

## 久保園 芳 博 (助手)\*)

A-1) 専門領域：構造化学、物性物理化学

A-2) 研究課題：

- a) 金属内包フラーレンおよび高次フラーレン固体の構造物性
- b) 高機能のフラーレン薄膜デバイスの開発
- c) フラーレンのナノスケール構造物性

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) これまで研究が行われてこなかった金属内包フラーレンや高次フラーレン固体の構造と物性の研究に本格的に取り組んだ。二価金属原子や三価金属原子を内包した $C_{82}(M@C_{82})$ の異性体分離された固体について、結晶構造と電気抵抗率の温度依存性を測定し、三価の金属原子を内包した $C_{82}$ については、狭いバンドギャップを有する半導体で、結晶構造は単純立方構造を取るなどことがわかってきた。なお、二価金属原子を内包したものについては、現在研究が進行中である。また、金属原子を内包していない $C_{82}$ については、溶媒を一切含まない結晶の粉末X線回折から、この結晶が単純立方構造を取ることを決定した。このように、この間の取り組みにより、金属内包フラーレンや高次フラーレンの固体物性研究に着実な一歩を踏み出した。
- b) 金属内包フラーレンや高次フラーレン薄膜を使った電界効果トランジスタ(FET)を作製し、FET動作特性を低温から高温までの広い温度領域で調べた。この研究の目的は、フラーレンを使った新しい機能性デバイスを実現することにある。これまでに金属内包フラーレン薄膜FETとして、 $Dy@C_{82}$ と $Ce@C_{82}$ のFETデバイスを実現し、高次フラーレンについても $C_{82}$ と $C_{84}$ についてFET動作を確認した。これらはすべてnチャンネルノーマリオン型の特性を示した。これらのFET特性は、金属内包フラーレンや高次フラーレンが $C_{60}$ や $C_{70}$ と比べて狭いバンドギャップを有する半導体であることに密接に関連している。
- c) 金属内包フラーレンをシリコン清浄表面上に蒸着して、STMにより積層構造の観察を行った。 $Dy@C_{82}$ は、Siの $7 \times 7$ 清浄表面の3個のアドアトム上(レストアトム直上)に70%以上の割合で吸着し、強い化学結合を形成することが明らかになった。また、常温でケージの内部構造を観察することに成功した。さらに、 $Dy@C_{60}$ のSTMイメージを取ることに成功した。このSTMイメージは、金属内包 $C_{60}$ がケージ構造をとることを始めて実験的に明らかにしたものである。さらに、エネルギー分解STMによる内包金属原子位置の確認や、詳細な積層構造についての情報を得るための研究を進めている。

B-1) 学術論文

Y. KUBOZONO, Y. TAKABAYASHI, K. SHIBATA, T. KANBARA, S. FUJIKI, S. KASHINO, A. FUJIWARA AND S. EMURA, "Crystal Structure and Electronic Transport of  $Dy@C_{82}$ ," *Phys. Rev. B* **67**, 115410 (8 pages) (2003).

T. TAKENOBU, D. H. CHI, S. MARGADONNA, K. PRASSIDES, Y. KUBOZONO, A. N. FITCH, K. KATO and Y. IWASA, "Synthesis, Structure, and Magnetic Properties of the Fullerene-Based Ferromagnets,  $Eu_3C_{70}$  and  $Eu_9C_{70}$ ," *J. Am. Chem. Soc.* **125**, 1897–1904 (2003).

D. H. CHI, Y. IWASA, K. UEHARA, T. TAKENOBU, T. ITO, T. MITANI, E. NISHIBORI, M. TAKATA, M. SAKATA, Y. OHISHI, K. KATO and Y. KUBOZONO, "Pressure-Induced Structural Phase Transition in Fullerenes Doped with Rare

Earth Metals,” *Phys. Rev. B* **67** 094101 (9 pages) (2003).

**J. KOU, T. MORI, M. ONO, Y. HARUYAMA, Y. KUBOZONO and K. MITSUKE**, “Molecular- and Atomic-Like Photoionization of  $C_{60}$  in the Extreme Ultraviolet,” *Chem. Phys. Lett.* **374**, 1–6 (2003).

**J. B. CLARIDGE, Y. KUBOZONO and M. J. ROSSEINSKY**, “A Complex Fulleride Superstructure-Decoupling Cation Vacancy and Anion Orientational Ordering in  $Ca_{3+x}C_{60}$  with Maximum Entropy Data Analysis,” *Chem. Mater.* **15**, 1830–1839 (2003).

**T. MORI, J. KOU, M. ONO, Y. HARUYAMA, Y. KUBOZONO and K. MITSUKE**, “Development of a Photoionization Spectrometer for Accurate Ion Yield Measurements from Gaseous Fullerenes,” *Rev. Sci. Instrum.* **74**, 3769–3773 (2003).

**K. SHIBATA, Y. RIKIISHI, T. HOSOKAWA, Y. HARUYAMA, Y. KUBOZONO, S. KASHINO, T. URUGA, A. FUJIWARA, H. KITAGAWA, T. TAKANO and Y. IWASA**, “Structural and Electronic Properties of  $Ce@C_{82}$ ,” *Phys. Rev. B* **68**, 094104 (7 pages) (2003).

**T. KANBARA, K. SHIBATA, S. FUJIKI, Y. KUBOZONO, S. KASHINO, T. URISU, M. SAKAI, A. FUJIWARA, R. KUMASHIRO and K. TANIGAKI**, “N-Channel Field Effect Transistors with Fullerene Thin Films and Their Application to a Logic Gate Circuit,” *Chem. Phys. Lett.* **379**, 223–229 (2003).

#### B-4) 招待講演

久保園芳博, 「STMによる金属内包フラーレンの電子密度マッピング」, 東北大学金属材料研究所研究会 ナノカーボン材料の物性とエレクトロニクス, 東北大学金属材料研究所, 仙台市, 2003年11月.

**Y. KUBOZONO**, “Physical properties of metallofullerenes in solid, thin film and nanometer scale,” 203rd ECS Symposium (Solid-State Physics), Paris (France), April–May 2003.

久保園芳博, 「放射光による炭素クラスター物質の構造物性研究」, 兵庫県大型放射光施設産学官研究会 第三回無機系材料分科会講演会, 兵庫県立工業技術センター, 神戸市, 2003年3月.

#### B-7) 学会および社会的活動

学協会の役員、委員

日本物理学会領域7世話人.

科学研究費の研究代表者、班長等

文部省科学研究費補助金 基盤研究 (B) (2) 代表者 (2003-2004).

#### B-8) 他大学での講義、客員

筑波大学TARA研究センター, 客員研究員 (2002.1-).

#### C) 研究活動の課題と展望

固体・薄膜・ナノの各階層において、フラーレンを始めとする炭素クラスターの機能性を引き出すための研究を進めている。とくに、フラーレンをベースにして、新しい物理現象をひっぱりだすための研究を進めたいと考えている。その過程で実用にも耐えうる、面白い物質を出せたらよいと考えている。

\* 2003年4月1日岡山大学理学部助教授