

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 5 月 16 日現在

機関番号：23903  
研究種目：基盤研究(C)  
研究期間：2012～2014  
課題番号：24590142  
研究課題名(和文)ペプチド機能を光制御する新手法の開発：環状化戦略

研究課題名(英文)Photocontrol of Peptide Function: A Cyclization Strategy

研究代表者  
梅澤 直樹 (Umezawa, Naoki)  
名古屋市立大学・薬学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：40347422  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：生理活性物質の活性を「光」を用いて制御する方法が注目を集めている。光で活性化できる化合物を用いれば、時間的・空間的に生命現象を制御できるためである。ペプチドがもつ多様な機能を光で制御できれば、多彩な研究に役立つと考えられる。我々は、光を用いて機能を制御できる「光応答性ペプチド」を設計・合成する一般的方法論の開発を目指して研究を進めている。本研究では、我々が提案する光応答性ペプチド開発に必要な、「光照射により切断されるユニット」、「効率的に環状ペプチドを合成する方法」の開発を中心に進めた。光応答性ペプチドは、基礎研究に役立つツールとしてだけでなく、副作用の少ない医薬品開発への応用も期待できる。

研究成果の概要(英文)：Biologically active compounds with light-responsive function offer experimental possibilities that are otherwise difficult to achieve. Temporal and spatial regulation of protein functions is central to biological processes. Hence, the ability to artificially trigger molecular events in a biologically relevant context is expected to be useful for the study of living organisms. Photoactivatable peptides are powerful tools for controlling cellular signaling; we are developing a general principle to design and synthesize these molecules. In this study, the requisite technology, namely, photo-cleavable linkers and efficient methods to synthesize cyclic peptides, have been developed. The utility of photoactivatable peptides is not limited to the basic research; this methodology could also contribute to the development of pharmaceuticals with reduced side effects.

研究分野：ケミカルバイオロジー

キーワード：環状ペプチド 光切断性リンカー 光応答性 ケージド化合物

1. 研究開始当初の背景

生理活性物質の活性を「光」を用いて制御する方法が注目を集めている。蛍光プローブを用いたイメージング技術の発展に伴い、いつでも、何が起きているかを高い精度で検知できるようになった。だが、それらの反応を引き起こす生理活性物質は、自然拡散による精度の低い方法により投与されている。光を用いて生理活性を制御することで、生体内に近い「刺激」を人工的に与えることができる。ペプチドの多様な機能を光で制御できれば多彩な研究に役立つ。そのため、光を用いて機能を制御できる「光応答性ペプチド」がいくつか報告されている。既存の開発法は、①活性に重要な官能基を光分解性保護基で保護する方法、②適切な位置関係にある側鎖官能基を光異性化する分子でクロスリンクし、活性コンフォメーションを制御する方法、2つに分類できる。両方法に共通する問題点は、活性に重要な官能基群や活性コンフォメーションを同定する必要があり、膨大な予備検討を要する点である。

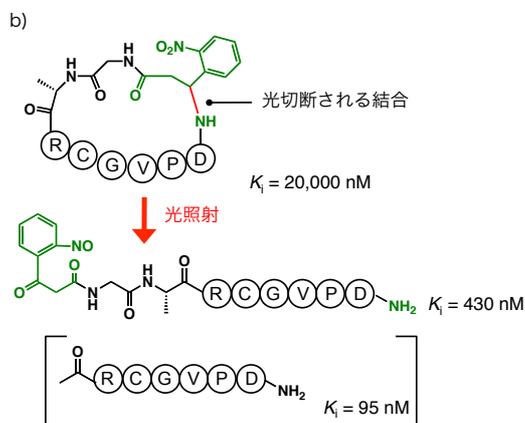
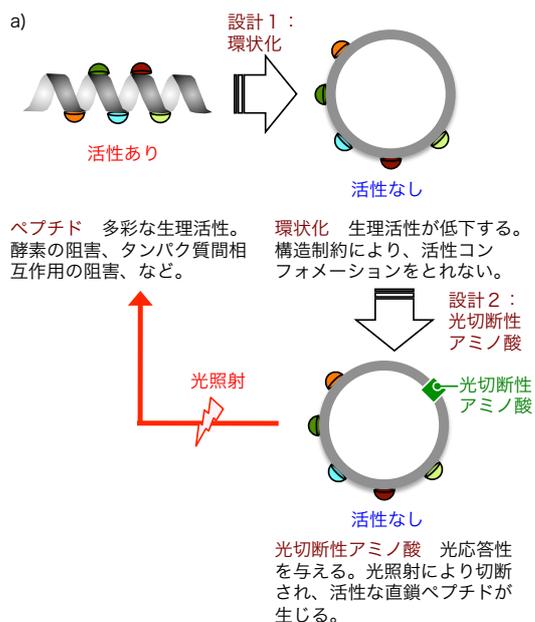


図1 a) 本研究の概略: 「環状化」と「光切断性アミノ酸」を用いて、ペプチドの生理活性を光制御する。b) MMP-3阻害ペプチドを対象とした「環状化戦略」の proof-of-principle。

申請者は、「環状化」を鍵とするペプチド機能の光制御法「環状化戦略」を提案している (図 1a)。機能性ペプチドの活性コンフォメーションを崩すために「環状化」を行い、光応答性を持たせるために光切断性アミノ酸を導入した。申請者はすでに、マトリックスメタロプロテアーゼ-3 (MMP-3) 阻害ペプチドを対象に、光応答性環状ペプチドの開発に成功している (図 1b: N. Umezawa et al., *ChemBioChem*, 2011, 12, 1694)。申請者が開発した光応答性ペプチドは、照射により、活性が約 50 倍増大した。だが、①光切断性アミノ酸に由来する欠点、②環状ペプチドの合成に由来する欠点、の2つの欠点が明確となった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、新規光切断性ユニット及び新規環状ペプチド合成法を開発し、より汎用性が高い光応答性ペプチド開発法を確立することである。

光切断性ユニットとして用いていた Fmoc-Anp-OH (図 2) は、光切断性を示し、かつ固相合成に適用可能なアミノ酸であるが、光切断後、かさ高い部位がペプチド鎖に残ってしまう (図 1b)。そのため、光切断後も、直鎖ペプチド Ac-RCGVPD-NH<sub>2</sub> (K<sub>i</sub> = 95 nM) よりも 4-5 倍程度活性が弱い。また、生じるニトロ基 (-NO) は反応性が高く、タンパク質等の生体試料との反応が懸念される。そこで、①光切断後かさ高い部位をペプチド鎖中に残さない、②反応性の高いニトロ基を生成しない、③ペプチド固相合成に耐える、新規光切断性ユニットの開発を目的とする。光切断原理が異なる2種の光切断ユニットの開発をめざす。

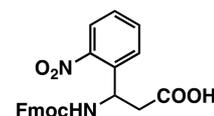


図2 光切断性アミノ酸 Fmoc-Anp-OH。

環状ペプチドの合成には、工程数が多く総収率が低い、ペプチド配列によっては収率が劇的に低下する、という2つの問題点があった。そこで、簡便・高収率な環状ペプチド合成法を探索する。

3. 研究の方法

本研究計画では、新規光切断性ユニットの開発、効率的なペプチド環状化反応の探索を行ない、様々な機能性ペプチドを光応答性に変換することで、本戦略の有用性を検証する。対象とするペプチドは、MMP-3 阻害ペプチド、ヒストン脱メチル化酵素 LSD-1 阻害ペプチド、の2種とした。

#### (1)光切断性ユニット2種の開発

色素の光励起により生成する一重項酸素を用いた酸化反応は、代表的な光化学反応の1つである。光増感剤である色素自身が一重項酸素により酸化される自己増感酸化に着目し、光増感酸化型ユニットを設計した。開発したユニットは、光増感酸化反応により切断する。その際、かさ高い色素部位は切り出され、ペプチド上には比較的小さな水酸基を残す。切り出された色素部位は光増感作用を示さず、目的外の副反応は最低限に抑えられると期待される。

また、自己分解型ユニットを設計した。1つの結合が切断されると自己分解が進行し、最終的に複数の結合が切断される化学構造に着目した。設計したユニットは、光照射によりトリガーとなるユニットが遊離することで、自己分解反応が進行し、2分子のアミン、あるいは1分子のカルボン酸と1分子のアミン、を放出する。すなわち、自己分解型ユニット由来の構造はペプチド鎖中に全く残らず、純粋なペプチド鎖が生成すると期待される。

#### (2)効率的なペプチド環状化反応の開発

多様な配列の環状ペプチドを、高収率かつ簡便に合成できる、信頼性の高い反応を探索する。環状ペプチド合成法は多数報告されており、既知の方法を中心に探索する。

#### 4. 研究成果

##### (1)光切断性ユニット2種の開発

「光増感酸化型ユニット」を合成した。ペプチドに組み込み、その物性を検討したところ、自己増感酸化反応は進行しなかったが、光増感剤の共存により、可視光照射でスムーズな化学変換が進行することが明らかとなった。現在、LSD-1 阻害ペプチドに組み込み、活性の光制御を検討している。

また、カルボン酸とアミノ基を与える「自己分解型ユニット」の合成に成功した。ペプチドに組み込んで物性を検討したところ、自己分解反応が進行して純粋なペプチド配列を与えることが明らかとなった。だが、分解速度が非常に遅いことが明らかとなった。現在分解速度を向上させる改良を進めている。

##### (2)効率的なペプチド環状化反応の開発

環状ペプチド合成法を探索し、2つの方法が、良好な収率で目的とする環化体を与えることを明らかにした。1つはN末-C末間を結合する主鎖環化型、もう1つはN末-側鎖間を結合する主鎖-側鎖環化型である。いずれも固相上で環化反応を行なえるため、簡便に環状ペプチドを合成できる。MMP-3 阻害ペプチド、LSD-1 阻害ペプチドをはじめ、複数のペプチド配列に適用できることも確認している。今後、ペプチド配列に応じて両反応を使

い分け、環状ペプチドを合成する。

本研究の基盤となる「光切断性ユニット」および「ペプチド環状化反応」が揃ったため、光応答性環状ペプチドの合成を行なった。現在、LSD-1 阻害ペプチドを中心に、その機能を検討している段階である。*In vitro*で、想定する機能を有していれば、細胞系を用いた検討を進める予定である。本研究で開発した光応答性ペプチドは、基礎研究に役立つツールとしてだけではなく、副作用の少ない医薬品開発への応用も期待できる。

#### 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8件)

- ① 梅澤直樹、樋口恒彦、環状化を用いたペプチド機能の光制御、生体の科学、査読無、66巻、2015、102-107  
<https://www.igaku-shoin.co.jp/journalDetail.do?journal=36277>
- ② Nobuki Kato, Yu Hamaguchi, Naoki Umezawa, Tsunehiko Higuchi\*, Efficient oxidation of ethers with pyridine N-oxide catalyzed by ruthenium porphyrins, *J. Porphyrins Phthalocyanines*, 19(1-3), 2015, 411-416.  
DOI: 10.1142/S1088424615500297
- ③ Kazuma Okada, Ryota Hidese, Wakao Fukuda, Masaru Niitsu, Koichi Takao, Yuhei Horai, Naoki Umezawa, Tsunehiko Higuchi, Tairo Oshima, Yuko Yoshikawa, Tadayuki Imanaka, Shinsuke Fujiwara, Identification of a novel aminopropyltransferase involved in the synthesis of branched-chain polyamines in hyperthermophiles, *J. Bacteriol.*, 196(10), 2014, 1866-1876.  
DOI: 10.1128/JB.01515-14
- ④ Shunsuke Saito, Hiro Ohtake, Naoki Umezawa, Yuko Kobayashi, Nobuki Kato, Masaaki Hirobe, Tsunehiko Higuchi, Nitrous Oxide Reduction-Coupled Alkene-Alkene Coupling Catalysed by Metalloporphyrin, *Chem. Commun.*, 49, 2013, 8979-8981  
DOI: 10.1039/C3CC43912G
- ⑤ Yukinobu Noritake, Naoki Umezawa, Nobuki Kato, Tsunehiko Higuchi, Manganese Salen Complexes with Acid-Base Catalytic Auxiliary: Functional Mimetics of Catalase, *Inorg. Chem.*, 52(7), 2013, 3653-3662  
DOI: 10.1021/ic302101c

- ⑥ Tsugunori Watanabe, Nobuki Kato, Naoki Umezawa, Tsunehiko Higuchi, Synthesis of the Carbon Framework of Scholarisine A by Intramolecular Oxidative Coupling, *Chem. Eur. J.*, 19(13), 2013, 4255-4261  
DOI: 10.1002/chem.201203454
- ⑦ Yuko Yoshikawa, Naoki Umezawa, Yuki Imamura, Toshio Kanbe, Nobuki Kato, Kenichi Yoshikawa, Tadayuki Imanaka, Tsunehiko Higuchi, Effective Chiral Discrimination of Tetravalent Polyamines on Single-DNA Compaction, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 52(13), 2013, 3712-3716.  
DOI: 10.1002/anie.201209144
- ⑧ Yuki Imamura, Naoki Umezawa, Satoko Osawa, Naoaki Shimada, Takuya Higo, Satoshi Yokoshima, Tohru Fukuyama, Takeshi Iwatsubo, Nobuki Kato, Taisuke Tomita, Tsunehiko Higuchi, Effect of Helical Conformation and Side-Chain Structure on  $\gamma$ -Secretase Inhibition by  $\beta$ -Peptide Foldamers: Insight into Substrate Recognition, *J. Med. Chem.*, 56(4), 2013, 1443-1454.  
DOI: 10.1021/jm301306c

[学会発表] (計 40 件)

- ① 天野祐一、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、LSD1 阻害ペプチド活性の光制御、日本薬学会第 135 年会、2015 年 3 月 25 日～3 月 28 日、神戸学院大学・兵庫医療大学 (兵庫県・神戸市)
- ② 寶来侑平、梅澤直樹、今村優希、村松晃、吉川研一、吉川祐子、加藤信樹、樋口恒彦、新規ポリアミンの固相合成とポリアミン骨格構造が DNA 構造に及ぼす影響、日本薬学会第 135 年会、2015 年 3 月 25 日～3 月 28 日、神戸学院大学・兵庫医療大学 (兵庫県・神戸市)
- ③ 奥園希美子、鈴木潤、土幸隆司、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、アルキルヒドロペルオキシドを酸化剤とするチオレート配位鉄ポルフィリン触媒反応の機構解析、日本薬学会第 135 年会、2015 年 3 月 25 日～3 月 28 日、神戸学院大学・兵庫医療大学 (兵庫県・神戸市)
- ④ 寶来侑平、今村優希、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、新規ポリアミン類の合成と二本鎖 DNA の熱安定性に及ぼす影響、第 46 回若手ペプチド夏の勉強会、2014 年 8 月 3 日～8 月 5 日、京都府立青少年海洋センター (京都府・宮津市)
- ⑤ 天野祐一、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、構造制約によるペプチド機能の光制御、創薬懇話会 2014、2014 年 7 月 10 日～7 月 11 日、長良川温泉ホテルパーク (岐阜県・岐阜市)
- ⑥ 天野祐一、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、ペプチドの光活性制御をめざした新規光切断性アミノ酸の開発、日本薬学会第 134 年会、2014 年 3 月 27 日～3 月 30 日、熊本大学 (熊本県・熊本市)
- ⑦ 寶来侑平、今村優希、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、多彩なポリアミン誘導体の合成と活性評価、日本薬学会第 134 年会、2014 年 3 月 27 日～3 月 30 日、熊本大学 (熊本県・熊本市)
- ⑧ 坂田陽輔、矢木宏和、加藤信樹、石川春人、梅澤直樹、佐藤匡史、水谷泰久、加藤晃一、樋口恒彦、マラリアの持つヘム解毒タンパク質に対するキノリン系抗マラリア化合物の阻害活性評価、日本薬学会第 134 年会、2014 年 3 月 27 日～3 月 30 日、熊本大学 (熊本県・熊本市)
- ⑨ 本間紘次郎、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、生理的条件での良好な機能発現を目指した化学発光分子の開発、日本薬学会第 134 年会、2014 年 3 月 27 日～3 月 30 日、熊本大学 (熊本県・熊本市)
- ⑩ 坂田陽輔、矢木宏和、加藤信樹、石川春人、梅澤直樹、佐藤匡史、水谷泰久、加藤晃一、樋口恒彦、マラリアの持つヘム解毒タンパク質に対するキノリン系抗マラリア化合物の阻害活性評価、第 31 回メディシナルケミストリーシンポジウム、2013 年 11 月 20 日～11 月 22 日、アステールプラザ (広島県・広島市)
- ⑪ 白川慶典、丹羽雄紀、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、ヘム-チオレート錯体の酸化反応特性：軸配位子および金属の元素置換体との比較、第 46 回酸化反応討論会、2013 年 11 月 15 日～11 月 16 日、筑波大学 (茨城県・つくば市)
- ⑫ 齋藤俊輔、大竹廣雄、梅澤直樹、小林由布子、加藤信樹、廣部雅昭、樋口恒彦、亜酸化窒素を酸化剤とする金属ポルフィリン触媒アルケンカップリング反応、第 46 回酸化反応討論会、2013 年 11 月 15 日～11 月 16 日、筑波大学 (茨城県・つくば市)
- ⑬ 稲垣秀樹、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、高度に立体的に遮蔽された金属ポルフィリン錯体によるアルカンの選択的酸化、第 39 回反応と合成の進歩シンポジウム、2013 年 11 月 5 日～11 月 6 日、九州大学 (福岡県・福岡市)
- ⑭ 白川慶典、丹羽雄紀、梅澤直樹、加藤信樹、

- 樋口恒彦、シトクロム P450 の中心構造へム-チオラートの軸配位子及び金属の元素置換体の化学特性、第 7 回バイオ関連化学シンポジウム、2013 年 9 月 27 日～9 月 29 日、名古屋大学 (愛知県・名古屋市)
- ⑮ Nobuki Kato, Tsugunori Watanabe, Naoki Umezawa, Tsunehiko Higuchi, Synthesis of Scholarisine A by Intramolecular Oxidative Coupling, 10<sup>th</sup> International Symposium on Carbanion Chemistry (ISCC-10), 2013 年 9 月 23 日～9 月 26 日、Kyoto (Japan)
- ⑯ 梅澤直樹、 $\gamma$ -セクレターゼを阻害するフォルダマーの開発、第 45 回若手ペプチド夏の勉強会、2013 年 7 月 28 日～7 月 30 日、八王子セミナーハウス (東京都・八王子市)
- ⑰ 寶来侑平、今村優希、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、ペプチド化学を用いた多彩なポリアミンの固相合成、第 45 回若手ペプチド夏の勉強会、2013 年 7 月 28 日～7 月 30 日、八王子セミナーハウス (東京都・八王子市)
- ⑱ 天野祐一、野呂侑加、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、環状化を利用した光応答性ペプチド：新規光切断性ユニットの開発、第 45 回若手ペプチド夏の勉強会、2013 年 7 月 28 日～7 月 30 日、八王子セミナーハウス (東京都・八王子市)
- ⑲ 天野祐一、野呂侑加、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、環状化を利用したペプチド機能の光制御、第 59 回日本薬学会東海支部総会・大会、2013 年 7 月 6 日～7 月 6 日、名城大学 (愛知県・名古屋市)
- ⑳ 本間紘次郎、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、生理的条件下での応用を目指した化学発光分子の開発、第 59 回日本薬学会東海支部総会・大会、2013 年 7 月 6 日～7 月 6 日、名城大学 (愛知県・名古屋市)
- 21 坂田陽輔、小林由布子、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、キノリン系化合物の抗マラリア活性とヘム相互作用との関連、第 59 回日本薬学会東海支部総会・大会、2013 年 7 月 6 日～7 月 6 日、名城大学 (愛知県・名古屋市)
- 22 梅澤直樹、今村優希、大沢智子、富田泰輔、岩坪威、加藤信樹、樋口恒彦、 $\gamma$ -セクレターゼを阻害するフォルダマーの開発、日本ケミカルバイオロジー学会第 8 回年会、2013 年 6 月 19 日～6 月 21 日、東京医科歯科大学 (東京都・文京区)
- 23 白川慶典、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、ヘム-チオレート構造化学特性：軸配位子及び金属の元素置換体との比較、第 40 回生体分子科学討論会、2013 年 6 月 7 日～6 月 8 日、大阪大学 (大阪府・吹田市)
- 24 渡辺二規、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、分子内酸化的カップリング反応を用いた scholarisine A の合成研究、第 11 回次世代を担う有機化学シンポジウム、2013 年 5 月 24 日～5 月 25 日、日本薬学会長井記念ホール (東京都・渋谷区)
- 25 稲垣秀樹、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、高度に立体的に遮蔽された金属ポルフィリンの合成と選択的アルカン酸化、日本薬学会第 133 年会、2013 年 3 月 27 日～3 月 30 日、パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)
- 26 白川慶典、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、アルコレート配位ヘム・セレナート配位ヘムの合成とその酸化触媒機能における軸配位子効果、日本薬学会第 133 年会、2013 年 3 月 27 日～3 月 30 日、パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)
- 27 渡辺二規、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、分子内酸化的カップリング反応を用いた scholarisine A の合成研究、日本薬学会第 133 年会、2013 年 3 月 27 日～3 月 30 日、パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)
- 28 今村優希、吉川祐子、梅澤直樹、神戸俊夫、加藤信樹、吉川研一、今中忠行、樋口恒彦、環構造を有するキラルポリアミンの合成と DNA 構造に及ぼす影響、日本薬学会第 133 年会、2013 年 3 月 27 日～3 月 30 日、パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)
- 29 天野祐一、野呂侑加、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、環状化を用いたペプチド機能の光制御、日本薬学会第 133 年会、2013 年 3 月 27 日～3 月 30 日、パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)
- 30 坂田陽輔、小林由布子、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、キノリン系抗マラリア活性化合物とヘムとの相互作用解析、日本薬学会第 133 年会、2013 年 3 月 27 日～3 月 30 日、パシフィコ横浜 (神奈川県・横浜市)
- 31 白川慶典、鈴木潤、梅澤直樹、加藤信樹、樋口恒彦、ヘム-アルコレート錯体・ヘム-セレノレート錯体の合成と化学特性、日本化学会第 93 春季年会、2013 年 3 月 22 日～3 月 25 日、立命館大学 (滋賀県・草津市)

- 32 今村優希、梅澤直樹、大沢智子、岩坪威、加藤信樹、富田泰輔、樋口恒彦、 $\gamma$ -セクレターゼ阻害活性をもつフォルダマーの開発と阻害機構の解明、日本病院薬剤師会東海ブロック・日本薬学会東海支部合同学術大会 2012、2012年11月18日～11月18日、岐阜薬科大学（岐阜県・岐阜市）
- 33 白川慶典、鈴木潤、倉橋拓也、梅澤直樹、加藤信樹、藤井浩、樋口恒彦、チオラート配位子を有するシトクロム P450 モデル錯体における高酸化状態の解析、第 45 回酸化反応討論会、2012年11月16日～11月17日、名古屋市立大学（愛知県・名古屋市）
- 34 Tsugunori Watanabe, Nobuki Kato, Naoki Umezawa, Tsunehiko Higuchi, Synthetic Study of Scholarisine A, 第 6 回武田科学振興財団薬科学シンポジウム、2012年9月13日～9月14日、武田薬品工業（株）研修所（大阪府、吹田市）
- 35 Yuki Imamura, Satoko Osawa, Naoki Umezawa, Takeshi Iwatsubo, Nobuki Kato, Taisuke Tomita, Tsunehiko Higuchi, Foldamer as  $\gamma$ -Secretase Inhibitor: Effect of Side Chain Structure, 第 6 回武田科学振興財団薬科学シンポジウム、2012年9月13日～9月14日、武田薬品工業（株）研修所（大阪府、吹田市）
- 36 則武幸延、渡部頼忠、南波あずさ、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、反応補助基を分子内に導入したマンガンサレン分子の触媒的活性酸素消去能、第 6 回バイオ関連化学シンポジウム、2012年9月6日～9月8日、北海道大学（北海道、札幌市）
- 37 梅澤直樹、吉川祐子、今村優希、神戸俊夫、加藤信樹、吉川研一、今中忠行、樋口恒彦、キラルなポリアミン類の効率的合成と DNA 凝縮に及ぼす効果、第 6 回バイオ関連化学シンポジウム、2012年9月6日～9月8日、北海道大学（北海道、札幌市）
- 38 渡辺二規、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、分子内酸化的カップリング反応を用いた scholarisine A の合成研究、第 58 回日本薬学会東海支部 総会・大会、2012年7月7日～7月7日、静岡県立大学（静岡県・静岡市）
- 39 白川慶典、鈴木潤、倉橋拓也、梅澤直樹、加藤信樹、藤井浩、樋口恒彦、チオラート配位子を有するシトクロム P450 モデル錯体における高酸化状態の解析、第 58 回日本薬学会東海支部 総会・大会、2012年7月7日～7月7日、静岡県立大学（静岡県・静岡市）

- 40 鬼頭茜、浜口雄、加藤信樹、梅澤直樹、樋口恒彦、Efficient cytochrome P450-mimetic oxidations catalyzed by ruthenium porphyrin、第 22 回金属の関与する生体関連反応シンポジウム、2012年5月31日～6月1日、金沢大学（石川県・金沢市）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 1 件）

名称：ポルフィリン系触媒、ポルフィリン化合物、及びポルフィリン化合物の製造方法  
 発明者：樋口恒彦、加藤信樹、梅澤直樹、稲垣秀樹  
 権利者：公立大学法人名古屋市立大学  
 種類：特許  
 番号：特願 2014-040944  
 出願年月日：2014年03月03日  
 国内外の別：国内

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梅澤直樹 (Umezawa, Naoki)

名古屋市立大学・大学院薬学研究科・准教授

研究者番号：40347422

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし