

冷蔵庫用硬質ウレタンフォーム断熱材の具備すべき特性

Characteristics of Rigid Polyurethane Foam for Household Refrigerators

細田 泰生* 佐藤 彰也* 柴田 勝男*
Taisei Hosoda Shōya Satō Katsuo Shibata

内 容 梗 概

R-11 発泡硬質ウレタンフォームの熱伝導率は、従来冷蔵庫用断熱材として広く使用されているスーパーファイングラスウールのその約半分であり、冷蔵庫の断熱壁の壁厚を約半分にできる。この断熱材を使用することにより、同一外法寸法にて貯蔵容積を増大させることができる。

本論文は冷蔵庫に硬質ウレタンフォームを採用するため種々検討した結果を(1)原液面、(2)構造面、(3)冷蔵庫の性能にわけて概説したものである。

1. 緒 言

ウレタンフォームの生成反応はポリエーテル（またはポリエステル）とイソシアネート、水（またはR-11）、反応生成物などの間の複雑な競合反応であり、反応混合物は重合反応および架橋反応でゲル化しつつ、発生する炭酸ガス（またはR-11 ガス）によって泡化される。

硬質ウレタンフォームは1958年にR-11による発泡法が開発され、フォームの断熱性能が大幅に向上したことにより、断熱材として著しい発展をとげつつある。わが国では1961年ごろより、船舶、車両、建材、冷凍冷蔵倉庫などに利用されるようになった。冷蔵庫、ショーケースなどの量産品には1962年ごろより利用されるようになった。

硬質ウレタンフォームを使用した断熱壁の製法としては、断熱材部の空間に原液を注入して発泡させ、フォームとして充てんする現場発泡法といわれている方法が採用されている。この方法は原液が25~35倍に膨張し、複雑な形状のものでもすき間なくフォームを充てんできる長所がある。他方あらかじめ発泡したフォームを任意の形状に切断した、いわゆるスラブを使用することもできるが、フォームを切断することによるフォームの損失や切断費用によりコストが高くなるのであまり使われていない。

R-11 発泡硬質ウレタンフォーム（以下硬質フォームと略称する）は熱伝導率が0.020 kcal/mh°Cで、従来の冷蔵庫に使用されているスーパーファイングラスウール（熱伝導率0.036 kcal/mh°C）の約56%になる。このため断熱壁の厚さを薄くでき、断熱壁の容積を減少できるので、同一外法寸法の冷蔵庫を使用して貯蔵容積を増大できる。

本論文は現場発泡硬質フォームを冷蔵庫の断熱材に適用するにあたり、冷蔵庫の使用条件、製作条件を考慮して、各種原液について、フォームのカサ比重、寸法安定性などについて実験検討し、冷蔵庫用に適する原液の開発を行なった結果より得られた事項と、現場発泡に適した貯蔵庫構造、冷蔵庫の性能などの実験により得られた事項を要約したものである。

2. 硬質フォームについて

硬質フォーム原液はポリエーテル、イソシアネート、発泡剤、触媒、界面活性剤を適量配合したものであり、これらを混合攪拌（かくはん）すると、重合反応および架橋反応でゲル化しつつ、発熱反応により気化されたR-11 ガスによって泡化される。ポリエーテルとイソシアネートとを均一な混合状態にして、生成されるフォームの気泡を細かにし、かつフォームの安定性を保持するための界面活

性剤、および反応混合物の反応速度を促進する触媒の選択が重要である。

硬質フォームは触媒の種類、量を選択することにより、原液を混合攪拌した後、クリーム状になる時間（クリームタイム）、泡化立上り時間（ライズタイム）、表面の粘着性がなくなる時間（タックフリータイム）、物理的性質などが異なり、種々の特性を有する原液をつくることことができる。また主原料であるポリエーテル、あるいはイソシアネートを選択することにより、フォームの物性を変えることができる。

硬質フォームの特性は上述のような原料の種類、配合割合などの化学的諸因子とともに、製造技術上の工業的諸因子により変わる。後者には雇の材質、大きさ、形状、構造、壁温、原液の液温、混合攪拌法、注入量の過不足、配合比の変化などがあり、相互に関連しあってフォームの最終的性質、特にカサ比重と寸法安定性に影響を与える。

以下、原料、配合、フォームの一般的性能についてプレポリマー法を中心に概説する。

2.1 原 料

(1) ポリエーテル

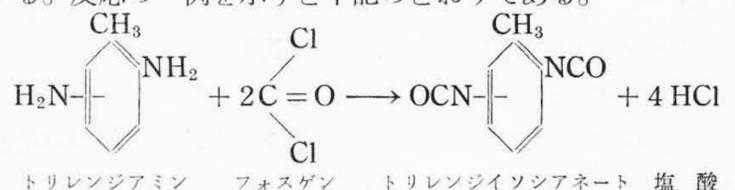
硬質フォーム用ポリエーテルには、トリメチロールプロパン、ペンタエリスリトール、ソルビトール、シュクローズなどの多官能性ポリエーテルがある。

ポリエーテルの粘度は、一般にOH 価の増加、および官能基の増加に伴って上昇する。しかし市販の同一系ポリエーテルでも、ポリエーテルの製造工程上、および粘度調整のため、低官能基のポリエーテルを含んでいるため、OH 価が同じでも粘度は非常に異なっている。

一般に官能基が多いほど、またOH 価が大きいほど架橋密度が大きくなり、かたいフォームになる。架橋密度が大きくなるほど寸法安定性は良くなるが、反面もろくなる。おもに官能基が3~8、OH 価が380~600のポリエーテルを使用し、寸法安定性、もろさなどを調節するのに、官能基が4~5、OH 価が700前後のアミン系ポリエーテルを架橋剤として添加している。

(2) イソシアネート

イソシアネートは天然には存在しない有機化合物で、人工的な合成によってのみ得られるものであり、反応性が強い。現在大量生産は一般にアミンをフォスゲン化する方法によって行なわれている。反応の一例を示すと下記のとおりである。



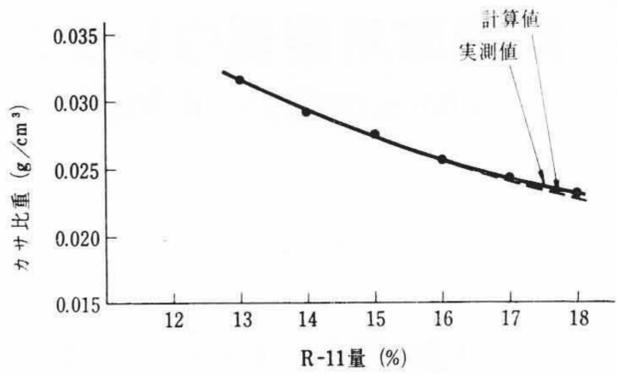
* 日立製作所栃木工場

第1表 主要イソシアネート一覧

| イソシアネート | アミン当量 | free NCO % |
|--------------------------|-----------|------------|
| TDI (80% 2, 4; 20% 2, 6) | 87 | 48.3 |
| Crude TDI | 106~108 | 39.6~38.9 |
| Crude MDI | 140~145 | 30.0~29.0 |
| PAPI | 133.5 | 31.5 |
| プレポリマー (TDI+ポリエーテル) | 135.5~145 | 29~31 |

第2表 触媒の比較

| 触 媒 | 立 上 り 速 度 | フ ォ ー ム | |
|---------|-----------|---------|-------|
| | | も ろ さ | 老 化 性 |
| ア ミ ン 系 | 初め早くて後が遅い | 大 | 小 |
| ス ズ 系 | 初め遅くて後が早い | 小 | 大 |



第1図 R-11量とかさ比重の関係

現在第1表に記すようなイソシアネートが実用されているが、最も一般的に使用されているのは free NCO が 48.3% の TDI (Tolylene Diisocyanate) である。TDI とポリエーテルとを一度に反応させると、急激な発熱反応を発生し、重合反応と泡化反応とを調節するのが困難なことから、自己発熱によりフォームが焦げる欠点があった。このため TDI とポリエーテルとをあらかじめ反応させたプレポリマーを作り、一般に free NCO を 29~31% 程度にして、安定した反応が得られるようにしたのがプレポリマー法である。この場合、TDI に対しポリエーテル量を多くして free NCO % を下げすぎると、プレポリマーの粘度が高くなり、混合攪拌が均一に行なわれにくくなるので、free NCO は 27% くらいが下限である。これに対しワンショット法は free NCO % の比較的低い Crude TDI (free NCO 39.6~38.9%), Crude MDI (free NCO 30~29%) などを使用し、イソシアネートとポリエーテルとを一度に反応させる方法であり、プレポリマーを作る工数が省けるので安価になるが、反応をコントロールしにくいので、工場外の現場発泡には不適當であり、フォームのもろさも若干悪くなる欠点がある。

(3) 触 媒

ジブチル錫ジラウレートのような有機スズ化合物、あるいはトリエチレンジアミン (DABCO)、ジメチルアミノエタノールのような第3級アミンが使われている。

アミン系と錫系の触媒の特性は第2表に示すようであり、一般にこれらを併用して相乗効果をもたせている。アミン系触媒の劣化は非常に少ないが、錫系触媒はポリエーテル中の水分により加水分解して酸を発生し、有効触媒量が減少する傾向がある。

有効触媒量が少なくなると、反応速度が遅くなり泡化と重合反応とのバランスがくずれ、フォームの比重は高くなる。

(4) 界 面 活 性 剤 (気泡安定剤)

ポリエーテル、イソシアネートなど相互混和性のよくない成分の混合を促進し、気泡を細かく均一化し、でき上がったフォームの安定性を向上させる。シリコン油系界面活性剤が一般に用いられているが、ポリエーテル中の水分により加水分解し、界面活性剤としての働きが弱くなるものもあるので、加水分解が生じがたいシリコンを選択する必要がある。界面活性剤の働きが弱くなると、気泡があらくなったり、崩壊することもあるので注意すべきである。

2.2 配 合

NCO/OH 比は 1.0 を標準とするが、硬質フォームにおいては、1.00~1.10 程度が実験的にみてよいとされ、一般には 1.05 付近が最も多く使用されている。また配合中の触媒、界面活性剤の使用割合はおのおの約 0.5% 前後であり、発泡剤 R-11 は約 15% である。

これらの各成分を正しい配合比になるようにポンプで送出し混合することは、上述のように各成分の割合が非常に異なっているため困難である。それゆえ、一般にこれらの各成分を 2 成分になるようにプレミックスして、この 2 成分をポンプで送出し混合攪拌する方法が広く採用されている。

このプレミックス法の最大の欠点は前述のように触媒、界面活性剤、R-11 などの化学的に、あるいは物理的に変化しやすいものを含んでいるので、プレミックスした原液の保存期間が限定されることである。

2.3 硬質フォームの一般的性能

(1) 原液の粘度

原液の粘度はレジジン液 (R 液) ではポリエーテルの種類、発泡剤である R-11 の配合割合、使用液温によって変わり、プレポリマー液 (P 液) では free NCO %, 使用液温によって変わる。レジジン液は R-11 の漏えいを防ぐため一般に約 20°C で使用され、300~1,500 cps である。プレポリマー液は 20~25°C で使用され 700~1,500 cps である。なおワンショット法に使用している Crude TDI, PAPI などは 80~250 cps であり、非常に低粘度である。

(2) かさ比重に影響を及ぼす要因

フォームのかさ比重は発泡剤である R-11 量を決めれば、ポリエーテル中に含まれている約 0.1% の水分がイソシアネートと反応して炭酸ガスを発生すること、空気の浮力を考慮して式(1)より算出できる。

$$\rho = \frac{\text{樹脂重量}(W_R) + \text{R-11重量}(W_{R-11})}{\text{R-11ガスの容積}(V_{R-11}) + \text{CO}_2\text{ガスの容積}(V_{CO_2}) + \text{樹脂容積}} - \rho_{air} \dots (1)$$

ただし、 ρ : フォームのかさ比重 (g/cm³)

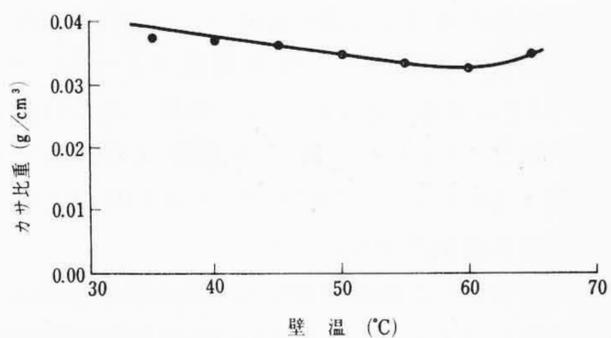
V_{R-11} : フォームの立上り終了時の R-11 ガス容積 (フォーム内大気圧と仮定)

V_{CO_2} : フォームの立上り終了時の CO₂ ガス容積 (フォーム内大気圧と仮定)

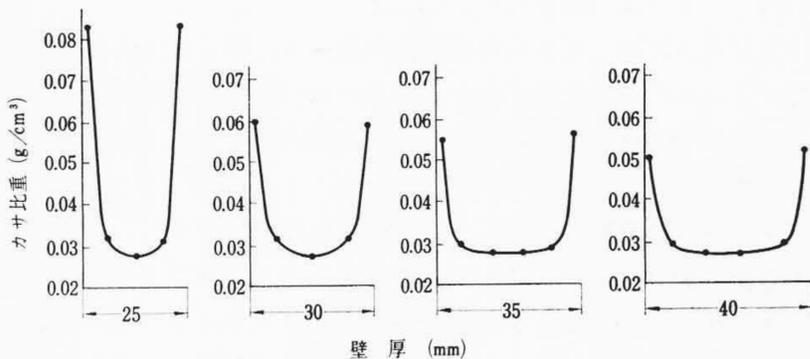
ρ_{air} : 空気の密度 (g/cm³)

R-11 量が 15% のときの実測フォーム温度 100°C を用いて、R-11 量とかさ比重の関係を式(1)より算出すると第1図のようであり、実測値と計算値とは一致している。第1図の実測値は自由発泡のときの値であり、冷蔵庫の断熱壁のように、狭い空げきに発泡させる場合には比重は増大する。その理由は狭い空げきに発泡させると、壁部より重合熱が逃げフォーム温度が低くなり、式(1)の R-11 ガス容積が減少するためである。すなわち被注入物の壁温が低く、壁厚が薄いほどフォームのかさ比重は高くなる。被注入物の壁温とフォームのかさ比重の関係の一例を第2, 3図に、被注入物の壁厚とフォームのかさ比重の関係の一例を第4, 5図に示す。

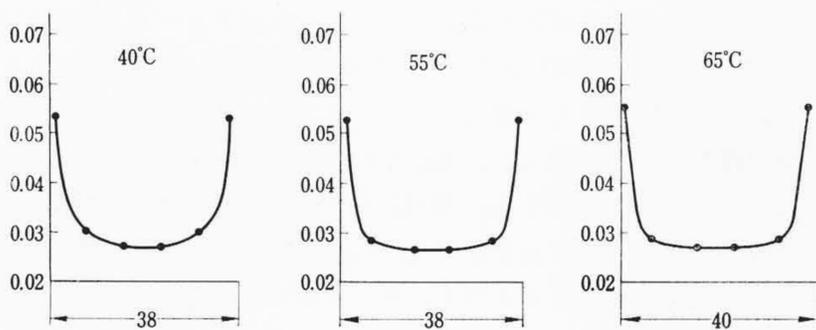
被注入物の壁面は平滑で凹凸が少ないほどフォームの流動抵抗は小さく、かつ気泡を破壊する割合が少なくなり、かさ比重は小



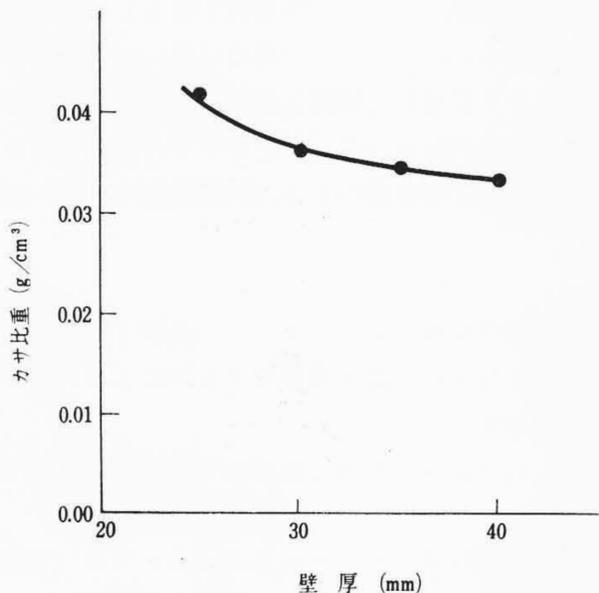
第2図 壁温とかさ比重の関係 (全体)



第5図 壁厚とかさ比重の関係 (厚さ方向)



第3図 壁温とかさ比重の関係 (厚さ方向)



第4図 壁厚とかさ比重の関係 (全体)

さくなる。

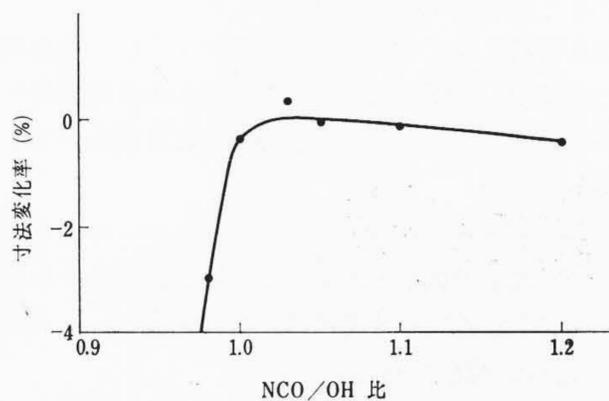
(3) 寸法安定性に影響を及ぼす要因

フォームの寸法安定性はおもに次の要因により変わる。

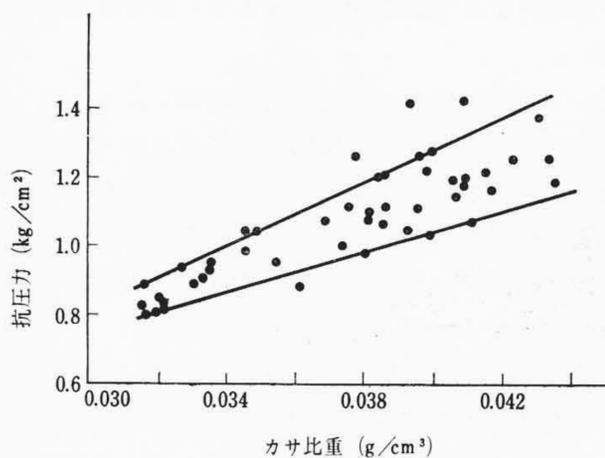
- (a) フォームのかさ比重が小さくなり、自由発泡で大略 0.026 g/cm³ 以下になると寸法安定性は急激に悪くなる。
- (b) ポリエーテルの OH 価が低く、官能基が小さいと、架橋度が小さくなり、寸法安定性は悪くなる。特に OH 価の影響が大きい。またポリエーテルの構造が鎖状のものよりも環状のもの寸法安定性がよい。
- (c) NCO/OH 比によっても架橋度が変わり、NCO/OH 比が小さいほどフォームは粘りがあるが、寸法安定性は悪く、NCO/OH 比が大きくなるほどフォームがもろくなり、かつ一次収縮を起こす欠点があり第6図に示すように、NCO/OH 比が 1.05 付近でイソシアネートとポリエーテルとの反応がバランスし、寸法安定性がよいことがわかる。また被注入物の壁温が高いほど反応がより進んで寸法安定性はよくなる。

(4) かさ比重と抵抗力の関係

フォームの抵抗力はフォームを圧縮する方向によって異なり、縦方向 (立上り方向) は横方向の約 2 倍の強度をもっている。パネル発泡フォームのかさ比重と横方向の抵抗力の関係の一例は第



第6図 NCO/OH 比と寸法変化率の関係



第7図 かさ比重と抵抗力との関係

7図に示すとおりである。良好な寸法安定性を保持するには、横方向の抵抗力は 0.80~0.85 kg/cm² を必要とするので、最低 0.032~0.034 g/cm³ のかさ比重を必要とする。

3. 原液およびフォームの具備すべき条件

前述のように原料の選択により種々の原液、フォームを作ることができるが、冷蔵庫用として要求される重要事項を記すと次のとおりである。

(1) 原液の流動性がよいこと

硬質フォームは上方に発泡する傾向がある。このためフォームを完全に充てんするには、低粘度の原液を使用して充てん部の底面全面に原液を満たすのが望ましい。プレポリマー液の粘度を下げるためには、free NCO % を増せばよいが、あまり増大させると、反応が激しくなり、良好なフォームが得られない。種々検討した結果、free NCO が 29~31%、粘度 700~1,500 cps のものが良好であった。レジン液の粘度を下げるためには、OH 価の低いものを使用すればよいが、OH 価をあまり低下させると、フォームの物性が低下する。OH 価は 450~570 程度が望ましい。また攪拌効果を考慮すると、レジン液とプレポリマー液の粘度が近いことが望ましいと考えられるが、われわれが採用したレジン液 300 cps、プレポリマー液 700~1,500 cps でも攪拌上問題なく流動性は良好であった。

(2) フォームの流動性がよいこと

フォームになってからの流動性が悪いと、早く充てんした部分のフォームのカサ比重が大きくなり、かつ未充てん部ができやすくなるので、被注入物の構造、注入容積の大小によるカサ比重の差が大きくなり、作業の安定性を得にくくなる。

フォームの流動性をよくするにはゲル化をおそくし、フォームの立ち上り速度を遅くして、ライズタイムとタックフリータイムとの差を少なくすることが必要であり、ライズタイムは80~150秒ぐらいが良好である。このためにはアミン系触媒と錫系触媒とを適当に配合して使用するのがよい。

(3) フォームのカサ比重が小さいこと

同一注入容積に対する原液使用量を少なくし、断熱材価格を安くするために最も重要である。そのためには自由発泡フォームの比重を小さくするとともに、壁厚方向の比重差を少なくすることが必要である。

自由発泡フォームの比重を小さくするためには、R-11量を増せばよいが、比重の低下とともに寸法安定性が低下してくる。寸法変化率を±3%以内にするには、自由発泡フォームの比重の下限は0.030 g/cm³程度である。

壁厚方向の比重差を少なくするためには、重合反応と泡化反応とをバランスさせる必要があり、架橋剤、触媒、界面活性剤の種類と量とを種々変えて、実験的に最もよい配合を見いださなければならない。

(4) キュア温度が低く、キュア時間が短いこと

硬質フォームは表皮部では反応熱が逃げフォームの温度が低くなり、反応が完結しないでもろいフォームの層ができる。このため被注入物の壁温が下がらないように、ある時間保持し反応を進行させ、表皮層のフォームのもろさをなくす必要がある。このことを一般にキュア(cure)と称している。

キュア炉の温度を低くし、維持費を安くし、治具の取扱を容易にするとともに、キュア時間を短くし、高価な治具の数をより少なくし、使用ひん度を多くして製品価格を安くする。このためにはfree NCO%を大きくするとともに、触媒活性の大きい有機錫化合物、第3級アミンを使用してフォームの発熱温度を上げるとともに、熱伝導の悪い合板などをフォームの接触面に用いた治具を使用して反応熱が逃げにくくする必要がある。

(5) 発泡圧が小さいこと

発泡圧が大きいと内外箱の変形を防ぐために、治具の強度を大きくしたり、内外箱と治具とを全面的に接触させなければならない。発泡圧を小さくするには、初期反応が早く、後半の反応がゆるやかなトリエチレンジアミンのような反応特性をもつ触媒が適している。一般に発泡圧は0.1 kg/cm²前後であり、治具の設計には0.2 kg/cm²を見込めば十分である。

(6) 均一なフォームであること

局部的に気泡径が著しく異なったり、局部的に収縮したり、局部的に連続気泡したりしたのでは断熱材としての性能の安定性が得られない。均一なフォームを得るためには、良好な界面活性剤を使用する必要がある。たとえばDC-113(Dow社)、L-5320(U.C.C.社)などは加水分解せず安定性があり、これを使用すれば良好なフォームが得られる。また被注入物の断熱壁の断面積が急激に大きくなったり、小さくなったりすると、フォームの立ち上り速度が急激に遅くなったり、早くなったりして気泡がみだれ、収縮しやすくなるので、注意が必要である。

(7) 温度変化に対する寸法安定性が良好なこと

冷蔵庫の使用温度範囲で収縮したり、膨張したりして断熱性能を低下させたり、冷蔵庫としての機能上の欠陥をあらわさないた

めには、温度変化に対する寸法安定性がよくなければならない。

寸法安定性をよくするには、自由発泡フォームのカサ比重を0.030 g/cm³以上にするとともに、高官能基、高OH価のポリエーテル、たとえばソルビトール系(官能基6)のOH価が450~570のものを使用するのがよい。NCO/OH比は1.05付近がよい。

(8) 熱伝導率の変化が少ないこと

長期にわたり安定した断熱性能を示すためには、熱伝導率の変化が少なくなければならない。L.R.Le Bras⁽⁴⁾氏の報告によると、発泡直後で0.015~0.016 kcal/mh°C、100日後で0.019 kcal/mh°C、200日以後平衡して0.020 kcal/mh°Cという実験例が報告されている。この熱伝導率の変化は、フォームがフォーム生成時に重合熱により70~150°Cになり、この状態で常温まで冷却されると、気泡中は減圧された状態になっている。それゆえ空気中のガスが気泡膜を透過して侵入し、気泡中の各ガスの分圧の和が大気圧になったところで平衡する。R-11ガスの熱伝導率よりも空気中の各成分の熱伝導率が大きいので、フォームの熱伝導率は悪くなる。表皮が空気に接触するよりも、サンドイッチ構造のものが熱伝導率の上昇は少ない。

(9) 原液の寿命が長いこと

フォームの安定性、安定した作業性を得るとともに、原液の保存管理をよくするために、原液の寿命は長いことが必要である。このためにはより安定した触媒と界面活性剤を選択する必要がある。触媒はトリエチレンジアミンとジブチル錫ジラウレートとの配合比の選択を注意する必要がある。界面活性剤はDC-113、L-5320がよい。

(10) 総 括

以上冷蔵庫用の原液およびフォームの具備すべき条件を述べたが、これらのうちどれを最も重要視するかにより、種々の原液を造ることができる。

最も望ましいフォームを得る原液は下記を満足するものでなければならない。

- (a) レジン液はソルビトール系ポリエーテル(官能基6)を主体とし、OH価が450~570、粘度が約300 c/sであること。
- (b) プレポリマー液としてfree NCOが29~31%のものを用いる。
- (c) 触媒はトリエチレンジアミンとジブチル錫ジラウレートを併用する。
- (d) 界面活性剤としてDC-113、あるいはL-5320を用いる。
- (e) 自由発泡の比重は0.030 g/cm³以上あること。原液中のR-11量は15%以下であること。

4. 冷蔵庫構造(一体発泡形と分離形)の比較

硬質フォームにて冷蔵庫の断熱壁をつくる場合、内箱と外箱の断熱材部分の空間に原液を注入し、発泡させ、内外箱をフォームに接着させる方式を一体発泡形と称することにする。また内箱の代わりに、フォームと直接には接着しないようにした治具を用いて、原液を注入発泡させ、治具を取り去った後、内箱をそう入る方式を分離形と称することにする。この2方式の長短は次のとおりである。

4.1 一体発泡形

(1) 長 所

- (a) 断熱材と内外箱が接着しているため、断熱材と内外箱の内側に水滴を生ずることがない。
- (b) 冷蔵庫の強度が大きくなる。
- (c) 内箱の組込みが容易である。

(2) 短 所

- (a) 治具が高価になる。プラスチック内箱，特に硬質塩化ビニール製の内箱の場合には，軟化温度が約50℃であり，フォームの発熱による内箱の軟化と，フォームの発泡圧とにより内箱が変形しやすくなる。付属品をつけ，しかも棚網受け部などの凹凸のある内箱に対し，接触面積をより大きくした治具を作らねばならない。
- (b) プラスチック内箱を使った場合，軟化温度を考慮しなければならないので，かさ比重を最も小さくできる壁温を採用できない。
- (c) フォームの膨張，収縮がそのまま冷蔵庫の内外壁に伝えられる。特にプラスチック内箱を使用する場合には，変形が目立ち，機能，商品価値をそこなうおそれがある。
- (d) フォームの未充填部ができた場合，確認が困難である。
- (e) 発泡後，内箱あるいは外箱のいずれかが不良になった場合でも，貯蔵庫全体が不良になる。

4.2 分 離 形

一般に一体発泡形の短所が長所になり，長所が短所になると考えられるので，要点のみあげると次のとおりである。

(1) 長 所

- (a) 治具の形状を内箱の形状に一致させる必要がないので，治具の構造，形状を簡単にでき，治具の価格を安くできる。
- (b) 最も適する壁温で注入発泡ができる。
- (c) キュア温度を高くすることができるので，キュア時間を短縮できる。
- (d) 冷蔵庫として，製品になった後で，フォームに多少の膨張，収縮が起こっても内箱には変形が現われない。

(2) 短 所

- (a) 断熱材の空気に接している表面積が大きくなり，気泡中に空気が侵入しやすくなり，熱伝導率が大きくなると考えられる。
- (b) 内箱の強度が減少する。
- (c) 組立工数が増加する。

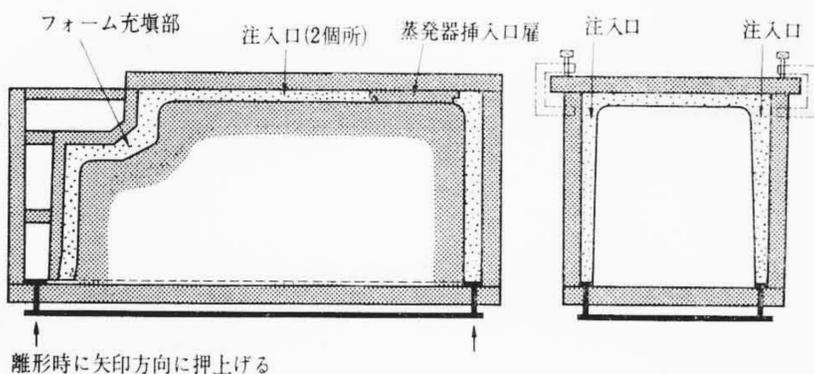
5. 薄壁冷蔵庫について

5.1 薄壁冷蔵庫の製作

第4章で述べた冷蔵庫構造の比較より，分離形が有利と判断しそれを採用した。

分離形の冷蔵庫は第8図に示すように，離型用の内箱をきせた(図では省略)内側の治具(以後内履と略称する)に外箱を組み込み，外箱と内箱とのすき間に原液を注入し発泡させ，フォームを充てんした後，内履と離型用の内箱とを取り去り，しかる後正規の内箱をそう入して製作したものである。分離形の冷蔵庫を製作するについて，次の諸点が問題になる。

(1) フォームを完全に充てんさせる方法



第8図 治具と外箱との組付図

- (2) 原液の漏れを防止する方法(シール)
- (3) 外箱とともにフォームを治具より分離する方法
- (4) 原液の注入作業

5.1.1 フォームを完全に充てんさせる方法

硬質フォームはフォームの流動距離が長くなると，徐々にフォームの流動性が悪くなり，かさ比重が著しく増大するので，フォームの流動距離は長くないのがよい。フォームの流動距離を短くするために，第8図に示すように冷蔵庫のフランジ面を下にして，背面から注入した。ガス抜き穴は背面のフォーム立上り終了部に数箇所設けてある。ガス抜き穴の位置が不適当な場合には，外箱と内履とフォームの間に捕えられたガスが逃げられなくなり，フォームの発泡圧とガス圧とが平衡した状態で空洞を生ずるので注意が必要である。

原液を注入する時間が，原液のクリームタイムより長い場合には，立ち上りつつあるフォームを破壊するので，クリームタイムより原液の注入時間が短くなるように流量を調節しなければならない。なお注入口の位置はフォーム充てん容積の中央部になるようにし，ミキシングヘッドは2個使用し，2箇所から被注入物に注入することが望ましい。

5.1.2 原液の漏れ防止およびフォームと治具との離型

原液は注入の初期には，液状で流動性がよいから，完全にシールしないと，液が漏れて未充填部を生ずる。

フォームは接着性が良好なので，内履とフォームとが接着しない方法を講じなければならない。抜きこう配は約1/80であり，この場合には内履に離型剤を塗布するか，プラスチックフィルムなどを介在せしめればよい。

5.2 薄壁冷蔵庫の性能

5.2.1 仕 様

薄壁冷蔵庫(形式: R-155P)は従来の内容積118ℓの外箱を使用して，内容積148ℓを得ており，外観は第9図に，仕様は第3表に示すとおりである。

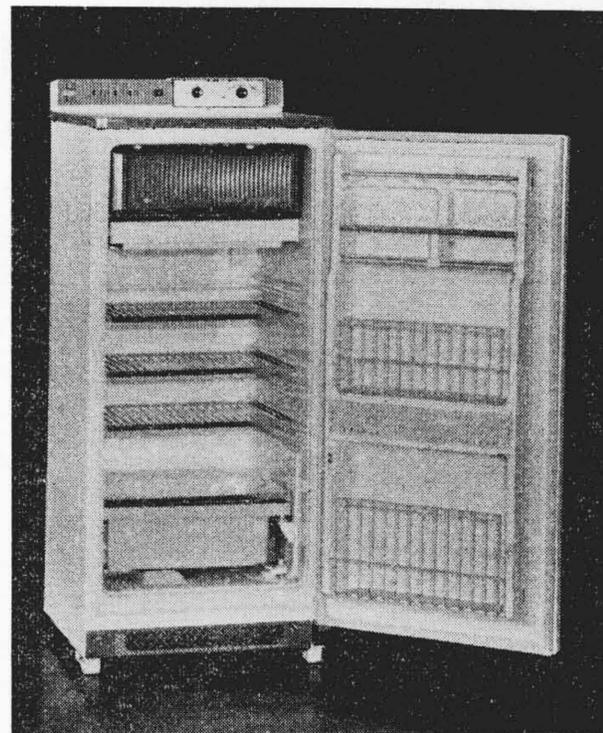
5.2.2 性 能

(1) 庫内温度降下特性(無負荷連続運転)

室温35℃にて連続運転した場合，運転開始4時間後に，庫内温度は0℃に到達し，従来の冷蔵庫と同様，良好な性能を示した。

(2) 断続運転試験(無負荷)

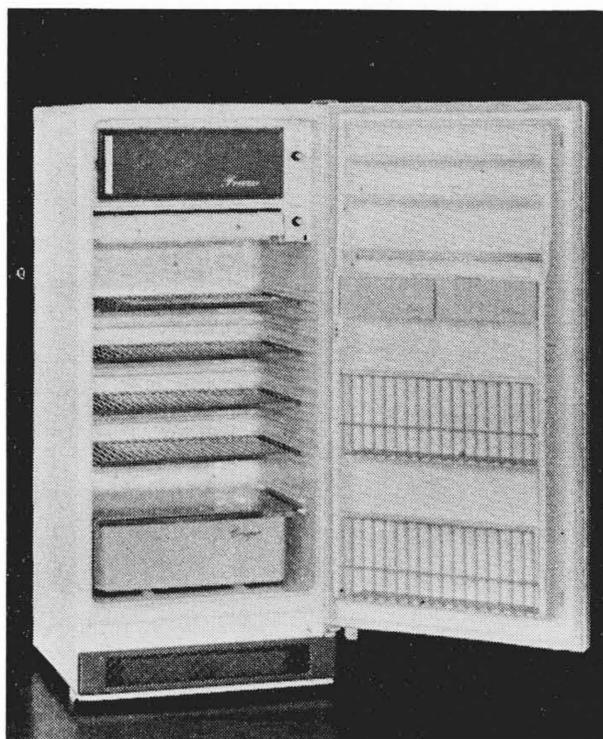
無負荷断続運転をした結果，庫内温度は1ノッチで9.2~10，4ノッチで5.2~5.8，7ノッチで1.0~1.5℃で良好であり，運転率も



第9図 R-155P 冷 蔵 庫

第3表 R-155P 冷蔵庫仕様

| 項 目 | 仕 様 |
|---------------------|-----------------------------------|
| 総 内 容 積 (l) | 148 |
| 有 効 内 容 積 (l) | 140 |
| 外 箱 | 高級仕上鋼板アクリル樹脂焼付塗装 |
| 外 法 寸 法 (mm) | 高さ 1,213, 幅 500, 奥行 614 |
| 内 箱 | 合 成 樹 脂 |
| 内 法 寸 法 (mm) | 高さ 915, 幅 420, 奥行(最深部/最浅部)428/274 |
| 消 費 電 力 (W) | 100/105 (50/60 \sim) |
| 蒸 発 器 | 全幅□□形(ドア付) |
| 凝 縮 器 | ワイヤコンデンサ |
| フ リ ー ザ ー | フリージングコーナ |
| ド ア 開 閉 装 置 | ハンドル (マグネット) |
| ド ア ポ ケ ッ ト | 5 段 |
| テ ー ブ ル | ヒッター (コンセント2個付) |
| 庫 内 灯 | 付 |
| バ タ ー コ ン デ ィ シ ョ ナ | 付 (3段切替) |
| 霜 取 方 式 | タイマー式 (ホットガス) |
| 霜 と け 水 自 動 蒸 発 装 置 | 付 |
| パ ネ ル コ ン ト ロ ー ル | 付 |
| 付 属 品 | 製 氷 皿 |
| | 蒸 発 皿 |
| | 野 菜 入 れ |
| | そ の 他 |
| | 大 1, 小 1 (カバー付) |
| | 1 |
| | 回転式万能クリスパ |
| | 庫内温度表示板 1, タマゴケース 2, 食品保存袋 3 |



第10図 R-265P 冷蔵庫

4ノッチで40%以下で良好である。

(3) 製氷試験

製氷所要時間は水360cc入り製氷皿1個, または240cc入り製氷皿2個で50分であり良好である。

(4) 保冷試験

室温30°Cにて冷蔵庫を無負荷で連続運転し, 庫内温度が0°Cになったとき運転を停止し, 庫内温度が5°Cになってから2時間後の庫内温度は約18°Cであり, 従来の冷蔵庫と同程度である。

以上のように, この薄壁冷蔵庫(R-155P)は従来の冷蔵庫と同様良好な性能を示した。

なお日立製作所において製作している薄壁冷蔵庫は本文に述べたR-155PのほかR-265Pがあり, その外観写真は第10図に示すとおりである。

6. 結 言

冷蔵庫用硬質ウレタンフォームとして具備すべき特性は次のとおりである。

- (1) 原液の流動性がよいこと
- (2) フォームの流動性がよいこと
- (3) フォームのカサ比重が小さいこと
- (4) キュア温度が低く, キュア時間が短いこと
- (5) 発泡圧が小さいこと
- (6) 均一なフォームであること
- (7) 温度変化に対する寸法安定性が良好なこと

(8) 熱伝導率の変化が少ないこと

(9) 原液の寿命が長いこと

これらを満足すべき原液は次のようなものである。

- (10) レジン液はソルビトール系ポリエーテル(官能基6)を主体とし, OH価が450~570のものがよく, プレポリマー液はfree NCOが29~31%のものがよい。
- (11) 触媒としてはトリエチレンジアミンとジブチル錫ジラウレートを用いる。
- (12) 界面活性剤はより安定性があり, 均一なフォームを造るDC-113 (Dow社), L-5320 (U.C.C社)がよい。
- (13) 硬質フォームのカサ比重, 寸法安定性などの物性は, 壁厚, 発泡時の壁温, キュアの温度と時間によっても異なるので, 実用条件について実験検討する必要がある。

硬質フォームは温度変化による発泡剤R-11ガスの膨張, 収縮により, フォームが膨張, 収縮することがあるので冷蔵庫構造としては分離形がすぐれている。

日立製作所において製作している薄壁冷蔵庫はR-155PとR-265Pの2機種であり, 前者は従来の内容積118lのものを薄壁にすることにより148lにしたもの, 後者は従来の内容積200lのものを265lにしたものである。

参 考 文 献

- (1) L. R. Le Bras: Recent Development in Rigid Urethane Foams, SPE (April 1960)