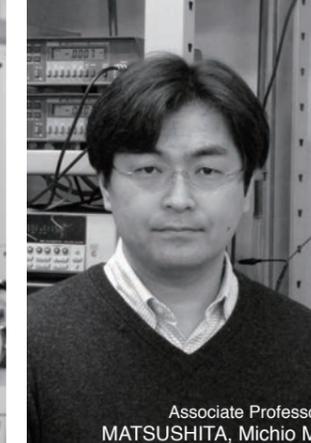


Advanced Materials



Professor AWAGA, Kunio



Associate Professor MATSUSHITA, Michio M.



Assistant Professor ZHANG, Zhongyue

2. 研究内容

(1) 有機ラジカル固体の開発:

有機ラジカルがもつ不対電子は、電荷キャリアとなって電気伝導性を生み出す一方、その電子スピンの誘起する磁気モーメントが固体の磁気的性質の起源となります。また開殻電子系は特異な光学的性質を生み出します。我々は、強く3次元的な分子間相互作用をもつ有機ラジカル固体物性を広範に研究しています。このような強相関ラジカル分子の合成、結晶構造解析、さまざまな物性測定を通じて、有機強磁性、非線形半導体電気伝導、非線形光学効果、磁気的安定性などを見出しました。さらに、開殻電子化学種の基礎電子物性を明らかにした上で、さまざまな素子構造を適用し、全く新しい作動機構をもつ有機トランジスタや有機光電変換素子の研究を展開しています。有機エレクトロニクスの研究対象は、これまでペンタセンやC60のような閉殻電子構造の化合物に限られていましたが、我々は開殻化学種を用いた新しい有機ラジカルエレクトロニクスの構築を目指しています。

(2) 物性化学と固体電気化学の接点:

2次電池や機能性電極をターゲットとする固体電気

化学は非常に大きな分野ですが、電解質溶液への溶解といった問題がある分子性固体や有機物が対象となることはあまりありません。しかし、多くの有機ラジカルが電気化学的に合成されたことを見れば明らかのように、電気化学はラジカル化学種の合成法として大変優れています。我々は、固体電気化学の手法を自己集積有機薄膜や金属クラスター錯体など、電解質に不溶な固体試料に適用し、電気化学的に試料のキャリア濃度やラジカル濃度を自由に制御し、これによって有機強磁性から有機超伝導まで、自由に物性を引き出す電気化学バンドフィリング制御に挑戦しています。また、このような化合物を電子プールとして考え、大容量と超急速充電を可能にする分子性2次電池の研究を進めています。

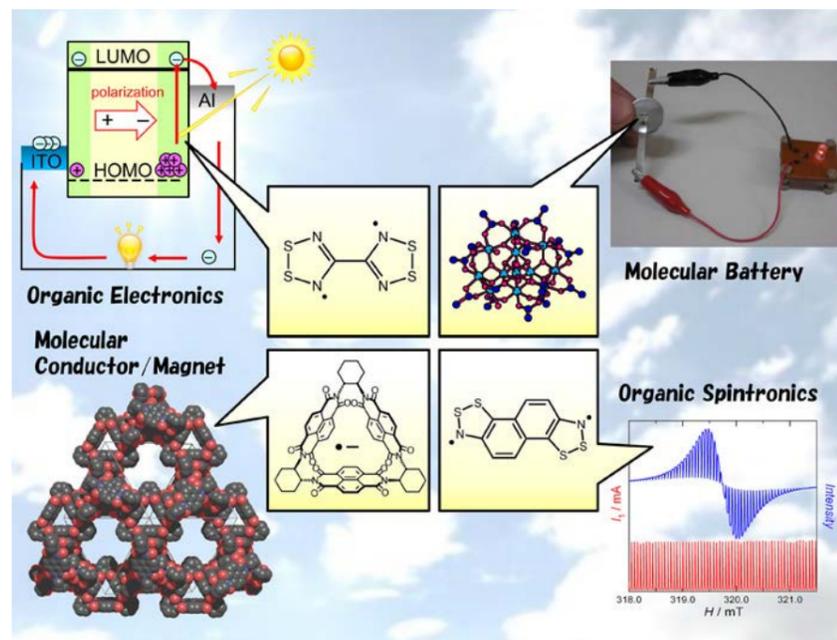
そのほか、有機ラジカル新しい反応性や、高圧や電流を印加しながら磁気測定や構造解析を行うといった、新しい計測法の開拓にも取り組んでいます。以上のように、開殻電子系物質が見せるさまざまな機能性に関心があり、物質設計から化学合成、物性測定・解析に至る総合的な研究を展開しています。

1. はじめに

分子に新しい機能や反応性を求める研究は、前世紀、もっともよく発達した自然科学の研究領域の一つです。そのなかで、分子性固体に新しい物性を求める研究には二つの大きな潮流があり、そのひとつが有機半導体や伝導性プラスチック、有機金属/超伝導体に代表される「分子性導体」研究であり、他方が「分子磁性」研究です。我々は主に後者の領域で研究を展開してきましたが、その過程で世界初の有機強磁性体を発見するなどの成果を挙げてきました。近年では、このような分子物性研究の一つの出口として、有機トランジスタや有機EL、有機太陽電池などに代表される有機エレクトロニクスが関心を集めています。

これまでの分子物性研究が「金属」「超伝導」「強磁性」など、主に単結晶試料中に静的な「Property」を作り出す手法に関心があったのに対して、有機エレクトロニクス研究では、電極上に形成された薄膜であることが多く、電子やエネルギー移動によって生じる連鎖によってPropertyをシステム化し、高次機能を作り出すことが求められ

ています。またこのような試料は、2次電池などを研究対象とする固体電気化学へも展開可能で、ここでは固体物性と溶液反応が融合された総合的な科学が必要です。エネルギーや環境問題が危惧され、持続可能な社会に関心が集まる現在、広い意味での有機物にかけられる期待には大きいものがあります。また、自然界でのエネルギー変換を考えると、地上のエネルギー資源の多くが太陽からもたらされたことは明らかで、このエネルギー変換に沿いつつ、またできるだけ上流で研究を展開したいと考えています。



最近の主な論文・著書

- 1) L. Hu, X. Liu, S. Dalgleish, M. M. Matsushita, H. Yoshikawa, and K. Awaga, "Organic optoelectronic interfaces with anomalous Q1 Q2 transient photocurrent", *J. Mater. Chem. C*, **3**, 5122-5135 (2015).
- 2) A. Mizuno, Y. Shuku, R. Suizu, M. M. Matsushita, M. Tsuchiizu, D. R. Mañeru, F. Illas, V. Robert, and K. Awaga, "Discovery of the K4 Structure Formed by a Triangular π Radical Anion", *J. Am. Chem. Soc.*, **137**, 7612-7615 (2015).
- 3) M. Yamamoto, R. Suizu, S. Dutta, P. Mishra, T. Nakayama, K. Sakamoto, K. Wakabayashi, T. Uchihashi, and K. Awaga, "Self-assembled honeycomb lattice in the monolayer of cyclic thiazyl diradical BDTDA (=4,4'-bis(1,2,3,5-dithiadiazolyl)) on Cu(111) with a zero-bias tunneling spectra anomaly", *Sci. Rep.*, **5**, 18359 (2015).
- 4) R. Suizu, A. Iwasaki, Y. Shuku, and K. Awaga, "Spatially inhomogeneous, stepwise phase transitions in a thiazyl diradical: a structural mismatch induced by lattice transformation", *J. Mater. Chem. C*, **3**, 7968-7977 (2015).
- 5) L. Reissig, K. Mori, R. Treadwell, S. Dalgleish and K. Awaga, "Factors affecting the polarity and magnitude of photoresponse of transient photodetectors", *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **18**, 6821-6830 (2016).