

マイナス高電圧発生装置を使用したフライ試験

公立大学法人 宮城大学
食産業学部教授 大久長 範

要 約

電機フライヤーにキャノーラ油を 4 リットル投入し 180℃で加熱し続けた。適当な時間に油脂をサンプリングし油の酸化の指標となる発光量を極微弱発光測定装置で測定した。180℃の加熱時間が経過するに伴い発光量が増加した。マイナス高電圧装置（カラット君）を作動にした場合には、対照に比較して発光量が低く抑えられる傾向が認められた。フライヤーの電源を切ると同時にカラット君を作動し油槽の温度変化を追跡すると、カラット君を作動させた場合早く冷却が進行する傾向が認められた。またカラット君の作動により高電位発生プレート（電極）とアースの間に流動が起こることを、①食用油を 120℃に加熱した系と、②グリセロール三酢酸を用いた常温系で認めた。カラット君の作動により電極とアースの間に対流が起こり、フライヤー内の温度が均一化することにより、揚げ時間が短縮するのではないかと考えられる。

1. はじめに

食用油の酸化を防止し油の寿命を増大させる装置や方法が提案され、油の使用量を削減し油煙を減らすなどの効果が謳われている。例えば、窒素ガスの不活性ガスをオイル槽上部に投入する装置、油に含まれる電解液を電気分解することにより水素を発生させる装置、高圧交流静電位を印加する方法、直流電圧からマイナス高電位を発生させる装置（コムコム）、酸化チタンを利用する方法等である。酸化チタンを利用する方法は、アナターゼ型の皮膜を有するチタン板を用いることにより、食用油の酸化の上昇抑制、着色防止、臭気抑制、粘度の上昇を抑制することを偶然に見出したものである。酸化チタンのように食用油の酸化を防止するメカニズムは必ずしも明確でない。また高圧電位を利用する方法は、交流静電位を印加する方法があったが効果がはっきりしていない。このたび、直流高電位を印加する株コムコムのカラット君を使用しフライ試験を実施したところ、高電位発生プレート（電極）とアースの間に流動が起こること等の知見を得たので報告する。

2. 実験材料及び方法

1) 材料

食用なたね油はキャノーラ油（昭和産業㈱、飽和脂肪酸含有率6%）、コロツケとポテトは冷凍品を使用した（ニチレイ JA 士幌町食品工場）。これをそのままあるいは解凍し室温に戻した状態で使用した。マイナス高電圧装置としてカラット君（CM-V101, ㈱コムコム製）を使用した。

2) コロツケの油揚げ試験

市販の電機フライヤー（PRO-5 FL,100V,1400W, PRO COCK JAPAN 製）を使用した。加熱は電熱タイプで温度リレーが働き加熱される。このフライヤーの熱源の下部にカラット君の高電位発生プレートを設置し、プレートから一番離れた位置に温度計（おんどどり Hi, T and D 製）をセットした。

3) 油の連続加熱試験と微弱発光測定

極微弱発光測定装置（CLA-FS3、東北電子産業㈱製）を使用した。電機フライヤーにキャノーラ油を4リットル投入し180℃で加熱し続けた。適当な時間に油脂をサンプリングし冷却した。この油脂2gを秤とり、ステンレス製標準セル（直径50mm）に投入した。このサンプルが入ったセルを70℃に設定したCLA-FS3の試料室にセットし10分間の発光量を積算した。

4) 油の流動性試験

ビーカーに食用油500mlを投入しカラット君の高電圧発生プレートとアースをセットした。この油入りビーカーをマントルヒーター（HF-2000T, アズワン製）に設置し120℃に保温した。このビーカーに蒸留水を1ml添加し、カラット君を作動した。

食用油の最も小さい化合物であるトリアセチン（グリセロール三酢酸、）を使用した。なたね油の37.8℃における動粘度は234セイボルト秒数であるが、98.9℃では59.4セイボルト秒数に低下する。トリアセチンは常温でも粘度が低く有機溶媒に近い（7.5セイボルト秒数, 40℃）。磁性の器にトリアセチン加え、カラット君の高電圧発生プレートとアースをセットした。水蒸気の泡の代わりに墨液（大創産業製）を滴下し、細かな玉になるように分散した。

3. 結果

1) 化学発光の変化

180°Cの加熱時間経過に伴い発光量が増加した。カラット君をオンにした場合には対照に比較して発光量が低く抑えられる傾向が認められた。図には示していないが、加熱時間の経過とともに油の色も褐色が濃くなった。

化学発光の光の内容を波長に分解し表示したのが図2である。カラット君のオンとオフ（対照）中身はあまり変わらないことが、発光スペクトルから推察された（図2、3）。

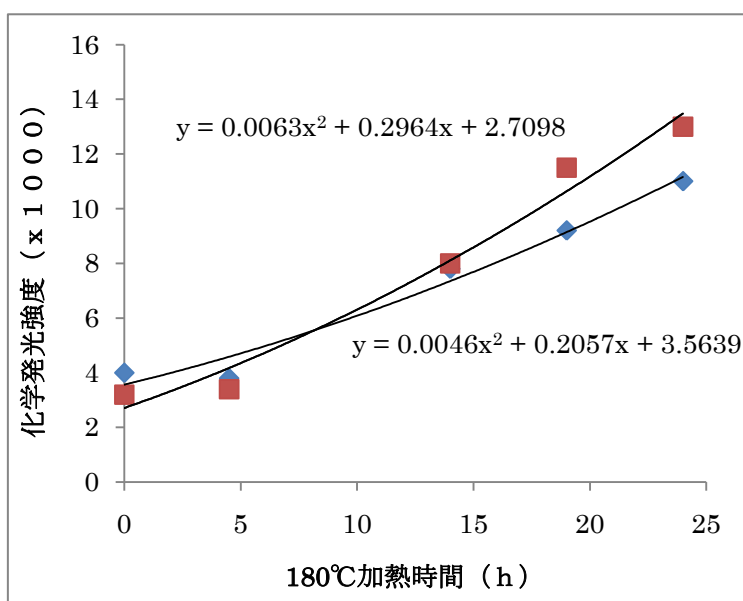


図1 180°C連続加熱した油脂の化学発光の変化

◆：カラット君 on、■：カラット君 off（対照）

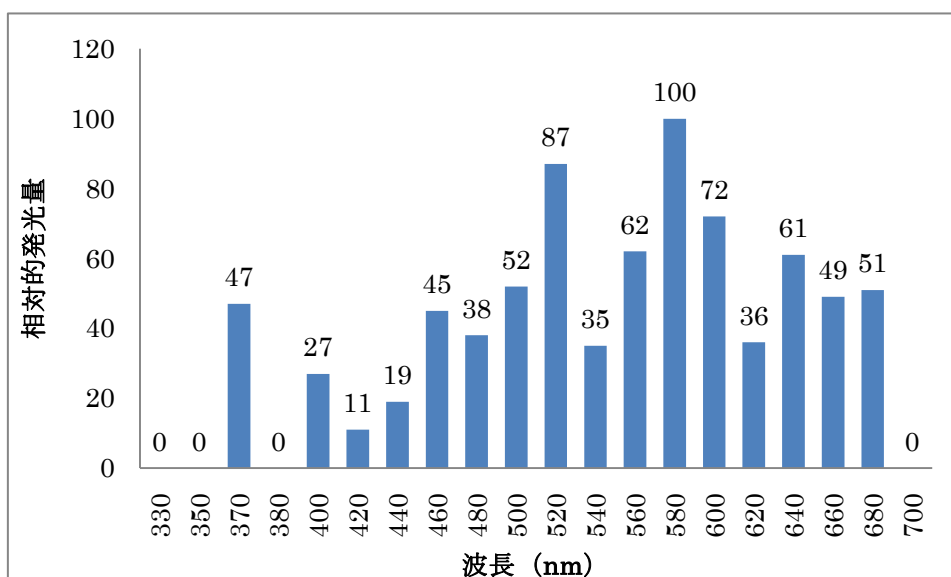


図2 カラット君 off の油（通常加熱）の発光スペクトル

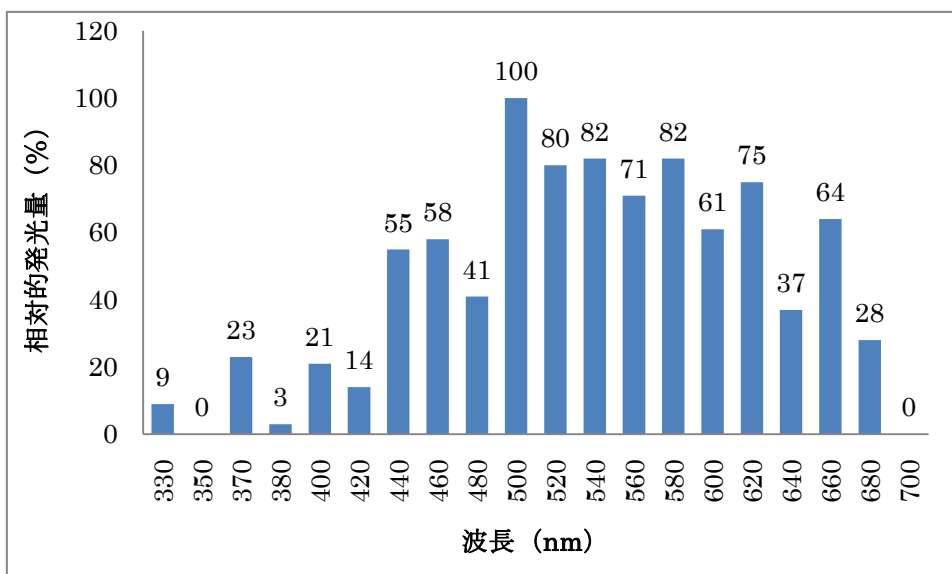


図3 カラット君オンした油の発光スペクトル

2) フライヤーの冷却過程

一定温度にしたフライヤーの電源を切り、その油槽の冷却経過を観察した。また電源を切ると同時にカラット君をオンにし油槽の温度変化を追跡した。その結果を図4に示す。わずかではあるがカラット君を作動させた場合、早く冷却が進行する傾向が認められた。特に2分から5分間の冷却曲線を解析すると明らかに傾きが異なった（オンの時の傾きは-1.981，オフの時は-1.952）。いったん180℃になった時点で電源を切り、コロッケ（常温品）を5分間揚げた場合の形状を図5に示す。カラット君を作動した場合に褐色変化が著しく、重量も減少することが分かった（図5）。

図6はフライヤーに冷凍ポテト40gを投入した場合の冷却経過を示している。カラット君を作動させると、対照との温度差が1分後から2分にかけて次第に大きくなり、2分後には2.8℃の差となった。

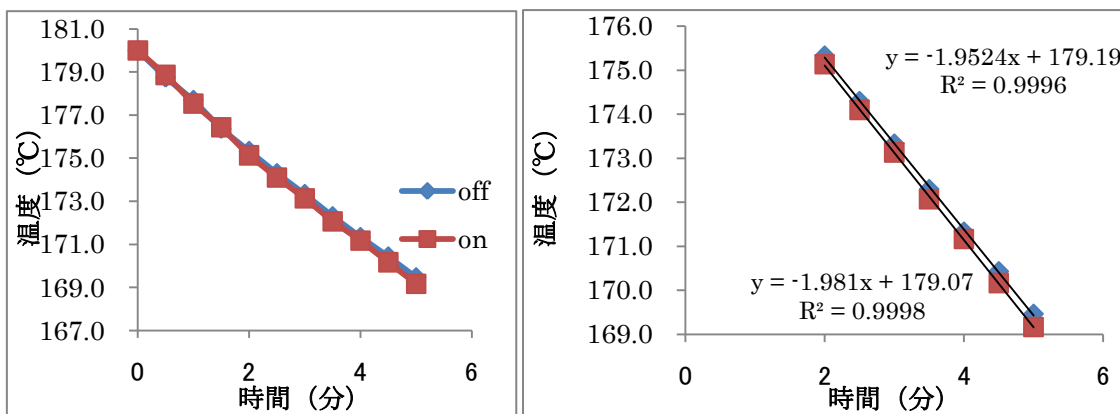


図4 フライヤー油の冷却過程



図5 冷却中に揚げたコロケ 上部はカラット君 on, 平均重量 29.46g、下部はカラット君 off, 平均重量 29.91g

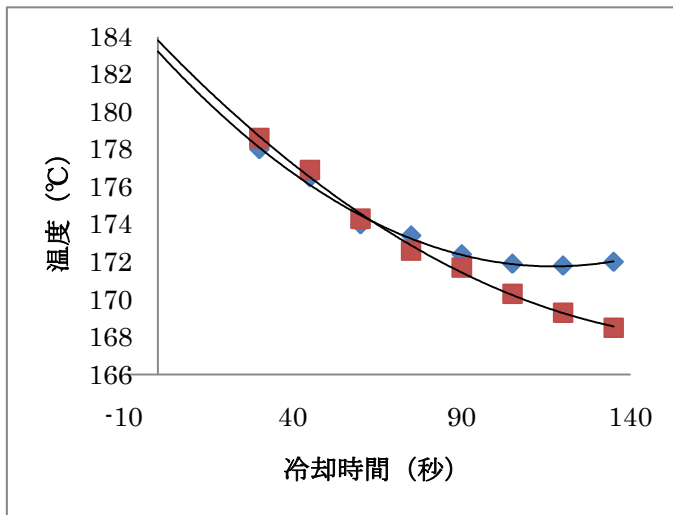


図6 冷凍ポテトを投入した場合の冷却過程
◆ : カラット君 off、■ : カラット君オン on

3) 油の流動現象

前項でカラット君を作動させた場合、早く冷却が進行する傾向が認められたが、カラット君の作動により電極とアースの間に対流が起これ、フライヤー内の温度が低下し易くなるのではないかと考えた。

食用油を 120°C に加熱したビーカーに蒸留水を加えたところ、水蒸気の泡が発生した。カラット君を作動したところ、電極からアースに向かう泡の流動が認められた (図7)。

食用油の最も小さい化合物であるトリアセチン (グリセロール三酢酸)、泡の代わりに墨汁を用いるモデル実験系を構築した。なたね油の 37.8°C における動粘度は 234 セイボルト秒数であるが、98.9°C では 59.4 セイボルト秒数に低下する。トリアセチンは常温でも粘度が低いことから油脂のモデルとした。

カラット君を作動したところ、主にアースから電極に向かう流動が認められ、

その流動に触発されアースに向かう流動も観察された。図8はビデオで撮影した画面をスローシャッターで撮影し制止画像にしたものである。小さな墨汁粒子が筋となりボケとなり右下の電極から左上のアースに向かって流れているのが分かった。また電極付近では激しく衝突し直ぐに離れる墨汁の玉があり、この衝突により墨汁玉が細かく破壊されるのが観察された。



20100121180555_1.mp4



図7 食用油の流動モデル実験

マントルヒーターで120℃に加熱しカラット君を設置。更に蒸留水を1ml加えた。四角いSUS板が高電位発生プレート。ピンセットがアース。

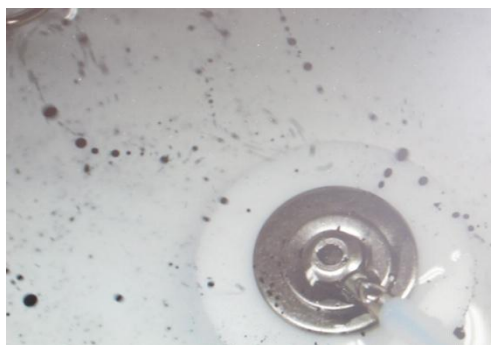
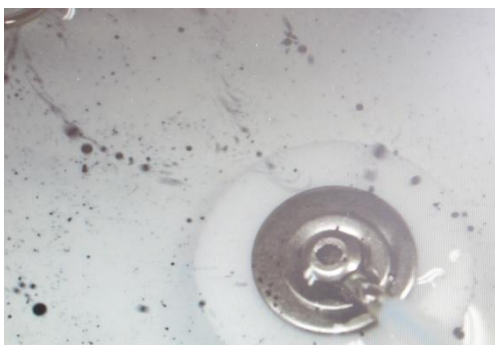
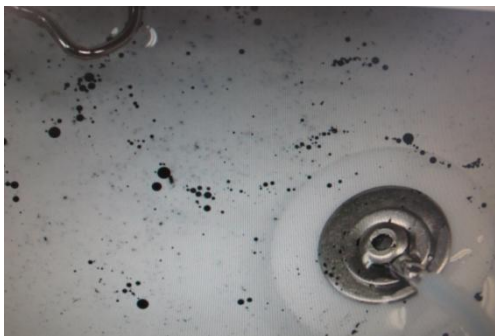


図8 トリアセチンと墨汁を用いた流動実験

上はカラット君 off, 下は on

4. 考 察

液体に高電圧を印加すると対流あるいはそれに伴う 2 次流が発生することがあり、この現象を電気流体力学 (EHD) 効果と呼んでいる。誘電性液体 (絶縁性の油) は導電率と誘電率の不均一性に起因して流体内部に電氣的な力が発生するためと説明されている。その速度は秒速数 cm 程度である。

コムコムのカラット君は、商用電源から直流高電圧を生成し、これを食用油のフライヤーに導入する装置であるので、電気流体力学効果が作用していると考えられる。実際、食用油やグリセリン三酢酸 (トリアセチン) を用いた実験でもカラット君の作動により、油の対流が確認できた (図 7、図 8)。

カラット君の作動により油の対流が起きるとすると、今までの現象がよく説明できる。フライヤーの電源を切り食用油の冷却過程を追跡した実験 (図 4) は、対流が起き早く冷却が進行したと解釈することができる。冷凍ポテトを投入した実験 (図 5) でも、油の対流が揚げものに作用しにフライヤー槽の温度が低下したと考えられる。つまり、カラット君の作動により高電位発生プレート (電極) とアースの間に対流が起こり、フライヤー内の温度が均一化することにより、水分蒸発が活発化し、揚げ時間が短縮するのではないかと考えられる。

謝 辞

極微弱発光の測定にご尽力をいただいた東北電子産業株式会社の山田理恵社長と金森浩さんに感謝致します。

5. 文 献

- 1) 三洋電機 (株)、フライヤー、特願平 3-214636、
- 2) 丸子栄次、食用油酸化防止法、特願平 7-289059
- 3) 三洋電機(株)、油の酸化防止方法及びフライヤー、特願 2001-216576、
- 4) (株)コムコム、食用油酸化防止装置の高電圧発生プレートおよび食用油酸化防止装置、特許 4627797号、
- 5) 鹿野秀順、(有)マルセ・エコ開発、調理油劣化防止具および調理方法、特願 2010-70117、
- 6) M. Watanabe, H. Shirai, and T. Hirai, Liquid-liquid Two-layer Electrohydrodynamic Flow System; Sens. Actuators B: Chemical , 94, 264-270 (2003)
- 7) 渡辺真志、ゲル内の電気流体力学的流動を利用したマイクロポンプ、
- 8) 大坪安史、電場により発生する液体ジェットを用いた流体デバイス、ケミカル・エンジニアリング、742-746、(2006)