

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 11 日現在

機関番号：37401

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2014

課題番号：24685019

研究課題名(和文) 両親媒性ブロックコポリペプチドを用いた二核金属錯体の集積固定化

研究課題名(英文) Self-assembly of dinuclear metal complexes via diblock copolypeptide amphiphiles

研究代表者

黒岩 敬太 (KUROIWA, Keita)

崇城大学・工学部・准教授

研究者番号：70336006

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 17,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、金属錯体の「集積状態」を協同的に制御することのできる集積組織体を創成した。我々はこれまでに、金属錯体と両親媒性脂質、ポリペプチド化合物の組み合わせによって、分子選択的に金属錯体が配列固定化され、錯体間の相互作用が現れることを見出してきている。さらに、金属錯体複合体の分子集積状態が外部刺激(物理的振動)によって動的に制御される手法を開発した。このことは、両親媒性化合物によってもたらされるナノ界面で金属錯体間相互作用が制御されることを示している。これらの知見をいかし、金属錯体間の電荷状態をより精密に制御することによって、新しい超省エネルギー電子伝播状態の創出を目指した。

研究成果の概要(英文)：Supramolecular self-assemblies have been attracting much interest due to construction of novel nanomaterials of functional coordination compounds. In this study, I focus on the self-assembly of discrete metal complexes with supramolecular amphiphiles such as lipids and block copolypeptides.

Discrete metal complexes with supramolecular amphiphiles displayed self-assembly in solution. Formation of a bilayer structure caused morphological evolution from microtapes to nanoarchitecture (tubes, ellipse, and so on). Furthermore, the study leads not only to morphological transformation of self-assembled structures, but also to the intermolecular interaction such as hypochromic effect and luminescence. The concept of amphiphile packaging could be expanded of other useful coordination compounds and should allow us to further develop the nanochemistry of coordination materials.

研究分野：分子組織化学

キーワード：自己組織化 金属錯体 ポリペプチド 脂質 混合原子価錯体 ナノ構造 両親媒性

1. 研究開始当初の背景

金属配位子結合が主要な構成要素として構築される超分子錯体は、環状、カプセル状、シート状などのナノ構造や、金属タンパク質・酵素の活性中心構造として、様々な構造制御・機能発現が行われている(北川進著, 配位空間の化学 最新技術と応用, CMC, 2011 etc)。これらは、非常に巧妙かつ複雑な分子構造を用いて、配列構造を獲得している。一方、両親媒性脂質や、両親媒性ブロックコポリペプチドは、単純な構造にも関わらず、疎水性部位による疎水性相互作用と親水性部位の静電的バランスによって、柔軟性を有するファイバー、チューブ、ベシクルなど多彩な配列を生み出せる。このことを利用すれば、単純な分子情報が、金属錯体を配列させるだけでなく、電子構造や物性へ効果的に変換・増幅することのできる新しい集積系金属錯体が得られる可能性がある。

そこで、本研究では、金属錯体の「集積状態」を協同的に制御することのできる集積組織体を創成し、金属錯体間の電荷反発や電子的相互作用を利用して、電子情報を伝達できる分子コミュニケーションを検討する。特に、両親媒性有機分子が形成する分子界面を介して金属錯体の電荷状態が精密に伝播できる分子システムの構築が目的である。

2. 研究の目的

上述したように本研究では、金属錯体の「集積状態」を協同的に制御することのできる集積組織体を創成する。我々はこれまでに、金属錯体と両親媒性脂質、ポリペプチド化合物の組み合わせによって、分子選択的に金属錯体が配列固定化され、錯体間の相互作用が現れることを見出してきている。さらに、金属錯体複合体の分子集積状態が外部刺激(物理的振動)によって動的に制御される手法を開発した。このことは、両親媒性化合物によってもたらされるナノ界面で金属錯体間相互作用が制御されることを示している。これらの知見をいかし、金属錯体間の電荷状態をより精密に制御することによって、新しい超省エネルギー電子伝播状態の創出を目指す。

3. 研究の方法

(1)両親媒性脂質やブロック型ポリペプチドの合成

これまでに、金属錯体を集積しうるグルタミン酸骨格の両親媒性脂質の合成に成功していた。これに加えて、アミノ酸 N-カルボキシ無水物の開環リビング重合によりブロック型のオリゴペプチドを合成した(分子量分布 1.1 程度)。特に、カチオン性金属錯体との静電的相互作用による集合組織化を目指して、アニオン性アミノ酸と、疎水性アミノ酸を導入した両親媒性ジブロックコポリペプチドを合成した。合成は、グローブボックスにて嫌気下にて行い、NMR、GPC によって評価した。さらに、ポリマーの重合度やプロ

クの比率(m : n)を変化させることによって、スフェア、ベシクル、ファイバーを系統的に作り分ける条件を UV-vis、CD、TEM で評価した。

(2)混合原子価錯体や機能性金属錯体の界面集積化

混合原子価錯体である Ru^{II}, Ru^{III} 金属錯体を合成した。この錯体と両親媒性脂質や発光性金属錯体と、両親媒性脂質やブロックポリペプチドとの複合体を創成した。前述した特異な構造に沿って、機能性金属錯体が界面に集積化する条件を、近赤外紫外可視分光高度計、CD、TEM、SPM にて評価した。

(3)混合原子価錯体集合体や機能性金属錯体の整列における評価手法の構築

前述した混合原子価錯体は、電荷状態の整列等の相互作用が期待できる。個々の混合原子価錯体についての相互作用を、UV-vis-NIR スペクトルや電気化学的測定(CV 測定 etc)を用いて評価した。さらに複合体中における電荷整列について、UV-vis-NIR スペクトルや、CV 測定にて評価し、両親媒性化合物との複合化によってどう変化するかを評価し、集合体ならではの電荷整列状態を生み出す効果を評価した。

4. 研究成果

アミノ酸骨格を有する両親媒性脂質と混合原子価錯体との複合化

グルタミン酸骨格を有する脂質 L1、[Ru₂(μ-Cl)₃(tacn)₂]²⁺錯体、並びにそれらの複合体は既報に準じて合成した。また、L1 と [Ru₂(μ-Cl)₃(tacn)₂]²⁺を水溶液中で複合化させることによって、脂質被覆型の混合原子価錯体を得た。この脂質複合体は、濃青色を呈しており、脂質複合体中でも混合原子価錯体が存在していることを確認した。この脂質複合体の紫外可視吸収スペクトルを確認したところ、電荷移動吸収に由来する 604 nm の吸収が現れ、[Ru₂(μ-Cl)₃(tacn)₂]²⁺の混合原子価状態を維持していることを確認した(図 1a)。また、新たに 306 nm のピークが観察された。この 306 nm に由来するピークからなる錯体の結晶化と単結晶構造解析に成功し、[Ru₂Cl₂(μ-OH)₂-(tacn)₂]に由来することを確認した。このことから、脂質パッケージングの過程で、Ru 錯体の 50 %が酸化され、構造的なバランスを取って複合されていることを確認した。

また、この溶液から調整した試料の透過型電子顕微鏡観察を行ったところ、ジクロロメタンに溶解直後には優位な構造体を形成していないにも関わらず、約 6 時間後には、幅 6-7 μm、長さ 100-500 μm のマイクロリボンが形成されていることを確認した(図 1a-c)。さらに興味深いことに、12 時間後にはマイクロチューブを形成していることを確認し、マイクロリボンがマイクロチューブに変化していることが明らかとなった(図

1d-f)。この構造体は、手による振とうにより、マイクロチューブからマイクロリボンに変化し、物理的な振とうと静置により可逆的に制御できることが明らかとなった。この結果は、混合原子価錯体の構造秩序を外部刺激によってコントロールできることを示している。

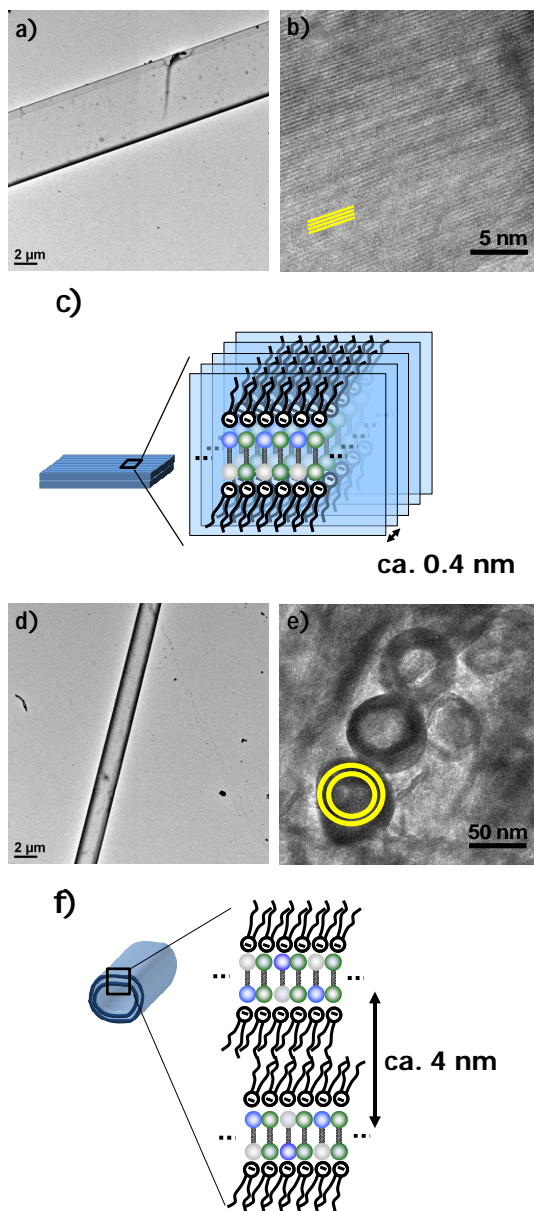


図1 脂質複合体の透過型電子顕微鏡像と構造模式図。6時間後((a)TEM像 (b)HR-TEM像、(c)その構造模式図)12時間後((d)TEM像 (e)HR-TEM像、(f)その構造模式図) $[[Ru_2(\mu-Cl)_3(tacn)_2]^{2+}] = 0.05 \text{ mM}$ (b,e中の白線は予想される構造パターン)

このように、柔軟性を付与した混合原子価2核錯体は、時間とともに成長する自己集合構造を有していた。また、この脂質複合型の混合原子価金属錯体は、物理的振とうという外部刺激に応じて、ダイナミックな構造制御を行うことが可能となった。これらの成果は、機能的金属錯体を用いたソフトマテリアル

開発の重要な知見になると期待される。

両親媒性ジブロックコポリペプチドと金属錯体の複合化

両親媒性ブロックコポリペプチドは次の手法を用いて合成した。まず、N-CBZ-L-Lysine、L-Leucineを用いて、それぞれのN-カルボキシ無水物(NCA)を合成した。さらに、 $Co(PMe_3)_4$ を開始剤とするNCAの開環リビング重合を行うことで、 $(N\text{-CBZ-L-Lysine})_m\text{-block-(L-Leucine)}_n$ を合成した。CBZ基をHBr/AcOH/TFAにて加水分解し、 $(L\text{-Lysine})_m\text{-block-(L-Leucine)}_n$ ($(Lys)_m\text{-block-(Leu)}_n$)を得た。GPC並びに 1H NMRによって、LysineとLeucineの重合度と重合比を $m : n = 989 : 137$ (1), $183 : 19$ (2), $96 : 1$ (3)のように見積もった。さらに、化合物1-3の水溶液と、各シアン化物の金属錯体 0.2 mM 水溶液を複合化させ、ポリペプチド-金属錯体複合体を調製した。 $K[Au(CN)_2]$ 、 $K[Ag(CN)_2]$ 、 $K_2[Pt(CN)_4]$ との複合化試料については、透過型電子顕微鏡観察(TEM)、紫外可視(UV-Vis)分光光度計、発光分光光度計で、その物性を評価した。

$K[Au(CN)_2]$ と2の複合体では幅 10 nm 程度、長さ 100 nm のロッド状のものが観察された(図2a)。濃度を上昇させると、このロッド状構造が集積して草鞋状に集積化された構造体が観察された(図2b)。重合度の大きい1や小さい3との複合体については、目立った構造体を形成しなかったことから、適度な重合度のポリペプチド2がナノ構造形成に寄与しているのではないかと考えられる。一方、 $K[Ag(CN)_2]$ 、 $K_2[Pt(CN)_4]$ と2の複合化では、粒子状に凝集した構造が観察され、金属錯体に応じて構造体も変化することが分かった。様々な長さを持ったポリペプチドと金属錯体の複合化において、適切な組み合わせを検討することによって、構造体形成において適度な分子間相互作用が与えられると考えられる。

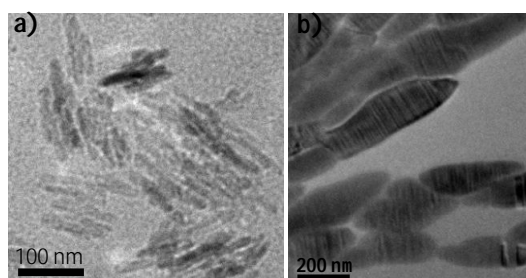


図2 $2 / [Au(CN)_2]^-$ 複合体水溶液から形成された試料の透過型電子顕微鏡像 ($[Lys] = [Au(CN)_2]^- = 0.2 \text{ mM}$) (a), 5 mM (b)。

我々は、両親媒性を有するアミノ酸骨格の脂質あるいはポリペプチドに着目し、金属錯体との複合化を行った。脂質あるいはポリペプチド誘導体において、いずれの複合体においても金属錯体の電子状態を制御するために適した構造が存在している可能性が示唆

された。本研究は、分子の充填率や両親媒性の比で主に説明されてきた自己組織体の形状制御に対して、金属錯体集積化における一つの指針を提案するものであり、ナノ構造解析、動的構造変化のその場観察などによる詳細な考察が今後必要不可欠であると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 10 件)

Keita Kuroiwa, Tsubasa Arie, Shinichi Sakurai, Shinya Hayami, Timothy J. Deming ,
"Supramolecular control of reverse spin transitions in cobalt(II) terpyridine complexes with diblock copolyptide amphiphiles", J. Mater. Chem. C , 査読有 2015, accepted
DOI: 10.1039/c5tc00677e

黒岩 敬太, 日熊 千春, 下川 祥史, 鉢迫 博, 櫻井 伸一,
"両親媒性 N-イソプロピルアクリルアミド重合体からなるナノ構造体の創成と遷移金属イオンの集積組織化", 高分子論文集, , 査読有 2014, 71 (10), 457-466
DOI: 10.1295/koron.71.457

Keita Kuroiwa, Yoshitaka Masaki, Yuko Koga, Timothy J. Deming,
"Self-assembly of Discrete Metal Complexes in Aqueous Solution via Block Copolyptide Amphiphiles", Int. J. Mol. Sci. , 査読有 2013,14 (1), 2022-2035
DOI: 10.3390/ijms14012022

Mohammad Razaul Karim, Hideaki Shinoda, Mina Nakai, Kazuto Hatakeyama, Hidenobu Kamihata, Takeshi Matsui, Takaaki Taniguchi, Michio Koinuma, Keita Kuroiwa, Mohamedally Kurmoo, Yasumichi Matsumoto, Shinya Hayami,
"Electrical Conductivity and Ferromagnetism in a Reduced Graphene--Metal Oxide Hybrid", Adv. Func. Mater. , 査読有 2013, 23 (3), 323-332
DOI: 10.1002/adfm.201201418

Keita Kuroiwa, Nobuo Kimizuka
Focus Review "Self-assembly and Functionalization of Lipophilic Metal-Triazole Complexes in Various Media" Polymer Journal , 査読有 2013, 45 (4), 384-390.
DOI: 10.1038/pj.2012.142

Soichiro Yoshimoto, Kouhei Sakata, Rempei Kuwahara, Keita Kuroiwa, Nobuo Kimizuka, Masashi Kunitake,
"Electrochemically-Controlled 2D Assembly of Paddle-wheel Diruthenium Complexes on the Au(111) Surface and Identification of their Redox States", J. Phys. Chem. C , 査読有 2012, 116 (33), 17729-17733
DOI: 10.1021/jp305951d

Rempei Kuwahara, Shigenori Fujikawa, Keita Kuroiwa, Nobuo Kimizuka,
"Controlled Polymerization and Self-Assembly of Halogen-Bridged Diruthenium Complexes in Organic Media and Their Dielectrophoretic Alignment", J. Am. Chem. Soc. , 査読有 2012, 134 (2), 1192-1199
DOI: 10.1021/ja208958t

Keita Kuroiwa, Masaki Yoshida, Shigeyuki Masaoka, Kenji Kaneko, Ken Sakai, and Nobuo Kimizuka,
"Self-assembly of Tubular Microstructures from Mixed-valence Metal Complexes and their Reversible Transformation via External Stimuli", Angew. Chem. Int. Ed. , 査読有 2012, 51 (3) , 656-659
DOI: 10.1002/anie.201105080

黒岩敬太

総合論文"外部刺激に応答する金属錯体の自己集合とそのダイナミックな構造制御" 高分子論文集 , 査読有 2012, 69 (8), 485-492.
DOI: 10.1295/koron.69.485

黒岩敬太

"ディスクリートな金属錯体の自己集合とその超分子的構造制御" 超分子アニユアルレビュー, 査読無 2012, 32, 6-7.

[学会発表](計 26 件)

黒岩敬太

自己組織性高分子・オリゴマー・低分子を用いた金属錯体の集積組織化, 第3回錯体化学若手の会・九州沖縄支部勉強会, 2014.11.29, 九州大学(福岡県福岡市)
黒岩敬太, 有江翼, 石丸裕也, 速水真也
両親媒性ブロックコポリペプチドを用いた金属錯体の自己組織化, 第63回高分子討論会, 2014.09.26, 長崎大学(長崎県長崎市)

石丸裕也, 古閑裕子, 黒岩敬太
N-イソプロピルアクリルアミドとビニルピロリドンを有する両親媒性ブロックポリマーの創成と金属イオンとの複

合化, 第 63 回高分子討論会, 2014.09.24, 長崎大学(長崎県長崎市)
有江翼、正木佳孝、黒岩敬太
両親媒性ブロックポリペプチドの合成と発光性金属錯体との複合化, 第 63 回高分子討論会, 2014.09.24, 長崎大学(長崎県長崎市)
T, Arie, Y. Masaki, K. Kuroiwa
Synthesis of amphiphilic polypeptide and their composites of luminescent metal complexes, The 4th SOJO-UTP joint seminar on nano & bio research, 2014.08.21, Perak Darul Ridzuan (Malaysia)
K. Kuroiwa
Self-assembly of discrete metal complexes via supramolecular amphiphiles, The 6th International symposium on nano and supramolecular chemistry (ISNSC-6), 2014.08.10, Bali (Indonesia)
石丸裕也、古閑裕子、黒岩敬太
N-イソプロピルアクリルアミドとピニロピロリドンを有する両親媒性ブロックポリマーの創成と金属イオンとの複合化, 第 51 回化学関連支部合同九州大会, 2014.06.28, 北九州国際会議場(福岡県北九州市)
有江翼、正木佳孝、黒岩敬太
両親媒性ブロックポリペプチドの合成と発光性金属錯体との複合化, 第 51 回化学関連支部合同九州大会, 2014.06.28, 北九州国際会議場(福岡県北九州市)
黒岩敬太
自己組織性高分子・オリゴマー・低分子を用いた金属錯体の集積組織化, ソフトマター研究会 2014 ~ Symposium on Advanced Soft Materials, 2014.06.20, 熊本大学(熊本県熊本市)
K. Kuroiwa
Self-assembly of discrete metal complexes via supramolecular amphiphiles, The 6th International symposium on polymer chemistry (PC2014), 2014.06.05, Shanghai (China)
K. Kuroiwa, Y. Koga, Y. Masaki
Self-assembly of discrete metal complexes via diblock copolypeptide amphiphiles, International symposium on polymeric materials based on element-blocks, 2014.05.31, 京都工芸繊維大学(京都府京都市)
古閑裕子、石丸裕也、有江翼、黒岩敬太
両親媒性オリゴマー/ポリマーによる金属錯体のナノ配列と発光制御, 第 63 回高分子学会年次大会, 2014.05.30, 名古屋国際会議場(愛知県名古屋市)
古閑裕子、石丸裕也、有江翼、黒岩敬太
両親媒性オリゴマー/ポリマーによる金

属錯体のナノ集積化, 日本化学会第 94 回春季年会, 2014.03.30, 名古屋大学(愛知県名古屋市)

黒岩敬太
自己組織性高分子・オリゴマーを用いた金属錯体の集積組織化, 新学術領域研究合同シンポジウム, 2014.01.30, ホテル広島ガーデンパレス(広島県広島市)

黒岩敬太、古閑裕子、正木佳孝、有江翼、石丸裕也
両親媒性オリゴマーを用いたディスクリートな金属錯体の集積組織化, 第 32 回無機高分子研究討論会, 2013.11.07, 東京理科大学 森戸記念館(東京都新宿区)

黒岩敬太
自己組織性高分子・オリゴマーを用いた金属錯体の集積組織化, 新学術領域研究若手シンポジウム, 2013.10.11, 和光純薬工業株式会社湯河原研修所(静岡県熱海市)

古閑裕子、森隆雄、下川祥史、黒岩敬太
アミン部位を有する両親媒性 NIPAM オリゴマーの集合挙動制御並びに金属錯体との複合化, 化学関連支部合同九州大会, 2013.07.06, 北九州国際会議場(福岡県北九州市)

黒岩敬太
両親媒性ブロックオリゴマーを用いた金属錯体の高分子の集積化, 新学術領域研究合同班会議, 2013.07.06, 東工大蔵前会館(東京都目黒区)

Keita Kuroiwa
Self-Assembly of Discrete Metal Complexes Via Supramolecular Amphiphiles Polymer Society of Korea, 2013 Spring meeting, 2013.04.12, Daejeon (Korea).

古閑裕子、森隆雄、下川祥史、黒岩敬太
キトサンを用いた金属錯体ナノネットワークの創製九州地区高分子若手研究会・冬の講演会, 2012.12.06, ホテルジェイズ日向(宮崎県日向市)

②① 黒岩敬太、正木佳孝、古閑裕子
水中における両親媒性ポリペプチドの自己組織化を利用した Au, Ag, Pt 錯体の自己組織化と発光制御, 第 61 回高分子討論会, 2012.09.19, 名古屋工業大学(愛知県名古屋市)

②② 黒岩敬太、下川祥史、森隆雄、日熊千晴、鉢迫博
両親媒性オリゴマー分子の自己組織化を利用した無機化合物の配列構造制御, 第 61 回高分子討論会, 2012.09.19, 名古屋工業大学(愛知県名古屋市)

②③ Yuko Koga, Takao Mori, Yoshihumi Shimokawa, Keita Kuroiwa
Development of nanonetwork using metal complexes with electrolyte polymers, The 2nd SOJO -UTP Joint

Seminar on NANO & BIO RESEARCH, 2012.08.29. Perak Darul Ridzuan (Malaysia)

②4 Keita Kuroiwa

Dynamic Self-assembly of Nanoarchitecture from Metal Complexes and Supramolecular Amphiphiles, The 2nd SOJO -UTP Joint Seminar on NANO & BIO RESEARCH, 2012.08.29. Perak Darul Ridzuan (Malaysia)

②5 古閑裕子、森隆雄、下川祥史、黒岩敬太
キトサンを用いた金属錯体ナノネットワークの創製 第 49 回化学関連支部合同九州大会, 2012.06.30. 北九州国際会議場(福岡県北九州市)

②6 正木佳孝、中原悟、黒岩敬太
両親媒性ブロックポリペプチドを用いた金属錯体のナノ集積化と発光挙動制御, 第 49 回化学関連支部合同九州大会, 2012.06.30. 北九州国際会議場(福岡県北九州市)

〔その他〕

ホームページ

<http://www.nano.sojo-u.ac.jp/nano-Lab/nano%20lab/Kuroiwa/>

高校生訪問・体験実験, 崇城大学池田キャンパス, 熊本県立熊本西高校, 高校生(30名), 2015.2.25.

出張講義「身の回りのナノテクノロジー～分子が自分で並ぶ自己組織化～」, 福岡県立久留米高校, 高校生(60名), 2014.12.6.

高校生訪問・体験実験, 崇城大学池田キャンパス, 八代工業高校並びに開新高校, 高校生(40名), 2014.11.12.

体験実験「ゲルのナノ化学～スライム電池からスーパーボールまで～」, 第 18 回崇城大学テクノファンタジー, 崇城大学池田キャンパス, 幼児・小学生(1848名), 2014.10.26.

出張講義「ゲルのナノ化学～スライム電池からスーパーボールまで～」, 熊本国府高校, 高校生(80名), 2014.10.22.

出張講義「身の回りのナノテクノロジー～分子が自分で並ぶ自己組織化～」, 佐賀県立佐賀西高校, 高校生(60名), 2014.08.04.

サイエンスインターハイ@SOJO における事務局、体験訪問, 崇城大学池田キャンパス, 高校生(627名), 2014.7.27

体験実験「ゲルのナノ化学～スライム電池からスーパーボールまで～」, 第 17 回崇城大学テクノファンタジー, 崇城大学池田キャンパス, 幼児・小学生(1690名), 2013.10.27

出張講義「加工するのではなく、自分で形を作る性質を利用せよ!」, 夢ナビライブ 2013」(福岡会場), マリンメッセ福岡, 中高生(9800名), 2013.10.19

サイエンスインターハイ@SOJO における事務局、体験訪問, 崇城大学池田キャンパス, 高校生(428名), 2013.7.28

体験実験「身の回りのナノテクノロジー～分子が自分で並ぶ自己組織化～」, 熊本県立大津高校生(40名), 2013.03.13
研究室紹介, 第 12 回国際ナノテクノロジー総合展・技術会議(nano tech 2013), 東京ビッグサイト(東京都江東区), 2013.01.29-31

出張講義「ゲルのナノ化学～スライム電池からスーパーボールまで～」, 御船町立小坂小学校, 小学校 PTA(100名), 2013.01.20

体験実験「身の回りのナノテクノロジー～分子が自分で並ぶ自己組織化～」, 崇城大学第 44 回井芹祭, 2012.11.17-18
体験実験「ゲルのナノ化学～スライム電池からスーパーボールまで～」, 第 16 回崇城大学テクノファンタジー, 幼児・小学生(2000名), 2012.10.21

高校生インターンシップ「身の回りのナノテクノロジー～分子が自分で並ぶ自己組織化～」, 崇城大学, 熊本県立松橋高校生(4名), 2012.10.17

体験訪問 事務局, 第 3 回 RENS セミナー/サイエンスインターハイ, 崇城大学, 高校生(400名), 2012.07.29

体験実験「ゲルのナノ化学～スライム電池からスーパーボールまで～」, 崇城大学, 高校生(600名), 2012.07.22, 08.09, 08.25, 09.16

出張講義「ゲルのナノ化学～スライム電池からスーパーボールまで～」, 志成館高等学院, 高校生(60名), 2012.07.13

②1 体験実験「ゲルのナノ化学～高分子重合～」, 崇城大学, 文徳高校高校生(20名), 2012.07.04

②2 黒岩敬太, "ナノスケールへ素材探し 崇城大工学部黒岩敬太准教授の研究室", 熊本日日新聞, 2012.04.23

②3 出張講義・体験実験, 荒尾少年少女発明クラブ「科学技術週間行事イベント」, 荒尾総合文化センター, 小中学生(60名), 2012.04.22

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒岩 敬太 (KUROIWA, Keita)

崇城大学工学部ナノサイエンス学科・准教授

研究者番号: 70336006