

「高度情報処理・通信の実現に向けたナノ構造体材料の制御と利用」
平成 14 年度採択研究代表者

田中 一義

(京都大学工学研究科 教授)

「精密分子設計に基づくナノ電子デバイス構築」

1. 研究実施の概要

研究のねらい： 従来の超分子化学では見られなかった明瞭な目的意識を持つ厳密なボトムアップ型方式により，その電子的動作を確認・利用しうるナノサイズの単電子デバイスの構築を目的とする．具体的には，精密な有機・無機融合物質の分子設計を行って「モノづくり」に基づいたナノ構造体を合成・構築し，モジュールジャンクションの構成や信号の入出力 (I/O) を伴う動作環境を整備することによって，当該単電子デバイスの電子動作形態を検証・測定する技術を確立することを目指す．

構想： 本研究では合成化学的見地に基づく有機・無機融合ナノパーツ合成，ナノ物理工学的見地に基づくナノ電子デバイス構築，ナノ電子工学的見地に基づくナノ電子計測の三位一体的な研究展開を図り，これに加えて理論的支援を行う方式による総合バーチャルラボ方式を取って，目的の達成を行う．

今後の見通し： 単一分子の量子状態を利用した単電子デバイスは，少数電子を用いた次々世代電子デバイスの重要な候補である．本研究が所期の成果をあげることができれば，分子ナノテクノロジーに対して確固たる知見と根拠を与えることができ，21世紀初頭の学術的・産業的に新たな出発点を提供できる．これらはいずれも重要な知的資産であり，実用化したときの社会的インパクトは非常に大きい．さらに本研究による成果をもとにして，より新しい意味でのナノ電子デバイス設計を目指した研究計画に可及的すみやかに取りかかれる可能性も出てこよう．特に本研究におけるナノ電子計測では，導電性 AFM 探針による局所的な電荷注入とその高感度観測を実現させる新しい試みを導入するが，これによって有機/金属界面での電子授受を制御できるようになる．さらに局所領域への少数電荷の閉じ込めの実現も期待でき，その成果から新規電子デバイスへの応用可能性につながる多くの興味深い展開も予想される．

本研究を通じて，精密に設計・合成されたナノ構造体における新しい電子状態の制御・利用を志向する新技術の創製に大きく寄与したい．

2. 研究実施体制

2.1 有機・無機融合ナノパーツ合成グループ

- ① 研究分担グループ長：北川敏一（京都大学化学研究所助教授）
- ② 研究項目：
 - （1）ナノ電子デバイスのための有機・無機融合ナノパーツ合成
 - （2）単電子デバイス回路における分子ナノワイヤーとしてのパイ共役型分子系の合成開発
 - （3）単電子デバイス回路における非共役型分子ジャンクション系の合成開発
 - （4）単分子メモリーに向けての、基板上での長鎖アルキル基を有するポルフィリン金属錯体の単分子層構築

2.2 ナノ電子デバイス構築グループ

- ① 研究分担グループ長：夢田博一（分子科学研究所助教授）
- ② 研究項目：
 - （1）被覆分子ナノワイヤーの開発を目指した、中心部分の70量体程度のナノスケールオリゴチオフェンの合成の確立
 - （2）シリコン基板上に非相溶な異種高分子をランダムにグラフトした混合ブラシ表面を構築する方法の開発
 - （3）シリコン基板上へ有機分子を共有結合で固定する方法の確立
 - （4）量子ドットとして機能するパイ共役部位を組み込んだ3端子単分子トランジスターの作製開発

2.3 ナノ電子計測グループ

- ① 研究分担グループ長：宇野英満（愛媛大学総合科学研究支援センター教授）
- ② 研究項目：
 - （1）電子ビームリソグラフィ技術等に基づいた少数分子- ナノスケール金属接合構造形成のための技術開発.
 - （2）ナノ電子デバイス構築のための高配向分子薄膜堆積技術および基板作製技術の確立

2.4 精密分子設計及び総括グループ

- ① 研究分担グループ長：田中一義（京都大学工学研究科教授）
- ② 研究項目：
 - （1）有機分子/金属界面におけるぬれ特性の分子論的解明
 - （2）金属基板とこれに接合した有機分子末端系における電子状態解析による電子移動度の評価.
 - （3）理論的解析に基づく量子ドット分子系の設計
 - （4）単分子トランジスターにおける電場の分子サイズの影響の理論解析