

2023 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	宮田耕充
研究機関名	東京都立大学
所属部署名	理学研究科物理学専攻
役職名	准教授
研究課題名	原子シート高次構造の構築と機能開拓
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

2023 年度は、高品質な遷移金属ダイカルコゲナイド (TMDC) 二次元結晶の合成に加え、これまで開発した転写技術と融合することで新たな二次元ナノ構造の作製と物性・機能の探索を進めた。特に、転写条件の改善を進め、六方晶窒化ホウ素 (hBN) フレークのへき開面を利用することで、成長基板から TMDC を高い収率で引きはがすことに成功した。この技術を利用し、化学気相成長で作製した  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$ ,  $\text{WSe}_2$  などの様々な単層試料、およびそれらのツイスト二層を hBN で挟んだサンドイッチ型の積層構造を作製した。単層試料の場合は、シリコン酸化膜等の成長基板上で導入された不均一な格子歪みが緩和し、線幅の狭い発光ピークを示すことを確認した。また、ツイスト二層の場合は、大面積の TMDC 単結晶とランダムな方位を持つ TMDC 単結晶を同時に重ねることで、hBN フレーク内に異なる積層角を持つ複数のツイスト二層を作製することを可能にした。この試料では、積層角をパラメータとする光学特性の変化を迅速に調べることができる。実際に、複数のツイスト二層の測定を通じ、ツイスト角が 0 度もしくは 60 度に近い時に、励起子発光のピーク形状が大きく変化することを確認した。この結果は、本手法で作製したツイスト二層において、十分な層間相互作用が得られていることを示している。また、hBN サンドイッチ構造を利用して、走査透過電子顕微鏡を利用したカソードルミネッセンス分光を行い、ナノスケールの空間分解能での TMDC の電子状態の変化を調べた。特に、積層界面に混在するナノサイズの不純物の存在より TMDC の格子が歪み、バンドギャップの変調が起こっていることを確認した。この結果は、界面の清浄性や格子歪みの抑制が、TMDC の本来の物性解明やさらなる特性向上において重要となる可能性を示唆している。