



# 温度 0℃ / 湿度 90% 以上で青果物を貯蔵できるシステム 「スーパーフレッシュ ZERO」

金井 理, 比留間直也, 田上 諒, 金まどか, 河野晋治  
株式会社前川製作所

## 1. 緒 言

近年、ライフスタイルや社会構造、消費構造が大きく変わってきている。とくに新型コロナウイルスの影響により、食の簡便性が重視されるようになった。これらを背景に、青果物の加工や業務用の需要が約6割を占めるようになり、とくにカット野菜の販売が急増している。さらに消費者は、安心・安全・おいしさに加えて、健康志向や利便性も重視するようになってきている。

一方で、流通過程での食品ロスが社会的な課題となり、青果物の貯蔵・流通・販売システムの改善が求められている。食品ロスは「フードサプライチェーン」(food supply chain)の各段階(製造・配送・販売・消費)で発生するため、全体での取り組みが不可欠である。青果物は含水率が多く、萎れや腐敗によって品質が低下する。このため、貯蔵期間を延ばすためには乾燥や結露を防ぎながら貯蔵する必要がある。また、青果物には最適な貯蔵環境があり、主に氷結点~1℃、相対湿度90%以上の品目が多いことがわかっている[i]。例えば、自然の雪を活用した雪室貯蔵がこれに近い。一方、一般的な貯蔵庫は温度5℃、相対湿度70~80%程度で、最適条件から大きく外れている(表1)。

表1 青果物の最適貯蔵条件

| 温度/湿度  | 氷結点~1℃                                      | 2~4℃                                    | 5~9℃                   | 10℃以上  |  |
|--------|---|---|------------------------|--|--|
| 90%以上  | イチゴ<br>キウイ<br>アジ<br>カブ<br>ハクサイ<br>レタス<br>ネギ | ブドウ<br>カキ<br>モモ<br>ダイコン<br>キャベツ<br>ニンジン | アスパラガス                 | オオバ<br>オクラ<br>サトイモ<br>パレिशヨ(完熟)<br>ピーマン<br>メロン | サツマイモ<br>スイカ<br>トマト(緑熟)<br>ナス<br>パレिशヨ(未熟) |
|        | カリフラワー<br>スイートコーン                           | ブロッコリー<br>スイートコーン                       |                        |  |  |
| 90~80% | ソラマメ<br>ホウレンソウ<br>サヤエンドウ                    | セルリー<br>シュンキク<br>ソラマメ                   |                        |  |  |
|        |   |   | レモン<br>オレシタ<br>トマト(完熟) | キュウリ<br>マンゴー<br>グレープフルーツ                       |  |
| 80%以下  | ニンニク<br>タマネギ                                |   | 一般的な冷蔵庫<br>5℃/70~80%   | カボチャ<br>ショウガ                                   |  |

i) 農研機構「野菜の最適貯蔵条件一覧表」より、貯蔵に適した温度および湿度に関するデータを引用

このような背景を受けて、弊社は新しい長期鮮度保持冷蔵システム「スーパーフレッシュ ZERO (以下、SF-ZERO)」を開発し、2023年に販売を開始した(図1)。本稿では、このシステムの特徴と利点について詳しく紹介する。

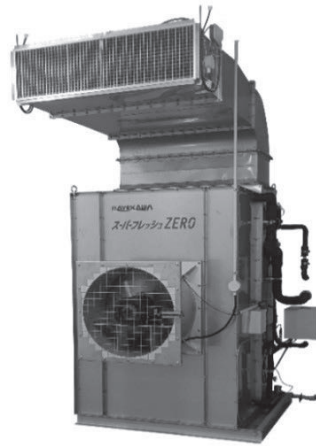


図1 スーパーフレッシュ ZERO の外観

## 2. 製品概要

本装置は、特殊な蒸発器と精密な制御により、冷却による除湿を極力抑えつつ、空気中の余剰な水分を蒸発器に保持し、湿度を維持するシステムである。これにより、加湿器や散水装置を用いることなく、低温・高湿度を維持することが可能となった。青果物を入れた庫内環境を温度0~15℃、相対湿度90%以上で安定的に維持することから、低温かつ高湿度の環境を保つ雪室と同等レベルの貯蔵環境を機械的に実現できた。このシステムは、品質管理が難しいイチゴやブドウに代表される最適貯蔵温度が0℃付近の作物に最適であり、青果物の貯蔵庫や加工業務用における付加価値を求める市場への展開を目指している。

### 3. 仕様と特徴

#### 3.1 構成

本装置は、クーラー部分に加湿器や散水装置を使用せず、蒸発器、フィルターおよび送風ファンのシンプルな構成である。送風ファンから吹出された空気はフィルターを通過し、蒸発器で冷却されて庫内を循環する。送風ファンは蒸発器の上流に配置することで、動力による温度上昇および湿度低下を抑制することができる(図2)。低温かつ高湿度の環境を実現するために、蒸発温度と空気温度の温度差を小さくする必要があるのである。そのため、高い熱交換性能かつ広い伝熱面積を有する、マイクロチャンネル蒸発器を採用している。これにより、循環する空気と冷媒の温度差を小さく保ちながら、温度差を小さく保つことで除湿を抑え、高湿度の冷気を作り出すことが可能である。その結果、庫内は温度0℃、相対湿度90%以上と、青果物の理想的な貯蔵環境を実現し、除湿を最小限に抑えることができる。

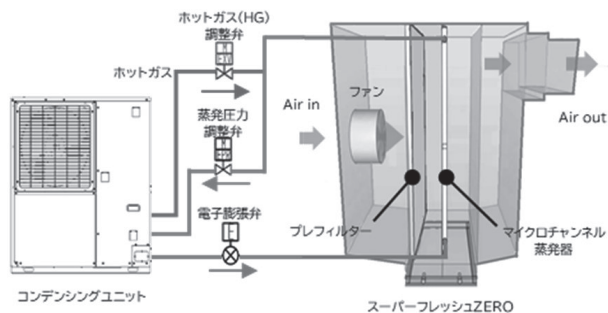


図2 構造およびシステムフロー

#### 3.2 仕様

商品ラインナップは、SF-ZERO MC1(蒸発器1基、ファン1基、冷却能力10 kW)とSF-ZERO MC2(蒸発器2基、ファン2基、冷却能力20 kW)の2種類がある。既設冷蔵庫への適応サイズは熱負荷によって異なるが、SF-ZERO MC1タイプでは約15坪(10m×5m)を想定している。なお、冷蔵庫の負荷に応じて必要な台数を選定することができる。冷凍機は直膨乾式

表2 装置の仕様

| 名称     | スーパーフレッシュZERO   |                             |
|--------|---|-----------------------------|
|        | SF-ZERO MC1   | SF-ZERO MC2                 |
| 型式     | SF-ZERO MC1   | SF-ZERO MC2                 |
| システム構成 | 蒸発器1基、送風機1基   | 蒸発器2基、送風機2基                 |
| 外形寸法   | W 1,440 × D 2,070 × H 2,350                                   | W 2,880 × D 2,070 × H 2,350 |
| 総重量    | 約 1.5 t   | 約 3.0 t                     |
| 使用温度   | 0 ~ 15℃   |                             |
| 湿度     | 90% 以上  |                             |
| 冷却能力   | 10 kW   | 20 kW                       |
| 機器構成   | クーラー、冷凍機、動力制御盤、制御弁類   |                             |
| 冷媒     | R410A   |                             |
| 商材     | 果菜類(いちご)、葉菜類(キャベツ)、根菜類(ダイコン)、果実類(ブドウ)<br>最適貯蔵温度が氷結点 ~ 0℃付近の商材 |                             |

で、冷媒にはR410Aを使用しているが、自然冷媒である二酸化炭素などを用いたノンフロン化の開発も進行中である(表2)。

#### 3.3 制御システム

本装置は全自動で運転操作が可能であり、青果物に適した貯蔵温度を入力するだけで高湿度運転が可能となる。タッチパネルを使用し、0 ~ 15℃の範囲で直感的に操作できるため、品目を変更する際も設定を切り替えるだけで、スムーズに運用を行うことができる。

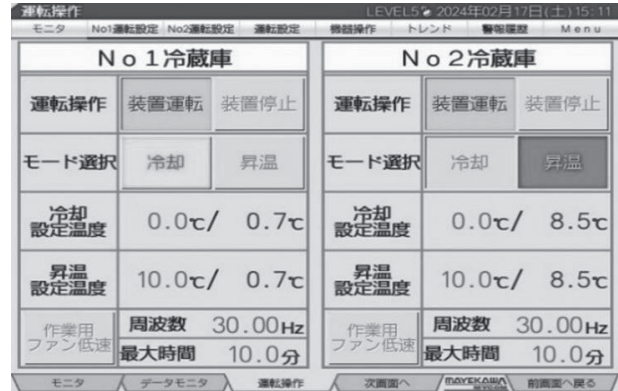


図3 SF-ZERO 運転操作画面

### 4. SF-ZERO を用いた貯蔵試験

SF-ZERO と普通冷蔵庫を用いた完熟したイチゴ(品種:恋姫)の貯蔵比較試験を実施した。なお普通冷蔵庫の平均温度 $5.3 \pm 0.6$ ℃/相対湿度 $79.5 \pm 4.6$ %、SF-ZEROの平均温度 $0.4 \pm 0.4$ ℃、相対湿度 $95.6 \pm 0.4$ %であった(図5・図6)。

普通冷蔵貯蔵2週目で、イチゴの水分が約20%減少し、軟化が進むとともに、7割が腐敗することが確認された。また、糖度と酸度のバランスも貯蔵前と比べて崩れ、味が変化していた。一方、本装置を使用した場合、貯蔵期間中の糖度や硬度が貯蔵前の状態を維持していることが確認された。さらに、重量歩留まりの減少を大幅に抑制されており、貯蔵中の蒸散が抑制されていることが確認できた(図7)。見た目の変化として、普通冷蔵貯蔵では2週目に約70%が腐敗・変色したのに対し、本装置を利用した場合、このような現象は見られなかった(図8)。この結果は、イチゴの貯蔵限界が7~10日[i]であることを考慮すると、本装置によって貯蔵期間が延長できることを示している。

次にブドウ(品種:シャインマスカット)の貯蔵比較試験の結果を紹介する。貯蔵3カ月目での普通冷蔵貯蔵では、水分が約6%減少し、果実の軟化が進むとともに、20粒以上が脱粒した(1房およそ40粒、全体の約50%が脱粒)。さらに、糖度と酸度のバランスを示す

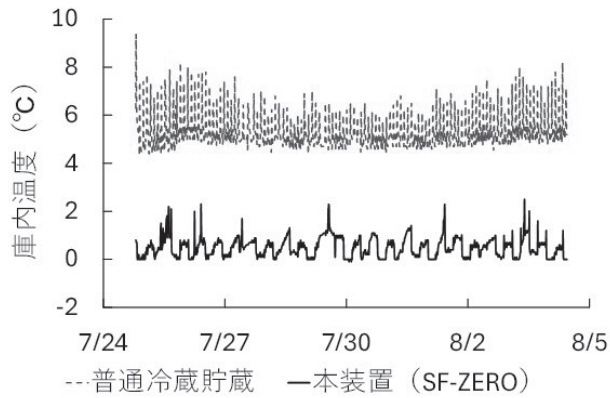


図5 イチゴ貯蔵温度の比較

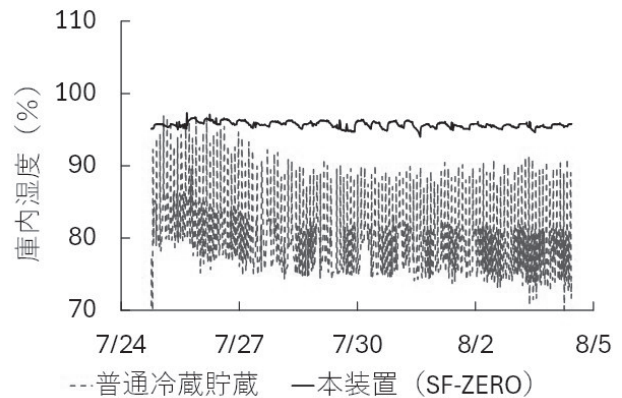


図6 イチゴ貯蔵湿度の比較

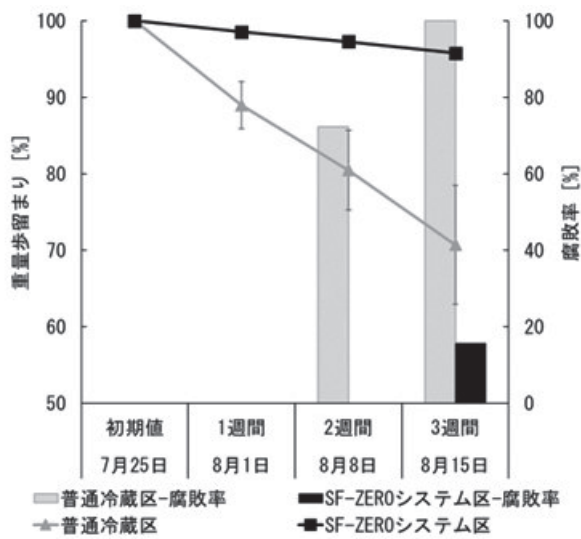


図7 イチゴの重量歩留まりと腐敗率

青果物は蒸散によって重量歩留りの減少が起こり、これに起因して軟化や萎れが進行する。その結果として、品質・鮮度が低下し、商品価値がなくなる。この問題を改善するためには、水分損失を防ぐ貯蔵環境が不可欠である。つまり、低温かつ高湿度での貯蔵が水分損失抑制に効果的であり、今回、開発した低温高湿度冷蔵システム SF-ZERO が有用な貯蔵方法として注目されている。

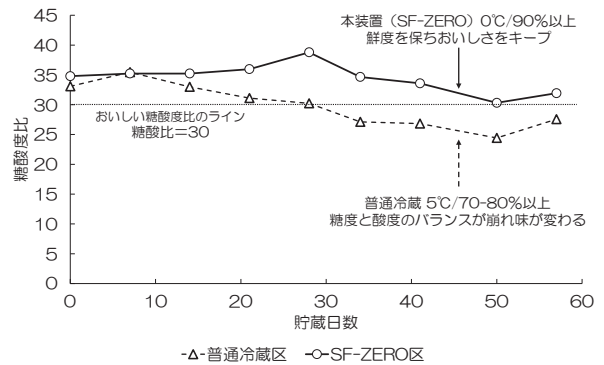


図9 ブドウの糖酸比

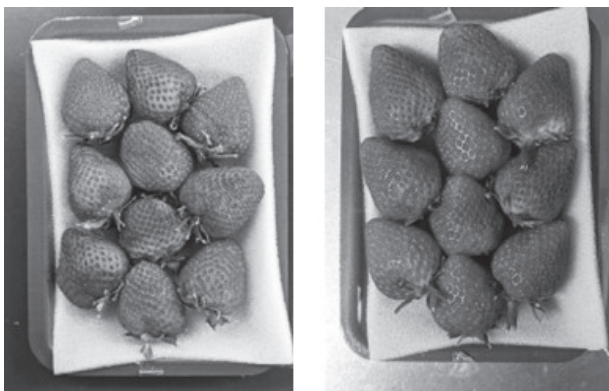


図8 貯蔵2週目のイチゴの状態  
(写真左: 普通冷蔵貯蔵 写真右: 本装置貯蔵)

指標である糖酸比は30を下回り、味に変化が見られた(図9)。一方、本装置を使用した場合、ほとんど水分の減少はなく、貯蔵前の果実の硬度を維持し、みずみずしさを保つことができた。また、脱粒も4粒と少なく、糖度と酸度のバランスも貯蔵開始時の状態を維持しており、味も保たれていた(図10)。

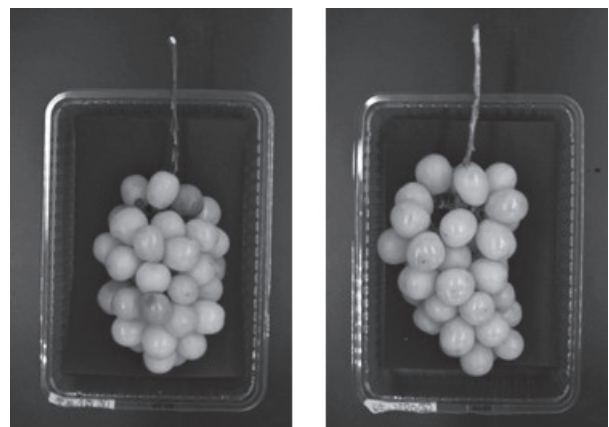


図10 貯蔵3カ月後のブドウの状態  
(写真左: 普通冷蔵貯蔵 写真右: 本装置貯蔵)



## 5. 導入事例

長野県北東部に位置する中野市は、四季折々の変化に富んだ内陸性気候が特徴で、気温差が大きく降水量も少ないため、果樹栽培に適した条件が整っている。この地域では、ブドウや桃、プラム、さくらんぼなどが栽培されており、とくにブドウは全国でもトップクラスの生産量と高い品質を誇っている。この恵まれた自然の中、(株)ケーアイ・オギワラでは、これまでキノコの生産・販売を通じて地域産業の発展や雇用創出に貢献してきた。そのノウハウを生かし、新たにJA中野市と連携して、ブドウの生産・販売の取り組みを開始した。SF-ZEROの試験装置を使用し、ナガノパープル、クイーンルージュやシャインマスカットなど品種ごとに特性を把握するため、2020年から3年間の貯蔵テストを実施した。良好な結果として評価され2024年1月に貯蔵庫延床面積100㎡、最大20トンのブドウを貯蔵することができる本装置の導入が決定した。本格的な運用を開始し、長期貯蔵を生かした端境期の出荷など高品質なブドウを消費者に提供していく予定である(図11)。



図11 ブドウの貯蔵庫

## 6. おわりに

安定した低温高湿度環境を実現する技術に基づいて開発した青果物専用冷蔵システム「スーパーフレッシュZERO」を紹介した。このシステムによる青果物の鮮度保持により貯蔵流通プロセスにおける食品ロスの削減に大きく貢献できる。さらに美味しさの追求や、一次産業の振興、輸出促進、地球環境問題や食料問題への取り組みなどを通じて、持続可能な社会の実現に寄与できることを目指す。

### 引用URL

i) 農研機構 野菜の最適貯蔵条件

<https://www.naro.affrc.go.jp/org/nfri/yakudachi/optimalstorage/index.html>