

文部科学省と国立大学附置研究所・センター 個別定例ランチミーティング

第103回 名古屋大学 未来材料・システム研究所 (2024.11.22)

- | | | |
|--------------------|---|----------------------------------|
| 12:05 – 12:10(5分) | : | 研究所・センターの概要 |
| 12:10 – 12:25(15分) | : | 相分離を利用した多孔質材料開発
(長谷川丈二 特任准教授) |
| 12:25 – 12:45(20分) | : | 質疑応答 |

未来材料・システム研究所 概要

所長 内山 知実

Email : director@imass.nagoya-u.ac.jp

HP: <https://www.imass.nagoya-u.ac.jp/>



名古屋大学
未来材料・システム研究所

2015年10月 設置

先端的な材料・デバイス等の要素技術から革新的な省エネルギー・創エネルギーに関わるシステム技術を俯瞰して研究し、環境調和型持続可能社会の実現に寄与する。

附属未来エレクトロニクス集積研究センター

附属高度計測技術実践センター

材料創製部門

システム創成部門

寄附研究部門

2部門

産学協同研究部門

8部門

附属研究施設

3施設

令和6年5月1日現在

産学官共創によるオープンイノベーション拠点

基礎研究，産学共創研究，実用化研究に資する先端的な研究の実施



先端的な材料・デバイス等の要素技術

- GaN等の次世代半導体デバイス
- 先端的ナノ材料/省エネルギー材料
- 材料・デバイスの高度計測と解析評価

附属未来エレクトロニクス集積研究センター

材料創製部門

附属高度計測技術実践センター

省エネルギー・創エネルギーに関わるシステム技術

- エネルギーの創出・変換・蓄積・伝送・消費の超高効率化

附属未来エレクトロニクス集積研究センター

附属高度計測技術実践センター

材料創製部門

システム創成部門

- 電力供給システムや輸送・交通システム等のスマート化

システム創成部門



寄附研究部門

- ・ エネルギーシステム(中部電力)寄附研究部門
- ・ トヨタ先端パワーエレクトロニクス寄附研究部門

産学協同研究部門

- ・ 産総研・名大 窒化物半導体先進デバイスオープンイノベーションラボラトリ
- ・ ミライズテクノロジーズ先端パワーエレクトロニクス産学協同部門
- ・ 豊田合成GaN先端デバイス応用産学協同研究部門
- ・ 旭化成次世代デバイス産学協同研究部門
- ・ 豊田中研GaNパワーデバイス産学協同研究部門
- ・ 三菱ケミカルGaN基板デバイス産学協同研究部門
- ・ Photo electron Soul GaN電子ビームデバイス産学協同
- ・ UJ-Crystal超高品質SiC半導体産学協同研究部門



附属研究施設

- エネルギー変換エレクトロニクス実験施設: 世界最大のGaN専用のクリーンルームを保有
-> GaNの結晶成長・デバイスプロセス・評価を同一スペースで実施
- 超高压電子顕微鏡施設: 世界唯一の反応科学超高压走査透過電子顕微鏡を保有
-> ガス中の反応や現象の観察が可能, 環境・エネルギー関連材料の開発に貢献
- 先端技術共同研究施設:
-> 各種材料の薄膜形成, マイクロ/ナノ加工, 表面分析を実施



エネルギー変換エレクトロニクス
実験施設のクリーンルーム



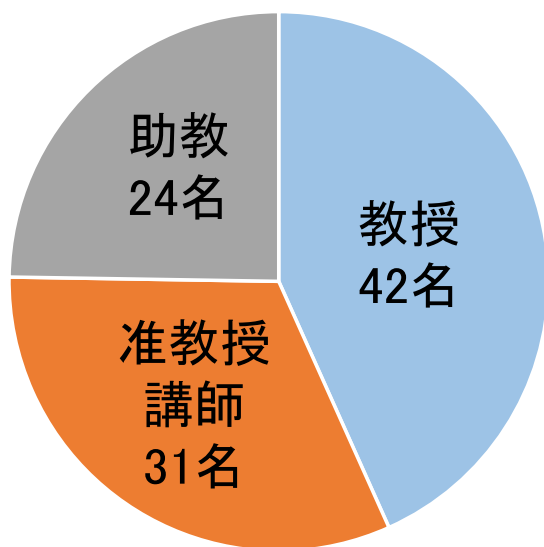
超高压電子顕微鏡施設



先端技術共同研究施設



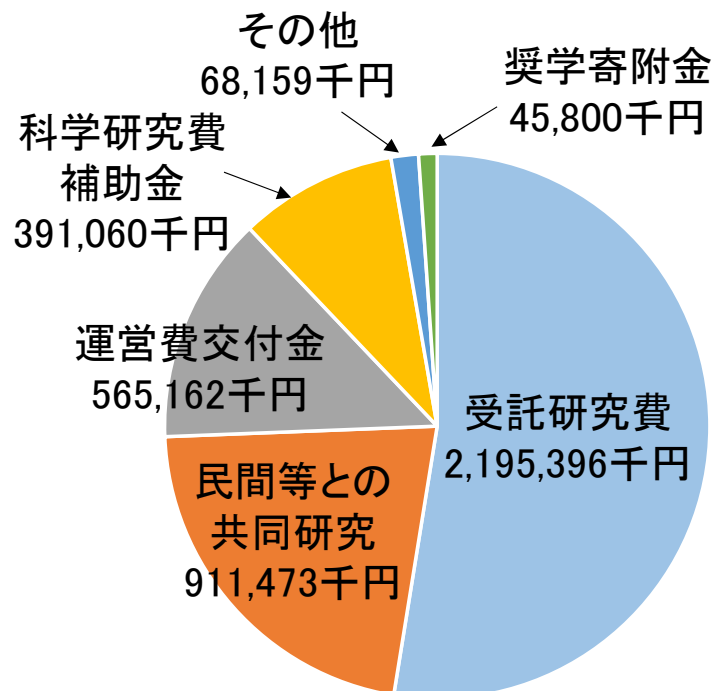
未来研の現状



教員数

【総数97名】

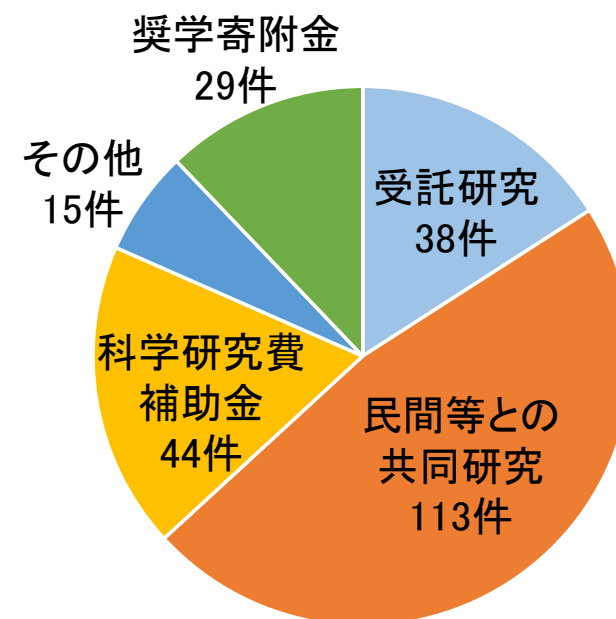
(令和6年5月1日現在)



外部資金と運営費交付金

【総額4,177,050千円】

(令和5年度)



外部資金受入件数

【総数239件】

(令和5年度)

※ 特任教員を含み、兼務教員と客員教員を除く



拠点としての共同利用・共同研究の実施状況

- ・ 共同利用・共同研究が着実かつ活発に実施されている。
- ・ 代表的研究成果として, GaN基板上電界効果トランジスタの性能評価, 高速高感度ダイレクト電子検出器の開発, 可視光イメージセンサ通信システム, などがある



所内の共同研究（異分野融合研究）の事例

- ・ 二次元材料物性の超高速光応答のナノ解析 【材料物性×超高速ナノ解析】
- ・ 金属ナノ粒子を舞台にした先進的結晶成長法とナノ光科学の融合 【結晶成長×ナノ光物性】
- ・ ウイルス不活化機能をもつエアカーテン装置の開発 【流体工学×半導体工学】

所外との共同研究（異分野融合研究）の事例

- ・ 魚類細胞を用いた非破壊ナノ計測の実現 【本学農学部】
- ・ 深部地震発生メカニズムの解明 【東京大学・愛媛大学・東京科学大学】
- ・ 高輝度パルス電子顕微鏡を活用したタンパク質構造解析 【トロント大学】



名古屋大学
NAGOYA UNIVERSITY



未来材料・システム研究所
Institute of Materials and Systems for Sustainability

相分離を利用した多孔質材料開発

～環境・エネルギー分野への応用を目指して～

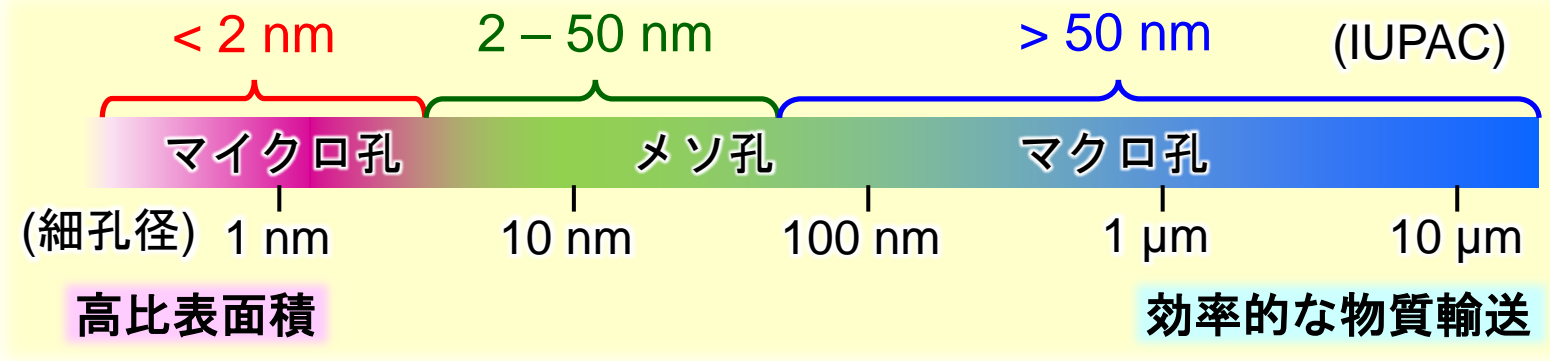
名古屋大学 未来材料・システム研究所

特任准教授

長谷川 丈二

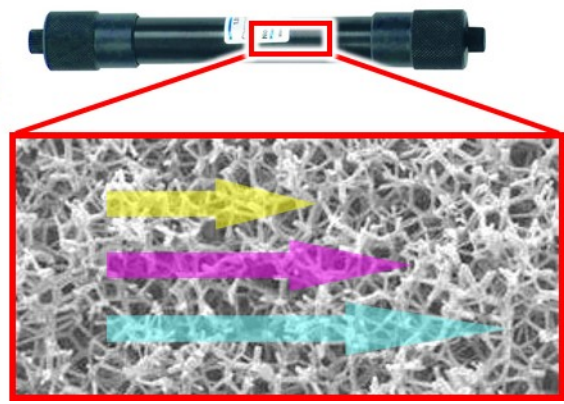
多孔質モノリス材料

- 😊 固定化・パッキングが不要
- 😊 取り扱いや各種測定が容易
- 😞 モノリス全体を使用するために階層的多孔構造の構築が必須



様々な分野へ応用

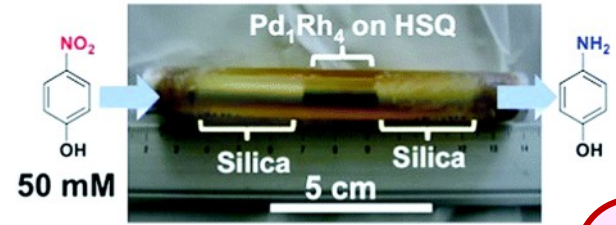
分離(クロマトグラフィー)



吸着

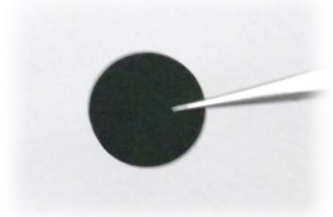


触媒



電極

- ✓ 二次電池
- ✓ キャパシタ
- ✓ 電解セル (H₂発生・CO₂還元) etc.



合成手法

- モノリス作製: ゼルーゲル法
- 細孔構造制御: 相分離法

相分離を伴うゾルーゲル法

ゾルーゲル法

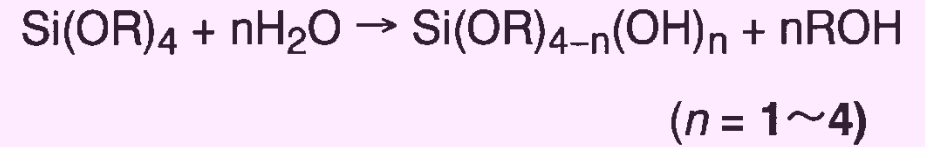
重合成分（もしくはコロイド）を含む溶液を濃縮や重縮合反応によりゲル化する手法

相分離法

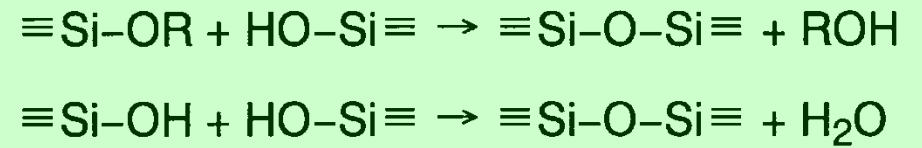
相分離誘起剤



加水分解:



重縮合:

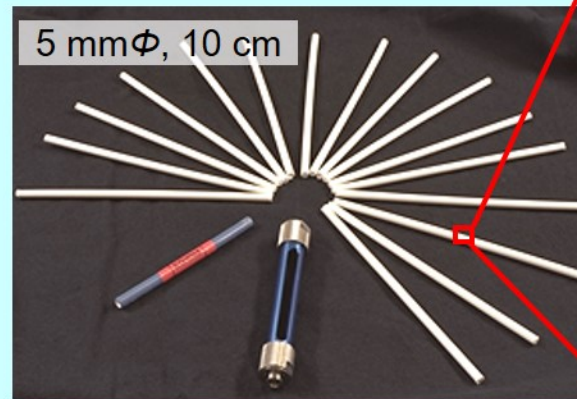


ゾル

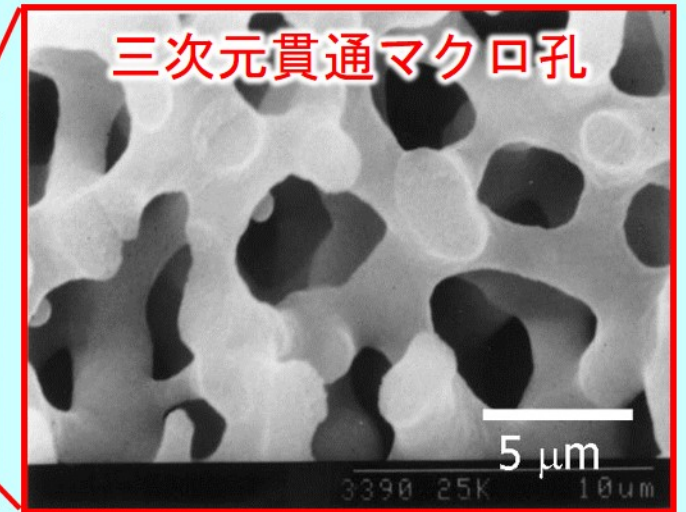


ゲル

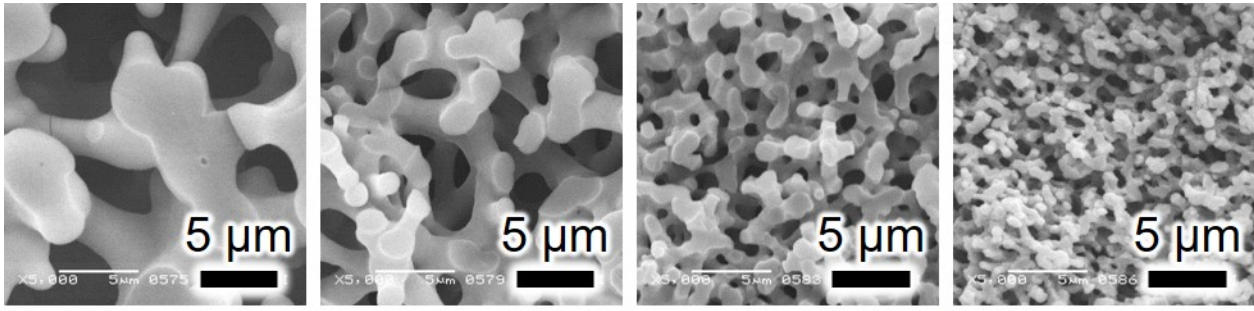
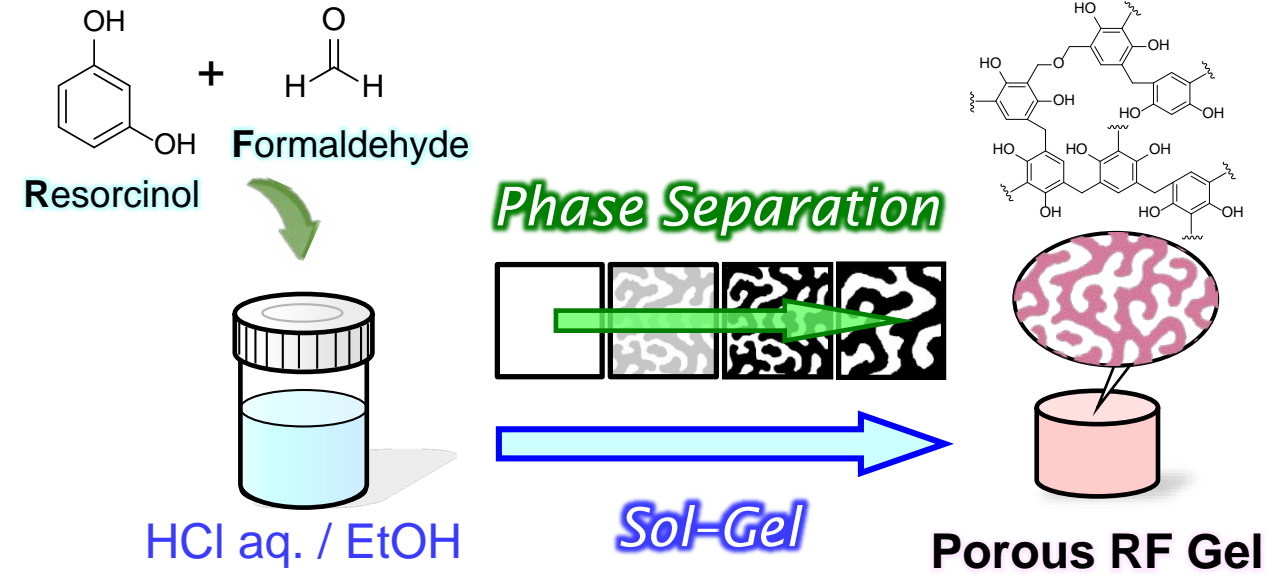
多孔質SiO₂モノリス



三次元貫通マクロ孔



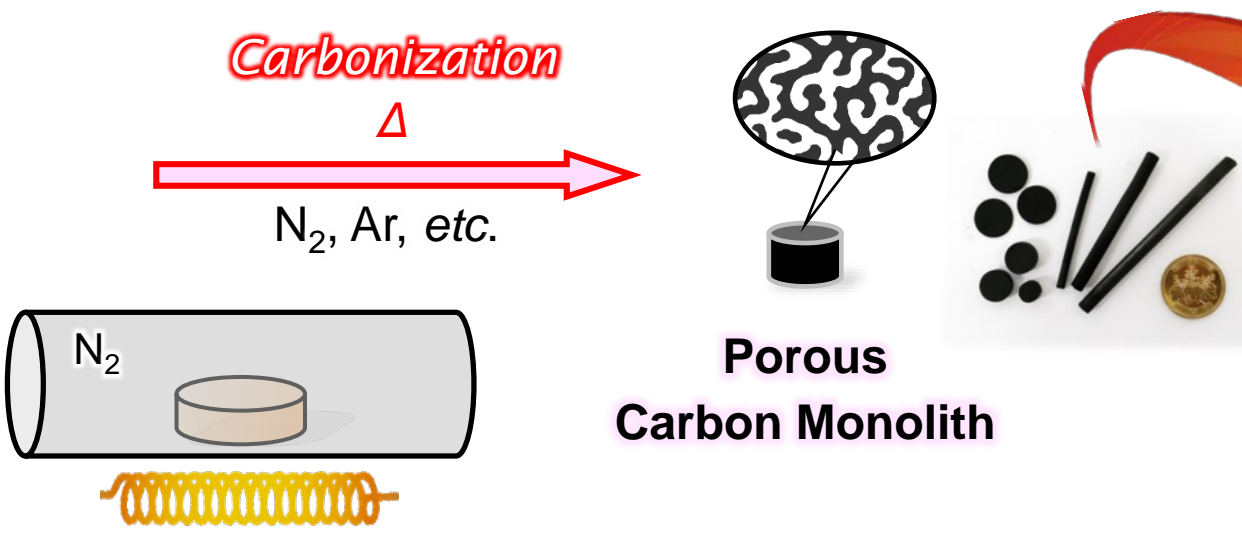
多孔質架橋高分子ゲルと多孔質カーボンモノリス



Amount of EtOH

Mater. Lett. 2012, 76, 1. *Chem. Mater.* 2015, 27, 4703.

自立型多孔質カーボン電極



合剤電極 (従来型)

- ✓ 様々な添加物
- ✓ 細孔の制御不可
- ✓ 低い再現性

✓ 添加物なし
 ✓ 細孔径制御

基礎・応用 研究へ展開

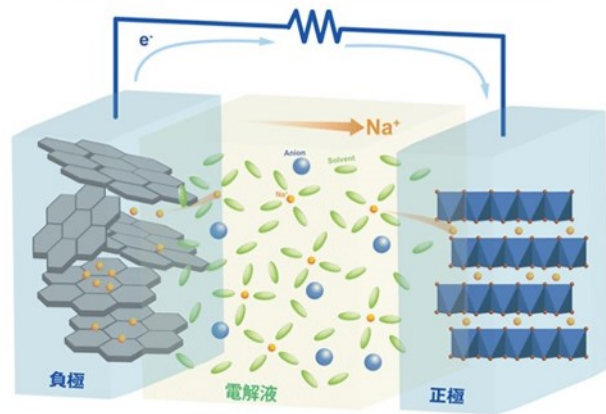
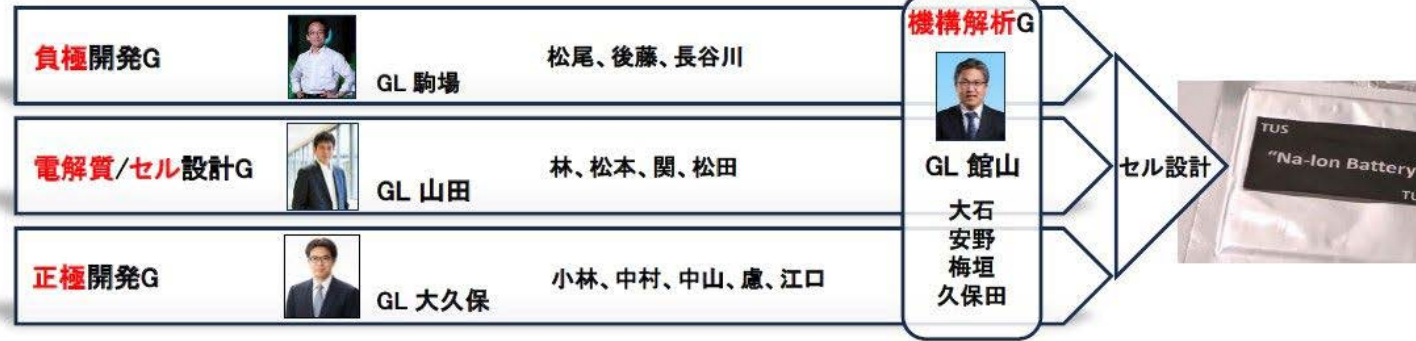
導電助剤 電極粉末
 集電体 結着剤

2023年10月～

資源制約フリーなナトリウムイオン電池の開発

～負極チーム～

代表：駒場 慎一（東京理科大）



実用セルへ



TL/GL 駒場慎一
ハードカーボン, 合金
バインダー界面, 全電池作

後藤和馬 (北陸先端大)
HC材料(元クレハ), 異種元素
オペランド固体NMR

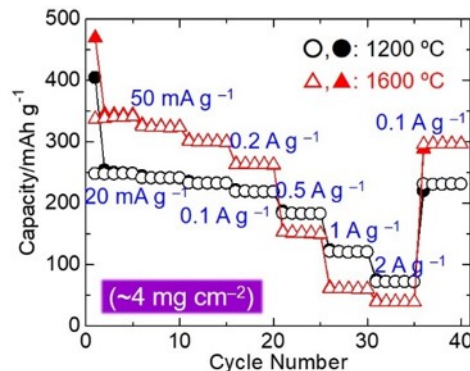
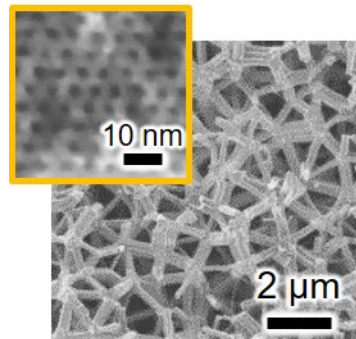
長谷川丈二 (名大)
多孔性材料
固体電解質・界面構築

低コスト・長寿命電極
400 - 600 Ah/kg

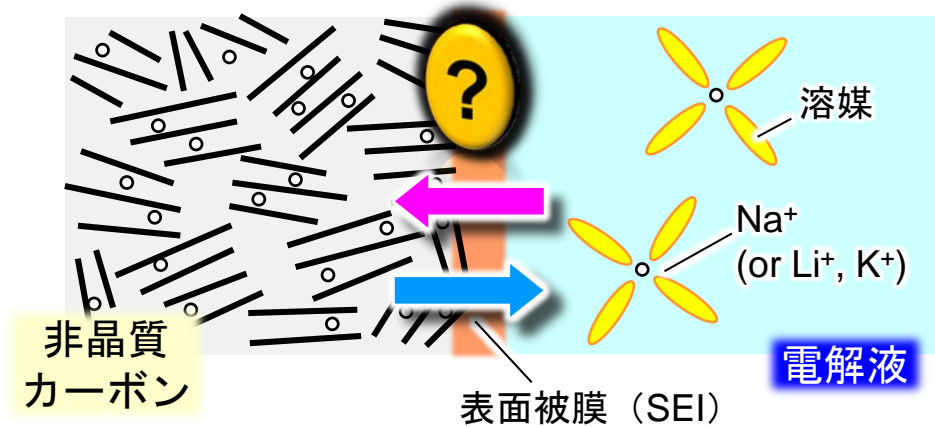
松尾吉晃 (兵庫県大)
グラフェンライク黒鉛
各種炭素材料

高容量カーボン負極の開発

RF由来メソポーラスカーボン



カーボン/電解質界面反応の解析

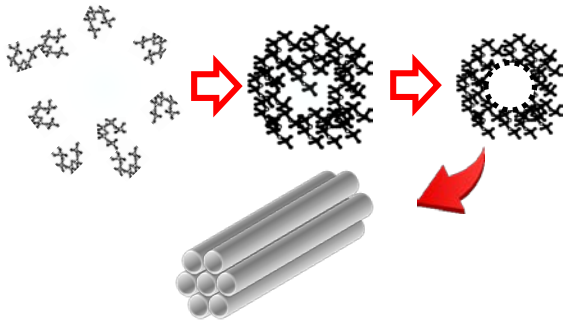


階層的多孔構造の構築

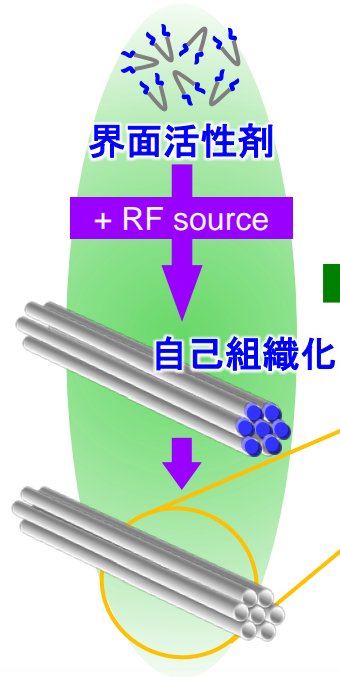
2種類の多孔体作製法を組み合わせることにより作製

超分子鑄型法

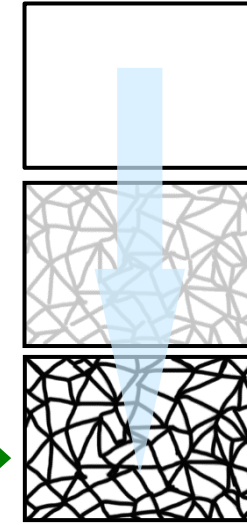
界面活性剤ミセルを鑄型として規則配列を有するメソ孔を構築



超分子鑄型法

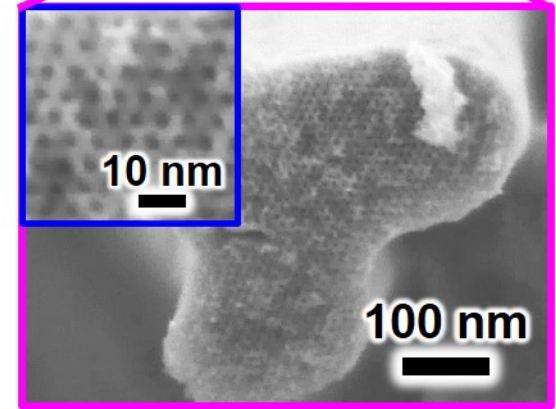
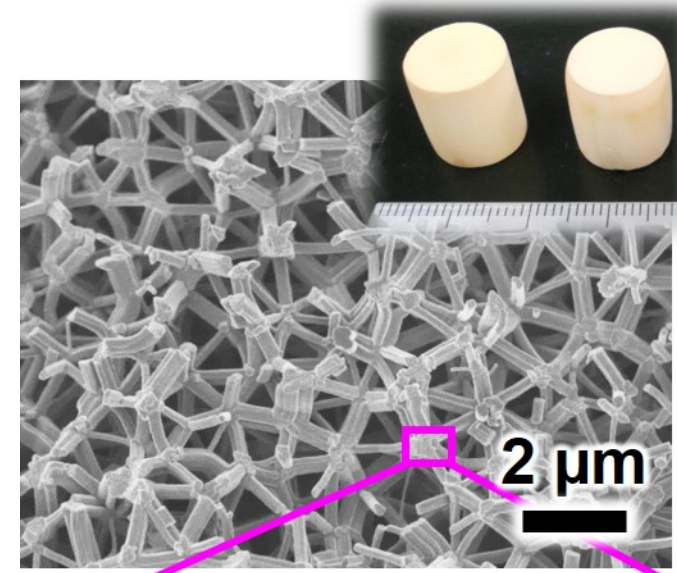


相分離法



三次元貫通
マクロ孔

二次元ヘキサゴナル
メソ孔



階層的多孔構造を有する
フェノール樹脂

Chem. Mater. 2016, 28, 3944.

< 2 nm 2 – 50 nm > 50 nm (IUPAC)

マイクロ孔

メソ孔

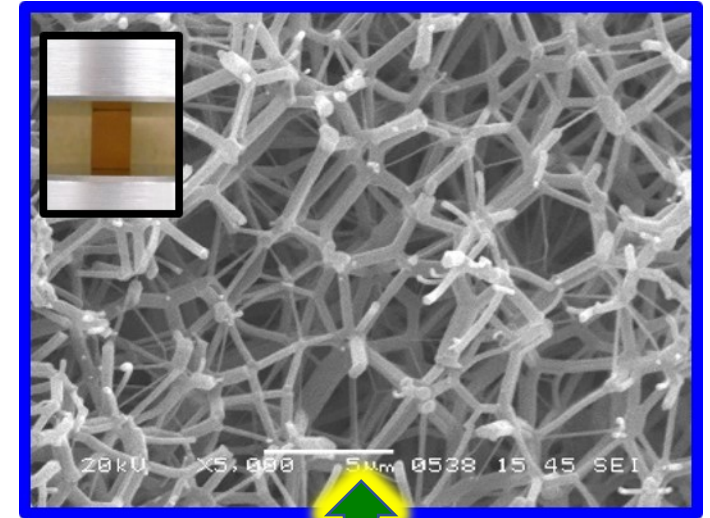
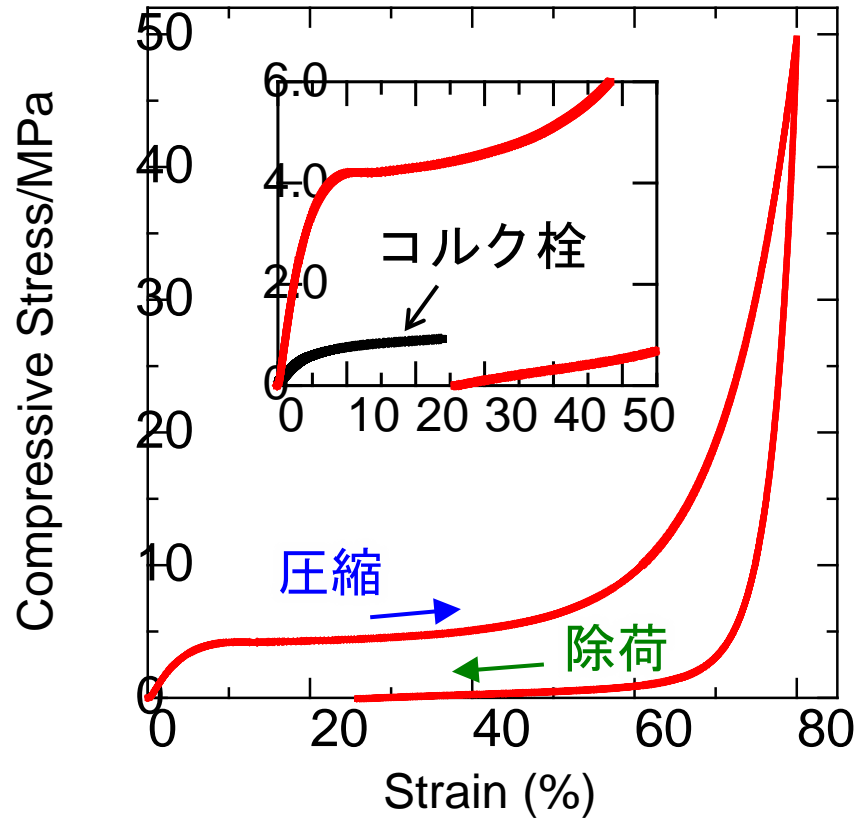
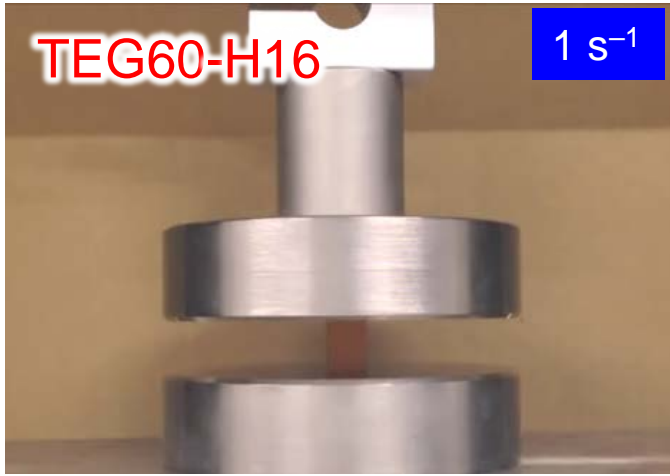
マクロ孔

(細孔径) 1 nm 10 nm 100 nm 1 μm 10 μm

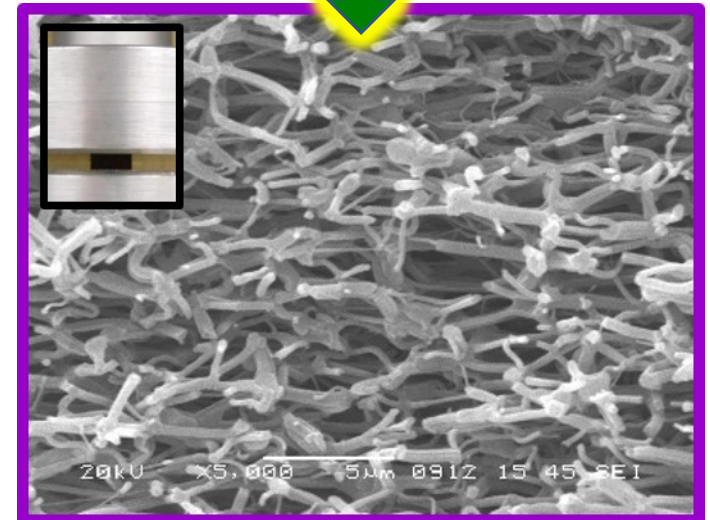
高比表面積

効率的な物質輸送

固くて柔軟な多孔質モノリス材料



ゲル骨格の分岐部が可逆的に可動



Hard! & Flexible!

Chem. Mater. 2017, 29, 2122.

TEG60-H16

1 s⁻¹

80%

圧縮

除荷

従来型フェノール樹脂多孔体

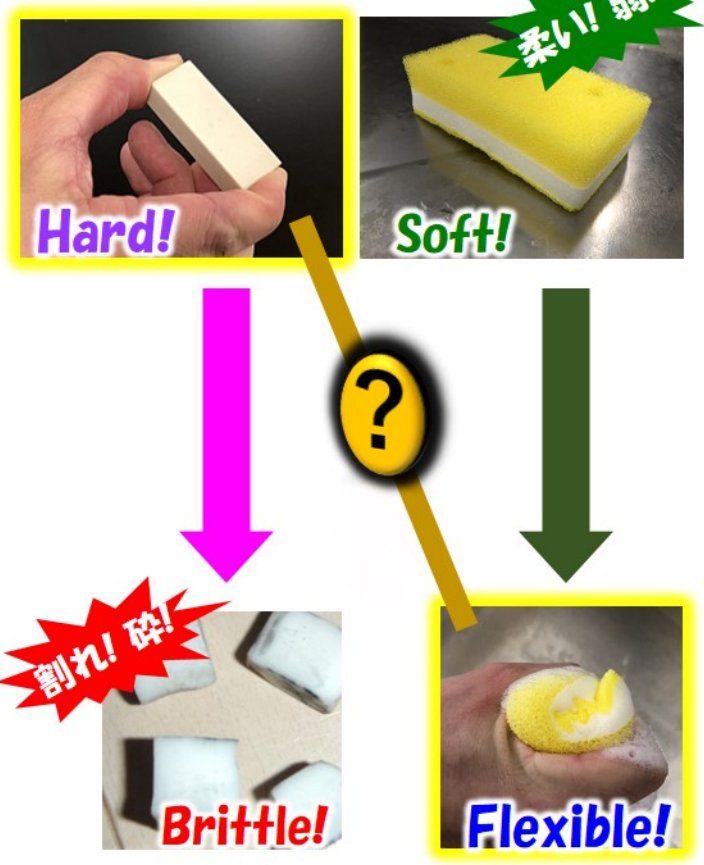
50%

“ハード柔軟”多孔質材料の開発

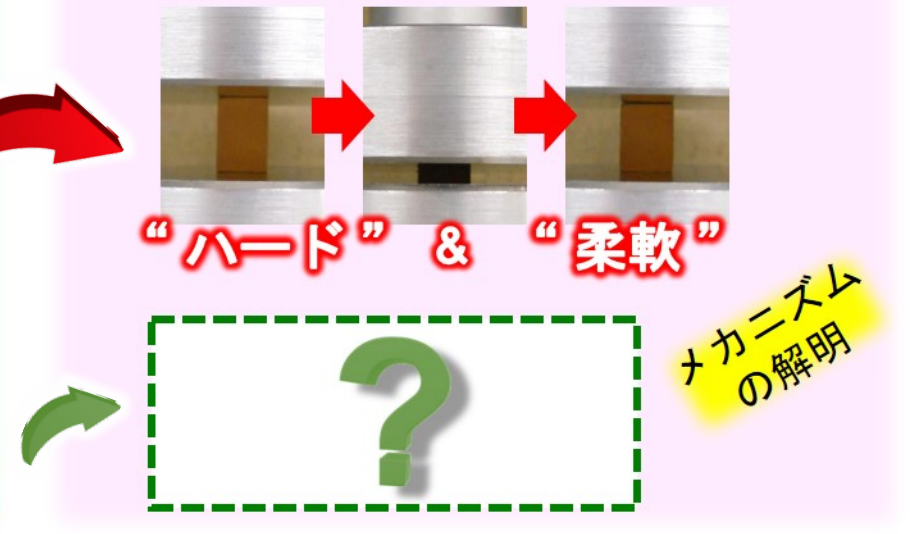
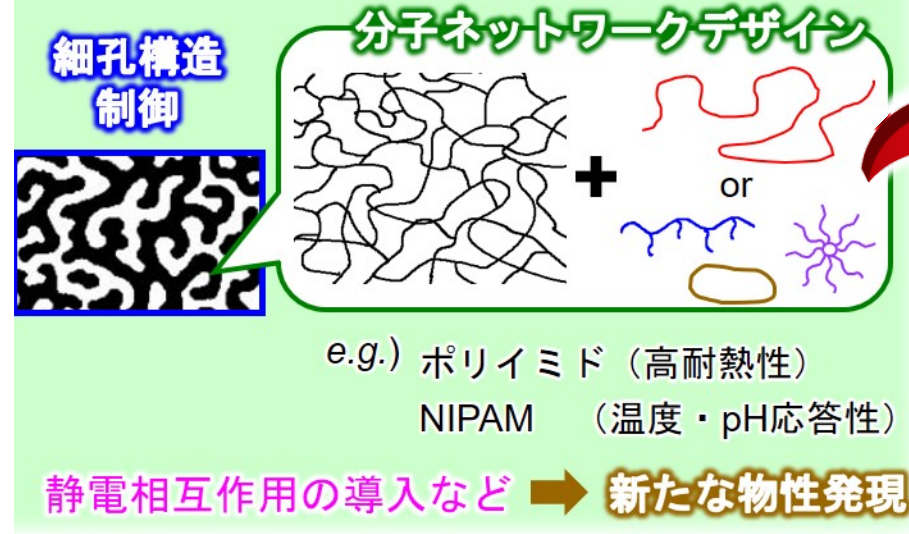
福島パネル 1期生 (2021~)

新規ハード柔軟多孔質材料の創製

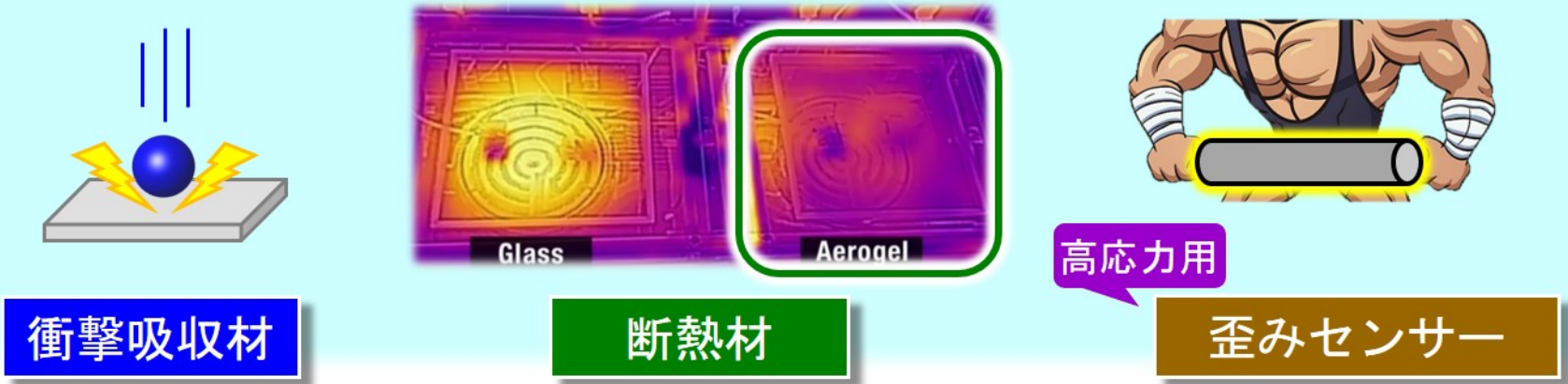
ハード柔軟性発現機構の解明



固くて柔軟な材料
(ハード柔軟多孔体)

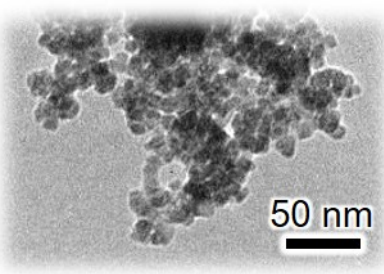


ハード柔軟多孔質材料の応用展開

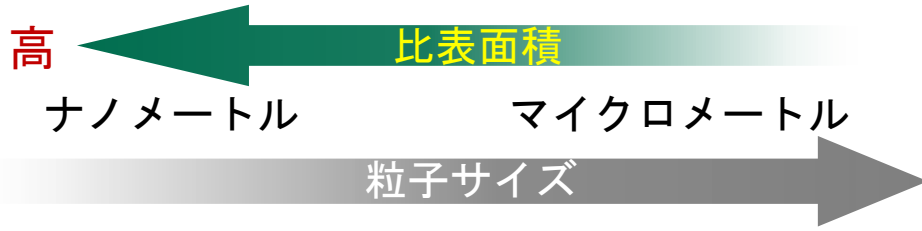


多孔質セラミックス粒子の形態・細孔構造制御

□ ナノ粒子 → 😊 高比表面積



- ✓ 吸着剤
 - ✓ 電極活物質
 - ✓ 触媒 etc.
- 😞 容易に凝集
 - 😞 取り扱いが困難
 - 😞 生体に有毒・環境に悪影響

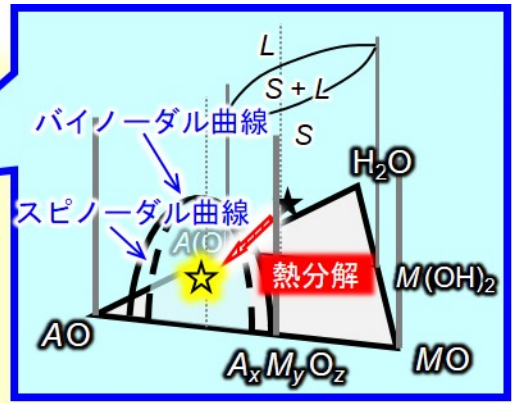
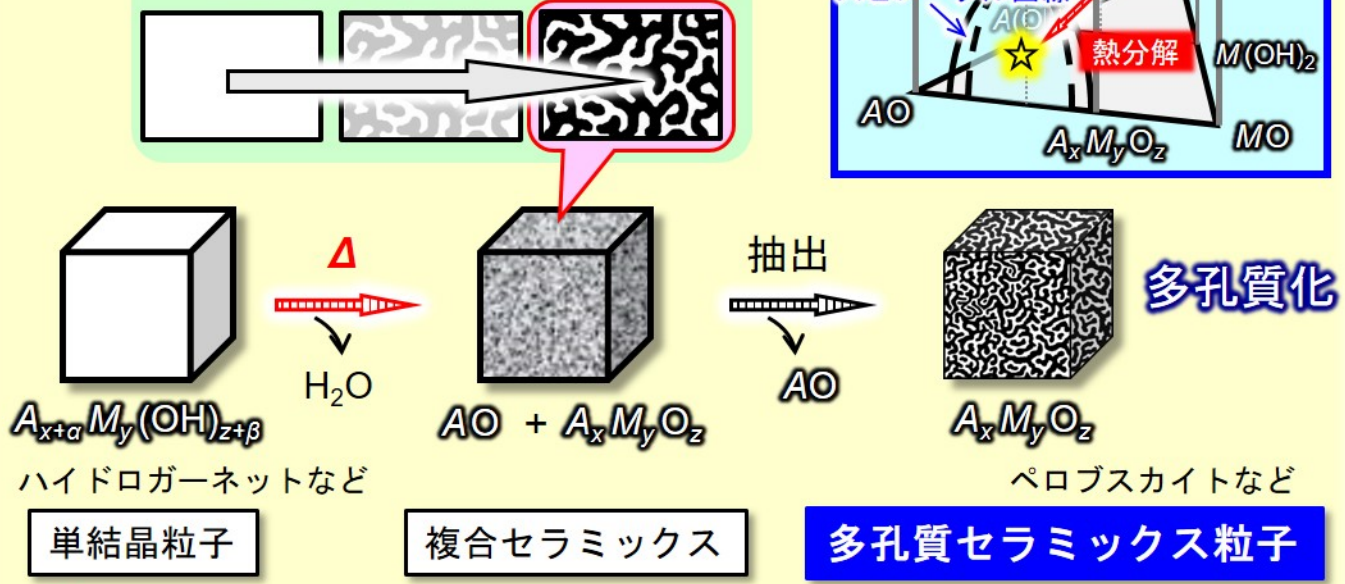


□ 多孔質粒子 (μmサイズ)

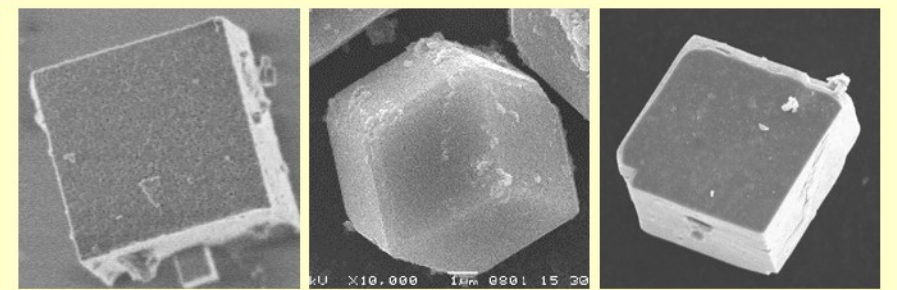
- 😊 高比表面積
- 😊 取り扱いが容易
- 😞 粒子形態・細孔構造の制御が困難

➤ 相分離法

“熱分解誘起型” 相分離

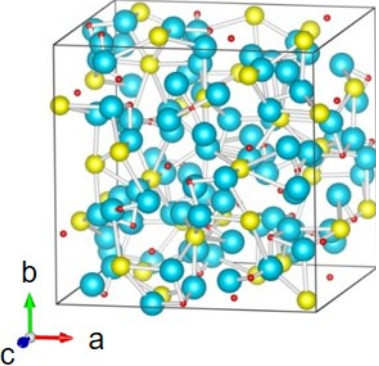
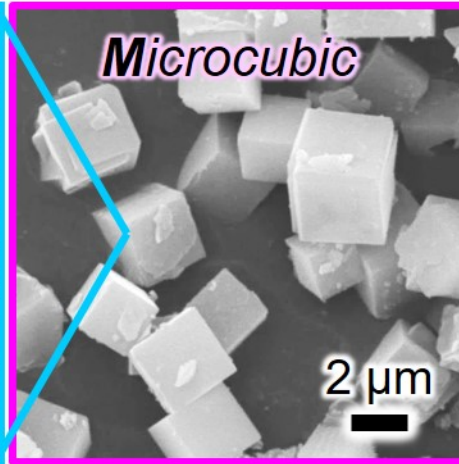
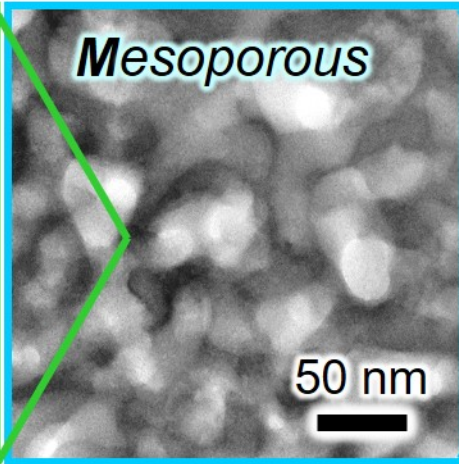
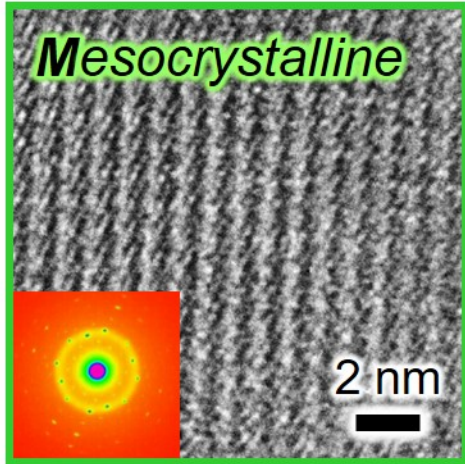


多面体粒子の形態制御



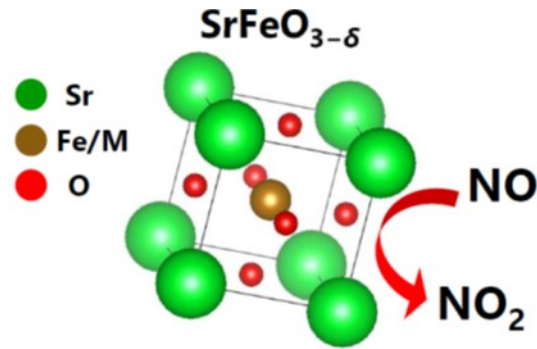
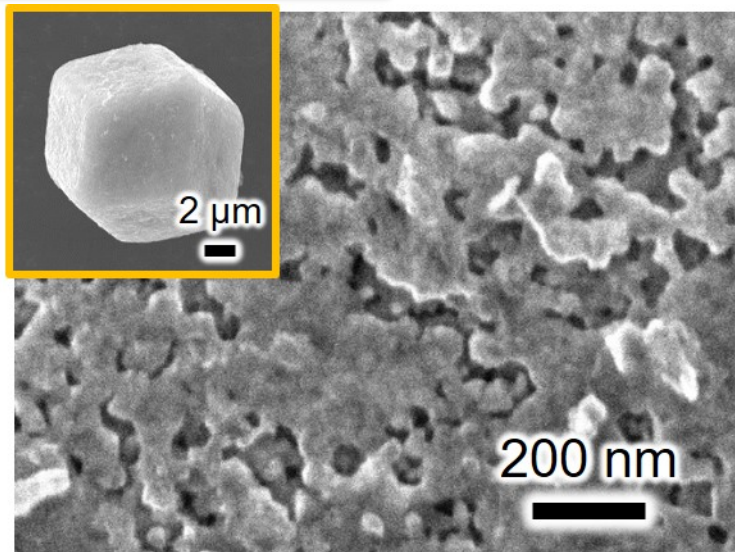
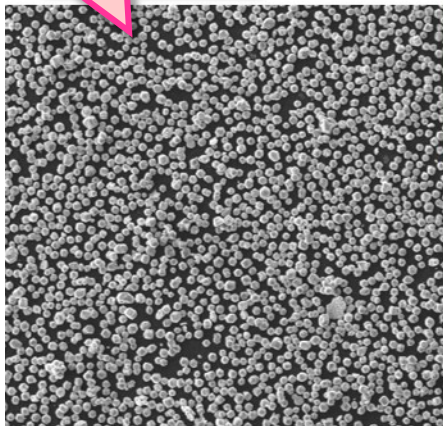
熱分解誘起相分離を利用した多孔質セラミックス粒子

3M-C12A7



Polyhedral SrFeO_{3-δ} Perovskite

単分散



触媒への応用

Chem. Mater. 2018, 30, 4498.

Chem. Mater. 2023, 35, 5177.

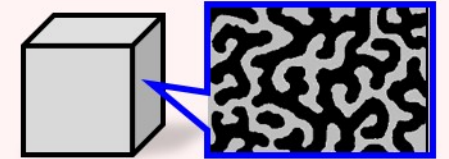


科学研究費助成事業 学術変革領域研究 (A)

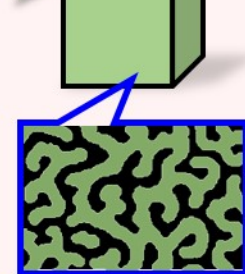
2022-2026年度

超セラミックス:

分子が拓く無機材料のフロンティア

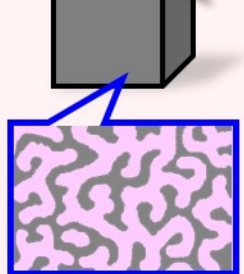


多孔質セラミックス粒子



多孔質粒子
内圈型

超セラミックス



多孔質粒子
外圈型

超セラミックス

➡ 機能開拓

液相合成法と相分離法に立脚した微細構造制御と機能開拓を推進中

