

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 6 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04770

研究課題名（和文）カーボンリサイクルを目的としたマイクロ流動層型光触媒反応プロセスの設計

研究課題名（英文）Design of a micro fluidized bed reactor for photocatalytic reactions for the purpose of carbon recycling

研究代表者

西山 覚（NISHIYAMA, Satoru）

神戸大学・工学研究科・名誉教授

研究者番号：00156126

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）： 反応器外部から光を照射して流動触媒粒子がどこまで光を受光するか調べた。外側から数mmしか光が透過しなかった。そのためマイクロ流動層の基本的形状は厚みを5 mm以下に設定した幅30 mmの薄型の流動層に設定した。触媒粒子への受光量は光応答型粒子を作成し評価した。流動層内のガスの流動は層入口の形状に大きく影響する。特に薄型の場合は壁面とガスの粘性抵抗の影響が大きく均一な粒子混合が難しい。検討の結果流動層前に20 mmの助走区間を設けることで混合状態が均一になることが明らかとなった。さらにガス流入口を平行流ではなく流れ方向から傾けかつ流入孔列を互い違いに傾けることで更に流動状態の均一性が向上した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

通常の不均一触媒反応では空間速度で生産量が決まる。しかしながら光触媒反応では反応原料と触媒との接触だけでなく、全ての触媒粒子に光が照射されなければ反応は進行しない。そのため充填層連続反応器では触媒全粒子に光を照射することが不可能であり、従来の反応工学的反応器設計論が適応できない。本研究では流動層形式を選択し、光が全ての触媒粒子に照射されるよう薄型のマイクロ流動層型光触媒反応器の設計法の確立を目指した。反応器形状や流動ガスの流入状態を詳しく検討するために3Dプリンターを用いて様々な反応器を作成した。本研究の成果は連続光触媒反応の反応器設計論を確立するために大きな役割を果たすと確信している。

研究成果の概要（英文）： A micro fluidized bed reactor is designed by establishing a new concept for reaction engineering with respect to photocatalytic reactors. The photocatalytic reactors require homogenous irradiation to every photocatalyst particles in the reactor. Transmittance of irradiated photons was evaluated as ca. some millimeters from the outer surface of the reactor. So, the dimension of the photocatalytic micro scale fluidized bed reactor should be less than 5 mm thickness. Homogeneous mixing is very important for efficient photocatalytic fluidized bed reactors. The geometry of the inlet of gas should require takeoff region ca. 20 mm from the entrance of the fluidized region for stable well-mixing of fluidized bed. Sloped inlet holes structure is also very effective for the well-mixing in the fluidized bed reactor.

研究分野： 触媒反応工学

キーワード： マイクロ流動層 光触媒 連続反応器 光応答型トレーサー粒子 粒子流動状態 受光量最大化 カーボンリサイクル

様式 C-19、F-19-1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

光触媒反応は熱反応と比べて常温でも反応が進行し、熱反応系とは異なる生成物、選択性が得られ、反応させたい特定の分子だけを活性化できるなどの多くの利点がある。さらに、再生可能エネルギーである太陽光を利用することで、サステナビリティの高いプロセスの実現が期待できる。光触媒反応をしばしば工業的に使用される固定床反応器で実施することは極めて効率が悪い。従来の反応工学的設計論が適応できない。反応器内の触媒粒子全てに光を照射するためには充填層のような触媒粒子が固定された反応器ではなく触媒粒子を激しく動かして光照射領域に導く必要がある。これらの新規な設計手法を開発することが、光触媒反応を連続反応プロセスとして実現するためには避けて通ることができない。

反応器内で固体触媒を移動させる方式には、流動層反応器や回転充填層 (Rotating Packed Bed) などがあるが、これは反応流体と触媒 (あるいは固体の反応物) との接触を高める目的で利用されている。これらを光触媒反応器に活用すれば、触媒粒子 (あるいは固体反応粒子) を頻度高く光照射領域に導くことができる。特に流動層方式は、固体粒子の運動が極めて活発で流体中の反応物との混合を高めるだけでなく、触媒粒子が頻繁に光反応領域に侵入することでより効率的に反応が進行すると期待できる。

2. 研究の目的

連続型光触媒反応器の実現を目指して流動層型反応装置を基本形として取り上げ、流動層内の触媒粒子に効率的に光照射するためにはどのような条件が必要なのかを明らかにすることを目的とした。株式会社カネカとの共同研究で開発した光応答型トレーサー粒子を用いて、流動層反応器内で流動する触媒粒子が効率的に光エネルギーを吸収できるマイクロ流動層反応器の形状 (特に十分な光量を得るために必要な反応器の厚さ)、光源の配置、適切な流動状態を最適化する。これまで、連続式光触媒反応に関して反応装置内で光触媒が受取る光エネルギーを最大にする反応装置工学的研究は皆無で、極めてユニークであり高い独自性を有すると考えられる。これを明らかにすることで、連続式光触媒反応プロセス創成を可能とすると確信する。

3. 研究の方法

光応答型トレーサー粒子の調製

既報[1]に従って光応答型トレーサーを調製した。

プリンターによる流動層反応器の作成

CAD ソフト Fusion 360 (AUTODESK Inc.) を用いて、実験に用いる流動層反応器を設計した。その設計した反応器にソフトウェア PreForm(formlabs co.)を用いて支持構造を作成した。そのPreFormで作成した設計図を3DプリンターであるForm3(formlabs co.)で用いてプリントした。プリントには専用の無色樹脂 Clear Resin(formlabs co.)を使用した。その後、プリントされた反応器を専用洗浄機であるFormWash(formlabs co.)を用いて10分間自動洗浄し、付着した余分な樹脂を洗い落とした。

マイクロ流動層反応器の流動化実験

3Dプリンターで作成した流動層反応器に光応答型トレーサー粒子を充填層高さ20mmになるよう充填し、そこにN₂を流量計(IDM-10R, アイ・エイ・シー株式会社)を用いて0-160mm/sの範囲で流入し流動化させた。その様子をビデオカメラ (SONY HDR-CX47, 絞り F3.1) で撮影し、流量を変化させ、そのときの流動層高さを測定し最小流動化速度を算出した。

光反応実験

反応装置および反応条件

窒素ガスを用いてトレーサー粒子を流動させ、反応器表面の400mm²の光学窓に1.5mW/cm²の紫外光を照射して反応を開始した。光源は紫外線LED照射装置($\lambda=365$ nm, LED365-9UV033B, Optcode Co.)を用い、反応器に対して垂直距離3cmとなるように設置した。反応の様子は撮影ボックスに付属しているライトで照らしビデオカメラで反応器に対して斜めから30分間撮影した。

色変化の解析

動画再生ソフトウェアであるGOM player (GRETECH co.)を用いて、撮影した動画から5秒間隔で静止画像を切り出した。そして、濃度変位計測ソフトウェアであるGray-val (Library Ltd.)を用いて、各静止画像内の特定領域のRGB値を得た。その時、切り出した各静止画像に測定領域を指定し、得られたRGB値の平均値をその時間時点のRGB値とした。得られたRGB値を連続的に繋ぎ合わせ、それを光応答型トレーサーの色の経時変化とした。得られたトレーサーの色の変化から、メチルオレンジの仮想濃度を算出し、反応速度定数を求めることで、光吸収効率を評価した。

反応器厚みが光吸収効率に及ぼす影響

十分に触媒を有効に利用でき、ガスの処理量を上げられる流動層厚みを探索するため、横幅 30 mm、高さ 70 mm で、厚みの異なる流動層を作成し、光反応実験を行なった。トレーサーは、充填高さ 20 mm になるように充填した。

4. 研究成果

1. 連続式光触媒装置の評価方法

光触媒反応では触媒と反応物との接触だけでなく触媒粒子にいかに関率的に光を照射するかが重要となる。本研究ではマイクロ流動層内の触媒粒子の受光量を評価するために光応答型トレーサーを用いた。代表的な色調変化の実験結果とシミュレーションから求めた速度定数 k_1 が受光量を表す重要なパラメータであるので以後 k_1 を粒子の受光しやすさの目安とし光吸収効率と呼ぶこととする。

2. マイクロ流動層における最小流動化速度

3D プリンターで作成した流動層反応器（横幅 30 mm、厚み 3 mm）を用いて流動化実験を行った。光応答型トレーサーの原料である PVC 粒子を充填高さ 1.85 cm になるよう充填し、そこに N_2 を線速度 0 ~ 9.26 cm/s の範囲で流入し流動化させた。その様子をビデオカメラで撮影し、流量を 50 ml/min 毎に変化させ、そのときの層高さを測定した。そして、 h_0 を充填層高さ h を流動層高さとして層の高さの無次元量 $(h-h_0)/h_0$ の N_2 流の線速度依存性を調べた。線速度が小さい領域では、流動が起きず充填層のままである。ある線速度以上で流動が開始し、流動高さは千億度の上昇に伴い直線的に増加した。直線的に増加する領域で、その直線と横軸が交わるときの線速度が最小流動化速度であり、1.34 cm/s と求まった。理論式より算出された最小流動化速度は 1.06 cm/s と算出された。実験値は推算値と近い値を示したが、わずかに実験値が推算値よりも高い値を示した。これは流動に用いた PVC 粒子が完全な球形でないことや、マイクロ流動層の厚み 3 mm が極めて狭く壁面と粒子との衝突の影響や N_2 の壁面との粘性抵抗が無視できないためであると推測される。

3. k_1 値の N_2 線速度依存性

N_2 の流速を変え実験を行い、シミュレーションから得られた k_1 をプロットし調べた。流動していない充填層時が最も k_1 が大きく、流速の増加とともに減少し線速度 7.41 cm/s 以上で一定となった。低流速で流動せず充填層のときは色調変化は壁面に接している粒子だけに限られ内部の粒子は全く変色していなかった。さらに流速を上げ流動が始まると徐々に k_1 が減少する。これは流動層内で粒子が運動を開始しているがその混合状態は十分ではなく不均一な変色が進行していると考えられる。7.41 cm/s 以上で一定となるのは流動層内での混合攪拌が十分早くなり粒子が均一に変色していると考えられる。すなわち、均一な光触媒反応を起こすためにはこのしきい値である 7.41 cm/s の線速度が必要である。このときの k_1 をもってそのマイクロ流動層反応器の受光能力とする。

4. マイクロ流動層の形状による混合効果

マイクロ流動層内の粒子（ポリ塩化ビニル）は 1.34 cm/s 以上で流動することがわかったが、反応器内、特に流動層下部で流動が不均一になり淀み領域がときどき生成することが観察された。そこで Autodesk 社の CFD (Computational Fluid Dynamics : 数値流体力学解析) 計算機シミュレータを用いて流動層反応器内の流れ状態を検討した。計算の結果、マイクロ流動層下部のガス入口付近では入口付近の中心に流速の大きなポテンシャルコア形成される。コアの両脇には淀み領域が見られこの部分での流動状態が不良であることが予想される。横幅方向の速度分布も極めて大きい。流動層入口から 30 mm 進んだ場所で安定した流れ状態が得られることがわかった。この結果より、流動層反応器入口に 30 mm の助走区間を設け、その後方に流動層領域を設けることで安定した流動状態が得られると考えた。この助走区間を設けた新たなマイクロ流動層反応器を用いてガス線速度と流動高さの関係を再度測定した。助走区間無しの場合と同様な結果が得られたことがわかる。

助走区間を設けた流動層反応器を用いて層厚みを 3 から 5 mm と変えて色調変化の様子を観測し光吸収効率 k_1 をシミュレーションより求めた。 N_2 ガスの線速度は、安定流動領域以上とした。厚み 3 mm ではほぼ一定の k_1 を示したが、4 mm および 5 mm の反応器では一旦 k_1 の値が増加し最大値を示した後ガス流速とともに減少することがわかった。光吸収効率の変化の要因として、粒子の混合性の向上と気泡の合一による粒子希薄領域の拡大の二つがあげられる。厚み 3 mm の流動層では、低い線速度でも十分に粒子が混合されている。一方、粒子量が多い厚み 4 mm および、5 mm の流動層では低い線速度では粒子の混合速度トレーサーの反応速度と比べて低い。この流動層中の粒子の水平方向の混合速度は線速度の増加により早くなることが知られている [2]。そのため、線速度の増加により粒子がよく混合されるようになり、光吸収効率が上昇したと考えられる。また、光が浸透する粒子の厚みは 2~3 mm 程度であり [2]、厚み 3 mm の領域ではほとんどの領域に光が浸透するが、4 mm、5 mm の厚みでは厚み方向に光が浸透しない領域が増える。さらに、線速度を上げると気泡のサイズが大きくなる。これにより、光照射領域内での気泡が占める体積が上昇し、トレーサー粒子の占める体積割合が減少する。これにより、線速度が増加すると光吸収効率が低下すると考えられる。線速度 110 mm/s 付近までは混合による影響が大きく、それ以上の線速度では層の膨張による影響が大きい。

6. ガス流入方向による混合状態の改善

これまでマイクロ流動層反応器のガス入口は反応器流れ方向に平行な多孔板を使用していた。流動層反応器内の混合攪拌を更に高めるために、入口多孔板形状を改良した。全ての孔列を同じ向きに傾けた平行型と1列ごとに向きを変える交差型の2種類を3Dプリンタで一体型マイクロ流動層反応器を作成し検討した。従来型の角度 0° のものより 20° の平行型は光吸収効率の若干の増加が見られた。交差型では、さらに光吸収効率の向上が見られその割合はおおよそ20%であった 0° から 29° で角度を変えて一体型流動層を作成した。 0° から $10, 20, 29^\circ$ と角度をつけるに従って光吸収効率が增大することが示された。これは、ガス流入方向を流動層反応器の流れ方向からずらすことで流動層反応器内の横方向での乱れを起こしより高度な混合攪拌が達成されたためだと考えられる。

【参考文献】

- [1] 廣田淳一 神戸大学大学院工学研究科 博士論文 (2018).
- [2] Y. Mori, K. Nakamura, *Chemical Engineering*, 21(1965) 868-875.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Shuei Kawada, Takumu Otsubo, Takafumi Horie, Yoshiyuki Komoda, Naoto Ohmura, Hitoshi Asano, Ruri Hidema, Hiroshi Suzuki, Keita Taniya, Yuichi Ichihashi, and Satoru Nishiyama	4. 巻 24
2. 論文標題 Preparation of ZIF-8-coated silica hard-shell microcapsule by semi-batch operation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 CrystEngComm	6. 最初と最後の頁 7378-7386
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D2CE00488G	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 Yuichi Ichihashi, Tomoya Sekiguchi, Yuya Tokui, Rintaro Hori, Shota Naito, Yasuko Koshiba, Youhei Sutani, Kenji Ishida, Keita Taniya, Satoru Nishiyama	4. 巻 410
2. 論文標題 Decomposition of water over picene derivatives photocatalyst under visible light irradiation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Catalysis Today	6. 最初と最後の頁 317-322
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cattod.2022.06.008	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 Keita Taniya, Yasuhiro Horie, Ryo Fujita, Yuichi Ichihashi, Satoru Nishiyama	4. 巻 330
2. 論文標題 Mechanistic study of water gas shift reaction over copper/zinc-oxide/alumina catalyst in a reformed gas atmosphere: Influence of hydrogen on reaction rate	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Catalysis B: Environmental	6. 最初と最後の頁 122568
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.apcatb.2023.122568	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計23件（うち招待講演 1件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Keita Taniya, Atsushi Sakamoto, Takafumi Horie, Yuichi Ichihashi, Satoru Nishiyama
2. 発表標題 Selective reduction of cinnamaldehyde over Zr-based MOF catalysts in the presence of water
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuichi Ichihashi, Tomoya Sekiguchi, Keita Taniya, Satoru Nishiyama
2. 発表標題 Decomposition of water over picene derivatives photocatalyst under visible light irradiation
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Keita Taniya, Yasuhiro Horie, Ryo Fujita, Yuichi Ichihashi, Satoru Nishiyama
2. 発表標題 Surface valence state of Cu on CuZnO-Al ₂ O ₃ catalysts during water gas shift reaction
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Pipat Na Ranong, Keita Taniya, Chiaki Ogino, Yuichi Ichihashi, Satoru Nishiyama
2. 発表標題 Effect of Zn addition on zeolitecatalyzed production of olefins and monoaromatics from hydroxyacetone
3. 学会等名 12th International Conference on Environmental Catalysis (ICEC2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂元 敦, 島田大樹, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 Zr-MOF触媒上での水共存下におけるシンナムアルデヒドの選択還元反応
3. 学会等名 公益社団法人 化学工学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mitsuru Yasumura, Daiki Shimada, Keita Taniya, Takafuni Horie, Ruri Hidema, Yoshiyuki Komoda, Yuichi Ichihashi, Naoto Ohmura, Hiroshi Suzuki, Satoru Nishiyama
2. 発表標題 Effect of Modification with amino silane anchor on successive formation of SiO ₂ thin layer on the outer surface of hard-shell micro capsules
3. 学会等名 The 2nd Asian Conference on Thermal Sciences (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河田周英, 島田大樹, 大坪拓夢, 谷屋啓太, 日出間るり, 堀江孝史, 菰田悦之, 市橋祐一, 浅野 等, 大村直人, 鈴木 洋, 西山 覚
2. 発表標題 硬殻シリカマイクロカプセル表面上へのZIF-8被膜形成方法の検討
3. 学会等名 第10回潜熱工学シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石村晃一朗, 堀江孝史, 大村直人, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 スラグ流を用いたバナジウム錯体によるベンゼン液相酸化反応
3. 学会等名 石油学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shuei Kawada, Yu Nishikawa, Daiki Shimada, Keita Taniya, Ruri Hidema, Takafuni Horie, Yoshiyuki Komoda, Yuichi Ichihashi, Naoto Ohmura, Hiroshi Suzuki, Satoru Nishiyama
2. 発表標題 Preparation of the ZIF-8-coated silica microcapsules by a batch or semi-batch operation
3. 学会等名 Pacifichem2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坂元敦, 島田大樹, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 含水溶媒中でのZr-MOF触媒を用いたシナムアルデヒドの選択還元反応
3. 学会等名 石油学会関西支部第30回研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀麟太郎, 江 宇帆, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 ビセン誘導体光触媒による水の光分解での水素製造
3. 学会等名 化学工学会関西大会2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河田周英, 島田大樹, 大坪拓夢, 谷屋啓太, 日出間るり, 堀江孝史, 菰田悦之, 市橋祐一, 浅野 等, 大村直人, 鈴木 洋, 西山 覚
2. 発表標題 半回分操作によるシリカカプセル外表面上への選択的ZIF-8膜形成
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安村 充, 島田大樹, 谷屋啓太, 堀江孝史, 日出間るり, 菰田悦之, 市橋祐一, 大村直人, 鈴木 洋, 西山 覚
2. 発表標題 マイクロカプセル外表面でのシリカ膜形成にシラン修飾剤が及ぼす影響
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 徳井佑也, 井元誠志, 熊谷和夫, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 可視光照射下におけるピセン誘導体光触媒の抗菌性能評価
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂元 敦, 島田大樹, 堀江孝史, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 UiO-66系有機金属構造体を用いた触媒の耐水性に及ぼす因子の影響
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石村晃一朗, 堀江孝史, 大村直人, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 スラグ流を用いたバナジウム錯体上でのベンゼン液相酸化反応
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀麟太郎, 江 宇帆, 檀上博史, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 可視光応答性を有するピセン誘導体光触媒の合成とその薄膜化
3. 学会等名 化学工学会第87年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坪田悠花, 徳井佑也, 堀麟太郎, 西山 覚, 市橋祐一, 谷屋啓太
2. 発表標題 ビスセン誘導体光触媒を用いた水の光酸化による過酸化水素生成反応
3. 学会等名 第24回化学工学会学生発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 平松昂気, 堀麟太郎, 徳井佑也, 谷屋啓太, 市橋祐一, 西山 覚
2. 発表標題 ニトロ基を導入したビスセン誘導体光触媒による可視光照射下での水の光分解反応
3. 学会等名 第24回化学工学会学生発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岩田遼矢, 西山 覚, 谷屋啓太, 市橋祐一
2. 発表標題 光反応用マイクロ流動層における流動粒子の光吸収効率に反応器形状が及ぼす影響
3. 学会等名 化学工学会第54回秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 城間逸人, 平松昂気, 西山 覚, 市橋祐一
2. 発表標題 アントラセン誘導体光触媒による可視光照射下での大腸菌の不活化
3. 学会等名 化学工学会第54回秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 平松昂気, 城間逸人, 西山 覚、市橋祐一
2. 発表標題 ピセン誘導体薄膜光触媒による可視光照射下での水の酸化反応における活性評価
3. 学会等名 化学工学会第54回秋季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 元山優佑, 青木 渉, 谷屋啓太, 西山 覚、市橋祐一
2. 発表標題 CO2処理によるNi系触媒の高活性化
3. 学会等名 第53回石油・石油化学討論会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

神戸大学研究者紹介システム https://kuid-rm-web.ofc.kobe-u.ac.jp/profile/ja.e9da545ca6505117520e17560c007669.html?mode=pc

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
研究分担者	市橋 祐一 (Ichihashi Yuichi) (20362759)	神戸大学・工学研究科・准教授 (14501)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	谷屋 啓太 (Taniya Keita) (30632822)	神戸大学・工学研究科・助教 (14501)	

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