

■ 断熱材との関わり

昭和40年代前半に冷凍冷蔵庫が開発され、断熱材はグラスウールから当時として画期的なウレタンフォームが日本で最初に量産使用された時電化事業部に入社しました。それ以来25年の間、冷凍冷蔵庫の改善に向けて全ての材料、構造などの生産性向上、特に断熱材の性能の改良などに依る消費電力量の低減を担当する事になりました。

■ 真空断熱材の開発の背景

家庭用電気機器の消費電力量の四分の一を占める電気冷蔵庫の消費電力の低減は国を挙げての課題で、昭和50年頃には資源エネルギー庁から「ムーンライト計画」(240リットルの冷蔵庫で月間消費電力量25kw/月を実現できる技術提案に対し補助金交付の計画)が発表される程でした。冷蔵庫の断熱材としては特定フロンCFC-11を発泡剤とした硬質ウレタンフォームが断熱特性に優れ、冷蔵庫の消費電力量の低減に繋がる事から主流でした。これは特定フロンCFC-11が化学的に安定で毒性が無く気体の熱伝導率が小さいなどの物理特性が優れている為です。しかしオゾン層を保護する全地球の見地からモントリオール議定書が発効され、95年末をもってオゾン層破壊物質である特定フロンCFC類の生産、使用は禁止されました。一方グルメブームに乗って大型冷蔵庫の人気が高まり、市場の主流は400リットル以上となりました。そんな冷蔵庫1台当たりで使用される特定フロンCFCは、冷媒用のCFC-12が200グラム、発泡剤用のCFC-11が800グラムもありその削減を急ぐ必要がありました。

■ 特定フロン全廃への業界の基本スタンス

冷媒用のCFC-12の代替にはHFC-134aの採用の方向付けが業界として早期になされました。発泡剤のCFC-11は代替候補が多数あり、いずれの特性も気体の熱伝導率が大きい、可燃性である、オゾン層破壊係数が残る等の課題を残し、業界と

しての方向付けが出来ない状況でしたが、モントリオール議定書の改定により代替品の指定フロンHCFC類も2020年までに全廃が決定し、ますます混乱しました。

■ シャープの基本スタンス

代替品を採用しても、冷蔵庫の断熱性能は悪化し、冷蔵庫の内箱材、電線の被覆材などへ悪影響が大きい事、生産システム的大幅な変更が必要な事から究極の対策を手がけるべきと決断し真空断熱材の開発に着手しました。その背景には、「沢山食品が入って小さい冷蔵庫が欲しい」というユーザーの要望に応える必要がありました。そもそも冷蔵庫の断熱材の厚さと容積効率(内容積/外容積)は相関関係にあり、断熱材を薄くすれば容積効率は高まりますが断熱性能は落ち消費電力量は上がります。それらを一挙に解決する断熱方式が真空断熱材方式でした。

■ 真空断熱材(Vacuum Insulation Panel 以下VIP)とは

真空断熱には、粉末真空断熱、積層真空断熱、高真空断熱の3種類の方式があり、いずれも優れた断熱性能を持つ反面、形状限定、生産性などに課題があり特殊な分野にのみ限定使用されていました。冷蔵庫はキュービック状なので広い平面の壁面を持っています。そこで、壁面が大気圧でつぶれず、その中の空気分子同士の衝突を防ぎ、熱伝導率を下げるための障害物の役割を果たすミクロン単位の低密度の素材を充填した粉末真空断熱方式が冷蔵庫に使用可能と判断しました。

その概念は図1のようになっています。真空を維持するガスシールド性の容器の内部に、気体の熱伝導対流をきわめて小さく出来る粉末を充填して内部の気体を排気して真空層を形成するものです。充填される粉末を微細化するほど輻射による伝熱を小さくすることが出来ます。その素材選びに100以上が検討されましたが、VIPとしては真空度の若干の変化に対して熱伝導率の変化が殆ど無い直径8ミクロンの沈降シリカ粉を採用

しました。外包材容器は自動生産ラインに対応できる形状でガス透過度を最少にする材料として5層のラミネートシート材を採用しました。

冷蔵庫は10年以上の長期にわたり家庭で使用される為その間にVIPが劣化してはなりません。VIPの断熱特性は真空度に依存し、外包材容器からの透過ガスが真空劣化させるので、透過ガスを固定化するゲッター剤が必要でした。芯材の沈降シリカ粉は多孔質でガス吸着能を有することから特別のゲッター剤が不要となり信頼性と生産性が向上しました。以上の結果、熱伝導率が従来の硬質ウレタンフォームの四分の一と小さく経時劣化も少ないVIPが得られました。

■ ノンフロン冷蔵庫への応用課題

ウレタンフォームは液体のウレタン樹脂を壁面に注入し95%以上が独立気泡(泡が一つひとつ分離した形)になって壁面の空間を全て均一に充填しています。また内外の壁面と強く接着されて剛性を保っていました。

オゾン層破壊係数が皆無で断熱特性の良い冷蔵庫の断熱材を形成するには、冷蔵庫の外箱の表面積とVIPの面積の比率によって侵入熱量に差があるため、可能な限りVIPの面積を広げる為、**図2**のように7枚を貼り付けました。残った狭い空間にはウレタン原料の流動性の改良に工夫され100%水発泡ウレタンフォームを充填し従来と同じ剛性を保ちました。

又、適正な価格で冷蔵庫をユーザーに提供する為、VIPの価格分析を徹底した結果、材料費以上に加工費が大きいことから完全自動化ラインに対応する構造、材料構成への変更で解決しました。又固定費を如何に低減するかの生産技術を開発し、生産ラインも開発し自社設計しました。

■ 後輩の皆さんへ

VIPの量産に向けての開発期間は少ないメンバーでのプロジェクトでしたが仕事に没頭できた期間でしたし、原理原則にしたがって、常に「可能なはず」と前向きなチームワークが課題を解決に導いてくれたと信じています。

技術者の方は日々忙しく課題解決に努力している事と察しますが、現場に足を運び、現物を素直な心で直視する事から出発すれば、物事の本質や真相を発見する力が鍛えられて、自ずと直観力が養われ「他社に真似される物」は開発できると信じていますので「全てを忘れて仕事に没頭できた」と言える経験を是非とも積んでください。

内容に一分記憶違いがあろうかと思いますがご容赦願います。

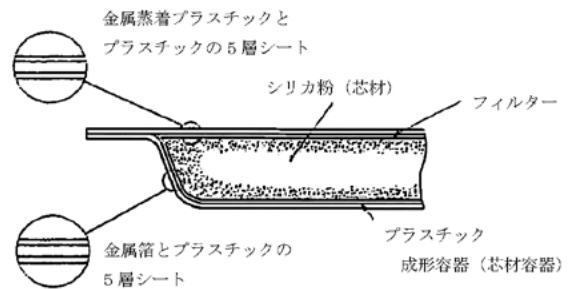


図1 VIPの構成

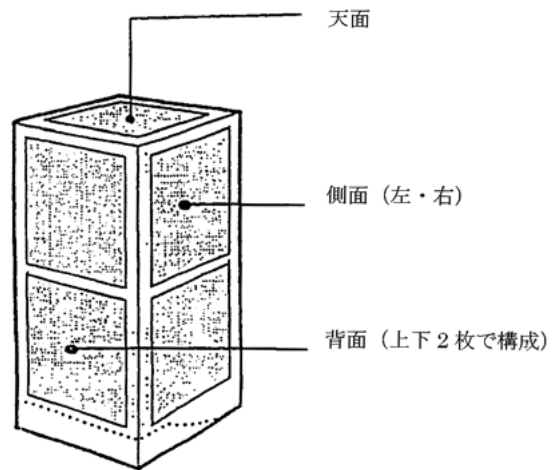


図2 VIPの取付け位置



（やまもと のりゆき）

2003年2月 定年退職

在職中は主に冷蔵関連技術開発および環境安全活動に従事