

## 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・木村啓作

Sato, S., Yao, H., Kimura, K.

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 ナノ粒子組織体と分散系の物性

### A Study on Nano-Colloid Assemblies and Dispersions

八尾浩史・佐藤井一・木村啓作

Yao, H., Sato, S., Kimura, K.

微小な金属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種類・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、更にはフラクタル構造へと変化する。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/Mesosopic Supramolecular Structures of Organic Aggregates

八尾浩史・木村啓作・佐藤井一

Yao, H., Kimura, K., Sato, S.

ある種の有機 $\pi$ 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・顕微分光・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 機能性物質の物性研究

### Physicochemical Properties of Functional Materials

木村啓作・八尾浩史・佐藤井一  
Kimura, K., Yao, H., Sato, S.

ナノ粒子が集合するとその組織構造により単結晶から稠密凝集物、フラクタル凝集体にわたる様々な固体状態をとり、それに応じて量子サイズ効果を含んだ各種の固体物性を示すようになる。ナノ粒子やナノ構造体の微視構造を明らかにするため走査トンネル顕微鏡や原子間力顕微鏡等による測定を行っている。このナノ粒子組織体の示す機能を明らかにするために、分光学的な測定や電気伝導度の測定を行っている。

### 発表論文 List of Publications

- I-1 東 省吾・佐藤井一・八尾浩史・木村啓作：熱酸化と遠心分離によるシリコン微結晶のサイズ制御、第 71 回応用物理学会学術講演会（長崎、2010）。
- I-2 山内弘史・松田亜弓・佐藤井一・木村啓作：金ナノ結晶集合体の電氣的性質、第 58 回応用物理学関係連合講演会（神奈川、2011）。
- I-3 S. Azuma, S. Sato, K. Kimura: Fabrication of monodisperse silicon nanocrystals by thermal oxidation and centrifugation, International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science; NCSS 2010（東京、2010）。
- I-4 S. Sato, N. Maejima, K. Kimura: Synthesis and optical characterization of surface modified Si nanocrystals with linalyl acetate, The 3rd Asian Silicon Symposium (杭州、中国、2010)。
- I-5 S. Sato, T. Ito, K. Kimura: Refractive index regulation of gold nanocrystal superlattices by varying the nanocrystal size, *Jpn. J. Appl. Phys.* **49** (2010) 06GJ05 [3 pages].
- I-6 S. Sato, A. Matsuda, T. Sugimoto, K. Kimura: Structural and electrical characterization of three-dimensional superlattices of organic monolayer protected gold nanocrystals, *Jpn. J. Appl. Phys.* **50**, (2011) 01BH01 [3 pages].
- II-1 M. Saeki, H. Yao, K. Kimura: Synthesis of monodisperse boronic-acid-protected gold nanoclusters and their chiral sensing applications for sugar, International Conference on

- Nanoscope Colloid and Surface Science; NCSS 2010 (東京、 2010) .
- II-2 H. Yao, M. Saeki, K. Kimura: Boronic-acid-protected silver nanoclusters: High affinity for chiral saccharides and induced optical activity, 10th International Conference on Nanostructured Materials; NANO 2010 (Roma, Italy, 2010).
- II-3 H. Yao, M. Kurokami, K. Kimura: Functionalization of carbon graphite surfaces with two-dimensional arrays of biomolecular ligand-protected gold nanoparticles, 24th Conference of the European Colloid and Interface Society; ECIS 2010 (Prague, Czech, 2010).
- II-4 H. Yao, M. Saeki, K. Kimura: Induced optical activity in boronic-acid-protected silver clusters by complexation with chiral fructose, 2010 環太平洋国際化学会議; Pacificchem 2010 (Honolulu, USA, 2010).
- II-5 H. Yao: Chiroptical responses of metal nanoclusters with protective monolayers of chiral thiols, 20th Anniversary Joint-Symposium of School of Science, University of Hyogo; International Symposium on Bioimaging and Surface Sciences (上郡、 2011) .
- II-6 H. Yao, M. Saeki, K. Kimura: Induced optical activity in boronic-acid-protected silver nanoclusters by complexation with chiral fructose, *J. Phys. Chem. C.*, **114** (2010) 15909–15915.
- III-1 H. Yao: Prospects for organic dye nanoparticles, In *Advanced Fluorescence Reporters in Chemistry and Biology. II. Molecular Constructions, Polymers and Nanoparticles*, ed. by A. P. Demchenko; Springer Series on Fluorescence, Vol. 9; Springer, Heidelberg (Germany), 285–304 (2010).
- III-2 M. El-Kemary, H. Yao: Synthesis, characterization and optical properties of organic nanoparticles of piroxicam anti-inflammatory drug, *J. Photochem. Photobiol. A: Chem.*, **212** (2010) 170–175.
- III-3 H. Yao, M. Saeki, K. Kimura: Induced optical activity in boronic-acid-protected silver nanoclusters by complexation with chiral fructose, *J. Phys. Chem. C.*, **114** (2010) 15909–15915.
- IV-1 木村啓作: サイズと次元に支配されるナノメートル物質の世界 (「物質科学の世界」第 10 章)、共立出版 (2010) 124–137.
- IV-2 T. Sugimoto, H. Fujii, H. Yao, S. Sato, K. Kimura: Preparation of Au nanoparticle/protein hybrid material, International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science; NCSS 2010 (東京、 2010) .

## 大学院物質理学研究科

博士前期課程

佐伯昌紀：ボロン酸修飾金属ナノクラスター

東 省吾：光酸化によるシリコンナノ粒子のサイズ制御

杉元達哉：金ナノ粒子の表面反応制御とタンパク質ハイブリッドの作製

## 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 文部科学省科学研究費補助金（平成 21～22 年度）若手研究（B） 課題番号:21760012  
研究課題 金属ナノ粒子から成る人工誘電体の合成と物性評価  
研究代表者 佐藤井一
- 3 兵庫県立大学特別教育研究助成金（平成 22 年度）  
研究課題 金属ナノ粒子を用いた糖類のセンシングとそのメカニズム解明  
研究代表者 八尾浩史