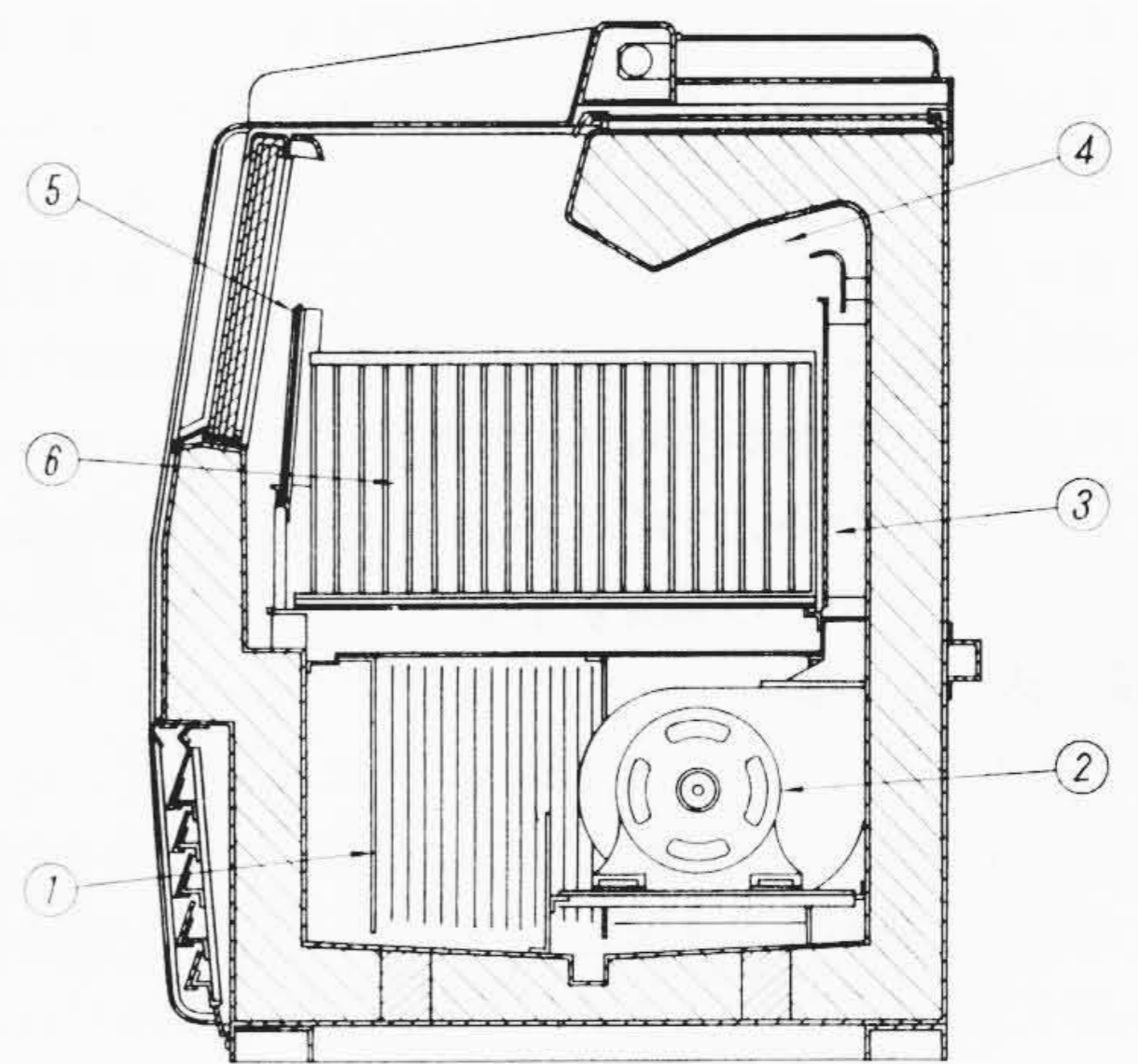
内箱は上部の貯蔵庫と下部の冷却庫に分割されており、貯蔵庫で食品は低温度に維持される。下部の冷却庫は蒸发器、冷却空気循環用の送風機などが内蔵されている。



第4図 結線図

第1表 タイマとデフロストサーモスタットの組み合わせ回路

品名	品名 接点	タイマ		A <sub>1</sub> , A <sub>2</sub> , A <sub>3</sub> : 冷凍回路 B: 除霜回路
		1a	1b	
デフロスト サーモスタット	2a	A <sub>1</sub>	A <sub>3</sub>	
	2b	A <sub>2</sub>	B	



①	蒸发器	④	吹出口
②	送風機	⑤	吸込口
③	背面板	⑥	貯蔵庫

第5図 オープンショーケース断面図

貯蔵庫の冷却空気は、前面三重ガラスとその背後にある一重ガラスの間の吸込口⑤を通過して冷却庫に吸い込まれ、蒸发器①を通過して送風機②により、背面板③を通り吹出口④より貯蔵庫にはいって食品を冷却する。

このとき、冷却空気が上部開放口から逃げないように、また外部の暖気が貯蔵庫内にはいらないように、吹出口にはガイドがついている。

冷却空気の風量、風速を調節するためには、背面側に特別の空気調整装置がついている。この装置により、貯蔵庫の食品がすみずみにいたるまで平均に冷却されるし、また外部の暖気の侵入をできる

だけ少なくしている。

ショーケース本体の上部には、おもに夜間使用する透明の合成樹脂製のナイトカバーを設置して顧客側の便宜をはかった。

さらに前面三重ガラスの回りには、露付防止用のヒータが取り付けられ、高湿度に対しても前面ガラスの曇りがないようになっている。

### 3. 性 能

低温オープンショーケースは、貯蔵販売する食品がアイスクリームや冷凍食品などで、温度上昇により品質が劣化するためショーケースの性能は重要である。特にわが国のように高温多湿の気候条件においては、除霜時の庫内温度上昇が問題となる。以下、このショーケースの性能について行なった種々の実験結果について述べる。

#### 3.1 冷却性能

冷風循環冷却方式を採用している場合、庫内温度、蒸発器温度はその冷却風量または風速と密接な関係がある。第6図は吹出風速と庫内温度の関係を示したもので、吹出風速が早いと蒸発器および庫内温度が上昇する。特にオープン時の庫内温度が高い原因は、冷却空気が外部へ出るため、吹出風速は0.3~0.4 m/s くらいが最適である。

吹出風速とともに冷却性能に及ぼす影響の大なるものはガイドの角度である。これが適当でないと、侵入空気が大で、冷却性能は悪くなる。ガイドの角度と各部の温度を示したのが第7図である。

クローズの場合、外気の侵入がないために、庫内温度はガイドの角度にそれほど左右されないが、オープンの場合、外気の侵入および庫内風速分布の差によって、ガイド角度により、庫内温度がかなり異なる。ガイドの角度が45度および75度のときは、吸込温度が上昇しており、明らかに外気の侵入の影響を受けている。よって蒸発器、吹出温度が高くなって性能が悪くなっている。

吹出風速およびガイドの角度を最良状態にして、庫内温度分布を示したのが第8図である。縦軸は食品を貯蔵する貯蔵庫の高さで、高くなるほど外気の影響があらわれて温度は高くなっている。

このグラフよりわかるように、庫内温度は高さ300 mm 以下は-20°C前後であり、庫内の温度分布は良好であることがわかる。

#### 3.2 風速分布

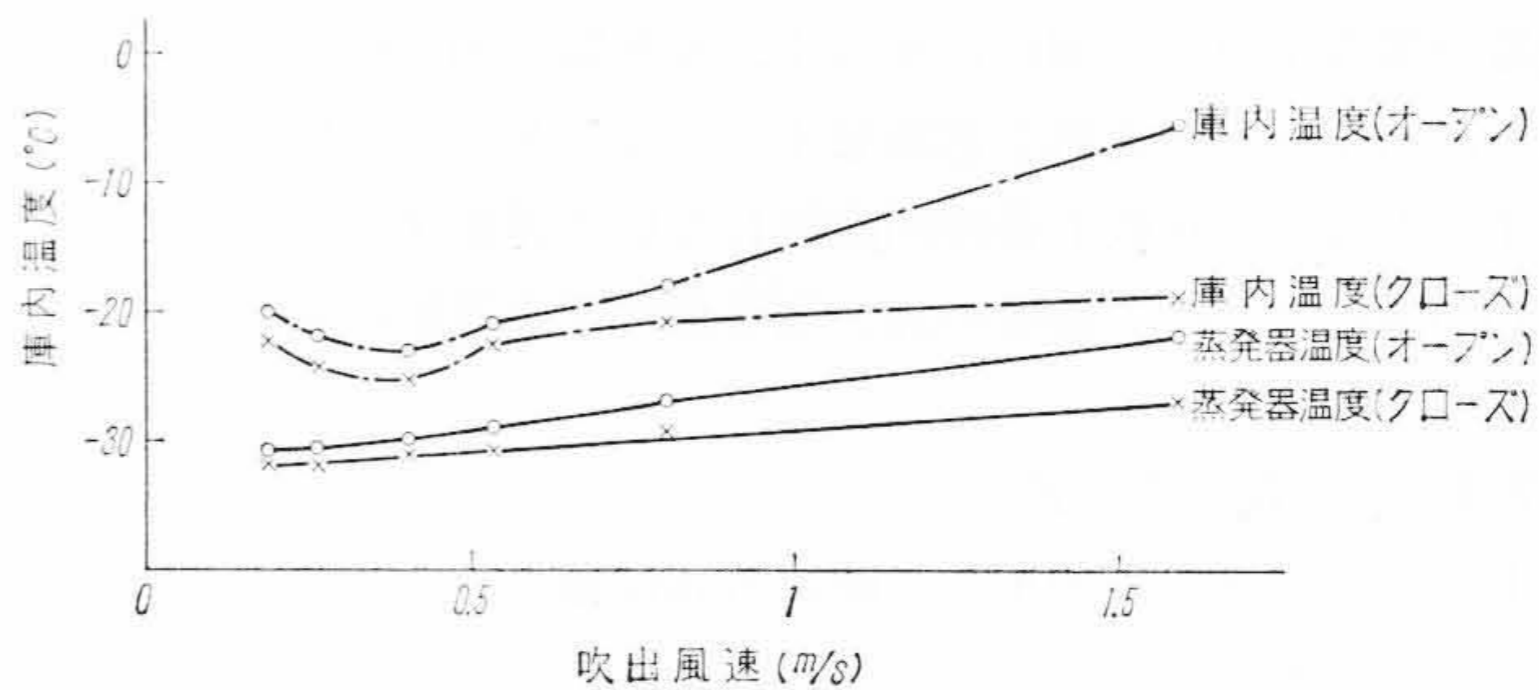
さきにも述べたように、冷風循環冷却方式のオープンショーケースの冷却風速は庫内の温度特性ならびに温度分布に及ぼす影響が大きい。すなわち風速が大きすぎると、食品に衝突して冷却空気は貯蔵庫から逃げ、風速が小さすぎると、蒸発器の熱交換がわるく、貯蔵庫は冷えない。第9図は貯蔵庫内の風速分布を示したもので、吹出速度、ガイドの角度が最良のときの状態である。

吸込側は0.6 m/s と他に比べて大きくなっているが、上部の外気と接する場所は0.05 m/s 以下できわめて遅く、外部の暖気を巻き込んでないことがわかる。

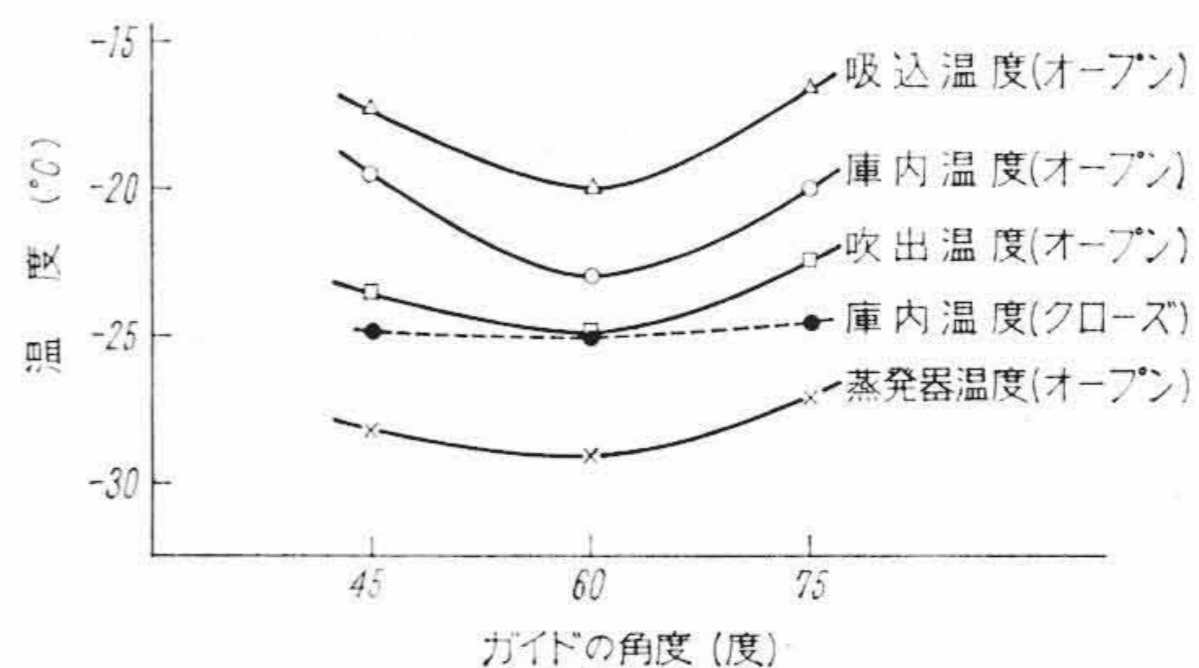
第9図の断面と直角方向にあたるショーケースの長手方向も、できるだけ同一分布にすることが望ましく、このショーケースでは冷却空気の配分に特別の調整装置をつけている。

#### 3.3 除霜試験

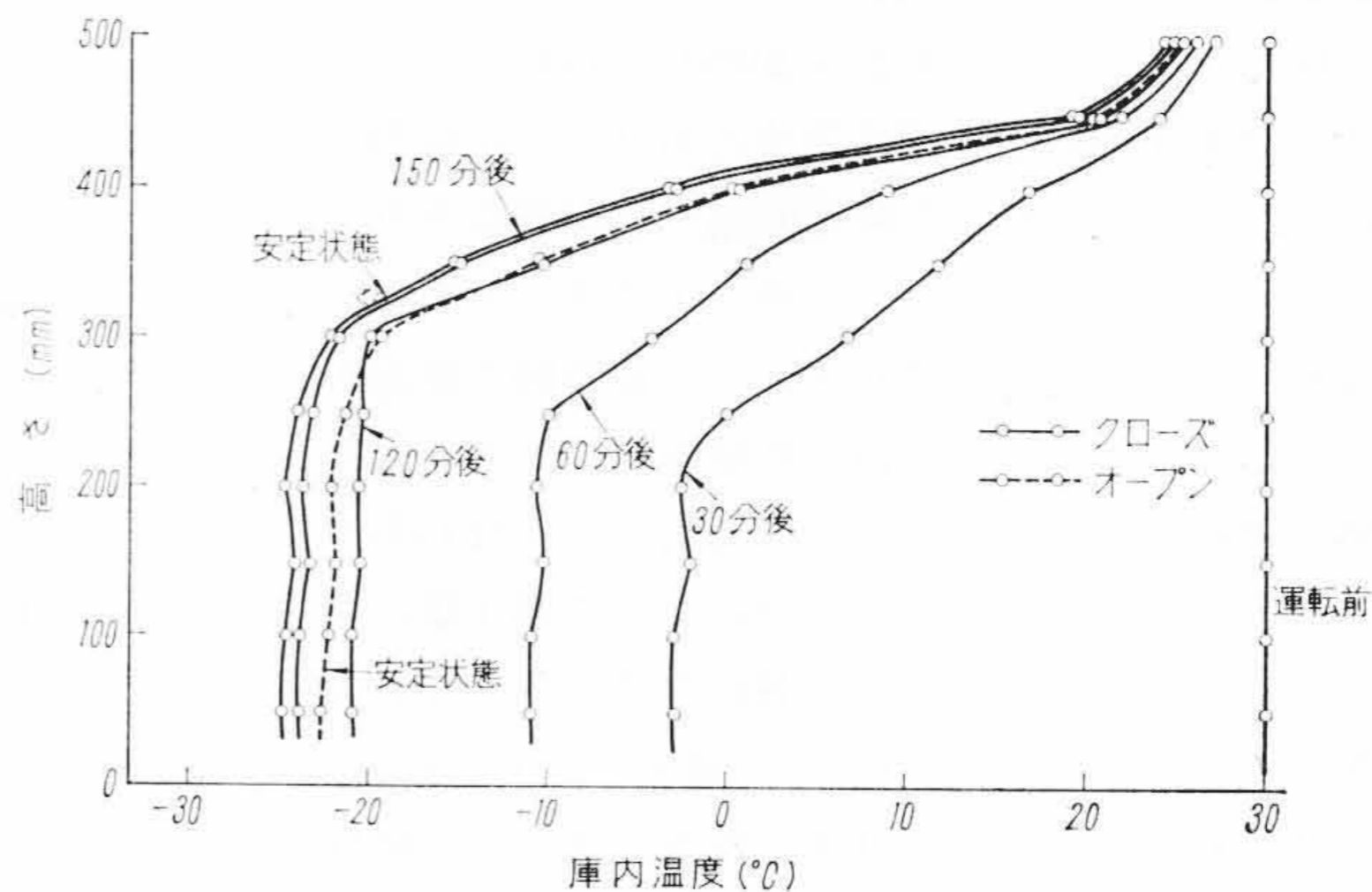
このショーケースでは、上部が開放されており、蒸発器は-25°C以下の低温に冷却されているため、上部から侵入した外気の水分は蒸発器の表面に霜として付着し、長時間経過すれば、累積して循環冷却空気の通路をふさぐ。したがって一定時間ごとの除霜運転が必要となるが、特にわが国のように高温多湿な気候条件では蒸発器の設計によって着霜の量ならびに時間が大きく左右される場合があるので、このショーケースには特殊構造の漸狭ピッチのフィンを使用している。



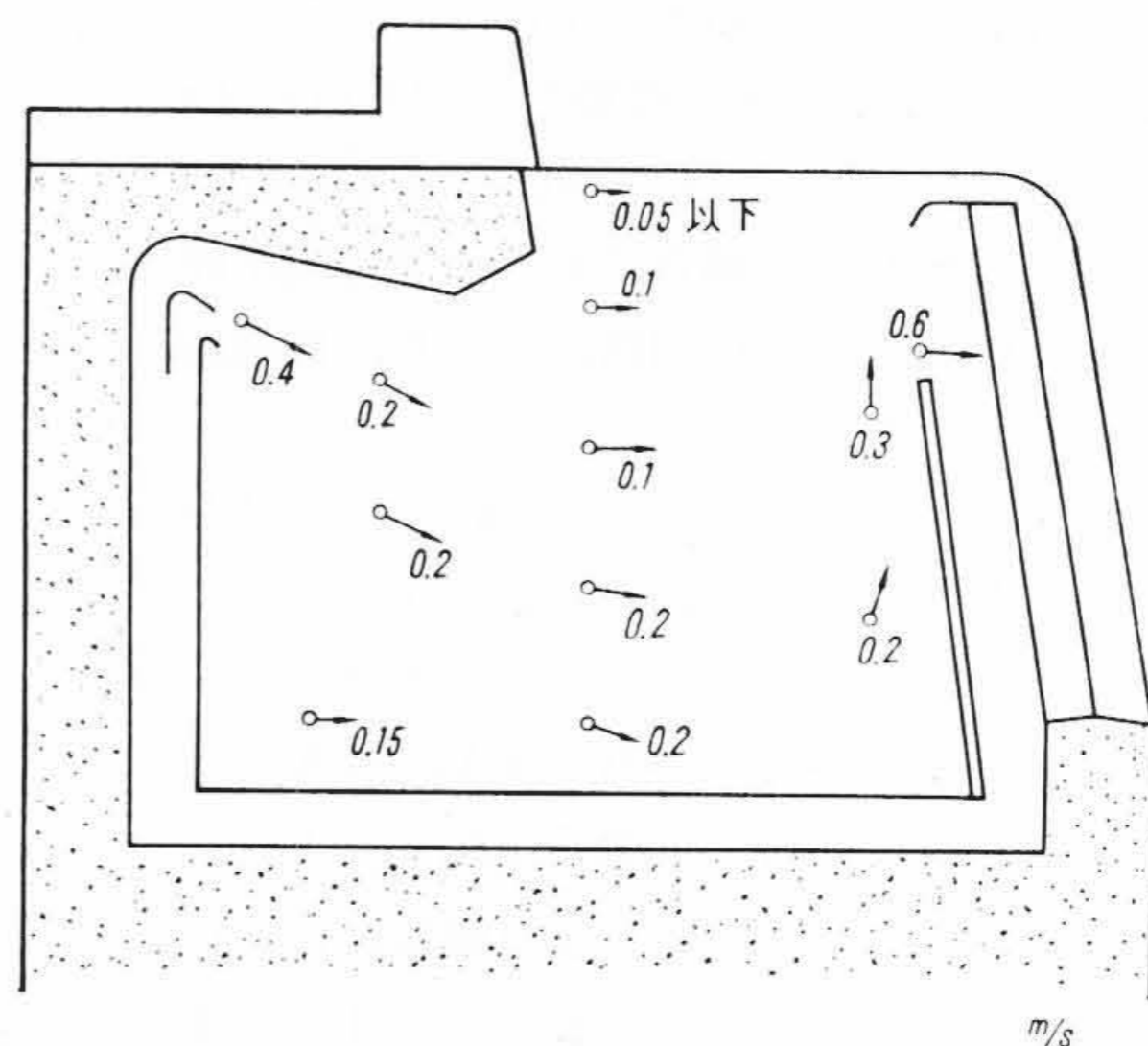
第6図 吹出風速と庫内温度との関係



第7図 ガイド角度が各部温度へ及ぼす影響



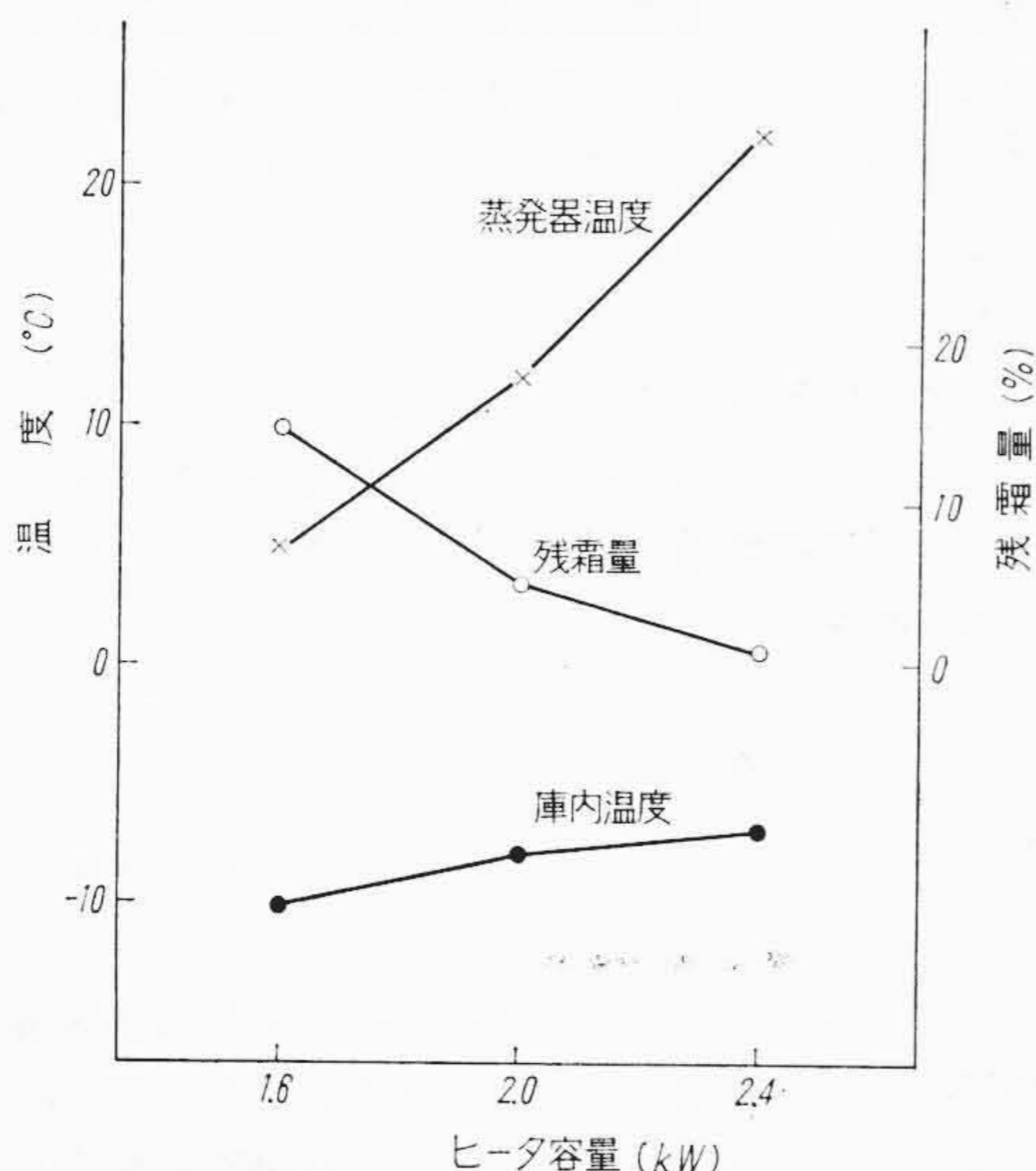
第8図 庫内温度分布 (温度30°C, 湿度60%)



第9図 風速分布

除霜から除霜までの時間、すなわち除霜の間隔はできるだけ長く、除霜時間は短い方がよいが、このショーケースではこの間隔を1日とし、除霜時間はヒータの容量によって大きく変化するので、ヒータ容量を変えて、どの容量が最も適当かを実験した。第10図は除霜時間を15分一定にしたときの庫内温度、蒸発器温度および残霜量とヒータ容量の関係を示したものである。

この除霜時間と着霜量およびヒータ容量の関係を理論的に検討すれば次のようになる。



第10図 ヒータ容量を変えたときの除霜

- $W$ : 蒸発器の着霜量 (kg)
- $G$ : 開放部より侵入する空気量 (kg/h)
- $X_T$ : 室温  $T$ °Cの絶対湿度 (kg/kg)
- $X_E$ : 蒸発器を通った空気の絶対湿度 (kg/kg)
- $h$ : 開放時間

とすると,

$$W = G (X_T - X_E) h \dots\dots\dots (1)$$

となる。また

- $c_i$ : 水の比熱 (kcal/kg°C)
- $t_0$ : 蒸発器の霜の温度 (°C)
- $t$ : 除霜水の温度 (°C)
- $c_A$ : アルミの比熱 (kcal/kg°C)
- $c_C$ : 銅の比熱 (kcal/kg°C)
- $w_A$ : アルミの重量 (kg)
- $w_C$ : 銅の重量 (kg)
- $t_{E1}$ : 除霜前の蒸発器の温度 (°C)
- $t_{E2}$ : 除霜後の蒸発器の温度 (°C)

とすると, ヒータによって吸熱した熱量  $Q_1$  kcalは

$$Q_1 = W \{ c_i (0 - t_0) + 79.68 + t \} + (c_A w_A + c_C w_C) (t_{E2} - t_{E1})$$

$$Q_1 = W \{ 79.68 + t - c_i t_0 \} + (c_A w_A + c_C w_C) (t_{E2} - t_{E1}) \dots\dots\dots (2)$$

一方, ヒータによる発熱  $Q_2$  kcalは

- $H$ : ヒータ容量 (kW)
- $T$ : ヒータに通電している時間 (分)
- $\eta$ : 熱効率

として,

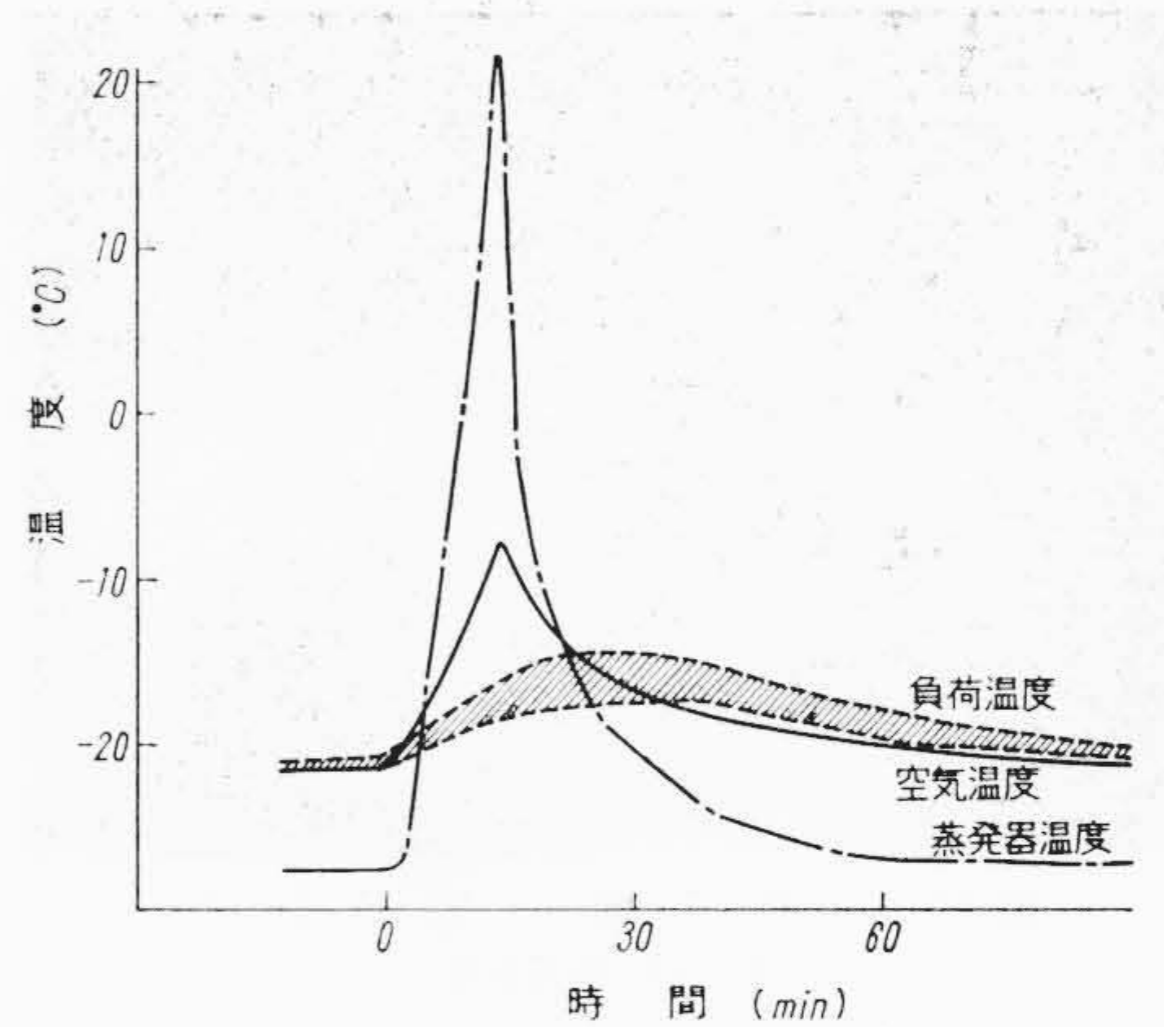
$$Q_2 = 0.24 H \eta \times 60 T = 14.4 H \eta T \dots\dots\dots (3)$$

吸熱と発熱が等しいから(2), (3)式より

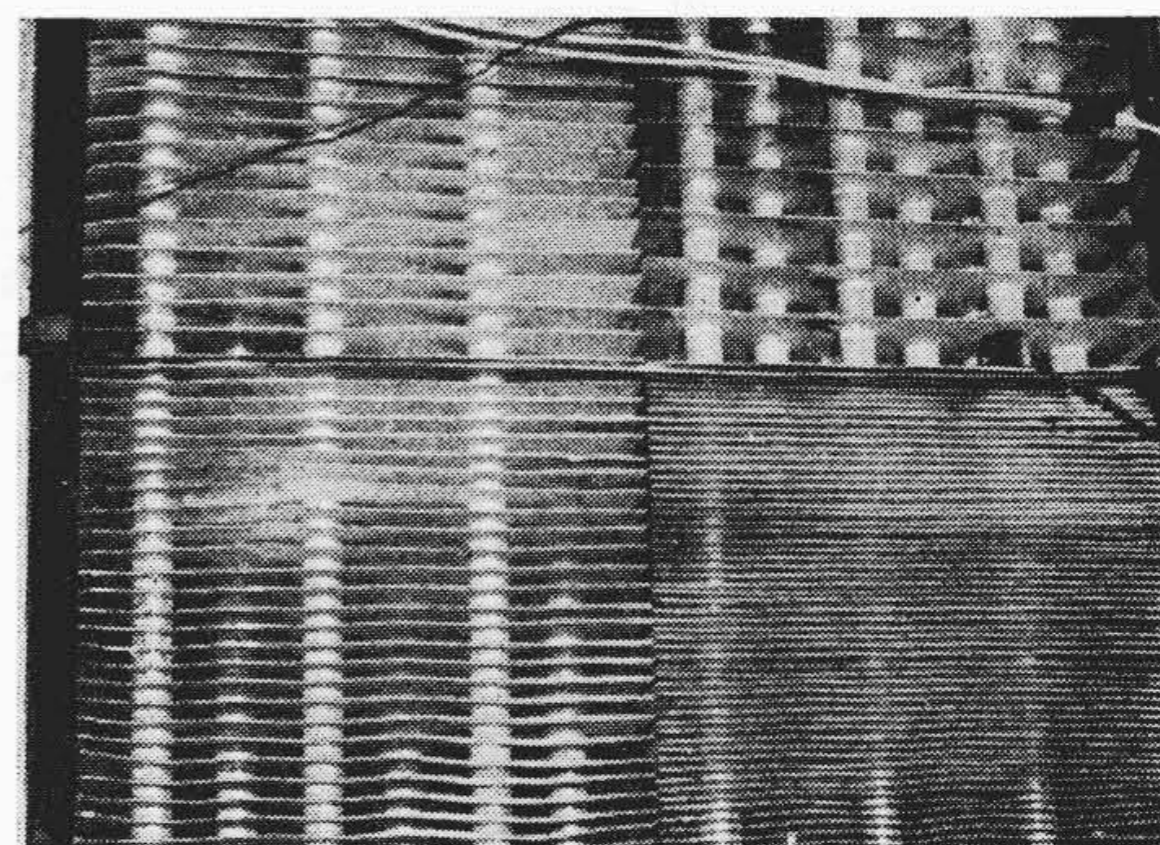
$$H \cdot T = \frac{W \{ 79.68 + t - c_i t_0 \} + (c_A w_A + c_C w_C) (t_{E2} - t_{E1})}{14.4 \eta} \dots\dots\dots (4)$$

熱効率  $\eta=90\%$  とし, 本ショーケースの場合のヒータ容量を(4)式より求めると  $H=2.25$  kW となり, 実験値 2.4 kW とほぼ一致する。よって, 除霜試験はヒータ容量 2.4 kW で行なった。

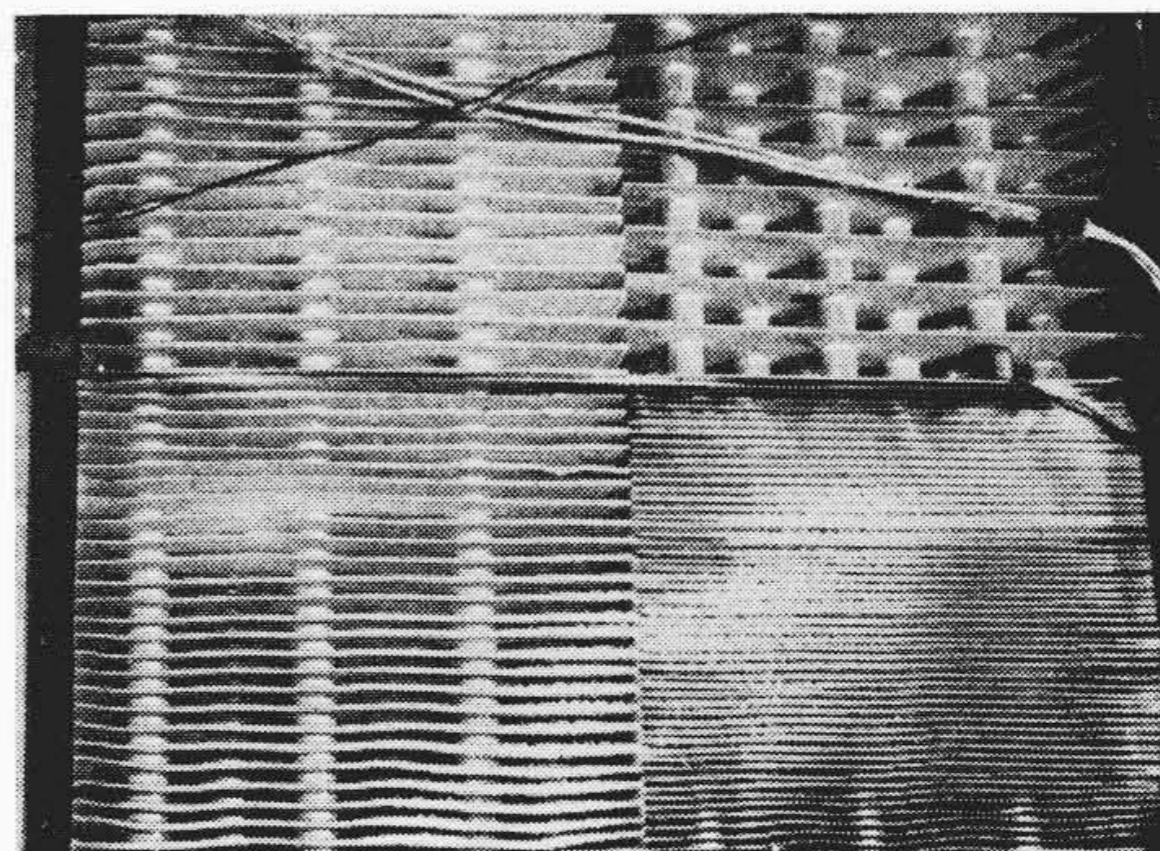
第11図は温度 30°C, 湿度 80%条件で除霜を行なったもので, 庫内温度とアイスクリームなどの負荷温度を示したものである。庫内空気温度は -10°C 付近であるが, 負荷温度は -15°C 付近であり, 食品に対する影響はほとんどないとみてよい。この除霜は真夜中の



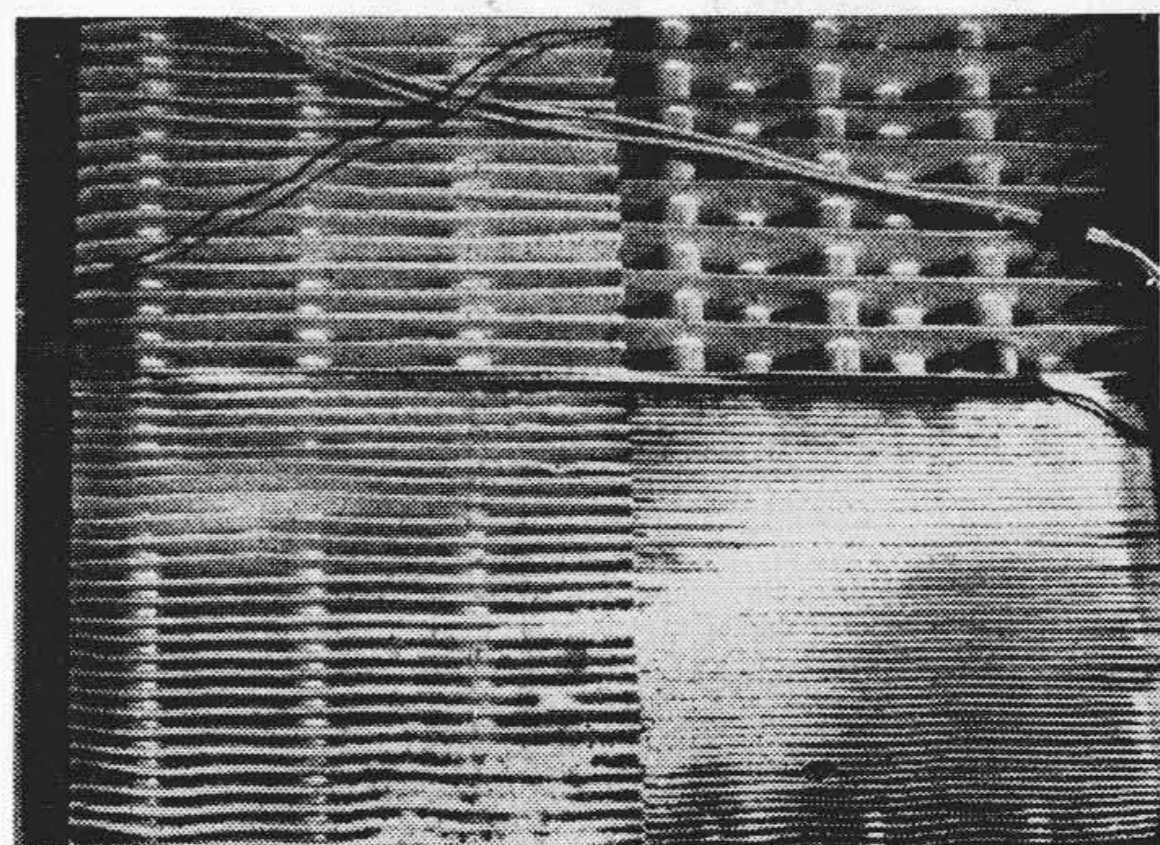
第11図 除霜試験における庫内温度上昇 (温度 30°C, 湿度 80%)



第12図 蒸発器の霜付状況 (運転開始3時間後)



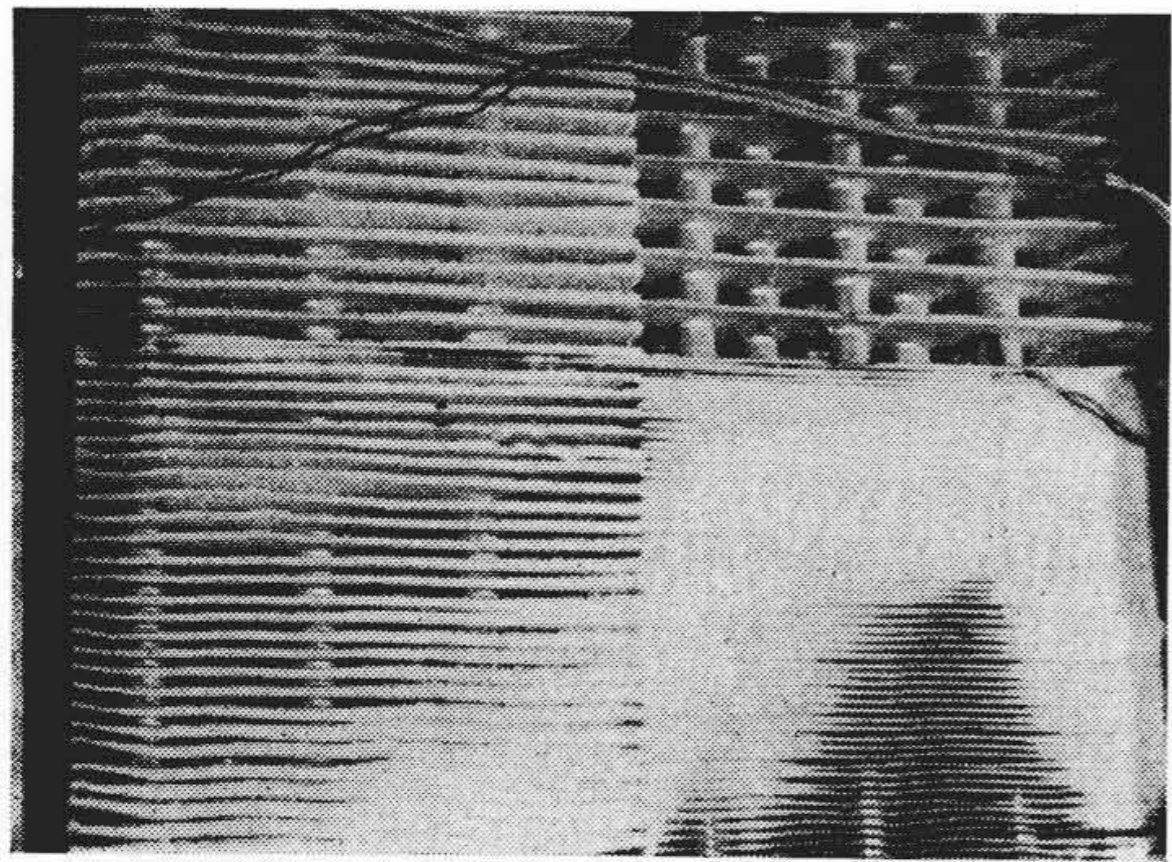
第13図 蒸発器の霜付状況 (運転開始後7時間後)



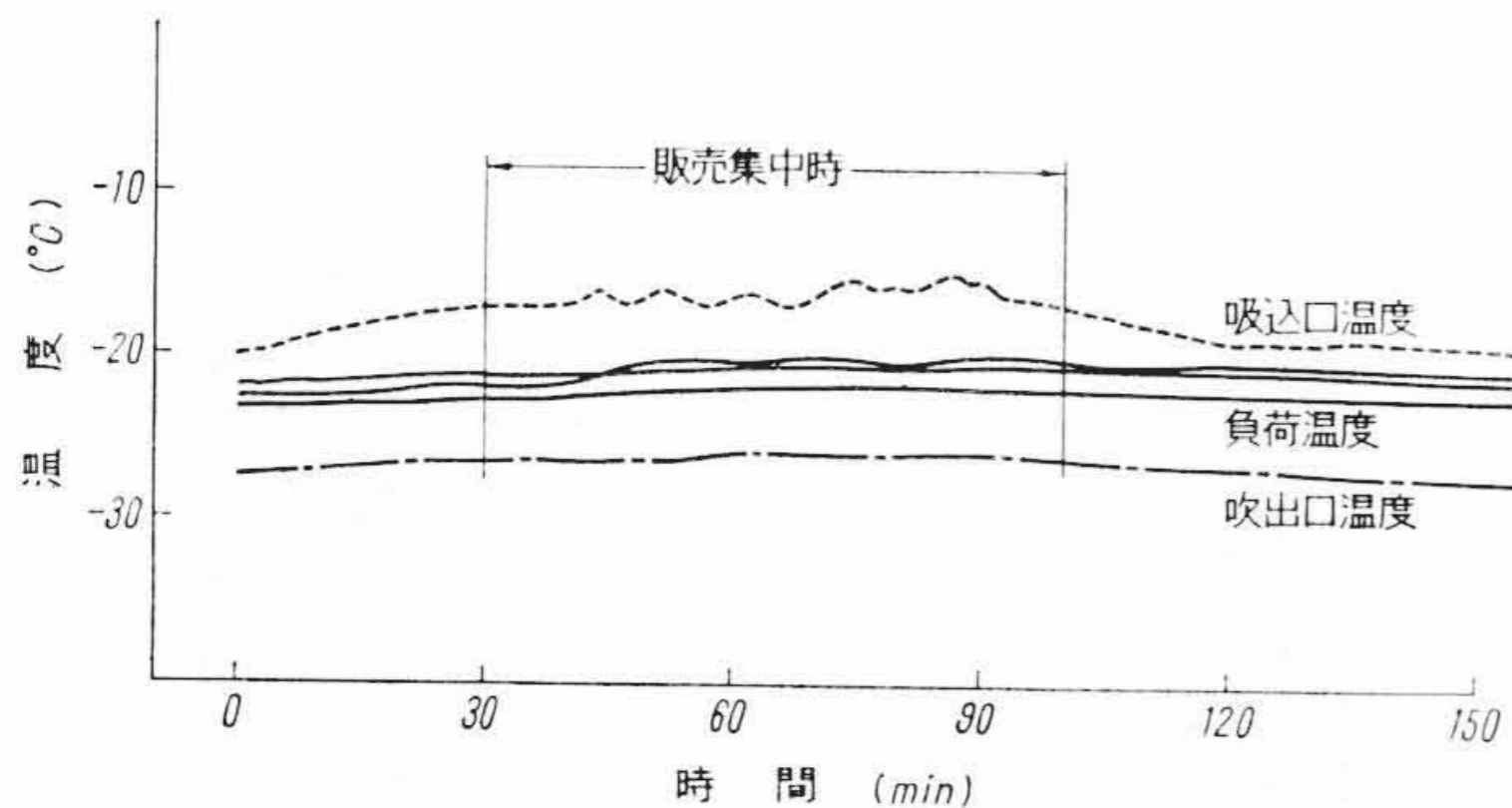
第14図 蒸発器の霜付状況 (運転開始12時間後)

12時ころに行なうことが望ましく, 毎日一回この時刻に除霜するのが普通であるが, もし使用者の好む時刻に除霜したいときは, 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うことができるようになっている。

第12~15図は除霜試験における蒸発器の霜付の状況を示したものである。第15図において, フィンピッチの細かい部分にたくさ



第 15 図 蒸発器の霜付状況  
(運転開始 20 時間後)



第 16 図 販売時の庫内温度上昇

ん霜が付着しているように見えるが、これは表面のみで、内部においてはフィンピッチの荒い部分と同じくらい霜が付着しており、循環空気の通路がさまたげられることもなく、したがって第 11 図に示したように庫内温度上昇を最小限度にとどめている。

3.4 実用試験

実用試験はアイスクリームを貯蔵庫に収容し、実際に販売する状態を調べたものである。第 16 図は販売が集中したとき、すなわち循環空気が乱れたとき生ずる現象で、吸込口温度の温度上昇は大きい、負荷温度への影響はわずかである。

また実際据え付けられる個所には、多少の周囲風速があるが、この周囲風速は 0.5 m/s くらいが限界であり、特に風速が 1 m/s 以上になると循環空気が外部に出るため、温度上昇が大きくなり冷却性能は悪くなる。このような状態のときは、ナイトカバーを付けて使用することもできるが、できるだけ周囲風速のないところへ据え付けを行なうように注意すべきである。特にクローズドタイプと異なり、オープンショーケースでは、冷風循環冷却方式でも自然循環冷却方式でも、この周囲風速について十分注意し、据え付けに対して検討する必要がある。

4. 結 言

以上、オープンショーケースについてその構造、性能を簡単に述べた。

このオープンショーケースは冷風循環冷却方式を採用しているため、貯蔵庫内の霜付がなく清潔に使用できるが、さらにデフロストサーモスタットとタイマを組み合わせた自動除霜装置により、冷凍運転と除霜運転の切り替えを定期的に行ない、庫内の温度上昇を最小限度にとどめるようにしてあるので、アイスクリーム、冷凍食品などの貯蔵品をそこなうことなく、すみやかに除霜することができる特長をもっている。

今後、このショーケースのような、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。クローズドタイプのショーケースに比べて構造的、性能的に複雑になるが、据付条件の選定が良好であれば、そのすぐれた性能を発揮することが可能である。

参 考 方 献

- (1) 日本冷凍製造協会：冷凍 36 (昭 36-8)
- (2) 松林，三村：日立評論 42, 892 (昭 35-8)
- (3) 滝田：冷凍 37, 1081 (昭 37-11)
- (4) B. L. Herrmann：ASHRAE J., 1, 76 (Oct. 1959)
- (5) D. E. Friedman：ASHRAE J., 2, 62 (Sept. 1960)
- (6) P. Mangeolles：World Refrigeration, 13, 43 (Sept. 1962)
- (7) A. D. Althoff & C. H. Turnquist：Modern Refrigeration and Air Conditioning
- (8) 松林：日立評論 45, 330 (昭 38-2)



特 許 の 紹 介



特 許 第 401149 号 (特公昭 37-1057)

北 川 公・米 子 稔・藤 田 優

ア ル カ リ 乾 電 池

この発明は亜鉛を陽極とし、酸化銅、酸化ビスマスおよび塩化ビスマスを減極剤とした密閉形アルカリ乾電池である。

図において、曲線 1 はこの発明乾電池を 2 個積み重ねた場合の、曲線 2 は前者と同重量の減極剤を用いた従来の水銀乾電池の放電特性を示す。図から明らかなように、この発明乾電池を 2 個積み重ねたものは従来の水銀乾電池よりその電圧はやや大きく、放電寿命は約 20% 長くなっている。すなわち、この発明乾電池は従来の乾電池に比べ長寿命であり、かつ同一重量の減極剤に対して大容量の電池が得られ、実用上の効果顕著である。

(岩田)

