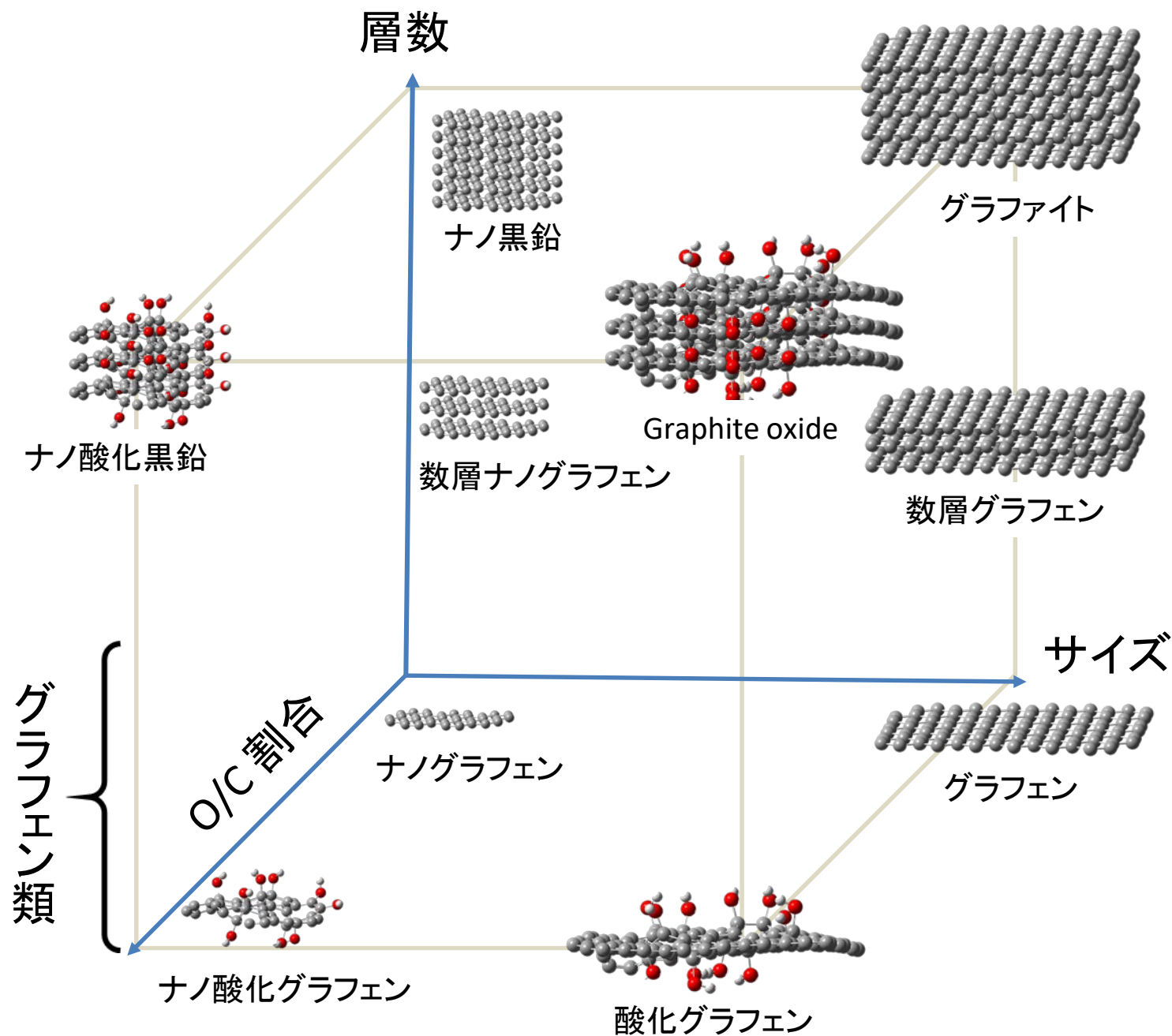


グラフェン類の製造と用途開拓 ～研究指針とノウハウ～

岡山大学 異分野融合先端研究コア
研究教授 仁科 勇太

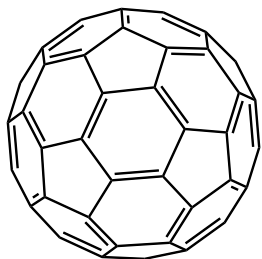
令和2年9月17日

“グラフェン類”とは



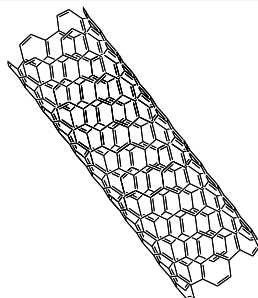
グラフェンの物性

0次元材料



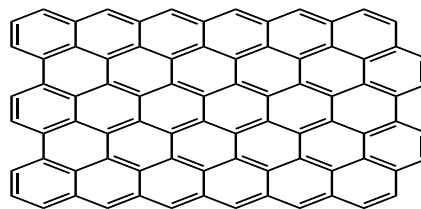
フラーレン

1次元材料



カーボン
ナノチューブ

2次元材料



グラフェン

3次元材料

活性炭

炭素繊維

カーボンブラック

黒鉛

ダイヤモンド

金属の代替となる可能性を秘めている

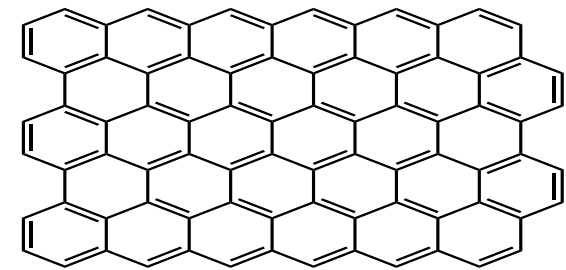
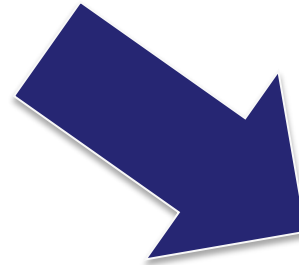
順位	導電率 (S/m)		表面積 (m ² /g)		強度 (ヤング率 GPa)	
1	グラフェン	7.5×10^7	グラフェン	2,630	グラフェン	1,500
2	Ag	6.1×10^7	活性炭	1,000	ダイヤモンド	1,200
3	Au	4.5×10^7	ゼオライト	500	カーボン ナノチューブ	1,000

グラフェンの簡便な作製



黒鉛

剥がす！



グラフェン

唯一，天然資源を使って
作製できるナノカーボン

グラフェンの問題点と解決策

(岡山大学津島キャンパス: 0.64 km²)



電気自動車

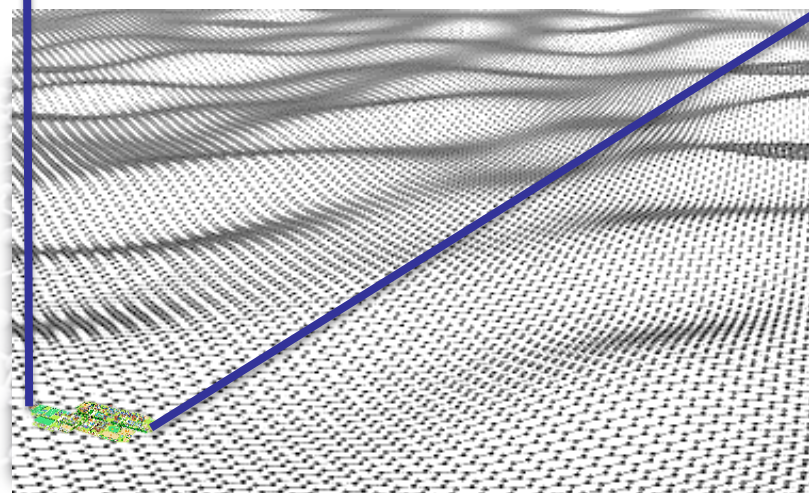


リチウムイオン電池
(カーボン >50 kg)

車1台のために130 km²は使えない...



液の中に溶かして(分散させて)扱う



真のグラフェンだと130 km²

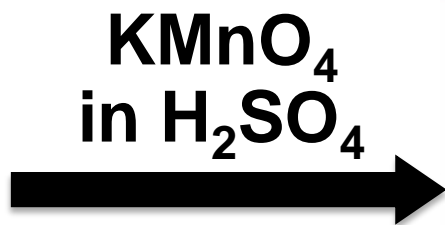


所有している技術

化学酸化・剥離



黒鉛粉末



Chem. Mater. **2017**, 29, 2150.

直接剥離



Processes **2020**, 8, 238.

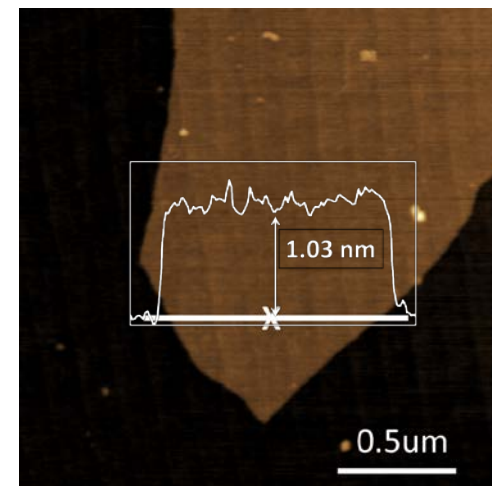
黒鉛粉末



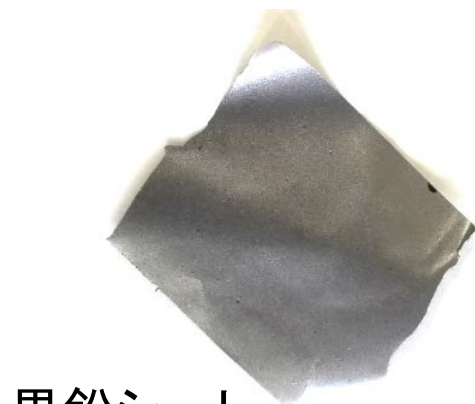
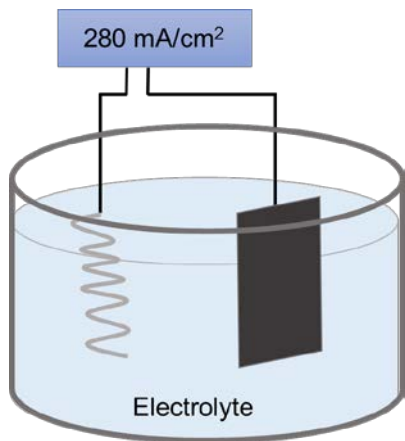
超音波



グラフェン分散液



電気化学酸化・剥離



黒鉛シート

200倍膨潤

in $\text{HBF}_4/\text{Water}$



Carbon, **2020**, 158, 356.

従来技術の問題点



$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KMnO}_4$ は
爆弾性を有する危険な酸化剤



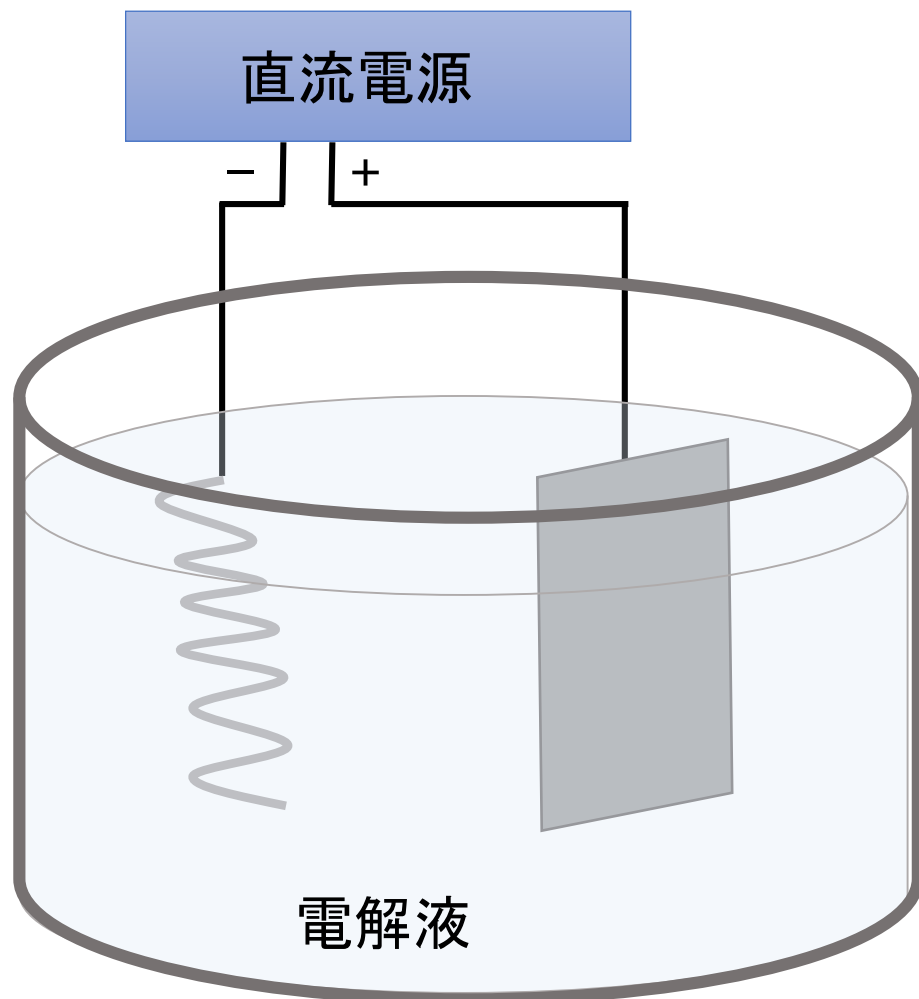
超音波

歩留まりが悪く
高濃度の分散液が得られにくい (< 数mg/mL)



高結晶性のグラファイトシートは
高価 (> 数万円/kg) かつ入手が容易ではない

電気化学剥離の概要



水が酸素源。

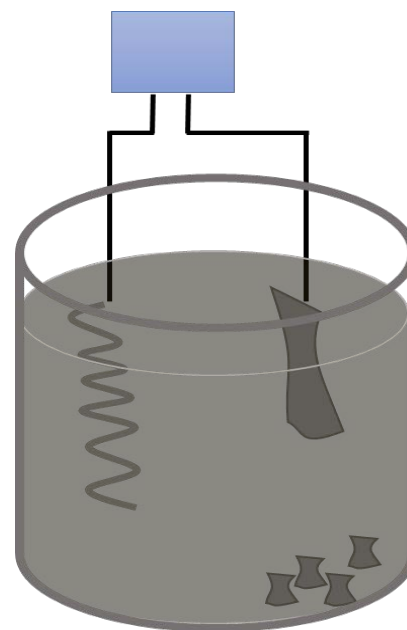
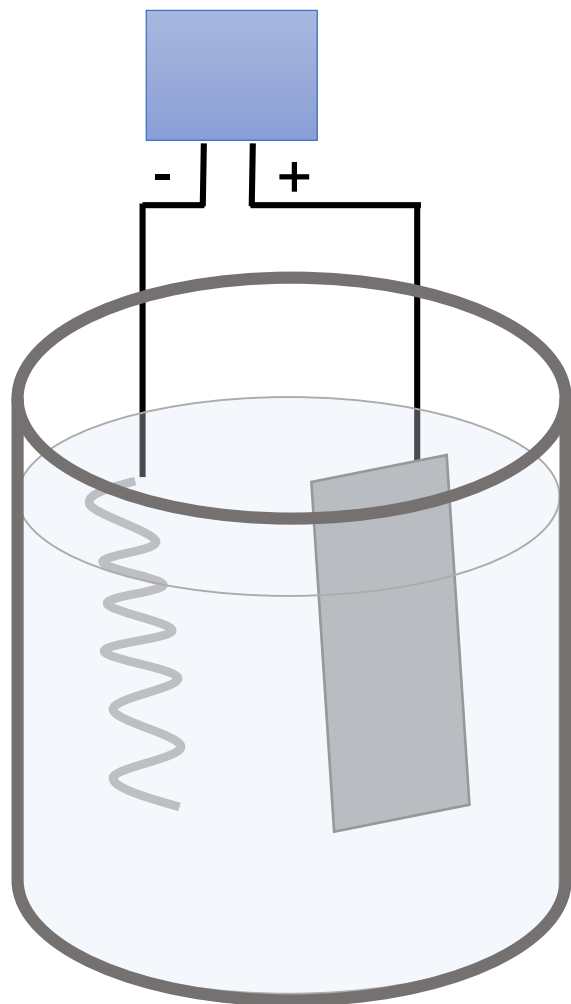
濃硫酸, KMnO_4 は不要。

これらのコンタミ無し。

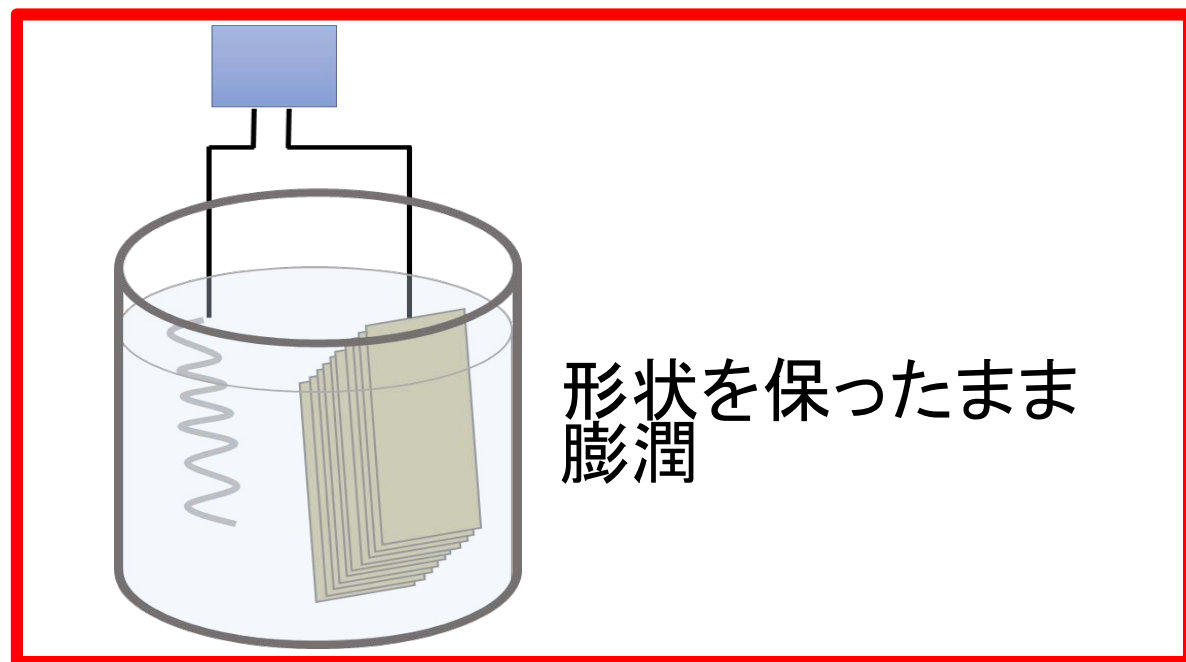
陰極: Pt

陽極: 黒鉛シート

どちらが良いか？



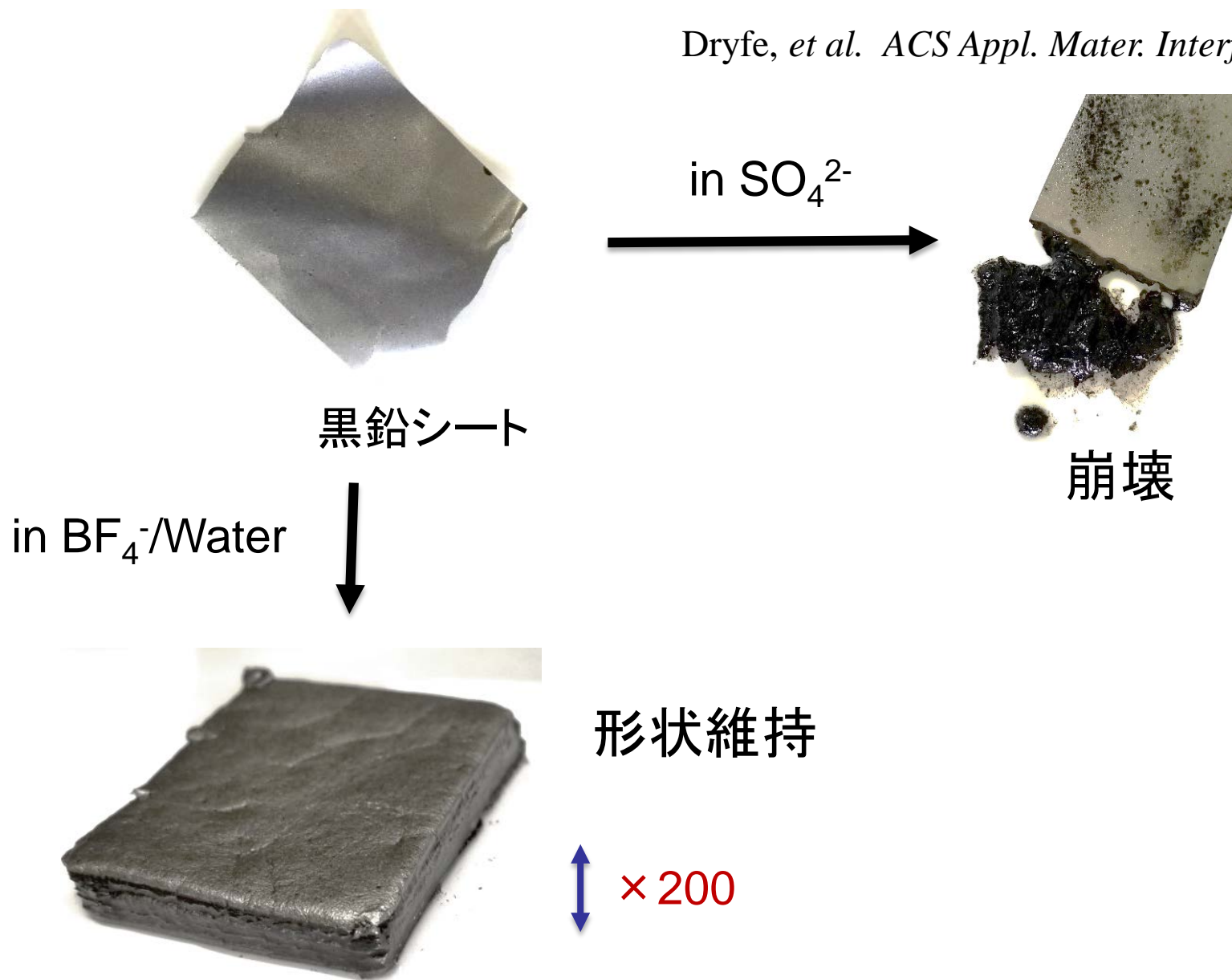
電解後，液が黒くなるほど良く分散



形状を保ったまま
膨潤

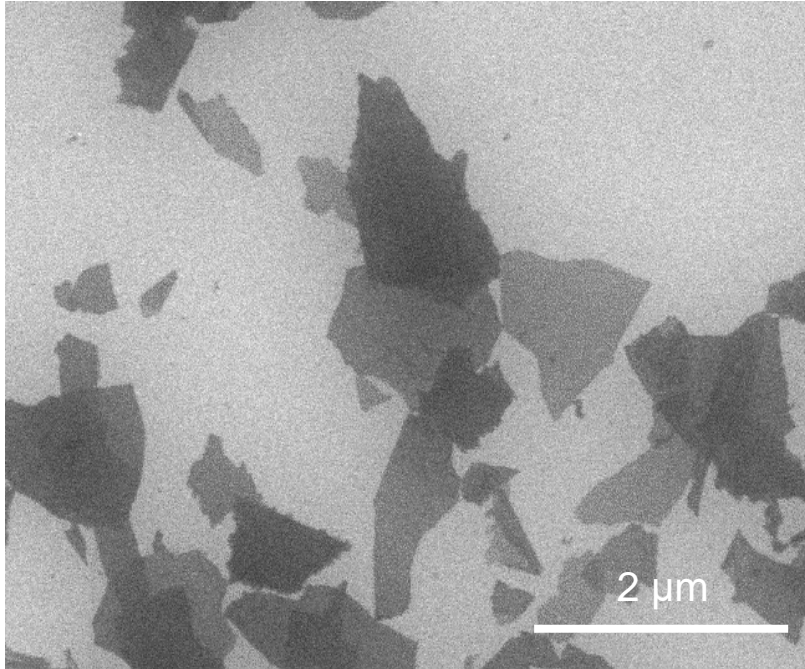
電解液による違い

Dryfe, *et al.* *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2017**, 9, 710.

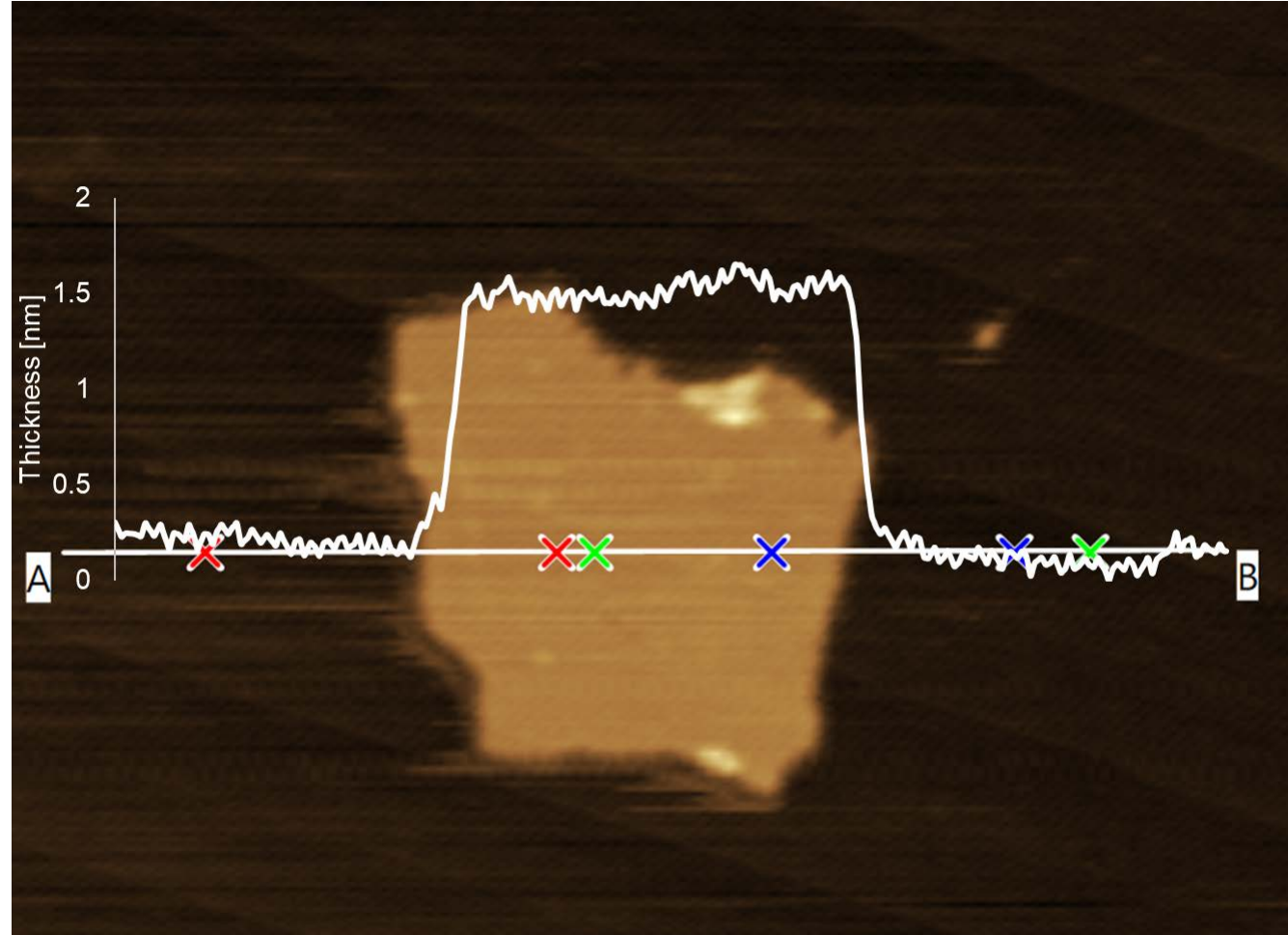


2次元材料であることの確認

SEM

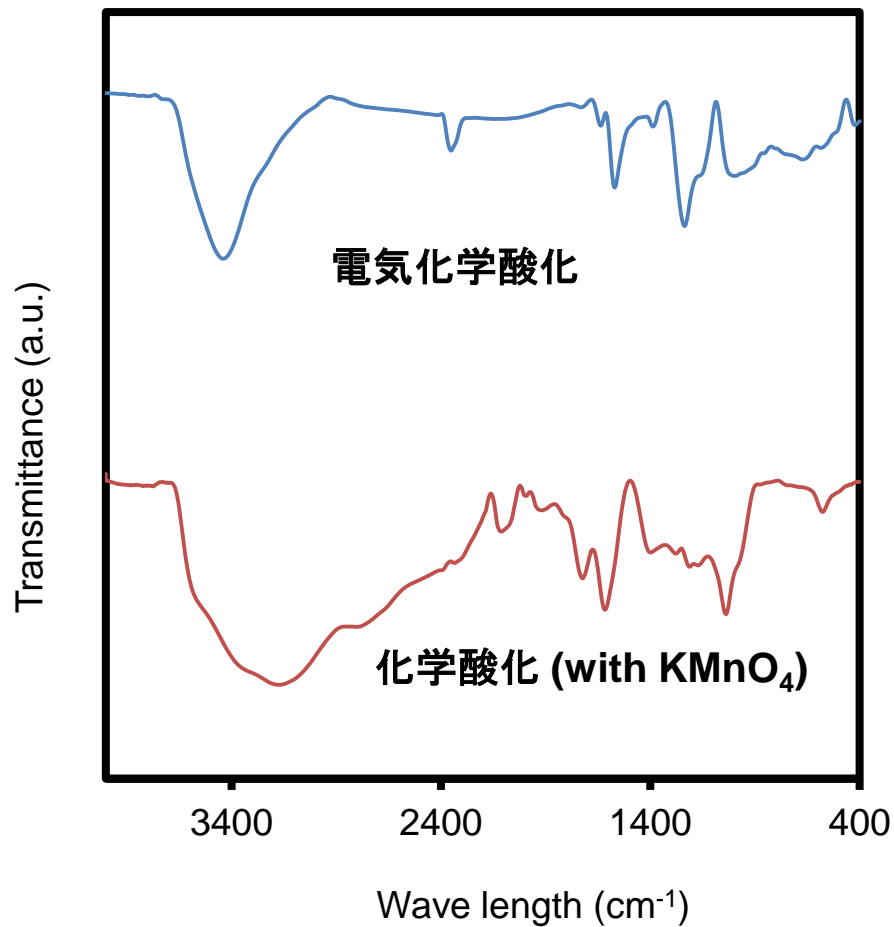


AFM

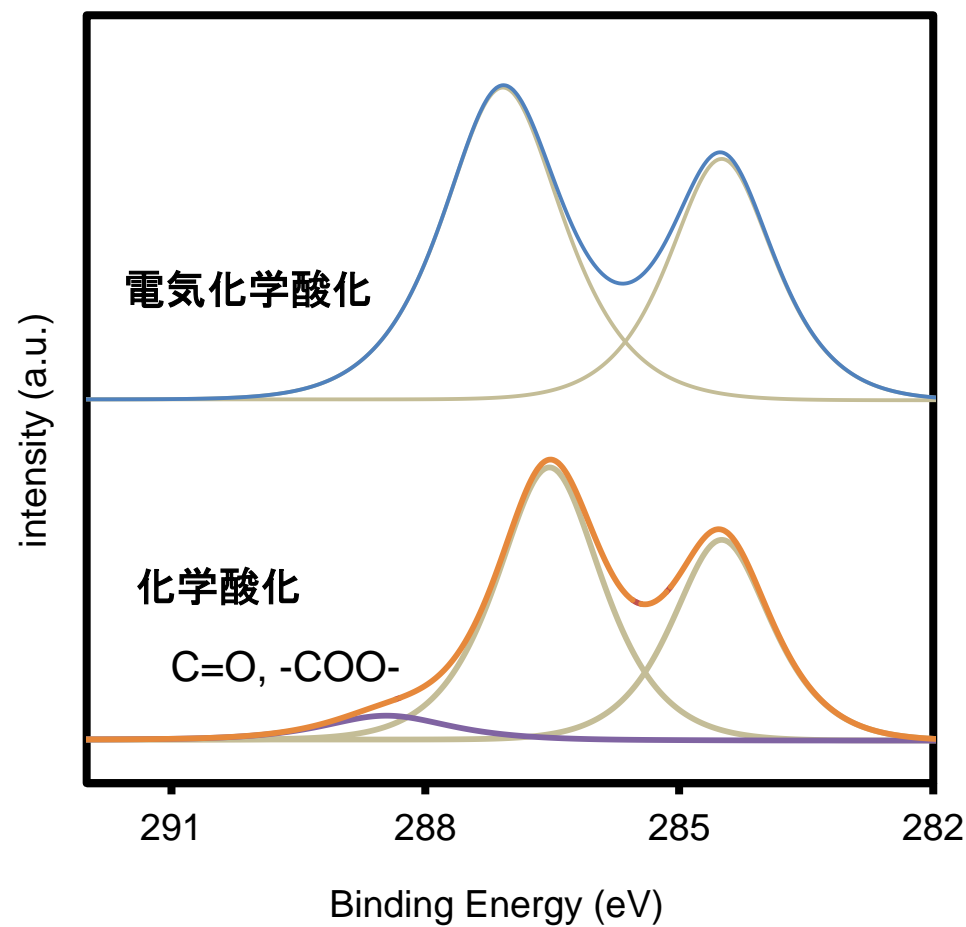


化学的酸化との違い

FT-IR

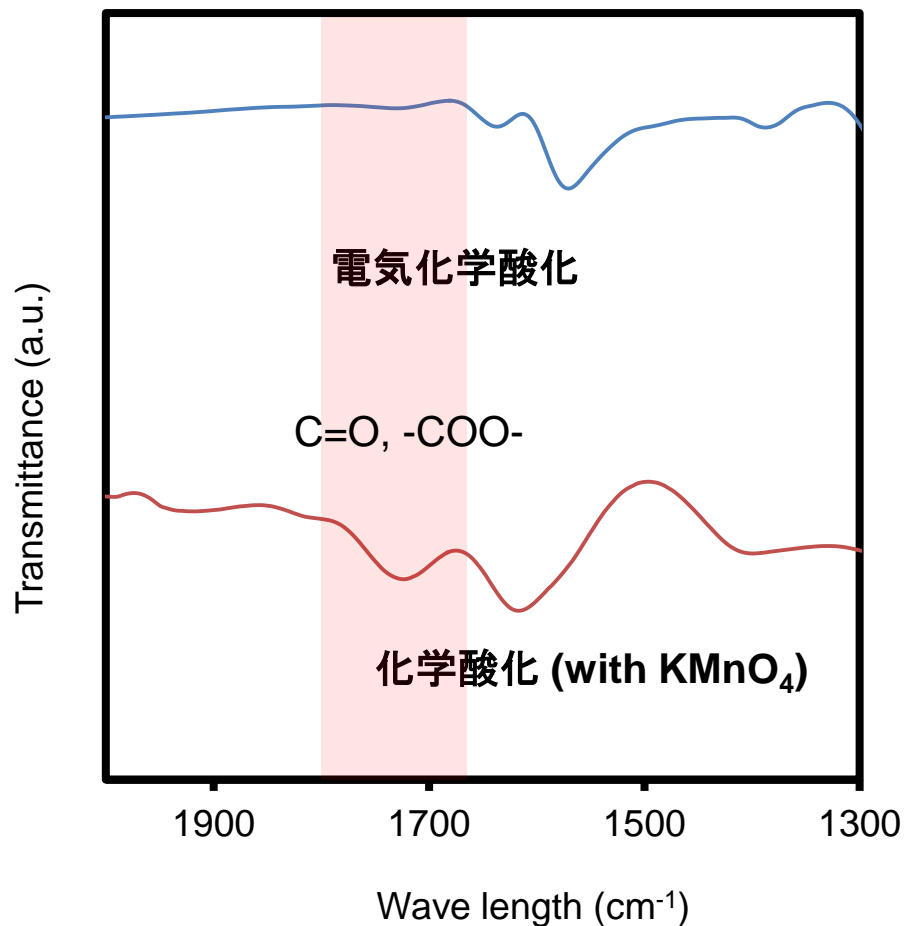


XPS (C1s)

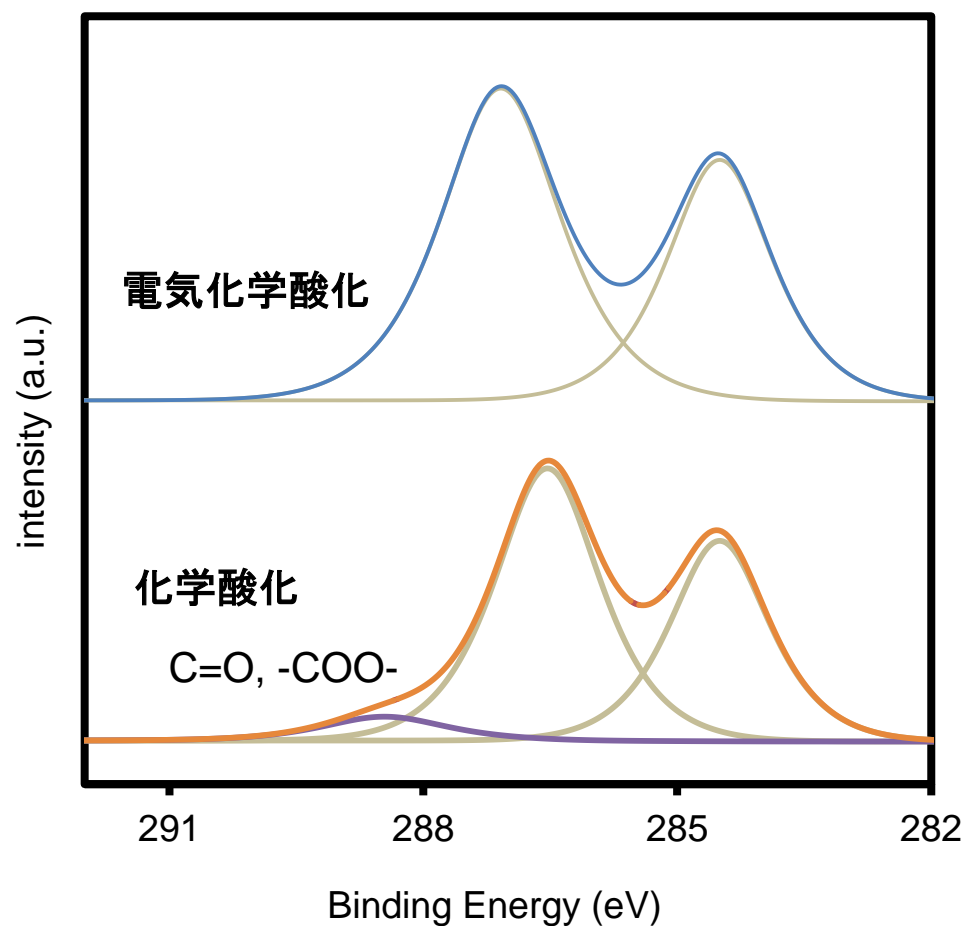


化学的酸化との違い

FT-IR



XPS (C1s)



電気化学酸化の場合、C=Oが少ない可能性がある。

スケールアップの検討



電気化学酸化の利点と欠点



高効率，簡易なプロセス。



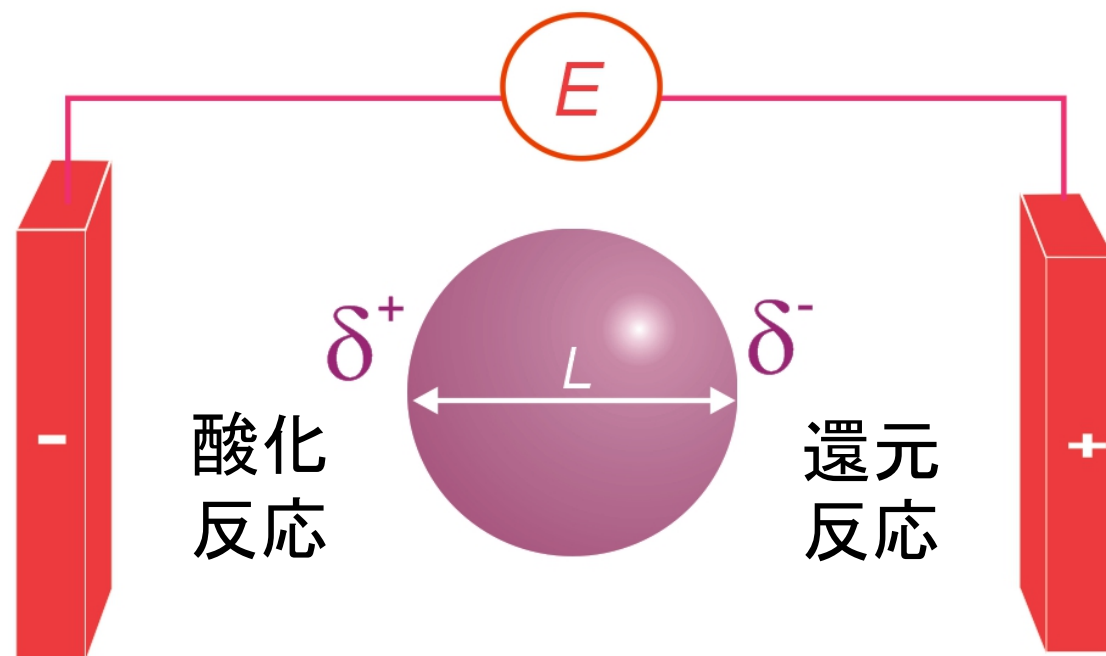
高結晶性の黒鉛シート（高価）に限定。



黒鉛粉末も使いたい。
しかし，電極に固定化できない。

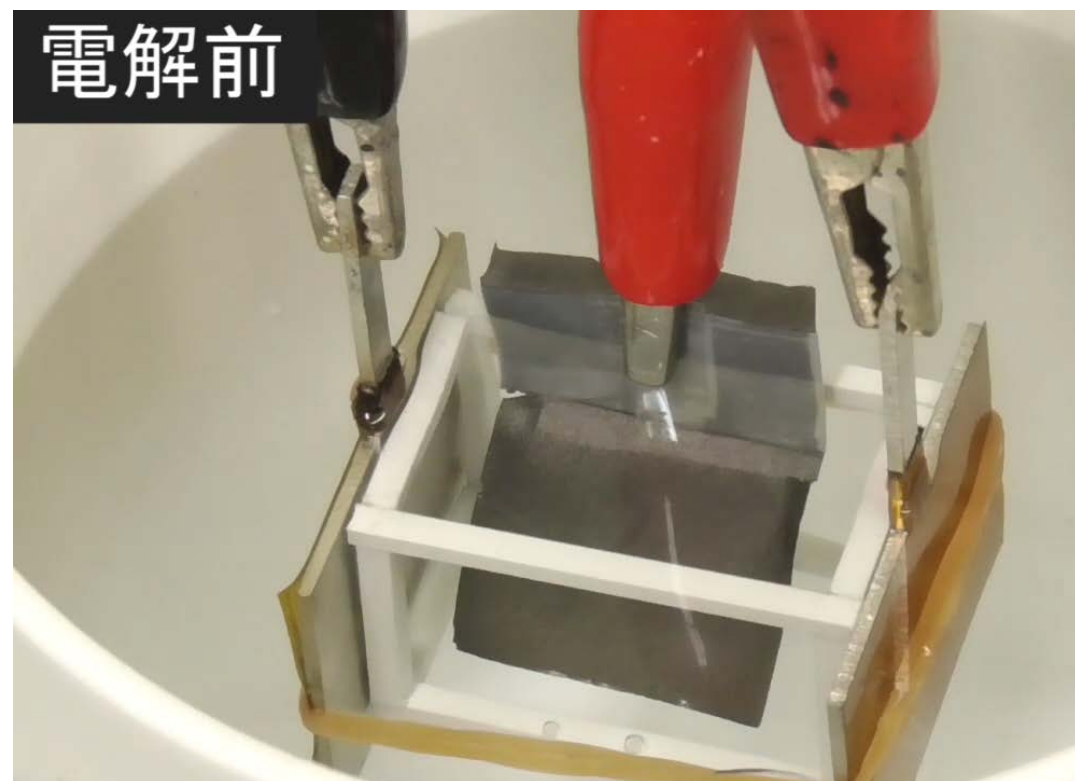
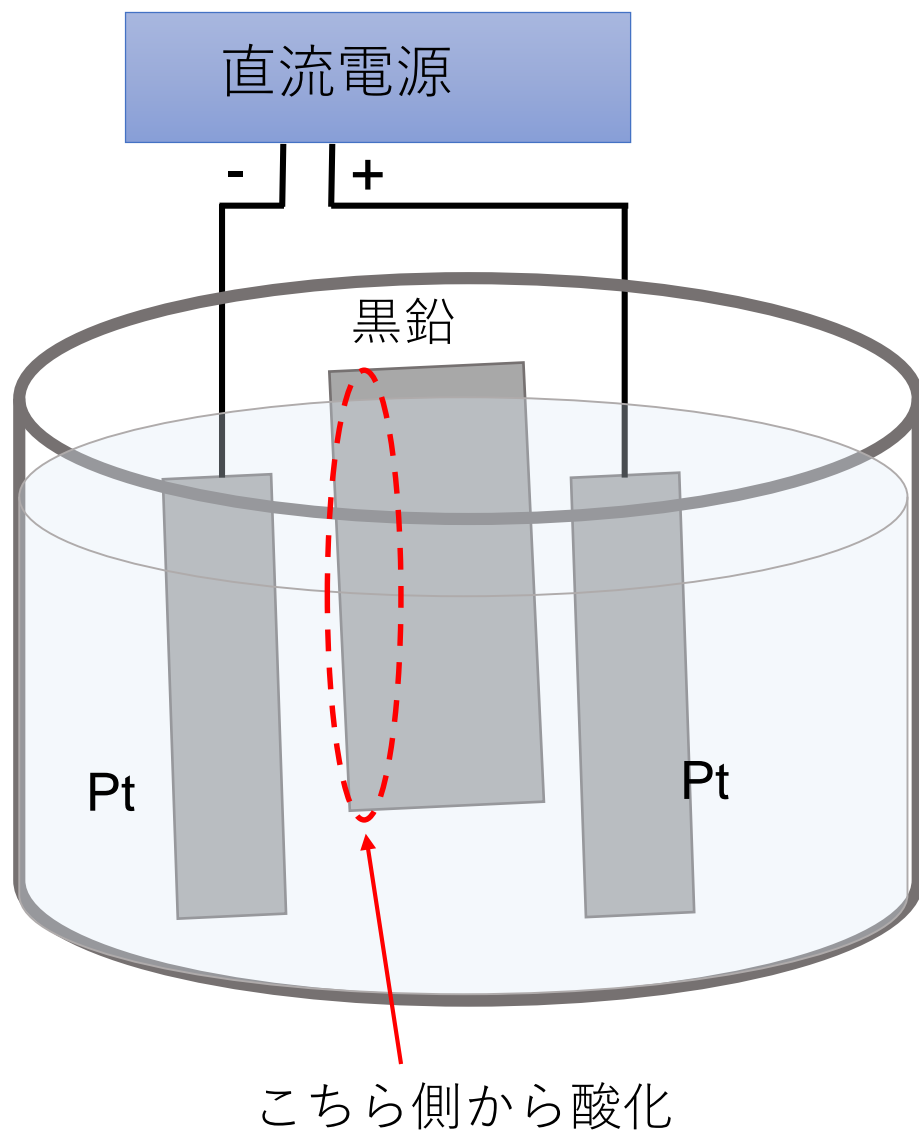


ワイヤレス法を検討。
（バイポーラー法）



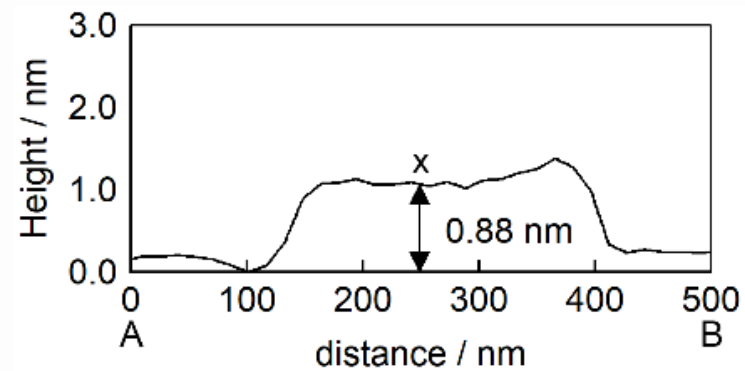
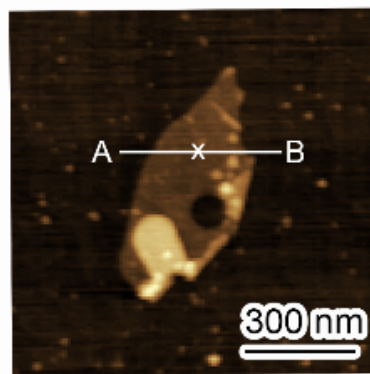
ワイヤレス法の検討

まず、大きな黒鉛シートで検証



陰極側

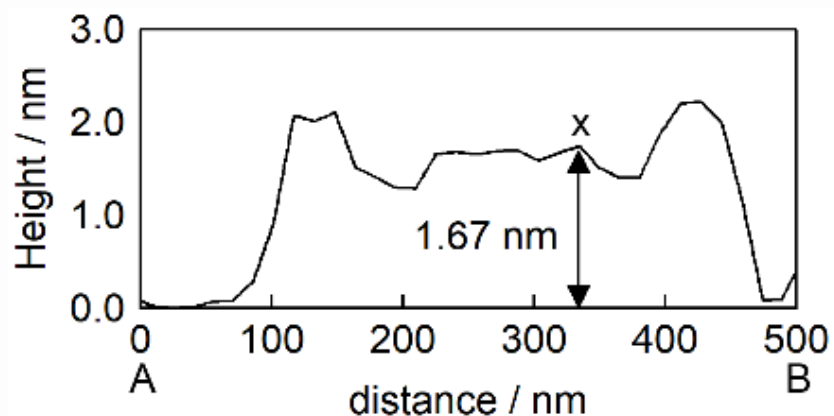
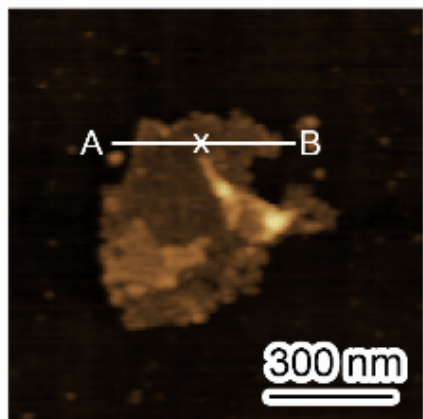
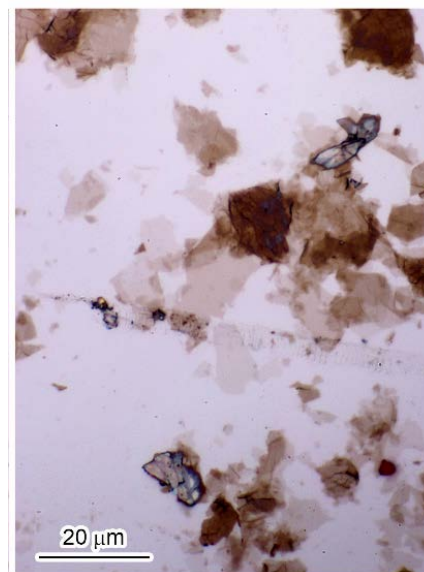
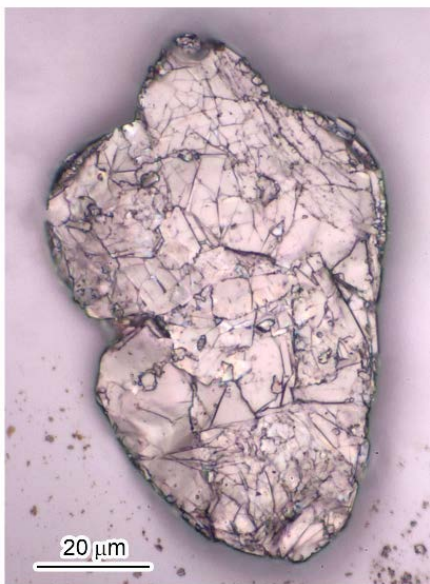
陽極側



ワイヤレス法の検討

次に、黒鉛粉末で実施

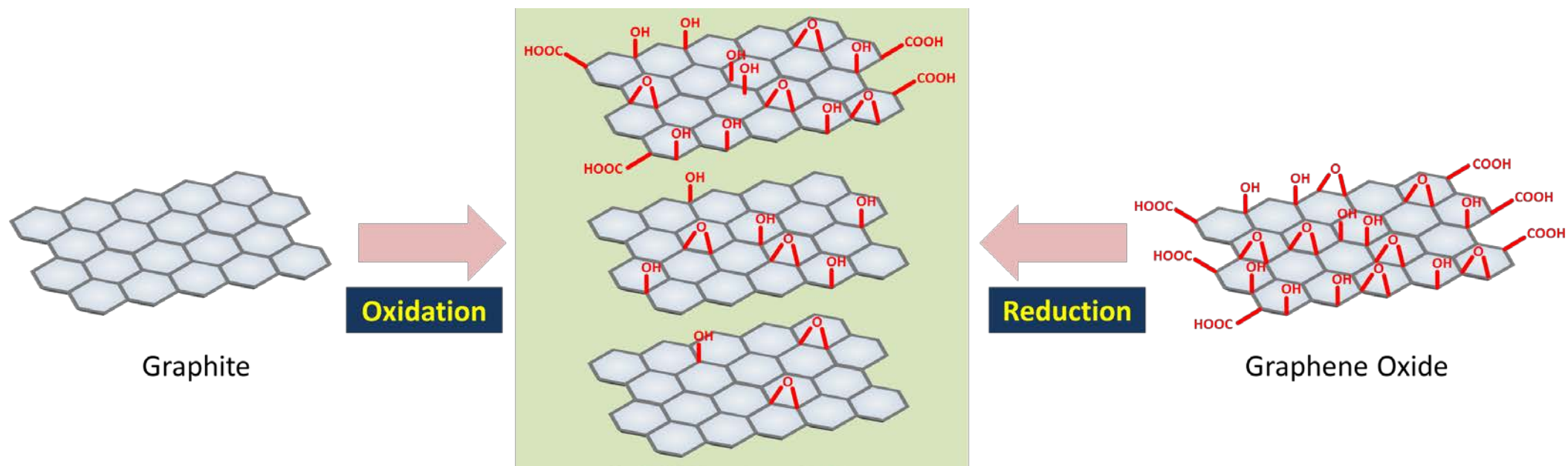
Electrochem. Commun. **2019**, 104, 106475.



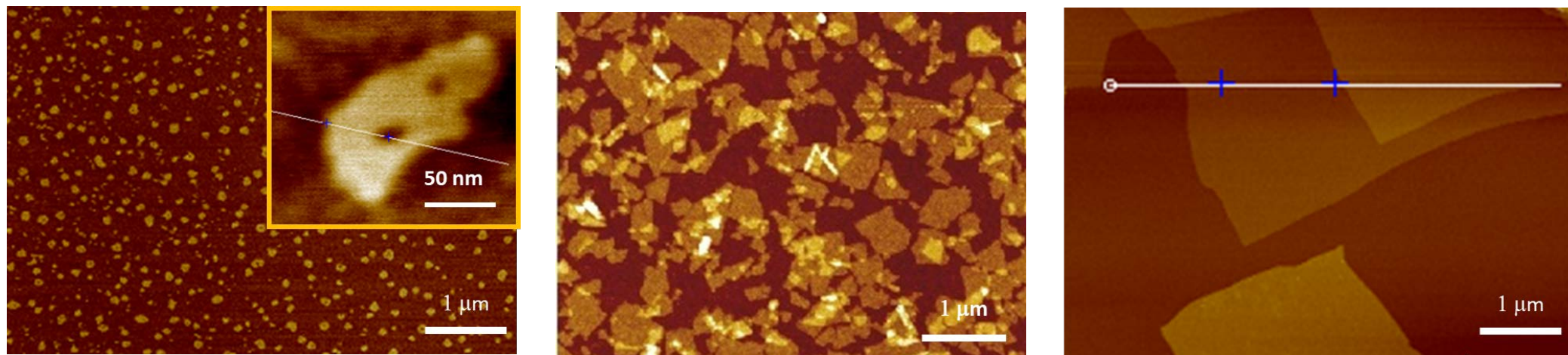
まだ完成形ではないが、2次元化できる見通しは立った

2次元カーボンの使い方

酸素含有量を変える: 0~60 wt%

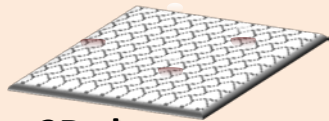


サイズを変える: 0.1~100 μm



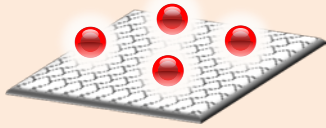
検討中の用途一覧

機能化ナノ複合体



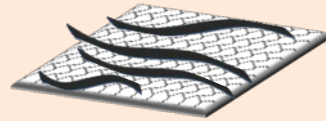
2D sheets

Sci. Rep. (2016)
Chem. Mater. (2017)
Electro. Commun. (2019)



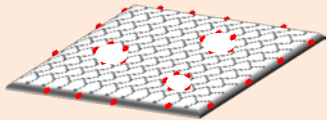
Nanoparticles

Nanoscale (2014)
Chem. Commun (2015)



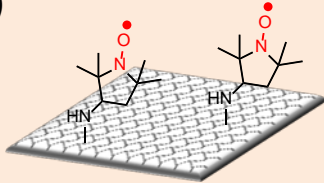
Polymers

RSC. Adv. (2015)
Green. Chem. (2016)
Langmuir (2019)



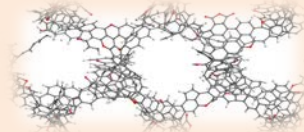
Heteroatoms

Sci. Rep. (2016)
J. Catal. (2018)



Organic radicals

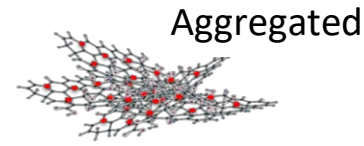
Chem. Commun. (2017)
Org. Lett. (2019)



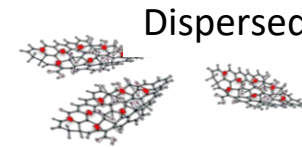
3D framework

RSC. Adv. (2014)
Carbon (2017)
Nature Commun. (2019)

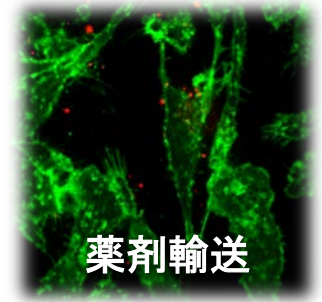
バイオマテリアル



Aggregated



Dispersed



薬剤輸送

Carbon (2017)
Nanoscale (2018)
ACS Appl. Mater. Interf. (2019)
Adv. Funct. Mater. (2019)

抗微生物・抗ウイルス薬

Carbon (2020)



Tooth

coating



washing



電気自動車部材

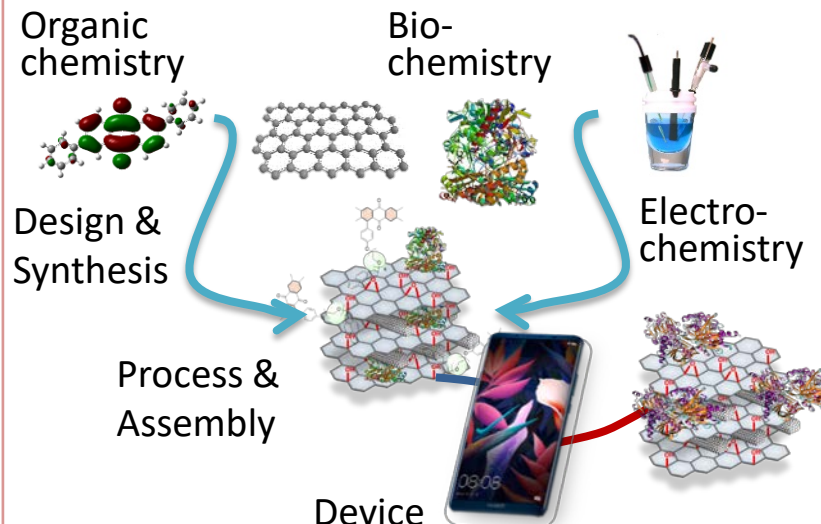


電池

タイヤ

潤滑剤

バイオ燃料電池



Organic chemistry

Bio-chemistry

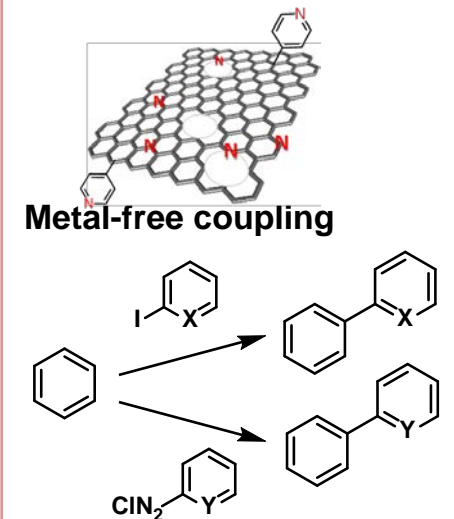
Design & Synthesis

Electro-chemistry

Process & Assembly

Device

カーボン触媒



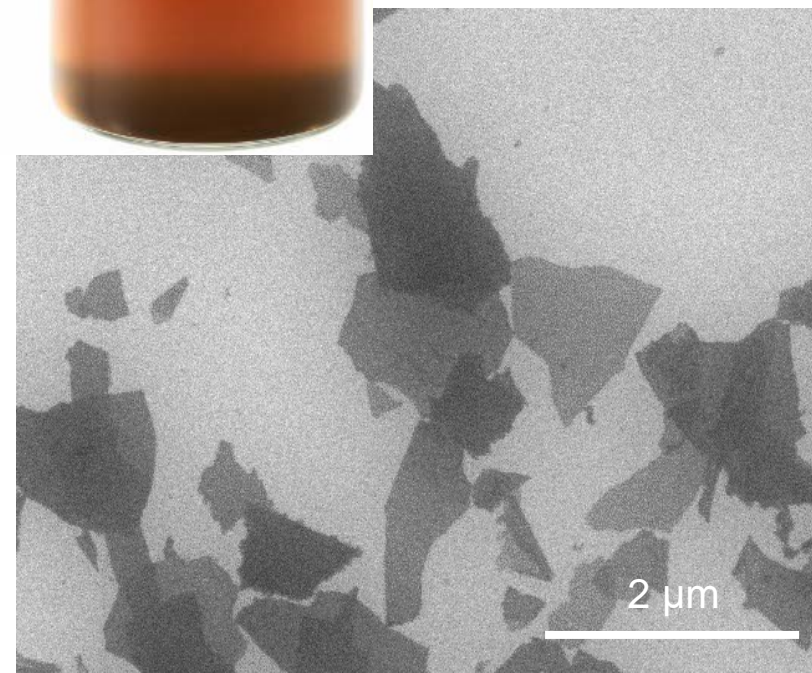
Metal-free coupling

実用化に向けた課題



黒鉛粉末

ワイヤレス
電気化学酸化



ワイヤレス電気化学酸化で
黒鉛粉末から
化学酸化に匹敵するクオリティの
2次元カーボンを作製したい。

※写真は化学酸化で
得られた2次元カーボン

企業への期待

- 2次元カーボンの応用を共同で実施して下さる企業を求めています。
- 量産化に関しても、知見をいただきたく思っています。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : グラフェンの製造方法及び
グラフェン製造装置
- 出願番号 : PCT/JP2019/45320
- 出願人 : 工学院大学・岡山大学
- 発明者 : 橋本英樹、阿相英孝
仁科勇太



お問い合わせ先

岡山大学
研究推進機構
産学連携・知的財産本部

- TEL: 086-251-8463
- e-mail: cr-ip@okayama-u.ac.jp
- URL: <http://www.orpc.okayama-u.ac.jp/>