



# 超集積材料 研究ユニット

Supra-Integrated  
Materials Unit

## 概要

金属、セラミックス、プラスチック、半導体など新材料の創製は科学技術上、産業上、極めて重要である。新機能を持つ材料を生み出すためには、材料を組み合わせることにより無限の可能性があるが、これまで得られた材料は元の材料成分の性質を併せ持つ程度の複合機能に留まっていた。2011年にスタートした『JST-ERATO 彌田超集積材料プロジェクト』では、異なる材料をナノスケールで精密に組み合わせ、それぞれ単独の機能の足し合わせを遥かに超える機能を持つ材料（超集積材料）の開発を目指した。一言で言うと「上手に混ぜる」である。その基幹テーマの一つとして、分子材料を組み合わせる回路を作る「分子グリッド配線」について様々な要素技術開発に取り組んでおり、本研究ユニットは構築した要素技術を統合し、分子回路の開発実証と展開を行う。

## 研究目標

分子で回路を作るためには、配線の足場となる超高密度に配列した金のナノ電極基板、ナノ電極間を導電性高分子で配線する精密重合、分子グリッド配線のマクロな伝導特性から単一分子伝導を導くアルゴリズム、配線分子数の光計測が要素技術となる。ERATOプロジェクトでこれらの要素技術をほぼ確立したので、本研究ユニットでは、これらを統合した分子グリッド配線の動作実証を行う。上記精密重合では、個々の電極表面から重合が開始し、隣の電極にタッチダウンさせる曲芸のような重合配線に取り組んでいる。単一分子の伝導特性を限りなく正確に、再現性良く、一括評価するインターフェースとして機能することを確認する。この分子グリッド配線は、分子メモリー、分子スイッチ、分子トランジスターなど単一分子の極微小シグナルを高感度、低分散で検出できる学際的にも工学的にも展開可能な方法論である。用途の一例として、極微量のターゲット分子とグリッド配線分子の相互作用を高感度でセンシングすることで、血液検査など複雑な多成分系に含まれるターゲット分子を短時間で高感度計測できるなど、医療・健康分野への展開も期待できる。



ユニット・リーダー

**彌田 智一** (Tomokazu Iyoda)

### Profile

1979年 京都大学 工学部 石油化学科 卒業  
1984年 同 大学院工学研究科 石油化学専攻 博士後期課程修了 工学博士  
1984年 同 大学院工学研究科 分子工学専攻 助手  
1991年 米国アルゴンヌ国立研究所化学科 研究員  
1994年 (財)神奈川科学技術アカデミー「光機能変換材料」プロジェクト副室長  
1996年 東京都立大学 工学部 工業化学科 教授  
2002年 東京工業大学 資源化学研究所 教授(光機能化学部門)  
2006年 同 資源化学研究所 教授(集積分子工学部門)  
2011年 同 フロンティア研究機構 教授・資源化学研究所 教授(兼任)  
2016年4月 同 科学技術創成研究院 教授

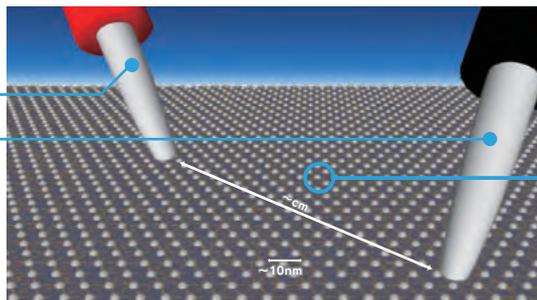
### メンバー

- 河内岳大 研究員 ●山口章久 研究員 ●野瀬啓二 研究員
- 三治敬信 研究員 ●野島達也 研究員

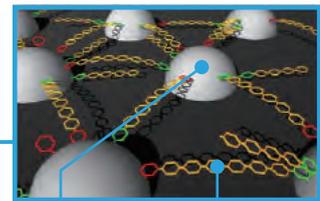
## 分子グリッド配線

テスター

超高密度に配列した  
金のナノ電極基板  
~10<sup>11</sup>ナノ電極/cm<sup>2</sup>



【拡大図】 ナノとマクロをつなぐ



ナノ電極

導電性高分子で配線

# 分野を超えた統合研究は 従来の枠組みにとらわれない 自由な発想、感性、 機動力が必要



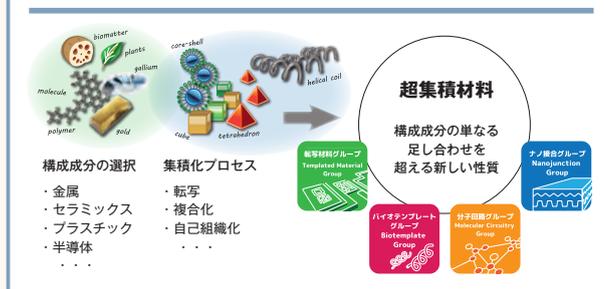
## Q なぜこの研究ユニットを作られたのですか？

『JST ERATO 禰田 超集積材料プロジェクト』では、自己組織化ナノ構造の転写複合化による機能探索（転写材料グループ）、生物微細構造を鋳型とするバイオテンプレート技術による機能探索（バイオテンプレートグループ）、分子で回路を作る要素技術開発（分子回路グループ）、異種材料界面の設計と機能探索（ナノ接合グループ）の4つの基幹テーマについて研究推進し、各テーマとも超集積材料と呼べる新しい価値の芽となる成果を得ました。本ユニットでは分子回路グループの技術成果を継承し、ユニットの仕組みを利用して、大規模かつ集中的に研究を進め実証することができます。また、超集積新材料創出への新たな方法論の確立に向け研究を進めることができます。今後、研究成果の発信を積極的に先導して行い、社会に成果の還元を図ります。

## Q この研究ユニットの強みを教えてください

超学際的な研究が強みです。材料化学、ナノサイエンス、高分子化学、表面化学、数理科学など分野を超えた統合研究は、従来の枠組みにとらわれない自由な発想、感性、機動力が必要です。対象材料に限らず、人・分野・技術・プロセス等を正しく配置し、“上手に混ぜ”、挑戦し続けることにより、それぞれ単独では成しえない方法論や成果が新たに生まれます。各技術は各々の成果であると同時に、それぞれを混ぜ合わせると大きなプロジェクトになります。“個”を生かしながら、“チーム”も生かすことができます、それがこの研究ユニットの強みだと考えています。

### 超集積材料の概略イメージ



## Q <sup>プロセス</sup> 研究目標を達成する道筋を教えてください

1974年に分子ダイオードの基本概念的提案がされましたが、それ以来、集積回路を分子レベルで作る研究は永遠の課題でした。分子材料を使えば新たなことができるという潜在能力は理解できても、実際、どのように実現するかは未解決でした。分子回路の構築は、ナノスケールの金属の生成や制御、分子や高分子の精密な合成、分子・高分子と電極の配置や接合をいかに行うか、それぞれ高度な技術をバランス良く統合するグランドデザインが必要不可欠だからです。

我々の研究では分子と材料の集積・統合を達成し、この5年間で今までにない成果を生み出しました。現時点で、我々の技術は世界でも唯一無二の要素技術の集積であり、実証化への準備は整いました。今後、要素技術をより高度に相互作用の制御をしながら分子グリッド配線の実証を行い、再現性と信頼性の高い分子グリッド配線の完成を目指します。

お問合わせ

東京工業大学  
超集積材料  
研究ユニット

〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259番地 すずかけ台キャンパス S2棟2F  
Tel : 045-924-5233 Email : iyoda.t.aa@m.titech.ac.jp  
Web : <http://ime.res.titech.ac.jp/>