

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ように発現され、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、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、電気的、磁気的手段を駆使して研究している。特に、ナノ粒子が分散している溶媒の電解質濃度や温度、蒸発速度などを調節しながら気液界面や固体基板上でナノ粒子を一様膜、あるいは2次元超構造体、3次元粒子結晶体に集合させる方法を開発している。

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

Yao, H.

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

Yao, H.

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。

V 有機薄膜デバイスに関する研究

Studies on organic thin film devices

田島裕之

Tajima, H.

有機薄膜デバイスは、有機ELに代表されるように応用面が注目されているが、絶縁体物質に電荷キャリアを注入し、新しい物性を作り出すという点で、21世紀の電子物性研究の柱となる分野である。われわれは、有機トランジスタ、サンドイッチ型薄膜デバイスを種々の物質を用いて作成するとともに、これらのデバイスにおける物性測定技術の開発も行っている。特に光CELIV法は、光で注入したキャリアを電場で抽出するという実験手法であり、解析法、実験手法を含めて集中的に実験を行っている。また微小単結晶を用いた有機薄膜トランジスタの作成法を開発した。

VI 有機伝導体および強相関電子系に関する研究

Studies on Organic Conductors and Strongly Correlated Electron System

田島裕之
Tajima, H.

鉄フタロシアニン分子は、分子が持つ4回対称性のために、軌道磁気モーメントの消失が起こっていないという特異的な性質を持つ分子である。この分子からなる有機伝導体においては、巨大負磁気抵抗、自発磁化、異方的磁化率など、各種の異常な磁気特性を示す。この物質の磁性を調べるために、自己検知型カンチレバーを用いた超高感度磁気トルク測定法を開発し、この手法を用いた各種実験を展開した。また強相関係物質の分光測定、強磁場中での磁気抵抗測定を行った。

発表論文 List of Publications

- I-1 陳棟 (関西学院大)・王莉 (関西学院大)・八尾浩史・佐藤井一・玉井尚登 (関西学院大) : シリコン量子ドットの励起子ダイナミクス - フェムト秒近赤外過渡吸収分光による研究、第7回分子科学討論会 (京都、2013. 9) .
- II-1 佐藤井一・山内弘史 : 金ナノ粒子分散液及びその製造方法、特開 2013-181205.
- III-1 H. Yao : Fabrication of Organic Nanoparticles with Multi-Colour Emission via Ion-Association Technique, Challenges in Organic Materials & Supramolecular Chemistry (ISACS10) (Kyoto, 2013. 6) .
- III-2 船田智仁・八尾浩史 : ES IPT 反応型有機ナノ粒子の作製と分光特性、第64回コロイドおよび界面化学討論会 (名古屋、2013. 9) .
- III-3 T. Funada, H. Yao : Far-Red Fluorescence Reporters: Synthesis and Spectroscopic Properties of Organic Nanoparticles of Triphenylmethane Dye, Novel Designed Surface and Catalysis for Greener Future: C & FC Pre-Symposium (Himeji, 2013. 11) .
- III-4 H. Yao (Invited) : Photofunctional Organic Nanoparticles, 3rd International Conference on Nanotech and Expo (Las Vegas, 2013. 12) .
- III-5 T. Funada, N. Tamai (関西学院大) , H. Yao : Far-Red Fluorescent Organic Nanoparticles of Triphenylmethane Dye, Trends in Nanotechnology Japan 2014 (TNT Japan 2014) (Tokyo, 2014. 1) .
- III-6 C. Fukui, H. Yao : A Novel Approach to Synthesizing Fluorescent π -Conjugated Polymer Nanoparticles based on Ion-Association, Trends in Nanotechnology Japan 2014 (TNT Japan 2014) (Tokyo, 2014. 1) .
- III-7 H. Yao, T. Enseki : Size-Dependent Spectral Linewidth Narrowing of H-bands in Organic Nanoparticles of Pentamethine Cyanine Dye, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **271** (2013) 124–129.
- IV-1 八尾浩史・佐伯昌紀 : 表面修飾金ナノクラスターの光学活性 : キラル配位子保護・不斉変換、第20回記念シンポジウム モレキュラーキラリティ 2013 (MC2013) (京都、2013. 5) .

- IV-2 八尾浩史・八百村翔太：配位子交換反応を利用する金ナノクラスターのキラル架橋化と巨大不斉光学応答，第 64 回コロイドおよび界面化学討論会（名古屋、2013. 9）。
- IV-3 小林亮太・八尾浩史：キラルな配位子を持つ Au-Pd 二元金属ナノクラスターの合成と評価，第 64 回コロイドおよび界面化学討論会（名古屋、2013. 9）。
- IV-4 R. Kobayashi, H. Yao : Chiral Monolayer-Protected Au-Pd Bimetallic Nanoclusters: Synthesis and Chiroptical Properties, Novel Designed Surface and Catalysis for Greener Future: C & FC Pre-Symposium (Himeji, 2013. 11) .
- IV-5 H. Yao, S. Yaomura, R. Ueno : Chiral Cross-Linking between Monolayer-Protected Gold Nanocluster Surfaces: Large Chiroptical Effects, Optics of Surfaces and Interfaces (OSI-10) (Chemnitz, 2013. 9)
- IV-6 八尾浩史 (招待講演) : 表面保護金属ナノクラスターの魔法数構造・電子状態とキラル機能、化学とマイクロ・ナノシステム学会 第 28 研究会 (28th CHEMINAS) (姫路、2013. 12) .
- IV-7 R. Ueno, H. Yao : On the Surface Structure of 1,3-Dithiol-Protected Gold Nanoparticles interpreted by the Size Effect of IR Absorption Properties, *Colloid Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, **426** (2013) 39–46.
- IV-8 H. Yao, S. Yaomura : Emergence of Large Chiroptical Responses by Ligand Exchange Cross-Linking of Monolayer-Protected Gold Clusters with Chiral Dithiol, *Langmuir*, **29** (2013) 6444–6451.
- IV-9 H. Yao, R. Kobayashi : Chiral monolayer-Protected Au-Pd Bimetallic Nanoclusters: Effect of Palladium Doping on their Chiroptical Responses, *J. Colloid Interface Sci.*, **419** (2014) 1–8.
- V-1 "Electrochemically Fabricated Phthalocyanine-based Molecular Conductor Films and Their Potential Use in Organic Electronic Devices"; M. Matsuda, N. Kinoshita, M. Fujishima, S. Tanaka, H. Tajima, and H. Hasegawa, *Appl. Phys. Express*, **6**, 021602 (2013).
- V-2 "Characteristics of organic light-emitting devices consisting of dye-doped spin crossover complex films"; M. Matsuda, K. Kiyoshima, R. Uchida, N. Kinoshita, H. Tajima, *Thin Solid Films*, **531**, 451–453 (2013).
- V-3 "Low-temperature Photo-CELIV Measurement: A New Technique to Determine the Density of Geminate Pairs in Organic Photovoltaic Cells", H. Tajima, 11th Japan-China Joint Symposium, 2013. 9.1-3, Changchun, China.
- V-4 "Fabrication of a field effect transistor structure using charge-ordered organic materials α -(BEDT-TTF)₂I₃ and α' -(BEDT-TTF)₂IBr₂"; M. Kimata, T. Ishihara, A. Ueda, H. Mori, H. Tajima, *Synthetic Metals*, **173**, 43-45 (2013).
- V-5 "Spin Injection into Organic Polymer Film by Spin Pumping"; M. Kimata, D. Nozaki, H. Tajima, International Workshop on Organic Magneto-Optics, Magneto-Electronics, and Magneto-Thermoelectrics, 2013. 10. 25-27, Wuhan , China (Plenary Lecture)
- V-6 "Giant negative magnetoresistance in an organic nanocrystal: site-selective device fabrication by nanoscale electrocrystallization"; H. Hasegawa, M. Matsuda, H. Tajima, J.

Mater. Chem. C, **1**, 6416–6421(2013).

- VI-1 "Calibration Technique Using Nonlinear Region in Cantilever Magnetometry Experiments and Presence of Universal Curve"; K. Torizuka, H. Tajima, G. Yoshida, M. Inoue, J. Appl. Phys., **52**, 066601(2013). (8 pages).
- VI-2 "Magnetic torque experiments on $\text{TPP}[\text{Fe}(\text{Pc})\text{L}_2]_2$ (L=Br and Cl): Antiferromagnetic short range ordering of d electrons, Antiferromagnetic ordering of pi electrons, and the anisotropy energy"; K. Torizuka, H. Tajima, M. Inoue, N. Hanasaki, M. Matsuda, D. E. C. Yu, T. Naito, T. Inabe, J. Phys. Soc. Jpn., **82**, 034719 (2013). (14 pages)
- VI-3 "Mechanism of Enhanced Optical Second-Harmonic Generation in the Conducting Pyrochlore-Type $\text{Pb}_2\text{Ir}_2\text{O}_7-x$ Oxide Compound"; Y. Hirata, M. Nakajima, Y. Nomura, H. Tajima, Y. Matsushita, K. Asoh, Y. Kiuchi, A. G. Eguiluz, R. Arita, T. Suemoto, and K. Ohgushi, Phys. Rev. Lett., **110**, 187402 (2013). (5 pages)
- VI-5 "Metamagnetic Transition and Its Related Magnetocapacitance Effect in Phthalocyanine-Molecular Conductor Exhibiting Giant Magnetoresistance"; N. Hanasaki, T. Tateishi, H. Tajima, M. Kimata, M. Tokunaga, M. Matsuda, A. Kanda, H. Murakawa, T. Naito, and T. Inabe, J. Phys. Soc. Jpn., **82**, 094713 (2013). (5 pages).

大学院物質理学研究科

博士前期課程

- 山内弘史：低密度表面修飾した水分散金ナノ粒子による導電膜形成
- 上野竜太：キラルな配位子を持つ金ナノクラスターの表面反応と不斉光学応答
- 圓石智基：電荷移動錯体型有機ナノ粒子の作製と光誘起エレクトロクロミズム
- 土橋哲明：機械的湿式粉碎による短鎖有機分子修飾シリコンナノ粒子の作製
- 有馬 駿介：有機薄膜トランジスターの作成と物性測定
- 小林 亮太：2元金属ナノクラスターの作製及び物性測定
- 船田 智仁：有機ナノ粒子の作製と発光特性

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 24～26 年度）基盤研究（C） 課題番号: 24550147
研究課題 極低温におけるバルクヘテロ接合の電子輸送特性の研究
研究代表者 田島裕之
- 2 泉科学技術振興財団 研究会リーダー助成（平成 25 年度 H25-L-007）
代表者 田島裕之
- 3 ナノテクノロジープラットフォーム（試行的利用 平成 25 年度）
研究課題 有機機能性微小単結晶を用いた薄膜電子デバイス作成
研究代表者 田島裕之
- 4 ナノテクノロジープラットフォーム（試行的利用 平成 25 年度）
研究課題 表面保護二元金属ナノクラスターの内部合金構造の解明と不斉光学応答
研究責任者 八尾浩史