

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 30 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21350030

研究課題名（和文）金属クラスターポリマーナノチューブ複合体の創出と機能集積キラルナノ触媒

研究課題名（英文）Creation of Metal Nanocluster-Polymer Nanotube Composites and Their Functional Chiral Nanocatalysts

研究代表者

藤原 尚（FUJIHARA HISASHI）

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：30190101

研究成果の概要（和文）：ターチオフェン修飾パラジウムナノクラスターの電解重合をテンプレートとしてポーラスアルミナ膜を用いて行い、パラジウムナノクラスターポリチオフェンナノチューブ複合体を合成し、ナノチューブ複合体が炭素-炭素結合形成反応に対してリサイクル可能なナノ触媒として機能することを明らかにした。キラルピナフチルカルボキシル基保護マグネタイトナノ粒子のテンプレート電解重合によりマグネタイトポリチオフェンハイブリッドナノチューブを合成し、キラル磁性ハイブリッドナノチューブを初めて創製した。

研究成果の概要（英文）：We have developed a new method for the fabrication of metal nanoparticle/polythiophene nanotube composites, i.e., the template-based electropolymerization of terthiophene-modified palladium nanoparticles in a nanoporous alumina membrane as a template gave the nanotube composites of polythiophene and the Pd nanoparticles. The Pd/polythiophene nanotube composites are recyclable highly effective catalyst for carbon-carbon coupling reaction. New chiral magnetite nanoparticles with a terthiophene produced the hybrid nanotubes of magnetite nanoparticles and polythiophene from their template-based electropolymerization.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	10,300,000	3,090,000	13,390,000
2010 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
年度			
年度			
総計	15,400,000	4,620,000	20,020,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：基礎化学・有機化学

キーワード：金属ナノクラスター・ポリマーナノチューブ・ナノ複合体・キラル・触媒

1. 研究開始当初の背景

(1) ナノ空間を有するポリマーナノチューブは、ナノサイズポーラスアルミナをテンプレートとして、チオフェンやピロールの電解重合や化学重合より合成することができるが、チオフェンやピロールの基本骨格からな

るポリマーナノチューブの構造と性質、機能化（光学活性体や不斉現象も含め）に関する研究は未開拓分野である。一方、金属原子が数個から数百個集合した金属ナノクラスター（ナノ粒子）の性質や機能は、サイズや形状・形態により劇的に変化し、保護基となる

有機配位子により制御が可能になる。この有機配位子保護金属ナノクラスターは、次世代のナノおよびメソスケール超分子構造体のビルディングブロックとして非常に注目を集めている。本研究で取り扱う遷移金属ナノクラスターは、そのサイズに依存した独自の電子・幾何状態を有するため、反応基質の配位吸着過程や電子移動過程において単原子錯体やバルク金属とは全く異なる挙動をとることが知られているが、不明な点が多く、これからの学問領域である。研究代表者は金属ナノクラスターとナノチューブに関連して、次に示す研究成果を得ていた。①光学活性 Pd ナノクラスターをキラルナノ触媒として用いる高効率不斉触媒反応を開発し、単核金属錯体とナノサイズ金属クラスターとの差異を明確にした。②キラル Pd ナノクラスターを用いて、室温で進行する不斉鈴木-宮浦クロスカップリング反応を初めて可能にすると共に、エナンチオ選択性に及ぼす光学活性有機配位子の効果と粒子サイズ効果について議論した。金属ナノクラスターの不斉化学は新しい学問領域である。③金属ナノクラスターとポリチオフェンの特性を融合したナノチューブ複合体を初めて合成した。

(2) 金属ナノクラスターとポリマーの特性を融合したナノチューブ複合体は革新的なナノ材料・ナノ触媒として期待できるが、研究は殆ど行われていない。一方、金属ナノクラスターを担持したカーボンナノチューブの触媒反応についての研究は活発に行われているが、金属ナノクラスターをカーボンナノチューブの外部表面に吸着や化学結合を介して固定化させた担持金属ナノクラスター触媒であり、担持される金属ナノクラスターのサイズ制御が難しいうえ、反応中に凝集が起こり易く、また、ナノチューブ内部空間を活用したものではない。

(3) これらの問題点を解決するため、従前に全く例の無い、キラル金属ナノクラスターとポリチオフェンをナノチューブの構成ユニットとするキラルナノチューブ複合体（金属を担持していない）を創製することが出来れば、次世代の機能性触媒材料として、また、キラルナノ触媒設計における新概念の創出にも貢献できる。

2. 研究の目的

(1) 本研究課題では、全く新規なナノ構造体である金属ナノクラスター・金属酸化物とポリチオフェン・ポリピロールを構成ユニットとするナノチューブ複合体の外径や内径などのサイズ次元・性質・構造を制御するための最適化因子を検討し、ナノチューブ複合

体のポテンシャル制御に基づく高効率な物質移動・変換の開拓という観点から、次の事項につき集中的に研究を実施する。

(2) 電解重合部位と機能性部位を有する金属ナノクラスターおよび磁性ナノ粒子から金属クラスターおよび磁性ナノ粒子-ポリマーナノチューブ複合体を合成し、導電性や磁気物性の特異性を明らかにすると共に、リサイクル可能な機能集積型ナノリアクターを開発する。これらナノチューブ複合体は、ポリチオフェン・ポリピロールと金属ナノクラスター・磁性ナノ粒子をナノチューブの構成ユニットとしており、チューブ表面に金属を担持したものとは全く異なる。

(3) 光学活性金属ナノ粒子-ナノチューブ複合体による触媒的不斉反応の機構や触媒機能のクラスターサイズ依存性、単核金属錯体との差異を明確にし、次世代ハイブリッドキラルナノ触媒を創出する。本研究では、電解重合条件やテンプレートとなるナノポラスアルミナ細孔サイズ等を任意に制御可能であることより、生成するナノチューブのサイズ（内径・外径・膜厚・長さ）を任意に制御できること、また、金属ナノクラスター界面の重合部位が重合することにより生成するナノチューブ複合体であることから、単に担持された金属ナノクラスターとは全く異なり、金属ナノクラスターの凝集が防げ、異種機能を高精度に融合させたナノチューブ複合体を創製できることが大きな特色である。金属ナノクラスターの電解重合によりナノチューブを合成した例は研究代表者が初めてである。更に、本法では、チューブ内中空でナノサイズ物質やナノ粒子の包接が可能で、カーボンナノチューブと大きく異なる点である。

3. 研究の方法

(1) 研究目的で述べたように、種々官能基を有するポリチオフェンやポリピロールからなるポリマーナノチューブに関する研究例は非常に少ない為、以下に述べる実験を実施し、金属ナノクラスター-ナノチューブ複合体合成への予備的知見とする。重合反応においてテンプレートとして用いるナノポラスアルミナは、アルミニウム箔を酸性溶液中で陽極酸化することにより作製でき、反応条件により細孔サイズと細孔の深さを任意に制御できる。また、アルカリまたは酸処理によって、テンプレートのアルミナのみを溶解し、取り除くことが可能である。ポリマーナノチューブの合成は、規制されたナノオーダー細孔（10 nm から 300 nm まで可変）を有するポラスアルミナをテンプレートとして

用いて、機能分子で修飾したチオフェンやピロール誘導体の電解重合（テンプレート電解重合）を行い、重合後にアルカリ水溶液でポーラスアルミナを溶解させ、単層の導電性ポリマーナノチューブを得る。また、界面活性剤ミセルに可溶化・分散させる。ポリマーナノチューブの内径・外径（壁の厚さ）・長さは、電解重合条件とテンプレート（ポーラスアルミナ）により制御する。ポリマーナノチューブの構造については、主に、走査型電子顕微鏡（SEM）・透過型電子顕微鏡（TEM）・X線光電子分光法・紫外可視反射分光法により解析し、分散・可溶化したポリマーナノチューブは溶液・固体 NMR スペクトルより構造解析を行う。

(2) 金属ナノクラスターを合成する際の最大の関心は、いかに粒子径分布の小さい、分散性の良い安定な金属ナノクラスターを合成できるかという点にある。粒子径分布や分散安定性を支配する因子としては、金属ナノクラスターの凝集を防ぐための保護基（有機配位子）の選択が重要となる。よって、有機分子による金属ナノクラスターの界面制御は可能になる。そこで、不斉素子である軸不斉を有するビナフチル基を金属ナノクラスターの制御リガンド部位の基本骨格として、キラルビナフチルの 2 位(2' 位)にリン(R_3P)やイオウ(RSH)を導入したキラルホスフィンとキラルチオールを分子設計・合成、これらを保護基(有機配位子)として金属ナノクラスター (Ru, Pd, Ag, Ir, Pt, Au) を合成し、金属ナノクラスターの粒子径・配列・構造・性質および光学特性について明らかにする。また、合成が困難とされている粒子径分布幅の狭い(ナノ材料として重要)均一な粒子径を有するサブナノサイズ金属クラスターの合成法を確立する。光学活性金属ナノクラスターに関する知見は非常に乏しいため、本研究で、その知識集積を図る。

(3) ビナフチルの 2 位(2' 位)に金属ナノクラスターの配位・共有結合部位となるホスフィンやチオールを、4 位(4' 位)または 6 位(6' 位)に重合部位としてチオフェンやピロールを導入した新規なキラル素子を合成する。このキラル有機配位子を用いて遷移金属 (Ru, Pd, Ag, Ir, Pt, Au) のキラルナノクラスターを合成し、粒子サイズ・性質・安定性について調べる。触媒能については、主に炭素-炭素結合形成反応（鈴木-宮浦カップリング反応・Stille 反応・Heck 反応）を行う。

(4) 磁性を持つ光学活性金属ナノクラスター-ポリマーナノチューブ複合体は次のように合成する。ビナフチルの 2 位(2' 位)に

金属ナノクラスターの配位部位となるホスフィンを、4 位に重合部位としてチオフェンを、4' 位にマグネタイトと相互作用するリン酸基を導入した新規なキラル素子[A]を合成する。次に、既存の方法により合成したマグネタイトナノ粒子とキラル素子[A]とを混合し、キラル素子[A]修飾マグネタイトナノ粒子を合成、最後に金属ナノクラスターとの複合体を合成し、導電性と磁気物性の特異性を明らかにするとともに、磁性を利用して触媒を分離・回収し、触媒活性について調べる。これは、金属ナノクラスター・磁性ナノ粒子・ポリチオフェンをナノチューブの構成単位とする全く新規な磁性を有するキラルナノチューブ複合体であり、チューブ構造を有するハイブリッドキラルナノ触媒およびナノリアクターとしての革新機能を創出する。

4. 研究成果

(1) ターチオフェン修飾パラジウムナノクラスター (1-Pd: 約 2.7 nm) を合成し、細孔径約 200 nm のポーラスアルミナをテンプレートとして、パラジウムナノクラスターの電解重合を行い、パラジウムナノクラスター-ポリマーナノチューブ複合体 (1-Pd-PT-NTs) を合成した。その後、ポーラスアルミナを水酸化ナトリウム水溶液で溶解し、得られたサンプルを走査型電子顕微鏡 (SEM) によって観察した。その結果、直径約 200 nm で極めて直径の分布幅の狭いポリマーナノチューブの生成が確認できた。そこで、得られたポリマーナノチューブの構成元素を調べるために、エネルギー分散型 X 線分析 (EDX) を行ったところ、パラジウムナノクラスターの構成元素に対応する元素の存在が確認できた。次に、1-Pd-PT-NTs の TEM 観察を行ったところ、膜厚は約 45 nm であり、ナノチューブは均一な膜厚および内部空間を有することが明らかとなった。一方、Pd ナノクラスター (1-Pd) を用いてヨードベンゼンとスタニルチオフェンとの Stille カップリング反応を加熱下行ったところ、Pd ブラックが析出した。しかし、非常に興味あることに、ポリチオフェンナノチューブ複合体 (1-Pd-PT-NTs) を同様の反応に用いたところ、Pd ブラックは析出せず、定量的にカップリング生成物を与えると共に、1-Pd-PT-NTs がリサイクル可能なナノ触媒として機能することが分かった。また、加熱反応後、回収したナノチューブ 1-Pd-PT-NTs について TEM 観察したが、チューブ形状に変化は無く、耐熱性ハイブリッドナノチューブであることが判明した。

(2) 異種金属ナノ粒子ヘテロ接合キラルハイブリッドナノチューブの創成を目指して、

重合部位を有するキラルビスホスフィン (2) を保護基とするターチオフェンキラルホスフィン保護 Au, Pd ナノ粒子 (2-Au NP, 2-Pd NP) を合成し、ヘテロ接合バーコード型キラルナノチューブを合成した。細孔径約 200 nm のポーラスアルミナ膜 (AM) をテンプレートとして、Au ナノ粒子 (2-Au NP) の電解重合 (EP) により、金-ポリチオフェンハイブリッドナノチューブ修飾膜 (2-Au-PT-NT-AM) を作製し、これをテンプレートに用いて Pd ナノ粒子 (2-Pd NP) の電解重合を、次いで、アルミナ膜を水酸化ナトリウム水溶液で溶解し、ヘテロ接合ナノチューブ (2-Au/Pd-PT NT) を合成し、走査型・透過型電子顕微鏡 (SEM・TEM) およびエネルギー分散型 X 線分析 (EDX) より、ヘテロ接合ハイブリッドナノチューブ (直径約 200 nm) の生成を明らかにした。更に、キラル 2-Au/Pd/Au-PT NT の合成にも成功した。有機-無機ハイブリッドヘテロ接合キラルナノチューブは初めての例である。

(3) 新規なキラルホスフィン (3) 存在下、金イオンを NaBH_4 で還元することにより、キラルホスフィン保護金ナノクラスター (3-Au) を合成した。合成した各金属ナノクラスターの粒子径を透過型電子顕微鏡により観察したところ、3-Au (1.03 ± 0.14 nm)、3-Pd (1.14 ± 0.13 nm)、3-Ag (1.76 ± 0.31 nm)、3-Ru (1.26 ± 0.11 nm)、3-Rh (1.93 ± 0.24 nm)、3-Pt (2.31 ± 0.44 nm) であり、粒子径は非常に小さく、分散性に優れていることが分かった。エネルギー分散型 X 線分析の結果は、炭素、酸素、リンおよび各金属の含有を示した。また UV-vis スペクトル測定を行ったところ、どの金属ナノクラスターも粒子径が非常に小さいため金属の表面プラズモン共鳴に基づく吸収がほとんど見られなかった。さらに、CD スペクトル測定では、*R* 体、*S* 体共にコットン効果が観測され、金およびパラジウムナノクラスターにおいてはクラスターにしか見られない特徴的なコットン効果を確認することができ、これにより金属ナノクラスター界面にキラリティーが付与されていることを明らかにした。また、合成したキラルホスフィンキャビタンド保護パラジウムナノクラスターの触媒能を調べる目的で、4-プロモトルエンとフェニルボロン酸との鈴木-宮浦クロスカップリング反応を行った。その結果、非常に温和な条件下で反応が進行し、このパラジウムナノクラスターは有用なナノ触媒であることが分かった。

(4) 電解重合部位としてターチオフェンを有するカルボン酸誘導体 [BTBC] を合成し、BTBC 存在下、鉄 (III) アセチルアセトナト錯

体を還元することにより、新規な磁性ナノ粒子 [BTBC-MP] を合成した。BTBC-MP の透過型電子顕微鏡 (TEM) を観察したところ、粒子径は 7.9 ± 0.9 nm であり、分散性に優れた粒子であることがわかった。次に、細孔径約 200 nm のポーラスアルミナをテンプレートとして、+0.90 V の電圧を印加し、BTBC-MP を電解重合することにより、磁性ナノ粒子-ポリチオフェンハイブリッドナノチューブ [BTBC-MP-NT] を合成した。その後、テンプレートを除去し、得られた重合物が磁性を有することを確認した。得られた重合物の走査型電子顕微鏡 (SEM) を観察したところ、直径約 200 nm のナノチューブの生成を確認した。また、合成した磁性ナノチューブのエネルギー分散型 X 線を測定したところ、炭素、酸素、硫黄、鉄の存在を確認した。さらに、UV-Vis スペクトルでは、440 nm 付近にポリチオフェンに基づく吸収が見られた。これらの結果から、SEM により観察できたチューブ状の物質は、BTBC-MP から構成される、磁性ナノ粒子-ポリチオフェンハイブリッドナノチューブであることがわかった。次に、得られた磁性ナノチューブの TEM を観察したところ、チューブの膜厚は約 45 nm であり、均一な膜厚および内部空間を有することが確認できた。また、保護基に光学活性部位を導入することで、磁性ナノチューブにどのような影響が現れるのかを検討する目的で、(*R*)-BINOL の 6, 6' 位にターチオフェン骨格を導入したカルボン酸誘導体を保護基とする磁性ナノ粒子 [(*R*)-BTBNC-MP] を合成し、これをモノマーとする磁性ナノチューブを合成した後、SEM, TEM 観察および円偏光二色性 (CD) スペクトル測定を行うことで、保護基の違いによる磁性ナノチューブの形状と特性について明らかにするとともに、パラジウムナノ粒子との複合ナノチューブを合成し、リサイクル可能な触媒系を開発した。

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 4 件)

① M. Mitsumori, T. Nakahodo, H. Fujihara, Synthesis of chiral hybrid nanotubes of magnetite nanoparticles and conducting polymers, *Nanoscale*, 査読有, 4, (2012), 117-119

② K. Sato, T. Nakahodo, H. Fujihara, Redox-active π -conjugated polymer nanotubes with viologen for encapsulation and release of fluorescent dye in the nanospace, *Chem. Commun.*, 査読有, 47, (2011), 10067-10069

③ H. Awaji, T. Nakahodo, H. Fujihara, Synthesis of heterosegment-junctioned hybrid nanotubes of polythiophene and heterometallic nanoparticles by sequential template-based electropolymerization, Chem. Commun., 査読有, 47, (2011), 3547-3549

④ T. Akiyama, C. Ibata, H. Fujihara, Water-soluble palladium and gold nanoparticles functionalized by a new phosphine with zwitterionic liquid based on imidazolium sulfonate linked ethylene glycol moiety, Heterocycles, 査読有 80, (2010), 925-931

[学会発表] (計 26 件)

① 上原 ひとみ・仲程 司・藤原 尚、レドックス活性キラルポリチオフェンナノチューブの合成と機能、日本化学会第 92 春季年会、2012 年 3 月 27 日、慶応義塾大学 (横浜市)

② 上東 篤史・仲程 司・藤原 尚、キラル光応答性アゾポリチオフェンナノチューブの合成と特性、日本化学会第 92 春季年会、2012 年 3 月 27 日、慶応義塾大学 (横浜市)

③ 安武 良・山田 翔太・仲程 司・藤原 尚、光学活性ホスフィンキャビタンド修飾金属ナノ粒子の合成と触媒反応、日本化学会第 92 春季年会、2012 年 3 月 27 日、慶応義塾大学 (横浜市)

④ 川上 遼・仲程 司・藤原 尚、キラル金属ナノ粒子-アンモニウムポリチオフェンハイブリッドナノチューブの創製と機能、日本化学会第 92 春季年会、2012 年 3 月 27 日、慶応義塾大学 (横浜市)

⑤ 安孫子 翔・仲程 司・藤原 尚、ポリチオフェンナノチューブのクリック機能化、日本化学会第 92 春季年会、2012 年 3 月 27 日、慶応義塾大学 (横浜市)

⑥ 南部 真也・仲程 司・藤原 尚、光学活性テトラチアフルバレン機能化ポリチオフェンナノチューブの合成と特性、第 38 回有機典型元素化学討論会、2011 年 12 月 9 日、石川県立音楽堂邦楽ホール (金沢市)

⑦ 安武 良・山田 翔太・仲程 司・藤原 尚、光学活性ホスフィンキャビタンド機能化金属ナノクラスターの合成と界面挙動、第 38 回有機典型元素化学討論会、2011 年 12 月 9 日、石川県立音楽堂邦楽ホール (金沢市)

⑧ 辰巳 聡史・仲程 司・藤原 尚、金属ナノ粒子内包キラルポリマーナノチューブ複合体の合成と特性、第 38 回有機典型元素化学討論会、2011 年 12 月 9 日、石川県立音楽堂邦楽ホール (金沢市)

⑨ 今西 勝哉・仲程 司・藤原 尚、蛍光特性を有するアニオン性ポリマーナノチューブの合成と特性、第 60 回高分子討論会、2011 年 9 月 29 日、岡山大学 (岡山市)

⑩ 山田 翔太・安武 良・西村 龍・仲程 司・藤原 尚、キラルホスフィンキャビタンド保護金属ナノクラスターの合成と特性、第 63 回コロイドおよび界面化学討論会、2011 年 9 月 21 日、京都大学 (京都市)

⑪ 山田 翔太・西村 龍・安武 良・仲程 司・藤原 尚、多重配位部位を持つキラルホスフィンおよび金属ナノ粒子の合成、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 26 日、神奈川大学 (横浜市)

⑫ 安武 良・西村 龍・山田 翔太・仲程 司・藤原 尚、カリックスアレン連結ビスホスフィン機能化金属ナノクラスターの合成と触媒能、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 26 日、神奈川大学 (横浜市)

⑬ 西村 龍・仲程 司・藤原 尚、光学活性ホスフィンキャビタンド機能化金属ナノクラスターの合成と特性、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 26 日、神奈川大学 (横浜市)

⑭ 福島 慶・仲程 司・藤原 尚、フルオロカーボン置換 BINAP 保護キラル金属ナノクラスターの合成とナノ触媒反応、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 26 日、神奈川大学 (横浜市)

⑮ 上東 篤史・仲程 司・藤原 尚、光応答性ポリチオフェンナノチューブの合成と特性、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 28 日、神奈川大学 (横浜市)

⑯ 辰巳 聡史・北野 大樹・仲程 司・藤原 尚、キラルポリマーナノチューブにおける金属ナノ粒子の包接と機能、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 28 日、神奈川大学 (横浜市)

⑰ 岩元 賢治・仲程 司・藤原 尚、金属ナノ粒子-ポリチオフェンキラルハイブリッドナノチューブの合成と特性、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 28 日、神奈川大学 (横浜市)

⑱ 高橋 勇人・仲程 司・藤原 尚、多重セレンド置換オリゴチオフェンの合成と酸化還元挙動、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 29 日、神奈川大学 (横浜市)

⑲ 佐藤 慎也・永田 敬介・仲程 司・藤原 尚、キラルピナフチルオリゴチオフェンの合成と光機能性、日本化学会第 91 春季年会、2011 年 3 月 29 日、神奈川大学 (横浜市)

⑳ 西村 龍・山田 翔太・安武 良・仲程 司・藤原 尚、キラルホスフィンキャビタンド機能化金属ナノクラスターの合成と特性、第 37 回有機典型元素化学討論会、2010 年 11 月 25 日、室蘭市民会館 (室蘭市)

㉑ 保田靖博、仲程 司、藤原 尚、イオン液体修飾 Ag ナノクラスターの合成と特性、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 28 日、近畿大学 (東大阪市)

㉒ 西村 龍、仲程 司、藤原 尚、キラル

ホスフィンキャピタンド修飾金属ナノクラスタの合成と特性、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 28 日、近畿大学（東大阪市）

㉓ 小谷道彦, 仲程 司, 藤原 尚、半導体ナノ粒子-ポリチオフェンハイブリッドナノチューブの合成と特性、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 29 日、近畿大学（東大阪市）

㉔ 佐藤圭介, 仲程 司, 藤原 尚、酸化還元応答能を有するポリチオフェンナノチューブの合成と特性、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 29 日、近畿大学（東大阪市）

㉕ 南部真也, 仲程 司, 藤原 尚、光学活性テトラチアフルバレンの合成と界面酸化還元挙動、日本化学会第 90 春季年会、2010 年 3 月 26 日、近畿大学（東大阪市）

㉖ 藤原 尚、有機無機ナノ複合体のナノ界面およびナノ空間における有機典型元素の役割、第 36 回有機典型元素化学討論会、2009 年 12 月 11 日、とりぎん文化会館（鳥取市）

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 尚 (FUJIHARA HISASHI)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：30190101

(2) 研究分担者

仲程 司 (NAKAHODO TSUKASA)

近畿大学・理工学部・講師

研究者番号：10375371

(3) 連携研究者

()

研究者番号：