



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Charge Disproportionation State in Organic Conductors [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	上遠野, 一広
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第12057号
Issue Date	2015-12-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/60469
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Kazuhiro_Katono_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 上遠野 一広

審査担当者 主 査 准教授 市村 晃一
副 査 教 授 丹田 聡
副 査 教 授 足立 智
副 査 教 授 小田 研 (理学研究院)

学位論文題名

Charge Disproportionation State in Organic Conductors

(有機導体における電荷不均化状態の研究)

近年、強相関電子系において、電荷自由度の直接の効果である長距離クーロン相互作用が重要視されている。本論文の目的は、結晶中における長距離クーロン斥力の効果の解明である。

電子系において電子密度を低くし静電遮へいが効かなくなると、電子間に働くクーロン斥力のために電子が周期的に配列して局在化することがある。この局在状態は Wigner 結晶として知られている。Wigner 結晶は、極低温下での液体ヘリウム表面などで観測されており、電子は斥力相互作用を小さくするように三角格子を組んで配列することが報告されている。はたして、斥力相互作用が働く粒子は三角格子構造以外の配列構造を取りうるのだろうか。そして、その配列パターンを決める要因は何だろうか。本研究では、この問題に答えるべく、伝導電子間のクーロン斥力相互作用が強い強相関 2 次元電子系において電荷構造についての実験的研究を行った。強相関電子系である低次元有機導体に対して、走査トンネル顕微鏡 (STM) を用いて微視的な電荷構造を観察した。

第 1 章では本研究の背景と目的について述べた。長距離クーロン斥力による電子局在状態である Wigner 結晶について述べ、次に電子の局在化が起りやすい物質群である低次元有機導体について述べた。それから、有機導体における特徴的な電子状態である電荷秩序状態と電荷不均化状態の背景の背景を述べた。電子相関についての知見を得るうえで電荷不均化状態を研究することが有意であることを提案し、純粋な電子結晶としての Wigner 結晶の観点から電荷不均化状態に対し問題提起を行った。

第 2 章では、有機導体の単結晶試料の作成方法について述べた。また、本研究の主要な測定手法である STM の原理と測定方法についても述べた。

第 3 章では、STM による有機導体 α -(BEDT-TTF)₂I₃、 α -(BEDT-TTF)₂MHg(SCN)₄ (M=K, Rb) の電荷構造の観測結果について述べた。室温における α -(BEDT-TTF)₂I₃ の電荷構造の観測結果から、電荷秩序転移よりも高温の金属相において電荷の多いサイトと少ないサイトに分かれる電荷不均化が生じ、電荷がストライプ状に配列することが見出された。この配列は、ドナー分子の積層方向に対し垂直に電荷が配列する横ストライプ構造である。より広い範囲での STM 観察から、電荷配列が局所的に乱れた部分や配列が異なる電荷構造の存在がわかった。これらの結果は、観測された電荷配列は長距離秩序を伴わず、完全に安定化したものではないことを示唆する。本研究で観測された金属相における電荷ストライプ構造では結晶格子の構造変化の影響は一切受けておらず、電子間の長距離クーロン相互作用によってのみ形成されていると考えられる。

本研究ではさらに、電荷の配列パターンの要因を明らかにするため、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ と同様の強相関電子系でかつ同様の結晶構造を持つが、基底状態が電荷秩序状態ではない 2 物質、 α -(BEDT-TTF) $_2$ MHg(SCN) $_4$ (M=K, Rb) において電荷構造観測を行った。その結果、金属相において α -(BEDT-TTF) $_2$ KHg(SCN) $_4$ では横ストライプ型、 α -(BEDT-TTF) $_2$ RbHg(SCN) $_4$ では縦ストライプ型の電荷ストライプ構造の存在が明らかになった。本研究で対象とした 3 物質において、その基底状態によらず金属相では長距離クーロン相互作用の効果で電荷ストライプが形成されていることが示された。

第 4 章では、電荷ストライプの配列パターンを決定する要因について議論した。結晶構造や電子構造が極めて似ている α -(BEDT-TTF) $_2$ MHg(SCN) $_4$ (M=K, Rb) において配列パターンの異なる電荷ストライプが観測されたことは興味深い。 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の結果とあわせると、電荷不均化状態における電荷ストライプの配列パターンは、結晶格子の影響は受けずクーロン相互作用の異方性によることが系統的に理解された。

第 5 章では、本論文の研究成果を総括した。

本論文では、走査トンネル顕微鏡による有機導体の実空間観察により、金属相において電荷ストライプ構造を見出すという世界で初めての成果を得た。そして、このストライプ構造は、電子間クーロン相互作用によって形成されることを明らかにした。さらに、3 つの物質を系統的に研究しサイト配置のわずかの違いを議論することにより、ストライプの配列パターンはクーロン相互作用の異方性が決定要因になっていることを明らかにした。金属相において電荷ストライプ現象を見出したにとどまらず、系統的測定からストライプ形成の要因に言及した点は高く評価される。本論文で得られた知見は、強相関電子系の理解に大きく寄与するものである。よって、著者は北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。