

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：24403

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H05850

研究課題名(和文) 活性種協同系の高次反応集積化

研究課題名(英文) Integration of reactive species-cooperative reaction system

研究代表者

福山 高英 (FUKUYAMA, Takahide)

大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：60332962

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では複数の反応活性種が共同して作用する活性種共同型反応プロセスの集積化法の開発に焦点を当てている。スルホン酸修飾シリカゲルを用いたアリルアルコールの脱水反応と、続くパラジウム触媒による水素添加反応を連続的に行うことで天然物であるプリスタンのワンフロー合成を達成した。また、単一のカラムに複数の触媒を充填した触媒混合型フローリアクター開発し、プリスタンやトラネキサム酸の一段合成も達成した。さらに塩素化反応、ラジカル反応、光レドックス触媒反応など、種々の反応がフロー系で効率的に進行することを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究ではフローマイクロリアクターを活用した活性種協同型反応プロセスの効率的集積化法を開拓し、生物活性物質や機能性物質創製に適用できる力量ある方法論として確立せんとするものであり、必然的にオリジナルな新方法論の開発を伴う。活性種協同型反応を集積化の観点から積極的にとらえ、種々の反応の集積化を実証しており、様々な生物活性化合物や機能性物質合成への波及効果が予想される。

研究成果の概要(英文)：This study focused on the development of the integrated flow synthesis, in which plural reaction species act co-operatively. One flow synthesis of pristane was achieved by consecutive acid-catalyzed dehydration of allylic alcohols and Pd-catalyzed hydrogenation of alkenes. Single step synthesis of pristane and tranexamic acid were successfully carried out using the mixed column system, in which plural catalysts were packed in a one-column. A variety of reactions, such as, chlorination, radical reactions, photo-redox catalytic reactions, and so one, were effectively carried out using flow microreactors.

研究分野：有機化学

キーワード：活性種共同系 マイクロリアクター フロー合成 混合触媒リアクター

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

現代社会が求める医薬品や電子材料に代表される高付加価値を持つ機能性物質への需要は高選択かつ高純度合成手法の開発を必須とする。近年、分子量 500–3000 程度の中分子領域の化合物が高次生物機能分子として注目されている。これらの化合物の合成には多段階を要するのが一般であるが、効率かつ迅速的合成を達成するにはもはや単独の活性種に限定するのみでは不十分であり、複数の活性種が相乗的に働く反応系への研究展開が突破口となるものと考えられる。申請者らは遷移金属種、ラジカル種など種々の反応活性種を活用した新規反応の開発を行ってきた。また、ラジカル種と遷移金属種が協奏的に機能するラジカル/金属ハイブリッド型反応系の創出も行っている。さらに申請者は、フロー型の反応開発においても世界をリードしてきた。2002 年に均一系触媒によるフロー型カップリング反応を世界に先駆けて発表し、それ以来様々な反応活性種を活用したフロー型反応を世界に発信している。

2. 研究の目的

本研究では、生物機能中分子など高機能性化合物の迅速合成の新たな方法論として、連続フロー系での空間的反応集積法を活用し、ラジカル種や遷移金属種などの複数の反応活性種が協同して働く活性種協同型反応プロセスの高次集積化の開発を行なうことを目的とした。

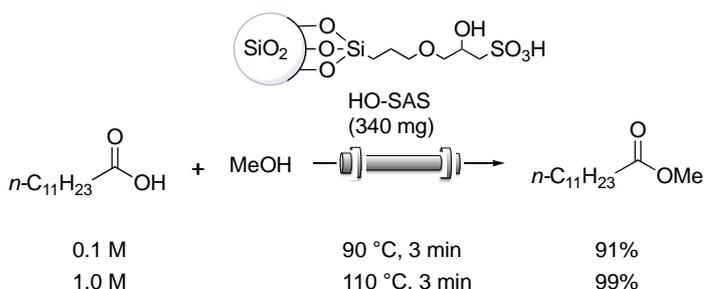
3. 研究の方法

活性種協同型反応を集積化の観点から積極的にとらえ、種々の反応の反応特性に見合ったフロー型反応を活用し、反応の効率化を行った。また、実際に反応集積化を行い、様々な化合物の効率合成を行った。

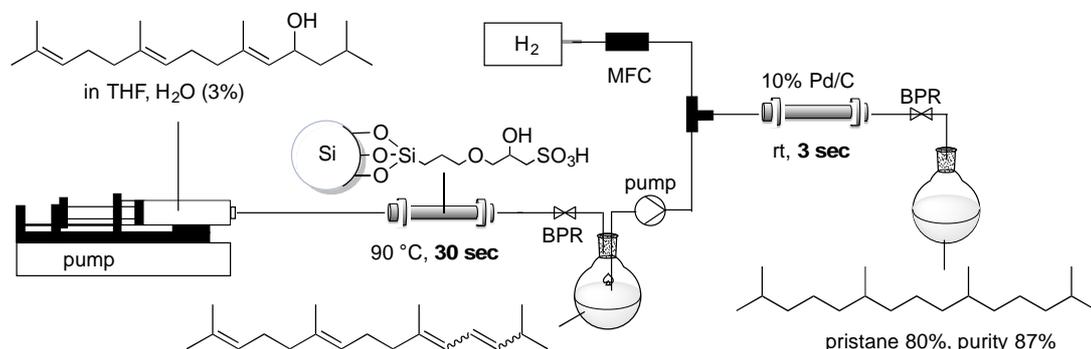
4. 研究成果

(1) 触媒充填型フローリアクターを用いた効率フロー合成

酸触媒反応には、Fischer エステル化反応、Friedel-Crafts 反応、脱水反応など工業的にも重要な反応が数多く存在する。一般には塩酸、硫酸、スルホン酸などの均一系触媒を用いることが多いが、後処理に中和工程を必要とし、中和によって生じる塩は廃棄物として処理する必要がある。本研究ではシリカゲルを担体した、水酸基を有するスルホン酸修飾シリカゲル (HO-SAS) に着目し、種々のフロー型酸触媒反応の開発を行った。HO-SAS を用いステアリン酸のメタノールによる Fischer エステル化を検討したところ、滞留時間わずか 3 分でメチルエステルがほぼ定量的に得られることを見出した。対応する濃度での反応をバッチ型リアクターを用いて実施したところ反応完結までに 3 時間、6 時間を要した。



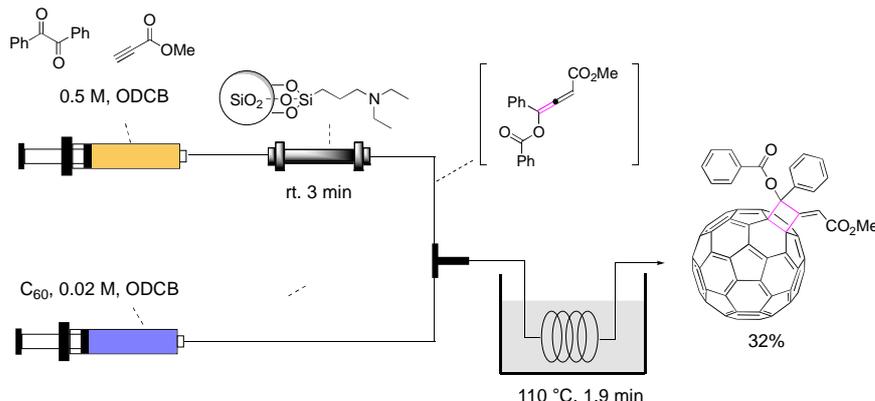
また、アリルアルコールの脱水反応が HO-SAS を用いて良好に進行することを見出した。さらに続く Pd 触媒による水素添加反応を連続して実施することでプリスタンのワンフロー合成を達成した。



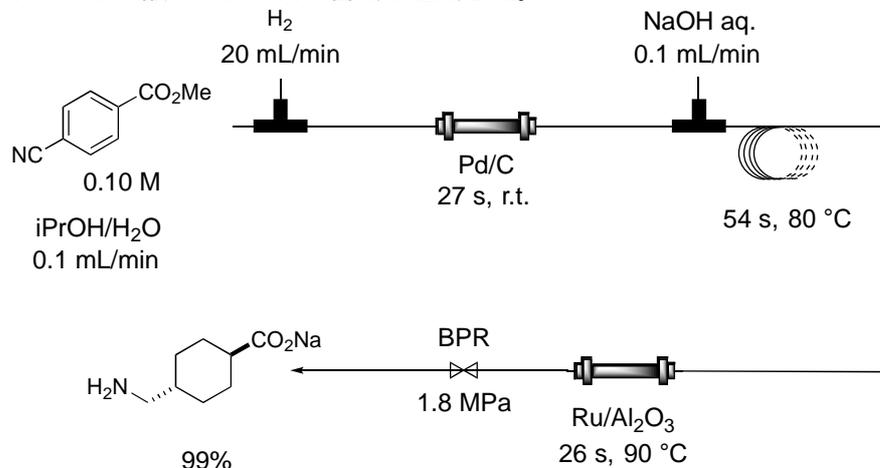
さらに HO-SAS を用いた酸触媒反応として、Friedel-Crafts アルキル化、アルデヒドのアセ

タール化反応が進行することを見出している。

トリエチルアミン存在下、ベンジルとプロピオール酸エステルからアレンが生成することは報告されているが、C₆₀共存下にこの反応を行うと生成したアレンとC₆₀との[3+2]付加環化反応が進行し、五員環縮環フラレンが見出された。一方、アミン修飾シリカを用い、フロー系でアレンを発生させ、その後C₆₀と反応させると[2+2]付加環化反応が進行し、四員環縮環フラレンが選択的に得られることが明らかとなった。固体アミンとフロー系の採用によりアレンとアミンが共存できない状況を作りだせた結果である。

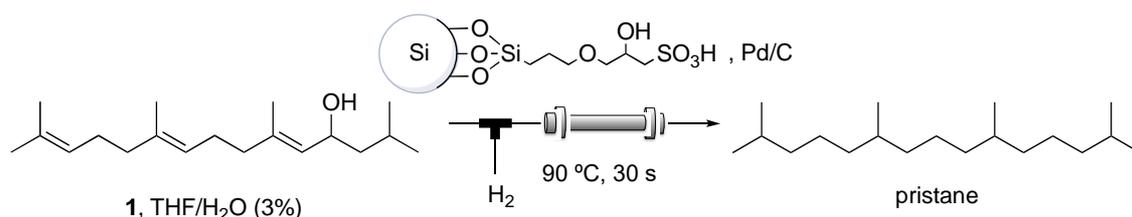


Pd 触媒を充填したカラムリアクターを用いた芳香族ニトリル類の水素添加反応が良好的に進行することを明らかとした。4-シアノ安息香酸メチルを基質とし、ニトリルの還元を行った後、連続してエステルの加水分解、ルテニウム触媒によるベンゼン環の還元を行うことで、トラネキサム酸のワンフロー合成を達成した。



(2) 混合触媒系による単段階合成

以上、本研究では入手容易な芳香族カルボン酸とアルキンを基質とし、C-OおよびC-H結合の連続活性化を鍵とした触媒的脱水型環化反応による多環化合物の合成法の開発を行った。その結果、ロジウム触媒存在下、種々の方向族カルボン酸とアルキンとの反応により、ペリナフテノンやフェナントレンなどの多環芳香族炭化水素やキノリノン、チオクロメノン等のヘテロ原子を含む多環方向族複素環の効率合成を達成した。また、フルオレノンカルボン酸とアルキンとの反応では七員環構築反応が進行し、四環式化合物であるシクロヘプタフルorenジオンが選択的に得られることを見出した。さらなる発展的研究により、機能性材料の開発研究、生物活性物質の開発研究を加速化させ、医学・薬学・材料科学等の広範な分野に貢献することが期待される。



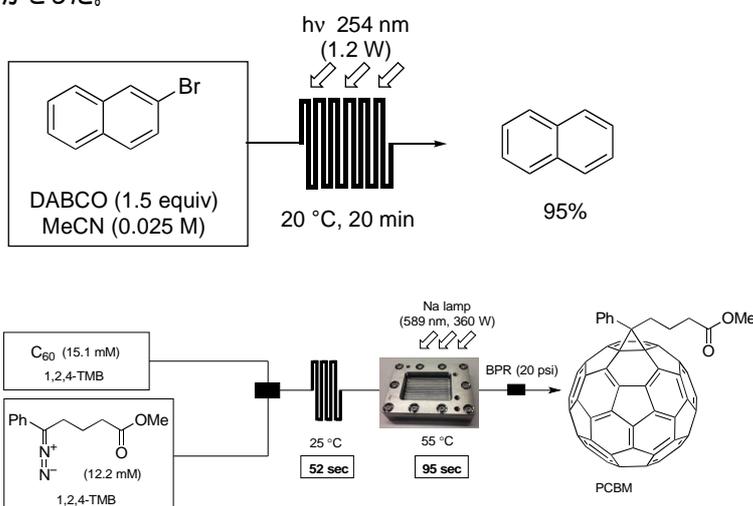
(3) 高効率フロー光反応の開発

光を外部エネルギーとして用いる光反応は、熱反応では達成困難な化学反応を実現できるなど、有機合成分野において重要な位置を占めている。一般に光反応を実験室で実施する場合、直径数 cm のガラス試験管やフラスコに光源を用いて照射する。光の強度は Lambert-Beer 則に従い透過距離が長くなるにつれ指数関数的に減衰していくことから、これらのバッチ型反応装置で光反応を行うと、反応溶液の表面では効率的な光照射が可能であるが、溶液内部への光照射は効率的に行えない。そのため、基質濃度を抑えたり、長い時間照射することで収率の向上を試みるのが一般的である。

一方、光照射可能なマイクロリアクターを用いてフロー系で光反応を実施する場合、数百ミクロンの流路への均一で効率的な光照射が可能であるため、高出力光源を用いなくとも反応の効率化が期待できる。

第3級アミン存在下、芳香族およびビニルハロゲン化物を照射することで効率的に還元反応が進行することを見出した。本反応では、ヨウ素化物、臭素化物のみならず塩素化物やフッ素化物の還元も可能である。バッチ反応では15時間の反応時間を要したが、光フローリアクターを用いると滞留時間わずか20分で反応が完結することを明らかにした。

また、有機薄膜太陽電池の n 型半導体材料として注目される PCBM のフロー合成を検討し、熱的反応と光反応を集積することで PCBM の効率的なワンフロー合成を達成した。さらに光照射可能な光反応用マイクロリアクターを用い、Cossy ラジカル反応や次亜塩素酸と塩酸との反応により生成する塩素ガスを活用したフロー型光ラジカル塩素反応などが効率的に進行することを明らかにした。



以上、本研究ではフロー型反応装置を用い、複数の反応活性種が関与する活性種協同型反応プロセスの高次集積化の開発を行なった。その結果、固体触媒を用いた生理活性物質の効率合成を達成した。また、複数の触媒を単一のカラムリアクターに充填し、複数の反応を一挙に進行させる触媒混合型フロー反応プロセスの開発にも成功した。さらに、様々な光反応を光フローリアクターを用いて効率的に進行させることができた。さらなる発展的研究により、より高度に反応集積を行うことで、様々な機能性材料や生物活性物質の効率合成へと応用することにより、医学・薬学・材料科学等の広範な分野に貢献することが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計27件（うち査読付論文 26件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Fukuyama Takahide, Fujita Yuki, Miyoshi Hayato, Ryu Ilhyong, Kao Shih-Chieh, Wu Yen-Ku	4. 巻 54
2. 論文標題 Electron transfer-induced reduction of organic halides with amines	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 5582 ~ 5585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8CC02445F	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 Ryu Ilhyong, Fukuyama Takahide, Bando Takanobu	4. 巻 50
2. 論文標題 Electron-Transfer-Induced Intramolecular Heck Carbonylation Reactions Leading to Benzolactones and Benzolactams	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Synthesis	6. 最初と最後の頁 3015 ~ 3021
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0037-1609964	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 Matsubara Hiroshi, Kawamoto Takuji, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong	4. 巻 51
2. 論文標題 Applications of Radical Carbonylation and Amine Addition Chemistry: 1,4-Hydrogen Transfer of 1-Hydroxylallyl Radicals	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Accounts of Chemical Research	6. 最初と最後の頁 2023 ~ 2035
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.accounts.8b00278	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 Fukuyama Takahide, Sugimori Taiki, Maetani Shinji, Ryu Ilhyong	4. 巻 16
2. 論文標題 Synthesis of perinaphthenones through rhodium-catalyzed dehydrative annulation of 1-naphthoic acids with alkynes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Organic & Biomolecular Chemistry	6. 最初と最後の頁 7583 ~ 7587
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C8OB01453A	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 Kawamoto Takuji, Matsubara Hiroshi, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong	4. 巻 47
2. 論文標題 A Theoretical Study on Radical-based Aminocarbonylation of Aryl Iodides	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1169 ~ 1171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180599	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 Matsubara Hiroshi, Kawamoto Takuji, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong	4. 巻 47
2. 論文標題 Theoretical Calculations for the 1,4-Hydrogen Shift of 1-Hydroxyallyl Radicals Leading to Keto Radicals; Prediction of Facilitation by 1-Amino and 3-Tin Substituents	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 1197 ~ 1199
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.180522	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 Cartier Alex, Levernier Etienne, Corce Vincent, Fukuyama Takahide, Dhimane Anne Lise, Ollivier Cyril, Ryu Ilhyong, Fensterbank Louis	4. 巻 58
2. 論文標題 Carbonylation of Alkyl Radicals Derived from Organosilicates through Visible Light Photoredox Catalysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Angewandte Chemie International Edition	6. 最初と最後の頁 1789 ~ 1793
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/anie.201811858	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 Furuta Akihiro, Okada Kazuhisa, Fukuyama Takahide	4. 巻 90
2. 論文標題 Efficient Anionic Ring Opening Polymerization of Ethylene Oxide under Microfluidic Conditions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bulletin of the Chemical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 838 ~ 842
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20170073	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 Fukuyama Takahide, Rahman Md. Taifur, Mashima Hiroshi, Takahashi Hideo, Ryu Ilhyong	4. 巻 4
2. 論文標題 Ionic liquids are not innocent in Pd catalysis. C ₂ H arylation of thiazolium and imidazolium ionic liquids with aryl halides	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1863 ~ 1866
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C7Q000331E	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 Sumino Shuhei, Uno Misae, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong, Matsuura Makoto, Yamamoto Akinori, Kishikawa Yosuke	4. 巻 82
2. 論文標題 Photoredox-Catalyzed Hydrodifluoroalkylation of Alkenes Using Difluorohaloalkyl Compounds and a Hantzsch Ester	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 5469 ~ 5474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.7b00609	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 Kippo Takashi, Hamaoka Kanako, Ueda Mitsuhiro, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong	4. 巻 19
2. 論文標題 Bromoallylation of Alkenes Leading to 4-Alkenyl Bromides Based on Trapping of α -Bromoalkyl Radicals	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5198 ~ 5200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b02471	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 Fukuyama Takahide, Nishikawa Tomohiro, Yamada Keiichi, Ravelli Davide, Fagnoni Maurizio, Ryu Ilhyong	4. 巻 19
2. 論文標題 Photocatalyzed Site-Selective C(sp ³) ² H Functionalization of Alkylpyridines at Non-Benzyllic Positions	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 6436 ~ 6439
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.7b03339	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 Ueda Mitsuhiro, Imai Naoyuki, Yoshida Shunsuke, Yasuda Hiroshi, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong	4. 巻 2017
2. 論文標題 Scalable Flow Synthesis of [6,6]-Phenyl-C61-butrylic Acid Methyl Ester (PCBM) using a Flow Photoreactor with a Sodium Lamp	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 6483 ~ 6485
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201700745	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 Fukuyama Takahide, Yamada Keiichi, Nishikawa Tomohiro, Ravelli Davide, Fagnoni Maurizio, Ryu Ilhyong	4. 巻 47
2. 論文標題 Site-selectivity in TBADT-photocatalyzed C(sp ³)-H Functionalization of Saturated Alcohols and Alkanes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 207 ~ 209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/cl.171068	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 Ravelli Davide, Fagnoni Maurizio, Fukuyama Takahide, Nishikawa Tomohiro, Ryu Ilhyong	4. 巻 8
2. 論文標題 Site-Selective C ² H Functionalization by Decatungstate Anion Photocatalysis: Synergistic Control by Polar and Steric Effects Expands the Reaction Scope	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ACS Catalysis	6. 最初と最後の頁 701 ~ 713
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acscatal.7b03354	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 Fukuyama Takahide, Fujita Yuki, Rashid Muhammad Abid, Ryu Ilhyong	4. 巻 18
2. 論文標題 Flow Update for a Cossy Photocyclization	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 5444 ~ 5446
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.6b02727	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 Fukuyama Takahide, Tokizane Masashi, Matsui Akihiro, Ryu Ilhyong	4. 巻 1
2. 論文標題 A greener process for flow C-H chlorination of cyclic alkanes using in situ generation and on-site consumption of chlorine gas	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Reaction Chemistry & Engineering	6. 最初と最後の頁 613 ~ 615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6RE00159A	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 Inuki Shinsuke, Sato Keisuke, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong, Fujimoto Yukari	4. 巻 82
2. 論文標題 Formal Total Synthesis of l-Ossamine via Decarboxylative Functionalization Using Visible-Light-Mediated Photoredox Catalysis in a Flow System	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1248 ~ 1253
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.6b02531	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 Furuta Akihiro, Hirobe Yuki, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong, Manabe Yoshiyuki, Fukase Koichi	4. 巻 2017
2. 論文標題 Flow Dehydration and Hydrogenation of Allylic Alcohols: Application to the Waste-Free Synthesis of Pristane	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 European Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 1365 ~ 1368
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ejoc.201700072	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 Furuta Akihiro, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong	4. 巻 90
2. 論文標題 Efficient Flow Fischer Esterification of Carboxylic Acids with Alcohols Using Sulfonic Acid-Functionalized Silica as Supported Catalyst	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Bull. Chem. Soc. Jpn.	6. 最初と最後の頁 607-612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1246/bcsj.20170025 Affiliations	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 Quattrini Matteo C., Fujii Saki, Yamada Keiichi, Fukuyama Takahide, Ravelli Davide, Fagnoni Maurizio, Ryu Ilhyong	4. 巻 53
2. 論文標題 Versatile cross-dehydrogenative coupling of heteroaromatics and hydrogen donors via decatungstate photocatalysis	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Chemical Communications	6. 最初と最後の頁 2335 ~ 2338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C6CC09725A	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 Furukawa Shinya, Fukuyama Takahide, Matsui Akihiro, Kuratsu Mai, Nakaya Ryotaro, Ineyama Takashi, Ueda Hiroshi, Ryu Ilhyong	4. 巻 21
2. 論文標題 Coupling-Reagent-Free Synthesis of Dipeptides and Tripeptides Using Amino Acid Ionic Liquids	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Chemistry - A European Journal	6. 最初と最後の頁 11980 ~ 11983
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/chem.201501783	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 Okada Megumi, Yamada Keiichi, Fukuyama Takahide, Ravelli Davide, Fagnoni Maurizio, Ryu Ilhyong	4. 巻 80
2. 論文標題 Photocatalytic One-Pot Synthesis of Homoallyl Ketones via a Norrish Type I Reaction of Cyclopentanones	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 The Journal of Organic Chemistry	6. 最初と最後の頁 9365 ~ 9369
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.joc.5b01850	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 Sumino Shuhei, Ui Takahito, Ryu Ilhyong	4. 巻 2
2. 論文標題 Synthesis of aromatic α -keto esters via a carbonylative Suzuki-Miyaura coupling reaction of α -iodo esters with arylboronic acids	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Organic Chemistry Frontiers	6. 最初と最後の頁 1085 ~ 1087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/C5QO00185D	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 Ryu Ilhyong, Yamamura Go-hei, Minakata Satoshi, Komatsu Mitsuo, Kubo Haruka, Ueda Mitsuhiro	4. 巻 26
2. 論文標題 Intramolecular Carbolithiation of 3-Lithioxy-5-alkenyllithiums as a Platform for Cyclopentanols and Cyclopentanones	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Synlett	6. 最初と最後の頁 2413 ~ 2417
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1055/s-0035-1560170	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 Sumino Shuhei, Ui Takahito, Hamada Yuki, Fukuyama Takahide, Ryu Ilhyong	4. 巻 17
2. 論文標題 Carbonylative Mizoroki-Heck Reaction of Alkyl Iodides with Arylalkenes Using a Pd/Photoirradiation System	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Organic Letters	6. 最初と最後の頁 4952 ~ 4955
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.orglett.5b02302	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 Cartier Alex, Levernier Etienne, Dhimane Anne Lise, Fukuyama Takahide, Ollivier Cyril, Ryu Ilhyong, Fensterbank Louis	4. 巻 362
2. 論文標題 Synthesis of Aliphatic Amides through a Photoredox Catalyzed Radical Carbonylation Involving Organosilicates as Alkyl Radical Precursors	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Advanced Synthesis & Catalysis	6. 最初と最後の頁 2254 ~ 2259
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/adsc.202000314	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 -

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 17件)

1. 発表者名 Fukuyama, T.
2. 発表標題 Catalytic Cyclization of Aromatic Carboxylic Acids and Catalytic Reactions in Flow
3. 学会等名 The 1st Hsinchu Workshop on Organic Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Fukuyama, T.; Sakate, T.; Ryu, I.
2. 発表標題 Rhodium-Catalyzed Dehydrative Annulation of Biaryl Carboxylic Acids with Alkynes
3. 学会等名 The Fourth International Symposium on C-H Activation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上川 和也・植田 光洋・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 ペルオキシニ二硫酸塩を用いた環状ケトンの位置選択的C-Hビニル化反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 板東 孝信・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 遷移金属触媒非存在下におけるビニルヨウ素化物のアミノカルボニル化反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福山 高英・嶽肩 亜季・笠門 崇好・柳 日馨
2. 発表標題 フロー系でのアルキンの光ラジカルプロモアリル化反応
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 草加 達也・福山 高英・大平 雅之・柳 日馨
2. 発表標題 トラネキサム酸のワンフロー合成
3. 学会等名 日本化学会第99春季年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Fukuyama
2. 発表標題 Recent Advances for Heterogeneous Catalysis in Flow
3. 学会等名 17th Asia Pacific Confederation of Chemical Engineers Congress (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 T. Fukuyama
2. 発表標題 Efficient Flow Photoreactions Using Photo-Microreactor
3. 学会等名 ISONIS-11&ISMMS-3 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福山高英
2. 発表標題 有機合成におけるフロー反応装置の利用
3. 学会等名 第29回グリーンケミストリーフォーラム (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福山高英
2. 発表標題 有機合成におけるフロー反応装置の利用
3. 学会等名 化学工学会関西支部 マイクロプロセス最前線シリーズ-業界の変革と挑戦を促すための共有と交流の場- (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Fukuyama, T.
2. 発表標題 Flow Synthesis of Pristane Using Packed Bed Reactors
3. 学会等名 The 12th International Symposium on Organic Reactions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fukuyama, T.; Sakate, T.; Ryu, I.
2. 発表標題 Rhodium-Catalyzed Intermolecular Reaction of Biarylcarboxylic Acids with Alkynes
3. 学会等名 The 10th International Symposium on Integrated Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fukuyama, T.; Sugimori, T.; Ryu, I.
2. 発表標題 Synthesis of Perinaphthenones through Rhodium-Catalyzed Reaction of 1-Naphthoic Acids with Alkynes
3. 学会等名 The 10th International Symposium on Integrated Synthesis (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fukuyama, T.
2. 発表標題 Synthesis of Polycyclic Compounds through Rhodium-Catalyzed Cyclization of Aromatic Carboxylic Acids
3. 学会等名 3rd International Symposium of NTUT, NTNU and OPU on Chemistry (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Fujii, S.; Yamada, K.; Fukuyama, T.; Ryu, I.; Ravelli, D.; Fagnoni, M.
2. 発表標題 Tetrabutylammonium Decatungstate Photocatalyzed C-H Arylation of Cycloalkanes
3. 学会等名 12th International Symposium on Organic Free Radicals (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 隅野 修平・宇野 美沙恵・福山 高英・柳 日馨・松浦 誠・山本 明典・岸川 洋介
2. 発表標題 光レドックス触媒によるジフルオロハロメチル化合物の不飽和炭化水素類への還元的付加反応
3. 学会等名 フルオラス科学研究会第9回シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 西川 智大・山田 圭一・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 TBADT光触媒存在下、ピリジルアルカンの電子欠損オレフィンによる位置選択的なC-Hアルキル化反応
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福山 高英・坂手 拓哉・柳 日馨
2. 発表標題 ロジウム触媒存在下、ピアリールカルボン酸とアルキンとの脱カルボニル化を伴った環化反応によるフェナントレン誘導体の合成
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福山 高英・古川 拓宙・柳 日馨
2. 発表標題 ロジウム触媒存在下、アントラニル酸のアルキンへのカルボアミノ化によるキノリノン類合成
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福山 高英・杉森 大樹・柳 日馨
2. 発表標題 ロジウム触媒によるチオサリチル酸とアルキンからのチオクロメノン合成
3. 学会等名 日本化学会第97春季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takahide Fukuyama
2. 発表標題 Green approach to the synthesis of polycyclic compounds through rhodium-catalyzed cyclization of aromatic carboxylic acids
3. 学会等名 Pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 福山高英
2. 発表標題 フロー系による一酸化炭素の高効率導入法
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会 特別企画講演「反応集積化による生体機能中分子の効率合成」(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuki Hirobe, Akihiro Furuta, Takahide Fukuyama, Ilhyong Ryu, Yoshiyuki Manabe, Fukase Koichi
2. 発表標題 Dehydration of alcohols in a flow system using acid-functionalized silica gel: Application to the synthesis of pristane
3. 学会等名 pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Shuhei Sumino, Ilhyong Ryu
2. 発表標題 Palladium Catalyzed Radical Vinylation of Alkyl Iodides under Photoirradiation Conditions
3. 学会等名 pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Keiichi Yamada, Megumi Okada, Takahide Fukuyama, Davide Ravelli, Maurizio Fagnoni, Ilhyong Ryu
2. 発表標題 Photocatalyzed site-selective C-H/C-C conversion of functionalized alkanes
3. 学会等名 pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Aoi Sato, Takuji Kawamoto, Ilhyong Ryu
2. 発表標題 Photoinduced metal-free aminocarbonylation of aryl iodides
3. 学会等名 pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Mika Sasano, Shuhei Sumino, Takahide Fukuyama, Ilhyong Ryu, Antoine Jacquet, Frederic Robert, Yannick Landais
2. 発表標題 Four-component radical coupling reaction using CO and sulfonyl oxime ethers
3. 学会等名 pacifichem 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Shuhei Sumino, Yuki Hamada, Takahito Ui, Takahide Fukuyama, Ilhyong Ryu
2. 発表標題 Carbonylative Mizoroki-Heck Reaction of Alkyl Iodides under Pd/Photoirradiation System
3. 学会等名 IKCOC-13 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Takahide Fukuyama, Akihiro Matsui, Mai Kuratsu, Shinya Furukawa, Takashi Ineyama, Ilhyong Ryu
2. 発表標題 Coupling Reagent-Free Synthesis of Dipeptides with Phosphonium based Amino Acid Ionic Liquids
3. 学会等名 IKCOC-13 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 栞原 崇・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 RuHCl(CO)(PPh ₃) ₃ 触媒を用いたエノンとアルデヒドとのカップリング反応の反応機構
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 隅野 修平・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 パラジウム/光系によるアルキルヨウ素化物とビニル及びアリルスルホニル化合物とのカップリング反応
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 古田 章宏・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 スルホン酸修飾シリカゲルを用いたフローエステル化反応
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 広部 勇輝・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 パックドベッドリアクターを用いたポリエンのフロー水素化反応
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 福山 高英・倉津 麻衣・古川 真也・稲山 隆・柳 日馨
2. 発表標題 アミノ酸のナトリウム塩を用いた直接的ジペプチド合成
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 金子 将也・福山 高英・柳 日馨
2. 発表標題 H ₂ /IrCl ₆ 触媒によるアルカンの水素化分解反応
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 福山 高英・浜田 由希・柳 日馨
2. 発表標題 イリジウム触媒によるアルキル塩素化合物の還元的脱塩素化反応
3. 学会等名 日本化学会第96春季年会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔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
研究分担者	植田 光洋 (Ueda Mitsuhiro) (60566298)	大阪府立大学・理学(系)研究科(研究院)・講師 (24403)	

6. 研究組織（つづき）

	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	柳 日馨 (Ryu Ilhyong) (80210821)	大阪府立大学・研究推進機構・特認教授 (24403)	