

冷蔵庫用 平行冷凍サイクル

冷蔵庫の省エネと食品保存性を 向上させる“平行エンジン”

冷蔵庫を冷やすための仕組みである冷凍サイクルについて、冷蔵ゾーンと冷凍ゾーンの同時冷却及び交互冷却による多彩な冷却運転モードの実現によって、冷蔵庫の省エネ性と食品保存性を向上させることのできる平行冷凍サイクルを開発しました。これは、PMV (Pulse Motor Valve) を用いて冷媒を二つの冷却器 (冷蔵用と冷凍用) に分流・切替えできるようにしたものです。

この技術は、2005年2月から発売の“ナノ光プラズマ脱臭鮮蔵庫” GR-W41FA (図1) などに、“平行エンジン”として応用されています。



図1. ナノ光プラズマ脱臭鮮蔵庫 GR-W41FA — 平行冷凍サイクルの技術に応用した冷蔵庫です。

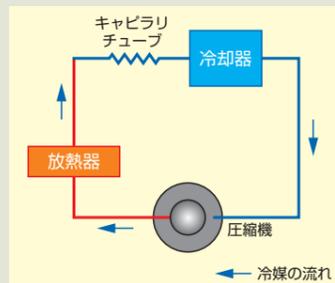


図2. 冷凍サイクル基本構成 — 冷蔵庫用冷凍サイクルの基本構成です。一つの冷却器で冷蔵庫全室を冷却します。

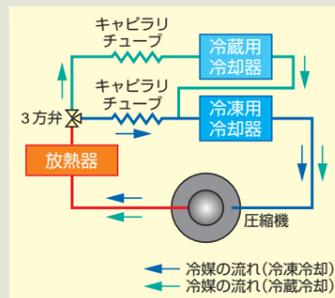


図3. セミ平行冷凍サイクル — 従来採用されていたセミ平行冷凍サイクルです。3方弁の切替えにより、二つの冷却器で冷蔵ゾーンと冷凍ゾーンを交互に冷却します。

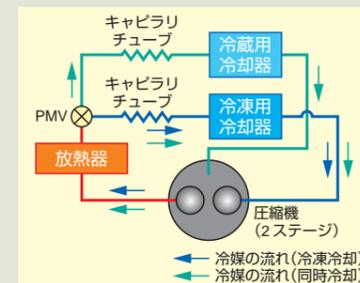


図4. 2ステージ平行冷凍サイクル — 2ステージ圧縮機、及びPMVの切替え・分流・流量調整機能により、二つの冷却器で冷蔵ゾーンと冷凍ゾーンを同時に冷却します。

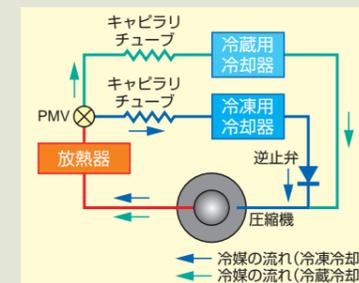


図5. 平行冷凍サイクル — 新規開発の平行冷凍サイクルです。PMVの切替え・分流・流量調整機能により、二つの冷却器で冷蔵ゾーンと冷凍ゾーンの同時冷却及び交互冷却を自在に行います。

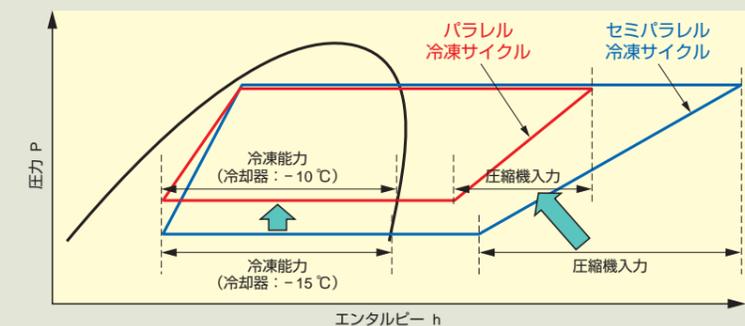


図6. 冷蔵冷却時のP-h線図 (圧力-エンタルピー線図) — 冷却器温度を高くすることで、圧縮機入力を低減します。

従来の冷凍サイクル技術

冷蔵庫用の冷凍サイクルの基本構成 (図2) は、圧縮機、放熱器、キャピラリチューブ、冷却器の四つの部品からできています。初期の冷蔵庫では、一つの冷却器で冷蔵庫内のすべての部屋を冷却していました。この方式では、冷凍ゾーンより低い温度の冷却器ですべての部屋を冷やすため、エネルギーロスが大きだけでなく、冷蔵室や野菜室内の食品が乾燥し、鮮度劣化の原因にもなっていました。

そこで東芝は、1998年に冷却器を二つ設けたセミ平行冷凍サイクル (図3) によるツイン冷却方式を採用しました。この方式は、3方弁で冷媒流路を切り替えることで冷蔵ゾーン冷却時の冷却器温度を高めることができ、

省エネと鮮度保持に効果があります。しかし、冷凍ゾーンを冷却するときは冷凍用冷却器だけに冷媒を流しますが、冷蔵ゾーンを冷却するときには両方の冷却器に冷媒が流れるため、冷蔵用冷却器の温度を冷凍ゾーンの空気温度と同程度にする必要があり、冷蔵ゾーンの冷却に必要な冷却器温度としては、低い設定になっていました。

また、冷却が交互となるため、各ゾーンで冷却が必要であるにもかかわらず冷却されない時間が生じ、冷却スピード不足、庫内温度変動の増加という課題もありました。

2004年には、新規構造の2ステージ圧縮機を採用し、冷媒を2段圧縮することで二つの冷却器を最適な温度で同時冷却できる2ステージ平行冷凍サイクル (図4) を開発しました。

これによってセミ平行冷凍サイクルの性能上の問題点を解決することができましたが、2ステージ平行冷凍サイクルのメリットを最大限に生かすためには、冷蔵庫の機種ごとに二つの圧縮部の排除容積を冷蔵と冷凍の内容積比に合わせた圧縮機が必要となり、汎用性に課題がありました。

また、圧縮部一つ当たりの排除容積が小さくなるため、一つの部屋だけを冷やしたい場合には冷却能力が小さくなります。これを解決するために排除容積を大きくすると、通常使用時の冷却能力が過大となり、省エネの面でエネルギーロスが増加します。

平行冷凍サイクル

今回、これらの課題を解決するため、性能と汎用性に優れた平行冷凍

サイクル (図5) を開発しました。

この平行冷凍サイクルでは、汎用性に優れた1シリンダ圧縮機を用い、冷蔵用冷却器と冷凍用冷却器を完全に並列 (平行) 接続した冷凍サイクルとしています。冷蔵ゾーン冷却時や冷却運転停止時に、冷凍用冷却器に温度の高い冷媒が逆流して冷凍ゾーンが過熱することを防止するため、冷凍用冷却器と圧縮機の間には逆流防止用の逆止弁を設置しています。

更に、冷媒切替え部として、2ステージ平行冷凍サイクルで開発したPMV (Pulse Motor Valve) を使用することで、切替え、分流、流量調整をできるようにしています。

この冷凍サイクル構成により、冷蔵ゾーンと冷凍ゾーンを同時又は交互に冷却することができるようになり、冷

蔵庫の据付け時や食品を大量に投入したときなど、すべての部屋を早く冷やしたい場合に対応できるようになりました。冷蔵、冷凍各室の冷却スピードは、セミ平行冷凍サイクルに比べ10~20%向上しています。

更に、同時冷却とDSP (Digital Signal Processor) インバータによる圧縮機回転数制御を組み合わせることで各室の連続冷却ができるようになり、冷却停止時間が短くなるため、冷凍室内の温度変動が少なくなり (セミ平行冷凍サイクルに比べ約33%)、食品ストレスが低減します。具体的には、冷凍室内の食品につく霜の量が低減でき、7年前の冷凍サイクル基本構成機種に対して約1/4に抑えることができました。

一方、交互冷却では、冷却器を完全

に並列接続することで、セミ平行冷凍サイクルで起こっていた冷蔵ゾーン冷却時の冷凍用冷却器への影響を解消し、冷蔵用冷却器をより適した温度 (約-10℃、従来は約-15℃) に設定できるようになりました。これによって冷蔵ゾーン冷却時の効率 (理論COP (Coefficient Of Performance) = 冷凍能力/圧縮機入力) をセミ平行冷凍サイクルに比べ約10%高め (図6)、冷凍サイクル全体として約3~7%の省エネを達成しました。

更に、同時冷却と交互冷却の特長を生かし、各冷却モードを組み合わせることで、様々な要求に応じた多彩な冷却運転ができるようになりました。

この平行冷凍サイクルの技術は、“ナノ光プラズマ脱臭鮮蔵庫” GR-W41FAなどに“平行エンジン”として応用されています。

今後の展望

平行冷凍サイクルは、二つの冷却器を用いた冷蔵庫の高性能化、高機能化に寄与する技術です。PMVにより自由度の高い冷却運転をすることができ、冷蔵庫の改善だけにとどまらず、これまでなかった温度帯の部屋や、冷却調理など、新機能への適用が期待されます。

野口 明裕

東芝家電製造 (株)
家電機器開発部主務