

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 11 日現在

機関番号：23701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24790015

研究課題名(和文) 自然の恵みを活用する酸化的不斉環化反応の開発

研究課題名(英文) Development of the asymmetric oxidative cyclization using the blessings of nature

## 研究代表者

多田 教浩 (Tada, Norihiro)

岐阜薬科大学・薬学部・講師

研究者番号：20468234

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：天然アミノ酸であるバリン、ジアミノシクロヘキサン、アミノピロリジンから新規不斉有機分子触媒を合成し、不斉アルドール反応や不斉マイケル反応が効率よく進行することを見出した。これら不斉有機分子触媒や市販の有機分子触媒を、究極の酸化剤である分子状酸素、クリーンなエネルギーである光、日本で豊富に生産されている資源であるヨウ素触媒と組み合わせて用いることにより、低い不斉収率ながら中程度の収率で酸化的不斉ラクトン化反応が進行することを見出した。また、光酸素酸化反応に最適なフローマイクロリアクターを構築し、これにより酸化的ラクトン化反応が進行することを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：I synthesized the new asymmetric organocatalysts from valine, natural amino acid, diaminocyclohexane, and aminopyrrolidine, which efficiently work as catalyst for asymmetric Aldol reaction and Michael addition. I developed asymmetric oxidative lactonization using these asymmetric organocatalysts and commercially available asymmetric organocatalysts combined with molecular oxygen, ultimate oxidizing agent, light, clean energy, and iodine catalyst, abundantly produced in Japan, in moderate yield albeit in low asymmetric yields. Moreover, I developed the flow microreactor for aerobic photooxidation. The oxidative lactonization proceeded using the flow microreactor .

研究分野：医歯薬学

キーワード：光酸素酸化 ヨウ素源 不斉有機触媒 可視光 分子状酸素

## 1. 研究開始当初の背景

近年、様々な有機分子触媒が開発されるとともに、それらを用いた広範な反応が見出されてきた。環境に優しい化学が求められる現在、有機分子触媒は空気や水に安定で取り扱いが容易であり、比較的安価で環境負荷が小さく金属の混入が起こらないため、医薬品製造等のプロセスにおいて実用化が期待される。申請者は天然アミノ酸であるフェニルアラニンから誘導した有機分子触媒であるβ-アミノスルホンアミド触媒を用いた食塩水中での不斉アルドール反応を見出すことに成功している。また、フェニルアラニンから誘導したアミノチオウレア触媒を用いる不斉マイケル付加反応の開発にも成功している。

一方、ものづくりの根幹である有機化合物の酸化反応では、重金属触媒や強酸などに頼ったプロセスが多く採用されており、これらでは使用される触媒や酸の廃棄処理が大きな問題となっている。そのような背景の中、申請者は身の回りにあふれる光と分子状酸素の有効利用を目的とし、汎用蛍光灯等の人工光源を用いたマイルドな条件での酸化反応の開発を推進してきた。その中で、ヨウ素源として  $\text{CaI}_2$  を用いる 1,3-ジカルボニル化合物からタルトロン酸や 1,2-ジケトンへの新規変換反応の開発に成功した。最近になり、本条件をケトカルボン酸に適用することにより、ケトラクトンが生成することを見出した。本反応はヨウ素化された中間体の分子内求核置換反応により生成するヨウ化物イオンを、空気中で再酸化することにより進行していると考えられる。

## 2. 研究の目的

オキシカルボン酸の酸化的不斉ラクトン化反応はこれまで全く報告されておらず、未踏の分子変換反応である。さらに、申請者が見出した光酸素酸化技術では、我々の身の回りにあふれる光と究極の酸化剤である分子状酸素を用い、通常脱離基として廃棄物となるヨウ化物イオンを再酸化して用いることができるため、これまでに前例のない革新的複素環合成法と考えられる。そこで、フェニルアラニンおよび他の天然アミノ酸などから新規有機分子触媒を創製し、創製した触媒を究極の酸化剤である分子状酸素、クリーンなエネルギーである光、日本で豊富に生産されている資源であるヨウ素触媒と組み合わせることで、環境に優しく経済的な光酸素酸化的不斉ラクトン化反応を開発する。また、マイクロリアクターを用いる光酸素酸化反応を実現し、本反応のスケールアップを行う。

## 3. 研究の方法

独自に開発した不斉有機分子触媒の合成法に従って、天然アミノ酸からアミノスルホンアミド骨格の不斉有機分子触媒を合成する。合成した有機分子触媒とヨウ素触媒を組み

合わせてケトカルボン酸の光酸素酸化的不斉ラクトン化反応に用いることにより触媒活性を調査する。さらに、天然アミノ酸以外の分子骨格としてプロリンやジアミノシクロヘキサンを用いて触媒を調製し、本反応に利用できる触媒を開発する。最も効果的な触媒を用いて反応条件の最適化を行う。ヨウ素源、溶媒、添加剤の種類や当量関係を詳細に調査することで最適な酸化的不斉ラクトン化反応を開発する。次に、最適化した条件を基に基質一般性を明らかにする。本反応のスケールアップにはフローマイクロリアクターを用いる。光源としては、様々な狭領域波長を照射できる製品があり、消費エネルギーが小さく、長寿命、低放熱で高い指向性を有し、しかも構造体に水銀を含有しない発光ダイオード(LED)を使用する。また反応の効率化を図るため、高出力LED照射器のデザイン・作成を行う。

## 4. 研究成果

天然アミノ酸であるフェニルアラニンから誘導した有機分子触媒であるβ-アミノスルホンアミド触媒の合成法に従い、バリンから対応するβ-アミノスルホンアミド触媒を合成し、マロン酸の不斉マイケル付加反応やアルデヒドのビニルスルホンへの付加反応が進行することを明らかにした。<sup>1</sup> また、ジアミノシクロヘキサンからジアミノメチレンマロニトリル触媒を合成し、同様な反応が進行することを見出した。<sup>2</sup> 合成した不斉有機分子触媒およびプロリン触媒やマクミラン触媒、不斉チオウレア等の市販のアミン触媒を用い、触媒量のヨウ素源を用いる光酸素酸化的ラクトン化反応を検討し、低い不斉収率ながらも不斉有機分子触媒存在下に反応が進行することが明らかとなった (Table 1)。不斉有機分子触媒が存在しない条件では、系中で過酸化物の発生が懸念される THF を溶媒として用いる必要があったが、有機分子触媒存在下では MeCN を用いても同程度の収率で反応が進行した。さらに、不斉リン酸触媒を用いて検討を行い、不斉リン酸触媒もアミン系触媒と同様に不斉を誘起することを見出した。

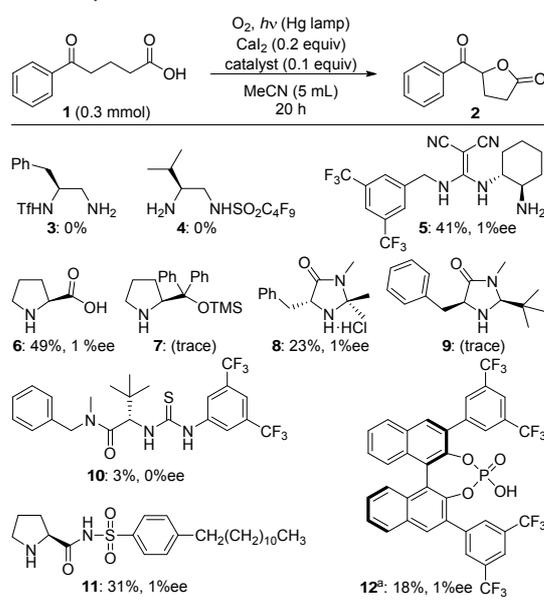
基質検討を行い、本反応条件では 4 級不斉中心の構築も低い不斉収率ながら可能であることが分かった (Scheme 1)。

本反応に有効な波長を検討したところ、本反応は 546 nm より長波長で進行し、490 nm より短波長では進行しないことが明らかとなった。このため、本反応は汎用の蛍光灯を用いても高圧水銀ランプと同程度の収率で反応が進行することも確認できた。

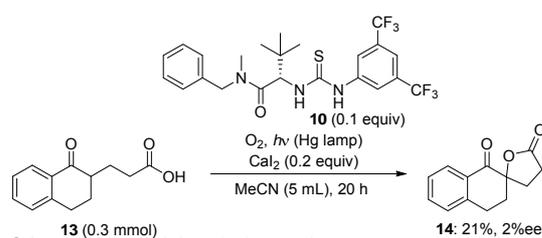
一方で、デクセリアルズ社製ガラスチップフローマイクロリアクターを反応装置として用い、光酸素酸化反応に有効なフローマイクロリアクターの構築を行った。<sup>3</sup> これにより、トルエン類の酸化反応がバッチ式よりも格段に速く進行することを明らかにした。さら

に、インダンから1-インダノンへの酸化反応が選択的に進行することを明らかにした。このフローマイクロシステムを用いて酸化ラクトン化反応の検討を行い、わずかながら反応が進行することを見出した。

Table 1. Asymmetric oxidative lactonization.



Isolated yields. Numbers in parentheses are  $^1\text{H}$  NMR yields.  
Enantiomeric excess was determined by HPLC analysis.  
<sup>a</sup>  $\text{Cal}_2$  (0.1 equiv),  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (0.1 equiv).



Scheme 1. Asymmetric lactonization to make quaternary asymmetric center.

#### <引用文献>

- (a) Kamito, Y.; Masuda, A.; Yuasa, H.; Tada, N.; Itoh, A.; Nakashima, K.; Hirashima, S.; Koseki, Y.; Miura, T. *Tetrahedron: Asymmetry* **2014**, *25*, 974–979. (b) Kamito, Y.; Masuda, A.; Yuasa, H.; Tada, N.; Itoh, A.; Koseki, Y.; Miura, T. *Chem. Lett.* **2013**, *42*, 1151–1153. (c) Nakashima, K.; Murahashi, M.; Yuasa, H.; Ina, M.; Tada, N.; Itoh, A.; Hirashima, S.; Koseki, Y.; Miura, T. *Molecules* **2013**, *18*, 14529–14542. (d) Miura, T.; Yuasa, H.; Murahashi, M.; Ina, M.; Nakashima, K.; Tada, N.; Itoh, A. *Synlett* **2012**, *23*, 2385–2388.
- (a) Hirashima, S.; Sakai, T.; Nakashima, K.; Watanabe, N.; Koseki, Y.; Mukai, K.; Kanada, Y.; Tada, N.; Itoh, A.; Miura, T. *Tetrahedron Lett.* **2014**, *55*, 4334–4337. (b) Kanada, Yohei.; Yuasa, H.; Nakashima, K.; Murahashi, M.; Tada, N.; Itoh, A.; Koseki,

Y.; Miura, T. *Tetrahedron Lett.* **2013**, *54*, 4896–4899.

3. Nagasawa, Y.; Tanba, K.; Tada, N.; Yamaguchi, E.; Itoh, A. *Synlett* **2015**, *26*, 412–415.

#### 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30件)

- Nagasawa Yoshitomo, Tanba Katsuya, Tada Norihiro, Yamaguchi Eiji, Itoh Akichika, A Study of Aerobic Photo oxidation with a Continuous-Flow Microreactor, *Synlett*, 査読有、26巻、2015、412–415  
DOI:10.1055/s-0034-1379698
- Tachikawa Yuma, Nagasawa Yoshitomo, Furuhashi Sohei, Cui Lei, Yamaguchi Eiji, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Metal-free synthesis of imidazopyridine from nitroalkene and 2-aminopyridine in the presence of a catalytic amount of iodine and aqueous hydrogen peroxide, *RSC Advances*, 査読有、5巻、2015、9591–9593  
DOI:10.1039/C4RA14970J
- Nakashima Kosuke, Hirashima Shinichi, Akutsu Hiroshi, Koseki Yuji, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Miura Tsuyoshi, Pyrrolidine-diaminomethylene malononitrile organocatalyst for solvent-free asymmetric direct aldol reactions, *Tetrahedron Letters*, 査読有、56巻、2015、558–561  
DOI:10.1016/j.tetlet.2014.11.117
- Itoh Izuho, Matsusaki Yoko, Fujiya Akitoshi, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, 2-Chloroanthraquinone-catalyzed aerobic photo-oxidative synthesis of diacylamines from benzylamides, *Tetrahedron Letters*, 査読有、55巻、2014、3160–3162  
DOI:10.1016/j.tetlet.2014.03.123
- Yamaguchi Tomoaki, Nobuta Tomoya, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Nakayama Tatsushi, Uno Bunji, Itoh Akichika, Aerobic photooxidative carbon-carbon bond formation between tertiary amines and carbon nucleophiles using 2-chloroanthra-9,10-quinone, *Synlett*, 査読有、25巻、2014、1453–1457  
DOI:10.1055/s-0033-1341257
- Nagasawa Yoshitomo, Matsusaki Yoko, Hotta Toshiyuki, Nobuta Tomoya, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh

- Akichika, Aerobic photooxidative synthesis of benzimidazoles from aromatic aldehydes and diamines using catalytic amounts of magnesium iodide, *Tetrahedron Letters*, 査読有、55巻、2014、6543–6546  
DOI:10.1016/j.tetlet.2014.10.001
7. Matsui Keita, Ishigami Takafumi, Yamaguchi Tomoaki, Yamaguchi Eiji, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Aerobic photooxidative synthesis of phenols from arylboronic acids using 2-propanol as solvent, *Synlett*, 査読有、25巻、2014、2613–2616  
DOI:10.1055/s-0034-1379099
  8. Kamito Yuji, Masuda Akira, Yuasa Hiroki, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Nakashima Kosuke, Hirashima Shin-ichi, Koseki Yuji, Miura Tsuyoshi, Asymmetric conjugate addition of malonate to  $\alpha,\beta$ -unsaturated ketones in water using a perfluoroalkanesulfonamide organocatalyst, *Tetrahedron: Asymmetry*, 査読有、25巻、2014、974–979  
DOI:10.1016/j.tetasy.2014.05.009
  9. Hirashima Shin-ichi, Nakashima Kosuke, Fujino Yuki, Arai Ryoga, Sakai Takaaki, Kawada Masahiro, Koseki Yuji, Murahashi Miho, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Miura Tsuyoshi, Cinchonidine-diaminomethylenemalonitrile organocatalyst for asymmetric conjugate addition of 1,3-diketone to nitroalkene, *Tetrahedron Letters*, 査読有、55巻、2014、4619–4622  
DOI:10.1016/j.tetlet.2014.06.037
  10. Kariya Atsumasa, Yamaguchi Tomoaki, Nobuta Tomoya, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Molecular-iodine-catalyzed aerobic oxidative synthesis of  $\beta$ -hydroxy sulfones from alkenes, *RSC Advances*, 査読有、4巻、2014、13191–13194  
DOI:10.1039/c3ra47863g
  11. Fujiya Akitoshi, Kariya Atsumasa, Nobuta Tomoya, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Photooxidative cleavage of aromatic alkenes into aldehydes using catalytic iodine and molecular oxygen under visible light irradiation, *Synlett*, 査読有、25巻、2014、884–888  
DOI:10.1055/s-0033-1340735
  12. Nakashima Kosuke, Hirashima Shin-ichi, Kawada Masahiro, Koseki Yuji, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Miura Tsuyoshi, Pyrrolidine-diaminomethylenemalonitrile organocatalyst for Michael additions of carbonyl compounds to nitroalkenes under solvent-free conditions, *Tetrahedron Letters*, 査読有、55巻、2014、2703–2706  
DOI:10.1016/j.tetlet.2014.03.042
  13. Hirashima Shin-ichi, Sakai Takaaki, Nakashima Kosuke, Watanabe Nana, Koseki Yuji, Mukai Kanako, Kanada Yohei, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Miura Tsuyoshi, Solvent-free asymmetric conjugate addition of malonates to enones using a diaminomethylenemalonitrile organocatalyst, *Tetrahedron Letters*, 査読有、55巻、2014、4334–4337  
DOI:10.1016/j.tetlet.2014.05.100
  14. Tachikawa Yuma, Cui Lei, Matsusaki Yoko, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Aerobic photooxidative cleavage of 1,3-diketones to carboxylic acids using 2-chloroanthraquinone, *Tetrahedron Letters*, 査読有、54巻、2013、6218–6221  
DOI:10.1016/j.tetlet.2013.09.015
  15. Yamaguchi Tomoaki, Matsusaki Yoko, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Aerobic photooxidative cleavage of epoxides to carboxylic acids using magnesium bromide, *Photochemical & Photobiological Sciences*, 査読有、12巻、2013、417–420  
DOI:10.1039/C2PP25345C
  16. Kanada Yohei, Yuasa Hiroki, Nakashima Kosuke, Murahashi Miho, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Koseki Yuji, Miura Tsuyoshi, Asymmetric conjugate addition of aldehydes to vinyl sulfone using a diaminomethylenemalonitrile organocatalyst, *Tetrahedron Letters*, 査読有、54巻、2013、4896–4899  
DOI:10.1016/j.tetlet.2013.06.141
  17. Kamito Yuji, Masuda Akira, Yuasa Hiroki, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Koseki Yuji, Miura Tsuyoshi, Asymmetric conjugate addition of malonates to enones using perfluorobutanefluoramide organocatalyst, *Chemistry Letters*, 査読有、42巻、2013、1151–1153  
DOI:10.1246/cl.130575
  18. Tada Norihiro, Ishigami Takafumi, Cui Lei, Ban Kazunori, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Calcium iodide catalyzed photooxidative oxylactonization of oxocarboxylic acids using molecular oxygen as terminal oxidant, *Tetrahedron Letters*, 査読有、55巻、2014、2703–2706  
DOI:10.1016/j.tetlet.2014.03.042

- rahedron Letters、査読有、54巻、2013、256-258  
DOI:10.1016/j.tetlet.2012.11.014
19. Yamaguchi Tomoaki, Nobuta Tomoya, Kudo Yasuhisa, Hirashima Shin-ichi, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Catalytic aerobic photooxidative cleavage of carbon-carbon triple bonds using carbon tetrabromide, Synlett、査読有、24巻、2013、607-610  
DOI:10.1055/s-0032-1318308
  20. Cui Lei, Furuhashi Sohei, Tachikawa Yuma, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Efficient generation of hydrogen peroxide by aerobic photooxidation of 2-propanol using an anthraquinone-2-carboxylic acid and one-pot epoxidation of  $\alpha,\beta$ -unsaturated ketones, Tetrahedron Letters、査読有、54巻、2013、162-165  
DOI:10.1016/j.tetlet.2012.10.119
  21. Shimada Yoshiko, Hattori Kasumi, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Facile aerobic photooxidation of alcohols using 2-chloroanthraquinone under visible light irradiation, Synthesis、査読有、45巻、2013、2684-2688  
DOI:10.1055/s-0033-1338420
  22. Cui Lei, Matusaki Yoko, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Uno Bunji, Itoh Akichika, Metal-Free Direct C-H Perfluoroalkylation of Arenes and Heteroarenes Using a Photoredox Organocatalyst, Advanced Synthesis & Catalysis、査読有、355巻、2013、2203-2207  
DOI:10.1002/adsc.201300199
  23. Nobuta Tomoya, Tada Norihiro, Fujiya Akitoshi, Kariya Atsumasa, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Molecular Iodine Catalyzed Cross-Dehydrogenative Coupling Reaction between Two  $sp^3$  C-H Bonds Using Hydrogen Peroxide, Organic Letters、査読有、15巻、2013、574-577  
DOI:10.1021/ol303389t
  24. Nobuta Tomoya, Fujiya Akitoshi, Yamaguchi Tomoaki, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Molecular iodine-catalyzed aerobic photooxidative C-C bond formation between tertiary amines and carbon nucleophiles, RSC Advances、査読有、3巻、2013、10189-10192  
DOI:10.1039/c3ra41850b
  25. Nakashima Kosuke, Murahashi Miho, Yuasa Hiroki, Ina Mariko, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Hirashima Shin-ichi, Koseki Yuji, Miura Tsuyoshi, Perfluoroalkanesulfonamide organocatalysts for asymmetric conjugate additions of branched aldehydes to vinyl sulfones, Molecules、査読有、18巻、2013、14529-14542  
DOI:10.3390/molecules181214529
  26. Nobuta Tomoya, Fujiya Akitoshi, Hirashima Shin-ichi, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Aerobic oxidative esterification of benzyl alcohols with catalytic tetrabromomethane under visible light irradiation, Tetrahedron Letters、査読有、53巻、2012、5306-5308  
DOI:10.1016/j.tetlet.2012.07.091
  27. Matusaki Yoko, Yamaguchi Tomoaki, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, Aerobic photooxidative cleavage of vicinal diols to carboxylic acids using 2-chloroanthraquinone, Synlett、査読有、23巻、2012、2059-2062  
DOI:10.1055/s-0032-1316585
  28. Tada Norihiro, Cui Lei, Ishigami Takafumi, Ban Kazunori, Miura Tsuyoshi, Uno Bunji, Itoh Akichika, Facile aerobic photooxidative oxylactonization of oxocarboxylic acids in fluorinated solvents, Green Chemistry、査読有、14巻、2012、3007-3009  
DOI:10.1039/c2gc36238d
  29. Miura Tsuyoshi, Yuasa Hiroki, Murahashi Miho, Ina Mariko, Nakashima Kosuke, Tada Norihiro, Itoh Akichika, Highly efficient asymmetric conjugate additions of aldehydes with vinyl sulfones using a sulfonamide organocatalyst, Synlett、査読有、23巻、2012、2385-2388  
DOI:10.1055/s-0032-1317137
  30. Nobuta Tomoya, Fujiya Akitoshi, Tada Norihiro, Miura Tsuyoshi, Itoh Akichika, One-pot synthesis of bisindolylmethanes from benzyl alcohols and indoles using catalytic iodine and molecular oxygen under visible light irradiation, Synlett、査読有、23巻、2012、2975-2979  
DOI:10.1055/s-0032-1317508
- 〔学会発表〕(計63件)
1. 須藤祐亮、山口英士、多田教浩、伊藤彰近、可視光によるラジカル環化反応を利用する多環式複素環化合物の迅速合成法、日本化学会第95春季年会、2015年3月26-29日、千葉

2. 藤谷明敏、田中正則、山口英士、多田教造、伊藤彰近、光酸化的手法を用いた連続的1,3-双極子環化付加/芳香環化反応によるピロロイソキノリン骨格の構築法の開発、日本化学会第95春季年会、2015年3月26-29日、千葉
3. 宇佐美薫、山口英二、多田教造、伊藤彰近、ヨウ素と可視光を用いた炭素-ヨウ素結合開裂を経る分子間シクロプロパン化反応、日本化学会第95春季年会、2015年3月26-29日、千葉
4. 大須賀麻衣、山口英士、多田教造、伊藤彰近、可視光ヨウ化カルシウム触媒による酸化的ラジカル環化反応、日本化学会第95春季年会、2015年3月26-29日、千葉
5. 松澤一樹、苅谷篤賢、山口英士、多田教造、三浦剛、伊藤彰近、スチレン類とスルホンアミドを用いるアジリジン光環化反応の開発、日本薬学会135年会、2015年3月25-28日、神戸
6. 山口友明、杉浦由奈、松井啓太、山口英士、多田教造、伊藤彰近、一重項酸素を利用した穏和な条件下でのヘテロ環形成反応の開発、日本薬学会135年会、2015年3月25-28日、神戸
7. 坂入紀帆、山口友明、山口英士、多田教造、伊藤彰近、触媒量のヨウ化マグネシウムを用いる光酸素酸化的キナゾリン類合成法の開発、日本薬学会135年会、2015年3月25-28日、神戸
8. 山口友明・山口英士・多田教造・伊藤彰近、配向基を用いるオルト位選択的なフェノール類合成法の開発、第45回中部化学関係学協会支部連合秋季大会、2014年11月29-30日、名古屋
9. 上戸悠史・山口英士・多田教造・伊藤彰近、スチレン類のメタルフリー光酸素酸化的トリフルオロメチル化反応の開発研究、2014年光化学討論会、2014年10月11-13日、北海道
10. 伊藤彰近、長澤圭倫、多田教造、山口英士、マイクロリアクターを利用する光酸素酸化反応の研究、創薬懇話会2014、2014年7月10-11日、岐阜
11. 多田教造、立川友麻、山口英士、伊藤彰近、触媒量のヨウ素を用いる酸化的イミダゾピリジン合成法、創薬懇話会2014、2014年7月10-11日、岐阜
12. 山口英士、マイケルクリシエ、多田教造、伊藤彰近、ルテニウム触媒によるヒドロヒドロキシル化によるオレフィンとオキシインドール類の直接炭素-炭素結合反応、創薬懇話会2014、2014年7月10-11日、岐阜
13. 山口友明、多田教造、伊藤彰近、C-H活性化による直接的芳香族ヒドロキシル化反応の開発、創薬懇話会2014、2014年7月10-11日、岐阜
14. 長澤圭倫、山口英士、多田教造、伊藤彰近、可視光を用いたベンゾチアゾール類の2位メチル基選択的酸化反応、創薬懇話会2014、20

14年7月10-11日、岐阜

15. 藤谷明敏、多田教造、伊藤彰近、アントラキノン-2-スルホン酸ナトリウム-1水和物を用いるベンジルアルコール類の光酸素酸化を経るタンデム型直接不斉Aldol反応の開発、創薬懇話会2014、2014年7月10-11日、岐阜

〔図書〕(計 1件)

1. Itoh Akichika, Miura Tsuyoshi, Tada Norihiro, Elsevier, Oxidation of Carbon-Halogen Bonds, Comprehensive Organic Synthesis, 2nd ed., 2014, 744-769

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 3件)

名称：ジアミノメチレンマロノニトリル誘導体およびそれからなる不斉有機触媒  
 発明者：三浦剛、伊藤彰近、多田教造  
 権利者：岐阜市  
 種類：公開特許公報(A)  
 番号：特許公開2014-162747  
 出願年月日：2013年2月25日  
 取得年月日：2014年9月8日  
 国内外の別：国内

名称：フッ素原子含有有機基を有する環式不飽和化合物の製造方法  
 発明者：伊藤彰近、三浦剛、多田教造  
 権利者：公益財団法人名古屋産業科学研究所  
 種類：公開特許公報(A)  
 番号：特許公開2014-105160  
 出願年月日：2012年11月22日  
 取得年月日：2014年6月9日  
 国内外の別：国内

名称：芳香族アルデヒドの製造方法  
 発明者：杉田 将紀、伊藤彰近、多田教造  
 権利者：三菱瓦斯化学株式会社  
 種類：公開特許公報(A)  
 番号：特許公開2014-84315  
 出願年月日：2012年10月26日  
 取得年月日：2014年5月12日  
 国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.gifu-pu.ac.jp/lab/gousei/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

多田教造 (TADA NORIHIRO)  
 岐阜薬科大学・薬学部・助教  
 研究者番号：20468234