

2024 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書【公開版】

研究担当者	平田祐樹
研究機関名	東京科学大学
所属部署名	総合研究院
役職名	准教授
研究課題名	SAHP 法による 2 次元ナノ材料合成とヘテロ構造の探究
研究実施期間	2024 年 10 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

SAHP 法を用いて、グラフェンおよび六方晶窒化ホウ素 (h-BN) ナノシートの合成と特性評価を行った。h-BN の合成では、規則的な原子配列を得るには 1200 °C という高温条件が必要であり、800 °C および 1000 °C では B および N 原子の表面拡散が不十分で、結晶性の高い構造は得られなかった。一方、グラフェンの合成は Ni 基板上で 800 °C、1000 °C、1200 °C の各温度条件で成功し、とくに 1200 °C では連続性の高い構造が得られたが、基板との熱膨張係数の違いによる層状構造の歪みも観察された。特筆すべき成果は、従来 1 層あたり約 1 時間を要していた合成時間を、SAHP 法により 1 層 1 分という超高速で達成できた点である。さらに、ラマン分光および XPS 分析の結果から、高品質かつ膜厚制御性に優れた成膜が可能であることが確認された。現在では、複数のスパッタカソードを搭載した MC-SAHP (Multi-Channel SAHP) 法として技術を発展させており、vdWH (van der Waals heterostructures) を世界で唯一、連続的かつ高速に合成できる手法として確立しつつある。合成メカニズムについても明らかになりつつあり、提案するモデルに対して高い信頼を持っている。

さらに、機能開拓として、合成した h-BN を固体高分子型燃料電池 (PEFC) のプロトン交換膜 (PEM) に適用し、機能性を評価した。その結果、電力密度の向上が確認された。これは、h-BN が持つ優れたガスバリア性により、水素ガスのクロスオーバーが抑制され、電池効率が改善されたことによると考えられる。このように、本研究は、グラフェンおよび h-BN といった先端二次元材料の高品質合成技術確立するとともに、それらを次世代燃料電池へ応用することで、脱炭素社会の実現に貢献するものである。特に、h-BN のガスバリア性を活用した燃料電池性能の向上は、再生可能エネルギーの高効率利用や水素社会の基盤技術としての展開が期待される。また、SAHP 法による合成は産業応用にも適した工程であり、今後のグリーンエネルギー分野や材料産業への波及効果も大きい。