

令和 2 年 5 月 30 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16H04132

研究課題名（和文）金属錯体系イオン液体の機能科学：電子物性・外場応答性・ガス吸脱着

研究課題名（英文）Functional Ionic Liquids Containing Metal Complexes: Electronic Properties, Stimuli Responsiveness, and Gas Absorption Properties

研究代表者

持田 智行 (Mochida, Tomoyuki)

神戸大学・理学研究科・教授

研究者番号：30280580

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,000,000円

研究成果の概要（和文）：有機金属錯体およびキレート錯体をカチオンとする多彩な金属含有機能性イオン液体を開発した。サーモクロミズム・ケモクロミズム・LCSTなどの外場応答性、磁性・発光性などの物性、および各種の化学反応性を示す液体を合成した。イオン液体と関連したイオン性プラスチック結晶および配位高分子を開発し、その構造と物性を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属錯体を用いた機能性液体を開発し、液体の多彩な機能性を開拓した。さらに、固液境界相の物性を開拓した。本研究において、こうした従来の金属錯体科学にはなかった新しい研究領域が開拓され、その展開性が示された。

研究成果の概要（英文）：A variety of functional ionic liquids containing cationic organometallic complexes and chelate complexes were synthesized. These liquids exhibited unique physical and chemical properties such as thermochromism, chemochromism, photoluminescence, and LCST properties. Ionic plastic crystals and coordination polymers related to these liquids were synthesized, and their structures and properties were elucidated.

研究分野：物性化学

キーワード：イオン液体 プラスチック結晶 金属錯体 相転移

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

金属錯体は多彩な機能性を示す物質群として知られ、その固体状態または溶液における研究は盛んに行われている。しかしながら、金属錯体は通常高融点であるため、その液体化学は未開拓であった。ところが私達は、イオン液体の分子設計を適用することによって、金属錯体を直接液化する方法論を見出した。さらに、この手法を用いて、各種のサンドイッチ型錯体およびキレート錯体を液化できることを示し、その熱的性質の評価と、機能性の開拓に取り組んできた(科研費基盤研究(B)2012-2015「金属錯体からなるイオン液体の物質科学」)。その結果、この方法論の展開性が見いだされた。そこで本課題では、この研究を展開させ、新たな物質系および複合機能の開拓を広範に進めることとした。

2. 研究の目的

従来の機能性材料は多くが固体だが、本研究は「金属を含む機能性液体」という新たな物質化学領域を拓き、固体科学との境界を拓くことを目的としている。本課題では、金属錯体をカチオンとするイオン液体および関連物質の物質開発と機能開拓を行う。多彩な電子物性・外場応答性・ガス吸脱着性の実現を目的として、新たな分子系および液体機能発現機構の開拓を行う。あわせて、固体と液体の接点を開拓する。そのために、中間相であるイオン性プラスチック相の開拓を進め、イオン液体との関係性の解明と機能開拓を試みる。

3. 研究の方法

各種の機能性を組み込んだカチオン性キレート錯体およびサンドイッチ型錯体に対し、 Tf_2N や FSA などのフッ素系アニオンを組み合わせて、イオン液体を合成した。生成したイオン液体について熱物性を評価し、さらに各種物性の外場応答性を検討した。一部のイオン液体については、NMR の手法を用いて分子間距離や運動状態に関する詳細な検討を行った。固体の生成物については、さらに X 線回折等を行って構造を評価した。

4. 研究成果

(1) 多機能イオン液体の合成と物性評価

キレート錯体等の金属錯体を用いて、各種の外場応答機構を組み込んだイオン液体を開発した。いずれも複数の機能を備えている点が特徴である。

磁性サーモクロミック液体の開発

Ni 錯体系ソルバトクロミック錯体に配位性側鎖を導入したイオン液体を開発した(図 1 a)。この錯体は常磁性の開環体(青色)と非磁性の開環体(赤色)の間で配位平衡を起こすため、温度変化に伴う色変化および磁性変化が実現した。さらに、置換基制御による温度変化域の制御が可能であった。

クラウンエーテル系イオン液体の開発

優れたイオン抽出能を持つイオン液体の開発を目的として、アザクラウンエーテルを用いたイオン液体を開発した(図 1 b)。アザクラウンエーテルにアルカリ金属イオンを取り込ませる方法、および酸を添加する方法を用いて、溶媒和イオン液体およびプロトン性イオン液体をそれぞれ合成した。このように同一配位子から双方のイオン液体を生成する系を実現した。得られたイオン液体の熱物性および熱安定性を評価した。さらに、配位子およびアニオンの疎水性・親水性を調節することにより、LCST 挙動を実現した。

蛍光性サーモクロミックイオン液体の開発

多機能サーモクロミックイオン液体の開発を目的として、ロジウムイソシアニド錯体をカチオンとするイオン液体を合成した(図 1 c)。その結果、この液体はロジウム間結合の生成に基づくサーモクロミズムを示し、高温で橙色、低温で青紫色を呈することがわかった。また低温でオリゴマー化に基づく蛍光を示した。さらに、この液体は化学反応性を有し、ヨウ化メチル蒸気に触れると酸化付加を起こし、ヨウ素との反応によって多核錯体を形成した。このように、サーモクロミズム、ペイポクロミズム、蛍光性、化学反応性を備えた液体が実現した。

ガス脱着能の光制御が可能な発光性イオン液体の開発を目的として、レニウム錯体をカチオンとするイオン液体を合成した。まず三座配位子を有する錯体をカチオンとするイオン液体を合成し、その安定性および反応性を検討した。 Tf_2N 塩はイオン液体、 PF_6 塩はイオン性固体となったが、Cl 塩は Cl が金属に直接配位した容易に転換し、中性錯

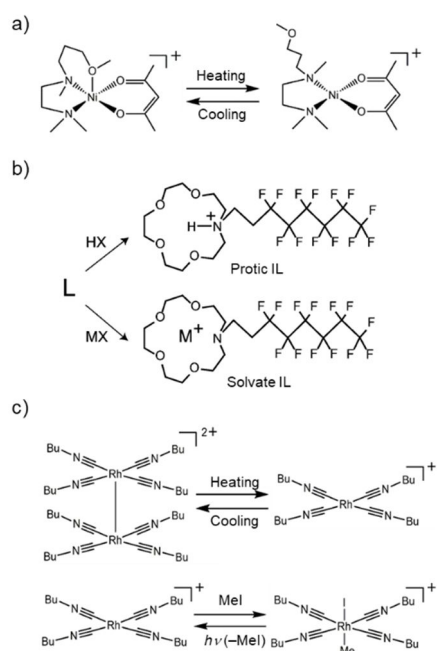


図 1. 開発した多機能イオン液体とその機能発現機構。a) 磁性サーモクロミック液体、b) クラウンエーテル系イオン液体の開発、c) 蛍光性・反応性サーモクロミックイオン液体

体を与えることがわかった。この系はルテニウムを含む初めてのイオン液体である。さらに、二座配位子を有するルテニウムカルボニル錯体をカチオンとするイオン液体を合成した。この液体は発光性液体であり、紫外光照射によって一酸化炭素の脱離と配位子交換を起こすことがわかった。有機溶媒蒸気下で光照射を行うと、蒸気の種類に応じて異なる着色を示し、あわせて蛍光の消失が観測された。こうして、光照射によるペイポクロミズムの制御を実現した。

ポリシアノ系アニオンを組み合わせた錯体の合成と評価

イオン液体の配位平衡に基づく物性発現を目的として、ソルバトクロミック錯体に対してポリシアノ系アニオンを組み合わせた錯体を系統的に合成した。その結果、これらのアニオンは直接金属に配位するため、イオン液体化には不利であることがわかった。溶液中の吸収スペクトルから、シアノ系アニオンのドナー数を決定した。さらに、配位結合長および固体の吸収の解析から、結晶構造がシアノ系アニオンの配位能に与える効果を検証した。

(2) サンドイッチ錯体系イオン液体の合成と物性評価

サンドイッチ錯体をカチオンとするイオン液体の機能開拓および分光学的評価を行った。

磁性サーモクロミック液体の開発

ハーフサンドイッチ型錯体の二量平衡に基づくサーモクロミックイオン液体を開発した(図2)。これらは置換基に応じた色調変化を示す常磁性液体であり、温度低下による二量化に伴う磁化率の減少が認められた。

サンドイッチ型ルテニウム錯体系イオン液体の分子運動性の解明

サンドイッチ型ルテニウム錯体系イオン液体の分子運動性に関する検討を行なった。NMR 分光の手法を用いて、カチオン・アニオン間距離および置換基の運動状態を明らかにした。液体の粘度が主にカチオンの運動性と相関していることが示された。

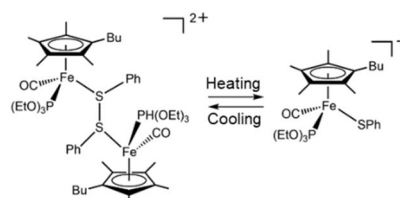


図2 ハーフサンドイッチ錯体からなる磁性サーモクロミック液体

(3) サンドイッチ錯体を含むイオン性柔粘性結晶および配位高分子の開発

イオン液体とイオン結晶の中間相であるイオン性プラスチック相の発現条件の解明と、その機能開拓を行った。さらに、イオン液体を組み込んだ配位高分子を開発した。

イオン液体と柔粘性結晶相の境界の解明

各種のアルキル置換基を有するサンドイッチ型ルテニウム錯体をフッ素系またはシアノ系アニオンと組み合わせた一連の塩を合成し、その相系列を検討した(図3a)。その結果、置換基がメチル基または水素(無置換体)の場合、ほとんどの塩が高温で柔粘性結晶相を発現することが分かった。一方、エチル基以上の長さの置換基を持つ塩は、多くが柔粘性結晶相を示さずに融解し、イオン液体となった。このように、柔粘性イオン結晶相とイオン液体相の関連を解明し、その境界を明らかにすることができた。

転移温度に対する分子形状およびサイズの効果の検討

置換メタロセンを用いた各種の柔粘性イオン結晶を合成し、柔粘性結晶相への転移温度に対する分子形状およびサイズの効果を検討した(図3a)。その結果、アニオンサイズとカチオンサイズの差が小さく、かつ分子に若干の非対称性がある場合に転移温度が低下する傾向が認められた。さらに、いくつかのメタロセン系物質の構造、熱物性、および原子価状態の検討を行った。これらの相挙動を検討することにより、分子体積・形状とプラスチック相への相転移温度の間の相関を見出した。さらに、アニオン形状が結晶構造と相挙動に与える効果を検討し、プラスチック相発現に有利なアニオンを見出した。

磁性柔粘性イオン結晶の合成

オクタメチルフェロセン等の磁性カチオンに対して各種のアニオンを組み合わせることにより、多数の磁性柔粘性イオン結晶を合成した。柔粘性結晶相への転移温度に対する分子形状およびサイズの効果を検討し、その相関を明らかにした。相転移近傍での磁性の検討を行い、磁場による配向制御は難しいことを明らかにした。

サンドイッチ錯体系イオン液体を含む配位高分子の開発

サンドイッチ型錯体からなるイオン液体と金属塩の反応によって、イオン液体を含む配位高分子を合成した(図3b、Mはアルカリ金属)。これらの物質はイオン液体を構成要素とするため、配位高分子であるにもかかわらず、融解または分解融解挙動を示した。これらの融点は、イオン液体の融点および用いた金属種と相関があった。フェロセンを含む塩は常磁性配位高分子となった。

以上に加え、関連するフェロセン系物質の熱的性質および構造に関する検討も行った。

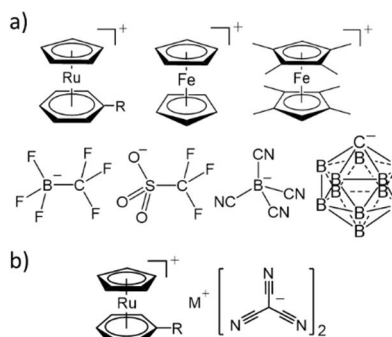


図3 .a)相系列の検討に用いたカチオン・アニオンの例、b)サンドイッチ錯体系イオン液体を含む配位高分子の例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計22件（うち査読付論文 21件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 22件）

1. 著者名 Cho Sok-Yong、Mochida Tomoyuki	4. 巻 59
2. 論文標題 Thermal Properties and Crystal Structures of Rhenium(Ⅰ) Carbonyl Complexes with Tridentate Ligands: Preparation of Rhenium-Containing Ionic Liquids	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 847 ~ 853
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b03108	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Horikoshi Ryo、Sumitani Ryo、Mochida Tomoyuki	4. 巻 900
2. 論文標題 Synthesis, crystal structures, electrochemical properties, and complexation of ferrocene-based compounds: 1,2-bis(dimethyldithiocarbamate)ferrocene and 1,2-bis(benzothiazol-2-ylthio)ferrocene	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 120928 ~ 120928
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2019.120928	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kimata Hironori、Mochida Tomoyuki	4. 巻 895
2. 論文標題 Phase transitions and crystal structures of organometallic ionic plastic crystals comprised of ferrocenium cations and CH ₂ BrBF ₃ anions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Organometallic Chemistry	6. 最初と最後の頁 23 ~ 27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jorganchem.2019.05.021	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kimata Hironori、Mochida Tomoyuki	4. 巻 25
2. 論文標題 Crystal Structures and Melting Behaviors of 2D and 3D Anionic Coordination Polymers Containing Organometallic Ionic Liquid Components	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry A European Journal	6. 最初と最後の頁 10111 ~ 10117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201900979	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kimata Hironori, Sumitani Ryo, Mochida Tomoyuki	4. 巻 48
2. 論文標題 Phase Transitions and Crystal Structures of Ionic Plastic Crystals Comprising Quaternary Ammonium Cations and Carborane Anion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 859 ~ 862
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.190309	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Kimata, T. Sakurai, H. Ohta, T. Mochida	4. 巻 4
2. 論文標題 Phase Transitions, Crystal Structures, and Magnetic Properties of Ferrocenium Ionic Plastic Crystals with CF3BF3 and Other Anions	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CheistrySelect	6. 最初と最後の頁 1410-1415
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/slct.201900141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 H. Kimata, T. Mochida	4. 巻 18
2. 論文標題 Effects of molecular structure on phase transitions of ionic plastic crystals containing cationic sandwich complexes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cryst. Growth Des.	6. 最初と最後の頁 7562-7569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.8b01390	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 R. Horikoshi, T. Tominaga, T. Mochida	4. 巻 18
2. 論文標題 Mixed-Metal Coordination Polymers and Macrocycles Based on a Ferrocene-Containing Multidentate Ligand 1,2-Di(4-Pyridylthio)ferrocene	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cryst. Growth Des.	6. 最初と最後の頁 5089-5098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.8b00538	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Inagaki, T. Mochida, K. Takahashi, T. Sakurai, H. Ohta	4. 巻 269
2. 論文標題 Paramagnetic ionic liquids exhibiting thermochromism based on monomer-dimer equilibrium of cationic half-sandwich complexes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Mol. Liq.	6. 最初と最後の頁 882-885
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.molliq.2018.08.119	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Tominaga, T. Mochida	4. 巻 24
2. 論文標題 Multifunctional ionic liquids from rhodium(I) isocyanide complexes: Thermochromic, fluorescence, and chemochromic properties based on Rh-Rh interaction and oxidative addition	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chem. Eur. J	6. 最初と最後の頁 6239-6247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201800333	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 C. Tei, D. Kuwahara, T. Higashi, T. Mochida	4. 巻 91
2. 論文標題 Average intermolecular distances and dynamics of ruthenium-containing organometallic ionic liquids studied by Nuclear Overhauser Effects between ¹⁹ F and ¹ H nuclei and NMR relaxation rate measurements	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 571-576
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20170313	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 持田智行	4. 巻 47
2. 論文標題 サンドイッチ型錯体からなるイオン液体の相挙動・熱的性質	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 ファインケミカル	6. 最初と最後の頁 14-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Oba, M. Okuhata, T. Osakai, T. Mochida	4. 巻 20
2. 論文標題 Solvate and protic ionic liquids from aza-crown ethers: synthesis, thermal properties, and LCST behavior	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 3118 ~ 3127
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP02807E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Mochida, M. Ishida, T. Tominaga, K. Takahashi, T. Sakurai, H. Ohta	4. 巻 20
2. 論文標題 Paramagnetic ionic plastic crystals containing the octamethylferrocenium cation: counteranion dependence of phase transitions and crystal structures	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 3019 ~ 3028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CP02746J	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Mochida, Y. Funasako, H. Kimata, T. Tominaga, T. Sakurai, H. Ohta	4. 巻 17
2. 論文標題 Valence Control of Ionic Molecular Crystals: Effect of Substituents on the Structures and Valence States of Biferrocenium Salts with Fluoro Tetracyanoquinodimethanides	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Crystal Growth & Design	6. 最初と最後の頁 6020 ~ 6029
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.cgd.7b01147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 X. Lan, T. Tominaga, T. Mochida	4. 巻 46
2. 論文標題 Coordination abilities of polycyano anions in the solid state: coordination geometries and d-d transition energies of mixed-ligand solvatochromic copper(II) complexes with B(CN) ₄ , C(CN) ₃ , and N(CN) ₂ anions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 5041 ~ 5047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7DT00675F	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Tominaga, T. Ueda, T. Mochida	4. 巻 19
2. 論文標題 Effect of Substituents and Anions on the Phase Behavior of Ru(II) Sandwich Complexes: Exploring the Boundaries between Ionic Liquids and Ionic Plastic Crystals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 4352 ~ 4359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CP08308K	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 X. Lan, T. Mochida, Y. Funasako, K. Takahashi, T. Sakurai, H. Ohta	4. 巻 23
2. 論文標題 Thermochromic Magnetic Ionic Liquids from Cationic Nickel(II) Complexes Exhibiting Intramolecular Coordination Equilibrium	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 823 ~ 831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201604420	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Tominaga and T. Mochida	4. 巻 2
2. 論文標題 trans-Diaquabis(1,1,1,5,5,5-hexafluoropentane-2,4-dionato- 20,0)cobalt(II) dihydrate	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IUCrData	6. 最初と最後の頁 x170002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1107/S2414314617000025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Mochida, Y. Funasako, M. Ishida, S. Saruta, T. Kosone, T. Kitazawa	4. 巻 22
2. 論文標題 Crystal Structures and Phase Sequences of Metallocenium Salts with Fluorinated Anions: Effects of Molecular Size and Symmetry on Phase Transitions to Ionic Plastic Crystals	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 15725 ~ 15732
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201603170	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 X. Lan, H. Hosokawa, Y. Funasako, T. Mochida	4. 巻 2016
2. 論文標題 Solvatochromic CuII-Containing Ionic Liquids with Ether Side Chains: Control of Solvent Response through Intramolecular Coordination	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 2804 ~ 2809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201603170	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Mochida, Y. Funasako, T. Akasaka, M. Uruichi, H. Mori	4. 巻 19
2. 論文標題 Valence engineering of ionic molecular crystals: monovalent-divalent phase diagram for biferrocene-tetracyanoquinodimethane salts	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 1449 ~ 1453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7CE00134G	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Tomoyuki Mochida
2. 発表標題 Ionic liquids from metal complexes: physical properties and chemical reactivities
3. 学会等名 International Symposium on Supramolecular Science-Based Organic Materials and Devices (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tomoyuki Mochida
2. 発表標題 Functional Ionic Liquids Containing Cationic Metal Complexes: Chemical Reactivities and Chromic Properties
3. 学会等名 Indo-Japan Discussion Meeting on Frontiers in Molecular Spectroscopy: From Fundamentals to Applications on Material Science and Biology (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tomoyuki Mochida
2. 発表標題 Functional Ionic Liquid Materials from Metal Complexes
3. 学会等名 12th Japan-China Joint Symposium on Conduction and Photoconduction in Organic Solids and Related Phenomena (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 持田智行 (分担執筆)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 333
3. 書名 光機能性有機・高分子材料における新たな息吹	

〔産業財産権〕

〔その他〕

神戸大学大学院 理学研究科 化学専攻 固体化学分野 持田研究室ホームページ http://www2.kobe-u.ac.jp/~mochida/index.html
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	桑原 大介 (Kawahara Daisuke) (50270468)	電気通信大学・研究設備センター・准教授 (12612)	