

新しい大気圧低温プラズマ装置の開発と 表面処理等への応用



東京工業大学

科学技術創成研究院 未来産業技術研究所

准教授 沖野晃俊

2024年9月3日

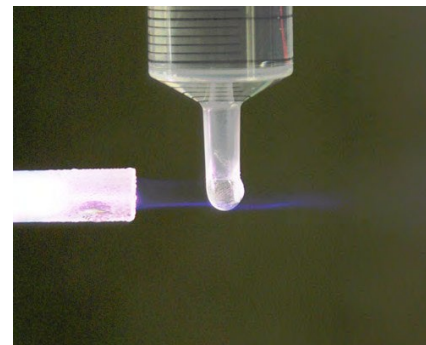
全ページ無断転載禁止です

©2008- Akitoshi Okino, All rights reserved.

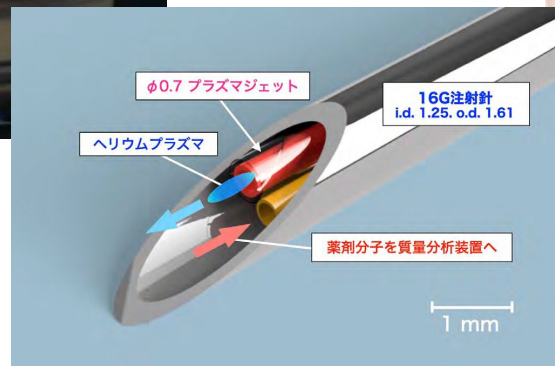
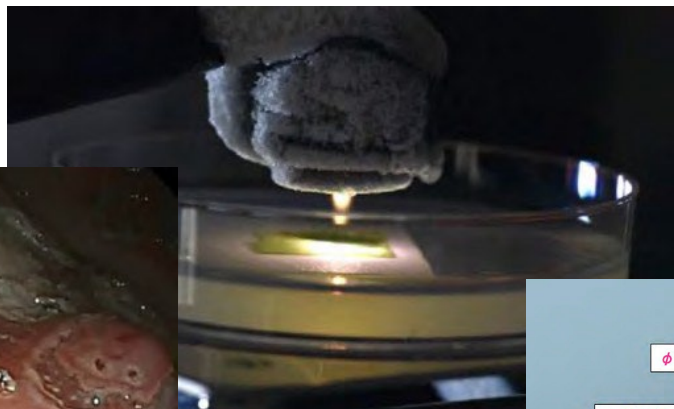
画像や内容は著作権で保護されている場合があります

東工大沖野研の研究内容

1. 新しい大気圧プラズマ装置の開発



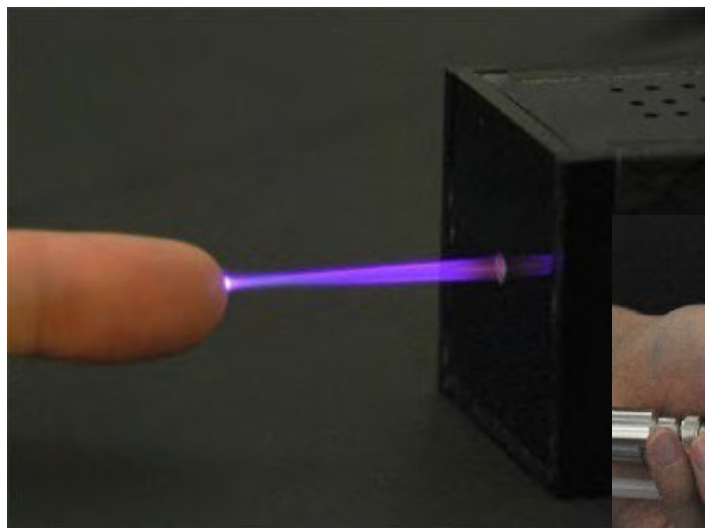
2. 医療・環境・材料分野への応用



3. 生命系分析装置の開発



大気圧低温プラズマ



Takaya Oshita, Hiroaki Kawano, Toshihiro Takamatsu, Hidekazu Miyahara and Akitoshi Okino, IEEE Transaction on Plasma Sciences, 43, 6, pp.1987-1992 (2015).

室温から100°C程度の、さわれるプラズマ

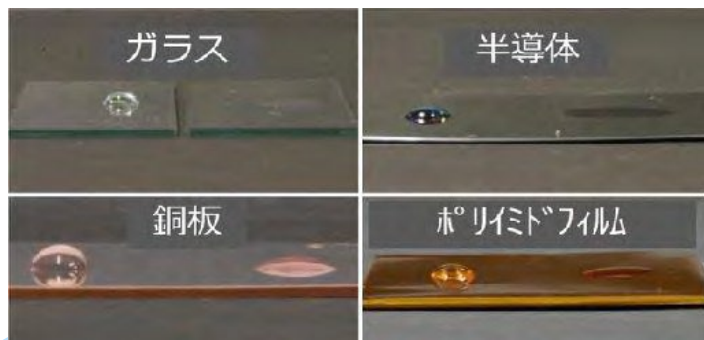


プラスチック、金属、半導体、繊維、紙、生体など、
あらゆる物質へのプラズマ照射が可能



材料はもとより、医療や農業に応用する研究が始まっている

大気圧低温プラズマの応用例



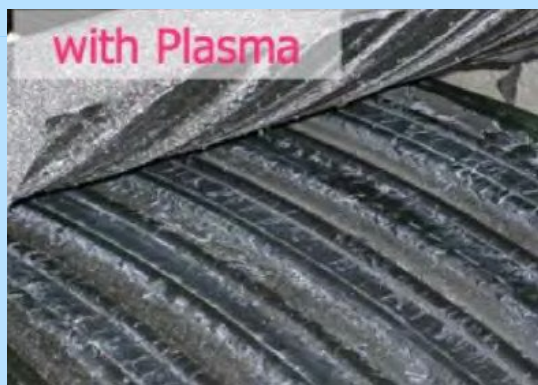
親水化/コーティング



細胞活性化/育成促進



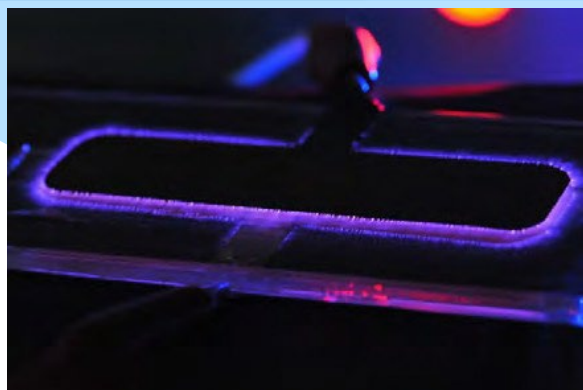
殺菌/ウイルス不活化



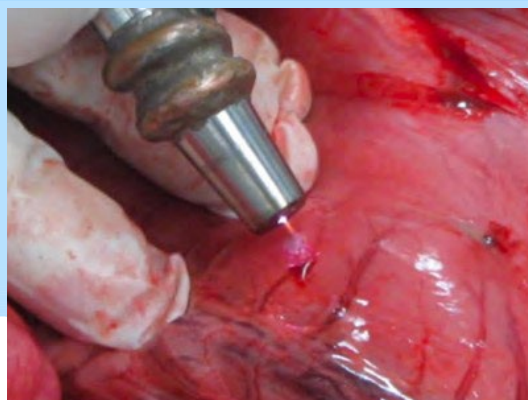
接着性強化

大気圧低温プラズマ

Atmospheric Low
Temperature Plasma



有害物質分解



止血/治癒促進



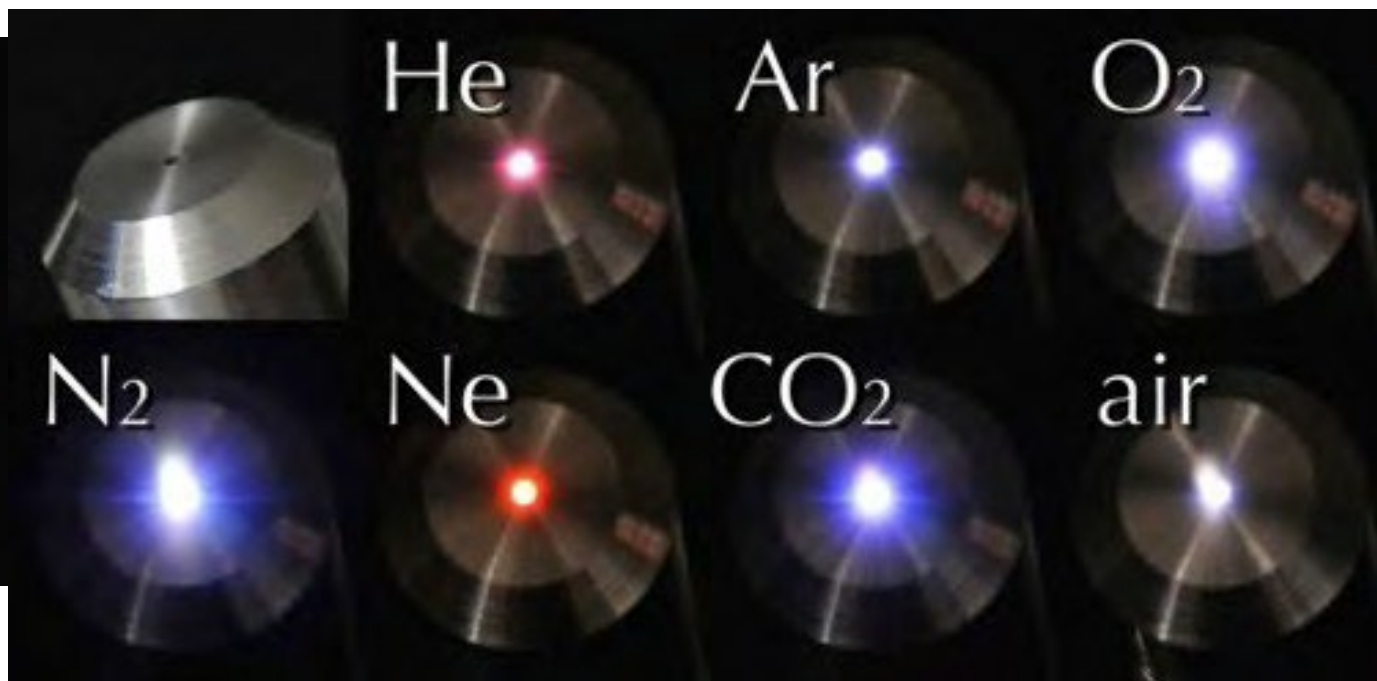
超高感度分析

ヘリウムやアルゴンを用いた低温プラズマの研究が行われているが、
産業応用を考えると、マルチガス化が望まれる

マルチガスプラズマジェット



小型ジェット装置



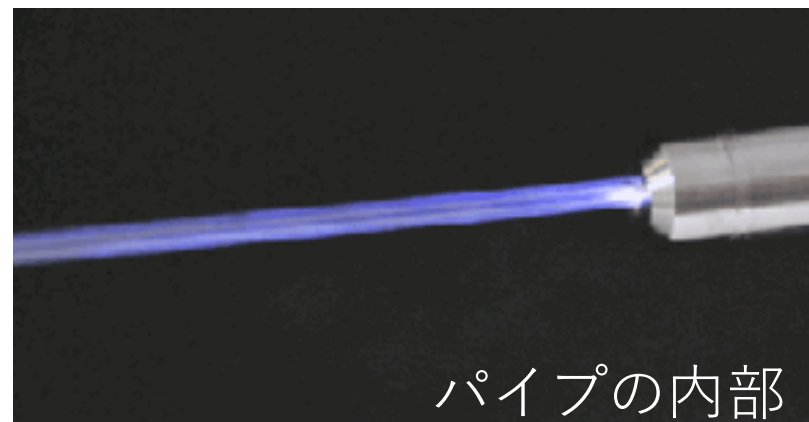
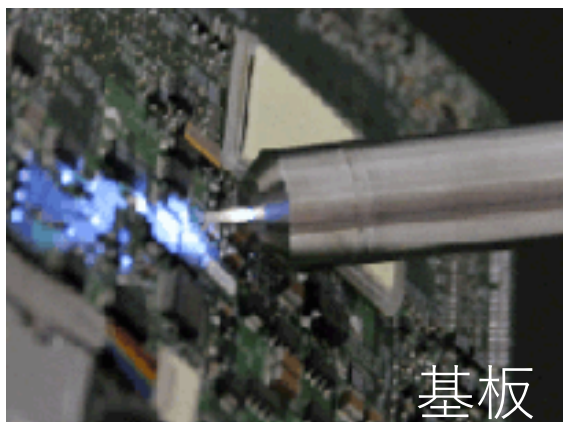
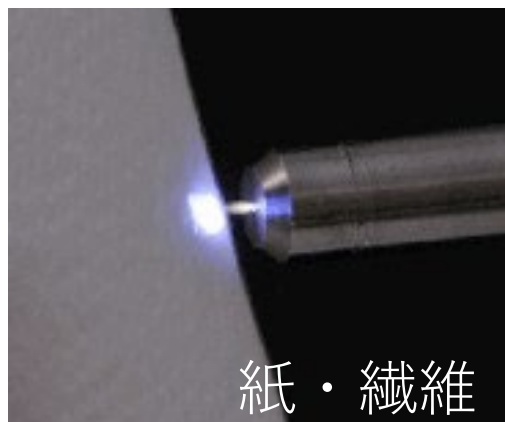
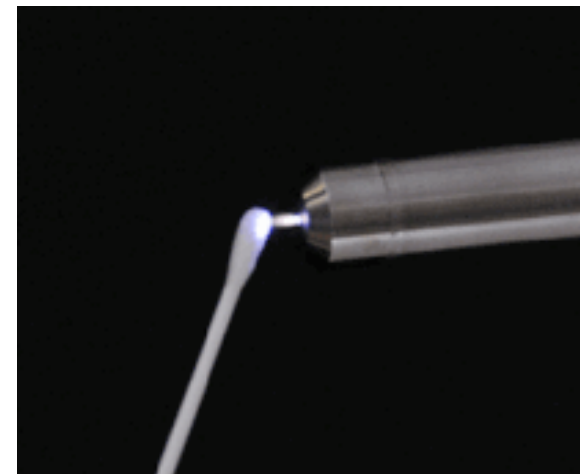
- Flow rate: 5 L/min
- Voltage: 6 kV～
- Power: 6～17 W

- ✓ 低温かつ放電損傷を生じないので、プラスチックや半導体だけでなく、金属、繊維、紙、生体などへの適用が可能
- ✓ ガス種を変えると生成される**活性種が変わる**ので、処理の効果や速度が大きく変わる（ガスの配合が違えば、**全く違うプラズマになる**）

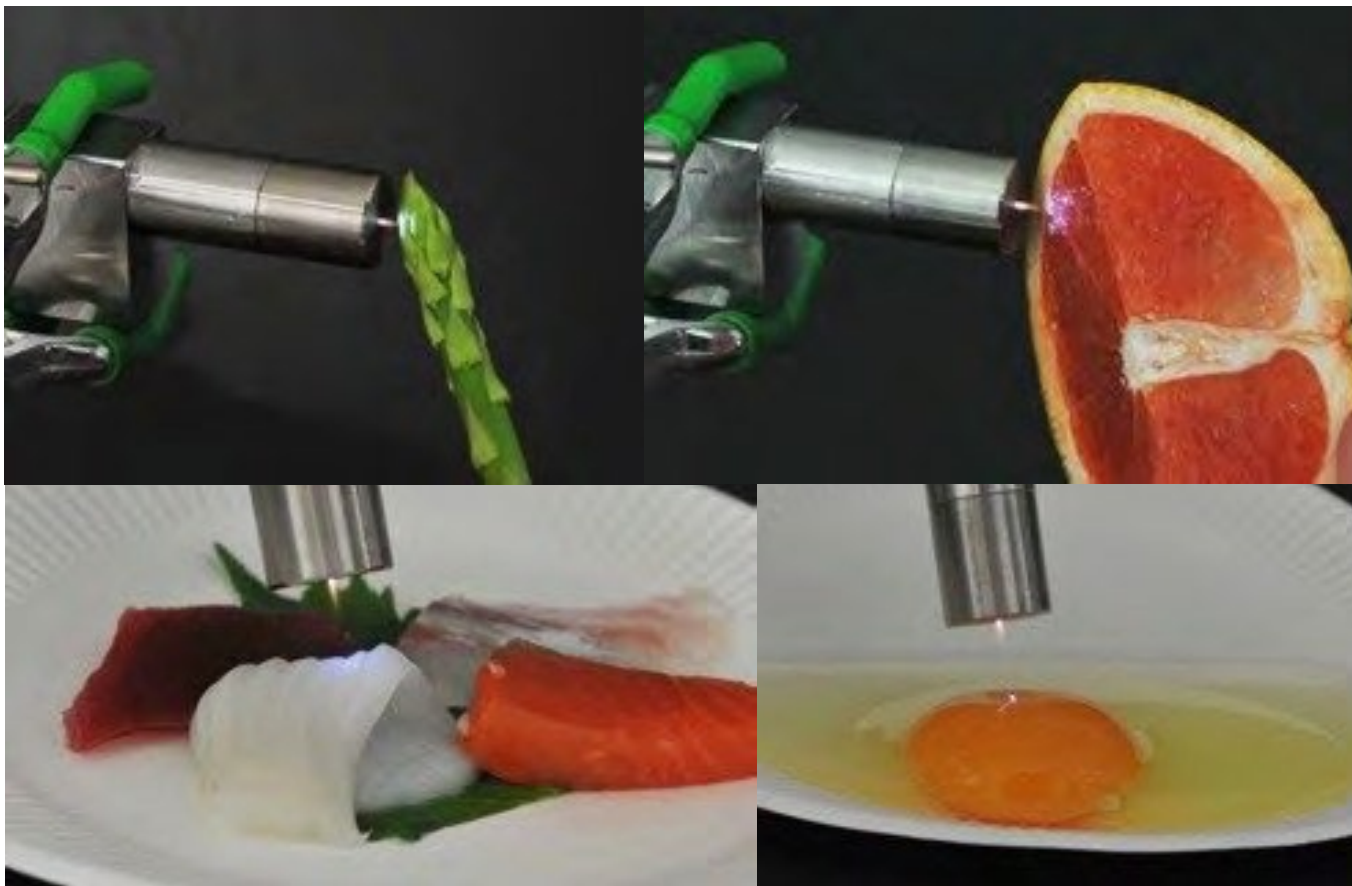
大気圧低温プラズマの照射例 1



- ✓ ダメージフリーなので、高密度プラズマに直接触れる事が可能（左）
- ✓ アセトン等を近づけても引火しない（右）



大気圧低温プラズマの照射例 2



フルーツ、お刺身、卵は新鮮なまま



花火やろうソクは
もちろん点火しない



ストッキングにも
ダメージなし

大気圧低温プラズマの照射例 3



○ーゲンダッツ, 氷, チョコは少し溶けた

プラズマによる表面処理

金属/セラミックス



粉体

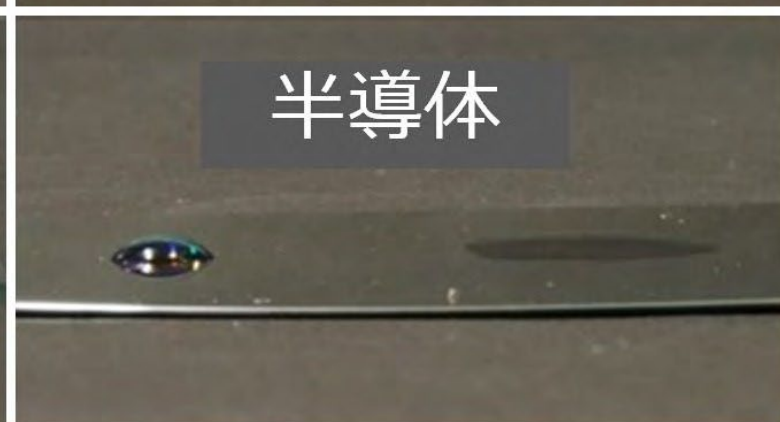
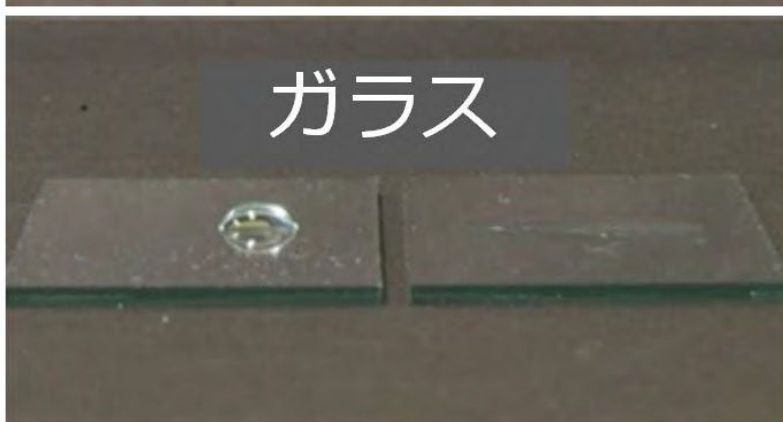
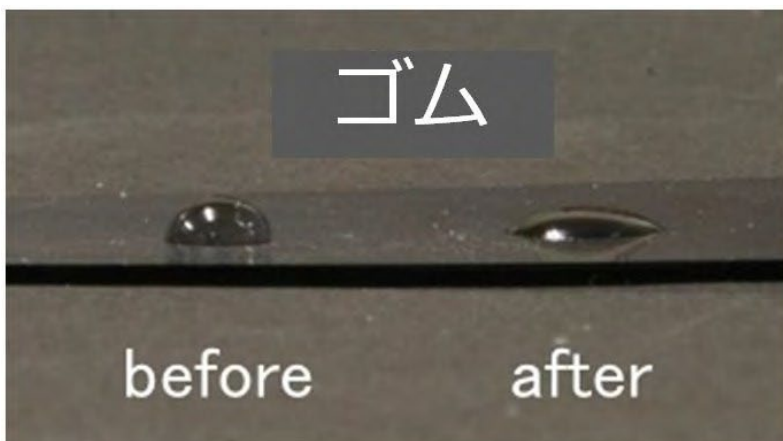


繊維/樹脂/フィルム



- 接着性強化（樹脂，金属，繊維，セラミックスなど）
- 親水/撥水処理・コーティング・機能性付与
- 粉体の液中分散性向上
- 塗装，メッキ，コーティング等の前処理
- 細胞付着性/薬剤浸透性の制御
- 殺菌/ウイルス不活化

ほとんどすべての物質を親水化可能



ほとんどすべての物質を親水化可能

ガーゼ（綿100%）



ニット（綿100%）



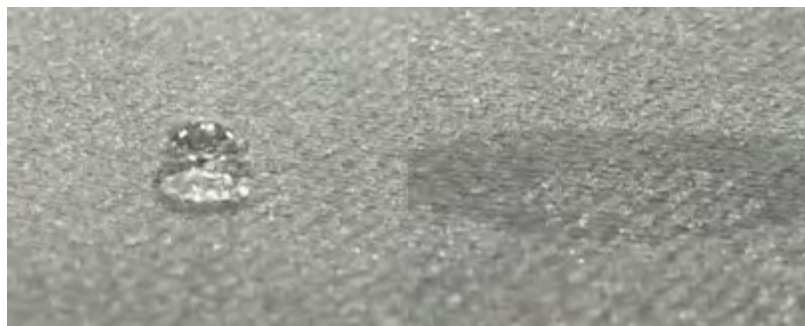
ちりめん（レーヨン100%）



ウェザー（ポリ65%, 綿35%）



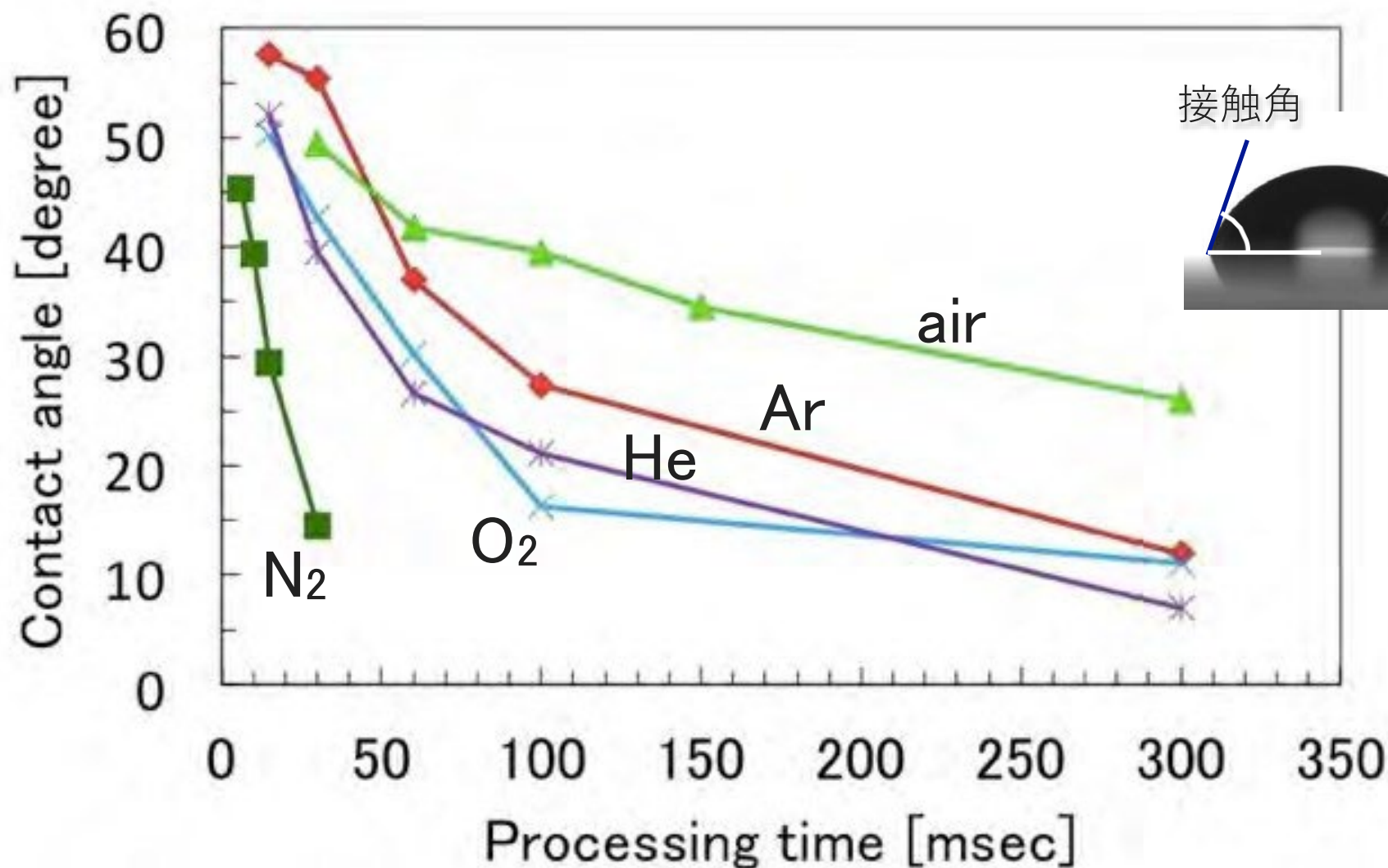
遮光カーテン



作業着（ポリ65%, 綿35%）

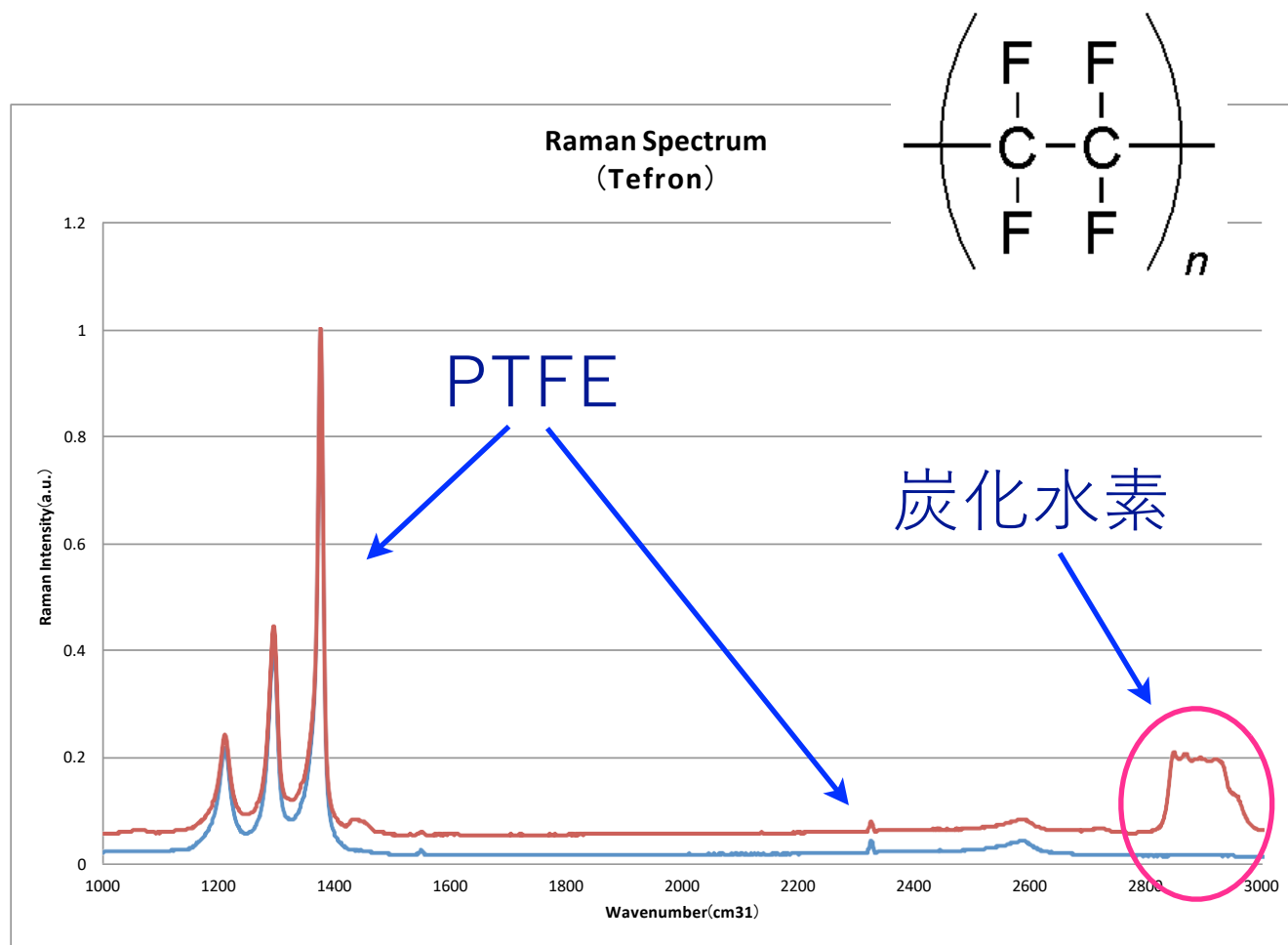
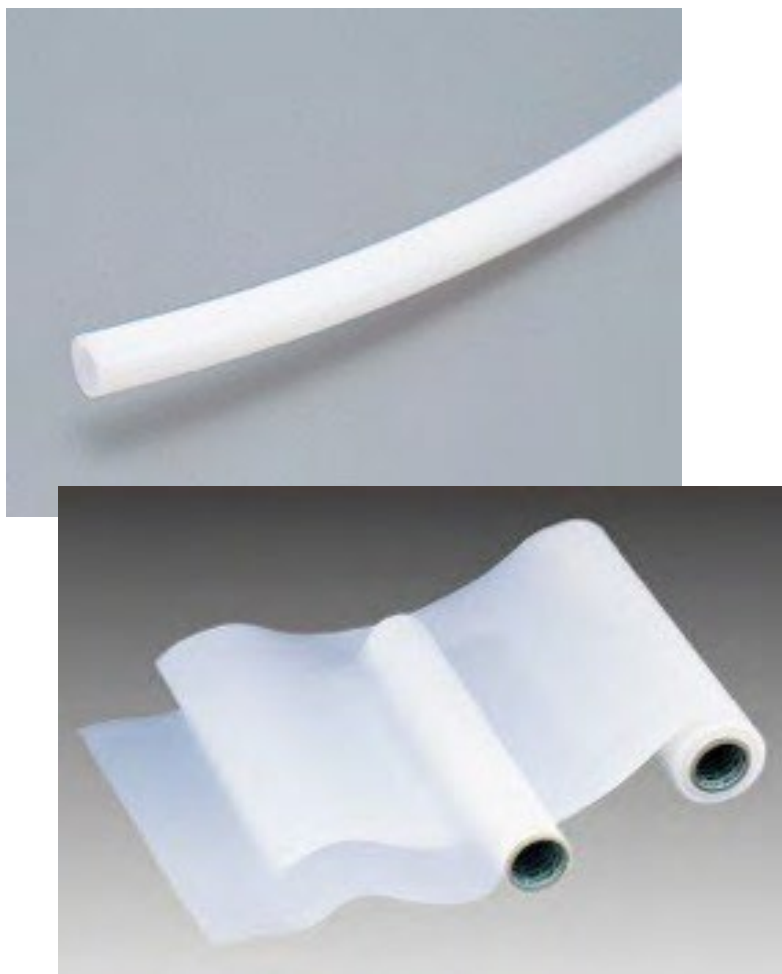


マルチガスプラズマを用いたポリイミドの親水化処理



- ✓ 0.1秒以下のプラズマ照射で親水化
- ✓ ガス種を変えると処理効果が大きく変わる

PTFE (Teflon®) も親水処理可能



✓ 表面クリーニングでは説明できない → 官能基付与

炭素繊維強化プラスチック (CFRP)

軽量で強度もあるが、異種材料との接着が問題

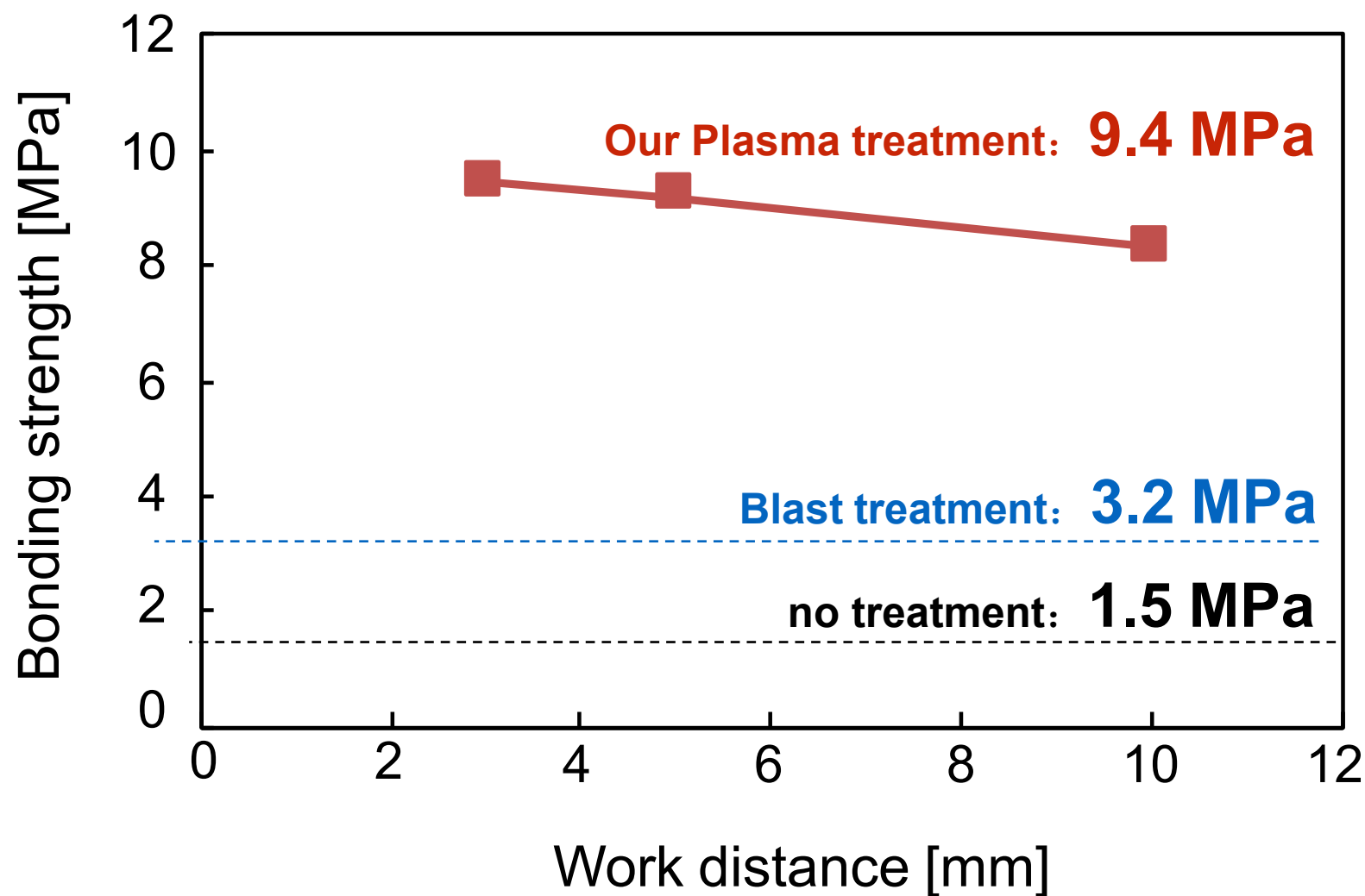


<https://clicccar.com/2016/08/24/394038/>



接着の前処理にプラズマで表面処理！

炭素繊維強化プラスチックの接着強度



大面積処理用335mmリニア型プラズマ

主な用途：

表面の親水化処理による

✓ 接着性の向上

✓ 塗装性の向上

表面クリーニング

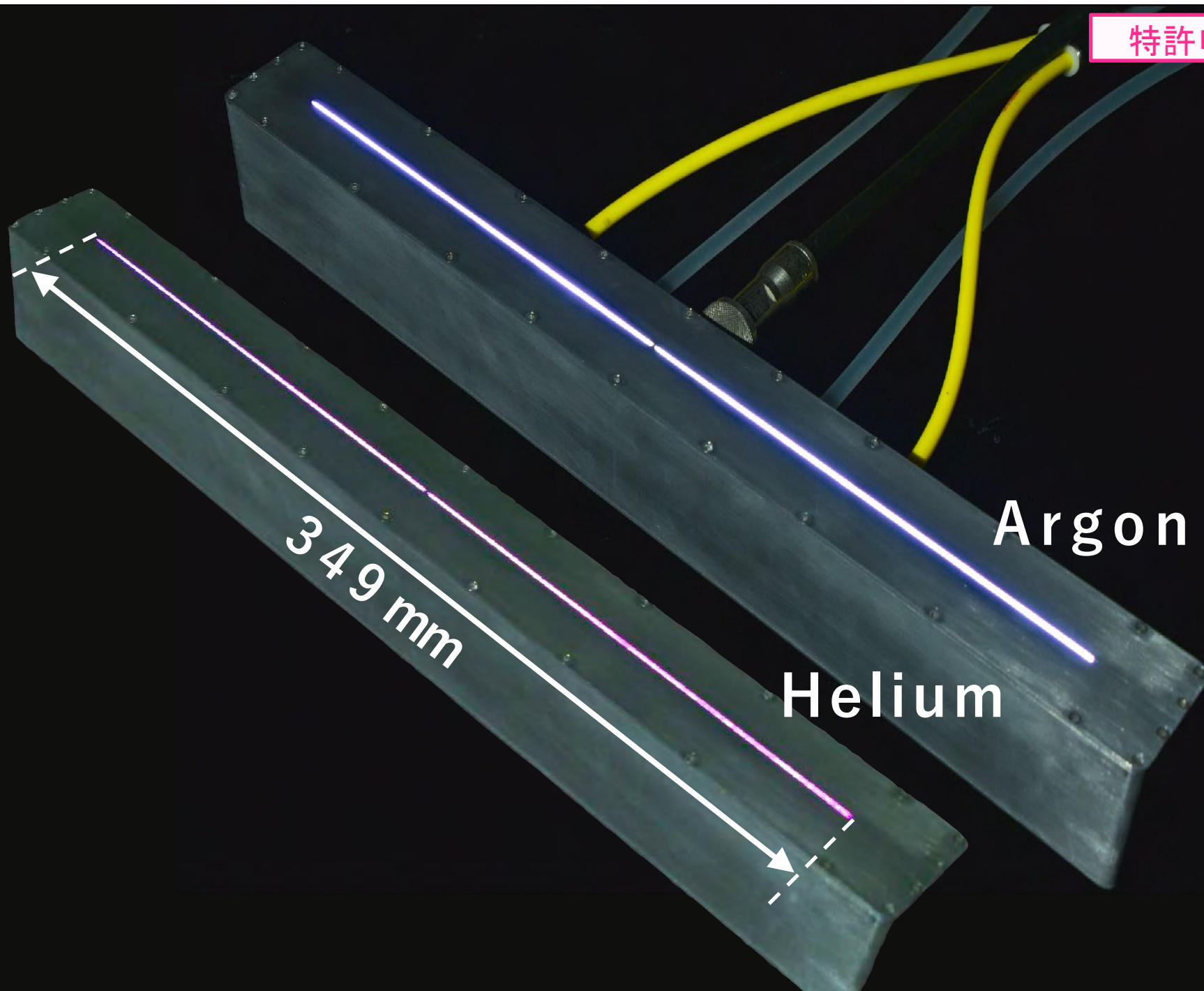
表面コーティング前処理

わずか830gと超軽量

プラズマ照射スリット: 1mm x 335mm

クラス10クリーンルーム対応リニア型プラズマ

特許申請予定



特許第6544798号

「プラズマを用いた樹脂表面のコントロール方法 およびコントロール装置」

表面を一様に親水化するのではなく、親水部と撥水部を作製する

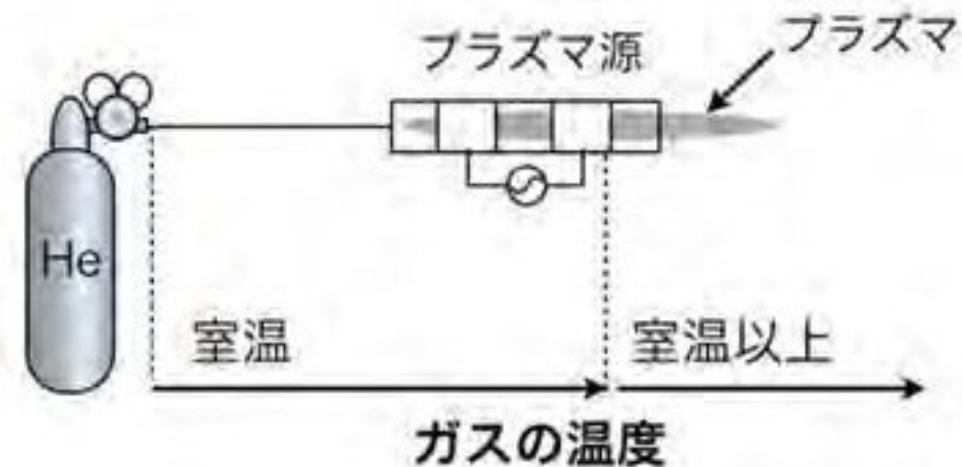


- 液体を塗布したい場所と、塗布したくない場所をコントロール
- 接着したい場所と、接着したくない場所をコントロール

温度を変えられるプラズマ

特許第4611409号「プラズマ温度制御装置」

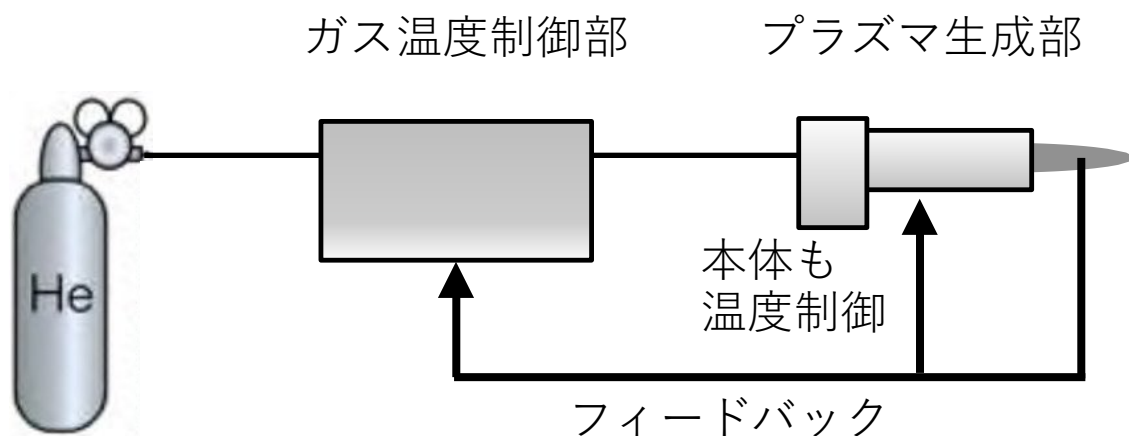
従来の大気圧“低温”プラズマ



“低温”と言ってもプラズマの温度は

- 室温以上
- 放電電力，ガス種，流量等に依存

「プラズマ温度制御装置」

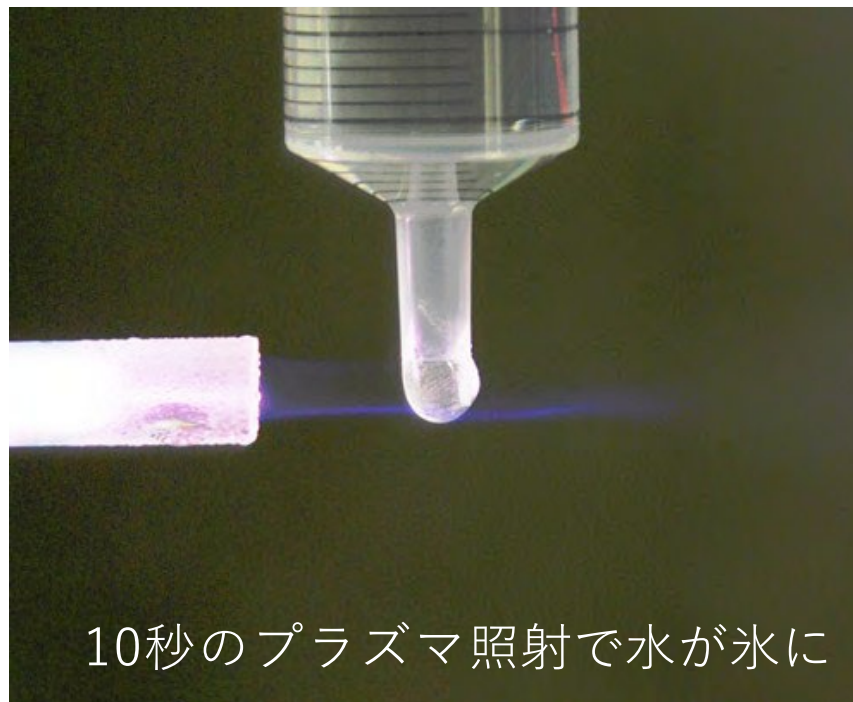


- 零下から高温まで温度制御可能
- 他のパラメータとは独立に制御

大気圧温度制御プラズマ

零下から高温まで，温度を自由に制御できる大気圧プラズマ

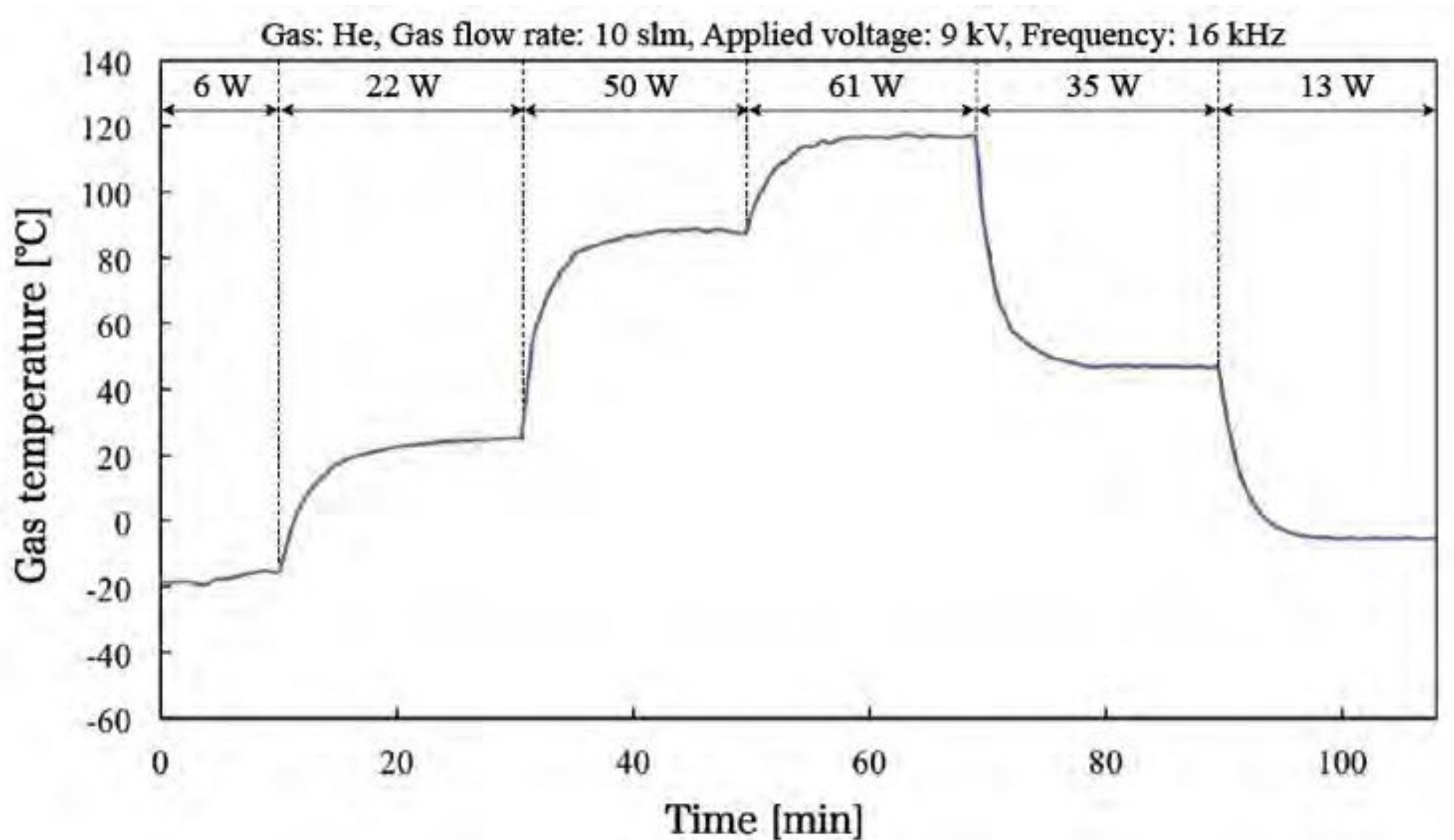
-90°C～250°C程度まで， $\pm 1^\circ\text{C}$ 程度の精度で温度制御可能



- 熱に弱い素材や生体にも安全にプラズマ照射
- 化学反応に最適な温度でプラズマ処理

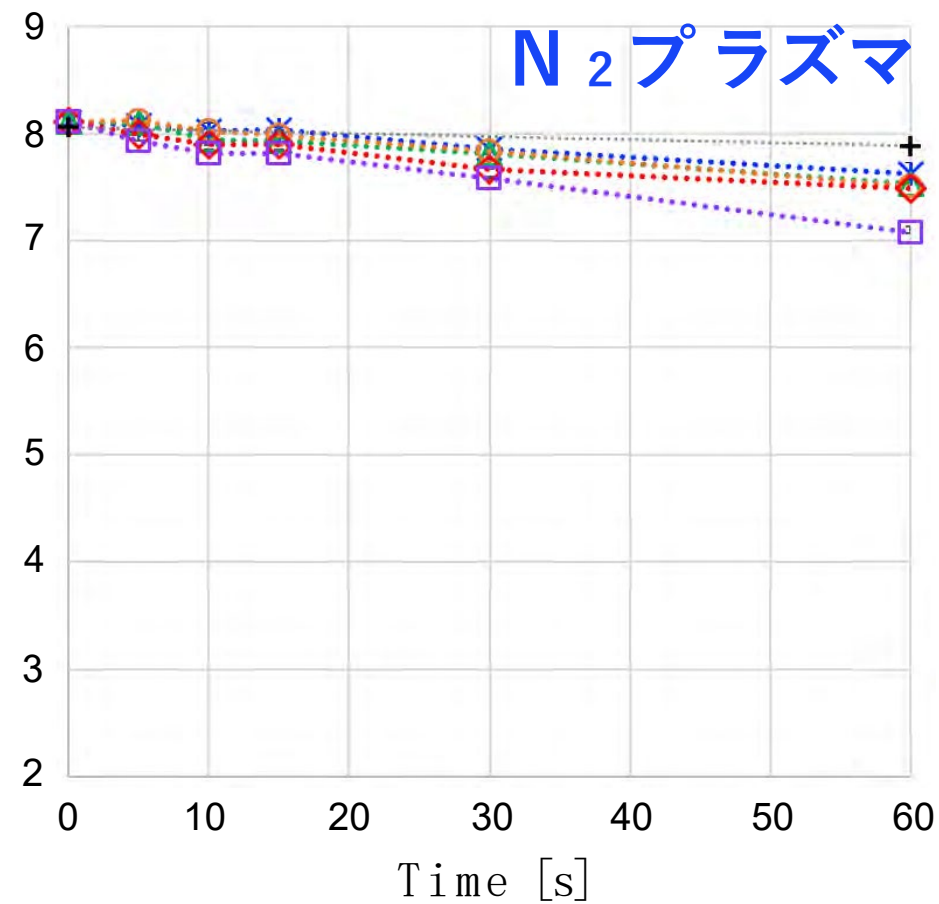
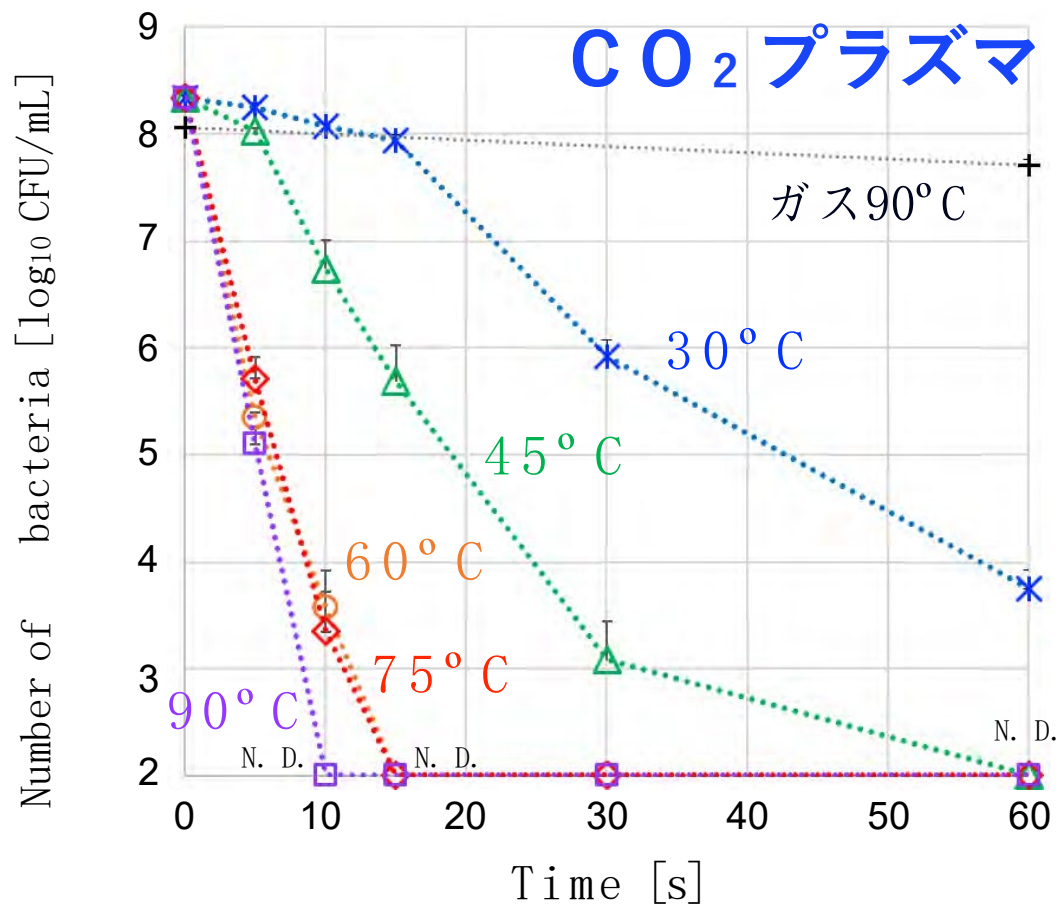
特に，プラズマの医療/農業/生命分野への応用に必須となる基盤技術・装置

プラズマ温度の制御

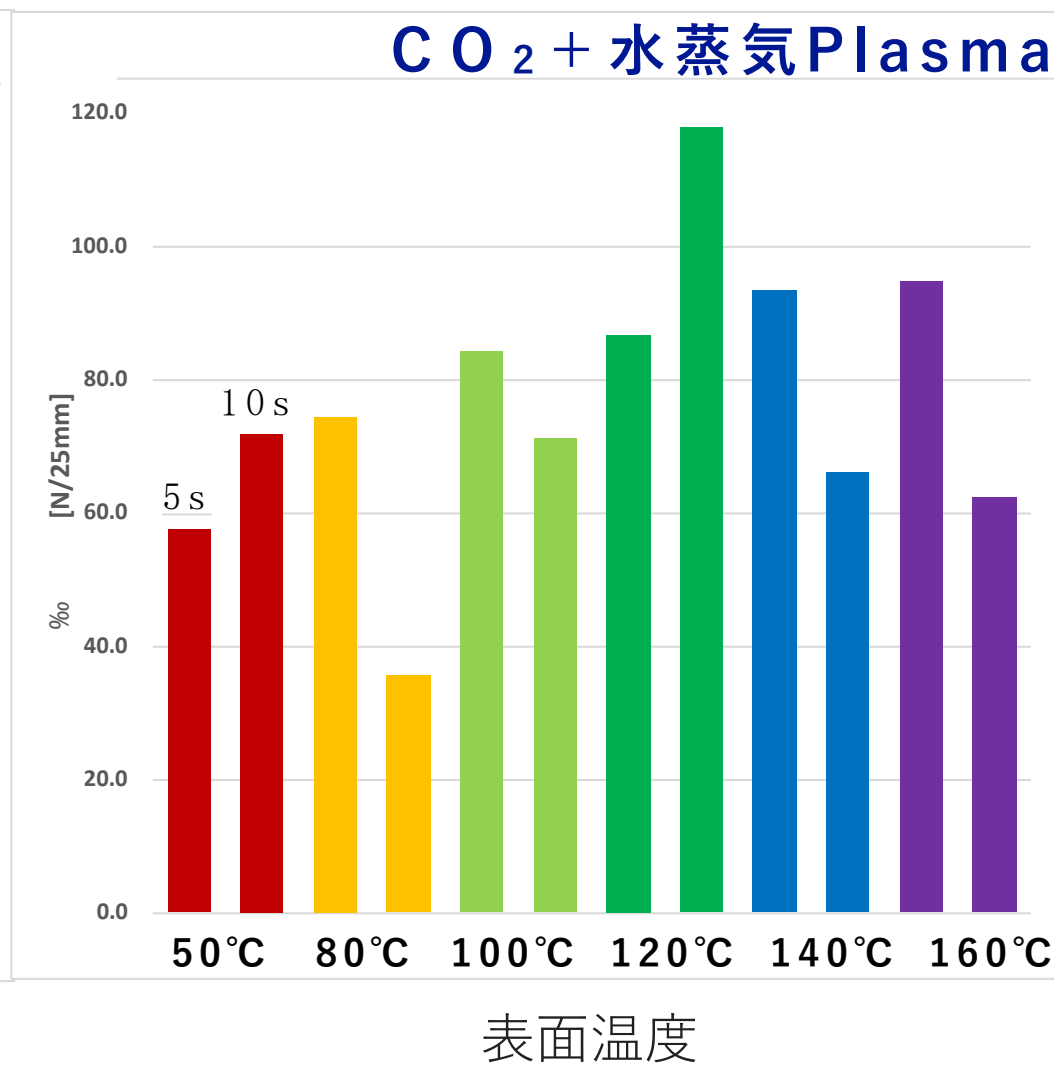
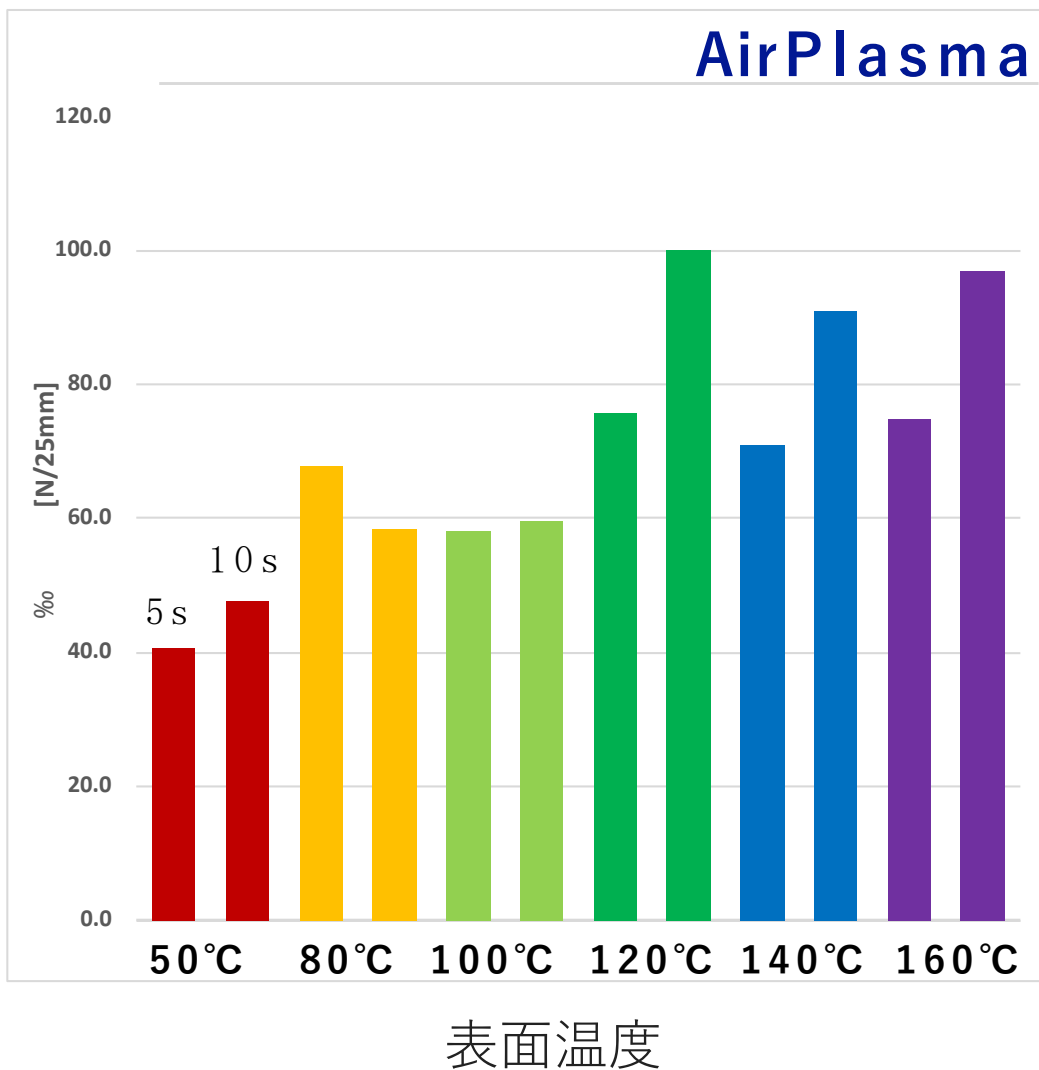


🔧 零下から高温まで，プラズマのガス温度を自由に制御可能

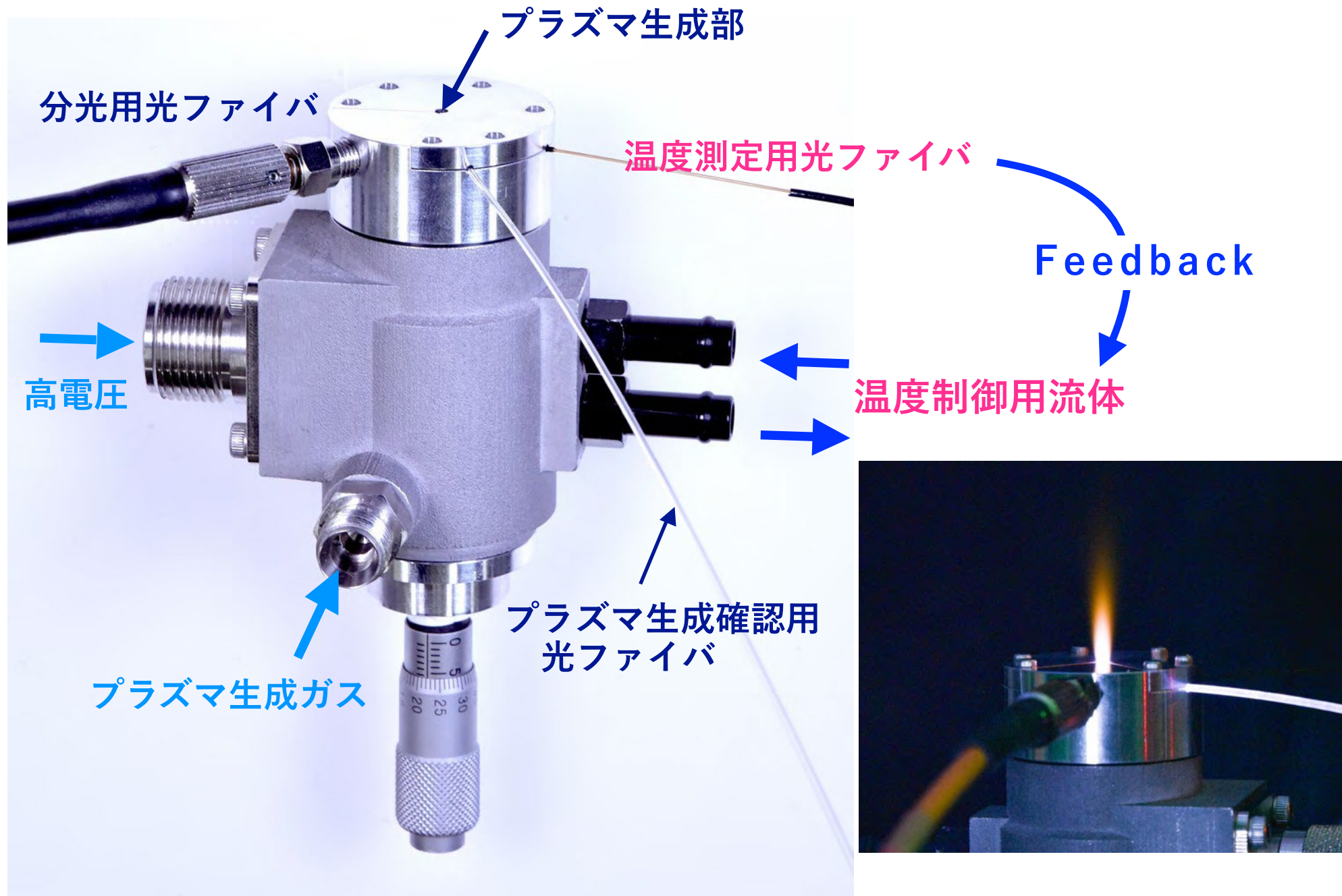
プラズマの温度と黄色ブドウ球菌殺菌効果の関係



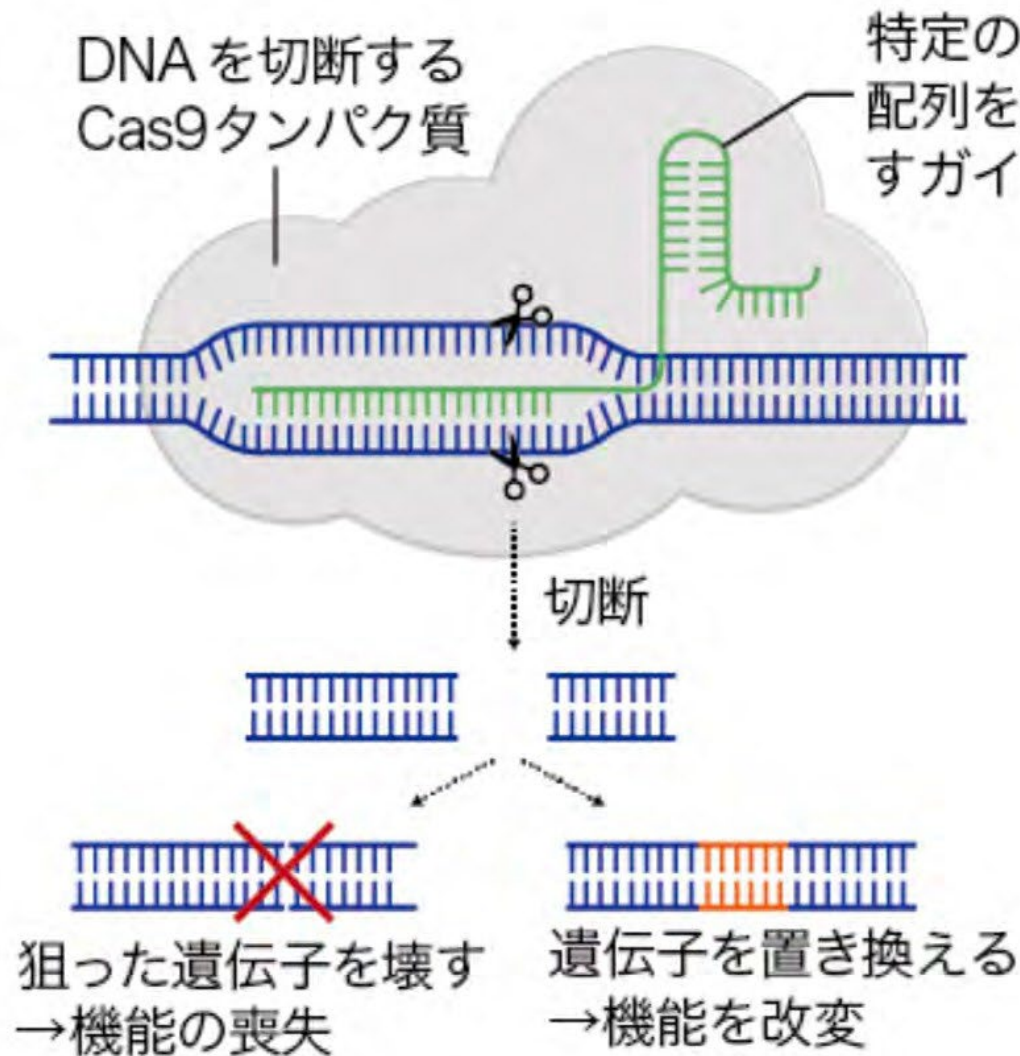
表面温度と接着強度の関係



零下から高温までの，マルチガス温度制御プラズマ



CRISPR/Cas9を用いたゲノム編集



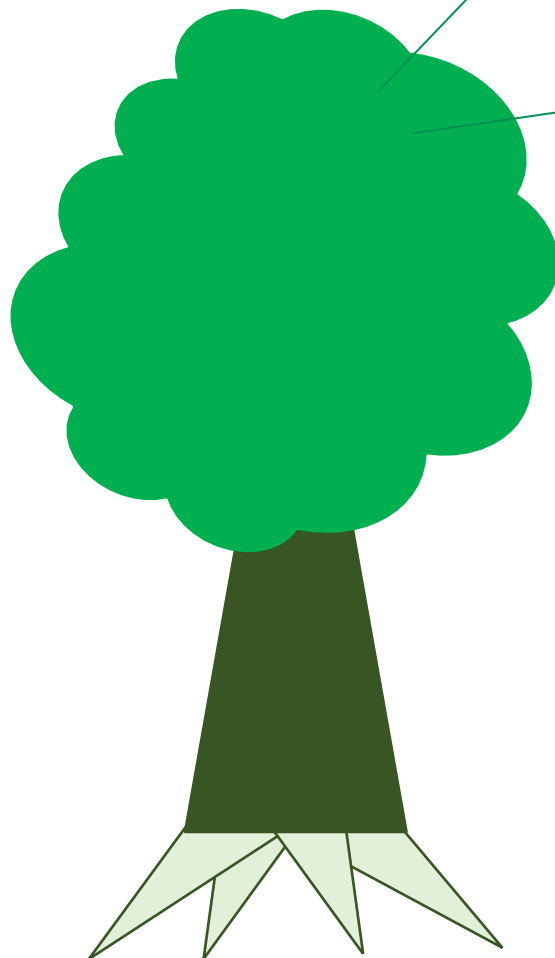
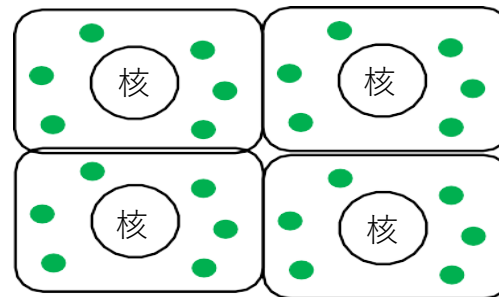
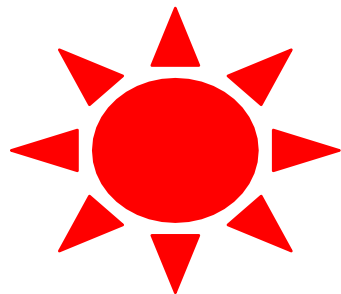
<http://www.kyoto-u.ac.jp/kurenai/201809/taidan/>

2020年ノーベル化学賞



<https://mainichi.jp/articles/20201007/k00/00m/040/277000c>

植物の特徴



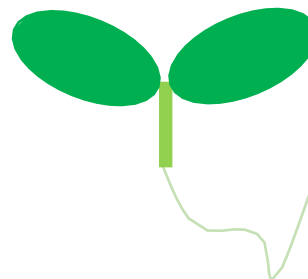
葉緑体を持っている。

細胞壁やクチクラ層がある。

不要な老廃物をためる液胞がある。

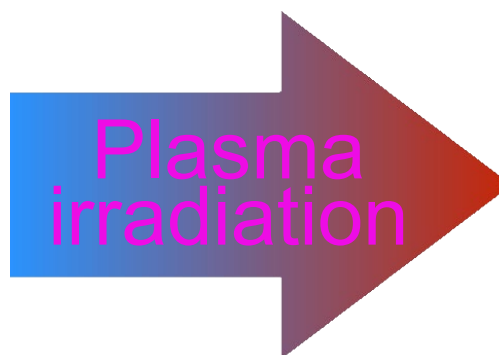
根を張るとその場所から動けない。

めしべに花粉がついて受粉，種子ができる。



植物細胞は熱に弱い

タバコの葉



50°C, 10s

5日後



特許第6875686号ほか

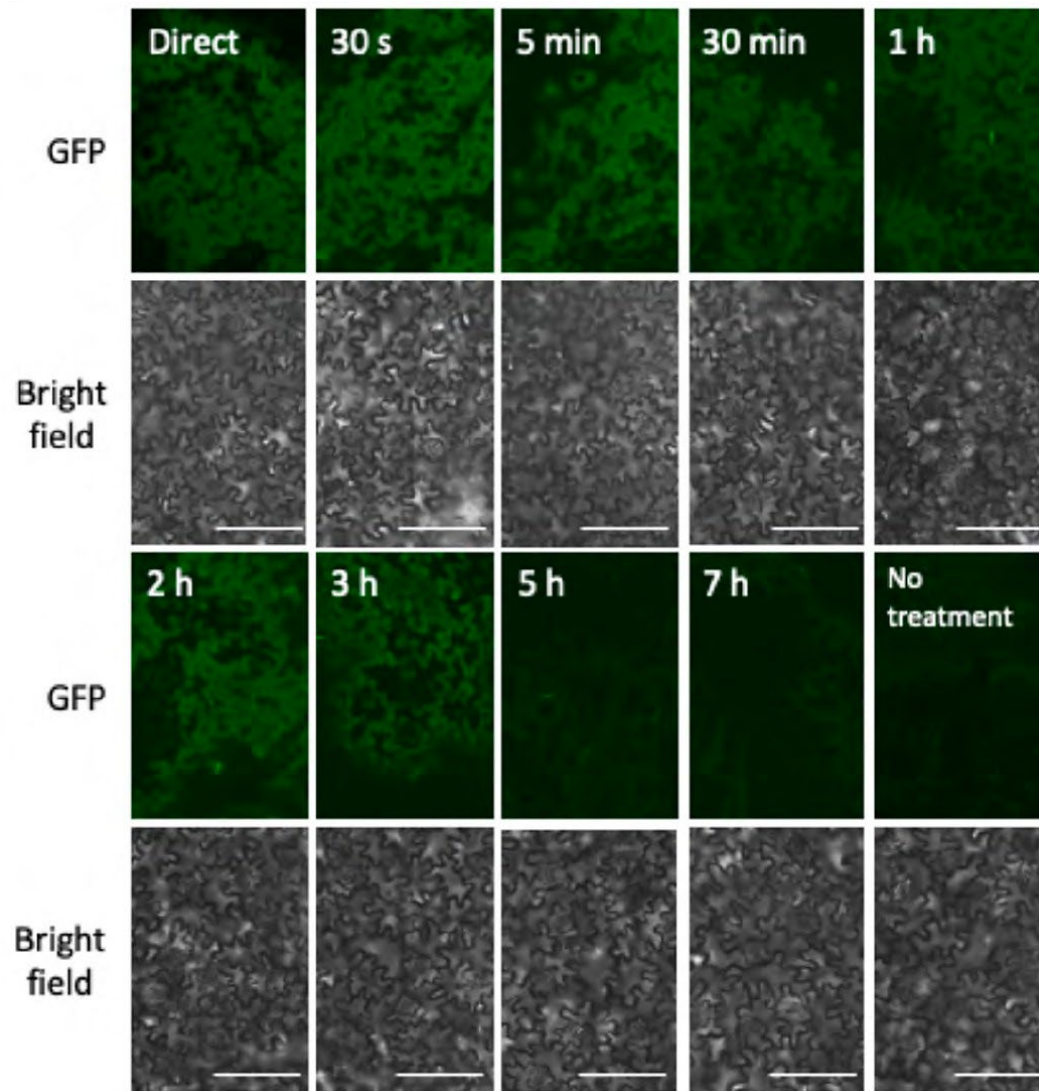
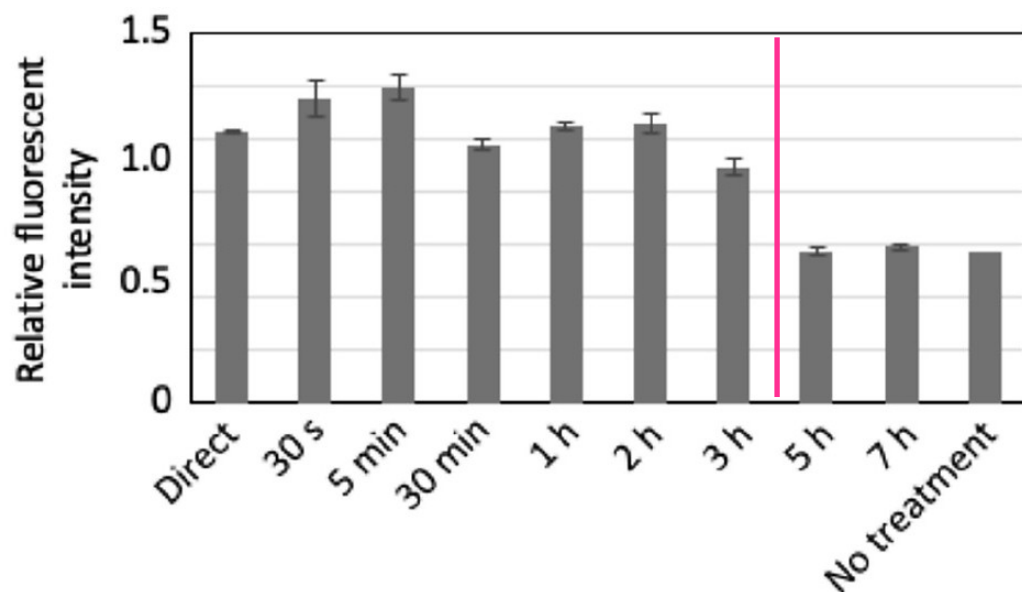
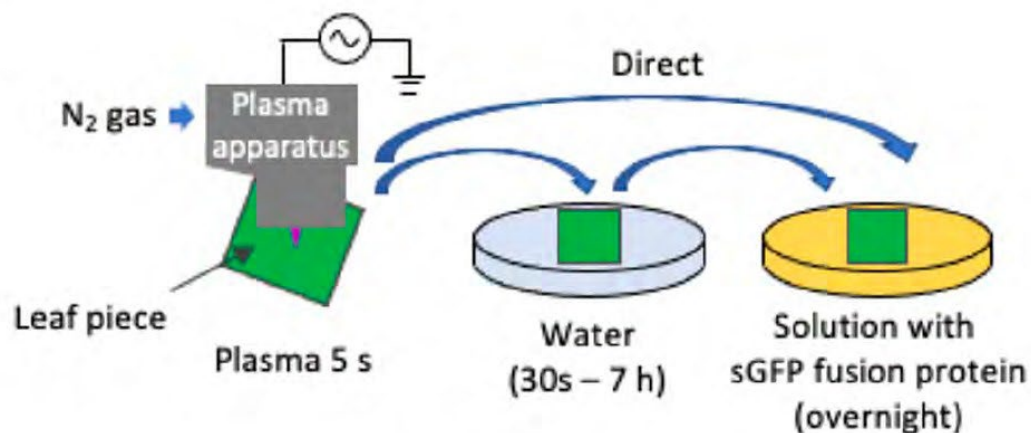
「プラズマを用いて植物細胞内に物質を導入する方法」



10～20℃に温度制御したプラズマを植物に照射

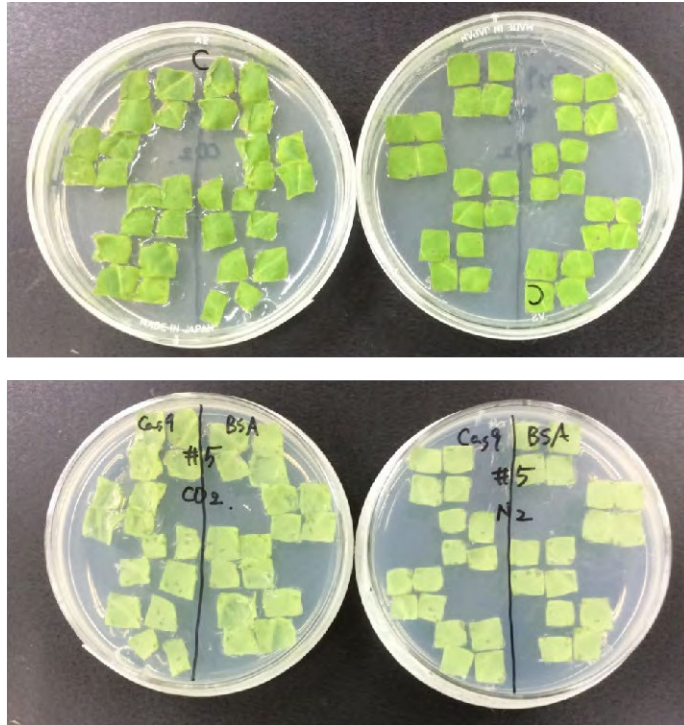
プラズマ照射後，3時間だけ薬剤が細胞に浸透

Y. Yanagawa, Y. Suenaga, Y. Iijima, A. Okino, I. Mitsuhashi, Temperature controlled atmospheric-pressure plasma treatment induces protein uptake via clathrin-mediated endocytosis in tobacco cells, *Plant Biotechnology*, 39, 2, 179-183 (2022).

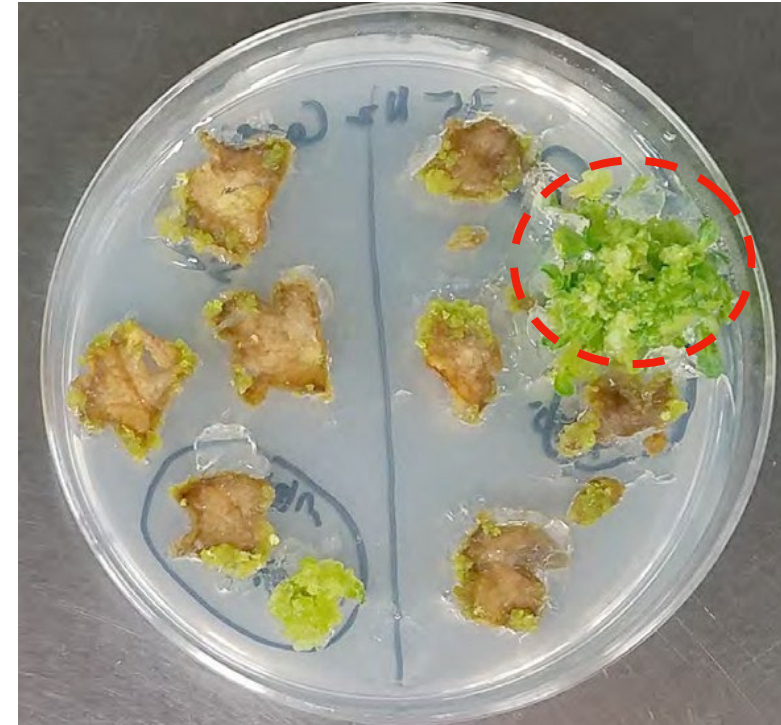


ハイグロマイシン培地によるゲノム編集植物の選

Yuki Yanagawa, Yuma Suenaga, Yusuke Iijima, Masaki Endo, Naoko Sanada, Etsuko Katoh, Seiichi Toki, Akitoshi Okino and Ichiro Mitsuhashi, Genome editing by introduction of Cas9/sgRNA into plant cells using temperature-controlled atmospheric pressure plasma, PLOS ONE, 0281767 (2023).



選別前



ゲノム編集されてハイグロマイシンに対して耐性がある細胞だけが生き残る

☑️ ハイグロマイシン耐性を持つカルスが選別できた



☑️ ゲノム編集を確認



☑️ さらに、次世代にも継承された

東工大からプレスリリース 2023.5.17



日本語 English 文字サイ 標準 大

検 索 Google 提供



新着入試情報



アクセス



東工大への寄附



お問い合わせ



東工大について

教育

研究

社会連携

国際交流

東工大ニュース

トップページ >> 東工大ニュース >> 大気圧プラズマ処理により植物のゲノム編集に成功

東工大ニュース

カテゴリ別

- 教育
- 研究
- 社会連携
- 国際交流
- 受賞・表彰
- 学生の活躍
- 開催報告
- 来訪者
- メディア
- 大学からのお知らせ

大気圧プラズマ処理により植物のゲノム編集に成功

品種改良の新しいツールとして期待

いいね! 6

シェアス

ツイート

研究

RSS

公開日：2023.05.17

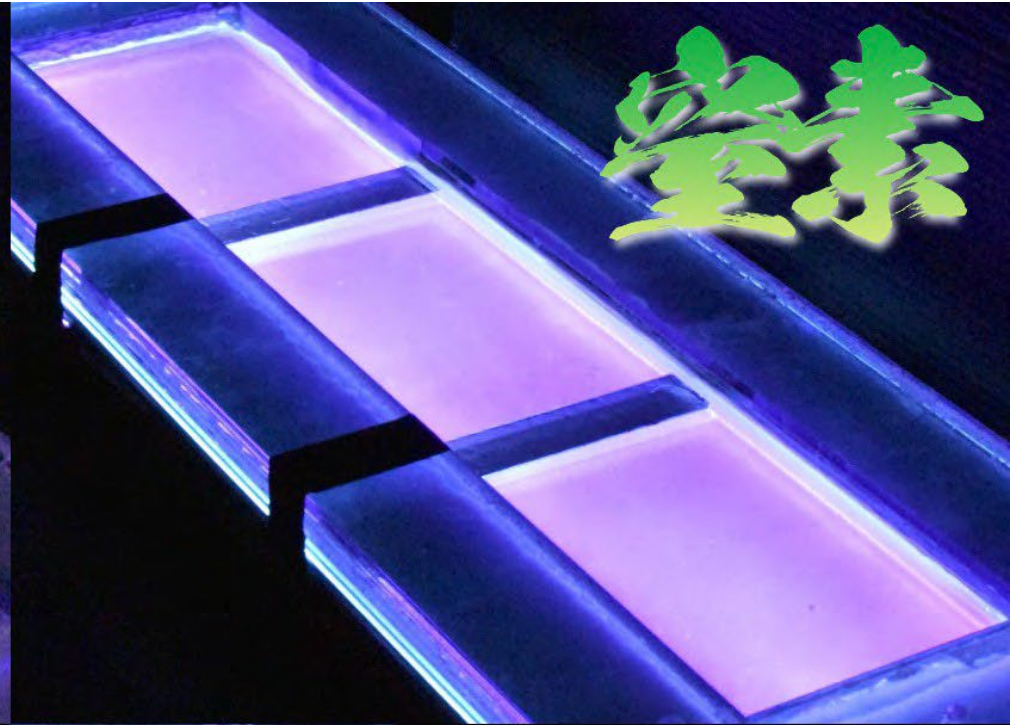
要点

東京工業大学は、農研機構および千葉大学と共同で、大気圧プラズマ[用語1]の短時間照射により、ゲノム編集[用語2]に必要な酵素を植物細胞に導入する新しい技術を開発しました。これまでの一般的なゲノム編集技術では外来DNAの導入が必要でしたが、本技術では外来DNAの除去が不要となるため、より簡便でかつさまざまな植物に活用できると考えられ、品種改良の新しいツールとなることが期待されます。

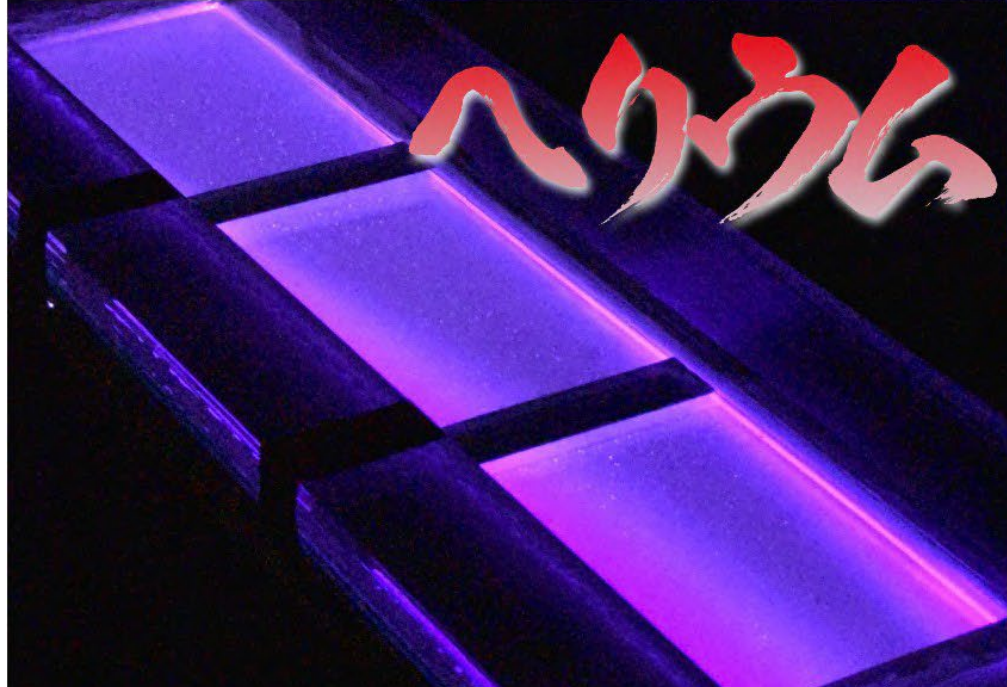
透明電極を用いたシート型マルチガスプラズマ



空気



酸素



ヘリウム

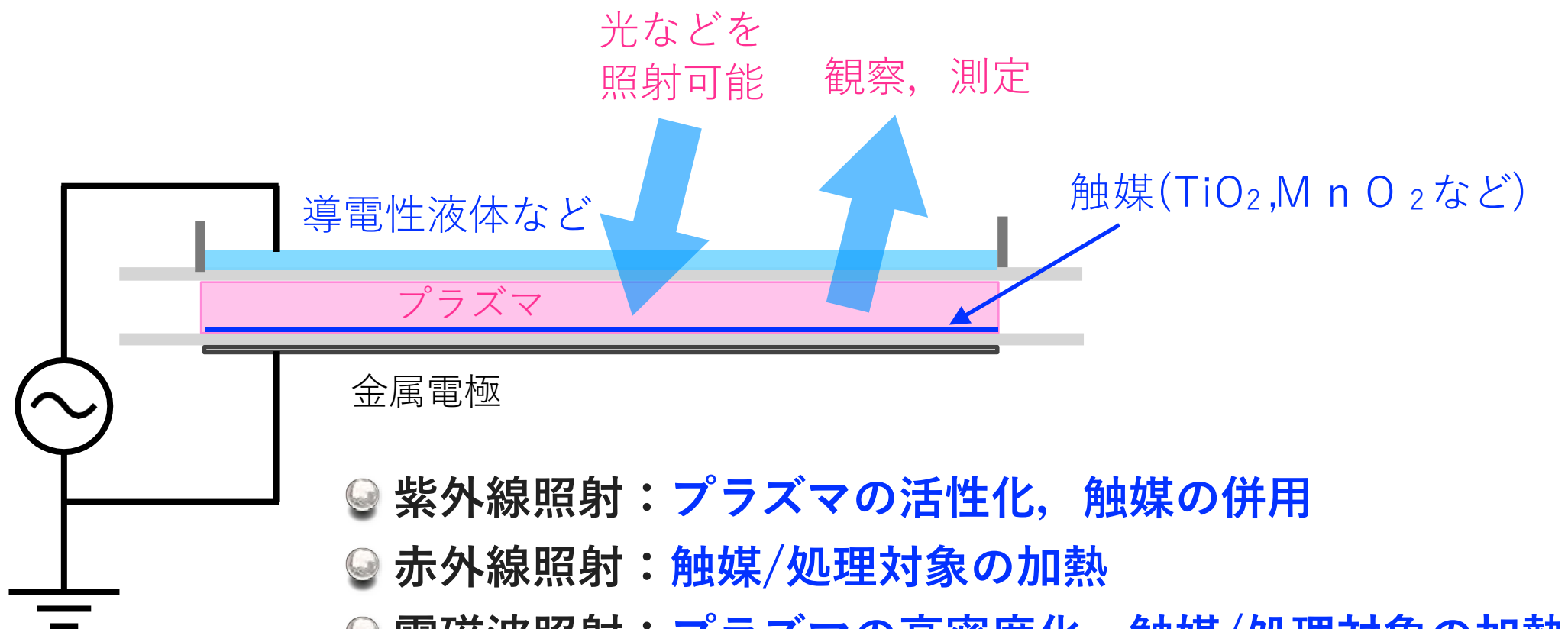


アルゴン

特開2023-057888

「プラズマによる対象物の処理方法およびシステム」

上側電極を透明にする事で、プラズマと光の完全同時照射を実現



- 紫外線照射 : プラズマの活性化, 触媒の併用
- 赤外線照射 : 触媒/処理対象の加熱
- 電磁波照射 : プラズマの高密度化, 触媒/処理対象の加熱
- 内部観察 : 写真, 高速度カメラ撮影
- 分光測定 : プラズマの特性測定

特許第6271223号ほか

「ラジカル機能液およびその製造方法並びにラジカル機能液の使用方法」



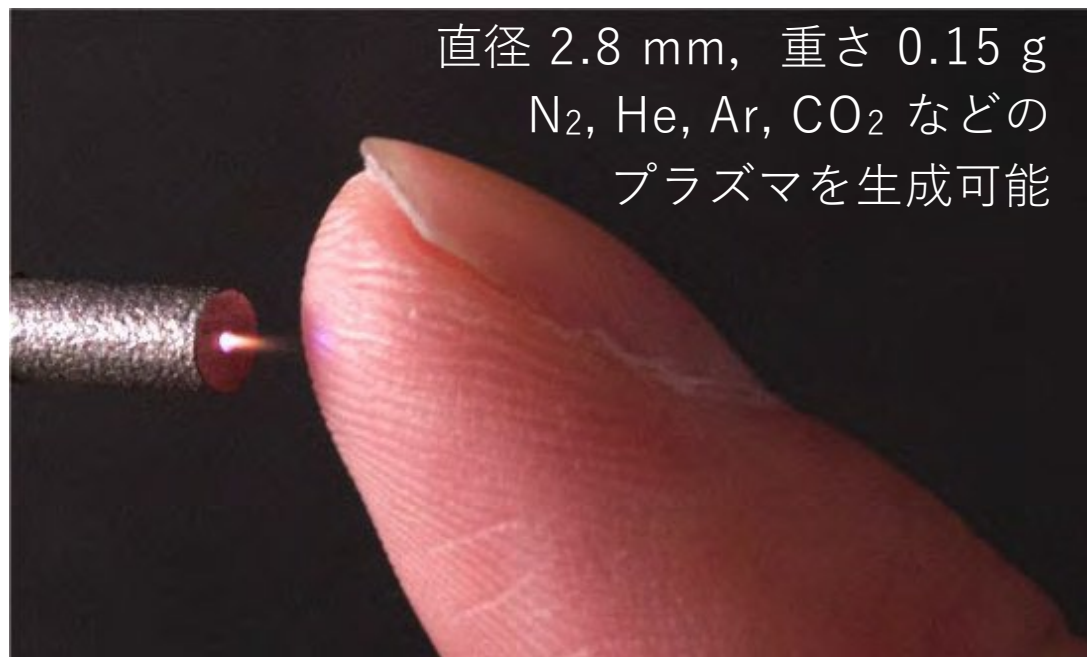
プラズマを液中に導入すると、**殺菌/表面
処理効果のある液体**として利用可能

しかし、**活性種は短時間で減衰**



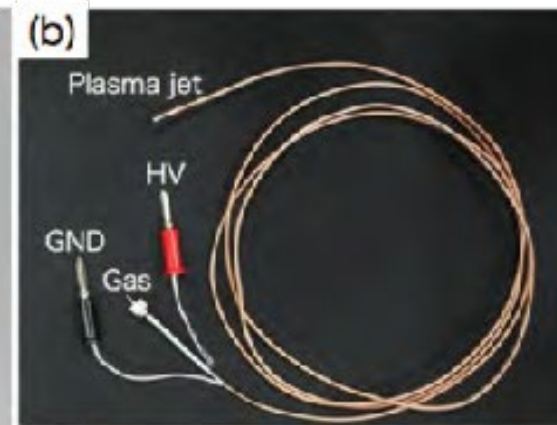
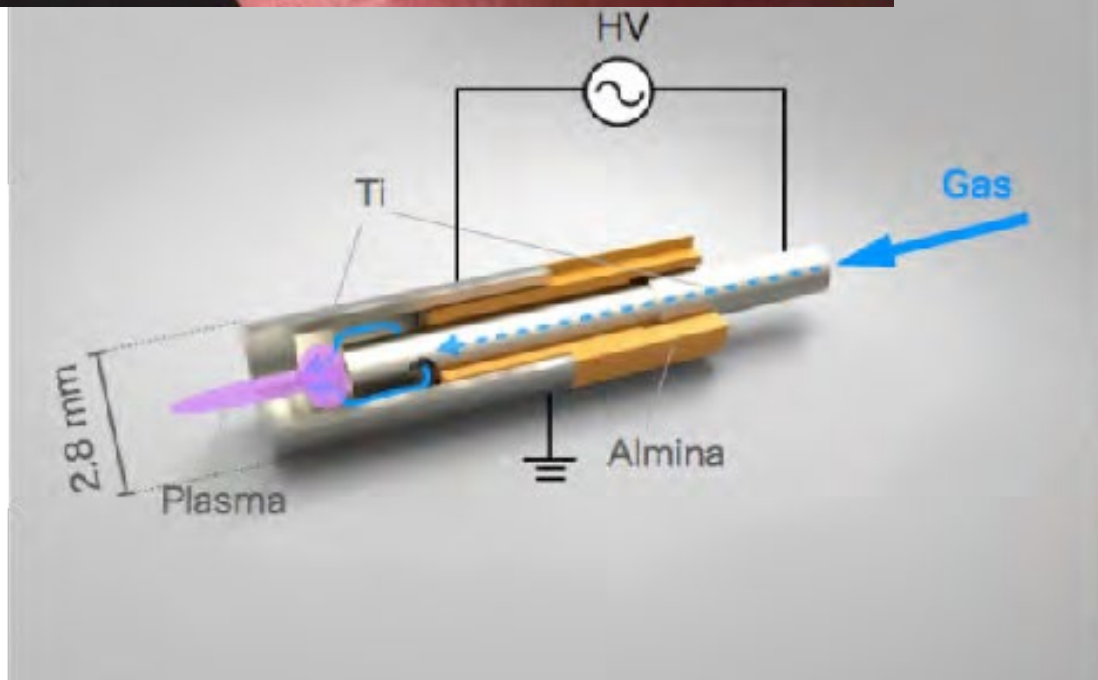
- **すぐに使用せねばならないが、
残留性が低いので安全**でもある

特許第7185217号ほか 内視鏡治療用プラズマジェット

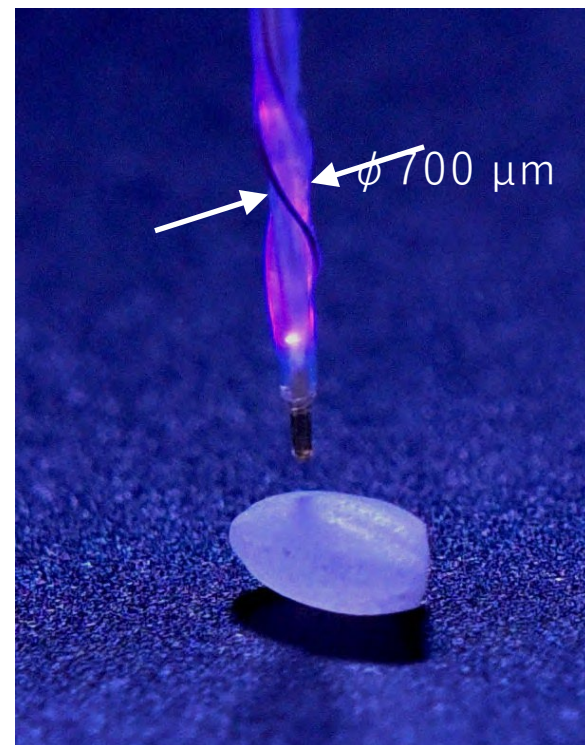
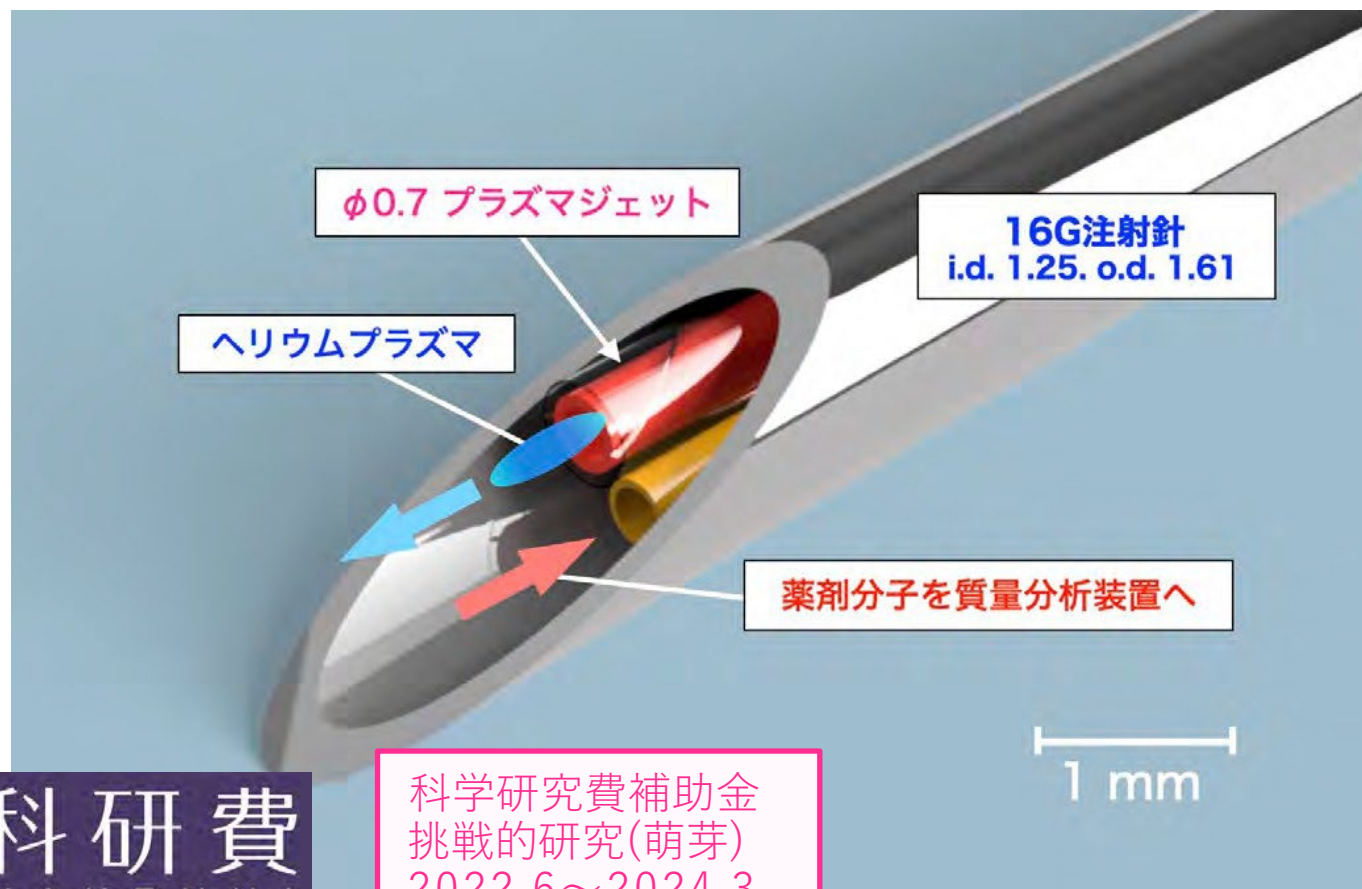


Yudai Nomura, Toshihiro Takamatsu, Hiroaki Kawano, Hidekazu Miyahara, Akitoshi Okino and Takeshi Azuma, Investigation of Blood Coagulation Effect of Non-thermal Multi-gas Plasma Jet on in vitro and in vivo, Journal of Surgical Research, 219, pp.302-309 (2017).

Toshihiro Takamatsu, Hiroaki Kawano, Hidekazu Miyahara, Takeshi Azuma and Akitoshi Okino, Atmospheric nonequilibrium mini-plasma jet created by a 3D printer, AIP Advances, 5, 077184 (2015).



注射プラズマプローブ



科研費
KAKENHI

科学研究費補助金
挑戦的研究(萌芽)
2022.6～2024.3

- 注射針の中にプラズマやレーザーを配置して体内に
- 生体内の特定位置の薬剤を高い空間分解能で分析できないか？
- 留置すれば、薬剤の時間変化を測定可能？



東工大沖野研究室の主な研究内容

世界に先駆けた新しい大気圧プラズマ装置の開発

- マルチガス低温/高温プラズマ
- 零下から高温までの温度制御プラズマ
- 3Dプリンタ/プリント基板を用いたプラズマ装置開発
- オンチップからメートルまでのプラズマ
- 大気圧プラズマ生成用インバータ電源

国内外特許多数

共同研究等で実施

医療・環境・材料分野への応用

- 低温プラズマによる殺菌/止血/表面処理
- プラズマ/光/超音波/バブル併用処理
- 各種材料の高強度接着法開発
- プラズマアクチュエータによる気流制御
- プラズマの美容/細胞活性化応用
- プラズマ処理による植物のゲノム編集
- プラズマによる大流量ガス分解処理

科研費等で実施

各種先端分析装置の開発

- メタルサイトメーターの開発と再生医療応用
- 表面付着物の非接触/非破壊/高感度マッピング分析装置
- 超微量試料分析用 μ TAS光源
- ガスクロ用超高感度検出器
- μ TAS用AM変調プラズマ励起源

本技術に関する知的財産権

- ①発明の名称：プラズマを用いた樹脂表面のコントロール方法およびコントロール装置
出願番号：特願2015-105467
出願人：東京工業大学
発明者：沖野 晃俊、宮原 秀一
- ②発明の名称：プラズマによる対象物の処理方法およびシステム
出願番号：特願2021-167633
出願人：東京工業大学
発明者：沖野 晃俊、劉 智志、森 結登、中井 一輝
- ③発明の名称：プラズマを用いて植物細胞内に物質を導入する方法
出願番号：JP2017/021361
出願人：東京工業大学、農研機構
発明者：沖野 晃俊、宮原 秀一、川野 浩明、小林 智裕、渡辺 洋輔
(東京工業大学) 光原 一郎、柳川 由紀 (農研機構)

産学連携の経歴

2009年-2012年	JST ASTEP本格研究開発ステージ採択
2015年-2018年	JST STARTプロジェクト支援型採択
2019年-2021年	テルモ生命科学芸術財団 生命科学助成採択
ほか多数	

- 共同研究実績 約50社

お問い合わせ先

東京工業大学
研究・産学連携本部 知的財産部門

TEL 03-5734-2445

FAX 03-5734-2482

e-mail sangaku@sangaku.titech.ac.jp