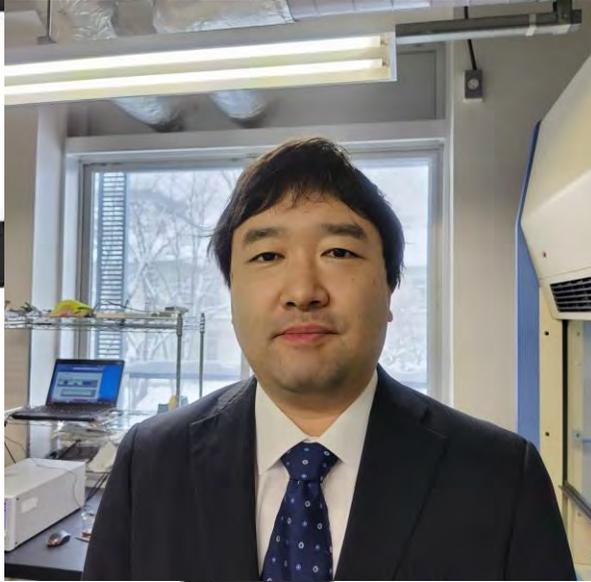


沖本研究室紹介



M2 1名
M1 2名
B4 4名
(2023年度)

薄くて高機能な材料へ変える技術の開発

まず最初に良く知られている炭素材料とは？

黒鉛(グラファイト)



木炭・鉛筆の芯・タイヤの添加剤などなど

ダイヤモンド



グラファイトのような非常に安価な炭素材料はリチウムイオン電池の電極材料や樹脂との複合化など多様な工業製品に応用されている。ダイヤモンドのような炭素材料は宝飾品や研磨剤などに使われている。

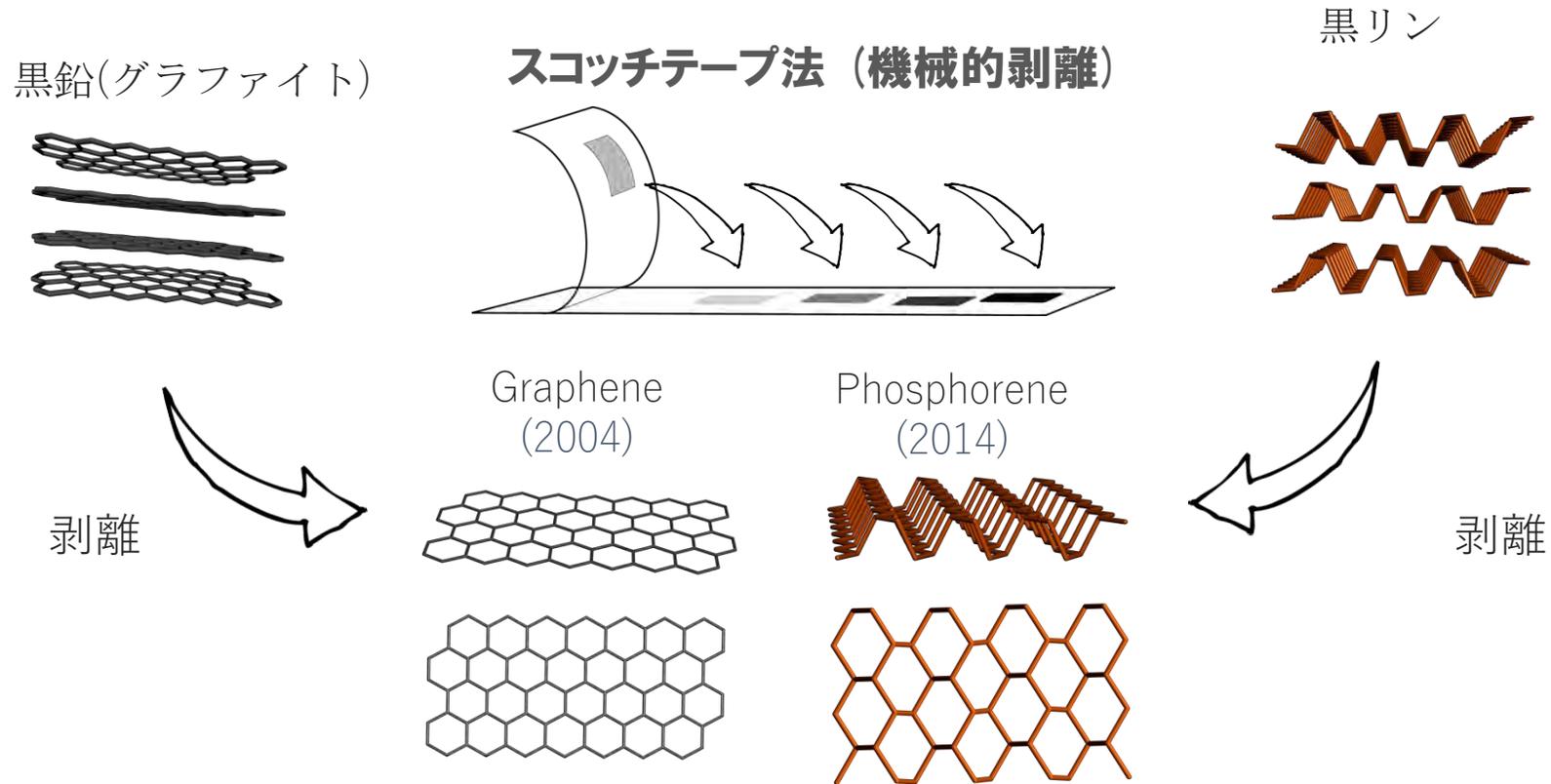
黒鉛の構造

黒鉛(グラファイト)



黒鉛を原子1個のレベルで拡大してみると、こんな感じの炭素原子出てきた面状の物質が積層した構造を持っています。
→この層間にリチウムイオンが入ったりすることができるので、リチウムイオン電池の電極材料に使われたりします。

原子層材料とは？



	Graphene	Phosphorene
Bandgap(eV)	0	1.75
Mobility(cm ² /Vs)	200,000	4,000

層状の化合物を原子1個まで剥離して薄くしたものを原子層材料と呼び、これまでに様々な元素の原子層材料が知られています。

研究テーマ

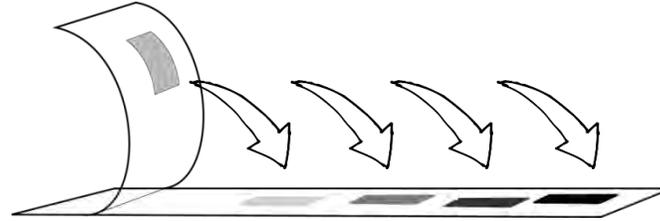
- 層状物質から原子層物質の合成と機能評価

炭素の層状化合物
グラファイト

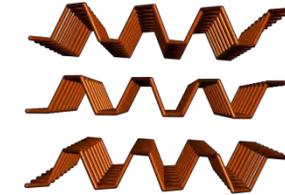


層状物質

スコッチテープ法 (機械的剥離)

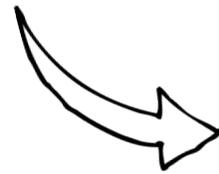


リンの層状化合物
黒リン



使い道

剥離



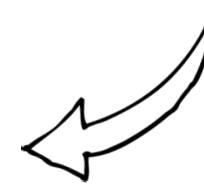
Graphene
(2004)



Phosphorene
(2014)



剥離



剥離

使い道

Bandgap(eV)
Mobility(cm²/Vs)

Graphene

0

200,000

Phosphorene

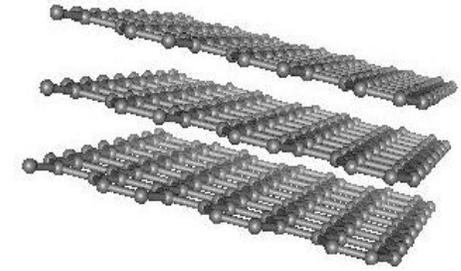
1.75

4,000

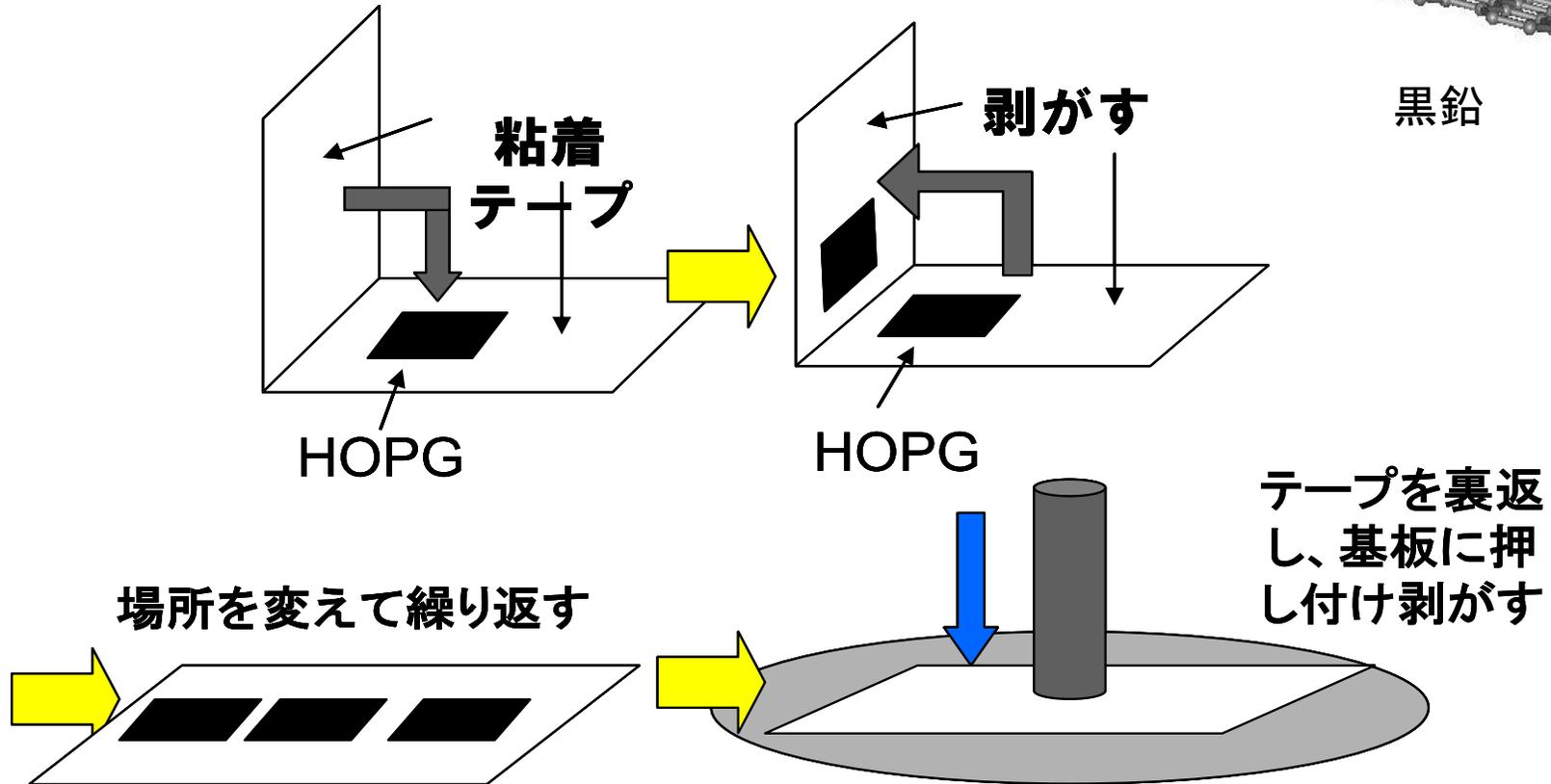
このような原子層物質をいかに大量に存在する層状化合物から生産するかが重要

従来のグラフェン作製方法 1

世界で最初にグラフェンを作った方法



黒鉛

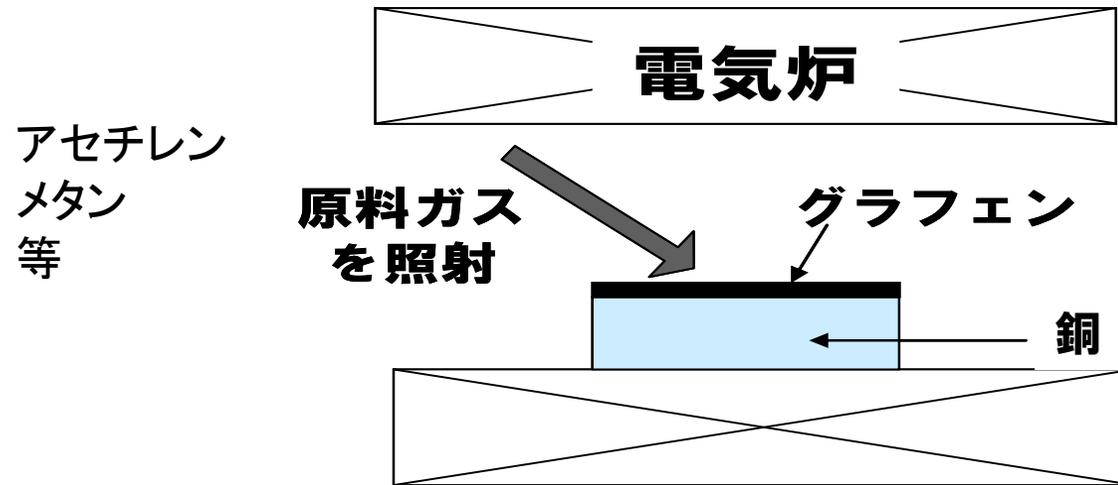


段々とグラファイトが薄くなる

セロハンテープで黒鉛(HOPG)を挟んでテープをはがすと、両側に黒鉛が分かれる(剥離される)。
→最も簡便な手法によるグラフェン合成だが、大量生産は困難

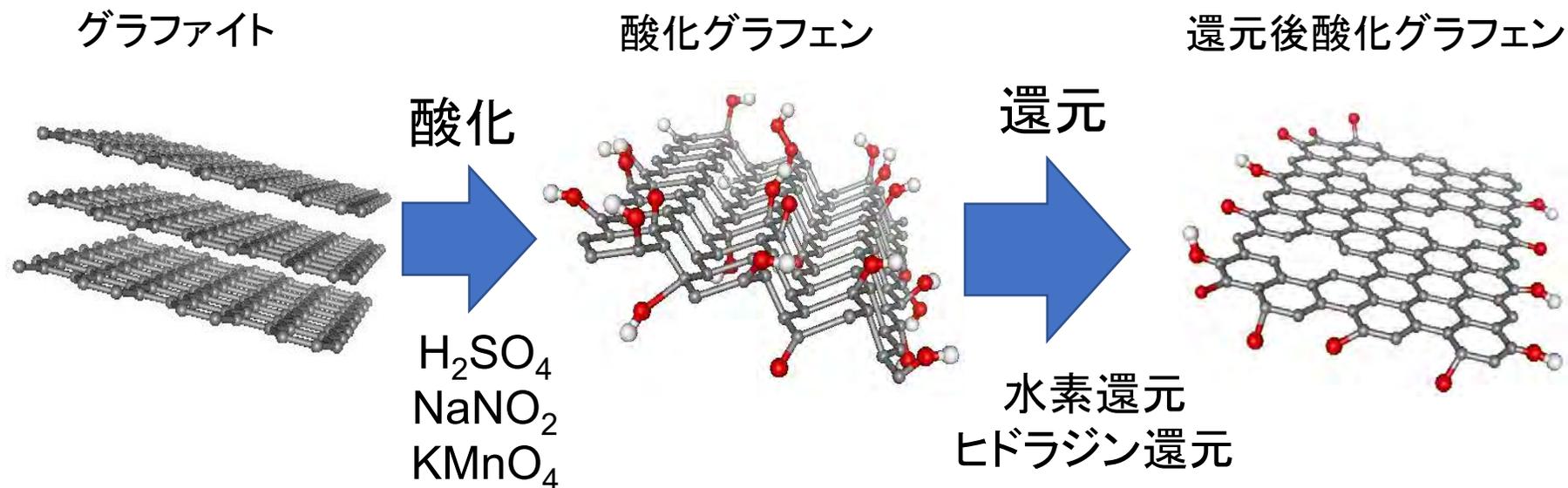
従来のグラフェン作製方法 2

CVD法によるグラフェン合成



気体の炭素源を使って、電気炉内で非常に高品質なグラフェンを作製可能。
学術的な研究におけるグラフェンはこの方法を使って作っていることが非常に多い。
原料を別の元素にすればその他の原子層材料も合成可能
→確実にグラフェンを作製可能である程度大量生産も可能だが、真空装置、電気炉等が必要

化学的なグラフェン作製方法 1



利点

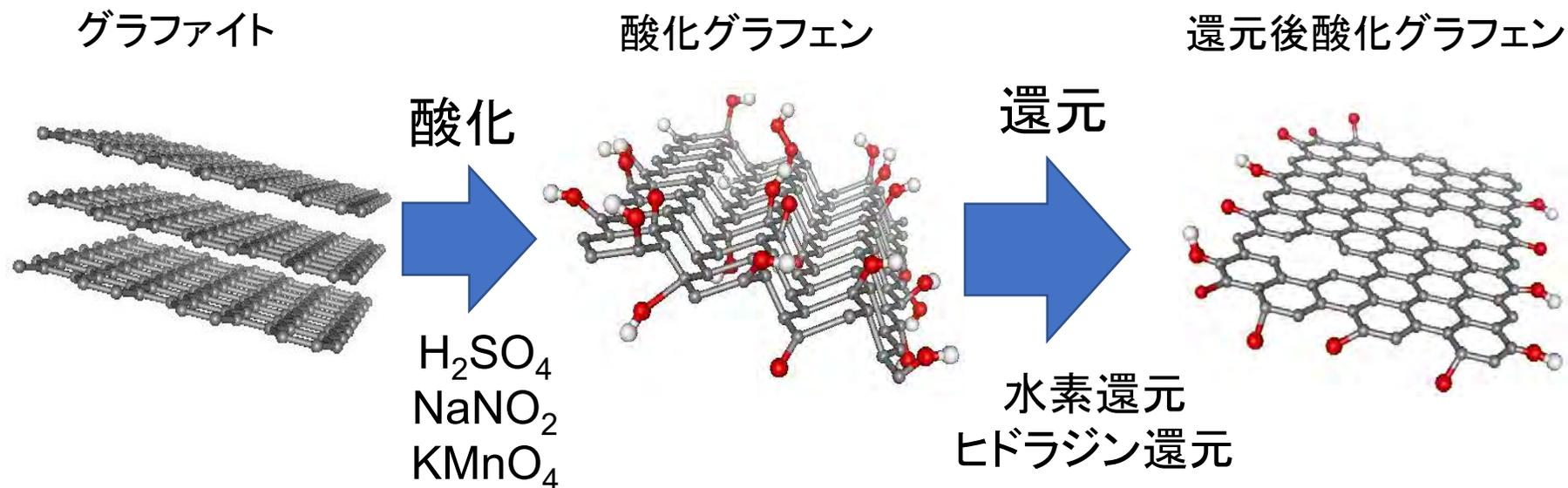
- ・室温合成
- ・簡易な合成プロセス
- ・官能基による溶解性の向上

課題

- ・複数の強酸化剤が必要
- ・長時間の酸化反応
- ・剥離後も反応が進行

安価なグラファイトを原料として化学的に大量生産が可能
→化学的な合成方法としては最も汎用的な方法であるが
環境負荷の強い薬品の利用、グラフェン自身への酸化による
導電性の低下などが課題

化学的なグラフェン作製方法 1



利点

- ・室温合成
- ・簡易な合成プロセス
- ・官能基による溶解性の向上

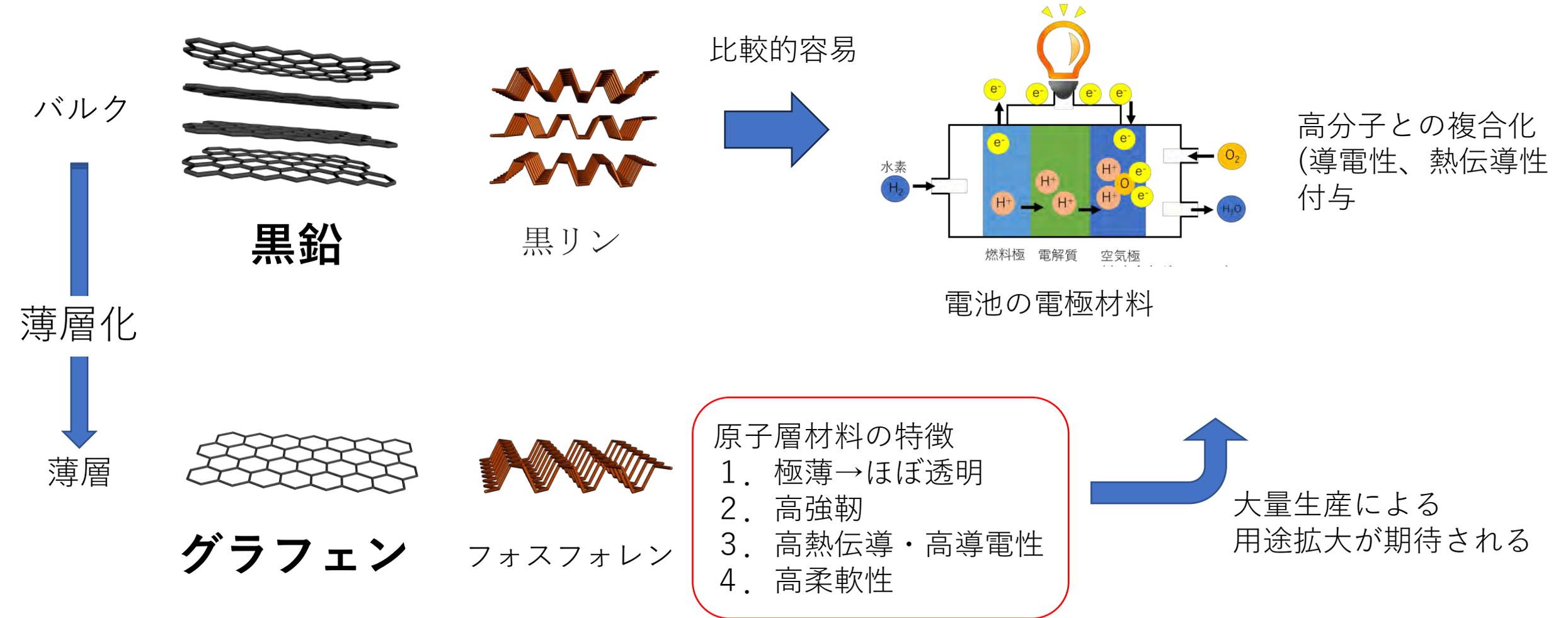
課題

- ・複数の強酸化剤が必要
- ・長時間の酸化反応
- ・剥離後も反応が進行

安価なグラファイトを原料として化学的に大量生産が可能
→化学的な合成方法としては最も汎用的な方法であるが
環境負荷の強い薬品の利用、グラフェン自身への酸化による
導電性の低下などが課題

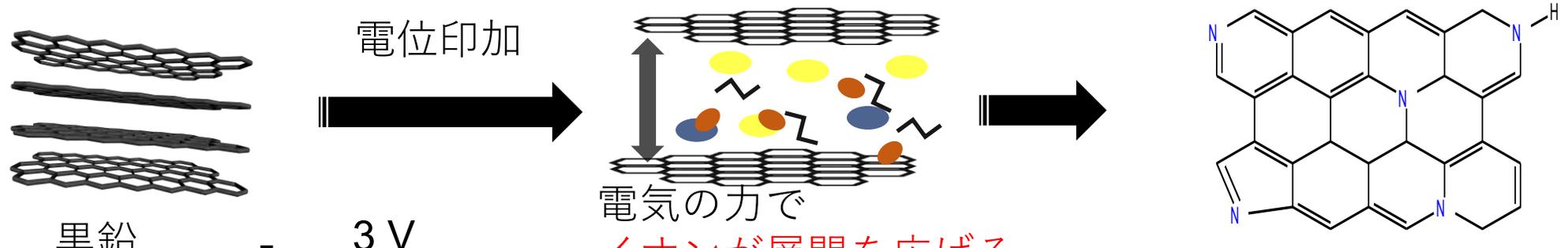
我々の研究室で目標としている研究テーマ①

黒鉛をできるだけ簡便に薄くして高機能な材料へ変える技術の開発



→原子層材料は大量生産が困難なので機能を活かした実用化が困難

電気化学反応を利用した化学修飾グラフェンの合成



電位印加

3 V

黒鉛

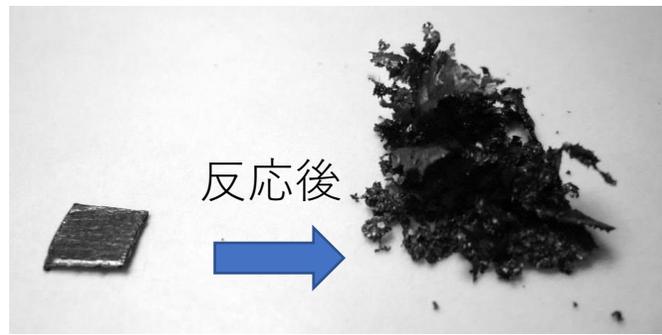
電気ので
イオンが層間を広げる
電気ので
化学修飾する

窒素を導入したグラフェン
→燃料電池の触媒としての応用が期待



塩水

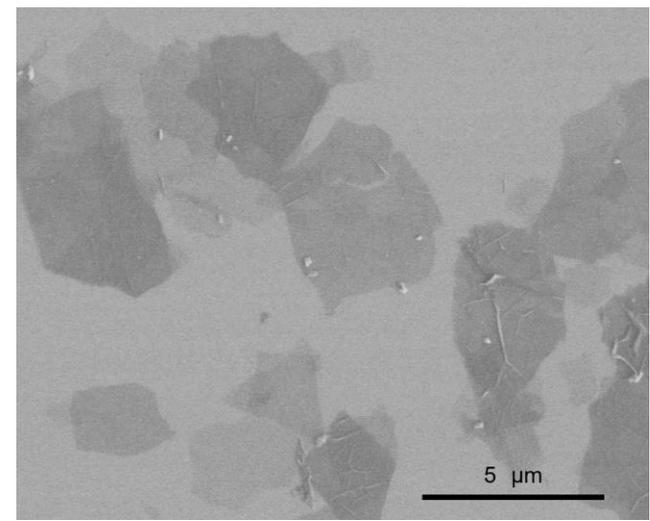
黒鉛電極



反応後

炭素電極 グラフェンの集合体

反応時間・・・10分～12時間
生成量・・・原料の大きさ次第

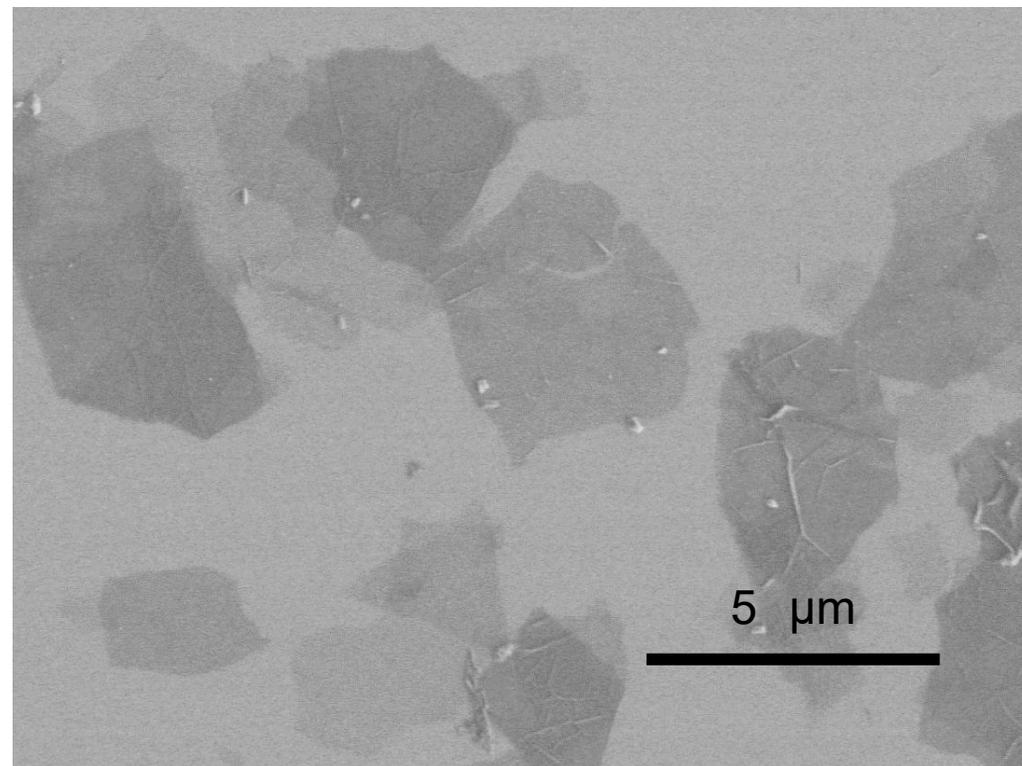


5 μm

グラフェンの電子顕微鏡像

非常に簡単な材料と装置で黒鉛の剥片化が可能

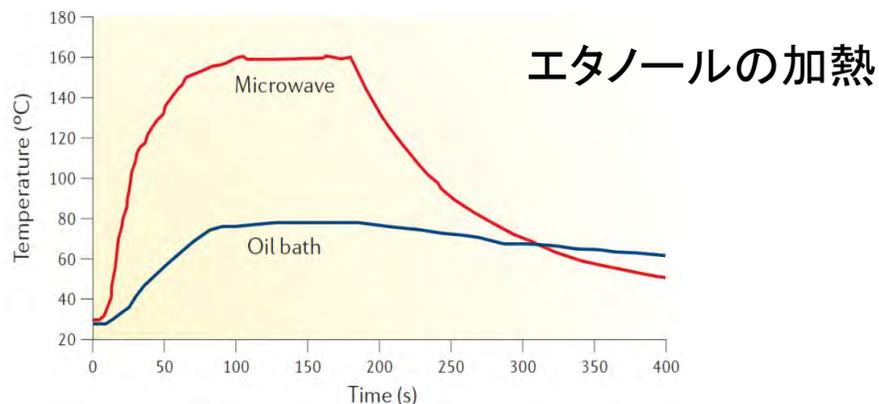
剥離したグラフェンの電子顕微鏡像



**厚さ数十ノメートルの極薄状のグラフェンが、
大量生産可能**

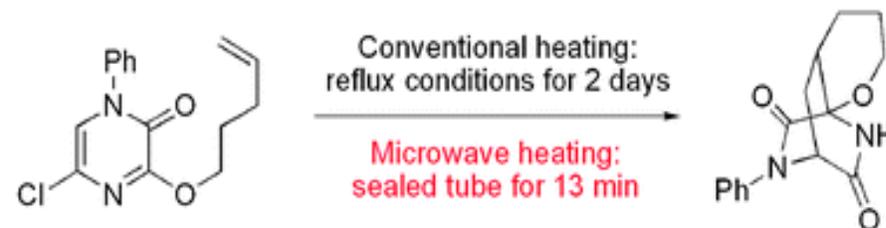
マイクロ波(電子レンジ)を利用した化学反応

高速加熱・均一加熱



C.O. Kappe *et al.*, *Nat. Rev.*, **5**, 51 (2006).

化学反応の高速化

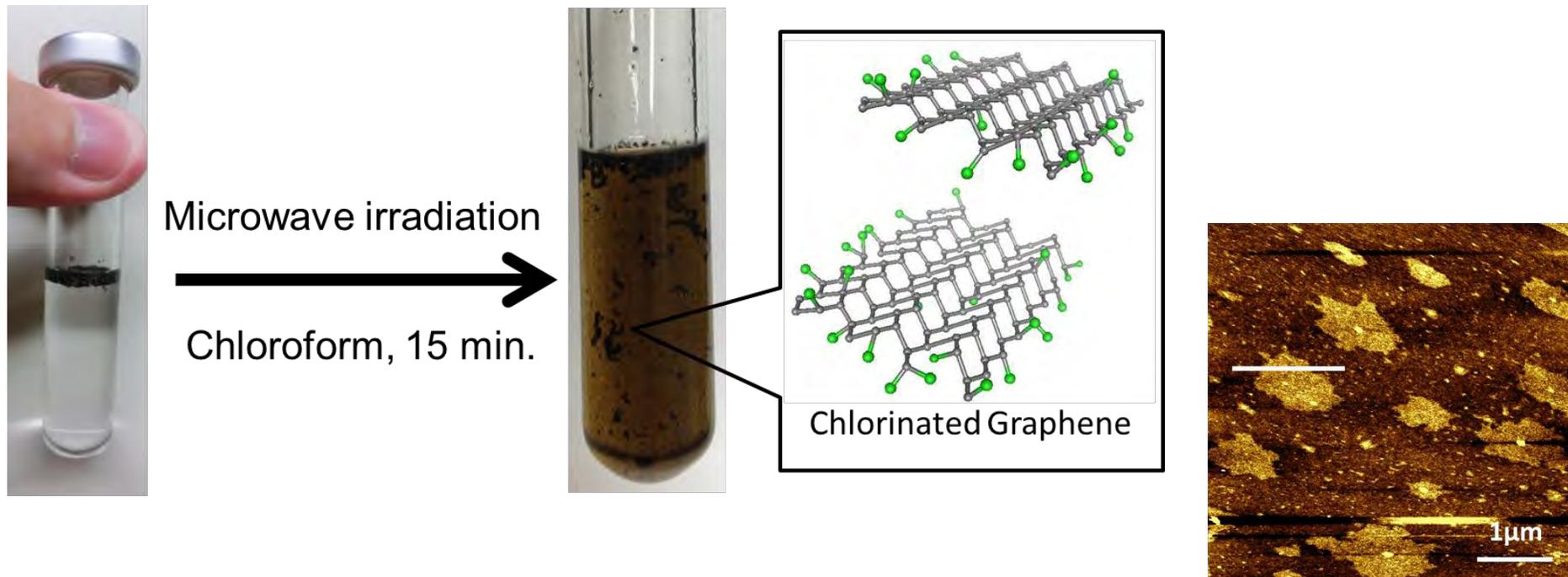


C. O. Kappe, *Chem. Soc. Rev.*, **37**, 1127 (2008).

マイクロ波は加熱源となる特性がある。溶液中の化学反応に用いる熱源は、対象物に対して溶媒を通して温めるのに対して、マイクロ波は、対象物を直接発熱させることが可能。

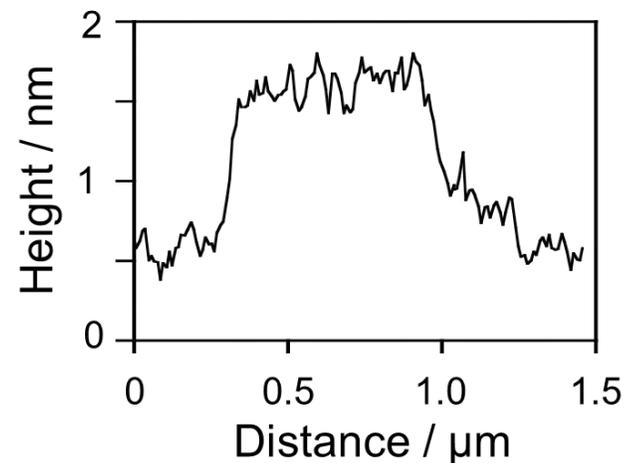
それにより、従来よりも対象物を直接且つ急速に加熱することが可能で、一般的な加熱方法と比べて反応の高速化や効率化又は特殊な反応を実現できる

マイクロ波を利用したグラフェン合成法 1

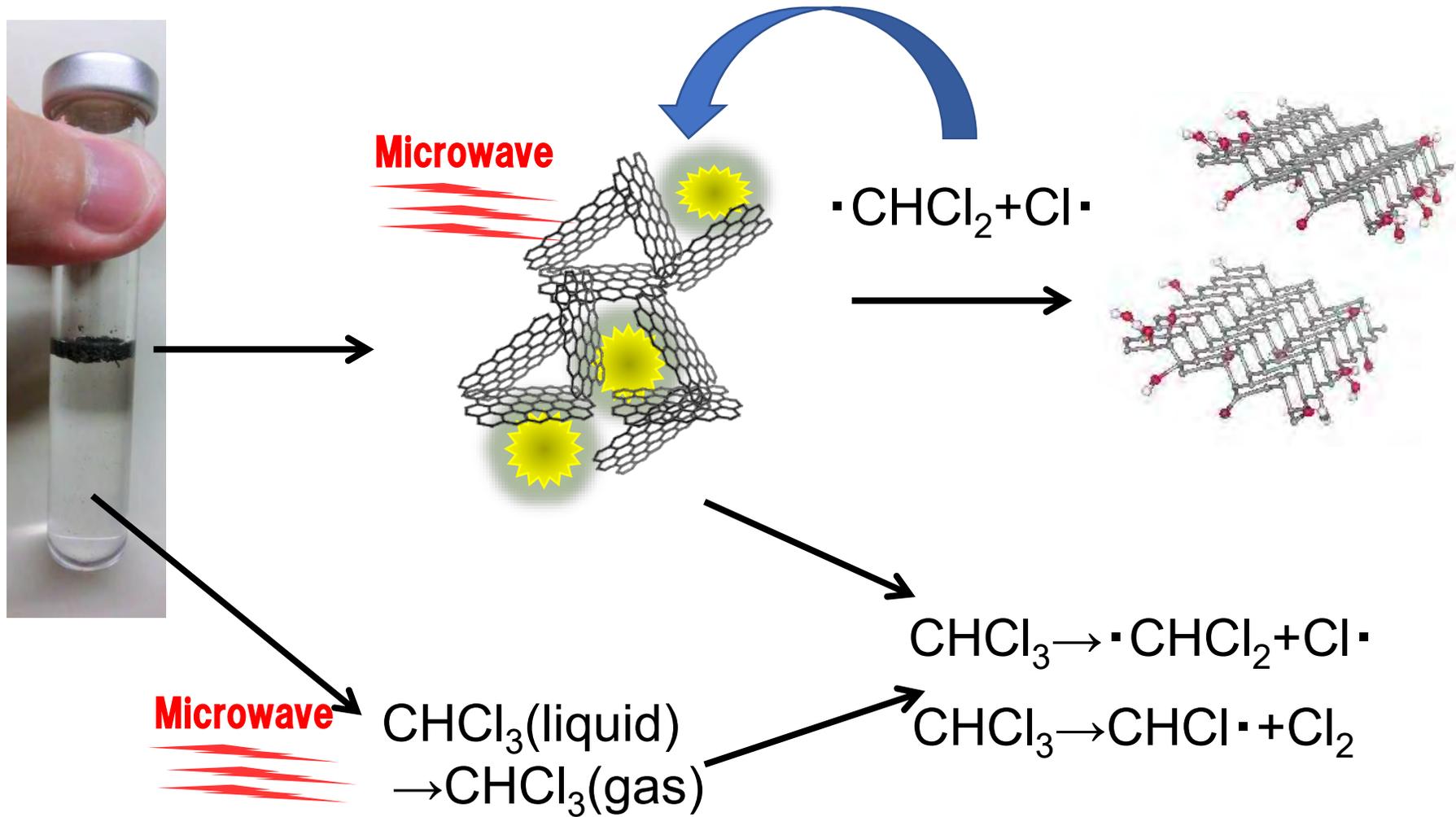


グラファイトを原料として
特定の有機溶媒中でマイクロ波を
照射するだけでグラフェンが得られた

原料・・・グラファイト・溶媒
装置・・・電子レンジ(マイクロ波源)

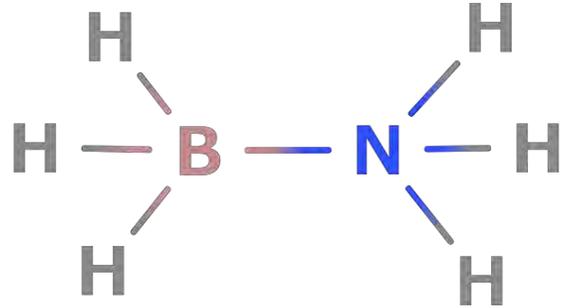


予想される剥離メカニズム

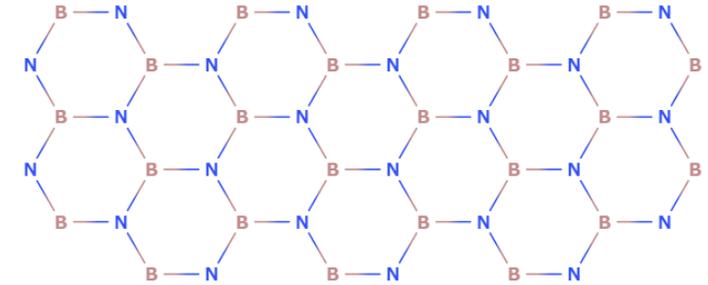


新しい薄層化技術へのチャレンジ

原子層合成に必要な高温雰囲気を利用したマイクロ波装置を利用して疑似的に作り出したり、マイクロ波反応場の特殊な環境を利用した薄層化技術を開発

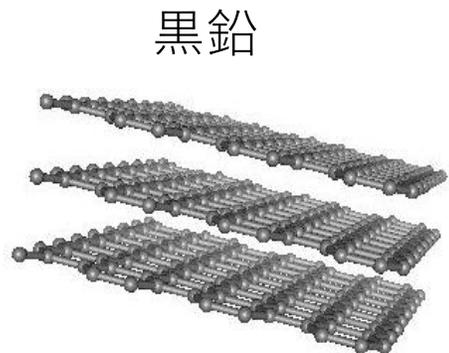


アンモニアボラン
(水素貯蔵材料)

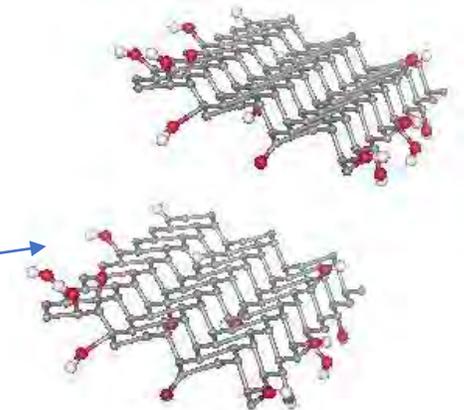
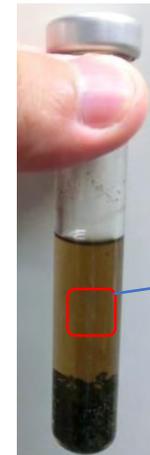


窒化ホウ素

熱伝導用フィラーなどとして樹脂と複合化



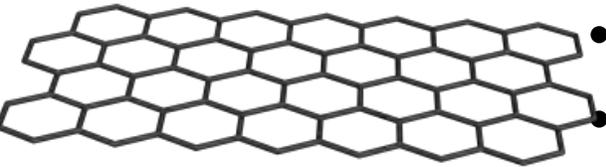
10分程度



グラフェン剥離

まとめ

グラフェンやフォスフォレンなど原子層材料の合成と用途研究をする研究室です。



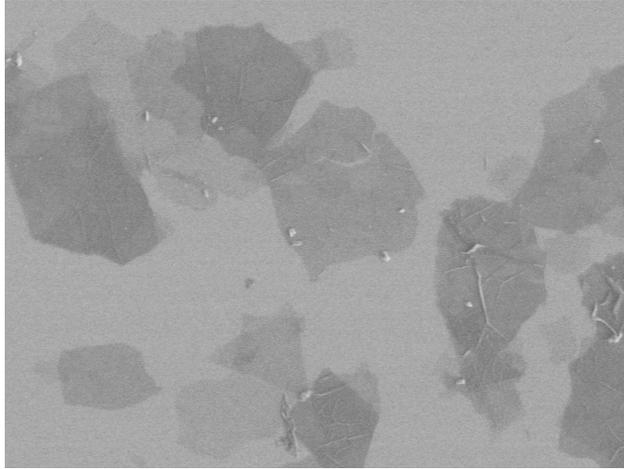
- ちょっとだけ有機化学に興味がある人。
- ちょっとだけ電気化学に興味がある人。
- **すごくよくナノ炭素材料や原子層材料のことを学びたい人。**



**黒鉛のような安価で大量に存在する資源から、
グラフェンのような高機能で魅力的な原子層材料へと
変貌させることを目標としています。**

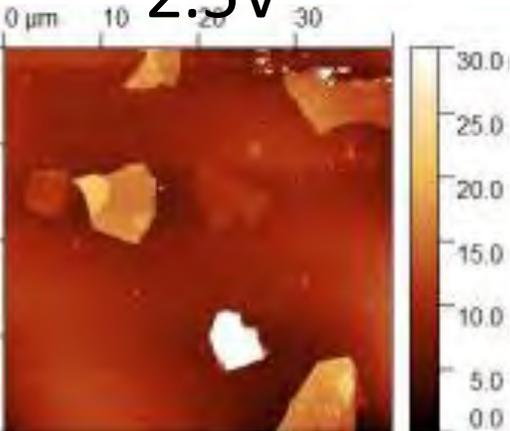
原子層材料の評価には様々な分析が必要

構造評価



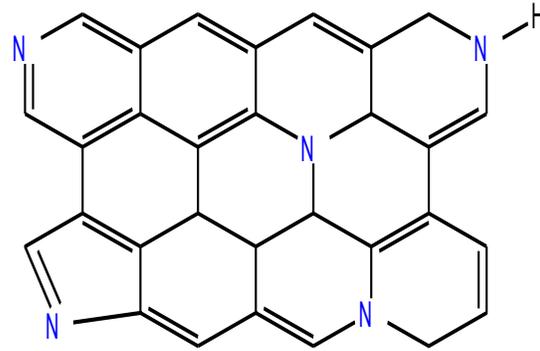
電子顕微鏡観察

2.5V

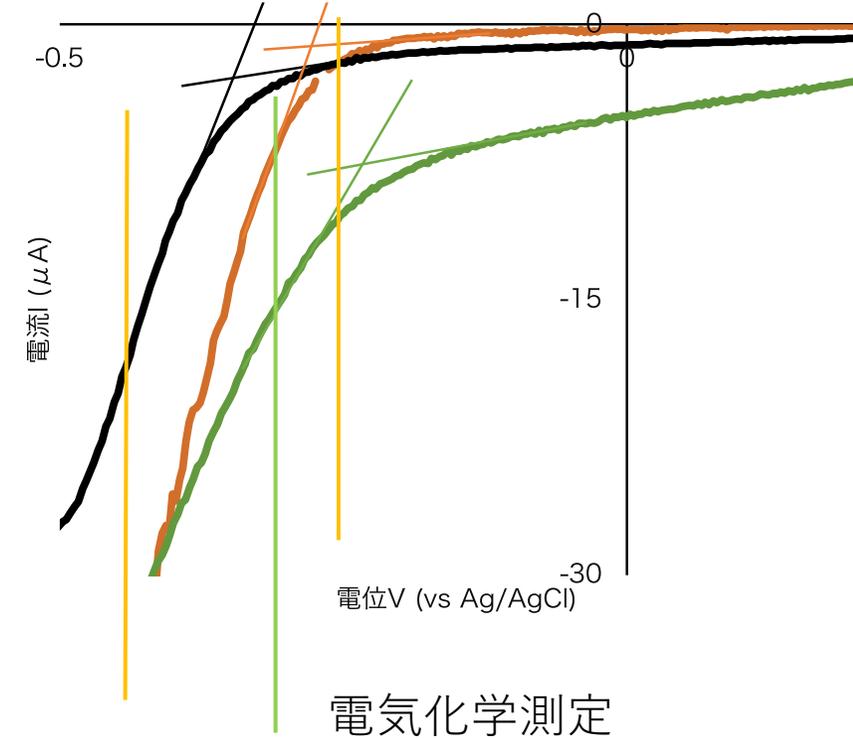


原子間力顕微鏡観察

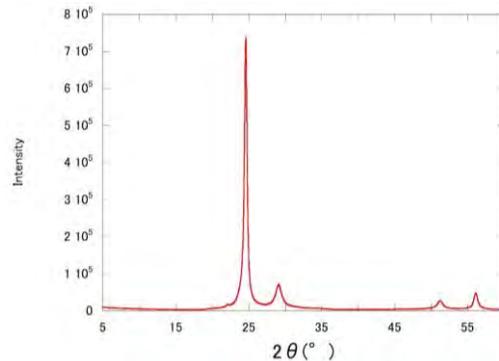
燃料電池の触媒への応用研究



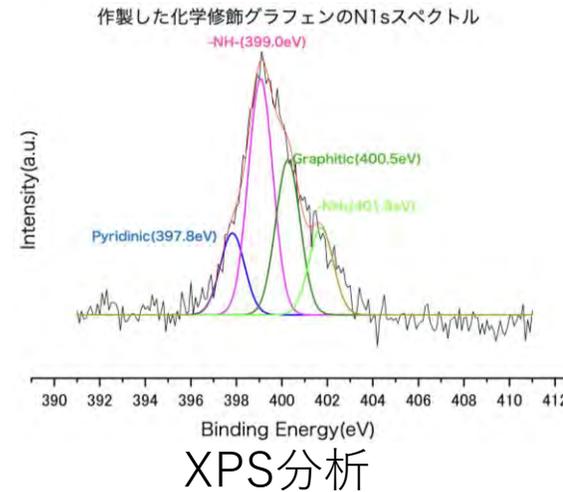
機能評価



化学組成評価



XRD分析



XPS分析