

シンポジウム T25 「ナノカーボン・原子層物質の新展開と将来展望」 報告

大分類 17 がカバーするナノカーボン (ナノチューブ・グラフェン)・原子層物質の分野は他の大分類と同様に研究の進展が早く、若手研究者や学生が特定のトピックについて研究の全体像を把握するのは容易ではない。そこで本シンポジウムでは、特に近年急速に発展し日本人の貢献が著しいトピックについて、第一人者に最新の研究動向を基礎からわかりやすく解説し将来展望を議論していただくことによって、これらのトピックに関する理解を促進することを目的とした。6名の招待講演者と講演題目は以下の通りである。

招待講演者と講演題目 (講演順、敬称略)

- ・ 大野雄高 (名大未来研) カーボンナノチューブ電子デバイスの進展と将来展望
- ・ 河野行雄 (東工大未来研) ナノカーボンテラヘルツ帯カメラとフレキシブル・ウェアラブル分析
- ・ 小川新平 (三菱電機) 高感度グラフェン赤外線センサの開発
- ・ 前橋兼三 (農工大工) 機能化グラフェンデバイスを用いたバイオセンシング
- ・ 井手上敏也 (東大工) 原子層物質における非相反伝導
- ・ 宮内雄平 (京大エネ研) 単層カーボンナノチューブ・原子層半導体の新物性と応用開拓

大野先生からは、カーボンナノチューブ(CNT)薄膜電子デバイスについて、初期から最新の研究にいたる発展の歴史、物理的基礎と CNT を用いる利点について丁寧な説明がなされた。また講演の終盤では CNT を集積する上での課題として、金属 CNT の除去や電流駆動能力の向上などが指摘され、さらにそれらをクリアするための手法についても議論がなされた。大変まとまりのあるわかりやすい講演であった。

河野先生からは、CNT を用いたフレキシブル・ウェアラブルテラヘルツ帯カメラに関する研究が紹介された。テラヘルツ光の特徴と可能性、応用分野などがこれまでの研究内容とともに分かり易く紹介され、基礎知識がない人でも理解できるように配慮された講演内容だった。被検体に巻き付けることで全方位画像が得られるほか、従来の大型センサでは調べられない狭く入り組んだ空間でも非破壊で検査できることなどが示された。また、半金混合膜であっても化学ドーピングによりフェルミ準位を制御できる技術を導入することで、厳密な半金分離技術を必要としないことも大きな利点であり、本研究の可能性を強く感じさせる講演であった。

小川先生からは、グラフェンを用いた高感度赤外線センサについての研究が紹介された。赤外線センサについての一般的な説明ののち、従来の熱型、量子型センサの欠点を解決し、両方式それぞれの長所である高感度、高速応答、高温動作、低コストをすべて満足するものとしての、光ゲート効果を用いたグラフェン赤外線センサの動作原理が詳細に説明された。ここでは赤外波長域にバンドギャップを有する半導体を基板に使う点に独創性があり、若

い研究者に刺激を与えたと思われる。高感度を特徴とする量子型の 10 倍以上の高感度を持つ点が印象的で将来性が感じられた。

前橋先生からは、表面を修飾したグラフェン電界効果トランジスタを用いた分子センサに関して、動作の基礎的な理解から最新の展開に至るまで、分かりやすく解説をしていただいた。原子 1 個の極限的な薄さという特徴を有するグラフェンは、表面への外来分子吸着の影響を強く受ける。特定の吸着子に対してのみ反応するような分子などで表面を修飾（機能化）しておくことで、選択性を有する高感度センサが実現できる。当該グループが開発してきたバイオセンシング技術だけでなく、水素センシングなど最新の展開についてもご紹介いただき、グラフェンを用いたセンシング技術の展開の幅広さを窺い知ることができた。

井手上先生からは、一般に難解であるとされる非相反伝導について基礎から最新の成果までわかりやすく解説していただいた。原子層物質では、単層にしたり、ナノチューブやヘテロ界面といったナノ構造を形成したりすることでバルクの物質には無い空間対称性の破れを実現でき、これが原因となって物質固有の整流性を生じる。これが非相反伝導であるとのことである。講演では単層物質、ナノチューブ、ヘテロ界面について当該グループの最新の研究結果が紹介された。この分野は従来の固体物理学には無い領域であり、今後の大きな発展を予感させる講演であった。

宮内先生からは「単層カーボンナノチューブ・原子層半導体の新物性と応用開拓」に付いて、先生のグループが先導的な成果をあげている熱励起子現象を中心に、CNT の熱電変換、太陽電池応用につながる最新の結果を披露された。最初に CNT に発生した熱が内部の励起子（電子正孔対）にエネルギーを移行し発光する機構を利用した励起子アップコンバージョンおよび熱励起子発光について発表された。次に一本一本のナノチューブの引っ張り強度を定量的に評価する手法について発表があり、ナノチューブの強度と構造の定量的な比較データが示された。ナノチューブが他の材料と比較して励起子のエネルギーが大きい、機械的強度が高いという特徴を生かした本発表の成果は、エネルギー分野に向けたナノチューブの応用可能性を強く感じさせるものとなり、多くの質問が集まった。

本シンポジウムでは、6 件の一般講演も行われた。CNT の欠陥制御、チップ増強ラマン分光による単層 CNT のカイラリティ判別、2 層グラフェンの超伝導など、どの講演も招待講演に引けをとらない内容で、活発な質疑応答が行われた。

最後に、講演を快くお引き受けいただいた招待講演者の先生方と、お忙しい中ご来場いただいた皆様に厚く御礼申し上げます。

世話人：神田 晶申(筑波大、代表)、林 賢二郎(富士通研)、根岸 良太(阪大)、野内 亮(大阪府立大)、乗松 航(名大)、守谷 頼(東大)