

令和元年6月20日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26288035

研究課題名(和文)電子状態決定因子の多重性を用いた分子性導体の新規相転移機構の開拓

研究課題名(英文) Development of Novel Phase Transition Mechanisms for Molecular Conductors by Applying Multiplicity of Electronic State Determinant Factors

研究代表者

矢持 秀起 (Yamochi, Hideki)

京都大学・理学研究科・教授

研究者番号：20182660

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では新規な機構による相転移を起こす分子性導体の開拓を行った。主な課題として(1)多重不安定性に基づく金属-絶縁体転移を示すエチレンジオキソテトラフルвален(EDO-TTF)の錯体を出発点とした物質開拓を行い、対イオンによる光誘起相転移の様相の変化を明らかにし、(2)陰イオン部位を持つドナー分子と第2のドナー分子を組合せる独自の指針に従い、部分的な電荷秩序融解を示す新規な分子性結晶を構築した。また、(3)強力な還元剤を用いた陰イオンラジカルの作製を検討し、価数転移を伴う磁性変化を示すフラーレン錯体などを得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

温度・圧力などの変化や光照射などの刺激に対して電子状態の変化を伴う応答(相転移)を起こす物質の研究は、電子材料開発に向けた基礎研究であり、同時に基礎科学そのものの重要課題である。新規物質の開拓を主たる手法とした本研究により、化学組成を僅かに変化させることによりパルス光照射に対する応答が異なる物質群が得られ、また、温度変化に対して結晶内での電子の分布様式が従来には見られなかった変化を起こす物質を得るなど、新規な現象を見出すことが出来た。これらの成果は物質中の電子の振舞いを理解しようとする基礎科学的な研究分野に新たな検討対象を与えた。

研究成果の概要(英文)： This project aimed to develop new types of electronic phase transition phenomena for molecular crystals. As the main themes, (1) the chemical modulation of the ethylenedioxytetrathiafulvalene (EDO-TTF) salt showing the multi-instability of metallic state was performed to induce the different kind of photo-induced response comparing with the original material and (2) a peculiar charge-order melting, at which only the restricted parts in the periodic crystal structure show the homogenization of the molecular charge, was found in a multi-component charge-ordered material designed by our unique concept. Also, (3) new radical anion salts of fullerenes and macrocyclic compounds were prepared by employing strong reductants. As a result, the magnetic phase transition associated with the modulation of molecular charges was observed in a fullerene salt.

研究分野：合成有機物理化学

キーワード：分子性固体 分子性導体 有機導体 強相関電子系 結晶工学 磁性

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

分子性導体は、有機分子、フラーレン、或いは、金属-配位子化合物を導電性成分とする分子性固体である。一般には、イオンラジカル塩を含む広義の電荷移動錯体に属し、電気伝導性を持つことから判る通り、分子間相互作用が有効に働く物質である。温度や圧力などの変化に応じて相転移を起こす場合が多数知られている。超伝導転移や金属-絶縁体転移は結晶全体に非局在化する電子がその状態を劇的に変化させる相転移であり、導電性に加えて結晶構造、磁性、分光学的性質などの変化も伴う。スイッチ・メモリー素子などへの応用的観点のみならず、固体中での電子の挙動を理解する基礎科学的観点からも、相転移現象の理解、および、新規な相転移物質の開拓は重要な研究課題である。

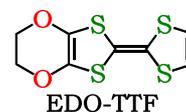
国内では東大・名城大・愛媛大・兵庫県立大などでの物質開拓や東大・東工大・名大などでの物性検討が盛んに行われ、欧米・アジア諸国でも基礎・応用の両面から研究がなされている。近年では相転移途中の非平衡状態の構造と物性の検討も可能となっているが、新たな相転移の機構を開拓する試みは皆無である。この状況下、申請者は相転移現象そのものを多様化し、分子性固体の電子機能の新展開をもたらす本研究を提案するに至った。

2. 研究の目的

従来には見られなかった新規な機構による相転移を起こす分子性導体を開拓することを目的とする。得られた結果を総合して結晶全体の電子状態を決定する因子の相関を理解し、更に、新規な機構による相転移を起こす物質群をより一般的に開拓するための指針導出を目指す。

3. 研究の方法

上記目的を達成するため、主に(1)多重不安定性に基づく金属-絶縁体転移を示すエチレンジオキシテトラチアフルバレン(EDO-TTF)の錯体を出発点とした物質展開、(2)陰イオン部位を持つドナー分子を用いた電荷秩序状態の構築、および(3)強力な還元剤を用いた陰イオンラジカルを作製を行った。

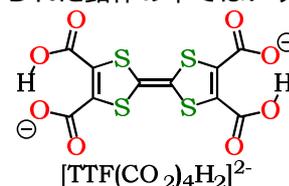


4. 研究成果

代表的な成果は下記の通りであった。

(1)については、塩素置換 EDO-TTF を用い、金属、および Mott 絶縁体として振舞う塩を得た。また、(EDO-TTF)₂PF₆ の低温電荷秩序相が超高速・高効率な光誘起相転移を起こし光誘起相を経由して金属相に対応する状態に至ることが知られていたが、これに対して、同形構造を持つ SbF₆ 塩への光照射では高温相相当の状態に至ることなく、長く光誘起相に留まることが判った。この検討には分光学的手法と同時に電子線回折による構造解析も行った。

(2)については、カルボキシ基ふたつがイオン化した、テトラカルボキシ TTF ジアニオン [TTF(CO₂)₄H₂]²⁻ とアルキル置換 TTF 誘導体の塩(錯体)を構築した。得られた錯体の中ではいずれの場合も、[TTF(CO₂)₄H₂]²⁻ の TTF 骨格は中性状態にあった。これらの内から対成分である TTF 誘導体 3 分子に対して本ジアニオン 1 分子が交互に積層した構造を持つ錯体が得られた。このカラム構造中の TTF 核に注目すると、室温では+1,0,+1,0 型の電荷秩序が形成されているが、低温で+2/3,+2/3,+2/3,0 なる電荷秩序が部分的に融解した状態となる、従来には見られなかった相転移が観測された。



(3)については、フタロシアニン誘導体やフラーレンなどの陰イオン(ラジカル)を含む数多くの錯体を作製した。それらの中から、温度変化に伴いコバルトと C₆₀ の間での電荷分配量が変化し、同時に磁気的挙動も変化する相転移物質を見出した。

以上の成果の内、特に(2)の項目はこの手法が新規機構による電子相転移を発現させるに有効な方法であることを示している。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 57 件)

総て査読有(標題, 著者, 雑誌名, 巻(号), 頁または論文番号, (出版年) DOI)

- (1) Molecular diamond lattice antiferromagnet as a Dirac semimetal candidate
Y. Shimizu, A. Otsuka, M. Maesato, M. Tsuchiizu, A. Nakao, H. Yamochi, T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito
Phys. Rev. B, **99**(17), 174417/1-7 (2019) DOI: 10.1103/PhysRevB.99.174417
- (2) Effect of One- and Two-Electron Reduction of Terbium(III) Double-Decker Phthalocyanine on Single-Ion Magnet Behavior and NIR Absorption
D.V. Konarev, S.S. Khasanov, M.S. Batov, A.G. Martynov, I.V. Nefedova, Y.G. Gorbunova, A. Otsuka, H. Yamochi, H. Kitagawa, R. N. Lyubovskaya
Inorg. Chem., **58**(8), 5058-5068 (2019) DOI: 10.1021/acs.inorgchem.9b00131
- (3) Optical Study of Electronic Structure and Photoinduced Dynamics in the Organic Alloy System [(EDO-TTF)_{0.89}(MeEDO-TTF)_{0.11}]₂PF₆
T. Ishikawa, Y. Urasawa, T. Shindo, Y. Okimoto, S. Koshihara, S. Tanaka, K. Onda, T. Hiramatsu, Y. Nakano, K. Tanaka, H. Yamochi

- Appl. Sci.*, **9**(6), 1174/1-12 (2019) DOI:10.3390/app9061174
- (4) Fullerene and endometallofullerene Kagome lattices with symmetry-forced spin frustration
D.V. Konarev, S.S. Khasanov, Y. Shimizu, A.V. Kuzmin, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R. N. Lyubovskaya
Phys. Chem. Chem. Phys., **21**(4), 1645-1649 (2019) DOI: 10.1039/c8cp07017b
- (5) Salts with titanyl and vanadyl phthalocyanine radical anions. Molecular design and effect of cations on the structure and magnetic and optical properties
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, S.S. Khasanov, M.S. Batov, A. Otsuka, H. Yamochi, H. Kitagawa, R.N. Lyubovskaya
CrystEngComm, **20**(4), 385-401 (2018) DOI: 10.1039/c7ce01918a
- (6) {CpFe^{II}(CO)₂Sn^{II}(Macrocycle^{•3-})} Radicals with Intrinsic Charge Transfer from CpFe^{II}(CO)₂ to Macrocycles (Cp: Cp or Cp^{*}); Effective Magnetic Coupling between Radical Trianionic Macrocycles^{•3-}
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, M.S. Batov, S.S. Khasanov, A. Otsuka, H. Yamochi, H. Kitagawa, R.N. Lyubovskaya
ACS Omega, **3**(11), 14875-14888 (2018) DOI: 10.1021/acsomega.8b02221
- (7) Charge-transfer complexes based on C_{2v}-symmetric benzo[ghi]perylene: comparison of their dynamic and electronic properties with those of D_{6h}-symmetric coronene
Y. Yoshida, S. Tango, K. Isomura, Y. Nakamura, H. Kishida, T. Koretsune, M. Sakata, Y. Nakano, H. Yamochi, G. Saito
Mater. Chem. Front., **2**(6), 1165-1174 (2018) DOI: 10.1039/c8qm00112j
- (8) Crystal structure and physical properties of radical cation salt based on 4,5-ethylenedioxy-4'-iodotetrathiafulvalene (EDO-TTF-I) with iodine bonding ability
Y. Nakano, Y. Takahashi, K. Ishida, M. Ishikawa, H. Yamochi, M. Uruichi
Mater. Chem. Front., **2**(4), 752-759 (2018) DOI: 10.1039/c7qm00575j
- (9) Multifunctional Compound Combining Conductivity and Single-Molecule Magnetism in the Same Temperature Range
N.D. Kushch, L.I. Buravov, P.P. Kushch, G.V. Shilov, H. Yamochi, M. Ishikawa, A. Otsuka, A.A. Shakin, O.V. Maximova, O.S. Volkova, A.N. Vasiliev, E.B. Yagubskii
Inorg. Chem., **57**(5), 2386-2389 (2018) DOI: 10.1021/acs.inorgchem.7b03152
- (10) Solid State Structure, and Optical and Magnetic Properties, of Free Base Tetra(4-pyridyl)porphyrin {H₂T(4-Py)P}^{•-} Radical Anions
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, S.S. Khasanov, A.F. Shestakov, E.I. Yudanov, A. Otsuka, H. Yamochi, H. Kitagawa, R.N. Lyubovskaya
J. Org. Chem., **83**(4), 1861-1866 (2018) DOI: 10.1021/acs.joc.7b02791
- (11) Interligand Charge Transfer in a Complex of Deprotonated cis-Indigo Dianions and Tin(II) Phthalocyanine Radical Anions with Cp^{*}Ir^{III}
D.V. Konarev, L.V. Zorina, S.S. Khasanov, A.F. Shestakov, A.M. Fatalov, A. Otsuka, H. Yamochi, H. Kitagawa, R.N. Lyubovskaya
Inorg. Chem., **57**(2), 583-589 (2018) DOI: 10.1021/acs.inorgchem.7b02351
- (12) Coordination Complexes of Fullerene C₆₀ with Rhodium {Cp^{*}Rh^{II}(μ-Cl)}₂(η², η²-C₆₀) and (Bu₄N⁺){Cp^{*}Rh^ICl(η²-C₆₀)^{•-}}. Temperature-Induced Charge Transfer from Rh^I to η²-C₆₀
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, S.S. Khasanov, S.I. Troyanov, A. Otsuka, H. Yamochi, H. Kitagawa, R.N. Lyubovskaya
Organometallics, **36**(20), 4032-4037 (2017)
DOI: 10.1021/acs.organomet.7b00660
- (13) Design and Preparation of a Quantum Spin Liquid Candidate κ-(ET)₂Ag₂(CN)₃ Having a Nearby Superconductivity
T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito, A. Otsuka, H. Yamochi, M. Maesato, Y. Shimizu, H. Ito, Y. Nakamura, H. Kishida, M. Watanabe, R. Kumai
Bull. Chem. Soc. Jpn., **90**(9), 1073-1082 (2017) DOI: 10.1246/bcsj.20170167
- (14) Ultrafast electron diffraction study of single-crystal (EDO-TTF)₂SbF₆: Counterion effect and dimensionality reduction
L.C. Liu, Y. Jiang, H.M. Mueller-Werkmeister, C. Lu, G. Moriena, M. Ishikawa, Y. Nakano, H. Yamochi, R.J.D. Miller
Chem. Phys. Lett., **683**, 160-165 (2017) DOI: 10.1016/j.cplett.2017.05.007
- (15) Racemic charge-transfer complexes of a helical polycyclic aromatic hydrocarbon molecule
Y. Yoshida, Y. Nakamura, H. Kishida, H. Hayama, Y. Nakano, H. Yamochi, G. Saito

- CrystEngComm*, **19**(26), 3626-3632 (2017) DOI: 10.1039/c7ce00763a
- (16) The Salts of Copper Octafluoro- and Hexadecafluorophthalocyanines Containing [Cu^{II}(F₈Pc)⁴⁻]²⁻ Dianions and [CuF₁₆Pc]⁻ Monoanions
D.V. Konarev, S.I. Troyanov, A.V. Kuzmin, Y. Nakano, M. Ishikawa, M.A. Faraonov, S.S. Khasanov, A.L. Litvinov, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Inorg. Chem., **56**(4), 1804-1813 (2017) DOI: 10.1021/acs.inorgchem.6b01932
- (17) Magnetic and Optical Properties of Layered (Me₄P⁺)[M^{IV}O(Pc³⁻)]⁻(TPC)_{0.5}·C₆H₄Cl₂ Salts (M = Ti and V) Composed of π -Stacking Dimers of Titanyl and Vanadyl Phthalocyanine Radical Anions
D.V. Konarev, Y. Nakano, S.S. Khasanov, A.V. Kuzmin, M. Ishikawa, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Cryst. Growth Des., **17**(2), 753-762 (2017) DOI: 10.1021/acs.cgd.6b01612
- (18) Spin Crossover in Anionic Cobalt-Bridged Fullerene (Bu₄N⁺){Co(Ph₃P)}₂(μ_2 -Cl)(μ_2 - η^2 , η^2 -C₆₀)₂ Dimers
D.V. Konarev, S.S. Khasanov, A.F. Shestakov, M. Ishikawa, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
J. Am. Chem. Soc., **138**(51), 16592-16595 (2016) DOI: 10.1021/jacs.6b09890
- (19) BEDT-TTF Salts Formed with Tetrahedrally Coordinated Zinc(II) Complex Anions
Y. Yoshida, H. Ito, Y. Nakamura, M. Ishikawa, A. Otsuka, H. Hayama, M. Maesato, H. Yamochi, H. Kishida, G. Saito
Cryst. Growth Des., **16**(11), 6613-6630 (2016) DOI: 10.1021/acs.cgd.6b01294
- (20) Cationic π -Stacking Columns of Coronene Molecules with Fully Charged and Charge-Disproportionated States
Y. Yoshida, K. Isomura, M. Maesato, T. Koretsune, Y. Nakano, H. Yamochi, H. Kishida, G. Saito
Cryst. Growth Des., **16**(10), 5994-6000 (2016) DOI: 10.1021/acs.cgd.6b01039
- (21) Pressure-Tuned Exchange Coupling of a Quantum Spin Liquid in the Molecular Triangular Lattice κ -(ET)₂Ag₂(CN)₃
Y. Shimizu, T. Hiramatsu, M. Maesato, A. Otsuka, H. Yamochi, A. Ono, M. Itoh, M. Yoshida, M. Takigawa, Y. Yoshida, G. Saito
Phys. Rev. Lett., **117**(10), 107203/1-6 (2016)
DOI: 10.1103/PhysRevLett.117.107203
- (22) A Crystalline Anionic Complex of Scandium Nitride Endometallo-fullerene: Experimental Observation of Single-bonded (Sc₃N@I_h-C₈₀)₂ dimers
D.V. Konarev, L.V. Zorina, S.S. Khasanov, A.A. Popov, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Chem. Commun., **52**(71), 10763-10766 (2016) DOI: 10.1039/c6cc05550h
- (23) Synthesis, Structure, and Properties of the Fullerene C₆₀ Salt of Crystal Violet, (CV⁺)(C₆₀⁻)·0.5C₆H₄Cl₂, which Contained Closely Packed Zigzagged C₆₀⁻ Chains
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, S.S. Khasanov, M. Ishikawa, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Chem. Asian J., **11**(11), 1705-1710 (2016) DOI: 10.1002/asia.201600242
- (24) Conducting π -Columns of Highly Symmetric Coronene, the Smallest Fragment of Graphene
Y. Yoshida, K. Isomura, H. Kishida, Y. Kumagai, M. Mizuno, M. Sakata, T. Koretsune, Y. Nakano, H. Yamochi, M. Maesato, G. Saito
Chem. Eur. J., **22**(17), 6023-6030 (2016) DOI: 10.1002/chem.201505023
- (25) Coordination Complexes of Transition Metals (M = Mo, Fe, Rh, and Ru) with Tin(II) Phthalocyanine in Neutral, Monoanionic, and Dianionic States
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, Y. Nakano, M.A. Faraonov, S.S. Khasanov, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Inorg. Chem., **55**(4), 1390-1402 (2016) DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b01906
- (26) Ambient-pressure Organic Superconductor κ -(ET)₂Ag(CN)[N(CN)₂] Formed with Polymeric Silver(I) Complex Anion
Y. Yoshida, H. Hayama, M. Ishikawa, A. Otsuka, H. Yamochi, Y. Nakamura, H. Kishida, H. Ito, M. Maesato, G. Saito
J. Phys. Soc. Jpn., **84**(12), 123801/1-5 (2015) DOI: 10.7566/JPSJ.84.123801
- (27) Spin Frustration in Antiperovskite Systems: (TTF^{•+} or TSF^{•+})₃[(Mo₆X₁₄)²⁻Y]
T. Hiramatsu, Y. Yoshida, G. Saito, A. Otsuka, H. Yamochi, Y. Shimizu, Y. Hattori, Y. Nakamura, H. Kishida, H. Ito, K. Kirakci, S. Cordierf, C. Perrinf
J. Mater. Chem. C, **3**(42), 11046-11054 (2015) DOI: 10.1039/c5tc02075a
- (28) Local Response to Light Excitation in the Chargeordered Phase of (EDO-TTF)₂SbF₆

- M. Servol, N. Moisan, E. Collet, H. Cailleau, W. Kaszub, L. Toupet, D. Boschetto, T. Ishikawa, A. Moréac, S. Koshihara, M. Maesato, M. Uruichi, X.F. Shao, Y. Nakano, H. Yamochi, G. Saito, M. Lorenc
Phys. Rev. B, **92**(2), 024304/1-9 (2015) DOI: 10.1103/PhysRevB.92.024304
- (29) Formation of $\{Co(dppe)\}_2\{\mu_2-\eta^2:\eta^2-\eta^2-(C_{60})_2\}$ Dimers Bonded by Two Single C-C Bonds and Two Bridging η^2 -Coordinated Cobalt Atoms
D.V. Konarev, S.I. Troyanov, K.A. Ustimenko, Y. Nakano, A.F. Shestakov, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Inorg. Chem., **54**(10), 4597-4599 (2015) DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b00637
- (30) Coordination Complexes of Pentamethylcyclopentadienyl Iridium(III) Halides with Tin(II) Phthalocyanine and Pentamethylcyclopentadienyl Iridium(II) Halides with Fullerene C_{60}^- Anions
D. V. Konarev, S.I. Troyanov, A.V. Kuzmin, Y. Nakano, S.S. Khasanov, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Organometallics, **34**(5), 879-889 (2015) DOI: 10.1021/om501210s
- (31) Synthesis, Structures, and Properties of Crystalline Salts with Radical Anions of Metal-Containing and Metal-Free Phthalocyanines
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, M.A. Faraonov, M. Ishikawa, S.S. Khasanov, Y. Nakano, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Chem. Eur. J., **21**(3), 1014-1028 (2015) DOI: 10.1002/chem.201404925
- (32) Linear Coordination Fullerene C_{60} Polymer $[\{Ni(Me_3P)_2\}(\mu-\eta^2, \eta^2-C_{60})]_\infty$ Bridged by Zerovalent Nickel Atoms
D.V. Konarev, S.S. Khasanov, Y. Nakano, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Inorg. Chem., **53**(22), 11960-11965 (2014) DOI: 10.1021/ic501551y
- (33) Inclusion Complexes of Fullerenes with Flexible Tetrathiafulvalene Derivatives Bearing Four Aryls through the Sulfur Bridges
J. Sun, X. Lu, M. Ishikawa, Y. Nakano, S. Zhang, J. Zhao, Y. Shao, Z. Wang, H. Yamochi, X.F. Shao
J. Mater. Chem. C, **2**(38), 8071-8076 (2014) DOI: 10.1039/c4tc01362j
- (34) Structural and Physical Properties of $(EDO-TTF-Cl)_2XF_6$ (X = As, Sb): Geometrical Aspects for Monosubstituted EDO-TTF (EDO-TTF = 4,5-ethylenedioxytetrathiafulvalene)
M. Ishikawa, Y. Nakano, M. Uruichi, A. Otsuka, K. Yakushi, H. Yamochi
Eur. J. Inorg. Chem., **2014**(24), 3941-3948 (2014) DOI:10.1002/ejic.201400128
- (35) Layered Salts with Iron Hexadecachlorophthalocyanine Anions - The Formation of $[\{FeCl_{16}Pc\}_2]^{3-}$ Dimers Containing $[Fe^+Cl_{16}Pc(2-)]^-$ and diamagnetic $[Fe^0Cl_{16}Pc(2-)]^{2-}$
D.V. Konarev, A.V. Kuzmin, M. Ishikawa, Y. Nakano, M.A. Faraonov, S.S. Khasanov, A. Otsuka, H. Yamochi, G. Saito, R.N. Lyubovskaya
Eur. J. Inorg. Chem., **2014**(24), 3863-3870 (2014) DOI:10.1002/ejic.201400126

〔学会発表〕(計 21 件)

・第 12 回 分子科学討論会, 福岡国際会議場, 2018 年 9 月 10-13 日

- (1) 石田 耕大, 高橋 佑輔, 中野 義明, 石川 学, 大塚 晃弘, 矢持 秀起, 賣市 幹大, 春木 理恵, 熊井 玲児, 足立 伸一
(EDO-TTF-I) $_2$ ClO $_4$ におけるヨウ素を媒介とする相互作用と相転移挙動
- (2) 平原 誉士, 村上 賢太郎, 上中 敬太, 石川 学, 大塚 晃弘, 中野 義明, 矢持 秀起, 春木 理恵, 熊井 玲児, 足立 伸一, 賣市 幹大
電荷秩序物質(TMTTF) $_3$ [TTF(CO $_2$) $_4$ H $_2$]の相転移挙動
- (3) 石川 学, 上中 敬太, 村上 賢太郎, 中野 義明, 賣市 幹大, 大塚 晃弘, 矢持 秀起
(TMTTF) $_3$ [TTF(CO $_2$) $_4$ H $_2$]の硫酸中における電気抵抗変化, および結晶成長条件の検討

・日本化学会第 98 春季年会, 日本大学理工学部 船橋キャンパス, 2018 年 3 月 20-23 日

- (4) 石田 耕大, 高橋 佑輔, 中野 義明, 石川 学, 矢持 秀起, 賣市 幹大
含ヨウ素ドナー分子 EDO-TTF-I から成る(EDO-TTF-I) $_2$ XF $_6$ (X = P, As, Sb)の構造と物性

・第 11 回 分子科学討論会, 東北大学 川内北キャンパス, 2017 年 9 月 15-18 日

- (5) 村上 賢太郎, 上中 敬太, 石川 学, 中野 義明, 賣市 幹大, 大塚 晃弘, 矢持 秀起
全 TTF 型電荷秩序絶縁体の構築
- (6) 石川 学, 上中 敬太, 中野 義明, 大塚 晃弘, 矢持 秀起
全 TTF 型周期的混晶における置換基サイズ効果の検討

・ The 12th Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena, 早稲田大学 西早稲田キャンパス, 2016年 10月 16-18日

- (7) K. Uenaka, M. Ishikawa, Y. Nakano, H. Yamochi
Charge-ordered Cation Radical Salts Prepared with a TTF Derivative Having Anionic Substituents

・ 第 10 回 分子科学討論会, 神戸ファッションマート, 2016年 9月 13-15日

- (8) 石川 学, 中野 義明, 大塚 晃弘, 賣市 幹大, 矢持 秀起
TP-EDTT の ReO_4 との陽イオンラジカル塩の構造と物性
(9) 中野 義明, 大江 佳毅, 石川 学, 矢持 秀起, 売市 幹大
3 回対称性ドナー分子を用いた電荷移動錯体の合成と物性評価

・ 平成 28 年度物性研究所短期研究会 "パイ電子系物性科学の最前線", 東京大学 物性研究所, 2016年 8月 8-10日

- (10) 矢持 秀起 (招待講演)
陰イオン部位を持つ TTF 誘導体を用いた電荷秩序錯体の作製

・ 日本化学会第 96 春季年会, 同志社大学 京田辺キャンパス, 2016年 3月 24-27日

- (11) 石川 学, 中野 義明, 賣市 幹大, 大塚 晃弘, 矢持 秀起
EDO-TTF-Cl の $\text{Ag}(\text{CN})_2$ との陽イオンラジカル塩の構造と物性

・ 第 9 回 分子科学討論会, 東京工業大学 大岡山キャンパス, 2015年 9月 16-19日

- (12) 大江 佳毅, 高橋 佑輔, 中野 義明, 石川 学, 矢持 秀起, 売市 幹大
含ヨウ素 TTF 誘導体(EDO-TTF-I)を用いた陽イオンラジカル塩の構造と物性
(13) 石川 学, 前里 光彦, 中野 義明, 平松 孝章, 賣市 幹大, 大塚 晃弘, 矢持 秀起, 齋藤 軍治
(EDO-TTF-Cl) $_2$ PF $_6$ の相転移挙動に対する圧力効果
(14) 上中 敬太, 石川 学, 中野 義明, 矢持 秀起
陰イオン部位を持つドナー [EDO-TTF-(CH $_3$)PO $_3$ H]-の合成

・ 日本化学会第 95 春季年会, 日本大学船橋キャンパス, 2015年 3月 26-29日

- (15) 石川 学, 中野 義明, 賣市 幹大, 大塚 晃弘, 矢持 秀起
(TP-EDTT) $_2$ Br の合成、構造および物性

・ 第 8 回 分子科学討論会, 広島大学 東広島キャンパス, 2014年 9月 21-24日

- (16) 石川 学, 中野 義明, 賣市 幹大, 大塚 晃弘, 薬師 久彌, 矢持 秀起, 齋藤 軍治
(EDO-TTF-Cl) $_2$ XF $_6$ (X = P, As, Sb)中の分子配列に対する陰イオンサイズ効果

〔その他〕

ホームページ等

http://mms.ltm.kyoto-u.ac.jp/yamochi/list_pub.pdf

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名： 該当なし

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号 (8 桁)：

(2) 研究協力者

研究協力者氏名： 大塚 晃弘

ローマ字氏名： Otsuka Akihiro

研究協力者氏名： 中野 義明

ローマ字氏名： Nakano Yoshiaki

研究協力者氏名： 石川 学

ローマ字氏名： Ishikawa Manabu

研究協力者氏名： 北川 宏

ローマ字氏名： Kitagawa Hiroshi

研究協力者氏名： 前里 光彦

ローマ字氏名： Maesato Mitsuhiko

研究協力者氏名： 吉田 幸大

ローマ字氏名： Yoshida Yukihiro

研究協力者氏名： 賣市 幹大

ローマ字氏名： Uruichi Mikio

研究協力者氏名： 腰原 伸也

ローマ字氏名： Koshihara Shin-ya

研究協力者氏名： 恩田 健

ローマ字氏名： Onda Ken

研究協力者氏名： 沖本 洋一

ローマ字氏名： Okimoto Yoichi

研究協力者氏名： 田中 耕一郎

ローマ字氏名： Tanaka Koichiro

研究協力者氏名： 齋藤 軍治

ローマ字氏名： Saito Gunzi

研究協力者氏名： 平松 孝章

ローマ字氏名： Hiramatsu Takaaki

研究協力者氏名： 清水 康弘

ローマ字氏名： Shimizu Yasuhiro

研究協力者氏名： 伊東 裕

ローマ字氏名： Ito Hiroshi

研究協力者氏名： 岸田 英夫

ローマ字氏名： Kishida Hideo

研究協力者氏名： 春木 理恵

ローマ字氏名： Haruki Rie

研究協力者氏名： 熊井 玲児

ローマ字氏名： Kumai Reiji

研究協力者氏名： 足立 伸一

ローマ字氏名： Adachi Shinichi

研究協力者氏名： ミラー デュウエイン

ローマ字氏名： Miller Dwayne, R.J.

研究協力者氏名： カサノフ サラヴァト

ローマ字氏名： Khasanov Salavat, Salim'yanovich

研究協力者氏名： コナレフ デュミティエー

ローマ字氏名： Konarev Dmitry, Valentinovich

研究協力者氏名： リューボフスカヤ リマ

ローマ字氏名： Lyubovskaya Rimma, N.

研究協力者氏名： 邵 向鋒

ローマ字氏名： Shao Xiangfeng

研究協力者氏名： クッシュ ナタリア
ローマ字氏名： Kushch Nataliya, D.
研究協力者氏名： ヤグブスキー エデュアルド
ローマ字氏名： Yagubskii Eduard ,B.

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。