

## 電場を利用した食品の乾燥試験

熊林義晃, 清水英樹, 奥村幸広

### Characteristics of Food Drying Using an Electric Field

Yoshiteru Kumabayashi, Hideki Shimizu and Yukihiro Okumura

In this study, food drying tests were conducted with a combination of ventilation and a phenomenon by which water evaporation is accelerated under high-electric-field conditions. The results indicated that food drying was accelerated with an appropriate combination of electric field and ventilation with controlled air flow, and that high-electric-field treatment may improve drying efficiency.

乾燥工程は加工食品を製造する上で重要な工程の一つである。近年、製品の差別化、高付加価値化の試みは乾燥品においても行われており、素材の風味を残した高品質な乾燥を行いたいという要望がある。これに対応した乾燥方法は、現状では低温で長時間かけて乾燥させる方法が主流で、生産量、工程の組み方に制約を受けながら生産を行っている。

1970年代に高電場条件下で水分の蒸発が促進される現象が認められている<sup>1)</sup>が、乾燥機へ応用するという観点での試験は行われていない。食品の乾燥工程においてこの現象が応用できれば、高品質な乾燥物を低温でも効率良く生産でき、工程の省エネルギー化の可能性がある。

本研究では、高電場条件下で水分の蒸発が促進される現象と通風とを組み合わせることで食品の乾燥試験を行い、食品の乾燥における基盤技術として電場の利用を検討した。

#### 実験方法

高電圧電源（㈱ダイヘン製ネオン変圧器15）の出力の一方を針状電極、他方を接地した平板電極に接続して、この電極間に交流の高電場を発生させた。試験結果は試料の蒸発による重量減少量を測定し、同時に測定した自然蒸発のものを基準（自然蒸発＝1）にして倍率で表し

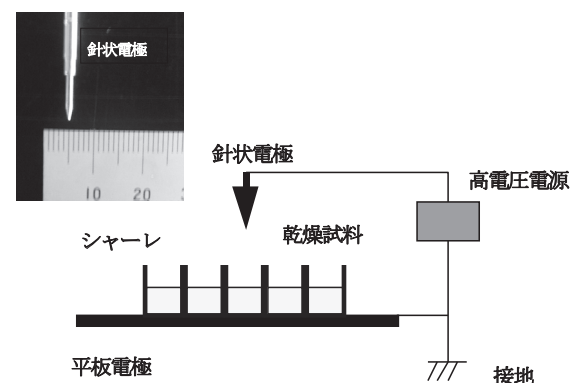


図1 電場による処理方法（断面図）  
写真：針状電極先端部の拡大

た。蒸発量分布は、蒸留水を所定量入れた内径27mmのガラス製のシャーレを一本の針状電極下の平板電極上に密着させて静置し、各シャーレの重量減少量を測定することで調べた（図1）。

乾燥試験は、モデル試料としてオカラを用いた。試料50gを円盤状に成形（直径10cm、厚さ1cm）して平板電極上に配置した。乾燥過程の含水率は、乾燥中の重量変化を測定することで、乾燥前後の重量および含水率測定値をもとに算出した。試料に平板電極と平行した風が当たるように送風機（JAPAN SERVO社製CN55B2）を配置した（図2）。風速は、送風機の入力電圧を電圧

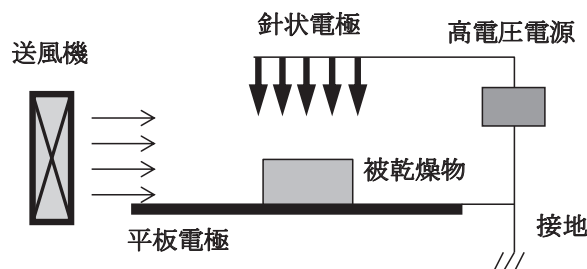


図2 送風と電場を組み合わせた乾燥試験の配置図（断面図）  
針状電極：10cm×10cmの枠内に電極を2.5cm間隔で5×5配列で25本設置

変換器（スライダック）で調整することで所定の値に設定した。針状電極は、10cm×10cmの枠内に電極を2.5cm間隔で5×5配列で25本設置したものを使用した。なお、上述の二つの測定は室内環境で行い、温度・湿度の制御は行わなかった。

### 実験結果および考察

図3に一本の針状電極で交流の高電場を発生させた際の蒸発分布を示した。図3(a)の分布（断面図）の形状は釣鐘形となっており、蒸発倍率は針状電極の直下が一番高く、直下点からの距離が長くなるに従い、低下した。低下の様子は、針状電極からの距離が直下から5cmまでの間は急激に、それ以降は、なだらかに低下した。図3(b)の平面分布図から針状電極の直下を中心に同心円状に蒸発倍率が低下していることがわかった。

一本の針状電極の場合、針状電極直下点からの距離が2cmでは、蒸発倍率が6倍、3cmでは5倍、5cmでは2倍であった。この蒸発分布の特徴から、針状電極を複数本、2.5cm間隔で配置することで、その直下に5～6倍程度の蒸発倍率をもった領域を確保できる可能性が示された。

図4は、針状電極を25本配置し、送風と組み合わせるとオカラを乾燥した場合の乾燥特性曲線を示した。乾燥速度の変化には勾配の急な減率乾燥期第一段となだらかな減率乾燥期第二段が現れた。

電場なしの場合、設定した風速値が大きくなるに従って、乾燥速度は増加し、この傾向は、減率乾燥期第一段で顕著となった。

電場ありの場合、設定した風速値に関係なく、乾燥速度が増加する傾向が見られた。電場なしの場合に比べて、乾燥開始直後の領域で、増加した割合が大きかったのは、風速が0.3m/s、0.6m/s、0.9m/s、1.4m/sの順番であった。特に0.3m/sの場合、他の風速の場合と比べて増加

した割合が大きかった。この増加の傾向は、電場なしの場合と同様に、減率乾燥期第一段で顕著に見られた。

電場ありの場合での乾燥速度は、風速が1.4m/sの場合に一番大きな値で、次に0.3m/s、0.6m/s、0.9m/sの順番となった。風速が1.4m/sのときは、電場なしの場合であっても大きな乾燥速度をもっており、電場による乾燥速度の増加割合が小さくても、乾燥速度は一番大きくなった。電場ありの場合、0.3m/sでは、1.4m/sに近い値が得られており、効果的な乾燥条件が得られていると考えられる。

電場なしの場合、風速値が大きいほど、低い含水率まで減率乾燥期第一段の期間が続いた。これは、風速値が小さい場合は、成形したオカラの表面近傍からの水分蒸発だけであるのに対して、風速値が大きい場合は、表面に加えてやや深い内部の水分まで蒸発が起きていると考えられる。電場ありの場合、電場なしの場合に比べて風速値の影響を受けずに低い含水率まで減率乾燥期第一段の期間が続いた。

このことから電場ありの場合、表面に加えてやや深い内部まで水分蒸発が起きていると考えられる。

以上のことから、風速が0.3m/sの弱い風と高電場処理を組合せると、1.4m/sの強い風と同程度に深い部位まで乾燥することにより、大きな乾燥速度が得られることがわかった。

電場の形成には電圧のみが必要で、電流は電極1本当たり数マイクロアンペアの微弱電流であるため、電場形成に必要な電力は小さな値となる。電場ありの場合、この小さな電力分が増加するが、送風機の回転数を低く設定して風速を小さくすることが出来るので、乾燥機全体としては、省エネルギー化できる可能性がある。以上のことから、高電場処理を組合せた乾燥方法は、加温がない環境下でも乾燥効率を向上させ、熱ダメージの少ない高品質な乾燥が出来ることが示唆された。

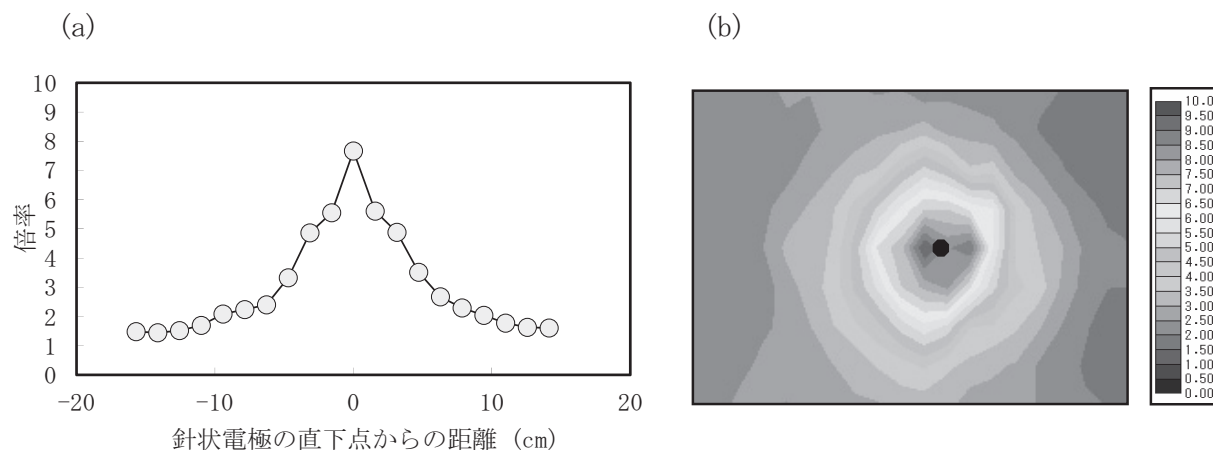


図3 蒸発量分布の一例

電圧：15kV，電極間距離：10cm，被乾燥物：蒸留水，試料容器：ガラスシャーレ  
 倍率：自然蒸発量を基準（＝1）としたときの蒸発量の比

(a) 断面図を示す。

(b) 平面図を示す。中央の黒点は、針状電極の位置を示す。マーカーの数値は、倍率を示す。

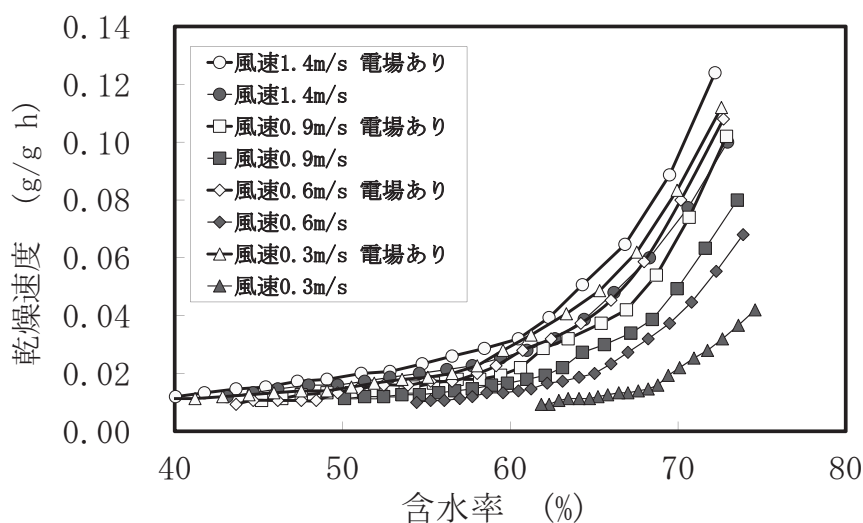


図4 乾燥特性曲線

乾燥環境：室内，温湿度制御：なし，電圧：交流15kV，電極間距離：5 cm，  
 電極形状：針状電極，電極数：25本，電極配置間隔：2.5cm，  
 被乾燥物：オカラ（試料50gを円盤状に整形して平板電極上に配置）

## 要 約

一本の針状電極を用いた高電場処理の蒸発量分布の形状は電極直下を最大値とした釣鐘形となっており，複数本の針状電極を配置すれば処理面積を増やせることがわかった。風速を適切に調整した送風と電場とを組合せることにより，被乾燥物の乾燥速度を大きくできることがわかった。高電場処理の導入は乾燥の効率を向上させられる可能性があることが示唆された。

## 文 献

- 1) Asakawa, Y.(1976).Promotion and retardation of heat transfer by electric fields. Nature, **261**, 220-221.