様　式　C－19、F－19－1、Z－19　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　３ 年　６ 月　４ 日現在

機関番号：１３８０１
研究種目：挑戦的研究（萌芽）
研究期間：2018～2020
課題番号：１８Ｋ１８９９７

研究課題名（和文）欠損型ポリオキソタングステートを「分子るつぼ」とした異種二原子隣接合金の創製

研究課題名（英文）Synthesis of Diatomic Adjacent Alloys with Lacunary Polyoxotungstate as " Molecular Crucible"

研究代表者

加藤　知香（Kato, Chika）

静岡大学・理学部・准教授

研究者番号：００３６０２１４

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では，cis-ジアンミン白金(Ⅱ)種およびN,N’-ジメチルピペラジン白金(Ⅱ)種をケギン型一欠損ポリオキソタングステートに配位させた2種類の単核白金化合物，N,N’-ジメチルピペラジンパラジウム(Ⅱ)種を配位させた単核パラジウム化合物，エチレンジアミンパラジウム(Ⅱ)種および2,2'-ビピリジンパラジウム(Ⅱ)種を配位させた2種類の二核パラジウム化合物の合成を行った。得られた化合物のうち，cis-ジアンミン白金(Ⅱ)種が配位した単核白金化合物と2,2'-ビピリジンパラジウム(Ⅱ)種を反応させた場合のみ，目的のバイメタル化合物が得られることを見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
貴金属ナノ合金の高機能化･高強度化技術の開発は，人類の生活や地球環境へ大きなインパクトを与える課題であるが，調製条件の制御だけでは異種貴金属原子同士を合金内で位置選択的に配置させることは困難であり，新機能･高性能の発現のためには，貴金属原子の精密配置技術の開発が鍵となっている。
　本研究では，ケギン型一欠損ポリオキソタングステートを「分子るつぼ」として利用し，一つの欠損部位へ白金原子とパラジウム原子を隣接配位させた精密構造化バイメタル化合物を合成することに成功した。得られた化合物を焼成処理することにより，高強度化貴金属ナノ合金へと誘導することが可能であり，新たな物性･機能の発現が期待できる。

研究成果の概要（英文）：We synthesized two mono-platinum complexes in which (cis-diammine)platinum(II) and (N,N'-dimethylpiperazine)platinum(II) are coordinated to a mono-vacant site in Keggin-type polyoxotungstate. And, mono- and di-palladium complexes were synthesized by the reactions of Keggin-type mono-lacunary polyoxotungstate with (N,N'-dimethylpiperazine)palladium(II), (ethylenediamine)palladium(II), and (2,2'-bipyridine)palladium(II), respectively.
　Among the obtained mono-platinum and palladium complexes, the target Pt-Pd bimetal complex can be obtained only when the mono-platinum complex coordinated with (cis-diammine)platinum(II) was reacted with (2,2'-bipyridine)palladium(II).

研究分野：ナノ材料化学，無機合成化学

キーワード：ポリオキソメタレート　白金　パラジウム　バイメタル　隣接配位　光触媒

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

貴金属ナノ合金の高機能化･高強度化技術の開発は，人類の生活や地球環境へ大きなインパクトを与える課題である。貴金属ナノ合金の調製は，二種類以上の出発原料（または金属）を混合し，還元処理を施すことで行われることが多いが，調製条件（温度，反応時間，混合比，添加剤の有無 等）の制御だけでは，合金内の異種貴金属原子同士を位置選択的に配置させることは困難であり，新機能･高性能の発現のためには，貴金属原子の精密配置技術の開発が鍵となっている。

２．研究の目的

本研究では，ケギン型一欠損ポリオキソタングステートを「分子るつぼ」として利用し，一つの欠損部位へ白金原子と貴金属原子を隣接配位させたのち，焼成処理を施すことで，タングステート配位子により高強度化された貴金属ナノ合金を創製することを目的とした。

３．研究の方法

(1) 白金をベースとしたバイメタル化合物を合成するための前駆体として，*cis*-ジアンミン白金(II)種および *N,N'*-ジメチルピペラジン白金(II)種を一欠損サイトに配位させた 2 種類の単核白金サイトを有するケギン型ポリオキソタングステート $[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{cis\text{-}Pt(NH_3)_2\}]^{5-}$(**Pt-1a**)および$[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pt(Me_2ppz)\}]^{5-}$ (Me_2ppz = *N,N'*-dimethylpiperazine)(**Pt-1b**)を合成した。

(2) 白金-パラジウムバイメタル化合物の分子構造や生成過程を考察するための参照サンプルとして，単核および二核パラジウム(II)サイトを有するケギン型ポリオキソタングステート $[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pd(Me_2ppz)\}]^{5-}$(**Pd-1**)，$[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pd(en)\}_2]^{3-}$ (en = ethylenediamine)(**Pd-2a**)，$[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pd(bpy)\}_2]^{3-}$ (bpy = 2,2'-bipyridine)(**Pd-2b**)を新規に合成した。

(3) (1)および(2)で得た単核白金および単核パラジウムサイトを有するポリオキソタングステート化合物を出発錯体として用い，白金とパラジウムが一つの欠損サイトに隣接配位した白金-パラジウムバイメタル化合物の合成条件を検討した。

４．研究成果

(1) 単核白金サイトを有するケギン型ポリオキソタングステートの合成

Pt-1a は，ケギン型一欠損ポリオキソメタレートに 2 個の *cis*-ジアンミン白金(II)種が配位した二核白金化合物 $[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{cis\text{-}Pt(NH_3)_2\}_2]^{3-}$ (**Pt-2**)を合成する際の中間体として形成することが観測されているが，二核白金サイトの形成速度が速く，**Pt-1a** の単離は困難であった。本研究では，水溶媒中でケギン型一欠損ポリオキソメタレート $K_7[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}]$と *cis*-$Pt(NH_3)_2Cl_2$ をモル比 1:2 で混合し，19±1 ℃の水浴中で 27 時間攪拌後，塩化セシウムとエタノールを加えて沈殿化することで，目的物を黄色粉体として得ることに成功した。

元素分析結果より，組成式を $Cs_{4.8}K_{0.2}[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{cis\text{-}Pt(NH_3)_2\}]\cdot 10H_2O$ としたときに理論値と実測値が誤差範囲内で一致した。この組成は熱分析結果とも対応していた。D_2O 中で測定した ^{31}P NMR スペクトルでは，-11.47 ppm にメインのシグナルを観測しており，**Pt-2** (-12.80 ppm)およびケギン型一欠損種 (-10.67 ppm)によるシグナルは観測されなかったことから，一欠損サイトに 1 個の白金種が配位した単核白金化合物が単一種として得られたことを確認した。このことは，**Pt-1a** の FT-IR スペクトル (1089, 1043, 951, 896, 859, 805, 758, 727 cm^{-1})が，**Pt-2**(1102, 1046, 957, 910, 860, 803, 753, 717 cm^{-1}) およびケギン型一欠損種 (1086, 1043, 951, 899, 862, 808, 734 cm^{-1}) のスペクトルパターンと異なっていたことからも支持された。水溶液中で **Pt-1a** に *cis*-$Pt(NH_3)_2Cl_2$ を添加することで **Pt-2** へと誘導できることも確認しており，以上の

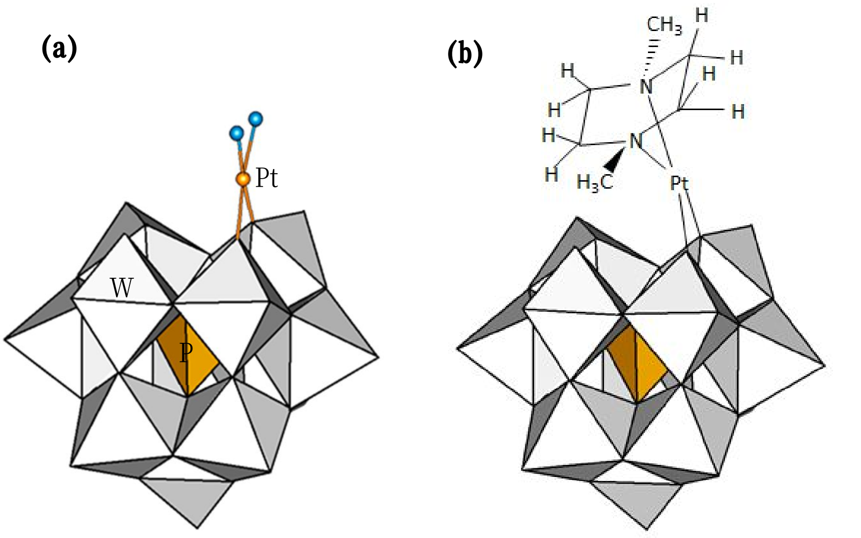

図 1. (a)**Pt-1a** および(b)**Pt-1b** の多面体モデル

結果から **Pt-1a** は図 1(a)に示すような分子構造を保持していると結論した。

Pt-1b は，室温で水溶媒中，Keggin 型一欠損ポリオキソメタレートと $PtCl_2(Me_2ppz)$ をモル比 1:1 で反応させ，塩化テトラメチルアンモニウムあるいは塩化セシウムを加えて沈殿化したのち，水からの再沈殿により精製することで，それぞれ黄色粉体として得た。

元素分析結果より，得られた固体の組成式をそれぞれ $[(CH_3)_4N]_4H[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pt(Me_2ppz)\}]\cdot5H_2O$ および $Cs_{4.5}K_{0.5}[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pt(Me_2ppz)\}]\cdot10H_2O$ と決定した。

D_2O 中で測定した ^{183}W NMR スペクトルでは，11 個のタングステン原子に由来する 11 本のシグナルを概ね等強度で観測した(図 2)。DMSO-d_6 中で測定した ^{195}Pt NMR スペクトルでは，1 個の白金原子に由来する 1 本のシグナル(-1326 ppm)を観測しており，これらの結果から，**Pt-1b** の分子構造は $PtCl_2(Me_2ppz)$ が一欠損サイトに非対称に配位した C_1 対称の化合物であると結論した(図 1(b))。また，D_2O 中で測定した **Pt-1b** の ^{31}P NMR スペクトルでは，25℃で 1 週間放置後も−12.03 ppm に 1 本のシグナルを観測しており，水溶液中で **Pt-2** への構造変化が進行してしまう **Pt-1a** に比べ，高い熱的安定性を示すことも確認した。

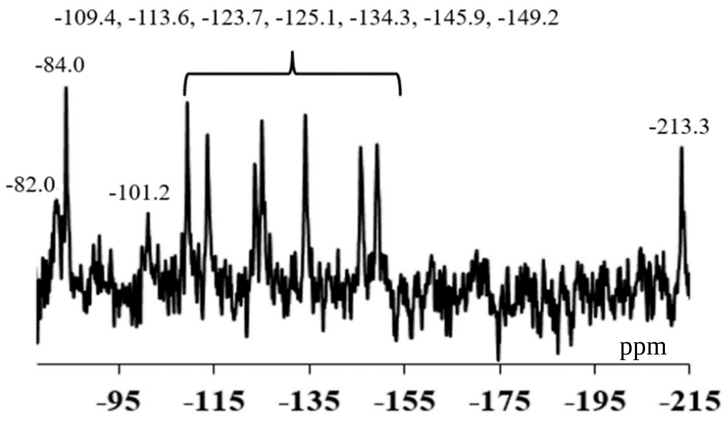

図 2．D_2O 中で測定した **Pt-1b** の ^{183}W NMR スペクトル

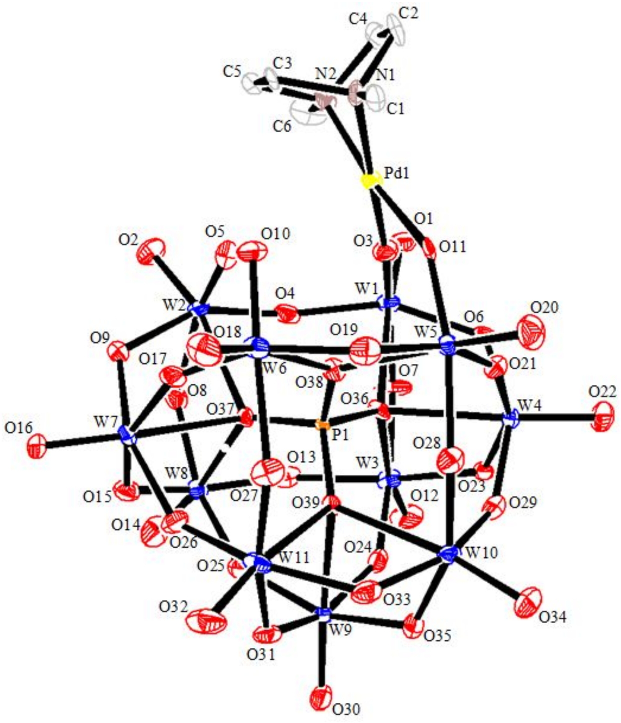

図 3．結晶 X 線構造解析による **Pd-1** の分子構造

(2) 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タングステートの合成

Pd-1 の合成も **Pt-1b** と同様に，室温で水溶媒中，Keggin 型一欠損ポリオキソメタレートと $PdCl_2(Me_2ppz)$ をモル比 1:1 で反応させ，塩化テトラメチルアンモニウムあるいは塩化セシウムを加えて沈殿化したのち，水からの再沈殿により精製することで行った。また，セシウム塩については，水からのスローエバポレーションにより単結晶を得ることにも成功した。元素分析結果より，組成式を $[(CH_3)_4N]_4H[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pd(Me_2ppz)\}]\cdot8H_2O$ および $Cs_5[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pd(Me_2ppz)\}]\cdot5H_2O$ としたときに理論値と実測値が誤差範囲内で一致した。この組成は熱分析結果とも対応していた。単結晶 X 線構造解析結果から，**Pd-1** は 1 つの *N,N*’-ジメチルピペラジンパラジウム種が欠損サイトに表面配位した α-Keggin 型構造を有する単量体化合物であることを確認した(図 3)。パラジウム周りの Pd(1)-O(3)-

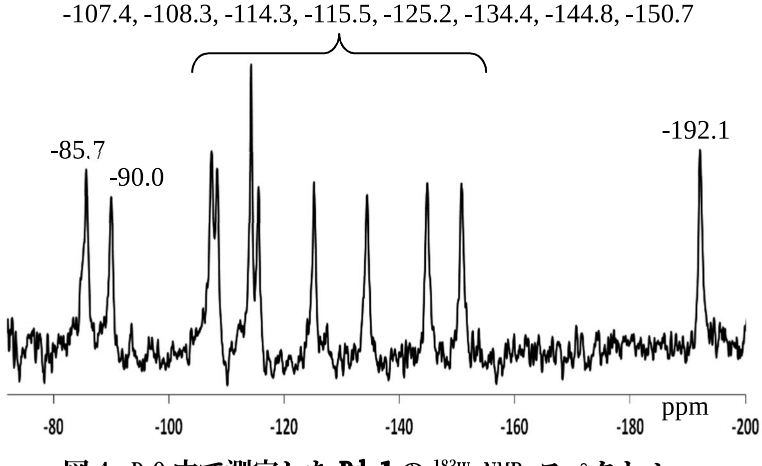

図 4．D_2O 中で測定した **Pd-1** の ^{183}W NMR スペクトル

W(1), Pd(1)-O(11)-W(5)の結合角はそれぞれ 172.2(10)°, 148.9(8)° であり, $(Me_2ppz)Pd^{2+}$種が隣接する末端酸素原子側に折れ曲がった C_1 対称の分子であることが分かった。D_2O 中で測定した ^{183}W NMR スペクトルでは, 11 個のタングステン原子に由来する 11 本のシグナルを概ね等強度で観測しており(図 4), 水溶液中でも C_1 対称を保持していることを確認した。

Pd-2a および **Pd-2b** は, Keggin 型一欠損ポリオキソメタレートと $PdCl_2(en)$および $Pd(bpy)Cl_2$ をモル比 1:2 で反応後, 塩化セシウムを加えて粗沈殿を得たのち, 水からの再沈殿により精製することでそれぞれ黄色粉体として得た。**Pd-2b** の場合は, 未反応の $Pd(bpy)Cl_2$ を除去するため, ジメチルスルホキシド/アセトニトリルからの沈殿化も精製操作に加えた。**Pd-2a** については, 水からのスローエバポレーションにより単結晶を得ることに成功した。元素分析結果より, 得られた固体の組成式をそれぞれ $Cs_{2.5}H_{0.5}[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pd(en)\}_2]\cdot 7H_2O$ および $Cs_{2.75}K_{0.25}[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{Pd(bpy)\}_2]\cdot 12H_2O\cdot DMSO$ と決定した。単結晶 X 線構造解析結果から, **Pd-2a** は 2 つのエチレンジアミンパラジウム種が欠損サイトに表面配位した C_s 対称の単量体化合物であることを確認した(図 5)。**Pd-2b** については, 元素分析結果に加え, 熱分析, FT-IR, {^{31}P, ^{1}H} NMR, UV-vis 測定の結果から, **Pd-2a** と類似した二核パラジウムサイトを有する単量体構造を形成していると結論した(図 6(a))。

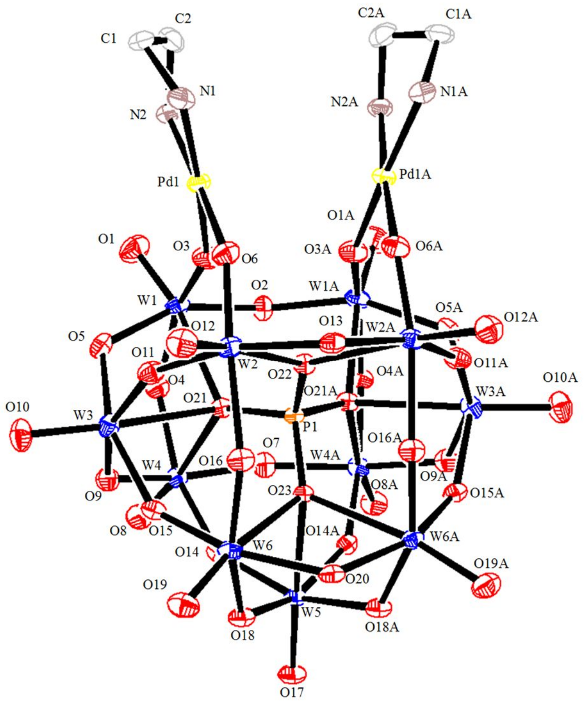

図 5. 結晶 X 線構造解析による **Pd-2a** の分子構造

Pd-1 および **Pt-1b** については, その合成過程で γ-Keggin 型二欠損ポリオキソメタレート ($Cs_7[\gamma\text{-}PW_{10}O_{36}]\cdot 7H_2O$)が副生成することを偶然発見した。γ-Keggin 型二欠損種の生成量は, 添加する塩化セシウムの量に依存していた(図 7)。一般に, ポリオキソタングステートの異性化は γ体からα体へと進行することは報告されているが, その逆反応は報告されていない。このような構造変化は **Pt-1a**, **Pt-2**, **Pd-2a**, **Pd-2b** では観測されておらず, *N,N'*-ジメチルピペラジン配位子を有するパラジウムまたは白金種を出発錯体に用いた場合にのみ観測された特異的な反応性である。

(3) 白金-パラジウムバイメタルサイトを有するポリオキソタングステートの合成

(1)および(2)で得た単核白金および単核パラジウムサイトを有するポリオキソタングステートを出発錯体として用い, 白金とパラジウムが隣接配位したバイメタル化合物が得られるかを検討した。まず, **Pt-1a** を出発錯体として用い, 水溶媒中で $Pd(bpy)Cl_2$ とモル比 1:1 で混合し, 氷浴中で 2 分間撹拌した。この反応溶液に塩化セシウムを加えることで, 白黄色粉体を得た。得られた粉体を DMSO-d_6 中で測定した ^{31}P NMR スペクトルでは, -12.00 ppm に **Pd-2b** に由来するシグナルがわずかに観測されたが, -12.15 ppm には Pt-Pd バイメタル化学種によるシグナルが観測された(図 8)。**Pt-2** (-12.44 ppm)によるシグナルは観測されておらず, 目的のバイメタル化学種が主生成物として得られることが分かった。DMSO-d_6 中で測定した ^{1}H NMR スペクトルでもパラジウムサイトに配位している 2,2'-ビピリジン分子と白金サイトに配位しているアンモニア分子に由来するシグナルが観測されたことや, リン, パラジウム, 白金の元素分析結果で, $[\alpha\text{-}PW_{11}O_{39}\{(bpy)Pd\}\{cis\text{-}Pt(NH_3)_2\}]^{3-}$ (**Pt-Pd-bimetal**) に 0.5 個の

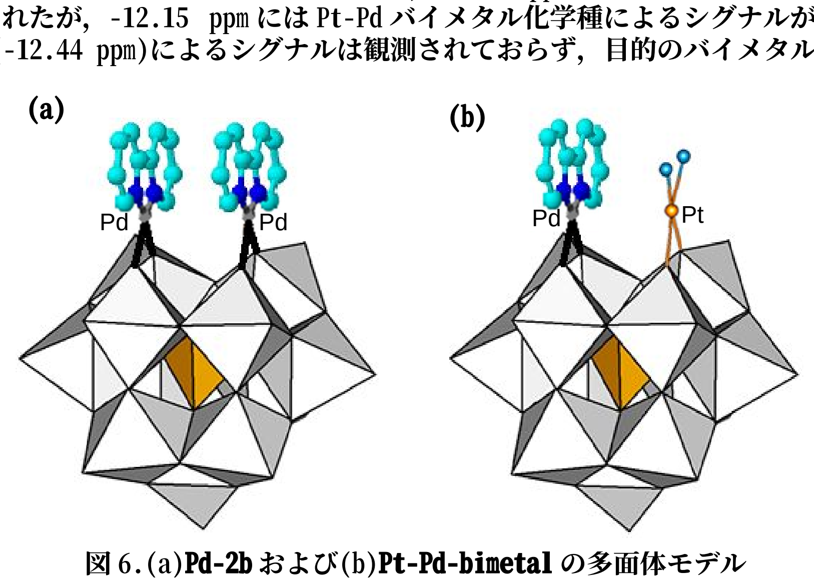

図 6. (a)**Pd-2b** および(b)**Pt-Pd-bimetal** の多面体モデル

[(bpy)Pd]$^{2+}$がカウンターカチオンとして存在すると仮定した場合の理論値が実測値と概ね一致したことからも，目的のバイメタル化合物が得られたことが支持された。

一方，**Pt-1b** を出発錯体に用い，幾つかの二塩化パラジウム錯体と反応させた場合は，バイメタル化合物を主生成物として得ることが出来なかった。また，**Pd-1** を出発錯体として用い，幾つかの二塩化白金錯体と反応させた場合も，バイメタル化学種の形成は観測されなかった。以上の結果より，**Pt-1a** に Pd(bpy)Cl_2 を反応させた場合にのみ，目的とする Pt-Pd バイメタル化合物(図 6(b))が高純度で得られることが分かった。本研究成果については，現在論文投稿の準備を進めている。

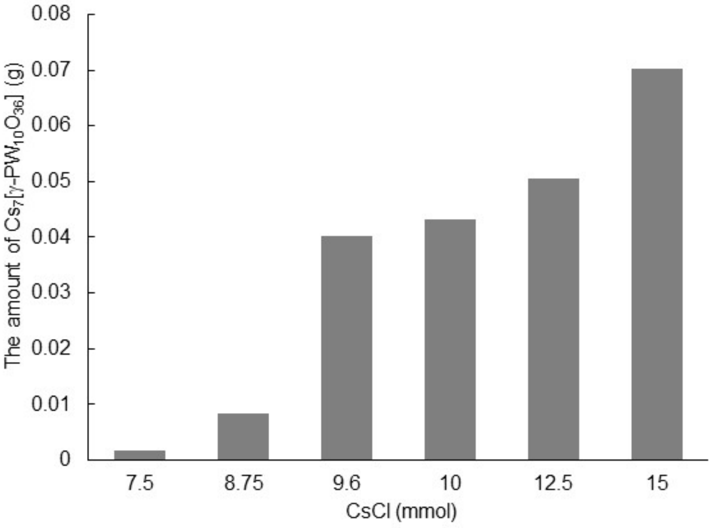

図 7. **Pd-1** への塩化セシウム添加量に対する γ-Keggin 型二欠損種の生成量

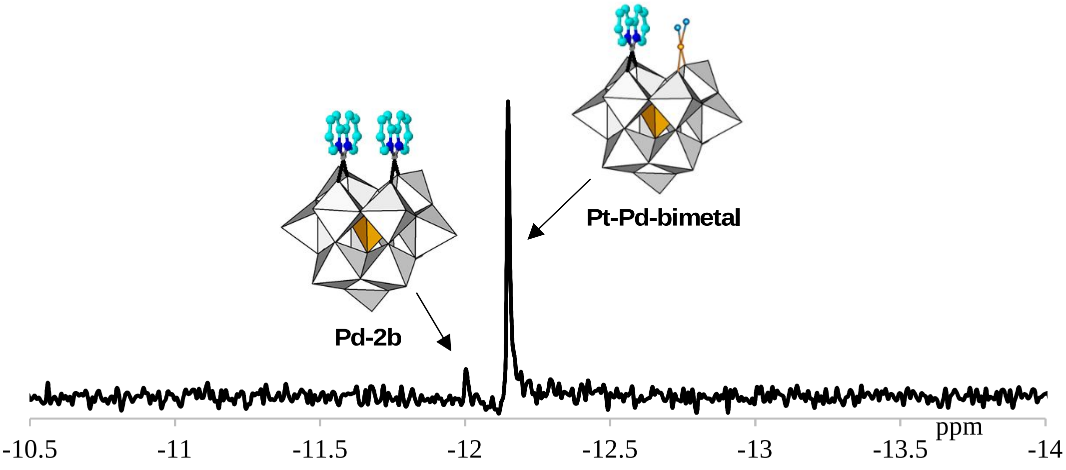

図 8. DMSO-d_6 中で測定した **Pt-Pd-bimetal** の ^{31}P NMR スペクトル

(4) まとめ

ケギン型一欠損ポリオキソタングステートと種々の二塩化白金およびパラジウム錯体との反応により，2 種類の単核白金化合物，1 種類の単核パラジウム化合物，2 種類の二核パラジウム化合物の合成に成功した。また，2 種類の単核白金化合物のうち，*cis*-ジアンミン白金種が配位したケギン型ポリオキソタングステートと Pd(bpy)Cl_2 を反応させた場合には，白金とパラジウムが一つの欠損サイトに隣接配位したバイメタル化合物が高純度で得られることを見出した。現在，バイメタル化合物の焼成処理によるナノ合金化と光触媒への応用を進めており，良好な結果が出始めているところである。パラジウム種以外の貴金属種との反応性についても検討中であり，結果がまとまり次第，随時論文発表していく予定である。

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　1件）

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, Ippo Nakahira, Ryota Kasai, Shigeki Mori	4．巻 -
2．論文標題 Syntheses, Molecular Structures, and Countercation-induced Structural Transformation of Monomeric α-Keggin-type Polyoxotungstate-coordinated Mono- and Dipalladium(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 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ejic.202100310	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 α-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 -

1．著者名 Chika Nozaki Kato, Shunsaku Suzuki, Takayuki Mizuno, Yuki Ihara, Akihiro Kurihara, Shunpei Nagatani	4．巻 332
2．論文標題 Syntheses and Characterization of α-Keggin- and α2-Dawson-type Diplatinum(II)-coordinated Polyoxotungstates: Effects of Skeletal Structure, Internal Element, and Nitrogen-containing Ligand Coordinated to the Platinum Center for Hydrogen Production from Water under Light Irradiation	5．発行年 2019年
3．雑誌名 Catalysis Today	6．最初と最後の頁 2-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cattod.2018.06.054	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, Shunpei Nagatani, Takayuki Mizuno	4．巻 2019
2．論文標題 Synthesis, Characterization, and Stability of α-Keggin-type Polyoxotungstate-coordinated Mono-platinum(II) Complex	5．発行年 2019年
3．雑誌名 European Journal of Inorganic Chemistry	6．最初と最後の頁 517-522

掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ejic.201800537	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 -

〔学会発表〕　計12件（うち招待講演　1件／うち国際学会　1件）

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（II）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ソ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
嵩井陵太，鈴木郁美，中平一歩，加藤知香

２．発表標題
（2，2’-ビピリジル）ジクロロパラジウム（II）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ソ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
錯体化学会第69回討論会

４．発表年
2019年

１．発表者名
中平一歩，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（II）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ソ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
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（II）種配位ポリオキソ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ソ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
ポリオキソ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

１．発表者名
水野貴之，鈴木俊作，加藤知香

２．発表標題
シスプラチンを出発錯体とした単核白金種配位ケギン型ポリオキソメタレートの合成と光触媒特性

３．学会等名
第122回触媒討論会

４．発表年
2018年

１．発表者名
長谷俊平，鈴木俊作，加藤知香

２．発表標題
ジメチルピペラジン白金(II)種配位ケギン型ポリオキソメタレートの合成と光照射下での水からの水素製造

３．学会等名
第122回触媒討論会

４．発表年
2018年

１．発表者名
近藤茜里，鈴木俊作，加藤咲衣，加藤知香

２．発表標題
種々有機ジルコニウム種担持アルミニウム置換ポリオキソメタレートを固体触媒に用いたMeerwein-Ponndorf-Verley還元

３．学会等名
第122回触媒討論会

４．発表年
2018年

１．発表者名 Akari Kondo, Tsukasa Ogasawara, Shunsaku Suzuki, Chika Kato
２．発表標題 Zirconocene derivatives with Keggin-type mono- and di-aluminum-substituted polyoxotungstates: syntheses, molecular structures, and Lewis acid catalysis
３．学会等名 The 5th International Symposium toward the Future of Advanced Researches in Shizuoka University 2019（国際学会）
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2件

産業財産権の名称 ポリオキソメタレート化合物及びその製造方法、ポリオキソ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、PCT/JP2019/026522	出願年 2019年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 ポリオキソメタレート化合物及びその製造方法、ポリオキソ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、特願2018-127351	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕　計0件

〔その他〕

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://wwp.shizuoka.ac.jp/katolab/

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