

ウレタンフォームを使用した薄壁冷蔵庫の特性

Characteristics of Thin-Wall Refrigerator Using Rigid Polyurethane Foam

藤 橋 保 二* 名 古 屋 純 也* 柴 田 勝 男*
Yasuji Fujihashi Yoshinari Nagoya Katsuo Shibata

内 容 梗 概

硬質ポリウレタンフォームを断熱材に使用した薄壁冷蔵庫は外法寸法を小さくできるので据付空間が小さくてすむ。いっぽう最近の食生活面における冷凍品の著しい普及を考えると、これを保存できるフリーザを備えた冷蔵庫が必要になってゆくものと考えられる。

このような実状に合致した製品として本年薄壁でしかも冷凍品が保存できるフリーザを備えたいわゆるハイフリーズ形薄壁冷蔵庫 R-265 P 形を販売した。本文はこの冷蔵庫の構造および性能に関するものである。

1. 結 言

硬質ポリウレタンフォーム（以下ウレタンフォームと称する）は熱伝導率がグラスウールの約 $\frac{1}{2}$ というすぐれた断熱性能を有している。

これを断熱材に使用した冷蔵庫は断熱壁を薄くできるので薄壁冷蔵庫と称し、据付空間が小さくてすむ。またウレタンフォームは機械的強度が大きく、しかも接着性を有しているのでその強度を利用して貯蔵庫構成部材の板厚を薄くすることができる。さらに液状のまま注入して発泡させるいわゆる現場発泡が可能であり、発泡時に体積が 25～35 倍に膨張するので輸送や保管の面でも利点が多い。

アメリカでは 3～4 年前から主として冷凍庫に使用されてきたが、最近では冷蔵庫にも新たな需要を喚起する手段として用いられるようになってきた。わが国では昭和 39 年度に日立製作所がわが国最初の現場発泡による内容積 148 l の R-154 P 形冷蔵庫を販売し好評を博した。いっぽう最近の冷菓品および冷凍食品の著しい生産量の増加を考えると、これを保存できるフリーザを備えた冷蔵庫が必要になってゆくものと考えられる。

日立製作所ではこのような実状に合致した製品として本年、R-265 P 形冷蔵庫を営業用大形デラックス製品として販売した。本冷蔵庫は従来の 200 l 冷蔵庫用キャビネットを使用して内容積 265 l の薄壁冷蔵庫を作り、その内部に密閉形蒸発器を採用してフリーザを形成させたいわゆるハイフリーズ形薄壁冷蔵庫である。

本文ではこの冷蔵庫の構造および性能について述べる。

2. 薄壁冷蔵庫について

ウレタンフォームはイソシアネートとポリエーテルの重合反応物に発泡剤を混入して発泡させた独立気泡の気泡体である。発泡剤には R-11 (CCl_3F) ガスを使用しており、これが気泡中に捕えられている。R-11 ガスは第 1 表に示すように熱伝導率の小さいガスであり、これを含有するウレタンフォームは断熱性能がすぐれている。

第 2 表は冷蔵庫に使用されている断熱材の性能をまとめたもので、ウレタンフォームの熱伝導率は現在最も多く使用されているグラスウールの約 $\frac{1}{2}$ である。

ウレタンフォームで冷蔵庫の断熱壁を作る方法には 2 種類ある。一つは外箱と内箱との間の断熱材収納空間に原液を注入発泡して外箱と内箱とをウレタンフォームで一体化する一体発泡方式である。他の一つは内箱の代わりにウレタンフォームと直接接着しないようにした治具を使用して発泡し、発泡後治具を取り去って内箱をそう入する分離発泡方式である。

内箱は近時、合成樹脂材料の物理化学的性能の向上と真空成形加工

* 日立製作所栃木工場

第 1 表 各種ガスの熱伝導率

物 質	熱 伝 導 率 (kcal/m・h・deg, 30℃)
R - 11	0.0072
R - 12	0.0082
炭 酸 ガ ス	0.0127
空 気	0.0208
窒 素	0.0208
酸 素	0.0211

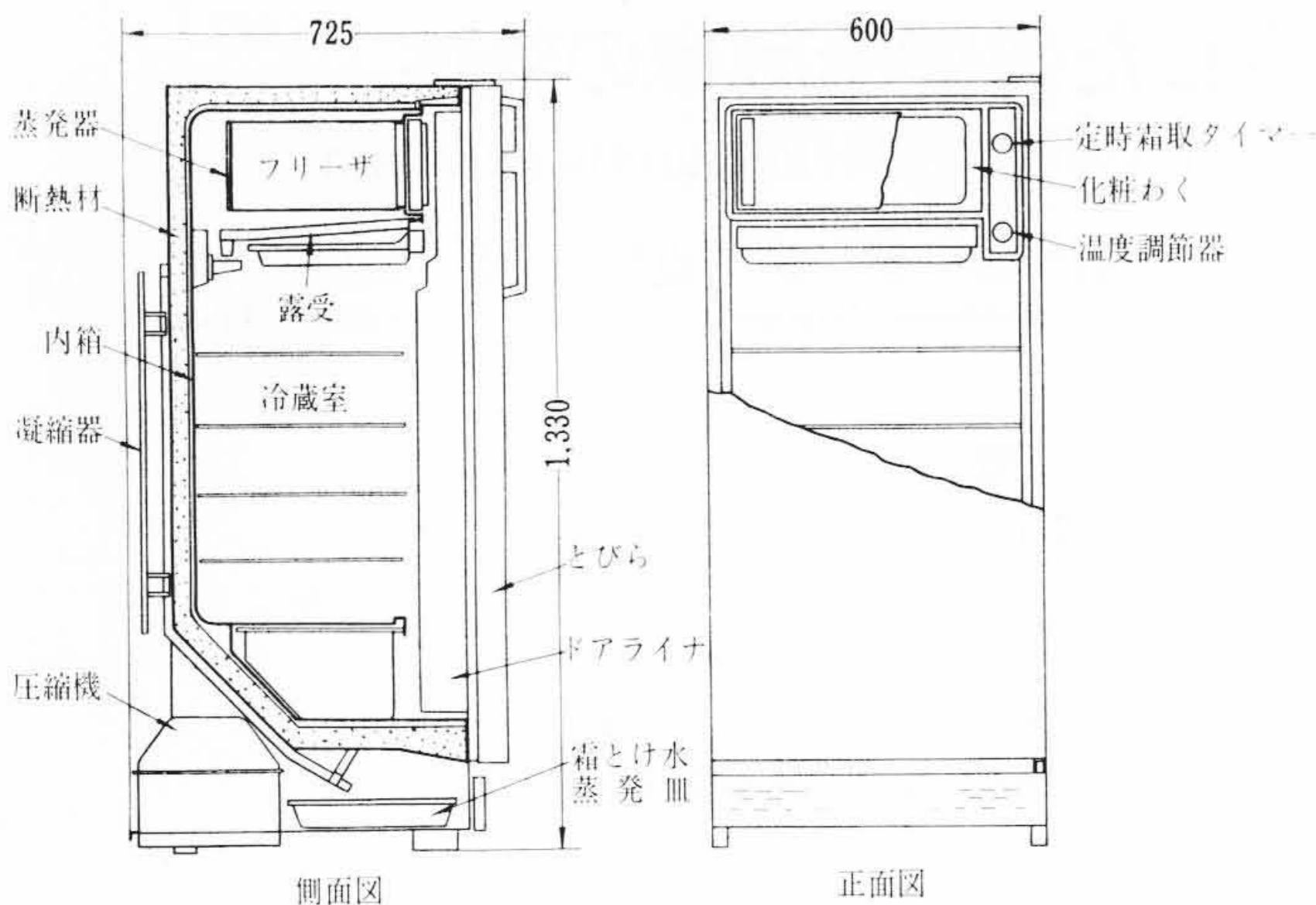
第 2 表 冷蔵庫用断熱材の性能

品 名	品 質・形 状	密 度 (g/cm ³)	耐熱度 (℃)	熱伝導率入 (kcal/m・h・deg)	
				平均温度 (6℃)	$\theta=17.5^\circ\text{C}$
ウレタンフォーム	R-11 発泡	0.030	80	0.0168+0.000138 θ	0.019
グラスウール	スパーファイン 1	0.011	300	0.0320+0.000202 θ	0.035
スチロフォーム	～4 ミクロンフェノール系樹脂接着独立気泡	0.015	70	0.0308+0.000140 θ	0.031

第 3 表 R-265P 形冷蔵庫仕様

項 目		仕 様	
貯 蔵 庫	内 容 積 (l)	総 内 容 積	265
		有 効 内 容 積	250
	外法寸法 (mm)	高 さ	1,373
		幅	600
		奥 行	725
	内法寸法 (mm)	高 さ	1,099
		幅	520
		奥 行	500/319 (最深部/最浅部)
冷 凍 機	外 箱	高級仕上鋼板、白色アクリル樹脂塗装	
	内 箱	合成樹脂板真空成形加工	
	断 熱 材	硬質ポリウレタンフォーム	
	圧 縮 機	密閉形電動機直結式	
	消 費 電 力 (W)	120/130 (100 V, 50/60 c/s)	
	凝 縮 器	ワイヤ形自然通風式	
	蒸 発 器	全幅口形アルミロールボンド式	
運 転 制 御 装 置	減 圧 装 置	キャピラリチューブ	
	冷 媒	R-12 (CCl_2F_2)	
	温 度 調 節 器	自動温度作動形 (氷ノッチ付)	
	霜 取 装 置	ホットガス定時タイマー式自動温度復帰形	
そ の 他	過負荷保護装置	自動復帰形過負荷保護装置	
	バターコンディショナ	付 (3 段調節可能)	
	付 属 品	たな 5 (上 4 段は可変式) 露受 1 製氷皿 大(1), 小(2) (カバー付) 引出し式低温容器 1, 引出し式クリスパー 1 セルフターンバスケット 2, 庫内温度表示板 1	

工の進歩、ならびに内箱形状の複雑化および下げ底化によって合成樹脂板を真空成形加工して製作するようになっている。したがって



第1図 R-265P形冷蔵庫概略構造

一体発泡方式より分離発泡方式が発泡作業や治具製作面において有利であり、しかも内箱の交換が可能であるので本冷蔵庫には分離発泡方式を採用している。

3. 冷蔵庫の構造

ウレタンフォームの採用により外法寸法を小さくできるので従来の200ℓ冷蔵庫用キャビネットを使用して内容積265ℓの大形営業用冷蔵庫を作ることにした。

庫内は機械室容積の減少を図って冷蔵庫の下まで使えるフルキャビネットにし、上部に1個の密閉形蒸発器を採用して冷凍品が保存できる内容積18ℓのフリーザを形成した。

また、付属機構として肉類の保存に便利な引出し式低温容器、野菜や果物などの貯蔵に適した多湿の引出し式クリスパー、3段階に調節できるバターコンディショナおよび5合牛乳ビンが3本はいるセルフターンバスケットなどを設けた。

冷蔵庫の仕様を第3表に、概略の構造を第1図に、内観写真を第2図に示す。

3.1 断熱壁の厚さ

貯蔵庫断熱材の厚さ d_u は外箱に使用した200ℓ冷蔵庫の熱抵抗に等しくなるように(1)式で計算した。

$$d_u = \frac{\lambda_u \cdot d_g}{\lambda_g} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 λ_u : ウレタンフォームの熱伝導率 (0.019 kcal/m・h・deg)

d_g : グラスウール断熱材の厚さ (70 mm)

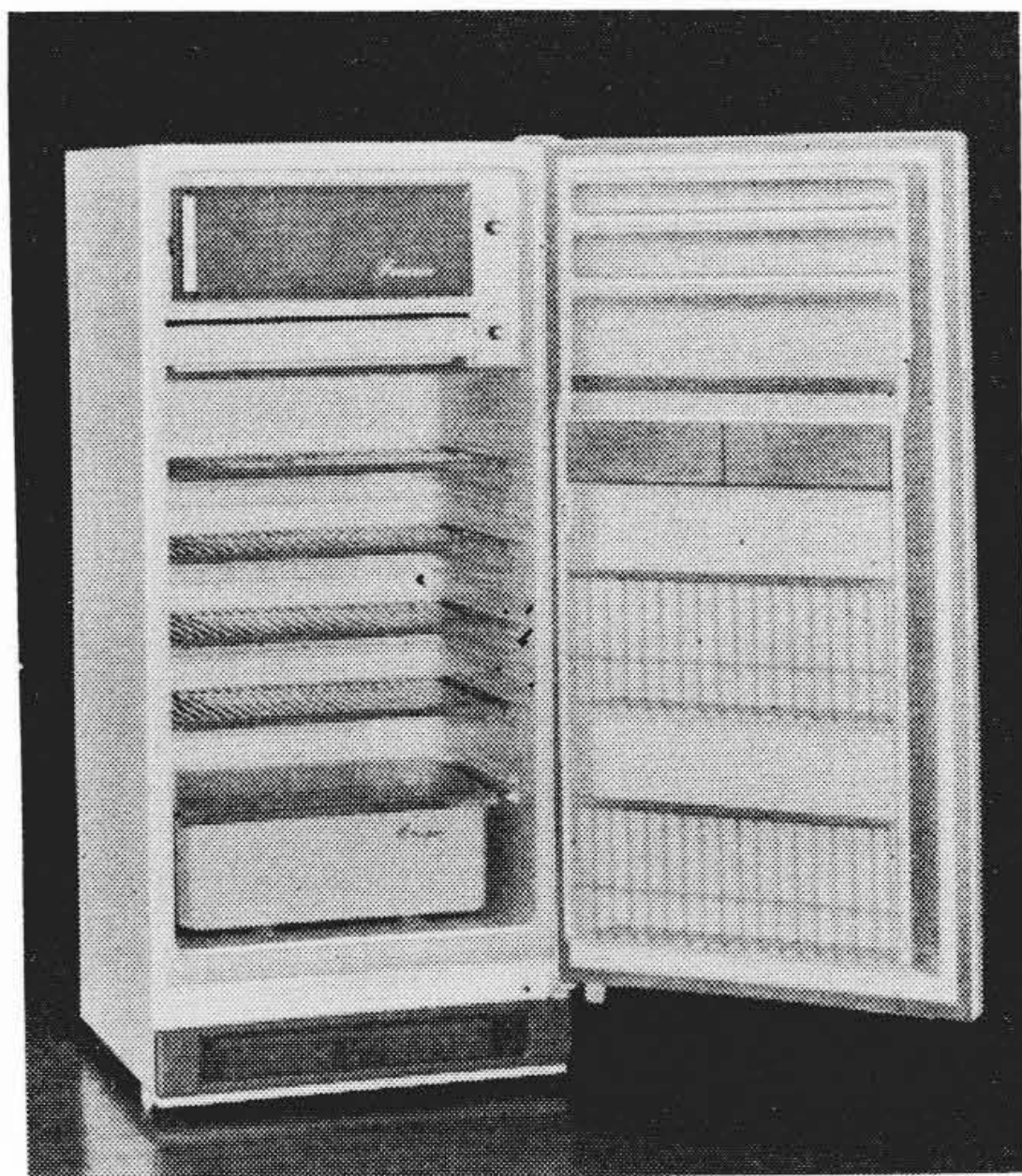
λ_g : グラスウールの熱伝導率 (0.035 kcal/m・h・deg)

この結果、 $d_u=38$ mm となったので、壁厚さは40 mm (断熱材35 mm) とした。

3.2 フリーザ

完全な2温度式冷蔵庫は冷凍室と冷蔵室にそれぞれ蒸発器を設け、この間を断熱材で仕切るので高価になっている。筆者らは安価にするため蒸発器は従来どおり1個としその機能を向上させた。すなわち、蒸発器の内外面とも冷蔵室の冷却に使用する従来の冷却方式を改善して、密閉形蒸発器を採用しその内面でフリーザを冷却すると同時に外面で冷蔵室を冷却する構造にした。

(1) 口形蒸発器を採用して、その前面開口部の周囲には合成樹脂板製の化粧わくを設けた(第1図参照)。この化粧わくの中に断熱材入りのフリーザとびらを設け、またその右端には操作盤を設置しここに霜取りおよび温度調節用のダイヤルを設けて操作を容易にした。



第2図 R-265P形冷蔵庫内観

- (2) 蒸発器の後部開口部を冷媒通路付のアルミ板でふさぎ、強力な冷却を行なうと同時にホットガス霜取りによる残霜の防止を図った。
- (3) 従来より5度作動値が低い特殊温度調節器を採用して蒸発器の温度を下げた。
- (4) 低温作動の温度調節器を採用することにより冷蔵室が過冷されるのを防止するために、蒸発器の直下に設置した露受と内箱との冷氣通路を調節し、その大きさを実験により決定した。

3.3 霜取り方式

霜取りは定時タイマー式で、冷蔵庫を使用しない夜半(午前1時)に毎日自動的にホットガスで行ない、霜がとけ終わると自動的に温度復帰して冷却運転を開始する方式である。冷凍品を長期間保存する場合には霜取りを中止することもできるようになっている。霜とけ水は冷蔵庫の下にある蒸発皿に排水し、冷媒の凝縮熱を利用して蒸発させ、霜とけ水を捨てる手間をはぶく自動排水蒸発装置としてある。

3.4 目標性能

冷凍品を家庭用として短期間保存するにはフリーザ温度を -10°C 以下に保つことが望ましいとされている。いっぽう、冷蔵室の温度は食品が凍結せぬように 0°C 以上でなければならないから温度調節器による断続運転時に、冷蔵室温度を 0°C 以上に保持すると同時にフリーザ温度をできるだけ低温にすることが望ましい。このためには冷却性能において冷蔵室とフリーザの温度差を大きくする必要がある。

よって、連続運転性能において冷蔵室とフリーザの温度差を従来より5度高くすることを目標とした。また、断続運転性能は冷蔵室を従来どおりとし、フリーザに通常使用するノッチで冷凍品が保存できることを目標とした。

3.5 ウレタンフォーム採用による利点

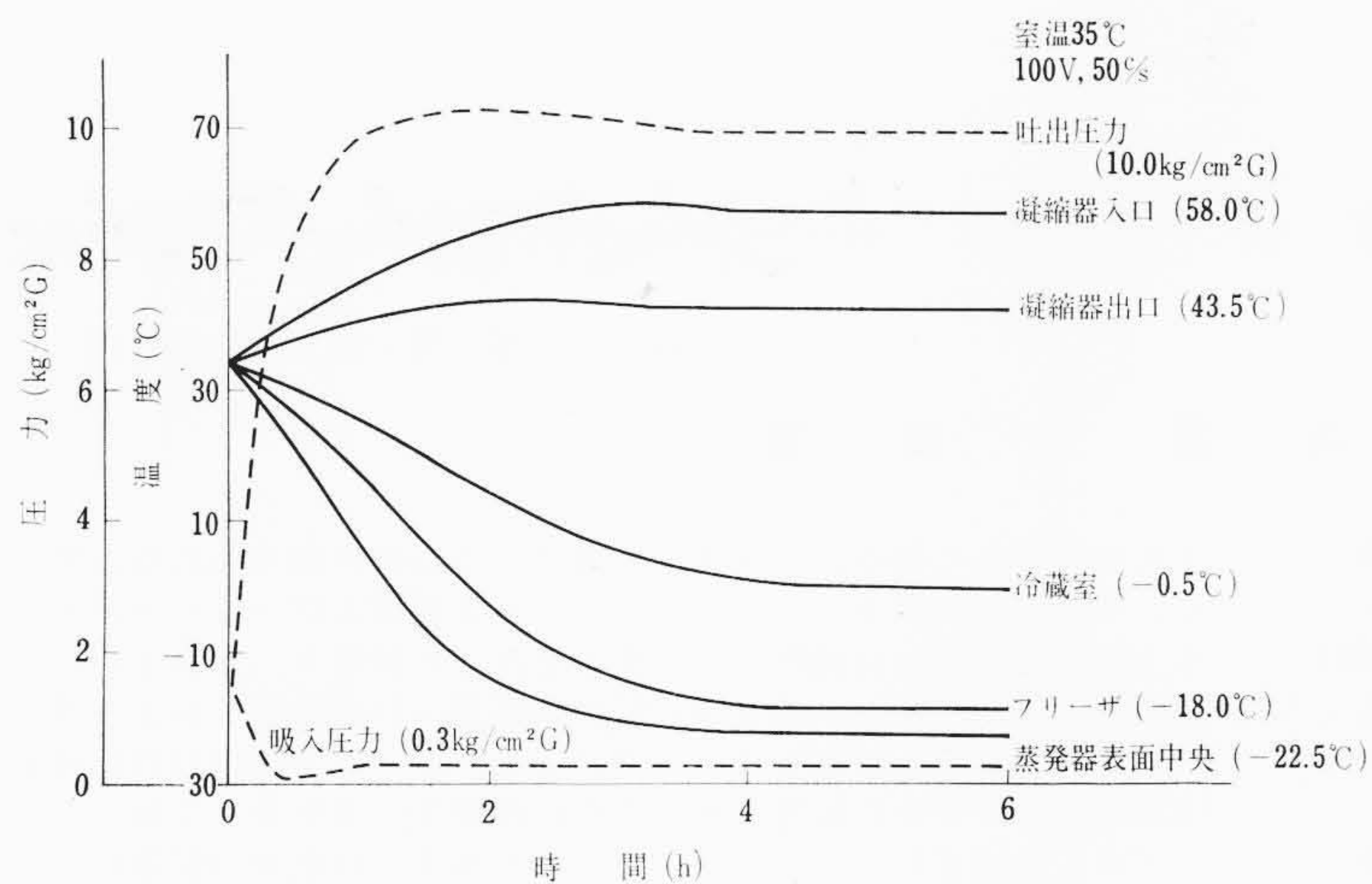
ウレタンフォーム採用による利点を本冷蔵庫と同内容積で昭和39年度に販売したグラスウール製R-264形冷蔵庫と比較してまとめると第4表のようになる。すなわち、本冷蔵庫はR-264形より、

- (1) 断熱壁の厚さが約 $\frac{1}{2}$ に薄くなり、外法寸法は高さが115 mm、幅が80 mm 小さくなった。
- (2) 外箱容積に対する有効内容積の比は52.4%と11.7%向上した。
- (3) 据付面積は 0.06 m^2 、すなわち12%小さくなった。

などスペースファクタがよいので“Space Master”という商標で

第4表 硬質ポリウレタンフォーム採用による利点

機種名	R-265P	R-264
断熱材材質	硬質ポリウレタンフォーム	グラスウール
有効内容積 (l)	250	252
外法寸法 (mm)	1,373(高)・600(幅)・725(奥)	1,488(高)・680(幅)・727(奥)
有効内容積/外箱容積 (%)	52.4	40.7
据付面積 (m ²)	0.435	0.495
断熱壁厚さ (mm)	40	85
製品重量 (kg)	78	120



第4図 冷却性能

呼んでいる。

また、外法寸法が小さくなったうえに、ウレタンフォームの強度を利用して外箱の板厚を小形冷蔵庫なみに薄くでき、さらに優美な合成樹脂製内箱の採用によって製品重量は 42 kg 軽くなった。

このように本冷蔵庫は外法寸法および据付面積が小さく、据付空間も小さく軽量であるから運搬も容易である。

4. 性能

4.1 冷凍容量

35°Cの外気から 0°Cの庫内にはいつてくる漏えい熱量を冷凍容量と定め、冷蔵庫を倒立状態にしてフリーザにヒータを入れ、冷蔵室と室温との温度差が 35 度のときの漏えい熱量を測定した結果は 54.6 kcal/h であった。

この冷凍容量に必要な圧縮機を選定するために冷媒 R-12 モリエル線図上の冷凍サイクルを第3図のように設定して冷媒循環量を求める。冷媒循環量 W は(2)式で表わされる。

$$W = \frac{Q}{i_2 - i_1} \quad (2)$$

ここに、 Q ：冷凍容量 (54.6 kcal/h)

i_2 ：蒸発器出口における冷媒のエンタルピー (134.9 kcal/kg)

i_1 ：蒸発器入口における冷媒のエンタルピー (110.5 kcal/kg)

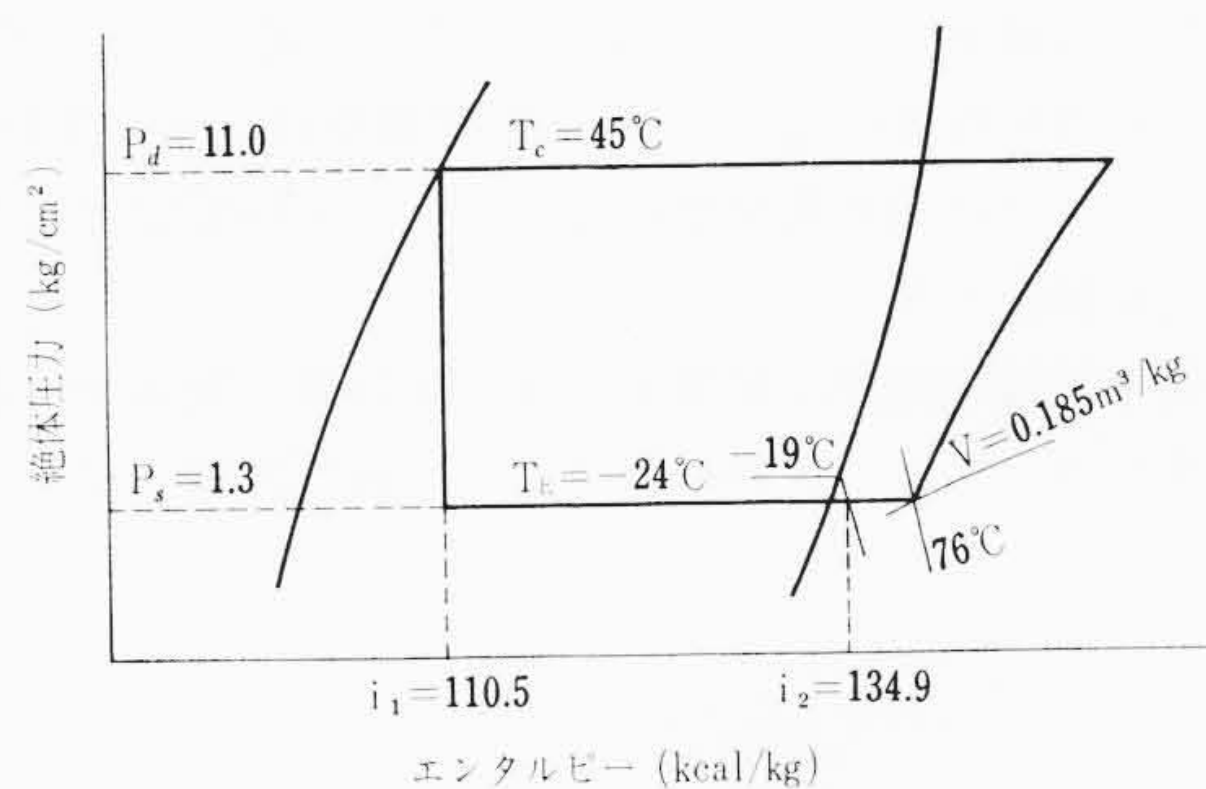
(2)式より $W=22.3$ kg/h となる。これだけの循環量を得るに必要な圧縮機の理論押除量 V_{th} は(3)式で表わせる。

$$V_{th} = \frac{W \cdot v}{\eta} \quad (3)$$

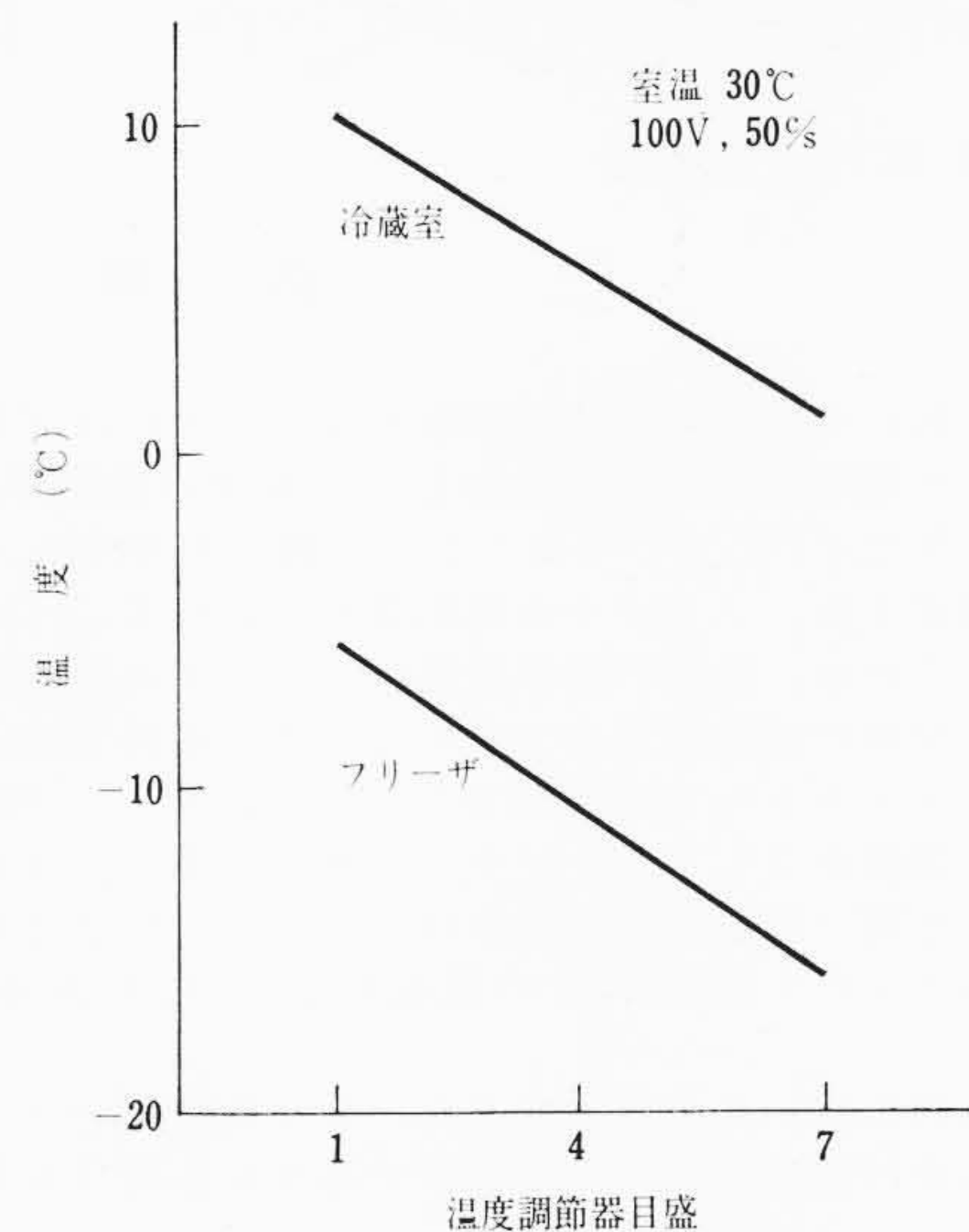
ここに、 v ：圧縮機吸込口における冷媒の比容積 (0.185 m³/kg)

η ：圧縮機の容積効率 (50%)

(3)式より $V_{th}=0.83$ m³/h となるので理論押除量 0.903 m³/h (50 c/s) の圧縮機を使用した。



第3図 モリエル線図



第5図 断続運転性能

4.2 冷却性能

室温 35°Cにおける連続運転性能を第4図に示す。図に示すようにフリーザの到達温度は-18.0°C、冷蔵室の温度は-0.5°Cで目標を満足している。

4.3 断続運転性能

室温 30°Cにおける断続運転性能を第5図に示す。図に示すように冷蔵室の温度は 0~10°Cで従来と変わりなく、フリーザの温度は通常使用するノッチで-10°C以下となり冷凍品の保存を可能にした。

なお、この方式のフリーザをハイフリーズと呼称している。

4.4 製氷試験

付属の製氷皿に 20°Cの水を入れ、室温 30°C、4ノッチ運転で製氷を行なった。結果は小形製氷皿で約1時間、大形製氷皿で約1時間20分で製氷でき、従来より 5~15分速くなっている。

4.5 露付試験

室温 30°C、湿度 85%の試験室で7ノッチ運転を行ない冷蔵庫外表面の露付状態を観察した結果はグラスウール断熱材のものと同程度である。

また、室温 30°Cで、引出し式クリスパーに水を入れ、これに布をたらし、庫内を多湿にし、化粧わく、フリーザとびら表面や露受や低温容器裏面の露付状態を観察した結果は良好であった。

5. 結 言

従来の 200 l 冷蔵庫用キャビネットを使用して、内容積 265 l の薄壁冷蔵庫を作り、その内部に1個の密閉形蒸発器を使用して冷凍品を保存するフリーザを形成したハイフリーズ形薄壁冷蔵庫 R-265 P形を本年販売した。その性能を要約すると次のとおりである。

(1) 室温 35°Cにおける連続運転性能は、フリーザの温度 -18.0

℃、冷蔵室の温度 -0.5°C で目標を満足し良好である。

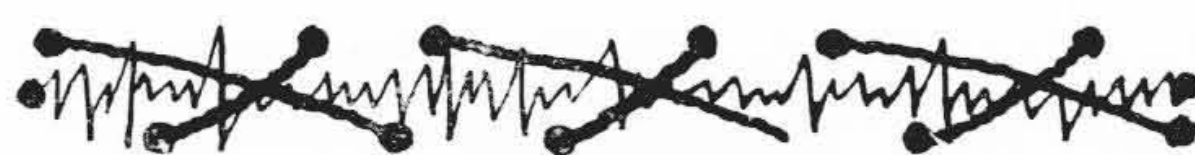
- (2) 断続運転性能について言えば、冷蔵室は従来と変わりなく、フリーザは通常使用されるノッチで -10°C 以下となり冷凍品を保存できる。
- (3) 製氷試験の結果は従来より5~15分速く製氷できる。
- (4) ウレタンフォームの採用により、同内容積のグラスウール

製冷蔵庫 R-264 形より据付面積を12%小さく、かつ製品重量を42kg軽くすることができたので据付および運搬に便利となった。

以上のようにハイフリーズ形薄壁冷蔵庫は据付面積が小さく、軽量で、わが国の実状に合致したものであるから、将来広く普及してゆくものと考えらる。



新案の紹介



登録新案 第732369号

村田 師男・坂井 裕親

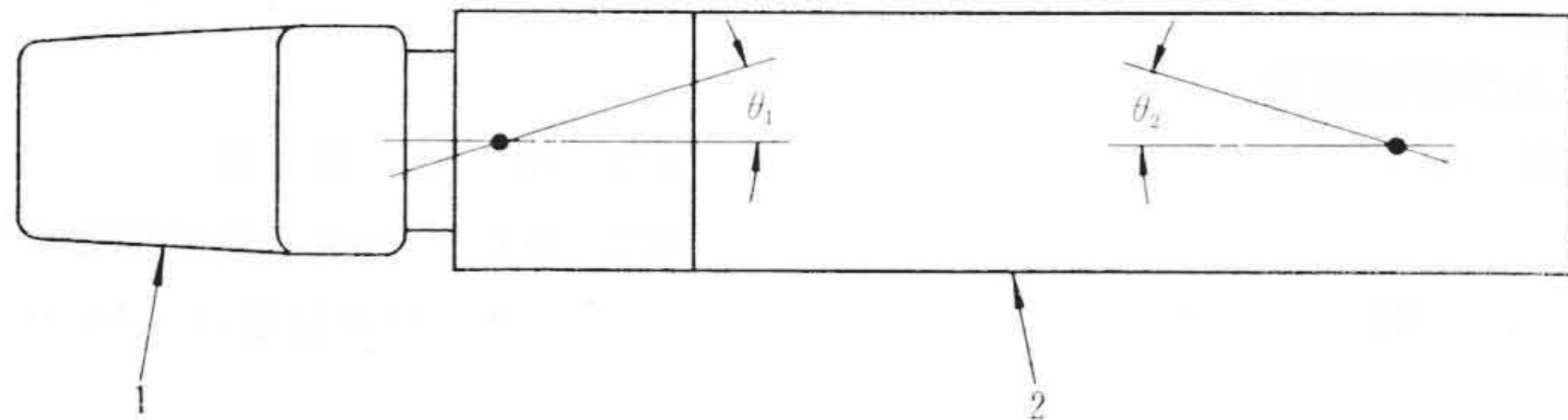
道路車両操舵装置

道路車両においては車両全体の回転半径が小さいほど狭い道路を通行可能となり運転性能が良好となるが、従来の道路車両（たとえばセミトレーラなど）においてはトレーラ側の台車すなわち後輪はトレーラに固定され、トラクタの回転運動にしたがって回転するようになっているため、後輪の回転軌跡はトラクタの回転軌跡より小さくなり車両全体の回転半径は大きくならざるを得なかった。

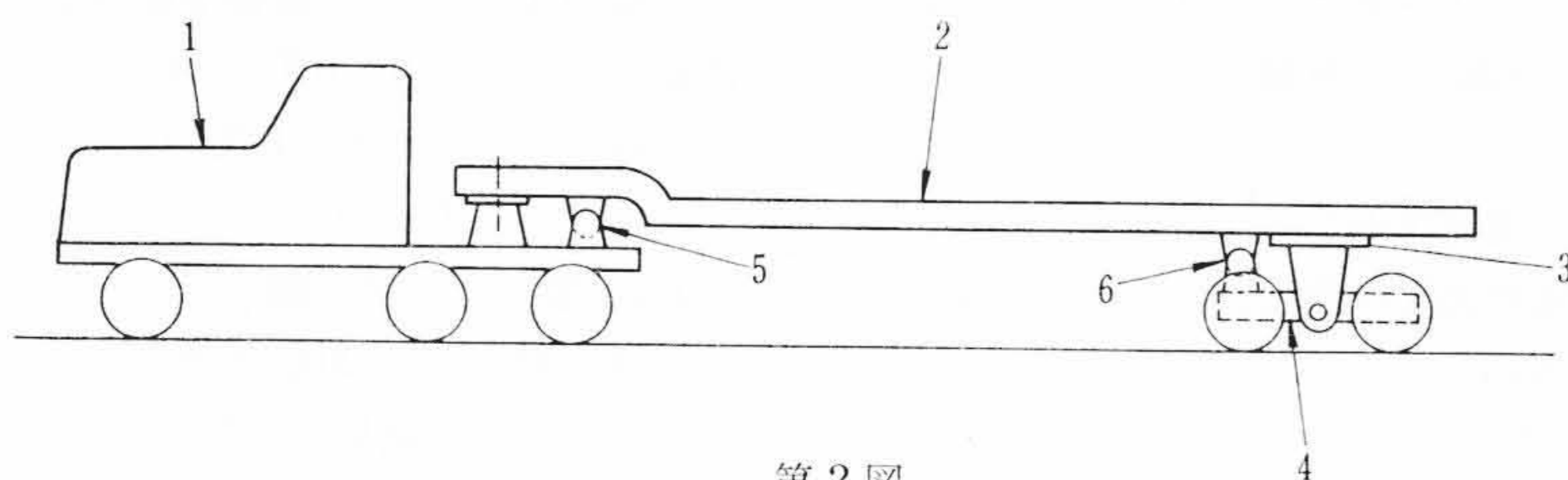
この考案はセミトレーラにおいてトラクタとトレーラの連結部の角変位を油圧装置を介してトレーラの台車に伝達し、トレーラの台車をトラクタと同一回転半径上を走行させることにより車両全体の回転半径を小さくして道路車両の運転性能を向上させたものである。

図示の実施例において1はトラクタ、2は前端部をトラクタ1の後部に回動自在に連結されたトレーラで後部を心皿3を介して台車

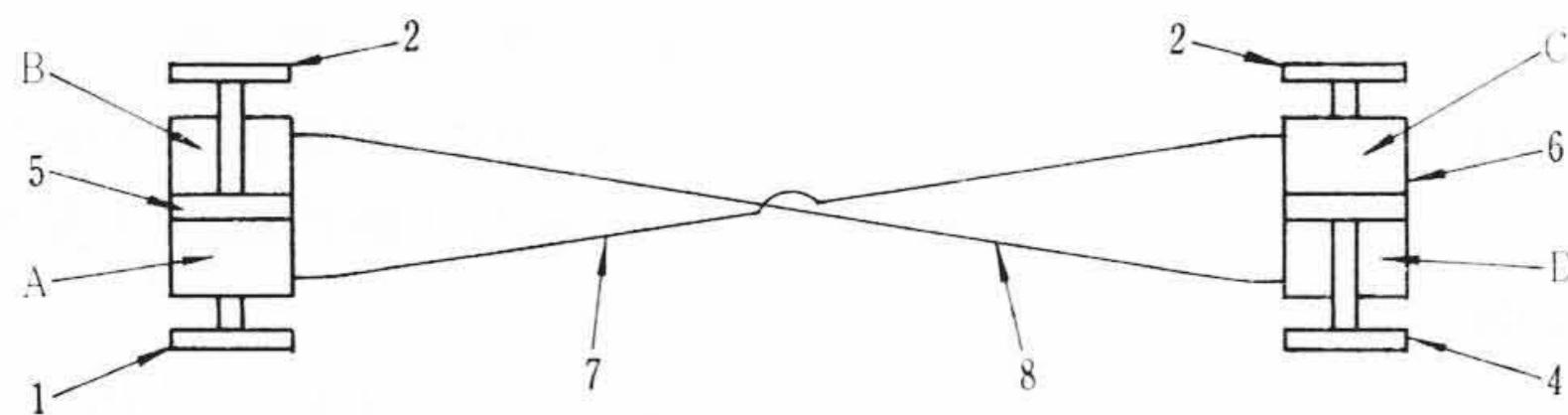
4に支持されており、台車4は心皿3を中心に回動自在になっている。5および6はトラクタ1とトレーラ2間およびトレーラ2と台車4間に設けられた油圧シリンダでそれぞれ油室A、BおよびC、Dが形成されており、油室A、CおよびB、Dは油管7および8で連通されている。こうしてトラクタ1とトレーラ2の相対回転運動は油圧シリンダ5に伝達され、さらに油管7、8を介して油圧シリンダ6に伝達されるのでトレーラ2と台車4とは相対回転運動を行なう。したがってトレーラ2と台車4の相対角はトラクタ1とトレーラ2の回転角に連動され、トラクタ1とトレーラ2の回転角 θ_1 とトレーラ2と台車4の回転角 θ_2 を等しくすることによりトラクタ1とトレーラ2は同一回転半径上を円滑に走行することができ、車両全体の回転半径が小さくなり運転性能は向上する。



第1図



第2図



第3図