

# ゆらぎ界面を用いた チューナブルフィルタ

自然科学研究機構

核融合科学研究所 研究部

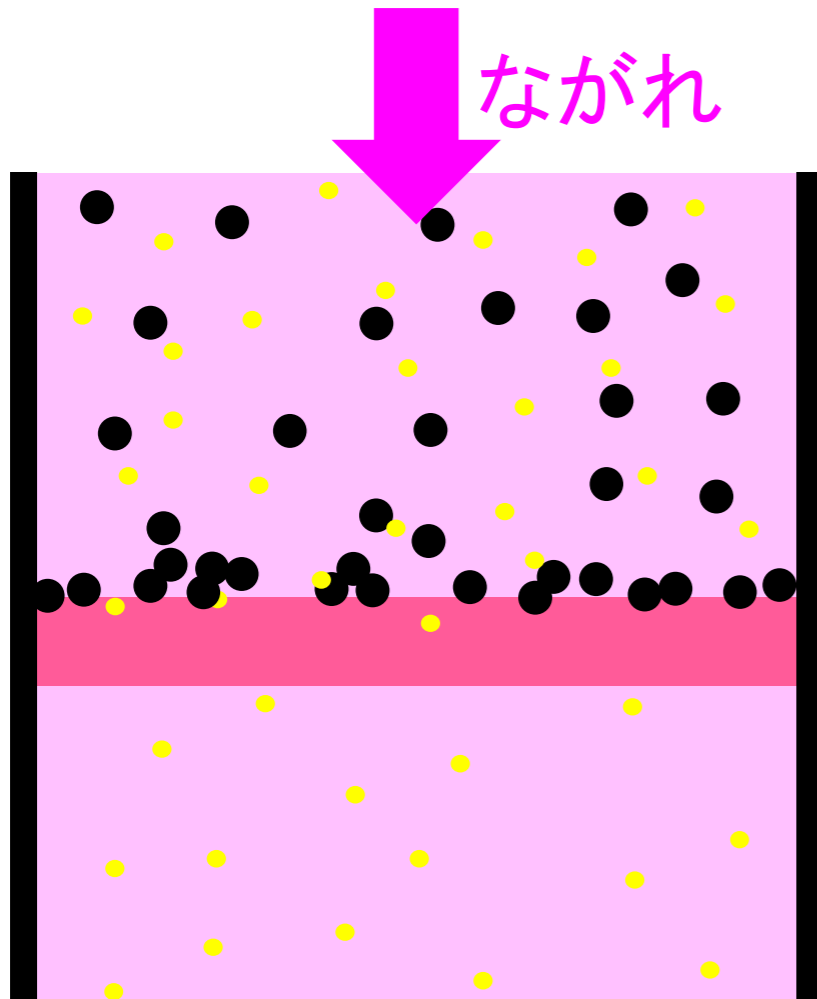
メタ階層ダイナミクスユニット

教授 永岡 賢一

2026年3月5日

# 従来のフィルタとその問題点

既存の流体用フィルタ



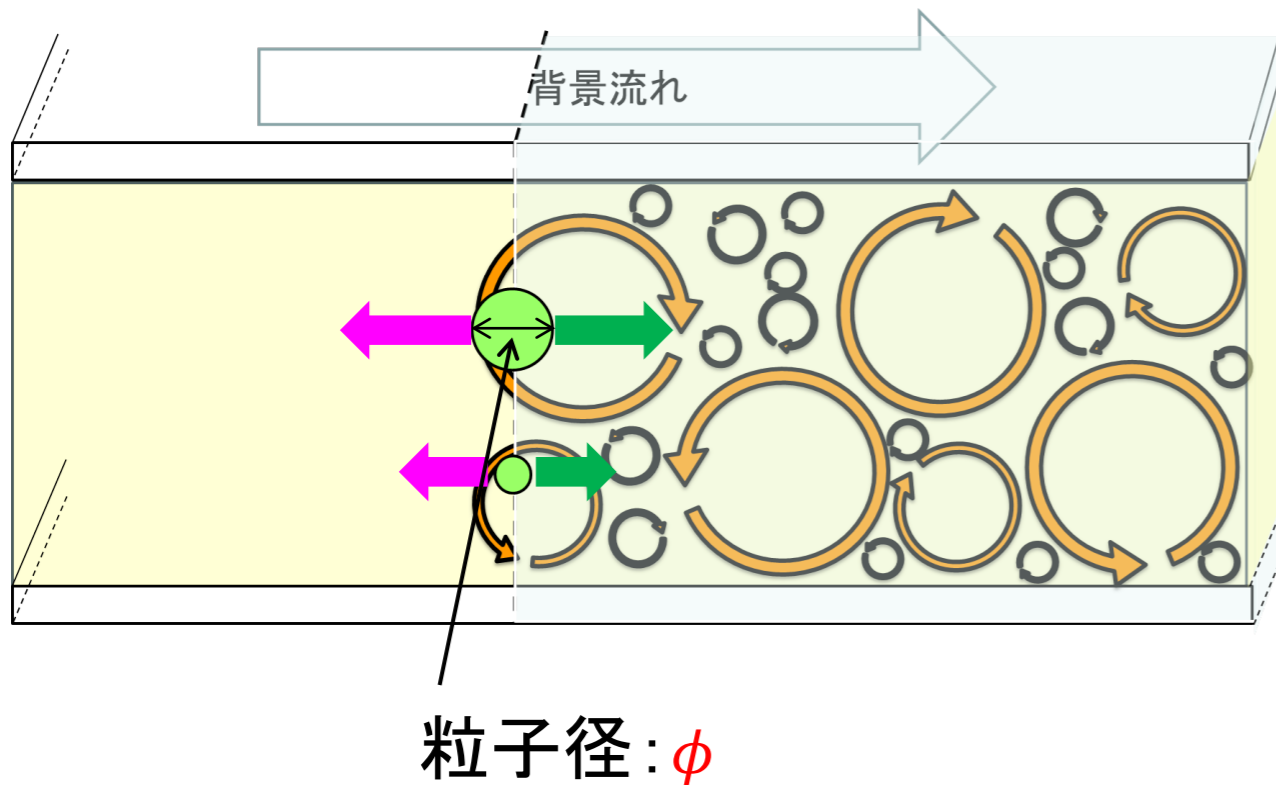
既存の流体用フィルタは、個体サイズによる選別を行うものであるが以下の課題がある

- 除去する粒子径を変えるときは、**フィルタごと交換**する必要がある
- **目詰まり**によるフィルタ膜の**寿命**がある
- 大きな圧力損失により**エネルギー効率**が**低い**

# 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、**除去する粒子径を調節**することに成功した
- ・ フィルタ機能を**ON/OFF制御**も可能になった
- ・ 従来は目詰まりにより制限されていた**フィルタの寿命の問題を回避**することが可能となった。
- ・ 本技術の適用により、圧力損失が低減できるため、**エネルギー効率の改善**が期待される。

# ゆらぎ境界のフィルタ機能



粒子に働く力を考える

$$F = \text{流れ圧力} + \text{揺らぎ圧力}$$

(ストークス抗力) (レイノルズ応力)

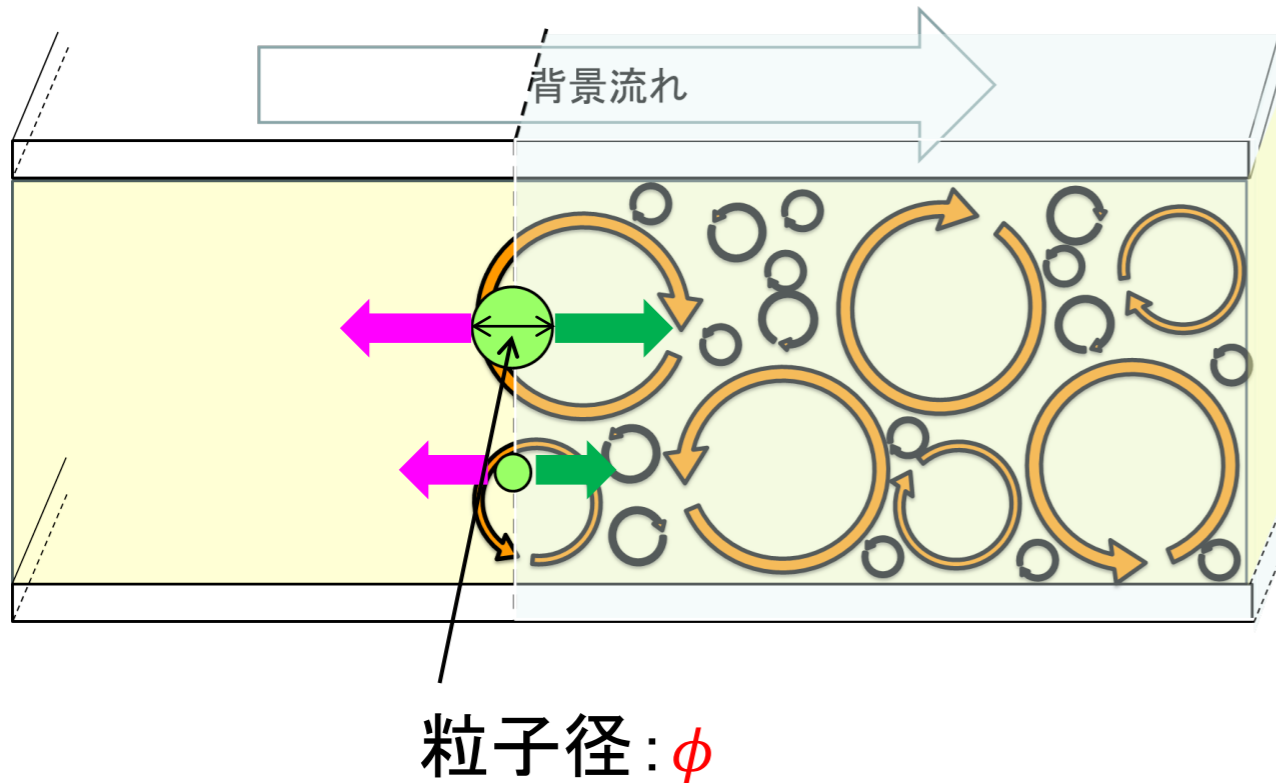
$$F_x = 6\pi\phi\mu(U - u) - \pi\phi^3\rho\nabla\langle vv\rangle$$

粒子径依存性が異なる



フィルター機能の発現

# ゆらぎ境界のフィルタ機能



粒子に働く力を考える

$$F = \text{流れ圧力} + \text{揺らぎ圧力}$$

(ストークス抗力) (レイノルズ応力)

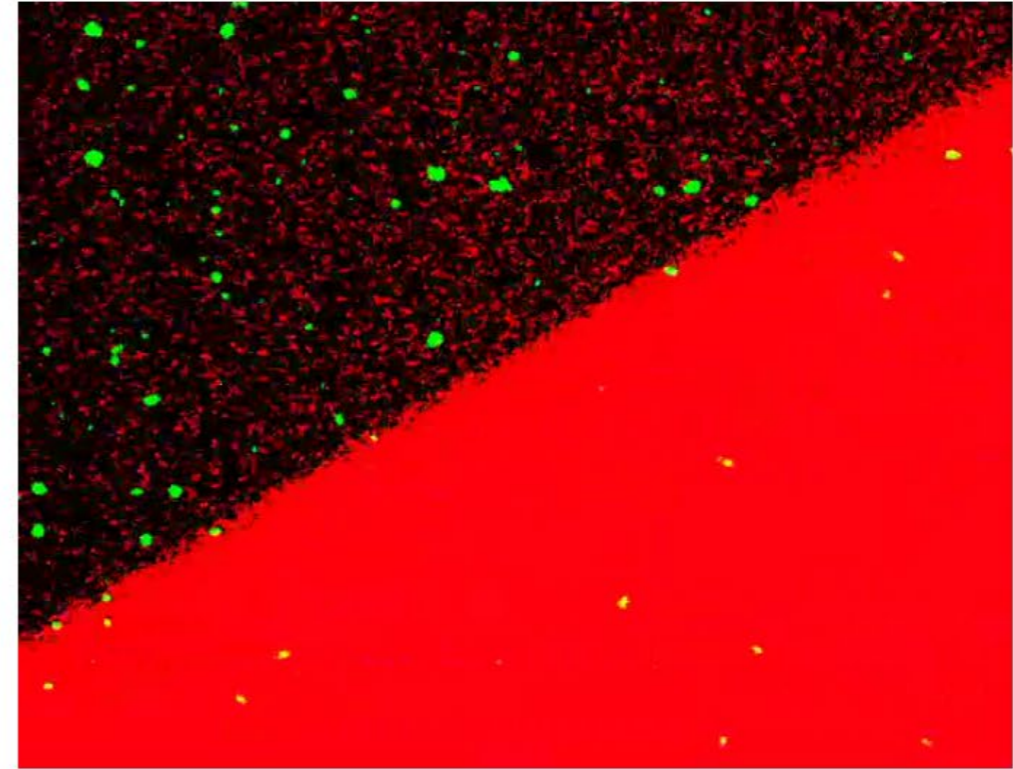
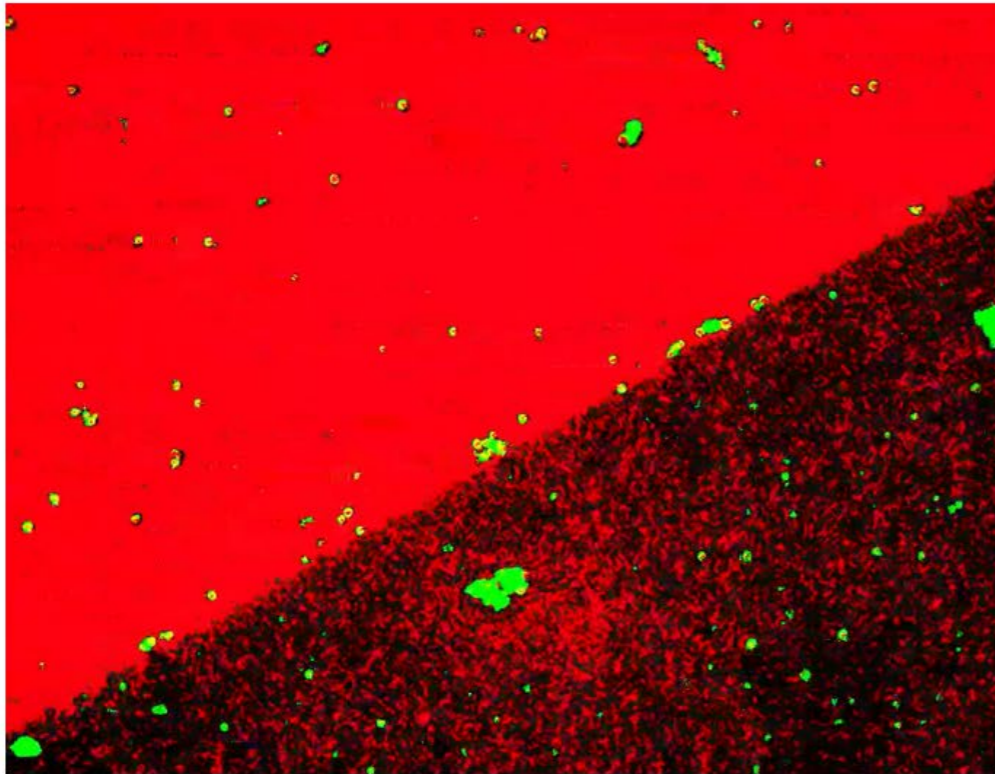
$$F_x = 6\pi\phi\mu(U - u) - \pi\phi^3\rho\nabla\langle vv\rangle$$

力が釣り合う粒子径を求める

$$\phi_c = \sqrt{6\nu} \left( \frac{U}{\nabla\langle vv\rangle} \right)^{\frac{1}{2}}$$

通過粒子の径  $< \phi_c <$  ブロック粒子の径

# フィルタ機能の原理実証



- 層流 ⇒ 乱流の界面にフィルタ機能を観測
- 乱流 ⇒ 層流は、2つの力の向きが揃うのでフィルタ機能は発現しない

# フィルタ機能の評価

侵入確率 :

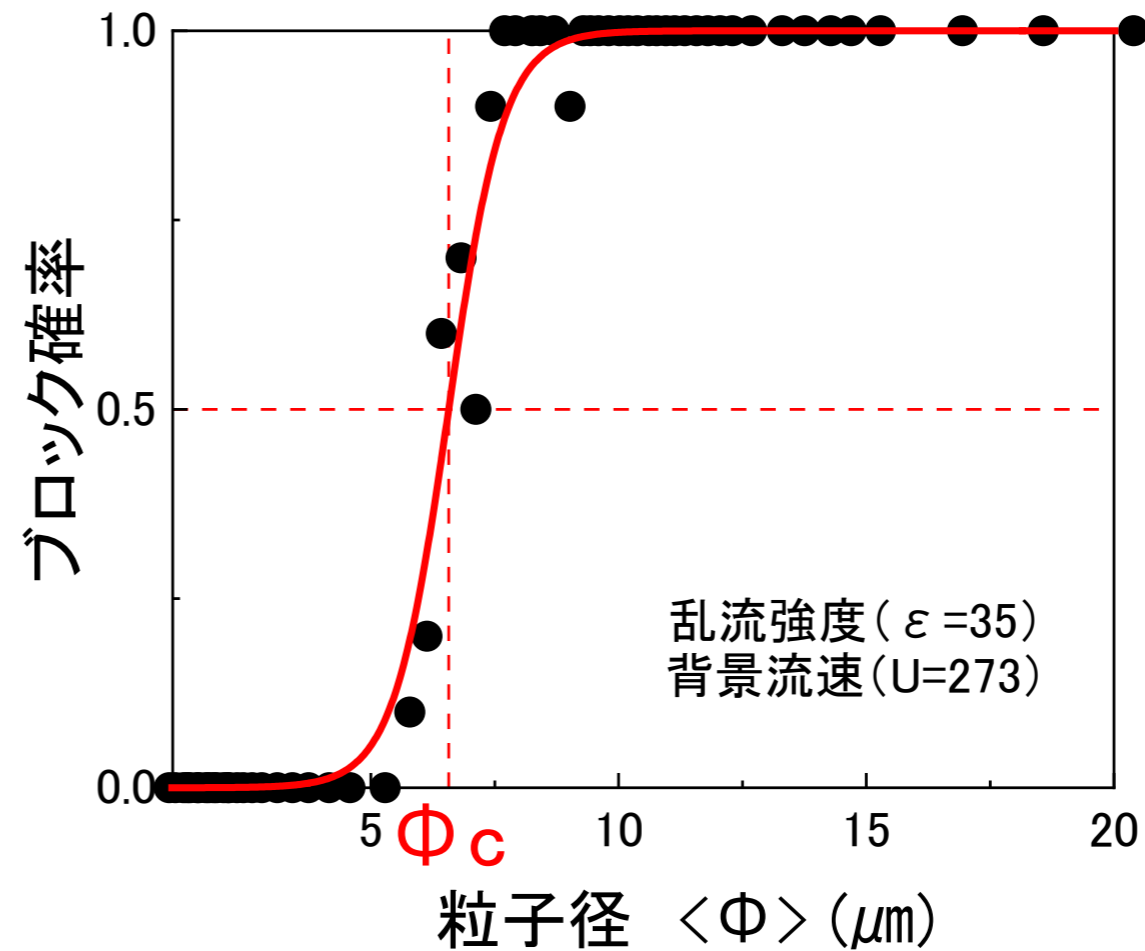
$$P_{block} = \frac{N_{block}}{N_{pass} + N_{block}}$$

シグモイド関数によるフィット

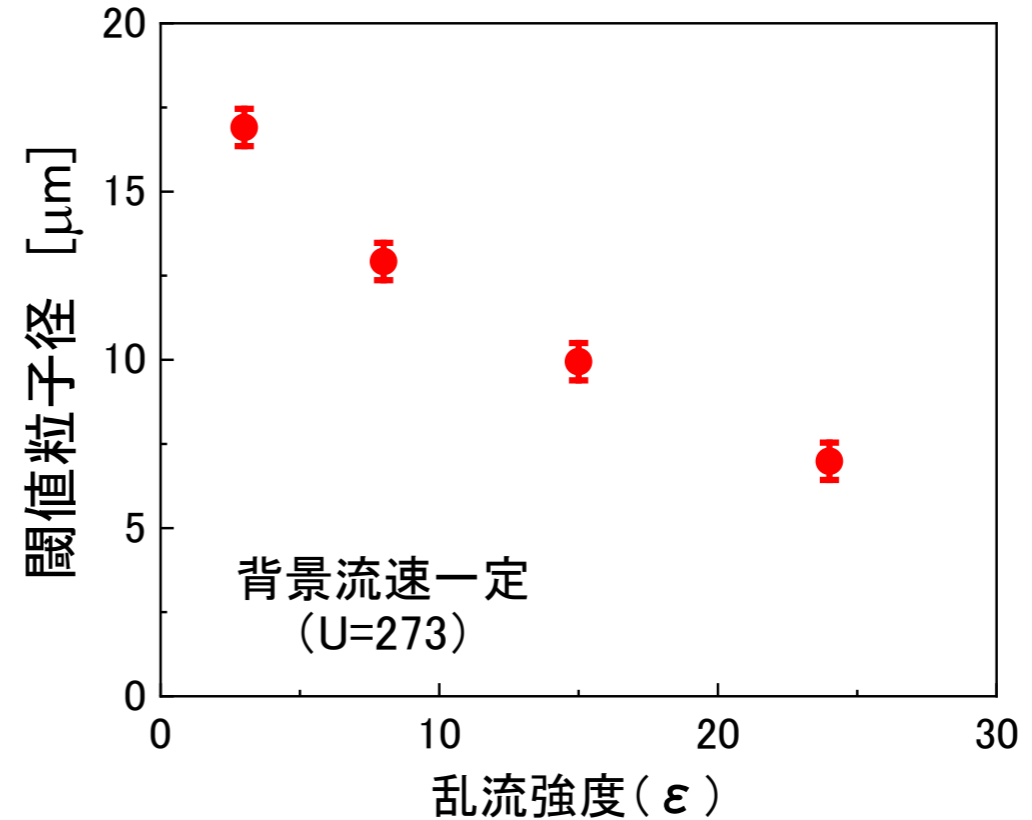
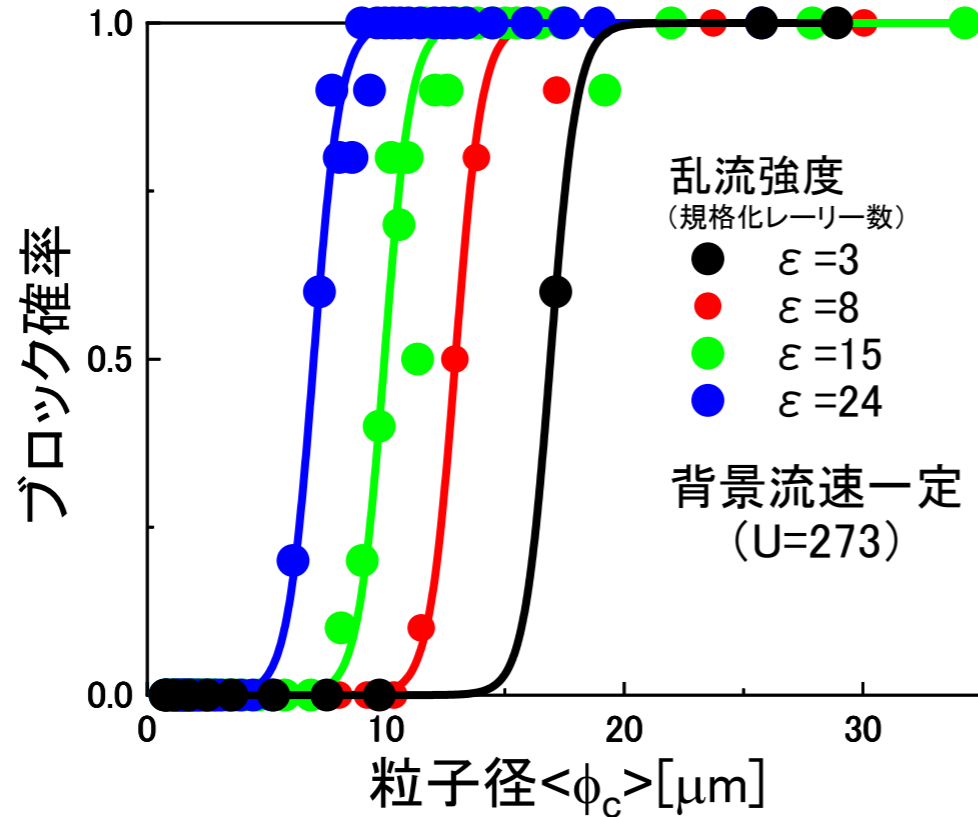
$$P_{block} = \frac{1}{1 + \exp(-k * (\langle \phi \rangle - \phi_c))}$$

閾値粒子サイズ

$$P_{block}(\phi_c) = \frac{1}{2}$$

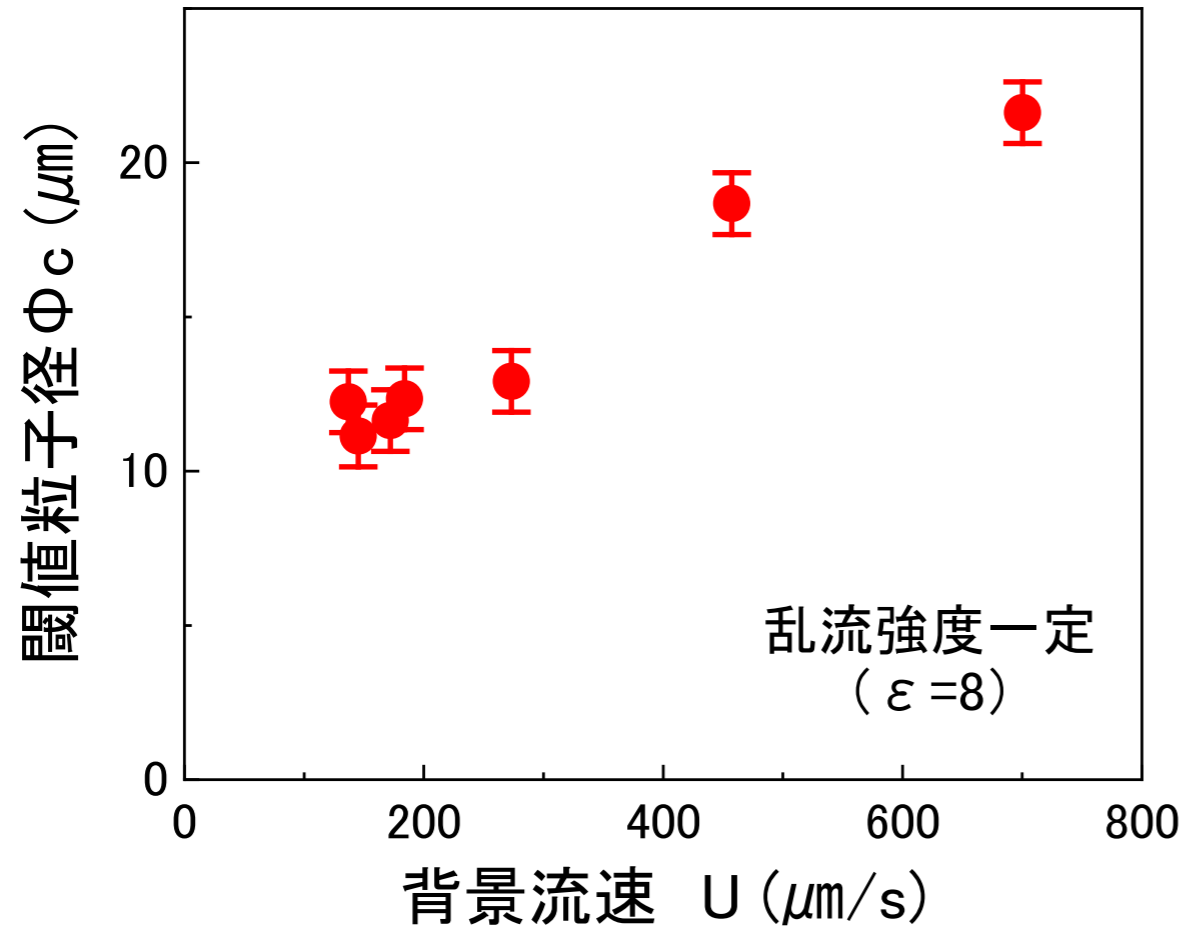


# フィルタ機能の評価



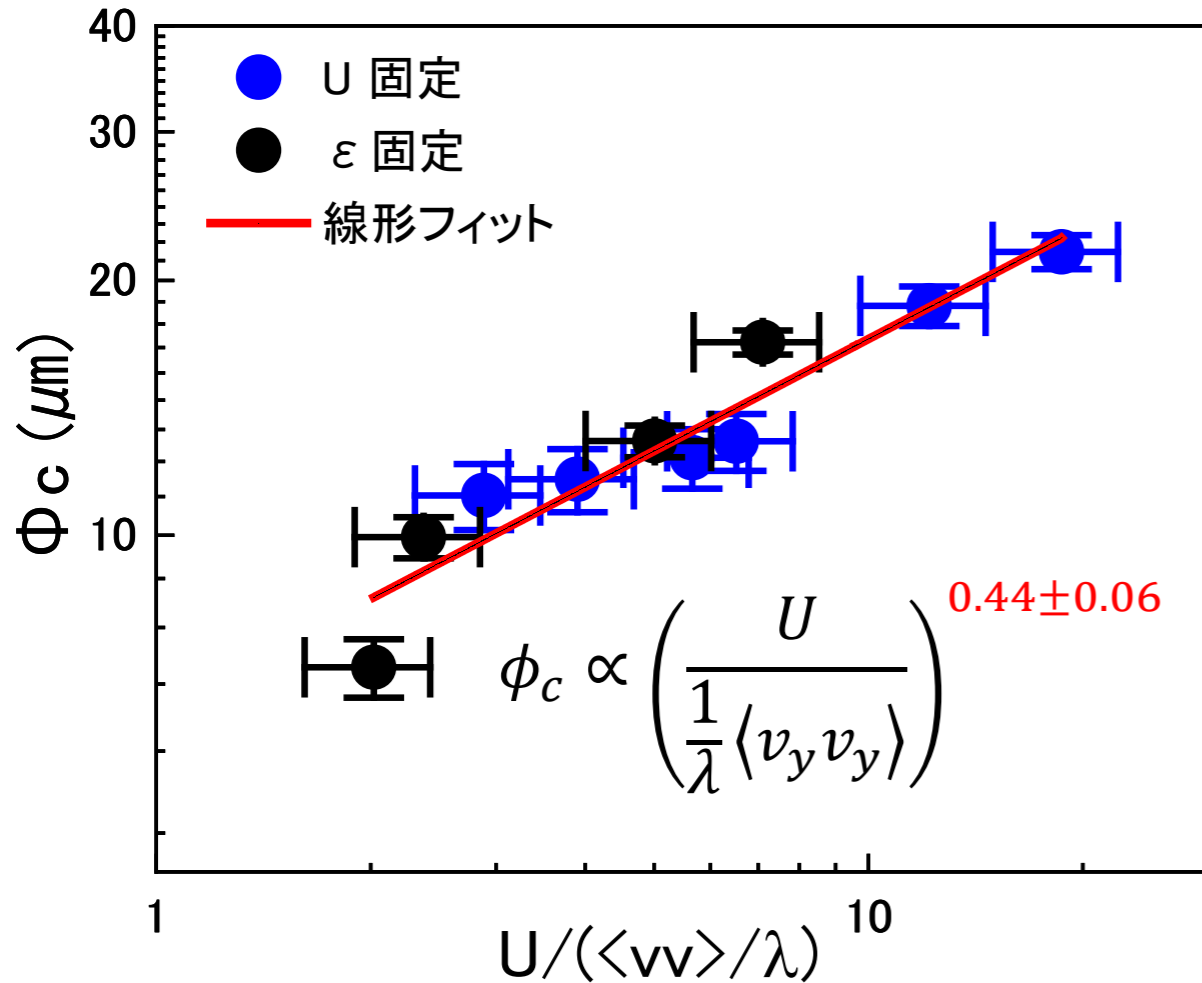
- 乱流強度 ( $\epsilon$ ) が大きいと粒子径閾値は小さくなる

# フィルタ機能の評価



- 背景流速が大きいと粒子径閾値は大きくなる

# フィルタ機能はモデルと整合

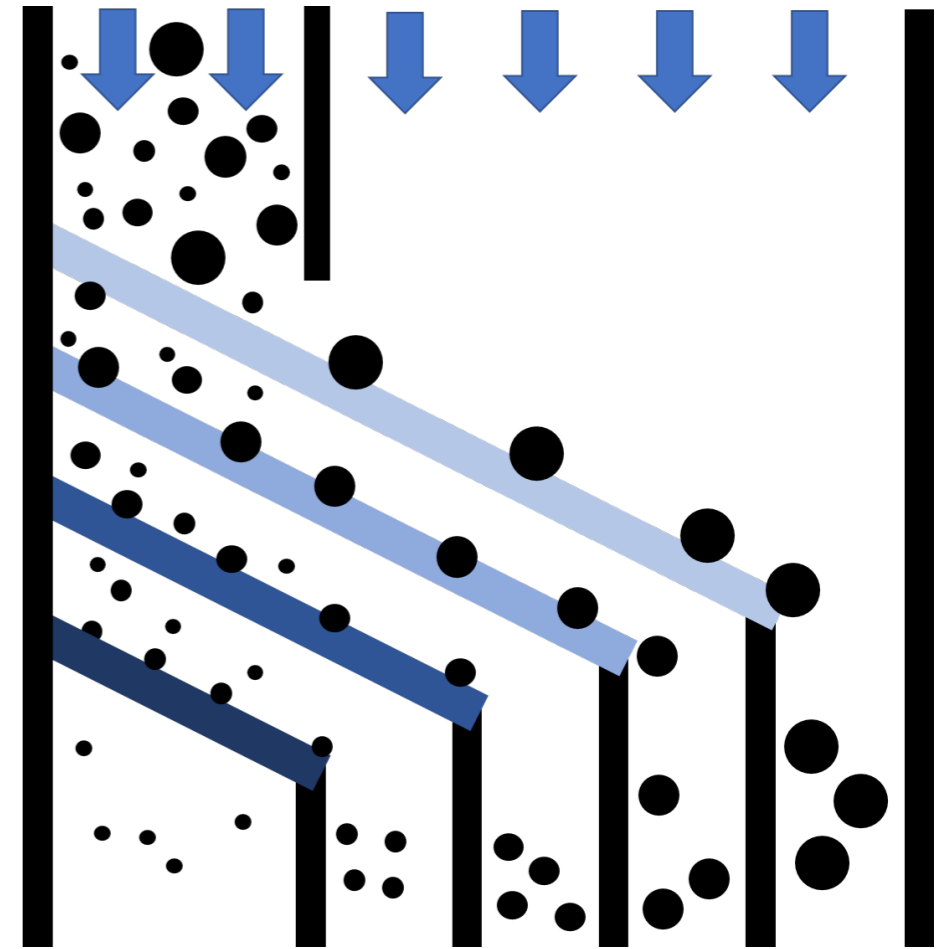


ストークス抵抗カ-レイノルズ応力  
モデルにより実験結果を説明

$$\phi_c = \sqrt{6\nu} \left( \frac{U}{\nabla \langle vv \rangle} \right)^{\frac{1}{2}}$$

## 想定される用途

- ・ 本技術は、浄水場、河川、海洋等のごみ除去に適用することができる。
- ・ 飲料・食品製造業において、水浄化等の処理に、時間効率、エネルギー効率が改善されることも期待される。
- ・ 医療分野等においてマイクロ流体へ展開することも可能と思われる。



## 実用化に向けた課題

- ・ 現在、膜レス・目詰まりフリーなフィルタ機能を実現し、高い精度で粒子径の制御が可能なところまで開発済み。
- ・ 今後、多様な流体について実験データを取得し、除去できる固体の主要特性について条件明らかにしていく。
- ・ 実用化に向けて、時間効率、エネルギー効率を向上する技術を確立する必要もあり。

# 社会実装への道筋

| 時期   | 取り組む課題や明らかにしたい原理等                   | 社会実装へ取り組み                        |
|------|-------------------------------------|----------------------------------|
| 基礎研究 | ・理論モデルと原理実証が完了                      |                                  |
| 現在   | ・100%近いフィルタ機能が実現                    |                                  |
| 1年後  | ・多様な流体での揺らぎの制御手法の開発<br>・多様な流体での原理実証 | デモンストレーション実施<br>JSTの事業へ応募し研究資金獲得 |
| 2年後  | ・除去できるごみの主要特性の評価(質量密度など)            | JSTの事業へ応募し研究資金獲得                 |
| 3年後  | ・時間効率、エネルギー効率の向上                    |                                  |

## 企業への期待

- ・ 多様な流体での実証実験
- ・ 製品化を想定した対象でのフィルタ性能評価
- ・ 乱流駆動の技術を持つ企業、流体の浄化技術を開発中の企業との共同研究

## 企業への貢献、PRポイント

- ・ 本技術は多様な応用が可能のため、製造ラインの流体処理工程を省エネ、高効率化することで、様々な分野の企業に貢献できると考えている。
- ・ 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- ・ 本格導入にあたっての技術指導等

## 本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称： 流体用フィルタ
- ・ 出願番号： 特願2024-158723
- ・ 出願人： 大学共同利用機関法人自然科学研究機構  
学校法人君が淵学園
- ・ 発明者： 永岡賢一、吉村信次、仲田資季(核融合科学研究所)  
日高芳樹(九州大学)、寺坂健一郎(崇城大学)

# お問い合わせ先

大学共同利用機関法人  
自然科学研究機構 事務局  
研究協力課研究支援係

TEL 03-5425-1325

e-mail [nins-sangaku@nins.jp](mailto:nins-sangaku@nins.jp)