

## プラズマ殺菌技術の研究に関する調査結果

食の安全と安心を支援するキー技術として登場した、低温度・ドライ状態で殺菌可能なプラズマ殺菌装置の実用化が期待されている。特に、食品業界において、国外から調達される加工食品の素材、例えば、コメ、小麦、香辛料、カカオ等の粒状あるいは粉状の素材へのプラズマ殺菌装置の実用化普及に対するニーズは強いものがある。  
しかしながら、実用化の成功例は見当たらない、ようである。

**実用化普及が進まないのは、何故か？その理由は何か？**

Web上に公開されている**国内トップ級研究機関の研究成果報告書**を調査しました。  
その結果の一部をご紹介します。

令和元年10月22日

APT代表

村田正義

## 小麦粉・そば粉等の殺菌装置／現状及び課題

### 【代表的殺菌装置】

過熱水蒸気方式

(150°C～200°C)

### 【殺菌対象物】

・小麦粉・そば粉・米粉・香辛料等

に付着の細菌(生育土壌に由来の微生物が含まれている)

・乾燥野菜に付着の細菌(生育土壌に由来の微生物が含まれている)



●対象物を乾燥 & 高温の過熱水蒸気に曝すので、水分・香りが消失し、品質が変化する

●装置の導入コストが高い、ランニングコストが高い

香辛料＝ハム・ソーセージ等への添加材  
小麦粉、米粉＝パン、ケーキ、うどん、冷凍食品(生鮮魚のフライ)等の素材  
そば粉＝そばの素材

殺菌対象物／殺菌装置・・・プラズマ殺菌の適用：①、②、③

①米(弁当、おにぎり等)

②種子(米、小麦等)

芽もの野菜の種子  
(カイワレダイコン、もやし等)

⑤生食カキ・ホタテ等

⑥ジャム・ソース・クリーム・  
タレ等

③粉(香辛料、小麦粉、そば粉、  
米粉、乾燥野菜等)

④生野菜(カット野菜)

過熱水蒸気殺菌  
高圧殺菌  
紫外線殺菌  
薬剤(亜塩素酸ナトリウム)殺菌  
マイクロ波殺菌  
ジュール加熱(電流)殺菌  
静電気殺菌  
プラズマ殺菌

## プラズマ殺菌技術の研究に関する調査結果／代表的研究事例

### 1. ガスプラズマを用いた農産物の殺菌・消毒法の開発

研究統括者：琉球大学 作道章一、研究期間：平成23年平成27年

### 2. 石川県農林水産研究成果集報 第19号 (2017)

(1) 米粉、小麦粉などの殺菌にも利用が期待できる。

(2) 実用化には、粉を流しながら連続処理できる装置が必要である。

### 3. 群馬大学大学院、稲田茂昭：研究成果普及計画書、低温プラズマ照射による香辛料の無毒性滅菌(助成年度 平成17年)

量産処理を可能とするため、プラズマ反応容器内に攪拌装置を備える必要がある。

### 4. 兵庫県COEプログラム推進事業研究結果概要：大気圧水蒸気プラズマを用いた高速安全滅菌技術の開発

### 5. 秋田産学官ネットワーク、秋田県立大学 杉本 尚哉 教授 低温プラズマを利用する殺菌処理技術

## 小麦粉の知識

(出典)長尾精一、調理科学Vo1.23No.2(1990)、31－35

### 小麦粉の熟成

小麦粉は生きている。製粉したばかりの小麦粉では、細胞組織が活発に呼吸しており、酵素の活性も高く、生地をだれさせる還元性の物質の量も多い。いわば、不安定な状態にあり、このような粉でパンなどをつくっても、必ずしも満足できる結果が得られないこともある。

しかし、このような不安定な状態の小麦粉も、製粉工程中で小麦粉に抱き込まれる酸素や倉庫内の空気中にある酸素の作用によって、製粉後数日間で急速に自然酸化され、安定した状態になって、パンなどに加工しやすくなる。このことを、小麦粉の「熟成」(エージング)という。

おいしく召しあがっていただける期間としては、普通の貯蔵条件で、薄力粉の場合、**製造後約1年ぐらいが一応の目安**である。タンパク質が多い強力粉は、薄力粉にくらべてやや短かめである。

## 小麦粉の知識

(出典)長尾精一、調理科学Vo1.23No.2(1990)、31－35

### 小麦粉の粒子の大きさ

小麦粉の粒子の大きさを直径で表わすと、

35～150 $\mu$  の比較的大きめの粒子が40%以上、

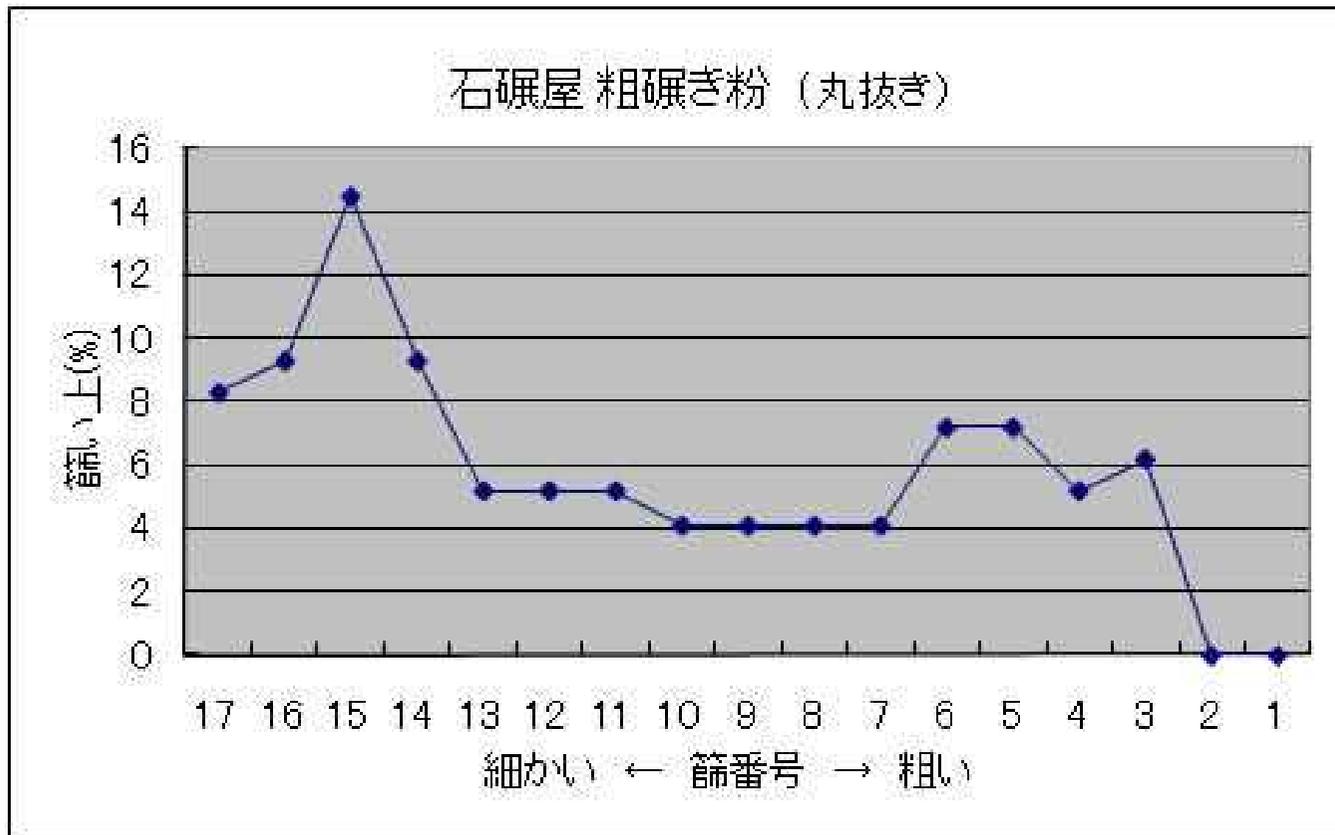
17～35 $\mu$  の中間のものが40%以上、

17 $\mu$  以下のかなり細かいものが10%ほどの比率で混在している。

大きい粒子は、デンプンをタンパク質が包んでいる状態の細胞片から成り、中間の粒子のものはデンプン粒が集ったもの、細かい部分は、主としてバラバラの状態になったタンパク質である。

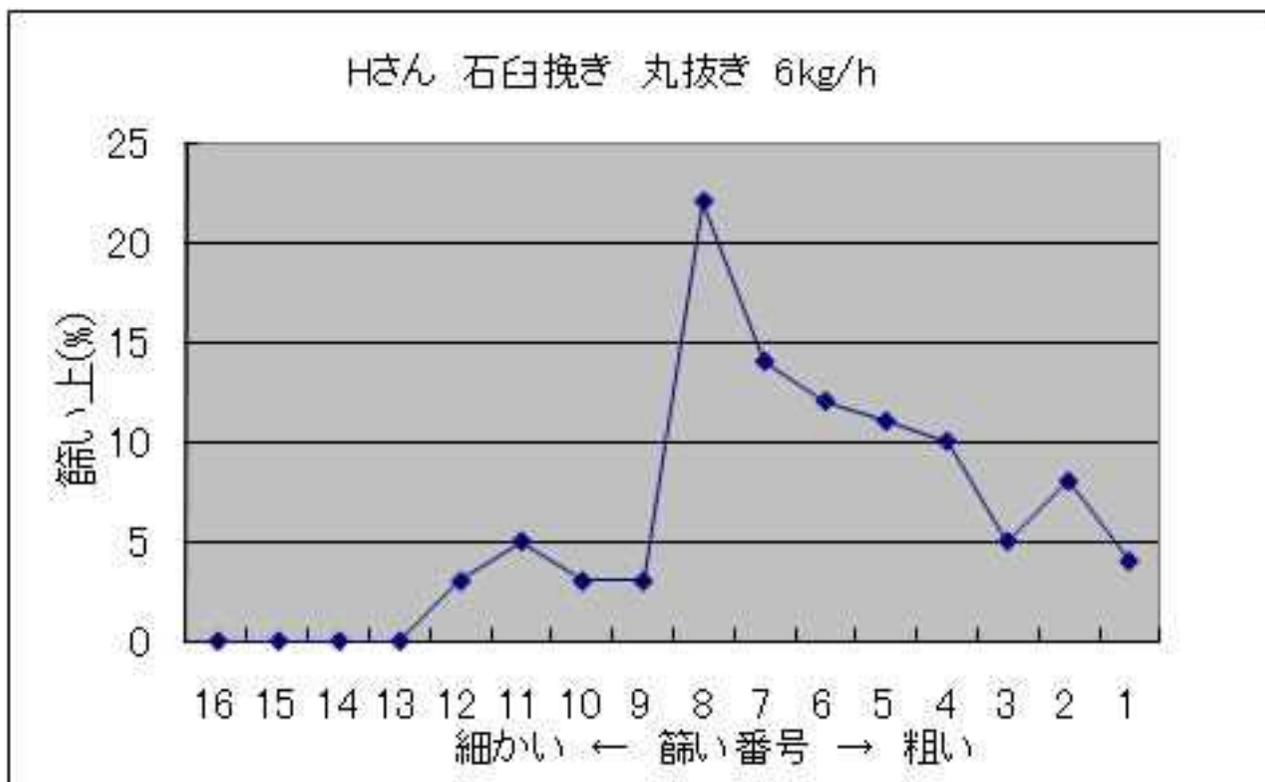
硬質小麦からつくられる強力粉はどちらかという粗く、軟質小麦からの薄力粉は細かい。中力粉はその中間である。

# そば粉の粒子の大きさ (出典)Web記事



今は幻となった秋田本荘の石碾屋さんの粗碾き粉石臼にこだわり、一回碾きであるにも関わらずバランスの良い粉にしている。

# そば粉の粒子の大きさ (出典)Web記事



石臼で6kg/h投入量で碾いた場合の粒度分布8番の篩上の粉(250~300 $\mu$ )が多く見られるがこれは石臼の個々の特性によると思われる。

(出典)農林総合研究センター(農業試験場)  
石川県農林水産研究成果集報 第19号 (2017)

## プラズマ処理によるそば粉の殺菌効果

### 1 背景・目的

そば粉など粉の食品素材の粒子表面の殺菌は、加熱殺菌での熱による変質や紫外線殺菌での粒子の重なり等の遮蔽により、従来の殺菌法では殺菌が不十分になる問題がある。

そこで、大気を高電圧処理(プラズマ処理)すると殺菌効果を持つ活性ガスが生成されることを利用して、そば粉の殺菌効果を確認する。

(出典)農林総合研究センター(農業試験場)  
石川県農林水産研究成果集報 第19号 (2017)

## 2 技術のポイント

- (1) そば粉を殺菌処理容器に入れ、ヘリウムガスあるいは、ヘリウム99%と酸素1%の混合ガスを流しながら1万5千ボルトを23マイクロ秒通電するプラズマ処理を100マイクロ秒間隔で5分間行う(図1)。
- (2) ヘリウムガス、混合ガスともにプラズマ処理することで生菌数が1/100に減少し、そば粉が殺菌できる(図2)。
- (3) プラズマ処理してもそば粉のデンプンは殆ど変質しない(図3)。

## 3 成果の活用と残された問題点

- (1) 米粉、小麦粉などの殺菌にも利用が期待できる。
- (2) 実用化には、粉を流しながら連続処理できる装置が必要である。

(出典)群馬大学大学院、稲田茂昭:研究成果普及計画書、低温プラズマ照射による香辛料の無毒性滅菌(助成年度 平成17年)

## 1. 研究課題・内容の主旨

外食産業で使われる大部分の香辛料は、熱帯、亜熱帯地方に位置する発展途上国からの輸入に依存している。現地での製造は微生物汚染防止等の対策を講じてなく、土壌由来の微生物やダニ及び害虫等の混入が不可避の状況にある。

本研究は、10～100Torr程度の真空度で発生する低温プラズマで、香辛料、スパイス、ハーブ等をその品質(風味、食味、見た目、香り)を損なうことなく、ドライの状態で、安全性のもとに、確実に滅菌を行うものである。

## 2. 研究成果のアピール・ポイント

黒ゴマの表面に付着している微生物(一般生菌、大腸菌群、真菌、低温細菌)を低減するには、窒素プラズマより、酸素プラズマの方が殺菌効果が大きいことが判明した。

(出典)群馬大学大学院、稲田茂昭:研究成果普及計画書、低温プラズマ照射による香辛料の無毒性滅菌(助成年度 平成17年)

### 3. 研究成果に対する進捗及びその発展性

特許出願番号:特願2005-164425. 低温プラズマ殺菌方法及び装置

### 4. 研究成果に対する活用と今後の展望

食品及び香辛料の殺菌方法として、放射線や殺菌剤を使用することなく、また加熱や水洗浄による品質の損傷を起こすことのない安全な低温プラズマ法の優れた効果を活用し、食の安全性を確保する必要がある

プラズマ殺菌装置としては、冷蔵庫や洗濯機程度にコンパクト化し、また、**量産処理を可能とするため、プラズマ反応容器内に攪拌装置を備える必要がある。**

(出典)農林水産技術会議ホームページ  
ガスプラズマを用いた農産物の殺菌・消毒法の開発  
研究統括者:琉球大学 作道章一、研究期間:平成23年平成27年

## 1 研究の背景・目的・目標

農産物の長距離輸送や貯蔵の際、カビや細菌の繁殖が問題となる。しかし、我が国では収穫後に殺菌・消毒を行う有効な方法がない。このため、農産物を安全に殺菌・消毒できる技術が求められている。本研究では、窒素等の不活性ガス中で発生させたガスプラズマで処理することで、安全で効率的に農産物の殺菌・消毒を行う方法を開発する。これにより、安全な食品の供給に資することを目的とする。

## 2 研究の内容・主要な成果

- (1) 連続的に殺菌可能なプラズマ殺菌装置(ローラーコンベア型装置、種子用装置)を開発した。
- (2) 細菌、ウイルス、カビなど広範な病原体へのプラズマ殺菌の有効性を証明した。
- (3) 装置からのOHラジカル/Hラジカル発生と病原体の酸化修飾を確認し、プラズマ殺菌機構における酸化ストレスの重要性を明らかにした。
- (4) アフラトキシンB<sub>1</sub>や志賀毒素(VT-1、VT-2)がプラズマ照射で分解できることを明らかにした。
- (5) プラズマ処理では、加工処理で発生しやすい発がん物質の生成がほとんどないことを実証した。

(出典)農林水産技術会議  
ガスプラズマを用いた農産物の殺菌・消毒法の開発  
研究統括者:琉球大学 作道章一、研究期間:平成23年平成27年

### 3 今後の展開方向、見込まれる波及効果

- (1) 食品産業が求める、安全でかつコスト面でも優れた新しい高度殺菌・消毒技術の開発につながる。
- (2) 消費者の食の安全に対する意識の高まりに伴い強く求められている、確実な殺菌・消毒法の構築に必要な基盤技術となる。
- (3) 本技術の発展により、農薬を使用せずに長期貯蔵や長期輸送が可能になり、食の安全・安心への貢献が期待できる。

### 4 開発した技術・成果が活用されることによる国民生活への貢献

- (1) 輸送や貯蔵中におこる微生物由来の食品変質を抑制することができ、消費者へ質の高い農産物を供給できる。
- (2) 微生物汚染による農産物の生産・加工過程におけるロスを少なくすることができ、消費者の満足度の高い安全で高品質かつ安価な農産物が容易に手に入るようになる。

(出典)FOOMA JAPAN 2017 ホームページ(国際食品工業展)  
低温プラズマによる殺菌効果及び生鮮麺における応用

## 研究機関名

中国天津科技大学 食品工程及び生物技術学院 食品加工及び保鮮研究室

## 代表者 陳 野

## 本研究の主旨

食品および食品加工などの分野において、殺菌技術は消費者にとって豊かで安心できる食生活を送る上でなくてはならないものであり、生鮮加工食品を人体に対して安全に殺菌できる技術が求められている。

低温プラズマ殺菌法はドライ低温状態下での殺菌処理を行うことが可能であり、既存の殺菌処理(洗浄、加熱乾燥、紫外線など)を施したものと比べ、食品の保存期間が延長できることは十分に考えられる。

また、低温プラズマ殺菌法は、防腐剤を使用する殺菌法と比較すると、殺菌処理後に生じる化学物質の残留物が全くないため、人体や環境に対して悪影響を及ぼすことはない。

低温プラズマ殺菌法は高い殺菌効果、高い安全性(無毒性、環境に優しい)、広い適用範囲など多くの長所を兼ね備えた殺菌法である。

本研究は、殺菌に低温プラズマを用いることで、安全な生鮮加工食品の供給に寄与する技術開発を目的としている。

(出典)FOOMA JAPAN2017ホームページ(国際食品工業展)  
低温プラズマによる殺菌効果及び生鮮麺における応用

研究機関名

中国天津科技大学 食品工程及び生物技術学院 食品加工及び保鮮研究室

代表者 陳 野

本研究の主旨(続)

本研究では、まず、低温プラズマを利用して、食品を腐敗させたり品質を劣化させたりする細菌や真菌、バクテリアなどの微生物に対して殺菌効果を確認している。更に、低温プラズマ技術の応用において、生鮮麺を対象として低温プラズマ殺菌試験が行っている。

生鮮面片をプラズマ処理した後、コロニー総数は低下傾向にあった。カビの総数も基本的に減少傾向にあり、特に貯蔵初期、殺菌効果が明らかにして、カビが検出されていなかった。

処理時間の増加や電極間隔の減少につれて、低温プラズマは大腸菌、黄色ブドウ球菌、サルモネラ菌、カビの殺菌効果が明らかに強めて、殺菌率はほぼが99%となっている。

プラズマ処理した生鮮面片を保存する過程において、カビ数はやや高く上がり、プラズマ処理で亜致死状態になっている可能性があることが可能となる、保存するとともなって、真菌に対しての殺菌効果はいっそう明らかになる。

だから、低温离子体殺菌技術が生鮮面に対する有効である。また、既存の殺菌に代わる新たな手法として、野菜や果物などの農作物の殺菌毒に留まらず、生鮮食品や加工食品などへの応用も大いに期待できる。

(出典)FOOMA JAPAN2017ホームページ(国際食品工業展)  
低温プラズマによる殺菌効果及び生鮮麺における応用

DBDプラズマ装置

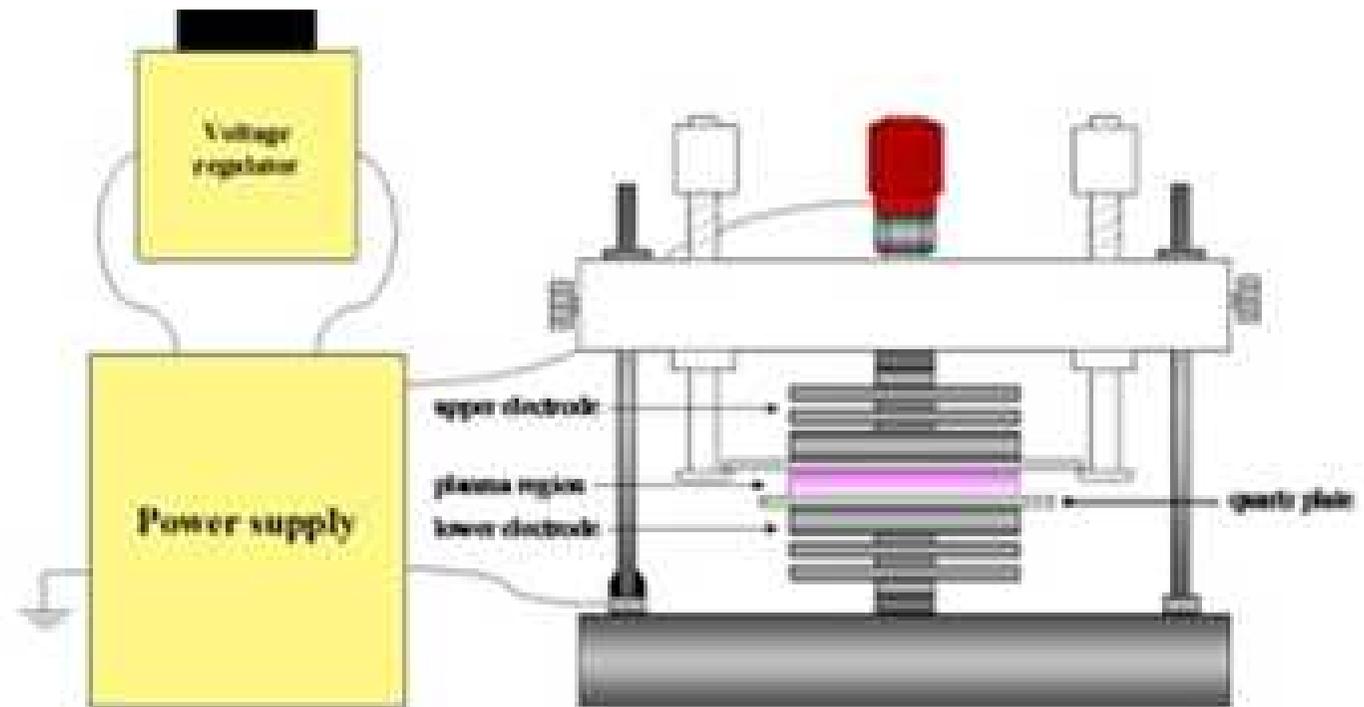


Fig.1 The Schematic view of non-thermal DBD plasma device

(出典)イノベーション社会連携推進機構ホームページ、清水 一男 准教授  
マイクロプラズマによる脱臭・殺菌技術の実用化研究

## 研究の背景と目的

マイクロプラズマを用いて室内空気・製造現場等の悪臭浄化および食

品産業等で問題となる生鮮食品の殺菌や製品加工時の脱臭・殺菌の改善に資する技術の研究開発である。排気ガスなどに含まれる高濃度有害ガス浄化も行っている。

また極めて低電圧なマイクロプラズマを用いることで大気中における静電気障害などの無い表面改質処理も可能である。

(出典)イノベーション社会連携推進機構ホームページ、清水 一男 准教授  
マイクロプラズマによる脱臭・殺菌技術の実用化研究

## セールスポイント

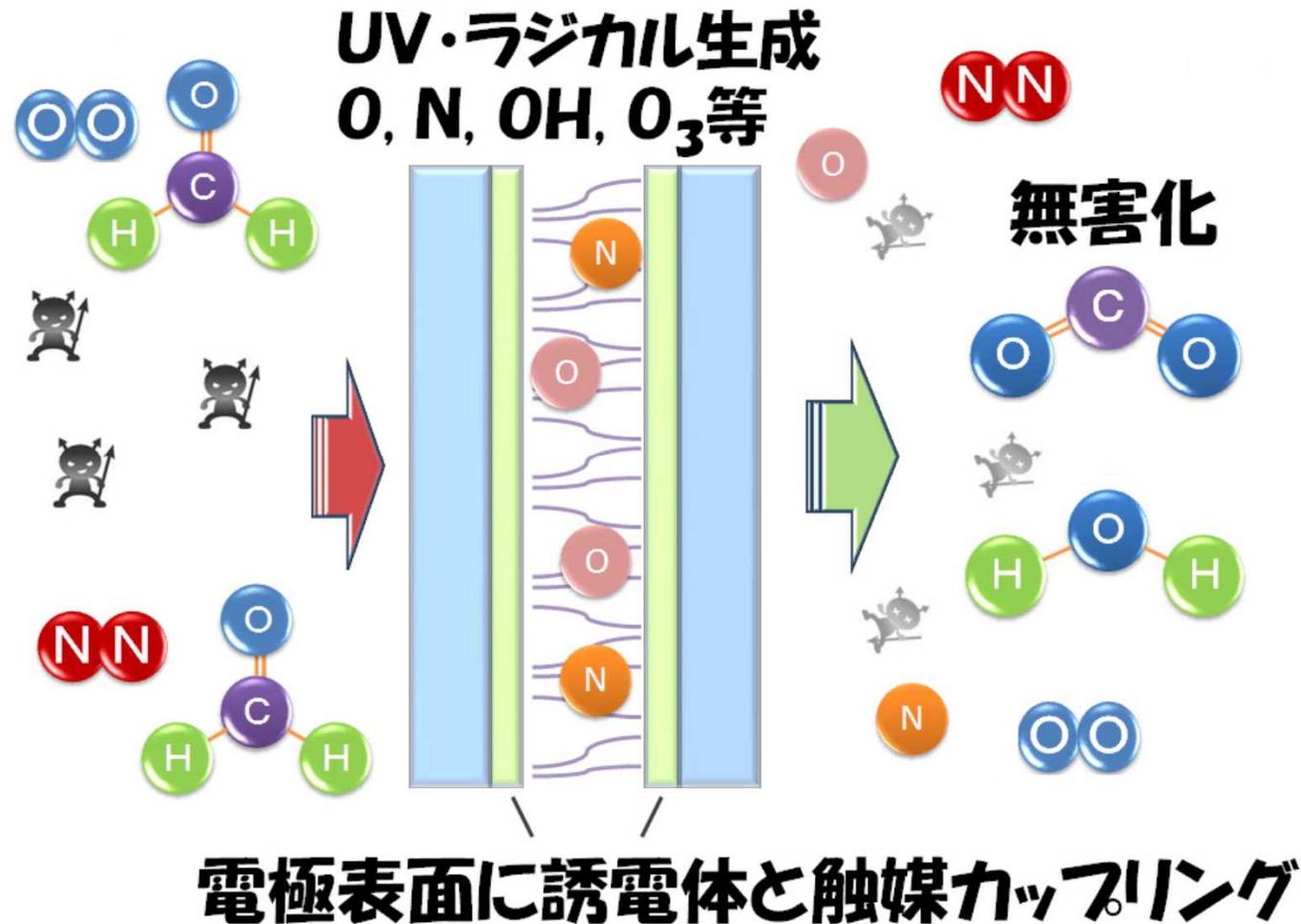
新規研究要素：(世界初あるいは日本初など)

- マイクロギャップなどによるバリア放電。
- 電源の低電圧・低電流化による小型化、低価格化を目指す。
- 有害臭い成分と殺菌プロセスの一括処理。

従来技術との差別化要素・優位性：

- 従来の殺菌、脱臭技術はオゾンによるものが多い。オゾンは酸化力が強い為、脱臭効果は高いが、労働環境には高濃度オゾンが適さない面がある。
- 本技術はオゾンに加えて高電界(108 V/m)とUVによる殺菌、化学反応プロセスを用いるため、効率が低い。
- また基本的にフィルターなどを使用しないため、メンテナンスが容易。コスト安。

(出典)イノベーション社会連携推進機構ホームページ、清水 一男 准教授  
マイクロプラズマによる脱臭・殺菌技術の実用化研究



## (出典)兵庫県COEプログラム推進事業研究結果概要 大気圧水蒸気プラズマを用いた高速安全滅菌技術の開発

### 研究プロジェクトの概要、特色

医療と食品の安全性の問題は世間の関心度が高く、高効率、低コストで高い安全性をもつ滅菌の新技術開発は社会的ニーズが非常に大きい。従来の滅菌装置は装置の大型化、使用ガスの毒性などの問題がある。

その課題解決に向けて、本研究では水蒸気を放電ガスとした大気圧放電プラズマを用いることで、食品素材への適応も可能な安全性の高いクリーンな低温滅菌技術を確立させ、低コスト化を実現した高効率滅菌装置の開発を目指す。

## (出典)兵庫県COEプログラム推進事業研究結果概要 大気圧水蒸気プラズマを用いた高速安全滅菌技術の開発

### 研究の成果

本研究では、加熱による品質損傷の少ない大豆食品への低温殺菌の実現を目的に、安全性の高い大気圧放電プラズマを用いた低コストの新しい滅菌技術の開発を行った。

大気圧プラズマの高効率な生成技術の開発と大豆粉に含まれる菌への適応試験を行い、滅菌の有効性について調べた。

その結果、円筒型特殊電極を用いて高電圧パルス電源による省エネ型の安定な大気圧プラズマ放電を実現した。また、豆腐の原料となる大豆粉への芽胞菌を植え付け、タイベックフィルターシールで包むことで菌が拡散しない状態で照射が可能な独自の検体の作製を行った。

本検体に大気圧プラズマ照射を行った結果、大豆粉が水分で固形化しない条件では滅菌効果を初めて確認することができた。

(出典)秋田産学官ネットワーク、秋田県立大学 杉本 尚哉 教授  
低温プラズマを利用する殺菌処理技術

この研究室では、低温プラズマによる殺菌処理技術について研究を行っている。

大気圧下での低周波放電プラズマは、直径5ミリのガラス管にプラズマ生成用ガスとして主にヘリウムを導入し、ガラス管外部の電極と内部のメッシュ電極との間に周波数が10キロヘルツ程度の低周波電力を印加して図2のようなプラズマジェットを生成し、処理物に照射する。こちらも、前述のバイオリジカルインジケータや培養した納豆菌への照射実験により殺菌効果を確認している。

この技術は、特に農林水産業や食品加工業への応用が期待され、具体的な適用可能例を探索中である。

関連分野への応用に関心のある企業との共同研究を希望する。