

# 新形日立ハイフリーズ冷蔵庫の性能

Characteristics of New Hitachi "Hi-Freeze" Refrigerators

鈴木 雄 毅\* 藤 沼 善 三 郎\*  
Yūki Suzuki Zenzaburō Fujinuma

## 要 旨

近年アイスクリームや冷凍食品の普及増加は著しく急激に国民の食生活に浸透してきている。政府においても生鮮食品の流通機構改善のためコールドチェーン構想を取り上げ、実施に移すよう強力な施策が次々に実現されつつある。このような情勢に対処して日立製作所はさきに冷凍食品が保存できる家庭用ハイフリーズ冷蔵庫を製作販売し好評を博した。今回さらにハイフリーズ形の性能を一段と向上せしめ四季を通じて庫内を常に適温に保ち、フリーザ温度をいっそう低下させてイギリス規格の最高級である Three-Star の性能を有する新形日立ハイフリーズ冷蔵庫を完成した。

## 1. 緒 言

冷凍食品およびこれを保存するための冷凍室を有するフリーザ付冷蔵庫については、早くから進んでいるヨーロッパにおいては、フリーザ付冷蔵庫の性能を定める規格が確立されている<sup>(1)</sup>。イギリス規格 (British Standard 以下 B. S. と略す) によれば、フリーザ内の負荷の温度を3段階に分類し星印の数でその性能を製品に明示することになっている。これらの性能については次のように制定している。すなわち外気温度が 16°C, 32°C において、また庫内温度が 0°C 以下にならない範囲でフリーザ温度が -18°C 以下のものを Three-Star, -12°C 以下のものを Two-Star, -6°C 以下のものを One Star と分類している。この主旨は四季を通じて庫内に貯蔵した食品を凍結せしめることなしにフリーザの温度が何度まで冷えるかということフリーザ付冷蔵庫の性能の主眼としていることであり、まことに合理的で当を得たものである。わが国においても冷凍食品時代が到来し年間を通じて冷凍品が使用されるようになると、外気温度いかにかわらず庫内に貯蔵した一般食品は凍結することなく適温を保ち、なおかつフリーザは低温を保持するフリーザ付冷蔵庫でなくてはならない。新形日立ハイフリーズ冷蔵庫はこのような考え方に基づき開発されたものであって、その性能は B. S. 最高級の Three-Star に相当するものであり国際的にも第一級のものであると確信している。図1および図2は新形日立ハイフリーズ冷蔵庫の外観および内観を示したものである。以下その性能について詳述する。

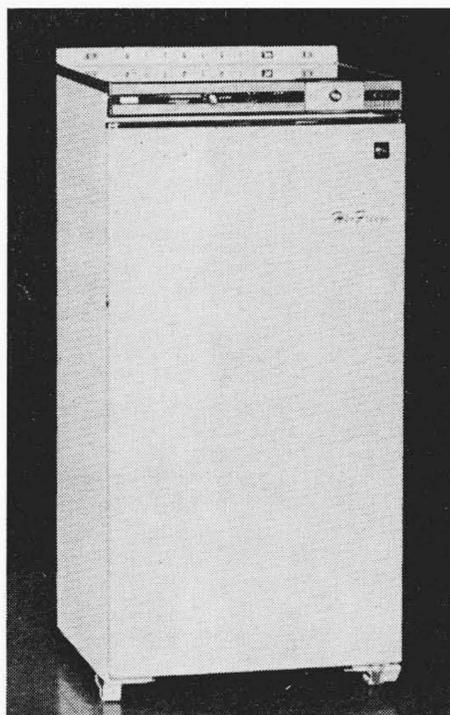


図1 新形日立ハイフリーズ冷蔵庫 R-110K 形

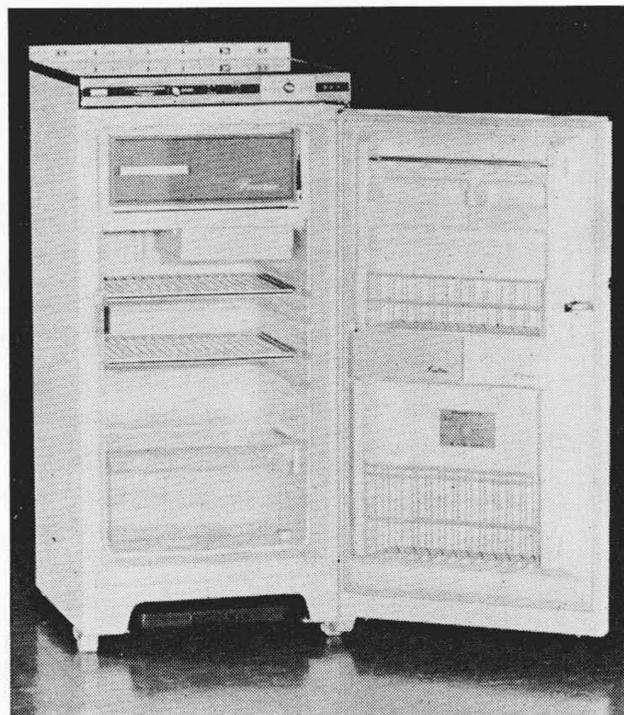


図2 新形日立ハイフリーズ冷蔵庫 R-110K 形の内観

## 2. 研究方針

B. S. Three-Star の性能を実現するためには次の2点が重要検討項目としてあげられる。

- (1) 従来のハイフリーズ冷蔵庫よりフリーザ自体の温度をいっそう低温にすること。
  - (2) 外気温度が低下した場合庫内の冷えすぎを防止すること。
- 以下これらの2点についてこれを実現するための具体的な考え方について詳述する。

### 2.1 フリーザ温度の低下方法

フリーザの温度を低下せしめるには温度調節器に低温作動のものを使用すればよいわけであるが、一般に運転率が高くなり消費電力

\* 日立製作所栃木工場

が多くなる。したがって冷凍食品を保存していないときには、フリーザを必要以上に冷却せず経済的に運転することができればはなはだ便利である。このためには急速冷凍スイッチ (冷凍品切換スイッチ) を使用して冷凍品“有”の状態ではフリーザは低温となり、冷凍品“無”の状態ではフリーザ温度は必要以上に降下せず経済運転ができるようになればよい。これを実現するためには蒸発器に高温作動と低温作動の2個の温度調節器を取り付ければよいのであるが、原価高となるので次の方法を採用することにした。すなわち蒸発器に取り付ける温度調節器の感熱管部に小容量のコードヒータ (以下簡単にサーモヒータと称す) を接近して設置し、これに通電すれば温度調節器の作動値を低くした場合と同じ効果になる原理を利用するものである。

図3において曲折線Aは冷凍品“無”の状態における断続運転中の蒸発器の表面温度の変化を示し、曲折線Bはサーモヒータに通電した場合の蒸発器表面温度の変化を示すものである。すなわち温度調節器の作動値自体は変化していないが、感熱管部を局部的に加熱することにより蒸発器表面と感熱管部との間に温度差を生じ、運転時間が長くなり停止時間が短くなって、蒸発器表面温度はAからBに低下するのである。したがって蒸発器に囲まれたフリーザ内の温度もサーモヒータに通電することにより低下するものである。この方式はさほど原価高にならず構造的にも簡単で、しかも冷凍運転と経済運転との切換も電氣的に容易にできるのできわめて便利な方式である。このためフリーザ温度の低下方法としてはこの方式を用い

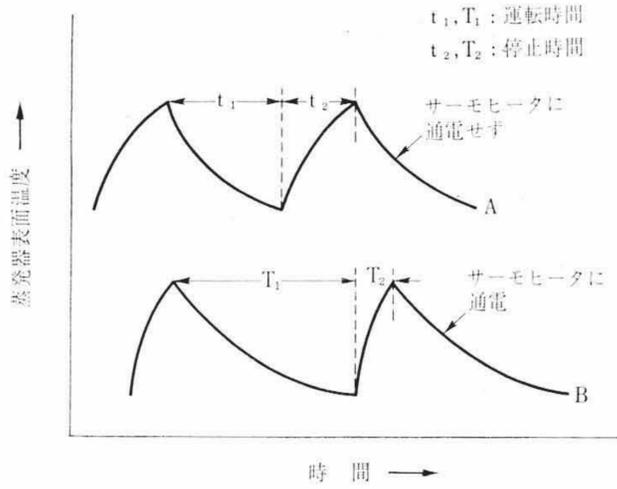


図3 サーモヒータの効果

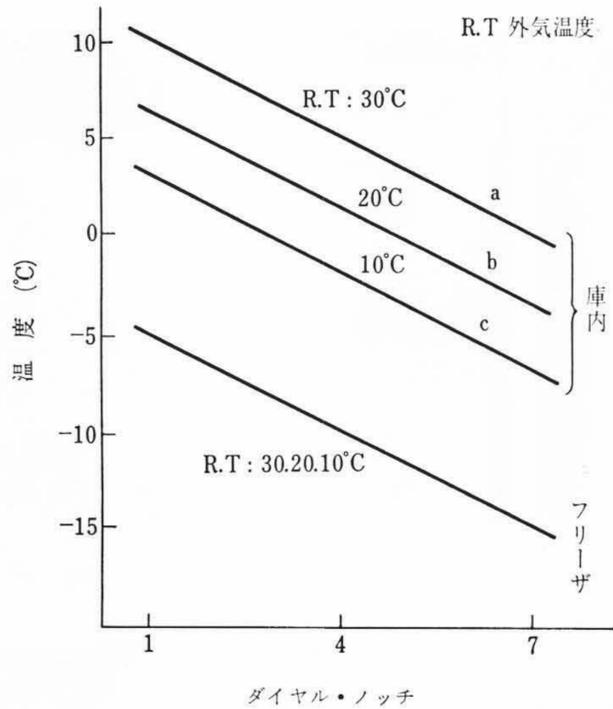


図4 庫内とフリーザの温度

ることにした。

2.2 外気温度が低下した場合の庫内の冷えすぎ防止方法

1個の蒸発器でフリーザと庫内をともに冷却するフリーザ付冷蔵庫において外気温度が変化した場合温度調節器の各ダイヤルノッチにおけるフリーザと庫内の温度は図4のようになる。すなわち外気温度が低下すると同じダイヤルノッチにおいても庫内温度は低下する関係がある。したがって庫内に貯蔵した一般食品が凍結しない範囲におけるフリーザ温度は外気温度が低いほど高くなる傾向にある。外気温度が低いときに庫内温度の低下を防ぐ方法として次の2方法が考えられる。

- (1) 蒸発器から庫内への冷気対流をダンパなどで遮断する方法 (以下冷気遮断式と称す)
- (2) 庫内温度の低下をヒータで温度補償する方法 (以下ヒータ温度補償式と称す)

冷気遮断式は蒸発器より降下する冷気を遮断するので庫内温度は外気温度の影響を受けやすくなる。すなわち図5で外気温度が低いときに庫内が冷えすぎないようにするため、外気温度10°Cのときの庫内温度c'線を図4のc線に合わせたとすると外気温度30°Cにおいては庫内温度a'線は図4のa線より高くなる。つまり冬季における庫内の冷えすぎを防止すると、夏期においては庫内が冷えない冷蔵庫になる。

ヒータによる庫内温度補償式では図6のように全般的に庫内温度が高目になるので、夏期においてはヒータによる庫内の加熱を切らなければならない。外気温度は同じ季節でも寒い日があったり暑い

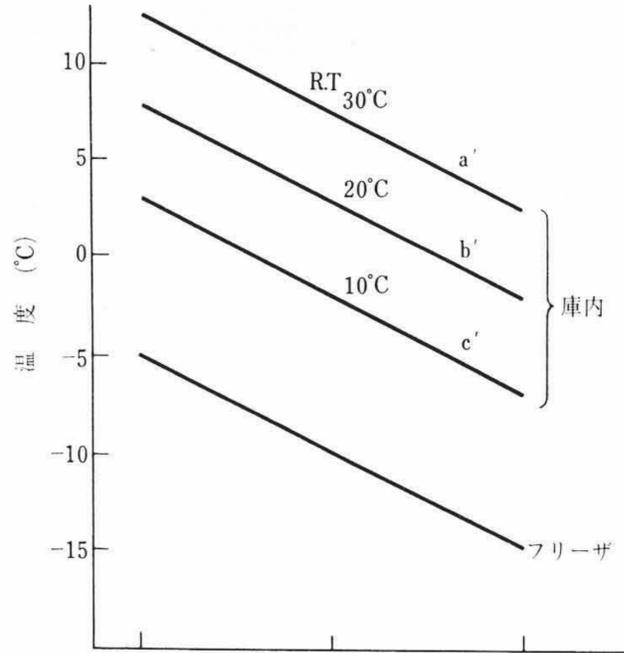


図5 冷気遮断式の庫内とフリーザの温度

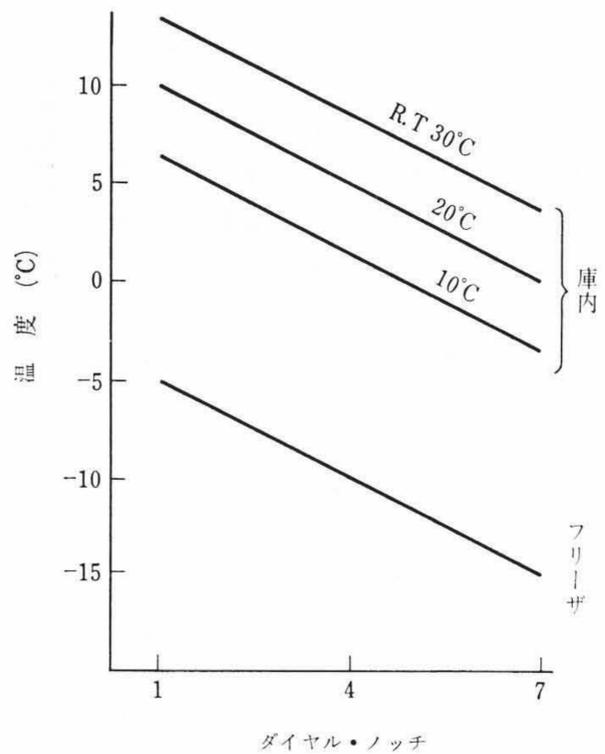


図6 ヒータによる庫内温度補償式の庫内フリーザ温度

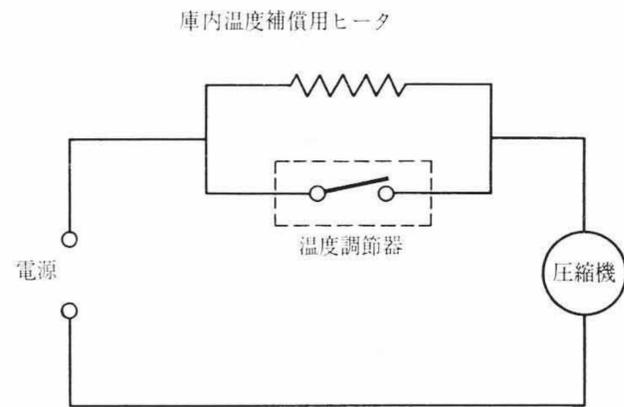


図7 自動温度補償式の回路

日があったり、また日中と夜とでも気温の変化があるから、使用者が外気温度によりヒータの入切を操作する必要がある。したがってこの方式は家庭用冷蔵庫としてあまり適切な方式ではない。最も望ましい方式は外気温度に応じて自動的に庫内の温度補償が行なえるものである。このため外気温度をキャッチする方式として運転率の変化を利用する自動温度補償方式を考案した。その原理回路は図7のとおりである。この回路を使用すると冬季のように外気温度が低下して冷蔵庫の運転時間が短くなると、温度調節器の回路が開いて

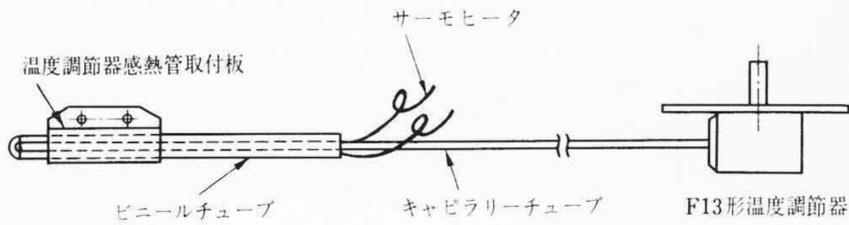


図8 サーモヒータ取付状態

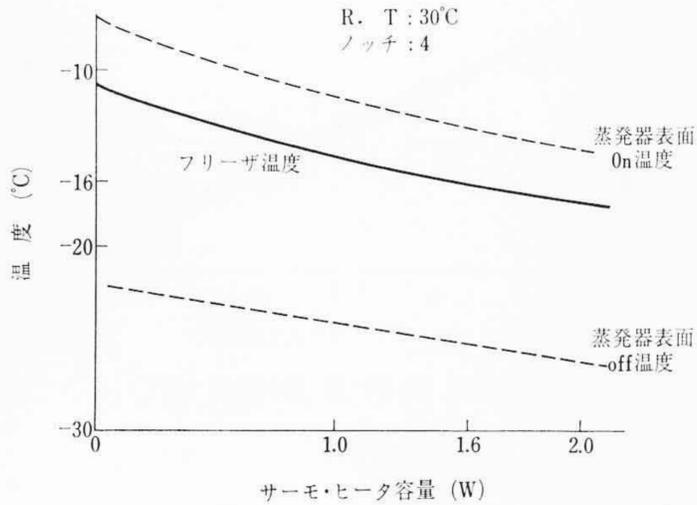


図9 サーモヒータ容量とフリーザの温度

いる時間が長くなり、庫内温度補償用ヒータの加熱時間が長くなる。つまり外気温度が低くなるほど庫内温度補償が多くなり適当な抵抗を有するヒータを選定すれば自動的に庫内の適温が保たれるものである。

以上のようにフリーザ温度の低下方法としてサーモヒータを使用し、庫内温度の冷えすぎを防ぐために運転率の変化を利用して自動的に庫内温度補償を行なうことにした（この方式は特許申請中である）。

### 3. Three-Star を満足するための詳細仕様

#### 3.1 サーモヒータの容量

サーモヒータを温度調節器感熱管に取り付ける構造は図8に示すとおりである。このような構造の温度調節器を冷蔵庫に取り付けて、ヒータ容量を変化させた場合の蒸発器表面の on 温度、と off 温度およびフリーザの温度を測定した結果は図9に示すとおりである。ヒータ容量を大きくすればフリーザの温度も下がるが、フリーザ温度を従来のものより 5 deg 下げることが目標として 1.6 watt に選定した。

#### 3.2 庫内温度補償用ヒータの容量

経済運転すなわち急速冷凍スイッチが冷凍品“無”ダイヤルノッチ4ノッチの状態において庫内およびフリーザの温度が表1のようであったとする。冷凍運転すなわち冷凍品“有”の状態においてサーモヒータの働きでフリーザ温度が 5 deg 低下し、なほかつ庫内温度は冷凍品“無”の状態と同様 5 deg を保ったものとする。この庫内温度補償を行なうための庫内温度補償用ヒータの容量を計算すると次のとおりである。

まず冷凍品“無”の状態において断続運転を行ない熱平衡に到達したときの熱平衡式は次式で示される。

$$K_1(y-x) = K_2(z-y) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $x$ : 蒸発器表面温度 (°C)

$y$ : 庫内温度 (°C)

$z$ : 外気温度 (°C)

$K_1$ : 蒸発器と庫内の熱貫流係数 (kcal/h°C)

$K_2$ : 庫内と外気との間の熱貫流係数 (kcal/h°C)

この状態で冷凍品“有”にすると、サーモヒータにより蒸発器表

表1 外気温度 30°C におけるフリーザと庫内の温度

	冷凍品(無)	冷凍品(有)	冷凍品(有)-冷凍品(無)
庫内	5°C	5°C	0 deg
フリーザ	-11°C	-16°C	-5 deg
(庫内)-(フリーザ)	16 deg	21 deg	—

表2 外気温度 16°C におけるフリーザと庫内の温度

	ダイヤルノッチ 4		約5
	冷凍品(無)	冷凍品(有)	冷凍品(有)
庫内	0°C	2.8°C	0°C
フリーザ	-11°C	-16°C	-18.8°C
(庫内)-(フリーザ)	11 deg	18.8 deg	18.8 deg

面温度が  $X$ °C に低下し、 $H$  kcal/h のヒータにより庫内温度補償が行なわれて庫内温度が  $Y$ °C であるとする。そのときの熱平衡式は(2)式で示される。

$$K_1(Y-X) = K_2(z-Y) + H(1-N) \dots\dots\dots (2)$$

ここで  $N$  は運転率を示す。

また前提条件として  $y=Y$  とすれば

$$K_1(x-X) = H(1-N)$$

$$\therefore H = \frac{K_1(x-X)}{1-N} \dots\dots\dots (3)$$

となり庫内補償用ヒータの容量が求められる。

ここで運転率  $N$  は実例により求めなければならないが、ダイヤルノッチにおいてサーモヒータ 1.6 watt を使用したときの運転率の実測値と  $K_1=1.5$  kcal/k°C<sup>(2)</sup> より  $H=17.2$  kcal/h  $\div$  20 watt を求めた。

このようなヒータ容量で、同じダイヤルノッチ4ノッチにおいて外気温度が 16°C になったとする。フリーザ温度は外気温度にほとんど影響されないからそのときの庫内温度を(1)式および(2)式に代入して計算すると表2のようになる。つまりダイヤルノッチ4ノッチ、冷凍品“有”の状態ではフリーザと庫内の温度差が 18.8 deg であるので庫内温度が 0°C になるダイヤルノッチ約5ノッチにおいてフリーザ温度は -18.8°C になり Three-Star の条件を満足することができる。図4に示したように一般に外気温度が高くなれば庫内とフリーザの温度差は大きくなる。外気温度 32°C において庫内温度 0°C のときの庫内とフリーザの温度差は 18.8 deg より大きくなるからフリーザ温度は -18.8°C 以上となり当然 Three-Star の条件は満足する。B. S. に規定されている試験はフリーザ内の空間温度ではなくフリーザ内の負荷の温度であるから負荷は蒸発器表面の温度の影響を受けて実際の温度は -18.8°C より低くなる。

図4のように一般に外気温度が高くなれば庫内とフリーザの温度差は大きくなる。したがって外気温度 32°C においても当然 Three-Star の条件は満足する。

以上のようにして外気温度 16°C および 32°C のいずれにおいても B. S. 最高級 Three-Star の性能をうる見通しが理論的に求められたので次に実際の冷蔵庫の性能について実験した。

## 4. 性能試験

### 4.1 断続性能試験

急速冷凍スイッチの切換で冷凍品“無”および冷凍品“有”の切換が可能であるが、それぞれの断続試験における庫内およびフリーザの温度は図10および図11に示すとおりである。冷凍品“無”の状態に比較して冷凍品“有”の状態における性能はフリーザの温度が約 5°C 低下し、外気温度が低くなるほど庫内温度が補償される。かくして外気温度をキャッチする適温メータに合わせて温度調節をするだけで四季を通じて安心して冷凍品の保存が可能となる。

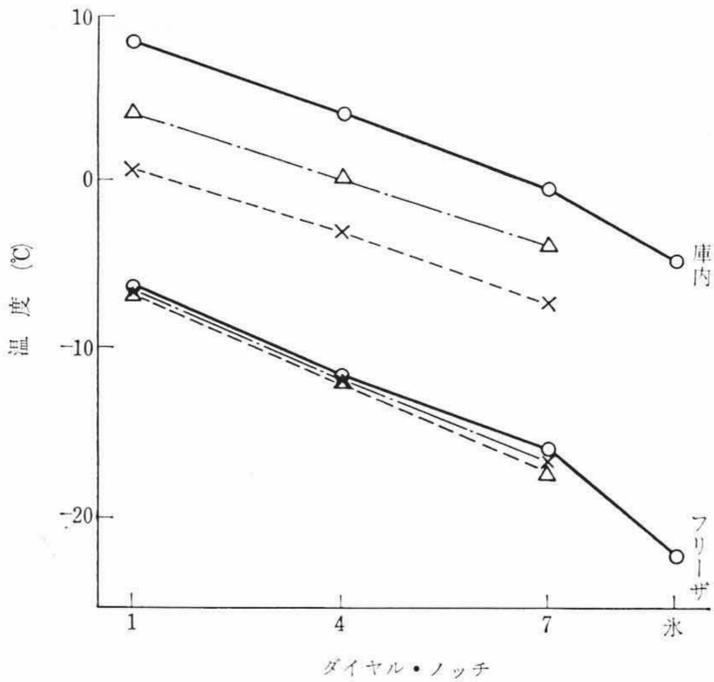


図10 断続試験〔冷凍品(無)〕

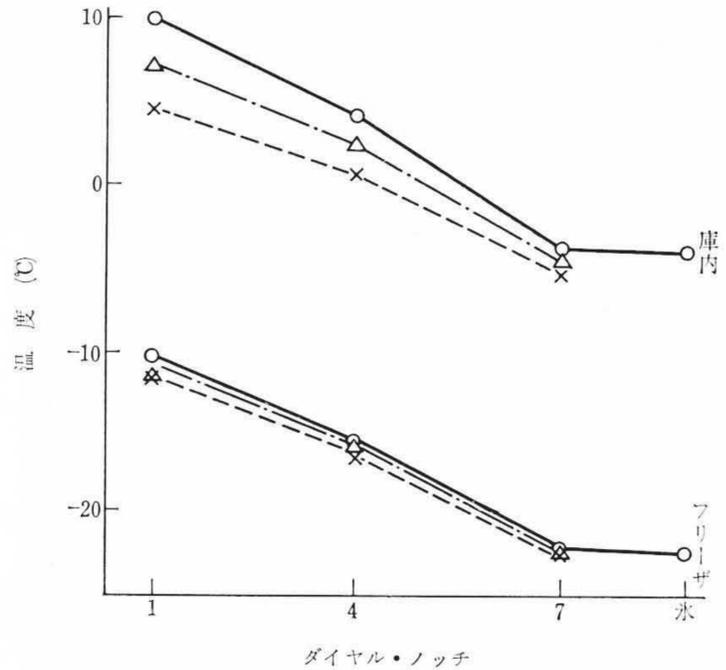


図11 断続試験〔冷凍品(有)〕

表3 B.S.に準拠した試験結果

測定別		外気温度	16°C	32°C
フリーザ (°C)	①		-20.8	-22.5
	②		-18.5	-19.8
	③		-19.2	-20.8
	④		-20.0	-22.0
庫内 (°C)	⑤		0.5	0.5
	⑥		0.5	0.3
	⑦		0	0

4.2 B.S.に準拠する試験

B.S.に準拠した模擬負荷<sup>(1)</sup>をフリーザ内に入れ、庫内温度をほぼ0°Cに調節したときの模擬負荷の温度を4点測定した結果は表3のとおりである。外気温度が16°Cおよび32°CのいずれにおいてもB.S.の最高性能 Three-Star を満足している。

5. 結 言

- (1) 以上新形日立ハイフリーズ冷蔵庫はB.S.の最高級 Three-Star を満足し国際的にも第1級のものである。
- (2) 急速冷凍スイッチの操作により、フリーザ温度は約5 deg 低下し自動的に庫内温度が調節されるので、適温メータに合わせて温度調節を行えば四季を通じてフリーザは低温に庫内は適温に保たれる。
- (3) 冷凍運転と経済運転との切換が急速冷凍スイッチにより簡単に操作できるので家庭の主婦にも便利に使用できる。

参 考 文 献

- (1) B.S. 3739 (1964)
- (2) 鈴木, 阿部: 日立評論 47, 967 (昭40-5)

目 次

■論 文

- ・真空負荷開閉器の開発
- ・インドコタクデム発電所納60,000 kW 発電設備
- ・アルミブス配線法
- ・ハイパクト絶縁最新の高圧電動機用無溶剤ワニス注入マイカ絶縁
- ・爆発圧接法の化学装置への応用
- ・エレベータ運転モードの統計的考察
- ・UHFサテライト放送用進行波管
- ・座席予約システム

- ・静電式超高速ラインプリンタ
- ・警報線入トロリ線の開発

■機器分析特集

- ・分析機器の今後の動向
- ・迅速アミノ酸分析法  
——汎用液体ガスクロによる測定——
- ・昇圧ガスクロマトグラフィ
- ・質量分析計による多成分分析
- ・自記分光光度計による差スペクトルの特性
- ・核燃料被覆材料の分析

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