

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 8 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25249114

研究課題名(和文) ナフサクラッカーを用いない新しいプロピレン接触合成法の開発

研究課題名(英文) Development of new synthesis methods of propene without using naphtha

研究代表者

岩本 正和 (Iwamoto, Masakazu)

中央大学・研究開発機構・機構教授

研究者番号：10108342

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,600,000円

研究成果の概要(和文)：現行の石油化学プロセスを低炭素消費型に転換するため、バイオエタノールからプロピレンを合成する触媒反応系、シェールガス由来エタンをエチレンに転換し、さらに二量化、メタセシスを経由してプロピレンを合成する触媒反応系、過酸化水素やアンモニアのようにエネルギー多消費型の反応を省エネ型へ転換する反応系を開発した。第一項目ではSc/In₂O₃を開発し、反応がアセトアルデヒド、アセトン経由で進んでいることを明らかにした。第二項目ではNi/SiO₂の高い触媒活性を見出し、反応が所期の機構で進んでいることを認めた。H₂O₂生成ではPt担持Pd触媒、NH₃生成ではプラズマ電極触媒法を開拓した。

研究成果の概要(英文)：In order to convert current petrochemical processes to low carbon consumption type, three catalytic reaction systems were developed for (1) synthesizing propylene from bioethanol, (2) converting shale gas-derived ethane to ethene, then to butenes, and finally to propene via metathesis, and (3) changing energy-intensive reactions such as hydrogen peroxide and ammonia formations into energy saving types. In the first item, we developed Sc/In₂O₃ and clarified that the reaction proceeds through acetaldehyde and acetone. In the second item, we found a high catalytic activity of Ni/SiO₂ and revealed that the reaction proceeds with the estimated mechanism. Pt-supported Pd catalysts were developed for H₂O₂ production and plasma electrode catalyst method for effective NH₃ production.

研究分野：固体触媒化学

キーワード：プロピレン バイオエタノール シェールガス 過酸化水素 アンモニア プラズマ

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化あるいは人口爆発に対応するため、省資源省エネルギーであるばかりでなく、循環再利用が可能な新しい化学反応体系の確立が喫緊の課題となっている。本研究で検討する三つの分野の背景を紹介する。

一つ目は、エタノールをプラットフォーム化合物とする新しい接触反応系の開拓である。バイオエタノールはサトウキビやとうもろこしから、あるいはリグノセルロース等から大量かつ安価に製造できることが想定されている。我々は、このバイオエタノールを燃料ではなく、化学品合成の原料として用いることが出来れば、再生可能かつ現行石油化学を代替できる新しい反応系を構築できると考えている。その際、エタノールからエチレンを得る反応(単純脱水反応)は既に実現しているため、プロピレンの選択的製造を目的として研究した。その結果、酸化インジウム系触媒が高いプロピレン生成活性を示すこと、スカンジウム添加によって活性の長時間持続が可能になること等を世界で初めて見出し報告した。本研究では、この反応系を拡張し、新しいバイオエタノール化学の構築を目指すこととしている。当研究室で開発した触媒系は通常のゼオライト系触媒と異なり、世界最高の収率を与えるばかりでなく世界初の長寿命型である。

次に、シェールガスおよび天然ガスの利用について考える。これらのガスが主にメタンおよびエタンから成っており、二酸化炭素排出量の少なさ故に、石油代替燃料として多用されていることは周知である。特にシェールガスは製造コストの低減と相まって、生産量が急増している。現在、世界の化学工業ではこれらのガスを出発原料とする新しい化学大系を構築することが求められている。新しい反応系を実現するためには、エチレンを基軸とする新しい化学反応系の構築が必要になる。その際、脱水素、二量化、環化、酸化反応等とともにエチレン-プロピレン反応等のこれまで知られていなかった転換反応系の開拓が重要になる。我々は以前、シリカ多孔体とニッケルイオンが特異な層状構造体を形成すると、エチレンのプロピレンへの転換が効率的に進行することを見出した。本反応は、エチレン化学の再構成を可能とするものである。有機化成品の原料が原油から天然ガスに変化しつつある現在、最もニーズの大きな反応系を我々が先駆的に開拓したという意味で独創性が極めて高い。

最後に二つのエネルギー多消費型化学工業の改変の必要性を紹介する。一つは過酸化水素合成であり、もう一つはアンモニア合成である。両者ともに数十年～百年前に確立された工業が現在もなお連綿と続けられている。エネルギー多消費であるにもかかわらず、代替できる方法がないことが大きな原因である。本研究では、両反応に対する直接合成法の開拓に挑戦する。すなわち、前者では Pd

系触媒による H₂ と O₂ からの直接合成、後者ではプラズマ触媒法による H₂ と N₂ からのアンモニア合成にトライする。いずれの方法も、うまく展開できた場合は現行法を大きく転換する可能性を有している。

2. 研究の目的

現行の石油・石油化学プロセスは人類が長い年月をかけて構築した精緻な化学物質変換系であるが、原油およびエネルギーを大量に消費し、多くの二酸化炭素を排出しているため、早急な改善・転換が必要になっている。本研究では、この課題を解決するため、現行石油化学プロセスの基幹化合物であり生産量・需要の多いプロピレンに焦点を当てて、省エネルギー性に優れた持続可能な新しい化学反応プロセスの構築を検討する。具体的には、バイオマス由来エタノールやシェールガス(天然ガス)由来エタン/エチレン等をプラットフォーム化合物とする新しい炭化水素変換反応系の構築を目指す。また、関連化合物の合成系についても併せて検討する。適用する出発原料や検討する触媒反応は様々であるが、本研究が目指すところは持続可能な新しい化学工業への転換を図ることである。その際、研究計画策定、遂行に際し、当研究室で発見・創成した新触媒反応系をさらに拡張し、新化学大系を構築することを目指した。具体的には以下の三項目について集中的な検討を行い、新化学体系構築の基礎を築くこととした。

- (1) バイオエタノールのプロピレンおよび関連化合物への選択的触媒転換法の開発
- (2) 固体触媒による気相流通系メタセシス反応の拡張および反応機序解明
- (3) エネルギー多消費型石油化学プロセスの省エネルギー型新触媒反応系への転換

3. 研究の方法

3.1 バイオエタノールのプロピレンおよび関連化合物への選択的触媒転換法の開発

本項目では、バイオエタノールからプロピレンを選択的に生成する反応系を開拓する。また、これらの反応系をブタジエンや種々の含酸素化合物生成系に拡張し、エタノールを原料とする化学で達成可能な新しい反応系の全容を明らかにする。その際、それぞれの反応に活性な触媒の探索、その作用機構、反応機構の解明等を検討する。具体的な検討項目は以下の通りである。

(1) エタノールからプロピレンに至る反応の機構について検討する。本研究ではまず、パルス法を駆使して想定中間化合物の反応性を解明する。この反応では水共存あるいは水素添加系での実験が必要であるので、特注のパルス反応装置(現有)を用いる。

(2) IR による活性中間体の検出同定・反応性解明、DFT 計算による活性点作用機構の検討を実施する。第(1)、(2)項の検討により反応機構を解明する。

(3) 本反応系ではスカンジウム担持酸化インジウムを用いている、他に活性な触媒系があるかどうかを探索する。やや塩基性の中性酸化物に焦点を当てる。

(4) 例えばブラジルのように炭化水素資源をほとんどバイオエタノールに頼っている地域ではプロピレンとエチレンの併産が強く望まれている。我々は酸化セリウム系触媒が両者をほぼ等量生成することを認めている。現状の触媒活性を改良するとともに、プロピレン生成能とエチレン生成能を制御する因子の解明、そのコントロール法の開拓等を実施する。

(5) バイオエタノールを原料とする化学工業で生産が望まれている化成品は、ブタジエン等の炭化水素類、イソブタノール、アクリル酸等の含酸素化合物等に及んでいる。触媒活性因子と反応性や生成物分布との関連を追及し、新しい転換反応系の基礎を構築する。本研究によりバイオエタノールを中心に据えた新しい化学工業体系構築の可能性が明らかになると期待している。

3.2 固体触媒による気相流通系メタセシス反応の拡張および反応機序解明

本研究項目では、まずニッケルイオンによるメタセシス活性の作用機構解明を検討する。それと平行して、本反応がどの基質に適用可能であるかを実験的に見極め、適用可能範囲を確定する。それらの結果に基づいて、さらに触媒反応例を拡大し、実用的に重要な基質への適用等を実施する。

(1) これまでの研究で、触媒は層状ニッケルケイ酸塩類似の構造を取っていることが明らかになっている。しかし、Si/Ni 比が 2/1、1/1 のいずれであるかは不明であった。まず、この点を XRD、IR、EXAFS 等によって精査し、ニッケル周りの配位構造を決定する。

(2) 細孔径 2-5nm の範囲では細孔径が小さいほど ETP 反応に対する触媒活性が向上することを見出している。また、IR スペクトルから Si-O 五員環骨格および六員環骨格が細孔壁面に存在することを認めている。そこで本研究では、細孔径の変化による五員環と六員環の相対量の変化、その上での Ni の担持状態の変化を測定する。また、その時の触媒活性の変化も併せて測定する。

(3) 上記の検討を種々のシリカ原料 (TEOS、コロイダルシリカ等) から調製したナノ多孔体について実施する。Ni イオン担持法との関連も検討する。

(4) メタセシス活性がどのような基質に拡張できるか、どのような条件で発現するかを系統的に検討する。その結果に基づいて、実用的に重要な反応系への適用を図る。その際、本反応が気相流通系で進行可能という特徴を生かすため、大量の原料の効率的転換が必要な反応系、バッチ反応に適さない反応系等に焦点を絞って検討を進める。

3.3 エネルギー多消費型石油化学プロセスの省エネルギー型新触媒反応系への転換

上記ではプロピレン生産法を中心として検討する予定である。しかし、現行石油化学プロセスで多くのエネルギーを消費しているのはプロピレン製造工程ばかりではない。例えば、過酸化水素合成やアンモニア合成等では多段あるいは高温高圧反応が必須となっており、それらを省エネルギー型のプロセスに転換できる新触媒反応系の開拓が待ち望まれている。本研究ではこれらの反応系に対する新触媒反応系の開拓を試みる。

3.3.1 過酸化水素合成触媒の開拓

過酸化水素 H₂O₂ を H₂ と O₂ から直接合成する方法を検討し、現行のクメン法を代替できる新しい触媒プロセスを確立する。

(1) Pd 触媒系の反応機構を速度論的に解明する。その際、水素および酸素の水中での移動を考慮した速度式を導出し、速度解析を実施する。触媒活性点、真の律速段階等について知見を得る。

(2) Pd への HBr 添加効果の原因究明、担体効果の解明等を上記の速度論的手法で検討し、触媒活性向上を目指す。さらに DFT 計算を併用し、活性点構造を推定する。

(3) Pt 系触媒は水素活性化能に優れるが、酸化能が高すぎるため、H₂O₂ 生成能が低いことが知られている。触媒活性を落とさないで、選択性を改善するための第二触媒成分、担体、溶液系への添加剤を検討する。

3.3.2 新しいアンモニア合成系の開拓

本研究では、プラズマ触媒法によるアンモニア合成法の開拓を試みた。すなわち、これまでの大気圧プラズマ合成法を革新し、電極構造の最適化、電極金属種の最適化、N₂ と H₂ に対する分圧依存性、滞留時間依存性等を検討した。従来型の固体触媒、すなわち Fe 系あるいは Ru 系固体触媒とは異なる新しい触媒系を開発したい。

4. 研究成果

4.1 バイオエタノールのプロピレンおよび関連化合物への選択的触媒転換法の開発

(1) 本研究ではまずニッケルイオン担持シリカメゾ多孔体、酸化イットリウム - 酸化セリウム固溶体およびスカンジウム担持酸化インジウム (Sc/In₂O₃) を開発した。反応系への水や水素の添加、反応温度、流速等で収率や寿命は大きく変化した。現時点で、Sc/In₂O₃ が最も高い活性を与え、プロピレンの単流収率は 60% 超に達した。反応機構をパルス法や赤外分光法で検討したところ、アセトアルデヒド、酢酸、アセトンを経由していることが結論できた。わずか炭素 2 個の化合物であるエタノールをプラットフォームとする種々の反応系の構築が可能であることが明らかとなった。

(2) Sc/In₂O₃ 上での反応機構を詳細に検討し、まずエタノールのアセトアルデヒドへの脱水素がおこり、アセトアルデヒドが水 (あ

るいは表面水酸基)で酸化され酢酸を生成、酢酸がケトン化反応を起こし二酸化炭素を放出しながらアセトン生成、アセトンは共存水素あるいは反応系に添加した水素によってイソプロパノールへ水素化され、さらにプロピレンへ脱水することを明らかにした。

(3) $\text{In}(\text{OH})_3$ の沈殿熟成時の pH 依存性、 In_2O_3 そのものの焼成温度依存性、Sc 担持量依存性、 $\text{Sc}/\text{In}_2\text{O}_3$ の焼成温度依存性を調べた。沈殿熟成時の pH が上昇するに従い、 In_2O_3 の表面積が増大し、触媒寿命が延びることが明らかになった。これは、高 pH での熟成時に沈殿物の溶解再結晶が進むこと、高 pH ほど結晶核発生が起こりやすく、生成粒子が小粒子化し、高表面積になるためであることを明らかにした。焼成温度についても結晶成長との関係で最適温度を見出すことができた。これまでの結果に基づき、長寿命の触媒系を開発できた。

(4) バイオエタノール→イソブテン反応では鉄を添加した In_2O_3 が活性であることを見出したが、まだ触媒劣化が激しく、安定な活性を得られていない。

(5) ブタジエン生成についても検討し、種々の La_2O_3 含有複合酸化物系が高い活性を示し、アセトアルデヒド経由で生成していることを結論した。

4.2 固体触媒による気相流通系メタセシス反応の拡張および反応機序解明

(1) ニッケルイオン担持シリカメソ多孔体の調製法とニッケルイオン担持状態、反応機構の関連を追及した。シリカ上でニッケルイオンがフィロシリケート構造を取っていること、細孔壁上では 5 員環シリカ上に担持された Ni^{2+} が二量化活性を有していることを明らかにした。

(2) 他の金属酸化物が本反応に触媒作用を示すかどうかを検討した。第一遷移系列の金属を中心に触媒活性試験を行ったが、プロピレン収率はいずれの場合も 5% 以下であった。 $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ 等では比較的高い活性を与えたが、活性劣化が激しかった。

(3) エチレン以外のオレフィンを基質とした場合、二量化反応が進行しがたく、目的のメタセシス反応の実現には至らなかった。

4.3.1 過酸化水素合成触媒の開拓

(1) Pd を触媒とする過酸化水素の直接合成について検討した。Pd 上での酸素および水素の吸着状態、吸着ポテンシャルをガウシアン法で推測するとともに実験も行い、Pd がなぜ最適触媒となるかを明らかにした。また、現状の触媒活性を少々改良しても実用触媒とはなり得ないことをシミュレーションにより明示した。現在、これらの知見に基づいて、合成速度が大きい Pt 系の触媒特性改良を進めている。

(2) 一方、Pd 触媒では Pt の添加効果を検討した。Pd に Pt を極少量 ($\text{Pt}/\text{Pd} < 0.01$) 添加すると、水素の活性化能が 10 倍ほど向上し、

全体の反応速度が顕著に向上すること、一方、過酸化水素の生成量は Pd 単独の約半分程度に減少することを明らかにした。水素と酸素の吸着ポテンシャル等をガウシアン法で計算し、Pt 上での容易な水素活性化のため、全体の反応速度向上と生成 H_2O_2 の水素化分解が引き起こされることを明らかにした。

4.3.2 新しいアンモニア合成系の開拓

(1) 従来のアンモニア合成研究では Mo 等の錯体触媒を用いる均一溶液系での合成、プラズマによる窒素の活性化を利用したプラズマ触媒法の二つが研究途上である。本研究では、後者のプラズマ合成法の革新にトライした。電極構造の最適化研究の途上でウール状銅電極がこれまでのアンモニア合成に比べて格段に優れた結果を与えること、その合成効率は既存のプラズマ触媒法はもとより Fe 系あるいは Ru 系の固体触媒法をも凌駕することを見出した。現時点で常温常圧でのアンモニア収率は 3.5% に達し、論文等で知られている範囲で最も良い結果となっている。今後はこの成果がさらに伸びるように研究を続けたい。

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計 31 件、全て査読あり)

1. Ammonia synthesis on wool-like Au, Pt, Pd, Ag, or Cu electrode catalysts in non-thermal atmospheric-pressure plasma of N_2 and H_2 , M. Akiyama, K. Aihara, T. Deguchi, M. Tanaka, M. Iwamoto, ACS Catal., submitted.
2. Catalytic Property of Microporous and Mesoporous W-Zr Composite Oxide Prepared through a Wall Ion-Exchange Method, M. Tanaka, K. Kabeya, S. Hori, H. Ishitani, M. Iwamoto, Micro. Meso. Mater., submitted.
3. Catalysts for direct H_2O_2 synthesis taking advantage of high H_2 activating ability of Pt: Improvement of catalytic activity of Pd-PVP colloid with addition of 0.5 atom% Pt or Ir, T. Deguchi, H. Yamano, S. Takenouchi, M. Iwamoto, ACS Catal., submitted.
4. Remarkable catalysis of a wool-like copper electrode for NH_3 synthesis from N_2 and H_2 in non-thermal atmospheric plasma, K. Aihara, M. Akiyama, T. Deguchi, M. Tanaka, R. Hagiwara, M. Iwamoto, Chem. Commun., 52, 13560-13563(2016).
5. Three pathways to selective catalytic reduction of NO over Pt/Nb- AlMCM-41 under H_2 with excess O_2 , M. Komatsubara, A. Koga, M. Tanaka, R. Hagiwara, M. Iwamoto, Catalysis Science & Technology, 6, 7398-7407(2016).
6. Direct conversion of lignocellulosic biomass to water-soluble compounds using metal hydroxides in subcritical water, J.

- Morita, M. Iwamoto, J. Bioprocess Eng. Biorefinery, 10, 151-157(2016).
7. Degradation of deNOx performance of a urea-SCR system in in-use heavy-duty vehicles complying with the new long-term regulation in Japan and estimation of its mechanism, K. Koshika, N. Iwami, T. Ichikawa, H. Suzuki, T. Yamamoto, Y. Goto, M. Iwamoto, SAE paper, 0958 (2016).
 8. Catalysts for direct H₂O₂ synthesis taking advantage of the high H₂ activating ability of Pt: kinetic characteristics of Pt catalysts and new additive for improving H₂O₂ selectivity, T. Deguchi, H. Yamano, S. Takenouchi, M. Iwamoto, Catal. Sci. Technol., 6, 4232-4242(2016).
 9. 新長期規制対応尿素 SCR システム搭載量車の使用過程における前段酸化触媒の劣化メカニズムの推定、小鹿健一郎、岩見暢也、市川尊之、鈴木央一、山本敏朗、後藤雄一、岩本正和、自動車技術会論文集, 47(1), 203-208 (2016).
 10. Selective catalytic conversion of bio-ethanol to propene: a review of catalysts and reaction pathways, M. Iwamoto, Catal. Today, 242, 243-248 (2015).
 11. Preparation of porous MTiO_x (M=Cr, Mb, or W) composite oxides from a mesostructured material of titanium oxysulfate and surfactant micelles based on a wall ion exchange-calcination method, M. Tanaka, I. Suh, H. Takada, M. Iwamoto, Microporous Mesoporous Mater., 203, 274-281 (2015).
 12. Kinetic and mechanistic studies on direct H₂O₂ synthesis from H₂ and O₂ catalyzed by Pd in the presence of H⁺ and Br⁻ in water. A comprehensive paper, T. Deguchi, H. Yamano, M. Iwamoto, Catal. Today, 248, 80-90 (2015).
 13. Propene synthesis from ethene or ethanol: Catalysis and characterization of nickel ion-loaded mesoporous silica, M. Iwamoto, M. Tanaka, Comprehensive Guide for Mesoporous Materials, 1, 139-157 (2015).
 14. Selective production of aromatics from 2-octanol on zinc ion-exchanged MFI zeolite catalysts, M. Iwamoto, R. Takezawa, M. Morimoto, Catalysts, 5, 2122-2133 (2015).
 15. バイオエタノールからのプロピレン生産、岩本正和, 化学工学, 79, 304-306 (2015).
 16. Pulse and IR study on the reaction pathways for the conversion of ethanol to propene over scandium-loaded indium oxide catalysts, M. Iwamoto, M. Tanaka, S. Hirakawa, S. Mizuno, M. Kurosawa, ACS Catal., 4, 3463-3469 (2014).
 17. Surface structure of yttrium-modified ceria catalysts and reaction pathways from ethanol to propene, F. Hayashi, M. Tanaka, D. Lin, M. Iwamoto, J. Catal., 316, 112-120 (2014).
 18. Organic carbonate synthesis from CO₂ and alcohol over CeO₂ with 2-cyanopyridine: Scope and mechanistic studies, M. Honda, M. Tamura, Y. Nakagawa, K. Nakao, K. Suzuki, K. Tomishige, J. Catal., 318, 95-107 (2014).
 19. Catalytic CO₂ conversion to organic carbonates with alcohols in combination with dehydration system, M. Honda, M. Tamura, Y. Nakagawa, K. Tomishige, Catal. Sci. Technol., 4, 2830-2845 (2014).
 20. Direct synthesis of organic carbonates from CO₂ and alcohols using heterogeneous oxide catalysts, Y. Nakagawa, M. Honda, K. Tomishige, "Green Carbon Dioxide: Advances in CO₂ Utilization", Ed. by G. Centi, S. Perathoner, John Wiley & Sons 119-148 (2014).
 21. Direct cyclic carbonate synthesis from CO₂ and diol over carboxylation/hydration cascade catalyst of CeO₂ with 2-cyanopyridine, M. Honda, M. Tamura, K. Nakao, K. Suzuki, Y. Nakagawa, K. Tomishige, ACS Catal., 4, 1893-1896 (2014).
 22. Direct conversion of CO₂ with diols, aminoalcohols and diamines to cyclic carbonates, cyclic carbamates and cyclic ureas using heterogeneous catalysts, M. Tamura, M. Honda, Y. Nakagawa, K. Tomishige, J. Chem. Technol. Biotechnol., 89, 19-33 (2014).
 23. Yttrium-Modified Ceria as a Highly Durable Catalyst for the Selective Conversion of Ethanol to Propene and Ethene, F. Hayashi, M. Iwamoto, ACS Catalysis, 3, 14 (2013).
 24. Direct and Selective Production of Propene from Bio-Ethanol on Sc-Loaded In₂O₃ Catalysts, M. Iwamoto, S. Mizuno, M. Tanaka, Chem. Eur. J., 19, 7214 (2013).
 25. Direct hydrodeoxygenation of cellulose and xylan to lower alkanes on ruthenium catalysts in subcritical water, Y. Osaka, Y. Ikeda, M. Iwamoto, Biomass and Bioenergy, 56, 1 (2013).
 26. Preparation of Porous MO_x-ZrO₂ (M = W, Cr, Mo, and V) Composite Oxides through Wall Ion-Exchange Method, I. Suh, S. Hori, M. Tanaka, M. Iwamoto, Eur. J. Inorg. Chem., 4970-4975 (2013).
 27. Catalytic Properties of Surface Sites on Pd Clusters for Direct H₂O₂ Synthesis from H₂ and O₂: A DFT Study, T. Deguchi, M. Iwamoto, J. Phys. Chem. C, 177, 18540-18548 (2013).
 28. In₂O₃ 触媒上でのエタノールのプロピレ

- ンへの選択的転換、水野翔太・黒澤美佳・田中大土・岩本正和、触媒技術の動向と展望 2013、290 (2013).
29. ナノ反応場の精密調製と触媒反応の制御、岩本正和、触媒の設計・反応制御事例集、53, (2013).
 30. 形状選択性に頼らないでバイオエタノールを直接プロピレンに転換する、岩本正和、バイオインダストリー、30(5)、3, (2013).
 31. ゼオライトを使わないでバイオエタノールをプロピレンへ転換する、岩本正和、田中大土、触媒、55, 256-263(2013).

【学会発表】(計 45 件、抜粋)

1. 秋山眞緒、相原啓吾、田中大土、出口隆、岩本正和、「金属細線電極式大気圧非平衡プラズマによるアンモニアの分解」、日本化学会第 97 春季年会、触媒セッション、神奈川県横浜市、1A9-39、2017/3/16
2. 橋本龍、相原啓吾、田中大土、出口隆、岩本正和、「大気圧非平衡プラズマ法アンモニア合成における金属酸化物の共存効果」、日本化学会第 97 春季年会、触媒セッション、神奈川県横浜市、1A9-40、2017/3/16
3. 相原啓吾、橋本龍、出口隆、田中大土、岩本正和、「大気圧非平衡プラズマ法アンモニア合成における金属担持 Al₂O₃ の触媒活性」、日本化学会第 97 春季年会、触媒セッション、神奈川県横浜市、1A9-41、2017/3/16
4. 島野佳織、田中大土、岩本正和、「エタノールからブタジエンを合成するための TiO₂-ZrO₂ 系触媒の開発」、日本化学会第 97 春季年会、触媒セッション、神奈川県横浜市、3A9-01、2017/3/18
5. 【基調講演】M. Iwamoto, "Catalytic conversion of bio-ethanol to propene", APCAT-7, Mumbai, India, Keynote Lecture 10, Jan. 19, 2017.
6. 【招待講演】岩本正和、「CO₂ フリー社会を目指すエネルギー構造・産業構造とは」、第 47 回 Continuing Education シリーズ講習会、東京都文京区、2-1、2016/12/22
7. 秋山眞緒、出口隆、相原啓吾、田中大土、岩本正和、「プラズマ法アンモニア合成に対する電極金属種および実験回数の影響」、第 118 回触媒討論会、水素の製造と利用のための触媒技術とプロセスセッション、岩手県盛岡市、2E14、2016/9/22
8. 【招待講演】M. Iwamoto, M. Tanaka, "Nickel ion-loaded mesoporous silica as an active catalyst for conversion of ethene or ethanol to propene", EMN Meeting on Mesoporous Mater, Catalysis on porous materials I, Prague, Czech Republic, A10, Jun.14, 2016.
9. 島野佳織、村上麻希、田中大土、岩本正和、「Sc/In₂O₃ 触媒のプロピレン合成活性に対する Sc 担持量および焼成温度の効果」、日本化学会第 96 春季年会、触媒セッション、京都府京田辺市、2B2-01、2016/3/23
10. 田中大土、相原啓吾、秋山眞緒、出口隆、岩本正和、「アンモニア合成のための大気圧非平衡プラズマ触媒法の開発 (4) 反応中の活性窒素種の分光学的検討」、日本化学会第 96 春季年会、触媒セッション、京都府京田辺市、1B2-14、2016/3/24
11. 秋山眞緒、相原啓吾、田中大土、出口隆、岩本正和、「アンモニア合成のための大気圧非平衡プラズマ触媒法の開発 (2) 電極金属種による触媒活性の変化」、日本化学会第 96 春季年会、触媒セッション、京都府京田辺市、3B2-37、2016/3/26
12. 相原啓吾、田中大土、萩原理奈、出口隆、岩本正和、「大気圧プラズマ法アンモニア合成に対するウール状銅電極の顕著な触媒作用」、第 117 回触媒討論会、大阪府堺市、2A03、2016/3/22
13. 【招待講演】M. Iwamoto, M. Tanaka, "Friedel-Crafts Alkylation on Mesoporous W-Zr Composite Oxide", 5th International Conference on Nanotek & Expo, San Antonio, USA, Nov.16, 2015.
14. M. Iwamoto, M. Tanaka, "One-step and selective conversion of bio-ethanol to propene on scandium-loaded In₂O₃ catalysts", ECCE10 + ECAB3 + EPIC5, 3rd Eur. Cong. Appl. Biotech., Nice, France, S02-345, Sep.30-Oct. 1, 2015.

【図書】 なし

【産業財産権】 なし

【その他】

ホームページ等

<http://www.chem.chuo-u.ac.jp/~iwamotolab/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

岩本正和 (Iwamoto, Masakazu)
中央大学・研究開発機構・機構教授
研究者番号：1 0 1 0 8 3 4 2

(2)研究分担者

田中大土 (Tanaka, Masashi)
中央大学・研究開発機構・機構助教
研究者番号：0 0 5 2 8 0 0 2

(3)研究分担者

本田正義 (Honda, Masayoshi)
中央大学・研究開発機構・機構助教
研究者番号：7 0 7 3 4 0 7 8