

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 4 月 18 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23689001

研究課題名(和文) 触媒設計に基づく新しい選択性を発揮するアルコール酸化反応の開発

研究課題名(英文) Development of a novel selective oxidation of alcohols based on the design of a nitroxyl radical catalyst

研究代表者

渋谷 正俊 (Shibuya, Masatoshi)

名古屋大学・創薬科学研究科・講師

研究者番号：40359534

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 21,400,000円

研究成果の概要(和文)：有望な生物活性を示す化合物には、複雑な構造を持つ多官能基化合物が数多く存在する。有機ニトロキシラジカルであるTEMPOを触媒とする酸化反応は、第2級アルコール存在下の第1級アルコール選択的酸化反応が進行することが知られ、そのような多官能基化合物の重要な有機合成手法の1つとなっている。我々は、その有用性に着目し、有機ニトロキシラジカルを触媒とする多様な選択的アルコール酸化反応の開発を目指し研究を行った。その結果、より高活性な第1級アルコール選択的酸化触媒の開発、1,2-ジオールから $\alpha$ -ヒドロキシカルボン酸への選択的酸化反応の開発に成功した。また、その過程で、2種のグリコール開裂反応も見出した。

研究成果の概要(英文)：A lot of multi-functional complex molecules are known in biologically active compounds. A selective oxidation of the intended hydroxy groups in the presence of the other hydroxy groups is promising strategy for an efficient synthesis of such molecules. TEMPO-catalyzed reaction selectively oxidizes primary alcohols in the presence of secondary alcohols. Based on the reaction mechanism, we tried to design new catalysts having the different selectivity from TEMPO and develop new selective oxidations. As a result, we have developed DMN-AZADO as a highly effective catalyst for a selective oxidation of primary alcohols, and also developed the chemoselective oxidation of 1,2-diols to  $\alpha$ -hydroxy acids. During the development of a selective oxidation of 1,2-diols, we also found two types of one-pot oxidative cleavage of vicinal diols to the corresponding (di)carboxylic acids.

研究分野：有機合成化学

キーワード：酸化触媒 有機ニトロキシラジカル 選択的酸化反応 ジオール ヒドロキシカルボン酸

### 1. 研究開始当初の背景

多官能基化合物を効率的に合成するためには、複数の反応性官能基の存在下に目的官能基のみを選択的に変換する必要がある。このよう場合、通常、保護基を用いて目的以外の反応性官能基をマスクすることで、目的官能基のみを選択的に変換する。しかしながら、保護基は、保護・脱保護を必要とすることから、工程数やコストの増加、総収率の低下につながる。従って、保護基の使用は、可能な限り避けることが望ましい。一方、有機ニトロキシラジカルである TEMPO は、数少ない工業スケールへも適用可能なアルコール酸化手法として知られている。TEMPO は、活性部位であるニトロキシラジカル周辺が混み合っている。そのため、第1級アルコールと第2級アルコールが存在する基質の酸化反応は、立体障害の小さい第1級アルコールのみで選択的に進行する。このような複数の水酸基が存在する基質に対する特定の水酸基のみの選択的酸化反応は、アルコールの酸化反応と同時にアルコールの差別化を可能とする。そのため、複雑な構造を持つ天然物等の合成に於いて、有用な合成手段としてしばしば適用される。しかしながら、第1級アルコール選択的酸化反応は、TEMPO 酸化に特有の反応であるため、TEMPO 酸化条件下で効率的に反応が進行しない場合は、合成ルートの変更を余儀なくされる。

申請者らは、本研究開始以前に、TEMPO 酸化が環境調性、安全性、経済性を兼ね備えた有用なアルコール酸化反応であることに着目し、高活性アルコール酸化触媒 2-azaadamantane *N*-oxyl (AZADO)の開発に成功している。AZADO は、TEMPO 酸化で問題の残されていた混みあった位置にある第2級アルコールの酸化も速やかに進行する。それ故に、ジオール等の複数の水酸基を持つ基質では多くの場合、すべてのアルコールが進行する。

### 2. 研究の目的

上記したように、複数の水酸基を有する基質における特定の水酸基のみの選択的酸化反応は、合成化学上有用な反応であるものの十分な手法開発は行われていない。従って、本研究では、特定のアルコールに対して選択的に酸化が進行する新規有機ニトロキシラジカル型酸化触媒を開発し、多様な選択的アルコール酸化反応を実現することを目的とする。

### 3. 研究の方法

I) 触媒の活性部位周辺に適切な立体要求性を付与することによる選択的酸化触媒の開発と、II) 隣接官能基を利用した選択的アルコール酸化触媒の開発を主な戦略として研究を行った。

I) 立体要求性を利用した選択的酸化触媒の

### 開発

TEMPO は、ニトロキシラジカル位にある4つのメチル基によって反応活性部位周辺が遮蔽されている。そのため、反応基質であるアルコールとの間に大きな立体反発を生じ、嵩高いアルコールの酸化速度は極めて遅くなる。その結果、第2級アルコール存在下に立体障害の小さい第1級アルコールの酸化が選択的に進行する。ここで、TEMPO のニトロキシラジカル位に持つ4つのメチル基は、第1級アルコール選択的酸化触媒として設計・最適化されたものではなく、触媒の安定性のために重要な構造単位である。従って、最適化された立体要求性を持つ触媒は、選択性を損なうことなく、より高活性な第1級アルコール選択的酸化触媒となると期待できる。このような考察のもと、本研究では、第1級アルコール選択性発現のための最小の立体要求性を持つ触媒をデザイン、合成し、その触媒活性について検討を行った。

### II) 隣接官能基を利用した選択的アルコール酸化反応の開発

基質中のカルボニル基、ニトロ基、アミノ基等の極性官能基と水素結合を介した相互作用が期待できる官能基を触媒中に導入することで、隣接官能基を認識し特定の水酸基の酸化反応を加速させるという戦略のもと、選択的酸化反応の検討を行った。

### 4. 研究成果

#### I) 立体要求性を利用した選択的酸化触媒の開発

より高活性な第1級アルコール選択的酸化触媒として、本研究では新たに 1,5-Dimethyl-9-azanoradamantane *N*-oxyl(DMN-AZADO)を開発した。DMN-AZADO は、申請者らが開発したかご型のニトロキシラジカルの中で最もコンパクトなノルアザアダマンタン骨格を持つ Nor-AZADO に対し、ニトロキシラジカル位にあたる 1,5 位に2つのメチル基を導入した構造を持つ。この触媒は、TEMPO の持つ第1級アルコール選択性を保持し、かつ高活性な触媒となることを期待した。触媒の合成は、グルタリルクロリドより8工程の手法を確立した。当初、収率が中程度の工程が多く、かつ、反応時間が数日かかる工程も含まれていたために、量的供給が難しい合成法であったが、改良によって数グラムスケールで合成可能な方法となった。合成した DMN-AZADO の触媒活性について検討を行った結果、1) ジオールからヒドロキシアルデヒドへの酸化反応、2) ジオールからヒドロキシカルボン酸への酸化反応、3) ジオールの酸化的ラクトン反応の3種の酸化反応すべてにおいて、TEMPO に比べ DMN-AZADO は、明らかな選択性の低下を起こすことなく、より高活性な触媒として機能することが明らかとなった。特に、第1級ア

ルコールがネオペンチル位などの混み合った位置にある基質の酸化において、その有用性が顕著となった。

Table 1 ジオールからヒドロキシアルデヒドへの酸化反応

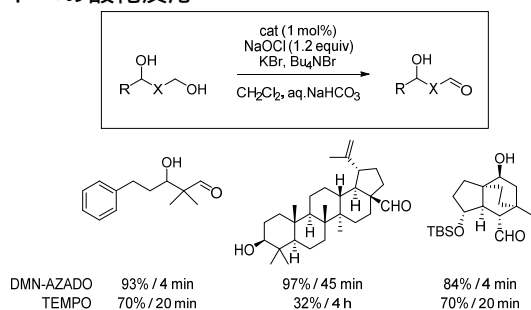
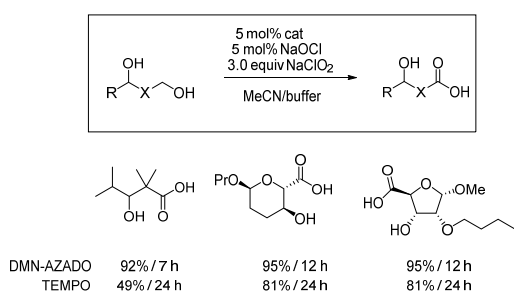
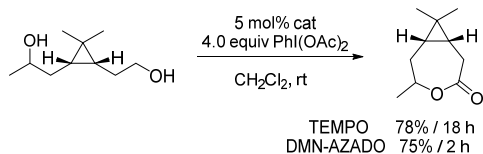


Table 2 ジオールからヒドロキシカルボン酸への酸化反応

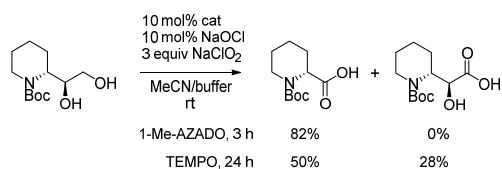


Scheme 1 ジオールからの酸化的ラクトン化反応

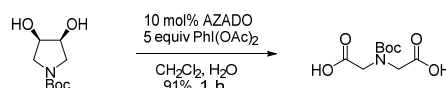


### 1,2-ジオールからカルボン酸への酸化的開裂反応

第1級アルコール選択的酸化反応の検討過程で、1,2-ジオールをTEMPOと触媒量のNaOClとNaClO<sub>2</sub>を用いる第1級アルコールからカルボン酸へのワンポット酸化反応に付すと、酸化的開裂を伴い、一炭素減炭されたカルボン酸が効率的に得られることを偶然見出した。通常、同様の変換は、1,2-ジオールから酸化的開裂反応によって一炭素短いアルデヒドとした後、Kraus-Pinnick酸化等によってカルボン酸とする2段階の変換が必要となる。従って、ワンポットで1,2-ジオールから一炭素減炭されたカルボン酸が得られるこの酸化的開裂反応は、合成化学上重要な反応となりうる。そこで、この基質適用性について検討を行ったところ、末端ジオールに対して広い基質適用性があることが明らかとなった。

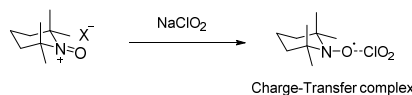
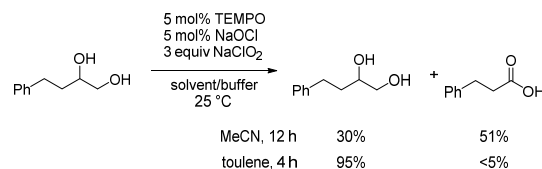


上記した酸化的開裂反応は、末端のジオールにのみ有効であったため、内部ビスナルジオールにも有効な反応を探索した。その結果、TEMPOとPhI(OAc)<sub>2</sub>を用いる条件が有効であることが明らかとなった。本反応は、末端の1,2-ジオールと内部のビスナルジオールのいずれのジオールに対しても効率的に進行した。



### 1,2-ジオールからα-ヒドロキシカルボン酸への化学選択的酸化反応

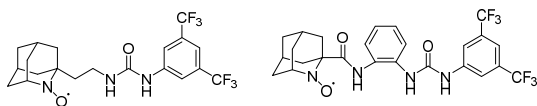
上記した酸化的開裂反応の反応機構解析から、ニトロキシラジカルやその酸化活性種であるオキソアンモニウム塩自体は、炭素-炭素結合を開裂させることなくアルコールを化学選択的に酸化することが明らかとなった。また、触媒とNaOClとNaClO<sub>2</sub>を用いる酸化的開裂反応は、1,2-ジオールからα-ヒドロキシカルボン酸へと酸化され、さらにケトカルボン酸へと酸化された後に炭素-炭素結合開裂が進行することが分かった。従って、α-ヒドロキシカルボン酸の第2級ヒドロキシ基存在下に、1,2-ジオールの第1級アルコールのみの選択的酸化反応が進行する酸化条件を確立できれば、これまで一般的手法が報告されていない1,2-ジオールからα-ヒドロキシカルボン酸への酸化反応が開発できることになる。このような考察に基づき、種々検討を行った結果、疎水性溶媒であるトルエンとリン酸緩衝液を溶媒とすると、TEMPOとNaOClとNaClO<sub>2</sub>を用いる条件下に、目的とする選択的酸化反応が進行することを見出した。さらに、紫外可視分光光度計を用いた機構解析の結果、本反応では、オキソアンモニウム塩がNaClO<sub>2</sub>と速やかに電荷移動錯体を形成することがわかった。通常、酸化活性種であるオキソアンモニウム塩は水溶性であるため主に水層に存在する。しかしながら、本反応条件では、オキソアンモニウム塩は、脂溶性の電荷移動錯体となるために有機層に存在する。このため、水への溶解性の低いトルエンを溶媒とし二相系の反応系とすると、高い選択性が発現することが明らかとなった。



### II) 隣接官能基を利用した選択的アルコール酸化反応の開発

ウレアとニトロ基との水素結合による相互

作用に着目して, AZADO の 1 位にエチルリンカーを介してウレア部を導入した触媒とニトロ基を持つジオールを合成し, 選択的酸化反応の検討を行った. その結果, 選択性の発現は全く認められなかった. そこで, ウレアの窒素原子につく水素原子の酸性度向上を目的として, アミドフェニレンリンカーとした AZADO も合成し, 検討を行った. しかしながら, 現在のところ, 選択性発現は認められていない.



## 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 14 件)

林 政樹, 澁谷 正俊, 岩淵 好治, Oxidative Conversion of Silyl Enol Ethers to  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Ketones Employing Oxoammonium Salts, *Organic Letters*, 査読有, vol 14, No 1, 2012, pp154-157, DOI: 10.1021/ol2029417

澁谷 正俊, Fabio Pichierri, 富澤 正樹, 長澤 翔太, 鈴木 巖, 岩淵 好治 Oxidation of Nitroxyl Radicals: Electrochemical and Computational Studies, *Tetrahedron Letters*, 査読有, vol 53, No 16, 2012, pp 2070-2073, DOI: 10.1016/j.tetlet.2012.02.033

林 政樹, 澁谷 正俊, 岩淵 好治, Oxidation of Alcohols to Carbonyl Compounds with Diisopropyl Azodicarboxylate Catalyzed by Nitroxyl Radicals, *The Journal of Organic Chemistry*, 査読有, vol 77, No 6, 2012, 3005-3009, DOI: 10.1021/jo300088b

林 政樹, 澁谷 正俊, 岩淵 好治, Catalytic Oxidation of Silyl Enol Ethers to 1,2-Diketones Employing Nitroxyl Radicals, *Synlett*, 査読有, vol 23, No 7, 2012, 1025-1030, DOI: 10.1055/s-0031-1290528

澁谷 正俊, 土井 龍輔, 澁田 拓郎, 上杉 惇一郎, 岩淵 好治, Organocatalytic One-Pot Oxidative Cleavage of Terminal Diols to Dehomologated Carboxylic Acids, *Organic Letters*, 査読有, vol 14, No 19, 2012, 5006-5009, DOI: 10.1021/ol3021429

澁谷 正俊, 澁田 拓郎, 福田 隼, 岩淵 好治, Nitroxyl Radical/ $\text{Phi}(\text{OAc})_2$ : One-Pot Oxidative Cleavage of Vicinal Diols to (Di)Carboxylic Acids, *Organic Letters*, 査読有, vol 14, No 19, 2012, 5010-5013, DOI: 10.1021/ol3021435

澁谷 正俊, オキシアンモニウム塩の設

計に基づく有用酸化反応システムの開発研究, 薬学雑誌, 査読有, vol 132, No 10, 2012, 1131-1143, DOI: 10.1248/yakushi.12-00203

澁谷 正俊, 岩淵 好治, 有機ニトロキシラジカルの反応性制御に基づく効率的アルコール空気酸化反応の開発, 有機合成化学協会誌, 査読有, vol 71, No 5, 2013, 2013, pp 515-525, DOI: 10.5059/yukigoseikyokaiishi.71.515

笹野 裕介, 西山 智弘, 富澤 正樹, 澁谷 正俊, 岩淵 好治, C-H Modification of 2-Azaadamantane: Synthesis of C5-Functionalized AZADOs for Advanced Use, *Heterocycles*, 査読有, vol 87, No 10, 2013, pp 2109-2118, 10.3987/COM-13-12804

澁田 拓郎, 佐藤 茂樹, 澁谷 正俊, 叶 直樹, 谷口 透, 門出 健次, 岩淵 好治, Enantioselective Intramolecular aza-Spiroannulation onto Benzofurans Using Chiral Rhodium Catalysis, *Heterocycles*, 査読有, vol 89, No 3, 2014, pp 631-639, DOI: 10.3987/COM-14-12941

笹野 裕介, 長澤 翔太, 山崎 真衣, 澁谷 正俊, Jaiwook Park, 岩淵 好治, Highly Chemoselective Aerobic Oxidation of Amino Alcohols into Amino Carbonyl Compounds, *Angewandte Chemie International Edition*, 査読有, vol 53, No 12, 2014, DOI: 10.1002/anie.201309634

澁谷 正俊, 長澤 翔太, 長田 祐二, 岩淵 好治, Mechanistic Insight into Aerobic Alcohol Oxidation Using  $\text{No}_x$ -Nitroxide Catalysis Based on Catalyst Structure-Activity Relationships, *The Journal of Organic Chemistry*, 査読有, vol 79, No 21, 2014, pp 10256-10268, DOI: 10.1021/jo501862k

土井 龍輔, 澁谷 正俊, 村山 司, 山本 芳彦, 岩淵 好治, Development of an Azanoradamantane-Type Nitroxyl Radical Catalyst for Class-Selective Oxidation of Alcohols, *The Journal of Organic Chemistry*, 査読有, vol 79, No 21, 2015, pp 401-413.

古川 桂佑, 澁谷 正俊, 山本 芳彦, Chemoselective Catalytic Oxidation of 1,2-Diols to  $\alpha$ -Hydroxy Acids Controlled by TEMPO- $\text{ClO}_2$  Charge-Transfer Complex, *Organic Letters*, 査読有, vol 17, in press, 2015.

[学会発表](計 34 件)

1. 笹野裕介, 短工程大量合成法の開発に基づく AZADO 酸化触媒の高次機能化研究, 第 9 回次世代を担う有機化学シンポジウム, 2011 年 5 月 27-28 日, 日本薬学会会長井記念ホール(東京都・渋谷区)

2. 澁谷正俊, Aerobic Alcohol Oxidation Using Azaadamantane-Type Oxoammonium Salts, The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Process

Chemistry, 2011年8月10-12日, 国立京都国際会館(京都府・京都市)

3. 笹野裕介, Development of Polymer-Supported AZADO, a Highly Active and Recyclable Catalyst for Alcohol Oxidation, 2011年8月10-12日, 国立京都国際会館(京都府・京都市)

4. 村上景一, Development of Oxidative Kinetic Resolution of Secondary Alcohols Using Chiral AZADOs, The 2<sup>nd</sup> International Symposium on Process Chemistry, 2011年8月10-12日, 国立京都国際会館(京都府・京都市)

5. 澁谷正俊, AZADO 誘導体のアルコール空気酸化反応活性, 第4回有機触媒シンポジウム, 2011年9月17日, 東京理科大学(東京都・新宿区)

6. 笹野裕介, 固相担持 AZADO の効率的合成法の開発とアルコール酸化触媒活性, 第4回有機触媒シンポジウム, 2011年9月17日, 東京理科大学(東京都・新宿区)

7. 村上景一, キラル AZADO 誘導体を触媒とするラセミ第3級アルコールの酸化的速度論的分割法の開発と応用, 第41回複素環化学討論会, 2011年10月20-22日, 崇城大学(熊本県・熊本市)

8. 澁田拓郎, 高活性有機ニトロキシラジカルを用いる vic-ジオールの酸化的開裂反応, 第37回反応と合成の進歩シンポジウム, 2011年11月7-8日, あわぎんホール(徳島県・徳島市)

9. 上杉惇一郎, 抗腫瘍活性天然物 irciniastatin B の合成研究, 日本薬学会第132年会, 2012年3月28-31日, 北海道大学(北海道・札幌市)

10. 上杉惇一郎, 抗腫瘍活性天然物 irciniastatin B の合成研究, 日本薬学会第132年会, 2012年3月28-31日, 北海道大学(北海道・札幌市)

11. 笹野裕介, AZADO-銅触媒系を用いた網のアルコール類の空気酸化反応, 日本薬学会第132年会, 2012年3月28-31日, 北海道大学(北海道・札幌市)

12. 村上景一, キラル AZADO 誘導体を触媒とする第2級アルコールの速度論的, 日本薬学会第132年会, 2012年3月28-31日, 北海道大学(北海道・札幌市)

13. 村上景一, キラル AZADO 誘導体を触媒とするラセミ第2級アルコールの酸化的速度論的分割法の開発, 第23回万有仙台シンポジウム, 2012年6月2日, 仙台国際センター(宮城県・仙台市)

14. 土井龍輔, 第1級アルコール選択性を示す高活性ニトロキシラジカル型酸化触媒の開発, 2012年7月19-20日, 京都テルサ(京都府・京都市)

15. 長澤翔太, アルコール空気酸化反応における AZADO 触媒の構造 活性相関研究, 2012年7月19-20日, 京都テルサ(京都府・京都市)

16. 澁谷正俊, 高機能型高活性有機ニトロキシラジカル触媒の開発, 2012年9月8-9日, ラフォーレ那須(栃木県・那須郡那須町)

17. 岩淵好治, 高活性アルコール酸化触媒 AZADO の開発と天然物合成への応用, 第54回天然有機化合物討論会, 2012年9月18-20日, 東京農業大学(東京都・世田谷区)

18. 長澤翔太, AZADO 触媒の構造とアルコール空気酸化反応活性に関する研究, 第42回複素環化学討論会, 2012年10月11-13日, 京都テルサ(京都府・京都市)

19. 澁谷正俊, 第1級アルコール選択的高活性ニトロキシラジカル型酸化触媒の開発, 第38回反応と合成の進歩シンポジウム, タワーホール船堀(東京都・江戸川区)

20. 澁谷正俊, First Japan-USA Organocatalytic Symposium, 2012年12月15-18日, Hawaii(アメリカ合衆国)

21. 村山司, 縮環構造を有するアミン類の合成研究, 日本薬学会第133年会, 2013年3月27-30日, パシフィコ横浜(神奈川県・横浜市)

22. 土井龍輔, Development of a Highly Active Azanoradamantane-type-catalyst for Selective Oxidation of Primary Alcohols, 4th UK/Japan Conference in Catalytic Asymmetric Synthesis, 2013年4月19-20日, 仙台国際センター(宮城県・仙台市)

23. 長澤翔太, Highly Efficient Aerobic Alcohol Oxidation Using AZADO-NOx Catalysis, 4th UK/Japan Conference in Catalytic Asymmetric Synthesis, 2013年4月19-20日, 仙台国際センター(宮城県・仙台市)

24. 土井龍輔, DMN-AZADO: 高活性第一級アルコール選択的酸化触媒の開発と活用, 日本プロセス化学会 2013 サマーシンポジウム, 2013年7月18-19日, つくば国際会議場(茨城県つくば市)

25. 笹野裕介, AZADO-銅協奏型触媒を用いたアミノアルコール類の高化学選択的空気酸化反応, 日本プロセス化学会 2013 サマーシンポジウム, 2013年7月18-19日, つくば国際会議場(茨城県つくば市)

26. 土井龍輔, DMN-AZADO: 高活性第一級アルコール選択的酸化触媒の開発と活用, 第3回CSJ化学フェスタ2013, 2013年10月21-23日, タワーホール船堀(東京都・江戸川区)

27. 長澤翔太, AZADO-銅触媒系を用いるアミノアルコール類の高化学選択的空気酸化反応, 第39回反応と合成の進歩シンポジウム, 2013年11月5-6日, 九州大学(福岡県・福岡市)

28. 長澤翔太, AZADO-銅触媒系を用いるアミノアルコール類の高化学選択的空気酸化反応, 第46回酸化反応討論会, 2013年11月15-16日, 筑波大学(茨城県・つくば市)

29. 長澤翔太, AZADO-銅触媒系を用いたアミノアルコール類の高化学選択的空気酸化反応, 2014年6月14日, 仙台国際センター(宮城県・仙台市)

30. 古川桂佑, 機能性付与を目的とした1位置換アザアダマンタン型ニトロキシラジカルの合成研究, 2014年7月5日, 鈴鹿医療大学(三重県・鈴鹿市)

31. 古川桂佑, 有機ニトロキシラジカル型酸化触媒を用いる - ヒドロキシカルボン酸の合成法の開発, 第4回CSJ化学フェスタ2014, 2014年10月14-16日, タワーホール船堀(東京都・江戸川区)

32. 古川桂佑, 1,2-ジオールの - ヒドロキシカルボン酸へのワンポット酸化反応の開発, 第106回有機合成シンポジウム, 2014年11月6-7日, 早稲田大学(東京都・新宿区)

33. 長澤翔太, AZADO-銅触媒系によるアミノアルコール類の高化学選択的空気酸化反応の開発と応用, 第40回反応と合成の進歩シンポジウム, 2014年11月10-11日, 東北大学(宮城県・仙台市)

34. 古川桂佑, 電荷移動錯体 TEMPO-ClO<sub>2</sub> 形成を利用した 1,2-ジオールの - ヒドロキシカルボン酸へのワンポット酸化反応の開発, 第13回次世代を担う有機化学シンポジウム, 2015年5月22-23日 立命館大学(滋賀県・草津市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 3 件)

名称: アルコール酸化反応及びそれを用いたアルコール酸化方法

発明者: 岩淵好治, 澁谷正俊, 長澤翔太

権利者: 岩淵好治, 澁谷正俊, 長澤翔太

種類: 日本国特許及びPCT

番号: 特願 2012-140571

PCT/JP2013/067136

出願年月日: 2012年6月22日

2013年6月21日

国内外の別: 国内及び国外

名称: 9-アザノルアダマンタン N-オキシル化合物及びその製造方法, 並びに 9-アザノルアダマンタン N-オキシル化合物を用いた有機

分子酸化触媒及びアルコール類の酸化方法

発明者: 岩淵好治, 澁谷正俊, 土井龍輔

権利者: 岩淵好治, 澁谷正俊, 土井龍輔

種類: 日本国特許およびPCT

番号: 特願 2012-039362

PCT/JP2013/054554

出願年月日: 2012年2月24日

2013年2月22日

国内外の別: 国内及び国外

名称: - ヒドロキシカルボン酸の製造方法

発明者: 澁谷正俊, 山本芳彦, 古川桂佑

権利者: 澁谷正俊, 山本芳彦, 古川桂佑

種類: 日本国特許

番号: 特願 2014-128626

出願年月日: 2014年6月23日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

名古屋大学大学院創薬科学研究科 分子設計化学 研究内容

[http://www.ps.nagoya-u.ac.jp/lab\\_pages/molecular\\_design/yamamoto\\_lab/research1.html](http://www.ps.nagoya-u.ac.jp/lab_pages/molecular_design/yamamoto_lab/research1.html)

6. 研究組織

(1)研究代表者

澁谷 正俊 (SHIBUYA, Masatoshi)

名古屋大学・大学院創薬科学研究科・講師

研究者番号: 40359534