

帯電微粒子水の野菜鮮度保持効果と冷蔵庫への応用

Freshness Maintenance Effects of Electrified Fine Particles Water and Application to Refrigerators

中田 隆行* ・ 和田 澄夫* ・ 須田 洋** ・ 山口 友宏* ・ 町 昌治** ・ 松元 宇宙*
Takayuki Nakada Sumio Wada Hiroshi Suda Tomohiro Yamaguchi Masaharu Machi Takaoki Matumoto

帯電微粒子水（「nanoe」イオン）を野菜の保存空間に放出すると、成熟老化ホルモンであるエチレンガスの発生抑制と分解による野菜の鮮度保持効果、ラジカルの細胞刺激による栄養素増加効果、およびたんぱく質を変性することによるウイルスの不活化効果があることを確認した。また、冷蔵庫の冷氣の利用により結露用ペルチェ素子を不用とするとともに、霧化電極先端の結露水の量と相関があるテイラーコーンのサイズに応じて放電電圧を変化させ放電電流を一定に保つ制御方式の開発により、低温高湿で小密閉空間という冷蔵庫の野菜室特有の設置条件に対応した冷風結露式の静電霧化装置を実現した。これらの技術を活用して新しい機能を有する冷蔵庫を提案する。

The emission of electrostatic atomized water (" nanoe " ions) into a vegetable storage compartment has proven the effects of this water on keeping vegetables fresh by suppressing and decomposing ethylene gas, which is maturity / aging hormone. The nutrient increasing effects by stimulating vegetable cells with radicals and synthesizing anti-oxidation substances and the anti-activation effects of protein-denaturalizing viruses were also verified. In addition, the elimination of the Peltier element for dewing by using the cold air in the refrigerator, and the development of a control method for maintaining the discharge current constant by varying the discharge voltage according to the size of the Taylor cone correlated with the quantity of dewed water at the tip of the atomizing electrode, have achieved an electrostatic atomizing device based on a cold-air dewing to suit the installation conditions unique to a vegetable compartment of a refrigerator, which is a small low temperature and high humidity closed space. Refrigerators with this newly developed technology have been proposed.

1. ま え が き

当社は、静電霧化技術を応用した帯電微粒子水（以下、「nanoe」イオンと記す）発生装置を開発しており、この発生イオンが室内の付着臭の脱臭効果、花粉やダニアレルゲンの不活化に効果があることや、毛髪損傷の軽減および余分な頭皮皮脂の低減に効果があることをすでに報告し^{1)～8)}、その技術を空気清浄機やヘアドライヤーに応用、実用化してきた。

筆者らは、この「nanoe」イオンが食品に及ぼす効果として、野菜の鮮度保持、栄養素の増加、およびノロウイルスの不活化などを新たに見いだした。

また、「nanoe」イオンを発生させるためには水供給が必要であり、従来は、ペルチェ素子を使用した電極冷却により空気中の水分を結露させ、その結露水を静電霧化するこ

とにより、「nanoe」イオンを発生させていた。今回、冷蔵庫野菜室への搭載にあたり、冷蔵庫内の低温部を利用して、霧化電極を冷却することによって霧化電極表面に結露水の生成が可能となり、ペルチェ素子を使用しない低消費電力で低コストタイプの冷風結露式静電霧化装置（以下、静電霧化装置と記す）を開発した。本稿では、明らかにした「nanoe」イオンの野菜や果物への影響について報告する。

2. 「nanoe」イオンの食品保存空間への放出効果

2.1 野菜・果物の鮮度保持

開発した静電霧化装置での野菜の鮮度保持効果について評価を行う。

評価方法は、冷蔵庫の野菜室に相当する大きさ 70 L のボックスに静電霧化装置を設置する。このボックスにほうれん草、サニーレタス、白菜、バナナ、きゅうりなどを入れ、

* 電器事業本部 電器デバイス開発事業部 Devices Development Division, Home Appliances Manufacturing Business Unit

** 電器事業本部 電器R & Dセンター Research & Development Center, Home Appliances Manufacturing Business Unit

5℃で保存する（図1）。

なお、バナナの保存温度は12～14℃といわれており、5℃環境に保存することは少ないが、本稿ではあえてボックスに入れて評価を行うこととする。

比較として、同一条件で静電霧化装置がないものを用意する。これらを6日間放置した後の結果は、図2に示すように静電霧化装置を設置しているボックスのバナナは設置していないボックスに比べ、バナナの劣化（黒色化）を抑えることができるという効果が現れている。野菜などの鮮度劣化の要因としては、水分の減少（乾燥）、呼吸作用の抑制、エチレングスによる熟成、低温障害などが挙げられる。とくにバナナの場合は、「nanoe」イオンによって、成熟老化ホルモンともいわれるエチレングスの分解・抑制や低温障害の抑制で黒色化防止の効果が現れたものと思われる。



図1 野菜の保存状態

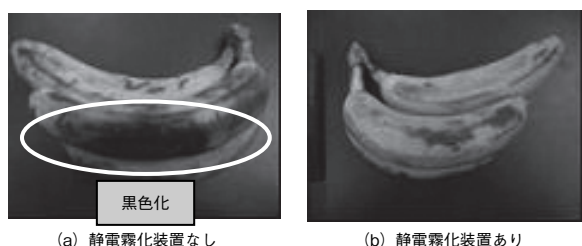


図2 バナナの鮮度保持効果評価結果

検証実験の一つとして、「nanoe」イオンによるエチレングス分解の評価を行う。評価方法としては、30 Lボックスに果物（バナナ10本、りんご5個）を入れ（図3）、静電霧化装置の設置ありとなしを用意し、エチレングス濃度をガスクロマトグラフィーで分析する。

このときの30 Lのボックス内のエチレングス濃度は、静電霧化装置ありの場合には、エチレングス濃度は検出限界の0.83 ppm以下であったが、静電霧化装置なしの場合には、3日以上で1.5～2.0 ppmで飽和しており、明確な差を確認している。



図3 エチレングス分解・抑制評価状況

エチレングスは成熟老化ホルモンともいわれ、野菜や果物の成熟・老化に大きく関わっている。とくに、りんご、トマト、バナナなどのクライマクテリック型果実では、エチレングスによって老化しやすいなどの特徴をもつが、「nanoe」イオンによりエチレングスの濃度が低下し、鮮度保持効果が現れている。

2.2 野菜の栄養素増加効果

この評価方法は、2.1節と同様に70 Lのボックスに野菜（ほうれん草、サニーレタス、白菜、バナナ、きゅうり、かいわれ大根など）を入れ、静電霧化装置の設置ありとなしを用意して5℃で3日間保管した後比較を行う。

評価は栄養素の一つで抗酸化物質であるビタミンCに注目し、かいわれ大根のビタミンC量の変化を測定する。その結果を図4に示す。

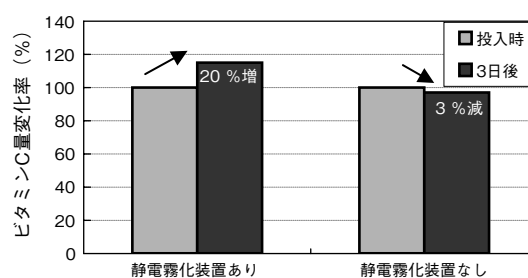


図4 かいわれ大根のビタミンC増加効果

静電霧化装置なしの場合には、投入時と比較して3%減少したが、静電霧化装置ありの場合には投入時より20%上昇している。また、ビタミンC以外に、ビタミンAやビタミンE、ポリフェノールなどについても同様に、静電霧化装置の有無による差がみられる。

これらの現象は、「nanoe」イオンのヒドロキシラジカルなどのラジカルが野菜の葉表面や細胞を刺激し、その刺激により抗酸化物質であるビタミンCなどが合成されたためと思われる。

2.3 ノロウイルスの不活化効果

評価方法は、30 L のボックスにノロウイルスと同属のネコカリシウイルス浮遊液 0.2 mL を滴下した 3 × 3 cm の綿布を入れたシャーレを置いて静電霧化装置の設置ありとなしを用意し、ありの場合は上面約 100 mm の距離から作動させる。作動 2 時間後に試料中のウイルス浮遊液を細胞維持培地 2 mL で洗い出し、ウイルス感染価を測定する。

評価結果を表 1 に示す。「nanoe」イオン 2 時間の暴露後で Log TCID50/mL で 4 以上の差があり、ウイルス不活化効果がみられる。これは、ウイルスの表面にあるスパイクと呼ばれるたんぱく質に「nanoe」イオンが作用して変性させることで、ウイルスは栄養分に寄生できなくなり繁殖が抑えられると考えられる。

表 1 ノロウイルス不活化効果評価結果

	ウイルス不活化率 (LogTCID50/mL)	
	初期値	2 h 後
静電霧化装置あり	6.7	2.3
静電霧化装置なし		6.5

TCID50:50%組織培養感染量

3. 冷蔵庫用静電霧化装置

3.1 静電霧化装置の構成

従来のペルチェ式静電霧化装置を図 5 に示す。

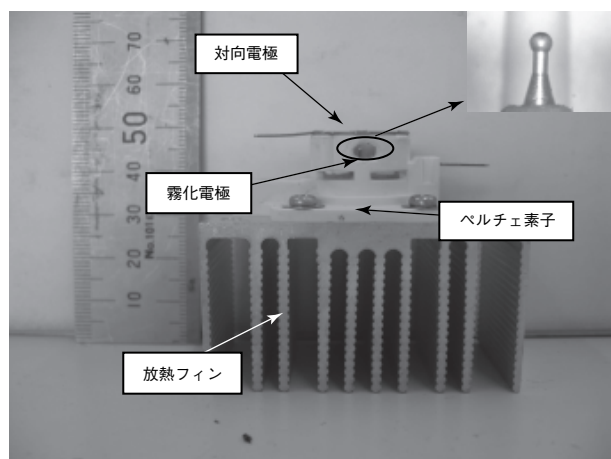


図5 従来型 ペルチェ式静電霧化装置

これは、ペルチェ素子の冷却側に霧化電極を、発熱側に放熱フィンを配置し、ペルチェ素子により霧化電極を露点温度以下に冷却することによって、電極表面に結露水を生成させるため、最大で 6 W 程度の電力を消費していた。一方、冷蔵庫搭載の静電霧化装置において、冷蔵庫内の低温部を利用することによって、ペルチェ素子を使用することなく霧化電極に結露水を生成する構成を考案し、約 1.5 W の低消費電力の低コスト型を実現した。

開発した静電霧化装置を図 6 に示す。この静電霧化装置は、霧化電極を冷蔵庫低温部で冷却するピンと対向電極で構成し、高圧回路を保持する形でハウジングを設けて一体化されている。

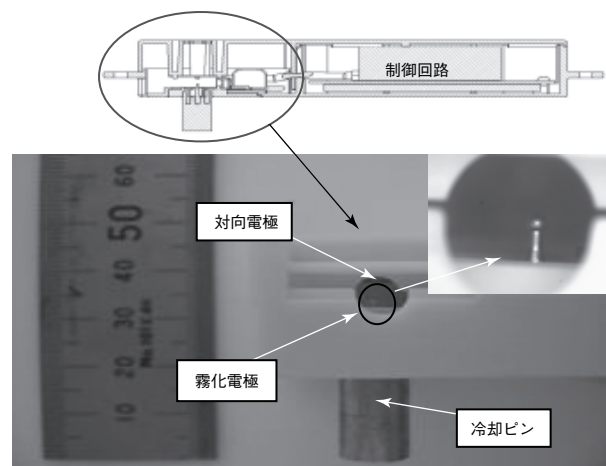


図6 開発した静電霧化装置

3.2 冷蔵庫への応用

静電霧化装置の冷蔵庫への応用に際し、冷却ピンの冷却構造や高圧回路の放電電流制御などに課題があり、次の対策が考えられる。

静電霧化装置は、野菜室の奥側壁面に取り付ける (図 7)。

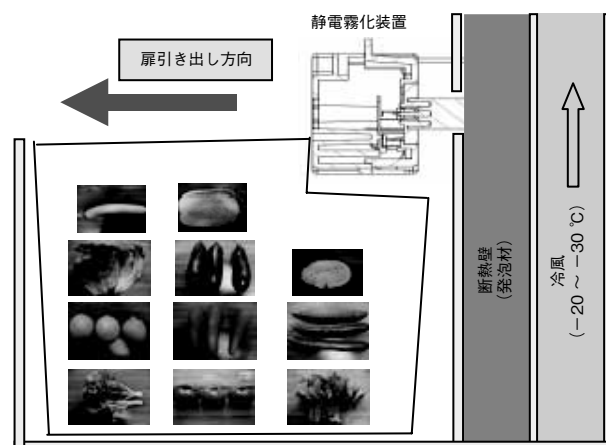


図7 静電霧化装置概略図

冷却ピンの冷却構造は、冷却器から出る冷風の風路 (約 -20 ~ -30 ℃) と野菜室 (約 5 ℃) を隔てる断熱壁の一部を切り欠き、冷却ピンを挿入して冷却する。また、挿入長さや発泡材の厚みなどを変えることにより、冷却ピンの温度を任意に設定できる。この構造を採用することにより、ペルチェ素子を使用しない冷蔵庫野菜室対応の静電霧化装置を開発した。

ペルチェ素子を使用しない霧化電極では電圧による温度制御ができない。そこで、霧化電極先端の結露水の量と相

関があるテイラーコーンのサイズに応じて放電電圧を変化させ、放電電流を一定に保つ制御を行う。

ペルチェ式静電霧化装置と冷蔵庫野菜室対応の静電霧化装置の高圧回路の垂下特性を図8に示す。

前者の垂下特性は、霧化電極先端の結露水の量が多くなるにつれて放電電流も上昇する。放電電流が上昇したときの弊害として、オゾン濃度が高くなり不快なおいがするなどの問題が挙げられる。とくに、冷蔵庫のような小密閉空間においては、発生するオゾンを見逃すことなく、テイラーコーンのサイズがどのような状態であってもオゾン濃度が規定量以下にする設計が必要である。そこで冷蔵庫野菜室対応の静電霧化装置の高圧回路に図9のような垂下特性をもたせ、放電電流を2 μA 以下に制御することによって、オゾン濃度も規定量以下に制限できる。

定に保つ制御方式の開発により、低温高湿で小密閉空間という冷蔵庫の野菜室特有の設置条件に対応した冷風結露式の静電霧化装置を実現した。これらの技術を活用して新しい機能を有する冷蔵庫を提案していく。

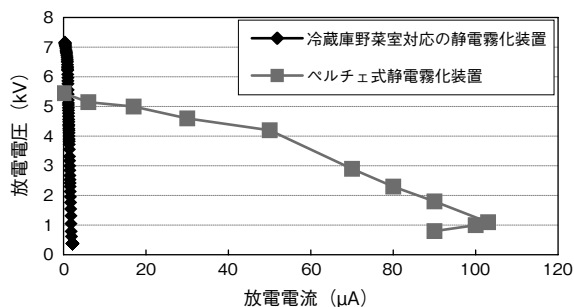


図8 高圧回路垂下特性

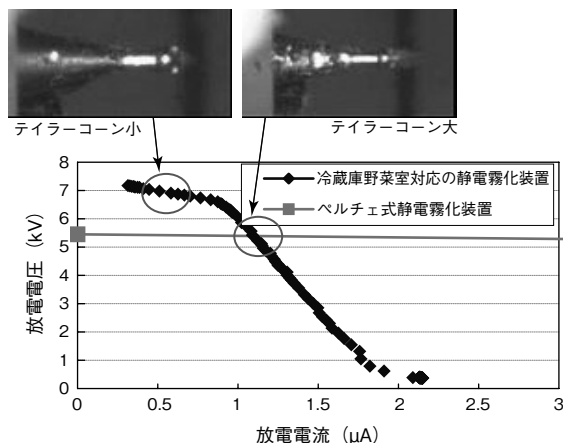


図9 高圧回路垂下特性

4. あとがき

「nanoe」イオンを野菜の保存空間に放出すると、成熟老化ホルモンであるエチレングスの発生抑制と分解による野菜の鮮度保持効果、ラジカルの細胞刺激と抗酸化物質の合成による栄養素増加効果、およびたんぱく質を変性するウイルスの不活化効果があることを確認した。また、冷蔵庫の冷気の利用により結露用ペルチェ素子を不用とするとともに、霧化電極先端の結露水の量と関があるテイラーコーンのサイズに応じて放電電圧を変化させ放電電流を一

*参考文献

- 1) 下影 卓二, 才本 雅子, 奥本 佐登志, 宮田 隆弘, 山内 俊幸: 静電霧化による微粒子水の成分分析法, 松下電工技報, Vol. 53, No. 4, p. 11-16 (2005)
- 2) N. Iwamoto, H. Suda, Y. Matsui, T. Yamauchi, K. Okuyama: エアロゾル科学・技術研究討論会, p. 59-60 (2003)
- 3) H. Suda, N. Iwamoto, Y. Matsui, T. Yamauchi, K. Okuyama: 静電気学会講演論文集, p. 237-238 (2003)
- 4) 藤原 ゆり, 仲野 章生, 松井 康訓, 山内 俊幸, 永廣 瑠璃子, 関 太輔: 静電霧化微粒子水 (nanoe イオン) による毛髪損傷低減作用効果, 第 31 回日本香粧品学会学術大会 (2006)
- 5) 勝山 美紗, 奥本 佐登志, 松井 康訓, 山内 俊幸, 関 太輔: 静電霧化微粒子水による頭部皮脂分解性および洗浄性効果, 第 31 回日本香粧品学会学術大会 (2006)
- 6) 上村 欣一, 西田 勲夫: 熱電半導体とその応用, 日刊工業新聞社 (1988)
- 7) 須田 洋, 中田 隆行, 小豆沢 茂和, 田中 友規, 山口 友宏, 山内 俊幸: 静電霧化技術応用空気清浄機の付着臭除去とアレルゲン不活化効果, 松下電工技報, Vol. 53, No. 3, p. 16-19 (2005)
- 8) 小林 健太郎, 秋定 昭輔, 平井 康一, 渡邊 純一, 宮田 隆弘: 熱電冷却を応用した静電霧化装置「ベルチェ式 nanoe システム」, 松下電工技報, Vol. 55, No. 1, p. 95-100 (2007)
- 9) 三原 史生, 秋定 昭輔, 田中 秀樹, 小林 健太郎, 渡邊 純一, 松井 康訓: ベルチェ式静電霧化技術を応用したヘアケアドライヤ, 松下電工技報, Vol. 55, No. 2, p. 87-92 (2007)

◆執筆者紹介



中田 隆行

電器デバイス開発事業部



和田 澄夫

電器デバイス開発事業部



須田 洋

電器 R & D センター



山口 友宏

電器デバイス開発事業部



町 昌治

電器 R & D センター



松元 宇宙

電器デバイス開発事業部