

I 金属・半導体ナノ粒子の合成と物性

Preparation and Characterization of Nanoparticles

佐藤井一・八尾浩史

Sato, S., Yao, H.

物質のサイズがナノメートルの大きさになると、その電子状態に変調が起こるため、種々の物性が変化する。このサイズ効果がどの様に発現され、物質の形状や化学種に対してどのように依存するのかを調べるため、金属（金・銀など）や無機半導体（シリコン・ゲルマニウムなど）を主な対象としてナノメートルサイズの粒子を作成する様々な技術を開発している。また電気物性や光学物性の観点から各種サイズ効果を詳細に解明すると共に高機能化を目指し、来たるべきナノサイズ素子時代の一翼を担うべく徹視的な物質系の基礎研究を行っている。

II ナノ粒子組織体・分散系の物性

A Study on Nanoparticle Assemblies and Dispersions

佐藤井一・八尾浩史

Sato, S., Yao, H.

微小な金属ナノ粒子や半導体粒子を水や有機溶媒に分散すると、液体の種類や粒子の表面状態に応じて分離沈降したり、均一に分散したり、特別な条件下ではナノ粒子結晶（超格子）を生成すると共に、その組織化・分散化の状態に応じてコロイド分散液の色調が変化する。更には、場合によっては光や熱、電場をトリガーにして粒子集合形態が1次元、2次元、3次元へと変化する。このような粒子系の集合構造の変化の原因とその物性を光学的、電氣的、磁氣的な手段を駆使して研究している。特に、ナノ粒子の精密配列を目指した2次元超構造体や3次元粒子結晶の作製を目的として、粒子集合体の組織構造を制御する方法の開発を行っている。

III 有機ナノ・メゾスコピック超分子構造

Nano/Mesoscopic Supramolecular Structures of Organic Aggregates

八尾浩史・佐藤井一

Yao, H., Sato, S.

ある種の有機 π 電子系機能色素分子は、自己組織的に規則正しい分子配列を持つ高次会合体（J会合体・H会合体）を形成し、その分子間相互作用・電子状態の非局在化を反映した特徴的な分光

特性を示すと共に、メゾスコピックサイズの超分子構造を取る。また、積極的なボトムアップの手法によって色素分子をナノ構造化すれば、バルク状態とは異なった相互作用に起因した新たな光学特性（特に発光特性）の発現・サイズ効果も期待できる。我々は、有機分子の高次会合体やそのナノ粒子が有する特徴的なモルフォロジー・超分子的構造・分子配列、更にはそれらと光学機能との相関について、様々なマイクロスコピックな手法（顕微蛍光/偏光観察・原子間力顕微鏡・光散乱・電子顕微鏡など）を駆使して研究を行っている。

IV 不斉ナノ物質の機能性に関する研究

Physicochemical Properties of Chiral Nanomaterials

八尾浩史・佐藤井一

Yao, H., Sato, S.

キラルな有機分子で表面保護された金属ナノクラスターの不斉光学応答は、表面配位子と量子サイズ効果が発現する領域にある金属コアの双方の影響を受けるため、通常の分子系のものとは著しく異なっている。我々は、金属ナノクラスターのキラル化学の確立とその基礎学理の解明・展開を柱として、立体化学的に系統性を持ったキラル配位子を用いての光学活性金属ナノクラスターの精密合成・表面変換・不斉誘導・電子状態解明を目指し、種々の顕微鏡法や分光法を駆使して研究を行っている。これらの研究は、ナノからサブナノ領域における新しいキラル化学・制御手法を提供するものであると考えている。

発表論文 List of Publications

- I-1 佐藤井一・東 省吾：IV族半導体ナノ粒子の光化学エッチングによる粒径制御、第60回応用物理学会春季学術講演会（神奈川、2013.03）。

- II-1 佐藤井一：大気中・室温で導電膜を形成する金ナノ粒子インク、第11回イノベーション・ジャパン2012（東京、2012.9）。
- II-2 佐藤井一：室温焼成可能な水性ナノ粒子インク、イノベーションフェア関西（大阪、2012.12）。
- II-3 土橋哲明・山内弘史・佐藤井一：室温での導電膜形成のための水分散金ナノ粒子インク、Cat-on-cat 新規表面反応研究センターシンポジウム2012（兵庫、2012.12）。
- II-4 H. Yamauchi, T. Dobashi, S. Sato: Gold-Nanoparticle Inks for Room-Temperature Formation of Conductive Films, 14th International Association of Colloid and Interface Scientists Conference (IASIS 2012)（仙台、2012.5）。
- II-5 T. Dobashi, H. Yamauchi, S. Sato: Synthesis of Gold Nanoparticles Modified with Sub-nm Thick Thiolate Monolayers for Application to Nanoparticle Inks, 6th International Conference on Gold Science, Technology and its Applications (Gold 2012)（東京、2012.9）。

- II-6 H. Yamauchi, T. Dobashi, S. Sato: Gold-Nanoparticle Inks for Room-Temperature Formation of Conductive Films, *Chem. Lett.*, **41** (2012) 1154–1156.
- III-1 T. Enseki, H. Yao: Organic Nanoparticles of Carbocyanine Dye: Synthesis and Interesting Spectroscopic Properties, 14th International Association of Colloid and Interface Scientists Conference (IASIS 2012) (仙台, 2012. 5) .
- III-2 圓石智基・八尾浩史: ナノ粒子の精密合成・光機能性に関する研究、第5回兵庫県立大学シンポジウム (姫路、2012. 9) .
- III-3 船田智仁・八尾浩史: ESIPT 反応型有機ナノ粒子の作製とその発光特性、Cat-on-cat 新規表面反応研究センターシンポジウム 2012 (兵庫、2012.12) .
- III-4 八尾浩史: 強発光性有機ナノ粒子の創製、はりま産学交流会 10 月例会 (姫路、2012.10) .
- III-5 H. Yao: Ion-Based Organic Dye Nanoparticles with Versatile Fluorescence Color Tunability: Efficient Antenna Effect, 26th Conference of the European Colloid and Interface Society (ECIS 2012) (Malmö, 2012. 9) .
- III-6 H. Yao, K. Ashiba: Efficient Excitation-Energy Transfer in Ion-Based Organic Nanoparticles with Versatile Tunability of the Fluorescence Colours, *ChemPhysChem*, **13** (2012) 2703–2710.
- III-7 T. Enseki, H. Yao: Controlled Formation of Fluorescent Organic Nanoparticles of Carbocyanine Dye via Ion-Association Approach, *Chem. Lett.*, **41** (2012) 1119–1121.
- III-8 H. Yao: Mesoscopic Morphology, Optical Anisotropy and Spectroscopic Properties of Cyanine J-Aggregates, In *J-Aggregates, Vol. 2*, Chapter 13, ed. by T. Kobayashi; World Scientific, (Singapore), 403–441 (2012).
- IV-1 R. Ueno, H. Yao: Synthesis of Chiral Dithiol-Protected Gold Nanoclusters: Do Chiroptical Responses Recognize the Ligand Structures including Dithiol Bonding Motif?, 6th International Conference on Gold Science, Technology and its Applications (Gold 2012) (東京、2012. 9) .
- IV-2 上野竜太・八尾浩史: ジチオール配位子保護金ナノクラスターの作製と評価, Cat-on-cat 新規表面反応研究センターシンポジウム 2012 (兵庫、2012.12) .
- IV-3 H. Yao, M. Saeki: Postsynthetic Asymmetric Transformation of Boronic-Acid-Protected Gold Nanoclusters Studied by Magnetic Circular Dichroism (MCD) and Electronic Circular Dichroism (ECD), 13th Trends in Nanotechnology International Conference (TNT 2012) (Madrid、2012. 9)
- IV-4 H. Yao (Invited): Ligand-Protected Metal Nanoparticles with Chirality: Postsynthetic Asymmetric Transformation via the Boronic Acid–Saccharides Chemistry, 2012 EMN (Energy Materials Nanotechnology) Fall Meeting (Las Vegas、2012.12)
- IV-5 H. Yao, M. Kitaoka, A. Sasaki (Rigaku Co.): Chemical Transformation of Chiral Monolayer-Protected Gold Clusters: Observation of Ligand Size Effects on Optical and

Chiroptical Responses, *Nanoscale*, **4** (2012) 955–963.

IV-6 H. Yao, M. Saeki, A. Sasaki (Rigaku Co.): Boronic-Acid-Protected Gold Clusters capable of Asymmetric Induction: Spectral Deconvolution Analysis of Their Electronic Absorption and Magnetic Circular Dichroism, *Langmuir*, **28** (2012) 3995–4002.

IV-7 H. Yao: On the Electronic Structures of Au₂₅(SR)₁₈ Clusters Studied by Magnetic Circular Dichroism Spectroscopy, *J. Phys. Chem. Lett.*, **3** (2012) 1701–1706.

大学院物質理学研究科

博士前期課程

山内弘史：金ナノ粒子薄膜の電気伝導特性

上野竜太：不斉配位子保護金ナノクラスターの作製と光学活性

圓石智基：電荷移動型有機ナノ粒子の作製とその光学特性

土橋哲明：金ナノ粒子インクの電気伝導度

科学研究費補助金等

1 文部科学省科学研究費補助金（平成 22～24 年度）基盤研究（C） 課題番号: 22510104

研究課題 金属ナノクラスターのポストキラル変換と不斉光学応答

研究代表者 八尾浩史

2 ひょうご科学技術協会一般学術研究助成（平成 24 年度）

研究課題 プリンテッド・エレクトロニクスにおける焼成不要金属ナノ粒子インクの開発

研究代表者 佐藤井一