

単分子エレクトロニクスの展望

東京工業大学 理工学研究科 木口学

シリコン半導体の微細化限界・物理的限界・経済的な限界が予測される中、分子デバイスが、次世代デバイスの1つの候補として注目されている。分子デバイスが切り拓く単分子エレクトロニクスは、素子の高集積化、動作速度、消費電力などの性能を向上させる More Moore のベクトルと、化学修飾により1つの分子素子に複数の機能を集積させる More than Moore のベクトルを持つ。さらに、既存の微細加工プロセスとは異なる自己組織化などの低環境・低コストプロセスによるデバイス作製が可能であり、単分子デバイスは有力なグリーンデバイスの1つである。このような魅力ある単分子デバイスを実現する基盤技術は、近年、日本を中心に飛躍的な発展をしており、単分子エレクトロニクスへの道が拓けてきた。特に、ナノ電極に接続された単分子の電気計測と単分子の種類を識別する振動分光などの基盤計測では、日本が世界をリードしており、その一方で、光スイッチデバイスなどのデバイス動作の実証も行われている。本シンポジウムでは、単分子エレクトロニクスを支える先端基礎計測・デバイス計測と最新の単分子伝導理論について紹介して頂くとともに、単分子エレクトロニクスの現状と今後の展望を概説していただき、単分子エレクトロニクス研究の今後の進むべき道を議論した。

講演では、木口（東工大理工）の「イントロダクトリートーク」に引き続き、松重和美氏（京大工）により「ナノレベル物性計測と次世代分子電子デバイス」と題して、2探針 AFM を用いた伝導計測に関する最新の研究成果を交え、単分子エレクトロニクス研究の流れ、今後発展が期待されるトピックスが紹介された。次に和田恭雄氏（東洋大学際・融合科学）より「単一分子エレクトロニクスの展望」と題して、主としてナノ電極作製の現状が紹介された。ナノ電極作製は単分子エレクトロニクス研究では基礎技術であり、20nm 程度のギャップ幅のナノ電極を再現性高く作製することが可能となった事は聴衆の高い注目を集めた。続いて、藤平正道氏（東工大生命）より「単一分子光-電変換素子」と題して、電気化学における電子移動の研究から単分子の伝導研究へとつながる電子伝導に関する研究の流れが紹介された。以上3氏は日本における単分子エレクトロニクス研究を立ち上げ、リードしてきた先駆者であり、単分子研究の歴史、将来展望、若手研究者への期待について述べて下さった3氏の講演は、若手研究者には大変有用であった。

引き続き、若手研究者による最新のトピックスの紹介がなされた。真島豊氏（東工大理工）が「分子分解能 STM/STS による 空間分子の精密電子物性計測と電子機能の発現」と題して、金属内包フラーレンの電気伝導に関する研究が紹介された。数 10mV の電圧印可によって金属内包フラーレンの配向が変化し、伝導特性が変化する実験結果が紹介された。分子スイッチへの今後の応用が期待される講演であった。続いて木口（東工大理工）が「単一 共役分子の電子伝導特性」と題して、ベンゼン、フラーレン単分子接合の伝導に関する研究を紹介した。従来の単分子接合では金属と分子の接合部位にチオールなどのアンカー部位が用いられているが、直接 共役分子を金属電極に接続すると金属並に高い伝導特性を示すことが示された。山田亮氏（阪大院基礎工）からは「長鎖オリゴチオフエン分子ワイヤーの電気伝導度」と題して、オリゴチオフエン分子ワイヤーの伝導に関する研究が紹介された。分子ワイヤーの長さに伴い、伝導機構がトンネル伝導からホッピング伝導に切り替わる様子が実験的に見事に示された講演であった。金有洙氏（理研）からは「金属単結晶表面上におけるカーボンナノチューブの局所電子状態」と題して、金属表面上に吸着させたカーボンナノチューブの電子状態に関する研究が紹介された。1本のカーボンナノチューブの局所的な電子状態が基板金属の構造および電子状態に敏感に応答し変化する様子が紹介された。谷口正輝氏（阪大産研）からは「単一分子接合の局所加熱」と題して、単分子接合の温度評価に関する研究紹介がなされた。単分子接合の温度は接合の安定性に関する重要な課題であり、今後さらなる研究の発展が期待された。最後に塚田捷氏（東北大 WPI-AIMR）より「単分子エレクトロニクスのさらなる展開に向けてー実験と理論の課題ー」と題して、単分子接合の伝導に関

する理論計算に関するこれまでの研究の流れ、最新のトピックス、今後目指すべき目標が示され、最後に単分子エレクトロニクスについて総括して頂いた。シンポジウムでは常時50名前後の出席者を得て、活発な議論が行われた。