

## ナノ分子科学研究部門 (分子スケールナノサイエンスセンター)

小川 琢 治 (教授) (2003年2月1日 ~ 2007年9月30日)\* )

A-1) 専門領域：有機化学、ナノサイエンス

A-2) 研究課題：

- a) サブマイクロメータ長 共役ポルフィリンワイヤーの合成と表面上での自己組織化
- b) 表面上での有機分子自己組織化の制御
- c) 分子定規法によるナノギャップ電極の作成とこれを用いた電子素子の研究
- d) 二探針電導性原子間力顕微鏡 (分子スケールプローバー) の作成

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 分子ワイヤーと称するものの多くは電導性基板上で作製されており、絶縁性基板上で直線的な構造を保った例はなかった。サブマイクロメータ長 共役ポルフィリンワイヤーが HOPG 表面で直線的な自己組織化体を表面上一様に形成する条件を見いだすことに成功し、またこの組織体を絶縁性のエポキシ樹脂やアルミナ上に転写することに成功した。
- b) HOPG 表面上での有機分子自己組織化をドナー分子として代表的なポルフィリンとアクセプター分子として代表的なジイミドを用いその構造を STM で観察した。アルキル基の長さが異なる一連のジイミド化合物を用いて研究したところ、アルキル基の長さによりドラスティックに2次元組織体の構造が変わることを見だし、その分子レベルでの構造を決定した。
- c) 硫化銀 / 白金のギャップ間に光応答性の有機分子を挟み込み「光応答性原子スイッチ」を目指した実験を行ったところ、基本的な動作を確認することに成功した。
- d) 二探針電導性原子間力顕微鏡がほぼ完成した。

B-1) 学術論文

**R. NEGISHI, T. HASEGAWA, K. TERABE, M. AONO, H. TANAKA, H. OZAWA and T. OGAWA**, "Different I-V Characteristic of Single Electron Tunneling Induced by Using Double-Barrier Tunneling Junctions with Differing Symmetric Structures," *Appl. Phys. Lett.* **90**, 223112 (3 pages) (2007).

**T. OGAWA, H. OZAWA, M. KAWAO and H. TANAKA**, "Photo Responsibility of Au Nano-Particle/Porphyrin Polymer Composite Device Using Nano-Gap Electrodes," *J. Mater. Sci: Mater. Electron.* **18**, 939-942 (2007).

**H. OZAWA, M. KAWAO, H. TANAKA and T. OGAWA**, "Synthesis of Dendron Protected Porphyrin Wires and Preparation of a One-Dimensional Assembly of Gold Nanoparticles Chemically Linked to the  $\pi$ -Conjugated Wires," *Langmuir* **23**, 6365-6371 (2007).

**W. HUANG, Z. CHU, S. GOU and T. OGAWA**, "Construction of Macrocyclic-Based Molecular Stairs Having Pendant 4-Aminopyridine, 4-Dimethylaminopyridine and Isonicotinonitrile Groups," *Polyhedron* **26**, 1483-1492 (2007).

T. YAJIMA, H. TANAKA, T. MATSUMOTO, Y. OTSUKA, Y. SUGAWARA and T. OGAWA, "Refinement of Conditions of Point-Contact Current Imaging Atomic Force Microscopy for Molecular-Scale Conduction Measurements," *Nanotechnology* **18**, 095501 (5 pages) (2007).

R. NEGISHI, T. HASEGAWA, H. TANAKA, K. TERABE, H. OZAWA, T. OGAWA and M. AONO, "Size-Dependent Single Electron Tunneling Effect in Au Nanoparticles," *Surf. Sci.* **601**, 3907–3911 (2007).

#### B-4) 招待講演

小川琢治, "Construction of nano-structures from conductive nano-materials with functional molecules, and studies on their electric properties," International Scanning Probe Microscopy Conference, Jeju (Korea), 2007年6月.

小川琢治, 「分子エレクトロニクスのための有機分子/無機ナノ構造体の固体表面上での自己組織化」第56回高分子討論会, 名古屋工業大学, 名古屋市, 2007年9月.

小川琢治, 「分子エレクトロニクスのための有機分子・無機ナノ構造体の自己組織化」第68回応用物理学会学術講演会シンポジウム, 北海道工業大学, 札幌市, 2007年9月.

小川琢治, 「分子エレクトロニクス実現に向けての有機分子・無機ナノ構造体の自己組織化とナノスケール電気特性の計測」第4回鈴木シンポジウム, 愛媛大学, 松山市, 2007年9月.

小川琢治, 「有機分子・無機ナノ構造複合体の作製と物性計測」九州大学大学院工学研究科特別講演会, 2007年5月.

#### B-5) 特許出願

特願 2007-207166, 「スイッチング素子とその応用」長谷川剛、青野正和、矢野史子、寺部一弥、鶴岡徹、海老原知子、小川琢治、田中啓文、日野貴美, 2007年.

特願 2007-027190, "Carbon nanotube-porphyrin composite rectifying devices," Tanaka, Hirofumi; Ogawa, Takuji; Yajima, Takashi, 2007年.

#### B-7) 学会および社会的活動

##### 学協会役員、委員

有機合成協会幹事 (1997–1998).

国際高等研究所特別研究「次世代エレクトロニクスに向けての物質科学とシステムデザイン」プロジェクトメンバー (2001–2005).

応用物理学会有機分子・バイオエレクトロニクス分科会幹事 (2002–2004).

国際高等研究所「電子系の新しい機能」プロジェクトメンバー (2005–2008).

##### 学会の組織委員

The First International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics 組織委員 (2000).

Asia Nano 2002, 組織委員 (2002).

Molecular and Bio-electronics International Conference 2, 組織委員 (2003).

Asia Nano 2004, 組織委員 (2004).

International Symposium on Nano-organization and Function, 組織委員 (2004).

分子エレクトロニクス研究会, 組織委員 (2004).

Asia Nano 2006, 組織委員 (2006).

#### 文部科学省、学術振興会等の役員等

文部科学省科学技術政策研究所科学技術動向研究センター専門調査員 (2000-).

日本学術振興会産学協力研究委員会「分子ナノテクノロジー研究委員会」委員 (2001-2006).

日本学術振興会「次世代エレクトロニクスに向けての物質科学とシステムデザインに関する研究開発専門委員会」委員 (2001-2005).

文部科学省学術審議会専門委員会科研費審査委員 (2003-).

日本学術振興会「電子系の新しい機能に関する研究開発専門委員会」委員 (2005-2008).

#### その他

独立行政法人通信総合研究所基礎先端部門関西先端研究センターナノ機構グループ併任職員 (2000-2006).

東京大学物性科学研究所嘱託研究員 (2000-2001).

産業総合研究所客員研究員 (2002-2006).

科学技術振興事業団戦略的基礎研究「精密分子設計に基づくナノ電子デバイス構築」チームアドバイザー (2002-2007).

#### B-8) 大学での講義、客員

九州大学大学院工学研究科, 集中講義「分子ナノ科学」, 2007年 5月 21-22日.

#### B-9) 学位授与

小澤寛晃, 「Preparation and properties of nano-structures fabricated from porphyrin polymers with inorganic nano-materials」, 2007年 3月, 博士(理学)

#### B-10) 外部獲得資金

重点領域研究, 「含ピスマス-インターエレメント化合物の研究」, 小川琢治 (1997年-1999年).

西田記念基礎有機化学研究助成, 「機能性有機分子の合成とマイクロ電極アレイを用いた有機分子デバイス化の研究」, 小川琢治 (1997年).

長瀬科学技術振興財団, 小川琢治 (1998年).

基盤研究(B), 「分子エレクトロニクスに最適化した光機能性有機分子の合成と物性の研究」, 小川琢治 (1999年-2001年).

科学技術振興事業団さきがけ研究21, 「ナノ電極/有機分子組織体による次世代電子素子の創出」, 小川琢治 (1999年-2002年).

基盤研究(C) (企画調査) 「分子スケールエレクトロニクス」, 小川琢治 (2000年).

科学技術振興事業団戦略的基礎研究, 「巨大ポルフィリンアレーのメソスコピック構造デバイス」, 小川琢治 (2001年-2006年).

萌芽研究, 「機能性有機分子による単電子トランジスターの構築」, 小川琢治 (2002年-2003年).

基盤研究(A), 「ナノ環境を利用した有機分子高次組織体の構築とその電子物性の研究」, 小川琢治 (2003年-2006年).

基盤研究(B), 「カーボンナノチューブ電極による単分子電子素子の研究」, 小川琢治、田中啓文 (2007年-2009年).

萌芽研究, 「ナノ球リソグラフィとシャドーコーン方によるナノロッド配列の作製とその光学特性評価」, 田中啓文 (2004年-2005年).

文部科学省科学技術試験研究「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合新興分野研究開発」に関する研究開発,「原子スイッチを用いた次世代プログラマブル論理演算デバイスの開発——ナノギャップ形成に関する研究」小川琢治、田中啓文 (2005年-).

研究助成石川カーボン科学技術振興財団,「カーボンナノチューブ配線上でナノデバイスとして動作する平面分子に関する研究」田中啓文 (2005年).

研究助成島津科学技術振興財団,「単層カーボンナノチューブ配線上へのナノサイズ分子デバイスの配置と点接触電流イメージング原子間力顕微鏡を用いた特性評価」田中啓文 (2005年).

若手研究(B),「カーボンナノチューブ配線上でナノデバイスとして動作する平面分子の電気特性評価」田中啓文 (2006年-2007年)

#### C) 研究活動の課題と展望

計測機器としての二探針電導性原子間力顕微鏡やナノギャップ電極の作成技術,有機分子の自己組織化や転写など,分子スケール電子素子の研究に必要な基礎技術,手法はかなりの進展が見られた。2008年は大阪大学において単分子で機能を持つ有機分子の開発を行い,これらの手法で物性計測を行い,当初の目的を達成したい。

\* ) 2007年10月1日大阪大学大学院理学研究科教授,分子科学研究所教授兼任