

エチレン分解による鮮度保持 Decomposition of Ethylene using Plasma Discharge for Keeping Freshness of Vegetables and Fruit

高橋 克幸, 小出 章二, 高木 浩一, 塚崎 守啓¹⁾, 内野 敏剛²⁾, 寺本 慶之³⁾
TAKAHASHI Katsuyuki, KOIDE Shoji, TAKAKI Koichi, Morihiro Tsukazaki,
UCHINO Toshitaka, TERAMOTO Yoshiyuki

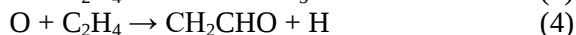
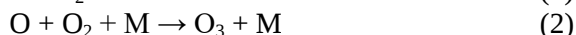
岩手大学, 福岡県農林業総合試験場¹⁾, 九州大学²⁾, 産業総合研究所³⁾
Iwate University, Kyusyu University,
Fukuoka Agriculture and Forestry Research Center,
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. はじめに

農産物の輸出においては、少量・多品目を低価格で効率よく輸送するために、同一コンテナによる異種混載輸送が行われている[1]。農産物の品目には、リンゴのようなエチレン放出量が多い果実が含まれる可能性が高い。エチレンは、植物ホルモンの一種で、青果物の成熟を促進するが、過度な成熟は腐敗を進行させる。そのため、例えばカキなどのエチレン感受性が高い青果物を混載した場合、品質を維持するためには、果実の軟化防止処理や、エチレンの除去が必要となる。果実軟化防止には、1-MCP処理などが有効であるが[2]、処理工程やコストの増加が問題となり、輸出用カキへの適用には限界がある。また一般的に、エチレンの除去方法としては、活性炭やゼオライトなどの吸着剤が用いられるが、長時間の輸送には吸着量が不足し、効果が十分に得られない。そこで、本研究では、コロナ放電によるガス処理技術に着目し、コンテナ内におけるエチレン除去システムを開発している。ここでは、コロナ放電によるエチレン分解過程と、20フィートコンテナを用いた実機試験を行った結果について概説する。

2. コロナ放電によるエチレンの分解過程

エチレンは、コロナ放電によって生成された酸素ラジカルおよび、オゾンによって、主に下記の式により分解される[3]。



ここで、Mは三体衝突における第三体である。オゾンによるエチレン分解の反応速度定数は酸素ラジカルと比べ十分に小さく、放電空間中

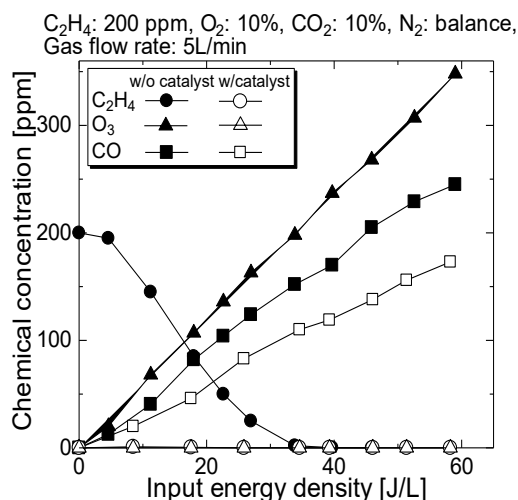
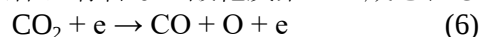


図1 投入エネルギーに対するエチレン、オゾン、一酸化炭素濃度の変化

におけるエチレン分解は主に酸素ラジカルが寄与するものと考えられる。

青果用コンテナ内にはエチレンの他に、青果物の呼気由来もしくは鮮度維持の向上のために二酸化炭素が高濃度に充満されている[4]。このような雰囲気下でプラズマ処理を行った場合、低濃度であっても、下記の反応によって、人体に有害な一酸化炭素が生成される。



一酸化炭素や、オゾンは作業員だけでなく、青果物の品質への悪影響も懸念されたため、極力発生させないことが望ましい。そこで、MS-13Xを用いたナノ銀担持触媒((独)産業技術総合研究所) [5]を併用し、副生成物の除去を試みている。

図1に、誘電体バリア放電[3]を用いて青果用コンテナ内模擬ガス(エチレン: 200 ppm, 酸素: 10%, 二酸化炭素: 10%, 窒素: balance)を処理した場合の、投入エネルギー密度に対するエチレン、オゾン、一酸化炭素のそれぞれの濃度を示す。触媒を用いない場合、投入エネルギーを増加することで、エチレンが除去される。一方、

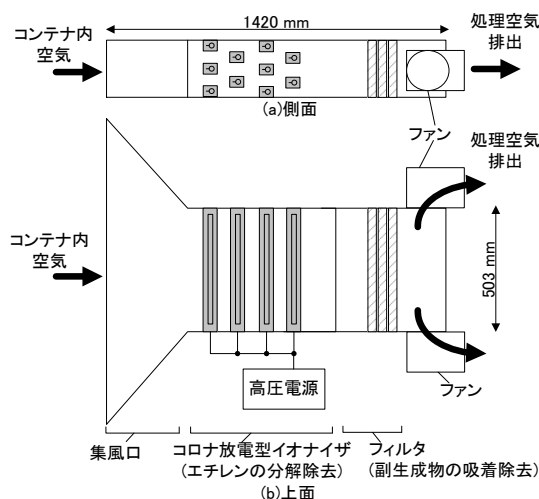


図2 コロナ放電方式エチレン分解装置の概略図

一酸化炭素、オゾンが生成されることがわかる。触媒を用いた場合、オゾンは検出されず、一酸化炭素濃度も触媒を用いない場合と比較し濃度が減少していることがわかる。これは、オゾンは触媒上に吸着された後、触媒表面上で分解され長寿命の活性酸素を形成し、これによって一酸化炭素が還元されたことが要因であると考えられる。

3. エチレンの分解装置の構築

図2に、青果物コンテナを用いた実機試験を目的とし開発した、コロナ放電電極を用いたエチレン除去装置の概略図を示す。装置は、長方形のダクト状となっており、装置後方に設置されたファンによって、コンテナ内の空気を吸入する。コロナ放電電極には、13本の針電極を備えた10台のコロナ放電型イオナイザ(シシド静電気, BOS-400)に、商用周波数交流高圧電源(シシド静電気, SAT-11)によってAC 7 kVrmsの高電圧を印加している。イオナイザ1台あたりのエチレン分解性能は、空気中において6 mg/h程度となり、図3に示すように、初期濃度100 ppm程度の高濃度エチレンを短時間で除去することが可能である。また、コロナ放電電極の後段に、活性炭および、ナノ銀担持触媒を設置し、労働安全衛生法に基づく作業環境基準濃度以下に抑制することを試みている。

4. 実機試験

エチレン除去装置を、個包装されたカキとリンゴを5 kgずつ混載された20フィート冷蔵コンテナ内に二台設置し、実際の輸出に要する日数を考慮して20日間の試験を行った。コンテナ内は、模擬的に外部からエチレングスを注入して実験を行った。なお、コンテナ内は2℃に保持

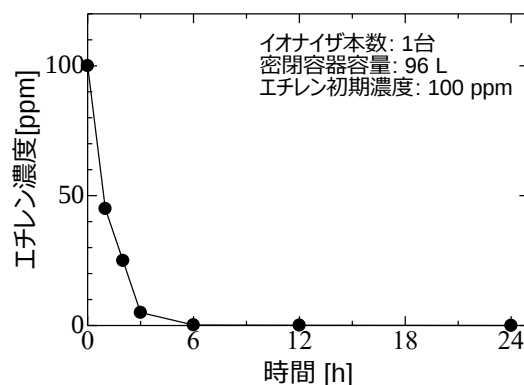


図3 密閉容器内のエチレン濃度の時間変化

している。コンテナ内のエチレン濃度は、除去装置を設置しない場合、1日あたり約7.5 ppm増加し、20日後には約150 ppmとなる。エチレン除去装置を設置し、2～3日おきにコンテナ内のエチレン濃度を測定したところ、20日間の実験期間中、7 ppm程度の低濃度で推移する結果となった。このことから、本装置によって、エチレン濃度を大幅に低減できていることがわかった。また、オゾンや一酸化炭素などの副生成物は、検出限界濃度以下であり、作業環境基準を満たしていることを確認した。また、コンテナ内に静置したカキの品質の評価として、硬度、糖度(Brix値)、果皮色等を測定し、これらが維持されていることを確認している。

これらの結果から、コロナ放電を用いたエチレン除去による青果物の鮮度保持効果を確認することができた。しかし、長期輸送時のコンテナ内の温度上昇などを想定すると、エチレン濃度は1 ppm以下とすることが必要となる。今後は、副生成物の濃度上昇を抑制しつつ、より効率の良い放電方式や、コンテナ内空気の循環方式などの検討が必要となる。

謝辞

本研究は「平成23～25年度 農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業 新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業(課題番号23059)」の助成を受け、行われたことを付記する。

参考文献

- [1] 小出章二, 他: 第73回農業食料工学会, 年次大会講演要旨, 57 (2014)
- [2] 中野龍平, 他: 園芸学会誌 70, 385 (2001)
- [3] J. Nishimura, et.al., Trans. Mat. Res. Soc. Japan., 41, 41 (2016)
- [4] 食品流通システム協会編: 「青果物鮮度保持流通低コスト化マニュアル」, 流通システム研究センター(2003)
- [5] 寺本慶之, 他: 電気学会論文誌A 133, 144 (2013)