

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H05049

研究課題名（和文）高周波電磁界の印加によるバイオマスの高効率電解酸化

研究課題名（英文）Electrolytic oxidation of biomass under RF electromagnetic field

研究代表者

椿 俊太郎 (Tsubaki, Shuntaro)

東京工業大学・物質理工学院・助教

研究者番号：90595878

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,200,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究ではバイオマス変換に有効な触媒と、本触媒に特異的に電磁波エネルギーを印加することが可能な高周波化学反応装置群を開発した。さらに、本装置群を改良し反応中に *in situ* で触媒構造やバイオマス構造を観測することができる *in situ* Raman測定、*in situ* XAFS測定、*in situ* 誘電率測定システムを開発した。これらの装置を用い、高周波を照射することにより、ポリオキソメタレートを経た触媒反応が加速されることを実証した。さらに、本手法はバイオマスの可溶性反応や凍結乾燥、CO₂回収などさまざまな化学プロセスにも適用可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、電磁波を用いて効果的に触媒反応を駆動し、バイオマス変換反応を促進する方法論を確立した。従来のマイクロ波装置は発振周波数が2.45GHzに限られてきたが、物質の誘電特性は周波数に依存して大きく変化する。そこで、電解質の触媒が高周波帯域に電磁波吸収を示すことに着目して、新たに高周波化学反応装置群を開発した。本装置を用いて、高周波によって特異的に反応が促進されることを実証した。さらに、本装置はバイオマス変換反応のみならず、様々な化学プロセスにも応用可能であった。これらの電磁波駆動化学反応は、太陽光や風力などをもとに駆動する、再生可能エネルギー時代に新化学プロセスとして期待される。

研究成果の概要（英文）：This research demonstrated the synergistic effects of radiofrequency-sensitive catalysts and the application of radiofrequency for activation of catalytic reactions via polyoxometalates. *In situ* observation systems (such as *in situ* Raman, *in situ* XAFS, *in situ* dielectric constant measurement systems) were developed for elucidation of structures of catalyst and biomass during the reactions under electromagnetic waves. By using the above devices, the electrochemical water oxidation reaction via polyoxometalate was accelerated by irradiating a 200 MHz radiofrequency. Moreover, these devices were also effective in various chemical processes not only biomass conversion reactions but also freeze-drying, and CO₂ recovery.

研究分野：バイオマス、触媒化学、マイクロ波化学

キーワード：バイオマス 高周波 マイクロ波 ポリオキソメタレート 電解酸化

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

難分解性のリグノセルロース系バイオマスは、化石資源に代わる炭素資源として有望視される。従来のバイオマス分解法では厳しい水熱条件や強酸・強アルカリ触媒・強酸化剤の多用、変換効率の低さが重大な課題である。

研究代表者の既往の研究において、電磁波の一種であるマイクロ波照射の下でバイオマスを水熱処理することで、通常の外部加熱と比較して短時間・低温の条件でバイオマス構成成分を分離する手法を確立してきた。しかし、バイオマスの水熱反応は 200℃以上に達する高温反応であるため実用性に乏しい。一方、バイオマス変換に有効な触媒を用い、さらに、本触媒に特異的に作用し活性を向上することができる電磁波を照射することで、リグノセルロース系バイオマスの高効率な分解を促すことができると期待される。

研究代表者は、これまでにポリオキシメタレート系を酸触媒として用い、マイクロ波照射下で糖質系バイオマスを分解する方法を考案するとともに、マイクロ波照射下にてプロトン型ポリオキシメタレートの触媒活性が高いことを見出してきた。また、ポリオキシメタレートを活性炭などのマイクロ波吸収性に優れた担体に担持した電磁波駆動触媒を開発し、本触媒が効果的にマイクロ波エネルギーを吸収しつつ、繰り返し利用可能な触媒として有効であることを示した。さらに、プロトン型ポリオキシメタレートが 300 MHz 以下の高周波帯域において、特異的な電磁波吸収を示すことを発見し、本現象が水溶液中のプロトンが高速移動する、「プロトンリレー」に起因することを明らかにした。これらの結果から、ポリオキシメタレートに選択的な高周波を印加することにより、ポリオキシメタレートのプロトン共役電子移動 (PCET) による酸化還元サイクルが加速され、リグノセルロース系バイオマスを効果的に分解できると考えられた。さらに、その他の金属酸化物触媒や担持金属触媒などにおいても、触媒の誘電特性を精査し、触媒の電磁波吸収構造の最適化と触媒の誘電特性に適した周波数の電磁波を照射することで、触媒活性の向上をすることができると期待される。

2. 研究の目的

本研究では、リグノセルロース系バイオマス変換に適した触媒を探索するとともに、本触媒に特異的にエネルギー供給が可能な電磁波化が化学反応装置を開発し、高周波を用いた化学反応が可能な誘電加熱装置を開発することを目的とした。複数周波数の高周波を印加し触媒反応に適した周波数を探索できる装置を設計・開発した。つづいて、反応中の触媒構造やバイオマスの構造を分析する手法として、*in situ* Raman、*in situ* 電気化学測定、*in situ* XAFS、*in situ* 比誘電率測定などの手法を確立した。これらの装置を用いて、バイオマスのモデル基質やリグノセルロースの分解反応として、電気化学反応や加溶媒分解反応、イオン液体による可溶化などの有効性を検証した。

3. 研究の方法

3-1. 電磁波化学反応装置開発

従来、木材乾燥、食品解凍、医療用機器、プラスチック加工向けに用いられてきた高周波誘電加熱装置を参考にし、新たに高周波化学反応装置を開発した(図1)。シグナルジェネレーター (8648C および N5173B, Keysight Technologies)、広帯域高周波増幅装置 (ZHL-100W-GAN+, Mini-Circuits, frequency range 20-500 MHz, and max output 100 W)、インピーダンス整合器 (バリコン) を組み合わせて、高周波発振器 (27 MHz および 200 MHz) を作製した。高周波照射中の入力電力は方向性結合器に接続したパワーセンサーを介してパワーメーターでモニターした。

また、平行平板型のアプリケーションを作製し、中央部に試験管が入る部分を設け、化学反応が可能な小型高周波誘電加熱装置 (出力 100 W) を作製した。反応中の温度は、赤外放射温度計 (石英表面型、および石英透過型)、光ファイバー温度計、サーモグラフィーなどを併用することで、高周波加熱による高精度で温度分布を観察した。

さらに、本装置の改良版として、誘電加熱型キャビティ (平行平板型、空洞共振器型、誘電体空洞共振器型) や、平行平板電極と反応液が接液する通電加熱型のアプリケーションを開発し、水熱反応だけでなく、固-液反応、気-固反応、電気化学反応などの、様々な触媒反応系へ応用が可能な装置群として整備した(図2)。発振器についても、27MHz 専用発振器、および S₁₁ 測定により自動で共振周波数を追従することが可能な 200MHz 発振器を開発し、効率的に高周波を照射することが可能となった。

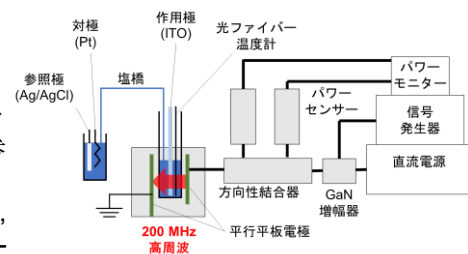


図1, 本研究で開発した高周波化学反応装置の概要(平行平板・誘電加熱型)

平行平板型 (誘電式) 平行平板型 (通電式)

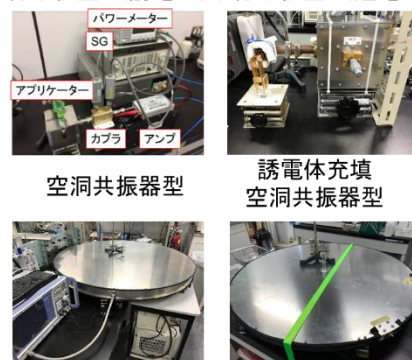


図2, 本研究で開発した高周波化学反応装置群

3-2. 電磁波化学反応中のその場観察手法の確立

これまでに、バイオマス変換反応にマイクロ波を適用する研究例は広く報告されているが、多くは現象論的な報告にとどまっており、なぜ反応が促進されるのか十分に理解されていない。そこで、本課題において、高周波照射中の触媒構造の変化やバイオマスの構造変化を直接観測することができる装置群を開発した(図3)。高周波アプリケーションやマイクロ波キャビティ(915MHz, 2.45 GHz, 5.8 GHz)に、分光測定に適した窓穴を配置し、Raman 分光や XAFS 測定が可能な共振器を設計した。金属酸化物触媒系には Raman 測定が適しており、担持金属触媒については XAFS 測定によって担持金属選択的に酸化状態や局所構造を測定することができた。さらに、共振器内部の共振周波数から、触媒の酸化状態やリグノセルロース系バイオマスの分解状態を直接観測する方法を確立した。

3-3. バイオマス分解反応への応用

上記の開発装置を用いて、バイオマスの触媒的分解反応を行った。上記概念を実証するモデル反応系として、ポリオキシメタレート触媒に選択的に電磁波を照射することが可能な高周波装置を用いて、ポリオキシメタレートを介した水の電気化学的酸化分解反応を行った。また、バイオマスの反応性を高めるための可溶化技術の開発として、可溶媒分解やイオン液体によるセルロースの可溶化への電磁波照射の有効性を実証した。上記開発装置はバイオマス変換反応のみならず、凍結乾燥促進や、アミン吸収液からの CO₂ 回収など、幅広い化学プロセスにも適用可能性を検証した。

4. 研究成果

4-1. 電磁波化学反応装置開発

誘電加熱型装置として、平行平板型、および TM₀₁₀ モード型の空洞共振器型の誘電加熱キャビティ、および通電加熱型装置を開発した(図1)。また、200MHz は波長が長く、空気を充填したキャビティのサイズが大きくなる。一方、誘電体を充填することにより波長が短縮されるため、空洞共振器の小型化が可能であり、誘電体(テフロン)充填キャビティによる小型化も図った。空洞共振器型、平行平板電極による通電加熱型および誘電加熱型装置について、ベクトルネットワークアナライザを用いた S₁₁ 測定により、試料の液量、種類、温度、周波数によるマッチング特性を系統的に調べた。最適マッチング条件により効率的なバイオマスの加熱が可能であることを示した。

4-2. 電磁波化学反応中のその場観察手法の確立

電磁波 *in situ* ラマン分光装置: 高周波装置装置アプリケーションの窓穴を介して Raman 分光(532 nm, 785nm)測定装置を開発した。本装置を用いて WO₃ を触媒として、バイオマスのモデルとしてアルコールの脱水反応を行った。Raman 測定により、マイクロ波照射下において WO₃ 表面の還元が促進され、形成された酸点にてアルコールの分子内脱水反応が促進されることを見出した(図4)。本成果は、Industrial and Engineering Chemistry Research 誌(Suppl. Cover)に掲載された。

電磁波 *in situ* X線吸収微細構造(XAFS): *In situ* ラマン分光分析は蛍光に弱くかつラマン不活性な物質について追跡できない点が課題である。そこで、電磁波照射中に XAFS 測定が可能な *in situ* 観測系を構築した。KEK-IMSS PF において、マイクロ波帯域の電磁波照射中の触媒の XANES および EXAFS 測定に成功し、活性点となる Pt の局所温度を推測することに成功した(図5)。本研究成果は Communications Chemistry 誌に掲載された。

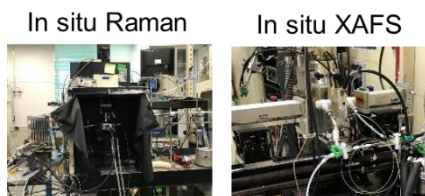


図3, 本研究で開発した電磁波 *in situ* Raman 測定装置、および、*in situ* XAFS 測定装置

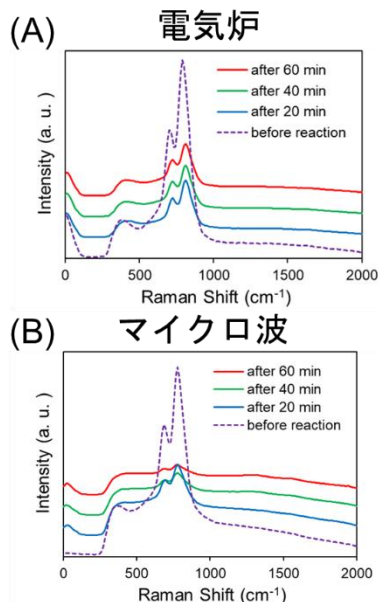


図4, 2-プロパノールの脱水反応中の WO₃ 触媒の *in situ* Raman 測定。(A) 電気炉、(B) マイクロ波

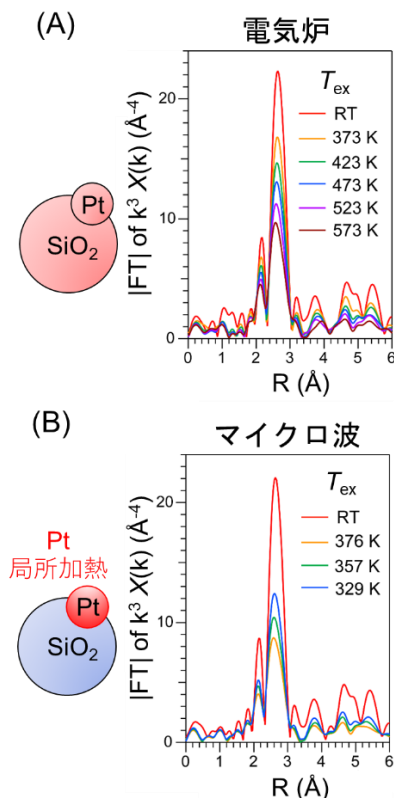


図5, マイクロ波 *in situ* XAFS を用いた Pt/SiO₂ 触媒の Pt 上に生じる局所温度の解析。

電磁波 *in situ* 共振周波数測定: 電磁波によってバイオマスの構造を直接追跡する手法を確立した。誘電加熱中のバイオマス試料の変化を共振周波数の変化としてとらえ、反応中の触媒 (図 6) やバイオマスの化学変化を追跡する方法として利用できることを明らかにした。本手法は、分光装置を用いることなく、バイオマスや触媒の構造変化を簡単に直接追跡できる手法として有力である。本成果は、**Green Chemistry** 誌や **ACS Omega** 誌に掲載され、それぞれ、**Front Cover** および **Suppl. Cover** として選出された。

4-3. バイオマス分解反応への応用

本課題の概念実証として、本装置を用いてモデル反応系において高周波とポリオキシメタレートとの相互作用を確認した。三電極系の電気化学セルを高周波アプリケーション内に設置し、水の酸化分解活性を有するポリオキシメタレート水溶液 ($[\text{Ru}_4(\mu\text{-O})_4(\mu\text{-OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4(\gamma\text{-SiW}_{10}\text{O}_{36})_2]^{10-}$) を加えた。アプリケーション内に作用極を配置し、ポテンショスタットで電位をかけながらパルス的に高周波を印加した。水の酸化分解が生じる電位において、高周波パルスを入力電力に応じて酸化電流の増大が見られた。一方、導波管型のアプリケーションを用いて **2.45GHz** のマイクロ波を照射した場合は、上記のような応答は観測されなかった。

また、触媒の高周波の吸収性の向上を意図して、対イオンの交換による誘電特性の向上を図った。ポリオキシメタレートの誘電特性がカチオンの移動度に大きく依存することに着目し、イオン交換樹脂を用いて移動度の大きい H^+ を導入し、置換度の異なる H^+ 型ポリオキシメタレートを作製した。 H^+ の置換度が上がるにつれて、高周波帯域の損失 (導電損失) が大きくなったことから、高周波応答性の向上が確認された (図 8)。このような反応加速は **2.45GHz** や重水素置換型では生じなかった。さらに、本触媒を用いて反応を行った場合、高周波の照射による酸化電流の向上がより大きくなることを見出した。これは、ポリオキシメタレートの H^+ が高周波エネルギーを吸収することにより **PCET** 過程を加速し、水の酸化を促進していることによるものと考えられた。本研究成果は **Chemical Communications** 誌に掲載され、本誌の **Back Cover** に選出された。

さらに、バイオマスは固体であるため、触媒と効果的に接触するためには、構成分子を可溶化する必要がある。そこで、エチレングリコールを用いた加溶媒分解やセルロースのイオン液体への可溶化にも有効であることを見出した。これらの成果は、**Biomass and Bioenergy** 誌や、**Physical Chemistry Chemical Physics** 誌 (**Back Cover**) に掲載された。

上記の通り、本研究において、バイオマス変換触媒に有効な電磁波化学反応装置群の開発に成功するとともに、本触媒の加速効果を理解する *in situ* 観測装置群を用いて、電磁波照射中のモデル反応中の触媒構造を直接観測し、触媒表面の酸化状態が電磁波による活性向上に寄与していることを示した。さらに、高電磁波吸収特性ポリオキシメタレートと高周波の組み合わせにより、特異的な反応加速が生じることを実証した。これらの電磁波化学反応装置群は、バイオマス変換反応に有効であるとともに、凍結乾燥促進やアミン吸収液からの CO_2 回収にも有効であることを見出し、これらの成果は **RSC Advances** 誌や **ACS Sustainable Chemistry and Engineering** 誌 (**Supple Cover** 選出) に掲載され、広い適用可能性を示すことができた。

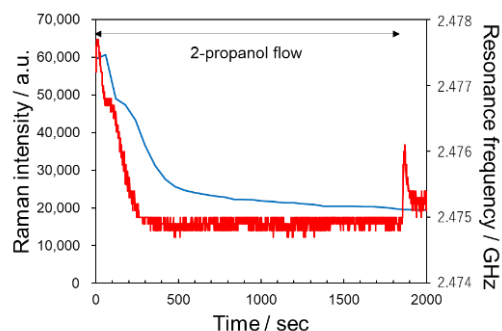


図 6, マイクロ波 *in situ* 比誘電率測定を用いた WO_3 触媒の酸化状態のリアルタイム観測。

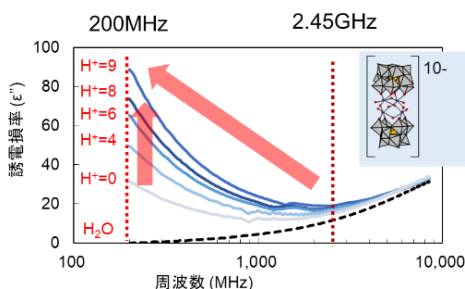


図 7, $[\text{Ru}_4(\mu\text{-O})_4(\mu\text{-OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4(\gamma\text{-SiW}_{10}\text{O}_{36})_2]^{10-}$ のプロトン置換による誘電損率の向上。

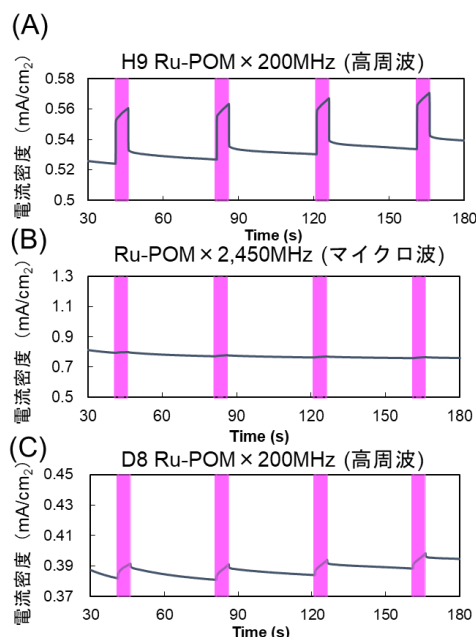


図 8, $[\text{Ru}_4(\mu\text{-O})_4(\mu\text{-OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4(\gamma\text{-SiW}_{10}\text{O}_{36})_2]^{10-}$ を介した水の電界酸化反応中の高周波による反応加速。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計33件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Tsubaki Shuntaro, Higuchi Tomoki, Matsuzawa Tomoki, Fujii Satoshi, Nishioka Masateru, Wada Yuji	4. 巻 5
2. 論文標題 Real-Time Facile Detection of the W03 Catalyst Oxidation State under Microwaves Using a Resonance Frequency	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Omega	6. 最初と最後の頁 31957 ~ 31962
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsomega.0c04862	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 Tsubaki Shuntaro, Nishimura Hiroshi, Imai Tomoya, Onda Ayumu, Hiraoka Masanori	4. 巻 10
2. 論文標題 Probing rapid carbon fixation in fast-growing seaweed <i>Ulva meridionalis</i> using stable isotope ¹³ C-labelling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-77237-1	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 Tsubaki Shuntaro, Furusawa Kosuke, Yamada Hidetaka, Kato Tsuguhiro, Higashii Takayuki, Fujii Satoshi, Wada Yuji	4. 巻 8
2. 論文標題 Insights into the Dielectric-Heating-Enhanced Regeneration of CO ₂ -Rich Aqueous Amine Solutions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Sustainable Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 13593 ~ 13599
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acssuschemeng.0c05342	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 Ano Taishi, Tsubaki Shuntaro, Liu Anyue, Matsuhisa Masayuki, Fujii Satoshi, Motokura Ken, Chun Wang-Jae, Wada Yuji	4. 巻 3
2. 論文標題 Probing the temperature of supported platinum nanoparticles under microwave irradiation by in situ and operando XAFS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Communications Chemistry	6. 最初と最後の頁 86
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42004-020-0333-y	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 Hiraoka Masanori, Kinoshita Yutaro, Higa Motoki, Tsubaki Shuntaro, Monotilla Alvin P., Onda Ayumu, Dan Akinori	4. 巻 10
2. 論文標題 Fourfold daily growth rate in multicellular marine alga <i>Ulva meridionalis</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 12606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-69536-4	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 該当する

1. 著者名 樋口 智貴、松沢 智輝、椿 俊太郎、藤井 知、和田 雄二	4. 巻 4
2. 論文標題 マイクロ波照射下での W03 触媒を介した 2-プロパノールの脱水反応の in situ / operando 観測	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本電磁波エネルギー応用学会論文誌	6. 最初と最後の頁 16 ~ 23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32304/jemeajournal.4.0_16	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 阿野 大史、椿 俊太郎、劉 安越、田 旺帝、本倉 健、藤井 知、和田 雄二	4. 巻 4
2. 論文標題 金属酸化物に担持した金属ナノ粒子におけるマイクロ波発熱現象	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本電磁波エネルギー応用学会論文誌	6. 最初と最後の頁 29 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32304/jemeajournal.4.0_29	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 椿 俊太郎、西岡 将輝、和田 雄二	4. 巻 29
2. 論文標題 半導体式マイクロ波装置を用いたバイオマスの「超」急速熱分解	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 クリーンエネルギー	6. 最初と最後の頁 55-61
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Masayuki Matsuhisa, Shuntaro Tsubaki, Fuminao Kishimoto, Satoshi Fujii, Iku Hirano, Masahiro Horibe, Eiichi Suzuki, Ryota Shimizu, Taro Hitosugi, Yuji Wada	4. 巻 124
2. 論文標題 Hole accumulation at the grain boundary enhances water oxidation at -Fe2O3 electrodes under microwave electric field	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Chemistry C	6. 最初と最後の頁 7749-7759
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b11179	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 Tsubaki Shuntaro, Matsuzawa Tomoki, Suzuki Eiichi, Fujii Satoshi, Wada Yuji	4. 巻 59
2. 論文標題 Operando Raman Spectroscopy of the Microwave-Enhanced Catalytic Dehydration of 2-Propanol by WO3	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Industrial & Engineering Chemistry Research	6. 最初と最後の頁 1781 ~ 1788
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.9b03876	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 Tsubaki Shuntaro, Nakasako Yuki, Ohara Noriko, Nishioka Masateru, Fujii Satoshi, Wada Yuji	4. 巻 22
2. 論文標題 Ultra-fast pyrolysis of lignocellulose using highly tuned microwaves: synergistic effect of a cylindrical cavity resonator and a frequency-auto-tracking solid-state microwave generator	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Green Chemistry	6. 最初と最後の頁 342 ~ 351
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9GC02745A	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 Ano Taishi, Maitani Masato M., Sato Yuka, Tsubaki Shuntaro, Wada Yuji	4. 巻 8
2. 論文標題 Drastic Microwave Heating of Percolated Pt Metal Nanoparticles Supported on Al2O3 Substrate	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Processes	6. 最初と最後の頁 72 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/pr8010072	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 Sanchez Pablo B., Tsubaki, Padua Agilio A. H., Wada Yuji	4. 巻 22
2. 論文標題 Kinetic analysis of microwave-enhanced cellulose dissolution in ionic solvents	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 1003 ~ 1010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9CP06239D	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 Tsubaki Shuntaro, Oono Kiriyo, Onda Ayumu, Kadono Takashi, Adachi Masao, Mitani Tomohiko	4. 巻 130
2. 論文標題 Microwave-assisted solubilization of microalgae in high-temperature ethylene glycol	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biomass and Bioenergy	6. 最初と最後の頁 105360 ~ 105360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biombioe.2019.105360	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 Tsubaki Shuntaro, Oono Kiriyo, Onda Ayumu	4. 巻 5
2. 論文標題 Fractionation of plant-cuticle-based bio-oils by microwave-assisted methanolysis combined with hydrothermal pretreatment and enzymatic hydrolysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e01887 ~ e01887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.heliyon.2019.e01887	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 Kishimoto Fuminao, Matsuhisa Masayuki, Imai Takashi, Mochizuki Dai, Tsubaki Shuntaro, Maitani Masato M., Suzuki Eiichi, Wada Yuji	4. 巻 10
2. 論文標題 Remote Control of Electron Transfer Reaction by Microwave Irradiation: Kinetic Demonstration of Reduction of Bipyridine Derivatives on Surface of Nickel Particle	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 3390 ~ 3394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.9b00629	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 榎 俊太郎	4. 巻 61
2. 論文標題 マイクロ波駆動固体触媒反応の最前線	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 触媒	6. 最初と最後の頁 312-312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 恩田歩武, 榎俊太郎, 平岡雅規	4. 巻 61
2. 論文標題 海藻バイオマスの効率的な利活用のための触媒変換技術	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 触媒	6. 最初と最後の頁 215-221
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 榎 俊太郎, 和田雄二	4. 巻 6月号
2. 論文標題 マイクロ波を用いた固体触媒反応	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 27-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 榎 俊太郎	4. 巻 73
2. 論文標題 電磁波照射効果を「見る」-「その場」観察を駆使した電磁波駆動化学の理解	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 化学と工業	6. 最初と最後の頁 27-33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Tsubaki, S., Hayakawa, S., Ueda, T., Mitani, T., Suzuki, E., Fujii, S., Wada Y.	4. 巻 11
2. 論文標題 Proton-enhanced dielectric properties of polyoxometalates in water under radio-frequency electromagnetic waves	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma11071202	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 Tsubaki, S., Matsuzawa, T., Fujii, S., Suzuki, E., Kanamori, H., Hoshino, T., Hosoda, S., Wada, Y.	4. 巻 2019 No.9
2. 論文標題 In situ Raman monitoring of dielectric-heating-enhanced freeze-drying under different electromagnetic wave frequencies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 RSC Advances	6. 最初と最後の頁 9001-9005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C9RA00981G	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 Haneishi, N., Tsubaki, S., Abe, E., Maitani, M.M., E.-I.Suzuki, Fujii, S., Fukushima, J., Takizawa, H., Wada, Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Enhancement of Fixed-bed Flow Reactions under Microwave Irradiation by Local Heating at the Vicinal Contact Points of Catalyst Particles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 222
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-018-35988-y	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 Tsubaki, S., Hayakawa, S., Ueda, T., Fujii, S., E.-I. Suzuki, Zhang, J., Bond, A., Wada, Y.	4. 巻 55
2. 論文標題 Radio frequency alternating electromagnetic field enhanced tetraruthenium polyoxometalate electrocatalytic water oxidation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 1032-1035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC07642A	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 該当する

1. 著者名 Fuminao Kishimoto, Kah Hon Leong, Shinichiro Kawamura, Naoto Haneishi, Shuntaro Tsubaki, Yuji Wada	4. 巻 46
2. 論文標題 Acceleration of Water Electrolysis by Accumulation of Microwave Energy at a Pt Disk Electrode	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1593-1596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.170686	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 Satoshi Fujii, Shuntaro Tsubaki, Naomi Inazu, Eiichi Suzuki, Yuji Wada	4. 巻 10
2. 論文標題 Smelting of Scandium by Microwave Irradiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma10101138	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 Yokawa Hiroshi, Mutou Hirokazu, Tsubaki Shuntaro, Haneishi Naoto, Fuji Takashi, Asano Norio, Kashimura Keiichiro, Mitani Tomohiko, Fujii Satoshi, Shinohara Naoki, Wada Yuji	4. 巻 7
2. 論文標題 Water Vaporization from Deposited Sand by Microwave Cavity Resonator	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Civil & Environmental Engineering	6. 最初と最後の頁 279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4172/2165-784X.1000279	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 Satoshi Horikoshi, Takashi Minagawa, Shuntaro Tsubaki, Ayumu Onda, Nick Serpone	4. 巻 7
2. 論文標題 Is selective heating of the sulfonic acid catalyst AC-SO3H by microwave radiation crucial in the acid hydrolysis of cellulose to glucose in aqueous media?	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Catalysts	6. 最初と最後の頁 231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/catal7080231	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 Naoto Haneishi, Shuntaro Tsubaki, Masato M. Maitani, Eiichi Suzuki, Satoshi Fujii, Yuji Wada	4. 巻 56
2. 論文標題 Electromagnetic and Heat-Transfer Simulation of the Catalytic Dehydrogenation of Ethylbenzene under Microwave Irradiation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Industrial and Engineering Chemistry Research	6. 最初と最後の頁 7685-7692
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.iecr.7b01413	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 Ayumu Onda, Sayuri Onda, Miyuki Koike, Kazumichi Yanagisawa, Shuntaro Tsubaki, Masanori Hiraoka	4. 巻 9
2. 論文標題 Catalytic Hydrolysis of Polysaccharides Derived from Fast-Growing Green Macroalgae	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 CHEMCATCHEM	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/cctc.201700100	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 椿俊太郎	4. 巻 37
2. 論文標題 マイクロ波を用いた植物由来の機能性物質のグリーンな抽出技術	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 機能材料	6. 最初と最後の頁 18-25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Yuji Wada, Satoshi Fujii, Eiichi Suzuki, Masato M. Maitani, Shuntaro Tsubaki, Satoshi Chonan, Miho Fukui, Naomi Inazu	4. 巻 7
2. 論文標題 Smelting Magnesium Metal using a Microwave Pidgeon Method	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 46512
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/srep46512	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 Jun Fukushima, Shuntaro Tsubaki, Tomoki Matsuzawa, Keiichiro Kashimura, Tomohiko Mitani, Tomoaki Namioka, Satoshi Fujii, Naoki Shinohara, Hirotsugu Takizawa, Yuji Wada	4. 巻 11
2. 論文標題 Effect of Aspect Ratio on the Permittivity of Graphite Fiber in Microwave Heating	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 169
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma11010169	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56件(うち招待講演 2件/うち国際学会 13件)

1. 発表者名 榎 俊太郎
2. 発表標題 電磁波で操る化学反応
3. 学会等名 第3回 産総研化学研究シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎 俊太郎
2. 発表標題 マイクロ波照射固体触媒反応のその場観測
3. 学会等名 四国マイクロ波プロセス研究会第18回フォーラム(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ano Taishi, Liu Anetsu, Tsubaki Shuntaro, Fujii Satoshi, Motokura Ken, Chun Wang Jae, Wada Yuji
2. 発表標題 Demonstration of local heating of supported Pt nanoparticles under microwave irradiation by in situ EXAFS
3. 学会等名 17th International Conference on Microwave and High Frequency Heating(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Matsuhisa Masayuki, Kishimoto Fuminao, Fujii Satoshi, Tsubaki Shuntaro, Suzuki Ei-ichi, Shimizu Ryota, Hitosugi Taro, Wada Yuji
2. 発表標題 Enhancement of water oxidation using γ -Fe ₂ O ₃ electrodes with controlled surface morphology by 2.45 GHz oscillating electric field,
3. 学会等名 17th International Conference on Microwave and High Frequency Heating (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sanchez Pablo B., Padua Agilio, Tsubaki Shuntaro, Wada Yuji
2. 発表標題 Enhancing cellulose dissolution in ionic media under microwave heating
3. 学会等名 17th International Conference on Microwave and High Frequency Heating (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tsubaki Shuntaro, Matsuzawa Tomoki, Fujii Satoshi, Wada Yuji
2. 発表標題 In situ Raman spectroscopic analysis of microwave-enhanced chemical processes
3. 学会等名 17th International Conference on Microwave and High Frequency Heating (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 斎藤文哉, 伊藤耕太郎, 椿俊太郎, 和田雄二
2. 発表標題 ペロブスカイト型酸化物を触媒としたメタン転換反応に対するマイクロ波効果
3. 学会等名 第13 回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 椿 俊太郎, 中迫 友希, 小原 則子, 西岡 将輝, 藤井 知, 和田 雄二
2. 発表標題 半導体マイクロ波発振器を用いたリグノセルロースの急速熱分解
3. 学会等名 第13 回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 樋口 智貴, 松沢 智輝, 椿 俊太郎, 藤井 知, 和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波照射下でのWO ₃ 触媒を介した2- プロパノールの脱水反応のin situ / operando 観測」
3. 学会等名 第13 回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 劉 安越, 阿野 大史, 椿 俊太郎, 和田雄二
2. 発表標題 担持金属触媒を用いた固定床流通反応に対するマイクロ波加熱効果
3. 学会等名 第13 回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 仙田 和章, 椿 俊太郎, 恩田 歩武
2. 発表標題 磁場加熱による水熱フロー
3. 学会等名 第13 回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 榎 俊太郎、阿野 大史、劉 安越、松久 将之、本倉 健、田 旺帝、藤井 知、和田 雄二
2. 発表標題 In situ/operando XAFSによるマイクロ波加熱下での担持金属ナノ粒子上に生じる局所高温場の実証
3. 学会等名 第 125 回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 斎藤 文哉、伊藤 耕太郎、榎 俊太郎、和田 雄二
2. 発表標題 5.8 GHzマイクロ波磁場による LSCF6428触媒を用いたメタン転換反応の促進機構
3. 学会等名 第 125 回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 劉 安越、阿野 大史、榎 俊太郎、和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波照射下における担持金属粒子の選択的加熱を用いた固体触媒反応の促進
3. 学会等名 第 125 回触媒討論会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 樋口 智貴、松沢 智輝、榎 俊太郎、和田 雄二
2. 発表標題 In situ 共振周波数測定によるマイクロ波照射下の酸化タングステン触媒の酸化状態観察
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 橋 俊太郎
2. 発表標題 電磁波照射反応場のその場観察
3. 学会等名 日本化学会第100春季年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shuntaro Tsubaki, Shogo Hayakawa, Eiichi Suzuki, Satoshi Fujii, Tadaharu Ueda, Jie Zhang, Alan Bond, Yuji Wada
2. 発表標題 Enhanced water oxidation over Ru-polyoxometalate by radio-frequency irradiation
3. 学会等名 The 8th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT8) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuji Wada, Shuntaro Tsubaki, Fuminao Kishimoro
2. 発表標題 Acceleration of Electron Transfer at Interfaces of Solid Semiconductors under Microwave Irradiation
3. 学会等名 The 8th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT8) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Taishi Ano, Masanori Yamamoto, Yuichi Kitagawa, Jun Fukushima, Shuntaro Tsubaki, Yasuchika Hasegawa, Hirotsugu Takizawa, Yuji Wada
2. 発表標題 In situ observation of local high temperature at contact point of sic particles under microwave heating using luminescing molecular thermomete
3. 学会等名 The 8th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT8) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoki Matsuzawa, Shuntaro Tsubaki, Eiichi Suzuki, Satoshi Fujii, Yuji Wada
2. 発表標題 In situ Observation of 2-propanol Dehydration over WO ₃ Catalyst under Microwave Irradiation
3. 学会等名 The 8th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT8) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masayuki Matsuhisa, Fuminao Kishimoto, Satoshi Fujii, Shuntaro Tsubaki, Masato. M Maitani, Eiichi Suzuki, Yuji Wada
2. 発表標題 Microwave Non-thermal Effect on Water Electrolysis using Planer -Fe ₂ O ₃ Electrode; Acceleration of Electron Transfer by 2.45 GHz Oscillating Electric Field
3. 学会等名 The 8th Tokyo Conference on Advanced Catalytic Science and Technology (TOCAT8) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿野 大史, 椿 俊太郎, 藤井 知 堀部 雅弘, 和田 雄二
2. 発表標題 金属酸化物に担持した金属ナノ粒子におけるマイクロ波発熱現象
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 椿 俊太郎, 中迫 友希, 西岡 将輝, 鈴木 榮一, 和田 雄二
2. 発表標題 円筒形シングルモード反応器を用いたリグノセルロース系バイオマスの急速熱分解
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 榎 俊太郎, 松沢 智輝, 藤井 知, 鈴木 榮一, 金森 洋史, 星野 健
2. 発表標題 電磁波照射による凍結乾燥促進のin situ Raman 観測、および月レゴリスの模擬砂からの水回収への応用
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 仙田 和章, 榎 俊太郎, 恩田 歩武
2. 発表標題 マイクロ波水熱フロー装置の改良と応用
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Pablo B. Sanchez, Agilio Padua, Shuntaro Tsubaki, Yuji Wada
2. 発表標題 Understanding the interactions between molecular solvents and electromagnetic waves using molecular simulations
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松久 将之, 岸本 史直, 藤井 知, 米谷 真人, 榎 俊太郎, 堀部 雅弘, 平野 育, 鈴木 榮一, 清水 亮太, 一杉 太郎, 和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波振動電場下における $-Fe_2O_3$ 電極での水の酸化電流増大現象に対するTi ドープ効果
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 劉 安越, 阿野 大史, 椿 俊太郎, 鈴木 榮一, 和田 雄二
2. 発表標題 金属担持触媒を用いた固定床流通系反応に対するマイクロ波加熱効果
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松沢智輝, 椿俊太郎, 鈴木榮一, 藤井知, 和田雄二
2. 発表標題 オペランド顕微ラマン分光法によるマイクロ波照射下の固定床流通式反応の解析
3. 学会等名 第12回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松沢智輝, 椿俊太郎, 藤井知, 鈴木榮一, 和田雄二
2. 発表標題 マイクロ波照射下における固体触媒表面のオペランド顕微ラマン分光法による直接観察
3. 学会等名 第122回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤 耕太郎, 松久 将之, 椿 俊太郎, 藤井 知, 鈴木 榮一, 福島 潤, 滝澤 博胤, 和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波加熱を用いたペロブスカイト型酸化物を介したメタン改質反応の促進
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松久 将之, 藤井 知, 椿 俊太郎, 清水 亮太, 鈴木 榮一, 一杉 太郎, 和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波照射下でのペロブスカイト型金属酸化物の表面状態の電気化学的モニタリング
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿野大史, 劉安越, 椿俊太郎, 藤井知, 本倉健, 田旺帝, 和田雄二
2. 発表標題 担持白金ナノ粒子触媒におけるマイクロ波発熱現象 担持白金ナノ粒子触媒におけるマイクロ波発熱現象
3. 学会等名 第 123 回触媒討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松沢智輝, 椿俊太郎, 藤井知, 鈴木榮一, 和田雄二
2. 発表標題 金属酸化物触媒に対するマイクロ波照射効果の温度分布測定およびラン光解析
3. 学会等名 第123回触媒討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Pablo B. Sanchez, Agilio Padua, Shuntaro Tsubaki, Yuji Wada
2. 発表標題 Effect of electromagnetic waves on cellulose dissolution in ionic liquids
3. 学会等名 第14回バイオマス科学会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中迫友希, 椿俊太郎, 西岡将輝, 和田雄二
2. 発表標題 シングルモードマイクロ波を用いたリグノセルロース系バイオマスの急速熱分解
3. 学会等名 第14回バイオマス科学会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 椿俊太郎, 恩田歩武, 仙田和章
2. 発表標題 改良型マイクロ波水熱フロー装置を用いた未利用バイオマスの加水分解
3. 学会等名 第14回バイオマス科学会議
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shuntaro Tsubaki, Naoto Haneishi, Eriko Abe, Masato M. Maitani, Satoshi Fujii, Ei-ichi Suzuki, Yuji Wada
2. 発表標題 Microwave-enhanced fixed-bed flow reactions: Fundamental mechanism to applications
3. 学会等名 16th Korea-Japan Symposium on Catalysis & 3rd International Symposium of Institute for Catalysis (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shuntaro Tsubaki, Shogo Hayakawa, Masato Maitani, Satoshi Fuji, Ei-ichi Suzuki, Tadaharu Ueda, Jie Zhang, Alan Bond, Yuji Wada
2. 発表標題 Enhancement of water oxidation over Ru-polyoxometalate catalysts under pulsed microwaves
3. 学会等名 8th International Conference on Green and Sustainable Chemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Onda A., Onda S., Koike M., Sakamoto Y., Oono K., Imamura K., Yanagisawa K., Tsubaki S., Hiraoka M.
2. 発表標題 Catalytic hydrothermal hydrolysis of ulvan polysaccharides derived from green
3. 学会等名 8th International Conference on Green and Sustainable Chemistry Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Satoshi Fujii, Shuntaro Tsubaki, Eiichi Suzuki, Yuji Wada
2. 発表標題 Study on chemical reaction under microwave irradiation
3. 学会等名 9th World Congress on Materials Science and Engineering (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 榎 俊太郎, 羽石直人, 藤井知, 鈴木榮一, 和田雄二
2. 発表標題 有限要素法を用いた固定床流通系触媒反応におけるマイクロ波照射効果の解析
3. 学会等名 COMSOL Conference Tokyo 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 仙田 和章, 榎 俊太郎, 恩田 歩武
2. 発表標題 マイクロ波水熱フロー装置の開発と、バイオマスへの応用
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 羽石 直人, 椿 俊太郎, 米谷 真人, 鈴木 榮一, 藤井 知, 福島 潤, 滝澤 博胤, 和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波照射下における固体粒子接触点近傍における特異的な高温場形成の解析
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤井 知, 鈴木 榮一, 稲津 直美, 椿 俊太郎, 前田 雅彦, 和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波ピジョン法によるマグネシウムの還元
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 椿俊太郎, 松沢智輝, 米谷真人, 鈴木榮一, 藤井知, 和田雄二
2. 発表標題 In situ ラマン分光を用いた固定床流通系反応の直接観測
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 櫻村京一郎, 福島潤, 椿俊太郎, 松沢智輝, 三谷友彦, 波岡知昭, 藤井知, 篠原真毅, 滝澤博胤, 和田雄二
2. 発表標題 マイクロ波吸収の炭素繊維アスペクト比依存性
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 前蔵 遼, 藤井 知, 椿 俊太郎, 鈴木 榮一, 和田 雄二
2. 発表標題 高温還元プロセスにおけるシミュレーション
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古澤 康祐, 椿 俊太郎, 鈴木 榮一, 山田 秀尚, 加藤 次裕, 東井 隆行, 和田 雄二
2. 発表標題 二酸化炭素回収・貯留 (CCS) プロセスへのマイクロ波および高周波誘電加熱の効果
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 椿 俊太郎, 早川 翔悟, 古澤 康祐, 上田 忠治, 藤井 知, 鈴木 榮一, 和田 雄二
2. 発表標題 高周波誘電加熱の化学反応への応用
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松久 将之, 岸本 史直, 藤井 知, 椿 俊太郎, 米谷 真人, 鈴木 榮一, 清水 亮太, 一杉 太郎, 和田 雄二
2. 発表標題 マイクロ波振動電場印加による γ -Fe ₂ O ₃ 電極上での水の酸化反応の促進
3. 学会等名 第11回日本電磁波エネルギー応用学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松沢智輝, 椿俊太郎, 米谷真人, 鈴木榮一, 和田雄二
2. 発表標題 ラマン分光法によるマイクロ波照射下の固定床流通式反応のin situ観察
3. 学会等名 第120回 触媒討論会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 羽石直人, 椿俊太郎, 米谷真人, 鈴木榮一, 藤井知, 和田雄二
2. 発表標題 マイクロ波照射下の固体触媒充填層内における固体粒子の接触点近傍に形成される局所高温領域の解析
3. 学会等名 第121回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松久将之, 岸本史直, 藤井知, 椿俊太郎, 米谷真人, 清水亮太, 鈴木榮一, 一杉太郎, 和田雄二
2. 発表標題 マイクロ波振動電場との相互作用による γ -Fe ₂ O ₃ 電極上での水の酸化電流の増大とその機構の解明
3. 学会等名 第121回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 劉安越, 椿俊太郎, 鈴木榮一, 藤井知, 和田雄二
2. 発表標題 金属担持触媒反応に対するマイクロ波照射効果
3. 学会等名 第121回触媒討論会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 阿野大史, 山本昌紀, 北川祐一, 福島潤, 椿俊太郎, 米谷真人, 長谷川靖哉, 滝澤博胤, 和田雄二
2. 発表標題 マイクロ波によって固体粒子表面に誘起されるマイクロ超高温場の直接観測
3. 学会等名 第121回触媒討論会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計7件

1. 著者名 Shuntaro Tsubaki, Ayumu Onda, Tadaharu Ueda, Masanori Hiraoka, Satoshi Fujii, Yuji Wada	4. 発行年 2019年
2. 出版社 CRC Press	5. 総ページ数 551
3. 書名 Microwave-assisted conversion of marine polysaccharides, In Enzymatic Technologies for Marine Polysaccharides 1st Edition	

1. 著者名 Shuntaro Tsubaki, Jun-ichi Azuma, Satoshi Fujii, Rawel Singh, Bhaskar Thallada, Yuji Wada	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 890
3. 書名 Waste Biorefinery 1st Edition Potential and Perspectives	

1. 著者名 Shuntaro Tsubaki, Ayumu Onda, Masanori Hiraoka, Satoshi Fujii, Jun-ichi Azuma, Yuji Wada	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 530
3. 書名 Water Extraction of Bioactive Compounds 1st Edition	

1. 著者名 Yuji Wada, Dai Mochizuki, Taishi Ano, Masato M. Maitani, Shuntaro Tsubaki, Naoto Haneishi	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Walter de Gruyter GmbH	5. 総ページ数 529
3. 書名 Microwave Chemistry	

1. 著者名 Shuntaro Tsubaki, Wenrong Zhu, Masanori Hiraoka	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 286
3. 書名 Fuels, Chemicals and Materials from the Oceans and Aquatic Sources	

1. 著者名 榎俊太郎	4. 発行年 2017年
2. 出版社 R&D Support Center	5. 総ページ数 441
3. 書名 マイクロ波加熱の基礎と産業応用	

1. 著者名 Shuntaro Tsubaki, Ayumu Onda, Tadaharu Ueda, Masanori Hiraoka, Satoshi Fujii, Yuji Wada	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 511
3. 書名 Hydrothermal Processing in Biorefineries - Production of Bioethanol and High Added-Value Compounds of Second and Third Generation Biomass	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究協力者	藤井 知 (Fujii Satoshi)		
研究協力者	田 旺帝 (Chun Wang Jae)		
研究協力者	上田 忠治 (Ueda Tadaahru)		
研究協力者	和田 雄二 (Wada Yuji)		

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			
フランス	ENS Lyon			
オーストラリア	Monash University			