

Control of the Conduction Mechanism in Organic Conductors and Design of Novel Functional Material

有機導体における伝導機構の制御と 新機能性材料の設計開発

プロジェクトリーダー 高橋利宏

学習院大学 理学部 教授

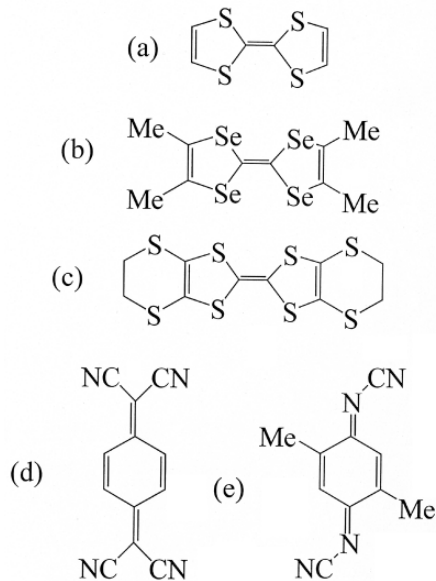


図1. 有機導体を生む分子

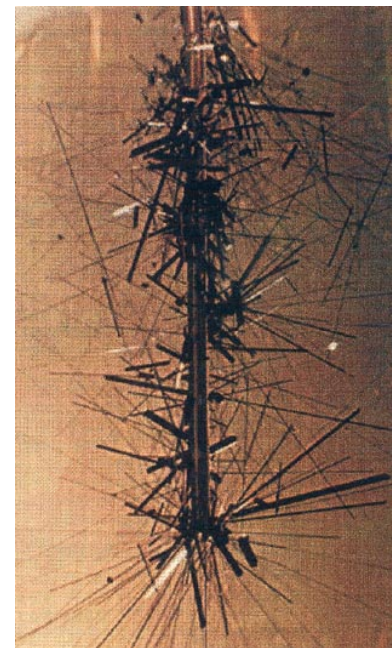


図2. 有機導体 (TMTSF) 2PF6 の結晶

1. 研究の目的

有機物質はそのほとんどが電気的には絶縁体である。しかし、1970年代から、無機金属なみに高い電気伝導を持つ有機物質が相次いで合成されるようになった。1980年にはついに超伝導を示す物質までが見いだされた。その後4半世紀の研究から、電気が流れる有機分子化合物(以下、「有機導体」と呼ぶ)の数は飛躍的に増大し、超伝導体も50種類を数えるほどになった。

有機導体はきわめて多様な物理・化学現象の舞台である。有機導体には、磁性絶縁体から超伝導まで、存在し得るほとんどすべての物性が見られる。また、それらの物性が温度、圧力、磁場などのパラメータにきわめて敏感である。さらに母体となる有機分子の化学的修飾によって系統的に制御できるという特徴を持っている。これらは、多様な物性を制御し、有用な性質を持つ物質設計を可能にしており、実用材料としての大きな可能性を秘めていることを示す。有機導体の応用としては、コンデンサー(商品名:OS-コン)としてのめざましい成果があげられる以外、これまでのところその高い可能性が活かされていないとは言えない。

本研究は、有機導体の特異な電子状態を系統的に研究することによりその伝導機構を解明し、それらの知見を基に物性を制御した物質設計の指針を導き、具体的な新物質開拓へつなげることを目的とする。これにより有機導体の機能性実用材料としての新しい可能性を開拓する。

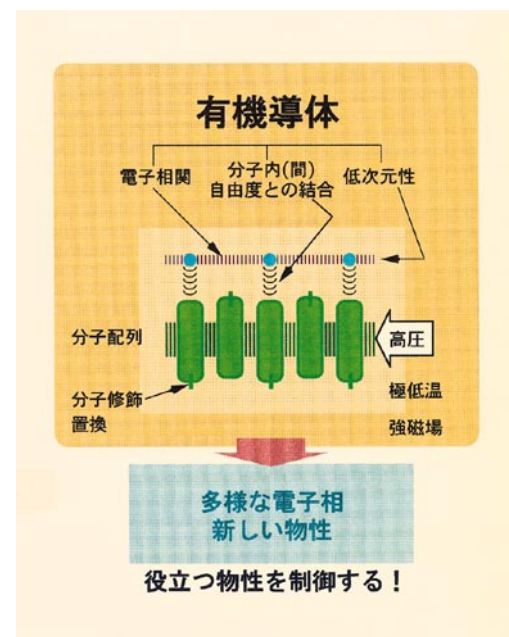


図3. 有機導体の特徴

2. 研究の内容

(1) 有機導体の特異な伝導機構の解明

基本的性質が比較的良好に研究されているTMTSF、BEDT-TTF、DCNQIなどの分子をベースとした有機導体について、電気伝導度、磁化率、比熱などのマクロな測定と磁気共鳴によるミクロな測定を併用してその物性を詳細に調べる。特に、これらの系に特徴的な、低次元性、強い電子相関、強い電子格子結合などを起源とする金属-絶縁体転移や従来の導体に見られない新しい物性に注目し、低温、高圧、強磁場下での振舞を系統的に調べる。

研究拠点の学習院大学では特に、有機導体の磁氣的性質を調べる。有機分子の特定のサイトを¹³C-同位体で選択的に置換した単結晶試料を合成し、これを用いた固体核磁気共鳴および電子スピン共鳴によるミクロな情報を使って伝導電子系のダイナミクスを明らかにする。

(2) 新物質探索

コア・メンバーの協力を得て、さまざまな新しい有機導体、有機超伝導体の開発を行う。分子のトポロジーを制御した新分子の合成、電気化学的方法による分子電荷の制御、物理化学的な分子配列・配向の制御を融合させた単結晶・薄膜形成によって、新しい人工構造、高い化学的安定性をもつ新規分子性導体、より高い超伝導臨界温度をもつ有機超伝導体を開拓する。

f-電子を含む有機導体を開発し、磁性と伝導の結合した新しい物性を探る。

超分子構造をつくる中性分子を有機導体系に導入し、これにより新しい構造を持つ導体、光応答性など新機能を持つ有機導体の合成を目指す。

(3) 有機導体における伝導機構の制御方法の開拓

(1) (2)の成果を基礎に、物性理論家の協力を得つつ、有機導体の示す特異な物理現象の理論的解析を行い、これらを支配するパラメータを明らかにし、有機導体における伝導機構の統一的理解を得る。それらの知見を有機合成にフィードバックし、物質設計指針の見つけ出す。これによって、金属絶縁体転移の制御、非線形伝導特性の向上、制御等による新しい機能性材料の開発、また、異なる有機導体を結合させた複合導体の設計をめざす。

(4) 研究会「有機導体における伝導機構」の開催

本プロジェクトの目的を達成するためには、メンバー間の緊密な連携を確保するほか、グループ外の研究者、特に理論家の協力を得て新しい現象の解明をはかることが不可欠である。このため、定期的に小規模の研究会を開催し互いに進行状況を確認し意志疎通を図るとともに、積極的に国内外の最先端の研究者との交流をはかるため、国際ワークショップを開催する。

3. 研究の体制

期 間：1997年7月から2002年3月まで

構 成：プロジェクト・リーダー：高橋 利宏(学習院大学・理学部・教授)
コアメンバー：4名、研究協力者：12名(内ポスドク2名)

実施場所：学習院大学理学部 東京都豊島区目白1-5-1
東邦大学理学部 千葉県船橋市三山2-2-1
大阪市立大学理学部 大阪市住吉区杉本3-3-138
北海道大学大学院理学研究科 札幌市北区北10条西8丁目
京都大学大学院理学研究科 京都市左京区北白川追分町

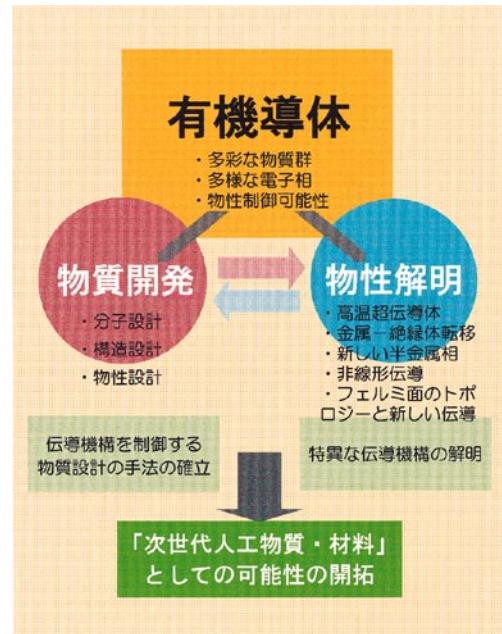


図4. プロジェクトの目的

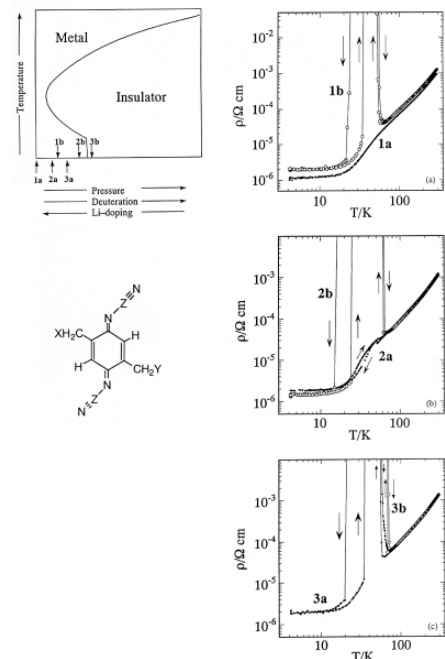


図5. DCNQI-Cu 塩の金属-絶縁体転移

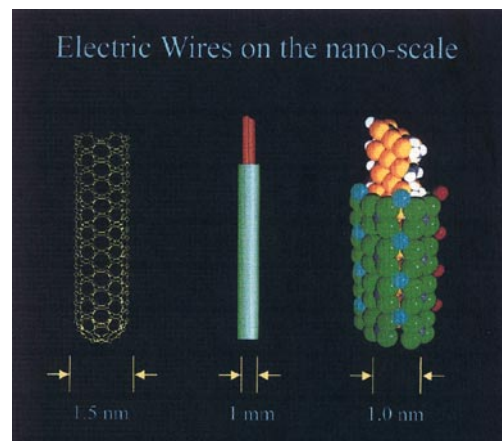


図6. 有機導体の未来：ナノスケールの電線