

ナノカーボン物質におけるスピン・量子制御の開拓

Exploring of Nano-Carbon Optics; Spin and Coherent Control in Nano-Carbon Materials

京都大学 松田一成

ナノカーボン物質の一つであるカーボンナノチューブは、直径がわずか 1nm の細長い筒状のナノ物質であり、近年のナノサンスやナノテクノロジー研究を象徴する物質である。ナノサイエンスを基盤にした新しい物質科学やその応用を展開する研究舞台として、カーボンナノチューブなどのナノカーボン物質は非常に興味深い系である。このようなカーボンナノチューブの光学的性質に深く関与する電子状態の理解が、様々な量子光物性の発現に向け重要となっている。それらは同時に、ナノカーボン物質における新しい光機能の発現や量子状態の制御、さらにはそれらを利用したデバイス創成などに向けた課題でもある。

カーボンナノチューブでは、光で生成された電子とホールがクーロン力で束縛した状態である“励起子”（固体中での水素原子様な状態）が、その光学的性質（光物性）に大きな影響を及ぼし、様々な量子光物性を発現させる[1-2]。さらに我々は、キャリアをドーピングしたカーボンナノチューブにおいて、ドーピングされたホールと光で生成された電子とホールの三つの粒子が束縛した状態である“正に帯電した荷電励起子”もしくは“正のトリオン”と呼ばれる状態（固体中での水素分子イオン様な状態）が安定に存在していることを見いだした[3]。これは、室温という非常に高い温度領域で安定に存在する荷電励起子(トリオン)の初めての観測例であるとともに、カーボン系材料において初めてのトリオンというスピン自由度の量子状態制御が可能な素励起を、世界に先駆けて発見したことを意味する。さらに、電気化学的ドーピングという手法を利用し、二つの電子と一つのホールが束縛した“負に帯電した荷電励起子”（負のトリオン）も、カーボンナノチューブでは安定に存在することを実験的に示すことができた[4]。また、上記意外にもカーボンナノチューブの特異な量子光物性[5-8]、さらにはデバイス応用[9]に向けた様々な研究成果が得られたことを付記しておく。これらは、固体物理学や物質科学という観点だけでなく、今後のナノカーボン物質の光・量子デバイス応用も含め、ナノカーボン・サイエンス（オプティクス）に向けた重要な成果であると考えられる。

- [1] H. Hirori, Y. Miyauchi, S. Maruyama, K. Matsuda, Y. Kanemitsu, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 257401 (2006).
- [2] R. Matsunaga, K. Matsuda, and Y. Kanemitsu, *Phys. Rev. Lett.* **101**, 147404 (2008).
- [3] R. Matsunaga, K. Matsuda, and Y. Kanemitsu, *Phys. Rev. Lett.* **106**, 037404 (2011), *Physics Viewpoint; Physics* **4**, 5 (2011).
- [4] J. S. Park, Y. Hirana, S. Mouri, Y. Miyauchi, N. Nakashima, and K. Matsuda, *J. Am. Chem. Soc.* **134**, 14461 (2012).
- [5] S. Mouri, Y. Miyauchi, and K. Matsuda, *J. Phys. Chem. C* **116**, 10282 (2012).
- [6] S. Mouri and K. Matsuda, *J. Appl. Phys.* **111**, 094309 (2012).
- [7] S. Konabe, K. Matsuda, and S. Okada, *Phys. Rev. Lett.* **109**, 187403 (2012).
- [8] S. Mouri, Y. Miyauchi, M. Iwamura, and K. Matsuda, *Phys. Rev. B* **87**, 045408 (2013).
- [9] D. Kozawa, K. Hiraoka, Y. Miyauchi, S. Mouri, and K. Matsuda, *Appl. Phys. Exp.* **5**, 042304 (2012).