

# 大気圧プラズマ殺菌装置の提案

粒状・粉状の食材、野菜等を  
大量に、迅速に、ムラなく、確実に殺菌できる装置を  
提案します。

令和元年12月13日

APT代表

村田正義

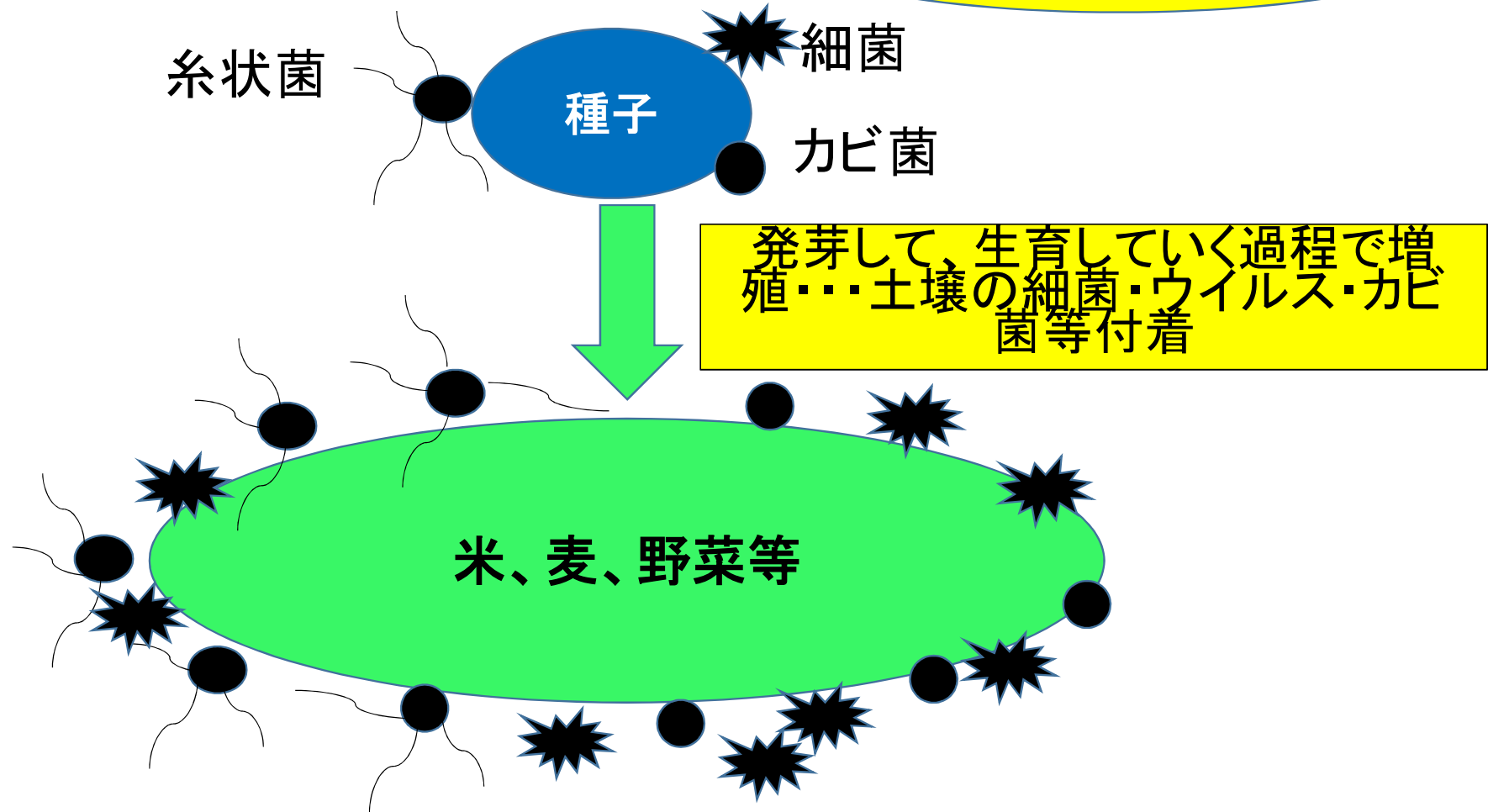
## はじめに

【食品・食材の殺菌／細菌やカビ菌を除去し、食の安全・安心を確保】

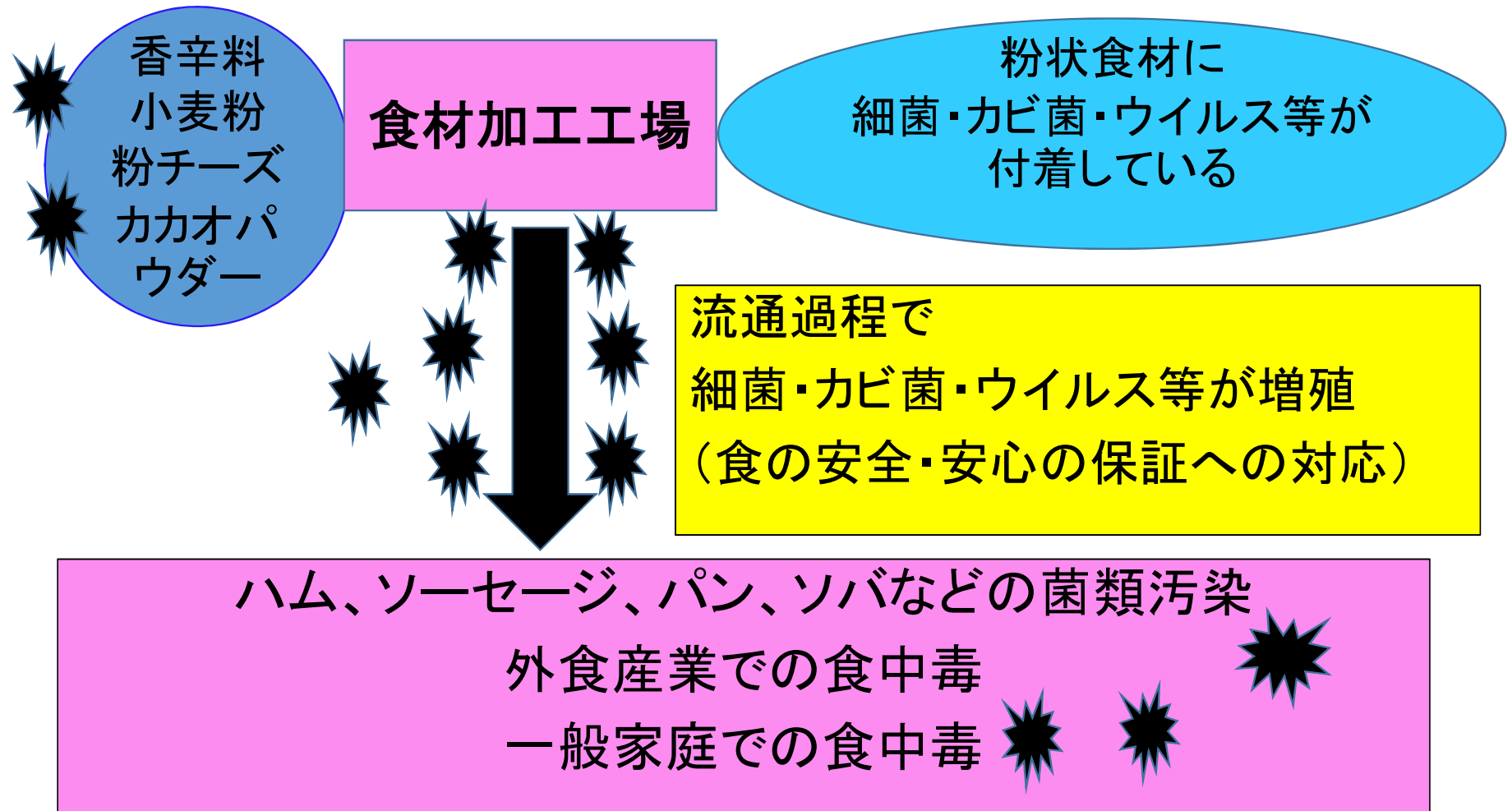
- 農産物は、成長・生育していく過程で、**その土壌に由来する細菌・ウイルス・カビ菌等が増殖し、付着する**。付着した汚染微生物(病原性微生物)は、食品加工の過程で残存し、商品に混入することにより、流通・消費の段階において増殖し、食中毒や商品劣化の大きな要因になっている。
- 従来、食品の殺菌方法は、過熱水蒸気殺菌、薬剤(亜塩素酸ナトリウム)殺菌等が用いられている。しかしながら、熱や薬剤に耐える病原性微生物が残存し、かつ、前者は加熱による食材の品質変化を伴い、後者は残存薬剤の問題を抱えているので、**食の安全・安心を確保できる新たな新規殺菌法の実用化が望まれている**。
- プラズマ殺菌法は、殺菌力が強く、低温で、かつ、ドライの状態での殺菌可能であり、残存薬剤等の心配がない。その実用化普及が望まれる。

種子類の細菌・カビ菌等の問題(ニーズ)

粳米／イモチ病、  
小麦／さび病、など



# 小麦粉・そば粉等粉状食材の細菌・カビ菌・ウイルス等の問題(ニーズ)

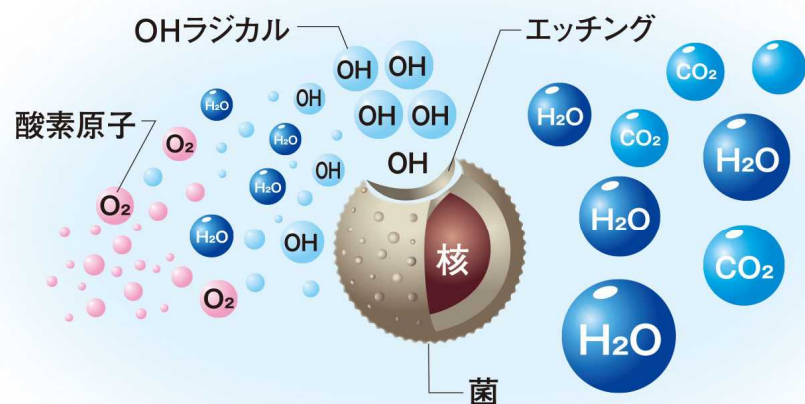


# プラズマ殺菌装置の原理

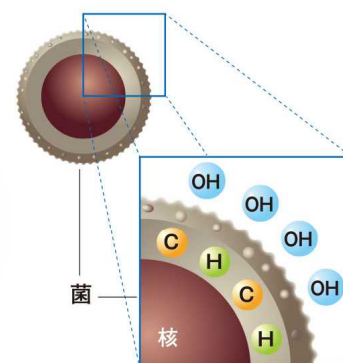
(出典)クメタ製作所HP

## プラズマの力で殺菌力も品質も落とさない

■ 殺菌メカニズムイメージ



■ エッチングのイメージ



1

プラズマ中に存在する高エネルギー電子が分子や原子に衝突すると反応性の高いOHラジカルが生成される

2

OHラジカルが、細菌の表面に附着し、化学反応(エッチング)することにより菌を不活性化させる

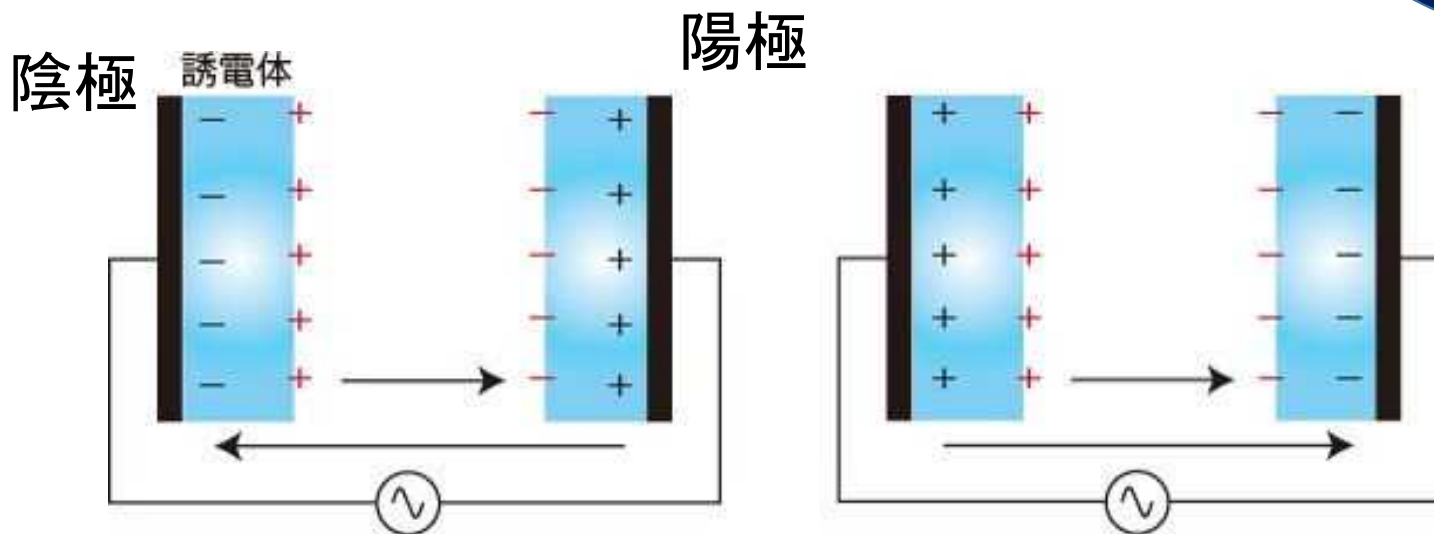
3

OHラジカルは反応後、H<sub>2</sub>OとCO<sub>2</sub>になり大気中へ戻る

大気圧プラズマ発生の原理⇒バリア放電の原理



電極構造は、  
多種多様



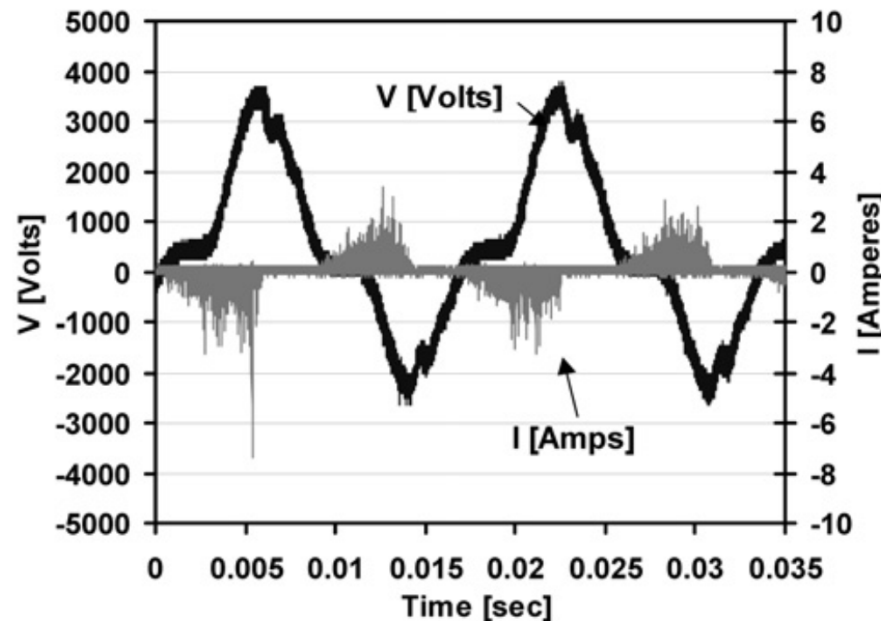
陽極と陰極に交流電圧を印加すると、

陽極に載せた誘電体の表面に負の電荷が蓄積(帯電)し、陰極に載せた誘電体の表面に正の電荷が蓄積(帯電)される。(コンデンサと同じ)。逆サイクルになると、電源の電界と蓄積された電界が同じ向きになり、重ね合わされる。その結果、高電界がかかるので、放電が容易に発生する。放電(電流が流れる)すると、気体分子がプラズマ状態(電子、イオン、発光現象、化学的に活性化)になる。

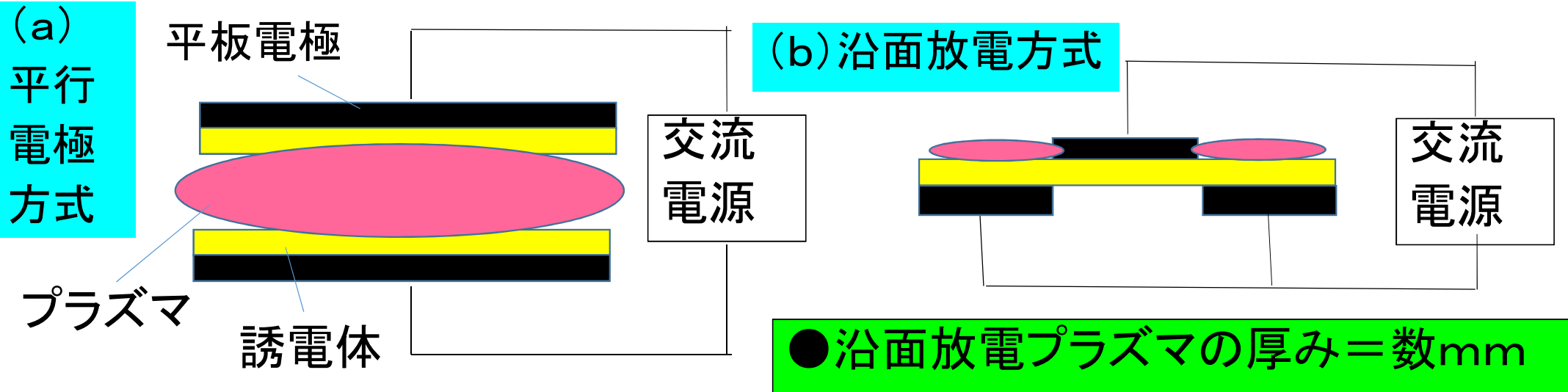
バリア放電はストリーマコロナを安定化させることを目的としたもので、交流電圧を金属間に印加した場合、その金属電極の前面にある誘電体が帯電され、その電荷が局所的に大きくなった場所で電荷は誘電体面で逆電界を形成するために、高電界で発生しているストリーマコロナは制限され、スパークの発生しない放電空間を得ることができる。次の3種類に分類される。

- (a) 平行電極方式 (Parallel Electrode Barrier Discharge / Silent Discharge)
- (b) 沿面放電方式 (Surface Discharge)
- (c) 充填および移動層方式 (Packed Bed Barrier Discharge)

## バリア放電： 電圧－電流波形



# 大気圧プラズマ殺菌装置の代表的プラズマ源及び応用上の制約



(応用上の制約) ● 平行平板電極の間隔＝数mm～8mm程度

- ① プラズマ殺菌処理の容積が狭い(プラズマ容積が小さい) ⇒ プラズマ殺菌処理量は電極面積に依存 ⇒ 大量、迅速な殺菌処理が困難
- ② プラズマパラメータ(電子・イオンの密度等)を制御できない ⇒ プラズマ殺菌の強さ及び効果は、接触時間に依存 ⇒ 大量、迅速な殺菌処理が困難



## プラズマ殺菌装置に関する特許技術の代表例

従来技術の代表例として、代表的な特許装置を2件、紹介する。

1. 再表2016/190436(佐賀大学):プラズマ殺菌装置
2. 特開2019-087395(クメタ製作所、静岡大学):プラズマ生成装置およびプラズマ生成方法

## 特許技術の代表例(1/2) 再表2016/190436(佐賀大学)

### 【特徴】

原料ガス雰囲気下で電極間で電圧印加により生成されるプラズマによって、対象物を殺菌するプラズマ殺菌装置において、

上下方向に隙間を隔てて対向する上部電極及び下部電極から成る対向電極と、前記上部又は下部の電極の中心部から前記隙間に向かって、前記対象物を供給する供給手段と、

前記上部及び下部電極間の外周辺近傍に形成される前記隙間からなる開口状の外周開口部を備え、前記下部電極の中心部から外周辺に向かって転動する前記対象物を当該外周開口部から外部に排出する排出手段と、  
を備え、

前記対向電極の上部電極が、前記供給手段の供給口から前記外周開口部まで連続して形成されることを特徴とするプラズマ殺菌装置。

## 特許技術の代表例(1/2) 再表2016/190436(佐賀大学)

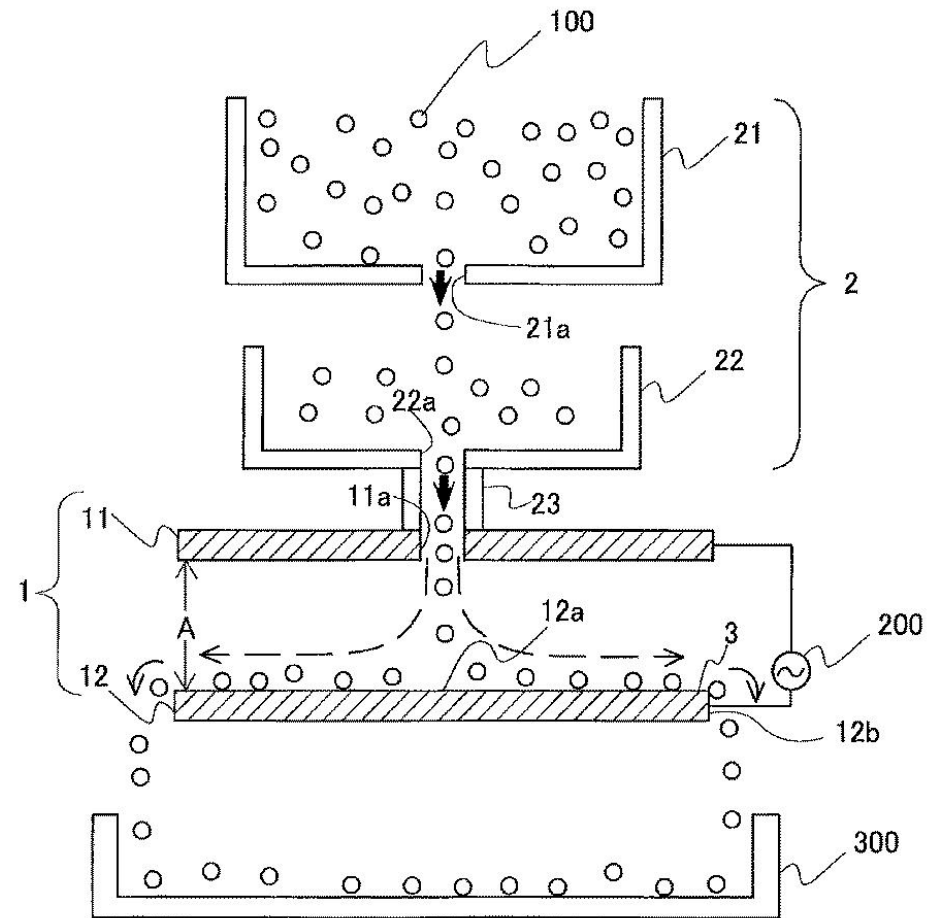
### 【構成】実施形態1

上下方向に隙間Aを隔てて対向する上部電極11及び下部電極12から成る対向電極1と、

前記上部電極11の中心部にある中心排出孔11aから前記隙間Aに向かって、対象物100を供給する供給手段2と、

下部電極12の中心部12aから外周部12bに沿って、対象物100を外部に排出する排出手段3と、

この対向電極1に交流電圧を印加する交流電源200と、排出手段3から排出された対象物100を回収する回収部300とを備える構成である。



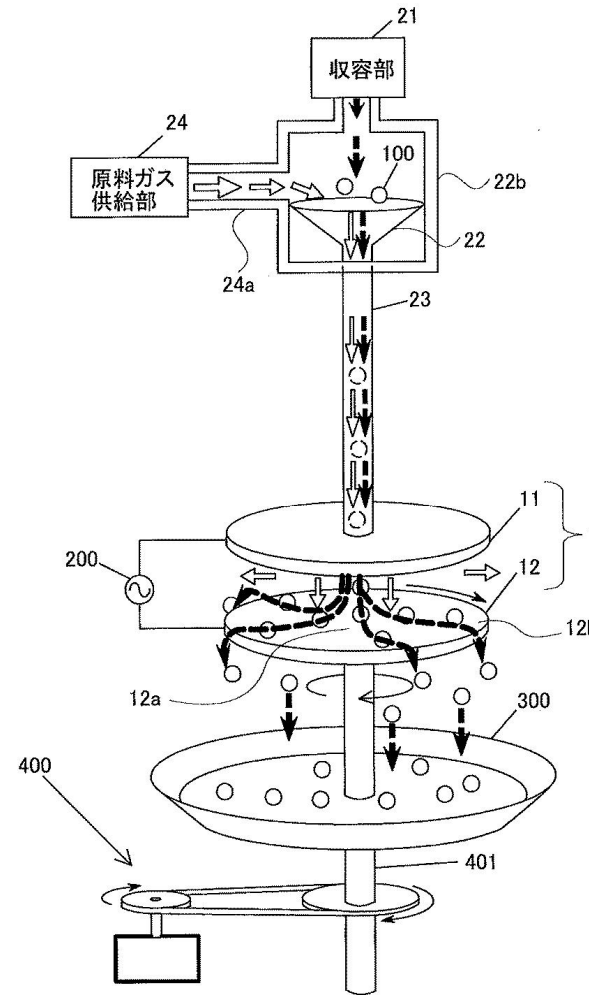
## 特許技術の代表例(1/2) 再表2016/190436(佐賀大学)

### 【構成】実施形態3

前記上下の対向電極1が、共に円板状で形成され、少なくとも前記下部電極12が、円板中心を回転中心として回転して構成され、この下部電極12の回転を駆動させる駆動部400と、

この駆動部400の回転をこの下部電極12に伝播させる下部パイプ401を備える。

また、前記案内内部22がロート状に形成され、前記案内内部22を密閉する密閉容器22bを備える。



## 特許技術の代表例(2/2) 特開2019-087395(クメタ製作所、静岡大学)

### 【特徴】

長尺に延びる導体を誘電体で覆った予備放電電極と、

前記予備放電電極に隣接配置されて同予備放電電極に沿って延びる共通放電電極と、

前記予備放電電極と前記共通放電電極との間に交流電圧を印加して予備プラズマを発生させる予備放電電源と、

前記共通放電電極に対して前記予備放電電極よりも離れた位置に前記共通放電電極および前記予備放電電極にそれぞれ対向した状態で延びる主放電電極と、

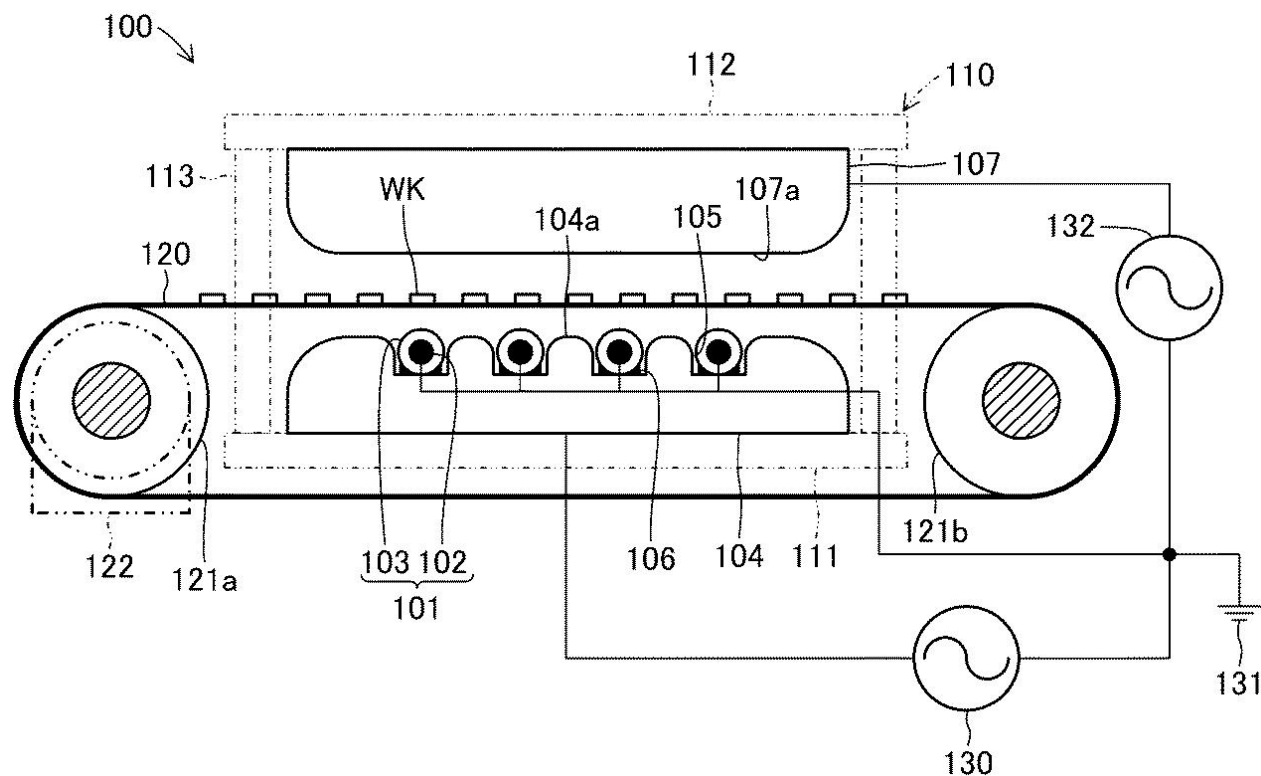
前記主放電電極と前記予備放電電極および前記共通放電電極との間に配置されて前記予備放電電極、前記共通放電電極および前記主放電電極に沿って延びる誘電体からなる主放電用誘電体と、

前記主放電電極と前記共通放電電極との間に交流電圧を印加して主プラズマを発生させる主放電電源とを備えることを特徴とするプラズマ生成装置。



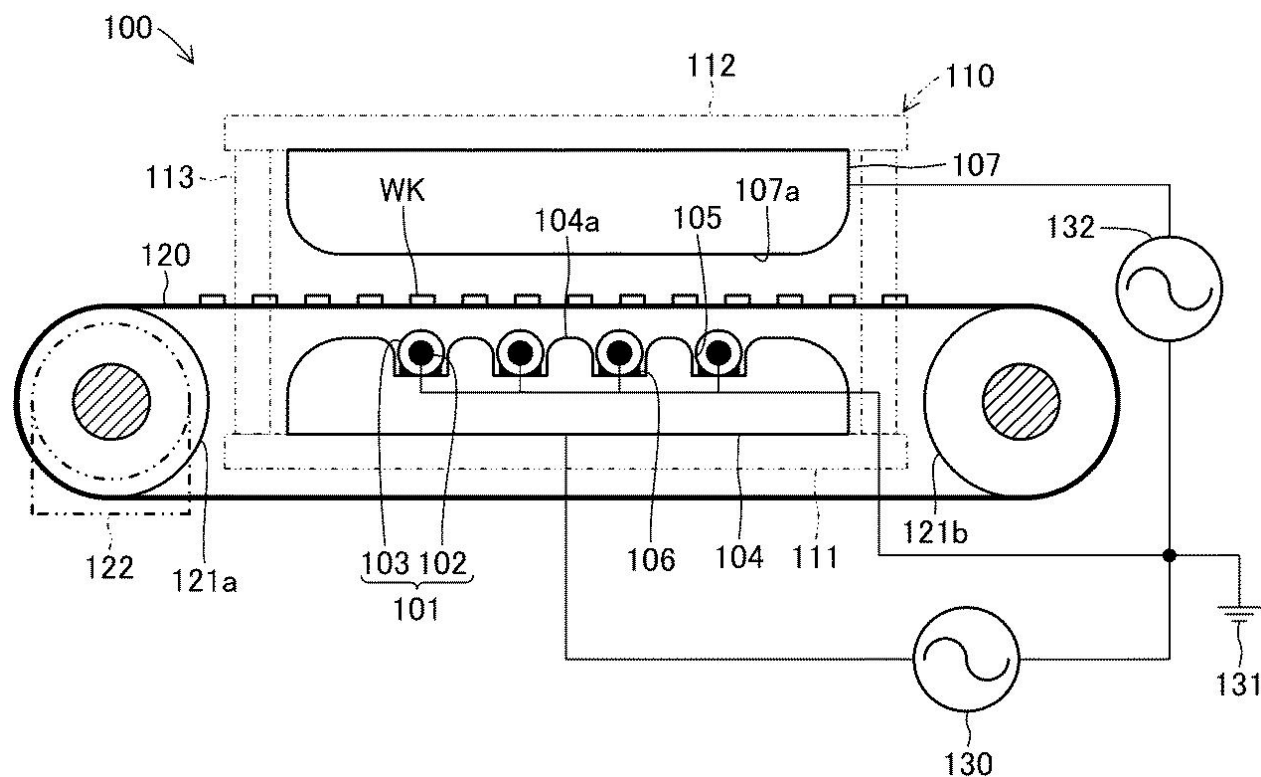
## 特許技術の代表例(2/2) 特開2019-087395(クメタ製作所、静岡大学)

共通放電電極104は、予備放電電極101と対を構成して予備プラズマ $P_p$ を発生させるとともに主放電電極107と対を構成して主プラズマ $P_M$ を発生させるための部品であり、導電性を有する材料を長尺に延ばして形成されている。



## 特許技術の代表例(2/2) 特開2019-087395(クメタ製作所、静岡大学)

主電極対向面104aは、**主放電電極107**に面して主プラズマ $P_M$ を発生させるための部分であり、主放電電極107と平行な平面状に形成されている。この場合、主電極対向面104aは、共通放電電極104の長手方向および同長手方向に直交する幅方向の各端部および電極收容部105が開口する縁部分がそれぞれ丸みを帯びた曲面形状に形成されて局所的な放電が発生すること防止している。





## 特許技術の代表例(2/2) 特開2019-087395(クメタ製作所、静岡大学)

まず、プラズマ生成装置100における予備放電電極101と共通放電電極104との間に予備プラズマ $P_p$ を発生させる。

次に、主放電電極107と共通放電電極104との間に主プラズマ $P_M$ を発生させる。

具体的には、作業者は、プラズマ生成装置100における主放電電源132を操作して主放電電極107と共通放電電極104との間に交流電圧を印加する。この場合、作業者は、主放電電源132を操作して主プラズマ $P_M$ を発生させるために必要な電圧および周波数の交流電圧を出力する。

上記作動説明からも理解できるように、上記実施形態によれば、プラズマ生成装置100は、共通放電電極104に対して予備放電電極101を主放電電極107より近い位置に配置してプラズマガスを電離または活性化し易くして予備プラズマ $P_p$ を発生させることでこの予備プラズマ $P_p$ を起因として共通放電電極104と主放電電極107との間で主プラズマ $P_M$ を発生させているため、プラズマガスの供給構造を必ずしも必要とせず装置構成を簡単化することができる。

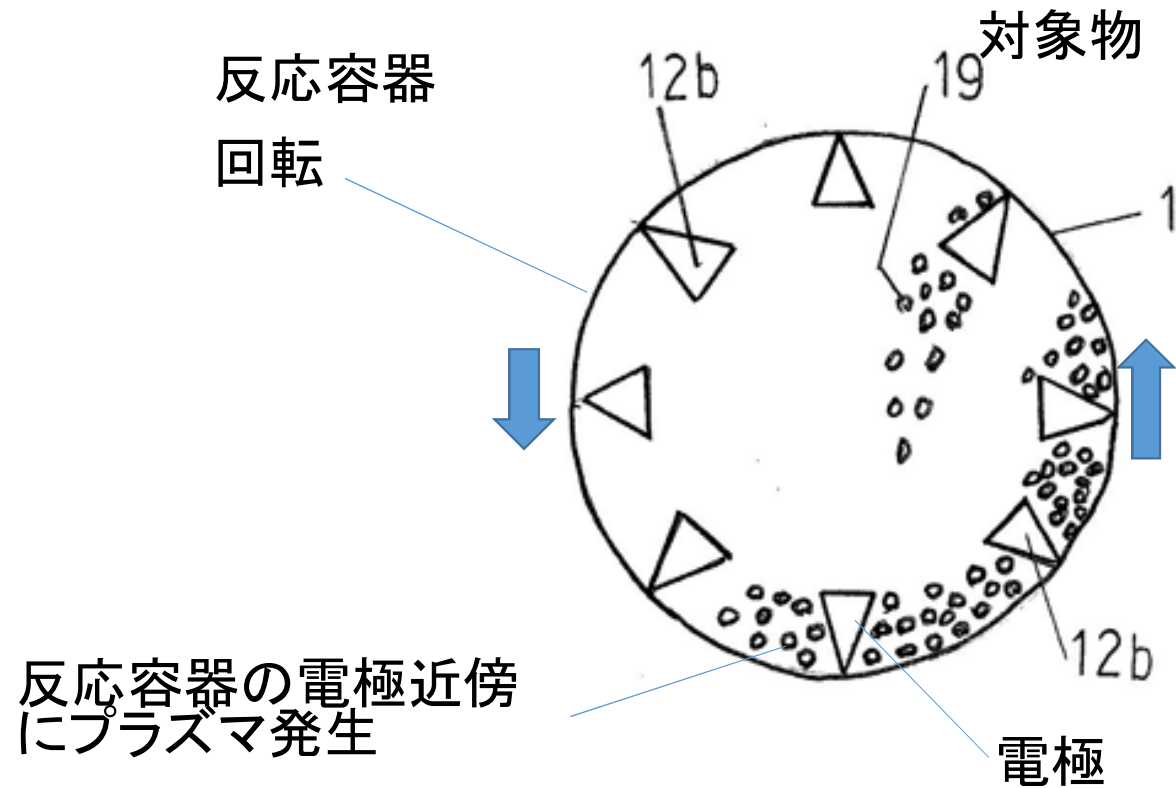
## 先行特許装置の特徴／分析・評価・実用性＝大量、迅速な殺菌処理が困難

	プラズマ発生手段	適用対象物	実用性 (筆者所見)
再表2016/190436 (佐賀大学)	平行平板電極＋電極中央に配置された対象物導入口＋電極周辺に配置された対象物排出口、電極を回転させる 平行平板電極間にプラズマが発生する	米、小麦等の粒状農産物の表面の殺菌	プラズマは、平行平板型電極で発生⇒電極間隔が狭い ⇒ 大量処理は困難。 量産対応に不向き
特開2019-087395 (クメタ製作所、静岡大学)	平板電極＋棒電極(補助電極)＋棒電極側に共通放電電極、 平板と共通電極間に主プラズマが発生し、補助電極周りに補助プラズマが発生する	粉チーズ、胡椒、抹茶パイダー等の粉状食材の殺菌	プラズマは、平行平板電極(主プラズマ)と棒電極(予備プラズマ)で発生 ⇒電極間隔が狭い ⇒ 大量処理は困難。 量産対応に不向き

# 粒状・粉状の食材、カット野菜等を大量に、迅速に、ムラなく、確実に殺菌可能な 大気圧プラズマ殺菌装置の提案

## 【特徴】

- ① バリア放電プラズマ発生手段を備えた反応容器に
- ② 大量の粒状あるいは木片状の処理対象物を投入し、
- ③ 該反応容器を回転させることにより、該対象物を転動・攪拌させながらプラズマ処理する

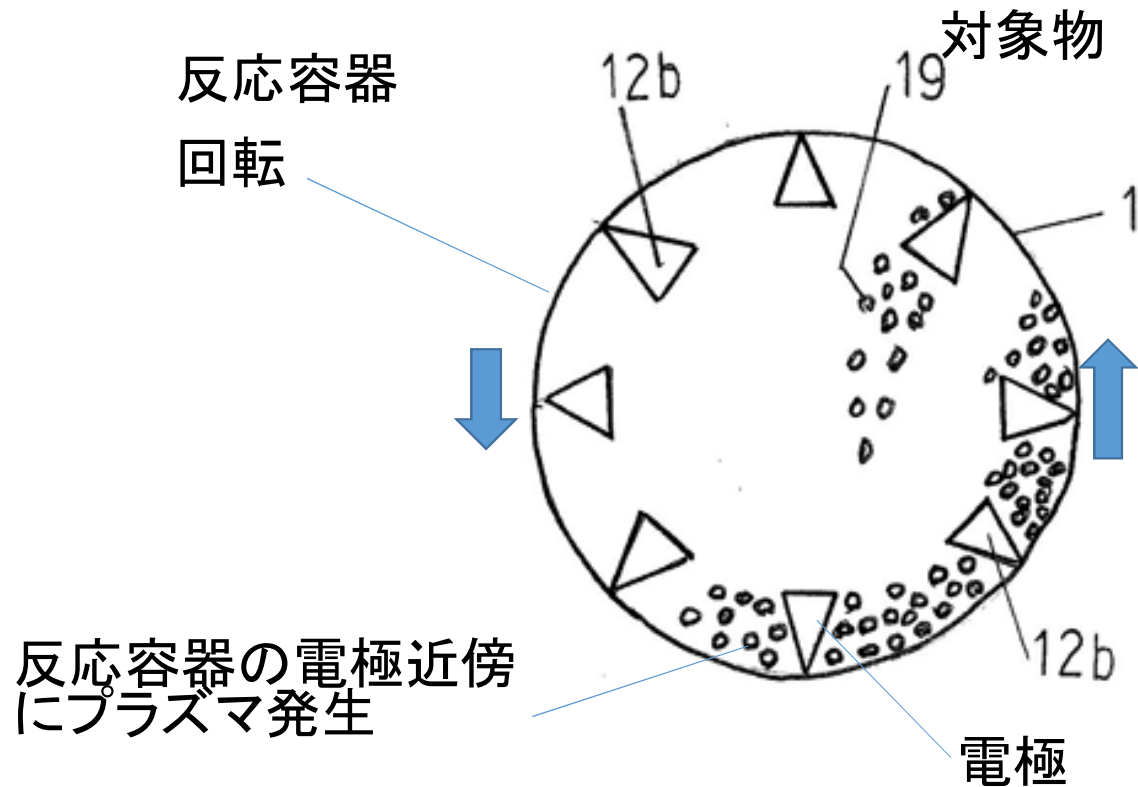


# 粒状・粉状の食材、カット野菜等を大量に、迅速に、ムラなく、確実に殺菌可能な 大気圧プラズマ殺菌装置の提案

## 【特徴】

(a) **プラズマ容積の増大が容易** ⇒ 反応容器の壁面に数多くの電極板を配置(例えば、長尺板に電線を螺旋状に巻いたもの)

(b) **対象物とプラズマの接触時間の増大が容易** ⇒ プラズマ中で対象物を転動、攪拌できるので、効果的な殺菌が可能



# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

反応容器

反応容器の中心線を回転軸に、  
回転させる

矩形型  
三角型  
螺旋型  
線状型など

電極

反応容器の内壁  
近傍に  
プラズマ発生

対象物を  
反応容器の  
回転により  
攪拌する

①プラズマ発生が容易＝電極の形状を任意に選べる

②プラズマ体積の増大が容易＝円筒型反応容器の内壁に多数の電極を配置

③プラズマと対象物の接触効率が高い＝反応容器の回転により、プラズマ領域内で  
対象物を転動・攪拌可能

④装置製作費が安価＝市販の耐熱電線を活用可能

大量の対象物を、迅速に、ムラ無く、確実に、かつ、低コストでプラズマ処理することが可能

## 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

### 【特徴】

食料や飼料に着生する細菌類やカビ菌類やカビ毒等をプラズマで殺菌処理する大気圧プラズマ殺菌処理装置であって、

プラズマ処理対象物を収納する反応容器と、誘電体で被覆された非接地電極と接地電極から成る一対の電極と、前記一対の電極に高電圧の電力を供給してバリア放電プラズマを発生させる交流電源を、具備し、

前記一対の電極は前記反応容器の内部に配置され、前記反応容器は、前記プラズマ処理対象物の投入口と取り出し口を備え、かつ、大気の導入口と排出口を備え、前記反応容器の略中心線を回転軸として回転する回転駆動系を備え、

前記反応容器を前記回転駆動系により回転させて前記プラズマ処理対象物を回転攪拌させながらプラズマ殺菌処理を行うことを特徴とする大気圧プラズマ殺菌処理装置。

# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

## 【発明が解決しようとする課題】

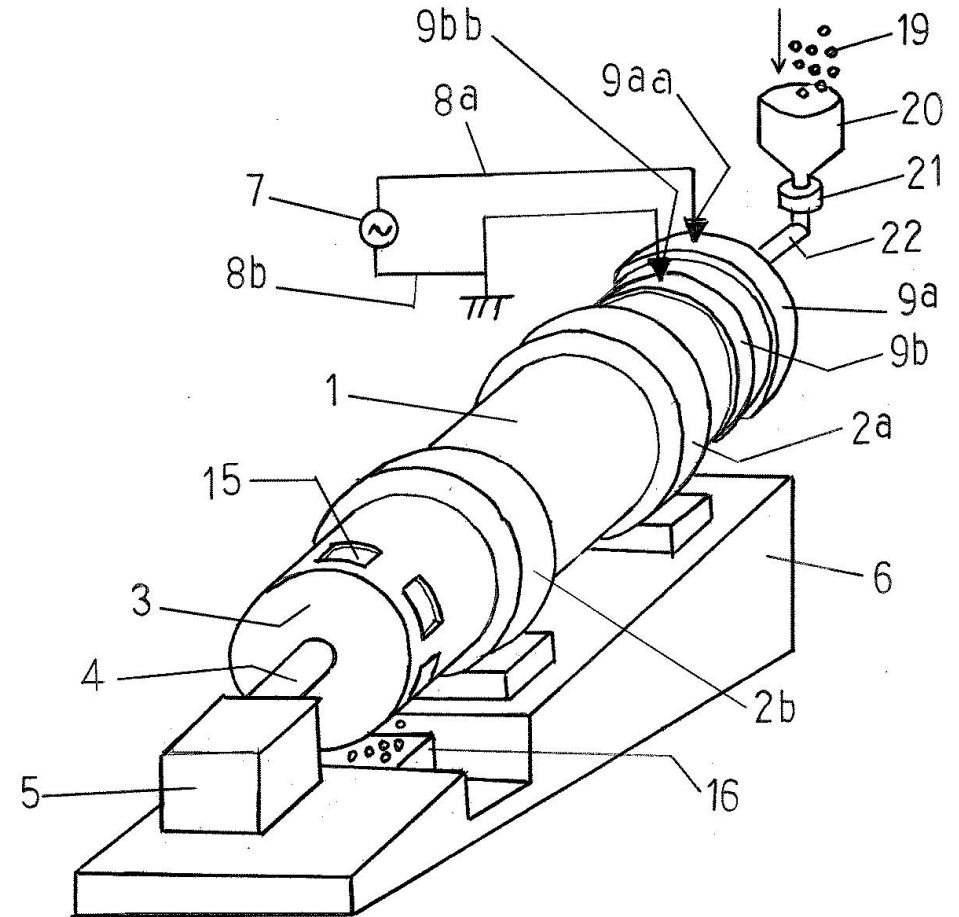
従来の装置は、プラズマ処理対象物を電極の間あるいは載置台の上に静的に設置した状態で、あるいは、載置台を振動させながらプラズマに曝すことにより殺菌処理を行うことから、該処理対象物の全面をプラズマに接触させることが困難という問題がある。その結果、大量の対象物を、迅速に、ムラ無くプラズマ処理することができないという、**実用性に課題がある。**

本発明は、プラズマ殺菌処理に際し、大量の処理対象物を転動攪拌させながら、効果的にプラズマ処理し、かつ、低コスト化を実現することを課題とし、それを解決可能な装置を提供することを目的とする。また、本発明は、米、麦、トウモロコシ、コーヒー豆、落花生、ピスタチオ、アーモンド、カシューナッツ、カカオ豆、胡椒及び唐辛子等の粒状の対象物、あるいは、カット野菜や乾燥果物等をプラズマと効果的に接触させる攪拌機能を備えた大量処理が可能な大気圧プラズマ殺菌処理装置を提供することを目的とする。

# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

## 【構成】実施例1

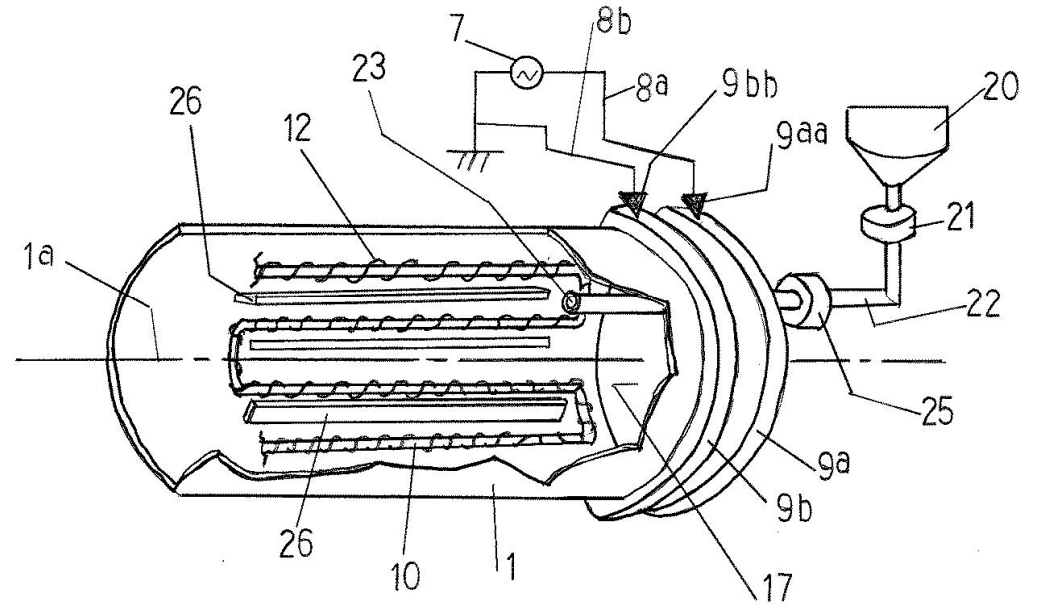
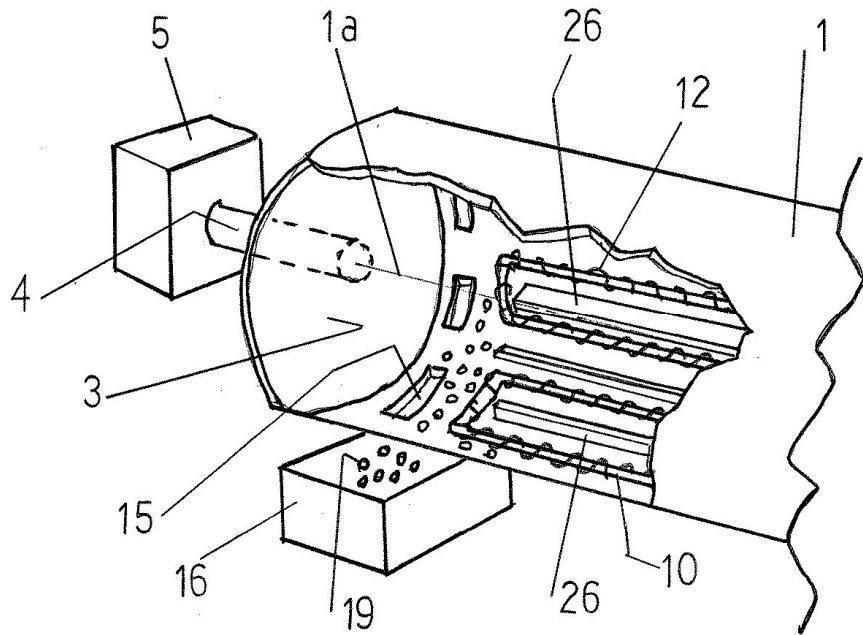
- 1・・・反応容器、
- 2a、2b・・・第1及び第2の反応容器支持用軸受、
- 3・・・反応容器の回転駆動用側板、
- 5・・・回転駆動源、
- 6・・・傾斜台、
- 7・・・交流電源、
- 9a、9b・・・第1及び第2のスリップリング、
- 9aa、9bb・・・第1及び第2のブラシ、
- 10・・・誘電体、
- 11、11a、11b、11c、11d・・・非接地電極、
- 12、12a、12b・・・接地電極、
- 13・・・大気のバリア放電プラズマ、
- 20・・・対象物投入のホッパー、
- 21・・・ローターリバルブ、
- 23・・・投入口、
- 15・・・大気の導入口、対象物の取り出し口、
- 16・・・対象物受け取り箱、
- 17・・・排出口
- 26、26a、26b・・・堰。





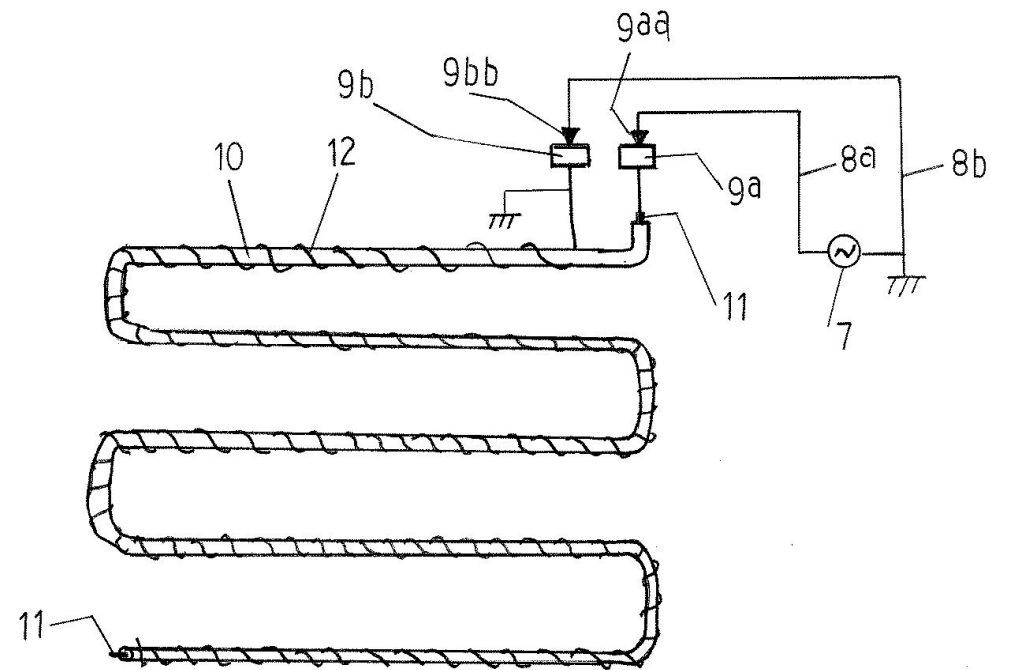
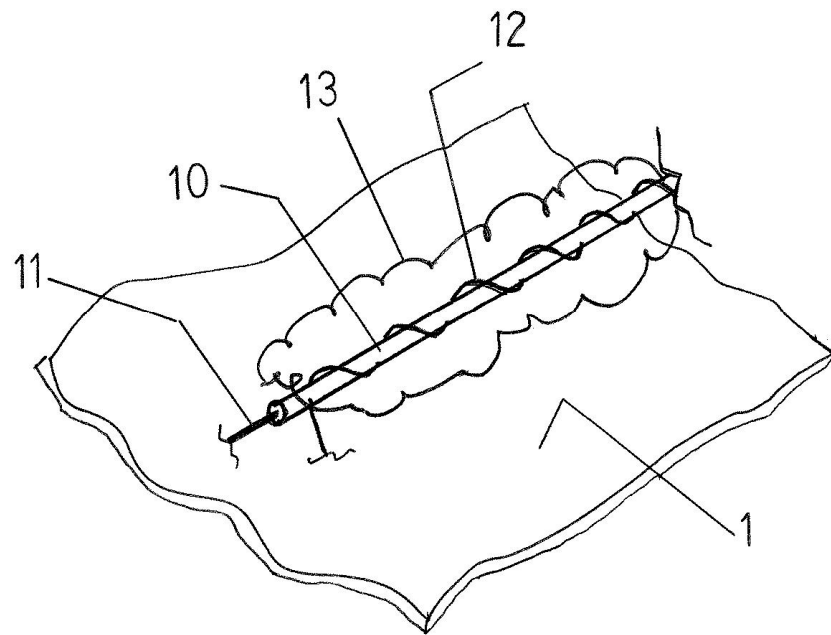
# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

## 【構成】実施例1



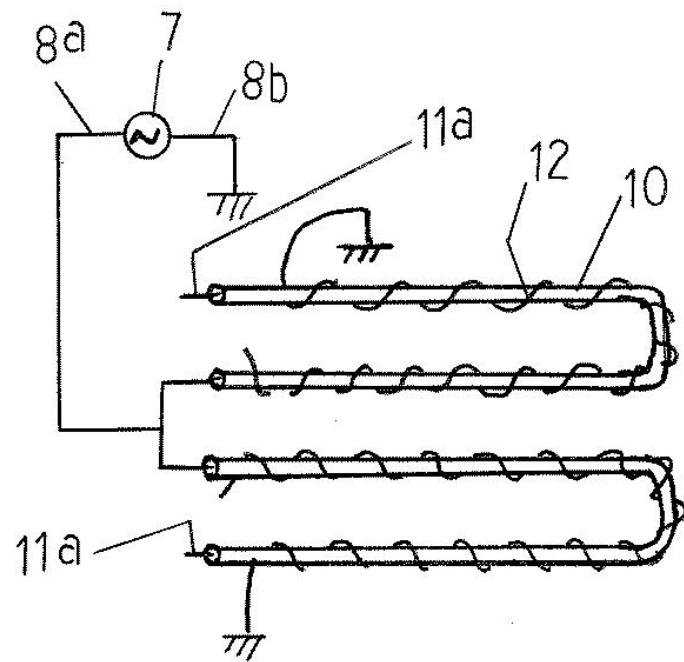
# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

## 【構成】実施例1

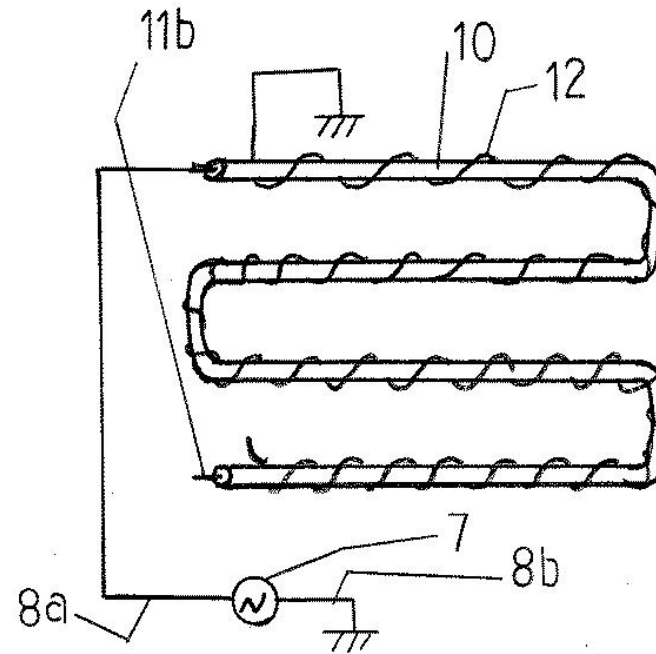


# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

## 【構成】実施例1



(a)



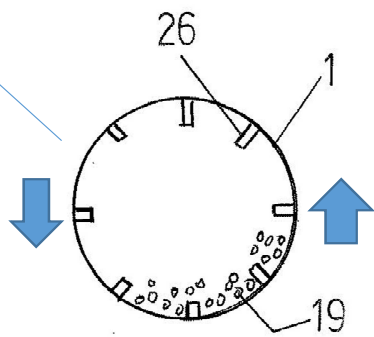
(b)

# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

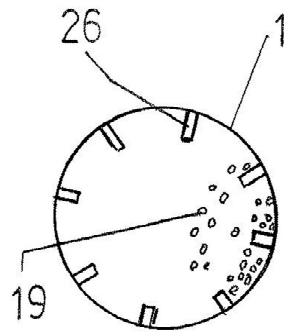
## 【構成】実施例1

反応容器1の内壁に載置された対象物19は、反応容器1の中心線1aを回転軸として回転する反応容器1の内壁と一緒に円周方向にある程度の距離を回転移動するが、図7(a)、(b)、(c)に示されるように、回転の途中で落下するという動的攪拌を受ける。

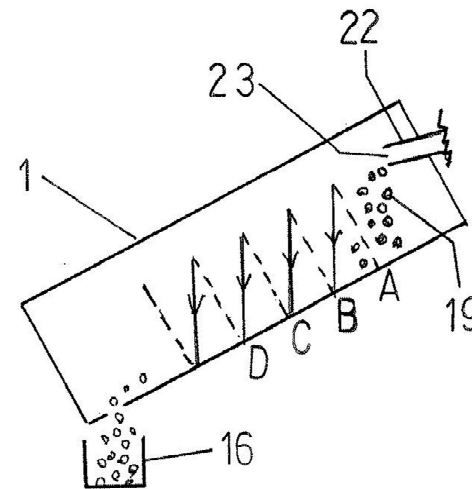
反応容器  
回転



(a)



(b)



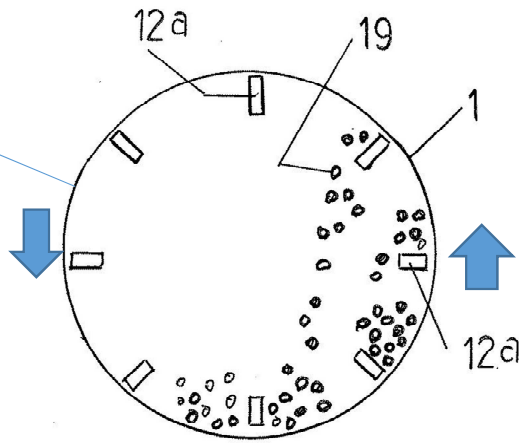
(c)

# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

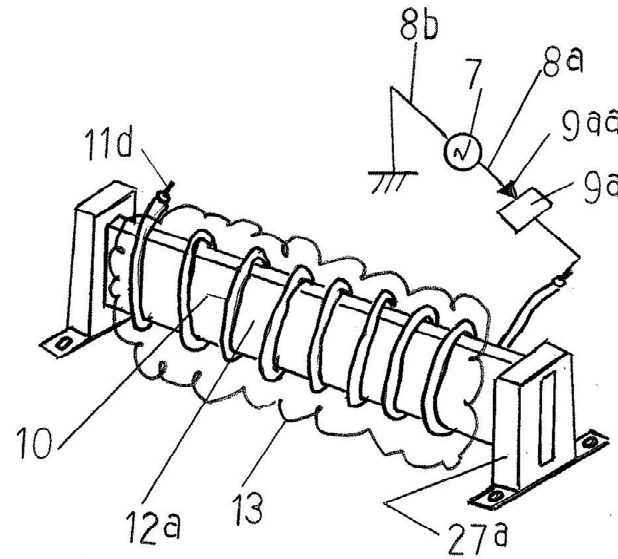
## 【構成】実施例3

(a)は反応容器の断面図、(b)はバリア放電プラズマ発生手段の構成を示す模式的斜視図である。

反応容器  
回転



(a)



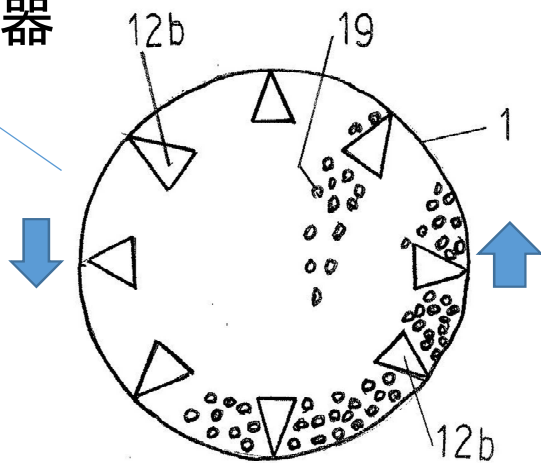
(b)

# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

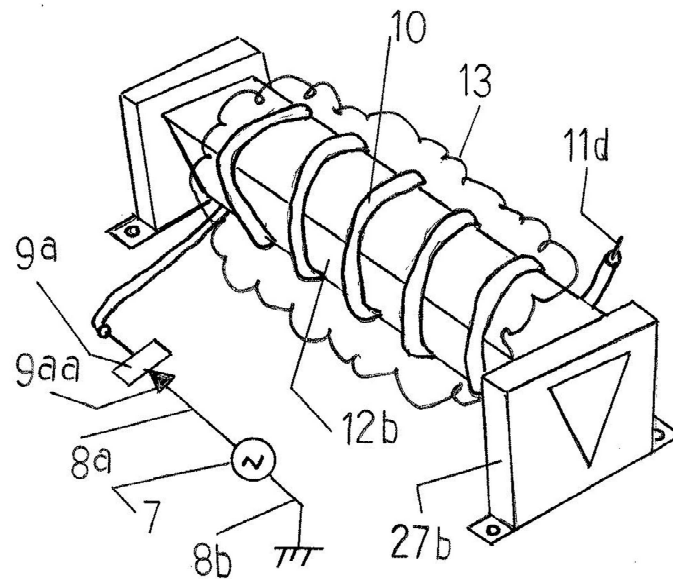
## 【構成】実施例4

(a)は反応容器の断面図、(b)はバリア放電プラズマ発生手段の構成を示す模式的斜視図である。

反応容器  
回転



(a)

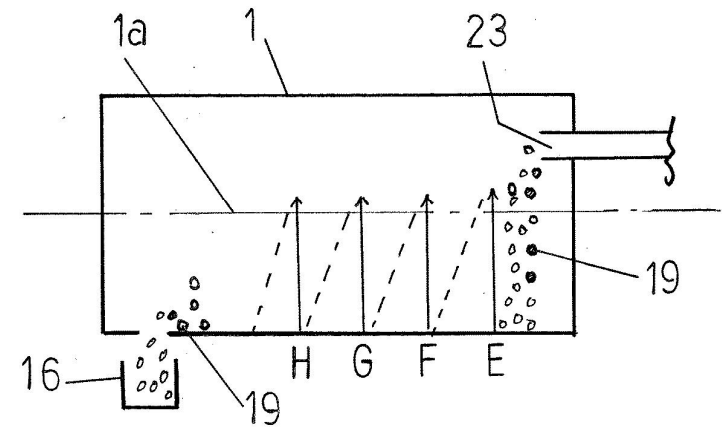
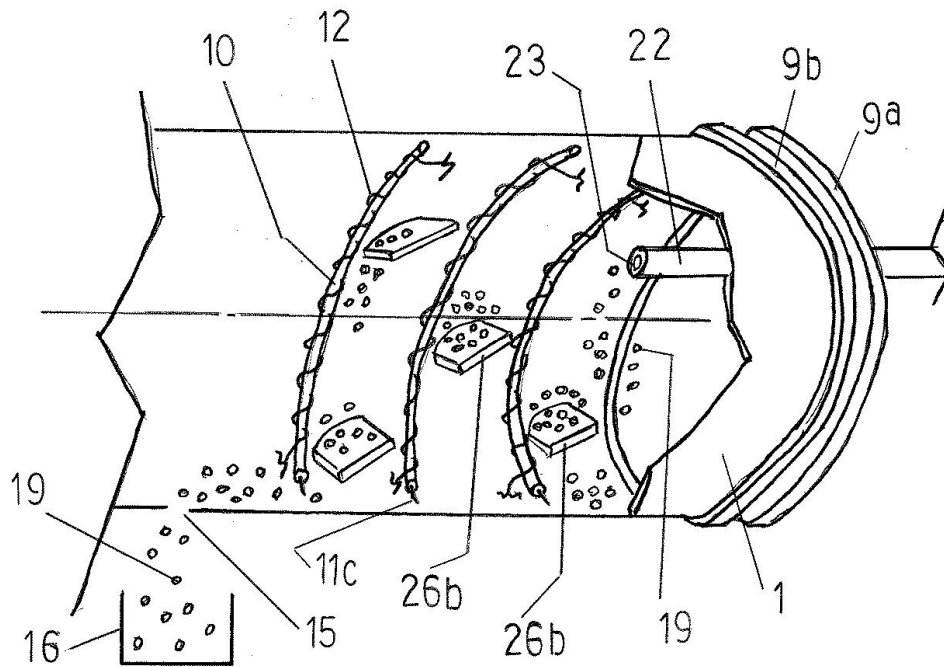


(b)

# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

## 【構成】実施例5

堰26bを傾斜して配置させることにより、対象物19を攪拌しながら移動させることが可能となる。



# 特開2019-209170(村田正義):大気圧プラズマ殺菌処理装置

## 【発明の効果】

従来の装置では、大量の対象物を、迅速に、ムラ無くプラズマ処理することができないという、実用性に課題があるが、

本発明による大気圧プラズマ殺菌処理装置は、その課題を解消可能という効果を奏する。

即ち、本発明による大気圧プラズマ殺菌処理装置は、プラズマ殺菌処理に際し、大量の粒状あるいは木片状の処理対象物を、**バリア放電プラズマ発生手段を備えた反応容器に投入し、該反応容器を回転させることにより該対象物を転動撹拌させながらプラズマ処理するので、**

**迅速に、ムラ無く、かつ、低コストでプラズマ処理することができる、という効果を奏する。**

本発明による大気圧プラズマ殺菌処理装置は、米、麦、トウモロコシ、コーヒー豆、落花生、ピスタチオ、アーモンド、カシューナッツ、カカオ豆、胡椒及び唐辛子等、あるいは、カット野菜や乾燥果物等の切れ切れに加工された食品材料等の殺菌のためのプラズマ処理装置として実用に供することが可能である。その産業上の価値は大きい。



APT保有の大気圧プラズマ殺菌装置に関する出願特許  
特開2019-209170

安全・安心のプラズマ殺菌処理装置の活用  
…プラズマに曝すだけで、殺菌可能。残存薬液・液剤なし

種子の細菌・  
カビ菌  
の殺菌処理

現状  
= 温湯殺菌、  
乾燥殺菌、薬  
液殺菌

粉(香辛料、小  
麦粉、そば粉、  
米粉等)  
の殺菌処理

現状  
= 水蒸気殺菌

乾燥野菜の製  
造工程での殺  
菌

現状  
= 薬液殺菌

輸入米備蓄対策

現状 = 倉庫保管  
設備の温度&湿  
度管理、出荷前  
のサンプル検査

# 特開2019-209170 / 大気圧プラズマ殺菌処理装置

(出願人: 村田正義、発明者: 村田正義)

かび毒

- ① 熱に強く、通常の加工・調理では十分に減少しない
- ② 食品にかび毒が含まれているかどうかは見た目では判らない。
- ③ 食品からかび毒を取り除くことは困難であり、食品を通して微量のかび毒を摂取してしまう可能性がある。
- ④ **かび毒を摂取すると、肝臓障害、肝臓癌、腎臓障害、腎臓ガン等を発症する恐れがある。**

かび毒無害化対策

現状、かび毒が  
着生した農産品は  
廃却処分

プラズマによる殺菌 & かび毒無  
害化の実用化・普及促進  
= 実用装置の創出が課題

生産段階や貯蔵段階において、品  
質保持のため  
対象物を、迅速に、大量にムラ無く、  
プラズマ処理することが可能 ⇒  
実用装置の一つの候補

殺菌対象物／殺菌装置・・・プラズマ殺菌の適用対象：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)・・・現在、検討中

食品殺菌装置の種類

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