

## 一次元・二次元融合物質系：ナノチューブ・原子層・ヘテロ積層の科学

世話人:守谷 頼（東京大学生産技術研究所）、野内 亮（大阪府立大学）

カーボンナノチューブなどの一次元ナノチューブ材料に関する研究と、二次元物質であるグラフェン・遷移金属ダイカルコゲナイド・六方晶窒化ホウ素に関する研究は比較的独立に発展してきたという経緯がある。本シンポジウムでは2つの分野の融合を目指し、一次元物質と二次元物質という異なる次元性の材料を複合することで発現する物性領域の展望について議論する目的で企画した。一次元物質と二次元物質それぞれを専門に研究している研究者および両方にまたがる研究を専門に行っている研究者それぞれから、合計6件の招待講演と2件の一般講演が行われた。シンポジウムの聴衆はオンライン、現地参加合わせて常に100人以上おり、大変盛況であった。招待講演の概要は以下である。

最初に宮田 耕充先生（都立大学）から「一次元遷移金属カルコゲナイドの成長と評価」という題目で講演をいただいた。気相成長の条件を制御することにより、二次元薄膜のエッジに一次元構造を作製する手法や遷移金属カルコゲナイドの一次元ナノワイヤを直接合成する手法などについてご紹介いただいた。一次元ワイヤを交差したヘテロ構造についての報告もあり、まさに一次元と二次元の融合構造の作製が可能になってきていると感じた。

安田 憲司博士（マサチューセッツ工科大学）は「積層制御による二次元強誘電体の設計」という講演をいただいた。遷移金属ダイカルコゲナイドや六方晶窒化ホウ素は単独では強誘電性を持たない。しかしながら、単層遷移金属ダイカルコゲナイド同士または単層六方晶窒化ホウ素同士を積層しお互いの角度を最適化すると強誘電性が発現するという二次元物質特有の現象について講演された。

井ノ上 泰輝先生（大阪大学）は「ファンデルワールスヘテロナノチューブの合成」についてご講演いただいた。グラフェン、六方晶窒化ホウ素、遷移金属ダイカルコゲナイドといった異物質がナノチューブの半径方向に多層構造を構成した、ヘテロ構造ナノチューブの合成手法とその応用可能性について多くの成果を紹介いただいた。一次元の特性を持つナノチューブと、ヘテロ構造という二次元物質でよく用いられる手法の融合の可能性を示唆されるご講演であった。

加藤 雄一郎主任研究員（理研）は「Optical properties of 1D/2D mixed dimensional heterostructures and their integration into photonic devices」という題目で、カーボンナノチューブヘテロ構造の作製とその光物性に関する講演をいただいた。一次元のカーボンナノチューブと二次元物質である六方晶窒化ホウ素とのヘテロ構造における光学特性について発表いただいた。まさに1D/2D異次元ヘテロ構造の物性と呼ぶに相応しい講演であった。

蓬田 陽平先生（都立大学）は「遷移金属カルコゲナイドナノチューブの合成・精製とその応用」について講演された。カーボンナノチューブの研究は、大量合成と分離精製技術の革新により飛躍的な進展を遂げた。本講演で報告のあった遷移金属カルコゲナイドなど、カーボン以外のナノチューブに対しても、同様の技術革新が重要であることを再認識させてくれるご講演であった。

張 奕勁先生（東京大学）は「WS<sub>2</sub> ナノチューブにおけるバルク光起電力効果」という題目でご講演いただいた。半導体pn接合などの内在電場を利用する従来メカニズムの光起電力効果では、太陽電池の効率は30%が上限とされている。本講演は、そういった制限が基本的には無い別の光起電力効果がナノチューブにおいて実現できるという報告であり、エネルギー問題への関心が集まる中、本シンポジウムで対象とした物質群への注目を喚起させるに最適なご講演であった。

一般講演では、Shengnan Wang 博士（NTT 基礎研）は「Chemical vapor deposition growth of hexagonal boron nitride/graphene vertical heterostructure」という題目で、CVD成長によるグラフェン/六方晶窒化ホウ素ヘテロ構造の作製について講演され、結晶成長中の水素ガスによる窒化ホウ素のエッジ終端の効果について報告された。また、比村 優奈氏（大阪大学）は「CNT/グラフェン複合体を

用いた歪みセンサの構造最適化によるセンサ特性の向上」という題目で、一次元物質と二次元物質の複合化による歪みセンサ性能向上の可能性について講演された。

どの講演も非常にレベルが高く内容も豊富な講演であったという印象を受けた。講演者からも一次元と二次元の研究者が集まる機会はこれまで少なかったのではないかというご指摘を受け、シンポジウムという機会を設けたことは大きな意義があったようである。シンポジウムの主題であった、一次元と二次元の融合から生まれる研究分野という点について、直接的に関係する研究報告例はまだ限られているというのが現状である。しかし、三次元材料における二次元表面がデバイスにおける界面を形成して動作を支配しているのと同様に、二次元材料における一次元エッジの存在など、一次元と二次元の融合を意識することは応用上も重要になると考えられる。本シンポジウムをきっかけにして、今後両研究分野の交流や異なる次元を持つ材料同士のヘテロ構造に関する研究例が今後増えていくことが期待される。