

機関番号：17102
研究種目：基盤研究 (B)
研究期間：2008～2010
課題番号：20350029
研究課題名 (和文) 環状型テトラピロール錯体を活用する多核錯体ナノ構造体の高機能化
研究課題名 (英文) Advanced Functions of Multinuclear Metal Complexes Modified with Cyclic Tetrapyrroles
研究代表者
阿部 正明 (ABE MASAOKI)
九州大学・工学研究院・准教授
研究者番号：90260033

## 研究成果の概要 (和文)：

本研究は、多核金属錯体と生体関連化合物のハイブリッド体の合成とその光・電子機能などの諸機能の発現と制御に関する基盤研究を展開し、新しい分子材料システムを構築することを目的とした。以下の研究成果を得た。ルテニウム三核錯体をコアとする大環状クラスターの合成と特性：ルテニウム三核錯体と含窒素系二座配位子とを反応させ、種々の員環数から成る大環状クラスターを合成した。酸化還元挙動を調べ環状フレームワーク内での三核コア間の電子的相互作用について検討した。また種々のビスピリジル系配位子を架橋配位子とする環状構造も構築し、その構造を明らかにした。ポルフィリン-三核錯体ハイブリッド錯体の合成と特性解明：テトラ(3-ピリジル)ポルフィリンと三核錯体とを2:4の比で組み合わせた巨大箱型分子を合成し、酸化還元挙動を明らかにした。ポルフィセン-ルテニウム錯体の構造決定ならびに軸配位子置換反応の速度論的評価：6配位型ルテニウム-ポルフィセン錯体について初めてX線構造を示した。溶液内での軸配位子ピリジンの交換反応はポルフィリン錯体に比べ、速度定数で1桁程度遅く、活性化パラメータは配位子交換反応が解離機構で進行することを示唆した。

## 研究成果の概要 (英文)：

In this project, we have developed synthetic methods for discrete cyclic assemblies where redox-active transition-metal components are linked together with a series of bidentate spacers in a well-defined number and geometry. These high-nuclearity clusters are formed from a soluble triruthenium cluster<sup>1</sup> and organic linkers, such as pyrazine. The pyrazine-bridged systems show multiple-step redox processes arising from strong electronic communications between the redox components, where the extent of the communication is varied, depending on the geometry and nuclearity of the resulting structures,  $\pi$ -level of the organic spacers, and the nature of electrolyte media. The synthesis of wire-shaped and box-shaped clusters has been also achieved. Synthesis and molecular structures of a series of six-coordinate Ru(II) complexes of porphycene have been investigated. Kinetic studies on the axial pyridine exchange reactions of these compounds have been achieved.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	9,400,000	2,820,000	12,220,000
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
総計	15,100,000	4,530,000	19,630,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：基礎化学・無機化学

キーワード：金属錯体化学・多核錯体・超分子錯体・分子構造・酸化還元・配位子交換

## 1. 研究開始当初の背景

原子・分子の精密な構造制御に基づくボトムアップ化によりナノメートルスケールの材料やデバイスを構築する研究は、現代科学において極めて重要である。種々の有機分子・無機分子・生命分子の自己組織化を利用したナノ構造体の創製と機能開発について広範な研究がなされている。近年、金属錯体に注目したナノ材料・デバイスの作製と応用が始まりつつある。金属錯体には光吸収特性、酸化還元性に基づく電子移動反応やスイッチング機能、中心金属上での配位子置換に基づく分子認識特性など、従来の分子材料では到達し得ない諸機能を備えており、適切な分子設計を行えば、優れた先端材料を作ることができる。期待される。しかし、金属錯体の特性を十分に活かした材料開発の研究は未だ限定的である。本研究で対象とする三核錯体は、金属イオンの  $d\pi$  と中心のオキソイオンの  $p\pi$  との相互作用により分子軌道が形成され、電子伝達に必要な  $\pi$  性を備えている。このため溶液中では多段階の可逆な 1 電子酸化還元波を与える。Ru の形式酸化数は +IV、+III、+II 価を取るがいずれも置換不活性であり、多核骨格は構造的に極めて安定である。一方、三つの Ru 中心のうち一ヶ所の末端に CO 配位子を導入でき、これを前駆体として混合配位子型の錯体を合成することができる。過去にルテニウム三核錯体をユニットとしたワイヤー状および dendritic 状のオリゴマー錯体の合成例がある。研究代表者は、これまで電気化学条件下においてルテニウム三核錯体の連結数を制御したワイヤー状分子を金電極表面で逐次的に構築し、一層から五層までの厚みを持つ構造体の構築に成功し、電極界面での多電子移動反応、電気化学的酸化もしくは光励起による CO 脱離反応の解析などを行なっている。

## 2. 研究の目的

本研究では、最初に Ru 三核錯体を構造ユニットとし、電極との接続点(有機アンカー)を有するワイヤー状およびリング状の連結体を合成し、その構造と電子状態を特定する。次いで、基板表面に固定化し界面における構造解析や固液界面での電子・イオン・分子移動ダイナミクスを明らかとすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

金属錯体の合成ならびに UV-vis、IR の測定、CV や DPV などの各種電気化学測定については九州大学大学院工学研究院の所属研究室に設置される実験器具や装置により行なった。化合物の分離と精製に用いた高速液体ク

ロマトグラフィー (HPLC) は本財源により備品購入した装置により行なった。化合物の同定を目的とする NMR の測定 (500 MHz)、単結晶 X 線回折実験、質量分析は、九州大学中央分析センター伊都分室に設置される機器により実施した。

## 4. 研究成果

(1)ルテニウム三核錯体をコアとするワイヤー状クラスターおよびリング状クラスターの開発

末端配位子として溶媒分子 2 つとカルボニル配位子ひとつを持つルテニウム三核モノマーとピラジン (pz) とを 1:1 の比で反応させることで、リング状およびワイヤー状<sup>1)</sup>の連結型オリゴマーの混合物を得る。この混合物をシリカゲルカラムで分離・精製することで、リング状の四量体 (Ru<sub>12</sub> 核)、五量体 (15 核) および六量体 (18 核)

[Ru<sub>3</sub>O(EtCOO)<sub>6</sub>(CO)(pz)]<sub>n</sub> (n = 4-6) を単離した。この合成法は種々のジピリジル系配位子に適用される。非共役系配位子である dabco を用いた場合、六量体

[Ru<sub>3</sub>O(EtCOO)<sub>6</sub>(CO)(dabco)]<sub>6</sub> のみがリング状クラスターとして得られた。この錯体の分子構造を X 線構造解析により決定した。この錯体は一辺 (各三核ユニット中央の  $\mu_3$ -O 間距離) が 10.7 Å であり、環構造は平面から歪みイソ型コンフォメーションをとっている。結晶中ではリング状分子は 2 次元シート構造を形成し、各シートは結晶溶媒を介し 3 次元的に積層構造を形成する。

(2)構造体内に働く三核コア間相互作用

一連のリング状クラスターにおいて、三核モノマーユニットはレドックス活性を有する。種々の架橋配位子を用いたリング状クラスターにおける構造特異的な混合原子価発現について次に検討した。pz 架橋六量体では、ピラジンの  $\pi$  共役を介した強い電子的相互作用が三核ユニット間に生じる結果、1 電子ずつ多段階の還元過程が観測される。一方、dabco 架橋六量体では、3 電子ずつ計 2 段階のみの還元過程が見られた。定電位電解 IR の測定を行なったところ、pz 錯体のシャープな  $\nu(\text{CO})$  吸収線 (1940  $\text{cm}^{-1}$ ) は還元が進むにつれブロード化し低波数域へと推移した。この現象は、各混合原子価状態での仮想的な  $\nu(\text{CO})$  吸収線が平均化したことに由来し、リング状フレームワーク内の電子移動が IR の時間域で起きていることを示している。これとは対照的に、混合原子価 dabco 錯体 [Ru<sub>3</sub>O(EtCOO)<sub>6</sub>(CO)(dabco)]<sub>6</sub><sup>3+</sup> では、未還元 Ru<sub>3</sub> ユニットと 1 電子還元 Ru<sub>3</sub> ユニットそれぞれに帰する吸収線が独立に 2 本観測された。これは、 $\pi$  共役のない dabco 錯体の混合原子

価は、Ru<sub>3</sub>ユニット間の静電的反発もしくはIRより遅い時間域での電子交換によって発現することを示唆している。

### (3)ヘテロ金属錯体における選択的な架橋配位子交換と生成物の構造決定

Ru(III)とMg(II)イオンを含む混合金属三核錯体 [Ru<sub>2</sub>MgO(CH<sub>3</sub>COO)<sub>6</sub>(L)<sub>3</sub>] において、置換活性なMg(II)と置換不活性なRu(III)をヘテロに架橋する酢酸イオンのみ置換できることを見出した。本研究では、Ru(III)とMg(II)間をプロピオン酸イオンで置換した錯体とフェロセニルカルボン酸イオンで架橋した錯体の構造解析に成功した。Ru(III)のターミナル配位子にtert-ブチルピリジン (tbpy) を持つ錯体 [Ru<sub>2</sub>MgO(CH<sub>3</sub>COO)<sub>6</sub>(tbpy)<sub>2</sub>(H<sub>2</sub>O)] にフェロセニルカルボン酸を反応させ、1置換体から4置換体を全て単離した。フェロセニルカルボン酸イオン4置換錯体では、Mg(II)に結合したアクア配位子が対面する分子の架橋カルボキシレートの酸素原子と4重の水素結合を形成することで、巨大二量体を結晶中で形成していることが見出された。

### (4)ポルフィリン配位子を組み込んだ新規箱型クラスターの合成

120°の配位方向をもつテトラ(3-ピリジル)ポルフィリンを組み合わせることにより、内部空孔を持つディスクリットな三次元箱型錯体を合成した。Ru三核前駆体と0.5当量の前述のポルフィリン配位子をクロロホルム中で還流し、カラムクロマトグラフィーにより精製することで、Ru三核コア4つをポルフィリン配位子2つで架橋した構造を持つディスクリットな箱型錯体を単離した。この錯体をメタノール-塩化メチレン混合溶媒中で金属酢酸塩と反応させることで、ポルフィリンに金属イオン (Cu<sup>2+</sup>およびNi<sup>2+</sup>) を導入した箱型錯体を合成した。<sup>1</sup>H NMRスペクトルでは、箱型構造の内部を向くプロトンは低磁場シフトし、外部を向くプロトンは高磁場シフトした。この箱型錯体に紫外光照射するとRuに配位したCO配位子は脱離した。この反応により、金属ポルフィリン面のみならず箱の辺上にも配位結合点を付与したことになる。これら一連の箱型錯体をビルディングブロックとすることで、次元性を制御した構造体の合成や、伝導性および多孔性を有する配位高分子の合成が達成できるものと期待される。

(5)コバルトを中心金属とするコリン錯体 (ビタミンB12) の側鎖にピリジル基を導入した新規錯体の合成に成功した。この錯体を配位子としてRu三核錯体中に導入したヘテロ金属錯体を合成した。この錯体の末端配位子のひとつとしてジスルフィド基をアンカーに

持つ錯体を合成し、金電極表面へSAMとして修飾し、その固液界面における酸化還元応答性詳細に調べた。XPSにより金基板表面に固定化した錯体の電子状態について知見を得、コリン錯体が結合した多核錯体の電子状態について検討した。またSAM修飾電極を用いた触媒反応を試みた。

### (6)新規ルテニウムポルフィセン錯体のシリーズ合成、構造、反応性に関する研究

ポルフィセンはポルフィリンの構造異性体である。ポルフィセンはその構造的特性から、ポルフィリンに比べより長波長域の光を強く吸収する性質を持つなどの特徴を有している。その遷移金属錯体はVogelやSesslerらの研究グループ、国内では久枝、林らの研究グループにより研究が進んでいる。本研究では、レドックス活性や光化学的性質、さらに軸配位子の置換反応に立脚した構造体形成や触媒反応性などの観点から大いに興味を持たれるルテニウム錯体に注目し、いまだ研究が進んでいないルテニウムポルフィリン錯体の合成、構造、基礎的物性について調べた。本研究では6種のポルフィセン錯体および比較のため2種のポルフィリン錯体を単離し、X線構造解析により分子構造を決定した。ルテニウムポルフィセン錯体の配位空孔は長方形であり、ポルフィリンに比べ軸位配位子 (ピリジン) は強く配位していることがわかった。溶液中におけるアキシアル位ピリジンの重ピリジンによる交換反応を<sup>1</sup>H NMRにより追跡した。モノ(カルボニル)モノ(ピリジン)錯体とビス(ピリジン)錯体を比較すると、前者が速度定数で約1桁大きな値を示した。これはカルボニル配位子のトランス効果によりピリジン交換反応が加速されることを表す。ビス(ピリジン)配位子において平面配位子の効果を調べるとポルフィセン<ポルフィリンであった。速度定数の温度依存性をもとにアイリング式より活性化パラメータを算出した。すべての錯体について大きな活性化エンタルピーと正に大きな活性化エントロピーが得られ、交換反応が解離機構で進行することが示された。すなわち交換反応は金属-配位子結合の切断が律速であり、これは結晶解析で得られた結合長の大小と一致した。すなわち金属ポルフィリン異性体における構造と反応性の相関を明らかとすることができた。また、中心金属を1電子酸化したRu(III)錯体では交換反応は追跡できないほど遅くなり、酸化数の効果が如実に反映された。

### (7)レドックス活性ペンダントを有するポルフィセン化合物の合成と光化学特性

ポルフィセンの側鎖にフェロセンを連結した化合物を合成し、ポルフィセンとフェロ

セニル基間での分子内光誘起電子移動について調べた。無水 THF と無水ジクロロメタンの混合溶媒中、テトラプロピルポルフィセン(TPrPc)を四酢酸鉛と反応させ、ポルフィセン環の 9 位にアセトキシ基を導入したアセトキシ TPrPc を合成した。次に、アセトキシ TPrPc をナトリウムメトキシドと反応させ、ヒドロキシ TPrPc を合成した。このヒドロキシ TPrPc とフェロセンカルボン酸クロリドを無水 DMF 中で反応させることによって、エステル結合を介してフェロセニル基を連結したポ化合物を得た。同定は  $^1\text{H}$  NMR、ESI-MS、元素分析および X 線結晶構造解析により行った。ポルフィセン-フェロセン連結化合物の CV を測定したところ、フェロセンおよびポルフィセン環に由来した酸化還元波が観測された。また、連結化合物とアセトキシ TPrPc の蛍光スペクトルを測定した。両化合物は共に、647 nm に蛍光を示したがその強度は、連結化合物はアセトキシ TPrPc の約 1/20 まで小さくなった。また蛍光の量子収率はアセトキシ TPrPc は 26 % であるのに対し、連結化合物では 0.4 % であった。連結化による蛍光強度と量子収率の減少は、ポルフィセンとフェロセニル基間での分子内光誘起電子移動を示唆するものである。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 17 件)

- 1) “Redox Gradations in Ruthenium Porphycene Complexes and the Porphyrin Analogs: Axial and Macrocyclic Ligand Effects”, Toru Okawara, Masaaki Abe, Hisashi Shimakoshi, and Yoshio Hisaeda, *Chem. Lett.*, **2008**, 37 (9), 906–907.
- 2) “Multicomponent Molecular Layers That Exhibit Electrochemical Potential Flip on Au(111) by Use of Proton-Coupled Electron-Transfer Reactions”, Hiromitsu Uehara, Tomohiko Inomata, Masaaki Abe, Kohei Uosaki, and Yoichi Sasaki, *Chem. Lett.*, **2008**, 37 (7), 684–685.
- 3) “Surface Coordination of Nitric Oxide to a Self-Assembled Monolayer of a Triruthenium Cluster: An In Situ Infrared Spectroscopic Study”, Wei Zhou, Yi Zhang, Masaaki Abe, Kohei Uosaki, Masatoshi Osawa, Yoichi Sasaki, and Shen Ye, *Langmuir*, **2008**, 24 (15), 8027–8035.
- 4) “Spontaneous Rapid Growth of Triruthenium Cluster Multilayers on Gold Surface. Cyclic Voltammetric In Situ Monitoring and AFM Characterization”, Takayuki Michi, Masaaki Abe, Satoru Takakusagi, Masako Kato, Kohei Uosaki, and Yoichi Sasaki, *Chem. Lett.*, **2008**, 37 (6), 576–577.
- 5) “レドックス活性金属錯体の光吸収特性を活用した新規熱線遮蔽材料の開発”, 阿部正明, 久枝良雄, *化学工業*, **2009**, 69 (8), 584–589.
- 6) “Synthesis and Photochemical Properties of a New Molybdenum Porphycene Complex”, Daisuke Maeda, Hisashi Shimakoshi, Masaaki Abe, and Yoshio Hisaeda, *Dalton Trans.*, **2009**, (1), 140–145.
- 7) “Organic Films Containing Trinuclear Ruthenium Clusters that Exhibit Redox-state-controlled Heat-shielding Characteristics”, Yuki Tomiyasu, Masaaki Abe, Yasushi Morihara, Hiroyuki Ohgi, Tomiaki Otake, and Yoshio Hisaeda, *Chem. Lett.*, **2009**, 38 (5), 492–493.
- 8) “Carboxylato-Modified New Oxo-Centred Triruthenium Cluster Compounds with CO and Solvent Ligands. The X-Ray Structure of  $[\text{Ru}_3\text{O}(\text{C}_2\text{H}_5\text{CO}_2)_6(\text{CO})(\text{THF})_2]$ ”, Atsushi Inatomi, Masaaki Abe, and Yoshio Hisaeda, *Eur. J. Inorg. Chem.*, **2009**, (32), 4830–4836.
- 9) “Syntheses and Photophysical Behavior of Porphyrin Isomer Sn(IV) Complexes”, Daisuke Maeda, Hisashi Shimakoshi, Masaaki Abe, and Yoshio Hisaeda, *Inorg. Chem.*, **2009**, 48 (20), 9853–9860.
- 10) “Fabrication of Photochemical Pattern on a Self-Assembled Monolayer (SAM) of a Ruthenium Cluster under Electrochemical Control”, Yi Zhang, Yujin Tong, Masaaki Abe, Kohei Uosaki, Masatoshi Osawa, Yoichi Sasaki, and Shen Ye, *J. Mater. Chem.*, **2009**, 19 (3), 261–267.
- 11) “In Situ Scanning Tunneling Microscopy Observation of Metal–Cluster Redox Interconversion and CO Dissociation Reactions at a Solution/Au(111) Interface”, Hiroyuki Noda, Hiromitsu Uehara, Masaaki Abe, Takayuki Michi, Masatoshi Osawa, Kohei Uosaki, and Yoichi Sasaki, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2009**, 82 (10), 1227–1231 (“BCSJ Award Article”).
- 12) “Photo-Induced Ring-Expansion Reactions Mediated by  $\text{B}_{12}$ - $\text{TiO}_2$  Hybrid Catalyst”, Shin-ichiro Izumi, Hisashi Shimakoshi, Masaaki Abe, and Yoshio Hisaeda, *Dalton Trans.*, **2010**, 39 (13), 3302–3307.
- 13) “Synthesis of a Novel Sn(IV) Porphycene–Ferrocene Triad Linked by Axial Coordination and Solvent Polarity Effect in Photoinduced Charge Separation Process”, Daisuke Maeda, Hisashi Shimakoshi, Masaaki Abe, Mamoru

Fujitsuka, Tetsuro Majima, and Yoshio Hisaeda, *Inorg. Chem.*, **2010**, *49* (6), 2872–2880.

14) "Synthetic Design of Heterometallic Cluster Compounds with Site-Selective and Stepwise Substitution of Bridging Carboxylates", Atsushi Ikegami, Masaaki Abe, Atsushi Inatomi, and Yoshio Hisaeda, *Chem. Eur. J.*, **2010**, *16* (15), 4438–4441.

15) "Preparations and Photosensitizing Properties of 2,7,12,17-Tetra-*n*-Propylporphycenatotin(IV) Dihalide Complexes", Masatsugu Taneda, Daisuke Maeda, Hisashi Shimakoshi, Masaaki Abe, and Yoshio Hisaeda, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2010**, *83* (6), 667–671.

16) "Electroactive Chain-Like Compounds Constructed from Trimetallic Clusters and 4,4'-Bipyridine Spacers: One-Pot Synthesis, Characterization and Surface Binding", Masaaki Abe, Atsushi Inatomi, and Yoshio Hisaeda, *Dalton Trans.*, **2011**, *40*, 2289–2298 (*Special Issue: New Talent "Asia"*).

17) "Hydroxy-Functionalized Porphycenes: Structure, Spectroscopy, and Electrochemistry", Toru Okawara, Masaaki Abe, Hisashi Shimakoshi, and Yoshio Hisaeda, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, **2011**, in press ("*Selected Paper*").

[学会発表] (計 11 件) \*招待講演・依頼講演のみ記載

1) 第 58 回錯体化学討論会シンポジウム(レドックス金属錯体が拓く未来化学)「レドックス金属錯体の集積化学」、阿部正明、平成 20 年 9 月 20–22 日、金沢大学(金沢)

2) 7th Japan-China Joint Symposium on Metal Cluster Compounds (第 7 回日中クラスター会議), "Synthesis, Separation, and Chemical Characteristics of Metal Cluster-Based Molecular Loops and Wires", Masaaki Abe, Atsushi Inatomi, Takahiro Masuko, Hisashi Shimakoshi, and Yoshio Hisaeda, 平成 20 年 10 月 21–23 日、北海道大学(札幌)

3) 2008 年日本化学会西日本大会「遷移金属多核錯体の集積化構造および電子ポテンシャル場の設計と反応制御」、阿部正明、平成 20 年 11 月 15–16 日、長崎大学文教キャンパス(長崎)

4) 日本化学会錯体有機金属ディビジョン「アジア国際シンポジウム」, "Metal Cluster-Based Redox-Active Molecular Loops and Wires", Masaaki Abe, 平成 21 年 3 月 29 日、日本大学理工学部船橋キャンパス(船橋)

5) 日本化学会第 89 春季年会特別企画「表面を舞台とする化学・物理・機能」、 「レドッ

クス活性遷移金属クラスターの分子組織化構造の形成とポテンシャル制御」、阿部正明、平成 21 年 3 月 27 日、日本大学理工学部(船橋)

6) 電気化学会第 77 回大会「ルテニウムクラスター錯体の分子組織化とレドックス機能制御」、阿部正明、平成 22 年 3 月 29 日、富山大学(富山)

7) "The 2010 Global COE International Symposium on Future Molecular Systems - Beyond Supramolecular Chemistry", "Electronically Conjugated Supramolecular Clusters: Tunable Communication through Cyclic Frameworks", Masaaki Abe, 平成 22 年 6 月 13–14 日、稲森フロンティア研究センター、九州大学(福岡)

8) The 39th International Conference on Coordination Chemistry (ICCC39), "Macrocyclic Coordination Architectures Displaying Multiple Electron-Transfer Processes", Masaaki Abe, Atsushi Inatomi, and Yoshio Hisaeda, 平成 22 年 7 月 26 日、アデレード(オーストラリア)

9) 8th China-Japan Joint Symposium on Metal Cluster Compounds (8th CJSMCC) (第 8 回日中金属クラスター会議), "Electronically Conjugated High-Nuclearity Clusters: Tunable Communication through the Cyclic Frameworks", Masaaki Abe, 平成 22 年 8 月 10–14 日、西安(中国)

10) 第 4 回 Asian Network of Metal Chemistry (Malaysian Chemical Congress), "Tunable Electronic Communication in Supramolecular Coordination Architecture", Masaaki Abe, Atsushi Inatomi, Atsushi Ikegami, Naoki Taniguchi, Yoshio Hisaeda, 平成 22 年 10 月 12–14 日、クアラルンプール(マレーシア)

11) The 3rd Global COE Kyushu Univ.-Pusan National Univ. Joint Symposium, "Coordination-induced Multimetallic Gaiant Assemblies: Wires, Loops, and Boxes", Masaaki Abe, 平成 23 年 1 月 17 日、福岡

[産業財産権]

○出願状況(計 4 件)

名称: クロミックな近赤外線吸収特性を有する有機重合体組成物および成形体

発明者: 森原 靖、阿部正明、大木弘之、大竹富明、久枝良雄、富安佑騎

種類: 特許

番号: 特願 2008-053677

出願年月日: 2008 年 3 月

国内外の別: 国内

名称: 近赤外線吸収性樹脂組成物およびその成型品

発明者：森原 靖、阿部正明、大木弘之、大竹富明、久枝良雄、富安佑騎

種類：特許

番号：特願 2008-219020

出願年月日：2008 年 8 月

国内外の別：国内

名称：近赤外線クロミック性多核金属錯体を含有する有機重合体組成物およびこれを用いた成形体

発明者：森原 靖、阿部正明、大木弘之、大竹富明、久枝良雄、富安佑騎

種類：特許

番号：PCT/JP2009/000401

出願年月日：2009 年 2 月

国内外の別：国外

名称：近赤外線クロミック性多核金属錯体を含有する有機重合体組成物およびこれを用いた成形体

発明者：森川圭介、東田 昇、天野雄介、阿部正明、久枝良雄、富安佑騎

種類：特許

番号：特願 2009-150969

出願年月日：2009 年 6 月

国内外の別：国内

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

阿部 正明 (ABE MASA AKI)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：90260033

### (2) 研究分担者

久枝 良雄 (HISAEDA YOSHIO)

九州大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：21245016