

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19H02489

研究課題名(和文)白金ナノ構造の超強度化による凝集抑制技術の確立と省エネルギー化社会への展開

研究課題名(英文) Establishment of aggregation suppression technology by super-strengthening of platinum nanostructure and development to energy saving society

研究代表者

加藤 知香 (KATO, CHIKA)

静岡大学・理学部・教授

研究者番号：00360214

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,000,000円

研究成果の概要(和文)：リンおよびケイ素中心のケギン型二核白金(II)配位ポリオキソタングステートを空气中、700～900℃で加熱処理することにより、2種類の白金-タングステート構造体が得られた。種々のキャラクタリゼーションより、リン中心の化合物を加熱処理することで得た固体中の白金粒子径は数ナノオーダーを維持しており、700℃以上の高温加熱処理下でも優れた白金凝集抑制効果が発現することが分かった。加熱処理により得た固体を助触媒として用い、可視光照射下でのトリエタノールアミン水溶液からの水素生成実験を実施したところ、高い光触媒活性を示した。光触媒反応後の固体の回収・再利用が可能であることも確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

白金凝集抑制技術の開発は固体表面への白金種の担持条件の検討を中心に進められてきたが、厳しい作動環境下での凝集抑制は十分ではなく、従来とは異なるアプローチからの技術開発が求められてきた。これに対し我々は、ポリオキソタングステートを無機配位子として用いることで、700～900℃という高温加熱処理条件下でも白金ナノ粒子が数ナノオーダーを維持できる白金凝集抑制技術を開発した。本技術は合成化学的アプローチによる新技術であり、学術的意義が高いだけでなく、白金が実装された装置やモジュールのコンパクト化・省エネルギー化・省資源化への貢献が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Two types of platinum-tungstate structures were obtained by air-calcining Keggin-type diplatinum(II)-coordinated polyoxotungstates, Cs₃[⁻PW₁₁O₃₉{cis-Pt(NH₃)₂}₂]⁻·8H₂O (Cs-P-Pt) and Cs₄[⁻SiW₁₁O₃₉{cis-Pt(NH₃)₂}₂]⁻·11H₂O (Cs-Si-Pt), at temperatures ranging from 700 to 900 °C for 5 hours. Calcination of Cs-P-Pt resulted in a solid containing platinum nanoparticles and Cs₃PW₁₂O₄₀, while calcination of Cs-Si-Pt produced a solid containing platinum nanoparticles and Cs₄W₁₁O₃₅. The platinum nanoparticles in the solid obtained from calcining Cs-P-Pt exhibited an average particle size on the nanometer scale, demonstrating a significant platinum aggregation inhibitory effect. Additionally, the solids obtained through calcination showed high photocatalytic activity for hydrogen production from aqueous triethanolamine solution under visible light irradiation and were confirmed to be reusable.

研究分野：無機合成化学・触媒化学

キーワード：ポリオキソメタレート 白金 焼成処理 ナノ粒子 凝集抑制 光触媒 水素生成 再利用

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

白金は、特異的な物性・機能を有しており、他の元素や物質での代替が困難な元素の一つである。白金は排ガス浄化触媒や燃料電池電極触媒等の様々な分野で広く利用されているが、使用環境下で進行する白金粒子の凝集による性能低下が重大な課題の一つとして挙げられている。厳しい作動環境下でも白金を長期的かつ高効率に利用するための凝集抑制技術の開発は、白金が実装された装置やモジュールのコンパクト化・省エネルギー化・省資源化を可能にする重要な技術と言える。

2. 研究の目的

一般に、白金を触媒や電池材料等の工業・産業分野へ応用する際には、白金種 (H_2PtCl_6 , $Pt(NH_3)_2Cl_4$, $Pt(NH_3)_4(NO_3)_2$ 等) を酸化物や炭素材などの固体表面へ担持し、還元処理を施す。この処理の過程で白金原子に配位しているイオンや分子は脱離・消失し、白金ナノ粒子が形成するが、配位子の脱離・消失挙動が白金粒子の凝集や分散性に影響を与えていることが報告されている¹⁾。これに対し、我々が開発した構造化二核白金化合物 ($Cs_3[\alpha-PW_{11}O_{39}\{cis-Pt(NH_3)_2\}_2] \cdot 8H_2O$ (**Cs-P-Pt** と表記)²⁾ および $Cs_4[\alpha-SiW_{11}O_{39}\{cis-Pt(NH_3)_2\}_2] \cdot 11H_2O$ (**Cs-Si-Pt** と表記)³⁾ は、タングステンをベースとした無機配位子を有しているため、1000 付近の高温加熱処理でもタングステート配位子が消失しない。

本研究では、我々が開発した2種類の構造化白金化合物を加熱処理することで得られた白金-タングステート焼成体の組成および構造を解明することで、ポリオキソタングステート配位子が白金粒子の凝集抑制に与える影響について明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法⁴⁾

白金-タングステート焼成体の調製は、**Cs-P-Pt** および **Cs-Si-Pt** の粉末を空气中、700、800、900 で5時間加熱することで行った。それぞれの温度で得た固体を **Cs-P-Pt-(加熱温度)-5** および **Cs-Si-Pt-(加熱温度)-5** と表記する。得られた固体はいずれも水に不溶であった。

加熱処理により得られた試料は、熱重量/示差熱分析 (TG/DTA)、フーリエ変換赤外分光法 (FT-IR)、X線光電子分光法 (XPS)、粉末X線回折 (XRD) および透過型電子顕微鏡 (TEM) による分析を実施した。

得られた試料の光触媒活性評価試験は、トリエタノールアミン (TEOA) 水溶液中に試料を分散し、エオシン Y (EY)、ケギン型アルミニウム置換ポリオキソメタレート ($K_5[\alpha-SiW_{11}\{Al(OH_2)\}_0] \cdot 7H_2O$) および TiO_2 を共存させた系に可視光 (≥ 440 nm) を照射することで行った。

4. 研究成果⁴⁾

(1) **Cs-P-Pt** および **Cs-Si-Pt** の加熱処理による構造変化と白金ナノ粒子の凝集抑制効果

Cs-P-Pt を空气中、800 で5時間加熱した場合、粉体は黄色から黒色に変化した。**Cs-P-Pt-800-5** の FT-IR スペクトル (図 1A) では、1079, 985, 888, 804 cm^{-1} に複数のバンドが観測された。これらのバンドは、出発の **Cs-P-Pt** (1099, 1047, 955, 915, 859, 801, 757, 721 cm^{-1})²⁾ のものとは大きく異なっていた (図 1B) が、 $Na_3[\alpha-PW_{12}O_{40}] \cdot 12H_2O$ (1080, 984, 893, 808 cm^{-1})⁵⁾ および $Cs_3[\alpha-PW_{12}O_{40}]$ (1080, 890, 798 cm^{-1})⁶⁾ のものとは概ね同一のスペクトルパターンを示した。これは、本加熱処理条件下で **Cs-P-Pt** 中の α -Keggin 型一欠損ポリオキソタングステート配位子 $\{PW_{11}O_{39}\}$ の構造が $\{PW_{12}O_{40}\}$ に変換されたことを示唆していた。アンモニア分子に対応する 1356 cm^{-1} のバンドは消失していたことから、2個の白金原子に配位していた4つのアンモニア分子は完全に除去されたことが分かった。**Cs-P-Pt-800-5** と同じバンドは **Cs-P-Pt-700-5** および **Cs-P-Pt-900-5** でも観察された。これは、 α -Keggin 構造が少なくとも 900 まで維持されていることを示していた。

Cs-Si-Pt を 800 で5時間焼成した場合は、黄色から灰色への変色が見られた。**Cs-Si-Pt-800-5** の FT-IR スペクトル (図 1C) では、968, 889, 861, 812, 779, 730, 717 および 672 cm^{-1} のバンドが示されており、これは出発の **Cs-Si-Pt** (1004, 960, 944, 891, 846, 789, 738, 712 cm^{-1}) (図 1D)³⁾ で観察されたものとは異なるが、文献⁷⁾ で記載されている方法で得られた $Cs_4W_{11}O_{35}$ (969, 860, 816, 780, 707, 675 cm^{-1}) のものと類似していた。**Cs-Si-Pt-700-5** および **Cs-Si-Pt-900-5** でも同じスペクトルパターンが観察されており、**Cs-Si-Pt** の場合は本加熱処理条件下で Keggin 型構造を保持していないことが分かった。

Cs-P-Pt-800-5 の PXRD パターン (図 2A) は $Cs_3PW_{12}O_{40}$ のピークを観測しており、**Cs-P-Pt-700-5** および **Cs-P-Pt-900-5** でも同様のピークが観察されたことから、**Cs-P-Pt** 中の $\{PW_{11}O_{39}\}$ が本加熱処理条件下で $\{PW_{12}O_{40}\}$ へと構造変化したことを確認した。このことは FT-IR スペクトルとも一致していた。**Cs-Si-Pt-800-5** の PXRD パターン (図 2B) は、 $Cs_4W_{11}O_{35}$ のピークを示した。同様のパターンが **Cs-Si-Pt-700-5** および **Cs-Si-Pt-900-5** でも観察されており、**Cs-Si-Pt** の $\{SiW_{11}O_{39}\}$ は $\{W_{11}O_{35}\}$ へと構造変化したことが分かった。

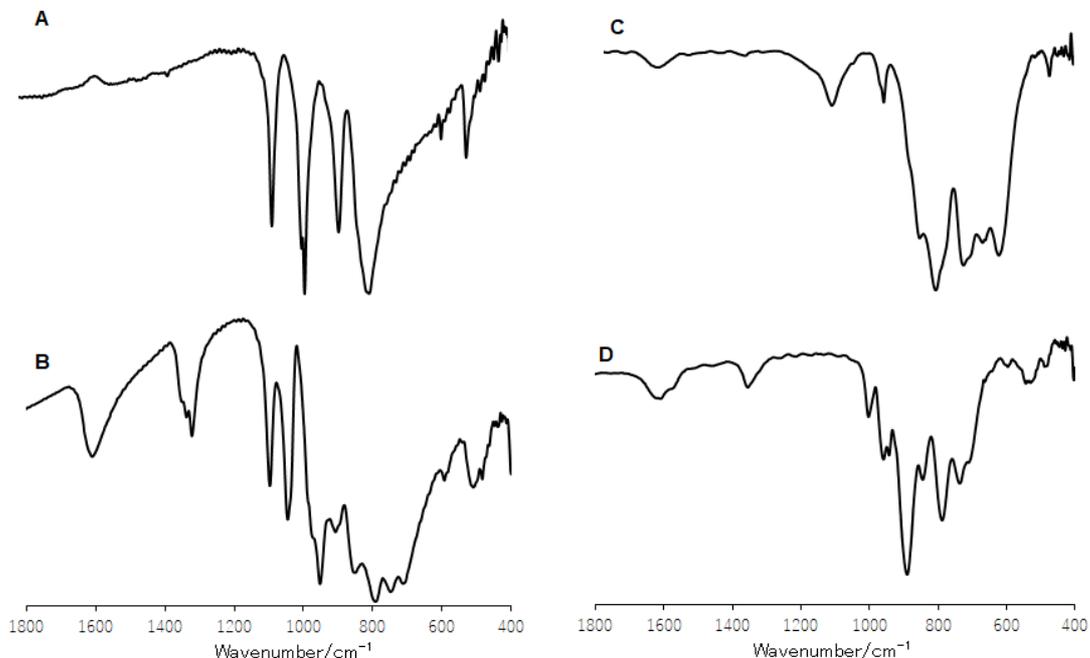


図 1. (A)Cs-P-Pt-800-5, (B)Cs-P-Pt, (C)Cs-Si-Pt-800-5, (D)Cs-Si-Pt の FT-IR スペクトル⁴⁾

一方、どちらのパターンにおいても Pt(111) に対応するピークが $2\theta(^\circ) = 40$ に観察された。このことから、Cs-P-Pt および Cs-Si-Pt 中の二核白金()サイトが熱処理によって結晶性の Pt(0)へ還元されたことを確認した。また、ピーク強度は加熱温度が上昇するにつれて増加しており、白金の結晶粒径は加熱温度とともに大きくなっていることが分かった。

Cs-P-Pt-800-5 および Cs-Si-Pt-800-5 の Pt(4f) XPS スペクトルでは、白金サイトは主に Pt⁰ のピークを示していた。一方、W(4f) XPS スペクトルでは、タングステンサイトが W⁶⁺ として存在していることを示した。また、Cs(3d) XPS スペクトルは、1 価のセシウムの存在を示していた。

図 3A および 3B に Cs-P-Pt-700-5 および Cs-P-800-5 の TEM 像を示した。粒径分布は図 3C および 3D に示している。均一に分散した白金ナノ粒子は、タングステートマトリックス内の小さな黒い粒として観察されている。

加熱処理後のサンプル中の白金ナノ粒子の平均粒径は、表 1 にまとめた。担体が存在しない状態、かつ高い白金含有量 (10.6 wt.%) であっても、Cs-P-Pt-700-5 および Cs-P-Pt-800-5 はそれぞれ 3.6 ± 1.1 および 5.3 ± 2 nm の平均粒径を示した。

表 1. 白金ナノ粒子の平均粒径⁴⁾

焼成サンプル	白金含有量 (wt.%)	平均白金粒径 (nm)
Cs-P-Pt-700-5	10.6 ^a	3.6 ± 1.1
Cs-P-Pt-800-5		5.3 ± 2
Cs-P-Pt-900-5		9.3 ± 2.8
Cs-P-Pt-800-100		5.4 ± 1.9
Cs-Si-Pt-700-5	10.1 ^a	19.9 ± 9.9
Cs-Si-Pt-800-5		42.8 ± 21.2
Cs-Si-Pt-900-5		100.8 ± 70.7
cisplatin/TiO ₂ -700-5	11.0	31.4 ± 19.7

^a 白金含有量は Cs-P-Pt および Cs-Si-Pt 組成式に基づいて算出した。

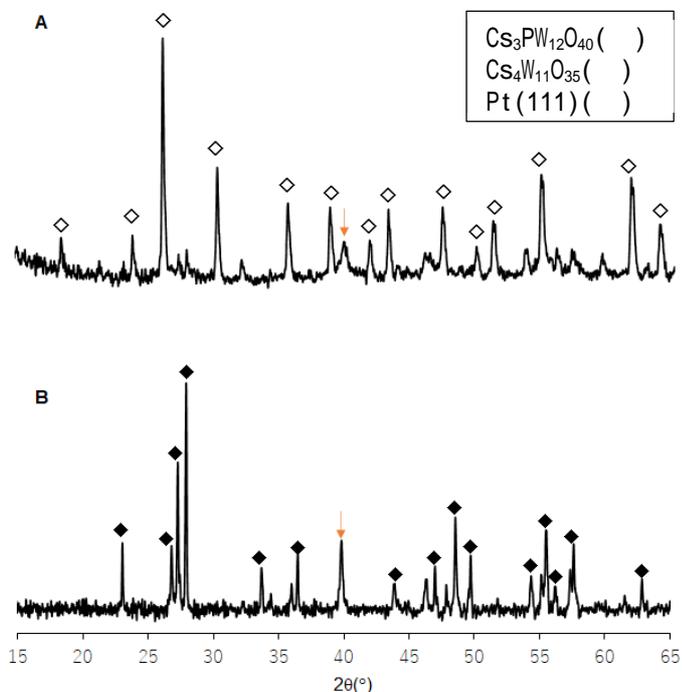


図 2. (A)Cs-P-Pt-800-5 および (B)Cs-Si-Pt-800-5 の粉末 XRD パターン⁴⁾

一方, Cs-P-Pt-900-5 の平均粒径は 9.3 ± 2.8 nm であり, Cs-P-Pt-800-5 の約 2 倍を示したが, 800°C で 100 時間加熱処理後の平均粒径は 5.4 ± 1.9 nm で, 長時間の加熱処理でも白金ナノ粒子の凝集はほとんど進行していなかった。

Cs-Si-Pt-700-5, -800-5 および-900-5 の白金ナノ粒子の平均粒径はそれぞれ 19.9 ± 9.9 , 42.8 ± 21.2 および 100.8 ± 70.7 nm であり, 加熱温度とともに粒子サイズが著しく大きくなった(図 4)。比較実験として, シスプラチンを原料とした白金担持 TiO_2 (Pt 含有量: 11 wt.%) を空气中, 700°C で 5 時間加熱することで得た固体の TEM 観察を実施したところ, 平均粒径は

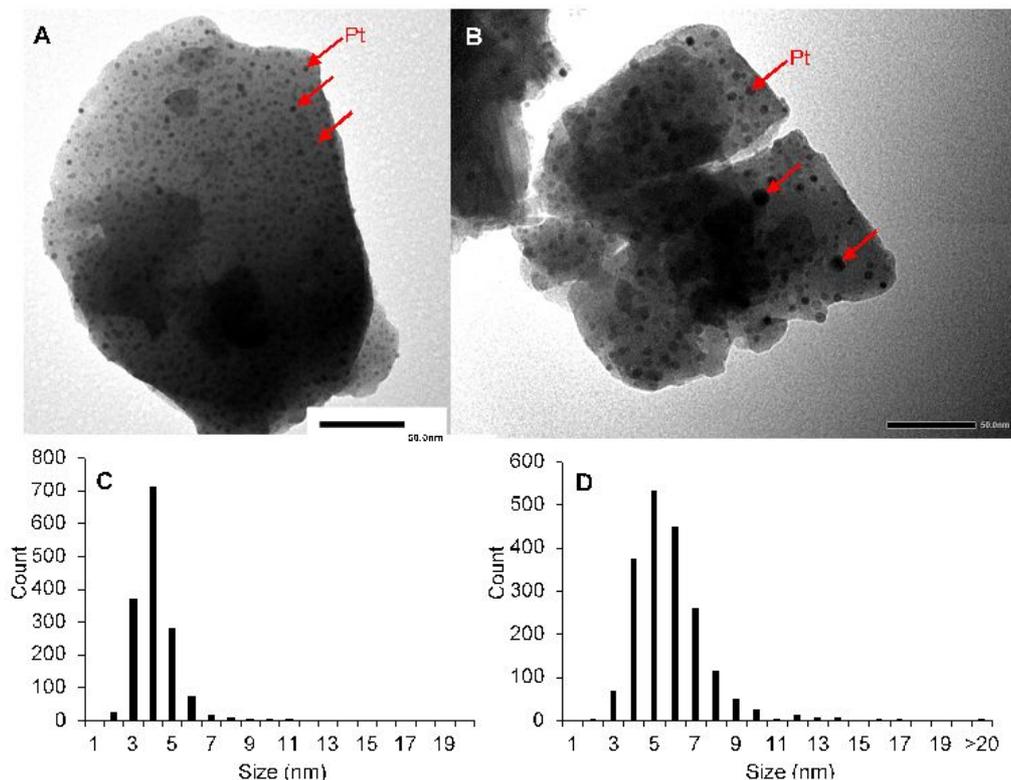


図 3. (A)Cs-P-Pt-700-5 および(B)Cs-P-Pt-800-5 の TEM 画像⁴⁾
白金ナノ粒子の粒径分布は(C)および(D)に示す。

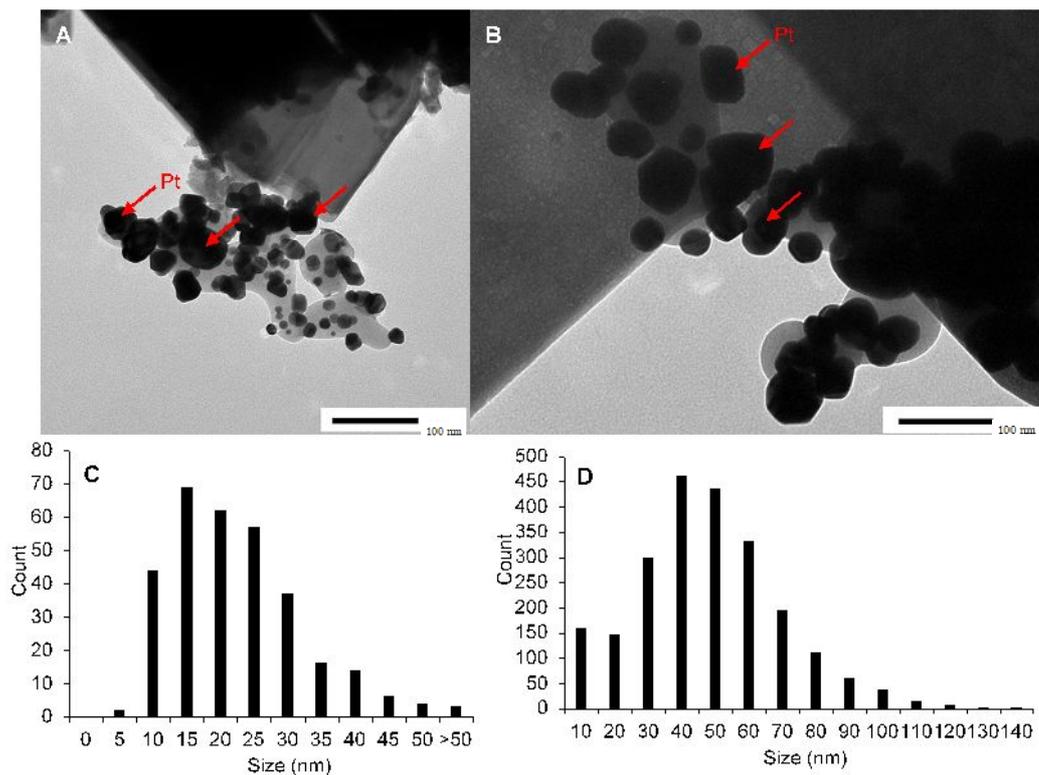


図 4. (A)Cs-Si-Pt-700-5 および(B)Cs-Si-Pt-800-5 の TEM 画像⁴⁾
白金ナノ粒子の粒径分布は(C)および(D)に示す。

31.4 ± 19.7 nm であり、同条件下で加熱処理した Cs-P-Pt-700-5 および Cs-Si-Pt-700-5 のものより大きいことが分かった。ケイ素中心の β -Keggin ポリオキソタングステートの白金塩 $[\text{Pt}(\text{NH}_3)_4]_2[\text{-SiW}_{12}\text{O}_{40}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ を空气中、800 °C で 5 時間焼成した場合は不均一なサイズの粒子が形成されており、一部の粒子は 50 nm を超えて成長していた。

以上の結果から、焼成後に β -Keggin ポリオキソタングステート $\text{Cs}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$ を保持していた Cs-P-Pt が、高白金含有量かつ担体を用いていない状態でも優れた凝集抑制効果を示すことが分かった。

(2) 白金-タングステート焼成体の光触媒活性

焼成サンプルを助触媒として用い、可視光照射下でのトリエタノールアミン (TEOA) 水溶液からの水素生成に対する活性評価試験を実施した (図 5)。光照射 6 時間後、Cs-P-Pt-800-5 および Cs-Si-Pt-800-5 の存在下で生成した水素の量はそれぞれ 180 および 156 μmol であった。このときのターンオーバー数 (TON = $2[\text{生成した水素}(\text{mol})]/[\text{Pt} \text{ 原子}(\text{mol})]$) はそれぞれ 1801 および 1556 であり、これらの値は加熱処理前の Cs-P-Pt および Cs-Si-Pt の TON (それぞれ 703 および 409) よりも高かった。これらの結果から、加熱処理により Cs-P-Pt および Cs-Si-Pt の光触媒活性が向上したことが分かった。

図 5 に示すように、Cs-P-Pt-800-5 および Cs-Si-Pt-800-5 を助触媒に用いた場合に顕著な失活が観測された。失活の原因が Cs-P-Pt-800-5 の分解ではないことを確認するために、20 時間光照射後の Cs-P-Pt-800-5 を回収し、その固体を再度助触媒として用いて光触媒活性試験を実施した。その結果、光照射 6 時間後の水素発生量は 1 回目の値と同程度であり、明確な活性低下が観測されなかった。EY の再添加により Cs-Si-Pt-800-5 を用いた系の光触媒活性が回復することも確認しており、Cs-P-Pt-800-5 および Cs-Si-Pt-800-5 は本反応条件下で分解しておらず、再利用可能であることが示唆された。加えて、光照射後の Cs-P-Pt-800-5 の白金ナノ粒子の平均粒径が $5.1 \pm 2.5 \text{ nm}$ で光照射前と同程度であることから、本光触媒反応条件下で Cs-P-Pt-800-5 の白金ナノ粒子は粗大化していないことを確認した。

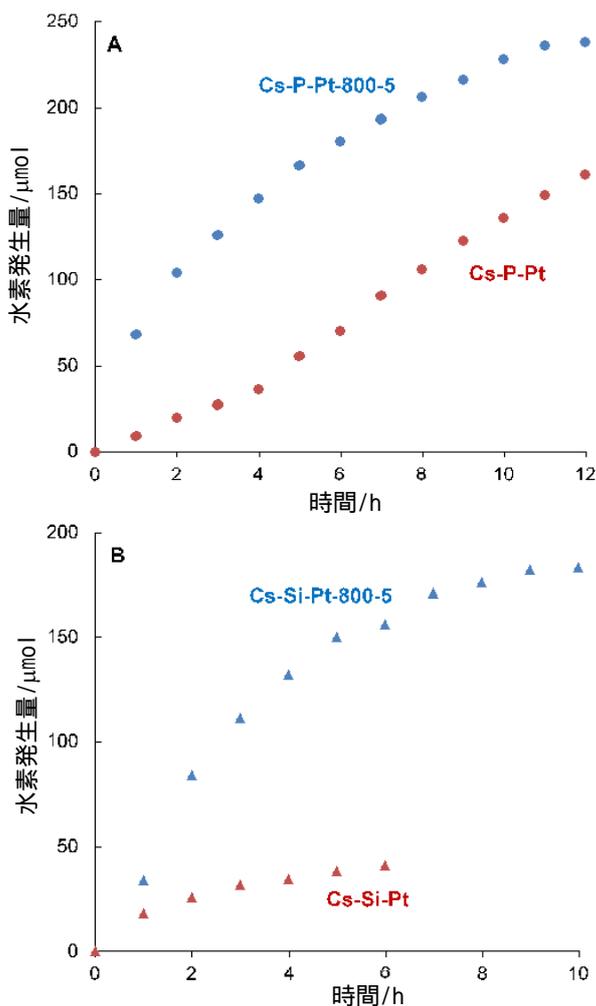


図 5. (A) Cs-P-Pt-800-5 および Cs-P-Pt, (B) Cs-Si-Pt-800-5 および Cs-Si-Pt を助触媒としたトリエタノールアミン水溶液からの水素発生におけるタイムコース⁴⁾

<引用文献>

- 1) D. Radivojević, K. Seshan, L. Lefferts, *Appl Catal A: Gen.*, **2006**, *301*, 51.
- 2) C. N. Kato, Y. Morii, S. Hattori, R. Nakayama, Y. Makino, H. Uno, *Dalton Trans.* **2012**, *41*, 10021.
- 3) C. N. Kato, S. Suzuki, T. Mizuno, Y. Ihara, A. Kurihara, S. Nagatani, *Catal. Today*, **2019**, *332*, 2.
- 4) C. N. Kato, T. Kubota, K. Aono, N. Ozawa, *Catal. Lett.*, **2022**, *152*, 2553.
- 5) A. Rosenheim, J. Jaenicke, *Z. Anorg. Allg. Chem.*, **1917**, *101*, 235.
- 6) K. Narasimharao, D. R. Brown, A. F. Lee, A. D. Newman, P. F. Siril, S. J. Tavener, K. Wilson, *J. Catal.*, **2007**, *248*, 226.
- 7) N. V. Ivannikova, S. F. Solodovnikov, *Russ. J. Inorg. Chem.*, **1995**, *40*, 1660.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Chika Nozaki Kato, Shuto Ishigaki, Ryota Kasai, Takayuki Mizuno, Kosuke Suzuki	4. 巻 61
2. 論文標題 Coordination of Palladium(II) and Platinum(II) Complexes to One Vacant Site in an α -Keggin-type Polyoxotungstate	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 9445-9453
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.inorgchem.2c00203	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chika Nozaki Kato, Toshiya Kubota, Koki Aono, Naoto Ozawa	4. 巻 152
2. 論文標題 Two Tungstates Containing Platinum Nanoparticles Prepared by Air-Calcining Keggin-type Polyoxotungstate-Coordinated Diplatinum(II) Complexes: Effect on Sintering-Resistance and Photocatalysis	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Catalysis Letters	6. 最初と最後の頁 2553-2563
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10562-021-03843-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Chika Nozaki Kato, Ippo Nakahira, Ryota Kasai, Shigeki Mori	4. 巻 2021
2. 論文標題 Syntheses, Molecular Structures, and Countercations-induced Structural Transformation of Monomeric α -Keggin-type Polyoxotungstate-coordinated Mono- and Di-palladium(II) Complexes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1815-1821
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ejic.202100075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chika Nozaki Kato, Koki Aono, Akihiro Kurihara, Toshiya Kubota, Ryota Kasai, Kosuke Suzuki	4. 巻 2020
2. 論文標題 Thermal Treatment of a Keggin-Type Diplatinum(II)-Coordinated Polyoxotungstate: Formation of Hydrophilic Colloidal Particles and Photocatalytic Hydrogen Production	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 3917-3924
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ejic.202000638	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chika Nozaki Kato, Daichi Kato, Toshifumi Kashiwagi, Shunpei Nagatani	4. 巻 12
2. 論文標題 Synthesis, X-Ray Crystal Structure, and Photochromism of a Sandwich-type Mono-aluminum Complex Composed of Two Tri-lacunary Dawson-type Polyoxotungstates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 2383-2395
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma12152383	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計17件(うち招待講演 1件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 庄司勇太・小澤尚斗・小川陽央・加藤知香
2. 発表標題 ケギン型アルミニウムポリオキソカチオンを介したケギン型二核白金種配位ポリオキシメタレートの酸化チタンへの担持と光触媒活性
3. 学会等名 錯体化学会第73回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平 智輝・石垣 秋斗・嵩井 陵太・杉浦 生・加藤 知香
2. 発表標題 パラジウム-白金バイメタルサイトを有するケギン型ポリオキシメタレートを助触媒とした可視光照射下での水からの水素生成
3. 学会等名 錯体化学会第73回討論会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小澤尚斗・加藤知香・小川陽央・庄司勇太
2. 発表標題 ケギン型二核白金種配位ポリオキシメタレート担持酸化チタンの調製と光触媒活性
3. 学会等名 第53回中部化学関係学協会支部連合秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石垣秋斗・水野貴之・嵩井陵太・加藤知香
2. 発表標題 パラジウム-白金バイメタルサイトを有するケギン型ポリオキシメタレートの合成と溶液中での安定性
3. 学会等名 第72回錯体化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石垣秋斗・水野貴之・加藤知香
2. 発表標題 パラジウム-白金バイメタルサイトを有するケギン型ポリオキシメタレートの合成とキャラクタリゼーション
3. 学会等名 第71回錯体化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小澤尚斗・栗原秋博・青野剛輝・加藤知香
2. 発表標題 ケギン型二核白金種配位ポリオキシメタレートの低温焼成処理による親水性コロイド粒子の形成と光触媒的水素発生
3. 学会等名 第71回錯体化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯田拓己・中平一步・長谷俊平・加藤知香
2. 発表標題 単核パラジウム(II)および白金(II)サイトを有するドーソン型ポリオキシメタレートの合成とキャラクタリゼーション
3. 学会等名 第71回錯体化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高井陵太・中平一步・加藤知香
2. 発表標題 単核および二核パラジウムサイトを有するケギン型ポリオキソメタレートの合成と構造変化
3. 学会等名 第71回錯体化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ryota Kato, Ippo Nakahira, Chika Nozaki Kato
2. 発表標題 Syntheses and molecular structures of Keggin-type polyoxotungstate-coordinated mono- and di-palladium complexes
3. 学会等名 環太平洋国際化学会議2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久保田稔也・加藤知香
2. 発表標題 ケギン型二核白金()種配位ポリオキソタングステートの焼成処理による白金ナノ粒子の凝集抑制と水からの水素発生に対する光触媒活性
3. 学会等名 第126回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷俊平・水野貴之・鈴木俊作・加藤知香
2. 発表標題 ジメチルピペラジン白金種配位ケギン型ポリオキソメタレートの合成と分子構造
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 飯田拓己・加藤大地・柏木俊郁・長谷俊平・加藤知香
2. 発表標題 単核アルミニウムサイトを有するドーソン型ポリオキシメタレートの合成とフォトクロミック特性
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高井陵太・鈴木郁美・中平一步・加藤知香
2. 発表標題 (2, 2'-ピピリジル)ジクロロパラジウム()を出発錯体とした二核パラジウムサイトを有するケギン型ポリオキシメタレートの合成とキャラクターゼーション
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中平一步・長谷俊平・加藤知香
2. 発表標題 ジクロロ(N,N'-ジメチルピペラジン)パラジウム()を出発錯体とした単核パラジウムサイトを有するケギン型ポリオキシメタレートの合成とキャラクターゼーション
3. 学会等名 錯体化学会第69回討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 久保田稔也・栗原秋博・青野剛輝・加藤知香
2. 発表標題 焼成処理によるケギン型二核白金()種配位ポリオキシメタレートの構造変化と中心元素の影響
3. 学会等名 第124回触媒討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水野貴之・長谷俊平・鈴木俊作・加藤知香
2. 発表標題 単核白金サイトを有するケギン型ポリオキシメタレートを出発錯体としたPd-Ptバイメタル化合物の合成と光触媒特性
3. 学会等名 第124回触媒討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤知香
2. 発表標題 ポリオキシタングステートを利用した白金ナノ構造の精密制御と高機能化
3. 学会等名 第18回新規素材探索研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Enoch Y. Park, Takayuki Saito, Hirokazu Kawagishi, Masakazu Hara, Hiroyuki Futamata, Hirofumi Hirai, Idzumi Okajima, Koji Miyake, Nobuyuki Mase, Rumi Sohrin, Rei Narikawa, Toshiyuki Ohnishi, Yasushi Todoroki, Mitsuru Kondo, Chika Nozaki Kato, Tetsuo Narumi, Masamichi Yamanaka, Tatsuya Kato, Takatsugu Miyazaki, Jia Jin	4. 発行年 2019年
2. 出版社 CRC PRESS	5. 総ページ数 350
3. 書名 Green Science and Technology	

〔出願〕 計4件

産業財産権の名称 貴金属含有材料を製造する方法、貴金属含有材料、膜電極接合体及び燃料電池	発明者 加藤知香・菊池圭祐	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2023-203028	出願年 2023年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 金属担持体及びその製造方法、反応触媒、並びにカチオン修飾担体及びその製造方法	発明者 加藤知香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2023/038554	出願年 2023年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 金属担持体及びその製造方法、反応触媒、並びにカチオン修飾担体及びその製造方法	発明者 加藤知香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-175452	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ポリオキシメタレート化合物及びその製造方法、ポリオキシメタレート化合物の焼成体、並びに、反応触媒	発明者 加藤知香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、CN.112368075.B	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

〔取得〕 計3件

産業財産権の名称 ポリオキシメタレート化合物及びその製造方法、ポリオキシメタレート化合物の焼成体、並びに、反応触媒	発明者 加藤知香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、11420871	取得年 2023年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 ポリオキシメタレート化合物及びその製造方法、ポリオキシメタレート化合物の焼成体、並びに、反応触媒	発明者 加藤知香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、602019037534.4	取得年 2023年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 ポリオキシメタレート化合物及びその製造方法、ポリオキシメタレート化合物の焼成体、並びに、反応触媒	発明者 加藤知香	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、第7269664号	取得年 2023年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

<p>静岡大学教員データベース - 教員個別情報 : 加藤 知香 (KATO CHIKA) https://tdb.shizuoka.ac.jp/rdb/public/Default2.aspx?id=10972&l=0 加藤研究室ホームページ https://wpp.shizuoka.ac.jp/katolab/</p>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------