

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23350039

研究課題名(和文) バイオミメティックなアプローチによる高次機能触媒の精密設計

研究課題名(英文) Design of High Performance Catalysts Based on Biomimetic Approach

研究代表者

坂倉 彰 (Sakakura, Akira)

岡山大学・自然科学研究科・教授

研究者番号：80334043

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,900,000円、(間接経費) 4,470,000円

研究成果の概要(和文)：酸・塩基複合化学を基盤とし、弱い二次的相互作用や酸・塩基二重活性化などという生体内酵素の触媒作用を手本とした触媒設計により、高選択的合成プロセスを開発した。具体的には、水中で機能するエステル脱水縮合触媒の開発、エナンチオ選択的炭素-炭素結合形成反応(Diels-Alder反応、ポリエン環化反応、ヨードラクトン化反応)の開発、酸・塩基二重活性化機構を鍵とする高機能アシル化反応(イサチン類のエナンチオ選択的シアノエトキシカルボニル化反応、 α -ヒドロキシカルボン酸のアミド脱水縮合反応)を達成した。

研究成果の概要(英文)：Based on acid-base combination chemistry, we conducted the rational design of high performance catalysts with functionalities such as weak secondary interaction and acid-base dual activation. Using these catalysts, we developed highly selective synthetic processes. For example, we achieved dehydrative ester condensation in water using organoammonium catalysts, enantioselective carbon-carbon bond forming reactions (Diels-Alder reaction, polyene cyclization and iodolactonization of unsaturated carboxylic acids) and acylation reaction based on acid-base combination catalysis (cyanoethoxycarbonylation of isatins and dehydrative amide condensation of α -hydroxy carboxylic acids).

研究分野：有機合成化学

科研費の分科・細目：複合化学・合成化学

キーワード：触媒設計・反応

1. 研究開始当初の背景

一見複雑な構造の有機化合物も、生体内では驚くほど単純に合成されていることが多い。生体酵素は、穏和なほぼ中性の反応条件下で、立体化学を完璧に制御しながら複数の炭素-炭素結合を一挙に形成し、複雑な炭素骨格を構築している。また、酵素反応は、適切な位置に備え付けられた酸性官能基と塩基性官能基が組織的に機能することにより、穏和なほぼ中性の反応条件下でありながら優れた活性と選択性を発現する。このような酵素の働きは、有機合成化学者が高機能触媒を精密設計し、高選択的合成プロセスを開発する上で優れた手本となる。

強酸性や強塩基性を示す従来型の触媒は、活性は高いものの反応の制御が困難である。そこで、目的とする反応のみを選択的に促進するためには、適切に設計された弱酸性あるいは弱塩基性の触媒を利用するのが望ましい。弱酸性あるいは弱塩基性の触媒は活性が低いと考えられがちだが、触媒活性はその酸性度や塩基性度のみには依存するわけではない。酵素反応に見られるように、有機塩基(求核性塩基)と有機酸を適切に組み合わせることによって調製される酸・塩基複合触媒を精密に設計することにより、従来型の酸触媒や塩基触媒単独では持ち得ない新しい機能を発現させることができ、弱酸性あるいは弱塩基性でありながら高活性・高選択性を示す高機能触媒が設計できると期待される。

2. 研究の目的

本研究計画では、研究代表者がこれまで取り組んできた酸・塩基複合触媒の研究を基盤とし、酵素反応において鍵となる機能を積極的に取り入れた触媒設計により、穏和な反応条件下で高活性・高選択性を発現する合成プロセスの開発を行う。特に、本研究独自の触媒設計コンセプトにより、従来型の触媒では実現が困難とされる高度な立体選択性を発現する新規高次機能触媒の開発に挑む。本研究における研究項目は、(1) 水中でも高い活性を示す脱水縮合触媒の開発、(2) 優れた基質一般性と高度な立体選択性を示す不斉炭素-炭素結合形成反応(環化付加反応、ポリエン環化反応など)の開発、(3) 酸・塩基二重活性化機構を鍵とする高機能アシリ化触媒の開発である。

3. 研究の方法

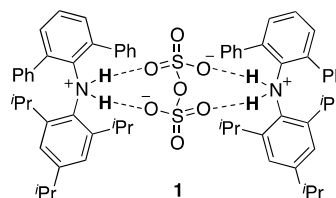
酸・塩基複合触媒の研究を基盤とし、酵素反応において鍵となる機能を積極的に取り入れた触媒設計により、それぞれの反応に適した触媒を精密に設計し、その活性を検討した。

4. 研究成果

(1) 水中でのエステル脱水縮合反応の開発

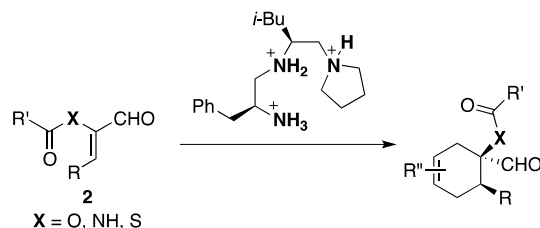
研究代表者が開発した嵩高い有機アンモニウム触媒を改良し、水中でエステル脱水

縮合を促進できる分子カプセル型脱水縮合触媒の開発に成功した。嵩高いジアリールアミンと硫酸との塩を加熱することによってピロ硫酸塩 **1** が生成し、これが水中でのエステル脱水縮合に優れた触媒活性を示すことを見出した。また、同じ触媒がアミノ酸エステルの加水分解に対して優れた触媒活性を示すことも見出した。塩基性条件での加水分解と異なりラセミ化を全く起こさないため、実用性に優れた加水分解法である。



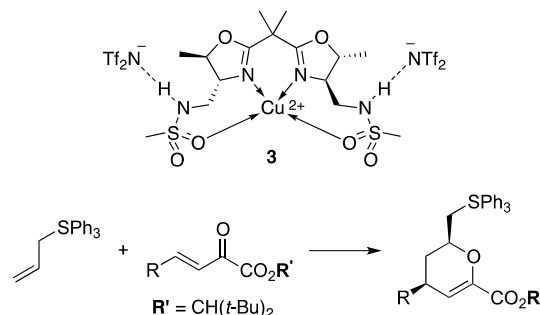
(2) 立体選択的炭素-炭素結合形成法の開発

キラル有機アンモニウム塩触媒を用いる多置換型基質の不斉 Diels-Alder 反応の開発
β位にアルキル基やアリール基を持つα-ヘテロ原子置換型アクロレイン **2** の合成法を確立し、それをジエノフィルとするエナンチオ選択的 Diels-Alder 反応を達成した。これにより、ヘテロ原子結合 4 級炭素を含む多置換型シクロヘキセン誘導体を選択的に合成できるようになった。



n-カチオン触媒を用いるアリルシランのヘテロ Diels-Alder 反応の開発

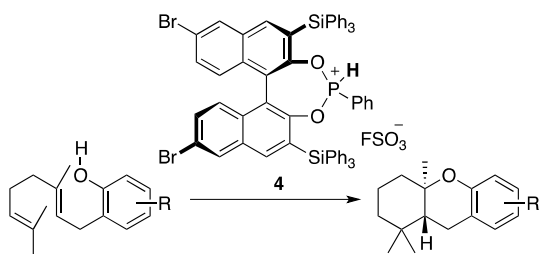
キラル *n*-カチオン触媒 **3** を用いてアリルシランとβ,γ-不飽和α-ケトエステルとの反応を行ったところ、ヘテロ Diels-Alder 反応が進行することを見出した。特に、基質として嵩高いエステルを用いることにより、高収率かつ高ジアステレオ選択的、高エナンチオ選択的に環化生成物が得られた。本反応は、光学活性オキサンの新しい合成法である。



キラルホスホニウム触媒を用いるプロトポリエン環化反応の開発

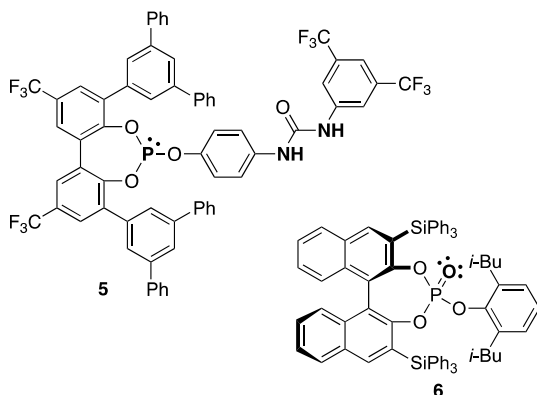
キラル亜ホスホン酸ジエステルと超強酸との塩 **4** が 2-ゲラニルフェノール類のエナ

ンチオ選択的プロト環化反応を促進することを見出した。本触媒システムは、不飽和カルボン酸の非対称化にも有効である。



キラル求核性塩基を用いる八口環化反応の開発

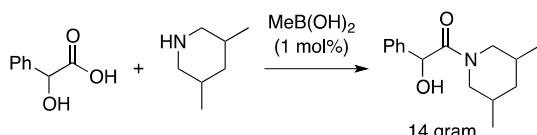
ホモゲラニルアレンのプロモポリエン環化において嵩高い亜リン酸エステルウレア触媒 **5** が高い活性を示すことを見出した。嵩高さとウレア基が触媒の分解と副反応生成物の生成を抑える。また、キラルリン酸エステル触媒 **6** が 4-ペンテン酸誘導体のエナンチオ選択的ヨードラクトン化反応に有効であることを見出した。ヨウ素化剤であるヨウ素の活性化剤/酸化剤として *N*-クロロフタルイミドを使用すると反応性が飛躍的に向上するとともに、ヨウ素の使用量を 0.5 当量に削減することに成功した。従来法に比べて用いる試薬が安価であるため、実用的なヨードラクトン化法である。



(3) 高選択的アシル化触媒の開発

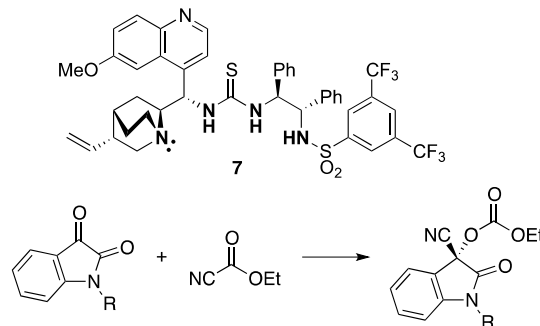
α -ヒドロキシカルボン酸のアミド脱水縮合反応の開発

メチルボロン酸やブチルボロン酸などの 1 級アルキルボロン酸触媒が α -ヒドロキシカルボン酸のアミド脱水縮合を効率よく促進することを見出した。光学活性な α -ヒドロキシカルボン酸を用いた場合でもラセミ化を起こさず、スケールアップも容易である。触媒が安価なことから、実用的な α -ヒドロキシアミドの合成法である。



イサチン類のシアノエトキシカルボニル化反応の開発

イサチン類のシアノエトキシカルボニル化反応に有効なキラルな酸・塩基複合型触媒 **7** を開発した。触媒のプレステッド塩基性部位がアシル化剤を活性化すると同時に、プレステッド酸性部位がシアノアルコキシド中間体の一方のエナンチオマーを選択的に補足することにより、エナンチオ選択的にシアノエトキシカルボニル化反応を促進する。生成物は、様々な生物活性物質を合成するためのキラルビルディングブロックとして有用である。



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 13 件)すべて査読有

Yuki Matsumura, Takahiro Suzuki, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Catalytic Enantioselective Inverse Electron-Demand Hetero-Diels–Alder Reaction with Allylsilanes, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2014**, *53*, in press. DOI: 10.1002/anie.201402934.

Yasuhiro Sawamura, Hidefumi Nakatsuji, Matsujiro Akakura, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Selective Bromocyclization of 2-Geranylphenols Promoted by Phosphite–Urea Cooperative Catalysts, *Chirality* **2014**, *26*, in press. DOI: 10.1002/chir.22297.

Yasuhiro Sawamura, Hidefumi Nakatsuji, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, “Phosphite–Urea” Cooperative High-Turnover Catalysts for the Highly Selective Bromocyclization of Homogeranylarenes, *Chem. Sci.* **2013**, *4*, 4181–4186. DOI: 10.1039/C3SC51432C.

Yoshihiro Ogura, Matsujiro Akakura, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Enantioselective Cyanoethoxycarbonylation of Isatins Promoted by a Lewis Base–Brønsted Acid Cooperative Catalyst, *Angew. Chem. Int. Ed.* **2013**, *52*, 8299–8303, DOI: 10.1002/anie.201303572.

Risa Yamashita, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Primary Alkylboronic Acids as Highly Active Catalysts for the Dehydrative Amide Condensation of α -Hydroxycarboxylic Acids, *Org. Lett.* **2013**, *15*, 3654–3657, DOI: 10.1021/ol401537f.

Masayuki Sakuma, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Kinetic Resolution of Racemic

Carboxylic Acids through Asymmetric Protolactonization Promoted by Chiral Phosphonous Acid Diester, *Org. Lett.* **2013**, *15*, 2838-2841, DOI: 10.1021/ol401313d.

Akira Sakakura, Hiroki Yamada, Kazuaki Ishihara, α -Heterosubstituted β -Alkylacroleins as Useful Multisubstituted Dienophiles for Enantioselective Diels-Alder Reactions, *Asian J. Org. Chem.* **2012**, *1*, 133-137, DOI: 10.1002/ajoc.201200054.

Yoshiki Koshikari, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, *N,N*-Diarylammonium Pyrosulfate as a Highly Effective Reverse Micelle-type Catalyst for Hydrolysis of Esters, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 3194-3197, DOI: 10.1021/ol301290c.

Akira Sakakura, Hiroki Yamada, Kazuaki Ishihara, Enantioselective Diels-Alder Reaction of α -(Acylthio)acroleins: a New Entry to Sulfur-containing Chiral Quaternary Carbons, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 2972-2975, DOI: 10.1021/ol300921f.

Akira Sakakura, Yoshiki Koshikari, Matsujiro Akakura, Kazuaki Ishihara, Hydrophobic *N,N*-Diarylammonium Pyrosulfates as Dehydrative Condensation Catalysts under Aqueous Conditions, *Org. Lett.* **2012**, *14*, 30-33. DOI: 10.1021/ol2027366.

Akira Sakakura, Risa Yamashita, Takuro Ohkubo, Matsujiro Akakura, Kazuaki Ishihara, Intramolecular Dehydrative Condensation of Dicarboxylic Acids with Brønsted Base-Assisted Boronic Acid Catalysts, *Aust. J. Chem.* **2011**, *64*, 1458-1465, DOI: 10.1071/CH11301.

Akira Sakakura, Shuhei Umemura, Kazuaki Ishihara, Desymmetrization of *Meso* Glycerol Derivatives Induced by L-Histidine-Derived Acylation Catalysts, *Adv. Synth. Catal.*, **2011**, *353*, 1938-1942, DOI: 10.1002/adsc.201100252.

Akira Sakakura, Masayuki Sakuma, Kazuaki Ishihara, Chiral Lewis Base-Assisted Brønsted Acid (LBBA)-Catalyzed Enantioselective Cyclization of 2-Geranylphenols, *Org. Lett.* **2011**, *13*, 3130-3133, DOI: 10.1021/ol201032t.

〔学会発表〕(計35件)

工藤孝幸, 磯山青司, 坂倉彰, ニトロアルケンへの α -アミノ酸エステルのマイケル付加を鍵反応とする置換ピペラジノンの合成, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月27日, 名古屋大学東山キャンパス

三好夏美, 工藤孝幸, 石川彰彦, 坂倉彰, ニトロネートに対するジアステレオ選択的ヒドロキシメチル化を鍵反応とするマンザジンの合成研究, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月27日, 名古屋大学東山キャンパス

堀将寛, 坂倉彰, 石原一彰, キラル π -カチオン触媒を用いるアゾメチンイミンと β -置換プロピオロイルピラゾールとのエナンチオ選択的1,3-双極子環化付加反応, 日本化学

会第94春季年会, 2014年3月27日, 名古屋大学東山キャンパス

鈴木貴大, 坂倉彰, 石原一彰, キラル n -カチオン触媒によるアリルシランと α -ケトエステルとのエナンチオ及びジアステレオ選択的ヘテロ Diels-Alder 反応の開発, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月27日, 名古屋大学東山キャンパス

仲辻秀文, 澤村泰弘, 坂倉彰, 石原一彰, 求核性キラルリン酸エステル触媒を用いるエナンチオ選択的ヨードラクトン化反応, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月27日, 名古屋大学東山キャンパス

澤村泰弘, 仲辻秀文, 坂倉彰, 石原一彰, 亜リン酸トリエステル(III)-尿素協奏触媒を用いる2-ゲラニルフェノールの選択的プロモポリエン環化反応, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月27日, 名古屋大学東山キャンパス

岡本 遼, 仲辻秀文, 坂倉彰, 波多野学, 石原一彰, 高活性キラル二塩基酸触媒の開発: 光学活性ピロリン酸ジエステルの合成, 日本化学会第94春季年会, 2014年3月27日, 名古屋大学東山キャンパス

Akira Sakakura, Yuki Matsumura, Takahiro Suzuki, Kazuaki Ishihara, Enantioselective Inverse Electron-Demand Hetero-Diels-Alder Reaction with Allylsilanes, 13th Tateshina Conference on Organic Chemistry, November 8-10, 2013, Tateshina Forum.

澤村泰弘, 仲辻秀文, 坂倉彰, 石原一彰, 求核性亜リン酸トリエステル(III)触媒を用いるポリプレノイドの選択的プロモポリエン環化反応, 第44回中部化学関係学協会支部連合秋季大会, 2013年11月2-3日, 静岡大学浜松キャンパス

Hidefumi Nakatsuji, Yasuhiro Sawamura, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Development of Chiral Nucleophilic Phosphite Catalysts for Enantioselective Iodolactonization, Nagoya Symposium 2013, May 23, 2013, Nagoya University.

Yoshihiro Ogura, Matsujiro Akakura, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Development of Highly Enantioselective Cyano-Ethoxycarbonylation of Isatin Derivatives, Nagoya Symposium 2013, May 23, 2013, Nagoya University.

坂倉彰, バイオミメティックなオキサゾリン合成法の開発とその応用, 有機合成化学協会中国四国支部 第68回パネル討論会, 2013年5月18日, 岡山大学津島キャンパス

山下莉沙, 坂倉彰, 石原一彰, α -ヒドロキシカルボン酸のアミド縮合に有効なボロン酸触媒の開発, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月22日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

鈴木貴大, 坂倉彰, 石原一彰, キラル n -カチオン触媒によるアリルシランの高エナンチオ及びジアステレオ選択的ヘテロ Diels-Alder 反応, 日本化学会第93春季年会,

2013年3月22日,立命館大学びわこ・くさつキャンパス

仲辻秀文, 澤村泰弘, 坂倉彰, 石原一彰, エナンチオ選択的ヨードラクトン化反応に有効な求核性キラル亜リン酸エステル触媒の開発, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月23日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

澤村泰弘, 仲辻秀文, 坂倉彰, 石原一彰, 求核性亜リン酸エステル(III)触媒を用いるポリプレノイドの選択的プロモポリエン環化反応, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月23日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

佐久間雅幸, 坂倉彰, 石原一彰, キラルLewis塩基複合型プレンステッド酸 (LBBA) 触媒を用いた不斉ラクトン化によるラセミカルボン酸の速度論的光学分割, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月23日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

小倉義浩, 坂倉彰, 石原一彰, イサチン類の高エナンチオ選択的シアノエトキシカルボニル化反応の開発, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月24日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

岡本遼, 仲辻秀文, 坂倉彰, 石原一彰, 1,1'-ピナフチルピロリン酸ジエステルの合成とキラルBrønsted酸触媒への展開, 日本化学会第93春季年会, 2013年3月24日, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

Akira Sakakura, Organocatalytic Enantioselective Cyano-Ethoxycarbonylation of Isatins, The 6th International Symposium for Future Technology Creating Better Human Health and Society, "Strategies to Establishment Drug Development Systems," February 7-8, 2013, Okayama University.

② Akira Sakakura, Enantioselective Organocatalytic Cyanoethoxycarbonylation of Isatin Derivatives, First Japan-USA Organocatalytic Symposium, December 15-18, 2012, Waikiki Prince Hotel, Hawaii, USA.

②澤村泰弘, 仲辻秀文, 坂倉彰, 石原一彰, 求核性リン酸エステル触媒を用いるポリプレノイドの選択的ポリエン環化反応, 2012ハロゲン利用ミニシンポジウム(第5回臭素化学懇話会年会), 2012年11月30日, 岡山大学津島キャンパス

③H. Nakatsuji, Y. Sawamura, A. Sakakura, K. Ishihara, Development of chiral nucleophilic phosphine(III) catalysis for enantioselective iodolactonization, Otsu Conference 2012, October 15-16, 2012, Otsu.

④Masayuki Sakuma, Akira Sakakura, Kazuaki Ishihara, Chiral Lewis Base-Assisted Brønsted Acid (LBBA)-Catalyzed Enantioselective Cyclization of 2-Geranylphenols, The 24th International Symposium on Chiral Discrimination (Chirality 2012: ISCD24), June 10-13, 2012, Fort Worth, Texas, US.

⑤仲辻秀文, 澤村泰弘, 坂倉彰, 石原一彰, エナンチオ選択的ヨードラクトン化反応に有効なキラル求核性リン(III)触媒システムの開発, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月25日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑥澤村泰弘, 仲辻秀文, 坂倉彰, 石原一彰, ポリプレノイドの不斉プロモポリエン環化反応に有効なキラル求核性リン(III)触媒の設計, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月25日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑦山下莉沙, 坂倉彰, 石原一彰, プレンステッド塩基複合型ボロン酸触媒を用いる α -ヒドロキシカルボン酸のアミド縮合, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月25日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑧越後良樹, 坂倉彰, 赤倉松次郎, 石原一彰, 水中エステル脱水縮合反応に有効なピロ硫酸 *N,N*-ジアリールアンモニウム塩触媒とその応用, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月25日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑨山田浩貴, 坂倉彰, 石原一彰, キラル有機アンモニウム塩触媒を用いた α -ヘテロ置換型 β -アルキルアクロレインのエナンチオ選択的 Diels-Alder 反応, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月27日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑩小倉義浩, 坂倉彰, 石原一彰, エナンチオ選択的シアノカルボニル化反応に有効なキラル酸塩基複合触媒の精密設計, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月27日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑪堀将寛, 坂倉彰, 石原一彰, キラル π -カチオン触媒によるアゾメチンイミンとプロピオルアミドとのエナンチオ選択的 1,3-双極子環化付加反応, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月27日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑫松村雄輝, 坂倉彰, 石原一彰, キラル *n*-カチオン触媒によるアリルシランのエナンチオ選択的ヘテロ Diels-Alder 反応, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月27日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑬鈴木貴大, 松村雄輝, 坂倉彰, 石原一彰, *n*-カチオン触媒によるシリルビニルエーテルと β,γ -不飽和 α -ケトエステルとのエナンチオ選択的ヘテロ Diels-Alder 反応, 日本化学会第92春季年会, 2012年3月27日, 慶應義塾大学日吉キャンパス・矢上キャンパス

⑭ Akira Sakakura, Hydrophobic *N,N*-Diarylammonium Pyrosulfates as Dehydrative Condensation Catalysts under Aqueous Conditions, International Symposium on EcoTopia Science 2011 (SETS11), December 9-11, 2011, Nagoya, Japan.

⑮Yoshiki Koshikari, Akira Sakakura, Matsujiro Akakura, Kazuaki Ishihara, Development of Dehydrative Ester Condensation under Aqueous

Conditions Catalyzed by Hydrophobic *N,N*-Diarylammonium Sulfates, The 3rd Asia-Oceania Conference on Green and Sustainable Chemistry, December 4-7, 2011, Melbourne, Australia.

〔図書〕(計4件)

Kazuaki Ishihara, Akira Sakakura, Elsevier, 5.09 Intermolecular Diels–Alder Reactions, Comprehensive Organic Synthesis II (Second Edition), **2014**, pp 351-408.

Kazuaki Ishihara, Akira Sakakura, Elsevier, 5.10 Hetero-Diels–Alder Reactions, Comprehensive Organic Synthesis II (Second Edition), **2014**, pp 409-465.

K. Ishihara, A. Sakakura, Elsevier: Oxford, 6.10 C–C bond formation | Diels–Alder reaction, Comprehensive Chirality: Synthetic Methods V – Organocatalysis, **2012**, pp. 264-292.

K. Ishihara, A. Sakakura, Thieme Verlag: Stuttgart, 3.2 [4+2]-Cycloaddition Reactions, Science of Synthesis, Stereoselective Synthesis 3: Stereoselective Pericyclic Reactions, Cross Coupling, and C–H and C–X Activation, **2011**, pp. 67-123.

〔産業財産権〕

出願状況(計7件)

名称: ピロリン酸エステル化合物、ビスリン酸エステル化合物及び触媒
発明者: 石原一彰、坂倉彰
権利者: 国立大学法人名古屋大学
種類: 特許
番号: PCT/JP2013/069443(WO)
出願年月日: 2013年7月17日
国内外の別: 国外

名称: ヒドロキシカルボン酸アミド化合物の製法及び新規なアリールボロン酸化合物
発明者: 石原一彰、坂倉彰
権利者: 国立大学法人名古屋大学
種類: 特許
番号: PCT/JP2013/053500(WO)
出願年月日: 2013年2月14日
国内外の別: 国外

名称: ピロリン酸エステル化合物およびビスリン酸エステル化合物
発明者: 石原一彰、坂倉彰
権利者: 国立大学法人名古屋大学
種類: 特許
番号: 特願 2012-160092
出願年月日: 2012年7月19日
国内外の別: 国内

名称: 新規なジヒドロピラン化合物及びその製法
発明者: 石原一彰、坂倉彰
権利者: 国立大学法人名古屋大学
種類: 特許

番号: 特願 2012-032401
出願年月日: 2012年2月17日
国内外の別: 国内

名称: -ヒドロキシカルボン酸アミド化合物の製法及び新規なアリールボロン酸化合物
発明者: 石原一彰、坂倉彰
権利者: 国立大学法人名古屋大学
種類: 特許
番号: 特願 2012-032400
出願年月日: 2012年2月17日
国内外の別: 国内

名称: エステルの加水分解によるカルボン酸及びアルコールの製造方法
発明者: 石原一彰、坂倉彰、越俣良樹
権利者: 国立大学法人名古屋大学
種類: 特許
番号: PCT/JP2012/082310(WO)
出願年月日: 2012年12月13日
国内外の別: 国外

名称: エステルの加水分解によるカルボン酸及びアルコールの製造方法
発明者: 石原一彰、坂倉彰、越俣良樹
権利者: 国立大学法人名古屋大学
種類: 特許
番号: 特願 2011-289040
出願年月日: 2011年12月28日
国内外の別: 国内

取得状況(計0件)

〔その他〕
ホームページ等
<http://www.cc.okayama-u.ac.jp/~sakakura/>

6. 研究組織
(1) 研究代表者
坂倉 彰 (SAKAKURA AKIRA)
岡山大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 80334043
(2) 研究分担者
(3) 連携研究者