

大気圧放電プラズマを用いた農業応用

岩手大学： 高橋 克幸

岩手大学工学部：高木浩一

同学農学部：首藤文榮， 颯田尚哉，
小出章二， 折笠貴寛

岩手県農業研究センター：藤尾拓也

岩手生物工学研究センター：坂本裕一

外山森林公園：高橋久祐

九州大学農学部：内野敏剛

福岡県農林業総合試験場：塚崎守啓



農業・水産業・食品分野

プレハーベスト

- ・可食部発現の促進
- ・菌の増殖促進
- ・栽培環境における有害菌の殺菌
- ・栽培環境における生育阻害物質の分解
- ・養液への栄養供給による植物生育促進

生産高の増加
作業者(高齢・少人数)
の負担軽減

生産性の向上



ポストハーベスト

- ・庫内腐敗ガス(エチレン)の分解
- ・菌の大幅な低減
- ・タンパク構造の安定化

**生鮮食品の鮮度保持
/輸出の拡大**

最適な電源の開発
制御・管理システムの開発



加工

- ・栄養成分の抽出
- ・処理の効率化/味の保持

付加価値・安全性の向上



メカニズム解明と実証を包括的に研究: 技術利用の拡大

消費者

- ・食の安全
- ・満足度(味・価格)の向上
- ・免疫力の増加
- ・食料自給率の増加



農業・水産業・食品分野

プレハーベスト

- ・水中放電を用いた養液栽培の養液の殺菌/栄養分の添加
- ・キノコの増産(子実体の早期発現)



ポストハーベスト

- ・放電によるコンテナ混載輸送中の腐敗ガス(エチレングス)の分解
- ・電界による水産物の鮮度維持



加工

- ・電界によるブドウ表皮からのポリフェノール抽出



メカニズム解明と実証を包括的に研究: 技術利用の拡大

消費者

- ・食の安全
- ・満足度(味・価格)の向上
- ・免疫力の増加
- ・食料自給率の増加



プレハーベスト-植物栽培

養液栽培:

- ・管理が容易で、生産性が高く、土壌への農薬残留などの問題が少なく、広く利用。
- ・養液が入った栽培ベッドに苗を定植し生育させる。
- ・近年普及が増加（栽培システムの市場：100 億円強→数年で数倍に増加予想）

養液の供給方式

■かけ流し方式:

- 肥料管理と営々管理が容易
- ×窒素・リンが河川・土壌・地下水などを汚染

■循環方式:

- 環境汚染が少なく低コスト
- ×植物の発病リスクが高い(多くの報告)



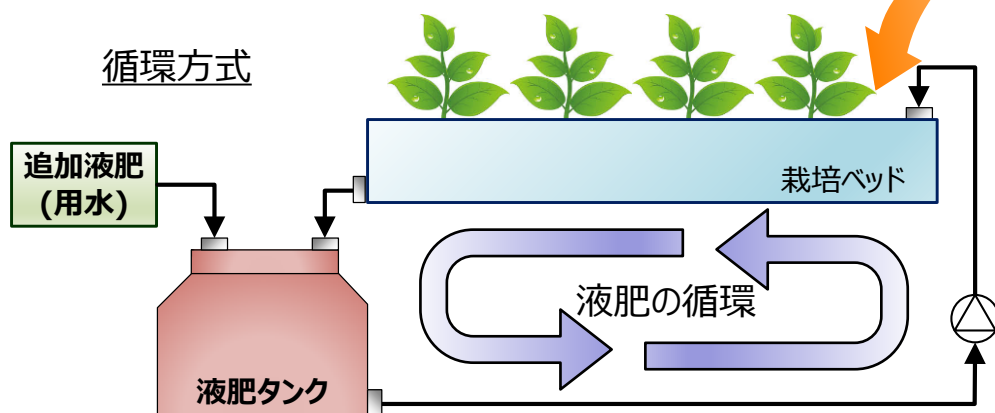
病原菌(青枯れ病菌, 根腐れ病菌)

感染苗の定植時, 用水, 雨水
被害残渣, パネルの汚れ...

急速に感染→
システム全域へ容易に拡大(特に夏場)

恒常的な処理が必要:

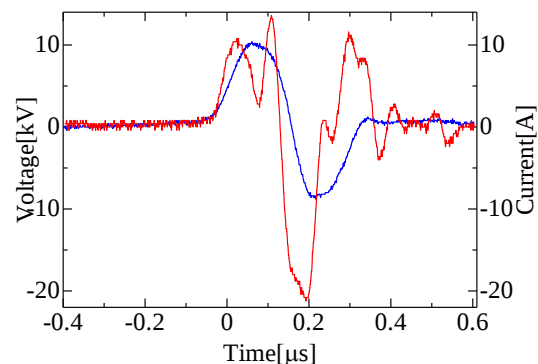
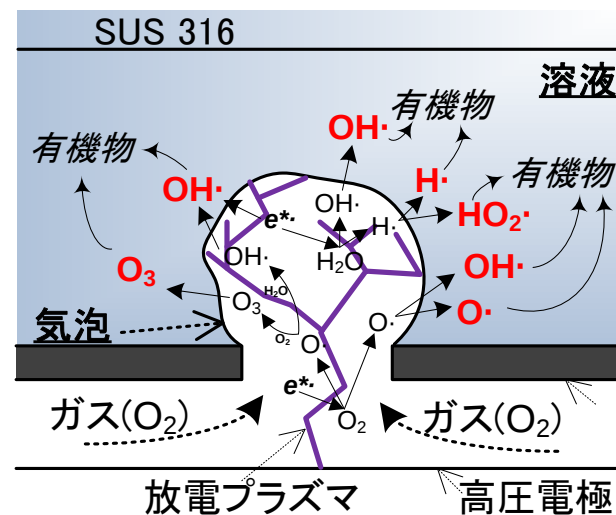
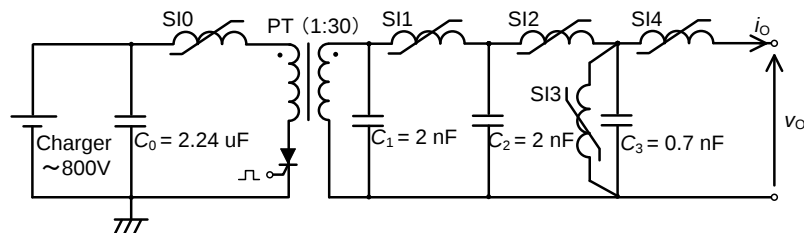
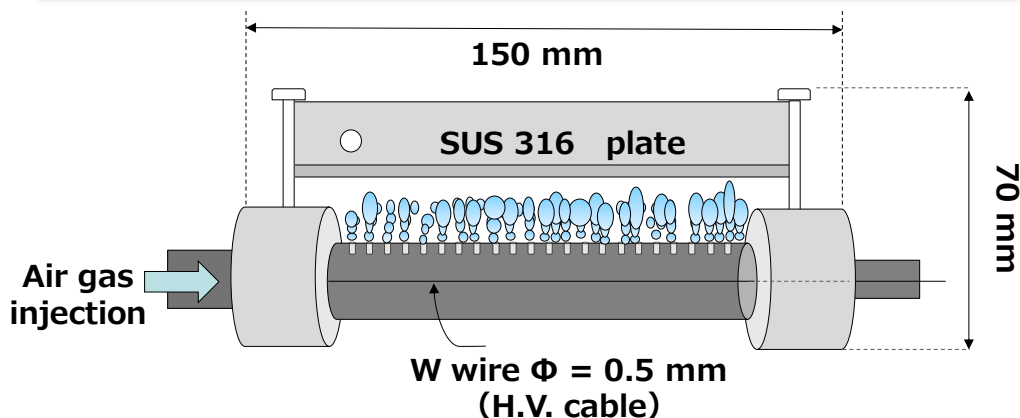
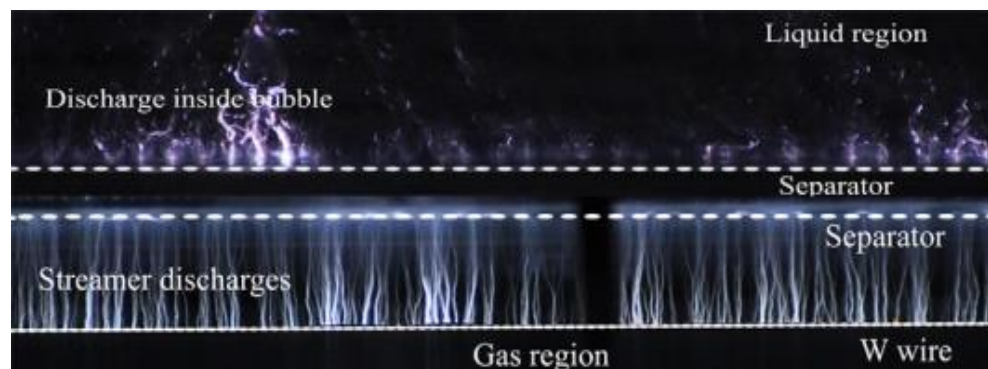
熱処理・薬品(塩素)処理・紫外線・膜処理…
→コスト/安全性など問題
放電処理による殺菌, 栄養添加



プレハーベスト-植物栽培

水中気泡内への放電の進展:

- ・気泡内(気相)で放電を発生させ、生成したラジカルを溶液中に溶け込ませ、殺菌/有機物の分解
- ・電極を気相で絶縁/短パルス化により導電損失を低減



電圧波形の一例



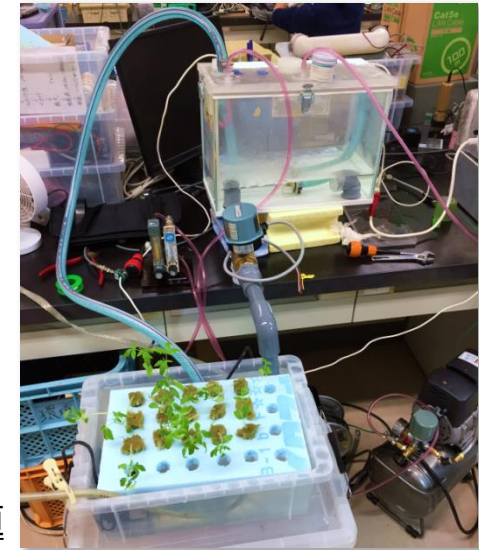
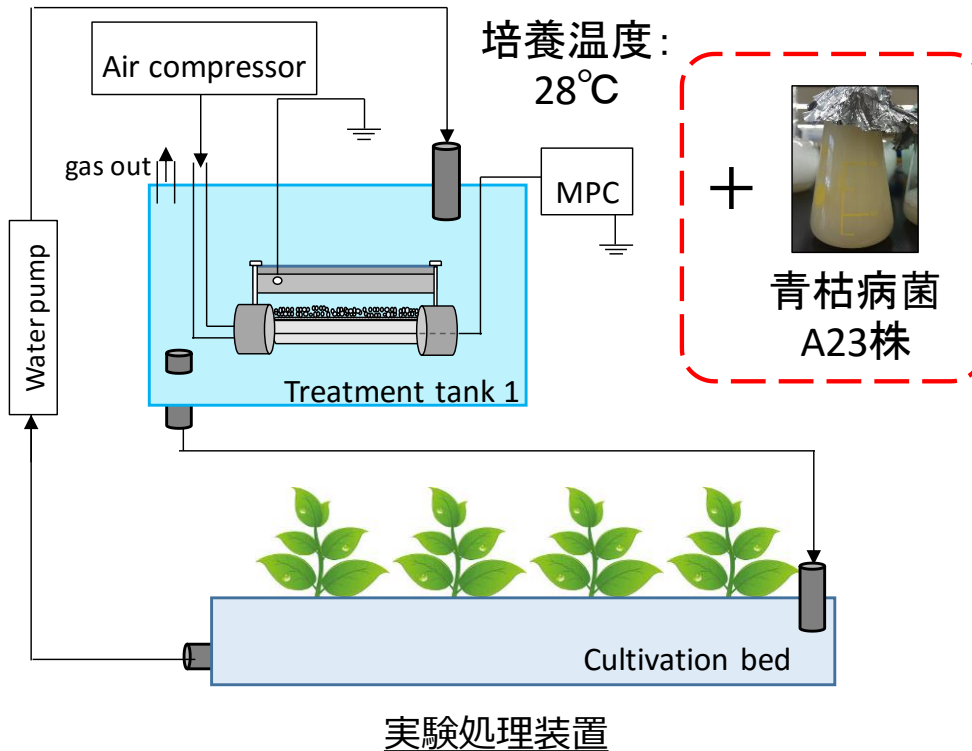
プレハーベスト-植物栽培

幼苗試験:

- ・発病リスク低減の評価として幼苗栽培中に青枯れ病菌を投与し、発病率を評価
- ・放電処理中(70minの放電時間)に、 10^6 CFU/mLの濃度(発病には $10^4 \sim 5$)で青枯れ病菌を添加

栽培条件

トマト品種	りんか409(青枯病罹病性品種)
育苗数(試験規模)	20株
培養液量	10 L
放電時間	70分(途中菌液添加)



幼苗の定植



Control (+)
菌無・無処理

Control (-)
菌有・無処理

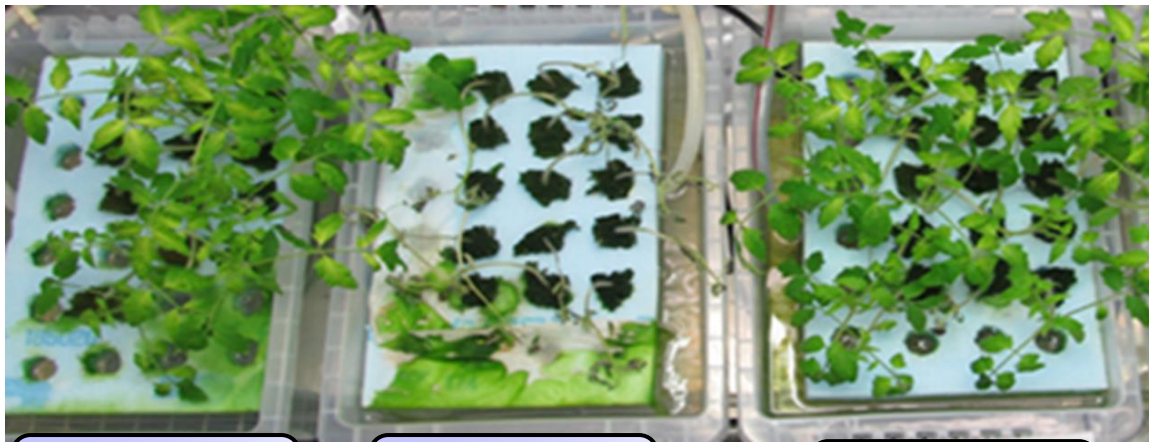
菌有・
放電処理



プレハーベスト-植物栽培

幼苗試験:

- ・発病リスク低減の評価として幼苗栽培中に青枯れ病菌を投与し、発病率を評価
- ・放電処理中(70minの放電時間)に、 10^6 CFU/mLの濃度(発病には $10^4 \sim 5$)で青枯れ病菌を添加

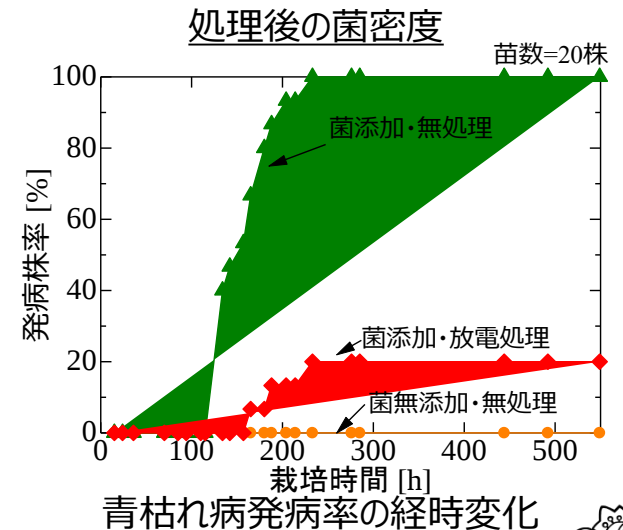
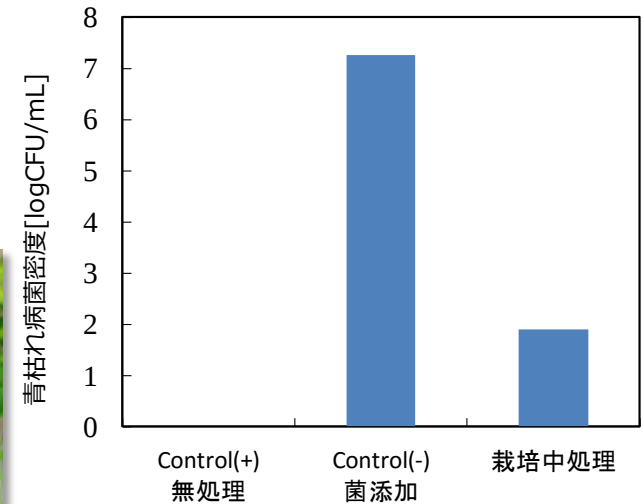


Control (+)
菌無・無処理

Control (-)
菌有・無処理

菌有・
放電処理

菌添加6日後の様子



青枯れ病発病率の経時変化

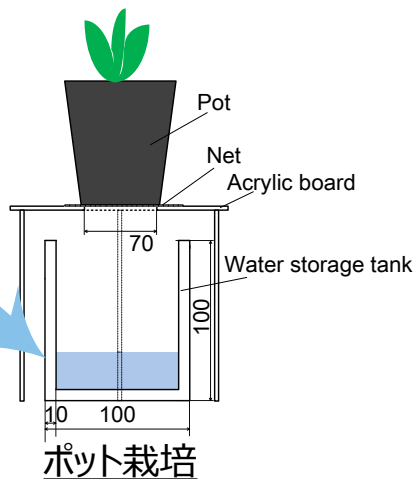
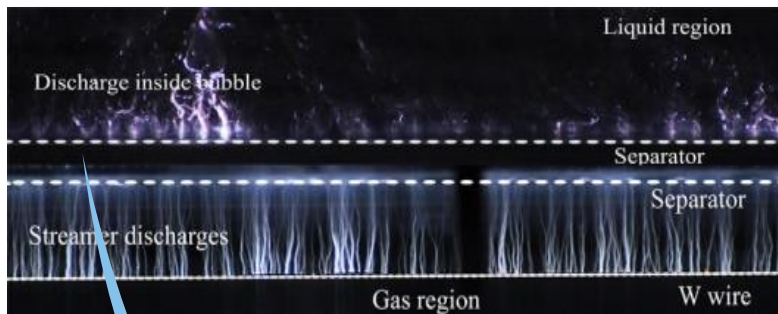


プレハーベスト-植物栽培

栽培養液の放電処理:

- ・ポット栽培(コマツナ)の養液に対してプラズマ処理を行う
- ◎放電処理したものはより早く成長する

水中放電



放電処理をした養液を用いたコマツナの栽培

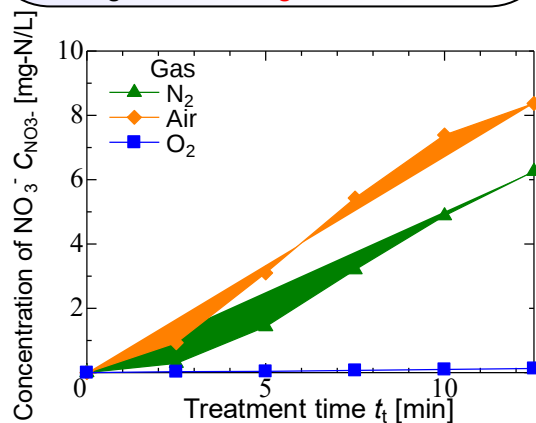
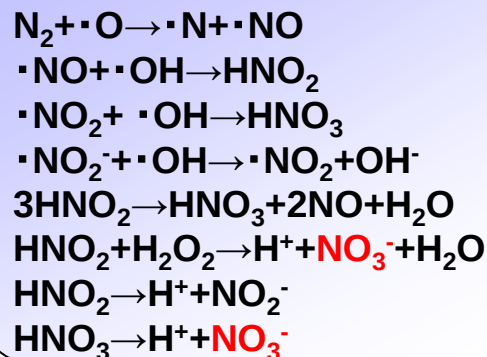
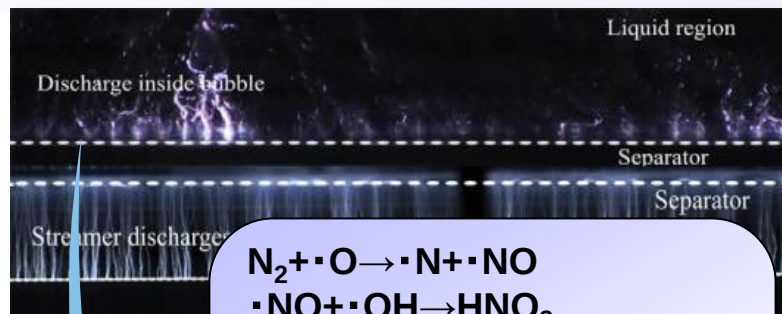


プレハーベスト-植物栽培

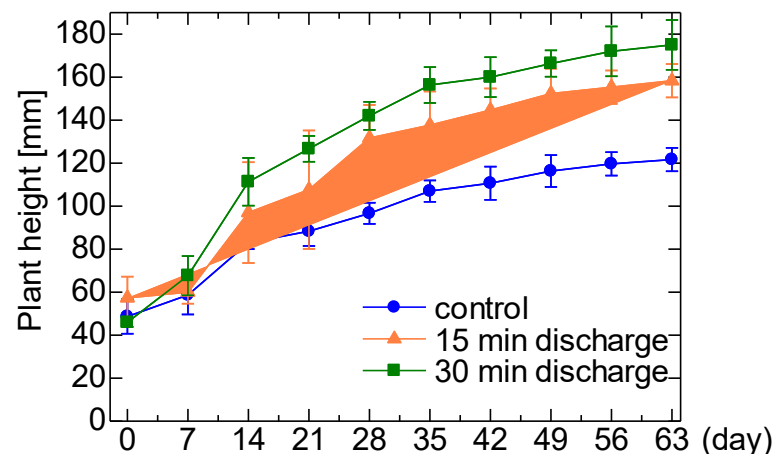
栽培養液の放電処理:

・ポット栽培(コマツナ)の養液に対してプラズマ処理を行う

◎放電処理したものはより早く成長する→放電によって生成される硝酸態窒素によるもの



処理時間に対する硝酸濃度の変化



栽培日数に対する植物地上高の変化



コントロール

硝酸添加

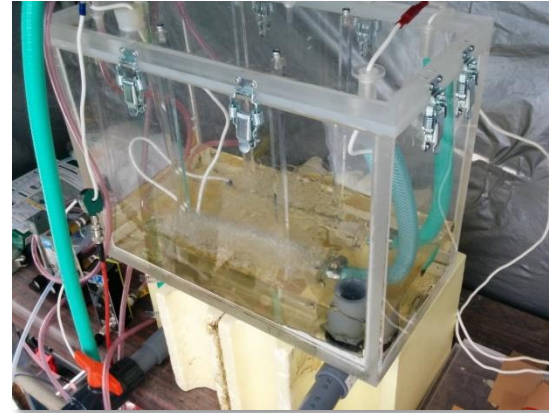
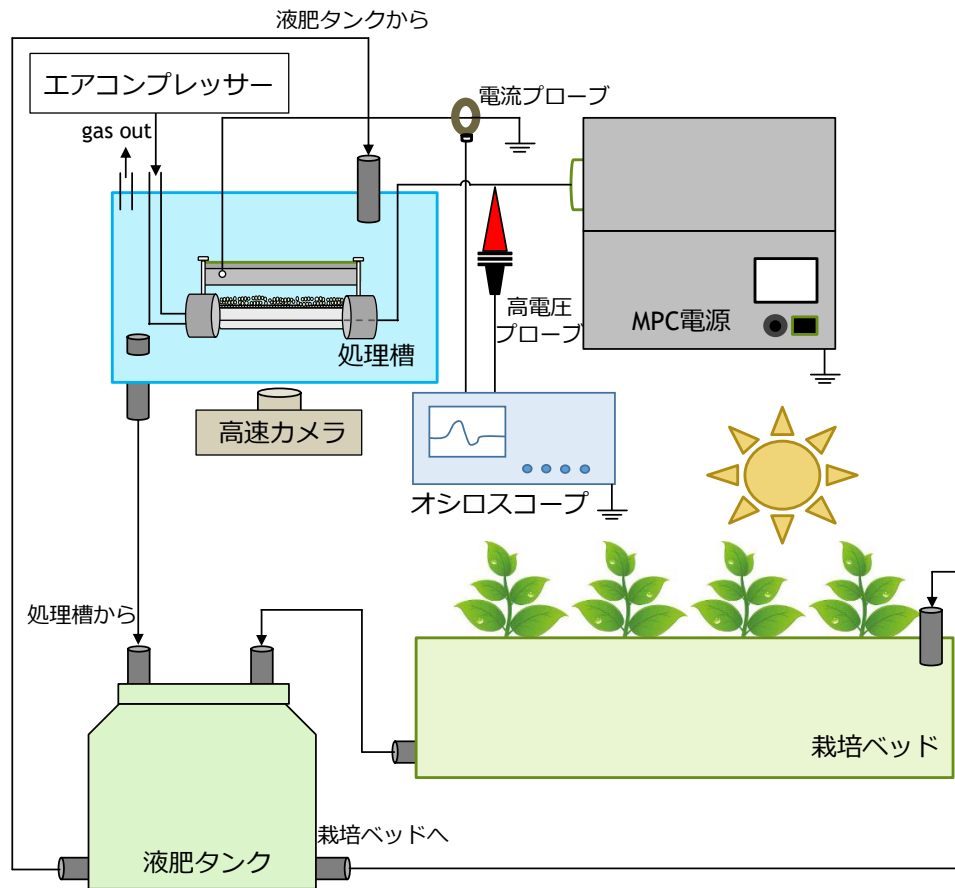
放電20分処理



プレハーベスト-植物栽培

栽培液の放電処理:

- ・農業施設での実証試験→生育に問題無いことを確認
- ・無害の代替の菌や、選択培地を用いた評価を実施予定



プレハーベスト-キノコへの電気刺激

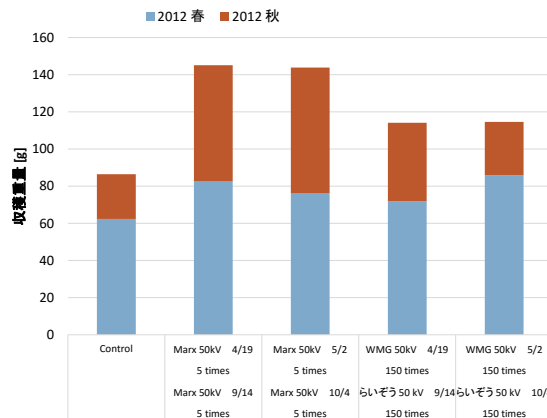
キノコへの電気刺激: 子実体形成の促進

- ・キノコ(シイタケ等)の原木, 菌床に対して30~50kV, 10~20J程度のパルス電圧を印加
- ・子実体個数と全数量を数日にわたって測定

◎ 電圧の印加によって子実体の早期発生がみられる

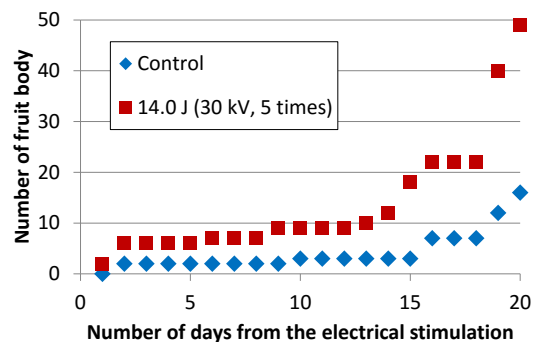
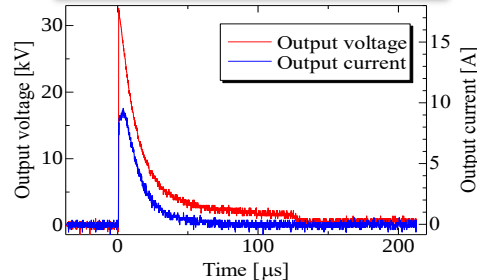
→生産サイクルの短縮(スペース, 人件費などの固定費削減), 労働者の負担減に寄与

Lightning Makes Mushrooms Multiply



H20年植菌シイタケ 2012年収穫量

原木シイタケの収穫量



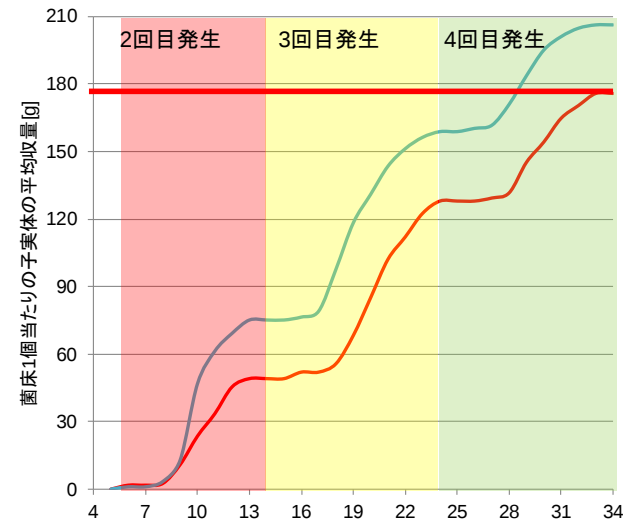
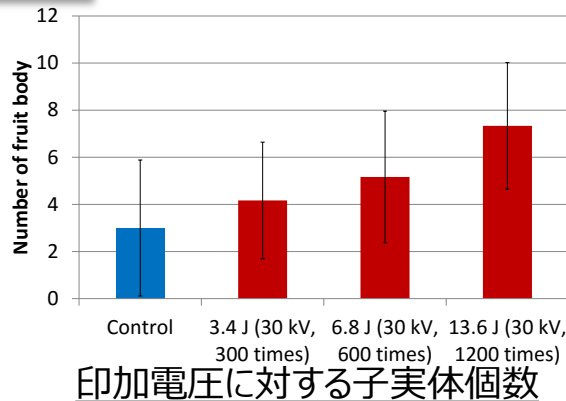
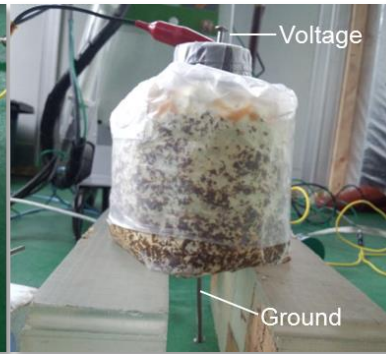
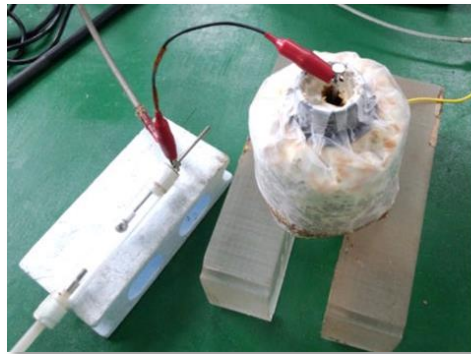
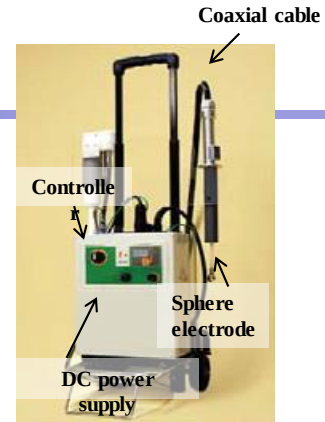
電圧印加後の日数に対する子実体収穫数の変化



プレハーベスト-キノコへの電気刺激

キノコの電気刺激：子実体形成の促進

- ・キノコ(シイタケ等)の原木、菌床に対して30~50kV, 10~20J程度のパルス電圧を印加
- ・子実体個数と全数量を数日にわたって測定
- ◎ 電圧の印加によって子実体の早期発生がみられる
→生産サイクルの短縮(スペース, 人件費などの固定費削減), 労働者の負担減に寄与



収穫日数に対する子実体平均収量

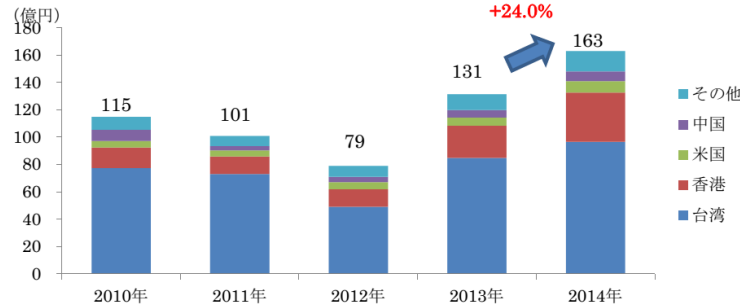


ポストハーベスト-青果物の鮮度保持

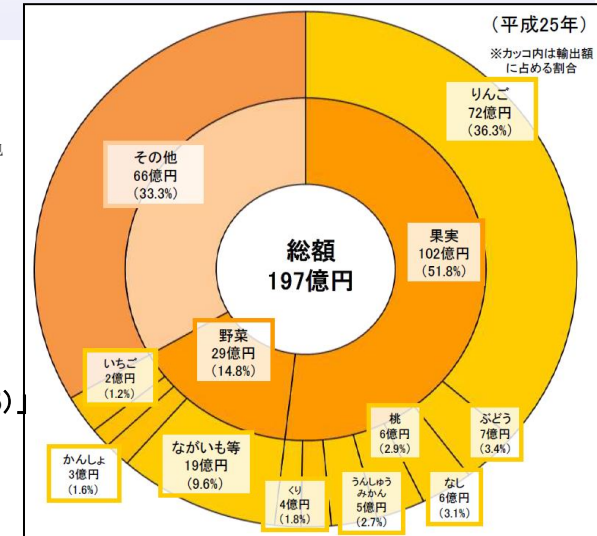
保管・輸送庫内の雰囲気ガス放電処理(エチレンの分解):

- ・少量・他品目を低価格で効率よく輸送するため、**同一コンテナによる異種混載輸送**(特に東南アジア, リンゴ@72億円)
- ・腐敗ガスである**エチレン**発生量が多い果物と, カキなどのエチレン感受性が高い果物の混載の場合, 果物の劣化が非常に早い。

同一コンテナによる異種混載輸送



農林水産省:「農林水産物・食品輸出環境課題レポート(2014/2015)」



農林水産省(2014):「平成25年農林水産物・食品輸出実績」

コンテナ内

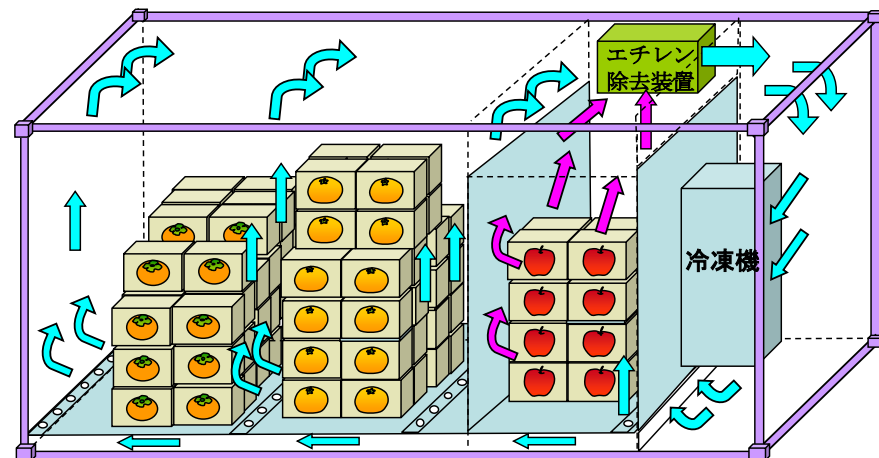


エチレン(C_2H_4)
の放出



太秋

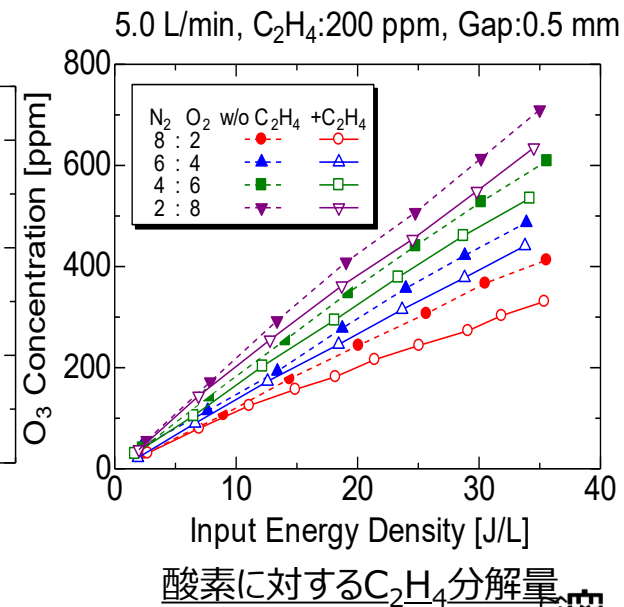
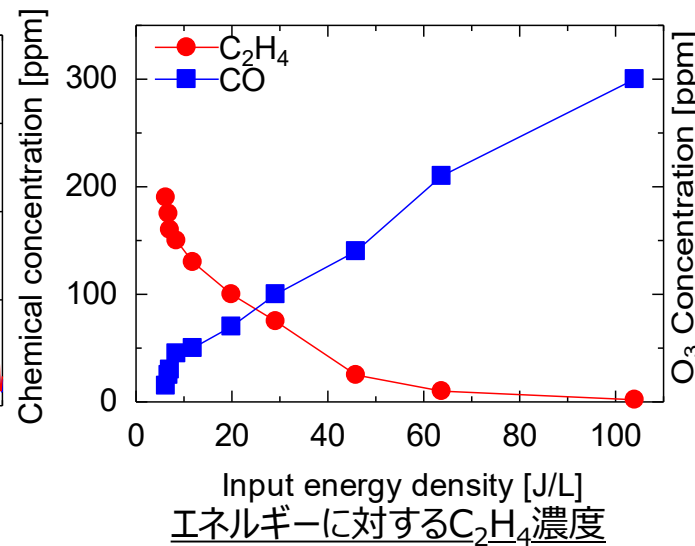
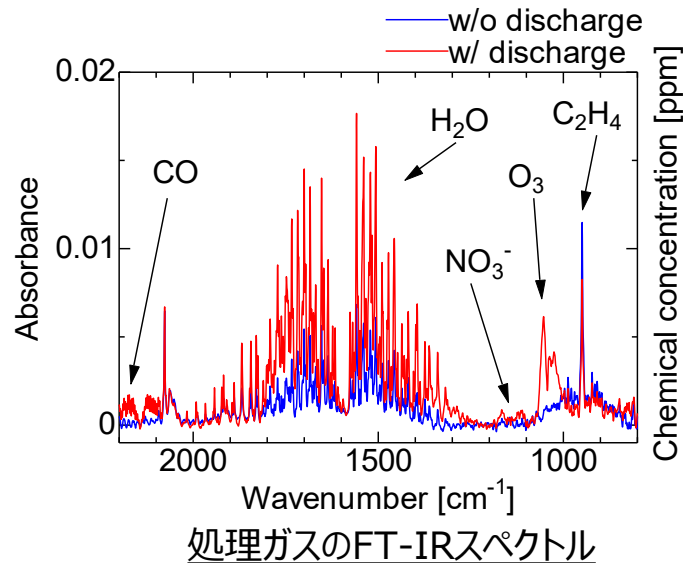
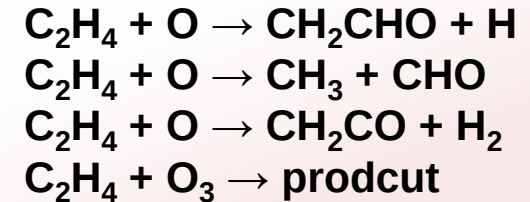
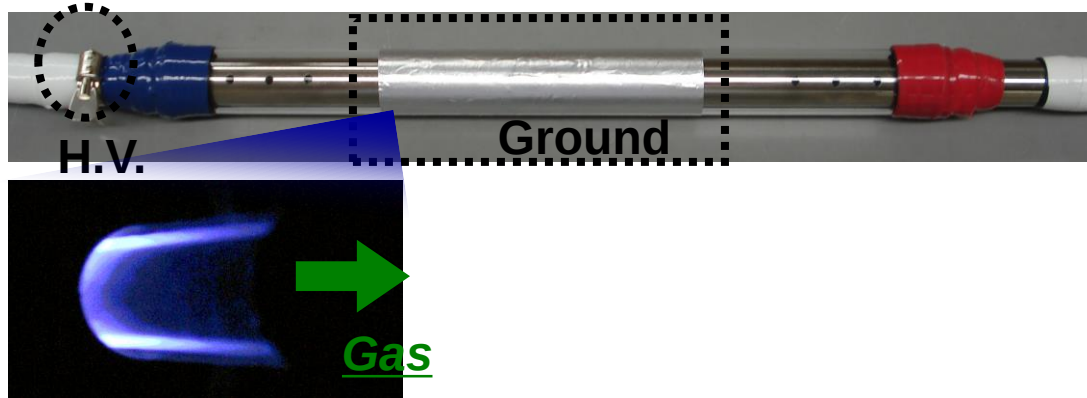
✗ 腐敗の進行・促進



ポストハーベスト-青果物の鮮度保持

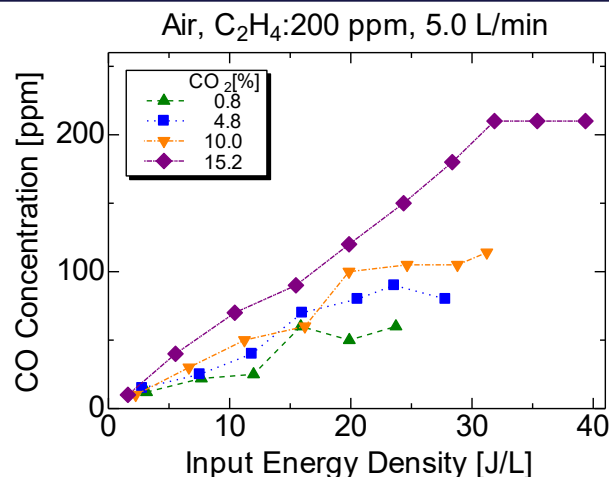
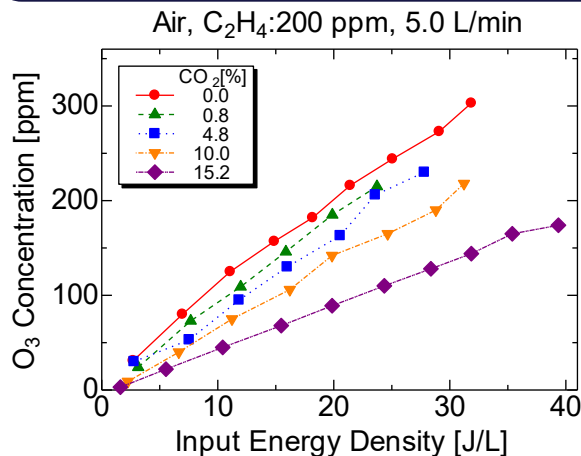
保管・輸送庫内の雰囲気ガス放電処理(エチレンの分解):

- ・少量・他品目を低価格で効率よく輸送するため, **同一コンテナによる異種混載輸送**(特に東南アジア, リンゴ@72億円)
- ・腐敗ガスである**エチレン**発生量が多い果物と, カキなどのエチレン感受性が高い果物の混載の場合, 果物の劣化が非常に早い。

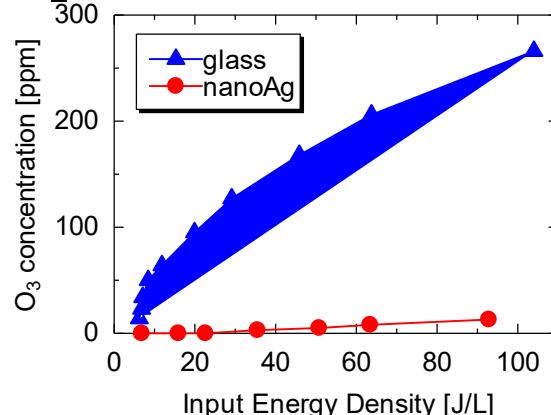
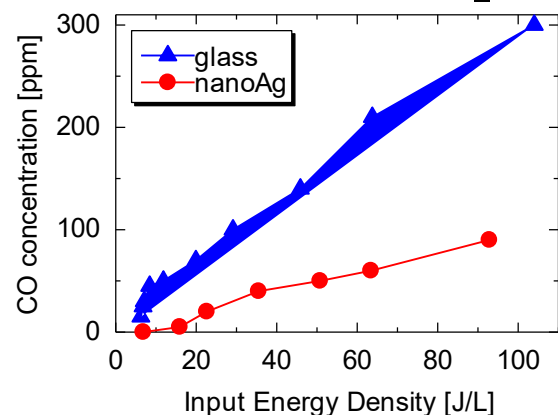


ポストハーベスト-青果物の鮮度保持

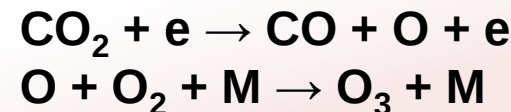
- ・20ftコンテナ用の**エチレン分解システム**を開発
- ・コンテナ内は湿度が非常に高いため、**湿度・汚れに強い構造のコロナ放電型除電装置**を選択。
- ・**エチレン分解性能は約6mg/h**。高濃度のエチレンを短時間に分解可能。
- ・副生成物(オゾン)の除去、CO→CO₂への酸化(**CA貯蔵下**)を目的に、ナノ粒子銀担持ゼオライト(産総研)を併用



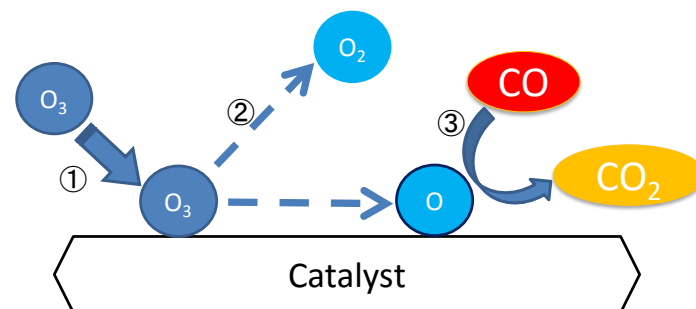
CO₂濃度によるO₃とCOの生成量



ナノ粒子銀担持ゼオライトの有無によるO₃とCOの濃度



ナノ粒子銀担持ゼオライト
 ※(独)産業技術総合研究所より提供

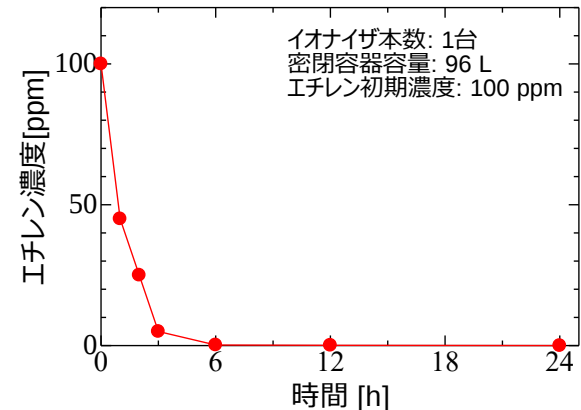


(参考) T. Sano et al. / Journal of Molecular Catalysis A: Chemical 245 (2006) 235–241

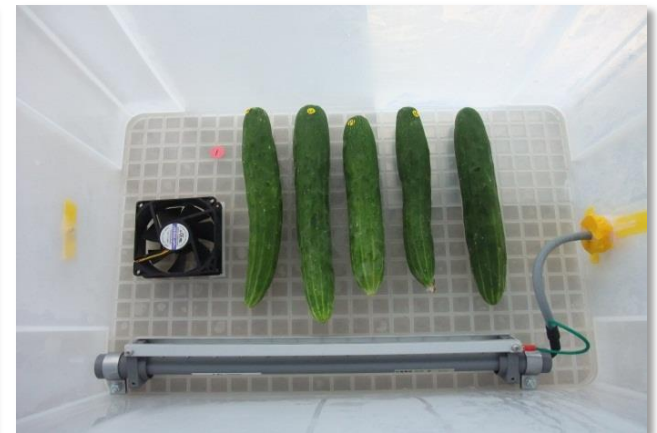


ポストハーベスト-青果物の鮮度保持

- ・20ftコンテナ用の**エチレン分解システム**を開発
- ・コンテナ内は湿度が非常に高いため、**湿度・汚れに強い構造のコロナ放電型除電装置**を選択。
- ・**エチレン分解性能は約6mg/h**。高濃度のエチレンを短時間に分解可能。
- ・副生成物(オゾン)の除去, $\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2$ への酸化(**CA貯蔵下**)を目的に、ナノ粒子銀担持ゼオライト(産総研)を併用

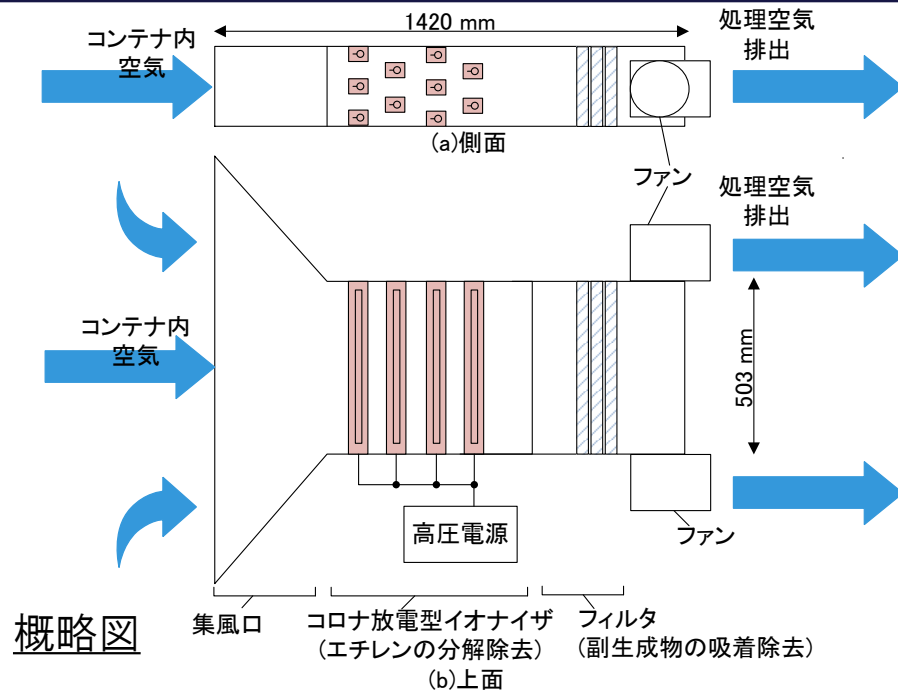


イオナイザ1本あたりのエチレン分解性能



ポストハーベスト-青果物の鮮度保持

- ・20ftコンテナ内のエチレン濃度を1ppm以下へ抑えるため、10本の除電装置を設置(2ユニット使用)。
- ・オゾンや一酸化炭素などの副生成物の発生を抑制するため、活性炭・ナノ粒子銀担持ゼオライト(MS-13X使用)をフィルターとして設置



フィルタユニット



外観図

イオナイザ



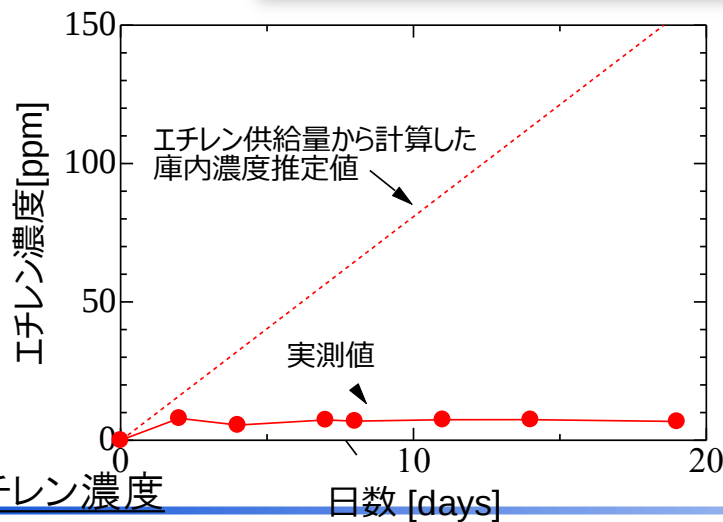
ポストハーベスト-青果物の鮮度保持



コンテナ

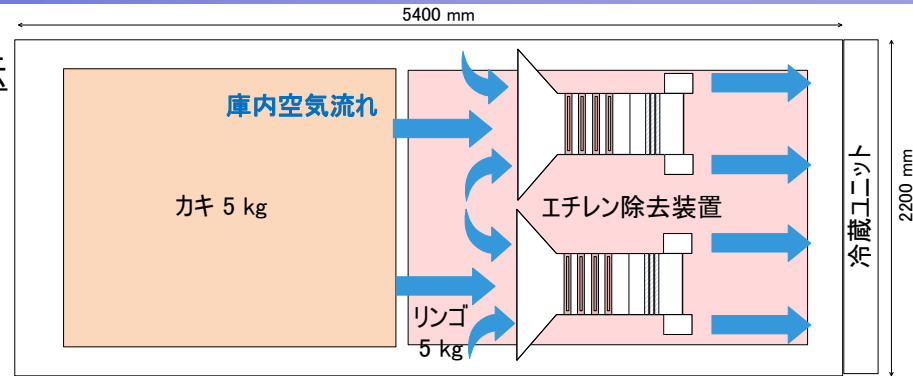


積荷

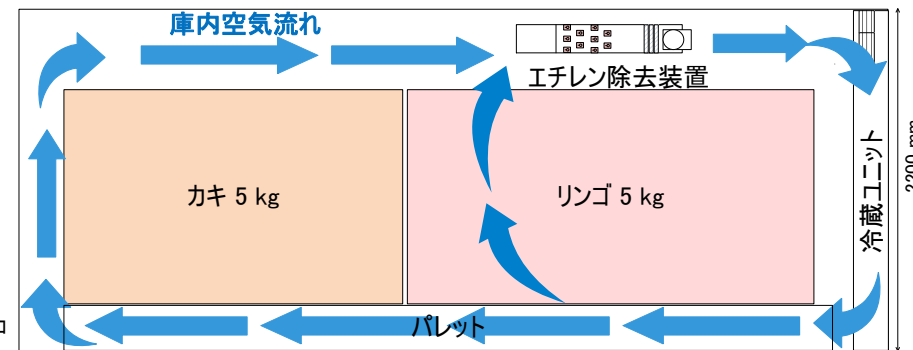


設置方法

入り口



(a)上面



(b)側面

- ・20日間の間(タイへの輸送を想定),
エチレン濃度を7 ppm以下に抑制
(コロナ放電無しでは150 ppm以上に増加)
- ・オゾン, 一酸化炭素などの副生成物も検知せず。
- ・庫内の**カキの品質(硬質, 糖度, 果皮色)**も維持。



ポストハーベスト-水産物鮮度維持

水産加工サプライチェーン・要求事項

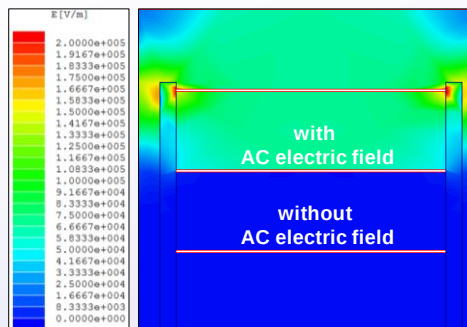
- ①水産業者: 魚介類の供給および保存 (制菌、解凍時のドリップ対策など)
- ②輸送業者: 鮮度低下防止
- ③加工業者: 水産加工プロセスの改善
(加工技術、高品位化、衛生確保、残渣処理、発酵など)
- ③接客業者: 新鮮魚介類の提供輸送および鮮度保持



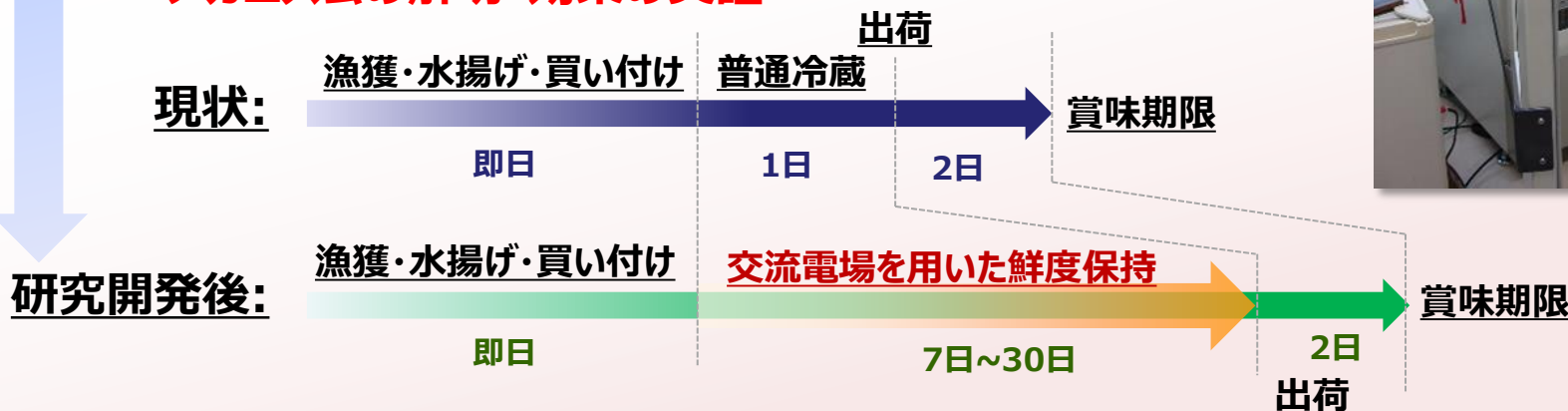
交流電場を用いた鮮度保持技術

食品を交流電場下にて保存すると・・・

- ①長期間の鮮度保持が可能になる
- ②菌の減少を実現 (制菌効果)
- ③解凍時のドリップ抑制



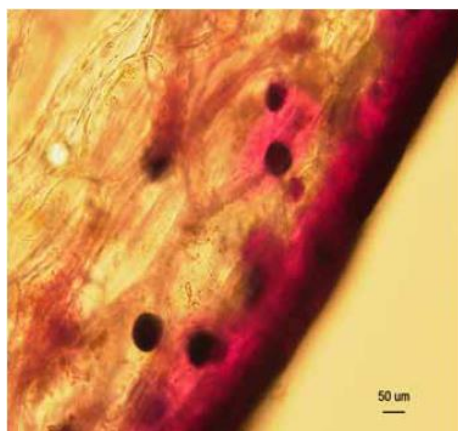
メカニズムの解明・効果の実証



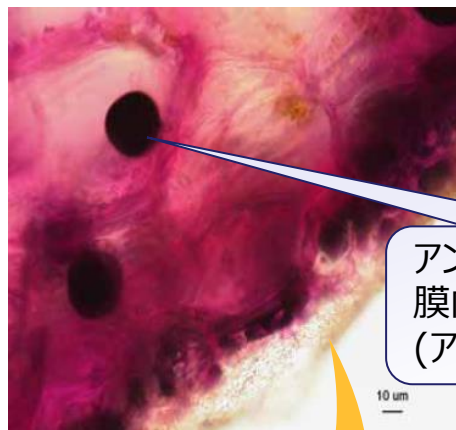
加工-農産物の有用物質の抽出

ブドウ表皮へのパルス電界の印加:

- ・パルス電界を印加することによって、非加熱・無有機溶媒での栄養成分の抽出
- ・パルス高電界による膜の損傷

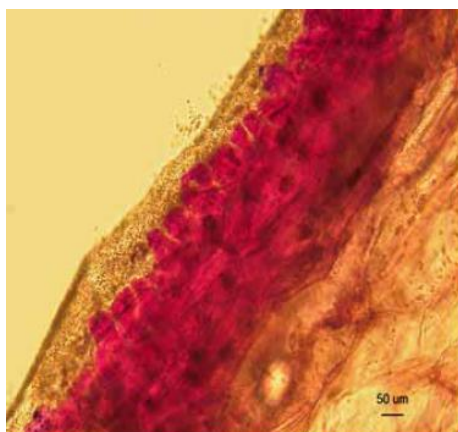


ブドウ表皮の細胞形態(パルス印加前)

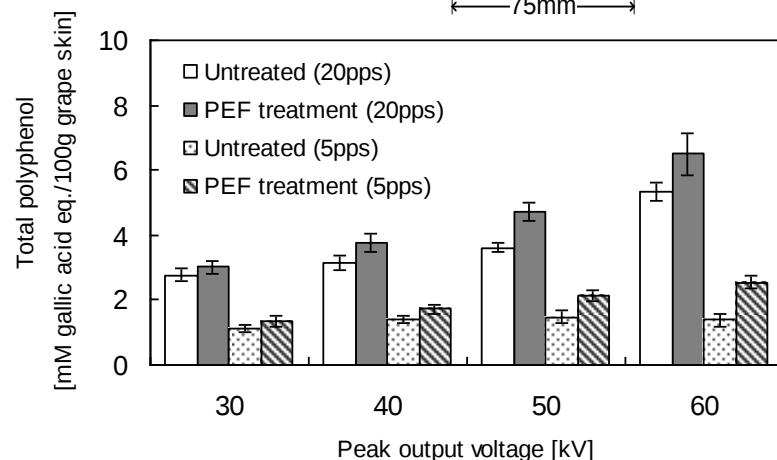
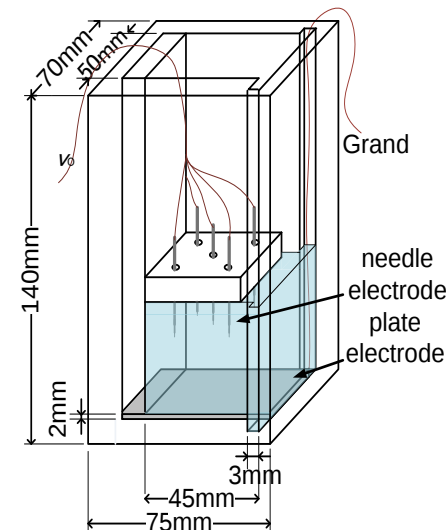


アントシアノプラスト:
膜内にポリフェノール
(アントシアニン色素)を蓄積

パルス電圧の印加



ブドウ表皮の細胞形態(パルス印加後)



溶液へのポリフェノール抽出量



農業・水産業・食品分野

プレハーベスト

- ・水中放電を用いた養液栽培の養液の殺菌/栄養分の添加
- ・キノコの増産(子実体の早期発現)

生産高の増加
作業者の負担軽減

生産性の向上



ポストハーベスト

- ・放電によるコンテナ混載輸送中の腐敗ガス(エチレングス)の分解
- ・電界による水産物の鮮度維持

生鮮食品の鮮度保持
/輸出の拡大



加工

- ・電界によるブドウ表皮からのポリフェノール抽出

付加価値・安全性の向上



メカニズム解明と実証を包括的に研究: 技術利用の拡大

消費者

- ・食の安全
- ・満足度(味・価格)の向上
- ・免疫力の増加
- ・食料自給率の増加

