

平成 22 年 6 月 15 日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19350077
 研究課題名（和文） 永続的クリーンエネルギーシステムを目指した機能性細孔物質の構築
 研究課題名（英文） Development of nanoporous metal coordination compounds for resolution of environment and energy issues
 研究代表者
 森和亮 (MORI WASUKE)
 神奈川大学・理学部・教授
 研究者番号：60029709

研究成果の概要(和文):我々が見つけた機能性細孔錯体は、高い表面積と均一な細孔が特徴で、気体吸蔵、分子ふるい、触媒等への応用が期待されている。本研究では、新たな機能性細孔錯体を合成し、それをを用いた水素吸蔵・製造を行うことでクリーンエネルギーシステムの構築を目指した。水素吸蔵能は構成金属の種類に依存し、低圧条件下では水素分子径に近い細孔径を有する方が高い水素吸蔵能を示した。また、Ru と Rh をを用いた場合、共触媒存在下で可視光照射を行うことで水の分解による水素発生が確認された。

研究成果の概要(英文): Porous complexes which we found have been extensively studied in recent years because of their intriguing structures and, more importantly, for their potential applications in gas storage, separation, and catalysis. In this project, we have synthesized the novel porous complexes and evaluated hydrogen adsorption properties and the hydrogen production-catalytic activities of the porous complexes in order to construct a clean energy system. The hydrogen adsorption properties depended upon the node-metals, and the porous complexes having small pore size showed a highly hydrogen-adsorption capability. In the Ru- and Rh-based porous complexes showed a hydrogen production-catalytic activity under the existing co-catalysts.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2008年度	7,500,000	2,250,000	9,750,000
2009年度	2,400,000	720,000	3,210,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,160,000

研究分野：化学

科研費の分科・細目：複合化学・環境関連化学

キーワード：グリーンケミストリー・機能性細孔物質・水素吸蔵・水素発生触媒

1. 研究開始当初の背景

増え続けるエネルギー需要による化石燃料の枯渇の危機、温暖化問題、世界の人口増大

による食糧危機など、人類は多くの地球規模の問題に直面している。これらの問題に対し、化学の最も得意とする「新物質の創製」はよ

り一層の貢献が期待されている。特に次世代エネルギー源として水素が注目されており、水素ガスの製造と貯蔵が低コストで簡便に行えるようになれば、エネルギー問題に多大な貢献が出来る。

我々が 1970 年頃に発見した機能性細孔錯体は、金属イオンと有機配位子から構成される配位高分子であり、高い比表面積と均一な細孔を有している。また、極めて高い設計性により、細孔の形状やサイズを制御可能であることから、気体吸蔵、触媒、分子ふるいなど多岐にわたる応用が期待され、従来の活性炭・ゼオライトなどに替わる新しい細孔物質として世界中で研究がなされている。

2. 研究の目的

近年、機能性細孔錯体の水素吸蔵への展開が盛んになされており、極めて有望な物質群であることが報告されている。また、金属原子の表面露出度が極めて大きく、高い表面積と相まって触媒としてのポテンシャルも極めて高く、水からの水素製造への応用も期待される。

本研究では、機能性細孔錯体の水素吸蔵への展開と可視光応答性水素発生触媒への展開を目指した。

3. 研究の方法

(1) 水素吸蔵錯体

有機配位子をつなぐ金属として、コバルト・銅・亜鉛のランタン型二核構造を選択し、金属による水素分子の親和性の違いを明確にし、また有機配位子もテレフタル酸やシクロヘキサジカルボン酸などサイズ・形状が異なる種々の配位子を選択することで、水素吸蔵錯体としての最適化を図った。特に架橋軸配位子として DABCO を導入し構造を三次元化することで、更なる水素吸蔵能の発現を目指した。

(2) 可視光応答性水素発生触媒

金属には触媒活性が期待されるルテニウムとロジウムを用い、光増感剤・電子伝達体・犠牲剤存在下で可視光での水の分解による水素発生について検討を行った。

4. 研究成果

(1) 水素吸蔵錯体

従来は、DABCO などの架橋軸配位子を導入するために、金属とカルボン酸配位子と架橋軸配位子を全て混合した one-pot 法が用いられてきた。本研究では、別途合成したテレフタル酸金属・ピリジン付加錯体などの単核錯体を出発原料として、それに架橋軸配位子の DABCO を反応させる新たな合成法を用いることで、コバルト・銅・亜鉛のランタン型二核構造が DABCO で架橋された三次元構造を有する細孔性錯体 $[M_2(p\text{-BDC})_2(\text{DABCO})]$ ($M = \text{Co}$,

Cu , Zn)の合成に成功した。本合成法の発見により、従来の合成法では合成が困難であったコバルトや亜鉛のランタン型錯体の合成も可能となった。構造はテレフタル酸金属錯体の二次元シート間を軸配位子として DABCO を用いて架橋し、三次元構造を有していた (Fig. 1)。いずれの錯体も、原料として用い

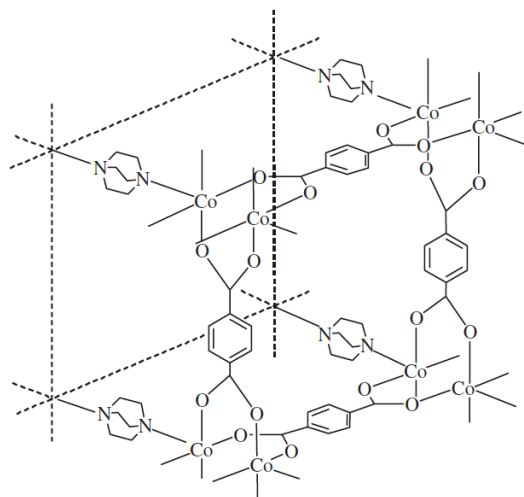


Fig. 1 $[\text{Co}_2(p\text{-BDC})_2\text{DABCO}]$

た単核錯体に比べ熱安定性は飛躍的に向上した。これらの錯体の水素吸着能は、金属がコバルトでは最大 4.11 wt% (3.37 MPa)、銅が最大 2.70 wt% (8.32 MPa) であった。金属にコバルトを用いた場合に特に高い水素吸蔵能を有しており、水素貯蔵に極めて有用であることが明らかとなった。

また、合成した 3 種の錯体についてそれぞれ水素吸着エネルギーの計算を行い、これまでに報告された様々な細孔を有する物質の水素吸着エネルギーと比較を行った。その結果、0.1MPa までの低圧条件下においては、水素分子径により近い細孔径を有する方が、水素吸着において有利であることが確認された。

(2) 可視光応答性水素発生触媒

構成金属として触媒活性が期待されるルテニウム、ロジウムを、配位子にはテレフタル酸を用いて集積化させることで、二次元シート構造が積層した細孔錯体 $[\text{Ru}_2(p\text{-BDC})_2\text{X}]$ ($\text{X} = \text{non}, \text{BF}_4$), $[\text{Rh}_2(p\text{-BDC})_2]$ を合成した。これらの錯体を水素発生触媒に用い、光増感剤に $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ 、電子伝達物質に MV^{2+} 、犠牲剤に $\text{EDTA} \cdot 2\text{Na}$ を共存させ、可視光照射 (>420nm) による水素発生を評価した。 $[\text{Ru}_2(p\text{-BDC})_2]$ の TON および見かけの量子収率は、それぞれ 16.3 と 4.82% となり、細孔構造を持たないディスクリートな分子である $\text{Ru}_2(\text{CH}_3\text{COO})_4\text{BF}_4$ に比べ高い触媒活性を示した。さらに、構成金属にロジウムを用いた $[\text{Rh}_2(p\text{-BDC})_2]$ では、10h 後の TON は 24.9 となり、見かけの量子収

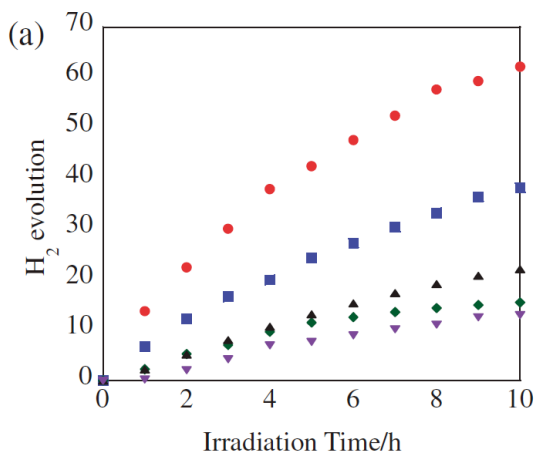


Fig. 2 Time course of H₂ evolution from water in the presence of multicomponent system (●: [Rh₂(*p*-BDC)₂], ■: [Rh₂(*p*-BDC)₂] and acetate buffer solution (pH 4.8), ▲: [Rh₂(C₆H₅COO)₄], ◆: [Rh₂(*p*-BDC)₂] and 0.5M NaCl, ▼: TiO₂)

率も 5.96%となりルテニウムを用いた細孔錯体を上回った。これらは、機能性細孔錯体を触媒に用いた光水素発生初めての例であり、機能性細孔錯体が水素発生触媒に極めて有用であることを明らかにすることができた。

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 40 件)

1. C. N. Kato, K. Hara, M. Kato, H. Amano, K. Sato, Y. Kataoka, W. Mori, EDTA-Reduction of water to molecular hydrogen catalyzed by visible-light-response TiO₂-based materials sensitized by Dawson- and Keggin-type Rhenium(V)-containing polyoxotungstates, *materials*, 2010, 3 巻, 897-917, 査読有
2. M. Kyuzou, W. Mori, J. Tanaka, Electronic structure and spectra of cupric acetate mono-hydrate revisited, *Inorganica Chimica Acta*, 2010, 363 巻, 930-934, 査読有
3. H. Miyasaka, N. Motokawa, S. Matsunaga, M. Yamashita, K. Sugimoto, T. Mori, N. Toyota, K. R. Dunbar, Control of Charge Transfer in a Series of Ru₂^{III}/TCNQ Two-Dimensional Networks by Tuning the Electron Affinity of TCNQ Units: A Route to Synergistic Magnetic/Conducting Materials, *J. Am. Chem. Soc.*, 2010, 132 巻, 1532-1544, 査読有
4. Y. Kataoka, K. Sato, Y. Miyazaki, K.

- Masuda, H. Tanaka, S. Naito, W. Mori, Photocatalytic hydrogen production from water using porous material [Ru₂(*p*-BDC)₂]_n, *Energy & Environmental Science*, 2009, 2 巻, 397-400, 査読有
5. 森和亮, 松永諭, Discovery and development of porous metal carboxylates, *Sci. J. Kanagawa Univ.*, 2009, 20 巻, 271-274, 査読無
6. N. Motokawa, T. Oyama, S. Matsunaga, H. Miyasaka, M. Yamashita, K. R. Dunbar, Charge-transfer two-dimensional layers constructed from a 2 : 1 assembly of paddlewheel diruthenium(II,II) complexes and bis[1,2,5]thiadiazolotetracyanoquinodimethane: bulk magnetic behavior as a function of inter-layer interactions, *CrystEngComm.*, 2009, 11 巻, 2121-2130, 査読有
7. N. Kihara, K. Kidoba, Dynamic Covalent Chemistry of the Nicholas Ether-Exchange Reaction, *Org. Lett.*, 2009, 11 巻, 1313-1316, 査読有
8. S. Emori, Y. Muto, W. Mori, Magnetic Properties of the Nickel(II) 1,4-Cyclohexanedicarboxylate 2,2-Dimethylpropanoate Complex with 4,4'-Bipyridine and Related Nickel(II) Complexes, *ITE-IBA Letter*, 2008, 1 巻, C36-C39, 査読有
9. C. N. Kato, K. Hara, A. Hatano, K. Goto, T. Kuribayashi, K. Kayashi, A. Shinohara, Y. Kataoka, W. Mori, K. Nomiya, A Dawson-Type Dirhenium(V)-Oxido-Bridged Polyoxotungstate: X-ray Crystal Structure and Hydrogen Evolution from Water Vapor under Visible Light Irradiation, *Eur J. Inorg. Chem.*, 2008, 3134-3141, 査読有
10. T. Takei, J. Kawashima, T. Ii, A. Maeda, M. Hasegawa, T. Kitagawa, T. Ohmura, M. Ichikawa, M. Hosoe, I. Kanoya, W. Mori, Hydrogen Adsorption Properties of Lantern-Type Dinuclear M(BDC)(DABCO)_{1/2}, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 2008, 81 巻, 847-856, 査読有
11. O. Wang, A. Takeuchi, Y. Yamamura, K. Saito, W. Mori, M. Sorai, Thermodynamic Relationship between Structural Isomers of the Thermochromic Compound Bis(N-Isopropyl-5,6-benzosalicylideneiminato)nickel(II), *J. Phys. Chem. B*, 2008, 112 巻, 11039-11048, 査読有
12. Y. Nakao, T. Sato, W. Mori, S. Goto, M. Issiki, M. Fujii, M. Shiro, R. Tanaka, K. Matsumoto, Synthesis Structures, and Magnetic Properties of Dinuclear

- Nickel(II) Complexes Containing ,N,N,N',N'-Tetrakis[(1-methyl-2-bensimidazolyl)methyl]-2-hydroxy-1,3-diaminopropane and a Thiocyanate Ion, *CHUGOKUGAKUEN J.*, 2008, 7 巻, 11-17, 査読有
13. Y. Makita, N. Kihara, T. Takata, Quantitative Active Transport in [2]Rotaxane Using a One-Shot Acylation Reaction toward the Linear Molecular Motor, *J. Org. Chem.*, 2008, 73 巻, 9245-9250, 査読有
 14. S. Matsunaga, K. Takizawa, D. Kawakami, H. Iguchi, S. Takaishi, T. Kajiwara, H. Miyasaka, M. Yamashita, H. Matsuzaki, H. Okamoto, Three-Dimensionally Ordered CDW State in Quasi-One-Dimensional Iodo-Bridged Dinuclear Platinum Mixed-valence Compounds, $A_4[Pt_2I(pop)_4] \cdot nH_2O$ (A = Aromatic Ammonium Cations), *Eur. J. Inorg. Chem.*, 2008, 3269-3273, 査読有
 15. N. Motokawa, T. Oyama, S. Matsunaga, H. Miyasaka, K. Sugimoto, M. Yamashita, N. Lopez and K. R. Dunbar, *Dalton Trans.*, 2008, 4099-4102, 査読有
 16. A. Maeda, T. Takei, H. Hoshino, W. Mori, *Transactions of the Materials Research Society of Japan*, 2008, 33 巻, 1351-1354, 査読有
 17. T. Takei, T. Ii, J. Kawashima, T. Ohmura, M. Ichikawa, M. Hosoe, Y. Shinya, I. Kanoya, W. Mori, Hydrogen Adsorption Properties of a Novel Lantern-type Dinuclear $Co(BDC)(DABCO)_{1/2}$, *Chem. Lett.*, 2007, 36 巻, 1136-1137, 査読有
 18. C. N. Kato and W. Mori, Oxidation catalysis of microporous metal carboxylate complexes, *Comptes Rendus Chim.*, 2007, 10 巻, 284-294, 査読有
 19. T. Kawakami, S. Takamizawa, M. Takenaka, Y. Nishimura, Y. Kitagawa, M. Okumura, W. Mori, K. Yamaguchi, Theoretical studies of radical spin arrangements in the cavity of nano-porous complexes, *Polyhedron*, 2007, 26 巻, 2367-2374, 査読有
 20. M. Inosako, C. Shimokawa, H. Sugimoto, N. Kihara, T. Takata, and S. Itoh, Reaction of Copper(II) Complexes with Na_2S_2 . An Alternative Method for the Preparation of Disulfido-Dicopper(II) Complexes., *Chem. Lett.*, 2007, 36 巻, 1306-1307, 査読有
- [学会発表] (計 91 件)
1. 遠藤奈々子, 松永諭, 森和亮, カルボン酸を同一平面に含むポルフィリン誘導体を配位子とした新規多孔性金属錯体の構造と気体吸着能, 日本化学会第 90 春季年会, 2010 年 3 月 26 日, 大阪
 2. 佐藤好, 片岡祐介, 森和亮, ポルフィリン光増感剤を用いた多孔性物質による水の光分解, 日本化学会第 90 春季年会, 2010 年 3 月 27 日, 大阪
 3. 宮崎雄平, 片岡祐介, 森和亮, 触媒活性サイトを有する異種金属配位高分子錯体の調製と水の光還元反応, 日本化学会第 90 春季年会, 2010 年 3 月 27 日, 大阪
 4. 鈴木裕人, 片岡祐介, 森和亮, Paddlewheel 型テトラカルボン酸レニウムハロゲン化物の結晶構造と気体吸着能, および光触媒能, 第 3 回関東支部大会, 2009 年 9 月 4 日, 東京
 5. 宮崎雄平, 片岡祐介, 森和亮, 触媒活性サイトを有する新規金属配位高分子錯体の構築, 第 3 回関東支部大会, 2009 年 9 月 4 日, 東京
 6. 佐藤好, 片岡祐介, 森和亮, ポルフィリン光増感剤内臓型多孔性配位高分子を用いた水の光分解, 第 3 回関東支部大会, 2009 年 9 月 4 日, 東京
 7. 田中博, 森和亮, 配位高分子錯体をも用いた水の光分解による酸素発生系の構築, 第 3 回関東支部大会, 2009 年 9 月 4 日, 東京
 8. 鈴木裕人, 片岡祐介, 森和亮, Paddlewheel 型テトラカルボン酸レニウムハロゲン化物の気体吸着能と光触媒反応, 第 59 回錯体化学討論会, 2009 年 9 月 25 日, 長崎
 9. 宮崎雄平, 片岡祐介, 森和亮, 水の光触媒を目指した新規配位高分子錯体の構築, 第 59 回錯体化学討論会, 2009 年 9 月 25 日, 長崎
 10. 古和口桂胤, 森和亮, 田仲二郎, モノカルボン酸コバルト(II)錯体の合成と磁性, 第 59 回錯体化学討論会, 2009 年 9 月 25 日, 長崎
 11. 佐藤好, 片岡祐介, 森和亮, ポルフィリン光増感剤内臓型多孔性金属配位高分子をもちいた水の光分解, 第 59 回錯体化学討論会, 2009 年 9 月 25 日, 長崎
 12. 田中博, 森和亮, 片岡祐介, サレン錯体を用いた酸化反応, 第 59 回錯体化学討論会, 2009 年 9 月 25 日, 長崎
 13. Y. Miyazaki, Y. Kataoka, K. Sato, H. Tanaka, Y. Suzuki, W. Mori, H_2 adsorption and water splitting reaction using Ru coordination polymer Selected straight chain dicarboxylic acid, 4th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials, 2009, 大阪

14. Y. Suzuki, Y. Kataoka, H. Tanaka, K. Sato, Y. Miyazaki, W. Mori, Gas adsorption and catalysis of tetracarboxyl rhenium halide forming paddlewheel type, 4th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials, 2009, 大阪
15. H. Tanaka, K. Masuda, Y. Kataoka, K. Sato, Y. Suzuki, Y. Miyazaki, W. Mori, Synthesis of Three-Dimensional Ruthenium Coordination polymer and Hydrogen Evolution by Water Photochemical Splitting, 4th East Asia Symposium on Functional Dyes and Advanced Materials, 2009, 大阪
16. K. Sato, W. Mori, Y. Kataoka, Gas-adsorption properties of several two-dimensional microporous metallo-porphyrin coordination polymers $[M_2(M'TCPP)]_n$ ($M=Rh, Ru$; $M'=H_2, Zn$ and Pd), 19th MRS-J Academic Symposium, 2009年12月8日, 神奈川
17. Y. Miyazaki, Y. Kataoka, W. Mori, Gas adsorption property of Microporous Ruthenium coordination polymers, 19th MRS-J Academic Symposium, 2009年12月8日, 神奈川
18. Y. Suzuki, Y. Kataoka, W. Mori, Crystal structure and gas adsorption of tetracarboxyl rhenium halide forming Paddlewheel type, 19th MRS-J Academic Symposium, 2009年12月8日, 神奈川
19. W. Mori, Application of Microporous Metal Carboxylates to Catalyst, International Symposium on Creation of Functional Nanospace by Metal-Organic Framework (invited), 2010年2月22日, 神奈川
20. 鈴木裕人, 片岡祐介, 高橋正義, 森和亮, Paddlewheel 型テトラカルボン酸レニウムハロゲン化物の結晶構造とガス吸着, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
21. 川島次郎, 竹井徹, 大村哲賜, 森和亮, *trans*-1,4-シクロヘキサンジカルボン酸金属(II)DABCO 付加物の水素吸着特性, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
22. 古和口桂胤, 渡辺俊也, 和田盛孝, 森和亮, 田仲二郎, 芳香族環を含む二核銅(II)錯体の合成, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
23. 片岡祐介, 森和亮, 多孔性ルテニウム配位高分子光触媒を用いた水からの水素発生, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
24. 佐藤好, 片岡祐介, 森和亮, ポルフィリン光増感剤を用いた多孔性物質による水の光分解, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
25. 増田和貴, 片岡祐介, 内藤周式, 森和亮, 白金担持多孔性ルテニウム配位高分子を用いた光触媒的水の分解, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
26. 田中博, 森和亮, 三核マンガン配位高分子錯体の合成と水酸化反応の検討, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
27. 久蔵学, 森和亮, 田仲二郎, 9-アントラセンカルボン酸銅(II)錯体のサーモクロミズムと電子状態の相関, 日本化学会第 89 回春季年会, 2009年3月29日, 千葉
28. 田中博, 森和亮, ロジウム(II)二核錯体による CO_2 水素化触媒作用, 日本化学会第 2 回関東支部大会, 2008年9月18日, 群馬
29. 片岡祐介, 佐藤好, 宮崎雄平, 増田和貴, 森和亮, 有孔性有機金属高分子触媒を用いた水からの高効率な水素の生成の発見, 日本化学会第 2 回関東支部大会, 2008年9月18日, 群馬
30. 久蔵学, 森和亮, 田仲二郎, 二核銅錯体の電子構造と電子スペクトル, 第 21 回配位化合物の光化学討論会, 2008年8月7日, 神奈川
31. 佐藤真紀子, 森和亮, 細孔を持つモリブデン(II)錯体の合成, 第 58 回錯体化学討論会, 2008年9月28日, 金沢
32. 古和口桂胤, 森和亮, 構造変化を伴わないカルボン酸金属錯体の電子スペクトルの温度変化, 第 58 回錯体化学討論会, 2008年9月28日, 金沢
33. 田中博, 森和亮, 集積型ロジウム二核錯体による CO_2 水素化触媒反応, 第 58 回錯体化学討論会, 2008年9月28日, 金沢
34. 北川珠美, 長谷川美佳, 森和亮, 1,8-アントラセンジカルボン酸を配位子とした金属錯体の構造と磁性, 第 58 回錯体化学討論会, 2008年9月28日, 金沢
35. 三ツ井祐介, 森和亮, 機能性細孔を有するカルボン酸ロジウム(II)の合成と物性, 第 58 回錯体化学討論会, 2008年9月28日, 金沢
36. 久蔵学, 古和口桂胤, 渡辺俊也, 森和亮, 田仲二郎, 酢酸銅(II)一水和物型二核銅錯体の電子構造, 第 58 回錯体化学討論会, 2008年9月28日, 金沢
37. 片岡祐介, 森和亮, 水素吸着能を持つ多細孔性集積型ルテニウム配位高分子光触媒における水の分解, 第 58 回錯体化学討論会, 2008年9月28日, 金沢
38. 佐藤好, 片岡祐介, 森和亮, ポルフィリン光増感剤を用いたルテニウム配位高

- 分子触媒による水の光分解, 第 58 回錯体化学討論会, 2008 年 9 月 28 日, 金沢
39. 宮崎雄平, 増田和貴, 片岡祐介, 森和亮, 直鎖ジカルボン酸を用いたルテニウム配位高分子触媒による水の分解反応, 第 58 回錯体化学討論会, 2008 年 9 月 28 日, 金沢
40. S. Matsunaga, Synthesis and Characterization of α, ω -Bis(porphyrinyl) Oligoacetylenes, 4th International Symposium of the Kanagawa University - National Taiwan University Exchange Program 2008, 2008 年 12 月 27 日, 台北
41. 井上優, 木原伸浩, 巽和行, 太田俊, 森和亮, キラル配位子 H₂bna による三次元多孔性高分子錯体の合成と構造, 日本化学会第 88 回春季年会, 2008 年 3 月, 東京
42. 古和口桂胤, 渡邊俊也, 和田盛孝, 森和亮, 田仲二郎, サーモクロミズムを示す二核金属錯体の合成, 日本化学会第 88 回春季年会, 2008 年 3 月, 東京
43. 久蔵学, 田仲二郎, 森和亮, 二核銅錯体の電子スペクトル, 日本化学会第 88 回春季年会, 2008 年 3 月, 東京
44. 片岡祐介, 森和亮, 混合電子価二核ルテニウム配位高分子光触媒によるガス吸着および水の分解, 日本化学会第 88 回春季年会, 2008 年 3 月, 東京
45. 田中博, 久嶋恵理子, 白壁昌和, 片岡祐介, 森和亮, ロジウムポルフィリン配位高分子錯体による CO₂ 水素化触媒作用, 日本化学会第 88 回春季年会, 2008 年 3 月, 東京
46. 北川珠美, 長谷川美佳, 森和亮, 1,8-アントラセンジカルボン酸を配位子とした金属錯体の構造と磁性, 日本化学会第 88 回春季年会, 2008 年 3 月, 東京

[図書] (計 7 件)

- ① 森和亮, 竹井徹, 佐藤智彦, シーエムシー出版, 「金属錯体細孔材料の分子設計と分子吸着・触媒材料への展開」、有機貯蔵材料とナノ技術—水素社会に向けて—, 2007 年, 258-270

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称: 酢酸銅(II)一水和物型二核構造コバルト金属錯体
 発明者: 森和亮
 権利者: 神奈川大学・本田技研
 種類: 特許
 番号: 特願 2007-199262
 出願年月日: 2007 年 8 月

国内外の別: 国内

名称: 酢酸銅(II)一水和物型二核構造コバルト金属錯体およびそれを利用したガス吸着体、水素吸着体

発明者: 森和亮

権利者: 神奈川大学・本田技研

種類: 特許

番号: 特願 2007-199261

出願年月日: 2007 年 8 月

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森和亮 (MORI WASUKE)

神奈川大学・理学部・教授

研究者番号: 60029709

(2) 研究分担者

木原伸浩 (KIHARA NOBUHIRO)

神奈川大学・理学部・教授

研究者番号: 30214852

齋藤太郎 (SAITO TARO)

神奈川大学・理学部・非常勤講師

研究者番号: 90011006

西本右子 (NISHIMOTO YUKO)

神奈川大学・理学部・准教授

研究者番号: 70241114

松永諭 (MATSUNAGA SATOSHI)

神奈川大学・理学部・助手

研究者番号: 80451516

(3) 連携研究者

()

研究者番号: