

水谷 環（早稲田大学 先進理工学部）

研究アイデア概要

ナノ細孔が規則配列した多孔体は、細孔の存在によって、吸着や分離、触媒材料として広く活用。

構造や機能の制御が可能な多孔体を用いて、空気中の微粒子を捕集するフィルターの開発を目指した。



ゼオライト

背景

半導体や医薬品製造では、空気の清浄度を管理した「クリーンルーム」を使用。粒子はフィルターにより捕集。

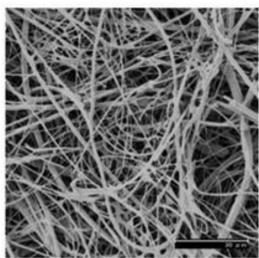
	捕集効率 ^[1]
ULPAフィルター	0.15 μm 粒子を99.999%以上
HEPAフィルター	0.3 μm 粒子を99.97%以上

純度の高いクリーンルームには、高性能なフィルターが必要！

課題

使用されているフィルター^[2]

- ・材料: ホウケイ酸ガラスからなるガラス繊維ろ紙
- ・構造: 濾紙が蛇腹のように折り畳まれている



ガラス繊維ろ紙のSEM像^[3]



ULPA/HEPAフィルター

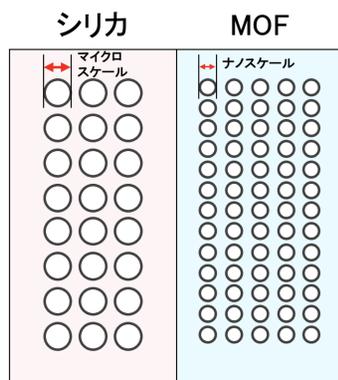
課題^[4]

nmオーダーの粒子や分子、ガス状の物質を捕集できない可能性

解決策

シリカやMOFなど構造や選択性を制御できる多孔質材料を用いる！

- ✓ μm ~nmオーダーの細孔
- ✓ 大きい比表面積による高い捕集効率



研究アイデア

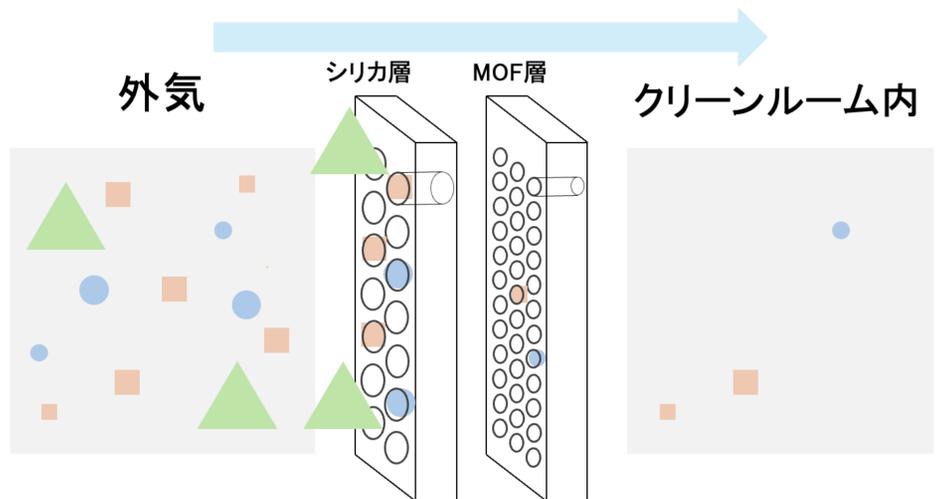
シリカとMOFを重ねた二層フィルターの開発

二層フィルターの利点:

異なるサイズの細孔による階層的な多孔構造

→フィルターでの圧力損失の低減 & 濾過効率の向上

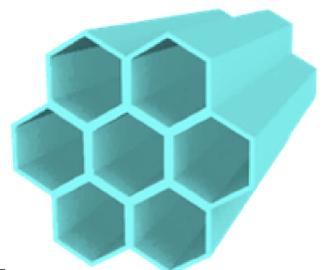
粒子トラップのイメージ



シリカ領域

捕集物質: マイクロサイズ粒子

- ・一般的なシリカの細孔サイズはナノスケール
- MEMS技術^[8]を応用！
- ・金属で表面修飾^[9]→静電相互作用により粒子を引き付け



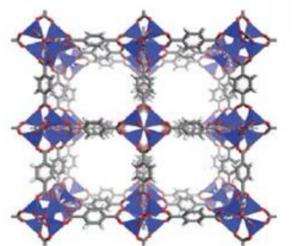
メソポーラスシリカ

手入れの方法: 熱を加え捕集粒子を焼き切る

MOF領域

捕集物質: ナノサイズの分子

- ・シリコン界面に悪影響^[4]のある分子を吸着
- ・比表面積が非常に大きく、吸着容量大



MOF

手入れの方法: カートリッジ方式

今後の展望

9月以前

- ・MOFの専門家に話を聞き、アイデアをブラッシュアップ
- ・文献調査により、フィルターの構成を決定

10~11月

- ・既存のMOF・シリカの、デバイス化に関する検討

12月以降

- ・適切なMOFの設計
- ・シリカ膜合成法の検討

参考文献

- [1] シーズシー株式会社. "エアフィルター." <https://www.csc-biz.com/csc%20bland/csfilter/csfilter.htm>
- [2] Panasonic. "HEPAフィルターとは?" https://panasonic.jp/airrich/contents/hepa_filter.html
- [3] 高松帝酸. "HEPAフィルター." タカテラボ. <https://www.takatei.co.jp/takatei-lab/563>
- [4] 滝沢清一. "エアフィルター." エアロゾル研究. 8(4). 1993. 297-299.
- [5] 日本エアテック株式会社. "クリーンルームのクラス(清浄度)について." <https://www.airtech.co.jp/products/cleanroom/120/>
- [6] Zhe Wang, Youfang Zhang, Xiu Yun Daphne Ma, Jiaming Ang, Zhihui Zeng, Bing Feng Ng, Man Pun Wan, Shing-Chung Wong, Xuehong Lu. "Polymer/MOF-derived multilayer fibrous membranes for moisture-wicking and efficient capturing both fine and ultrafine airborne particles." Separation and Purification Technology. 235. 2020. 116183. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116183>.
- [7] Na Wang, Yinsong Si, Ni Wang, Gang Sun, Mohamed El-Newehy, Salem S. Al-Deyab, Bin Ding. "Multilevel structured polyacrylonitrile/silica nanofibrous membranes for high-performance air filtration." Separation and Purification Technology. 126. 2014. 44-51. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.02.017>.
- [8] 熱田京子, 野地博行, 竹内昌治. "タンパク質パターンニングのためのPDMS穴あき構造." 生産研究. 55(6). 2003. 498-501.
- [9] Sigma-Aldrich. "メソポーラスシリカとその応用." https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja/technical-documents/technical-article/materials-science-and-engineering/nanoparticle-and-microparticle-synthesis/mesoporous-silica?srsltid=AfmBOorwTxLcDxB7y200FjtHmg37E2_nq9msQKNGZJjJgOGPhQbvc1C6