

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月25日現在

機関番号：14301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21790013

研究課題名（和文）

C1導入を伴うスズフリーラジカルプロセスによる生理活性複素環構築手法の開拓

研究課題名（英文）

Development of Bioactive Heterocycles by Tin-Free C1 Introduction Radical Process

研究代表者

山田 健一（YAMADA KENICHI）

京都大学・大学院薬学研究科・准教授

研究者番号：00335184

研究成果の概要（和文）：有害なスズ化合物を用いることが多いため、ラジカル反応は有用な化学変換法の1つでありながらその利用には制限がある。我々の見いだしたスズ化合物を用いないラジカル反応の有用性拡大を目的とする研究を行い、ラジカルの発生と反応を促進する添加剤や、アルキリデンマロネートの特異な反応性、アルコキシカルボニルイミン類の高い反応性と室温でのイソシアナート生成などの新事実を発見した。

研究成果の概要（英文）：Development of tin-free radical process is an important research field because of the indispensable utility of radical reactions and the toxicity of tin reagents. We have already developed dimethylzinc- and triethylborane-mediated tin-free radical processes. During this research project to increase the scope of our process, we found the acceleration effect of ferric chloride, an interesting reaction switching of alkylidenemalonate, efficient radical accepting ability of *N*-alkoxycarbonyl-imine, and isocyanate forming reaction of the imine.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：薬学・化学系薬学

キーワード：ラジカル・C1単位・生理活性物質・複素環構築

1. 研究開始当初の背景

有機化合物の骨格構築の基礎が炭素-炭素結合形成反応である以上、新規炭素-炭素結合形成反応の開発は有機合成化学の中心的研究課題である。医薬品を初めとする生理活性物質の多くは複数の官能基を有する複雑な有機化合物である。これらの効率的合成には、他の官能基を傷めずに標的とする官能基だけ反応させる方法論と、すでに官能基化された炭素単位をその官能基を傷めずに導入する方法論とを駆使する必要がある。これまで、これら官能基選択性の発現は保護基の活

用や有機ホウ素や有機亜鉛などの比較的反応性の低い有機金属反応剤を用いることで達成されてきた。

近年我々はジメチル亜鉛を開始剤とするエーテル α 位水素の引き抜きによる直接的な炭素ラジカルの発生とイミンへの付加反応を見いだした。ジメチル亜鉛と空気中の酸素との反応で生じたメチルラジカルがエーテル α 位の水素原子を引き抜き、エーテル α 位の炭素ラジカルが発生する。本反応の合成化学的価値はエーテルラジカルとアルコキシアルキルアニオンとの等価性である。すな

わちエーテルラジカルは極性転換されたシントンである。また、高い官能基共存性を示し、他の官能基を傷めずに標的とするC=N結合やC=C結合とだけ反応させることができる。さらに我々はヒドロキシメチル単位導入を伴うインダン骨格の構築および、その不斉反応化に成功した。しかしながら、ラジカル源としてジオキソラン誘導体を溶媒量、大過剰に用いなければならず、ラジカル源の低減が未解決課題であった。

2. 研究の目的

我々はジメチル亜鉛を用いると、有害な有機スズ化合物を用いることなく、第一級アルキルラジカルを対応するヨードアルカンから効率よく発生させ、イミンへの付加体を高収率で得ることができることを見いだした。この知見を基に、ジメチル亜鉛開始剤を用いてヨードアルカンからのエーテルラジカル発生を試みたところ、メトキシメチル基がイミンへ定量的に付加することが分かった。さらなる検討の結果、アシロキシメチルラジカルも同様に発生できることが分かった。注目すべき点は、付加体をアルコールへと変換する際にアシル基の方がメチル基よりも容易に除去可能なだけでなく、メトキシメチルラジカルの反応が低温(-78°C)を要するのに対して、アシロキシメチルラジカルでは室温でも反応が著しい副反応を伴うことなく進行する点である。すなわち、D1 シントンとして有用なアシロキシメチルラジカルを、有害なスズ化合物を用いずに比較的温和な条件、すなわち室温・空気中で発生させることのできる点が特長である。本研究課題の目的はこの新手法の有機合成化学的有用性の飛躍的な向上にある。そのために生理活性含窒素複素環合成を志向した環状イミンへの付加反応や連続環化反応への応用、不斉反応化への挑戦、およびラジカル受容体の一般化、アミノメチル化、チオメチル化反応への展開を計画した。

3. 研究の方法

(1) アシロキシメチルラジカルのイミンへの付加反応を環状イミンへと適用する。最適なラジカル開始剤、ルイス酸等の添加剤、溶媒の探索を行い、収率を改善する。

(2) イミンへの付加を契機とする連続反応を用いてイソキノリン合成を試みる。

6-endo-dig 型の他、6-exo-dig、6-exo-trig 型の環化も検討する。その際、最適な窒素上およびアセチレン部位の置換基、ラジカル開始剤、ルイス酸等の添加剤、溶媒の探索を行う。さらに、不斉補助基を用いてキラルイソキノリン合成法に展開する。

(3) イミンへの付加を契機とする連続反応を用いて glycosidase inhibitor 合成を検討

する。最適な窒素上の置換基、アリル位の脱離基、ラジカル開始剤、ルイス酸等の添加剤、溶媒の探索を行う。さらに、ピペリジン、ピロリジン等の含窒素複素環合成としての一般化を行う。

(4) 上記ワンポット反応の実現が困難であった場合は、段階的な環化も視野に入れて検討する。

(5) ラジカル受容体として様々な不飽和結合との反応を検討する。不飽和結合として具体的にはイミン、アルデヒドの他、ケトン、ケチミン、 α 、 β -不飽和カルボニル(ケトン及びエステル)、 α 、 β -不飽和ニトリル、ニトロアルケン、スルホニルアルケン、ホスホリルアルケンを用いて反応を行い、反応の適用範囲を拡大する。

(6) ラジカルメディエーターとして有機金属化合物を用いる特徴を利用して、不斉配位子を用いるエナンチオ選択的反応の開発に挑戦する。配位子としては、亜鉛やホウ素に強く結合することが期待されるジアミン、アミノアルコール系の不斉配位子をまず試みる。また、ラジカル受容体の活性化を狙い、キラルルイス酸による立体制御も検討する。

(7) ラジカル種の持つ官能基寛容性を活かし、水、エタノールなどの低環境負荷溶媒での反応を検討する。

(8) 反応を有効に加速する遷移金属触媒を探索する。銅、パラジウム、ニッケル、鉄、コバルト、マンガン等の各種錯体の添加剤としての効果を検討する。反応加速のあったものに関しては不斉配位子を用いる触媒的不斉反応化も試みる。

4. 研究成果

研究期間に以下の成果をあげた。

(1) ジメチル亜鉛を開始剤としてアセタールから発生させたヒドロキシメチル基の合成等価体ラジカルをアルキリデンマロネートに共役付加させ、生じたラジカルもしくは生じたラジカルから発生させたエノラートを分子内のアルデヒド基に付加させるタンデム型反応の開発に成功した。付加体はインダン誘導体へと変換可能である。

(2) 上記反応をキラル補助基を用いる立体選択的反応に展開した。

(3) ジメチル亜鉛を開始剤としてアセタールから発生させたヒドロキシメチル基の合成等価体ラジカルを発生させる際、塩化鉄を添加すると発生効率が著しく向上することを見いだした。使用するアセタールの量を1/10に減量することができる。

(4) 光学活性受容体イミンの立体的チューニングを行ない、ジメチル亜鉛を開始剤としてアセタールから発生させたヒドロキシメチル基の合成等価体ラジカルの付加反応における選択性を向上させることに成功

した。

(5) メチル亜鉛を開始剤としてヨードメチルエステルから発生させたアシロキシメチルラジカルをアルキリデンマロネートに共役付加させたところ、 β 位がアシロキシメチル化されただけでなく、 α 位もヒドロキシメチル化された生成物が収率良く得られることを見いだした。

(6) 上記反応をアルゴン雰囲気下で行なうと、 α 位のヒドロキシメチル化が抑制され、 β 位のアシロキシメチル化だけが進行した生成物が主生成物として得られることを見いだした。

(7) 上記反応を応用して生理活性リグナン類であるヒノキノンの短段階合成に成功した。

(8) トリエチルボランを開始剤としてヨードメチルエステルから発生させたアシロキシメチルラジカルを *N*-アルコキシカルボニルイミンへ付加させたところ、アシロキシメチル基が付加したカルバマートだけでなく、イソシアナートが副生成物として得られることを見いだした。イソシアナートの生成はプロトン源の添加、もしくは反応温度を低下させることによって抑制できることを見いだした。また本反応において *N*-トシルイミンよりも *N*-アルコキシカルボニルイミンの方がより良いラジカル受容体として働くことを見いだした。

(9) トリエチルボランを開始剤に用いるヨードアルキル類から発生させたアルキルラジカルの付加反応において、*N*-アルコキシカルボニルイミンが一般性高く、高収率で付加体を与えることを見いだした。また、付加したアルキル基やイミンの置換基の構造が、本反応の副生成物であるイソシアナートが生じる温度に大きく影響を与えることが分かった。

(10) *N*-ヨードメチルイミドから発生させたイミドメチルラジカルのイミンへの付加反応を検討した結果、59%収率にて付加体を得ることに成功した。本反応でも、*N*-トシルイミンよりも *N*-アルコキシカルボニルイミンの方がより良いラジカル受容体として働くことが明らかとなった。

(11) *N*-ヨードメチルイミド、*N*-ヨードメチルアミドから発生させたイミドメチルラジカル、アミドメチルラジカルのイミンへの付加反応を検討した。その結果、電子求引性イミド基の影響によりイミドメチルラジカルの求核性が著しく低下しており、アミドメチルラジカルの反応と比べて得られる付加体は低収率であった。

以上のように当初狙った複素環合成には至らなかったものの、エーテルラジカルの発生と反応を促進する塩化鉄の添加効果や、ア

ルキリデンマロネートの特異な反応性、アルコキシカルボニルイミン類の高いラジカル受容能と室温でのイソシアナート生成などの新事実を突き止めるに至った。また新たに検討を開始したアミノメチル基導入法の開発に関して期待できる予備的知見を得ることができた。複素環合成の達成には中間体ラジカル種のさらなる安定化と求電子性の向上が鍵となることが上記知見より示唆された。今後は反応条件に耐えうるさらに強力な電子求引性置換基の探索が合理的な研究の方向性と考える。

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 17 件)

① 山田 健一、Steric Tuning of Chiral C_2 -Symmetric NHC in Gold-Catalyzed Asymmetric Cyclization of 1,6-Enynes、Tetrahedron、査読有、vol.68、2012、pp. 4159-4165

DOI: 10.1016/j.tet.2012.03.107

② 山田 健一、High Performance of *N*-Alkoxy carbonyl-Imines in Triethylborane-Mediated Tin-Free Radical Addition、J. Org. Chem.、査読有、vol.77、2012、pp. 1547-1553、DOI: 10.1021/jo2025042

③ 山田 健一、Chemoselective Conversion of α -Unbranched Aldehyde to Amide, Ester, and Carboxylic Acid by NHC-Catalysis、Chem. Commun.、査読有、vol.48、2012、pp. 145-147、DOI: 10.1039/c1cc15539c

④ 山田 健一、Steric Influence of *N*-Phosphorus-arylimines on the Rhodium-Catalyzed Asymmetric Arylation、Tetrahedron、査読有、vol.67、2011、pp. 6469-6473、DOI: 10.1016/j.tet.2011.06.033

⑤ 山田 健一、Chiral *N*-Heterocyclic Carbene-Copper(I)-Catalyzed Asymmetric Allylic Arylation of Aliphatic Allylic Bromides: Steric and Electronic Effects on γ -Selectivity、J. Org. Chem.、査読有、vol.67、2011、pp. 6469-6473、DOI: 10.1021/jo102386s

⑥ 山田 健一、Rhodium-Catalyzed Asymmetric Phenylation of *N*-Phosphinoarylimines with Triphenylborane、Catal. Sci. Tech.、査読有、vol.1、2011、pp. 62-64、DOI: 10.1039/c0cy00083c

⑦ 山田 健一、Stereoselective Formal Synthesis of (+)-Allokainic Acid via Thiol-Mediated Acyl Radical Cyclization、Chem. Pharm. Bull.、査読有、vol.58、2010、pp. 1511-1516、

DOI: 10.1248/cpb.58.1511

⑧ 山田健一、Stereoselective Radical Addition of an Acetal to Sterically Tuned Enantiomerically Pure *N*-Sulfinyl Imines、Chem. Pharm. Bull.、査読有、vol.58、2010、pp.265-269、DOI: 10.1248/cpb.58.265

⑨ 山田健一、Chiral Carbene Approach to Gold-Catalyzed Asymmetric Cyclization of 1,6-Enynes、Tetrahedron Lett.、査読有、vol.51、2010、pp.404-406、DOI: 10.1016/j.tetlet.2009.11.039

⑩ 山田健一、Efficient Chiral *N*-Heterocyclic Carbene/Copper(I)-Catalyzed Asymmetric Allylic Arylation with Aryl Grignard Reagents、Angew. Chem. Int. Ed.、査読有、vol.48、2009、pp.8733-8735、DOI: 10.1002/anie.200904676

⑪ 山田健一、Steric Tuning of the Amidomonophosphane-Rhodium(I) Catalyst in Asymmetric Addition of Arylboroxines to *N*-Phosphinoyl Aldimines、Org. Lett.、査読有、vol.11、2009、pp.4470-4473、DOI: 10.1021/o1901866y

⑫ 山田健一、Iron Chloride Enhancement of Dimethylzinc-Mediated Radical Conjugate Addition of Ethers and an Amine to Alkylidenemalonates、Tetrahedron Lett.、査読有、vol.50、2009、pp.6040-6043、DOI: 10.1016/j.tetlet.2009.08.034

⑬ 山田健一、Chiral Amidophosphane-Rhodium(I)-Catalyzed Asymmetric Conjugate Arylation of Acyclic Enones with Arylboronic Acids、Chem. Pharm. Bull.、査読有、vol.57、2009、pp.1024-1027、DOI: 10.1248/cpb.57.1024

⑭ 山田健一、Asymmetric Construction of Binaphthyl by the Chiral Diether-Mediated Conjugate Addition of Naphthyllithium to Naphthalenecarboxylic Acid BHA Ester、Chem. Pharm. Bull.、査読有、vol.57、2009、pp.752-754、DOI: 10.1248/cpb.57.752

⑮ 山田健一、Accessing the Amide Functionality by the Mild and Low-Cost Oxidation of Imine、Tetrahedron Lett.、査読有、vol.50、2009、pp.3436-3438、DOI: 10.1016/j.tetlet.2009.02.174

⑯ 山田健一、Total Synthesis of (-)-Lycorine and (-)-2-epi-Lycorine by Asymmetric Conjugate Addition Cascade、Org. Lett.、査読有、vol.11、2009、pp.1631-1633、DOI: 10.1021/o19003564

⑰ 山田健一、Tandem Conjugate Addition-Aldol Cyclization of 2-Formylbenzylidene-malonate with Ether Radicals by the Mediation of Dimethylzinc、Tetrahedron、

査読有、vol.65、2009、pp.903-908、DOI: 10.1016/j.tet.2008.11.009

[学会発表] (計 43 件)

① 山田健一、 α -アミノアルキルラジカル of イミンへの付加反応の開発、日本薬学会第 132 年会、2012.3.31、北海道大学 (北海道)

② 山田健一、ピバロイロキシメチルラジカル of アルキリデンマロネートへの共役付加反応、日本薬学会第 132 年会、2012.3.31、北海道大学 (北海道)

③ 山田健一、*N*-Boc イミンに対するピバロイロキシメチルラジカル of 付加反応、日本薬学会第 132 年会、2012.3.31、北海道大学 (北海道)

④ 山田健一、 C_2 対称ジアルデヒド of ベンゾイン縮合による光学活性シクリトール類 of 合成、日本薬学会第 132 年会、2012.3.31、北海道大学 (北海道)

⑤ 山田健一、Pancreatistatin および *trans*-Dihydronearciclasine of 合成研究、日本薬学会第 132 年会、2012.3.30、北海道大学 (北海道)

⑥ 山田健一、不斉アザマイケル付加 - アルキル化 - 環化連続反応による含窒素複素環 of 合成、日本薬学会第 132 年会、2012.3.30、北海道大学 (北海道)

⑦ 山田健一、Temperature Dependent High Performance of *N*-Boc-imine in Triethylborane-Mediated Tin-Free Radical Alkylation、the 10th International Symposium on Organic Reactions (招待講演)、2011.11.22、慶應義塾大学矢上キャンパス (神奈川県)

⑧ 山田健一、Temperature Dependent High Performance of *N*-Boc-imine in Triethylborane-Mediated Tin-Free Radical Pivaloyloxymethylation、the 8th AFMC International Medicinal Chemistry Symposium、2011.11.29、京王プラザホテル (東京都)

⑨ 山田健一、NHC-Controlled *N*,*O*-Selectivity in the Chemoselective Conversion of Primary Aldehyde to Amide, Ester, and Carboxylic Acid、the 8th AFMC International Medicinal Chemistry Symposium、2011.11.29、京王プラザホテル (東京都)

⑩ 山田健一、A Potentially New Access to Octahydro-Indolizine Alkaloids、the 8th AFMC International Medicinal Chemistry Symposium、2011.11.29、京王プラザホテル (東京都)

⑪ 山田健一、不斉アザマイケル付加 - アルキル化 - ヘテロ環化連続反応、有機合成化学協会若手セミナー、2011.11.16、京都大学 (京都府)

⑫ 山田健一、NHC 触媒による α -非分岐アルデヒドの選択的アミド化、エステル化、及び酸化反応、第 37 回反応と合成の進歩シンポジウム、2011.11.8、あわぎんホール（徳島県）

⑬ 山田健一、ジメチル亜鉛を用いる炭素ラジカルの発生法と極性転換型炭素-炭素結合生成反応の開発（招待講演）、第 9 回有機合成化学協会関西支部賞受賞講演会、2011.10.28、有機合成化学協会近畿支部（大阪府）

⑭ 山田健一、不斉共役付加を利用する Pancratistatin の合成研究、第 61 回日本薬学会近畿支部大会、2011.10.22、神戸学院大学（兵庫県）

⑮ 山田健一、*N*-Boc イミンに対するイミドメチルラジカルの付加反応、第 61 回日本薬学会近畿支部大会、2011.10.22、神戸学院大学（兵庫県）

⑯ 山田健一、*N*-Boc イミンに対するピバロイロキシメチルラジカルの付加反応、第 61 回日本薬学会近畿支部大会、2011.10.22、神戸学院大学（兵庫県）

⑰ 山田健一、アミノリチオ化-アリール化連続環化反応の開発、第 61 回日本薬学会近畿支部大会、2011.10.22、神戸学院大学（兵庫県）

⑱ 山田健一、フェニルチオアルケンをアクセプターとする分子内アミノリチオ化カルボリチオ化連続環化反応、第 61 回日本薬学会近畿支部大会、2011.10.22、神戸学院大学（兵庫県）

⑲ 山田健一、NHC 触媒による α -非分岐アルデヒドの選択的アミド化、エステル化、及び酸化反応と N, O 選択性□ 第 41 回複素環化学討論会、2011.10.20、熊本市市民会館（熊本県）

⑳ 山田健一、Chemoselective Conversion of α -Unbranched Aldehyde □ to Amide, Ester, and Carboxylic Acid by NHC-Catalysis□ 日独有機触媒シンポジウム、2011.10.14、京都大学（京都府）

㉑ 山田健一、リチウムアミドの不斉共役付加-アルキル化-環化連続反応を鍵とする (-)-kopsinine の形式全合成、第 53 回天然有機化合物討論会、2011.9.28、大阪国際交流センター（大阪府）

㉒ 山田健一、Temperature Dependent High Performance of *N*-Boc-imine in Triethylborane-Mediated Tin-Free Radical Alkylation、5th Pacific Symposium on Radical Chemistry、2011.9.25、ホテルシーモア（和歌山県）

㉓ 山田健一、NHC-Catalyzed Chemoselective Amidation of Amines with Aliphatic Aldehydes、5th ChemComm International Symposium、2011.5.16、京都大学（京都府）

㉔ 山田健一、Synthesis of Kopsinine by Asymmetric Conjugate Amination-

Alkylation-Annulation Process、5th ChemComm International Symposium、2011.5.16、京都大学（京都府）

㉕ 山田健一、 C_2 対称キラル NHC-Cu 触媒による不斉アリール化アリール化反応、日本薬学会第 131 年会、2011.3.29、静岡県立大学（静岡県）

㉖ 山田健一、*N*-Boc イミンに対するピバロイロキシメチルラジカルの付加反応、日本薬学会第 131 年会、2011.3.29、静岡県立大学（静岡県）

㉗ 山田健一、フェニルチオアルケンをアクセプターとする分子内アミノリチオ化カルボリチオ化連続環化反応、日本薬学会第 131 年会、2011.3.29、静岡県立大学（静岡県）

㉘ 山田健一、カルベン触媒を用いるアルデヒドと二級アミンのアミド化、日本薬学会第 131 年会、2011.3.29、静岡県立大学（静岡県）

㉙ 山田健一、リチウムアミドの不飽和エステルへの不斉共役付加-アルキル化連続反応を鍵とする (-)-kopsinine の合成、日本薬学会第 131 年会、2011.3.29、静岡県立大学（静岡県）

㉚ 山田健一、Catalytic asymmetric allylic arylation by chiral NHC/Cu catalyst and aryl Grignard reagents、Pacifichem2010、2010.12.16、Hilton Hawaiian Village（アメリカ）

㉛ 山田健一、Formal Synthesis of Kopsinine by Asymmetric Conjugate Amination-Tandem Alkylation、Pacifichem2010、2010.12.16、Hilton Hawaiian Village（アメリカ）

㉜ 山田健一、カルベン触媒を用いるアルデヒドと二級アミンのアミド化、第 60 回日本薬学会近畿支部大会、2010.10.30、摂南大学（大阪府）

㉝ 山田健一、ジメチル亜鉛を開始剤とするアシロキシメチルラジカルのベンジリデンマロネートへの共役付加反、プロセス化学会 2010 サマーシンポジウム、2010.7.15、タワーホール船堀（東京都）

㉞ 山田健一、Formal Synthesis of Kopsinine □ by Asymmetric Conjugate Amination-Tandem Alkylation□ the 5th SKO Joint Symposium、2010.5.21、大阪大学（大阪府）

㉟ 山田健一、Formal Synthesis of Kopsinine by Asymmetric Conjugate Amination-Tandem Alkylation、21st French-Japanese Symposium on Medicinal and Fine Chemistry、2010.5.9、京都ガーデンパレスホテル（京都府）

㊱ 山田健一、 C_2 -Symmetric Chiral NHC-Cu-Catalyzed Asymmetric Allylic Arylation、21st French-Japanese Symposium on Medicinal and Fine Chemistry、2010.5.9、京都ガーデンパレスホテル（京都府）

㊲ 山田健一、 C_2 対称キラル NHC-Cu 触媒によ

る不斉アリル位アリール化反応、日本薬学会第 130 年会、2010. 3. 28、岡山大学 (岡山県)

⑳ 山田健一、イミン類のアミドへの Pinnick 酸化、日本薬学会第 130 年会、2010. 3. 28、岡山大学 (岡山県)

㉑ 山田健一、ジメチル亜鉛を開始剤とするアシロキシメチルラジカルの α -ベンジリデンマロネートへの共役付加反応、日本薬学会第 130 年会、2010. 3. 28、岡山大学 (岡山県)

㉒ 山田健一、ジメチル亜鉛を開始剤とするアシロキシメチルラジカルの α -ベンジリデンマロネートへの共役付加反応、日本薬学会第 130 年会、2010. 3. 28、岡山大学 (岡山県)

㉓ 山田健一、NHC-Copper(I)-catalyzed asymmetric allylic substitution with aryl Grignard reagents、The 22nd International Congress on Heterocyclic Chemistry、2009. 8. 1、Delta Hotel (カナダ)

㉔ 山田健一、Introduction of Hydroxymethyl Equivalents by Tin-free Radical Reactions、Organic Free Radicals Ottawa 2009、2009. 7. 26、Ottawa University (カナダ)

㉕ 山田健一、イミンのアミドへの Pinnick 酸化反応、プロセス化学会 2009 サマーシンポジウム、2009. 7. 16、タワーホール船堀 (東京都)

[その他]

ホームページ等

<http://www.pharm.kyoto-u.ac.jp/gousei/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 健一 (YAMADA KENICHI)

京都大学・大学院薬学研究科・准教授

研究者番号：00335184

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし