

冷蔵庫の新保存技術—過冷却現象の利用—

鈴木和貴*
林 由花子*
柴田舞子**

New Preservation Technology of Refrigerator—Use of Supercooling Phenomenon—

Kazutaka Suzuki, Yukako Hayashi, Maiko Shibata

要 旨

国内冷蔵庫市場では省スペースかつ大容量の需要が高まっており、三菱電機も2012年から“大容量コンパクト”をメインの訴求とした“JXシリーズ”を展開している。このシリーズでは、食品の保存性や収納性等の“使いやすさ”も考慮し、“動くん棚”や“切れちゃう瞬冷凍”等のユーザーアシスト機能を搭載している。しかしながら、まだまだ使いやすさについては課題があり、ユーザーの声によると、冷蔵室やチルド室の食品の整理や管理がしにくいことが挙げられていた。

そこで、2014年発売の“WXシリーズ”では、冷蔵室の“使いやすさ”を向上させるための提案として、チルド室を

大きく見直し2段構造とした。上段は庫内全幅に幅を広げたワイドなチルドルーム、下段は肉・魚のトレイが2段積みできる肉・魚専用スペースとすることで、乳製品や加工食品は上段、臭い移りの気になる肉・魚は下段と分類して収納できるようにし、使いやすさと衛生性を兼ね備えた。

さらに、肉・魚専用スペースは“氷点下ストッカー”にすることで保存性を向上させた。“氷点下ストッカー”では、過冷却現象を利用し、氷点下でも凍らせずにおいしく長く保存できる独自の技術“氷点下保存”を採用し、従来のチルド室で約4日しか保存できなかった牛ひき肉や豚ロース肉を約7日間保存可能とした。

MR-WX71Y-BRの外観

MR-WX71Yの冷蔵室

ワイドチルド

氷点下ストッカー

MR-JX61Xの冷凍室

氷点下ストッカー

ドリップ流出 約70% 抑制

MR-JX61Xのチルド室

氷点下ストッカー

変色 約11% 抑制

従来冷凍室とのドリップ量比較(牛モモ肉)

従来チルド室との変色比較(牛ひき肉)

“WXシリーズ”冷蔵庫の新機能“氷点下保存”

新たに冷蔵室の整理性と保存性を向上させるために追加した肉・魚専用の“氷点下ストッカー”では、“氷点下保存”に設定すると“氷点下ストッカー”内を-3℃付近まで冷却し、食品を過冷却状態にする。独立した風路と温度検知システムを持ち、“氷点下ストッカー”内の温度を細かく制御することによって、食品を凍結することなく保存することを可能としている。

1. ま え が き

国内冷蔵庫市場は、省スペースかつ大容量のニーズが高まっている。当社では顧客のニーズに応えるため、2014年6月に業界最大容量^(注1)705L(幅800mm)の“WX71Y”の発売を開始した。WXシリーズは大容量化するだけでなく、ユーザーの“使いやすさ”のために、最も使用頻度の高い冷蔵室の整理性を向上させている。

冷蔵室には多種多様な食品が収納されるうえ、食品の出し入れが多いため、食品の定位置化が難しい。特にチルド室では、乳製品や惣菜(そうざい)、加工食品、肉、魚を保存するため容量不足や煩雑な状態に陥りやすい。そこで、WXシリーズでは肉・魚の専用ストッカーと庫内全幅の大容量チルドルームを設けて収納性と定位置化を向上させている。

さらに、肉・魚の専用ストッカーには新機能の“氷点下保存”を搭載している。過冷却現象を利用することで、氷点下の温度帯(-3~0℃)を実現しながら、凍らせずに肉・魚を5~7日間保存することを可能にした。“氷点下保存”の機能を追加することで、“すぐ使わない食品はとりあえず冷凍する”から“保存期間に合わせておいしく保存する”ことを提案する。

(注1) 2014年5月12日現在、当社調べ

2. チルド室の構成

冷蔵庫を使用するユーザーの声として、特に冷蔵室やチルド室についての食品の整理や管理が難しいという声が多数あった。

冷蔵室の食品の整理や管理が難しいのは、食品の出入りが多いことや、生ものから調理後の食品まで多種多様な食品が存在することから、食品の“定位置化”が難しいことが原因であった。ユーザーが自然に食品の定位置化を実現できるように冷蔵室内の配置を検討した。

冷蔵室内での定位置化には、チルド室の活用がポイントとなった。低温で保存性のよいチルド室に、肉・魚等の生鮮食品や乳製品、加工食品等の食品をまとめて収納することで、定位置化を図り、冷蔵室全体の整理性向上を狙った。

しかし、チルド室にまとめて収納するために、容量を増加しただけでは食品の分類や定位置化を促すことは難しい。分類されずに収納すると、大容量にすることでかえって複雑さが増し、整理性が損なわれてしまう。

そこで、チルド室を2つのスペースに分割して、1つを加工食品、調理済食品用のスペース(ワイドチルド)とし、もう1つを生肉・生魚専用のスペース(氷点下ストッカー)とした(図1)。これによって食品の定位置化を実現した。乳製品や惣菜等と臭い移りの気になる肉・魚を混在せずにそれぞれの保存場所に収納できるので、整理性と衛生性を

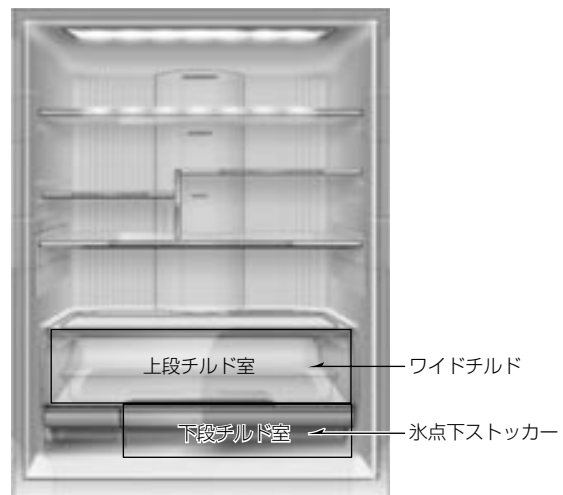


図1. チルド室2段化の冷蔵庫

同時に確保できる。また、チルド室を大容量化することで従来冷蔵室にあふれていた食品も収納することもでき、チルド室上の棚に空きスペースが作れるようになる。

実際の生活シーンでは、チルド室上の棚の使用頻度は高く、棚が常に空いていれば、いつでも収納することができ、楽に取り出すこともできる。2段化したチルド室の活用によって、冷蔵室全体の整理性と使いやすさを向上させた。さらに、氷点下ストッカーに自然に肉・魚を収納したくなるような動機づけとして、肉・魚を凍らせずに、おいしく長持ちさせることのできる保存機能“氷点下保存”を採用した。

3. 氷点下ストッカーの保存機能

3.1 保存期間と保存品質

肉や魚の生鮮食品は、すぐに消費する場合は冷蔵庫又はチルド室に保存し、余った分などすぐに使用しない場合は冷凍室に入れて保存する方法が一般的である。冷凍保存すると食品を長期間保存することができるが、凍結の過程で食品の組織や細胞を傷つけてしまうので、解凍時のドリップ流出や食感の変化等、食品本来のおいしさを損なってしまう。そこで、凍結させずに長期保存を実現するために過冷却現象を利用した保存機能の開発を行った。

3.2 過冷却現象⁽¹⁾

ここでは過冷却現象について食品に着目して簡単に述べる。食品における過冷却現象とは、凍結点以下であっても、食品に含まれる水分が凍結しない状態で維持される現象を指す。水から氷へと相変化を起こす際は、最初に氷結晶の種ともいべき核(氷核)が生成され、その氷核が成長することで氷結晶となるが、種となる氷核が生成されないと、当然ながら氷結晶を生成せず、凍結状態にはならない。氷核は分子の集合体(クラスター)と考えられており、クラスターは液体内部の分子の揺らぎに応じて集合と分散を繰り返す。

表1. 試料のサイズと試験後の状態

試料サイズ	50g	100g	150g
非凍結(過冷却維持)	△	□	◇
凍結(過冷却解除)	▲	■	◆

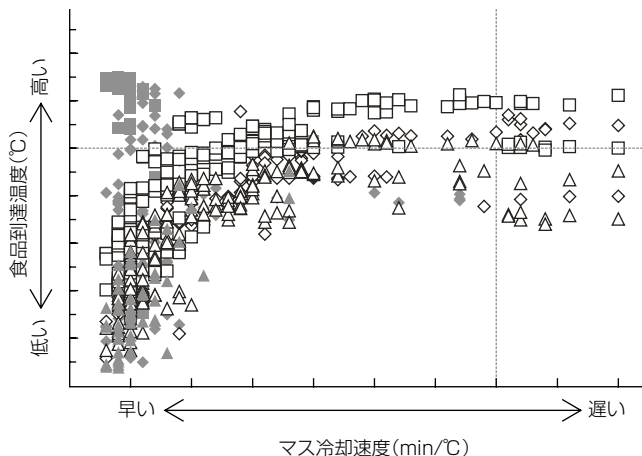


図2. 冷却速度と過冷却解除の関係(試験数: 700)

返しており、単純な温度低下だけでは氷になるきっかけの水核として安定しないため、凝固点以下でも凍結しない現象があることはよく知られている。

過冷却状態は、エネルギー的に不安定な状態であるため、1つでも氷核ができると、それを中心に氷結晶を生成し、過冷却状態を解消し、ただちに凍結が開始される。

3.3 過冷却状態の維持

3.2節に述べたように凍結点以下でも凍結させない、すなわち過冷却状態にするには、保存温度環境の刺激によって氷核を生成させないことが重要である。そこで、過冷却状態へ突入し、維持することができる保存温度環境の条件を検討した。

恒温槽に試料(マグロのラップ包装)^(注2)を投入して、食品の周囲に配置したマス^(注3)の冷却速度、食品到達温度をパラメータとして試験を行った。恒温槽に投入し十分時間が経過した食品の凍結状態を確認した結果、ある一定の値の食品到達温度とマス冷却速度の条件で過冷却解除の確率が著しく小さくなることが分かった(図2)。

また、過冷却状態を維持する条件として、マスの“温度変動”に着目し、同様の試料を用いて、温度変動による過冷却状態の維持率へ与える影響を確認した。

マス温度変動幅が一定値を超えると過冷却状態解除の確率が上昇する結果となった。一定値を超えると、温度変動が刺激となり過冷却を解除すると考えられる(図3)。

試験結果から、冷却速度、食品到達温度、マス温度変動幅について、過冷却状態へ突入し、維持することができる温度条件を明らかにした。

(注2) 試料の質量と、試験後の試料の状態は表1による。
 (注3) マスはJIS指定の測定用メタルを指し、すずめっきした銅又は黄銅の円柱25g/個

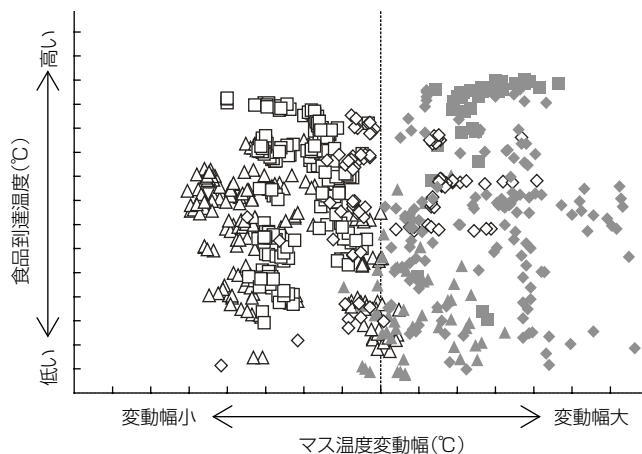


図3. マス温度変動幅と過冷却解除の関係(試験数: 700)

4. 実機での食品保存性

3章で明らかにした温度条件をもとに、過冷却状態を利用し、食品を低温で凍らせずに維持する“氷点下保存”温度制御を確立した。ここでは、“氷点下保存”の食品に対する効果を示す。

4.1 保存期間の確認

“氷点下保存”は、凍らせない状態で、従来よりも長期間保存することを目標とした。氷点下保存温度制御を適用した冷蔵庫実機を用いて、“氷点下ストッカー”、冷蔵室、チルド室について保存可能期間の検討を行った。

一般に日持ちのしない代表的な食材である牛ひき肉を用い、生菌数を測定し、一般に初期腐敗とされる生菌数 10^7 ⁽²⁾に到達するまでの日数を検討した。その結果、氷点下ストッカーは7日以上、チルド室は5日未満、冷蔵室は3日となった。したがって、“氷点下保存”は7日間保存可能であり、従来の冷蔵保存よりも長期に保存できることが確認できた。

4.2 ドリップ量の比較

氷点下保存では、凍結による損傷を受けずに保存することができるため、ドリップの流出を抑制することができる。ドリップは、水分だけでなく旨(うま)み成分や栄養素の損失となるため、保存品質の一指標となる。

氷点下保存温度制御を適用した冷蔵庫実機を利用して、食品を“氷点下ストッカー”、冷凍室、パーシャル(切替室)それぞれの温度で1日間保存し、ドリップ量の比較を実施した。保存食材として牛モモ肉を用いて試験を実施した。

“氷点下ストッカー”のドリップ率は1.3%、冷凍室は4.0%、パーシャルは6.0%となり、氷点下保存が最もドリップ率が少ない結果となり、ドリップを基準としたおいしさ評価で他の保存方法よりも優位性があると言える(図4)。

4.3 食品の変色の比較

牛肉などの赤色は、次第に褐変してくることが知られている(メト化)。褐変が進行すると、見た目のおいしさだけ

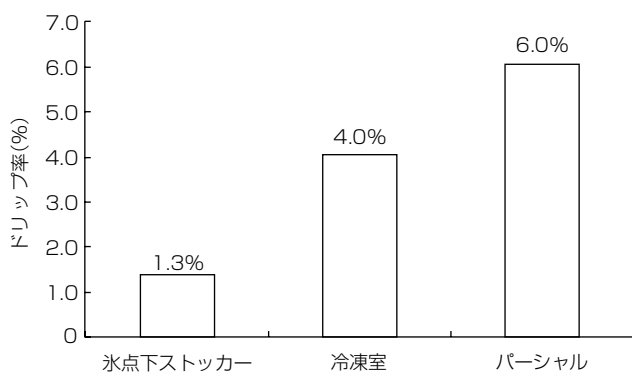


図4. 保存方法によるドリップ率比較

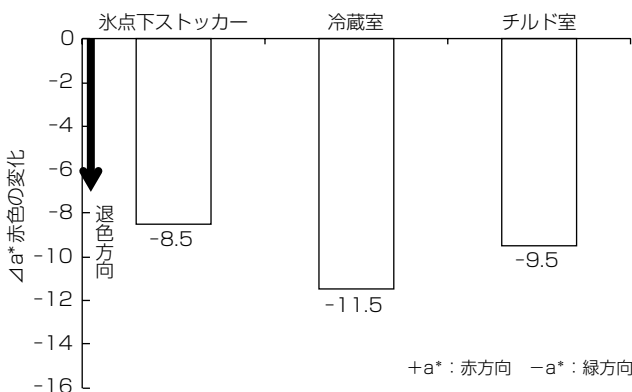


図5. 牛ひき肉の赤色値変化比較

でなく、風味を劣化させると言われている。

食品の鮮度を示す一指標として、変色に着目し、牛ひき肉を用いて、評価を実施した。

4. 2節同様、氷点下保存温度制御を適用した冷蔵庫実機を利用して、食品を“氷点下ストッカー”，冷蔵室，チルド室，それぞれの温度で7日間保存し，分光色差計を用いて変色の比較を行った。

赤色の退色程度を比較すると Δa^* の値が，氷点下ストッカーが-8.5，冷蔵室が-11.5，チルド室で-9.5となった。氷点下保存を行った食品の赤色低減が最も小さく，他の保存に比べて，変色を抑制する結果を得た(図5)。

5. むすび

食品を過冷却状態で保存することで，今までの冷蔵庫では不可能であった肉・魚を凍らせない状態での1週間の保存を確認できた。単なる保存期間の延長ではなく，当社製冷蔵庫に搭載している瞬冷凍機能や大容量の冷凍室と使い分けて，1週間以内で使用する食品は氷点下保存，2～3週間で使用する場合は既搭載の切れちゃう瞬冷凍で保存，1か月以上を目安とする長期保存には冷凍室と，食品の用途・保存期間に合わせて“おいしく保存”できるユーザーベネフィットを実現した。

参考文献

- (1) 柴田舞子，ほか：“光ビッグシリーズ”冷蔵庫の新機能，三菱電機技報，84，No.6，327～330（2010）
- (2) 期限表示のための試験方法ガイドライン(食肉（食肉加工品（半製品）を含む。))，社団法人日本食肉加工協会，1～16（2006）