

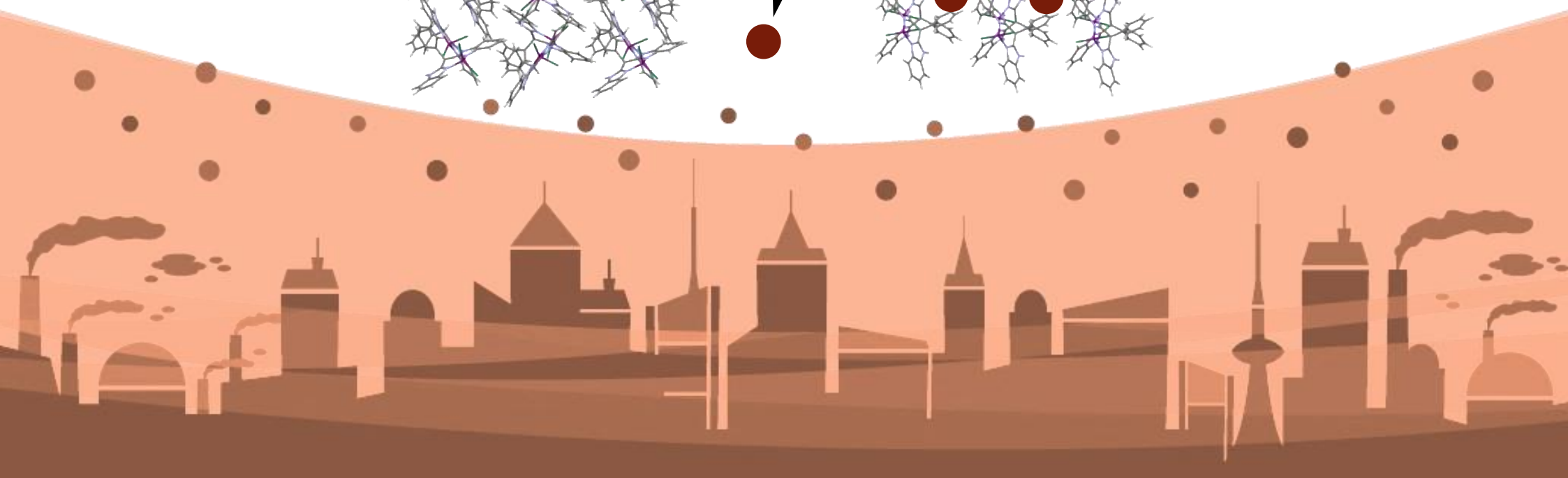
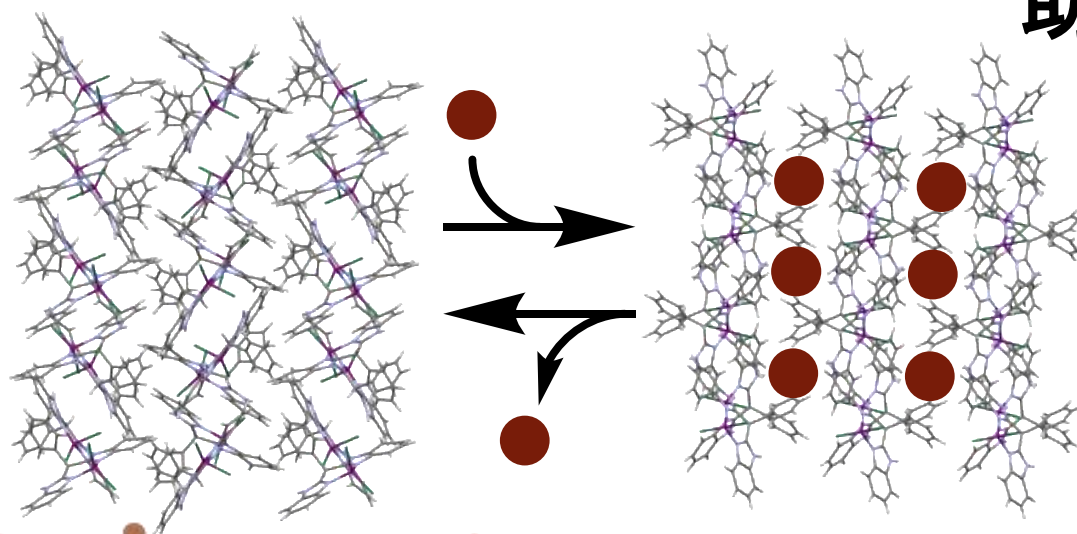


HIROSAKI  
UNIVERSITY

# 極性のある有機化合物を選択的に 吸着する水素結合ネットワーク材料

弘前大学大学院理工学研究科物質創成化学科

助教 太田 俊

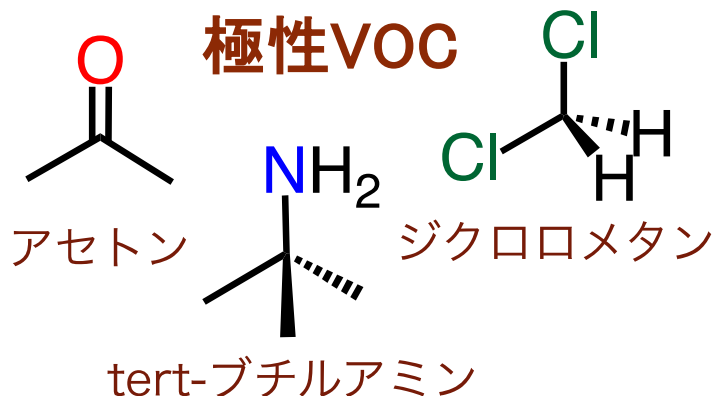


# 研究背景 (事前に知っておいていただきたい情報)

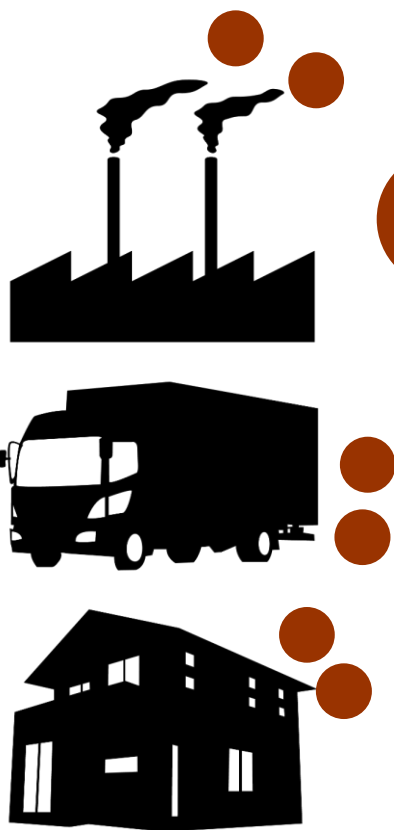
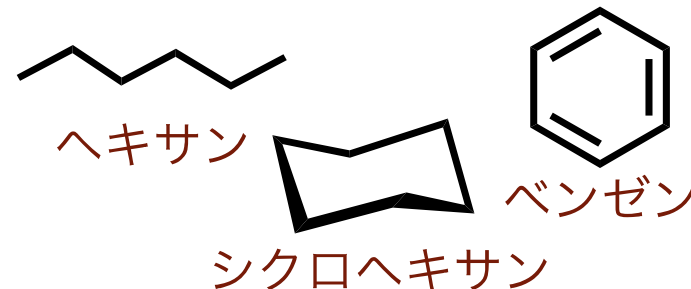
## 揮発性有機化合物(VOC) 大気中で気体状態となる有機化合物

### 極性

ここでは分子全体で電荷のかたよりを生じていることを指す



### 無極性/低極性VOC



VOC



健康被害

がん・白血病・肝機能障害  
シックハウス症候群・喘息  
**慢性気管支炎**  
etc.

PM2.5

光化学  
スモッグ



大気汚染

新型コロナの重症化リスク  
となる基礎疾患

慢性閉塞性肺疾患 (COPD)  
慢性腎臓病・糖尿病・高血圧  
心血管疾患・肥満 (BMI 30以上)

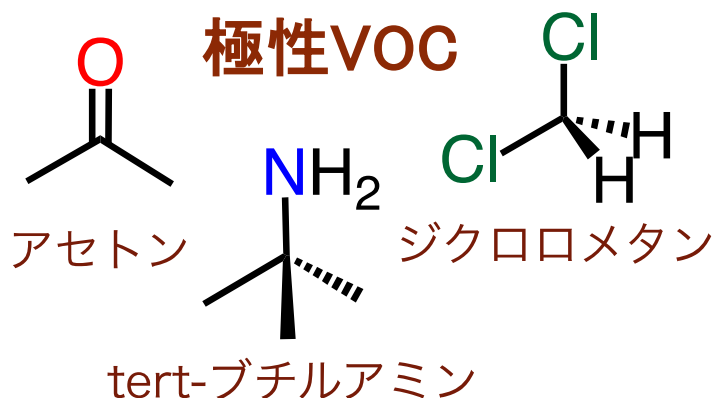
新型コロナウイルス感染症の“いま”についての10の知識  
厚生労働省, 2020年12月

# 研究背景 (事前に知っておいていただきたい情報)

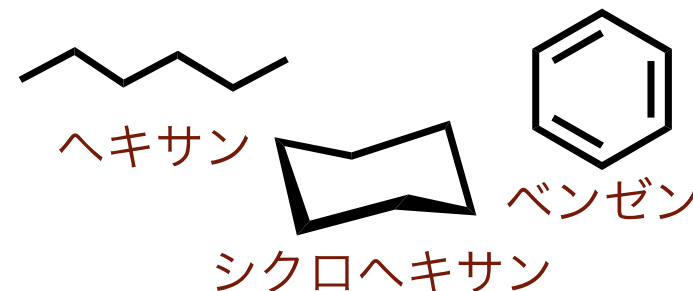
## 揮発性有機化合物(VOC) 大気中で気体状態となる有機化合物

### 極性

ここでは分子全体で電荷のかたよりを生じていることを指す



### 無極性/低極性VOC



### 活性炭による極性VOC吸着の課題

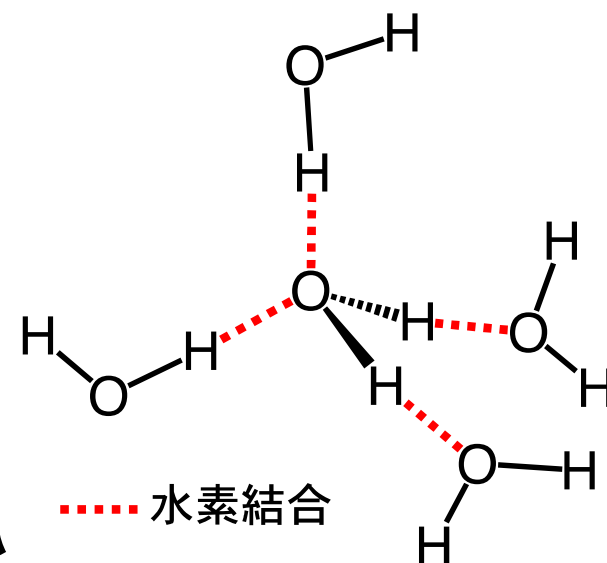
- A: 発熱的な副反応による発火の可能性
- B: 再生時の副反応による性能の低下
- C: 高い再生コスト
- D: 本質的に極性VOCの吸着が苦手

課題A-Dを一挙に解決する可能性がある材料

### 水素結合 ネットワーク

分子が水素結合により、網目上に配列した構造体

### 水素結合 ネットワークの例

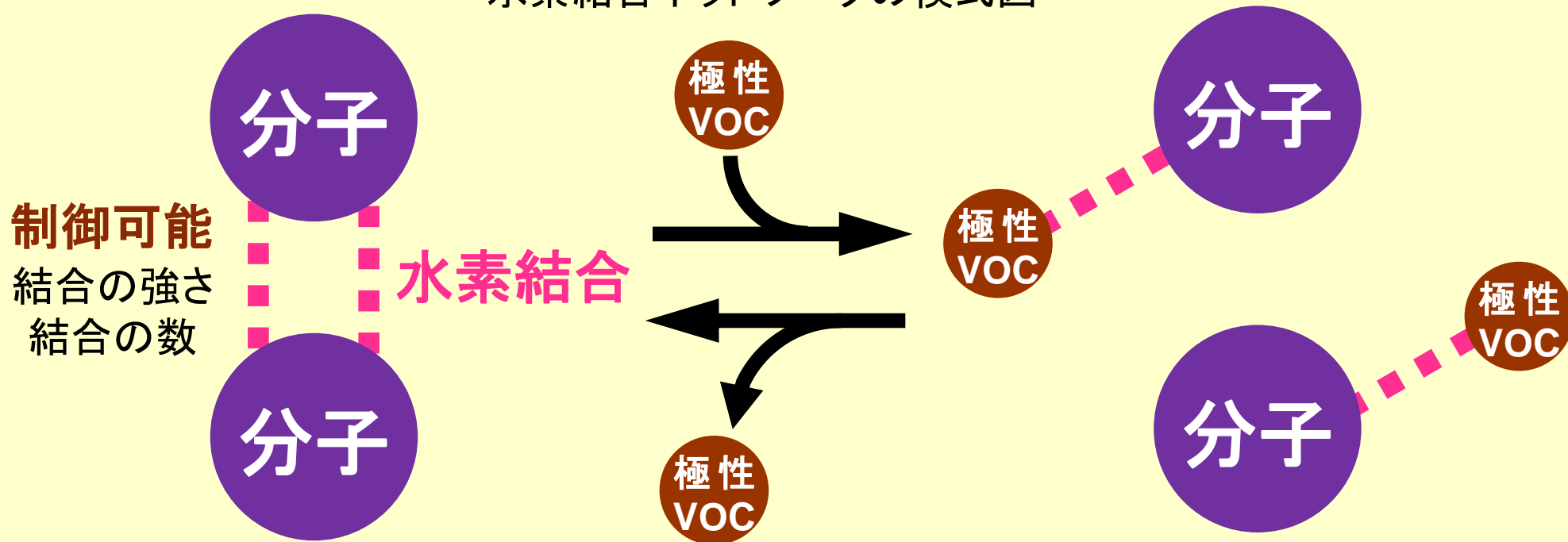


活性炭



# なぜ、水素結合ネットワークが極性VOC吸着に適するのか？

水素結合ネットワークの模式図



- (1)水素結合による極性VOCの吸着(課題Dの解決)
- (2)吸着した極性VOCを活性化しない(課題Aの解決)
- (3)性能を低下させず、低エネルギーで再生(課題BとCの解決)

活性炭による極性  
VOC吸着の課題

課題A:発火の可能性  
課題C:再生コスト

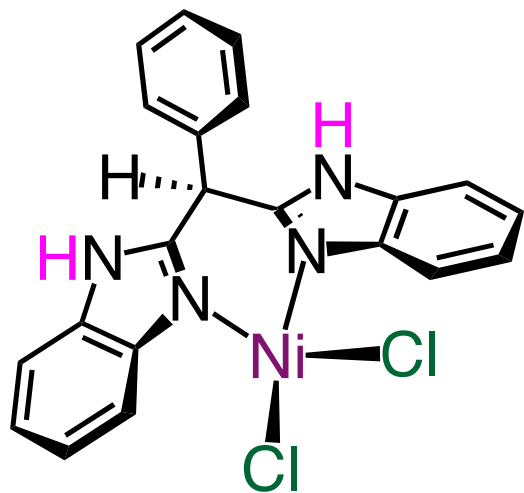
課題B:再生による性能低下  
課題D:極性VOCとの相性

演出上、明るい部屋の中でターンテーブルに乗せた結晶に、下から各色のLEDライトを当てています

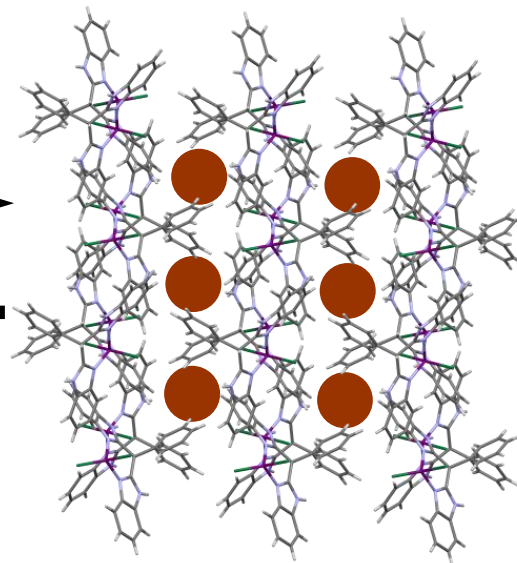
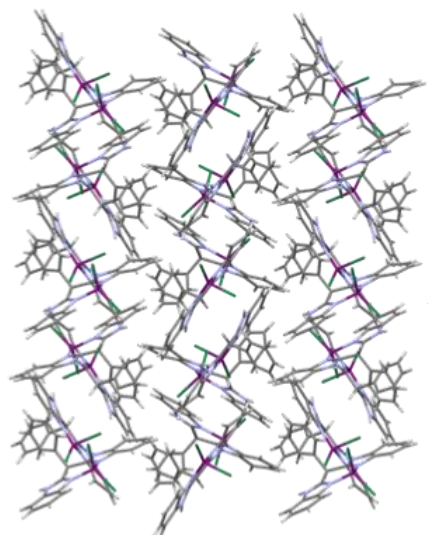


# 開発した水素結合ネットワーク材料の概要

材料の構成分子

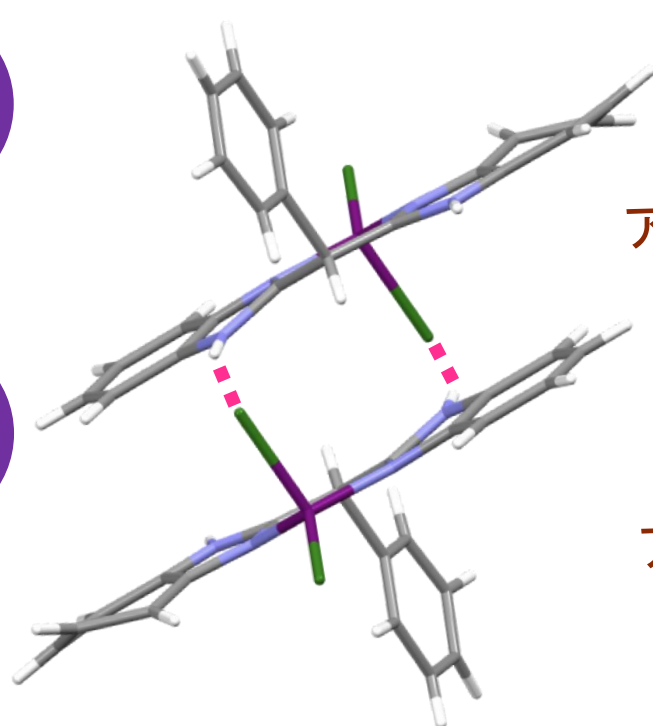


材料の構造

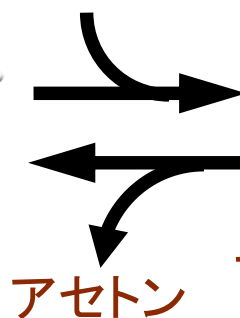


- 極性VOC
- アルデヒド
- ケトン
- エステル
- カルボン酸
- ハロアルカン

材料の構造の拡大図



アセトン



アセトン

極性VOC

分子

分子

極性VOC

アセトン

水素結合

分子

分子

特許出願済 (特開2020-75906, 特願2019-170452)

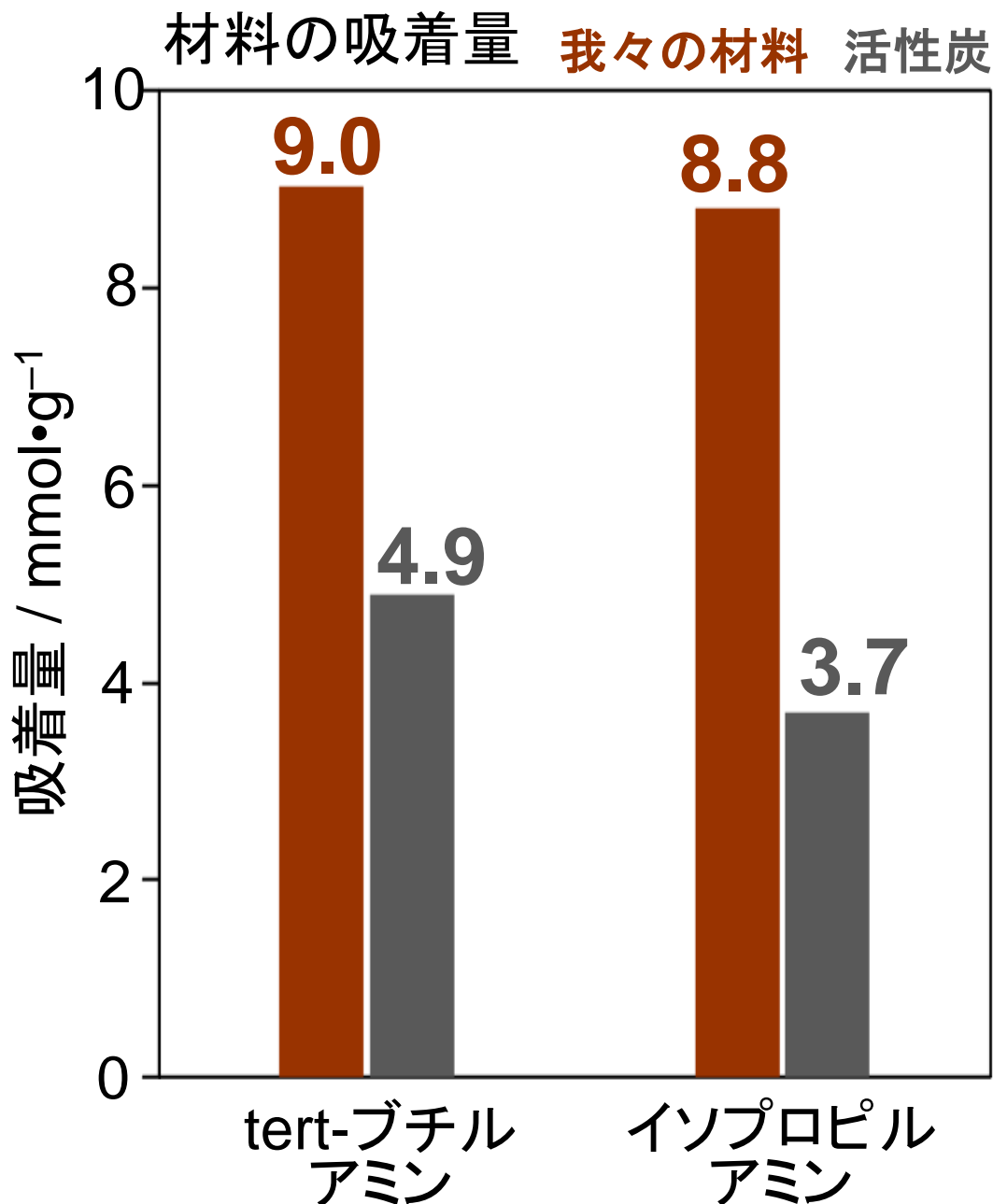
論文発表済 (Cryst. Growth Des. 2020, Highlighted in 環境展望台・陸奥新報・新潟日報)

新技術説明会  
New Technology Presentation Meetings!

# 材料の性能

活性炭(UES KD-GA-X-200, 4 × 8 mesh)  
に対する優位性

## (1) 活性炭の2倍のアミン吸着量



## (2) アミンの吸着による色の変化

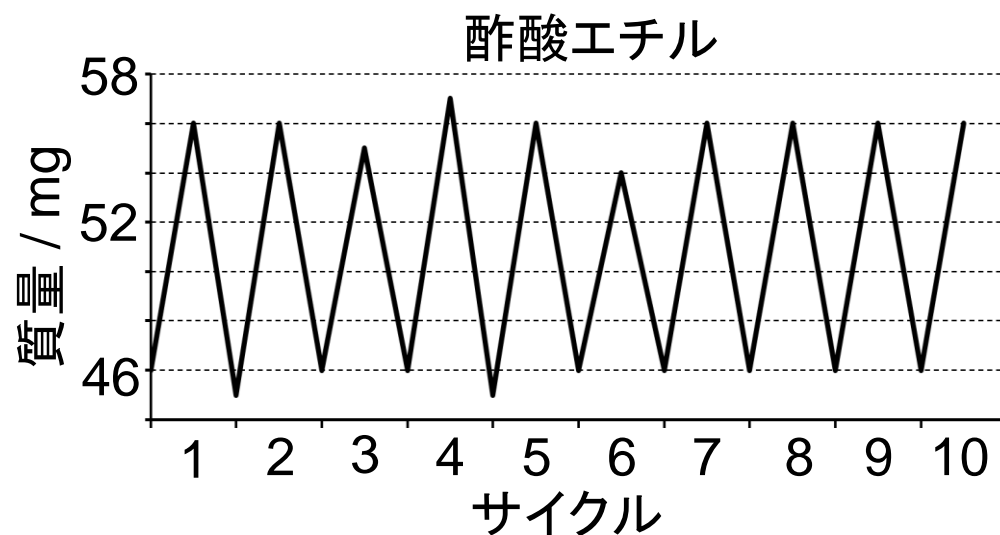
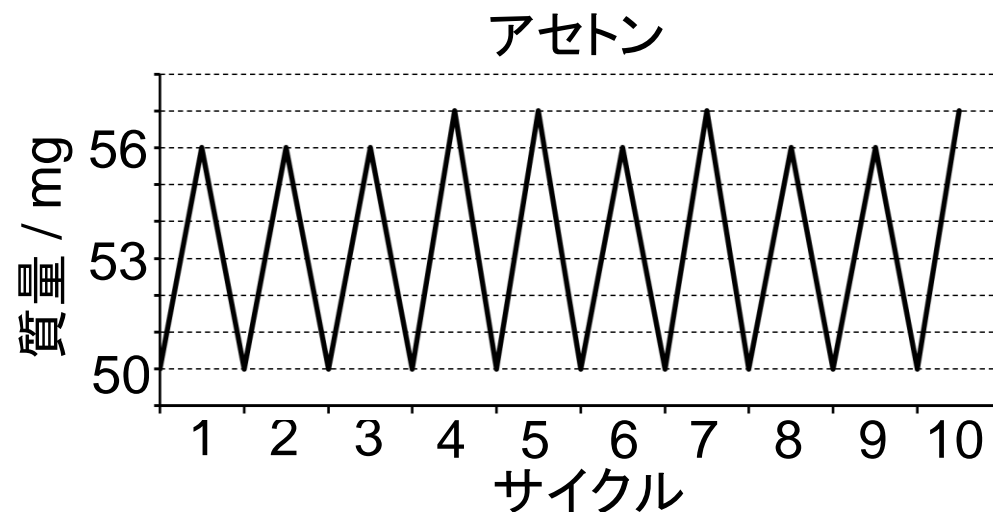
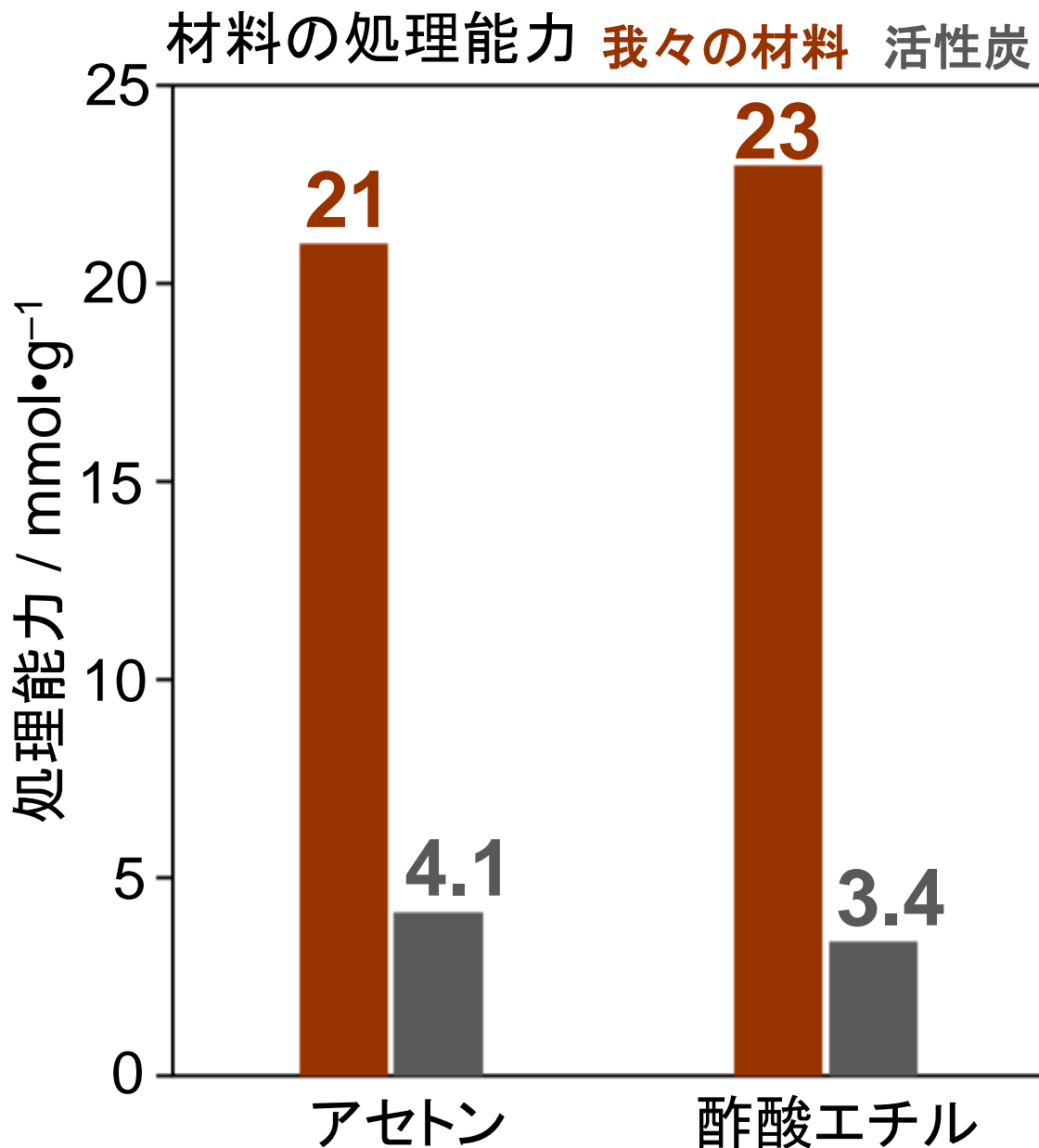


イソプロピルアミンでも同じ変化  
アンモニアの場合は白くなる

# 材料の性能

活性炭(UES KD-GA-X-200, 4 × 8 mesh)  
に対する優位性

## (3) 活性炭の5倍のアセトン処理能力、7倍の酢酸エチル処理能力



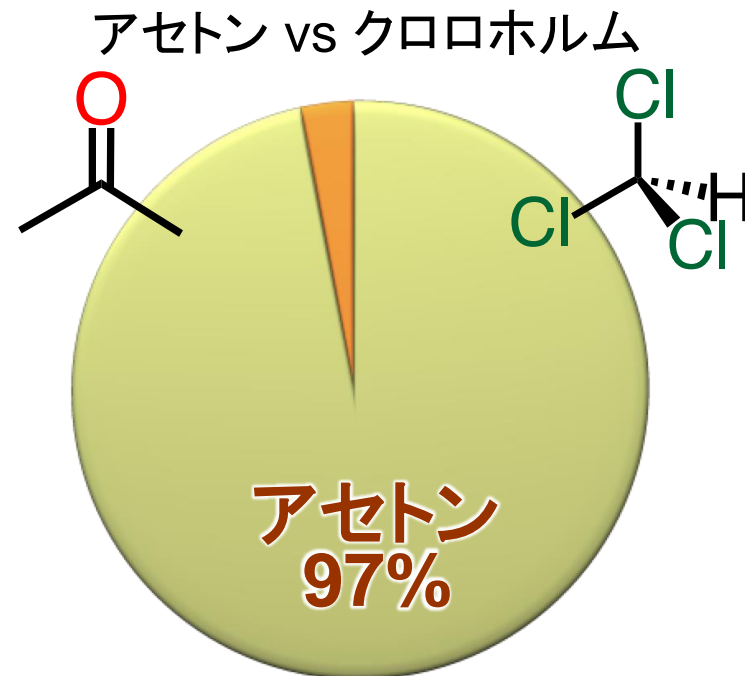
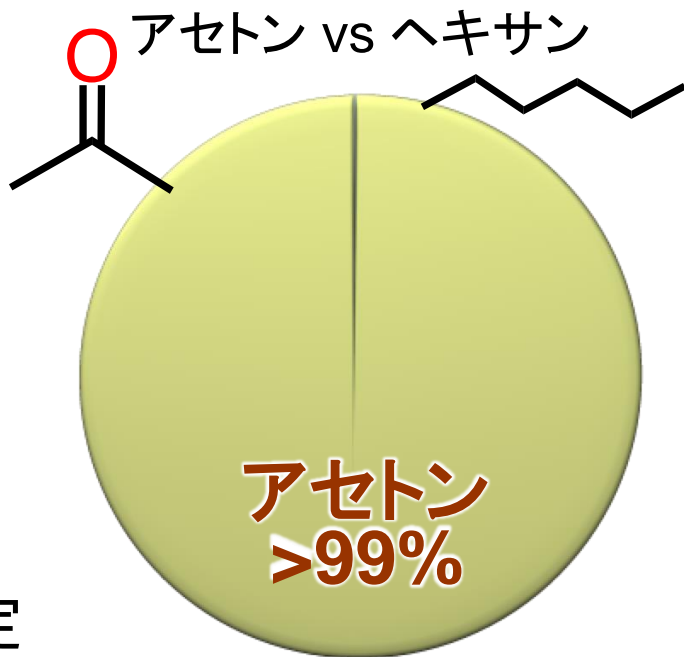
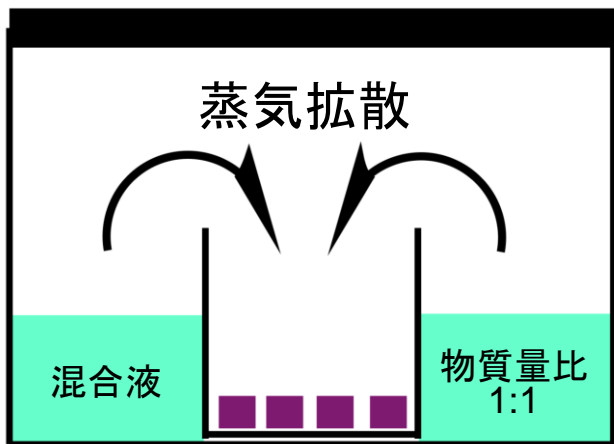
1回あたりの吸着量は活性炭に劣るが、リサイクルできるため、処理能力は活性炭を上回る



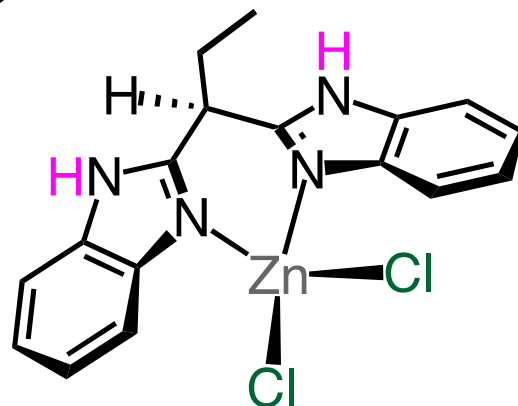
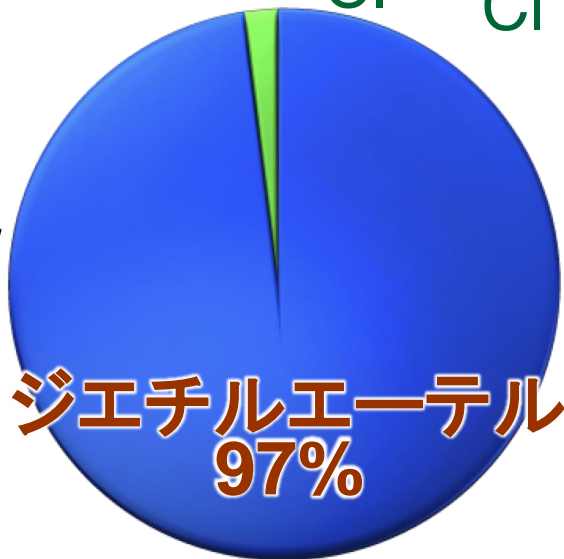
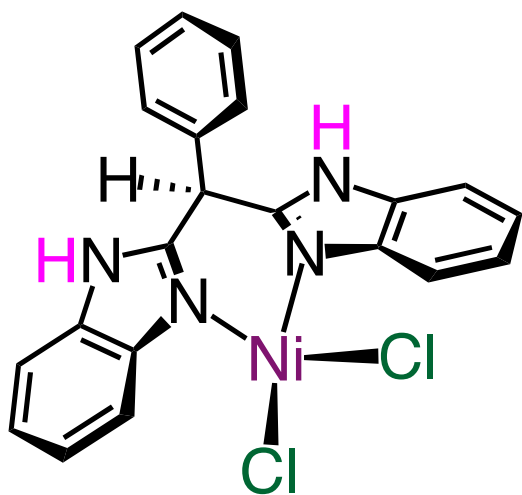
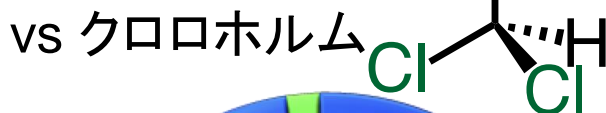
# 材料の性能

活性炭(UES KD-GA-X-200, 4 × 8 mesh)  
に対する優位性

## (4) 吸着の選択性



吸着比は<sup>1</sup>H NMRで決定

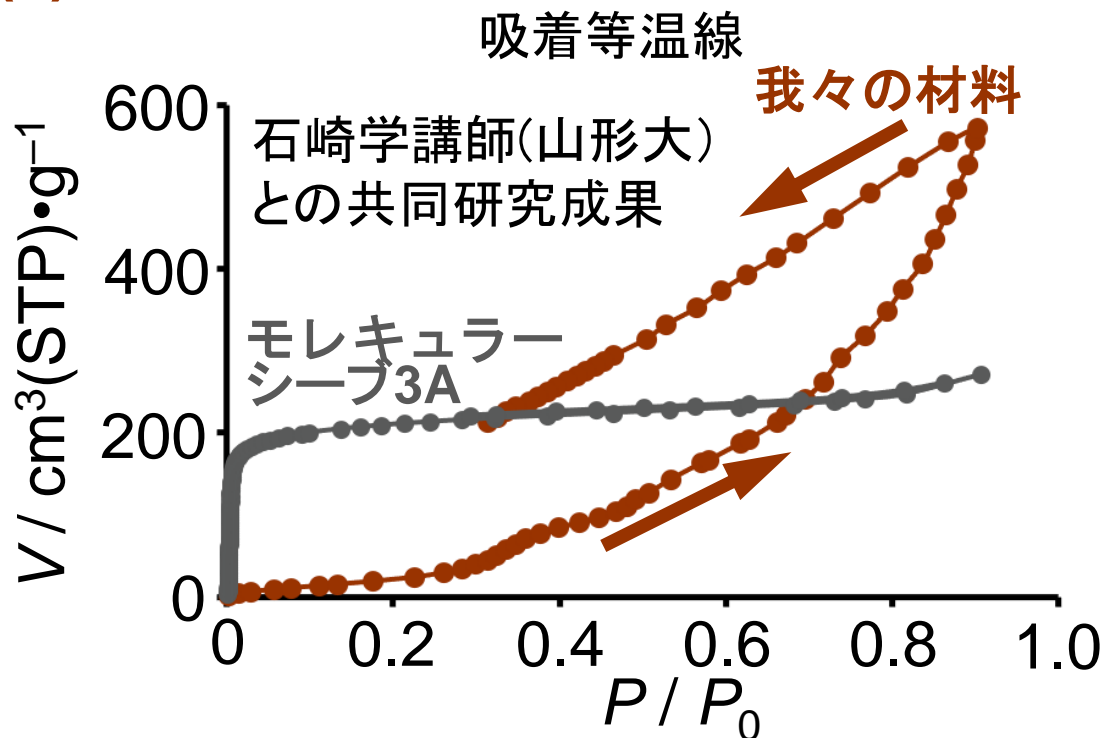


ジエチルエーテルは全く吸着しない  
クロロホルムは吸着できる

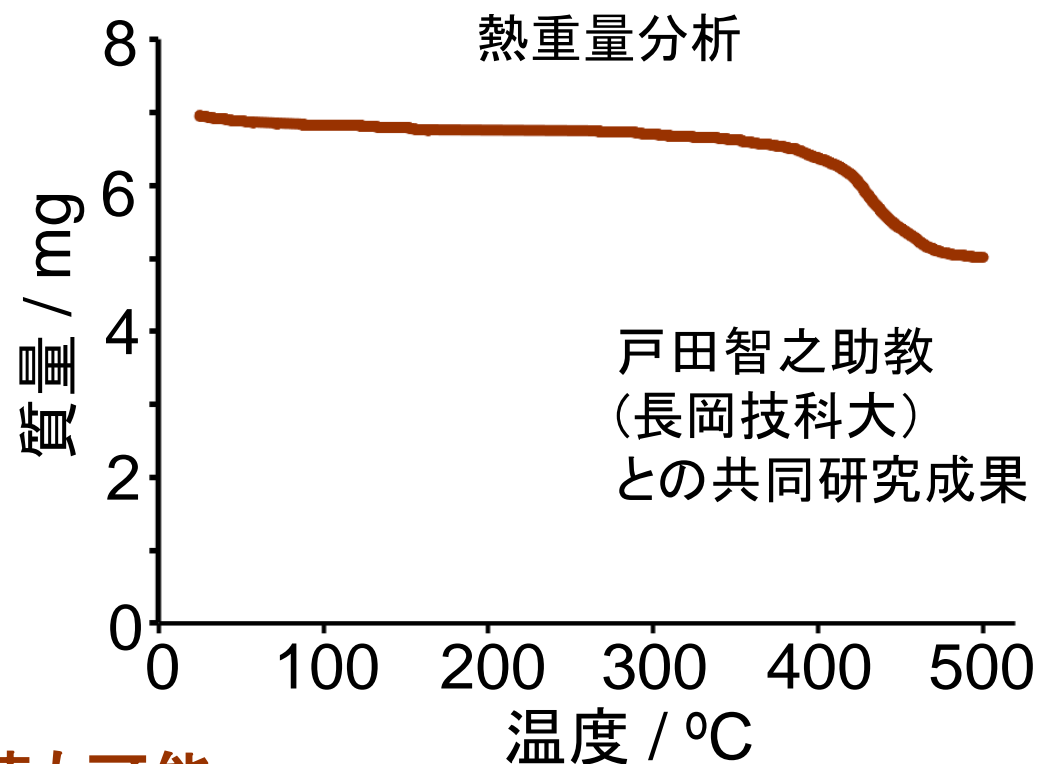
材料の構成分子をチューニングすることにより、**吸着の選択性をコントロールできる**

# その他の性能/性質

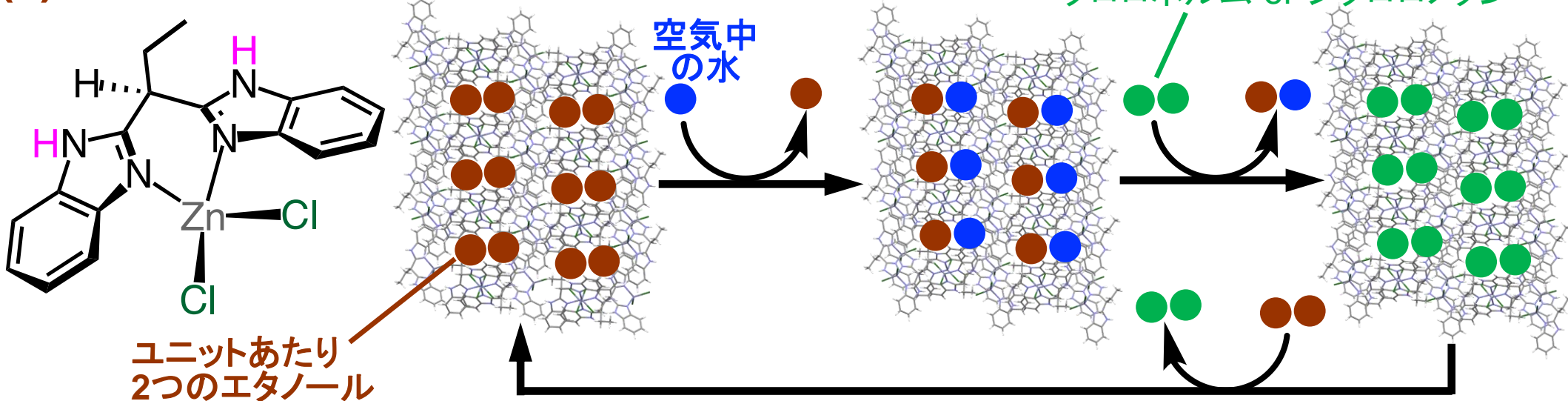
(5) モレキュラーシーブ3Aの2倍の水吸着量



(6) 400°Cまで安定



(7) 刺激によりエタノールを放出でき、再充填も可能



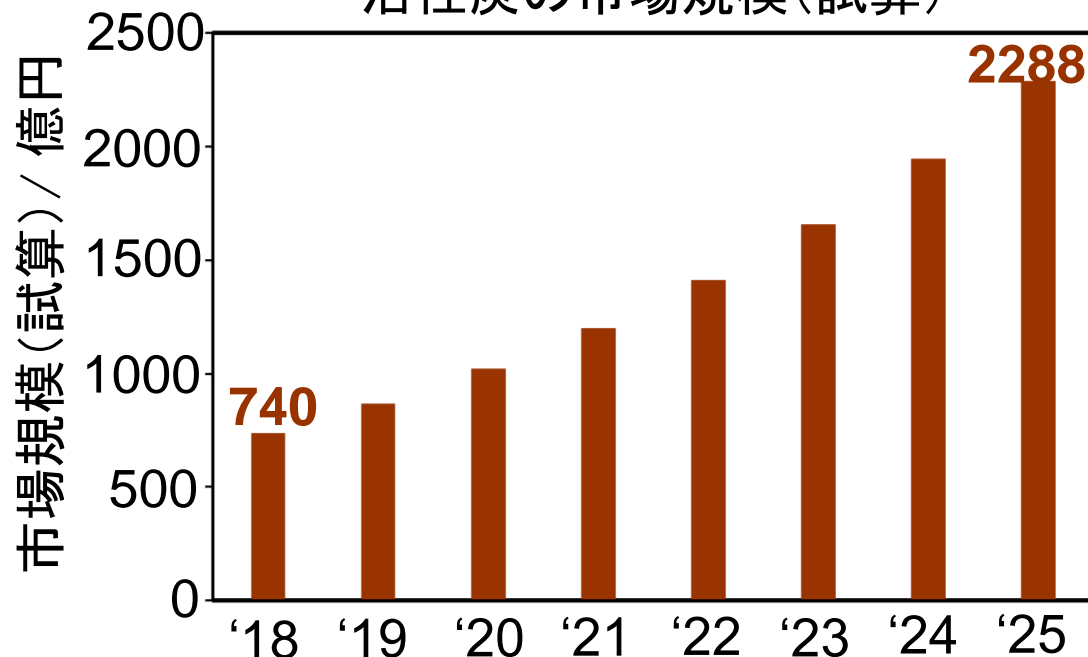
# 想定される用途とメリット

用途		ユーザーメリット
フィルター	VOC排出装置用	・大気への排出量低減 ・作業環境の悪臭対策
	空気清浄機用	・活性炭とのハイブリッド化による高機能化
	脱窒/脱硫用	・排煙脱窒/脱硫装置や水素化脱硫装置から産業用分離カラムへのパラダイムシフト ・化石燃料由来水素の使用量低減 ・貴金属(Pt・Pd・Rh)の使用量低減
	物質分離用	・大型蒸留塔から産業用分離カラムへのパラダイムシフト
センサー		・高機能製品の製造と販売

妄想レベルで良いので、別の用途をぜひご提案ください!!

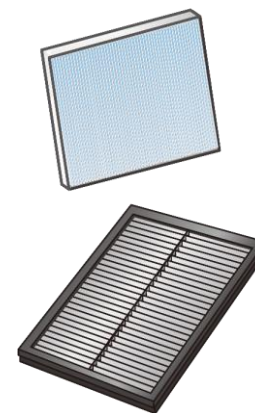
# 市場規模と製品の運用方法

極性VOCを含む空気の浄化用途に係る  
活性炭の市場規模(試算)



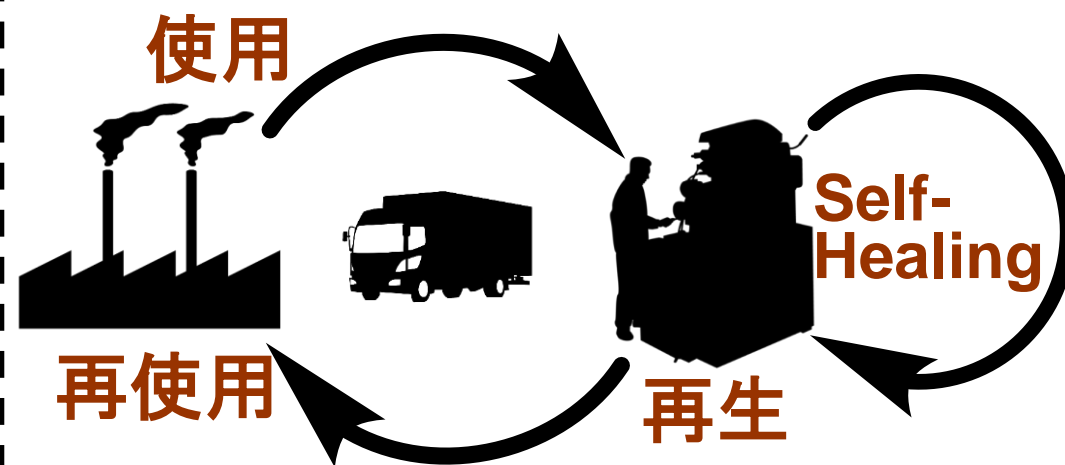
[算出根拠]

- ①'18年の活性炭の世界市場 5,000億円<sup>[1]</sup>
  - ②空気浄化用途は①の45%(2250億円)<sup>[1]</sup>
  - ③極性VOCを含む空気の浄化用途は②の1/3<sup>[2]</sup>
- 以上より、'18年の当該項目の市場規模は740億円  
'25年までの当該項目の年平均成長率は17.5%<sup>[1]</sup>  
よって、'25年の当該項目の市場規模は2288億円



カートリッジタイプの  
フィルター製品を想定  
使用→再生→再使用  
のサイクルを創出

製品の運用イメージ



水素結合ネットワークは再結晶  
によるSelf-Healingが可能な  
点も活性炭にはないメリット

[1]Activated Carbon Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Powdered, Granular), By Application (Liquid, Gas), By End Use (Water Treatment, Air Purification), By Region, And Segment Forecasts, 2019 - 2025, Grand View Research, 2019.

[2]揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリについて、環境省「揮発性有機化合物(VOC)排出インベントリ検討会」, 2020年3月

# 技術紹介のまとめ

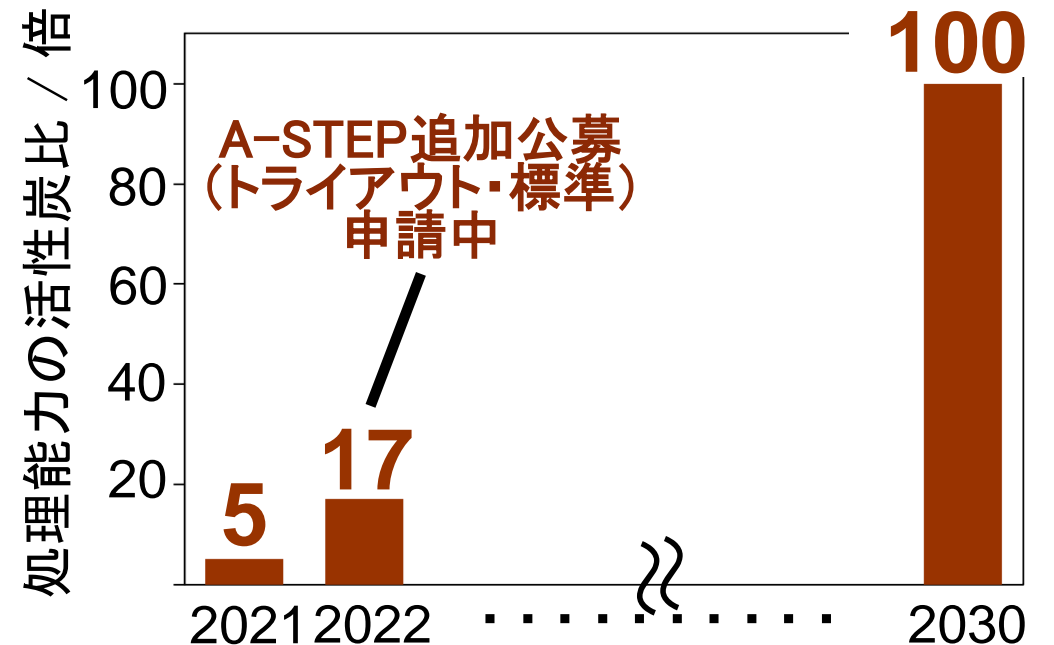
- 極性VOC用吸着材料として**水素結合ネットワーク**の可能性を見出し、錯体を基盤とする材料を開発した。
- この材料は、アミン類を活性炭の**2倍**多く吸着し、**5倍以上**のアセトン/酢酸エチル処理能力を持つ。また、**吸着の選択性**を示し、その選択性は、構成分子のチューニングで**コントロール**できる。
- この材料は、フィルターやセンサー等への用途が期待できる(**推定市場規模2000億円以上**)。

特許出願済 (特開2020-75906, 特願2019-170452)

論文発表済 (Cryst. Growth Des. 2020, Highlighted in 環境展望台・陸奥新報・新潟日報)

# 実用化に向けた課題

- 活性炭にとって変わるには、処理能力が5倍以上では不十分。吸着量とリサイクル回数の向上が必要。



- 多様な腐食性ガスに対応できる吸着装置が見つからないため、**吸着等温線の取得が難しい。**

アンモニア・アセトン・酢酸エチル → 民間分析サービスに依頼予定  
アセトアルデヒド・クロロホルム・tert-ブチルアミン・イソプロピルアミン  
ジクロロメタン → 測定できる装置が見つからない

# 企業への期待

## A-STEP

### 産学共同(本格型)

- 腐食性ガスの吸着等温線に関するデータを取得させてほしい。
- 産学共同(本格型)への共同申請へ向けた共同研究開発を行いたい。
- 材料の用途拡張に向け、ニーズ(必要な基礎データ含)を教えてほしい。
- 学生さんを採用してください。

### 産学共同(育成型)

2020年度本公募へ申請

書類審査通過・面接審査の末、不採択

上位25%程度の研究レベル

審査員コメント

「吸着等温線の取得が必要」

### トライアウト

追加公募に  
現在申請中

[算出根拠] 全応募数 692件 全採択件数 80件 → 採択率 12%  
機能材料分野採択件数 20件 面接実施予想件数 40件  
採択件数と採択率から予想される機能材料分野応募数 167件

# 知的財産権と産学連携の経歴

## 知的財産権

(1)

発明の名称 : ニッケル錯体、ニッケル錯体集積体、ジエチルエーテル吸着剤、  
ジエチルエーテル吸着方法およびジエチルエーテル脱離方法

出願番号 : **特願2018-178913** 公開番号 : **特開2020-75906**

出願人 : 弘前大学 発明者 : 太田俊、岩渕由理香

(2)

発明の名称 : 吸着剤

出願番号 : **特願2019-170452** 公開番号 : 未公開

出願人 : 弘前大学 発明者 : 太田俊、岩渕由理香、向井凌大

## 産学連携 実績

• 2017年-2018年  
東北環境科学サービス(株)  
と共同研究実施

• 2021年-  
青森県内企業からの受託研究  
実施(予定)



# お問い合わせ先

国立大学法人弘前大学 研究・イノベーション推進機構

リサーチアドミニストレーター(URA):

工藤 重光、山科 則之、渡部 雄太(東京事務所在席)

産学官連携コーディネーター:三上 夫美加

TEL 0172-39-3176

FAX 0172-39-3921

E-mail [ura@hirosaki-u.ac.jp](mailto:ura@hirosaki-u.ac.jp)



HIROSAKI  
UNIVERSITY