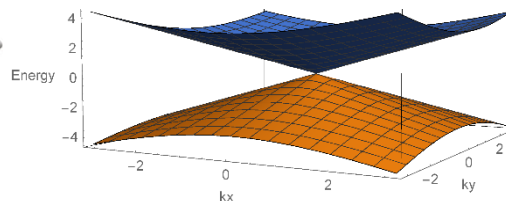
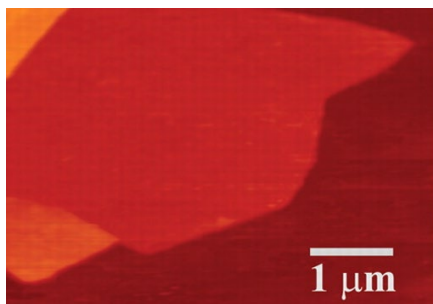
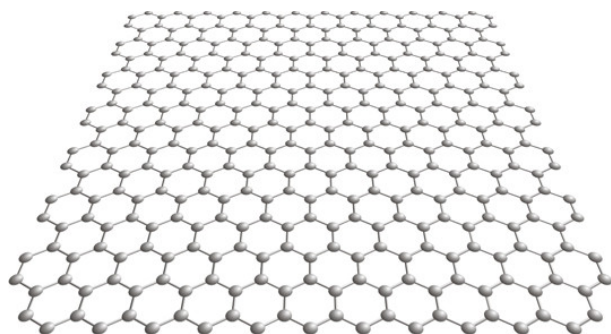


常圧大気下で簡便に合成できる ホウ素二次元シートの機能開拓

東京工業大学 科学技術創成研究院
化学生命科学研究所
助教 神戸 徹也

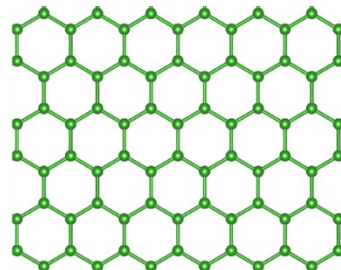
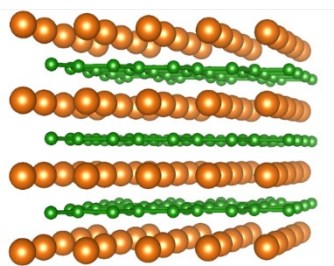
グラフェン



- ・ディラック電子
- ・高機械強度 等

Science, 2004, 306, 666.

ホウ素原子層シート



グラフェン類縁体

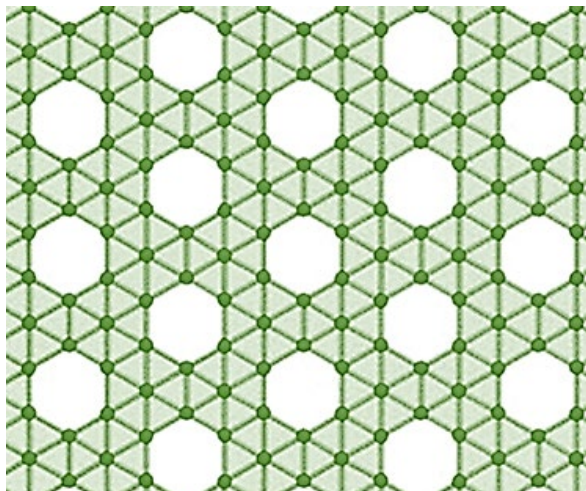
- ・二層グラフェン
- ・酸化グラフェン
- ・グラフェンナノリボン

グラフェンと同じように
ホウ素が**八ニカム構造**を形成

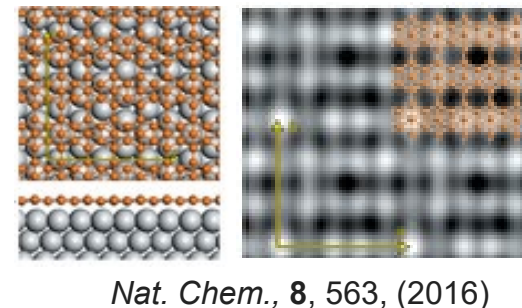
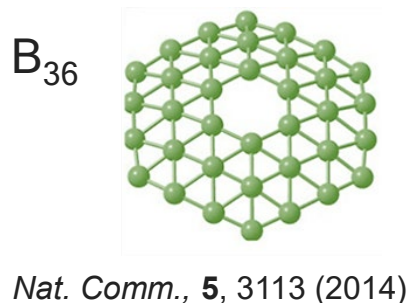
層状化合物である MgB_2 や NbB_2 な
どの**二ホウ化物**に含まれている

背景技術

ポロフェン

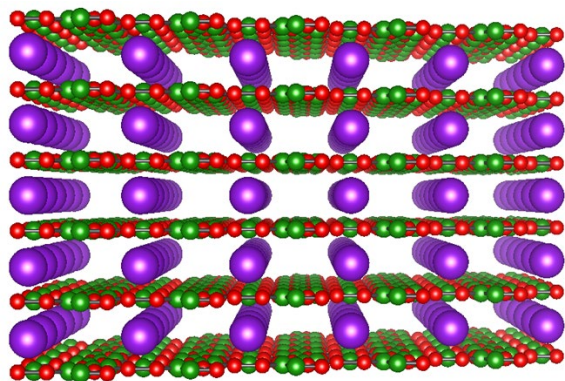


電子不足による弱い層間結合が期待
高い機械強度とフレキシビリティ



ホウ素単体では平面形状が不安定

本研究

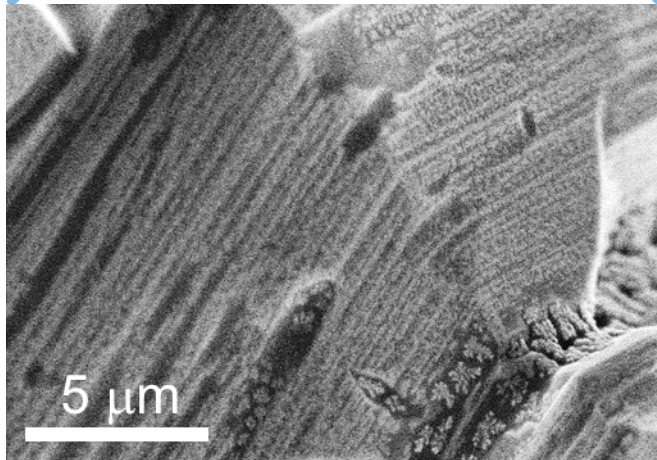
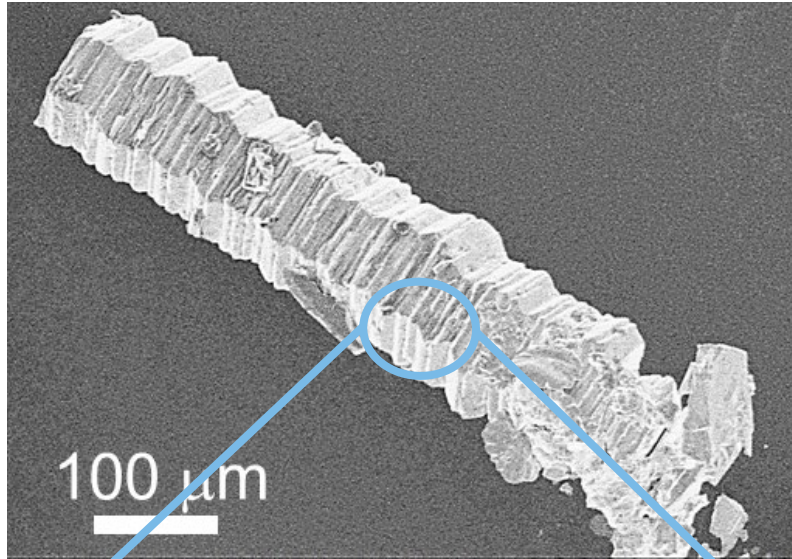


酸素の導入による安定な
新規ポロフェン誘導体の液相合成



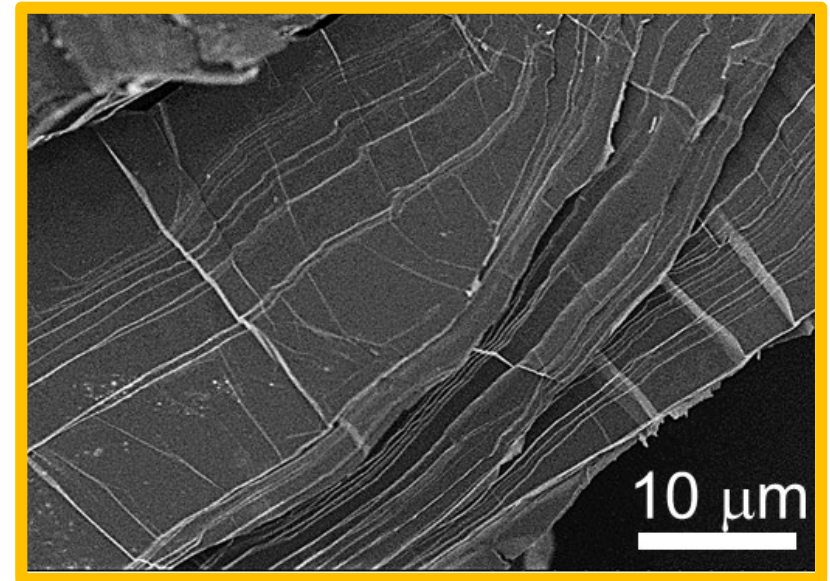
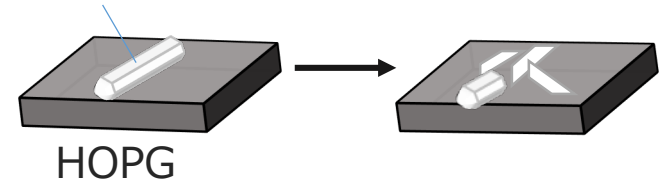
デバイス機能、電気機能の発現

FE-SEM観察



伸長方向に層状構造が発達

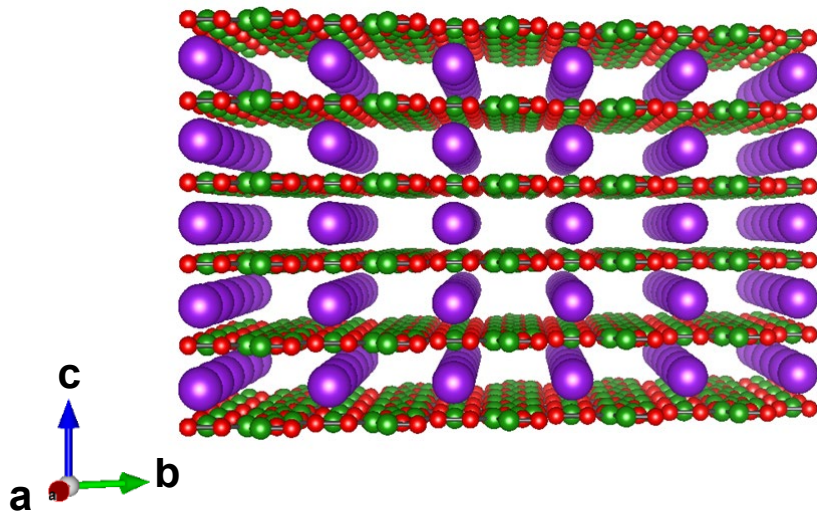
ホウ素結晶



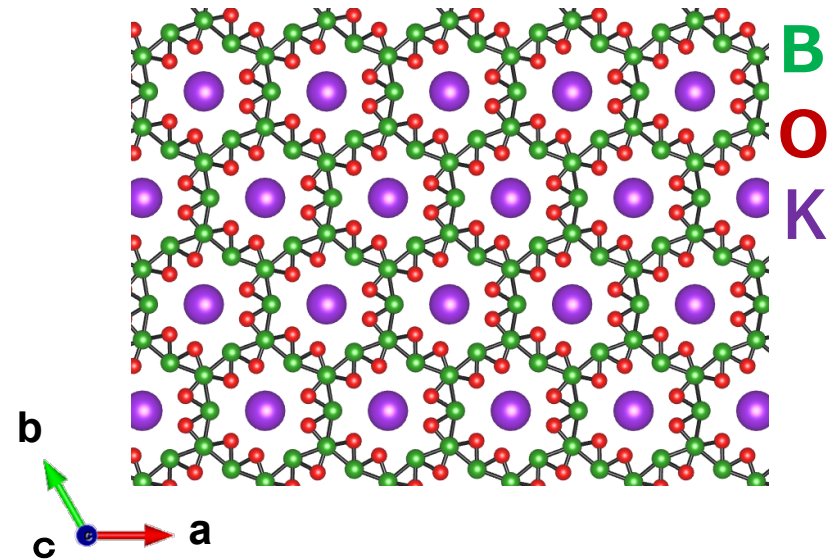
平滑な表面を持つシートが観察

単結晶X線構造解析

Side view



Top view

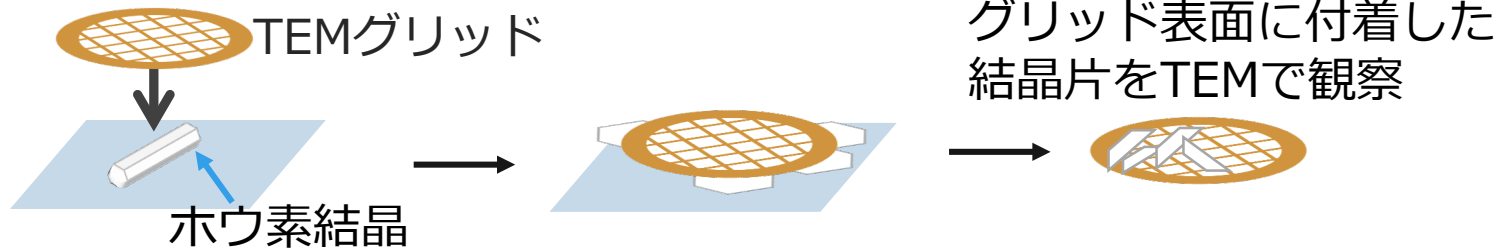


Formula	$B_{4.27}KO_3$
Weight	133.26
Crystal System	Hexagonal
Lattice Type	Primitive
Lattice Param.	$a = 6.0720(6) \text{ \AA}$ $c = 3.4690(3) \text{ \AA}$ $V = 110.764(18) \text{ \AA}^3$
Space Group	P-62m (#189)
Z value	1
D_{calc}	1.998 g/cm^3
F_{000}	64.35

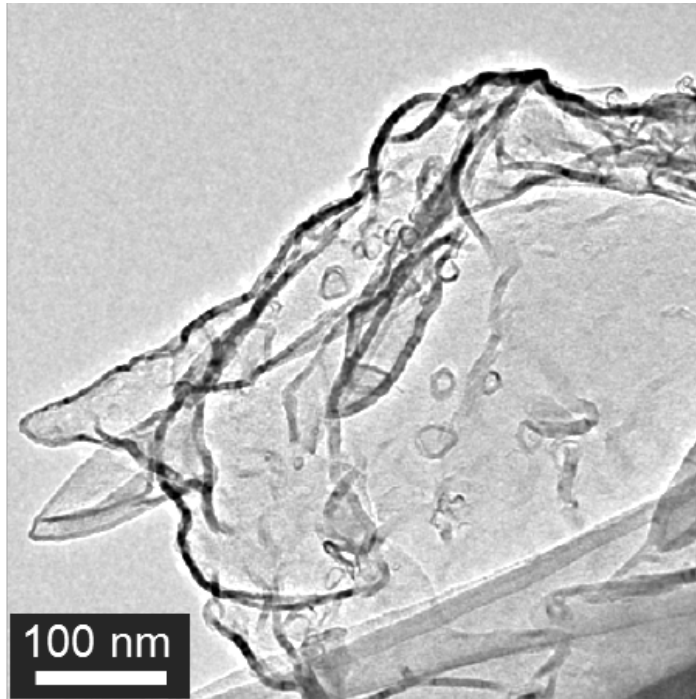
BとOによるボロフェンに似た単原子層
ホウ素原子層シートと K^+ が交互積層

初のボロフェン誘導体の合成と結晶化に成功

機械的剥離によるナノシート化

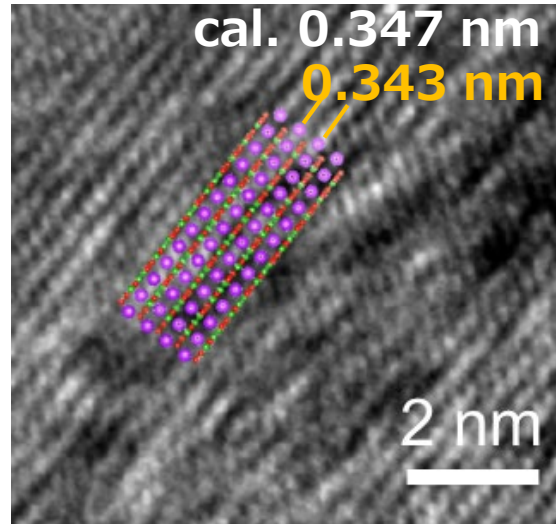


TEM観察

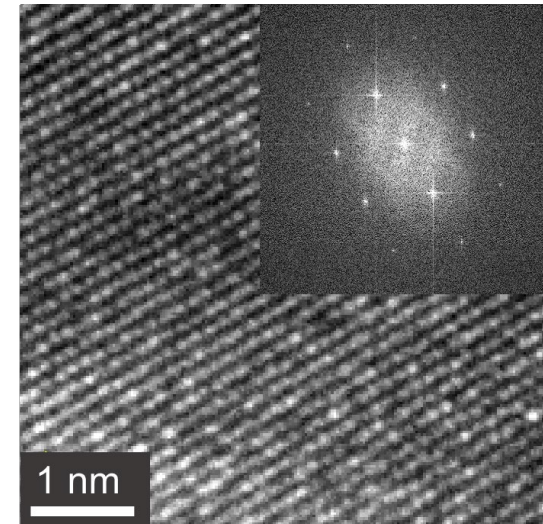


薄いナノシートの生成を観測

高分解能観察



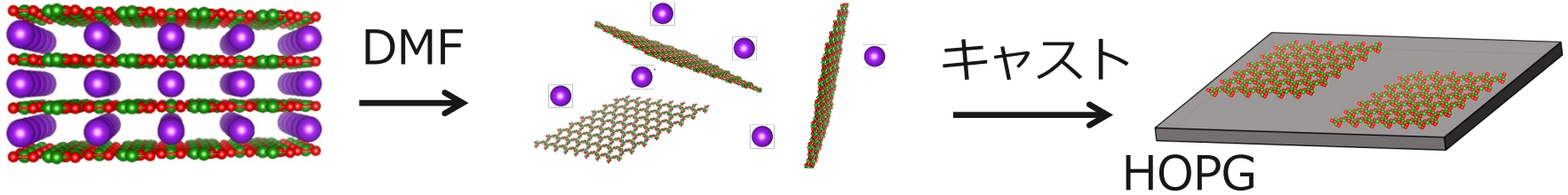
原子層シートの積層



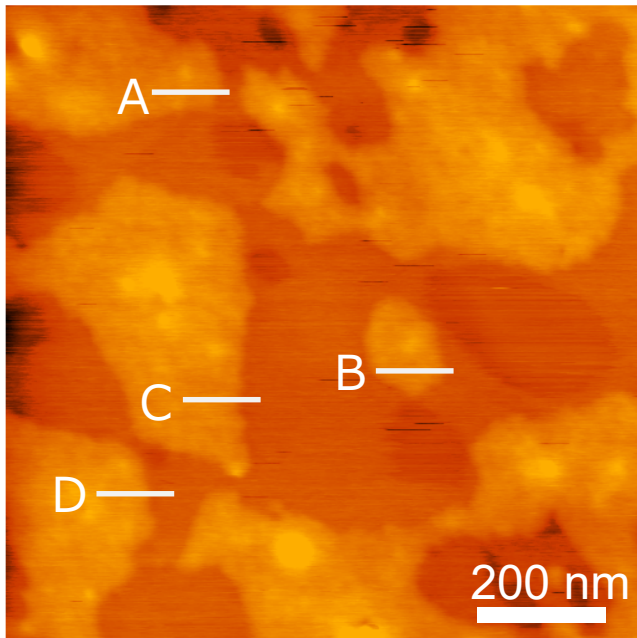
ホウ素シート面内方向の成分を含む格子

機械的な圧力による容易なナノシート剥離を確認

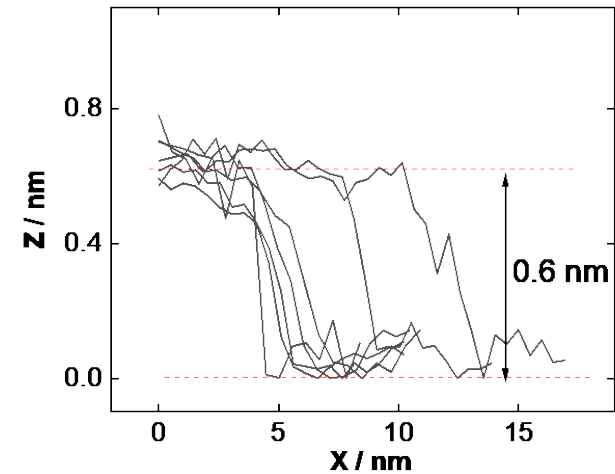
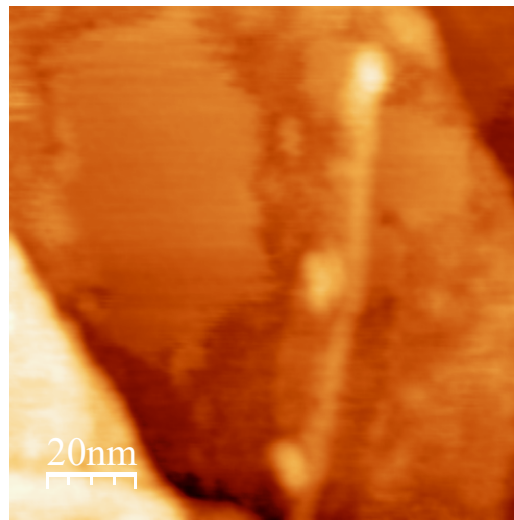
ナノシート化



AFM観察

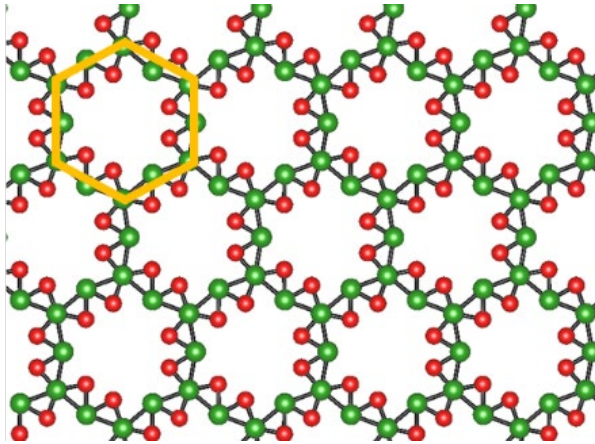


単層シート



ホウ素シートの有用性について

ホウ素結晶



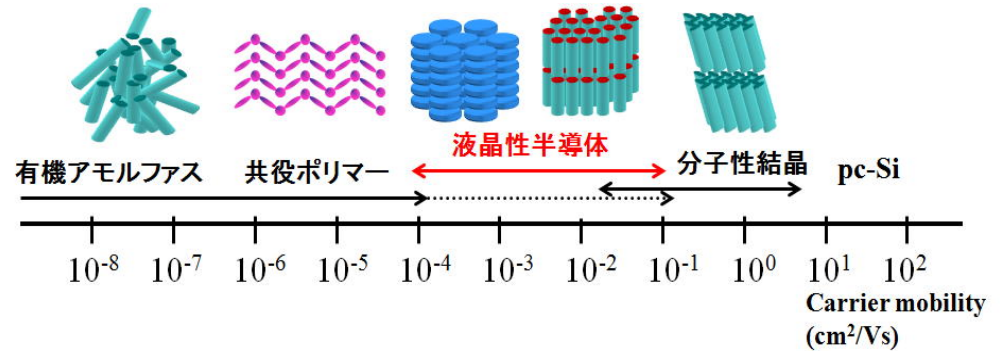
特徴

①液晶性

②アニオン性原子層

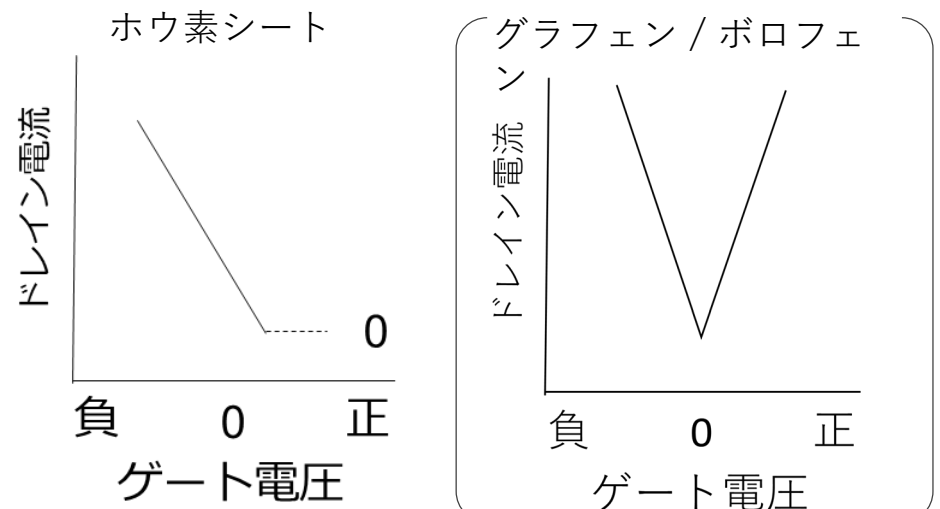
デバイス応用へ期待できる

①液晶性半導体とみなせる



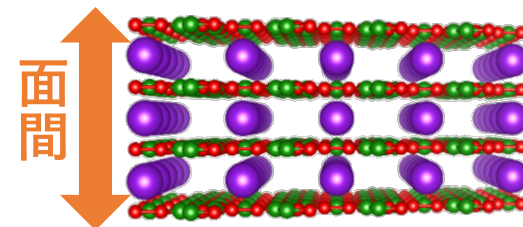
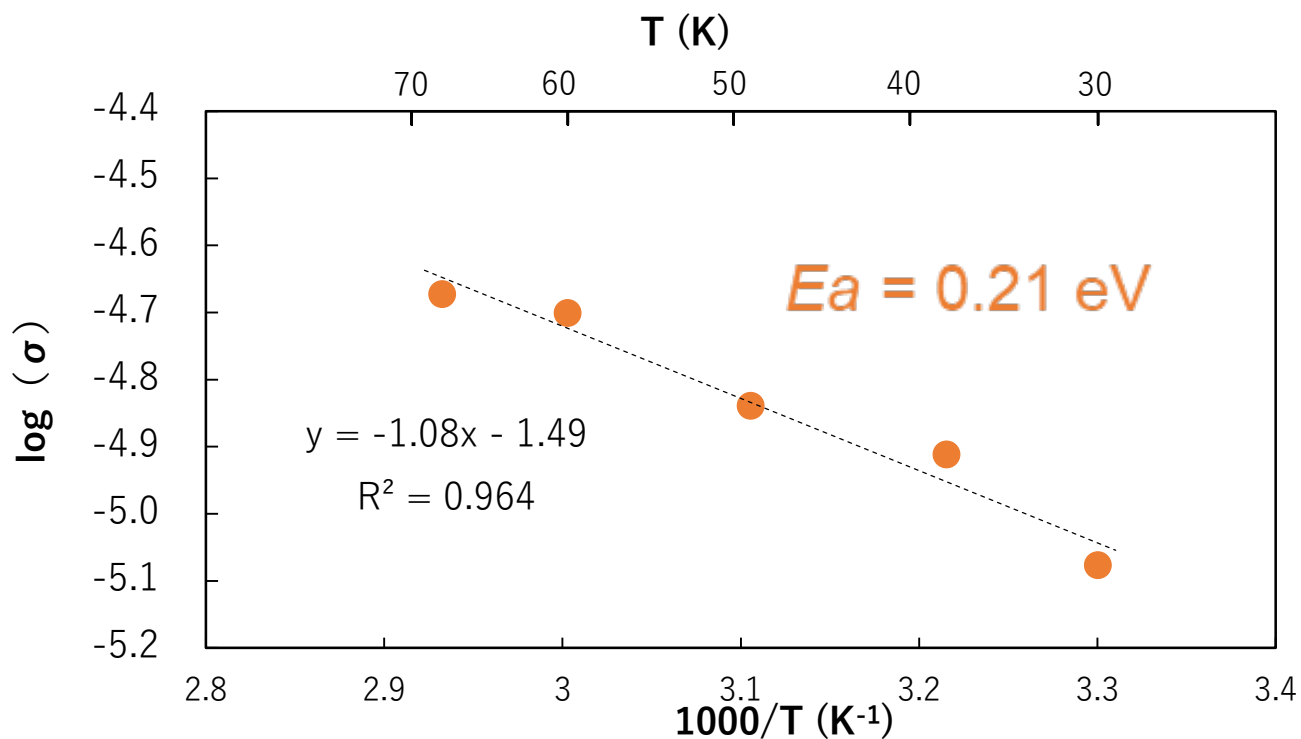
液晶性を利用した配向膜作成が可能

②スイッチング、on/offが可能



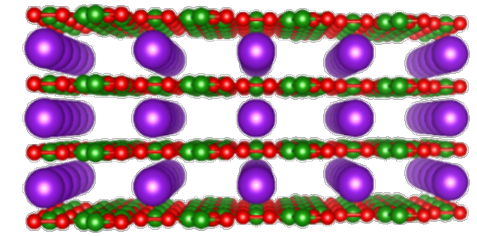
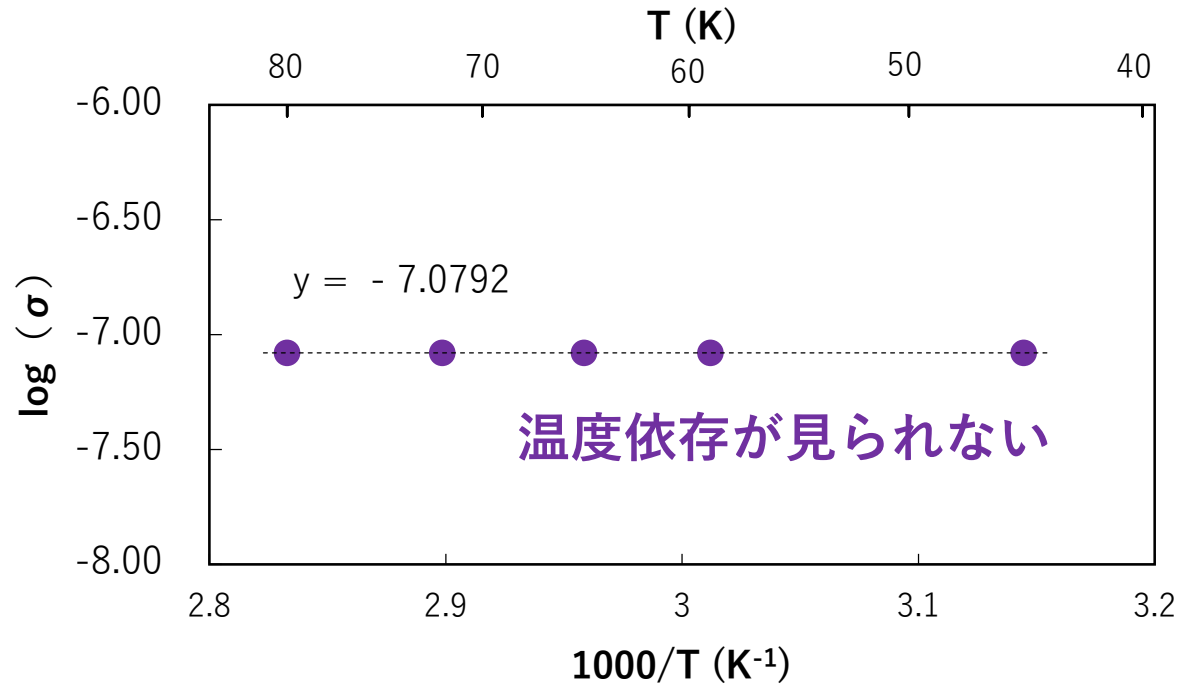
結晶の伝導特性：面間方向

- ・アレニウスプロット

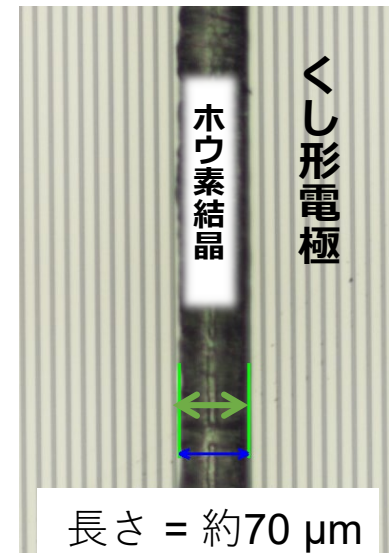


結晶の伝導特性：面内方向

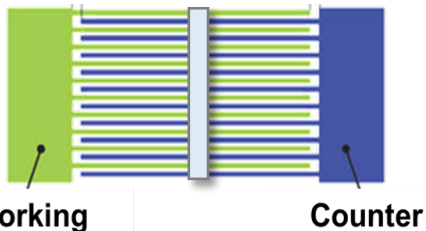
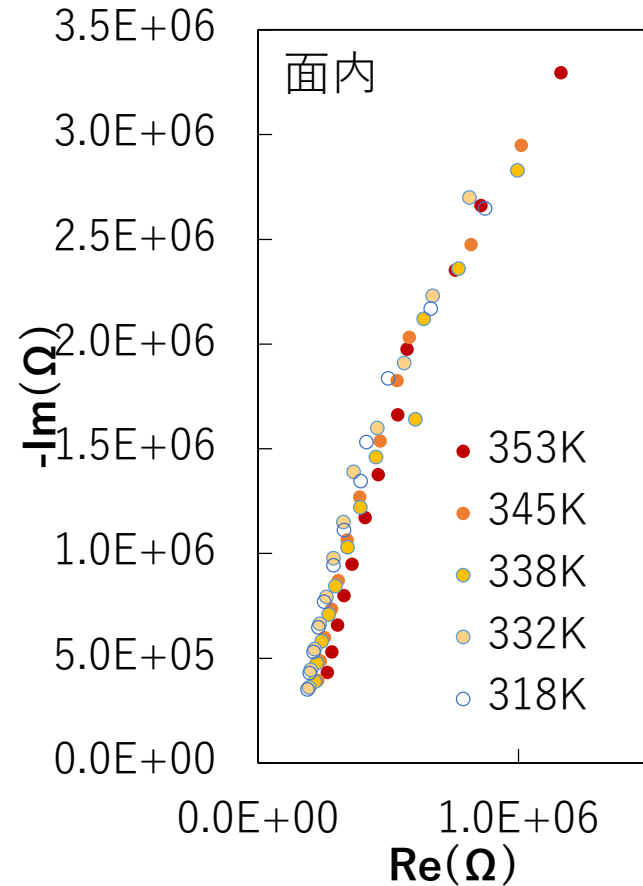
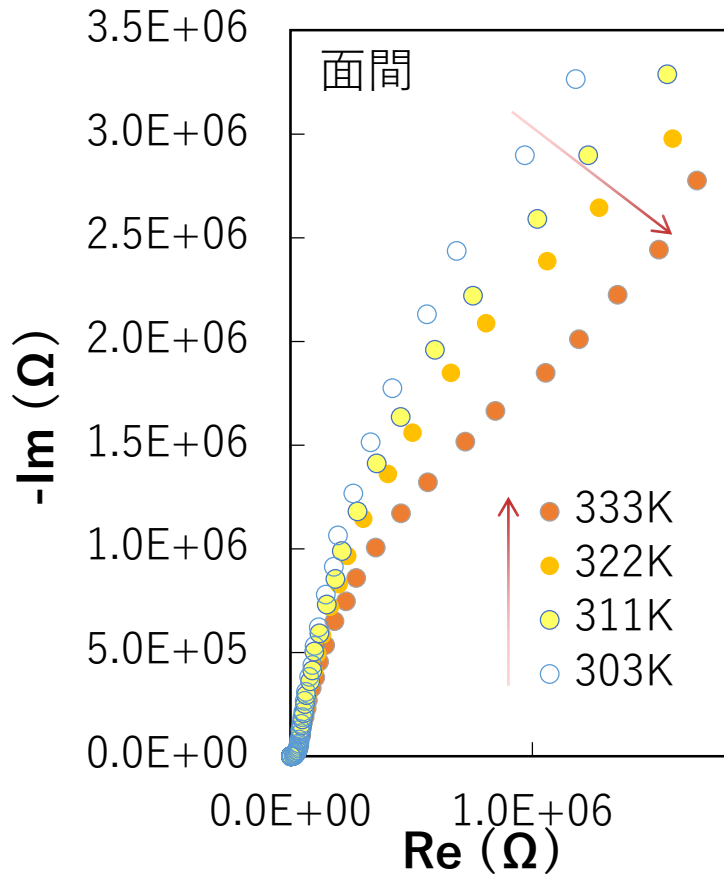
- ・アレニウスプロット



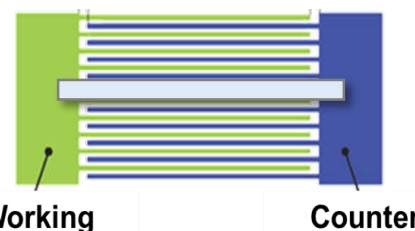
面内



面間方向と面内方向の温度依存性の比較



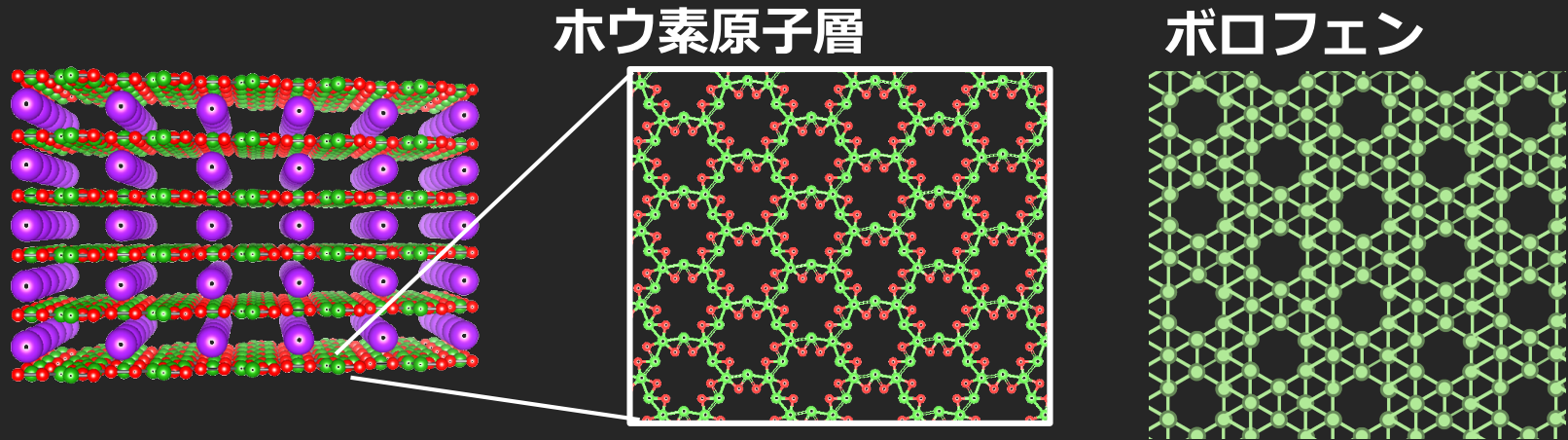
温度に依存し
伝導度が変化



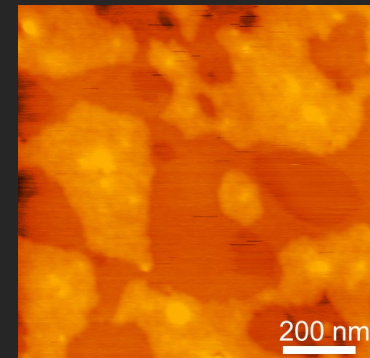
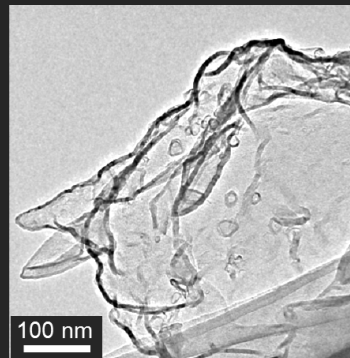
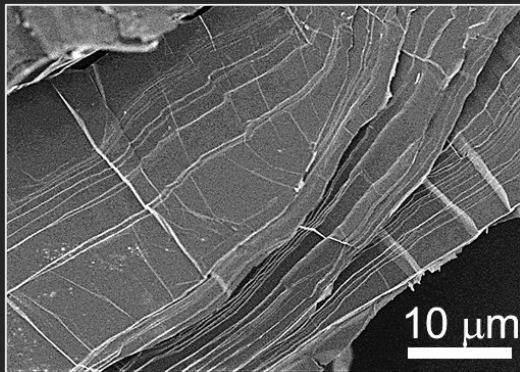
温度依存性が低い
→ 金属的な伝導

異方的な伝導性を持つ

ボロフェン誘導体の合成、ナノシート化を達成



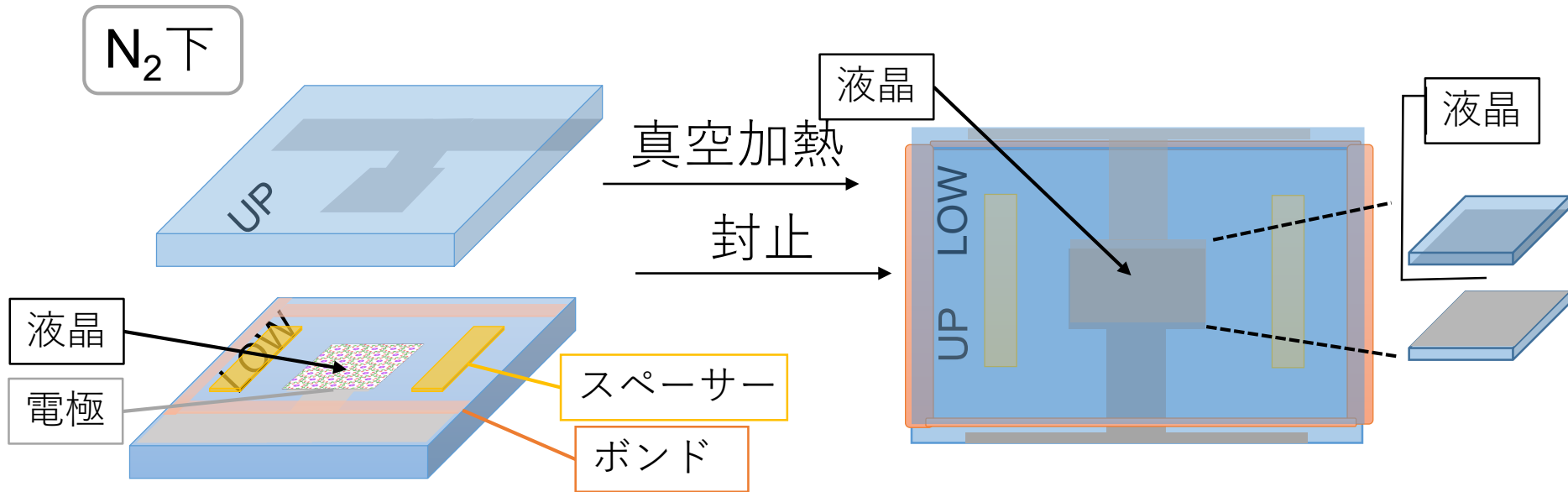
初めてボロフェン誘導体の合成に成功



容易なナノシート剥離を実証

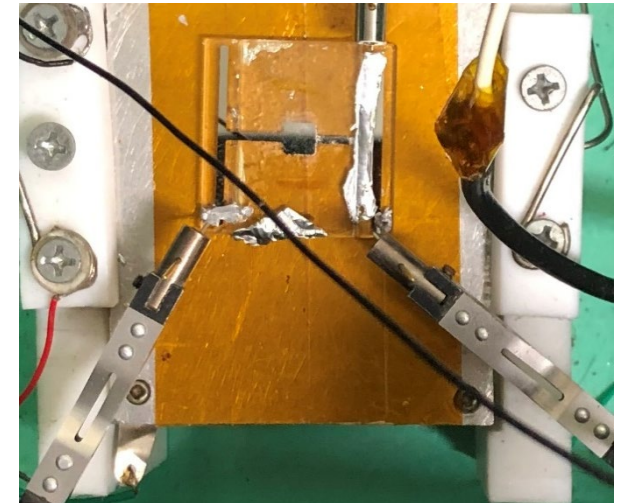
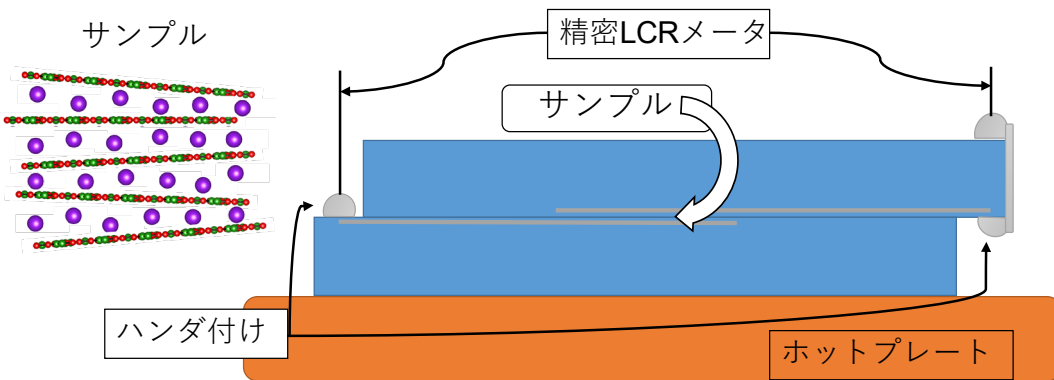
弱い層間結合を利用したデバイス化

液晶の誘電率測定用セル

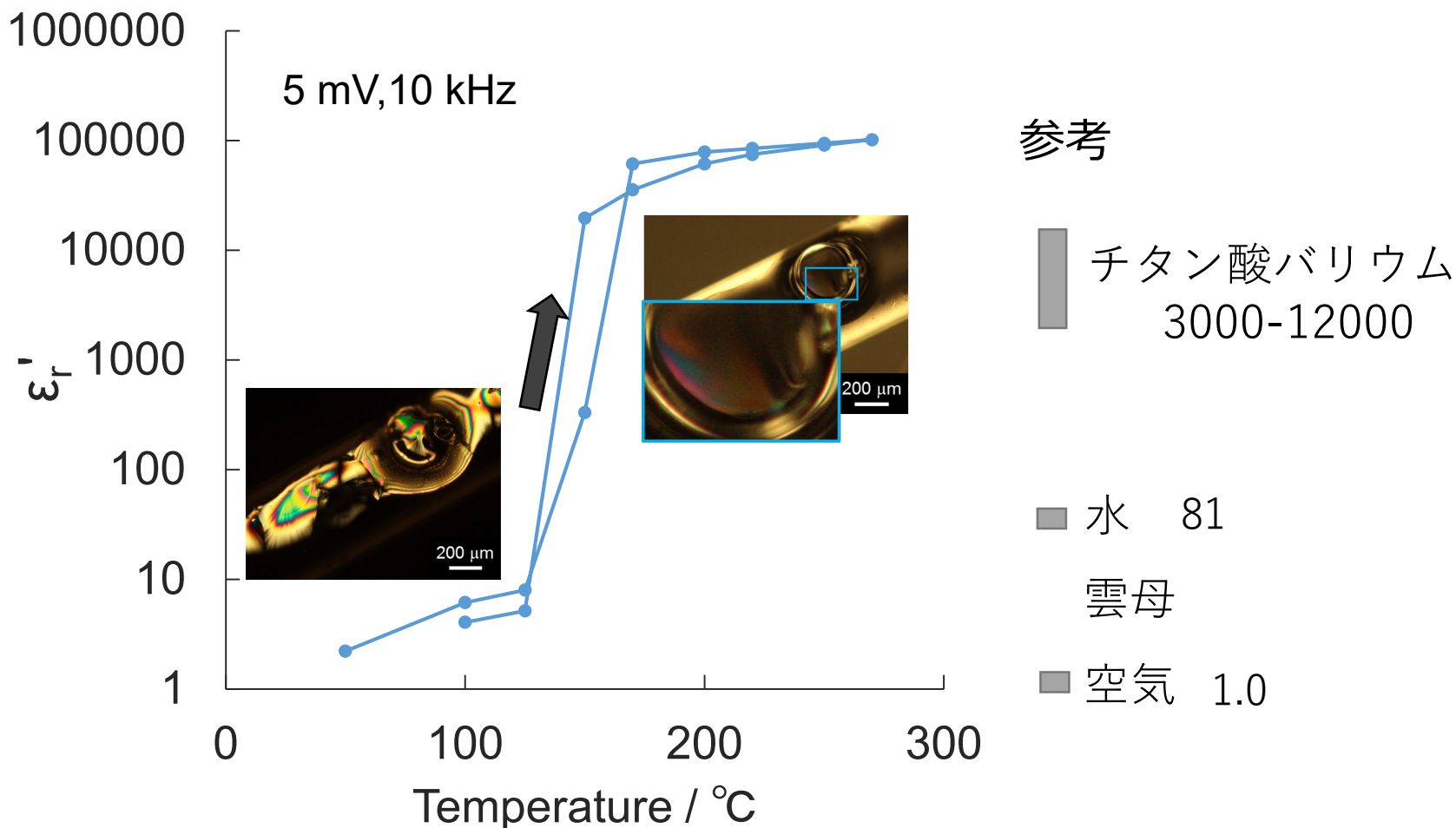


側面図

サンプル



ホウ素液晶の誘電率特性



- **10万に近い比誘電率**
- **液晶相転移に伴う1万倍を超える比誘電率変化**

新技術の特徴・従来技術との比較

特徴

- 常圧・大気下でホウ素と酸素からなる原子層物質の合成に成功。
- 多積層結晶の異方的な電気特性を解明により新機能の発現。
- 原子層間に導入されたカチオンにより簡単な原子層剥離が可能で単層化しやすい。

従来技術との比較

- ボロフェンが、グラフェンを超える強度や高いフレキシビリティから注目されている。しかしながらボロフェンは大気下で直ちに分解することから実用化は不可能と考えられていた。本技術は、常圧・大気下で合成でき、さらに液相合成法による大量合成も可能となる。

想定される用途

ディスプレイ、電子デバイス、自動車用途、有機ELは、
米国、中国、韓国、欧州が主な市場である

用途分野	ホウ素シートホウ素液晶の特徴			具体的な用途
液晶ディスプレイ	フレキシブル	広範囲な 温度範囲	安価	特殊な医療用途や 産業パネル用途
電子デバイス材料	移動度	導電性	安価	半導体材料用途、 調光フィルム
自動車用液晶ポリマー	耐熱性	誘電体	安価	従来のポリマーに ブレンドする
有機EL発光材料	広範囲な波長 範囲	波型波形	安価	発光素子
リチウムイオン電池	高いエネルギー 密度		安価	正極材料

実用化に向けた課題

- 液晶性、導電性・誘電特性、発光特性など、様々な機能を検証しているが、具体的なデバイスや材料としてどのように使用できるかの検証ができていない。
- さらになる低コストを目指した大量合成技術の構築が必要である。
- 触媒活性など、他の有用物質とブレンドすることで、新たな機能の開発が必要である。

企業への期待

- 材料やエレクトロニクスデバイス技術を持つ企業から、具体的なデバイスや材料として、どのように使用できるかの検証を共同研究で確認することを希望。
- ホウ素結晶の大量合成技術の構築の実施を希望。
- 企業の望む新たな機能の提示と、それに対する両者の共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : ホウ素原子層シートおよび積層シートとその製造方法
 - 出願番号 : 特願2018-020443 PCT/JP2019/003380
 - 出願人 : 東京工業大学
 - 発明者 : 神戸徹也、今岡笙太郎、渡邊藍子、山元公寿
-
- 発明の名称 : ホウ素原子層シートおよび積層シートの液晶
 - 出願番号 : 特願2019-005297
 - 出願人 : 東京工業大学
 - 発明者 : 神戸徹也、今岡笙太郎、山元公寿

お問い合わせ先

東京工業大学

研究・産学連携本部

T E L 03-5734-2445

F A X 03-5734-2482

e-mail sangaku@sangaku.titech.ac.jp