

加藤分子物性研究室
Condensed Molecular Materials Laboratory



主任研究員 加藤 礼三 (理博)
KATO, Reizo (Dr. Sci.)

キーセンテンス：

1. 新しい超分子構造を開発し，その電子物性を解明する
2. 分子性固体における，結晶構造と電子物性との相関を解明する
3. 物理的あるいは化学的手法によって，分子性導体の電子状態を制御する

キーワード：

分子性固体、分子性導体、分子素子、超分子、結晶構造、電子構造、電気・磁氣的性質、光誘起相転移、超伝導、強相関電子系

研究概要

当研究室は，純粋な有機物から遷移金属錯体まで多岐にわたる「分子」を構成成分とする，機能性物質，特に超伝導体を含む電気伝導体の開発を行っている。分子性導体は，みかけの複雑さに反して，明快で見通しの良い電子構造を持つ。その多様な物性は，低次元性，強い電子相関，格子の柔らかさ等に由来している。分子性導体では，多様な分子修飾が可能であり，分子修飾による物性の精緻な制御が可能である。我々は，分子集合体の物性を合成化学的手法で制御することによって新しい物質を創造し，分子の特性を反映した新しい機能や現象を見いだすことを目指している。

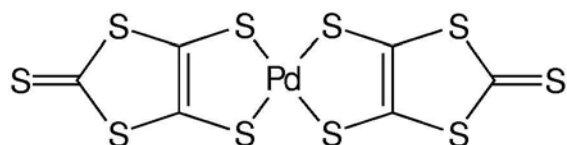
1. 金属錯体系分子性導体の開発

ジチオレン金属錯体は，伝導性や磁性の観点から非常に興味深い物質群である。その特徴の一つは，HOMOとLUMOのエネルギーが小さい点にある。単一成分分子性金属の実現もこの性質に由来する。また，Pd(dmit)₂ (Scheme) のアニオンラジカル塩では，この性質と強い2量体形成とが相まって，HOMOとLUMOの準位交叉が起こり，軌道の自由度が物性に反映される。

(1) 分子性導体β'-EtMe₃Sb[Pd(dmit)₂]₂のスピ液体状態(加藤、田嶋(陽)、田嶋(尚)、山本(浩)、崔、久保;福永)

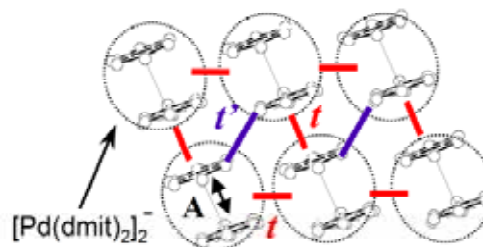
Pd(dmit)₂のアニオンラジカル塩の多くは，伝導性アニオン層と絶縁性カチオン層とが交互に繰り返される層状構造を有し，アニオン層では2量体ユニット[Pd(dmit)₂]₂が準三角格子を形成している。常圧では，ほとんどがMott絶縁体であり，フラストレートした量子スピン系を形成している。この系では，フラストレーションの度合いは対カチオンの選択という化学的手法で制御できる。その中で，正三角形に近い格子を持つEtMe₃Sb塩は，約19mK(磁気相互作用Jの0.01%以下)まで磁気秩序化やスピングラス化を示さず，スピン-重項対が組み変わりながら揺らぐResonating Valence Bond (RVB)型の量子スピン液体状態が実現している可能性が大きい。共同研究者と，選択的¹³C-置換試料を用いたNMR、熱容量、熱伝導率の測定を行うと共に，低温(4.5K)における結晶構造解析を行った。2量体間の相互作用は，室温ではほぼ正三角形に近いが，4K付近ではかなり異方性が大きくなる(図)。NMRおよび熱伝導率測定の結果は，1K以下でなんらかのギャップが形成されていることを示している。このギャップが他のPd(dmit)₂塩で観測されている電荷分離やValence bond solid(VBS)に関与している可能性は低いと考えている。なぜなら，電荷分離を示すEt₂Me₂Sb塩のカチオン部位にEtMe₃Sb⁺を加えた混晶系では急速に電荷分離転移が消失する、また、アニオンカラムがすべて平行なEtMe₃P塩と異なり立体交差型のカラム構造を有するEtMe₃Sb塩ではVBSを伴う格子変形は起こりにくいと考えられるからである。一方、熱容量の温度依存性には温度に比例する項が存在し、スピン励起にギャップレスな成分が存在することを示している。また、3~4K付近にスピ液体状態へのクロスオーバーと考えられるブロードな熱異常が観測された。以上述べたすべての実験結果を説明する描像は未だ得られていない。

(dmit= 1,3-dithiole-2-thione-4,5-dithiolate)



Pd(dmit)₂

Scheme



Transfer integral (meV)

	A	<i>t</i>	<i>t'</i>	<i>t'</i> / <i>t</i>
R. T.	454	28	26	0.93
4.5 K	483	34	27	0.79

図 EtMe₃Sb 塩の三角格子と Transfer 積分

(2) ダイヤモンドアンビルセルを用いた超高压下での分子性導体β'-Me₄P[Pd(dmit)₂]₂の電氣的性質(崔、田嶋(尚)、加藤)

金属錯体Pd(dmit)₂のアニオンラジカル塩は準三角格子を持つ物質で、Et_xMe_{4-x}Z⁺ (x= 0-2, Z=N, P, As, Sb)など嵩高さの異なるカチオンによる物性制御が可能である。最近では、スピン液体状態やValence bond solid状態などの新しい物性が数多く発見されてきた。この系の多くは常圧でモット絶縁体であるが、比較的低い圧力をかけることにより、単量体のHOMOに由来する伝導バンドのバンド幅が広がることによって、金属性、さらには超伝導を示す。その中で、Me₄P塩だけは、キュービックアンビルを用いた8万気圧までの高压測定でも完全な金属化を実現できなかった。しかし、HOMOバンドとLUMOバンドとが交叉するPd(dmit)₂塩では、このような場合でも、さらに高い圧力を印加すると2つのバンドのバンド幅が広がり、両者が重なることによって新しい金属状態が実現すると考えられる。そこで、小さい先端面積を持つダイヤモンドアンビルを用いて抵抗測定を行ったところ、Me₄P塩が9.9万気圧で完全な金属状態になることを見出した(図)。また、今までダイヤモンドアンビルを用いて発生させた圧力は一軸性が強いと考えられていたが、今回は、測定法の改良により、8万気圧まではキュービックアンビルの場合とほぼ同様の結果が得られ、静水圧性の高い測定であることも証明された。

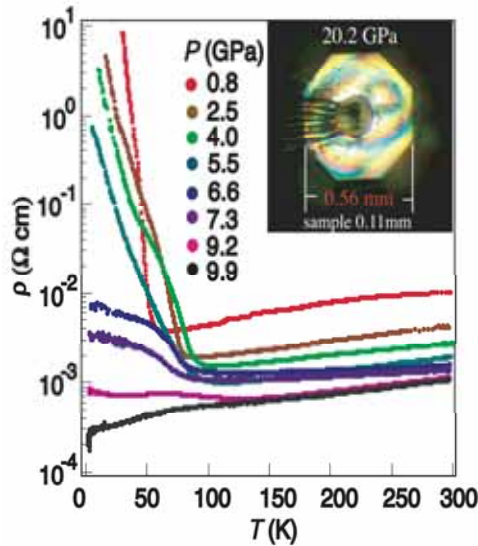


図 β' -Me₄P[Pd(dmit)₂]₂の電気伝導度の温度依存性（挿入図は20.2 GPa下でのダイヤモンドアンビル中の結晶写真）

2. 分子性導体の基板上電界効果測定と有機モット・トランジスタの実現（山本（浩）、川根、上野、田嶋（尚）、加藤；福永）

強相関分子性導体（モット絶縁体）の薄膜単結晶を用いて FET を作製し、その特性解明と動作原理の検証を行った。すなわち、 κ -(BEDT-TTF)₂Cu[N(CN)₂]Br はバルクでは 10 K で超伝導になる物質であるが、この物質の薄膜単結晶を SiO₂/Si 基板に張り付けると冷却に伴って基板からの負圧効果を受けモット絶縁体となる。この絶縁状態に対して低温で基板からゲート電圧をかけると、n 型のトランジスタ動作を示した。モット絶縁体中では非常に多くのキャリアが存在しているが、互いのクーロン反発により局在化している。このキャリア濃度を少しだけ変化させると、絶縁体 - 金属転移が起きて有効キャリア数が急激に増加し、伝導性が飛躍的に向上することが予想されていた。そこで今回はホール効果測定により、デバイス中で動くことの出来るキャリア数がゲート電圧でどのように変化するかを見積もった。すると、図 1 に示すようにわずかなゲート電圧（=キャリア注入）で劇的に有効キャリア濃度が変化し、金属状態と同じキャリア数となることが明らかとなった（図 1 中の $Q = CV$ は電界効果により注入されたキャリアの数）。

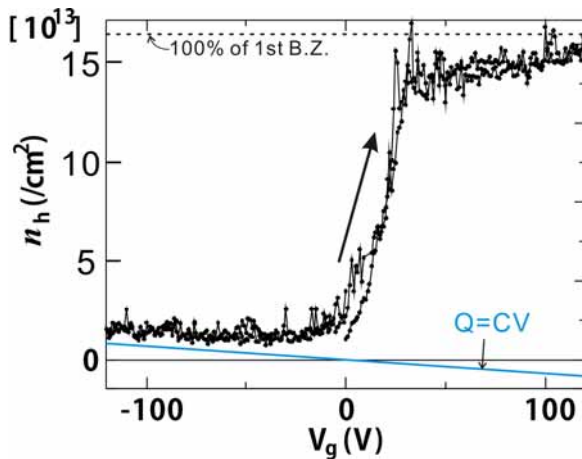


図 1 ホール効果によって求められたキャリア濃度のゲート電圧依存性

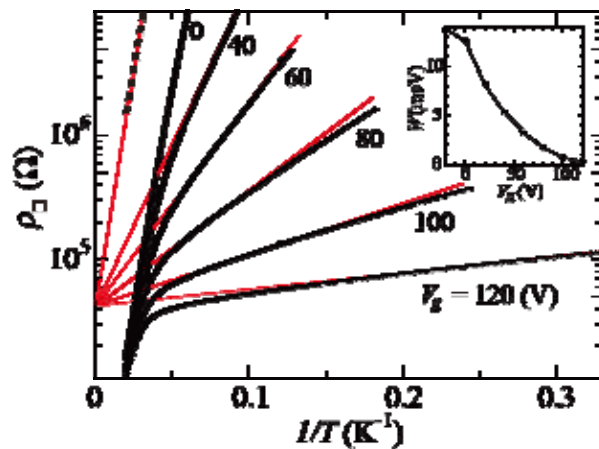


図 2 色々なゲート電圧における、抵抗率の温度依存性。挿入図は活性化エネルギーのゲート電圧依存性。

これはデバイス中でモット転移が起きていることを示唆している。なお、図 2 はデバイス抵抗値の温度 - 研究年報

ゲート電圧依存性で、デバイス中に存在する乱れがそれほど大きなものではなく、ホール効果測定の結果が信頼に足るものであることを示している。

(BEDT-TTF = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene, FET = Field Effect Transistor)

3. 有機導体における Massless Dirac Fermions (田嶋(尚), 加藤)

我々は高圧下にある α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ で質量ゼロの Dirac 電子系を見いだしてきた。質量ゼロの Dirac 電子系は最近 graphene で大変話題になっているが、これは graphite を一層だけにした特殊物質である。これに対し、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ は最初のパルク Dirac 電子系である。また、小林 (名大) らのバンド計算によると、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の Dirac 電子系は graphene とは異なり、Dirac cone が大きく傾いている。従って、新しいタイプの Dirac 電子系が期待できる。本研究では分子性導体における Dirac 電子系の特徴を見だし、その背景にある物理探索を目指している。

(1) 層間横磁気抵抗効果

面垂直に磁場が加わると Dirac cone は Landau 準位に量子化されるが、contact point を周回する軌道が Berry 位相 π を持つため、必ず contact point の位置にゼロモードと呼ばれている $n=0$ の Landau 準位が現れる。Landau 準位の縮重度は磁場に比例して増大するので、contact point における状態密度はゼロから磁場に比例して増大する。

この効果は、低磁場でもゼロモードが支配的となる十分低温で層間横磁気抵抗に見ることができる。ゼロモードの縮重度の増大を反映して、層間抵抗は磁場に反比例して減少する負の磁気抵抗を示すのである。一方、高磁場ではゼロモードがスピン分裂し、負の層間磁気抵抗は正へと変わる。磁場を B と温度を T とした時に正の層間磁気抵抗は $B \exp(g^* \mu_B B / 2 k_B T)$ に従う。さらに、2K 以下の低温では、2T 程度の磁場で縮退しているバレー (contact point 近傍の電子状態をバレーと呼ぶ) が分裂することを明らかにした。低磁場におけるバレー分裂観測は cone が大きく傾いている特徴の 1 つだと言える。最近の小林らの理論によると、cone が傾いている場合にはバレー間の長距離クーロン反発が有限の行列要素を持ち、その結果としてバレーが磁場で分裂する。一方、graphene でバレー分裂を観測するには 20T 以上の高磁場が必要である。

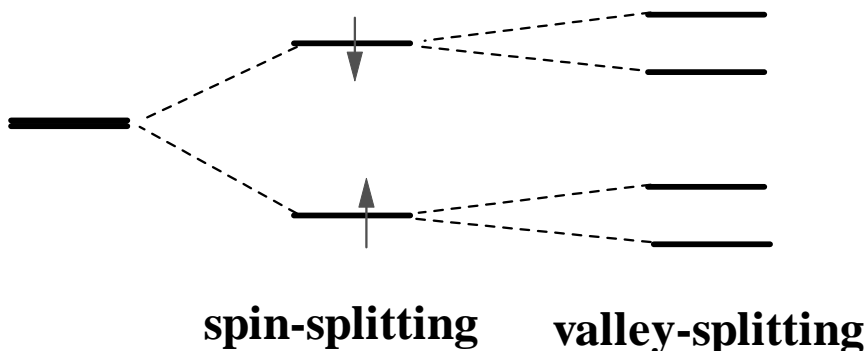


図 ゼロモード Landau 準位のスピンおよびバレー 分裂

(2) 層間縦磁気抵抗効果

(1)では、層方向に磁場をかけ、ゼロモードおよびそのスピン分裂とバレー分裂を観測することができた。一方、磁場が伝導層に平行の場合にはゼーマン効果により縮退し、contact point のところの状態密度が磁場印加に伴い増大することが予想される。

本研究では、層平行磁場下における層間磁気抵抗を全ての角度で測定し、この縮退に伴う coherence peak を観測することに成功した。

以上のことから、 α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$ の Dirac 電子系は、磁場のかけ方(方向や強度)で電子状態を制御で

きることが明らかとなった。

(BEDT-TTF = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene)

4. BEDT-TTF塩における光誘起絶縁体-金属転移 (田久保, 田嶋(尚), 加藤)

我々は、様々なBEDT-TTF塩の電荷秩序状態に着目し、光励起による電荷秩序の融解という観点から光誘起相転移の研究を行っている。これまでに、 $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{I}_3$ の電荷秩序状態において、光誘起絶縁体-金属転移を観測した。本年度は、新たに $(\text{BEDT-TTF})_3(\text{ClO}_4)_2$ 、 $(\text{BEDT-TTF})_5\text{Te}_2\text{I}_6$ 、 $-(\text{BEDT-TTF})_2\text{RbZn}(\text{CNS})_4$ (fast cooling) の電荷秩序状態において光誘起絶縁体-金属転移を観測した。低温の電荷秩序状態 (4 K) において電場下でパルスレーザーを照射したところ、2つの成分を持つ巨大異常光電流が観測された (図)。第一成分はパルス幅 (~5 ns) で立ち上がり、高温の金属状態に匹敵する伝導度を持つ。これは、5 ns 以下で電荷秩序が融解し、光誘起絶縁体-金属転移が起こったことを示すものである。また、遅れて立ち上がる第二成分は、ある程度以上の測定電場を印加している限りは光照射後も永続的に保たれるという特徴を持つ。現在、これらの転移における光と電場の役割や、光誘起相転移と電荷秩序状態の関係など、詳細なメカニズムの考察を行っている。

(BEDT-TTF = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene)

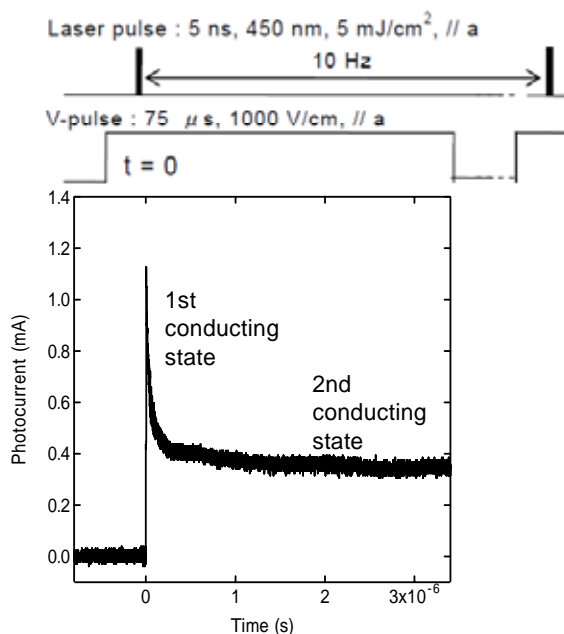


図 $(\text{BEDT-TTF})_3(\text{ClO}_4)_2$ における異常な光電流 (4 K):

Excitation : YAG-OPO pulsed laser (450 nm, 4.9 mJ/cm², E//a)

5. 動的な外場を用いた分子性導体の相制御 (大島, 崔, 加藤)

本研究では Fe^{3+} などの局在3d電子や局在電子を持つ分子性導体に注目し、磁場中で、外部から高周波電磁波を加える事で、局在3d電子などのスピンを反転し (電子スピン共鳴) 電子が感じる内部磁場を変動させ、 $d-d$ 相互作用を起源とする物性 (磁場誘起超伝導や巨大磁気抵抗など) を制御する事に挑戦している。そこで我々は電子スピン共鳴と電気伝導の同時測定が可能なプローブの開発を行った。 $-(\text{BETS})_2\text{Fe}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Cl}_4$ の測定を行い、磁場誘起超伝導相で電子スピン共鳴を観測し、それに伴うスピン反転による抵抗の変化も観測された (図)。この結果は、動的なスピン反転により超伝導状態から常伝導状態になった事を示し、今後の電子相制御の研究に期待が持てる。

(BETS = bis(ethylenedithio)tetraselenafulvalene)

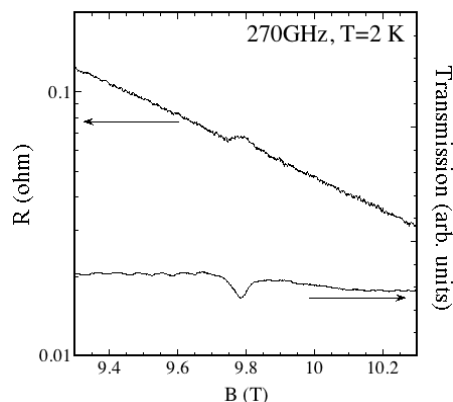


図 (BETS)₂Fe_xGa_{1-x}Cl₄における ESRと電気抵抗の同時測定。ESR転移に連動して抵抗変化が起こっている。

Key Sentence :

1. Synthesize new supramolecular assemblies and explore their electronic properties
2. Clarify the interrelation between crystal structures and electronic properties in molecular solids
3. Control electronic states by means of chemical and physical methods

Key Word :

molecular solids, molecular conductors, molecular devices, supramolecules, crystal structures, electronic structures, electrical and magnetic properties, photo-induced phase transitions, superconductivity, strongly correlated electron systems

Outline

Synthesis, characterization, and design of molecular materials, especially molecular conductors (including superconductors), have been undertaken. Molecular conductors exhibit a variety of physical properties which can be systematically understood on the basis of "simple" and "clear" electronic structures. From a chemical point of view, the most fascinating character of the molecular conductor is its "designability", that is, we can finely control solid state properties with chemical modifications of the molecule. The newly synthesized materials are characterized by the X-ray diffraction method and physical measurements (electrical conductivity...etc.). The electronic structure is investigated by the simple band structure calculation. All these results are devoted to the design of new molecular materials.

1. Development of molecular conductors based on novel metal dithiolene complexes

Metal dithiolene complexes have provided a variety of molecular conductors. Among them, most of Pd(dmit)₂ salts belong to a strongly correlated two-dimensional system with a quasi triangular lattice of [Pd(dmit)₂]₂⁻ dimers. The conduction band originates from HOMO, which is associated with the degree of dimerization and a small HOMO-LUMO energy splitting. Their electronic state is associated with various degrees of freedom (including charge, spin, orbital, and lattice) and can be modified by pressure and counter cations.

(1) Quantum spin liquid state in a molecular conductor β'-EtMe₃Sb[Pd(dmit)₂]₂ (Kato, A. Tajima, N. Tajima, H. M. Yamamoto, Cui, Kubo; Fukunaga)

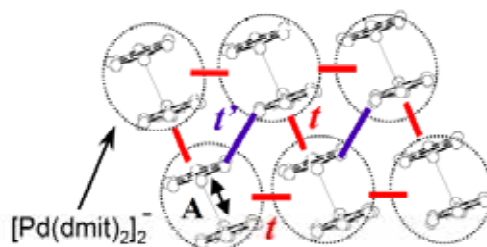
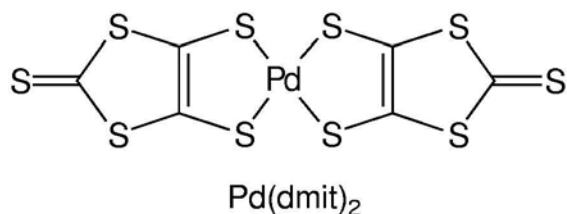
At ambient pressure, most of all Pd(dmit)₂ salts are in the Mott insulating state and are the spin-1/2 Heisenberg antiferromagnets where the spin frustration operates. When the deviation from the regular-triangular lattice is large (for example, Me₄P and Me₄As salts), the antiferromagnetic

long-range order is dominant and the frustration is removed at low temperature. On the other hand, ^{13}C -NMR for the EtMe_3Sb salt with a nearly regular-triangular lattice (Fig.) does not indicate any spin ordering/freezing down to 19.4 mK. Since this temperature is smaller than 0.01 % of J , the absence of spin ordering/freezing is attributed to quantum fluctuations. The ^{13}C nuclear spin-lattice relaxation rate clearly indicates a kink around 1 K. This strongly suggests a phase transition. Since no discontinuous jump is observed, the transition is the second-order one that always involves symmetry breaking. This symmetry breaking is not classical magnetic ordering. In this region, the $1/T_1$ is proportional T^2 . This is not the nature of the gapless spin liquid with the spinon Fermi surface and thus the low temperature phase has a spin gap. Since the temperature dependence of $1/T_1$ obeys not an exponential law but a power law, the spin gap may be nodal one.

On the other hand, low temperature heat capacity shows a T -linear term, as if this is a typical metal. There is no magnetic field dependence in heat capacity. These results suggest the realization of gapless spin liquid state.

All these results indicate a new kind of quantum liquid state, but we do not have a unified picture for this system yet.

(dmit= 1,3-dithiole-2-thione-4,5-dithiolate)



	Transfer integral (meV)			
	A	t	t'	t'/t
R. T.	454	28	26	0.93
4.5 K	483	34	27	0.79

Fig. A quasi-triangular lattice and interdimer transfer integrals for $\text{EtMe}_3\text{Sb}[\text{Pd(dmit)}_2]_2$

(2) High pressure electrical properties of molecular conductor β' -Me₄P[Pd(dmit)₂]₂ by using a Diamond Anvil Cell (Cui, N. Tajima, Kato)

Recently, novel electronic properties were discovered in a Mott-insulator system Pd(dmit)₂ salts. In this system, physical properties can be easily effected by selection of the counter cation and external pressure. Under high pressure, most Pd salts show a superconducting transition. Although the Me₄P salt has the widest band width in this system, it remains non-metallic at the lowest temperature. The previous high pressure experiments for the Me₄P salt were performed by a cubic anvil cell. Up to 8 GPa, however, the non-metallic behavior could not be suppressed completely. Here we measured resistivity of the Me₄P salt up to 20.2 GPa by using a diamond anvil cell. We found that the hydrostatic condition can be maintained as in the cubic anvil cell, and this salt turned to a complete metal under 10 GPa.

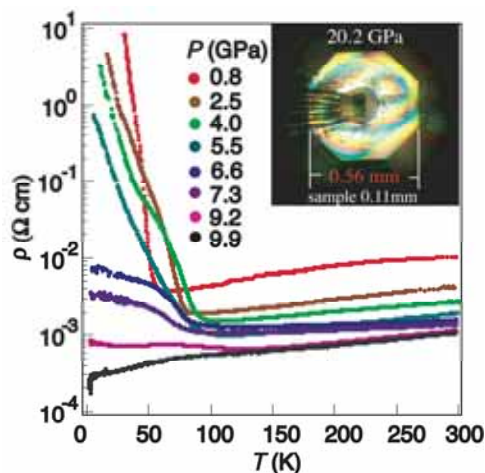


Fig. Temperature dependence of resistivity of β' -Me₄P[Pd(dmit)₂]₂. The insert is a picture of a sample at 20.2 GPa assembled in a DAC

2. Field effect measurement of molecular conductors on silicon substrate and organic Mott-FET (H. M Yamamoto, Kawasugi, Ueno, N. Tajima, Kato; Fukunaga)

Molecular conductors (organic charge transfer salts) provide various Mott-type semiconductors whose insulating phase is directly connected to a superconducting phase in their phase diagrams. We have fabricated FET structure with a thin-layer single crystal of κ -(BEDT-TTF)Cu[N(CN)₂]Br laminated on a SiO₂/Si substrate in order to study whether a Mott-transition FET is possible with this material. At low temperatures, the device showed a clear *n*-type FET behavior as shown in Fig. 1. The device mobility of the best sample measured by four-probe method reached 94 cm²/Vs. To understand the mechanism of this device, the Hall coefficient was measured and the carrier concentration was determined. Despite the *n*-type behavior of this device, the carrier under positive gate voltage was a hole and its number was almost 100 % of the 1st Brillouin zone (Fig. 2). This abnormal Hall effect can be interpreted on the basis of the band filling-controlled Mott-transition in this organic FET.

(BEDT-TTF = bis(ethylenedithio)tetrathiafulvalene, FET = Field Effect Transistor)

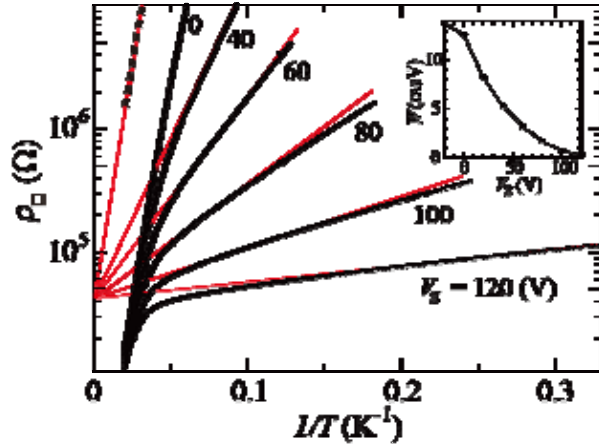


Fig. 1 Arrhenius plot of the resistivity of the FET device based on κ -(BEDT-TTF) $_2$ Cu[N(CN) $_2$]Br measured at various gate voltages. The inset shows the gate-voltage dependency of the activation energy.

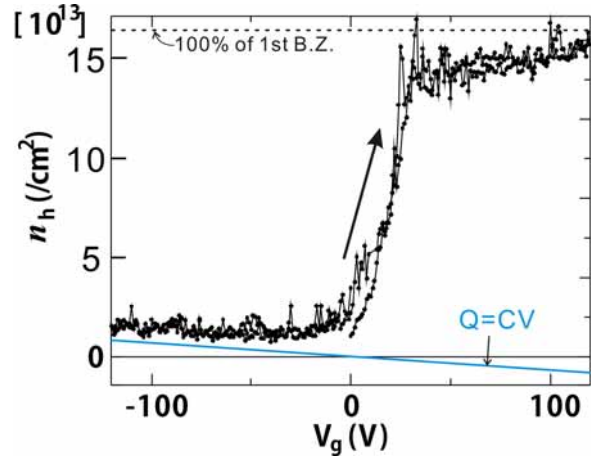


Fig. 2 Gate-voltage dependency of the hole concentration determined by Hall effect measurements

3. Massless Dirac Fermions in Organic Conductors (N. Tajima, Kato)

In this work, we investigated inter-layer magnetoresistance of massless Dirac Fermions system α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$. The purpose is to clarify the nature of Dirac particles in this system. This system exhibits various types of electronic states when the magnetic field is applied along in-plane or out-of-plane.

(1) Inter-layer transverse magnetoresistance

We have investigated inter-layer transverse magnetoresistance in an organic massless Dirac Fermions system, α -(BEDT-TTF) $_2$ I $_3$, under hydrostatic pressure. This material exhibits the first two-dimensional zero-gap state in a bulk crystal with a layered structure. We succeeded in detecting the zero-mode Landau level ($n=0$ Landau level) that is expected to appear at the contact points of Dirac cones in the magnetic field normal to the two-dimensional plane. The characteristic feature of zero-mode Landau carriers including the spin splitting and valley splitting are clearly seen in the interlayer magnetoresistance.

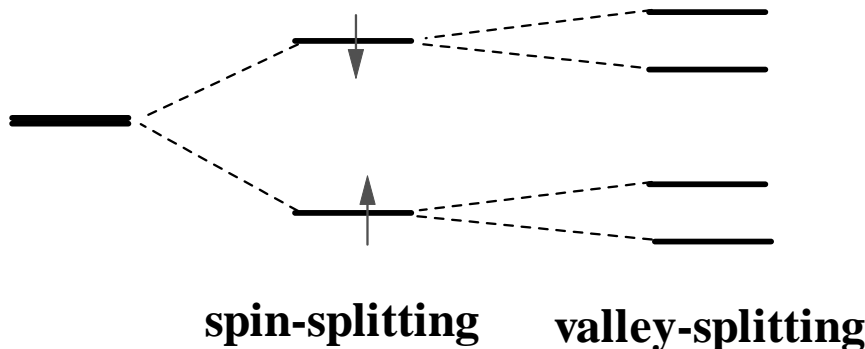


Fig. Zero-mode Landau level and its spin and valley splitting.

(2) Inter-layer longitudinal magnetoresistance

When the magnetic field is applied in-plane in the zero-gap system, the Zeeman effect plays an important role to increase the density of state at the contact point. We succeeded in detecting the coherence peak in inter-layer longitudinal magnetoresistance.

4. Photo-induced insulator to metal transition in BEDT-TTF salts (Takubo, N. Tajima, Kato)

We have studied photo-induced phase transition by focusing charge order in BEDT-TTF salts. Previously, a photo-induced insulator-to-metal transition has been measured in α -(BEDT-TTF)₂I₃. In this year, we achieved photo-induced insulator-to-metal transition in (BEDT-TTF)₃(ClO₄)₂, (BEDT-TTF)₅Te₂I₆ and α -(BEDT-TTF)₂RbZn(CNS)₄ (fast cooling). Anomalous photo current having two conducting state was measured by pulse laser irradiation under electric field in charge ordered state at 4 K (Fig.). The first conducting state stands up during pulse width (~ 5 ns) and is comparable in magnitude to metal state at high temperature. This indicates that the charge order melted by photo excitation less than 5 ns and photo-induced insulator-to-metal transition occurred. The second conducting state is maintained after photo irradiation under electric field. The detailed mechanism is now under consideration.

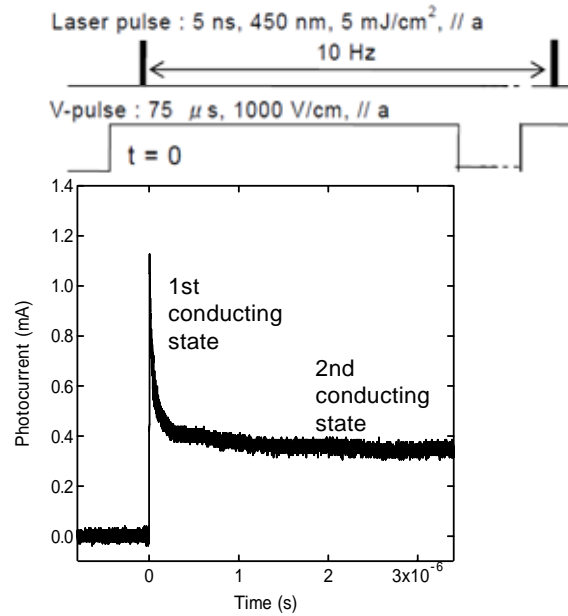


Fig. Anomalous photo current in (BEDT-TTF)₃(ClO₄)₂ at 4 K.
Excitation : YAG-OPO pulsed laser (450 nm, 4.9 mJ/cm², E//a)

5 . Control of the electronic states in molecular conductors by use of dynamical external fields (Oshima, Cui, Kato)

The π -d molecular conductors show interesting physical phenomena, such as field-induced superconductivity or giant magneto-resistance, due to its non-negligible π -d interaction. The aim of this study is to control such interesting phenomena by flipping the local d spins or disturbing itinerant π -electrons by the use of oscillatory external fields. Here, we have focused on the λ -(BETS)₂Fe_xGa_{1-x}Cl₄ system which shows field-induced superconductivity (FISC) at high magnetic fields, and have studied whether the FISC state can be controlled by ESR transitions, which correspond to the spin-flips of d-electrons. Simultaneous ESR and transport measurements were performed on λ -(BETS)₂Fe_xGa_{1-x}Cl₄

($x=0.3, 0.5, 0.6$), and we have observed a change in the resistance when the ESR transitions occur. This result indicates that the FISC phase is partially destroyed by the change of the spin states.

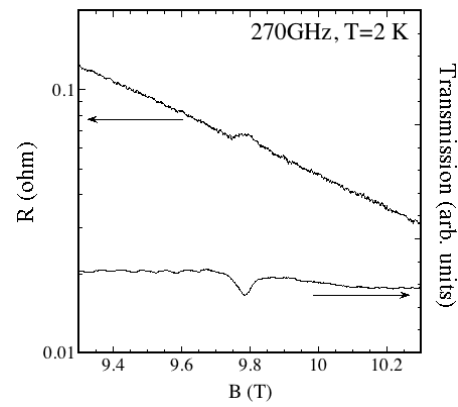


Fig. Simultaneous ESR and transport measurements of λ -(BETS) $_2$ Fe $_x$ Ga $_{1-x}$ Cl $_4$. The resistance changes when ESR transition occurs.

Principal Investigator

加藤 礼三 Reizo Kato

Research Staff

山本 浩史 Hiroshi Yamamoto

田嶋 尚也 Naoya Tajima

大島 勇吾 Yugo Oshima

田久保 直子 Naoko Takubo

崔 亨波 Cui Hengbo

盛田 伸一 Shin-ichi Morita

鈴木 利明 Toshiaki Suzuki

Bibin Bintang Andriana

野村 光城 Mitsushiro Nomura

直江 洋一 Yoichi Naoe

田嶋 陽子 Akiko Tajima

丸山 篤史 Atsushi Maruyama

Ahmad Mohamad Mohamad Mahmoud

柏木 浩 Hiroshi Kashiwagi

佐藤 英俊 Hidetoshi Sato

田村 雅史 Masafumi Tamura

山浦 淳一 Jun-ichi Yamaura

谷口 弘三 Hiromi Taniguchi

久保 和也 Kazuya Kubo

山本 貴 Takashi Yamamoto

小町 祐一 Yuichi Komachi

石田 祐三 Yuzo Ishida

Abdel Jawad Majed

Students

川楯 義高 Yoshitaka Kawasugi

Julien Liefbrig

Cyprien Lemouchi

上野 純 Jun Ueno

大嶋 佑介 Yusuke Oshima

山本 裕子 Yuko Yamamoto

小杉 浩司 Hiroshi Kosugi

高根沢 聡太 Sota Takanezawa

Hariyani Retno

Darsy Guillaume

Assistant and Part-timer

倉片 由紀子 Yukiko Kurakata

岸野 みゆき Miyuki Kishino

玉手 あけみ Akemi Tamate

福島 弓佳子 Yukako Fukushima

Visiting Members

Patrick Batail