

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K05613

研究課題名(和文) 秩序と無秩序の調和により単一素材で白色発光を示す材料の開発

研究課題名(英文) White-color luminescence from a single material with harmony between order- and disorder-structures of luminogen aggregates

研究代表者

堤 治 (TSUTSUMI, Osamu)

立命館大学・生命科学部・教授

研究者番号：00313370

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、単一の発光団のみから白色発光を得られる材料の開発に取り組んだ。まず、発光性金錯体を側鎖に導入した高分子液晶が白色発光を示すことを明らかにした。種々の詳細な検討の結果、金原子を含まない非常にシンプルで一般的な有機発光団においても白色発光が得られることが明らかになった。本研究によって、発光団の凝集構造を適切に制御することで単一の発光団のみから白色発光が得られることを見いだした。また、白色発光材料の分子設計指針に加え、分子凝集構造の設計指針も明らかにし、今後の発光材料の材料設計に対する重要な指導原理を得ることができた。

研究成果の概要(英文)：Highly luminescent materials are of great interest for use in light-emitting devices. However, the luminescence intensity of most organic molecules is abruptly reduced in condensed phases owing to aggregation-caused quenching. Recently, some types of organic molecules have shown strong photoluminescence in the condensed phase, where aggregation enhanced the photoluminescence through a phenomenon called aggregation-induced emission (AIE). The structure of their molecular aggregates, as well as their own molecular structure, must strongly affect the luminescence of AIE materials. We have developed liquid-crystalline (LC) luminophores with the AIE property (AIEgen). We observed that acrylate polymers having an LC AIEgen in their side chain changed the luminescent color from blue to white by the glassy-to-LC phase transition.

研究分野：機能材料化学

キーワード：発光 高分子 液晶

1. 研究開始当初の背景

面発光 LED 照明や EL ディスプレイのような有機発光デバイスが近年注目されており、いろいろな発光材料が開発されている。われわれは、発光材料として分子内に金原子を含む化合物に着目し、合成と物性に関する研究を行っている。金錯体は親金相互作用などの分子間相互作用により発光する。従って、材料としての機能を最大限に発揮させ高効率の発光を得るためには、分子間相互作用が効率的に発現するような分子配置・配向となるように分子の凝集構造を制御する必要があり、凝集構造を変えることで発光挙動の制御も可能である。これまでの検討の結果、結晶のように単一の規則性をもって秩序高く分子が配置・配向している系ではその系の秩序構造に依存した単一色の発光が得られ、秩序構造を変化させることで発光色制御が可能であることが分かった。ここで、いろいろな種類の秩序構造を同時にとらせることができれば、いろいろな発光色で同時に発光し、「単一の素材のみで白色発光を示す」ことが期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、1種類の素材のみで白色光を発する「単一素材白色発光材料」を創製する。また、凝集相で高い発光効率を示す材料を探索し、有機 LED デバイスへ応用することを目指す。

これまでの研究から、発光性金錯体に結晶のような「秩序性」と液体のような「無秩序性」の両方を兼備した凝集構造をとらせることで白色発光材料が得られると期待できる。よって本研究では、結晶と液体の中間の秩序性をもつ「液晶」としての性質を示す金錯体の分子構造・分子凝集構造の最適化・物性評価を行う。また、得られた材料をもちいて発光デバイスを試作し、材料としての機能評価を行うとともに、液晶の特性を利用して材料・デバイスの高度化も検討する。

3. 研究の方法

液晶の秩序と無秩序の調和をとるために、(1)配向秩序度の高いメソゲンと金錯体の共重合、(2)スメクチック液晶を利用、(3)フルカラー(紫・黄・赤)発光を示すディスコチック液晶性金錯体の利用などを検討し、発光特性と秩序度・凝集構造の相関を議論する。また、2年目以降ではデバイスの試作も行い、デバイス環境下における発光挙動を観察し、真に有用な材料とするための分子設計を行って分子構造・分子凝集構造の最適化を図る。さらに、液晶の特徴である配向性を利用した偏光白色発光材料への展開やキラル液晶の屈折率周期構造を利用した波長可変レーザー発振材料への展開も行う。

4. 研究成果

本研究では、まず、発光性金錯体を側鎖に導入した高分子液晶が白色発光を示すことを明らかにした。種々の詳細な検討の結果、金原子を含まない非常にシンプルで一般的な有機発光団においても白色発光が得られることが明らかになった。そこで、いろいろな構造の発光団を高分子液晶側鎖に組み込んで、発光挙動を観察した。その結果、(1)ベンゼン環に直結したアセチレン部位(エチニル基)が発光団の分子構造上の重要な構成要素であること、(2)このような発光団をネマチックあるいはスメクチック液晶配向をとらせること、の二点が白色発光を発現するための必要条件であることを見いだした。以上の観点から分子構造を最適化した結果、アセチレン部位を結合したビフェニル基が、ネマチックあるいはスメクチック液晶相を発現しやすく、白色発光材料用の発光団として適していることが分かった。

このような知見に基づいて設計・合成した材料から、単一の発光団しかもたない単一の高分子化合物のみから純粋な白色発光が得られた。また、発光機構についても考察を行い、(1)白色発光はモノマー発光に加えて励起状態会合からの発光が含まれていること、(2)ネマチックあるいはスメクチック液晶相において発光団を一軸配向させることで励起状態会合の形成が促進されること、(3)しかしながらネマチックあるいはスメクチック液晶相では発光団の一に関する秩序性がないためにいろいろな構造の励起状態会合が形成され、これらはそれぞれ異なる波長(色)で発光すること、(4)その結果発光帯が可視光領域に全体に広がった白色発光を示したと考えた。

以上のように、本研究によって、発光団の凝集構造を適切に制御することで単一の発光団のみから白色発光が得られることを見いだした。また、白色発光材料の分子設計指針に加え、分子凝集構造の設計指針も明らかにし、今後の発光材料の材料設計に対する重要で普遍的な指導原理を得ることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 12 件)

1. Color tuning donor-acceptor-type azobenzene dyes by controlling the molecular geometry of the donor moiety, Shigeyuki Yamada, Junko Bessho, Hitoya Nakasato, Osamu Tsutsumi, *Dyes and Pigments*, **150**, 89-96 (2018); DOI: 10.1016/j.dyepig.2017.11.002 査読あり
2. Photoluminescence Behavior of Liquid-Crystalline Gold(I) Complexes with Siloxane Group Controlled by Molecular

- Aggregated Structures in Condensed Phases, Kaori Fujisawa, Fumika Mitsuhashi, Anukul Preeyanuch, Kensuke Taneki, Osama Younis, Osamu Tsutsumi, *Polym. J.* (2018); DOI: 10.1038/s41428-018-0060-8 査読あり
3. 白色発光を示す高分子化合物の開発, 三ツ橋史香, 藤澤香織, 堤治, *現代化学*, 2018年4月号, 29–33 (2018). 査読なし
 4. 凝集構造による発光挙動制御, 三ツ橋史香, 藤澤香織, 堤治, *プラスチック*, 2018年5月号, 45–48 (2018). 査読なし
 5. Mesogenic Gold Complexes Showing Aggregation-Induced Enhancement of Phosphorescence in Both Crystalline and Liquid-Crystalline Phases, Shigeyuki Yamada, Yuki Rokusha, Ryo Kawano, Kaori Fujisawa, Osamu Tsutsumi, *Faraday Discussions*, **196**, 269–283 (2017); DOI: 10.1039/C6FD00157B 査読あり
 6. Electron-density distribution tuning for enhanced thermal stability of luminescent gold complexes, Shigeyuki Yamada, Shun Yamaguchi, Osamu Tsutsumi, *J. Mater. Chem. C*, **5**, 7977–7984 (2017); DOI: 10.1039/C7TC00728K 査読あり
 7. Photoluminescence from Au(I) Complexes Exhibiting Color Sensitivity to the Structure of the Molecular Aggregates, Ryo Kawano, Osama Younis, Akihiro Ando, Yuki Rokusha, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, *Chem. Lett.*, **45**, 66–68 (2016); DOI: 10.1246/cl.150944 査読あり
 8. Effects of molecular structure and aggregated structure on photoluminescence properties of liquid-crystalline gold(I) complexes with various aromatic rings, Osama Younis, Yuki Rokusha, Nana Sugimoto, Kaori Fujisawa, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **617**, 21–31 (2015); DOI: 10.1080/15421406.2015.1075367 査読あり
 9. Hierarchical Self-Assembly of Oxomolybdate Monomers into a Stable Polyoxomolybdate Crystal with an Ordered Nanochannel Array, Ryohei Watanabe, Kenjiro Uno, Makoto Muto, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, **617**, 32–39 (2015); DOI: 10.1080/15421406.2015.1075368 査読あり
 10. Tuning the photoluminescence of condensed-phase cyclic trinuclear Au(I) complexes through control of their aggregated structures by external stimuli, Kaori Fujisawa, Shigeyuki Yamada, Yukihiko Yanagi, Yasunori Yoshioka, Ayumi Kiyohara, Osamu Tsutsumi, *Sci. Rep.*, **5**, 7934 (2015); DOI: 10.1038/srep07934 査読あり
 11. 金錯体を用いる新規発光材料の精密発光制御, 山田重之, 堤治, *ケミカルエンジニアリング*, **60**, 573–581 (2015). 査読なし
 12. 機能材料としての金錯体—分子凝集によって制御可能な金錯体の発光挙動, 山田重之, 堤治, *化学*, **70**, 70–71 (2015). 査読なし
- 〔学会発表〕(計 77 件)
1. 黒田由紀, 中田真菜美, 藤澤香織, 堤治, 川畑美絵, 飴山恵, 発光性金錯体の結晶化による発光色制御, 日本化学会第98回春季年会, 2018年
 2. 原田祥平, 三ツ橋文香, 藤澤香織, 堤治, キラル液晶高分子の発光特性, 日本化学会第98回春季年会, 2018年
 3. Arruri Sathyanarayana, Shin-ya Nakamura, Osamu Tsutsumi, Katam Srinivas, Ganesan Prabusankar, Photo Luminescence and Thermal Stability of Cyclic Tri Nuclear Gold (I) complexes with *N*-Heterocyclic Carbene ligand, 日本化学会第98回春季年会, 2018年
 4. 尾崎和久, 新見涼子, 藤澤香織, 堤治, 液晶性を示す非 π -共役系金錯体の発光挙動, 日本化学会第98回春季年会, 2018年
 5. 木村聖哉, 具教先, 藤澤香織, 堤治, 赤松範久, 宍戸厚, コレステリック液晶エラストマーのメカノオプティカル機能, 日本化学会第98回春季年会, 2018年
 6. Osama Younis and Osamu Tsutsumi, Solid-state white-light emission from single luminophore, 日本化学会第98回春季年会, 2018年
 7. 玉木優作, 藤澤香織, 堤治, 混合原子価金(I/III)錯体の凝集誘起発光挙動, 日本化学会第98回春季年会, 2018年
 8. 堤治, 木村聖哉, ソフトロボティクスを志向した応力・ひずみセンシングポリマーの開発, ソフトロボット: メカニカル材料シンポジウム, 2017年
 9. Osamu Tsutsumi, Osama Younis, Fumika Mitsuhashi, Manami Nakata, Aggregation-Controlled Emission: Full-Color and White-Color Luminescence from a Single Liquid-Crystalline AIEgen, 9th International Conference on Materials for Advanced Technologies (The 3rd International Symposium on Aggregation-Induced Emission: Materials, Mechanisms and Applications), 2017年
 10. 堤治, 分子凝集制御を基盤とした機能性材料の創製, 機能性フィルム研究会 2017年関西例会, 2017年
 11. Osamu Tsutsumi, Preeyanuch Anukul, Osama M. Younis, Fumika Mitsuhashi, Namami Nakata, Kaho Sakamoto, Aggregation-Induced Emission from Liquid Crystals Controlled by Nano-Structure of

- Material, The 39th PIERS in Singapore, 2017 年
12. 中村晋也, 堤治, Katam Srinivas, Ganesan Prabusankar, 凝集構造によって制御される NHC 金錯体の発光挙動, 日本化学会第 97 回春季年会, 2017 年
 13. 種木健介, 山田重之, 堤治, 含フッ素液晶性金錯体の凝集構造により制御されるりん光発光, 日本化学会第 97 回春季年会, 2017 年
 14. 中田真菜美, 堤治, 太田美絵, 飴山恵, 発光性三核金錯体の発光挙動と結晶サイズの相関, 日本化学会第 97 回春季年会, 2017 年
 15. 福原良太, 堤治, オルガノゲル中において凝集構造により制御された金錯体の発光挙動, 日本化学会第 97 回春季年会, 2017 年
 16. 三ッ橋史香, Younis Osama, 工藤利輝, 堤治, 発光性高分子液晶の凝集構造による発光挙動制御, 日本化学会第 97 回春季年会, 2017 年
 17. 坂本果穂, Anukul Preeyanuch, 堤治, 棒状金錯体 / 液晶混合系のキラルネマチック相における発光特性, 日本化学会第 97 回春季年会, 2017 年
 18. 玉木優作, 堤治, 発光性金錯体の発光挙動に及ぼす酸化数の効果, 日本化学会第 97 回春季年会, 2017 年
 19. 三ッ橋史香, Younis Osama, 工藤利輝, 堤治, 単一化合物のみで白色発光を示す高分子液晶の凝集構造と発光挙動の相関, 第 66 回高分子学会年次大会, 2017 年
 20. Preeyanuch Anukul, Kaho Sakamoto and Osamu Tsutsumi, Photoluminescence Behavior of Rod-Shaped Gold(I) Complexes in Chiral Liquid Crystal, The 21st International Symposium on Advanced Display Materials & Devices, 2017
 21. 中村晋也, Arruri Sathyanarayana, Katam Srinivas, Ganesan Prabusankar, 堤治, NHC 金錯体の凝集構造に依存する発光特性, 錯体化学会第 67 回討論会, 2017 年
 22. 玉木優作, 堤治, 発光性金錯体の光物性と酸化数および凝集構造の相関, 錯体化学会第 67 回討論会, 2017 年
 23. 坂本果穂, Anukul Preeyanuch, 堤治, 液晶性金錯体のキラルネマチック液晶相における特異な発光挙動, 錯体化学会第 67 回討論会, 2017 年
 24. Arruri Sathyanarayana, Shin-ya Nakamura, Katam Srinivas, Ganesan Prabusankar, Osamu Tsutsumi, Synthesis and Luminescence Behavior of Trinuclear Gold NHC Complexes, 錯体化学会第 67 回討論会, 2017 年
 25. 三ッ橋史香, Younis Osama, 堤治, 液晶性発光団の凝集構造により誘起される側鎖型高分子の白色発光, 第 66 回高分子討論会, 2017 年
 26. 木村聖哉, 堤治, コレステリック液晶エラストマーのひずみ応答に伴う光学物性変化, 第 66 回高分子討論会, 2017 年
 27. Osama Younis, Fumika Mitsuhashi, Osamu Tsutsumi, White-Color Luminescence from a Single Liquid-Crystalline Polymer Exhibiting Color Sensitivity to the Aggregated Structure of Luminophores, 66th Symposium on Macromolecules, 2017 年
 28. 中田真菜美, 黒田由紀, 堤治, 太田美絵, 飴山恵, 結晶サイズによる三核金錯体の固体発光挙動の制御, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年
 29. 木村聖哉, 堤治, コレステリック液晶エラストマーを用いたメカノオプティカル材料の創製, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年
 30. 三ッ橋史香, Younis Osama, 堤治, 凝集構造制御による単一液晶性高分子の固体白色発光, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年
 31. 玉木優作, 堤治, 金(III)錯体の凝集誘起発光挙動, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年
 32. Preeyanuch Anukul, Kaho Sakamoto and Osamu Tsutsumi, Enhanced Photoluminescence of Rod-Shaped Gold(I) Complexes in Chiral Nematic Liquid-Crystalline Phase, 第 7 回 CSJ 化学フェスタ 2017, 2017 年
 33. 堤治, 機能材料としての遷移金属錯体: 分子構造と分子凝集構造制御により創発する材料物性, 第 42 回高分子講座, 2016 年
 34. 堤治, 機能材料としての錯体: 分子構造と分子凝集構造制御による多機能・高性能材料の創製, 錯体化学若手の会 第 54 回近畿支部勉強会, 2016 年
 35. Osamu Tsutsumi, Kyosuke Nakamura, Manami Nakata, Shigeyuki Yamada, Nanoparticulate Organic Illuminants: Controlling Luminescence Color by Size of Particles, EMN Meeting on Droplets 2016, 2016 年
 36. 堤治, 山田重之, 凝集構造によって機能をチューニングできる発光材料の開発, 日本学術振興会情報科学用有機材料 142 委員会「インテリジェント有機材料部会 第 125 回研究会」, 2016 年
 37. Shigeyuki Yamada, Yuki Rokusha, Ryo Kawano, Kaori Fujisawa, Osamu Tsutsumi, Mesogenic gold complexes showing aggregation-induced enhancement of phosphorescence in both crystalline and

- liquid- crystalline phases, Aggregation Induced Emission: Faraday Discussion, 2016 年
38. 福原良太, 堤治, 金錯体を導入した低分子ゲル化剤の発光特性, 第 6 回 CSJ 化学フェスタ, 2016 年
 39. 中村晋也, 堤治, Katam Srinivas, Ganesan Prabusankar, *N*-ヘテロ環状カルベン配位子を有する金錯体の合成と発光挙動, 第 6 回 CSJ 化学フェスタ, 2016 年
 40. Osama Younis, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, White-Color Luminescence from a Single Polymer Material: Controlling the Luminescent Color with External Stimuli, 65th Symposium on Macromolecules, Society of Polymer Science, 2016 年
 41. 三ッ橋史香, 堤治, 室温液晶材料を志向した発光性金錯体の分子設計とその機能, 錯体化学会第 66 回討論会, 2016 年
 42. 中田真菜美, 堤治, 太田美絵, 飴山恵, 結晶サイズ依存した金錯体の特異な発光挙動, 錯体化学会第 66 回討論会, 2016 年
 43. 坂本果穂, Anukul Preeyanuch, 堤治, キラル液晶相のらせん構造によって増強される金錯体の発光特性, 錯体化学会第 66 回討論会, 2016 年
 44. 種木健介, 山田重之, 堤治, 金錯体の発光挙動におよぼすフッ素置換基の効果, 錯体化学会第 66 回討論会, 2016 年
 45. 坂本果穂, Anukul Preeyanuch, 堤治, キラルネマチック相における金錯体の発光挙動, 2016 年日本液晶学会討論会, 2016 年
 46. 種木健介, 山田重之, 堤治, フッ素を導入した棒状金錯体の液晶性と発光挙動, 2016 年日本液晶学会討論会, 2016 年
 47. 三ッ橋史香, 堤治, シロキサ構造を導入した液晶性金錯体の相転移挙動と発光特性, 2016 年日本液晶学会討論会, 2016 年
 48. 川野亮, Lebon Florian, 臺谷美里, 堤治, 液晶性金錯体の凝集構造に依存する発光特性, 2016 年日本液晶学会討論会, 2016 年
 49. Osamu Tsutsumi, Osama Younis, Shigeyuki Yamada, Luminous Gold Complexes Exhibiting Color Sensitivity to Structure of Molecular Aggregates, 42nd International Conference on Coordination Chemistry, 2016 年
 50. 福原良太, 中村晋也, 山田重之, 堤治, オルガノゲル中における金錯体の発光挙動, 第 65 回高分子学会年次大会, 2016 年
 51. 三ッ橋史香, 山田重之, 堤治, 液晶性発光材料を指向した新規金錯体の開発, 第 65 回高分子学会年次大会, 2016 年
 52. 伊藤之歩, 渡邊亮平, 山田重之, 堤治, ポリオキシメタレートを基盤とした液晶性有機/無機複合材料のイオン伝導特性, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 53. 川野亮, 山田重之, 堤治, 二環系棒状金錯体の発光特性と相転移挙動, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 54. Hussain Sami, Osama Younis, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, Photoluminescence Properties of Polymer-Stabilized Liquid Crystals Containing Gold Complexes, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 55. 坂本果穂, 山田重之, 堤治, β -シトロネロール骨格を導入したキラル液晶性金錯体の発光挙動, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 56. 中田真菜美, 中村恭輔, 山田重之, 堤治, 太田美絵, 飴山恵, 環状三核金錯体の微結晶化プロセスに基づく発光特性制御, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 57. 中村晋也, 中里仁哉, 山田重之, 堤治, 発光特性と電荷輸送特性を兼ね備えた液晶性環状三核金錯体の開発, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 58. 三ッ橋史香, 山田重之, 堤治, シロキシ基含有液晶性金錯体の発光特性と相転移挙動, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 59. 安藤彰浩, 山田重之, 堤治, 鎌田賢司, 棒状金錯体における多光子吸収特性: 単結晶の観察, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 60. 種木健介, 山田重之, 堤治, 多フッ素化構造を導入した金錯体の発光特性と相転移挙動, 日本化学会第 96 回春季年会, 2016 年
 61. Osamu Tsutsumi, Aggregation-Controlled Emission from Liquid-Crystalline Gold Complexes, 錯体化学会第 65 回討論会シンポジウム “The state of the art metal cluster chemistry: from synthetic methodology to new functionality”, 2015 年
 62. Osamu Tsutsumi, Osama Younis, Shigeyuki Yamada, Aggregation Controlled Luminescence of Liquid-Crystalline Gold Complexes, The international Conference on Small Science 2015, 2015 年
 63. Osamu Tsutsumi, Osama Younis, Shigeyuki Yamada, Luminescence from Liquid-Crystalline Gold Complexes Controlled by Aggregated Structure, Creating a Smart Life-2015 Symposium of Smart Sensor and Its Application in Kitchen, 2015 年
 64. Osamu Tsutsumi, Osama Younis, Sho Tamai, Shigeyuki Yamada, White-color emitting polymer materials containing

- liquid-crystalline gold complexes, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 2015 年
65. Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, Perfluoroalkyl-substituted rod-shaped gold(I) complexes as new solid-state luminescent materials, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 2015 年
66. Ryo Kawano, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, Tuning of luminescent color from a gold complex without modification of molecular structure, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 2015 年
67. Hitoya Nakasato, Shingo Shimai, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, Electron conducting property of luminescent gold complexes, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 2015 年
68. Yuki Rokusha, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, Photoluminescence of liquid-crystalline gold complex with a biphenyl mesogenic core, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 2015 年
69. Ryohei Watanabe, Tatsuhiro Tsumori, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, Liquid-crystalline materials with an inorganic core in mesogen, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2015, 2015 年
70. ミツ橋史香, 牛靖淵, 山田重之, 堤治, 柔軟鎖の末端にシロキサソ置換基を導入した液晶性金錯体の合成と相転移挙動, 第5回CSJ化学フェスタ2015, 2015年
71. 坂本果穂, 杉本菜々, 山田重之, 堤治, β -シトロネロールを柔軟鎖とした液晶性キラル金錯体の相転移挙動と発光特性, 第5回CSJ化学フェスタ2015, 2015年
72. Osama Younis, Shigeyuki Yamada, Osamu Tsutsumi, Aggregation-Controlled White-Color Emission from a Single Polymer Material with Liquid-Crystalline Au Complexes, 錯体化学会第65回討論会, 2015年
73. 六車有貴, 山田重之, 堤治, 液晶性金錯体の発光挙動と電気伝導特性, 錯体化学会第65回討論会, 2015年
74. 中里仁哉, 山田重之, 堤治, 発光性金錯体の凝集構造と半導体特性の相関, 錯体化学会第65回討論会, 2015年
75. 川野亮, 山田重之, 堤治, 金錯体の結晶相における発光色の制御, 錯体化学会第65回討論会, 2015年
76. 安藤彰浩, 山田重之, 堤治, 鎌田賢司, 液晶性棒状金錯体の多光子吸収特性, 錯体化学会第65回討論会, 2015年

77. Shigeyuki Yamada, Sho Tamai, Osama Younis, Osamu Tsutsumi, Polymeric Liquid-crystalline Gold Complexes as White-Color Emitter in Solid-States, 第64回高分子討論会, 2015年

〔産業財産権〕

出願状況(計2件)

名称: 円偏光発光用組成物

発明者: 堤治, 坂本果穂, Anukul Preeyanuch

権利者: 学校法人立命館

種類: 特許

番号: 特願2018-025262

出願年月日: 2018年2月15日

国内外の別: 国内

名称: フォトルミネッセント材料として有用なポリマー

発明者: 堤治, オサマ モハマド ユーニス アブデルモッタレブ

権利者: 学校法人立命館

種類: 特許

番号: 特願2016-142396

出願年月日: 2016年7月20日

国内外の別: 国内

〔その他〕

新聞報道

「白色発光する透明高分子材, 立命館大が開発 曲面など対応」日刊工業新聞 21面, 2017年5月29日付け朝刊

ホームページ等

<http://www.ritsumei.ac.jp/lifescience/achem/tsutsumi/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

堤治 (TSUTSUMI, Osamu)

立命館大学・生命科学部・教授

研究者番号: 00313370

(2)研究分担者

山田重之 (YAMADA, Shigeyuki)

京都工芸繊維大学・大学院工芸科学研究科・助教

研究者番号: 10612252