



国立大学法人

東京農工大学

Tokyo University of Agriculture and Technology

大気圧プラズマを使って液体を 簡単にナノミストに！

大学院工学研究院

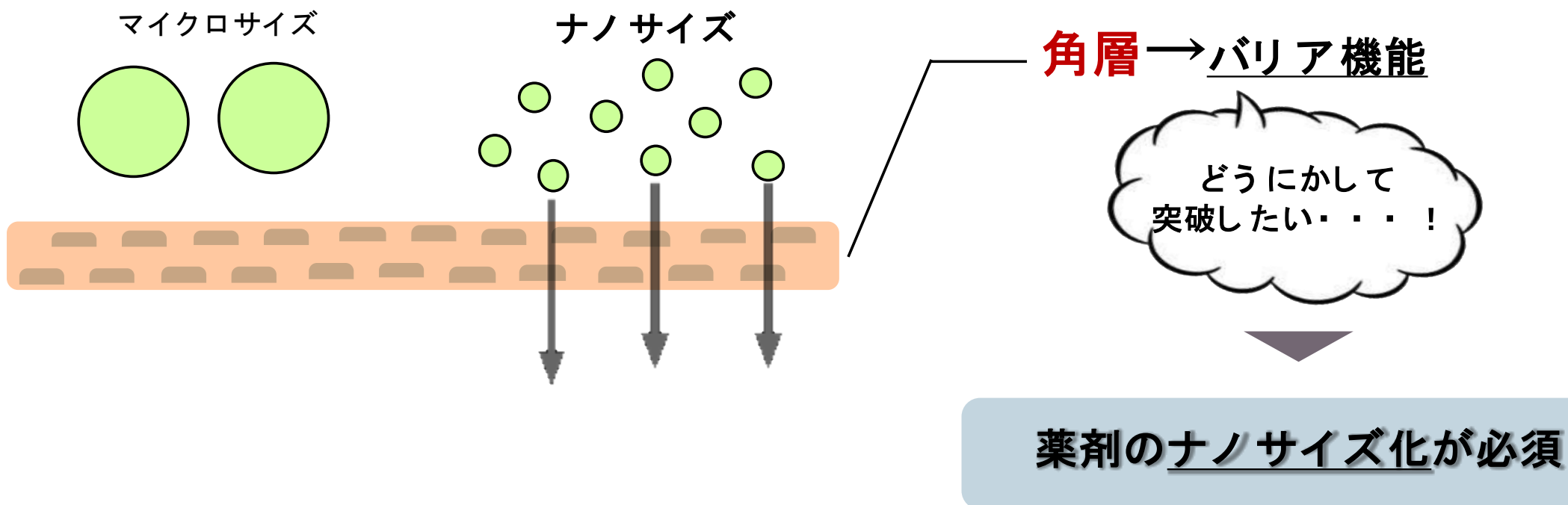
先端物理工学部門

准教授 吉野 大輔

2022年9月20日

従来技術①アプリケーション

経皮吸収型ドラッグデリバリー (TDDS) …皮膚から薬剤を浸透させる技術



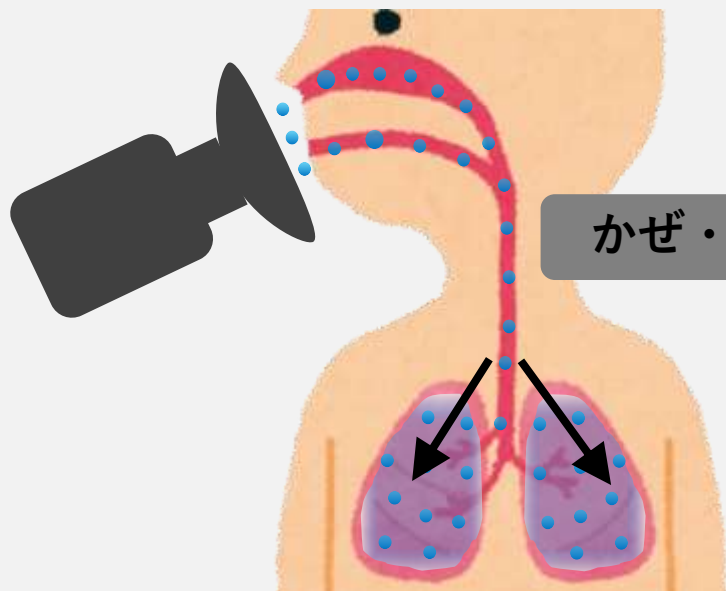
MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



従来技術②アプリケーション

ネブライザ



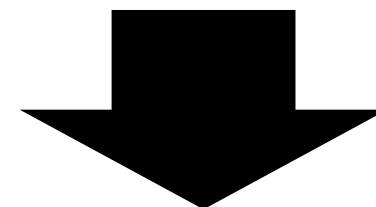
かぜ・花粉症・喘息

薬剤をミスト化して吸入

局所的・直接的な治療

薬の即効性が重要

ナノミスト化すれば
さらに促進される？



患者のQOLの
維持・向上



MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



従来技術とその問題点

既に実用化されているものには、静電噴霧法等があるが、

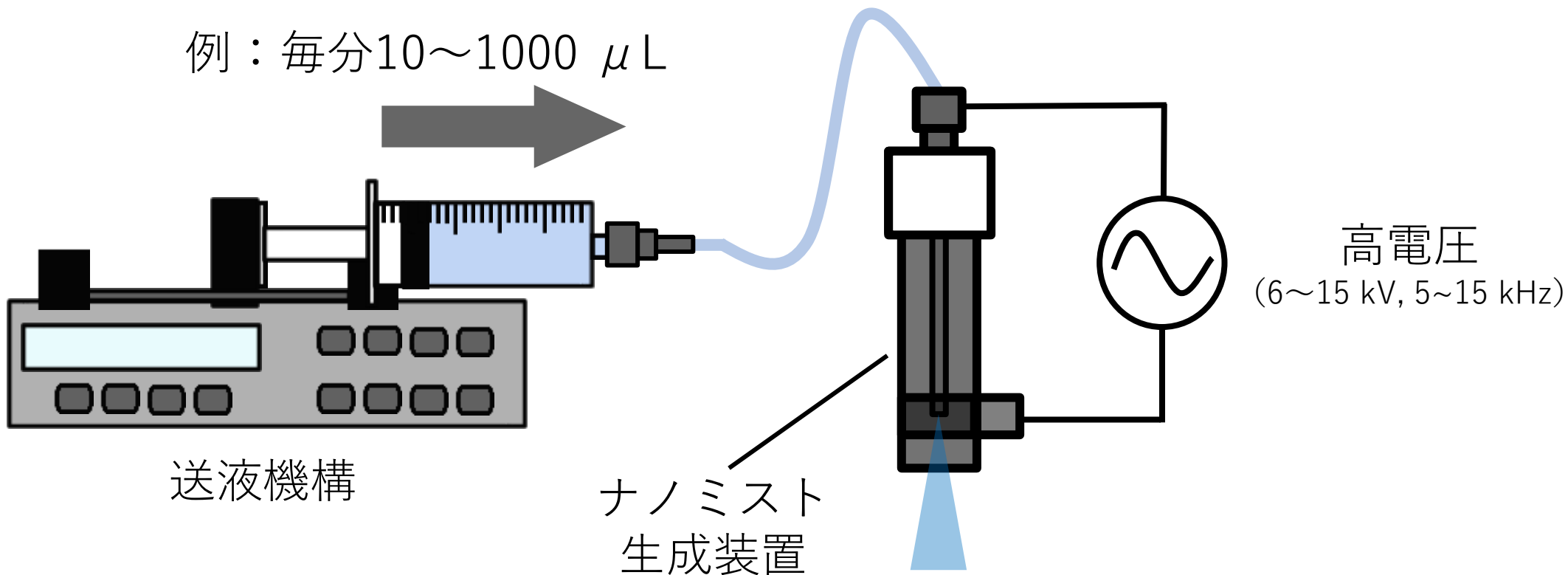
高電圧に起因する感電・火災のリスク
(噴霧対象を接地する必要があるため)

絶縁性の高いものはミスト化が困難

等の問題があり、広く利用されるまでには至っていない。

発明技術の概要

例：毎分10~1000 μL



プラズマを用いて様々な溶液を**ナノミスト化**できる！

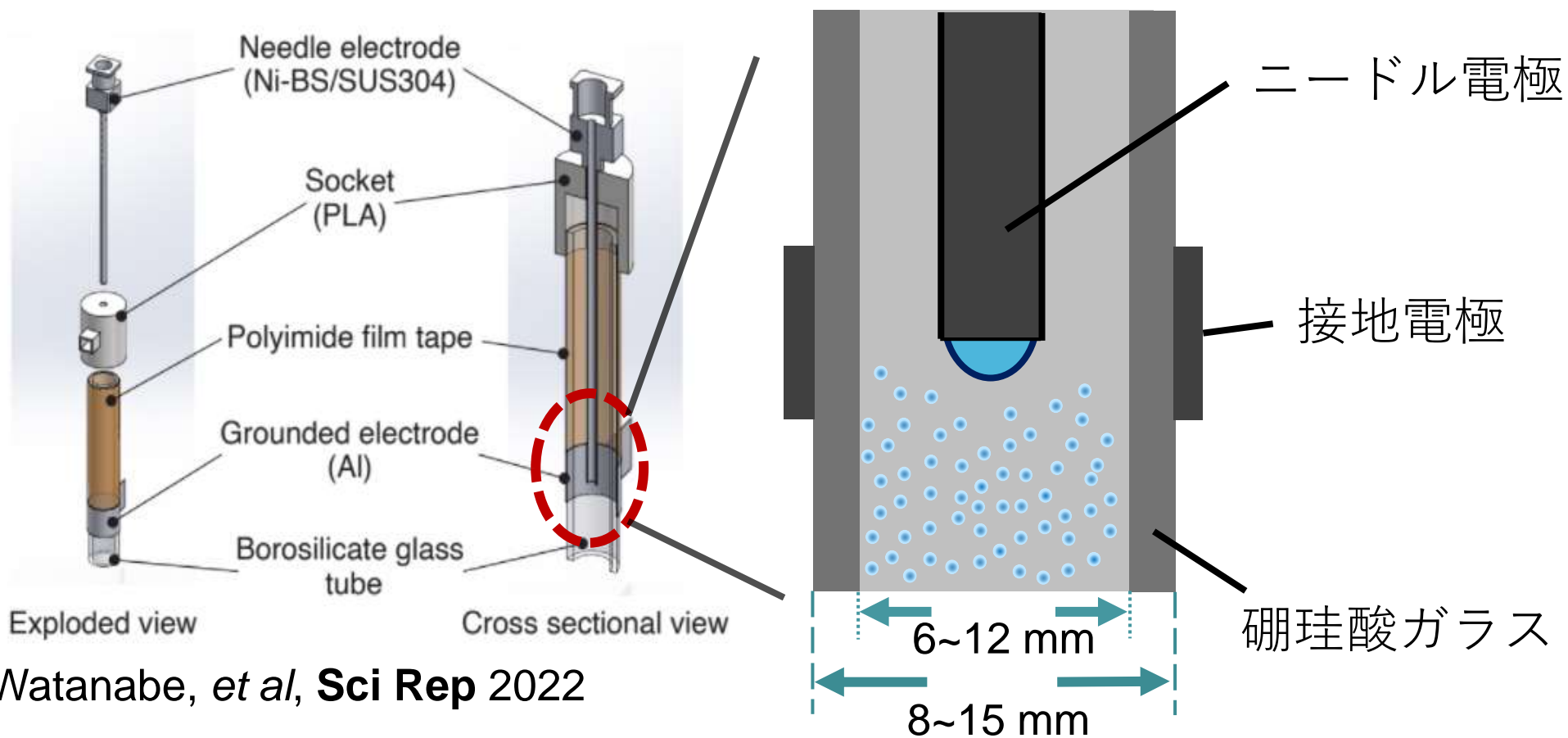


MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



ナノミスト生成装置

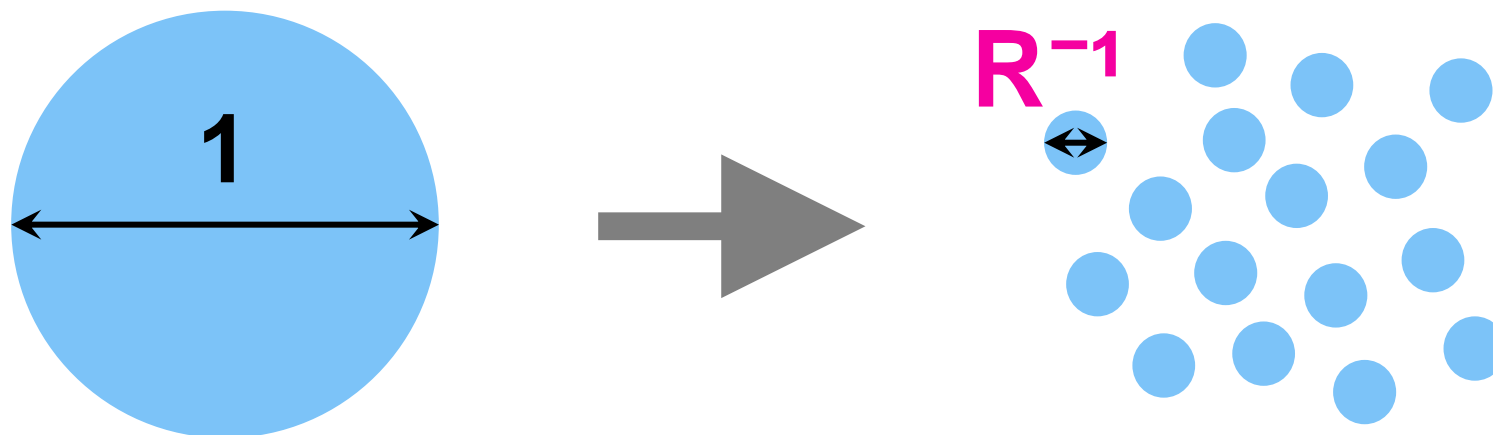


R.Watanabe, *et al*, **Sci Rep** 2022



ミスト化の利点

液体をミスト化をすると・・・



- | | | |
|-----------------|---|-------------|
| 総表面積 R 倍 | → | 界面での化学反応の促進 |
| 液滴数 R^3 個 | → | 分散の一様性の促進 |
| 液滴質量 R^{-3} 倍 | → | 混合・運動量交換の促進 |

粒径が小さいほど効果大

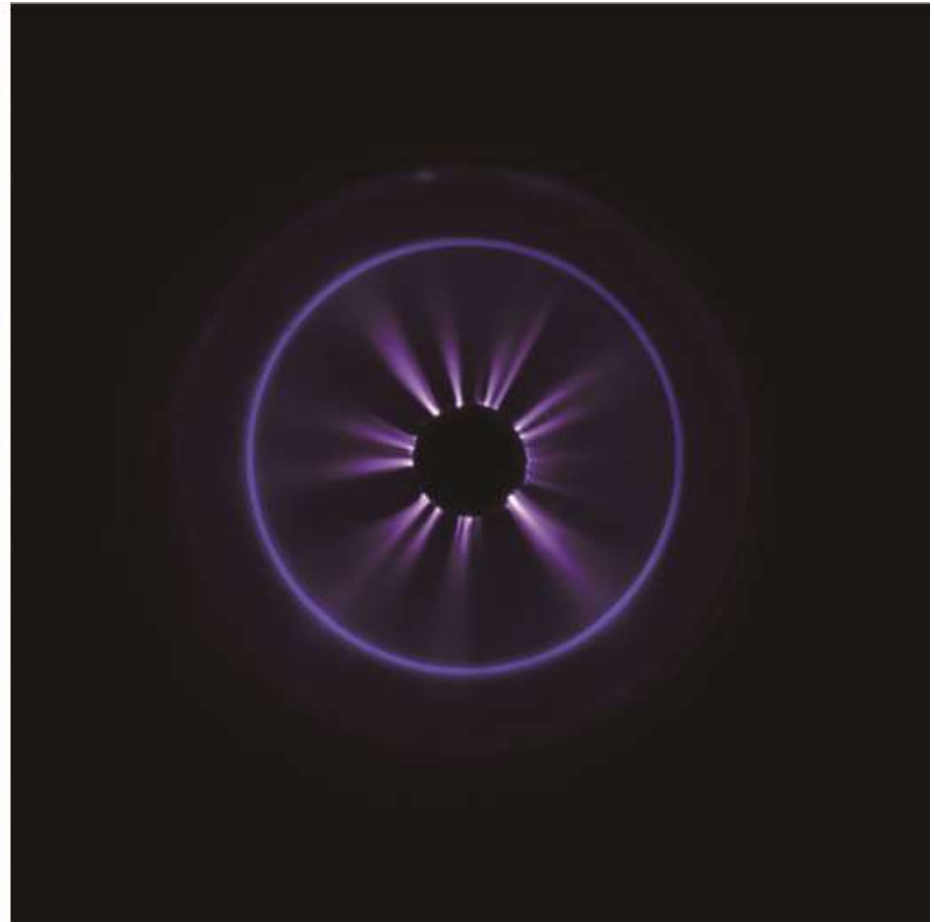
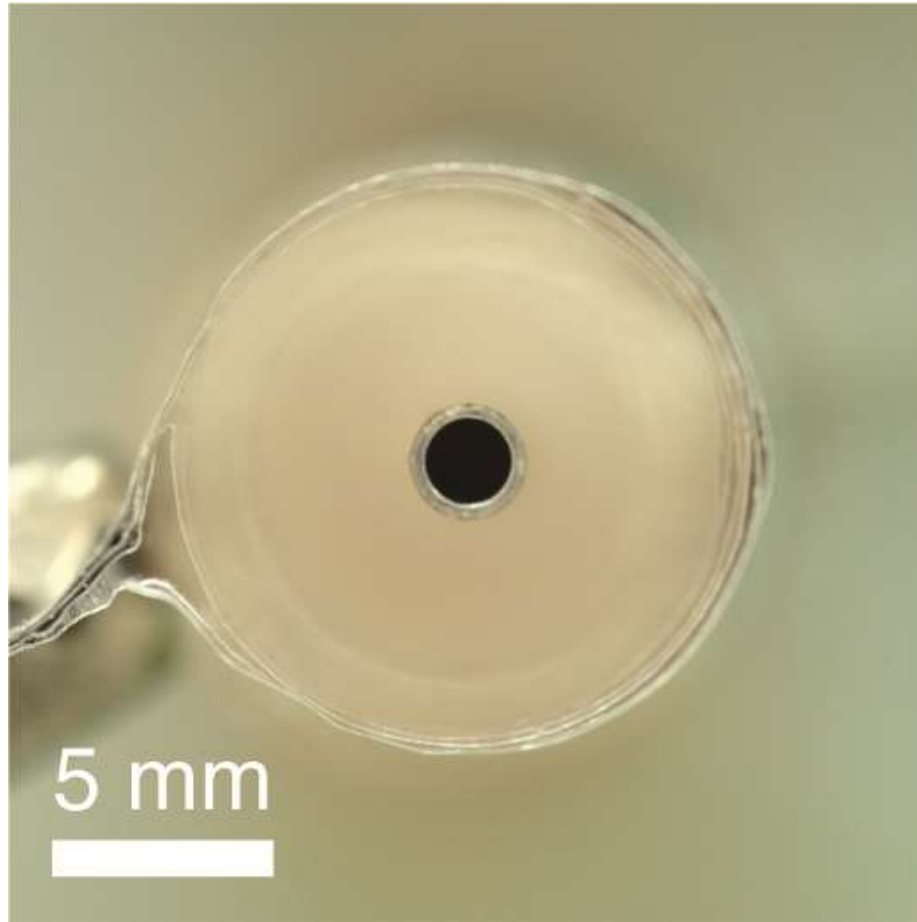


MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



ナノミスト化に用いる誘電体バリア放電



R.Watanabe, *et al*, **Sci Rep** 2022



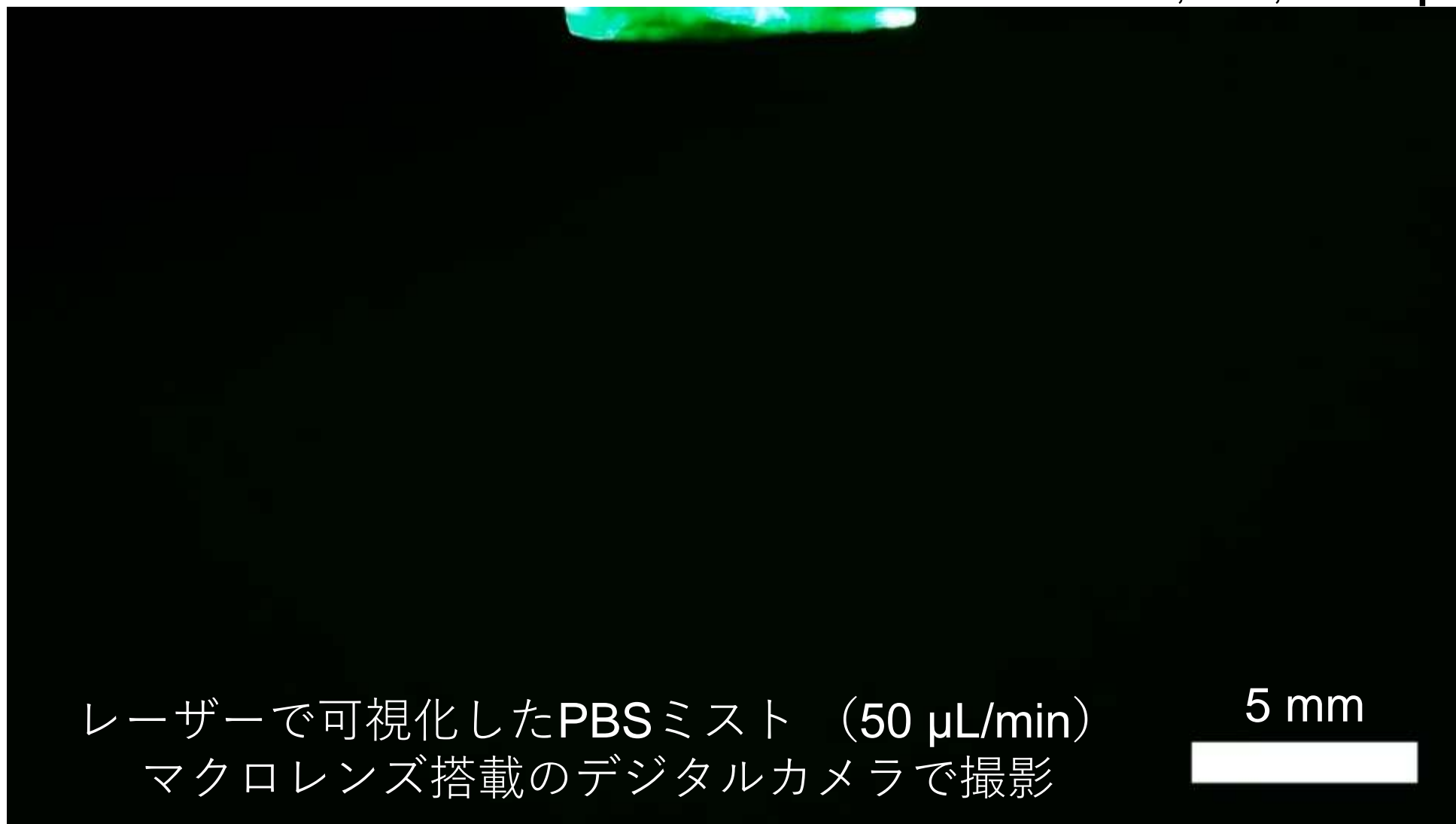
MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



ミスト生成の様子 (リン酸緩衝生理食塩水 : PBS)

R.Watanabe, *et al*, **Sci Rep** 2022



MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



ミスト生成の様子 (超純水)

R.Watanabe, *et al*, **Sci Rep** 2022



レーザーで可視化した超純水ミスト (50 μ L/min)
マクロレンズ搭載のデジタルカメラで撮影

5 mm



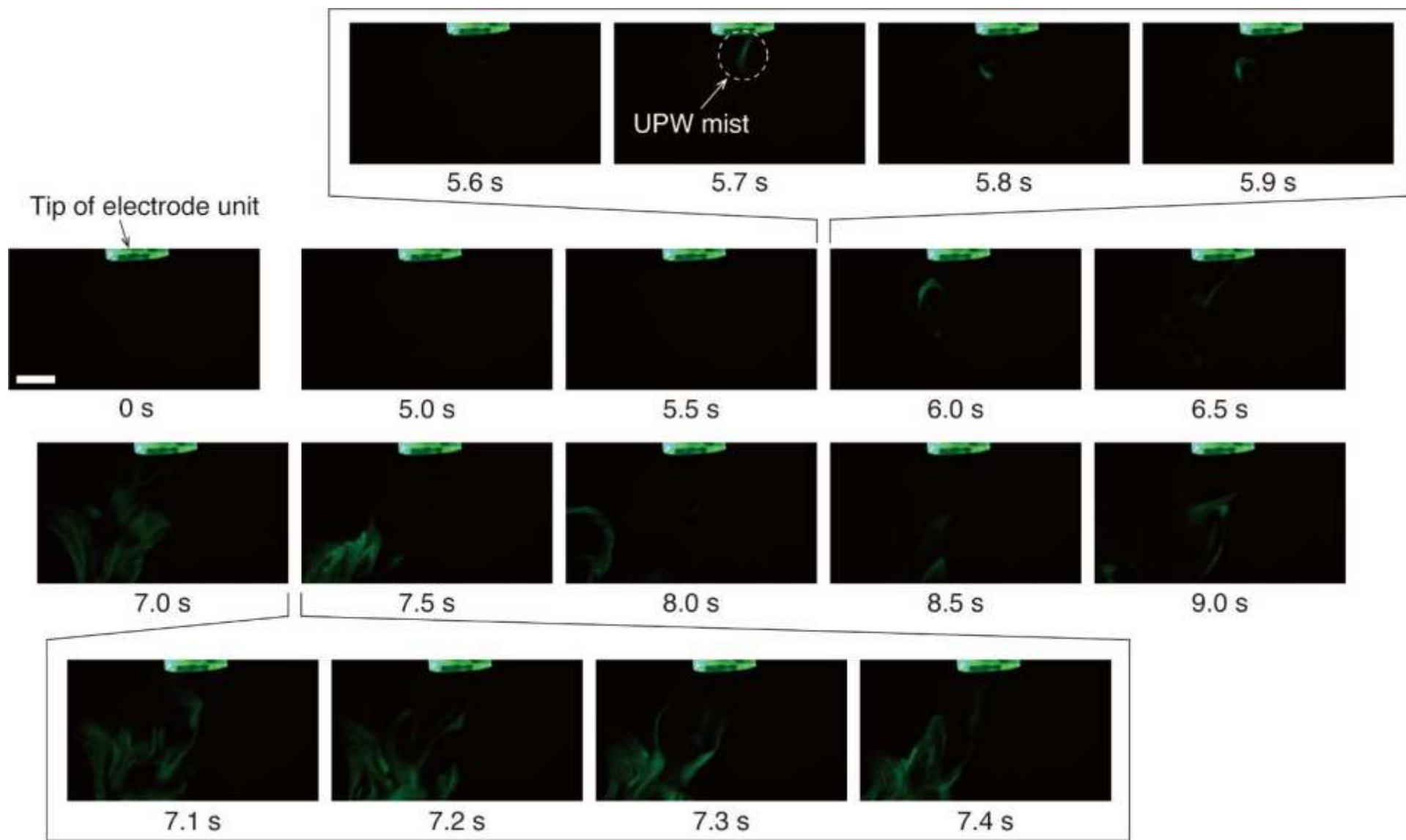
MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



ミスト生成の様子 (超純水)

R.Watanabe, *et al*, Sci Rep 2022



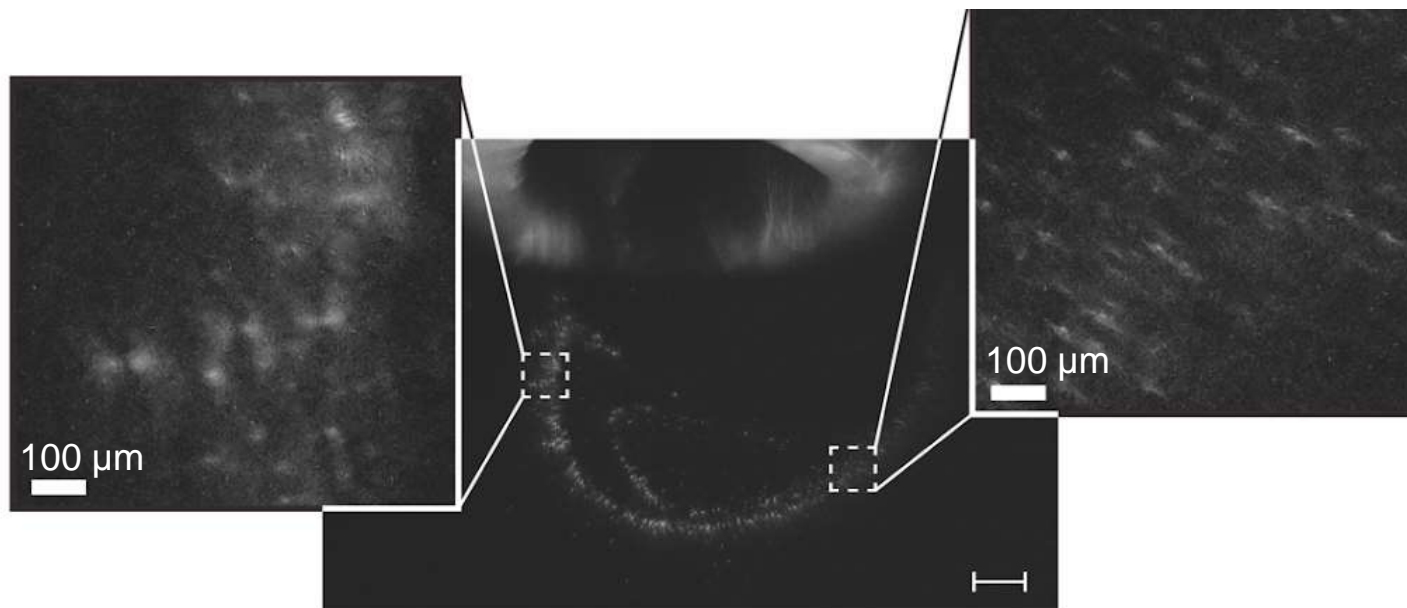
MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology

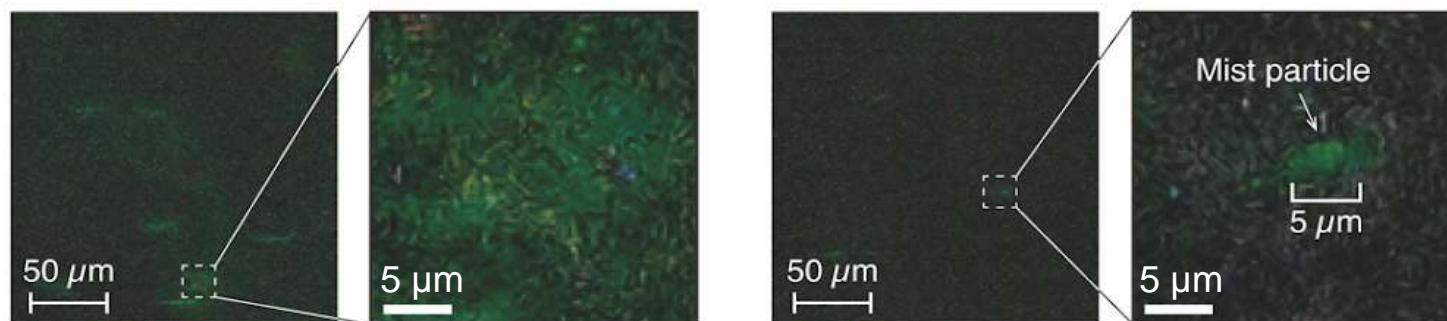


生成されたミスト粒子の評価 (超純水)

10倍
顕微鏡レンズ



100倍
顕微鏡レンズ



R.Watanabe, et al, **Sci Rep** 2022

大部分 (8割程度) がレンズ分解能以下のサイズ (400 nm以下)



MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology



油性溶液のナノミスト化



R.Watanabe, *et al*, **Sci Rep** 2022

油性溶液（ヒマシ油）でもナノミスト化に成功



MORE
SENSE

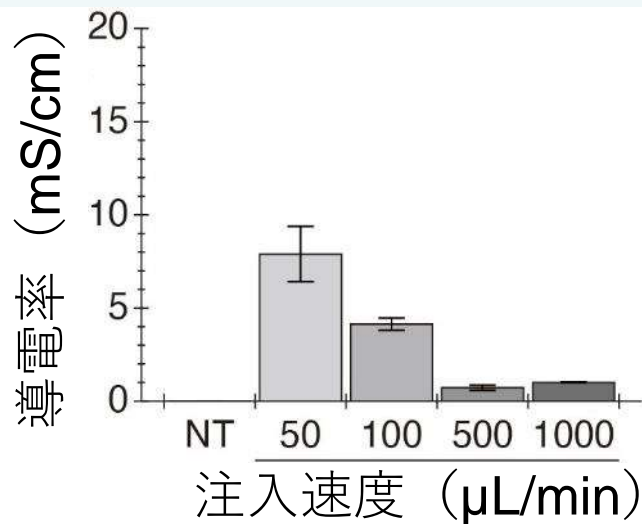
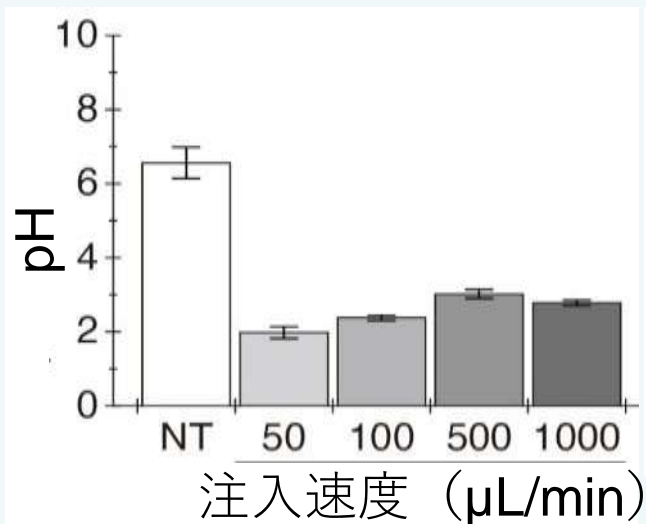
Tokyo University of
Agriculture and Technology



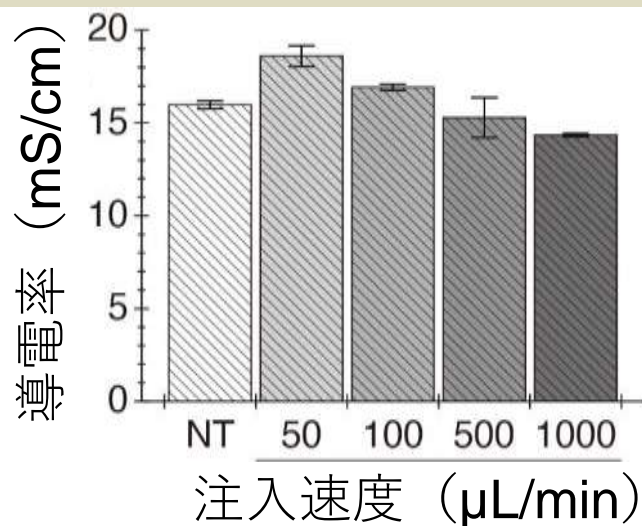
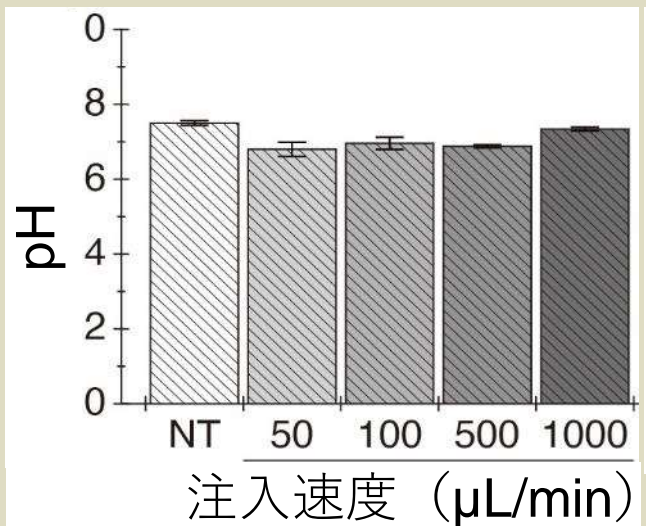
溶液の性質変化

外径8 mmのガラス管を生成装置に用いた場合

超純水

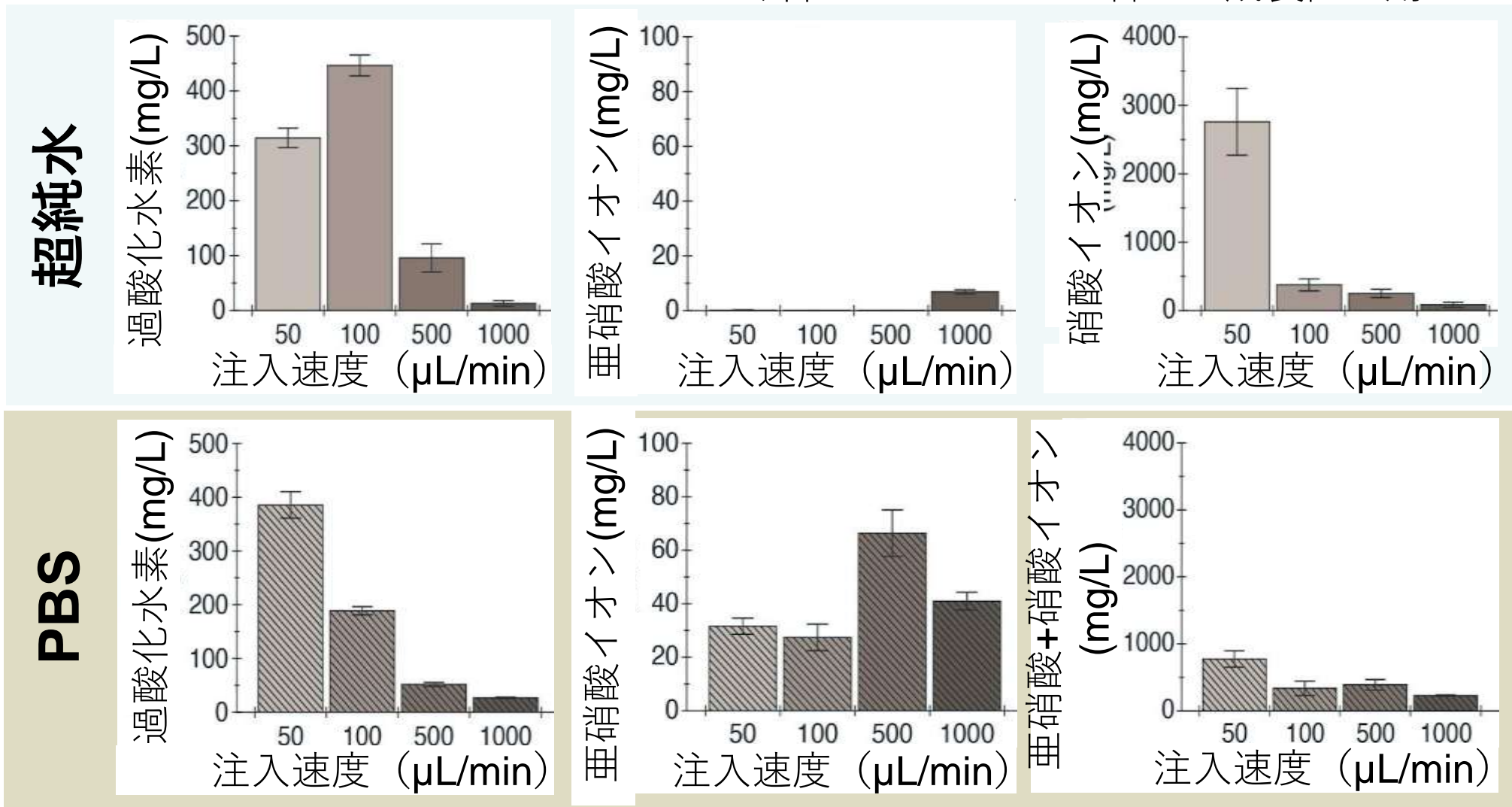


PBS



溶液中に生成される化学種

外径8 mmのガラス管を生成装置に用いた場合



新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった、**安全性を改良**することに成功した。
- 従来は噴霧対象の接地が必須であったが、ナノミスト生成装置内部で閉じた回路とすることで、噴霧対象の接地が不必要になり、**感電・火災のリスクを大幅に低減**することが可能となった。
- 本技術の適用により、**水性溶液から粘度・絶縁性の高い油性溶液までナノミスト化が可能**であり、消費電力も小さい。
- 生成装置の**モジュール化**により大容量化が可能となっている。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、**薄膜塗装・農薬噴霧**に適用することで感電・火災等のリスク低減しつつ高い効率で噴霧対象への噴霧物の供給できるメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、**溶液の組成に依存しない**本技術の特徴を活かすことで従来技術ではナノミスト化が困難であった溶液にも適用拡大が期待される。
- また、生成されたナノミストの性質に着目すると、**医薬品や化粧品などのナノ粒子化による経皮吸収促進**といった用途に展開が可能と思われる。加えて、プラズマによって生成される**反応性化学種による殺菌効果等の付与も可能**と考えられる。
- 展開先としては未検討ではあるが**内燃機関の燃焼効率向上**への応用も視野に入れられる可能性がある。

実用化に向けた課題

- 現在、水性・油性の様々な溶液についてナノミスト化が可能な要素技術ところまで開発済み。しかし、プラズマ由来の反応性化学種等が不必要な場合の除去機構、溶液のpH調整、**経皮吸収促進メカニズム**などの点が未解決である。
- 今後、経皮吸収促進メカニズムについて実験データを取得し、**薬剤の経皮吸収促進**に適用していく場合の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、**溶液の供給機構**や**安全性設計を量産に耐え得る仕様まで作り込み**をする必要もあり。

企業への期待

- 未解決の経皮吸収促進メカニズムについては、人工皮膚モデルの技術の活用により克服できると考えている。また、経皮吸収促進のターゲットとなる薬剤・化粧品等の選定についてはノウハウが必要とも考えている。農薬についても植物への吸収動態を評価可能な技術が必要と考えている。
- 化粧品製造・創薬・人工皮膚モデル・農薬製造の技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、ナノミストを応用した様々な産業技術を開発中の企業、特に医療・ヘルスケア・農業分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：プラズマナノミスト生成装置
- 出願番号：出願済み、未公開
- 出願人：国立大学法人東京農工大学
- 発明者：吉野 大輔、渡邊 良輔、田中 詩織

お問い合わせ先

東京農工大学
先端産学連携研究推進センター

Tel 042-388-7550

Fax 042-388-7553

e-mail suishin@ml.tuat.ac.jp



MORE
SENSE

Tokyo University of
Agriculture and Technology

