

パルス電流印加による物質急加熱・急冷手法の開発と金属-絶縁体 転移を示す有機物質における急冷による準安定電子相の発現

Establishment of experimental method for rapid heating/cooling of a sample by applying
pulsed current, and emergence of a new metastable electronic phase
in an organic metal-insulator transition system

東理大理¹, 理研²

(M1)園部裕貴¹, (M2)関澤拓也¹, 古川哲也¹, 伊藤哲明¹, 加藤礼三²

Tokyo University of Science¹, RIKEN²

Y. Sonobe¹, T. Sekizawa¹, T. Furukawa¹, T. Itou¹, R. Kato²

E-mail: 1519519@ed.tus.ac.jp

「構造ガラス」は、1次転移である液体-固体転移の相転移温度を越えて原子系を「急冷」することにより過冷却液体状態を安定させたときに、結晶構造が不規則に凍結した状態へと変化する現象である。近年、この現象の電子版である「電子ガラス」と呼ぶべき準安定相が、金属（電子液体）-絶縁体（電子固体）転移系で実現することが報告された[1]。すなわち、金属-絶縁体転移を示す θ -(BEDT-TTF)₂RbZn(SCN)₄ という物質を「急冷」すると、低温で電子がガラス状に固化したと思われる抵抗の振る舞いをはじめとする諸性質が観測されている。このように、物質を冷却する速度が結晶構造だけでなく、電子状態にも大きく影響し得るということが明らかになりつつある。

我々は、このような新規現象を開拓するべく、まず物質を急加熱・急冷凍する手法の構築を試みた。微小結晶試料をアピエゾングリースで 1 k Ω の微小チップ抵抗に接着し、それらを極低温状態 (5.0 K) にした。この状況下で 500 ms の時間、数十 V の電圧によるパルス電流をチップ抵抗に印加することで試料を急加熱した。その後、試料は熱拡散により「急冷」されることになる。この方法により、結晶試料に対し、1000 K/s のオーダーに及ぶ冷却速度が実現できる実験系を確立することに成功した。

この急冷手法を、80 K 近辺で強い一次の金属-絶縁体転移を示す有機物 (DMe-DCNQI-d₈)₂Cu に適用することで、上記電子ガラス状態などのような新規電子状態実現の可能性を探った。結果、徐冷した場合の抵抗値は測定限界の 10² $\Omega \cdot \text{cm}$ を超えて完全な絶縁体化をするにもかかわらず、「急冷」した場合の抵抗値は 5 K においても 0.1 $\Omega \cdot \text{cm}$ のオーダーで収束し、単純な絶縁体状態とも金属状態とも異なる準安定状態が実現した可能性がある。興味深いこととして、試料側に大きな電流を印加しておくことこの準安定状態は実現しやすく、試料電流が小さいと完全な絶縁体状態（本来の安定状態）に落ち着きやすいという現象が観測されている。

これらの実験手法の詳細、ならびにこの新規準安定相の性質・解釈・議論を当日報告する。

[1] F. Kagawa, *et al.*, Nat. Phys. **9**, 419 (2013).