

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 31 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26820352

研究課題名(和文) 規則性固体のナノ空間への複核金属種の設計による脱水素カップリング触媒反応系の開発

研究課題名(英文) Development of multinuclear metal catalysts for dehydrogenative coupling reaction using nanospace of structurally-ordered materials

研究代表者

前野 禅 (Maeno, Zen)

大阪大学・基礎工学研究科・助教

研究者番号：30721154

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：規則性構造体のナノ空間を調製場及び構造制御場とした金属複核錯体触媒を開発し、これらを触媒とする選択的物質変換反応を行った。具体的には、層状ケイ酸のナノ層間を反応場とした銅二核触媒の設計と分子状酸素による位置選択的脱水素カップリング反応への応用、ポリアミン dendrimer-内包ロジウム五核クラスターの一段階精密合成と化学選択的還元触媒能の解明などを達成した。これらの研究は、固定化多核錯体触媒の簡便かつ精密な調製方法と、高機能多核錯体触媒の新たな設計指針を示すものである。

研究成果の概要(英文)：Immobilized multinuclear metal complex catalysts are successfully developed by using the nanospaces of structurally-ordered materials, such as inorganic layered silicate and polyamine dendrimer. The regularly-arranged coordination sites of these nanospaces play important roles to synthesize multinuclear metal species and retain the structures during the catalytic reactions, which enables selective molecular transformations including aerobic regioselective coupling reaction of phenols and chemoselective reduction of aromatic nitro compounds.

研究分野：触媒設計学

キーワード：規則性ナノ空間 層状ケイ酸塩 dendrimer 金属多核錯体 二核銅中心 酸化的カップリング反応

### 1. 研究開始当初の背景

環境にやさしいモノづくりが切望されている現代社会において、副生成物を抑制した原子効率の高い物質変換を可能にする触媒プロセスの開発は最重要課題の一つである。特に耐久性・再使用性の高い固体触媒を用いて上記の課題を達成することは、化学工業において実用的な物質変換プロセスの構築につながる。

酸化的脱水素型のカップリング反応は、水素アクセプター（酸化剤）存在下、両基質の R-H 結合（R は水素以外の原子団）の活性化を経て新たな結合を形成する反応である。中でも分子状酸素（ $O_2$ ）を酸化剤に用いた脱水素カップリングによって、位置選択的に結合形成を行うことができれば、環境に負担のない水のみを副生成物とするシンプル且つグリーンな物質変換法となりうる。しかし、複数の中から特定の R-H 結合のみを活性化することが困難である為に、選択的な活性化によってカップリング反応を進行させる固体触媒の開発が切望されている。

### 2. 研究の目的

本研究では  $O_2$  を酸化剤とする選択的カップリング反応の固体触媒の開発を行った。位置選択的な結合形成を行うためには、複数の基質を同時に活性化する必要がある。基質の配位サイトを複数有し、多電子移動が期待できる複核金属中心を固体担体へ精密設計することで上記課題の達成を目指した。これまでも、構造が明確な複核金属錯体の固体担体への担持や、有機配位子を修飾した固体担体への金属種の固定化などにより、固定化複核錯体触媒の開発が行われてきた。しかしながら、前者の手法では前もって複核錯体を合成する必要があり、固定化時の構造変化が起こりうる。また後者の手法では、配位子を有するシランカップリング剤の合成等の煩雑な操作を伴う。そこで我々は、簡便にかつ精密に複核金属中心を固体担体へ固定化する手法により、 $O_2$  を酸化剤とする選択的脱水素型カップリング反応の固体触媒の開発を目指した。

### 3. 研究の方法

上記の目標を達成するために、規則性無機構造体のナノ空間を反応場とする手法を用いた。我々はこれまでに、単核錯体を規則性有機高分子ポリアミンデンドリマーのナノ空間へ内包させると、ナノ空間内の規則的に配列したアミノ基への金属種の配位により金属種が複核化すること、及びナノ空間内で複核錯体は安定化され、酸化的脱水素カップリング反応を進行させる均一系触媒として機能することを見出している。層状ケイ酸塩は  $SiO_4$  が連結することで層状構造を形成しているアニオン層とその層間に  $Na^+$  等の交換可能なカチオンが存在し、カチオン交換により他の金属種を導入できる。また、層間の内

表面には、シラノレートアニオン( $SiO^-$ )もしくはシラノール基( $SiOH$ )が整列して存在する。 $SiO^-$  は金属カチオン種の配位子になりうることから、層状ケイ酸塩のナノ層間は複核金属中心の調製場及び構造制御場として働き、選択的脱水素カップリング反応の固体触媒の開発が達成できると考えた。本研究では、層状ケイ酸塩を含む規則性構造体のナノ空間を反応場として用いた固定化複核錯体触媒の精密設計を行い、酸化的脱水素カップリング反応を含む複核金属中心特有の変換反応を検討した。

### 4. 研究成果

(1) フェノール類の酸化的カップリング反応を進行させるマガディイト固定化銅二核錯体触媒の開発

層状ケイ酸の一つであり、水熱合成により簡単に調製できるマガディイト (magadiite:  $H_2Na_2Si_{14}O_{29} \cdot xH_2O$ ) を選択し、固体担体への二核銅錯体を調製を行った。単核銅錯体溶液及びジアミンの混合溶液に、Na-magadiite を加え攪拌することで、層間に銅—ジアミン二核錯体が固定化された Cu-magadiite が調製できた。銅二核種の形成及びその配位環境は、種々の分光学的手法により明らかにした。

この触媒を用いて、2,6-dimethylphenol (DMP) の酸化的カップリング反応を検討した。DMP の酸化的カップリング反応は、基質から銅への一電子移動によるラジカル種の生成を経由し、反応の部位や種類によっていくつかの生成物を与える。従来の銅触媒のほとんどは C-O 選択的な反応を進行させるのに対し、C-C 選択的なカップリング反応は銅二核中心をもつ酵素 (*mushroom tyrosinase*) や特定の複核錯体のみに限られていた。Cu-magadiite は 97% の C-C 選択性で反応を進行させ、目的生成物の 3,3',5,5'-tetramethyldiphenquinone (DPQ) を収率 97% で与えた。層間に整列した  $SiO^-$  をもたない層状粘土化合物である stevensite を担体に用いても C-C 選択性は 70% 程度にしか達しなかったことから、magadiite 層間内表面の規則的に配列した  $SiO^-$  との静電相互作用によって、銅二核構造が制御されたため、高い C-C 選択性が達成できたと考えている。

Cu-magadiite は固体触媒であるため、ろ過により容易に分離回収可能であり、反応液への Cu 種の溶出は見られなかった。回収した触媒は活性・選択性の低下なく、少なくとも二回の再使用が可能であった。さらには、高い耐久性も有しており、フローリアクターを用いた連続グラムスケール合成にも対応できる。以上により、 $O_2$  による酸位置選択的な酸化的カップリング反応を進行させる固体触媒の開発を達成した。

(2) 酸化的カップリング及び選択的還元反応をワンポットで進行させる多機能固定化

## ルテニウム触媒の開発

3,3',5,5'-tetramethylbiphenol (TMBP)は、テトラメチルビフェノール型のエポキシ樹脂の原料として広く利用されている化合物である。TMBPの一般的な合成は、(i) DMP から DPQ への位置選択的な酸化のカップリング反応と、(ii) DPQ から TMBP への還元反応の二段階で行われている。しかしながら、これら二段階の反応では、金属塩を副生する酸化剤や還元剤を用いる、中間体の DPQ の単離を伴う、定量的に TMBP を得ることができないなどの問題がある。

我々は magadiite に Ru 種を固定化した触媒 (Ru-magadiite)を開発し、O<sub>2</sub>を酸化剤に用いたカップリング反応と分子状水素(H<sub>2</sub>)を還元剤に用いた還元反応による DMP から TMBP への選択的ワンポット合成に成功した。RuCl<sub>3</sub>水溶液に magadiite を加え攪拌するだけで、複核化した水酸化ルテニウム種が固定化される。Ru-magadiite を用いて DMP から TMBP のワンポット反応を検討した。t-BuOH 中、O<sub>2</sub>雰囲気下(1 atm)にて DMP の酸化のカップリング反応を進行させた後、反応器内を O<sub>2</sub>雰囲気から H<sub>2</sub> 雰囲気(1 atm)に変え反応を継続すると、目的生成物の TMBP が収率 99%で得られた。Pd、Cu 及び Co 種を magadiite に固定化した触媒では、TMBP はほとんど生成しない。また Ru-magadiite も反応後、ろ過により分離でき、活性、選択性の低下なく再使用可能であった。

## (3) デンドリマー内包 Rh クラスターの一段階精密合成と選択的還元触媒能の解明

ポリアミンデンドリマーの内部空間を反応場とする複核触媒の設計の展開として、[Rh<sub>5</sub>(CO)<sub>15</sub>]アニオン錯体([Rh<sub>5</sub>(CO)<sub>15</sub>]<sup>-</sup>)の一段階選択的合成及びその触媒作用解明を達成した。これまでも[PPN]<sup>+</sup>[Rh<sub>5</sub>(CO)<sub>15</sub>]<sup>-</sup> (PPN = (PPh<sub>3</sub>)<sub>2</sub>N)などの合成は行われてきたが中間体錯体の単離など多段階操作が必要であり、[Rh<sub>5</sub>(CO)<sub>15</sub>]<sup>-</sup>種は不安定であるためその触媒作用は未解明であった。本手法では CO、H<sub>2</sub>O 存在下、Rh<sub>6</sub>(CO)<sub>16</sub>の toluene 溶液にデンドリマーを加えると、空孔内で選択的に [Rh<sub>5</sub>(CO)<sub>15</sub>]<sup>-</sup>で生成した。デンドリマー内包 [Rh<sub>5</sub>(CO)<sub>15</sub>]<sup>-</sup>は空孔内で安定化されるため触媒反応へ応用でき、CO、H<sub>2</sub>O を還元剤とする官能基選択的な芳香族ニトロ化合物の還元反応を進行させる。例えば、p-nitrostyrene や o-nitrobenzaldehyde は、還元されやすいオレフィン部位やホルミル基を完全に保持したまま対応するアニリン誘導体へ定量的に変換できた。

以上、デンドリマー内包複核金属錯体触媒の知見に基づき、層状ケイ酸塩へ金属種の固定化により複核金属種を設計した固体触媒を開発し、O<sub>2</sub>を酸化剤とする選択的カップリング反応を達成した。上記の研究より、金属配位サイトが規則的に配列したナノ空間が

複核金属錯体の構造制御の鍵であり、他の規則性ナノ構造体を用いた固定化複核錯体触媒の開発が期待される。また、デンドリマー内包複核錯体の研究の展開も行うことができた。上記の研究は、固定化複核錯体触媒の簡便かつ精密な調製方法と、高機能複核錯体触媒の新たな設計指針を示すものである。これらの知見及び研究成果は、国内外の学会で発表した他、下記に記載した 10 報の論文として報告した(内本件に関連しない論文 7 報)。

## 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 10 件)

Tomoo Mizugaki, Keito Togo, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, One-Pot Transformation of Levulinic Acid to 2-Methyltetrahydrofuran Catalyzed by Pt-Mo/H-β in Water, ACS Sustainable Chemistry & Engineering, 2016, 4(3), 682-685, (査読有), DOI:10.1021/acssuschemeng.6b00181

Takato Mitsudome, Teppei Urayama, Kenji Yamazaki, Yosuke Maehara, Jun Yamasaki, Kazutoshi Gohara, Zen Maeno, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Design of Core-Pd/Shell-Ag Nanocomposite Catalyst for Selective Semihydrogenation of Alkynes. ACS Catalysis 2016, 6(2), 666-670, (査読有), DOI: 10.1021/acscatal.5b02518

Zen Maeno, Shota Yamada, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Depolymerization of Polyethers to Chloroesters Using Heterogeneous Proton-exchanged Montmorillonite Catalyst. Chemistry Select, 2016, 1 (2), 201-204, (査読有), DOI: 10.1002/slct.201600052

Teppei Urayama, Takato Mitsudome, Zen Maeno, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, O<sub>2</sub>-enhanced Catalytic Activity of Gold Nanoparticles in Selective Oxidation of Hydrosilanes to Silanols, Chem.Lett., 2015,44(8), 1062-1064, (査読有), DOI:doi.org/10.1246/cl.150379

Tomoo Mizugaki, Yuki Nagatsu, Keito Togo, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Selective Hydrogenation of Levulinic Acid to 1,4-Pentanediol in Water Using a Hydroxyapatite-supported Pt-Mo Bimetallic Catalyst, Green Chem., 2015, 17(12), 5136 - 5139, (査読有), DOI: 10.1039/c5gc01878a

Takato Mitsudome, Masaaki Yamamoto, Zen

Maeno, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, One-step Synthesis of Core-Gold/Shell-Ceria Nanomaterial and Its Catalysis for Highly Selective Semihydrogenation of Alkynes, *J. Am. Chem. Soc.*, 2015, 137(42), 13452-13455, (査読有), DOI:10.1021/jacs.5b07521

Takato Mitsudome, Teppei Urayama, Zen Maeno, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Highly Efficient Dehydrogenative Coupling of Hydrosilanes with Amines or Amides Using Supported Gold Nanoparticles, *Chem. Eur. J.*, 2015, 21(8), 3202-3205(査読有), DOI: 10.1002/chem.201405601

Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Selective C-C Coupling Reaction of Dimethylphenol to Tetramethyldiphenoquinone Using Molecular Oxygen Catalyzed by Cu Complexes immobilized in Nanospaces of Structurally-ordered Materials, *Molecules*, 2015, 20 (2), 3089-3106, (査読有), DOI: 10.3390/molecules20023089

Tomoo Mizugaki, Takayuki Yamakawa, Yuki Nagatsu, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Direct Transformation of Furfural to 1,2-Pentandiol Using a Hydrotalcite-Supported Platinum Nanoparticle Catalyst, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2014, 2(10), 2243-2247, (査読有), DOI:10.1021/sc500325g

Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Selective Synthesis of Rh5 Carbonyl Clusters within a Polyamine Dendrimer for Chemoselective Reduction of Nitro Aromatics, *Chem. Commun.*, 2014, 50(49),6526-6529,(査読有), DOI:10.1039/C4CC00976B

〔学会発表〕(計 42 件)

鳥居洋行, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, カチオン交換型モンモリロナイト触媒を用いたポリエーテルの解重合による芳香族化合物の合成反応, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.3.26 同志社大学(京都府京田辺市)

前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, マガディアイトのナノ層間へ固定化した銅二核触媒の開発とフェノール類の位置選択的カップリング反応及びアジド - アルキン環化付加反応への応用, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.3.26, 同志社大学(京都府京田辺市)

山田翔太, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, プロトン交換型モンモリロナイトを固体酸触媒とするポリエーテルからエステルへの解重合反応, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.3.26, 同志社大学(京都府京田辺市)

東郷溪都, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, H-beta ゼオライト固定化 Pt-Mo 触媒によるレブリン酸から 2-メチルテトラヒドロフランへのワンポット変換反応, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.3.25, 同志社大学(京都府京田辺市)

森田崇聖, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, 金属カチオン交換型モンモリロナイト触媒を用いたエステル交換によるグリセロールの高選択的アセチル化反応, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.3.25, 同志社大学(京都府京田辺市)

浦山鉄平, 満留敬人, 山崎憲慈, 前原洋祐, 山崎順, 郷原一寿, 前野禪, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, アルキンからアルケンへの選択的部分水素化を促進する新規コア-Pd/シェル-Ag ナノ粒子触媒の設計, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.3.25, 同志社大学(京都府京田辺市)

満留敬人, 前野禪, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, コア - 金/シェル - セリアナノ粒子触媒の簡便合成とアルキンの高選択的部分水素化反応への応用, 日本化学会第 96 春季年会, 2016.3.24, 同志社大学(京都府京田辺市)

浦山鉄平, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, 金ナノ粒子触媒による高効率なヒドロシランの酸化反応と分子状酸素の特異的な促進効果, 第 117 回触媒討論会, 2016.3.22, 大阪府立大学(大阪府堺市)

水垣共雄, 東郷溪都, 前野禪, 満留敬人, 實川浩一郎, 金田清臣, 白金-モリブデンバイメタル触媒を用いたレブリン酸から 1,4-ペンタンジオールへの選択的水素化反応, 第 117 回触媒討論会, 2016.3.21, 大阪府立大学(大阪府堺市)

Tomoo Mizugaki, Yuki Nagatsu, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Selective Hydrogenolysis of Furfural to 1,2-Pentanediol Catalyzed by Hydrotalcite-supported Platinum Nanoparticles, *Pacificchem*2015, 2015.12.20, Honolulu(Hawaii,U.S.A.),

Keito Togo, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Selective synthesis of

2-methyltetrahydrofuran from levulinic acid using solid acid-supported Pt-Mo bimetallic catalyst, *Pacificchem2015*, 2015.12.19, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Takamasa Morita, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Highly selective transesterification of glycerol to monoacetyl glycerol using heterogeneous base catalysts, *Pacificchem2015*, 2015.12.19, Honolulu(Hawaii,U.S.A.),

Tomoo Mizugaki, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Development of precisely designed heterogeneous catalysts for valorization of biomass-derived feedstock, *Pacificchem2015*, 2015.12.19, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Kazuya Miyagawa, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Development of hydroxyapatite-supported ruthenium-vanadium bimetallic catalyst for highly selective reduction of amides to amines, *Pacificchem2015*, 2015.12.19 Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Precise synthesis of polyamine dendrimer-encapsulated Rh<sub>5</sub> carbonyl cluster for chemoselective reduction of aromatic nitro compounds, *Pacificchem2015*, 2015.12.17, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Hiroshi Hayashi, Zen Maeno, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Size-Selective synthesis of Pd nanoparticles stabilized by dendrimers through stepwise growth method, *Pacificchem2015*, 2015.12.17, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Masaaki Yamamoto, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Core-shell nanostructured Au@CeO<sub>2</sub> catalyst for the highly selective semihydrogenation of alkynes to alkenes, *Pacificchem2015*, 2015.12.16, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Shota Yamada, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Development of gallium cation-exchanged montmorillonite catalyst for depolymerization of polyethers, *Pacificchem2015*, 2015.12.16, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Tepei Urayama, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa,

Kiyoromi Kaneda, Complementary Catalysis of Core-Pd and Shell-Ag for Selective Semihydrogenation of Alkynes *Pacificchem2015*, 2015.12.16, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda., Development of dinuclear copper complex catalyst using interlayer nanospace of magadiite for efficient bond formation reactions, *Pacificchem2015*, 2015.12.16, Honolulu(Hawaii,U.S.A.)

山田翔太, 前野禎, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, プロトン交換型モンモリロナイト触媒によるカルボン酸誘導体を用いたポリエーテルの解重合反応, 第8回触媒表面化学研究発表会, 2015.10.30, 関西大学(大阪府吹田市)

前野禎, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, ジメチルフェノールの位置選択的カップリング反応を進行させるマガディアイト固定化金属触媒の開発, 第48回酸化反応討論会, 2015.10.23, 同志社大学(京都府京都市)

Tomoo Mizugaki, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Koichiro Jitsukawa, Kiyoromi Kaneda, Development of multifunctional heterogeneous catalysts for utilization of biogenic chemicals, 11th IUPAC International Conference on Novel Materials and their Synthesis (NMS-XI), 2015.10.13, Qinhuangdao(China)

東郷溪都, 前野禎, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, 固体酸に固定化した白金-モリブデンバイメタル触媒によるレブリン酸から2-メチルテトラヒドロフランへのワンポット変換反応, 第116回触媒討論会, 2015.9.18, 三重大学(三重県津市)

水垣共雄, 永津有紀, 前野禎, 満留敬人, 實川浩一郎, 金田清臣, ハイドロキシアパタイト固定化白金-モリブデン触媒を用いたレブリン酸の水素化による1,4-ペンタンジオールの高選択的合成, 第116回触媒討論会, 2015.9.18, 三重大学(三重県津市)

前野禎, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, ジメチルフェノールからテトラメチルピフェノールへのワンポット変換反応を進行させる層状ケイ酸塩固定化ルテニウム触媒, 第116回触媒討論会, 2015.9.16, 三重大学(三重県津市)

浦山鉄平, 前野禎, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, アルキンの選択的部分水素化を促進する新規コア-Pd/シェル-Ag バイメタルナノ粒子触媒の設計, 第116回触

媒討論会, 2015.9.16, 三重大学(三重県津市)

宮川和也, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, Ru-V バイメタル触媒による分子状水素を用いたアミドからアミンへの高選択的還元反応, 第 116 回触媒討論会, 2015.9.16, 三重大学(三重県津市)

東郷溪都, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, 固体酸固定化 Pt-Mo バイメタル触媒によるレプリン酸から 2-メチルテトラヒドロフランへのワンポット反応, 触媒道場, 2015.9.2, みのお山荘風の杜(大阪府箕面市)

山田翔太, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, プロトン交換型モンモリロナイト触媒による酸塩化物を用いたポリエーテルの解重合反応, 触媒道場, 2015.9.2, みのお山荘風の杜(大阪府箕面市)

宮川和也, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, アミドからアミンへの高選択的水素化反応を促進する Ru-V バイメタル触媒の開発, 触媒道場, 2015.9.2, みのお山荘風の杜(大阪府箕面市)

浦山鉄平, 前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, アルキンからアルケンへの選択的部分水素化を促進する新規コア-Pd/シェル-Ag バイメタルナノ粒子触媒の開発, 触媒道場, 2015.9.2, みのお山荘風の杜(大阪府箕面市)

Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Development of Dinuclear Cu Complex Catalysts Using Nanospaces of Dendrimer and Magadiite for C-C Coupling of 2,6-Dimethylphenol, International Symposium on Relation between Homogeneous and Heterogeneous Catalysis (SHHC-17), 2015.7.13, Utrecht(Netherlands)

浦山鉄平・前野禪・満留敬人・水垣共雄・實川浩一郎・金田清臣, ヒドロキシアパタイト固定化金ナノ粒子触媒によるヒドロシランと含窒素化合物との脱水素カップリング反応, 第 115 回触媒討論会, 2015.3.23, 成蹊大学(東京都武蔵野市)

前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, ジメチルフェノールの位置選択的な酸化のカップリング反応に向けたマガデアイト固定化銅触媒の開発, 第 115 回触媒討論会, 2015.3.23, 成蹊大学(東京都武蔵野市)

満留敬人, 浦山鉄平, 前野禪, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, 固体化金ナノ粒子触媒シラン化合物と活性水素化合物との脱水素

カップリング反応~分子状酸素の特異的促進効果~ 第 47 回酸化反応討論会, 2014.11.14 ~ 2014.11.15, 市民会館崇城大学ホール(熊本県熊本市)

前野禪, 満留敬人, 水垣共雄, 實川浩一郎, 金田清臣, フェノール類からジフェノキノンへの酸化のカップリング反応を促進する規則性ナノ空間を利用した固定化複核銅錯体触媒の開発, 第 114 回触媒討論会, 2014.9.25, 広島大学(広島県東広島市)

Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Regioselective Oxidative Coupling Reaction of Dimethylphenol Catalyzed by Polyamine Dendrimer Encapsulated Copper Complex Using Molecular Oxygen, TOCAT7, 2014.6.4, 京都テラサ(京都府京都市)

Masaaki Yamamoto, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Synthesis of Core shell Au@CeO<sub>2</sub> Nanocomposite and Its Catalytic Application for Selective Deoxygenation of Epoxides, TOCAT7, 2014.6.3, 京都テラサ(京都府京都市)

Tepei Urayama, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Hydroxyapatite supported Gold Nanoparticle Catalyst for Dehydrogenative Coupling of Hydrosilanes with Amines, TOCAT7, 2014.6.3, 京都テラサ(京都府京都市)

Tomoo Mizugaki, Yuki Nagatsu, Zen Maeno, Takato Mitsudome, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Development of Pt-W-Al Catalysts for Selective Hydrogenolysis of Glycerol, TOCAT7, 2014.6.2, 京都テラサ(京都府京都市)

Takato Mitsudome, Zen Maeno, Tomoo Mizugaki, Koichiro Jitsukawa, Kiyotomi Kaneda, Conceptual Design of Ag@CeO<sub>2</sub> Core Shell Nanocomposite Catalyst for Highly Chemoselective Hydrogenations, TOCAT7, 2014.6.2, 京都テラサ(京都府京都市)

{その他}  
ホームページ等  
<http://www.cheng.es.osaka-u.ac.jp/jitsukawalabo/home.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

前野 禪 (MAENO, Zen)

大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教  
研究者番号: 30721154