

## 【特別推進研究】

### 理工系（数物系科学）



#### 研究課題名 イオントロニクス学理の構築

東京大学・大学院工学系研究科・教授  
いわさ よしひろ  
岩佐 義宏

研究分野： 固体物理学

キーワード： 表面・界面物性、強相関エレクトロニクス、先端機能デバイス、超伝導材料・素子

#### 【研究の背景・目的】

近年、低環境負荷・省エネルギーエレクトロニクスの実現を目指し、有機材料や酸化物材料など、従来の半導体とは異なる新材料を用いたエレクトロニクスが進展し、実用化段階を迎えている。一方、これらの電子デバイスの電源となるエネルギー貯蔵デバイス、バッテリーやキャパシタは、現在でもその性能向上を目指し日夜研究が進行中である。このように成熟し始めたテクノロジーには、量子力学の発見の例を見るまでもなく新しいサイエンスの芽が隠れていることがしばしばみられる。本研究は、新材料によるエレクトロニクスと、エネルギー貯蔵デバイスの概念を組み合わせ、新しい融合学理『イオントロニクス』を創成しようという試みである。

#### 【研究の方法】

本研究の根幹となる着眼点は、電子伝導体-イオン伝導体界面において電気化学反応の前段階に形成される電気二重層（EDL、図1）であり、EDLに蓄積された電荷によって電子伝導体（固体）の電子状態が変化する様子を、その場観察することである。EDLの原理を用いた電界効果トランジスタ、電気二重層トランジスタ（EDLT）を開発することで、従来の全固体型のMOS型電界効果トランジスタでは実現不可能な強電界の発生および大電荷密度蓄積を可能となった。これにより、EDLを用いて新しい物質相を電圧によって創製・制御することが可能となり、電界誘起超伝導、電界誘起強磁性、電界誘起モット転移など、従来の全固体型デバイスでは実現不可能であった数々の電界誘起相転移現象がEDLTによって実証された。

本研究では、物理分野から材料・科学分野に至る広いディシプリンの専門家が参画することにより、戦略的な共同研究を展開することで、電子相制御、物質化学、機能デバイスの3つの課題を展開する。

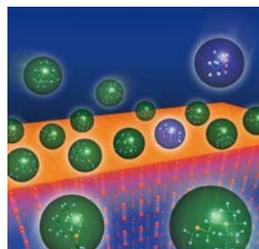


図1 電子伝導体-イオン伝導体界面における電気二重層（EDL）

#### 【期待される成果と意義】

電気化学と固体物理学は、遠くて近い関係にある物質化学ディシプリンの典型例で、類似の物質を扱っているにもかかわらず、その間の共同研究は非常

に少ない。そのようななかで、本研究は、学際領域『イオントロニクス』の学理を進化させるとともに応用への可能性を切り開くものである。具体的には、以下の成果が期待される。①高温超伝導体をはじめとする、新規電子相が発見される。あるいはその探索法が確立する。②現実の電子伝導体-イオン伝導体界面の構造とデバイスの動作機構が解明される。③物質展開やプロセス開拓による、イオントロニクス機能デバイスの高度化が達成される（図2）。これらは、ほとんどEDLにおける強電界を用いて実現されるものであり、イオン伝導体や従来型の固体デバイスのみでの研究では実現不可能なものである。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

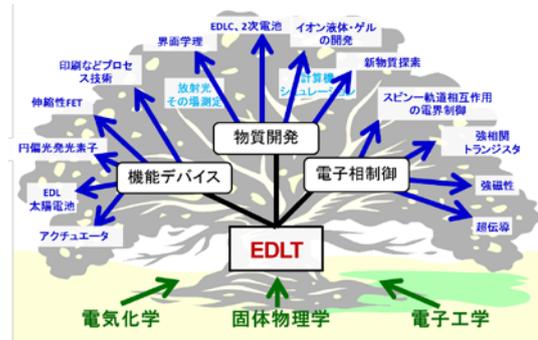


図2 本研究の概念図

- “Superconducting Dome in a Gate Tuned Band Insulator”, J. T. Ye, Y. J. Zhang, R. Akashi, M. S. Bahramy, R. Arita, Y. Iwasa, Science 388, 1193-1196 (2012).
- “Collective bulk carrier delocalization driven by electrostatic surface charge accumulation”, M. Nakano, K. Shibuya, D. Okuyama, T. Hatano, S. Ono, M. Kawasaki, Y. Iwasa, Y. Tokura, Nature 487, 459-462 (2012).

#### 【研究期間と研究経費】

平成 25 年度-29 年度  
472,400 千円

#### 【ホームページ等】

<http://iwasa.t.u-tokyo.ac.jp>  
[iwasa@ap.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:iwasa@ap.t.u-tokyo.ac.jp)