

日本冷凍空調学会賞 技術賞

静電霧化技術を適用した 家庭用冷凍冷蔵庫「ナノイー野菜室」

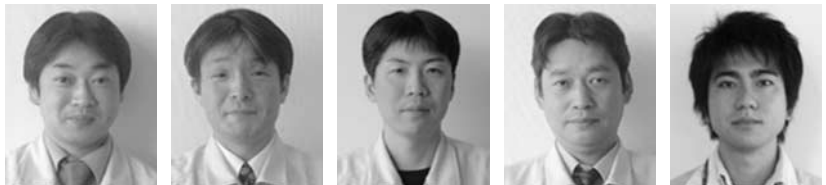
The Refrigerator Compartment which is Applied Electrostatics Atomization

1. はじめに

冷蔵庫に保存される食品の中で、野菜や果物の廃棄がもっとも多く、野菜室の保鮮性能向上が求められている。

保鮮性向上には、保存空間を高湿に維持することが望まれる。日本の家庭用冷凍冷蔵庫では、蒸発器で生成する冷気を循環させる間接冷却方式を採用しているため、蒸発器で除湿された低温低湿空気が野菜室に流れ、庫内が乾燥し、野菜の水分蒸散が加速される。一方、保存空間の密閉度を上げると、容器内が結露し、その結露水と接触する野菜表面で野菜の呼吸が阻害されるため、野菜の細胞が壊死したり、また菌が繁殖したりすることによって、鮮度が著しく劣化する。

このような背景を踏まえ、当社独自の静電霧化技術（高電圧印加により空気中の水蒸気から反応性の高い帯電微粒イオン「ナノイー¹⁾」を生成する技術）を適用したクリーン性と保鮮性を備えた「ナノイー野菜室」を開発した。



上田啓裕* Yoshihiro UEDA 上迫豊志* Toyoshi KAMISAKO 豆本壽章* Toshiaki MAMEMOTO 上野孝浩* Takahiro UENO 町昌治** Masaharu MACHI

2. 開発の概要

2.1 デバイス検討

表1にミスト発生方式の比較を示す。

ミスト発生手段の中で、圧力、気体、遠心エネルギーを用いる方式は、大容積でノズルの目詰まりなどの対策が必要であり、粒子径も数十 μm 以上と大きく、さらに発生量も数百g/h以上で結露の原因となるため、家庭用冷蔵庫には不適である。また、振動エネルギーを用いる超音波霧化方式は、振動周波数により粒子径を3 μm 程度まで細粒化できるが、電気入力も最低でも十数W程度必要であり、消費電力増加や振動子の発熱による庫内温度および水温上昇などの影響が無視できない。よって、野菜室に適用できるデバイスとして、電気エネルギーを用いた静電霧化方式を選択し、冷蔵庫への適用検討を行った。

2.2 静電霧化技術の野菜室への適用

図1に冷蔵庫用ナノイーデバイスおよび野菜室の構成を示す。

冷蔵庫用デバイスでは、冷蔵庫の $-20\sim-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ の冷却空気を利用してデバイス背面の冷却ピンを冷却し、熱伝導により冷却ピンと熱的に接続された霧化電極を冷却することと、ヒータ制御により霧化電極温度を調整して霧化電極で生成する結露量を制御している。霧化電極と対向電極間に約6.5kVの高電圧を印加することによって放電が生じ、霧化電極先端部の結露

表1 ミスト発生方式の比較

| 分類 | 圧力エネルギー | 気体エネルギー | 遠心力エネルギー | 振動エネルギー | 電気エネルギー |
|-------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|----------------------|
| 方式 | スプレー | エジェクタ | 回転円盤 | 超音波霧化 | 静電霧化 |
| 粒子径 | ~100 μm | ~100 μm | 10~50 μm | ~3 μm | 5nm~10 μm |
| 適用課題 | ノズル目詰まり 高圧力が必要 小型化 | ノズル目詰まり 高圧力が必要 小型化 | 高速回転必要 庫内の均一分布性 小型化・噴霧量調整 | 発振子への異物堆積 発熱・低入力化 噴霧量調整 | 高圧電源必要 オゾン発生 |
| 野菜室結露 | × | × | × | △ | ○ |
| 応用例 | 霧吹き | 吸入器 | 燃料気化器 | 加湿器 | 塗装加湿器 |

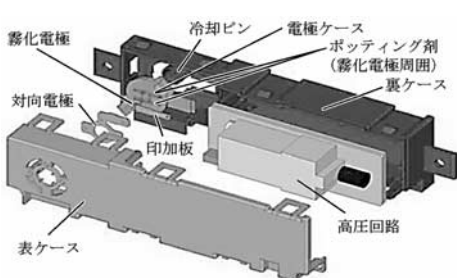


図1 冷蔵庫用ナノイーデバイスおよび野菜室構成

1) 「ナノイー」はパナソニック電工(株)の登録商標である。
* パナソニック(株)ホームアプライアンス社
Panasonic Corporation, Home Appliances Company
** パナソニック電工(株)
Panasonic Electric Works Corporation
原稿受理 2009年2月6日

水が帯電，レイリー分裂を起こし，直径約20 nmのナノオーダーまで微細化された帯電微粒イオンが発生する。

ここで，重要になるのが霧化電極先端の結露量であるが，結露量がある一定以下に保持するシステム制御を確立することによって，安定した噴霧を実現した。具体的には，図2に示すとおり，野菜室に流れる乾燥冷気を利用して霧化電極先端を結露状態，霧化状態，乾燥状態を順次繰り返すサイクルを構築し，確実に霧化電極先端が乾燥し，水がない状態をつくることで異常（過剰）結露を防止し，結露量を適正化した。これにより放電状態が安定し，安定的な霧化を実現した。

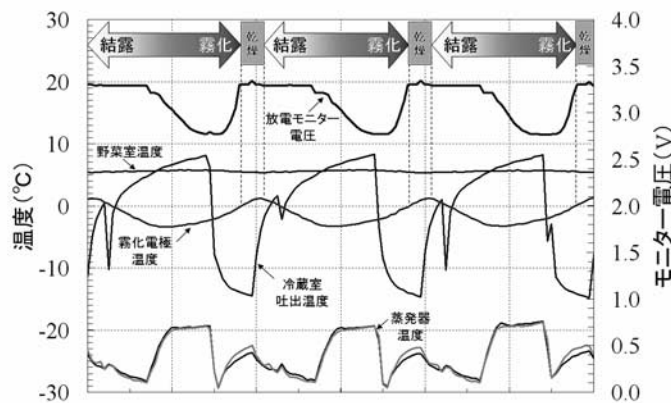


図2 冷蔵庫温調と霧化制御

3. 食品への効果

生成された帯電微粒イオンは，水分に包みこまれた状態を維持しているため持続性を有し，また反応性が高く，これが野菜室内に拡散することによりクリーン，栄養素増加，低温障害抑制，エチレングス分解に対して効果があることを確認した。

野菜室を想定した70Lの評価BOXを用いて，高湿度環境で周囲温度5℃，対象菌には大腸菌と黄色ブドウ球菌を使用し，噴霧稼働率50%（30分ON/30分OFFで実機運転に相当）として評価した結果を図3に示す。3日間

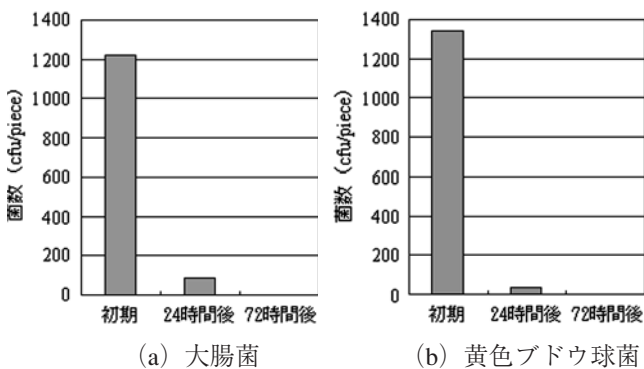


図3 除菌効果

で大腸菌99.92%，黄色ブドウ球菌99.86%が抑制されることを検証した。

これは反応性の高い帯電微粒イオンが菌の細胞膜上に作用し，そのタンパク質を変性して菌を不活性化しているためである。

また，野菜室温度約6℃，噴霧稼働率50%（30分ON/30分OFFで実機運転に相当）の条件でビタミンを評価した結果を図4に示す。ナノイオンと比較して，ブロッコリースプラウトのビタミンCが+20%の効果を確認した。また，モロヘイヤでのビタミンA，ビタミンEの効果も同様に確認した。

これは帯電微粒イオンが野菜表面に付着し，野菜の細胞を刺激することにより野菜の生体防御反応を引き起こして，植物ホルモンが分泌される。これによって，野菜の生体活動が活性化し，酵素発現を誘導して栄養素が増加したものと考えられる。

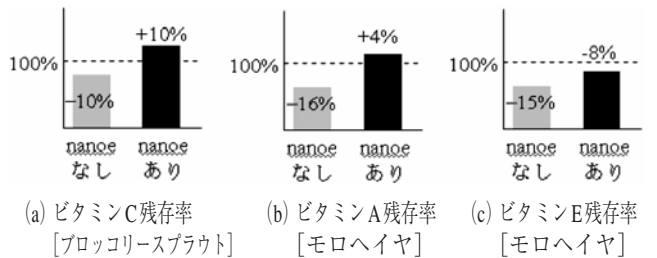


図4 ビタミン効果

4. まとめ

当社独自の静電霧化技術を冷蔵庫用に新たに開発し，クリーン，栄養素増加，低温障害抑制，エチレングス分解の機能を備えた「ナノイオン野菜室冷蔵庫F530XV」を商品化した。また，高断熱化の促進や熱交換器の効率化などの開発により省エネルギー化を図り，図5に示すように，2005年度比約30%の省エネを達成している。

今後，静電霧化技術の応用展開，新技術の確立により，新しい保存環境を提案し，食文化向上を図っていく。

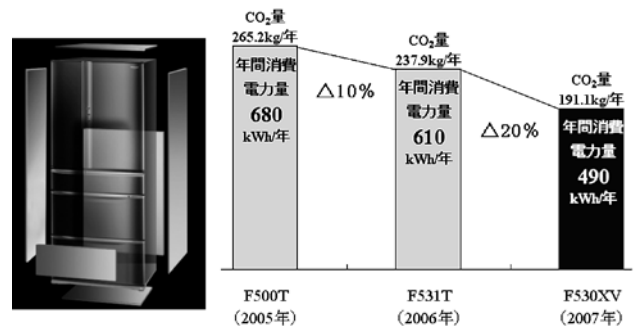


図5 開発冷蔵庫F530XVと省エネの取り組み