

小型で軽量のウイルス不活化装置の開発

名古屋大学 未来材料・システム研究所
教授 内山知実

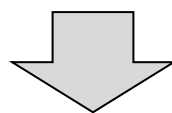
研究室HP <https://www.is.nagoya-u.ac.jp/dep-cs/uchiyama/>

Email uchiyama@is.nagoya-u.ac.jp

2024年2月6日

背景

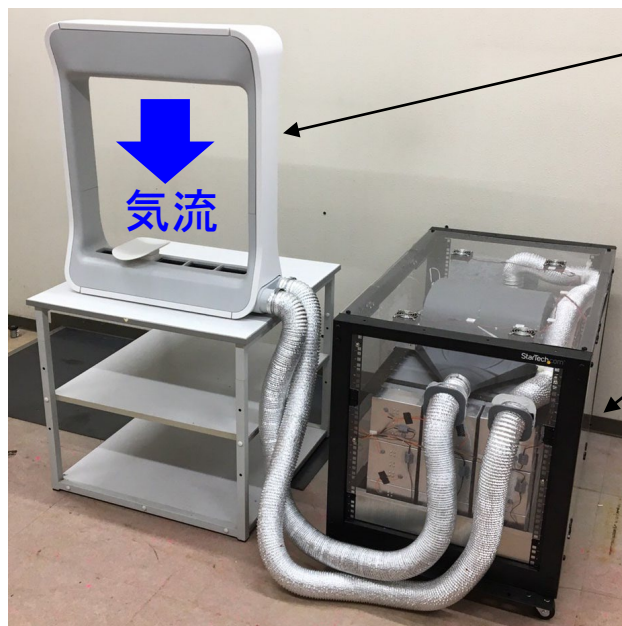
- 新型コロナなどのRNAウイルスは、増殖や感染を繰り返しながら変異
- 一部の変異は、感染性や重症化リスクなどに影響
- 医療機関などでは、コロナ終息後もウイルス対策は変わらず重要



「空間遮断」と「ウイルス不活化」の融合技術の開発の重要性

これまでの研究成果

➤ ウイルス不活化機能をもつエアカーテン装置の開発(2022年3月)



エアカーテン装置

- ・ノズルを工夫して高い強度を持つエアカーテンを発生
- ・エアロゾル粒子の遮断に成功

ウイルス不活化装置

- ・LEDから深紫外線を照射し、ウイルスを不活化
- ・検出限界(99.91%)の不活化に成功
- ・フィルタは不要



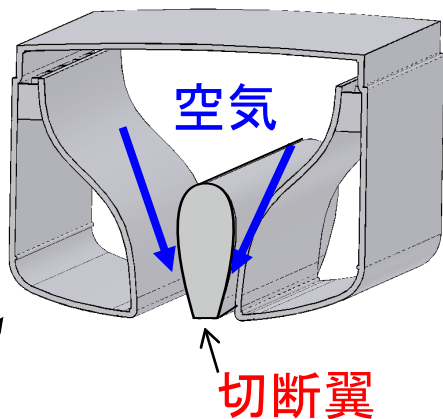
名古屋大学 医学部附属病院における実証実験

- ・採血室で実証実験を実施
- ・医療従事者と患者から、概ね良好な感想が寄せられた
- ・不活化装置の小型化が要望された

これまでの研究成果

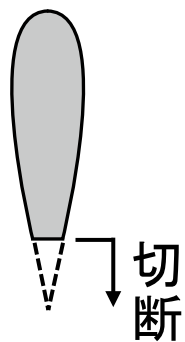
➤ ウイルス不活化機能をもつエアカーテン装置の開発(2022年3月)

上部ノズルの断面図

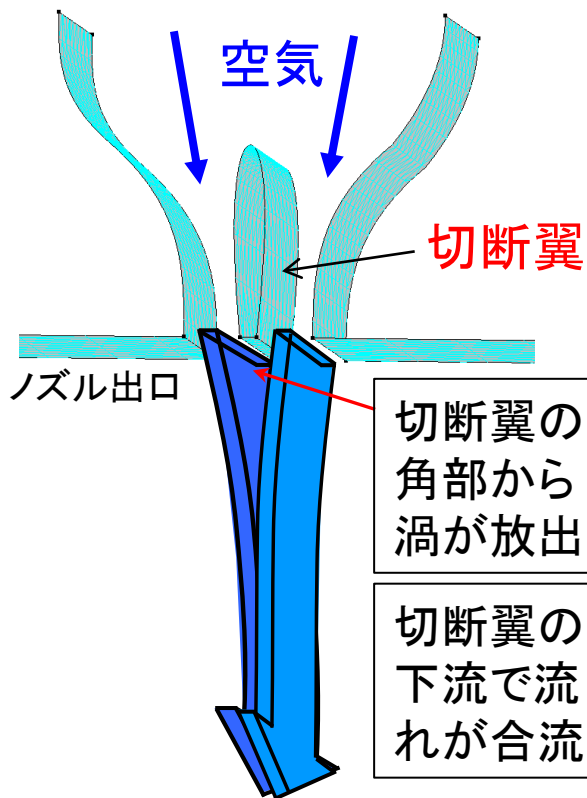


エアカーテン装置

後縁が切断された翼



切断翼の作用



シャープな二次元気流
(空間遮断に優れたエアカーテン)



エアロゾル粒子の遮断の可視化実験

解決すべき課題

ウイルスの不活化には気流への
深紫外線の照射時間が必要



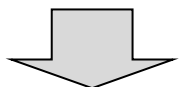
Uターンを繰り返す流路
+ 折り返し部にDUV-LEDを内蔵



不活化装置の大型化・重量化

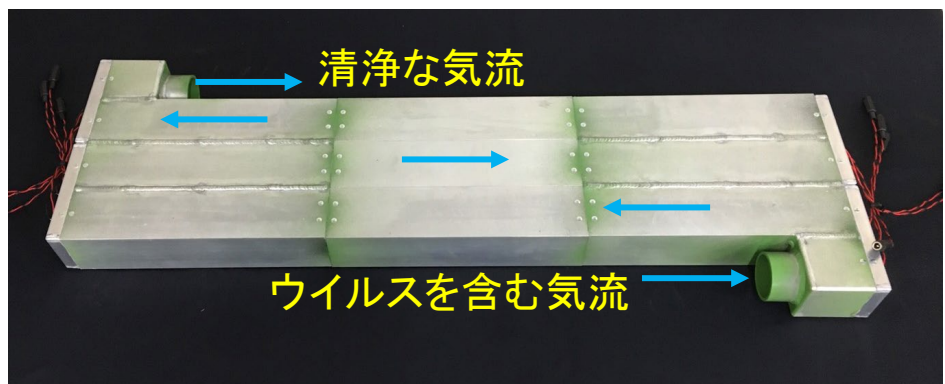


装置の実用化の障害



解決すべき課題

- ・ 小型・軽量のウイルス不活化装置の開発
- ・ エアカーテン装置への不活化装置の搭載・一体化



装置内部

Uターンを
繰り返す
流路

新技術の内容と特徴

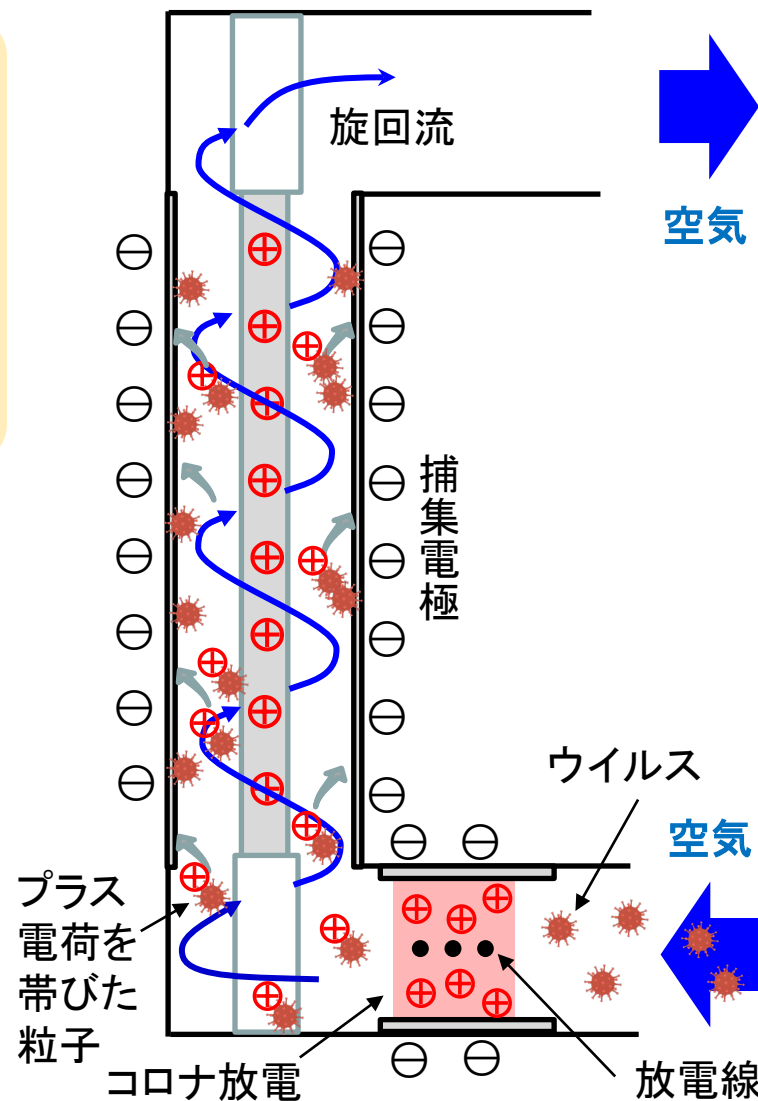
➤ 静電気力と遠心力を利用したエアロゾル粒子の捕集技術

静電気力による捕集

- コロナ放電で粒子にプラスイオンを付与
 - マイナス極の捕集電極で捕集
- ⇒ 直径 $2\mu\text{m}$ 以下の小径粒子の捕集に有効

遠心力による捕集

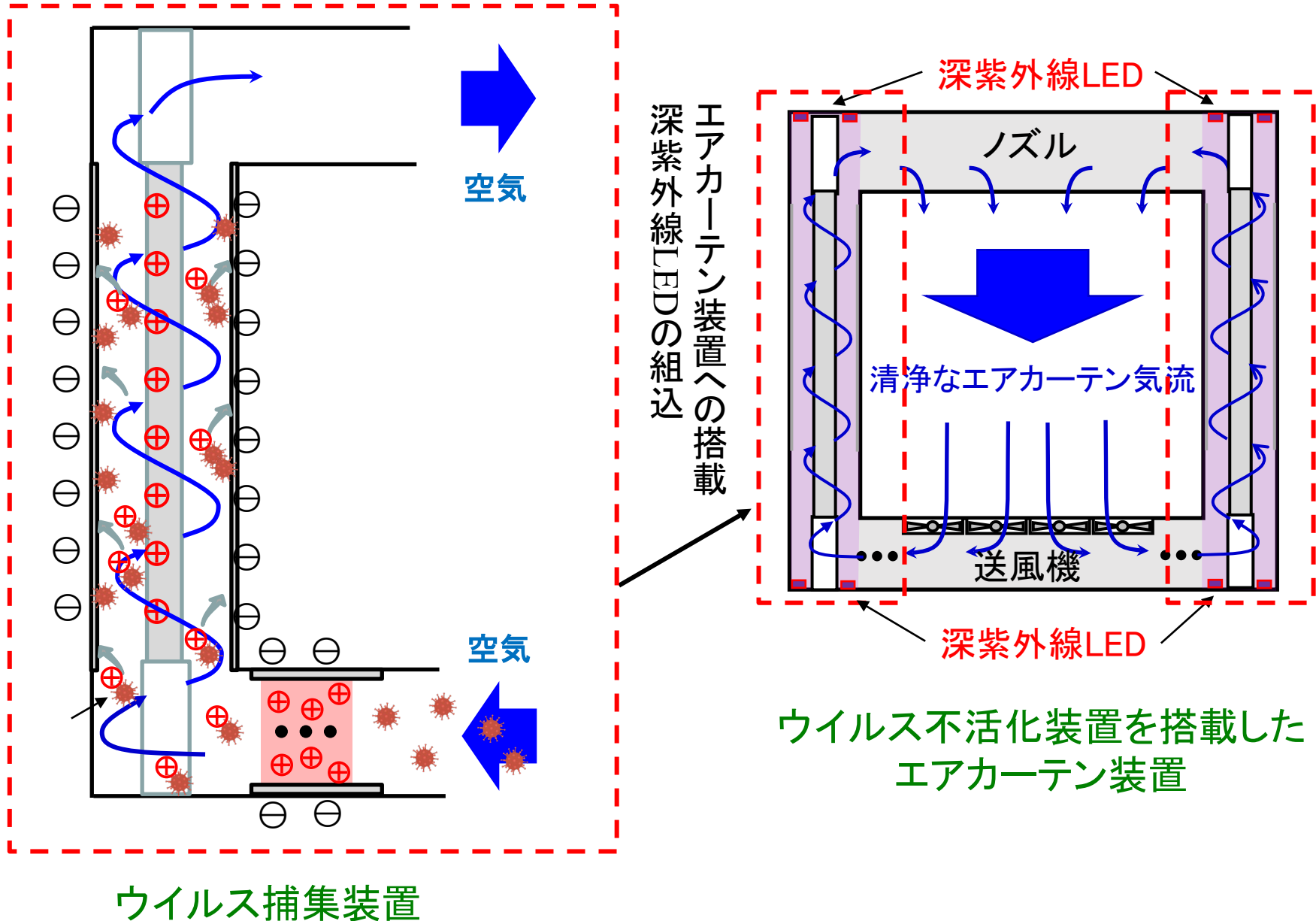
- 気流に旋回成分を付与
 - 遠心力を受けた粒子が壁面上の捕集電極に向けて移動
- ⇒ 直径 $2\mu\text{m}$ 以上の大径粒子の捕集に有効



静電気力と遠心力を利用した
新たなウイルス捕集装置

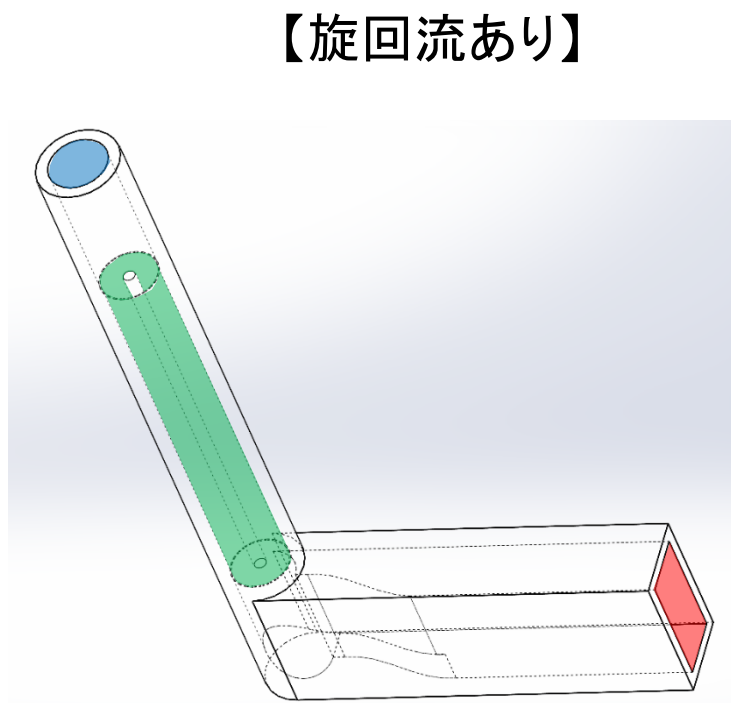
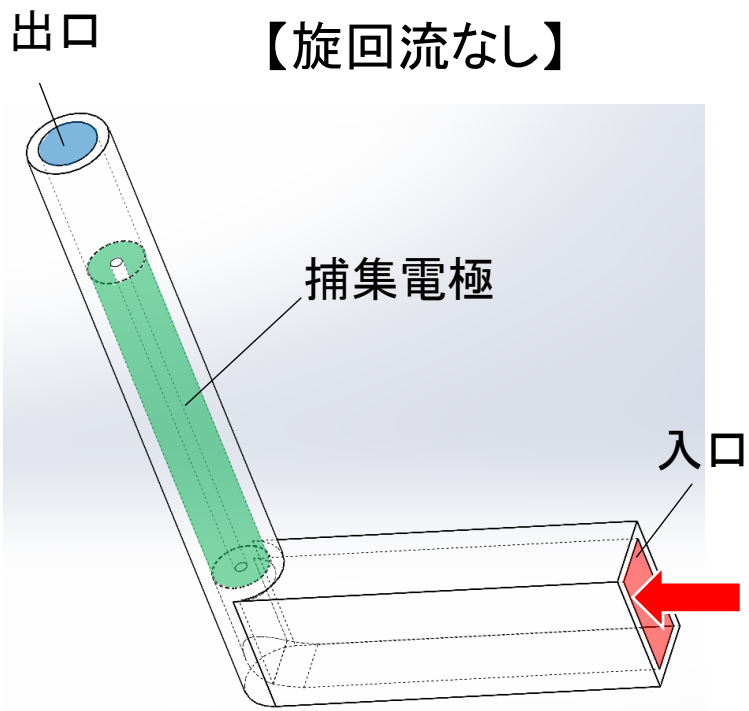
新技術の内容と特徴

➤ 新たな捕集技術と深紫外線LEDの融合による不活化装置の小型化

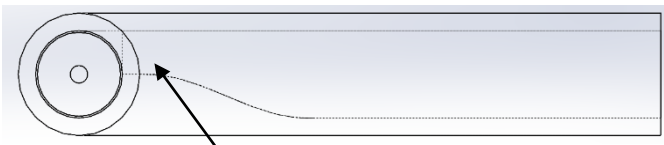


新技術の内容と特徴

➤ 旋回流の効果の検証(シミュレーション)



スリットなし



オフセットされたスリットあり

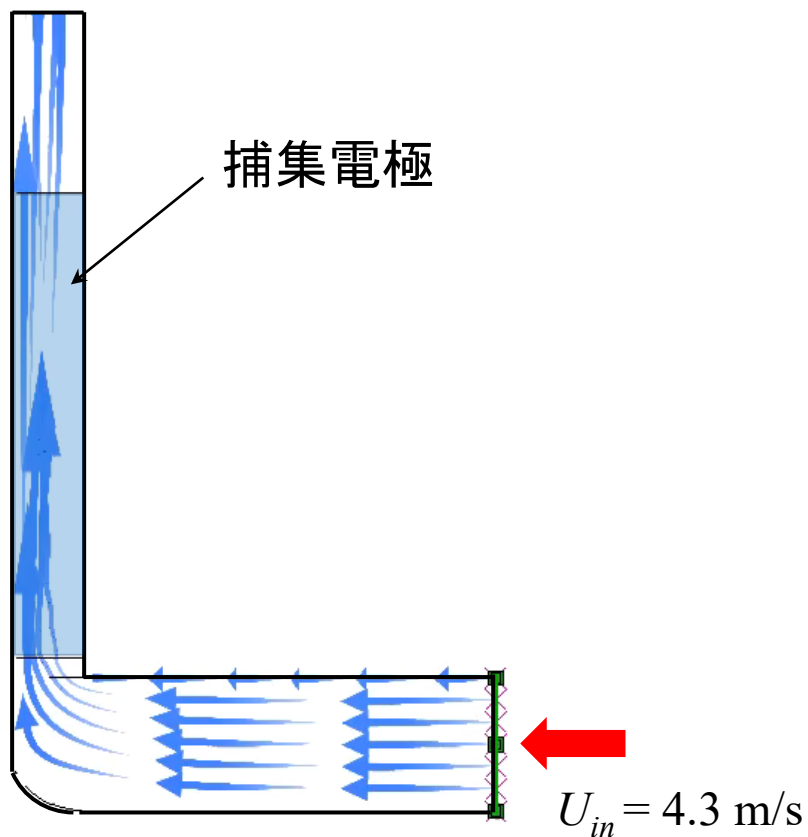
シミュレーション条件	
入口	0.75 m ³ /min
出口	静圧
電位差	10 kV
粒子流入速度	4.3 m/s
粒子直径	0.1~10 μm
粒子荷電量	4.5 × 10 ⁻¹⁶ C
粒子境界条件	完全弾性衝突
負電極境界条件	付着
壁面境界条件	ノースリップ ^o

新技術の内容と特徴

➤ 旋回流の効果の検証(シミュレーション)

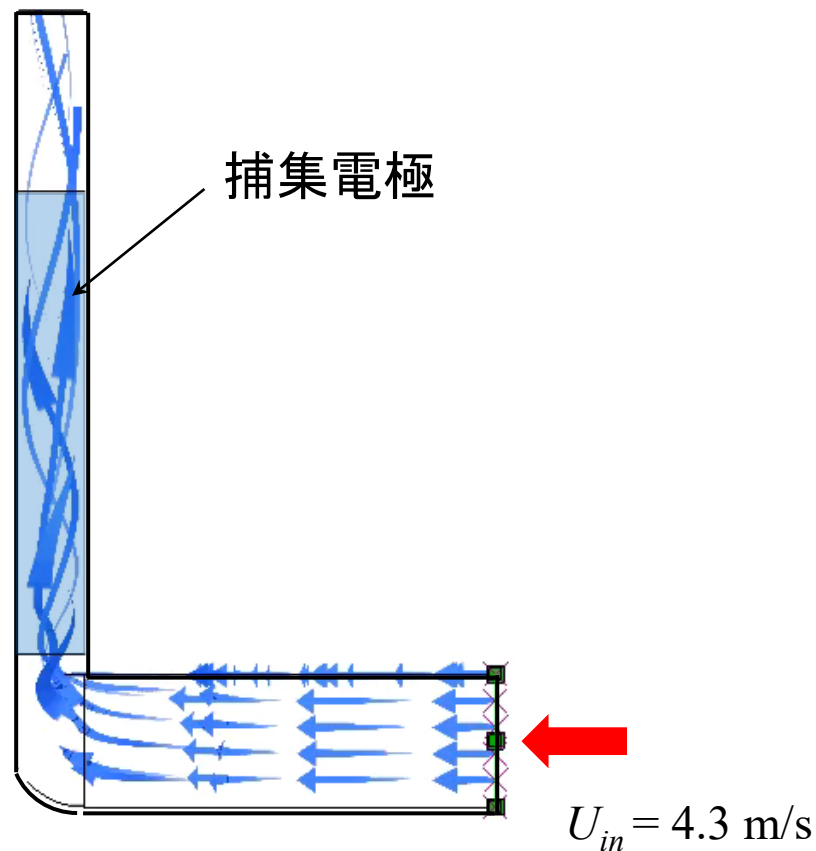
スリットなし

旋回流なし



スリットあり

旋回流あり



スリットありの場合、捕集電極部で旋回流が生起する

新技術の内容と特徴

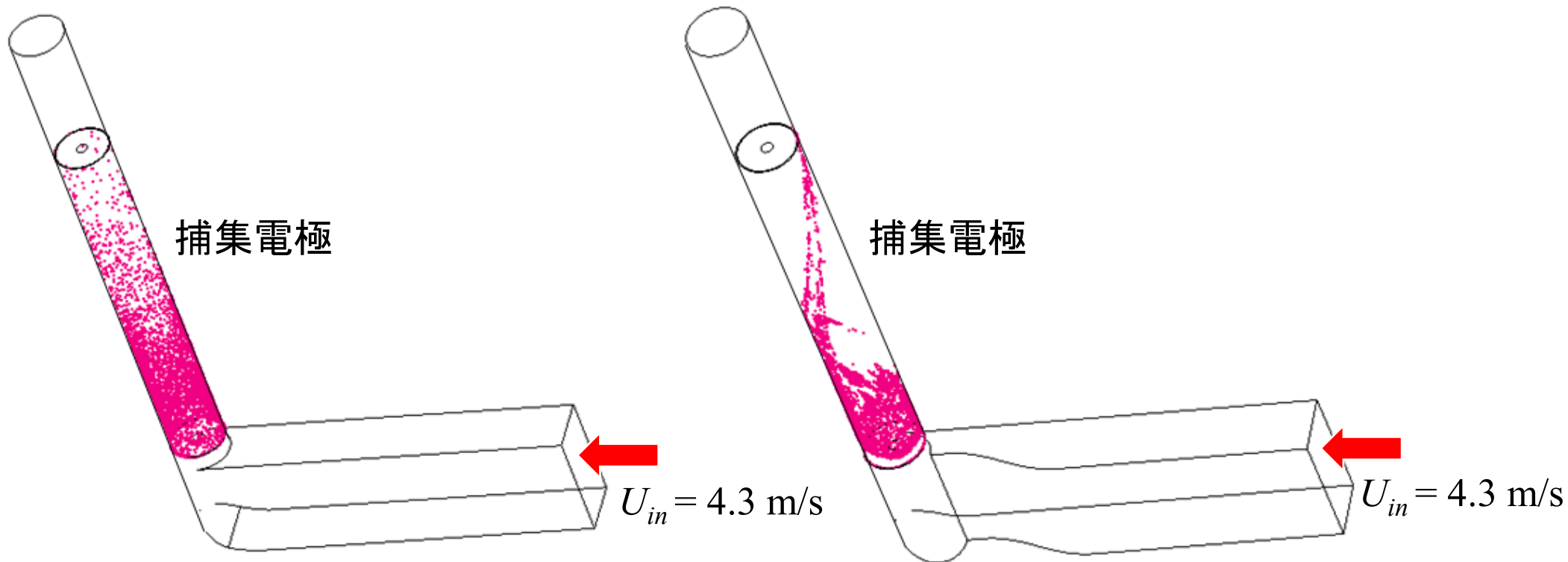
➤ 旋回流の効果の検証(シミュレーション)

スリットなし

旋回流なし

スリットあり

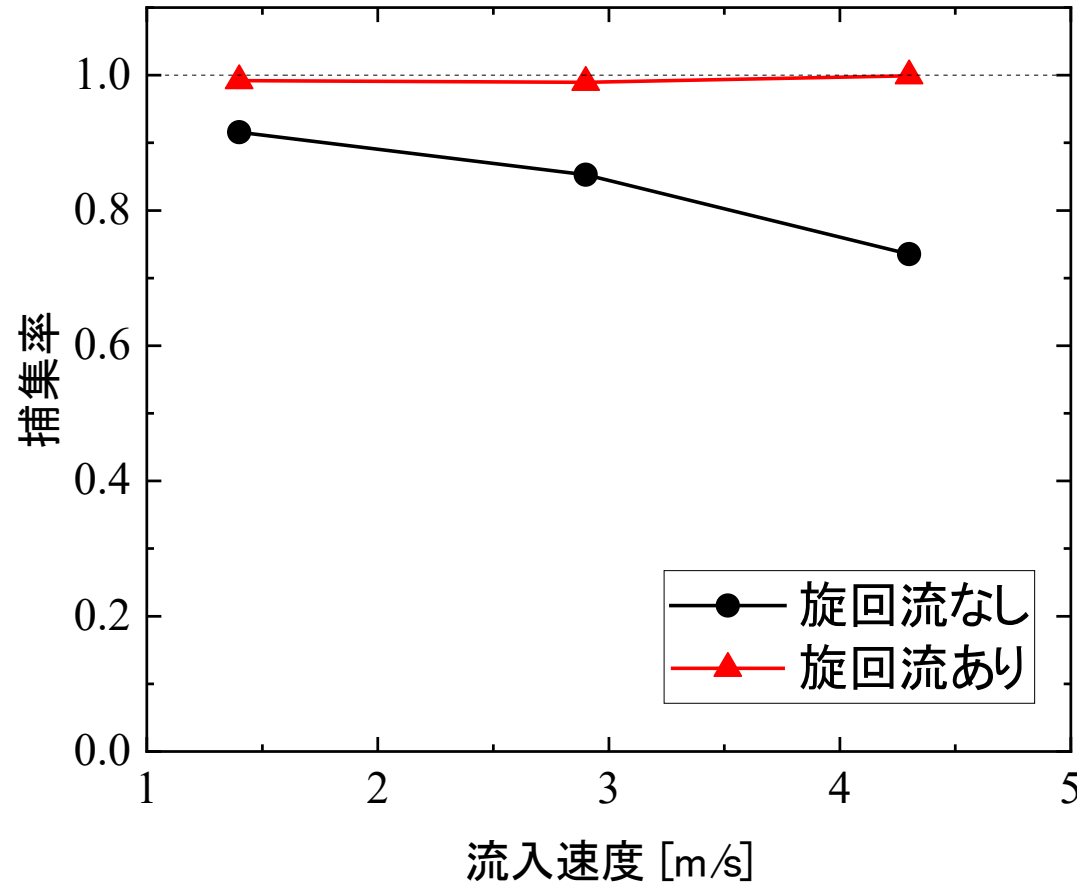
旋回流あり



スリットなしの場合、捕集電極の周囲方向に均一に付着する
スリットありの場合、不均一かつ集中的に粒子が付着する

新技術の内容と特徴

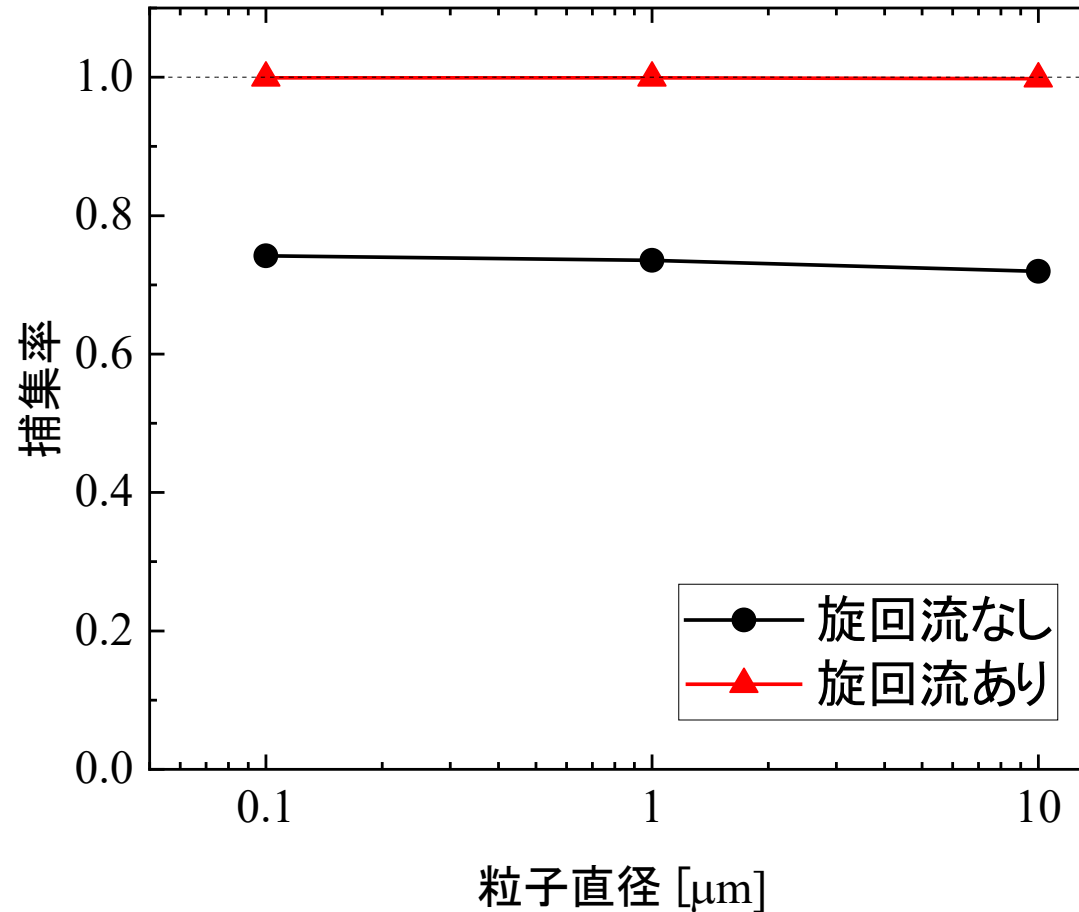
➤ 旋回流の効果の検証(シミュレーション): 粒子直径 $1 \mu\text{m}$



- 旋回流なしの場合, 流入速度の増加に伴い捕集率が低下
- 旋回流ありの場合, いずれの流入流速においても高捕集率を維持

新技術の内容と特徴

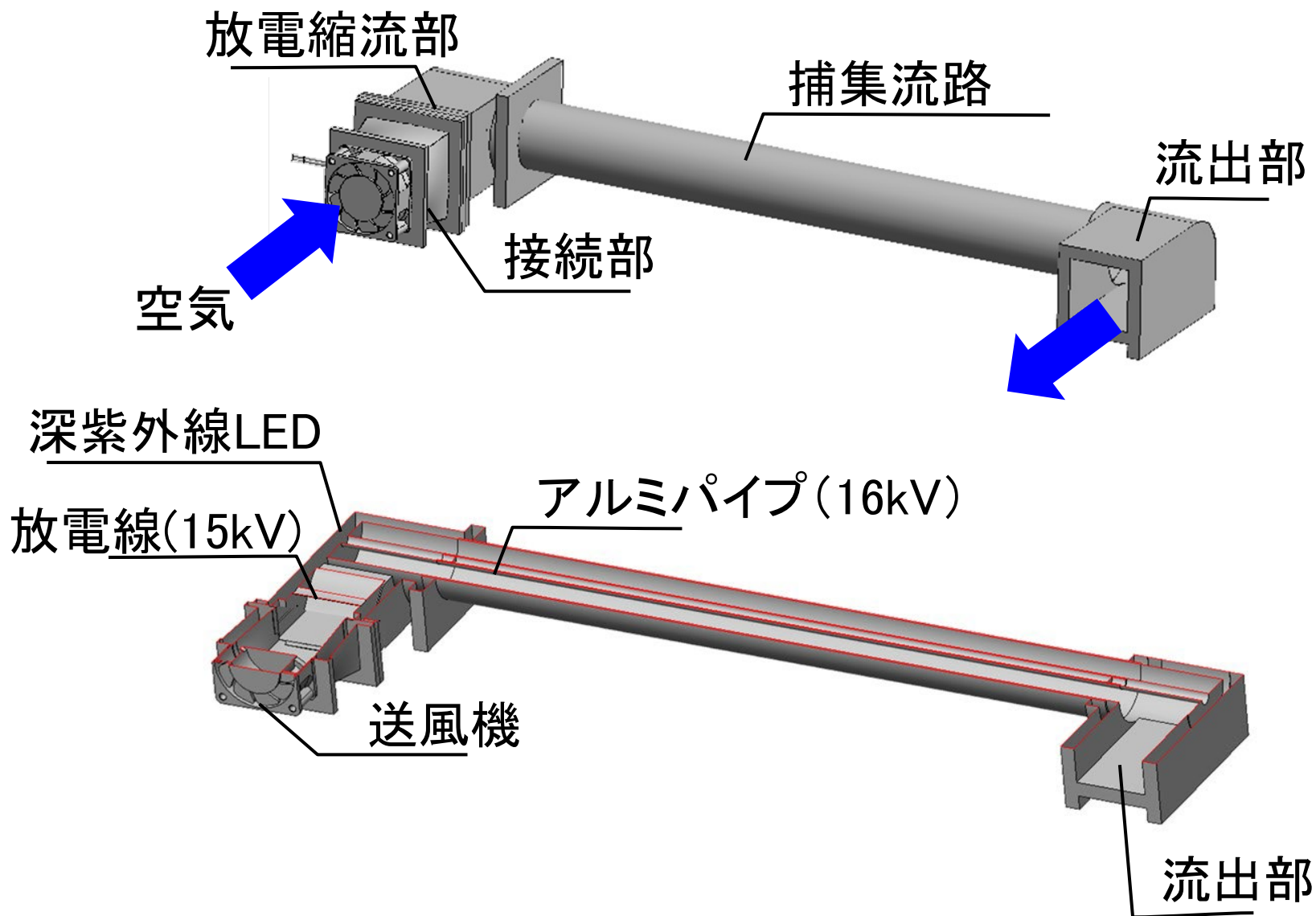
➤ 旋回流の効果の検証(シミュレーション): 気流速度4.3 m/s



捕集率は粒子直径に依存せず、旋回流がある場合、常に高捕集率を維持

新技術の内容と特徴

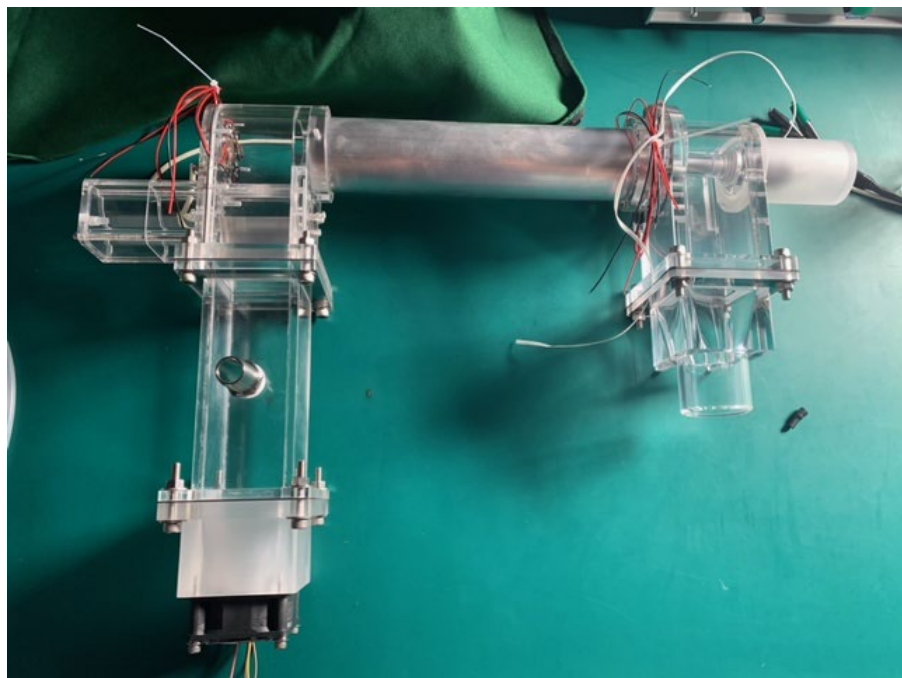
➤ 新しい捕集技術による装置の概要



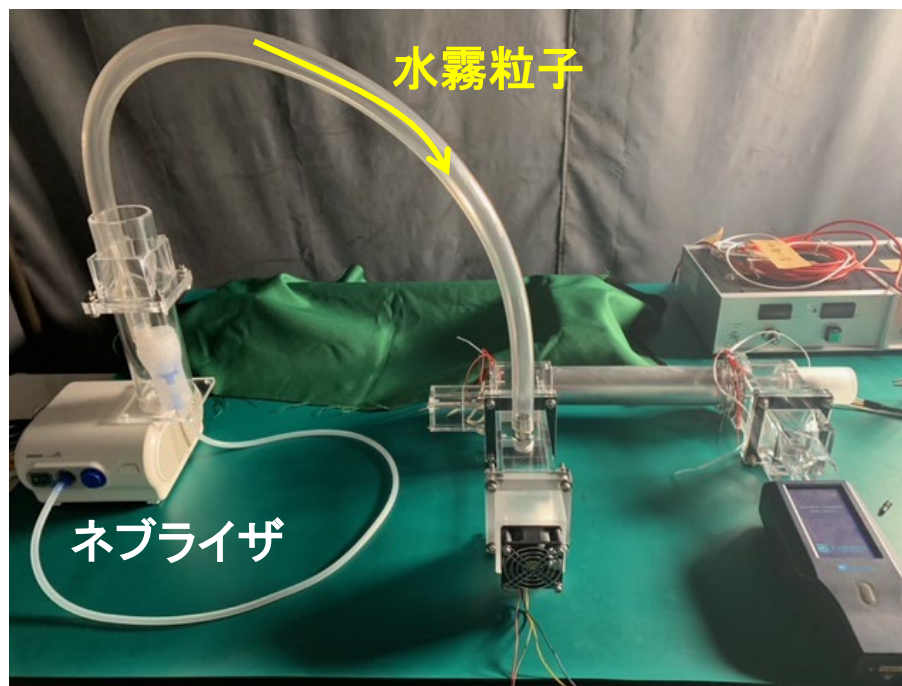
新技術の内容と特徴

➤ 新しい捕集技術による装置の試作

装置の写真



粒子捕集実験

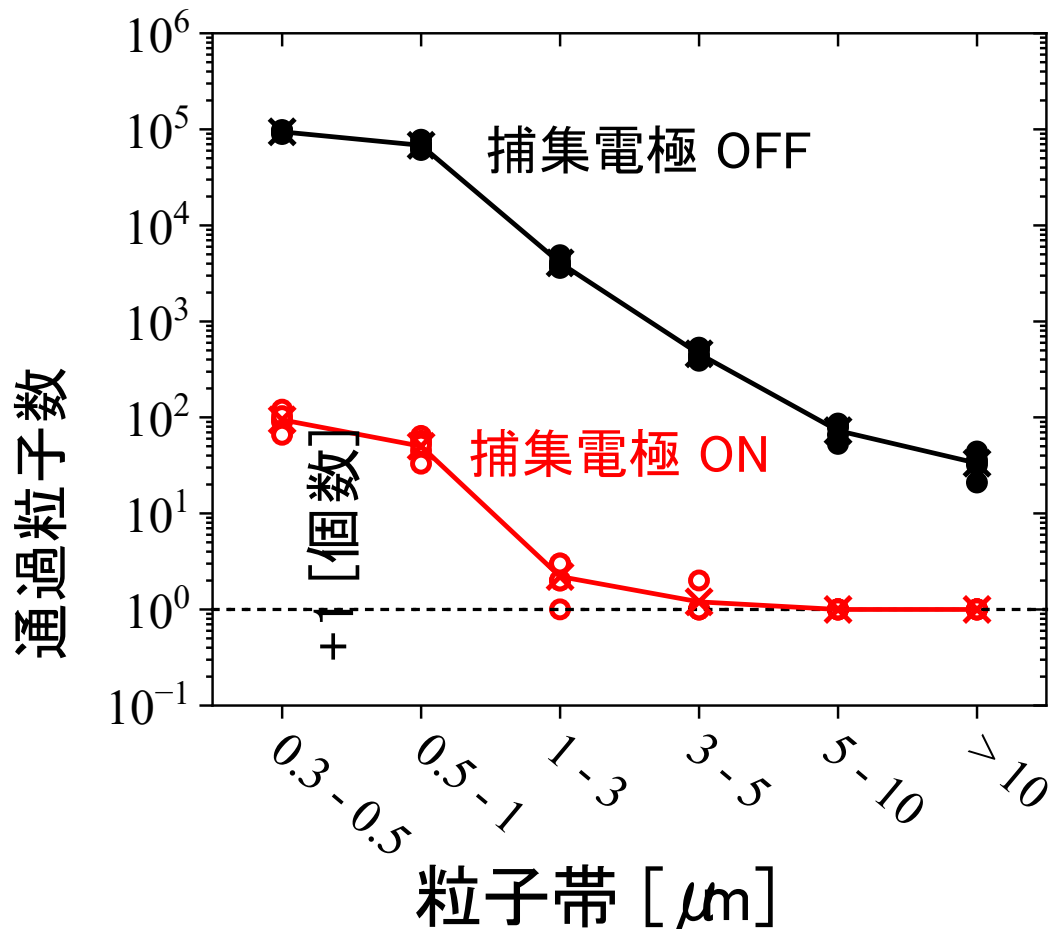


パーティクルカウンタ

- ネブライザで粒子を生成し、装置内部に噴霧
- パーティクルカウンターを用いて、装置出口部の粒子数をカウント

新技術の内容と特徴

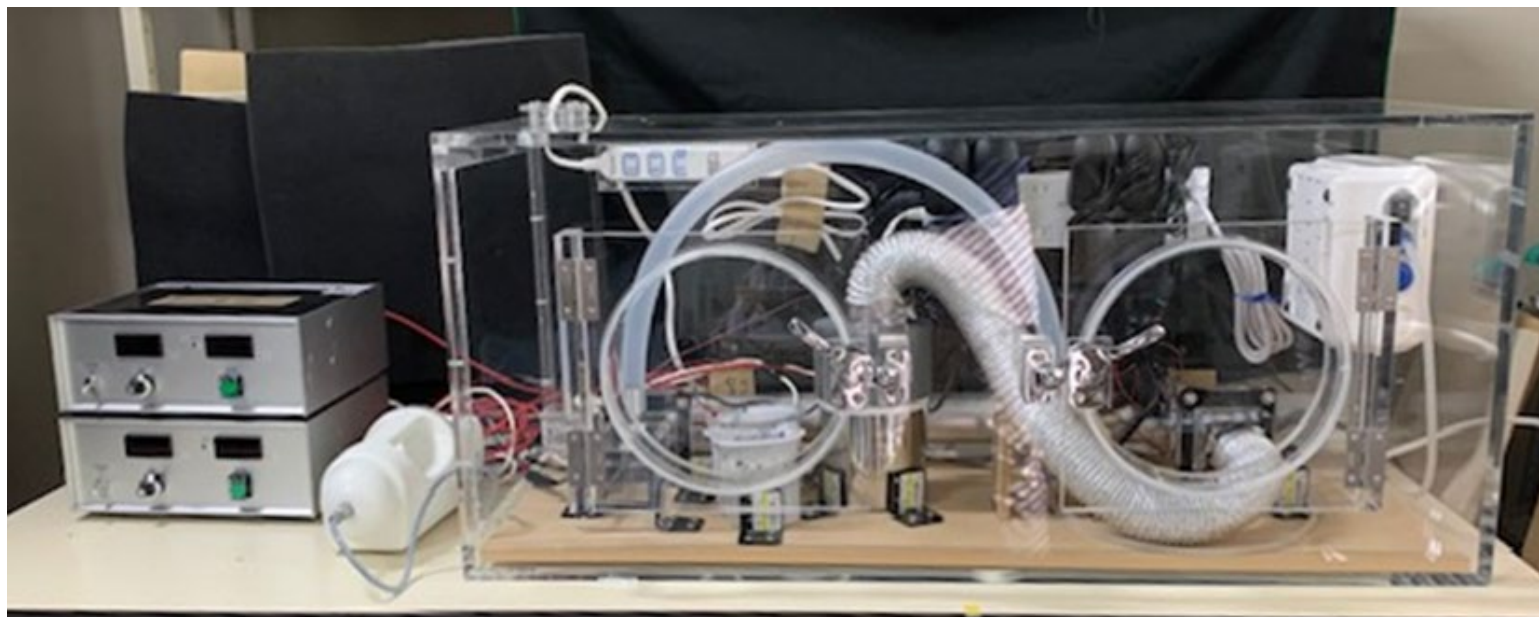
➤ 粒子捕集性能の評価



- 捕集電極ONの場合，OFFの場合と比べ，通過粒子数は全ての粒子帯において 10^{-3} のオーダーで減少
- 捕集電極ONの場合， $3\mu\text{m}$ 以上の粒子はほぼ全て捕集
- 粒子捕集率は**99.91%**に相当

新技術の内容と特徴

➤ ウイルス不活化実験



ウイルス不活化実験に用いる実験装置

- ウイルス実験の実験系を製作
- SARS-CoV-2を用いた試験を名古屋医療センターで実施予定

発表者の既存技術との比較

	既存技術	新技術
捕集・不活化方式	深紫外線LED	深紫外線LED
装置サイズ〔mm〕 (重量)	700W × 1100D × 800H (80 kg)	60W × 100D × 500H (1.4 kg)
流量 [m ³ /min]	1.5	1.5
圧力損失 [Pa]	210	40
騒音 [dB]	48	35
ウイルス不活化率	60%	99.9%以上
ウイルス捕集率	99.91%	99.9%以上
メンテナンス間隔 〔時間〕	20,000 (深紫外線LEDの寿命)	20,000 (深紫外線LEDの寿命)

- 新技術では、体積1/205, 重量 1/57, 騒音35dBまで抑制に成功

競合技術との比較

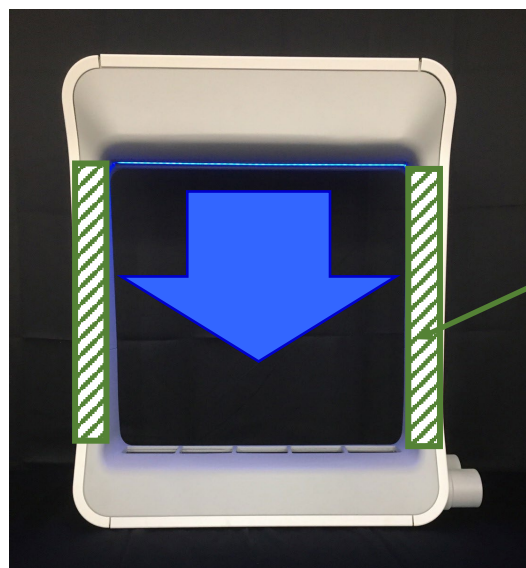
	新技術	競合技術A	競合技術B	競合技術C
捕集・不活化方式	深紫外線LED (静電気力+遠心力)	フィルタ捕集式		深紫外線LED
装置サイズ〔mm〕 (重量)	60W × 100D × 500H (1.4 kg)	270W × 270D × 500H (7kg)	φ 270 × 30 (5kg)	187W × 129D × 268H (1.4 kg)
流量 [m ³ /min]	1.5	1.1~5	1.1~ 5.7	0.2~0.4
圧力損失 [Pa]	40	約245	約245	非公表
騒音 [dB]	35	21~51	30~60	22~40
ウイルス不活化率	99.9%	非公表		
ウイルス捕集率	99.9%以上	直径0.3μmのウイルス粒子に対して99.9%		
メンテナンス 間隔 [時間]	20,000 (深紫外線LEDの寿命)	5,000~10,000 (フィルタ寿命)		20,000 (深紫外線LEDの寿命)

- 競合技術に比べ、サイズと重量が小さい
- 深紫外線LEDを用いる競合技術Cに比べ、流量が大きい
- HEPAフィルタを用いる競合技術BおよびCに比べ、フィルタ交換が不要、圧力損失が小さい
- 競合技術に比べ、騒音が低い

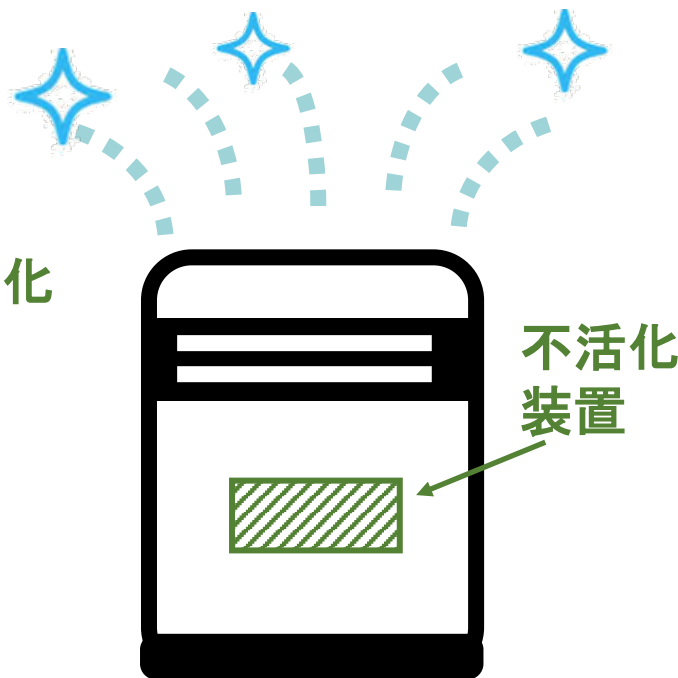
新技術の特徴および従来技術との比較

- ・ 新技術は、静電気力と遠心力を併用することで、捕集装置の小型化を実現した。
- ・ 新技術は、捕集電極で捕集したウイルスに深紫外線を照射することで、高い不活化率が実現されることを期待できる。

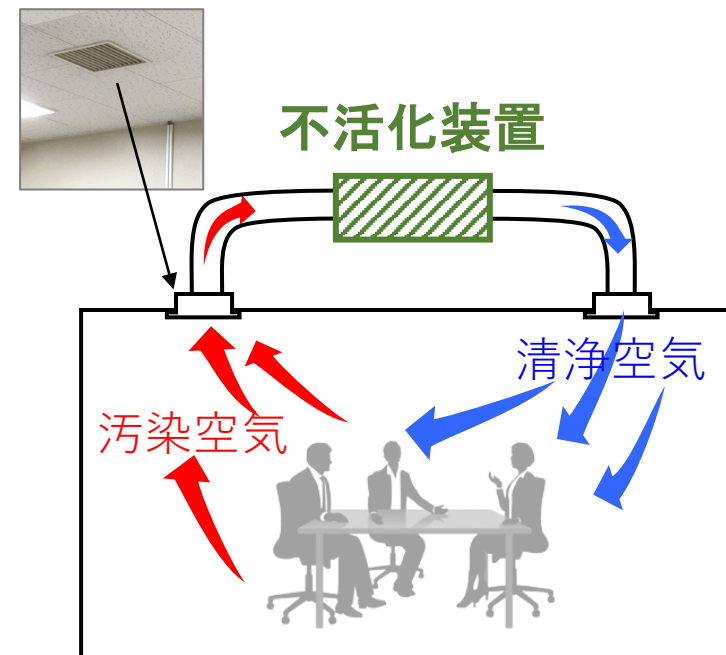
想定される用途



エアカーテン装置



空気清浄機



外部換気が困難な
内部循環換気システム
(大型商用施設や手術室など)

- エアカーテン装置との一体化や空気清浄機の高性能化・高流量化を実現
- 外部換気や外部排気が困難な商業施設や病院, ウイルス実験室などの空気浄化に有効

実用化に向けた課題

- ・ 電気捕集部の安全性を確保するため、設計上の工夫
- ・ 高電圧装置の小型軽量化，形状の最適化
- ・ 商品化に向けて、電気捕集部のメンテナンス性向上と捕集塵（ウイルス）の処理方法の検討
- ・ ウイルスの不活化特性に関する実験データの収集，および十分な不活化性能が得られる流量の同定

企業への期待

- ・ メンテナンス性の改善に向けた、空調分野を得意とする企業との協働
- ・ 電気捕集技術の取り扱いに実績を持つ企業との共同研究
- ・ 空気清浄機を開発中の企業、空調分野への展開を考えている企業との協働

企業への貢献、PRポイント

- ・ 本技術は形状自由度が高く、圧力損失が少ないため、汎用性に優れ、既存の空調技術との組み合わせにより従来装置を高度化できる
- ・ 本技術の導入にあたり、必要な追加実験により科学的な裏付けを獲得できる
- ・ 事業化に向けた予備調査（病院や福祉施設などでの調査）にも積極的に協力できる

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称： 流体浄化装置
- ・ 出願番号： 特願2023-176313
- ・ 出願人： 国立大学法人東海国立大学機構
- ・ 発明者： 内山知実, 高牟礼光太郎

産学連携の経歴

- ・ 2020年-2021年 JST A-STEP トライアウトに採択
- ・ 2022年-2025年 JST A-STEP 育成型に採択

お問い合わせ先

名古屋大学

研究協力部 研究事業課 外部資金第2グループ

加島 明子

TEL 052-747-6474

E-mail shikin2g3@adm.nagoya-u.ac.jp