

戦略的創造研究推進事業
研究領域「低エネルギー，低環境負荷で持続可能な
ものづくりのための先導的な物質変換技術の創出」
(ACT-C)

研究課題
「次元制御されたナノ空間体と不均一系集積型遷移金属
ナノ触媒に融合した
先導的 π 電子物質創製触媒システムの創出」

研究終了報告書

研究期間 平成24年10月～平成30年3月

研究代表者：山田陽一
(国立研究開発法人理化学研究所
副チームリーダー)

目次

§ 1. 研究実施の概要	(2)
(1) 実施概要	
(2) 顕著な成果	
§ 3. 研究実施体制	(4)
(1) 研究体制について	
(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について	
§ 4. 研究実施内容	(5)
§ 6. 成果発表等	(8)
(1) 原著論文発表	
(2) その他の著作物	
(3) 国際学会発表及び主要な国内学会発表	
(4) 知財出願	
(5) 受賞・報道等	
(6) 成果展開事例	
§ 7. 研究期間中の活動	(19)
(2) 主なワークショップ, シンポジウム, アウトリーチ等の活動	

§ 1. 研究実施の概要

(1) 実施概要

当チームの研究目的は、低エネルギー・低環境負荷で持続可能な物質変換のために、「ppm-ppb レベルの触媒量で標的有機化合物を合成し、触媒が再利用できる、先導的不溶性金属触媒システム群の開発」である。そのために、触媒化学(山田)と界面構造(藤川)の異分野連携チームを結成した。

遷移金属触媒の化学構造制御に加えて触媒反応空間の次元制御を行い、「高活性・高再利用な不溶性触媒型合成システム」(山田)、「マイクロ流路内異相界面への自立触媒膜の形成とそれを活用した瞬間的反応」(山田, 藤川)、「ナノ剣山間隙を 3 次元ナノ反応空間として活用した瞬間的・高活性触媒による合成システム」(山田, 藤川)によって超高速・選択的有機変換反応を実現する先導的炭素物質変換触媒システムを行った。例えば、「ナノ剣山間隙..合成システム」においては、代表研究者の山田の触媒化学と協同研究者の藤川の表面科学の融合により、今までにない全く新しいタイプの不均一系触媒の開発に成功し、1 mol ppm 未満の触媒量で π 電子系分子の効率的合成に成功した。(Yamada, Fujikawa, et al., *Angew. Chem.* 2014 など)。これらの成果により、ACT-C において、「ACT-C Breakthrough Award (優秀課題の選出)」, ならびに領域会議優秀発表賞に選出された。また山田は学会賞として日本薬学会学術振興賞を受賞した。また藤川は、ISIT ナノテクノロジー賞を受賞した。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. ナノ剣山構造を利用した超高効率反応システムの構築

ナノ構造を基盤とした高活性・高再利用性触媒の開発を目指し、シリコンナノ構造体担持型パラジウムナノ粒子触媒の開発に成功した。この不均一系触媒は C-H 結合活性化, ヒドロシリル化, 水素化などに有効だった。さらに触媒量 490 mol ppm の触媒量で溝呂木-ヘック反応を効率的に進行させ、対応する π - π 結合分子をほぼ定量的に与えた。触媒回転数は 200 万回であり、不均一系溝呂木-ヘック反応での世界最高記録である。この触媒を用いて医薬品合成(喘息薬オザグレル)を効率的に行った (*Angew. Chem.* 2014)。さらなる高活性触媒を開発し、企業との連携を目指したい。

本成果は、日経産業新聞, 化学工業日報, 鉄鋼新聞, サンケイビジネスアイ, 現代化学に最先端の化学の研究成果として記事化されるとともに概要紹介された。

2. 高活性高分子パラジウム触媒によるカップリング反応ならびに構造, 触媒駆動原理

両親媒性高分子パラジウム触媒の開発により、鈴木-宮浦反応, アリル位アリール化反応 (JACS 2012), のみならず、2015 年、 π 分子合成に重要な溝呂木-ヘック反応に有効であることが判り、触媒量が最少 7 mol ppm でこの反応を効率的に進行させることを見出した。今まで困難であった高分子パラジウムの触媒構造を初めて決定することに成功した。さらに、触媒高活性である駆動原理を示した (*ChemCatChem* 2015)。この一連の結果は、不均一系カップリング反応での世界最高(もしくは最高峰)の触媒活性であり、医薬品合成, 化学プロセスへの応用へつなげたいと考えている。

<科学技術イノベーション・課題解決に大きく寄与する成果>

1. ナノ剣山構造を利用した超高効率反応システムの構築

医薬品合成, 機能性材料合成において、極微量で機能し、回収・再利用が容易な固定化パラジウム触媒の開発が化学, 医薬企業から強く求められている。(2)-1.に示した触媒の現在の進捗として、水素化において mol ppm レベルの触媒量で、120 回を超える再利用性を確認しており、現在もその再利用を進めているところである。いわゆる高耐久性, 安定性が備わった '**Immortal Catalyst**' が具現でき始めたのではないかと考えている。すなわち、固定化触媒の新しい時代(固定化触媒開発の革新的進展)に突入でき始めた状況にある。

またロジウムナノ粒子を担持した触媒を開発し、その触媒系で平成 29 年 6 月に特許出願に至った。

2. 触媒膜導入マイクロフローデバイスの創製による瞬間的 π 分子合成の実現

瞬間的な π 分子合成システムの創製を目指し、マイクロリアクターの層流界面に高分子配位子と銅塩からなる高分子銅触媒膜が固定化されたマイクロフローデバイスの開発に成功した。この触媒を用いることで、アルキンと有機アジドとのヒュスゲン付加環化反応が最短数秒で完結し対応するトリアゾールが得られ

た. この反応は, バイオコンジュゲーション, 医薬品合成に重要な反応であり, その効率化が求められていたが, この触媒系により圧倒的短時間で反応が進行する革新的反応デバイスが創製された. この成果は, 英国王立化学会の情報誌, **Chemistry View** に紹介された.

§ 3. 研究実施体制

(1) 研究体制について

① 「触媒」グループ

研究代表者: 山田 陽一 (理化学研究所, 副チームリーダー)

研究項目

- ・ 金属型高分子触媒の開発
- ・ 遷移金属錯体触媒膜デバイスの創製
- ・ 遷移金属触媒と基板の融合化

参画した研究者の数 (研究員 4 名, 研究補助員 3 名, 学生 1 名)

② 「界面構造設計」グループ

主たる共同研究者: 藤川 茂紀 (九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所, 准教授)

研究項目

「マイクロ流路内異相界面での不溶性超分子錯体の2次元集積化による自立触媒膜の形成とそれを活用した有機反応への応用」

- ・ 触媒ナノ膜の創製と透過性評価実験

「表面ナノ剣山間隙を3次元ナノ空間としたフロー型ナノリアクターによる連続的・瞬間的・高活性合成システム」

- ・ ナノ剣山構造制御
- ・ 遷移金属触媒固定化
- ・ フローシステム構築とその評価
- ・ 剣山構造の物理特性と反応の融合

参画した研究者の数 (研究員 1 名, 研究補助員 2 名, 学生 2 名)

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

国際連携

Professor Audrey Moores, Professor Chao-Jin Li

McGill University, Canada : 高分子鉄触媒の開発研究

Professor Jeffrey L. Katz, Dr. Reuben Hudson

Colby College, USA ; 高分子パラジウム触媒の開発研究

Professor Ioannis N. Lykakis

Aristotle University of Thessaloniki, Greece : 高分子金属型光触媒の開発研究

Professor Jin Wook HAN

Hanyang University, Korea : 高分子酸触媒ならびにマイクロフローリアクターの開発

Professor Yoon-Sik Lee

Seoul National University, Korea : 高分子酸触媒による化学プロセス研究

Professor Hsyueh-Liang Wu

Taiwan Normal University, Taiwan : 高分子不斉金属触媒の開発研究

国内連携

Professor Takashi Ohshima

Kyushu University : 高分子金属触媒のフロー化研究

Professor Takanori Fukushima

Tokyo Institute of Technology : 高分子膜ならびにその触媒化研究

Professor Hikaru Takaya

Kyoto University : XAFS による高分子金属触媒構造研究

§ 4. 研究実施内容

研究項目 1 (国立研究開発法人理化学研究所 触媒グループ)

①研究のねらい

「鎖状高分子と金属錯体/塩からなる 0 次元型不溶性超分子錯体粒子をベースとした高活性・高再利用性触媒型 π 電子系分子合成システム」の創製を行う。具体的には、高分子と金属からなる不溶性超分子触媒の開発を行い、mol ppm – mol ppb レベルの触媒量で機能する高分子金属触媒の開発を行い、 π 電子系分の合成に適用した。

②研究実施方法

水中で機能する高活性・高再利用性(mol ppb—ppm レベルの触媒で機能)触媒をめざし、高分子と金属の複合・集積化により粒状構造の自発形成とその内空間に触媒部位が多数配置された不溶性高分子金属触媒粒子を創製する。すなわち、多点配位基を有する可溶の非架橋型高分子配位子と遷移金属錯体/塩とを反応させ金属種が配位子を介して架橋し、金属と高分子が高密度ネットワーク化した不溶性の粒状超分子錯体を自発形成させる。この非架橋型高分子配位子と金属種からメソ/マイクロ孔と不均一触媒機能を同時に獲得する方法論を「Molecular Convolution」とし、高活性で再利用可能な不溶性触媒の調製を行った。

③得られた成果

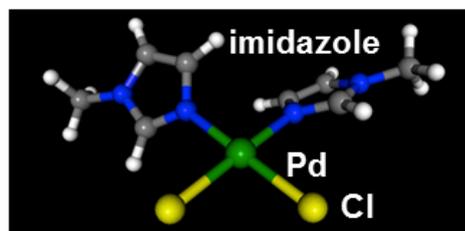
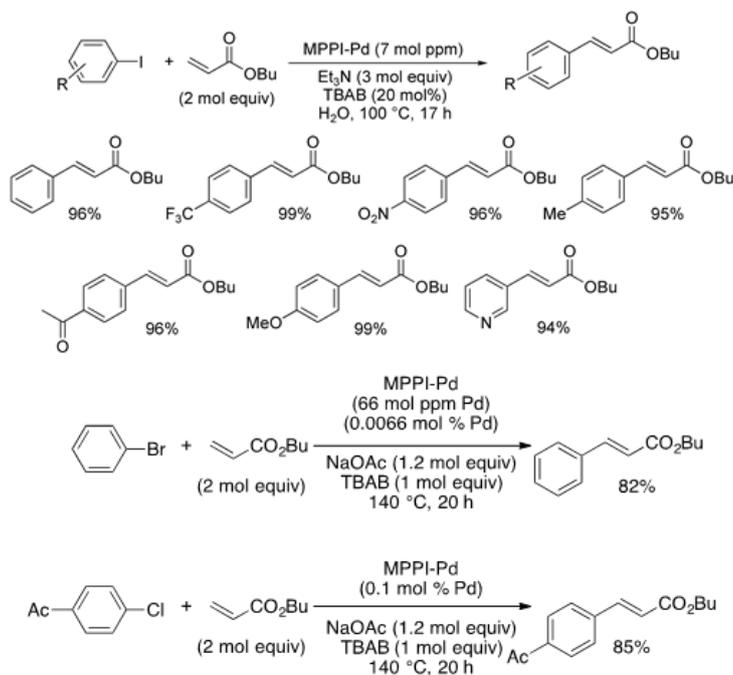
(1) 水中で機能する高活性・高再利用性を有する触媒をめざし、高分子と金属の複合・集積化により粒状構造の自発形成とその内空間に触媒部位が多数配置された不溶性高分子金属触媒の開発を行った。

不溶性高分子パラジウム触媒の高活性化、高再利用性化を実現すべく、両親媒性ポリイミダゾールとパラジウムからなる自己組織化固定化触媒を開発し、不溶性高分子パラジウム触媒開発についてその可能性を見出した。その結果、触媒量 7 mol ppm で溝呂木-Heck 反応が定量的に進行することを見出した(右上図)。触媒回転数は 15 万回以上であった。MPPI-Pd の触媒構造の解析を進めた結果、XAFS 等からパラジウム回りの局所構造が *cis*-PdCl₂(im)₂ であることが分かった (Angew. Chem. 2011, JACS 2012, ChemCatChem 2015)。

(2) さらに活性が高い触媒を目指すとともに、医薬品・機能性分子合成に有用となると考えている C-H アリール化反応に適用可能な触媒開発を行った。鎖状ポリマーであるポリビニルピリジンの溶液と塩化パラジウム酸ナトリウムの溶液から不溶性超分子触媒 PVPy-Pd の生成に成功した。

アリールクロリドを基質とした鈴木-宮浦反応が効率的に進行することを見出した。特に反応性の低い *p*-アニシルクロリドを基質とした反応では、先の MPPI-Pd を触媒量 66 mol ppm 用いたとき収率が 3%であったのに対し、PVPy-Pd の場合、触媒量 36 mol ppm (0.0036 mol %) 用いた場合でも収率 79%で 4-メトキシビフェニルを与えた。チオフェン類を基質とした C-H アリール化反応に挑戦することにした。触媒量 0.1 mol % の PVPy-Pd を用いて、2-メチルチオフェンとブロモベンゼンとの反応を行ったところ、2-フェニル-5-メチルチオフェンが高収率で得られた。

(3) Poly(*N*-isopropylacrylamide-*co*-*N*-vinylimidazole)と銅塩から調製される MPPI-Cu はクリック化学に有用であり、ヒュスゲン付加環化反応へ応用している。爆発性のあるアセチレンガスを安全に用いたヒュスゲン付加環化反応に適用することに成功した。すなわち、アセチレンガス雰囲気下、有機アジドを基質とし、MPPI-Cu を触媒として用いることで反応が円滑に進行し、対応するトリアゾール



生成物を高い収率で得られた。また XAFS(エックス線吸収微細構造)分析などにより、1 価の銅に 2 つのイミダゾール部位が配位した構造であることが明らかになった。本成果は今年度(2017 年度)招待論文として論文化された。

④当初計画では想定されていなかった新たな展開があった成果

金属複合型高分子金属触媒を開発すべく、Ni/Ru/Pt/Au の異種 4 核合金ナノ粒子触媒を調製した。この異種 4 核合金ナノ粒子の存在が触媒反応に重要である反応を見出した。この触媒は、Transfer Hydrogenation を効率的に進行させた。一方、Ni, Ru, Pt, Au の 1 核・異種 2 核・異種 3 核合金ナノ粒子触媒, ならびに 1 核金属ナノ粒子を 4 種類混合したものでは、本反応がほとんど進行しなかった。これは多種金属合金ナノ粒子触媒の大きな可能性を見出したことになり、今後、より有効な触媒系の探索ならびに触媒反応への適用を目指すことになる (Chem. Commun. 2014)。

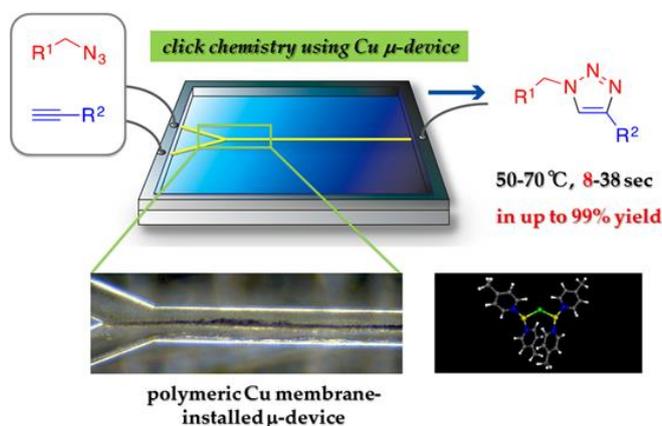
研究項目 2 (国立研究開発法人理化学研究所 触媒グループ・九州大学 界面構造設計グループ)

①研究のねらい

「マイクロ流路内異相界面での不溶性超分子錯体の 2 次元集積化による自立触媒膜の形成とそれを活用した瞬間的 π 電子系分子合成」の創製を行う。具体的には、マイクロリアクター内の層流界面に様々な高分子触媒膜を導入し、これを用いた瞬間的な有機変換反応の実現を目指した。

②研究実施方法

フロー系反応システムとしてのマイクロリアクターは、次世代グリーン化学デバイスとして注目を集めている。リアクター内では液-液層流が形成可能であり、層流界面は送液容量に対して広大な接触面積を有する。層流の反応界面上に固体触媒膜を構築することで、有機合成化学において重要な液相(基質)-固相(触媒)-液相(試薬)の三相界面によるマイクロフロー触媒システムが創製され、マイクロリアクターの特性を反応駆動原理として活用した瞬間的な有機変換反応の実現を目指した。

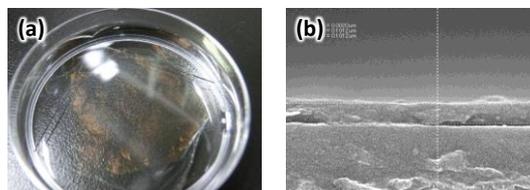


③得られた成果

(顕著な成果 1) マイクロリアクターの層流界面に、ポリビニルピリジン、硫酸銅、塩化ナトリウムならびにアスコルビン酸ナトリウムから、厚さ $10 \mu m$ の触媒膜を調製することに成功した(右図)。この触媒構造は XANES, EXAFS, MP2&DFT 計算などの結果から、Cu-Cl-Cu の銅 2 核錯体であることが判った。この触媒膜が導入されたマイクロリアクターを用いてクリック化学に有用な Huisgen 環化付加反応を行ったところ、様々な有機アジドとアルキンの反応が $50^\circ C$ にて 8-38 秒で効率的に進行し、対応するトリアゾール体を高い収率で得ることに成功した。基質としてステロイド、糖誘導体も適用可能であった。これらの結果を論文として報告した。この結果は、ヨーロッパの化学二次情報メディアである Chemistry Views 誌にて注目される成果として報道された。

(2) フェノール樹脂型高分子酸触媒の開発を行い、 π 分子合成として、またエネルギー解決研究の観点から、エステル化、トランスエステル化を行った。この触媒は 1 mol% 未満の触媒量で効率的に機能し、対応する生成物を与えることが判った。そこで、本触媒をカートリッジ化したフロー触媒システムの構築を行ったところ、1 週間の連続運転が可能であることを見出した。さらにこの触媒システムによりバイオディーゼル燃料の連続合成にも成功した。

(3) 触媒膜の超薄膜化について検討を着手した。不溶性高分子錯体を再度有機溶媒に溶解して回転塗布による薄膜化、高分子と中心金属の交互積層による薄膜化を検討し、自立性薄膜を作製するための、簡便な作製プロセスについての検討を行った。イミダゾール



配位子(PolyIm)を側鎖に持つビニルポリマーを、エポキシ樹脂溶液に混合させ、ポリヒドロキシスチレンが塗布された固体基板の上に、スピコートした。次いでそれを 1%Pd 塩水溶液に浸漬したところ、数 cm 四方の Pd を含有した PolyIm/エポキシ樹脂が剥離することに成功した(前頁下図)。膜厚はおおよそ 100nm 程度であり、この薄膜を別の多孔性基板に転写することができた。この触媒膜/多孔性支持体からなる一体膜は、いわゆる濾過的な反応プロセスへの応用が可能である。

研究項目 3 (国立研究開発法人理化学研究所 触媒グループ・九州大学 界面構造設計グループ)

①研究のねらい

「高密度集積された高アスペクト比ナノ剣山間隙を 3 次元ナノ反応空間として活用した瞬間的・高活性・ π 電子系分子の大量合成」の確立を目指す。

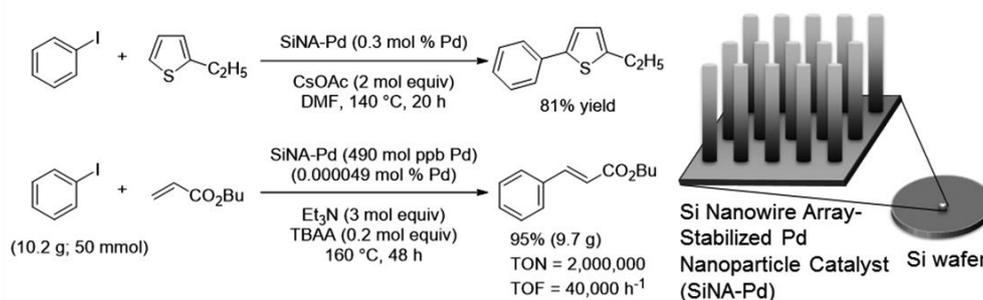
②研究実施方法

本研究では、申請者が持つ不溶性固定化触媒創製力に基づく、超高速・選択的有機変換反応の知見に、共同研究者の藤川が持つ大面積・高分解・高アスペクト比ナノ加工技術を融合させ、ナノ空間と触媒作用を融合した次世代型の π 電子系分子化合物合成触媒システムの構築に挑戦した。具体的にはアスペクト比の極めて高い剣山構造(幅:数~数十ナノメートル,高さ:数 μm)を表面に有する固体基板に不溶性遷移金属触媒を固定化し、その剣山間隙を反応空間として利用した。

③得られた成果

(顕著な成果 山田, 藤川) シリコン基板から得られるシリコンナノ構造体とパラジウム塩より新奇シリコンナノ構造-パラジウムナノ粒子複合体を調製することで、大面積・高アスペクト比ナノ空間構造体と触媒が融合した固定化触媒を開発した。すなわち、シリコン基板に、銀存在下、過酸化水素-フッ化水素酸混合液を作用させると、空間幅数十 nm, 高さ数 μm のシリコンナノ構造体が基板表面に形成された。表面修飾後、Pd(II)塩水溶液を附することで、シリコンナノ構造体表面にパラジウムナノ粒子が固定化生成することを見出した。アスペクト比の極めて高いシリコン剣山構造(幅:数~数十ナノメートル,高さ:数 μm)が表面に無数に存在する固体基板表面に、パラジウムナノ粒子が固定化された、シリコン剣山・パラジウムナノ粒子ハイブリッド触媒が調製された(下図)。

SiNA-Pd は、溝呂木-ヘック反応、チオフェン・インドールの C-H 結合修飾化反応、ヒドロシリル化反応、水素化反応を効率的に進行させ、対応する生成物を高い収率で与えた。特に、溝呂木-ヘック反応において、最少 490 mol ppb (0.000049 mol %) の触媒量で効率的に進行することを見出した。この時の触媒回転数 200 万回転で固定化触媒による溝呂木-ヘック反応における最高触媒回転数を実現した。抗喘息薬の一つである Ozagrel の合成にも成功している。このような触媒-シリコンナノ構造融合型 π 電子系分子合成触媒の開発例は皆無であり、不均一系触媒システムの新しい視点・方法論を提供するものである。この成果は理研-九大両グループの連携による成果である(Yamada, and Fujikawa, et al. *Angew Chem* 2014)。



④当初計画では想定されていなかった新たな展開があった成果

当初研究計画では、シリコン剣山表面への金属触媒固定のメカニズム理解も重要なテーマであったが、その際に、シリコン剣山表面からの水素徐放という新たな現象を見いだした。これはシリコン剣山作製時に水素終端シリコン表面が形成されたためであるということが明らかとなった。剣山が密集しかつ極めて大きな比表面積を有し、剣山表面が撥水性をもつという特徴から、水素が一度に大量発生せず、徐放されており、これについては、この剣山空間内での触媒反応との融合利用にむけて研究を進めている。

§ 6. 成果発表等

(1)原著論文発表 【国内(和文)誌 1件, 国際(欧文)誌 31件】

● 国内(和文)誌

1. T. Osako, Y. M. A. Yamada and Y. Uozumi
Application of Heterogeneous Polymer-Supported Catalysts to Continuous Flow Systems
J. Synth. Org. Chem., Jpn., **74**, 621-630 (2016) (doi.org/10.5059/yukigoseikyokaishi.74.621)

● 国際(欧文)誌

1. Yamada, Yoichi M. A.; Watanabe, Toshihiro; Ohno, Aya; Uozumi, Yasuhiro., Development of Polymeric Palladium-Nanoparticle Membrane-Installed Microflow Devices and their Application in Hydrodehalogenation., *ChemSusChem*, **5**, 2, 293-299, **2012**, (DOI: 10.1002/cssc.201100418)
2. Maeda, Etsuo; Lee, Yaerim; Kobayashi, Youjiro; Taino, Akiko; Koizumi, Mari; Fujikawa, Shigenori; Delaunay, Jean-Jacques., Sensitivity to refractive index of high-aspect-ratio nanofins with optical vortex., *Nanotechnology*, **23**, 50, 505502/1-505502/6, 2012, (DOI: 10.1088/0957-4484/23/50/505502)
3. Kuwahara, Rempei; Fujikawa, Shigenori; Kuroiwa, Keita; Kimizuka, Nobuo., Controlled Polymerization and Self-Assembly of Halogen-Bridged Diruthenium Complexes in Organic Media and Their Dielectrophoretic Alignment., *J. Am. Chem. Soc.*, **134**, 2, 1192-1199, 2012, (DOI: 10.1021/ja208958t)
4. Yamada, Yoichi M. A.; Sarkar, Shaheen M.; Uozumi, Yasuhiro., Amphiphilic Self-Assembled Polymeric Copper Catalyst to Parts per Million Levels: Click Chemistry., *J. Am. Chem. Soc.*, **134**, 22, 9285-9290, 2012, (DOI: 10.1021/ja3036543)
5. Yamada, Yoichi M. A.; Sarkar, Shaheen M.; Uozumi, Yasuhiro., Self-assembled poly(imidazole-palladium): highly Active, reusable catalyst at parts per million to parts per billion levels., *J. Am. Chem. Soc.*, **134**, 6, 3190-3198, 2012, (DOI: 10.1021/ja210772v)
6. Minakawa, Maki; Baek, Heeyoel; Yamada, Yoichi M. A.; Han, Jin Wook; Uozumi, Yasuhiro., Direct Dehydrative Esterification of Alcohols and Carboxylic Acids with a Macroporous Polymeric Acid Catalyst., *Org. Lett.*, **15**, 22, 5798-5801, 2013, (DOI: 10.1021/ol4028495)
7. Hudson, Reuben; Hamasaka, Go; Osako, Takao; Yamada, Yoichi M. A.; Li, Chao-Jun; Uozumi, Yasuhiro; Moores, Audrey., Highly efficient iron(0) nanoparticle-catalyzed hydrogenation in water in flow., *Green Chem.*, **15**, 8, 2141-2148, 2013, (DOI: 10.1039/c3gc40789f)
8. Yamada, Yoichi M. A.; Ohta, Hidetoshi; Yuyama, Yoshinari; Uozumi, Yasuhiro., Polymeric bimetallic catalyst-promoted in-water dehydrative alkylation of ammonia and amines with alcohols., *Synthesis*, **45**, 15, 2093-2100, 2013, (DOI: 10.1055/s-0033-1338797)
9. Akamatsu, Norihisa; Tashiro, Wataru; Saito, Keisuke; Mamiya, Jun-ichi; Kinoshita, Motoi; Ikeda, Tomiki; Takeya, Jun; Fujikawa, Shigenori; Priimagi, Arri; Shishido, Atsushi., Facile strain analysis of largely bending films by a surface-labelled grating method., *Sci. Rep.*, **4**, 5377, 2014, (DOI: 10.1038/srep05377)
10. Minakawa, Maki; Yamada, Yoichi M. A.; Uozumi, Yasuhiro., Driving an equilibrium acetalization to completion in the presence of water., *RSC Adv.*, **4**, 69, 36864-36867, 2014, (DOI: 10.1039/C4RA07116F)
11. Ito, Yoshikazu; Ohta, Hidetoshi; Yamada, Yoichi M. A.; Enoki, Toshiaki; Uozumi, Yasuhiro., Transfer hydrogenation of alkenes using Ni/Ru/Pt/Au heteroquaternary nanoparticle catalysts: sequential cooperation of multiple nano-metal species., *Chem. Commun.*, **50**, 81, 12123-12126, 2014, (DOI: 10.1039/C4CC04559A)
12. Yamada, Yoichi M. A.; Yuyama, Yoshinari; Sato, Takuma; Fujikawa, Shigenori; Uozumi, Yasuhiro., A Palladium-Nanoparticle and Silicon-Nanowire-Array Hybrid: A Platform for Catalytic Heterogeneous Reactions., *Angew. Chem., Int. Ed.*, **53**, 1, 127-131, 2014, (DOI: 10.1002/anie.201308541)
13. Ito, Yoshikazu; Ohta, Hidetoshi; Yamada, Yoichi M. A.; Enoki, Toshiaki; Uozumi, Yasuhiro., Bimetallic Co-Pd alloy nanoparticles as magnetically recoverable catalysts for the aerobic oxidation of alcohols in water., *Tetrahedron*, **70**, 36, 6146-6149, 2014, (DOI: 10.1016/j.tet.2014.03.108)
14. Lee, Yaerim; Maeda, Etsuo; Ho, Ya-Lun; Fujikawa, Shigenori; Delaunay, Jean-Jacques., High sensitivity refractive index sensing with strong light confinement in high-aspect-ratio U-cavity arrays., *Sens. Actuators, B*, **202**, 137-143, 2014, (DOI: 10.1016/j.snb.2014.05.033)
15. Sato, Takuma; Ohno, Aya; Sarkar, Shaheen M.; Uozumi, Yasuhiro; Yamada, Yoichi M. A., A Convuluted

- Polymeric Imidazole Palladium Catalyst: Structural Elucidation and Investigation of the Driving Force for the Efficient Mizoroki-Heck Reaction., *ChemCatChem*, 7, 14, 2141-2148, 2015, (DOI: 10.1002/cctc.20150024)
16. Yamada, Yoichi M. A.; Ohno, Aya; Sato, Takuma; Uozumi, Yasuhiro., Instantaneous Click Chemistry by a Copper-Containing Polymeric Membrane-Installed Microflow Catalytic Reactor., *Chem. - Eur. J.*, 21, 48, 17269-17273, 2015, (DOI: 10.1002/chem.201503178)
 17. Hisamitsu, Shota; Yanai, Nobuhiro; Fujikawa, Shigenori; Kimizuka, Nobuo., Photoinduced crystallization in ionic liquids: photodimerization-induced equilibrium shift and crystal patterning., *Chem. Lett.*, 44, 7, 908-910, 2015, (DOI: 10.1246/cl.150261)
 18. Baek, Heeyoel; Minakawa, Maki; Yamada, Yoichi M. A.; Han, Jin Wook; Uozumi, Yasuhiro., In-Water and Neat Batch and Continuous-Flow Direct Esterification and Transesterification by a Porous Polymeric Acid Catalyst., *Sci. Rep.*, 6, 25925pp., 2016, (DOI: 10.1038/srep25925)
 19. Saravanan, Prabakaran; Selyanchyn, Roman; Tanaka, Hiroyoshi; Darekar, Durgesh; Staykov, Aleksandar; Fujikawa, Shigenori; Lyth, Stephen Matthew; Sugimura, Joichi., Macroscale Superlubricity of Multilayer Polyethylenimine/Graphene Oxide Coatings in Different Gas Environments., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 8, 40, 27179-27187, 2016, (DOI: 10.1021/acsami.6b06779)
 20. Kim, Yo-Han; Han, Jusung; Jung, Byeong Yeon; Baek, Heeyoel; Yamada, Yoichi M. A.; Uozumi, Yasuhiro; Lee, Yoon-Sik., Production of Valuable Esters from Oleic Acid with a Porous Polymeric Acid Catalyst without Water Removal., *Synlett*, 27, 1, 29-32, 2016, (DOI: 10.1055/s-0035-1560584)
 21. Bayer, Thomas; Cunning, Benjamin V.; Selyanchyn, Roman; Nishihara, Masamichi; Fujikawa, Shigenori; Sasaki, Kazunari; Lyth, Stephen M., High Temperature Proton Conduction in Nanocellulose Membranes: Paper Fuel Cells., *Chem. Mater.*, 28, 13, 4805-4814, 2016, (DOI: 10.1021/acs.chemmater.6b01990)
 22. Fujikawa, Shigenori; Koizumi, Mari; Taino, Akiko; Okamoto, Koichi., Fabrication and Unique Optical Properties of Two-Dimensional Silver Nanorod Arrays with Nanometer Gaps on a Silicon Substrate from a Self-Assembled Template of Diblock Copolymer., *Langmuir*, 32, 47, 12504-12510, 2016, (DOI: 10.1021/acs.langmuir.6b02934)
 23. Leung, Franco King-Chi; Ishiwari, Fumitaka; Kajitani, Takashi; Shoji, Yoshiaki; Hikima, Takaaki; Takata, Masaki; Saeki, Akinori; Seki, Shu; Yamada, Yoichi M. A.; Fukushima, Takanori., Supramolecular Scaffold for Tailoring the Two-Dimensional Assembly of Functional Molecular Units into Organic Thin Films., *J. Am. Chem. Soc.*, 138, 36, 11727-11733, 2016, (DOI: 10.1021/jacs.6b05513)
 24. Kim, Byoungsu; Hillman, Febrian; Ariyoshi, Miho; Fujikawa, Shigenori; Kenis, Paul J. A., Effects of composition of the micro porous layer and the substrate on performance in the electrochemical reduction of CO₂ to CO., *J. Power Sources*, 312, 192-198, 2016 (DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.02.043)
 25. Bayer, Thomas; Cunning, Benjamin V.; Selyanchyn, Roman; Daio, Takeshi; Nishihara, Masamichi; Fujikawa, Shigenori; Sasaki, Kazunari; Lyth, Stephen M., Alkaline anion exchange membranes based on KOH-treated multilayer graphene oxide., *J. Membr. Sci.*, 508, 51-61, 2016 (DOI: 10.1016/j.memsci.2016.02.017)
 26. Leung, Franco King-Chi; Ishiwari, Fumitaka; Shoji, Yoshiaki; Nishikawa, Tsuyoshi; Takeda, Ryohei; Nagata, Yuuya; Suginome, Michinori; Uozumi, Yasuhiro; Yamada, Yoichi M. A.; Fukushima, Takanori., Synthesis and Catalytic Applications of a Triptycene-Based Monophosphine Ligand for Palladium-Mediated Organic Transformations., *ACS Omega*, 2, 1930-1937, 2017, (DOI: 10.1021/acsomega.7b00200)
 27. Uozumi, Yasuhiro; Matsuura, Yutaka; Suzuka, Toshimasa; Arakawa, Takayasu; Yamada, Yoichi M. A., Palladium-Catalyzed Asymmetric Suzuki-Miyaura Cross Coupling with Homochiral Phosphine Ligands Having Tetrahydro-1H-imidazo[1,5-a]indole Backbone., *Synthesis*, 49, 1, 59-68, 2017, (DOI: 10.1055/s-0036-1589407)
 28. Yamada, Yoichi M. A.; Yoshida, Hiroshi; Ohno, Aya; Sato, Takuma; Mase, Toshiaki; Uozumi, Yasuhiro, Huisgen Cycloaddition with Acetylene Gas by Using an Amphiphilic Self-Assembled Polymeric Copper Catalyst, *Heterocycles*, **95**, 715-721 (2017), for Special Issue in honor of Professor Dr. Masakatsu Shibasaki on 70th Birthday, (DOI: 10.3987/COM-16-S(S)57)
 29. Symeonidis, Theodoros S.; Athanasoulis, Alexandros; Ishii, Rikako; Uozumi, Yasuhiro; Yamada, Yoichi M. A.; Lykakis, Ioannis N., *ChemPhotoChem*, 1, 479-484, 2017 (DOI: 10.1002/cptc.201700079)
 30. Hudron, R.; Zhang, H. R.; LoTempio, A.; Benedetto, G.; Hamasaka, G.; Yamada, Y. M. A.; Kaz, J. L.; Uozumi, Y., *Chem. Commun.* Accepted (DOI: 10.1039/C8CC00774H)
 31. Kichise, D., Mase, K., Fujikawa, S., Yanai, N., Kimizuka, N., Specific Uniaxial Self-assembly of Columnar Perylene Liquid Crystals in Au Nanofin Arrays, *Chem. Lett.*, 47, 354 – 357, 2018, (DOI: 10.1246/cl.171228)

(2)その他の著作物(総説, 書籍など)

1. 山田陽一, 魚住泰広 「『フロー・マイクロ合成 基礎から実際の合成・製造まで』第16章 担持触媒反応」, 吉田潤一編, 化学同人, pp191-202, 2014/7/15
2. Yoichi M. A. Yamada, Development of Batch and Flow Immobilized Catalytic Systems with High Catalytic Activity and Reusability, *Chem. Pharm. Bull.* 65, 805-821 (2017) (DOI: 10.1248/cpb.c17-00349) (日本薬学会学術振興賞記念総説)

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議21件, 国際会議20件)

● 国内会議

2012年(1件)

1. 藤川茂紀, 次元制御されたナノマテリアルの創製と機能化, 東京工業大学 資源化学研究所セミナー, 神奈川県, 2012年11月2日

2013年(5件)

1. 山田陽一, 「触媒膜導入型フローマイクロリアクターの開発へ」フロー・マイクロ合成研究会第58回研究会, 大阪科学技術センター, 2013年5月31日
2. 山田陽一, 「不溶性高分子金属触媒 バッチ&マイクロフロー反応システム」理研-九州大学ワークショップーグリーン・ライフと機能材料, 福岡市産学連携交流センター(福岡市), 2013年7月5日(金)
3. 山田陽一, 「固定化触媒: バッチ&フローシステム」第1回柴崎研究セミナー, 微生物化学研究所(東京都品川区) 2013年10月5日(土)
4. 山田陽一, 「分子もつれ法による高分子金属触媒開発 バッチ&マイクロフロー」静岡大学大学院工学研究科化学バイオ工学専攻セミナー, 静岡大学高柳記念未来技術創造館(浜松市), 2013年10月11日(金)
5. 山田陽一, 第1部「高活性・高再利用性高分子金属触媒の開発」, 第2部「触媒膜導入型フローマイクロデバイスの開発」和歌山県工業技術センター合成技術講習会, 和歌山県工業技術センター(和歌山市), 2013年10月18日(金)

2014年(3件)

1. 藤川茂紀, 高アスペクト比を有する界面ナノ構造の構築と機能化, 第14回リング・チューブ超分子研究会シンポジウム, 福岡, 2014年3月20日
2. 藤川茂紀, 高アスペクト比を有する界面ナノ構造の構築と機能化, バイオテンプレート研究会, 東京, 2014年10月9日
3. 山田陽一, “Supported Catalysts: Micro- to Nano-Space”分子科学研究所・総合研究大学院大学セミナー, 分子科学研究所(岡崎市), 2014年2月18日(火)

2015年(3件)

1. Yoichi M. A. Yamada, "Supported Catalysts with High Catalytic Activity and Reusability", CSRS-ITbM ワークショップ, 名古屋大学(名古屋), 2015年1月7日
2. 山田陽一, 「高活性固定化触媒」平成26年度 JST ACT-C 進歩ジウム in 岡山 「新しい分子変換反応による機能性有機分子の創製」, 岡山大学(岡山市), 2015年2月21日
3. 山田陽一, 「固定化触媒高活性化のための方法論開拓を目指して」大阪府立大学白鷺セミ

ナー, 大阪府立大学 (大阪), 2015 年 6 月 19 日

2016 年 (8 件)

1. 山田陽一, 「シリコンナノワイヤーアレイ担持パラジウム触媒の開発」, 日本化学会年会企画講演会「天然資源としてのケイ素が鍵を握る機能性材料」, 同志社大学 (大阪), 2016 年 3 月 25 日
2. 山田陽一, 「医薬品合成を志向した高活性・高再利用性バッチ・フロー型固定化触媒システムの開発」, 日本薬学会学術振興賞受賞講演, パシフィコ横浜 (横浜), 2016 年 3 月 27 日
3. 藤川茂紀, DSA 技術による表面金属ナノ構造集積体の創製とその応用, 極限ナノ造形・構造物性研究会, 早稲田大学 (東京), 2016 年 4 月 11 日
4. 藤川茂紀, 高アスペクト比を有する界面ナノ構造の構築と機能化, 第 156 回東海高分子研究会講演会, 名城大学 (愛知), 2016 年 6 月 11 日
5. 藤川茂紀, 高アスペクト比表面ナノ構造を利用した機能性ナノ界面の構築, 第 28 回若手研究者のためのセミナー (有機合成化学協会九州山口支部), 九州大学 (福岡), 2016 年 8 月 27 日
6. Shigenori Fujikawa, Molecular separation by a free-standing and nanometer-thick membrane, 第 29 回ポリマーサイエンスセミナー, 東京, 2016 年 10 月 17 日
7. 山田陽一, 金沢大学薬学部機能性分子合成学セミナー「医薬品合成を志向した高活性・高再利用性バッチ・フロー型固定化触媒システムの開発」, 金沢大学 (金沢市), 2016 年 5 月 13 日
8. 山田陽一, 第 32 回若手化学者のための化学道場 (松山 2016)「高活性な固定化触媒システムの開発」, にぎたつ会館 (松山市), 2016 年 8 月 25 日

2017 年 (2 件)

1. 藤川茂紀, ナノ表面構造デザインによる物質合成制御や新しいエネルギー変換材料への展開, 理研×九大×福岡市イノベーションフォーラム, 福岡, 2017 年 3 月 30 日
2. 山田陽一, 「高活性・再利用性バッチ・フロー型固定化触媒システムの開発」, 富士フローケミストリーフォーラム 2017 Spring, 静岡県産業経済会館, 2017 年 4 月 10 日

● 国際会議

2012 年 (1 件)

1. Shigenori Fujikawa, Large scale fabrication of metal nanoparticles array in a confined nanospace and their crystal growth control., ICEEN 2012, Beijing (China), 2012 年 10 月 21 日

2013 年 (3 件)

1. Yoichi M. A. Yamada, “Convoluting Polymeric Metal Catalysts” RIKEN-ICCAS-IOP-PKU-Tsinghua Joint Symposium, RIKEN (Wako), 2013 年 11 月 11 日
2. Yoichi M. A. Yamada, “Convoluting Polymeric Cu Catalysts for Batch & Microflow Huisgen Cyclization” The 8th International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (ICCEOCA-8) and The 4th New Phase International Conference on Cutting-Edge Organic Chemistry in Asia (NICCEOCA-4), 大阪国際会議場 (大阪市), 2013 年 11 月 28 日 (木)
3. Yoichi M. A. Yamada, “Polymeric Metal Catalysis: Batch & Microflow”, 第 10 回岡山理科大学グリーン元素科学シンポジウム, 岡山理科大学 (岡山市), 2013 年 12 月 7 日 (土)

2014 年 (2 件)

1. Yoichi M. A. Yamada, “Supported Catalysts in Batch & Flow”, Guest Lecture at Aristotle University of Thessaloniki, Aristotle University of Thessaloniki, Greece,

2014年6月19日(木)

2. Yoichi M. A. Yamada, "Supported Catalysts in Batch & Flow", Guest Lecture at Pharmathen, Greece, 2014年6月2日(金)

2015年(7件)

1. Shigenori Fujikawa, "Molecular separation by a free-standing and nanometer-thick membrane", NanoMat2015, Renne (France), 2015年5月28日
2. Yoichi M. A. Yamada, "Supported Catalysts in Batch & Flow", ACP Lectureship Award in Taiwan (国立中興大学), 国立中興大学(台中, 台湾), 2015年9月30日
3. Shigenori Fujikawa, "Precise small molecule separation by a nanometer-thick and free-standing nanomembrane", XIV Brazilian MRS, (Rio de Janeiro, Brazil), 2015年9月28日
4. Yoichi M. A. Yamada, "A Silicon Nanowire Array-Stabilized Palladium Nanoparticle Catalyst", Asian International Symposium -Organic Green Chemistry in 95th Japan Chemical Society Annual Meeting, 日本大学(船橋市), 2015年3月27日
5. Yoichi M. A. Yamada, "Supported Catalysts in Batch & Flow", ACP Lectureship Award in Taiwan (国立清華大学), 国立清華大学(新竹, 台湾), 2015年10月7日
6. Yoichi M. A. Yamada, "Supported Catalysts in Batch & Flow", ACP Lectureship Award in Taiwan (中央研究所), 中央研究所(台北, 台湾), 2015年10月8日
7. Shigenori Fujikawa, "Molecular separation by a free-standing and nanometer-thick membrane", Pacificchem2015, (Hawaii, USA), 2015年12月17日

2016年(6件)

1. Shigenori Fujikawa, Gas separation by a free-standing and nanometer-thick membrane, Advanced Materials... Scientific & Engineering Challenges, Australia, 2016年5月10日
2. Yoichi M. A. Yamada, Chemistry Seminar at Justus-Liebig-Universitat Giessen, "Supported Catalysts in Batch & Flow", ギーセン大学(ギーセン, ドイツ), 2016年9月9日
3. Yoichi M. A. Yamada, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PURE & APPLIED CHEMISTRY (ISPAC) 2016, "Highly Active and Reusable Supported Catalytic Systems: Batch & Flow", Convention Centre Kuching, Kuching, Malaysia, 2016年8月17日
4. Shigenori Fujikawa, Fabrication of large and free-standing nanomembranes and its nanochannel design for preferential molecular filtration Shigenori Fujikawa, MRS 2016 fall meeting, Boston, 2016年11月29日
5. Yoichi M. A. Yamada, C&FC 2016 (International Symposium on Catalysis and Fine Chemicals 2016), "Silicon Nanostructure-Stabilized Palladium Nanoparticle Catalysts for Organic Transformations", Howard Civil Service International House, Taipei, Taiwan, 2016年11月12日
6. Shigenori Fujikawa, CO₂ capture and utilization, French-Japanese symposium on green production and storage of hydrogen, Osaka, 2016年12月6日

2017年(1件)

1. Shigenori Fujikawa, Precise molecular separation by designed nanomembrane, ICCMSE2017, Thessalonki Greece, 2017年4月25日

② 口頭発表 (国内会議21件, 国際会議10件)

● 国内会議

2012年(4件)

1. 大野 綾, 山田 陽一, 魚住 泰広, 「高分子銅触媒膜導入型マイクロデバイスの開発: ヒュスゲン環化付加への応用」, 日本化学会第93春季年会(2013), 立命館大学(滋賀県草

- 津市), 2013年03月24日
2. 佐藤 太久真, 湯山 喜也, 山田 陽一, 藤川 茂紀, 魚住 泰広, 「シリコンナノ構造体担持パラジウムナノ粒子触媒の開発」, 日本化学会第 93 春季年会(2013), 立命館大学(滋賀県草津市), 2013年03月24日
 3. Shaheen M. SARKAR, 山田 陽一・魚住 泰広, 「自己組織化高分子イミダゾールパラジウム触媒による鈴木-宮浦反応と溝呂木-ヘック反応」日本化学会第 93 春季年会(2013), 立命館大学(滋賀県草津市), 2013年03月24日
 4. 皆川 真規・白 喜烈・山田 陽一・魚住 泰広, 「フェノール樹脂型スルホン酸触媒を用いたアルコールとカルボン酸のソルベントフリー条件下における直接的エステル化反応」日本化学会第 93 春季年会(2013), 立命館大学(滋賀県草津市), 2013年03月24日

2013年(3件)

1. 藤川茂紀, 藤野沙誉子, ブロック共重合体ナノ相分離構造を鋳型とする金属ナノ構造体の作製とその光機能, 第 62 回高分子討論会, 金沢, 2013年9月12日
2. 赤松 範久, 田代 亘, 間宮 純一, 木下 基, 藤川 茂紀, 竹谷 純一, 宍戸 厚, 湾曲フレキシブル基板の表面歪み定量解析, 第 62 回高分子討論会, 金沢, 2013年9月13日
3. 田代 亘, 赤松 範久, 間宮 純一, 木下 基, 藤川 茂紀, 宍戸 厚, 表面ラベルグレーティング法による積層 PDMS フィルムの屈曲表面歪み解析, 第 62 回高分子討論会, 金沢, 2013年9月13日

2014年(4件)

1. 吉瀬大亮, 森川全章, 藤川茂紀, 君塚信夫, 周期的金ナノフィンアレイの作製とその光学特性, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋, 2014年3月27日
2. 赤松 範久, 田代 亘, 間宮 純一, 木下 基, 藤川 茂紀, 竹谷 純一, 宍戸 厚, 表面グレーティングを利用したフィルム基板の湾曲歪み解析, 日本化学会第 94 回春季年会, 名古屋, 2014年3月28日
3. 赤松範久, 田代 亘, 藤川茂紀, 竹谷純一, 宍戸 厚, ソフトな回折格子を利用したフレキシブルフィルムの大湾曲歪み解析, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 札幌, 2014年9月17日
4. Roman Selyanchyn, Shigenori Fujikawa, 膜シンポジウム 2014, 神戸, 2014年11月26日

2015年(6件)

1. 佐藤 太久真・山田 陽一・魚住 泰広, パラジウムナノ粒子シリコンナノ構造複合体: 常圧水素下でのアミンとアルデヒドの還元的アミノ化およびそのフロー反応への応用, 日本化学会第 96 回春季年会(2016), 同志社大学(京田辺市), 2015年3月25日
2. 大野 綾・佐藤 太久真・山田 陽一・魚住 泰広, 自己組織化高分子ピリジンパラジウム触媒による芳香族ハロゲン化物を用いたチオフェンの直接的アリアル化反応, 日本化学会第 96 回春季年会(2016), 同志社大学(京田辺市), 2015年3月25日
3. 石井 梨夏子・大野 綾・山田 陽一・魚住 泰広, 自己組織化高分子イミダゾールニッケル触媒による C-N 結合形成クロスカップリング, 日本化学会第 96 回春季年会(2016), 同志社大学(京田辺市), 2015年3月25日
4. 藤川茂紀, ガス分離膜としての自己支持性ナノ膜の活用, 日本膜学会年会(2015), 早稲田大学(東京), 2015年5月14日
5. 藤川茂紀, Selyanchyn Roman, 深草智穂子, 自立性ナノ膜を使った精密分子分離, 第 64 回高分子討論会, 東北大学(仙台市), 2015年9月16日
6. Selyanchyn Roman, 藤川茂紀, Preparation, characterization and gas permeability of flexible TiO₂ membranes, 第 64 回高分子討論会, 東北大学(仙台市), 2015年9月17日

2016年(2件)

1. 佐藤太久真, 中尾愛子, 魚住泰広, 山田陽一, シリコンナノ構造安定化パラジウムナノ粒子: 水素を用いた還元的アミノ化およびフロー合成への応用, 日本化学会第 97 回春季年

会 (2017) , 2017 年 3 月 17 日, 日吉 (慶応大学)

2. Hirotaka Ohara, Shigenori Fujikawa, Nobuo Kimizuka, "Fabrication of a free-standing nanometer-thick Nafion membrane and its proton permeability", 第 65 回高分子年次大会, 神戸, 2016 年 5 月 26 日

2017 年 (5 件)

1. Nao Hirakawa, Shigenori Fujikawa, Nobuo Kimizuka, 第 66 回高分子学会年次大会, 幕張メッセ (千葉) , 2017 年 5 月 29 日
2. 山田陽一、佐藤太久真、中尾愛子、魚住泰広, 「シリコンナノ構造担持パラジウムナノ粒子:アミンを基質にしたバッチ&フロー型還元的アルキル化」, 第 120 回触媒討論会, 愛媛大学 (松山市), 2017 年 9 月 13 日
3. 大野 綾・吉田 兆志・佐藤 太久真・間瀬 俊明・魚住 泰広・山田 陽一
自己組織化高分子イミダゾール銅触媒によるアセチレンガスを使用したヒュスゲン環化付加, 第 98 回日本化学会年会, 日本大学 (船橋市), 2018 年 3 月 22 日
4. BAEK, Heeyoel; YAMADA, Yoichi M. A.; UOZUMI, Yasuhiro
Production of Bio Hydrofined Diesel by Hydrogenative Decarboxylation of Carboxylic Acids with Silicon Nanowire Array-Supported Rhodium Nanoparticles, 第 98 回日本化学会年会, 日本大学 (船橋市), 2018 年 3 月 22 日
桶田里沙・セリヤンチンロマン・鹿子木啓介・藤川茂紀・君塚信夫, 多孔質基板上における大面積プルシアンブルー結晶膜の直接成長と CO₂ 分離膜への応用, 第 98 回日本化学会年会, 日本大学 (船橋市), 2018 年 3 月 22 日
5. SELYANCHYN, Roman; OKEDA, Risa; KANAKOGI, Keisuke; FUJIKAWA, Shigenori; KIMIZUKA, Nobuo, Direct growth of Large Prussian Blue crystal membranes on porous support: Growth mechanism and characterization, 第 98 回日本化学会年会, 日本大学 (船橋市), 2018 年 3 月 22 日

● 国際会議

2012 年 (1 件)

1. Shigenori Fujikawa, Mari Koizumi, Akiko Taino, Large scale fabrication of silver and gold nanoparticles array via block copolymer lithography, MRS fall meeting 2012, ボストン(アメリカ), 2012 年 11 月 28 日

2013 年 (1 件)

1. Shigenori Fujikawa, Eiko Shigyo, Gas Separation by a Free-Standing Giant Nanomembrane, MRS 2013 Fall meeting, Boston(USA), 2013 年 12 月 3 日

2014 年 (5 件)

1. Fujikawa S., Shigyo E. Taniguchi I., Gas Separation by a Free-Standing Giant Nanomembrane, 2014 MRS spring meeting & exhibitions, USA (San Francisco), 2014 年 4 月 22 日
2. Taniguchi, I., Kinugasa, K., Fujikawa, S., Preferential CO₂ separation over H₂ with poly(amidoamine) dendrimer containing polymeric membranes, 2014 MRS spring meeting & exhibitions, 米国 (サンフランシスコ), 2014 年 4 月 22 日
3. Fujikawa S., Shigyo E., Gas separation properties by a giant polymer nanomembranes, IUMRS-ICA 2014, Japan(Fukuoka), 2014 年 8 月 25 日
4. Roman S., Fujikawa S., Ultra-thin metal oxide films for gas separation, IUMRS-ICA 2014, Japan(Fukuoka), 2014 年 8 月 28 日
5. Taniguchi I., Fujikawa S., Preferential CO₂ Separation over H₂ with Polymeric Membranes containing Various Amine Compounds, IUMRS-ICA 2014, Japan(Fukuoka), 2014 年 8 月 28 日

2015 年 (1 件)

1. Yoichi M. A. Yamada, Yoshinari Yuyama, Takuma Sato, Shigenori Fujikawa and Yasuhiro Uozumi, Development of a silicon nanowire array-stabilized, PACIFICHEM2015, ヒルトンワイキキ (米国ハワイ州ホノルル), 2015 年 12 月 15 日

2016 年 (2 件)

1. Y. M. A. Yamada, S. M. Sarker, T. Sato, A. Ohno, and Y. Uozumi, Highly Active, Reusable, Self-Assembled Polymeric Palladium Catalyst at Parts per Million Levels for Cross-Coupling Reactions, 6th International IUPAC Conference on Green Chemistry, Venice, Italia, 2016 年 9 月 6 日
2. Keisuke Kanakogi, Shigenori Fujikawa, Nobuo Kimizuka, Fabrication of Prussian Blue nanomembranes for gas separation, IPC2016, Fukuoka, 2016 年 12 月 15 日

2017 年 (1 件)

1. Y. M. A. Yamada, H. Yoshida, A. Ohno, T. Sato, S. M. Sarkar, T. Mase, Y. Uozumi Self-Assembled Polymeric Copper Catalyst-Promoted Huisgen Cycloaddition, IRCCS-JST CREST Joint Symposium "Chemical sciences facing difficult challenges" Fukuoka, 2018 年 1 月 25 日

③ ポスター発表 (国内会議5件, 国際会議19件)

● 国内会議

2012 年 (1 件)

1. 藤川茂紀, 周期的金属ナノ界面構造の大面積・精密作製と光学特性, 科学技術振興機構 公開シンポジウム「ナノ界面が生み出す次世代機能」, 東京, 2012 年 12 月 11 日

2013 年 (2 件)

1. 山田陽一, Shaheen M. Sarkar, 魚住泰広, 「Huisgen 環化反応に有効な自己組織化高分子イミダゾール銅触媒の開発」, 日本薬学会第 133 年会(2013), パシフィコ横浜 (神奈川県横浜市), 2013 年 03 月 29 日
2. 藤川茂紀, 周期的金ナノフィン大面積アレイによる光トラップとセンシング応用, ナノ界面が生み出す次世代機能 CREST「ナノ界面技術の基盤構築」研究領域 第3回公開シンポジウム, 東京, 2013 年 12 月 16 日

2014 年 (1 件)

1. Shigenori Fujikawa, Gas separation by a giant nanomembrane, I2CNER & ACT-C JOINT WORKSHOP 2014, 福岡, 2014 年 1 月 31 日

2015 年 (1 件)

1. Takuma Sato, Aya Ohno, Shaheen M. Sarkar, Yasuhiro Uozumi, Yoichi M. A. Yamada, A Polymeric Imidazole Palladium Catalyst: Mizoroki-Heck Reaction and Structure Elucidation, 有機金属化学討論会, 関西大学 (吹田市), 2015 年 9 月 7 日

2016 年 (0 件)

2017 年 (0 件)

● 国際会議

2012 年 (8 件)

1. Yoichi M. A. Yamada, Shaheen M. Sarkar and Yasuhiro Uozumi, 「A Self-Assembled Poly(Imidazole-Palladium) Catalyst for Coupling Reactions」, The 2nd RIKEN-McGill University Scientific Workshop, 理化学研究所 (埼玉県和光市), 2012 年 04 月 25 日

2. Shaheen M. Sarkar, Yoichi M. A. Yamada and Yasuhiro Uozumi, 「A self-assembled poly(imidazole-copper) catalyst for Huisgen cycloaddition」, The 2nd RIKEN-McGill University Scientific Workshop, 理化学研究所 (埼玉県和光市), 2012年04月25日
3. Aya Ohno, Toshihiro Watanabe, Yoichi M. A. Yamada, Yasuhiro Uozumi, 「Development of Membranous Polymeric Palladium Nanoparticle Composite-Installed Microflow Reactions and Their Application to the Hydrodehalogenation」, The 2nd RIKEN-McGill University Scientific Workshop, 理化学研究所 (埼玉県和光市), 2012年04月25日
4. Maki Minakawa, Yoichi M. A. Yamada and Yasuhiro Uozumi, 「Development of a Polymeric Membranous Acid Catalyst-Installed Microreactor」, The 2nd RIKEN-McGill University Scientific Workshop, 理化学研究所 (埼玉県和光市), 2012年04月25日
5. Shaheen M. Sarkar, Yoichi M. A. Yamada and Yasuhiro Uozumi, 「A Self-Assembled Poly(Imidazole-Palladium) Catalyst for Coupling Reactions」, The Seventh International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals, 東京大学 (東京都文京区), 2012年11月19日
6. Aya Ohno, Toshihiro Watanabe, Yoichi M. A. Yamada, Yasuhiro Uozumi, 「Development of Membranous Polymeric Palladium Nanoparticle Composite-Installed Microflow Devices and their Application to the Hydrodehalogenation」, The Seventh International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals, 東京大学 (東京都文京区), 2012年11月19日
7. Maki Minakawa, Yoichi M. A. Yamada, Yasuhiro Uozumi, 「A Novel Concept to Complete a Classic Equilibrium Acetalization in Water」, The Seventh International Forum on Chemistry of Functional Organic Chemicals, 東京大学 (東京都文京区), 2012年11月19日
8. Shigenori Fujikawa, Mari Koizumi, Akiko Taino, Large scale fabrication of silver and gold nanoparticles array via block copolymer lithography, MRS fall meeting 2012, ボストン(アメリカ), 2012年11月28日

2013年 (1件)

1. Shigenori Fujikawa, Eiko Shigyo, Ikuo Taniguchi, CO₂ Separation by a Nanometer-thick Membrane, AOGS2013,メルボルン (オーストラリア), 2013年6月25日

2014年 (2件)

1. Taniguchi, I., Kinugasa, K., Fujikawa, S., Preferential CO₂ separation over H₂ with poly(amidoamine) dendrimer containing polymeric membranes, ICOM2014, China (Suzhou), 2014年6月25日
2. Fujikawa S., Fujino S., Large scale fabrication of silver and gold nanostructure array and its optical properties, Japan-Korea Metamaterial Forum, Japan(Osaka), 2014年12月22日

2015年 (2件)

1. Fujikawa S., Selyanchyn R., Fukakusa C., Shigyo E., Molecular separation by nanometer-thick membranes, Advanced Membrane Technology VI, Italy(Sicily), 2015年2月10日
2. Yoichi M. A. Yamada, Development of a silicon nanowire array-supported palladium nanoparticle catalyst for organic reactions, OMCOS18, シッチェス (スペイン), 2015年6月29日

2016年 (3件)

1. Shigenori Fujikawa, Selyanchyn Roman, Miho Ariyoshi, CO₂ capture by a free-standing and nanometer-thick membrane, AsiaNano2016, Sapporo, 2016年10月11日

2. Shigenori Fujikawa, Selyanchyn Roman , Preferential CO₂ separation over nitrogen by a free-standing and nanometer-thick membrane, GHGT-13, Lausanne, 2016年11月15日
3. T. Sato, Y. Uozumi, and Y. M. A. Yamada, Silicon Nanostructure-Stabilized Palladium Nanoparticles: Reductive Amination Using H₂ and Its Application to Flow Synthesis, The 10th International Symposium on Integrated Synthesis, Awajishima, 2016年11月18日

2017年(4件)

1. Shigenori Fujikawa, Roman Selyanchyn, Miho Ariyoshi, Small molecule separation by a free-standing nanomembrane, NanoMat2017 (the 12th Japan-France Workshop on Nanomaterials and 3rd WPI Workshop on Materials Science), 福岡, 2017年5月18日
2. Yoichi M. A. Yamada, Takuma Sato, Aiko Nakao, Yasuhiro Uozumi, Silicon Nanostructure-Stabilized Palladium Nanoparticles (SiNS-Pd): Reductive Alkylation of Amines with Hydrogen and Its Application to Flow Synthesis, 19th INTERNATIONAL SYMPOSIA ON ORGANOMETALLIC CHEMISTRY DIRECTED TOWARDS ORGANIC SYNTHESIS (OMCOS19), 濟州島 (韓国), 2017年6月29日
3. Heeyoel Baek, Yoichi M. A. Yamada, Yasuhiro Uozumi, Development of Highly Reusable Silicon Nanowire Array-Stabilized Metal Nanoparticle Catalysts for Hydrogenation, 19th INTERNATIONAL SYMPOSIA ON ORGANOMETALLIC CHEMISTRY DIRECTED TOWARDS ORGANIC SYNTHESIS (OMCOS19), 濟州島 (韓国), 2017年6月27日
4. Aya Ohno, Yoichi M. A. Yamada, Takuma Sato, Yasuhiro Uozumi, Development of Highly Reusable Silicon Nanowire Array-Stabilized Metal Nanoparticle Catalysts for Hydrogenation, 19th INTERNATIONAL SYMPOSIA ON ORGANOMETALLIC CHEMISTRY DIRECTED TOWARDS ORGANIC SYNTHESIS (OMCOS19), 濟州島 (韓国), 2017年6月29日

(4)知財出願

① 国内出願 (1件)

1. 脂肪族炭化水素及び一酸化炭素の製造方法, 山田陽一, ベクヒョル, 魚住泰広, 理研, 2017年6月6日, 特願 2017-111492

② 海外出願 (1件)

1. HYDROGENATION CATALYST, Audrey Moores, Chao-Jun Li, Reuben Hudson, Yasuhiro Uozumi, Takao Osako, Yoichi Yamada, McGill University, 2012年12月21日 App # 61740628, Canada

③ その他の知的財産権

(他に記載すべき知的財産権があれば記入してください。(実用新案 意匠 プログラム著作権 等))
該当なし

(5)受賞・報道等

① 受賞

1. 山田陽一, 日本薬学会学術振興賞, 平成 28 年 3 月 26 日
2. 藤川茂紀, ISIT ナノテクノロジー賞, 平成 27 年 10 月 1 日

②マスコミ(新聞・TV等)報道(プレス発表をした場合にはその概要も記入してください。)

1. 日本経済新聞 2016年10月2日 日刊 23ページ (全国紙版), 「進化する生物模倣」(藤川茂紀)
2. 化学工業日報, 2013年6月28日
3. 化学工業日報, 2013年11月19日
4. 鉄鋼新聞, 2013年11月19日
5. 日経産業新聞, 2013年11月25日
6. フジサンケイビジネスアイ, Science View, 2014年2月11日
7. 現代化学3月号 (研究成果紹介記事: FLASH), 2014年2月号
8. フジサンケイビジネスアイ, Science View, 2016年6月16日, 9ページ

2-7 は, 「(顕著な成果 山田, 藤川)シリコン基板から得られるシリコンナノ構造体とパラジウム塩より新奇シリコンナノ構造-パラジウムナノ粒子複合体を調製することで, 大面積・高アスペクト比ナノ空間構造体と触媒が融合した固定化触媒を開発した. 」に関するプレスリリースに対する報道
8 は, 「フェノール樹脂型高分子酸触媒の開発」に関するプレスリリースに対する照会

③その他

該当なし

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

該当なし(もしくは守秘義務のため記載できる事例なし)

② 社会還元的な展開活動

- ・2015年11月11日-13日 科学未来館で開催された「サイエンスアゴラ 2015」にて ACT-C ブースにて, ACT-C 代表として山田チームが単独で出展した.
- ・2015年1月28日-30日 東京ビックサイトで開催された「nano tech 2015 第14回 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議」において, ACT-C ブースにて, ACT-C 代表として山田チームが単独で出展した.
- ・得られた成果(巨大ナノ膜)について, 2016年ナノテクノロジー総合展示会に出展した.

§ 7. 研究期間中の活動

(2) 主なワークショップ, シンポジウム, アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2012年12月8日	チーム内ミーティング (非公開)	日本薬学会 永井記念館	3人	研究進捗報告のためのミーティング
2013年4月16日	チーム内ミーティング (非公開)	日本薬学会 永井記念館	3人	研究進捗報告のためのミーティング
2013年4月23日	チーム内ミーティング (非公開)	九州大学	3人	研究進捗報告のためのミーティング
2014年5月23日	チーム内ミーティング (非公開)	ブランピア 京都	2人	研究方向性議論のためのミーティング
2014年9月4日	チーム内ミーティング (非公開)	理化学研究所	3人	研究進捗報告のためのミーティング
2015年1月15日	チーム内ミーティング (非公開)	理化学研究所	3人	研究進捗報告のためのミーティング
2015年1月28-30日	2015 ナノテクノロジー 総合展示会	東京ビック サイト	(多数)	ACT-C 代表として成果について出展・ 展示 (アウトリーチ)
2015年11月11-13日	サイエンスアゴラ 2015	科学未来館	(多数)	ACT-C 代表として成果について出品・ 展示 (アウトリーチ)
2016年6月17日	チーム内ミーティング (非公開)	秋葉原	2人	研究進捗報告のためのミーティング
2016年9月8日	I2CNER セミナーシ リーズ	九州大学	60名	東工大 資源研 彌田智一先生を招聘 した公開セミナー
2017年2月3日	CO ₂ capture and utilization international workshop	九州大学	40名	CO ₂ 回収と有効活用に関して国内外の 講師を招聘したワークショップ
2017年3月17日	チーム内ミーティング (非公開)	同志社大学	2人	研究進捗報告のためのミーティング
2017年5月23日	チーム内ミーティング (非公開)	九州大学	2人	研究進捗報告のためのミーティング
2017年9月25日	チーム内ミーティング (非公開)	JST	2人	研究進捗確認のためのミーティング