

訪問日 2014年8月26日

東京大学 物性研究所 森 初果 教授

研究題名：革新的プロトエレクトロニクス有機材料の開発

東京大学・森初果先生を訪ねて

東京大学・柏キャンパスにある物性研究所の森先生をお訪ねしました。先生のお話では、柏キャンパスは本郷、駒場に次ぐ第3のキャンパスとして2000年に設立、「学融合」と「知の冒険」をキーワードとし、新たな取り組みをしています。物性研究所は当時の六本木キャンパスから移転し、新しい機能を持つ物質・界面の創成や、興味深い物質・システムの性質を高性能の装置を用いて解明することを目指しています。世界最高磁場730テスラ、世界最短アト秒光パルスの利用施設など、極限環境下のビッグサイエンス／物質や界面を創成するスモール・ナノサイエンスなどに挑む全国共同利用研究所です。

丁度お訪ねした当日、物性研究所から先生の研究がプレスリリースされるとのことで、リリースの1時間前に発表資料をいただくことができました。プレス内容は、直近のJACS（アメリカ化学会誌）に掲載され同誌のSpotlight（編集者が選ぶ注目論文）に選ばれた研究に関するもので、「電気伝導性と磁性が切り替わる純有機物質の開発」です。先生のご配慮により、この論文の謝辞に財団名を加えていただきました。当日は化学用語は極力使わず、現象を中心に分かりやすく説明いただきました。

当日は柏キャンパスの紹介に続き、各種n電子機能性有機物の例を通じて、有機半導体から始まり、金属並み導電性有機物、有機超伝導体、有機強磁性体など、n電子の機能性物質科学の展開を説明いただきました。さらに近年、有機トランジスタ、有機EL、有機太陽電池など有機エレクトロニクスなどが、一部応用に利用されているとのことでした。

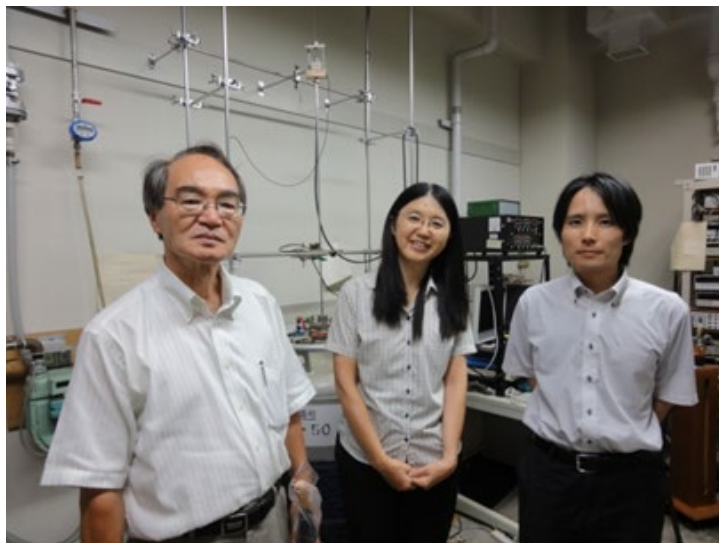
先生の研究は、先生の言葉を借りれば“プロトエレクトロニクス”です。電子とプロトンの特性は従来別々に使われていましたが、先生は電子とプロトンが協奏することにより生じる新物性の開拓を行っています。今まではドナー（電子供与体）とアクセプタ（電子受容体）の2成分で電気伝導体を作っていましたが、電子にプロトンを連動させると1成分で電気伝導体ができるとのことでした。両者の連動は、光合成の「キノプール」で行われ、植物では30億年前から当たり前にエネルギー変換時に用いられています。植物に習い機能性材料を作るために、オルトヒドロキノンであるカテコールを、分子性伝導体のTTF（テトラチアフルバレン）と融合したカテコール縮環型TTFを合成しました。そして2分子のカテコールTTFから、1プロトンと1電子を引き抜くことで、中性単成分で電気が流れる有機物を作りました。これは昨年1月にNature Communicationに、「世界最高の室温伝導性を持つ単成分純有機物の開発」として掲載されました。現在、常温常圧で金属的特性をもつ物質もできつつあるとのことでした。これらの有機物は分子間相互作用が強いため、自己組織的に集積でき、導電性インクのように印刷で回路体ができる可能性があるとのことでした。

これまで、軽水素（プロトン）は低温までTTF間のほぼ中心で揺らいでいましたが、これを重水素に置き換えると、185Kで中心から偏ります。その重水素の移動の伴い、同温度で常磁性半導体から非磁性絶縁体へ、電気伝導性と磁性の切り替えが起こります。これが最初に述べたプレスリリースです。共同研究先の高エネルギー加速器研究機構で、物質に強いX線を当てて調べたところ、重水素の電子雲が185Kで約0.25Å動くのが観測されたとのことでした。重水素がわずかに動いただけで、結合している両TTF間の電荷のバランスが大きく変化した結果、伝導性と磁性の切り替えが起こったそうです。

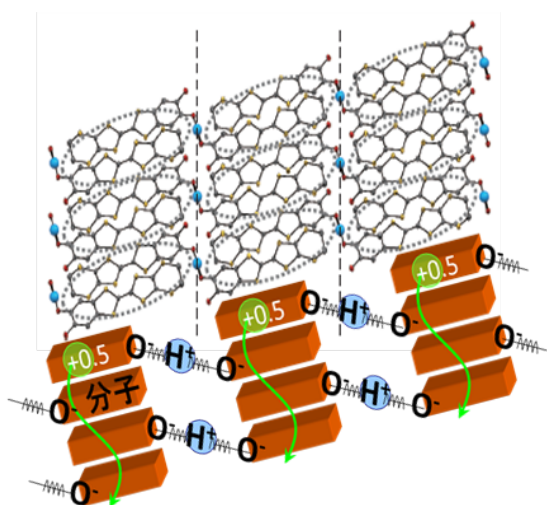
当日は燃料電池の酸素電極への応用など熱く説明いただけました。「学融合」と「知の冒険」を両輪と

して、新しい概念“プロトエレクトロニクス”が説明抜きで新規な学術分野として認知されるよう研究の裾野が広がるのを期待します。

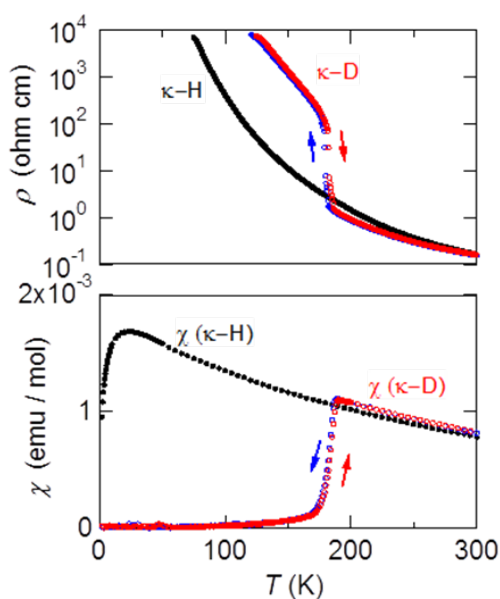
(2014年8月26日、技術参与・飯塚)



実験室で; 中央が森先生



電子とプロトンがカップルすることによりできる単成分高伝導性純有機物の結晶構造、2次元伝導層が水素結合プロトンで連結されている。(固体物理Vol.49,No.4, 2014より引用)



軽水素体と重水素体の抵抗率及び磁化率の温度依存性。重水素が移動して、電気伝導性と磁性の切り替えが起こる。(固体物理Vol.49,No.4, 2014より引用)