

戦略的創造研究推進事業
ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ

研究領域

「高度情報処理・通信の実現に向けた
ナノ構造体材料の制御と利用」

研究課題

「新規な電子機能を持つ分子ナノ構造体の構築」

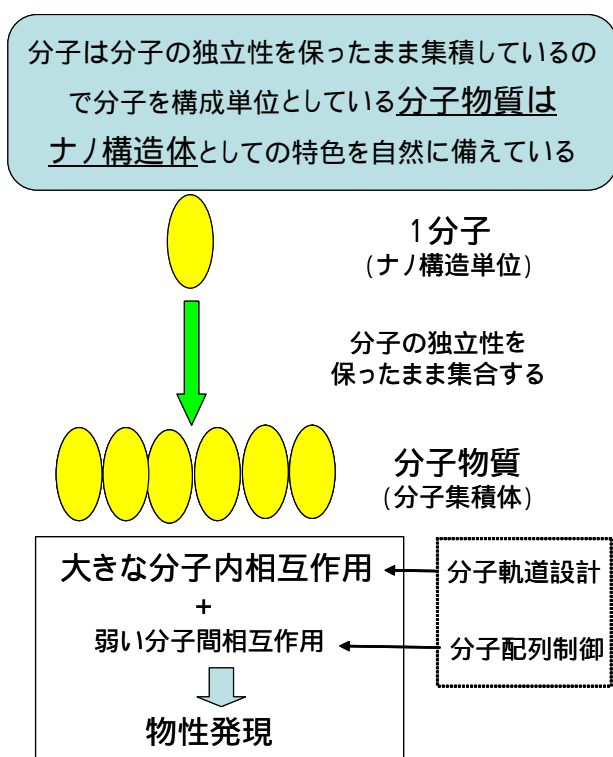
研究終了報告書

研究期間 平成14年11月～平成20年3月

研究代表者：小林速男
(日本大学文理学部客員教授)

1 研究実施の概要

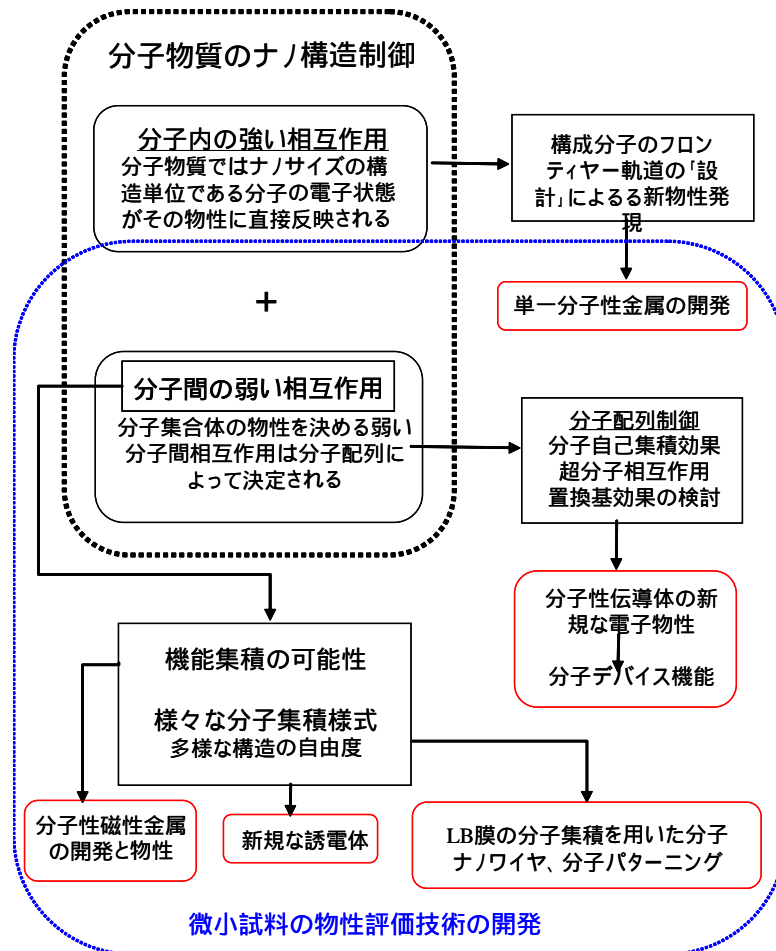
分子はひとまとまりのナノサイズの構造単位として、独立性を保ったまま分子集団を形成して



いるので、分子を構成要素としている分子物質はナノ構造体としての特色を自然に備えているといえる。本研究ではこの分子の特徴を活かして「新規な電子機能を持つ分子ナノ構造体の構築」を推進した。分子物質では分子の電子状態を意図的に制御することによりその電子物性のある程度「設計」することができる。本研究の開始直前に研究代表者が共同研究者と共に見出した、一種類の分子からできた金属結晶である「単一分子性金属」は、「分子軌道設計」による機能性分子物質の開発の良い例である。「軌道設計」による分子物質の開発はこれまでほとんど具体例がなかったと思われるが、フロンティア軌道のエネルギーレベルを制御することにより実現した単一分子性金属の開発は「新規な電子機能物質の“分子軌道設計”による構築

」を具体的に示した初めての例であると言えるのではないかと考えられる。本研究では種々の単一分子性金属の開発、物性評価を行い、以下のような結果を得た。(1)初めての単一分子金属、 $[\text{Ni}(\text{tmdt})_2]$ (分子図については3.1参照)が予想されたように三次元フェルミ面を持っていることを証明した。このことにより(従来の分子の概念とは異なり)同一分子が“分子性を保ちながら”自己集積し、なおかつ金属結晶となることも可能であるという「新発見」が厳密に証明された。この研究は伝統的な分子の概念に少なからぬ影響を与えたものと思われる。(2) tmdt 配位子に類似した種々の配位子を合成し、多くの単一分子性伝導体を得た。特に $[\text{Ni}(\text{tmdt})_2]$ と同型の一連の $[\text{M}(\text{tmdt})_2]$ ($\text{M}=\text{Au}, \text{Pd}, \text{Pt}$)を得ることができたが、 $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ は110 Kという、分子性伝導体としては、非常な「高温」で反強磁性金属になること、また、 $[\text{Pt}(\text{tmdt})_2]$ は粉末結晶を押し固めただけでヘリウム温度まで金属であること等が明らかにされた。本研究の進展に伴い、従来の分子性伝導体とは異なる優れた特性を持つ分子性金属が得られ始めた、といえる。

また、単一分子性金属の結晶は有機溶媒中で電気分解法によって作られるが、大きな結晶としては得難く、従来の分子性伝導体と比較し、非常に小さな微結晶としてのみ得られることが多い。本研究ではバルクな物質やナノサイズのシステムだけでなく、従来の物性測定技術では評価ができなかったミクロンサイズあるいはサブミクロンサイズのシステムをも対象とし、バルク物質からナノサイズのシステムに渡る広範な分子物質を対象として物質開発を進めることを目指した。この目的を遂行するために、極微量試料の物性評価のための新しい測定技術を開発することも本研究計画の目標の一つとした。単一分子性金属の磁化測定について、AFM マイクロカンチレバーを用いた磁気トルク測定を行い1 μg 以下の単結晶試料で磁気量子振動の観測を試みて、成功し、三次元フェルミ面の存在を確認したのはその大きな成果である。また、マイクロ磁性体等の微弱な磁気測定を目指して、初めての高温超伝導体を用いたマイクロ SQUID を作成した。電気伝導測定については、分子導体を用いたナノ分子デバイスの構築を目指したマイクロ及



びナノサイズの分子導体によるナノワイヤリングについての基礎研究を世界に先駆けて行った。

一方、分子システムの電気特性は(系のサイズに係わらず)1分子の性質だけで決定される訳ではなく、分子と外部の系との相互作用に支配されている。言うまでもなく、分子集合体の分子間相互作用は分子間の相対的な配列によって大きく変わるので、1分子の電子状態にとってはほとんど影響のない分子末端に置換基を導入すること等により、フロンティア軌道をほとんど変えることなく、分子配列を制御することができる。そしてこの制御を通して分子間相互作用をコントロールすることにより分子物性を制御できるという大きな特徴を持っている。

本研究では分子集合体の電気的性質をナノサイズの分子レベルで制御して、新規な電子機能を発現させる可能性を検討するために、分子の自己集積能を用いて「超分子化学」的に分子集積形態を制御する可能性について検討した。またこのような研究を通して具体的には、(1)分子導体のサイリスタ効果の発見、(2)チェッカーボード型電荷整列を示す分子導体の高圧超伝導相と巨大非線形伝導の発見、(3)ハロゲン結合によって構造制御された新規な分子性磁性伝導体の開発、等を達成した。

また、分子が個性を保ったまま集積するという特色を用い、異なる個性を持つ構成要素を組み合わせた分子システムを構築し、複数の個性が共存し、異なる構成要素間で協奏的な作用を発揮する新規な物質を構築できることは分子システムの大きな特徴である。本研究では局在磁気モーメントを持つ磁性アニオンと有機ドナー分子を組み合わせた磁性伝導体、光で磁性と伝導を制御することを目指してスピルクロスオーバー分子と伝導を担う分子を組み合わせた分子性伝導体等、ナノサイズの機能性構造部品を組み合わせて、新たな磁性伝導体の構築を試みた。特に、磁性アニオンと有機ドナー分子でできた世界で初めての磁場誘起有機超伝導体や、反強磁性有機超伝導体が本研究の開始直前に研究代表者等によって発見されてい

たので、磁性有機超伝導体については、研究計画時の研究代表者らの磁性伝導体の研究を継続的に進めることにより、FFLO 超伝導状態、磁性アニオンと非磁性アニオンの混合した磁場誘起超伝導体において未知の「抵抗一定状態」等が発見された。また、新たなタイプの屈曲型

ドナー分子を用いた一連の磁性伝導体の開発を行い、集中的に物性評価を進めた。スピנקロスオーバー伝導体では、転移温度の高さや、伝導性の大きさは不十分であるが、世界に先駆けて磁気転移と伝導性がカップルしている分子性伝導体を構築することに成功した。

ポーラス結晶とそのナノ空間に取り込まれたゲスト分子の系は弱い分子間相互作用で凝集している分子物質の代表例である。ポーラス結晶のナノ分子空間に閉じ込められた分子(あるいは分子系)では孤立分子やバルクな分子物質とは異なるナノ分子構造体特有の物性が観測される可能性が考えられる。これまでポーラス結晶については、ホスト格子のゲスト分子の吸蔵能の他、例えば、ホスト格子を形成している遷移金属磁性イオンに由来する磁気転移に対するゲスト分子の影響等について研究がなされている。本研究の計画段階ではポーラス空間を利用した一次元金属の構築について注目を集めた報告がなされていたので、その報告を追試し、さらに発展させることを計画した。しかしその研究の結果を疑問視する有力な意見の存在を知り、本研究開始後まもなく計画を修正し、研究代表者にとっては以前からの懸案であった、「有極性ゲスト分子をポーラス結晶に導入することによりゲスト分子由来の新規な誘電体を開発する試み」を行った。特に遷移金属磁性イオンと架橋配位子によりポーラス結晶を作成し、ホスト格子の磁気的機能と有極性ゲスト分子の誘電的機能が共存する多重機能性物質の構築を目指した。その結果、強誘電転移とフェリ磁性転移を示す初めてのポーラス物質の開発に成功した。また、従来ほとんど考えられたことのない(分子の運動の自由度を利用した)物質開発として、分子ローター構造を構築し、ローター部分に有極性の置換基を導入し、外部電場によって分子回転を制御することを試み、成功した。また、同時に有極性分子の分極によって分子ローター構造を持つ強磁性体の実現にも成功した。このことにより、分子のナノ構造を外部電場で操作するという本研究計画の当初の目標をも達成することができた。

分子デバイスとしては多くの場合、分子を1分子のデバイス素子として利用する試みが注目されている。しかし勿論、1分子素子と言えども、1分子の閉じた系だけでは機能せず、分子と接触する外部の複雑な系との複合系が対象となる。これに対して、本研究ではナノサイズの分子集合体に注目し、分子特有の自己集積能を利用したデバイスの実現のための基礎研究を行った。即ち、(1)分子集合体特有のLB膜の技術を用いた分子ワイヤの構築、(2)分子ナノドットの作成、(3)分子ワイヤと金ナノ粒子の複合体の構築、(4)相分離LB膜のナノパターンを用いた分子ナノテンプレートの作成及び(5)ナノテンプレートを用いた金属ナノワイヤの作成について研究を行った。分子ワイヤの作成については分子ワイヤの伝導性の評価を行い、分子ナノテンプレートを用いた金属ナノワイヤの構築についても、ナノワイヤの構築に最終的に成功し、ナノワイヤの導電性の評価を行うことができた。

本研究では分子物質がナノサイズの構造単位である分子の集積体であるという事実に基づき、構造単位である分子の構造自由度、設計性を利用して、物質の機能をナノサイズの領域から組み立てるという方針で、新規な電子機能を持つ分子ナノ構造体の構築についての研究を推進した。当初計画については、ポーラス結晶を用いた機能性分子物質の開発について、分子ナノ空間を利用した金属ナノワイヤの構築ではなく、ゲスト分子の分極を利用した誘電物質の開発を行う等、当初の予定を変更した部分もあったが、概ね初期の目標を達成できたのではないかと考えている。

2 研究構想及び実施体制

(1) 研究構想

分子システムは構造単位である分子の独立性に基づき、種々の機能を組み込んで構築することができるナノ構造体である。本研究課題ではバルクからナノスケールに渡る様々なスケールの分子システムを対象として、新しい電子機能を持つ分子システムを開発することを目指した。

また、分子はその自己集積能により LB 膜のような分子システムに特有なナノ構造体を与える。本研究では、このような分子の独立性、集積性を活かして、研究計画時に以下に示すような項目、

- について研究を推進することを提案した。また、研究の進め方に関しては、研究グループの自主性をできるだけ重んじる方針をとった。それは本研究課題では既に研究が活発に展開されている物質を集中的に研究するのではなく、新たな構想の下に新規な分子システムを作り出すことを目指したためである。新物質の開発では、多くの研究グループが自主的な構想の下にできるだけ自由に研究を広げることが重要と思われ、本研究では、以下に示すような4つの課題に研究課題を絞りながらも、その中で各グループが自主的に研究を進めながら、チーム全体としては幅広く「新規な電子機構を持つ分子ナノ構造体の構築」に関する研究を協力して進めるように努めた。その結果、チーム全体として、初期に提案した多くの目標をほぼ実現すると共に、多くの新たな研究の萌芽を作り出すことができた。

磁気・伝導協奏機能を示す分子物質の開発と物性評価 (主に、小林、杉本、加藤、森グループが担当)

本研究では新規な電子機能性を発揮する分子磁性伝導体の構築を目指した。本研究の計画時に研究代表者らによって、局在磁気モーメントを持つ磁性アニオンと伝導を担うドナー分子の組み合わせによって作られた、初めての磁場誘起有機超伝導体や反強磁性有機超伝導体等で、従来の(有機)伝導体には見られない種々の磁気・伝導協奏現象が次々に見出されていたので、外場(当初は電場と磁場、後に光照射の作用も含めて研究した)によって伝導物性をスイッチできるような分子性伝導体を作成することを目指した。また、新たな d 系磁性金属の開発を目指した杉本グループは将来的には分子性伝導体によるスピントロニクス展開につながる物質のプロトタイプを得ることを目指した。一方、磁性イオンを含まない伝統的な分子性伝導体についても、超分子相互作用、置換基の立体効果等による分子配列制御を介した伝導性制御の研究を平行して行った。特にこの研究の過程で、チームメンバーが開発していた伝統的なタイプの有機伝導体で電荷整列現象の融解と凍結に伴うサイリスタ(直流 - 交流変換)効果のような著しいスイッチング機能が発見された。電荷整列が引き起こす非線形伝導現象は実験的にも理論的にも未知の領域で、新しい機能の発見に繋がる可能性を秘めていることを示すことができた。分子性伝導体の開発研究、分子デバイス機能の研究に対して新たな方向性を提示することができたものと考えている。

革新的な機構分子材料を目指した単一分子性金属の開発と物性 (小林、徳本グループが担当)

単一分子性金属は、本研究計画の直前に発展し始めた研究代表者と共同研究者による全く新しい分子性伝導体であるので、集中的に研究すべき対象(特定の単一分子性金属)を絞りこむところまでは研究が進展していないと考え、研究開始時点ではできるだけ数多くの類似系を作り出し、その中から、重要な系が自然に定まってくるものと考えた。また、単一分子性金属の結晶は通常分子性伝導体とは異なり微小結晶しかえられないことが多いので、研究を進めるために、以下に述べるように研究グループ間で連携して、従来の物性測定技術では扱えないような微小試料についての物性評価を可能とすることによって研究を進めることを計画した。また、単一分子性磁性金属の開発研究は大きな課題であったが、110 K という従来の分子導体では考えられないような「高温」で反強磁性金属に磁気転移する系が見出され、その起源の解明は今後の重要課題である。さらに最近、やはり分子性導体の常識を破って押し固めて粉末結晶でヘリウム温度まで金属性を示す系等、著しい特性を示す単一分子性金属が見出された。また、これらの研究により当初の目標を超えて、「超伝導性や多彩な磁性を示す単一分子性金属あるいはそれらの“合金系”の研究」のような新たな課題が今後の目標として定まってきたものと思われる。

有機ゼオライトの分子ナノ空間を利用した金属ナノワイヤの構築と電子物性 (小林グループが担当)

本研究ではポーラス分子物質のナノ空間を利用することにより新規な電子機能性分子物質を

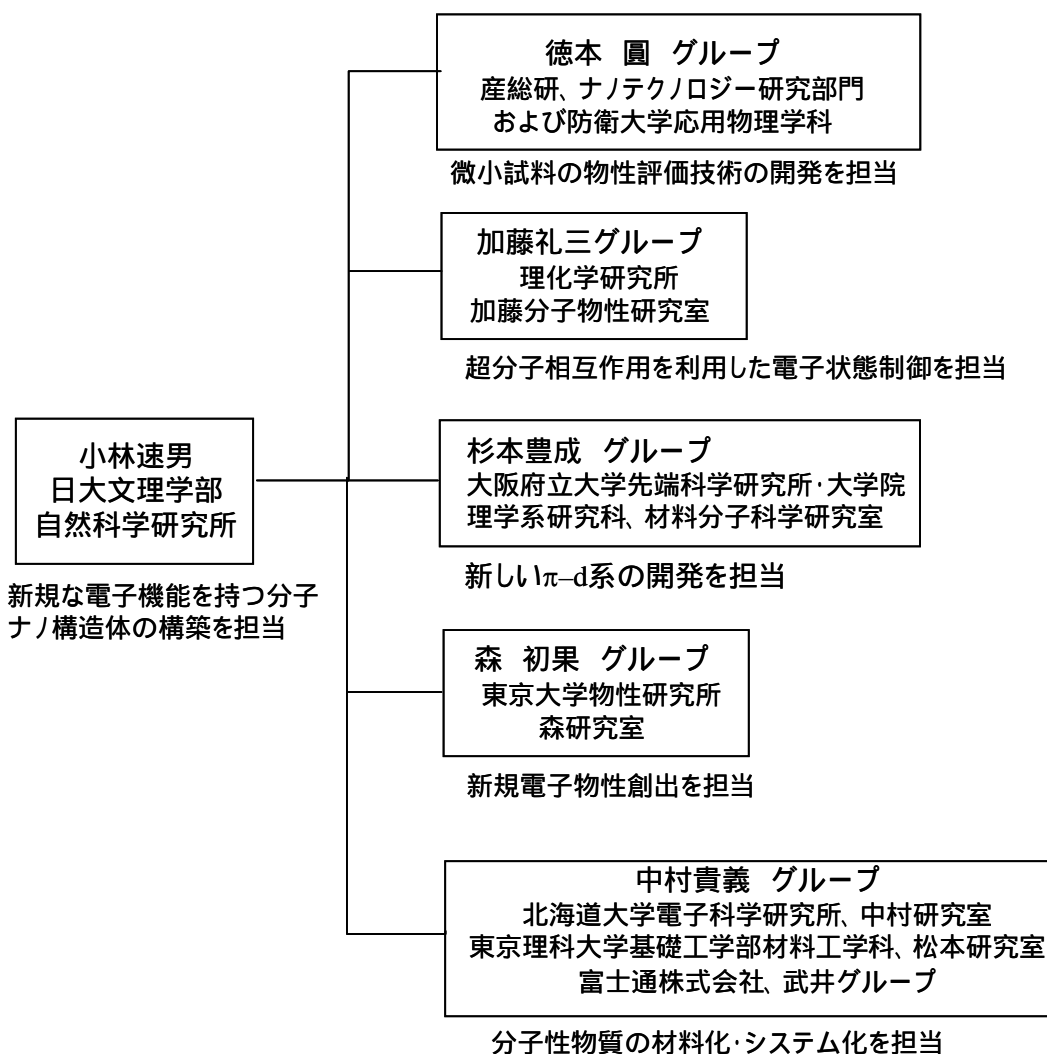
構築することを計画した。当初有機ゼオライト物質を用いて銀のナノワイヤを作成したとされる非常に脚光を浴びた論文を追試し、さらに同様な新しい金属ナノワイヤの合成を試みようと考えたが、合成が困難であると予想されたこと、及び、その報告に対しては重要な疑問が公表されていることを知り、研究計画を変更し、研究代表者が以前より構想していた、「ポラス分子性結晶のナノ分子空間に導入したゲスト分子の誘電性を利用した新規な強誘電体(反強誘電体)の開発」を試みた。分子のナノ構造性を利用した誘電物質の開発は前例のない研究であったと思われるが、(反)強誘電体の開発は順調に展開することができた。また研究の進展により、物質開発だけではなく、ポラス空間の中に閉じ込められたナノ分子集団の物理化学的な基礎研究が新たな研究課題として浮かび上がってきたものと考えている。

分子性ナノワイヤ及び分子メカニカルデバイスの構築 (主に中村グループが担当)

分子エレクトロニクスの実現を目指した研究では、多くの場合一分子を素子として活用することを目指しているように思われる。しかし勿論、分子素子ができるためには分子と接し分子と相互作用する「複雑な外系」が分子同様重要な役割を果たすはずである。一方、分子は安定なナノサイズの分子集積体を形成しやすく、ナノ分子集積体を分子エレクトロニクスの実現のために活用することは前者に比べれば容易であるものと予想される。本研究では将来の分子集積エレクトロニクス実現のため、分子性物質の材料化を研究する。そのために分子性物質のナノ材料化を行うと共に、それらを用いてデバイスプロトタイプを作製することを目指した。具体的には LB 膜を用いたナノサイズの分子集積体を構築し、分子集積エレクトロニクス実現にとって最も基本的な分子ナノワイヤを作成することを試みた。また、これとは独立に、これまで分子機能ではほとんど考慮されてこなかった分子回転の自由度を用いた機能性物質の開発を実現するために、分子回転運動の制御を可能とする分子ローターの実現を構想した。分子回転を外部電場で制御することにより「分子ローター構造を持つ新たな強誘電体」の開発に成功した。この研究は今後の分子機能開発に大きな示唆を与えるものとなったものと考えている。

またこれらの 4 つの研究項目に横断的に関係する研究として、従来の物性測定では研究できなかった微小な系の物性測定を可能とする技術を開発することを目指した(徳本、加藤、森、中村グループが担当)。パルク物質とナノ物質の中間領域の分子物質の機能探索を連続的に進めることが本研究の一つの大きな目標であり、従来の測定限界を何桁も超え、小さな試料を対象とした磁気測定、抵抗測定の技術開発を物質開発研究と一体となって進めることを計画した。本研究ではこの研究についても、以下に述べるように研究期間中、グループ間の連携により、順調に進展させることができたのではないかと判断している。

(2)実施体制



3 研究実施内容及び成果

3.1 新規な電子機能を持つナノ構造体(日本大学文理学部 小林グループ)

(1)研究実施内容及び成果

研究の実施内容と実施方法

分子物質はリジッドなナノサイズの物質構造単位である分子が、弱い分子間相互作用で集積して形成されているために、集合体の性質は一分子の性質を強く反映する。この特性のために分子物質では、目標に合わせて分子の特性を「調合」し、集積することにより機能性分子物質の特性をコントロールすることがかなり可能である。例えば、(a)構成分子のフロンティア分子軌道を意図的に調節すること(分子軌道設計)により分子の特性を調節し、分子が集積してできたバルク物質の特性を、分子のレベルから「組み上げる」可能性や、(b)異なる機能を持つ 2 種類の分子を組み合わせることで集積することにより、多重機能が共存し、協奏的效果を発揮する物質を「設計」という可能性が生じる。本研究ではこのような考えの下に、目的に合わせて設計された分子を合成し、集積することにより、あるいは、異なる役割を担う「ナノ構造部品」を選択し、集積することにより、新たな電子機能性を発揮する分子物質の開発を行った。具体的には(a) 単一種の分子だけで構成され

る新しいタイプの分子性金属結晶の開発と物性評価、(b)磁性有機超伝導体の物性評価 (c)ポーラス分子性結晶と有極性ゲスト分子の組み合わせによる(磁性)誘電体の開発を遂行した。実際の開発研究に際しては、物質合成、構造研究、物性評価等をできるだけ(他のグループの協力を得て)一貫して行うように努めた。

主要な研究成果

上述のように小林グループは分子のナノ構造性、機能設計性にに基づき、新しい電子機能性を発揮する分子物質の構築し、物性評価を行った。具体的には(a) 単一分子性金属、(b)磁性有機超伝導体、(c)ポーラス誘電体の開発とその物性評価を行った。

(a)単一分子性金属: 伝導キャリアーを生成するために分子間電荷移動相互作用を利用し、そのために必ず 2 種以上の分子(イオン)で構成されていた従来の分子性伝導体とは異なり、単一種の分子のみで金属結晶を生成できることは本研究の開始前(2001 年)に小林等によって報告された。本研究では、徳本グループとの共同で、初めての単一分子性金属[Ni(tmdt)₂](図 3.1.1 参照)の極微量単結晶を用いて、マイクロカンチレバーによる磁気トルク実験を行い、磁気量子振動を観測することに成功した。このことにより、単一種の分子でできた[Ni(tmdt)₂]の結晶が三次元フェルミ面を持っていることを証明することができた。また、「単一分子性金属が実現するためには [Ni(tmdt)₂]の HOMO-LUMO gap が極めて小さいはずである」という分子設計の考察を確認するために[Ni(tmdt)₂]及び類似分子の粉末結晶の電子スペクトルを調べ、予想通り赤外領域(2300cm⁻¹)に電子吸収帯を観測した。一般に 共役分子の電子吸収帯は 共役長の増大と共に長波長にシフトするが、この[Ni(tmdt)₂]の電子吸収極大波数は非常に長い 共役を持つポルフィリンオリゴマー(12 量体分子)の吸収極大(3500cm⁻¹)よりもはるかに小さく、分子設計により、比較的小さな分子で非常に小さな HOMO-LUMO gap を持つ分子を作ること成功したことを証明できた。また、tmdt と類似した一連の“拡張 TTF-型配位子”を持つ種々の分子が形成する多くの単一分子性金属結晶の開発を行った。特に tmdt 配位子を持つ系[M(tmdt)₂]ではこれまで中心金属として Ni 以外に M=Zn, Pd, Pt, Au を持つ系が得られたが、Zn 以外は Ni と同型構造を持つことが分かった。これまで得られた結晶は Ni 以外は皆、微小結晶で単結晶抵抗測定が不可能であったが、図 3.1.2 に示すように[Pt(tmdt)₂]は微小結晶を押し固めた試料であるにもかかわらず、従来の分子性伝導体の常識を破る高い伝導性を示し、ヘリウム温度まで金属的抵抗(室温伝導度は 350 Scm⁻¹)を示した。粉末を押し固めただけでこれほどの金属性を示す分子物質は例が無く、新しい金属材料としての可能性を持ち得るかも知れない。一方、[Au(tmdt)₂]は微小結晶を押し固めただけでは半導体的であったが、微小楕形電極を用いて成長させた多結晶試料の 2 端子抵抗測定で、低温まで金属状態であることが示された。また、[Au(tmdt)₂]は(従来の分子性伝導体では考え難いことであったが)金属状態を保ったまま 110 K という“高温”で反強磁性転移を示すことが分かった(図 3.1.3)。

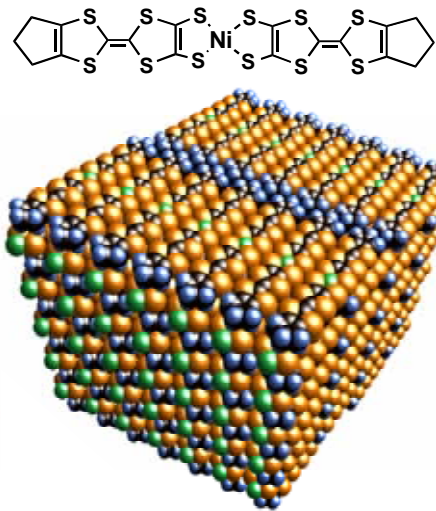


図 3.1.1 Ni(tmdt)₂ の分子とその結晶

電子吸収帯は 共役長の増大と共に長波長にシフトするが、この[Ni(tmdt)₂]の電子吸収極大波数は非常に長い 共役を持つポルフィリンオリゴマー(12 量体分子)の吸収極大(3500cm⁻¹)よりもはるかに小さく、分子設計により、比較的小さな分子で非常に小さな HOMO-LUMO gap を持つ分子を作ること成功したことを証明できた。また、tmdt と類似した一連の“拡張 TTF-型配位子”を持つ種々の分子が形成する多くの単一分子性金属結晶の開発を行った。特に tmdt 配位子を持つ系[M(tmdt)₂]ではこれまで中心金属として Ni 以外に M=Zn, Pd, Pt, Au を持つ系が得られたが、Zn 以外は Ni と同型構造を持つことが分かった。これまで得られた結晶は Ni 以外は皆、微小結晶で単結晶抵抗測定が不可能であったが、図 3.1.2 に示すように[Pt(tmdt)₂]は微小結晶を押し固めた試料であるにもかかわらず、従来の分子性伝導体の常識を破る高い伝導性を示し、ヘリウム温度まで金属的抵抗(室温伝導度は 350 Scm⁻¹)を示した。粉末を押し固めただけでこれほどの金属性を示す分子物質は例が無く、新しい金属材料としての可能性を持ち得るかも知れない。一方、[Au(tmdt)₂]は微小結晶を押し固めただけでは半導体的であったが、微小楕形電極を用いて成長させた多結晶試料の 2 端子抵抗測定で、低温まで金属状態であることが示された。また、[Au(tmdt)₂]は(従来の分子性伝導体では考え難いことであったが)金属状態を保ったまま 110 K という“高温”で反強磁性転移を示すことが分かった(図 3.1.3)。

また、Au と Pt は周期律表で隣り合う原子であり[Au(tmdt)₂]と[Pt(tmdt)₂]は理想的な合金を作る可能性があり、今後大きな発展が期待できるものと思われる。

[Au(tmdt)₂]の単結晶の抵抗測定については、さらに最近、50μm以下の[Au(tmdt)₂]の極微量結晶の単結晶の電気抵抗の測定に成功し、反強磁性転移温度で小さな抵抗の異常を示し、ヘリウム温度まで金属状態が保たれることを確認した。分子性超伝導体の超伝導転移温度はわずかな上昇を除けば最近15年間ほとんど変わっておらず、新しいタイプの分子性超伝導体の登場が待たれていたが、今後の単一分子性金属形の発展に期待がもたれる。また、単結晶での物性測定を可能とするサイズの結晶の育成に努めると同時に、50ミクロン程度の単結晶の抵抗測定を可能とする簡便な実験技術を開発することも今後の課題であり、現在試みを開始しているところである。

また、単一分子性金属は大きな単結晶を得難く、結晶成長の改善に努めてきたが、その過程で[Au(tmdt)₂]の微粉末結晶をナノ金属板として得ることが可能であることが分かった(図3.1.4)。通常金ナノ微粒子等の無機金属元素の金属微粒子は金属原子が「むき出し」の状態では不安定で、有機鎖状分子等で被覆保護する必要があるが、単一分子性金属の微粒子は極めて安定である。これまで単一分子性ナノ金属微粒子を意図的に作る試みは行っていないが、ナノ金属微粒子の作成は困難ではないのではないと思われる。また、このようなナノ金属板を切る技術が容易に使えるようになれば、金属板から、ナノワイヤ、ナノ金属ブロック等を切り出すことができるものと思われる。単一分子性金属の研究は研究代表者と共同研究者等によって開拓された新しい研究分野である。欧州の研究者によっても類似研究が行われるようになったが、これまでの分子性伝導体と比べ、合成が一段と困難で、私達

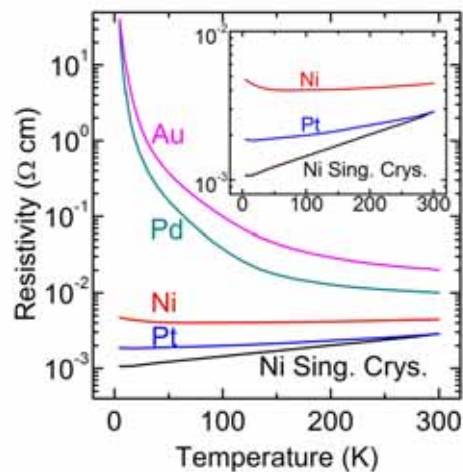


図 3.1.2 [M(tmdt)₂](M=Ni, Pd, Pt, Au)の粉末結晶の抵抗の温度変化(Niについては単結晶データを合わせ示している。なお、Auについては徳本グループによる櫛方電極を使った多結晶試料の2端子抵抗測定によって低温まで金属的な温度依存性が得られている。

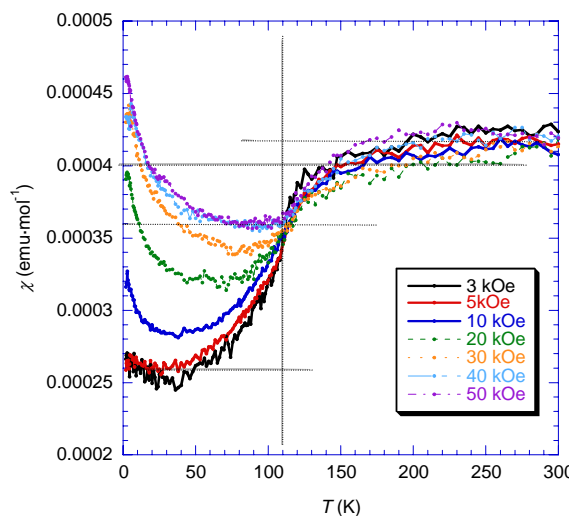


図 3.1.3 [Au(tmdt)₂]の粉末結晶試料の磁化率。120 Kに反強磁性転移がある。

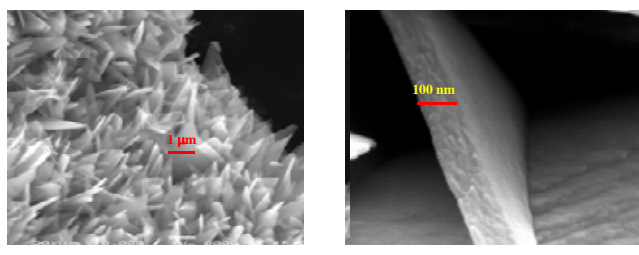


図 3.1.4 (左)白金電極上に成長した[Au(tmdt)₂]の微結晶。薄い板状の結晶の集合である。(右)結晶のSEM写真。約80 nmの厚さ、1 μmの幅を持つナノ金属板である。

自身も十分な大きさの良い単結晶を合成できていない。このことが研究が一挙に拡大するための大きな障害になっている。一方、本研究を通して、興味深い系が明瞭に浮かび上がってきている。現状では研究推進のためには研究グループに合成能力に優れた人材を二人確保することが必要であると思われるが、ともあれこのような困難を克服し、重要性を持つ魅力的な系(の良い試料)を作り出すことが非常に重要な状況であると考えられる。

(b)磁性有機超伝導体:本研究計画を企画する少し前に、小林グループは BETS と略称されるドナー分子と FeX_4^- ($X=\text{Cl}, \text{Br}$) で構成される磁場誘起超伝導体 $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$ や初めての反強磁性有機超伝導体 $-(\text{BETS})_2\text{FeBr}_4$ の報告を行った。(a や b は構造のタイプを表し、それぞれ三斜晶系及び斜方晶系の結晶構造(図 3.1.5 参照)を表す)。このような磁性有機超伝導体は現在(2007 年)に至るまで世界的に他に例がない。本研究ではこれらの研究を継続して展開していくことによりかなりの比重が置かれた。例えば、研究開始時に反強磁性有機超伝導体 $-(\text{BETS})_2\text{FeBr}_4$ が $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$ 同様、磁場誘起超伝導を示す兆候が小林グループによって得られていたが、磁場誘起超伝導転移による抵抗ゼロの確認は共同研究者による極低温での実験によってなされた。最初の磁場誘起有機超伝導体 $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$ では、最近、(共同研究者によって)磁場誘起超伝導相と金属相

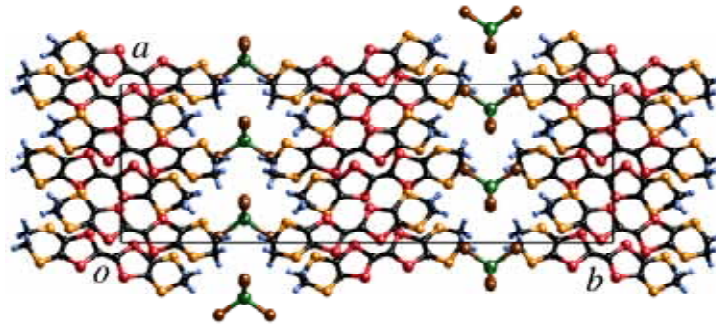
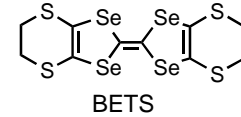


図 3.1.5 $-(\text{BETS})_2\text{FeBr}_4$ の結晶構造。有機分子からできた二次元伝導層とその間に挟まれたアニオン層からできている典型的な二次元有機伝導体の構造を持っている。

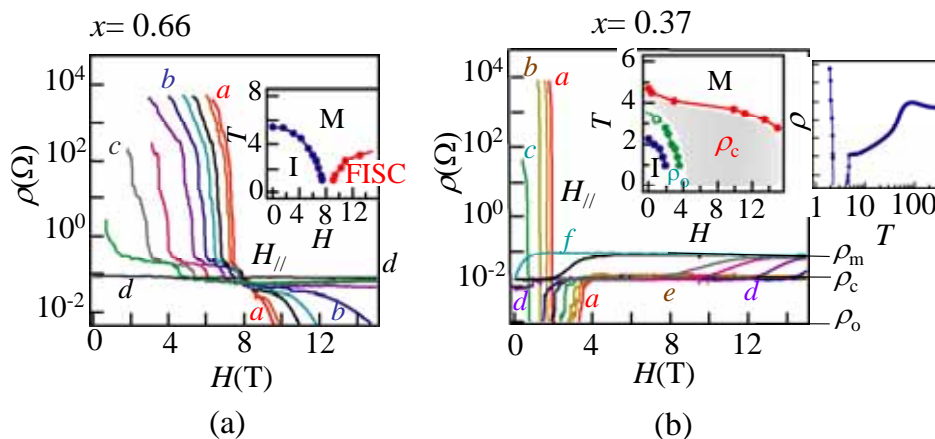


図 3.1.6 $-(\text{BETS})_2\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Cl}_4$ の H - T 相図($H//ac$ 電導面, $I//c$ (結晶の針状軸))。 (a) $x=0.66$ 、超伝導相と磁場誘起超伝導相が隣接している。 (b) $x=0.37$ 、結晶はゼロ磁場で、温度低下と共に、金属→超伝導→絶縁体と転移し、 H - T 相図には灰色の抵抗一定 (ρ_c) 領域が出現。

の境界に超伝導のオーダーパラメータが空間変調する FFLO 超伝導相が存在していることを示す貴重な実験結果等が得られた。また、 $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$ の磁性アニオン FeCl_4^- は非磁性アニオン GaCl_4^- と任意の混合比で交換することができ、磁性イオンの濃度を変えることによって 伝導電子と Fe^{3+} の局在磁気モーメントの間の相互作用を連続的に変えることができる。 Fe^{3+} の濃度の現象に伴い、反強磁性絶縁化転移温度が低下し、十分低下すると、反強磁性絶縁相に隠されていた超伝導が現れ始め、系は特徴的な超伝導転移を示すようになる。同時に磁場有機超伝導相が低磁場側に連続的に移動する等の様々な特異的な振る舞いが明らかにされ、 $-(\text{BETS})_2\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Cl}_4$ の磁場有機超伝導の相図が詳細に調べられた。一例を図 3.1.6a に示す。また、最近(まだ、定性的な段階で、より詳細な研究は今後の課題であるが) $x \approx 0.4$ の領域では非磁性イオンの導入によってゼロ磁場側に出現した超伝導状態と低磁場側にシフトしてきた磁場誘起超伝導相が $T-H$ 相図上で接するような状況で ($H//ac$ 電導面, $I//c$ (結晶の針状軸) という条件の下で)、低温で抵抗がゼロ抵抗と(超伝導に転移する前の)金属抵抗の中間で磁場にも温度にも依らない一定の抵抗値をとるという未解明の抵抗状態が出現することを発見し、その概要を報告した。本研究は研究代表者らによる独自の研究であり、今後独立の研究者により追試が行われ、詳細な研究がなされることを期待している(図 3.1.6b($x=0.37$ の場合)を参照)。

また、光照射によって磁性と伝導性を制御することを目的に、光によってスピン状態をコントロールできるスピントロニクスオーバー錯体、 $\text{Fe}(\text{qsal})_2$ と電気伝導を担う $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ 分子と組み合わせ、多重機能性スピントロニクスオーバー伝導体の開発を試みた。同様な研究は(欧州及び我が国の)他の研究室でもほとんど同時に行われたが、本研究では世界に先駆けて初めて高スピン-低スピン転移と電気抵抗がカップルした相転移が観測できた(図 3.1.7)。結

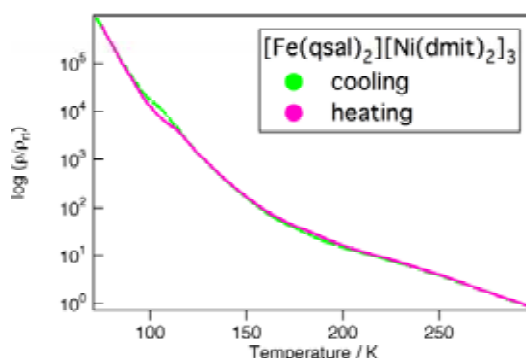
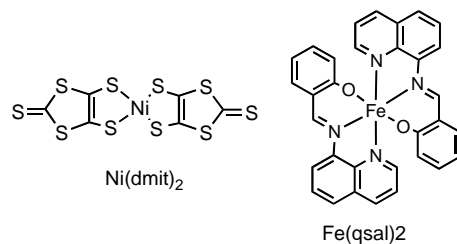


図 3.1.7 $[\text{Fe}(\text{qsal})_2][\text{Ni}(\text{dmit})_2]_3$ の電気抵抗の温度変化。スピン転移とカップルして抵抗の異常が観測される。

晶構造の温度変化を調べ、磁気転移と伝導性がカップルする理由はスピン転移に伴いスピントロニクスオーバー錯体の分子構造が伸縮することによる間接的な効果(「化学圧」の効果)であることを見出した。転移温度及び伝導性の向上は今後の課題である。また、光照射によって低スピン状態から高スピン状態への転移が起こり高スピン状態をトラップできることも確かめられた。

(c) ポーラス結晶のナノ分子空間を用いた新規誘電体の開発: 一般に、分子は集合体を形成しても孤立状態の性質を保つ性質を持っているが、ポーラスな宿主格子のナノ空間に取り込まれたゲスト分子はその代表的な例である。本研究ではポーラス分子性結晶を用い、ポーラスナノ空間に有極性分子を導入し、ゲスト分子の位置の自由度の温度による凍結、融解を利用して、新たな誘電性物質を作り出す可能性を検討した。

ポーラス結晶としては、磁気的な宿主結晶を作る目的で、 Mn^{2+} と蟻酸配位子が構成するポーラス結晶 $[\text{Mn}_3(\text{HCOO})_6][\text{guest}]$ (guest= H_2O , CH_3OH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, C_6H_6 , I_2 ..., vacant) を合成した。結晶は期待されたように、フェリ磁性体でゲスト分子によって転移温度がかなり変化する(5~10 K)ことが判明した。ポーラス分子空間内ではゲスト分子の位置(配向)の自由度は大きな温度変化を示すことが期待され、ゲスト分子として H_2O , CH_3OH , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 等の

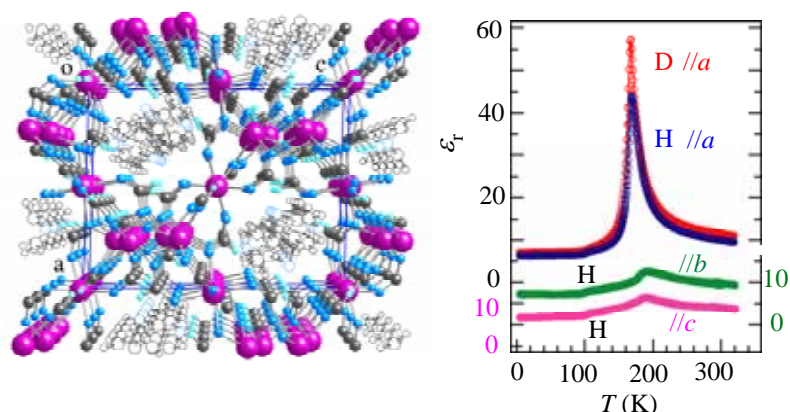


図 3.1.8 ポーラス結晶 $[\text{Mn}_3(\text{HCOO})_6][\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}]$ のチャンネル構造と誘電率の温度変化 (a 軸方向がチャンネル方向)。

有極性分子を用いて、誘電率の温度変化を調べた。その結果、 CH_3OH と H_2O (1:1)をゲスト分子とする結晶は 160 K 近傍で(一次)強誘電転移を示すことが判明した(図 3.1.8)。磁気転移温度は低いが、強誘電転移を示す分子磁石は勿論世界で初めての例である。

また、六方晶格子を持つ $[\text{Cu}_3\text{La}_2(\text{NH}(\text{CH}_2\text{COO})_2)_6](\text{H}_2\text{O})_8$ ではチャンネル方向に電場がかかった時 350 K 近傍で $\epsilon_r \approx 300$ と大きな誘電率を示し、反強誘電転移を示すことが分かった(それ以上の温度では水分子が失われる)。小さな水滴と結晶をキャピラリーに同時に封入して結晶の構造解析を行うと、360 K では水の位置は全く決まらず「液体」状態にあるが、350 K ではチャンネル方向($//c$)には位置の自由度を残しているが、水分子の位置を決定でき、反強誘電転移はチャンネル内に閉じ込められた水分子の「固化」に伴うものであることが判明した(未発表)。格子定数の温度変化はチャンネル($//c$)に垂直方向に反強誘電転移温度直下で格子が膨張し、チャンネル内のゲストの水分子は(チャンネル方向には位置の自由度を残したまま)水素結合を形成してポーラス空間内で「ナノ氷」に転移していることを示唆している。チャンネル方向にはさらに低温(180 K)で誘電率は 150 から 1桁以上減少し、水分子は自由度を失い“固化”して、非分極状態に変化するものと考えられることが判明した。

(2)研究成果の今後期待される効果

本研究では「新規な電子機能を持つ分子ナノ構造体の構築」の標題の下に、(a)単一種の分子だけで構成される新しいタイプの分子性金属結晶の開発と物性評価、(b)磁性有機超伝導体の物性評価、(c)ポーラス分子性結晶と有極性ゲスト分子の組み合わせによる(磁性)誘電体の開発を遂行した。

単一分子性金属に関しては、研究の初期には、最初の単一分子性金属 $[\text{Ni}(\text{tmdt})_2]$ の tmdt 配位子と類似した種々の配位子を合成し、多くの単一分子性金属を得た。その中には粉末結晶で 0.5 K まで金属的な高い伝導度を示すもの、高い磁気転移温度を持つ金属等、今後の研究のターゲットとなり得る系がかなり含まれている。次の展開への道筋が明らかになってきたと思われる。例えば、 $[\text{Ni}(\text{tmdt})_2]$ と同型の $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ では、110 K という分子間相互作用が小さい従来の分子導体と比べ非常に高い反強磁性磁気転移を示す。これまでの分子導体では反強磁性相に隣接して超伝導相があり、概ね高い T_N を持つ系の近くに高い T_C を持つ有機超伝導体が存在している。有機超伝導体の分野では T_C の上昇が停滞して久しく、新たな物質探索が待たれている。単一分子性金属の合成の困難さを克服できれば、分子導体の開拓を再び活性化できる可能性もあると考えられる。また、やはり、同型の $[\text{Pt}(\text{tmdt})_2]$ では、やはり従来の分子導体の常識を破り、微結晶粉末を押し固めた状態で低温まで金属となることが分かった。一般に、単一分子性金属の微粉末は空気中で極めて安定であり、金属微結晶を高伝導性を保ったまま有機溶剤に分散させることができれば、新しい伝導素材としての用途が開けるかもしれない。また、金ナノ粒子とは異なり $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ の

ナノ金属板も非常に安定であるので、「 $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ 金属板」も将来ナノ素材としての用途が開ける可能性がある。また、AuとPtは周期律表で隣り合う原子で(中心金属だけが異なる) $[\text{Pt}(\text{tmdt})_2]$ と $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ は理想的な合金系を作る可能性が高い。 $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ は110 Kで反強磁性転移を示し一方 $[\text{Pt}(\text{tmdt})_2]$ は(プレリナリイなデーターであるが)低温までパウリ常磁性である。これらの合金化は物質探索的にも興味ある課題である。また、 $[\text{Cu}(\text{tmdt})_2]$ は電気抵抗は金属的ではないが Cu^{2+} と思われる磁気モーメントが三次元に電子に取り囲まれ、埋もれた構造をしている。従来このような分子導体は例がなく、将来結晶成長の前進等によって新たな磁性分子導体の分野が開かれる可能性がある。

(b)磁性伝導体に関しては、(新規な磁性有機伝導体の開発に重点を置くことができなかつたために)本研究が開始される直前に研究代表者らが報告していた磁場誘起超伝導体や反強磁性超伝導体に代わる分子性伝導体を開発するための試みにはほとんど手がつけられなかった(諸外国からもこれらの系を凌駕する磁性有機伝導体は報告されていない)。しかし物性評価に関しては、(未解明の現象であるが)非磁性/磁性混合アニオンを持つ二次元有機超伝導体でゼロ抵抗と金属抵抗の中間で「抵抗一定状態」を見出す等予期せぬ発見もあった。磁場下の抵抗は磁場を未経験の試料と磁場サイクルを経験した試料で「抵抗一定」の出現の様子が変わるので、恐らく二次元層状超伝導体に閉じ込められた磁束に関係した現象と思われるが、今後、独立な研究者によって追試され、この現象が解明されることを期待している。また、電気伝導度の温度変化は高温領域で有機伝導体特有の強相関による非金属的な振る舞いを示す。これまでは主に金属電子と局在磁気モーメントの協奏効果に関心が絞られていたが、今後、新たな視点を導入し、強相関磁性有機伝導体として、新たな展開がなされることが期待される。

また、分子機能を集積して、新しい電子機能を発揮する分子システムを構築するという目標に関しては、スピノクロスオーバー転移を示す鉄錯体を取り込んだ伝導体の構築を試み、かなりの成功を収めた。同様な物質の開発はほとんど同時にフランスのグループや我が国の他のグループによっても試みられていることが判明したが、スピノ転移と伝導性がカップルしている系を作ったのは我々のグループだけである。また、転移温度、伝導性の大きさは改善の余地が大きい。光照射によって磁性と伝導性を同時に制御する可能性が初めて示された。この系は化学的操作が比較的容易であると思われ、今後の発展が期待できる。

(a)ポラス誘電体については、これまでホスト格子が気体分子を吸蔵する能力やホスト格子の物性に対するゲスト分子の効果等の研究はなされてきたが、ゲスト分子の機能性に基づく物性開発はほとんど例がなかったのではないかとと思われる。有極性ゲスト分子を導入したポラス誘電体の開発は本研究計画で初めて取り上げられたものであり、研究は端緒についたばかりであるが、室温近傍で大きな誘電率を持つ系が得られているので、今後の発展の可能性があるのであると考えている。特にポラス磁性分子性結晶と有極性ゲスト分子を組み合わせて、磁性と誘電性が共存する物質を開発する試みは本研究により初めてとりあげられたものであるが、そのプロトタイプとなる物質を見出すことができた。複数の機能性分子を積み上げて新規な電子機能性分子物質を開発しようとする研究に対して一つの方法を示し得たものと考えられる。現在はポラス分子ナノ空間に閉じ込められた環状分子の分子運動の自由度の凍結、融解を利用した誘電物質の開発をも試みている(未発表)。「分子特有の固有振動を積極的に利用した物性開発」という発想は従来にはない新しい視点と思われ、この種の研究は将来さらに拡大していくものと思われる。また最近、一次元チャンネル内の水分子について、その凍結に伴うチャンネル内径の拡大という現象を見出した(未発表)。一般にチャンネルに閉じ込められた分子はバルク物質と孤立分子の中間の独特のナノ分子集団を形成している。このようなナノ分子集団の安定構造、熱力学あるいは機能性の研究は未知の研究領域であり、基礎物理化学的研究の展開が期待されるものと思われる。

3.2 分子性金属の開発と物性評価(産業技術総合研究所 徳本グループ)

(1)研究実施内容及び成果

徳本グループは、全体研究課題のうち、(1)磁気・伝導協奏機能を示す分子物質の開発と物性評価、(2)革新的機能分子材料を目指した単一分子性金属の開発とその物性、に関連して、研究代表者と協力し、次の研究を遂行した。反強磁性有機超伝導体の低温強磁場物性、単一分子性金属の開発とその物性の評価、ナノスケールの分子物質やマイクロ結晶の物性評価技術の開発。

有機分子性金属の電気的及び磁気的特性の評価において、新しい微少単結晶の物性測定法を開発し、従来の測定限界を越えることを目標に研究を進めてきた。特に、米国フロリダ州タラハシ市にある国立強磁場研究所 National High Magnetic Field Laboratory(NHMFL)のブルックス教授のグループと協力して、低温強磁場中における電気的・磁気的物性の測定を行った。その結果、単一分子性金属[Ni(tmdt)₂]のフェルミ面の存在を示す直接的証拠となる磁気量子振動現象(ドハース・ファンアルフェン(dH-vA)効果)の観測に成功し、その電子構造を決定した。

微少単結晶の磁気的特性の評価には、原子間力顕微鏡(AFM)用のマイクロカンチレバーを用いた磁気トルク測定法を適用して、1 μg 以下の微少単結晶試料の磁気的特性を測定することに成功した。まず、強磁場における応用としては、磁気量子振動現象(ドハース・ファンアルフェン(dH-vA)効果)の観測を通じて、フェルミ面の研究を行った。他方、低磁場における応用としては、-BETS系反強磁性伝導体のスピン・フロップ転移の観測を通じて、反強磁性相の磁気特性(ネール温度、磁化容易軸、スピン・フロップ磁場等)を明らかにした。

微少単結晶の電気的特性の評価には、電気化学測定用に開発された市販の楕形電極や、産業技術総合研究所ナノプロセッシング施設(AIST-NPF)で微細加工した電極を用いて、電気化学的結晶成長と電気抵抗の温度依存性の測定を行った。

単一成分の分子から構成される分子性金属結晶[Ni(tmdt)₂]が真の金属であることを証明するために、フェルミ面の存在を示す直接的証拠となる磁気量子振動現象(ドハース・ファンアルフェン(dH-vA)効果等)の観測を試み、それに成功した。実験は、米国フロリダ州タラハシ市にある国立強磁場研究所National High Magnetic Field Laboratory(NHMFL)の45テスラのハイブリッド磁石(図3.2.1)を利用した。AFM用マイクロカンチレバーの先端に微小な単結晶を載せ、ホイートストンブリッジを用いて、磁場をスイープした時の、磁気トルクの振動的信号



図 3.2.1 国立強磁場研究所 National High Magnetic Field Laboratory(NHMFL)の 45 テスラのハイブリッド磁石

を検出した(図3.2.2)。試料を載せたカンチレバーを回転して、フェルミ面の断面積に対応するdH-vA振動数の角度依存性(を測定し、第一原理バンド計算と照合してその電子構造と電子ならびに正孔のフェルミ面の三次元的形状(図3.2.3-5)を決定した。

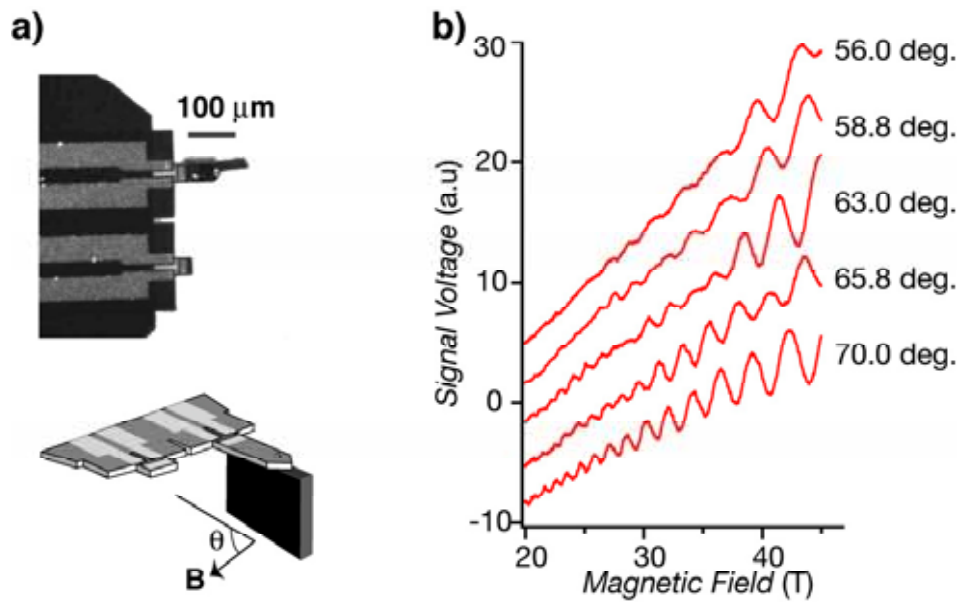


図3.2.2 試料を固定したAFM用マイクロカンチレバー(a)と観測された磁気量子振動(b)

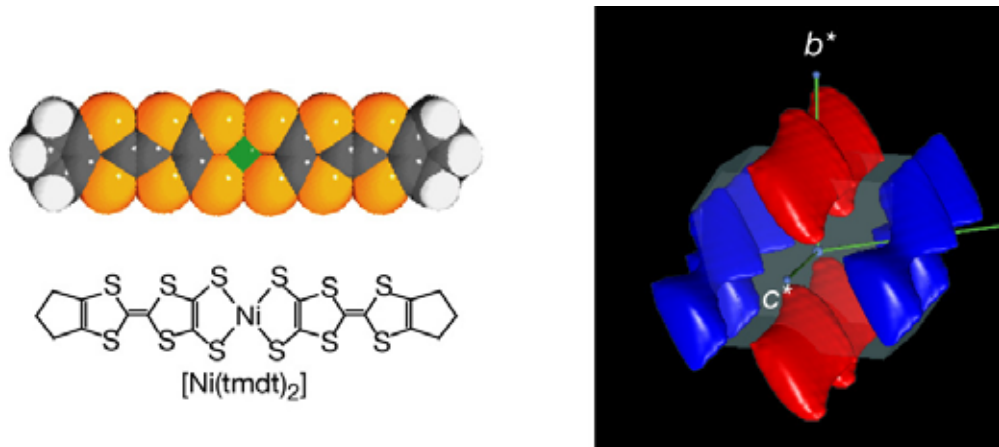


図 3.2.3 単独で集積(結晶化)し、金属になった[Ni(tmdt)₂]分子(左)とその結晶の電子(赤)と正孔(青)の三次元的なフェルミ面(右)

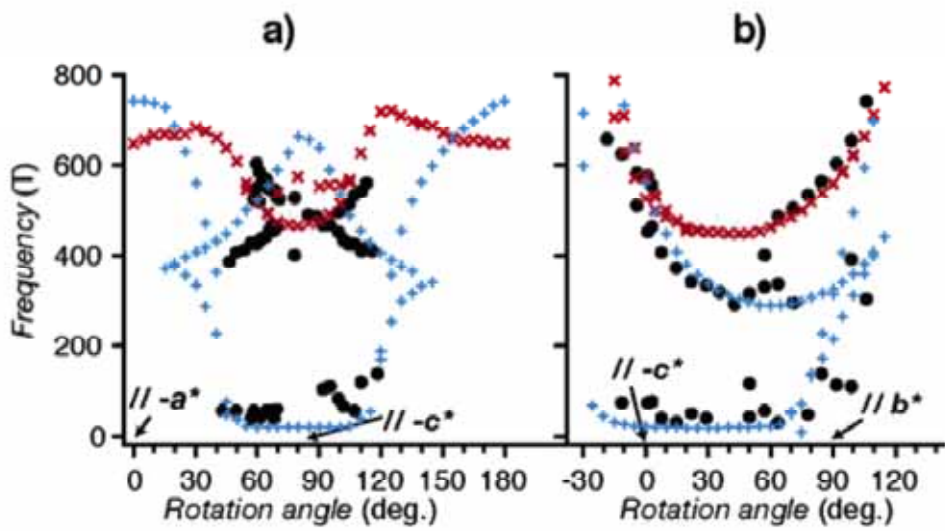


図3.2.4 観測されたdH-vA周波数の角度依存性、とバンド計算の結果から求めた値の比較

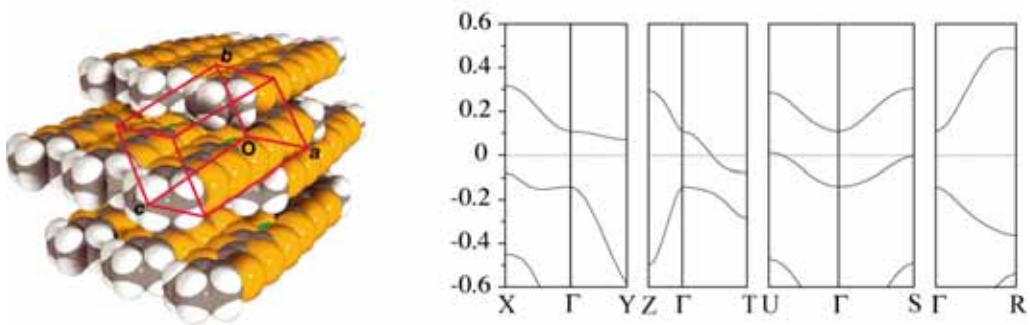


図3.2.5 [Ni(tmdt)₂]の結晶構造(左)、及びバンド構造(右)

原子間力顕微鏡 (AFM) 用マイクロカンチレバーを用いて、*d*-系有機導電体 $(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$ の微量単結晶試料 ($< 1 \mu\text{g}$) の磁気トルクを測定し、反強磁性相におけるスピン・フロップ転移の観測に成功した。(図3.2.6)これにより、この手法が1テスラ程度の比較的低磁場領域における微小単結晶の磁気的特性の測定に有効であることを実証した。その後、微量単結晶試料の磁気トルク測定としては、小さな ($< 1 \mu\text{g}$) 単結晶しか得られない、*d*-系有機導電体混晶系 $(\text{BETS})_2\text{Fe}_{1-x}\text{Ga}_x\text{Cl}_{4-y}\text{Br}_y$ に適用し、その反強磁性相の磁気特性(ネール温度、磁化容易軸、スピン・フロップ磁場等)の組成による系統的な変化を明らかにした。

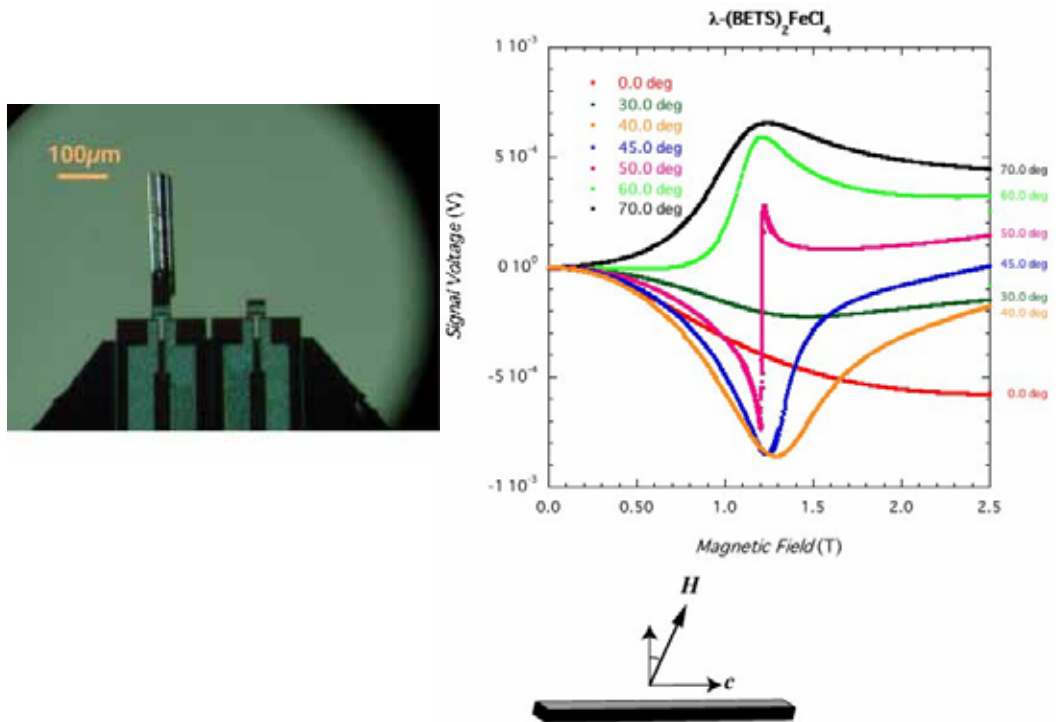


図3.2.6 λ -(BETS)₂FeCl₄の単結晶試料を固定したAFM用マイクロカンチレバー (左)、及び観測されたスピフロップ転移 (右)

微小単結晶試料の電気的特性の測定

通常の4端子法を用いた電気抵抗測定ができる大きさの単結晶を育成することが不可能な物質の電気特性を評価する新しい手法として、櫛形電極を用いて電気化学的に結晶を育成しそれをそのまま2端子法による電気抵抗を測定し、単一分子性伝導体[Ni(dmdt)₂]については単結晶の4端子法とほとんど変わらない、物質固有の電気特性を評価できることを示すことに成功した。この方法は粉末試料しか得られない物質の電気特性の評価に有効である。特に粉末試料として得られやすい単一分子性伝導体[Ni(dmdt)₂]や[Au(tmdt)₂]につ

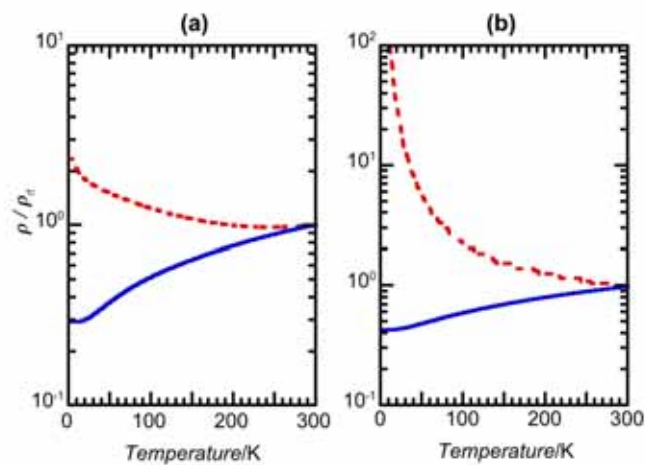


図 3.2.7 [Ni(dmdt)₂](a)と[Au(tmdt)₂](b)の電気伝導度の温度依存性。粉末微小結晶を加圧成形した試料(赤破線)とくし型電極上に育成した微結晶試料(青実線)

いては、従来の粉末加圧成形試料では非金属的な伝導特性を示していたが、本測定により図 3.2.7 に示すように低温まで安全な金属であることが証明された。 $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ については、ESR、NMR 等の測定から 110K 付近で反強磁性転移をすることが報告されているが、本伝導度測定においては該当温度域において明らかな伝導挙動の異常は見られておらず、その解明は今後の課題である。

このくし型電極基板上に育成した微小結晶試料(図3.2.8)について、粉末X線回折パターンを測定したところ、 $[\text{Ni}(\text{dmdt})_2]$ 分子については錯体分子が明らかな配向を持っていることが分かった。そのうちより大きな配向を示している(h00)の分子配向を図3.2.9に示す。図中で赤で示された面がくし型電極基板に平行な面に相当する。つまり多くの $[\text{Ni}(\text{dmdt})_2]$ 分子が分子の短軸を基板に垂直に向けていることが分かった。

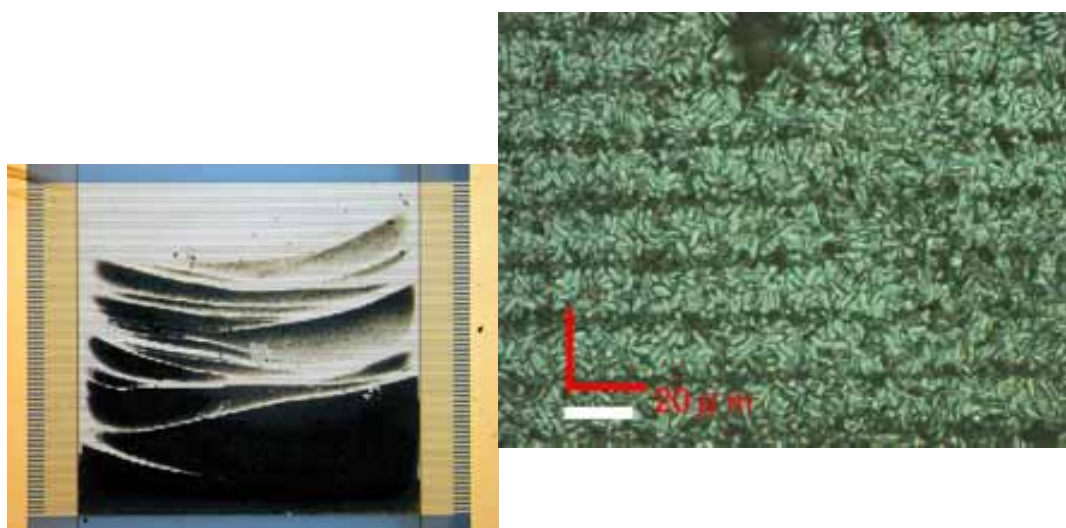


図3.2.8 くし形電極(電極線幅10 μm、線間5 μm、65対)上に電気化学法で成長させた $[\text{Ni}(\text{dmdt})_2]$ の微結晶 (左)くし形電極全体 (右)拡大写真

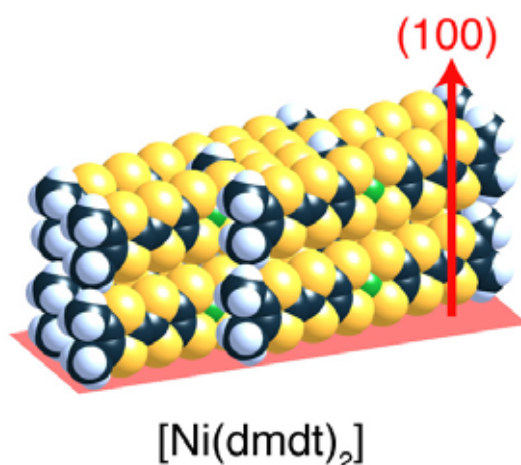


図 3.2.9 (h00)の回折パターンに対応する $[\text{Ni}(\text{dmdt})_2]$ の基板上的配向。赤い面が電極基板に相当する。

(2)研究成果の今後期待される効果

単一分子性金属[Ni(tmdt)₂]の磁気的量子振動現象の観測に成功し、この物質がフェルミ面を持つという厳密な「真の金属」の定義にあてはまる物質であることを証明した科学的インパクトは極めて大きい。

本研究成果である微小単結晶の物性評価法は、今後様々な新物質の微小単結晶を評価するために用いられることが期待される。

3.3 超分子相互作用を利用した電子状態制御(理化学研究所 加藤グループ)

(1)研究実施内容及び成果

シリコン基板上での、分子性導体の微小単結晶成長とその電気特性

分子デバイスを実現する基礎を築くという観点から、SiO₂/doped-Si 基板上にリソグラフィーで金属(金、白金、銀、銅)電極を作製し、このシリコン基板上で直接電気分解あるいは化学反応を行うことによって、その場で分子性導体のマイクロ/ナノサイズ単結晶を成長させ良好な電気的コンタクトを得ることに成功し、その電気的特性を検討した [H. M. Yamamoto et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 700 (2006)]。

ミクロスケールあるいはナノスケールの電極間を有機物でワイヤリングをする技術は分子デバイスを実現する上で不可欠の技術である。微小電極間をマイクロサイズあるいはサブマイクロサイズの有機伝導体で電極間を橋渡ししてきたとしてもその接合部分が電気的に満足すべきものであり得るのか等、今後、解明されるべき課題が山積している。しかし、これまで、基礎的で厳密な研究は充分になされていない。加藤グループは、SiO₂/doped-Si 基板上にリソグラフィーで金属(金、白金、銀、銅)電極を作製し、このシリコン基板上で直接電気分解あるいは化学反応を行うことによって、その場で分子性導体のナノサイズ単結晶を成長させ、電極間を単結晶1つで橋渡しすることによって、結晶のサイズが小さいことから生じるバルク結晶との様々な物性の違いを明らかにすることを目的とし、検討を行った。

実験手法としては、あらかじめフォトリソグラフィー及び電子線リソグラフィーにより電極を作製したシリコン基板を溶液に浸し、化学反応または電気化学反応を用いて電極より直接単結晶を成長させる。その結果長さ100 nm ~ 100 μm、厚さ50 nm ~ 10 nm程度の単結晶に対して測定用端子が2 ~ 10箇所程度ついた構造ができる。これをレーザーで加工して測定用回路を作製し、温度変化・光照射による変化を含めた詳細な伝導挙動の検討を行った。

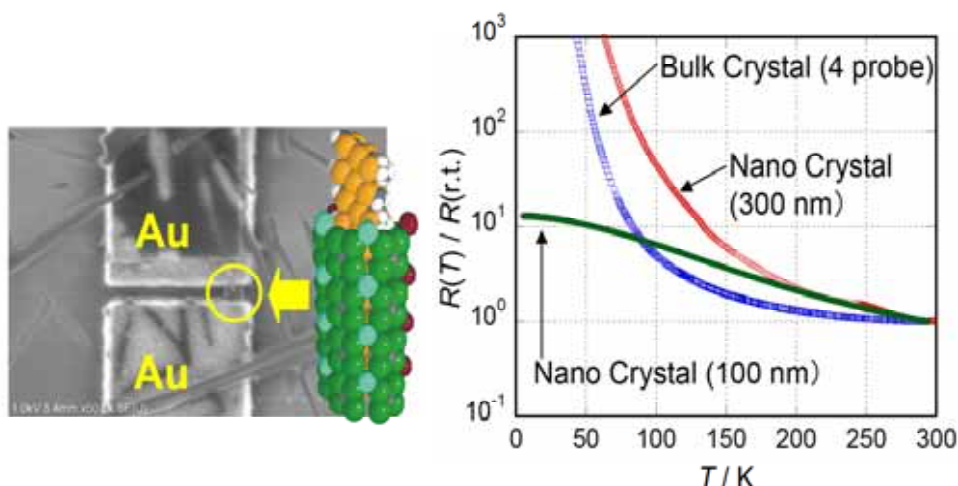


図 3.3.1(左) 基板上に成長した(EDT-TTF)₄Br₂(TIE)₅ 単結晶の電子顕微鏡写真。2つの金電極をブリッジするように結晶が成長している。

図 3.3.2(右) サイズによる伝導性の違い。バルク及び 500 nm の結晶は低温で絶縁化するが、100 nm の結晶は低温でも十分な伝導性を示す。

図 3.3.1 は、電気分解によって、 $(\text{EDT-TTF})_4\text{BrI}_2(\text{TIE})_5$ ($\text{EDT-TTF} = \text{ethylenedithiotetraphthalvalene}$; $\text{TIE} = \text{tetraiodoethylene}$) の単結晶を Au 電極間に橋渡しして成長させたものである。このように分子性導体の単結晶 1 個で 2 電極間を橋渡しできたのはこれが世界初である。分子性導体 $(\text{EDT-TTF})_4\text{BrI}_2(\text{TIE})_5$ は、含ヨウ素中性分子含ヨウ素有機分子 (TIE) とハロゲン化物イオンとの間に働くハロゲン結合を利用して開発された超分子性導体で、径が約 1 nm のドナー分子 (EDT-TTF) 一次元伝導カラム (分子電線) とそれを被覆する絶縁性の超分子によって構成される分子性ナノワイヤである。二端子法による電気抵抗の温度変化測定を行ったところ、500 nm のギャップを橋渡しした結晶の抵抗値はバルク結晶とほぼ同様な電気伝導特性を示し、低温で絶縁化したが、100 nm のギャップを橋渡しした結晶ではこれとは異なり低温まで良好な伝導性が維持されることを明らかにした (図 3.3.2)。この結果は超分子ナノワイヤの伝導性が本質的には金属的であり、バルク結晶が活性化型の温度依存性を示すのは格子欠陥のためであることを示している。

また、銅電極を作製したシリコン基板を有機アクセプター分子 DMe-DCNQI (= dimethyl-N,N -dicyanoquinonediimine) の溶液 中 に入 れ、化学反 応 によ っ て $(\text{DMe-DCNQI-d7})_2\text{Cu}$ の単結晶をシリコン基板上に直接成長させ、4 つの電極を 1 つの結晶で橋渡しすることに成功した (図 3.3.3)。 $(\text{DMe-DCNQI-d7})_2\text{Cu}$ の結晶は、バルクでは 80 K で金属絶縁体転移を起こすが、今回作成したナノ結晶は室温から 4 K まで金属的な伝導挙動を示した (図 3.3.4)。

近年ナノサイズ単結晶の物性に関しては様々な分野での研究が進んでいるが、これまで基礎的で厳密な研究は充分になされていない。本研究では基板上に直接単結晶を成長させて、単結晶一つ一つの物性を温度変化させながら測定することができるという点、また端子の数も任意に設定できるという点、ゲート電極も含めた測定ができる点等においてこれまでの研究とは一線を画する。

微小単結晶の伝導挙動でまず興味深い点は、バルク単結晶との物性の違いである。ナノサイズの結晶は単分子とバルクの間中に位置し、その物性はサイズによって様々に変化するはずであり、実際本研究でもそのような挙動を観測することに成功した。また、本手法の特徴として、基板にゲート電極を埋め込んでおけるという点が挙げられる。分子性導体

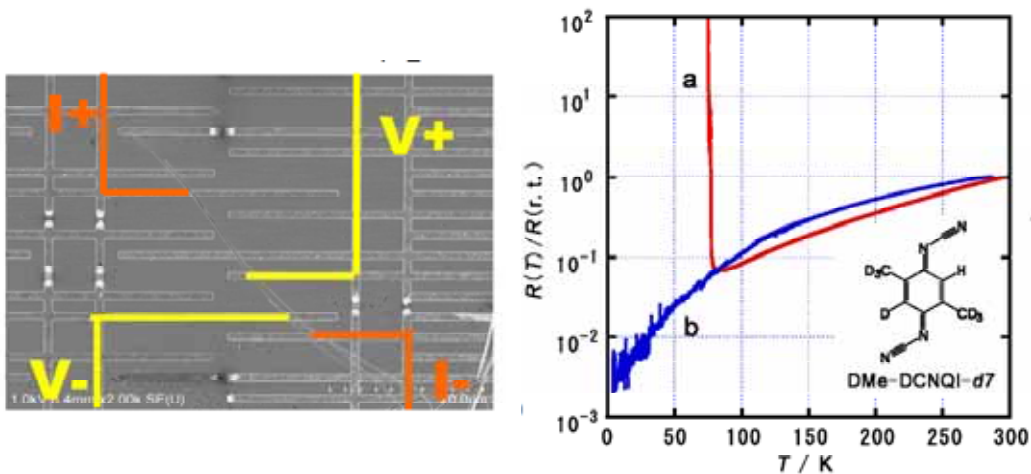


図 3.3.3 (左) 基板上に成長した $(\text{DMe-DCNQI-d7})_2\text{Cu}$ 単結晶の電子顕微鏡写真。単結晶の太さは約 100 nm、長さは約 20 μm である。

図 3.3.4 (右) 図 3.3.3 の単結晶について四端子伝導度測定を低温まで行った結果 (青)。赤で示した伝導挙動は同じ組成のバルク結晶について測定を行った結果である。バルクで見られる 80 K 付近の明確な金属 - 絶縁体転移がナノ結晶では消失している。

に電界効果をかけるためのゲート電極をつけるには、これまでサンプル表面のダメージが避けられない手法しかなかったが、本手法ではゲート絶縁膜の形状に合わせて結晶成長が起こるので、絶縁膜とサンプルの接合が平滑になると考えられる。特に、相転移現象を示す物質が多く知られているということも分子性導体の特徴であるので、相転移をゲート電圧によって制御し、「相転移トランジスタ」を作製するという可能性も非常に興味深く、検討したいと考えている。

また、これとは別に電極と分子性導体の接合界面についても興味を持たれる。通常有機の結晶と電極を電氣的に接合させるためには結晶表面に溶剤入りペーストを塗布するか、金属を蒸着するかのどちらかの方法が採用される。しかし、これらの方法では結晶の表面がダメージを受けて非晶質になってしまい、これが接触抵抗の一因となっている。こうした現象は有機FETを作る際の性能劣化につながるため、その解決法を多くの研究者が探っている段階である。それに対して本研究で用いている手法では、結晶成長の過程で分子が自己組織的に整列し電極の形に合わせた結晶ができ上がるので、結晶と電極の接合が非常にきれいに形成されると期待できる。その時に接触抵抗がどこまで小さくできるのか、という情報は、有機FETの開発にとっても重要である。

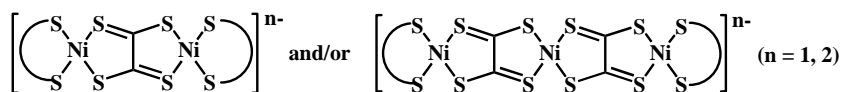
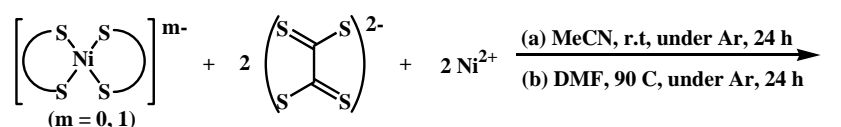
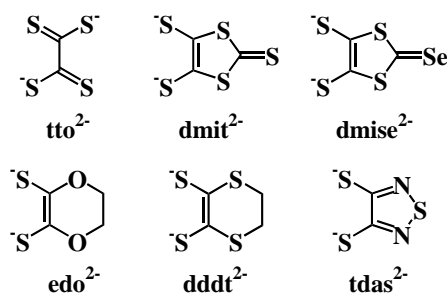
類似の研究は、筑波大のグループ(大塚洋一教授)と通総研のグループ(長谷川裕之研究員)でも、電気化学的手法を用いて開始しているが、いずれも結晶は単結晶ではなく多結晶で測定を行っており、端子も2端子しか付けることができていない上に、ゲート電極も存在しない。この分野の研究はまだ始まったばかりであり、国内グループが先行しているため、海外に同様の研究をしているグループはまだない。なお、最近当チームの徳本グループにおいても類似の研究を開始している。

多核ジチオレン遷移金属錯体の開発

金属ジチオレン錯体を構成要素とする分子性導体は、超伝導を含む様々な興味深い物性を発現することが知られている。加藤グループでは、分子性導体に導入できる新規分子の開発を目指し、共役系を拡張すると同時に、分子内にd電子中心を複数個有する多核ジチオレン遷移金属錯体を構成成分とする分子性導体の合成を検討した。その結果、ジチオレン配位子を有する単核金属錯体と、 tto^{2-} (=tetrathiooxalate) 架橋配位子、及び金属イオンを直接反応させることにより、二核あるいは三核錯体を合成することに成功した[K. Kubo et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 12358 (2006)]。

Scheme 1 に示したジチオレン配位子を有する、五種類の単核金属錯体を用いた場合、Scheme 2 に示す反応の進行を確認することができた。再結晶により、種々の新規多核ジチオレン金属錯体の単結晶を得て、そのX線構造解析により、結晶構造を明らかにすることができた。それらのうち特に注目すべきは、dddt配位子を有する三核錯体である。従来の合成法では不可能であった、このタイプの三核ジチオレン錯体に対する簡便で汎用性のある合成法の確立、そしてその結晶構造(図 3.3.5)を明らかにすることに初めて成功した。また、反応混合物中の目的物の同定にESI-Massスペクトルを、分離精製にHPLC(ODP)を有効に用いることができることを示した構造データに基づいた分子軌道計算は、三核錯体が小さなHOMO-LUMOギャップ(約0.15 eV)を有し、単一成分分子性導体の構成成分として有望であることを示している。

多核ジチオレン金属錯体は、未開拓の研究分野である。90年代の後半に、A. E. Pullenら(フロリダ大)がdmit関連の配位子とttoとから成る二核錯体に関する研究を行ったが、現時点で三核以上の多核ジチオレン金属錯体を研究しているグループはない。今回、多核ジチオレン遷移金属錯体の汎用的な合成法、及び分離精製法が確立できたことで、新たな研究領域の開拓及び発展に大きく寄与できると考えている。



Scheme 2

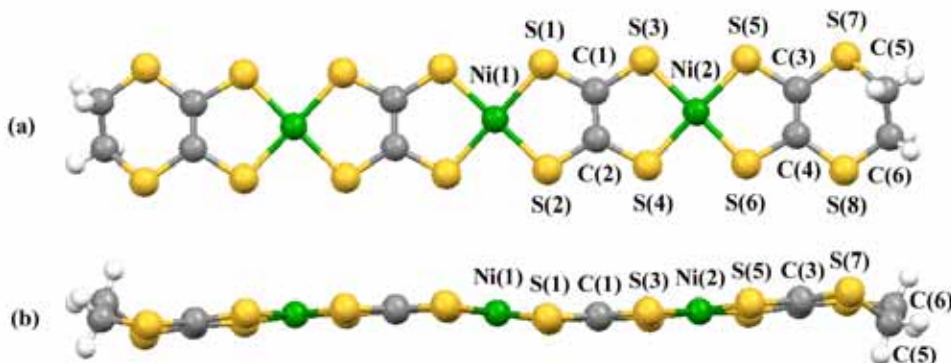


図 3.3.5 三核錯体 $(\text{Ph}_4\text{P})_2[(\text{tto})_2\text{Ni}_3(\text{ddd})_2]$ の構造

分子性・電子に基づく伝導電子及び局在磁気モーメントを有する超分子性アニオンラジカル塩の開発

超分子相互作用の一種であるハロゲン結合は、カチオンラジカル塩における構造と形式電荷の制御に非常に有用であることが知られているが、アニオンラジカル塩に適用した例はまだ少ない。加藤グループは、ジハロピリジニウムカチオンを新規に合成し、金属錯体分子 $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ と組み合わせて、伝導性アニオンラジカル塩への超分子相互作用(ハロゲン結合)の導入を試みた。その結果、伝導電子と局在スピンの共存(共に $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ アニオン上の電子に由来する)が 4.2 K まで共存している、金属性伝導物質を得ることに成功した。[Y. Kosaka et al., *J. Am. Chem. Soc.*, **129**, 3054 (2007)]。

$-(\text{Me-3,5-DIP})[\text{Ni}(\text{dmit})_2]_2$ は、カチオン $(\text{Me-3,5-DIP})^+$ 上のヨウ素と $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ アニオン分子末端のチオケトンとの間に超分子的 I...S 相互作用を有するアニオンラジカル塩である。単位格子は 4 つの伝導層を含み、このうちの 2 層 (I, II) が結晶学的に独立であり、各々の伝導層における $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ アニオンの配列は全く異なっている (図 3.3.6)。これは、カチオン...アニオン間の I...S 相互作用の違いに起因している。Layer I では、 $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ アニオンは強

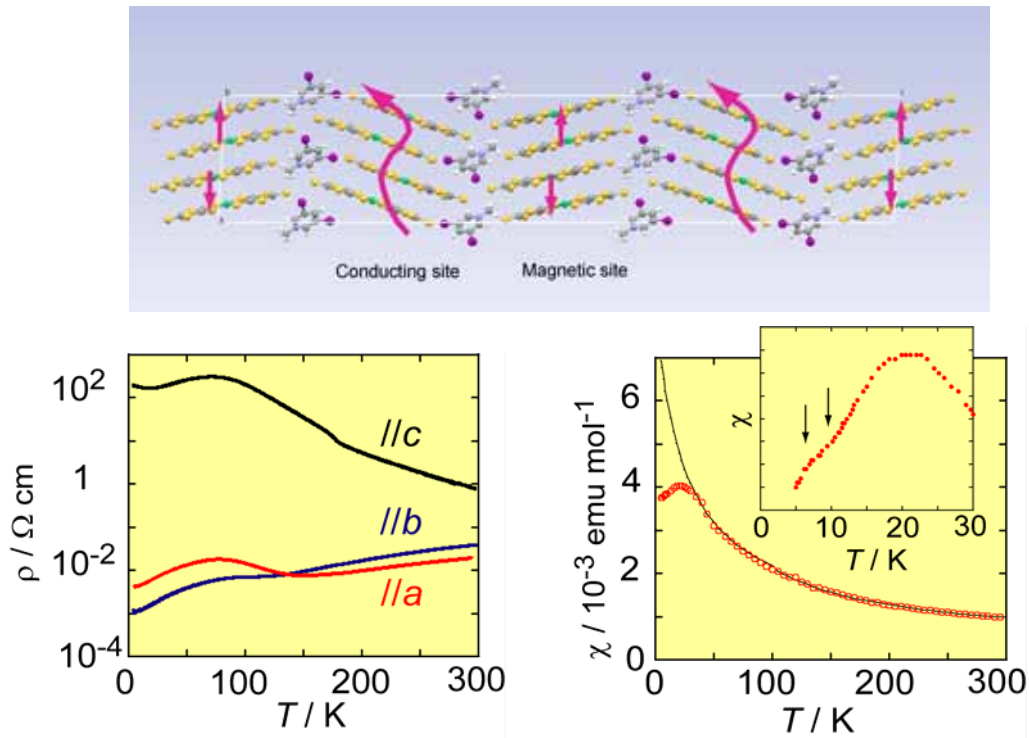


図 3.3.6 超分子性アニオンラジカル塩 (Me-3,5-DIP)[Ni(dmit)₂]₂ の結晶構造、電気抵抗()と磁化率()の温度依存性。強い 2 次元性を示す金属であると同時に、反強磁性的相互作用を示す局在スピンを持つ。

く二量化しており、二量体間の重なり積分は二量体内に比べ 2 桁ほど小さい。一方、Layer II でのアニオン配列は、1 つの分子が 2 つの分子を橋架けして重なる spanning overlap 様式である。強束縛近似に基づくバンド計算は、Layer I がモット絶縁状態、Layer II が二次元金属状態にあることを示唆している。

電気抵抗率は、伝導面内では室温からヘリウム温度まで金属的に振舞う。一方、伝導層に垂直な方向の電気抵抗率は非金属的な挙動を示す。一方、磁化率の温度依存性は、20 K 付近まで Curie-Weiss 項とパウリ常磁性項の和で説明できる。これらの結果は、この塩が構造から予想された通り、1 つの結晶中に伝導電子と局在スピンを持ち、しかもそれらがいずれも Ni(dmit)₂ アニオンの電子に由来していることを示している。このようなナノスケールのヘテロ層状化合物は、初めてである。

(2)研究成果の今後期待される効果

言うまでもなく「分子」はナノスケール素材の基幹をなすが、その電子材料としての応用は発展途上にある。分子を用いた電気伝導体の物性を制御するためには、1 つの分子そのものの設計と、分子の配置・配向の設計の 2 つの側面がある。もちろん、両者は深く関連し合っているが、前者は新しい機能性分子の開発、後者は今後の分子デバイス開発の鍵を握っている。本研究では、多核金属ジチオレン錯体という新しい機能性分子の開発、及び超分子相互作用を用いた分子配置・配向の制御に成功し、今後の機能性分子を用いた電子物性開発に展開されるであろう。さらに、シリコン基板上での微小分子性導体単結晶成長とその物性測定に成功は、分子デバイスを実現させるために避けては通れない問題(電極問題、サイズ効果)等に対する、基礎的かつ正攻法のアプローチの端緒を開いたという点で意義があり、科学技術に対する大きな波及効果を秘めていると言える。

3.4 新しい -d 系の開発(大阪府立大学 杉本グループ)

(1) 研究実施内容及び成果

ここ数年、電子の電荷とスピンの両性質を利用する新しいエレクトロニクス、スピントロニクスが大変な注目を集めている。このスピントロニクスに基づくデバイスの作製はもっぱら金属材料を用いて試みられているが、有機材料を利用する“分子性”スピントロニクスデバイスの作成も可能である。これを実現させるためには、伝導電子と局在スピンとが強く相互作用する、強磁性の分子金属や分子半導体を作製する必要がある。本グループでは、本グループで合成に成功した屈曲型ドナー分子と磁性の FeX_4^- ($\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$) イオンの電荷移動(CT)塩を用いて目的とする磁性分子伝導体の作製について検討し、これまでに強磁性分子半導体及び強い -d 相互作用を持つ反強磁性分子金属の作製にそれぞれ成功した。また、リン脂質分子で修飾したシリコンウェハを電極に用いて屈曲型ドナー分子の電解酸化を行い、ナノサイズの分子半導体の作製にも成功した。

強磁性分子半導体、 $(\text{EDT-TTFVO})_2 \cdot \text{FeBr}_4$ の作製と異常な誘電応答

屈曲型ドナー分子の EDT-TTFVO(エチレンジチオテトラフルバレンキノ-1,3-ジチオールメチド)と FeBr_4^- イオンの 2:1 塩の、結晶構造、電気抵抗 (ρ) の温度依存、常磁性磁化率 (χ_p) の温度依存、磁化曲線の測定時に観測される振動の振幅巾の温度依存、そして比熱の温度依存とその磁場効果の結果をまとめて図 3.4.1 に示す。これらの結果より、この FeBr_4^- 塩の電気伝導・磁気性質は次の通りである。(1) 電気伝導性は 170 K 以上で金属的であるが、170 K 以下では活性化エネルギーが 10 meV の半導体的に変化する。(2) FeBr_4^- イオンの d スピンは 20 K 以上では弱い反強磁性的な相互作用をするが、20 K 以下ではその相互作用は強磁性的となり、最終的には 0.86 K で強磁性秩序化した。20 K 以上の温度領域では、反強磁性的な直接 d-d 相互作用が優先的であるが、20 K 以下ではドナーカラム上の伝導性電子を介した強磁性的な間接 d-d 相互作用が優先的となると考えられる。

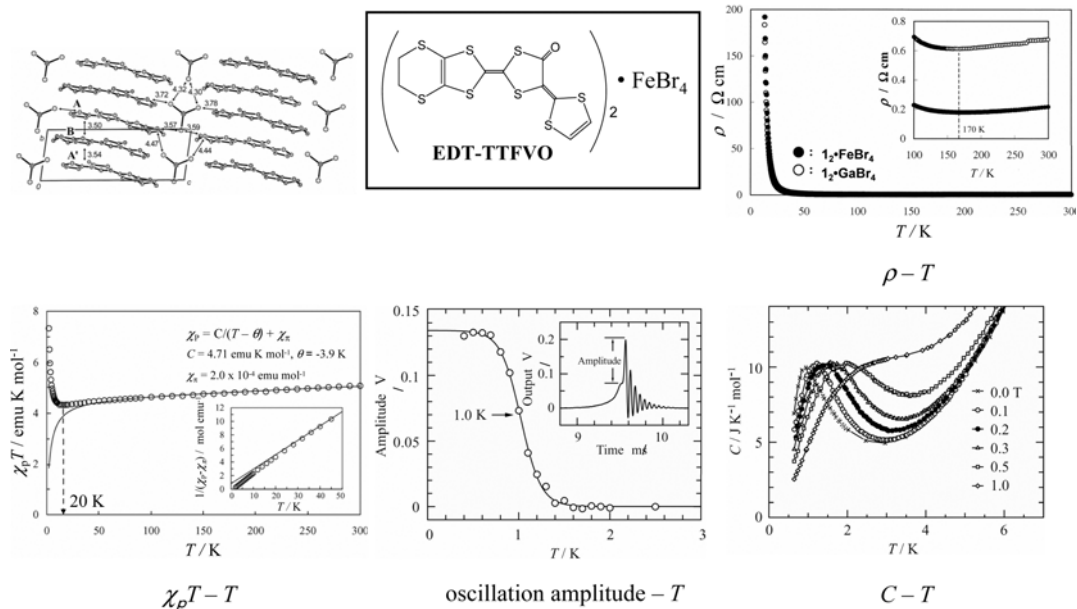


図 3.4.1

東北大学の豊田グループと共同で、この FeBr_4^- 塩の誘電応答について検討した。1.5-50 K の温度範囲で、この結晶の a 軸方向に周波数が 0.3 Hz-104 kHz の交流電場を印加し、伝導度 (σ_1) と誘電率 (ϵ_1) をそれぞれ測定した。その結果を図 3.4.2 に示す。15 K 付近にはドナーカラム上に電荷秩序により生じた -双極子による強誘電性を示す ϵ_1 の

ピーク(非磁性のGaBr₄⁻塩においても現れる)と、5 K付近には -双極子のデバイ緩和を示す σ_1 と σ_2 のピーク(GaBr₄⁻塩では見られない)が観測された。10 K 以下の各温度におけるこのデバイ緩和の緩和時間を理論式を用いて算出し、温度に対してプロットした。

緩和時間は (0.75 ± 0.15) K の温度で発散する傾向が得られた。この発散する温度が強磁性秩序化温度と一致していることより、この異常な -双極子による誘電緩和に -双極子とFeBr₄⁻イオンのdスピンの相互作用が強く関与していることが示された。

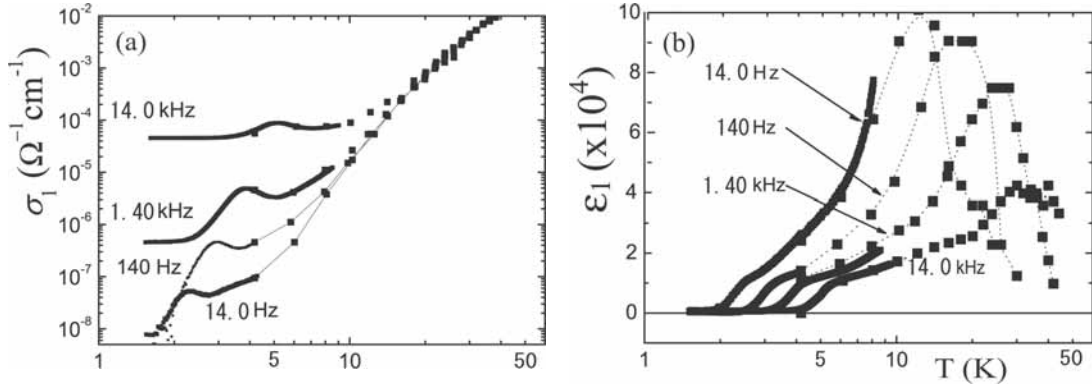


図 3.4.2

新しい反強磁性分子金属、(EDO-TTFVODS)₂•FeBr₄•(DCE)_{0.5} (1,2-ジクロロエタン)の作製

屈曲型ドナー分子の EDO-TTFVO(エチレンジオキシテトラチアフルバレンキノン-1,3-ジチオールメチド)とFeCl₄⁻イオンの2:1塩が0.5 Kの低温まで金属的な伝導性質を示し、FeCl₄⁻イオンのdスピンの3 K付近で反強磁性秩序化することがすでに見出されている。し

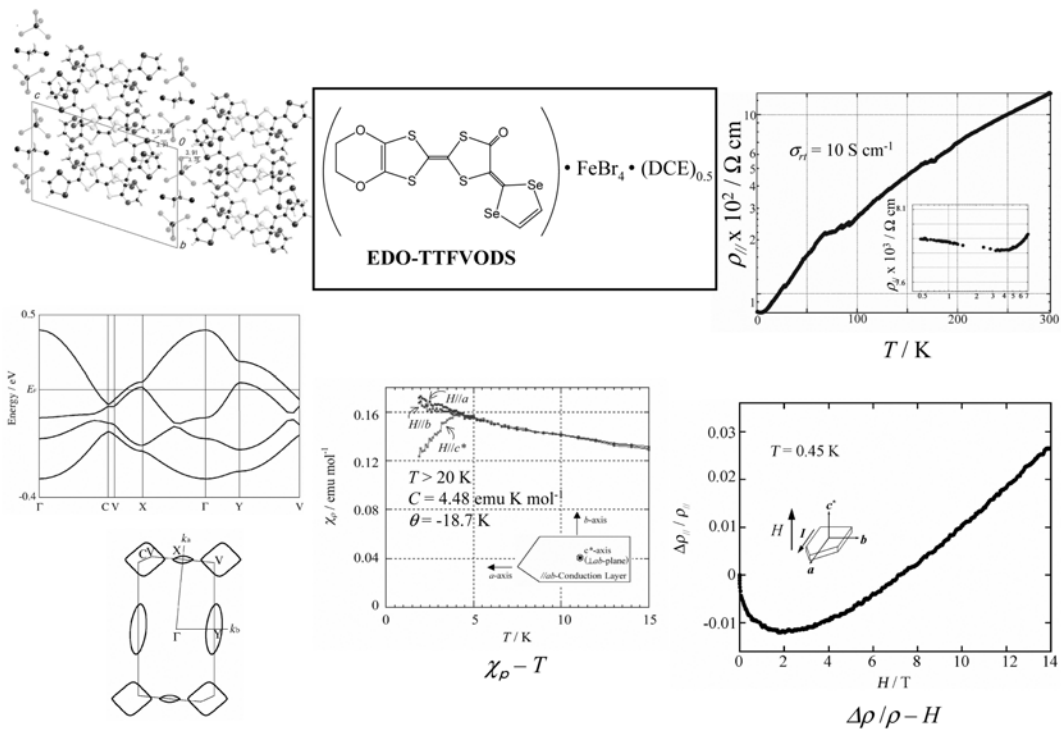


図 3.4.3

しかし、この塩では伝導性電子とdスピンの $-d$ 相互作用が弱いために、低磁場領域で正の磁気抵抗と負の磁気抵抗が競合した。EDO-TTFVO の 1,3-ジチオール基を 1,3-ジセレンオール基に置換した新しい屈曲型ドナー分子、EDO-TTFVODS を用いて $(\text{EDO-TTFVODS})_2 \cdot \text{FeBr}_4 \cdot (\text{DCE})_{0.5}$ を作製した。この FeBr_4^- 塩の結晶構造、バンド構造とフェルミ面、 ρ の温度依存、 ρ の温度依存、そして 0.45 K における磁気抵抗の結果を図 3.4.3 に示す。この FeBr_4^- 塩は、EDO-TTFVO の FeCl_4^- 塩と同様に低温まで金属伝導性を示した。特に、この塩では $-d$ 相互作用がより強いために、反強磁性秩序化温度が 4.5 K に上昇し、また低磁場領域で負の磁気抵抗のみを示した。

強い $-d$ 相互作用を持つ反強磁性分子金属、 $(\text{EDT-DSDTFVS})_2 \cdot \text{FeBr}_4$ の作製

新しい屈曲型ドナー分子、EDT-DSDTFVS (エチレンジチオジセレンナジチアフルバレンジオキノン-1,3-ジセレンオールメチド) と FeBr_4^- イオンの 2:1 塩は本質的に金属的な伝導性を示し、 FeBr_4^- イオンの d スピンは 3.5 K で反強磁性秩序化し、さらに $-d$ 相互作用はこれまでの屈曲型ドナー分子の CT 塩で最も強いことが明らかにされた。図 3.4.4 に、この塩の結晶構造及び電気伝導・磁気測定結果を示す。特に、この塩では強い $-d$ 相互作用が存在する結果として、磁場を結晶の c 軸方向に印加した時に、スピフロップが起こる約 1.7 T の磁場付近で磁気抵抗に大きなディップが現れること、また 5 T の磁場下で約 40 % の大きな磁気抵抗が認められた。

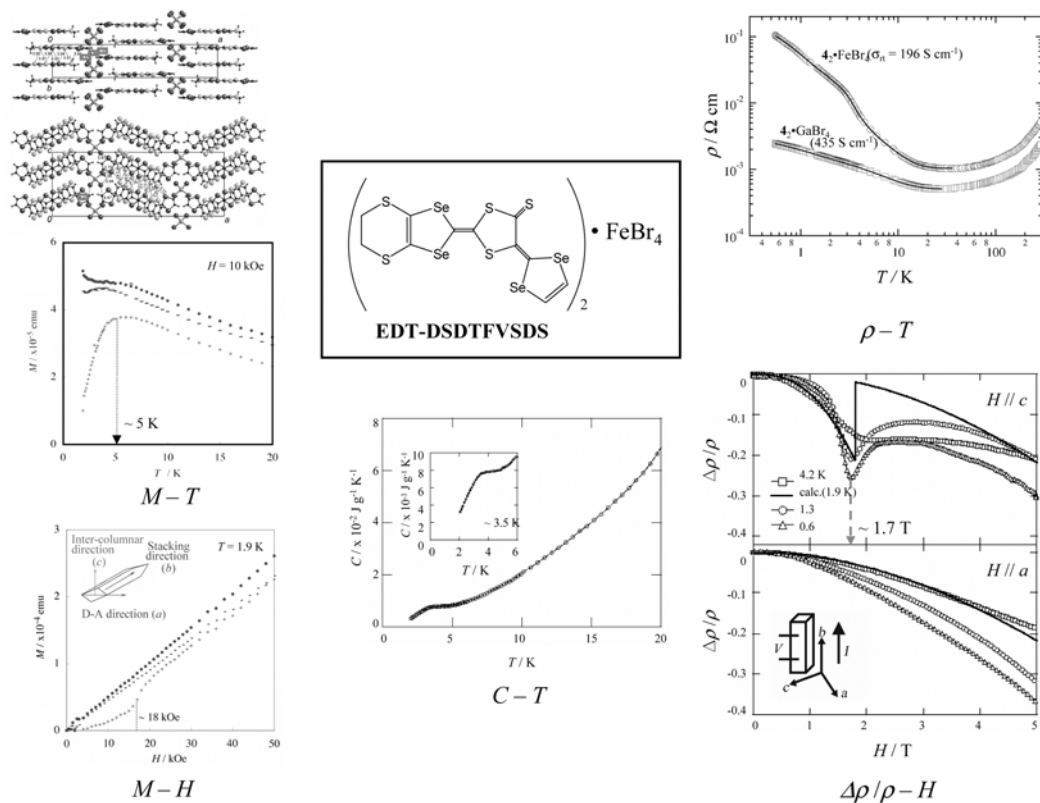


図 3.4.4

分子伝導体、 $(\text{EDT-TTFVO})_4 \cdot (\text{FeCl}_4)_2$ のナノワイヤの作製

ナノサイズのエレクトロニクスやスピントロニクスを構築するには、ナノサイズの分子金属や分子半導体、また強磁性の分子金属や分子半導体が必要とされるが、それらの効率的な作製方法はまで見つからない。シリコンウエハの(100)面上に 2 個のアセチレン基を有するリン脂質分子を塗布した後に光照射することにより、シリコンウエハの(100)面上にリン脂

質のラメラ構造を形成させた。図 3.4.5 には、このリン脂質 1 mg を使用した時のシリコンウエハの(100)面上に形成されたラメラ構造のラマンスペクトルと小角X線回折パターン、そしてその模式図を示す。一次元に整列したリン脂質分子のアレーの長さは約 3 μm で、アレー間の距離は約 5-6 nm である。従って、シリコンウエハの(100)面上には、直径が約 5 nm、長さが 3 μm の無数のナノ空間が存在していることになる。このようなリン脂質分子で修飾したシリコンウエハの(100)面を電極に用いて、屈曲型ドナー分子の電解酸化を行うと、ナノサイズの対応するCT塩が作製されることが期待される。そこで、今回 $\text{NBu}_4\text{FeCl}_4$ の支持塩を含むクロロベンゼン/エタノール(9:1 v/v)で EDT-TTFVO の電解酸化を行ったところ、太さが 10 nm 以下の $(\text{EDT-TTFVO})_4^+\cdot(\text{FeCl}_4)_2^-$ のナノワイヤが作製された(図 3.4.6)。このナノワイヤの伝導性質は半導体的であった。

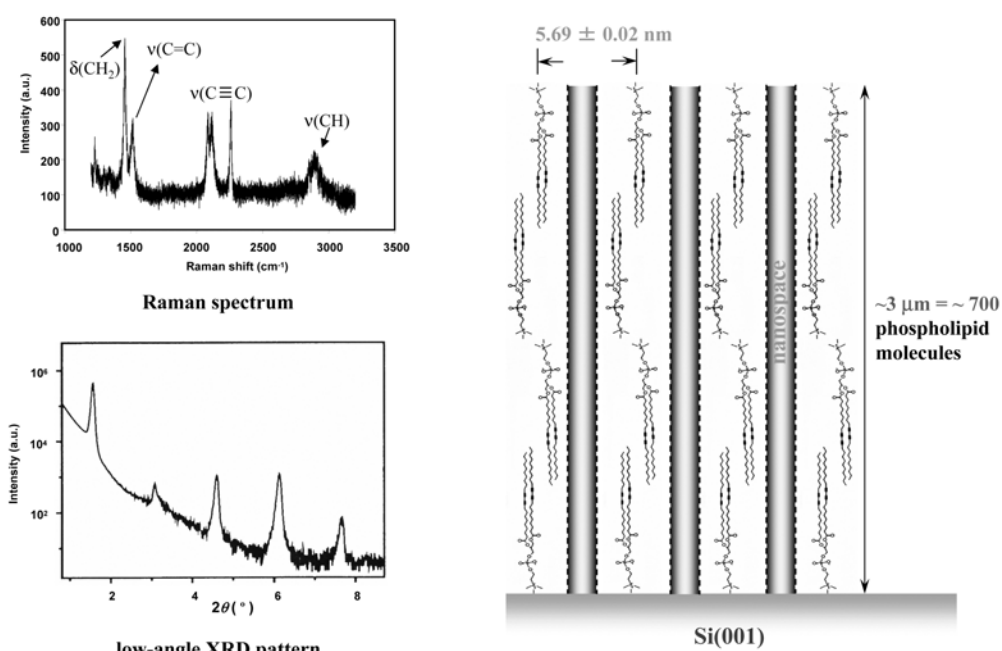
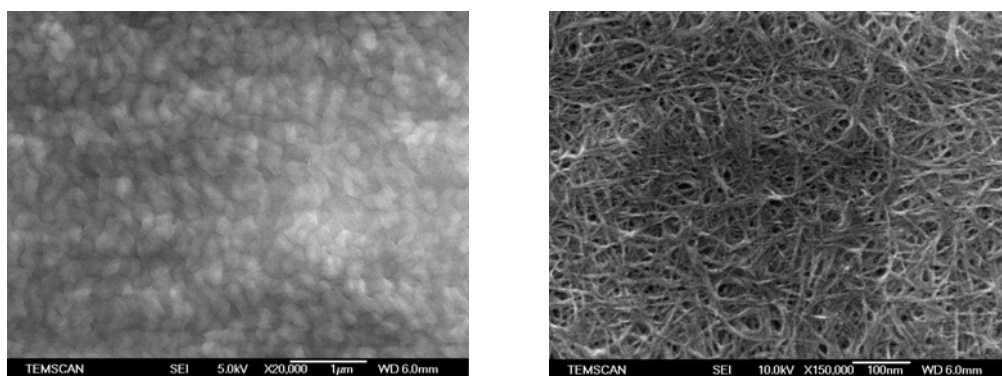


図 3.4.5



リン脂質を塗布したシリコンウエハ

リン脂質修飾シリコンウエハ(100)面を電極に用いてEDT-TTFVOの電解酸化を行った後のシリコンウエハ(100)面

図 3.4.6

(2)研究成果の今後期待される効果

“分子性”スピントロニクスデバイスを作製する上で必要とされる、強磁性の分子金属や分子半導体の作製を検討した。目的の一つである強磁性分子半導体の作製に一応成功することができたけれども、電気伝導度がかなり低い1 K 付近で局在スピンの強磁性秩序化するために、この強磁性分子半導体を用いてデバイスを作製しても、詳細な磁気抵抗効果を調べることは極めて困難であった。また、 $-d$ 相互作用が強い分子金属を3種類作製することができたが、これらいずれのものも局在スピンは反強磁性秩序化するために、スピントロニクスデバイスの材料として用いることはできない。 $-d$ 相互作用をより強くし、より高い温度で局在スピンが伝導性電子との相互作用を介して強磁性秩序化する分子半導体や分子金属を早急に作製する必要がある。

ごく最近、両電極に Co や LSMO の強磁性金属、キャリア層に AlQ_3 、カーボンナノチューブやグラフェンの有機の半導体から構成されたスピントロニクスデバイスが作製され、磁気抵抗効果が調べられた。有機の半導体はシリコン等の金属半導体に比べてスピン・軌道相互作用が小さい長所を有しているために、強磁性金属電極からキャリア層に注入された伝導電子のスピン偏極性は長時間保持される利点があると予想されていたが、これらの実験により証明された。さらに、 AlQ_3 、カーボンナノチューブやグラフェンの有機の半導体中の伝導電子はスピン偏極していないので、これらの代わりに強磁性の分子半導体が使用されれば伝導電子のスピン偏極率が著しく増大し、大きな磁気抵抗効果が期待される。また、両電極はもっぱら金属性の強磁性金属が用いられているが、強磁性分子金属を代用することができれば、全てが有機物質から構成されたスピントロニクスデバイスの作製も可能となる。このような状況から、本研究で得られた知見を基にして強磁性の分子半導体や分子金属が作製できれば“分子性”スピントロニクスデバイスが現実のものとなり、次世代の情報・通信技術に大きな貢献をなすことであろう。

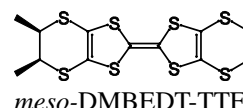
3.5 新規電子物性の創出(東京大学物性研究所 森グループ)

3.5.1 分子性導体の外場(電場及び圧力)応答による機能発現

(1)研究実施内容及び成果

強相関分子性固体の外場応答は、分子の自由度が顔を出しているところに特徴があり、特異な機能性に繋がっている。本研究では、分子性導体で特異な電荷秩序状態を創成し、圧力及び電場という外場での応答を、構造、輸送現象から調べ、「圧力誘起の超伝導」、「電場誘起による直流

交流変換(サイリスタ効果)」を見出した。特に、電場での応答は現在のところいくつかのサンプルについての現象論に留まっており、実験的にも理論的にも未開拓の領域で、新しい機能に繋がる可能性を秘めていることを、本研究で提示することができた。



チェックボード型電荷秩序と競合する新規有機超伝導体とその巨大非線形応答の発見
強相関分子性導体において、電荷、スピン、格子ばかりでなく、分子の自由度を利用した新規電子物性の創出を目指して、系統的に分子間相互作用を制御する立体障害を導入した。その結果、ジメチルを導入した ET 塩で、新規分子性超伝導体 $-(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{X}$ [$\text{X} = \text{PF}_6$; $T_c = 4.3 \text{ K}$ (4 kbar), AsF_6 ; $T_c = 4.3 \text{ K}$ (3.8 kbar)]を見出した(図 3.5.1.1)。

この導体は分子に立体障害部位を有しているため分子間相互作用は弱く、従来の常圧超伝導体と比べて9割、約0.9 eVのバンド幅をもち、そのため常圧では90 Kで金属絶縁体の相転移を起こす。また、金属的な電気伝導性を持つ90 K以上でも、磁性は二次元ハイゼンベルグモデルに最適化され、絶縁後もスピンの自由度は残り、金属相においても強相関的な電子描像が示されている。この絶縁相を加圧したところ超伝導相が現れたので、絶縁相の構造を物構研のPF-BL-1Aラインで決定した。その結果、図3.5.1.2のように低温

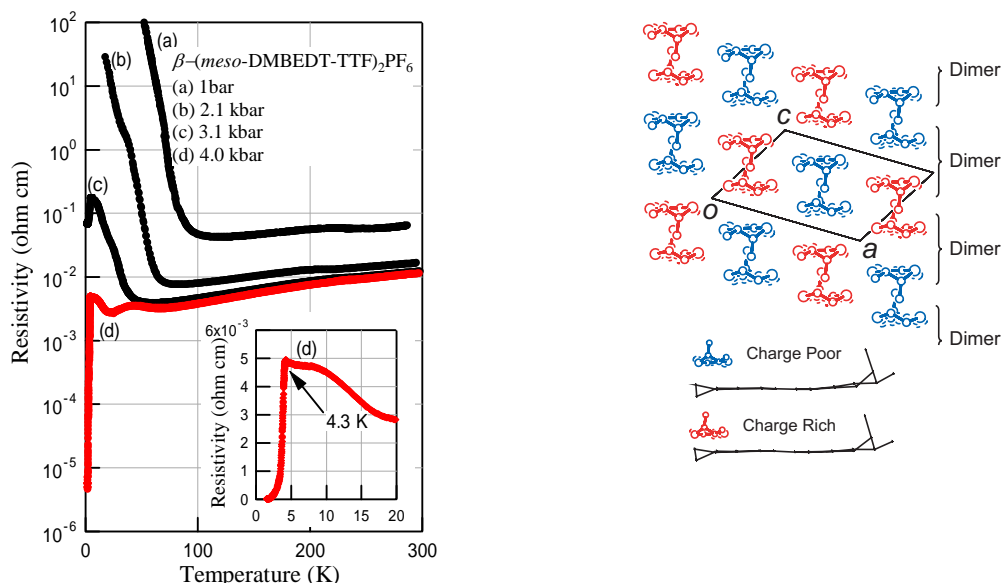


図 3.5.1.1(左) 新規有機超伝導体 β -(*meso*-DMBEDT-TTF)₂PF₆ の圧力下の電気抵抗率の温度依存性と 4kbar 下、 $T_c=4.3$ K での超伝導転移する。

図 3.5.1.2(右) 新規有機超伝導体 β -(*meso*-DMBEDT-TTF)₂PF₆ の常圧絶縁相(11.5 K)における電荷秩序構造。それぞれ電荷リッチ(+0.7 価)と電荷プア(+0.3 価)ドナー分子が、チェッカーボード型に配列している。電荷リッチ分子はほぼ平面構造を持つが、電荷プア分子は最適化平面から約 3.6 度湾曲している。

絶縁相は電荷リッチと電荷プア分子が碁盤の目のように並んだチェッカーボード型の電荷秩序相であることが明らかとなった。ラマン分光からも、この錯体のドナー分子が持つ電荷は、金属相の 0.5 価 $\times 2$ から、90 K の絶縁化より約 20 K 低い 70 K 以下で、0.7 価と 0.3 価に電荷秩序化することが明らかになっている。最近、このチェッカーボード型と共に、他のストライプ型、ダイアゴナル型の電化秩序相の静電クーロンポテンシャルの計算をしたところ、三相のエネルギーは、ほぼ等しいことが明らかとなった。ゆえに、90 K 以下で抵抗が上昇しているにもかかわらず、電荷秩序が X 線及びラマン分光で観測されない 70 K までの約 20 K の温度域では上記の数種の電荷秩序が短距離秩序を持ちながら競合状態にあり、70 K 以下では格子の変形を伴いながらチェッカーボード型電荷秩序を形成していると考えられる。図 3.5.1.2 下に示すように分子を詳細に見ると、電荷リッチになる分子はほぼ平面のままであるのに対して、電荷プアとなる分子は最適化平面から約 3.6 度湾曲する。このように、柔らかい有機分子の自由度を介して、電子系 分子の自由度 格子系の相互作用により、チェッカーボード型パターンが実現していると考えられ、この「分子の自由度」は有機物ならではの特性と考えられる。

この錯体に圧力を印加すると、金属 絶縁体転移温度は低下し、PF₆ 塩は 4 kbar 下、 $T_c = 4.3$ K で、同形の AsF₆ 塩は 3.8 kbar 下、 $T_c = 4.3$ K で抵抗のドロップが観測され、磁場下で抑えられることから、超伝導転移であることが明らかとなった。最近、臨界電流を越えない 10 μ A の微小電流で超伝導の抵抗ドロップを測定し、圧力下のラマン分光で電荷秩序状態を調べたところ相図が得られ、電荷秩序相の下に超伝導相があることが明らかとなった。超伝導と電荷秩序の秩序パラメータは異なるが、この相図は「超伝導相と電荷秩序相が深く関係しながらの競合している」ことを示唆している。さらに加圧下の磁気抵抗を調べた結果を図 3.5.1.3(a)に示す。AsF₆ 塩、PF₆ 塩ともに抵抗ドロップのオンセット温度以上で磁気抵抗が上昇し始めるという異常な振る舞いが観測され、短距離電荷秩序の成長と共に磁気抵抗が出現すると考えている。今後、圧力下の磁化測定よりマイスナー効果を測定し、

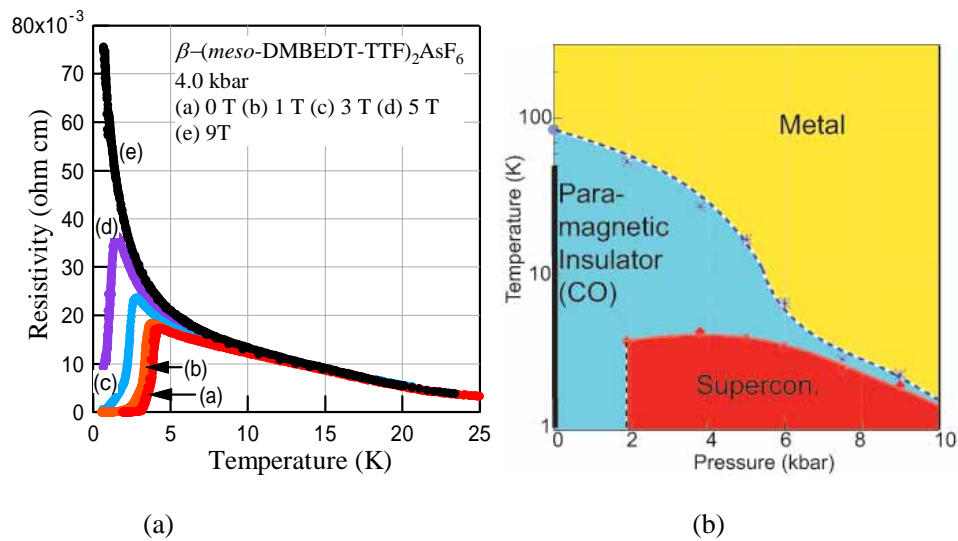


図 3.5.1.3 新規有機超伝導体 β -(*meso*-DMBEDT-TTF)₂AsF₆ の(a)磁気抵抗と、(b)電子相図。電荷秩序相と超伝導相が競合している。

圧力下の超伝導がバルクかどうかを調べる予定としている。

我々の錯体は、電荷秩序と超伝導が競合する系の中でも、その電荷秩序パターンが X 線決定されており、比較的低静水圧下において MPMS や PPMS 装置でも測定可能な温度で超伝導になる数少ないサンプルである。この電荷秩序と超伝導の競合について、詳細な実験をこれから進める予定であるが、我々は理論についても検討した。RPA(random potential approximation)近似で拡張 Hubbard モデルと線形 Eliashberg 式を用い、電荷秩序状態が低温でリエントラントであること、超伝導の対称性はスピン揺らぎの小さい高温領域ではトリプレットとシングレット型が競合するのに対し、スピン揺らぎの発達する低温ではシングレット型が安定であるという結果を計算している。

さらに電荷秩序状態を調べるために誘電率を測定したところ、65 K までは金属的な負の誘電率を持ち、それ以下で正の値に転じた。それより低温でピークをもって小さな値に収束していくが、ピーク温度は大きな周波数依存性を示した。実部の周波数依存性を調べてと、30 K 以下の温度では周波数に対して緩和型の分散を持ち、非線形伝導を示す 40 ~ 60 K 付近では周波数に対してピークを持つような誘電分散を示した。チェッカーボード型電荷秩序が形成される動的な領域では、電荷の動きに共鳴した周波数にピークを持つと考

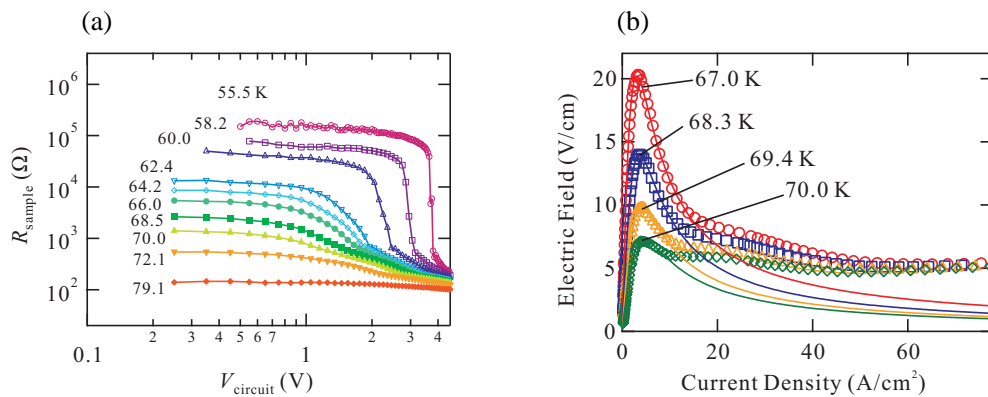


図 3.5.1.4 新規有機超伝導体 β -(*meso*-DMBEDT-TTF)₂PF₆ の(a)二端子電圧制御測定による巨大非線形伝導と(b) 四端子電流制御による負性抵抗。

えられ、一番電荷の動きが大きい相転移付近で、より高周波に共鳴ピークが現れると考えられる。

このようなチェッカーボード型電荷秩序に電場を印加すると、図 3.5.1.4(a)のように、55.5 K、4 V で 3 桁伝導性が向上する巨大非線形伝導を観測することができた。さらに 4 端子電流制御で測定すると、図 3.5.1.4(b)のように負性抵抗が出現し、70 K 近傍では、負性抵抗よりも高電流域で再び正の抵抗が回復し、2 段に渡る特異な負性抵抗を示した。負性抵抗を現象論的によく説明する以下の関数を用いてフィッティングすると、

$$\sigma(T, J) = \sigma_1 \exp\left(-\frac{\Delta}{T}\right) \left[1 + \frac{1}{n-1} \left(\frac{J}{J_T}\right)^n \right]$$

ただし、 σ : 伝導度 (S/cm)、 σ_1 : の高温極限 (S/cm)、 Δ : 活性化エネルギー (K)、 J : 電流密度 (A/cm²)、 T : 温度 (K)、 Δ : 活性化エネルギー (K)、 J_T : 閾電流密度 (A/cm²)、 n : パラメータ

図 3.5.1.4(b)のように実験値がフィッティング関数から上に逸れていくことから、電流によって低抵抗に遷移した後も何らかの絶縁要因が残留していることが示唆される。電荷秩序物質における非線形伝導現象は、電流による電荷秩序の融解が原因と見られているが、本研究の結果から $-(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{PF}_6$ は高電流域で新たな電荷秩序相になっていると考えられる。電圧印加後のサンプルの電圧の時間変化をオシロスコープで観測すると、印加からある程度の時間を経て低抵抗に変化していくことが分かる。その際、ある電圧、時間領域において、2 段に渡って抵抗が変化する部分が見られ、上で観測された特異な I - V 特性と関連していると思われる。この 2 段目の変化は、電場誘起される隠れた準安定

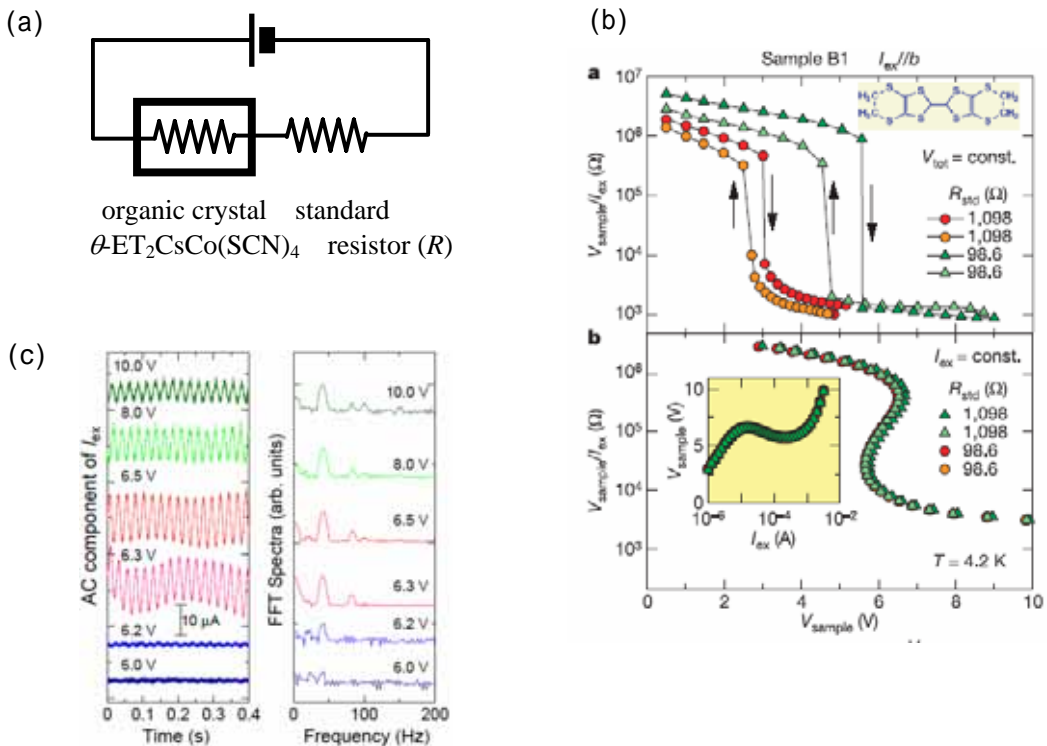


図 3.5.1.5 $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{CsCo}(\text{SCN})_4$ の(a)二端子伝導性測定回路、(b)巨大非線形伝導と、(c)直流 交流変換を示すサイリスタ効果。

状態であり、90 K から 70 K の間で見られる複数の電荷秩序の競合状態を髣髴とさせる。

有機巨大非線形伝導と直流 交流変換サイリスタ効果の発見

前項で、圧力、温度、電場をパラメータとして電荷秩序相を融解し、金属化する研究について述べた。本項では、特に、電場印加で電荷秩序を制御し、巨大非線形伝導、及び直流交流変換するサイリスタ効果を見出したので報告する。有機物でも、Cu(TCNQ) [TCNQ=tetracyanoquinodimethane]の薄膜におけるスイッチング現象や、中性 イオン性転移をする交互積層型の(TTF)(*p*-chloranil)、モット絶縁体となる K(TCNQ)等の錯体について、 $2 \text{ k} \sim 10 \text{ kVcm}^{-1}$ と比較的高電場で、また CDW(電荷密度波)、SDW 転移(スピン密度波)を持つ錯体では、閾電場以上で非線形伝導がされてきた。本研究で我々は、伝導性電荷秩序を持つ系 $(\text{BEDT-TTF})_2\text{CsM}(\text{SCN})_4$ が図 3.5.1.5(b)のように低電圧で巨大非線形伝導を示すことを見出した。この分子性結晶 $(\text{BEDT-TTF})_2\text{CsM}(\text{SCN})_4$ は、図 3.5.1.6 のような有機伝導層とアニオン絶縁層が交互に積み重なる層状構造をしており、伝導層内のドナーET 分子の配列が三角格子となっているために、*p* と *c* 方向の分子間クーロン斥力 (*V*)が面内でほぼ等しく、両者は拮抗している。その結果、図 3.5.1.7 に示すような様々な電荷秩序パターンが競合している。通常分子は+0.5 価の電荷を持っているが、*c* 方向の *V* が *p* 方向より大きいと、クーロン反発を回避するために、図 3.5.1.7(b)のように電荷リッチ (RbM 塩では+0.8 価)と電荷プア (RbM 塩では+0.2 価)の分子がそれぞれ水平方向に揃った水平型の局在性 2 倍周期電荷秩序相となり、*p* 方向の方が大きいと図 3.5.1.7 (d)縦型局在性 2 倍周期、*c* 方向と *p* 方向がほぼ同じ時、斜め方向に電荷リッチとプアが並ぶ図 3.5.1.7 (e)3 倍周期遍歴性の電荷秩序相を持つことが計算されている。実際、 $(\text{BEDT-TTF})_2\text{RbM}(\text{SCN})_4$ [M = Co, Zn]は図 3.5.1.7(a)に示すように 190 K で金属 絶縁体転移を起こし、高温の金属相では(e)3 倍周期類似の短距離秩序が観測され、190 K における構造転移で(b)水平型 2 倍周期電荷秩序相となり絶縁化する。一方、 $(\text{BEDT-TTF})_2\text{CsM}(\text{SCN})_4$ [M = Co, Zn]は、120 K までは金属的でそれ以下で(e)3 倍周期遍歴性短距離電荷秩序相が出現し、さらに 50 K 以下で(b)2 倍周期局在性短距離電荷秩序相も成長して抵抗は上昇し、両者(b),(e)は低温で共存することがX線散乱散漫より確認されている。このバルクで本質的電荷不均一性を持つ系に電場を印加すると、(b)2 倍周期局在性電荷秩序相が融解し、低い電圧で図 3.5.1.5

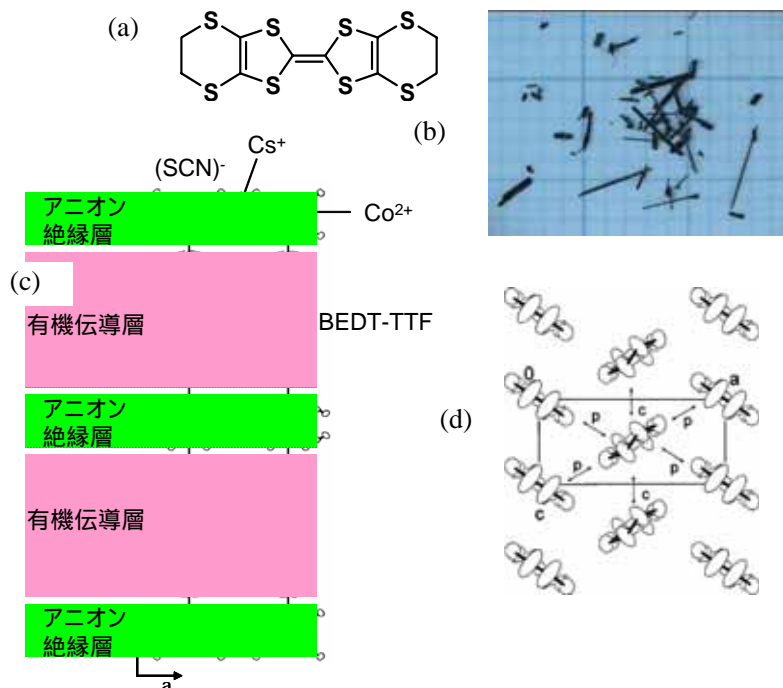


図 3.5.1.6 (a)BEDT-TTF(ET)の分子構造、分子性導体 $(\text{BEDT-TTF})_2\text{CsCo}(\text{SCN})_4$ の(b)単結晶、(c)層状結晶構造、及び(d)三角格子を持つ分子配列。

に示すような巨大非線形伝導が観測される。この非線形はよく、「冬の池には氷が張るが、流れのある川には氷は張らない」と例えられ、電荷秩序は電子系の氷と表現される。電場で、この氷を溶かすと、そのV-I特性はn字型非線形となり(図 3.5.1.5(b))、サイリスタと同じ挙動であるため、数十 Hz で直流 交流変換することを見出した。さらに、電荷秩序が凍った高抵抗と溶けた低抵抗では、格子系の変化で結晶が伸び縮みし、通常のピエゾ効果の1万倍にあたるエレクトロピエゾ効果を持つことを、電流を印加したX線散乱散漫で観測している。このように、伝導性電荷秩序系の非線形は、サイリスタ効果、エレクトロピエゾ効果という機能性に繋がることを本研究で提示することができた。そればかりでなく、本質的不均一、低エネルギーの励起、非平衡のダイナミクスが関係する未知の学問領域であり、今後研究が展開されていくことが期待される。

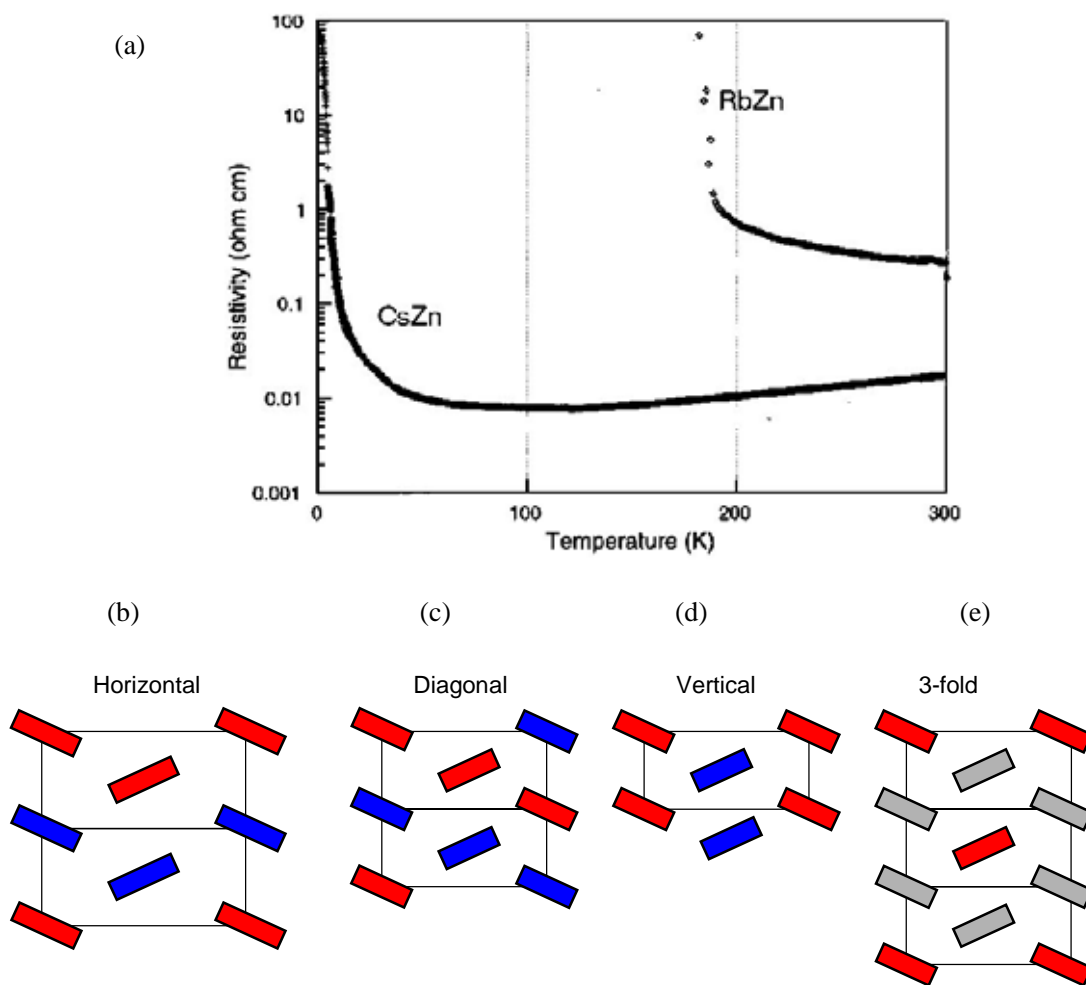


図 3.5.1.7 (a)有機導体 $-ET_2MZn(SCN)_4$ [M = Rb, Cs]の抵抗率の温度依存性と電荷秩序のパターン(b)水平型,(c)対角型, (d)垂直型, (e)3 倍周期型電荷秩序。

(2)研究成果の今後期待される効果

伝導性電荷秩序の電場印加で、巨大非線形伝導、サイリスタ効果、エレクトロピエゾ効果を見出した。これらの効果の詳細はまだ明らかでなく、現象論に留まっている。今後、縮退した複数のエネルギー状態を持つ分子性固体の電場依存性の実験データが集積し、その励起状態の、時間、空間分布について調べられれば、「分子の自由度」が顔を出した新たな機能性が創出されることが期待でき、本質不均一系における非平衡のダイナミクスにつ

いて、未開拓な学問領域の理解は深まることと考えられる。

3.5.2 マイクロスクイッドの作製とマイクロ結晶の磁性評価

市販の SQUID 装置では測定が不可能な、マイクロ結晶の磁性評価を可能とするために、高温超伝導体を用いたマイクロ SQUID の製作を行った。今回は高温超伝導体で開発したため、30-70 K の高温測定が可能となり、さらに、3 軸コイルシステムを装着したため、 ± 0.12 T の磁場を 3 軸方向で走印して、磁化の異方性の測定を可能にしたのが特徴である。

実際、 $T_c = 40$ K のマイクロフェリ磁性体単結晶を測定し、市販の SQUID に比べ 2 桁以上高い感度 $\sim 10^{-9}$ emu で、転移点以下 35 K で強磁性を示すヒステリシスループを得た。また 3 軸の磁化の異方性から容易軸方向を求めることもできた。今後は、さらにより広い温度範囲、磁場範囲で測定ができるよう、基板、高温超伝導体の膜厚を検討する予定である。

(1) 研究実施内容及び成果

試料磁束を検出するピックアップコイルと素子とが分離した通常の市販の SQUID 磁束計では伝達損失が大きく、感度を下げる要因となっている。マイクロ SQUID は、試料を素子に直置きして試料磁束を直接素子で検出する高感度な磁束計である。これまでにフランスグループによって低温超伝導体のものが作製され、数ナノ径の微粒子一個の磁化反転や、単分子磁石の結晶試料による詳細な量子効果の測定に成功している。この方式では素子が試料と同じ環境に置かれるために、測定温度や磁場が制限される。低温超伝導体 SQUID では 2 T までの磁場掃引測定が可能だが、測定温度は 6 K 以下である。我々はより広範囲の温度での測定を目指して、高温超伝導体 $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ マイクロ SQUID 磁束計の開発を行っている。

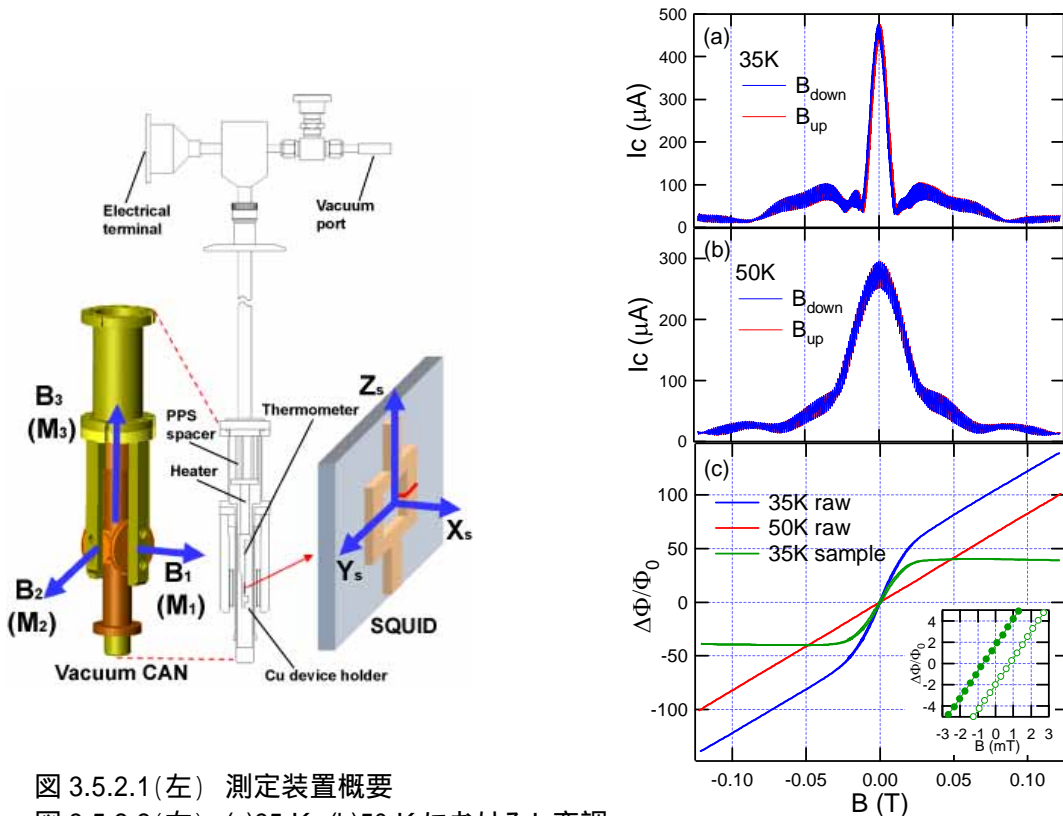


図 3.5.2.1(左) 測定装置概要

図 3.5.2.2(右) (a)35 K、(b)50 K における I_c 変調。

(c)35 K、50 K の磁化曲線の生データと 35 K での試料のみに由来する磁化曲線。

挿入図はゼロ磁場付近の拡大。

フォトリソグラフ法により膜厚 92 nm、ホールサイズ $9 \times 4 \mu\text{m}^2$ 、ジョセフソン接合幅 $2 \mu\text{m}$ の素子を作製した。三次元的に任意方向への磁場印加が可能なコイルシステムと組み合わせた 4.2 K で温度可変のサンプルプローブ(図 3.5.2.1)に装着し、SQUID 単体の臨界電流値 I_c の変調の 3D 磁場依存性を調査した。SQUID 面に垂直方向の磁場 X_s では、SQUID ループを貫く磁束による周期 0.27 G の SQUID 変調と、ジョセフソン接合部への磁束侵入による周期 10 G のフラウンホフナーパターンが観測された。一方 SQUID 面に平行方向の磁場 (Y_s 及び Z_s) では、予想通りフラウンホフナーパターンのみが観測された。

次に、フェリ磁性体 $[\text{Mn}_2(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CH}_3\text{COO})][\text{W}(\text{CN})_8] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ のマイクロ結晶 ($23 \times 17 \times 13 \mu\text{m}^3$ 、飽和磁化 $\sim 4 \times 10^{-7}$ emu) を素子上にマウントし、 $T_c=40$ K 前後で SQUID 面及びジョセフソン接合面に平行な磁石 M_2 による磁場を掃引しながら I_c 変調を測定した(図 3.5.2.2(a)、(b))。SQUID 変調のピークは SQUID が検出した磁束 $1\Phi_0$ 分に相当するので、ピーク磁場を横軸に、検出磁束量を縦軸にプロットすることで、図 3.5.2.2(c)の赤と青の実線のように転移前後の磁化曲線を得ることができた。ここで、 M_2 による磁場と Y_s とはわずかにずれているために ($\sim 0.3^\circ$)。そのため、これらの曲線には外部磁場の漏れ成分が含まれているが、 T_c 以上での常磁性成分の寄与は無視できる程度に小さいので、50 K の生データは外場の漏れ成分とみなすことができる。これを 35 K の生データから引くことで、35 K の試料のみに由来する磁化曲線が得られた。保磁力は 0.7 mT である。この時の誤差は 1 %程度かそれ以下であり、今回の測定における感度は、 $\sim 10^{-9}$ emu であった。

(2)研究成果の今後期待される効果

高温超伝導体マイクロ SQUID を用いた 0.1 T 以上の磁場下での磁気測定は、本報告が初めてである。今回の測定では試料を SQUID ループから $15 \mu\text{m}$ 以上離れた位置にマウントしたが、距離を小さくすることで劇的な感度向上が期待されることから、今後、サブマイクロスケールの磁性体の測定を行うことを計画している。また、現段階の測定温度範囲は、30 K 以下で I_c 変調の再現性が悪化するため、30 ~ 70 K である。原因としては基板の STO と YBCO との熱収縮率の差から低温で構造的ストレスが生じているのではないかと思われる。そこで、より YBCO との構造的親和性の高い素材の基板を用いて新たな素子を作製することで、測定温度領域の拡大が期待される。極低温から液体窒素温度まで動作する、汎用性の高いマイクロ SQUID 磁束計ができれば、磁気情報ストレージ等への応用が期待される高転移点の微小磁性体の研究に大いに役立つであろう。

3.6.1 分子性物質の材料化(北海道大学 中村研究室 中村研究グループ(但し、以下の研究課題のうち、 は富士通株式会社、武井、真鍋によるものである)

(1)研究実施内容及び成果

分子性導体・磁性体を出発点とする導電性・磁性機能を有する分子性物質の集積化及びナノ材料化に関わる以下の研究課題を実施した。分子メカニカルデバイスの構築の観点から、分子磁性体中に超分子化学の手法から設計した固相分子ローター構造の設計、及び 双極子モーメントの導入を行った分子ローター構造の外部電場による分極回転の制御を行った。さらに、水素結合性の金属錯体に着目して、分子間相互作用のネットワーク化を可能とする有機 - 無機ハイブリッド集積構造の作製を試みた。分子性導体のナノスケール化とナノ構造の集積化に関する研究実施項目として、電子活性なソフトマテリアルの作製、分子性導体を出発点とした低次元ナノ構造の作製、ナノワイヤ - 金ナノ粒子集積構造の量子伝導挙動の解明に関する研究を行った。以下で、研究成果の最終報告を行う。

超分子モーター構造と分子磁性体の複合化

$[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ 分子は、その電子状態や配列様式の制御により、高導電性錯体や磁性体の構築に利用可能である。これまでに、 $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ 塩のカウンターカチオンとして Cs^+ イオンと

クラウンエーテルからなる超分子モーター構造を設計した。高効率なエネルギー変換が可能な分子モーター機構の理論として、熱的な揺らぎ状態(ブラウン運動)から一方向回転運動を取り出すブラウニアンラチェットモデルが挙げられる。本モデルに着目することで、固相分子モーターについての検討を行った。さらに、 $S = 1/2$ スピンを有する $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ の1価アニオンの示す磁性と超分子モーターの運動モードがカップリングに関する検討を行った(図 3.6.1.1)。

研究対象とした $(\text{Cs}^+)_2([\text{18crown-6}]_3[\text{Ni}(\text{dmit})_2])$ 錯体(1)では、 $(\text{Cs}^+)_2([\text{18crown-6}]_3)$ の組成を有するサンドイッチ型の超分子カチオン構造が観測された。錯体(1)の100 Kに於ける結晶構造を図 3.6.1.2 に示す。結晶構造から、 $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ 分子は、2量体構造を形成し、 a 軸方向に一次元的に配列することで、結晶内で孤立ダイマーとして存在する。従って、結晶の示す磁性としては、*singlet triplet* (S-T) 熱励起モデルで記述される磁性が期待される。しかしながら、SQUID による磁化率の温度依存性(図 3.6.1.3)では、単純な S-T 熱励起モデルで再現することが不可能であった。

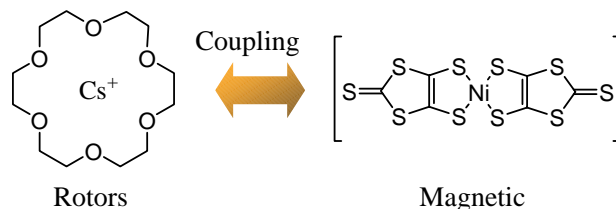


図 3.6.1.1 分子ローターと磁性スピンの複合系。

$[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ ダイマー内の磁気交換相互作用(J)をトランスファー積分(t)の温度依存性から評価したところ、 J は 195 K 近傍に極小を示し、磁化率の極大と対応していた。一方、300 Kと100 Kにおける結晶構造の比較から、室温付近で[18crown-6]分子の回転運動の存在が示唆された。この回転運動は、磁化率に極大が出現する 195 K 以下では、抑制されることが構造解析の結果から判明した。[18crown-6]分子の結晶中における回転運動の存在は、 $^1\text{H-NMR}$ 、 $^{133}\text{Cs-NMR}$ 及び比熱の測定からも確認された。以上のことから、錯体(1)で見られた磁化率が、結晶中での $(\text{Cs}^+)_2([\text{18crown-6}]_3)$ カチオン構造の回転運動と密接に関連していると考えられる。従って、 $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]^-$ の示す磁性は、超分子カチオン内に存在する[18crown-6]分子の回転状態により大きく影響を受けると考えられる。さらに、外部バイアス機構の導入に関する検討を試みるために、圧力による[18crown-6]分子の回転運動の制御を行った。その結果、約 4 kbar の圧力の付加に伴い、分子ローターの回転運動が抑制されることが判明した。錯体(1)においては、一方向回転運動に必要なバイアス機構の導入が可能であることが示唆された。

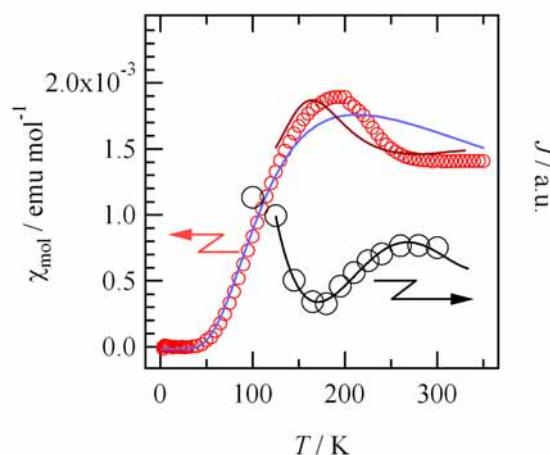
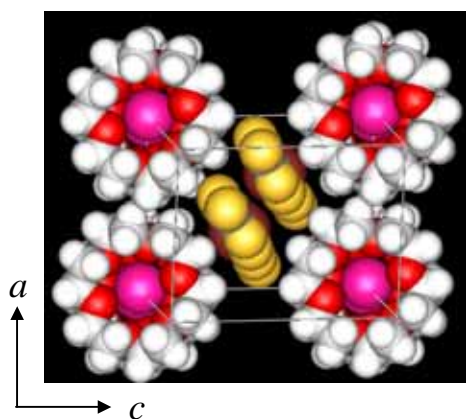


図 3.6.1.2(左) $(\text{Cs}^+)_2([\text{18crown-6}]_3[\text{Ni}(\text{dmit})_2])$ 錯体(1)のユニットセルの b -軸投影図。

図 3.6.1.3(右) 錯体1の磁化率の温度依存性 (χ_{mol} vs. T プロット)。 $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]^-$ 1分子辺りの磁化率(*left-scale*)と重なり積分値より見積もられるダイマー内の磁気交換相互作用(J)(*right-scale*)の温度依存性。青線は、S - T モデルによるフィットの結果。茶線は、 J 値の温度依存性を考慮した結果。

外部電場による分子ローターの回転制御

(Anilinium)([18]crown-6)[Ni(dmit)₂]塩(1)中で、[18]crown-6分子平面に垂直に配置したaniliniumカチオンが(図3.6.1.4左)、固体中で180度フリップ-フロップ運動を行っていることを、固体²H-NMRの温度変化から確認した。同時に、[18]crown-6分子の回転運動の存在が¹H-NMRの測定から示された。室温におけるベンゼン環のフリップ-フロップ及び[18]crown-6分子の回転速度は、それぞれ~6 MHzと数十kHzと見積もられ、固体中で2種類の異なる回転モードが共存する二重回転分子ローターを構築した(図3.6.1.4左)。回転モードのより精密な制御を行うために、高対称性でスムーズな回転運動の存在が期待されるアダマンタン基に着目し、(Adamantylammonium)([18]crown-6)[Ni(dmit)₂]塩(2)を作製した。塩2では、[18]crown-6分子の回転に加えて、アダマンタン基の回転運動が100 K以下の温度領域でも実現していることが判明した。次のステップとして、結晶内における有効な回転空間の保持を目標に、ステーター部位のサイズがより大きなdibenzo[18]crown-6やdicyclohexyl[18]crown-6分子を用いた超分子ローター構造の作製を試みた。その結果、*m*-fluoro-aniliniumのような分子ローターの回転軸に垂直な方向に双極子モーメントが導入された超分子ローター構造の作製が可能となり(図3.6.1.4右)、外部電場による超分子ローター構造の回転運動の制御が可能なシステムを実現した。*m*-fluoro-anilinium(dibenzo[18]crown-6)[Ni(dmit)₂]塩(3)では、誘電率の温度依存性に周波数依存性が出現し、~200 K以上の温度領域で低周波領域における誘電応答がより大きく出現した。さらに、分子ローターの回転軸に垂直な方向で測定した電場-分極曲線には、ヒステリシスの出現が確認された。以上の結果から、外部電場によって*m*-fluoro-aniliniumカチオンの回転運動が応答していることが示された。

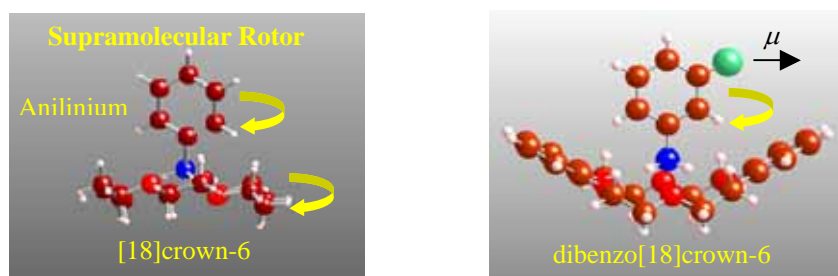
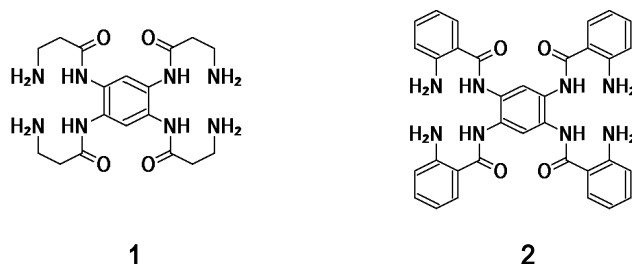


図 3.6.1.4 二重回転分子ローター(左)と双極子分子ローター(右)。

有機-無機ハイブリッド集積構造の作製

分子スケールの電子デバイスを実現するには、いかに個々の分子素子間を繋ぎ、また外界からのアクセスを可能にするかという、配線の問題を解決する必要がある。有機-無機ハイブリッド材料である金属錯体は、種々の相互作用を用いて分子が自発的に配列、集積化することで、微細な構造を制御することが可能である。そこで、配線に相当するネットワークが内部で形成されるような集積構造体の構築に向けた有機-無機ハイブリッド材料を設計、合成し、デバイス実現の可能性を検討することを目的とした。



1

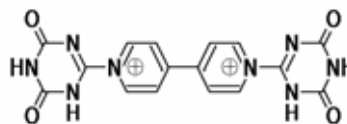
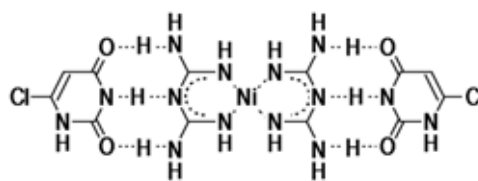
2

集積体を構築するためのビルディングブロックとして、まず、一次元ないし梯子型の金属錯体鎖骨格を形成し得ると考えられる、1, 2 (前頁)をはじめとする種々の新規多座配位子を設計し、これを用いた金属錯体を合成した。中心金属にはニッケル、パラジウム、白金等を用いた。しかし、これらは集積化が困難で、分子間の相互作用をより合理的に制御する方法が必要と考えられた。そこで、相補的水素結合による錯体と有機分子の連結の可能性を検討するために、単核のピグアニド錯体をモデル化合物とし、塩化ウラシルとの相互作用を IR スペクトル等で調べた。その結果、錯体のピグアニド骨格部が相補的水素結合を形成していることが分かり、分子間の連結に有用であることが示唆された。

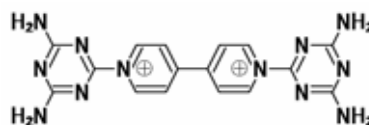
このような分子間の相補的水素結合を用いてワイヤを構築するために、連結分子として、ウラシルと類似の末端構造を有するジヒドロキシトリアジンに 4,4 -ビピリジル両端に修飾した剛直直線状の分子 3 を合成した。その他、水素結合パターンが異なるものや、末端にアミノ基等を導入して金属イオンに直接配位させるもの等、金属錯体間を直線状に連結し得る種々の連結分子を開発した。

これに対し、金属錯体ユニットに関しては、1, 2 といった単一配位子を用いた複核錯体では、溶解性や結晶性が低いという問題があったため、これを改善すべく、中央架橋部及び両末端で異なる 2 種の配位子の組合せからなる複核錯体を新規に設計、合成した。両末端の配位子としてピグアニドを導入し、連結分子と相補的多重水素結合を形成する能力を持たせた。合成の結果、中心金属にニッケルないし白金を用いた化合物において、6 の構造と推定される複核錯体の粉体を得た。また、この合成過程で、pH コントロールによって片側にのみ金属を配位させた錯体 7 を単離し、構造を確認することができた。この錯体は溶解性、結晶性が高く、集積化に適することが分かった。これを出発物質とすることで、金属ないし末端配位子について、左右で異なるヘテロな構造の複核錯体を設計、合成できるものと考えられる。末端配位子としてはピグアニドの他に、水素結合パターンの異なるピウレット等を用いたものや連結分子を直接配位させたものも可能と考えられ、配位子、金属のヘテロ化によって、将来的には分子の配列を制御することも期待される。

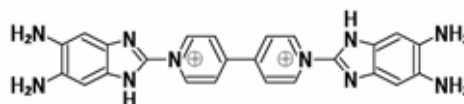
これらを連結分子と組み合わせて、目的とする集積構造を実現するには至っていないが、それを構築するためのビルディングブロックとしての金属錯体や連結分子を種々に合成し、集積化のための知見を得ることができた。



3

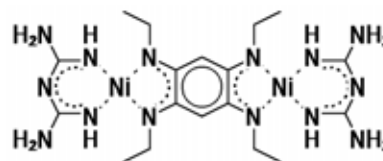


4

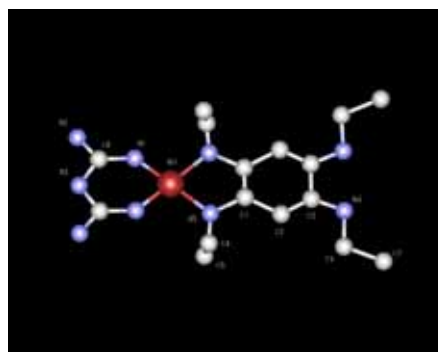


5

連結分子



6



7

電子活性なソフトマテリアルの作製

Langmuir-Blodgett (LB) 法やスピコート法に代表されるウエット法を用いて、分子の有する自己組織化を利用したナノ構造の作製を試みた。本研究では、以下に示す研究項目から構成され、研究対象として用いた分子系は、電気伝導性・超分子化学・界面化学の観点から設計した両親媒性マクロサイクリック bis-TTF 分子である (図 3.6.1.5)。

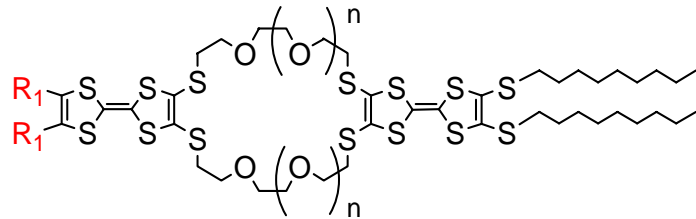


図 3.6.1.5 両親媒性マクロサイクリック bis-TTF 誘導体 1

今回新たに合成した化合物 1 ($R_1 = R_2 = -SCH_2CH_2S-$) が有機半導体ナノ構造の実現に対して非常に有効な分子系であることを明らかとした (図 3.6.1.6)。分子 1 はオルガノゲルを形成する能力を有し、これは水素結合サイトを有さないオルガノゲル化合物の極めて珍しい例となった。ゲル形成に必要な分子間相互作用として、硫黄原子間の相互作用が利用可能であることを初めて明らかとした。また、今後の分子性材料の開発で重要と考えられる分子性導体のソフトマテリアル化を実現した。



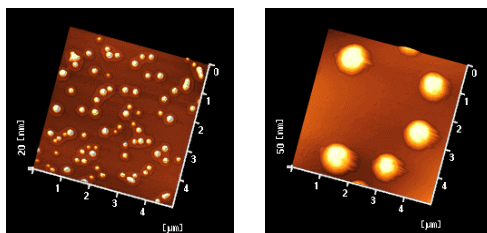
図 3.6.1.6 化合物 1 が形成するオルガノゲル

分子性導体を出発点とした低次元ナノ構造の作製

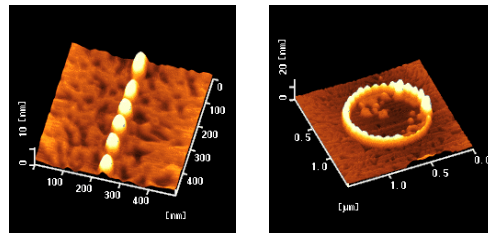
分子性導体を出発点とした低次元ナノ構造の作製

精密に設計された両親媒性 bis-TTF 誘導体を用いることで、様々な形態の低次元ナノ構造を実現することが可能である。有機半導体としての性質を示すナノドットやナノワイヤ構造を、簡便な手法であるウエット法 (Langmuir-Blodgett 法やスピコート法) で作製する手法を確立した (図 3.6.1.7)。また、基板上でのナノ構造の配向性・サイズ・形状を制御する手法を同時に開発した。分子性導体を出発点としたナノ構造の特徴として、化学的な手法を用い

0次元ナノ構造 (ナノドット)



一次元ナノ構造



2次元ナノ構造

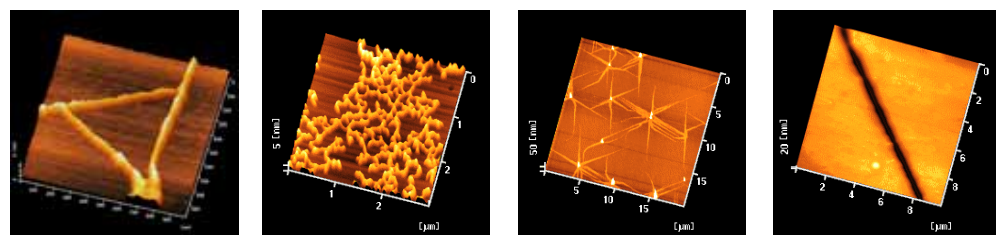


図 3.6.1.7 本研究で作製した低次元ナノ構造の例

たキャリアドープが容易に実現可能である点が挙げられる。電子的に活性な低次元ナノ構造は、ナノデバイス作製に対する基本的な構成単位として位置づけできる。電子・磁気機能性の宝庫である分子性導体のナノスケール化に対する道筋を築いた。

分子集合体ナノ構造の伝導物性の評価をナノスケールで実現するために、導電性 AFM (C-AFM)を用いた検討を行った。導電性 HOPG 基板の上にキャリア導入が行われたナノドット構造(図 3.6.1.8a)及びキャリアが注入されていないワイヤ構造(図 3.6.1.8b)を固定化し、その電気特性の評価を試みた。真空下での電流 - 電圧特性の測定より(図 3.6.1.8c)、ナノドットのコンダクタンスが約 100 nS 程度であるのに対し、中性のワイヤ構造では 0.001 nS であった。キャリアドープを行ったナノドット構造が良好な伝導特性を有することが判明し(図 3.6.1.8c line ii)、分子性導体を出発点とするナノ構造が、そのデバイス化に際しての高い潜在能力を有していることが判明した。

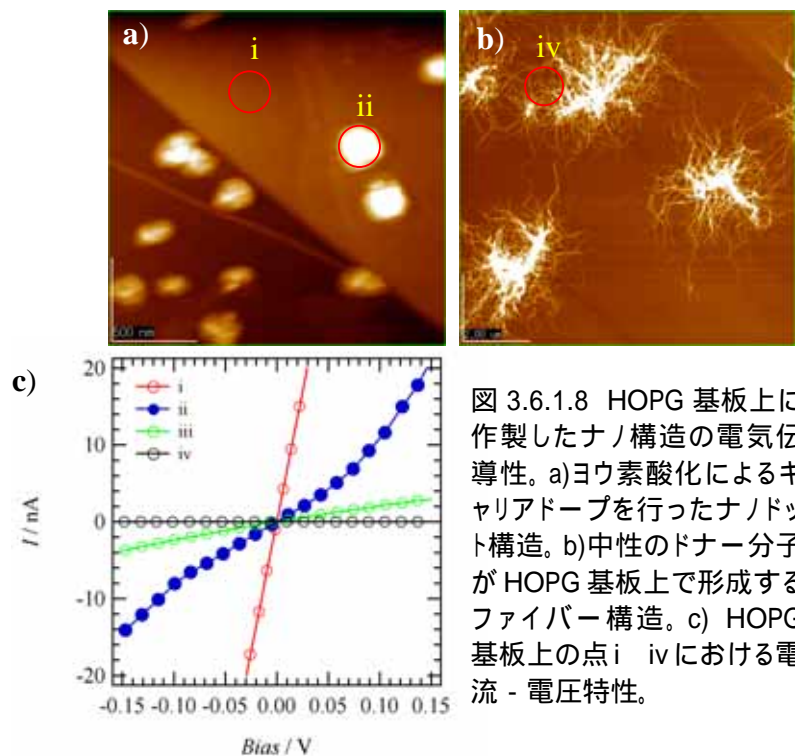


図 3.6.1.8 HOPG 基板に作製したナノ構造の電気伝導性。a)ヨウ素酸化によるキャリアドープを行ったナノドット構造。b)中性のドナー分子が HOPG 基板上で形成するファイバー構造。c) HOPG 基板の上の点 i iv における電流 - 電圧特性。

ナノワイヤ - 金ナノ粒子集積構造の量子伝導挙動の解明

ウエット法を用いて作製した様々な形態の低次元ナノ構造の集積化について検討した。手始めに、直径 13 nm の金ナノ粒子とナノワイヤの集積化構造の作製について検討を行った。図 3.6.1.9 は、配向ナノワイヤと複合化した金ナノ粒子の AFM 画像である。金ナノ粒子は、ナノワイヤの交差点上に配列し、Langmuir-Blodgett 法を用いることで金ナノ粒子の占有面積を自由に制御することが可能である。さらに、ナノワイヤ - 金ナノ粒子複合構造から成る LB 膜の電気伝導性に関する検討を行った。金ナノ粒子の占有面積の増加に伴い、電気抵抗の温度依存性に変化が見られた(図 3.6.1.10 黒線 ~ 青線)。金ナノ粒子の基板上での占有面積が二次元パーコレーションの閾値を越えると、その電気伝導性はナノ粒子間のホッピング ($T > 150$ K) 及びトンネリング ($T < 150$ K) により支配されることが示された(図 3.6.1.10 黄緑と青)。

ネットワーク内での金ナノ粒子の占有状態が二次元パーコレーション閾値を越えた薄膜に着目して、金ナノ粒子間の多次元的なネットワークに起因する電気伝導性を評価した。室温付近では、半導体ナノワイヤの伝導物性に対応した挙動が観測されるのに対して、150 K 以下の温度領域においては、非常に小さな活性化エネルギーを有する伝導領域が出現した(図 3.6.1.11)。また、6 Kにおける電流 - 電圧(I - V)特性から、閾電圧を有する非線形な I - V 挙動が観測され、これはLB膜中における単電子トンネル素子のランダムな多重接合に起因するクーロンブロッケードと結論できる。低温におけるナノ粒子間のトンネル電流は、協奏的なランダムなトンネル接合に対応する $I \propto (V/V_{th} - 1)^\zeta$ に従って変化し、接合の次元性を表すパラメーター()は、金ナノ粒子間の二～三次元的なトンネル接合の形成を示唆した。

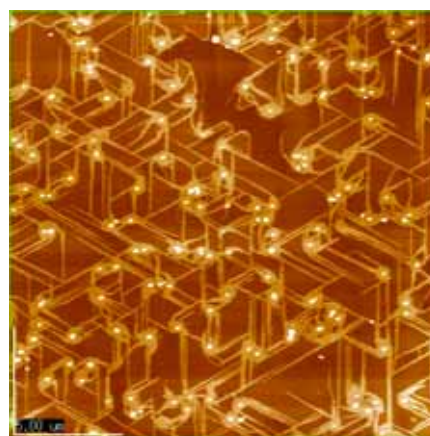


図 3.6.1.9 配向ナノワイヤと金ナノ粒子の複合体の AFM 画像

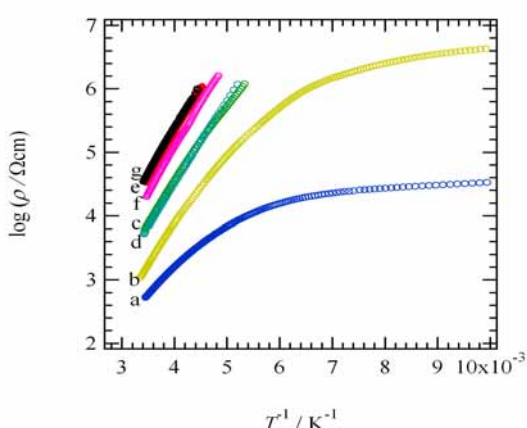


図 3.6.1.10 ナノワイヤ - 金ナノ粒子集積化構造の電気抵抗の温度依存

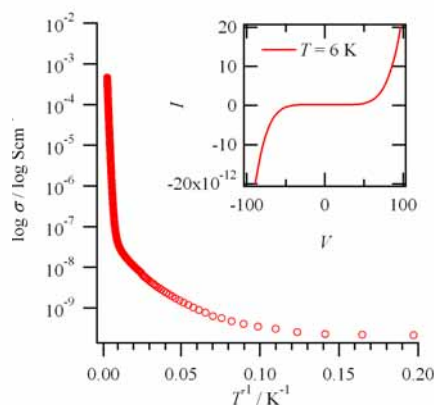


図 3.6.1.11 薄膜 a の電気伝導度の温度依存性と電流 - 電圧特性。

(2)研究成果の今後期待される効果

有機半導体ナノ構造の構築に関しては、ナノデバイスの作製に不可欠な導電性分子ナノワイヤやナノドット構造といった特異な低次元ナノ構造を実現した。ナノワイヤ - 金ナノ粒子集積構造に示されるように、様々なタイプのナノ構造体を互いに集積化することで、デバイス化に必要な新たな集積化ナノ構造の構築が実現可能であることが示された。また、導電性原子間力顕微鏡(C-AFM)等のナノスケールでの電気、磁気物性の測定に関するアプローチから、様々な形態のナノ構造体の電子物性の直接測定が可能である。本プロジェクトの成果により、分子性物質のナノ材料化に関して、分子の自己組織化を利用した構造構築手法の有効性を示した。超分子構造を利用することで、分子集合体中での分子メカニカルデバイスの実現に必要な構造構築手法を提出した。さらに、電子・スピン活性な分子性材料をウェット法を用いて簡便にナノスケール化することで、新規ナノ構造体形成技術の開発とその物性評価が可能となった。

分子集合体における超分子ローター構造の精密設計は、高効率なエネルギー変換を実

現する生物分子モーターのモデルシステムとして重要である。方向性や周波数等の分子の回転モードを外部刺激で自在に制御することで、分子回転に伴う分子ローターの誘電特性と磁性等がカップリングした新規な電子系分子材料の創製が可能になる。水素結合性の有機-無機ハイブリッド材料に関しては、相補的水素結合や配位結合等を利用した分子の自己集積化によって、分子スケールのデバイス構築をボトムアップ的に実現することが期待される。本プロジェクトで得られた種々の化合物に対する知見をさらに発展させることで、集積化を制御し、将来のデバイス開発に寄与し得ると期待される。

3.6.2 分子性物質の材料化(東京理科大学 松本研究室 中村研究グループ)

(1)研究実施内容及び成果

相分離 LB 膜を利用した集積ナノ構造の作製

有機低分子の二次元相分離構造を利用して集積ナノ構造の作製を行った。特に分子設計による有機低分子の自己組織化の制御によるパターン形成を行い、そのパターンを利用してテンプレートを作製し、そのテンプレートへの物質導入とその物性について検討した。

用いた分子は、長鎖脂肪酸($C_kH_{2k+1}COOH$:以下 HkA と略す)、ハイブリッドカルボン酸($C_mF_{2m+1}C_nH_{2n}COOH$:以下 FmHnA と略す)、両親媒性シランカップリング剤($C_{10}F_{21}C_2H_4Si(OCH_3)_3:F10H_2OME$ 、 $C_8F_{17}C_2H_4Si(OCH_3)_3:F8H_2OME$ 、 $C_8F_{17}C_2H_4Si(OC_2H_5)_3:F8H_2OEt$ 、 $C_8F_{17}C_2H_4SiCl_3:F8H_2Cl$)である。

相分離 LB 膜の作製には相溶性の悪い分子の組み合わせを用いればよい。またテンプレートを作製するためにはシランカップリング剤を含む相分離 LB 膜の利用が必要となる。そこで長鎖カルボン酸と上記のパーフルオロアルキル鎖と炭化水素鎖を有する両親媒性シランカップリング剤の混合 LB 膜の構造について検討した。長鎖脂肪酸と両親媒性シランカップリング剤の混合 LB 膜では、長鎖脂肪酸から成るマイクロメートルスケールのドメイン形成が見られ、そのドメインを両親媒性シランカップリング剤が取り囲む構造をとっていた。一方、長鎖カルボン酸として疎水性部分にフッ化炭素部分と炭化水素部分を有するハイブリッド型の長鎖カルボン酸を用いると、長鎖脂肪酸とは異なる相分離構造が得られた。F8H10A と F8H2OEt の混合 LB 膜では、作製条件により、幅数十ナノメートルのナノスレッドともいふべきナノドメインを有する相分離構造が形成された。このことは疎水基部分の分子設計により、ドメインの形状とサイズ制御、つまり相分離構造制御の可能性を示唆している。

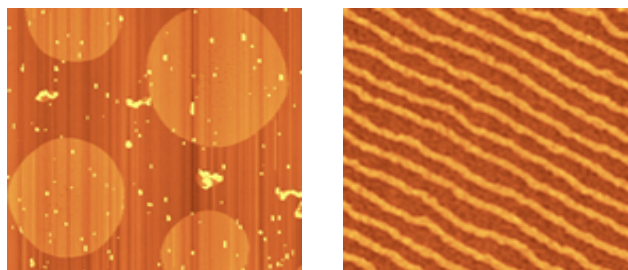


図 3.6.2.1 H17A/F6H8A(25 × 25 μ m²)
H17A/F8H8A(2.5 × 2.5 μ m²)

そこで相分離構造の精密制御のために、異なる疎水基を有する二種類の両親媒性カルボン酸の混合 LB 膜における相分離について検討した。混合の際の自由エネルギー変化を考慮すると、ドメインサイズはホモ相互作用とヘテロ相互作用のバランスに依存する。つまり分子間相互作用の調整により、ドメインサイズを制御できることになる。実際に AFM を用いて長鎖脂肪酸とハイブリッドカルボン酸の混合 LB 膜の相分離構造を観察したところ、長鎖脂肪酸の島をハイブリッドカルボン酸の海が取り囲む海島構造の形成が確認された。また混合 LB 膜の相分離構造は長鎖脂肪酸のアルキル鎖の長さ、ハイブリッドカルボン酸の構造に強く依存した。図 3.6.2.1 に長鎖脂肪酸を固定して、ハイブリッドカルボン酸のパーフルオロアルキル基の長さを変化させた時の混合 LB 膜の構造変化を示す。F6H8A の場合は数マイクロメートルサイズの円形ドメイン形成が見られる。ところが F8H8A とパーフルオロアルキル基の長さが炭素 2 個分長くなっただけでナノメートルオーダーのワイヤ構造が形成する。さらにパーフルオロアルキル基

の長い F10H8A を用いるとワイヤ幅が小さくなった。

この現象は次のように説明される。ドメインの形状とサイズは双極子-双極子相互作用と線張力の兼ね合いにより決定されると考えられる。LB 膜中では分子が一定の配向をとって膜の法線方向に並んでいるので、双極子-双極子相互作用については、末端の置換基つまりメチル基、パーフルオロメチル基、カルボキシル基の寄与のみを考えればよい。そうすると双極子が平行に並んでおり、反発的な相互作用を及ぼすので、双極子-双極子相互作用の寄与が大きい場合は細長い/小さなドメイン形成が有利となる。一方、線張力は表面張力の二

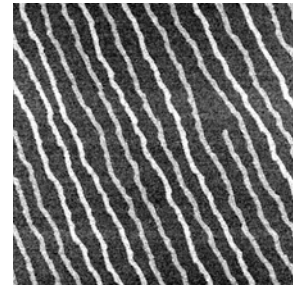


図 3.6.2.2 二次元パターン

次元版であり、界面長の合計を少なくしようとする。そのため、線張力の寄与が大きい場合は大きな円形ドメイン形成が有利になる。本系においてナノワイヤが形成されたのは、前者の寄与が大きかったためと思われる。さらにパーフルオロアルキル基の長さの変化がドメインの形状とサイズに及ぼす効果について考える。ここで線張力はホモ相互作用とヘテロ相互作用の差に比例すると考えることができる。そうするとパーフルオロアルキル基が長くなるとホモ相互作用、ヘテロ相互作用の両方が減少するが、後者の減少分の方が大きくなる。つまり、ホモ相互作用とヘテロ相互作用の差が小さくなると、ナノワイヤが形成することが分かった。種々の長さの炭化水素鎖を持つ長鎖脂肪酸、及び、種々の長さの炭化水素鎖、フッ化炭素鎖を持つハイブリッドカルボン酸の混合 LB 膜の構造を AFM により検討した。長鎖脂肪酸の炭化水素鎖を固定して、ハイブリッドカルボン酸の炭化水素鎖を長くすると、上記と同様の考察により、線張力が減少し、ドメインのサイズが減少した。同様にハイブリッドカルボン酸のフッ化炭素鎖を長くしても線張力が減少し、ドメインサイズが減少した。このようにドメインサイズは単純な描像で説明できることが分かった。

テンプレートを作製するためにはシランカップリング剤を含む相分離 LB 膜の利用が必要となる。そこで長鎖脂肪酸/ハイブリッドカルボン酸の二成分混合 LB 膜に第三成分として両親媒性シランカップリング剤を加えた三成分混合 LB 膜の構造について検討した。長鎖脂肪酸/ハイブリッドカルボン酸の二成分混合 LB 膜においてナノ構造を形成した分子の組み合わせに対して、両親媒性シランカップリング剤を加えると、実験条件の調整により、ナノ構造を有する三成分混合 LB 膜を作製できることが分かった。上記の三成分混合 LB 膜を熱処理すると、両親媒性シランカップリング剤は基板表面のシラノール基との脱水縮合により共有結合を形成するため、続く溶媒処理により、長鎖脂肪酸とハイブリッドカルボン酸を選択的に除去することが可能である。このようにして相分離混合 LB 膜中で形成されたパターンを基にテンプレートを作製できることが分かった。得られたテンプレートは表面がパーフルオロアルキル基で覆われた両親媒性シランカップリング剤からなる自己組織化膜の中にマイクロメートルスケールあるいはナノスケールで表面特性が大きく異なる部分を有する。この表面特性の違いを利用して物質導入を行うことができた(図 3.6.2.3)。LB 法、キャスト法、自己組織化法等種々の方法で種々の物質導入が可能であることが分かった。

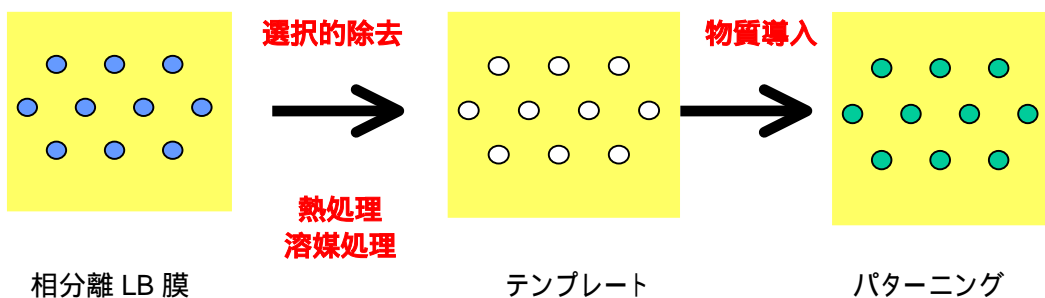


図 3.6.2.3

図 3.6.2.4 に、相分離 LB 膜をもとにして銅ナノワイヤを作製するスキームを示す。酸化膜付シリコンウエハー上に相分離 LB 膜を累積し、テンプレートを作製する。そのテンプレートの上に、自己組織化法で、アミノプロピルトリメトキシシラン(ApSiOMe)を液相吸着させ、テンプレート表面を機能化する。テンプレート表面に固定化されたアミノ基に液相中で形成した Au 微粒子は化学吸着する。このようにして導入された Au 微粒子はその後の銅の無電解メッキの触媒となる。

このようにして作製した銅ナノワイヤの AFM 像を図 3.6.2.5 に示す。テンプレートに沿って、銅ナノワイヤが形成されていることがわかる。このナノワイヤの高さは数ナノメートルである。

またワイヤ部分とそれ以外の部分のオージェ電子スペクトルを測定したところ、ワイヤ部分からのみ銅原子に由来するピークが有意の強度で観測された。この試料について銅の走査型オージェ電子マッピングを行ったところ、ナノワイヤの形状に銅が存在していることが確認された。また作製した銅ナノワイヤの電気物性の評価を行った。

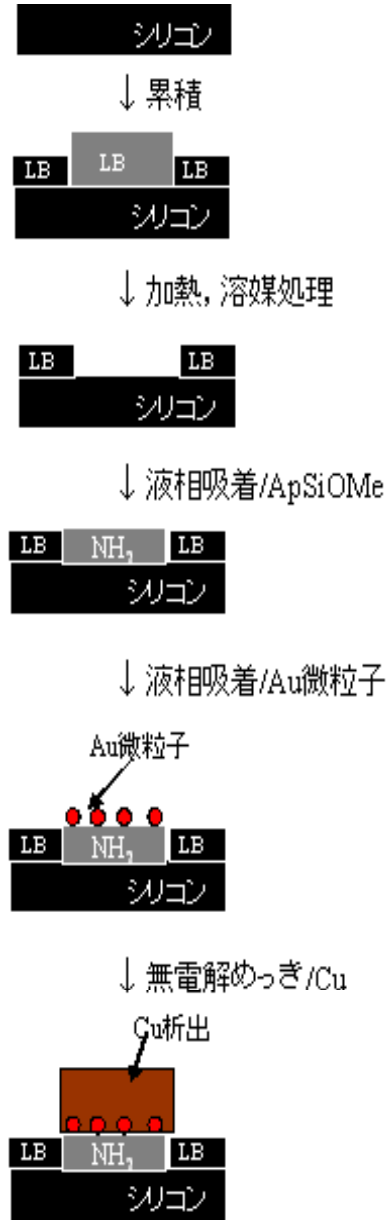


図 3.6.2.4

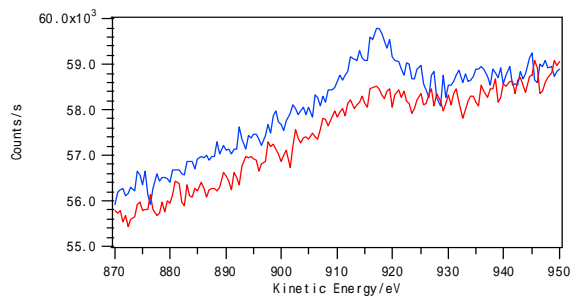
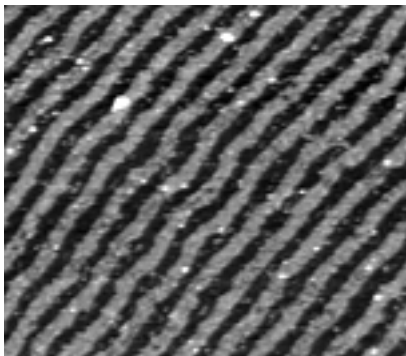


図 3.6.2.5 銅ナノワイヤの AFM 象(左)と、オージェ電子スペクトル(右)

(2)研究成果の今後期待される効果

相分離 LB 膜では、分子間相互作用の調整による二次元パターンの制御から、二次元相分離の機構解明が期待される。同時に、分子設計により望みの二次元パターン形成が可能となり、そこから作製されるテンプレートを用いることで、無機化合物、有機化合物を問わず種々の物質との集積ナノ構造の作製とデバイス化が可能となり、ナノサイエンスの発展への寄与が可能である。また相分離 LB 膜から得られる集積ナノ構造は、簡便なナノ構造体の形成技術に応用可能である。分子性材料の柔軟性と自己組織化を利用することで、電子デバイス等の分野に応用されると期待できる。

4 研究参加者

小林グループ(新規な電子機能を持つナノ構造体の研究)

氏名	所属	役職	担当する研究項目	参加時期
小林 速男	分子科学研究所 日本大学文理学部 自然科学研究所	教授 客員研究員	「新規な電子機能を持つ分子ナノ構造体の構築」	平成 14 年 11 月 ~ 平成 19 年 3 月 平成 19 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
藤原 秀紀	分子科学研究所	助手	磁性有機伝導体の開発と物性評価	平成 14 年 11 月 ~ 平成 15 年 10 月
永井 正子	分子科学研究所	チーム事務員		平成 15 年 1 月 ~ 平成 19 年 3 月
張 斌 (Zhang Bin)	分子科学研究所	CREST 研究員	機能性分子物質の開発と物性評価	平成 15 年 2 月 ~ 平成 15 年 5 月
高橋 一志	分子科学研究所	CREST 研究員 助手	機能性分子物質の設計・合成	平成 15 年 4 月 ~ 平成 16 年 3 月 平成 16 年 3 月 ~ 平成 18 年 10 月
崔 亨波 (Cui HengBo)	分子科学研究所	CREST 研究員	機能性分子物質の開発と物性評価	平成 15 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
大坪 才華	分子科学研究所 総合研究大学院大学 機能分子科学科	大学院生	機能性分子物質の設計・合成	平成 15 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
伊木 志成子	分子科学研究所	研究補助員	結晶成長・物質精製	平成 16 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
磯野 裕貴子	分子科学研究所	研究補助員	結晶成長・物質精製	平成 16 年 4 月 ~ 平成 19 年 3 月
Sun HaoLing	分子科学研究所	CREST 研究員	機能性分子物質の開発と物性評価	平成 17 年 9 月 ~ 平成 18 年 8 月
周 彪 (Zhou Biao)	日本大学文理学部 化学科	助手	新規な機能性物質の合成と物性評価	平成 18 年 6 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
伊古田 圭	日本大学 文理学部	研究補助員	合成実験補助と事務処理	平成 19 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)

徳本グループ(分子性金属の開発と物性評価の研究)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
田中 寿	産業技術総合研究所	主任研究員	単一分子性金属の開発と物性評価	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
徳本 圓	産業技術総合研究所 / 防衛大学校	客員研究員 / 教授	分子性金属の低温強磁場物性評価	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
ハサニエン アブド	産業技術総合研究所	主任研究員	ナノ構造体の物性評価法の開発	平成 15 年 7 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
リエンシュニツク ゲンター	産業技術総合研究所	外来研究員	微少電極の作成と電気特性評価	平成 17 年 1 月 ~ 平成 19 年 5 月
斎藤 優子	産業技術総合研究所	派遣研究員	単一分子性金属の開発と物性評価	平成 19 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)

加藤グループ(超分子相互作用を利用した電子状態制御の研究)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
加藤 礼三	理化学研究所	主任研究員	物質設計合成	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
田村 雅史	理化学研究所	副主任研究員	物性評価	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
山本 浩史	理化学研究所	研究員	物質合成	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
田嶋 尚也	理化学研究所	研究員	物性評価	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
中尾 朗子	理化学研究所	基礎科学特別研究員	結晶構造解析	平成 14 年 11 月 ~ 平成 17 年 10 月
久保 和也	理化学研究所	協力研究員	物質合成	平成 15 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
高坂 洋介	理化学研究所 (埼玉大学博士課程)	ジュニアリサーチアソシエイト	物質合成	平成 16 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
伊藤 裕美	(株)WDB	研究補助員 (派遣職員)	機能性分子システムの開発と物性評価 シリコン基板の作製と原料合成	平成 16 年 8 月 ~ 平成 18 年 3 月
小林 恵	理化学研究所	協力技術員	機能性分子システムの合成	平成 18 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)
川相 義高	理化学研究所 (東邦大学修士課)	研修生	シリコン基板の作製と微小単結晶の物性	平成 19 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予定)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
	程)		測定	定)

杉本グループ(新しい π -d系の開発)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
杉本 豊成	大阪府立大学先端科学研究所・大学院理学系研究科	教授	新しいドナー分子の設計と π -d系における π -d相互作用の評価	平成14年11月～平成20年3月(予定)
多田 俊治	大阪府立大学先端科学研究所	助教授	π -d系の結晶構造解析	平成14年11月～平成16年3月
藤原 秀紀	大阪府立大学先端科学研究所・大学院理学系研究科	講師	π -d系の結晶構造解析と伝導・磁気性質の解明	平成15年11月～平成20年3月(予定)
張 兆斌	大阪府立大学先端科学研究所	CREST 研究員	新しいドナー分子の作成とそれを用いる π -d系の開発	平成15年5月～平成16年5月
王 明星	大阪府立大学先端科学研究所	CREST 研究員	同上	平成16年4月～平成17年4月
肖 勳文	大阪府立大学大学院理学系研究科	CREST 研究員	同上	平成17年7月～平成19年7月

森グループ(新規電子物性の創出の研究)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
森 初果	東京大学物性研究所	助教授	分子性導体、磁性体、誘電体の構造、物性評価	平成14年11月～平成20年3月(予定)
木村 伸也	東京大学物性研究所	助手	分子性導体、磁性体の合成と構造評価	平成14年11月～平成18年3月
鈴木 秀明	東京大学物性研究所	大学院生	分子性導体、誘電体の合成と構造評価	平成15年4月～平成18年3月
武田 啓司	東京大学物性研究所	研究員	マイクロスクイッドの作製と評価	平成18年4月～平成20年3月(予定)
市川 俊	東京大学物性研究所	大学院生	分子磁性体の合成と構造、物性評価	平成18年4月～平成20年3月(予定)
高橋 一志	東京大学物性研究所	助教	分子性導体、磁性体、誘電体の合成と構造評価	平成18年11月～平成20年3月(予定)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
河野 謙太郎	東京大学 物性研究所	大学院生	分子性導体の合成と 構造評価	平成 19 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予 定)

中村研究グループ(分子性物質の材料化・システム化の研究)

氏名	所属	役職	研究項目	参加時期
中村 貴義	北海道大学	教授	分子性物質の材料 化・システム化	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予 定)
芥川 智行	北海道大学	准教授	分子性物質の材料 化・システム化	平成 15 年 4 月 ~ 平成 20 年 3 月(予 定)
今井 宏之	北海道大学	研究員	分子性物質の材料 化・システム化	平成 18 年 4 月 ~ 平成 18 年 6 月
武田 啓司	北海道大学	研究員	分子性物質の材料 化・システム化	平成 15 年 4 月 ~ 平成 18 年 3 月
武井 文雄	富士通株式会社	統括部長付	分子性物質のシステ ム化	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予 定)
眞鍋 敏夫	富士通株式会社	研究開発員	分子性物質のシステ ム化	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予 定)
松本 睦良	産業技術総合研 究所 東京理科大学	グループリー ダー 教授	分子性物質の材料 化	平成 14 年 11 月 ~ 平成 20 年 3 月(予 定)
中村 徹	産業技術総合研 究所	主任研究員	分子性物質の材料 化	平成 14 年 11 月 ~ 平成 17 年 3 月
渡邊 智	東京理科大学	大学院生(D1)	分子性物質の材料 化	平成 17 年 9 月 ~ 平成 20 年 3 月(予 定)

5 招聘した研究者等

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
Peter Day (Fullerian Professor of Chemistry, The Royal Institution of Great Britain)	研究グループ研究 指導 大阪府大・姫路工大 Joint Seminar	分子科学研究所 姫路工業大学	平成 15 年 1 月 12 日 ~ 平成 15 年 1 月 19 日
Daniel Chasseau (ボルドー大学、副学長)	小林チーム主催講演 会	分子科学研究所	平成 15 年 11 月 12 日 ~ 平成 15 年 11 月 13 日
Zhang Bin	日中合同シンポジウ	分子科学研究所	平成 16 年 11

氏名(所属、役職)	招聘の目的	滞在先	滞在期間
(中国科学院化学研究所、助教 授)	ム及び共同研究		月 11 日～平成 15 年 11 月 15 日
Lahcene Ouahab (Director of Research in CNRS University of Rennes 1)	北大シンポジウム、小 林チーム主催国際シ ンポジウム	北海道大学 大阪国際会議場	平成 16 年 12 月 11 日～ 平成 16 年 12 月 18 日
Maochun Hong (Director of the Fujian Institute of Research on the Structure of Matter, Chinese Academy of Sciences)	北大シンポジウム、小 林チーム主催国際シ ンポジウム	北海道大学 大阪国際会議場	平成 16 年 12 月 11 日～ 平成 16 年 12 月 16 日
T. P. Radhakrishnan (Professor at School of Chemistry, University of Hyderabad)	山口大学、北大シン ポジウム小林チーム 主催国際シンポジウ ム	山口大学 北海道大学 大阪国際会議場	平成 16 年 12 月 2 日～ 平成 16 年 12 月 17 日
Guenther Lientschnig (Postdoctoral Researcher, Molecular Biophysics Group Kavli Institute of Nanoscience, Delft University of Technology)	小林チーム主催国際 シンポジウム	産業技術総合研 究所 大阪国際会議場	平成 16 年 12 月 12 日～ 平成 16 年 12 月 19 日

6 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内誌 1 件、国際誌 149 件)

原著論文発表 国際

1. Shinya Uji , Taichi Terashima , Chieko Terakura , Taro Yakabe , Yoshikazu Terai , Syuma Yasuzuka , Yasutaka Imanaka , MadokaTokumoto , Akiko Kobayashi , Fumiko Sakai , Hisashi Tanaka , Hayao Kobayashi , Louis Balicas , James S. Brooks; Global phase diagram of the magnetic field-induced organic superconductors $-(\text{BETS}) 2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4$; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.72, No.2, P.369-373 (2003); 20030201; 160204021
2. James S. Brooks , Louis Balicas , Kevin Storr K , Hayao Kobayashi , Hisashi Tanaka , Akiko Kobayashi , Shinya Uji , MadokaTokumoto; Novel features of the newly discovered field-induced superconducting phase of $-\text{BETS}2\text{FeCl}_4$; Synthetic Metals, Vol.133, P.485-488 (2003); 20030313; 160204022
3. Shinya Uji , Chieko Terakura , Taichi Terashima , Taro Yakabe , Yasutaka Imanaka , Yoshikazu Terai , Syuma Yasuzuka , Madoka Tokumoto , Fumiko Sakai , Akiko Kobayash , Hisashi Tanaka , Hayao Kobayashi , Louis Balicas , James S. Brooks; Novel electronic properties under magnetic fields in organic conductors $-(\text{BETS}) 2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4$; Synthetic Metals, Vol.133, P.481-483 (2003); 20030313; 160204023
4. Toshiyuki Mizutani , MadokaTokumoto , Tatsue Kinoshita , James S. Brooks , Yoshiya Uwatoko , Olga Drozdova , Kyuya Yakushi , Itaru Tamura , Hyao Kobayashi , T. Mangetsu , Jun-ichi Yamada , Kohtaro Ishida; Effect of uniaxial strain in organic superconductor $-(\text{BEDT-TTF}) 2\text{Cu}(\text{NCS})_2$; Synthetic Metals, Vol.133, P.229-231 (2003); 20030313; 160204024
5. Charles H. Mielke , Neil Harrison , Arzhang Ardavan , P. Goddard , John Singleton , A. Narduzzo , L. K. Montgomery , Luis Balicas , James S. Brooks , Madoka Tokumoto; Possible Frohlich superconductivity in strong magnetic fields ; Synthetic Metals, Vol.133, P.99-102 (2003); 20030313; 160204025
6. Shinya Uji , Taichi Terashima , Chieko Terakura , Taro Yakabe , Yoshikazu Terai , Shuma Yasuzuka , Yasutaka Imanaka , Tadashi Takamasu , Madoka Tokumoto , Fumiko Sakai , Akiko Kobayashi , Hisashi Tanaka , Hayao Kobayashi , Louis Balicas , James S. Brooks; Superconductivity in organic alloys $-(\text{BETS}) 2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4$; Synthetic Metals, Vol.137, No.1-3, P.1183-1185 (2003); 20030404; 160204026
7. Naoya Tajima , Tasturo Imakubo , Reizo Kato , Yutaka Nishio , Koji Kajita; Uniaxial strain effects on transport properties of a supramolecular organic conductor $-(\text{DIETS})_2[\text{Au}(\text{CN})_4]$; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.72, No.5, P.1014-1017 (2003); 20030500; 160201001
8. Shinya Uji , Chieko Terakura , Taichi Terashima , Taro Yakabe , Yoshikazu Terai , Yasutaka Imanaka , Syuma Yasuzuka , Madoka Tokumoto , Fumiko Sakai , Akiko Kobayashi , Hisashi Tanaka , Hayao Kobayashi , Luis Balicas , James S. Brooks; Large anisotropy in magnetic field induced superconductors $-(\text{BETS}) 2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4$; Physica C, Vol.388, P.611-612 (2003); 20030501; 160204027
9. Hideki Fujiwara , Ha-Jin Lee , Hayao Kobayashi , Emiko Fujiwara , Akiko Kobayashi; A Novel TTP Donor Containing a PROXYL Radical for Magnetic Molecular Conductors; Chemistry Letters, Vol.32, No.6, P.482-483 (2003); 20030506; 160202004
10. Eun Sun Choi , Eric Jobilong , Aaron Wade , Evan Goetz , James S. Brooks , 山田順一 , 水谷敏幸 , 木下タツエ , 徳本 圓 ; Fermiology and superconductivity studies on the

- non-tetrachalcogenafulvalenestructured organic superconductor $-(\text{BDA-TTP})_2\text{SbF}_6$; Physical Review B, Vol.67, No.17, P.174511(8 pages) (2003); 20030521; 160204011
11. Masafumi Tamura, Yuko Hosokoshi, Daisuke Shiomi, Minoru Kinoshita, Yasuhiro Nakasawa, Masayasu Ishikawa, Hiroshi Sawa, Takafumi Kitazawa, Atsushi Eguchi, Yutaka Nishio, Koji Kajita; Magnetic properties and structures of the a - and b -phases of p-NPNN; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.72, No.7, P.1735-1744 (2003); 20030714; 160201002
 12. Hideto Miyata, Yoko Tatewaki, Tomoyuki Akutagawa, Tatsuo Hasegawa, Takayoshi Nakamura, Christian A. Christensen, Jan Becher; Langmuir-Blodgett films of bis-tetrathiafulvalene substituted macrocycle and TCNQ derivatives; Thin Solid Films, Vol.438-439, P.1-6 (2003); 20030822; 160205017
 13. Hengbo Cui, Takeo Otsuka, Akiko Kobayashi, Naoya Takeda, Masayasu Ishikawa, Yohji Misaki, Hayao Kobayashi ; Structural, electrical and magnetic properties of a series of molecular conductors based on BDT-TTP and lanthanoid nitrate complex anions [BDT-TTP=2,5-bis(1,3-dithiol-2-ylidene)-1,3,4,6-tetrathiapentalene]; Inorganic Chemistry, Vol.42, No.19, P.6114-6122 (2003); 20030823; 160202005
 14. Takuya Matsumoto, Yohsuke Kamada, Toyonari Sugimoto, Toshiji Tada, Satoru Noguchi, Hiroyuki Nakazumi, Motoo Shiro, Harukazu Yoshino, Keizo Murata; Electrical Conducting and Magnetic Properties of (Ethylenedithiotetrathiafulvalenothioquinone-1,3-diselenolemethide) $_2 \cdot \text{FeBr}_4(\text{GaBr}_4)$ Crystals with Two Different Interlayer Arrangements of Donor Molecules; Inorganic Chemistry, Vol.42, No.17, P.5192-5201 (2003); 20030912; 160203003
 15. Tomoyuki Akutagawa, Masanori Uchigata, Tatsuo Hasegawa, Takayoshi Nakamura, Kent A. Nielsen, Jan O. Jeppesen, Thomas Brimert, Jan Becher; Langmuir-Blodgett Films of Charge-Transfer Complexes between an Amphiphilic Monopyrrolo-TTF and TCNQ Derivatives; Journal of Physical Chemistry B, Vol.107, No.50, P.13929-13938 (2003); 20031119; 160205015
 16. James S. Brooks, Shinya Uji, Eun S. Choi, I. B. Rutel, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto; High field alloy, thermoelectric, and mm wave studies of the field induced superconducting state in $-(\text{BETS})_2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4$; Brazilian Journal of Physics, Vol.33, No.4, P.690-694 (2003); 20031201; 160204028
 17. Tomoyuki Akutagawa, Sadamu Takeda, Tatsuo Hasegawa, Takayoshi Nakamura; Proton Transfer and a Dielectric Phase Transition in the Molecular Conductor $(\text{HDABCO}^+)_2(\text{TCNQ})_3$; Journal of the American Chemical Society, Vol.126, No.1, P.291-294 (2003); 20031212; 160205016
 18. Akiko Kobayashi, Masaaki Sasa, Wakako Suzuki, Emiko Fujiwara, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Yoshinori Okano, Hideki Fujiwara, Hayao Kobayashi; Infrared Electronic Absorption in Single-Component Molecular Metal; Journal of the American Chemical Society, Vol.126, No.2, P.426-427 (2003); 20031220; 160202023
 19. Takuya Matsumoto, Yohsuke Kamada, Toyonari Sugimoto, Toshiji Tada, Satoru Noguchi, Hiroyuki Nakazumi, Takashi Kawakami, Kizashi Yamaguchi, Motoo Shiro; One-Dimensional CuBr_2^- Ion Array and CuBr_3^- Ion Chain Included in the Conducting Framework Composed of Bis(methylthio)tetrathiafulvalenothioquinone-1,3-dithiocarbonatodithiole methide Molecules; Inorganic Chemistry, Vol.42, No.26, P.8638-8645 (2003); 20031229; 160203004

20. Zheming Wang, Bin Zhang, Takeo Otsuka, Katsuya Inoue, Hayao Kobayashi, Mohamedally Kurmoo; Anionic NaCl-type frameworks of $[\text{Mn}(\text{HCOO})_3]^-$, templated by alkylammonium, exhibit weak ferromagnetism; Dalton Transaction, P.2209-2216 (2004); 20040000; 160202032
21. Masashi Watanabe, Yukio Noda, Yoshio Nogami, Hatsumi Mori, Shoji Tanaka; Transfer Integrals and the Spatial Pattern of Charge Ordering in $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{RbZn}(\text{SCN})_4$ at 90 K; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.73, No.1 P.116-122 (2004); 20040100; 160206077
22. Zheming Wang, Bin. Zhang, Hideki Fujiwara, Hayao Kobayashi, Mohamedally Kurmoo; $\text{Mn}_3(\text{HCOO})_6$: a 3D porous magnet of diamond framework with nodes of Mn-centered MnMn_4 tetrahedron and guest-modulated ordering temperature; Chemical Communications, P.416-417 (2004); 20040221; 160202022
23. Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi, Hideki Fujiwara, Hayao Kobayashi; Synthesis, Structures, and Physical Properties of Nickel Bis(dithiolene) Complexes Containing Tetrathiafulvalene (TTF) Units; Inorganic Chemistry, Vol.43, No.3, P.1122-1129 (2004); 20040225; 160202017
24. 小林昭子, 藤原絵美子, 鈴木和佳子, 佐々匡昭, 藤城雄一, 西堀英治, 高田昌樹, 坂田誠, 岡野芳則, 藤原秀紀, 小林速男; Recent progress in development of single-component molecular metals; Journal de Physique IV France, Vol.114, P.419-424 (2004); 20040400; 160202018
25. 李夏珍 / Ha-Jin Lee, 崔亨波 / Cui Hengbo, 藤原秀紀, 小林速男, 藤原絵美子, 小林昭子; Development of New Magnetic Organic Conductors Based on Donor Molecules with Stable Organic Radical Part; Journal de Physique IV France, Vol.114, P.533-535 (2004); 20040400; 160202019
26. Takako Konoike, Hideki Fujiwara, Bin Zhang, Hayao Kobayashi, Mitsutaka Nishimura, Sshuma Yasuzuka, Kengo Enomoto, Shinya Uji; Strong Evidence of Field-Induced Superconductivity and Shubnikov-de Haas Oscillation in $-(\text{BETS})_2\text{FeBr}_4$; Journal de Physique IV France, Vol.114, P.223-226 (2004); 20040400; 160202020
27. Toyonari Sugimoto, Takuya Matsumoto, , Yohsuke Kamada, Hiroyuki Nakazumi ; Electrical conducting and magnetic properties in $[\text{Ethylenediseleno-tetrathiafulvalenothioquinone-1,3-dithiolemethide}]_2 \cdot \text{MBr}_4$ (M = Fe, Ga); Journal de Physique IV France, Vol.114, P.581-583 (2004); 20040400; 160203009
28. Hatsumi Mori, Miyuki Suto, Hideaki Suzuki 東大物性研, Yutaka Nishio, Koji Kajita; Conductivity and Magnetism by Band Filling Control of Organic Conductors; Journal de Physique IV France, Vol.114, No.12 P.467-470 (2004); 20040400; 160206016
29. Shinya Kimura, Hideaki Suzuki, Tomoko Maejima, Miyuki, Suto, Kazuki Yamashita, Shun Ichikawa, Hatsumi Mori, Hiroshi Moriyama, Tomoyuki Mochida, Yutaka Nishio, Kohji Kajita ; Crystal Structures and Electrical Conductivities Controlled by CH/n interactions; Journal de Physique IV France, Vol.114, No.12 P.521-522 (2004); 20040400; 160206017
30. Masafumi Tamura, Reizo Kato; Valence instability in a dimer of two-orbital system: Possible charge separation due to 'negative U' effect; Chemical Physics Letters, Vol.387, P.448-452 (2004); 20040401; 160201008
31. Tomoyuki Akutagawa, Keiko Kakiuchi, Tatsuo Hasegawa, Takayoshi Nakamura, Christian A. Christensen, Jan Becher; Langmuir-Blodgett Films of Amphiphilic Bis(tetrathiafulvalene) Macrocycles with Four Alkyl Chains; Journal of the American Chemical Society, Vol.20,, No.10, P.4187-4195 (2004); 20040403; 160205020

32. Hideaki Suzuki, Hatsumi Mori, Shinya Kimura, Miyuki Suto, Tomoko Maejima, Kazuki Yamashita, Hiroshi Moriyama, Yutaka Nishio, Kohji Kajita; Control of electronic state in the 2D hydrogen-bonded system: $\text{[CnDT-EDO-TTF]2(PF6)x}$ ($n=5,6,7,8$); *Synthetic Metals*, Vol.144, No.1, P.88-96 (2004); 20040415; 160206001
33. Satoru Noguchi, Akinori Matsumoto, Takuya Matsumoto, Toyonari Sugimoto, Takekazu Ishida; Ferromagnetism in a d electron system at 1 K; *Physica B*, No.346-347, P.397-401 (2004); 20040430; 160203008
34. James S. Brooks, Shinya Uji, Eun Sun Choi, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto; Investigation of the field-induced phases in $\text{-(BETS)2FexGa1-xCl4}$; *Journal de Physique IV France*, Vol.114, P.175-181 (2004); 20040431; 160204038
35. Luis Balicas, V. Barzykin, Kevin Storr, James S. Brooks, Madoka Tokumoto, Shinya Uji, Hisashi Tanaka, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; The effect of pressure on the phase diagram of the magnetic field-induced superconducting state of -(BETS) 2FeCl4 ; *Journal de Physique IV France*, Vol.114, P.199-203 (2004); 20040431; 160204039
36. Eun S. Choi, David Graf, James S. Brooks, Jun-ichi Yamada, Madoka Tokumoto; The pressure-temperature phase diagram of pressure induced superconductors -(BDA-TTP)2MCl4 ($M=\text{Ga, Fe}$); *Journal de Physique IV France*, Vol.114, P.297-299 (2004); 20040431; 160204040
37. Y. J. Jo, H. Kang, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Akiko Kobayashi, Hayao Kobayashi, Shinya Uji, W. Kang; H-T phase diagram of -(BETS) 2FeCl4 under pressure; *Journal de Physique IV France*, Vol.11, P.323-325 (2004); 20040431; 160204041
38. Madoka Tokumoto, Kentaro Ishii, Hisashi Tanaka, Hiroki Akutsu, Jun-ichi Yamada, Eun S. Cho, James S. Brooks, Kentaro Ishida; Magnetic Properties of the New d Organic Superconductor -(BDA-TTP)2FeCl4 ; *Journal de Physique IV France*, Vol.114, P.385-386 (2004); 20040431; 160204042
39. Shinya Uji, Shyma Yasuzuka, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Bin Zhang, Hayao Kobayashi, Eun S. Choi, David Graf, James S. Brooks; Phase diagram of magnetic-field-induced superconductor $\text{-(BETS) 2FeCl4-xBrx}$; *Journal de Physique IV France*, Vol.114, P.385-386 (2004); 20040431; 160204043
40. Takuya Matsumoto, Toyonari Sugimoto, Hiroko Aruga Katori, Satoru Noguchi, Takekazu Ishida; Ferrimagnetic Ordering due to Fe(III) d and Donor Spins in $\text{(Ethylenedithiotetrathiafulvalenoquinone-1,3-dithiolemethide)2 \cdot FeBr4}$; *Inorganic Chemistry*, Vol.43, No.13, P.3780-3782 (2004); 20040628; 160203017
41. Eun Sun Choi, David Graf, James S. Brooks, 山田順一, 坏広樹, 菊池耕一, 徳本圓; Pressure-dependent ground states and Fermiology in -(BDA-TTP)2MCl4 ($M=\text{Fe, Ga}$); *Physical Review B*, Vol.70, No.2, P.024517(8 pages) (2004); 20040726; 160204018
42. Hideki Fujiwara, Ha-Jin Lee, Hengbo Cui, Hayao Kobayashi, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi; Synthesis, Structures and Physical Properties of a New Organic Conductor Based on a d -Extended Donor Containing a Stable PROXYL Radical; *Advanced Materials*, Vol.16, P.1765 (2004); 20040804; 160202028
43. 松本睦良, 田中健一, 阿澄玲子, 近藤行成, 好野則夫; Template-directed Patterning Using Phase-separated Langmuir-Blodgett Films; *Langmuir*, Vol.20, No.20, P.8728-8234 (2004); 20040826; 160205021

44. Hisashi Tanaka , Madoka Tokumoto , Shoji Ishibashi , David Graf , Eun S. Choi , James S. Brooks , Shuma Yasuzuka , Y. Okano , Hayao Kobayashi , Akiko Kobayashi; Observation of Three-Dimensional Fermi Surfaces in a Single-Component Molecular Metal, [Ni(tmdt)₂]; Journal of the American Chemical Society, Vol.126, P.10518-10519 (2004); 20040901; 160204044
45. Shinya Kimura, Tomoko Maejima, Hideaki Suzuki, Ryoma Chiba, Hatsumi Mori, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori, Hiroshi Moriyama, Yutaka Nishio, Kohji Kajita; A new organic superconductor -(meso-DMBEDT-TTF)₂PF₆; Chemical Communications, No. 21,P.2454-2455 (2004); 20040921; 160206018
46. Takako Konoike, Susumu Uji, Taichi Terashima, Mitsutaka Nishimura, Shuma Yasuzuka, Kengo Enomoto, Hideki Fujiwara, Bin Zhang, Hayao Kobayashi; Magnetic-field-induced superconductivity in the antiferromagnetic organic superconductor -(BETS)₂FeBr₄; Physical Review B , Vol.70, P.094514(5 pages) (2004); 20040923; 160202045
47. Luis Balicas, V. Barzykin, Kevin Storr, James S. Brooks, Madoka Tokumoto, Shinya Uji, Hisashi Tanaka, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Pressure-induced enhancement of the transition temperature of the magnetic field-induced superconducting state of -(BETS)₂FeCl₄; Physical Review B, Vol.70, P.092508(4 pages) (2004); 20040930; 160204050
48. Takako Konoike, Hideki Fujiwara, Bin. Zhang, Hayao Kobayashi, Mitsutaka Nishimura, Shuma Yasuzuka, Kengo Enomoto, Shinya Uji; Fermi Surface in Magnetic-Field-Induced Superconductor -(BETS)₂FeBr₄; Physica C, Vol.412, P.107-110 (2004); 20041000; 160202021
49. Akiko Kobayashi, Emiko Fujiwara, Hayao Kobayashi; Single-component Molecular Metals with Extended-TTF Dithiolate Ligands; Chemical Reviews, Vol.104, P.5243-5264 (2004); 20041100; 160202033
50. Hayao Kobayashi, Hengbo Cui, Akiko Kobayashi; Organic Metals and Superconductors Based on BETS (BETS=bis(ethylenedithio)tetraselenafulvalene); Chemical Reviews, Vol.104, P.5265-5288 (2004); 20041100; 160202034
51. Koichi Inagaki, Ichiro Terasaki, Hatsumi Mori, Takehiko Mori ; Large Dielectric Constant and Giant Nonlinear Conduction in the Organic Conductor -(BEDT-TTF)₂CsZn(SCN)₄; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.73, No.12 P.3364-3369 (2004); 20041200; 160206078
52. HengBo Cui, Saika Otsubo, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi; Structural and Physical Properties of -(BEST)₂MCl₄ (BEST=Bis(ethylenediseleno)tetrathiafulvalene;M=Fe,Ga)and Analogous Magnetic Organic Conductor; Chemistry Letters, Vol.34, No.2, P.254-255 (2005); 20050205; 160202041
53. Mingxing Wang, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Satoru Noguchi, Takekazu Ishida; Ferromagnetic Ordering of Fe(III) d Spins of FeBr₄⁻ Ions in (Ethylenedithiotetrathiafulvalenothioquinone-ethylenedithio-1,3-dithiolemethide) · FeBr₄; Inorganic Chemistry, Vol.44, P.1184-1186 (2005); 20050212; 160203025
54. Zheming Wang, Bin Zhang, Mohamedally Kurmoo, Mark A. Green, Hideki Fujiwara, Takeo Otsuka, Hayao Kobayashi; Synthesis and Characterization of a Porous Magnetic Diamond Framework, Co₃(HCOO)₆, and Its N₂ Sorption Characteristic; Inorganic Chemistry, Vol.44, No.5, P.1230-1237 (2005); 20050215; 160202042
55. Shoji Ishibashi, Hisashi Tanaka, Masanori Kohyama, Madoka Tokumoto, Akiko Kobayashi,

- Hayao Kobayashi, Kiyoyuki Terakura; Ab Initio Electronic Structure Calculation for Single-Component Molecular Conductor Au(tmdt)₂ (tmdt=Trimethylenetetrafulvalenedithiolate); Journal of the Physical Society of Japan, Vol.74, No.3, P.843-846 (2005); 20050300; 160202043
56. Sinya Uji, Taichi Terashima, Yoshikazu Terai, Syuma Yasuzuka, Madoka Tokumoto, Hisashi Tanaka, Akiko Kobayashi, Hayao Kobayashi; Superconductivity and vortex phases in the two-dimensional organic conductor λ -(BETS)₂FexGa_{1-x}Cl₄ (x=0.45); Physical Review B, Vol.71, P.104525(7 pages) (2005); 20050331; 160204098
 57. Kimiko Yamamoto, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi, Yuichi Fujishiro, Eiji Nishibori, Makoto Sakata, Masaki Takata, Hisashi Tanaka, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi; Single-component Molecular Conductor [Zn(tmdt)₂] and Related Zn Complexes; Chemistry Letters, Vol.34, No.8, P.1090-1091 (2005); 20050425; 160202048
 58. Sarah S. Staniland, Wataru Fujita, Yoshikatsu Umezono, Kunio Awaga, Stewart J. Clark, HengBo Cui, Hayao Kobayashi, Neil Robertson; A unique new multiband molecular conductor: [BDTA][Ni(dmit)₂]₂; Chemical Communications, No.25, P.3204-3206 (2005); 20050427; 160202049
 59. Bin Zhang, Zheming Wang, Hideki Fujiwara, Hayao Kobayashi, Mohamedally Kurmoo, Katsuya Inoue, Takehiko Mori, Song Gao, Yan Zhang, Daoben Zhu; Tetrathiafulvalene [Fe(C₂O₄)Cl₂]: An Organic-Inorganic Hybrid Exhibiting Canted Antiferromagnetism; Advanced Materials, Vol.17, P.1988-1991 (2005); 20050510; 160202047
 60. Masashi Watanabe, Yukio Noda, Yoshio Nogami, Hatsumi Mori; Crystal structure of charge ordered compound -ET₂RbCo(SCN)₄ at low temperature; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.74, No.7 P.2011-2016 (2005); 20050700; 160206081
 61. Miyuki Suto, Kazuki Yamashita, Hideaki Suzuki, Kazuyoshi Yoshimi, Shinya Kimura, Hatsumi Mori, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori, Yutaka Nishio, Kohji Kajita; Transfer Integrals and the Spatial Pattern of Charge Ordering in -(BEDT-TTF)₂RbZn(SCN)₄ at 90 K; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.74, No.7 P.2061-2068 (2005); 20050700; 160206082
 62. Takashi Hiraoka, Yohsuke Kamata, Takuya Matsumoto, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Satoru Noguchi, Takekazu Ishida, Hiroyuki Nakazumi, Hiroko Aguri Katori; Metallic/semiconducting behaviors and an antiferromagnetic ordering of FeBr₄- d spins in (Benzo-TTFVS)₂·MX₄(M = Fe, Ga; X = Cl, Br); Journal of Materials Chemistry, Vol.15, P.3479-3487 (2005); 20050827; 160203026
 63. Akiko Kobayashi, Biao Zhou, Hayao Kobayashi; Development of metallic crystals composed of single-component molecules; Journal of Materials Chemistry, Vol.15, No.34, P.3449-3451 (2005); 20050900; 160202046
 64. Kazuyuki Takahashi, Heng-Bo Cui, Hayao Kobayashi, Yasuaki Einaga, Osamu Sato; The Light-Induced Excited Spin State Trapping of Ni(dmit)₂ Salt with Fe(III) Spin-Crossover Cation: [Fe(qsal)₂][Ni(dmit)₂]·2CH₃CN; Chemistry Letters, Vol.34, No.9, P.1340-1341 (2005); 20050900; 160202067
 65. 大島勇吾, Eric Jobilong, James S. Brooks, S. A. Zvyagain, J. Krzystek, 田中寿, 小林昭子, 崔享波, 小林速男; EMR measurements of field-induced superconductor -(BETS)₂FexGa_{1-x}Cl₄; Synthetic Metals, Vol.153, P.365-368 (2005); 20050900; 160204055
 66. Kazuya Kubo, Akiko Nakao, Yasuyuki Ishii, Reizo Kato, Gen-etsu Matsubayashi; Structures and electrical conductivities of cation radical salts based on unsymmetrical [Au(III)(C-N)(S-S)]

- type dithiolate complexes; *Synthetic Metals*, Vol.153, No.1-3, P.425-428 (2005); 20050908; 160201018
67. Shinya Kimura, Kazuki Yamashita, Hideaki Suzuki, Ryoma Chiba, Miyuki Suto, Tomoko Maejima, Shun Ichikawa, Hatsumi Mori, Yutaka Nishio, Koji Kajita, Tomoyuki Mochida, Hiroshi Moriyama; Pyrazino-fused organic conductors, CnDTP-TTF and CnDTP-STF (n= 5,6); *Synthetic Metals*, Vol.154, No.1-3, P.261-264 (2005); 20050922; 160206079
 68. Hideaki Suzuki, Shun Ichikawa, Kazuki Yamashita, Shinya Kimura, Hatsumi Mori, Tomoyuki Mochida, Yutaka Nishio, Kohji Kajita; Crystal structure and conductivities of new hydrogen-bonded system; CnDT-EDO-TTF and BzDT-EDO-TTF; *Synthetic Metals*, Vol.154, No.1-3, P.437-440 (2005); 20050922; 160206080
 69. Takako Konoike, Shinya Uji, Taichi Terashima, Mitsutaka Nishimura, Shuma Yasuzuka, Kengo Enomoto, Hideki Fujiwara, Emiko Fujiwara, Bin Zhang, Hayao Kobayashi; Fermi surface reconstruction in the magnetic-field-induced superconductor λ -(BETS)₂FeBr₄; *Physical Review B*, Vol.72, 094517(6 pages) (2005); 20050928; 160202050
 70. Heng-Bo Cui, Kazuyuki Takahashi, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Zheming Wang, Akiko Kobayashi; Dielectric Properties of Porous Molecular Crystals That Contain Polar Molecules; *Angewandte Chemie International Edition*, Vol.44, No.40, 6508-6512 (2005); 20051014; 160202052
 71. Madoka Tokumoto, Hisashi Tanaka, Takeo Otsuka, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Observation of Spin-flop Transition in Antiferromagnetic Organic Molecular Conductors using AFM Micro-cantilever; *Polyhedron*, Vol.24, P.2793-2795 (2005); 20051017; 160204099
 72. Hideki Fujiwara, Kenji Wada, Takashi Hiraoka, Toshiki Hayashi, Toyonari Sugimoto, Hiroyuki Nakazumi, Keiichi Yokogawa, Masayasu Teramura, Syuma Yasuzuka, Keizo Murata, Takehiko Mori; Stable Metallic Behavior and Antiferromagnetic Ordering of Fe(III) d spins in (EDO-TTFVO)₂ · FeCl₄; *Journal of the American Chemical Society*, Vol.127, No.41, P.14166-14167 (2005); 20051019; 160203027
 73. Saika Otsubo, Kazuyuki Takahashi, HengBo Cui, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi; Organic Metals Based on an Asymmetric Donor PEDT-TSF, (PEDT-TSF)₂FeX₄ (PEDT-TSF=Pyrazinoethylenedithiotetraselenafulvalene; X=(Cl,Br); *Chemistry Letters*, Vol.34, No.12, P.1598 (2005); 20051027; 160202051
 74. Shinya Uji, Syuma Yasuzuka, Madoka Tokumoto, Hisashi Tanaka, Akiko Kobayashi, Bin Zhang, Hayao Kobayashi, Eun S. Choi, David Graf, James S. Brooks; Magnetic-field-induced superconductivity and phase diagrams of λ -(BETS)₂FeCl₄-xBr_x; *Physical Review B*, Vol.72, No.18, P.184505(5 pages) (2005); 20051111; 160204100
 75. Saika Otsubo, HengBo Cui, HaJin Lee, Hideki Fujiwara, Kazuyuki Takahashi, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi; An Organic Conductor Based on p Donor with a Stable Radical Part and Magnetic Anions- A Step to the Organic Metal with Two Kinds of Localized Spin Systems; *Chemistry Letters*, Vol.35, P.130-131 (2006); 20060100; 160202054
 76. 山本浩史, 伊藤裕美, 加藤礼三, 重藤訓志, 塚越一仁; Direct formation of micro-/nano-crystalline 2,5-dimethyl- N,N'-dicyanoquinonediimine complexes on SiO₂/Si substrates and multi-probe measurement of conduction properties; *Journal of the American Chemical Society*, Vol.128, No.3, P.700-701 (2006); 20060125; 160201013
 77. Hiroshi Yamamoto, Hiromi Ito, Kunji Shigeto, Iwao Yagi, Kazuhito Tsukagoshi, Reizo Kato; Nano-size molecular conductors on silicon substrate -Toward device integration of

- conductive CT salts-; Journal of Low Temperature Physics, Vol.142, No.3/4, P.215-220 (2006); 20060200; 160201015
78. 開康一, H. Miyaffre, M. Horvatic, C. Berthier, 田中寿, 小林速男, 小林昭子, 高橋利宏; pi-d interaction in the field induced superconductor $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$: Studied by Se-77 NMR; Journal of Low Temperature Physics, No.142, P.185-190 (2006); 20060200; 160204057
 79. Xiao M. Ren, Sadafumi Nishihara, Tomoyuki Akutagawa, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura, Wataru Fujita, Kunio Awaga; Novel spin transition observed in two quasi-one-dimensional spin system based on $[\text{M}(\text{mnt})_2]$ monoanion compounds (M = Ni or Pt; mnt^{2-} = maleonitriledithiolate); Chemical Physics Letters, Vol.418, P.423-427 (2006); 20060206; 160205039
 80. Shinya Kimura, Hideaki Suzuki, Tomoko Maejima, Hatsumi Mori, Jun-Ichi Yamaura, Toru Kakiuchi, Hiroshi Sawa, Hiroshi Moriyama; Checkerboard-Type Charge-Ordered State of a Pressure-Induced Superconductor, $-(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{PF}_6$; Journal of the American Chemical Society, Vol.128, No.5, P.1456-1457 (2006); 20060208; 160206038
 81. Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura; Crystal and Electronic Structures of Hydrogen-bonded 2,5-Diamino-3,6-dihydroxy-p-benzoquinone; Crystal Growth and Design, Vol.6, 7P.0-74 (2006); 20060215; 160205037
 82. Bin Zhang, Zheming Wang, Yan Zhang, Kazuyuki Takahashi, Yoshinori Okano, Hengbo Cui, Hayao Kobayashi, Katsuya Inoue, μ Mohamedally Kurmoo, Daoben Zhu; A Hybrid Organic-Inorganic Conductor with Magnetic Chain Anion: $-\text{BETS}_2[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{C}_2\text{O}_4)\text{Cl}_2]$ (BETS = bis(ethylenedithio)tetraselenafulvalene); Inorganic Chemistry, Vol.45, P.3275-3280 (2006); 20060300; 160202055
 83. Biao Zhou, Mina Shimamura, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi, Takeshi Higashi, Eiji Nishibori, Makoto Sakata, HengBo Cui, Kazuyuki Takahashi, Hayao Kobayashi; Magnetic Transitions of Single-component Molecular Metal $[\text{Au}(\text{tmdt})_2]$ and its Alloy Systems; Journal of the American Chemical Society, Vol.128, P.3872-3873 (2006); 20060300; 160202056
 84. Xiao. M. Ren, Sadafumi Nishihara, Tomoyuki Akutagawa, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura; Design of a Magnetic Bistability Molecular System Constructed by H-Bonding and π -Stacking Interactions; Inorganic Chemistry, Vol.45, P.2249-2234 (2006); 20060306; 160205040
 85. I. Mihut, Charles C. Agosta, C. Martin, Charles H. Mielke, T. Coffey, Madoka Tokumoto, Mohamedally Kurmoo, John A. Schlueter, P. Goddard, Neil Harrison; Incoherent Bragg reflection and Fermi-surface hot spots in a quasi-two-dimensional metal; Physical Review B, Vol.73, P.125118(4 pages) (2006); 20060327; 160204101
 86. Tomoyuki Akutagawa, Takeshi Motokizawa, Kazumasa Matsuura, Sadafumi Nishihara, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura; Structural Phase Transition of Magnetic $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ -Salts Induced by Supramolecular Cation Structures of $(\text{M}^+)([\text{12}]\text{crown-4})_2$; Journal of Physical Chemistry B, Vol.110, P.5897-5904 (2006); 20060330; 160205038
 87. 藤原秀紀, 和田研二, 平岡崇志, 林寿樹, 杉本豊成, 中澄博行; An Antiferromagnetic Semiconductor Based on Ethylenedioxytetrafulvalenothioquinone-1,3-dithiolemethide, $(\text{EDO-TTFVS})\cdot\text{FeBr}_4$; Journal of Low Temperature Physics, Vol.142, P.401-404 (2006); 20060400; 160203033
 88. 平岡崇志, 藤原秀紀, 杉本豊成, 李林, 翁宇峰, 横川敬一, 村田恵三; Magnetic Ion Salts Using Selenium Analogues of a New Donor Molecule,

- Benzotetrathiafulvalenothioquinone-1,3-dithiolemethide; Journal of Low Temperature Physics, Vol.142, P.433-436 (2006); 20060400; 160203034
89. 李林, 安塚周磨, 翁宇峰, 藤本勉, 村田惠三, 杉本豊成, 藤原秀紀, 林寿樹, 平岡崇志; Evidence for the d - d Interaction Comparing Magnetoresistance in (EDT-DSDTFVO) $2X$ ($X = \text{FeCl}_4, \text{FeBr}_4$); Journal of Low Temperature Physics, Vol.142, P.469-472 (2006); 20060400; 160203035
 90. 寺村昌泰, 安塚周磨, 横川敬一, 村田惠三, 和田研二, 平岡崇志, 林寿樹, 藤原秀紀, 杉本豊成, 佐々木孝彦; Field-Induced Anomaly in the Magnetoresistance of (EDO-TTFVO) 2FeCl_4 below 1.5 K; Journal of Low Temperature Physics, Vol.142, P.485-488 (2006); 20060400; 160203036
 91. 藤本勉, 安塚周磨, 横川敬一, 村田惠三, 林寿樹, 平岡崇志, 藤原秀紀, 杉本豊成, 辺土正人, 上床美也; Pressure Effect on Insulating State in Ferrimagnetic d - d System, (EDT-TTFVO) 2FeBr_4 ; Journal of Low Temperature Physics, Vol.142, P.613-616 (2006); 20060400; 160203037
 92. 田中寿, 原茂生, 徳本圓, 崔享波, 小林速男, 小林昭子; Observation of Antiferromagnetic Spin-Flop Transition in d -type BETS salts using AFM Microcantilever; Journal of Low Temperature Physics, No.142, P.605-608 (2006); 20060400; 160204056
 93. Ryusuke Kondo, Momoka Higa, Seiichi Kagoshima, Hirotada Hoshino, Takehiko Mori, Hatsumi Mori; Electrical and Structural Properties of d -type BEDT-TTF Organic Conductors under Uniaxial Strain; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.75, No.4, 044716(7 pages) (2006); 20060400; 160206083
 94. Xiao. M. Ren, Tomoyuki Akutagawa, Shin-ichiro Noro, Sadafumi Nishihara, Takayoshi Nakamura, Yusuke Yoshida, Kazuya Inoue; Structural and Magnetic Investigations for the Doping Effect of Nonmagnetic Impurity on the Spin-Peierls-like Transition in a Quasi-One-Dimensional Magnet: 1-(4'-Nitrobenzyl)pyridinium Bis(maleonitriledithiolato)nickelate; Journal of Physical Chemistry B, Vol.110, P.7671-7677 (2006); 20060420; 160205041
 95. 森初果; Materials Viewpoint of Organic Superconductors; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.75, No.5, 051003(15 pages) (2006); 20060500; 160206048
 96. Akiko Kobayashi Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi; Molecular Design and Physical Properties of Single-Component Molecular Metals; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.75, P.051002(12 pages) (2006); 20060510; 160202057
 97. Shigeki Fujiyama, Masashi Takigawa, Jun Kikuchi, Heng-Bo Cui, Hideki Fujiwara, Hayao Kobayashi; Compensation of effective Field in the Field-Induced Superconductor d -(BETS) 2FeBr_4 Observed by 77Se NMR; Physical Review Letters, Vol.96, P.217001 (2006); 20060600; 160202058
 98. Kazuyuki Takahashi, Heng-Bo Cui, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Yasuaki Einaga, Osamu Sato; Electrical Conductivity Modulation Coupled to a High-Spin-Low-Spin Conversion in the Molecular System $[\text{FeIII}(\text{qsal})_2][\text{Ni}(\text{dmit})_2]_3 \cdot \text{CH}_3\text{CN} \cdot \text{H}_2\text{O}$; Inorganic Chemistry, Vol.45, P.5739-5741 (2006); 20060600; 160202059
 99. Takayoshi Nakamura, Hideto Miyata, Keisuke Wakahara, Tomoyuki Akutagawa, Tatsuo Hasegawa, Hiroyuki Hasegawa, Shin-ro Mashiko, Christensen A Christensen, Jan Becher; Surface pressure induced charge transfer between fullerene and tetrathiafulvalene derivative in Langmuir-Blodgett films; Journal of Nanoscience and Nanotechnology, Vol.6, P.1833-1837.

(2006); 20060620; 160205044

100. Y. J. Jo, Haeyong Kang, W. Kang, Shinya Uji, Taichi Terashima, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Akiko Kobayashi, Hayao Kobayashi; Field and angular-dependent resistance of $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$ under pressure; *Physical Review B*, Vol.73, P.214532(7 pages) (2006); 20060630; 160204102
101. 高坂洋介, 山本浩史, 中尾朗子, 加藤礼三; Multicomponent molecular conductors with supramolecular assemblies prepared from neutral iodine-bearing pBIB (p-Bis(iodoethynyl)benzene) and derivatives; *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, Vol.79, No.7, P.1148-1154 (2006); 20060704; 160201017
102. Hideki Fujiwara, Toshiki Hayashi, Toyonari Sugimoto, Hiroyuki Nakazumi, Satoru Noguchi, Lee. Li, Keiichi Yokogawa, Syuma Yasuzuka, Keizo Murata, Takehiko Mori; Magnetoresistance Effects Evidencing the d - d Interaction in Metallic Organic Conductors, $(\text{EDT-DSDTFVO})_2 \cdot \text{MX}_4$ (M = Fe, Ga; X = Cl, Br); *Inorganic Chemistry*, Vol.45, No.15, P.5712-5714 (2006); 20060729; 160203028
103. Yoko Tatewaki, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura, Hiroyuki Hasegawa, Shin-ro Mashiko, Christen A Christensen, Jan Becher; Molecular-assembly nanostructures of 1:1 mixed Langmuir-Blodgett films of amphiphilic bis-TTF macrocycle and F4-TCNQ; *Colloids and Surfaces A*, Vol.284-285, P.631-634 (2006); 20060815; 160205036
104. Xiao. M. Ren, Sadafumi Nishihara, Tomoyuki Akutagawa, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura, Wataru Fujita, Kunio Awaga, Z. P. Ni, J. L. Xie, Q. J. Meng, R. K. Kremer; Quasi-one-dimensional molecular magnets based on derivatives of (fluorobenzyl) pyridinium with the $[\text{M}(\text{mnt})_2]$ monoanion (M = Ni, Pd or Pt; $\text{mnt}(2-) = \text{maleonitriledithiolate}$): Syntheses, crystal structures and magnetic properties]; *Dalton Transaction*, Vol.16, P.1988-1994 (2006); 20060815; 160205042
105. Shun Ichikawa, Shinya Kimura, Hatsumi Mori, Gohsuke Yoshida, Hiroyuki Tajima; Antiferromagnetic Interaction Achieved by a 3-D Supramolecular CuII Complex with Pyrazino-Fused TTF as the Ligand $[\text{CuCl}_2(\text{BP-TTF})]$; *Inorganic Chemistry*, Vol.45, No.19, P.7575-7577 (2006); 20060900; 160206049
106. 久保和也, 中尾朗子, 山本浩史, 加藤礼三; Preparation and characterization of conducting trimetallic nickel-dithiolene complexes with bridging tetrathiooxalate ligands; *Journal of the American Chemical Society*, Vol.128, No.38, P.12358-12359 (2006); 20060902; 160201016
107. Satoru Noguchi, Tomoyuki Kosaka, Takekazu Ishuda, Mingxing Wang, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto; A New Ferromagnetic Organic Semiconductor $(\text{BEDT-TTFVS}) \cdot \text{FeBr}_4$; *AIP Conference Proceedings*, Vol.850, P.1063-1064 (2006); 20060907; 160203039
108. 林寿樹, XiaoXunwen, 藤原秀紀, 杉本豊成, 中澄博行, 野口悟, 藤本勉, 安塚周磨, 吉野治一, 村田惠三, 森健彦, 香取浩子; A Metallic $(\text{EDT-DSDTFVSDS})_2 \cdot \text{FeBr}_4$ Salt: Antiferromagnetic Ordering of d Spins of FeBr_4^- Ions and Anomalous Magnetoresistance Due to Preferential d - d Interaction; *Journal of the American Chemical Society*, Vol.128, No.36, P.11746-11747 (2006); 20060913; 160203032
109. Xiao. M. Ren, Z. P. Ni, Shin-ichiro. Noro, Tomoyuki Akutagawa, Sadafumi Nishihara, Takayoshi Nakamura, Y. X. Sui, Y. Song; Diversities of Coordination Geometry at Cu^{2+} Center in the Bis(maleonitriledithiolato)cuprate Complexes: Syntheses, Magnetic Properties, X-ray Crystal Structural Analyses, and DFT Calculations; *Crystal Growth and Design*, Vol. 6, P.2530-2537 (2006); 20060921; 160205050

110. Reizo Kato, Akiko Tajima, Akiko Nakao, Naoya Tajima, Masafumi Tamura; Correlation and frustration effects in molecular conductors $\text{Et}_x\text{Me}_{4-x}\text{Z}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ ($\text{dmit}=\text{C}_3\text{S}_5^{2-}$, $\text{Z}=\text{P, As, Sb}$, $x=0, 1, 2$); Multifunctional Conducting Molecular Materials, ed. by G. Saito, F. Wudl, R. C. Haddon, K. Tanigaki, T. Enoki, H. E. Katz, and M. Maesato, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, P.31-38 (2007); 20061000; 160201019
111. Hiroshi M. Yamamoto, Hiromi Ito, Mutsumi Ikeda, Reizo Kato, Kunji Shigeto, Kazuhito Tsukagoshi; Nano-size molecular conductors directly formed on silicon substrates; Multifunctional Conducting Molecular Materials, ed. by G. Saito, F. Wudl, R. C. Haddon, K. Tanigaki, T. Enoki, H. E. Katz, and M. Maesato, The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, P.97-100 (2007); 20061000; 160201020
112. James S. Brooks, V. Williams, Eun S. Choi, David Graf, Madoka Tokumoto, Shinya Uji, F. Zuo, J. Wosnitza, John A. Schlueter, H. Davis, R. W. Winter, G. L. Gard, Kevin Storr; Fermiology and superconductivity at high magnetic fields in a completely organic cation radical salt; New Journal of Physics, Vol.8, P.255(21 pages) (2006); 20061000; 160204103
113. Tomoyuki Akutagawa, Daigoro Endo, Hiroyuki Imai, Shin-ichiro Noro, Leroy Cronin, Takayoshi Nakamura; Formation of p-Phenylenediamine-Crown Ether-[PMo12O40]4- Salts; Inorganic Chemistry, Vol.45, P.8626-8637 (2006); 20061018; 160205043
114. Shinya Uji, Taichi Terashima, Mitsutaka Nishimura, Takahide Yamaguchi, Takako Konoike, Kengo Enomoto, Heng-Bo Cui, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Eun Sang Choi, Takahisa Tokumoto, David Graf, James S. Brooks; Vortex Dynamics and Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov State in a Magnetic-Field-Induced Organic Superconductor; Physical Review Letters, Vol.97, P.157001(4 pages) (2006); 20061022; 160202060
115. Taro Hayakawa, Shuichi Kawamata, Takekazu Ishida, Takashi Hiraoka, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto; ESR study on d -correlated molecular salt with benzo group; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol.310, P.1096-1098 (2006); 20061103; 160203044
116. Satoru Noguchi, Akihiro Kuribayashi, Takekazu Ishida, Mingxing Wang, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto; Magnetic orderings of Fe^{3+} d spins in the 1:1 salts of BEDT-TTFVS(O) with FeX_4^- ($\text{X} = \text{Br, Cl}$) ions; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol.310, P.1087-1089 (2006); 20061117; 160203043
117. HengBo Cui, Zheming Wang, Kazuyuki Takahashi, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Ferroelectric Porous Molecular Crystal, $[\text{Mn}_3(\text{HCOO})_6](\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$, Exhibiting Ferrimagnetic Transition; Journal of the American Chemical Society, Vol.128, P.15074-15075 (2006); 20061200; 160202061
118. Satoru Noguchi, Akihiro Kuribayashi, Shojiro Kimura, Masayuki Hagiwara, Koichi Kindo, Takekazu Ishida, Takashi Hiraoka, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto; High Field Magnetization of $(\text{Benzo-TTFVS})_2\text{FeBr}_4$ and $(\text{Benzo-TTFVO})_2\text{FeBr}_4$; Journal of Physics Conference Series, Vol.5, P.331-334 (2006); 20061201; 160203038
119. Ryo Tsunashima, Shin-ichiro Noro, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura, Tomohiro Karasawa, Hiroko Kawakami, Kazunori Toma; One-dimensional array of Au nanoparticles fixed on nanofibers of organogelators by the Langmuir-Blodgett method; Journal of Physical Chemistry C, Vol.111, P.901-907 (2006); 20061207; 160205052
120. Daisuke Sato, Tomoyuki Akutagawa, Sadamu Takeda, Shin-ichihiro Noro, Takayoshi Nakamura; Supramolecular Rotor of Adamantylammonium([18]crown-6) in $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]^-$ Salt;

Inorganic Chemistry, Vol.46, P.363-365 (2006); 20061222; 160205051

121. HengBo Cui, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Phase Diagram and Anomalous Constant Resistivity State of Magnetic Organic Superconducting Alloy, I-(BETS)₂FexGa_{1-x}Cl₄; Journal of Materials Chemistry, Vol.17, No.1, P.45-48 (2007); 20070111; 160202062
122. Kazuya Kubo, Akiko Nakao, Masafumi Tamura, Reizo Kato, Genetsu Matsubayashi; Two electrically different molecular conductors based on unsymmetrical Au(III)-dithiolene complexes with similar crystal structures; Journal of Low Temperature Physics, Vol.142, No.3/4, P.413-416 (2006); 20070120; 160201011
123. Motoi Kimata, Yugo Oshima, Hiroshi Ohta, Keichi Koyama, Mitsuhiro Motokawa, Hiroshi M. Yamamoto, Reizo Kato; Low-temperature Fermi surface of the organic conductor θ -(BEDT-TTF)(TCNQ)(1-x)(F1-TCNQ)_x (x=0,0.05) from magneto-optical measurements; Physical Review B, Vol.75, No.4, P.045126 (1-9) (2007); 20070124; 160201021
124. Bin Zhang, Zheming Wang, Mohamedally Kurmoo, Song Gao, Katsuya Inoue, Hayao Kobayashi; Guest-induced Chirality in the Ferrimagnetic Nanoporous Diamond Framework Mn₃(HCOO)₆; Advanced Functional Materials, Vol.17, P.577-584 (2007); 20070124; 160202063
125. Zheming Wang, Bin Wang, Katsuya Inoue, Hideki Fujiwara, Takeo Otsuka, Hayao Kobayashi, Mohamedally Kurmoo; Occurrence of a Rare 49-66 Structural Topology, Chirality, and Weak Ferromagnetism in the [NH₄][MII(HCOO)₃](M=Mn, Co, Ni) Frameworks; Inorganic Chemistry, Vol.46, P.437-445 (2007); 20070200; 160202064
126. Emiko Fujiwara, Kimiko Yamamoto, Mina Shimamura, Biao Zhou, Akiko Kobayashi, Kazuyuki Takahashi, Yoshimori Okano, HengBo Cui, Hayao Kobayashi; (nBu₄N)[Ni(dmstfdt)₂]: Aplanar Nickel Coordination Complex with an Extended-TTF Ligand Exhibiting Metallic Conduction, Metal-Insulator Transition and Weak Ferromagnetism; Chemistry of Materials, Vol.29, P.553-558 (2007); 20070200; 160202065
127. Kazuyoshi Yoshimi, Masaaki Nakamura, Hatsumi Mori; Superconductivity in the Vicinity of Charge Ordered State in Organic Conductor θ -(meso-DMBEDT-TTF)₂PF₆; Journal of the Physical Society of Japan, Vol.76, No.2, 024706(8 pages) (2007); 20070200; 160206067
128. Yosuke Kosaka, Hiroshi M. Yamamoto, Akiko Nakao, Masafumi Tamura, Reizo Kato; Coexistence of conducting and magnetic electrons based on molecular θ -electrons in the supramolecular conductor (Me-3,5-DIP)[Ni(dmit)₂]₂; Journal of the American Chemical Society, Vol.129, No.11, P.3054-3055 (2007); 20070223; 160201022
129. Masaaki Nakamura, Kazushi Yoshimi, Hatsumi Mori; Charge Ordering and Superconductivity in Two-dimensional Organic Conductor θ -(meso-DMBEDT-TTF)₂PF₆; Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Vol.310, P.1099-1101 (2007); 20070300; 160206066
130. Shinichiro Iwai, Kaoru Yamamoto, Akimitsu Kashiwazaki, Fukiko Hiramatsu, Hideki Nakaya, Yohei Kawakami, Kyuya Yakushi, Hiroshi Okamoto, Hatsumi Mori, Yutaka Nishio; Photoinduced Melting of a Stripe-Type Charge Order and Metallic Domain Formation in a Layered BEDT-TTF-Based Organic Salt; Physical Review Letters, Vol.98, No.9, 097402(4 pages) (2007); 20070302; 160206068
131. Xiao M. Ren, Sadafumi Nishihara, Tomoyuki Akutagawa, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura, Wataru Fujita, Kunio Awaga; Pressure effect on spin-Peierls-like transition in quasi-1D spin systems [RBzPy][Ni(mnt)₂]; Chemical Physics Letters, Vol.439, P.318-322 (2007); 20070303; 160205055

132. Hideaki Suzuki, Hatsumi Mori, Jun-ichi Yamaura, Masaki Matsuda, Hiroyuki Tajima, Tomoyuki Mochida; Proton Migration in N...H...O- Hydrogen-bonded Complex of (Chloranilic Acid)(1,2-Diazine)₂ Studied by Dielectric Response and Infrared Absorption Spectra; *Chemistry Letters*, Vol.36, No.3, P.402-403 (2007); 20070305; 160206069
133. Jean-Philippe Savy, Dominique de Caro, Christophe Faulmann, Lydie Valade, Manuel Almeida, Tadahiro Koike, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Jordi Fraxedas, Thierry Ondarçhu, Claude Pasquier; Nanowires of molecule-based charge-transfer salts; *New Journal of Chemistry*, Vol.31, P.519-527 (2007); 20070306; 160203041
134. Tetsuaki Itou, Akira Oyamada, Satoru Maegawa, Masafumi Tamura, Reizo Kato; Spin-liquid state in an organic spin-1/2 system on a triangular lattice, EtMe₃Sb[Pd(dmit)₂]₂; *Journal of Physics: Condensed Matter*, Vol.19, No.14, P.145247 (1-5) (2007); 20070323; 160201023
135. Yasuhiro Shimizu, Hirota Akimoto, Hiroyuki Tujii, Akiko Tajima, Reizo Kato; Reentrant Mott transition from a Fermi liquid to a spin-gapped insulator in an organic spin-1/2 triangular-lattice antiferromagnet; *Journal of Physics: Condensed Matter*, Vol.19, No.14, P.145240 (1-5) (2007); 20070323; 160201024
136. Wang Mingxing, Xiao Xunwen, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Satoru Noguchi, Takekazu Ishida, Takehiko Mori, Hiroko Katori; Antiferromagnetic or canted antiferromagnetic orderings of Fe(III)d spins of FeX₄ ions in BEDT-TTFVO(S)·FeX₄ (X = Cl, Br) [BEDT-TTFVO(S) = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvaleno-quinone(-thioquinone)-1,3 dithiolemethide]; *Inorganic Chemistry*, Vol.46, P.3049-3056 (2007); 20070323; 160203042
137. 松本睦良; Photoreactions and Lateral Patterning in Langmuir and Langmuir-Blodgett Films; *The Chemical Record*, Vol.7, No.2, p.69-77 (2007); 20070326; 160205060
138. Shin-ichiro Noro, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura; Formation of Strong OH₂-O₂C Hydrogen Bonds in a Trinuclear Core-Based Nickel 1,3,5-Benzenetricarboxylate Coordination Polymer; *Crystal Growth and Design*, Vol.7, P.1205-1208 (2007); 20070421; 160205054
139. Takashi Hiraoka, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Hiroyuki Nakazumi, Satoru Noguchi, Akihiro Kuribayashi, Takekazu Ishida, Keiichi Yokogawa, Keizo Murata, Takehiko Mori, Hiroko Aruga-Katori, Shojiro Kimura, Masayuki Hagiwara; Metal-semiconductor structural phase transitions and antiferromagnetic orderings in (benzo-TTFVO)₂·MX₄ (M = Fe, Ga; X = Cl, Br) salts; *Journal of Materials Chemistry*, Vol.17, P.1664-1673 (2007); 20070500; 160203040
140. Takeo Otsuka, Hengbo Cui, Hideki Fujiwara, Hayao Kobayashi, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi; The pressure effect on the antiferromagnetic and superconducting transitions of -(BETS)₂FeBr₄; *Journal of Materials Chemistry*, Vol.14, P.1682-1685 (2004); 20070510; 160202027
141. Sadafumi Nishihara, Tomoyuki Akutagawa, Daisuke Sato, Sadamu Takeda, Shin-ichiro Noro, Takayoshi Nakamura; Multirotations of (Anilinium)([18]Crown-6) Supramolecular Cation Structure in Magnetic Salt of [Ni(dmit)₂]⁻; *Chemistry-an Asian Journal*, Vol.2, No.8, P.1083-90 (2007); 20070803; 160205053
142. 田中寿, 原茂生, 徳本圓, 小林昭子, 小林速男; Resistance Measurements of Microcrystals of Single-component Molecular Metals Using Finely Patterned Interdigitated Electrodes; *Chemistry Letters*, Vol.36, No.8, P.1006-1007 (2007); 20070805; 160204090
143. Eiichi Negishi, Shun Yabuta, Naoki Toyota, Takuta Matsumoto, Toyonari Sugimoto; Dielectric

Slowing Down toward the Magnetically Ordered State in a Polar Conductor (EDT-TTFVO)₂FeBr₄ ; Journal of the Physical Society of Japan , Vol.76, P.093703(4 pages) (2007); 20070827; 160203045

144. Toshiki Hayashi, Xiao Xunwen, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Hiroyuki Nakazumi, Satoru Noguchi, Hiroko Aruga-Katori; Weak Ferromagnetism in a Semiconducting (Ethylenedithiodiselenadithiafulvaleno-quinone-1,3-diselenolemethide)₂ · FeBr₄ Salt ; Inorganic Chemistry, Vol.21 (2007); 20071000; 160203046
145. Tomoyuki Akutagawa, Daigoro Endo, Shin-ichiro Noro, Leroy Cronin, Takayoshi Nakamura; Organic - Inorganic Hybrid Molecular-Assemblies of Phenylenediamines - Crown ethers - [PMo12O₄₀]₄- Salts ; Coordination Chemistry Review, Vol.251, P.2547-2561 (2007); 20070822; 160205070
146. Xiao M. Ren, Sadafumi Nishihara, Shin-ichiro Noro, Tomoyuki Akutagawa, Takayoshi Nakamura; 2D H-bonding molecular magnets based on [Ni(mnt)(2)](-) monoanion: Syntheses, crystal structures and magnetic properties ; Polyhedron, Vol.26, No.9-11, P.1787-1792 (2007); 20070825; 160205072
147. Takehiko Mori, Ichiro Terasaki, Hatsumi Mori; New aspects of nonlinear conductivity in organic charge-transfer salts ; Journal of Materials Chemistry, Vol.17, No.41, P.4343-4347 (2007); 20071100; 160206084
148. 松本睦良, 渡邊智, 田中健一, 木村秀人, 笠原正寛, 柴田裕史, 阿澄玲子, 酒井秀樹, 阿部正彦, 近藤行成, 好野則夫; Control of Two-Dimensional Nanopatterns by Adjusting Intermolecular Interactions ; Advanced Materials, Vol.19, No.21, P. 3668-3671 (2007); 20071105; 160205069
149. Tomoyuki Akutagawa, R. Jin, Ryo Tsunashima, Shin-ichiro Noro, Leroy Cronin, Takayoshi Nakamura; Molecular-Assemblies of Amphiphilic Gigantic {Mo154}-Ring: (Dimethyloctadecylammonium)₂₀ [Mo154O₄₆₂H₈(H₂O)₉₀] ; Langmuir, in press (2007); 20071000; 160205071

原著論文発表 国内

1. 中村徹, 植木克行, 酒井秀樹, 松本睦良, 阿部正彦, 中井郁代, 近藤寛, 太田俊明; Adsorption States of Thienylalkanethiol on Au(111); Transactions of Materials Research of Society of Japan, Vol.31. No.3. P.589-591 (2006); 20060925; 160205029

(2)その他の著作物 (総説、書籍等)

1. Hayao Kobayashi, Yoshinori Okano, Hideki Fujiwara, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Wakako Suzuki, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi; Development of Single-Component Molecular Metals and Magnetic Molecular Superconductors; Organic Conductors, Superconductors and Magnets; From Synthesis to Molecular Electronics, P.81-98 (2004); 20040301; 160204096
2. 森初果; 型 ET 塩の電荷秩序とサイリスタ効果; 化学, (2006); 20060100; 160206037
3. 松本睦良; ラングミュア - プロジェクト(LB)膜; 自己組織化ナノマテリアル - フロントランナー 85 人が語るナノテクノロジーの新潮流 -, 第4章1, pp.131-136 (2007); 20070220; 160205059
4. 小林昭子, 田中寿, 岡野芳則, 小林速男; 単一分子性金属結晶; 固体物理, Vol.39, No.8, P.551-559 (2004); 20040815; 160204097

(3)学会発表(国際学会発表及び主要な国内学会発表)

招待講演(国内会議 9件、国際会議 17件)

学会発表 招待講演 国際

1. 田中寿, 徳本圓, 小林速男, 小林昭子, David Graf, Eun Sun Choi, James S. Brooks, 宇治進也, 安塚周磨; Confirmation of the metallic character of a single component molecular metal; Annual APS March Meeting 2003, A16.013 (2003); 20030303; 160204005
2. Hayao Kobayashi, Hideki Fujiwara, Takeo Otsuka, Zhang Bun, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi, Patrick Cassoux; Development and Physical Properties of Magnetic Organic Superconductors; NATO Advanced Study Institute "Organic Conductors, Superconductors and Magnets: From Synthesis to molecular Electronics", (2003); 20030500; 160202002
3. Hayao Kobayashi, Yoshinori Okano, Hideki Fujiwara, Hisashi Tanaka, Emiko Fujiwara, Wakako Suzuki, Masaaki Sasa, Akiko Kobayashi; Development of Single-Component Molecular Metals; NATO Advanced Study Institute "Organic Conductors, Superconductors and Magnets: From Synthesis to molecular Electronics", (2003); 20030500; 160202003
4. Noya Tajima, Yoko Tajima, Masafumi Tamura, Reizo Kato, Yutaka Nishio, Koji Kajita; Pressure control of transport property of organic conductors; p -(BEDT-TTF)₂I₃ and -(DIETS)₂[Au(CN)₄]; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030922; 160201004
5. Reizo Kato, Yoko Tajima, Naoya Tajima, Akiko Nakao, Masafumi Tamura; Electronic states of a strongly correlated two-dimensional system, Pd(dmit)₂ salts, controlled by uni-axial strain and counter cations; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160201005
6. Hayao Kobayashi; Electronic structures of single-component molecular metals; France-Japan meeting on organic conductors and magnets, (2003); 20030927; 160202007
7. Hayao Kobayashi, Hisashi Tanaka, Akiko Kobayashi; Molecular Design and Development of Single-Component Molecular Metals; The 3rd International Workshop on Novel Quantum Phenomena in Transition Metal Oxides and The 1st Asia-Pacific Workshop on Strongly Correlated Electron Systems, 5W-08 (2003); 20031105; 160202016
8. 田中寿, 徳本圓, 小林速男, 小林昭子; 分子エレクトロニクスのための単一成分分子金属; APS March Meeting, (2004); 20040324; 160204017
9. Hatsumi Mori; Band-filling and bandwidth controls in organic conductors; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040628; 160206070
10. Hayao Kobayashi; Crystal Structures and Physical Properties of Magnetic Organic Superconductors based on donor molecules with stable organic radical part; 7th Sino-Japan Seminar on Crystallography, (2004); 20041108; 160202038
11. 田中寿, 徳本圓, 石橋章司, David Graf, Eun S. Choi, James S. Brooks, 安塚周磨, 岡野芳則, 小林速男, 小林昭子; Observation of Three Dimensional Fermi Surfaces in a Single-Component Molecular Metal, [Ni(tmdt)₂]; ISMC2005 (International Symposium on Molecular Conductors -Novel functions of molecular conductors under extreme conditions-), (2005); 20050719; 160204067
12. 石橋章司, 田村友幸, 香山正憲, 田中寿, 徳本圓, 小林昭子, 小林速男, 寺倉清之; Ab initio electronic-structure calculations for single-component molecular conductors; ISMC2005

(International Symposium on Molecular Conductors -Novel functions of molecular conductors under extreme conditions-), (2005); 20050719; 160204068

13. 徳本圓; A wonderland of 1,2,3-dimensional molecular conductors - Fermiology and nonlinear optics; ISCOM2005 (The 6th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors, and Ferromagnets), (2005); 20050912; 160204070
14. 田中寿, 徳本圓, 石橋章司, David Graf, Eun S. Choi, Jams S. Brooks, 安塚周磨, 岡野芳則, 小林速男, 小林昭子; Observation of magnetic quantum oscillation and antiferromagnetic transition using microcantilever; International Symposium on "Spin- and charge correlations in molecular-based materials", (2005); 20051017; 160204076
15. 小林速男; Requirement for metallization of Single-component Molecular Crystal; 2007 CERC International Symposium, Highlight and Perspective4s of Correlated Electron Systems--From Physivs to Applications--, (2007); 20070525; 160202066
16. Hiroshi M. Yamamoto, Yosuke Kosaka, Yoshitaka Kawasugi, Mutsumi Ikeda, Akiko Nakao, Reizo Kato; Top-down and bottom-up nanoscience of molecular conductors; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070727; 160201029
17. Reizo Kato, Akiko Tajima, Akiko Nakao, Atsuko Fukaya, Yasuhiro Shimizu, Yasuyuki Ishii, Takashi Yamamoto, Yosuke Kosaka, Junya Eda, Hiroshi M. Yamamoto, Masafumi Tamura; Development of molecular conductors based on metal dmit complexes; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070925; 160201030

学会発表 招待講演 国内

1. Hatsumi Mori, Tomoko Maejima, Ryoma Chiba, Hideaki Suzuki, Shinya Kimura, Junichi Yamaura, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori, Toru Kakiuchi, Hiroshi Sawa, Hiroshi Moriyama, Yuyaka Nishio, Koji Kajita ; Competition of charge ordering and superconducting states for the organic superconductor -(meso-DMBEDT-TTF)₂PF₆; ISMC2005 (International Symposium on Molecular Conductors -Novel functions of molecular conductors under extreme conditions-), (2005); 20050717; 160206023
2. 松本睦良; Two-Dimensional Patterning Using Phase-Separated Langmuir-Blodgett Films; 第58回コロイドおよび界面化学討論会, (2005); 20050908; 160205027
3. 田中寿, 徳本圓, David Graf, Eun Sun Choi, James S. Brooks, 安塚周磨, 小林速男, 小林昭子; 単一成分分子性金属の金属性の証明; 日本表面科学講演大会, (2006); 20061107; 160204084
4. 加藤礼三; 分子系機能物質における電子状態制御; シンポジウム「局所電子構造の理解に基づく物質科学の新展開」, (2006); 20061128; 160201025
5. 加藤礼三; シリコン基板上における分子性導体の微小単結晶成長; 分子研研究会「物性分子科学の新展開」, (2007); 20070311; 160201026
6. 加藤礼三; 分子系伝導性物質の開発; 理研・物構研 - 物質科学研究会, (2007); 20070324; 160201027
7. 松本睦良; 相分離を利用した SAM のパターンニング; 2007 年春季第 54 回応用物理学関係連合講演会, 29a-SR-3 (2007); 20070329; 160205061
8. 加藤礼三; 金属 dmit 錯体系分子性導体の開発と物性; 「分子性導体の機能・構造関連の研

究と放射光利用」研究会, (2007); 20070603; 160201028

9. 松本睦良; 相分離 LB 膜から作製した鑄型を用いたパターンニング; 第 56 回高分子討論会, (2007); 20070920; 160205066

口頭発表(国内会議 129 件、国際会議 34 件)

学会発表 口頭発表 国際

1. Shinya Uji, Syuma Yasuzuka, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Bin Zhang, Hayao Kobayashi, Eun S. Choi, David Graf, James S. Brooks; Global phase diagrams of magnetic-field-induced superconductors $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4\text{-xBr}_x$; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030921; 160204037
2. Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, David Graf, Eun Sun Choi, James S. Brooks, Syuma Yasuzuka, Shinya Uji, Shoji Ishibashi, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Observation of Magnetic Quantum Oscillations in a Single-Component Molecular Metal Using a Microcantilever; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160204020
3. Yuri Sushko, Oleg Naumenko, 水谷敏幸, 石田興太郎, 徳本圓, 山田順一; Pressure-induced antiferromagnetism in an ambient pressure layered organic superconductor $-(\text{BDA-TTP})_2\text{SbF}_6$; Annual APS March Meeting 2003, G32.011 (2003); 20030304; 160204006
4. Susumu Takahashi, Alexey E. Kovalev, Stephan Hill, D. B. Engel, L. K. Montgomery, 宇治進也, 徳本圓, 小林昭子, 田中寿, 小林速男; Microwave studies of the organic conductor $-(\text{BETS})_2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4(x=1, 0.37)$; Annual APS March Meeting 2003, G32.013 (2003); 20030304; 160204007
5. 田中寿, 徳本圓, 小林速男, 小林昭子, David Graf, Eun Sun Choi, James S. Brooks, 宇治進也, 安塚周磨; Confirmation of the metallic character of a single component molecular metal; NATO Advanced Study Institute "Organic Conductors, Superconductors and Magnets: From Synthesis to molecular Electronics", (2003); 20030507; 160204010
6. Satoru Noguchi, Akinori Matsumoto, Takekazu Ishida, Takuya Matsumoto, Toyonari Sugimoto; Ferromagnetism in a d electron system at 1 K; 7th International Symposium of Research in High Magnetic Fields, (2003); 20030722; 160203005
7. 杉本豊成, 松本拓也, 鎌田洋輔, 平岡崇志, 中澄博行; Electrical conducting and magnetic properties in $[\text{Ethylenediseleno-tetrathiafulvalenothioquinone-1,3-dithiolemethide}]_2 \cdot \text{MBr}_4$ ($\text{M} = \text{Fe}, \text{Ga}$); ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030922; 160203006
8. Eun Sun Choi, David Graf, James S. Brooks, Jun-ichi Yamada, Madoka Tokumoto; Pressure and field dependent electrical transport properties of the new p - d organic superconductor $-(\text{BDA-TTP})_2\text{FeCl}_4$; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030922; 160204030
9. Hatsumi Mori, Miyuki Suto, Hideaki Suzuki, Yutaka Nishio, Koji Kajita; Conductivity and Magnetism by Band Filling Control of Organic Conductors; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), P29 (2003); 20030922; 160206004
10. James S. Brooks, Shinya Uji, Eun Sun Choi, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto; Are the field induced phases in $-(\text{BETS})_2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4$

- unconventional?; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160204032
11. Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, David Graf, Eun S. Choi, James S. Brooks, Syuma Yasuzuka, Shinya Uji, Shoji Ishibashi, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Observation of Magnetic Quantum Oscillation in a Single-Component Molecular Metal Using a Microcantilever; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160204033
 12. Shinya Uji, Shyma Yasuzuka, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Bin Zhang, Hayao Kobayashi, Eun Sun Choi, David Graf, James S. Brooks; Global phase diagrams of magnetic-field-induced superconductors $-(\text{BETS}) \text{2FeCl}_4\text{-xBr}_x$; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160204034
 13. Charles C. Agosta, C. Martin, I. Mihut, Z. Bayindir, T. Coffey, Stanley W. Tozer, H. A. Radova, Tatsue Kinoshita, Madoka Tokumoto; Evolution of a First Order Superconducting Critical Field Transition in $-(\text{ET})_2\text{Cu}(\text{NCS})_2$; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030925; 160204031
 14. Toyonari Sugimoto; Novel electrical conducting, magnetic and dielectric properties in $[\text{Ethylenedithiotetrathiafulvalenoquinone-1,3-dithiolemethide}]_2 \cdot \text{FeBr}_4$; France-Japan meeting on organic conductors and magnets, (2003); 20030927; 160203007
 15. 松本睦良, 田中健一, 阿澄玲子, 近藤行成, 好野則夫; Structures of phase-separated Langmuir-Blodgett films of hydrogenated and perfluorinated amphiphiles; The 8th International Conference on Advanced Materials, (2003); 20031010; 160205009
 16. Takuya Matsumoto, Toyonari Sugimoto, Satoru Noguchi, Naoki Toyoda; Novel Electrical Conducting, Magnetic and Dielectric Properties in $(\text{Ethylenedithiotetrathiafulvalenoquinone-1,3-dithiolemethide})_2 \cdot \text{FeBr}_4$; IKCOC-9 (The Ninth International Kyoto Conference on New Aspects of Organic Chemistry), PA-110 (2003); 20031111; 160203013
 17. 松本睦良, 田中健一, 阿澄玲子, 近藤行成, 好野則夫; Pattern Formation of Organic Molecular Films Using Langmuir-Blodgett Technique; EM-NANO2004 (2004 International Symposium on Organic and Inorganic Electronic Materials), (2004); 20040608; 160205022
 18. Takashi Hiraoka, Yohsuke Kamada, Takuya Matsumoto, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Satoru Noguchi, Hiroyuki Nakazumi, Hiroko Aruga Katori, Hayao Kobayashi; Metal/Semi-Conductivity and Antiferromagnetic Ordering of Fe(III) d Spins in $(\text{Benzotetrathiafulvalenothioquinone-1,3-dithiolemethide})_2 \cdot \text{FeBr}_4$; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), OCS10P (2004); 20040628; 160203018
 19. Zhaobin Zhang, Takashi Yoneda, Hideki Fujiwara, Toyonari Sugimoto, Tomikatsu Kubo, Hasanudin, Noritaka Kuroda; Thin Films Composed of (Benzene-1,2,4,5-tetrathiolato) Gold and Nickel Complex Oligomers; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), ICP6V (2004); 20040628; 160203019
 20. Shoji Ishibashi, Hisashi Tanaka, Masanori Kohyama, Madoka Tokumoto, Wakako Suzuki, Masaaki Sasa, Akiko Kobayashi, Hayao Kobayashi, Kiyoyuki Terakura; Ab initio electronic-structure calculation for single-component molecular conductors; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040701; 160204047

21. Shinya Uji , Madoka Tokumoto , Mitsutaka Nishimura , Hisashi Tanaka , Taichi Terashima , Akiko Kobayashi , Takako Konoike , Hayao Kobayashi , Kengo Enomoto; Josephson vortex dynamics and FFLO State in magnetic-field-induced superconductor κ -(BETS) 2FeCl_4 ; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040702; 160204046
22. Hisashi Tanaka , Madoka Tokumoto , Shoji Ishibashi , Yoshinori Okano , David Graf , Eun Sun Choi , James S. Brooks , Syuma Yasuzuka , Hayao Kobayashi , Akiko Kobayashi; Observation of Magnetic Quantum Oscillations in a Single-Component Molecular Metal using a Microcantilever; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040702; 160204049
23. Hayao Kobayashi; Single-component Molecular Metals-Molecular Design and Characterization of Nano-Sized Crystals; 日中合同シンポジウム, (2004); 20041111; 160202039
24. 徳本圓 , 原茂生 , 田中寿 , 大塚岳夫 , 小林速男 , 小林昭子; Observation of Spin-flop Transition in Antiferromagnetic Organic Molecular Conductors using AFM Micro-cantilever; 米国物理学会 (Annual APS March Meeting 2005) (Los Angeles) , (2005); 20050325; 160204066
25. 松本睦良 , 渡邊智 , 田中健一 , 阿澄玲子 , 近藤行成 , 好野則夫 , 酒井秀樹 , 阿部正彦; Two-Dimensional Patterning Using Phase-Separated Langmuir-Blodgett Films; The 11th International Conference on Organized Molecular Films, (2005); 20050628; 160205026
26. Hatsumi Mori, Tomoko Maejima, Ryoma Chiba, Hideaki Suzuki, Shinya Kimura, Junichi Yamaura, Tadashi Kawamoto, Takehiko Mori, Toru Kakiuchi, Hiroshi Sawa, Hiroshi Moriyama, Yutaka Nishio, Koji Kajita; Pressure-induced superconductivity of κ -(meso-DMBEDT-TTF) 2PF_6 and related materials; ISCOM2005 (The 6th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors, and Ferromagnets) , (2005); 20050914; 160206028
27. 田中寿 , 原茂生 , 徳本圓 , 崔享波 , 小林速男 , 小林昭子; Observation of Spin-flop Transition in κ -type BETS salts using AFM Microcantilever; Pacificchem2005 (International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), (2005); 20051217; 160204077
28. Kazuyuki Takahashi, Heng-Bo Cui, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Yasuaki Einaga, Osamu Sato; The Coupling between Magnetic Transition and Conducting Properties in a Spin-Crossover Molecular Conductor; ICSM2006 (The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals), (2006); 20060600; 160202071
29. 石橋章司 , 田村友幸 , 香山正憲 , 田中寿 , 徳本圓 , 小林昭子 , 小林速男 , 寺倉清之; Ab Initio Electronic-Structure Calculations for Single-Component Molecular Conductors; ICSM2006 (The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals), (2006); 20060706; 160204082
30. Kazuyuki Takahashi, HengBo Cui, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Hatsumi Mori, Yasuaki Einaga, Osamu Sato; Electrical Conductivity Modulation induced by the Chemical Pressure Effect Associated with a Spin Transition; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070925; 160206059
31. Kenji Takeda, Hatsumi Mori, Akira Yamaguchi, Hidehiko Ishimoto, Takayoshi Nakamura, Shinya Kuriki, Toshiya Hozumi, Shin-ichi Ohkoshi; Magnetic hysteresis measurement of a micro crystal by HTS micro SQUID magnetometer; 52nd Magnetism and Magnetic Materials

- Conference, (2007); 20071109; 160206065
32. 田中寿, 斎藤優子, 原茂生, 加藤健一, 徳本圓; Characterization on Small Crystals; 日中シンポジウム(北京), (2007); 200701027; 160204094
 33. Hiroshi M Yamamoto, Yosuke Kosaka, Ryoko Maeda, Akiko Nakao, Jun-Ichi Yamaura, Reizo Kato; Molecular conductor nanowires sheathed by supramolecular networks; ICNT2007 (The 4th International Congress of Nanotechnology 2007), (2007); 20071106; 160201062
 34. 徳本圓; Characterization of Physical Properties of Small Single Crystals of Molecular Conductors; DAE-BRNS Basic Sciences School on Condensed Matter Interface with Chemistry and Biology, (2008); 20080306; 160204104

学会発表 口頭発表 国内

1. 松浦憲政, 橋本麻子, 西原禎文, 芥川智行, 長谷川達生, 中村貴義; meso 及び, (1S,2S)-1,2-diphenylethylenediammonium を含む[Ni(dmit)₂]塩の構造と磁性; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030204; 160205001
2. 田中寿, 徳本圓, James S. Brooks, Eun Sun Choi, David Graf, 安塚周磨, 宇治進也, 小林速男, 小林昭子; カンチレバーを用いた単一種分子性金属の磁気量子振動観測; 平成 14 年度分子科学研究所(後期)研究会「分子を構成要素とする新しい電子機能物質」, (2003); 20030304; 160204008
3. 松本睦良; 新規自己組織化膜の構造と電気物性; 平成 14 年度分子科学研究所(後期)研究会「分子を構成要素とする新しい電子機能物質」, (2003); 20030305; 160205007
4. 若原圭佑, 宮田英人, 芥川智行, 長谷川達生, 中村貴義, Jan Becher; マクロサイクリック TTF 誘導体と C60 が形成する電荷移動錯体 LB 膜の構造評価; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030317; 160205002
5. 中村貴義; 金属錯体からなる電子機能性分子システムの構築; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030318; 160205003
6. 前島倫子, 森初果, 木村伸也, 鈴木秀明, 須藤幸, 山下和樹, 森山広思, 西尾豊, 梶田晃示; シクロヘキサン環を有する新規 ChDT-EDT-TTF 塩の合成と物性; 日本化学会第 83 春季年会, 2PA-033 (2003); 20030319; 160206003
7. 藤原秀紀, Ha-Jin Lee, 藤原絵美子, 小林速男; 有機ラジカルを有するドナーを用いた磁性伝導体の開発; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030320; 160202001
8. 松本拓也, 鎌田洋輔, 杉本豊成, 多田俊治, 中澄博行, 松本秋憲, 野口悟, 石田武和, 城始勇, 吉野治一, 村田恵三; 金属伝導性、強磁性を示す[エチレンジチオ(ジセレナ)テトラチアフルバレンキノン(チオキノ) - 1,3 - ジチオール(ジセレノール)メチド]₂·FeBr₄ 塩; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030320; 160203001
9. 鎌田洋輔, 松本拓也, 杉本豊成, 多田俊治, 中澄博行, 城始勇, 川上貴資, 山口兆; 伝導性カラムのチャンネル内に取り込まれた一次元 Cu(II)スピン鎖; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030320; 160203002
10. 鈴木秀明, 森初果, 木村伸也, 須藤幸, 山下和樹, 前島倫子, 森山広思, 西尾豊, 梶田晃示; 水素結合ネットワークを有する新規 CyDT-EDO-TTF ドナー分子の合成とその電荷移動錯体の構造及び物性; 日本化学会第 83 春季年会, 3J4-03 (2003); 20030320; 160206002
11. 田中寿, 徳本圓, Brooks J. S., Choi E. S., Graf D., 安塚周磨, 宇治進也, 小林速男, 小林昭子; 単一種分子性金属[Ni(tmtd)₂]の電子構造; 日本化学会第 83 春季年会, 4J4-14 (2003);

20030321; 160204009

12. 西原禎文, 芥川智行, 長谷川達生, 中村貴義, 細越裕子, 井上克也, 藤山茂樹, 中村敏和, 武田定; スピンラダー構造を有する $[\text{Ph}(\text{NH}_3)]([\text{18crown-6}][\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ 塩の高圧物性とキャリアドーピング; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030321; 160205004
13. 松浦憲政, 西原禎文, 芥川智行, 長谷川達生, 中村貴義; クラウンエーテルと不斉炭素を有するアリールアンモニウムを含む $[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ 塩の構造と磁性; 日本化学会第 83 春季年会, (2003); 20030321; 160205005
14. Eun Sun Choi, Eric Jobilong, Aaron Wade, Evan Goetz, James S. Brooks, 山田順一, 水谷敏幸, 木下タツエ, 徳本圓, 石田興太郎; $-(\text{BDA-TTP})_2\text{SbF}_6$ のフェルミオロジーと超伝導; 日本物理学会第 58 回年次大会, 28aZA-7 (2003); 20030328; 160204001
15. 水谷敏幸, 石井健太郎, 田中寿, 木下タツエ, 徳本圓, 坏広樹, 山田順一, 石田興太郎; $-(\text{BDA-TTP})_2\text{FeCl}_4$ の磁気異方性; 日本物理学会第 58 回年次大会, 28aZA-8 (2003); 20030328; 160204002
16. 石井健太郎, 水谷敏幸, 田中寿, 木下タツエ, 徳本圓, 白川直樹, 堀之内秀有, 大塚岳夫, 藤原秀紀, 小林速男, 石田興太郎; 直流磁化で見る $-(\text{BETS})_2\text{FeBr}_4$ の超伝導 2K 以下の磁化測定; 日本物理学会第 58 回年次大会, 29aZA-10 (2003); 20030329; 160204003
17. 田中寿, 徳本圓, James S. Brooks, Eun Sun Choi, David Graf, 安塚周磨, 宇治進也, 小林速男, 小林昭子; 単一種分子性金属における磁気的量子振動の観測; 日本物理学会第 58 回年次大会, (2003); 20030329; 160204004
18. 宇治進也, 寺嶋太一, 矢ヶ部太郎, 安塚周磨, 田中寿, 徳本圓, Bin Zhang, 小林速男, Eun S. Choi, David Graf, James S. Brooks; 磁場誘起超伝導; 日本物理学会第 58 回年次大会, 29pZG-5 (2003); 20030329; 160204035
19. 石井健太郎, 田中寿, 徳本圓, 白川直樹, 上床美也, 坏広樹, 山田順一, Eun Sun Choi, James S. Brooks, 石田興太郎; $-(\text{BDA-TTP})_2\text{FeCl}_4$ の圧力下磁気測定; 日本物理学会 2003 年秋季大会, (2003); 20030920; 160204013
20. 山下和樹, 須藤幸, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 花咲徳亮, 田島裕之, 西尾豊, 梶田晃示; 水素結合を有する新規有機伝導体の電気伝導; 日本物理学会 2003 年秋季大会, 20aXE-8 (2003); 20030920; 160206006
21. 石橋章司(産総研計算科学), 田中寿, 香山正憲(産総研生活環境), 徳本圓, 小林昭子, 小林速男, 寺倉清之; $\text{Ni}(\text{tmdt})_2$ のフェルミ面形状の第一原理計算・磁気量子振動実験結果との比較; 日本物理学会 2003 年秋季大会, (2003); 20030921; 160204014
22. 須藤幸, 山下和樹, 千葉竜麻, 鈴木秀明, 森初果, 川本正, 森健彦, 西尾, 梶田晃示; バンドフィリング及びバンド幅制御による b 型 ET 塩の伝導性と磁性; 日本物理学会 2003 年秋季大会, 21pXE-5 (2003); 20030921; 160206007
23. 松本拓也, 杉本豊成, 野口悟, 香取浩子, 根岸栄一, 藪田俊, 豊田直樹; (エチレンジオテトラチアフルバレンキノン-1,3-ジチオールメチド) $_2 \cdot \text{FeBr}_4$ 塩の電気伝導・磁気・誘電性質; 分子構造総合討論会 2003, 1Pa123 (2003); 20030924; 160203010
24. 鎌田洋輔, 松本拓也, 平岡崇志, 杉本豊成, 野口悟, 中澄博行; ベンゾ-置換テトラチアフルバレンチオキノン-1,3-ジチオールメチドの FeCl_4 塩の結晶構造および伝導・磁気性質; 分子構造総合討論会 2003, 1Pa125 (2003); 20030924; 160203011
25. 岡野芳則, 小林速男, 田中寿, 徳本圓, 藤原絵美子, 小林昭子; 単一成分分子性金属 $[\text{Ni}(\text{tmdt})_2]$, および類縁体の電子構造; 分子構造総合討論会 2003, (2003); 20030925;

160202009

26. Zhaobin Zhang, 和田研自, 杉本豊成; 一次元性あるいは二次元性の金属錯体オリゴマー(ポリマー)作成用のベンゼンチオレート配位子の合成; 第 33 回構造有機化学討論会, 2P057 (2003); 20031004; 160203012
27. 久保和也, 中尾朗子, 加藤礼三, 松林玄悦; 非対称[Au(III)(C-N)(S-S)]型ジチオレート錯体を用いた分子性伝導体の構造と電気伝導性; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040326; 160201007
28. 藤原秀紀, 松本拓也, 杉本豊成, 野口悟, 石田武和, 香取浩子, 吉田祐輔, 井上克也; エチレンジチオテトラチアフルバレンキノン-1,3-ジチオールメチドの FeBr₄-塩の金属/半導体伝導性と強磁性; 日本化学会第 84 春季年会, 1A3-07 (2004); 20040326; 160203014
29. 平岡崇志, 松本拓也, 鎌田洋輔, 藤原秀紀, 杉本豊成, 野口悟, 小林速男; [ベンゾテトラチアフルバレンチオキノン-1,3-ジチオール(ジセレンール)メチド]₂·Fex₄(x=Cl, Br)塩の伝導・磁気性質]; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040326; 160203015
30. 松本睦良, 田中健一, 阿澄玲子, 近藤行成, 好野則夫; LB 法を用いた有機分子性薄膜のパターン形成; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040326; 160205010
31. 加藤恵一, 芥川智行, 中村貴義; BO 型マクロサイクリック TTF の合成及び F₄TCNQ 錯体の LB 膜構造; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040326; 160205013
32. 帯刀陽子, 芥川智行, 中村貴義, 長谷川裕之, 益子信郎, Jan Becher; 分子集合体ナノワイヤ-金微粒子複合構造の光, 電気物性; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040326; 160205019
33. 木村伸也, 山下和樹, 鈴木秀明, 森初果, 西尾豊, 梶田晃示; 新規含窒素有機伝導体 CnDTP-TTF 塩の合成と 型電荷移動錯体; 日本化学会第 84 春季年会, 1A3-10 (2004); 20040326; 160206071
34. 鈴木秀明, 市川俊, 山下和樹, 木村伸也, 森初果, 持田智行, 西尾豊, 梶田晃示; 水素結合を有する新規 RDT-EDO-TTF 塩(R=Cn, Bz)の構造と物性; 日本化学会第 84 春季年会, 1A3-12 (2004); 20040326; 160206072
35. 前島倫子, 千葉竜麻, 須藤幸, 木村伸也, 森初果, 森山広思, 持田智行, 西尾豊, 梶田晃示; 立体障害を導入した新規 ET 誘導体 CnDT-EDT-TTF 塩の構造と物性; 日本化学会第 84 春季年会, 1A3-13 (2004); 20040326; 160206073
36. 高橋一志, 疋田政憲, 中村智之, 栄長泰明, 藤嶋昭, 佐藤治; 二段階スピン転移を示す鉄(III)錯体の中間相の構造; 日本化学会第 84 春季年会, 2A3-10 (2004); 20040327; 160202024
37. 田中寿, 徳本圓, 岡野芳則, 小林速男, 小林昭子; コバルト錯体からなる単一種分子性伝導体; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040327; 160204036
38. 西原禎文, 芥川智行, 中村貴義, 大平聖子; 磁気希釈した分子性スピンラダー [Ph(NH₃)][[18]crown-6][Ni(dmit)₂]_{1-x}[Au(dmit)₂]_x の磁気物性; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040327; 160205018
39. Zhaobin Zhang, 和田研自, 藤原秀紀, 杉本豊成, Hasanudin, 黒田規敬; (ベンゼン-1,2,4,5-テトラチオレート)金およびニッケル錯体オリゴマーにより構成された薄膜の作成と伝導性質; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040328; 160203016
40. 芥川智行, 中村貴義, Jan Becher; マクロサイクリック TTF 誘導体が形成するナノドット構造; 日本化学会第 84 春季年会, (2004); 20040328; 160205014

41. 植木克行, 中村徹, 近藤寛, 中井郁代, 太田俊明, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; 金(111)表面におけるチエニルアルカンチオール分子の吸着状態に関する研究; 日本応用物理学会第 51 春季年会, (2004); 20040329; 160205011
42. 武田啓司, 中村貴義, 川口洋平, 栗城眞也; 高温超伝導 DC マイクロ SQUID 磁束計の試作; 日本物理学会第 59 回年次大会, 30pWN-4 (2004); 20040330; 160205012
43. 千葉竜麻, 前島倫子, 吉見一慶, 木村伸也, 森初果, 川本正, 森健彦, 西尾豊, 梶田晃示, 森山広思; 拡張型 ET 塩 $-(R,S)\text{-DMBEDT-TTF}2\text{PF}_6$ の伝導性; 日本物理学会 2004 年秋季大会, 14aTM-4 (2004); 20040914; 160206010
44. 吉見一慶, 千葉竜麻, 前島倫子, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 田島裕之, 西尾豊, 梶田晃示, 森山広思; 化学的負圧を印加した拡張型 ET 塩 $-(C_5ET)_2X$ [$X=\text{PF}_6, \text{AsF}_6$]の磁性; 日本物理学会 2004 年秋季大会, 14aTM-5 (2004); 20040914; 160206011
45. 徳本圓, 田中寿, 大塚岳夫, 小林速男, 小林昭子; AFM カンチレバーを用いた有機反強磁性体の磁気トルク測定 ; 日本物理学会 2004 年秋季大会, 15pWH-1 (2004); 20040915; 160204051
46. ZhaobinZhang, 林寿樹, 藤原秀紀, 杉本豊成, 中澄博行, Hasanudin, 黒田規敬; (ベンゼン-あるいはテトラチアフルバレン-テトラチオレート)金およびニッケル錯体オリゴマーの薄膜作製と伝導性質; 第 34 回構造有機化学討論会, (2004); 20040923; 160203023
47. 高橋一志, 小林速男, 佐藤治; 鉄(III)錯イオンを有する dmit 錯体の構造と物性; 第 54 回錯体化学討論会, (2004); 20040925; 160202035
48. 平岡崇志, 藤原秀紀, 杉本豊成, 野口悟, 川又修一, 石田武和, 香取浩子; ベンゾテトラチアフルバレンチオキノン-1,3-ジチオールメチドとその関連するドナー分子の FeX_4 -塩の伝導・磁気性質; 分子構造総合討論会 2004, (2004); 20040927; 160203021
49. 藤原秀紀, 和田研自, 杉本豊成; 屈曲した分子骨格を有するドナー分子のエチレンジオキシ誘導体の合成、構造と物性; 分子構造総合討論会 2004, (2004); 20040927; 160203022
50. 杉本豊成, 松本拓也, 藤原秀紀, 根岸栄一, 藪田俊, 豊田直樹; 有機強磁性半導体、(エチレンジチオテトラチアフルバレンキノン-1,3-ジチールメチド) $2 \cdot \text{FeBr}_4$ 塩の誘電性質; 分子構造総合討論会 2004, (2004); 20040927; 160203024
51. 石橋章司, 田村友幸, 香山正憲, 田中寿, 徳本圓, 小林昭子, 小林速男, 寺倉清之; Projector Augmented-Wave (PAW) 法による単一成分分子性導体の第一原理電子構造計算; 日本金属学会 2004 年秋期大会, (2004); 20040929; 160204063
52. 木村伸也, 鈴木秀明, 前島倫子, 市川 俊, 山下和樹, 千葉竜麻, 吉見一慶, 森初果, 山浦淳一, 川本正, 森健彦, 西尾豊, 梶田晃示, 森山広思; 立体障害を導入した新規有機超伝導体とその周辺物質の探索; 分子構造総合討論会 2004, (2004); 20040930; 160206015
53. 宇治進也, 寺島太一, 鴻池貴子, 榎本健悟, 山口尚秀, 西村光佳, 田中寿, 徳本圓, 小林昭子, 小林速男, Eun S. Choi, 徳本貴久, James S. Brooks; $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$ の磁場誘起超伝導状態における FFLO 状態の可能性; 日本物理学会第 60 回年次大会, (2005); 20050324; 160204064
54. 原茂生, 田中寿, 徳本圓, 小林速男, 小林昭子; AFM カンチレバーを用いた有機反強磁性体の磁気トルク測定 II; 日本物理学会第 60 回年次大会, (2005); 20050324; 160204065
55. 松本睦良, 渡邊智, 阿澄玲子, 酒井秀樹, 阿部正彦; 相分離 LB 膜の構造制御; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050326; 160205025
56. 千葉竜麻, 前島倫子, 山下和樹, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 小枝真仁, 辺土正人, 上床

- 美也, 川本正, 森健彦, 西尾豊, 梶田晃示; $-(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{X}$ の構造と物性; 日本物理学会第 60 回年次大会, 27aYL-9 (2005); 20050327; 160206022
57. 高坂洋介, 山本浩史, 中尾朗子, 加藤礼三; 含ハロゲンカチオンを対イオンとする超分子アニオンラジカル塩の合成および電気伝導性; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050328; 160201031
 58. 大坪才華, 崔亨波, 高橋一志, 岡野芳則, 小林速男; 磁性伝導体の開発に適したドナー分子の検討; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050328; 160202040
 59. 木村伸也, 山下和樹, 鈴木秀明, 森初果, 西尾豊, 梶田晃示; 窒素を導入した新規 TTP 系ドナー C2TP-TTP, C2TP-TS-TTP の合成と物性; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050328; 160206019
 60. 前島倫子, 千葉竜麻, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 山浦淳一, 小枝真仁, 辺土正人, 上床美也, 川本正, 森健彦, 森山広思, 西尾豊, 梶田晃示; $-(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{X}$ の構造と物性; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050328; 160206020
 61. 久保和也, 中尾朗子, 山本浩史, 加藤礼三; tto 架橋配位子を有するニッケル多核ジチオレン錯体を構成分子とする新規分子性導体の開発およびその導電性; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050329; 160201032
 62. 高橋一志, 崔亨波, 小林速男, 栄長泰明, 佐藤治; 光応答性分子性導体の開発へのアプローチ; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050329; 160202044
 63. 高橋一志, 崔亨波, 岡野芳則, 小林速男, 佐藤治; 電気伝導性を持つスピנקロスオーバー錯体の構造と性質; 第 55 回錯体化学討論会, (2005); 20050900; 160202068
 64. 高橋一志, 崔亨波, 岡野芳則, 小林速男, 佐藤治; スピנקロスオーバー分子性導体の置換基効果; 分子構造総合討論会 2005, (2005); 20050900; 160202069
 65. 原茂生, 田中寿, Gunther Lientschnig, Abdou Hassanien, 徳本圓; 微少電極を用いた分子性結晶の育成と電気特性の評価; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050919; 160204072
 66. 木村伸也, 森初果, 鈴木秀明, 山浦淳一, 垣内徹, 澤博; 圧力誘起超伝導体 $-(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{PF}_6$ におけるチェッカーボード型電荷秩序; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050920; 160206030
 67. 吉見一慶, 河野謙太郎, 千葉竜麻, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 田島裕之, 西尾豊, 梶田晃示, 加藤岳生; 拡張型 ET 塩 $-(\text{C}_5\text{ET})_2\text{PF}_6$ の磁性; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050920; 160206031
 68. 久保和也, 中尾朗子, 山本浩史, 加藤礼三; 新規多核金属錯体を導入した分子性導体の開発およびその導電性; 第 55 回錯体化学討論会, (2005); 20050921; 160201012
 69. 石橋章司, 田村友幸, 香山正憲, 田中寿, 徳本圓, 小林昭子, 小林速男, 寺倉清之; 単一成分分子性導体の第一原理電子状態計算; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050921; 160204073
 70. 宇治進也, 寺島太一, 鴻池貴子, 榎本健悟, 山口尚秀, 西村光佳, 安塚周磨, 田中寿, 徳本圓, 小林昭子, 小林速男; $-(\text{BETS})_2\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Cl}_4$ の磁場誘起超伝導相における Vortex-antivortex 状態; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005); 20050922; 160204074
 71. 宇治進也, 安塚周磨, 寺島太一, 鴻池貴子, 榎本健悟, 山口尚秀, 西村光佳, 田中寿, 徳本圓, 小林昭子, Bin Zhang, 小林速男, Eun S. Choi, David Graf, James S. Brooks; $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4-x\text{Br}_x$ の磁場誘起超伝導; 日本物理学会 2005 年秋季大会, (2005);

20050922; 160204075

72. 木村伸也, 鈴木秀明, 森初果, 川本正, 森健彦, 山浦淳一, 垣内徹, 澤博; 有機超伝導体 -(meso-DMBEDT-TTF)2PF6 の低温構造と電荷分離状態; 分子構造総合討論会 2005, (2005); 20050926; 160206032
73. 市川俊, 木村伸也, 田島裕之, 森初果; ピラジン環が縮環した TTF 誘導体を配位子とする銅錯体の合成と物性及びその構造; 分子構造総合討論会 2005, (2005); 20050926; 160206034
74. 高坂洋介, 山本浩史, 中尾朗子, 加藤礼三; ジハロピリジニウムカチオンを対カチオンとする超分子性 Ni(dmit)2 塩の構造および電気伝導性; 分子構造総合討論会 2005, (2005); 20050928; 160201033
75. 渡邊 智, 阿澄玲子, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; AFM による混合 LB 膜の相分離構造解析; 第 16 回日本 MRS 学術シンポジウム, B2-010-M (2005); 20051211; 160205058
76. 高橋一志, 小林速男; 安定有機ラジカル縮環型新規 電子ドナーの合成と性質; 日本化学会第 86 春季年会, (2006); 20060300; 160202070
77. 原茂生, 田中寿, Gunther Lientschnig, Abdou Hassanien, 徳本圓; 微小電極を用いた分子性結晶の育成と電気特性の評価 2; 日本物理学会第 61 回年次大会, (2005); 20060328; 160204079
78. 河野謙太郎, 木村伸也, 森初果, 田島裕之; ”型 C5ET 塩の磁性と構造; 日本化学会第 86 春季年会, (2006); 20060328; 160206044
79. 木俣基, 高野翔, 太田仁, 小山佳一, 本河光博, 田中寿, 徳本圓, 小林速男, 小林昭子; -(BETS)2FeCl4 の磁気光学測定; 日本物理学会第 61 回年次大会, (2005); 20060329; 160204080
80. 高坂洋介, 山本浩史, 中尾朗子, 田村雅史, 加藤礼三; 超分子アニオンラジカル塩 (Me-3,5-DIP)[Ni(dmit)2]2(Me-3,5-DIP=N-methyl-3,5-diiodopyridinium)の電気および磁気物性; 日本化学会第 86 春季年会, (2006); 20060330; 160201034
81. 久保和也, 中尾朗子, 山本浩史, 加藤礼三; 新規分子性導体の構築を目指した tto 架橋多核ジチオレンニッケル錯体の合成とその結晶構造; 日本化学会第 86 春季年会, (2006); 20060330; 160201035
82. 吉見一慶, 中村正明, 森初果; 2 次元有機導体 -(DMeET)2PF6 における電荷秩序と超伝導; 日本物理学会第 61 回年次大会, (2006); 20060330; 160206040
83. 千葉竜麻, 木村伸也, 森初果, 小枝真仁, 辺土正人, 上床美也, 川本正, 森健彦, 西尾豊, 梶田晃示; -(meso-DMBEDT-TTF)2X (X=PF6,AsF6)の電荷秩序相と超伝導相の競合; 日本物理学会第 61 回年次大会, (2006); 20060330; 160206041
84. 市川俊, 木村伸也, 森初果, 吉田剛介, 松田真生, 田島裕之, 山浦淳一; Pyra-TTF を配位子とする銅錯体の伝導性と磁性及びその構造; 日本化学会第 86 春季年会, (2006); 20060330; 160206043
85. 高橋一志, 崔亨波, 岡野芳則, 小林速男, 佐藤治; スピנקロスオーバー型分子性導体誘導体の構造と性質; 第 56 回錯体化学討論会, (2006); 20060900; 160202072
86. 高橋一志, 小林速男; 安定有機ラジカル縮環ドナーからなる電荷移動錯体とカチオンラジカル塩の構造と物性; 分子構造総合討論会 2006, (2006); 20060900; 160202073
87. 高坂洋介, 山本浩史, 中尾朗子, 深谷敦子, 田村雅史, 加藤礼三; 局在スピンと伝導電子とが共存した複合アニオン層構造を持つ Ni(dmit)2 塩; 分子構造総合討論会 2006, (2006);

20060921; 160201036

88. 森中直紀, 吉見一慶, 河野謙太郎, 山浦淳一, 森初果, 西尾豊, 梶田晃示; 立体障害を導入した新規有機導体 $-(C5ET)2X$ ($X = AsF_6, PF_6$)の反強磁性と圧力下伝導性; 日本物理学会 2006 年秋季大会, (2006); 20060923; 160206046
89. Kentaroh Kohno, Hatsumi Mori, Junichi Yamaura, Hiroyuki Tajima, Mikio Uruichi, Kyuya Yakushi; $-(C5ET)2CIO_4$ の磁氣的性質と電荷秩序相; 日本物理学会 2006 年秋季大会, (2006); 20060925; 160206047
90. 高坂洋介, 山本浩史, 中尾朗子, 田村雅史, 加藤礼三; 複合アニオン層構造により局在スピント伝導電子とが共存した $Ni(dmit)_2$ 塩; 日本物理学会 2006 年秋季大会, (2006); 20060926; 160201037
91. 原茂生, 田中寿, Lientschnig Gunther, Hassanien Abdou, 徳本圓; 微小電極を用いた分子性結晶の育成と電気特性の評価 3; 日本物理学会 2006 年秋季大会, 26pYB-1 (2006); 20060926; 160204061; "
92. "開康一, 高橋利宏, H. Mayaffre, M. Horvatic, C. Berthier, 田中寿, 小林昭子, 小林速男; 磁場誘起超伝導体 $-(BETS)2FeCl_4$ の $^{77}SeNMR$ II; 日本物理学会 2006 年秋季大会, (2006); 20060926; 160204083
93. 木村秀人, 柴田裕史, 松本睦良; AFM を用いた三分系混合 LB 膜の相分離構造観察; 第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム, B-02-M (2006); 20061210; 160205048
94. 碓香織, 山口尚秀, 野田耕平, 池本由希子, 寺嶋太一, 宇治進也, 高坂洋介, 山本浩史, 加藤礼三; 新規有機導体 $(Me-3,5-DIP)[Ni(dmit)_2]_2$ の電子状態; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070319; 160201038
95. 下出敦夫, 藤山茂樹, 鹿野田一司, 高坂洋介, 山本浩史, 加藤礼三; $(Me-3,5-DIP)[Ni(dmit)_2]_2$ の ^{13}C NMR; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070319; 160201039
96. 伊藤哲明, 小山田明, 前川覚, 石井康之, 田村雅史, 加藤礼三; $EtMe_3P[Pd(dmit)_2]_2$ の圧力下 ^{13}C -NMR; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070319; 160201040
97. 清水康弘, 秋元彦太, 辻井宏之, 田嶋陽子, 加藤礼三; スピンギャップ三角格子物質 $EtMe_3P[Pd(dmit)_2]_2$ の金属状態; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070319; 160201041
98. 川相義高, 塚越一仁, 山本浩史, 加藤礼三; $DMe-DCNQI$ 錯体微結晶の電気伝導特性; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070319; 160201042
99. 田中寿, 原茂生, 加藤健一, 徳本圓; 微小電極を用いた分子性結晶の育成と電気特性の評価 IV; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070319; 160204085
100. 深澤直人, 中島良平, 三井主成, 石川忠彦, 恩田健, 沖本洋一, 腰原伸也, 田村雅史, 加藤礼三; $Pd(dmit)_2$ 塩の電荷分離相における光誘起相転移の探索 II; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070320; 160201043
101. 佐藤光幸, 菅原滋晴, 田嶋尚也, 加藤礼三, 西尾豊, 梶田晃示; 有機ナロー(ゼロ)ギャップ半導体 $-(BEDT-STF)2I_3$ の層間キャリア特性; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070320; 160201044
102. 大島勇吾, 野尻浩之, 徳本貴久, James S. Brooks, 田中寿, 小林昭子, 崔亨波; $-d$ 系有機導体 $-(BETS)2FexGa_{1-x}Cl_4$ ($x=0.2-0.8$)の ESR; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070320; 160204086

103. 北原昌嗣, 開康一, 高橋利宏, 田中寿, 小林昭子, 小林速男; $-d$ 系有機導体 $-(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ の ^{77}Se NMR; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070320; 160204087
104. 宇治進也, 寺嶋太一, 山口直秀, 野田耕平, 池本由希子, 田中寿, 徳本圓, 小林昭子, HengBo Cui, 小林速男; $-(\text{BETS})_2\text{FexGa}_{1-x}\text{Cl}_4$ における vortex 運動のエネルギー散逸; 日本物理学会 2007 年春季大会, (2007); 20070320; 160204088
105. 田中寿, 原茂生, 徳本圓; 微小くし型電極を用いた微小結晶の伝導度測定; 日本化学会第 87 春季年会, (2007); 20070320; 160204089
106. 山本浩史, 川楯義高, 池田睦, 加藤礼三; シリコン基板上での分子性導体単結晶成長とその電気特性(III); 日本化学会第 87 春季年会, (2007); 20070326; 160201045
107. 高坂洋介, 山本浩史, 中尾朗子, 深谷敦子, 田村雅史, 加藤礼三; 分子性電子に基づく伝導電子および局在磁気モーメントを有する $\text{Ni}(\text{dmit})_2$ アニオンラジカル塩; 日本化学会第 87 春季年会, (2007); 20070326; 160201046
108. 森初果, 河野謙太郎, 山浦淳一, 田島裕之, 売市幹大, 薬師久弥, 稲田太一, 寺崎一郎; 局在電子と遍歴電子が共存する分子性導体 $-(\text{C}_5\text{ET})_2\text{ClO}_4$; 「分子性導体の機能・構造関連の研究と放射光利用」研究会, (2007); 20070603; 160206050
109. 武田啓司, 森初果, 山口明, 石本英彦, 中村貴義, 栗城眞也, 竇角敏也, 大越慎一; 高温超伝導マイクロ SQUID 磁束計を用いた微小結晶の磁気ヒステリシス測定; 第 68 回応用物理学会学術講演会, (2007); 20070904; 160206064
110. 山本浩史, 川楯義高, 池田睦, 加藤礼三; 分子性導体マイクロ/ナノ結晶の基板上成長と物性測定; 第 1 回分子科学討論会 2007 仙台, (2007); 20070918; 160201047
111. 河野謙太郎, 森初果, 田島裕之, 山浦淳一, 売市幹大, 薬師久弥; 分子性導体 $-(\text{C}_5\text{ET})_2\text{ClO}_4$ の誘電率とその緩和時間; 第 1 回分子科学討論会 2007 仙台, (2007); 20070918; 160206055
112. 新関彰一, 吉兼芙美子, 河野謙太郎, 高橋一志, 森初果, 坂東祥匡, 川本正, 森健彦; $-(\text{meso-DMBEDT-TTF})_2\text{PF}_6$ における非線形伝導; 第 1 回分子科学討論会 2007 仙台, (2007); 20070919; 160206054
113. 伊藤哲明, 小山田明, 前川覚, 石井康之, 田村雅史, 加藤礼三; $\text{EtMe}_3\text{P}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の圧力下 ^{13}C -NMR II; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007); 20070922; 160201048
114. 廣田敬幸, 西尾豊, 梶田晃示, 加藤礼三; $(\text{cation})[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ 系における相転移の熱・構造的な研究 II; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007); 20070922; 160201049
115. 高岡佑衣, 天野暁, 西尾豊, 梶田晃示, 加藤礼三; 小型クランプセルを用いた $\text{Et}_2\text{Me}_2\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の圧力下比熱測定; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007); 20070922; 160201050
116. 碓香織, 野田耕平, 木俣基, 寺嶋太一, 宇治進也, 高坂洋介, 山本浩史, 加藤礼三; 二機能性をもつ新規有機導体 $(\text{Me-3,5-DIP})[\text{Ni}(\text{dmit})_2]$ の磁性と伝導; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007); 20070922; 160201051
117. 深澤直人, 松原圭孝, 中島良平, 石川忠彦, 恩田健, 沖本洋一, 腰原伸也, 田村雅史, 加藤礼三; 遷移金属錯体 $\text{Et}_2\text{Me}_2\text{Sb}[\text{Pd}(\text{dmit})_2]_2$ の Dimer-Mott 絶縁体相における光誘起相転移現象の探索; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007); 20070922; 160201052
118. 川楯義高, 池田睦, 山本浩史, 田嶋尚也, 塚越一仁, 加藤礼三; シリコン基板上での BEDT-TTF 錯体合成と輸送特性の評価; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007);

20070922; 160201053

119. 田中寿, 斎藤優子, 原茂生, 加藤健一, 徳本圓; 微小電極を用いた分子性結晶の育成と電気特性の評価 V; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007); 20070923; 160204091
120. 久保和也, 中尾朗子, 山本浩史, 加藤礼三; シクロアルカンを有する Ni-ジチオレン錯体から構築される分子性導体の構造および伝導性; 第 57 回錯体化学討論会, (2007); 20070927; 160201054
121. 森初果; チェッカーボード型電荷秩序をもつ有機導体の超伝導および非線形伝導; 東京大学物性研究所記念シンポジウム—強相関電子系の新展開, (2007); 20071129; 160206092
122. 田中寿, 斎藤優子, 原茂生, 加藤健一, 徳本圓; 微小電極を用いた分子性結晶の育成と電気特性の評価 VI; 日本物理学会第 63 回年次大会, (2008); 20080300; 160204105
123. 吉兼芙美子, 新関彰一, 高橋一志, 森初果, 田中雅之, 薬師久弥; α -(meso-DMeET)2CF3SO₃ の室温非線形伝導; 日本化学会第 88 春季年会, (2008); 20080300; 160206085
124. 大知弘典, 高橋一志, 森初果, 高石慎也, 山浦淳一; 水素結合の一次元鎖構造を有する二成分結晶[4,6-dmpH][Hca]の誘電応答; 日本化学会第 88 春季年会, (2008); 20080300; 160206086
125. 高橋一志, 大知弘典, 森初果, 佐藤治; スピントロスオーバー現象による分子性固体の電子物性制御; 日本化学会第 88 春季年会, (2008); 20080300; 160206087
126. 高橋一志, 森中直紀, 吉兼芙美子, 森初果, 藤原哲也, 上床美也, 西尾豊, 梶田晃示; β -(meso-DMeET)2PF₆ におけるチェッカーボード型電荷秩序と超伝導の競合; 日本化学会第 88 春季年会, (2008); 20080300; 160206088
127. 市川俊, 山浦淳一, 森初果; ピラジン縮環系 STF 誘導体を配位子にもつ銅錯体の合成と物性; 日本化学会第 88 春季年会, (2008); 20080300; 160206089
128. 森中直紀, 吉兼芙美子, 高橋一志, 森初果, 藤原哲也, 上床美也, 西尾豊, 梶田晃示; β -(meso-DMeET)2PF₆ のチェッカーボード型電荷秩序と超伝導の競合; 日本物理学会第 63 回年次大会 (2008); 20080300; 160206090
129. 新関彰一, 吉兼芙美子, 高橋一志, 森初果, 坂東祥匡, 川本正, 森 健彦; 有機導体-(meso-DMBEDT-TTF)2PF₆ における時間分解非線形伝導測定; 日本物理学会第 63 回年次大会, (2008); 20080300; 160206091

ポスター発表(国内会議 45 件、国際会議 48 件)

学会発表 ポスター 国際

1. 松本睦良, 田中健一, 阿澄玲子, 近藤行成, 好野則夫; Structures of phase-separated Langmuir-Blodgett films of hydrogenated and perfluorinated amphiphiles; ECME (7th European Conference on Molecular Electronics), (2003); 20030911; 160205008
2. Shinya Kimura, Hideaki Suzuki, Tomoko Maejima, Miyuki Suto, Kazuki Yamashita, Shun Ichikawa, Hatsumi Mori, Hiroshi Moriyama, Tomoyuki Mochida, Yutaka Nishio, Kohji Kajita; Crystal Structures and Electrical Conductivities Controlled by CH/ n interactions; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), MON57 (2003); 20030922; 160206005
3. Ha-Jin Lee, Heng-Bo Cui, Hideki Fujiwara, Hayao Kobayashi, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi; Development of New Magnetic Organic Conductors Based on Donor Molecules

- with Stable Organic Radical Part; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030923; 160202006
4. Masafumi Tamura, Reizo Kato; Anisotropic triangular lattice antiferromagnets, [Pd(dmit)₂] salts: Frustration and dimensional crossover in spin-1/2 heisenberg systems; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160201003
 5. Madoka Tokumoto, Kentaro Ishii, Hisashi Tanaka, Hiroki Akutsu, Jun-ichi Yamada, Eun Sun Choi, James S. Brooks, Kohtaro Ishida; Magnetic Properties of the New d Organic Superconductor $-(\text{BDA-TTP})_2\text{FeCl}_4$; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160204029
 6. Luis Balicas, V. Barzykin, Kevin Storr, James S. Brooks, Madoka Tokumoto, Shinya Uji, Hisashi Tanaka, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Pressure-induced renormalization of the phase diagram of the field-induced superconducting state of $-(\text{BETS})_2\text{FeCl}_4$; ISCOM2003 (The Fifth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2003); 20030924; 160204062
 7. 久保和也, 中尾朗子, 加藤礼三, 松林玄悦; Structures and electrical conductivities of cation radical salts based on asymmetrical [Au(III)(C-N)(S-S)] type dithiolate complexes.; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040608; 160201006
 8. Hiroshi Yamamoto, Akiko Nakao, Reizo Kato; Development of crystalline nano-wires made of supramolecular conductors; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040627; 160201009
 9. 大坪才華, 崔亨波, 高橋一志, 小林速男, 藤原絵美子, 小林昭子; Crystal structures and physical properties of organic conductors based on unsymmetrical donors fused with a pyridazine and pyrazine ring; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040628; 160202029
 10. 崔亨波, 李夏珍, 藤原秀紀, 大坪才華, 高橋一志, 小林速男, 藤原絵美子, 小林昭子; Organic conductors based on donor molecules with stable organic radical spins; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040628; 160202030
 11. Kazuyuki Tkahashi, Hengbo Cui, Hidenori Fujiwara, Hayao Kobayashi, Emiko Fujiwara, Akiko Kobayashi; Preparation and Characterization of novel TTP Derivatives Connected with a Stable Organic Radical by a Long Covalent Bond Spacer; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040628; 160202031
 12. Kentaro Ishii, Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Takeo Otsuka, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi, Kohtaro Ishida; Measurements of Spin-Flop Transitions in Antiferromagnetic Organic Conductors using AFM Microcantilever; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040628; 160204045
 13. Shinya Kimura, Kazuki Yamashita, Hideaki Suzuki, Ryoma Chiba, Miyuki Suto, Tomoko Maejima, Shun Ichikawa, Hatsumi Moril, Yutaka Nishio, Koji Kajita, Tomoyuki Mochida, Hiroshi Moriyama; Pyrazino-fused organic conductors, C_nDTP-TTF and C_nDTP-STF (n= 5,6); ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040628; 160206075
 14. Hideaki Suzuki, Shun Ichikawa, Kazuki Yamashita, Shinya Kimura, Hatsumi Mori, Tomoyuki

- Mochida, Yutaka Nishio, Kohji Kajita; Crystal structure and conductivities of new hydrogen-bonded system; CnDT-EDO-TTF and BzDT-EDO-TTF; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040628; 160206076
15. Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Single-Component Molecular Conductors based on Metal Complexes; ICSM2004 (The International Conference on Synthetic Metals), (2004); 20040701; 160204048
 16. Kazuyuki Takahashi, Yasuaki Einaga, Osamu Sato, Hayao Kobayashi; Preparation and Properties of Novel Fe(III) Spin-Crossover Complexes with [M(dmit)₂] Anion; ICMM2004 (The IXth International Conference on Molecule-based Magnets), PB-039 (2004); 20040925; 160202036
 17. Madoka Tokumoto, Hisashi Tanaka, Takeo Otsuka, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Observation of Spin-Flop Transitions in Antiferromagnetic Organic Molecular Conductors using AFM Micro-cantilever; ICMM2004 (The IXth International Conference on Molecule-based Magnets), PB-082 (2004); 20041006; 160204052
 18. 渡邊智, 阿澄玲子, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; Structure of phase-separated Langmuir-Blodgett films of hydrogenated and fluorinated carboxylic acids; Korea Japan Joint Forum 2004 Organic Materials for Electronics and Photonics, (2004); 20041100; 160205023
 19. Hisashi Tanaka, Madoka Tokumoto, Shoji Ishibashi, Yoshinori Okano, David Graf, Eun Sun Choi, James S. Brooks, Syuma Yasuzuka, Hayao Kobayashi, Akiko Kobayashi; Observation of Magnetic Quantum Oscillations in a Single-Component Molecular Metal using a Microcantilever; The 8th Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena, (2004); 20041113; 160204053
 20. Kazuyuki Takahashi, Heng-Bo Cui, Yoshinori Okano, Hayao Kobayashi, Osamu Sato; The Coupling between Magnetic and Conducting Properties in a Spin-Crossover Molecular Semiconductor; ISCOM2005 (The 6th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors, and Ferromagnets), (2005); 20050900; 160202074
 21. 田中寿, 徳本圓, 石橋章司, David Graf, Eun Sun Choi, James S. Brooks, 安塚周磨, 岡野芳則, 小林速男, 小林昭子; Observation of Magnetic Quantum Oscillations in a Single-Component Molecular Metal Using a Microcantilever; The 54th Fujihara Seminar, Tomakomai, Japan, (2005); 20050901; 160204069
 22. Kazuya Kubo, Akiko Nakao, Masafumi Tamura, Reizo Kato, Genetsu Matsubayashi; Two electrically different molecular conductors based on unsymmetrical Au(III)-dithiolene complexes with similar crystal structures; ISCOM2005 (The 6th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors, and Ferromagnets), (2005); 20050912; 160201010
 23. Shinya Kimura, Shun Ichikawa, Kazuki Yamashita, Ryoma Chiba, Hatsumi Mori, Takehiko Mori, Yutaka Nishio, Kohji Kajita; Nitrogen-Introduced Organic Conductors, CnDTP-TTF, C2TP-TTP, and Related Materials; ISCOM2005 (The 6th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors, and Ferromagnets), (2005); 20050914; 160206029
 24. 田中寿, 原茂生, 徳本圓, 崔享波, 小林速男, 小林昭子; Observation of Antiferromagnetic Spin-Flop Transition in α -type BETS salts using AFM Microcantilever; ISCOM2005 (The 6th International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors, and Ferromagnets), (2005); 20050915; 160204071

25. Kazuyuki Takahashi, Heng-Bo Cui, Yoshinori Okano, Hayao Kobayshi, Osamu Sato; The Synergy between Magnetic and Conducting Properties in Molecular Conductors with Spin-Crossover Ions; Pacificchem2005 (International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), (2005); 20051216; 160202053
26. Kazuya Kubo, Akiko Nakao, Hiroshi M. Yamamoto, Reizo Kato; Preparation and physical properties of molecular conductors based on novel tto (tetrathiooxalate)- bridged polymetallic dithiolene complexes; Pacificchem2005 (International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), (2005); 20051217; 160201055
27. Yosuke Kosaka, Reizo Kato, Hiroshi M. Yamamoto, Akiko Nakao; Development of conductive supramolecular anion radical salts containing halogen-based supramolecular interactions; Pacificchem2005 (International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), (2005); 20051217; 160201056
28. 徳本圓, 原茂生, 田中寿, 小林昭子, 小林速男, Shozo Yoshizumi, James O'Brien; Sensitive torque magnetometry measurement of spin-flop transition in antiferromagnetic molecular crystals using AFM micro-cantilever; Pacificchem2005 (International Chemical Congress of Pacific Basin Societies), (2005); 20051218; 160204078
29. Yosuke Kosaka, Hiroshi M. Yamamoto, Akiko Nakao, Masafumi Tamura, Reizo Kato; Antiferromagnetic molecular metal (Me-3,5-DIP)[Ni(dmit)₂]₂ (Me-3,5-DIP = N-methyl-3,5-diiodopyridinium; dmit = 1,3-dithiol-2-thione-4,5-dithiolate); ICSM2006 (The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals), (2006); 20060704; 160201014
30. 田中寿, 徳本圓, 徳本貴久, Eun Sun Choi, James S. Brooks, 小林速男, 小林昭子; Magnetic torque measurement of antiferromagnetic transition on $\text{-(BETS)}_2\text{FeCl}_4$; ICSM2006 (The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals), (2006); 20060704; 160204059
31. 田中寿, 原茂生, Lientschnig Gunther, Hassanien Abdou, 徳本圓; Resistivity measurement of small crystals growing on fine patterned electrodes; ICSM2006 (The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals), (2006); 20060706; 160204058
32. 徳本圓, 水谷敏行, Yuri Sushko, 上床美也, 山本薫, 薬師久弥, 山田順一, 石田興太郎; Anomalous Pressure Effect on the Superconductivity in an Organic Molecular Conductor $\text{-(BDA-TTP)}_2\text{SbF}_6$; ICSM2006 (The International Conference on Science and Technology of Synthetic Metals), (2006); 20060706; 160204081
33. 田中寿, 原茂生, 徳本圓, 徳本貴久, Eun Sun Choi, James S. Brooks, 小林速男, 小林昭子; Magnetic Torque Study of Antiferromagnetic Transitions in - and - -type BETS salts using AFM Microcantilever; ICMM2006 (The Xth International Conference on Molecule-based Magnets), (2006); 20060815; 160204060
34. 木村秀人, 柴田裕史, 松本睦良; Two-Dimensional Pattern Formation in Phase-Separated Structures of Mixed Langmuir-Blodgett Films; 12th International Conference on Organized Molecular Films, Mo-P-58 (2007); 20070702; 160205062
35. 蓮見拓哉, 柴田裕史, 坂本文孝, 松本睦良; Characterization of Self-Assembled Monolayers Using Angle Resolved X-ray Photoelectron Spectroscopy; 12th International Conference on Organized Molecular Films, Mo-P-31 (2007); 20070702; 160205063
36. 渡邊 智, 柴田裕史, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; Two-Dimensional Nanopatterns using templates fabricated from phase-separated LB films; 12th International Conference on

Organized Molecular Films, Tu-P-74 (2007); 20070703; 160205064

37. 間崎卓明, 柴田裕史, 松本睦良; Synthesis and Film-Forming Properties of Partially Fluorinated Hybrid Carboxylic Acid and Partially Fluorinated Silane-Coupling Agent; 12th International Conference on Organized Molecular Films, Tu-P-18 (2007); 20070703; 160205065
38. 久保和也, 中尾朗子, 山本浩史, 加藤礼三; Microwave Synthesis of Multimetallic Dithiolene Complexes with Bridging Tetrathiooxalate (TTO) Ligands as Precursors for Molecular Conductors; ACCC (The first Asian conference on coordination chemistry), (2007); 20070801; 160201057
39. Minoru Ashizawa, Reizo Kato, Yoichi Takanishi, Hideo Takezoe; Solution-processed field effect transistors (FETs) made of liquid crystalline oligothiophenes; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070925; 160201058
40. Takashi Yamamoto, Kenichi Yamasawa, Ichiro Takahashi, Reizo Kato, Hiroshi Yamamoto, Atsuko Fukaya, Hiroki Akutsu, Akane Akutsu-Sato, Kyuya Yakushi, Peter Day; Technique for anisotropic extension of molecular crystals: Application to organic superconductors; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070925; 160201059
41. Shun Ichikawa, Kazuyuki Takahashi, Hatsumi Mori; Investigation of the Conducting Supramolecular Copper Complex Containing the Pyrazino-Fused Organic Donor as the Ligand; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070925; 160206060
42. Kentaroh Kohno, Hatsumi Mori, Hiroyuki Tajima, Jun-ichi Yamaura, Mikio Uruichi, Kyu-ya Yakushi; Coexistence of localized and itinerant electrons in molecular conductor $\text{-(C}_5\text{ET)}_2\text{ClO}_4$; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070925; 160206061
43. Kazuyoshi Yoshimi, Masaaki Nakamura, Hatsumi Mori; Superconductivity in the vicinity of charge ordered state in organic conductor $\text{-(meso-DMBEDT-TTF)}_2\text{PF}_6$; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070925; 160206062
44. Yasuyuki Ishii, Masafumi Tamura, Reizo Kato; High pressure magnetic study on the $[\text{Pd}(\text{dmit})_2]$ salts; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070926; 160201060
45. Masafumi Tamura, Yasuyuki Ishii, Reizo Kato; Valence bond physics in the frustrated quantum antiferromagnets, $[\text{Pd}(\text{dmit})_2]$ salts; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070926; 160201061
46. 田中寿, 斎藤優子, 原茂生, 加藤健一, 徳本圓; Resistivity measurement of tiny crystals of single-component molecular conductors using interdigital electrodes; ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070927; 160204092
47. Madoka Tokumoto, Hisashi Tanaka, Shigeo Hara, Takahisa Tokumoto, Eun Sang Choi, James S. Brooks, Akiko Kobayashi, Hayao Kobayashi; Magnetic Torque Measurements on Antiferromagnetic Transition in - and - -type BETS salts using AFM Microcantilever;

ISCOM2007 (The 2007 International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors and Ferromagnets), (2007); 20070927; 160204093

48. 徳本圓, 田中寿, 原茂生, 徳本貴久, Eun Sang Choi, James S. Brooks, 小林速男, 小林昭子; Magnetic Torque Measurement of Antiferromagnetic Transition in Molecular Conductors Using Microcantilever; 日中シンポジウム(北京), (2007); 20071027; 160204095

学会発表 ポスター 国内

1. 田中健一, 阿澄玲子, 近藤行成, 好野則夫, 松本睦良; Structural control of phase-separated LB films of perfluorinated and hydrogenated amphiphiles; 第14回日本MRS学術シンポジウム, (2002); 20021221; 160205006
2. 佐々匡昭, 藤原絵美子, 小林昭子, 瀧宮和男, 大坪徹夫, 藤原秀紀, 小林速男; TSF 骨格を有する中性遷移金属錯体[Ni(tsfdt)₂]の合成, 構造, 物性; 分子構造総合討論会 2003, (2003); 20030924; 160202008
3. 草本哲郎, 藤原絵美子, 小林昭子, 崔亨波, 大塚岳夫, 藤原秀紀, 小林速男; 二価の無機アニオンを有するBDT-TTP錯体の系統的研究; 分子構造総合討論会 2003, (2003); 20030924; 160202011
4. 崔亨波, 岡野芳則, 藤原秀紀, 小林速男, 小林昭子; BETSとMX₄-(M=In, Tl, X=Cl, Br)アニオンとの分子性伝導体の構造と伝導性; 分子構造総合討論会 2003, (2003); 20030924; 160202013
5. 前島倫子, 山下和樹, 須藤幸, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 森山広思, 西尾豊, 梶田晃示; 立体障害を導入したBEDT-TTF誘導体CnDT-EDT-TTF塩の合成と物性; 分子構造総合討論会 2003, 1Pa129 (2003); 20030924; 160206008
6. 鈴木秀明, 山下和樹, 須藤幸, 前島倫子, 木村伸也, 森初果, 森山広思, 西尾豊, 梶田晃示; 水素結合ネットワークを有するCnDT-EDO-TTFドナー分子の合成と電荷移動錯体の構造及び物性; 分子構造総合討論会 2003, 1Pa124 (2003); 20030924; 160206009
7. 藤原秀紀, 崔亨波, 李夏珍, 小林速男, 藤原絵美子, 小林昭子; PROXYLラジカルを有するTTPドナーのカチオンラジカル塩の構造と物性; 分子構造総合討論会 2003, (2003); 20030927; 160202010
8. 藤原絵美子, 小林昭子, 藤城雄一, 西堀英治, 高田昌樹, 坂田誠, 藤原秀紀, 小林速男; 単一成分分子から成るTTF型ジチオラトコバルト錯体の合成, 構造と物性; 分子構造総合討論会 2003, (2003); 20030927; 160202012
9. 鈴木和佳子, 藤原絵美子, 小林昭子, 田中寿, 藤原秀紀, 岡野芳則, 小林速男; 拡張TTF型ジチオレン配位子を有する単一成分分子性金属[Ni(dmdt)₂]の構造; 分子構造総合討論会 2003, (2003); 20030927; 160202014
10. 崔亨波, 李夏珍, 高橋一志, 大坪才華, 小林速男, 藤原秀紀, 藤原絵美子, 小林昭子; PROXYLラジカルを有するTTPドナーとMCl₄-(M=Fe, Ga)錯体の構造と物性; 日本化学会第84春季年会, 1A3-39 (2004); 20040326; 160202025
11. 市川俊, 木村伸也, 須藤幸, 森初果, 持田智行, 西尾豊, 梶田晃示; 立体障害を導入した新規含窒素有機伝導体の開発; 日本化学会第84春季年会, 1pB-36 (2004); 20040326; 160206074
12. 大坪才華, 高橋一志, 小林速男, 藤原秀紀, 藤原絵美子, 小林昭子; TEMPOラジカルを有するドナー分子の合成と物性; 日本化学会第84春季年会, 2A3-34 (2004); 20040327; 160202026

13. 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 持田智行; 分子間水素結合を有するクロラニル酸およびブロマニル酸-ジアジニウム系錯体の誘電挙動と結晶構造; 分子構造総合討論会 2004, 1P009 (2004); 20040927; 160206012
14. 市川俊, 木村伸也, 前島倫子, 森初果, 森山広思; 立体障害を導入した新規含窒素有機伝導体の合成とその伝導度および構造; 分子構造総合討論会 2004, 3P015 (2004); 20040929; 160206013
15. 前島倫子, 千葉竜麻, 吉見一慶, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 山浦淳一, 川本正, 森健彦, 森山広思, 西尾豊, 梶田晃示; 新規有機伝導体 -((R,S)DMBEDT-TTF)₂PF₆ の構造と物性; 分子構造総合討論会 2004, 3P017 (2004); 20040929; 160206014
16. 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 持田智之; 分子間水素結合を有するクロラニル酸-ジアジニウム系錯体の結晶構造と誘電挙動; 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050326; 160206021
17. 眞鍋敏夫, 武井文雄; 平面ニッケル複核錯体をビルディングブロックとした集積型金属錯体の合成と性質(4); 日本化学会第 85 春季年会, (2005); 20050327; 160205024
18. Shinya Kimura, Shun Ichikawa, Kazuki Yamashita, Ryoma Chiba, Hatsumi Mori, Takehiko Mori, Yutaka Nishio, Koji Kajita; Pyrazino-fused Organic Conductors, CnDTP-TTF and C2TP-TS-TTP; ISMC2005 (International Symposium on Molecular Conductors -Novel functions of molecular conductors under extreme conditions-), (2005); 20050717; 160206024
19. Hideaki Suzuki, Shinya Kimura, Tomoyuki Mochida, Hatsumi Mori; Dielectric response and crystal structures of 1:2 complexes of chloranilic acid with diazine; ISMC2005 (International Symposium on Molecular Conductors -Novel functions of molecular conductors under extreme conditions-), (2005); 20050717; 160206025
20. Shun Ichikawa, Shinya Kimura, Hiroyuki Tajima, Hatsumi Mori; Synthesis, crystal structure, and magnetic property of copper complex containing bis-pyrazino tetrathiafulvalene as ligand, [CuCl₂(BP-TTF)]; ISMC2005 (International Symposium on Molecular Conductors -Novel functions of molecular conductors under extreme conditions-), (2005); 20050717; 160206026
21. Kazuyoshi Yoshimi, Kohji Kohno, Ryoma Chiba, Tomoko Maejima, Hideaki Suzuki, Shinya Kimura, Takeo Kato, Hiroyuki Tajima, Yutaka Nishio, Kajita Kajita, Hiroyuki Moriyama, Hatsumi Mori; Magnetic property for ET derivative salt under negative chemical pressure, -(C5ET)₂PF₆; ISMC2005 (International Symposium on Molecular Conductors -Novel functions of molecular conductors under extreme conditions-), (2005); 20050717; 160206027
22. 渡邊智, 阿澄玲子, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; 混合 LB 膜の相分離構造制御; 第 58 回コロイドおよび界面化学討論会, (2005); 20050910; 160205028
23. 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 持田智之; 分子間水素結合を有するクロラニル酸-1,2-ジアジン錯体の結晶構造と誘電挙動; 分子構造総合討論会 2005, (2005); 20050926; 160206033
24. 河野謙太郎, 吉見一慶, 千葉竜麻, 鈴木秀明, 木村伸也, 森初果, 田島裕之, 西尾豊, 梶田晃次; 立体障害を導入した C5ET 塩の構造と磁性; 分子構造総合討論会 2005, (2005); 20050926; 160206035
25. 木村秀人, 松本睦良; 長鎖脂肪酸とハイブリッドカルボン酸混合 LB 膜の相分離構造; 第 16 回日本 MRS 学術シンポジウム, B1-P02-B (2005); 20051210; 160205056
26. 蓮見拓哉, 松本睦良, 渡邊 智, 酒井秀樹, 阿部正彦; 末端二重結合を持つシランカップリング剤のラングミュア-プロジェクト膜と自己組織化膜の構造; 第 16 回日本 MRS 学術シンポジウム, B1-P03-B (2005); 20051210; 160205057

27. 木村伸也, 市川俊, 森初果; 金属錯体の形成を目的とした, オキシム置換TTFの合成と結晶構造; 日本化学会第 86 春季年会, (2006); 20060330; 160206042
28. 渡邊智, 柴田裕史, 酒井秀樹, 阿部正彦, 坂本文孝, 松本睦良; 混合 LB 膜を用いたナノパターンニング; 第 45 回日本油化学会年会, p-92 (2006); 20060909; 160205033
29. 木村秀人, 柴田裕史, 松本睦良; 三成分混合 LB 膜の相分離; 第 45 回日本油化学会年会, p-93 (2006); 20060909; 160205034
30. 蓮見拓哉, 柴田裕史, 松本睦良; 末端に官能基を有するシランカップリング剤で作製した自己組織化膜の構造と反応; 第 45 回日本油化学会年会, p-88 (2006); 20060909; 160205035
31. 渡邊智, 柴田裕史, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; 相分離混合 LB 膜を用いたテンプレート作製; 第 59 回コロイドおよび界面化学討論会, p-105 (2006); 20060915; 160205030
32. 木村秀人, 柴田裕史, 松本睦良; シランカップリング剤を含む三成分系混合 LB 膜の相分離構造; 第 59 回コロイドおよび界面化学討論会, p-119 (2006); 20060915; 160205031
33. 蓮見拓哉, 柴田裕史, 松本睦良; 末端に官能基を有する自己組織化膜の構造と反応; 第 59 回コロイドおよび界面化学討論会, p-128 (2006); 20060915; 160205032
34. 鈴木秀明, 森初果, 山浦淳一, 松田真生, 田島裕之, 持田智行; クロラニル酸-ジアジン錯体の分子間プロトン運動による誘電応答; 分子構造総合討論会 2006, (2006); 20060922; 160206045
35. 間崎卓明, 柴田裕史, 松本睦良; フッ化炭素鎖を有するハイブリッドカルボン酸およびシランカップリング剤の合成と膜形成特性; 第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム, B-P16-M (2006); 20061210; 160205045
36. 佐藤貴寛, 柴田裕史, 渡邊 智, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; 相分離ラングミュア プロジェット膜から構築されたテンプレートの無電界メッキ; 第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム, B-P10-M (2006); 20061210; 160205046
37. 渡邊智, 柴田裕史, 酒井秀樹, 阿部正彦, 松本睦良; シランカップリング剤を含む相分離混合 LB 膜を用いたテンプレートの作製; 第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム, B-P15-M (2006); 20061210; 160205047
38. 蓮見拓哉, 柴田裕史, 松本睦良, 坂本文孝; 角度分解型 X 線光電子分光法による自己組織化膜の評価; 第 17 回日本 MRS 学術シンポジウム, B-P20-M (2006); 20061210; 160205049
39. 河野謙太郎; 分子性導体(C5ET)2ClO4 の電子状態とその誘電応答; 「分子性導体の機能・構造関連の研究と放射光利用」研究会, (2007); 20070602; 160206051
40. 森中直紀, 吉兼芙美子, 高橋一志, 森初果, 西尾豊, 梶田晃示; 立体障害を導入した -(meso-DMeET)2PF6 の電荷秩序と超伝導の競合; 第 1 回分子科学討論会 2007 仙台, (2007); 20070917; 160206056
41. 市川俊, 高橋一志, 田島裕之, 森初果; Pyra-STF とその誘導体を配位子とする銅錯体の構造と磁性; 第 1 回分子科学討論会 2007 仙台, (2007); 20070919; 160206057
42. 吉兼芙美子, 新関彰一, 市川俊, 高橋一志, 森初果; meso-DMeET 及び meso-DMeET-STF 塩の誘電応答と電場応答 ; 第 1 回分子科学討論会 2007 仙台, (2007); 20070920; 160206058
43. 武田啓司, 森初果, 山口明, 石本英彦, 中村貴義, 栗城眞也, 賣角敏也, 大越慎一; 高温超伝導 mSQUID 磁束計によるマイクロ結晶の磁化測定; 日本物理学会第 62 回年次大会, (2007); 20070921; 160206063

44. 木村秀人, 渡邊智, 佐藤貴寛, 柴田裕史, 松本睦良; 混合LB膜の相分離パターンを利用した自己組織化制御; 第60回コロイドおよび界面化学討論会, (2007); 20070922; 160205067
45. 間崎卓明, 柴田裕史, 松本睦良; フッ化炭素鎖を有するシランカップリング剤の合成及びその分子を含む混合LB膜の相分離構造; 第60回コロイドおよび界面化学討論会, (2007); 20070922; 160205068

(4)特許出願

国内出願 (11 件)

1. 発明の名称: ナノ構造の直線溝又は螺旋溝を有する有機薄膜体及びその製造方法
発明者: 松本睦良、阿澄玲子、酒井秀樹、阿部正彦、好野則夫
出願人: 独立行政法人産業技術総合研究所
出願日: 平成 16 年 12 月 14 日
出願番号: 特許出願 2004-360660
公開日: 平成 18 年 6 月 29 日
公開番号: 特許公開 2006-171131
2. 発明の名称: 低分子オルガノゲル化剤及びこれを用いた低分子オルガノゲル
発明者: 中村貴義、芥川智行
出願人: 科学技術振興機構 (JST)
出願日: 平成 15 年 7 月 14 日
出願番号: 特許出願 2003-274290
公開日: 平成 17 年 2 月 10 日
公開番号: 特許公開 2005-36101
3. 発明の名称: 有機半導体ドット作製材料、有機半導体ドット構造体及び有機半導体ドットの作製方法
発明者: 中村貴義、芥川智行
出願人: 科学技術振興機構 (JST)
出願日: 平成 15 年 7 月 17 日
出願番号: 特許出願 2003-276273
公開日: 平成 17 年 2 月 10 日
公開番号: 特許公開 2005-39130
4. 発明の名称: 有機半導体薄膜作製材料、有機半導体薄膜構造体及び有機半導体薄膜の作製方法
発明者: 中村貴義、芥川智行
出願人: 科学技術振興機構 (JST)
出願日: 平成 15 年 7 月 18 日
出願番号: 特許出願 2003-276375
公開日: 平成 17 年 2 月 10 日
公開番号: 特許公開 2005-35952
5. 発明の名称: 多座配位子、複核金属錯体、金属錯体鎖、及び金属錯体集積構造物
発明者: 眞鍋 敏夫、武井 文雄
出願人: 富士通株式会社

出願日: 平成 17 年(2005)2 月 16 日
出願番号: 特願 2005-39875

6. 発明の名称: 多座配位子、複核金属錯体、金属錯体鎖、及び金属錯体集積構造物
発明者: 眞鍋 敏夫、武井 文雄
出願人: 富士通株式会社
出願日: 平成 18 年(2006)01 月 31 日
出願番号: 特願 2006-023735
7. 発明の名称: Element, thin film transistor and sensor using the same, and method of manufacturing element (素子、これを用いた薄膜トランジスタ及びセンサ、ならびに素子の製造方法)
発明者: 山本浩史、重藤訓志、塚越一仁、八木巖、加藤礼三
出願人:
出願日: 2004 年 4 月 20 日
出願番号: No.2004-123757
国際出願番号: P C T / J P 2 0 0 5 / 0 0 7 9 4 5
国際公開番号: W O 2 0 0 5 / 1 0 4 2 6 0
国内出願番号(移行): 特願 2 0 0 6 - 5 1 2 6 4 2
8. 発明の名称: Single crystal, nanowire metal, electric device, and method of manufacturing nanowire metal (結晶、ナノ配線材料、電子素子、及び、ナノ配線用材料の製造方法)
発明者: 山本浩史
出願人:
出願日: 2004 年 6 月 17 日
出願番号: No.2004-179175
国際出願番号: P C T / J P 2 0 0 5 / 0 1 1 3 9 3
国際公開番号: W O 2 0 0 5 / 1 2 3 6 3 7
9. 発明の名称: Switching Device(スイッチング素子)
発明者: 山本浩史、伊藤裕美
出願日: 2006 年 3 月 24 日
出願番号: No.2006-082199
10. 名称「光媒体及びそれを用いた光素子」
発明者: 岩井伸一郎、山本薫、薬師久弥、岡本博、森初果、柏崎暁光、平松扶季子
提出日: 平成 17 年 6 月 28 日
特願 2005-188677
11. 名称「固体物質の誘電性制御方法、ポーラス誘電性物質の製造方法及びポーラス誘電性物質」
発明者: 小林速男、高橋一志
出願人: 自然科学研究機構
出願日: 20050805
出願番号: 特願 2005 - 227669
公開日: 平成 17 年 2 月 15 日
公開番号: 特許公開 2007-42982

海外出願 (1件)

1. 発明の名称: 多座配位子、複核金属錯体、金属錯体鎖、及び金属錯体集積構造物

発明者: 眞鍋 敏夫、武井 文雄

出願人: 富士通株式会社

出願日: 平成 15 年(2003)3 月 14 日

出願番号: 特願 2003-576392

PCT 番号: PCT/JP2003/003086

(5)受賞等

受賞

小林 速男

日本化学会賞、「磁性有機超伝導体及び単一分子性金属の研究」(2006 年 3 月)

小林 速男、ほか 7 名

BCSJ 論文賞受賞、論文タイトル: “BDT-TTP-Based Conductors Containing Divalent Magnetic and Non-magnetic Anions”, T. Kusamoto, E. Fujiwara, A. Kobayashi, H. Cui, T. Otsuka, Y. Okano, H. Fujiwara, H. Kobayashi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 2006, **79**, 527-536.

田中 寿

Best Poster Prize (ICSM 2006)、2006 年 7 月 4 日に Dublin, Ireland で開催された International Conference on Synthetic Metals (ICSM 2006)において発表した “微小電極を用いた伝導度測定”に対して受賞

徳本 圓

The Jack E. CROW Prize, Presented at the Sixth International Symposium on Crystalline Organic Metals, Superconductors, and Ferromagnets (ISCOM VI) September 11-16, 2005, Key West, Florida, USA

田中 寿

Challenger 21 Prize, Presented at the International Symposium on Molecular Conductors (ISMC2005), July 17-21, 2005, Hayama, Japan において”単一分子性金属のフェルミ面の証明“の業績に対して、分子性導体研究の若手に贈られる賞を受賞

渡邊 智

MRS-J 若手奨励賞(Certificate of Award for Encouragement of Research of Materials Science): 第16回日本 MRS 学術シンポジウムにおける発表に対して (2005 年 12 月 28 日)

藤原 秀紀

日本化学会進歩賞、「磁性と伝導性の双機能性を有する分子性伝導体の開発と物性」(2004 年、3 月)

新聞報道

- 1) 「単一分子で金属性証明」、日刊工業新聞、2004 年 11 月 5 日、
- 2) 有機サイリスタ: NHK ニュース (平成 17 年 9 月 23 日 7 時のニュース)、朝日新聞 (平成 17 年 9 月 27 日)、C & E News 他、新聞各紙多数
- 3) 平成 18 年 1 月 19 日掲載、日刊工業新聞 (26 面)、「化学反応で有機単結晶デバイス - 理研が整流作用確認 - 」
- 4) 平成 18 年 1 月 23 日掲載、化学工業日報 (朝刊 11 面)、「電荷有機分子デバイス作製 - ナノ単結晶化で成功、低温で絶縁体転移起こらず - 」

- 5) 平成 18 年 1 月 27 日掲載, フジサンケイビジネスアイ(9 面), 「単結晶デバイスを基板に直接作製 - 電子材料等へ活用期待 - 」
- 5) 平成 19 年 7 月 18 日掲載, 半導体産業新聞(8 面), 「電荷持つ有機分子で単結晶デバイス作製 相転移トランジスターとしても期待 」

その他

- 1) 村田恵三「徳本 圓氏が The Jack E. CROW Prize を受賞」日本物理学会誌 2006, Vol.61, No.1, p.46、平成 18 年 1 月 5 日発行
- 2) 平成 18 年 7 月, 週間ナノテク(7 月 9 & 16 合併号), 「電荷を持つ有機分子で単結晶デバイスを作製 超伝導体と絶縁体のスイッチ機能持つ相転移トランジスターとしても期待 」

7 研究期間中の主な活動(ワークショップ・シンポジウム等)

年月日	名称	場所	参加人数	概要
平成 14 年 11 月 16 日	チームミーティング	東京大学物性研究所	11 名	研究計画の発表及び打ち合わせ
平成 15 年 7 月 5 日	チームミーティング	東京大学理学部スペクトル化学研究センター	11 名	研究発表及び打ち合わせ
平成 16 年 3 月 5 日	チームミーティング	東京大学本郷キャンパス山上会館	10 名	研究発表及び打ち合わせ
平成 16 年 8 月 2 日	チームミーティング	東京大学理学部スペクトル化学研究センター	11 名	研究状況の発表、全体討論
平成 16 年 1 2 月 15 日 ~ 16 日	国際シンポジウム	大阪国際会議場 (グランキューブ大阪)	40 名	研究成果の発表
平成 17 年 8 月 6 日	チームミーティング	東京大学山上会館	13 名	各グループの研究成果・進展状況の発表及びまとめ
平成 17 年 1 0 月 8 日	チームミーティング	東京大学山上会館	13 名	各グループの研究成果・進展状況の発表及びまとめ
平成 18 年 4 月 8 日	チームミーティング	キャンパスイノベーションセンター	11 名	各グループの研究成果・進展状況の発表及びまとめ
平成 19 年 7 月 22 日	チームミーティング	キャンパスイノベーションセンター	14 名	これまでの各グループの研究成果・最近の進展状況の発表

8 研究成果の展開

- (1)他の研究事業への展開
特にありません

(2)実用化に向けた展開

特にありません

9 他チーム、他領域との活動とその効果

(1)領域内の活動とその効果

小林グループは田中チームの冨田氏と共に分子性金属微小結晶の伝導度測定を目指して、微小結晶育成用の基板作成を行った。この研究は冨田氏の移動及び小林グループで仕事を担当した高橋氏の移動によって完結できなかったが、同様な仕事は少し遅れて、小林チームの徳本グループで独自に展開され、単一分子性金属の抵抗測定を実現した。最近同様な方法による有機伝導体の微小結晶の抵抗測定が我が国の他のグループによっても行われるようになった。

杉本グループは石田チームの石田氏と共同研究を行い、杉本グループで作成した新しい分子性強磁性体について、共振回路法を利用して強磁性転移温度を決定した。

(2)領域横断的活動とその効果

特にありません

10 研究成果の今後の貢献について

(1)科学技術の進歩が期待される成果

- (ア) 一種類の分子だけで金属結晶を形成することができるという発見は、伝統的な分子や分子物質の概念を超えるもので、意義は大きい。
- (イ) 単一分子性金属の開発により、物質分子科学の新しいフロンティアが開かれた。
- (ウ) 有機サイリスタの発見は分子性伝導体の隠れたデバイス機能を明らかにしただけではなく、有機伝導体特有の新たな高次構造である電荷整列現象を外場で制御することにより、分子性伝導体を舞台に新規な非線形伝導現象が展開されることを明らかにし、分子性伝導体研究の発展の方向を提示できた。
- (エ) 微小結晶のための新たな磁気、伝導物性の測定手段を開拓した。従来、測定手段がなく研究が進まなかった興味ある導電性物質の研究が進展するものと思われる。また、高温超電導体を用いたマイクロ磁束系は医療機器として利用される可能性が高い。
- (オ) 分子性導体の物性を支配する分子間相互作用の制御のために超分子化学的手法を研究したが、この考え方は今後さらなる新しい分子性ナノ構造体の創出に寄与するであろう。
- (カ) シリコン基板上での分子性導体の微小単結晶成長技術は、分子デバイス開発の第一歩であるだけでなく、従来4端子法が適用できなかった微小単結晶の電気抵抗測定を可能にする等、基礎物性評価の分野でも重要な役割を果たすであろう。
- (キ) 従来、多核ジチオレン金属錯体の合成法や分離精製法が確立されていなかった。本研究では、目的物の同定に ESI-Mass スペクトルを、分離精製には HPLC (ODP)を用いたが、これは今後錯体化合物合成において、広く応用できる技術である。
- (ク) ポラス強誘電体の発見は新規な機能性物質の開発に大きな示唆を与えただけでなく、今後ナノ空間に閉じ込められたな分子集団の研究という新たな基礎物理化学研究課題を提示することになった。
- (ケ) 分子集合体における超分子ローター構造の設計は、高効率なエネルギー変換を実現する生物分子モーターを模倣したデバイスプロトタイプとして重要である。回転の方向性や周波数等を外場で制御することで、分子回転に伴う誘電特性の変調が磁性等とカップリングした新規な分子性材料の創製が可能になる。
- (コ) 相分離 LB 膜では、分子間相互作用の調整による二次元パターンの制御から、二次元相分離の機構解明が期待される。同時に、分子設計により望みの二次元パターン形成が可能となり、そこから作製されるテンプレートをを用いることで、無機化合物、有機化合物を

問わず種々の物質との集積ナノ構造の作製とデバイス化が可能となり、ナノサイエンスの発展への寄与が可能である。

(2) 社会・経済の発展が期待される成果

- (ア) 単一分子だけでできた金属は無機金属とは違い、超微粒子にしても非常に安定である。無機金属元素と違いナノワイヤとしても安定であると思われるので、将来ナノ加工技術が発展してくれば、新たなナノ構造材料としてさまざまな可能性が開かれてくると思われる。
- (イ) 単一分子性金属、 $[Pt(tmdt)_2]$ は微粉末結晶を固めただけでヘリウム温度まで金属的な抵抗の温度変化を示す。適当な溶剤と混ぜることができれば新たな導電素材としての用途が開かれると思われる。
- (ウ) 固相超分子ローターや相分離 LB 膜から得られる集積ナノ構造は、分子性誘電材料や簡便なナノ構造体の形成技術に応用可能である。分子性材料の柔軟性と自己組織化を利用することで、電子デバイス等の分野に応用されると期待できる。
- (エ) 高温超伝導体素子を用いたマイクロ SQUID は新しい物性測定用の機器としてだけではなく将来は医療機器として用いられるものである。

11 結び

ナノサイズの分子を積み上げることにより新規な電子機能性を示す分子システムを構築するという構想の下に(1)単一分子性金属、(2)超分子作用により分子配列制御された分子導体、及び、局在磁気モーメントを取り込んだ磁性有機伝導体、(3)ポーラス誘電体及び分子ローター構造を持つ分子集合体、(4)LB 膜を利用した分子集合体の材料化、及び、(5)従来の物性測定技術では調べることのできないマイクロな試料の物性測定技術の開発、について研究を進めた。各々の課題について、(1a)単一分子性金属のフェルミ面の観測、(1b)高い転移温度を持つ単一分子性磁性金属等種々の新規な単一分子性金属の開発、(2a)有機サイリスタ効果等非線形伝導性を示す有機伝導体、(2b)新規な磁性伝導体、有機超伝導体の開発、(3a)ポーラス分子性結晶を用いたフェリ磁性強誘電体の開発、(3b)分子ローターの外場による回転制御の実現と強誘電現象の発見、(4a)LB 膜を用いた分子ワイヤの構築と伝導性評価、(4b)相分離 LB 膜を用いた分子なテンプレートの作成とテンプレートを用いた金属ナノワイヤの作成、(5a)AFM マイクロカンチレバーを用いた単一分子性金属の極微小単結晶の磁気量子振動の観測、(5b)櫛形電極を用いた極微小結晶の抵抗測定、(5c)金属ナノ電極間のナノ有機導体結晶によるワイヤリング、(5d)高温超伝導素子を用いたマイクロ SQUID の構築、等を実現し、ほぼ当初の目標は達成できたものと考えている。

物質の開発研究についてはすでに多くの研究者が研究を行っている著名な物質の研究を組織を作って研究する場合、新規な機能性分子物質の開拓を目的とする場合では研究の進め方が非常に異なると思われる。前者の場合は物質開発としては物質の製造法、高品質化等が重要であり、大きな組織を作って研究すれば、ある程度の「成果」が挙げられることは確実に保障されている。しかし、新規物質の開発は非常にリスクが大きい。ある程度ターゲットが絞られた時には物質開発を絨緞爆撃的に組織的に展開することも可能であるが、ほとんどの新規物質の場合には絨緞爆撃的研究も不可能である。目覚しい物質は長い陳腐な研究の繰り返しの中から見出されることが多いものと思われる。このような研究は研究費の「投資効率」を考えると、プロジェクト研究としては成り立ち難いと思われる。また、チーム代表者に要求されるリーダーシップと新規物質の開発研究に必要なチームメンバーが主体的に研究できる体制とは一見両立し難いようでもあるが、今回、福山領域で本研究計画のような分子物質開発研究に比重をおいた研究計画を取り上げていただいたことは、短期的な研究成果だけではなく、研究成果を長期的なスパンで考えていただけたものと思ひ、感謝している。将来とも是非、長期的展望の下に基礎科学を援助するという視点の下に、物質開発的研究課題を採用していただきたく希望します。

若手研究者の育成に関しては現行の(短い)任期付の採用制度は若手研究者ばかりでなく若手を採用するシニアな研究者にとっても落ち着いて研究を遂行するには十分なものではないと思ひ

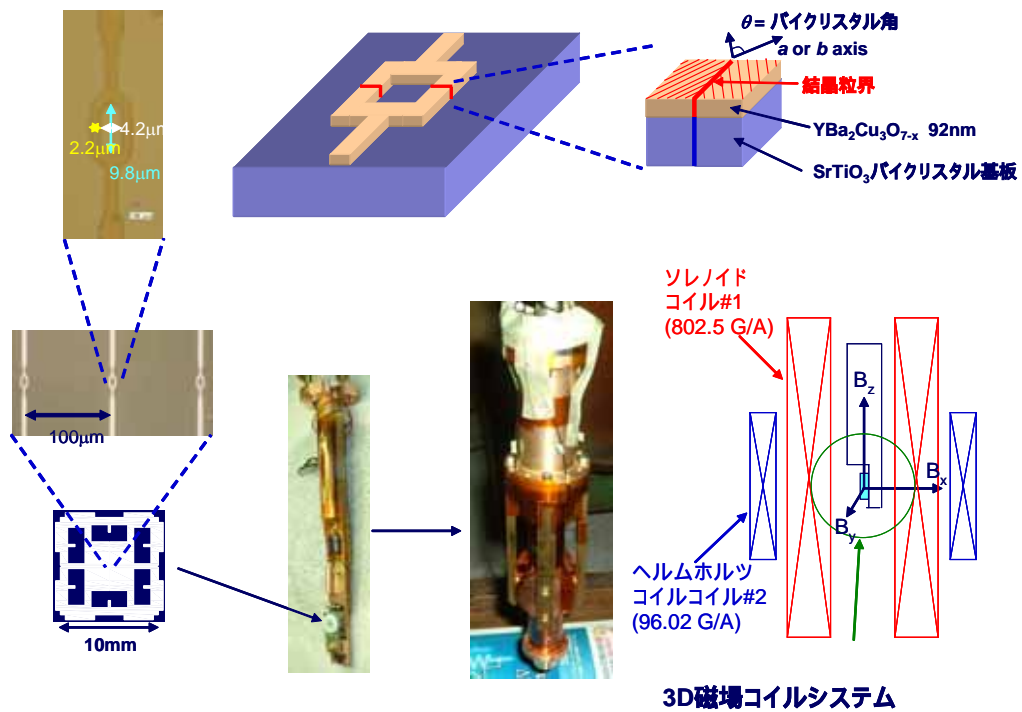
ます。科学全体の問題ですが、長期間に渡って落ち着いて研究できる体制を作り出すような制度を考えていただきたいと思っています。



第一回チームミーティング(平成14年11月16日)の際の福山総括を囲んだチームメンバーの集合写真



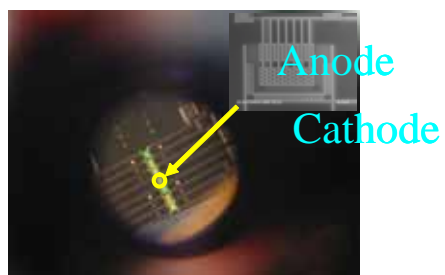
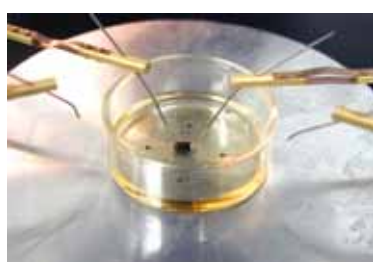
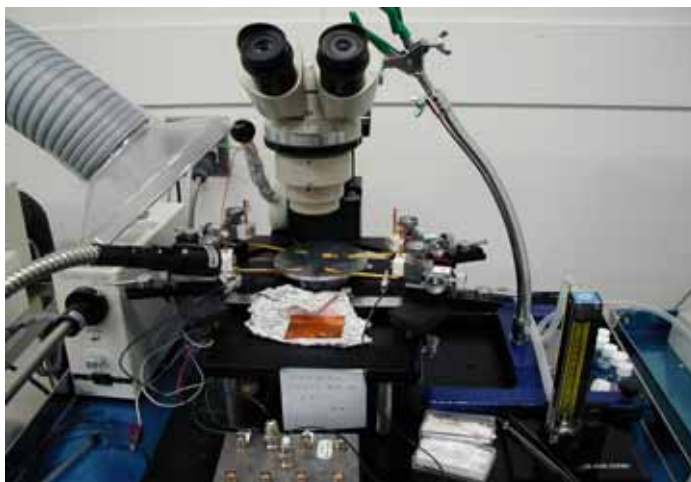
分子物質の開発研究で活躍した
X線構造解析装置



マイクロ試料の磁気測定を目的に組み立てられた高温超伝導体マイクロ SQUID



単一分子性金属、 $[\text{Ni}(\text{tmdt})_2]$ の微小単結晶の磁気トルク実験によるドハースーファンアルフェン振動観測がなされた米国国立強磁場研究所 National High Magnetic Field Laboratory(NHMFL)の45 テスラのハイブリッド磁石と用いられた結晶試料



シリコン基板上での、分子性導体の微小単結晶成長とその電気特性の実験に用いられた装置と試料部