

岡本 博

東京大学大学院 新領域創成科学研究科

プロフィール：昭和36年1月16日 東京都生まれ [勤務先] 東京大学大学院新領域創成科学研究科物質系専攻 助教授 工学博士 [経歴] 昭和58年3月東京大学工学部物理工学科卒、63年3月同大学院工学系研究科博士課程修了、同年4月岡崎国立共同研究機構分子科学研究所助手、平成4年4月東北大学科学計測研究所講師、平成7年12月同助教授、平成10年4月東京大学大学院工学系研究科物理工学専攻助教授、平成10年10月からさきがけ研究21「状態と変革」研究者（兼任）、平成11年4月東京大学大学院新領域創成科学研究科物質系専攻助教授、平成13年4月から強相関電子技術研究センター強相関フォトニクスチームリーダー（兼任）。[専門] 固体物性、レーザー分光。[趣味] ドライブ、テニス。[連絡先] 113-8656 文京区本郷7-3-1、E-mail: okamoto@ku-tokyo.ac.jp

強相関一次元遷移金属錯体の光誘起相転移

強相関系とは、電子間に強いクーロン反発が働いている物質の総称であり、多くの遷移金属化合物がこれに属する。この強相関系は、興味深い伝導性や磁性を示すことから、近年精力的な研究がなされてきた。その代表例が、銅酸化物の高温超伝導やマンガ酸化物の巨大磁気抵抗であろう。筆者は、この強相関系において、光物性や光機能性という観点から、新しくまた応用上重要な現象を探索することを目的として本さきがけ研究を進めてきた。その結果、強相関一次元電子系を有する金属錯体系において、巨大な非線形光学応答や新奇な光誘起相転移を見出した。以下でその概略を紹介する。

(1) ハロゲン架橋ニッケル錯体の巨大非線形光学応答と光誘起相転移

ハロゲン架橋ニッケル錯体 $[\text{Ni}(\text{chxn})_2\text{Br}]\text{Br}$ は、ハロゲンイオン (Cl^- や Br^-) と三価のニッケルイオンが交互に並んだ一次元鎖 $[\text{---X---Ni---X---Ni---X---Ni---X---Ni---X---}]$ を有する。ニッケルは、一次元電子系を構成するd軌道に不対電子 (スピン $S=1/2$) を持っているが、d電子間の大きなクーロン反発によってこの物質は絶縁体となる。このような系はモット絶縁体と呼ばれている。 π 共役ポリマーなどのバンド絶縁体である一次元物質の電子状態がよく解明されているのに対し、スピンの自由度をもった一次元モット絶縁体の光励起状態の性質については、まだ十分な理解が進んでいないのが現状である。そこで、その電子状態の解明を目的として、ニッケル錯体系において電場変調分光測定を行い、従来調べられてきたバンド絶縁体との詳細な比較を行った。その結果、一次元モット絶縁体の電子状態の特徴は、奇と偶の電荷移動 (CT) 励起状態が縮退することにあること、その結果、三次の非線形感受率 $\chi^{(3)}$ が他の一次元系に比べて著しく増大すること、が明らかとなった (図1)。これらの性質は、一次元モット絶縁体に特徴的な性質であり、 π 共役ポリマーをはじめとする一次元バンド絶縁体と本質的に異なるものである。さらに、この種の系において光励起によってキャリア注入を制御できれば、金属状態への相転移 (光誘起モット転移) の実現が可能かもしれない。講演では、このような光誘起相転移の試みについても紹介したい。

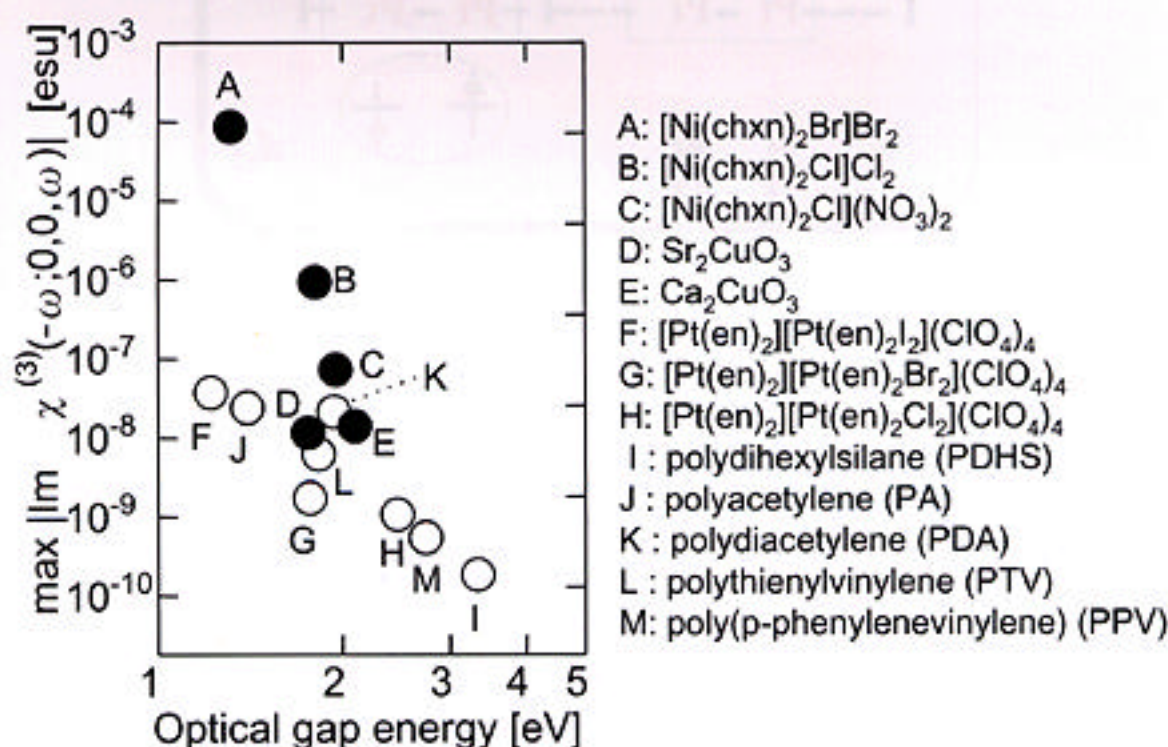


図1 電場変調分光によって求められた様々な一次元半導体の三次の非線形光学定数 $|\chi^{(3)}(-\omega; 0, 0, \omega)|$ 最大値。●はモット絶縁体、○はバンド絶縁体の結果である。

(2) ハロゲン架橋複核白金錯体における光誘起相転移

ハロゲン架橋複核白金錯体 ($R_2[Pt(pop)_2]_n$) は、 $[-I-Pt-Pt-I-Pt-Pt-I-]$ なる一次元鎖を持つ強相関一次元物質である。この錯体において、カウンターイオンRを様々なイオンや分子に置換した約二十種類の錯体について、偏光反射スペクトル、ラマン散乱、スピン帯磁率等を詳細に測定し、電子状態の解明を試みた。その結果、これらの錯体系が、図2に示す電荷分極 (CP) 相の物質と電荷密度波 (CDW) 相の物質に分類されることがわかった。さらに、Rとしてアルキルアンモニウム $(C_2H_5)_3NH$ を持つ錯体では、圧力印加によって、CP相からCDW相への相転移が生じることを見出した。この圧力誘起相転移は、約0.4GPaの大きなヒステリシスを有する。このヒステリシスの領域で光を照射すると双方向で光誘起相転移を起こすことができることがわかった。この物質群のCP相は、常磁性であると同時に (強) 誘電性を示す可能性があり、他の物質では見られない特徴的な電子相である。すなわち、この系は、光によって磁性と誘電性を同時に制御できる可能性がある新しいタイプの物質系であることがわかった。

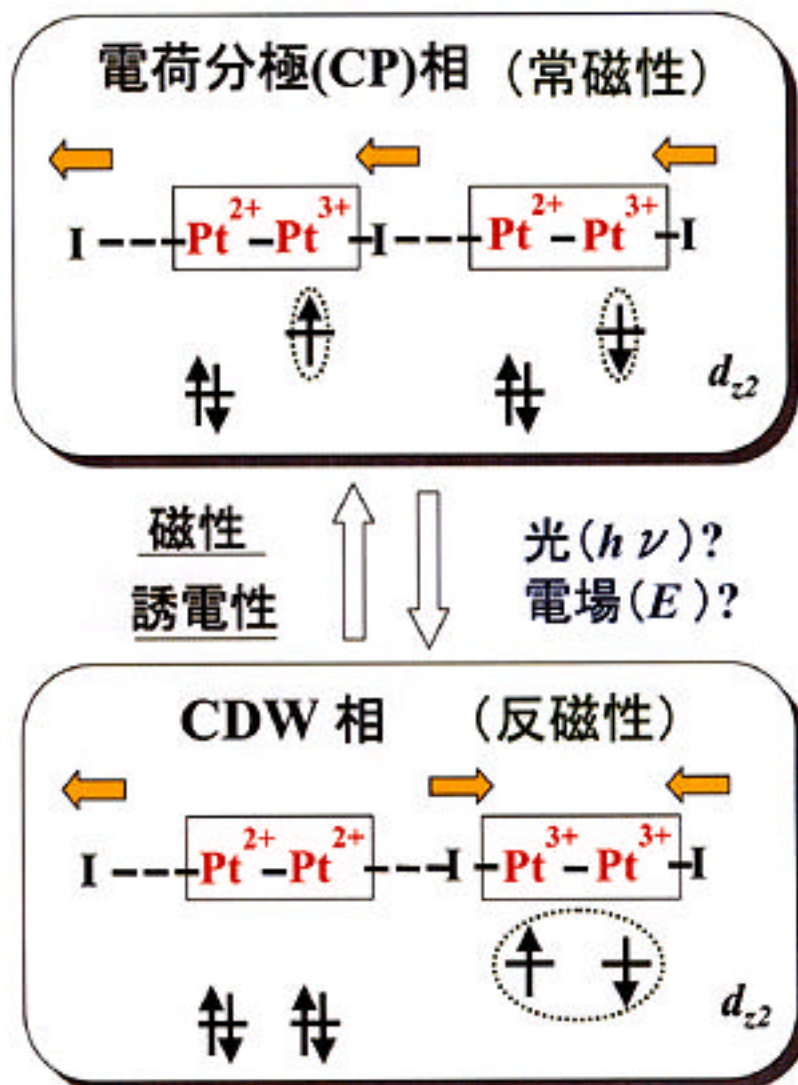


図2 ハロゲン架橋複核白金錯体の基底状態

研究成果

[さきがけ研究中に発表した主な論文、解説、著書など]

1. H. Okamoto and M. Yamashita, *Bull. Chem. Soc. Jpn., Accounts*, **71**, 2023-2039 (1998).
2. M. Yamashita, S. Miya, T. Kawashima, T. Manabe, T. Sonoyama, H. Kitagawa, T. Miya, H. Okamoto, and R. Ikeda, *J. Am. Chem. Soc.*, **121**, 2321-2322 (1999).
3. M. Yamashita, T. Manabe, K. Inoue, T. Kawashima, H. Okamoto, H. Kitagawa, T. Mitani, K. Toriumi, H. Miyamae, and R. Ikeda, *Inorganic Chemistry*, **38**, 1894-1899 (1999).
4. M. Yamashita, T. Manabe, T. Kawashima, H. Okamoto, and H. Kitagawa, *Coordination Chemistry Review*, **190-192**, 309-330 (1999).
5. H. Okamoto, H. Kishida, M. Ono, H. Matsuzaki, M. Yamashita, and T. Manabe, *Journal of Luminescence*, **87-89**, 204-206 (2000).

6. H. Kishida, M. Matsuzaki, H. Okamoto, T. Manabe, M. Yamashita, Y. Taguchi, and Y. Tokura, *Nature*, **405**, 929-932 (2000).
7. H. Kishida, K. Fujinuma, and H. Okamoto, *Synth. Met.*, **120**, 909-910 (2001).
8. T. Manako, Y. Okimoto, M. Izumi, S. Shinomori, H. Kishida, H. Okamoto, T. Fukumura, M. Ohtani, M. Kawasaki, and Y. Tokura, *Appl. Phys. Lett.*, (2001) in press.
9. H. Kishida, M. Ono, K. Miura, H. Okamoto, M. Izumi, T. Manako, M. Kawasaki, Y. Taguchi, Y. Tokura, T. Tohyama, K. Tsutsui, and S. Maekawa, *Phys. Rev. Lett.*, (2001) in press.
10. 岡本 博、日本物理学会誌 Vol. **55**, 31-36 (2000).
11. 岸田英夫、岡本 博、固体物理、Vol.**36**, 125-137 (2001).
12. 岡本 博、岸田英夫、化学と工業、Vol.**54**, 579-584 (2001).
13. 岡本 博、新しい磁気と光の科学 “新材料と電場効果”、第2章 強相関一次元系の巨大非線形光学応答41-68、講談社サイエンティフィック (2001).

【新聞記事】

1. 日刊工業新聞 2000年6月22日 6面 「モット・ハバード絶縁体 3次の光学非線形性発見 東大 光材料の開発に期待」
2. 日経産業新聞 2000年6月22日 10面 「東大が光素子用新素材 変化の大きさ、約1000倍」
3. 神奈川新聞 2000年6月22日朝刊 25面 「東大のグループ 光信号操作に新物質を発見 電算機にも応用」
4. 河北新報 2000年6月22日 朝刊 24面 「東大グループ 光で光信号切り替え可能 新しい物質を発見」
5. 中日新聞 2000年6月22日 朝刊 3面 「別の光で光信号を切り替え 新物質を発見 銅酸化物とニッケルハロゲン化物 岡本東大助教授ら発表」
6. 化学工業日報 2000年6月22日 11面 「東大、極めて大きな光学非線形性を発見、モット・ハバード絶縁体」
7. 四国新聞 2000年6月22日 朝刊 3面 「光で光信号切り替え 東大で発見 新物質、電算機の応用も」
8. 南日本新聞 2000年6月22日 夕刊 2面 「光で光信号切り替え 東大助教授ら 新物質を発見」
9. 日本工業新聞 2000年6月23日 19面 「東大、1000倍の光学非線形物質発見、光コンピューター実現へ」
10. 日本経済新聞 2000年6月24日 朝刊 15面 「光コンピューター用絶縁光学材料を発見 東大」