

「もっと便利に」 冷蔵庫における大容量・省エネルギーの追求

"More Convenience" Pursuit of Large Capacity and Energy-saving for Refrigerators

市本 和久 中村 浩和 河井 良二

Ichimoto Kazuhisa Nakamura Hirokazu Kawai Ryoji

冷蔵庫は単に食品を冷やすだけでなく、時代の流れとともに鮮度を保つための工夫をしたり、食品を分けて保存したりするようになってきた。さらに、女性の社会進出などに伴い、食品のまとめ買いに対応するため、一度にたくさんのものを収納するための大容量化が加速している。

一方で、冷蔵庫は食材を冷やすために一年中運転しており、省エネルギー性能の向上が必須である。

日立グループは、これらの相反する要求に対応するため、独自技術によって冷蔵庫を進化させてきた。

1. はじめに

日立冷蔵庫の1号機が誕生したのは、今から78年前の1932（昭和7）年であるが、当時の一般家庭にとっては「高嶺の花」であった。日立が本格的に家庭用冷蔵庫の発売を開始したのは1952（昭和27）年である。その後、急成長が始まったのは1960（昭和35）年前後であり、冷蔵庫は洗濯機、テレビと並んで「三種の神器」と呼ばれた。そして高度成長時代を経て、1980（昭和55）年ごろに普及率が99%を超え、現在に至っている¹⁾。

普及率の上昇に伴って、冷蔵庫は大きく進化してきた。とりわけ目立つのが多ドア化と大容量化である。導入期にわずか一つだったドアは、最近では多数化が進んでいる。また、多ドア化に合わせて容量も拡大してきており、当初100 L程度のものだったが、現在は500～600 Lクラスの製品が増加している²⁾。

一方、冷蔵庫は一年中運転しているため家計への負担が大きく、省エネルギー性能の向上は市場の大きなニーズである。しかし、一般には、多ドア化、大容量化を進めると、冷却に必要な電力量が大きくなるため、それを上回る省エネルギー技術の開発が必須となる。

ここでは、冷蔵庫の多ドア化と大容量化、およびそれら

と相反する省エネルギー性の向上技術について述べる。

2. 大容量化

2.1 多ドア化・大容量化の流れ

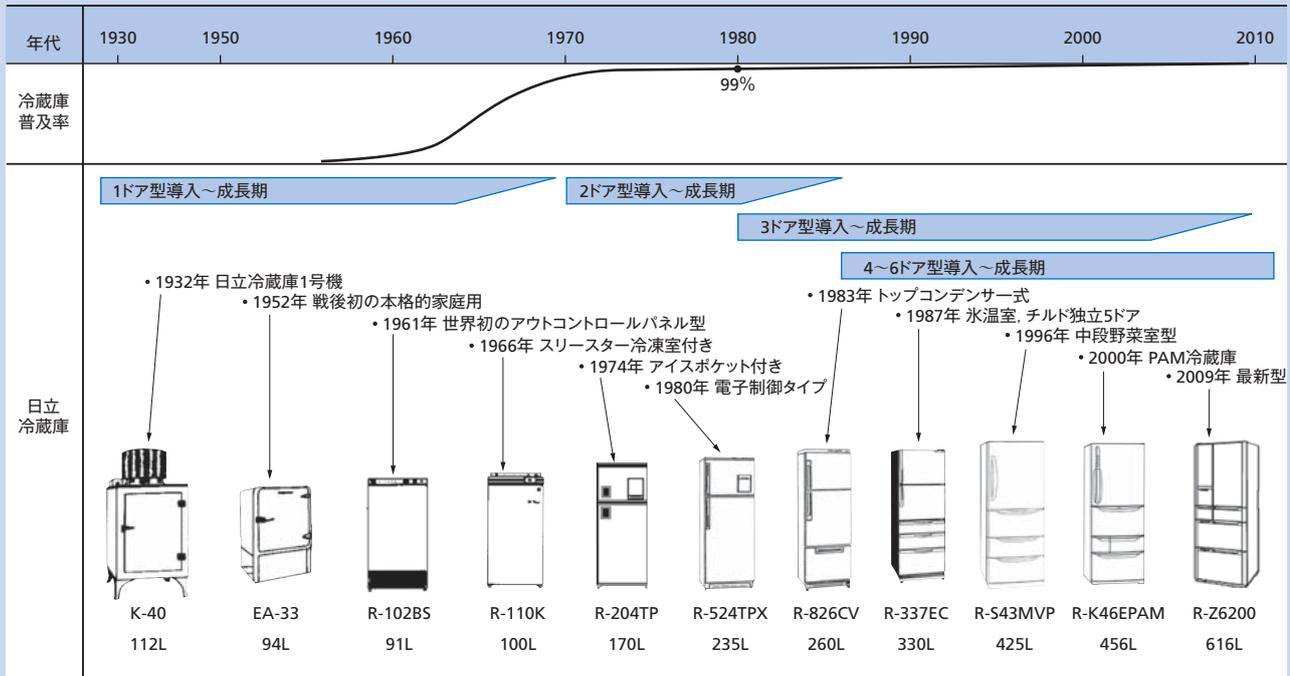
1932年の日立1号機では1ドア・内容積112 Lだったものが、1970年代には冷蔵室と冷凍室に分離した2ドア型となり内容積も200 Lを超えた。1980年代には野菜室が独立した3ドアが普及し始め、内容積は300 Lを超えた。その後、多ドア化と大容量化はさらに進み、最近では冷蔵室ドアが左右に開く両開きタイプの6ドア・内容積500～600 Lや、600 L超製品の需要も伸びてきている。内容積についての最近の40年間を見ると、10年ごとに約100 Lずつ増えていった計算になる（[図1](#)参照）。

こうした冷蔵庫の大きな変遷は、わが国独特の食文化や社会環境の変化に大きくかかわっている。例えば、和食、洋食、中華とバラエティに富んだ食生活を背景に、それぞれの食材の保存温度に適した専用庫が必要となり、その結果として多ドア化が進んだ。また共働き世帯の増加などに伴い、家事に費やされる時間が短縮され、食品のまとめ買いや冷凍食品を利用する機会が増えたために、大容量化が進んだと考えられる。

2.2 大容量化のための技術

冷蔵庫が大容量化するに従い、冷蔵庫のサイズは当然大きくなっていくが、日本のキッチン事情を考慮すると設置スペースが限られることが多い。したがって、設置スペースは従来と同じままで、内容積をいかに増やしていくかが大きな技術開発テーマとなってくる。

一般的な冷蔵庫の基本構成を[図2](#)に示す。内容積として有効となる空間は冷蔵室、冷凍室、野菜室など食品を収納する区画となるが、内容積としてカウントされない無効容



注：略語説明 PAM (Pulse Amplitude Modulation)

図1 | 日立冷蔵庫の歩み

日立冷蔵庫の第1号機は1932年に誕生し、1960年代に一般家庭へ急速に普及した。その後、わが国独特の食文化と社会環境の変化に合わせて、多ドア化、大容量化へと進化してきた。

積も多い。したがって以下の2点が大容量化の開発ポイントになる。

(1) 断熱壁厚さの減少

冷蔵庫の庫内と外気を仕切っている断熱材の役割は、庫内温度を低温に維持することである。内容積を増加させるためには断熱壁の厚みを薄くすればよいが、断熱壁を介して流入する熱量(熱侵入量)が増加するため、消費電力量が増加して省エネルギー性が悪化する。よって大容量化には断熱壁を構成する断熱材の高性能化が不可欠である。

従来、断熱材として使われてきたウレタンフォームに比べ、断熱性能を飛躍的に向上させた真空断熱材を2003年

に開発し、その真空断熱材とウレタンフォームを組み合わせることで、断熱壁厚さを薄くすることができるようになった(図3参照)。また、各室を区画する仕切り断熱の厚みも、ウレタンフォームで構成することによって薄壁とし、大容量化に寄与している。

(2) 制御基板収納部、冷凍サイクル部品容積の縮小

制御基板収納部、冷却ファン、冷却器、機械室などは冷蔵庫内を冷やすために重要な役割を担っているが、内容積としては無効容積となる。そこで、部品高密度実装による制御基板の小型化、冷却ファンの薄型化、圧縮機モータの

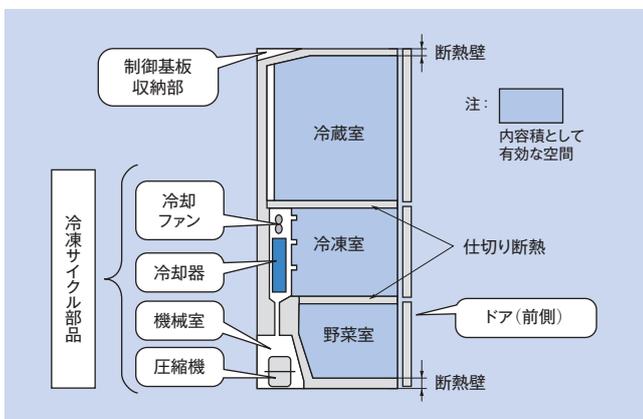


図2 | 冷蔵庫の基本構成図

大容量化する際は、できるかぎり外形寸法を大きくせずに、内容積を増やさなければならない。無効容積をいかに減らすかが技術開発のテーマとなる。

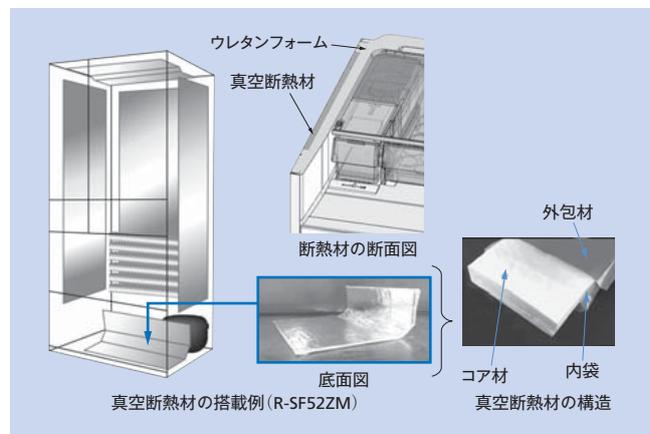


図3 | 日立冷蔵庫の断熱構造

冷蔵庫筐(きょう)体内部の凹凸形状に合わせて配置されたフレックス真空断熱材とウレタンフォームとの組み合わせにより、高性能の断熱壁を構成している。

小型化など、無効容積縮小化のための種々の改善を毎年行っている。

3. 省エネルギーを支える技術

3.1 冷蔵庫の省エネルギー化の変遷

日立冷蔵庫（500 Lクラス）の年間消費電力量の推移を図4に示す。新技術の開発に常に力を注ぐことで毎年約15～20%の割合で消費電力量を低減し、環境配慮製品の開発という意味でも業界をリードしてきた。以下にその技術内容について述べる。

3.2 主な省エネルギー化技術

冷蔵庫の省エネルギー技術は大きく分けて、断熱、冷却、運転制御の三つに分類できる。

3.2.1 断熱技術

(1)「まんなか冷凍」構造

冷凍室を中段位置に設けた「まんなか冷凍」構造（図5右参照）を2005年に開発した。この構造は「まんなか野菜」構造（図5左参照）に比べ、冷凍室（低温部）が冷却器（低温部）と隣接するうえ、圧縮機（高温部）と位置が離れるので熱の侵入が少なく、省エネルギー性に優れた構造となる。



図4 | 日立冷蔵庫省エネルギー化の変遷 (500 Lクラス)
毎年約15～20%の割合で省エネルギー化を実現してきた。

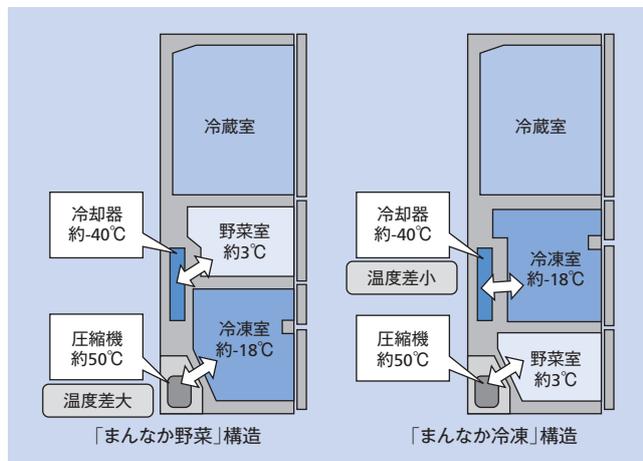


図5 | 「まんなか冷凍」構造と「まんなか野菜」構造の比較
まんなか冷凍構造は、低温の冷凍室を中央に配置したものである。高温の圧縮機との位置を遠ざけ、低温の冷却器と隣接させて冷却効率を上げる。

(2) フレックス真空断熱材

真空断熱材の形状は開発当初は平板であったが、曲げ形状を可能にしたフレックス真空断熱材を2008年に開発した。真空断熱材のコア部は従来、熱プレスによって繊維どうしが接着されて曲げ加工が困難だったが、コア部を熱プレスせずに内袋に入れて保持する方式を採用したことで繊維どうしの接触が少なくなり、曲げ加工が比較的自由になった。その結果、冷蔵庫筐（きょう）体の断熱形状に合わせて曲面部にも真空断熱材を設置することが可能となった。真空断熱材のカバー率（冷蔵庫外表面全面積に対する真空断熱材が覆う面積）を大きくし、断熱性能の優れた構造を実現し、カバー率は2009年度製品（520 L）で47%に向上した。またコア部の繊維接触が少ないことは真空断熱材単体での性能向上にも寄与し、ウレタンフォームの約1/3となる熱伝導率1.0 mW/m・K（当社測定値）の高い断熱性能を実現している。

3.2.2 冷却技術

(1) フロストリサイクル冷却

一般に、圧縮機を稼働させて低温にした冷却器と庫内を循環する空気を熱交換させることで冷蔵庫は冷却される。このとき、冷却器には霜が成長する。霜が成長すると、空気から冷却器に熱が伝わりにくくなるとともに、空気が流れにくくなって風量が減少するため、冷却効率が低下する。したがって、定期的にヒーターで加熱することによって霜を溶かして排除する除霜運転が行われる。

一方、視点を変えると、従来、溶かして排除するだけだった霜は、冷蔵室・野菜室の温度よりも低温であり、冷蔵室・野菜室を冷却できる有用な冷熱源となる。この点に着目し、霜を冷熱源として冷却に利用することで省エネルギー性を向上させることを考えた。この冷却システムが2009年に開発したフロストリサイクル冷却である³⁾。

霜によって冷却できるのは冷蔵室・野菜室に限られるた

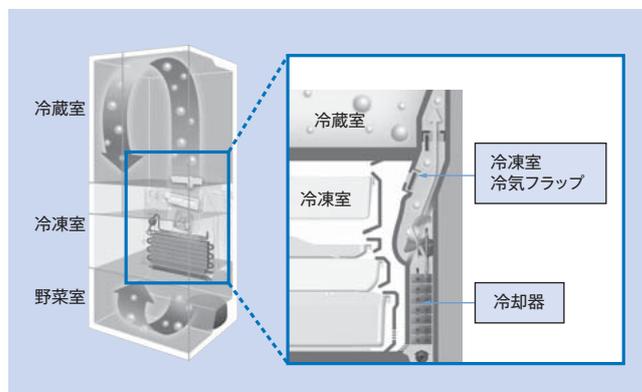


図6 | フロストリサイクル冷却の概要
冷凍室冷気フラップを新たに設けたことが特徴である。そのフラップを閉じて冷凍室への冷気を遮断し、冷却器に付いた霜で冷蔵室・野菜室を冷却する。

め、「冷凍室冷氣フラップ」(図6参照)を新たに設け、霜を利用して冷却する際は冷凍室への送風を遮断することで課題を解決した。

(2) 高効率圧縮機

圧縮機のピストン部の連結機構に、従来のスコッチヨーク方式に代わり、2007年度からボールジョイント方式を採用した。これにより、摺(しゅう)動距離を18 mmから3 mmに短縮し、摺動損失を低減させて効率を改善した⁴⁾(図7参照)。また、吐出し弁構造の最適化や軸受部の精度向上、冷凍機油の低粘度化などにより、COP (Coefficient of Performance: 成績係数)を向上させ、省エネルギー化に寄与した。

3.2.3 運転制御技術

(1) インバータ制御および電気部品の高効率化

インバータ制御とは、圧縮機を高速から低速まで広範囲で高効率運転できる制御で、1998年から採用した。それまでの圧縮機の運転回転数は常に一定だったので、圧縮機の能力は最大負荷(夏季、扉開閉頻度が多い時間帯など)を想定して設計していた。そのため少ない冷却能力で十分なときは、負荷に対して過剰な冷却能力で運転していた。インバータ化することで、負荷の大小に応じて適切な回転数で運転することが可能になり、エネルギーロスを減らすことができるようになった。

また、近年は筐体の熱漏洩(えい)量が減少し、より低速化が求められている。そこで、圧縮機モータの低速領域高効率化に伴う日立独自のベクトル制御や、低速運転時の振動を抑制するトルク制御を採用し、さらなる省エネルギー化および静音化を図っている。

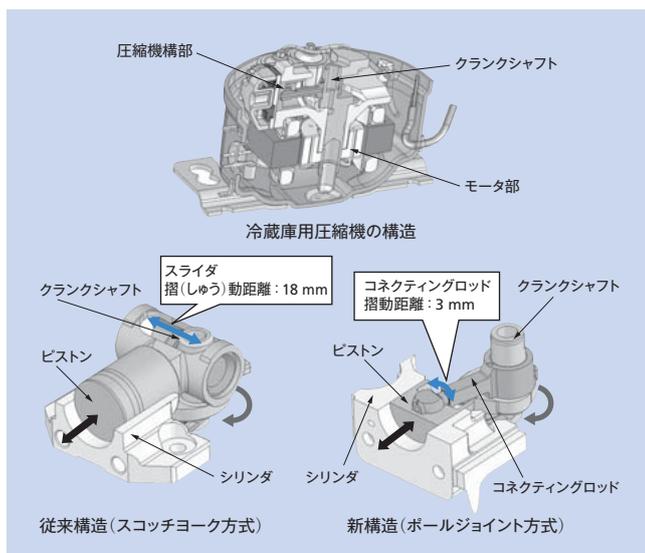


図7 | 圧縮機のピストン部連結構造
ボールジョイント方式でコネクティングロッドの摺動距離を短くし、摺動によるエネルギー損失を改善した。

電気部品についても、制御基板部品の低入力化、冷却ファンの直流モータ採用など、高効率化技術を取り入れている。

(2) センサー省エネルギー運転

冷蔵庫には各所に温度センサーが設置されており、温度センサーからの情報を基に効率のよい冷却を行っている。また、ドア開閉状況や庫内・庫外の温度などから冷蔵庫の使用状況を判断して、きめ細かい運転制御を行っている。

4. おわりに

ここでは、冷蔵庫の多ドア化と大容量化、およびそれらと相反する省エネルギー性の向上技術について述べた。

冷蔵庫の大容量化と省エネルギー化など基本機能の向上はもちろんのこと、付加機能の開発も重要なテーマである。このような中で日立グループは、2007年度に「真空チルド」という保存機能を開発した。食品の酸化劣化を抑えるために、ルーム内の気圧を大気圧よりも圧力が低い約0.8気圧の真空状態にして保存する機能である。この機能により、今まで以上に食品の栄養と鮮度を保つことでユーザーの生活に貢献できると考えている。

今後もユーザーが便利に使える機能を開発していくと同時に、環境対応をテーマとした課題である、CO₂排出量削減のためのさらなる省エネルギー化、製品のリサイクル性向上および軽量化などに取り組んでいく。

参考文献

- 1) 内閣府：男女共同参画白書、平成17年版
- 2) 永瀬：冷蔵庫——「食」の貯蔵庫の発達史、ひたち、Vol.70, No.1, Winter(2008.1)
- 3) 河井、外：霜を利用した冷蔵庫用冷却システムの開発、第44回空気調和・冷凍連合講演会講演論文集(2010.4)
- 4) 廣田、外：家電製品の省エネルギー技術、日立評論、90、5、428~433(2008.5)

執筆者紹介



市本 和久
1983年日立製作所入社、日立アプライアンス株式会社 家電事業部 栃木家電本部 冷蔵庫設計部 所属
現在、冷蔵庫の設計に従事



中村 浩和
1986年日立製作所入社、日立アプライアンス株式会社 家電事業部 栃木家電本部 冷蔵庫設計部 所属
現在、冷蔵庫の開発設計に従事



河井 良二
2002年日立製作所入社、機械研究所 生活家電研究部 所属
現在、冷蔵庫の省エネルギー技術の研究開発に従事
日本冷凍空調学会会員、日本機械学会会員