

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05141

研究課題名(和文) 混晶化を利用した銅(I)および銀(I)配位高分子の光物性制御

研究課題名(英文) Photophysical Properties of Copper(I) and Silver(I) Mixed Coordination Polymers

研究代表者

柘植 清志 (TSUGE, KIYOSHI)

富山大学・学術研究部理学系・教授

研究者番号：60280583

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では新規発光性銅及び銀錯体ユニットの合成を行った。発光性配位高分子をホスト化合物として、混晶化を利用することによりホスト化合物内にあらたな強発光性の銅及び銀発光ユニットを新規に合成し、その物性とユニット間のエネルギー移動について検討を行った。また、研究の過程で得られた知見を利用して、一連の新規単一型銀発光性銀配位高分子を合成し、対応する銅配位高分子と比較することにより、銀錯体の発光性を制御する要因を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発光性の化合物は、発光素子、センサーなどに応用されている。銅や銀は比較的安価な金属であり新規発光ユニットの創出やその制御は、発光性ユニットとしての利用にとって重要である。本研究では配位高分子をホスト化合物として利用することにより、単一化合物としては合成が難しい新規の強発光性ユニットを混晶中に創出できることを示した。また、銀錯体の系統的な合成と対応する銅錯体との比較により、銅錯体の発光エネルギーから銀錯体の発光エネルギーの予測が可能であることも示すことができた。

研究成果の概要(英文)：In this project, novel luminescent copper(I) and silver(I) units have been synthesized. By a solid solution approach utilizing luminescent coordination polymers as host compounds, strongly emissive copper(I) and silver(I) luminescent units were created in the host compounds, whose emissive properties and the energy transfer between units were examined. Using findings in the study, a series of luminescent silver(I) coordination polymers have been prepared. By comparison with the corresponding copper(I) compounds, factors affecting the emissive properties of the silver(I) polymers were discussed.

研究分野：錯体化学

キーワード：発光 混晶化 強発光性 ドーピング エネルギー移動 銀 銅 ピラジン

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 11 族 1 価の発光性金属錯体は、強発光性の化合物を生成すると同時に柔軟な配位圏を持つため、発光性サーモクロミズム、メカノクロミズム、ベイポクロミズムなど、を示す例が報告されていた。申請者は、11 族 1 価の発光性金属錯体としてハロゲン架橋複核骨格 $\{Cu_2X_2\}$ ($X = I, Br, Cl$) を持つ銅(I)発光性配位高分子を中心とした研究を行い、配位子として PPh_3 および N-ヘテロ芳香族化合物を持つ場合に強発光性の化合物となること、および発光色を N-ヘテロ芳香族配位子によって制御できることを明らかにしてきた。一方で同じ 11 族 1 価錯体である銀 (I) 錯体は、強発光性の化合物は知られているが、報告例が少なく、光物性制御のためには、さらに系統的な研究が必要の状態であった。

(2) 金属錯体の発光性制御に関しては、配位子の選択によるものが中心となっていた。申請者は分子性の発光性金属錯体だけでなく発光性配位高分子の研究も行い、銅(I)発光性配位高分子 $[Cu_2I_2(PPh_3)_2(\mu-bpy)]_n$ ($bpy: 4,4'$ -ピピリジン) と銀 (I) 発光性配位高分子 $[Ag_2I_2(PPh_3)_2(\mu-bpy)]_n$ が同形結晶であり、同形混晶化を利用することにより銅—銀混合金属配位高分子を合成できることを見出した。この混合金属配位高分子では銅及び銀発光ユニット間の相互作用によりアンテナ効果という新たな物性を実現できることを示した。これにより、発光性金属錯体の新たな物性制御法として混晶化が利用できる可能性があると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、上記の背景を踏まえ混晶化を利用して銅及び銀発光性錯体の合成と新規発光サイトの創出を目的とした。また研究の過程で、合成困難と思われていた $\{Ag_2X_2\}$ 骨格を持つ強発光性ユニットが単一錯体としても合成可能であることを見出し、これらの配位高分子の合成法の確定、その物性解明も目的とした。

3. 研究の方法

(1) 新規銅発光性ユニットの創出と物性解明

銅化合物としてビス(4-ピリジル)エタン(bpa)を架橋配位子とする発光性配位高分子に着目した。この化合物はすり潰しにより発光色が変化することがわかっており、この化合物をピペラジン(pip)およびピペリジン(pipe)と混晶化することにより新たな発光サイトの創出とその物性解明を行った。

(2) 新規銀発光性ユニットの創出と物性解明

銀化合物としては pip を架橋配位子とする配位高分子に着目した。 $\{Ag_2X_2\}$ 骨格を持つ配位高分子は上記の bpy 錯体は強発光性であり容易に合成できることが示されているが、その他の化合物は合成が困難であった。この中で pip 錯体 $[Ag_2Br_2(PPh_3)_2(\mu-pip)]_n$ は非発光性錯体であるが、再現性良く安定に合成できることを明らかにしており、これをホスト構造として種々の配位子を導入することにより、混晶として新規発光ユニットを合成することとした。また、この研究の過程でピラジン系配位子を用いた単一配位高分子が合成可能であることが明らかとなったため、新規銀(I)発光性錯体の合成とその物性解析も行った。物性解析のため対応する銅(I)錯体の合成も行った。

4. 研究成果

(1) 新規銅発光性ユニットの創出と物性解明

[bpa-pip混晶およびbpa-pipe混晶の合成] 1当量の臭化銅(I)と2当量の PPh_3 を含む DMSO 溶液に、bpa と pip を含む DMSO 溶液を加えた。bpa と pip の当量比は 0.9: 0.1, 0.7: 0.3, 0.5: 0.5, 0.3: 0.7, 0.1: 0.9 とした。得られた溶液を二週間静置すると、無色から淡黄色の結晶が得られた。同様の方法で bpa-pipe 混晶を合成した。bpa と pipe の当量比は 1: 0.1, 1: 0.3, 1: 0.5, 1: 0.7, 1: 0.9 とした。得られた化合物の元素分析、単結晶 X 線構造解析、赤外吸収スペクトルの測定では、得られた化合物と bpa 錯体は同じ結果を示した。一方で次に示すように得られた結晶の光物性が変化したため、pip および pipe が少量導入され、混晶形成により新たな発光ユニットを形成し発光色を変化させていると考えられる。

[bpa-pip混晶およびbpa-pipe混晶の発光] bpa-pip および bpa-pipe 混晶では、bpa 錯体と比べ発光極大波長が長波長シフトし発光量子収率が増加した。図1に bpa 錯体および bpa: pip = 0.7: 0.3 および bpa: pipe = 1: 0.9 の条件で得られた混晶の発光スペクトルを示す。混晶は、どちらも 510 nm に極大を持つ発光帯を示し、発光量子収率(Φ)は 0.9 となった。混晶の性質を詳しく調べるため、80 K で発光スペクトルの測定を行った(図2)。bpa: pipe = 1: 0.9 の条件で得られた混晶は、励起波長が 330 nm の場合、

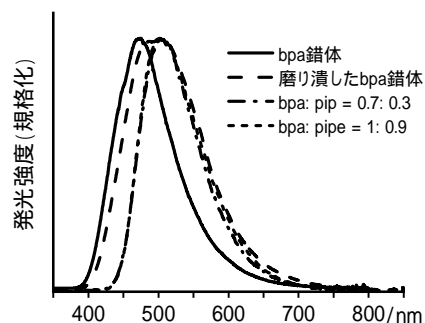


図1. bpa 錯体、bpa-pip および bpa-pipe 混晶の発光スペクトル(λ_{exc} : 330 nm)

470 nmを発光極大とする発光帯を示す。一方、励起波長が400 nmの場合、510 nmを発光極大とする発光帯を示した。この結果から、bpa-pipe混晶には二種類の発光サイトが存在することがわかった。この混晶について、337 nmの励起光を用いて発光減衰スペクトルを測定したところ、低エネルギー帯の発光強度は、励起後0.3 μsまで増加した。このことは、高エネルギー帯から低エネルギー帯へのエネルギー移動の進行を示している。bpa-pip混晶でも同様の挙動が観測された。

【発光帯の帰属】室温で pip 錯体[$\text{Cu}_2\text{Br}_2(\text{PPh}_3)_2(\text{pip})_n$] は非発光性であるため、混晶の発光極大波長の長波長シフトと量子収率の大幅な増加は、pip 又は pipe サイト由来ではなく、bpa 錯体部分の発光性の変化によると考えられる。bpa 錯体を磨り潰した場合にも、低エネルギー帯の出現による発光極大波長の長波長シフトが観測された。図 1 に示すように bpa 錯体の結晶を磨り潰した場合、発光帯が広幅化し、510 nm に極大を持つ発光を示した。この発光帯は、エネルギー、発光寿命とも pip, pipe 混晶で見られた発光帯と一致した。結晶を磨り潰した場合には、物理的に配位高分子の切断が起こると考えられる。pip や pipe 混晶においても、pip, pipe の導入箇所 bpa 架橋の配位高分子鎖の切断が起こると考えられる。このため、bpa-pip, bpa-pipe 混晶で見られた発光帯は、配位高分子鎖の切断により生じた欠陥サイトによるものだと考えられる。図 3 に示すようにこの高エネルギーの bpa サイトから低エネルギーの欠陥サイトにエネルギー移動が進行することにより、発光色の変化が見られたと考えられる。このように、空隙サイトを導入してこれを発光性サイトとして利用するのは本研究が最初の例となる。

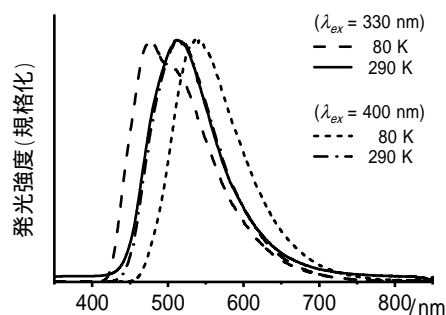


図 2. bpa-pipe 混晶の発光スペクトルの 80 K における励起波長依存

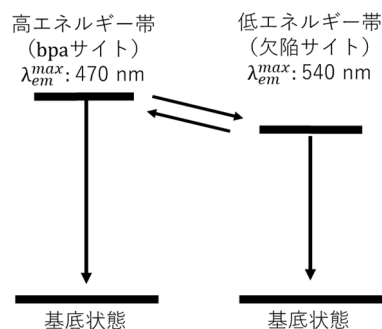


図 3. bpa-pip および bpa-pipe 混晶における発光メカニズム

(2) 新規銀(I)発光性ユニットの創出と物性解明

【 $\text{Ag}_2\text{Br}_2(\text{PPh}_3)_2(\text{pip})_{(1-x)}(\text{L})_x$ ($\text{L} = \text{ampyz}, \text{pyz}$) の合成】 AgBr と 2 当量の PPh_3 を含む $\text{DMF}/\text{CH}_3\text{CN}$ 混合溶液に、pip と L ($\text{L} = \text{ampyz}, \text{pyz}$) をそれぞれ 0.9: 0.1, 0.7: 0.3, 0.5: 0.5, 0.3: 0.7 の比で含む CH_3CN 溶液を反応させ、発光性無色結晶を得た。(ampyz: アミノピラジン、pyz: ピラジン)

【pip-ampyz 混晶の発光性】 反応比 0.3: 0.7 で得られた pip-ampyz 混晶は、290 K で 400 nm と 480 nm を極大波長とする発光帯を示した(図 4)。80 K では、480 nm を極大波長とする発光帯は振動構造を示した。80 K における発光減衰測定では、ampyz 錯体同様に高エネルギー帯の発光寿命は 5 ns 以下であり、低エネルギー帯の発光寿命は 6 ms であった。ampyz 錯体および pip 錯体の発光スペクトル、発光寿命との比較により、混晶 3 の発光は pip サイトと ampyz サイトからの発光の重ね合わせであると考えられる。これらのことから、pip-ampyz 混晶でも ampyz ユニットからの発光を観測できることが明らかとなった。

【pip-pyz 混晶の発光性】 反応比 0.3: 0.7 で得られた pip-pyz 混晶(0.3: 0.7)は、290 K では 400 nm と 560 nm を極大とするブロードな発光帯を示した(図 5)。温度を下げていくと、500 nm 付近を極大とする新たな発光帯が現れた。80 K での発光減衰測定により、400 nm における発光寿命は 5 ns 以下であり、500 nm, 560 nm を極大とする発光帯の平均発光寿命はそれぞれ 1.0 ms と 24 μs であることが分かった。pip 錯体(図 3(b))との比較により 400 nm を極大とする発光帯は、 $\{\text{Ag}_2\text{Br}_2(\text{PPh}_3)_2(\text{pip})\}$ ユニット由来の発光帯であると考えられる。混晶にしたことで 500, 560 nm を極大とする発光帯が現れたことから、これらの発光帯は $\{\text{Ag}_2\text{Br}_2(\text{PPh}_3)_2(\text{pyz})\}$ ユニット由来の発光帯である

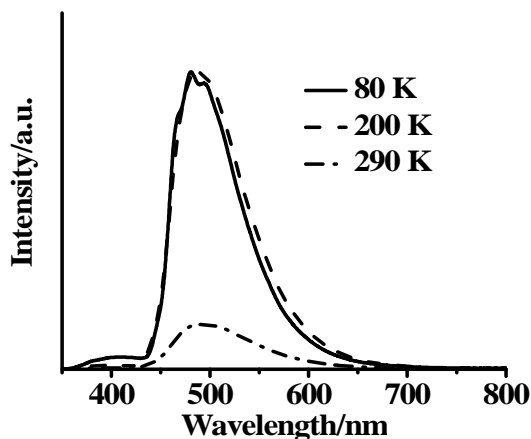


図 4. pip-ampyz 混晶の発光スペクトル

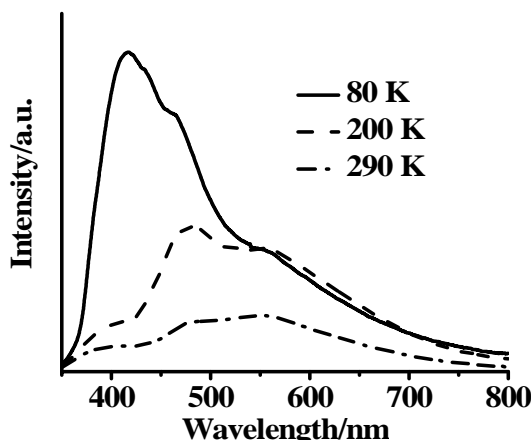


図 5. pip-pyz 混晶の発光スペクトル

と考えられる。500 nm を極大とする高エネルギー帯の寿命は 1 ms であり、560 nm を極大とする低エネルギー帯は 24 μ s であることから、高エネルギー帯は pyz 配位子内の $^3\pi-\pi^*$ 遷移に対応し、低エネルギー帯は $\{Ag_2(\mu-Br)_2\}$ ユニットから pyz の π^* 軌道への電荷移動遷移 (3 core-to-L CT) に対応すると考えられる。

【pyz 系配位子を持つ単一銀(I)錯体 $[Ag_2(\mu-X)_2(PPh_3)_2(\mu-pyz)]_n$ (AgX-Rpyz) の合成】 DMF/MeCN 混合溶媒中、AgX に対して 2 当量の PPh_3 を加えた。ここに、pyz を X = Br の場合には 200 当量、X = I の場合には 500 当量加え 3°C の暗所で数日間静置し、無色結晶として $[Ag_2(\mu-X)_2(PPh_3)_2(\mu-pyz)]_n$ (AgX-pyz) を得た。単結晶 X 線構造解析により、これらの化合物は PPh_3 の配位した銀(I)複核骨格 ($\{Ag_2(\mu-X)_2(PPh_3)_2\}$) が pyz で連結された構造を持つことが分かった (図 6)。同様の方法で Mepyz 錯体 (AgX-Mepyz)、 Me_2pyz 錯体 (AgX- Me_2pyz)、ampyz 錯体 (AgX-ampyz) も合成した。また既知化合物である CuX-pyz の合成法を参考に CuX-Mepyz、CuX- Me_2pyz 、CuX-ampyz を新規に合成した。

【AgX-Rpyz の発光性】 AgX-Rpyz 並びに CuX-Rpyz の発光極大波長および発光量子収率を表 1 に、MBr-Rpyz (M: Ag, Cu) の発光スペクトルを図 4 に示す。室温・固体状態で AgX-Rpyz の発光量子収率は 0.47 から 0.93 であり、強い発光性を示すことが分かった。図 4、表 1 に示したように銀(I)錯体と銅(I)錯体を比較すると、銀(I)錯体の方が高エネルギーで発光することが分かった。また Rpyz による影響に着目すると、銀(I)錯体、銅(I)錯体とも pyz 錯体、Mepyz 錯体、 Me_2pyz 錯体の順に発光極大波長は短波長となり、ampyz 錯体は Me_2pyz 錯体とほぼ同程度の発光極大波長を示した。

発光寿命を比較すると、AgX-ampyz 以外の錯体は 1~10 μ s 程度の発光寿命を持つことが分かった (表 1)。これまでの銅(I)配位高分子の研究により、CuX-pyz の発光は $\{Cu_2(\mu-X)_2\}$ 骨格から pyz の π^* 軌道への電荷移動 (CT) 遷移状態由来であることが報告されている。類似の発光スペクトル形状、発光寿命を示したことから AgX-ampyz 以外の錯体の発光励起状態は、CuX-pyz 同様に $\{M_2(\mu-X)_2\}$ 骨格から Rpyz の π^* 軌道への CT 励起状態であると考えられる。pyz 錯体、Mepyz 錯体、 Me_2pyz 錯体の順に発光エネルギーが高エネルギーとなったのは、電子供与性のメチル基が Rpyz の π^* 軌道を不安定化させたためと考えられる。また、銀の 4d 軌道は銅の 3d 軌道よりも安定であることから、銀(I)錯体は対応する銅(I)錯体よりも高エネルギー発光を示したと考えられる。

一方で AgX-ampyz はそれぞれ 5.4 ms (X = Br)、1.0 ms (X = I) の長い発光寿命を示したことから、発光励起状態には重原子の寄与が小さく、 $\{Ag_2(\mu-X)_2\}$ 骨格の軌道は関与していないと考えられる。さらに Ag-bpy 錯体の発光励起状態は bpy 内の $\pi-\pi^*$ 励起状態であることが明らかにされている^[2]ことから、AgX-

ampyz の発光は ampyz 配位子内の $\pi-\pi^*$ 遷移由来と帰属した。ampyz では供与性の高いアミノ基の導入により ampyz の π^* 軌道が不安定化する。この結果、AgX-ampyz の CT 励起状態が $\pi-\pi^*$ 励起状態より高エネルギーとなり $\pi-\pi^*$ 励起状態からの発光が観測されたと考えられる。

このようにして、ピラジン系配位子 (Rpyz) を用いて新規ハロゲン銀(I)および銅(I)配位高分子 (MX-Rpyz) を合成し新規発光ユニットが室温・固体状態で強発光性であることを示せた。また、対応する銅錯体との比較により、銀 (I) 発光ユニットは対応する銅 (I) 発光ユニットに比べ

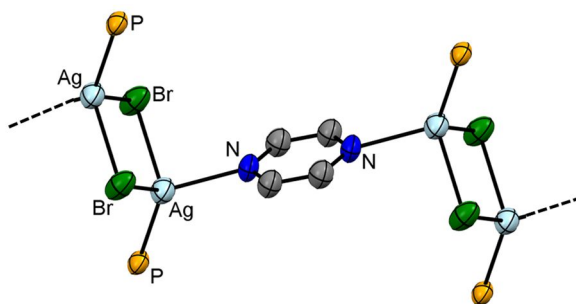


図 6. $[Ag_2(\mu-Br)_2(PPh_3)_2(\mu-pyz)]_n \cdot 2nDMF$ (AgBr-pyz) の結晶構造 (結晶溶媒, H および Ph 基は省略)。

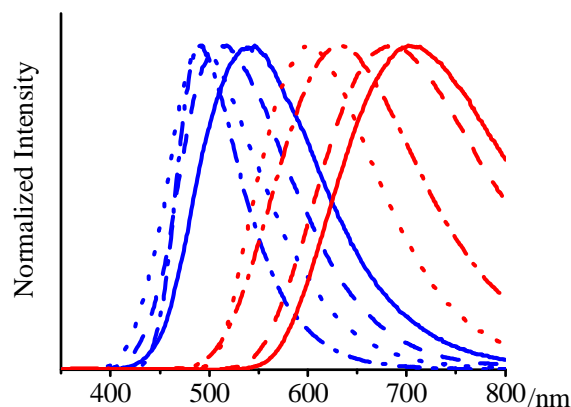


図 7. 室温・固体状態の MBr-Rpyz (M: Ag (青), Cu (赤)) の発光スペクトル (実線: pyz 錯体, 破線: Mepyz 錯体, 点線: Me_2pyz 錯体, 一点鎖線: ampyz 錯体)。

表 1. 室温・固体状態の MX-Rpyz の発光性 (上段: 発光極大波長 (nm), 発光量子収率, 下段: 発光寿命)。

MX \ Rpyz	pyz	Mepyz	Me_2pyz	ampyz
AgBr	530 (0.60)	520 (0.75)	490 (0.75)	490 (0.69)
	3.9 μ s	4.5 μ s	4.8 μ s	5.4 ms
AgI	530 (0.47)	520 (0.55)	490 (0.93)	490 (0.58)
	1.5 μ s	1.4 μ s	1.4 μ s	1.0 ms
CuBr	700 (0.02)	680 (0.03)	600 (0.62)	630 (0.05)
	0.4 μ s	0.6 μ s	7.8 s	1.3 μ s
CuI	630 (0.27)	610 (0.26)	590 (0.64)	580 (0.30)
	2.1 μ s	2.7 μ s	4.8 μ s	1.6 μ s

電荷遷移状態のエネルギーが 5000 cm^{-1} 程高エネルギーになることを明らかにした。このため、銀発光ユニットをアミノピラジンのように低エネルギーの配位子内遷移を持つ配位子と組み合わせると、配位子由来の発光が見られることも明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Dosen Masaaki, Kawada Yoshitaka, Shibata Seiko, Tsuge Kiyoshi, Sasaki Yoichi, Kobayashi Atsushi, Kato Masako, Ishizaka Shoji, Kitamura Noboru	4. 巻 58
2. 論文標題 Control of Emissive Excited States of Silver(I) Halogenido Coordination Polymers by a Solid Solution Approach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 8419 ~ 8431
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.9b00538	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Deng Jianming, Han Feifei, Schwarz Björn, Knapp Michael, Ehrenberg Helmut, Hua Weibo, Hinterstein Manuel, Li Guobao, He Yun, Wang Jie, Yuan Yuan, Liu Laijun	4. 巻 60
2. 論文標題 Dielectric Relaxation and Magnetic Structure of A-Site-Ordered Perovskite Oxide Semiconductor CaCu ₃ Fe ₂ Ta ₂ O ₁₂	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 6999 ~ 7007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c03229	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 柘植 清志	4. 巻 51
2. 論文標題 固溶体形成を利用した混合型発光性配位高分子の合成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光化学	6. 最初と最後の頁 161 ~ 164
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 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計15件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Tsuge, K., Kuwahara, T., Yoshioka, T., Yasuhara, S., Ohtsu, H.
2. 発表標題 Modification and Creation of Luminescent Silver(I) Coordination Units through Mixed-crystal Formation with Non-luminescent Hosts
3. 学会等名 23rd International Symposium on the Photophysics and Photochemistry of Coordination Compounds (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原大貴, 吉岡 翼, 大津英揮, 柘植清志
2. 発表標題 ピペラジン架橋非発光性銀 (配位高分子へのピラジンおよびアミノピラジンの導入による発光ユニットの合成
3. 学会等名 第31回 配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内漱汰, 大津英揮, 柘植清志
2. 発表標題 ピペラジンドーピングによるビス(ピリジル)エタン銅 (I) 配位高分子の発光性制御
3. 学会等名 第31回 配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内 漱汰, 山田 優太, 杉本 賢志, 大津 英揮, 柘植 清志
2. 発表標題 ビス(ピリジル)エタン-ビス(ピリジル)エチレン混合架橋銅(I)配位高分子の発光に対する配位子分率の影響
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原 大貴, 吉岡 翼, 大津 英揮, 柘植 清志
2. 発表標題 ピペラジンおよびピペラジンを架橋配位子とする非発光性銀(I)配位高分子の合成と混晶化による発光ユニットの導入
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsuge, K., Kuwahara, T., Yoshioka, T., Yasuhara, S., Ohtsu, H.
2. 発表標題 Modification and Creation of Luminescent Silver(I) Coordination Units by a Solid Solution Approach
3. 学会等名 The 18th Asian Chemical Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kuwahara, T., Nakagawa, R., Ohtsu, H., Tsuge, K.
2. 発表標題 Synthesis of luminescent silver(I) halogenido coordination polymers with pyrazine, methylpyrazine, and aminopyrazine
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹内 湊太・大津英揮・柘植清志
2. 発表標題 ビス(4-ピリジル)エタンとビス(4-ピリジル)エチレンで架橋された銅(I)臭化物配位高分子におけるエネルギー移動と発光
3. 学会等名 第30回 配位化合物の光化学討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsubasa YOSHIOKA, Hideki OHTSU, Kiyoshi TSUGE
2. 発表標題 Synthesis of Luminescent Silver(I) Complex Units Bearing Pyrazine Derivatives by Utilizing a Weakly Luminescent Coordination Polymer as a Host Framework
3. 学会等名 錯体化学会第68回討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiyoshi Tsuge, Tsubasa Yoshioka, Shunpei Yasuhara, Hideki Ohtsu, Dosen Massaaki, Masako Kato
2. 発表標題 Modification of Luminescent Properties of Halogenido Silver(I) Coordination Polymers through Mixed-Crystal Formation
3. 学会等名 43rd International Conference on Coordination Chemistry (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kiyoshi Tsuge, Taiki Kuwahara, Tsubasa Yoshioka, Hideki Ohtsu
2. 発表標題 Modification of Luminescent Properties of Silver(I) Coordination Polymers with {Ag ₂ (μ-X) ₂ } Dimeric Units
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Coordination Ionic Compounds
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹内 漱汰、大津 英揮、柘植 清志
2. 発表標題 ピペラジンとの異形混晶化によるビス(ピリジル)エタン銅(I)配位高分子の発光性制御
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 KUWAHARA Taiki, YOSHIOKA Tsubasa, OHTSU Hideki, TSUGE Kiyoshi
2. 発表標題 Synthesis of Luminescent Mixed-Crystals Having Pyrazine Derivatives by Utilization of Piperazine Bridged Silver(I) Coordination Polymer
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 桑原大貴, 大津英揮, 柘植清志
2. 発表標題 ピラジン、メチルピラジン及びアミノピラジンを架橋配位子とするプロミド銀(I) 配位高分子の合成と発光性
3. 学会等名 錯体化学会第70回討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kawahara, T., Ohtsu, H., Tsuge, K.
2. 発表標題 Synthesis and luminescence properties of silver(I) halogenido coordination polymers bridged by pyrazine, methylpyrazine, and aminopyrazine
3. 学会等名 日本化学会第101春季年会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関