

久保園 芳 博 (助手)

A-1) 専門領域：物性物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 金属内包フラーレン固体の構造・物性
- b) フラーレン薄膜の物性とデバイス展開
- c) ナノメータスケールでのフラーレンの物性とナノデバイスへの展開

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) Dy@C₈₂およびCe@C₈₂の異性体Iの精製・分離試料を得て、その結晶性固体を使ったX線粉末回折から、10–423 Kまでの広い温度領域と、1から70 kbarまでの圧力下での構造を調べた。Rietveld解析の結果、常温では両結晶ともにPa $\bar{3}$ の空間群をもつ単純立方構造をとり、C_{2v}構造のM@C₈₂(M: CeおよびDy)がC₂軸を結晶の[111]に向けて $\bar{3}$ を満たすようにdisorderした構造をとっていることがわかった。また、150 K付近に $\bar{3}$ を満たすdisorderの凍結に起因すると考えられる構造相転移が存在することが示唆された。これらの結果は、すべて *Physical Review B* に掲載ないし投稿された。
- b) C₆₀, C₇₀およびDy@C₈₂薄膜を用いた電界効果トランジスタ(FET)デバイスを作製し、FET動作特性を調べた。これらは、すべて正のゲート電圧印加においてFET動作する *n*-channel FETであり、C₆₀とC₇₀はエンハンスメント型、Dy@C₈₂はdepletion型として動作することがわかった。実現した移動度(μ)はC₆₀薄膜FETで、 $0.14 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ であり、有機薄膜FETとしては極めて高い。また、C₆₀およびC₇₀薄膜FETの μ の温度依存性から、これらはすべてホッピング型輸送機構に基づく伝導特性を示すことがわかった。なお、C₆₀は*n*型半導体であることから、FET動作には多数キャリアが寄与していることになり、蓄積型のチャンネル形成が行われているものと示唆される。さらに、C₆₀FETの μ のガス曝露効果や膜厚依存性を調べるとともに、C₆₀薄膜FETを用いた論理回路を作製した。また、M@C₈₂の薄膜の電気抵抗率測定により、三価金属を内包したM@C₈₂が基本的に小さなギャップを有する半導体であることを見いだした。これらの結果は *Physical Review B* に投稿された。
- c) Si(111)-7 \times 7表面上に蒸着された単分子のDy@C₈₂および数モノレイヤーのDy@C₈₂の配列構造の観察を常温と130 Kにおいて行い、Dy@C₈₂の分子サイズ、Si(111)-7 \times 7表面上での吸着サイトの特定および分子間の距離に関する情報を得た。また、STSからギャップが0.1–0.2 eV程度であることが示唆されたが、これは薄膜の電気抵抗率から示唆された結果と同じである。この結果は *Physical Review B* に投稿予定である。

B-1) 学術論文

- Y. TAKABAYASHI, Y. KUBOZONO, T. KANBARA, S. FUJIKI, K. SHIBATA, Y. HARUYAMA, T. HOSOKAWA, Y. RIKIISHI and S. KASHINO**, “Pressure and Temperature Dependences of Structural Properties of Dy@C₈₂ Isomer I,” *Phys. Rev. B* **65**, 73405-1–73405-4 (2002).
- H. ISHIDA, T. NAKAI, N. KUMAGAE, Y. KUBOZONO and S. KASHINO**, “Crystal Structure and Phase Transition in *Tert*-butylammonium Tetrafluoroborate Studied by Single Crystal X-Ray Diffraction,” *J. Mol. Struct.* **606**, 273–280 (2002).

K. ISHII, A. FUJIWARA, H. SUEMATSU and Y. KUBOZONO, “Ferromagnetism and Giant Magnetoresistance in the Rare-earth Fullerides $\text{Eu}_{6-x}\text{Sr}_x\text{C}_{60}$,” *Phys. Rev. B* **65**, 134431-1–134431-6 (2002).

D. H. CHI, Y. IWASA, X. H. CHEN, T. TAKENOBU, T. ITO, T. MITANI, E. NISHIBORI, M. TAKATA, M. SAKATA and Y. KUBOZONO, “Bridging Fullerenes with Metals,” *Chem. Phys. Lett.* **359**, 177–183 (2002).

S. FUJIKI, Y. KUBOZONO, M. KOBAYASHI, T. KAMBE, Y. RIKIISHI, S. KASHINO, K. ISHII, H. SUEMATSU and A. FUJIWARA, “Structure and Physical Properties of $\text{C}_{53+\alpha}\text{C}_{60}$ ($\alpha = 0.0\text{--}1.0$) under Ambient and High Pressures,” *Phys. Rev. B* **65**, 235425-1–235425-7 (2002).

Y. MARUYAMA, S. MOTOHASHI, N. SAKAI, K. WATANABE, K. SUZUKI, H. OGATA and Y. KUBOZONO, “Possible Competition of Superconductivity and Ferromagnetism in Ce_xC_{60} Compounds,” *Solid State Commun.* **123**, 229–233 (2002).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

Y. NAGAO, R. IKEDA, S. KANDA, Y. KUBOZONO and H. KITAGAWA, “Complex-Plane Impedance Study on a Hydrogen-Doped Copper Coordination Polymer: *N,N'*-bis-(2-hydroxy-ethyl)-dithioxamidato-copper(II),” *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* **379**, 89–94 (2002).

B-3) 総説、著書

Y. KUBOZONO, “Encapsulation of atom into C_{60} cage,” in “Endofullerenes: A new family of carbon clusters,” T. Akasaka and S. Nagase, Eds., Kluwer academic publishes b. v., Chap. 12 (2002).

久保園芳博, 「フラーレンをベースにした高機能複合材料の設計」, 「特集 フラーレン科学の新展開」, *化学工業* **53**, 13–17 (2002).

C) 研究活動の課題と展望

金属内包フラーレン固体の構造・物性研究のアクティビティーを上げるために、HPLCにより $M@C_{82}$ や $M@C_{60}$ の分離精製を精力的に行うとともに、その結晶性固体を得て放射光を使った粉末X線回折およびXAFSの研究を進めています。また、金属内包フラーレン薄膜を使った電気抵抗率測定や光電子分光による電子構造の研究も進めています。これらの研究は、分子研滞在2年間の研究で順調に立ち上がっています。また、フラーレン薄膜を用いたFET研究についても結果が出始めていますが、次の研究ステップに向けて準備を進めています。ナノメータスケールでのフラーレンの物理に関する研究は、結果がやっと出始めたところですが、得られた成果をベースにナノデバイスに向けた研究を進めていくつもりです。