

広島大学 大学院先進理工系科学研究科 化学工学プログラム  
工学部第三類 化学工学プログラム

# 微粒子工学研究室

Fine Particle Technology Laboratory

(福井・石神・深澤 研究室)

# 微粒子工学研究室の研究

## 微粒子ハンドリングプロセス技術に関する研究を行っています!!

私たちの研究は、PM2.5やカーボンニュートラル等の環境問題対策、様々な粉体製品の製造プロセス開発や特性評価、合理的かつ迅速なプロセス設計や化学工学・粉体工学のDX推進に役立ちます。

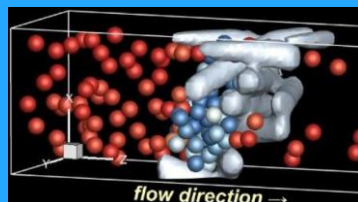
実験だけでなく、コンピュータシミュレーションやAIによる研究も行っています。

### 粉体状廃棄物の リサイクル



- 分級による粉体成分調整
- 流動層による成分分離

### 環境問題 (PM2.5の集じん)



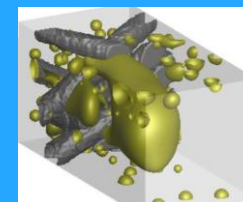
- 集じん機の性能予測
- フィルタ捕集機構の解明
- 油水分離

### 粒子分散液の 特性評価



- 粒子界面の特性評価
- 粒子の分散・凝集
- 粒子分散液のレオロジー

### シミュレーション 機械学習(AI)



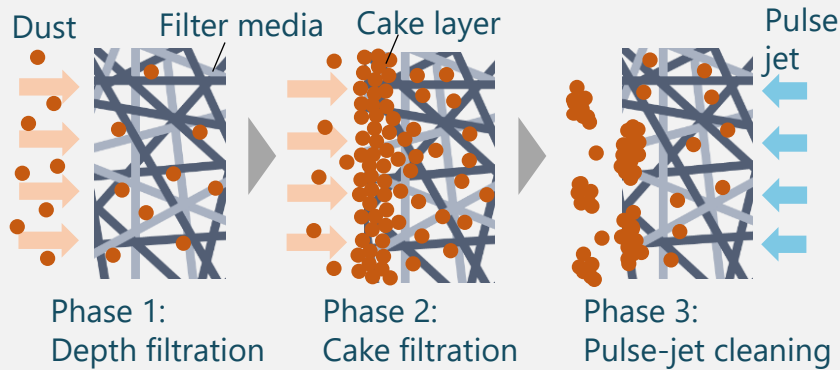
- 粒子挙動の可視化・予測
- 条件や設計の最適化

研究トピックの紹介は、次ページ以降

# フィルタの集じん性能とろ布の劣化挙動の予測

バグフィルタ集じん機における粉体の捕集機構やフィルターろ材の経年劣化について研究しています。これらの研究はPM2.5などの微小粒子の排出抑制や集じん機の長寿命化・高性能化につながります。

## フィルタへの粉体の堆積状態と集じん性能

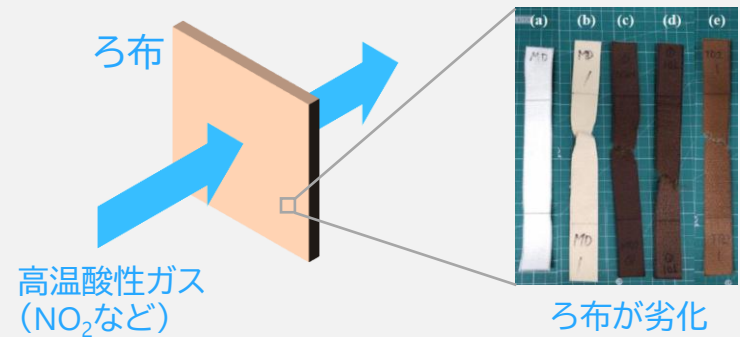


- フィルタ上の粉体の堆積状態の解析
- 圧力損失の経時変化
- 払い落とし洗浄の影響評価

## Recent papers

Yu et al., Adv. Powder Technol. 35, 104456 (2024)  
Furumoto et al., Adv. Powder Technol. 33, 103602 (2022)  
Fukasawa et al., Chem. Eng. Technol. 45, 92-99 (2022)  
Fukasawa et al., Chem. Eng. Technol. 44, 535-541 (2021)  
Furumoto et al., Sep. Purif. Technol. 279, 119688 (2021)

## 高温酸性ガスによるろ布の劣化挙動



- ろ布と酸性ガスの反応モデルの構築
- ろ布の強度劣化モデルの構築
- ろ布の寿命予測

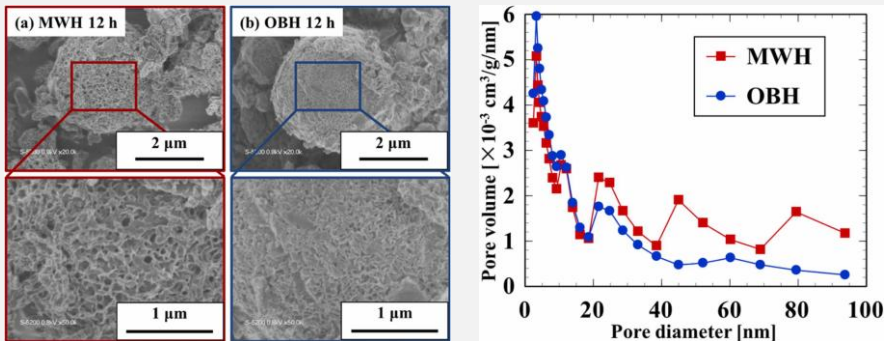
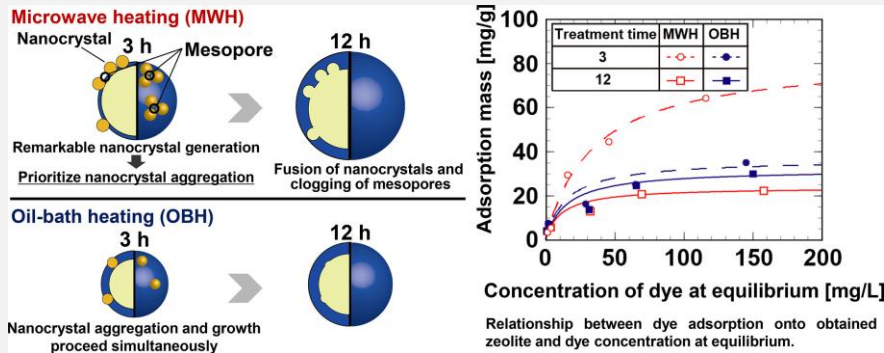
## Recent papers

Fukui et al., Adv. Powder Technol. 32, 3278-3287 (2021)  
Rozy et al., Adv. Powder Technol. 30, 2881-2889 (2019)

# マイクロ波加熱を利用した化学プロセスの高度化と粒子合成

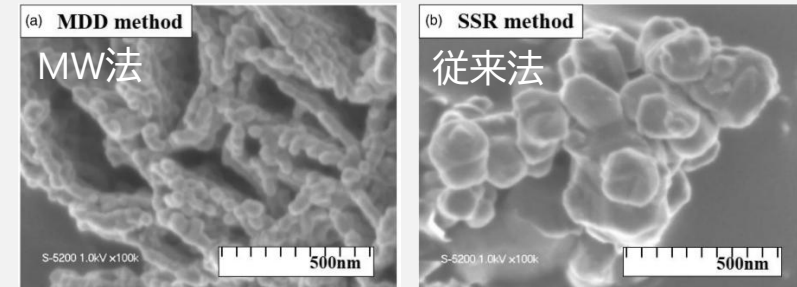
マイクロ波を誘電体に照射すると、分子が振動し、加熱されます。このとき、内部から急速に温度が上昇します。これを化学反応や粒子合成に応用すると、収率や選択性が向上したり、微小な粒子を調製することができます。

## 階層構造を有するゼオライト粒子

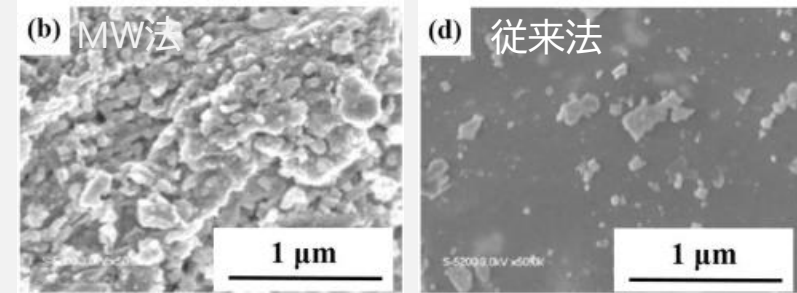


## 脱硝反応により作製した複合金属粒子

### NiCuZnフェライトナノ粒子



### Cu-Ce-Zr- $\text{O}$ 酸化物粒子



## Recent papers

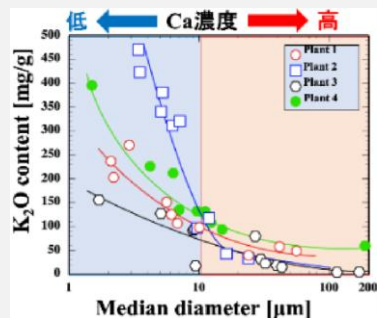
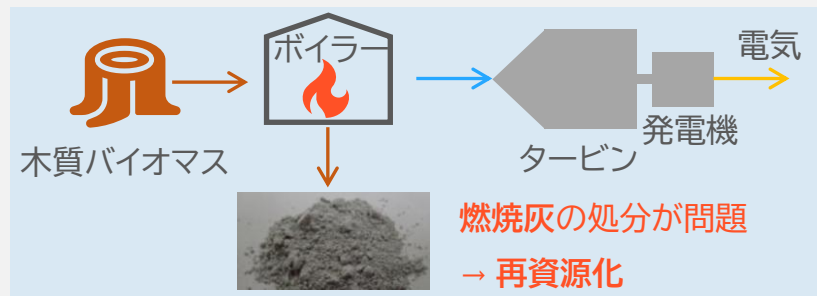
Murakami et al., *Colloids Surf., A*, 661, 130941 (2023)  
Karisma et al., *Particulate Sci. Technol.*, 39, 427-435 (2021)  
Fukasawa et al., *Colloid Interface Sci. Commun.* 42, 100430 (2021)

Hirao et al., *Adv. Powder Technol.*, 36, 105008 (2025)  
Fukasawa et al., *Powder Technol.*, 362, 26-31 (2020)  
Fukasawa et al., *Adv. Powder Technol.*, 29, 450-456 (2018)  
Fukasawa et al., *Colloids Surf., A*, 555, 532-538 (2018)

# 粉体状廃棄物の再資源化

様々な産業プロセスで大量に排出される粉体状廃棄物が問題となっています。高度な粉体技術を駆使して、これらをリサイクルしたり、廃棄物中に含まれる有用成分のみを分離するプロセスを開発しています。

## 木質バイオマス発電燃焼灰の再資源化



成分に粒子径依存性あり

小粒子: K濃度高

大粒子: Ca濃度高

分級により成分濃縮が可能

→ プラントに分級装置を導入

小粒子 → 肥料

大粒子 → 接着剤用充填剤



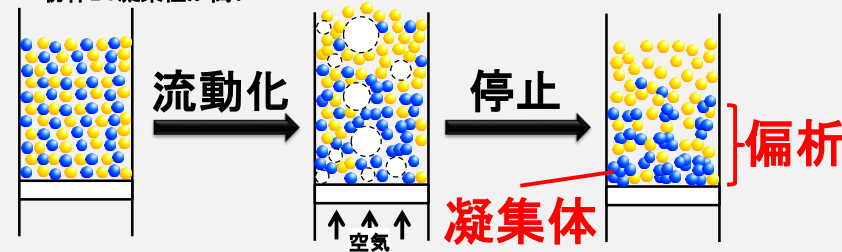
## Recent papers

- Prasetya et al., Fuel, 404, 136419 (2026)
- Prasetya et al., Sep. Purif. Technol. 355, 129778 (2025)
- Prasetya et al., J. Energy Inst. 111, 101396 (2023)
- Fukui et al., Adv. Powder Technol., 31, 4482-4490 (2021)
- Maeda et al., Energy Fuels, 32, 517-524 (2018)

## 振動流動層による粉体状廃棄物の成分分離



- 粉体A: 凝集性が低い
- 粉体B: 凝集性が高い



- 凝集挙動に対する操作条件・粉体特性の影響評価
- Ergun式による凝集体形成の動的過程の予測

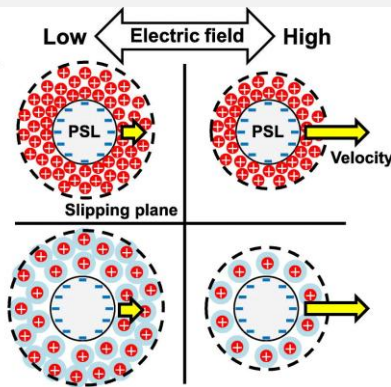
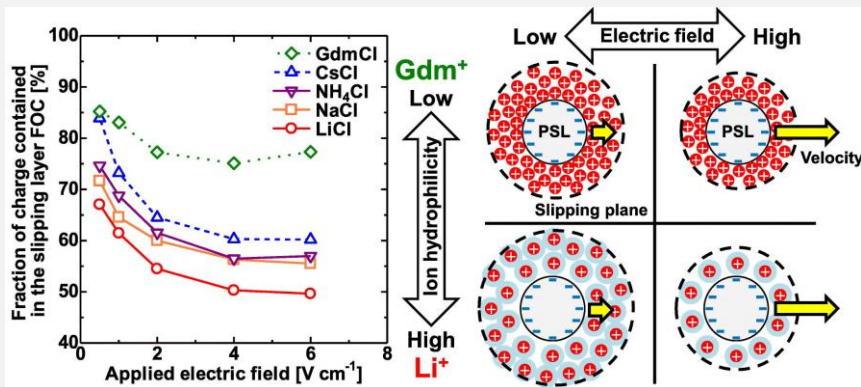
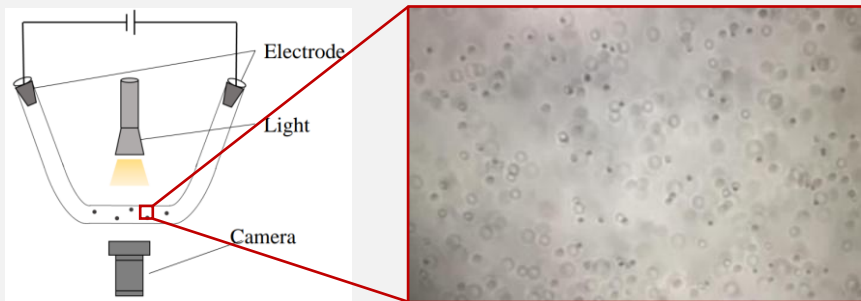
## Recent papers

- Fukasawa et al., Powder Technol., 428, 118845 (2023)
- Fukasawa et al., J. Chem. Eng. Japan, 51, 576-583 (2018)

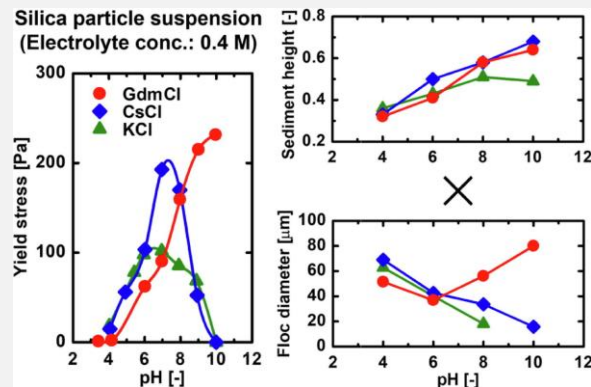
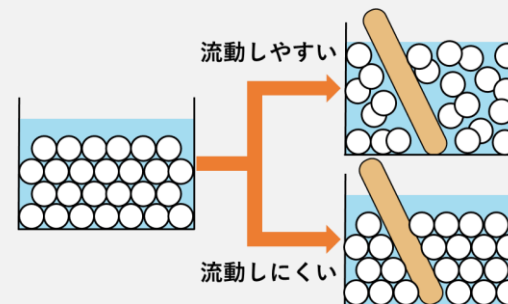
# コロイド微粒子分散液の粒子界面特性とレオロジー特性の評価

粒子の電気泳動特性から、粒子表面のイオン集積状態や分散凝集等の評価を行っています。また、電気泳動移動度の印可電場依存性を利用した新しい分級手法を開発したり、粒子表面特性と分散液のレオロジー特性の関係を研究しています。

## 粒子表面のイオン集積構造評価



## コロイド粒子分散液のレオロジー解析



## Recent papers

Oka et al., Adv. Powder Technol. 36, 105013 (2025)

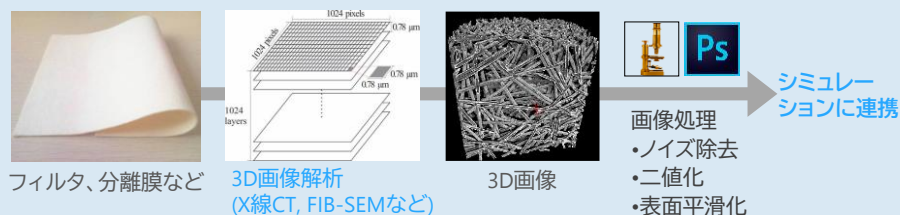
Fukasawa et al., J. Colloid Interface Sci. Commun. 43, 100462 (2021)

Fukasawa et al., Powder Technol. 352, 586-590 (2020)

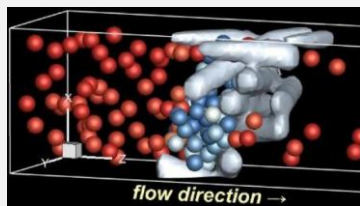
# 粉体・混相流のメソスケールシミュレーション

## 画像解析により取得した微細構造を連携した多孔質体内流れのシミュレーション

X線CTやFIB-SEMなどの画像解析を用いて、フィルターや分離膜などの三次元微細構造を取得し、その数値的に得られた微細構造内部の流れをシミュレーションしています。

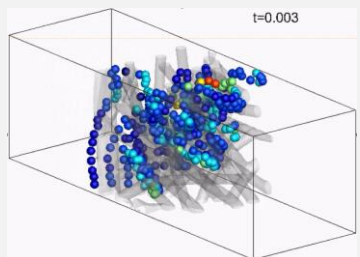


## バグフィルター



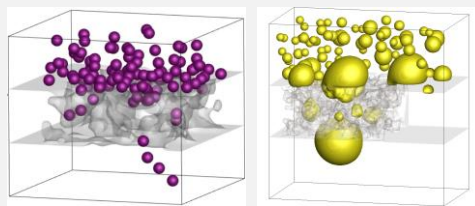
Seki et al., Chem. Eng. Sci. (2024)  
Rozy et al., Powder Technol. (2021)  
Rozy et al., AIChE J. (2020)

## エアフィルター



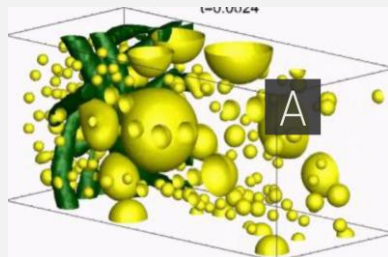
Rachmawati et al., Ind. Eng. Chem. Res. (2024)  
Hada et al., AIP Adv. (2022)

## 精密ろ過(固液・液液)



Kawashima et al., Powder Technol. (2022)  
Shirzadi et al., Langmuir (2022)

## コアレッサー

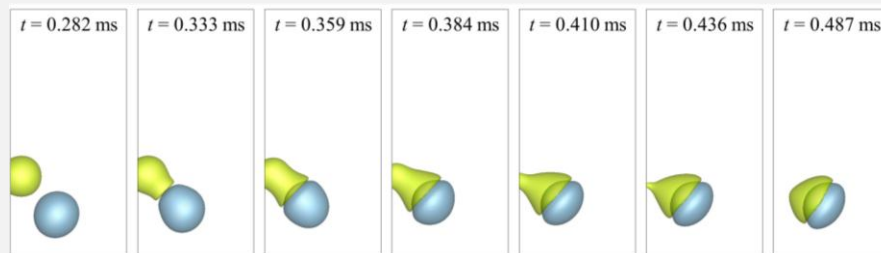


Ueda et al., Ind. Eng. Chem. Res. (2021)  
Ueda et al., Langmuir (2020)

## 三相流・四相流のシミュレーション

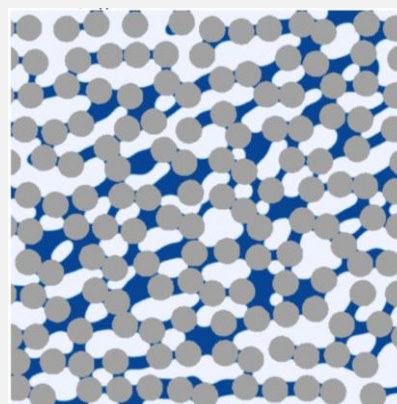
従来の気液二相流や固気二相流だけでなく、**固液液三相流**、**気液液三相流**、**固気液液四相流**などの新しい混相流シミュレーションモデルを開発しています。

## 気液液三相流



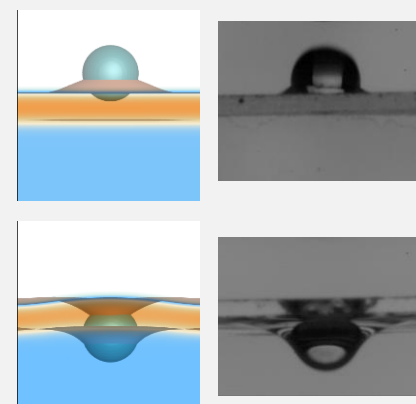
Shirzadi et al., Langmuir (2025)  
Yuhara et al., AIChE J. (2024)

## 固液液三相流



Ishigami et al., Soft Matter (2022)  
Ishigami et al., Granular Matter (2019)

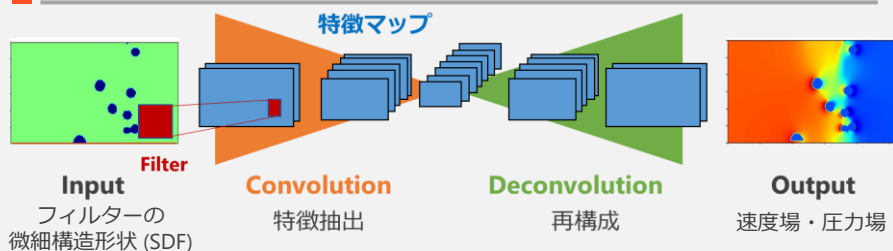
## 固気液液四相流



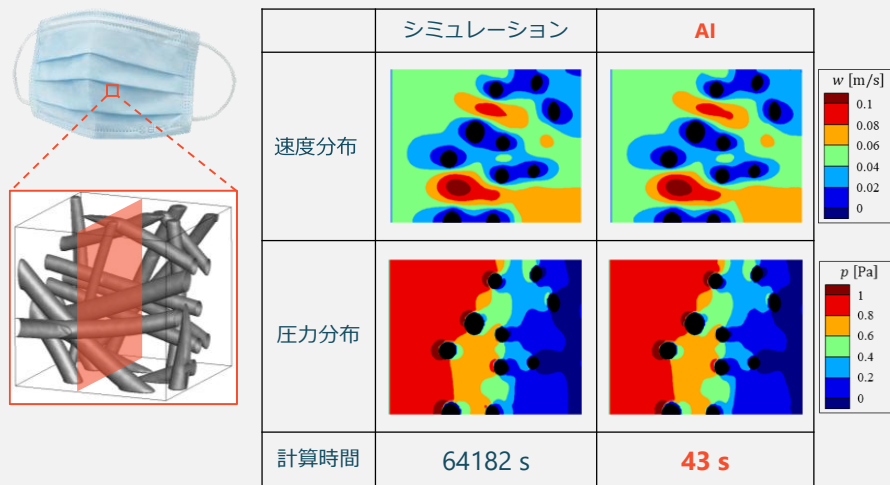
# 機械学習による粒子流体挙動の予測・装置の最適設計

粒子流体挙動を可視化し理解するためには、高解像度のシミュレーションが有用です。しかしながら、そのようなシミュレーションの計算コストは非常に高く、計算時間がかかります。本研究は、そのような欠点を克服するために、機械学習を利用するものです。この技術は化学プロセスのデジタルツインや各種インフォマティクスへの応用が期待されます。

## 畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を用いたフィルター微細構造内の流れ場予測



フィルター微細構造内部の流れ場予測のためのCNNモデルを開発

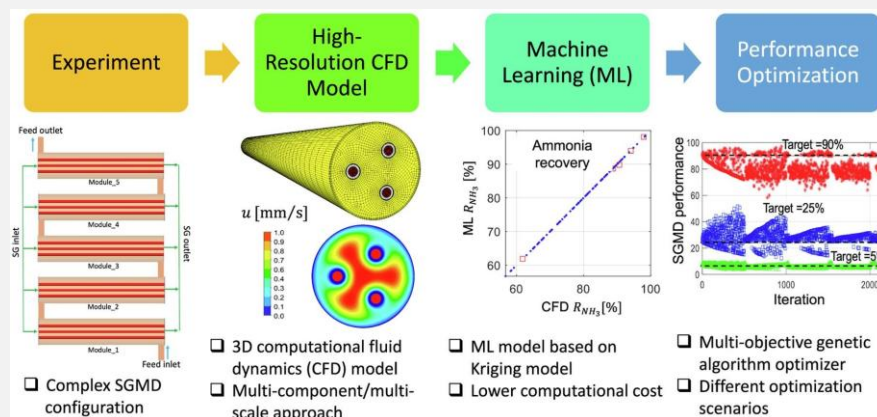


### Recent papers

Hada et al., Chem. Eng. J., 514, 163243 (2025)  
 Hada et al., Phys. Fluids, 36, 063305 (2024)  
 Shirzadi et al., Chem. Eng. J., 455, 140775 (2023)  
 Shirzadi et al., Phys. Fluids, 34, 123303 (2022)

大学HP: [https://www.hiroshima-u.ac.jp/adse/it\\_ch-en](https://www.hiroshima-u.ac.jp/adse/it_ch-en)

## 機械学習、数値シミュレーション、実験を組み合わせた化学プロセスの最適設計



- システム解析が可能なCFDモデルを構築
- CFD解析結果を機械学習
- 遺伝的アルゴリズムを用いて、システム性能が最大化するように、設計パラメータ・プロセスパラメータを最適化

### Recent papers

Shirzadi et al., Chem. Eng. J., 499, 155954 (2024)  
 Shirzadi et al., Chem. Eng. J., 498, 155141 (2024)  
 Shirzadi et al., Chem. Eng. J., 473, 145078 (2023)  
 Shirzadi et al., Ind. Eng. Chem. Res., 61, 7381-7396 (2022)