

「極限環境状態における現象」
平成 8 年度採択研究代表者

石黒 武彦

(京都大学大学院理学研究科 教授)

「低次元金属・超伝導の超異方性強磁場効果」

1. 研究実施の概要

近年低次元な構造を持つ導体において従来の物質ではみられなかった新しい超伝導が見出されている。本研究ではこうした超伝導について方位を制御した磁場下での物性を明らかにすることによって、その本性を解明し、また、その電磁応用の基盤を固めると共に、新しい機能物質を開発することを目指して研究を進めている。

取り上げた物質は酸化物を有機物に大別される。

酸化物である Sr_2RO_4 については平成11年度までにスピン三重項電子対が形成されていることを明らかにしたことを受けて、平成12年度にはこれをよりの確に明らかにするための研究を進展させ、超伝導状態の熱力学的性質を高精度で定量化した。また、スピン三重項超伝導波動関数について、スピン状態が RuO_4 面に平行であること、2次元の軌道秩序変数を必要とするカイラル超伝導状態にあることを支持する実験結果を得る一方、ギャップの異方性を決める軌道秩序変数については、熱伝導、核磁気緩和率、磁場侵入長から、ラインノードが円筒状のフェルミ面の軸に沿った方向ではなく円周上にある、ことを示唆する結果を得た。これらの結果は超伝導の機構を解明するための有力な手がかりとなる。また、酸素アイソトープ効果の観測を通して超伝導機構に格子の不安定性を介した電子的機構が働いている可能性を示した。

有機超伝導体では超伝導面に平行にかけられた磁場下で常磁性限界を越える上部臨界磁場が得られることを複数の物質において確定し、こうした限界域を見いだされる超伝導状態を明らかにする研究を進めた。実験的研究とともに理論面でも検討を進め、空間周期変調構造を持つなどの新しい超伝導の可能性について明らかにした。

また、超伝導面にほぼ平行形成された磁束の動的性質を明らかにし、特に面平行磁束成分と面内磁束の関係を明らかにするデータを得た。理論的研究面では、層状超伝導体の磁場中相図の基本的な理論を完成し、これを現実の磁束の特性の解明、あるいは予見に応用した。

物質開発面ではイリジウム酸化物において幾何学的フラストレーションを対スピ

ン系で実現しスピンアイス物質と通称されるパイロクロア構造物質を開発した。また、低次元超伝導体・金属の新分野を開拓することを目的として、新しい導電性錯体を開発するために、有機陰イオンを用いた導電性錯体、自己凝集能を持つBO分子を用いた錯体、新分子の合成などを行った。

2．研究実施内容

(1) 準2次元酸化物 Sr_2RuO_4 のスピン三重項超伝導状態の研究

本研究グループのメンバーによって超伝導が発見された Sr_2RuO_4 について、平成11年度までに最高品質の大型単結晶の育成に成功し、スピン3重項電子対の形成を明らかにした。平成12年度には熱力学量に関する高精度の研究を進展させると共に、以下のような課題について検討を進めた。

(a) 超伝導ギャップ異方性の確立

比熱の温度依存性から求められる超伝導状態の状態密度から、エネルギーギャップがフェルミ面上で線状にゼロとなる、いわゆるライン・ノードが生じている状態に近いことを平成11年度に示した。平成12年度には、熱伝導率、核磁気緩和率、磁場侵入長からも同様の結論を得た。特に、準2次元面に精確に平行にかけた磁場下の熱伝導率測定から、ライン・ノードが円筒状フェルミ面の軸に沿った方向ではなく、円周状にあることを強く示唆する重要な結果を得た。これらの結果は、面間相互作用がライン・ノードの形成に本質的な役割を果たすことを意味し、軌道依存型の超伝導のモデルを拡張した理論が有力であることを示している。

(b) 超伝導2段転移の熱力学

平成11年度に導電面に精確に平行にかけた磁場のもとで、超伝導転移が2段で起こる現象を発見したことを受けて、平成12年度には比熱の測定精度を飛躍的に向上させ、この2段転移が面内のいずれの主軸方向の磁場に対しても起こることを明らかにした。この現象の精密測定をはじめ、すべての主軸方向の磁場に対して比熱測定をほぼ完了し、超伝導状態の熱力学的性質を高精度で定量化する作業が完成に近づいた。

(c) 酸素アイソトープ効果の観測

Sr_2RuO_4 の超伝導転移温度に関し、酸素同位元素効果を精密測定した。格子欠陥により転移温度が低くなった結晶については、非従来型超伝導体に対して理論的に予想されたユニバーサリティーが成立することを明らかにした。しかし不純物濃度の低い理想的な試料の同位元素効果の係数は電子・格子相互作用で予想される値より顕著に小さく、さらに実際に転移温度の高い純良試料では、係数の符号が負になる逆同位元素効果が現れることが明らかになった。このことは超伝導機構に格子の不安定性を介した電子的機構が働いていることを示唆

する。

- (d) 本研究で育成した単結晶試料を用いた共同研究による主な成果
良質結晶を提供するなどにより共同研究を積極的に進めてきた。その結果、
中性子散乱による磁束格子状態の磁場分布の精密測定により、2次元秩序
変数が必須であることを明らかにし、(これは時間反転対称性の破れた超伝
導状態であるとする結果を支持する)
サイクロトロン共鳴による準粒子有効質量の決定し、
角度分解型光電子分光による「正しい」バルクフェルミ面の観測に成功し
た。(量子振動などで求められた結果と矛盾する光電子分光の結果が報告さ
れていたが、これは、原子の配列に規則的な歪みが生じている試料表面の効
果を観測していたためであることが明らかになった。)
- (e) 準2次元モット転移系の物性相図構築
モット絶縁体の新物質 Ca_2RuO_4 の単結晶に、過剰酸素導入とLa元素部分置換
を行うことにより、これを金属化することに成功した。
- (2) 有機超伝導体における常磁性極限域における超伝導状態の研究
層状構造を持つ有機超伝導体では超伝導面に平行に磁場を掛けることにより、
電子の軌道運動を介した超伝導破壊効果を抑制することが出来る。其の結果、電
子の持つスピンの役割を明かにすることができ、超伝導の本性にかかわる
磁氣的性質を捉えることが出来る。こうした観点に立って有機超伝導体における
低次元超伝導に関する研究を進めてきたが、極低温強磁場下の測定が順調に進め
られるようになって、平成12年度に取り上げた物質の多くで、BCS模型で導かれる
スピン常磁性により決まる限界値より高い臨界磁場値を得られるなどの新しい事
実を明らかにした。
- (a) $(\text{ET})_x\text{Cu}(\text{N}(\text{CN})_2)\text{Br}$ について超伝導面に平行に磁場を掛けたときの、上部
臨界磁場の温度依存性を明かにすべく、仏国グルノーブルの強磁場施設に出張
し、28テスラまでの磁場下での特性を明らかにするための共同実験をすすめ
た。その結果、常圧下では、臨界磁場の温度依存性はスピン常磁性が支配的
であることを示しているが、超伝導にかかわるスピンの役割を明かにするにはよ
り強い磁場が必要となることが明らかとなった。これを東大物性研との共同研
究によりパルス磁場により解決することを検討した。一方、圧力を掛け上部臨
界磁場値を下げることにより極低温下の測定を進める間に、圧力によって電子
状態に相転移的な変化が生じる事実を見出した。
- (b) $(\text{ET})_x\text{NH}_4\text{Hg}(\text{SCN})_y$ の超伝導上部臨界磁場の極低温域における温度相図を、
異なる磁場方向、また、異なる臨界温度を持つ結晶について明らかにし、新し

い超伝導状態が形成されている可能性を明らかにした。

- (c) $(\text{BETS})_2\text{GaCl}_4$ の磁場下の超伝導状態について知るため、異なる磁場方向について電気伝導度並びに熱伝導度を測定し、超伝導が従来型のものとは異なっている可能性を明らかにした。
- (d) 有機超伝導体において三重項電子対を持つ可能性があるとして研究が進められているTMTSF塩とほぼ同じ構造を持つ(DMET-TSF) $_2\text{AuI}_2$ 塩について、極低温下での上部臨界磁場測定を始めとする超伝導状態の研究を進め、0.2K以下の超低温下で新しい導電性基底状態が存在する可能性を見出した。
- (e) また、以上の研究に関連して、特異な金属・非金属転移現象を示すことで知られている有機導体 $(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{X}$ ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$)について、 $(\text{ET})_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]$ が圧力下で $T_c=8\text{K}$ の超電導を示すことを見出すと共に、電子相関と並んでET分子の CH_2 基の配向秩序が重要な寄与をしていることを明らかにした。

(3) 層状超伝導体の磁束状態の研究

2次元性の顕著な高温超伝導体 $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ の層面にほぼ平行な磁束線の動特性を高周波磁化率の観測により調べ、ジョセフソン磁束系が一定強度を超えると横マイスナー効果が効かなくなり、ジョセフソン磁束系がガラス転移すること、高温の可逆磁化特性域では一連のものとならないパンケーキ磁束とジョセフソン磁束線が、低温の不可逆磁化特性域では繋がりを持ち、階段状磁束を形成していることを明らかにした。高温超伝導体における磁束状態を明らかにすることはその電磁応用を進める上で避けて通れない問題であると共に、超伝導状態、欠陥、磁場強度、に応じて多様に変化し、その全体像を明らかにすることが求められている。本研究ではジョセフソン磁束ないしそれに関連する磁束状態から磁束系の新しい側面を明らかにした。

(4) 層状超伝導体の磁場中相図の理論的解明

平成11年までに、銅酸化物高温超伝導体や有機超伝導体など、層状構造を持ち、熱的超伝導揺らぎの効果の強い物質において見られるべき磁場中第二種超伝導体の相図を明らかにする研究をギンツブルク - ランダウモデルを用いて行ってきた。平成12年度には、これまでの研究を2つの方向に応用した。まず、層に垂直な磁場中の状況で線状欠陥と点状欠陥がともに存在するという現実的に起こるべき渦系(ボルテックス)ガラス転移を調べ、渦系スラッシュ領域という粘性の強い渦液体領域が線状欠陥がない場合に比べ狭まることを指摘した。この結果はイットリウム系において同時期に海外で発表された抵抗の実験結果をよく説明する。これとは別に、層に平行な磁場下で生じるジョセフソン渦系系の相図を考察し、ロックイン効果のオンセットに相当するガラス転移磁場の温度依存性を明らかにした。その結果は、前項(3)によりビスマス系で調べられたロックイン効果オ

ンセットの起源を明らかにするものとなった。またこの理論によって、十分きれいな系では磁場にあまり依らない一次転移温度で抵抗が急激に減少することを予言し、ビスマス系に関してごく最近報告された十分低い電流値での抵抗データにより確認されている。

(5) 低次元超伝導体におけるFFLO状態の理論的研究

層状超伝導体 Ru-Sr-Gd-Cu-O 系では、強磁性秩序（又は傾角反強磁性による弱い強磁性状態）と超伝導が微視的に共存していることが、観測されているが、この共存は従来の理論では、不可能とされてきたものである。これに対し、本研究によりこの共存状態が、Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov(FFLO)状態により、説明できることを、理論的に明らかにした。また、層状超伝導体における、状態密度の van Hove 特異性が、FFLO状態の安定性に寄与する例を提示した。

また、スピン 1 重項と 3 重項の相互作用が共存する、平行強磁場下の準低次元超伝導体において、上部臨界磁場が、従来の理論よりもはるかに高く増大することを明らかにし、そのような状況が、反強磁性スピン揺らぎを媒介にした、超伝導の対形成相互作用において生じていることを示した。

その他、強磁性化合物中では、フォノンを媒介にした従来の対形成相互作用のみを考慮しても、スピン 3 重項超伝導が可能であることを示し、また、層状化合物においては、弱い遮蔽効果により、異方的超伝導の対形成相互作用が増大することを、明らかにした。

(6) イリジウム系酸化物の新物質の開発

5d遷移金属イリジウム酸化物で、幾何学的フラストレーションを示すスピン系を実現するパイロクロア構造を持ち、量子スピン状態の実現や絶対零度近くでも残留エントロピーをしめす「スピンアイス」状態を実現する新物質系の開発に成功した（特許申請中）。この系はIrイオンのもつスピン 1/2 の性質のために、これまで研究されてきた物質にはなかった新しい物理特性を実現しうる可能性がある。今後、単結晶化をはかり、各主軸方向に精確に磁場をかけてその物性を研究していく。

(7) 新しい導電性錯体の開拓

(a) 有機陰イオンを用いた導電性錯体開拓

シアノカーボンと呼ばれる一連の物質群の中から、二価陰イオンとして安定なDHCPを選び、新しい導電性錯体として、BOとETの錯体を得た。また、 $[RO-\alpha(CN)_2]$ を用いることにより、構造的に β^- -と α^- -型と呼ばれる充填様式を持った二種のET錯体を得た。 β^- -型錯体は高導電性であるが、 α^- -型はMott絶縁体である。

(b) 自己凝集能を持つ導電性成分分子、BOを用いた錯体開拓

平成11年度までに明らかにした通り、BOはその自己凝集能の故に金属的錯体を与える能力が高い。この錯体の物性を大きく支配するパラメーターである電荷移動度の決定方法として、Ramanスペクトルが有用な事を明らかにした。本方法は、適用範囲を単結晶試料のみに限定されず、適用範囲が広い。また、導電性錯体中では、BOは+1/3価以上の酸化状態にあることを明らかにした。またBOの特性を活かしてBOと常磁性スピンを持つNiBr₄²⁻錯体を作成し、結晶構造と磁性、導電性を検討した。また、金属的分子性強磁性体である新物質(BO)₃[FeCr(ox)₂](H₂O)_{3.5}を開発した。

(c) BOの持つ自己凝集能の部分的抑制

BOの部分構造を持つ低対称分子EOETを合成し、そのAuI₂錯体を作成し、低温まで金属状態を保つものと、Mott絶縁体に属する二種類の多形を得た。それらの性質は、BO錯体よりもET錯体に類似したものとなっている。

EDO-TTFについても合成し、(EDO-TTF)₂PF₆において、新しい金属-絶縁体転移を観測した。

3. 主な研究成果の発表 (論文発表)

Organic Superconductors in the Pauli paramagnetic Limit Region, T. Ishiguro, Journal de Physique, Vol.10 (2000) pp 3-139-146.

Organic Superconductors as Stages for Exploration of Superconductivity in High Magnetic Fields, T. Ishiguro, Journal of Superconductivity, Vol.13 No.5 (2000) pp.817-822.

Cyclotron Resonance in the Layered Perovskite Superconductor Sr₂RuO₄, S. Hill, J. S. Brooks, Z.Q. Mao and Y. Maeno, Physical Review Letters, Vol. 84 (2000) pp. 3374-3377.

Anisotropic Superconducting Gap in the Spin-Triplet Superconductor Sr₂RuO₄, K. Ishida, H. Mukuda, Y. Kitaoka, Z.Q. Mao, Y. Mori and Y. Maeno, Physical Review Letters, Vol. 84 (2000) pp. 5387-5390.

Reconstruction from Small-Angle Neutron Scattering Measurements of the Real Space Magnetic Field Distribution in the Mixed State of Sr₂RuO₄, P.G. Kealey, T.M. Riseman, T.M. Forgan, L.M. Galvin, A.P. Mackenzie, S.L. Lee, D. McK. Paul, R. Cubitt, D.F. Agterberg, R. Heeb, Z.Q. Mao and Y. Maeno, Physical Review Letters, Vol. 84 (2000) pp. 6094-6097.

Magnetoresistance of Sr₂RuO₄ under High Magnetic Fields Parallel to the Plane, E. Ohmichi, Y. Maeno, S. Nagai, Z.Q. Mao, M.A. Tanatar and T. Ishiguro, Physical Review B, Vol. 61 (2000) pp. 7101-7107.

Ground State in Sr₃Ru₂O₇: Fermi Liquid close to a Ferromagnetic Instability, S.-

I. Ikeda, Y. Maeno, S. Nakatsuji, M. Kosaka and Y. Uwatoko, Physical Review B, Vol. 62 (2000) pp. R6089-6092.

Switching of Magnetic Coupling by a Structural Symmetry Change near the Mott Transition in $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$, S. Nakatsuji and Y. Maeno, Physical Review B, Vol.62 (2000) pp. 6458-6466.

Temperature and Pressure Effects on the Crystal Structure of $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$, H. Shaked, J.D. Jorgensen, S. Short, O. Chmaissem, S.-I. Ikeda, and Y. Maeno, Physical Review B, Vol.62 (2000) pp. 8725-8730.

Temperature Dependence of the Penetration Depth in Sr_2RuO_4 : Evidence for Nodes in the Gap Function, I. Bonalde, B.D. Yanoff, D.J. Van Harlingen, M.B. Salamon and Y. Maeno, Physical Review Letters, Vol.85 (2000) pp. 4775-4778.

Fermi Surface, Surface States, and Surface Reconstruction in Sr_2RuO_4 , A. Damascelli, D.H. Lu, K.M. Shen, N.P. Armitage, F. Ronning, D.L. Feng, C. Kim, Z.-X. Shen, T. Kimura, Y. Tokura, Z.Q. Mao and Y. Maeno, Physical Review Letters, Vol. 85 (2000) pp. 5194-5197.

Polarized Neutron Scattering Study of the Cooper-Pair Moment in Sr_2RuO_4 , J.A. Duffy, S.M. Hayden, Y. Maeno, Z. Mao, J. Kulda and G.J. McIntyre, Physical Review Letters, Vol.85 (2000) pp. 5412-5415.

Filling Control of the Mott Insulator Ca_2RuO_4 , H. Fukazawa and Y. Maeno, Journal of Physical Society of Japan, Vol. 70 (2001) pp. 460-467.

Ru-NMR Probe of Spin Susceptibility in the Superconducting State of Sr_2RuO_4 , K. Ihsida, H. Mukuda, Y. Kitaoka, Z.Q. Mao, H. Fukazawa and Y. Maeno, Physical Review B, Vol. 63 (2001) pp. 060507(R)-1-4.

Thermal Conductivity of Superconducting Sr_2RuO_4 in Oriented Magnetic Fields, M.A. Tanatar, S. Nagai, Z.Q. Mao, Y. Maeno, and T. Ishiguro, Physical Review B, Vol. 63 (2001) pp. 064505- 1 -7.

Anisotropy of Magnetothermal Conductivity in Sr_2RuO_4 , M.A. Tanatar, M. Suzuki, S. Nagai, Z.Q. Mao, Y. Maeno and T. Ishiguro, Physical Review Letters, Vol. 86 (2001) pp.2649-2652.

Anisotropic Properties of the Excitation Spectrum of Sr_2RuO_4 Crystals ($T_c = 1.4$ K) in the Normal State Investigated by Raman Scattering, S. Sakita, S. Nimori, Z.Q. Mao, Y. Maeno, N. Ogita and M. Udagawa, Physical Review B, Vol. 63 (2001) pp. 134520- 1 -5.

Sign Reversal of Oxygen Isotope Effect on T_c in Sr_2RuO_4 , Z.Q. Mao, Y. Maeno, Y. Mori, S. Sakita, S. Nimori, and M. Udagawa, Physical Review B, Vol.63 (2001) pp.

144514-1-5.

Metamagnetism and Critical Fluctuation in High Quality Single Crystals of the Bilayered Ruthenate $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$, R.S. Perry, L.M. Galvin, S.A. Grigera, L. Capogna, A.J. Schofield, A.P. Mackenzie, M. Chiao, S.R. Julian, S.I. Ikeda, S. Nakatsuji, Y. Maeno and C. Pfleiderer, *Physical Review Letters*, Vol.86(2001)pp. 2661-2664.

The Intriguing Superconductivity of Strontium Ruthenate, Y. Maeno, T.M. Rice and M. Sigrist, *Physics Today*, Vol. 54(2001)pp. 42-47.

Eutectic Systems Containing the Superconductor Sr_2RuO_4 , Z.Q. Mao and Y. Maeno, *Physica C*, Vol. 341-348(2000)pp. 787-788.

Vortex Lattice Structures and Pairing Symmetry in Sr_2RuO_4 , D.F. Agterberg, R. Heeb, P.G. Kealey, T.M. Riseman, E.M. Forgan, A.P. Mackenzie, L.M. Galvin, R.S. Perry, S.L. Lee, D. McK. Paul, R. Cubitt, Z.Q. Mao, S. Akima and Y. Maeno, *Physica C*, Vol. 341-348(2000)pp. 1643-1646.

Magnetic Penetration Depth and the Symmetry of the Order Parameter in Sr_2RuO_4 , I. Bonalde, B.D. Yanoff, D.J. Van Harlingen, M.B. Salamon and Y. Maeno, *Physica C*, Vol. 341-348(2000)pp. 1695-1696.

Thermal Conductivity Study of Sr_2RuO_4 in Oriented Magnetic Field, M. Tanatar, S. Nagai, Z.Q. Mao, Y. Maeno, A. Kovalev and T. Ishiguro, *Physica C*, Vol. 341-348(2000)pp. 1841-1844.

Neutron Diffraction Study of the Structural Distortions in $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$, H. Shaked, J.D. Jorgensen, O. Chmaissem, S. Ikeda and Y. Maeno, *Journal of Solid State Chemistry*, Vol. 154(2000)pp. 361-367.

Crystal Growth of Sr_2RuO_4 , Z.Q. Mao, Y. Maeno and H. Fukazawa, *Material Research Bulletin*, Vol.35(2000)pp. 1813-1824.

Superconductivity in a Ferromagnetic Layered Compound, H. Shimahara and S. Hata, *Physical Review B*, Vol.62 No.21(2000)pp.14541-14546.

Electronic Transport Properties and Structural Transformations of $\kappa\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]$, M.A. Tanatar, S. Kagoshima, T. Ishiguro, H. Ito, V.S. Yefanov, V.A. Bondarenko, N.D. Kushch and E.B. Yagobskii, *Physical Review B*, Vol. 62 No. 23(2000)pp.15561-15568.

Nodeless d-wave Superconductivity in a Quasi-One-Dimensional Organic Superconductor under Anion Order, H. Shimahara, *Physical Review B*, Vol.61 No.22(2000)pp.R14936-R14939.

Interplay of Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov and Vortex States in Two-Dimensional Superconductors, U. Klein, D. Rainer and H. Shimahara, *Journal of*

Low Temperature Physics, Vol.118 No.1- 2 (2000) pp.91-104.

Upper Critical Fields of Quasi-Low-Dimensional Superconductors with Coexisting Singlet and Triplet Pairing Interactions in Parallel Magnetic Fields, H. Shimahara, Physical Review Letters, Vol.62 No. 5 (2000) pp. 3524-3527.

Pseudogap due to Antiferromagnetic Fluctuations and the Phase Diagram of the High Temperature Oxide Superconductors, H. Shimahara, Y. Hasegawa and M. Kohmoto, Journal of Physical Society of Japan, Vol.69 No.6 (2000) pp.1598-1601.

Coexistence of Singlet and Triplet Attractive Channels in the Pairing Interactions Mediated by Antiferromagnetic, H. Shimahara, Journal of Physical Society of Japan, Vol.69 No.7 (2000) pp.1966-1969.

Josephson-Vortex-Glass Transition in Strong Fields, R. Ikeda and H. Adachi, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.69 (2000) pp.2993-3006.

Synthesis and Single Crystal Growth of $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$, S. Nakatsuji and Y. Maeno, Journal of Solid State Chemistry, Vol. 156 (2001) pp. 26-31.

Effects of Line Disorder on the Vortex-Glass Transition Induced by Point Disorder, R. Ikeda, Journal of the Physical Society of Japan, Vol.70 (2001) pp.219 - 227.

Determination of the Charge on BEDO-TTF in Its Complexes by Raman Spectroscopy, O.O. Drozdova, H. Yamochi, K. Yakushi, M. Uruichi, S. Horiuchi and G. Saito, Journal of the American Chemical Society, Vol. 122 No. 18 (2000) pp.4436 - 4442.

Molecular and Crystal Structures of 2-dicyanomethylene-1,1,3,4,5,5-hexacyanopentenediide (DHCP) and its Tetrathiafulvalene (TTF) Complex, H. Yamochi, A. Konsha, G. Saito, K. Matsumoto, M. Kusunoki and K. Sakaguchi, Molecular Crystals and Liquid Crystals, Vol. 350 (2000) pp. 265-271.

Formation of 2 : 1 Isolating Complexes of $\text{D}^+\text{D}^+\text{A}^{2-}$ Alternating Stack and a 4 : 1 Semimetallic Complex using $\text{M}(\text{dto})_2$ Dianions ($\text{M} = \text{Ni}, \text{Pd}$ or Pt and $\text{dto} =$ dithiooxalate) G. Saito, H. Izukashi, M. Shibata, K. Yoshida, L.A. Kushch, T. Kondo, H. Yamochi, O.O. Drozdova, K. Matsumoto, M. Kusunoki, K. Sakaguchi, N. Kojima and E.B. Yagubskii, Journal of Materials Chemistry, Vol. 10 No. 4 (2000) pp.893-910.

Preparation of Metallic BEDT-TTF Charge Transfer Complex of 3,3',5,5'-tetrinitro-4,4'-biphenyldiol dianion (TNBP^{2-}) having Flexible Molecular Dhape, K. Nishimura, T. Kondo, O.O. Drozdova, H. Yamochi and G. Saito, Journal of Materials Chemistry, Vol.10 No. 4 (2000) pp.911-919.

A Stable and Flexible Dianion: 2-dicyanomethylene-1,1,3,4,5,5-hexacyanopentenediide (DHCP^{2-}) and its Complex Formation, G. Saito, S. Sekizaki, A. Konsha, H. Yamochi, K. Matsumoto, M. Kusunoki and K. Sakaguchi, *Journal of Materials Chemistry*, Vol. 11 (2001) pp.364-373.

Nature of the Strong Electron Donor 1,3,6,8-tetrakis(dimethylamino)pyrene and ionicity of its Charge Transfer Complexes, G. Saito, S. Hirate, K. Nishimura and H. Yamochi, *Journal of Material Chemistry*, Vol. 11 (2001) pp.723-735.

Piezoelectrically Driven Rotator for Use in High Magnetic Field at Low Temperature, E. Ohmichi, S. Nagai, Y. Maeno, T. Ishiguro, H. Mizuno and T. Nagamura, *Review Scientific Instruments*, Vol.72 (2001) pp. 1914-1917.

Unconventional Aspects in Organic Superconductors, T. Ishiguro and M.A. Tanatar, *Studies of High Temperature Superconductors*, Vol. 34 (Nova Science Publishers, New York,)(2000) pp.55-95.

Upper Critical Field of Pressurized $\kappa\text{-(ET)}_2\text{Cu}[\text{N}(\text{CN})_2]\text{Br}$ under Magnetic Fields Parallel to the Superconducting Plane, S. Kamiya, E. Ohmichi, T. Ishiguro, H. Yamochi and G. Saito, *Synthetic Metals*, Vol. 120 (2001) pp.703-704.

Resistive Transition to the Superconducting State in $\alpha\text{-(BEDT-TTF)}_2\text{NH}_4\text{Hg}(\text{SCN})_4$ under Parallel Magnetic Fields, Y. Shimojo, T. Ishiguro, H. Yamochi and G. Saito, *Synthetic Metals*, Vol. 120 (2001) pp. 751-752.

In-Plane Anisotropy of the upper Critical Field of $\lambda\text{-(BETS)}_2\text{GaCl}_4$, T. Kawasaki, M.A. Tanatar, T. Ishiguro, H. Tanaka, A. Kobayashi and H. Kobayashi, *Synthetic Metals*, Vol. 120 (2001) pp.771-772.

BEDO-TTF - Harmonic Production of Organic Metals of the Autonomous Molecule, H. Yamochi and G. Saito, *Synthetic Metals*, Vol. 120 No. 1-3 (2001) pp.863-864.

Metallic and Mott Insulating BEDT-TTF Salts with Polycyano Anions. S. Sekizaki, H. Yamochi and G. Saito *Synthetic Metals*, Vol. 120 No. 1-3 (2001) pp.961-962.

Scanning Tunneling Spectroscopy of $(\text{TMTSF})_2\text{ClO}_4$ under Magnetic Fields at 0.3K, S. Nakaharai, T. Ishiguro, J. Yamada, S. Takasaki and H. Anzai, *Synthetic Metals*, Vol. 120 (2001) pp.987-988.