

トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出
2020 年度採択研究代表者

2020 年度 年次報告書

越野 幹人

大阪大学 大学院理学研究科
教授

トポロジカル超精密原子層物質の創成

§ 1. 研究成果の概要

この研究は、物性理論、有機化学および固体物理実験のグループがチーム組むことによって、多様な超精密原子層を現実により作り出し、その新しい物性機能を具現化することを目的とする。初年度は、(1) 超精密原子層の最も基本的な構成要素となるグラフェンナリボン(GNR)の実現、物性評価と理論解析、(2) GNR デバイスを基板上に実現するための、有機金属錯体(MOF)薄膜合成法の開発を行った。

GNR はナノエレクトロニクス材料として期待されてきたが、正確な構造の作製はこれまで困難とされてきた。特にベンゼン環が一行につながった最も細い GNR であるポリアセンは、有機化学合成が非常に難しいことが知られており、過去の研究ではベンゼン環 13 個以上のものは合成されていない。今回我々は、一次元的な細孔構造を持つ MOF のナノ空間を用いてモノマーを強制的に配向させて重合する全く新しい合成手法によって、70 個以上のベンゼン環からなるポリアセン鎖を作成することに成功した。また理論計算によってポリアセンの電子状態を計算し、電子構造および光吸収などの基本的性質の解明を現在試みている。今後単離したデバイスを基板上に実現し物性測定を行うことで、詳しい性質が明らかになることが期待される。また今後さまざまな形状のナリボンの作製への展開も予定しており、グラフェンナリボンにおけるナノエレクトロニクスが実現への大きな一歩である。

また GNR デバイスを基板上に実現するための、有機金属錯体(MOF)薄膜合成法の開発を行った。分子線エピタキシー(MBE)法を用い、 $Zr(acac)_4$ やビフェニル-4,4'-ジカルボン酸といった MOF の前駆体薄膜の合成に成功した。現在は、金属塩及び架橋配位子薄膜の交互積層後のアニール、金属塩及び架橋配位子薄膜の共蒸着といった手法を用いた MOF 薄膜合成を検討している。

§ 2. 研究実施体制

(1) 越野グループ

- ① 研究代表者: 越野 幹人 (大阪大学 大学院理学研究科、教授)
- ② 研究項目
 - ・GNR(グラフェンナリボン)構造計算と電子物性予測
 - ・グラフェンポロジカル結晶の設計とエキゾチック多体状態の探究
 - ・TMDC(遷移金属カルコゲナイド)ネットワークにおけるスピン・光物性開拓
 - ・三次元曲面物質の物性理論

(2) 植村グループ

- ① 主たる共同研究者: 植村 卓史 (東京大学 大学院工学系研究科、教授)
- ② 研究項目

- ・MOF 鋳型による GNR 精密合成法の確立
- ・グラフェンネットワークの創製
- ・TMDC リボンとネットワークの合成
- ・三次元曲面物質の合成と物性開拓

(3) 一杉グループ

① 主たる共同研究者: 一杉 太郎 (東京工業大学 物質理工学院、教授)

② 研究項目

- ・超精密 GNR デバイス作製と物性評価
- ・グラフェンネットワークの物性評価
- ・TMDC 原子層の作製とスピントロニクス、フォトニクスの展開
- ・三次元曲面物質の合成と物性開拓